

图书在版编目(CIP)数据

汽车冲模技术 / 王新华编著. —北京: 国防工业出版社, 2005. 8

ISBN 7 - 118 - 03930 - 6

I. 汽... II. 王... III. 汽车 - 冲模  
IV. U463. 820. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 057859 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 710 × 960 1/16 印张 18¼ 350 千字

2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月北京第 1 次印刷

印数 1 - 4000 册 定价 32.00 元

---

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 68428422

发行邮购: (010) 68414474

发行传真: (010) 68411535

发行业务: (010) 68472764

# 目 录

## 第一篇 典型汽车冲模技术

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 第一章 概论 .....                          | 1  |
| 第一节 冲压技术在汽车制造业占有重要地位 .....            | 1  |
| 第二节 汽车工业中的冲模及冲模生产的特性 .....            | 1  |
| 第三节 冲模的分类 .....                       | 5  |
| 第二章 汽车覆盖件冲模 .....                     | 11 |
| 第一节 概述 .....                          | 11 |
| 第二节 拉伸模 .....                         | 14 |
| 第三节 修边模 .....                         | 28 |
| 第四节 翻边模 .....                         | 33 |
| 第五节 CAD/CAM 技术在汽车覆盖件冲模设计与制造中的应用 ..... | 39 |
| 第三章 厚板件冲模 .....                       | 51 |
| 第一节 汽车车架纵梁冲模 .....                    | 51 |
| 第二节 汽车车架横梁冲模 .....                    | 54 |
| 第三节 汽车活动备胎架冲模 .....                   | 59 |
| 第四节 汽车车轮轮辐、轮辋冲模 .....                 | 65 |
| 第五节 汽车桥壳成形模 .....                     | 70 |
| 第六节 汽车刹车底板冲模 .....                    | 71 |
| 第七节 厚板件冲模设计与制造要点 .....                | 74 |
| 第四章 小(无)间隙冲裁模 .....                   | 76 |
| 第一节 小(无)间隙冲裁模设计要点 .....               | 76 |
| 第二节 小(无)间隙冲裁模设计要点 .....               | 77 |
| 第三节 小(无)间隙冲裁模制造要点 .....               | 78 |
| 第五章 精冲模 .....                         | 79 |
| 第一节 概述 .....                          | 79 |
| 第二节 精冲模典型结构 .....                     | 80 |
| 第三节 精冲模设计与制造要点 .....                  | 83 |
| 第四节 精冲模具的安装和调试 .....                  | 86 |
| 第六章 几项新技术使用的模具 .....                  | 91 |
| 第一节 四方形凸焊螺母镦凸点模 .....                 | 91 |

|     |                     |     |
|-----|---------------------|-----|
| 第二节 | 自冲螺母(冲孔螺母)冲铆模 ..... | 93  |
| 第三节 | TOX(气液增加)连接模 .....  | 97  |
| 第七章 | 小批量生产用冲模 .....      | 100 |
| 第一节 | 橡胶板冲裁模 .....        | 100 |
| 第二节 | 低熔点合金成形模 .....      | 112 |
| 第三节 | 锌基合金模 .....         | 117 |

## 第二篇 汽车冲模技术资料

|      |                        |     |
|------|------------------------|-----|
| 第八章  | 冲压件的工艺性 .....          | 129 |
| 第一节  | 冲裁件的工艺性 .....          | 129 |
| 第二节  | 弯曲件的工艺性 .....          | 131 |
| 第三节  | 拉伸件的工艺性 .....          | 133 |
| 第四节  | 精冲件的工艺性 .....          | 134 |
| 第九章  | 冲压工艺参数 .....           | 139 |
| 第一节  | 冲裁工艺参数 .....           | 139 |
| 第二节  | 弯曲工艺参数 .....           | 145 |
| 第三节  | 拉伸工艺参数 .....           | 159 |
| 第四节  | 成形工艺参数 .....           | 175 |
| 第五节  | 立体压制工艺参数 .....         | 190 |
| 第十章  | 冲模零件的强度 .....          | 214 |
| 第一节  | 凸模、凹模和凸凹模的强度 .....     | 214 |
| 第二节  | 材料的许用应力 .....          | 219 |
| 第三节  | 几种零件的许用载荷 .....        | 220 |
| 第十一章 | 公差与配合 .....            | 223 |
| 第一节  | 标准公差数值 .....           | 223 |
| 第二节  | 汽车冲压件未注公差尺寸的极限偏差 ..... | 225 |
| 第三节  | 冲模零件的表面粗糙度和配合要求 .....  | 232 |
| 第四节  | 精冲模的配合公差 .....         | 239 |
| 第十二章 | 冲模材料及热处理 .....         | 242 |
| 第一节  | 冲模零件的材料及热处理硬度选择 .....  | 242 |
| 第二节  | 冲模常用材料的化学成分 .....      | 244 |
| 第三节  | 冲模常用材料热处理工艺参数 .....    | 245 |
| 第四节  | 典型模具钢的锻造和热处理 .....     | 246 |
| 第十三章 | 冲压用材料标准 .....          | 251 |
| 第一节  | 黑色金属 .....             | 251 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 第二节 有色金属 .....       | 263 |
| 第三节 非金属材料的抗剪强度 ..... | 265 |
| 第十四章 压力机技术参数 .....   | 267 |
| 第一节 曲柄压力机 .....      | 267 |
| 第二节 液压机 .....        | 273 |
| 第三节 精冲压力机 .....      | 274 |
| 附录 .....             | 276 |
| 参考文献 .....           | 285 |

# 第一篇

## 典型汽车冲模技术

### 第一章 概 论

#### 第一节 冲压技术在汽车制造业占有重要地位

据统计,汽车上有60%~80%的零件是用冲压工艺生产出来的。因此,冲压技术对汽车的产品质量、生产效率和生产成本都有重要的影响。

由于冲压工艺具有生产效率高、尺寸一致性好、原材料消耗低等特点,所以汽车上的许多结构件都采用冲压工艺生产。例如:车身的内、外覆盖件和骨架件;车架的纵梁、横梁和保险杠等;车轮的轮辐、轮辋和挡圈等;散热器的散热片、冷却水管和储水室等;发动机的汽缸垫、油底壳和滤清器等;底盘上的制动器零件、减震器零件等;座椅的骨架、滑轨和调角器等;车箱的侧板和底板等;车锁及其他附件上的零件等。

这些零件采用冲压工艺生产,不仅强度和刚性好,而且工艺过程较简单、尺寸的一致性、材料消耗少。因此,不仅可以提高生产效率,还可降低生产成本,能使汽车工业得以迅速发展。

#### 第二节 汽车工业中的冲模及冲模生产的特性

##### 一、汽车冲模的特点

汽车冲压件的品种繁多,不仅形状、大小、厚薄不同,而且生产量大、质量要求

高,因此,汽车工业的冲模,一般具有如下特点:

(1) 轮廓尺寸大。例如,汽车大梁模的长度达 $(7 \sim 8)\text{m}$ ,覆盖件冲模的长度加宽度一般都大于 $3500\text{mm}$ 。

(2) 形状复杂。例如,汽车覆盖件冲模,工作表面都是三维空间曲面,而且对形状的精度要求很高。

(3) 强度和刚性好。例如,汽车底盘零件和车轮零件,材料厚度一般为 $(5 \sim 8)\text{mm}$ ,最厚达 $(13 \sim 16)\text{mm}$ 。因此,要求冲模具有足够的强度和刚性才能承受强大的冲击力。

(4) 精度要求高。例如,汽车外覆盖件对外观质量要求很高;齿轮等传动件,对尺寸精度和断面质量要求很高;互相焊接或装配的零件,对相关的形状和尺寸要求很严;对于薄板(料厚 $0.05\text{mm} \sim 0.2\text{mm}$ )零件的冲裁,凸模与凹模之间的间隙不得大于 $(0.005 \sim 0.01)\text{mm}$ 。

(5) 生产效率高。由于生产量大,要求生产效率高,因此广泛采用连续模、自动化冲模、多工位压床用冲模和在一个压床行程内完成多个制件的冲模。

(6) 寿命长。由于生产量大,要求模具寿命长。因此,从模具结构上和模具材料上都要保证其可靠性和耐久性。

## 二、汽车冲模生产的特性

### 1. 单件多品种生产

在汽车工业中,冲压件的品种繁多决定了冲模品种繁多(生产一种载重汽车约需有两千种不同的冲模)。而冲模又是一种寿命较长的工具(一套冲模往往可以生产几十万甚至几百万个零件)因此,同一品种、规格的冲模不可能同时生产很大的批量。这就决定了它的生产规模是单件生产的性质。

单件多品种生产的特性,决定了设计和制造工艺不能像大量生产的产品的设计和制造工艺那样先进行细致的计算、试验、试制,然后根据试验和试制情况再定案或定型。因此,在结构上、图面尺寸上以及制造工艺路线上就难免有不够先进、不够合理,甚至有差错的地方。这种设计、工艺上不够成熟的问题,给生产带来很大的不利。例如,按照设计的工艺方法,达不到技术要求,按照图纸加工好的零件装配不上,或者按照图纸装配好的冲模生产不出合格的制件来等等。这种设计、工艺问题多的现象,在一定程度上是由这种单件多品种生产的性质决定的。当然通过我们的努力可以减少,但是要想完全避免是不容易的。

单件多品种生产,在工艺上的特点就是“配作”。因为在单件生产中,一方面在一般情况下没有互换的要求,因而没有必要绝对地按照通常图纸上标注的标准配合公差来加工;另一方面,如果两个零件都完全按照图纸上标注的标准公差来加工,有时也难以保证所需要的配合性能。因此,在冲模生产中,广泛地采用配作的

方法。

## 2. 成套性

冲模生产的成套性包括两个方面：一是冲模零件的成套性；二是冲压工序的成套性。冲模零件的成套性，就是毛坯成套地供应，初加工和二次加工成套地投入和交出，一套冲模由一个钳工小组负责精加工至装配完成。冲压工序的成套性，是指一个冲压制件各工序所需要的几套冲模，“成套”地由一个调整小组负责调整。

不了解冲模的单件生产特性及其装配的复杂性，往往会片面地强调零件的作业计划性而将冲模零件编制成一定的工序路线，以为这样冲模零件会按照作业计划的路线如同流水生产一样一个个地装配起来成为一套完整的冲模。但是由于冲模零件大都不是互换的，在装配中有很大的机动性和灵活性，而它的生产方式又是个体的，如果按照这种方式组织生产，其结果便会造成工序间无人负责、零件装配不拢、零件丢失等混乱现象。在组织大规模生产、冲模数量众多时，情况就更为严重。因此，冲模生产中每个过程都应由专人负责掌握其成套性。

一个冲压件的成品，往往不只是由一套冲模就能完成的，有的需两套、三套甚至更多的冲模来完成。在调整过程或制造过程中，前后工序的冲模有不可分割的联系，因此在调整中必须保持工序的成套性，数道工序的冲模应由一个调整组负责顺序地进行完整的调整。

## 3. 调整

冲模制成后，虽按设计图纸检验合格，但仍不能成为最后的产品，它必须经过试冲调整并生产出合格的制件后，才能成为合格的产品。这是因为制造完毕只能说明该冲模可以按设计意图制造出来，并不能证明该冲模可以装在指定的压床上顺利地生产出合格的制件来。如要证明其合格，必须将做好的冲模安装到压床上进行试冲“实践”，并将试冲时发现的缺陷进行修正——这个过程就是调整的过程。实践证明，由于冲压工艺、冲模设计和制造都不能事先予以精确的判断，尤其是对于变形类的冲模，调整过程是不可缺少的。

工厂中制造冲模都有调整的习惯，只是由于生产规模小而没有专设的调整小组。这种情况下，冲模制造钳工在装配完成后，自己到生产部门的压床上进行试冲调整，待冲模调整完毕并生产出合格制件后，才能作为产品移交生产部门使用。

## 4. 试验决定尺寸

冲模生产中，有的冲模需要“试验决定尺寸”。这是由于对冲压工作中的冲压板料塑性变形规律还没有完全掌握的结果。例如，钢板在压弯过程中，板料的“中性层”位置还很难准确地确定，因而毛坯的展开长度的计算就不十分准确，以致常常达不到压弯件的精度要求。所以，对于复杂的压弯、拉伸、成形零件，为了确保制

件的精度,常常不单是靠理论计算来确定其展开尺寸的,而是用“试验”的办法来确定其展开尺寸的。

怎样用“试验”的办法来确定展开尺寸呢?

其方法通常是这样的:先将完成制件变形工作(压弯、拉伸、成形等)的冲模制造出来,然后按理论计算出的展开尺寸做出毛坯,到该冲模上去“试冲”,并将冲出的制件测量,看其是否符合图纸要求。如果冲出的制件符合图纸要求,则说明其毛坯形状和尺寸是正确的;如果冲来的制作与图纸不符,则说明其毛坯形状或尺寸还不正确,需要进行修正。修正以后的毛坯,再到成形冲模上去“试冲”并测量,如此循环,直至冲出合格的制件为止。毛坯形状和尺寸试验决定好以后,制造毛坯的冲模(落料冲孔或修边模)才有依据。因此,凡是需要制造试验决定尺寸的冲模(通常是落料冲孔模或修边模),必须等待该冲压件的成形(压弯、拉伸等)冲模制造出来以后才有可能进行。

#### 5. 生产准备工作繁重而复杂

由于冲模生产是单件多品种生产,因此每套冲模在生产前都需要做工艺准备、材料准备和制定定额等细致的生产技术准备工作:

由于冲模的形状复杂,因此加工时常常需要各种专用二级工具<sup>①</sup>,如模型(主模型、木模、石膏模、样架等)、样板、非标准刀具等;

由于每套冲模制造好以后都需要进行调整,因此在调整之前就必须准备好试冲调整用的材料和压床;

由于有的冲模需要“试验决定尺寸”,因此就需要将试验用的后工序冲模先制造出来,待有关尺寸确定以后,再投入前工序冲模的制造;

.....

上述生产准备工作,不仅工作量大,而且技术性较强。这些工作做得好,生产就比较顺利;如果做得不好,就会给生产带来混乱或停顿现象。因此,生产准备工作是冲模生产的一个重要环节。

#### 6. 制造周期较长

冲模的制造周期,通常是指从图纸到达并开始进行生产准备之日计算起,到冲模调整完毕并生产出合格制件之日为止。冲模生产由于其生产准备工作繁重而复杂,加上冲模零件之间和各冲压工序的冲模之间常常有一定的加工顺序,以及常常需要大型的非标准铸件或锻件等等,所以制造周期比较长。

当然,制造周期不是固定不变的,它与材料供应、生产能力、任务性质以及主观努力等许多因素有关,它只能反映在一定的生产关系和生产条件下的一般规

---

<sup>①</sup> 加工工具时所需的工具,通常叫二级工具。对汽车生产来说,冲模是一级工具,那么加工冲模所需的工具,就叫二级工具。

律罢了。

### 7. 周期性

汽车工业中的冲模生锄具有明显的周期性 :当汽车改型时 ,冲模生产任务多而且急。在平时 ,由于冲模的使用寿命长 ,修理和复制任务少 ,因而冲模的生产任务就少。这种生产任务的周期性与生产的持续性之间的矛盾 ,往往造成经常接受外订货(生产能力较大时)或者使汽车改型的时间拖得较长(生产能力小时)。

## 三、正确认识冲模生产的特性

前面谈过 ,研究冲模生产特性的目的 ,是为了认识冲模生产的规律 ,更好地掌握生产、推动生产。因此 ,对于冲模生产的特性 ,必须从积极的方面辩证地去认识它和运用它 ,只有这样 ,才能真正达到掌握生产、推动生产的目的。否则 ,消极地、片面地或过分地强调“特殊” ,必将滑到形而上学的邪路上去。

例如 ,单件多品种生产中 ,设计和工艺问题较多 ,这是客观事实。认识这个特性 ,就要求我们一方面去努力减少这些问题 ,另一方面还要有所准备 ,当万一出现这些问题时不致“抓瞎” ,但是 ,绝对不应认为反正这是“不可避免的” ,因而技术工作就可以不负责任地马虎从事。

同样的道理 ,不能强调“配作”就不照图纸加工 ,不能强调“成套性” ,而对于特殊的紧急任务也得“等齐”了才能投入加工 ;不能因为冲模反正要调整试冲 ,而将未达到质量标准的冲模也拿到调整时去解决 ;不能因为试验决定尺寸“可靠” ,而设计就不管什么情况 ,一律“试验决定” ,造成生产周期长 ,少慢差费 ;不能因为生产准备工作繁杂和制造周期长 ,就不从主观上去采取缩短制造周期的各种有效措施。

## 第三节 冲模的分类

冲模按冲压工艺性质分类见图 1 - 1 及表 1 - 1。

按模具的导向方式分 ,有导柱模、导板模、导筒模和无导向模等。

按机械化程度分 ,有手工操作模、半自动模、自动化模等。

按冲模材料分 ,有钢模、硬质合金模、铸铁模、低熔点合金模、聚氨酯橡胶模等。

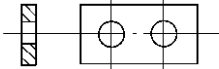
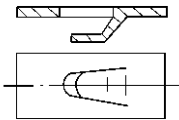
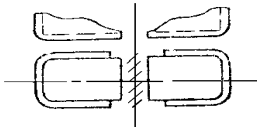
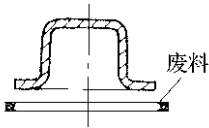
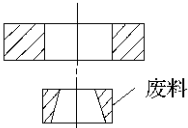
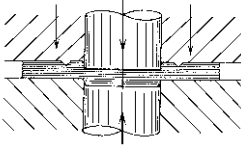
按模具的大小分 ,有小型冲模、中型冲模和大型冲模。

在汽车制造业中 ,冲模的大小 ,习惯上按冲模下底板的长度及宽度之和来划分 :

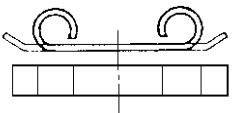
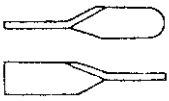
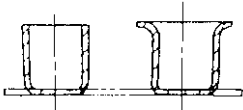
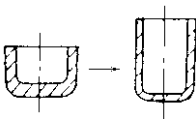
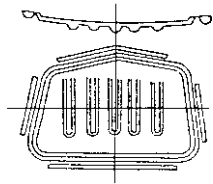
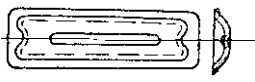
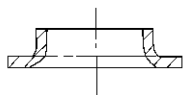
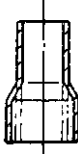
当下底板的长 + 宽不大于 1200mm 时 ,为小型冲模 ;当下底板的长 + 宽大于 (1200 ~ 3500)mm 时 ,为中型冲模 ;当下底板的长 + 宽大于 3500mm 时 ,为大型冲模。

汽车冲模按制件的特性分 ,有覆盖件冲模、厚板件冲模、小(无)间隙冲模等。

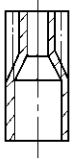
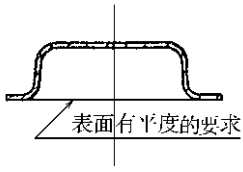
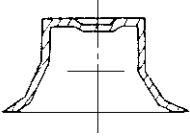
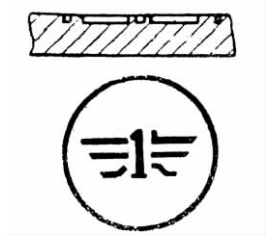
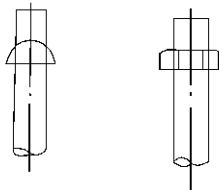
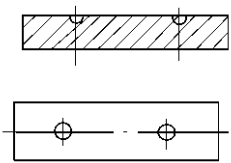
表 1 - 1 冲模按冲压工艺性质的分类说明

| 类别          | 分类序号 | 工序名称 | 工序简图                                                                                | 工作性质                                        | 冲模名称 |
|-------------|------|------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------|
| I<br>冲<br>裁 | 1    | 切断   |    | 将材料以敞开的轮廓分离开,得到平的零件                         | 切断模  |
|             | 2    | 落料   |    | 将材料以封闭的轮廓分离,得到平的零件                          | 落料模  |
|             | 3    | 冲孔   |    | 将零件内的材料以封闭的轮廓分离开,使零件得到孔                     | 冲孔模  |
|             | 4    | 切口   |    | 将材料以敞开的轮廓部分地分离开,而不将两部分完全分离                  | 切口模  |
|             | 5    | 剖截   |   | 将平的、弯的或空心的毛坯料分成两部分或几部分                      | 剖截模  |
|             | 6    | 修边   |  | 将平件、空心件或立体实件多余的外边修掉                         | 修边模  |
|             | 7    | 整修   |  | 将平件边缘预留的加工留量去掉,求得准确的尺寸、尖的边缘和光滑垂直的剪裂面        | 整修模  |
|             | 8    | 精冲   |  | 将板料压紧,使处于三向压应力状态下进行冲裁,以获得光滑、垂直的剪切断面和准确尺寸的零件 | 精冲模  |

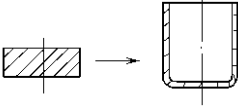
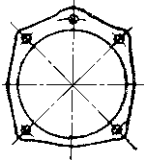
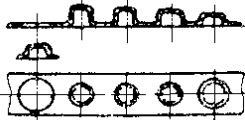
(续)

| 类别          | 分类序号 | 工序名称 | 工序简图                                                                                | 工作性质                                      | 冲模名称 |
|-------------|------|------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------|
| Ⅱ<br>压<br>弯 | 1    | 压弯   |    | 由平的毛坯料压成弯曲件                               | 压弯模  |
|             | 2    | 卷边   |    | 将毛坯料的边根据一定半径弯成平顺的圆弧形                      | 卷边模  |
|             | 3    | 扭弯   |    | 将平毛坯料的一部分与另一部分相对地转个角度,变成曲线形的零件            | 扭弯模  |
| Ⅲ<br>拉<br>伸 | 1    | 拉伸   |    | 将平毛坯得到任意形状的空心零件,或将其形状及尺寸作进一步的改变,而不引起料厚的改变 | 拉伸模  |
|             | 2    | 变薄拉伸 |    | 减小直径及壁厚而改变空心毛坯的尺寸                         | 拉伸模  |
|             | 3    | 双动拉伸 |  | 将平毛坯在双动压床上进行拉伸,得到曲线形的空心件。例如汽车覆盖件等         | 拉伸模  |
| Ⅳ<br>成<br>形 | 1    | 起伏成形 |  | 用使材料局部拉伸的办法,形成局部凸起和凹进                     | 成形模  |
|             | 2    | 翻口   |  | 沿原先冲好的孔边,使用材料拉伸的方法形成凸缘                    | 翻口模  |
|             | 3    | 胀形   |  | 将空心件或管状毛坯料从里面用径向拉伸的方法加以膨胀                 | 胀形模  |

(续)

| 类别        | 分类序号 | 工序名称 | 工序简图                                                                                | 工作性质                                 | 冲模名称 |
|-----------|------|------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------|
| IV<br>成形  | 4    | 缩口   |    | 将空心件或管状毛坯料的端部,使材料由外向内压缩,以缩小口径        | 缩口模  |
|           | 5    | 校平   |    | 将零件或毛坯不平的表面压平                        | 校平模  |
|           | 6    | 整形   |    | 将原先压弯的或拉伸的零件压成正确的形状                  | 整形模  |
| V<br>立体压制 | 1    | 压印   |   | 用将金属局部挤走的方法,在零件表面上形成浅的凹进字样、花纹、图案及符号等 | 压印模  |
|           | 2    | 冷镦   |  | 将金属体积作重新分布及转移,使其局部变粗,形成所要求的形状        | 冷镦模  |
|           | 3    | 冲中心  |  | 用冲针在零件表面上冲出浅的中心眼,备以后钻孔用              | 冲中心模 |

(续)

| 类别         | 分类序号 | 工序名称   | 工序简图                                                                              | 工作性质                                                    | 冲模名称      |
|------------|------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------|
| V<br>立体压制  | 4    | 冷挤     |  | 用将金属塑性冲挤到凸模及凹模之间的间隙内的方法,使厚的毛坯料转变为薄壁空心零件                 | 冷挤模       |
| VI<br>组合冲压 | 1    | 落料冲孔复合 |  | 在压床一个行程、毛坯一次送料中,同时完成两个或几个不同的工序                          | 落料冲孔(复合)模 |
|            | 2    | 连续冲压   |  | 冲模中的各个凸模在压床的几次行程中,连续完成几种工序(工步),毛坯依次在各工序间通过,每次行程都可得到一件成品 | 连续模       |

## 第二章 汽车覆盖件冲模

### 第一节 概 述

汽车覆盖件是指覆盖汽车的发动机、底盘、构成驾驶室和车身的表面零件。它包括外部覆盖件和内部覆盖件。载重车的车前板和驾驶室、轿车的车前板和车身等,都是由覆盖件和一般冲压件组成的。

汽车覆盖件通常采用薄钢板冲压而成。但它与一般冲压件相比,具有形状复杂(多为空间曲面)、轮廓尺寸大、材料薄、表面质量要求高等特点。因此,汽车覆盖件的冲压工艺被认为是板料冲压中技术难度最大的工艺。

汽车覆盖件由于形状复杂,用一般的平面图无法准确表达。因此,通常除覆盖件图外,还需要有主模型(或从主模型上用三坐标测量机扫描得出的数据)来作为加工的依据。由于当代先进技术的发展,可用 CAD 和 CAM 系统模拟产品设计软件数据直接作为加工的依据。

在汽车覆盖件图上,为了表示其在汽车上的位置和便于标注尺寸,通常每隔 100mm 或 200mm 画出三个方向的坐标线,如图 2-1 所示。三个坐标基准如下:

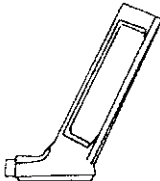
前后方向——以前轮中心为零,往后是正、往前是负。

上下方向——对于轿车,以前轮中心为零,往上是正、往下是负。对于载重车:以纵梁上表面为零,往上是正、往下是负。

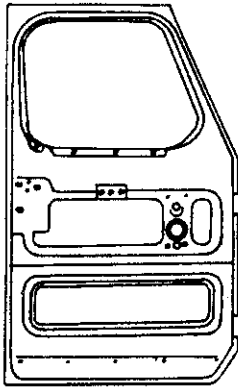
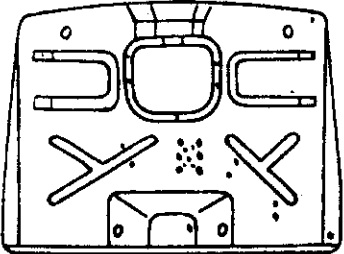
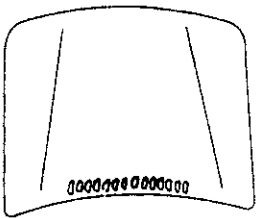
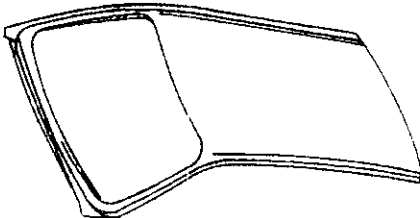
左右方向——以汽车对称中心为零,左右不分正负。

汽车覆盖件的冲压工艺,通常都是由拉伸、修边、翻边三个基本工序组成,有的还需要落料或冲孔,有的需要多次修边、冲孔或翻边,有的工序还可以合并。因此,对于一个具体的汽车覆盖件来说,要确定其冲压工艺,就必须具体地分析该零件的形状、结构、材料和技术要求,结合生产批量(纲领)和生产设备条件才能最后确定。表 2-1 列出了几种汽车覆盖件在大批量生产时采用的工艺过程。

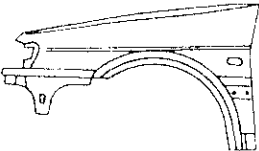
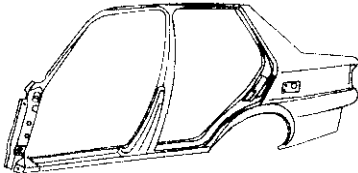
表 2-1 几种汽车覆盖件的冲压工艺

| 制件名称      | 制件简图                                                                                | 冲压工艺过程                                                                                                                                |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 前围<br>外盖板 |  | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 拉伸</li><li>2. 修边冲孔</li><li>3. 翻边</li><li>4. 冲窗口压圆角</li><li>5. 修边冲孔</li><li>6. 翻边翻口</li></ol> |

(续)

| 制件名称   | 制件简图                                                                                | 冲压工艺过程                                                                                                                                               |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 门里板    |    | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 拉伸</li><li>2. 整形并压圆角</li><li>3. 修边冲孔</li><li>4. 翻边冲孔压圆角</li><li>5. 翻边</li><li>6. 冲孔</li><li>7. 校平</li></ol> |
| 地 板    |   | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 拉伸</li><li>2. 修边冲孔</li><li>3. 翻边压筋</li></ol>                                                                |
| 发动机罩外板 |  | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 剪料</li><li>2. 拉伸</li><li>3. 修边冲孔</li><li>4. 翻边</li><li>5. 翻边</li></ol>                                      |
| 顶 盖    |  | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 剪料</li><li>2. 拉伸</li><li>3. 修边冲孔</li><li>4. 整形翻边</li><li>5. 修边冲孔整形</li></ol>                                |

(续)

| 制件名称 | 制件简图                                                                              | 冲压工艺过程                                                                               |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 翼子板  |  | 1. 落料<br>2. 拉伸<br>3. 修边冲孔<br>4. 翻边整形<br>5. 侧成形<br>6. 侧冲孔成形修边<br>7. 侧翻边冲孔             |
| 侧围外板 |  | 1. 剪料<br>2. 落料<br>3. 拉伸<br>4. 修边冲孔<br>5. 翻边整形冲孔<br>6. 翻边整形冲孔<br>7. 修边冲孔<br>8. 修边冲孔整形 |

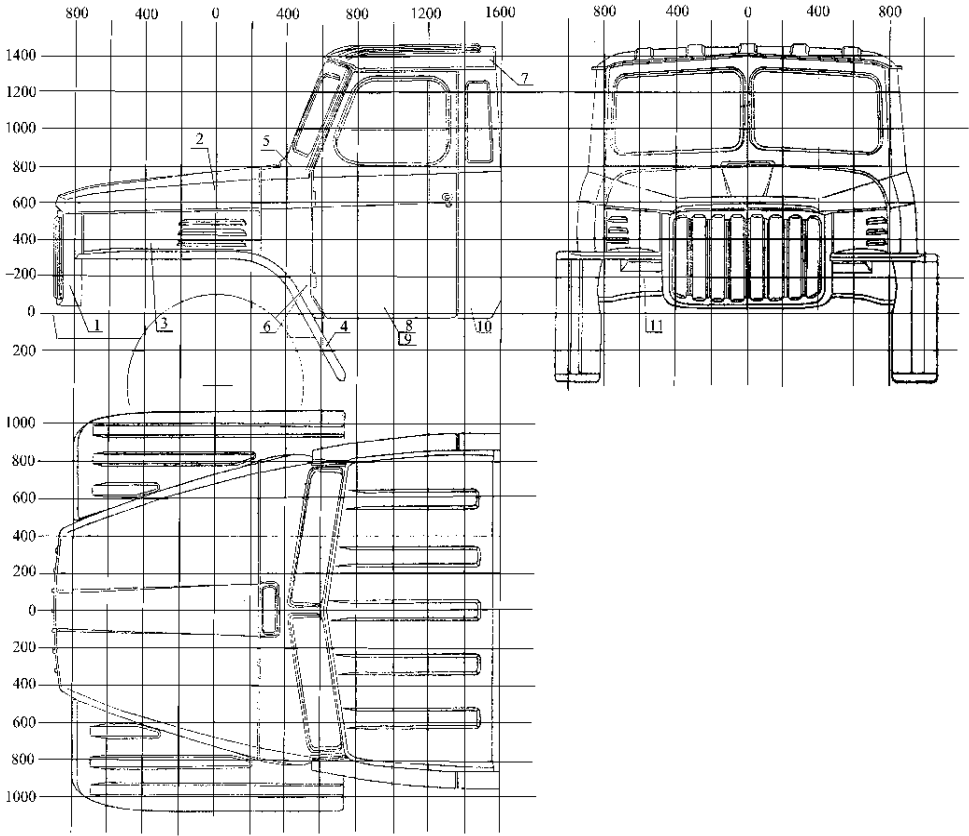


图 2 - 1 解放牌汽车车前板和驾驶室的覆盖件

1—散热器罩；2—发动机罩；3—发动机罩左、右边板；4—左、右翼子板；5—前围外盖板；6—前围左、右外侧板；7—顶盖；8—左、右外门板；9—左、右里门板；10—后围左、右外侧板；11—后围板。

# 第二节 拉 伸 模

## 一、拉伸模结构

### 1. 用于单动压力机的拉伸模(图 2 - 2)

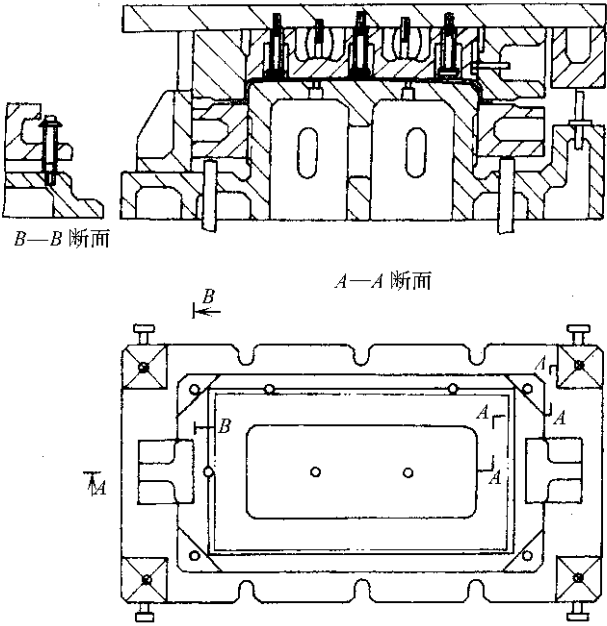


图 2 - 2 单动拉伸模

### 2. 用于双动压力机的拉伸模(图 2 - 3)

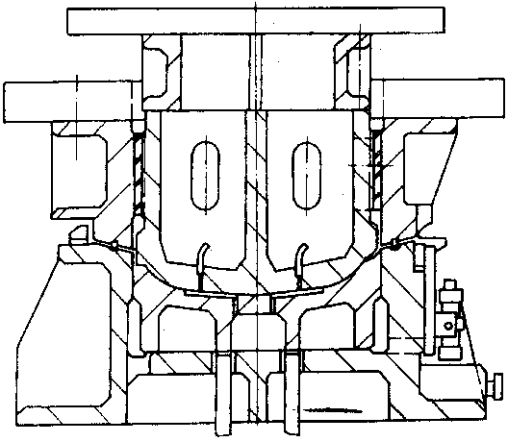


图 2 - 3 双动拉伸模

### 3. 在拉伸模上冲(穿)工艺孔的结构(图2-4、图2-5)

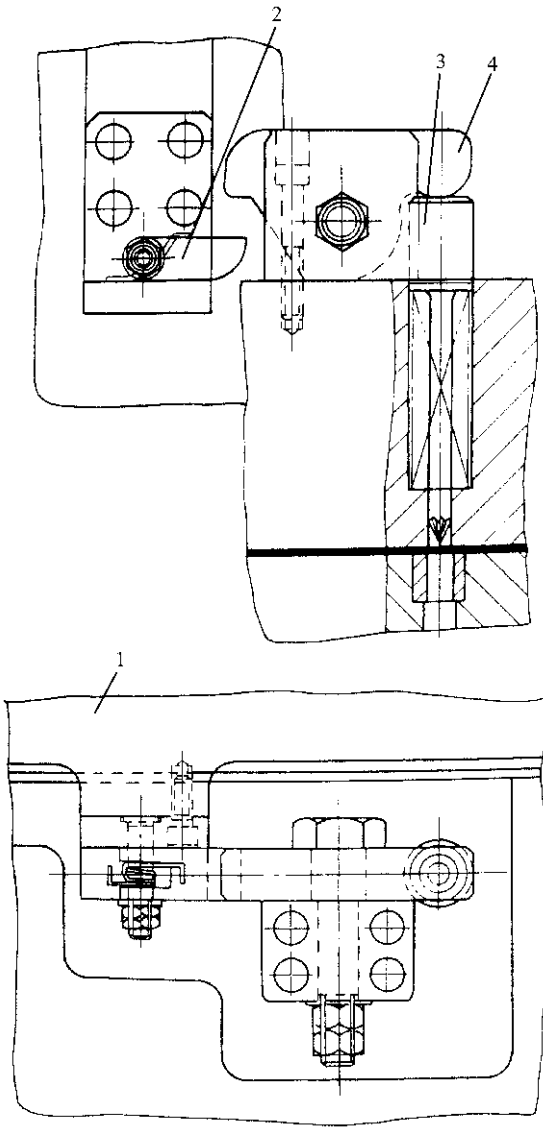


图2-4 穿工艺孔的结构

1—凸模；2—驱动杆；3—穿孔凸模；4—摆轮。

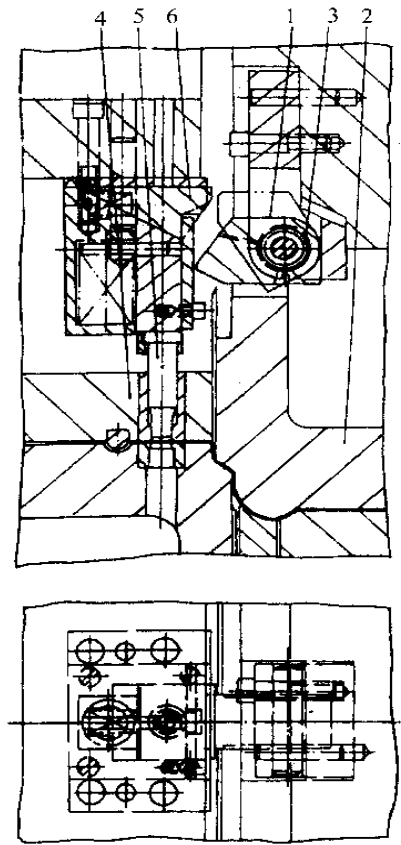


图2-5 冲工艺孔的结构

1—驱动凸轮；2—凸模；3—扭簧；  
4—压料圈；5—冲工艺孔凸模；6—滑块。

4. 拉伸毛坯需切角的拉伸模(图 2 - 6)

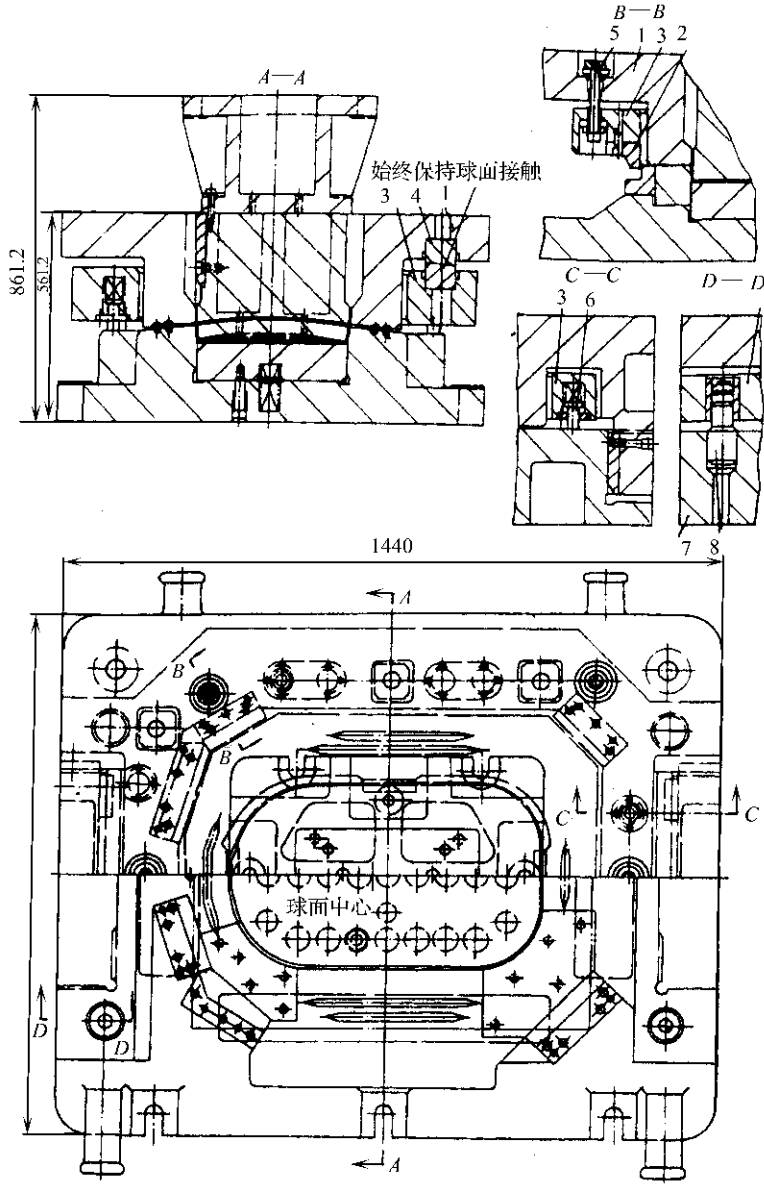


图 2 - 6 拉伸毛坯有切角的拉伸模

1—压料圈 ;2—切角镶块 ;3—浮动圈 ;4—球面方柱 ;5—螺钉 ;6—平衡机构 ;7—凹模 ;8—导柱。

5. 有工艺切口的拉伸模

当拉伸件的中间部位有局部突起的台或鼓包时 ,由于在拉伸过程中不能从毛坯的外部得到材料的补充而容易导致局部破裂。这时 ,可采用冲工艺切口(或工

艺孔)的办法来解决。

工艺切口应设在容易破裂的区域,但又在修边线以外,以便在修边工序中切除,而不影响零件的形体。

工艺切口通常是在拉伸过程中,在反成形到即将产生破裂的时候切出的。

工艺切口的位置、形状、大小和数量,以及冲切的时间等都要视其所处的区域情况及其向外补充材料的要求而定。其原则是:使拉伸件不因拉应力过大而产生裂口,也不因拉应力过小而形成波纹。通常是在拉伸模调试时试验决定的。

图 2-7 是工艺切口的实例。图 2-8 是有工艺切口的拉伸模结构。

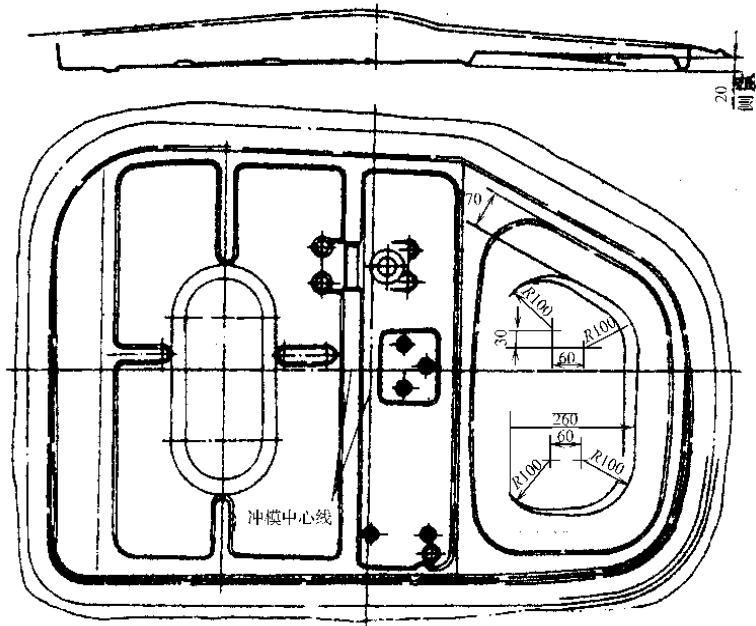


图 2-7 门里板的工艺切口

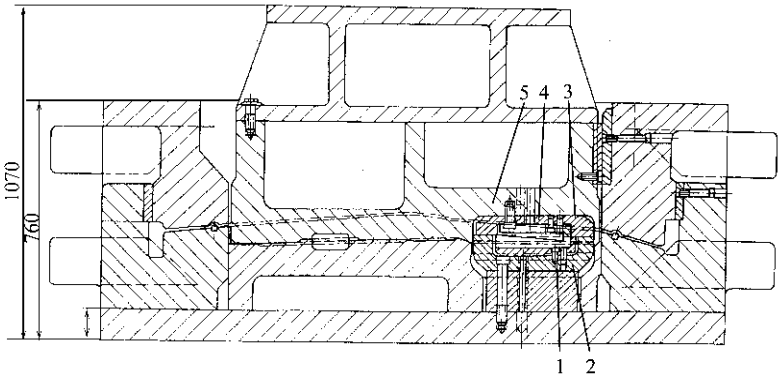


图 2-8 解放牌汽车左、右门里板拉伸模  
1—凹模镶块;2—窗口反成形凸模;3—凸模镶块;4—安装板;5—凸模。

二、拉伸模的材料

由于汽车覆盖件拉伸模的尺寸大和形状复杂 ,凸模、凹模和压料圈通常都采用铸件。其所用的材料应满足耐磨、不易拉毛(黏着)和易加工的要求 ,并能进行局部表面火焰淬火。

凸模、凹模和压料圈等主要零件的材料 ,通常根据生产量和模具使用寿命的要求来选择 :新产品试制时 ,采用树脂或低熔点合金 ;小量生产时 ,采用灰口铸铁 HT250 或 HT300 ;中批量生产时 ,采用球墨铸铁 QT500 - 7 或 QT600 - 3 ;大量生产时 ,采用镍铬铸铁或钼钒铸铁等合金铸铁。表 2 - 2 列出了常用的拉伸模材料的化学成分和力学性能。

表 2 - 2 拉伸模常用材料的化学成分及力学性能

| 材料<br>牌号  | 化学成分 /%      |              |              |              |              |              |       |       |                | 力 学 性 能          |                  |                  |           |                                 |              |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|-------|----------------|------------------|------------------|------------------|-----------|---------------------------------|--------------|
|           | C            | Si           | Mn           | Mo           | Ni           | Cr           | S     | P     | V              | 抗拉<br>强度<br>/MPa | 抗弯<br>强度<br>/MPa | 抗压<br>强度<br>/MPa | 伸长率<br>/% | 冲击韧性<br>(J · cm <sup>-2</sup> ) | 硬度<br>/HB    |
| HT250     | 2.9 ~<br>3.2 | 1.4 ~<br>1.8 | 0.8 ~<br>1.1 | —            | —            | —            | ≤0.12 | ≤0.20 | —              | 250              | 470              | —                | —         | —                               | 170 ~<br>241 |
| HT300     | 2.8 ~<br>3.2 | 1.3 ~<br>1.7 | 0.8 ~<br>1.1 | —            | —            | —            | ≤0.12 | ≤0.20 | —              | 300              | 540              | —                | —         | —                               | 170 ~<br>241 |
| QT500 - 7 | —            | —            | —            | —            | —            | —            | —     | —     | —              | 500              | 320              | —                | 7         | 15                              | 170 ~<br>230 |
| QT600 - 3 | —            | —            | —            | —            | —            | —            | —     | —     | —              | 600              | 370              | —                | 3         | —                               | 190 ~<br>270 |
| 镍铬铸铁      | 3.0 ~<br>3.3 | 0.8 ~<br>1.5 | 0.5 ~<br>0.8 | —            | 1.2 ~<br>1.8 | 0.4 ~<br>0.8 | <0.05 | <0.1  | —              | —                | —                | —                | —         | —                               | 179 ~<br>255 |
| 钼铬铸铁      | 3.0 ~<br>3.3 | 1.8 ~<br>2.2 | 0.6 ~<br>0.9 | 0.9 ~<br>1.1 | —            | 0.3 ~<br>0.4 | ≤0.12 | ≤0.20 | —              | ≥280             | ≥480             | ≥1000            | —         | —                               | 170 ~<br>241 |
| 钼钒铸铁      | 3.0 ~<br>3.2 | 1.8 ~<br>2.2 | 0.5 ~<br>0.8 | 0.9 ~<br>1.1 | —            | —            | ≤0.05 | ≤0.15 | 0.15 ~<br>0.25 | —                | —                | —                | —         | —                               | 179 ~<br>255 |

三、拉伸模设计要点

1. 拉伸方向

合理的拉伸方向应符合如下原则：

- (1) 保证凸模能将工件需拉伸的部位在一次拉伸中完成 ,不应有凸模接触不到的死区(即“倒钩”形)。
- (2) 拉伸开始时 ,凸模与毛坯的接触状态应良好 ,接触面积应尽量大而靠近中

心 ;凸模表面同时接触毛坯的点要多而分散 ,并尽可能分布均匀 ,防止毛坯窜动 ;凸模两侧的包容角尽可能接近 ,使由两侧进入凹模的材料保持均匀。

(3) 尽可能减小拉伸深度 ,并使各部位拉伸深度趋于均匀。

2. 工艺补充部分

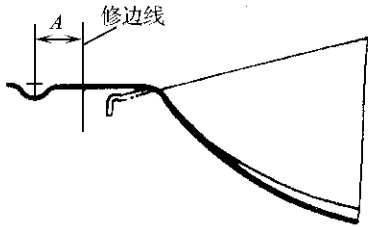
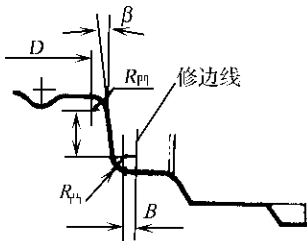
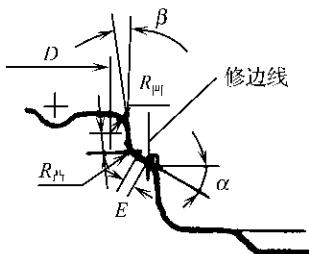
为了满足拉伸工艺的需要 ,通常需将覆盖件上的翻边展开 ,然后再补充一些必要的材料 ,构成一个便于拉伸成形的拉伸件。由于工艺需要而补充的部分(即修边线以外的材料)统称为工艺补充部分。

工艺补充部分应考虑如下三方面的要求 :

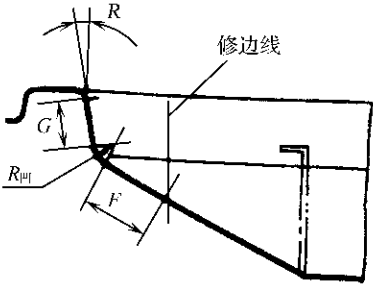
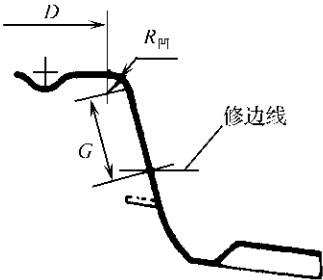
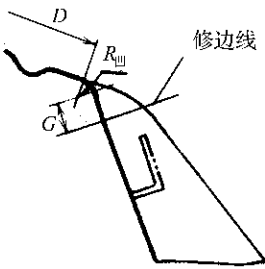
①拉伸时的进料条件 ;②压料面的形状和位置 ;③修边线的位置和修边方式。

常见的工艺补充部分的形状及有关尺寸见表 2 - 3。

表 2 - 3 常见的工艺补充部分的形状及有关尺寸

| 工艺补充部分的形状                                                                           | 修边线位置及修边方式        | 有关尺寸 /mm                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 修边线在拉伸件压料面上 ,垂直修边 | $A = 25$                                                                                                                                                            |
|  | 修边线在拉伸件底面上 ,垂直修边  | $B = 3 \sim 5$<br>$R_{pH} = 3 \sim 10$<br>$R_{pV} = (4 \sim 10)t$<br>$C = 10 \sim 20$<br>$D = 40 \sim 50$                                                           |
|  | 修边线在拉伸件斜面上 ,垂直修边  | $\alpha \geq 30^\circ$ $\beta = 6^\circ \sim 12^\circ$<br>$E = 3 \sim 5$<br>$R_{pH} = 3 \sim 10$<br>$R_{pV} = (4 \sim 10)t$<br>$C = 10 \sim 20$<br>$D = 40 \sim 50$ |

(续)

| 工艺补充部分的形状                                                                           | 修边线位置及修边方式      | 有关尺寸/mm                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 修边线在拉伸件斜面上,垂直修边 | $F \leq 5 \sim 8$<br>$\beta = 6^\circ \sim 12^\circ$<br>$R_{凹} = 3 \sim 10$<br>$C = 10 \sim 20$ |
|    | 修边线在拉伸件侧壁上,水平修边 | $G \leq 12$<br>$R_{凹} = (4 \sim 10)t$<br>$D = 40 \sim 50$                                       |
|  | 修边线在拉伸件侧壁上,倾斜修边 | $G \leq 8$                                                                                      |

3. 压料面

压料面有两种:一种是由工件本身的法兰面组成的;另一种是由工艺补充部分组成的。对于后一种情况,制定压料面的基本原则是:

(1) 为了降低拉伸深度,压料面可以设计成一定的弯曲形状,使毛坯拉伸前先弯成一定的形状。但压料面的形状应尽量简单、平滑,防止毛坯在压料过程中就产生褶皱现象,并利于毛坯在拉伸时材料向凹模内流动。

(2) 压料面与凸模的形状之间应保持一定的几何关系——保证在拉伸过程中毛坯处于张紧状态,并能平稳地、渐次地紧贴凸模,以防产生皱纹。为此,必须满足

如下关系

$$\text{压料面长度} < \text{凸模表面展开长度}$$

4. 拉伸筋( 槛)

在汽车覆盖件拉伸模中, 广泛采用拉伸筋或拉伸槛。其主要目的是一方面增加进料阻力, 使拉伸件在拉伸时承受足够的拉应力, 提高拉伸件的刚度和减少由于回弹而产生的凹面、扭曲、松弛及波纹等缺陷, 使材料达到合理的塑性变形; 另一方面, 通过拉伸筋( 槛) 可以调节各部位的进料阻力, 使材料流入模腔的量适合工件各处的需要, 防止“过多则皱、过少则裂”。拉伸槛比拉伸筋的进料阻力更大, 因此用于拉伸深度浅而曲率小( 平坦) 的拉伸件。拉伸筋的结构见图 2 - 9( I ) 所示, 其尺寸参数见表 2 - 4。拉伸槛的结构见图 2 - 9( II ) 所示。其中, 形式(a)用于拉

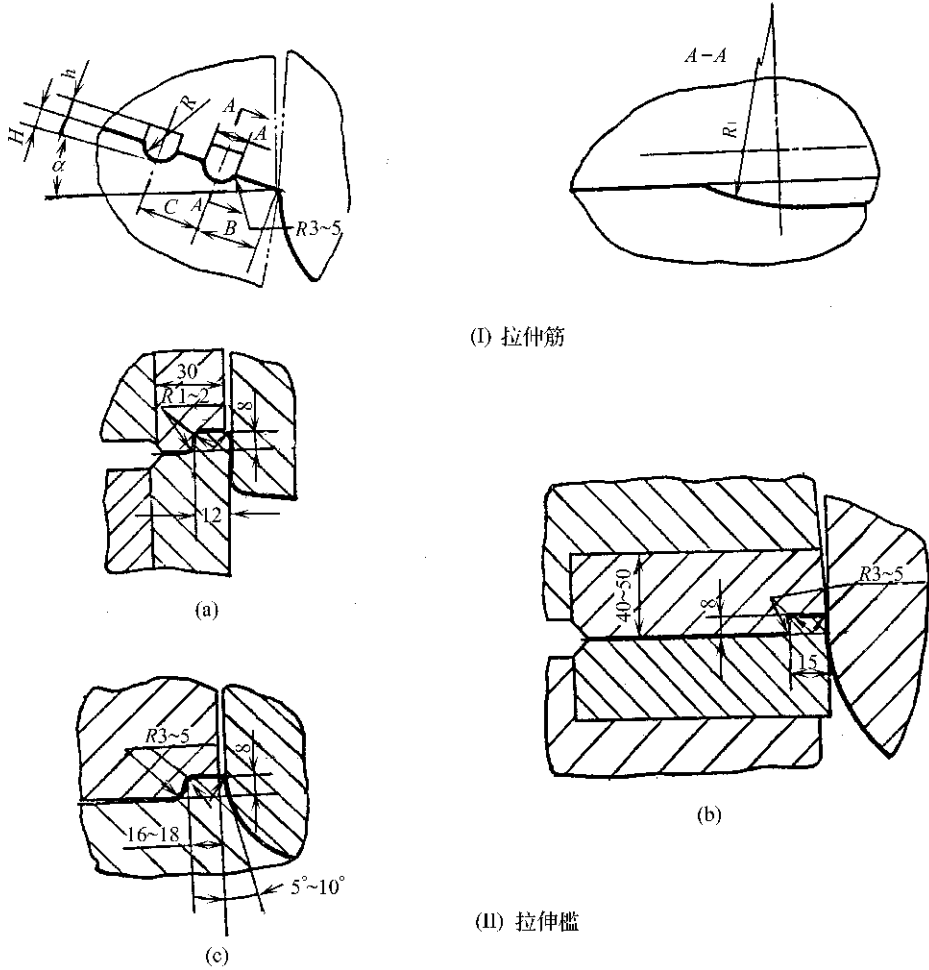


图 2 - 9 拉伸筋( 槛) 的结构形式

深深度小于 25mm 者 ,形式(b)用于拉伸深度大于 25mm 者 ,形式(c)用于整体铸铁凹模(小批量生产)的场合。

表 2 - 4    拉伸筋结构尺寸 单位 mm

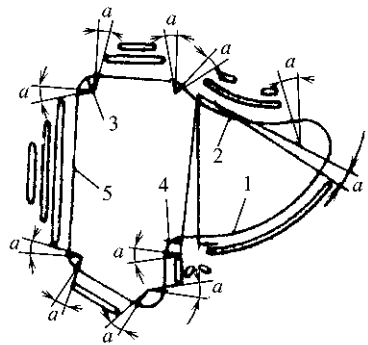
| 序号 | 应用范围   | A  | H | B       | C       | h | R  | R <sub>1</sub> |
|----|--------|----|---|---------|---------|---|----|----------------|
| 1  | 中小型拉伸件 | 14 | 6 | 25 ~ 32 | 25 ~ 30 | 5 | 7  | 125            |
| 2  | 大中型拉伸件 | 16 | 7 | 28 ~ 35 | 28 ~ 32 | 6 | 8  | 150            |
| 3  | 大型拉伸件  | 20 | 8 | 32 ~ 38 | 32 ~ 38 | 7 | 10 | 150            |

拉伸筋比拉伸槛在采用的数量上和形式上都较灵活 ,因此应用比较广泛。设计拉伸筋的数目及位置时 ,必须根据拉伸件形状特点、拉伸深度以及材料流动特点而定。表 2 - 5 和表 2 - 6 列出了拉伸筋的布置原则和布置方法。

表 2 - 5    拉伸筋的布置原则

| 序号 | 作用和要求                    | 布 置 原 则                                                                                   |
|----|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 增加进料阻力 ,提高材料变形程度         | 放整圈的或间断的 1 条拉伸槛或(1 ~ 3)条拉伸筋                                                               |
| 2  | 增加径向拉应力 ,降低切向压应力 ,防止毛坯起皱 | 在容易起皱的部位设置局部的短筋                                                                           |
| 3  | 调整进料阻力和进料量               | 1. 拉伸深度大的直线部位 ,放(1 ~ 3)条拉伸筋<br>2. 拉伸深度大的圆弧部位 ,不放拉伸筋<br>3. 拉伸深度相差较大时 ,在深的部位不设拉伸筋 ,浅的部位设拉伸筋 |

表 2 - 6    按凹模口形状布置拉伸筋的方法

| 凹 模 口                                                                               | 形状       | 要 求                                          | 布置方法                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|
|  | 1. 大外凸圆弧 | 补偿变形阻力不足                                     | 设置 1 条长拉伸筋                                 |
|                                                                                     | 2. 大内凹圆弧 | 1. 补偿变形阻不足<br>2. 避免拉伸时 ,材料从相邻两侧凸圆弧部分挤过来而形成皱纹 | 设置 1 条长短拉伸筋和 2 条短拉伸筋                       |
|                                                                                     | 3. 小外凸圆弧 | 塑流阻力大 ,应让材料有可能向直线区段挤流                        | 1. 不设拉伸筋<br>2. 相邻拉伸筋的位置应与凸圆弧保持 8° ~ 12° 夹角 |
|                                                                                     | 4. 小内凹圆弧 | 将两相邻侧面挤过来的多余材料延展开 ,保证压边面下的毛坯处于良好状态           | 1. 沿凹模口不设拉伸筋<br>2. 在离凹模口较远处设置两段短拉伸筋        |
|                                                                                     | 5. 直线    | 补偿变形阻力不足                                     | 根据直线长短设置(1 ~ 3)条拉伸筋(长者多设 ,并呈塔形分布 ,短者少设)    |

## 四、拉伸模制造要点

汽车覆盖件拉伸模由于制件形状复杂和轮廓尺寸大,其制造工艺有一定特殊性。例如,其毛坯多采用实型铸造,其工作表面需用仿形铣或数控铣加工,而且拉伸模与后工序模具(修边模、翻边模等)的关系比较密切。因此,拉伸模的制造是很关键的。

拉伸模的制造工艺与模具结构、形状以及加工设备等有关。现简述如下:

### 1. 拉伸模优先制造

一个覆盖件通常有几道冲压工序,即有几套模具。这些模具在投入制造时,既不能同时投入,又不是按冲压工艺的顺序投入的。通常的制造顺序是:拉伸模——翻边模——修边冲孔模——落料模。因为拉伸模关系到能否生产出合格拉伸件,还要利用拉伸模生产出的合格拉伸件来制造翻边模和修边模用的工序件(立体)样板。此外,在调整拉伸模时,才能最终确定拉伸毛坯尺寸和形状作为设计、制造落料模的依据,所以拉伸模应优先制造。

### 2. 模型准备

汽车覆盖件通常都有主模型,这是立体形状的加工依据。但主模型只做出零件实体部分(翻边线以内)的形状,而且其位置是汽车的装配位置。对于拉伸模的工艺补充部分的形状和冲压方向,需要根据冲模设计的要求进行补充和改造,成为工艺主模型,才能作为凸模和压料圈仿形加工的依据。另外,根据工艺主模型还要翻制凹形的拷贝模型(俗称样架),作为凹模仿形加工和凸模研修的依据。

主模型通常用优质木材或树脂(可加工塑料)制造,样架则用低熔点合金或树脂翻制。

主模型通常做成凸形,其尺寸是覆盖件内表面的尺寸。

当产品设计没有提供主模型时,对于覆盖件的立体形状则需有三维坐标数值。在模具制造时,可以先按此数据在数控机床上加工出主模型,再改造和翻制各种工艺模型。也可以根据模具设计的要求,通过CAD/CAM系统直接控制模具零件的加工(参见本章第五节)。

### 3. 铸件准备

凸模、凹模和压料圈通常都采用实型铸造工艺制造,是用聚苯乙烯发泡塑料制作模型,在模型表面涂上涂料,然后采用白硬砂造型,浇铸时模型不取出,而被高温金属汽化消失。

实型铸造的铸件质量较好,模型可采用数控加工,因而精度较高,立体表面的加工余量可控制在(5~10)mm内。因此,铸件上的倒角、空刀槽、文字标记、机加工基准线和辅助支承等均应在发泡模型上做出。

### 4. 主要零件的加工

凸模是拉伸模的基准件,其工作表面的形状和尺寸应与主模型(制件内表面)一致。对于配合精度要求高的覆盖件,通常其凸模经仿形(或数控)加工后,还要

在研配压床上由钳工按样架(主模型的拷贝)研配,使其接触面达 80% 以上,再进行精修,消除波纹,修直棱线,最后抛光至  $R_a0.8\mu\text{m}$ 。对于配合精度要求不很高的覆盖件,仿形(或数控)加工后即可直接精修和抛光。

凹模的工作表面是按样架仿形(或数控)加工的。由于样架是主模型的拷贝,它反映的是覆盖件的内表面尺寸,而凹模应做成外表面尺寸,因此,凹模在仿形铣加工时,铣刀直径应比靠模指直径大  $2t$ ( $t$  为料厚)。凹模工作表面的精加工,通常是在研配压床上以凸模为基准进行研配,使其接触面积不少于 70%,粗糙度不高于  $R_a1.6\mu\text{m}$ ,然后再交付装配和调试。

压料圈和凹模的压料面,如果不是覆盖件本身的法兰面,而是工艺补充部分时,其形状和尺寸主要满足二者之间的配合要求即可。这时,只需将其中一件(凹模或压料圈)的压料面,经仿形(数控)加工后直接抛光做基准,对另一件进行研配,使其接触面积不少于 70%,粗糙度不高于  $R_a1.6\mu\text{m}$ ,即可交付装配和调试。

凸模和凹模的棱线及圆角等易磨损的部位,通常在模具调试后采用表面火焰淬火处理,以提高其耐用度。

五、拉伸模的调整

拉伸模的调整是冲模调整中较复杂和较困难的一种。这是因为坯料在拉伸过程中的变形较复杂,有的零件甚至只有通过拉伸模的调整,并冲出合格的拉伸件以后才能投入其他工序冲模的设计或制造。此外,覆盖件的拉伸坯料,其外形和尺寸通常也需在拉伸模调整时进行试验决定。

1. 调整程序

在双动压力机上调整拉伸模,一般按表 2 - 7 所列步骤进行。

表 2 - 7 在双动压力机上调整拉伸模的程序

| 序号 | 内 容        | 说 明                                                                                                           |
|----|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 校平压力机外滑块   | 调节外滑块 4 个角的调整螺母,使外滑块处于水平位置                                                                                    |
| 2  | 研修压料面和压料筋槽 | 用试冲坯料着色研配,以保证各处间隙均匀。尤其在斜面和圆角处,由于在研配压力机上研修时一般不垫坯料,因此工作时会在该处出现间隙小于坯料厚度的情况                                       |
| 3  | 研修凹模       | 按凸模研修凹模(用坯料着色研配),保证凸模与凹模之间的料厚间隙(特别注意斜面和圆角处)                                                                   |
| 4  | 抛光         | 将研修好的压料面、压料筋槽及凹模圆角等处抛光,并擦拭干净                                                                                  |
| 5  | 试冲和调整      | 用图纸规定的坯料(钢号、拉伸级别、表面质量和厚度等)进行试生产,并根据试生产过程中出现的冲件缺陷,分析其产生的原因,设法加以消除,直到生产出合格的冲件来                                  |
| 6  | 装挡料销       | 根据拉伸坯料确定挡料销位置,并将此位置反印到压边圈上去,在压边圈上钻躲避孔。反印挡料销位置的方法是:将直径(4~6)的钢珠用油泥或洋冲眼固定在凹模的确定位置上,然后把外滑块稍回升一点,开动压力机,即可在压边圈上压出印痕 |
| 7  | 凹模热处理      | 在凹模的圆角、棱线、凸包和筋等处进行火焰淬火                                                                                        |

2. 调整方法

拉伸模调整时常见的缺陷和解决办法见表 2 - 8。

表 2 - 8 拉伸模调整时常见的缺陷和解决办法

| 冲压件缺陷          | 产生原因                                                                                                                                                                                                                                                         | 解 决 办 法                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 破裂             | <div>1. 压料力太大</div> <div>2. 凹模口或压料筋槽的圆角半径太小</div> <div>3. 压料筋布置不当或间隙太小</div> <div>4. 压料面的粗糙度较高</div> <div>5. 凸模与凹模间的间隙过小</div> <div>6. 润滑不足</div> <div>7. 坯料放偏</div> <div>8. 坯料尺寸太大</div> <div>9. 坯料质量(厚度公差、表面质量、拉伸级别等)不符合要求</div> <div>10. 局部形状变形条件恶劣</div> | <div>1. 减小外滑块的压力</div> <div>2. 加大有关的圆角半径</div> <div>3. 调整压料筋的数量、位置和间隙</div> <div>4. 降低粗糙度</div> <div>5. 调整间隙</div> <div>6. 改善润滑条件</div> <div>7. 使坯料正确定位 必要时加预弯工序</div> <div>8. 减小坯料尺寸</div> <div>9. 更换材料</div> <div>10. 加工艺切口或工艺孔或改变拉伸件的局部形状</div>               |
| 皱纹             | <div>1. 压料力不够</div> <div>2. 压料面“里松外紧”</div> <div>3. 凹模口圆角半径太大</div> <div>4. 压料筋太少或布置不当</div> <div>5. 润滑油太多或涂刷次数太频 ,或涂刷位置不当</div> <div>6. 坯料尺寸太小</div> <div>7. 试冲坯料过软</div> <div>8. 坯料定位不稳定</div> <div>9. 压料面形状不当</div> <div>10. 冲压方向不当</div>                 | <div>1. 调节外滑块调整螺母 加大压料力</div> <div>2. 修磨压料面 消除“里松外紧”现象</div> <div>3. 减小圆角半径</div> <div>4. 增加压料筋或改变其位置</div> <div>5. 适当减少润滑油并注意操作</div> <div>6. 加大坯料尺寸</div> <div>7. 更换试冲材料</div> <div>8. 改善定位 必要时加预弯工序</div> <div>9. 修改压料面形状</div> <div>10. 改变冲压方向 ,重新设计冲模</div> |
| 修边后形状和尺寸不准确    | <div>1. 压料力不够</div> <div>2. 压料筋太少或布置不当</div> <div>3. 材料的塑性变形不够</div> <div>4. 材料选择不当</div> <div>5. 产品的工艺性差</div>                                                                                                                                              | <div>1. 加大压料力</div> <div>2. 增加压料筋或改善其分布</div> <div>3. 对于浅的拉伸件采用压料槛</div> <div>4. 更换材料</div> <div>5. 产品增加加强筋</div>                                                                                                                                                |
| 有“鼓膜”(“砰砰”声)现象 | <div>1. 压料力不够</div> <div>2. 压料筋太少或布置不当</div> <div>3. 坯料扭曲 拉伸时受力不均</div>                                                                                                                                                                                      | <div>1. 加大压料力</div> <div>2. 增加压料筋或改善其分布</div> <div>3. 拉伸前将坯料放在多辊滚压机上进行滚压</div>                                                                                                                                                                                   |
| 装饰棱线不清 压双印     | <div>1. 凸模与凹模未墩死</div> <div>2. 凸模与凹模不同心 间隙偏</div> <div>3. 坯料在凸模上有相对运动</div>                                                                                                                                                                                  | <div>1. 调节凸模深度 或换大吨位压力机</div> <div>2. 保证凸模与凹模之间的间隙均匀</div> <div>3. 调整各个部位的进料阻力或改变冲压方向</div>                                                                                                                                                                      |

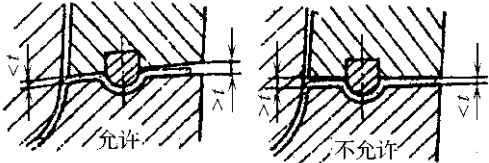
(续)

| 冲压件缺陷     | 产生原因                                                                                                                                                   | 解决办法                                                                                                           |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 表面有痕迹和划痕  | 1. 压料面的粗糙度较高<br>2. 凹模圆角的粗糙度较高<br>3. 镶块的接缝间隙太大<br>4. 坯料表面有划痕<br>5. 凸模或凹模没有出气孔<br>6. 凹模内有杂物<br>7. 润滑不足或润滑剂质量低<br>8. 工艺补充部分不足<br>9. 冲压方向选择不当 ,坯料在凸模上有相对移动 | 1. 降低粗糙度<br>2. 降低粗糙度<br>3. 消除镶块的缝隙<br>4. 更换材料<br>5. 加出气孔<br>6. 保持模内清洁<br>7. 改善润滑条件<br>8. 增加工艺补充部分<br>9. 改变冲压方向 |
| 表面粗糙似“橘皮” | 钢板表面晶粒粗大                                                                                                                                               | 1. 将板料进行正火处理<br>2. 采用以铝脱氧的材料(08A1)                                                                             |
| 表面有滑移线    | 材料的屈服极限不均匀                                                                                                                                             | 1. 采用以铝脱氧的材料(08A1)<br>2. 拉伸前将坯料放在升降式多辊滚压机上进行滚压                                                                 |

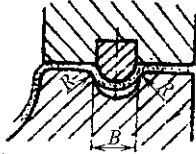
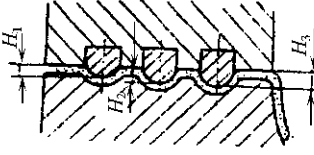
3. 调整要点

(1) 冲压件出现破裂或皱纹 ,是拉伸模调整中最常见的缺陷。其主要产生原因有 :进料阻力太大产生破裂 ,进料阻力太小则产生皱纹。因此 ,解决破裂和皱纹的问题实质就是调整进料阻力的问题。调整进料阻力的方法见表 2 - 9。

表 2 - 9 调整拉伸模进料阻力的基本方法

| 序号 | 内 容         | 说 明                                                                                                                                                                                                     |
|----|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 调节压力机外滑块的压力 | 调节压力机外滑块四个角上的调整螺母 ,使之达到所需的压料力                                                                                                                                                                           |
| 2  | 调整压料面配合的松紧  | <div></div> <p>压料圈与凹模的压料面应研至全面接触 ,以保证其在拉伸过程中始终能起压料作用。调整时允许根据进料情况进行研修 ,让某些部位接触松一些或紧一些 ,允许稍有“里紧外松” ,不允许有“里松外紧”的现象</p> |

(续)

| 序号 | 内 容        | 说 明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3  | 调整压料筋配合的松紧 | <p>1. 调整压料筋两边的圆角半径 <math>R</math>。调整时注意保证槽宽 <math>B</math> ,槽深可加深 ,圆角半径应从小逐步调大</p>  <p>2. 调整压料筋的高度 <math>H</math>。压料筋的高度图纸都是 <math>7\text{mm}</math> ,调整时可根据需要适当磨低一些 ;多排筋的高度应从里往外逐个降低 ,使进料阻力从小到大 ,即</p> $H_1 < H_2 < H_3$  |
| 4  | 调整凹模圆角半径   | 根据试冲件的情况 ,打磨凹模圆角半径(从小逐步磨大到适当为止)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 5  | 改变坯料形状和尺寸  | 当拉伸件已基本合格后 ,对于局部的破裂或皱纹可以用改变坯料局部形状来解决 ;如需加大进料阻力 ,则将该处的坯料适当加大 ;如需减小进料阻力 ,则将该处的坯料适当减小                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 6  | 适当的润滑      | 采用润滑效果良好的润滑剂配方 ,润滑剂应涂刷在四周压料部分 ,涂刷次数和量应适当                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

(2) 对于复杂的拉伸件 ,在调整时 ,可把拉伸深度分作两三段来进行调整 ,先将较浅一段调整好以后 ,再往下调深一段 ,直到调到所需的拉伸深度。采用这种分段逐步调整的方法 ,拉伸件的缺陷往往出现在局部 ,容易找出其根源加以消除。例如 ,对于复杂的拉伸件 ,如果凸模一开始就调到所需的拉伸深度 ,则试生产出的第一个拉伸件 ,往往是既裂又皱。但是 ,要分析裂和皱哪个起主导作用。是先裂而引起皱 ,还是先皱而引起裂 ?这时就很难判断。如果将凸模深度先调至拉伸深度的  $1/3 \sim 1/2$  ,则试生产出的拉伸件 ,其缺陷就比较少而轻。这时 ,可观察拉伸件压料面上的材料是否有压痕或波纹。若压料面上的材料有压痕 ,则说明进料困难 ,坯料先沿凹模圆角处裂开 ,进入凹模后便会产生皱纹 ;若压料面上的材料有波纹 ,则说明拉伸开始时进料容易 ,但在压料面上形成波纹以后 ,进料就困难 ,最后会沿凹模圆角处开裂。

## 第三节 修边模

### 一、修边模结构

修边模分垂直修边模和斜楔修边模两种 其结构分别见图 2 - 10 和图 2 - 11。

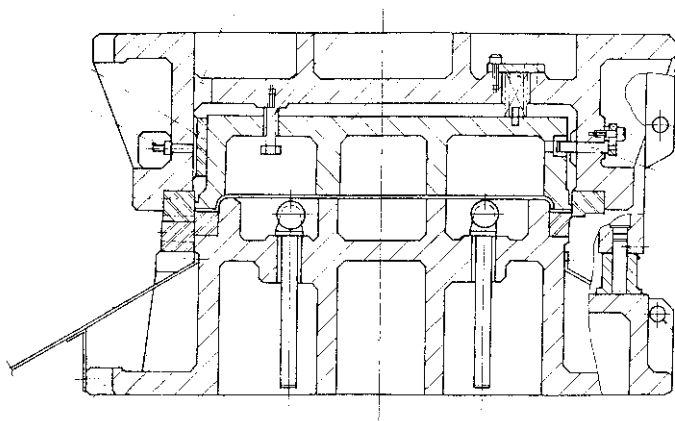


图 2 - 10 垂直修边模

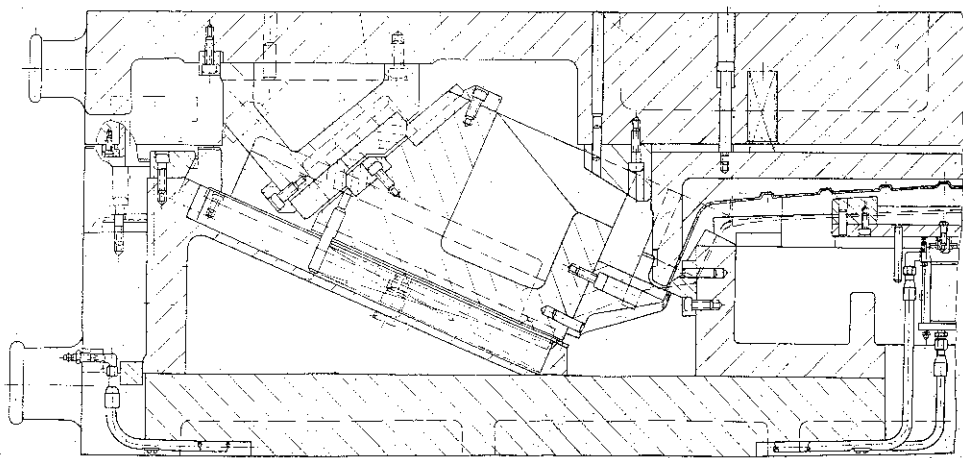


图 2 - 11 斜楔修边模

### 二、修边模设计要点

#### 1. 修边方向

确定修边方向包含两个内容：一是确定拉伸件(坯件)是“趴”着,还是“仰”着

修边 二是确定修边刃口的运动方向是垂直方向还是水平方向或倾斜方向。

在确定修边方向时 ,既要考虑在修边时拉伸件定位的可靠性、操作的方便性和安全性 ,又要考虑修边凸(凹)模镶块应有足够的强度。同时 ,还要考虑修边方向(凹模运动方向)与修边线(凸模刃口线)的几何关系。

图 2 - 12 为修边方向和修边线的几何关系示意图。设计修边模时 ,应避免图 2 - 12(b)的情况 ,因为这时凸模与凹模之间的材料不是被切断的 ,而是被撕裂的。

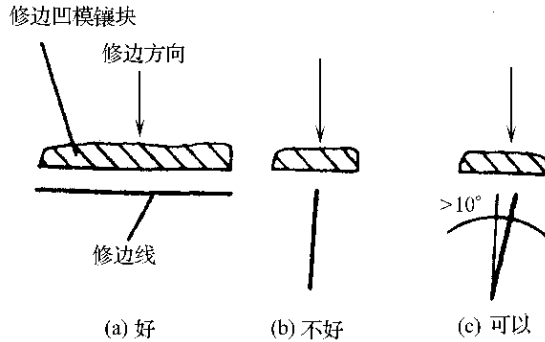


图 2 - 12 修边方向和修边线关系的示意图

## 2. 拉伸件在修边模中的定位

覆盖件修边时 ,毛坯件(拉伸件)的定位 ,通常采用如下三种方式 :用拉伸件侧壁定位 ,用拉伸槛定位和用工艺孔定位。

当用拉伸件内侧壁定位时 ,拉伸件必须“ 趴 ”着放。当用拉伸件外侧壁定位或用拉伸槛定位时 ,拉伸件应“ 仰 ”着放。当拉伸件在修边时用刺穿的工艺孔定位时 ,拉伸件应“ 趴 ”着放。

## 3. 修边凹模的波浪刃口

由于覆盖件的尺寸大 ,修边凹模通常采用镶块结构。为了减少修边时的振动和噪声 ,同时也为了刃磨的方便 ,通常修边凹模的刃口做成由折线构成的波浪刃口。

## 4. 废料刀

覆盖件修边的废料 ,通常采用镶块式废料刀切断 ,如图 2 - 13 所示 :将凹模镶块的接合面延长形成上废料刀 ,在凸模镶块外面相应处装下废料刀。下废料刀的高度必须低于修边凸模镶块的高度(一般低于 8mm ~ 15mm) ;修边凹模镶块上的上废料刀的高度 ,应保证模具处于闭合状态时 ,上废料、下废料刀刃口的切入量约 1mm。废料刀的布置参见图 2 - 14。

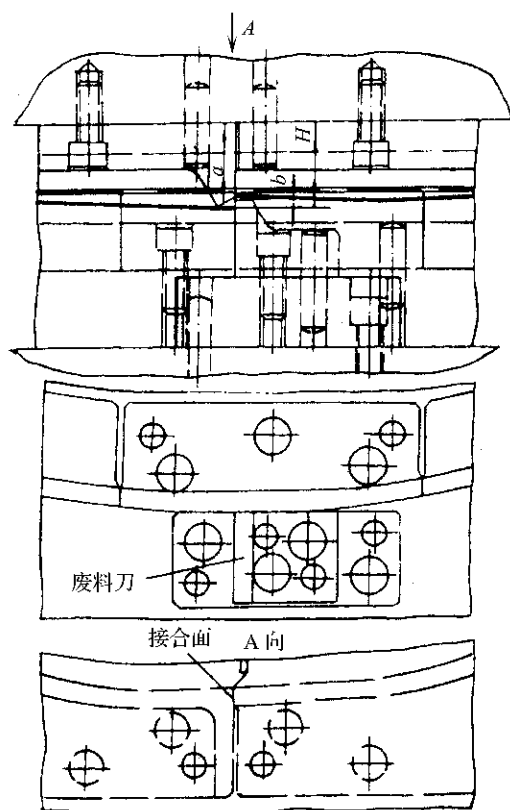


图 2 - 13 镶块式废料刀

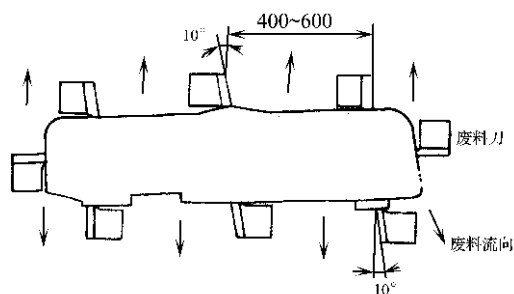


图 2 - 14 废料刀的布置

### 5. 斜楔修边

当修边(凹模)刃口需作水平方向或倾斜方向运动时,通常采用斜楔结构的修边模。常见的斜楔滑块结构见图 2 - 15 ~ 图 2 - 20。

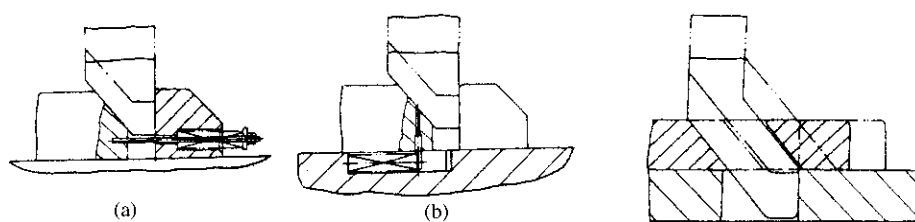


图 2 - 15 单向斜楔滑块示意图

斜楔滑块示意图

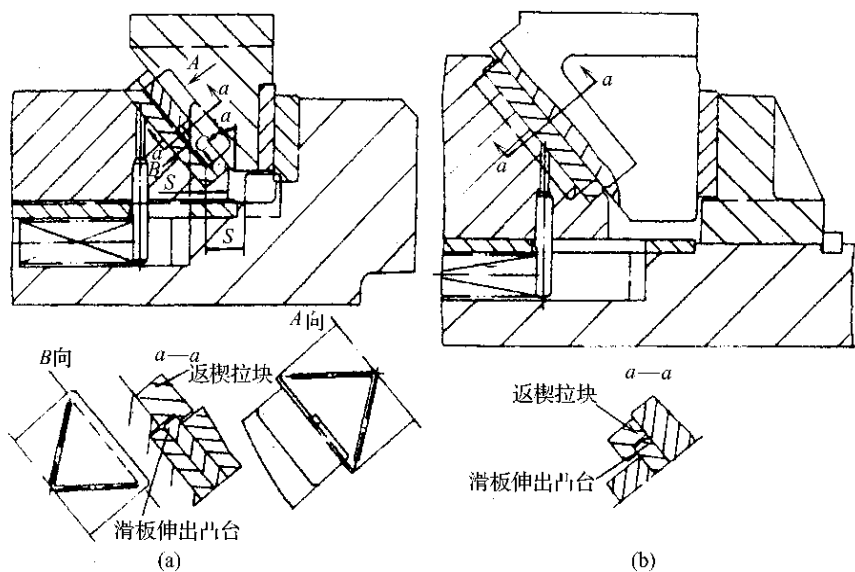
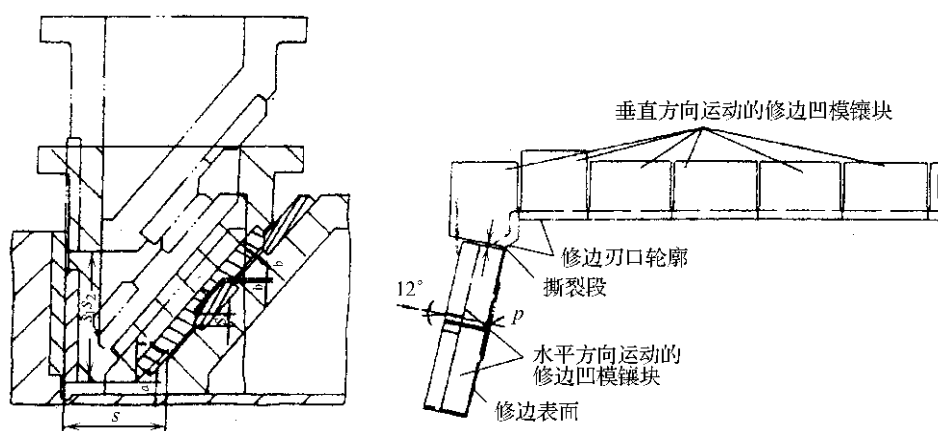
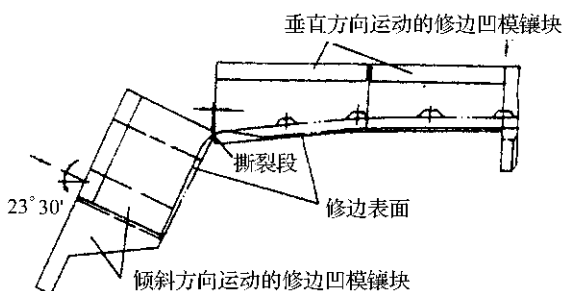


图 2 - 17 返楔



水平方向运动的  
先修边以后 就  
可停斜楔滑块

向运动和水平方向  
模镶块的交接



方向运动的修边凹模镶块的交接

### 6. 堆焊刃口的应用

在中小批量生产汽车覆盖件时,采用堆焊刃口具有成本低、周期短等优点,因而得到广泛的应用。

堆焊刃口如图 2-21 所示。它是在铸铁或碳钢的基体上,堆焊一种合金焊层,焊后刃口硬度可达 58HRC 左右。

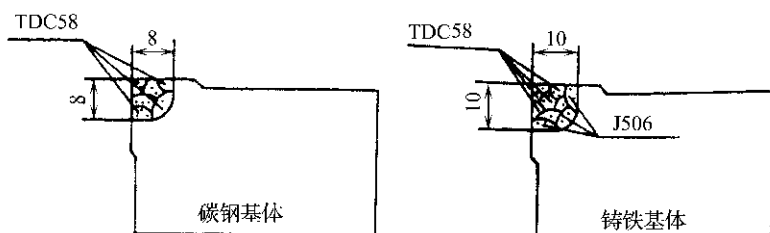


图 2-21 堆焊刃口示意图

我国第一汽车集团公司研制的 TDC58 焊条,可直接用于铸钢或碳钢基体的刃口堆焊。对于铸铁基体,应先用 J506 焊条在铸铁基体上焊出结合层(过渡层),然后再用 TDC58 焊条焊出硬化层。

## 三、修边模制造要点

### 1. 制造顺序

通常,一辆汽车覆盖件的各套冲模的制造顺序是:拉伸模→翻边模→修边模。

由于拉伸模是关系到能否冲出合格产品的关键,而且后面工序还要用它的冲压件来做立体样板或试验决定尺寸,因此应先制造。

修边模由于其型面需按拉伸件来研配,修边刃口需用拉伸件制造的立体样板来控制,有的修边外形还需在翻边模上进行试验,决定尺寸。所以,通常修边模的制造都在拉伸模和翻边模之后。

### 2. 模型准备

由于凸模、凹模、压料板等的立体型面需用仿形铣加工,因此需准备仿形加工用的模型。它可以由主模型翻制而成,也可以利用合格的拉伸件制成。

### 3. 修边凸模型面的精加工

修边凸模型面应与拉伸件内表面吻合,否则不仅定位不准确,还会产生毛刺和变形。因此,通常凸模型面都要按拉伸件进行着色研配。

### 4. 修边线和孔位的控制

修边刃口和冲孔的位置,通常采用由合格的拉伸件制成的立体样板(窗口样板)或投影样板来确定,也可以在数控机床上用硬质合金刀具直接加工而成。

## 四、修边模调整要点

### 1. 刃口及其间隙的调整

首先保证基准件的刃口形状和尺寸符合要求,然后根据试冲件的剪切断面质量情况(光亮带、毛刺和塌角的大小)判断刃口是否锋利,间隙是否适当,以采取相应的纠正措施。

### 2. 定位的调整

定位件的形状和位置不当时,直接影响制件的形状、尺寸及其稳定性。

定位件的形面应以拉伸工序的合格制件来进行着色研配,使之吻合,才能确保定位稳定。

### 3. 卸料系统

检查卸料系统各零件的工作是否正常,确保制件的退出和废料的排除顺利、畅通。

## 第四节 翻边模

### 一、翻边模结构

翻边模分为垂直翻边模、斜楔翻边模和带扩张结构的翻边模。其结构分别见图 2 - 22、图 2 - 23 和图 2 - 24。

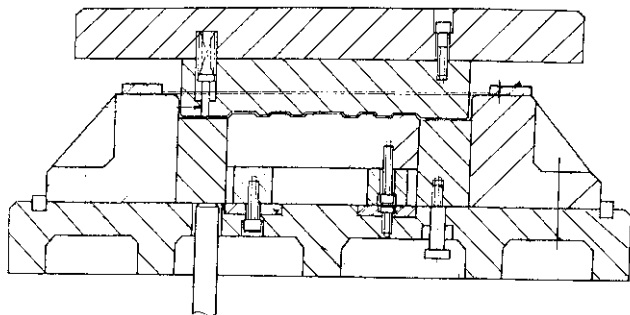


图 2 - 22 垂直翻边模

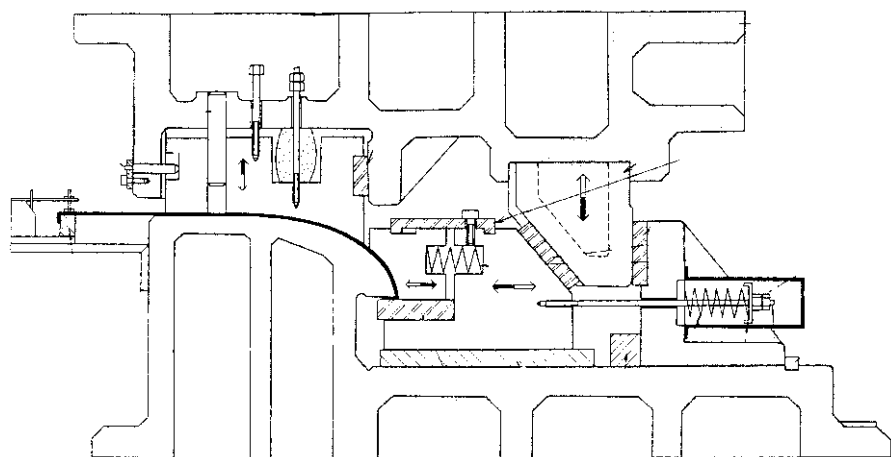


图 2 - 23 斜楔翻边模

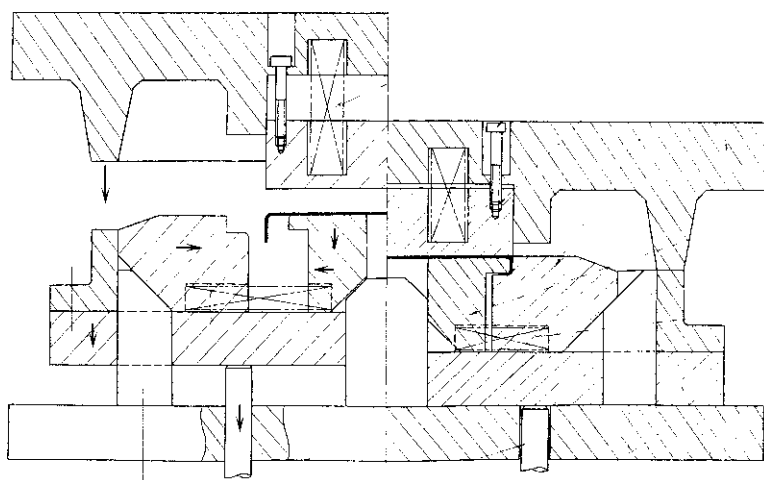


图 2 - 24 带扩张结构的翻边模

## 二、翻边模的材料

### 1. 翻边凸模的材料

翻边凸模在翻边时受力较小,磨损也较小,可根据模具结构和产量的具体情况,选择适当的材料制造。

对于整体的翻边凸模,由于尺寸大、形状复杂,多采用铸造结构。材质可根据

产量的大小,选用球墨铸铁(QT500 - 7 或 QT600 - 3)或铜铬铸铜。表 2 - 10 列出了铜铬铸钢的化学成分。铜铬铸钢可进行局部表面火焰淬火,空冷后硬度可达 (50 ~ 55 )HRC。

表 2 - 10 铜铬铸钢的化学成分

| 材 料  | 化学成分 / %  |           |             |           |           |             |       |       |
|------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|-------------|-------|-------|
|      | 铜(Cu)     | 铬(Cr)     | 碳(C)        | 锰(Mn)     | 硅(Si)     | 钛(Ti)       | 硫(S)  | 磷(P)  |
| 铜铬铸钢 | 0.8 ~ 1.1 | 1.0 ~ 1.2 | 0.55 ~ 0.65 | 1.0 ~ 1.2 | 0.3 ~ 0.4 | 0.08 ~ 0.15 | ≤0.04 | ≤0.04 |

对于镶块结构的翻边凸模,根据产量的大小,材质可选用 T10A、5CrNiMo 或 Cr12MoV,热处理硬度可达 (54 ~ 58 )HRC 或 (58 ~ 62 )HRC。

2. 翻边凹模的材料

翻边凹模在翻边时受力较大,磨损较大,尤其在曲线轮廓翻边处。通常,翻边凹模镶块采用 T10A(产量小时)或 Cr12MoV(产量大时或曲线轮廓处),热处理硬度为 (58 ~ 62 )HRC。

三、翻边模设计要点

1. 翻边方向的确定

汽车覆盖件在翻边时,一般都是水平放置的。对于垂直方向的翻边,通常将零件仰着放,即采取向上翻边的结构。因为这样不但可以用气垫压料,而且定位较方便。对于水平或倾斜方向的翻边,零件通常是趴着放在翻边凸模上的,因为这样在翻边模结构上比较容易实现。

2. 修边件在翻边模中的定位

在垂直翻边模中,通常用修边件的侧壁、外形或本身的孔定位;在斜楔翻边模中,通常是将修边件趴着放在翻边凸模上,以修边件的内侧壁初定位,然后靠压料板将修边件压紧在翻边凸模上(终定位)后,再进行翻边。

如果修边件上本身有孔,则可用孔定位。如果形状比较平坦的修边件放在翻边凸模上定位不准时,可在修边件的外形用图 2 - 25 所示的弹簧挡料销增加辅助定位。

3. 凹模镶块的交接

当翻边轮廓是连续的,而且要从几个不同方向

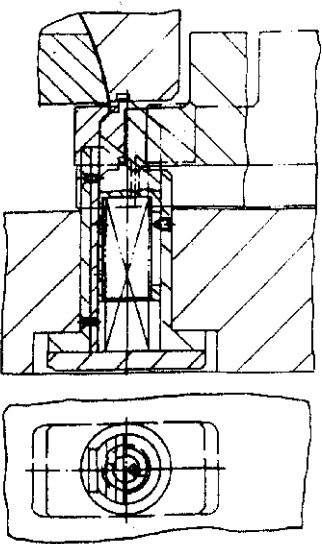


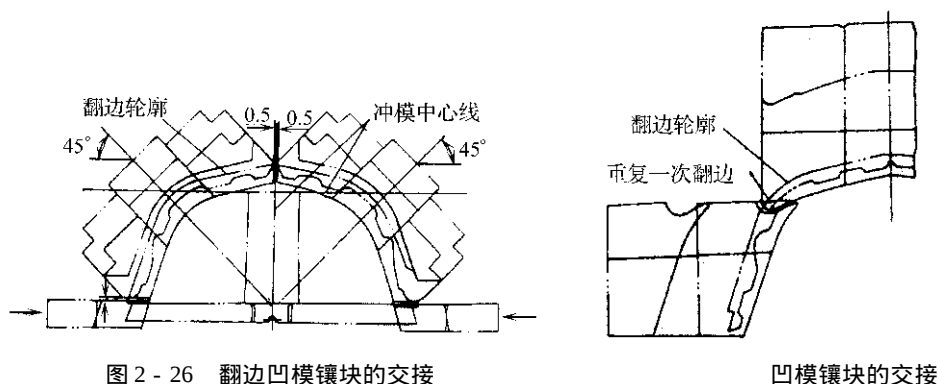
图 2 - 25 外形定位用的  
弹簧挡料销

运动的凹模镶块来进行翻边时,就需要考虑不同方向运动的凹模镶块之间的交接问题。

通常,翻边凹模镶块的交接处采用两种处理方法:空开法或重复法。

空开法是在冲模处于闭合状态(翻边终了)时,各不同运动方向的凹模镶块在交接处留有空隙(1mm),如图 2-26 所示。采用这种方法时,为了避免制件在交接处形成积瘤,必须在制件的交接处预先冲成缺口。

重复法是在交接处由两个不同运动方向的凹模镶块先后进行重复翻边,如图 2-27 所示。



先翻边的凹模镶块在交接处成叉形,翻边后空开(并停止不动)。后翻边的凹模镶块在交接处成凸形,在交接处空开的一段重复一次翻边。

#### 四、翻边的模制造要点

翻边模制造工艺与修边模相似,但应特别注意如下两点:

(1) 凸模镶块和凹模镶块的收缩和扩张动作应正确且灵活。在加工斜楔和滑块时,应注意其接触面及导向面的加工精度。装配时,应保证其适当的配合间隙和高度,重点控制在模具处于闭合状态时,各镶块最终位置的正确性以及各镶块的收缩、扩张动作的灵活性。

(2) 凸模型面的精度。翻边凸模工作表面的形状和尺寸应与主模型一致。如果是带扩张结构的应保证在模具闭合状态时,凸模镶块工作表面的形状和尺寸与主模型一致。为此,凸模(凸模镶块)在精加工时,应按样架(工艺模型)进行研配,并保证其接触面不小于 80%。

#### 五、翻边模的调试要点

翻边模调试时,常见的缺陷和解决办法见表 2-11 和表 2-12。

表 2 - 11 内孔翻边常见缺陷和解决办法

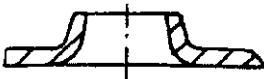
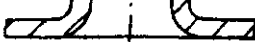
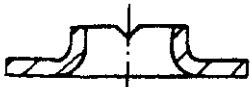
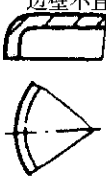
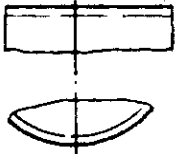
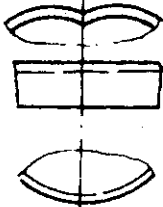
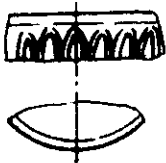
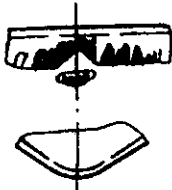
| 冲压件缺陷                                                                                     | 产生原因                                                  | 解 决 办 法                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 孔壁不直<br> | 1. 凸模与凹模之间的间隙太大<br>2. 凸模或凹模装偏 ,间隙不均                   | 1. 加大凸模或缩小凹模<br>2. 找正间隙重装                                                                  |
| 孔壁不齐<br> | 1. 凸模与凹模之间的间隙太小<br>2. 凸模与凹模之间的间隙不均<br>3. 凹模圆角半径大小不均   | 1. 放大间隙<br>2. 找正间隙重装<br>3. 修整凹模圆角半径                                                        |
| 破 裂<br>  | 1. 凸模与凹模之间的间隙太小<br>2. 坯料太硬<br>3. 冲孔断面有毛刺<br>4. 翻边高度太高 | 1. 放大间隙<br>2. 更换材料 ,或将坯料进行退火处理<br>3. 调整冲孔模的间隙 ,或改变坯料方向 ,使有毛刺的面在翻边内缘<br>4. 降低翻边高度 ,或预拉伸后再翻边 |

表 2 - 12 外缘翻边常见缺陷和解决办法

| 冲压件缺陷                                                                                             | 产生原因                                                             | 解 决 办 法                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 边壁不直<br>        | 1. 凸模与凹模之间的间隙太大<br>2. 坯料太硬                                       | 1. 减小间隙<br>2. 更换材料 ,或将坯料进行退火处理                    |
| 边缘不齐<br>       | 1. 凸模与凹模之间的间隙太小<br>2. 凸模与凹模之间的间隙不均<br>3. 坯料放偏<br>4. 凹模圆角半径大小不均   | 1. 放大间隙<br>2. 修正间隙或找正重装<br>3. 修正定位<br>4. 修正凹模圆角半径 |
| 侧壁有较平坦的大波浪<br> | 1. 凸模与凹模之间的间隙太大或间隙不均<br>2. 凹(凸)模没有调到足够的深度<br>3. 产品的工艺性不良 ,翻边高度太高 | 1. 修正间隙<br>2. 调节凹(凸)模的深度<br>3. 修改产品               |

(续)

| 冲压件缺陷                                                                                        | 产生原因                                                                                                                       | 解 决 办 法                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>皱 纹</p>  | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 凸模与凹模之间的间隙太大</li><li>2. 坯料外轮廓有突变的形状</li><li>3. 产品的工艺性差</li></ol>                  | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 减小间隙</li><li>2. 坯料外轮廓改为均匀过渡</li><li>3. 改变凹模或凸模的形状,让翻边时多余的材料往两边散开,降低翻边高度</li></ol>           |
| <p>破 裂</p>  | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 凸模与凹模之间的间隙太小</li><li>2. 凸模或凹模的圆角半径太小</li><li>3. 坯料太硬</li><li>4. 产品的工艺性差</li></ol> | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 放大间隙</li><li>2. 加大圆角半径</li><li>3. 更换材料,或对坯料进行退火处理</li><li>4. 改变凹模口的形状或高度,改善产品的工艺性</li></ol> |

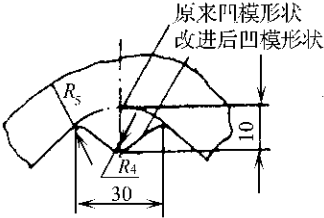
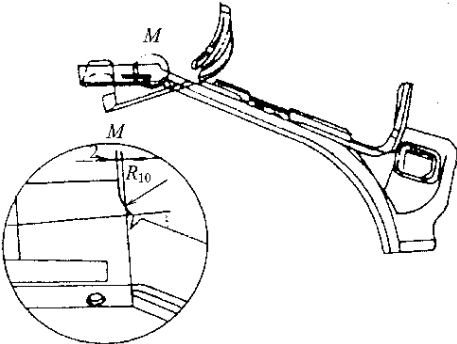
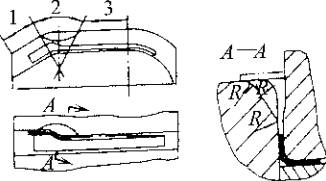
解决冲压件翻边的缺陷应分析其产生的根源,从产品、工艺、材料和模具等方面着手解决。调整冲模只能解决冲件局部的皱纹、破裂和断裂等缺陷。

改善翻边模结构的基本原则是扩大变形区域、匀化变形程度。它是通过改变凹模(凸模)的形状或高度,使翻边过程按一定的顺序进行,从而使局部材料转移(分散或集中)来实现的。其基本方法及实例见表 2 - 13 和表2 - 14。

表 2 - 13 改善翻边模结构的基本方法

| 方法  | 原 理                                   | 措 施            | 适 用 范 围           |
|-----|---------------------------------------|----------------|-------------------|
| 分散法 | 让材料容易堆积的区域稍先翻边,使该处材料在翻边过程中向两旁扩散       | 改变凹模(凸模)的形状或高度 | 由于局部材料多余而产生的缺陷    |
|     |                                       | 增加活动模块         | 垂直翻边或与斜楔翻边交接(拐角)处 |
| 集中法 | 让材料不足的区域稍后翻边,使周围的材料在翻边过程中向该处集中,以补偿其不足 | 改变凹模(凸模)的形状或高度 | 由于局部材料不足而产生的缺陷    |
|     |                                       | 增加预拉伸工序        | 翻孔                |

表 2 - 14 翻边模调整实例

| 冲压件名称      | 冲压件存在缺陷                                                                            |          |          | 解 决 办 法                                                                             |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|            | 皱 纹                                                                                | 翻边不齐     | 翻边断裂     | 采用分散法 ,改变凹模口的形状 ,让中间部分稍先翻边 ,使该处多余的材料向两旁转移                                           |
|            | 当冲模间隙太大时                                                                           | 当冲模间隙稍小时 | 当冲模间隙太小时 |                                                                                     |
| 解放牌汽车翼子板   |   |          |          |   |
| 解放牌汽车前围内盖板 | 在 M 处发生裂口                                                                          |          |          | 采用集中法 ,将产生裂口处的凹模口(图中的区域 2)磨低,让该处翻边稍迟一些 ,其不足的材料即可从两边得到补充                             |
|            |  |          |          |  |

**第五节 CAD/CAM 技术在汽车覆盖件冲模设计与制造中的应用**

**一、汽车覆盖件模具 CAD/CAM 硬、软件系统的配置**

- 1. CAD/CAM 的硬件系统(图 2 - 28 )
- 2. CAD/CAM 的软件系统

汽车覆盖件模具CAD/CAM软件系统由系统软件和应用软件两部分组成。系

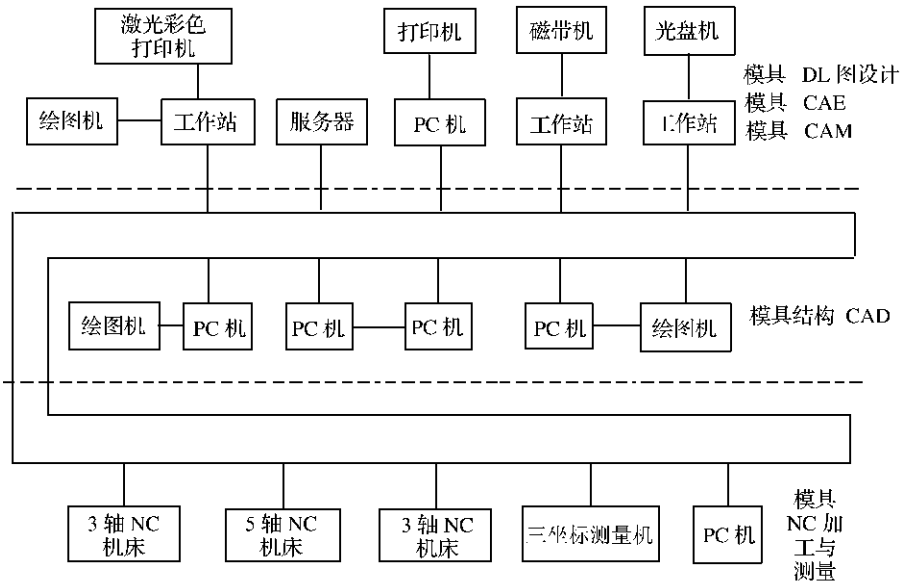


图 2 - 28 汽车覆盖件模具 CAD/CAM 的硬件系统配置

统软件是用于运行计算机系统进行程序编译、系统管理、网络服务、通信服务等必备的软件。应用软件应包括如下的模块：

1) 几何建模功能模块

- ① 二维、三维线框造型；
- ② 三维曲面造型；
- ③ 实体造型；
- ④ 参数化造型。

2) 绘图功能。利用三维数学模型，自动生成各方向的视图及相关的剖面图，并进行尺寸、公差等的标注。

3) 数据加工。完成 2.5 轴、3 轴、5 轴刀具运动轨迹的生成与编辑，并生成相应数控机床能够接受的加工指令。

4) 有限元分析。完成模具强度、刚度的有限元计算，模拟金属板料在冲压成形过程中的应力、应变、料厚的分布情况，预测冲压制件起皱、断裂、回弹等冲压缺陷的产生。

5) 运动分析。模拟模具各运动部件的运动状况，以分析模具运动部件是否发生运动干涉。

6) 数据库管理。对模具 CAD/CAM 工作中所生成的各类数据进行有效管理。

## 二、采用 CAD/CAM 技术制造汽车覆盖件模具的流程(图 2 - 29)

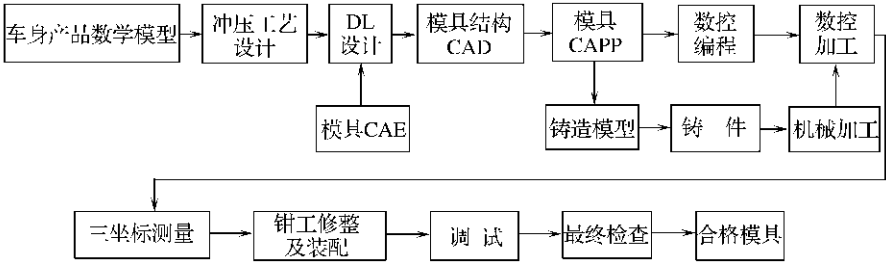


图 2 - 29 采用 CAD/CAM 技术制造覆盖件模具的流程

## 三、汽车覆盖件模具表面的几何造型

### 1. 直纹面的造型方法

直纹面是指两曲线间的参数对应点用直线段连接而成的曲面,构成直纹面的两曲线相应端点的参数值分别相等。它的造型要求是,按实际型面要求生成合理的 V 向等参数线分布的曲面,因此,在构造直纹面时,应仔细分析直纹面的 V 向等参数线的分布规律,以使对构造直纹面的两曲线进行恰当处理,满足实际曲面的造型需要。

#### 1) 自然参数化法

自然参数化的方法就是使曲线的参数与组成该曲线的基本弧段数目成正比。曲线始点的参数值为 0,曲线终点的参数值为组成该曲线的基本弧段的数目。当具有相同基本弧段数目的两组合曲线生成直纹面时,应选用自然参数化方法对这两条组合曲线进行处理,使生成曲面的 V 向等参数线与两组合曲线的相应弧段结点的连线相匹配,以满足曲面造型的需要。

如图 2 - 30 所示的曲面是一种汽车覆盖件上较常见的直纹面。这种曲面的特点是,曲面由两条具有相同基本弧段数目的组合曲线 CC1、CC2 构成,而且曲面的 V 向等参数线有如下特定的要求,即点 P12、P22 的连线,点 P13、P23 的连线,点 P14、P24 的连线均为待生成曲面的 V 向等参数线。为了生成满足上述要求的曲面,应对曲线 CC1、CC2 进行自然参数化处理,使点 P11、P21 的参数值为 0,点 P12、P22 的参数值为 1,点 P13、P23 的参数值为 2,点 P14、P24 的参数值为 3。两组合曲线 CC1、CC2 间参数值相同的点连成的直线段就构成了曲面的 V 向等参数线,满足了曲面造型的需要,如果对曲面的特性研究不透或对参数化功能理解不深,就会按如下方法进行处理,定义组合曲线 CC1、CC2,分别对这两条组合曲线进行弧长参数化处理,使这两条组合曲线的始点和终点的参数值分别相等,曲线上其他各点的参数值与该点到曲线始点的弧长成正比,把两组合曲线间参数值相等点

用直线段连接而成直纹面。用这种方法生成的直纹面的  $V$  向等参数线与上述要求的等参数线不符,即点  $P_{12}$ 、 $P_{22}$  的连线和点  $P_{13}$ 、 $P_{23}$  的连线不是所生成曲面的  $V$  向等参数线。

## 2) 弧长参数化法

弧长参数化主要应用于具有不同数目基本弧段的两组合曲线构成直纹面的造型,使经弧长参数化后的两组合曲线的两端点的参数值分别相等,以满足曲面造型的需要。在实际弧长参数化处理中,一般把曲线处理成规范化参数曲线,即曲线的始点参数值为 0,终点参数值为 1,整条曲线的参数值变化范围是从 0 到 1。这样就能把两条任意参数值分布的曲线转换成规范化参数曲线,从而满足了曲面造型对曲线参数化的需要。

图 2-31 所示的曲面是由两条具有不同基本弧段数目的组合曲线所构成的直纹面。组合曲线  $CC_1$  由三条直线段和两条圆弧段组成,而组合曲线  $CC_2$  则由两条直线段和一条圆弧段组成。如果这两条组合曲线进行自然参数化处理,则两组合曲线的参数值不一致,曲线  $CC_1$  终点的参数值为 5,而  $CC_2$  曲线终点的参数值为 3,因此,采用自然参数化方法处理后的两组合曲线  $CC_1$  和  $CC_2$  不能构造直纹面。为了利用这两条组合曲线构造曲面,必须使参数化后的这两条组合曲线的始点及终点的参数值分别相等。为此,应采用弧长参数化方法,对这两条组合曲线进行参数化处理,使处理后的两组合曲线的终点的参数值分别为 1。各组合曲线上其他点的参数值与该点到始点的弧长成正比,把两组合曲线上参数值分别相等的点用直线段连接而成直纹面  $S_1$ 。

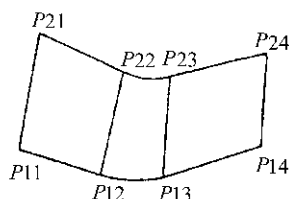
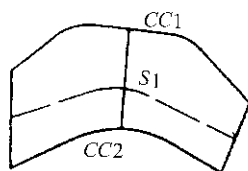


图 2-30 用自然参数化法构成的直纹面



数化法构成的直纹面

## 2. 扫描曲面的造型方法

扫描曲面是由发生曲线沿方向控制曲线运动、变化而生成的曲面。一般来说,发生曲线和方向控制曲线均为曲线。如果发生曲线为直线段,则生成的曲面为扫描直纹面。根据在曲面生成过程中,各发生曲线间的运动关系,可分为平行、法向等方式。

平行是指在发生曲线沿方向控制曲线运动、变化时,发生曲线所在的平面彼此平行,它主要应用于给出一系列相互平行的剖面线的场合。

如图 2-32 所示,用于构造曲面的曲线  $CC_1$ 、 $CC_2$ 、 $CC_3$ 、 $CC_4$  均为平面曲线,其

中,曲线  $CC1$  是在  $xz$  坐标面上的圆弧段曲线,曲线  $CC2$  是在与  $xz$  坐标面相平行的平面上的样条曲线,曲线  $CC3$  是在  $yz$  坐标面上的样条曲线,曲线  $CC4$  是在与  $yz$  坐标面相平行的平面上的样条曲线。根据各曲线的上述特点,我们可以采用平行扫描曲面的造型方法来构造该曲面。由于曲线  $CC3$ 、 $CC4$  均为光滑样条曲线,且形状比较接近,故选择曲线  $CC3$ 、 $CC4$  作为方向控制曲线,这样在生成曲面过程中,能有效地控制生成曲面的形状,选曲线  $CC1$ 、 $CC2$  为发生曲线,它们可以在  $xy$  坐标面上定义,因  $y$  轴分别与曲线  $CC1$ 、 $CC2$  所在的平面垂直,所以选  $y$  轴为脊骨曲线。

### 3. 混合曲面的造型方法

混合曲面是指在两个(或多个)分离曲面的指定边界线处,生成一个以指定边界线为生成曲面的边界线,且与周围的原始曲面圆滑过渡的中间曲面。混合曲面与周围原始曲面在连接处至少保证一曲面,在连接处至少保证一阶导数连续,以达到曲面的圆滑连接的要求。这种曲面被广泛用于汽车车身制件的表面设计上,用于在多个曲面的相交处,且该区域的曲面与周围曲面有光滑连接要求时所进行的曲面造型。

如图 2-33 所示,已知曲面  $S1$ 、 $S2$ 、 $S3$ ,  $F1$  是半径为 15mm 且与曲面  $S1$ 、 $S2$  双切的定半径倒圆曲面; $F2$  是半径为 30mm 且与曲面  $S2$ 、 $S3$  双切的定半径倒圆曲面; $F3$  是半径为 25mm 且与曲面  $S2$ 、 $S3$  双切的定半径倒圆曲面。若要构造与三个倒圆曲面  $F1$ 、 $F2$ 、 $F3$  圆滑连接的曲面  $B1$ ,就应采用如下造型方法:

#### 1) 求每个倒圆曲面的边界曲线

曲面  $F1$  的边界曲线为  $CC11$ 、 $CC12$ ,曲面  $F2$  的边界线为  $CC21$ 、 $CC22$ ,曲面  $F3$  的边界曲线为  $CC31$ 、 $CC32$ 。

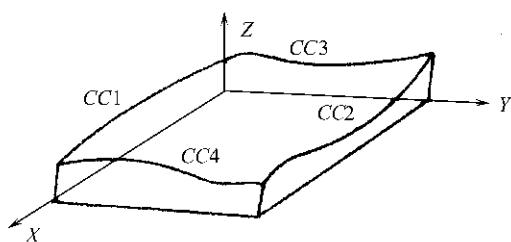
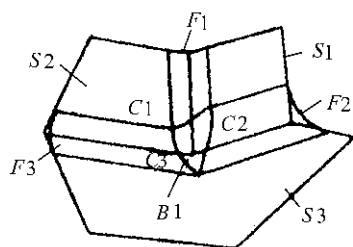


图 2-32 四边平行扫描曲面



边混合曲面

#### 2) 求倒圆曲面边界线间的交点

边界曲线  $CC11$ 、 $CC21$  的交点是  $P1$ ,曲线  $CC12$ 、 $CC31$  的交点是  $P2$ ,曲线  $CC22$ 、 $CC32$  的交点是  $P3$ 。

#### 3) 利用交点生成直线段

由点  $P1$ 、 $P2$  组成直线段  $L1$ ,由点  $P1$ 、 $P3$  组成直线段  $L2$ ,由点  $P2$ 、 $P3$  组成直线段  $L3$ 。

4) 把直线段投影到相应的倒圆曲面上,生成投影曲线

把直线段  $L_1$  沿倒圆曲面  $F_1$  的法矢量方向投影到曲面  $F_1$  上,生成投影曲线  $C_1$ ;以同样的方法可得到投影曲线  $C_2$ 、 $C_3$ 。

5) 利用曲面修剪功能去掉倒圆曲面的多余部分

选择曲面修剪功能的曲线修剪功能,选择待修剪曲面  $F_1$  并把光标放在该曲面要保留的那一部分上,选择修剪曲线  $C_1$ ,这样就把曲面  $F_1$  在曲线  $C_1$  以下部分去掉,而得到所需的修剪曲面。以同样的方法可得到倒圆曲面  $F_2$ 、 $F_3$  的修剪曲面。

6) 生成与倒圆曲面圆滑连接的混合曲面

选择待生成混合曲面的边界曲线  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ ;指定要圆滑连接的曲面  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$ ;生成以曲线  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$  为边界曲线且与周围倒圆曲面  $F_1$ 、 $F_2$  和  $F_3$  相切的混合曲面  $B_1$ 。

#### 4. 曲面的处理方法

曲面造型后,一般都需经修剪和光顺处理。

曲面修剪,是指按一定的要求,去掉原始表面上的某一部分,而剩下所需要的部分。要对曲面进行修剪处理,则必须具备两种几何元素,其一是要修剪的几何元素必须是曲面元素;其二是修剪几何元素可以是在要修剪表面上的线框元素或与要修剪表面相交的曲面。由于曲面修剪不会改变修剪后曲面的形状及特征,而仅仅改变曲面的大小,因此,该方法被广泛应用于难以用图纸上给定的条件直接构造曲面的场合,同时对确保局部曲面的参数对应性起着极其重要的作用。

##### 1) 曲线修剪法

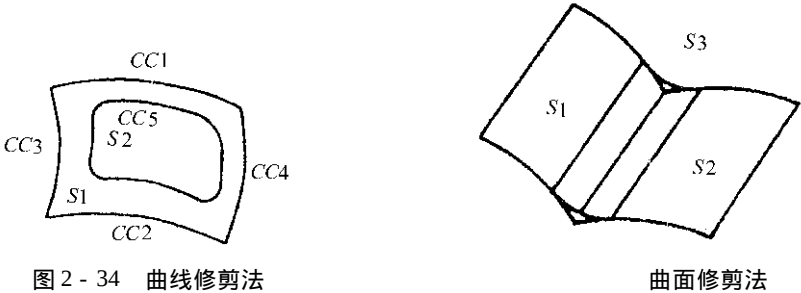
曲线修剪法,是指修剪元素是线框曲线的曲面修剪法。此时修剪线框曲线一定在要修剪的表面上。

若已知曲线  $CC_1$ 、 $CC_2$ 、 $CC_3$ 、 $CC_4$ ,则可以选择双方向网格曲面功能,来准确地拟合由这四条曲线所组成的曲面  $S_1$ ,而在实际曲面造型中所需的是曲面  $S_1$  在封闭组合曲线  $CC_5$  所围成的内部区域  $S_2$  曲面,见图 2-34 所示。门板、侧围、后围等制件窗口部分的曲面造型均属这种情况。处理这类问题时最简单而有效的方法,是用封闭组合曲线  $CC_5$  去修剪曲面  $S_1$ ,并保留内部区域  $S_2$ 。如果直接利用曲面  $S_2$  的边界来构造曲面,不仅定义曲面的过程繁琐,而且也很难保证曲面的参数对应性要求。

##### 2) 曲面修剪法

曲面修剪法,是指修剪元素是曲面的曲面修剪法。此时修剪曲面就与要修剪曲面相切或相交。如图 2-35 所示,已知曲面  $S_1$ 、 $S_2$  及与它们双切的定半径倒圆曲面  $S_3$ ,为了使造型的惟一性和连续性,必须把曲面  $S_1$ 、 $S_2$  在倒圆曲面  $S_3$  以下的部分去掉。为了完成这一工作,就选择曲面修剪功能进行曲面处理。其具体方法

为 :首先选择要修剪的曲面 S1、S2 ,然后选择修剪曲面 S3 ,这样就可以把曲面 S1、S2 在倒圆曲面 S3 以下的部分去掉 ,以满足曲面造型的需要。



#### 四、汽车覆盖件模具的数控加工

##### 1. 汽车覆盖件模具数控加工的工艺流程

利用 CAD/CAM 软件进行模具数控加工的工艺流程 ,见图 2 - 36。在进行模具表面的数控编程时 ,首先应建立模具表面的数学模型 ,它可以采用 CAD/CAM 系统的曲面 (或实体)造型功能来建立 ,或在其他 CAD/CAM 系统中建立 ,并通过适当的图形转换接口 (如 IGES)转换成本系统的曲面表达形式。

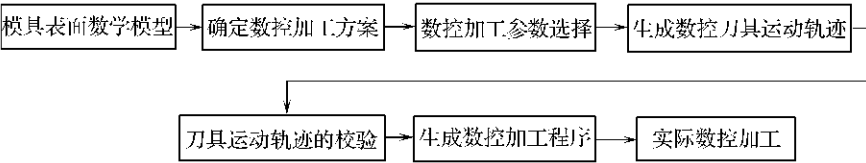


图 2 - 36 模具数控加工流程

建立模具表面数学模型后 ,必须仔细地检查数学模型的完整性、合理性及几何拓扑关系的逻辑性。数学模型的完整性是指数学模型是否全面表达了设计者的全部设计意图 ;合理性是指生成的数学模型中的曲面是否满足曲面造型的要求 ,主要包括曲面参数对应性、曲面的光顺性等 ;几何拓扑关系的逻辑性是指曲面与曲面之间的相互关系 ,主要包括曲面与曲面之间的连接是否满足指定的要求 ,如位置连续性、切矢连续性、曲率连续性等 ,曲面的修剪是否干净、彻底等。

数控加工工艺方案是指根据被加工零件的特点及加工精度要求确定零件的数控加工工艺方案。对于汽车覆盖件模具表面的数控加工而言 ,型面加工一般采用粗加工、半精加工、清根加工和精加工四个工步来完成。

##### 2. 数控加工工艺参数的设定方法

###### (1) 数控加工刀具的定义与选择

定义刀具几何形状的参数包括如下几项 :①刀锥角度 ;②刀具半径 ;③圆角半

径 ;④刀具高度。

## (2) 数控加工程序起始点、返回点、进刀点、退刀点的选择

为了提高数控编程的质量 ,应对这些点进行合理的定义 ,其具体方法为 :

① 起始点和返回点应定义在高出被加工零件的最高点 50mm 的某一位置上 ,这主要出于编程加工的安全性 ,同时也考虑了数控加工的效率。

② 进刀点应选择在刀具受力良好的位置上 ,避免将铣刀当钻头使用 ,否则会因排屑不便而使刀具受损。

③ 退刀点选择 ,主要考虑曲面与曲面加工间的非切削加工时间尽可能短 ,以提高机床的有效工作时间。

## (3) 切削容差的确定

为了确保被加工零件的加工精度 ,必须根据实际加工要求 ,由编程人员给定合理的加工容差值。该值表示实际切削轨迹偏离理论轨迹的量 ,有下列三种定义容差的方式可供编程人员选用 :

① 指定内容差值 :它表示可被接受的表面过切量。

② 指定外容差值 :它表示由误差所产生的剩余材料被留在零件表面上做余量。

③ 同时指定内、外容量值。

## (4) 切削间距的确定

在数控编程中 ,切削间距的选择是非常重要的 ,它关系到被加工零件的加工精度和加工费用。切削间距小 ,则加工精度高 ,钳工的研修工作量小 ,但所需加工时间长 ;切削间距大 ,则加工精度低 ,钳工的研修工作量大 ,研修后模具型面失真性较大 ,难以保证模具的加工精度 ,但所需加工时间短。由此可知 ,切削间距必须根据加工精度要求及占用数控机床的机时进行综合考虑。在实际数控编程中 ,可采用如下两种方法来定义切削间距 :

① 直接定义切削间距。② 用残留高度来确定切削间距。

## (5) 走刀方式及切削方向的选择

走刀方式是指生成刀具运动轨迹时 ,刀具运动轨迹的分布方式。切削方向是指在切削加工时 ,刀具的运动方向。其选择原则为 :根据被加工零件表面的几何形状 ,在保证加工精度的前提下 ,使切削加工时间尽可能短。

在三维曲面区域加工的刀具运动轨迹生成技术中 ,可采用如下三种走刀方式 :

① 往复走刀方式。刀具运动轨迹呈“己”形分布。该走刀方式的特点是 :在切削加工过程中顺铣、逆铣交替进行 ,加工效率高(图 2 - 37)。

② 单方向走刀方式。在切削加工过程中能保证顺铣或逆铣的一致性。编程人员可根据实际加工要求选择顺铣或逆铣走刀方式。由于该走刀方式在完成一条切削轨迹后 ,附加了一条非切削运动轨迹 ,因此延长了机床的加工时间(图 2 - 38)。

③ 环切走刀方式。该刀具运动轨迹是一组被加工曲面的等参数封闭曲线,它主要用于封闭环状曲面的刀具运动轨迹的生成(图 2 - 39)。



图 2 - 37 往复走刀轨迹



方向走刀轨迹



图 2 - 39 环切走刀轨迹

### (6) 进给速度的确定

在一般的 CAD/CAM 系统的数控编程中,有五种进给速度可供程序员设定,它们是切削进给速度、跨越进给速度、接近工件表面进给速度、退刀进给速度及空刀进给速度。

进给速度的设定原则:

① 切削进给速度。切削进给速度根据所采用机床的性能、刀具材料和尺寸、被加工零件材料的切削加工性能和加工余量的大小等综合确定。一般原则是:工件表面的加工余量大,切削进给速度低;反之相反。切削进给速度可由机床操作者根据被加工工件表面的具体情况进行手工调整,以获得最佳切削状态。

② 跨越进给速度。跨越进给速度是指在曲面区域加工中,刀具从一切削行运动到下一切削行之间刀具所具有的运动速度。该速度一般与切削进给速度相同。

③ 接近工件表面进给速度。为了使刀具安全、可靠地接近工件表面,接近工件的进给速度一般较低。

④ 退刀和空刀进给速度。为了缩短非切削加工时间、降低生产成本,退刀和空刀进给速度应选择机床所允许的最大快速移动速度。

### (7) 主轴转速的确定

主轴转速应根据所采用机床的性能、刀具材料和尺寸、被加工零件材料的切削加工性能和加工余量的大小等综合确定。对大余量的零件表面的粗加工,主轴转速不能选得太高,否则容易损坏刀具或使刀具磨损过度;对小余量的零件表面的精加工,主轴转速应选得高些,因为较高的切削速度能获得满意的表面粗糙度。

## 3. 刀具运动轨迹的生成方法

### (1) 单曲面刀具运动轨迹的生成方法

单曲面刀具运动轨迹是按被加工曲面的等参数曲线计算的。这种刀具运动轨迹的生成能得到良好的加工质量,但给编程带来许多不便。为了防止曲面间加工过切问题的发生,必须根据数控加工所采用的刀具的类型及尺寸,对原曲面进行相应的修剪处理。

如图 2 - 40 所示 ,是采用往复走刀方式而生成的单曲面刀具运动轨迹。图 2 - 41 是修剪曲面的刀具运动轨迹 ,生成该刀具运动轨迹时 ,必须定义曲面的加工范围以及要保留的区域 ,才能生成所需要的刀具运动轨迹。



图 2 - 40 单曲面刀具运动轨迹



面刀具运动轨迹

## (2) 多曲面连续加工刀具运动轨迹的生成方法

多曲面连续加工是指按一定的要求对一组曲面同时进行数控加工 ,并提供每个曲面内的啃刀检验及预防曲面间的加工过切等功能的加工方法。其刀具运动轨迹按如下方式定义 :刀具运动轨迹在  $xy$  坐标面上的投影由给定的切削间距和方向的导动线来控制 ,而切削加工深度则由一所定义的加工曲面来控制。导动线一般应定义在  $xy$  坐标轴面上 ,但也可以在空间状态下定义。如果在空间状态下定义 ,则应以导动线在  $xy$  坐标面上的投影线来控制刀具中心的运动。其导动线所定义的加工方式有 :平行截面刀具运动轨迹、放射状刀具运动轨迹及流动型刀具运动轨迹。

平行截面刀具运动轨迹是由一系列相互平行的轨迹所构成的 ,它们之间的距离可采用残留高度或切削间距来控制。其生成平行截面刀具运动轨迹的原理是 :

① 根据数控编程时所选用的刀具类型和尺寸以及加工余量的大小 ,确定被加工曲面的刀具控制点的包络面。

② 定义切削加工平面 ,以控制切削加工方向。切削加工平面之间的距离可通过如下两种方法来定义 :

等间距法。它是通过直接定义两相邻切削平面间的距离的方法来定义的。该方法的特点是算法简单 ,计算速度快 ,适合于零件的粗加工、半精加工和形状比较平坦零件的精加工的刀具运动轨迹的生成。

变间距法。它是通过定义残留高度的方法计算切削间距的。切削间距的计算与被加工零件的几何形状、刀具的类型和尺寸、残留高度值的大小有关。

③ 计算控制点包络面与切削加工平面的交线 ,该曲线就是一条控制刀具控制点运动的理论运动轨迹。所有切削平面与包络面的交线就是加工一组曲面的理论刀具运动轨迹。

④ 根据加工容差要求 ,对理论交线进行线性化处理 ,以生成实际刀具运动轨迹。

为了合理地生成曲面连续加工所需的刀具运动轨迹 ,合理地确定切削容差、切

削间距、切削方向等加工参数是非常必要的。

### (3) 清根加工刀具运动轨迹的生成方法

该刀具运动轨迹的算法是 在两个呈凹形曲面的交线处 , 刀具与两被加工曲面双切 , 并沿它们的交线方向运动 , 生成了刀具与两被加工曲面的接触点轨迹线 , 待所有的轨迹线生成后 , 再去掉轨迹线相交处的多余部分 ( 这部分轨迹线会产生加工过切 ) 这样就生成了加工所需的清根加工刀具运动轨迹。该加工方法主要用于清除曲面凹向交线处的材料 , 使被加工零件的表面具有清晰的棱线 , 为钳工修整提供加工基准。

### (4) 5 轴数控加工

5 轴数控加工是指刀具相对于工件除作  $x$ 、 $y$ 、 $z$  坐标轴联动外 , 还有两个旋转轴联动。旋转轴是指绕  $x$ 、 $y$  和  $z$  轴转动的轴。一般来说 , 旋转轴是按如下方式规定的 : 绕  $x$  轴转动的轴为 A 轴 , 绕  $y$  轴转动的轴为 B 轴 , 绕  $z$  轴转动的轴为 C 轴。对 5 轴数控机床而言 5 个轴一般按下列两种方式配置 : 其一是三个线性坐标轴  $x$ 、 $y$ 、 $z$  及两个旋转轴 A、B ; 其二是三个线性坐标轴  $x$ 、 $y$ 、 $z$  及两个旋转轴 A、C。实现 5 轴数控加工的关键是不仅生成控制刀尖运动的  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  坐标值 , 而且要生成刀轴的 A、B 或 C 轴的角度。定义刀轴与被加工曲面法矢之间的关系 , 就是 5 轴数控编程的特点。由于 5 轴数控编程除刀轴控制外 , 其他方面与 3 轴编程基本相似。下面将对 5 轴数控编程刀轴定义进行讨论。

用曲面的法矢量与刀轴之间的角度来定义刀轴方向。

该方法是通过刀具与被加工曲面接触点的法矢量与刀轴之间的角度来定义刀轴方向的  $\rho^\circ$  表示刀具在刀具与被加工曲面的切点处 , 刀轴与曲面的法矢量平行 , 即刀具垂直于被加工曲面 , 见图 2 - 42 所示。  $90^\circ$  表示刀具在刀具与被加工曲面的切点处 , 刀轴与曲面法矢量垂直 , 即刀具的侧刃与被加工曲面平行 , 见图 2 - 43 所示。

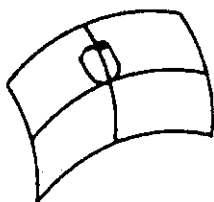
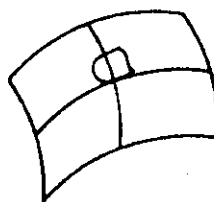


图 2 - 42 刀具垂直于曲面



具平行于曲面

为了生成理想的 5 轴加工刀具运动轨迹 , 必须对刀轴相对于被加工表面的法矢量方向进行恰当地定位 , 以获得最佳切削状态。其最佳切削状态 , 必须满足下列条件 : 刀具与零件表面的接触点必须不能与刀尖点重合 , 因该点的切削速度为 0 , 切削状况极差。实践表明 , 刀轴与被加工表面的法矢量方向的夹角在  $10^\circ \sim 15^\circ$  范

围内时 ,能获得最佳切削效果。

#### 4. 数控加工程序的生成

数控加工程序的生成通常通过执行专用的后置处理程序来完成。后置处理程序的作用是把前置处理生成的刀位数据文件(通常是 APT 文件)生成特定数控机床能够接受的数控加工指令。为了能生成特定机床能够接收的数控加工指令 ,必须根据特定数控系统的要求和规定 ,开发相应的后置处理程序。

## 第三章 厚板件冲模

汽车上的厚板件 ,通常是指钢板厚度大于 3mm 的冲压件 ,例如 :车架的纵梁、横梁 ,车轮的轮幅、轮辋 ,底盘上的桥壳、制动盘等。这些零件的特点是 ,不仅材料厚 ,而且强度要求高。因此 ,冲压生产所需的设备吨位大 ,模具的强度和刚度要好 ,冲压生产时 ,噪声和振动都比较大。

为了满足汽车生产大批量、高质量的要求 ,对于厚板件冲压所用的模具 ,必须在模具结构、模具材料以及模具制造工艺上采取适当的措施 ,才能保证冲压生产的顺利进行。

### 第一节 汽车车架纵梁冲模

汽车车架纵梁是汽车上尺寸最大的零件 ,它通常用切边、冲孔(或落料、冲孔)和压弯成形两道冲压工序完成。

图 3 - 1 所示为纵梁切边冲孔模 ,图 3 - 2 为纵梁压弯成形模。

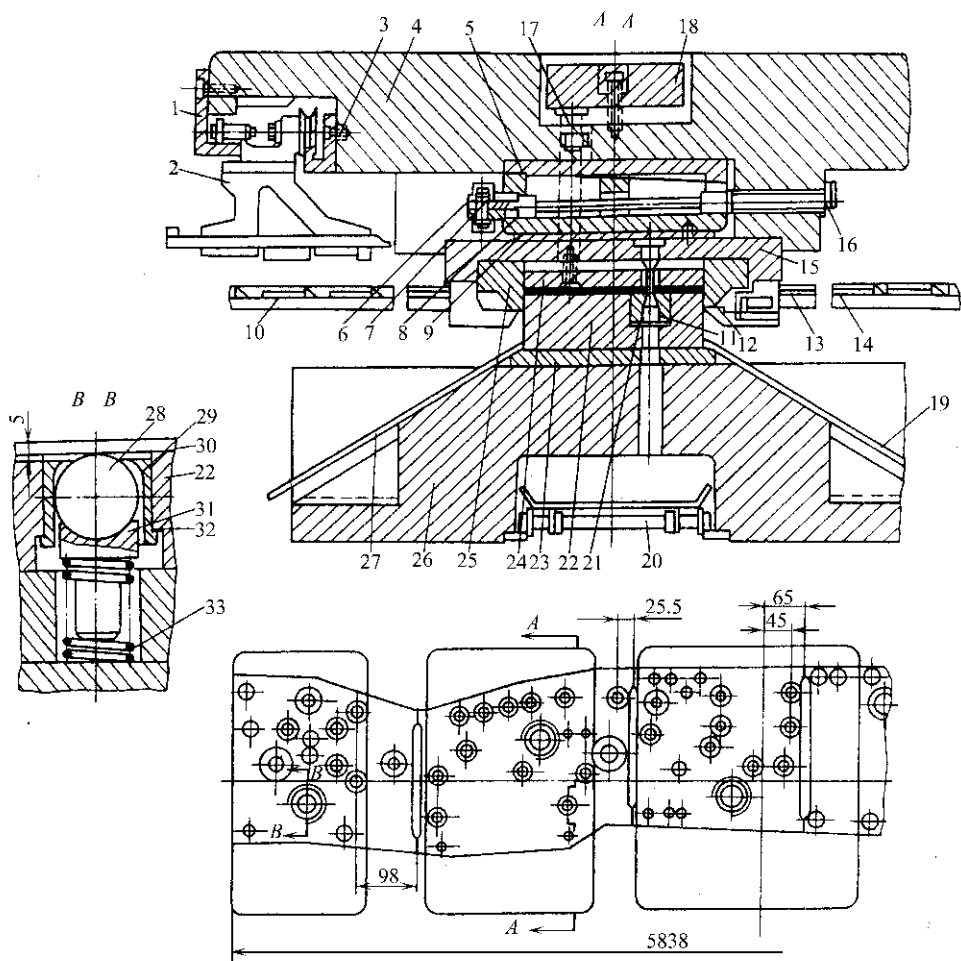


图 3-1 纵梁切边、冲孔模

- 1、3、10、13、14—导轨；2—托架；4—上模板；5、9、23—垫板；6—锁紧装置；7—轴；8—锁紧楔块；  
 11—冲孔凹模；12—定位销；15—固定板；16—拉杆；17—柱销；18—缓冲板；19—滑板；  
 20—振动式废料槽；21—冲头；22—凸模镶块；24—卸接板；25—凹模镶块；26—下底板；  
 27—滑板；28—钢球；29—夹箍；30—毛坯；31—垫铁；32—衬垫；33—弹簧。

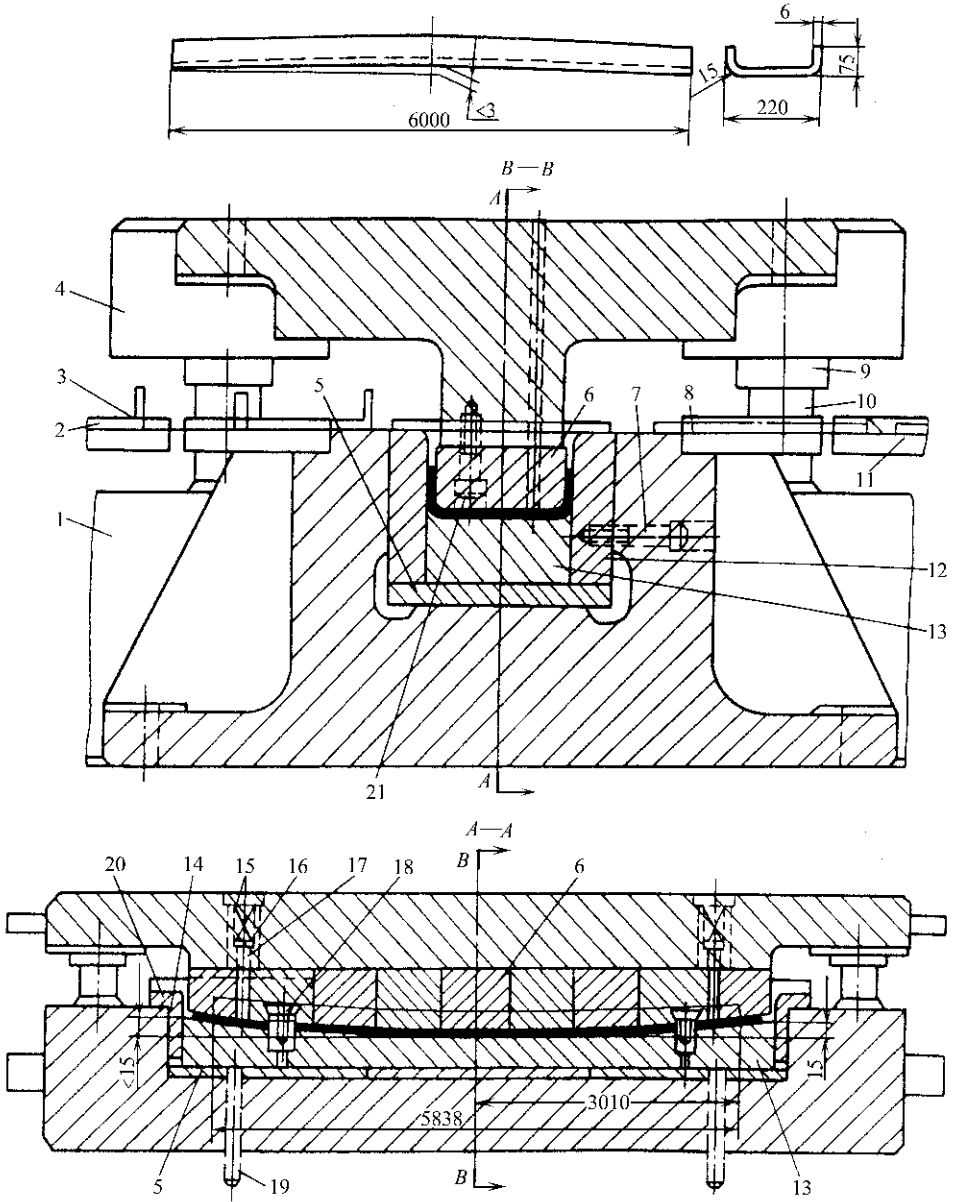


图 3 - 2 纵梁压弯成形模

- 1—下底板；2—送料机构；3—夹子；4—上模板；5—垫板；6—凸模镶块；7、21—螺钉；  
8、11—导轨；9—导套；10—导柱；12—凹模；13—顶出器；14—导向板；15—盖板；  
16—弹簧；17—脱件器；18—定位销；19—柱销；20—角钢板。

## 第二节 汽车车架横梁冲模

图 3-3 所示的拱形横梁,由五道工序完成:①落料;②拉伸;③底部和侧壁冲孔;④修边、冲孔;⑤冲孔。各工序的模具,见图 3-4~图 3-8。



图 3-3 拱形第 2 横梁

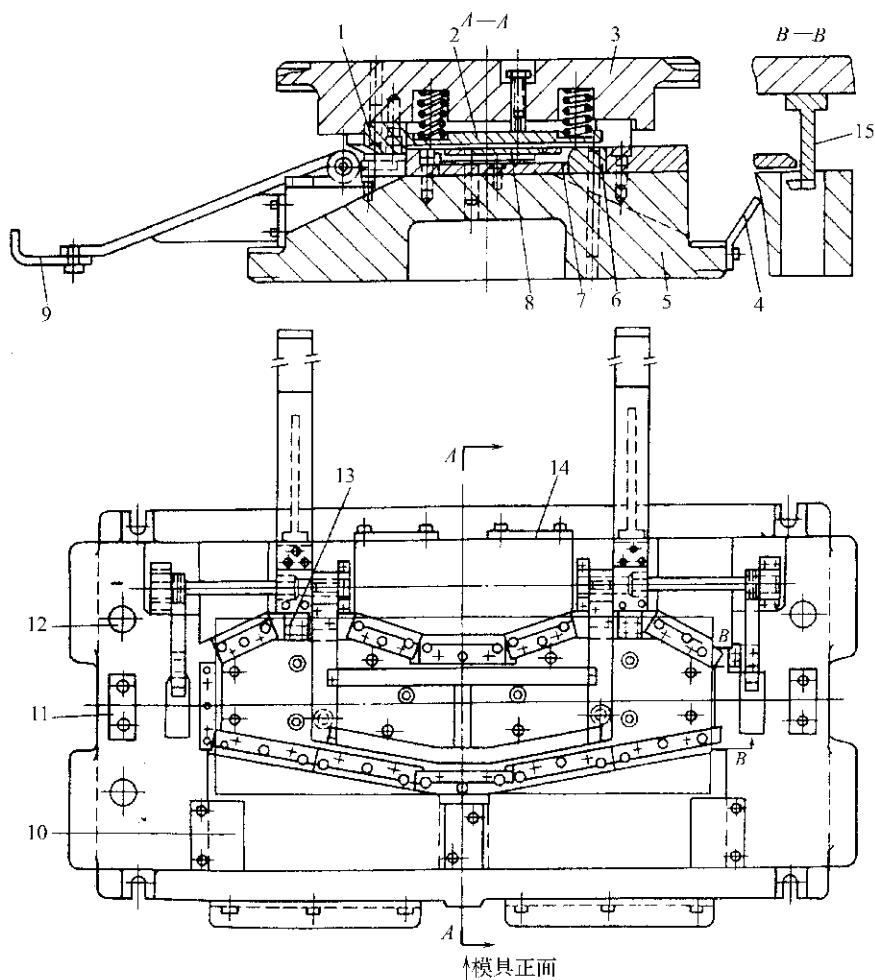


图 3-4 落料模(工序 1)

1—凹模镶块;2—卸料板;3—上模板;4—挡板;5—下模板;6—凸模镶块;7—垫板;8—取料器;  
9—角钢;10—导块;11—限制器;12—导柱;13—挡块;14—挡板;15—钩子。

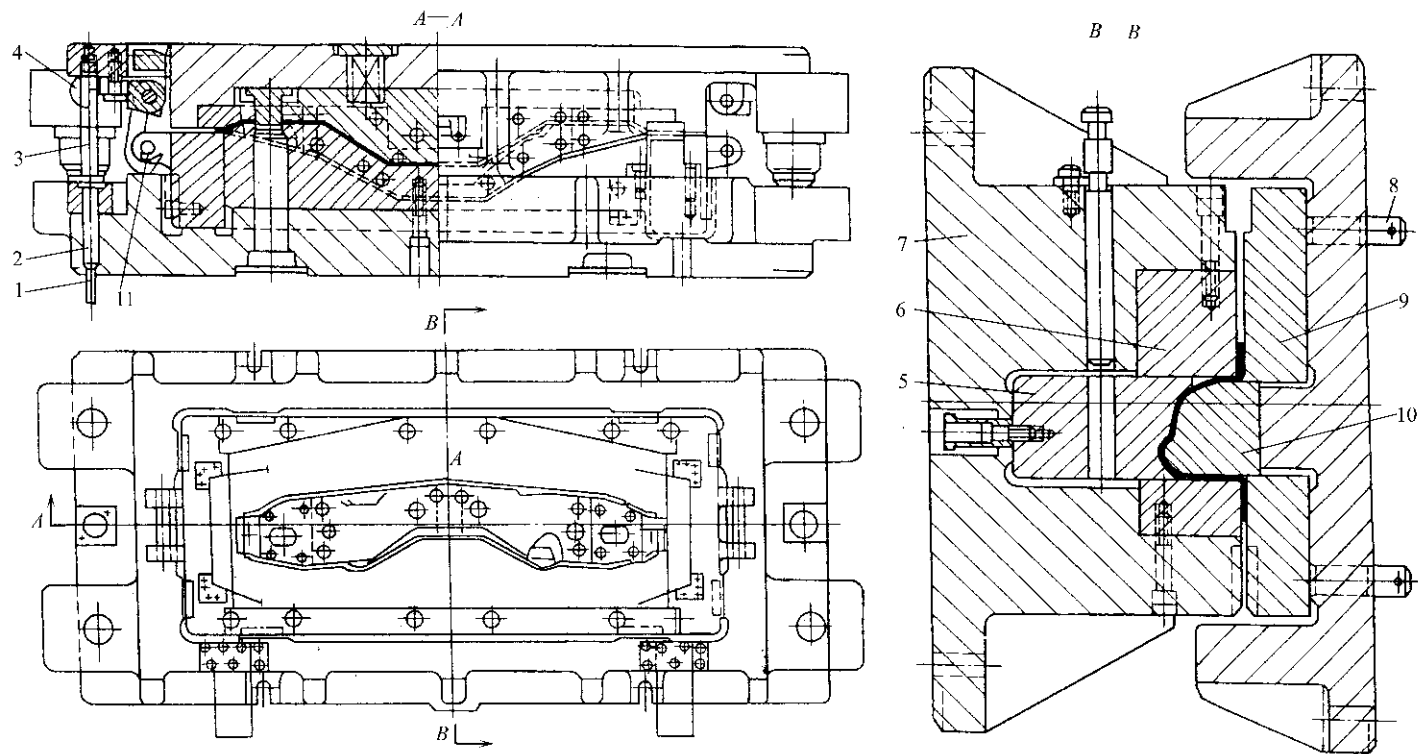


图 3-5 拉伸模(工序 2)

1—托杆；2—托杆；3—挡棒；4—钩子；5—托料板；6—凹模镶块；7—上模板；8—托杆；9—压料圈；10—凸模；11—轴。

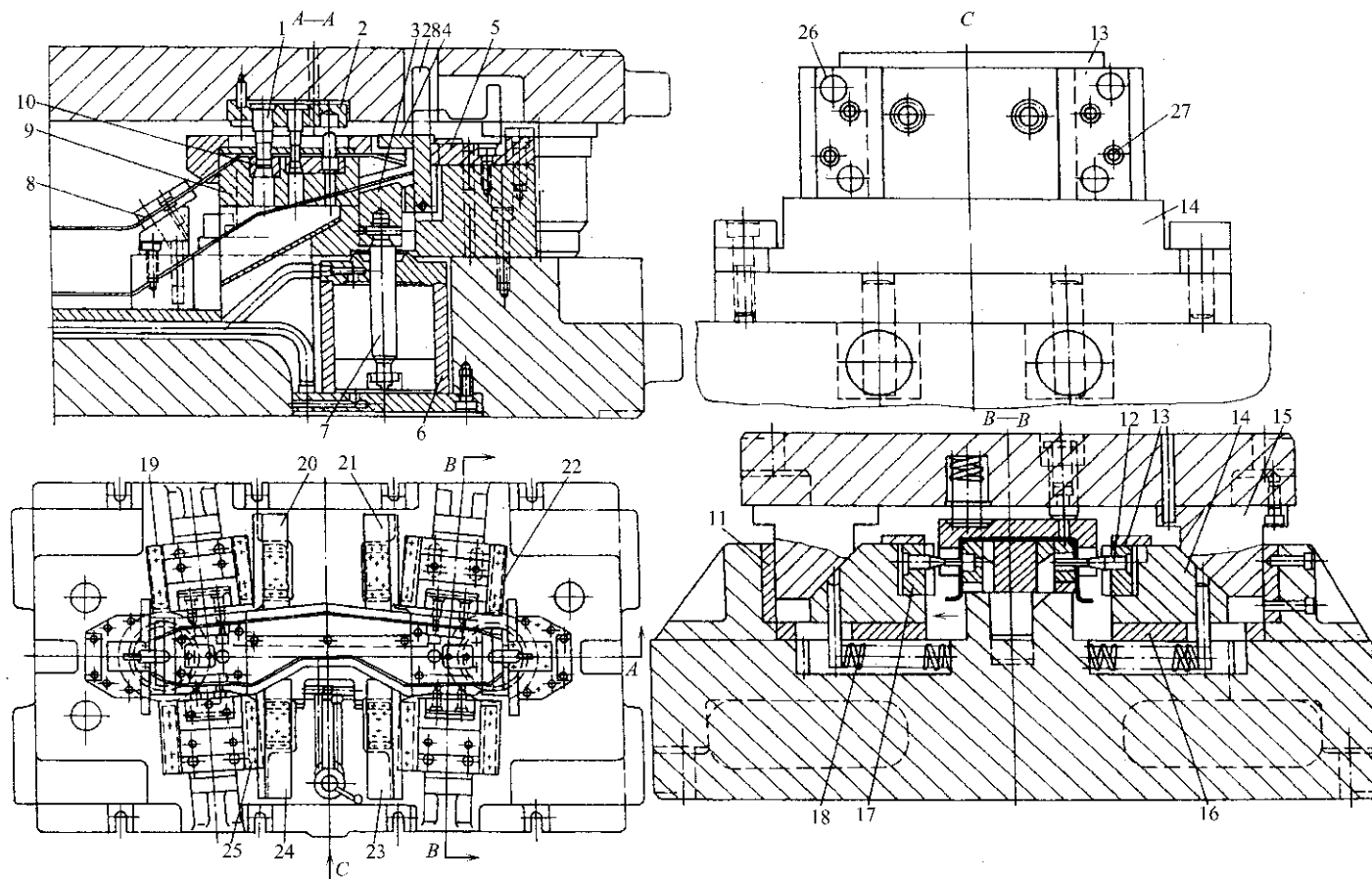


图 3-6 冲孔模(工序3)

1—凸模；2、9、17—固定板；3、20、21、23、24—导向块；4—摆动夹钳；5、28—挡块；6—气缸；7—推杆；8—定位器；10—凹模镶块；11—淬火钢板；  
12—凸模；13—板子；14—小滑块；15—楔块；16—垫板；18—弹簧；19、22、25—导块；26、27—卡板。

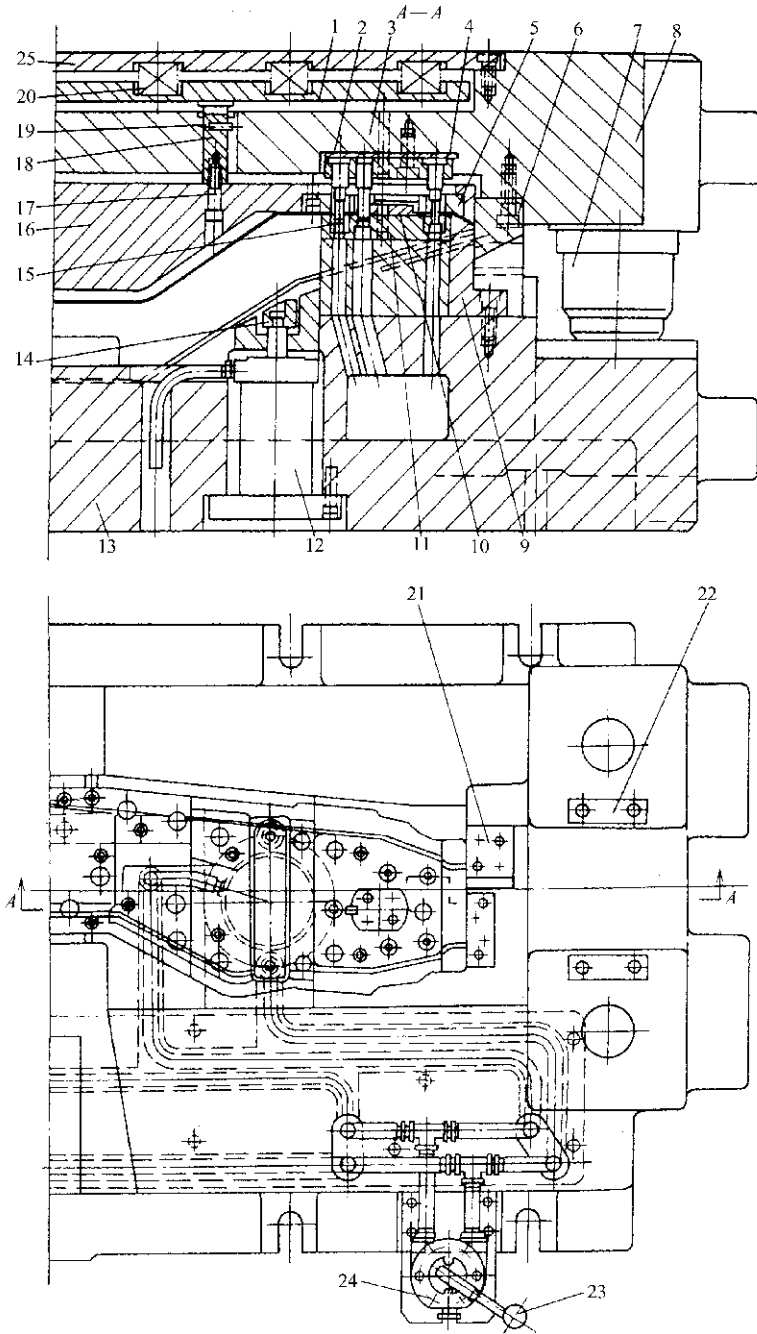


图 3-7 修边、冲孔模(工序4)

- 1—活动板;2—垫板;3—凸模;4、25—固定板;5—小盖板;6—凹模镶块;7—护管;8—盖板;9—凸模;  
10—定位销;11—垫板;12—气压提升装置;13—底板;14—提升板;15—凹模;16—卸料板;  
17—螺钉;18—柱销;19—销钉;20—弹簧;21—切刀;22—限位器;23—手柄;24—转换开关。

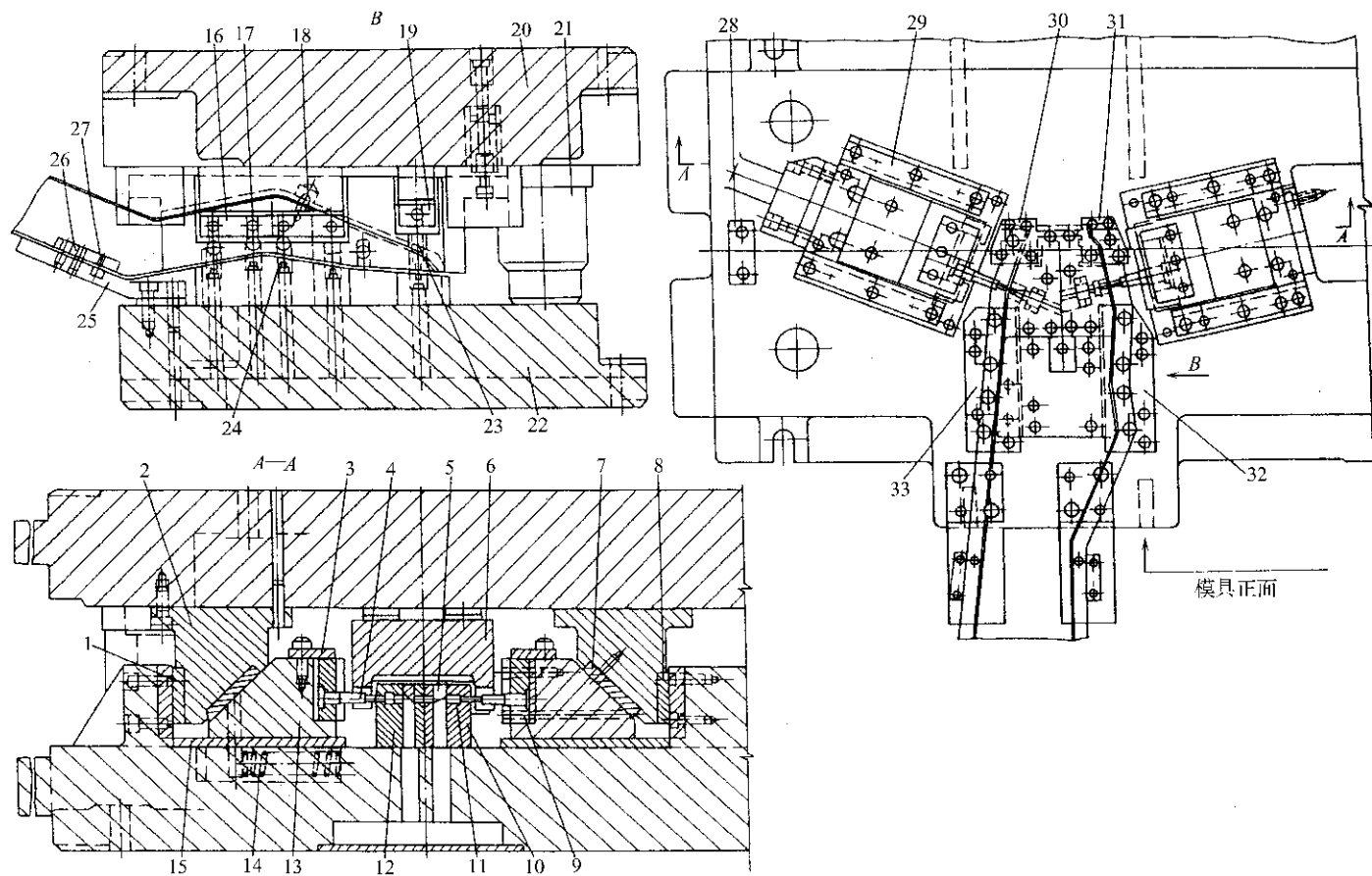


图 3-8 冲孔模(工序 5)

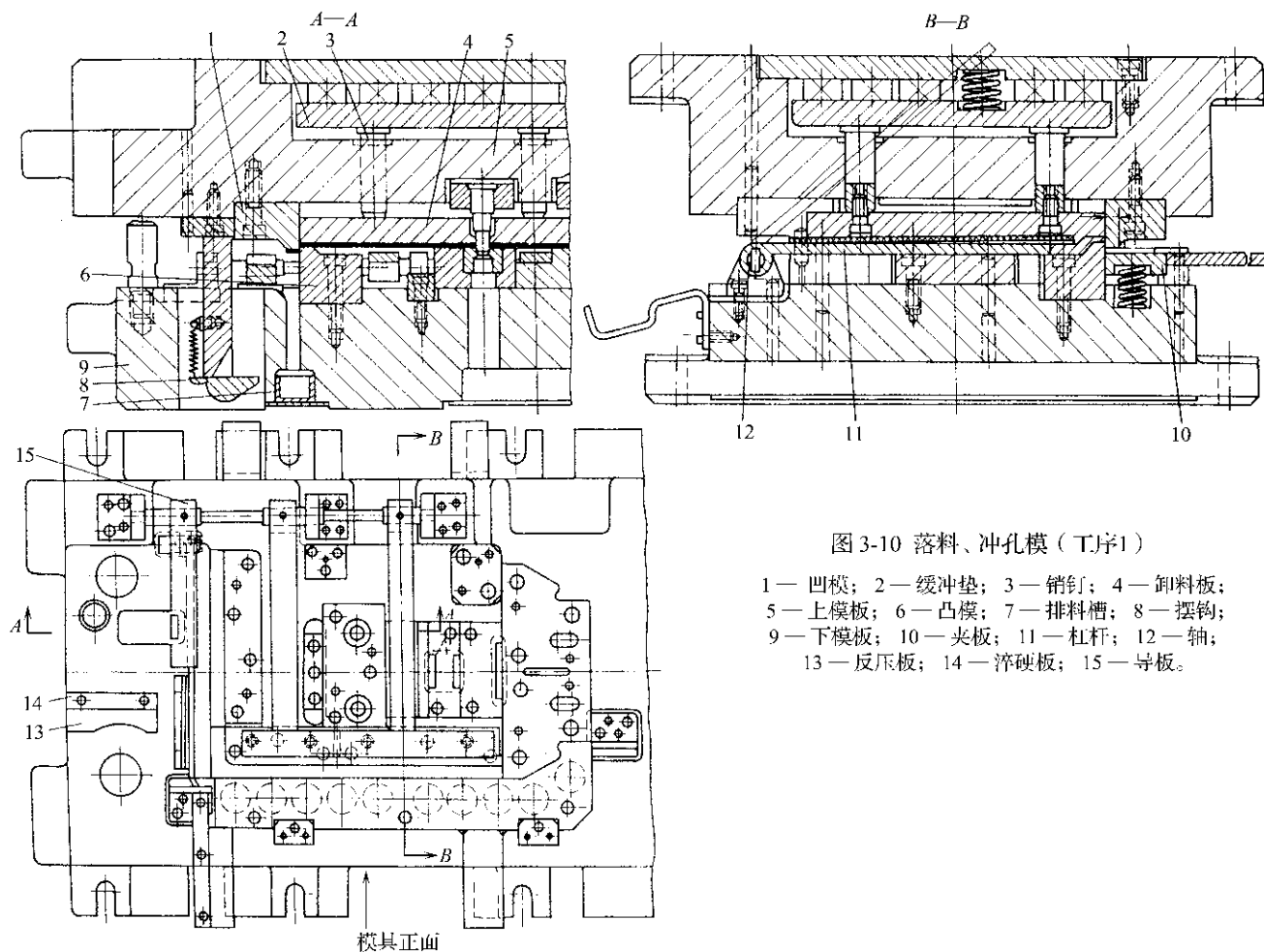
1、15—垫板；2—楔块；3—压板；4—凸模；5—退料斜道；6—压料板；7、8—板子；9、16、19、30、31、32、33—固定板；10、12—分块；11—凹模；13—小滑块；14—弹簧；17—止动螺栓；18—定位销；20—上底板；21—导套；22—底板；23—快换凸模；24—圆形凹模；25—托板；26—侧板；27—定位销；28—限位器；29—导板。

### 第三节 汽车活动备胎架冲模

图 3 - 9 所示活动备胎架是用厚 5mm 的 09F 钢板冲压而成的。它由五道工序完成 :①落料、冲孔 ;②成形 ;③整形 ;④修边 ;⑤双膛冲孔。各工序冲模见图 3 - 10 ~ 图 3 - 14。



图 3 - 9 活动备胎架



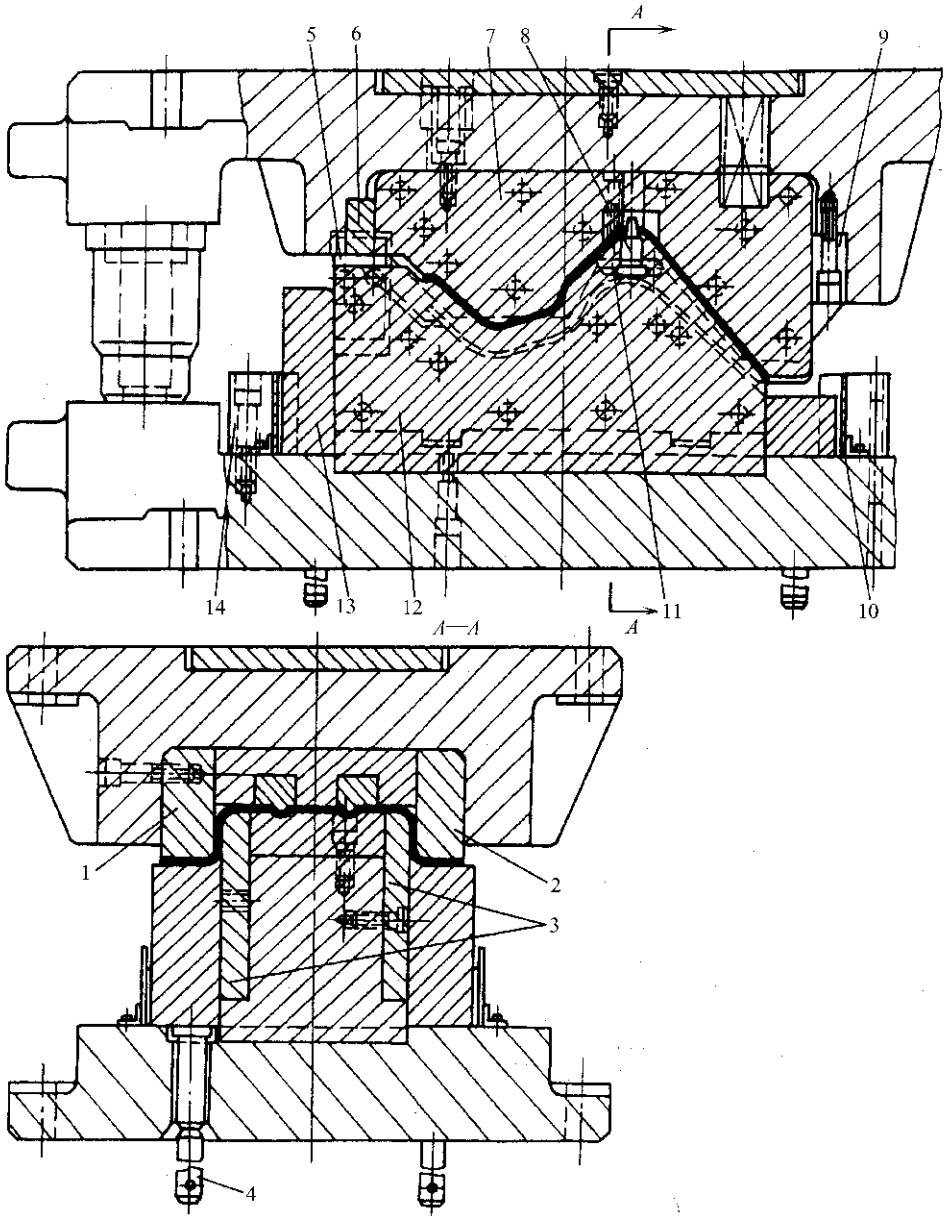


图 3 - 11 成形模(工序 2)

1、2—凹模；3—活动镶块；4—托杆；5—板条；6、9—导向板；7—卸料板；  
8—夹板；10—围板；11—镶块；12—凸模；13—压料圈；14—导板。

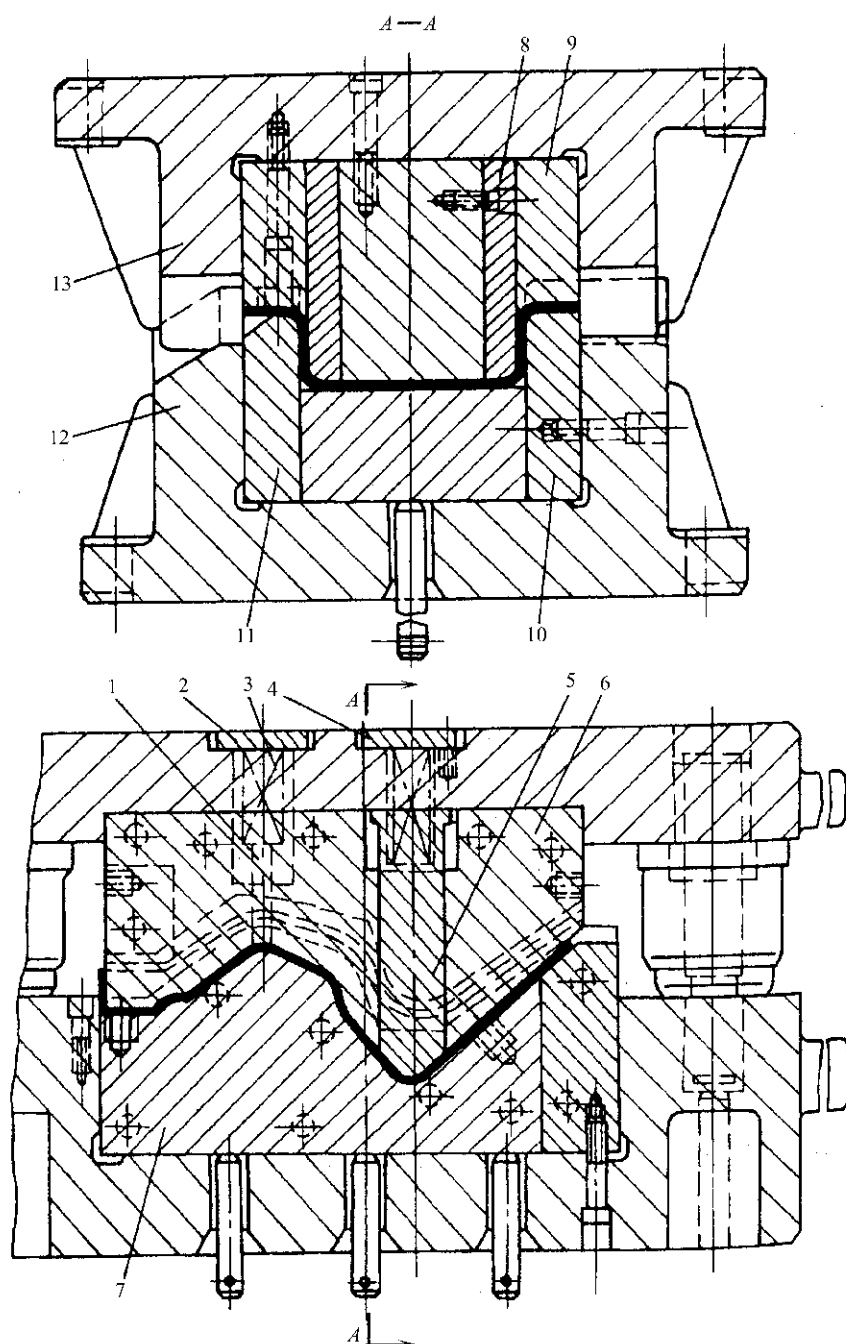


图 3 - 12 整形模(工序 3)

1—脱件器；2—闷盖；3—弹簧；4—盖；5—镶块；6、8、9—凸模；7—卸料板；  
10、11—凹模；12—下模板；13—上模板。

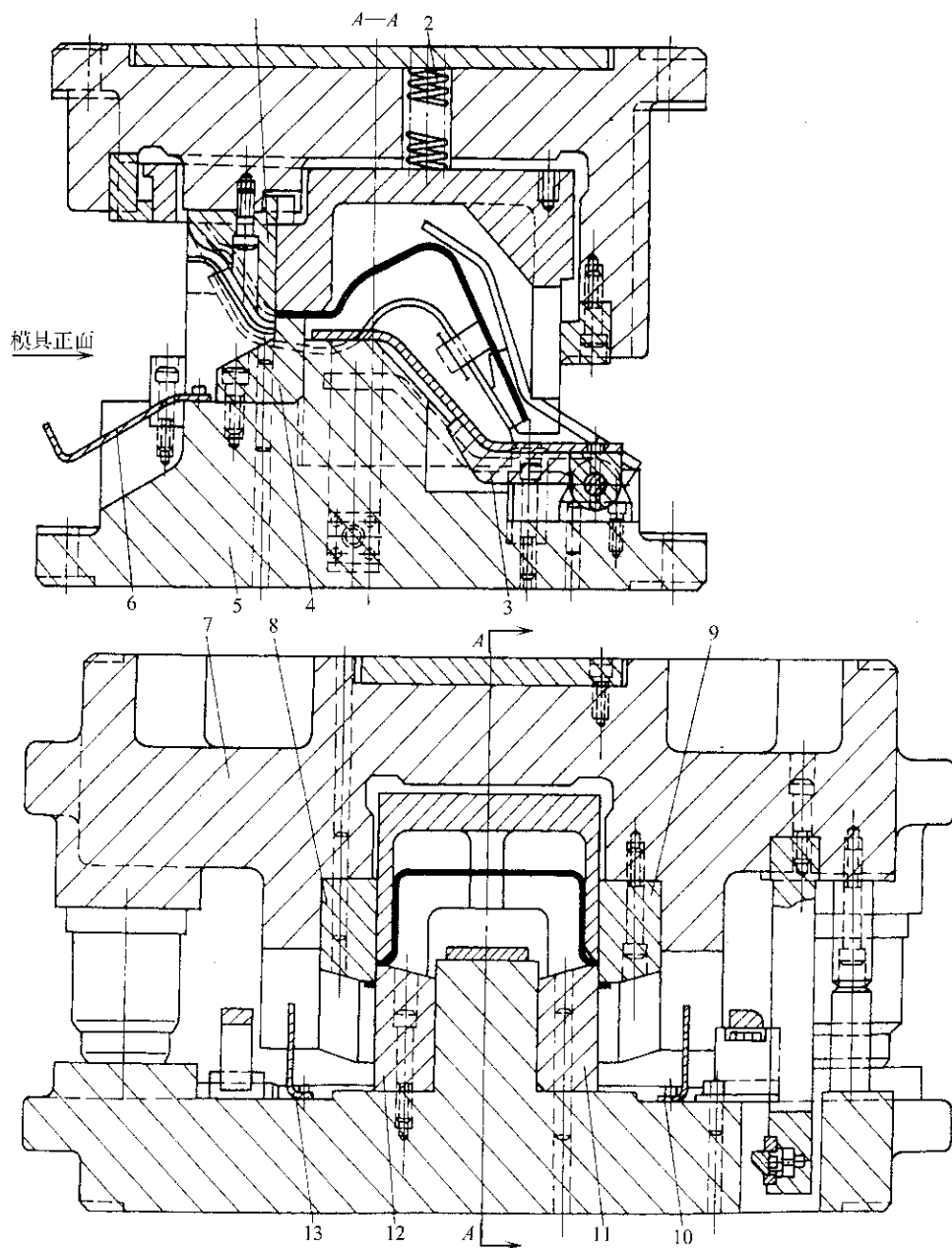


图 3 - 13 修边模(工序 4)

1、8、9—凹模镶块；2—弹簧；3—杠杆；4、11、12—凸模镶块；5、7—模板；6、10、13—斜槽。

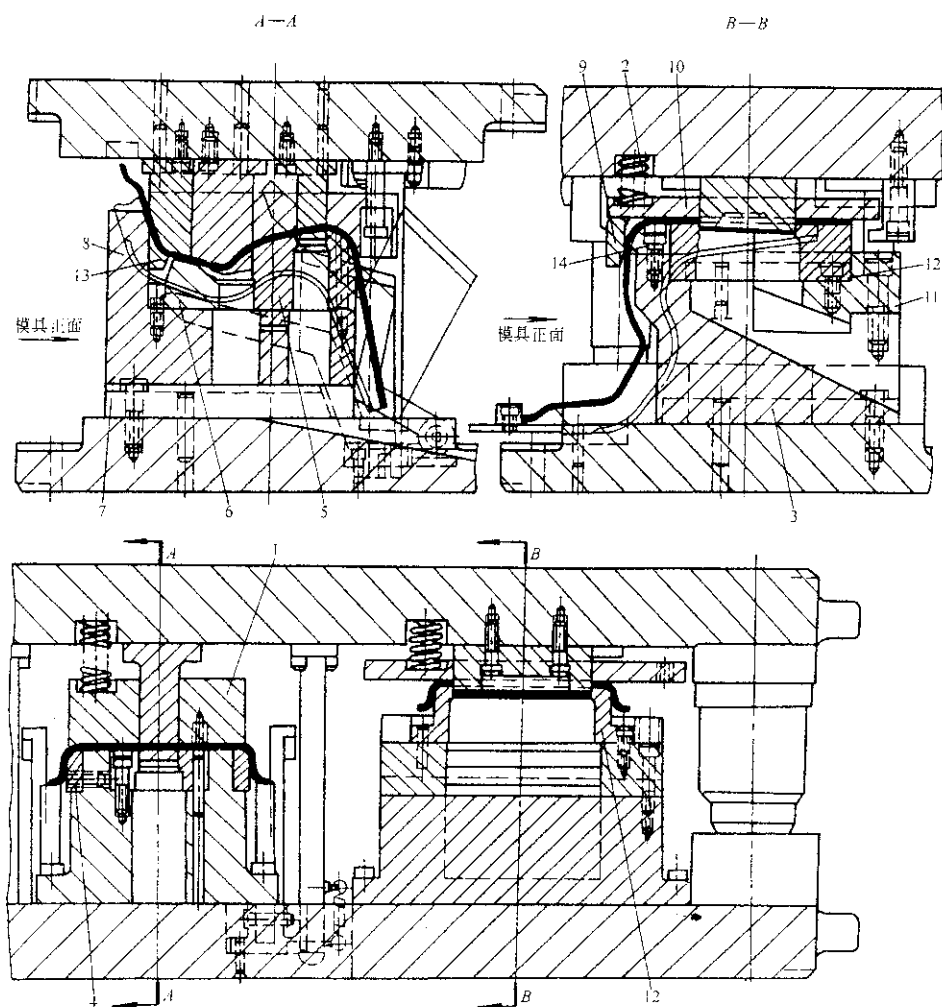


图 3 - 14 双腔冲孔模(工序 5)

1—卸件器；2—弹簧；3、7—垫板；4、5、6、12—下模块；8—凸包；9—模块；  
10—卸件器；11—套圈；13—凸模；14—定位装置。

### 第四节 汽车车轮轮辐、轮辋冲模

#### 一、轮辐冲模

汽车轮辐的冲压工艺和模具结构多为常见的工艺和结构。

图 3 - 15 所示为轮辐冲孔落料连续模 ,由于板料厚、制件重 ,为了操作方便 ,采用先冲孔后落料的连续模结构。

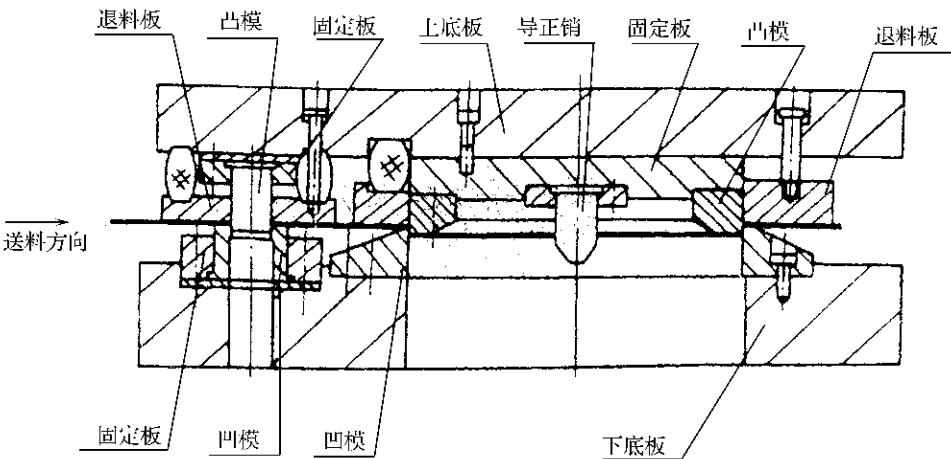


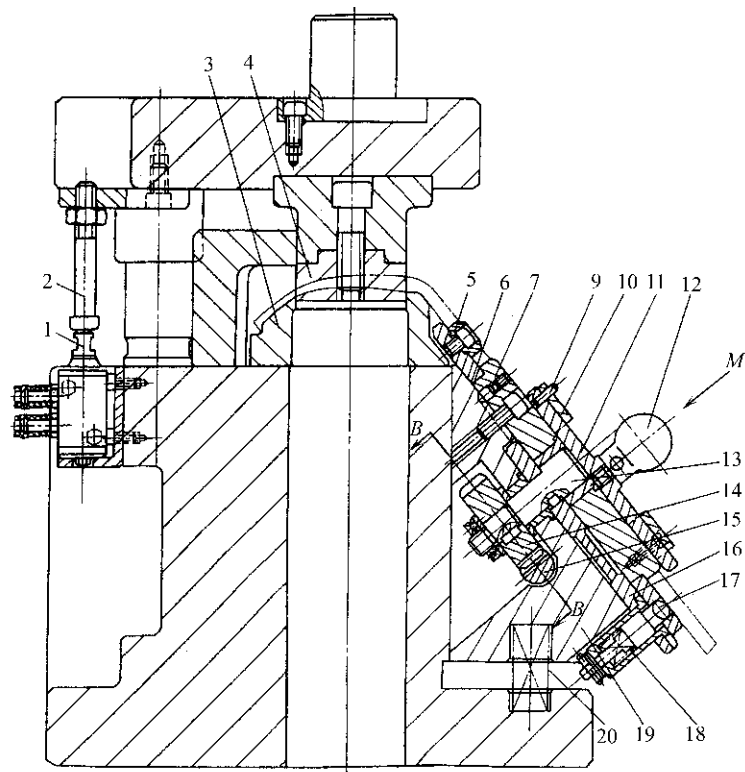
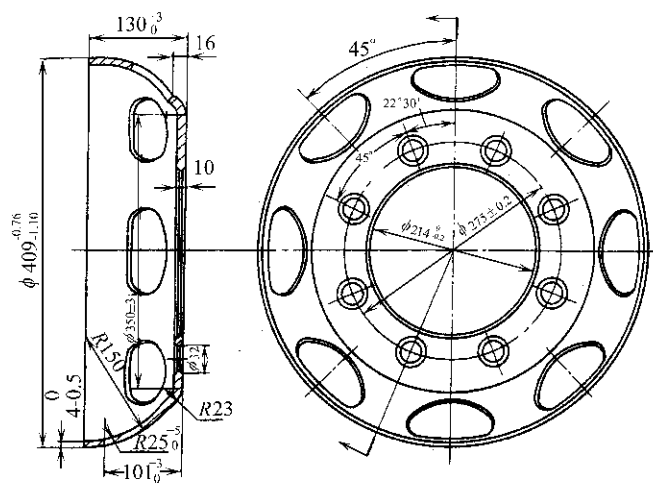
图 3 - 15 冲孔落料连续模

图 3 - 16 为等强度轮辐冲通风孔模 ,毛坯经落料、冲孔、旋压和修边冲孔后 ,在本模具上自动分度冲通风孔。

#### 二、轮辋冲模

型钢轮辋如图 3 - 17 所示。毛坯经下料、卷圆、对焊、刮渣、复圆等工序后 ,需用模具进行初压缩、扩张和精压缩等整形工序才能达到轮辋的尺寸精度和形位公差要求。

图 3 - 18 为轮辋精压缩模结构 ,图 3 - 19 为轮辋扩张模示意图。



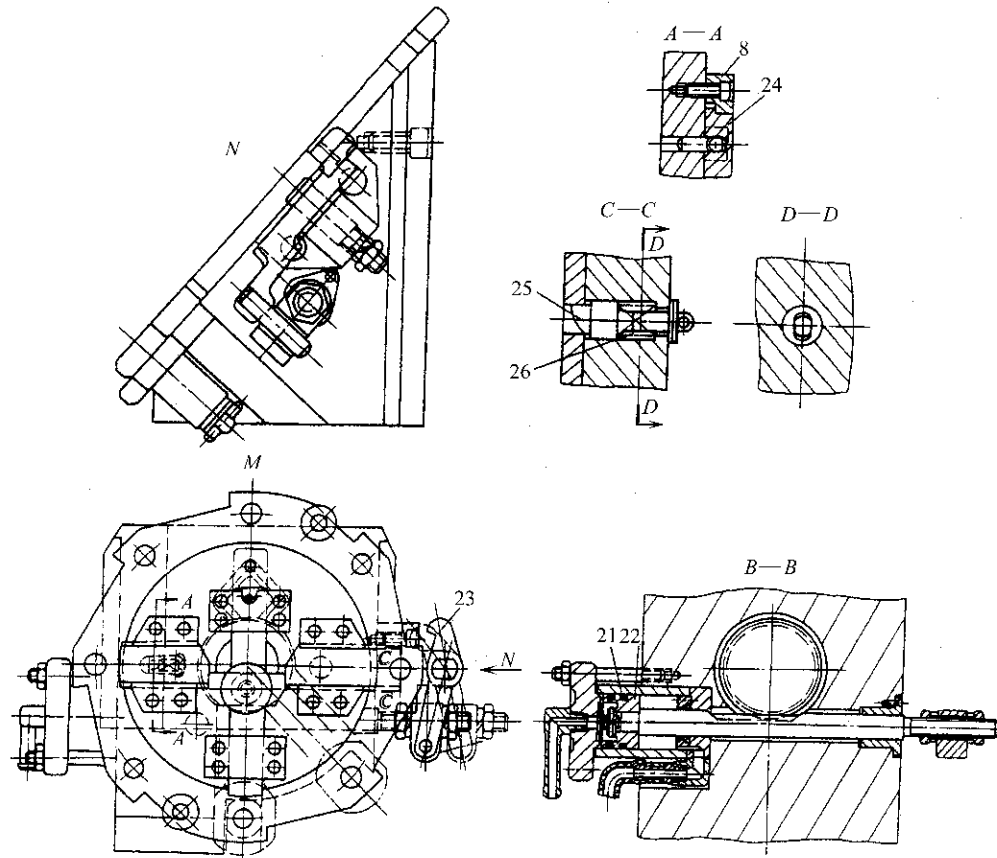


图 3 - 16 汽车轮辐自动分度冲孔模

1—三通气阀；2—顶杆；3—凹模；4—凸模；5—定位销；6—转盘；7—导盘；8、10—导板；9—柱销；11—推板；12—手把；13—轴；14—齿轮；15—活塞杆；16—转柄；17—滑销；18、20、26—弹簧；19—滑座；21—汽缸；22—活塞；23—钩子；24—滑爪；25—限位销。

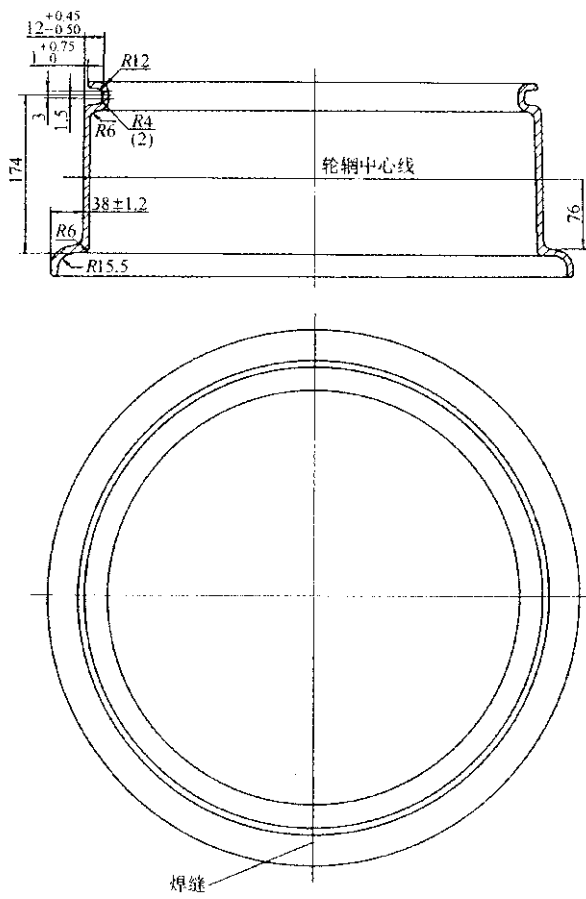


图 3 - 17 型钢轮辋

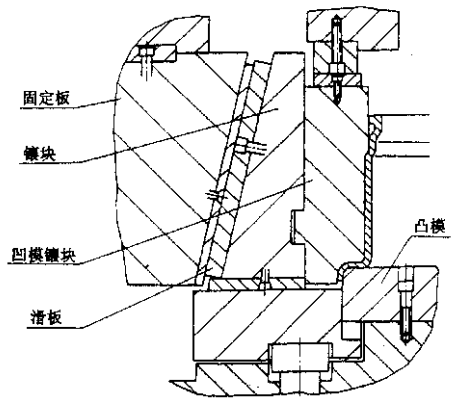


图 3 - 18 精压缩模结构图

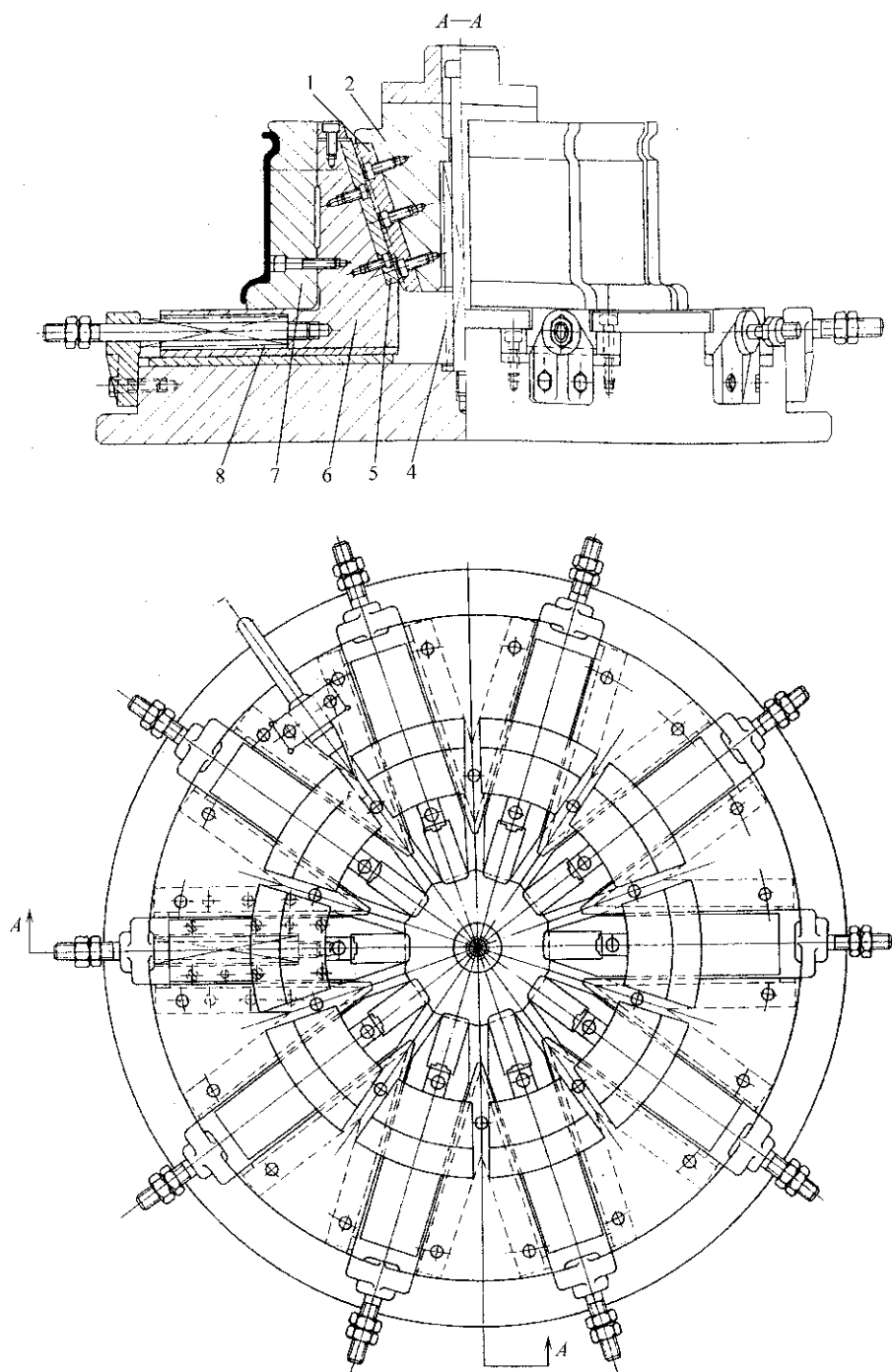


图 3 - 19 汽车轮辋扩张模

1、5—滑板；2—斜楔座；3—手压杠杆；4、8—弹簧；6—滑块；7—凸模镶块。

### 第五节 汽车桥壳成形模

桥壳冲压有两种工艺:冷压成形和热压成形。图 3 - 20 所示的重型汽车桥壳,料厚 16mm,采用热压成形工艺。图 3 - 21 模具安装在 THB32 - 800T 油压机上工作,行程终点保压(15 ~ 20)s。模具工作部分采用 5CrNiMo 材料,硬度 $\geq 47\text{HRC}$ 。考虑到材料加热时会膨胀,模具型腔尺寸按产品图再加 0.8%的收缩量。

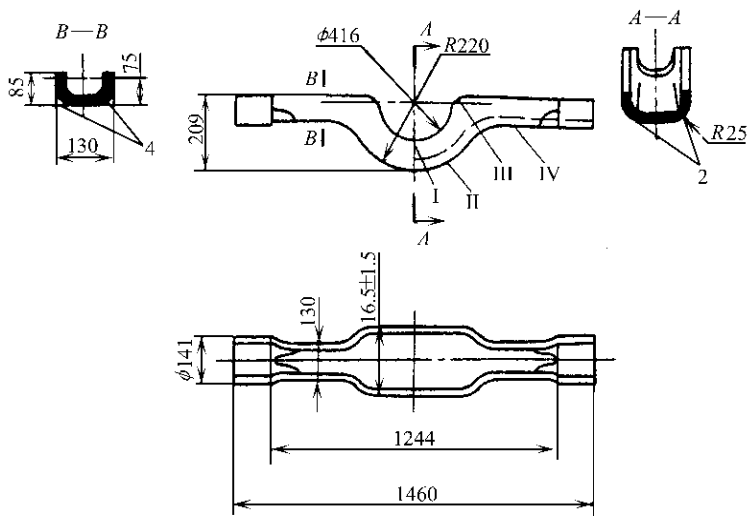


图 3 - 20 汽车桥壳(材料 16Mn  $t = 16\text{mm}$ )

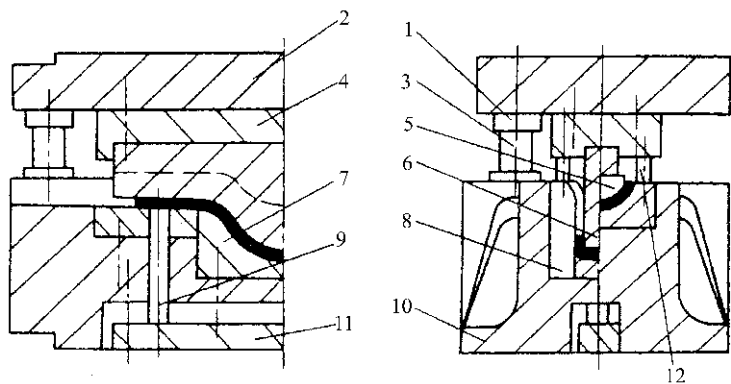
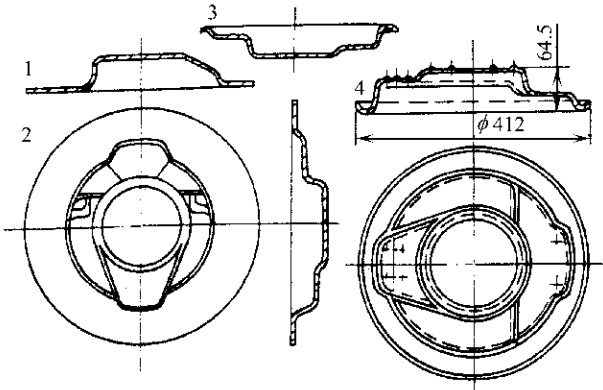


图 3 - 21 汽车桥壳成形模

1—导套;2—上模板;3—导柱;4—凸模固定板;5、6—凸模镶块;7、8—凹模镶块;  
9—顶杆;10—下模板;11—顶料板;12—导正销。

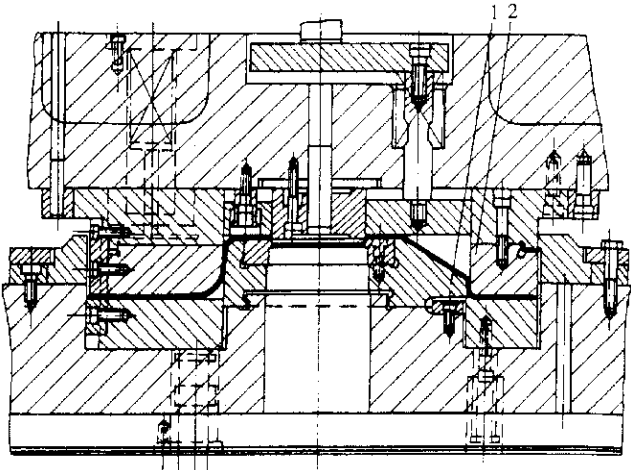
### 第六节 汽车刹车底板冲模

载重汽车刹车底板由四道冲压工序完成 ,如图 3 - 22 所示。各工序的模具结构见图 3 - 23 ~ 图 3 - 26。



板冲压工艺过程

边、翻边 ;4—整形、冲孔、成形。



伸模(工序 1)

;2—凹模。

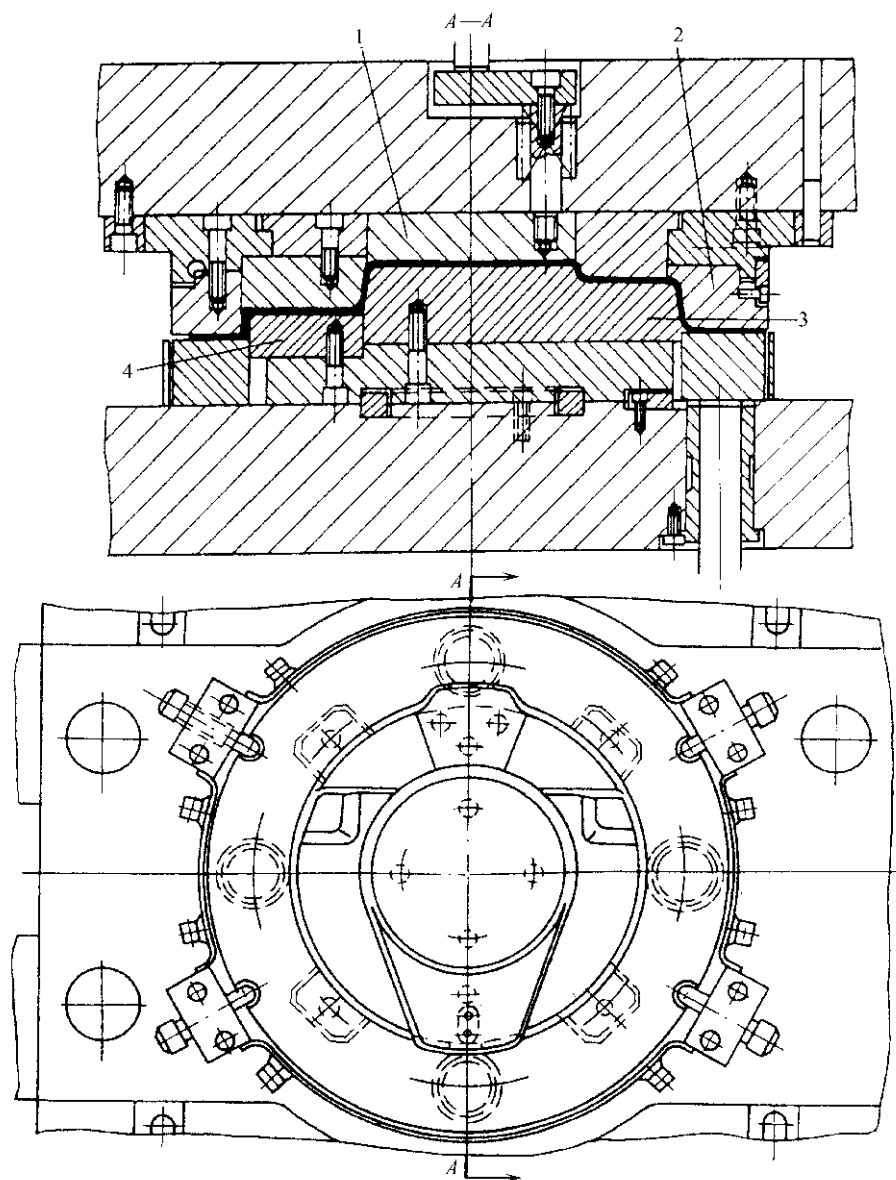


图 3 - 24 终拉伸模(工序 2)

1—顶出器 ; 2—凹模 ; 3—凸模 ; 4—镶块。

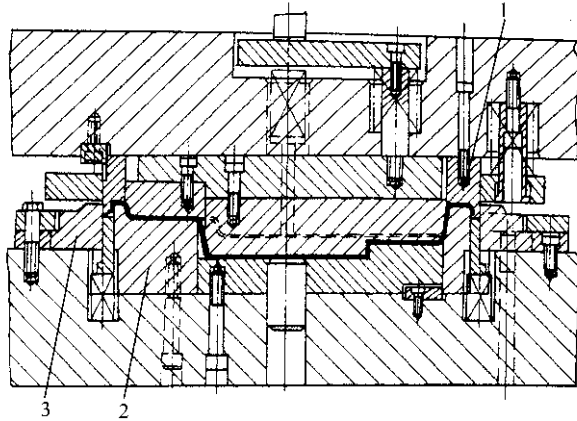


图 3 - 25 修边、翻边模(工序 3)  
1、2—凸模 ; 3—凹模。

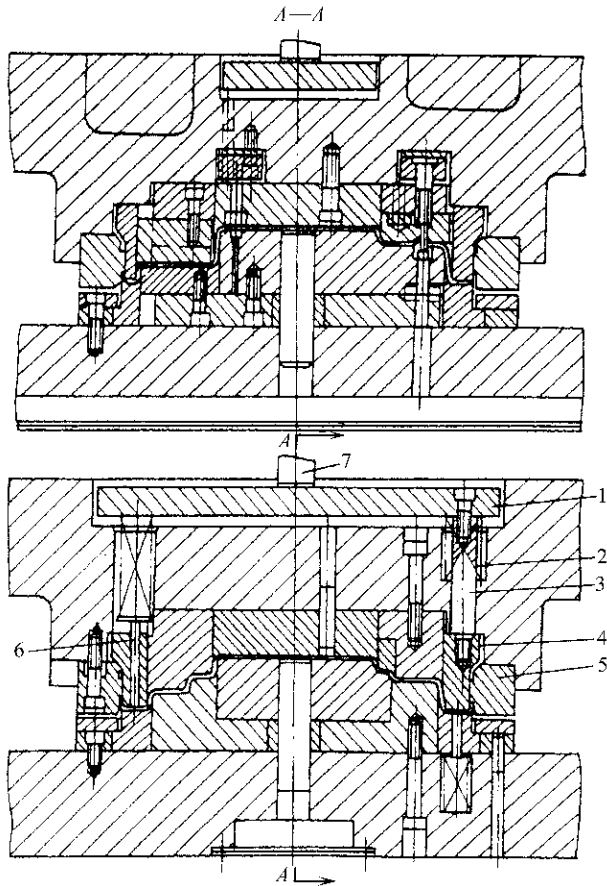


图 3 - 26 整形、冲孔、成形模(工序 4)  
1—打板 ; 2—弹簧 ; 3—杆 ; 4—顶出器 ; 5—凹模 ; 6—推销 ; 7—打杆。

## 第七节 厚板件冲模设计与制造要点

### 一、足够的强度和良好的刚性

由于制件材料厚、强度高 ,冲压时板料及作用到模具上的力很大 ,而且是冲击载荷。因此 模具结构和模具零件必须具有足够的强度和良好的刚性。否则 ,在巨大的冲击载荷作用下 ,模具容易损坏或失效。

### 二、减小振动和噪声

厚料冲裁时 如果凸模和凹模采用平刃口 ,则巨大的冲裁力发生在同一瞬间 ,因而产生很大的振动和噪声。为了减小振动和噪声 ,通常采取的办法是 将落料凹模的刃口做成波浪刃口 (图 3 - 27) ;将冲孔凸模的高度 ,做成几种不同的高度 (图 3 - 28)。

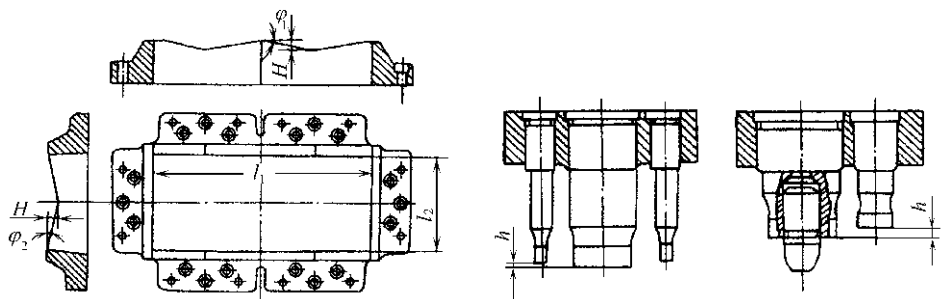


图 3 - 27 大型波浪刃冲裁模

$H \approx 3t \quad \rho = 3^\circ \sim 3.5^\circ$

梯布置凸模

$.7 \sim 1)t$

### 三、抵消侧向力

当冲裁刃口不是封闭轮廓 (冲裁) 时 ,或者对非对称形状成形时 ,凸模和凹模会受到水平方向的分力 (俗称侧向力) 。料厚不大时 ,侧向力不一定会对模具的技术状态 (如间隙) 和制件质量产生很大的影响 ;但对于原料冲压来说 ,侧向力不仅对模具的技术状态和制件质量产生很大影响 ,甚至会使模具损坏或失效。

解决办法是 :在模具结构设计时 ,要设置反侧压块 (挡块) 来抵消侧向力 ,如图

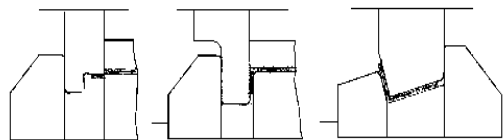


图 3 - 29 反侧压块的设置

3 - 29 所示。

#### 四、模具材料的选择

厚板件冲模由于要承受巨大的冲击载荷 ,因此要求模具工作零件具有高强度、高耐磨性和较高的韧性 ,有的模具还要求工作表面进行氮化处理。通常 ,对于冷冲模的凸模、凹模等主要工作零件 ,选用 Cr12Mov 合金工具钢或 W6MoSCr4V2 高碳钢 ,对于加热冲裁或热成形的模具 ,工作部分采用 5CrNiMo 合金 ,对于一般的结构零件 ,采用 45<sup>#</sup>钢或 T8A ,上模板、下模板都采用 ZG35。

#### 五、Cr12Mov 钢的锻造和热处理

用 Cr12Mov 材料制造模具 ,具有强度高、耐磨、淬透性好、变形小、价格便宜等许多优点 ,因而得到广泛应用。但是 ,如果在锻造和热处理工艺上不注意 ,则不仅收不到良好的效果 ,反而容易产生裂纹、崩刃等现象 ,造成模具成本高而寿命低。

Cr12Mov 钢制模具毛坯的锻造 ,主要应达到将碳化物打碎并均匀分布、组织细密、纤维方向合理等目的 ,具体的技术要求和工艺方法可参见第十二章第四节“Cr12Mov 和 W6MoSCr4V2 模具锻造”。

Cr12Mov 模具的热处理 ,通常有“一次硬化”和“二次硬化”两种不同的工艺方法。“一次硬化”可获得较高硬度 ,耐磨性较好 ,而且热处理变形小 ,但它比较脆 ,热处理后内应力消除得不很充分 ,因而多用于受冲击载荷较小的模具。对于厚板件冲模 ,由于要承受巨大的冲击载荷 ,应采用“二次硬化”的热处理工艺。另外 ,需要线切割加工的模具 ,要求模具热处理后、线切割加工之前充分消除内应力(否则容易产生变形和裂纹) ,这时也应该采用“二次硬化”的热处理工艺。还有 ,需要表面氮化处理的模具 ,也应采用“二次硬化”工艺。因为如果采用“一次硬化”工艺热处理 ,回火温度是 200 ~ 220 ,硬度虽然达到 58 ~ 62HRC ,但是后续进行氮化处理的温度是 525 ,氮化后的结果是 :尽管氮化层(厚约 0.1mm)的表面硬度达到了要求 ,然而模具基体的硬度却大大降低( < 40HRC ) ,不能满足使用要求。因此 ,凡是热处理后需进行表面氮化处理的模具 ,其热处理应采用“二次硬化”工艺。

## 第四章 小(无)间隙冲裁模

用于冲裁薄金属板料(厚度在 0.5mm 以下)或非金属板料(纸板、石棉板等)的冲模,由于其冲裁间隙甚小,一般都统称为“无间隙冲模”。

### 第一节 小(无)间隙冲裁模设计要点

图 4 - 1 所示冲制调整垫片(材料 08 钢 料厚 0.05mm)的落料冲孔模就是属

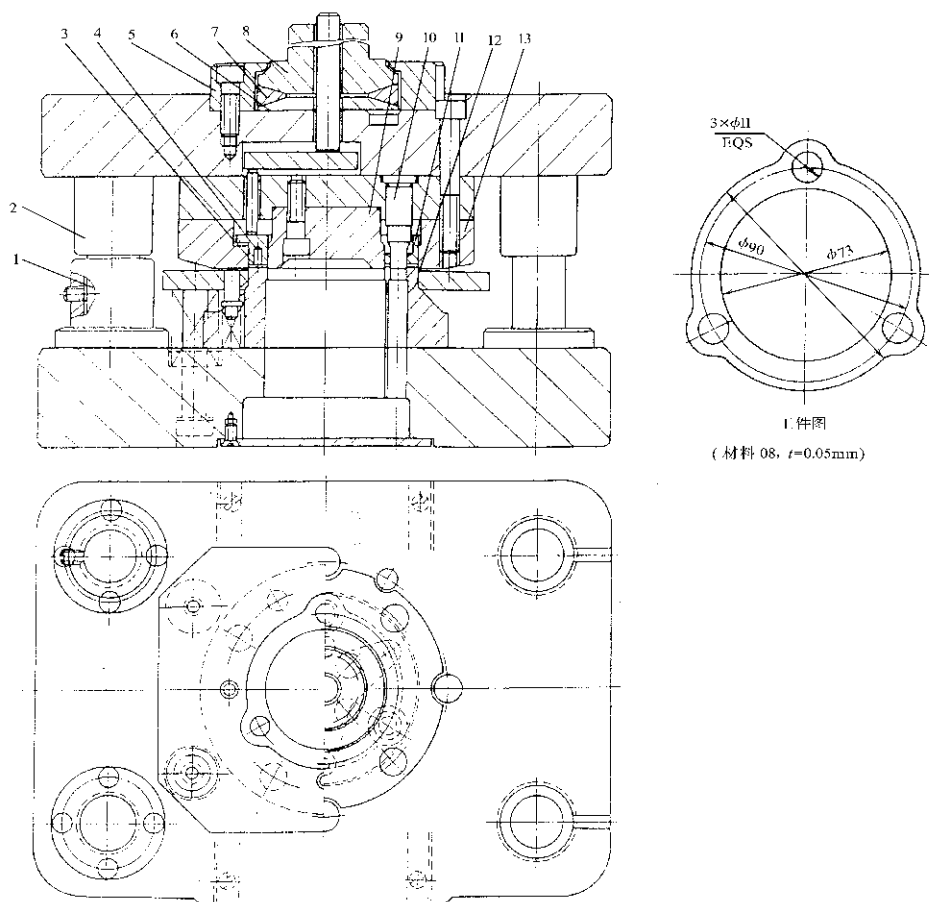


图 4 - 1 无间隙落料、冲孔模

1—导柱;2—导套;3—钢珠;4—弹簧;5、6、7、8—浮动模柄;9、10—凸模;11—顶出器;12—凸凹模;13—凹模。

于无间隙冲模。它与一般冲模相比,不仅精度要求高,而且在结构上还有一些特殊的地方。

对于小批量生产用的小(无)间隙冲模,见第七章第一节。

## 第二节 小(无)间隙冲裁模设计要点

对于小(无)间隙冲裁模,在设计时要针对“刃口间隙小”这个特点,着重解决好以下几个问题:

① 为了保证模具工作时上下模刃口位置的准确性和稳定性,必须提高模具的导向精度。通常的办法是:采用滚动导柱导套结构(如图4-2所示),或精密的滑动导柱导套;导柱、导套的数量要设计成三四副。

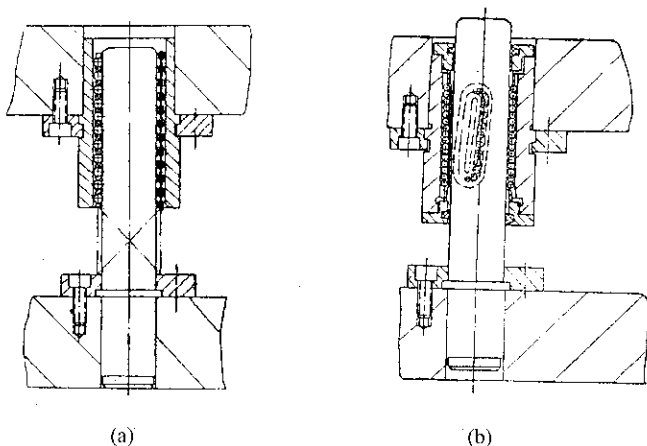


图4-2 滚动导柱导套

② 为了消除压力机导轨误差对冲模导向精度的影响,小(无)间隙冲模常采用浮动模柄(图4-3),并注意冲模的压力中心应与上模的重心重合。

③ 由于冲裁板料很薄,冲出的制件就容易被油泥等物黏附在顶出器上掉不下来。为了保证顺利除件,在顶出器上装有“脱件器”(图4-4)。脱件器靠弹簧的力量通过钢珠将制件与顶出器分离,以便用压缩空气将制件吹除。

④ 送料方向通常是从后向前拉的,这是因为对于料厚小于0.2mm的带料刚性较差,拉料比推料的进给精度和可靠性都好一些。因此,手工送料时,将料架放在压力机后面,操作者在前面用钩子拉废料比较方便。

⑤ 为了保证小(无)间隙冲模刃口配合的精度,有关结构件(如底板、固定板、导柱等)的精度(平行度、垂直度、同心度)必须相应地提高;为了保持小(无)间隙冲模刃口精度的稳定性,还应适当提高有关结构件(如导柱、底板、退料板等)的刚性。

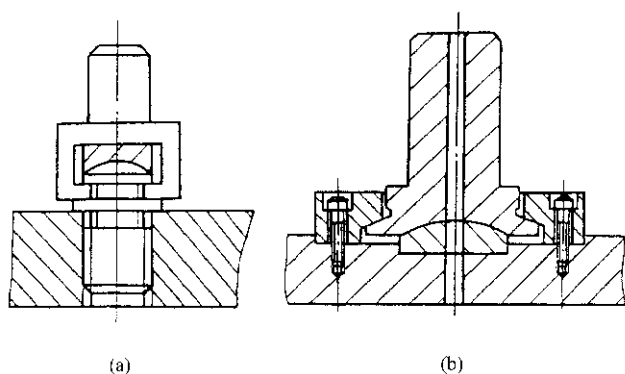


图 4 - 3 浮动模柄

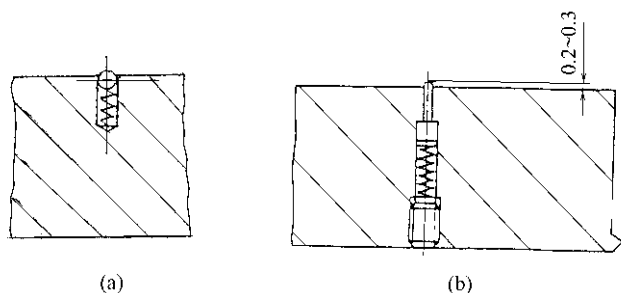


图 4 - 4 脱件器

### 第三节 小(无)间隙冲裁模制造要点

① 小(无)间隙冲模的制造,主要是加工精度问题。对于拥有精密加工设备(如精密磨床、坐标磨床、慢走丝线切割机等)的工厂来说,保证加工精度并不难。但对于缺少精密加工设备的工厂来说,通常是采用“配作”的办法来保证刃口间隙的。例如图 4 - 1 所示的无间隙冲模,对于落料的外刃口,是先加工好凹模,然后凸凹模按凹模压印(手工)配作;对于冲孔的内刃口,是先加工凸凹模上的孔,然后凸模(件号 9、10)按孔的实际尺寸配磨。

对于需要靠手工压印精修的凸凹模,为了便于加工,通常可将其热处理硬度适当降低(取 38 ~ 42HRC),这对于小(无)间隙冲模来说,因其冲制的制件料很薄,是允许的。

② 为了保证导套与导柱的同心度,对于缺少精密加工设备的工厂,常采用快干胶(树脂)黏接的方法来固定导套。

③ 上下模板在粗加工后、精加工之前,应进行时效处理,以彻底消除其内应力,防止它在使用期间产生形变。

## 第五章 精 冲 模

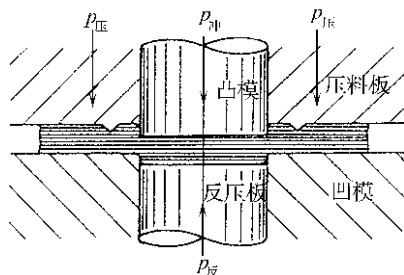
### 第一节 概 述

精冲是在普通冲压技术基础上发展起来的一种精密冲裁方法,它能在一次冲压行程中获得比普通冲裁尺寸精度高、断面光洁的零件(图 5 - 1)。

目前,应用较普遍的强力压边精冲是在专用压力机上借助于特殊结构的模具进行的。精冲的冲裁过程如图 5 - 2 所示。



普冲断面质量对比  
;2—精冲。



冲时的作用力  
反压力 ;  $p_{冲}$ —冲裁力。

冲裁前,齿圈压料板先将坯料压紧在凹模上,接着凸模开始下降,与反压板一起将坯料压紧。此时,坯料处于压紧状态,剪切区的金属在 V 形齿圈、反压板和凸模的共同作用下,处于三向压应力状态,从而提高了塑性。

凸模继续下降,即开始冲裁。由于凸模与凹模之间的间隙很小,加上剪切区的金属处于三向压应力状态,使冲裁过程呈纯剪切的形式,从而获得良好的剪切断面和尺寸精度。

在专门的精冲压力机上,生产过程通常都是自动化的:带料自动开卷、校平、自动送料、自动喷精冲油、精冲,工件和废料从模中自动顶出,压缩空气自动将工件和小废料吹出模外,传送带将工件和小废料传至分离鼓,分离鼓将工件和废料自动分离入箱,自动切断废料栅。此外,精冲压力机还有模具自动保护、人身防护和噪声

防护等装置。

精冲是一种优质、高效、低耗的工艺方法。因此,在精密机械、仪表、计算机、照相机、汽车、摩托车和家用电器等制造业中得到了广泛应用。

在汽车(尤其是轿车)上,有许多形状复杂而且精度要求很高的精密冲压件,如果采用普通冲压工艺生产,是很难达到质量要求的。如果采用机械加工工艺,不仅生产效率低、成本高,而且有的零件用机械加工是很困难的。如果采用精冲工艺,则可以达到高精度、高效率、低成本的目的。越是复杂的零件,精冲工艺的优越性就越明显。

目前,汽车工业已成功采用精冲工艺生产的零件很多(图5-3),比较有代表性的有:座椅调角器上的齿轮、齿条、凸轮等;制动系统的棘轮、棘爪、调节齿板、拉臂、推杆、腹板、支承板等;车锁上的锁板、卡板、门板、保险块等;安全带上的插舌、内齿环、棘爪等;离合器上的从动片;变速器上的各种拨叉;减震器上的十字环垫、调整垫片;化油器上的凸轮盘;传动系统的法兰盘、止推垫片;车门玻璃升降器齿板等。

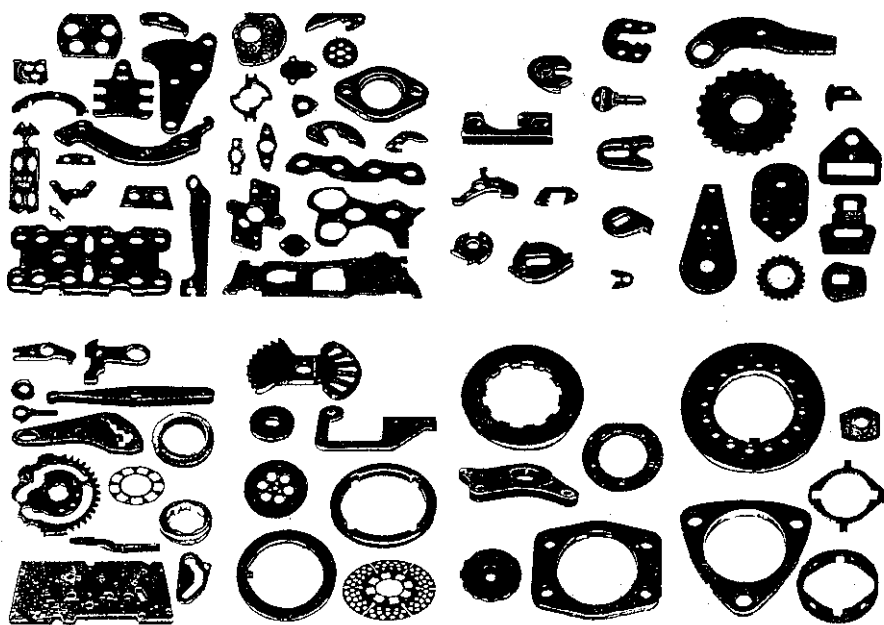


图5-3 汽车上的精冲零件实例

## 第二节 精冲模典型结构

### ① 固定凸模式精冲模(图5-4)。



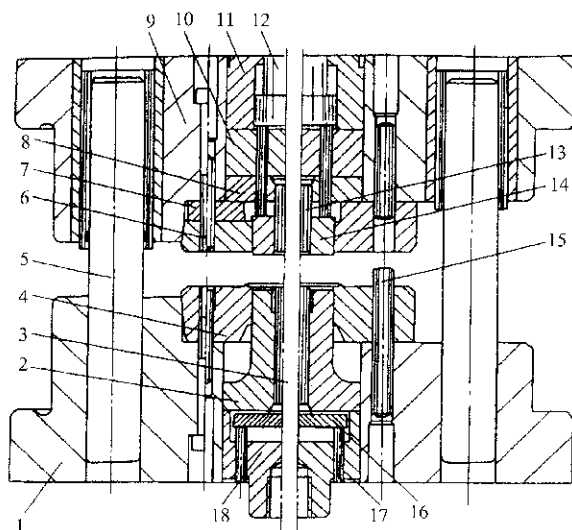


图 5-5 活动凸模式模具典型结构

1—下模座；2—凸凹模；3—顶杆；4—凹模；5—导柱；6—凹模垫板；  
8—冲孔凸模固定板；9—上模座；10—垫板；11—上垫板；12—压力垫；  
13—冲孔凸模；14—反压板；15—闭锁销；16—桥板；17—顶杆；18—凸模座。

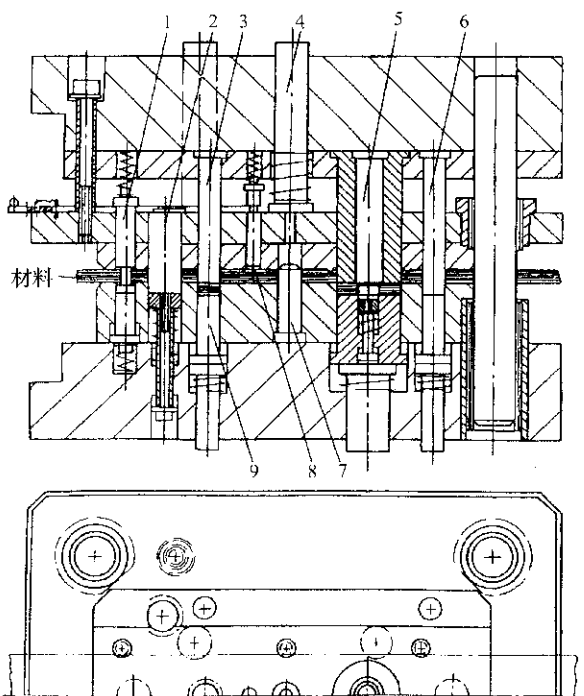


图 5-6 连续精冲模

1—导料装置；2—闭锁销；3—冲孔凸模；4—传力杆；5—落料压沉孔凸模；  
6—平衡杆；7—导正销；8—挡料销；9—顶杆。

### 第三节 精冲模设计与制造要点

#### 一、模具设计前的审查

在进行模具设计之前,首先应审查精冲零件的工艺性和工艺方案的合理性。

精冲件的工艺性,是指零件在精冲工艺上的难易程度。影响的因素主要有:零件的几何形状、零件的尺寸公差和形位公差、剪切面质量、材料性能及材料厚度等。

由于产品设计者不一定熟悉精冲工艺,因此,设计的精冲件的几何形状、尺寸精度和选用的材料等,不一定完全适合精冲工艺的要求,这就需要工艺人员对精冲件的工艺性进行审查。如果发现有不合适地方,就需要和设计者进行商讨,以求达到既满足设计要求又便于生产的目的。

精冲件的几何形状对剪切面质量和模具寿命有很大影响。精冲件应在满足零件装配和使用性能的前提下,力求避免尖角、薄壁和悬臂。第八章第四节给出了精冲件的最小圆角半径、最小壁厚、最小孔径、最小齿轮模数、最小凸耳等极限尺寸。这些结构参数直接影响精冲件的质量、模具寿命和生产成本。因此,选择上述结构参数时,除要考虑精冲技术上的可能性外,还要从加工的经济性出发,适当宽于极限尺寸。

由于精冲材料对剪切面质量、尺寸精度和模具寿命有直接影响,所以精冲工艺要求原材料具有塑性好、变形抗力低和良好的金相组织。选用既满足设计要求、又适于精冲的材料是工艺师和设计师的共同目标。

精冲零件的生产过程,从原材料到成品,包括原材料准备、冲压加工和辅助工序(去毛刺、清洗、防锈等),有的还需要机械加工、热处理和表面处理。工艺设计的任务是根据零件的具体技术要求和生产批量,结合具体的生产条件,对有关工序作出合理的安排,选择技术上可靠、经济上合理的工艺方案。

加工同一零件,可以有多种不同的工艺方案。工艺设计应将各种不同的工艺方案进行分析和比较,从中选择一种最佳方案——既符合精冲变形规律、能保证零件质量、经济性又好、操作又方便又安全的方案。

#### 二、模具结构的选择

对于轮廓尺寸小、形状简单、料厚较薄的制件,可采用活动式凸模结构,模具的制造和维修比较方便;对于轮廓尺寸较大、形状复杂、料厚较厚的制件,以及需多工序连续(跳步)工作的模具,则采用强度和刚性较好的固定式凸模结构。

#### 三、V形环压料齿圈

V形环压边圈是精冲模与普通冲裁模间最显著的区别,是在压边圈上围绕冲

裁轮廓一定距离有凸起的 V 形埂。V 形环的作用是在冲裁前先压住材料,防止剪切区以外的材料在剪切过程中随凸模流动,使材料在冲裁过程中始终保持和冲裁方向垂直而不翘起。当冲裁料厚在 4mm 以下时,一般只在压边圈上设置 V 形环齿圈;当冲裁料厚大于 4mm,或者料厚虽小于 4mm,但要求剪切面垂直度较高的制件(如齿轮等),则在压边圈和凹模上均设置 V 形环齿圈(双面齿圈)(V 形环齿圈的尺寸见第九章表 9-8)。

#### 四、刃口间隙

精冲凸模和凹模之间的间隙系指凸模刃口到凹模刃口间的距离,即单边间隙。除 V 形环以外,小间隙也是精冲模的主要特征。如前所述,间隙的大小及其沿刃口周边的均匀性,是影响精冲零件剪切面质量的主要因素。因此,选取合理的间隙,保证四周间隙均匀,并在结构上使冲切元件有足够的刚度和导向精度,使其在整个工作过程中保持间隙的均匀恒定不变是实现精冲的技术关键。

精冲间隙主要取决于材料的厚度,也和冲裁轮廓及工件的材质有关(凸模和凹模的间隙数值见第九章表 9-4)。

#### 五、闭锁销

闭锁销用在不同类型的精冲模具上,其功能也不尽相同。用在多工位连续模上的闭锁销,其主要功能是在起始工位和末尾工位模具承受巨大偏心载荷时防止模具偏转而折断凸模。

精冲模具上下模座之间一般都采用滚动导向,钢球直径大于导柱和导套之间的间隙,径向过盈量为 $(0.01 \sim 0.02)$ mm。这种结构由于无间隙,导向精度高,可精确保证上下模对中,但由于钢球和导柱、导套之间是点接触,刚性差,不能承受偏心载荷和侧向载荷,因此精冲连续模都必须采用闭锁销,使模具具有抗偏载和侧向载荷的能力(参阅图 5-6)。

闭锁销用在单工位模具上时,其主要功能是保证压边圈和凹模精确对中定位,防止精冲过程中可能产生的侧向力使模具工作零件间产生侧移,如图 5-4 所示。需要时闭锁销可采取配合加工,使它和销孔的间隙小于凸模和凹模之间的间隙,用以提高上下模的对中精度。

#### 六、平衡杆

平衡杆主要用在连续模上,其主要功能是在连续模冲裁的起始阶段和结束阶段,避免精冲压力机(或液压模架)反压柱塞的全部反压力作用在少数冲孔凸模和顶杆上,引起这些零件损坏,如图 5-6 所示。另外,反压柱塞和液压缸之间由于密封环结构需要有一定的间隙。当柱塞承受偏心力时会产生偏斜,导致传递的反压

力也产生偏斜,而这是需要避免的。平衡杆的另一个功能就是使反压柱塞运动时保持水平状态,从而使各反压力均垂直于模面,有利于模具寿命的提高。

平衡杆平面位置的布置原则是在连续模冲裁的起始阶段和结束阶段尽可能使反压力的合力接近柱塞的中心部位。平衡杆分布在条料的两侧,如图 5-6 所示。平衡杆高度的设计原则是在连续模冲裁的起始阶段和结束阶段,模具闭合时平衡杆和凸模同时承受反压力。为此,在平衡杆和凸模下面的顶出装置等高的条件下,平衡杆必须高出凸模一个料厚才能实现上述技术要求,如图 5-6 所示。

但是由于料厚是有公差的,在实际连续模精冲过程中,平衡杆和凸模承受反压力总是不同步的。根据精冲工艺的要求,应保证冲压时凸模先承受反压力,为此必须使平衡杆滞后于凸模承受反压力。满足此条件必须取材料厚度的下极限作为平衡杆和凸模高度之差,即

$$H_1 - H_2 = \delta_{\min}$$

式中  $H_1$ ——平衡杆的高度(mm);

$H_2$ ——凸模的高度(mm);

$\delta_{\min}$ ——被冲材料厚度的下极限尺寸(mm)。

## 七、主要零件的尺寸配合关系

精冲模主要工作零件的尺寸配合关系见第十一章图 11-11 和图 11-12。

## 八、模具材料与热处理

模具主要工作零件的材料,一般采用 Cr12MoV 或 DC53(用于冲击载荷较大时)。当制件料厚大于 4mm 时,凸模、凹模可采用 W6MoSCr4V2 高速钢。对于产量很大、受力苛刻的凸模和凹模,则采用粉末冶金钢(V4、ASP23、ASP30)或硬质合金 GT30。

对于 Cr12MoV 和 W6MoSCr4V2 材料,由于其碳化物分布的均匀性对热处理工艺和模具寿命有很大影响。因此,模具毛坯需经多次改锻(墩粗—拔长)来提高其碳化物均匀度(参阅第十二章第四节),或者采用电渣重熔钢。

对于 Cr12MoV 模具的热处理,当刃口形状较简单、冲裁料厚较薄( $t \leq 3\text{mm}$ )时,采用“一次硬化”工艺(1020 淬火、220 回火)可获得较高的强度和耐磨性。当刃口形状较复杂、冲裁料厚较厚( $t > 3\text{mm}$ )时,采用“二次硬化”工艺(1080 淬火、520 回火)则可获得较高的冲击韧性和热稳定性。

对于 W6MoSCr4V2 模具的热处理,必须采用低温淬火工艺(1150 淬火、560 回火),才能获得较高的机械性能和良好的韧性。

Cr12MoV 和 W6MoSCr4V2 的热处理工艺见第十二章。

## 九、精加工和装配

凸模和凹模轮廓形状的精加工,通常都是由精密的数控线切割加工的。由于精冲件的形状比较复杂而精度要求又高,如果对图纸的形状和尺寸理解有误,则会造成重大损失。因此,对于较复杂形状的模具,通常是用加工模具的线切割程序先切割样板,待样板的形状和尺寸确认无误后,再切割凸模和凹模。为了提高加工质量,在工艺上采取“热处理前预加工、热处理后充分回火、线切割时分粗—精—细进行切割、最后由钳工进行研磨”的措施是必要的。

精冲模具的装配,除了要注意上下模刃口间隙、同心度和各零件的配合关系外,还要特别注意各工作零件的相对高度,确保模具在闭合状态和开启状态的正确位置,以保证其工作的顺利性和可靠性。

## 十、润滑和排气

在精冲过程中,刃口产生瞬时高温高压,会造成模具磨损和工件的擦伤,必须在反压板、顶杆和压边圈与刃口接触的端面上倒角,以便存油,达到冷却和润滑刃口的效果。

精冲模在工作时,反压板和顶杆作往复运动,由于模具配合间隙很小,容易造成相对运动的封闭空间,影响反压板和顶杆的正常工作。因此,钳工在装配时,要在非工作面、不影响强度的地方磨出排气槽,让反压板往复运动时,其后面的空间与大气相通。

# 第四节 精冲模具的安装和调试

模具制造完以后,必须安装到精冲压力机上经过试冲和调整,验证该模具不仅能冲出合格产品,而且能连续生产、操作安全、质量稳定,才能正式验收、投入生产使用。

## 一、在机械传动的精冲压力机上安装、调试模具

现以 GKP - F250 精冲压力机为例,安装、调试精冲模具的程序大致如下:

① 了解模具结构、安装条件(闭合高度和上下承力环尺寸等)和理论计算的冲裁力及压料力等参数。

② 检查模具和压力机是否已具备安装条件,然后将压力机下工作台(滑块)降至下止点位置,安装该模具所需的上下承力环。

③ 在压力机下台面上安放两根输送模具的移模滑轨,然后将模具放在移模滑轨上,再将模具推入压力机内。

④ 将压力机滑块(下工作台)升到上止点位置,然后调节上台面高度,使上工

作台面接近模具上平面。模具位置大致对正后,将模具暂时固定在上工作台面上(模具具有连接板将上下模连接在一起)。

⑤ 将压力机滑块(下工作台)降至下止点位置,取出移模滑轨。

⑥ 将压力机滑块(下工作台)升至上止点位置,再将上工作台(及模具)向下调到适当位置,松开上工作台与模具的连接螺栓,使模具落在下工作台面上。

⑦ 模具定位(定位板进入下承力环孔内,并校正左右齐平)后,将下模固定在下工作台上。同时,拆下连接上下模的连接板。

⑧ 在上模与下模之间放入带料或板料。

⑨ 调节压力机上工作台的高度,使上下台面之间的距离约等于模具的闭合高度加上冲裁板料的厚度。然后将上模固定在上工作台上。

⑩ 调整压力机的闭合高度。采用单冲方式,边试冲边调上工作台的高度,使凸模与凹模刚好切断板料为止。

⑪ 调节压力机的行程保险(模具安全装置),使其保险高度调到略大于冲裁料厚加上V形齿的高度而小于冲裁料厚的二倍。

⑫ 调节压力力和反压力,从小到大,以获得满意的冲裁断面质量和平面度为止。

⑬ 压力机输入送料步距、废料刀切断间距等参数。

⑭ 调节压缩空气吹嘴,确保制件和废料顺利吹出模具。

⑮ 调节冲裁速度,由慢到快,以能保证制件和废料可靠地吹出模具为前提。

⑯ 开动皮带输送带,调整分离鼓和料箱位置,使制件和废料正确且顺利地分离和收集。

以上程序,适用于固定凸模式精冲模具。这时,压力机的下工作台是与压力机外滑块用螺栓固定在一起的。

当安装活动凸模式精冲模具时,在安装模具之前,首先要将压力机下工作台与压力机外滑块的连接螺栓卸去,装上与内滑块的连接螺栓,然后放入下承力环和连接凸模头与压力机的拉杆。待上下模固定后,将拉杆一头拧入凸模头的螺孔,另一头固定于压力机内滑块上。安装和调试模具程序的其余工作,与固定凸模式精冲模具的一样。

## 二、在液压传动的精冲压力机上安装、调试模具

现以HFA4000精冲压力机为例(它只能安装固定凸模式精冲模具)。安装、调试精冲模具的基本程序如下:

① 了解模具结构、安装条件(闭合高度和上下承力环尺寸等)和理论计算的冲裁力及压力等参数。

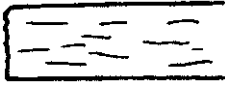
② 检查模具和压力机是否已具备安装条件,然后将压力机下工作台(滑块)降至下止点位置。

- ③ 在压力机下工作台前端 ,装上两条移模支臂 ,然后将下活动工作台用举模滑轨顶起 ,接着将活动工作台拉出在移模支臂上。
- ④ 将该模具所需的下承力环放入活动工作台的中心孔内。
- ⑤ 将整套模具安放在活动工作台上(用前后两个定位销定位)。
- ⑥ 将上承力环放在模具上(用两个定位销定位)。
- ⑦ 将上垫板(上工作台)放在模具和上承力环上(上垫板的中心孔套在上承力环上)。
- ⑧ 将下活动工作台(连同模具等)推入压力机内 ,用定位块校正其(前后)位置后 ,降下举模滑轨 ,压紧活动工作台。
- ⑨ 拆去移模支臂。
- ⑩ 校正模具位置后 ,打开机床 CNC 操作盘 ,输入模具的闭合高度等数据 ,提升压力机滑块到适当位置。将上垫板固定于压力机上台面 ,并分别固定上下模于上垫板和活动工作台上。
- ⑪ 拆下模具中连接上下模的连接板 ,将压力机下工作台(连同下模)降至下止点位置 ,模具加润滑油。
- ⑫ 放入试冲板料(带料) ,输入所需压力数据。在输入闭合高度时 ,先加大一个冲裁料厚 ,试冲时逐步调小 ,直至板料刚切断为止。输入压料力和反压力时 ,从小到大 ,以获得良好的冲裁断面和平面度为原则。输入探测距离(模具保护装置)时 ,应大于冲裁料厚加 V 形齿的高度而小于二倍的冲裁料厚。
- ⑬ 输入送料节距、废料切断节距和吹气等数据。
- ⑭ 调节压缩空气吹嘴位置 ,确保制件和废料顺利吹出模具。
- ⑮ 调整冲裁速度。
- ⑯ 开动皮带输送机 ,调整分离鼓和料箱位置 ,使制件和废料正确且顺利地分离和收集。

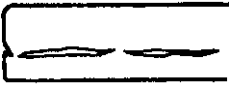
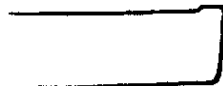
三、精冲模调试常见缺陷及消除方法

精冲模调试时 ,主要是解决制件存在的各种缺陷 ,最终获得合格的制件 ,顺利投产。精冲件常见的缺陷及其产生原因和消除方法见表 5 - 1。

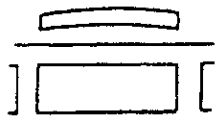
表 5 - 1 精冲件常见的缺陷及其消除方法

| 缺陷形态                                                                                         | 产生原因                                                           | 消除方法                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 表面质量差<br> | 1. 材料不合适<br>2. 凹模孔表面粗糙<br>3. 润滑不充分<br>4. 润滑剂不合适<br>5. 凹模圆角半径太小 | 1. 球化退火或更换材料<br>2. 当凸、凹模间隙允许时研磨凹模孔<br>3. 改进润滑结构<br>4. 更换润滑剂<br>5. 适当增大凹模圆角半径 |

(续)

| 缺陷形态                                                                                                             | 产生原因                                                                                                                                                         | 消除方法                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>中间撕裂</p>                     | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 压边力太小</li><li>2. 凹模圆角太小或不均匀</li><li>3. 材料不合适</li><li>4. 搭边太小</li><li>5. 压边圈齿形参数不合适</li><li>6. 零件拐角处圆角半径太小</li></ol> | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 增大压边力</li><li>2. 修正凹模圆角半径</li><li>3. 球化退火或更换材料</li><li>4. 增加送料长度或增加条料宽度</li><li>5. 修正齿形参数或双面压齿</li><li>6. 适当加大拐角处凹模圆角半径或在该处采用双面压齿</li></ol> |
| <p>剪切终端表层剥落</p>                 | <p>凸模和凹模的间隙太大</p>                                                                                                                                            | <p>重新制造凸模或凹模减小间隙</p>                                                                                                                                                                 |
| <p>剪切面呈现不正常锥形</p>               | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 凹模圆角半径太大</li><li>2. 凹模弹性变形</li></ol>                                                                                | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 重磨凹模刃口,减小圆角半径</li><li>2. 镶拼凹模增加预压量,整体凹模增加预紧套</li></ol>                                                                                      |
| <p>工件靠凸模侧有毛边 剪切面呈锥形</p>        | <p>凸模与凹模的间隙太小</p>                                                                                                                                            | <p>增加凸模与凹模的间隙(加工特殊性质的材料时,即使间隙合适也可能出现一定程度的毛边)</p>                                                                                                                                     |
| <p>剪切面呈波纹状和锥形 凸模侧剪切周边有毛边</p>  | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 凹模圆角半径太大</li><li>2. 凸模与凹模间隙太小</li></ol>                                                                             | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 重磨凹模、减小圆角半径</li><li>2. 重新加工凸模以增加凸模与凹模的间隙</li></ol>                                                                                          |
| <p>剪切面带波纹状 剪切终端表层剥落</p>       | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 凹模圆角半径太大</li><li>2. 凸模和凹模的间隙太大</li></ol>                                                                            | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 重磨凹模、减小圆角半径</li><li>2. 重新制造凸模或凹模减小间隙</li></ol>                                                                                              |
| <p>工件毛刺过大</p>                 | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 凸模与凹模间隙太小,凸模刃口已钝</li><li>2. 凸模与凹模间隙合适,凸模刃口已钝</li><li>3. 凸模进入凹模太深</li></ol>                                          | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 增加间隙重磨凸模</li><li>2. 重磨凸模</li><li>3. 增加封闭高度</li></ol>                                                                                        |

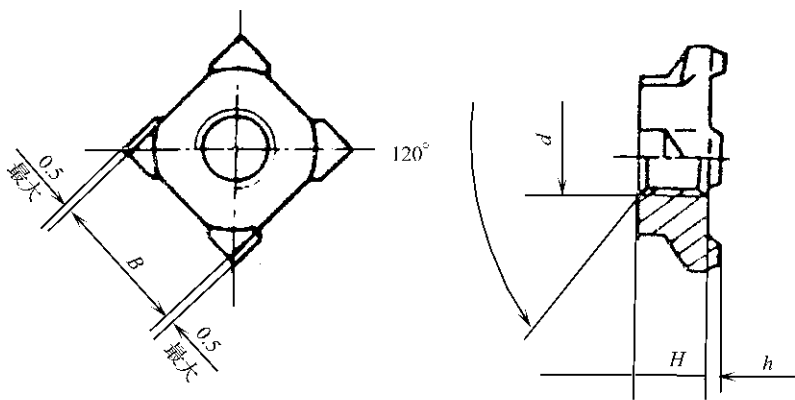
(续)

| 缺陷形态                                                                                                               | 产生原因                                                                                                    | 消除方法                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>一侧剪切终端表层剥落另<br/>一侧呈波纹状有毛边</p>  | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 凸模和凹模间隙不均</li><li>2. 凸模与压边圈缝隙太大</li></ol>                      | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 调整凸模和凹模间隙</li><li>2. 修正压边圈缝隙</li></ol>                      |
| <p>塌角过大</p>                       | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 凹模圆角太大</li><li>2. 反压力太小</li><li>3. 工件轮廓上拐角处的夹角太小</li></ol>     | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 重磨凹模,减小圆角半径</li><li>2. 增加反压力</li><li>3. 采用双面齿</li></ol>     |
| <p>工件不平中间拱起</p>                   | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 反压力太小</li><li>2. 凸模表面存油太多</li></ol>                            | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 增加反压力</li><li>2. V形环上开溢油槽</li></ol>                         |
| <p>工件沿长度方向弯曲</p>                 | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 原材料不平</li><li>2. 材料内部有残余应力</li></ol>                           | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 增加校直工序</li><li>2. 消除应力退火</li></ol>                          |
| <p>工件扭曲</p>                     | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 材料内部有应力</li><li>2. 条料轧制纤维方向不合适</li><li>3. 反压板顶出工件不一致</li></ol> | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 消除应力</li><li>2. 更换材料</li><li>3. 检查反压板厚度平行度,以及顶杆长度</li></ol> |

# 第六章 几项新技术使用的模具

## 第一节 四方形凸焊螺母嵌凸点模

四方形凸焊螺母(图 6 - 1)由于具有焊接强度高、省电、焊接性能好、节约钢材、焊后螺孔不变形及便于自动送料等优点 ,因而在汽车制造业广泛用于钣金件的凸焊连接。



材料 15 螺纹精度 6H  
单位 mm

| d      | B        | H          | h                                |
|--------|----------|------------|----------------------------------|
| M4     | 8 ± 0.2  | 3.2 ± 0.15 | 0.8 <sup>0</sup> <sub>-0.2</sub> |
| M5     | 9 ± 0.2  | 4 ± 0.15   | 0.8 <sup>0</sup> <sub>-0.2</sub> |
| M6     | 10 ± 0.2 | 5 ± 0.3    | 1.0 <sup>0</sup> <sub>-0.2</sub> |
| M8     | 12 ± 0.5 | 6 ± 0.3    | 1.0 <sup>0</sup> <sub>-0.2</sub> |
| M10    | 14 ± 0.5 | 8 ± 0.3    | 1.0 <sup>0</sup> <sub>-0.2</sub> |
| M12    | 19 ± 0.5 | 10 ± 0.3   | 1.2 <sup>0</sup> <sub>-0.2</sub> |
| × 1.25 |          | 12 ± 0.3   | 1.3 <sup>0</sup> <sub>-0.3</sub> |

图 6 - 1 四方形凸焊螺母

图 6 - 2 所示为铆凸点模。本模具将平板坯料铆出四个焊接用的凸点。其工作过程如下 坯料放在凸模的定位直径上(以坯料的内孔定位),上模下行,铆凸点,上模上行,打杆通过顶销将制件顶出凹模而落下。

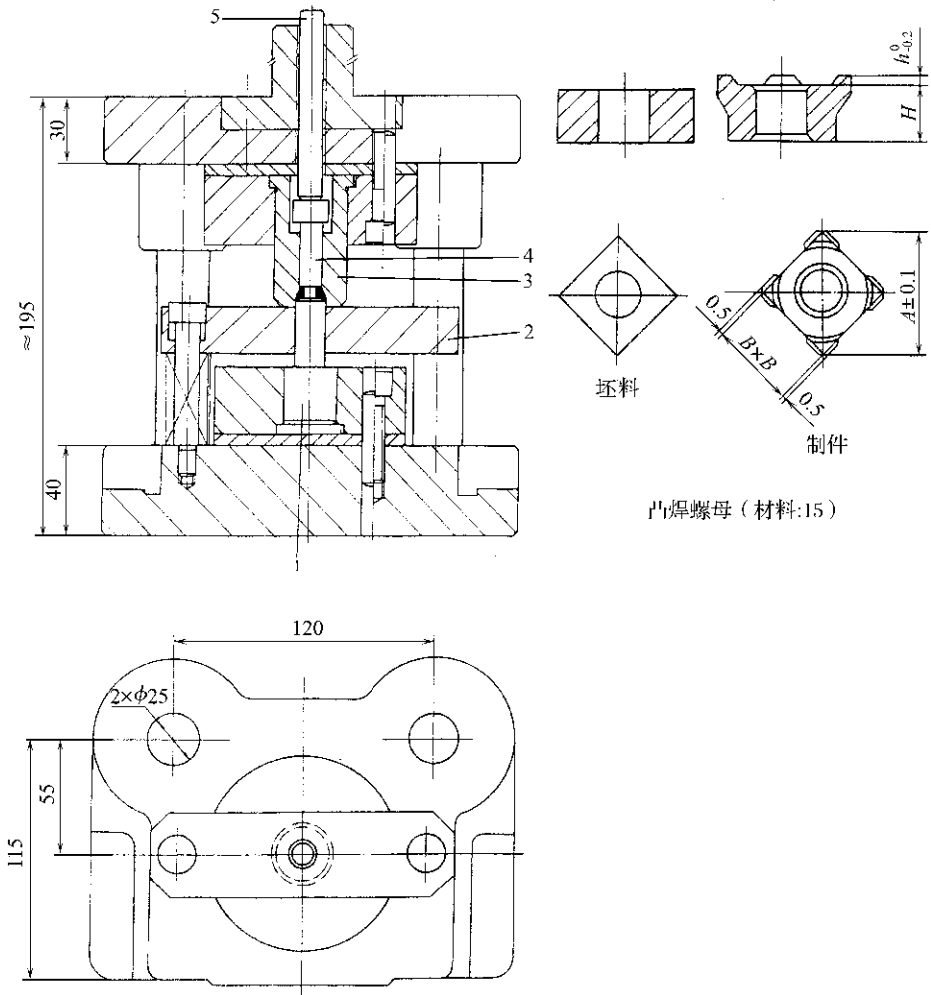


图 6 - 2 四方形凸焊螺母铆凸点模

1—凸模;2—定位板;3—凹模;4—顶销;5—打杆。

模具的结构特点:①凸模和凹模均为圆形,制造容易。②凹模型腔的内锥面上,带有锯齿形状,用以抑制材料流动,保证铆出的凸点质量良好。

## 第二节 自冲螺母(冲孔螺母)冲铆模

自冲螺母(又称冲孔螺母)是一种特殊的螺母,它可以通过模具直接冲铆在钣金件上(钣金件不需要预先冲孔)。图6-3所示为自冲螺母冲铆模,其工作过程如下:

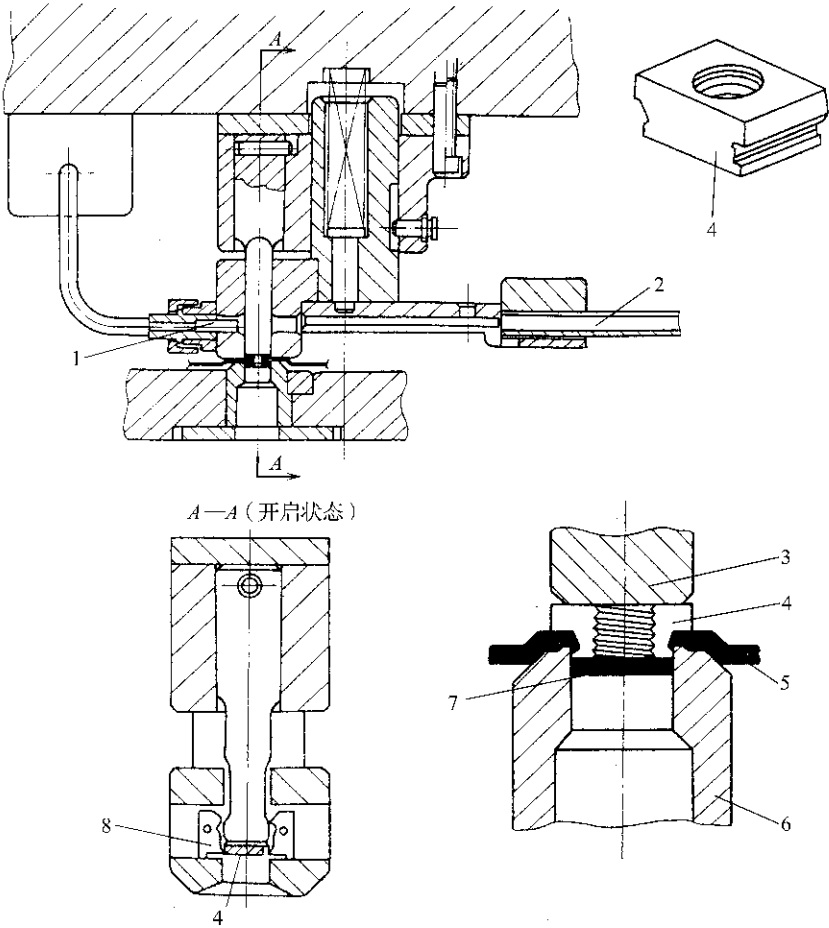


图6-3 自冲螺母冲铆模

1—接近传感器;2—送料管;3—冲头;4—自冲螺母;5—钣金件;6—凹模;7—废料;8—阀。

当上模开启后,钣金件按定位放在凹模上面,自冲螺母从送料管由压缩空气送到工作位置(这时冲头在上面),传感器控制压力机滑块下行,冲头推动自冲螺母下行,自冲螺母先将钣金件冲孔,继续下行即和钣金件铆合在一起(图6-4),冲孔废料从下面排出。上模升起后,取出工件,此时冲头上升,送料通道被打开,下一个自冲螺母又进入工作位置,准备下一个工作行程。



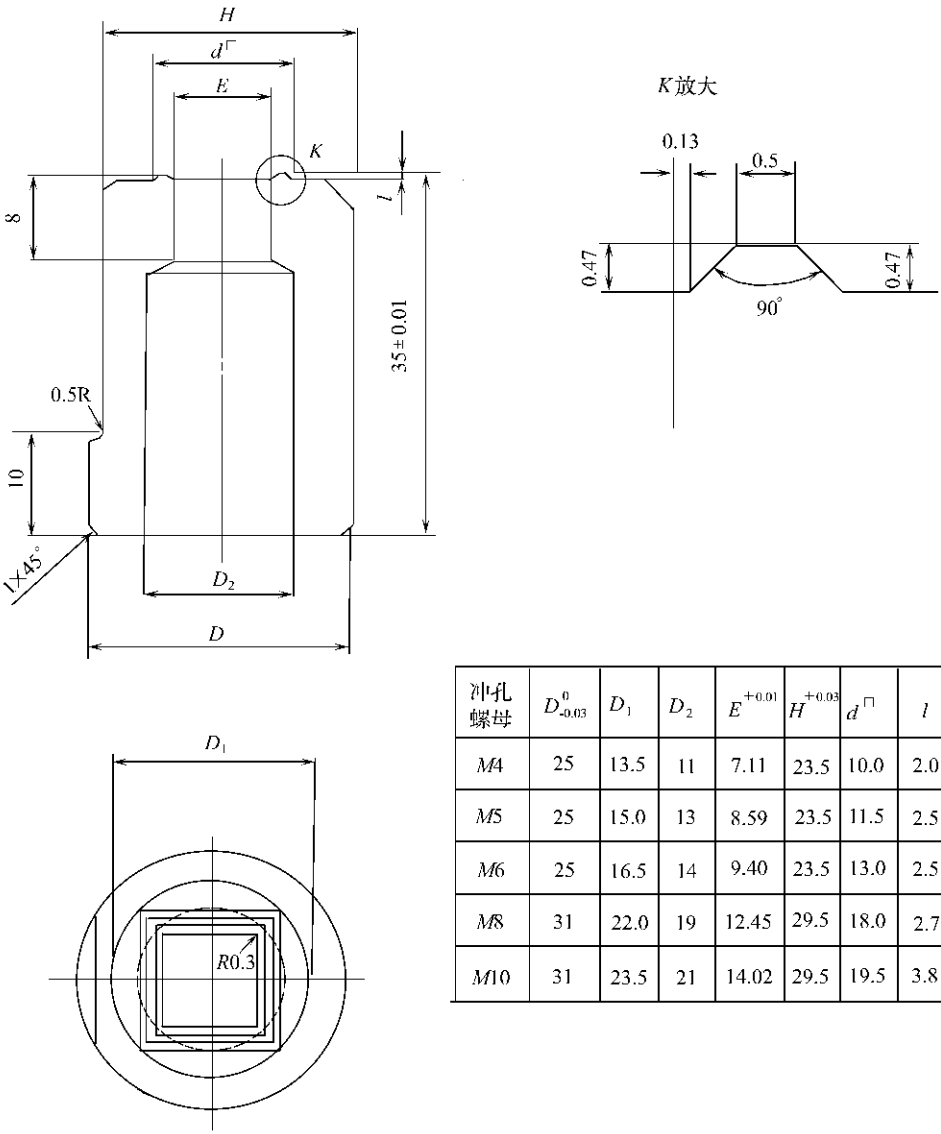


图 6 - 6 凹模

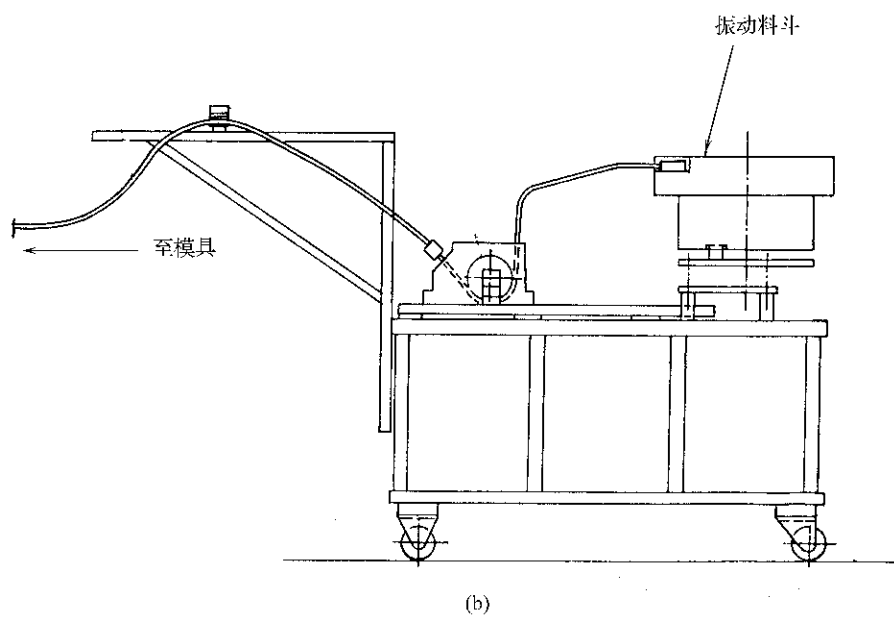
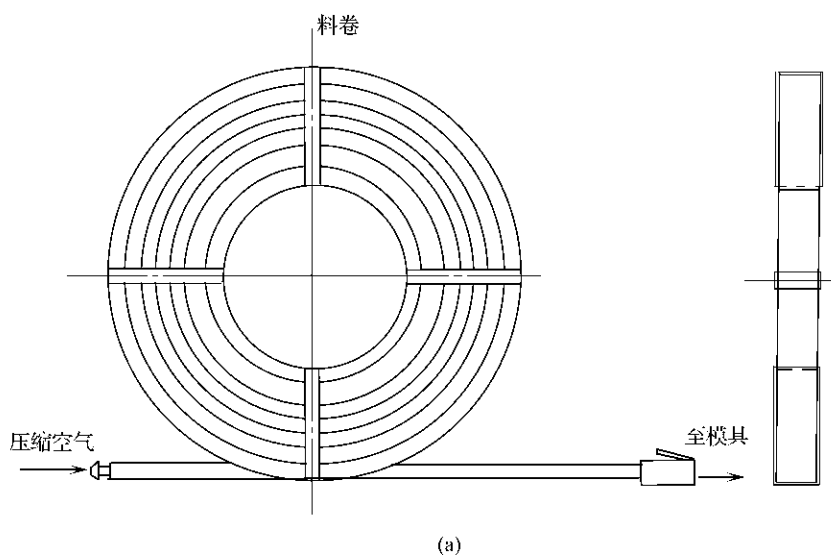


图 6 - 7 自冲螺母自动送料形式  
(a) 压缩空气送料 ; (b) 振动料斗送料。

### 第三节 TOX(气液增加)连接模

TOX 连接是用于钣金件与钣金件之间的一种机械连接方式。它是通过模具的作用,使材料局部变形而连接在一起的,如图 6-8 所示。

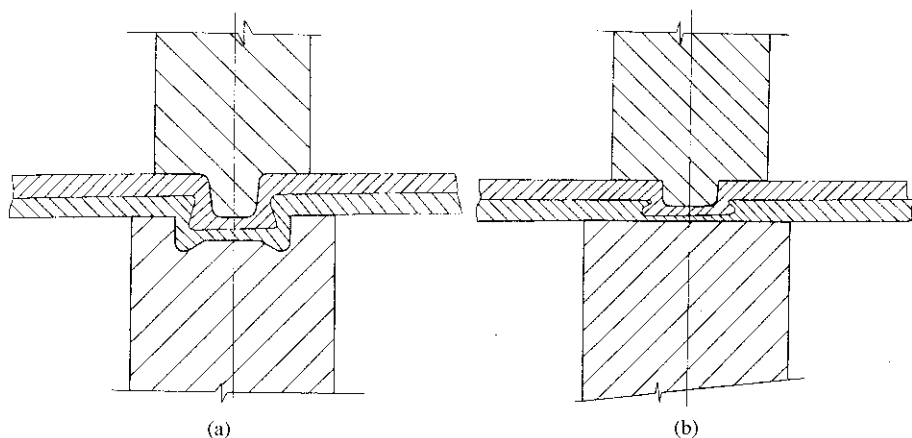


图 6-8 TOX 连接模  
(a) 有凸点的连接;(b) 无凸点的连接。

TOX 连接与焊接、铆接、螺钉连接等相比,具有成本低、动态连接强度高、可无损检测、无应力集中和承载性好等优点,因而得到广泛应用。

TOX 连接有带凸点的(图 6-8(a))和无凸点的(图 6-8(b))两种形式。对于某些零部件,如果凸出的圆连接点会有妨碍时,可增加一道压平工序,将凸出的圆连接点压回去,如图(b)所示。

TOX 气液增压冲压技术及其设备的核心是 TOX 气液增力缸,它是一个内置液压油系统的气增压压的冲压动力装置,只需(2~6)bar 压缩空气驱动,即可产生(2~2000)kN 的冲压力。

TOX 气液增力缸的工作原理如图 6-9 所示。由图可看出,TOX 的每一冲压循环均由快进行程、力行程、返回行程构成。在快进行程,由前部的快进汽缸纯气动驱动上模具快速小力运动,直至在某一位置碰到工件。上模具接触工件后,由工件外阻控制气液增力缸自动开始气液增压的力行程,全力驱动上模具实施冲压加工。完成冲压加工后,转换主控阀,纯气动驱动上模具返回至静止状态,完成返回行程,并为下一个工作循环作准备。

TOX 的模具及有关装备如图 6-10 所示。

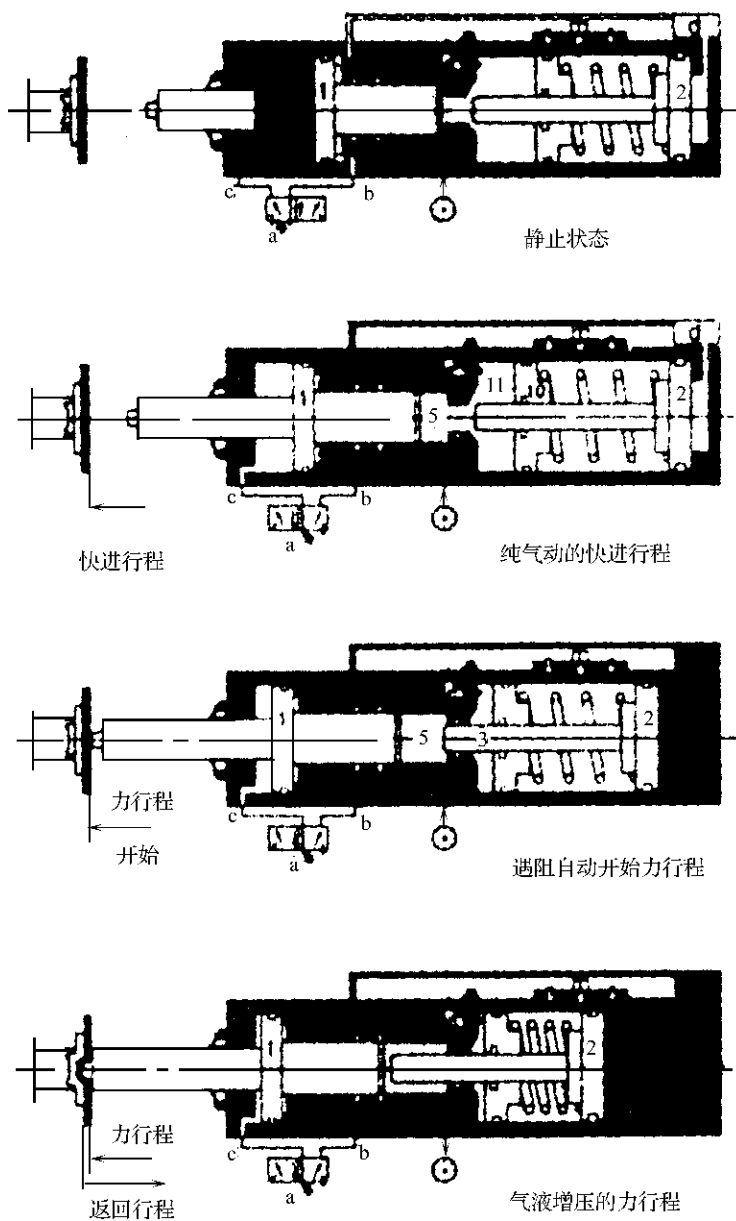


图 6 - 9 TOX 气液增力缸的工作原理



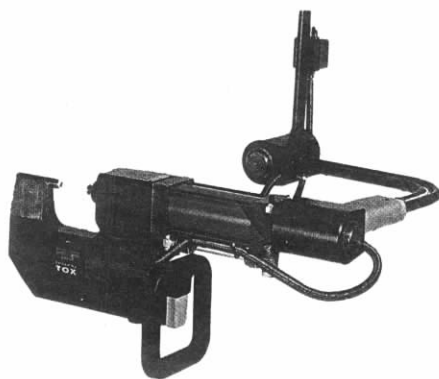
TOX 模具



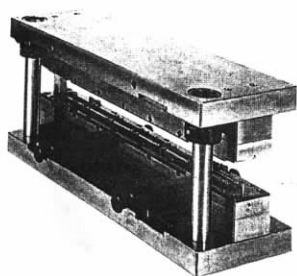
平板式凹模



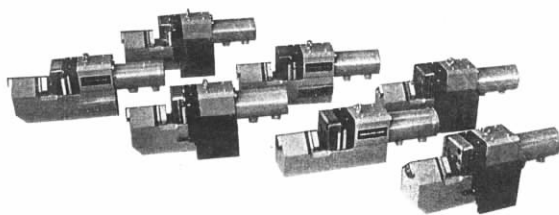
带有脱模装置的 TOX 模具的夹具



TOX 手钳



TOX 多点连接模具



TOX 机器钳

图 6 - 10 TOX 的模具及有关装备

## 第七章 小批量生产用冲模

### 第一节 橡胶板冲裁模

在小批生产和试制新产品时,为缩短制造周期,降低成本,常在较薄板料的冲裁工作中采用橡胶板作模具来进行冲裁。对于较薄(厚 $0.3\text{mm}$ 左右)材料的冲裁成形,不但可减少冲压工序(冲裁成形一次完成),而且质量较好。例如发动机的垫密封片,它不但改善发动机的密封性,而且使用可靠。此外,还可以消除制造石棉垫片时造成的环境污染。材料厚度为 $0.05\text{mm}$ 的无间隙冲裁成形,可以取得较好的效果。

用橡胶板进行冲裁,是将装在容框中的橡胶板随压床滑块的下行,压向放在模板(相当于一般冲模的凸模、凹模)上的坯料,利用橡胶板压缩变形时作用在坯料上的应力,将坯料沿模板轮廓拉断(兼有切断的作用),成为合格的零件。这种方法可以完成落料、冲孔及冲裁成形等工序;在冲裁的同时,还可以在零件上进行较浅筋槽的成形工作。

应用橡胶板冲裁的优点是:

① 模具结构简单。只需要一块模板和简单的压料板、可通用的容框等零件即可生产,对模具的制造、装配要求低,因而制造周期短。

② 模具成本低。所需费用约为一般冲模费用的五分之一到十分之一。

③ 产品尺寸准确,可以达到互换要求。

④ 可以节省冲压工序。一次冲压中可以完成冲裁、成形等工序,节省了冲模及冲压工序。

⑤ 有些薄板冲压件形状极为复杂,一般金属冲模很难制造,如改用橡胶板冲裁,可用简单易造的模板圆满地完成任务。

这种方法的缺点是:

① 生产效率低,坯料的消耗量大。

② 有一定的局限性。只适用于冲压厚度较薄的零件。对于料厚 $(0.05 \sim 0.8)\text{mm}$ 的铝、铜、低碳钢板和中碳钢板,料厚 $(0.05 \sim 0.6)\text{mm}$ 的高碳钢、合金钢板,冲裁后断面光滑无毛刺,可以取得满意的效果。而料厚由 $(0.8 \sim 1.2)\text{mm}$ 的钢制件及 $(1.2 \sim 2)\text{mm}$ 的铝、铜制件则因冲裁断面拉伸缩颈较明显,致使冲裁效果较差,模具寿命也短。

③ 对于制件的形状也有一定的限制。如果零件的边宽过窄, 钣金在冲裁过程中会发生水平位移而影响零件的形状及精度。

一、橡胶模冲裁过程及工艺参数

1. 橡胶模冲裁过程

橡胶模冲裁过程如图 7 - 1 所示。封闭在容框中的橡胶板, 在受到压缩时, 橡胶受压处内部的应力逐渐增大。同时, 通过橡胶的蠕动而将其应力分布到橡胶的各部分, 其作用与液体在封闭容器中的静应力状态类似, 但压力的分布是不均匀的。

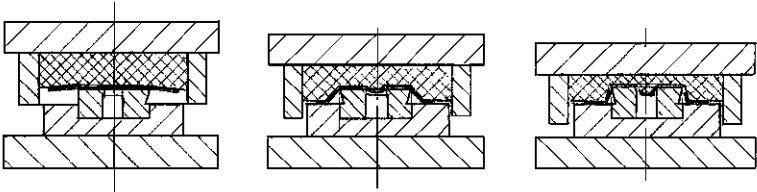


图 7 - 1 橡胶模冲裁过程

当装在容框中的橡胶板随压床滑块下行、压住置于模板上的坯料后, 橡胶逐渐被压缩, 其应力作用到坯料上, 首先将坯料沿模板刃口周围压出印痕, 同时橡胶的蠕动使坯料的搭边部分受到因摩擦产生的拉力及弯曲力的作用而弯曲, 并被逐渐地压紧在压料板上, 如图 7 - 1 所示。橡胶继续压缩, 使搭边部分受到越来越大的拉应力及剪应力, 在搭边的印痕处产生应力集中, 最后沿印痕被拉断, 得到合乎要求的制件。

2. 冲裁力

冲裁时所需的冲压力与橡胶板的面积及坯料切断所需的单位压力有关, 可按下列经验公式计算:

$$P = F \times g \times K$$

- 式中 P——压床的冲压力(N);  
F——橡胶板的面积(mm<sup>2</sup>);  
g——坯料冲裁所需的单位压力(MPa);  
K——安全系数, 一般取 K=1.2~1.7。

表 7 - 1 橡胶板冲裁时所需的最小单位压力 单位: MPa

| 料厚/mm<br>材 料 | 0.05 ~ 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.5  | 0.6  | 0.8  | 1.0  | 1.2  | 1.5  |
|--------------|------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| L4 - Y 铝板    | 450        | 500 | 450 | 650  | 800  | 1100 | 1400 | 1700 | 1950 |
| H62 - M 黄铜板  | 550        | 650 | 750 | 1150 | 1300 | 1600 | 1900 | 2100 | /    |

| 料厚/mm<br>材 料  | 0.05 ~ 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.5  | 0.6  | 0.8  | 1.0 | 1.2 | 1.5 |
|---------------|------------|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|
| 08 II Z 钢板    | 650        | 750 | 850 | 1300 | 1500 | 1900 | /   | /   | /   |
| LY12 - BCZ 铝板 |            |     |     |      |      |      |     |     |     |

3. 冲裁速度

用橡胶板冲裁时 ,滑块下降的速度不宜过快。由于橡胶的应力是通过橡胶受压缩产生的蠕动而作用到坯料上的 ,如果冲裁速度过快 ,会使应力分布更趋不均 ,冲不出合格制件。同时 ,由于压床滑块的受力随橡胶的压缩量增大而增大 ,不因冲裁过程的结束而减小 ,容易造成压床超载。因此 ,一般都选用油压机、水压机或摩擦压力机 ,而不选用机械压床(曲柄压床或偏心压床)。其滑块移动速度应小于 6m/min ,最好能达到(2.5 ~ 5)m/min。只有在没有油压机和摩擦压力机时 ,才可酌情选用有过载保护装置的曲柄压力机。

4. 搭边

冲裁时所需的最小搭边尺寸与制件的材料、料厚、模板高度、有无压料筋及压料筋的条数等因素有关。在各种因素变化的情况下 ,搭边数值的变化范围也较大。

表 7 - 2 列出了橡胶冲裁所需的最小搭边尺寸。

表 7 - 2 冲裁时的最小搭边

| 材 料     | 料厚/mm     | 模板刃口高度/mm | 压料筋条数 | 每边搭边量/mm |
|---------|-----------|-----------|-------|----------|
| 软 铝     | 0.2       | 3         | —     | 8        |
|         | 0.3       | 4         | —     | 9        |
|         | 0.5       | 5         | —     | 10       |
| 硬 铝     | 0.3       | 5         | —     | 10       |
|         | 0.5       | 6         | 1     | 12       |
| 黄铜(H62) | 0.3       | 4         | —     | 10       |
|         | 0.8 ~ 1.0 | 7         | 2     | 20       |

| 材 料  | 料厚/mm      | 模板刃口高度/mm | 压料筋条数 | 每边搭边量/mm |
|------|------------|-----------|-------|----------|
| 08   | 0.05 ~ 0.1 | 3         | —     | 6        |
|      | 0.2        | 4         | —     | 10       |
|      | 0.3        | 4         | —     | 12       |
|      | 0.4        | 5         | 1     | 13       |
|      | 0.5        | 5         | 1     | 17       |
|      | 0.6        | 6         | 2     | 18       |
|      | 0.8        | 7         | 2     | 20       |
| 65Mn | 0.2        | 4         | —     | 10       |
|      | 0.4        | 5         | 1     | 15       |

5. 最小冲孔尺寸

材料允许的最小冲孔尺寸，随坯料的牌号、料厚和材料的软硬变化而异（表 7 - 3）。小于表列最小冲孔尺寸时，橡胶板冲裁法不能完成冲孔工作，需采用其他加工方法。

表 7 - 3 几种材料的最小冲孔尺寸 单位 mm

| 材 料              | 孔型及内圆角<br>最小半径 r | 料 厚           |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------|------------------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                  |                  | 0.05 ~<br>0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.5 |
| L4 - Y 铝板        | 圆 孔              | 3             | 4   | 5   | 6   | 8   | 10  | 12  | 14  | 17  |
|                  | 方孔短边             | /             | 7   | 9   | 11  | 14  | 17  | 20  | 24  | 26  |
|                  | 三角孔短边            | /             | 9   | 11  | 14  | 17  | 23  | 26  | 29  | 32  |
|                  | r                | /             | 1.5 | 2   | 2.5 | 2.5 | 3   | 3   | 3.5 | 4   |
| H62 - M<br>黄 铜 板 | 圆 孔              | 4             | 5   | 6   | 7   | 9   | 11  | 13  | 16  | /   |
|                  | 方孔短边             | 6             | 9   | 11  | 13  | 16  | 19  | 22  | 26  | /   |
|                  | 三角孔短边            | 9             | 11  | 14  | 17  | 20  | 25  | 27  | 30  | /   |
|                  | r                | 1.5           | 2   | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 3   | 3   | 4   | /   |

| 材 料                              | 孔型及内圆角<br>最小半径 r | 料 厚           |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------------------------------|------------------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                  |                  | 0.05 ~<br>0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.5 |
| 08 II Z 钢板<br>及 LY12 -<br>BCZ 铝板 | 圆 孔              | 5             | 6   | 6.5 | 7.5 | 10  | 13  | /   | /   | /   |
|                                  | 方孔短边             | 7             | 10  | 12  | 15  | 18  | 21  | /   | /   | /   |
|                                  | 三角孔短边            | 10            | 12  | 15  | 18  | 21  | 26  | /   | /   | /   |
|                                  | r                | 2             | 2   | 2.5 | 2.5 | 3   | 3.5 | /   | /   | /   |

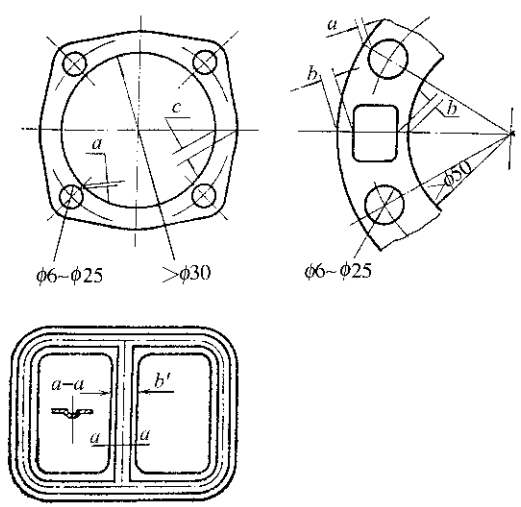
6. 最小边宽

用橡胶板冲裁时 ,放置在模板轮廓上面的坯料受到正压力 ,搭边部分受到拉力和剪力。

当模板的面积较大时 ,模板上面的坯料受到的正压力很大 ,搭边受到的拉力小于使坯料水平移动需要的摩擦力 ,制件不会产生水平位移。但当制件很窄(即边宽很小) ,搭边受到的拉力大于摩擦力时 ,在冲裁的过程中 ,坯料会产生水平移动 ,影响产品的形状及尺寸精确度 ,有时甚至产生皱褶 ,使制件报废。各种材料允许的最小边宽见表 7 - 4。

表 7 - 4    两种材料允许的最小边宽                      单位 mm

| 材 料                    | 位置 | 料 厚  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------------|----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                        |    | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.2 |
| 08 II Z、<br>LY12 - BCZ | a  | 4    | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 10  |     |     |
|                        | b  | 5    | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 12  | 12  |     |     |
|                        | c  | 6    | 7   | 8   | 10  | 11  | 12  | 14  | 14  |     |     |

| 材 料                                                                                                                            | 位置 | 料 厚  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                                                                                                                |    | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.2 |
| <div></div> <p>注 :当制件上带有成形沟槽时 ,b'按 b小一级选用</p> |    |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

二、模具结构

当冲裁钢板厚度小于 0.3mm 时 ,通常采用图 7 - 2 所示结构。当冲裁料厚大于 0.3mm 的钢板时 ,通常在压料板上做出压料筋 ,如图 7 - 3 所示。图 7 - 4 所示为带卸料装置的橡胶复合模。

三、橡胶板冲裁模设计要点

1. 模板设计要点

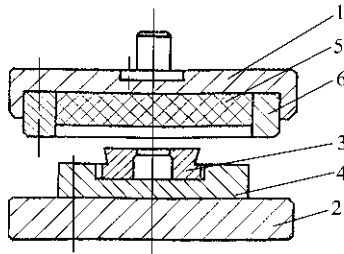


图 7 - 2 薄料冲裁模

1—上底板 ;2—下底板 ;3—模板 ;  
4—压料板 ;5—橡胶板 ;6—容框。

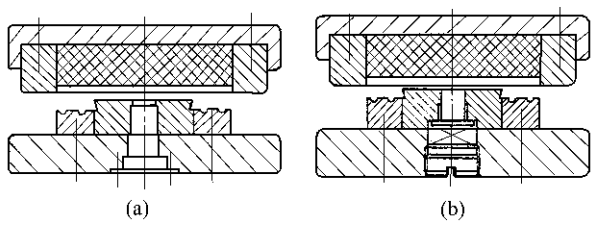


图 7 - 3 较厚料的冲裁模

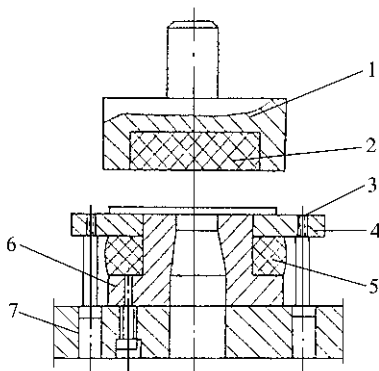


图 7 - 4 带卸料装置的橡胶复合模

1—容框 ;2—橡胶 ;3—螺杆 ;4—卸料板 ;5—卸料橡胶 ;6—凸凹模 ;7—下模板。

模板是用橡胶板冲裁中最主要的工作零件。制件是根据模板的形状和尺寸制成的。模板的结构如图 7 - 5 所示。

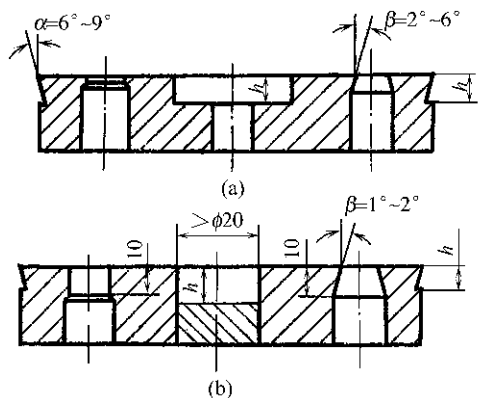


图 7 - 5 模板的结构

模板的材料可选用 T8A、T10A 或者选用合金工具钢 Cr12M<sub>0</sub>V 等。淬火硬度为 56 ~ 60HRC。T8A 材料较 T10A 热处理变形小,韧性更好一点。如模板形状复杂,可选用合金工具钢。模板的刃口高度按照坯料的材料及料厚变化取(3 ~ 10) mm,见表 7 - 5。为了减少热处理变形、增加模板的刚性,除了少数轮廓尺寸很小的模板以外,大多数模板的厚度都大于刃口高度。如果还需冲孔,除了直径小于 20mm 的孔作成通孔外,直径大于 20mm 的孔应按图 7 - 5(b)所示予以加强。

表 7 - 5 模板的刃口高度 单位 mm

| 序号 | 材 料 | 料 厚 | 刃口高度 | 橡胶板厚度 |
|----|-----|-----|------|-------|
|----|-----|-----|------|-------|

| 序号 | 材 料         | 料 厚         | 刃口高度   | 橡胶板厚度 |
|----|-------------|-------------|--------|-------|
| 1  | 软铝(L1 ~ L7) | 0.2 ~ 0.3   | 3 ~ 4  | > 20  |
| 2  | 硬铝(LY12)    | 0.2         | 4      |       |
| 3  | 磷青铜         | 0.2         | 4      |       |
| 4  | 黄铜(H62)     | 0.1 ~ 0.3   | 4 ~ 5  |       |
| 5  | 08 65Mn     | 0.1 ~ 0.3   | 4 ~ 5  |       |
| 6  | 黄铜(H62)     | > 0.3 ~ 0.7 | 5 ~ 7  | > 27  |
| 7  | 黄铜(H62)     | > 0.7 ~ 1.0 | 7 ~ 9  |       |
| 8  | 08          | > 0.3 ~ 0.6 | 5 ~ 6  |       |
| 9  | 08          | > 0.6 ~ 0.8 | 7 ~ 10 |       |
| 10 | 65Mn        | > 0.2 ~ 0.6 | 6 ~ 7  |       |
| 11 | 软铝(L1 ~ L7) | > 0.3 ~ 0.7 | 5 ~ 7  |       |
| 12 | 软铝(L1 ~ L7) | > 0.7 ~ 1.2 | 8 ~ 10 |       |

模板的刃口应当做出一定的锐角 ,使刃口更加锐利 ,便于冲切坯料。其中轮廓外形刃口斜角  $\alpha$  取  $6^{\circ} \sim 9^{\circ}$  ,内孔刃口斜角  $\beta$  取  $2^{\circ} \sim 6^{\circ}$  ,也可将孔做成圆柱形 ,留出 0.5mm 圆柱部分并将以下部分扩大 ,以利排出废料。直径大于 20mm 的圆孔 ,可做成圆柱孔。

当采用顶出废料时  $\beta$  角取  $1^{\circ} \sim 2^{\circ}$ 。

如果模板的厚度超过 20mm ,冲孔时会使橡胶板受到过大的变形而撕裂 ,为此应减小孔的深度。可在孔中垫以软金属 ,如图 7 - 5(b)所示 ,以减小孔深 ,使其与刃口高度  $h$  一致或稍深即可。最大深度不得超过 15mm。

模板平面及刃口的粗糙度应不高于  $R_a\ 0.8\mu\text{m}$  ,特别是刃口应当保持锐利 ,不允许有钝角及碰伤 ,以免影响冲裁和制件质量。

无论采用何种形式的模板固定方式 ,模板的上平面都不允许有刃口孔以外的通孔或凹坑 ,以免冲压时破坏制件表面质量。

2. 橡胶板设计要点

冲裁用的橡胶板 ,应当具有下述性能 :

① 必须具有足够的抗拉强度及相对延伸率 ,以便冲裁时有足够的变形量 ,并不致撕裂 ,使之有足够的使用寿命。

② 必须有较小的拉断永久伸长率 ,以减少冲裁时逐渐产生的永久变形。永久变形量大 ,造成各部分应力相差也大 ,影响冲裁件的质量。拉断永久伸长率较小时 ,可以减少修整橡胶板的工作量。

③ 必须具有合适的硬度。如果橡胶的硬度过高 ,变形困难 ,不易冲出产品。同时 ,橡胶还会在冲裁过程中撕裂出许多米粒大小的碎粒散落在坯料上 ,如果清除

不净 就会影响薄制件的表面质量。硬度过小时 橡胶因变形太大而撕裂 影响使用寿命 制件还会黏附在橡胶板上不易取下。

适于冲压用的橡胶板性能见表 7 - 6。

表 7 - 6    适于冲压用的橡胶板性能

| 冲压类型   | 抗拉强度 /MPa | 拉断永久伸长率 /% | 相对延伸率 /% | 肖氏硬度 /HS |
|--------|-----------|------------|----------|----------|
| 冲    裁 | ≥1500     | < 20       | > 350    | 68 ~ 75  |
| 冲裁成形   | ≥1400     | < 20       | > 400    | 67 ~ 72  |
| 压    弯 | ≥1200     | < 20       | > 550    | 45 ~ 62  |
| 浅拉延并冲裁 | ≥1200     | < 20       | > 500    | 58 ~ 68  |

表 7 - 7 所列为几种丁腈橡胶与聚氨酯橡胶的性能。其中 8280 牌号适用于冲裁成形模。

表 7 - 7    常用的几种橡胶板性能

| <div> <div>胶种与牌号</div> <div>指标</div> <div>项目</div> </div> |                                        | 聚酯浇注型聚氨酯橡胶 |                |           |         |         | 丁 腈 橡 胶       |               |      |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------|----------------|-----------|---------|---------|---------------|---------------|------|
|                                                           |                                        | 8295       | 8290           | 8280      | 8270    | 8260    | B14           | B14 - 1       | 402  |
| 硬度 /HSA                                                   |                                        | 93         | 90             | 85        | 75      | 67      | 70—77         | 82—87         | 68   |
| 伸长率 /（ % ）                                                |                                        | 484        | 492. 8         | 533       | 797     | 714     | 160           | 100           | 453  |
| 抗拉强度 /MPa                                                 |                                        | 5965       | 5523           | 4960      | 3095    | 2240    | 1000          | 1200          | 1570 |
| 300% 定伸强度 /MPa                                            |                                        | 2213       | 1574           |           | 461     | 253     |               |               | 1130 |
| 断裂永久变形 /（ % ）                                             |                                        | 16         | 10             |           | 8       | 12      | 8             | 8             | 9    |
| 阿克隆磨耗 /mm <sup>3</sup> (1.61km)                           |                                        |            | 0. 12          | 磨不下来      | 0. 0859 |         |               |               |      |
| 冲击回弹性                                                     |                                        | 25. 8      | 15             |           | 26      |         |               |               |      |
| 抗撕力 /kPa                                                  |                                        | 1075       | 953            |           | 766     |         |               |               |      |
| 脆性温度 /                                                    |                                        |            |                |           | - 60 未断 | - 70 未断 | - 50          | - 50          | - 41 |
| 老化系数 100 ×72h                                             |                                        |            | 1. 144         |           | >0. 9   |         | 0. 6          | 0. 6          |      |
| 耐油性                                                       | 卡 十 苯（室 温 ×24h）增重率 /（ % ）              | 3. 11      | 3. 26          | 3. 643    |         |         | + 35          | + 35          |      |
|                                                           | 煤油（室 温 ×72h）增重率 /（ % ）                 |            | 2. 527         | 3. 250    |         |         | + 8 ~ - 1     | + 10 ~ - 1    |      |
|                                                           | 20 <sup>#</sup> 机 油（70 ×72h）增重率 /（ % ） |            | 变压器油<br>0. 766 | - 0. 1515 |         |         | mc 滑油<br>- 12 | mc 滑油<br>- 12 |      |

橡胶板的厚度 对于冲裁能否顺利进行 影响也很大。如厚度过薄 冲裁时橡

胶板的变形量太小,不能有效地充满模具型腔,从而使刃口周围的单位应力分布不均匀,不能将坯料沿模板刃口周围均匀切断。厚度尺寸较大对冲裁或冲裁成形有利,但是厚度尺寸不宜过大。根据实验,橡胶板的厚度随材料牌号及料厚的变化而异,一般以(25~33)mm为好。厚度为33mm的橡胶板适用于坯料厚度为(0.05~2)mm的各种材质的板料。

### 3. 压料板设计要点

压料板选用45号钢制成,淬火硬度为30~35HRC。模板厚度大于刃口高度时,应当在压料板上加工出窝座,使模板放入窝座后,其上平面与压料板上平面的高度差保持设计所需的刃口高度。窝座的轮廓尺寸可按模板轮廓每边放大(1~2)mm。

冲裁薄料用的平压料板的上平面,其粗糙度达到 $R_a(3.2 \sim 1.6)\mu\text{m}$ 即可,以保持足够的摩擦力。

冲裁厚料的冲模,其压料板上应设置压料筋。

凸压料筋所需搭边尺寸可以小一些,但加工困难,常用在可以车加工成形的压料板中,或者用直径6mm的钢丝弯成形后焊在压料板上。凹压料筋虽然使坯料搭边增大,但因加工容易,因此采用得比较普遍。不论是凸筋还是凹筋,其截面形状都是半圆形,其圆弧半径为3mm。凹圆弧与压料板平面的过渡圆角为R0.3左右,粗糙度为 $R_a 1.6\mu\text{m}$ ,如图7-6。

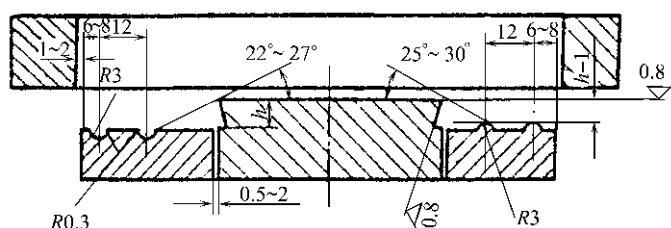


图7-6 压料筋的形状及分布

压料筋的位置应按模板刃口轮廓决定,距刃口保持一定的距离。可以按照图7-6所示的要求,保持所需的圆角。

如果模板刃口形状很复杂,有很多小曲弯,原则上压料筋也应按曲弯均匀做出,有时也可截弯取直成形,但需有一定的经验才能正确处理好。

当需要采用两条或更多的压料筋时,可按最接近刃口的那条筋的中心线位置,均匀地加工出第二、第三条筋,两筋中心线的距离一般取12mm。

压料板的外形轮廓尺寸按以下原则确定:对于平压料板,其轮廓尺寸应按坯料轮廓尺寸每边加大(3~5)mm,然后将其做成简单的矩形或圆形(坯料轮廓尺寸按模板刃口尺寸每边加搭边量而定)。对于带压料筋的压料板,其最小轮廓外形尺寸按最外圈压料筋中心线每边加大(6~8)mm来决定,并做成简单的矩形或圆形。

#### 4. 容框设计要点

容框内放置橡胶板, 冲压时要承受很大的张力, 因此容框必须具有足够的强度。

制造容框的材料, 一般选用 45 号钢。淬火硬度为 40 ~ 45HRC。

容框的内腔尺寸按压料板外形轮廓每边放大(1 ~ 2)mm 即可。冲压时内腔与压料板之间的空隙不可过大, 务使橡胶压缩时, 容框内腔保持较好的封闭状态。

尺寸较小的容框用整块材料车成圆形内腔或铣成矩形内腔。矩形内腔交角处不允许有尖角, 而应用圆弧相交。最小圆弧半径为 R5。

内腔面积很大时, 容框可用几块边框拼合而成。此时边框应当牢固地镶入底板的窝座中, 以承受冲压时的张力。

容框的高度应按橡胶板的设计厚度再增加 5mm, 其截面的宽度一般等于其高度, 但是最小应大于 30mm。

如容框内孔为圆形, 而且冲压力不超过 150t 时, 允许容框外圆不镶入底板窝座。其他情况下, 容框的外轮廓都应镶入底板窝座中, 保持静配合或第三、四种过渡配合。窝座的深度应等于或大于容框高度的一半。

#### 5. 冲裁闭合高度的确定

计算冲模的闭合高度时, 除根据模具零件的尺寸计算外, 还应正确估计橡胶的压缩高度。根据我们的实验: 当模板内孔深度在(8 ~ 12)mm 范围内时, 橡胶的压缩高度按模板内孔的实际深度来计算。

模板内孔深度在(12 ~ 15)mm 时, 橡胶的压缩高度按 12mm 计算。

模板内孔深度在(15 ~ 20)mm 时, 橡胶的压缩高度按 15mm 计算。

模板内孔深度大于 20mm 时, 应当在内孔中加垫板, 使内腔的工作深度小于 20mm, 否则会使橡胶因过分变形而撕裂, 压缩高度也按 15mm 计算。

按照上述条件计算出闭合高度后, 在实际试冲时还应略微加以调整。

#### 6. 冲模的安全装置

由于橡胶板冲裁需要较金属模大得多的冲压力(一般大三倍以上)。因此模具必须有足够的强度及刚度。同时, 不允许橡胶的实际压缩量过多地超过设计压缩量。在设计时, 冲模上应当设置限制器以控制冲模的闭合高度。

#### 7. 小孔的补充加工

橡胶板冲裁法有一定的局限性, 如果制件上有少量的尺寸过小的孔或筋槽尺寸小于最小允许圆角, 用橡胶板不能完全冲压成形时, 可以采用补充加工方法弥补其不足, 以扩大它的使用范围。

一般制件先用橡胶冲裁法加工, 小孔或槽虽未冲出, 但在坯料上压出了一些印痕和凸包, 可以利用凸包定位, 使用软金属及手动压床补充加工。

将坯料以凸包定位, 放在模板上, 在坯料上放置一小块软金属(一般采用 40% 铅、60% 锡合金)。该金属的体积不宜太大, 以能覆盖住被冲的小孔或筋槽即可。

再用手扳压力机压住软金属,使其对坯料加压,最后将小孔冲出或使筋槽成形,如图 7-7 所示。

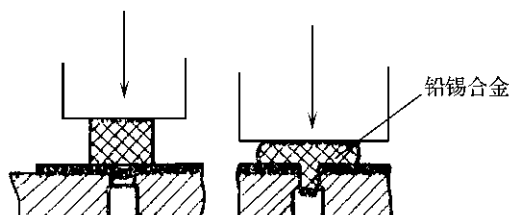


图 7-7 用软金属冲小孔

#### 四、典型实例

##### 1. 后桥调整垫片冲裁模

汽车后桥调整垫片的形状及尺寸见图 7-8 所示。

制件用 08 带钢冲制,厚度为 0.05mm、0.10mm、0.20mm、0.5mm、1.0mm 五种规格。

为了五种不同料厚通用一套冲模,采用图 7-3 所示带有凹压料筋结构的冲模。模板刃口高度 8mm,外刃口倾斜角度为  $8^\circ$ ,小孔及方孔内刃口倾斜角  $6^\circ$ ,大圆孔为柱形通孔。压料筋模板外刃口均匀分布,数量为一条。试压厚料时发现因方孔与大孔间边宽过小(只有 4mm)而产生向小孔方向的变形,以及在  $\phi 180$  外圆与  $\phi 13$  小孔间的最小边宽处产生向小孔方向的收缩变形。后来在靠近变形处先垫上一点软金属再压制,以控制该处坯料受力大小和切断时间,即解决了变形问题。

##### 2. 刹车调整垫片冲裁模

刹车调整垫片采用厚度为 0.05mm、0.1mm、0.2mm 的 08 钢坯料冲裁而成,产品形状如图 7-9 所示。

采用图 7-2 所示结构冲模,模板厚度为 8mm(实际上模板刃口高度等于 4mm)

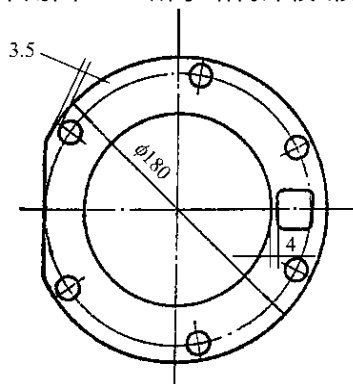


图 7-8 汽车后桥调整垫片

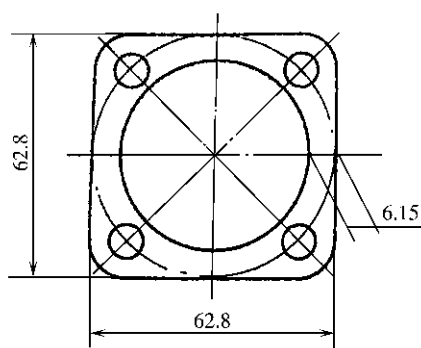


图 7-9 刹车调整垫片

即可,由于考虑到模板热处理变形,因此加大为 8mm)。

试冲时发现边宽为 6.15 处产生皱褶,经分析是由于大孔先切断、坯料向外流动造成的。在大孔中垫以 4mm 原垫片一块,使坯料的内外形同时切断,即得到合格产品。

### 3. 进气管盖垫密片冲裁压筋模

进气管盖垫密片采用料厚为 0.3mm 的 08 钢制成,产品上深度为 0.5mm 的密封筋,在冲裁时同时成形。产品形状如图 7-10 所示。采用图 7-3(b)所示结构冲模。

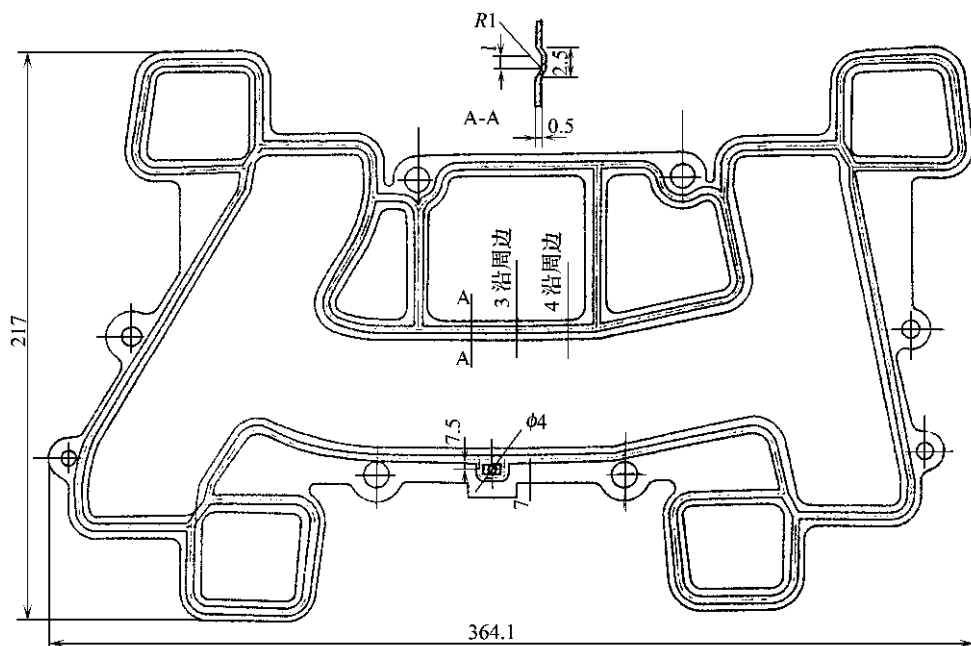


图 7-10 进气管盖垫密片

模板刃口高度为 9mm,外刃口倾角为  $1^\circ$ ,内刃口倾角为  $6^\circ$ ,各小圆孔倾角为  $1^\circ$ ,以利于顶出废料。小圆孔为通孔,其余各刃口型孔均为台阶孔,保持刃口高度为 9mm。压料板上沿模板刃口分布了一条凹压料筋,以使坯料的受力增大。

试冲时发现下列问题:

① 直筋处因边宽小,刃口两侧受力不均而使筋弯曲。可用倒钝一侧刃口或在一侧垫软金属的方法予以修正。

② 试冲时发现图示 a—d 段及 e—h 段尺寸应为 8mm 的边宽变窄,这是由于这两段突出部位的坯料各部位不是同时被切断而是不均匀地向内移动所造成,如果没有筋槽,变形将更大。经过用垫软金属及倒钝刃口等方法调整,效果均不好。最后将此两段的刃口突出一侧宽度予以放大(约需加大  $(0.3 \sim 1.8)\text{mm}$ ),把冲切坯

料尺寸加大来补偿其收缩量,才得到了合格产品。

③ 槽筋深度按图示要求为 0.5mm,底部为一小平面。试冲中发现,筋槽成形后深度不够,底部不平,成形困难。调整中把筋槽深度增大至 0.7mm,才能得到要求的筋槽深度,但底部仍然不平,呈圆弧形。经加大单位压力再行试压,效果仍不明显。后经装车试验,密封效果能够达到要求。

④ 图中所示的  $\phi 4$  小孔,用橡胶冲裁法冲不出来,只在孔位出现一个小凸包。此孔采用前述软金属冲裁方法,经过补充加工做出。

## 第二节 低熔点合金成形模

低熔点合金冲压成形模是指利用低熔点合金材料,以样件为准,在熔箱内通过铸造方法,制成各种类型的冲压成形模。例如,低熔点合金拉伸模、弯曲模、胀形模、翻边模等各种冲压成形模。低熔点合金冲压成形模由于具有制模工艺简单、制模周期短、成本低等特点,因而广泛用于中小批量生产、新产品试制及冲压工艺试验等方面。

低熔点合金冲压成形模应用较早,也比较广泛,技术经济效果较显著。这种模具是低熔点合金冲压模具的基本类型,其他类型的低熔点合金冲压模具均在这种模具的基础上演变而成。用低熔点合金制造拖拉机、汽车大型覆盖件等拉伸模,进行新产品试制、老产品改型、中小批量生产,与其他模具相比,具有较大的优越性。

在通常情况下,低熔点合金冲压成形模,可压制 1mm 左右厚的各种低碳钢板、铜、铝等有色金属板及不锈钢钢板等。低熔点合金冲压成形模在受力较大部位采用镶钢措施后,可以压制(3~4)mm 厚的各种金属板材。拉伸 1mm 左右厚的低碳钢板,模具寿命可达 3000 件左右。

应用低熔点合金冲压成形模压制的零件种类很多,比较典型的产品零件有汽车的驾驶室顶盖、前围、内外门板、翼字板、发动机舱盖、后围、仪表盘等,拖拉机的上罩、前脸、面罩、驾驶座、挡泥板、仪表盘,联合收割机的风扇壁板、滚筒辐板等、机耕船舶体壳、发动机的导风罩、油底壳等。

### 一、低熔点合金成形模的基本结构

低熔点合金冲压成形模的基本结构如图 7-11 所示。组成低熔点合金冲压成形模的零件可分为以下三部分:

#### 1. 完成冲压工作所需要的结构零部件

完成冲压工作所需要的结构零部件,包括凸模、凹模、压边圈三部分。

凸模由凸模架(座)、凸模连接板、合金凸模及固定凸模的螺钉、镶块等组成。



| 序号 | 合金名称     | 化学成分 / (%) |      |    |      |   |    | 物理机械性能    |             |             |              |              |
|----|----------|------------|------|----|------|---|----|-----------|-------------|-------------|--------------|--------------|
|    |          | 铋          | 锡    | 锑  | 铅    | 铜 | 镉  | 熔 点<br>/  | 收缩率<br>/(%) | 布氏硬度<br>/HB | 抗拉强度<br>/MPa | 抗压强度<br>/MPa |
| 1  | 铋锡二元合金   | 40         | 60   |    |      |   |    | 138 ~ 170 | - 0.01      | 22          | 56           |              |
| 2  | 铋锡锑三元合金  | 57         | 42   | 1  |      |   |    | 138       | +0.05       | 20          | 63           | 62           |
| 3  | 铋锡锑三元合金  | 44         | 50   | 6  |      |   |    | 139 ~ 170 | - 0.08      | 25          | 95           | 82           |
| 4  | 铋锡锑三元合金  | 15         | 78   | 7  |      |   |    | 199 ~ 219 | - 0.2       | 29.7        | 105          | 102          |
| 5  | 铋锡铅锑四元合金 | 50         | 13.3 | 10 | 26.7 |   |    | 200 ~ 250 |             | 24          | 60           |              |
| 6  | 铋锡铅镉四元合金 | 50         | 13.3 |    | 26.7 |   | 10 | 70        | 0.05        | 9.2         | 42           |              |
| 7  | 锡铅锑铜四元合金 |            | 57   | 7  | 35   | 1 |    | 180 ~ 210 |             | 20          |              |              |

三、制模工艺

低熔点合金模具的铸模工艺 ,分为自铸模和浇铸模两大类。

1. 自铸模工艺过程(图 7 - 12)

把熔箱内的合金熔化—浸放样件及凸模连接板—合模冷却—分模成形。

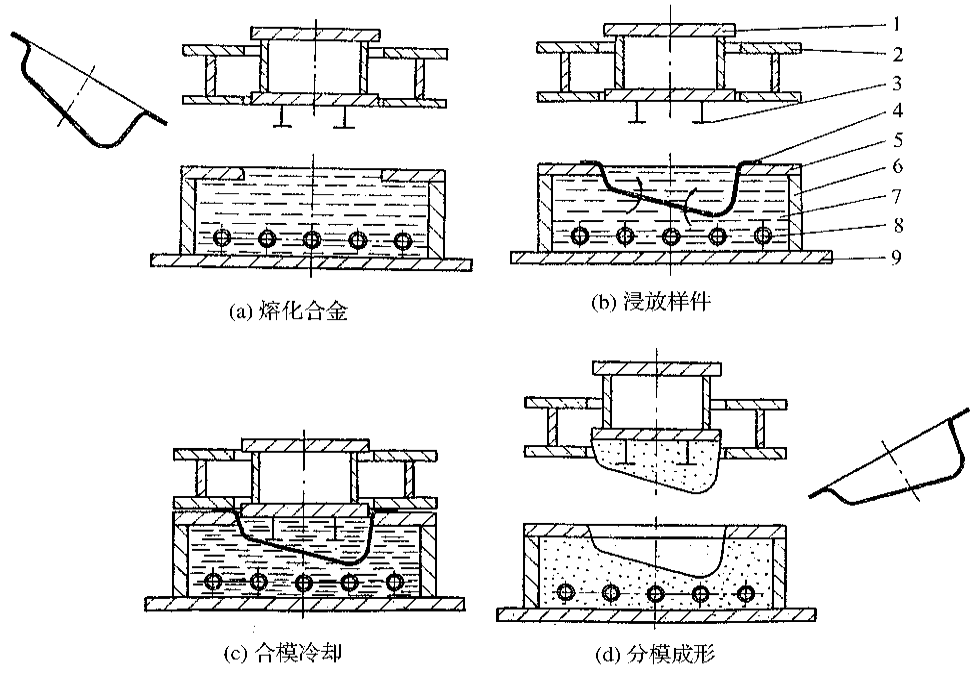


图 7 - 12 自铸模工艺示意图

1—凸模架 ; 2—压边圈 ; 3—固定螺钉 ; 4—样件 ; 5—凹模板 ; 6—熔箱壁 ;  
7—合金 ; 8—电加热器 ; 9—凹模座。

2. 浇铸模工艺过程(图 7 - 13)

准备好样件、熔箱和其他零部件—把样件和其他零部件在熔箱内安装并调整—浇铸合金—待合金冷却后 ,分模成形。

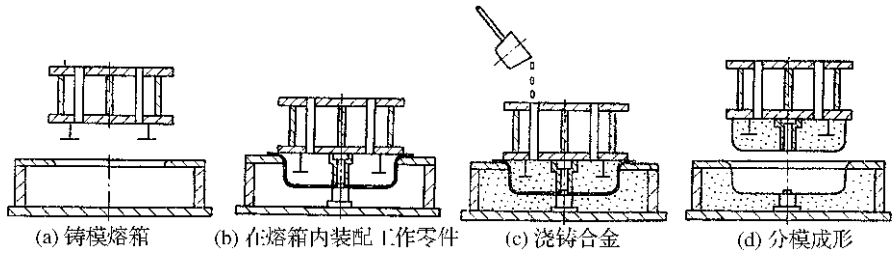


图 7 - 13 浇铸模工艺示意图

四、模具设计与制造要点

1. 样件

样件是用金属材料或非金属材料制成的铸模工艺零件 ,也称样模或标准件。低熔点合金冲压成形模都是依靠样件铸制而成的 ,所以样件是什么形状尺寸 ,铸出的模具型腔就是什么形状尺寸。样件的精度、表面质量决定了模具型腔的质量和精度。样件的结构是根据产品零件图、冲压工艺要求以及铸模工艺要求而设计制造的。图 7 - 14 所示为样件结构示意图。

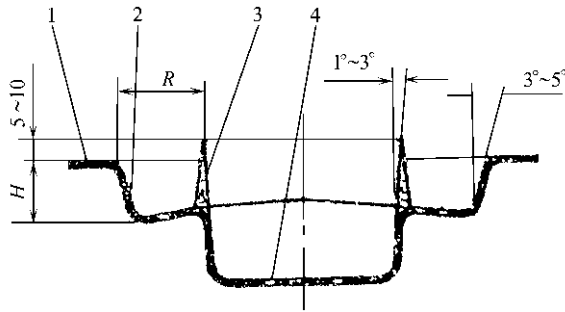


图 7 - 14 模件结构示意图

1—样件凸缘 ;2—外挡墙 ;3—内挡墙 ;4—合金溢流孔。

H—合金压边圈高 ;R—合金压边圈宽。

样件在结构上必须满足铸模时的工艺要求 ,为了在铸模后能将合金分隔成凸模、凹模 样件必须设有较大凸缘。整个样件壁的内侧称为内腔 样件壁的外侧称为外腔。铸模时 ,为了能形成合金凸模、凹模及压边圈 ,需要在样件上设置内挡墙和外挡墙。为了使合金凸模、凹模容易分模 ,在样件的直壁部分应有一定的脱模斜度 ,同时在样件上应开若干个合金溢流孔。

样件应满足以下技术要求 :

① 具有正确的几何形状、尺寸及较好的表面粗糙度 ② 具有一定的强度和刚性 ③ 应有一定数量的合金溢流孔 ④ 铸模后易于分模。

样件的制造方法 通常根据具体条件而选择下列方法之一：

### 1) 零件改制法

利用现成的冲压件或制件 根据低熔点合金模铸模的要求 加以改造而成。

### 2) 手工敲制法

由钣金工根据产品图、主模型或工艺模型 用手工敲制而成。

### 3) 玻璃钢样件

以玻璃布做增强材料、耐高温环氧树脂做黏结剂 用手工方法在工艺模型上糊制而成。

## 2. 熔箱

在低熔点合金模具中 熔箱与合金一起构成凹模。因此 熔箱是低熔点合金冲压模具的主要部分。

熔箱通常由主熔箱、副熔箱、加热装置、冷却装置、测温装置、合金排放管组成。有的熔箱只有主熔箱 没有副熔箱 仅有很少辅助装置 这类熔箱称简易熔箱 在生产中应用较多。

模具在使用时 熔箱要承受冲头的冲击载荷。在铸模过程中 熔箱要承受合金加热、冷却形成的热应力和体积应力。因此 设计熔箱结构时必须保证熔箱有足够的强度。此外 结构要力求紧凑 有效利用面积要大 还应考虑制造简便、经济 使用安全、方便等问题 同时还应注意通用化、标准化和系列化。主熔箱的基本尺寸应按冲压件要求及所用冲压设备的技术参数确定。

一般通用熔箱箱体由主熔箱和副熔箱两部分组成。主熔箱是模具的主体部分。副熔箱在模具中有两个作用：一是铸模时用以调整主熔箱内合金液面高度；二是借助于适当的加压手段 保证铸模质量。一般副熔箱体积为主熔箱体积的六分之一到八分之一。

熔箱多为钢板焊接结构 也有铸铁结构的。此外还有一种装配式结构 由钢板拼接而成 箱体可以拆卸。

合金排放管是为放出熔箱中的合金而设置的 一般安装在熔箱低处的熔箱壁上。排放管上有阀门或螺堵。

### (1) 加热装置

常用的熔箱加热装置有以下几种：

① 电加热器：一般电加热器为管状结构 内装有电热丝。电加热器可以安装于熔箱内 直接对合金加热。这种方式加热效率较高 热能损失小。根据安装形式 又分为插入式和埋入式两种。埋入式维修不方便。

电加热器也可以安装在熔箱底板下面。热量通过熔箱底板传给合金 这种加

热方式加热效率较低,但结构简单,使用、维修比较方便。

② 油加热器 油加热器是以煤油、柴油为燃料,通过喷油嘴与压缩空气混合燃烧,进行加热的装置。这种装置的加热管一般安装在熔箱内,结构简单,容易制作,而且加热较快,但工作条件较差。

③ 气体燃料加热器 气体燃料加热器是以煤气、液化石油气、天然气为燃料,通过燃烧器与压缩空气混合燃烧,进行加热的装置。这种加热器安装于熔箱底板下面,通过熔箱底板加热合金。使用时应注意安全。

## (2) 冷却装置

冷却装置是铸模后为加速合金冷却设置在熔箱内的装置。冷却速度对制模周期及合金性能有一定的影响。冷却装置种类较多,一般安装于熔箱内部,也可设置在箱体四周,常用的冷却装置有以下几种:

① 冷却水管 根据模具结构需要,选择水管直径与弯曲形状,一般将水管焊于熔箱内适当位置,水管接头焊在熔箱外面。焊后应通水,检查焊接质量。铸模后通循环水冷却。

② 冷却水室:一般设置在箱体四周,有的熔箱也设在内部,由钢板焊接而成,形式多样。冷却水室与熔箱连成一体,既能通水冷却,又能增强熔箱刚性。有的熔箱无冷却装置,铸模后可以自然冷却或强迫风冷,也可从熔箱顶部浇水冷却。

## (3) 测温装置

为了便于在铸模过程中测量和控制合金温度,有些熔箱设有测温装置。测温装置通常有以下几种:

① 热电偶或电阻温度计 这种测温装置由套管保护插在合金中测量温度。套管焊在熔箱适当位置上,并可通过这种测温装置控制电加热器实现自动控温。

② 半导体点接触温度计:可在熔箱壁上和凝固的合金表面进行测温,比较灵活方便。

③ 玻璃温度计:可以直接测量液态合金的温度,一般常用于测定合金铸模温度,使用简便,但不能对固态合金测温。

# 第三节 锌基合金模

锌基合金模是指采用锌基合金材料,通过铸造方法制造的各种冲压成形模和冲裁模。

锌基合金模具有结构简单、制模容易、制模周期短、成本低和使用寿命较长等特点,因此,在中、小批量生产和新产品试制中广泛应用。

锌基合金具有熔点较低(380℃)液态、流动性好的特性,因此熔化和浇铸容易,可以铸造各种形状复杂的模具。锌基合金还具有机械性能较高(抗拉强度达

240MPa ,硬度达 120HB)、加工性能好等特性 ,因此锌基合金模不仅可成形 4mm 以下的低碳钢板 ,还可用于冲裁 2mm 以下的低碳钢板 ,模具寿命可达 10000 次左右。制模用锌基合金的成分和性能见表 7 - 9。

表 7 - 9 锌基合金的成分、性能

|      |                                |           |
|------|--------------------------------|-----------|
| 化学成分 | 铝 (%)                          | 4         |
|      | 钢 (%)                          | 3         |
|      | 镁 (%)                          | 0.05      |
|      | 锌 (%)                          | 余 量       |
| 物理性能 | 密 度 /(g/mm <sup>3</sup> )      | 6.7       |
|      | 熔 点 ( )                        | 380       |
|      | 凝固收缩率                          | 1% ~ 1.3% |
|      | 热膨胀系数 /(10 <sup>-6</sup> / )   | 26        |
|      | 热 传 导 率 /(J/cm · s · )         | 1         |
| 机械性能 | 硬 度 /HB                        | 120       |
|      | 抗拉强度 /MPa                      | 220 ~ 240 |
|      | 抗压强度 /MPa                      | 550 ~ 600 |
|      | 延 伸 率 /%                       | 1.3 ~ 2   |
|      | 冲击韧性 /(N · m/cm <sup>2</sup> ) | 6 ~ 8     |

一、锌基合金模具结构

1. 整体式结构

目前国内锌合金铸模所用材料 ,主要是锌、铝、铜和微量镁的铸锌 4 - 3 三元合金 ,成分为含锌 93%、铝 4%、铜 3%、镁 0.3% ~ 0.6%。除此之外 ,还可以用牌号为铸锌 4 - 1 的锌合金作为制模材料。

由于锌合金材料具有较高的强度和硬度 ,可以直接用来制作模具的工作部分 ,如凸模、凹模或冲裁刃口。锌合金具有良好的铸造性能和加工性能 ,可以用作模具的底板。

在冲模设计、制造过程中 ,为了简化模具结构 ,减少模具中构件数目和加工工作量 ,根据锌合金材料的特性 ,可将上模、下模的工作零件、支承定位零件、连接零件、固定零件等简化 ,设计成一个整体 ,通过浇铸方法制成上模或下模。这种结构的模具称为整体式结构模具(图 7 - 15)。

整体式锌合金冲压模具 ,结构简单 ,制造容易 ,生产周期短 ,铸造后视具体情况只需要将上下底板加工成平面即可使用。这种模具目前主要用来制造各类中型、小型零件的弯曲模、压形模、拉伸模及简单形状零件的复合模。

## 2. 锌合金镶钢冲压模具

为了提高锌合金冲压模具局部尺寸的精度和适应大批量生产的需要,有时将锌合金与钢两种材料加以组合使用,这样既可以达到模具结构简单、制造容易,又可以使模具获得高精度、使用寿命长的效果。锌合金镶钢结构的冲压模具主要有以下几种:

① 凸模、凹模工作部分均采用钢件,其余部分为锌合金材料。这种模具结构简单,制造方便,适用于精度要求高的大批量生产。

② 凹模工作部分由锌合金材料制成,凸模工作部分由钢制成,模具上的其他零部件根据需要由锌合金或由钢件构成均可。这种模具形式较多,图 7-16 为其中的一种。这种模具是以凸模为基准铸造成形的,模具不仅结构简单、制造方便,而且最大的特点是能保证凸模、凹模间隙很小,并均匀一致。这对于冲裁厚 0.5mm 以下各种软钢薄板有显著的优越性。

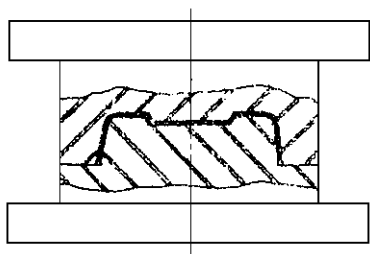


图 7-15 整体式结构模具示意图

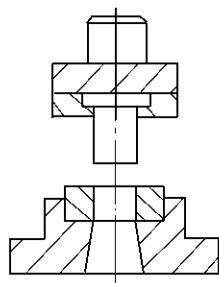


图 7-16 凹模为锌合金材料的冲裁模结构示意图

③ 整体式结构的锌合金冲压模具,在模口处可以采取局部镶钢或整体镶钢的形式。图 7-17 为弯曲模模口局部镶钢。图 7-18 为拉伸模模口整体镶钢。镶块可采取整体式结构,也可采取几块拼接式结构。

凸模口、凹模口整体镶钢,主要用于形状比较简单,尺寸又不太大的模具。形

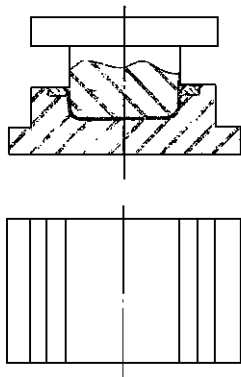


图 7-17 弯曲模模口局部镶钢

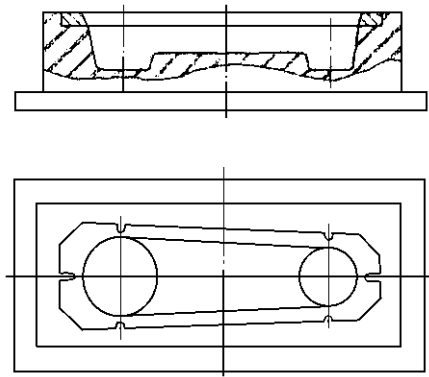


图 7-18 拉伸模模口整体镶钢

状复杂、尺寸较大的模具,镶块一般采用镶拼式结构,以便于加工制造。压边面为曲面形状的拉伸模,用冷拉圆钢作为镶块。

锌合金制模材料在常温下具有蠕变性能,模具长期使用后,会发生形状、尺寸的变化,但这种变化一般很小。对尺寸精度要求不高的冲压件,没有什么影响,但对某些用于生产批量大、制件精度要求又高的模具应采用镶钢结构。

### 3. 组合式结构的锌合金冲压模具

由于锌合金材料具有较大的收缩性,铸模后易引起型腔形状、尺寸的变化,特别是对于大中型整体式结构的模具,铸模后型腔尺寸一般不好控制,精度都较低。为了解决这个问题,可将整体式锌合金冲压模具改为多块组合的镶拼结构。这种镶拼结构的锌合金镶块,尺寸较小、形状较简单,铸模后因合金收缩而引起的变形较小,因此可以相应提高模具型腔尺寸精度。这种结构的模具,凸模、凹模工作部分,分成小块后由锌合金铸成。锌合金块彼此接缝处经加工后相拼,然后用销钉、螺钉固定,连接到模具底板上。模具的底模可采用钢板焊接结构,也可采用铸造结构。图 7-19 为组合式结构模具示意图。

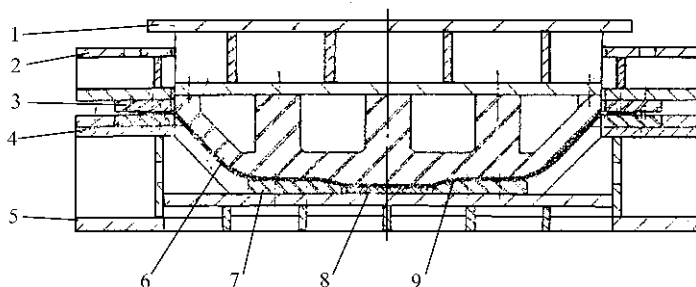


图 7-19 组合式结构模具示意图

1—凸模架；2—压边钢架；3—锌合金压边圈；4—锌合金凹模板；5—凹模架；  
6—锌合金凸模；7—凹模镶块；8—顶料橡胶；9—制件。

## 二、制模工艺

锌合金冲压模具目前常用的铸模方法有砂型铸模、膨胀模型铸模、样件铸模、失蜡铸模及陶瓷型铸模等多种方式。

### 1. 砂型制模工艺

利用砂型浇铸锌合金冲压模具的制模工艺过程为：零件图→模型→砂型→熔合金、浇铸→清理、修饰。这种制模方法是根据产品零件图制造工艺模型，再翻制砂型，然后熔合金进行浇铸来制造模具。

#### (1) 工艺模型的制造

工艺模型是根据产品零件图，或主模型作为依据进行制造的，根据合金冷却凝固后的线收缩率，在制造模型时按定向放缩尺，这种工艺模型称为定向放缩尺

模型。

① 凸模模型。凸模模型根据产品零件图或主模型设计,模型制造时各向尺寸,应按锌合金制模材料的收缩率放大。锌 93%、铝 4%、铜 3% 的合金,制造凸模模型时,各向尺寸应放大 1% ~ 1.3%。关键部位的形状除放缩尺外,还应用样板检验。凸模模型可采用木材制造,木材要求与一般铸造用木模要求相同。木模型在造砂型前,表面应喷漆涂蜡,保证有较好的粗糙度。

② 凹模模型。制造凹模模型应以凸模模型为标准。在凸模模型表面需要敷贴一层与零件厚度相等的材料,以制出凸模、凹模的间隙。控制凸模、凹模间隙材料选用铅皮,因为这种材料较软,易成形。铅皮应与凸模模型表面紧贴,特别是在转角处,应使铅皮的厚度保持均匀一致,否则会导致凸模、凹模之间的间隙不均匀。

凹模模型采用石膏制造。石膏必须具有一定的强度。为降低凹模模型表面的粗糙度,在凸模铅皮表面上应喷漆。为使凸模、凹模模型在浇铸石膏时易分开,还要在铅皮表面上喷涂一层脱模剂,如用聚苯乙烯的甲苯溶液,其重量百分比为 1:10。

浇铸石膏时,石膏粉与水应搅拌均匀。模型较大的应分次浇铸,并注意石膏之间不要产生隔层。铸后,应将石膏凹模模型置于阴凉通风处进行干燥。石膏完全干燥后再进行脱模。脱模时,如果有局部破损,应及时进行修补,并对型腔与分模面等处喷漆。图 7-20 为凹模模型制造示意图。

## (2) 造型

以凸模和凹模模型分别进行造型,可以用砂箱造型,也可以采用地坑造型。造型材料选用铝合金铸造型砂,如 100/200 号、140/270 号型砂。为了降低砂型型腔表面的粗糙度和保证砂型有足够的强度,应选用强度较高、较细的型砂作为造型材料。由于合金浇铸温度低,所以对型砂的透气性、耐火性要求不高。

造型要求与有色金属铸件基本相同,造型时型砂应撞紧,以免浇铸合金后产生塌砂现象,造成模具型腔变形。浇铸系统应采用底浇式。由于合金收缩,应设置足够的补缩冒口。为了排气方便,采用敞开浇铸(图 7-21)。

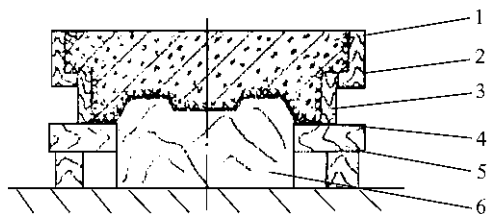


图 7-20 凹模模型制造示意图

1—石膏凹模;2—木框架;3—脱模剂;  
4—铅皮;5—木托板;6—木凸模。

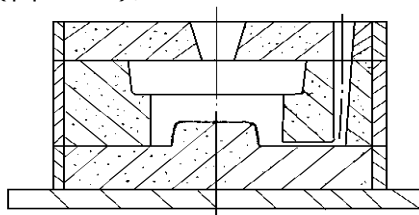


图 7-21 砂型铸模浇冒口设置示意图

### (3) 熔合金

熔合金可用电阻式坩埚炉或焦炭炉,熔合金前,坩埚应预热,并涂涂料。熔化时,锌合金打碎加入。如果有废旧回收料时,应搭配使用旧料,比例以不超过50%为宜。

在熔合金过程中,要严格控制加热温度,特别是在使用铁质容器时更应注意。合金熔液温度应以不超过500℃为宜,温度过高将造成合金吸收大量气体,铸模后模具型腔表面上会产生过多气孔。

合金熔化过程中,严禁将其他有色金属混入。即使合金中混入微量有害物,也会明显降低锌合金的性能。当混入0.5%的铅或锡时,放置一年后,材料的抗拉强度要降低1/3左右,冲击韧性降低1/4左右。锌合金中一旦混入锡,就无法去除。合金温度升高到550℃后,铁和锌将产生反应。合金中含有0.25%的铁,对合金的性能也会产生明显的有害作用。所以,在熔合金时,现场要清理干净,熔化温度要严格控制。

在合金熔化过程中,锌易氧化,为了减少加热过程中锌的氧化及液态合金的吸气,应在合金表面加覆盖剂,熔化时坩埚应加盖。合金熔化后,可根据具体情况进行一次除气排渣的精炼处理:应用钟罩法,往合金液体中压入0.15%左右的氯化锌或六氯乙烷。

### (4) 浇铸

中小型模具用的砂型一般要进行烘干,采用干型浇铸;也可采用湿型浇铸,湿型浇铸时应多开设排气孔。合金的浇铸温度一般为400~450℃,锌合金在浇铸过程中,要平稳,不宜过快,应当使合金缓慢充满型腔。这样既可以减少铸模气孔,还可以保证铸模后的合金机械性能不下降。

锌合金冲压模具可采用敞开式浇铸,也可采用闭式浇铸。为了使型腔内的气体易于排出,一般多采用敞开式、底注式浇铸系统浇铸。因为这样造型、浇铸都比较方便,不需要设置冒口,便于铸模时合金补缩。一些形状比较大的模具,为了减少铸模后模具型腔变形,在浇铸过程中,可在型腔周围设置冷却水管,或加冷铁,使型腔这部分合金先冷。也可先注入模具重量1/3左右的合金,待注入的合金开始凝固结晶时,再将其余的2/3合金注入。

### (5) 铸模后的清理与修饰

锌合金冲压模具浇铸后,一般采用自然冷却,有时采用急速冷却。急速冷却可以对合金的机械性能有所提高,但掌握不好易引起模具变形。所以,一些形状比较复杂的大型模具铸模应缓冷,待合金冷透后再打开砂箱,开箱过早会引起模具变形。形状简单的小型模具铸模后,可采用通水等急冷方法进行冷却。

锌合金冲压模具开箱后清除掉型砂,对带有浇冒口的模具用气割法将浇冒口去掉。模具型腔一般不再进行加工,只用砂纸对模具型腔及拉伸模口等处进修

磨、打光 特别是模具的拉伸圆角部分应保持足够的光洁和圆滑。对于敞开式浇铸的模具 ,上下底板如果因合金冷却收缩 形成较大的凹坑时 对上下底板应进行铣、刨等切削加工 ,以保证上下底板有平整的平面与压机相接触 ,并保持一定的平行要求。

2. 膨胀形模型制模工艺

按定向放缩尺方法制造模型 ,虽然可以抵消铸模后因合金收缩而引起的尺寸变化 ,但合金在冷却凝固过程中 ,收缩和变形是十分复杂的 ,因此采用放缩尺的模型铸出的模具精度还比较低 ,型腔尺寸与零件尺寸之间的误差还比较大。为了提高模具的制造精度 ,用石膏钒土水泥做模型 ,可以控制模型体积膨胀的大小与合金铸模后冷却凝固体积收缩的大小相等 ,这种模型称为膨胀形模型。用这种产生体积膨胀的模型进行造型铸模 ,可使模具的型腔尺寸精度进一步提高。

(1) 膨胀模型的制造

膨胀模型采用可膨胀性材料石膏钒土水泥 ,以样件或工艺模型为基准 ,分别制出凸模模型和凹模模型 ,将这种模型浸泡在水中 ,使其体积膨胀并定时进行测量 ,直至达到所需膨胀尺寸为止。将其从水中取出 ,进行阴干后 ,放进烘箱中进行脱水干燥。烘干后的模型表面应进行喷漆 ,准备作为铸模的模型。

膨胀水泥不仅有水化凝固膨胀的特殊性质 ,而且膨胀率可以通过膨胀水泥的加入量和水化时间长短等条件的变化进行调整和控制 ,能人为的控制膨胀尺寸 ,提高模具型腔的精度。这种材料来源广泛 ,价格低 ,模型制作工艺简便 ,容易修补 ,因此是一种比较理想的制作铸造模具的新材料。

膨胀模型的制模工艺过程为 :准备膨胀材料→样件(工艺模型)→浇铸凸模、凹模模型→浸泡→阴干→烘干→喷漆。

① 膨胀材料。制造膨胀模型的材料是用石膏和钒土水泥 ,其重量配比见表 7 - 10。

表 7 - 10 膨胀模型的材料配比

| 材 料 名 称     | 重 量 配 比 |         |
|-------------|---------|---------|
|             | 甲       | 乙       |
| 模用高强度熟石膏    | 50      | 100     |
| 钒 土 水 泥     | 40      |         |
| 石 膏 钒 土 水 泥 |         | 10      |
| 硅 酸 盐 水 泥   |         | 5       |
| 水           | 38 ~ 44 | 70 ~ 80 |

石膏应选用强度较高的模用石膏 ,不能用已经潮解的石膏。加入钒土水泥是为了提高材料的膨胀系数 ,当钒土水泥加入量在 3% ~ 10% 之间 ,膨胀率增加较明

显 在此范围内每增加 1% 时 膨胀率约增大 0.08%。加入硅酸盐水泥的目的是为了提高模型的强度。

② 样件。样件是制作凸模、凹模模型的基准。样件可以选用已有的产品零件加以改制而成,或采用手工方法用与零件等厚的板料制作。

③ 浇铸凸模、凹模模型。凸模、凹模模型的外形轮廓尺寸,应按锌合金冲压模具设计要求制作。浇铸膨胀性材料前,将样件表面涂上脱模剂,根据模具形状、尺寸要求,制作木框。将样件在平台上支起、垫平,分别浇铸膨胀石膏水泥浆,浇铸时一定要将石膏钒土水泥调匀,然后加水搅拌均匀,使其均匀后再铸模。浇铸后,凸模、凹模模型不可开箱过早,一定要待阴干后,再进行开箱。

④ 浸泡、胀型。将阴干的石膏钒土水泥模型放到室温(20 )的自来水中进行养护,使其膨胀。浸放在水中时,将膨胀模型底垫起,并定时检查膨胀情况。检查方法是:精度要求不高的部分,在浸泡之前,先在模型上选好试量点,测准距离,然后安放两个测量基准钉,定时检查基准钉之间的尺寸膨胀率即可。精度要求准确的型腔部分,需要制作测量样板,定时用样板检查膨胀情况。一般在 20 水中浸泡 24h 后,膨胀率为 1% 左右。

⑤ 干燥。经浸泡后膨胀的模型,从水中取出后,应放在通风阴凉处进行干燥,否则模型会继续膨胀。切勿暴晒,否则模型会碎裂。阴干后的模型,为了提高其强度、稳定其尺寸,要放到烘干箱中进行脱水烘干。烘干时升温速度不能太快,否则模型开裂。烘干温度以 150 左右为宜。烘干时间可在(10~40)h 左右,根据模型大小而定,直到干透为止,以保证模型在浇铸过程中具有足够的强度。模型干燥后,表面要修光并喷漆待用。

## (2) 熔合金进行铸模

熔合金及铸模温度与砂型铸模相同。膨胀模型的铸模方法与砂型铸模方法不同,其铸模工艺如图 7-22 所示。这种铸模方法的要点如下:

### ① 制造砂平台,扎透气孔并进行烘干。

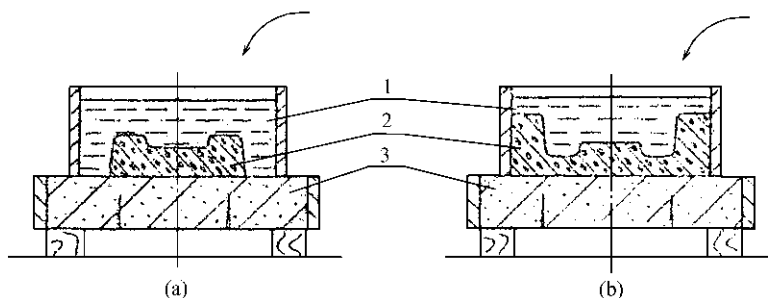


图 7-22 膨胀模型铸模工艺示意图

1—液体合金;2—膨胀模型;3—砂平台。

② 制造金属模框。这种模框可以做成通用性结构,以适应多种铸模工艺要求,也可以制成专用性的。

③ 将砂平台用垫块垫起,膨胀模型置放砂平台上,根据模具结构尺寸要求,确定模框的尺寸。

④ 对模型及金属模框预热。

⑤ 浇铸合金时,采用敞开式浇铸。小型模具浇铸后,应对合金表面进行加热,使合金各部分温度均匀一致,使合金液体中的气体充分从合金中逸出以减少气孔。冷却凝固过程中,可根据合金冷缩情况适当加入合金进行补缩。

### (3) 清理与修饰

浇铸后,合金进行自然冷却,到室温以后进行开箱,取出膨胀模型,用细砂纸抛光型腔,即可进行试冲。如果因为合金收缩造成底板部分有较大弧形面时,可对上下底板加工至平。

## 3. 样件成形制模工艺

样件是用与零件等厚的材料,根据冲压零件产品图或工艺模型设计、制造的铸模模型。

锌合金冲压模具铸模样件的设计、制造,与铋锡低熔点合金冲压模具样件设计、制造的要求基本相同。不同点是 ① 由于锌合金铸模温度高,因此作为样件材料应具有足够的刚性和强度。一些薄板(厚 2mm 以下)样件,刚性不足时应采取加强刚性的措施,如增设骨架。② 样件上不开设合金溢流孔。由于锌合金铸模时不像铋锡低熔点合金冲压模具那样凸模、凹模同时铸成。

采用样件铸模时,根据样件厚度及刚性好坏、尺寸大小,可以分为两种方式:

### (1) 小型薄板样件铸模

尺寸小、刚性好的薄板零件,使用样件铸模工艺过程如下(图 7-23)。

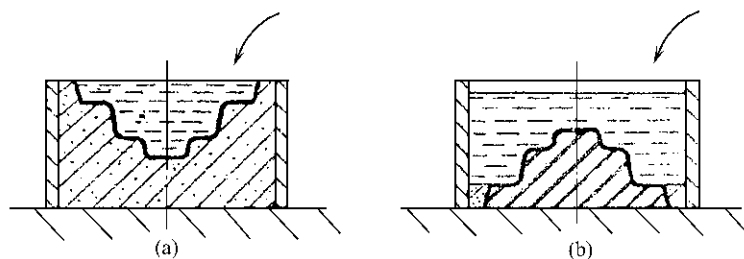


图 7-23 小型薄板样件铸模示意图

(a) 浇铸凸模;(b) 浇铸凹模。

① 在样件表面喷涂分型剂后烘干。

② 在砂箱内放入样件,样件周围垫型砂并捣实,以免浇铸合金后样件变形。

③ 熔化合金采用敞开式浇铸,先铸凸模。浇铸合金前,应对样件进行预热,但

温度不宜过高且加热均匀,防止样件产生变形。

④ 浇铸合金后,进行自然冷却,再将型砂清理干净。检查样件有无变形或损坏。

⑤ 浇铸凹模以凸模为基准,带有样件浇铸凹模。浇铸前,应在样件上涂脱模分型剂。采用敞开式浇铸。

⑥ 当凹模合金完全冷却后,去掉砂箱,将凸模、凹模分开,取出样件。根据上下底板收缩造成弧形面的情况,决定是否进行加工。

## (2) 厚板样件铸模

厚板样件(3mm~4mm)铸模工艺如图 7-24 所示。

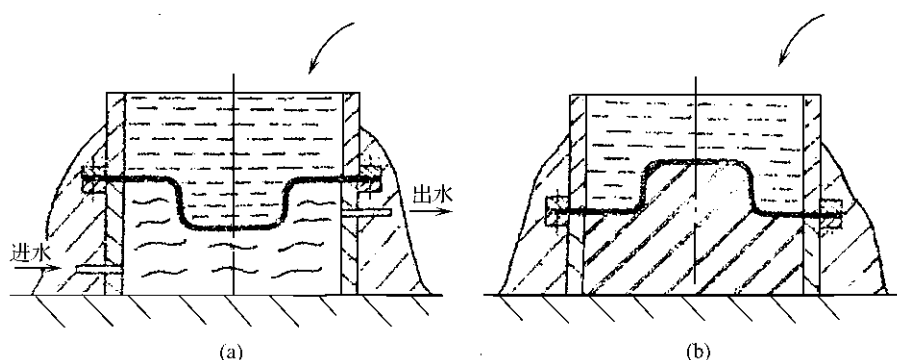


图 7-24 厚板样件铸模示意图

(a) 浇铸凸模;(b) 浇铸凹模。

① 将样件的凸缘部分固定在两个金属框之间(也可用铸铁砂箱代替),放在平台上,在金属框接缝处用耐火泥密封,周围堆上型砂,防止浇铸后合金从接缝处外溢。

② 用敞开式方法浇铸上模。为了提高上模型腔表面的粗糙度和锌合金的强度,可在下部金属框内通水快速冷却。

③ 将铸好的凸模翻转 180°放在平台上浇铸凹模。浇铸前,应在容框接缝处采取密封措施。

④ 凹模合金冷却后,凸模、凹模分开取出样件,视具体情况决定凸模、凹模上下底板是否需要加工。

## 4. 以金属凸模为基准浇铸合金凹模的制模工艺

这种制模方法是以钢凸模作为铸模模型浇铸合金凹模,主要用于各类中小型冲裁模的制造,也可作为生产上的应急补救措施。其制模工艺过程如图 7-25 所示。

将钢制凸模放在平台上,根据凹模在模座上固定安装方式、外形轮廓尺寸做金属模框。在金属模框周围填上型砂,以防铸模后合金流出。

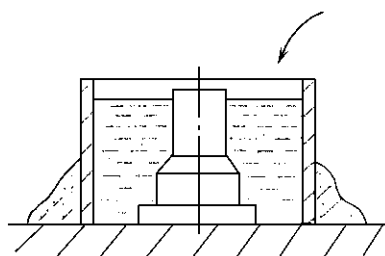


图 7-25 金属型凸模铸模示意图

熔合金并进行浇铸。浇铸合金前,应将金属凸模预热,合金注入后,还应在合金表面用气焊或喷灯加热,使注入后的合金各处温度均匀。冷却速度不宜太快,以便使合金中的气体充分逸出,减少型腔表面的气孔。金属凸模的预热温度以 200℃ 左右为宜。为了浇铸后便于凸模、凹模分开,应在金属凸模上涂脱模剂,如硅脂或硫酸铜溶液。

合金冷却后,需要在压机上进行分模。锌合金冲裁模凹模铸好之后,上下两平面应进行切削加工。上平面将铸造后因收缩造成的圆角部分去掉,以便加工出冲裁刃口。下平面也需要进行加工,以保证与上平面有一定的平行度。有时在凹模型腔下部需要加工出料孔,出料孔轮廓尺寸应比型腔轮廓尺寸沿周放大 2mm 左右。

### 5. 失蜡铸造制模

锌合金采用砂型铸造后,表面较粗糙、收缩率大、尺寸不够准确。一些尺寸不大的模具或镶块,为了模具表面光洁和提高尺寸精度,可采用失蜡铸造制模。

失蜡铸造是利用蜡料制成精确的凸模模型或凹模模型,再在模型表面涂敷耐火材料,然后加热熔化模型,形成空心的型壳。型壳经高温焙烧即成铸型,浇铸后可获得高精度模具。

失蜡铸造主要工艺过程是:制作蜡模→制作型壳→熔失蜡模→型壳焙烧→熔合金,浇铸→清理。

采用失蜡铸造制模,尺寸精度约为 8 级,表面粗糙度可达  $R_a(6.3 \sim 1.6) \mu\text{m}$ ,主要用来制造 10kg 以下的小型模具。

### 6. 陶瓷型铸模工艺

陶瓷型铸模是用陶瓷材料制成铸型,然后进行浇铸面获得模具的方法。通过陶瓷型铸模,模具尺寸精度可达 6 级~8 级,表面粗糙度达  $R_a(6.3 \sim 1.6) \mu\text{m}$ ,它适用于制造大、中型尺寸的模具。

陶瓷型铸模生产工艺过程如图 7-26 所示。首先根据模具(凸模或凹模)设计的形状尺寸制造木模,在木模工作表面上覆盖一层 10mm 左右厚的黏土层,然后在其上造水玻璃砂套。起模后除去黏土层灌陶瓷浆料,待浆料硬化后,取出木模对

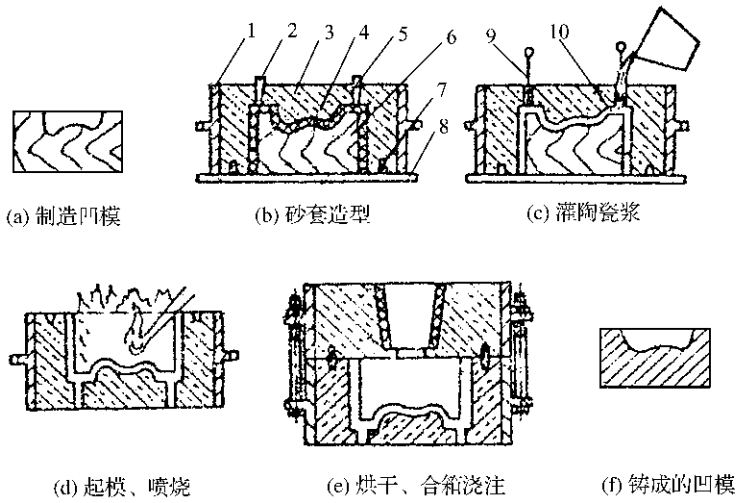


图 7 - 26 陶瓷型铸模工艺过程示意图

1—砂箱；2—排气孔；3—水玻璃砂；4—黏土层；5—灌浆孔；6—母模；

7—定位箱；8—平镶；9—通气针；10—陶瓷浆层。

陶瓷套进行焙烧，即成陶瓷型。将陶瓷型合箱后，即可进行浇铸。

陶瓷浆是由耐火材料、胶黏剂、催化剂、无透气剂等组成。

# 汽车冲模技术资料

## 第八章 冲压件的工艺性

### 第一节 冲裁件的工艺性

- ① 冲裁件的形状尽可能设计成简单、对称 ,使排样时废料最少。
- ② 冲裁件的外形和内孔应避免尖锐的棱角 ,除属于无废料冲裁或采用镶拼模结构外 ,宜有适当的圆角。冲裁件最小圆角半径见表 8 - 1。
- ③ 冲裁件凸出或凹入部分宽度不宜太小 ,并应避免过长的悬臂与狭槽 (图 8 - 1)。冲裁件材料为高碳钢时  $b\geq 2t$  ;冲裁件材料为黄铜、紫铜、铝、软钢时 ,  $b\geq 1.5t$ 。对于材料厚度  $t < 1\text{mm}$  时 ,按  $t = 1\text{mm}$  计算。

表 8 - 1 冲裁件最小圆角半径

| 工序                                                      | 线段夹角            | 黄铜、紫铜、铝 | 软 钢   | 合金钢   |
|---------------------------------------------------------|-----------------|---------|-------|-------|
| 落料                                                      | $\geq 90^\circ$ | 0.18t   | 0.25t | 0.35t |
|                                                         | $< 90^\circ$    | 0.35t   | 0.50t | 0.70t |
| 冲孔                                                      | $\geq 90^\circ$ | 0.20t   | 0.30t | 0.45t |
|                                                         | $< 90^\circ$    | 0.40t   | 0.60t | 0.90t |
| 注 t 为材料厚度 ,当 $t < 1\text{mm}$ 时 ,均以 $t = 1\text{mm}$ 计算 |                 |         |       |       |

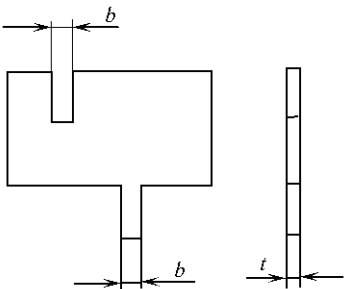


图 8 - 1 冲裁件最小宽度

④ 冲孔时 孔径不宜过小。表 8 - 2 列出了最小冲孔尺寸。

⑤ 冲裁件的孔与孔之间 ,孔与边缘之间的距离  $a$ (图 8 - 2) ,受模具强度和冲裁件质量的限制 ,其值不能过小 ,宜取  $a \geq 2t$  ,并不得小于  $(3 \sim 4)\text{mm}$ 。必要时可取  $a = (1 \sim 1.5)t$ 。

表 8 - 2 冲孔的最小尺寸

| 材 料              | 自由凸模冲孔 |         | 精密导向凸模冲孔 |         |
|------------------|--------|---------|----------|---------|
|                  | 圆形     | 矩形      | 圆形       | 矩形      |
| 硬 钢              | $1.3t$ | $1.0t$  | $0.5t$   | $0.4t$  |
| 软钢及黄铜            | $1.0t$ | $0.7t$  | $0.35t$  | $0.3t$  |
| 铝                | $0.8t$ | $0.5t$  | $0.3t$   | $0.28t$ |
| 酚醛层压布(纸)板        | $0.4t$ | $0.35t$ | $0.3t$   | $0.25t$ |
| 注 $t$ ——材料厚度(mm) |        |         |          |         |

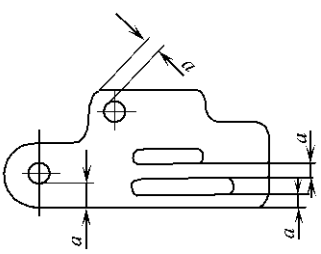


图 8 - 2 冲裁件的孔边距

⑥ 在弯曲件或拉伸件上冲孔时 ,其孔壁与工件直壁之间的距离不能小于图 8 - 3所示。

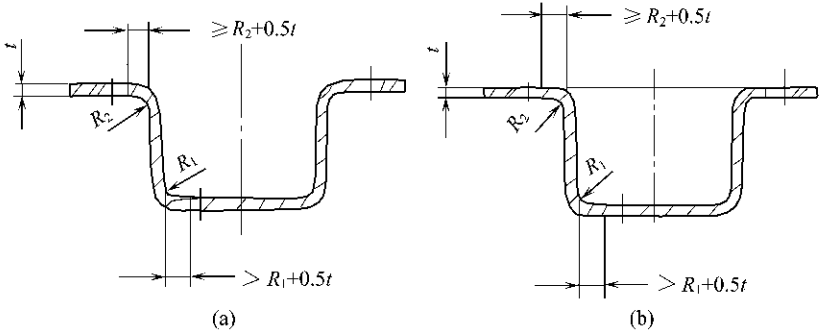


图 8 - 3 孔边距的最小值

(a) 弯曲件 ;(b) 拉伸件。

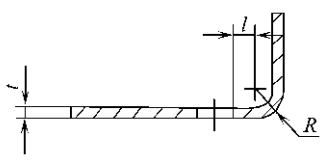
⑦ 冲裁件的尺寸精度 :内外形尺寸见表 8 - 3 孔距公差见表 8 - 4。

表 8 - 3 冲裁件外形与内孔尺寸公差 单位 mm

| 精度等级 | 零件尺寸      | 材 料 厚 度             |                     |                     |                     |
|------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|      |           | <1                  | 1 ~ 2               | 2 ~ 4               | 4 ~ 6               |
| 经济级  | <10       | $\frac{0.12}{0.08}$ | $\frac{0.18}{0.10}$ | $\frac{0.24}{0.12}$ | $\frac{0.30}{0.15}$ |
|      | 10 ~ 50   | $\frac{0.16}{0.10}$ | $\frac{0.22}{0.12}$ | $\frac{0.28}{0.15}$ | $\frac{0.35}{0.20}$ |
|      | 50 ~ 150  | $\frac{0.22}{0.12}$ | $\frac{0.30}{0.16}$ | $\frac{0.40}{0.20}$ | $\frac{0.50}{0.25}$ |
|      | 150 ~ 300 | 0.30                | 0.50                | 0.70                | 1.00                |



④ 有孔槽的毛坯弯曲时 ,如果孔、槽位于变形区附近 ,弯曲时会使孔变形。为了避免这种缺陷出现 ,通常取孔边到弯曲半径  $R$  中心的距离  $l \geq 2t$ (图 8 - 6)。



⑤ 弯曲件的形状和尺寸应尽可能对称 ,弯曲件左右的高度不应相差太大 ,弯曲半径应一致 ,以保证弯曲过程中受力平衡 ,防止产生滑动。

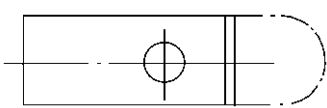


图 8 - 6 弯曲件孔的位置

⑥ 窄板弯曲时 ,变形区的截面形状发生畸变 ,内表面的宽度  $b_1 > b$  ,外表面的宽度  $b_2 < b$ 。当  $b < 3t$  时尤为明显(图 8 - 7)。如果弯曲件的宽度  $b$  要求较高 ,不允许有图 8 - 7 所示的  $b_1 > b$  的鼓起现象时 ,应在弯曲线上预先做出工艺切口 ,如图 8 - 8 所示。

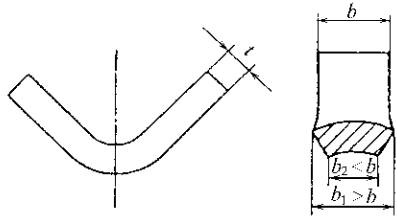


图 8 - 7 弯曲变形区的宽度变化

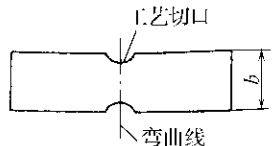


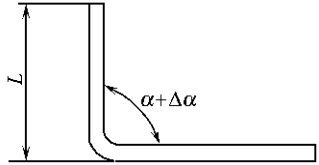
图 8 - 8 弯曲毛坯的工艺切口

⑦ 弯曲件的精度与材料厚度公差有密切关系 ,精度要求较高的弯曲件必须减少材料厚度公差。一般弯曲件长度的未注公差尺寸的极限偏差见表 8 - 5 ,弯曲件角度的自由公差见表 8 - 6。

表 8 - 5 弯曲件未注公差的长度尺寸的极限偏差 单位 mm

| 长度尺寸 |         | 3 ~ 6 | > 6 ~ 18 | > 18 ~ 50 | > 50 ~ 120 | > 120 ~ 260 | > 260 ~ 500 |
|------|---------|-------|----------|-----------|------------|-------------|-------------|
| 材料厚度 | ≤ 2     | ± 0.3 | ± 0.4    | ± 0.6     | ± 0.8      | ± 1.0       | ± 1.5       |
|      | > 2 ~ 4 | ± 0.4 | ± 0.6    | ± 0.8     | ± 1.2      | ± 1.5       | ± 2.0       |
|      | > 4     | —     | ± 0.8    | ± 1.0     | ± 1.5      | ± 2.0       | ± 2.5       |

表 8 - 6 弯曲件角度的自由公差

|  |      |          |           |           |           |           |            |             |             |             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|
| L/mm                                                                                | < 6  | > 6 ~ 10 | > 10 ~ 18 | > 18 ~ 30 | > 30 ~ 50 | > 50 ~ 80 | > 80 ~ 120 | > 120 ~ 180 | > 180 ~ 260 | > 260 ~ 360 |
| Δα                                                                                  | ± 3° | ± 2°30'  | ± 2°      | ± 1°30'   | ± 1°15'   | ± 1°      | ± 50'      | ± 40'       | ± 30'       | ± 25'       |

### 第三节 拉伸件的工艺性

- ① 拉伸件的形状应尽量简单、对称。轴对称拉伸件在圆周方向上的变形是均匀的,模具加工也容易,其工艺性最好。其他形状的拉伸件应尽量避免急剧的轮廓变化。
- ② 拉伸件不宜过深。过高或过密的空心零件需要多次冲压工序完成,因此应尽量减小其高度。
- ③ 拉伸件的圆角半径要合适。拉伸件的圆角半径应尽量大些,以利于成形和减少拉伸次数。拉伸件底与壁、凸缘与壁、矩形件的四壁间圆角半径(图 8 - 9)应满足  $r_1 \geq t$   $r_2 \geq 2t$   $r_3 \geq 3t$ , 否则应增加整形工序。如增加一次整形工序,其圆角半径可取  $r_1 \geq (0.1 \sim 0.3)t$   $r_2 \geq (0.1 \sim 0.3)t$ 。

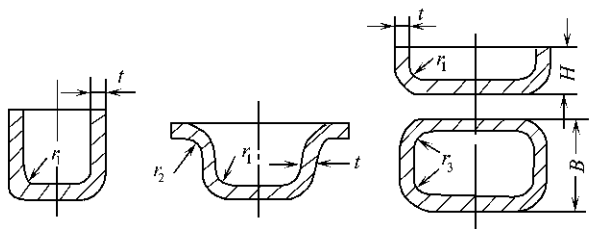
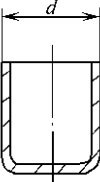


图 8 - 9 拉伸件的圆角半径

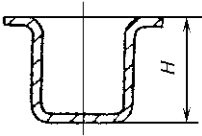
- ④ 拉伸件的精度要求不宜过高。拉伸件直径方向上的精度不应高于表 8 - 7 所列数值。

表 8 - 7 拉伸件直径的极限偏差 单位 mm

| 材料<br>厚度                | 拉伸件直径的基本尺寸 d |            |             | 材料<br>厚度 | 拉伸件直径的基本尺寸 d |            |             | 附 图                                                                                  |
|-------------------------|--------------|------------|-------------|----------|--------------|------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                         | ≤50          | > 50 ~ 100 | > 100 ~ 300 |          | ≤50          | > 50 ~ 100 | > 100 ~ 300 |                                                                                      |
| 0.5                     | ±0.12        | —          | —           | 2.0      | ±0.40        | ±0.50      | ±0.70       |  |
| 0.6                     | ±0.15        | ±0.20      | —           | 2.5      | ±0.45        | ±0.60      | ±0.80       |                                                                                      |
| 0.8                     | ±0.20        | ±0.25      | ±0.30       | 3.0      | ±0.50        | ±0.70      | ±0.90       |                                                                                      |
| 1.0                     | ±0.25        | ±0.30      | ±0.40       | 4.0      | ±0.60        | ±0.80      | ±1.00       |                                                                                      |
| 1.2                     | ±0.30        | ±0.35      | ±0.50       | 5.0      | ±0.70        | ±0.90      | ±1.10       |                                                                                      |
| 1.5                     | ±0.35        | ±0.40      | ±0.60       | 6.0      | ±0.80        | ±1.00      | ±1.20       |                                                                                      |
| 注 拉伸件外形要求取正偏差 ,内形要求取负偏差 |              |            |             |          |              |            |             |                                                                                      |

带法兰的拉伸件高度方向上的精度不应高于表 8 - 8 所列数值。

表 8 - 8 带凸缘拉伸件高度的极限偏差                      单位 mm

| 材料厚度            | 拉伸件高度的基本尺寸 H |          |          |          |           | 附 图                                                                                |
|-----------------|--------------|----------|----------|----------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|
|                 | ≤18          | >18 ~ 30 | >30 ~ 50 | >50 ~ 80 | >80 ~ 120 |                                                                                    |
| ≤1              | ±0.3         | ±0.4     | ±0.5     | ±0.6     | ±0.7      |  |
| >1 ~ 2          | ±0.4         | ±0.5     | ±0.6     | ±0.7     | ±0.8      |                                                                                    |
| >2 ~ 3          | ±0.5         | ±0.6     | ±0.7     | ±0.8     | ±0.9      |                                                                                    |
| >3 ~ 4          | ±0.6         | ±0.7     | ±0.8     | ±0.9     | ±1.0      |                                                                                    |
| >4 ~ 5          | —            | —        | ±0.9     | ±1.0     | ±1.1      |                                                                                    |
| >5 ~ 6          | —            | —        | —        | ±1.1     | ±1.2      |                                                                                    |
| 注 本表为未经整形所达到的数值 |              |          |          |          |           |                                                                                    |

由于拉伸时各处变形不均匀 ,拉伸件的厚度可达 1. 2t 至 0. 75t(t 为板材厚度) ,因此设计拉伸件时 ,应注明必须保证外形尺寸或必须保证内形尺寸 ,不能同时标注内形尺寸和外形尺寸。

第四节 精冲件的工艺性

一、圆角半径

精冲件外形和内形的尖角部位都要用圆角连接 ,否则在尖角处的剪切面上会发生撕裂 模具相应部分应力集中 ,磨损严重。

图 8 - 10 按精冲适应性而将加工难度划分为三个等级。区域 A 精冲适应性好 ,要求简单 ,模具寿命长。B 为中等难度区域 ,而 C 为困难区域 ,但模具仍有一定寿命。区域 C 内的冲件材料 ,其抗拉强度不超过 600N/mm<sup>2</sup>。若在区域 C 外 ,则模

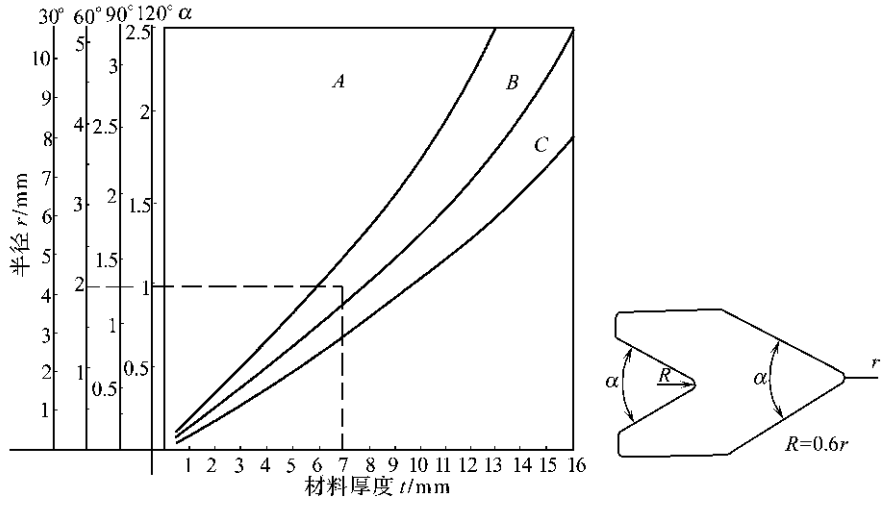


图 8 - 10 圆角半径

具寿命大幅度下降 不宜精冲。

## 二、槽宽及槽边距

图 8 - 11 按冲件的材料厚度  $t$  及槽宽  $a$  或槽边距  $b$  数值的变化 ,可判断出该冲件的精冲适应性 ,即其加工难度属 A 区(简单)、B 区(中等)或 C 区(困难)。

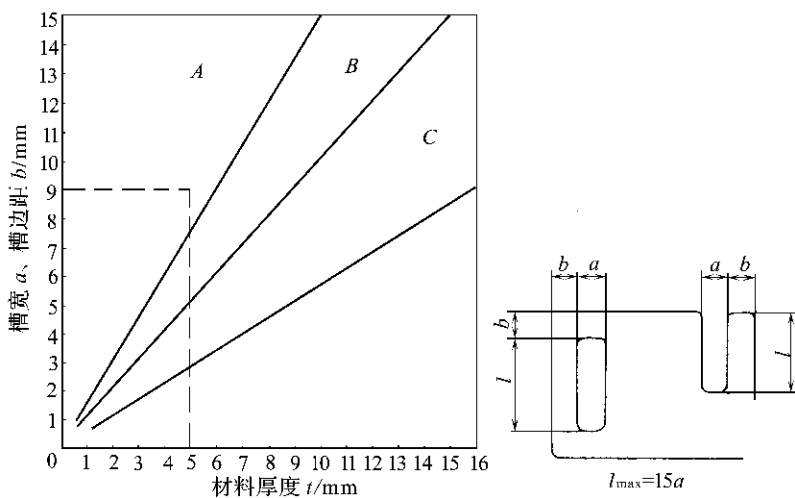


图 8 - 11 槽宽及槽边距

## 三、孔径及孔间(边)距

图 8 - 12 按冲件料厚  $t$  及孔径  $d$  或孔间(边)距  $a$  数值的变化 ,可判断出该冲件的精冲适应性 ,即其加工难度属 A 区(简单)、B 区(中等)或 C 区(困难)。

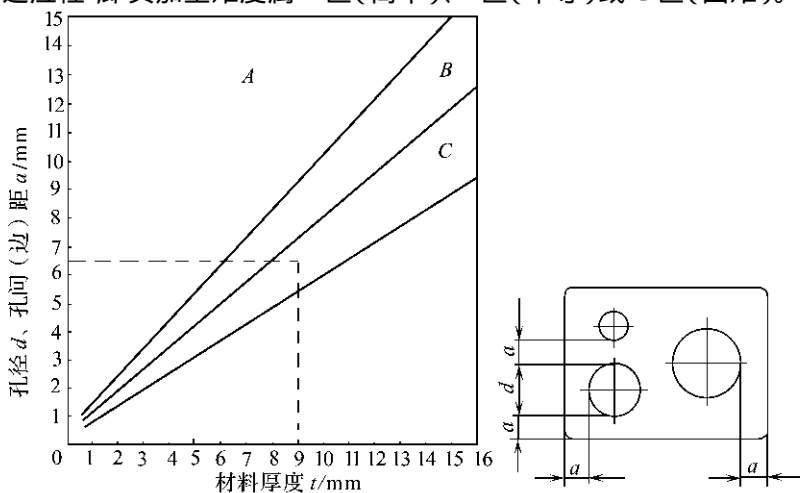


图 8 - 12 孔径及孔间(边)距

四、齿形

必须使齿顶、齿根部分为圆角,要求齿宽(节圆上的齿宽)为料厚的 60% 以上(图 8-13)。

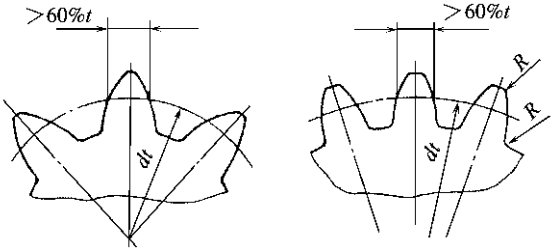


图 8-13 齿形、齿宽和料厚的比例

精冲齿轮的最小模数按下式核算

$$m \geq 1.74 \frac{t\tau}{[\sigma]}$$

- 式中  $m$ ——精冲齿轮模数(mm) ;  
 $t$ ——精冲齿轮厚度(mm) ;  
 $\tau$ ——精冲齿轮材料抗剪强度(N/mm<sup>2</sup>) ;  
 $[\sigma]$ ——精冲齿轮凸模的许用压应力(N/mm<sup>2</sup>) 。

由于精冲齿形凸模除了受较大的压应力,而且还承受弯曲应力,因此对于合金工具钢凸模,其许用压应力 $[\sigma]$ 不应超过 1200N/mm<sup>2</sup>。

图 8-14 可验算精冲齿形的适应性。例如,材料厚度为 3mm,模数  $m$  为

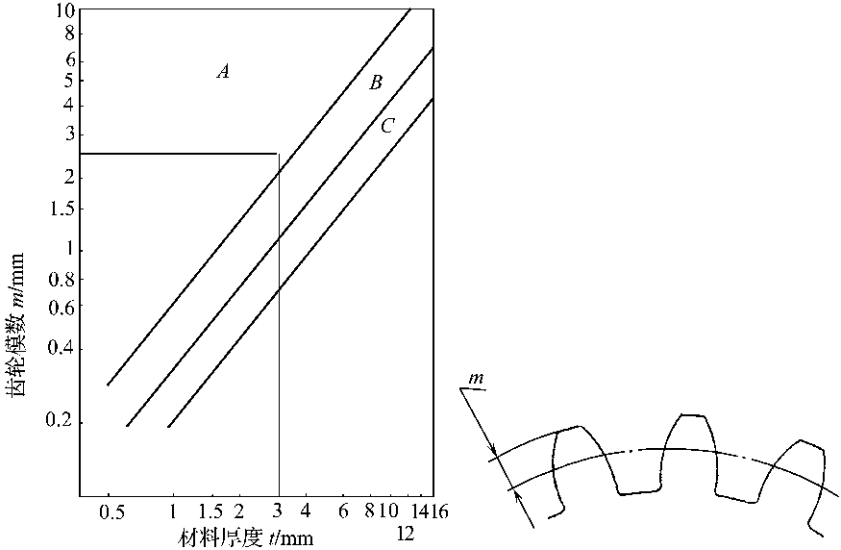


图 8-14 齿轮模数

2.5mm 属 A 区。

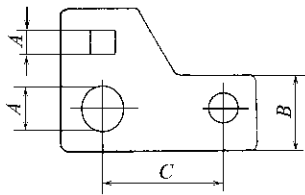
五、窄臂

窄臂在精冲时使凸模受到较高的侧向压力 ,其受力情况比冲窄槽的凸模还要不利。故窄臂的最小宽度值按图 8 - 11 所示的最小槽宽 ,再乘以系数 1.3 ~1.4。

六、尺寸公差

精冲件的尺寸公差与零件材料厚度等因素有关 ,其值见表 8 - 9。

表 8 - 9 精冲件的精度

|  |     |      |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|------|--------------|
| 材料厚度<br>/mm                                                                       | A   | B    | C            |
| ≤1                                                                                | IT7 | IT7  | IT7 + 0.02mm |
| > 1 ~ 2.5                                                                         |     |      | IT7 + 0.03mm |
| > 2.5 ~ 4                                                                         |     | IT8  | IT7 + 0.04mm |
| > 4 ~ 6.3                                                                         | IT8 |      | IT7 + 0.06mm |
| > 6.3 ~ 10                                                                        | IT9 |      |              |
| > 10 ~ 16                                                                         | IT9 | IT10 | IT7 + 0.08mm |
| 注 :A 为内形尺寸 B 为外形尺寸 C 为孔距                                                          |     |      |              |

七、精冲件的断面质量

剪切面的粗糙度  $R_a(3.2 \sim 0.8)\mu m$ 。

剪切面的光面完好率见图 8 - 15 和表 8 - 10。

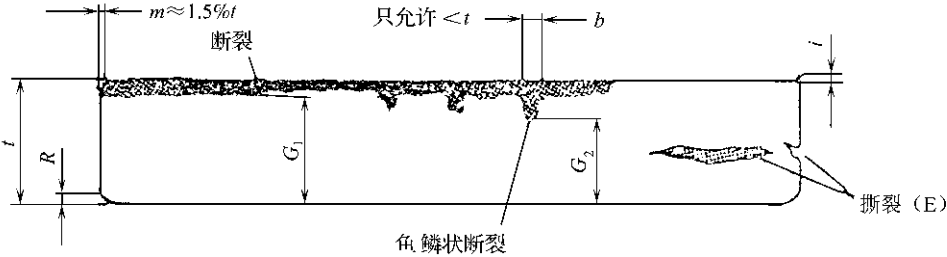


图 8 - 15 剪切表面的表示方法

图示说明：

t——材料厚度(mm)；

$G_1$ ——断裂时 ,最小光面部分(mm)；

$G_2$ ——鱼鳞状断裂时 ,最小光面部分(mm)；

b——最大允许的鱼鳞状断裂宽度(mm)；

m——允许的断裂深度为 1. 5% t(mm)；

l——毛刺高度(mm)；

R——塌角高度(mm)；

E——允许的撕裂；

$G_1$  /t——光面率；

$G_2$  /t——光面率。

光面率的常用值见表 8 - 10。

表 8 - 10 光面率常用值

|          |      |      |     |     |     |
|----------|------|------|-----|-----|-----|
| $G_1$ /t | 100% | 100% | 90% | 75% | 50% |
| $G_2$ /t | —    | 90%  | 75% | —   | —   |

2. 有侧刃的搭边  $a' = 0.75a$



| 材料厚度 | 08、10、35<br>09Mn、A3、B3 |                  | 16Mn             |                  | 40、50            |                  | 65Mn             |                  |
|------|------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|      | C <sub>min</sub>       | C <sub>max</sub> | C <sub>min</sub> | C <sub>max</sub> | C <sub>min</sub> | C <sub>max</sub> | C <sub>min</sub> | C <sub>max</sub> |
| 0.9  | 0.045                  | 0.063            | 0.045            | 0.063            | 0.045            | 0.063            | 0.045            | 0.063            |

(续)

| 材料厚度                        | 08、10、35<br>09Mn、A3、B3 |                  | 16Mn             |                  | 40、50            |                  | 65Mn             |                  |
|-----------------------------|------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                             | C <sub>min</sub>       | C <sub>max</sub> | C <sub>min</sub> | C <sub>max</sub> | C <sub>min</sub> | C <sub>max</sub> | C <sub>min</sub> | C <sub>max</sub> |
| 小于 0.5                      | 极 小 间 隙                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| 1.0                         | 0.050                  | 0.070            | 0.050            | 0.070            | 0.050            | 0.070            | 0.045            | 0.063            |
| 1.2                         | 0.063                  | 0.090            | 0.066            | 0.090            | 0.066            | 0.090            |                  |                  |
| 1.5                         | 0.066                  | 0.120            | 0.085            | 0.120            | 0.085            | 0.120            |                  |                  |
| 1.75                        | 0.110                  | 0.160            | 0.110            | 0.160            | 0.110            | 0.160            |                  |                  |
| 2.0                         | 0.123                  | 0.180            | 0.130            | 0.190            | 0.130            | 0.190            |                  |                  |
| 2.1                         | 0.130                  | 0.190            | 0.140            | 0.200            | 0.140            | 0.200            |                  |                  |
| 2.5                         | 0.180                  | 0.250            | 0.190            | 0.270            | 0.190            | 0.270            |                  |                  |
| 2.75                        | 0.200                  | 0.280            | 0.210            | 0.300            | 0.210            | 0.300            |                  |                  |
| 3.0                         | 0.230                  | 0.320            | 0.240            | 0.330            | 0.240            | 0.330            |                  |                  |
| 3.5                         | 0.270                  | 0.370            | 0.290            | 0.390            | 0.290            | 0.390            |                  |                  |
| 4.0                         | 0.320                  | 0.440            | 0.340            | 0.460            | 0.340            | 0.460            |                  |                  |
| 4.5                         | 0.360                  | 0.500            | 0.340            | 0.480            | 0.390            | 0.520            |                  |                  |
| 5.5                         | 0.470                  | 0.640            | 0.390            | 0.550            | 0.490            | 0.660            |                  |                  |
| 6.0                         | 0.540                  | 0.720            | 0.420            | 0.600            | 0.570            | 0.750            |                  |                  |
| 6.5                         |                        |                  | 0.470            | 0.650            |                  |                  |                  |                  |
| 8.0                         |                        |                  | 0.600            | 0.840            |                  |                  |                  |                  |
| 注：冲裁皮革、石棉和纸板时，间隙取 08 钢的 25% |                        |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |

表 9 - 4 精冲碳钢时凸模和凹模的单面间隙 单位 mm

| 料厚 t | 外 形    | 内形(孔、直径 d) |              |        |
|------|--------|------------|--------------|--------|
|      |        | d < t      | d = (1 ~ 5)t | d > 5t |
| 0.5  | 0.0025 | 0.006      | 0.005        | 0.0025 |
| 1    | 0.005  | 0.012      | 0.010        | 0.005  |
| 2    | 0.01   | 0.020      | 0.010        | 0.005  |
| 3    | 0.015  | 0.025      | 0.015        | 0.008  |

| 料厚 t | 外 形   | 内形(孔、直径 d) |              |        |
|------|-------|------------|--------------|--------|
|      |       | d < t      | d = (1 ~ 5)t | d > 5t |
| 4    | 0.015 | 0.030      | 0.015        | 0.010  |
| 6    | 0.020 | 0.050      | 0.015        | 0.015  |
| 8    | 0.020 | 0.060      | 0.020        | 0.020  |
| 10   | 0.025 | 0.060      | 0.025        | 0.025  |
| 15   | 0.035 | 0.070      | 0.035        | 0.035  |

三、冲裁时的力

1. 冲裁力

平刃冲裁时 冲裁力

$$P = L \cdot t \cdot \tau \approx (0.6 \sim 0.9)L \cdot t \cdot \sigma_b$$

式中 L——冲裁刃口周长(mm)；

t——材料厚度(mm)；

$\sigma_b$ ——材料抗拉强度(MPa)；

$\tau$ ——材料的抗剪强度(MPa)。

2. 精冲的压料力和反压力

压料力  $P_{压} = 4lh\sigma_b$

反压力  $P_{反} \approx 0.2P$

式中 P——冲裁力(N)；

l——精冲件外周边长度(mm)；

h——压料板 V 形齿圈的高度(mm)；

$\sigma_b$ ——材料的抗拉强度(MPa)。

3. 卸料力、顶件力和推件力

卸料力  $P_{卸} = k_{卸} \cdot P$

顶件力  $P_{顶} = k_{顶} \cdot P$

推件力  $P_{推} = k_{推} \cdot P \cdot n$

式中  $k_{卸}$ 、 $k_{顶}$ 、 $k_{推}$ ——系数 见表 9 - 5 ；

n——同时卡在凹模内的工件(或废料)数。

表 9 - 5 卸料力、推件力和顶件力系数

| 料厚/mm | $k_{卸}$ | $k_{推}$ | $k_{顶}$ |
|-------|---------|---------|---------|
|-------|---------|---------|---------|

| 料厚/mm                              |            | $k_{卸}$       | $k_{推}$     | $k_{顶}$ |
|------------------------------------|------------|---------------|-------------|---------|
| 钢                                  | ≤0.1       | 0.065 ~ 0.075 | 0.1         | 0.14    |
|                                    | >0.1 ~ 0.5 | 0.045 ~ 0.055 | 0.063       | 0.08    |
|                                    | >0.5 ~ 2.5 | 0.04 ~ 0.05   | 0.055       | 0.06    |
|                                    | >2.5 ~ 6.5 | 0.03 ~ 0.04   | 0.045       | 0.05    |
|                                    | >6.5       | 0.02 ~ 0.03   | 0.025       | 0.03    |
| 铝、铝合金                              |            | 0.025 ~ 0.08  | 0.03 ~ 0.07 |         |
| 紫铜、黄铜                              |            | 0.02 ~ 0.06   | 0.03 ~ 0.09 |         |
| 注 卸料力系数 $k_{卸}$ 在冲多孔、大搭边和轮廓复杂时取上限值 |            |               |             |         |

四、刃口尺寸

规则形状的刃口 通常凸模、凹模分开加工 ,其刃口尺寸按表 9 - 6 公式计算 ; 不规则形状的刃口通常采用配作法加工 ,刃口尺寸见表 9 - 7。

表 9 - 6 分开加工法凸模、凹模刃口尺寸和公差计算公式

| 工序性质                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 工件尺寸             | 凸 模 尺 寸                                        | 凹 模 尺 寸                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 落料                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | $D_{-\Delta}^0$  | $D_p = (D - x\Delta - 2c_{min})_{-\delta_p}^0$ | $D_d = (D - x\Delta)_{+ \delta_d}^0$            |
| 冲孔                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | $d_{+ \Delta}^0$ | $d_p = (d + x\Delta)_{-\delta_p}^0$            | $d_d = (d + x\Delta + 2c_{min})_{+ \delta_d}^0$ |
| 注 : $D_p$ 、 $D_d$ ——分别为落料凸模与凹模的刃口尺寸(mm) ;<br>$d_p$ 、 $d_d$ ——分别为冲孔凸模与凹模的刃口尺寸(mm) ;<br>$D$ 、 $d$ ——分别为落料件外径和冲孔件孔径的基本尺寸(mm) ;<br>$\delta_p$ 、 $\delta_d$ ——分别为凸模与凹模的制造公差(mm) ;<br>$\Delta$ ——工件的公差(mm) ;<br>$c_{min}$ ——最小合理单面间隙(mm) ;<br>$x$ ——系数 ,为了避免多数冲裁件尺寸都偏向极限尺寸 (落料时偏向最小尺寸 ,冲孔时偏向最大尺寸) ,可取系数值 $x = 0.5 \sim 1$ |                  |                                                |                                                 |

表 9 - 7 配作法加工的凸模、凹模刃口尺寸

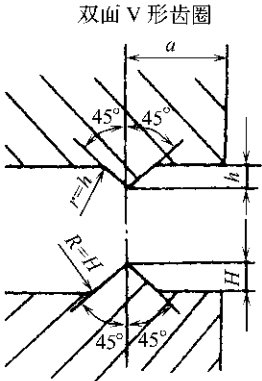
| 工序性质 | 工件尺寸 | 凸 模 尺 寸 | 凹 模 尺 寸 |
|------|------|---------|---------|
|------|------|---------|---------|

| 工序性质 | 工件尺寸             | 凸 模 尺 寸                                                                                      | 凹 模 尺 寸                                                                                      |
|------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 落料   | $D_{- \Delta}^0$ | 按凹模实际尺寸配作,单面间隙<br>$C_{\min} \sim C_{\max}$                                                   | $D_d = (D - x\Delta)_{+ \delta_d}^0$ ,或者标注:“凹<br>模按制件图加工,制造公差 $^{+ \delta_1}_{- \delta_2}$ ” |
| 冲孔   | $d_{+ \Delta}^0$ | $d_p = (d + x\Delta)_{- \delta_p}^0$ ,或者标注:“凸模<br>按制件图加工,制造公差 $^{+ \delta_1}_{+ \delta_2}$ ” | 按凸模实际尺寸配作,单面间隙<br>$C_{\min} \sim C_{\max}$                                                   |

五、精冲模的 V 形齿圈(表 9 - 8)

表 9 - 8 V 形齿圈尺寸

单位 mm

| 料厚<br>t | 单面 V 形齿圈 |     |  |     |     |
|---------|----------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|
|         | a        | h   |                                                                                     |     |     |
| 0.5 ~ 1 | 1.0      | 0.3 |                                                                                     |     |     |
| 1 ~ 1.5 | 1.3      | 0.4 |                                                                                     |     |     |
| 1.5 ~ 2 | 1.6      | 0.5 |                                                                                     |     |     |
| 2 ~ 2.5 | 2.0      | 0.6 |                                                                                     |     |     |
| 2.5 ~ 3 | 2.4      | 0.7 |                                                                                     |     |     |
| 3 ~ 3.5 | 2.8      | 0.8 |                                                                                     |     |     |
| 3.5 ~ 4 | 3.2      | 0.9 |                                                                                     |     |     |
| 4 ~ 5   |          |     | a                                                                                   | h   | H   |
| 5 ~ 6   |          |     | 2.5                                                                                 | 0.6 | 0.9 |
| 6 ~ 8   |          |     | 3.0                                                                                 | 0.8 | 1.1 |
| 8 ~ 10  |          |     | 3.5                                                                                 | 1.1 | 1.4 |
| 10 ~ 12 |          |     | 4.5                                                                                 | 1.2 | 1.6 |
|         |          |     | 5.5                                                                                 | 1.6 | 2.0 |

|         |   |      |      |
|---------|---|------|------|
| 12 ~ 15 | 7 | 2. 2 | 2. 6 |
|---------|---|------|------|

六、漏料孔(槽)尺寸

- 1. 漏料孔(图 9 - 1)
- 2. 出料槽(图 9 - 2)

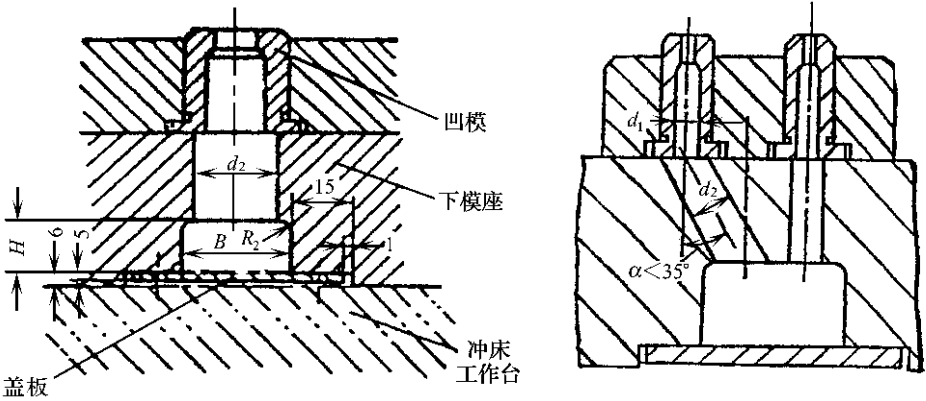


图 9 - 2 公用排出槽

$d_2 = d_1 + 4(\text{mm})$

$H = (8 \sim 10)t$  ,但不小于 20mm ,  $B = d_2 + (2 \sim 5)\text{mm}$  ,但不小于 30mm。

- 3. 漏料斜槽(图 9 - 3)

第二节 弯曲工艺参数

一、最小弯曲半径(表 9 - 9)

表 9 - 9 最小弯曲半径

单位 t/mm

| 材 料 | 弯曲线与轧制纹向垂直 | 弯曲线与轧制纹向平行 |
|-----|------------|------------|
|-----|------------|------------|

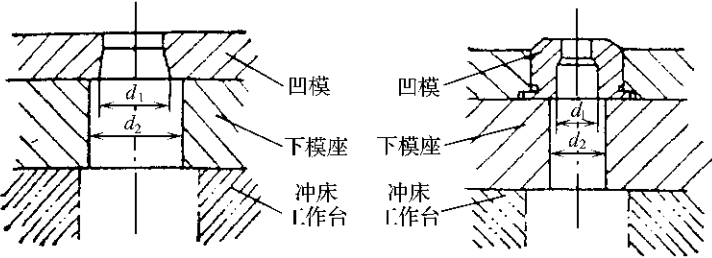


图 9 - 1 漏料孔

$d_2 = d_1 + (0.5 \sim 2)(\text{mm})$

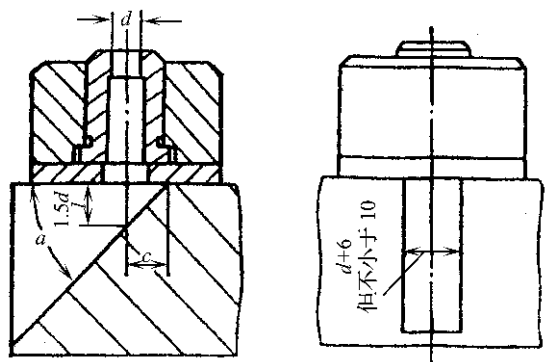


图 9 - 3 倾斜排出槽

$c = 1.5d \tan \alpha$  ;  $\alpha = 30^\circ \sim 45^\circ$  .

| 材 料      | 弯曲线与轧制纹向垂直 | 弯曲线与轧制纹向平行 |
|----------|------------|------------|
| 08F、08A1 | 0. 2t      | 0. 4t      |

(续)

| 材 料                                                |    | 弯曲线与轧制纹向垂直 | 弯曲线与轧制纹向平行 |
|----------------------------------------------------|----|------------|------------|
| 10、15、A1 ( Q195 )                                  |    | 0. 5t      | 0. 8t      |
| 20、A2 ( Q215A )、A3 ( Q235A )、09MnREL               |    | 0. 8t      | 1. 2t      |
| 25、30、35、40、A4 ( Q255A )、10Ti、13MnTi、16MnL、16MnREL |    | 1. 3t      | 1. 7t      |
| 65Mn                                               | T  | 2. 0t      | 4. 0t      |
|                                                    | Y  | 3. 0t      | 6. 0t      |
| 1Cr18Ni9                                           | I  | 0. 5t      | 2. 0t      |
|                                                    | BI | 0. 3t      | 0. 5t      |
|                                                    | R  | 0. 1t      | 0. 2t      |
| 1J79                                               | Y  | 0. 5t      | 2. 0t      |
|                                                    | M  | 0. 1t      | 0. 2t      |
| 3J1                                                | Y  | 3. 0t      | 6. 0t      |
|                                                    | M  | 0. 3t      | 0. 6t      |

| 材 料        |      | 弯曲线与轧制纹向垂直 | 弯曲线与轧制纹向平行 |
|------------|------|------------|------------|
| 3J53       | Y    | 0.7t       | 1.2t       |
|            | M    | 0.4t       | 0.7t       |
| TA1        | 冷作硬化 | 3.0t       | 4.0t       |
| TA5        |      | 5.0t       | 6.0t       |
| TB2        |      | 7.0t       | 8.0t       |
| H62        | Y    | 0.3t       | 0.8t       |
|            | Y2   | 0.1t       | 0.2t       |
|            | M    | 0.1t       | 0.1t       |
| HPb 59 - 1 | Y    | 1.5t       | 2.5t       |
|            | M    | 0.3t       | 0.4t       |
| BZn15 - 20 | Y    | 2.0t       | 3.0t       |
|            | M    | 0.3t       | 0.5t       |

(续)

| 材 料          |     | 弯曲线与轧制纹向垂直 | 弯曲线与轧制纹向平行 |
|--------------|-----|------------|------------|
| QSn6.5 - 0.1 | Y   | 1.5t       | 2.5t       |
|              | M   | 0.2t       | 0.3t       |
| QBe2         | Y   | 0.8t       | 1.5t       |
|              | M   | 0.2t       | 0.2t       |
| T2           | Y   | 1.0t       | 1.5t       |
|              | M   | 0.1t       | 0.1t       |
| L3、L4        | Y   | 0.7t       | 1.5t       |
|              | M   | 0.1t       | 0.2t       |
| LC4          | CSY | 2.0t       | 3.0t       |
|              | M   | 1.0t       | 1.5t       |

| 材 料          |    | 弯曲线与轧制纹向垂直 | 弯曲线与轧制纹向平行 |
|--------------|----|------------|------------|
| LF5、LF6、LF21 | Y  | 2.5t       | 4.0t       |
|              | M  | 0.2t       | 0.3t       |
| LY12         | CZ | 2.0t       | 3.0t       |
|              | M  | 0.3t       | 0.4t       |

注：1. 表中 t 为板料厚度；  
2. 表中数值适用于下列条件：原材料为供货状态，90°角 V 形校正压弯，毛坯板厚小于 20mm、宽度大于三倍板厚，毛坯剪切断面的光亮带在弯角外侧

二、弯曲件毛坯展开长度计算

1. 圆角半径  $r > 0.5t$  的弯曲件

计算步骤如下(图 9 - 4)：

- (1) 算出直线段 a、b、c... 的长度。
- (2) 根据  $r/t$  ,由表 9 - 11 中查出中性层位移系数  $x$  值。
- (3) 计算中性层弯曲半径(见图 9 - 5)：

$$\rho = r + xt$$

- (4) 根据  $\rho_1、\rho_2 \dots$  与  $a_1、a_2 \dots$  计算  $l_1、l_2$  弧的展开长度：

$$l = \frac{\pi \rho \alpha}{180^\circ}$$

- (5) 计算毛坯总长  $L = a + b + c + \dots + l_1 + l_2 + \dots + l_n$

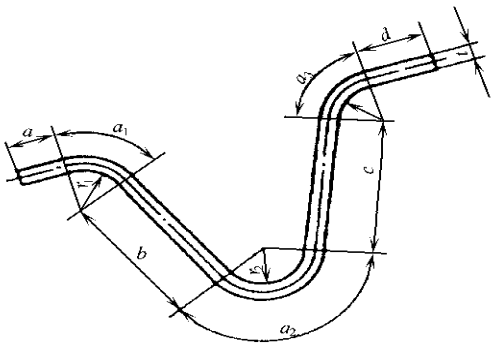


图 9 - 4 毛坯长度计算

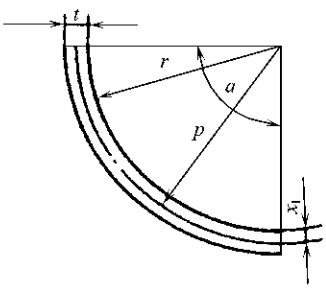


图 9 - 5 中性层弯曲半径

表 9 - 10 中列出了弯曲时中性层的位移系数值。

表 9 - 10 V 形弯曲 90°角时中性层位移系数 x 值

|                           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| r/t                       | 0.3  | 0.4  | 0.5  | 0.6  | 0.7  | 0.8  | 0.9  | 1.0  | 1.1  | 1.2  |
| x                         | 0.18 | 0.22 | 0.24 | 0.25 | 0.26 | 0.28 | 0.29 | 0.30 | 0.32 | 0.33 |
| r/t                       | 1.3  | 1.4  | 1.5  | 1.6  | 1.8  | 2.0  | 2.5  | 3.0  | 4.0  | ≥5.0 |
| x                         | 0.34 | 0.35 | 0.36 | 0.37 | 0.39 | 0.40 | 0.43 | 0.46 | 0.48 | 0.50 |
| 注：表中数值适用于低碳钢 90°角 V 形校正弯曲 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

表 9 - 11 列出了在 r > 0.5t 的常见弯曲中 求毛坯展开长度的公式。

表 9 - 11 在 r > 0.5t 的弯曲中 求毛坯展开长度的公式 单位 mm

| 弯曲形式           | 简 图 | 计 算 公 式                                                                               |
|----------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 单角弯曲<br>(切点尺寸) |     | $L = l_1 + l_2 + \frac{\pi(180^\circ - \alpha)}{180^\circ}(r + a \cdot t) - 2(r + t)$ |

(续)

| 弯曲形式           | 简 图 | 计 算 公 式                                                                                                    |
|----------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 单角弯曲<br>(交点尺寸) |     | $L = l_1 + l_2 + \frac{\pi(180^\circ - \alpha)}{180^\circ}(r + x \cdot t) - 2\cot \frac{\alpha}{2}(r + t)$ |

表 9 - 12 V 形弯曲 90°时圆角部分中性层弧长

单位 mm

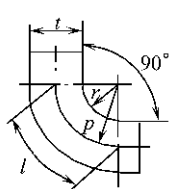
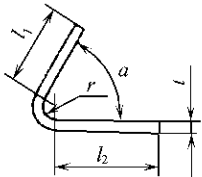
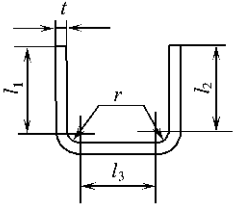
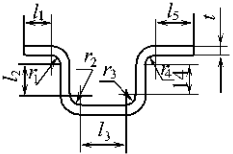
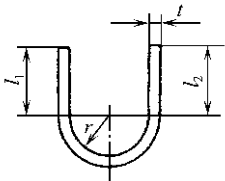
| $\frac{r}{t}$ | 0.1  | 0.2  | 0.3  | 0.5  | 0.8  | 1.0  | 1.2  | 1.5  | 2    | 2.5  | 3    | 4    | 5     | 6     | 8     | 10    | 12    | 15    | 20                                                                                  | 25    | 30    | 35    | 40    | 45    | 50    | 63     | 80     | 100    |  |  |  |  |  |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--|--|--|--|--|
| 0.15          | 0.28 | 0.34 | 0.57 | 0.90 | 1.37 | 1.69 | 2.00 | 2.47 |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |  |       |       |       |       |       |       |        |        |        |  |  |  |  |  |
| 0.20          | 0.35 | 0.41 | 0.58 | 0.92 | 1.41 | 1.73 | 2.04 | 2.51 | 3.30 |      |      |      |       |       |       |       |       |       |                                                                                     |       |       |       |       |       |       |        |        |        |  |  |  |  |  |
| 0.25          | 0.46 | 0.48 | 0.60 | 0.94 | 1.44 | 1.76 | 2.08 | 2.55 | 3.34 | 4.12 |      |      |       |       |       |       |       |       |                                                                                     |       |       |       |       |       |       |        |        |        |  |  |  |  |  |
| 0.3           | 0.50 | 0.55 | 0.61 | 0.96 | 1.46 | 1.79 | 2.11 | 2.59 | 3.38 | 4.16 | 4.95 |      |       |       |       |       |       |       |                                                                                     |       |       |       |       |       |       |        |        |        |  |  |  |  |  |
| 0.4           |      | 0.70 | 0.64 | 1.00 | 1.51 | 1.84 | 2.17 | 2.65 | 3.46 | 4.24 | 5.03 | 6.60 |       |       |       |       |       |       |                                                                                     |       |       |       |       |       |       |        |        |        |  |  |  |  |  |
| 0.5           |      | 0.85 | 0.67 | 1.02 | 1.55 | 1.88 | 2.22 | 2.72 | 3.52 | 4.32 | 5.12 | 6.68 | 8.25  |       |       |       |       |       |                                                                                     |       |       |       |       |       |       |        |        |        |  |  |  |  |  |
| 0.6           |      | 1.00 | 0.70 | 1.05 | 1.58 | 1.92 | 2.26 | 2.76 | 3.59 | 4.38 | 5.18 | 6.75 | 8.33  | 9.90  |       |       |       |       |                                                                                     |       |       |       |       |       |       |        |        |        |  |  |  |  |  |
| 0.8           |      |      |      | 1.10 | 1.63 | 1.99 | 2.34 | 2.85 | 3.68 | 4.51 | 5.31 | 6.91 | 8.48  | 10.05 | 13.19 |       |       |       |                                                                                     |       |       |       |       |       |       |        |        |        |  |  |  |  |  |
| 0.9           |      |      |      | 1.13 | 1.65 | 2.02 | 2.37 | 2.89 | 3.72 | 4.56 | 5.38 | 6.98 | 8.56  | 10.13 | 13.27 |       |       |       |                                                                                     |       |       |       |       |       |       |        |        |        |  |  |  |  |  |
| 1.0           |      |      |      | 1.16 | 1.69 | 2.04 | 2.40 | 2.92 | 3.77 | 4.60 | 5.43 | 7.04 | 8.64  | 10.21 | 13.35 | 16.49 |       |       |                                                                                     |       |       |       |       |       |       |        |        |        |  |  |  |  |  |
| 1.2           |      |      |      |      | 1.74 | 2.09 | 2.45 | 2.99 | 3.85 | 4.68 | 5.52 | 7.16 | 8.76  | 10.37 | 13.51 | 16.65 |       |       |                                                                                     |       |       |       |       |       |       |        |        |        |  |  |  |  |  |
| 1.5           |      |      |      |      | 1.83 | 2.18 | 2.53 | 3.06 | 3.95 | 4.82 | 5.65 | 7.32 | 8.97  | 10.56 | 13.74 | 16.89 | 20.03 | 24.74 |                                                                                     |       |       |       |       |       |       |        |        |        |  |  |  |  |  |
| 1.75          |      |      |      |      |      | 2.25 | 2.59 | 3.13 | 4.02 | 4.90 | 5.75 | 7.41 | 9.09  | 10.74 | 13.92 | 17.08 | 20.22 | 24.94 |                                                                                     |       |       |       |       |       |       |        |        |        |  |  |  |  |  |
| 2.0           |      |      |      |      |      | 2.32 | 2.67 | 3.20 | 4.08 | 4.98 | 5.84 | 7.54 | 9.20  | 10.87 | 14.07 | 17.28 | 20.48 | 25.13 | 32.99                                                                               |       |       |       |       |       |       |        |        |        |  |  |  |  |  |
| 2.5           |      |      |      |      |      | 2.83 | 3.34 | 4.22 | 5.10 | 6.00 | 7.74 | 9.42 | 11.09 | 14.40 | 17.59 | 20.80 | 25.53 | 33.38 | 41.23                                                                               |       |       |       |       |       |       |        |        |        |  |  |  |  |  |
| 3.0           |      |      |      |      |      |      | 3.49 | 4.35 | 5.24 | 6.13 | 7.90 | 9.64 | 11.31 | 14.64 | 17.92 | 21.11 | 25.92 | 33.77 | 41.63                                                                               |       |       |       |       |       |       |        |        |        |  |  |  |  |  |
| 3.5           |      |      |      |      |      |      |      | 4.50 | 5.36 | 6.26 | 8.05 | 9.80 | 11.50 | 14.82 | 18.18 | 21.49 | 26.23 | 34.16 | 42.02                                                                               | 49.87 |       |       |       |       |       |        |        |        |  |  |  |  |  |
| 4.0           |      |      |      |      |      |      |      |      | 4.65 | 5.52 | 6.40 | 8.17 | 9.96  | 11.69 | 15.08 | 18.41 | 21.74 | 26.55 | 34.56                                                                               | 42.41 | 50.27 | 58.12 | 65.97 |       |       |        |        |        |  |  |  |  |  |
| 4.5           |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 5.66 | 6.53 | 8.28 | 10.12 | 11.85 | 15.27 | 18.64 | 21.95 | 26.86 | 34.87                                                                               | 42.80 | 50.66 | 58.51 | 66.37 | 74.22 |       |        |        |        |  |  |  |  |  |
| 5.0           |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 5.81 | 6.68 | 8.44 | 10.21 | 12.01 | 15.47 | 18.85 | 22.18 | 27.17 | 35.19                                                                               | 43.20 | 51.05 | 58.97 | 66.76 | 74.61 | 82.47 |        |        |        |  |  |  |  |  |
| 5.5           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6.82 | 8.57 | 10.32 | 12.15 | 15.63 | 19.03 | 22.43 | 27.40 | 35.58                                                                               | 43.51 | 51.44 | 59.30 | 67.15 | 75.01 | 82.86 |        |        |        |  |  |  |  |  |
| 6             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6.97 | 8.71 | 10.48 | 12.25 | 15.80 | 19.29 | 22.62 | 27.61 | 35.85                                                                               | 43.83 | 51.84 | 59.69 | 67.54 | 75.40 | 83.25 |        |        |        |  |  |  |  |  |
| 7             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9.00 | 10.73 | 12.50 | 16.11 | 19.60 | 23.00 | 28.07 | 36.36                                                                               | 44.55 | 52.40 | 60.48 | 68.33 | 76.18 | 84.04 | 104.46 |        |        |  |  |  |  |  |
| 8             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9.30 | 11.02 | 12.79 | 16.34 | 19.92 | 23.37 | 28.48 | 36.82                                                                               | 45.4  | 53.15 | 61.14 | 69.12 | 76.97 | 84.82 | 105.24 | 131.95 |        |  |  |  |  |  |
| 9             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 11.32 | 13.06 | 16.55 | 20.18 | 23.70 | 28.86 | 37.24                                                                               | 45.63 | 53.63 | 61.76 | 69.74 | 77.75 | 85.61 | 106.03 | 132.73 |        |  |  |  |  |  |
| 10            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 11.62 | 13.35 | 16.88 | 20.42 | 24.03 | 29.23 | 37.70                                                                               | 46.02 | 54.35 | 62.36 | 70.69 | 78.38 | 86.39 | 106.81 | 133.52 | 164.93 |  |  |  |  |  |

表 9 - 13 弯曲角  $90^\circ$  时求差值  $v$  的表

单位 mm

| $\frac{r}{t}$ | 0.1   | 0.2   | 0.3   | 0.5   | 0.8   | 1.0   | 1.2   | 1.5   | 2     | 2.5   | 3     | 4     | 5     | 6     | 8     | 10    | 12    | 15    | 20    | 25    | 30     | 35     | 40     | 45     | 50     | 63     | 80     | 100    |        |        |        |        |        |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0.15          | +0.02 | -0.01 | -0.03 | -0.10 | -0.23 | -0.31 | -0.40 | -0.53 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 0.20          | +0.03 | +0.01 | -0.02 | -0.08 | -0.19 | -0.27 | -0.36 | -0.49 | -0.70 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 0.25          | +0.04 | +0.02 | 0.00  | -0.06 | -0.16 | -0.24 | -0.32 | -0.45 | -0.66 | -0.88 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 0.3           | +0.04 | +0.03 | +0.01 | -0.04 | -0.14 | -0.21 | -0.29 | -0.41 | -0.62 | -0.84 | -1.05 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 0.4           |       | +0.06 | +0.04 | +0.00 | -0.09 | -0.16 | -0.23 | -0.35 | -0.54 | -0.76 | -0.97 | -1.40 |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 0.5           |       | +0.08 | +0.07 | +0.02 | -0.06 | -0.12 | -0.18 | -0.28 | -0.48 | -0.68 | -0.88 | -1.32 | -1.75 |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 0.6           |       |       | +0.10 | +0.05 | -0.02 | -0.07 | -0.14 | -0.24 | -0.41 | -0.62 | -0.82 | -1.25 | -1.67 | -2.10 |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 0.8           |       |       |       | +0.10 | +0.03 | -0.01 | -0.06 | -0.15 | -0.32 | -0.49 | -0.69 | -1.09 | -1.52 | -1.95 | -2.81 |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 0.9           |       |       |       | +0.13 | +0.06 | +0.02 | -0.03 | -0.11 | -0.27 | -0.44 | -0.62 | -1.02 | -1.44 | -1.87 | -2.73 |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 1.0           |       |       |       | +0.16 | +0.09 | +0.04 | +0.00 | -0.08 | -0.23 | -0.40 | -0.57 | -0.96 | -1.36 | -1.79 | -2.65 | -3.51 |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 1.2           |       |       |       |       | +0.14 | +0.09 | +0.05 | -0.01 | -0.15 | -0.31 | -0.48 | -0.84 | -1.24 | -1.63 | -2.49 | -3.35 |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 1.5           |       |       |       |       | +0.23 | +0.18 | +0.13 | +0.06 | -0.05 | -0.18 | -0.27 | -0.68 | -1.01 | -1.44 | -2.26 | -8.11 | -3.97 | -5.26 |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 1.75          |       |       |       |       |       | +0.25 | +0.19 | +0.13 | +0.03 | -0.10 | -0.25 | -0.58 | -0.91 | -1.26 | -2.08 | -2.92 | -3.78 | -5.06 |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 2.0           |       |       |       |       |       | +0.32 | +0.27 | +0.20 | +0.08 | -0.02 | -0.16 | -0.46 | -0.80 | -1.13 | -1.93 | -2.72 | -3.58 | -4.87 | -7.01 |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 2.5           |       |       |       |       |       |       | +0.43 | +0.34 | +0.22 | +0.11 | +0.01 | -0.26 | -0.58 | -0.91 | -1.61 | -2.41 | -3.20 | -4.47 | -6.62 | -8.77 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 3.0           |       |       |       |       |       |       |       | +0.49 | +0.35 | +0.24 | +0.13 | -0.10 | -0.36 | -0.69 | -1.36 | -2.08 | -2.89 | -4.08 | -6.23 | -8.37 | -10.51 | -12.66 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 3.5           |       |       |       |       |       |       |       |       | +0.50 | +0.36 | +0.26 | +0.05 | -0.21 | -0.50 | -1.18 | -1.82 | -2.51 | -3.77 | -5.84 | -7.98 | -10.13 | -12.27 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 4.0           |       |       |       |       |       |       |       |       |       | +0.65 | +0.51 | +0.40 | +0.17 | -0.04 | -0.31 | -0.92 | -1.59 | -2.26 | -3.45 | -5.44 | -7.59  | -9.73  | -11.88 | -14.03 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 4.5           |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | +0.66 | +0.52 | +0.28 | +0.09 | -0.15 | -0.73 | -1.36 | -2.04 | -3.14 | -5.13 | -7.20  | 9.34   | -11.49 | -13.63 | -15.88 |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 5.0           |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | +0.81 | +0.68 | +0.44 | +0.21 | +0.02 | -0.53 | -1.15 | -1.82 | -2.83 | -4.81  | -6.08  | -8.95  | -11.09 | -13.24 | -15.39 | -17.53 |        |        |        |        |        |        |
| 5.5           |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | +0.82 | +0.57 | +0.32 | +0.15 | -0.37 | -0.96 | -1.59 | -2.60 | -4.42  | -6.49  | -8.60  | -10.70 | -12.85 | -14.99 | -17.44 |        |        |        |        |        |        |
| 6             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | +0.97 | +0.70 | +0.47 | +0.25 | -0.20 | -0.73 | -1.38 | -2.39  | -4.11  | -6.17  | -8.16  | -10.31 | -12.46 | -14.60 | -16.75 |        |        |        |        |        |
| 7             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | +1.00 | +0.73 | +0.51 | +0.11 | -0.41 | -0.99 | -1.93  | -3.64  | -5.45  | -7.59  | -9.52  | -11.67 | -13.82 | -15.96 | -21.54 |        |        |        |        |
| 8             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | +1.30 | +1.03 | +0.80 | +0.34 | -0.08 | -0.63  | -1.52  | -3.18  | -4.89  | -6.97  | -8.86  | -10.88 | -13.03 | -15.18 | -20.76 | -28.05 |        |        |
| 9             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | +1.32 | +1.06 | +0.55 | +0.19 | -0.30  | -1.14  | -2.73  | -4.44  | -6.37  | -8.24  | -10.26 | -12.25 | -14.39 | -19.97 | -27.27 |        |        |
| 10            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | +1.62 | +1.35 | +0.89 | +0.42  | +0.03  | -0.77  | -2.30  | -3.98  | -5.65  | -7.64  | -9.31  | -11.62 | -13.61 | -19.19 | -26.48 | -35.07 |

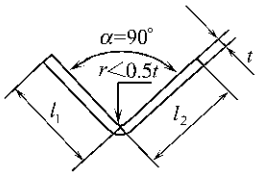
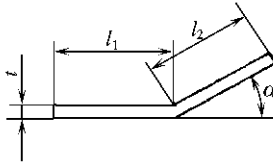
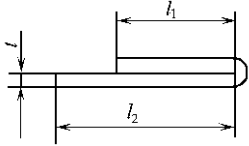
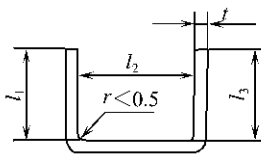
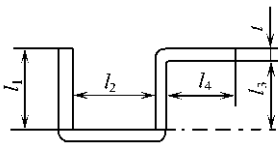
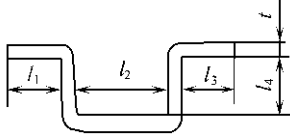
| 弯曲形式           | 简 图                                                                                 | 计 算 公 式                                                                                                                 |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 单角弯曲<br>(中心尺寸) |    | $L = l_1 + l_2 + \frac{\pi(180^\circ - \alpha)}{180^\circ}(r + x \cdot t)$                                              |
| 双直角弯曲          |    | $L = l_1 + l_2 + l_3 + \pi(r + x \cdot t)$                                                                              |
| 圆直角弯曲          |    | $L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + \frac{\pi}{2}(r_1 + r_2 + r_3 + r_4) + \frac{\pi}{2}(x_1 + x_2 + x_3 + x_4) \cdot t$ |
| 半圆弯曲           |  | $L = l_1 + l_2 + \pi(r + x \cdot t)$                                                                                    |

当弯曲 90°角时 ,圆角部分中性层弧长可从表 9 - 12 中查出。利用表 9 - 13 的差值 ,可更迅速地计算出毛坯展开长度。

2. 圆角半径  $r < 0.5t$  的弯曲件(表 9 - 14)

表 9 - 14 在  $r < 0.5t$  的弯曲中 求毛坯展开长度的公式 单位 mm

| 弯曲形式 | 简 图 | 计 算 公 式 |
|------|-----|---------|
|------|-----|---------|

| 弯曲形式 | 简 图                                                                                 | 计 算 公 式                                                                                            |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 单角弯曲 |    | $L = l_1 + l_2 + 0.5t$                                                                             |
|      |    | $L = l_1 + l_2 + \frac{\alpha}{90^\circ} \times 0.5t$                                              |
|      |    | $L = l_1 + l_2 + t$                                                                                |
| 双角弯曲 |   | $L = l_1 + l_2 + l_3 + 0.5t$                                                                       |
| 三角弯曲 |  | 同时弯三个角时：<br>$L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + 0.75t$<br>先弯两个角后弯另一角时：<br>$L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + t$ |
| 四角弯曲 |  | $L = l_1 + l_2 + l_3 + 2l_4 + t$                                                                   |

3. 铰链式弯曲件(表 9 - 15)

表 9 - 15 卷圆部分展开长度计算公式 单位 mm

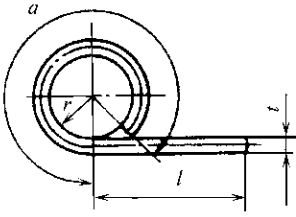
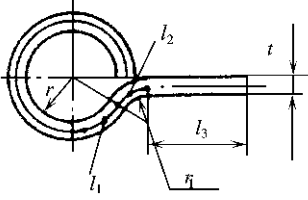
| 类 别            | 简 图                                                                               | 展开长度计算公式                                               |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 铰链卷圆           |  | $L = l + \frac{\pi \alpha}{180^\circ} (r + x \cdot t)$ |
| 吊环卷圆           |  | $L = 1.5 \pi (r + x \cdot t) + l_1 + l_2 + l_3$        |
| 注：x 值见表 9 - 16 |                                                                                   |                                                        |

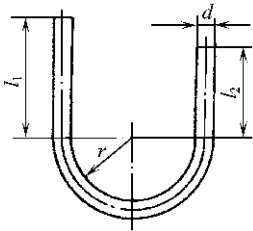
表 9 - 16 卷圆时中性层位移系数 x 值

|              |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| r/t          | 0.5  | 0.6  | 0.7  | 0.8  | 0.9  | 1.0  | 1.1  | 1.2  |
| x            | 0.72 | 0.70 | 0.69 | 0.67 | 0.65 | 0.63 | 0.61 | 0.59 |
| r/t          | 1.3  | 1.4  | 1.5  | 1.6  | 1.8  | 2.0  | 2.5  | ≥3.0 |
| x            | 0.57 | 0.56 | 0.55 | 0.54 | 0.53 | 0.52 | 0.51 | 0.50 |
| 注：表中数值适用于低碳钢 |      |      |      |      |      |      |      |      |

4. 棒料弯曲件(表 9 - 17)

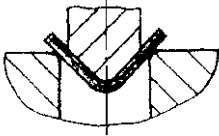
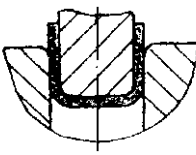
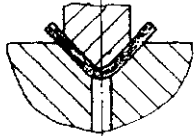
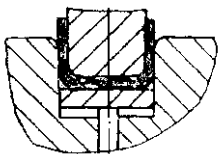
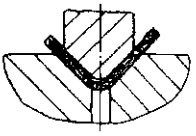
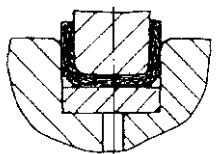
表 9 - 17 圆棒料弯曲时中性层  
位移系数  $x_2$  值

|       |      |      |      |      |
|-------|------|------|------|------|
| r/d   | ≥1.5 | 1    | 0.5  | 0.25 |
| $x_2$ | 0.5  | 0.51 | 0.53 | 0.55 |



三、弯曲力计算(表 9 - 18)

表 9 - 18 计算弯曲力的经验公式

| 弯曲方式   | 简 图                                                                                 | 经验公式                                   | 备 注                                                                                                                                                                                  |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 自由弯曲   |    | $P = \frac{0.8Bt^2\sigma_b}{r+t}$      | <p>式中：<br/>P——总弯曲力(N)；<br/>B——弯曲件宽度(mm)；<br/>t——料厚(mm)；<br/><math>\sigma_b</math>——抗拉强度(MPa)；<br/>r——内弯曲半径(mm)；<br/>F——校正部分投影面积(mm<sup>2</sup>)；<br/>q——单位校正压力(MPa)，其值见表 9 - 20。</p> |
|        |    | $P = \frac{0.9Bt^2\sigma_b}{r+t}$      |                                                                                                                                                                                      |
| 带压料的弯曲 |    | $P = \frac{1.4Bt^2\sigma_b}{r+t}$      |                                                                                                                                                                                      |
|        |  | $P = \frac{1.6Bt^2\sigma_b}{r+t}$      |                                                                                                                                                                                      |
| 带校正的弯曲 |  | $P = \frac{1.4Bt^2\sigma_b}{r+t} + Fq$ |                                                                                                                                                                                      |
|        |  | $P = \frac{1.6Bt^2\sigma_b}{r+t} + Fq$ |                                                                                                                                                                                      |



2. 凸模与凹模的间隙

当  $t \leq 1.5$  时

$z = t$

当  $t > 1.5$  时

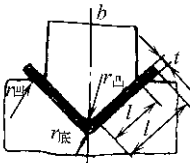
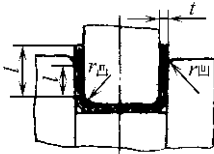
$z = t + \delta_t$

式中  $t$ ——材料厚度(mm)；  
 $z$ ——单边间隙(mm)；  
 $\delta_t$ ——料厚上偏差(mm)。

3. 凹模深度及圆角半径(表 9 - 21)

表 9 - 21 凹模圆角半径与凹模深度

单位 mm

| <div></div> |         |    |           |    |           |    |           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|
| 料厚 t                                                                                                                                                                          | 0 ~ 0.5 |    | 0.5 ~ 2.0 |    | 2.0 ~ 4.0 |    | 4.0 ~ 7.0 |    |
| 边长 L                                                                                                                                                                          | l       | r凹 | l         | r凹 | l         | r凹 | l         | r凹 |
| 10                                                                                                                                                                            | 6       | 3  | 10        | 3  | 10        | 4  |           |    |
| 20                                                                                                                                                                            | 8       | 3  | 12        | 4  | 15        | 5  | 20        | 8  |
| 35                                                                                                                                                                            | 12      | 4  | 15        | 5  | 20        | 6  | 25        | 8  |
| 50                                                                                                                                                                            | 15      | 5  | 20        | 6  | 25        | 8  | 30        | 10 |
| 75                                                                                                                                                                            | 20      | 6  | 25        | 8  | 30        | 10 | 35        | 12 |
| 100                                                                                                                                                                           |         |    | 30        | 10 | 35        | 12 | 40        | 15 |
| 150                                                                                                                                                                           |         |    | 35        | 12 | 40        | 15 | 50        | 20 |
| 200                                                                                                                                                                           |         |    | 45        | 15 | 55        | 20 | 65        | 25 |

五、卷圆模结构尺寸

1. 铰链卷圆模(图 9 - 6)
2. 吊环卷圆模(图 9 - 7、图 9 - 8)

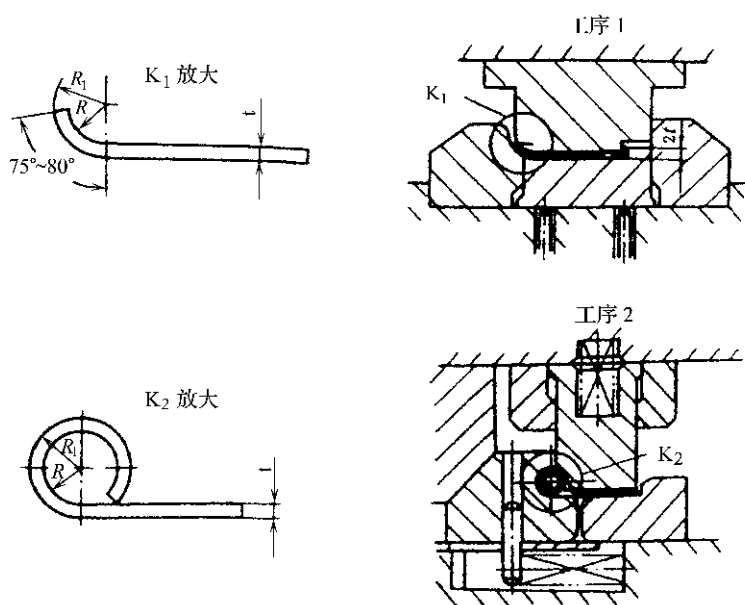


图 9 - 6 铰链卷圆的模具

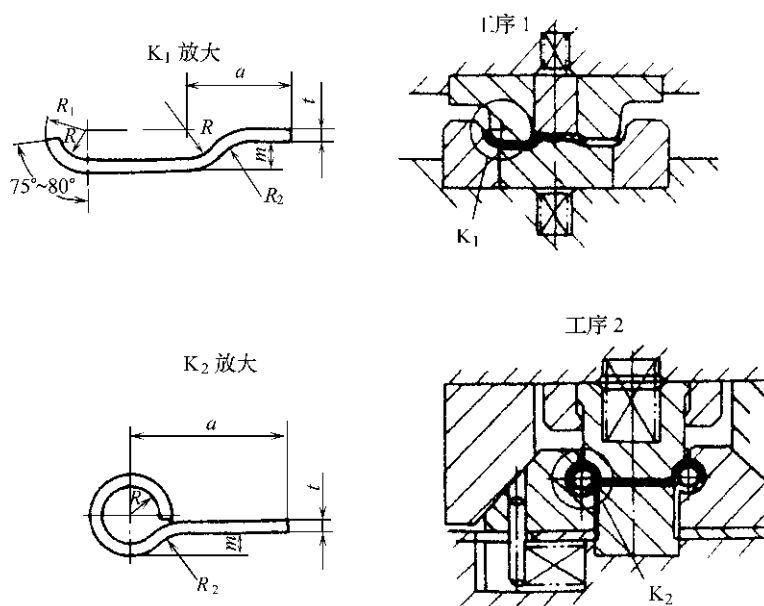


图 9 - 7 吊环卷圆的模具(二工序)

当  $R \geq 4t$  时,或对卷圆内径  $R$  寸要求高时,可采用芯棒卷圆。

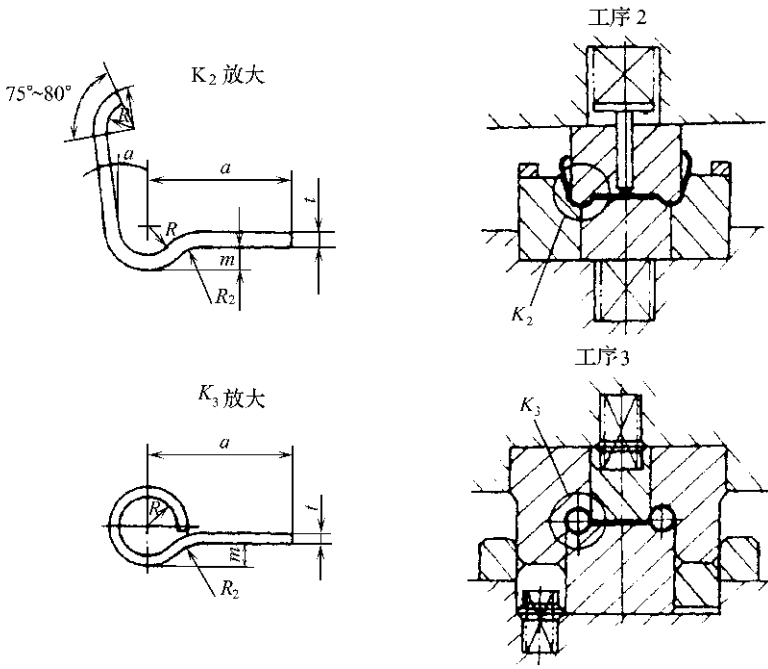


图 9-8 吊环卷圆的模(三工序)(工序 1 与图 9-7 同)

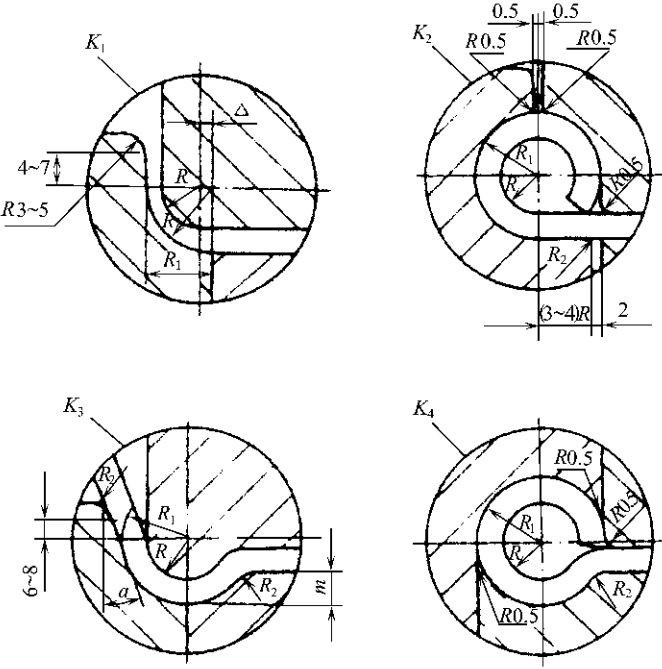


图 9-9 预弯及卷圆模的工作部分

3. 预弯及卷圆模的工作部分(图 9 - 9)

表 9 - 22 偏移量  $\Delta$  值

单位 mm

| 料厚 $t$       | 1   | 1.5  | 2   | 2.5  | 3    | 3.5  | 4    | 4.5  | 5    | 5.5  | 6    |
|--------------|-----|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 偏移量 $\Delta$ | 0.3 | 0.35 | 0.4 | 0.45 | 0.48 | 0.50 | 0.52 | 0.60 | 0.60 | 0.65 | 0.65 |

6. 弯曲模减少回弹的几种常见形式(图 9 - 10)

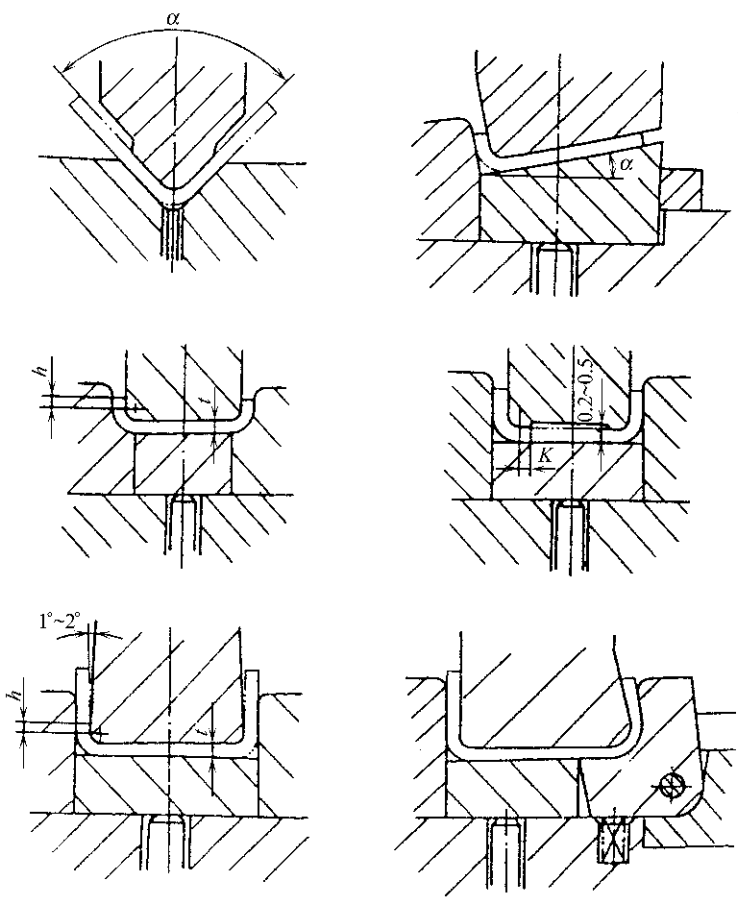


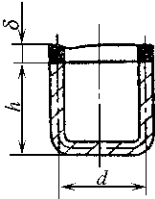
图 9 - 10 减少回弹的几种形式

第三节 拉伸工艺参数

一、无法兰(凸缘)圆筒形件的拉伸

1. 修边余量(表 9 - 23)

表 9 - 23 无凸缘圆筒形拉伸件的修边余量  $\delta$       单位 mm

| 工件高度 h     | 工件的相对高度 h/d |            |            |          | 附 图                                                                                |
|------------|-------------|------------|------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------|
|            | >0.5 ~ 0.8  | >0.8 ~ 1.6 | >1.6 ~ 2.5 | >2.5 ~ 4 |                                                                                    |
| ≤10        | 1.0         | 1.2        | 1.5        | 2        |  |
| >10 ~ 20   | 1.2         | 1.6        | 2          | 2.5      |                                                                                    |
| >20 ~ 50   | 2           | 2.5        | 3.3        | 4        |                                                                                    |
| >50 ~ 100  | 3           | 3.8        | 5          | 6        |                                                                                    |
| >100 ~ 150 | 4           | 5          | 6.5        | 8        |                                                                                    |
| >150 ~ 200 | 5           | 6.3        | 8          | 10       |                                                                                    |
| >200 ~ 250 | 6           | 7.5        | 9          | 11       |                                                                                    |
| >250       | 7           | 8.5        | 10         | 12       |                                                                                    |

2. 毛坯直径计算

$$D = \sqrt{d^2 - 1.72dr - 0.56r^2} + 4dh$$

式中 D——毛坯直径(mm)；  
d——工件直径(mm)；  
r——工件圆角半径(mm)；  
h——工件高度(加上修边余量)(mm)。

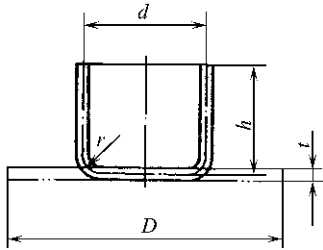


图 9 - 11 无法兰圆筒形拉伸件

3. 拉伸系数(表 9 - 24 ~ 表 9 - 26)

表 9 - 24 无凸缘筒形件用压边圈拉伸时的拉伸系数

| 拉伸系数           | 毛坯相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$ |             |             |             |             |              |
|----------------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
|                | 2 ~ 1.5                         | <1.5 ~ 1.0  | <1.0 ~ 0.6  | <0.6 ~ 0.3  | <0.3 ~ 0.15 | <0.15 ~ 0.08 |
| m <sub>1</sub> | 0.48 ~ 0.50                     | 0.50 ~ 0.53 | 0.53 ~ 0.55 | 0.55 ~ 0.58 | 0.58 ~ 0.60 | 0.60 ~ 0.63  |
| m <sub>2</sub> | 0.73 ~ 0.75                     | 0.75 ~ 0.76 | 0.76 ~ 0.78 | 0.78 ~ 0.79 | 0.79 ~ 0.80 | 0.80 ~ 0.82  |
| m <sub>3</sub> | 0.76 ~ 0.78                     | 0.78 ~ 0.79 | 0.79 ~ 0.80 | 0.80 ~ 0.81 | 0.81 ~ 0.82 | 0.82 ~ 0.84  |
| m <sub>4</sub> | 0.78 ~ 0.80                     | 0.80 ~ 0.81 | 0.81 ~ 0.82 | 0.82 ~ 0.83 | 0.83 ~ 0.85 | 0.85 ~ 0.86  |

| 拉伸<br>系数       | 毛坯相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$ |             |             |             |             |              |
|----------------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
|                | 2 ~ 1.5                         | <1.5 ~ 1.0  | <1.0 ~ 0.6  | <0.6 ~ 0.3  | <0.3 ~ 0.15 | <0.15 ~ 0.08 |
| m <sub>5</sub> | 0.80 ~ 0.82                     | 0.82 ~ 0.84 | 0.84 ~ 0.85 | 0.85 ~ 0.87 | 0.86 ~ 0.87 | 0.87 ~ 0.88  |

注 1. 凹模圆角半径大时( $r_{凹} = 8t \sim 15t$ ) ,拉伸系数取小值 ,凹模圆角半径小时( $r_{凹} = 4t \sim 8t$ ) ,拉伸系数取大值 ;

2. 表中拉伸系数适用于 08、10S、15S 钢与软黄铜 H62、H68。当拉伸塑性更大的金属时(05、08Z 及 10Z 钢、铝等) ,应比表中数值减小(1.5 ~ 2)%。而当拉伸塑性较小的金属时(20、25、A2、A3、酸洗钢、硬铝、硬黄铜等) ,应比表中数值增大(1.5 ~ 2)% (符号 S 为深拉伸钢 ,Z 为最深拉伸钢)

表 9 - 25 无凸缘筒形件不用压边圈拉伸时的拉伸系数

| 材料相对厚度<br>$\frac{t}{D} \times 100$ | 各 次 拉 伸 系 数    |                |                |                |                |                |
|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                                    | m <sub>1</sub> | m <sub>2</sub> | m <sub>3</sub> | m <sub>4</sub> | m <sub>5</sub> | m <sub>6</sub> |
| 0.4                                | 0.90           | 0.92           | —              | —              | —              | —              |
| 0.6                                | 0.85           | 0.90           | —              | —              | —              | —              |
| 0.8                                | 0.80           | 0.88           | —              | —              | —              | —              |
| 1.0                                | 0.75           | 0.85           | 0.90           | —              | —              | —              |
| 1.5                                | 0.65           | 0.80           | 0.84           | 0.87           | 0.90           | —              |
| 2.0                                | 0.60           | 0.75           | 0.80           | 0.84           | 0.87           | 0.90           |
| 2.5                                | 0.55           | 0.75           | 0.80           | 0.84           | 0.87           | 0.90           |
| 3.0                                | 0.53           | 0.75           | 0.80           | 0.84           | 0.87           | 0.90           |
| 3 以上                               | 0.50           | 0.70           | 0.75           | 0.78           | 0.82           | 0.85           |

注 :此表适用于 08、10 及 15Mn 等材料

表 9 - 26 其他金属材料的拉伸系数

| 材 料 名 称  | 牌 号           | 第一次拉伸 m <sub>1</sub> | 以后各次拉伸 m <sub>n</sub> |
|----------|---------------|----------------------|-----------------------|
| 铝和铝合金    | L6M、L4M、LF21M | 0.52 ~ 0.55          | 0.70 ~ 0.75           |
| 杜拉铝      | LY12M、LY11M   | 0.56 ~ 0.58          | 0.75 ~ 0.80           |
| 黄铜       | H62           | 0.52 ~ 0.54          | 0.70 ~ 0.72           |
|          | H68           | 0.50 ~ 0.52          | 0.68 ~ 0.72           |
| 紫铜       | T2、T3、T4      | 0.50 ~ 0.55          | 0.72 ~ 0.80           |
| 无氧铜      |               | 0.50 ~ 0.58          | 0.75 ~ 0.82           |
| 镍、镁镍、硅镍  |               | 0.48 ~ 0.53          | 0.70 ~ 0.75           |
| 康铜(铜镍合金) |               | 0.50 ~ 0.56          | 0.74 ~ 0.84           |

| 材 料 名 称 | 牌 号                 | 第一次拉伸 $m_1$ | 以后各次拉伸 $m_n$ |
|---------|---------------------|-------------|--------------|
| 白铁皮     |                     | 0.58 ~ 0.65 | 0.80 ~ 0.85  |
| 酸洗钢板    |                     | 0.54 ~ 0.58 | 0.75 ~ 0.78  |
| 不 锈 钢   | Cr13                | 0.52 ~ 0.56 | 0.75 ~ 0.78  |
|         | Cr18Ni              | 0.50 ~ 0.52 | 0.70 ~ 0.75  |
|         | 1Cr18Ni9Ti          | 0.52 ~ 0.55 | 0.78 ~ 0.81  |
|         | Cr18Ni11Nb、Cr23Ni18 | 0.52 ~ 0.55 | 0.78 ~ 0.80  |
| 镍铬合金    | Cr20Ni80Ti          | 0.54 ~ 0.59 | 0.78 ~ 0.84  |
| 合金结构钢   | 30CrMnSiA           | 0.62 ~ 0.70 | 0.80 ~ 0.84  |
| 可伐合金    |                     | 0.65 ~ 0.67 | 0.85 ~ 0.90  |
| 钼钛合金    |                     | 0.72 ~ 0.82 | 0.91 ~ 0.97  |

(续)

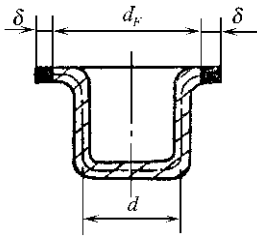
| 材 料 名 称                                                                                                                                                                                                                                                     | 牌 号     | 第一次拉伸 $m_1$ | 以后各次拉伸 $m_n$ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------|--------------|
| 钽                                                                                                                                                                                                                                                           |         | 0.65 ~ 0.67 | 0.84 ~ 0.87  |
| 铌                                                                                                                                                                                                                                                           |         | 0.65 ~ 0.67 | 0.84 ~ 0.87  |
|                                                                                                                                                                                                                                                             | TA2、TA3 | 0.58 ~ 0.60 | 0.80 ~ 0.85  |
| 钛及钛合金                                                                                                                                                                                                                                                       | TA5     | 0.60 ~ 0.65 | 0.80 ~ 0.85  |
| 锌                                                                                                                                                                                                                                                           |         | 0.65 ~ 0.70 | 0.85 ~ 0.90  |
| <p>注：1. 凹模圆角半径 <math>r_{凹} &lt; 6t</math> 时拉伸系数取大值；<br/>凹模圆角半径 <math>r_{凹} \geq (7 \sim 8)t</math> 时拉伸系数取小值。</p> <p>2. 材料相对厚度 <math>\frac{t}{D} \times 100 \geq 0.62</math> 时拉伸系数取小值；<br/>材料相对厚度 <math>\frac{t}{D} \times 100 &lt; 0.62</math> 时拉伸系数取大值</p> |         |             |              |

二、有法兰(凸缘)圆筒形件的拉伸

1. 修边余量(表 9 - 27)

表 9 - 27 有凸缘圆筒形拉伸件的修边余量  $\delta$

| 凸缘直径<br>$d_F$ /mm | 凸缘的相对直径 $d_F/d$ |           |           |       | 附 图 |
|-------------------|-----------------|-----------|-----------|-------|-----|
|                   | 1.5 以下          | > 1.5 ~ 2 | > 2 ~ 2.5 | > 2.5 |     |

|            |     |     |     |     |                                                                                    |
|------------|-----|-----|-----|-----|------------------------------------------------------------------------------------|
| ≤25        | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 |  |
| >25 ~ 50   | 2.5 | 2.0 | 1.8 | 1.6 |                                                                                    |
| >50 ~ 100  | 3.5 | 3.0 | 2.5 | 2.2 |                                                                                    |
| >100 ~ 150 | 4.3 | 3.6 | 3.0 | 2.5 |                                                                                    |
| >150 ~ 200 | 5.0 | 4.2 | 3.5 | 2.7 |                                                                                    |
| >200 ~ 250 | 5.5 | 4.6 | 3.8 | 2.8 |                                                                                    |
| >250       | 6   | 5   | 4   | 3   |                                                                                    |

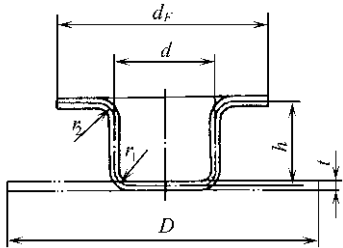


图 9 - 12 有法兰圆筒形拉伸件

2. 毛坯直径计算(图 9 - 12)

$$D = \sqrt{d_F^2 - 1.72d(r_1 + r_2) - 0.56(r_1^2 - r_2^2) + 4dh}$$

式中 D——毛坯直径(mm)；  
d<sub>F</sub>——法兰直径(包括修边余量)(mm)；  
d——拉伸直径(mm)；  
r<sub>1</sub>、r<sub>2</sub>——圆角半径(mm)；  
h——拉伸高度(mm)。

3. 拉伸系数和最大拉伸高度(表 9 - 28 ~ 表 9 - 30)

表 9 - 28 带法兰筒形件第一次拉伸时的拉伸系数[ m<sub>F1</sub> ]

| 法兰相对直径<br>$\frac{d_F}{d_1}$ | 毛坯相对厚度 $\frac{t}{D_0} \times 100$ |            |            |            |      |
|-----------------------------|-----------------------------------|------------|------------|------------|------|
|                             | >0.06 ~ 0.2                       | >0.2 ~ 0.5 | >0.5 ~ 1.0 | >1.0 ~ 1.5 | >1.5 |
| ≤1.1                        | 0.59                              | 0.57       | 0.55       | 0.53       | 0.50 |
| >1.1 ~ 1.3                  | 0.55                              | 0.54       | 0.53       | 0.51       | 0.49 |
| >1.3 ~ 1.5                  | 0.52                              | 0.51       | 0.50       | 0.49       | 0.47 |
| >1.5 ~ 1.8                  | 0.48                              | 0.48       | 0.47       | 0.46       | 0.45 |
| >1.8 ~ 2.0                  | 0.45                              | 0.45       | 0.44       | 0.43       | 0.42 |
| >2.0 ~ 2.2                  | 0.42                              | 0.42       | 0.42       | 0.41       | 0.40 |

| 法兰相对直径<br>$\frac{d_F}{d_1}$ | 毛坯相对厚度 $\frac{t}{D_0} \times 100$ |             |             |             |       |
|-----------------------------|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------|
|                             | > 0.06 ~ 0.2                      | > 0.2 ~ 0.5 | > 0.5 ~ 1.0 | > 1.0 ~ 1.5 | > 1.5 |
| > 2.2 ~ 2.5                 | 0.38                              | 0.38        | 0.38        | 0.38        | 0.37  |
| > 2.5 ~ 2.8                 | 0.35                              | 0.35        | 0.34        | 0.34        | 0.33  |
| > 2.8 ~ 3.0                 | 0.33                              | 0.33        | 0.32        | 0.32        | 0.31  |
| 注：适用于 08、10 号钢              |                                   |             |             |             |       |

表 9 - 29 带法兰筒形件第一次拉伸的最大相对高度 $\left[\frac{h_1}{d_1}\right]$

| 法兰相对直径<br>$\frac{d_F}{d_1}$                                                                                           | 毛坯相对厚度 $\frac{1}{D_0} \times 100$ |             |             |             |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                                                                                                       | > 0.06 ~ 0.2                      | > 0.2 ~ 0.5 | > 0.5 ~ 1   | > 1 ~ 1.5   | > 1.5       |
| ≤ 1.1                                                                                                                 | 0.45 ~ 0.52                       | 0.50 ~ 0.62 | 0.57 ~ 0.70 | 0.60 ~ 0.80 | 0.75 ~ 0.90 |
| > 1.1 ~ 1.3                                                                                                           | 0.40 ~ 0.47                       | 0.45 ~ 0.53 | 0.50 ~ 0.60 | 0.56 ~ 0.72 | 0.65 ~ 0.80 |
| > 1.3 ~ 1.5                                                                                                           | 0.35 ~ 0.42                       | 0.40 ~ 0.48 | 0.45 ~ 0.53 | 0.50 ~ 0.63 | 0.58 ~ 0.70 |
| > 1.5 ~ 1.8                                                                                                           | 0.29 ~ 0.35                       | 0.34 ~ 0.39 | 0.37 ~ 0.44 | 0.42 ~ 0.53 | 0.48 ~ 0.58 |
| > 1.8 ~ 2.0                                                                                                           | 0.25 ~ 0.30                       | 0.29 ~ 0.34 | 0.32 ~ 0.38 | 0.36 ~ 0.46 | 0.42 ~ 0.51 |
| > 2.0 ~ 2.2                                                                                                           | 0.22 ~ 0.26                       | 0.25 ~ 0.29 | 0.27 ~ 0.33 | 0.31 ~ 0.40 | 0.35 ~ 0.45 |
| > 2.2 ~ 2.5                                                                                                           | 0.17 ~ 0.21                       | 0.20 ~ 0.23 | 0.22 ~ 0.27 | 0.25 ~ 0.32 | 0.28 ~ 0.35 |
| > 2.5 ~ 2.8                                                                                                           | 0.13 ~ 0.16                       | 0.15 ~ 0.18 | 0.17 ~ 0.21 | 0.19 ~ 0.24 | 0.22 ~ 0.27 |
| > 2.8 ~ 3.0                                                                                                           | 0.10 ~ 0.13                       | 0.12 ~ 0.15 | 0.14 ~ 0.17 | 0.16 ~ 0.20 | 0.18 ~ 0.22 |
| 注：1. 适用于 08、10 号钢；<br>2. 较大值相应于零件圆角半径较大情况，即 $r_d、r_p$ 为 $(10 \sim 20)t$ ，较小值相应于零件圆角半径较小情况，即 $r_d、r_p$ 为 $(4 \sim 8)t$ |                                   |             |             |             |             |

表 9 - 30 带法兰筒形件以后各次的拉伸系数

| 拉伸系数<br>[ $m_n$ ] | 材料相对厚度 $t/D_0 \times 100$ |             |             |             |              |
|-------------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
|                   | 2 ~ 1.5                   | < 1.5 ~ 1.0 | < 1.0 ~ 0.6 | < 0.6 ~ 0.3 | < 0.3 ~ 0.15 |
| [ $m_2$ ]         | 0.73                      | 0.75        | 0.76        | 0.78        | 0.80         |
| [ $m_3$ ]         | 0.75                      | 0.78        | 0.79        | 0.80        | 0.82         |
| [ $m_4$ ]         | 0.78                      | 0.80        | 0.82        | 0.83        | 0.84         |
| [ $m_5$ ]         | 0.80                      | 0.82        | 0.84        | 0.85        | 0.86         |

| 拉伸系数<br>[ $m_n$ ]                     | 材料相对厚度 $t/D_0 \times 100$ |            |            |            |             |
|---------------------------------------|---------------------------|------------|------------|------------|-------------|
|                                       | 2 ~ 1.5                   | <1.5 ~ 1.0 | <1.0 ~ 0.6 | <0.6 ~ 0.3 | <0.3 ~ 0.15 |
| 注 在应用中间退火的情况下 ,可以将以后各次的拉伸系数减少 5% ~ 8% |                           |            |            |            |             |

4. 拉伸次数及工序尺寸的确定

(1) 工序设计原则

① 对于窄法兰( $d_F/d = 1.1 \sim 1.4$ )圆筒形件 ,可在前几次拉伸中不留法兰 ,先拉成圆筒形 ,而在以后的拉伸中形成锥形的法兰 ,最后将其校平。或者在缩小直径的过程中 ,留下连接法兰的圆角部分 ,在整形的前一工序先把法兰压成圆锥形 ,在整形工序中再压成平的法兰。

② 对于宽法兰( $d_F/d > 1.4$ )圆筒形件 ,应在第一次拉伸时就拉成工件所要求的法兰直径 ,而在以后各次拉伸中 ,法兰直径保持不变。当材料较薄时 ,用缩小圆筒直径来达到增加高度 ,这时 ,圆角半径基本不变 ;当材料较厚时 ,高度保持不变 ,用减小圆角半径来逐渐减小圆筒直径 ;当法兰大而圆角半径过小时 ,先以适当的圆角半径拉伸 ,然后按图纸尺寸整形 ;当法兰过大时 ,也可采用胀形法成形。

③ 为了保证在以后拉伸时法兰不产生变形 ,宽法兰拉伸件首次拉入凹模的材料 ,应比工件最后拉伸部分实际所需材料多 3% ~ 10% (按面积计算 ,拉伸次数多时取上限值 ,拉伸次数少时取下限值)。这些多余材料在以后各次拉伸中 ,逐次将 1.5% ~ 3% 的材料挤回到法兰部分 ,使法兰增厚 ,从而避免拉裂。

(2) 工序设计程序

① 选定修边余量(按表 9 - 27)。

② 预算毛坯直径[(按上述 2)计算]。

③ 从表 9 - 28 和表 9 - 30 查出各工序的拉伸系数  $m_1$ 、 $m_2$ 、 $m_3$  .....并预算各工序的拉伸直径  $d_1 = m_2 D$   $d_2 = m_2 d_1$   $d_3 = m_3 d_2$  .....通过计算 ,即可知道所需的拉伸次数。

④ 确定拉伸次数 ,并调整各工序的拉伸系数 ,使各工序变形程度的分配更合理。

⑤ 根据(A)工序设计原则 c ,重新计算毛坯直径  $D$ 。

⑥ 根据调整后的拉伸系数 ,再计算各工序的拉伸直径。

⑦ 选定各工序的圆角半径。

⑧ 计算第一工序拉伸高度 ,并校核第一次拉伸的相对高度应不大于表 9 - 29 的值。

⑨ 计算以后各工序的拉伸高度。

(3) 拉伸高度计算。

$$h_n = \frac{0.25}{d_n}(D^2 - d_F^2) + 0.43(r_{1n} + r_{2n}) + \frac{0.14}{d_n}(r_{1n}^2 - r_{2n}^2)$$

式中  $h_n$ ——第  $n$  次拉伸的拉伸高度(mm) ;  
 $d_n$ ——第  $n$  次拉伸的拉伸直径(mm) ;  
 $D$ ——毛坯直径(mm) ;  
 $d_F$ ——法兰直径(mm) ;  
 $r_{12}$ 、 $r_{2n}$ ——第  $n$  次拉伸工序的圆角半径(mm)。

三、连续拉伸

1. 分类及应用范围(表 9 - 31)

表 9 - 31 带料连续拉伸的分类及应用范围

| 分 类                                                                            | 图 示          | 应 用 范 围                                                                             | 特 点                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 无工艺切口                                                                          | 见图 9 - 13(a) | $\frac{t}{D} \times 100 > 1$<br>$\frac{d_F}{d} = 1.1 \sim 1.5$<br>$\frac{h}{d} < 1$ | 1. 这种方法拉伸时 相邻两个拉伸件之间互相影响,使得材料在纵向流动困难,主要靠材料的伸长<br>2. 拉伸系数比单工序大,拉伸工序数需增加<br>3. 节省材料      |
| 有工艺切口                                                                          | 见图 9 - 13(b) | $\frac{t}{D} \times 100 < 1$<br>$\frac{d_F}{d} = 1.3 \sim 1.8$<br>$\frac{h}{d} > 1$ | 1. 有了工艺切口,相似于有凸缘零件的拉伸,但由于相邻两个拉伸件间仍有部分材料相连,因此变形比单工序凸缘零件稍困难些<br>2. 拉伸系数略大于单工序拉伸<br>3. 费料 |
| 注 : $t$ ——材料厚度 ; $D$ ——包括修边余量的毛坯直径 ; $d_F$ ——凸缘直径 ; $d$ ——工件内径 ;<br>$h$ ——工件高度 |              |                                                                                     |                                                                                        |

2. 料宽和进距(表 9 - 32)

表 9 - 32 带料连续拉伸的料宽和进距计算公式

| 拉伸方法 | 图 示 | 料宽计算公式 | 进距计算公式 |
|------|-----|--------|--------|
|------|-----|--------|--------|

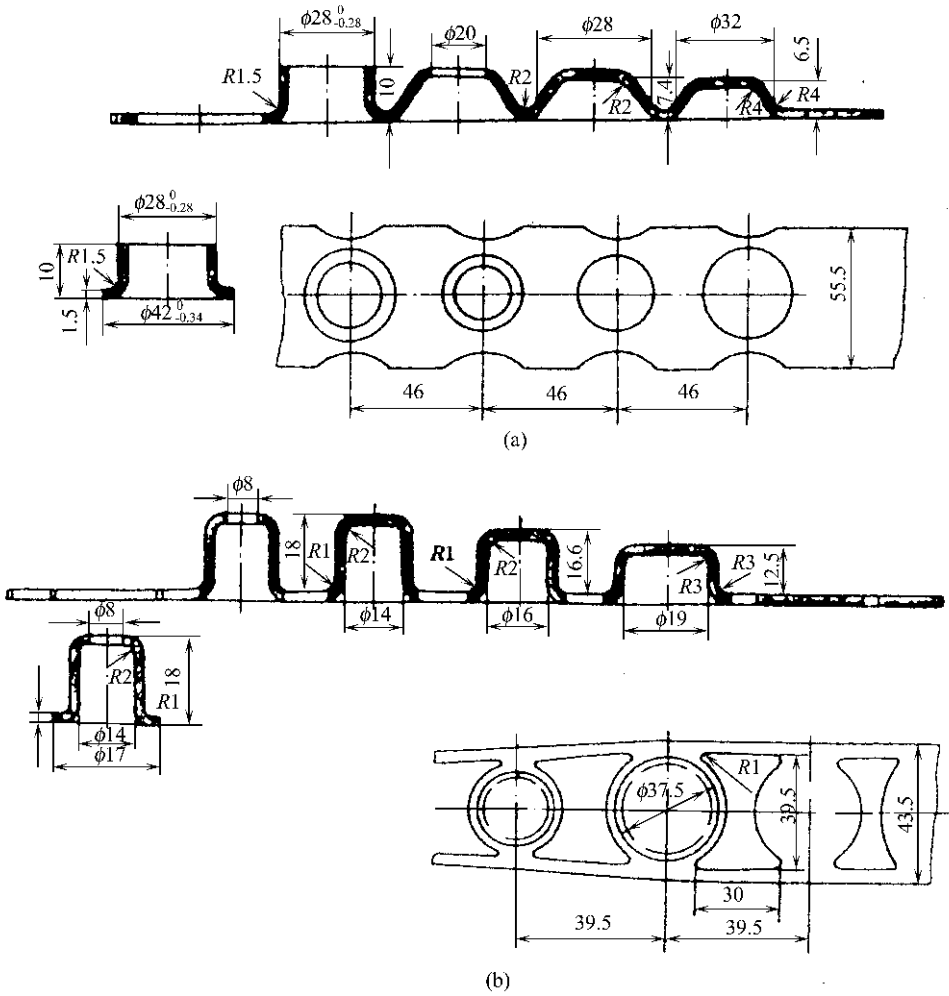


图 9 - 13 带料连续拉伸  
(a) 无工艺切口 ; (b) 有工艺切口。

| 拉伸方法       | 图 示 | 料宽计算公式                               | 进距计算公式                                      |
|------------|-----|--------------------------------------|---------------------------------------------|
| 无工艺切口的连接拉伸 |     | $B = D_1 + \delta + 2n_1 = D + 2n_1$ | $A = (0.85 \sim 0.9)D$<br>(但不小于包括修边余量的凸缘直径) |

(续)

| 拉伸方法 | 图 示 | 料宽计算公式 | 进距计算公式 |
|------|-----|--------|--------|
|------|-----|--------|--------|

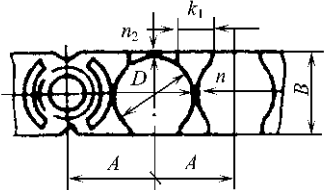
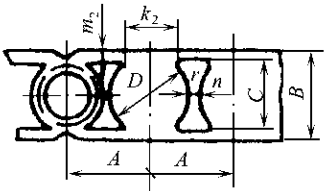
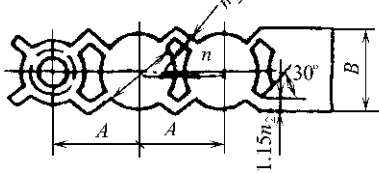
| 拉伸方法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 图 示                                                                               | 料宽计算公式                                     | 进距计算公式      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------|
| 有工艺切口的连续拉伸                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  | $B = D_1 + \delta + 2n_2 = D + 2n_2$       | $A = D + n$ |
| 有工艺切口的连续拉伸                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  | $B = (1.02 \sim 1.05) D + 2n_2 = c + 2n_2$ | $A = D + n$ |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  | $B = D_1 + \delta = D$                     | $A = D + n$ |
| <p>式中 A——带料送进进距(mm)；<br/>B——带料宽度(mm)；<br/>D<sub>1</sub>——毛坯的计算直径(mm)(与一般带凸缘筒形件毛坯计算相同)；<br/>δ——修边余量(mm)(见表 9 - 33)；<br/>D——包括修边余量的毛坯直径(mm)；<br/>n<sub>1</sub> 及 n<sub>2</sub>——侧搭边宽度(mm)(见表 9 - 34)；<br/>n——相邻切口间搭边宽度或冲槽最小宽度(mm)(见表 9 - 34)；<br/>c——工艺切口宽度(mm)(见表 9 - 34)；<br/>k<sub>1</sub> 及 k<sub>2</sub>——切口间跨度(mm)(见表 9 - 34)；<br/>r——切口圆角半径(mm)(见表 9 - 34)。</p> |                                                                                   |                                            |             |

表 9 - 33 修边余量 单位 mm

| 毛坯计算直径 D <sub>1</sub> | 材料厚度 t |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                       | 0.2    | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.5 | 2   |
| <10                   | 1.0    | 1.0 | 1.2 | 1.5 | 1.8 | 2.0 | —   | —   | —   |
| >10 ~ 30              | 1.2    | 1.2 | 1.5 | 1.8 | 2.0 | 2.2 | 2.5 | 3.0 | —   |
| >30 ~ 60              | 1.2    | 1.5 | 1.8 | 2.0 | 2.2 | 2.5 | 2.8 | 3.0 | 3.5 |
| >60                   | —      | —   | 2.0 | 2.2 | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 |

表 9 - 34 带料连续拉伸搭边及切口参数推荐数值 单位 mm

| 参 数 符 号        | 材料厚度 t                          |            |      |
|----------------|---------------------------------|------------|------|
|                | ≤0.5                            | >0.5 ~ 1.5 | >1.5 |
| n <sub>1</sub> | 1.5                             | 1.75       | 2    |
| n <sub>2</sub> | 1.5                             | 2          | 2.5  |
| n              | 1.5                             | 1.8        | 3    |
| r              | 0.8                             | 1          | 1.2  |
| k <sub>1</sub> | k <sub>1</sub> ≈ (0.5 ~ 0.7)D   |            |      |
| k <sub>2</sub> | k <sub>2</sub> ≈ (0.25 ~ 0.35)D |            |      |
| c              | (1.02 ~ 1.05)D                  |            |      |

3. 拉伸系数和相对高度(表 9 - 35 ~ 表 9 - 40)

表 9 - 35 无工艺切口的第一次拉伸系数 m<sub>1</sub> (材料 08、10)

| 凸缘相对直径 d <sub>F</sub> / d <sub>1</sub> | 毛坯相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$ |            |            |      |
|----------------------------------------|---------------------------------|------------|------------|------|
|                                        | >0.2 ~ 0.5                      | >0.5 ~ 1.0 | >1.0 ~ 1.5 | >1.5 |
| ≤1.1                                   | 0.71                            | 0.69       | 0.66       | 0.63 |
| >1.1 ~ 1.3                             | 0.68                            | 0.66       | 0.64       | 0.61 |
| >1.3 ~ 1.5                             | 0.64                            | 0.63       | 0.61       | 0.59 |
| >1.5 ~ 1.8                             | 0.54                            | 0.53       | 0.52       | 0.51 |
| >1.8 ~ 2.0                             | 0.48                            | 0.47       | 0.46       | 0.45 |

表 9 - 36 无工艺切口的第一次拉伸的最大相对高度 h/d<sub>1</sub> (材料 08、10)

| 凸缘相对直径 d <sub>F</sub> / d <sub>1</sub> | 毛坯相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$ |            |            |      |
|----------------------------------------|---------------------------------|------------|------------|------|
|                                        | >0.2 ~ 0.5                      | >0.5 ~ 1.0 | >1.0 ~ 1.5 | >1.5 |
| ≤1.1                                   | 0.36                            | 0.39       | 0.42       | 0.45 |
| >1.1 ~ 1.3                             | 0.34                            | 0.36       | 0.38       | 0.40 |
| >1.3 ~ 1.5                             | 0.32                            | 0.34       | 0.36       | 0.38 |
| >1.5 ~ 1.8                             | 0.30                            | 0.32       | 0.34       | 0.36 |
| >1.8 ~ 2.0                             | 0.28                            | 0.30       | 0.32       | 0.35 |

表 9 - 37 无工艺切口的以后各次拉伸系数 m<sub>n</sub> (材料 08、10)

| 拉伸系数 $m_n$ | 毛坯相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$ |             |             |       |
|------------|---------------------------------|-------------|-------------|-------|
|            | > 0.2 ~ 0.5                     | > 0.5 ~ 1.0 | > 1.0 ~ 1.5 | > 1.5 |
| $m_2$      | 0.86                            | 0.84        | 0.82        | 0.80  |
| $m_3$      | 0.88                            | 0.86        | 0.84        | 0.82  |
| $m_4$      | 0.89                            | 0.87        | 0.86        | 0.85  |
| $m_5$      | 0.90                            | 0.89        | 0.88        | 0.87  |

表 9 - 38 有工艺切口第一次拉伸系数  $m_1$  (材料 08、10)

| 凸缘相对直径 $d_F / d_1$ | 毛坯相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$ |             |             |             |       |
|--------------------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------|
|                    | > 0.06 ~ 0.2                    | > 0.2 ~ 0.5 | > 0.5 ~ 1.0 | > 1.0 ~ 1.5 | > 1.5 |
| $\leq 1.1$         | 0.64                            | 0.62        | 0.60        | 0.58        | 0.55  |
| > 1.1 ~ 1.3        | 0.60                            | 0.59        | 0.58        | 0.56        | 0.53  |
| > 1.3 ~ 1.5        | 0.57                            | 0.56        | 0.55        | 0.53        | 0.51  |
| > 1.5 ~ 1.8        | 0.53                            | 0.52        | 0.51        | 0.50        | 0.49  |
| > 1.8 ~ 2.0        | 0.47                            | 0.46        | 0.45        | 0.44        | 0.43  |
| > 2.0 ~ 2.2        | 0.43                            | 0.43        | 0.42        | 0.42        | 0.41  |
| > 2.2 ~ 2.5        | 0.38                            | 0.38        | 0.38        | 0.38        | 0.37  |
| > 2.5 ~ 2.8        | 0.35                            | 0.35        | 0.35        | 0.35        | 0.34  |
| > 2.8 ~ 3.0        | 0.33                            | 0.33        | 0.33        | 0.33        | 0.33  |

表 9 - 39 有工艺切口的以后各次拉伸系数  $m_n$  (材料 08、10)

| 拉伸系数 $m_n$ | 毛坯相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$ |             |             |             |       |
|------------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------|
|            | > 0.06 ~ 0.2                    | > 0.2 ~ 0.5 | > 0.5 ~ 1.0 | > 1.0 ~ 1.5 | > 1.5 |
| $m_2$      | 0.80                            | 0.79        | 0.78        | 0.76        | 0.75  |
| $m_3$      | 0.82                            | 0.81        | 0.80        | 0.79        | 0.78  |
| $m_4$      | 0.85                            | 0.83        | 0.82        | 0.81        | 0.80  |
| $m_5$      | 0.87                            | 0.86        | 0.85        | 0.84        | 0.82  |

表 9 - 40 有工艺切口的各次拉伸系数

| 材 料  | 拉 伸 次 数   |      |      |      |      |      |
|------|-----------|------|------|------|------|------|
|      | 1         | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
|      | 拉 伸 系 数 m |      |      |      |      |      |
| 黄 铜  | 0.63      | 0.76 | 0.78 | 0.80 | 0.82 | 0.85 |
| 软钢、铝 | 0.67      | 0.78 | 0.80 | 0.82 | 0.85 | 0.90 |

4. 拉伸次数和工序尺寸的确定

① 选定修边余量  $\delta$ (按表 9 - 33)。

② 计算毛坯直径  $D$ 。

③ 从表 9 - 35 ~ 表 9 - 40 中查出拉伸系数  $m_1$ 、 $m_2$ ... ,然后依次计算各次拉伸直径  $d_1 = m_1 D$  , $d_2 = m_2 d_1$  ,... $d_n = m_n d_{n-1}$  ,一直计算到得出的位伸直径小于或等于工件要求的直径。从计算中 ,可知所需的拉伸次数。

④ 确定拉伸次数后 ,为使各工序变形程度分配更合理 ,调整各工序拉伸系数 ,使满足  $m = m_1 \cdot m_2 \cdot m_3 \dots m_n$ 。

⑤ 根据调整后的各工序拉伸系数 ,计算各工序的拉深直径 : $d_1 = m_1 D$  , $d_2 = m_2 d_1$  ,... $d_n = m_n d_{n-1}$ 。

⑥ 计算各工序的拉伸高度 :

$$h_n = 0.25 \left( \frac{D^2}{d_0} - d_n \right) + 0.43 \frac{r_n}{d_n} (d_n + 0.32r_n)$$

式中  $h_n$ ——第  $n$  道工序的拉伸高度(mm) ;

$D$ ——毛坯直径(mm) ;

$d_n$ ——第  $n$  道工序的拉伸直径(mm) ;

$r_n$ ——第  $n$  道工序的拉伸件圆角半径(mm)。

5. 拉伸力计算公式如下 :

$$P = Lt\sigma_b k$$

式中  $P$ ——拉伸力(N) ;

$L$ ——凸模周边长度(mm) ;

$t$ ——料厚(mm) ;

$\sigma_b$ ——抗拉强度(MPa) ;

$k$ ——系数 ,由表 9 - 41 ~ 表 9 - 44 查得。

采用压边圈的条件见表 9 - 45 ,压边力的计算公式见表 9 - 46。

表 9 - 41 筒形件第一次拉伸时的系数  $k$ (08 ~ 15 号钢)

| 相对厚度<br>( $t/D_0$ ) × 100                                                                       | 第一次拉伸系数 $m_1$ |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                                                                 | 0.45          | 0.48 | 0.50 | 0.52 | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 |
| 5.0                                                                                             | 0.95          | 0.85 | 0.75 | 0.65 | 0.60 | 0.50 | 0.43 | 0.35 | 0.28 | 0.20 |
| 2.0                                                                                             | 1.10          | 1.00 | 0.90 | 0.80 | 0.75 | 0.60 | 0.50 | 0.42 | 0.35 | 0.25 |
| 1.2                                                                                             |               | 1.10 | 1.00 | 0.90 | 0.80 | 0.68 | 0.56 | 0.47 | 0.37 | 0.30 |
| 0.8                                                                                             |               |      | 1.10 | 1.00 | 0.90 | 0.75 | 0.60 | 0.50 | 0.40 | 0.33 |
| 0.5                                                                                             |               |      |      | 1.10 | 1.00 | 0.82 | 0.67 | 0.55 | 0.45 | 0.36 |
| 0.2                                                                                             |               |      |      |      | 1.10 | 0.09 | 0.75 | 0.60 | 0.50 | 0.40 |
| 0.1                                                                                             |               |      |      |      |      | 1.10 | 0.90 | 0.75 | 0.60 | 0.50 |
| 注：1. 当凸模圆角半径 $r_p = (4 \sim 6)t$ 时，系数 $k$ 应按表中数值增加 5%；<br>2. 对于其他材料 根据材料塑性的变化，对查得值作修正（随塑性降低而增加） |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

表 9 - 42 筒形件第二次拉伸时的系数  $k$  值(08 ~ 15 号钢)

| 相对厚度<br>( $t/D_0$ ) × 100                                                                                                                                                                                                                                 | 第二次拉伸系数 $m_2$ |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                                                                                                                                                                                                                           | 0.7           | 0.72 | 0.75 | 0.78 | 0.80 | 0.82 | 0.85 | 0.88 | 0.90 | 0.92 |
| 5.0                                                                                                                                                                                                                                                       | 0.85          | 0.70 | 0.60 | 0.50 | 0.42 | 0.32 | 0.28 | 0.20 | 0.15 | 0.12 |
| 2.0                                                                                                                                                                                                                                                       | 1.10          | 0.90 | 0.75 | 0.60 | 0.52 | 0.42 | 0.32 | 0.25 | 0.20 | 0.14 |
| 1.2                                                                                                                                                                                                                                                       |               | 1.10 | 0.90 | 0.75 | 0.62 | 0.52 | 0.42 | 0.30 | 0.25 | 0.16 |
| 0.8                                                                                                                                                                                                                                                       |               |      | 1.00 | 0.82 | 0.70 | 0.57 | 0.46 | 0.35 | 0.27 | 0.18 |
| 0.5                                                                                                                                                                                                                                                       |               |      | 1.10 | 0.90 | 0.76 | 0.63 | 0.50 | 0.40 | 0.30 | 0.20 |
| 0.2                                                                                                                                                                                                                                                       |               |      |      | 1.00 | 0.85 | 0.70 | 0.56 | 0.44 | 0.33 | 0.23 |
| 0.1                                                                                                                                                                                                                                                       |               |      |      | 1.10 | 1.00 | 0.82 | 0.68 | 0.55 | 0.40 | 0.30 |
| 注：1. 当凸模圆角半径 $r_p = (4 \sim 6)t$ 表中 $k$ 值应加大 5%；<br>2. 对于第 3、4、5 次拉伸的系数 $k$ ，由同一表格查出其相应的 $m_n$ 及 $(t/D_0) \times 100$ 的数值，但需根据是否有中间退火工序而取表中较大或较小数值；<br>无中间退火时 $k$ 取较大值（靠近下面的一个数值）；<br>有中间退火时 $k$ 取较小值（靠近上面的一个数值）。<br>3. 对于其他材料 根据材料的塑性变化，对查得值修正（随塑性降低而增大） |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

表 9 - 43 带法兰拉伸件第一次拉伸时系数  $k$  值(08 ~ 15 号钢)

| $d_F/d_p$ | 拉 伸 系 数 $d_p/D_0$ |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           | 0.35              | 0.38 | 0.40 | 0.42 | 0.45 | 0.50 | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 |
| 3.0       | 1.0               | 0.9  | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.56 | 0.45 | 0.37 | 0.30 | 0.23 | 0.18 |
| 2.8       | 1.1               | 1.0  | 0.90 | 0.83 | 0.75 | 0.62 | 0.50 | 0.42 | 0.34 | 0.26 | 0.20 |
| 2.5       |                   | 1.1  | 1.0  | 0.90 | 0.82 | 0.70 | 0.56 | 0.46 | 0.37 | 0.30 | 0.22 |
| 2.2       |                   |      | 1.1  | 1.0  | 0.90 | 0.77 | 0.64 | 0.52 | 0.42 | 0.33 | 0.25 |
| 2.0       |                   |      |      | 1.1  | 1.0  | 0.85 | 0.70 | 0.58 | 0.47 | 0.37 | 0.28 |
| 1.8       |                   |      |      |      | 1.1  | 0.95 | 0.80 | 0.65 | 0.53 | 0.43 | 0.33 |
| 1.5       |                   |      |      |      |      | 1.1  | 0.90 | 0.75 | 0.62 | 0.50 | 0.40 |
| 1.3       |                   |      |      |      |      |      | 1.0  | 0.85 | 0.70 | 0.56 | 0.45 |

注：对法兰进行压边时 k 值增大 10% ~ 20%

表 9 - 44 复杂形状拉伸件的系数 k 值

| 制件复杂程度 | 难加工件 | 普通加工件 | 易加工件 |
|--------|------|-------|------|
| k 值    | 0.9  | 0.8   | 0.7  |

表 9 - 45 采用或不采用压边圈的条件

| 拉伸方法  | 第一次拉伸              |       | 以后各次拉伸                   |       |
|-------|--------------------|-------|--------------------------|-------|
|       | $(t/D) \times 100$ | $m_1$ | $(t/d_{n-1}) \times 100$ | $m_n$ |
| 用压边圈  | <1.5               | <0.6  | <1                       | <0.8  |
| 可用可不用 | 1.5 ~ 2.0          | 0.6   | 1 ~ 1.5                  | 0.8   |
| 不用压边圈 | >2.0               | >0.6  | >1.5                     | >0.8  |

表 9 - 46 压边力的计算公式

| 拉 伸 情 况          | 公 式                                                 |
|------------------|-----------------------------------------------------|
| 拉伸任何形状的工件        | $Q = Fq$                                            |
| 筒形件第一次拉伸(用平毛坯)   | $Q = \frac{\pi}{4} [D^2 - (d_1 + 2r_{凹})^2] q$      |
| 筒形件以后各次拉伸(用筒形毛坯) | $Q = \frac{\pi}{4} [d_{n-1}^2 - d_n + 2r_{凹})^2] q$ |

注：F——压边圈的面积；q——单位压边力；D——平毛坯直径； $d_1$ 、 $d_n$ ——拉伸件直径； $r_{凹}$ ——凹模圆角半径

6. 拉伸模工作部分尺寸

1) 拉伸模间隙(表 9 - 47、表 9 - 48)

表 9 - 47 拉伸模间隙(单面)

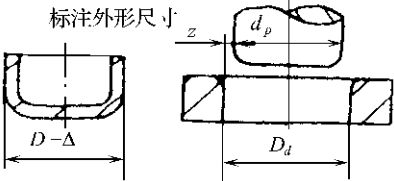
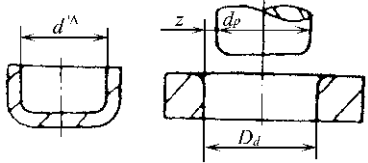
| 材 料  | 间 隙 z        |               |      |
|------|--------------|---------------|------|
|      | 第一次拉伸        | 中间各次拉伸        | 最后拉伸 |
| 软 钢  | (1.3 ~ 1.5)t | (1.2 ~ 1.3)t  | 1.1t |
| 黄铜、铝 | (1.3 ~ 1.4)t | (1.15 ~ 1.2)t | 1.1t |

表 9 - 48 有压料圈拉伸时的间隙值

| 总拉伸次数 | 拉伸工序  | 单面间隙 z      | 总拉伸次数 | 拉伸工序      | 单面间隙 z      |
|-------|-------|-------------|-------|-----------|-------------|
| 1     | 一次拉伸  | (1 ~ 1.1)t  | 4     | 第一、二次拉伸   | 1.2t        |
| 2     | 第一次拉伸 | 1.1t        |       | 第三次拉伸     | 1.1t        |
|       | 第二次拉伸 | (1 ~ 1.05)t |       | 第四次拉伸     | (1 ~ 1.05)t |
| 3     | 第一次拉伸 | 1.2t        | 5     | 第一、二、三次拉伸 | 1.2t        |
|       | 第二次拉伸 | 1.1t        |       | 第四次拉伸     | 1.1t        |
|       | 第三次拉伸 | (1 ~ 1.05)t |       | 第五次拉伸     | (1 ~ 1.05)t |

2) 凸模、凹模尺寸(表 9 - 49)

表 9 - 49 拉伸模工作部分尺寸计算公式

| 尺寸标注方式                                                                                                                                                                                                                       | 凹模尺寸 $D_d$                                                                        | 凸模尺寸 $d_p$                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>标注外形尺寸</p>                                                                                                                             | $D_d = (D - 0.75\Delta) \begin{smallmatrix} +\delta_d \\ 0 \end{smallmatrix}$     | $d_p = (D - 0.75\Delta - 2z) \begin{smallmatrix} 0 \\ -\delta_p \end{smallmatrix}$ |
| <p>标注内形尺寸</p>                                                                                                                             | $D_d = (d + 0.4\Delta + 2z) \begin{smallmatrix} +\delta_d \\ 0 \end{smallmatrix}$ | $d_p = (d + 0.4\Delta) \begin{smallmatrix} 0 \\ -\delta_p \end{smallmatrix}$       |
| <p>注 <math>D_d</math>——凹模尺寸 <math>d_p</math>——凸模尺寸 <math>D</math>——拉伸件外形基本尺寸 <math>d</math>——拉伸件内形基本尺寸 <math>z</math>——凸模、凹模的单面间隙 <math>\delta_d</math>——凹模制造公差 <math>\delta_p</math>——凸模制造公差 <math>\Delta</math>——拉伸件公差</p> |                                                                                   |                                                                                    |

3) 凸模、凹模圆角半径

① 凹模圆角半径  $r_d$  按表 9 - 50 或表 9 - 51 选取。

表 9 - 50    拉伸凹模圆角半径  $r_d$  的数值                      单位 mm

| 材料厚度<br>D - d | ~1  | >1 ~1.5 | >1.5 ~2 | >2 ~3 | >3 ~4 | >4 ~5 |
|---------------|-----|---------|---------|-------|-------|-------|
| ~10           | 2.5 | 3.5     | 4       | 4.5   | 5.5   | 6.5   |
| >10 ~20       | 4   | 4.5     | 5.5     | 6.5   | 7.5   | 9     |
| >20 ~30       | 4.5 | 5.5     | 6.5     | 8     | 9     | 11    |
| >30 ~40       | 5.5 | 6.5     | 7.5     | 9     | 10.5  | 12    |
| >40 ~50       | 6   | 7       | 8       | 10    | 11.5  | 14    |
| >50 ~60       | 6.5 | 8       | 9       | 11    | 12.5  | 15.5  |
| >60 ~70       | 7   | 8.5     | 10      | 12    | 13.5  | 16.5  |
| >70 ~80       | 7.5 | 9       | 10.5    | 12.5  | 14.5  | 18    |
| >80 ~90       | 8   | 9.5     | 11      | 13.5  | 15.5  | 19    |
| >90 ~100      | 8   | 10      | 11.5    | 14    | 16    | 20    |
| >100 ~110     | 8.5 | 10.5    | 12      | 14.5  | 17    | 20.5  |
| >110 ~120     | 9   | 11      | 12.5    | 15.5  | 18    | 21.5  |
| >120 ~130     | 9.5 | 11.5    | 13      | 16    | 18.5  | 22.5  |
| >130 ~140     | 9.5 | 11.5    | 13.5    | 16.5  | 19    | 23.5  |
| >140 ~150     | 10  | 12      | 14      | 17    | 20    | 24    |
| >150 ~160     | 10  | 12.5    | 14.5    | 17.5  | 20.5  | 25    |

表 9 - 51    拉伸凹模圆角半径  $r_d$  值

| 材 料                                                     | 厚度 t/mm | $r_d$          | 材 料     | 厚度 t/mm | $r_d$           |
|---------------------------------------------------------|---------|----------------|---------|---------|-----------------|
| 钢                                                       | <3      | $(10 \sim 6)t$ | 铝、黄铜、紫铜 | <3      | $(8 \sim 5)t$   |
|                                                         | 3 ~6    | $(6 \sim 4)t$  |         | 3 ~6    | $(5 \sim 3)t$   |
|                                                         | >6      | $(4 \sim 2)t$  |         | >6      | $(3 \sim 1.5)t$ |
| 注：1. 对于第一次拉伸和较薄的材料应取表中上限值；<br>2. 对于以后各次拉伸和较厚的材料 应取表中下限值 |         |                |         |         |                 |

② 凸模圆角半径  $r_p$  选取原则：

- a. 一般情况取  $r_p = r_d$  ；
- b. 最后拉伸工序的  $r_p$  应等于拉伸件的内圆角半径。

## 第四节 成形工艺参数

### 一、起伏成形

#### 1. 变形限值

起伏成形的变形程度,可用延伸率表示:

$$\varepsilon = \frac{L_1 - L}{L} \times 100$$

式中  $L_1$ ——变形后沿截面的材料长度 (mm);

$L$ ——变形前材料原有长度 (mm);

$\varepsilon$ ——延伸率(%)。

一次起伏成形的延伸率  $\varepsilon$  不能超过材料拉伸试验的延伸率  $\delta$  的 70% ~ 75% ,即

$$\varepsilon < (0.7 \sim 0.75) \delta$$

延伸率可从图 9 - 14 读出。图中曲线 1 是计算值,曲线 2 是实际值。因成形区域外围的材料也被拉长,故实际延伸率略低于计算值。

#### 2. 起伏成形的压力计算

(1) 薄材料(厚 1.5mm 以下)起伏成形(加强筋除外)的近似压力,可用以下经验公式计算:

$$P = FKt^2$$

式中  $P$ ——起伏成形压力(N);

$F$ ——起伏成形的面积(mm<sup>2</sup>);

$K$ ——系数,对于钢为 300 ~ 400(N/mm<sup>4</sup>),对于黄铜为 200 ~ 250(N/mm<sup>4</sup>);

$t$ ——材料厚度(mm)。

(2) 压加强筋时其近似压力可以用下式计算:

$$P = Lt\sigma_b K$$

式中  $P$ ——压力(N);

$L$ ——加强筋周长(mm);

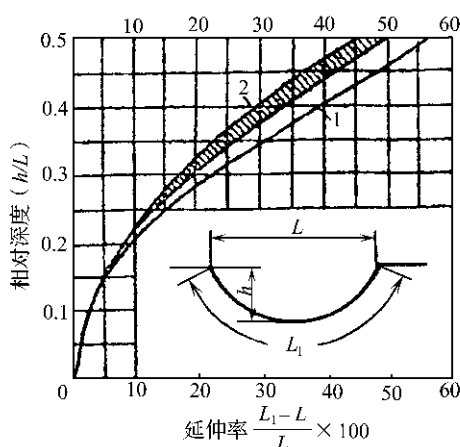


图 9 - 14 冲制加强筋时材料的延伸率

$K$ ——系数,与筋的宽度和深度有关,一般取  $K=0.7 \sim 1$ ;

$t$ ——材料厚度(mm);

$\sigma_b$ ——材料的抗拉强度( $N/mm^2$ )。

## 二、翻孔

### 1. 翻孔形式

常见的圆孔翻孔形式如图 9 - 15 所示。图 9 - 15(a)是在材料平整未变形部分翻孔。图 9 - 15(b)是在拉伸件上翻孔,可以向外翻,但也可以向内翻。如果高度超过一次翻孔允许值,可以先拉伸,再预冲孔,然后外翻成形,如图 9 - 15(c)所示。

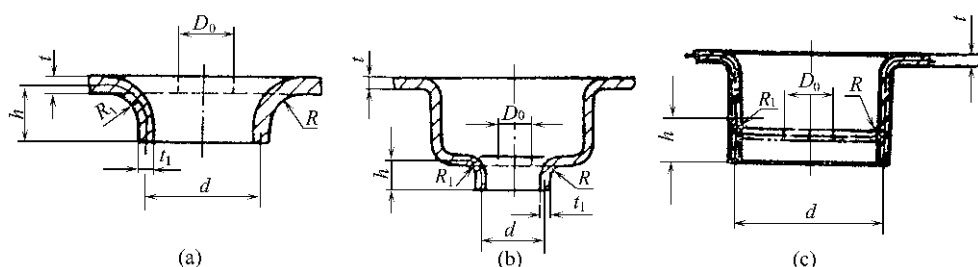


图 9 - 15 翻孔形式

$$R_1 = R + t/2$$

(a) 平件翻孔;(b) 拉伸件翻孔;(c) 拉伸后再翻孔。

### 2. 翻孔系数

翻孔变形程度常用翻孔系数来表示:

$$K = \frac{D_0}{d}$$

式中  $K$ ——翻孔系数;

$D_0$ ——预冲孔直径(mm);

$d$ ——翻孔后直边的平均直径(mm)。

$K$ 值愈大,变形程度愈小; $K$ 值愈小,变形程度愈大。影响翻孔系数的主要因素有:

① 材料的性能,塑性愈好, $K$ 值可愈小。

② 预孔的相对直径  $D_0/t$ ,  $D_0/t$  值愈小, $K$ 值也愈小。

③ 孔的加工方法,如果是钻出的孔,由于无撕裂面,翻孔时不易出现裂纹。冲出的孔有部分撕裂面,翻孔容易开裂,故  $K$  值较大。如冲孔后对材料进行退火或将孔整修,可得到与钻孔相接近的翻孔比。此外,还可以将冲孔的方向与翻孔的方向相反,使毛刺位于翻孔内侧可减小开裂(图 9 - 16)。

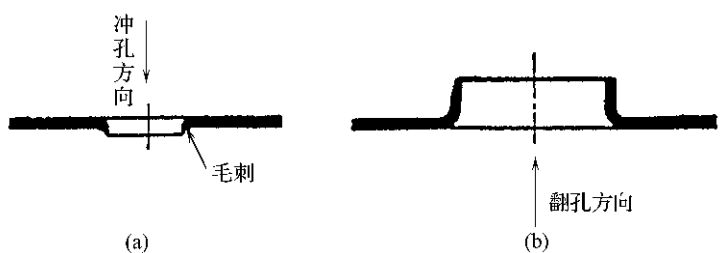


图 9 - 16 翻孔方向与冲孔方向相反可减小开裂  
(a) 冲孔 ; (b) 翻孔。

④ 翻孔凸模的形式 球面凸模能使 K 值减小 增加变形程度。

表 9 - 52 和表 9 - 53 是各种材料的翻孔系数。

表 9 - 52 低碳钢的极限翻孔系数 K

| 翻孔凸模的形式 | 孔的加工方法 | 预孔相对直径 $D_0/t$ |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------|--------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|         |        | 100            | 50   | 35   | 20   | 15   | 10   | 8    | 6.5  | 5    | 3    | 1    |
| 球面凸模    | 钻后去毛刺  | 0.70           | 0.60 | 0.52 | 0.45 | 0.40 | 0.36 | 0.33 | 0.31 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |
|         | 模子冲孔   | 0.75           | 0.65 | 0.57 | 0.52 | 0.48 | 0.45 | 0.44 | 0.43 | 0.42 | 0.42 | —    |
| 圆柱形凸模   | 钻后去毛刺  | 0.80           | 0.70 | 0.60 | 0.50 | 0.45 | 0.42 | 0.40 | 0.37 | 0.35 | 0.30 | 0.25 |
|         | 模子冲孔   | 0.85           | 0.75 | 0.65 | 0.60 | 0.55 | 0.52 | 0.50 | 0.50 | 0.48 | 0.47 | —    |

注：采用表中极限翻孔系数 翻孔后口部边缘会出现不很大的开裂 ,如果工件不允许开裂 ,则翻孔系数须加大 10% ~ 15%

表 9 - 53 各种材料的翻孔系数

| 材料(退火)                      | 翻 孔 系 数     |           |
|-----------------------------|-------------|-----------|
|                             | K           | $K_{min}$ |
| 白铁皮                         | 0.70        | 0.65      |
| 软钢 $t = (0.25 \sim 2)mm$    | 0.72        | 0.68      |
| 软钢 $t = (3 \sim 6)mm$       | 0.78        | 0.75      |
| 黄铜 H62 $t = (0.5 \sim 6)mm$ | 0.68        | 0.62      |
| 铝 $t = (0.5 \sim 5)mm$      | 0.70        | 0.64      |
| 硬铝                          | 0.89        | 0.80      |
| 钛合金 TA1(冷态)                 | 0.64 ~ 0.68 | 0.55      |
| TA1 加热(300 ~ 400 )          | 0.45 ~ 0.50 | 0.40      |
| TA5(冷态)                     | 0.85 ~ 0.90 | 0.75      |
| TA5(加热 500 ~ 600 )          | 0.70 ~ 0.75 | 0.65      |

| 材料(退火)                                 | 翻 孔 系 数 |                  |
|----------------------------------------|---------|------------------|
|                                        | K       | K <sub>min</sub> |
| 注：翻孔容许有不大的裂痕时 ,可采用 K <sub>min</sub> 数值 |         |                  |

3. 预孔尺寸计算

预孔的直径按下式计算：

$$D_0 = \sqrt{D_1^2 - 2\pi D_1\left(R_1 + \frac{t}{2}\right) + 8\left(R_1 + \frac{t}{2}\right)^2 - 4(D_1 - 2R_1 - t)h_1}$$

式中的符号见图 9 - 17。

4. 翻孔力的计算

有预孔的翻孔力计算公式如下：

$$P = 1.1\pi t\sigma_s(d - D_0)$$

式中  $\sigma_s$ ——屈服点(N/mm<sup>2</sup>)；  
d——翻孔直径(mm) ,见图 9 - 17；  
 $D_0$ ——预孔直径(mm) ,见图 9 - 17；  
t——材料厚度(mm)。

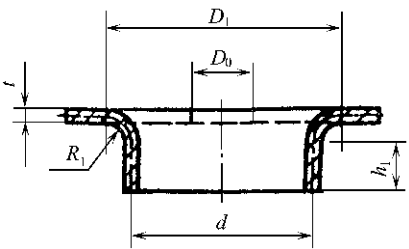


图 9 - 17 翻孔参数示意图

无预孔的翻孔力要比有预孔的翻孔力大(1.3 ~ 1.7)倍。

5. 翻孔时凸模与凹模之间的间隙

为保证翻孔凸缘挺直 ,凸模与凹模之间的单边间隙 z 一般取略小于材料厚度。

表 9 - 54 是平面毛坯上翻孔间隙。

表 9 - 55 是拉伸后翻孔间隙。

表 9 - 54 在平面毛坯上的翻孔间隙

单位 mm

|  | t   | z    |
|--|-----|------|
|  | 0.5 | 0.45 |
|  | 0.7 | 0.60 |
|  | 0.8 | 0.7  |
|  | 1.0 | 0.85 |
|  | 1.2 | 1.0  |
|  | 1.5 | 1.3  |
|  | 2.0 | 1.7  |

表 9 - 55 拉伸后翻孔间隙

单位 mm

|  | t   | z    |
|--|-----|------|
|  | 0.8 | 0.60 |
|  | 1.0 | 0.75 |
|  | 1.2 | 0.90 |
|  | 1.5 | 1.1  |
|  | 2.0 | 1.5  |

6. 翻孔凸模和凹模结构要点

① 无预孔的穿刺翻孔模 ,如图 9 - 19 所示。凸模端部呈锥形  $\alpha$  取  $60^\circ$ 。凹模孔带台肩 ,以控制凸缘高度 ,避免直孔引起的边缘不齐(图 9 - 18)。

② 抛物线形的翻孔凸模 ,有光滑圆弧过渡 ,翻孔质量良好(图 9 - 20)。

直径  $d_1 \leq 6\text{mm}$  用圆顶(图 9 - 20(a)) ,  $d_1 > 6\text{mm}$  用平顶(图 9 - 20(b))。



图 9 - 18 直孔凹模翻孔边缘不齐

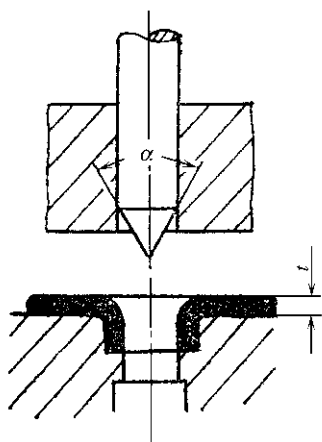


图 9-19 穿刺翻孔模

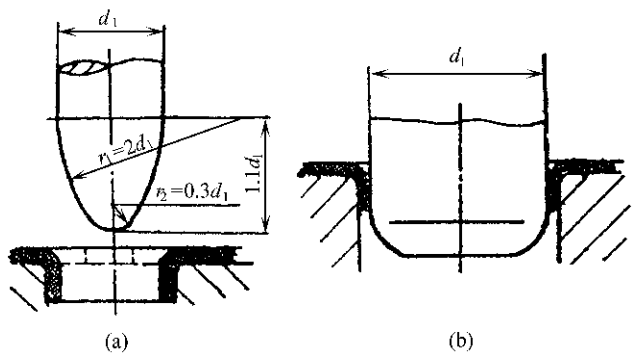


图 9-20 抛物线形的翻孔凸模  
(a) 圆顶; (b) 平顶。

③ 图 9-21 的翻孔凸模 端部直径  $d_0$  先进入预孔 导正工序件位置 然后翻孔。

④ 图 9-22 所示的翻孔凸模 适宜于凸缘高度不高的翻孔。其特点是在行程终了时 工件圆弧部分受到整形。

⑤ 翻孔凹模入口圆角  $r_A$  与材料厚度  $t$  有关(图 9-23) :

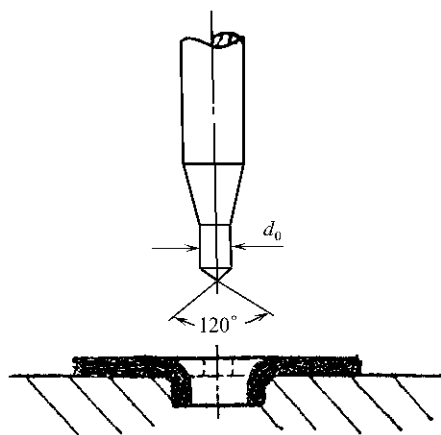


图 9-21 先导正后翻孔的凸模  
 $t \leq 2 r_A = (2 \sim 4) t$  ;

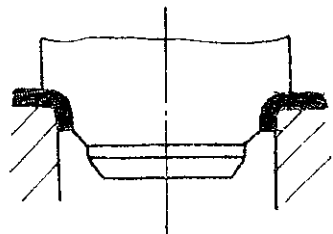


图 9-22 带整形台肩的翻孔凸模

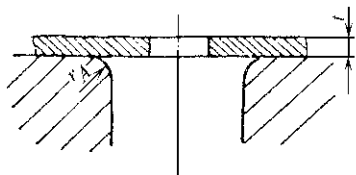


图 9-23 凹模入口圆角

$$t > 2 r_A = (1 \sim 2)t_0.$$

工件凸缘圆角小于上值时应加整形工序。

## 7. 异形翻孔

异形孔由不同半径的凸弧、凹弧以及直线组成,各部分的受力状态与变形性质有所不同,直线部分可视为弯曲变形,凸圆弧部分可视为翻孔变形,凹圆弧部分可视为拉伸变形。

① 预孔展开计算可以按照几何形状的特点,将孔轮廓分段(图 9-24),一般有三种情况。

凹弧 如圆弧  $b$ ,按圆形翻孔求展开尺寸。

直线的 如直线  $c$ ,按弯曲求展开尺寸。

凸弧 如圆弧  $a$ ,按拉伸求展开尺寸。

在设计计算时就可以按以上三种情况分别考虑,由理论计算出来的孔的形状应加以适当的修正,使各段平滑交接。

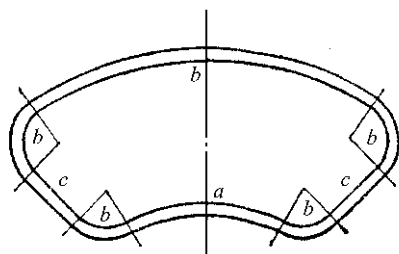


图 9-24 异形翻孔

② 异形翻孔系数。异形翻孔时,主要核算小圆弧部分的变形程度。由于小圆弧部分在变形过程中受到直线或大圆弧部分材料的补充,因而翻孔系数允许小于圆孔的翻孔系数。

$$K' = (0.9 \sim 0.85)K$$

式中  $K'$ ——异形翻孔系数;

$K$ ——圆孔翻孔系数,表 9-52 和表 9-53。

## 8. 变薄翻孔

用一般翻孔不能满足凸缘高度要求时,可以采用壁部变薄的翻孔增高凸缘(图 9-25)这种方法广泛用于冲压小螺孔。

### 1) 凸缘高度

变薄翻孔的凸缘高度  $h$ (A2、A3 钢板)可用下式求得:

$$h = ct \frac{d_2^2 - D_0^2}{d_2^2 - d_1^2}$$

式中  $h$ ——凸缘高度(mm);

$t$ ——材料厚度(mm);

$d_2$ ——翻孔凸缘外径(mm);

$d_1$ ——翻孔凸模外径(mm);

$D_0$ ——预孔直径(mm);

$c$ ——系数(图 9-26)。

### 2) 变形程度

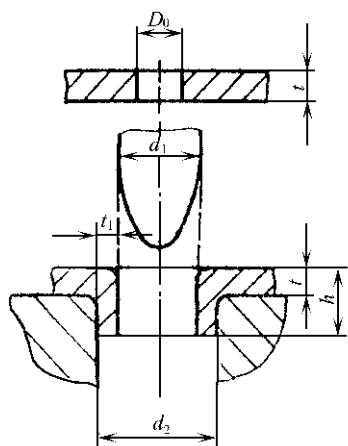


图 9-25 变薄翻孔

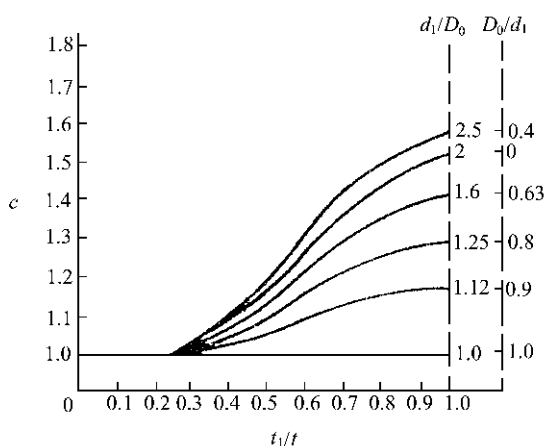


图 9-26 系数 \$\sigma\$

(图中 \$t\_1 = \frac{d\_2 - d\_1}{2}\$)

在变薄翻孔中,变形程度不仅决定于翻孔系数K,还决定于壁部的变薄程度

$$\frac{t_1}{t}。$$

翻孔系数 K 一般取 \$\geq 0.45\$。

变薄系数 \$\frac{t\_1}{t} = 0.55 \sim 0.40\$。

使用多环翻孔凸模(图 9-27),变形程度可超过上述指标。

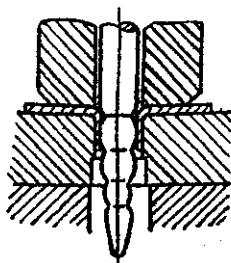


图 9-27 多环翻孔凸模

### 三、翻边

#### 1. 翻边形式

常见的翻边形式,如图 9-28 所示。图 9-28(a)是内凹翻边,也称伸长类翻边,其变形性质与翻孔相似。图 9-28(b)是外凸翻边,也称压缩类翻边,其变形性质类似不用压料圈的浅拉伸。图 9-28(c)是复合翻边。图 9-28(d)是阶梯翻边。

#### 2. 翻边变形程度

翻边的变形程度可用下式表示：

$$E = \frac{|R_1 - R_2|}{R_1}$$

式中 E——翻边变形程度；

\$R\_1\$——展开半径(mm)；

\$R\_2\$——凸缘半径(mm)。

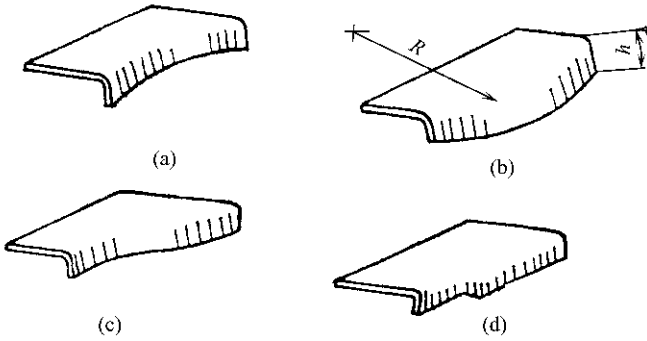


图 9 - 28 翻边形式

(a) 内凹翻边 ; (b) 外凸翻边 ; (c) 复合翻边 ; (d) 阶梯翻边。

对于内凹翻边(图 9 - 29) :

$$R_2 - R_1 = b(1 - \cos\alpha)$$

$$R_1 = R_M - b$$

对于外凸翻边(图 9 - 30) :

$$R_1 - R_2 = b(1 - \cos\alpha)$$

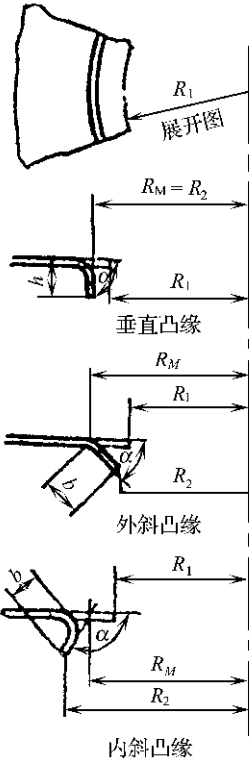


图 9 - 29 内凹翻边的变形参数

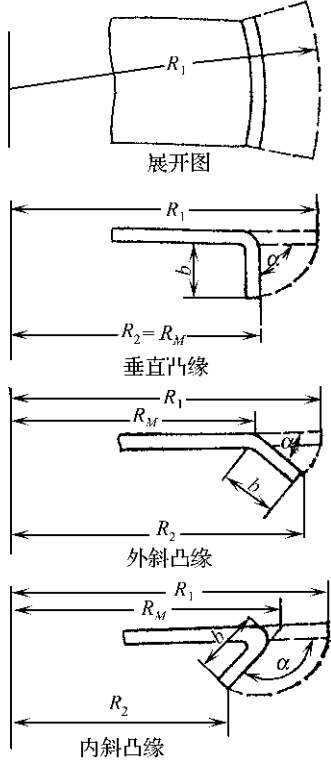


图 9 - 30 外凸翻边的变形参数

$R_1 = R_M + b$

因而内凹翻边的变形程度为

$E_A = \frac{b(1 - \cos\alpha)}{R_M - b} \times 100$

外凸翻边的变形程度为

$E_T = \frac{b(1 - \cos\alpha)}{R_M + b} \times 100$

式中  $E_A$ ——内凹翻边的变形程度(%)；  
 $E_T$ ——外凸翻边的变形程度(%)；  
 $b$ ——翻边凸缘高度(mm)；  
 $\alpha$ ——翻边凸缘斜度(°)；  
 $R_M$ ——工件平面半径(mm)。

对于垂直于平面的翻边凸缘  $\cos\alpha = 0$ 。

翻边的许用变形程度 ,见表 9 - 56。

表 9 - 56 翻边许用变形程度

| 材料名称及牌号 |                    | 外凸翻边<br>$E_T / (\%)$ |          | 内凹翻边<br>$E_A / (\%)$ |          | 材料名称及牌号 |            | 外凸翻边<br>$E_T / (\%)$ |          | 内凹翻边<br>$E_A / (\%)$ |          |
|---------|--------------------|----------------------|----------|----------------------|----------|---------|------------|----------------------|----------|----------------------|----------|
|         |                    | 橡皮<br>成形             | 模具<br>成形 | 橡皮<br>成形             | 模具<br>成形 |         |            | 橡皮<br>成形             | 模具<br>成形 | 橡皮<br>成形             | 模具<br>成形 |
| 铝       | L4M                | 25                   | 30       | 6                    | 40       | 黄铜      | H62 软      | 30                   | 40       | 8                    | 45       |
|         | L4Y <sub>1</sub>   | 5                    | 8        | 3                    | 12       |         | H62 半硬     | 10                   | 14       | 4                    | 16       |
| 铝合金     | LF21M              | 23                   | 30       | 6                    | 40       |         | H68 软      | 35                   | 45       | 8                    | 55       |
|         | LF21Y <sub>1</sub> | 5                    | 8        | 3                    | 12       |         | H68 半硬     | 10                   | 14       | 4                    | 16       |
|         | LF2M               | 20                   | 25       | 6                    | 35       | 钢       | 10         | —                    | 38       | —                    | 10       |
|         | LF2Y <sub>1</sub>  | 5                    | 8        | 3                    | 12       |         | 20         | —                    | 22       | —                    | 10       |
|         | LY12M              | 14                   | 20       | 6                    | 30       |         | 1Cr18Ni9 软 | —                    | 15       | —                    | 10       |
|         | LY12Y              | 6                    | 8        | 0.5                  | 9        |         | 1Cr18Ni9 硬 | —                    | 40       | —                    | 10       |
|         | LY11M              | 14                   | 20       | 4                    | 30       |         | 2Cr18Ni9   | —                    | 40       | —                    | 10       |
|         | LY11Y              | 5                    | 6        | —                    | —        |         |            |                      |          |                      |          |

3. 外凸翻边的防皱措施

外凸翻边受切向压缩应力 容易起皱。可用下述措施防皱：

- ① 产品工件凸缘开缺口(图 9 - 31)。
- ② 工艺上翻边时凸缘沿垂直方向成形 ,这样就可以把起皱减少或消除在凹模、凸模间隙之内 ,对于内斜或外斜的凸缘 坯料因此要斜放在凹模上。

4. 翻边力的计算

翻边力可近似按带压料的单面弯曲

力计算：

$$P = cL t \sigma_b$$

式中 P——翻边力(N)；

c——系数 ,可取 0.5 ~ 0.8 ；

L——弯曲线长度(mm)；

t——材料厚度(mm)；

$\sigma_b$ ——抗拉强度(N/mm<sup>2</sup>)。

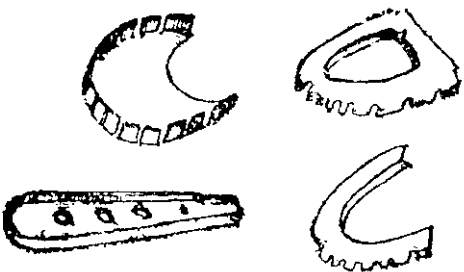


图 9 - 31 带缺口的翻边凸缘

四、胀形

胀形是将空心件或管状毛坯沿径向往外扩张的冲压工序。

胀形模利用分块式活动凸模、橡胶(聚氨酯)或液体使压力机的轴向压力转化为对工件胀形的径向压力。

1. 胀形的变形程度

胀形时 ,材料受切向拉伸应力 ,因此胀形的变形程度受材料的极限延伸率的限制 ,一般用胀形系数来表示

$$K_s = \frac{d_{\max}}{d_0}$$

式中  $K_s$ ——胀形系数；

$d_{\max}$ ——胀形后最大直径(mm)；

$d_0$ ——圆筒毛坯胀形前的直径(mm)。

表 9 - 57 是胀形系数的近似值。如果在内径加压的同时 ,也对毛坯轴向加压 ,

表 9 - 57 胀形系数的近似值

| 材 料   | 毛坯相对厚度 $\frac{t}{d} \times 100$ |      |           |      |
|-------|---------------------------------|------|-----------|------|
|       | 0.45 ~ 0.35                     |      | 0.35 ~ 28 |      |
|       | 不退火                             | 退火后  | 不退火       | 退火后  |
| 10 号钢 | 1.10                            | 1.20 | 1.05      | 1.15 |
| 铝     | 1.20                            | 1.25 | 1.15      | 1.20 |

则胀形的变形程度可以增加。变形部分局部加热 ,会显著增大胀形系数。表 9 - 58

是铝管毛坯的实验胀形系数。

表 9 - 58 铝管毛坯的实验胀形系数

| 胀形方法                | 极限胀形系数     |
|---------------------|------------|
| 简单的橡胶胀形             | 1.2 ~ 1.25 |
| 带轴向压缩毛坯的橡胶胀形        | 1.6 ~ 1.7  |
| 局部加热到 200 ~ 250 的胀形 | 2.0 ~ 2.1  |
| 用锥形凸模并加热到 380 的边缘胀形 | 约 3.0      |

2. 毛坯尺寸计算

为便于材料流动 ,减少变薄现象 ,胀形时毛坯两端允许自由收缩。毛坯长度按下式计算

$$L_0 = L(1 + c\varepsilon) + B$$

- 式中  $L_0$ ——毛坯长度(mm) ;  
 $L$ ——工件或母线长度(mm) ;  
 $c$ ——系数 ,一般取 0.3 ~ 0.4 ;  
 $\varepsilon$ ——胀形延伸率 ,见图 9 - 32。  $\varepsilon = \frac{d_{max} - d_0}{d_n}$  ;  
 $B$ ——切边余量 ,平均取 5 ~ 15(mm)。

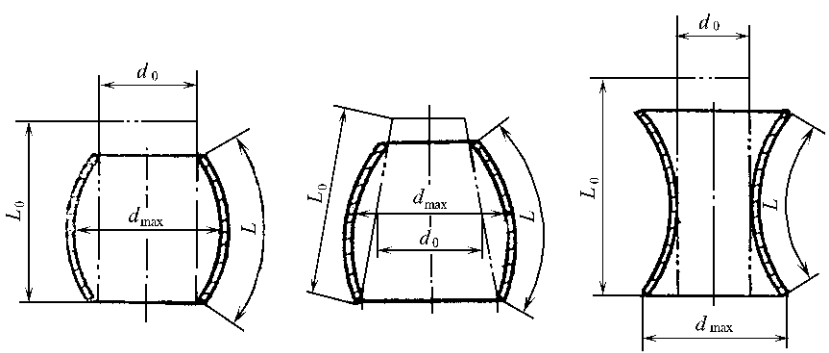


图 9 - 32 胀形尺寸计算有关参数

3. 胀形力的计算

胀形力按下式计算

$$P = qF$$
$$q = 1.15\sigma_b \frac{2t}{d_{max}}$$

式中  $P$ ——胀形力(N) ;

- F——胀形面积(mm<sup>2</sup>)；
- q——单位面积胀形力(N/mm<sup>2</sup>)；
- σ<sub>b</sub>——材料抗拉强度(N/mm<sup>2</sup>)；
- d<sub>max</sub>——胀形最大直径(mm)；
- t——材料厚度(mm)。

五、缩口

1. 缩口变形程度

缩口工序的主要问题是材料容易失稳起皱 ,因此缩口前后工件的直径差不宜过大 ,直径差较大时往往需多次缩口。一般用缩口系数来表示其变形程度

$$K_s = \frac{d_n}{d_0}$$

- 式中 K<sub>s</sub>——总的缩口系数；
- d<sub>0</sub>——缩口前工件的直径(mm)；
- d<sub>n</sub>——n 次缩口后工件的直径(mm)。

每一工序的平均缩口系数

$$K_{sp} = \frac{d_1}{d_0} = \frac{d_2}{d_1} = \cdots \frac{d_n}{d_{n-1}}$$

表 9 - 59 为各种材料的平均缩口系数。

表 9 - 59 平均缩口系数 K<sub>sp</sub>

| 材 料                                     | 模 具 形 式       |               |               |
|-----------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                                         | 无支承           | 外部支承          | 内外支承          |
| 软钢                                      | 0. 70 ~ 0. 75 | 0. 55 ~ 0. 60 | 0. 30 ~ 0. 35 |
| 黄铜                                      | 0. 65 ~ 0. 70 | 0. 50 ~ 0. 55 | 0. 27 ~ 0. 32 |
| 铝                                       | 0. 68 ~ 0. 72 | 0. 53 ~ 0. 57 | 0. 27 ~ 0. 32 |
| 硬铝( 退火 )                                | 0. 75 ~ 0. 80 | 0. 60 ~ 0. 63 | 0. 35 ~ 0. 40 |
| 硬铝( 淬火 )                                | 0. 75 ~ 0. 80 | 0. 68 ~ 0. 72 | 0. 40 ~ 0. 43 |
| 注 : 1. 外部支承指外径夹紧支承 ;<br>2. 内部支承指内孔用心轴支承 |               |               |               |

缩口系数也和材料厚度有关 ,材料太薄时应适当放大缩口系数。表 9 - 60 列出材料厚度与缩口系数的关系。

表 9 - 60 材料厚度和缩口系数的关系

| 材 料 | 材 料 厚 度 |           |            |
|-----|---------|-----------|------------|
|     | < 0.5   | 0.5 ~ 1   | > 1        |
| 黄铜  | 0.85    | 0.8 ~ 0.7 | 0.7 ~ 0.65 |
| 软钢  | 0.8     | 0.75      | 0.7 ~ 0.65 |

多道缩口工序中第一道采用比平均值  $K_{sp}$  小 10% 的缩口系数 ,以后各道工序 ,采用比平均值  $K_{sp}$  大 5% ~ 10% 的缩口系数。缩口次数按下式计算 :

$$n = \frac{1gK_s}{1gK_{sp}}$$

式中  $n$ ——缩口次数 ;  
 $K_s$ ——总的缩口系数 ;  
 $K_{sp}$ ——平均缩口系数。

2. 毛坯尺寸计算

按照不同的缩口形式 (图 9 - 33) 毛坯尺寸的计算公式如下 :

对图 9 - 33(a)的形式 :

$$h_0 = (1 \sim 1.05) \left[ h_1 + \frac{d_0^2 - d^2}{8d_0 \sin \alpha} \left( 1 + \sqrt{\frac{d_0}{d}} \right) \right]$$

对图 9 - 33(b)的形式 :

$$h_0 = (1 \sim 1.05) \left[ h_1 + h_2 \sqrt{\frac{d}{d_0}} + \frac{d_0^2 - d^2}{8d_0 \sin \alpha} \left( 1 + \sqrt{\frac{d_0}{d}} \right) \right]$$

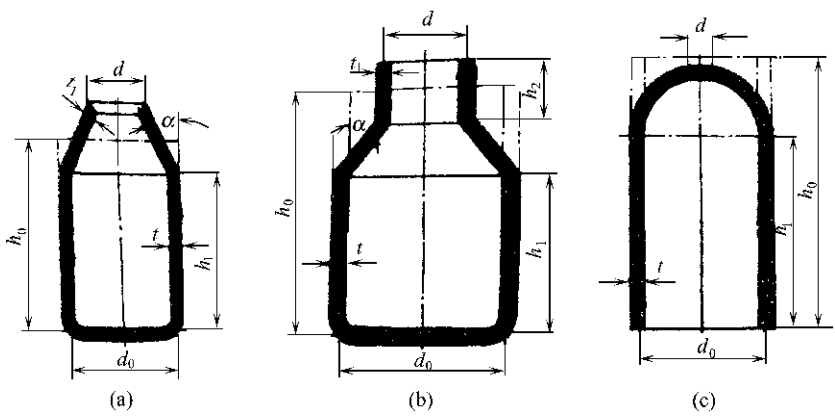


图 9 - 33 缩口形式  
(a) 斜口 ;(b) 直口 ;(c) 球面。

对图 9 - 33(c)的形式：

$$h_0 = h_1 + \frac{1}{4} \left( 1 + \sqrt{\frac{d_0}{d}} \right) \sqrt{d_0^2 - d^2}$$

3. 缩口与扩口复合工序

缩口与扩口复合工序用来成形两端直径差距较大的管子 ,如图 9 - 34 锥形或阶梯形。

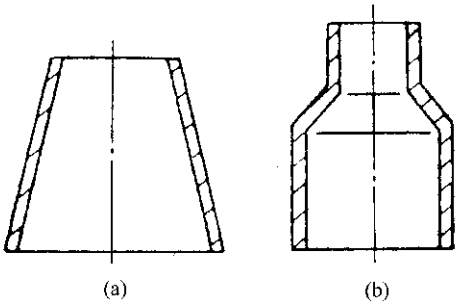


图 9 - 34 用缩口与扩口复合工序制造的工件

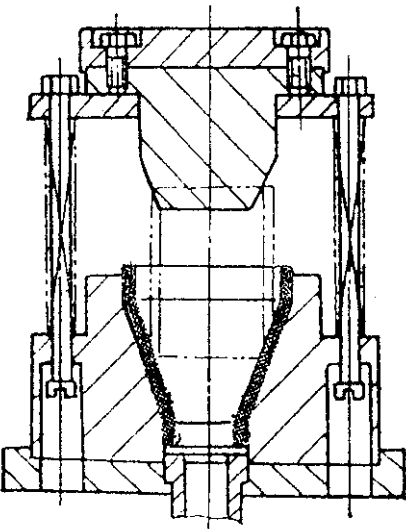


图 9 - 35 缩口与扩口复合模

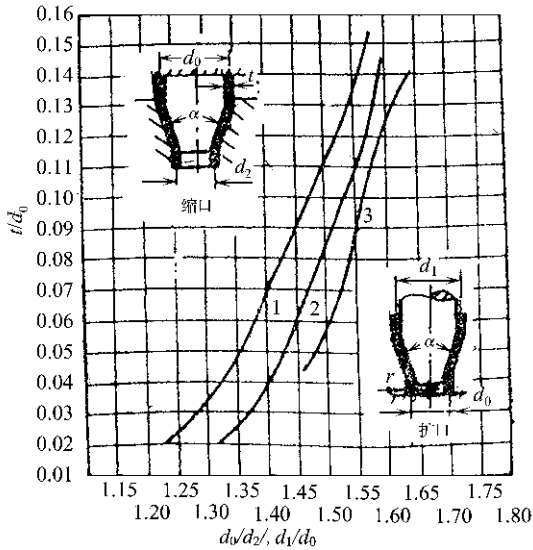


图 9 - 36 缩口比和扩口系数

1—缩口比  $\alpha = 40^\circ$  ; 2—缩口比  $\alpha = 20^\circ$  ;  
3—扩口系数  $\alpha = 40^\circ$ 。

六、校平

校平是提高局部或整体平面型零件平直度的冲压工序。

1. 校平模类型

(1) 光面模

光面模用于薄料且表面不允许有压痕的工件。

(2) 细齿模

细齿模(图 9 - 37(a))用于材料较厚且表面允许有压痕的工件。齿形在平面上呈正方形或菱形。齿尖磨钝,上下模的齿尖相互叉开。

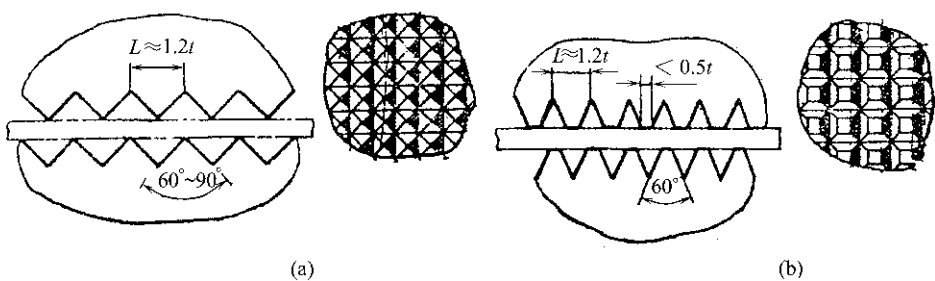


图 9 - 37 齿形校平模  
(a) 细齿 ; (b) 粗齿。

(3) 粗齿模

粗齿模(图 9 - 37(b))用于薄料以及铝、铜等有色金属,工件不允许有较深的压痕。齿顶有一定的宽度。

2. 校平力的计算

校平力按下式计算：

$$P = Fq$$

- 式中 P——校平力(N)；  
F——工件校平面积(mm<sup>2</sup>)；  
q——单位校平力(N/mm<sup>2</sup>)。

表 9 - 61

| 类型    | 简 图 | 用 途                           | 单位校平力<br>q/MPa |
|-------|-----|-------------------------------|----------------|
| 光面模校平 |     | 用于薄料(t<3mm)零件,或表面不允许有压痕的较厚料零件 | 50 ~ 100       |

(续)

| 类型    | 简 图 | 用 途                                                        | 单位校平力<br>q/MPa |
|-------|-----|------------------------------------------------------------|----------------|
| 细齿模校平 |     | 用于较厚料( $t = 3\text{mm} \sim 15\text{mm}$ )零件 在表面上允许有细痕的零件  | 100 ~ 200      |
| 宽齿模校平 |     | 用于较厚料( $t = 3\text{mm} \sim 15\text{mm}$ )零件 在表面上不允许有深痕的零件 | 200 ~ 300      |

第五节 立体压制工艺参数

一、镦粗

1. 镦粗形式

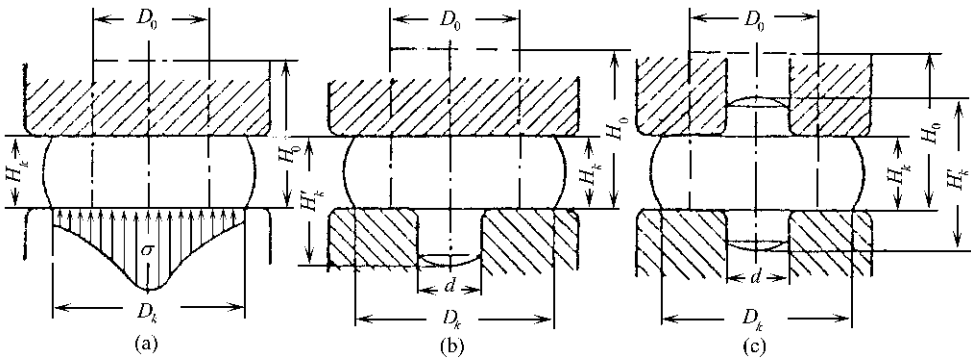


图 9 - 38 镦粗的主要形式

(a) 平板间镦粗 ; (b) 向工作腔流动的镦粗 ; (c) 向上下工作腔流动的镦粗。

2. 变形程度

镦粗的变形程度由以下比值决定：

$$E = \frac{H_0 - H_k}{H_0} \times 100\%$$

式中  $H_0$ ——最初厚度；  
 $H_k$ ——最终厚度。

个别镦粗时允许的极限变形程度见表 9 - 62。

表 9 - 62 镦粗时的许可极限变形程度

| 材 料             | 状 态 | 平板间镦粗 / ( % )<br>( 图 9 - 38 ( a ) ) | 向工作腔流动的镦粗 / ( % )<br>( 图 9 - 38 ( b ) ) |
|-----------------|-----|-------------------------------------|-----------------------------------------|
| 10 ~ 15 号钢      | 退火的 | 60 ~ 70                             | 70 ~ 80                                 |
| 合金结构钢           | 调质的 | 60 ~ 65                             | 65 ~ 75                                 |
| 不锈钢             | 淬火的 | 75 ~ 80                             | 80 ~ 90                                 |
| 铝、紫铜            | 退火的 | 75 ~ 80                             | 80 ~ 90                                 |
| 注：工作变形程度应取低于极限值 |     |                                     |                                         |

在自由镦粗中 ,毛料的极限高度为

$$H_0 = 3D_0$$

如果所需要的变形程度大于所用材料的许可数值时 ,应进行两次或几次镦粗。  
用退火消除每一工序后的硬化。

3. 镦粗力

在平板间镦粗圆柱形毛料所需的力由下式决定：

$$P = qF = 0.78qD_k^2$$

式中  $q$ ——单位压力(MPa)；  
 $F$ ——零件的投影面积(mm<sup>2</sup>)；  
 $D_k$ ——零件的最终直径(mm)。

单位压力的大小同镦粗程度及毛料直径与其厚度的比值有关 ,可取自表 9 - 63。

表 9 - 63 平板间冷镦粗圆柱形毛料的单位压力 单位 :MPa

| 材 料        | 毛料直径与其厚度的比值 |            |            |
|------------|-------------|------------|------------|
|            | 1           | 1. 35      | 2          |
| 铝          | 100 ~ 400   | —          | —          |
| 紫铜         | 300 ~ 600   | —          | —          |
| 硬铝         | 450 ~ 700   | 470 ~ 800  | 500 ~ 900  |
| 黄铜 ( H68 ) | 600 ~ 1000  | 700 ~ 1100 | 700 ~ 1200 |
| 10 ~ 20 号钢 | 550 ~ 1000  | 600 ~ 1100 | 700 ~ 1300 |

(续)

| 材 料        | 毛料直径与其厚度的比值 |             |             |
|------------|-------------|-------------|-------------|
|            | 1           | 1.35        | 2           |
| 12CrNi3A   | 800 ~ 1300  | 900 ~ 1450  | 1000 ~ 1800 |
| 30CrMnSiA  | 1000 ~ 1500 | 1050 ~ 1600 | 1100 ~ 1700 |
| 1Cr18Ni9Ti | 700 ~ 1900  | —           | —           |

注：表中低值用于镦粗程度为 10% ,高值用于镦粗程度为 70%。中间的镦粗程度取中间数值

二、压印

压印是使材料厚度发生变化 ,并使材料充塞模腔 ,在零件表面上形成起伏花纹或字样的工序(属体积变形)。

压印应用最广和最典型的例子是用金属板来制造硬币、纪念章及在钟表业和餐具等的艺术压印。在大多数情况下 ,压印是在封闭模内进行 ,以免金属被挤到型腔外面。对于较大工件的压印或形状特殊事后需切边的工件 ,则采用敞开的表面压印。图 9 - 39 为压印模简图。

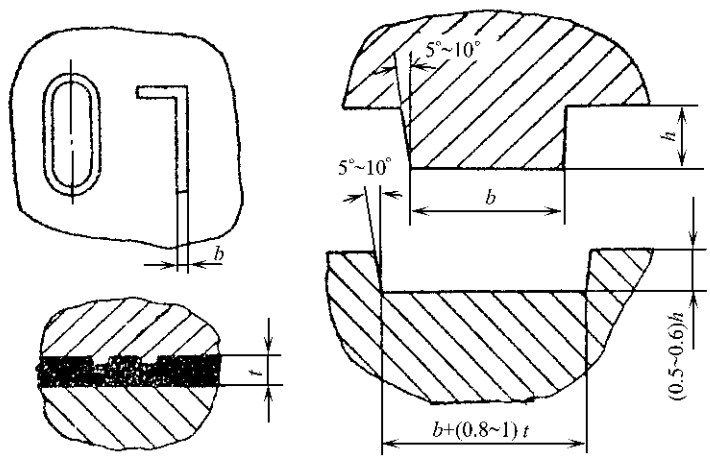


图 9 - 39 压印模简图

压印时要注意凸起宽度不要窄而高 ,要避免尖角等。

在压印过程中虽然金属的位移不大 ,但为了得到清晰的花纹则需要相当大的单位压力。

压印力可根据以下的经验公式计算：

$$P = qF$$

式中 F——零件校平面的投影面积  $\text{mm}^2$ ；

q——单位压力 ,MPa。其试验值见表 9 - 64。

为使工件有良好的表面 ,事先应将毛坯作退火、酸洗、喷砂等处理。

表 9 - 64 压印时单位压力的试验值

| 工 作 性 质                           | 单位压力 /MPa   |
|-----------------------------------|-------------|
| 在黄铜板上敞开压凸纹                        | 200 ~ 500   |
| 在 $t < 1.8\text{mm}$ 的铜板上压凸凹图案    | 800 ~ 900   |
| 用淬得很硬的凸模在凹模上压制轮廓                  | 1000 ~ 1100 |
| 银币或镍币的压印                          | 1500 ~ 1800 |
| 在 $t < 0.4\text{mm}$ 的薄黄铜板上压印单面花纹 | 2500 ~ 3000 |
| 不锈钢上压印花纹                          | 2500 ~ 3000 |

注 : 对未经整形的毛坯 压床必须有约 50% 的储备功率 所需压力的数值随材料厚度的减小和变形速度的提高而急剧增加 只有当材料的流动性很大时所需压力才会减小

三、精压

精压工作是将初步成形的毛坯 在精压模的模板间压制成尺寸准确、表面光滑的工件 ,有时也用来精压热模锻锻件来代替机械加工。精压可使工件达到 0. 05mm 以下的尺寸精度和非常好的表面粗糙度。

1. 精压形式

精压的形式有两种(图 9 - 40) :

(1) 平面精压 ,只对工件厚度方向的个别平面和尺寸进行精压。

(2) 体积精压 ,对工件所有的表面及尺寸都进行精压 将多余的金属挤出形成飞边 然后用整修或修边的方法将其去掉。

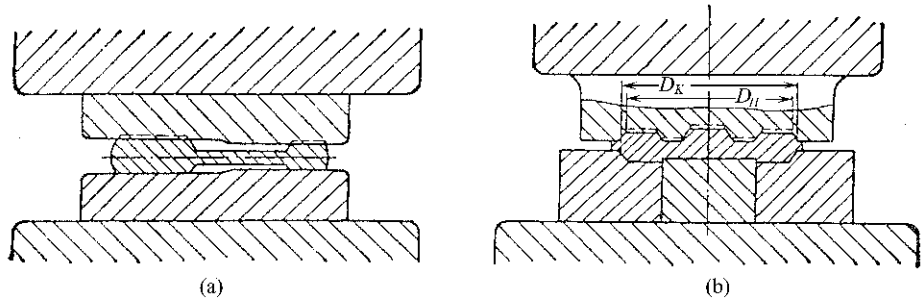


图 9 - 40 平面及立体精压简图  
(a) 平面精压 ;(b) 立体精压。

在平面精压中的墩粗程度 ,一般为原毛坯厚度的 5% ~ 10% ,精压的精度及质量 视压机的能力及状态、模具制造的质量及精度、安装及调整精度、精压余量的大小而定。

2. 尺寸精度

表 9 - 65 为精压工件的高度尺寸的极限偏差。

表 9 - 65 精压工件的高度尺寸的极限偏差

| 精压面的水平投影面积 /mm <sup>2</sup> | 偏 差 /mm |        |
|-----------------------------|---------|--------|
|                             | 一般精压精度  | 高级精压精度 |
| 3 以下                        | ±0. 10  | ±0. 05 |
| 3 ~10                       | ±0. 15  | ±0. 08 |
| 10 ~20                      | ±0. 20  | ±0. 10 |
| 20 ~40                      | ±0. 25  | ±0. 15 |

表 9 - 66 为平面精压工件的水平尺寸的极限偏差。

表 9 - 66 平面精压时水平尺寸的极限偏差

| 工件直径或宽度 /mm | 工件厚度与<br>直径或宽度之比 | 偏 差 /mm     |             |
|-------------|------------------|-------------|-------------|
|             |                  | 一般精度        | 高级精度        |
| 20 ~40      | <0. 25           | +1. 5 ~0. 5 | +1. 0 ~0. 3 |
|             | 0. 25 ~0. 5      | +1. 2 ~0. 5 | +0. 8 ~0. 3 |
|             | >0. 5            | +0. 8 ~0. 5 | +0. 5 ~0. 3 |
| 40 ~75      | <0. 25           | +2. 0 ~0. 5 | +1. 2 ~0. 3 |
|             | 0. 25 ~0. 5      | +1. 5 ~0. 5 | +1. 0 ~0. 3 |
|             | >0. 5            | +1. 0 ~0. 5 | +0. 8 ~0. 3 |

在平面精压中 ,金属在垂直于压缩方向上的流动不受限制 ,因此精压层愈厚 ,工件沿此方向尺寸的变化也愈大 ,所以毛坯的相应尺寸应稍减小。由于精压面中部的变形抗力比边缘要大 ,故在精压后中部厚度比边缘稍大些 ,因此 ,要得到十分平整的精压面 ,应根据弹性变形量将精压模制成相应的凸面 ,或使用有凹面的毛坯 ,或两种方法兼用。

表 9 - 67 和表 9 - 68 所列是需要经过精压的工件尺寸的加工余量及公差合理数值。

表 9 - 67 待精压件(齿轮、圆板、衬套等)尺寸的

加工余量及偏差

单位 mm

| 零件直径    | 厚度 <18 |       |          | 厚度 18 ~50 |       |          | 厚度 50 ~120 |      |          |
|---------|--------|-------|----------|-----------|-------|----------|------------|------|----------|
|         | 精压加工余量 |       | 尺寸<br>偏差 | 精压加工余量    |       | 尺寸<br>偏差 | 精压加工余量     |      | 尺寸<br>偏差 |
|         | 一般精度   | 高级精度  |          | 一般精度      | 高级精度  |          | 一般精度       | 高级精度 |          |
| <30     | 0. 3   | 0. 1  | +0. 4    | —         | —     | —        | —          | —    | —        |
| 30 ~50  | 0. 4   | 0. 2  | +0. 5    | 0. 5      | 0. 25 | +0. 5    | —          | —    | —        |
| 50 ~80  | 0. 5   | 0. 25 | +0. 6    | 0. 6      | 0. 30 | +0. 6    | 0. 8       | 0. 4 | +0. 8    |
| 80 ~120 | 0. 6   | 0. 3  | +0. 8    | 0. 8      | 0. 4  | +0. 8    | 1. 0       | 0. 5 | +1. 0    |

表 9 - 68 待精压件(连杆、杠杆、支臂等)尺寸的  
加工余量及偏差 单位 mm

| 零件长度      | 厚度 <10 |      |          | 厚度 10 ~ 30 |      |          | 厚度 30 ~ 80 |      |          |
|-----------|--------|------|----------|------------|------|----------|------------|------|----------|
|           | 精压加工余量 |      | 尺寸<br>偏差 | 精压加工余量     |      | 尺寸<br>偏差 | 精压加工余量     |      | 尺寸<br>偏差 |
|           | 一般精度   | 高级精度 |          | 一般精度       | 高级精度 |          | 一般精度       | 高级精度 |          |
| <30       | 0.3    | 0.1  | +0.4     | 0.4        | 0.2  | +0.5     | —          | —    | —        |
| 30 ~ 80   | 0.4    | 0.20 | +0.5     | 0.5        | 0.25 | +0.6     | 0.6        | 0.3  | +0.8     |
| 80 ~ 120  | 0.5    | 0.25 | +0.6     | 0.6        | 0.3  | +0.8     | 0.8        | 0.4  | +1.0     |
| 120 ~ 180 | 0.6    | 0.3  | +0.8     | 0.8        | 0.4  | +1.0     | 1.0        | 0.5  | +1.2     |

3. 精压力

精压所需的压力 ,可由下列公式计算：

$$P = qF$$

式中 F——精压面积(mm<sup>2</sup>)；

q——精压的单位压力(MPa) ,见表 9 - 69。

表 9 - 69 精压时的单位压力

| 材 料           | 单位压力 /MPa   |             |
|---------------|-------------|-------------|
|               | 平 面 精 压     | 立 体 精 压     |
| 铝 合 金         | 1000 ~ 1200 | 1400 ~ 1700 |
| 10 ~ 15 号钢    | 1300 ~ 1600 | 1800 ~ 2200 |
| 20 ~ 25 号钢    | 1800 ~ 2200 | 2500 ~ 3000 |
| 35 ~ 45 号钢    | 2500 ~ 3000 | 3000 ~ 3500 |
| 4Cr14Ni14W2Mo | 2500 ~ 3000 | 3000 ~ 3500 |

四、冷挤压

1. 冷挤压的方式(图 9 - 41)

2. 变形程度的表示法

冷挤压变形程度 ,是表示挤压时金属塑性变形量大小的指标。变形程度可用不同的方法表示：

1) 断面缩减率  $\varepsilon_F$  
$$\varepsilon_F = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\%$$

2) 挤压面积比 G 
$$G = F_0 / F_1$$

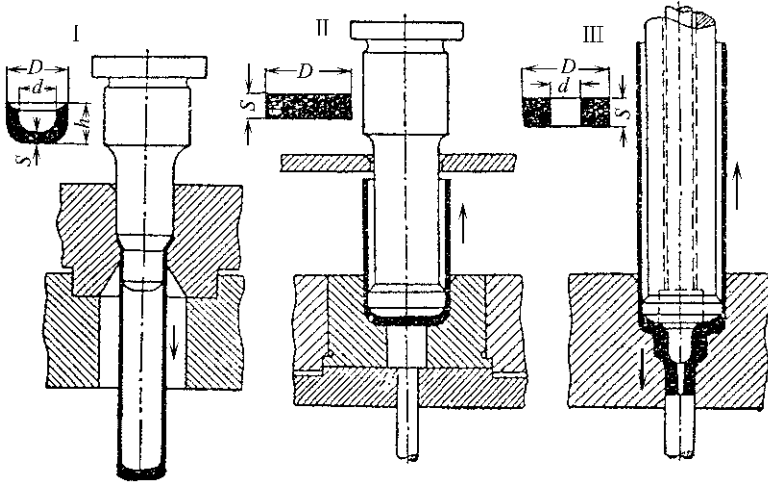


图 9 - 41 冷挤的方式  
I —正挤法；II—反挤法；III—组合法。

3) 对数变形程度  $\varphi$

$$\varphi = \ln G = \ln(F_0 / F_1)$$

式中  $F_0$ ——冷挤压前毛坯的横截面积( $\text{mm}^2$ )；

$F_1$ ——冷挤压后毛坯的横截面积( $\text{mm}^2$ )。

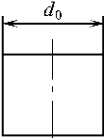
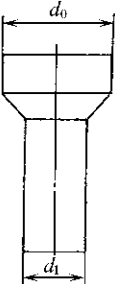
$\varepsilon_F$  与  $G$  的关系：

$$\varepsilon_F = \left(1 - \frac{1}{G}\right) \times 100\% \quad , \quad G = \frac{1}{1 - \varepsilon_F}$$

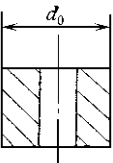
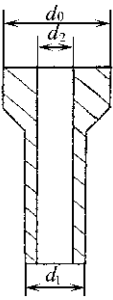
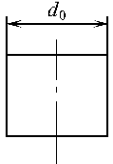
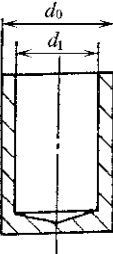
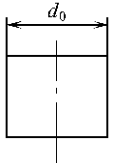
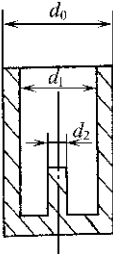
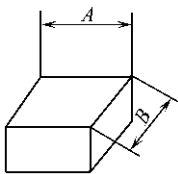
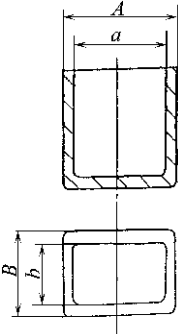
3. 变形程度计算公式

变形程度计算公式见表 9 - 70。

表 9 - 70 变形程度计算公式

| 变形方式  | 毛坯尺寸                                                                                | 工件尺寸                                                                                | 计 算 公 式                                                             |                           |                                     |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
|       |                                                                                     |                                                                                     | 断面缩减率 $\varepsilon_F$                                               | 挤压比 $G$                   | 对数变形程度 $\varphi$                    |
| 正挤实心件 |  |  | $\varepsilon_F = \left(1 - \frac{d_1^2}{d_0^2}\right) \times 100\%$ | $G = \frac{d_0^2}{d_1^2}$ | $\varphi = \ln \frac{d_0^2}{d_1^2}$ |

(续)

| 变形方式  | 毛坯尺寸                                                                                | 工件尺寸                                                                                | 计 算 公 式                                                                                                                                        |                                                                                           |                                                                                                               |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                                                                     |                                                                                     | 断面缩减率 $\varepsilon_F$                                                                                                                          | 挤压比 $G$                                                                                   | 对数变形程度 $\varphi$                                                                                              |
| 正挤空心件 |    |    | $\varepsilon_F = \frac{d_0^2 - d_2^2}{d_0^2 - d_2^2} \times 100\%$                                                                             | $G = \frac{d_0^2 - d_2^2}{d_1^2 - d_2^2}$                                                 | $\varphi = \ln \frac{d_0^2 - d_2^2}{d_1^2 - d_2^2}$                                                           |
| 反挤筒形件 |    |    | $\varepsilon_F = \frac{d_1^2}{d_0^2} \times 100\%$                                                                                             | $G = \frac{d_0^2}{d_0^2 - d_1^2}$                                                         | $\varphi = \ln \frac{d_0^2}{d_0^2 - d_1^2}$                                                                   |
| 反挤带芯件 |  |   | $\varepsilon_F = \frac{d_1^2 - d_2^2}{d_0^2} \times 100\%$                                                                                     | $G = \frac{d_0^2}{d_0^2 - d_1^2 + d_2^2}$                                                 | $\varphi = \ln \frac{d_0^2}{d_0^2 - d_1^2 + d_2^2}$                                                           |
| 反挤盒形件 |  |  | $\varepsilon_F = \frac{a \cdot b}{A \cdot B} \times 100\%$ <p>当 <math>A = B, a = b</math> 时</p> $\varepsilon_F = \frac{a^2}{A^2} \times 100\%$ | $G = \frac{AB}{AB - ab}$ <p>当 <math>A = B, a = b</math> 时</p> $G = \frac{A^2}{A^2 - a^2}$ | $\varphi = \ln \frac{AB}{AB - ab}$ <p>当 <math>A = B, a = b</math> 时</p> $\varphi = \ln \frac{A^2}{A^2 - a^2}$ |

4. 许用变形程度

黑色金属的许用变形程度 ,见图 9 - 42 和图 9 - 43 ,或参考表 9 - 71。

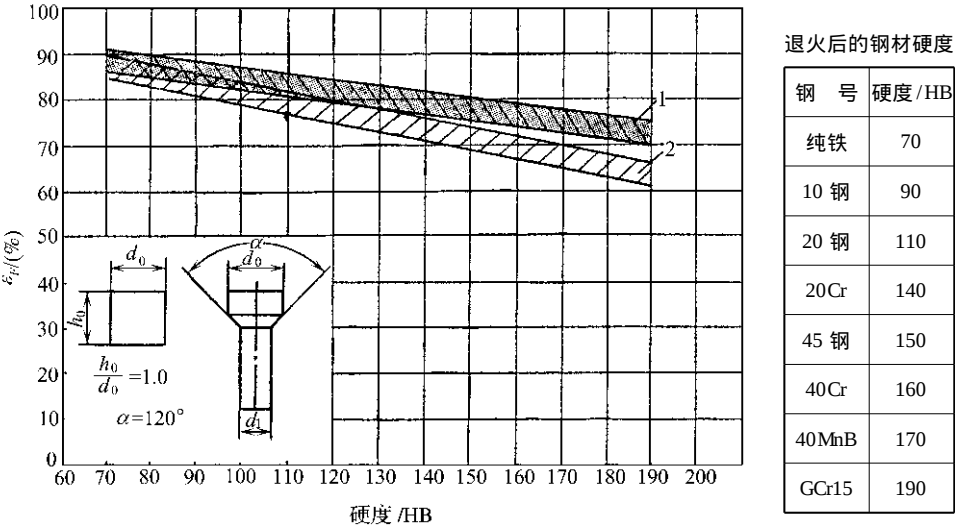


图 9 - 42 黑色金属正挤压许用变形程度( $h_0/d_0 = 1.0$  ,  $\alpha = 120^\circ$ )

1—许用单位挤压力 2500MPa ;2—许用单位挤压力 2000MPa(剖面线与阴影部分为等压带)。

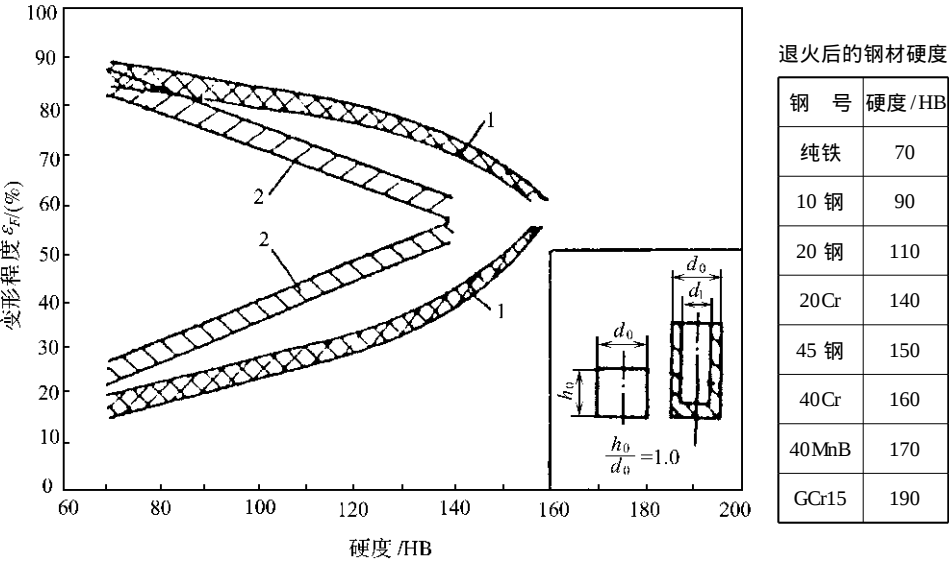


图 9 - 43 黑色金属反挤压的许用变形程度( $h_0/d_0 = 1.0$ )

1—许用单位挤压力为 2500MPa ;2—许用单位挤压力为 2000MPa(剖面线与阴影部分为等压带)。

表 9 - 71 碳素钢及某些低合金钢的许用变形程度

| 钢 号                                                                                                             | 反挤压 $\varepsilon_F$ | 正挤压 $\varepsilon_F$ | 自由镦粗 $\varepsilon_h^*$ |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------|
| 10                                                                                                              | 75 ~ 80             | 82 ~ 87             | 75 ~ 81                |
| 15                                                                                                              | 70 ~ 73             | 80 ~ 82             | 70 ~ 73                |
| 35                                                                                                              | 50                  | 55 ~ 62             | 63                     |
| 45                                                                                                              | 40                  | 45 ~ 48             | 40 ~ 45                |
| 15Cr                                                                                                            | 42 ~ 50             | 53 ~ 63             | 53 ~ 60                |
| 34CrMo                                                                                                          | 40 ~ 45             | 50 ~ 60             | 50 ~ 60                |
| 注： $\varepsilon_h$ 为镦粗许用变形程度 $\varepsilon_h = \frac{H_0 - H_1}{H_0} \times 100\%$ ( $H_0$ —毛坯高度； $H_1$ —镦粗后的高度) |                     |                     |                        |

有色金属的许用变形程度见表 9 - 72。

表 9 - 72 有色金属的许用变形程度

| 材 料 名 称    | 断面缩减率 $\varepsilon_F / (\%)$ |         | 说 明                         |
|------------|------------------------------|---------|-----------------------------|
| 铝、防锈铝等     | 正挤压                          | 95 ~ 99 | 低强度的金属取上限；<br><br>高强度的金属取下限 |
|            | 反挤压                          | 90 ~ 99 |                             |
| 紫铜、黄铜、硬铝、镁 | 正挤压                          | 90 ~ 95 |                             |
|            | 反挤压                          | 75 ~ 90 |                             |

5. 挤压力

挤压黑色金属所需的挤压力 ,可从图 9 - 44 至图 9 - 46 中直接查出 ,也可从表 9 - 73 中查出单位面积压力计算出总压力。

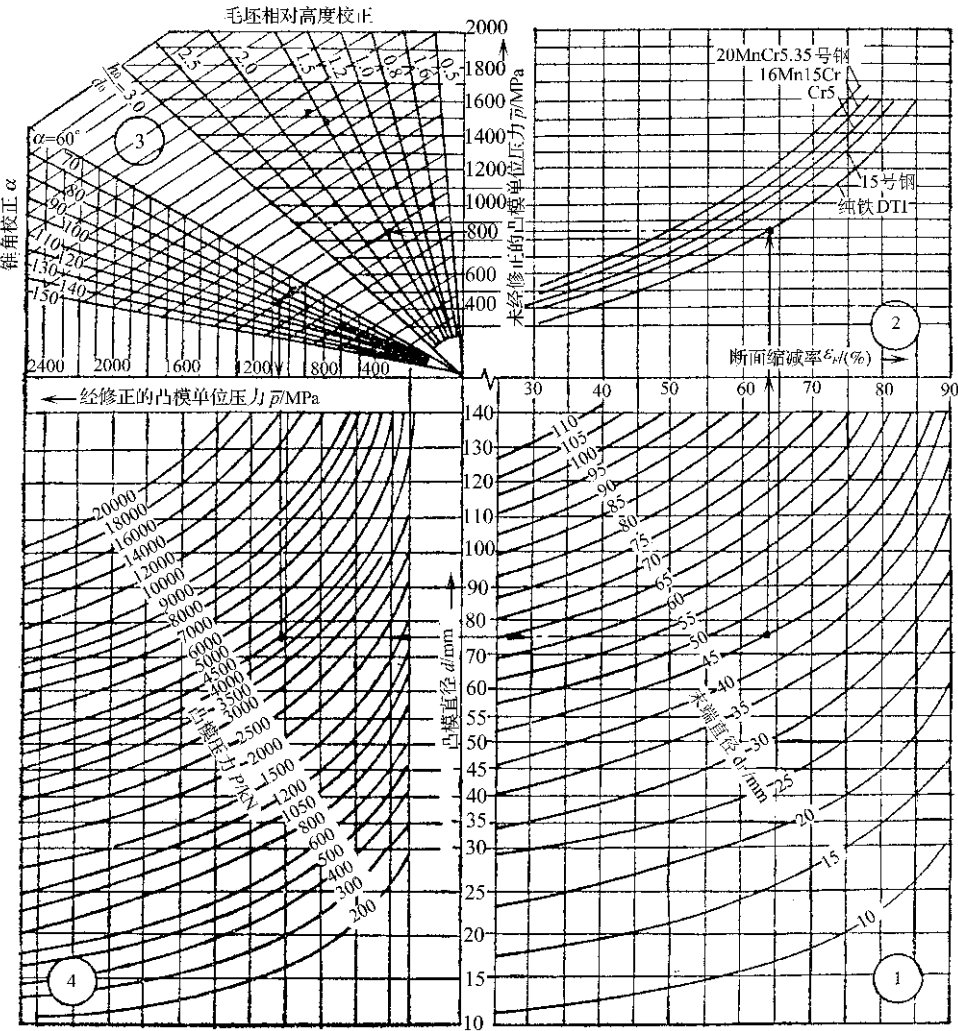


图 9 - 44 黑色金属正挤压实心件计算挤压力用图算表

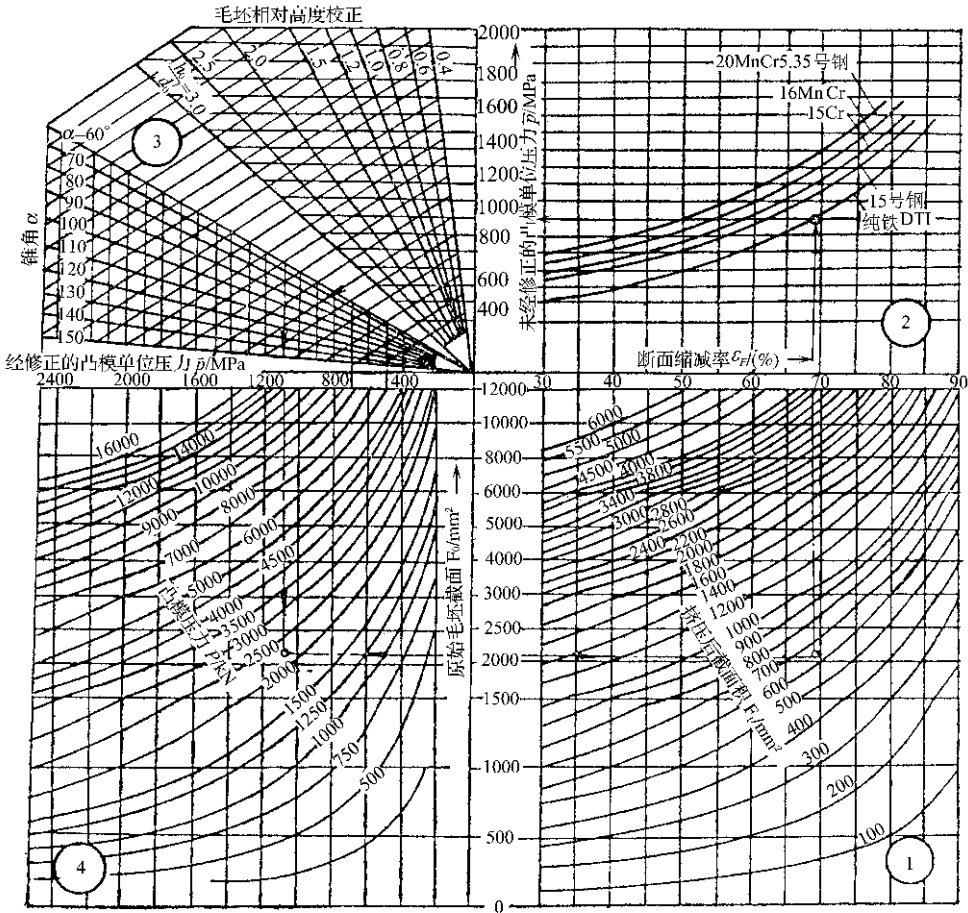


图 9 - 45 黑色金属正挤压空心件计算挤压力用图算表

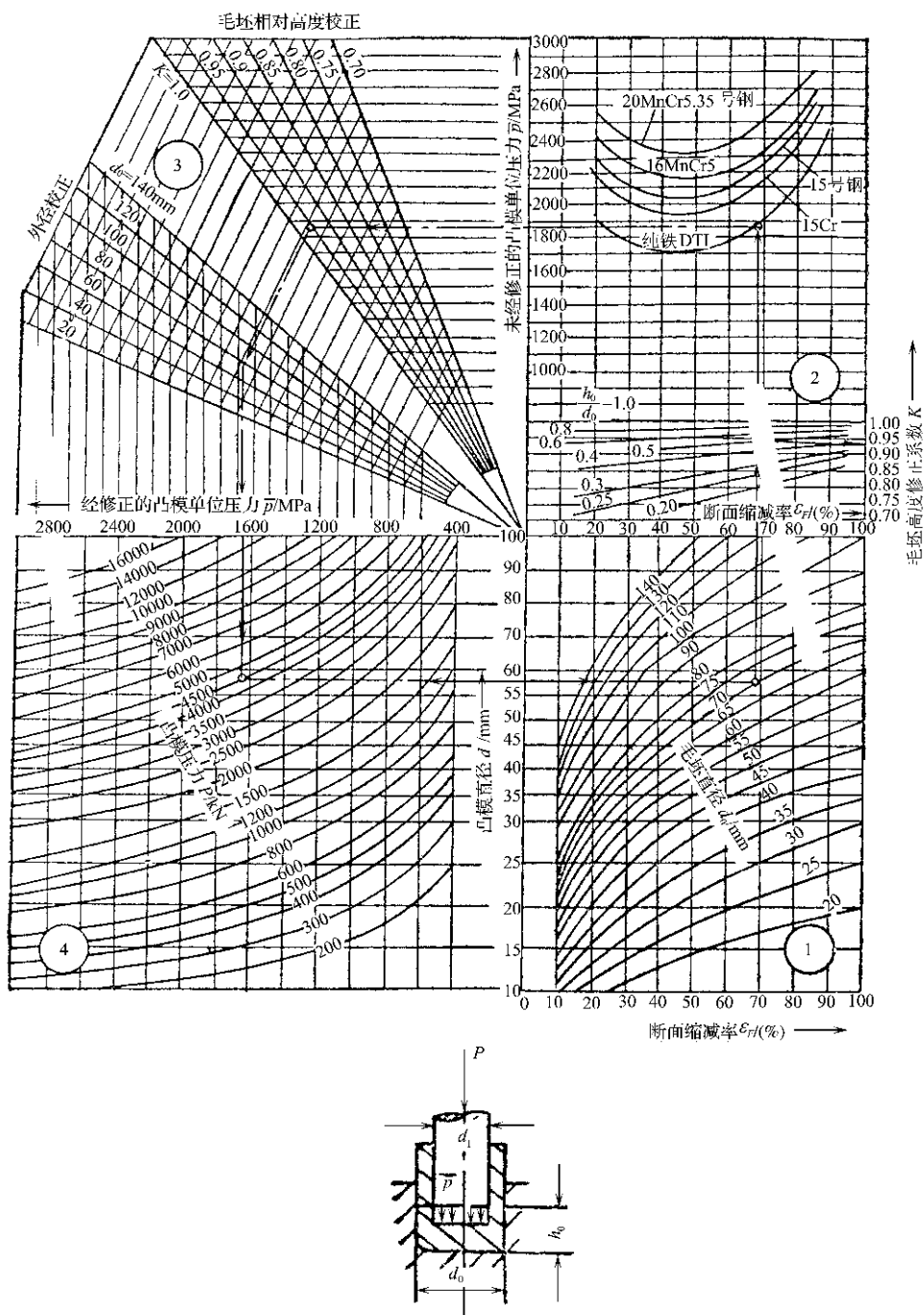


图 9-46 黑色金属反挤压计算挤压力用图算表

在实用上 ,所需要的压床压力由下式计算 :

$$P = qF$$

式中  $q$ ——单位压力(MPa)(见表 9 - 73) ;  
 $F$ ——毛料横剖面面积( $\text{mm}^2$ ) ;  
 $P$ ——冷挤压力(N)。

表 9 - 73 不同钢种、各种变形方式的单位压力

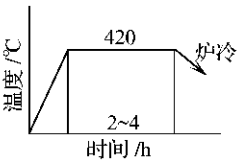
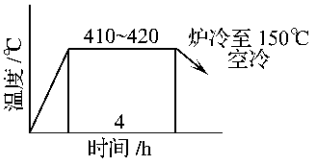
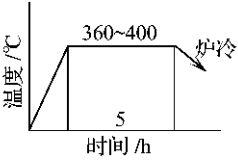
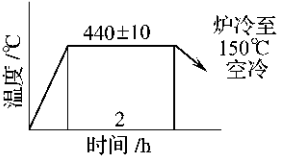
| 变形方式                                                                                                                                           | 含碳量低于 0. 1% 低碳钢                        |             | 含碳量为 0. 1% ~ 0. 3%<br>碳钢 渗碳钢           |             | 含碳量为 0. 3% ~ 0. 5%<br>碳钢 低合金钢          |             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------|----------------------------------------|-------------|----------------------------------------|-------------|
|                                                                                                                                                | $\varepsilon_F \varepsilon_h / ( \% )$ | p/MPa       | $\varepsilon_F \varepsilon_h / ( \% )$ | p/MPa       | $\varepsilon_F \varepsilon_h / ( \% )$ | p/MPa       |
| 正 挤 压                                                                                                                                          | 50 ~ 80                                | 1400 ~ 2000 | 50 ~ 70                                | 1600 ~ 2500 | 40 ~ 60                                | 2000 ~ 2500 |
| 反 挤 压                                                                                                                                          | 40 ~ 75                                | 1600 ~ 2200 | 40 ~ 70                                | 1800 ~ 2500 | 30 ~ 60                                | 2000 ~ 2500 |
| 缩 颈                                                                                                                                            | 25 ~ 30                                | 900 ~ 1100  | 24 ~ 28                                | 1000 ~ 1300 | 23 ~ 28                                | 1150 ~ 1500 |
| 自由镦粗                                                                                                                                           | 50 ~ 60                                | 500 ~ 700   | 50 ~ 60                                | 800 ~ 1000  | 50 ~ 60                                | 1000 ~ 1500 |
| 冷 模 锻                                                                                                                                          | 30 ~ 50                                | 1000 ~ 1600 | 30 ~ 50                                | 1600 ~ 2000 | 30 ~ 50                                | 1800 ~ 2500 |
| 型腔挤压                                                                                                                                           |                                        | 2000 ~ 2500 |                                        | 2000 ~ 2500 |                                        | 2200 ~ 2500 |
| 注 : 1. $\varepsilon_F = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\%$ , $\varepsilon_h = \frac{H_0 - H_1}{H_0} \times 100\%$<br>2. 变形程度大时单位变形力取上限 ,反之取下限 |                                        |             |                                        |             |                                        |             |

6. 冷挤压毛坯的处理

黑色金属冷挤压时 毛坯需经球化退火处理。常用材料的退火规范见表 9 - 74。

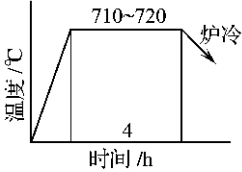
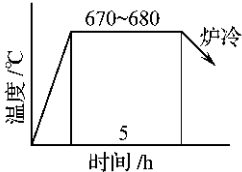
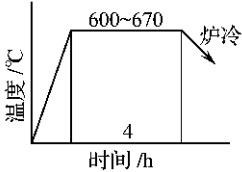
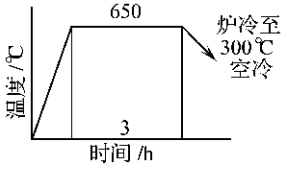
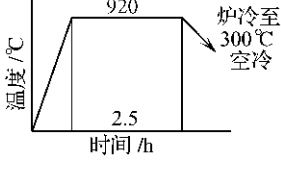
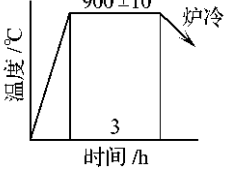
表 9 - 74 常用材料的软化处理规范

| 材 料 | 软化处理规范 | 处理前硬度<br>/HB | 处理后硬度<br>/HB | 备 注 |
|-----|--------|--------------|--------------|-----|
|-----|--------|--------------|--------------|-----|

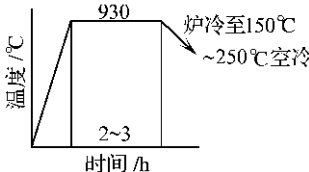
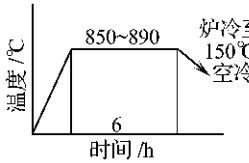
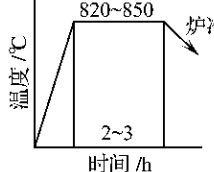
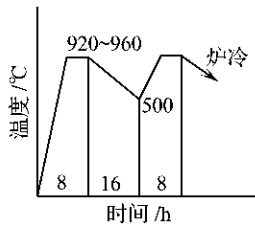
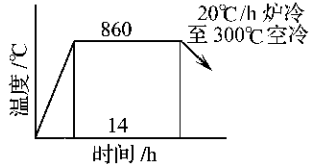
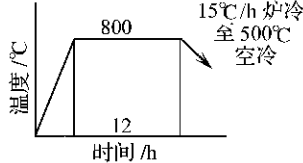
| 材 料                   |               | 软化处理规范                                                                             | 处理前硬度<br>/HB | 处理后硬度<br>/HB         | 备 注 |
|-----------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------|-----|
| 铝<br>及<br>铝<br>合<br>金 | L1 ~ L5       |   | —            | 15 ~ 19              |     |
|                       | LY11、<br>LY12 |   | 105          | 53.5 ~ 55<br>55 ~ 60 |     |
|                       | LF2 ~ LF5     |   | —            | 38 ~ 39              |     |
|                       | LD8           |  | —            | 55                   |     |

(续)

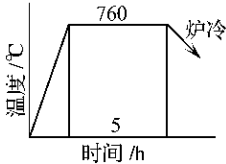
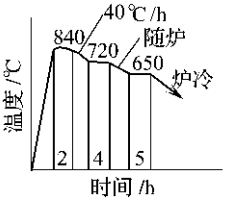
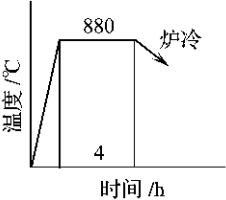
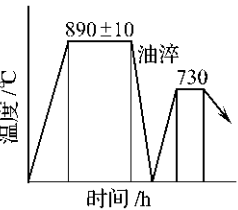
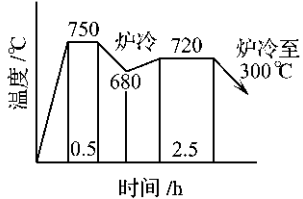
| 材 料 | 软化处理规范 | 处理前硬度<br>/HB | 处理后硬度<br>/HB | 备 注 |
|-----|--------|--------------|--------------|-----|
|-----|--------|--------------|--------------|-----|

| 材 料                   |                         | 软化处理规范                                                                              | 处理前硬度<br>/HB | 处理后硬度<br>/HB | 备 注            |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|----------------|
| 铜<br>及<br>铜<br>合<br>金 | 紫 铜<br>(T1 ~ T4)<br>无氧铜 |    | 110          | 38 ~ 42      | 也可采用水淬<br>软化处理 |
|                       | 黄 铜<br>(H62)            |    | 150          | 50 ~ 55      | 也可 100 水<br>淬  |
|                       | 黄 铜<br>(H68)            |    |              | 45 ~ 55      |                |
|                       | QSnT - 0.2              |   | —            | 65 ~ 70      |                |
|                       | QAl10 - 4 - 4           |  | —            | 143 ~ 150    |                |
| 纯<br>铁                | DT1                     |  | —            | 60 ~ 80      |                |

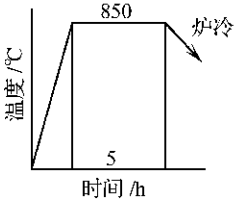
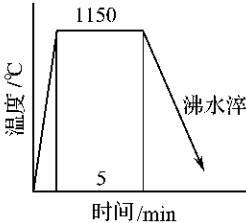
(续)

| 材 料   |      | 软化处理规范                                                                              | 处理前硬度<br>/HB | 处理后硬度<br>/HB | 备 注 |
|-------|------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|-----|
| 碳素钢   | 10 钢 |    | —            | 106          |     |
|       | 20 钢 |    | —            | 110 ~ 120    |     |
| 碳素钢   | 45 钢 |    |              | 145 ~ 155    |     |
|       |      |   |              | ≈130         |     |
| 合金结构钢 | 15Cr |  | 170 ~ 217    | 113 ~ 120    |     |
|       | 20Cr |                                                                                     |              | 120 ~ 130    |     |
|       | 40Cr |  |              | 150 ~ 163    |     |

(续)

| 材 料       |           | 软化处理规范                                                                              | 处理前硬度<br>/HB | 处理后硬度<br>/HB | 备 注              |
|-----------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|------------------|
| 合 金 结 构 钢 | 16Mn      |    | 170          | 130          |                  |
|           | 20MnV     |    | —            | > 131        |                  |
|           | 45Mn      |   | 217 ~ 230    | 145 ~ 155    |                  |
|           | 30CrMnSiA |  | —            | ≈120         | 淬火时间根据<br>毛坯尺寸而定 |
| 碳素工具钢     | T8        |  | HV195        | HV165        |                  |

(续)

| 材 料         |            | 软化处理规范                                                                            | 处理前硬度<br>/HB | 处理后硬度<br>/HB | 备 注 |
|-------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|-----|
| 轴<br>承<br>钢 | GCr15      |  | —            | 174 ~ 192    |     |
| 不<br>锈<br>钢 | 1Cr18Ni9Ti |  |              | 130 ~ 140    |     |

冷挤压毛坯的表面处理和润滑剂见表 9 - 75 和表 9 - 76。

表 9 - 75 几种材料的冷挤压件表面处理与润滑

| 材 料                            | 处理方法  | 所用化学药品                                                                                                                                                                                                                                | 温度<br>/ | 时间<br>/min | 常用润滑剂                      |
|--------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------|----------------------------|
| 碳钢(50 钢)                       | 碳化处理  | 氧化锌 (ZnO) 169g<br>碳 酸 (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ) 283g<br>硝 酸 (HNO <sub>3</sub> ) 259g<br>水 (H <sub>2</sub> O) 289g                                                                                                             | 95 ~ 98 | 20 ~ 30    | 皂化液                        |
| 不锈钢<br>(1Cr18Ni9Ti)<br>1(Cr13) | 草酸盐处理 | 草 酸 (H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ) 50g<br>钼 酸 铵 (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> 30g<br>氯 化 钠 (NaCl) 25g<br>氟化氢钠 (NaHF <sub>2</sub> ) 10g<br>亚硫酸钠 (NaSO <sub>3</sub> ) 3g<br>水 (H <sub>2</sub> O) 1L | 90      | 15 ~ 20    | 氯化石蜡<br>85%<br>二硫化钼<br>15% |
| 黄铜<br>(H62、H68)                | 钝化处理  | 铬 酐 (200 ~ 300)g/L<br>硫 酸 (8 ~ 16)g/L<br>硝 酸 (30 ~ 50)g/L                                                                                                                                                                             | 20      | 5 ~ 15     | 豆油<br>菜籽油                  |
| 纯铝(L1)                         |       |                                                                                                                                                                                                                                       |         |            | 硬酯酸锌                       |
| 硬铝<br>(LY11、LY13)              | 氧化处理  | 工业氢氧化钠 (40 ~ 60)g/L                                                                                                                                                                                                                   | 50 ~ 70 | 1 ~ 3      | 豆油<br>菜籽油<br>蓖麻油           |

表 9 - 76 有色金属冷挤压润滑剂

| 挤压材料               | 润滑剂成分                                              | 配制与使用方法                                                                          | 应用效果及说明                                                                      |
|--------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 纯铝<br>(L1)         | 猪油 100%                                            |                                                                                  | 1. 涂擦不均匀,容易产生“流散”现象<br>2. 与其他润滑剂比较,挤压力较大                                     |
|                    | 猪油 5%<br>甘油 5%<br>汽缸油 15%<br>四氯化碳 75%              | 猪油、甘油加热到 200 ,然后冷却至 40 以下,倒入四氯化碳,搅拌均匀,最后倒入汽缸油                                    | 1. 金属流动性较好<br>2. 冷挤零件表面粗糙度可达 $R_a(1.6 \sim 0.4) \mu m$ 以下                    |
|                    | 猪油 25%<br>液体石蜡 30%<br>十二醇 10%<br>四氯化碳 35%          | 猪油加热至 200 稍冷却后加入四氯化碳,搅拌均匀后加入十二醇,冷却后加入液体石蜡                                        | 1. 冷挤时流动性和润滑性较好<br>2. 冷挤零件表面粗糙度可达 $R_a(1.6 \sim 0.4) \mu m$                  |
|                    | 硬脂酸锌<br>(粉末状)                                      | 将已处理清洁的毛坯与粉状硬脂酸锌一起放入液筒滚动 15min,使毛坯上牢固而均匀地粘上一层硬脂酸锌                                | 1. 冷挤压件壁厚均匀<br>2. 流动性能好<br>3. 卸料力小<br>4. 冷挤压件粗糙度可达 $R_a(1.6 \sim 0.4) \mu m$ |
|                    | 十四醇 80%<br>酒精 20%                                  | 两者按比例混合使用,但当气温低时,十四醇应稍加热,增加其流动性,使与酒精混合良好                                         | 较好                                                                           |
| 防锈铝<br>(LF21 ,LF2) | 猪油 18%<br>汽缸油 22%<br>石蜡油 22%<br>十四醇 3%<br>四氯化碳 35% | 猪油加热至 200 后加入少许四氯化碳,然后加入汽缸油及石蜡油,升温至 250 ,稍冷后,即可加入工业甘油与十四醇。当冷却至 150 时把剩余的四氯化碳全部加入 | 1. 润滑性能较好<br>2. 零件表面粗糙度可达 $R_a0.8 \mu m$                                     |
| 紫铜<br>(T1、T2、T3)   | 猪油 13%<br>十四醇 3%<br>纯机油 84%                        | 将猪油加热到 200 ,几分钟后加入纯机油,两者搅拌均匀(约 3min),最后加入十四醇                                     | 零件表面粗糙度很低                                                                    |
| 黄铜<br>(H62、H68)    | 工业豆油                                               |                                                                                  | 效果良好                                                                         |
|                    | 蓖麻油或透平油                                            |                                                                                  |                                                                              |
| 黄铜<br>(H62、H68)    | 硬脂酸锌<br>(粉末状)                                      | 敷上即可                                                                             | 效果较好,特别是正挤压空心件时,可以得到较好的表面质量,避免了内孔壁易出现的环状裂纹。挤压力稍有增加                           |

(续)

| 挤压材料            | 润滑剂成分                                                            | 配制与使用方法                                                                                                                                                     | 应用效果及说明                                      |
|-----------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 黄铜<br>(H62、H68) | 表面钝化处理，<br>在黄铜表面形成钝<br>化膜，作为润滑之<br>用。具体过程是退<br>火→酸洗→钝化→<br>浸入润滑剂 | 钝化工艺流程：汽油除油→热<br>水洗(60 ~ 120 )→冷水冲洗<br>→钝化(5s ~ 10s)→冷水冲洗→<br>热水洗→干燥<br>钝化配方：<br>酞酐 200 ~ 250g/L<br>硫酸 8 ~ 16g/L<br>硝酸 30 ~ 50g/L<br>溶液温度 20<br>时间 5s ~ 10s |                                              |
| 锌铜合金            | 羊毛脂与工业汽<br>油按 1： 1 或 1：<br>1.5 混合                                | 先将羊毛脂在 50 ~ 60 的电<br>炉中溶化，然后按上述比例与工<br>业汽油混合而成                                                                                                              | 1. 表面质量较好<br>2. 具有保持热量的能力<br>3. 对模具及制件均无腐蚀作用 |
| 镍<br>(N1、N2)    | 表面镀铜挤压，<br>润滑剂可采用紫铜<br>的润滑剂                                      | 按一般镀铜工艺，镀层厚<br>(0.01 ~ 0.015)mm                                                                                                                             | 效果较好                                         |

7. 冷挤压模具参数

1) 凸模

正挤压凸模见图 9 - 47 ,反挤压凸模见图 9 - 48。

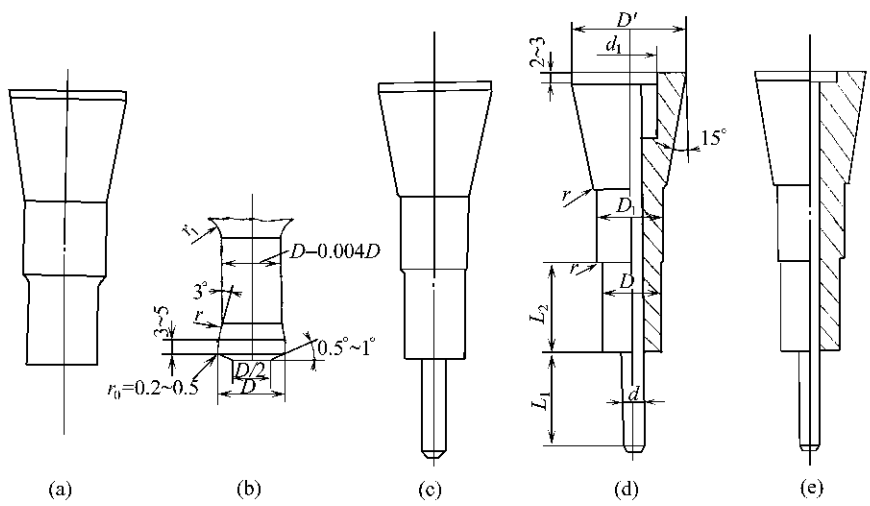


图 9 - 47 正挤压凸模型式

$d$  = 挤压件内孔直径； $D$  = 挤压件头部直径； $D' = (1.8 \sim 2)D$ ； $D_1 = (1.2 \sim 1.3)D$ ； $d_1 = (d + 5)$ ；  
 $L_1$  = 毛坯高度 + 凹模刃带高度； $L_2$  = 毛坯变形长度 + 凹模导向部分高度； $r = (0.1 \sim 0.2)D$ 。

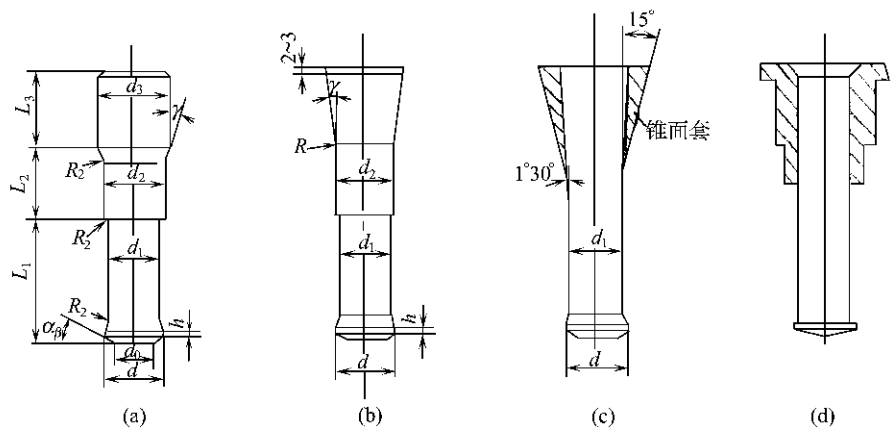


图 9 - 48 反挤压凸模型式

$d$  = 挤压件内孔直径 ;  $d_1 = d - (0.1 \sim 0.2) \text{mm}$  ;  $d_2 \geq d$  ;  $d_3 \geq 1.3d$  ;  $R_2 = (0.2 \sim 0.4)d$  ;  
 $\gamma = 15^\circ \sim 30^\circ$  ;  $L_1$  = 挤压件内孔高度 +  $(3 \sim 5) \text{mm}$  ;  $L_2$  = 卸料板高度 +  $(10 \sim 15) \text{mm}$  ;  $L_3 \approx d_3$ 。

2) 凹模

A. 凹模型腔

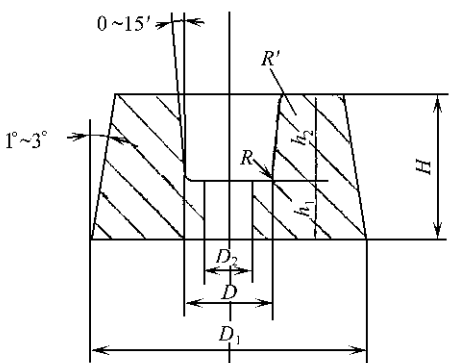
正挤压凹模型腔尺寸参数见表 9 - 77。

反挤压凹模型腔尺寸参数见表 9 - 78。

表 9 - 77 正挤压凹模型腔参数

| 尺寸参数                           |                                         |
|--------------------------------|-----------------------------------------|
| D                              | $D_0 + (0.15 \sim 0.2) \text{mm}$       |
| $d_1$                          | 挤压件杆部直径                                 |
| $d_2$                          | $d_1 + (0.5 \sim 1.0) \text{mm}$        |
| r                              | $(2 \sim 3) \text{mm}$                  |
| $R_2$                          | $> 2 \text{mm}$                         |
| $R_1$                          | $(0.5 \sim 1) \text{mm}$                |
| $h_3$                          | $(0.5 \sim 1)D$                         |
| $h_2$                          | $H_0 + R_2 + r + (2 \sim 3) \text{mm}$  |
| 注 : $D_0$ —毛坯直径<br>$H_0$ —毛坯高度 |                                         |
| 挤压材料                           | 纯 铝      低碳钢      硬铝、紫铜、黄铜              |
| $h_1 / \text{mm}$              | 1.0 ~ 2.0      2.0 ~ 4.0      1.0 ~ 3.0 |

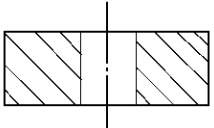
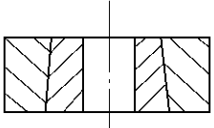
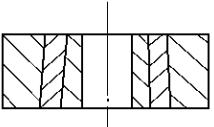
表 9 - 78 反挤压凹模型腔参数

|                                                                                   |                        |                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------|
|  | 尺 寸 参 数                |                                 |
|                                                                                   | D                      | 按挤压件外径确定                        |
|                                                                                   | R                      | ≥2mm                            |
|                                                                                   | h <sub>1</sub>         | (0.7 ~ 1.0)D                    |
|                                                                                   | h <sub>2</sub>         | H <sub>0</sub> + R + (5 ~ 10)mm |
|                                                                                   | H                      | h <sub>2</sub> + h <sub>1</sub> |
|                                                                                   | 注：H <sub>0</sub> —毛坯高度 |                                 |

B. 组合凹模

① 组合凹模的形式(表 9 - 79)

表 9 - 79 组合凹模的形式

| 单位挤压力( $p_{\square}$ )                                                                                                                                                                                                                                                      | 凹 模 型 式 | 简 图                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| $\leq (1000 \sim 1200) \text{MPa}$                                                                                                                                                                                                                                          | 整体凹模    |   |
| $1200 \text{MPa} < p$<br>$\leq (1400 \sim 1600) \text{MPa}$                                                                                                                                                                                                                 | 两层组合凹模  |  |
| $1400 \text{MPa} < p$<br>$\leq (2200 \sim 2500) \text{MPa}$                                                                                                                                                                                                                 | 三层组合凹模  |  |
| 注：一般在挤压时提到的单位压力是指垂直于凸模底面的单位压力 $p_{\triangleleft} \left( = \frac{p}{F} \right)$ ，而 $p_{\triangleleft} \neq p_{\square}$ 。当变形程度较大( $\varepsilon_F > 30\%$ )时，可以认为正挤压 $p_{\triangleleft} \approx p_{\square}$ ，反挤压 $p_{\triangleleft} \approx \varepsilon_F \cdot p_{\square}$ |         |                                                                                     |

② 两层组合凹模(图 9 - 49)

- $d_1$ ——凹模内径(按挤压件最大外径)(mm) ;
- $d_3$ —— $(4 \sim 6)d_1$ (mm) ;
- $\gamma$ —— $1^{\circ}30'$ (锥度可以向上 亦可以向下) ;
- $C_2 = \delta_2 d_2$ —— $d_2$  处轴向压合量 (mm) ;
- $u_2 = \beta_2 d_2$ —— $d_2$  处径向过盈量 (mm)。

$$\left(C_2 = \frac{u_2}{2tg\gamma}\right)$$

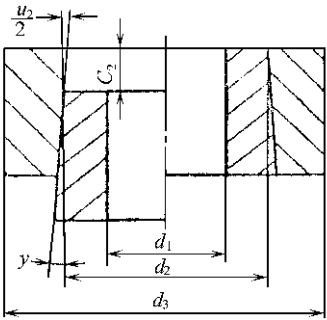


图 9 - 49 两层组合凹模压合

式中的  $d_2, \delta_2, \beta_2$  查表 9 - 80。

表 9 - 80 两层组合凹模设计参数

| 序 号 | $d_3$  | $d_2$    | $\delta_2$ | $\beta_2$ |
|-----|--------|----------|------------|-----------|
| 1   | $4d_1$ | $1.8d_1$ | 0.16       | 0.0083    |
| 2   | $5d_1$ | $2.0d_1$ | 0.163      | 0.0085    |
| 3   | $6d_1$ | $2.2d_1$ | 0.166      | 0.0088    |

③ 三层组合凹模(图 9 - 50)

- $d_1$ ——凹模内径(按挤压件最大外径)(mm) ;
- $d_4$ —— $(4 \sim 6)d_1$  ;
- $\gamma$ —— $1^{\circ}30'$ (锥度可以向上 亦可向下) ;
- $C_2 = \delta_2 d_2$ —— $d_2$  处轴向压合量 (mm) ;
- $u_2 = \beta_2 d_2$ —— $d_2$  处径向过盈量 (mm) ;
- $C_3 = \delta_3 d_3$ —— $d_3$  处轴向压合量 (mm) ;
- $u_3 = \beta_3 d_3$ —— $d_3$  处径向过盈量 (mm)。

$$\left(C_2 = \frac{u_2}{2tg\gamma} ; C_3 = \frac{u_3}{2tg\gamma}\right)$$

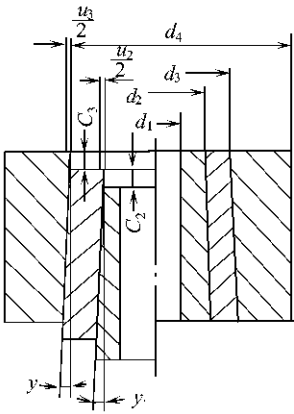


图 9 - 50 三层组合凹模压合

式中的  $d_2, d_3, \delta_2, \delta_3, \beta_2, \beta_3$  查表 9 - 81 和表 9 - 82。

表 9 - 81 三层组合凹模设计参数

| 序号 | $d_4$  | $d_2$     | $d_3$     | $\delta_2$ | $\beta_2$ | $\delta_3$ | $\beta_3$ |
|----|--------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| 1  | $4d_1$ | $1.55d_1$ | $2.45d_1$ | 0.204      | 0.0106    | 0.12       | 0.006     |
| 2  | $5d_1$ | $1.7d_1$  | $2.9d_1$  | 0.20       | 0.0105    | 0.09       | 0.0045    |
| 2  | $6d_1$ | $1.8d_1$  | $3.25d_1$ | 0.195      | 0.0102    | 0.072      | 0.0038    |

表 9 - 82 组合凹模径向过盈系数经验值

| 数值<br>凹模材料 | 径向过盈系数 $\beta$  |               |
|------------|-----------------|---------------|
|            | $\beta_2$       | $\beta_3$     |
| 硬质合金       | 0.0045 ~ 0.0065 | 0.004 ~ 0.006 |
| 合金模具钢      | 0.003 ~ 0.006   | 0.004 ~ 0.008 |

## 第十章 冲模零件的强度

### 第一节 凸模、凹模和凸凹模的强度

#### 一、凸模强度计算

凸模的强度一般不进行计算,但对于冲厚料和细长的凸模,为了防止凸模压碎或缝合失稳而折断,必须进行凸模承压能力和抗弯能力的校核。

##### 1. 承压能力校核

##### 1) 圆形凸模

冲裁时凸模承受的应力有平均应力  $\sigma$  和刃口的接触应力  $\sigma_K$  两种。凸模直径大于冲件料厚时,接触应力  $\sigma_K$  大于平均应力  $\sigma$ ,因此强度核算的条件是接触应力  $\sigma_K$  小于或等于凸模材料的许用应力  $[\sigma]$ ,即

当  $d > t$  时,凸模强度按下式核算:

$$\sigma_K = \frac{2\tau}{1 - 0.5 \frac{t}{d}} \leq [\sigma]$$

当  $d \leq t$  时,凸模强度按下式核算

$$\sigma = 4 \left( \frac{t}{d} \right) \tau \leq [\sigma]$$

式中  $t$ ——冲件材料厚度(mm);

$d$ ——凸模直径(mm);

$\tau$ ——冲件材料抗剪强度(MPa);

$\sigma_K$ ——凸模刃口接触应力(MPa);

$\sigma$ ——凸模平均应力(MPa);

$[\sigma]$ ——凸模材料许用压应力,对于常用合金钢模具,可取 1800MPa ~ 2200MPa。

##### 2) 非圆形凸模

当凸模横截面宽度大于冲件材料厚度  $t$  时(见图 10 - 1(a)),可按下式核算刃口接触应力  $\sigma_K$ ,即

$$\sigma_K = \frac{Lt\tau}{A_K} \leq [\sigma]$$

式中  $L$ ——冲件轮廓长度(mm);

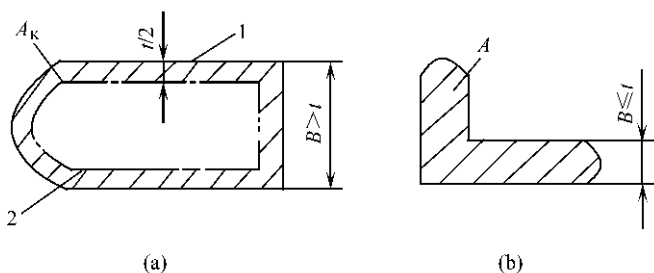


图 10 - 1 计算凸模强度时面积取法

(a)  $B > t$ ; (b)  $B \leq t$ 。

1—冲件轮廓线(即接触面的外界线); 2—接触面的内界线。

t——冲件材料厚度(mm);

 $\tau$ ——冲件材料抗剪强度(MPa); $A_k$ ——接触面积( $\text{mm}^2$ ) 取接触宽度为  $t/2$ ; $\sigma_k$ ——凸模刃口接触应力(MPa); $[\sigma]$ ——凸模材料许用应力(MPa)。

当凸模端面宽度  $B$  小于或等于冲件材料厚度  $t$  时(见图 10 - 1(b)) 按接触宽度  $t/2$  作出的内界线互相交叉 接触面互相重叠 此时按平均应力  $\sigma$  核算凸模强度:

$$\sigma = \frac{Lt\tau}{A} \leq [\sigma]$$

式中  $A$ ——冲件平面面积( $\text{mm}^2$ ); $L$ ——凸模平均压应力(MPa)。

## 2. 抗弯强度核算(见图 10 - 2)

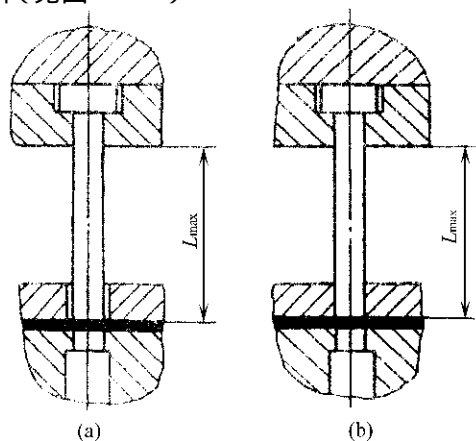


图 10 - 2 抗弯强度校核示意图

(a) 无导向; (b) 有导向。

1) 无导向装置的凸模

对于圆形凸模：

$$L_{\max} \leq 90 \frac{d^2}{\sqrt{F}}$$

对于非圆形凸模：

$$L_{\max} \leq 416 \sqrt{\frac{J}{F}}$$

2) 有导向装置的凸模

对于圆形凸模：

$$L_{\max} \leq 270 \frac{d^2}{\sqrt{F}}$$

对于非圆形凸模：

$$L_{\max} \leq 1180 \sqrt{\frac{J}{F}}$$

式中  $L_{\max}$ ——凸模许可的最大长度(mm)；  
d——凸模的最小直径(mm)；  
F——冲裁力(N)；  
J——凸模最小横截面的惯性矩(mm<sup>4</sup>)。

二、凹模的强度

1. 凹模外形尺寸确定

凹模厚度和壁厚可用经验公式计算：

$$\text{凹模厚度 } H = KB$$

$$\text{凹模壁厚 } C = (1.5 \sim 2)H$$

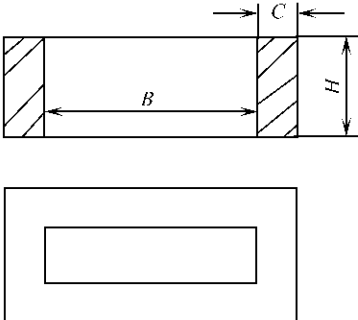
式中 B——凹模孔的最大宽度(mm) ,但 B 不小于 15mm；  
C——凹模壁厚(mm) ,是指刃口至外形边缘的距离；  
K——系数 ,见表 10 - 1。

表 10 - 1 系数 K 值

| <div>料厚 t/mm</div> <div>B/mm</div> | 0.5  | 1    | 2    | 3    | >3   |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|
| <50                                | 0.30 | 0.35 | 0.42 | 0.50 | 0.60 |
| 50 ~ 100                           | 0.20 | 0.22 | 0.28 | 0.35 | 0.42 |
| 100 ~ 200                          | 0.15 | 0.18 | 0.20 | 0.24 | 0.30 |
| >200                               | 0.10 | 0.12 | 0.15 | 0.18 | 0.22 |

凹模厚度 H 和壁厚 C 也可从表 10 - 2 查得。

表 10 - 2 凹模厚度 H 和壁厚 C 单位 mm



| <div> <div>料厚 t</div> <div>凹模孔的<br/>最大宽度 B</div> <div>C H</div> </div> | ≤0.8 |    | >0.8 ~ 1.5 |    | >1.5 ~ 3 |    | >3 ~ 5 |    | >5 ~ 8 |    | >8 ~ 12 |    |
|------------------------------------------------------------------------|------|----|------------|----|----------|----|--------|----|--------|----|---------|----|
|                                                                        | C    | H  | C          | H  | C        | H  | C      | H  | C      | H  | C       | H  |
| <50<br>50 ~ 75                                                         | 26   | 20 | 30         | 22 | 34       | 25 | 40     | 28 | 47     | 30 | 55      | 35 |
| 75 ~ 100<br>100 ~ 150                                                  | 32   | 22 | 36         | 25 | 40       | 28 | 46     | 32 | 55     | 35 | 65      | 40 |
| 150 ~ 175<br>175 ~ 200                                                 | 38   | 25 | 42         | 28 | 46       | 32 | 52     | 36 | 60     | 40 | 75      | 45 |
| > 200                                                                  | 44   | 28 | 48         | 30 | 52       | 35 | 60     | 40 | 68     | 45 | 85      | 50 |

2. 凹模上螺孔、销孔的最小距离

凹模如采用螺钉、销钉固定,螺孔间距离、螺孔与销孔间距离、孔与刃口边距离的最小数值,可参考表 10 - 3。

表 10 - 3 螺孔、销孔及孔与刃口的最小距离 单位 mm

The image contains three technical diagrams illustrating minimum distances for holes in a mechanical part:

- Diagram 1 (Left):** Shows a cross-section of a part with a screw hole (螺孔) and a pin hole (销孔). Dimensions are labeled: A (distance from top edge to pin hole center), C (distance from pin hole center to screw hole center), and D (distance from bottom edge to pin hole center).
- Diagram 2 (Middle):** Shows a cross-section of a part with a pin hole (销孔). Dimensions are labeled: B (distance from top edge to pin hole center) and C (distance from pin hole center to the next edge).
- Diagram 3 (Right):** Shows a cross-section of a part with a pin hole (销孔). Dimensions are labeled: D (distance from top edge to pin hole center) and D (distance from pin hole center to the next edge).

螺 钉 孔

M6

M8

M10

M12

M16

M20

M24

A

淬 火

10

12

14

16

20

25

30

不淬火

8

10

11

13

16

20

25

|       |     |    |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |
|-------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|
| B     | 淬 火 | 12 | 14  | 17  | 19  | 24  | 28  | 35  |    |    |    |    |
| (续)   |     |    |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |
| 螺 钉 孔 |     | M6 | M8  | M10 | M12 | M16 | M20 | M24 |    |    |    |    |
| C     | 淬 火 | 5  |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |
|       | 不淬火 | 3  |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |
| 销钉孔直径 |     | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 8   | 10  | 13 | 16 | 20 | 25 |
| D     | 淬 火 | 5  | 6   | 7   | 8   | 9   | 11  | 12  | 15 | 16 | 20 | 25 |
|       | 不淬火 | 3  | 3.5 | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 10 | 13 | 16 | 20 |

三、凸凹模的最小壁厚

复合模用凸凹模的最小壁厚数值 ,可参考图 10 - 3 或表 10 - 4。

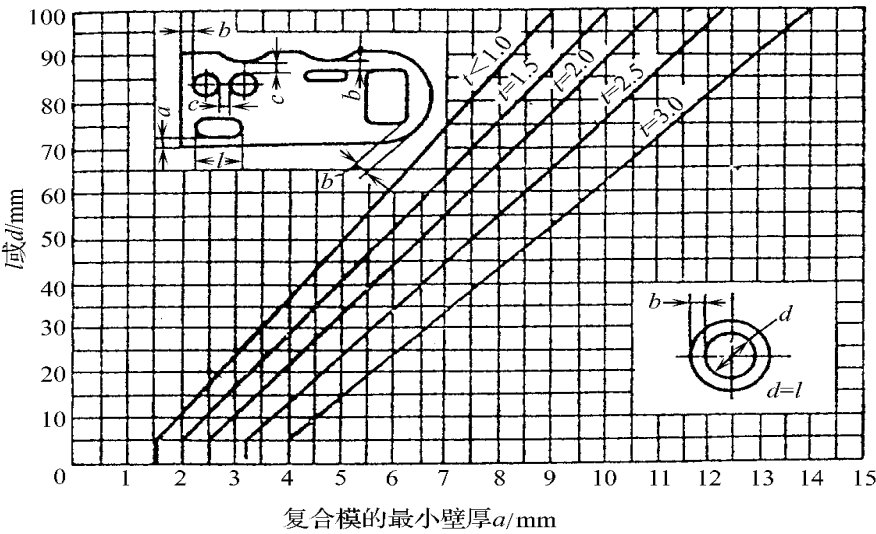
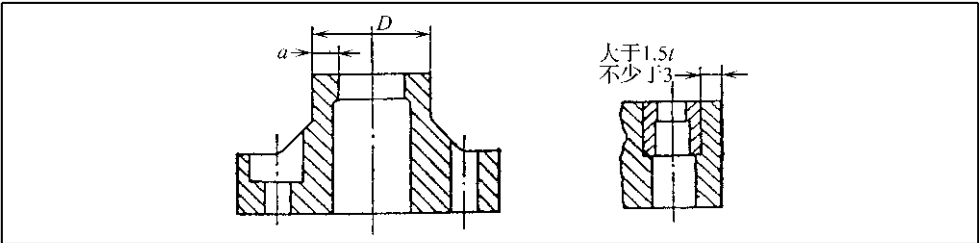


图 10 - 3 凸凹模最小壁厚的经验线图

- 注 1. 本线图的 a 值适用于  $\tau \leq 400\text{MPa}$  的冲压材料 ,对于  $\tau = 600\text{MPa}$  的冲压材料应乘以 1.2。  
2.  $b = 0.9a$   $c = 0.8a$ 。  
3. 圆弧部分狭边长度 l 按弦长计算 ,同心圆狭边长度等于直径。

表 10 - 4 凸凹模的最小壁厚 a 单位 mm



(续)

| 材料厚度 | 最小壁厚 a | 最小直径 D | 材料厚度 | 最小壁厚 a | 最小直径 D | 材料厚度 | 最小壁厚 a | 最小直径 D | 材料厚度 | 最小壁厚 a | 最小直径 D |
|------|--------|--------|------|--------|--------|------|--------|--------|------|--------|--------|
| 0.4  | 1.4    | 15     | 0.9  | 2.5    | 18     | 2.1  | 5.0    | 25     | 4.5  | 9.3    | 35     |
| 0.5  | 1.6    |        | 1.0  | 2.7    |        | 2.5  | 5.8    |        | 5.0  | 10.0   | 40     |
| 0.6  | 1.8    |        | 1.2  | 3.2    |        | 2.75 | 6.3    | 28     | 5.5  | 12.0   | 45     |
| 0.7  | 2.0    |        | 1.5  | 3.8    | 21     | 3.0  | 6.7    |        |      |        |        |
| 0.8  | 2.3    |        | 1.75 | 4.0    |        | 3.5  | 7.8    | 32     |      |        |        |
|      |        |        | 2.0  | 4.9    |        | 4.0  | 8.5    |        |      |        |        |

第二节 材料的许用应力

冲模常用材料的许用应力见表 10 - 5。

表 10 - 5 冲模主要材料的许用应力

| 材料名称及牌号                                    | 许用应力 /MPa |                         |           |           |
|--------------------------------------------|-----------|-------------------------|-----------|-----------|
|                                            | 拉 伸       | 压 缩                     | 弯 曲       | 剪 切       |
| A2、A3、25                                   | 108 ~ 147 | 118 ~ 157               | 127 ~ 157 | 98 ~ 137  |
| A5、40、50                                   | 127 ~ 157 | 137 ~ 167               | 167 ~ 177 | 118 ~ 147 |
| 铸钢( ZG35 ,ZG45 )                           | —         | 108 ~ 147               | 118 ~ 147 | 88 ~ 118  |
| 铸铁( HT200、HT250 )                          | —         | 88 ~ 137                | 34 ~ 44   | 25 ~ 34   |
| T7A<br>硬度 54 ~ 58HRC                       | —         | 539 ~ 785               | 353 ~ 490 | —         |
| T8A ,T10A ,Cr12MoV ,GCr15<br>硬度 52 ~ 60HRC | 245       | 981 ~ 1569 <sup>①</sup> | 294 ~ 490 | —         |

|                                     |   |           |           |   |
|-------------------------------------|---|-----------|-----------|---|
| A7<br>硬度 52 ~ 60HRC                 | — | 294 ~ 392 | 196 ~ 275 | — |
| 20(表面渗碳)<br>硬度 86 ~ 92HS            | — | 245 ~ 294 | —         | — |
| 65Mn<br>硬度 43 ~ 48HRC               | — | —         | 490 ~ 785 | — |
| 注 ①对小直径有导向的凸模此值可取 2000MPa ~ 3000MPa |   |           |           |   |

第三节 几种零件的许用载荷

(1) 紧固螺钉(GB70 ~ 85)的许用载荷见表 10 - 6。

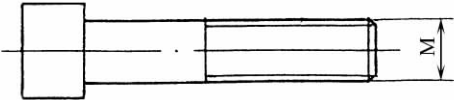


图 10 - 4

表 10 - 6 紧固螺钉的许用载荷

| 螺钉      | M6    | M8    | M10   | M12   | M14    | M16    | M20    | M24    |
|---------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 许用载荷/kN | 2. 10 | 3. 60 | 5. 80 | 8. 50 | 12. 00 | 16. 00 | 25. 00 | 37. 00 |

(按许用应力 $[\sigma]=120\text{MPa}$ 计)

(2) 退料板螺钉(GB2867. 6 - 81)的许用载荷见表 10 - 7。

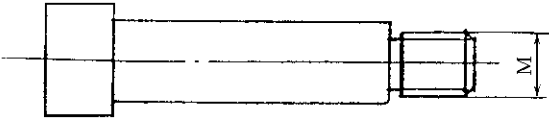


图 10 - 5

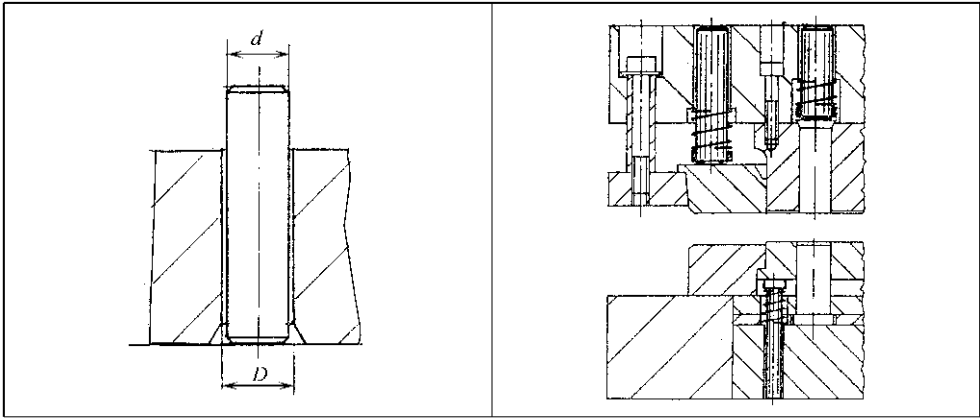
表 10 - 7 退料板螺钉的许用载荷

| 螺钉      | M6    | M8    | M10   | M12   | M14   | M16    | M20    | M24    |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 许用载荷/kN | 1. 50 | 2. 40 | 3. 90 | 5. 70 | 8. 00 | 11. 00 | 17. 00 | 24. 70 |

(按许用应力 $[\sigma]=80\text{MPa}$ 计)

(3) 传力杆(托杆)的许用载荷见表 10 - 8。

表 10 - 8 传力杆的许用载荷



(续)

| 普冲模(45#钢 40 ~ 45HRC) |              |               | 精冲模( Cr12MoV58 ~ 62HRC) |              |                |
|----------------------|--------------|---------------|-------------------------|--------------|----------------|
| 杆直径 d                | 许用载荷 [ P ]/N | 孔直径 D         | 杆直径 d                   | 许用载荷 [ P ]/N | 孔直径 D          |
| 4                    | 3140         | $4^{+0.2}_0$  | 4                       | 5600         | $4^{+0.1}_0$   |
| 5                    | 4910         | $5^{+0.2}_0$  | 5                       | 7800         | $5^{+0.1}_0$   |
| 6                    | 7070         | $6^{+0.2}_0$  | 6                       | 11300        | $6^{+0.1}_0$   |
| 8                    | 12565        | $8^{+0.2}_0$  | 8                       | 20100        | $8^{+0.1}_0$   |
| 10                   | 19635        | $10^{+0.2}_0$ | 10                      | 31400        | $10^{+0.1}_0$  |
| 12                   | 28275        | $12^{+0.3}_0$ | 12                      | 45200        | $12^{+0.15}_0$ |
| 14                   | 38395        | $14^{+0.3}_0$ | 14                      | 61600        | $14^{+0.15}_0$ |
| 16                   | 50265        | $16^{+0.5}_0$ | 16                      | 80400        | $16^{+0.20}_0$ |
| 20                   | 78540        | $20^{+0.5}_0$ | 20                      | 125700       | $20^{+0.20}_0$ |
| 22                   | 95035        | $22^{+1}_0$   | 22                      | 152000       | $22^{+0.30}_0$ |
| 24                   | 113100       | $24^{+1}_0$   | 24                      | 180100       | $24^{+0.30}_0$ |
| 30                   | 176715       | $30^{+1}_0$   | 30                      | 282700       | $30^{+0.30}_0$ |
| (按 [ q ] = 250MPa 计) |              |               | (按 [ q ] = 400MPa 计)    |              |                |

(4) 圆形凸模承受面的压应力  $\sigma_{\text{压}}$  按下式计算：

$$\sigma_{\text{压}} = \frac{P}{F} = \frac{P}{\frac{\pi}{4}D^2} \leq [\sigma_{\text{压}}]$$

式中  $P$ ——冲裁力(N);

F——承压面积( $\text{mm}^2$ )；

D——凸模承压面的直径(mm)；

$[\sigma_{\text{压}}]$ ——许用压应力(MPa)。

模座材料的许用压应力 $[\sigma_{\text{压}}]$ 见表 10 - 5。

表 10-9 为工件材料 08  $\sigma_b = 400\text{MPa}$  模座材料 HT250  $[\sigma_{\text{压}}] = 90\text{MPa}$  按上式计算得出是否需要加凸模垫板的范围。

表 10 - 9 采用凸模垫板的范围

| 冲孔直径<br>d/mm | D/mm<br><br>F /mm <sup>2</sup> | 材 料 08[ $\sigma_b = 400\text{MPa}$ ] |      |   |     |     |      |   |     |       |     |   |     |   |     |   |  |
|--------------|--------------------------------|--------------------------------------|------|---|-----|-----|------|---|-----|-------|-----|---|-----|---|-----|---|--|
|              |                                | 材 料 厚 度 t/mm                         |      |   |     |     |      |   |     |       |     |   |     |   |     |   |  |
|              |                                | 小于 1.5                               | 1.75 | 2 | 2.1 | 2.5 | 2.75 | 3 | 3.5 | 4     | 4.5 | 5 | 5.5 | 6 | 6.5 | 8 |  |
| 2 ~ 4        | 11<br>95                       |                                      |      |   |     |     |      |   |     |       |     |   |     |   |     |   |  |
| 4 ~ 6        | 13<br>133                      |                                      |      |   |     |     |      |   |     |       |     |   |     |   |     |   |  |
| 6 ~ 8        | 15<br>177                      |                                      |      |   |     |     |      |   |     |       |     |   |     |   |     |   |  |
| 8 ~ 10       | 27<br>227                      |                                      |      |   |     |     |      |   |     |       |     |   |     |   |     |   |  |
| 10 ~ 14      | 21<br>346                      |                                      |      |   |     |     |      |   |     |       |     |   |     |   |     |   |  |
| 14 ~ 18      | 25<br>491                      |                                      |      |   |     |     |      |   |     |       |     |   |     |   |     |   |  |
| 18 ~ 20      | 27<br>572                      |                                      |      |   |     |     |      |   |     | 加 垫 板 |     |   |     |   |     |   |  |
| 20 ~ 23      | 30<br>707                      |                                      |      |   |     |     |      |   |     | 加 垫 板 |     |   |     |   |     |   |  |
| 23 ~ 26      | 33<br>855                      |                                      |      |   |     |     |      |   |     |       |     |   |     |   |     |   |  |
| 26 ~ 28      | 35<br>962                      |                                      |      |   |     |     |      |   |     |       |     |   |     |   |     |   |  |
| 28 ~ 33      | 40<br>1256                     |                                      |      |   |     |     |      |   |     |       |     |   |     |   |     |   |  |
| 33 ~ 38      | 45<br>1590                     |                                      |      |   |     |     |      |   |     |       |     |   |     |   |     |   |  |
| 38 ~ 43      | 50<br>1963                     |                                      |      |   |     |     |      |   |     |       |     |   |     |   |     |   |  |
| 43 ~ 48      | 55<br>2375                     |                                      |      |   |     |     |      |   |     |       |     |   |     |   |     |   |  |
| 48 ~ 53      | 60<br>2826                     |                                      |      |   |     |     |      |   |     |       |     |   |     |   |     |   |  |

注 模座材料 HT250[  $\sigma_{\text{压}}$  ]=90MPa

## 第十一章 公差与配合

## 第一节 标准公差数值

### 一、基准件标准公差数值(表 11 - 1)

表 11-1 基准件标准公差数值表

单位 :  $\mu\text{m}$

| 基本尺寸/mm        | 公 差 等 级 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|                | IT1     | IT2 | IT3 | IT4 | IT5 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT11 | IT12 | IT13 | IT14 | IT15 | IT16 |
| ≤3             | 0.8     | 1.2 | 2   | 3   | 4   | 6   | 10  | 14  | 25  | 40   | 60   | 100  | 140  | 250  | 400  | 600  |
| >3~6           | 1       | 1.5 | 2.5 | 4   | 5   | 8   | 12  | 18  | 30  | 48   | 75   | 120  | 180  | 300  | 480  | 750  |
| >6~10          | 1       | 1.5 | 2.5 | 4   | 6   | 9   | 15  | 22  | 36  | 58   | 90   | 150  | 220  | 360  | 580  | 900  |
| >10~18         | 1.2     | 2   | 3   | 5   | 8   | 11  | 18  | 27  | 43  | 70   | 110  | 180  | 270  | 430  | 700  | 1100 |
| >18~30         | 1.5     | 2.5 | 4   | 6   | 9   | 13  | 21  | 33  | 52  | 84   | 130  | 210  | 330  | 520  | 840  | 1300 |
| >30~50         | 1.5     | 2.5 | 4   | 7   | 11  | 16  | 25  | 39  | 62  | 100  | 160  | 250  | 390  | 620  | 1000 | 1600 |
| >50~80         | 2       | 3   | 5   | 8   | 13  | 19  | 30  | 46  | 74  | 120  | 190  | 300  | 460  | 740  | 1200 | 1900 |
| >80~120        | 2.5     | 4   | 6   | 10  | 15  | 22  | 35  | 54  | 87  | 140  | 220  | 350  | 540  | 870  | 1400 | 2200 |
| >120~180       | 3.5     | 5   | 8   | 12  | 18  | 25  | 40  | 63  | 100 | 160  | 250  | 400  | 630  | 1000 | 1600 | 2500 |
| >180~250       | 4.5     | 7   | 10  | 14  | 20  | 29  | 46  | 72  | 115 | 185  | 290  | 460  | 720  | 1150 | 1850 | 2900 |
| >250~315       | 6       | 8   | 12  | 16  | 23  | 32  | 52  | 81  | 130 | 210  | 320  | 520  | 810  | 1300 | 2100 | 3200 |
| >315~400       | 7       | 9   | 13  | 18  | 25  | 36  | 57  | 89  | 140 | 230  | 360  | 570  | 890  | 1400 | 2300 | 3600 |
| >400~500       | 8       | 10  | 15  | 20  | 27  | 40  | 63  | 97  | 155 | 250  | 400  | 630  | 970  | 1550 | 2500 | 4000 |
| 注 摘自 GB1800—79 |         |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |

## 二、常用基孔制极限偏差(表 11 - 2)

表 11 - 2 基孔制极限偏差数值表

单位 :  $\mu\text{m}$

| 配合名称                  |           | 轴的 极 限 偏 差 |          |          |              |            |            |            |       |           |             |              |          |            |            |            |            |           |              |      |       |
|-----------------------|-----------|------------|----------|----------|--------------|------------|------------|------------|-------|-----------|-------------|--------------|----------|------------|------------|------------|------------|-----------|--------------|------|-------|
|                       |           | 基准孔        | 间隙配合     |          | 基准孔          | 过盈配合       |            | 过渡配合       |       |           | 间隙配合        |              |          | 基准孔        | 过盈配合       |            | 过渡配合       |           | 间隙配合         |      |       |
| 代 号                   |           | H6         | h5       | H7       | s6           | r6         | n6         | K6         | js6   | h6        | g6          | f6           | H8       | U8         | s7         | n7         | k7         | h7        | e7           |      |       |
| 基本尺寸(公称尺寸)<br>/<br>mm | ≤3        | +6<br>0    | 0<br>- 4 | +10<br>0 |              | +16<br>+10 | +12<br>+ 6 | +6<br>0    | ±3    | 0<br>- 6  | - 2<br>- 8  | - 6<br>- 12  | +14<br>0 | +32<br>+18 | +24<br>+14 | +15<br>+ 6 | +10<br>+ 1 | 0<br>- 10 | - 14<br>- 24 |      |       |
|                       | >3 ~6     | +8<br>0    | 0<br>- 5 | +12<br>0 |              | +23<br>+15 | +16<br>+ 8 | +9<br>+1   | ±4    | 0<br>- 8  | - 4<br>- 12 | - 10<br>- 18 | +18<br>0 | +41<br>+23 | +31<br>+19 | +20<br>+ 8 | +13<br>+ 1 | 0<br>- 12 | - 20<br>- 32 |      |       |
|                       | >6 ~10    | +9<br>0    | 0<br>- 6 | +15<br>0 |              | +28<br>+19 | +19<br>+10 | +10<br>+ 1 | ±4.5  | 0<br>- 9  | - 5<br>- 14 | - 13<br>- 22 | +22<br>0 | +50<br>+28 | +38<br>+23 | +25<br>+10 | +16<br>+ 1 | 0<br>- 15 | - 25<br>- 40 |      |       |
|                       | >10 ~18   | +11<br>0   | 0<br>- 8 | +18<br>0 |              | +34<br>+23 | +23<br>+12 | +12<br>+ 1 | ±5.5  | 0<br>- 11 | - 6<br>- 17 | - 16<br>- 27 | +27<br>0 | +60<br>+46 |            | +30<br>+12 | +19<br>+ 1 | 0<br>- 18 | - 32<br>- 50 |      |       |
|                       | >18 ~24   | +13        | 0        | +21      |              | +41        | +28        | +15        | ±6.5  | 0         | - 7         | - 20         | +33      | +33        | +28        |            | +36        | +23       | 0            | - 40 |       |
|                       | >24 ~30   | 0          | - 9      | 0        |              | +28        | +15        | + 2        |       | - 13      | - 20        | - 33         | 0        | +41        | +74        | +56        |            | +15       | + 2          | - 21 | - 61  |
|                       | >30 ~40   | +16        | 0        | +25      |              | +50        | +33        | +18        | ±8    | 0         | - 9         | - 25         | +39      | +81        | +48        | +35        |            | +42       | +27          | 0    | - 50  |
|                       | >40 ~50   | 0          | - 11     | 0        |              | +34        | +17        | + 2        |       | - 16      | - 25        | - 41         | 0        | +60        | +99        | +68        |            | +17       | + 2          | - 25 | - 75  |
|                       | >50 ~65   | +19        | 0        | +30      |              | +60<br>+41 | +39        | +21        |       | 0         | - 10        | - 30         | +46      | +109       | +70        | +43        |            | +50       | +32          | 0    | - 60  |
|                       | >65 ~80   | 0          | - 13     | 0        |              | +62<br>+43 |            |            | ±9.5  |           |             |              |          | +133       | +83        |            |            |           |              |      |       |
|                       |           |            |          |          |              |            | +20        | + 2        | - 19  | - 29      | - 49        | 0            | + 87     | +53        | +20        | + 2        | - 30       | - 90      |              |      |       |
|                       | >80 ~100  | +22        | 0        | +35      |              | +73<br>+51 | +45        | +25        | ±11   | 0         | - 12        | - 36         | +54      | +148       | +89        | +58        | +38        | 0         | - 72         |      |       |
|                       | >100 ~120 | 0          | - 15     | 0        | +101<br>+ 79 |            | +23        | + 3        |       | - 22      | - 34        | - 58         | 0        | +102       | +59        | +178       | +106       | +23       | + 3          | - 35 | - 107 |
|                       | >120 ~140 | +25        | 0        | +40      | +117<br>+ 72 |            | +52        | +28        | ±12.5 | 0         | - 14        | - 43         | +63      | +198       | +114       | +67        | +43        | 0         | - 85         |      |       |
|                       | >140 ~150 |            |          |          | +125         |            |            |            |       |           |             |              |          | +144       | + 79       | +233       | +132       |           |              |      |       |
|                       | >150 ~160 |            |          |          |              |            |            |            |       |           |             |              |          |            | +170       | + 92       | +253       | +140      |              |      |       |
| >160 ~180             |           |            |          |          |              |            |            |            |       |           |             |              |          | +190       | +100       | +273       | +148       |           |              |      |       |
|                       |           | 0          | - 18     | 0        | +108         |            | +27        | + 3        | - 25  | - 39      | - 60        | 0            | +210     | +108       | +27        | + 3        | - 40       | - 125     |              |      |       |

(续)

| 配合<br>名称           |           | 轴 的 极 限 偏 差 |      |     |      |      |     |     |       |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |
|--------------------|-----------|-------------|------|-----|------|------|-----|-----|-------|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|
|                    |           | 基准孔         | 间隙配合 | 基准孔 | 过盈配合 | 过渡配合 |     |     | 间隙配合  |     |     | 基准孔  | 过盈配合 |      |      | 过渡配合 |     | 间隙配合 |      |
| 代 号                |           | H6          | h5   | H7  | s6   | r6   | n6  | K6  | js6   | h6  | g6  | f6   | H8   | U8   | s7   | n7   | k7  | h7   | e7   |
| 基本尺寸(公称尺寸)<br>/ mm | >180 ~200 | +29         | 0    | +46 | +151 |      | +60 | +33 |       | 0   | -15 | -50  | +72  | +308 | +168 | +77  | +50 | 0    | -100 |
|                    |           |             |      |     | +122 |      |     |     |       |     |     |      |      | +236 | +122 |      |     |      |      |
|                    | >200 ~225 |             |      |     | +159 |      |     |     | ±14.5 |     |     |      |      | +330 | +176 |      |     |      |      |
|                    |           |             |      |     | +130 |      |     |     |       |     |     |      |      | +258 | +130 |      |     |      |      |
|                    | >225 ~250 |             |      |     | +169 |      |     |     |       |     |     |      |      | +356 | +186 |      |     |      |      |
|                    |           | 0 - 20      |      | 0   | +140 |      | +31 | +4  |       | -29 | -44 | -79  | 0    | +284 | +140 | +31  | +4  | -46  | -146 |
|                    | >250 ~280 | +32         | 0    | +52 | +190 |      | +66 | +36 |       | 0   | -17 | -56  | +81  | +396 | +210 | +86  | +56 | 0    | -110 |
|                    |           |             |      |     | +158 |      |     |     | ±16   |     |     |      |      | +315 | +158 |      |     |      |      |
|                    | >280 ~315 |             |      |     | +202 |      |     |     |       |     |     |      |      | +431 | +222 |      |     |      |      |
|                    |           | 0 - 23      |      | 0   | +170 |      | +34 | +4  |       | -32 | -49 | -88  | 0    | +350 | +170 | +34  | +4  | -52  | -162 |
|                    | >315 ~355 | +36         | 0    | +57 | +226 |      | +73 | +40 |       | 0   | -18 | -62  | +89  | +479 | +247 | +94  | +61 | 0    | -125 |
|                    |           |             |      |     | +190 |      |     |     | ±18   |     | -5  | -93  |      | +390 | +190 |      |     |      |      |
|                    | >355 ~400 |             |      |     | +244 |      |     |     |       |     |     | -62  |      | +524 | +265 |      |     |      |      |
|                    |           | 0 - 25      |      | 0   | +208 |      | +37 | +4  |       | -36 | -54 | -98  | 0    | +435 | +208 | +37  | +4  | -57  | -182 |
|                    | >400 ~450 | +40         | 0    | +63 | +272 |      | +80 | +45 |       | 0   | -20 | -68  | +97  | +587 | +295 | +103 | +68 | 0    | -135 |
|                    |           |             |      |     | +232 |      |     |     | ±20   |     |     |      |      | +490 | +232 |      |     |      |      |
|                    | >450 ~500 |             |      |     | +292 |      |     |     |       |     |     |      |      | +637 | +315 |      |     |      |      |
|                    |           | 0 - 27      |      | 0   | +252 |      | +40 | +5  |       | -40 | -60 | -108 | 0    | +540 | +252 | +40  | +5  | -63  | -198 |
| 注 况 GB1801—79      |           |             |      |     |      |      |     |     |       |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |

第二节 汽车冲压件未注公差尺寸的极限偏差  
(QC/T268—1999)

一、主题内容与适用范围

本标准规定了汽车产品零件图中经冷冲压加工形成的尺寸要素未注公差尺寸的极限偏差。

本标准适用于汽车产品零件图中经冷冲压加工的未注公差尺寸的极限偏差。

二、术语

冲裁尺寸 即冲裁件光亮带部分所测得的尺寸。

三、平冲压加工未注公差尺寸的极限偏差

(1) 平冲压冲裁长度  $L$ 、直径  $D$ 、 $d$ (图 11 - 1)未注公差尺寸的极限偏差按表 11 - 3 规定。

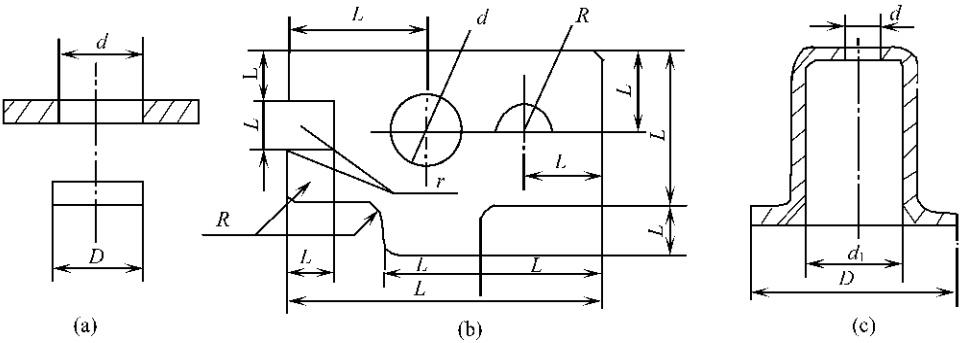


图 11 - 1

表 11 - 3 平冲压冲裁长度  $L$ 、直径  $D$ ( $d$ )极限偏差 单位 mm

| 厚度          | ≤3         |             |       | > 3 ~ 10   |             |       | > 10       |             |       |
|-------------|------------|-------------|-------|------------|-------------|-------|------------|-------------|-------|
| 基本尺寸        | 极 限 偏 差    |             |       |            |             |       |            |             |       |
|             | 孔 类        | 轴 类         | 非孔轴类  | 孔 类        | 轴 类         | 非孔轴类  | 孔 类        | 轴 类         | 非孔轴类  |
| ≤3          | +0.14<br>0 | 0<br>- 0.14 | ±0.07 |            |             |       |            |             |       |
| > 3 ~ 6     | +0.18<br>0 | 0<br>- 0.18 | ±0.09 |            |             |       |            |             |       |
| > 6 ~ 10    | +0.22<br>0 | 0<br>- 0.22 | ±0.11 | +0.36<br>0 | 0<br>- 0.36 | ±0.18 |            |             |       |
| > 10 ~ 18   | +0.27<br>0 | 0<br>- 0.27 | ±0.14 | +0.43<br>0 | 0<br>- 0.43 | ±0.22 |            |             |       |
| > 18 ~ 30   | +0.33<br>0 | 0<br>- 0.33 | ±0.17 | +0.52<br>0 | 0<br>- 0.52 | ±0.26 | +0.84<br>0 | 0<br>- 0.84 | ±0.42 |
| > 30 ~ 50   | +0.39<br>0 | 0<br>- 0.39 | ±0.20 | +0.62<br>0 | 0<br>- 0.62 | ±0.31 | +1.00<br>0 | 0<br>- 1.00 | ±0.50 |
| > 50 ~ 80   | +0.46<br>0 | 0<br>- 0.46 | ±0.23 | +0.74<br>0 | 0<br>- 0.74 | ±0.37 | +1.20<br>0 | 0<br>- 1.20 | ±0.60 |
| > 80 ~ 120  | +0.54<br>0 | 0<br>- 0.54 | ±0.27 | +0.87<br>0 | 0<br>- 0.87 | ±0.44 | +1.40<br>0 | 0<br>- 1.40 | ±0.70 |
| > 120 ~ 180 | +0.63<br>0 | 0<br>- 0.63 | ±0.32 | +1.00<br>0 | 0<br>- 1.00 | ±0.50 | +1.60<br>0 | 0<br>- 1.60 | ±0.80 |
| > 180 ~ 250 | +0.72<br>0 | 0<br>- 0.72 | ±0.36 | +1.15<br>0 | 0<br>- 1.15 | ±0.58 | +1.83<br>0 | 0<br>- 1.85 | ±0.93 |
| > 250 ~ 315 | +0.81<br>0 | 0<br>- 0.81 | ±0.41 | +1.30<br>0 | 0<br>- 1.30 | ±0.65 | +2.10<br>0 | 0<br>- 2.10 | ±1.05 |
| > 315 ~ 400 | +0.89<br>0 | 0<br>- 0.89 | ±0.45 | +1.40<br>0 | 0<br>- 1.40 | ±0.70 | +2.30<br>0 | 0<br>- 2.30 | ±1.15 |
| > 400 ~ 500 | +0.97<br>0 | 0<br>- 0.97 | ±0.49 | +1.55<br>0 | 0<br>- 1.55 | ±0.78 | +2.30<br>0 | 0<br>- 2.50 | ±1.25 |
| > 500       | +1.10<br>0 | 0<br>- 1.10 | ±0.55 | +1.75<br>0 | 0<br>- 1.75 | ±0.88 | +2.80<br>0 | 0<br>- 2.80 | ±1.40 |

注 本表也适用于成形冲压件的平面冲裁工序的平面尺寸 如图 11 - 1(c)

(2) 冲裁圆弧半径 R 的未注公差尺寸的极限偏差按表 11 - 4 规定。

表 11 - 4 冲裁圆弧半径尺寸极限偏差 单位 mm

| 厚 度        | ≤1      | >1 ~ 3 | >3 ~ 6 | >6 ~ 10 | >10   |
|------------|---------|--------|--------|---------|-------|
| 基本尺寸       | 极 限 偏 差 |        |        |         |       |
| ≤6         | ±0.20   | ±0.30  | ±0.40  | —       | —     |
| >6 ~ 18    | ±0.40   | ±0.50  | ±0.50  | ±0.60   | —     |
| >18 ~ 50   | ±0.50   | ±0.60  | ±0.70  | ±0.80   | ±1.00 |
| >50 ~ 160  | ±0.60   | ±0.70  | ±0.90  | ±1.10   | ±1.30 |
| >160 ~ 400 | ±0.80   | ±1.00  | ±1.20  | ±1.60   | ±2.00 |
| >400       | ±1.40   | ±1.60  | ±1.80  | ±2.00   | ±2.80 |

(3) 图样上未注明两冲裁边构成的内部和外部棱角圆角半径 r (如图 11 - 1) 的值时 r 应不大于公称料厚的 70%。

(4) 冲裁角度(图 11 - 2)未注公差的极限偏差按表 11 - 5 规定。

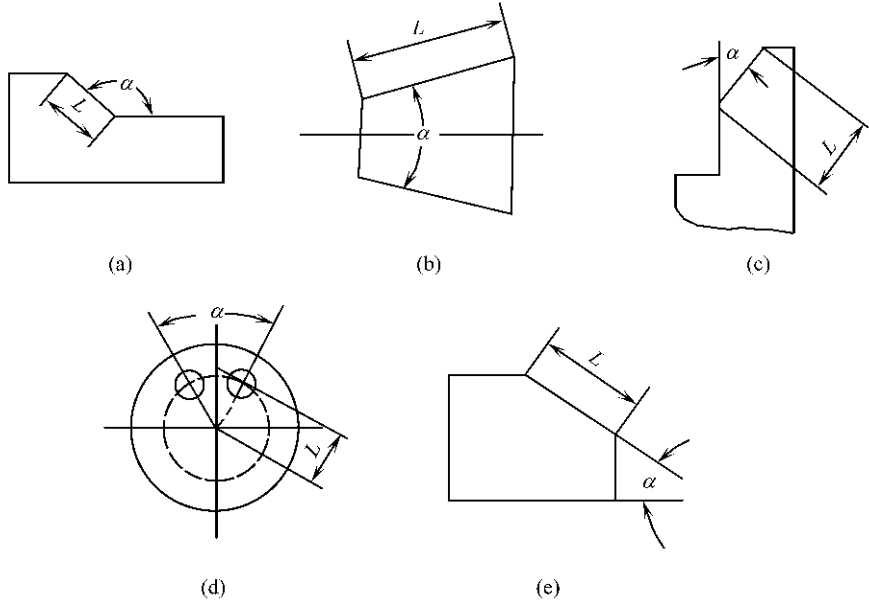


图 11 - 2

(注 :当构成角度的短边为未给出尺寸的虚边时(图 c) 则按实际存在的边长 L 确定。)

表 11 - 5 冲裁角度极限偏差

| 角度短边长度 L/mm | ≤6 | >6 ~ 18 | >18 ~ 50 | >50 ~ 180 | >180 ~ 400 | >400 |
|-------------|----|---------|----------|-----------|------------|------|
|-------------|----|---------|----------|-----------|------------|------|

|        |                    |                 |                    |                    |                    |                    |
|--------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 角度极限偏差 | $\pm 1^{\circ}30'$ | $\pm 1^{\circ}$ | $\pm 0^{\circ}50'$ | $\pm 0^{\circ}25'$ | $\pm 0^{\circ}10'$ | $\pm 0^{\circ}10'$ |
|--------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|

四、弯曲件的尺寸公差

(1) 弯曲长度 L、卷圆直径 d(图 11 - 3)未注公差尺寸的极限偏差按表 11 - 6 规定。

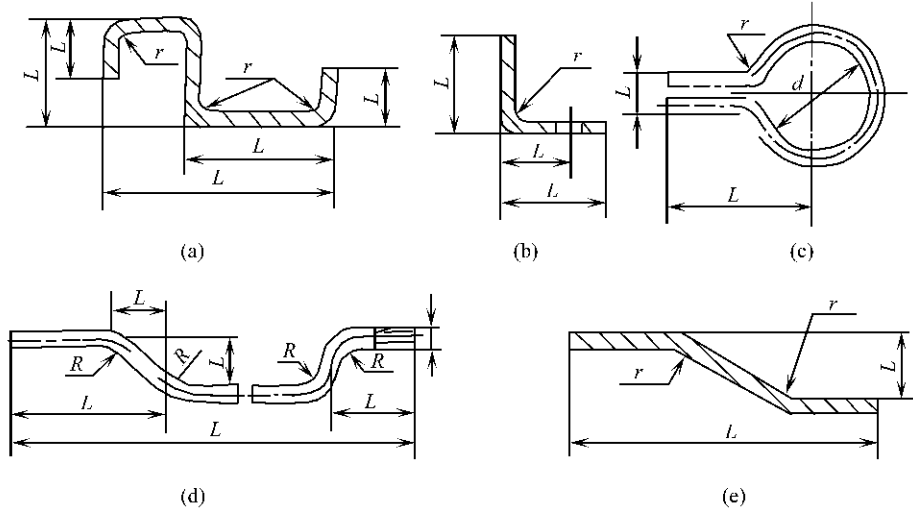


图 11 - 3

表 11 - 6 弯曲长度 L、卷圆直径 d 的极限偏差 单位 mm

| 基本尺寸 |      | 弯曲断面的最大轮廓尺寸 |               |           |
|------|------|-------------|---------------|-----------|
| 大 于  | 至    | $\leq 6$    | $> 6 \sim 30$ | $> 30$    |
|      |      | 极 限 偏 差     |               |           |
|      | 6    | $\pm 0.8$   | —             | —         |
| 6    | 18   | $\pm 1.1$   | —             | —         |
| 18   | 50   | $\pm 1.6$   | $\pm 1.2$     | —         |
| 50   | 120  | $\pm 2.2$   | $\pm 1.5$     | $\pm 1$   |
| 120  | 250  | $\pm 3$     | $\pm 2$       | $\pm 1.2$ |
| 250  | 500  | $\pm 4$     | $\pm 2.5$     | $\pm 1.5$ |
| 500  | 800  | $\pm 5$     | $\pm 3$       | $\pm 2$   |
| 800  | 1250 | $\pm 6$     | $\pm 4$       | $\pm 2.5$ |
| 1250 | 2000 | $\pm 7$     | $\pm 5$       | $\pm 3$   |

(2) 管子弯曲处允许其外径变形 ,变形量(最大直径与最小直径之差)按表 11 - 7规定。

表 11 - 7 管子弯曲处允许变形量

单位 mm

|                                      |     |           |           |      |
|--------------------------------------|-----|-----------|-----------|------|
| 管子外径尺寸                               | ≤10 | > 10 ~ 18 | > 18 ~ 30 | > 30 |
| 外径变形量                                | 1.8 | 2.5       | 3.5       | 5.0  |
| 注 当管子有联管螺母等零件装配时 ,变形后的尺寸应保证其在弯曲处顺利通过 |     |           |           |      |

(3) 弯曲角度未注公差的极限偏差按图 11 - 4、表 11 - 8 规定。

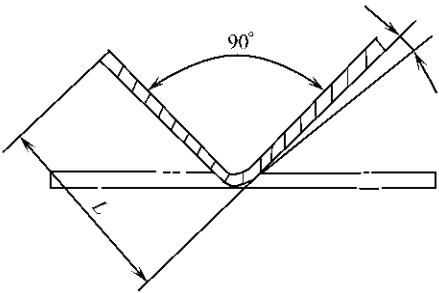


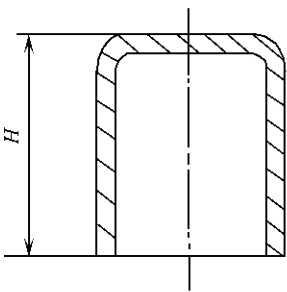
图 11 - 4

表 11 - 8 弯曲角度极限偏差

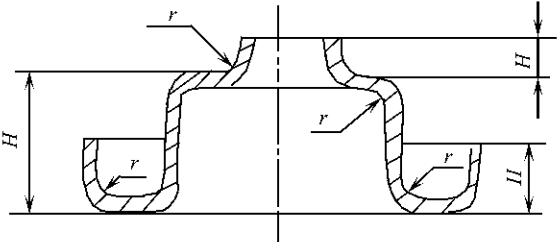
| 角度短边长度 /mm |          | ≤30     | > 30 ~ 50 | > 50 ~ 80 | > 80 ~ 120 | > 120   |
|------------|----------|---------|-----------|-----------|------------|---------|
| 极限偏差       | 厚度 ≤2mm  | ± 1°30' | ± 1°15'   | ± 1°      | ± 0°45'    | ± 0°38' |
|            | 厚度 > 2mm | ± 1°15' | ± 1°      | ± 0°45'   | ± 0°38'    | ± 0°30' |

五、拉伸件、成形件未注公差尺寸的极限偏差

- (1) 拉伸件直径  $d_1$ (图 11 - 1(c))未注公差尺寸的极限偏差按表 11 - 3 放大一级。
- (2) 拉伸件深度 H(图 11 - 5)未注公差尺寸的极限偏差按表 11 - 9 规定。



(a)



(b)

图 11 - 5

表 11 - 9

单位 mm

| 材料厚度   | 拉 伸 深 度 |          |           |            |            |            |
|--------|---------|----------|-----------|------------|------------|------------|
|        | ≤18     | >18 ~ 50 | >50 ~ 120 | >120 ~ 180 | >180 ~ 250 | >250 ~ 500 |
|        | 极 限 偏 差 |          |           |            |            |            |
| ≤1     | ±0.3    | ±0.5     | ±0.8      | ±1.0       | ±1.4       | ±1.6       |
| >1 ~ 2 | ±0.4    | ±0.6     | ±1.0      | ±1.2       | ±1.6       | ±1.8       |
| >2 ~ 4 | ±0.5    | ±0.8     | ±1.2      | ±1.4       | ±1.8       | ±2.0       |
| >4 ~ 6 | ±0.6    | ±1.0     | ±1.4      | ±1.6       | ±2.0       | —          |

(3) 加强筋、加强窝高度  $h$ (图 11 - 6)未注公差尺寸的极限偏差按表 11 - 10 规定。

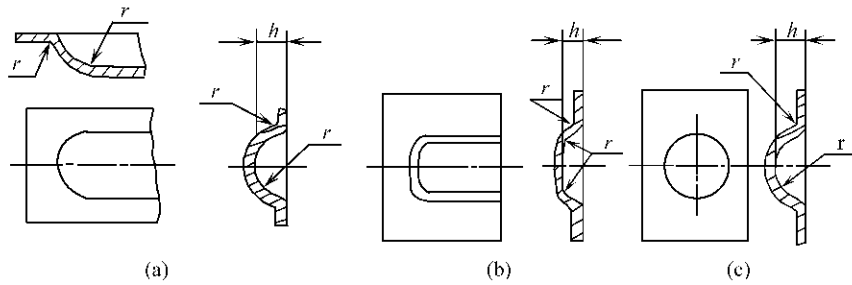


图 11 - 6

表 11 - 10 加强筋、加强窝高度  $h$  极限偏差 单位 mm

| 高度 $h$ | ≤3            | >3 ~ 6        | >6 ~ 10       | >10 ~ 18      | >18 ~ 30      | >30           |
|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 极限偏差   | +0.8<br>- 0.3 | +1.0<br>- 0.5 | +1.2<br>- 1.0 | +1.5<br>- 1.0 | +2.5<br>- 1.0 | +3.0<br>- 1.0 |

(4) 成形件圆弧半径  $r$ (图 11 - 3、图 11 - 5、图 11 - 6)未注公差尺寸的极限偏差按表 11 - 11 规定。

表 11 - 11 成形件圆弧半径极限偏差 单位 mm

| 圆弧半径 | ≤3      | >3 ~ 6    | >6 ~ 10   | >10 ~ 18 | >18 ~ 30 | >30     |
|------|---------|-----------|-----------|----------|----------|---------|
| 极限偏差 | +1<br>0 | +1.5<br>0 | +2.5<br>0 | +3<br>0  | +4<br>0  | +5<br>0 |

注 若图样上未注明圆弧半径  $r$  值  $r$  应不大于公标料厚

(5) 成形拉伸件允许有局部材料减薄或增厚，变薄后的最小厚度为：

$$t_{\min} = 0.8t_{\text{公称}} - \Delta$$

式中  $t_{\min}$ ——材料的最小厚度(mm)；

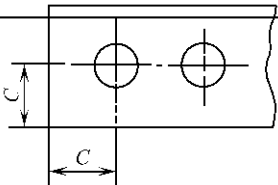


图 11 - 7

$t_{\text{公称}}$ ——材料的公称厚度(mm)；

$\Delta$ ——材料厚度下偏差的绝对值(mm)。

## 六、冲压件的孔边距、孔中心距和孔组距的 未注公差尺寸的极限偏差

(1) 带料、扁条料等型材冲孔对边缘距离(图  
11 - 7)未注公差尺寸的极限偏差按表 11 - 12 规定。

表 11 - 12 带料、扁条料型材冲孔边距极限偏差 单位 mm

| 基本尺寸<br>C | 零件的最大长度 |             |        |
|-----------|---------|-------------|--------|
|           | ≤300    | > 300 ~ 600 | > 600  |
|           | 极 限 偏 差 |             |        |
| ≤50       | ± 0. 5  | ± 0. 8      | ± 1. 2 |
| > 50      | ± 0. 8  | ± 1. 2      | ± 2. 0 |

(2) 与同一零件连接的组孔中心距图 11 - 8 未注公差尺寸的极限偏差按表 11 - 13规定。

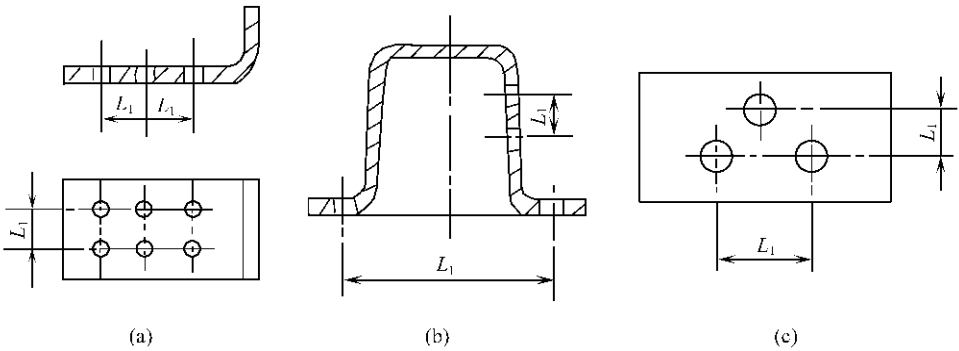


图 11 - 8

表 11 - 13 与同一零件连接组孔中心距极限偏差 单位 mm

| 组孔中心距 | ≤18     | > 18 ~ 120 | > 120 ~ 250 | > 250 ~ 500 | > 500   |
|-------|---------|------------|-------------|-------------|---------|
| 极限偏差  | ± 0. 20 | ± 0. 25    | ± 0. 30     | ± 0. 50     | ± 0. 60 |

(3) 与不同零件连接的孔组间距图 11 - 9 未注公差尺寸的极限偏差按表 11 - 14规定。

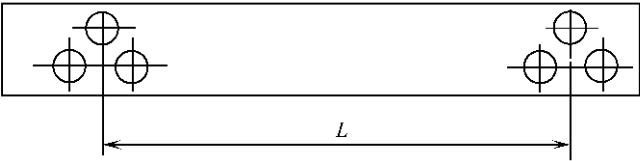


图 11 - 9

表 11 - 14    与不同零件连接组孔中心距极限偏差      单位 mm

| 孔组间距 L | ≤120  | > 120 ~ 250 | > 250 ~ 500 | > 500 ~ 1200 | > 1200 |
|--------|-------|-------------|-------------|--------------|--------|
| 极限偏差   | ± 0.6 | ± 0.8       | ± 1.2       | ± 1.6        | ± 2.0  |

(4) 受翘曲影响的孔距(图 11 - 10)未注公差尺寸的极限偏差按表 11 - 15 规定。

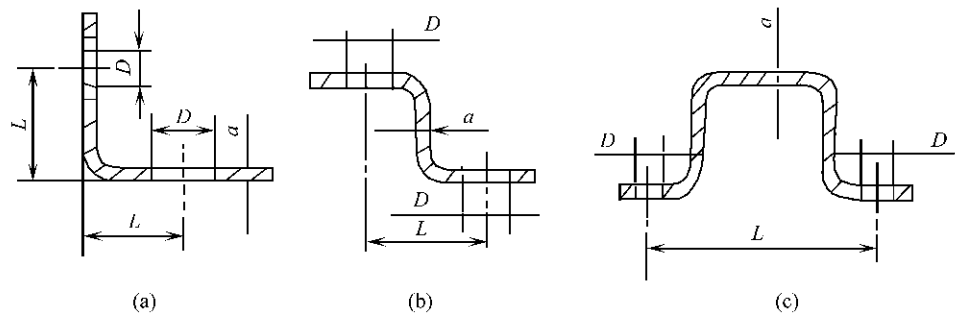


图 11 - 10

表 11 - 15    受翘曲影响的孔距极限偏差      单位 mm

| 基本尺寸 L |     | 弯曲断面的最大轮廓尺寸 a        |      |       |      |      |
|--------|-----|----------------------|------|-------|------|------|
|        |     | ≤2                   |      | >2 ~6 |      | >6   |
|        |     | 孔 径 <sup>1</sup> D   |      |       |      |      |
| 大 于    | 至   | ≤6                   | >6   | ≤6    | >6   |      |
|        |     | 极 限 偏 差 <sup>2</sup> |      |       |      |      |
|        | 120 | ±0.3                 | ±0.4 | ±0.2  | ±0.3 | ±0.2 |
| 120    | 500 | ±0.5                 | ±0.6 | ±0.4  | ±0.5 | ±0.3 |
| 500    |     | ±0.8                 | ±1.0 | ±0.6  | ±0.8 | ±0.5 |

注：1 对不同直径孔的孔距极限偏差，D 按直径的算术平均值确定；  
2 零件按正常工艺加工，若由于弹性翘曲所引起的偏差超过表 11 - 15 的偏差值时，只要能保证零件装配，仍是允许的

### 第三节    冲模零件的表面粗糙度和配合要求

常用冲模零件的表面粗糙度和配合要求示于表 11 - 16。

表 11 - 16 常用冲模零件表面粗糙度和配合要求

| 序号 | 名 称    | 表面粗糙度和配合要求 | 说 明                               |
|----|--------|------------|-----------------------------------|
| 1  | 侧压装置   |            | 1—侧压板<br>2—固定卸料板<br>3—凹模<br>4—导料板 |
| 2  | 始用挡料装置 |            | 1—导料板<br>2—凹模<br>3—始用挡料销          |
| 3  | 弹压卸料装置 |            | 1—导料板<br>2—限位块<br>3—弹压卸料板         |

(续)

| 序号 | 名 称    | 表面粗糙度和配合要求                                                                                                                                                                                              | 说 明                                                             |
|----|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 4  | 滚动导向装置 | <p> <math>0.4</math> <math>0.8</math> <math>0.05</math> <math>H7/m5</math> 径向过盈 <math>0.01 \sim 0.02</math> <math>h5</math> <math>1.6</math> <math>3.2</math> <math>0.2</math> <math>117/m5</math> </p> | 1—衬套<br>2—保持圈<br>3—导套<br>4—上模座<br>5—导柱<br>6—钢球<br>7—弹簧<br>8—下模座 |
| 5  | 滑动导向装置 | <p> <math>0.8</math> <math>0.4</math> <math>H7/r6</math> <math>H5/h5</math> 或 <math>H7/h6</math> <math>0.2</math> <math>R7/h5</math> 或 <math>R8/h6</math> <math>1.6</math> </p>                         | 1—上模座<br>2—导套<br>3—导柱<br>4—下模座                                  |

(续)

| 序号 | 名 称   | 表面粗糙度和配合要求 | 说 明                                                                                            |
|----|-------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6  | 固定式模柄 |            | 1—推杆<br>2—上模座<br>3—模柄<br>4—推杆                                                                  |
| 7  | 浮动式模柄 |            | 1—模柄<br>2—球面垫块<br>3—压圈<br>4—上模座                                                                |
| 8  | 冲裁模   |            | 1—垫板<br>2—挡料销<br>3—凸模<br>4—圆柱销<br>5—模柄<br>6—上模座<br>7—垫板<br>8—固定板<br>9—凹模<br>10—下模座<br>11—镶入式凹模 |

(续)

| 序号 | 名 称       | 表面粗糙度和配合要求 | 说 明                                      |
|----|-----------|------------|------------------------------------------|
| 9  | 连续模       |            | 1—导套<br>2—凸模<br>3—导正销<br>4—弹压卸料板<br>5—导柱 |
| 10 | 装在凸模上的导正销 |            | 1—导正销<br>2—凸模                            |
| 11 | 拼合凹模      |            | 1—凹模固定板<br>2、3—凹模拼块                      |



(续)

| 序号 | 名 称  | 表面粗糙度和配合要求 | 说 明                                                     |
|----|------|------------|---------------------------------------------------------|
| 14 | 拉伸模① |            | 1—顶杆<br>2—压料圈<br>3—推板<br>4—凹模<br>5—限位柱<br>6—压料圈<br>7—凸模 |
| 15 | 拉伸模② |            | 1—压料筋<br>2—压料圈<br>3—凸模<br>4—凹模                          |

注 ①②表面粗糙度只注明  $3.2\mu\text{m}$  以下的

# 第四节 精冲模的配合公差

## 一、精冲模主要零件的尺寸配合关系

### 1. 固定凸模式精冲模(图 11 - 11)。

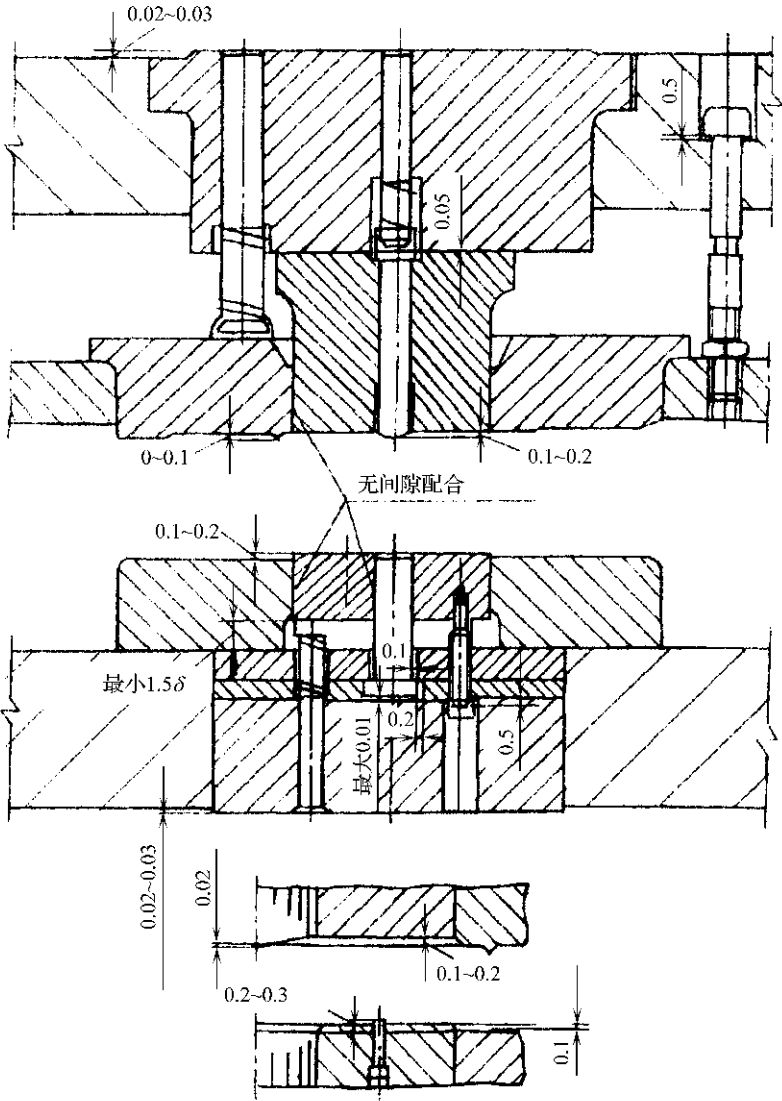


图 11 - 11 固定凸模式模具零件间的配合和尺寸要求



二、精冲模预应力套的过盈量(表 11 - 17)

表 11 - 17 精冲凹模预应力套的过盈量  
单位 mm

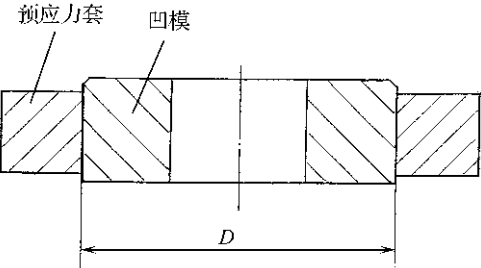


图 11 - 13

| 冲裁材料厚度 t | 直径 D 的过盈量 Δ                    |
|----------|--------------------------------|
| ≤3       | 不需要预应力套                        |
| >3 ~ 5   | $\Delta = (0.002 \sim 0.003)D$ |
| >5 ~ 8   | $\Delta = (0.003 \sim 0.004)D$ |
| >8       | $\Delta = (0.004 \sim 0.005)D$ |

注 1. 预应力套材料 45# 钢或 QZ35

2. 预应力套加热温度 t 的计算：

$$t \geq \frac{\Delta_{\max} + C_{\min}}{\alpha \cdot D} + 20^{\circ}$$

式中 t——加热温度( )，一般不大于 550 ；

$\Delta_{\max}$ ——最大过盈量(mm)；

$C_{\min}$ ——最小装配间隙(mm) 取 0.1mm；

$\alpha$ ——线膨胀系数 取  $13 \times 10^{-6} /$  ；

D——预应力套的内径(mm)

# 第十二章 冲模材料及热处理

## 第一节 冲模零件的材料及热处理硬度选择

凸模、凹模常用材料及热处理见表 12 - 1 ,其他零件见表 12 - 2。

表 12 - 1 凸模、凹模常用材料及热处理

| 模具类别  | 凸模、凹模应用范围                     | 材料牌号                                 | 热处理硬度 /HRC                    |
|-------|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| 冲裁模   | 形状简单 ,冲件厚度 $t\leq 3\text{mm}$ | T8A ,T10A<br>9Mn2V                   | 凸模 56 ~ 60<br>凹模 60 ~ 62      |
|       | 冲件厚度 $t > 3\text{mm}$ ,且形状复杂  | 9CrSi ,CrWMn<br>9Mn2V ,Cr12MoV ,DC53 | 凸模 58 ~ 60<br>凹模 60 ~ 62      |
|       | 长寿命                           | V4<br>W6Mo5Cr4V2 ,ASP23              | 凸 60 ~ 62<br>凹 61 ~ 63        |
|       |                               | YG15 ,YG20                           | 66 ~ 68                       |
|       | 加热冲裁                          | 5CrNiMo                              | 48 ~ 52<br>51 ~ 53            |
| 弯曲模   | 一般弯曲                          | T8A ,T10A<br>9Mn2V                   | 56 ~ 60                       |
|       | 形状复杂 ,高耐磨性                    | CrWMn<br>Cr12<br>Cr12MoV             | 58 ~ 62                       |
|       | 寿命长                           | YG10<br>YG15                         | 64 ~ 66                       |
|       | 加热弯曲                          | 5CrNiMo<br>5CrNiTi                   | 52 ~ 56                       |
| 拉伸模   | 一般拉伸                          | T10A<br>9Mn2V                        | 56 ~ 60                       |
|       | 形状复杂 ,高耐磨性                    | Cr12<br>Cr12MoV                      | 58 ~ 62                       |
|       | 寿命特长                          | YG10 ,YG15                           |                               |
|       | 加热拉伸                          | 5CrNiMo<br>5CrNiTi                   | 52 ~ 56                       |
| 大型拉伸模 | 中、小批量生产                       | QT600 - 3                            | HBS197 ~ 269                  |
|       | 大批量生产                         | 镍铬铸铁<br>钼铬铸铁<br>钼钒铸铁                 | 40 ~ 45<br>55 ~ 60<br>50 ~ 55 |

表 12 - 2 冲模其他零件材料选用

| 零件名称                       | 应用范围                           | 材料牌号                                                   | 热处理硬度/HRC                                     |
|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 上模板、下模板                    | 一般负荷<br>负荷较大<br>滚动导柱模架<br>大型模架 | HT200<br>45<br>QT400—18 ,ZG310—570<br>HT250 ,ZG310—570 | 调质 28 ~ 32                                    |
| 模柄                         | 压入式、凸缘式<br>通用互换性模柄<br>带球面活动模柄  | Q235A( A3 )<br>45 ,T8A<br>45                           | 43 ~ 48<br>43 ~ 48                            |
| 导柱<br>导套                   | 大量生产<br>单件生产<br>用于滚动配合         | 20<br>T10A ,9Mn2V<br>Cr12 ,GCr15                       | 渗碳淬硬 56 ~ 60<br>56 ~ 60<br>62 ~ 64            |
| 固定板<br>卸料板<br>定位板          |                                | Q235A( A3 ) ,45                                        | 43 ~ 48                                       |
| 垫板                         | 一般用途<br>单位压力大                  | 45<br>T8A ,9Mn2V                                       | 43 ~ 48<br>52 ~ 55                            |
| 推板<br>顶出器                  | 一般用途<br>主要用途                   | Q235A( A3 )<br>45                                      | 43 ~ 48                                       |
| 托杆<br>推杆                   | 一般用途<br>重要用途                   | 45<br>CrWMn ,Cr12MoV                                   | 43 ~ 48<br>56 ~ 60                            |
| 导料板                        |                                | Q235A( A3 ) ,45                                        | 43 ~ 48                                       |
| 侧刃的挡块                      |                                | 45                                                     | 43 ~ 48                                       |
| 定位销<br>定位块<br>挡料销          |                                | 45                                                     | 43 ~ 48                                       |
| 废料切刀                       |                                | T10A ,9Mn2V                                            | 58 ~ 60                                       |
| 导正销                        | 一般用途<br>高耐磨                    | T10A ,9Mn2V<br>Cr12MoV                                 | 56 ~ 60<br>60 ~ 62                            |
| 圆柱销<br>卸料螺钉<br>圆弹簧<br>碟形弹簧 |                                | 45<br>45<br>65Mn<br>65Mn ,50CrVA                       | 43 ~ 48<br>头部淬硬 35 ~ 40<br>40 ~ 48<br>43 ~ 48 |
| 限位块                        |                                | 45                                                     | 43 ~ 48                                       |
| 托料板                        |                                | Q235A( A3 )                                            | —                                             |
| 压边圈                        |                                | 45 ,T8A ,T10A                                          | 48 ~ 52                                       |

第二节 冲模常用材料的化学成分(表 12 - 3、表 12 - 4)

表 12 - 3 冲模常用材料的化学成分

| 材 料           | 化学成分/(%)  |           |           |        |        |             |           |           |           |             |
|---------------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|-------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
|               | C         | Si        | Mn        | P      | S      | Cr          | Ni        | Mo        | V         | 其他          |
| HT200         | 3.00~3.40 | 1.60~2.00 | 0.60~1.00 | ≤0.20  | ≤0.12  |             |           |           |           |             |
| HT250         | 2.90~3.20 | 1.40~1.80 | 0.80~1.10 | ≤0.20  | ≤0.12  |             |           |           |           |             |
| 镍铬铸铁          | 3.00~3.30 | 0.80~1.50 | 0.50~1.00 | <0.10  | <0.05  | 0.40~0.80   | 1.20~1.80 |           |           |             |
| 钼铬铸铁          | 3.00~3.30 | 1.80~2.20 | 0.60~0.90 | ≤0.20  | ≤0.12  | 0.30~0.40   |           | 0.90~1.10 |           |             |
| 钼钒铸铁          | 3.00~3.20 | 1.80~2.20 | 0.50~0.80 | ≤0.15  | ≤0.05  |             |           | 0.90~1.10 | 0.15~0.25 |             |
| ZG310 - 570   | 0.50      | 0.60      | 0.90      | 0.040  | ≤0.040 | 0.35        | 0.30      | 0.20      | 0.05      | Cu0.30      |
| ZG6CrMnMoCuTi | 0.55~0.65 | 0.30~0.40 | 1.00~1.20 | ≤0.040 | ≤0.040 | 1.00~1.20   | 0.08~0.15 |           |           | Cu0.80~1.10 |
| QZ35          | 0.14~0.22 | ≤0.30     | 0.30~0.65 | ≤0.045 | ≤0.050 |             |           |           |           |             |
| 20            | 0.17~0.24 | 0.17~0.37 | 0.35~0.65 | ≤0.040 | ≤0.045 | ≤0.25       | ≤0.25     |           |           |             |
| 45            | 0.42~0.50 | 0.17~0.37 | 0.50~0.80 | ≤0.035 | ≤0.035 | ≤0.25       | ≤0.25     |           |           | Cu≤0.25     |
| 65Mn          | 0.62~0.70 | 0.17~0.37 | 0.90~1.20 | ≤0.035 | ≤0.035 | ≤0.25       | ≤0.25     |           |           | Cu≤0.25     |
| T8A           | 0.75~0.84 | <0.35     | ≤0.40     | ≤0.035 | ≤0.030 |             |           |           |           |             |
| T10A          | 0.95~1.04 | <0.35     | ≤0.40     | ≤0.035 | ≤0.030 |             |           |           |           |             |
| 9Mn2V         | 0.85~0.95 | ≤0.40     | 1.70~2.00 | ≤0.030 | ≤0.030 |             |           |           | 0.10~0.25 |             |
| CrWMn         | 0.90~1.05 | ≤0.40     | 0.80~1.10 | ≤0.030 | ≤0.030 | 0.90~1.20   |           |           |           | W1.20~1.60  |
| GCr15         | 0.95~1.05 | 0.15~0.35 | 0.20~0.40 | ≤0.027 | ≤0.020 | 1.30~1.65   |           |           |           |             |
| Cr12MoV       | 1.45~1.70 | ≤0.40     | ≤0.40     | ≤0.030 | ≤0.030 | 11.00~12.50 |           | 0.40~0.60 | 0.15~0.30 |             |
| Cr12Mo1V1     | 1.40~1.60 | ≤0.40     | ≤0.60     | ≤0.030 | ≤0.030 | 11.00~13.00 |           | 0.70~1.20 | 0.50~1.10 | Co≤1.00     |
| W6MoSCr4V2    | 0.80~0.90 | 0.20~0.45 | 0.15~0.40 | ≤0.030 | ≤0.030 | 3.80~4.40   |           | 4.50~5.50 | 1.75~2.20 | W5.50~6.75  |
| 5CrNiMo       | 0.50~0.60 | ≤0.40     | 0.50~0.80 | ≤0.030 | ≤0.030 | 0.50~0.80   | 1.40~1.80 | 0.15~0.30 |           |             |
| DC53          | 0.90~1.05 | 0.80~1.10 | 0.20~0.50 |        | ≤0.030 | 7.50~8.50   |           | 1.80~2.10 | 0.15~0.35 |             |
| V4            | 1.50      | 1.00      | 0.40      |        |        | 8.00        |           | 1.50      | 4.00      |             |

|       |       |       |       |  |  |       |  |       |       |        |
|-------|-------|-------|-------|--|--|-------|--|-------|-------|--------|
| ASP23 | 1. 27 | 0. 50 | 0. 30 |  |  | 4. 20 |  | 5. 00 | 3. 10 | W6. 40 |
|-------|-------|-------|-------|--|--|-------|--|-------|-------|--------|

表 12 - 4 常用硬质合金性能及用途

| 牌号   | 用 途  |   | 化学成分/(%) |    | 物理力学性能    |               |                   |
|------|------|---|----------|----|-----------|---------------|-------------------|
|      |      |   | 碳化钨      | 钴  | 抗弯强度/MPa≥ | 密 度           | 硬度/HRA( 相当于 HRC ) |
| YG6  | 简单成形 | 拉 | 94       | 6  | 1370      | 14. 6 ~ 15. 0 | 89. 5 ( > 72 )    |
| YG8  |      |   | 92       | 8  | 1470      | 14. 4 ~ 14. 8 | 89. 0 ( 72 )      |
| YG11 |      |   | 89       | 11 | 1670      | 14. 0 ~ 14. 4 | 88. 0 ( > 69 )    |
| YG15 |      | 冲 | 85       | 15 | 1860      | 13. 9 ~ 14. 1 | 87. 0 ( 69 )      |
| YG20 |      |   | 80       | 20 | 2550      | 13. 4 ~ 13. 5 | 85. 5 ( > 65 )    |
| YG25 |      | 裁 | 75       | 25 | 2640      | 13. 0         | 85. 0 ( 65 )      |

第三节 冲模常用材料热处理工艺参数

( 表 12 - 5、表 12 - 6 )

表 12 - 5 冲模常用材料热处理规范

| 钢 号      | 淬 火         |      | 回火温度 /    | 硬度 /HRC | 备 注   |
|----------|-------------|------|-----------|---------|-------|
|          | 加热温度 /      | 冷却方式 |           |         |       |
| 20       | 780 ~ 800   | 水转油  | 220 ~ 260 | 58 ~ 60 | 淬火前渗碳 |
| 45       | 810 ~ 840   | 水转油  | 320 ~ 340 | 40 ~ 45 |       |
| T8A、T10A | 780 ~ 810   | 盐水转油 | 180 ~ 250 | 58 ~ 60 |       |
| 9Mn2V    | 780 ~ 800   | 油冷   | 200 ~ 260 | 58 ~ 60 |       |
| CrWMn    | 830 ~ 850   | 油冷   | 200 ~ 260 | 58 ~ 60 |       |
| 40Cr     | 840 ~ 860   | 油冷   | 200 ~ 300 | 50 ~ 55 |       |
| GCr15    | 840 ~ 860   | 油冷   | 160 ~ 200 | 60 ~ 64 |       |
| SCrNiMo  | 860 ~ 900   | 油冷   | 450 ~ 500 | 45 ~ 50 |       |
| Cr12     | 960 ~ 980   | 油冷   | 160 ~ 200 | 60 ~ 64 |       |
| Cr12MoV  | 1020 ~ 1050 | 油冷   | 160 ~ 200 | 60 ~ 64 |       |

|            |             |    |           |         |  |
|------------|-------------|----|-----------|---------|--|
| Cr12Mo1V1  | 1020 ~ 1050 | 油冷 | 160 ~ 200 | 60 ~ 64 |  |
| W6Mo5Cr4V2 | 1100 ~ 1150 | 盐浴 | 540 ~ 560 | 60 ~ 64 |  |

表 12 - 6 常用模具钢真空淬火工艺参数

| 钢 号        | 预 热          |            | 淬 火         |            |                     | 回火温度<br>/ | 硬 度<br>/HRC |
|------------|--------------|------------|-------------|------------|---------------------|-----------|-------------|
|            | 温度<br>/      | 真空度<br>/Pa | 温度<br>/     | 真空度<br>/Pa | 冷却方式                |           |             |
| CrWMn      | 500 ~ 600    | 0. 1       | 820 ~ 840   | 0. 1       | 油(40 以上)            | 170 ~ 185 | 62 ~ 63     |
| 9Mn2V      | 500 ~ 600    | 0. 1       | 780 ~ 820   | 0. 1       | 油冷                  | 180 ~ 200 | 60 ~ 62     |
| 5CrNiMo    | 500 ~ 600    | 0. 1       | 840 ~ 860   | 0. 1       | 油或 N <sub>2</sub> 气 | 480 ~ 500 | 39 ~ 44. 5  |
| Cr12       | 500 ~ 550    | 0. 1       | 960 ~ 980   | 10 ~ 1     | 油或 N <sub>2</sub> 气 | 180 ~ 240 | 60 ~ 64     |
| Cr12MoV    | 一次 500 ~ 550 | 0. 1       | 980 ~ 1050  | 10 ~ 1     | 油或 N <sub>2</sub> 气 | 180 ~ 240 | 60 ~ 64     |
|            | 二次 800 ~ 850 | 0. 1       | 1080 ~ 1120 | 10 ~ 1     | 油或 N <sub>2</sub> 气 | 500 ~ 540 | 58 ~ 60     |
| M6Mo5Cr4V2 | 一次 500 ~ 600 | 0. 1       | 1100 ~ 1150 | 10         | 油或 N <sub>2</sub> 气 | 200 ~ 300 | 58 ~ 62     |
|            | 二次 800 ~ 850 | 0. 1       | 1150 ~ 1250 | 10         | 油或 N <sub>2</sub> 气 | 540 ~ 600 | 62 ~ 66     |
| W18Cr4V    | 一次 500 ~ 600 | 0. 1       | 1000 ~ 1100 | 10         | 油或 N <sub>2</sub> 气 | 180 ~ 220 | 58 ~ 62     |
|            | 二次 800 ~ 850 | 0. 1       | 1240 ~ 1300 | 10         | 油或 N <sub>2</sub> 气 | 540 ~ 600 | 62 ~ 66     |

第四节 典型模具钢的锻造和热处理

一、T10A 模具的锻造和热处理工艺要点

1. 锻造

- (1) 始锻温度 1000 ~ 1050 终锻温度为 800 ~ 850 。
- (2) 加热时间按锻件厚度 1min/mm ~ 1. 5min/mm 计 ,并注意勤翻动 ,使加热均匀。
- (3) 锻后按右图工艺进行退火。
- (4) 锻件退火后必须符合下列硬度≤197HB。

2. 热处理

- (1) 淬火前 ,对工件进行检查。首先 ,在非工作表面进行火花鉴别 ,确认材料牌号 ,然后对容易发生裂纹和变形的部位进行包扎、捆绑和堵塞等保护措施。
- (2) 淬火工艺参照表 12 - 7。

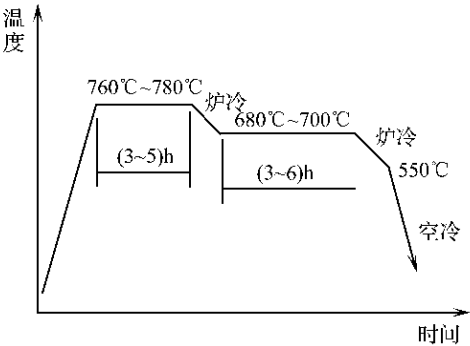


图 12 - 1 T10A 锻件退火工艺

表 12 - 7 T10A 模具锻件淬火工艺

|      | 双 液 淬 火                                     | 碱 浴 淬 火                                               |
|------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 预热温度 | 400 ~ 450                                   | 400 ~ 450                                             |
| 加热温度 | 箱式炉 780 ~ 810                               | 盐浴炉 820 ~ 840                                         |
| 加热时间 | 按厚度(1 ~ 1.2)min/mm 计                        | 按厚度(0.4 ~ 0.5)min/mm 计                                |
| 冷却方法 | 先放中盐水中停留时间为(0.20 ~ 0.35)s/mm<br>然后即入油中冷却至室温 | 在 160 ~ 180 碱浴中停留时间为<br>(0.20 ~ 0.30)min/mm 然后取出空冷至室温 |

(3) 回火

淬火冷却至室温后 ,应随即进行回火处理。

回火工艺按工件的硬度要求而定 ,表 12 - 8 供参考。

表 12 - 8 T10A 模具锻件回火工艺

|        |                    |            |            |
|--------|--------------------|------------|------------|
| 工件要求硬度 | 58 ~ 62HRC         | 56 ~ 60HRC | 50 ~ 55HRC |
| 回火温度   | 160 ~ 200          | 240 ~ 270  | 300 ~ 320  |
| 回火时间   | 按工件厚度不同 ,取(1 ~ 3)h |            |            |

回火后检查硬度。

二、Cr12MoV 和 W6Mo5Cr4V2 模具锻造

1. 对锻件的要求

(1) 碳化物偏析(均匀度)达三级以上(大件至少表面(10 ~ 15)mm 内达到)。

(2) 硬度 $\leq$ 255HB。

(3) 金属流向按图 12 - 2。

(4) 加工余量 符合加工要求。一般小于 25kg 的锻件 ,每边留(2 ~ 3)mm ;大

于 25kg 的锻件,每边留(3~4)mm。

## 2. 工艺要点

### 1) 选坯料

尽量选择直径小、碳化物均匀度高的棒料来进行改锻。

### 2) 加热

(1) 先在 880 ~ 900 炉中预热,加热时间按坯料直径 1mm/min 计。

(2) 预热后转入 1080 ~ 1100 炉中加热,加热时间按坯料直径 1.5mm/min 计。注意加热均匀,中途翻转几次。

### 3) 锻造

(1) 对于较小(锻件重量小于 15kg)的工件,用综合锻造法,墩粗拔长六次,两火完成。

(2) 对于重量大于 15kg 的锻件,锻锤无法墩拔的,可在锻造方法上缩小进给量(每锤(15~20)mm),锻锤打击力均匀,横向成形,如图 12-2 所示。让原料中心疏松部分在工件侧面,上下面组织细密,纤维方向(金属流向)成米字形。

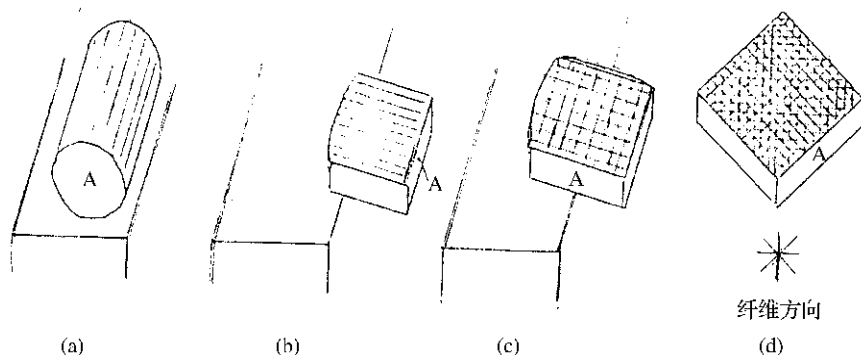


图 12-2 大锻件的纤维方向

(3) 终锻温度:Cr12MoV 为  $900 \pm 20$ , W6Mo5Cr4V2 为  $925 \pm 20$ 。

(4) 锻后在 550 炉内保温。

### 4) 退火

(1) 先装入退火箱内,用废铸铁屑保护、密封,防止脱碳。

(2) 退火工艺见图 12-3。

## 三、Cr12MoV 和 W6Mo5Cr4V2 模具热处理

### 1. 对热处理工艺要求

(1) 经淬火回火后,零件具有高强度和高耐磨性,一般要求硬度 HRC58~62 (特殊情况允许 56~60)。

(2) 零件具有足够的韧性,并充分消除内应力。

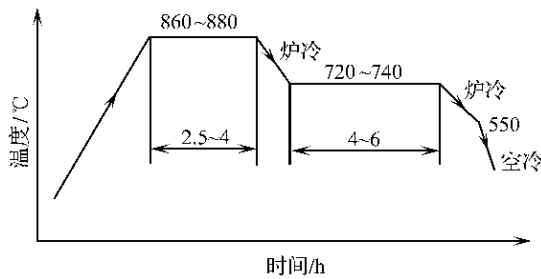


图 12 - 3 锻件退火工艺

- (3) 具有热硬性 模具在高温工作条件下 硬度不会降低。
- (4) 无裂纹、脱碳等缺陷 ,变形小 ,氧化少。

2. 热处理工艺要点

1) 淬火前做好准备工作 :

- (1) 材料鉴别 检查表面有无擦伤、裂纹等缺陷。
- (2) 估计变形趋势 ,作各种堵塞、捆绑或包扎。
- (3) 严格校对炉温。

2) 淬火及回火

(1) Cr12MoV 模具 用于冲制小于 3mm 厚钢板时 采用一次硬化工艺 见图12 - 4。

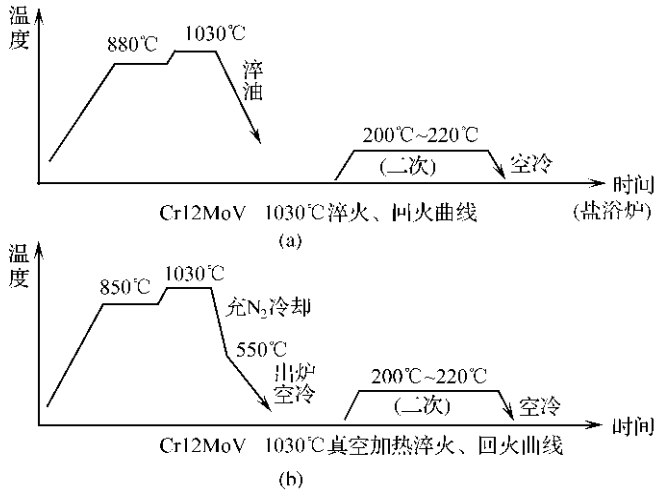


图 12 - 4 一次硬化工艺

- (2) Cr12MoV 模具 用于冲制大于 3mm 厚钢板时 采用二次硬化工艺 见图 12 - 5。
- (3) W6Mo5Cr4V2 模具 ,一般采用较低温度在真空中处理 ,见图 12 - 6。
- (4) 多次回火时 ,应注意前一次回火须冷到室温后再进行后一次回火。

# 第十三章 冲压用材料标准

## 第一节 黑色金属

### 1. 冲压常用钢材的化学成分和性能(表 13 - 1 ~ 表 13 - 3)

表 13 - 1 冲压常用钢材的化学成分和力学性能(一)

| 材料<br>代号 | 化学成分/(%)    |             |             |        |        |       |       |    |       |             | 力学性能               |                    |                  |                |
|----------|-------------|-------------|-------------|--------|--------|-------|-------|----|-------|-------------|--------------------|--------------------|------------------|----------------|
|          | C           | Si          | Mn          | P      | S      | Cr    | Ni    | Ti | Cu    | Al          | $\sigma_s$<br>/MPa | $\sigma_b$<br>/MPa | $\delta$<br>/(%) | 冷弯             |
| Q195     | 0.06 ~ 0.12 | ≤0.30       | 0.25 ~ 0.50 | ≤0.045 | ≤0.050 |       |       |    |       |             | ≥195               | 315 ~ 390          | ≥33              | d = 0.5a       |
| Q215     | 0.09 ~ 0.15 | ≤0.30       | 0.25 ~ 0.55 | ≤0.045 | ≤0.050 |       |       |    |       |             | ≥215               | 335 ~ 410          | ≥31              | d = (0.5 ~ 1)a |
| Q235     | 0.12 ~ 0.22 | ≤0.30       | 0.30 ~ 0.70 | ≤0.045 | ≤0.050 |       |       |    |       |             | ≥235               | 375 ~ 460          | ≥26              | d = (1 ~ 1.5)a |
| Q255     | 0.18 ~ 0.28 | ≤0.30       | 0.40 ~ 0.70 | ≤0.045 | ≤0.050 |       |       |    |       |             | ≥255               | 410 ~ 510          | ≥24              | d = 2a         |
| Q275     | 0.28 ~ 0.38 | ≤0.35       | 0.50 ~ 0.80 | ≤0.045 | ≤0.050 |       |       |    |       |             | ≥275               | 490 ~ 610          | ≥20              | d = 3a         |
| 08       | 0.05 ~ 0.12 | 0.17 ~ 0.37 | 0.35 ~ 0.65 | ≤0.035 | ≤0.040 | ≤0.10 | ≤0.25 |    | ≤0.25 |             |                    | 275 ~ 410          | ≥25              | d = 0          |
| 08F      | 0.05 ~ 0.11 | ≤0.03       | 0.25 ~ 0.50 | ≤0.040 | ≤0.040 | ≤0.10 | ≤0.25 |    | ≤0.25 |             |                    | 275 ~ 380          | ≥27              | d = 0          |
| 08Al     | ≤0.08       | ≤0.03       | 0.35 ~ 0.45 | ≤0.020 | ≤0.030 | ≤0.03 | ≤0.10 |    | ≤0.15 | 0.02 ~ 0.07 | ≤216               | 275 ~ 410          | ≥25              | d = 0          |
| 10       | 0.07 ~ 0.14 | 0.17 ~ 0.37 | 0.35 ~ 0.65 | ≤0.035 | ≤0.040 | ≤0.15 | ≤0.25 |    | ≤0.25 |             |                    | 295 ~ 430          | ≥24              | d = 0          |
| 15       | 0.12 ~ 0.19 | 0.17 ~ 0.37 | 0.35 ~ 0.65 | ≤0.035 | ≤0.040 | ≤0.25 | ≤0.25 |    | ≤0.25 |             |                    | 335 ~ 470          | ≥24              | d = 0.5a       |

(续)

| 材料<br>代号 | 化学成分/(%)    |             |             |             |        |       |       |             |       |               | 力学性能               |                    |                  |          |
|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|-------|-------|-------------|-------|---------------|--------------------|--------------------|------------------|----------|
|          | C           | Si          | Mn          | P           | S      | Cr    | Ni    | Ti          | Cu    | Al            | $\sigma_s$<br>/MPa | $\sigma_b$<br>/MPa | $\delta$<br>/(%) | 冷弯       |
| 20       | 0.17 ~ 0.24 | 0.17 ~ 0.37 | 0.35 ~ 0.65 | ≤0.035      | ≤0.040 | ≤0.25 | ≤0.25 |             | ≤0.25 |               |                    | 355 ~ 500          | ≥24              | d = a    |
| 25       | 0.22 ~ 0.30 | 0.17 ~ 0.37 | 0.50 ~ 0.80 | ≤0.035      | ≤0.040 | ≤0.25 | ≤0.25 |             | ≤0.25 |               |                    | 375 ~ 490          | 24               | d = 2a   |
| 30       | 0.27 ~ 0.35 | 0.17 ~ 0.37 | 0.50 ~ 0.80 | ≤0.035      | ≤0.040 | ≤0.25 | ≤0.25 |             | ≤0.25 |               |                    | 390 ~ 510          | 22               | d = 2a   |
| 35       | 0.32 ~ 0.40 | 0.17 ~ 0.37 | 0.50 ~ 0.80 | ≤0.035      | ≤0.040 | ≤0.25 | ≤0.25 |             | ≤0.25 |               |                    | 410 ~ 510          | 20               | d = 2a   |
| 40       | 0.37 ~ 0.45 | 0.17 ~ 0.37 | 0.50 ~ 0.80 | ≤0.035      | ≤0.040 | ≤0.25 | ≤0.25 |             | ≤0.25 |               |                    | 430 ~ 570          | 19               |          |
| 45       | 0.42 ~ 0.50 | 0.17 ~ 0.37 | 0.50 ~ 0.80 | ≤0.035      | ≤0.040 | ≤0.25 | ≤0.25 |             | ≤0.25 |               |                    | 450 ~ 600          | 17               |          |
| 50       | 0.47 ~ 0.55 | 0.17 ~ 0.37 | 0.50 ~ 0.80 | ≤0.035      | ≤0.040 | ≤0.25 | ≤0.25 |             | ≤0.25 |               |                    | 470 ~ 625          | 16               |          |
| 06TiL    | ≤0.08       | ≤0.20       | 0.20 ~ 0.50 | ≤0.035      | ≤0.035 |       |       | 0.07 ~ 0.20 |       |               | ≥245               | 375 ~ 480          | 26               | d = 0    |
| 08TiL    | ≤0.12       | 0.10 ~ 0.40 | 0.30 ~ 0.60 | ≤0.035      | ≤0.035 |       |       | 0.07 ~ 0.20 |       |               | ≥295               | 390 ~ 510          | 24               | d = 0.5a |
| 09MnReL  | ≤0.12       | 0.20 ~ 0.60 | 0.70 ~ 1.00 | ≤0.035      | ≤0.035 |       |       |             |       | Re0.02 ~ 0.20 | ≥245               | 375 ~ 470          | 32               | d = 0.5a |
| 09SiVL   | 0.08 ~ 0.15 | 0.70 ~ 1.00 | 0.45 ~ 0.75 | ≤0.035      | ≤0.035 |       |       |             |       | V0.04 ~ 0.10  | ≥355               | 510 ~ 610          | 24               | d = a    |
| 10TiL    | ≤0.14       | 0.10 ~ 0.30 | 0.50 ~ 0.90 | ≤0.035      | ≤0.035 |       |       | 0.07 ~ 0.20 |       |               | ≥355               | 510 ~ 630          | 22               | d = 0.5a |
| 10AlP    | ≤0.14       | 0.20 ~ 0.40 | ≤1.00       | 0.08 ~ 0.14 | ≤0.025 |       |       |             |       |               | ≥290               | 440 ~ 560          | 24               |          |
| 12LW     | 0.08 ~ 0.14 | 0.12 ~ 0.22 | 0.25 ~ 0.55 | ≤0.04       | ≤0.04  |       |       |             |       |               |                    | 355 ~ 470          | ≥30              | d = 2a   |
| 15LW     | 0.12 ~ 0.19 | 0.12 ~ 0.22 | 0.35 ~ 0.65 | ≤0.04       | ≤0.04  |       |       |             |       |               |                    | 375 ~ 490          | ≥26              | d = 2a   |

(续)

| 材料<br>代号   | 化学成分/(%)    |             |             |             |        |             |               |            |             |    | 力学性能               |                    |                  |          |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|-------------|---------------|------------|-------------|----|--------------------|--------------------|------------------|----------|
|            | C           | Si          | Mn          | P           | S      | Cr          | Ni            | Ti         | Cu          | Al | $\sigma_s$<br>/MPa | $\sigma_b$<br>/MPa | $\delta$<br>/(%) | 冷弯       |
| 15Cr       | 0.12 ~ 0.18 | 0.17 ~ 0.37 | 0.40 ~ 0.70 | ≤0.035      | ≤0.035 | 0.70 ~ 1.00 |               |            |             |    |                    | 400 ~ 600          | 21               |          |
| 15MnTi     | 0.12 ~ 0.18 | 0.20 ~ 0.55 | 1.20 ~ 1.60 | ≤0.045      | ≤0.05  |             |               | 0.12 ~ 2.0 |             |    | ≥400               | ≥540               | 19               | d = 3a   |
| 16MnL      | 0.12 ~ 0.20 | 0.20 ~ 0.60 | 1.20 ~ 1.60 | ≤0.035      | ≤0.035 |             |               |            |             |    | ≥345               | 510 ~ 610          | 24               | d = a    |
| 16MnReL    | 0.12 ~ 0.20 | 0.20 ~ 0.60 | 1.20 ~ 1.60 | ≤0.035      | ≤0.035 |             | Re0.02 ~ 0.20 |            |             |    | ≥345               | 510 ~ 610          | 24               | d = a    |
| BP340      | ≤0.07       | ≤0.05       | ≤0.40       | 0.05 ~ 0.10 | ≤0.025 |             |               |            | 0.02 ~ 0.08 |    | ≥190               | ≥340               | ≥35              | d = 0    |
| BP400      | ≤0.09       | ≤0.05       | ≤0.40       | 0.05 ~ 0.10 | ≤0.025 |             |               |            | 0.02 ~ 0.06 |    | ≥230               | ≥400               | ≥30              | d = 0    |
| B320LW     | ≤0.12       | ≤0.05       | 0.60 ~ 1.00 | ≤0.030      | ≤0.025 |             |               |            | ≥0.020      |    | ≥210               | 320 ~ 410          | ≥28              | d = 0    |
| B330CL     | ≤0.10       | ≤0.05       | ≤0.50       | ≤0.030      | ≤0.035 |             |               |            | ≥0.02       |    | ≥225               | 330 ~ 430          | ≥33              | d = 0.5a |
| B380CL     | ≤0.12       | ≤0.05       | 0.60 ~ 1.20 | ≤0.030      | 0.025  |             |               |            | ≥0.02       |    | ≥235               | 380 ~ 480          | ≥28              | d = a    |
| B510L      | ≤0.16       | ≤0.50       | ≤1.60       | ≤0.030      | ≤0.025 |             | ≤0.06         |            |             |    | ≥335               | 510 ~ 610          | ≥24              | d = 0.5a |
| 65Mn       | 0.62 ~ 0.70 | 0.17 ~ 0.37 | 0.90 ~ 1.20 | ≤0.035      | ≤0.040 | ≤0.25       | ≤0.25         |            |             |    | ≤392               | 735                | 9                |          |
| 60Si2Mn    | 0.56 ~ 0.64 | 1.50 ~ 2.00 | 0.60 ~ 0.90 | ≤0.035      | ≤0.035 | ≤0.35       | ≤0.35         |            |             |    |                    | ≤950               | 12               |          |
| 1Cr18Ni9Ti | ≤0.12       | ≤1.00       | ≤2.00       | ≤0.035      | ≤0.030 | 17.0 ~ 19.0 | 8.0 ~ 11.0    |            |             |    | ≥205               | ≥540               | 40               |          |

表 13 - 2 冲压常用钢材的化学成分和力学性能(二)

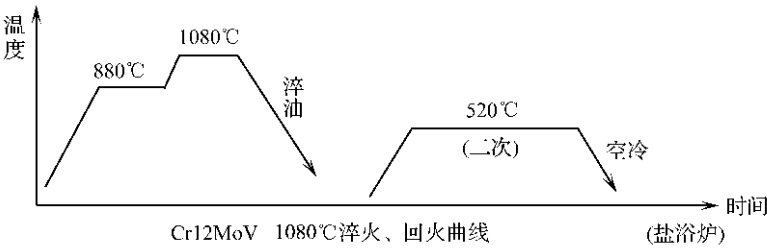
| 材料<br>代号 | 化学成分/(%) |       |       |        |        |    |    |    |    |       | 力学性能               |                    |                  |      |
|----------|----------|-------|-------|--------|--------|----|----|----|----|-------|--------------------|--------------------|------------------|------|
|          | C        | Si    | Mn    | P      | S      | Cr | Ni | Ti | Cu | Al    | $\sigma_s$<br>/MPa | $\sigma_b$<br>/MPa | $\delta$<br>/(%) | 冷弯   |
| SPCC     | ≤0.12    | ≤0.05 | ≤0.50 | ≤0.035 | ≤0.035 |    |    |    |    |       |                    | ≥270               | ≥36              | d=0  |
| SPCD     | ≤0.10    | ≤0.03 | ≤0.45 | ≤0.030 | ≤0.035 |    |    |    |    |       |                    | ≥270               | ≥38              | d=0  |
| SPCE     | ≤0.08    | ≤0.03 | ≤0.40 | ≤0.025 | ≤0.030 |    |    |    |    |       |                    | ≥270               | ≥40              | d=0  |
| SPHC     | ≤0.15    | ≤0.60 |       | ≤0.035 | ≤0.035 |    |    |    |    |       |                    | ≥270               | ≥27              | d=a  |
| SPHD     | ≤0.10    | ≤0.50 |       | ≤0.035 | ≤0.035 |    |    |    |    |       |                    | ≥270               | ≥30              | d=0  |
| SPHE     | ≤0.10    | ≤0.50 |       | ≤0.030 | ≤0.035 |    |    |    |    |       |                    | ≥270               | ≥31              | d=0  |
| SAPH310  | ≤0.10    | ≤0.50 |       | ≤0.035 | ≤0.030 |    |    |    |    |       | ≥185               | ≥310               | ≥33              | d=2a |
| SAPH370  | ≤0.21    | ≤0.75 |       | ≤0.035 | ≤0.030 |    |    |    |    |       | ≥225               | ≥370               | ≥32              | d=2a |
| SAPH400  | ≤0.21    | ≤1.20 |       | ≤0.030 | ≤0.025 |    |    |    |    |       | ≥235               | ≥400               | ≥31              | d=2a |
| SAPH440  | ≤0.21    | ≤1.20 |       | ≤0.030 | ≤0.025 |    |    |    |    |       | ≤305               | ≥440               | ≥29              | d=3a |
| SS330    | ≤0.15    | ≤0.05 | ≤0.95 | ≤0.035 | ≤0.035 |    |    |    |    | ≥0.01 | ≥205               | 300~400            | ≥21              | d=a  |
| SS400    | ≤0.21    | ≤0.30 | ≤1.30 | ≤0.035 | ≤0.035 |    |    |    |    |       | ≥245               | 400~510            | ≥17              | d=3a |
| SS490    | ≤0.22    | ≤0.25 | ≤1.40 | ≤0.035 | ≤0.035 |    |    |    |    |       | ≥285               | 490~610            | ≥15              | d=4a |
| SS540    | ≤0.30    | ≤0.25 | ≤1.60 | ≤0.035 | ≤0.035 |    |    |    |    |       | ≥400               | ≥540               | ≥13              | d=4a |

(续)

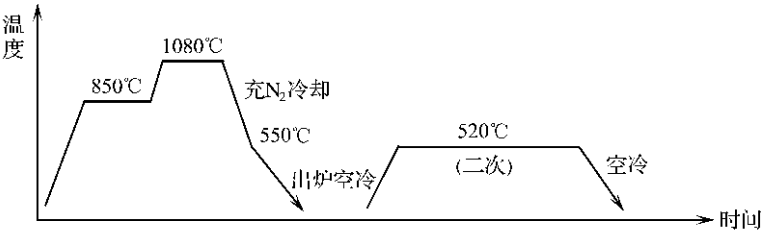
| 材料<br>代号  | 化学成分/(%) |       |       |        |        |    |         |       |    |               | 力学性能               |                    |                  |          |
|-----------|----------|-------|-------|--------|--------|----|---------|-------|----|---------------|--------------------|--------------------|------------------|----------|
|           | C        | Si    | Mn    | P      | S      | Cr | Ni      | Ti    | Cu | Al            | $\sigma_s$<br>/MPa | $\sigma_b$<br>/MPa | $\delta$<br>/(%) | 冷弯       |
| St12      | ≤0.10    |       | ≤0.50 | ≤0.035 | ≤0.035 |    | N≤0.007 |       |    |               | ≤280               | 270 ~ 410          | ≥28              |          |
| St13      | ≤0.08    |       | ≤0.45 | ≤0.030 | ≤0.035 |    | N≤0.007 |       |    |               | ≤240               | 270 ~ 370          | ≥34              |          |
| St14      | ≤0.08    |       | ≤0.40 | ≤0.020 | ≤0.030 |    |         |       |    | ≥0.025        | ≤210               | 270 ~ 350          | ≥38              |          |
| St15      | ≤0.06    | ≤0.03 | ≤0.35 | ≤0.020 | ≤0.025 |    |         |       |    | 0.025 ~ 0.070 | ≤195               | 250 ~ 330          | ≥40              |          |
| St16      | ≤0.008   | ≤0.03 | ≤0.30 | ≤0.020 | ≤0.015 |    | N≤0.004 |       |    | ≤0.070        | ≤190               | 260 ~ 300          | ≥41              |          |
| St37 - 2G | ≤0.17    | ≤0.12 | ≤1.25 | ≤0.035 | ≤0.035 |    |         |       |    | ≥0.015        | ≥215               | 360 ~ 510          | ≥20              | d = 0.5a |
| St44 - 3G | ≤0.20    | ≤0.12 | ≤1.25 | ≤0.035 | ≤0.035 |    |         |       |    | ≥0.020        | ≥245               | 430 ~ 580          | ≥18              | d = a    |
| StW22     | ≤0.10    | ≤0.60 |       | ≤0.035 | ≤0.035 |    |         |       |    |               |                    | ≤440               | ≥25              |          |
| StW23     | ≤0.10    | ≤0.50 |       | ≤0.035 | ≤0.035 |    |         |       |    |               |                    | ≤420               | ≥27              |          |
| StW24     | ≤0.08    | ≤0.50 |       | ≤0.030 | ≤0.035 |    |         |       |    |               |                    | ≤410               | ≥30              |          |
| QStE340TM | ≤0.12    | ≤0.50 | ≤1.30 | ≤0.030 | ≤0.025 |    | Nb≤0.09 | ≤0.22 |    | ≥0.015        | ≥340               | 420 ~ 540          | ≥25              | d = 0.5a |
| QStE380TM | ≤0.12    | ≤0.50 | ≤1.40 | ≤0.030 | ≤0.025 |    | Nb≤0.09 | ≤0.22 |    | ≥0.015        | ≥380               | 450 ~ 590          | ≥23              | d = 0.5a |
| QStE420TM | ≤0.12    | ≤0.50 | ≤1.50 | ≤0.030 | ≤0.025 |    | Nb≤0.09 | ≤0.22 |    | ≥0.015        | ≥420               | 480 ~ 620          | ≥21              | d = 0.5a |
| QStE460TM | ≤0.12    | ≤0.50 | ≤1.60 | ≤0.030 | ≤0.025 |    | Nb≤0.09 | ≤0.22 |    | ≥0.015        | ≥460               | 520 ~ 670          | ≥19              | d = a    |

(续)

| 材料<br>代号  | 化学成分/(%)    |       |             |        |        |         |                   |            |    |             | 力学性能               |                    |                  |          |
|-----------|-------------|-------|-------------|--------|--------|---------|-------------------|------------|----|-------------|--------------------|--------------------|------------------|----------|
|           | C           | Si    | Mn          | P      | S      | Cr      | Ni                | Ti         | Cu | Al          | $\sigma_s$<br>/MPa | $\sigma_b$<br>/MPa | $\delta$<br>/(%) | 冷弯       |
| QSiE500TM | ≤0.12       | ≤0.50 | ≤1.70       | ≤0.030 | ≤0.025 |         | Nb≤0.09           | ≤0.22      |    | ≥0.015      | ≥500               | 550 ~ 770          | ≥17              | d = a    |
| QSiE550TM | ≤0.12       | ≤0.50 | ≤1.80       | ≤0.025 | ≤0.015 |         | Nb≤0.09           | ≤0.15      |    | ≥0.015      | ≥550               | 600 ~ 760          | ≥14              | d = 1.5a |
| QSiE600TM | ≤0.12       | ≤0.60 | ≤1.90       | ≤0.025 | ≤0.015 | Mo≤0.50 | Nb≤0.09           | ≤0.20      |    | ≥0.015      | ≥600               | 650 ~ 820          | ≥13              | d = 1.5a |
| QSiE650TM | ≤0.12       | ≤0.60 | ≤2.00       | ≤0.025 | ≤0.015 | Mo≤0.50 | Nb≤0.09           | ≤0.20      |    | ≥0.015      | ≥650               | 700 ~ 880          | ≥12              | d = 2a   |
| QSiE690TM | ≤0.12       | ≤0.60 | ≤2.10       | ≤0.025 | ≤0.015 | Mo≤0.50 | Nb≤0.09           | ≤0.20      |    | ≥0.015      | ≥700               | 750 ~ 950          | ≥12              | d = 2a   |
| TL - 1107 | <0.10       |       | 0.20 ~ 0.45 | ≤0.040 | ≤0.040 |         |                   |            |    | 0.02 ~ 0.06 | 215 ~ 295          | 320 ~ 400          | ≥27              |          |
| TL - 1111 | <0.12       |       | 0.20 ~ 0.45 | ≤0.045 | ≤0.045 |         |                   |            |    | ≥0.02       | 215 ~ 305          | 320 ~ 410          | ≥25              |          |
| TL - 1113 | 0.09 ~ 0.15 | <0.10 | 0.20 ~ 0.80 | ≤0.035 | ≤0.035 |         |                   |            |    | ≥0.20       | >315               | 400 ~ 480          | ≥25              |          |
| TL - 1122 | 0.14 ~ 0.17 | <0.25 | 0.70 ~ 1.10 | <0.050 | <0.050 |         |                   |            |    | 0.02 ~ 0.07 | >340               | 510 ~ 610          | >22              | d = a    |
| TL - 1206 | ≤0.08       |       | 0.20 ~ 0.35 | ≤0.030 | ≤0.030 |         |                   |            |    | ≤0.02       | <265               | 330 ~ 400          | >28              |          |
| TL - 1318 | 0.15 ~ 0.25 | ≤0.35 | 0.70 ~ 1.00 | <0.035 | <0.035 | <0.25   |                   | B > 0.0015 |    |             | 380 ~ 480          |                    |                  |          |
| TL - 1401 | ≤0.10       | ≤0.50 | ≤1.00       | ≤0.030 | ≤0.030 |         | Nb≤0.09           | ≤0.22      |    | 0.02 ~ 0.06 | 340 ~ 440          | >410               | ≥24              |          |
| TL - 1406 | ≤0.12       | ≤0.50 | ≤0.90       | ≤0.030 | ≤0.030 |         | Nb≤0.09           | ≤0.22      |    | 0.02 ~ 0.06 | 350 ~ 450          | >420               | ≥24              |          |
| TL - 1408 | 0.05 ~ 0.12 | ≤0.30 | <1.20       | ≤0.035 | ≤0.035 |         | Nb<br>0.02 ~ 0.08 | 0.1 ~ 0.2  |    | 0.02 ~ 0.07 | 460 ~ 560          | >520               | ≥20              |          |

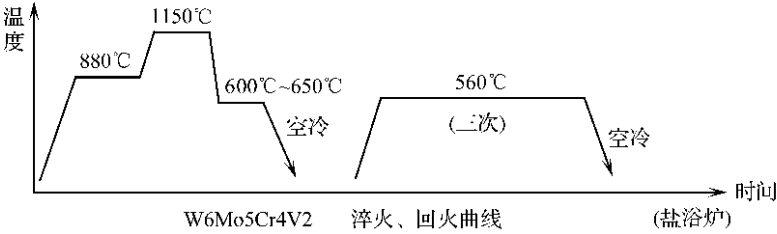


(a)

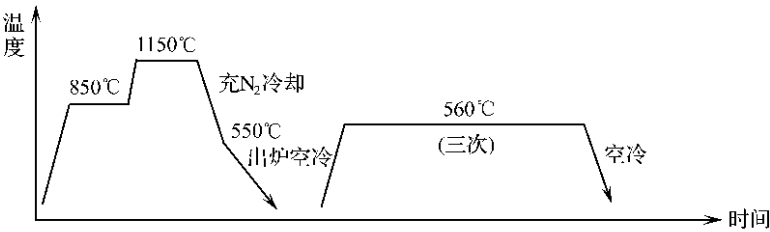


(b)

图 12 - 5 二次硬化工艺



(a)



(b)

图 12 - 6 低温真空处理

表 13 - 3 深冲冷轧钢板及钢带的性能

| 牌 号 | 料厚<br>/mm | 屈服点<br>/MPa | 抗拉强度<br>/MPa | 伸长率<br>(%) | 弯心直径<br>/mm | 标突值<br>/mm | 备 注 |
|-----|-----------|-------------|--------------|------------|-------------|------------|-----|
|-----|-----------|-------------|--------------|------------|-------------|------------|-----|

|      |    |             |      |           |     |       |              |                       |
|------|----|-------------|------|-----------|-----|-------|--------------|-----------------------|
| 08Al | ZF | ≤2.0        | ≥200 | 260 ~ 330 | ≥44 | d = 0 | ≥10.6 ~ 12.0 |                       |
|      | HF | ≤2.0        | ≥210 | 260 ~ 340 | ≥42 | d = 0 | ≥10.5 ~ 12.3 |                       |
|      | F  | > 1.2 ~ 2.0 | ≥220 | 260 ~ 350 | ≥39 | d = 0 | ≥11.3 ~ 12.2 |                       |
|      |    | 1.2         | ≥220 | 260 ~ 350 | ≥42 | d = 0 | ≥11.1        |                       |
|      |    | < 1.2       | ≥240 | 260 ~ 350 | ≥42 | d = 0 | ≥10.3 ~ 10.9 |                       |
| 08F  | Z  | ≤4          |      | 280 ~ 370 | ≥34 | d = 0 | ≥9.0 ~ 12.1  |                       |
|      | S  | ≤4          |      | 280 ~ 390 | ≥30 | d = 0 | ≥8.4 ~ 11.9  |                       |
|      | P  | ≤4          |      | 280 ~ 390 | ≥30 | d = 0 | ≥8.0 ~ 11.8  |                       |
| 08   | Z  | ≤4          |      | 280 ~ 400 | ≥32 | d = 0 | ≥9.0 ~ 12.1  |                       |
|      | S  | ≤4          |      | 280 ~ 420 | ≥30 |       | ≥8.4 ~ 11.9  |                       |
|      | P  | ≤4          |      | 280 ~ 420 | ≥28 |       | ≥8.0 ~ 11.8  |                       |
| 10   | Z  | ≤4          |      | 300 ~ 420 | ≥30 | d = 0 | ≥8.0 ~ 9.2   |                       |
|      | S  | ≤4          |      | 300 ~ 440 | ≥29 |       | ≥7.4 ~ 8.6   |                       |
|      | P  | ≤4          |      | 300 ~ 440 | ≥28 |       | /            |                       |
| 15   | Z  | ≤4          |      | 340 ~ 460 | ≥27 | d = 0 | ≥8.0 ~ 9.2   |                       |
|      | S  | ≤4          |      | 360 ~ 480 | ≥26 | d = 0 | ≥7.4 ~ 8.6   |                       |
|      | P  | ≤4          |      | 360 ~ 480 | ≥25 |       | /            |                       |
| 20   | Z  | ≤4          |      | 360 ~ 500 | ≥26 | d = 0 | ≥8.0 ~ 9.2   |                       |
|      | S  | ≤4          |      | 360 ~ 510 | ≥25 | d = 0 | ≥7.4 ~ 8.6   |                       |
|      | P  | ≤4          |      | 360 ~ 510 | ≥24 |       | /            |                       |
| SPCC |    | 0.4 ~ 1.6   |      | ≥270      | ≥37 | d = 0 | ≥7.2 ~ 10.6  |                       |
| SPCD |    | 0.4 ~ 1.6   |      | ≥270      | ≥39 | d = 0 | ≥7.6 ~ 11.3  |                       |
| SPCE | ZF | 0.4 ~ 1.6   |      | ≥270      | ≥41 | d = 0 | ≥8.0 ~ 11.7  |                       |
|      | HF | 0.5 ~ 1.6   |      | ≥270      | ≥41 | d = 0 | ≥9.2 ~ 11.8  |                       |
|      | F  | 0.5 ~ 1.4   |      | ≥270      | ≥41 | d = 0 | ≥9.5 ~ 11.8  |                       |
| ST12 |    | 0.5 ~ 2.0   | ≤280 | 270 ~ 410 | ≥28 |       | ≥8.8 ~ 11.1  |                       |
| ST13 |    | 0.5 ~ 2.0   | ≤240 | 270 ~ 370 | ≥34 |       | ≥9.5 ~ 11.8  |                       |
| ST14 | ZF | 0.5 ~ 1.5   | ≤210 | 270 ~ 350 | ≥38 |       | ≥9.6 ~ 12.1  |                       |
|      | HF | 0.5 ~ 2.0   | ≤210 | 270 ~ 350 | ≥38 |       | ≥9.7 ~ 12.3  |                       |
|      | F  | 0.5 ~ 2.0   | ≤210 | 270 ~ 350 | ≥38 |       | ≥9.8 ~ 12.0  |                       |
| ST15 |    | 1.0 ~ 1.5   | ≤195 | 250 ~ 330 | ≥40 |       | ≥11.2 ~ 12.0 |                       |
| ST16 |    | 0.8 ~ 1.5   | ≤190 | 260 ~ 330 | ≥41 |       |              | n ≥ 0.22 ,<br>r ≥ 1.8 |

2. 钢板和钢带的尺寸规格(表 13 - 4 ~ 表 13 - 8)

表 13 - 4    轧制薄钢板的尺寸(GB/T 708—1988)      单位 mm

|                                              | 钢 板 宽 度     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|----------------------------------------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| 钢板厚度                                         | 500         | 600  | 710  | 750  | 800  | 850  | 900  | 950  | 1000 | 1100 | 1250 | 1400 | 1500 |  |
|                                              | 冷 轧 钢 板 长 度 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 0.2 0.25<br>0.3 0.4                          | 1200        | 1420 | 1500 | 1500 | 1500 |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                                              | 1000        | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1500 | 1500 |      |      |      |      |      |  |
|                                              | 1500        | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 1800 | 2000 |      |      |      |      |      |  |
| 0.5 0.55<br>0.6                              |             | 1200 | 1420 | 1500 | 1500 | 1500 |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                                              | 1000        | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1500 | 1500 |      |      |      |      |      |  |
|                                              | 1500        | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 1800 | 2000 |      |      |      |      |      |  |
| 0.7 0.75                                     |             | 1200 | 1420 | 1500 | 1500 | 1500 |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                                              | 1000        | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1500 | 1500 |      |      |      |      |      |  |
|                                              | 1500        | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 1800 | 2000 |      |      |      |      |      |  |
| 0.8 0.9                                      |             | 1200 | 1420 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 |      |      |      |      |      |      |  |
|                                              | 1000        | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1500 | 2000 | 2000 |      |      |      |  |
|                                              | 1500        | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2200 | 2500 |      |      |      |  |
| 1.0 1.1<br>1.2 1.4<br>1.5 1.6<br>1.8 2.0     | 1000        | 1200 | 1420 | 1500 | 1500 | 1500 |      |      |      |      | 2800 | 2800 |      |  |
|                                              | 1500        | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 |      | 2000 | 2000 | 3000 | 3000 |      |  |
|                                              | 2000        | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2200 | 2500 | 3500 | 3500 |      |  |
| 2.2 2.5<br>2.8 3.0<br>3.2 3.5<br>3.8 4.0     | 500         | 600  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                                              | 1000        | 1200 | 1420 | 1500 | 1500 | 1500 |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                                              | 1500        | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 2000 |      |      |      |      |      |  |
|                                              | 2000        | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                                              | 热 轧 钢 板 长 度 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 0.35 0.4<br>0.45 0.5<br>0.55 0.6<br>0.7 0.75 |             | 1200 |      | 1000 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                                              | 1000        | 1500 | 1000 | 1500 | 1500 |      | 1500 | 1500 |      |      |      |      |      |  |
|                                              | 1500        | 1800 | 1420 | 1800 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 1500 |      |      |      |      |  |
|                                              | 2000        | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |      |      |      |      |  |
| 0.8 0.9                                      |             |      |      | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 |      |      |      |      |      |  |
|                                              | 1000        | 1200 | 1420 | 1800 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 1500 |      |      |      |      |  |
|                                              | 1500        | 1420 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |      |      |      |      |  |
| 1.0 1.1<br>1.2 1.25<br>1.4 1.5<br>1.6 1.8    |             |      |      | 1000 |      |      | 1000 |      |      |      |      |      |      |  |
|                                              | 1000        | 1200 | 1000 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 |      |      |      |      |      |  |
|                                              | 1500        | 1420 | 1420 | 1800 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 1500 |      |      |      |      |  |
|                                              | 2000        | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |      |      |      |      |  |
| 2.0 2.2<br>2.5 2.8                           |             |      |      |      |      |      | 1000 |      |      |      |      |      |      |  |
|                                              | 500         | 600  | 1000 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 2200 | 2500 | 2800 |      |  |
|                                              | 1000        | 1200 | 1420 | 1800 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 |  |
|                                              | 1500        | 1500 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 3000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 |  |
| 3.0 3.2<br>3.5 3.8<br>4.0                    |             |      |      | 1000 |      |      | 1000 |      |      |      |      | 2800 |      |  |
|                                              |             |      |      | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 2000 | 2200 | 2500 | 3000 | 3000 |  |
|                                              | 500         | 600  | 1420 | 1800 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 3000 | 3000 | 3000 | 3500 | 3500 |  |
|                                              | 1000        | 1200 | 1200 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 |  |

表 13 - 5    热轧厚钢板的尺寸(GB/T 709—1988)      单位 mm

| 厚 度      | 宽 度           |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
|----------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|          | 600 ~<br>1200 | 1200 ~<br>1500 | 1500 ~<br>1600 | 1600 ~<br>1700 | 1700 ~<br>1800 | 1800 ~<br>2000 | 2000 ~<br>2200 | 2200 ~<br>2500 | 2500 ~<br>2800 | 2800 ~<br>3000 |
|          | 最 大 长 度       |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| 4.5 ~5.5 | 12000         | 12000          | 12000          | 12000          | 12000          | 6000           | —              | —              | —              | —              |
| 6 ~7     | 12000         | 12000          | 12000          | 12000          | 12000          | 10000          | —              | —              | —              | —              |
| 8 ~10    | 12000         | 12000          | 12000          | 12000          | 12000          | 12000          | 9000           | 9000           | —              | —              |
| 11 ~15   | 12000         | 12000          | 12000          | 12000          | 12000          | 12000          | 9000           | 8000           | 8000           | 8000           |
| 16 ~20   | 12000         | 12000          | 12000          | 10000          | 10000          | 9000           | 8000           | 7000           | 7000           | 7000           |
| 21 ~25   | 12000         | 11000          | 11000          | 10000          | 9000           | 8000           | 7000           | 6000           | 6000           | 6000           |
| 26 ~30   | 12000         | 10000          | 9000           | 9000           | 9000           | 8000           | 7000           | 6000           | 6000           | 6000           |
| 32 ~34   | 12000         | 9000           | 8000           | 7000           | 7000           | 7000           | 7000           | 7000           | 6000           | 5000           |
| 36 ~40   | 10000         | 8000           | 7000           | 7000           | 6500           | 6500           | 5500           | 5500           | 5000           | —              |
| 42 ~50   | 9000          | 8000           | 7000           | 7000           | 6500           | 6000           | 5000           | 4000           | —              | —              |
| 52 ~60   | 8000          | 6000           | 6000           | 6000           | 5500           | 5000           | 4500           | 4000           | —              | —              |

表 13 - 6    普通碳素钢热轧钢带尺寸(GB/T 3524—1992) 单位 mm

| 厚 度                                                       | 宽 度                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.0 2.25                                                  | 50 60 65 70 75 80 85 90 95 100 110 120 130 140 150 160                                                              |
| 2.5 2.75                                                  | 50 60 65 70 75 80 85 90 95 100 110 120 130 140 150 160 ,<br>170 180 190 200                                         |
| 3.0 3.25 3.5 4.0 4.25 4.5 4.75 ,<br>5.0 5.25 5.5 5.75 6.0 | 50 60 65 70 75 80 85 90 95 100 110 120 130 140 150 160 ,<br>170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 |
| 注 :普通碳素钢热轧钢带 ,钢号在合同中注明 ,其化学成分和力学性能应符合 GB/T 700—1988 中的规定  |                                                                                                                     |

表 13 - 7    普通碳素钢冷轧钢带尺寸(GB/T716—1991) 单位 mm

| 厚 度                                                                                                                                         | 宽 度     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 0.05 0.06 0.08                                                                                                                              | 5 ~100  |
| 0.10                                                                                                                                        | 5 ~150  |
| 0.15 0.20 0.30 0.35 0.40 0.45 0.50 0.55 0.60 0.65 0.70 0.75 0.80 0.85 ,<br>0.90 0.95 1.00 1.05 1.10 1.15 1.20 1.25 1.30 1.35 1.40 1.45 1.50 | 10 ~200 |
| 1.60 1.70 1.80 1.90 2.00 2.10 2.20 2.30 2.40 2.50 2.60 2.70 2.80 2.90 3.00                                                                  | 50 ~200 |
| 注 :宽度在 150mm 以下的 ,宽度按 5mm 进级 ,大于 150mm 的 ,按 10mm 进级                                                                                         |         |

表 13 - 8  优质碳素钢冷轧钢带尺寸(GB/T 716—1991) 单位 mm

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 厚 度                                   | 0.05 0.06 0.08 0.10 0.12 0.15 0.18 0.20 0.22 0.25 0.28 0.30 0.35 0.40 0.45 ,<br>0.50 0.55 0.60 0.65 0.70 0.75 0.80 0.85 0.90 0.95 1.00 1.05 1.10 1.15 1.20 ,<br>1.25 1.30 1.35 1.40 1.45 1.50 1.55 1.60 1.65 1.70 1.75 1.80 1.85 1.90 1.95 ,<br>2.00 2.10 2.20 2.30 2.40 2.50 2.60 2.70 2.80 2.90 3.00 3.10 3.20 3.30 3.40 ,<br>3.50 3.60 |
| 宽 度                                   | 4 ~ 20(按 1mm 进级) 22 ~ 40(按 2mm 进级) 43 46 50 53 56 60 63 66 70 73 76 80 83 ,<br>86 90 93 96 100 105 ~ 250(按 5mm 进级) 260 270 280 290 300                                                                                                                                                                                                    |
| 注 宽度在 0.2mm 以下的钢带 ,只定制 TR(特级)及 Y(硬)两种 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

3. 钢板和钢带的厚度公差及宽度公差(表 13 - 9 ~ 表 13 - 11)

表 13 - 9  钢板厚度公差(GB708 - 88) 单位 mm

| 钢板厚度        | A      | B       | C               |          |
|-------------|--------|---------|-----------------|----------|
|             | 高级精度   | 较高精度    | 普通精度            |          |
|             | 冷轧优质钢板 | 普通和优质钢板 |                 |          |
|             |        | 冷轧和热轧   | 热 轧             |          |
|             | 全部宽度   |         | 宽度 <1000        | 宽度 ≥1000 |
| 0.2 ~ 0.4   | ±0.03  | ±0.04   | ±0.06           | ±0.06    |
| 0.45 ~ 0.5  | ±0.04  | ±0.05   | ±0.07           | ±0.07    |
| 0.55 ~ 0.60 | ±0.05  | ±0.06   | ±0.08           | ±0.08    |
| 0.70 ~ 0.75 | ±0.06  | ±0.07   | ±0.09           | ±0.09    |
| 1.0 ~ 1.1   | ±0.07  | ±0.09   | ±0.12           | ±0.12    |
| 1.2 ~ 1.25  | ±0.09  | ±0.11   | ±0.13           | ±0.13    |
| 1.4         | ±0.10  | ±0.12   | ±0.15           | ±0.15    |
| 1.5         | ±0.11  | ±0.12   | ±0.15           | ±0.15    |
| 1.6 ~ 1.8   | ±0.12  | ±0.14   | ±0.16           | ±0.16    |
| 2.0         | ±0.13  | ±0.15   | +0.15<br>- 0.18 | ±0.18    |
| 2.2         | ±0.14  | ±0.16   | +0.15<br>- 0.19 | ±0.19    |
| 2.5         | ±0.15  | ±0.17   | +0.16<br>- 0.20 | ±0.20    |
| 2.8 ~ 3.0   | ±0.16  | ±0.18   | +0.17<br>- 0.22 | ±0.22    |
| 3.2 ~ 3.5   | ±0.18  | ±0.20   | +0.18<br>- 0.25 | ±0.25    |
| 3.8 ~ 4.0   | ±0.20  | ±0.22   | +0.20<br>- 0.30 | ±0.30    |

表 13-10 普通碳素钢冷轧钢带的厚度与宽度公差(GB716-65)单位 mm

| 材料厚度<br>t                                                    | 材料厚度公差  |         | 钢带宽度                 | 宽 度 公 差                                              |                                                      |                          |                           | 钢带<br>长度              |
|--------------------------------------------------------------|---------|---------|----------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------|
|                                                              | 普通      | 较高      |                      | 切边钢带                                                 |                                                      | 不切边钢带                    |                           |                       |
|                                                              |         |         |                      | 普通                                                   | 较高                                                   | 普通                       | 较高                        |                       |
| 0.05 0.06 0.08 0.10                                          | - 0.015 | - 0.01  | 5 10...100<br>间隔 5   | 宽 度 ≤<br>100 时为<br>- 0.4<br>宽 度 ><br>100 时为<br>- 0.5 | 宽 度 ≤<br>100 时为<br>- 0.2<br>宽 度 ><br>100 时为<br>- 0.3 | 宽 度<br>≤50<br>时为<br>±2.5 | 宽 度<br>≤50<br>时为<br>- 1.5 | 一般<br>不应<br>短于<br>10m |
| 0.15                                                         | - 0.02  | - 0.015 | 30 35...100<br>间隔 5  |                                                      |                                                      |                          |                           |                       |
| 0.20 0.25                                                    | - 0.03  | - 0.02  |                      |                                                      |                                                      |                          |                           |                       |
| 0.30                                                         | - 0.04  | - 0.03  |                      |                                                      |                                                      |                          |                           |                       |
| 0.35 0.40                                                    | - 0.04  | - 0.03  | 30 35...<br>200 间隔 5 | 宽 度 <100<br>时为 - 0.5<br>宽 度 >100<br>时为 - 0.6         | 宽 度 <100<br>时为 - 0.3<br>宽 度 >100<br>时为 - 0.4         |                          |                           |                       |
| 0.45 0.50                                                    | - 0.05  | - 0.04  |                      |                                                      |                                                      |                          |                           |                       |
| 0.55 0.60 0.65 0.70                                          | - 0.05  | - 0.04  |                      |                                                      |                                                      |                          |                           |                       |
| 0.75 0.80 0.85 0.90<br>0.95 1.00                             | - 0.07  | - 0.05  |                      |                                                      |                                                      |                          |                           |                       |
| 1.05 1.10 1.15 1.20<br>1.25 1.30 1.35 1.40<br>1.45 1.50      | - 0.09  | - 0.06  | 50 55...<br>200 间隔 5 |                                                      |                                                      | 宽 度<br>>50<br>时为<br>±3.5 | 宽 度<br>>50<br>时为<br>- 2.5 | 最短允<br>许在 5m<br>以上    |
| 1.60 1.70 1.75 1.80<br>1.90 2.00 2.10 2.20<br>2.30 2.40 2.50 | - 0.13  | - 0.10  |                      |                                                      |                                                      |                          |                           |                       |
| 2.60 2.70 2.80 2.90<br>3.00                                  | - 0.16  | - 0.12  |                      |                                                      |                                                      |                          |                           |                       |

表 13 - 11 优质低碳钢冷轧钢带的厚度与宽度公差(YB209 - 63)单位 mm

| 材料厚度<br>t                                                       | 材料厚度公差  |         | 钢带度宽<br>B                                                                                                                                                                    | 宽 度 公 差                                    |                                              |                                                                                                                                            | 钢带<br>长度<br>L                |
|-----------------------------------------------------------------|---------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
|                                                                 | 普通      | 较高      |                                                                                                                                                                              | 切边钢带                                       |                                              | 不切边钢带                                                                                                                                      |                              |
|                                                                 |         |         |                                                                                                                                                                              | 普通                                         | 较高                                           |                                                                                                                                            |                              |
| 0.05 0.06 0.08                                                  | - 0.015 | - 0.010 | 4 ~ 20 间隔<br>为 1<br><br>20 ~ 40 间隔<br>为 2<br><br>40 ~ 100 间隔<br>为 3、4<br>如 43、46<br>50、53<br>56、60<br>系列 105 ~ 250<br>间隔为 5<br>250 以上<br>为：<br>250 260<br>270 280<br>290 300 | B≤100 时<br>为 - 0.3<br>B > 100 时<br>为 - 0.5 | B≤100 时<br>为 - 0.15<br>B > 100 时<br>为 - 0.25 | B ≤ 50 时为<br>+ 2.0<br>- 1.5<br>B = 53 ~ 100<br>时为 + 2.5<br>- 2.0<br>B = 105 ~ 195<br>时为 + 4.0<br>- 2.5<br><br>B > 200 时为<br>+ 6.0<br>- 4.0 | L ≤ 5m<br>最短<br>允许<br>L > 3m |
| 0.10 0.12 0.15                                                  | - 0.02  | - 0.015 |                                                                                                                                                                              |                                            |                                              |                                                                                                                                            |                              |
| 0.18 0.20 0.22 0.25                                             | - 0.03  | - 0.02  |                                                                                                                                                                              |                                            |                                              |                                                                                                                                            |                              |
| 0.28 0.30 0.35 0.40                                             | - 0.04  | - 0.03  |                                                                                                                                                                              |                                            |                                              |                                                                                                                                            |                              |
| 0.45 0.50 0.55                                                  | - 0.05  | - 0.04  |                                                                                                                                                                              |                                            |                                              |                                                                                                                                            |                              |
| 0.60 0.65 0.70                                                  | - 0.05  | - 0.04  |                                                                                                                                                                              | B≤100 时<br>为 - 0.4<br>B > 100 时<br>为 - 0.6 | B≤100 时<br>为 - 0.3<br>B > 100 时<br>为 - 0.4   |                                                                                                                                            |                              |
| 0.75 , 0.80 , 0.85 ,<br>0.90 ,<br>0.95                          | - 0.07  | - 0.05  |                                                                                                                                                                              |                                            |                                              |                                                                                                                                            |                              |
| 1.00                                                            | - 0.09  | - 0.06  |                                                                                                                                                                              |                                            |                                              |                                                                                                                                            |                              |
| 1.05 , 1.10 , 1.15 ,<br>1.20 ,<br>1.25 1.30 1.35                | - 0.09  | - 0.06  |                                                                                                                                                                              |                                            |                                              |                                                                                                                                            |                              |
| 1.40 , 1.45 , 1.50 ,<br>1.55 ,<br>1.60 1.65 1.70                | - 0.11  | - 0.08  |                                                                                                                                                                              |                                            |                                              |                                                                                                                                            |                              |
| 1.75 , 1.80 , 1.85 ,<br>1.90 ,<br>1.95 2.00 2.10 ,<br>2.20 2.30 | - 0.13  | - 0.10  |                                                                                                                                                                              | B≤100 时<br>为 - 0.6<br>B > 100 时<br>为 - 0.8 | B≤100 时<br>为 - 0.4<br>B > 100 时<br>为 - 0.6   |                                                                                                                                            |                              |
| 2.40 , 2.50 , 2.60 ,<br>2.70 ,<br>2.80 2.90 3.00                | - 0.16  | - 0.12  |                                                                                                                                                                              |                                            |                                              |                                                                                                                                            |                              |

第二节 有 色 金 属

1. 冲压常用有色金属的力学性能(表 13 - 12)

表 13 - 12 常用有色金属的力学性能

| 材料名称                   | 牌号                  | 材料的状态      | 力 学 性 能             |                         |                         |                              |                                |
|------------------------|---------------------|------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------------|
|                        |                     |            | 抗剪强度<br>$\tau$ /MPa | 抗拉强度<br>$\sigma_b$ /MPa | 屈服强度<br>$\sigma_s$ /MPa | 伸长率<br>$\delta_{10}$ / ( % ) | 弹性模量 E<br>/10 <sup>3</sup> MPa |
| 铝                      | 1060 ,1050A<br>1200 | 已退火的       | 78                  | 74 ~ 108                | 49 ~ 78                 | 25                           | 71                             |
|                        |                     | 冷作硬化       | 98                  | 118 ~ 147               |                         | 4                            |                                |
| 铝 锰 合 金                | 3A21                | 已退火的       | 69 ~ 98             | 108 ~ 142               | 49                      | 19                           | 70                             |
|                        |                     | 半冷作硬化的     | 98 ~ 137            | 152 ~ 196               | 127                     | 13                           |                                |
| 铝 镁 合 金<br>铝 铜 镁 合 金   | 5A02                | 已退火的       | 127 ~ 158           | 177 ~ 225               | 98                      |                              | 69                             |
|                        |                     | 半冷作硬化的     | 158 ~ 196           | 225 ~ 275               | 206                     |                              |                                |
| 镁 锰 合 金                | MB8                 | 已退火的       | 167 ~ 186           | 216 ~ 225               | 137                     | 12 ~ 14                      | 39                             |
|                        |                     | 冷作硬化的      | 186 ~ 196           | 235 ~ 245               | 157                     | 8 ~ 10                       |                                |
| 纯 铜                    | T1 ,T2<br>T3        | 软的         | 157                 | 196                     | 69                      | 30                           | 106                            |
|                        |                     | 硬的         | 235                 | 294                     |                         | 3                            | 127                            |
| 黄 铜                    | H62                 | 软的         | 255                 | 294                     |                         | 35                           | 98                             |
|                        |                     | 半硬的        | 294                 | 373                     | 196                     | 20                           |                                |
|                        |                     | 硬的         | 412                 | 412                     |                         | 10                           |                                |
|                        | H68                 | 软的         | 235                 | 294                     | 98                      | 40                           | 108                            |
|                        |                     | 半硬的        | 275                 | 243                     |                         | 25                           |                                |
|                        |                     | 硬的         | 392                 | 392                     | 245                     | 15                           | 113                            |
| 锡 磷 青 铜<br><br>锡 锌 青 铜 | QSn4 - 4<br>- 2.5   | 软的         | 255                 | 294                     | 137                     | 38                           | 98                             |
|                        |                     | 硬的         | 471                 | 539                     |                         | 3 ~ 5                        |                                |
|                        | QSn4 - 3            | 特硬的        | 490                 | 637                     | 535                     | 1 ~ 2                        | 122                            |
| 铝 青 铜                  | QA17                | 退火的        | 511                 | 588                     | 182                     | 10                           |                                |
|                        |                     | 不退火的       | 549                 | 637                     | 245                     | 5                            | 113 ~ 127                      |
| 铍 青 铜                  | QBe2                | 软的         | 235 ~ 471           | 294 ~ 588               | 245 ~ 343               | 30                           | 115                            |
|                        |                     | 硬的         | 511                 | 647                     |                         | 2                            | 129 ~ 138                      |
| 镁 锰 合 金                | MB1                 | 冷 态        | 118 ~ 137           | 167 ~ 186               | 118                     | 3 ~ 5                        | 39                             |
|                        | MB8                 |            | 147 ~ 177           | 225 ~ 235               | 216                     | 14 ~ 15                      | 40                             |
|                        | MB1                 | 预 热<br>300 | 29 ~ 49             | 29 ~ 49                 |                         | 50 ~ 52                      | 39                             |
|                        | MB8                 |            | 49 ~ 69             | 49 ~ 69                 |                         | 58 ~ 62                      | 40                             |

2. 铝板和铜板的厚度公差(表 13 - 13、表 13 - 14)

表 13 - 13 铝及合金板的厚度、宽度允差 单位 mm

|     | 板 料 宽 度    |        |        |        |        |        |        |        | 宽 度 公 差                        |
|-----|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------------------|
|     | 400<br>500 | 600    | 800    | 1000   | 1200   | 1400   | 1500   | 200    |                                |
|     | 厚 度 公 差    |        |        |        |        |        |        |        |                                |
| 0.3 | - 0.05     |        |        |        |        |        |        |        | 宽度≤1000 者                      |
| 0.4 | - 0.05     |        |        |        |        |        |        |        |                                |
| 0.5 | - 0.05     | - 0.05 | - 0.08 | - 0.10 | - 0.12 |        |        |        |                                |
| 0.6 | - 0.05     | - 0.06 | - 0.10 | - 0.12 | - 0.12 |        |        |        |                                |
| 0.8 | - 0.08     | - 0.08 | - 0.12 | - 0.12 | - 0.13 | - 0.14 | - 0.14 |        |                                |
| 1.0 | - 0.10     | - 0.10 | - 0.15 | - 0.15 | - 0.16 | - 0.17 | - 0.17 |        | 为 <sup>+5</sup> <sub>-3</sub>  |
| 1.2 | - 0.10     | - 0.10 | - 0.10 | - 0.15 | - 0.16 | - 0.17 | - 0.17 |        | 宽度 > 1000 者                    |
| 1.5 | - 0.15     | - 0.15 | - 0.20 | - 0.20 | - 0.22 | - 0.25 | - 0.25 | - 0.27 |                                |
| 1.8 | - 0.15     | - 0.15 | - 0.20 | - 0.20 | - 0.22 | - 0.25 | - 0.25 | - 0.27 |                                |
| 2.0 | - 0.15     | - 0.15 | - 0.20 | - 0.20 | - 0.24 | - 0.26 | - 0.26 | - 0.28 |                                |
| 2.5 | - 0.20     | - 0.20 | - 0.25 | - 0.25 | - 0.28 | - 0.29 | - 0.29 | - 0.30 |                                |
| 3.0 | - 0.25     | - 0.25 | - 0.30 | - 0.30 | - 0.33 | - 0.34 | - 0.34 | - 0.35 | 为 <sup>+10</sup> <sub>-5</sub> |

表 13 - 14 铜板厚度尺寸允差 单位 mm

|      | 黄 铜 板       |        | 宽 度 和 长 度  |        |            |        |             |        |
|------|-------------|--------|------------|--------|------------|--------|-------------|--------|
|      | 宽 200 ~ 500 |        | 700 × 1430 |        | 800 × 1500 |        | 1000 × 2000 |        |
|      | 厚 度 允 差     |        |            |        |            |        |             |        |
|      | 普通级         | 较高级    | 纯铜         | 黄铜     | 纯铜         | 黄铜     | 纯铜          | 黄铜     |
| 0.4  | - 0.07      | —      | - 0.09     | —      | —          |        | —           |        |
| 0.45 |             |        |            |        |            |        |             |        |
| 0.5  |             |        | - 0.09     |        |            |        |             |        |
| 0.6  | - 0.10      |        | - 0.12     |        | - 0.15     |        |             |        |
| 0.7  |             |        |            |        |            |        |             |        |
| 0.8  |             |        |            |        |            |        |             |        |
| 0.9  | - 0.09      | - 0.08 | - 0.12     |        | - 0.14     | - 0.12 | - 0.17      |        |
| 1.0  |             |        |            |        | - 0.14     | - 0.14 | - 0.17      |        |
| 1.1  | - 0.10      |        |            |        | - 0.09     | - 0.14 |             | - 0.14 |
| 1.2  |             |        |            |        |            |        |             |        |
| 1.35 |             | - 0.14 | - 0.16     | - 0.16 |            |        |             |        |
| 1.5  |             |        |            |        |            |        |             |        |
| 1.65 | - 0.12      | - 0.10 | - 0.16     | - 0.16 | - 0.18     |        | - 0.21      |        |
| 1.8  |             |        |            |        |            |        |             |        |
| 2.0  |             |        | - 0.18     |        |            |        |             |        |
| 2.25 |             |        |            |        |            |        |             |        |
| 2.5  | - 0.18      |        | - 0.20     |        | - 0.24     |        |             |        |
| 2.75 |             |        |            |        |            |        |             |        |
| 3.0  | - 0.14      | - 0.12 | - 0.21     |        |            |        | - 0.24      |        |
| 3.5  |             |        |            |        |            |        |             |        |
| 4.0  |             |        |            |        | - 0.18     |        |             |        |
|      |             |        | - 0.24     |        | - 0.27     |        | - 0.30      |        |

第三节 非金属材料的抗剪强度  
(表 13 - 15、表 13 - 16)

表 13 - 15 非金属材料的抗剪强度

| 材 料 名 称     | 抗剪强度 $\tau$ /MPa |           | 材 料 名 称    | 抗剪强度 $\tau$ /MPa |           |
|-------------|------------------|-----------|------------|------------------|-----------|
|             | 用管状凸模冲裁时         | 用普通凸模冲裁时  |            | 用管状凸模冲裁时         | 用普通凸模冲裁时  |
| 纸胶板         | 98 ~ 127         | 137 ~ 196 | 未硝过的皮革     |                  | 78 ~ 98   |
| 布胶板         | 88 ~ 98          | 118 ~ 177 | 云母 厚 0.5mm | 78               | 59 ~ 98   |
| 玻璃布胶板       | 118 ~ 137        | 157 ~ 181 | 云母 厚 0.2mm | 49               | 59 ~ 98   |
| 金属箔的玻璃布胶板   | 127 ~ 147        | 157 ~ 216 | 人造云母       | 118 ~ 147        | 137 ~ 177 |
| 金属箔的纸胶板     | 108 ~ 127        | 137 ~ 196 | 桦木胶合板      | 20               |           |
| 玻璃纤维丝胶板     | 98 ~ 108         | 137 ~ 157 | 松木胶合板      | 10               |           |
| 石棉纤维塑料      | 78 ~ 88          | 118 ~ 177 | 其他木板的胶合板   | 16 ~ 20          |           |
| 有机玻璃        | 69 ~ 78          | 88 ~ 98   | 马粪纸        | 20 ~ 34          | 29 ~ 59   |
| 聚氯乙烯塑料、透明橡胶 | 59 ~ 78          | 98 ~ 127  | 硬马粪纸       | 69               | 59 ~ 98   |
| 赛璐珞         | 39 ~ 59          | 78 ~ 98   | 厚纸板        | 29 ~ 39          | 39 ~ 78   |
| 氯乙烯         | 29 ~ 39          | 49        | 绝缘纸板       | 39 ~ 69          | 59 ~ 98   |
| 石棉橡胶        | 39               |           | 红纸板        |                  | 137 ~ 196 |
| 石棉板         | 39 ~ 49          |           | 纸(普通的)     | 20 ~ 39          | 20 ~ 29   |
| 橡胶          | 1 ~ 6            | 20 ~ 78   | 纸(硬的)      | 29 ~ 49          | 25 ~ 39   |
| 人造橡胶、硬橡胶    | 39 ~ 69          |           | 漆布、绝缘漆布    | 29 ~ 59          |           |
| 柔软的皮革       | 6 ~ 8            | 29 ~ 49   | 绝缘板        | 147 ~ 157        | 177 ~ 235 |
| 硝过的及铬化的皮革   |                  | 44 ~ 54   |            |                  |           |

表 13 - 16 非金属材料加热时的抗剪强度

| 材 料 | 温度 /      | 抗剪强度 $\tau$ /MPa |           |           |          |
|-----|-----------|------------------|-----------|-----------|----------|
|     |           | 孔的直径 /mm         |           |           |          |
|     |           | 1 ~ 3            | 3 ~ 5     | 5 ~ 10    | >10 和外形  |
| 纸胶板 | 22        | 147 ~ 177        | 118 ~ 147 | 108 ~ 118 | 98 ~ 108 |
|     | 70 ~ 100  | 118 ~ 137        | 98 ~ 118  | 88 ~ 98   | 93       |
|     | 105 ~ 130 | 108 ~ 127        | 98 ~ 108  | 88 ~ 98   | 88       |
| 布胶板 | 22        | 127 ~ 147        | 118 ~ 127 | 103 ~ 118 | 88 ~ 98  |
|     | 80 ~ 100  | 98 ~ 118         | 78 ~ 108  | 88 ~ 98   | 69 ~ 78  |

(续)

| 材 料                   | 温度 /     | 抗剪强度 $\tau$ /MPa |           |           |          |
|-----------------------|----------|------------------|-----------|-----------|----------|
|                       |          | 孔的直径 /mm         |           |           |          |
|                       |          | 1 ~ 3            | 3 ~ 5     | 5 ~ 10    | >10 和外形  |
| 玻璃布胶板                 | 22       | 157 ~ 181        | 147 ~ 152 | 147       | 39 ~ 127 |
|                       | 80 ~ 100 | 119 ~ 137        | 113 ~ 118 | 108       | 88 ~ 98  |
| 玻璃纤维丝胶板               | 22       | 137 ~ 157        | 127 ~ 137 | 118 ~ 127 | 69       |
|                       | 80 ~ 100 | 98 ~ 118         | 88 ~ 108  | 88        | 39       |
| 有机玻璃                  | 22       | 88 ~ 98          | 78 ~ 88   | 69 ~ 78   | 69       |
|                       | 70 ~ 80  | 59 ~ 78          | 69        | 49        | 39       |
| 聚氯乙烯塑料                | 22       | 118 ~ 127        | 98 ~ 108  | 49 ~ 88   | 59 ~ 78  |
|                       | 100      | 59 ~ 78          | 49 ~ 59   | 39 ~ 49   | 39       |
| 赛 璐 珞                 | 22       | 78 ~ 98          | 69 ~ 78   | 59 ~ 64   | 59       |
|                       | 70       | 49               | 39        | 34        | 29       |
| 注 表列抗剪强度为用普通凸模冲裁时的计算值 |          |                  |           |           |          |

# 第十四章 压力机技术参数

## 第一节 曲柄压力机

### 一、开式压力机(表 14 - 1)

表 14 - 1 常用开式压力机主要技术参数

| 压力机型号         |          |        | J23 - 16 | J23 - 25 | J23 - 40 | J23 - 63          | JB23 - 80 | J23 - 100 | J23 - 100B |
|---------------|----------|--------|----------|----------|----------|-------------------|-----------|-----------|------------|
| 公称压力 /kN      |          |        | 160      | 250      | 400      | 630               | 800       | 1000      | 1000       |
| 滑块行程          | 长度 /mm   |        | 55       | 65       | 80       | 120               | 115       | 130       | 140        |
|               | 次数 /mm   |        | 120      | 60       | 45       | 40                | 45        | 38        | 45         |
| 闭合高度          | 有垫板      | 最大 /mm | 185      | 205      | 235      | 300               | 322       | 380       | 285        |
|               |          | 最小 /mm | 140      | 150      | 170      | 245               | 242       | 280       | 190        |
|               | 无垫板      | 最大 /mm | 220      | 270      | 330      | 380               | 417       | 480       | 395        |
|               |          | 最小 /mm | 175      | 215      | 265      | 325               | 337       | 380       | 300        |
| 模柄孔           | 直径 /mm   |        | 40       | 40       | 50       | 50                | 60        | 60        | 60         |
|               | 深度 /mm   |        | 60       | 60       | 70       | 70                | 60        | 75        | 82         |
| 打杆孔           | 打杆直径 /mm |        | < 13     | < 16     | < 16     | < 20              | < 20      | < 20      | < 20       |
|               | 深度 /mm   |        |          | 60       | 70       | 70                |           |           | 80         |
|               | 打杆行程 /mm |        |          | 25       | 40       | 55                |           |           | 30         |
| 上滑块           | 台面尺寸     | 前后 /mm | 180      | 220      | 260      | 280               | 220       | 360       | 350        |
|               |          | 左右 /mm | 200      | 250      | 300      | 320               | 240       | 430       | 540        |
|               | 是否进入导轨   |        |          | 否        | 否        | H > 275 时<br>进入导轨 | 否         |           | 否          |
| 滑块中心至<br>机身距离 |          | /mm    | 160      | 200      | 250      | 260               | 260       | 380       | 320        |
| 工作台           | 台面尺寸     | 前后 /mm | 300      | 370      | 460      | 540               | 480       | 710       | 600        |
|               |          | 左右 /mm | 450      | 560      | 720      | 840               | 720       | 1080      | 900        |
|               | 漏料孔 /mm  |        |          | φ120     | φ150     | φ180              | φ150      |           | 200        |
| 气垫            | 最大压力 /kN |        |          |          |          |                   |           |           | 100        |
|               | 行程 /mm   |        |          |          |          |                   |           |           | 70         |
|               | 压料范围 /mm |        |          |          |          |                   |           |           | 200        |

二、闭式单点压力机(表 14 - 2)

表 14 - 2 常用闭式单点压力机主要技术参数

| 压力机型号    |          | JA31 -<br>160A                                             | J31 -<br>250B | JA31 -<br>315                             | DC<br>400/1000                                            | JD31 -<br>630 | JS31 -<br>800 | DC -<br>1250/1600                | JA31 -<br>/1600 | S <sub>1</sub> -<br>2000 |
|----------|----------|------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------|---------------|----------------------------------|-----------------|--------------------------|
| 公称压力 /kN |          | 1600                                                       | 2500          | 3150                                      | 4000                                                      | 6300          | 8000          | 12500                            | 16000           | 20000                    |
| 滑块行程     | 长度 /mm   | 160                                                        | 315           | 460                                       | 315                                                       | 400           | 500           | 500                              | 500             | 500                      |
|          | 次数 /mm   | 32                                                         | 20            | 13                                        | 18                                                        | 12            | 10            | 8                                | 10              | 9                        |
| 闭合高度     | 有垫板      | 最大 /mm                                                     | 375           | 350                                       | 480                                                       | 400           | 500           | 550                              | 625             | 450                      |
|          |          | 最小 /mm                                                     | 255           | 150                                       | 330                                                       | 270           | 200           | 250                              | 415             |                          |
|          | 无垫板      | 最大 /mm                                                     | 480           | 490                                       | 600                                                       | 520           | 700           | 750                              | 825             | 750                      |
|          |          | 最小 /mm                                                     | 360           | 290                                       | 450                                                       | 390           | 400           | 450                              | 615             | 480                      |
| 上滑块      | 底面尺寸     | 前后 /mm                                                     | 560           | 980                                       | 800                                                       | 1060          | 1400          | 1500                             | 1400            | 1850                     |
|          |          | 左右 /mm                                                     | 510           | 850                                       | 1100                                                      | 810           | 1500          | 1600                             | 1300            | 1700                     |
|          | T 形槽尺寸   | 槽数                                                         | 2             |                                           | 3                                                         | /             |               | 6                                |                 |                          |
|          |          | 槽距 /mm                                                     | 2 × 45°       |                                           | 240                                                       | /             |               | 200                              |                 |                          |
|          |          | 槽宽 /mm                                                     | 28            |                                           | 36                                                        | /             |               | 32                               |                 |                          |
| 工作台      | 台面尺寸     | 前后 /mm                                                     | 790           | 1000                                      | 980                                                       | 1320          | 1700          | 1500                             | 1800            | 1900                     |
|          |          | 左右 /mm                                                     | 710           | 950                                       | 1100                                                      | 1000          | 1500          | 1600                             | 1550            | 1750                     |
|          | T 形槽尺寸   | 槽数                                                         | 2             |                                           | 5                                                         | /             |               | 8                                |                 |                          |
|          |          | 槽距 /mm                                                     | 2 × 45°       |                                           | 200                                                       | /             |               | 200                              |                 |                          |
|          |          | 槽宽 /mm                                                     | 28            |                                           | 36                                                        | /             |               | 32                               |                 |                          |
| 气垫       | 最大压力 /kN |                                                            | 400           |                                           | 630                                                       | 1000          | 1500          | 2000                             |                 | 500                      |
|          | 行程 /mm   | 90                                                         | 150           |                                           | 125                                                       |               | 250           | 200                              |                 |                          |
|          | 下沉量 /mm  | 7                                                          |               |                                           | 35                                                        |               |               | 50                               |                 |                          |
| 托杆孔      | 孔径 /mm   | 26                                                         |               | 36                                        | 26                                                        |               |               | 60                               |                 |                          |
|          | 位 置      | φ120<br>中孔<br>φ180<br>4 等分<br>φ250<br>4 等分<br>φ350<br>6 等分 |               | φ36<br>中孔<br>φ150<br>4 等分<br>φ300<br>6 等分 | φ26<br>中孔<br>φ150<br>6 等分<br>φ250<br>6 等分<br>φ350<br>6 等分 |               |               | x = 200<br>5 排<br>y = 200<br>5 排 |                 |                          |

三、闭式宽台面压力机(表 14 - 3)

表 14 - 3 常用闭式宽台面压力机主要技术参数

| 压力机型号    |          | JA36 -<br>160                    | J36 -<br>250                        | J36 -<br>400B                     | JD36 -<br>400                     | E4S -<br>630 | PE4 - HH -<br>600 - TS       | PE4 - HH -<br>1000 - 2TS     | Зил<br>4193 | E2S<br>4000. MB |
|----------|----------|----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-----------------|
| 公称压力 /kN |          | 1600                             | 2500                                | 4000                              | 4000                              | 6300         | 6000                         | 10000                        | 35000       | 40000           |
| 滑块行程     | 长度 /mm   | 315                              | 400                                 | 400                               | 500                               | 815          | 750                          | 900                          | 500         | 558             |
|          | 次数 /min  | 20                               | 17                                  | 16                                | 14                                | 10 - 20      | 8 - 20                       | 8 - 15                       | 8           | 8/5             |
| 闭台高度     | 有垫板      | 最大 /mm                           | 670                                 |                                   |                                   |              |                              |                              | 850         | 1200            |
|          |          | 最小 /mm                           | 420                                 |                                   |                                   |              |                              |                              | 550         | 750             |
|          | 无垫板      | 最大 /mm                           | 800                                 | 600                               | 730                               | 1000         | 1475                         | 1200                         | 1300        | 1150            |
|          |          | 最小 /mm                           | 550                                 | 350                               | 415                               | 600          | 875                          | 950                          | 950         | 850             |
| 上滑块      | 底面尺寸     | 前后 /mm                           | 1000                                | 1250                              | 1250                              | 1400         | 2200                         | 1900                         | 2200        | 1520            |
|          |          | 左右 /mm                           | 1985                                | 2560                              | 2450                              | 3500         | 4000                         | 3100                         | 4500        | 9140            |
|          | T 形槽尺寸   | 槽数                               | 6                                   | 10                                | 12                                | 23           |                              | 11                           | 17          | /               |
|          |          | 槽距 /mm                           | 315                                 | 250                               | 210                               | 150          |                              | 250                          | 250         | /               |
|          |          | 槽宽 /mm                           | 26                                  | 28                                | 26                                | 32           |                              | 32                           | 32          | /               |
| 工作台      | 台面尺寸     | 前后 /mm                           | 1250                                | 1250                              | 1600                              | 1400         | 2200                         | 2000                         | 2200        | 2000            |
|          |          | 左右 /mm                           | 1990                                | 2770                              | 2780                              | 3500         | 4000                         | 3400                         | 4500        | 11444           |
|          | T 形槽尺寸   | 槽数                               | 7                                   | 12                                | 10                                | 16           |                              | 8                            | 14          | /               |
|          |          | 槽距 /mm                           | 315                                 | 215                               | 180/270                           | 200          |                              | 300                          | 300         | /               |
|          |          | 槽宽 /mm                           | 26                                  | 28                                | 26                                | 32           | 36                           | 32                           | 32          | /               |
| 气垫       | 最大压力 /kN | 2 × 25                           | 3 × 65                              | 4 × 40                            | 3 × 160                           | 3 × 40       | 1500                         | 1500                         | 9000        | 1000 × 8        |
|          | 行程 /mm   | 200                              |                                     | 400                               |                                   | 260          | 170                          | 170                          | 250         | 200             |
|          | 下沉量 /mm  | 5                                |                                     |                                   |                                   |              | 15                           | 15                           |             |                 |
| 托杆孔      | 孔径 /mm   | 30                               | 30                                  | 30                                | 30                                | 42           | 52                           | 52                           |             | 60 × 610        |
|          | 位 置      | x = 200<br>8 排<br>y = 160<br>5 排 | x = 107.5<br>18 排<br>y = 150<br>5 排 | x = 180<br>12 排<br>y = 120<br>7 排 | x = 200<br>15 排<br>y = 150<br>5 排 |              | x = 150<br>排<br>y = 150<br>排 | x = 150<br>排<br>y = 150<br>排 |             | x = 254<br>36 排 |

四、汽车纵梁及横梁用压力机(表 14 - 4)

表 14 - 4 几种汽车纵梁及横梁用压力机的技术参数

|                            |                             |                           |               |
|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------|
| 压力机型号                      |                             | E <sub>2</sub> S4000 - MB | зил - 4193    |
| 公称力/kN                     |                             | 40000                     | 35000         |
| 公称压力行程/mm                  |                             | 25                        |               |
| 滑<br>块                     | 行程次数(连续/单次)/(次/min)         | 8/5                       | 8             |
|                            | 行程长度/mm                     | 558                       | 500           |
|                            | 调节量/mm                      | 450                       | 300           |
|                            | 尺寸(左右×前后)/mm                | 10000×1800                | 9140×1520     |
| 装模<br>高度                   | 最大/mm                       | 1200                      | 850           |
|                            | 最小/mm                       | 750                       | 550           |
| 主垫板尺寸(左右×前后×厚度)/mm         |                             | 10000×1800×300            | 9144×2000×300 |
| 主垫板上平面至地面距离/mm             |                             | 680                       |               |
| 平衡汽缸能力(空气压力 0.5MPa)/kN     |                             | 350                       |               |
| 立柱间距/mm                    |                             | 9680                      | 9200          |
| 主电<br>动机                   | 功率/kW                       | 200                       | 147           |
|                            | 转速/r/min                    | 1000                      | 1000          |
| 滑块<br>调节<br>电机             | 功率/kW                       | 22                        | 14            |
|                            | 转速/(r·min <sup>-1</sup> )   | 1500                      | 970           |
| 气<br>垫                     | 型式                          | 纯气                        | 液气            |
|                            | 缸数                          | 8                         | 主 6 辅 2       |
|                            | 行程/mm                       | 200                       | 250           |
|                            | 总压力/kN                      | 1000×8                    | 9000          |
| 打<br>杆                     | 空气压力/MPa                    | 0.5                       |               |
|                            | 型式                          | 气动                        |               |
|                            | 孔 直径×深度/mm                  | 35×195                    | 35×300        |
|                            | 行程/mm                       | 100                       | 150           |
|                            | 总打料力/kN                     | 140×14                    |               |
|                            | 空气压力/MPa                    | 0.5                       |               |
| 离合器型式                      |                             | 摩擦块式                      | 摩擦片式          |
| 移<br>动<br>工<br>作<br>台      | 最大承载能力/kN                   | 700000                    |               |
|                            | 移出距离/mm                     | 12000                     |               |
|                            | 移动速度/(m·min <sup>-1</sup> ) | 6                         |               |
|                            | 电机功率/kN                     | 3.7                       |               |
| 微<br>速<br>调<br>节<br>装<br>置 | 公称压力/kN                     | 40000                     |               |
|                            | 公称压力行程/mm                   | 3                         |               |
|                            | 行程次数/(次·min <sup>-1</sup> ) | 1                         |               |
|                            | 电机功率/kW                     | 110                       |               |
|                            | 电机转速/(r·min <sup>-1</sup> ) | 1000                      |               |

五、双动拉伸压力机(表 14 - 5)

表 14 - 5 常用双动拉伸压力机的主要技术参数

| 压力机型号                           |                  |        | JA45 -<br>200A | J45 -<br>315A | DL<br>630/1600 | DN<br>1000/4000 | E <sub>2</sub> D -<br>800/500A | PD4 - HH -<br>800 + 600 | PD4 - HH<br>1200 + 800 | J47 -<br>1250/750 |
|---------------------------------|------------------|--------|----------------|---------------|----------------|-----------------|--------------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------|
| 公称<br>压力                        | 内滑块/kN           |        | 2000           | 3150          | 3750           | 5000            | 8000                           | 8000                    | 12000                  | 12500             |
|                                 | 外滑块/kN           |        | 1250           | 3150          | 2550           | 5000            | 5000                           | 6000                    | 8000                   | 7500              |
| 滑块<br>行程                        | 内滑块/mm           |        | 670            | 850           | 850            | 950             | 1204                           | 900                     | 1100                   | 1000              |
|                                 | 外滑块/mm           |        | 425            | 530           | 530            | 600             | 868                            | 700                     | 900                    | 700               |
| 滑块行程次数/min                      |                  |        | 8              | 6 ~ 9         | 5. 5           | 5               | 12 - 18                        | 8 - 20                  | 8 - 15                 | 14                |
| 闭<br>合<br>高<br>度                | 内<br>滑<br>块      | 最大/mm  | 770            | 900           | 927            | 1575            | 1700                           | 1650                    | 2100                   | 2000              |
|                                 |                  | 最小\mm  | 605            | 600           | 605            | 905             | 1192                           | 1500                    | 1900                   | 1400              |
|                                 | 外<br>滑<br>块      | 最大/mm  | 665            | 850           | 730            | 1485            | 1500                           | 1500                    | 1850                   | 1700              |
|                                 |                  | 最小/mm  | 500            | 550           | 390            | 535             | 992                            | 1350                    | 1650                   | 1100              |
| 最大拉深深度/mm                       |                  |        | 315            | 400           | 400            | 450             | 280                            | 250                     |                        | 300               |
| 滑<br>块<br>底<br>面<br>尺<br>寸      | 内<br>滑<br>块      | 前后/mm  | 900            | 1000          | 1000           | 2000            | 1980                           | 1500                    | 1650                   | 1900              |
|                                 |                  | 左右/mm  | 900            | 1000          | 1000           | 3350            | 3660                           | 2000                    | 3600                   | 4000              |
|                                 | 外<br>滑<br>块      | 前后/mm  | 1350           | 1550          | 1400           | 2830            | 2540                           | 2000                    | 2200                   | 2500              |
|                                 |                  | 左右/mm  | 1420           | 1600          | 1550           | 3950            | 4200                           | 3100                    | 4500                   | 4600              |
| 滑<br>块<br>T<br>形<br>槽<br>尺<br>寸 | 槽宽/mm            |        |                |               | 32             |                 | 36                             | 32                      | 32                     |                   |
|                                 | 槽数               |        |                |               | 5              |                 |                                | 10                      | 16                     |                   |
|                                 | 中心距/mm           |        |                |               | 200            |                 |                                | 250                     | 250                    |                   |
| 工<br>作<br>台                     | 台<br>面<br>尺<br>寸 | 前后/mm  | 1400           | 1600          | 1600           | 2800            | 2540                           | 2000                    | 2200                   | 2500              |
|                                 |                  | 左右/mm  | 1540           | 1800          | 1600           | 4000            | 4000                           | 3100                    | 4500                   | 4600              |
|                                 | T<br>形<br>槽      | 槽宽/mm  |                |               | 32             | 32              | 36                             | 32                      |                        |                   |
|                                 |                  | 槽数     |                |               | 0              | 19              |                                | 10                      |                        |                   |
|                                 |                  | 中心距/mm |                |               | 200            | 200             |                                | 300                     |                        |                   |
| 气<br>垫                          | 最大压力/kN          |        |                |               | 1000           | 1600            |                                | 1500                    | 1500                   | 2000              |
|                                 | 行程/mm            |        |                |               | 400            | 450             |                                | 170                     | 170                    | 300               |
|                                 | 下沉量/mm           |        |                |               | 55             | 30              |                                | 15                      | 15                     |                   |

六、多工位压力机(表 14 - 6)

表 14 - 6 Z81 - 125 多工位压力机主要技术参数

| 序 号 | 名 称                |    | 数 值                     | 单 位   |
|-----|--------------------|----|-------------------------|-------|
| 1   | 滑块公称压力(下止点前 7.1mm) |    | 1250                    | kN    |
| 2   | 滑块行程次数             |    | 35                      | 次/min |
| 3   | 滑块行程长度             |    | 200                     | mm    |
| 4   | 各工位间距              |    | 210                     | mm    |
| 5   | 工位数                |    | 8                       | 个     |
| 6   | 最大闭合高度             |    | 450                     | mm    |
| 7   | 闭合高度调节量            |    | 50                      | mm    |
| 8   | 打料杆行程              |    | 30                      | mm    |
| 9   | 立柱间距               |    | 2110                    | mm    |
| 10  | 垫板厚度               |    | 70                      | mm    |
| 11  | 垫板孔径               |    | 170                     | mm    |
| 12  | 模柄孔尺寸              |    | $\phi 40 \times 60$     | mm    |
| 13  | 夹板张开距离             | 最大 | 320                     | mm    |
|     |                    | 最小 | 200                     | mm    |
| 14  | 工作台到夹板底面间距         |    | 230                     | mm    |
| 15  | 工作台到滚料送进线间距        |    | 270                     | mm    |
| 16  | 滚料送进最大长度           |    | 120                     | mm    |
| 17  | 滚料送进左右移动最大距离       |    | 100                     | mm    |
| 18  | 离合器气压              |    | $5 \times 10^5$         | Pa    |
| 19  | 平衡器气压              |    | $5.5 \times 10^5$       | Pa    |
| 20  | 主电机                | 型号 | JHO <sub>2</sub> 71 - 4 |       |
|     |                    | 功率 | 22                      | kW    |
|     |                    | 转数 | 1500                    | r/min |

第二节 液 压 机

一、单动液压机(表 14 - 7)

表 14 - 7 常用单动液压机的主要技术参数

| 压力机型号       |                            | YA/TD<br>32 - 200 | YA/TD<br>32 - 315 | YT32 -<br>500 | HD -<br>043 | YS90 -<br>630 | XZD - LD<br>- 1000 | HD -<br>028 | XZD - LD<br>- 3500 | HYD - ZL<br>- 4000 |      |
|-------------|----------------------------|-------------------|-------------------|---------------|-------------|---------------|--------------------|-------------|--------------------|--------------------|------|
| 公称压力 /kN    |                            | 2000              | 3150              | 5000          | 5000        | 6300          | 10000              | 20000       | 350000             | 40000              |      |
| 滑<br>块      | 行程 /mm                     |                   | 700               | 800           | 900         | 300           | 600                | 900         | 900                | 700                |      |
|             | 工作速度/(mm·s <sup>-1</sup> ) |                   | 10                | 8             | 10          | 10            | 30 - 60            | 5           | 5                  | 4                  | 4    |
|             | 底面<br>尺寸                   | 前后 /mm            |                   |               |             |               |                    |             |                    |                    |      |
|             |                            | 左右 /mm            |                   |               |             |               |                    |             |                    |                    |      |
|             | 至台面最大<br>距离 /mm            |                   | 1100              | 1250          | 1500        | 600           |                    | 1500        | 1500               | 1500               | 1500 |
|             | T<br>形<br>槽                | 槽宽 /mm            |                   |               |             |               |                    |             |                    |                    |      |
|             |                            | 槽数                |                   |               |             |               |                    |             |                    |                    |      |
|             |                            | 中心距 /mm           |                   |               |             |               |                    |             |                    |                    |      |
| 工<br>作<br>台 | 台面<br>尺寸                   | 前后 /mm            | 875               | 1120          | 1400        | 250           | 1600               | 1420        | 1400               | 1400               | 1000 |
|             |                            | 左右 /mm            | 900               | 1260          | 1400        | 350           | 1400               | 5200        | 6500               | 11900              | 8000 |
|             | T<br>形<br>槽                | 槽宽 /mm            |                   |               |             |               |                    |             |                    |                    |      |
|             |                            | 槽数                |                   |               |             |               |                    |             |                    |                    |      |
|             |                            | 中心距 /mm           |                   |               |             |               |                    |             |                    |                    |      |
| 液<br>压<br>垫 | 顶出力 /kN                    |                   | 350               | 350           | 1000        |               | 1000               | 2000        |                    | 7000               |      |
|             | 行程 /mm                     |                   |                   |               |             |               |                    |             |                    |                    |      |

二、双动液压机(表 14 - 8)

表 14 - 8 常用双动液压机的主要技术参数

| 压力机型号       |               |         | HJY28 -<br>200 /300 | Y28 -<br>350 | Y28 -<br>400 /630 | YX28 -<br>630 /1030 |
|-------------|---------------|---------|---------------------|--------------|-------------------|---------------------|
| 公称<br>压力    | 内滑块 /kN       |         | 2000                | 3500         | 4000              | 6300                |
|             | 外滑块 /kN       |         | 1000                | 2800         | 2300              | 4000                |
| 滑<br>块      | 行<br>程        | 内滑块 /mm | 710                 | 1100         | 1100              | 1400                |
|             |               | 外滑块 /mm | 350                 | 500          | 1000              | 1300                |
|             | 底面<br>尺寸      | 内滑块 /mm |                     | 1050 × 1950  | 1000 × 1600       | 1500 × 2500         |
|             |               | 外滑块 /mm |                     | 1600 × 2500  | 1800 × 2600       | 2400 × 3600         |
|             | 至台面最大距离 /mm   |         | 1500                | 1425         | 2100              | 2200 /2300          |
|             | 最大拉深深度 /mm    |         | 280                 | 450          | 450               | 600                 |
|             | T<br>形<br>槽   | 槽宽 /mm  |                     | 30           |                   |                     |
|             |               | 槽数      |                     | 8            |                   |                     |
|             |               | 中心距 /mm |                     | 300          |                   |                     |
| 工作<br>台     | 台口<br>面尺<br>寸 | 前后 /mm  | 900                 | 1600         | 1800              | 2200                |
|             |               | 左右 /mm  | 900                 | 2500         | 2600              | 3500                |
|             | T<br>形<br>槽   | 槽宽 /mm  |                     | 30           |                   |                     |
|             |               | 槽数      |                     | 8            |                   |                     |
|             |               | 中心距 /mm |                     | 300          |                   |                     |
| 液<br>压<br>垫 | 顶出力 /kN       |         | 300                 | 1000         | 1000              | 4000                |
|             | 行程 /mm        |         |                     |              | 300               | 400                 |

第三节 精冲压力机(表 14 - 9)

表 14 - 9 常用精冲压力机的主要技术参数

| 精冲机型号 |             | GKP - F160 | GKP - F250 | HFA250     | HFA400      | HFA630      | HFA800      |
|-------|-------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 力     | 总压力 /kN     | 1600       | 2500       | 100 ~ 2500 | 2500 ~ 4000 | 4000 ~ 6300 | 5000 ~ 8000 |
|       | 压料力 /kN     | 120 ~ 500  | 20 ~ 750   | 50 ~ 1250  | 200 ~ 2000  | 320 ~ 3200  | 400 ~ 4000  |
|       | 反顶力 /kN     | 10 ~ 400   | 20 ~ 750   | 50 ~ 1250  | 100 ~ 1000  | 160 ~ 1600  | 200 ~ 2000  |
|       | 顶件力(最大) /kN | 40 ~ 80    | 180        | 400        | 600         | 1000        | 1300        |
|       | 卸料力(最大) /kN | 60 ~ 120   | 250        | 400        | 300         | 510         | 630         |
|       | 剪料器剪切力 /kN  | 75         | 100        | 400        | 310         | 310         | 640         |

(续)

| 精冲机型号 |                            |                | GKP - F160 | GKP - F250 | HFA250    | HFA400    | HFA630     | HFA800      |
|-------|----------------------------|----------------|------------|------------|-----------|-----------|------------|-------------|
| 行程    | 滑块行程/mm                    |                | 61         | 61         | 30 ~ 70   | 30 ~ 80   | 30 ~ 150   | 30 ~ 200    |
|       | 齿圈行程(最大)/mm                |                | 10         | 15         | 25        | 40        | 40         | 40          |
|       | 顶件器行程(最大)/mm               |                | 14         | 13         | 25        | 40        | 40         | 40          |
|       | 探测行程/mm                    |                | 5          | 6          |           |           |            |             |
| 速度    | 行程/(次·min <sup>-1</sup> )  |                | 18 ~ 72    | 15 ~ 60    | 15 ~ 60   | 15 ~ 50   | 15 ~ 45    | 15 ~ 40     |
|       | 冲裁速度/(mm·s <sup>-1</sup> ) |                | 5 ~ 15     | 5 ~ 15     | 3 ~ 40    | 5 ~ 50    | 5 ~ 50     | 5 ~ 50      |
| 闭合高度  | 活动凸模式/mm                   |                | 184 ~ 264  | 160 ~ 305  |           |           |            |             |
|       | 固定凸模式/mm                   |                | 194 ~ 274  | 175 ~ 320  | 300 ~ 380 | 330 ~ 410 | 330 ~ 410  | 355 ~ 460   |
| 上工作台  | 台面尺寸(长×宽)/mm               |                | 520×480    | 540×540    | 600×600   | 800×800   | 900×900    | 1000×1000   |
|       | 承力环尺寸(D×H)/mm              |                | φ200×44    | φ250×60    | φ400×80   | φ400×80   | φ400×80    | φ500×120    |
|       | 压力缸尺寸                      | 直径/mm          | 90         | 140        | 300       | 300       | 300        | 380         |
|       |                            | 至台面最小深度/mm     | 30         | 65         | 100       | 100       | 100        | 140         |
|       | T形槽尺寸                      | 槽宽/mm          | 18         | 18         | 28        | 28        | 28         | 28          |
|       |                            | 至台面中心距/mm      | 75         | 110        | 75 225    | 75 226    | 75 226 375 | 75 226 375  |
|       | 定位销尺寸                      | 前:直径×至台面中心距/mm |            |            |           | 22×220    |            | 22×270 375  |
|       |                            | 后:直径×至台面中心距/mm |            |            |           | 20×220    |            | 20×270 375  |
| 下工作台  | 台面尺寸(长×宽)/mm               |                | 520×480    | 540×540    | 600×600   | 1050×800  | 1350×910   | 1600×1010   |
|       | 承力环尺寸(D×H)/mm              |                | φ320×40    | φ320×60    | φ400×80   | φ400×80   | φ400×80    | φ500×120    |
|       | 压力缸尺寸                      | 直径/mm          | 180        | 250        | 300       | 300       | 300        | 380         |
|       |                            | 至台面最小深度/mm     | 54         | 79         | 100       | 100       | 100        | 140         |
|       | T形槽尺寸                      | 槽宽/mm          | 18         | 18         | 28        | 28        | 28         | 28          |
|       |                            | 至台面中心距/mm      | 75         | 110        | 75 225    | 75 226    | 75 226 375 | 75 226 375  |
|       | 定位销尺寸                      | 前 d×l/mm       |            |            |           | φ22×220   |            | φ22×270 375 |
|       |                            | 后 d×l/mm       |            |            |           | φ20×220   |            | φ20×270 375 |
| 送料装置  | 最大允许带料厚度/mm                |                | 6          | 10         | 15        | 16        | 16         | 16          |
|       | 最大允许带料宽度/mm                |                | 210        | 250        | 250       | 350       | 450        | 450         |
|       | 最小带料长度/mm                  |                | 1540       | 1500       | 2500      | 2700      | 3170       | 3300        |
|       | 最大进给步距/mm                  |                | 999.9      | 999.9      | 999.9     | 999.9     | 999.9      | 999.9       |

附 录

各国钢号对照表

| 钢类                    | 中国 GB<br>(YB) | 苏联 ГОСТ | 美国 ASTM   | 英国 BS                           | 日本 JIS                 | 法国 NF                                                                | 德国 DIN                                            |
|-----------------------|---------------|---------|-----------|---------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 碳<br>素<br>结<br>构<br>钢 | Q215 - A      | CT2CΠ   | A283. B 组 | —                               | SS34                   | A34 - 2                                                              | RST34 - 2<br>(1. 0108)                            |
|                       | Q215 - A · b  | CT2ΠC   |           |                                 |                        |                                                                      | UST34 - 2<br>(1. 0102)                            |
|                       | Q215 - A · F  | CT2KΠ   |           |                                 |                        |                                                                      |                                                   |
|                       | Q215 - B      | BCT2CΠ  | —         | —                               | —                      | A34 - 2NE<br>A34 - 2                                                 | RST34 - 2<br>(1. 0108)                            |
|                       | Q215 - B · F  | BCT2KΠ  |           |                                 |                        |                                                                      | UST34 - 2<br>(1. 0102)                            |
|                       | Q235 - A      | CT3CΠ   | A36       | En43A 43B<br>En40B<br>En43C     | SS41<br>SM41B<br>SM41A | E24 - 2<br>(A37 - 3)<br>E24 - 3<br>(A37 - 2)<br>E24 - 2<br>(A37 - 2) | RRST37 - 2<br>(1. 0114)<br>RST37 - 3<br>(1. 0116) |
|                       | Q235 - A · b  | CT3ΠC   |           |                                 | SS41                   |                                                                      | RST37 - 2<br>(1. 0114)                            |
|                       | Q235 - A · F  | CT3KΠ   |           |                                 |                        |                                                                      | RRST37 - 2<br>(1. 0116)                           |
|                       | Q235 - B      | BCT3CΠ  | A36       | En43A 43B<br>En43C 40B<br>En40C | SM41B                  | E24 - 3<br>(A37 - 3)                                                 | UST37 - 2<br>(1. 0116)                            |
|                       | Q235 - B · F  | BCT3KΠ  |           |                                 | SM41A                  | E24 - 2<br>(A37 - 2)<br>E26 - 2<br>(A42 - 3)<br>E26 - 3<br>(A42 - 2) | RST42 - 2<br>(1. 0134)<br>RRST42 - 3<br>(1. 0136) |
|                       | Q255 - A      | CT4ΠΠC  | —         | En43B                           | —                      | E26 - 2<br>(A42 - 2)                                                 | UST42 - 2<br>(1. 0132)                            |
|                       | Q255 - A · b  | CT4ΠC   |           |                                 |                        |                                                                      |                                                   |
|                       | Q255 - A · F  | CT4KΠ   |           |                                 |                        |                                                                      |                                                   |
|                       | Q255 - B      | BCT4CΠ  | A26       | En43B                           | —                      | E26 - 3<br>(A42 - 2)                                                 | RST42 - 2<br>(1. 0134)<br>RST42 - 3<br>(1. 0136)  |
|                       | Q255 - B · F  | BCT4KΠ  | —         | En43B                           | —                      | E26 - 2<br>(A42 - 3)                                                 | UST42. 3<br>(1. 0132)                             |

(续)

| 钢类      | 中国 GB<br>(YB) | 苏联 ГОСТ | 美国 ASTM              | 英国 BS                 | 日本 JIS          | 法国 NF          | 德国 DIN                        |
|---------|---------------|---------|----------------------|-----------------------|-----------------|----------------|-------------------------------|
| 优质碳素结构钢 | 08F           | 08KП    | 1006                 | 040A04                | S09CK           | —              | C10(1. 0301)<br>CK10(1. 1121) |
|         | 08. 10        | 08. 10  | 1010                 | 2S511<br>045M10       | S10C ,S9CK      | XC10           | CK10                          |
|         | 10F           | 10KП    | 1010                 | 040A10                | —               | XC10           | —                             |
|         | 15            | 15      | 1015                 | 090M15                | S15C ,S15CK     | XC12 ,XC18     | CK15                          |
|         | 20            | 20      | 1020 ,1023           | 050A20 ,<br>2S510     | S20C ,<br>S20CK | XC18 ,<br>XC25 | CK22                          |
|         | 25            | 25      | 1025                 | —                     | S25C            | —              | CK25                          |
|         | 30            | 30      | 1030                 | 060A30                | S30C            | XC32           | —                             |
|         | 35            | 35      | 1035                 | 060A35                | S35C            | XC38TS         | CK35                          |
|         | 40            | 40      | 1040                 | 2S93 2S113<br>080A40  | S40C            | SC38H1         | CK40                          |
|         | 45            | 45      | 1045                 | 080M46                | S45C            | XC42           | CK45                          |
|         | 50            | 50      | 1050                 | 060A52                | S50C            | SC48TS         | CK53                          |
|         | 55            | 55      | 1055                 | 3S70 ,<br>070M55      | S55C            | SC55           | CK55 ,C55                     |
|         | 60            | 60      | 1066                 | 080A62                | S58C            | CC55           | C60                           |
|         | 75            | 75      | 1074                 | 070A72                | —               | —              | C75                           |
|         | 80            | 80      | 1080                 | 060A83 ,<br>080A83    | —               | XC80           | —                             |
|         | 85            | 85      | 1084                 | 060A86 ,<br>080A86    | SUP3            | —              | —                             |
|         | 15Mn          | 15T     | 1115 ,1016 ,<br>1019 | 4S14 080A15<br>220M07 | SB46            | XC12           | 14Mn4                         |
|         | 20Mn          | 20Г     | 1021 ,<br>1022       | 080A20 ,<br>080M20    | —               | XC18           | —                             |
|         | 25Mn          | 25Г     | 1026                 | 070M26                | S28C            | —              | —                             |
|         | 30Mn          | 30Г     | 1030 ,1033           | 080A30 ,<br>080A32    | S30C            | XC32           | —                             |
|         | 35Mn          | 35Г     | 1037                 | 080A35                | S35C            | —              | —                             |

(续)

| 钢类      | 中国 GB<br>(YB)    | 苏联 ГОСТ | 美国 ASTM               | 英国 BS                     | 日本 JIS                 | 法国 NF      | 德国 DIN             |
|---------|------------------|---------|-----------------------|---------------------------|------------------------|------------|--------------------|
| 优质碳素结构钢 | 40Mn             | 40Г     | 1036 ,1039 ,<br>1040  | 080A40                    | S40C                   | 40M5       | 40Mn4              |
|         | 45Mn             | 45Г     | 1043 ,1945 ,<br>1046  | 080A47                    | S45C                   | —          | —                  |
|         | 50Mn             | 50Г     | 1050 ,1052 ,<br>1053  | 080A52 ,<br>080M50        | S53C                   | XC48       | —                  |
|         | 60Mn             | 60Г     | 1561                  | 080A64                    | S58C                   | XC60 ,XC65 | CK60               |
|         | 65Mn             | 65Г     | 1566                  | —                         | —                      | —          | —                  |
|         | 70Mn             | 70Г     | 1572                  | —                         | —                      | —          | —                  |
|         | 20Mn2            | 20Г2    | 1320 ,1321            | 150M19                    | SMn420                 | —          | 20Mn5(1. 5053)     |
|         | 30Mn2            | 35Г2    | 1330                  | 150M28                    | SMn433H                | 32Mn5      | 28Mn6 ,30Mn5       |
|         | 35Mn2            | 35Г2    | 1335                  | 150M36                    | SMn438( H )<br>SCMn443 | 40M5       | 36Mn5              |
|         | 40Mn2            | 40Г2    | 1340                  | —                         | SMn443<br>Sn443( H )   | 40M5       | —                  |
|         | 45Mn2            | 45Г2    | 1345                  | —                         | SMn443                 | —          | 46Mn7              |
|         | 50Mn2            | 50Г2    | —                     | —                         | —                      | 55M5       | 46Mn7              |
|         | 20MnV            | —       | —                     | —                         | —                      | —          | 20MnV6             |
|         | 35SiMn<br>42SiMn | 35CT    | —                     | En46                      | —                      | —          | 37MnSi5<br>46MnSi4 |
|         | 40B              | —       | TS14B35               | —                         | —                      | —          | —                  |
|         | 45B              | —       | 50B46H<br>( TS50B46 ) | —                         | —                      | —          | —                  |
|         | 50BA             | —       | TS14B50               | —                         | —                      | —          | —                  |
|         | 40MnB            | —       | 50B40                 | —                         | —                      | —          | —                  |
|         | 45MnB            | —       | 50B44                 | —                         | —                      | —          | —                  |
|         | 20MnMoB          | —       | 8B20                  | —                         | —                      | —          | —                  |
|         | 15Cr             | 15X     | 5015                  | 523M15                    | SCr415( H )            | 12C3       | 15Cr3              |
|         | 20Cr             | 20X     | 5120                  | 527A19( En<br>270 )527M20 | SC4420H                | 18C3       | 20Cr4              |

(续)

| 钢类                  | 中国 GB<br>(YB)    | 苏联 ГОСТ         | 美国 ASTM               | 英国 BS                 | 日本 JIS                      | 法国 NF                | 德国 DIN    |
|---------------------|------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|-----------|
| 优质<br>碳素<br>结构<br>钢 | 30Cr             | 30X             | 5130                  | 530A30                | SCr430                      | —                    | 28Cr4     |
|                     | 35Cr             | 35X             | 5132                  | 530A32                | SCr430(H)                   | 32C4                 | 34Cr4     |
|                     | 40Cr             | 40X             | 5140                  | 520M40                | SCr440(H)                   | 42C4                 | 41Cr4     |
|                     | 45Cr             | 45X             | 5145 5147             | 534A99                | SCr445                      | 45C4                 | —         |
|                     | 38CrSi           | 38XC            | —                     | —                     | —                           | —                    | —         |
|                     | 12CrMo<br>15CrMo | 12XM<br>15XM    | A182 - F11 ,<br>F12   | 20Cr27 31<br>(BS1501) | —                           | 15CD3.5 ,<br>15CD4.5 | 13CrMo44  |
|                     | 20CrMo           | 20XM            | 4118                  | CDS12 ,<br>CDS110     | STC42 ,<br>STT42 ,<br>STB42 | 18CD4                | 20CrMo44  |
|                     | 30CrMo           | 30XM            | 4130                  | 1717CDS110            | SCM420 ,<br>SCM430          | 25CD4                | 25CrMo4   |
|                     | 35CrMo           | AS38XFM<br>35XM | 4137 4135             | 708A37                | SCM432 ,<br>SCCrM3          | 35CD4                | 34CrMo4   |
|                     | 12CrMoV          | 12XMΦ           | —                     | —                     | —                           | —                    | —         |
|                     | 35CrMoV          | 35XMΦ           | —                     | —                     | —                           | —                    | —         |
|                     | 12Cr1MoV         | 12X1MΦ          | —                     | —                     | —                           | —                    | —         |
|                     | 25Cr2MoV         | 25X2MIOA        | —                     | —                     | —                           | —                    | —         |
|                     | 38GrMoAlA        | 38XM1OA         | —                     | 905M39                | SACM645                     | 40CAD6.12            | 41CrAlMo7 |
|                     | 15CrMn           | 15XΓ            | —                     | —                     | —                           | —                    | —         |
|                     | 20CrMn           | 20XΓCA          | 5152                  | 527A60                | SUP9                        | —                    | —         |
|                     | 20CrMnSiA        | 20XΓCA          | —                     | —                     | —                           | —                    | —         |
|                     | 25CrMnSiA        | 25XΓCA          | —                     | —                     | —                           | —                    | —         |
|                     | 30CrMnSiA        | 30XΓCA          | —                     | —                     | —                           | —                    | —         |
| 合金<br>结构<br>钢       | 20CrMnTi         | 18XΓT           | —                     | —                     | SMK22                       | —                    | —         |
|                     | 30CrMnTi         | 30XΓT           | —                     | —                     | (大同制钢)                      | —                    | —         |
|                     | 40CrNi           | 40XH            | 3140                  | 640M40                | —                           | —                    | 40NiCr6   |
|                     | 40CrNi<br>45CrNi | 40XH            | 3140H<br>3141<br>3145 | 640M40<br>(En111)     | SNC236                      | —                    | —         |

(续)

| 钢类    | 中国 GB (YB) | 苏联 ГОСТ  | 美国 ASTM            | 英国 BS                                           | 日本 JIS            | 法国 NF             | 德国 DIN           |
|-------|------------|----------|--------------------|-------------------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| 合金结构钢 | 12CrNi2A   | 12XH2A   | 3125               | —                                               | SNC415H<br>SNC415 | 10N11 ,<br>16NC11 | 14NiCr10         |
|       | 12CrNi3A   | 12XH3A   | E3310<br>3310      | 655H13 655<br>A12 655M<br>13 659A15 ,<br>659M15 | SNC815<br>SNC815H | 14NC12            | 14NiCr14         |
|       | 20CrNi3A   | 20XH3A   | 3316 E3316         | —                                               | —                 | 20NC11            | 20NiCr14         |
|       | 30CrNi3A   | 30XH3A   | 3325 3330          | 653M31                                          | SNC631H<br>SNC631 | 30NC12            | 28NiCr10         |
|       | 40CrNiMoA  | 40XH2MA  | 4340               | 3S97 3S99311<br>- 型 2S114                       | SNCM439           | —                 | 40NiCrMo6        |
|       | 45CrNiMoV  | 45XHMΦA  | —                  | —                                               | —                 | —                 | —                |
|       | 18Cr2Ni4WA | 18X2H4BA | —                  | —                                               | —                 | —                 | —                |
| 碳素工具钢 | T7         | Y7       | W <sub>1</sub> - 7 | —                                               | SK6 SK7           | —                 | C70W1            |
|       | T8         | Y8       | —                  | —                                               | SKG3<br>SK5 SK6   | —                 | C80W2            |
|       | T9         | Y9       | W1 - 0.9C          | —                                               | SK5 SK4           | —                 | C85W2            |
|       | T10        | Y10      | W1 - 1.0C          | D1                                              | SK3 SK4           | —                 | C105W2           |
|       | T11        | Y11      | 1A(ASM)            | —                                               | —                 | XC110             | —                |
|       | T12        | Y12      | W1 - 1.2C          | D1                                              | SK2               | Y2 120            | C125W            |
|       | T13        | Y13      | —                  | —                                               | SK1               | Y2 140            | C135W            |
|       | T8Mn       | Y8Γ      | —                  | —                                               | SK5               | —                 | C80W2            |
|       | T7A        | Y7A      | —                  | —                                               | SK7               | XC65 ,Y1 70       | C70W2            |
|       | T8A        | Y8A      | W1 - 0.8C          | BC8(ESC)                                        | SK6               | Y1 90 ,Y 180      | C80W1            |
|       | T9A        | Y9A      | W1 - 0.9C          | —                                               | —                 | XC95              | C85W2            |
|       | T10A       | Y10A     | W1 - 1.0C          | BC10(ESC)                                       | —                 | Y1 105            | C105W1           |
|       | T11A       | Y11A     | —                  | —                                               | —                 | XC110             | C100W2           |
|       | T12A       | Y12A     | W1 - 1.2C          | D1                                              |                   | SC120             | C125W2<br>C115W2 |
|       | T13A       | Y13A     | —                  | BC14(ESC)                                       | SK1               | SC150             | C135W2<br>C130W2 |
|       | T8MnA      | Y8rA     | —                  | —                                               | SK1               | —                 | C85W5            |

(续)

| 钢类                | 中国 GB<br>(YB)     | 苏联 ГОСТ | 美国 ASTM | 英国 BS | 日本 JIS | 法国 NF                                  | 德国 DIN          |
|-------------------|-------------------|---------|---------|-------|--------|----------------------------------------|-----------------|
| 合金工具钢<br>(量具刃具用钢) | 9SiCr             | 9XC     | —       | BH21  | —      | —                                      | 90SiCr5         |
|                   | 8MnSi             | —       | —       | —     | —      | —                                      | C75W3           |
|                   | Cr06              | 13X     | W5      | —     | SKS8   | —                                      | 140Cr3          |
|                   | Cr2               | X       | L3      | —     | —      | —                                      | 100Cr6          |
|                   | 9Cr2              | 9X      | L7      | —     | —      | —                                      | 100Cr6          |
|                   | W                 | B1      | —       | BF1   | SKS21  | —                                      | 120W4           |
| 高速工具钢             | W18Cr4V           | P18     | T1      | BT1   | SKH2   | Z80WCV<br>18 - 04 - 01                 | S18 - 0 - 1     |
|                   | 9W18Cr4V          | —       | —       | —     | —      |                                        | —               |
|                   | W6Mo5Cr<br>4V2    | P6M3    | N2      | BM2   | SKH9   | Z85WDCV<br>06 - 05 -<br>04 - 03        | S6 - 5 - 2      |
|                   | W18Cr4V<br>Co5    | P18K5Φ2 | T4      | BT4   | SKH3   | Z80WKCV<br>18 - 05 -<br>04 - 01        | S18 - 1 - 2 - 5 |
|                   | W12Cr4V<br>5Co5   | P10K5Φ5 | T15     | BT15  | SKH10  | —                                      | S12 - 1 - 4 - 5 |
|                   | W6Mo5Cr<br>4V2    | P6M3    | N2      | BM2   | SKH9   | Z85WDCV<br>06 - 05 -<br>04 - 03        | S6 - 5 - 2      |
|                   | W6Mo5Cr<br>4V3    | —       | M3 - 1  | —     | SKH52  |                                        | S6 - 5 - 3      |
|                   | W6Mo5Cr<br>4V2Co5 | —       | —       | —     | SKH55  | —                                      | S6 - 5 - 2 - 5  |
|                   | W6Mo5Cr<br>4V2Co8 | —       | M36     | —     | SKH56  | —                                      | —               |
|                   | W7Mo4Cr<br>4V2Co5 | P6M5K5  | M41     | —     | —      | Z110WKCDV<br>07 - 05 -<br>04 - 04 - 02 | S7 - 4 - 2 - 5  |
|                   | W2Mo9Cr<br>4VCo8  | —       | M42     | BM42  | —      | Z110DKCWV<br>09 - 08 -<br>04 - 02 - 01 | S2 - 10 - 1 - 8 |

(续)

| 钢类          | 中国 GB<br>(YB)                        | 苏联 ГОСТ         | 美国 ASTM        | 英国 BS  | 日本 JIS   | 法国 NF           | 德国 DIN          |
|-------------|--------------------------------------|-----------------|----------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| 不<br>锈<br>钢 | 1Cr17Mn6<br>Ni5N                     | 12X17T9AH4      | 201<br>S20100  |        | SUS201   |                 |                 |
|             | 1Cr18Mn8<br>Ni5N                     | 12X17T9AH4      | 202<br>S20200  | 284S16 | SUS202   |                 |                 |
|             | 1Cr17Ni7                             |                 | 301<br>S30100  | 301S21 | SUS301   | Z12CN17. 07     |                 |
|             | 1Cr17Ni8                             |                 |                |        | SUS301J1 |                 | X12CrNi177      |
|             | 1Cr18Ni9                             | 12X18H9         | 302<br>S30200  | 302S25 | SUS302   | Z10CN18. 09     | X12CrNi188      |
|             | 0Cr19Ni9<br>(0Cr18Ni9)               | 08X18H10        | 304<br>S30400  | 304S15 | SUS304   | Z6CN18. 09      | X5CrNi189       |
|             | 00Cr19Ni<br>11(00Cr<br>18Ni10)       | 03X18H11        | 304L<br>S30403 | 304S12 | SUS304L  | Z2CN18. 09      | X2CrNi189       |
|             | 0Cr19Ni9N                            |                 | 304N<br>S30451 |        | SUS304N1 |                 |                 |
|             | 0Cr19Ni<br>10NbN                     |                 | XM21<br>S30452 |        | SUS304N2 |                 |                 |
|             | 00Cr18<br>Ni10N                      |                 |                |        | SUS304LN | Z2CN<br>18. 10N | X2CrNi<br>N1810 |
|             | 1Cr18Ni12<br>(1Cr18Ni<br>12Ti)       | 12X18H12T       | 305<br>S30500  | 305S19 | SUS305   | Z8CN18. 12      | X5CrNi1911      |
|             | 0Cr23Ni13                            |                 | 309S<br>S30908 |        | SUS 309S |                 |                 |
|             | 0Cr25Ni20<br>(1Cr25Ni<br>20Si2)      |                 | 310S<br>S31008 |        | SUS 310S |                 |                 |
|             | 0Cr17Ni12<br>Mo2(0Cr18Ni<br>12Mo2Ti) | 08X17H<br>13M2T | 316<br>S31600  | 316S16 | SUS 316  | Z6CND<br>17. 12 | X5CrNiMo1810    |
|             | 00Cr17Ni<br>14Mo2                    | 03X17<br>H13M2  | 316L<br>S31603 | 316S12 | SUS 316L | Z2CND17. 12     | X2CrNiMo1810    |
|             | 0Cr17Ni<br>12Mo2N                    |                 | 316N<br>S31651 |        | SUS 316N |                 |                 |

(续)

| 钢类          | 中国 GB<br>(YB)                    | 苏联 ГОСТ    | 美国 ASTM        | 英国 BS            | 日本 JIS    | 法国 NF            | 德国 DIN           |
|-------------|----------------------------------|------------|----------------|------------------|-----------|------------------|------------------|
| 不<br>锈<br>钢 | 0Cr18Ni11Ti<br>(0Cr18Ni9Ti)      | 08X18H10T  | 321<br>S32100  | 321S12<br>321S20 | SUS 321   | Z6CNT18. 10      | X10Cr<br>NiTi189 |
|             | 1Cr18Ni9Ti                       | 12X18H10T  |                |                  |           |                  | X10CrNiTi189     |
|             | 0Cr18Ni11<br>Nb(1Cr18Ni<br>11Nb) | 08X18H12T  | 347<br>S34700  | 347S17           | SUS 347   | Z6CNNb<br>18. 10 | X10CrNiNb189     |
|             | 0Cr13Al                          |            | 405<br>S40500  | 405S17           | SUS 405   | Z6CA13           | X7CrAl113        |
|             | 00Cr12                           |            |                |                  | SUS 410L  |                  |                  |
|             | 1Cr15                            |            | 429<br>S42900  |                  | SUS 429   |                  |                  |
|             | 1Cr17                            | 12X17      | 430<br>S43000  | 430S15           | SUS 430   | Z8C17            | X8Cr17           |
|             | 1Cr17Mo                          |            | 434<br>S43400  | 434S19           | SUS 434   | Z8CD17. 01       | X6CrMo17         |
|             | 1Cr12                            |            | 403<br>S40300  | 403S17           | SUS 403   |                  |                  |
|             | 1Cr13                            | 12X13      | 410            | 410S21           | SUS 410   | Z12C13           | X10Cr13          |
|             | 0Cr13                            | 08X13      | 410S<br>S41000 |                  | SUS 410S  | Z6C13            | X7Cr13           |
|             | 2Cr13                            | 20X13      | 420<br>S42000  | 420S37           | SUS 420J1 | Z20C13           | X20Cr13          |
|             | 3Cr13                            | 30X13      |                | 420S45           | SUS 420J2 |                  |                  |
|             | 7Cr17                            |            | 440A<br>S44002 |                  | SUS 440A  |                  |                  |
|             | 1Cr17Ni2                         | 14X17H2    | 431<br>S43100  | 431S29           | SUS 431   | Z15CN16 - 02     | X22CrNi17        |
| 耐<br>热<br>钢 | 2Cr23Ni13                        | 20X23H12   | 309. S30900    | 309S24           | SUH 309   | Z15CN24. 13      |                  |
|             | 2Cr25Ni20                        | 20X25H20C2 | 310 S31000     | 310S24           | SUH 310   | Z12CN25. 20      | CrNi2520         |
|             | 1Cr16Ni35                        |            | 330            |                  | SUH 330   | Z12NCS3. 16      |                  |
|             | 0Cr18Ni9                         | 08X18H10   | 304 S30400     | 304S15           | SUS 304   | N6CN18. 09       | X5CrNi189        |
|             | 0Cr23Ni13                        |            | 309S S30908    |                  | SUS 309S  |                  |                  |
|             | 0Cr25Ni20                        |            | 310S S31008    |                  | SUS 310S  |                  |                  |

(续)

| 钢类        | 中国 GB<br>(YB)    | 苏联 ГОСТ         | 美国 ASTM                                              | 英国 BS                                                                                                     | 日本 JIS                 | 法国 NF                              | 德国 DIN           |
|-----------|------------------|-----------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------|
| 耐热钢       | 0Cr17Ni<br>12Mo2 | 08X17<br>H13M2T | 316 ,S31600                                          | 316S16                                                                                                    | SUS 316                | Z6CND17. 12                        | X5CrNi<br>Mo1810 |
|           | 0Cr19Ni<br>13Mo3 | 08X17<br>H15MBT | 317 ,S31700                                          | 317S16                                                                                                    | SUS 317                |                                    |                  |
|           | 0Cr18Ni<br>10Ti  | 08X18<br>H10T   | 321 ,S32100                                          | 321S12<br>321S20                                                                                          | SUS 321                | Z6CNT18. 10                        | X10CrNiTi189     |
|           | 1Cr18Ni9Ti       |                 |                                                      |                                                                                                           |                        |                                    | X10CrNiTi189     |
|           | 2Cr25N           |                 | 446 ,S44600                                          |                                                                                                           | SUH 446                |                                    |                  |
|           | 0Cr13Al          |                 | 405 ,<br>S40500                                      | 405S17                                                                                                    | SUS 405                | Z6CA13                             | X7CrAl13         |
|           | 1Cr17            | 12X17           | 430 ,<br>S43000                                      | 430S15                                                                                                    | SUS 430                | Z8C17                              | X8Cr17           |
| 锅炉和压力容器用钢 | 8Cr20Si2Ni       |                 | 443S65                                               |                                                                                                           | SUH4                   | Z80CN<br>20. 02                    |                  |
|           | 20g              | 20K             | 5A515 60<br>(1、2、3、4)<br>SA 414D                     | —                                                                                                         | SPV24<br>SGV42<br>SB42 | A42C1<br>A42C2<br>A42P1<br>A42P2   | H II             |
|           | 22g              | 22K             | SA414E<br>SA515 65<br>(1、2、3)                        | 213 28B<br>223 28B<br>224 28B<br>211 28B<br>221 28B<br>154 28<br>151 28A<br>151 28B<br>161 28A<br>161 28B | SB46<br>SGV46          | A48                                | H III            |
|           | 16Mng            |                 | SA29 91<br>SA299 2A<br>SA455 1<br>SA455 2<br>SA414 G | 213 32B<br>223 32B<br>224 32B<br>211 32B<br>221 32B                                                       | SPV32                  | A52C1<br>A52C2<br>A52CR1<br>A52CR2 | 19Mn5            |

## 参 考 文 献

- 1 王新华主编. 汽车冲压技术. 北京 北京理工大学出版社 ,1999
- 2 中国机械工程学会锻压学会. 锻压手册第 2 卷 冲压(第 2 版). 北京 机械工业出版社 2002
- 3 《模具制造手册》编写组. 模具制造手册 第 2 版. 北京 机械工业出版社 ,1997
- 4 第一汽车制造厂工装设计室. 汽车覆盖件冲模. 北京 机械工业出版社 ,1979
- 5 王孝培主编. 冲压设计资料. 北京 机械工业出版社 ,1983
- 6 第一汽车制造厂工装设计室. 冲模设计资料. 1972
- 7 Feintool 公司. 实用精冲手册. 1986
- 8 涂光祺主编. 冲模技术. 北京 机械工业出版社 2002
- 9 王新军、袁联富编. 冲模结构图册. 北京 机械工业出版社 2003
- 10 南京汽车制造厂. 南汽技术情报冲模专辑 2 - 3. 1979
- 11 烟台机械工艺研究所等编. 简易冲模. 济南 山东科学技术出版社 ,1982
- 12 彭建声等编著. 冷冲模制造与修理. 北京 机械工业出版社 ,1985

# 内 容 简 介

本书第一部分介绍各类典型汽车冲模(如汽车覆盖件冲模、厚板件冲模、小间隙冲模、精冲模等)的结构、材料以及设计与制造要点,第二部分收集了汽车行业冲模设计与制造常用的技术资料,便于工作中查找。

本书可供汽车行业从事冲模设计、制造、使用、维修的工人、技术人员和管理人员使用,亦可供相关专业的工人、技术人员和大专院校的师生参考。