

# 汽车构造与实训

下册

底盘部分

阚萍 主编

合肥工业大学出版社

## 汽车运用与维修专业规划教材编委会

主任：钟玉海

编委：（按姓氏笔画）

王社增	王金文	王治平	朱国苗
刘志迎	刘良和	孙志成	杨 诚
杨柳青	杨 靖	连秀忠	吴道燮
张彦茹	陈 同	赵 翔	段京华
顾月海	钱立军	郭向阳	郭勇胜
阎海平	储建平	阚 萍	

策划：方立松

## 图书在版编目(CIP)数据

汽车构造与实训. 下册. 底盘部分 / 阚萍主编. —合肥: 合肥工业大学出版社, 2006. 6  
ISBN 7-81093-430-9

I. 汽... II. 阚... III. ①汽车—构造—高等学校: 技术学校—教材 ②汽车—底盘—高等学校: 技术学校—教材 IV. U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 072328 号

## 汽车构造与实训(下册)·底盘部分

主编 阚萍

责任编辑 方立松

---

出版 合肥工业大学出版社  
地址 合肥市屯溪路 193 号  
邮编 230009  
电话 总编室 0551-2903038  
发行部 0551-2903198  
网址 www.hfutpress.com.cn  
E-mail press@hfutpress.com.cn

---

版次 2006 年 12 月第 1 版  
印次 2006 年 12 月第 1 次印刷  
开本 710×1000 1/16  
印张 21  
字数 384 千字  
发行 全国新华书店  
印刷 中国科学技术大学印刷厂

---

ISBN 7-81093-430-9/U·8

定价 28.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换

# 前 言

本书是作为面向高等职业技术学院,同时兼顾中等职业学校汽车运用工程类专业的教材,也可作为汽车行业从业人员的岗位培训教材或自学用书。

本书的典型结构实例以国产轿车、货车为主,比较系统地介绍了轿车、货车底盘各总成、部件的结构及工作原理和拆装的基本方法,同时尽可能地突出汽车的一些新结构、新技术。

全书共分为十三章,根据教学需要,将底盘拆装实训内容单独列为一章。主要内容有汽车底盘概述、汽车传动系、汽车行驶系、汽车转向系、汽车制动系及汽车底盘拆装的基本方法。

本书由安徽省汽车工业学校阚萍主编,蚌埠汽车管理学院孙志成、安徽交通职业技术学院朱仲伦、马鞍山机械工业学校陈同参编。其中,阚萍编写第一章、第二章、第三章、第六章中的防滑差速器及第十二章中的第八节;朱仲伦编写第四章、第五章、第六章、第十二章、第十三章;孙志成编写第七章、第八章、第九章、第十章;陈同编写第十一章。全书由阚萍统稿。

由于编者的学识和水平有限,书中错漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2006年10月

## 目 录

第一章 汽车传动系概述 .....	( 1 )
第二章 离合器 .....	( 7 )
第一节 离合器的功用及分类 .....	( 7 )
第二节 摩擦式离合器的工作原理 .....	( 8 )
第三节 摩擦式离合器 .....	( 12 )
第四节 离合器的操纵机构 .....	( 28 )
第三章 变速器 .....	( 39 )
第一节 概述 .....	( 39 )
第二节 普通齿轮变速器的变速传动机构 .....	( 43 )
第三节 同步器 .....	( 55 )
第四节 变速器操纵机构 .....	( 63 )
第五节 分动器 .....	( 71 )
第四章 自动变速器 .....	( 77 )
第一节 概述 .....	( 77 )
第二节 自动变速器的结构和工作原理 .....	( 79 )
第五章 万向传动装置 .....	( 92 )
第一节 概述 .....	( 92 )
第二节 十字轴式普通刚性万向节 .....	( 94 )
第三节 准等角速万向节和等角速万向节 .....	( 96 )
第四节 传动轴和中间支承 .....	( 102 )
第六章 驱动桥 .....	( 107 )
第一节 概述 .....	( 107 )

第二节	主减速器 .....	(109)
第三节	差速器 .....	(113)
第四节	半轴与桥壳 .....	(123)
第七章	行驶系概述 .....	(127)
第八章	车架与车桥 .....	(129)
第一节	车架 .....	(129)
第二节	车桥 .....	(134)
第九章	车轮与轮胎 .....	(144)
第一节	车轮 .....	(144)
第二节	轮胎 .....	(148)
第十章	悬架 .....	(155)
第一节	弹性元件、减振器与横向稳定器 .....	(156)
第二节	非独立悬架 .....	(162)
第三节	独立悬架 .....	(166)
第四节	多轴汽车的平衡悬架 .....	(172)
第十一章	转向系 .....	(175)
第一节	概述 .....	(175)
第二节	转向器及转向操纵机构 .....	(180)
第三节	转向传动机构 .....	(186)
第四节	动力转向系 .....	(193)
第十二章	汽车制动系 .....	(214)
第一节	概述 .....	(214)
第二节	车轮制动器 .....	(216)
第三节	驻车制动器 .....	(232)
第四节	液压制动装置 .....	(237)
第五节	气压制动系 .....	(248)
第六节	制动增压装置 .....	(262)
第七节	辅助制动装置 .....	(265)
第八节	车轮防抱死制动装置 .....	(266)

---

第十三章 汽车底盘拆装实训 .....	(277)
实训一 离合器的拆装 .....	(277)
实训二 变速器与分动器的拆装 .....	(281)
实训三 自动变速器的拆装 .....	(289)
实训四 万向传动装置的拆装 .....	(293)
实训五 驱动桥的拆装 .....	(297)
实训六 转向系的拆装 .....	(302)
实训七 行驶系的拆装 .....	(311)
实训八 制动系的拆装 .....	(314)
参考文献 .....	(324)

# 第一章 汽车传动系概述

## 一、传动系的基本功用和组成

汽车传动系的基本功用是将发动机发出的动力按照需要传给驱动轮而使汽车行驶。

按能量传递方式的不同，汽车传动系的形式分为机械传动式、液力机械传动式、静液传动式、电传动式等。

液力传动也叫动液传动，它靠液体介质在主动元件和从动元件之间循环流动过程中动能的变化来传递动力。动液传动装置有液力耦合器和液力变矩器两种。液力耦合器能传递转矩，但不能改变转矩大小。液力变矩器除了具有液力耦合器的全部功能以外，还能实现无级变速。一般液力变矩器由于变矩比有限不能满足各种汽车行驶工况的要求，往往需要串联一个有级式机械变速器，以扩大变矩范围，这样的传动称为液力机械传动。

液压传动也叫静液传动，它靠液体传动挡介质静压力能的变化来传递能量，主要由油泵、液压马达和控制装置等组成。发动机输出的机械能通过油泵转换成液压能，然后再由液压马达将液压能转换成机械能。液压传动有布置灵活等优点，但其传动效率较低、造价高、寿命与可靠性不理想，目前只用于少数特种车辆。

电传动是由发动机带动发电机发电，再由电动机驱动驱动桥或由电动机直接驱动带有减速器的驱动轮。

本章主要介绍目前汽车上普遍采用的机械式传动系。如图 1-1 所示为机械式传动系的示意图。

发动机纵向布置在汽车前部，并以后轮为驱动轮。传动系由离合器、变速器、万向传动装置，驱动桥以及安装在驱动桥壳中的主减速器、差速器和半轴等组成。发动机发出的动力依次经离合器、变速器、万向传动装置、主减速器、差速器和半轴，最后传给驱动轮。

## 二、机械式传动系的布置形式

汽车传动系的布置形式主要与发动机和驱动桥的安装位置有关。

汽车的驱动形式通常用汽车车轮总数  $\times$  驱动车轮数（车轮数系指轮毂

数)来表示。普通汽车一般装有四个车轮。根据车轮总数不同,常见的驱动形式有 $4\times 2$ 、 $4\times 4$ 、 $6\times 6$ 、 $8\times 8$ 。

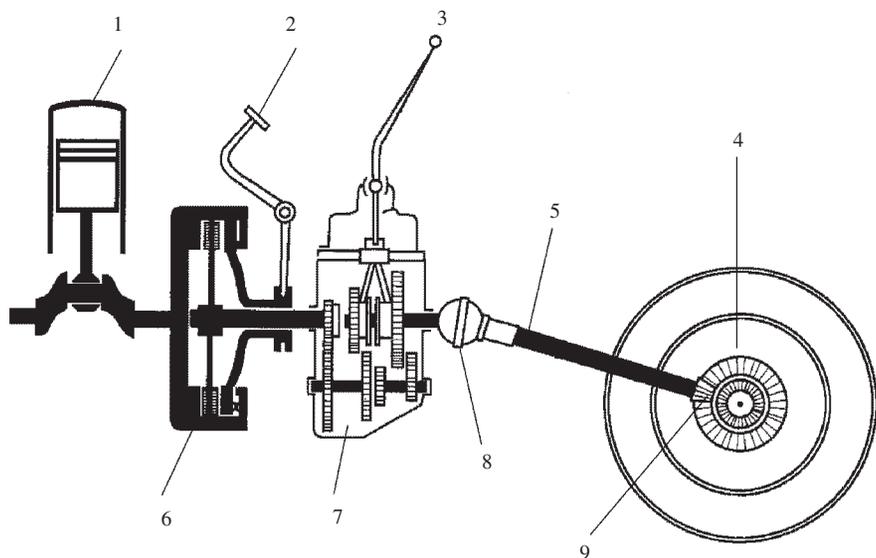


图 1-1 机械式传动系的示意图

1. 发动机 2. 离合器踏板 3. 变速器手柄 4. 驱动轮 5. 传动轴 6. 离合器  
7. 变速器 8. 万向节 9. 驱动桥

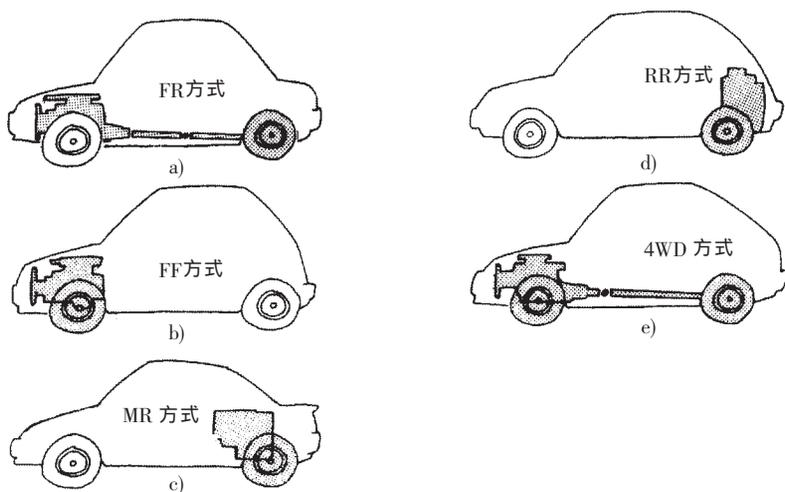


图 1-2 机械式传动系的布置形式

### 1. 发动机前置、后轮驱动 (FR 型)

如图 1-1、图 1-2a) 和图 1-3 所示为发动机前置、后轮驱动的机械式传

动系布置形式示意图。目前大多数货车、部分轿车和部分客车广泛采用这种布置形式。它一般是将发动机、离合器和变速器连成一个整体安装在汽车前部，而主减速器、差速器和半轴则安装在汽车后部的后桥壳中，两者之间通过万向传动装置相连。这种布置形式，发动机散热条件好，操纵机构简单，后驱动轮的附着力大，易获得足够的牵引力。

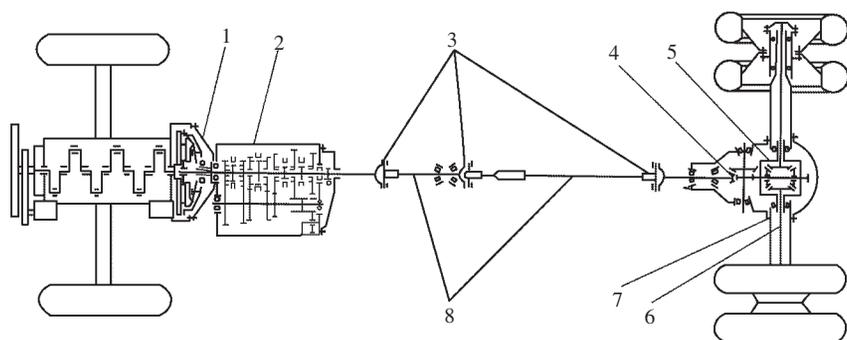


图 1-3 CA1092 型货车传动系组成及布置形式示意图

1. 离合器 2. 变速器 3. 万向节 4. 主减速器 5. 差速器 6. 半轴 7. 桥壳 8. 传动轴

## 2. 发动机前置、前轮驱动（FF 型）

如图 1-2b) 和图 1-4 所示为发动机前置、前轮驱动的传动系布置形式示意图。其变速器、主减速器和差速器制为一体并同发动机、离合器一起集中安装在汽车前部。发动机有纵向布置和横向布置之分。如图 1-4a) 所示为上海桑塔纳轿车发动机纵向布置的传动系示意图，如图 1-4b) 所示为捷达轿车发动机横向布置的传动系示意图。

这种布置形式，除具有发动机散热条件好、操纵方便等优点外，还省去了很长的传动轴，传动系结构紧凑，整车质心降低，汽车高速行驶稳定性好。但上坡时前轮附着力减小，易打滑，下坡制动时前轮载荷过重，高速时易发生翻车现象。故主要用于质心较低的轿车上。

## 3. 发动机后置、后轮驱动（RR 型）

如图 1-2d) 和图 1-5 所示为发动机后置、后轮驱动的传动系布置形式示意图。发动机、离合器和变速器制为一体布置在后桥之后。这样可以大大缩短传动轴的长度，传动系结构紧凑，质心有所降低，前轴不易过载，后轮附着力大，并能更充分地利用车厢面积。但由于发动机后置，其散热条件差。发动机、离合器、变速器的远距离操纵使操纵机构变得复杂，维修调整不便。除多用在大型客车上外，某些微型或轻型轿车也采用这种布置形式。发动机也有横向布置（图 1-5）和纵向布置之分。

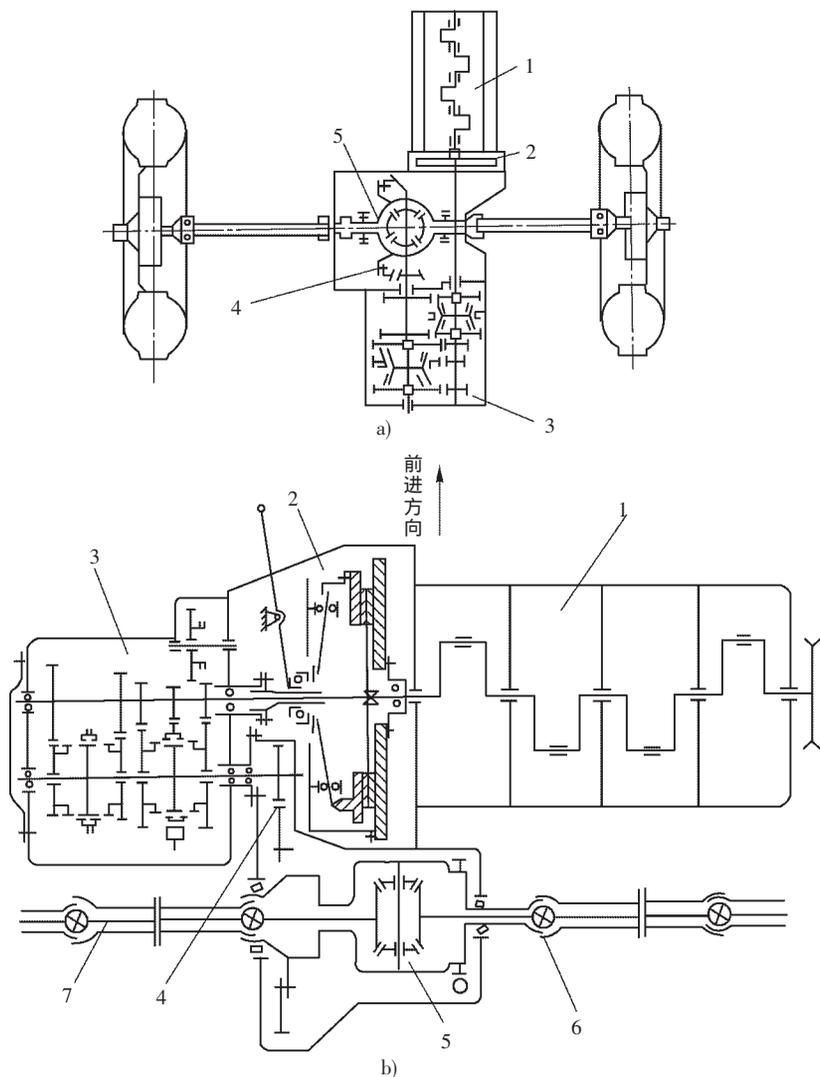


图 1-4 发动机前置、前轮驱动的轿车传动系示意图

a) 发动机纵向布置

b) 发动机横向布置

1. 发动机 2. 离合器 3. 变速器 4. 主减速器 5. 差速器 6. 万向节 7. 半轴

#### 4. 发动机中置、后轮驱动 (MR 型)

如图 1-2c) 所示为发动机中置、后轮驱动的传动系布置形式示意图, 是目前大多数运动型轿车和方程式赛车所采用的布置形式。由于这类车型都采用功率和尺寸很大的发动机, 将发动机布置在驾驶员座椅之后和后桥之前有利于获得最佳轴荷分配, 提高汽车的性能。此外, 某些大、中型客车也采

用这种布置型式，把配备的卧式发动机装在地板下面。MR 方式近似于上述的 RR 方式，所不同的是发动机装于后桥之前。

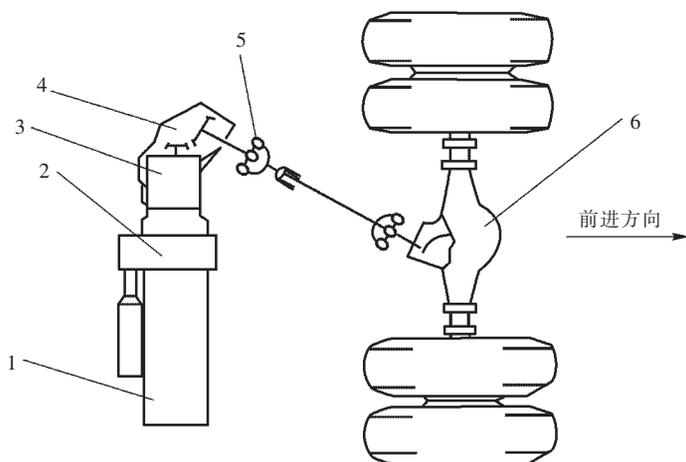


图 1-5 发动机后置、后轮驱动的大型客车传动系示意图

1. 发动机 2. 离合器 3. 变速器 4. 角传动装置 5. 万向传动装置 6. 驱动桥

### 5. 越野汽车传动系布置形式 (nWD 型)

如图 1-2e) 和图 1-6 所示为越野汽车传动系布置形式示意图。为了充分利用所有车轮与地面之间的附着条件，以获得尽可能大的牵引力，越野汽车采用全轮驱动。图 1-6 所示为  $4 \times 4$  越野汽车传动系布置形式示意图。与发

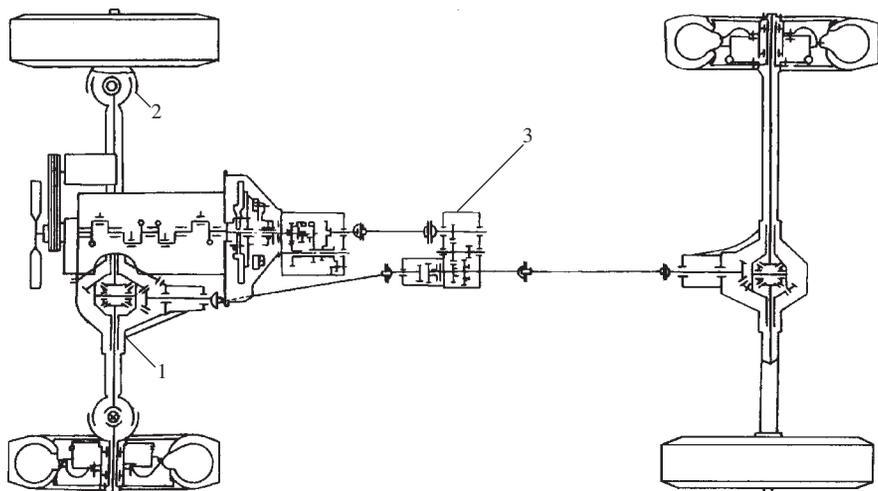


图 1-6  $4 \times 4$  越野汽车传动系示意图

1. 转向驱动桥 2. 万向节 3. 分动器

动机前置、后轮驱动的  $4 \times 2$  汽车相比较, 其前桥既是转向桥又是驱动桥。为了将发动机的动力分配给前后两驱动桥, 在变速器后增设了分动器, 并相应地增设了从变速器通向分动器、从分动器通向前后两驱动桥之间的万向传动装置。由于前驱动桥又是转向桥, 所以左右两根半轴均分为两段, 并用万向节相连。

### 思考题

1. 汽车传动系的基本功用是什么?
2. CA1092 型货车传动系由哪些总成组成?
3. 汽车机械式传动系有哪几种布置型式?

# 第二章 离合器

离合器位于发动机和变速器之间，是汽车传动系中直接与发动机相联系的总成分。本章主要介绍摩擦式离合器的基本组成及工作原理。

## 第一节 离合器的功用及分类

### 一、离合器的功用

#### 1. 保证汽车起步平稳

汽车起步时，如果发动机与传动系刚性联系，一旦变速器挂上挡，汽车将因突然接受动力而猛烈地向前蹿动，使汽车未能起步而迫使发动机熄火。在传动系装置离合器后，发动机起动时，先分离离合器，发动机起动待转速稳定后，再将变速器挂上起步挡，慢慢接合离合器，使发动机逐渐和传动系接合，发动机的阻力矩逐渐增加，保证汽车起步平稳。

#### 2. 便于换挡

在汽车行驶过程中，为适应不断变化的行驶工况，需要经常换挡。在机械式齿轮变速器中，换挡是通过拨动齿轮或其他换挡机构来实现的，即使原来处于某一挡位工作的齿轮副脱开，退出传动，再使另一挡位的齿轮副进入啮合工作。在换挡前也必须踩下离合器踏板，中断动力传递，以减少齿间的作用力，使待啮合的啮合副逐渐趋于同步，这样，进入啮合时的冲击可以大为减轻。

#### 3. 防止传动系过载

当汽车进行紧急制动时，如果没有离合器，则发动机将因和传动系刚性相连而急剧降低转速，其中所有运动件将产生很大的惯性力矩（其数值大大超过发动机正常工作时所发出的最大转矩），对传动系造成超过其承载能力的冲击载荷，从而导致传动系机件的损坏。有了离合器，则通过其主、从动部分产生相对滑磨缓冲或消除传动系的过载。

### 二、离合器的类型

为使离合器起到上述几个功用，它应该是这样一个传动机构：其主动部

分和从动部分可以暂时分离，又可逐渐接合，并且在传动过程中可以相对转动。所以，离合器的主动部分与从动部分之间不可采用刚性联接。因此，离合器的主动部分和从动部分须利用两者接触面之间的摩擦作用、或是用液体作为传动介质（液力耦合器）、或是用磁力传动（电磁离合器）等来传递转矩，使两者之间可以暂时分离，又可逐渐接合，在传动过程中又允许两部分相互转动。利用离合器的主动部分与从动部分两者接触面之间的摩擦作用来传递转矩，这样的离合器称为摩擦式离合器，如图 2-1 所示。

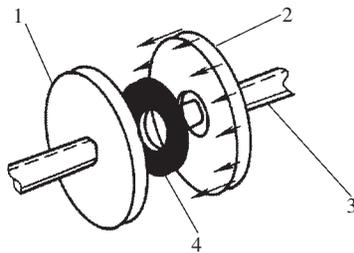


图 2-1 摩擦式离合器的工作过程图

1. 飞轮 2. 压盘 3. 从动轴 4. 从动盘

因此，汽车离合器有摩擦式离合器、液力耦合器、电磁离合器等几种。

摩擦式离合器又分为湿式和干式两种。湿式摩擦式离合器一般为多盘式的，浸在油中以便于散热。

目前在汽车上广泛采用的是用弹簧压紧的摩擦式离合器，简称为摩擦式离合器。

## 第二节 摩擦式离合器的工作原理

### 一、摩擦式离合器的基本组成

如图 2-2 所示，离合器由主动部分、从动部分、压紧装置、分离机构和操纵机构五大部分组成。

#### 1. 主动部分

离合器的主动部分包括飞轮 4、离合器盖 6 和压盘 5。飞轮用螺栓和曲轴 1 固定在一起，离合器盖通过螺钉固定在飞轮后端面上，压盘边缘的凸台伸入离合器盖上相应的窗口，并可沿窗口轴向移动，这样，只要曲轴旋转，发动机发出的动力便可经飞轮、离合器盖传至压盘，使它们一起旋转。

#### 2. 从动部分

装在压盘和飞轮之间的两面带摩擦衬片 17 的从动盘 3 和从动轴 2 组成离合器的从动部分。从动盘通过内花键孔与从动轴滑动配合。从动轴前端用轴承 18 支承在曲轴后端中心孔中，后端支承在变速器壳体上并伸入变速器，所以离合器的从动轴又是变速器的输入轴。

### 3. 压紧装置

离合器压紧装置是产生压紧力的部分。图示中压紧装置由若干根沿圆周均匀布置的螺旋弹簧 16 组成，它们装在压盘与离合器盖之间，用来对压盘产生轴间压紧力，将压盘压向飞轮，并将从动盘夹紧在压盘和飞轮中间。

### 4. 分离机构

分离杠杆 7 是离合器分离机构的组成零件，分离杠杆中部支承在装于离合器盖的支架上（称为支点），外端与压盘铰接（称为重点），内端处于自由状态（称为力点）。

### 5. 操纵机构

离合器操纵机构由离合器踏板 12、拉杆 13 及拉杆调节叉 14、分离拨叉 11、分离套筒和分离轴承 9、回位弹簧 10 和 15 等组成。分离轴承压装在分离套筒上，分离套筒松套在从动轴的轴套上。分离拨叉是中部带支点的杠杆，内端与分离套筒接触，外端与拉杆铰接。离合器踏板中部铰接在车架（或车身）上，一端与拉杆铰接。分离轴承、分离套筒及分离拨叉常同离合器主从动部分压紧装置及分离机构一起装于离合器壳（也称飞轮壳）内，其他构件装在离合器壳外部。

## 二、摩擦式离合器的工作原理

### 1. 摩擦式离合器的工作原理，如图 2-2 所示。

#### (1) 接合状态

离合器处于接合状态时，踏板 12 处于最高位置，分离套筒在回位弹簧 10 作用下与分离拨叉 11 内端接触，此时分离杠杆 7 内端与分离轴承 9 之间存在间隙  $\Delta$ ，压盘 5 在压紧弹簧 16 作用下压紧从动盘 3，发动机的转矩即经飞轮及压盘通过两个摩擦面的摩擦作用传给从动盘，再由从动轴 2 输入变速器。

#### (2) 分离过程

需要离合器分离时，只要踏下离合器踏板，待消除间隙  $\Delta$  后，分离杠杆 7 外端即可拉动压盘克服压紧弹簧的压力向后移动（图中向右移动），从而解除作用于从动盘的压紧力，摩擦作用消失，离合器主、从动部分分离，中断动力传递。

#### (3) 接合过程

当需要恢复动力传递时，缓慢抬起离合器踏板，在压紧弹簧压力作用

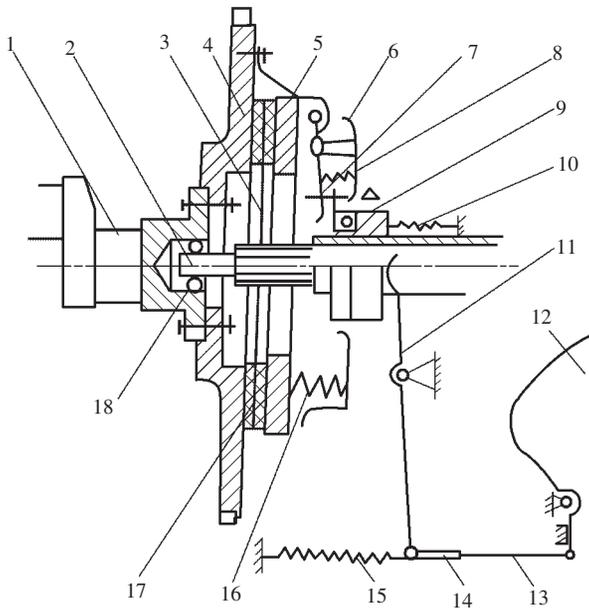


图 2-2 摩擦式离合器的基本构造及原理示意图

1. 曲轴 2. 从动轴 3. 从动盘 4. 飞轮 5. 压盘 6. 离合器盖 7. 分离杠杆  
8. 弹簧 9. 分离轴承 10、15. 回位弹簧 11. 分离叉 12. 踏板 13. 拉杆  
14. 拉杆调节叉 16. 压紧弹簧 17. 从动盘摩擦片 18. 轴承

下，压盘向前移动并逐渐压紧从动盘，使接触面之间的压力逐渐增加，相应的摩擦力矩也逐渐增加。当飞轮、压盘和从动盘接合还不紧密，产生的摩擦力矩比较小时，主、从动部分可以不同步旋转，即离合器处于打滑状态。随飞轮、压盘和从动盘压紧程度的逐步加大，离合器主、从部分转速也渐趋相等，直至离合器完全接合而停止打滑时，接合过程即告结束。

## 2. 离合器的自由间隙与踏板的自由行程

### (1) 离合器的自由间隙

从离合器的工作原理可知，从动盘摩擦片经使用磨损变薄后，在压紧弹簧作用下，压盘要向前（图 2-2 中向飞轮方向）移动，分离杠杆内端则相应的要向后移动，才能保证离合器完全接合。如果未磨损前分离杠杆内端和分离轴承之间没有预留一定间隙，则在摩擦片磨损后，分离杠杆内端因抵住分离轴承而不能后移，使分离杠杆外端牵制压盘不能前移，从而不能将从动盘压紧，则离合器难以完全接合，传动时会出现打滑现象。这不仅使离合器所能传递的最大转矩的数值减小，而且会使摩擦片和分离轴承加速磨损。因此，当离合器处于正常接合状态时，在分离杠杆内端与分离轴承之间必须预留一定量的间隙 $\Delta$ ，即离合器的自由间隙。

## (2) 离合器踏板的自由行程

由于自由间隙的存在，踏下离合器踏板时，首先要消除这一间隙，然后才能开始分离离合器。为消除这一间隙（严格讲还包括机件的弹性变形）所需的离合器踏板行程，称为离合器踏板的自由行程。通过拧动拉杆调节叉14，改变拉杆13的工作长度，可以调整自由间隙的大小，从而调整踏板自由行程。

为使离合器分离彻底，须使压盘向后移动充分的距离，这一距离通过一系列杠杆的放大，反映到踏板上就是踏板的有效行程。

离合器踏板的自由行程和有效行程之和即为踏板的总行程。

### 3. 分离杠杆的运动干涉及其防止措施

如图2-3所示，从离合器的分离过程看，若中间支承是固定的铰链，则外端与压盘铰接处是沿一弧线运动的，而压盘上该点只能作轴向直线运动，二者要产生一个距离差 $\Delta S$ ，这就使分离杠杆不能正常运动，这就是运动干涉。要防止这种干涉，在结构上就得使支点或杠杆与压盘连结点（重点）处可沿径向运动（平移或摆动），图2-4所示为几种防干涉的结构形式。

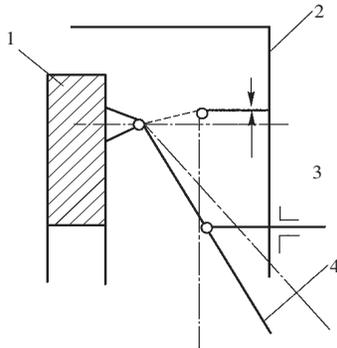


图 2-3 分离杠杆的运动干涉

1. 压盘 2. 离合器盖 3. 支架 4. 分离杠杆

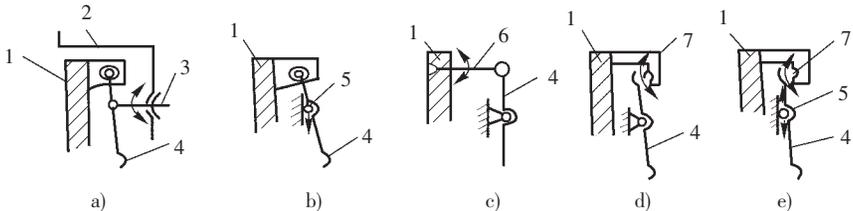


图 2-4 分离杠杆防干涉的结构措施

1. 压盘 2. 离合器盖 3. 支承螺柱 4. 分离杠杆 5. 滚销 6. 分离螺钉 7. 摆动片  
a) 支点摆动式 b) 支点移动式 c)、d) 重点摆动式 e) 综合式

### 三、对摩擦式离合器构造的要求

对摩擦式离合器构造的要求概括有以下五点：

#### 1. 保证可靠地传递发动机的最大转矩

对于一定结构的离合器来说，其最大静摩擦力矩是一个定值。当输入转矩达到此值，则离合器将打滑，因而限制了传给传动系的转矩，防止了超载。由于离合器工作中压紧弹簧的疲劳、退火等使其弹力下降，从动盘摩擦片磨损、温度升高使其摩擦系数下降等原因，将降低离合器传递最大转矩的能力。为了保证离合器在使用期内可靠地工作，其所能传递的最大转矩  $M_c$  应大于发动机输出的最大转矩  $M_{emax}$ 。

#### 2. 分离迅速彻底

踩下离合器踏板后，其主、从部分应迅速而完全的脱离，以便发动机启动和换挡方便。

#### 3. 接合平顺柔和

要求离合器所传递的转矩能平稳地增加，以免汽车起步过猛或抖动。

#### 4. 从动部分的转动惯量要小

离合器分离时，虽然飞轮的惯性力矩不会作用于传动系中，但离合器从动盘的惯性力矩仍作用在变速器第一轴上。因此，要求从动盘的转动惯量尽可能小，以便换挡迅速。

#### 5. 通风散热良好

离合器在接合过程中，由于主、从动部分之间的滑磨产生大量的热，为避免温度过高而烧损摩擦片和压盘，故要求离合器通风散热良好。

## 第三节 摩擦式离合器

### 一、摩擦式离合器的结构类型

摩擦式离合器，随着所用从动盘的数目（摩擦面的数目）、压紧弹簧的形式及安装位置以及操纵机构形式的不同，其总体构造也有较大差异。

摩擦式离合器所能传递的最大转矩  $M_c$  ( $N \cdot m$ ) 数值，取决于摩擦面间的压紧力和摩擦系数，以及摩擦面的数目和尺寸。

用公式表示为： $M_c = Z \cdot P_E \cdot \mu \cdot R_c$

式中， $Z$  是摩擦面数； $P_E$  是压盘对摩擦片的总压紧力 ( $N$ )； $\mu$  是摩擦系数； $R_c$  是摩擦片的平均半径 ( $m$ )。

#### 1. 按从动盘数目的不同可分为：

##### (1) 单盘离合器（又称为单片离合器）

对轿车和中型货车而言，发动机最大转矩的数值一般不是很大，在汽车总体布置尺寸容许条件下，离合器通常只设有一个从动盘，其两面都装有摩擦片，这种离合器称为单盘离合器。单盘离合器结构简单，分离彻底，散热良好，尺寸紧凑，调整方便，从动部分转动惯量小，故在各类汽车上得到了广泛应用。

### (2) 双盘离合器（又称为双片离合器）

若欲增大离合器所能传递的最大转矩，可以选用摩擦系数较大的摩擦片材料，或适当加强压紧弹簧的压紧力，或加大摩擦面的尺寸。有些吨位较大的中型和重型汽车所要求离合器传递的转矩相当大，采用上述几种结构措施，可能仍然满足不了要求。因为摩擦系数的提高受到摩擦衬片材料的限制，摩擦面尺寸的增加又为发动机飞轮（离合器主动件之一）尺寸所限制，过分加大弹簧的压紧力，在采用螺旋弹簧的条件下，又将使操纵费力。在这种情况下，最有效的措施是将摩擦面数增加一倍，即增加一片从动盘，成为双盘离合器。与单盘离合器相比，由于摩擦面增多，传递转矩的能力较大，接合较平顺；在传递相同转矩的情况下径向尺寸较小，踏板力较轻。但分离彻底性较差，中间压盘通风散热不良。双盘离合器一般应用在传递的转矩大并且径向尺寸受限制的场合。

#### 2. 按压紧弹簧的形式不同可分为：

##### (1) 周布弹簧式离合器（又称为螺旋弹簧式离合器）

为使离合器产生压紧力可采用压紧弹簧，采用若干个螺旋弹簧作压紧弹簧并沿离合器压盘圆周分布的离合器，称为周布弹簧式离合器；

##### (2) 膜片弹簧式离合器

采用膜片弹簧作为压紧弹簧的离合器，称为膜片弹簧式离合器。

#### 3. 按操纵机构的不同可分为：机械式、液压式和助力式

摩擦式离合器种类虽多，但其工作原理基本相同，都由主动部分、从动部分、压紧装置、分离机构和操纵机构五大部分组成。

## 二、周布弹簧式离合器

如图 2-5 所示，为周布弹簧式离合器总成分解示意图。

东风 EQ1090E 型汽车的单片离合器即为这类离合器的典型，其构造如图 2-6 所示。它的组成与图 2-2 所示的工作原理图相似。

### 1. 主动部分

发动机的飞轮 2、离合器盖 19 和压盘 16 是离合器的主动部分。离合器盖 19 和压盘之间是通过四组传动片 33 来传递转矩的。传动片用弹簧钢片制成，每组两片，其一端用传动片铆钉 32 铆在离合器盖 19 上，另一端则用传动片固定螺钉与压盘连接，离合器盖用螺钉固定在发动机的飞轮上。因此，

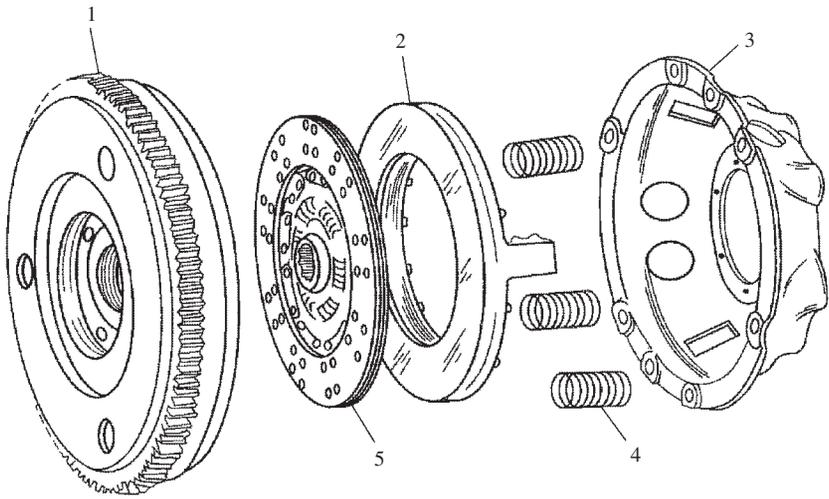


图 2-5 周布弹簧式离合器

1. 飞轮 2. 压盘 3. 离合器盖 4. 压紧弹簧 5. 从动盘

压盘能随飞轮一起旋转。在离合器分离时，弹性的传动片产生弯曲变形（其两端沿离合器轴向作相对位移）。为使离合器分离时不至于破坏压盘的对中和离合器的平衡，四组传动片是相隔  $90^\circ$  沿圆周切向均匀分布的。传动片除具有将离合器盖的动力传给压盘的作用外，还对压盘起导向和定心作用。

## 2. 从动部分

在飞轮和压盘之间装有一片带有扭转减振器的从动盘组件（以下简称从动盘）。从动部分即由从动盘和从动轴 11 组成。从动盘由从动盘毂 10、从动盘本体 4、摩擦片 5 和减振器盘 6 等组成。铆装在从动盘毂上的从动盘本体由薄钢片制成，故其转动惯量较小。盘 4 的两面各铆有一片石棉合成物制成的摩擦衬片 5。从动盘毂的花键孔套在从动轴前端的花键上，并可沿花键轴向移动。

## 3. 压紧装置

压紧装置由十六个沿圆周分布于压盘和离合器盖之间的螺旋压紧弹簧 31 组成。在压紧弹簧压力作用下，压盘压向飞轮，并将从动盘夹紧，使离合器处于接合状态。这样，在发动机工作时，发动机的转矩一部分由飞轮经与之接触的摩擦片直接传给从动片；另一部分则由飞轮通过八个固定螺钉传给离合器盖 19，并由此经四组传动片 33 传给压盘 16，最后也通过摩擦片传给从动片。从动片体再将转矩通过从动盘毂的花键传给从动轴 11，由此输入变速器。为了减少压盘向压紧弹簧传热、防止压紧弹簧受热后弹力下降，

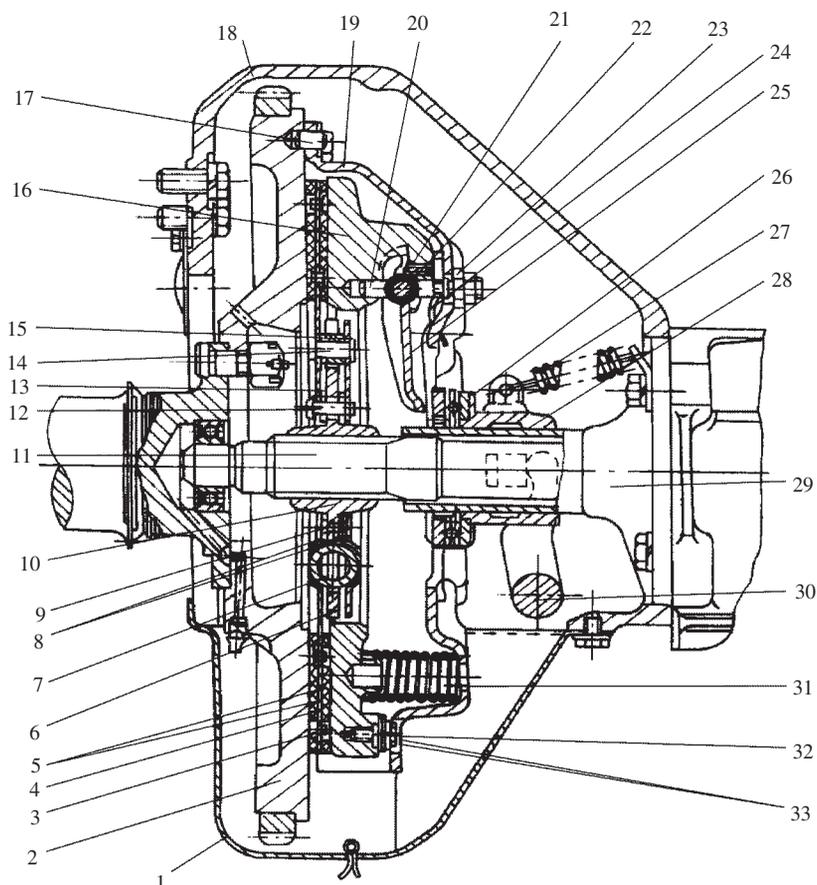


图 2-6 东风 EQ1090E 型汽车单盘离合器

1. 离合器壳底盖 2. 发动机飞轮 3. 摩擦片铆钉 4. 从动盘本体 5. 摩擦片 6. 减振器盘
7. 减振器弹簧 8. 减振器阻尼片 9. 阻尼片铆钉 10. 从动盘毂 11. 变速器第一轴（离合器从动轴）
12. 阻尼弹簧铆钉 13. 减振器阻尼弹簧 14. 从动盘铆钉 15. 从动盘铆钉隔套
16. 压盘 17. 离合器盖定位销 18. 离合器壳 19. 离合器盖 20. 分离杠杆支承柱 21. 摆动支片
22. 浮动销 23. 分离杠杆调整螺母 24. 分离杠杆弹簧 25. 分离杠杆 26. 分离轴承
27. 分离套筒回位弹簧 28. 分离套筒 29. 变速器第一轴轴承盖 30. 分离叉 31. 压紧弹簧
32. 传动片铆钉 33. 传动片

在压盘与压紧弹簧接触处铸有筋台，以减小接触面积，并在接触面间加装隔热垫。

离合器须与曲轴飞轮组组装在一起进行动平衡校正。为了在拆除离合器后重新组装时保持动平衡，离合器盖与飞轮的相对角位置由定位销 17 确定。

#### 4. 分离机构

EQ1090E 型汽车离合器有四个用薄钢板冲压而成的分离杠杆沿周向均

布并沿径向安装，其中部以支承柱 20 孔中的浮动销 22 为支点，外端通过摆动支片 21 抵靠在压盘的沟状凸起部。

### 5. 操纵机构

操纵机构中的分离轴承 26、分离套筒 28 及分离叉 30 装在离合器壳 18 的内部；而分离叉臂、分离拉杆、踏板轴、踏板臂和踏板等则装在离合器壳的外部。

在压紧弹簧的作用下，离合器经常处于接合状态，只有在必要时才暂时分离。当在分离杠杆内端施加一个向前的水平推力时，分离杠杆绕支点摆动，其外端通过摆动支片推动压盘克服压紧弹簧的力而后移，从而解除对从动盘的压紧力，于是摩擦作用消失，离合器不再传递转矩，即进入了分离状态。

当需要使离合器由分离状态恢复接合时，驾驶员放松离合器踏板。踏板和分离叉 30 分别在弹簧作用下退回原位，于是压紧弹簧 31 重又使离合器恢复接合状态。为使离合器接合柔和，驾驶员应该逐渐放松踏板。

分离杠杆的防干涉措施已如前述。东风 EQ1090E 型汽车离合器采用的结构措施是分离杠杆支点采用了浮动销，而与压盘之间则采用了刀口支承形式，如图 2-7 所示。这一措施即为采用支点移动、重点摆动的综合式防干涉结构。

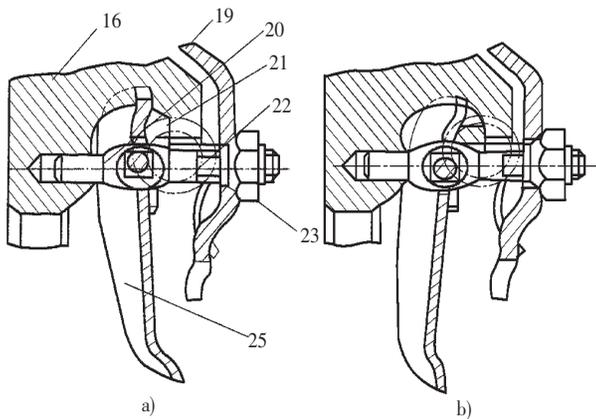


图 2-7 分离杠杆工作情况（图注同图 2-6）

a) 接合位置

b) 分离位置

支承螺柱 20 前端插入压盘 16 相应孔中，后端借调整螺母 23 支承在离合器盖 19 上。浮动销 22 穿过支承螺柱 20 中部的方孔。分离杠杆 25 松套在支承螺柱 20 上，在弹簧 24 的作用下，其中部紧靠在浮动销 22 的两端，并使浮动销与方孔的支承平面 A 接触。分离杠杆连同销 22 作以该接触点为支

点的摆动。分离杠杆外端通过呈凹字形的摆动支片 21 抵靠在压盘的钩状凸起部。当离合器处于接合状态时，分离杠杆在离心力的作用下向外甩，使浮动销处于方孔支承平面 A 的外断（图 2-7a）。当分离离合器时，分离杠杆绕支点摆动，摆动支片 21 推动压盘后移，此时摆动支片前端向内倾斜，迫使浮动销 22 沿支承平面 A 向内滚过一段很小的距离（一般小于 1mm），如图 2-7b 所示。这样，利用支点的移动和重点的摆动，消除了分离杠杆的运动干涉。

离合器分离或接合过程中，压盘应沿轴线作平行移动，否则会使离合器分离不彻底，接合不平顺，汽车起步时发生抖动现象。为此，四根分离杠杆内端的后端面沿离合器轴线方向的高度应相等（即分离杠杆内端的后端面应处于垂直轴线的同一平面内）。这一高度称为分离杠杆工作高度。

因此，装配维护时需查看各分离杠杆内端与分离轴承的接触情况，要求各分离杠杆内端位于同一平面，误差应符合原厂规定，一般不大于 0.25mm。如果不符合，就应进行调整，方法是转动调整螺母 23 可对工作高度进行调整。

东风 EQ1090E 型汽车离合器的调整除了分离杠杆 25 内端面的调整外，还有离合器踏板自由行程的调整。在离合器处于正常接合状态下，分离轴承 26 和分离杠杆 25 内端之间应留有 3mm~4mm 的间隙，以保证摩擦片在正常磨损后能处于完全接合状态。东风 EQ1090E 型汽车离合器自由行程为 30mm~40mm。离合器踏板自由行程的调整是通过拧动分离杠杆上的调整螺母来改变分离拉杆的有效长度，以调整离合器踏板自由行程的大小。将调整螺母拧入，分离杠杆的内端与分离轴承之间的间隙减小，则自由行程减小。反之则自由行程加大。

为了将摩擦面间产生的热量及时散出，离合器盖一般用钢板冲压成特殊形状，在其侧面与飞轮接触处有 4 个缺口，装合后形成 4 个窗口，当离合器旋转时，空气将不断地循环流动，以便离合器通风散热。

在重型货车上或少数中型载重汽车上广泛采用了双盘（又称为双片）离合器。双片离合器有两个压盘和两个从动盘，摩擦面增加到四个。图 2-8 所示为解放 CA1091 型载重汽车双片离合器的结构图。

飞轮 1 与中间压盘 2 及压盘 3 之间采用传动销 14 传递动力。六个传动销沿圆周轴向压入飞轮并用螺母紧固，中间压盘和压盘通过相应的孔套装在传动销上，并可以沿传动销轴向移动。离合盖用螺钉固定在传动销后端。离合盖和压盘之间无传动关系。

中间压盘不能像压盘一样由分离杠杆直接拉动分离。为保证主、从动部分彻底分离，需设中间压盘的分离装置。如图 2-8 所示，解放 CA1091 型载重汽车双片离合器采用弹簧（15）-限位螺钉（16）的型式。离合器分离

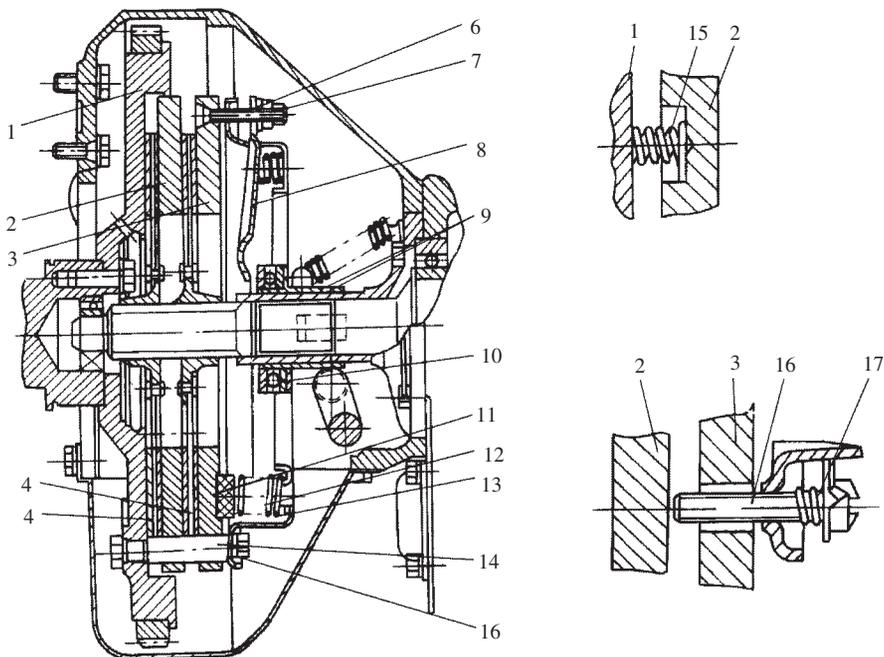


图 2-8 解放 CA1091 型载货汽车双片离合器

1. 飞轮 2. 中间压盘 3. 压盘 4、5. 从动盘 6. 分离杠杆螺钉 7. 调整螺母 8. 分离杠杆  
9. 分离轴承座 10. 分离轴承 11. 绝热垫 12. 压紧弹簧 13. 离合器盖 14. 传动销  
15. 分离弹簧 16. 限位螺钉 17. 锁紧垫圈

时，六根分离杠杆绕离合器盖上的支点转动并将压盘拉向后方，而中间压盘则被装在它和飞轮之间的分离弹簧 15 推向后方，使前从动盘 5 分离，同时为了防止中间压盘后移过多将后从动盘 4 夹紧，在离合器盖上装有四个限位螺钉 16，用以限制中间压盘的行程。限位螺钉的轴向位置是可以调整的。

分离杠杆工作高度可由调整螺母 7 来调整（即重点可调）。六根分离杠杆 8 穿过离合器盖 13 上的切口，并利用其两侧缺口支承在离合器盖 13 上。由于缺口宽度较离合器盖厚度大，分离杠杆可作小距离的径向移动。螺钉 6 的左端以球面与压盘 3 配合，可以作一定量的摆动。从而消除了分离杠杆的运动干涉。其消除运动干涉的结构措施是重点摆动并可调式。

### 三、膜片弹簧离合器

如图 2-9 所示为轿车膜片弹簧离合器。膜片弹簧 5 的靠中心部分开有十八个径向切槽，形成多个弹性杠杆，而其余未切槽的截锥部分起弹簧作用。膜片弹簧 5 的两侧有支承环 6 和 11，膜片弹簧 5 的末端圆孔穿过铆钉 7 而处

在两个支承环之间，借助于固定铆钉 7 将它们安装在离合器盖 1 上。两个支承环成为膜片弹簧工作的支点。

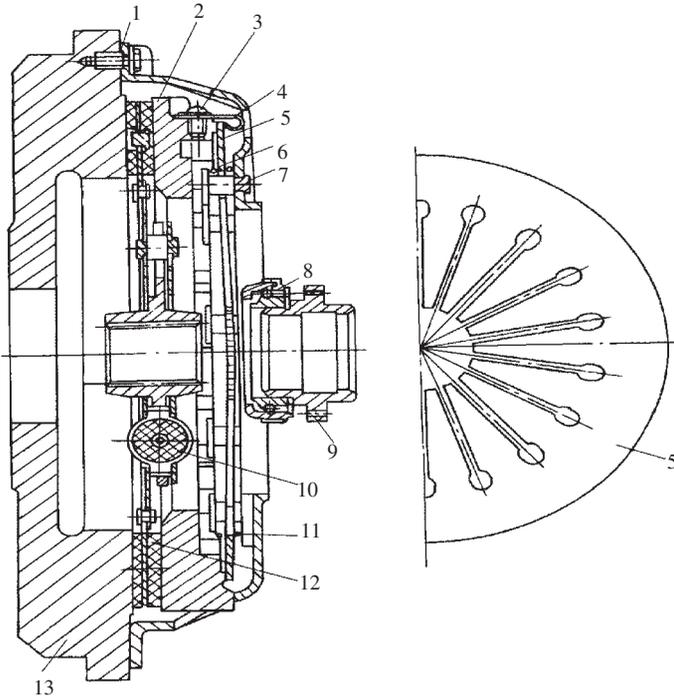


图 2-9 膜片弹簧离合器

1. 离合器盖 2. 压盘 3. 螺钉 4. 分离钩 5. 膜片弹簧  
6. 钢丝支承环 7. 膜片弹簧固定铆钉 8. 分离轴承 9. 分离套筒 10. 扭转减振器  
11. 钢丝支承环 12. 从动盘 13. 飞轮

当离合器盖未固定到飞轮 13 上时，膜片弹簧 5 不受力而处于自由状态，如图 2-10a) 所示。此时离合器盖 1 与飞轮 13 之间有一距离  $S$ 。当离合器盖用螺栓固定到飞轮上时，由于离合器盖靠向飞轮，消除距离  $S$  后，离合器盖通过支承环 11，压膜片弹簧 5 使其产生弹性变形（膜片弹簧锥顶角增大），此时膜片弹簧的外圆周对压盘 2 产生压紧力而使离合器处于接合状态，如图 2-10b) 所示。

当踩下离合器踏板时，分离轴承 8 被推向前移，使膜片弹簧压在支承环 6 上，并以此为支点发生反向锥形变形，膜片弹簧 5 的外圆周向后翘起，通过分离钩 4 拉动压盘 2 后移使离合器分离，如图 2-10c) 所示。

#### 1. 膜片弹簧离合器的结构特点和弹性特性

##### (1) 膜片弹簧离合器的结构特点

①由于膜片弹簧的轴向尺寸较小而径向尺寸很大，这有利于在提高离合

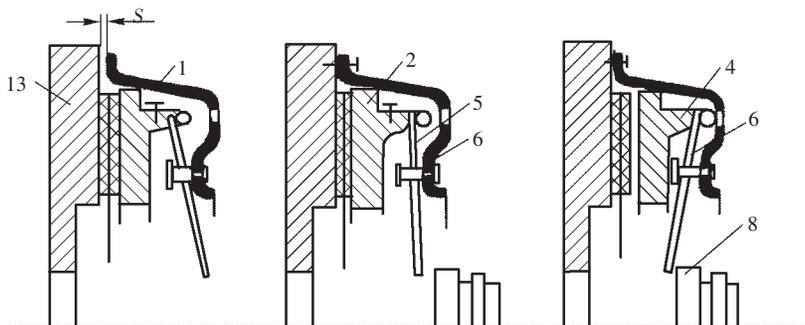


图 2-10 膜片弹簧离合器工作原理示意图

a) 安装前位置    b) 安装后（接合）位置    c) 分离位置（图注同图 2-9）

器转矩容量的情况下减小离合器的轴向尺寸。

②膜片弹簧离合器不需专门的分离杠杆，使结构简化，零件数目减少，质量减轻，维修保养方便。

③由于膜片弹簧与压盘以整个圆周接触，使压力分布均匀，摩擦片的接触良好，磨损均匀。

④由于膜片弹簧轴向尺寸小，所以可以适当增加压盘的厚度，提高热容量；而且还可以在压盘上增加散热筋及在离合器盖上开设较大的通风孔来改善散热条件。

⑤膜片弹簧的安装位置对离合器轴的中心线来说是对称的，因此它的压力不受离心力的影响，这一点对高速车辆十分重要。

## (2) 膜片弹簧的弹性特性

如图 2-11 所示为膜片弹簧和螺旋弹簧的弹性特性曲线。显然，膜片弹簧具有非线性特性，而螺旋周布弹簧具有线性特性。

当离合器接合压紧力  $F_a$  相同时（两曲线交点 a），即两种离合器都在 a 点工作。但当离合器分离时，膜片弹簧和螺旋弹簧虽然都附加同一变形量  $(\Delta L_1)$ ，然而膜片弹簧所需作用的力  $F_b$  却较螺旋弹簧所需作用的力  $F_b'$  小得多，即  $F_b \ll F_b'$ ，而且  $F_b < F_a$ ，即较接合时的力小，故膜片弹簧的特性是本身具有操纵轻便的特点。

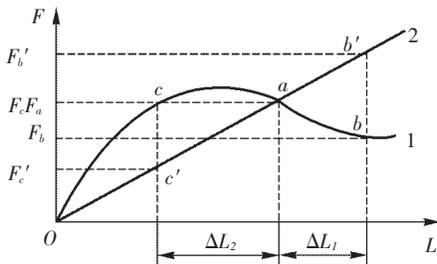


图 2-11 膜片弹簧与螺旋弹簧特性的比较

1. 膜片弹簧特性    2. 螺旋弹簧特性

$\Delta L_1$ —分离时弹簧变形量     $\Delta L_2$ —磨损后弹簧伸长量

假设离合器的摩擦衬片的磨损贮备量 ( $\Delta L_2$ ) 都相等, 则二者在达到正常磨损极限的过程中, 弹簧有变形量 ( $\Delta L_2$ )。但是, 由于膜片弹簧特性的优越, 使离合器的压紧力实际上几乎保持不变 (由  $F_a$  变至  $F_c$ ), 而在螺旋弹簧离合器中, 压紧力呈直线下降 (由  $F_a$  降为  $F_c'$ )。因此, 膜片弹簧离合器具有自动调节压紧力的特点。

鉴于上述优点, 膜片弹簧离合器在现代汽车上得到了广泛应用, 不仅在轿车上采用, 而且在轻型、中型货车, 甚至在重型货车上也得到应用。如图 2-12 所示为桑塔纳 2000 型轿车膜片弹簧离合器。

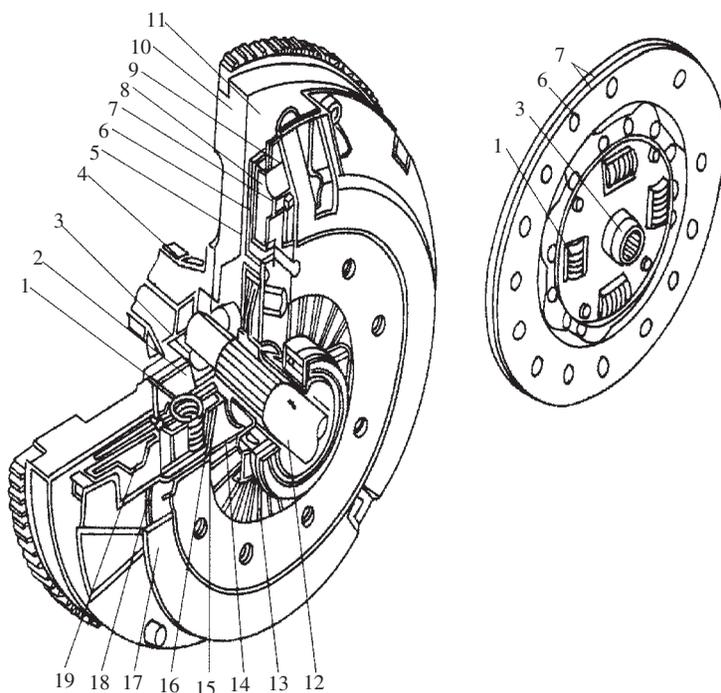


图 2-12 桑塔纳 2000 型轿车 (推式) 膜片弹簧离合器总成

1. 减振弹簧 2. 阻尼片 3. 花键轴套 4. 曲轴 5. 限位铆钉 6. 波形片 7. 摩擦片
8. 压盘 9. 传动片 10. 飞轮 11. 飞轮齿圈 12. 变速器输入轴 13. 离合器分离轴承
14. 盖板 15. 离合器膜片弹簧 16. 碟形弹簧 17. 离合器盖 18. 支承环 19. 分离钩

## 2. 膜片弹簧离合器的结构形式

膜片弹簧离合器根据分离杠杆内端受推力还是受压力, 可分为拉式膜片弹簧离合器和推式膜片弹簧离合器。

### (1) 推式膜片弹簧离合器

推式膜片弹簧离合器是指分离离合器时, 分离杠杆的内端所受的力为推力, 桑塔纳 2000 型 (见图 2-12)、红旗 CA7220 型轿车离合器及 CA1092 型

货车离合器均为推式膜片弹簧离合器。

### (2) 拉式膜片弹簧离合器

如图 2-13 所示是一种拉式膜片弹簧离合器。其特点是膜片反装（即接合状态下锥顶向前），离合器的支承环 5 移动到膜片弹簧 4 的外端，分离离合器时，须通过分离套筒将膜片中央部分向后拉。由于支承环移到膜片弹簧的外端，使其支承结构大为简化（省去了铆钉等），膜片弹簧结构强度也得到提高。而且，由于离合器盖中央窗孔可以制得较大，进一步改善了离合器的通风散热条件。在前述的推式（又称为压式）膜片弹簧离合器中，当支承环磨损后，使膜片弹簧与支承环之间间隙增大，从而导致离合器踏板的自由行程增大。而在拉式膜片弹簧离合器中，在同样磨损情况下，膜片弹簧仍能保持与支承环接触而不会产生间隙，如图 2-14 所示。可见，这种拉式膜片弹簧离合器将是一种很有发展前途的结构。

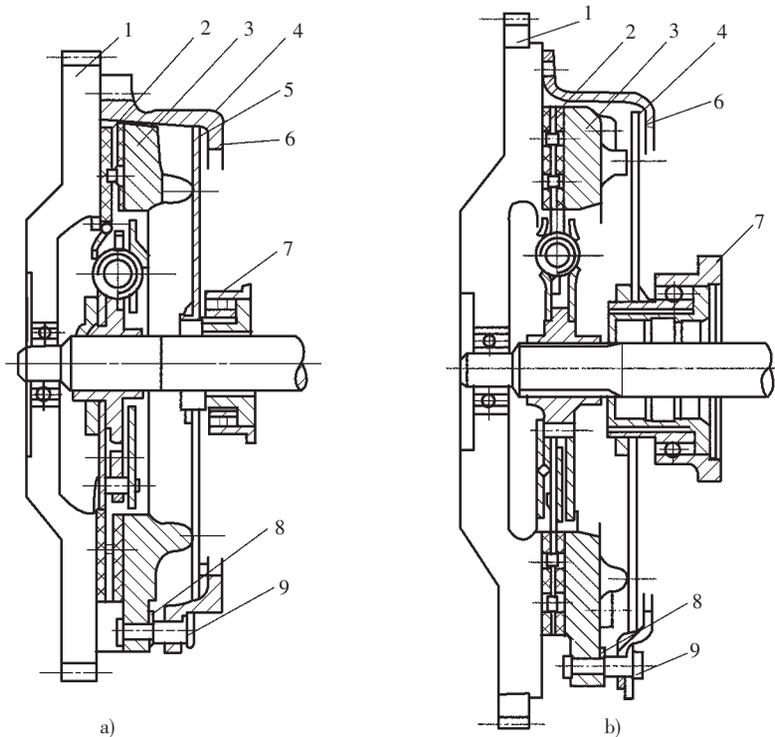


图 2-13 拉式膜片弹簧离合器

a) 带有支承环

b) 没有支承环

1. 飞轮 2. 从动盘 3. 压盘 4. 膜片弹簧 5. 支承环 6. 离合器盖 7. 分离轴承  
8. 传动片 9. 驱动销

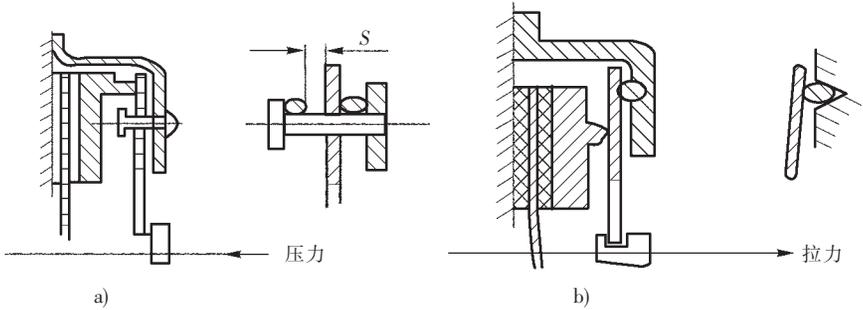


图 2-14 膜片弹簧离合器的结构特点简图

a) 一般的压式操纵 b) 拉式操纵

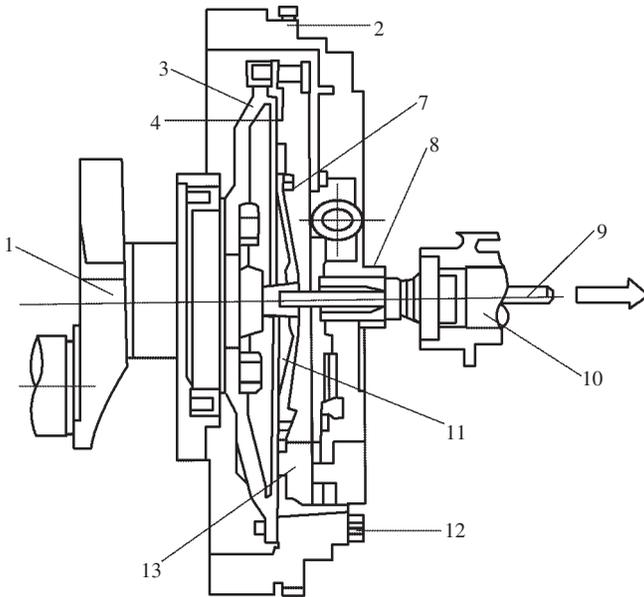


图 2-15 捷达轿车拉式膜片弹簧离合器

1. 曲轴 2. 飞轮 3. 离合器盖 4. 膜片弹簧 5. 压盘 6. 分离盘  
7. 卡环 8. 从动盘 9. 推杆 10. 变速器输入轴 11. 螺栓

捷达轿车采用的是拉式膜片弹簧离合器，如图 2-15 所示。离合器盖 3 用螺栓固定在发动机曲轴 1 的法兰盘上，离合器压盘 5 通过传动片与离合器盖相连，离合器盖 3 和压盘 5 的中间，安装的是膜片弹簧 4，膜片弹簧的大端与离合器盖相接触，膜片弹簧碟簧部分的小端压在离合器的压盘上，发动机飞轮 2 通过螺栓 11 固联到离合器盖上，离合器压盘和飞轮工作面之间

是离合器从动盘 8，离合器分离盘 6 通过卡环 7 固定在膜片弹簧分离指上，离合器分离推杆 9 安装在变速器输入轴（第一轴）10 的中心，一端作用在分离盘 6 中部的凹坑内，另一端作用于安装在变速器内的分离轴承端面上。

捷达轿车离合器的基本组成如图 2-16 所示。

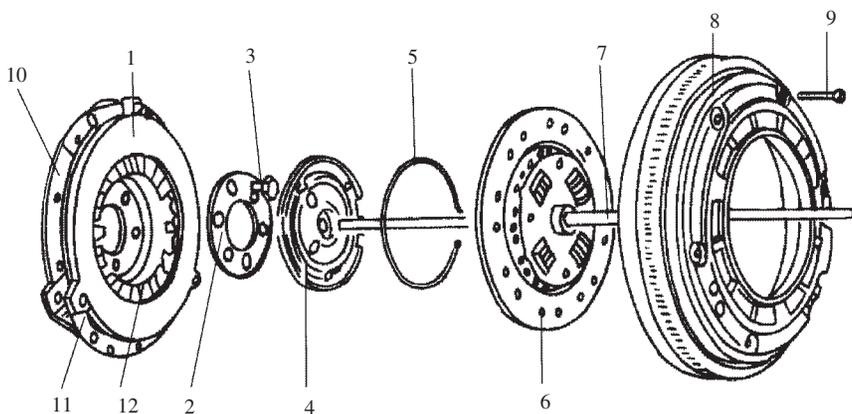


图 2-16 捷达轿车拉式膜片弹簧离合器组成图

1. 压盘 2. 中间盘 3. 螺栓 4. 分离盘 5. 卡环 6. 从动盘 7. 推杆 8. 飞轮 9. 螺栓  
10. 离合器盖 11. 传动片 12. 膜片弹簧

#### 四、从动盘和扭转减振器

发动机传到汽车传动系中的转矩是周期地不断变化着的，这就使得传动系中产生扭转振动。如果这一振动（强迫振动）的频率与传动系的固有频率相等，将发生共振。此外，在不分离离合器的情况下进行紧急制动或猛烈接合离合器时，瞬间内将造成对传动系极大的冲击载荷，从而缩短零件的使用寿命。为了避免共振，缓和传动系所受的冲击载荷，不少汽车传动系中装设了扭转减振器且多数是将扭转减振器附装在离合器从动盘中。因此，从动盘就有不带扭转减振器的和带扭转减振器的两种。

不带扭转减振器的多用在双片离合器中，而带扭转减振器的则多用在单片离合器中，特别是轿车离合器中。不论从动盘是否带有扭转减振器，其主要部分都是由从动盘本体（又称为从动片）、摩擦片和从动盘毂三部分组成。

图 2-17 所示的为不带扭转减振器的从动盘。从动盘本体 3 直接铆接在从动盘毂 5 上，为了减小从动盘的转动惯量，加强散热和防止受热后产生扭曲变形，从动盘本体通常用薄弹簧钢板制成，并在其外缘部分开有径向窄切槽。为了提高接合的柔和性，在从动片 3 与摩擦片 6 之间加铆波浪形弹性钢

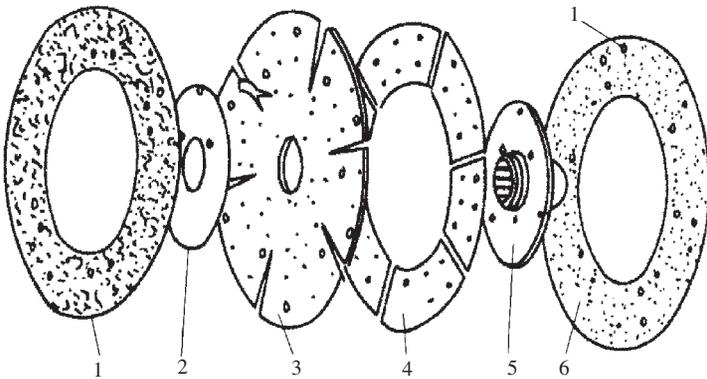


图 2-17 不带扭转减振器的从动盘

1、6. 前后摩擦片 2. 压片 3. 从动片 4. 波形片 5. 盘毂

片 4，在离合器接合时，从动片被压紧，弯曲的波浪形弹性钢片 4 逐渐被压平，从动盘上的压力和所传递的转矩逐渐增大，接合过程较平顺柔和，使从动盘轴向有一定弹性。为了获得足够的摩擦力矩，在从动盘本体（或波形片）上铆接前后两片摩擦片 1 和 6，摩擦衬片常用石棉合成物制成，具有较大的摩擦系数，良好的耐磨性、耐热性和适当的弹性。

此外，由于双片离合器的接合是逐片逐渐进行的，接合比较柔和，故一般不采用从动盘轴向弹性装置，使从动盘的结构较为简单。

具有轴向弹性的从动盘的结构形式大致有如图 2-18 所示的三种：

### 1. 整体式的弹性从动盘

从动片沿半径方向开槽，将外缘部分分割成许多扇形，并将扇形部分冲压成依次向不同方向弯曲的波状形，使其具有轴向弹性。两边的摩擦片则分别铆在每相隔一个的扇形片上，如图 2-18a) 所示。

### 2. 分开式的弹性从动盘

上述整体式弹性从动片能达到轴向弹性的要求，但是很难保证每片扇形部分的刚度完全一致。为了消除这个不足，从动盘有时采用图 2-18b) 所示的分开式结构，波形弹簧片 3 与从动片 1 分开做成两件，然后用铆钉铆在一起。由于波形弹簧片是由同一模具冲制而成，故其刚度比较一致。另外，这种结构的从动片也较容易得到较小的转动惯量。

### 3. 组合式的弹性从动片

上述两种结构的从动片在轿车上采用较多，在载重汽车上则常采用一种所谓组合式从动片，如图 2-18c) 和图 2-17 所示。

目前，轿车上无一例外地都采用带扭转减振器的从动盘。图 2-19 所示为膜片弹簧离合器的从动盘，它是离合器的从动部分。从动盘中从动片 14，

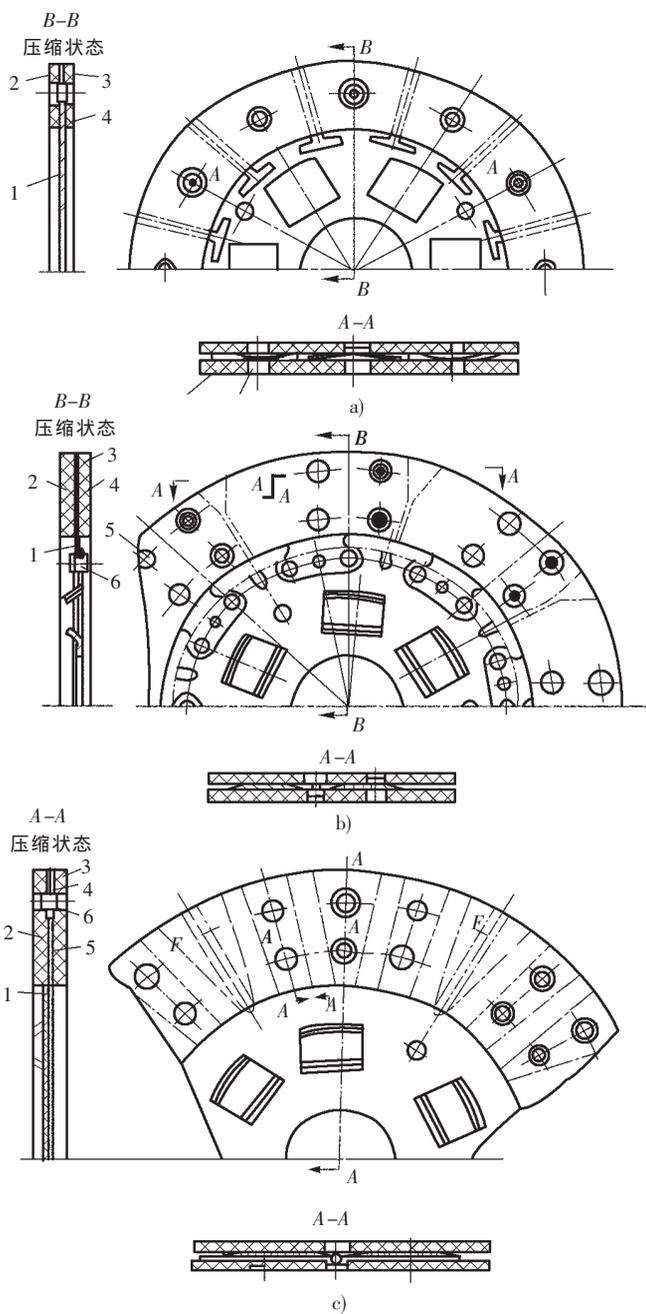


图 2-18 从动盘结构形式

a) 整体式弹性从动盘 b) 分开式弹性从动盘 c) 组合式弹性从动盘

1. 从动片 2、4. 摩擦片 3. 波形弹簧片 5. 摩擦片铆钉 6. 波形弹簧片铆钉

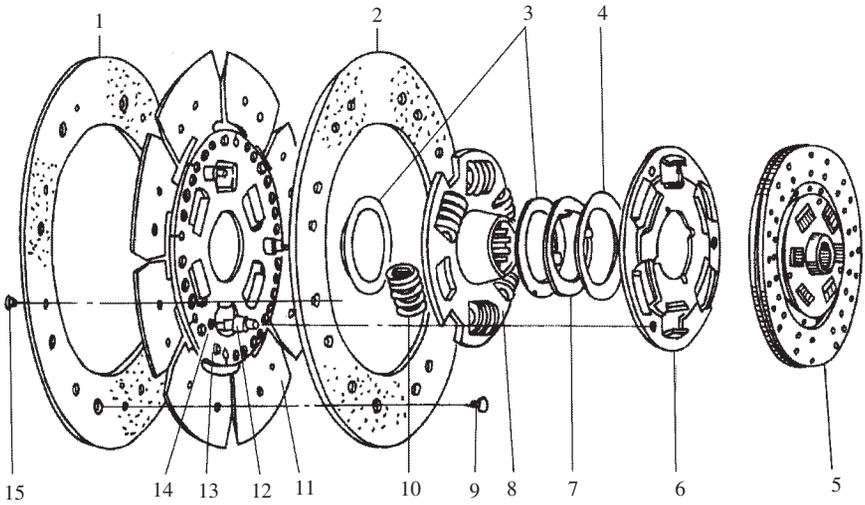


图 2-19 膜片弹簧离合器从动盘总成

- 1、2. 摩擦片 3. 摩擦垫圈 4. 碟形垫圈 5. 装配后的从动盘总成 6. 减振盘  
7. 摩擦板 8. 盘毂 9、15. 摩擦衬片铆钉 10. 减振弹簧 11. 波形片 12. 止动销  
13. 波形片铆钉 14. 从动片

其外圆沿周向铆接有由薄弹簧钢板制成的波形片 11，摩擦片 1、2 分别铆在波形片的两侧，从动片 14 通过三个止动销 12 与减振器盘 6 铆接，使摩擦片、从动片与减振器盘合为一体。在从动片和减振器盘上，沿圆周切线方向开有六个均布的窗孔。装在从动片和减振器盘之间的盘毂 8 上也开有同样的窗孔，窗孔中装有减振弹簧 10。这样的从动盘，不工作时（即不传递发动机转矩时）如图 2-20a) 所示，从动片、盘毂及减振器盘三者的窗孔是相互重合的；从动盘工作时（即传递发动机转矩时）如图 2-20b) 所示，由摩擦片传来的转矩首先通过波形片传到从动片和减振器盘上，再经六个减振弹簧

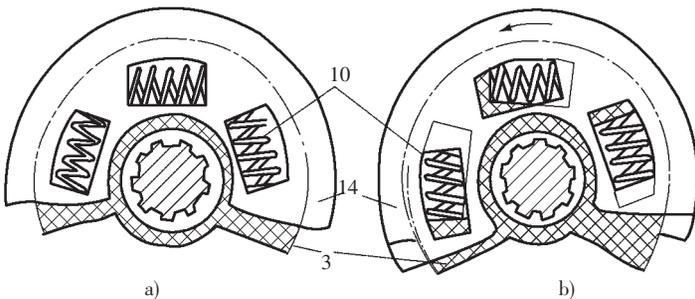


图 2-20 弹簧摩擦式扭转减振器工作示意图（图注同图 2-19）

a) 不工作时

b) 工作时

传给盘毂。这时弹簧被压缩，从动片、减振器盘与盘毂之间产生相对的角度位移。从动片传递的转矩越大，角位移也越大，最大允许角位移由止动销及盘毂上相应的窗孔的大小及位置来确定。因此，由发动机曲轴传来的扭转振动所产生的冲击即被弹簧所缓和以及摩擦片所吸收，而不会传到变速器以后的总成部件上；同样，汽车行驶于不平路面上所引起的传动系角速度的变化也不会影响发动机。在从动片、减振器盘与盘毂之间还装有摩擦垫圈 3、摩擦板 7，它们都是阻尼元件，其作用是消耗扭转振动的能量，使扭转振动迅速衰减。碟形垫圈 4 用来补偿摩擦垫圈 3 磨损后预紧力（正压力）的损失，以维持阻尼滞后转矩值基本不变。波形片 11 在离合器接合过程中可以被压缩，因此离合器具有轴间弹性，使接合平顺，摩擦片磨损均匀。

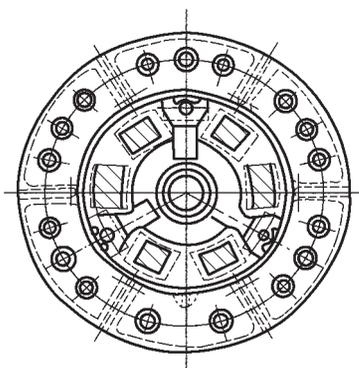


图 2-21 变刚度扭转减振器

近年来在有些汽车离合器从动盘中采用两组刚度不同的减振器弹簧，并将装弹簧的窗口长度做成尺寸不一，如图 2-21 所示。利用弹簧先后起作用的办法获得变刚度特性，这种变刚度特性可以避免不利的传动系共振，降低传动系噪声。

## 第四节 离合器的操纵机构

离合器的操纵机构是驾驶员借以使离合器分离，又使之柔和接合的一套机构。它起始于离合器踏板，终止于离合器壳内的分离轴承。

由于离合器使用频繁，因此，离合器操纵机构有以下两方面要求：

首先是操纵轻便，以减轻驾驶员的劳动强度。操纵轻便性包括两个方面：一是加在离合器踏板上的力不应过大；二是踏板总行程应在一个恰当的范围。如果上述两方面要求无法协调时则可采用加力机构。

离合器操纵机构的另一个要求是应有踏板行程的调正机构，以便当摩擦片磨损时可以进行调正。

按照分离离合器时所需的操纵能源的不同，离合器操纵机构一般可分为人力式（机械式、液压式）、气压式和助力式。前者是以驾驶员作用在踏板上的力作为唯一的操纵能源。后者则是以发动机驱动的空气压缩机或其他形式能量作为主要操纵能源，而驾驶员的力只作为辅助或后备操纵能源。

虽然离合器操纵机构类型较多，但位于飞轮壳内的操纵机构基本相同，

目前已述及。故本节主要介绍其中飞轮壳外面的部分。

## 一、人力式操纵机构

人力式操纵机构按所用传动装置的形式来分，有机械式和液压式两种。

### 1. 机械式操纵机构

机械式操纵机构有杆系传动和绳索传动两种型式。杆系传动机构如图 2-22 所示，其结构简单，工作可靠，广泛应用于各型汽车上。例如东风 EQ1090E 型汽车即为杆系传动机构。但杆系传动中杆件间铰接较多，摩擦损失大，车架或车身变形以及发动机位移时会影响其正常工作。在平头车、后置发动机汽车等离合器需要远距离操纵时，合理布置杆系比较困难。

如图 2-23 所示的绳索传动机构，可消除杆系传动机构的一些缺点，它能采用便于驾驶员操纵的吊挂式踏板。但绳索寿命较短，拉伸刚度较小，故只适用于轻型、微型汽车和某些轿车。例如桑塔纳、捷达轿车离合器的操纵机构中，采用了绳索传动机构。

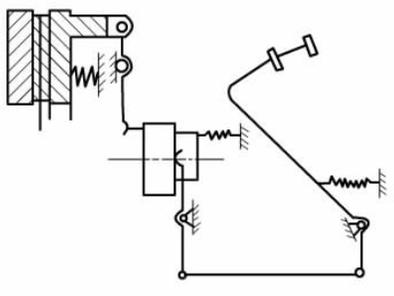


图 2-22 杆系传动机构

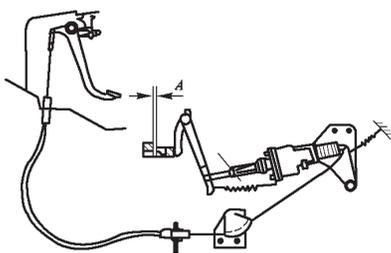


图 2-23 绳索传动机构

如图 2-24 所示为桑塔纳 2000 型轿车的离合器所采用的机械式绳索传动机构。

如前所述，机械式绳索传动装置中关节点较多，摩擦损失较大，随着使用次数的增加磨损加剧，最大踏板力将会增加。

### 2. 液压式操纵机构

液压式操纵机构以油液作为传力介质。液压式操纵机构示意图如图 2-25 所示，主要由主缸、工作缸以及管路系统组成。

北京 BJ2020 型汽车离合器液压式操纵机构如图 2-26 所示，其主缸和工作缸的构造如图 2-27 和图 2-28 所示。

当离合器处于接合状态时，离合器踏板 21 处于最高位置，主缸活塞 9 在其回位弹簧的作用下处于最右端位置，此时主缸皮碗 10 刚好位于补偿孔 A 和进油孔 B 之间（见图 2-27），活塞 9 与推杆 7 之间保持 0.5mm ~ 1mm 的间隙，以保证活塞彻底回位。

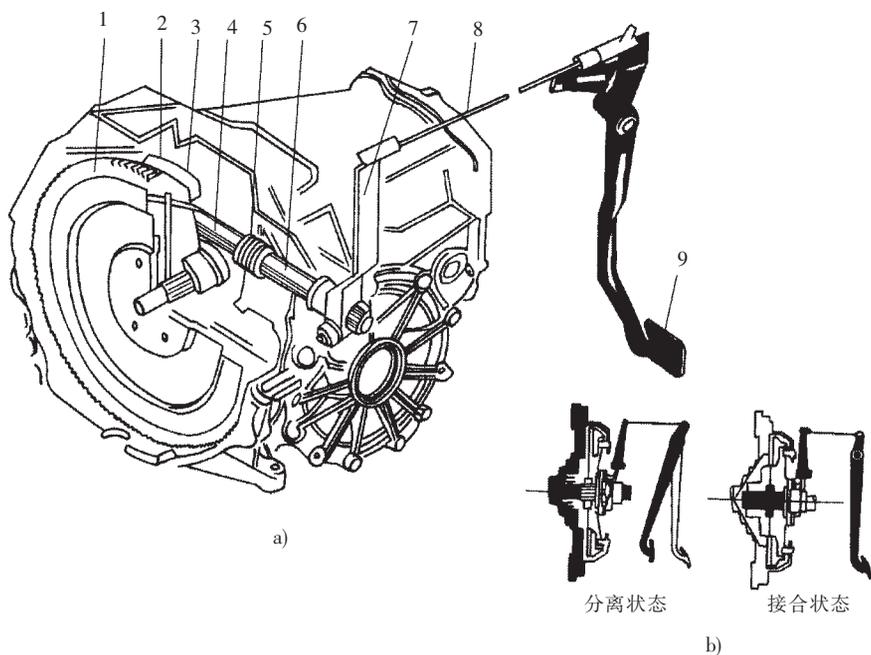


图 2-24 桑塔纳 2000 型轿车离合器操纵机构

a) 离合器操作结构图

b) 离合器动作示意图

1. 飞轮齿圈 2. 飞轮 3. 离合器总成 4. 分离轴承 5. 回位弹簧 6. 分离轴  
7. 传动臂 8. 拉索 9. 踏板

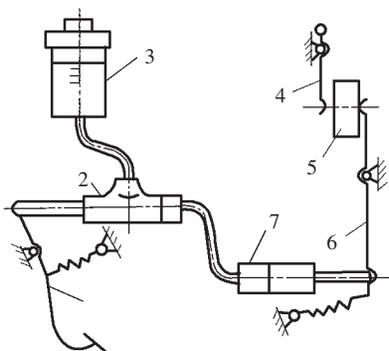


图 2-25 离合器液压式操纵机构示意图

1. 踏板 2. 主缸 3. 储液室 4. 分离杠杆 5. 分离轴承 6. 分离叉 7. 工作缸

当需要分离离合器时，踏下踏板，推杆 7 推动活塞 9 左移，至皮碗 10 关闭补偿孔 A 后主缸工作腔内油压开始升高，并经油管 12 传至工作缸的工作腔，推动工作缸活塞 15 连同分离叉推杆 20 右移，使离合器分离。

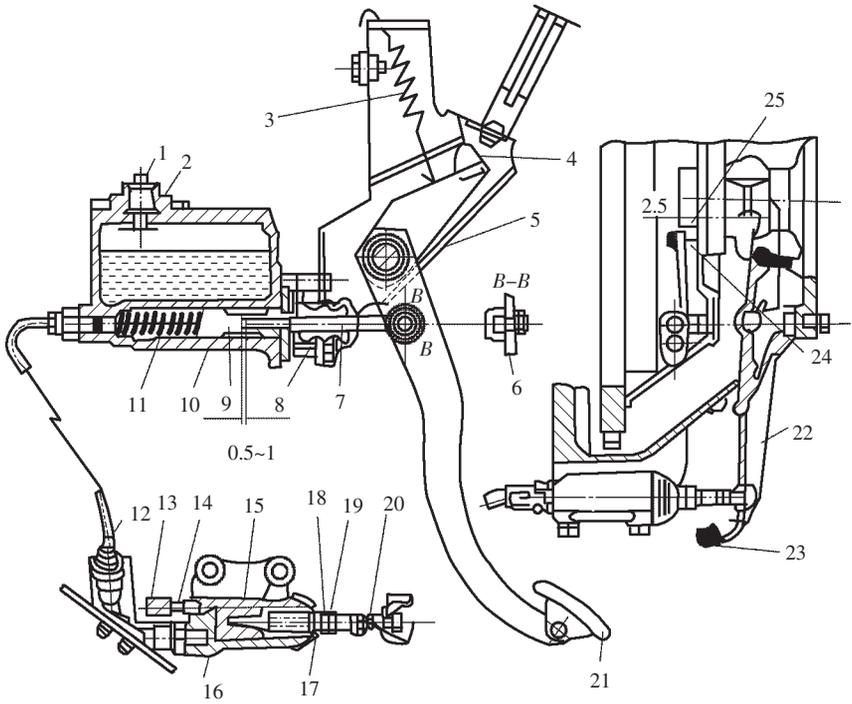


图 2-26 北京 BJ2020 型汽车离合器液压式操纵机构

1. 主缸贮液室通气孔 2. 贮液室螺塞 3. 踏板回位弹簧 4. 踏板限位块 5. 踏板轴 6. 偏心螺栓 7. 主缸推杆 8. 主缸防护罩 9. 主缸活塞 10. 主缸皮碗 11. 主缸 12. 油管 13. 工作缸放气螺钉 14. 工作缸放气阀 15. 工作缸活塞 16. 工作缸 17. 工作缸防护罩 18. 锁止螺母 19. 分离叉推杆端头 20. 分离叉推杆 21. 踏板 22. 分离叉 23. 分离叉回位弹簧 24、25. 分离杠杆调整机构

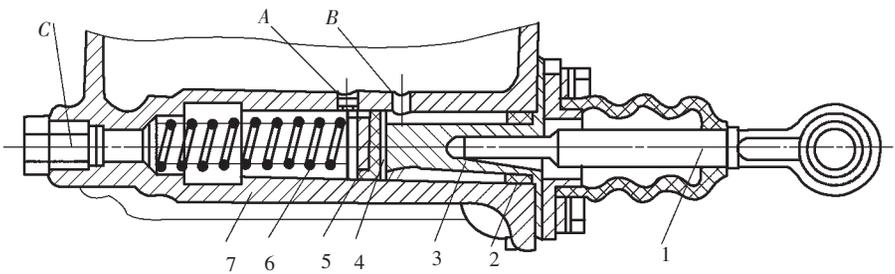


图 2-27 北京 BJ2020 型汽车离合器主缸的示意图

- A. 补偿孔 B. 进油孔 C. 出油孔  
1. 推杆 2. 密封圈 3. 活塞 4. 活塞垫片 5. 皮碗 6. 活塞回位弹簧 7. 主缸体

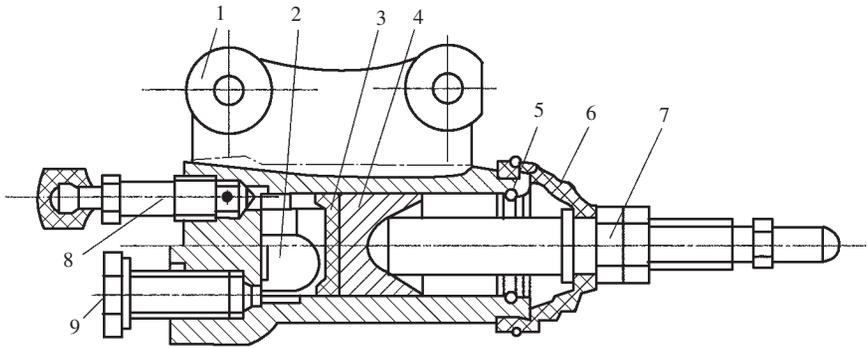


图 2-28 北京 BJ2020 型汽车离合器工作缸的示意图

1. 工作缸体 2. 活塞限位块 3. 皮碗 4. 活塞 5. 挡环 6. 护罩 7. 分离叉推杆总成  
8. 放气螺钉 9. 进油管接头

当需要离合器接合时，放松踏板，主缸活塞在其回位弹簧的作用下右移回到原位，工作缸内的油液回到主缸，油压下降，工作缸活塞 15 及分离叉推杆 20 在回位弹簧 23 作用下回位。

若迅速放松离合器踏板，主缸活塞回位速度快，但由于油液在管路中流动有一定阻力，回油较慢，使主缸活塞左腔（即主缸工作腔）形成一定的真空度，此时，贮油室中的部分油液便经进油孔 B、主缸活塞头部轴向小孔推开皮碗 10 进入工作腔弥补真空。待主缸活塞完全回位后，多余的油液便经补偿孔 A 流回贮油室。

液压操纵式离合器踏板自由行程一般是主缸活塞与其推杆之间和分离杠杆内端与分离轴承之间两部分间隙之和在踏板上的反映。因此踏板自由行程的调整实际上就是这两处间隙的调整。

调整时先调整主缸活塞与推杆之间的间隙，北京 BJ2020 型汽车离合器就是通过偏心螺栓（见图 2-26 和图 2-29）调整推杆伸出长度的，使其与主缸活塞间的间隙为  $0.5\text{mm} \sim 1.0\text{mm}$ ，反映到踏板上的自由行程应为  $3\text{mm} \sim 6\text{mm}$ 。再调整分离杠杆端部与分离轴承平面的间隙，该间隙的规定值为  $2.5\text{mm}$ ，这一间隙由改变工作缸 16 的分离叉推杆 20 的长度来实现（见图 2-26）。

调整时，旋松锁紧螺母 18，调整分离叉推杆 20 的长度，旋入间隙变大；反之变小。调整完毕后，用锁紧螺母 18 锁紧。上述调整完成后，离合器踏板自由行程应为  $32\text{mm} \sim 40\text{mm}$ 。

当管路内进入空气而影响离合器操纵时，可通过放气螺钉（见图 2-26 和图 2-28）放气。

液压式操纵机构具有摩擦阻力小、传动效率高、质量轻、离合器接合柔

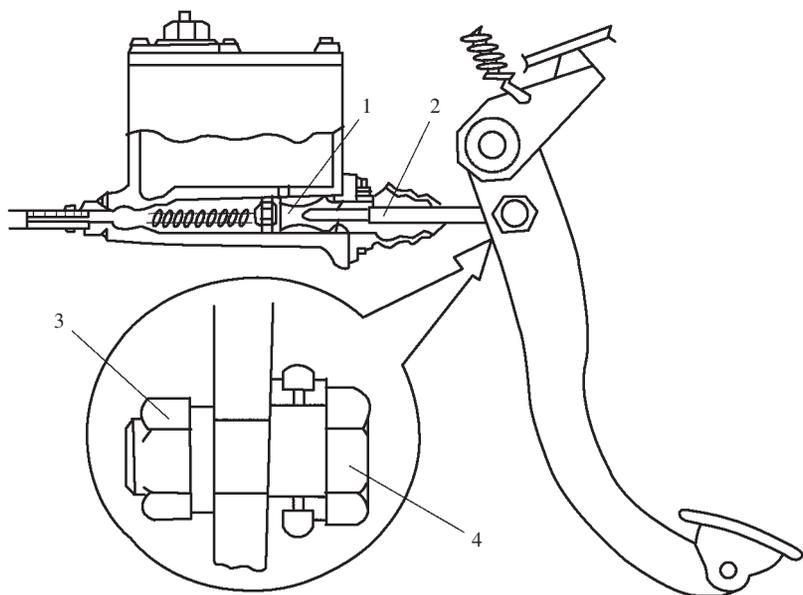


图 2-29 北京 BJ2020 越野汽车离合器主缸活塞与推杆之间间隙的调整

1. 活塞 2. 推杆 3. 锁紧螺母 4. 偏心螺栓

和及布置方便等优点。并且不受车身、车架变形的影响，因此其应用日益广泛。例如桑塔纳 2000GSI 型轿车、一汽奥迪 100 型轿车、一汽红旗 CA7220 型轿车及北京 BJ2020 型轻型越野车等汽车的离合器均采用液压式操纵机构。

桑塔纳 2000 型汽车离合器的液压操纵机构如图 2-30 所示。

贮液罐 4 上有两个出油孔，分别把制动液供给制动总泵和离合器液压操纵系统。

一汽奥迪 100 型轿车离合器的液压式操纵机械如图 2-31 所示。它们的结构与北京 BJ2020 型汽车离合器液压式操纵机构基本相同，所不同之处是北京 BJ2020 型汽车离合器液压操纵机构中，离合器的主缸与液压制动系统中的制动主缸和储液室三者铸成一体，储液室与制动主缸共用。

## 二、助力式操纵机构

在中型或重型汽车上，离合器压紧弹簧力很大，为了减小所需踏板力，又不致因传动机构杠杆比过大而加大踏板行程，可在机械式或液压式操纵机构基础上加设各种助力装置，其中常用的有弹簧助力式和气压助力式两种。

在中型或重型汽车上，离合器压紧弹簧力很大，为了减小所需踏板力，又不致因传动机构杠杆比过大而加大踏板行程，可在机械式或液压式操纵机

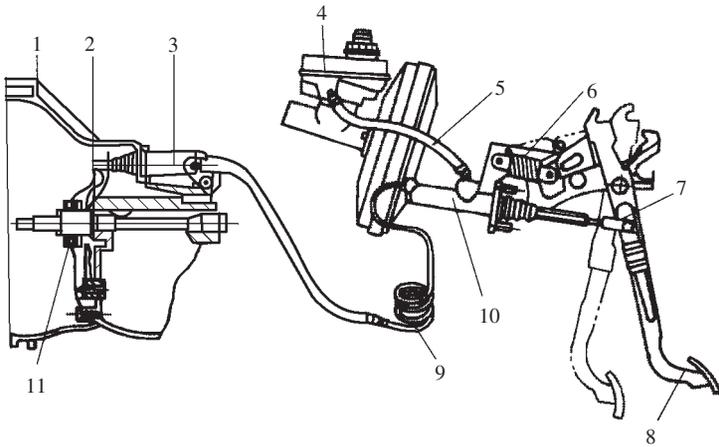


图 2-30 桑塔纳 2000GSI 离合器液压操纵系统图

1. 变速器壳体 2. 分离板 3. 工作缸 4. 贮液罐 5. 进油软管 6. 回位弹簧  
7. 推杆接头 8. 离合器踏板 9. 油管总成 10. 主缸 11. 分离轴承

构的基础上加设各种助力装置。

#### 1. 弹簧助力机械式操纵机构

弹簧助力机械式操纵机构如图 2-32 所示，其组成与杆式机械操纵机构相同，只是在踏板 1 与车架之间挂装助力弹簧 2。

离合器处于接合状态时 [图 2-32a)，助力弹簧 2 的拉力对踏板产生一个顺时针方向的力矩帮助踏板回位。

当踏下踏板使离合器分离时，最初助力弹簧拉力所产生的力矩成为踏板的阻力矩。但因为此时力臂  $L$  较小，且踏下踏板所需力矩也不大，所以踏板并不沉重。只有当弹簧中心线转过踏板铰接中心  $O$  时 [图 2-32b)，助力弹簧拉力产生的力矩才与踏板力  $F$  产生的力矩方向相同，即起助力作用。并随踏板行程的增大，助力弹簧中心到踏板铰接点  $O$  的距离  $L$  增大，助力作用也增强。放松踏板时，离合器压紧弹簧所产生的力矩较助力弹簧产生的力矩大，踏板仍能逐渐抬高，当助力弹簧中心转回到踏板铰接点  $O$  的上方时，即可帮助踏板回位。

助力弹簧的助力作用由负变正的过程是可以容许的，因为在离合器踏板的前段行程中，要消除自由间隙，离合器压紧弹簧的压缩力还不大，踏板阻力与助力弹簧造成的踏板附加阻力的总和也在容许范围内。在踏板的后段行程中，压紧弹簧的压缩量和相应的作用力继续增加到最大值。在离合器彻底分离以后，为了变速器换挡或制动，往往需要在一段时间内将踏板保持在这一最低位置，而这正是导致驾驶员疲劳的主要原因，因而在后一段踏板行程中最需要助力作用。助力弹簧的助力效果是有限的，一般只能降低踏板力的

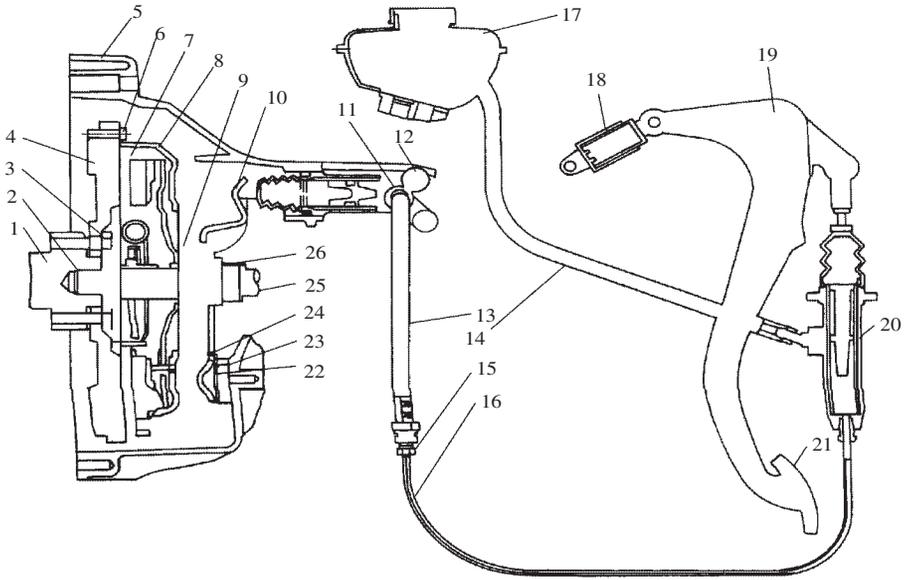


图 2-31 一汽奥迪 100 型轿车离合器操纵机构

1. 曲轴 2. 滚针轴承 3. 螺栓 4. 飞轮 5. 飞轮壳 6. 内六角螺栓 7. 离合器从动盘总成  
8. 离合器盖及压盘总成 9. 离合器分离轴承 10. 离合器分离叉 11. 离合器工作缸总成  
12. 通气阀总成 13. 橡胶软管总成 14. 进油管 15. 油管接头 16. 油管 17. 储液罐总成  
18. 踏板助力回位总成 19. 离合器踏板轴 20. 离合器主缸总成 21. 踏板 22. 球头螺栓  
23. 分离叉座 24. 弹簧卡 25. 变速器第一轴 26. 变速器第一轴 26. 导向轴套

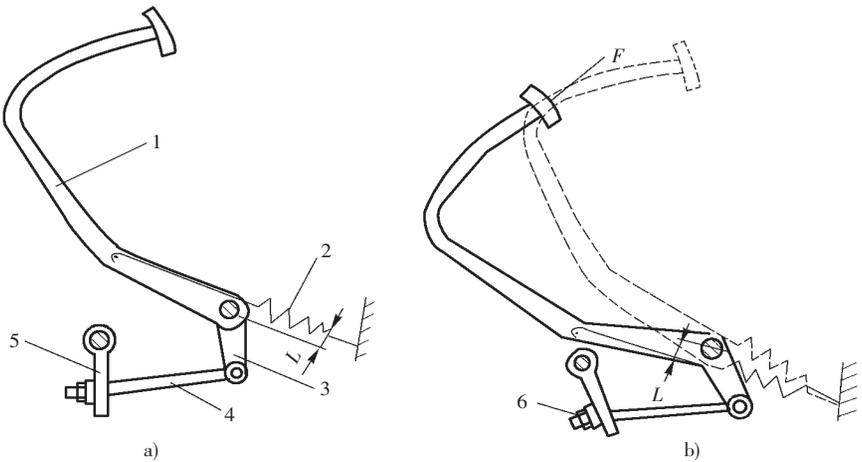


图 2-32 解放 1092 型汽车离合器弹簧助力机械式操纵机构工作原理示意图

1. 踏板 2. 助力弹簧 3. 拉臂 4. 拉杆 5. 分离叉臂 6. 调整螺母

25% ~ 30%。

操纵离合器的主要能源仍然是驾驶员的力。所以，弹簧助力机械式操纵机构仍属于人力式范畴。

为了减轻驾驶员的劳动强度，在有些轿车离合器的操纵机构中，也增设了弹簧助力装置。如图 2-33 所示为捷达轿车离合器的操纵机构所采用的弹簧助力装置。

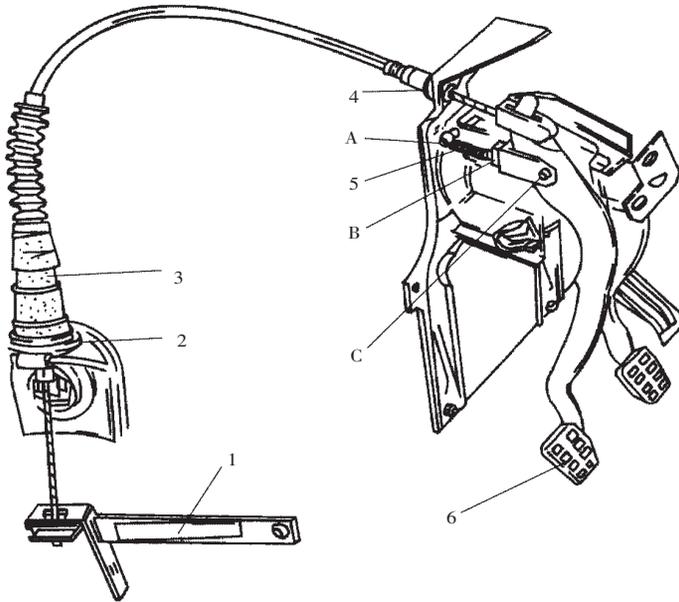


图 2-33 捷达轿车离合器操纵机构的弹簧助力装置

- A. 助力弹簧导向杆与离合器踏板支架连接销轴  
 B. 助力弹簧导向杆与离合器踏板连接销轴 C. 离合器踏板轴  
 1. 离合器分离杠杆 2、4. 固定点 3. 离合器绳索总成 5. 助力弹簧 6. 离合器踏板

## 2. 气压助力式操纵机构

气压助力式离合器操纵机构一般是利用由发动机带动的空气压缩机作为主要的操纵能源。驾驶员的肌体则作为辅助的和后备的操纵能源。由于包括空气压缩机、贮气罐在内的一整套压缩空气源，结构较复杂，质量也大，所以单为离合器操纵机构设置整套能源系统是不适宜的，一般都是与汽车的气压制动系及其他气动设备共用一套压缩空气源。

气压助力装置可以装设在机械式操纵机构中即气压助力机械式操纵机构，也可以装设在液压式操纵机构中即气压助力液压式操纵机构。黄河 JN1181C13 型汽车离合器的气压助力液压式操纵机构如图 2-34 所示。

在备有压缩空气装置的汽车上也可采用气压操纵机构。如图 2-35 所示，

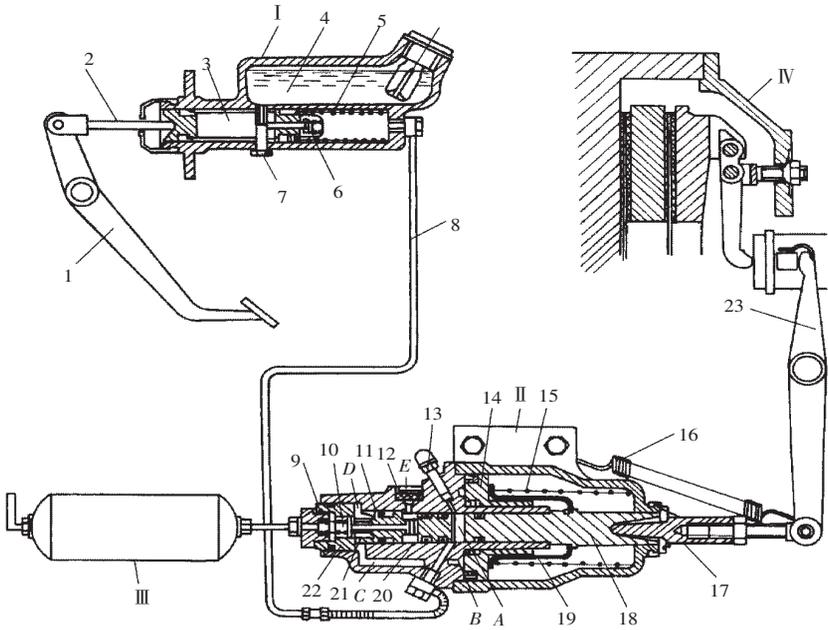


图 2-34 黄河 JN1181C13 型汽车离合器的气压助力式液压操纵机构示意图

- I. 液压主缸 II. 气压助力液压工作缸 III. 贮气罐 IV. 离合器  
 A. 液压工作缸压力腔 B. 助力气室压力腔 C. 气道 D. 控制阀反作用腔 E. 排气口  
 1. 离合器踏板 2. 主缸推杆 3. 主缸活塞 4. 贮液室 5. 主缸活塞回位弹簧 6. 进油阀  
 7. 限位螺钉 8. 油管 9. 气阀门弹簧 10. 气阀门 11. 气压控制活塞 12. 排气滤清器  
 13. 放气螺钉 14. 气压助力活塞 15. 气压助力活塞回位弹簧 16. 分离叉回位弹簧  
 17. 液压工作缸推杆 18. 液压工作缸活塞 19. 弹簧座 20. 液压控制活塞 21. 气压控制活塞回位弹簧 22. 进气阀座 23. 离合器离叉

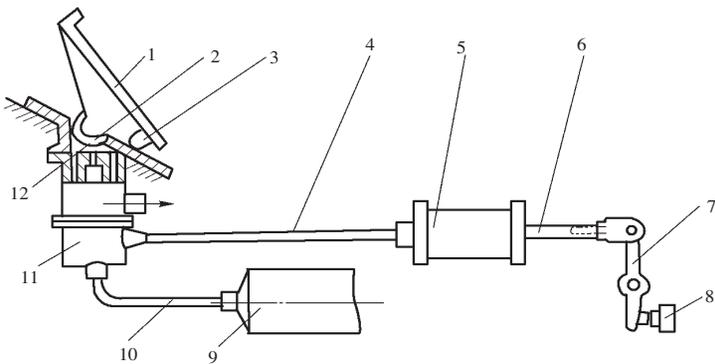


图 2-35 气压式操纵机构简图

1. 离合器踏板 2. 滚轮 3. 踏板支承 4. 10. 管路 5. 工作缸  
 6. 推杆 7. 分离拨叉 8. 分离轴承 9. 贮气筒 11. 操纵阀 12. 操纵阀杯形支座

它由操纵阀，工作缸和管路系统组成。气压式操纵机械是利用压缩空气作为操纵离合器的主要力源，因而操纵轻便，但结构不如液压式简单。

### 思考题

1. 以内燃机为动力的汽车传动系中为什么要装离合器？摩擦式离合器有哪些类型？
2. 试述摩擦式离合器的基本组成和工作原理。
3. 为什么要求离合器从动盘有轴向弹性？实现轴向弹性的结构措施有哪些？
4. 简述带扭转减振器的从动盘的构造和工作情况。
5. 离合器的操纵机构有哪些类型？各有何特点？
6. 如何调整离合器踏板自由行程？

# 第三章 变速器

目前汽车上广泛采用的动力装置是活塞式内燃机，它们的转矩与转速变化范围都较小，而汽车的行驶工况非常复杂，行驶速度和行驶阻力的变化范围很大，为了解决这一矛盾，在汽车传动系中设置了变速器。本章主要介绍普通齿轮式变速器的基本组成和工作原理。

## 第一节 概述

### 一、变速器的功用

#### 1. 实现变速变矩

改变传动比，扩大驱动轮转矩和转速的变化范围，以适应汽车在各种行驶条件下所需的牵引力和合适的行驶速度。

#### 2. 实现倒车

现在的内燃活塞式发动机，其旋转方向通常都是不变的（面对曲轴前端看，为顺时针旋转），为了使汽车能倒向行驶，变速器中设有倒挡。

#### 3. 实现中断动力传递

在发动机起动、怠速运转、变速器换挡和进行动力输出时，都要将发动机至传动系的动力传递中断、故变速器中应设有空挡。

### 二、变速器的类型

变速器可以按照传动比或操纵方式来分类。

#### 1. 按传动比变化方式分

(1) 有级变速器 采用齿轮传动，具有若干个数值一定的传动比，从传动比等于 1 的直接挡（或小于 1 的超速挡）直到传动比最大的最低挡（一档），速比成阶梯式的变化。这种变速器按其采用的齿轮系型式的不同又可分为轴线固定的普通齿轮变速器和轴线旋转的行星齿轮变速器。普通齿轮变速器按前进挡时传递动力的轴数又可分为两轴式和三轴式。其中两轴式变速器广泛用于前置前驱动（FF）轿车，如夏利、桑塔纳、捷达、奥迪等。三轴式变速器应用最广泛，为绝大多数具有机械式传动系的车辆所采用。行

星齿轮变速器在传动系中一般不单独采用。常用于液力式传动系，与液力变矩器一起组成液力机械变速器。

汽车变速器的挡数是指前进挡的数目，不包括倒挡。目前，轿车和轻、中型货车变速器的传动比通常有 3~5 个前进挡和一个倒挡，少数也有 6 个挡位的（如 CA1091 汽车）。对于重型汽车，为了得到更多的挡位，又不使变速器体积和质量过大、结构复杂、拆装困难，将变速器做成主、副变速器两部分，主变速器挡数一般有 4~5 个挡；副变速器挡数一般有 2~4 个挡，没有倒挡。这样就使整个变速系统得到 8~20 个挡位。这种变速器称为组合式变速器。

(2) 无级变速器 它的传动比在一定范围内是无限多级地连续变化的。如液力式传动系采用的液力变矩器、电力传动系中的直流串激电动机等均为无级变速传动元件。

(3) 综合式变速器 一般是指由液力变矩器和齿轮式有级变速器组成的液力机械式变速器，其传动比是在几个区段内无级变化，为部分无级式。这种结构既可得到较大的传动比，又可实现无级变速，目前应用较多。

## 2. 按操纵方式不同分

(1) 手动换挡式变速器 靠驾驶员直接操纵变速杆进行换挡。这种变速器换挡机构简单，工作可靠，目前应用最广。

(2) 自动操纵式变速器 传动比的选择和换挡是自动进行的。它是借助反映发动机负荷和车速的信号系统来控制换挡系统的执行元件来实现机械变速器的换挡。驾驶员只需操纵加速踏板以控制车速。

(3) 半自动式变速器 此种变速器有两种型式，一种是几个常用挡位可自动换挡，其余几个挡位要由驾驶员手动操作。另一种是预选式的，即驾驶员先用按钮选定挡位，在踩下离合器踏板或松开加速踏板时，接通自动控制和执行机构进行自动换挡。

本章仅介绍目前汽车上应用最广的手动操纵轴线固定式齿轮变速器。

变速器的基本结构组成包括：变速传动机构和操纵机构两部分。变速传动机构的主要作用是改变转矩的数值和方向；操纵机构的作用是实现传动比的变换——换挡。

## 三、普通齿轮变速器的工作原理

普通齿轮式变速器是利用不同齿数的齿轮啮合传动实现转速和转矩改变的。

由齿轮传动的原理可知，一对齿数不同的齿轮啮合传动时可以变速，而且两齿轮的转速与其齿数成反比。设主动齿轮转速为  $n_1$ ，齿数为  $Z_1$ ；从动齿轮转速为  $n_2$ ，齿数为  $Z_2$ 。主动轮（即输入轴）转速与从动轮（即输出

轴) 转速之比值称为传动比, 用字母  $i_{12}$  表示。即

$$i_{1,2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

如图 3-1a) 所示, (即  $Z_1 < Z_2$ ), 其转速经大齿轮传出时就降低了, 即  $n_2 < n_1$ , 称为减速传动, 此时传动比  $i > 1$ ; 如图 3-1b) 所示, 当以大齿轮为主动轮 (即  $Z_1 > Z_2$ ), 其转速经小齿轮传出时就升高了, 即  $n_2 > n_1$ , 称为增速传动, 此时传动比  $i < 1$ 。这就是齿轮传动的变速原理。

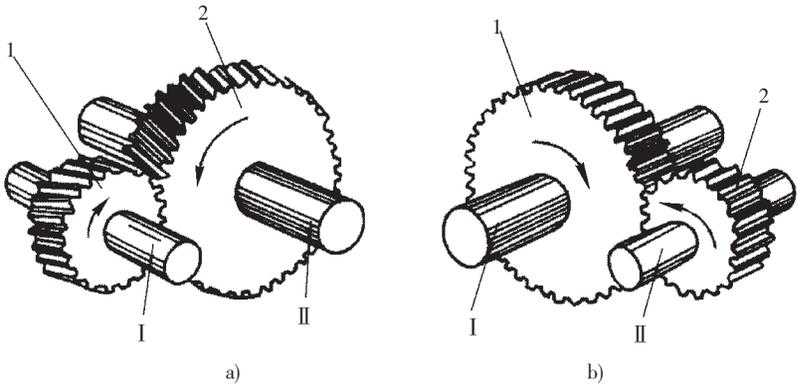


图 3-1 齿轮传动的基本原理

I. 输入轴 II. 输出轴

1. 主动齿轮, 齿数为  $Z_1$  2. 从动齿轮, 齿数为  $Z_2$

一对齿轮传动只能得到一个固定的传动比, 从而得到一种输出转速, 并构成一个挡位。为了扩大变速器输出转速的变化范围, 普通齿轮变速器通常都采用多组大小不同的齿轮啮合传动, 这样就构成了多个不同的挡位, 从而可得到多种不同的输出转速。

图 3-2 为两级齿轮传动示意图。第一级齿轮传动中, 小齿轮 1 为主动齿轮, 其转速为  $n_1$ , 齿数为  $Z_1$ ; 大齿轮 2 为从动齿轮, 转速为  $n_2$ , 齿数为  $Z_2$ 。这对齿轮的传动比 (或称速比) 为

$$i_{12} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

$$n_1 = \frac{Z_2}{Z_1} \cdot n_2$$

第二级齿轮传动中, 齿轮 3 为主动, 转速为  $n_3$ , 齿数为  $Z_3$ ; 齿轮 4 为从动, 转速为  $n_4$ , 齿数为  $Z_4$ 。这对齿轮的传动比为

$$i_{34} = \frac{n_3}{n_4} = \frac{Z_4}{Z_3}, n_4 = \frac{Z_3}{Z_4} \cdot n_3$$

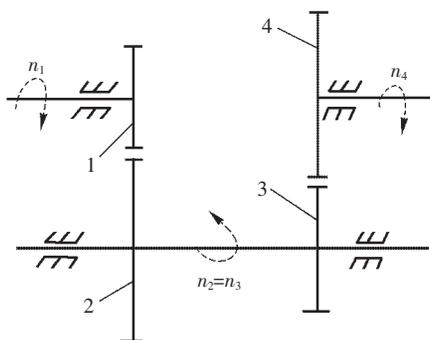


图 3-2 齿轮传动原理

经过两对齿轮传动，总速比为  $i_K$

$$i_K = i_{14} = \frac{n_1}{n_4} = \frac{Z_2}{Z_1} \cdot n_2 / \frac{Z_3}{Z_4} \cdot n_3$$

因为齿轮 2 和齿轮 3 是在同一根轴上，故  $n_2 = n_3$ ，上式成为

$$i_K = \frac{Z_2 \cdot Z_4}{Z_1 \cdot Z_3}$$

因此，多级齿轮传动的传动比为

$$i = \frac{\text{所有从动齿轮齿数的乘积}}{\text{所有主动齿轮齿数的乘积}} = \text{各级齿轮传动比的连的乘积}$$

在齿轮传动中，如不计能量损失，根据能量守恒定律，输入轴（主动齿轮）的功率  $P_1$  应等于输出轴（从动齿轮）的功率  $P_2$ ，即  $P_1 = P_2$ 。可得

$$i_{12} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{M_2}{M_1}$$

式中  $M_1$ 、 $M_2$  分别为输入轴、输出轴上的转矩。

$$\text{一般} \quad i_K = \frac{n_{\text{主动}}}{n_{\text{从动}}} = \frac{M_{\text{从动}}}{M_{\text{主动}}}$$

$$\text{即} \quad i_K = \frac{n_{\text{入}}}{n_{\text{出}}} = \frac{M_{\text{出}}}{M_{\text{入}}}$$

当  $i_K > 1$  时， $n_{\text{出}} < n_{\text{入}}$ ， $M_{\text{出}} > M_{\text{入}}$ ，为降速增扭（变速器低挡位）； $i_K = 1$  时，输入、输出轴上转速、转矩分别相等（变速器直接挡）； $i_K < 1$  时， $n_{\text{出}} > n_{\text{入}}$ ， $M_{\text{出}} < M_{\text{入}}$ ，为升速降扭（变速器超速挡）。

前已述及，机械式齿轮变速器的变速传动机构有两种：两轴式和三轴式。

普通齿轮变速器常见的齿轮传动型式有：有单级齿轮传动（参看图 3-1）和双级齿轮传动（参看图 3-2）两种。单级齿轮传动式变速器如图 3-3 所示，其前进挡由输入轴（也称为第一轴）和输出轴（也称为第二轴）两

根轴及其齿轮组成，所以，通常称为两轴式变速器。所有各前进挡都由一对齿轮啮合传动，其主动齿轮都安装在输入轴上，从动齿轮都安装在输出轴上，各挡的传动比都等于该挡从动轮齿数与主动轮齿数之比值。变速器在前进挡时其输出轴旋转方向与输入轴旋转方向相反；倒挡则是在输入轴与输出轴之间加装了一根倒挡轴和倒挡齿轮（此为惰轮），使其输出轴旋转方向与前进挡时的旋转方向相同，从而可以使汽车倒向行驶。

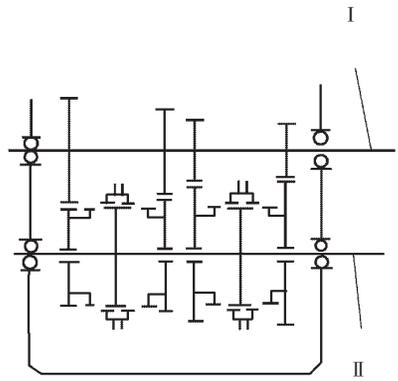


图 3-3 单级齿轮传动式变速器示意图

I. 输入轴 II. 输出轴

双级齿轮传动变速器如图 3-4 所示，其前进挡由输入轴（第一轴）、输出轴（第二轴）和中间轴三根轴及其齿轮组成，故通常称为三轴式变速器。输入轴与输出轴在同一条轴线上。输入轴上只有一个齿轮 1（为主动齿轮），与中间轴上的齿轮 2（为从动齿轮）常啮合，构成第一级齿轮传动；中间轴上的其他齿轮均作为主动轮分别与输出轴上相应的齿轮（为从动轮）相啮合，构成第二级齿轮传动。

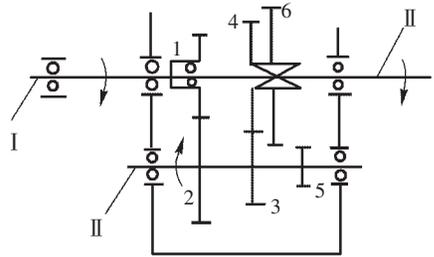


图 3-4 双级齿轮传动式变速器示意图

I. 输入轴 II. 输出轴 III. 中间轴

1. 第一轴主动齿轮 2. 中间轴从动齿轮  
3、5. 中间轴主动齿轮 4、6. 第二轴从动齿轮

即每一挡位都由两对齿轮啮合传动实现双级齿轮传动。

三轴式变速器前进挡的输入轴与输出轴转向相同，其倒挡则是在中间轴与输出轴之间加装一根倒挡轴和倒挡齿轮，使输出轴与输入轴转向相反，从而可使汽车倒向行驶。图 3-5 为换挡示意图。

## 第二节 普通齿轮变速器的变速传动机构

变速传动机构主要由一系列相互啮合的齿轮副及其支承轴以及作为基础件的壳体组成。下面分别介绍三轴式和两轴式普通齿轮变速器传动机构的基本构造和工作过程。

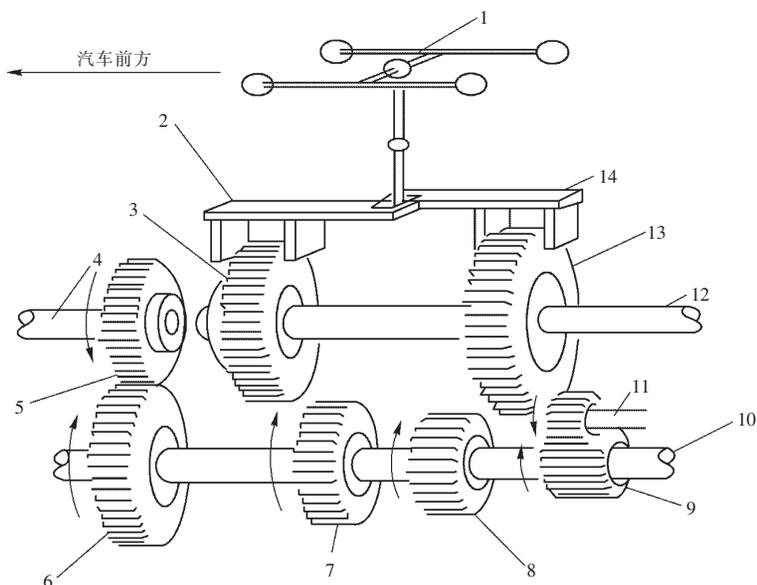


图 3-5 换挡示意图

1. 换挡操纵杆 2. 二挡拨叉 3. 二挡齿轮 4. 输入轴 5. 输入齿轮 6. 常啮合齿轮  
7. 中间轴二挡齿轮 8. 中间轴一挡齿轮 9. 中间轴倒挡齿轮 10. 中间轴  
11. 倒挡齿轮轴 12. 输出轴 13. 一挡和倒挡齿轮 14. 一挡拨叉

## 一、三轴式变速传动机构

以东风 EQ1092 型汽车变速器为例介绍三轴式变速器的结构。

### 1. 基本结构

图 3-6 为东风 EQ1092 型汽车五挡变速器传动示意图，图 3-7 为其结构简图，两图上零部件编号相同，图 3-6 中括号内的数字是标号齿轮的齿数。该变速器有五个前进挡，一个倒挡，三根轴：第一轴（输入轴）、中间轴和第二轴（输出轴）。第一轴 1 一般与常啮主动齿轮 2 制成一体，轴的前端用轴承支承在发动机飞轮的中心孔内，后端用轴承支承在变速器壳体前壁座孔中。第一轴既是变速器输入轴，又是离合器的输出轴，离合器从动盘就是套装在该轴前端的花键上。第一轴轴承盖 26 的内圆柱面切有回油螺纹（左旋），防止变速器内润滑油窜入离合器。第二轴 14 的前端用滚针轴承支承在常啮合主动齿轮 2 的内孔中，后端用轴承支承在壳体上。轴上装有一、二、三、四挡从动齿轮 12、11、7、6。一挡齿轮 12 是用花键套在轴上，可在轴上沿轴向滑动。二、三、四挡齿轮均通过滚针轴承自由地套在轴上。轴上还装有二、三挡及四、五挡换挡同步器装置。第二轴后轴承的外侧还装有

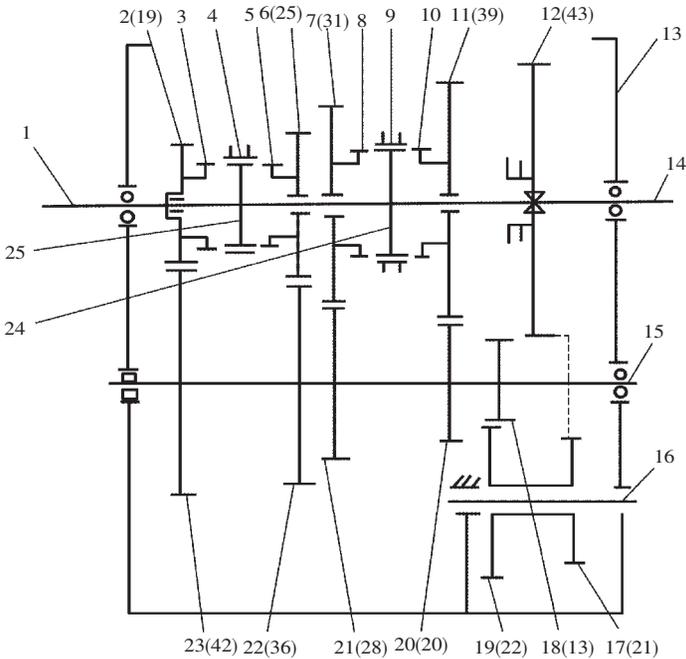


图 3-6 五挡变速器变速传动示意图

1. 第一轴 2. 第一轴常啮合传动齿轮 3. 第一轴齿轮接合齿圈 4. 接合套 5. 四挡齿轮接合齿圈 6. 第二轴四挡齿轮 7. 第二轴三挡齿轮 8. 三挡齿轮接合齿圈 9. 接合套 10. 二挡齿轮接合齿圈 11. 第二轴二挡齿轮 12. 第二轴一、倒挡滑动齿轮 13. 变速器壳体 14. 第二轴 15. 中间轴 16. 倒挡轴 17. 倒挡中间齿轮 18. 中间轴一、倒挡齿轮 19. 倒挡中间齿轮 20. 中间轴二挡齿轮 21. 中间轴三挡齿轮 22. 中间轴四挡齿轮 23. 中间轴常啮合传动齿轮 24、25. 花键毂

里程表传动齿轮 29。轴的最后端的花键上装有凸缘 31，它与万向传动装置中的万向节叉联结。中间轴 15 为一根阶梯形光轴，两端用轴承支承在壳体上。其上装有一、二、三、四挡主动齿轮 18、20、21、22 及常啮合从动齿轮 23，其中一挡齿轮 18 因尺寸小而与轴做成一体，其余齿轮均用半月键与轴联结。除上述三根轴外，变速器中还有一根倒挡轴 16，轴的两端分别支承在壳体上和箱体上的支承上，轴被锁片固定在壳体上，其上用滚针轴承自由地套装有倒挡双联齿轮 17、19。变速器中除一、倒挡齿轮为直齿齿轮外，其余齿轮均为斜齿齿轮。

## 2. 各挡传动路线及传动比

一挡：操纵变速杆，通过拨叉使第二轴上的一挡从动齿轮 12 左移，与中间轴上的一挡主动齿轮 18 相啮合，动力便从第一轴经常啮合主动齿轮 2、常啮合从动齿轮 23、中间轴 15、一挡主动齿轮 18、一挡从动齿轮 12 经花键传至第二轴 14 输出。一挡传动比为

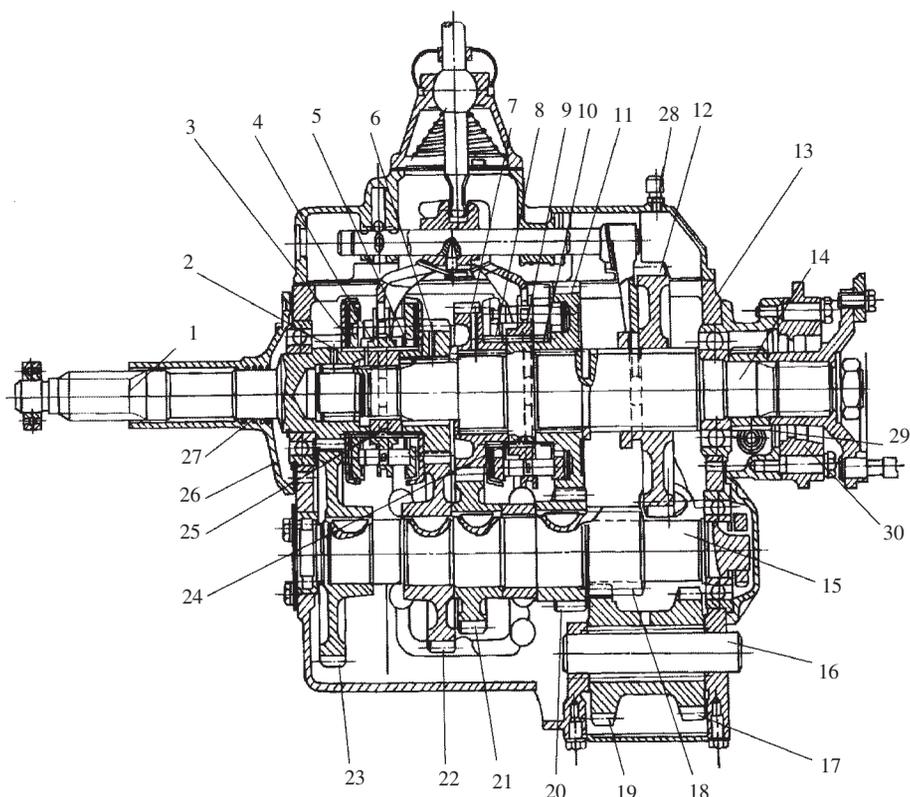


图 3-7 东风 EQ1092 型汽车变速器

1. 第一轴 2. 第一轴常啮合传动齿轮 3. 第一轴齿轮接合齿圈 4、9. 接合套 5. 四挡齿轮接合齿圈 6. 第二轴四挡齿轮 7. 第二轴三挡齿轮 8. 三挡齿轮接合齿圈 10. 二挡齿轮接合齿圈 11. 第二轴二挡齿轮 12. 第二轴一、倒挡滑动齿轮 13. 变速器壳体 14. 第二轴 15. 中间轴 16. 倒挡轴 17、19. 倒挡中间齿轮 18. 中间轴一、倒挡齿轮 20. 中间轴二挡齿轮 21. 中间轴三挡齿轮 22. 中间轴四挡齿轮 23. 中间轴常啮合传动齿轮 24、25. 花键毂 26. 第一轴轴承盖 27. 轴承盖回油螺纹 28. 通气孔 29. 车速里程表传动齿轮 30. 中央制动器底座 31. 凸缘

$$i_1 = \frac{Z_{23} \cdot Z_{12}}{Z_2 \cdot Z_{18}} = \frac{42 \times 43}{19 \times 13} = 7.31$$

二挡：将第二轴上一挡从动齿轮 12 退出啮合后，拨动带同步器的接合套 9 右移，与二挡从动齿轮 11 的接合齿圈 10 啮合，便从一档换入二挡。动力从第一轴经常啮合齿轮 2、23 至中间轴 15、再经中间轴上的二挡主动齿轮 20 传至第二轴上的二挡从动齿轮 11，因齿轮 11 是空套在第二轴上，动力不能由齿轮 11 直接传到第二轴上，而是经其上的接合齿圈 10 传至接合套 9、再到花键毂 24，最后传至第二轴。二挡传动比为

$$i_2 = \frac{Z_{23} \cdot Z_{11}}{Z_2 \cdot Z_{20}} = \frac{42 \times 39}{19 \times 20} = 4.31$$

三挡：将接合套 9 左移与接合齿圈 8 啮合，即挂入三挡。动力通过第一轴依次经常啮合齿轮 2、23，中间轴 15，三挡主、从齿轮 21、7，接合齿圈 8，接合套 9，花键毂 24 至第二轴。三挡传动比为

$$i_3 = \frac{Z_{23} \cdot Z_7}{Z_2 \cdot Z_{21}} = \frac{42 \times 31}{19 \times 28} = 2.45$$

四挡：将第二轴四、五挡接合套 4 向右移动，与接合齿圈 5 啮合，即可挂入四挡。动力通过第一轴依次经常啮合齿轮 2、23，中间轴 15，四挡主、从动齿轮 22、6，接合齿圈 5，接合套 4，花键毂 25，传至第二轴。四挡传动比为

$$i_4 = \frac{Z_{23} \cdot Z_6}{Z_2 \cdot Z_{22}} = \frac{42 \times 25}{19 \times 36} = 1.54$$

五挡：将第二轴上接合套 4 左移与第一轴上常啮合主动齿轮 2 的接合齿圈 3 啮合，即挂入五挡。这时，第一轴经接合套 4 与第二轴通过花键毂 25 联成一体。动力从第一轴经齿轮 2、接合齿圈 3、接合套 4 和花键毂 25 直接传至第二轴，不再经过中间轴来传动。故通常把这种挡位称为直接挡。直接挡动力传动路线最短，传动效率最高，在公路上行驶的车辆，经常都是用直接挡。五挡传动比为

$$i_5 = 1$$

上述 1~5 挡均为前进挡，动力从第一轴到第二轴一般均经两对齿轮传动（或第一轴、第二轴直接连接），故第二轴的旋转方向和第一轴相同。为使汽车能倒向行驶，应使第二轴的旋向与第一轴相反。这时从第一轴至第二轴应采用三对齿轮传动，就是倒挡传动路线。

倒挡：将第二轴一档从动齿轮（也兼作倒挡从动齿轮）12 右移，与倒挡中间直齿齿轮 17 啮合，即挂入倒挡。动力由第一轴经常啮合齿轮 2、23，中间轴 15，一档主动齿轮 18，倒挡中间齿轮 19 及 17 至一档从动齿轮 12，经花键传至第二轴。倒挡传动比为

$$i_R = \frac{Z_{23} \cdot Z_{19} \cdot Z_{12}}{Z_2 \cdot Z_{18} \cdot Z_{17}} = \frac{42 \times 22 \times 43}{19 \times 13 \times 21} = 7.66$$

## 二、二轴式变速传动机构

前已述及，对于发动机前置前轮驱动（FF 型）的传动系，由于总布置的需要，常采用两轴式传动机构的变速器。

目前，我国常见的几种国产轿车均采用发动机前置前轮驱动，如桑塔纳、捷达、奥迪、富康等轿车。

前置发动机又有纵向布置和横向布置两种型式（见图 1-4），故与其配用的两轴式变速器也有两种不同的结构型式。

当纵置时，主减速器齿轮和差速器齿轮就布置在离合器和变速器之间，主减速器齿轮为一对圆锥齿轮，如桑塔纳 2000 型轿车的传动系（见图 3-8）。

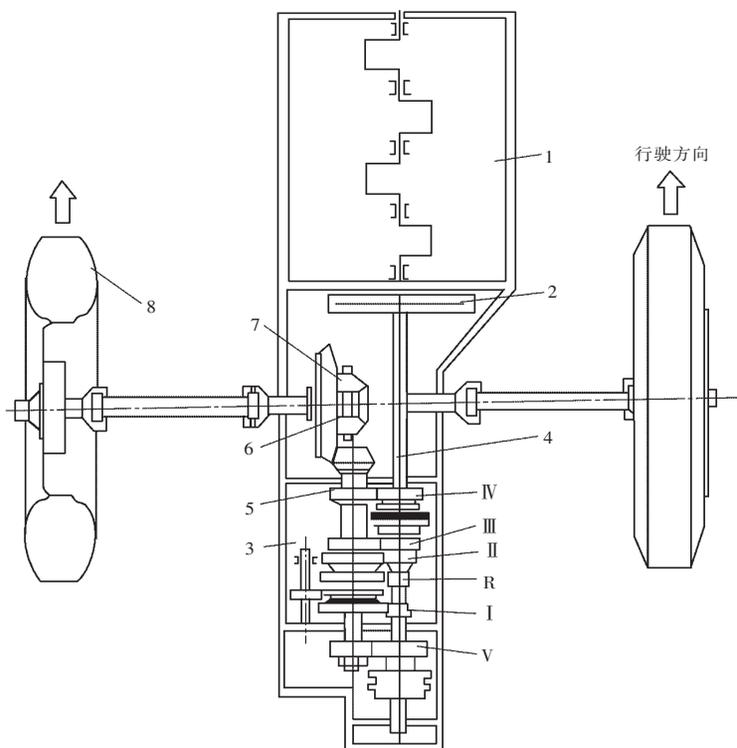


图 3-8 桑塔纳 2000 型汽车前轮驱动纵置变速器传动示意图

I、II、III、IV、V. 一、二、三、四、五挡齿轮 R. 倒挡齿轮

1. 纵置发动机 2. 离合器 3. 变速器 4. 变速器输入轴 5. 变速器输出轴  
6. 差速器 7. 主减速器从动齿轮 8. 前轮

当横置时，由于主减速器的主动齿轮和从动齿轮轴线平行，故采用一对圆柱齿轮，如夏利轿车、捷达型轿车传动系（见图 3-9）。

### 1. 发动机前置纵向布置的二轴式变速传动机构

如图 3-10 所示为奥迪 100 轿车变速器传动机构示意图。图 3-11 所示为其结构图。

变速器的变速传动机构有输入轴 2 和输出轴 19，二轴平行布置，该变速器具有五个前进挡和一个倒挡，全部采用同步器换挡。输入轴上有 1~5 挡主动齿轮，其中一、二挡主动齿轮 5、7 与轴制成一体，三、四挡主动齿轮 8、10 是用滚针轴承空套在轴上，五挡主动齿轮 11 固定在轴上。输入轴

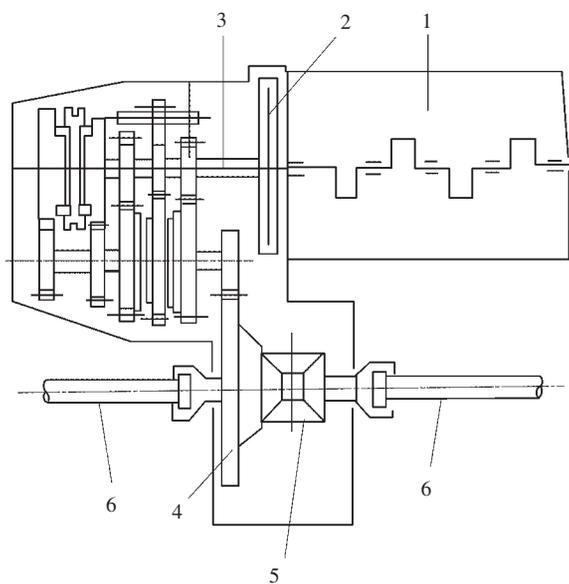


图 3-9 捷达轿车四挡变速器传动示意图

1. 发动机 2. 离合器 3. 变速器 4. 主减速器 5. 差速器 6. 带等角速万向节的半轴

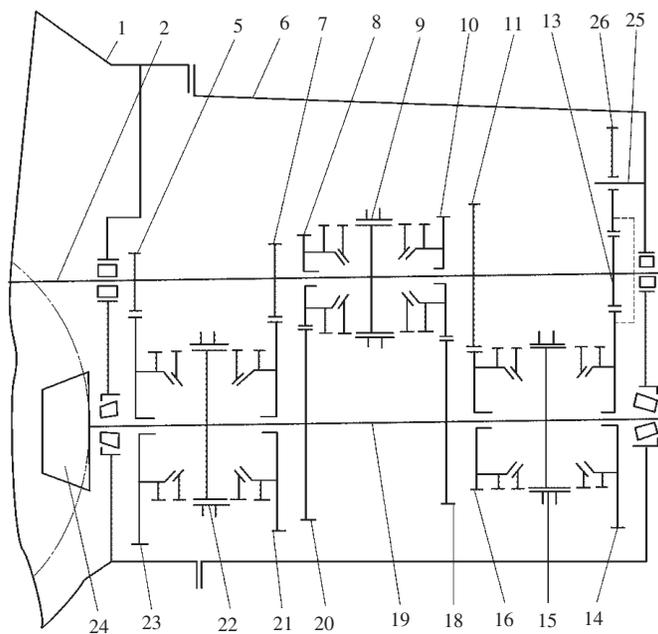


图 3-10 奥迪 100 轿车变速器传动机构示意图 (图注同图 3-11)

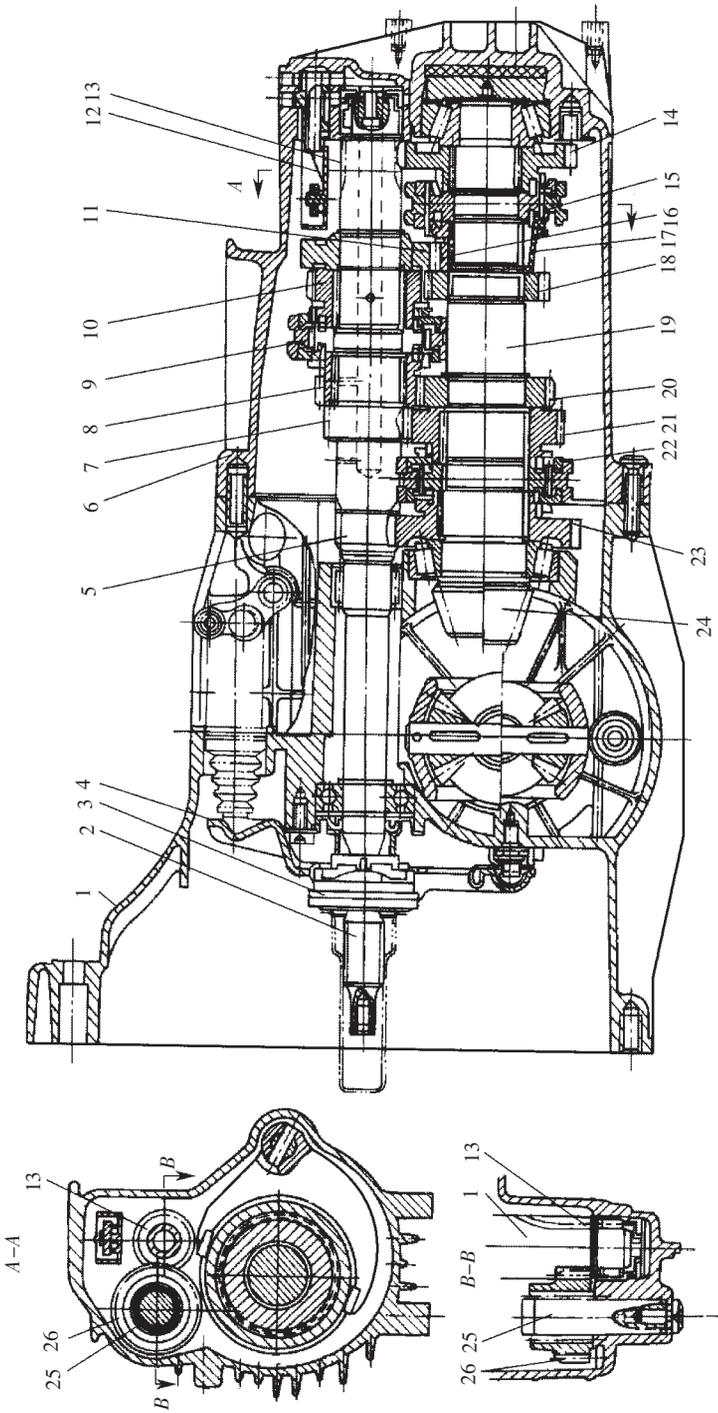


图 3-11 奥迪 100 型轿车变速器

1. 变速器前壳体 2. 输入轴一档齿轮 3. 分离杠杆 4. 分离轴承 5. 输入轴 6. 变速器后壳体 7. 输入轴二档齿轮 8. 输入轴三档齿轮 9. 15. 22. 接合套 10. 输入轴四档齿轮 11. 输入轴五档齿轮 12. 集油器 13. 输入轴倒档齿轮 14. 输出轴倒档齿轮 16. 输出轴五档齿轮 17. 隔离套 18. 输出轴四档齿轮 19. 输出轴二档齿轮 21. 输出轴二档齿轮 23. 输出轴一档齿轮 24. 主减速器主动锥齿轮 25. 倒档中间轴 26. 倒档中间轴齿轮

的右端还有一个倒挡主动齿轮 13，它与轴做成一体。三、四挡同步器也装在输入轴上。变速器壳体分为前壳体 1（它与驱动桥壳做成一体）和后壳体 6。输入轴贯穿于前、后壳体，分别由一个滚珠轴承，一个滚针轴承和一个滚柱轴承支承在前后壳体上。输出轴 19 上有 1~5 挡从动齿轮，其中一、二挡从动齿轮 23、21 用滚针轴承空套在轴上，三、四挡从动齿轮 20、18 通过花键套装在轴上。五挡从动齿轮 16 用滚针轴承空套在轴上。轴的右端还有一个倒挡从动齿轮 14，也是用滚针轴承空套在轴上。一、二挡和五、倒挡同步器均装在输出轴上。输出轴的最左端是主减速器主动锥齿轮 24，它与轴制成一体。输出轴是由两个圆锥滚子轴承支承在壳体上。在后壳体的右端，固装了倒挡中间轴 25，其上用滚针轴承套装有倒挡中间齿轮 26。

变速器各挡传动比为：

$$\text{一档：} i_1 = \frac{Z_{23}}{Z_5} = \frac{39}{11} = 3.545$$

$$\text{二挡：} i_2 = \frac{Z_{21}}{Z_7} = \frac{40}{19} = 2.105$$

$$\text{三挡：} i_3 = \frac{Z_{20}}{Z_8} = \frac{40}{28} = 1.429$$

$$\text{四挡：} i_4 = \frac{Z_{18}}{Z_{10}} = \frac{35}{34} = 1.029$$

$$\text{五挡：} i_5 = \frac{Z_{16}}{Z_{11}} = \frac{31}{37} = 0.838$$

$$\text{倒挡：} i_R = \frac{Z_{26} \times Z_{14}}{Z_{13} \times Z_{26}} = \frac{14}{13} = \frac{35}{10} = 3.50$$

两轴式变速器从输入轴到输出轴只通过一对齿轮传动，倒挡传动路线中也只有一个中间齿轮，因而传动效率高，噪声小，但由于两轴传动中不可能有直接挡，因而不能获得直接传动时较高的机械效率。该变速器的五挡为传动比小于 1 的超速挡。它主要用于在良好路面上轻载或空车行驶的情况下，可以提高汽车的燃油经济性。该变速器（见图 3-11）中，若将输入轴 2 上的五挡主动齿轮 11 及输出轴 19 上的五挡从动齿轮 16 拆下，而分别以隔离套 17 置换补位后，原五挡变速器则变为四挡变速器。集油器 12 把飞溅的润滑油收集起来，并通过孔道流至输入轴和输出轴右端的轴承处，以保证其充分润滑。若将五挡变速器改为四挡变速器时，应更换输出轴，其右端的主减速器主动锥齿轮的齿数和模数均不同于原输出轴，以适应不同车速和转矩的需要。

图 3-12 和图 3-13 分别为桑塔纳轿车四挡变速器和五挡变速器传动机构示意图。图 3-14 为五挡变速器传动机构结构图。

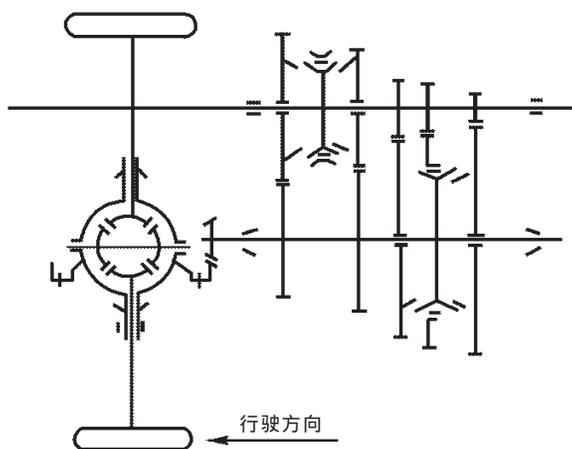


图 3-12 桑塔纳轿车四挡变速器传动机构示意图

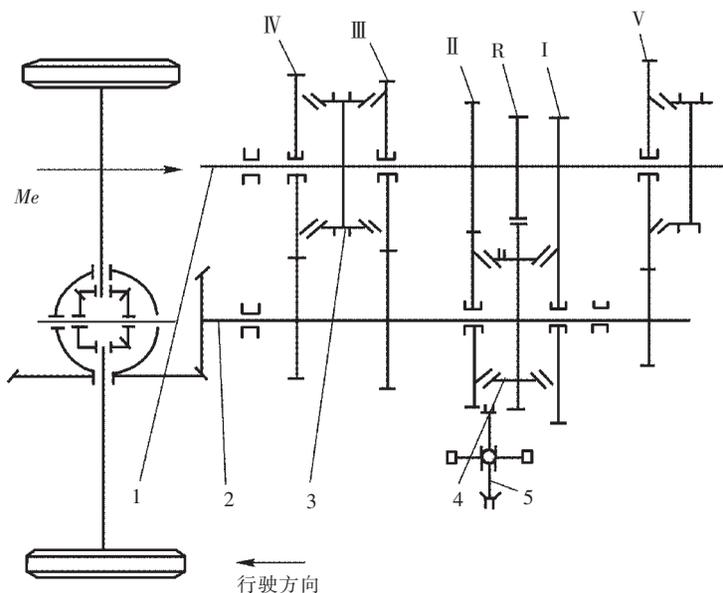


图 3-13 桑塔纳 2000 型五挡变速器传动机构示意图

- I. 1 挡齿轮 II. 2 挡齿轮 III. 3 挡齿轮 IV. 4 挡齿轮 V. 5 挡齿轮 R. 倒挡齿轮  
1. 输入轴 2. 输出轴 3. III/IV挡同步器 4. I/II挡同步器 5. 倒挡轴倒挡齿轮

桑塔纳 2000 型轿车五挡变速器的动力传递路线见图 3-13 和 3-14，详细途径见表 3-1。

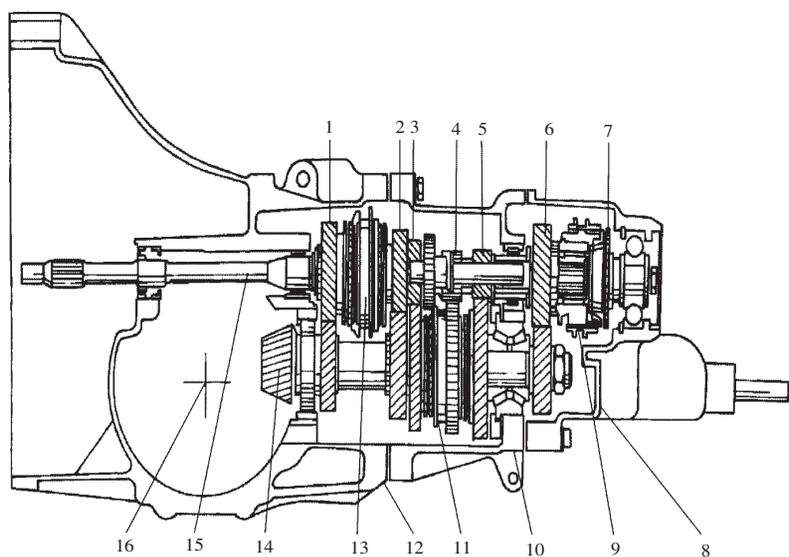


图 3-14 桑塔纳 2000 型轿车五挡变速器传动机构结构图

1. IV 挡齿轮 2. III 挡齿轮 3. II 挡齿轮 4. 倒挡齿轮 5. I 挡齿轮 6. V 挡齿轮  
 7. V 挡同步齿环 8. 换挡机构壳体 9. V 挡同步器 10. 齿轮箱体 11. I / II 挡同步器  
 12. 变速器壳体 13. III / IV 挡同步器 14. 输出轴 15. 输入轴 16. 主减速器/差速器

表 3-1 桑塔纳 2000 型五挡变速器动力传递路线

挡位	动力传递路线
I	变速器操纵杆从空挡中向左、向前移动, 实现: 动力→输入轴→输入轴 I 挡齿轮→输出轴 I 挡齿轮→输出轴上 I / II 挡同步器→输出轴→动力输出
II	变速器操纵杆从空挡中位向左、向后移动, 实现: 动力→输入轴→输入轴 II 挡齿轮→输出轴 II 挡齿轮→输出轴上 I / II 挡同步器→输出轴→动力输出
III	变速器操纵杆从空挡中位向前移动, 实现: 动力→输入轴→输入轴 III / IV 挡同步器→输入轴 III 挡齿轮→输出轴 III 挡齿轮→输出轴→动力输出
IV	变速器操纵杆从空挡中位向后移动, 实现: 动力→输入轴→输入轴 III / IV 挡同步器→输入轴 IV 挡齿轮→输出轴上 IV 挡齿轮→输出轴→动力输出
V	变速器操纵杆从空挡中位向右、向前移动, 实现: 动力→输入轴→输入轴上 V 挡同步器→输入轴上 V 挡齿轮→输出轴 V 挡齿轮→输出轴→动力输出
R	变速器换挡操纵杆从空挡中位向右、向后移动, 实现: 动力→输入轴→输入轴倒挡齿轮→倒挡轴上倒挡齿轮→输出轴倒挡齿轮→输出轴→动力反向输出

## 2. 发动机前置横向布置的二轴式变速器传动机构

捷达型轿车传动系采用的是发动机前置横向布置的型式。如图 3-15 是捷达轿车变速器传动机构示意图。

四挡变速器变速传动机构采用的是二轴式结构, 输入轴和输出轴平行安装, 每挡均由一对常啮合斜齿圆柱齿轮组成。输入轴与 I 挡主动齿轮、倒挡 (R) 主动齿轮及 II 挡主动齿轮制在一体。它是一根空心轴, 中心安装有一根推杆, 用来推动离合器分离盘。输入轴上还有 III 挡和 IV 挡主动齿轮, III、IV 挡主动齿轮和输入轴之间安装有滚针轴承。III、IV 挡主动齿轮之间安装有锁环式同步器, 同步器齿毂与输入轴上的花键是紧配合的。

输出轴与主减速器主动齿轮制成一体。输出轴的两端均采用圆锥滚子轴承支承。输出轴上装有四个前进挡及倒挡的从动齿轮, 在 I、II 挡从动齿轮之间安装的是 I、II 挡同步器, 倒挡从动齿轮兼起滑动换挡齿的作用。I、II 挡同步器齿毂与该轴上的花键紧配合。四个前进挡的从动齿轮中, III、IV 挡从动齿轮采用紧配合花键与输出轴联成一体, I、II 挡从动齿轮通过滚针轴承自由地空套在输出轴上。

捷达轿车四挡变速器传动比依次为:

$$i_1 = \frac{Z_{10}}{Z_7} = \frac{38}{11} = 3.455$$

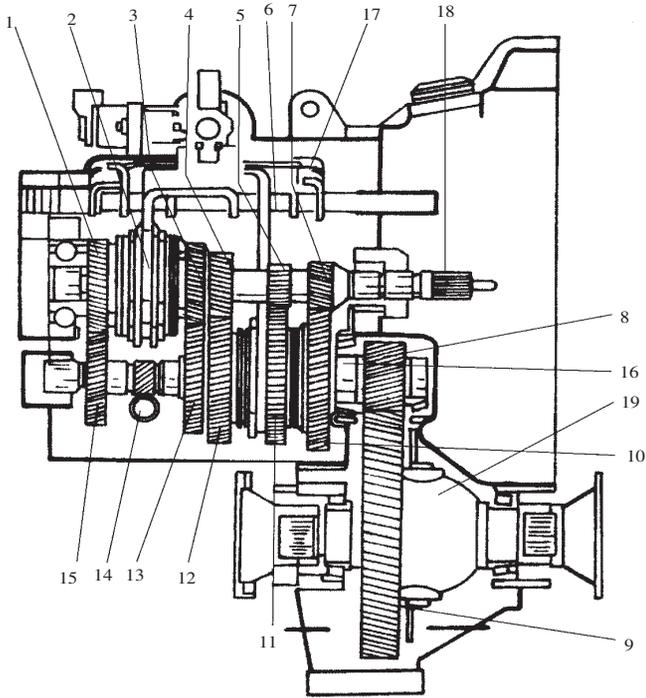


图 3-15 捷达轿车四挡变速器动力传动示意图

- 1、3、4、5、7. IV、III、II、R、I 挡主动齿轮 2. II、III 挡同步器接合套  
 6. 换挡选挡轴 8. 主减速器主动齿轮 9. 主减速器从动齿轮 10、11、12、13、15.  
 I、R、II、III、IV 挡从动齿轮 14. 车速表传动机构 16. 输出轴 17. 拨叉机构  
 18. 输入轴 19. 差速器

$$i_2 = \frac{Z_{12}}{Z_4} = \frac{35}{18} = 1.944$$

$$i_3 = \frac{Z_{13}}{Z_3} = \frac{36}{28} = 1.286$$

$$i_4 = \frac{Z_{15}}{Z_4} = \frac{30}{33} = 0.909$$

$$i_R = \frac{Z_{11}}{Z_R} \cdot \frac{Z_R}{Z_5} = \frac{Z_{11}}{Z_5} = \frac{38}{12} = 3.167$$

捷达轿车变速器由于各前进挡均采用了同步器，因此，操纵方便，换挡迅速。同步器采用的是锁环式同步器。

### 第三节 同步器

## 一、无同步器时变速器的换挡过程

变速器换挡方式有三种：直齿滑动齿轮式换挡、接合套式换挡和同步器式换挡。

### 1. 直齿滑动齿轮式换挡装置

移动齿轮直接换挡结构，齿轮一般为直齿，内孔有花键孔套在花键轴上，由拨叉移动齿轮与另一轴上的齿轮进入啮合或退出啮合。这种换挡结构最简单，除齿轮本身之外不需要其他的零件。但由于一对即将进入啮合的齿轮轮齿上的圆周速度不相等，使其强行进入啮合时，在轮齿齿端必然产生较大的冲击，易于磨损，产生噪声，严重时将使齿端损坏，所以在变速器中一般很少采用。在有些变速器中，为使结构简单，把移动齿轮直接换挡用于一、倒挡，因这两个挡位的使用率很低，不经常换挡。在这种变速器中一、倒挡齿轮均制成直齿。例如东风 EQ1092 型汽车变速器（图 3-6）中的一、倒挡等。

### 2. 接合套式换挡装置

接合套换挡，是利用移动套在花键毂上（固定在轴上）的接合套（内齿环）与做在传动齿轮上的接合齿圈（外齿）相啮合或退出来进行换挡。由于接合套与对应接合齿圈的圆周速度（或角速度）不相同，二者强行进入啮合时，在齿端也要产生冲击力，但由于接合套与接合齿圈整个圆周上所有的齿都同时进入啮合，故分摊到每对齿的齿端上的冲击力就较小，不像移动齿轮换挡时，全部冲击力仅由一、两个齿来承受。接合套式较移动齿轮式有较大改进，但还是不能避免换挡冲击。这种换挡方式常用于某些变速器的一、倒挡，例如解放 CA1091 型汽车变速器的倒挡。

上面分析中说到由于即将进入啮合的一对齿轮或接合套与接合齿圈，其圆周速度不相等而产生冲击，下面就来分析它们的圆周速度为什么不相等。

以图 3-16 所示五挡某变速器中四、五两挡的换挡过程为例。四、五挡是用接合套换挡。第一轴 1 及其齿轮 2 直接与离合器从动盘连接，四挡从动齿轮 4 则通过四挡主动齿轮 6、中间轴 8 和常啮合从动齿轮 7 及常啮合主动齿轮 2 保持传动关系。接合套 3 借花键毂与第二轴 5 相连，而第二轴又依次通过万向传动装置、驱动桥和车轮相连。因而整个汽车平移质量产生的巨大惯量将通过车轮、驱动桥、万向传动装置回传到变速器第二轴上。而第一轴上的惯量很小，主要是同离合器从动盘、第一轴、中间轴及其上的齿轮和与中间轴齿轮常啮合的空套在第二轴上的齿轮等回转质量产生的。这个惯量与第二轴上的惯量相比是微不足道的。换挡时驾驶员踩下离合器踏板，中断动力传递。这时第一轴及其相连的回转件由于惯量小，其角速度必然很快下降。而第二轴及其相连的回转件及整车平移质量由于惯量大，可以认为在换

挡（摘挡与挂挡之间）的瞬间，第二轴及与其相连的回转件的角速度保持不变。下面分两种情况分析：

(1) 从低挡（四挡）换入高挡（五挡）

变速器在低速挡工作时，接合套3与齿轮4的接合齿圈相连，接合套3与齿轮4的速度就是第二轴的角速度 $\omega_5$ ，它与第一轴角速度 $\omega_1$

之间的关系为 $\omega_5 = \frac{\omega_1}{i_4}$ 因 $i_4 > 1$ ，故

$\omega_5 < \omega_1$ 。换挡时，当接合套3从齿轮4的接合齿圈上退下后（左移），接合套3在向左移动挂入五挡（直接挡）期间，其角速度保持不变，仍为 $\omega_5$ 。在图3-17a)中， $\omega_5$ 为与时间坐标平行的直线，而换挡前，

齿轮2上的接合齿圈的角速度就是 $\omega_1$ ，它高于 $\omega_5$ ，但由于第一轴上的惯量小，在换挡期间， $\omega_1$ 随时间的增长而迅速降低，由图3-17a)可见，两条角速度变化曲线在某一时刻 $t_0$ 时正好相交，即在此时刻接合套3的角速度 $\omega_5$ 正好等于齿轮2上接合齿圈的角速度 $\omega_1$ ，如在此时刻驾驶员正好将接合套3左移接入齿轮2上的接合齿圈，由于二者角速度相等（圆周速度亦相等），就不会产生冲击。如错过此时刻，换挡必然产生冲击。所以，驾驶员在低挡换高挡时，在摘下低挡后“等待时机”以便捕捉到最佳时刻 $t_0$ 时换入高挡，可避免换挡冲击。

(2) 从高挡（五挡）换入低挡（四挡）

接合套3从齿轮2的齿圈上退出，再右移与齿轮4的齿圈接合，就完成了换挡。同样道理，当变速器在高速挡工作时，接合套3的角速度 $\omega_3$ 等于第一轴的角速度 $\omega_1$ ，即 $\omega_3 = \omega_1$ ，且在换入低挡时 $\omega_3$ 保持不变。而齿轮4及其上齿圈的角速度 $\omega_4 = \frac{\omega_1}{i_4} < \omega_1$ ，且在换挡期间迅速下降。从图3-17b)可见接合套3的角速度 $\omega_3 (= \omega_1)$ ，与齿圈的角速度 $\omega_4$ 之间的差距随时间增长而迅速增大，就是说在任何时刻挂挡都不会出现同步点。

为了避免换挡冲击，驾驶员在高挡换低挡时常采用“两脚离合器”的操作步骤。即第一次踩下离合器踏板，切断动力，变速器从高挡退出回到空挡位置。然后松开离合器踏板，接通动力，轻踩油门加油，提高发动机转

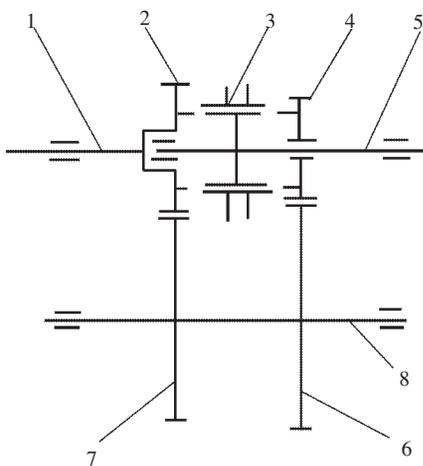


图 3-16 无同步器的五挡变速器

#### 四、五挡齿轮示意图

1. 第一轴 2. 第一轴齿轮 3. 接合套 4. 第二轴五挡齿轮 5. 第二轴 6. 中间轴五挡齿轮 7. 中间轴常啮合传动齿轮 8. 中间轴

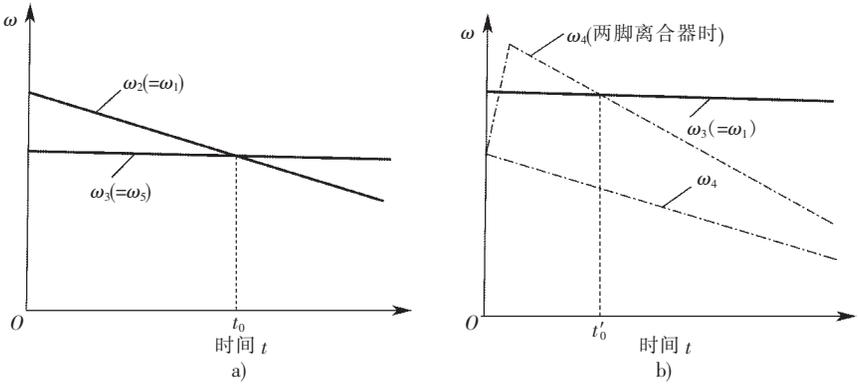


图 3-17 变速器换挡过程

a) 低挡换高档

b) 高档换低挡

速，因而齿轮 4 及其齿圈的转速也提高，直至  $\omega_4 > \omega_3$ 。第二次再踩离合器踏板，切断动力，这时  $\omega_4$  迅速下降，直至到某时刻  $t'_0$ ， $\omega_4$  恰好等于  $\omega_3$ ，如在此最佳时刻挂入低挡，将可避免冲击。图 3-17b) 中的点划线就表示“两脚离合器”操作中  $\omega_4$  的变化情况。

从以上分析可见，采用移动齿轮直接换挡和接合套换挡，都存在换挡冲击，虽然在换挡操作上可以采取一些措施来尽量避免，但因受驾驶经验及其他诸多因素的影响，实际上是不能完全做到换挡无冲击。采用同步器换挡可完全实现换挡无冲击，现在的汽车变速器中大部分常用挡位（指除一挡和倒挡外）均采用同步器换挡。有些汽车变速器中所有挡位都采用同步器换挡。

## 二、同步器的构造和工作原理

接合套换挡时，由于接合套与接合齿圈的角速度不一致，在强行挂挡时就产生冲击。

同步器结构就是在接合套换挡结构基础上，在接合套与接合齿圈之间加装了一套同步装置，该装置的作用有二：

- (1) 在接合套与接合齿圈未达同步之前，使其不能与接合齿圈进入啮合；
- (2) 促进接合套与接合齿圈迅速达到同步。

同步器有常压式、惯性式、自行增力式等类型。目前应用最广泛的是惯性式同步器。

根据惯性式同步器中所采用的锁止机构不同，常用的有锁环式惯性同步器和锁销式惯性同步器两种。

## 1. 锁环式惯性同步器

图 3-18 所示为北京 2020 型汽车三挡变速器中二、三挡所用的锁环式惯性同步器。

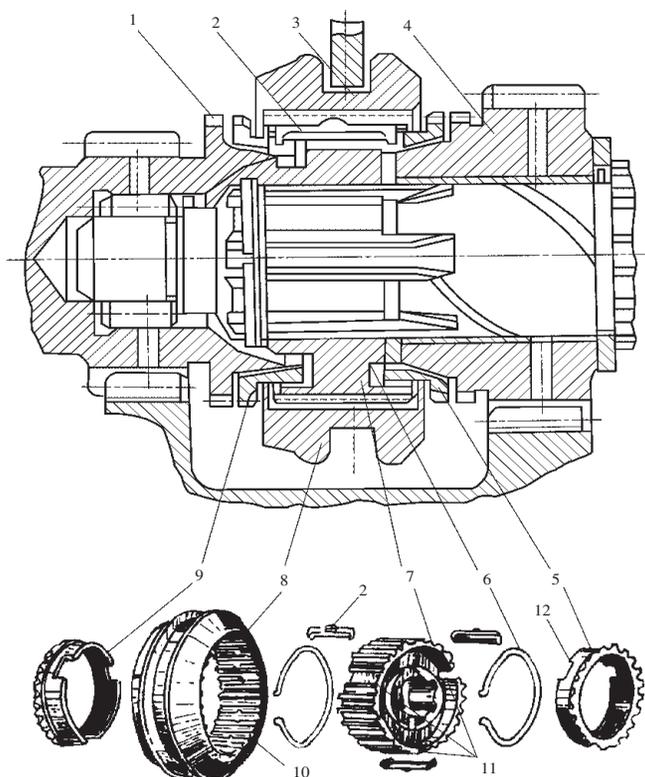


图 3-18 锁环式惯性同步器

1. 第一轴齿轮 2. 滑块 3. 拨叉 4. 第二轴齿轮 5、9. 锁环 6. 弹簧圈  
7. 花键毂 8. 接合套 10. 环形槽 11. 三个轴向槽 12. 缺口

## (1) 锁环式惯性同步器其各部分的构造

花键毂 7：有内、外花键。内花键套装在第二轴上，并用垫圈和卡环轴向固定；外花键与接套 8 相连。圆周上有三个轴向槽 11。

接合套 8：外圆有装拨叉的环槽，内孔有花键齿，齿的中部切有一环槽 10，齿的两端部都有倒角  $\beta$ （见图 3-19 中齿 16）。

锁环（或称同步环）9 和 5：置于接合套和齿轮的花键齿之间。外圆上有花键齿圈、齿的各参数与接合套花键齿及齿轮花键齿相同。花键齿对着接合套的一端，也制成倒角  $\beta$ （图 3-19 中齿 14）。锁环在没有花键齿的圆周上有三个缺口 12。锁环内孔为圆锥面，其上切制有细而密的螺纹槽，用以破坏油膜，增加摩擦。

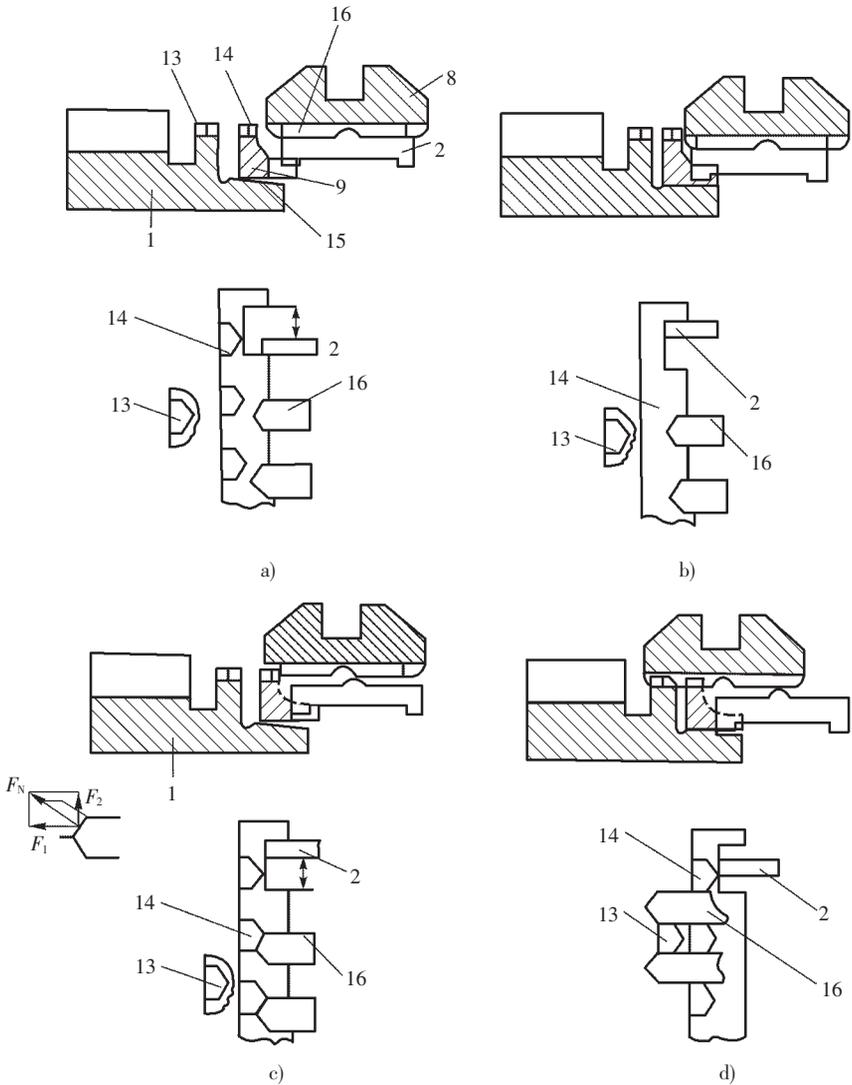


图 3-19 锁环式惯性同步器工作过程示意图 (参见图 3-18)

1. 第一轴齿轮 2. 滑块 8. 接合套 9. 锁环 13. 齿轮接合齿 14. 锁环接合齿  
15. 锥面 16. 接合套接合齿

滑块 2：三个滑块分别放在花键毂 7 的三个轴向槽 11 中，并被两个外涨式弹簧 6 将滑块压向接合套 8，使滑块中部的凸起部分正好嵌在接合套内花键孔中部加工出的环槽 10 内。滑块的两端伸入锁环 5 的缺口 12 中，但滑块的宽度较缺口宽度为小，二者之差略大于锁环上的花键齿宽。滑块 2 可以在花键毂的轴向槽 11 内轴向移动。

## (2) 工作原理

同步器工作原理可以以该变速器从空挡位置换入直接挡的一系列过程来叙述。

①空挡位置：图 3-19a) 所示，此时齿轮 1 和接合套 8（连同锁环 9）都在本身及其所联系的一系列运动件的惯性作用下，顺时针方向（从左向右看）转动，其角速度为  $\omega_1$ 。接合套 8 通过滑块 2（靠在锁环缺口的右侧）推动锁环一起旋转，其角速度为  $\omega_9$ 。此时锁环 9 是轴向自由的，故其内锥面与齿轮 1 的外锥面 15 并不接触。

②滑块接触锁环状态：当要挂入直接挡时，通过变速杆使拨叉 3 推动接合套 8 并带动滑块 2 一起向齿轮 1 移动。当滑块前端面与锁环 9 的缺口 12 端面接触时，便推动锁环 9 移向齿轮 1，使两锥面接触 [图 3-19b)] 并压紧，产生摩擦力矩，因齿轮 1 的角速度  $\omega_1$  大于锁环 9 的角速度  $\omega_9$ ，在摩擦力矩的作用下，齿轮 1 即带动锁环 9 相对于接合套 8 顺时针转过一个角度，使锁环缺口 12 的左侧与滑块 2 压紧。使缺口和滑块另一侧出现较花键齿宽略大一些的间隙  $x$ 。此时锁环 9 上的花键齿 14 的倒角斜面正好与接合套 8 上的花键齿 16 的倒角斜面对。

③锁止状态：当接合套继续移向齿轮 1，两组相对峙的花键齿 14 与 16 的倒角斜面相抵 [图 3-19c)]，此时接合套不能再前移，即被“锁止”。由于驾驶员始终作用在接合套上一个轴向推力，于是在相互抵触的倒角斜面上产生正压力  $N$ 。 $N$  可分解为轴向力  $F_1$  和切向力  $F_2$  两个分力。 $F_2$  所形成的力矩有力图使锁环相对于接合套反向转动的趋势，此力矩称为拨环力矩 ( $M_2$ )，轴向力  $F_1$  则使锁环 9 与齿轮 1 二者的锥面继续压紧，保持产生摩擦力矩的作用。摩擦力矩促使快转的齿轮 1 的角速度  $\omega_1$  迅速与慢转的锁环 9 的角速度  $\omega_9$  同步。因为锁环连同接合套通过花键毂 7 与变速器输出轴相连，前已述及，换挡瞬间，输出轴的角速度可以认为是不变化的，即  $\omega_9$  不变。这样，只有  $\omega_1$  迅速降低到  $\omega_9$ （即具有负加速度），齿轮 1 和接合套 8 才能同步。由于齿轮 1 减速转动，必然产生一惯性力矩 ( $M_1$ )，其方向与齿轮 1 转向相同（即顺时针方向），它是力图阻止锁环向后退转。如果  $M_1 > M_2$ ，则锁环 9 不可能反转，锁止作用继续保持，接合套花键齿 16 不能通过锁环而与齿轮 1 的花键齿 13 接合。在设计同步器时，适当地选择锁止角和摩擦锥面的锥角，便能保证在达到同步 ( $\omega_1 = \omega_9$ ) 之前， $M_1$  总是大于  $M_2$ ，因而，不论驾驶员通过操纵机构加在接合套上的轴向推力有多大，接合套齿端与锁环齿端部是互相抵触而不能接合。这说明锁环 9 对接合套的“锁止”作用是齿轮 1 的惯性力矩造成的，此即“惯性式”名称的由来。

④达到同步完成换挡：随着驾驶员继续加于接合套上的推力加大，摩擦锥面上的摩擦力矩增加，使齿轮 1 的角速度迅速下降，直至与锁环 9、接合

套 8 达到同步，并一起保持同步等速旋转（换挡瞬间，假定输出轴角速度保持不变）。由于角加速度为零，惯性力矩  $M_1 = 0$ 。这时，拨环力矩  $M_2$  仍存在（因锁环与接合套花键齿端倒角斜面上的正压力  $N$  还存在，因而切向分力  $F_2$  仍存在）， $M_2$  使锁环及其齿圈 14 相对于接合套向后（与齿轮 1 转向相反）退转一个角度，两个花键齿圈 14 和 16 不再抵触，接合套可以移向齿轮 1，先与锁环齿圈进入接合，这时，轴向力  $F_1$  不再存在，锥面间的摩擦力矩也就消失，接合套继续前移，如果此时接合套花键齿与齿圈的花键齿 13 发生抵触，则与上述相似，作用在齿圈花键齿端斜面上的切向分力，使齿圈 13 及其相连零件相对于锁环及接合套转过一个角度，使接合套与齿圈 13 进入接合 [图 3-19d]，完成了换入直接挡的全过程。

这种同步器还有另外一种型式，如图 3-20 所示，常称为滑块式滑性同步器，它与前述锁环式同步器结构基本相同，区别仅在于它没有弹簧圈，装在花键毂外表面三个轴向槽中的滑块 2 中部没有凸起，而是在中部制有小孔，孔中装钢球，钢球靠在花键毂中的弹簧压在接合套 8 内表面的环形槽内，以保证同步器在空挡时有正确的位置。

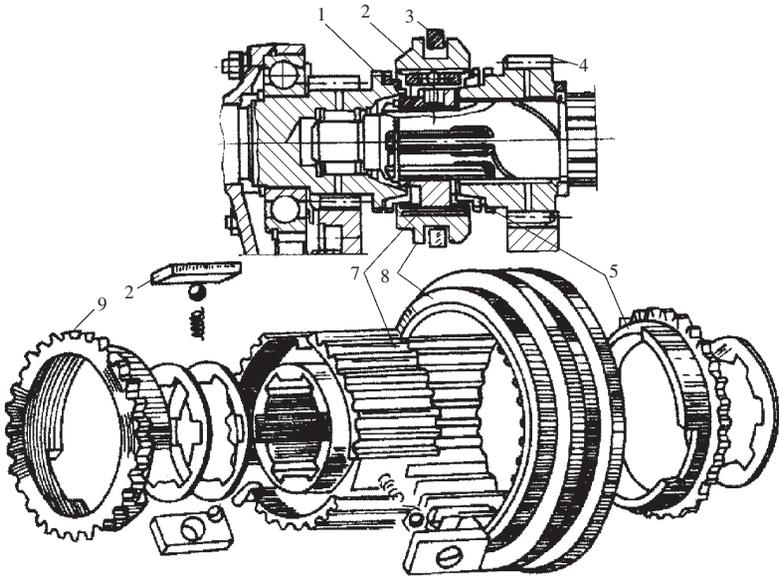


图 3-20 滑块式惯性同步器（图注同图 3-18）

锁环式同步器的特点是径向尺寸小，结构紧凑。故广泛用于轿车和轻型车的变速器。例如夏利、桑塔纳、奥迪等轿车均采用锁环式同步器。锁环式同步器因其径向尺寸小，因而其摩擦锥面的摩擦半径也小，所能产生的摩擦力矩也就小，不能满足载重量较大的中型以上货车的要求。

## 2. 锁销式惯性同步器

目前中型及大型载货汽车较普遍地采用了锁销式同步器。以东风 EQ1090E 型汽车变速器的四、五挡同步器为例，来说明锁销式惯性同步器的基本结构和工作原理。

### (1) 基本结构

图 3-21 所示为东风 EQ1090E 汽车变速器中的四、五挡同步器。两个有内锥面的摩擦锥盘 2 分别固定在带有外花键齿圈的常啮合主动齿轮 1 和四挡从动齿轮 6 上。与之相配合的两个有外锥面的摩擦锥环 3，通过三个锁销 8 和三个定位销 4 与接合套 5 连接。锁销 8 的两端固定在摩擦锥环 3 的孔中，其两端的工作表面直径与接合套凸缘上相应的销孔的内径相等，其中部直径则小于孔径。只有在锁销与接合套孔对齐时，接合套方能沿锁销轴向移动。锁销 8 中部和接合套 5 上相应的销孔两端有角度相同的倒角——锁止角。在接合套上定位销孔中部钻有斜孔（图 3-21 的左上图，即 A-A 剖面），内装弹簧 11，把钢球 10 顶向定位销中部的环槽，以保证同步器处于正确的空挡位置。定位销 4 两端伸入锥环内侧面，但有间隙，故定位销可随接合套 5 轴向移动。

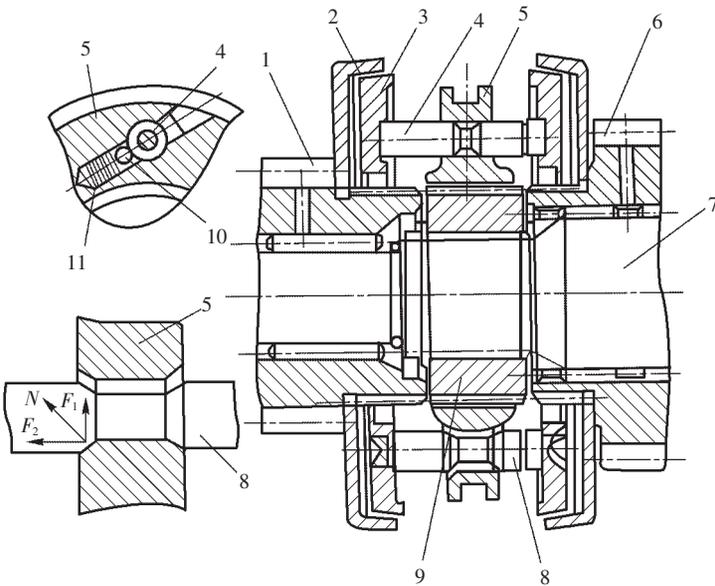


图 3-21 锁销式惯性同步器

1. 第一轴齿轮 2. 摩擦锥盘 3. 摩擦锥环 4. 定位销 5. 接合套  
6. 第二轴四挡齿轮 7. 第二轴 8. 锁销 9. 花键毂 10. 钢球 11. 弹簧

### (2) 工作原理

锁销式惯性同步器的工作原理与锁环式惯性同步器基本相同，其换挡过

程也相似。换挡时接合套5受到拨叉轴向推力的作用,通过钢球10和定位销4带动摩擦锥环3向左(或向右)移动,使之与对应的摩擦锥盘接触。具有转速差的摩擦锥环与摩擦锥盘一经接触,靠接触面的摩擦使锥环连同锁销一起相对接合套转过一个角度,因而锁销8的轴线相对接合套上销孔的轴线偏移,于是锁销中部倒角与销孔端的倒角互相抵触,以阻止接合套继续前移。此时锁止面上的法向压紧力 $N$ 的轴向分力 $F_1$ 作用在锥环上并使之与锥盘压紧,因而接合套与待接合的花键齿圈迅速达到同步。只有达到同步时,起锁止作用的齿轮1的惯性力矩消失,作用在锁销上的切向分力 $F_2$ 才能通过锁销使摩擦锥环3、摩擦锥盘2和齿轮一同相对于接合套转过一个角度,使锁销重新与销孔对中,于是接合套便能轻易地克服钢球10的阻力,而沿锁销移动,直至与齿轮1(或齿轮6)的花键齿圈接合,实现挂挡。

锁销式惯性同步器由于其摩擦锥面的摩擦半径大,摩擦力矩也就大,故在中型以上的货车和其他类型的汽车上广泛采用这种同步器。

## 第四节 变速器操纵机构

对于机械式变速器,换挡操作均是由驾驶员拨动变速杆再通过一套操纵机构来完成的。变速器操纵机构应保证驾驶员能准确可靠地使变速器挂入所需要的任一挡位工作,并可随时使之退到空挡。

### 一、操纵机构

变速器操纵机构根据其变速操纵杆(简称变速杆)与变速器的相互位置不同,可分为直接操纵式和远距离操纵式两种类型。

#### 1. 直接操纵式

大多数汽车变速器布置在驾驶员座位附近,变速杆由驾驶室底板伸出,驾驶员可直接操纵。这种操纵机构称为直接操纵式变速器操纵机构。它一般由变速杆、拨块、拨叉、拨叉轴以及安全装置等组成,多集装于上盖或侧盖内,结构简单,操纵方便。

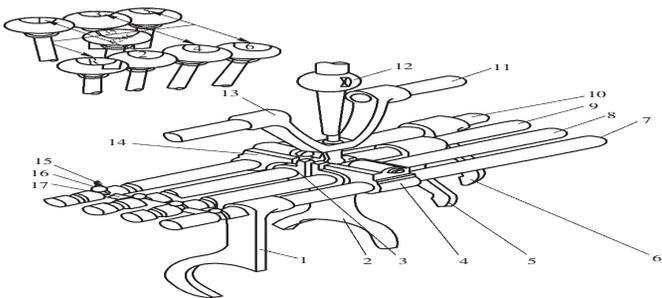


图 3-22 六挡变速器操纵机构示意图

1. 五、六挡拨叉 2. 三、四挡拨叉 3. 一、二挡拨块 4. 五、六挡拨块 5. 一、二挡拨叉 6. 倒挡拨叉 7. 五、六挡拨叉轴 8. 三、四挡拨叉轴 9. 一、二挡拨叉轴 10. 倒挡拨叉轴 11. 换挡轴 12. 变速杆 13. 叉形拨杆 14. 倒挡拨块 15. 自锁弹簧 16. 自锁钢球 17. 互锁柱销

图 3-22 为解放 CA1091 型汽车六挡变速器操纵机构的组成与布置示意图。拨叉轴 7、8、9 和 10 的两端均支承于变速器盖的相应孔中，可以轴向滑动。所有的拨叉和拨块都以弹性销固定于相应的拨叉轴上。三、四挡拨叉 2 的上端具有拨块。拨叉 2 和拨块 3、4、14 的顶部制有凹槽。变速器处于空挡时，各凹槽在横向平面内对齐，叉形拨杆 13 下端的球头即伸入这些凹槽中。选挡时可使变速杆绕其中部球形支点横向摆动，则其下端推动叉形拨杆 13 绕换挡轴 11 的轴线摆动，从而使叉形拨杆下端球头对准与所选挡位对应的拨块凹槽，然后使变速杆纵向摆动，带动拨叉轴及拨叉向前或向后移动，即可实现挂挡。例如，横向摆动变速杆使叉形拨杆下端球头深入拨块 3 顶部凹槽中，拨块 3 连同拨叉轴 9 和拨叉 5 即沿纵向向前移动一定距离，便可挂入二挡；若向后移动一段距离，则挂入一挡。当使叉形拨杆下端球头深入拨块 14 的凹槽中，并使其向前移动一段距离时，便挂入倒挡。

然而，不同变速器的挡数和操纵机构的结构与布置都可能不同，从而相应于各挡位的变速杆上端手柄位置排列，即挡位排列也不相同。因此，通常在汽车驾驶室仪表板上（或变速器操纵手柄上）标有该车变速器挡位排列图（如图 3-22 左上方图）。

## 2. 远距离操纵

在有些汽车上，由于变速器离驾驶员座位较远，则需要在变速杆与拨叉之间加装一些辅助杠杆或一套传动机构，构成远距离操纵。这种操纵机构称为间接操纵式变速器操纵机构。该操纵机构应有足够的刚性，且各连接件间隙不能过大，否则换挡时手感不明显。由于布置上的原因，它多用在轿车和轻型汽车上。

图 3-23 为桑塔纳型轿车变速器的操纵机构，由于其变速器安装在前驱动桥处，不在驾驶员的座位附近，变速器不能直接操纵，因此它是间接操纵式变速器操纵机构。

另外桑塔纳型、奥迪 100 型及捷达型轿车均采用类似的远距离操纵机构。

## 二、锁止装置

为保证变速器在任何情况下都能准确、安全、可靠地工作，对变速器操纵机构提出如下要求：①保证变速器不自行脱挡或挂挡，在操纵机构中应设有自锁装置。②保证变速器不同时挂入两个挡位，在操纵机构内设互锁装置。③防止误挂倒挡，在变速器操纵机构中应设有倒挡锁。

为了达到上述要求，在变速器操纵机构中设置了自锁装置、互锁装置和倒挡锁装置。三种装置都是装在变速器盖内。

### 1. 自锁装置

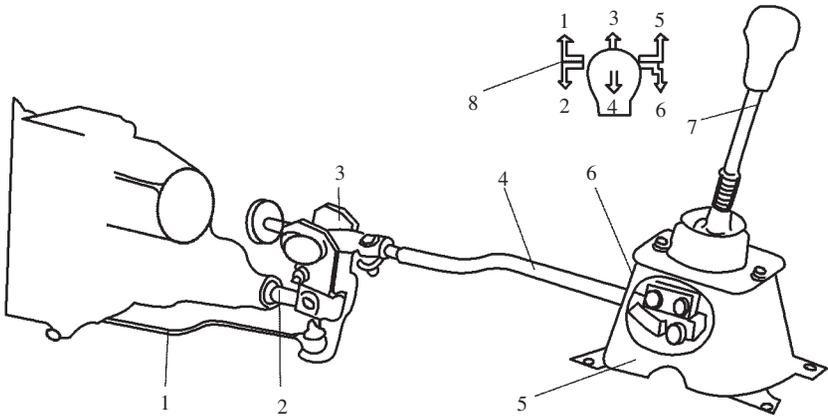


图 3-23 桑塔纳 2000 型轿车五挡变速器远距离操纵机构

1. 支撑杆 2. 内换挡杆 3. 换挡杆接合器 4. 外换挡杆 5. 倒挡保险挡块
6. 换挡手柄座 7. 操纵杆 8. 换挡标记

挂挡过程中，若操纵变速杆推动拨叉前移或后移的距离不足时，则滑动齿轮（或接合套）与相应的齿轮（或接合齿圈）将不能在全齿宽上啮合，因而降低齿轮的使用寿命。即使达到全齿宽啮合，也可能由于汽车振动或其他原因，使滑动齿轮或接合套自行轴向移动，因而使啮合宽度减小，甚至完全脱离啮合，即自动脱挡。自锁装置就是用来防止自动脱挡并保证轮齿以全齿宽啮合的装置。

图 3-24 为东风 EQ1090E 型汽车变速器自锁和互锁装置。在变速器盖前端有三个凸起 3 中钻有三个深孔，孔的中心线通过拨叉轴中心，每个孔内都装有定位钢球 1 和自锁弹簧 2，钢球 1 在弹簧 2 的作用下压在拨叉轴上。因为一根拨叉轴（连同固定其上的拨叉）可以完成两个挡位的挂挡，即拨叉轴前移挂上一个挡，拨叉轴后移挂上另一挡，拨叉轴在中间位置为空挡。因此在拨叉轴上制有三个凹槽，移动拨叉轴，挂入某一挡位（或回到空挡）

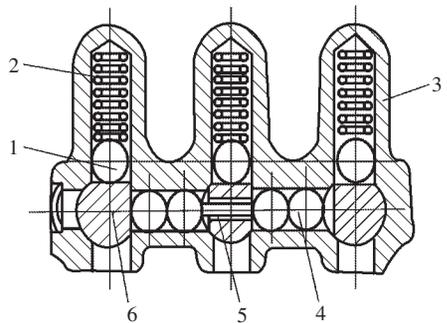


图 3-24 东风 EQ1090E 型汽车变速器自锁和互锁装置

1. 自锁钢球 2. 自锁弹簧 3. 变速器盖（前端）
4. 互锁钢球 5. 互锁销 6. 拨叉轴

后，钢球 1 在弹簧 2 的推力作用下，正好落入拨叉轴的凹槽内，拨叉轴的轴向位置即被固定，不能自行脱出，从而滑动齿轮或接合套也被固定在某一挡

位的工作位置或空挡位置，形成自锁。拨叉轴上相邻凹槽之间的距离，即等于为保证全齿宽上啮合或是完全退出啮合所必需的拨叉及其轴的移动距离。当需要换挡时，驾驶员通过变速杆对拨叉轴施加一定的轴向力，克服由于弹簧 2 加于钢球 1 的压力，将钢球经凹槽边缘挤出孔内，拨叉轴再进行轴向移动，直至钢球又落入相邻的另一凹槽，就挂上了另一挡位或退回空挡。

除了采用自锁装置防止自动脱挡外，往往还在换挡齿轮或花键齿的结构上采取一些措施来防止自动跳挡。图 3-25 为 CA1091 型汽车六挡变速器采用的齿端倒斜面结构。在该变速器的所有接合齿圈及同步器接合套齿的端部两侧都制有倒斜面。当同步器的接合套 2 左移与接合齿圈 1 接合时（图示位置），接合齿圈将转矩传到接合套齿的一侧，再经接合套齿的另一侧传给花键毂 3。由于接合齿圈 1 与接合套 2 齿端部为斜面对接触，便产生了垂直斜面的正压力  $F_N$ ，其分力分别为  $F_F$  和  $F_Q$ ，向左的分力  $F_Q$  即为防止跳挡的轴向力。

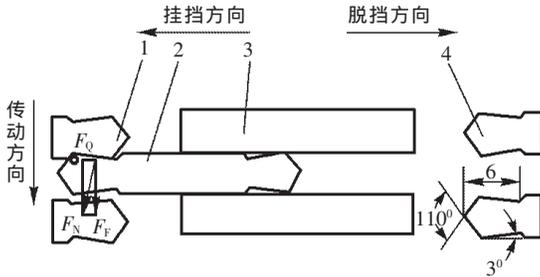


图 3-25 防止跳挡的齿端倒斜面的结构示意图

$F_F$ · 圆周力  $F_N$ · 倒锥齿面正压力  $F_Q$ · 防止跳挡的轴向力

1、4. 接合齿圈 2. 接合套 3. 花键毂

图 3-26 为东风 1090 型汽车五挡变速器中，采用减薄齿的结构来防止自动跳挡。在该变速器二、三挡与四、五挡同步器花键毂齿圈 3 的两端，齿厚各减薄 0.3mm ~ 0.4mm，使各轮齿中部形成一凸台。当同步器的接合套左移与接合齿圈接合时（图示位置），接合齿圈 1 将转矩传到接合套 2 的一侧，再由接合套的另一侧传给花键毂。由于接合套齿的后端被凸台挡住，在接触面上作用一个力  $F_N$ ，其轴向分力  $F_Q$  即为防止跳挡的阻力。

## 2. 互锁装置

由于一个拨叉轴可以控制两个挡位，对于三挡变速器（再加一个倒挡）只需两根拨叉轴，对于四、五挡变速器（再加一个倒挡）就需要三根拨叉轴，对于六挡变速器就需四根拨叉轴。因为多挡变速器中拨叉轴较多，如果操纵时同时使两根拨叉轴移动，就可能会出现同时挂上两个挡的情况。这时变速器必然产生机械干涉，轻则使变速器无法工作，重则使变速器零件损坏。操纵机构中的互锁装置就是保证在换挡时只能移动一根拨叉轴并同时自

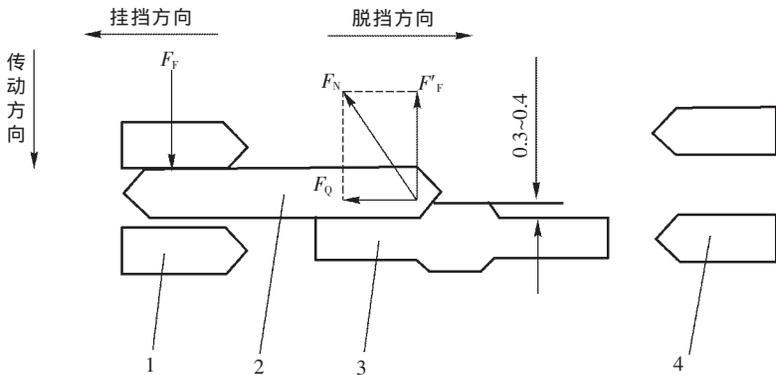


图 3-26 减薄齿防止跳挡的结构示意图

1. 接合齿圈 2. 接合套 3. 花键毂 4. 接合齿圈

$F_F$ · 圆周力  $F'_F = F_F'$   $F_N$ · 凸台对接合套的总阻力  $F_Q$ · 防止跳挡的轴向力

动地锁住其余拨叉轴。这样就消除了同时挂上两个挡的可能性。

互锁装置的结构型式较多，但在汽车上用得最广泛的是钢球（或柱销）式互锁装置。它与自锁机构装在一起，结构紧凑、工作可靠。

图 3-27 所示的互锁装置由互锁钢球 4 和互锁顶销 6 组成。每根拨叉轴的朝向互锁钢球的侧表面上均制出一个深度相等的凹槽。任一拨叉轴处于空挡位置时，其侧面凹槽都正好对准钢球 4。两个互锁钢球的直径之和正好等于相邻两轴表面之间的距离加上一个凹槽的深度。中间拨叉轴上两个侧面凹槽之间有孔相通，孔中有一根可以滑移的互锁顶销 6，锁的长度等于拨叉轴的直径减去一个凹槽的深度。

当变速器处于空挡时，所有拨叉轴的侧面凹槽同钢球、互锁顶销都在一条直线上。当移动中间拨叉轴 3 时 [图 3-27a]，轴 3 两侧的内钢球从其侧凹槽中被挤出，而两外钢球 2 和 4 则分别嵌入拨叉轴 1 和 5 的侧面凹槽中，因而将轴 1 和 5 刚性地锁止在其空挡位置。若欲移动拨叉轴 5，则应先将拨叉轴 3 退回到空挡位置 [图 3-27b]。于是在移动拨叉轴 5 时，钢球 4 便从轴 5 的凹槽中被挤出，同时通过互锁顶销 6 和其他钢球将拨叉轴 3 和 1 均锁止在空挡位置。同理，当移动拨叉轴 1 时，则拨叉轴 3 和 5 被锁止在空挡位置 [图 3-27c]。由此可知，互锁装置的作用是当驾驶员用变速杆推动某一拨叉轴时，自动锁止其余拨叉轴。

北京 BJ2020 型越野汽车所使用的是三挡变速器，故只需两根拨叉轴，它将自锁装置和互锁装置合二为一（图 3-28）。两个空心锁销 1 套在弹簧 2 的两端。两个锁销长度之和  $2a$  等于两拨叉轴表面间距离  $c$  加上一个凹槽深度  $b$ 。其工作原理同上所述。即两个锁销的长度保证换挡时只能移动一根拨叉轴。当移动其中一根拨叉轴时，锁销即从此拨叉轴凹槽中被挤出顶紧另一

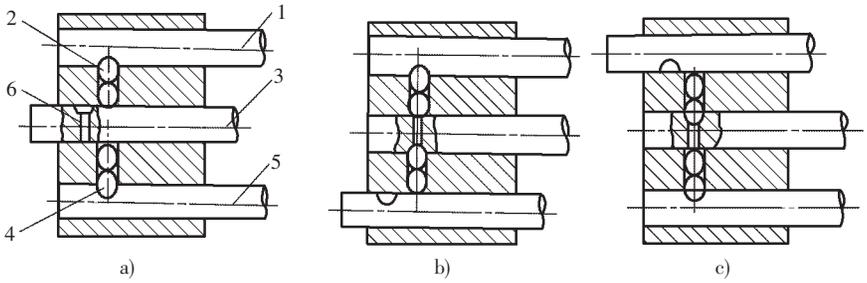


图 3-27 互锁装置工作示意图

1、3、5. 拨叉轴 2、4. 互锁钢球 6. 互锁顶销

锁销而将另一拨叉轴锁止。

### 3. 倒挡锁装置

当汽车在前进行驶中，换挡时由于疏忽而误挂入倒挡，将会使轮齿间产生极大的冲击。此外，若汽车起步时误挂倒挡则容易发生事故。为防止误挂倒挡，操纵机构中应设有倒挡锁。

倒挡锁的结构型式有多种，如弹簧锁销式、锁片式、扭簧式、锁簧式等。但应用最多的是弹簧锁销式。

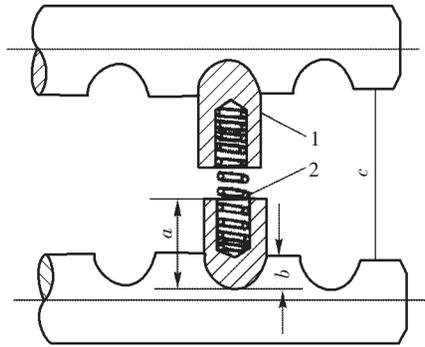


图 3-28 北京 BJ2020 型汽车变速器挡位锁止装置

1. 锁销 2. 锁止弹簧

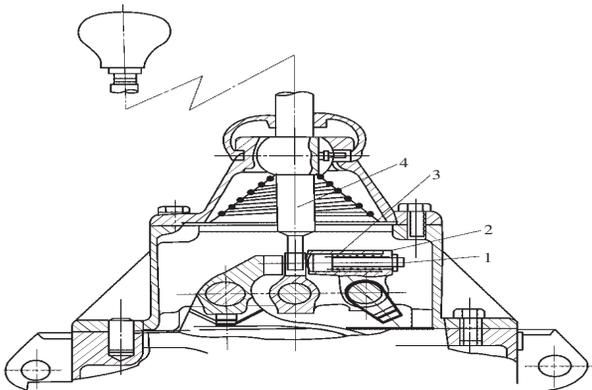


图 3-29 东风 EQ1090E 型汽车五挡变速器倒挡锁装置

1. 倒挡锁销 2. 倒挡锁弹簧 3. 倒挡拨块 4. 变速杆

图 3-29 所示为 EQ1090E 型汽车五挡变速器的倒挡锁装置。它是由一、倒挡拨块 3 中的倒挡锁销 1 及弹簧 2 组成。当驾驶员要挂一挡或倒挡时，必须用较大的力使变速杆 4 下端压缩弹簧 2，将锁销 1 推入锁销孔内，才能使变速杆下端进入拨块 3 的凹槽内，以拨动一、倒挡拨叉轴而挂入一挡或倒挡。由此可见，倒挡锁的作用是使驾驶员必须对变速杆施加更大的力，方能挂入倒挡，起到警示注意作用，以防误挂倒挡。

如图 3-30a) 所示，对于具有三根拨叉轴的四挡或五挡变速器，将变速杆 4 由中间位置向后推（其下端向前）就挂入二挡，变速杆 4 向前就挂入三挡。要想挂入四、五挡，变速杆由中间位置向右推，使下端 4 进入四、五挡拨块 1 的凹槽中，然后再向前或向后。同理，挂一、倒挡时，只要将变速杆从中间位置向左推，使下端进入一、倒挡拨块 3 的凹槽中，然后再向前或向后。各个挡位的位置非常明确，不易挂错。

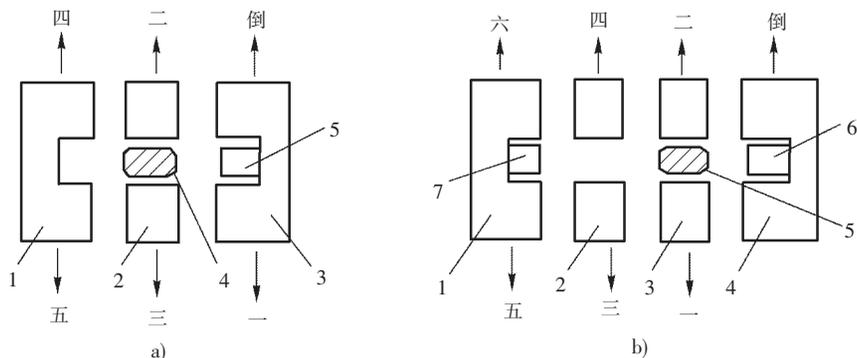


图 3-30 换挡拨块工作位置图

- a) 1. 四、五挡拨块 2. 二、三挡拨块 3. 倒挡拨块 4. 变速杆下端部 5. 倒挡锁  
b) 1. 五、六挡拨块 2. 三、四挡拨块 3. 一、二挡拨块 4. 倒挡拨块 5. 变速杆下端部  
6. 倒挡锁 7. 选挡锁

如图 3-30b) 所示，对于六挡（或七挡）变速器，就需有四根拨叉轴和四个拨块。如要挂三、四挡，则将变速杆 5 由图示的中间位置向右推，使变速杆下端部移到三、四挡拨块 2 的凹槽中，然后变速杆再向前或向后推就挂入三挡或四挡。但如果驾驶员在向右拨动变速杆时用力过大，则有可能使变速杆下端 5 落入五、六挡拨块 1 的凹槽中，再将变速杆向前或向后推，此时挂上的就不是三、四挡而是五、六挡了。所以，具有四根拨叉轴的变速器，其挡位位置不够明显，易于混淆。因而在当前汽车使用的不带副变速器的多挡变速器中，以五挡变速器为最多。对于具有四根拨叉轴的六挡（或七挡）变速器，为了解决上述矛盾，常在图 3-30b) 所示的五、六挡拨块 1 的凹槽中，设置一个选挡锁 7，其结构和作用与倒挡锁相同，即是使驾驶员在挂

五、六挡时比较费力，以警示其与挂三、四挡的区别。

解放 CA1091 型汽车六挡变速器的倒挡锁及选挡锁装置见图 3-31 所示。

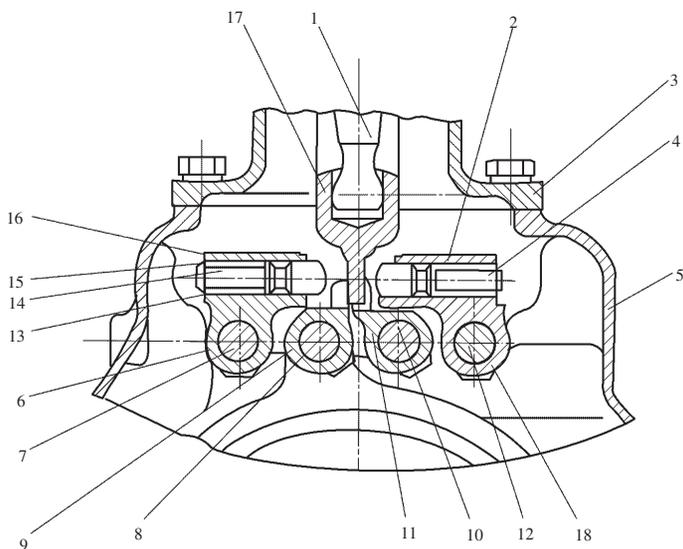


图 3-31 解放 CA1091 型汽车变速器倒挡锁及选挡锁装置

1. 变速杆 2. 倒挡锁弹簧 3. 变速器顶盖 4. 倒挡锁销 5. 变速器上盖 6. 倒挡拨块 7. 倒挡拨叉轴 8. 一、二挡拨叉轴 9. 一、二挡拨块 10. 三、四挡拨叉轴 11. 三、四挡拨块 12. 五、六挡拨叉轴 13. 选挡锁销弹簧 14. 选挡锁销 15. 锁片 16. 五、六挡拨块 17. 叉形拨杆 18. 倒挡拨块

## 第五节 分动器

### 一、分动器的作用

多轴驱动的越野汽车，其传动系中均装有分动器。它的功用是将变速器输出的动力分配到各驱动桥，其基本结构也是齿轮传动系统。另外，由于大多数分动器都有两个挡位。所以它还兼起副变速器的作用。

### 二、分动器的构造

分动器由齿轮传动机构和操纵机构两部分组成。

对于多轴驱动的越野汽车，在良好的路面上行驶时，应以后桥驱动为主，尽量不用前桥参与驱动，并且要尽量使用分动器的高速挡，以减少功率损耗并减轻轮胎及传动系零件的磨损。在坏路或无路的情况下行驶或爬陡坡时，为了提高汽车的牵引力，则应使前桥参加驱动，并可使用分动器的低速

挡。而且，因为分动器挂入低速挡工作时，其输出转矩较大，为了避免中、后驱动桥超负荷，此时必须使前桥参加驱动，分担一部分载荷。为了能够根据需要接合或摘除前桥驱动，通常在前桥输出轴与中桥或后桥输出轴之间装有接合套进行控制。

### 1. 齿轮传动机构

分动器的齿轮传动机构是由一系列齿轮、轴和壳体等零件组成的。

#### (1) 两个输出轴式分动器

两轴式分动器用于轻型越野汽车上。图形 3-32 所示为北京 BJ2020 型两轴驱动越野汽车的两挡分动器。分动器单独安装在车架上，其输入轴 1 通过万向传动装置与变速器第二轴相连，前桥输出轴 8 和后桥输出轴 5 分别经万向传动装置通往前、后驱动桥。在前桥输出轴 8 与后桥输出轴 5 之间装有接合套 6。当接合套与前桥输出轴上的花键齿轮 7 不接合时，只有后桥驱动，动力不能传至前桥；当接合套向左移动于花键齿轮 7 相接合时，前后桥输出轴连成一体，则前后驱动桥同时驱动。

分动器的高低挡变换是通过拨动装在后桥输出轴 5 上的滑动齿轮 10 来实现的。

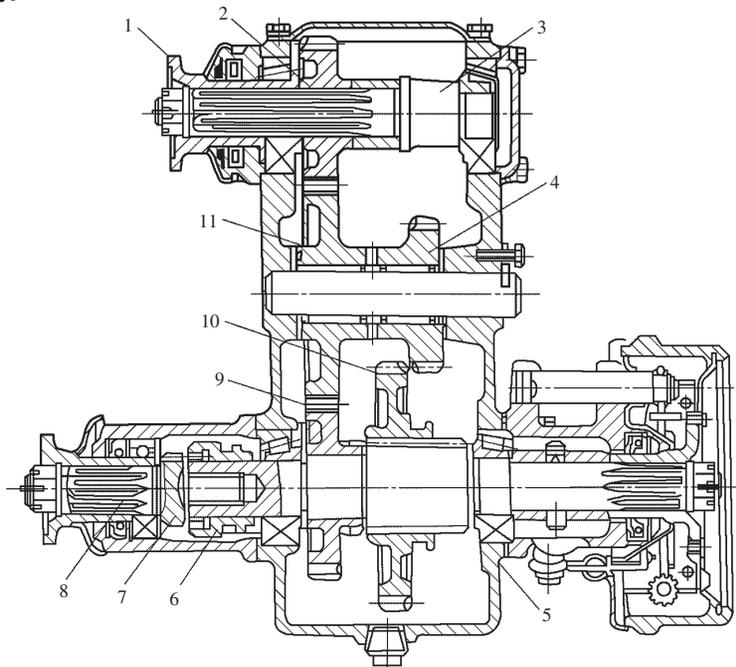


图 3-32 北京 BJ2020 两轴越野汽车分动器

1. 凸缘盘 2. 主动齿轮 3. 输入轴 4. 中间轴小齿轮 5. 后桥输出轴 6. 前桥接合套
7. 花键齿轮 8. 前桥输出轴 9. 常啮合高速挡齿轮 10. 变速滑动齿轮 11. 中间轴大齿轮

输入轴齿轮 2、中间轴高速挡齿轮 11 及输出轴高速挡齿轮 9 为常啮合齿轮。齿轮 2 通过花键与输入轴相连，齿轮 11 和齿轮 9 均空套在轴上。中间轴低速挡齿轮 4 与齿轮 11 制成一体。当滑动齿轮 10 向左移动，其内花键齿与齿轮 9 右端的接合齿圈相接合时即为高速挡。其动力经输入轴 1、齿轮 2、11、9 和齿轮 10 的内花键齿轮传至后桥输出轴 5。

当要挂入低速挡时，必须先向左拨动前桥接合套 6，使前桥参加驱动，然后再向右拨动滑动齿轮 10，使其外齿轮与齿轮 4 相啮合，动力经输入轴 1，齿轮 2、11、4 和齿轮 10 传至后桥输出轴 5，并由前桥接合套 6 传至前桥输出轴 8，此时前后驱动桥便同时处于低速挡驱动。

## (2) 三个输出轴式分动器

图 3-33 所示为东风 EQ2080 型三轴驱动越野汽车的两挡分动器，其结构简图如图 3-34 所示。输入轴 1 通过万向传动装置与变速器第二轴相连，三根输出轴 8、12、和 17 分别经万向传动装置通往后、中、前驱动桥。后桥输出轴 8 和中桥输出轴 12 上的齿轮 6 和 13 齿数相等，都与中间轴传动齿轮 10 经常啮合，因此后桥与中桥同时保持等速驱动。通往前桥的输出轴 17 和通往中桥的输出轴 12 之间装有接合套 16，用来控制前桥驱动的接合与摘除。分动器高低挡的变换通过接合套 4 来实现。接合套相左移动于齿轮 15 的接合齿圈相接即为高速挡，动力经输入轴 1、高速挡齿轮 3、15 和接合套传至中间轴 11，再经齿轮 10、6 和 13 分别传给后桥输出轴 8 和中桥输出轴 12；如果此时接合套 16 余 12 相结合，则动力还同时由轴 12 传给前桥输出轴 17，使前桥参与驱动。当分动器要挂入低速挡时，必须先使接合套 16 与轴 12 接合，使前桥参加驱动，再向右移动接合套 4 与齿轮 9 的接合齿圈相结合，此时分动器即为低速挡。动力经输入轴 1、低速挡齿轮 5、9、接合套 4 传至中间轴 11 和齿轮 10，然后再分别传给输出轴 8、12、和 17，使三个驱动桥同时驱动。

## 2. 操纵机构

### 1. 对操纵机构的要求

①由于分动器挂入低挡工作时的输出转矩较大，为了避免中、后驱动桥超载，要求操纵机构必须保证：非先接上前桥，不得挂入低挡；非先出退出低挡，不得摘下前桥。为此要有互锁装置。

②为防止自动换挡和脱挡，必须有自锁装置。

### (2) 操纵机构的结构

分动器的操纵机构由操纵杆、拨叉、拨叉轴、和一系列传动杆件以及自锁和互锁装置等组成，如图 3-35 所示。其操纵杆包括高低挡换挡操纵杆和前桥摘接操纵杆；自锁装置的结构原理和变速器的自锁装置相同。这里着重介绍分动器互锁装置的作用和结构原理。

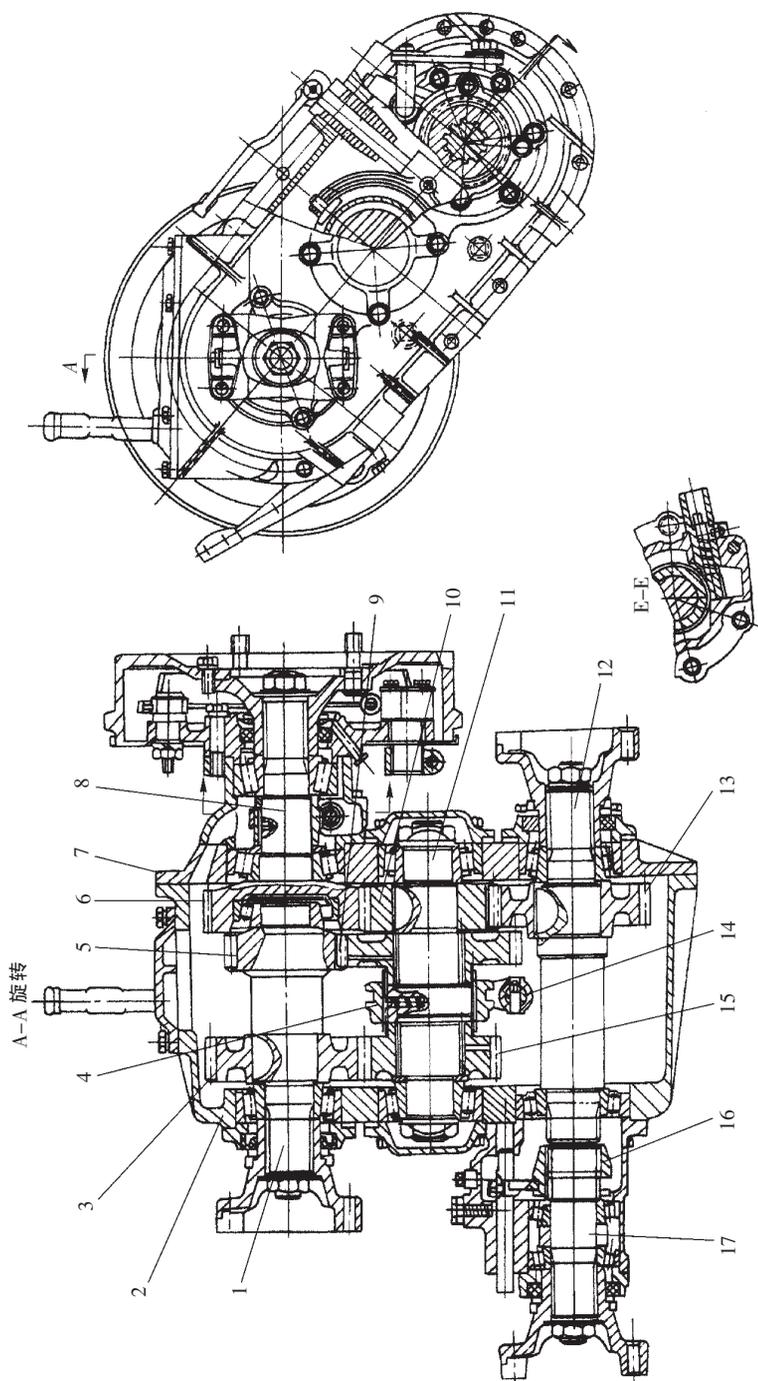


图 3-33 东风 EQ2080 型越野汽车分动器

1. 输入轴 2. 分动器壳 3. 5. 6. 9. 10. 13. 15. 齿轮 4. 换挡接合套 7. 分动器盖 8. 换挡拨叉轴 11. 中间轴 12. 中桥输出轴 14. 换挡拨叉轴 16. 前桥接合套 17. 前桥输出轴

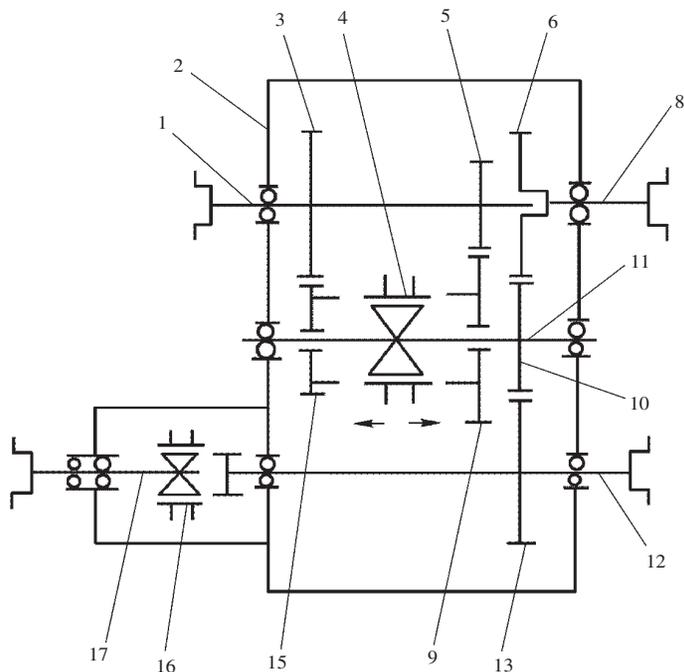


图 3-34 EQ2080 型三轴式越野汽车分动器的结构简图（图注同图 3-33）

常见的分动器互锁装置有螺钉式和球销式两种型式。

#### ①螺钉式互锁装置

图 3-35 所示的分动器操纵机构中互锁装置即为螺钉式互锁装置。它是在前桥操纵杆的下端设有互锁螺钉，使之顶靠在换挡操纵杆的下部而相互锁止。换挡操纵杆松套在轴上，前桥操纵杆与轴端部固定在一起，轴则通过两个支承臂固定在变速器盖上，轴可以在支承臂上转动。只有当操纵杆推向前方接上前桥后，螺钉才解除对换挡操纵杆的锁止作用，操纵杆才能向前推动挂入低挡，即保证先挂上前桥后才能挂入低挡。如果驾驶员操作失误，先挂低挡时，换挡操纵杆下端也将推动螺钉，使操纵杆逆时针转动而同时挂入前桥。同理，如果摘除前桥驱动时没有先摘下低挡，而直接将操纵杆向后拉，通过螺钉也会迫使低挡摘下。

螺钉式互锁装置通常用于换挡拨叉轴与前桥接合套拨叉轴相距较远的分动器。对于两拨叉轴距离较近的分动器则多采用球销式互锁装置。

#### ②球销式互锁装置

北京 BJ2020 型汽车分动器采用的球销式互锁装置如图 3-36 所示。在两根拨叉轴之间装有互锁销，图示位置前桥未接合，由于互锁销的锁止作用，

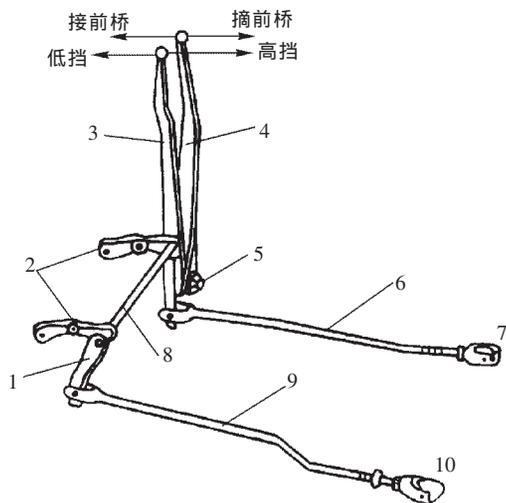


图 3-35 螺钉式互锁装置

1. 摇臂 2. 支承臂 3. 换挡操纵杆
4. 前桥操纵杆 5. 螺钉 8. 轴 6、9. 传动杆
7. 换挡拨叉 10. 前桥接合套拨叉

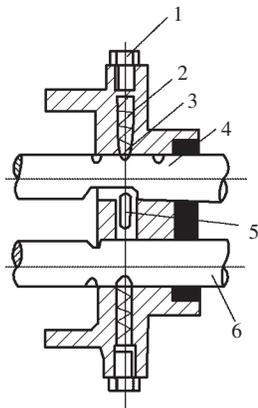


图 3-36 球销式互锁装置

1. 螺塞 2. 弹簧 3. 自锁钢球
4. 高低挡变速叉轴 5. 互锁销
6. 前桥接合叉轴

换挡拨叉轴只能向右移动，挂入高速挡，而不能向左移动挂低挡。因而保证了未挂前桥不能挂低速挡的要求。当前桥接合叉轴向右移动挂上前桥后，前桥接合叉轴上方的凹槽对准了互锁销，高低挡变速叉轴便可向左移动将互锁销从高低挡变速叉轴的长凹槽中挤出而推入前桥接合叉轴的凹槽中，从而可以挂入低速挡。同时，前桥接合叉轴便被锁住而不能摘下前桥。只有将高低挡变速叉轴再向右移动至空挡或高档位置时，互锁销又伸入到高低挡变速叉轴的长凹槽中，才能移动前桥接合叉轴摘下前桥。这就保证了摘下前桥之前必须先退出低速挡的要求。

### 思考题

1. 变速器有何功用？有哪些类型？
2. 机械有级式变速器有几种类型？各用于什么场合？
3. 变速器换挡装置有哪些结构型式？防止自动脱挡的结构有哪些？
4. 试分析惯性式同步器（以锁环式为例）的工作原理。
5. 对变速器操纵机构有哪些要求？各用什么装置和措施来保证？
6. 分动器的作用是什么？其操纵特点是什么？

# 第四章 自动变速器

## 第一节 概述

汽车自动变速器常见的有三种形式，分别是液力自动变速器（简称 AT）、机械无级自动变速器（简称 CVT）、电控机械式自动变速器（简称 AMT）。目前轿车普遍使用的是 AT。

### 1. 液力自动变速器 AT

AT 是由液力变矩器、变速齿轮和液控（电控）操纵系统组成，通过液力传递和齿轮组合的方式来达到变速变矩。换句话说就是液力自动变速器是有级变速器的自动控制。

### 2. 机械无级自动变速器 CVT

CVT 采用传动带和可变槽宽的带轮进行动力传递，即在带轮变化槽宽时，相应改变驱动带轮与从动带轮传动带的接触半径进行变速。传动带一般采用橡胶带、金属带和金属链等。CVT 是真正的无级变速，它的优点是质量轻，体积小，零件少，与 AT 比较具有较高的运行效率，油耗较低。但 CVT 的缺点也是明显的，其传动带很容易损坏，不能承受较大的载荷，只能限于 1L 排量左右的低功率和低扭矩汽车，因此在汽车市场配置中占有率比较低。

### 3. 电控机械自动变速器 AMT

AMT 在机械变速器（手动变速器）原有基础上进行改造，主要改变手动换挡操纵部分。即在总体传动结构不变的情况下通过加装微机控制的自动操纵系统来实现换挡的自动化。因此 AMT 实际上由一个机器人系统来完成操作离合器和选挡两个动作。由于 AMT 能在现在生产的手动变速器基础上进行改造，投入的费用较低，容易被生产厂家接受。

本章以自动变速器为例，介绍自动变速器的结构和工作原理。

自动变速器就是在不中断动力传递的条件下，根据发动机负荷和车速等工况自动变换传动比，以使汽车获得良好的动力性和经济性，提高乘坐舒适性，减轻驾驶员的疲劳，提高行车安全。

它由液力变矩器、行星齿轮机构及液压控制装置等构成，如图 4-1 所示

即为一台完整的自动变速器的剖视图。图 4-2 为其在汽车上的结构布置示意图。

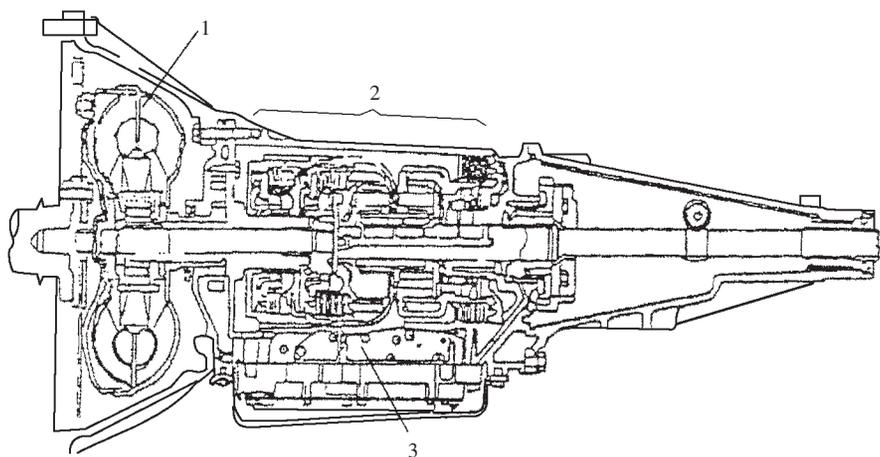


图 4-1 三个前进挡、一个倒挡的自动变速器的结构

1. 液力变矩器 2. 行星齿轮机构 3. 液压控制装置

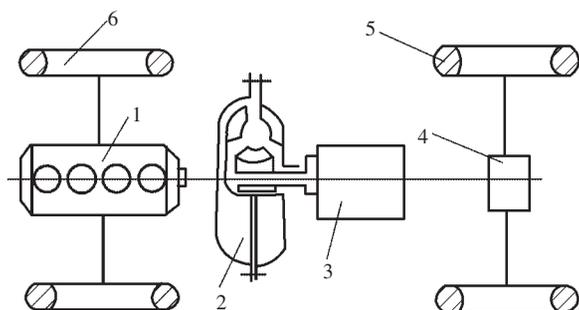


图 4-2 液力机械变速器在汽车上的布置示意图

1. 发动机 2. 液力传动装置 3. 机械变速器 4. 主减速器 5. 驱动轮 6. 转向轮

液力变矩器的内部充满变速器油，它能根据汽车的行使阻力自动、连续地改变输出转矩。行星齿轮机构作为辅助变速器装在液力变矩器之后，它由行星齿轮，多片离合器、制动器及单向离合器等构成。

液压控制装置是用油压控制行星齿轮机构的装置，并且还具有给液力变矩器供油和润滑各个摩擦部位的作用，在行星齿轮机构中，设有 P 挡（停车挡）、R 挡（倒挡）、N 挡（空挡）、D 挡（前进挡）及 2、1 挡，有些还设有 OD 挡（超速挡）。当自动变速器处于 D 挡时，具有自动地在 1 挡与 2

挡或3挡之间根据行驶阻力及发动机的工作状况自动变换的功能。当自动变速器处于1挡或2挡位时，则它被锁定在1挡或2挡位置，不再随行驶阻力及发动机的工况而自动换挡。

自动变速器具有以下优点：

(1) 不需频繁地操作变速杆及脚踏离合器，就能自动地实现换挡，使驾驶员操作起来方便，有利于行车安全。

(2) 发动机的动力通过液压传递，可保证平顺地加速、减速和换挡。

(3) 传动系的冲击被液力耦合器中的油液吸收，振动和冲击小。同时，自动变速器也同样有以下的不足之处：

①因发动机的动力是通过液压传递的，传递效率差，所以在省油及加速这两点上不如齿轮式的普通变速器。

②装置复杂，质量大。

③出现故障后，不便于维修。

## 第二节 自动变速器的结构和工作原理

### 一、自动变速器的结构和工作原理

如上所述，自动变速器由液力变矩器、行星齿轮传动机构和液压控制装置三部分组成。

#### 1. 液力变矩器

图4-3所示为液力变矩器的断面图，液力变矩器由泵轮、涡轮、导轮和单向离合器等部件构成，其中，泵轮与发动机相连，涡轮与行星齿轮机构的输入轴相连，导轮是通过单向离合器固定在自动变速器上的，只能和涡轮作同一方向旋转。

液力变矩器是在液力耦合器上加装了导轮的一种液力装置。图4-4是用两台风扇形象地说明液力耦合器工作原理的示意图。现在将两台风扇相对放置，如果打开左侧的风扇A，则右侧的风扇B因受风扇A的风压也向同一方向转动。也就是说，A相当于泵轮，风扇B相当于

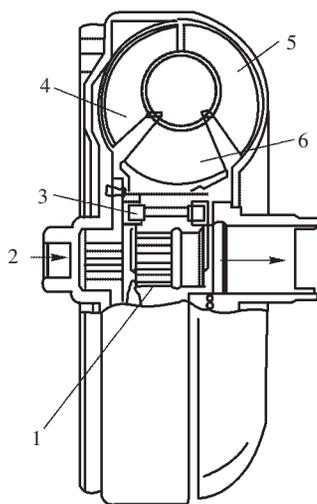


图4-3 液力变矩器的断面图

1. 导轮轴的嵌入部分 2. 发动机  
3. 单向离合器 4. 涡轮 5. 泵轮 6. 导轮

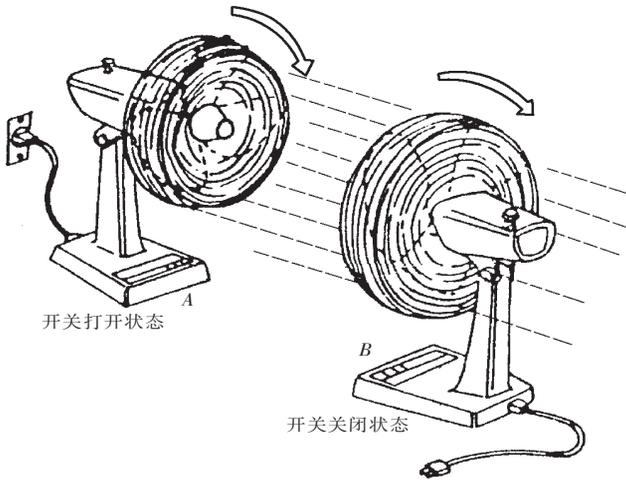


图 4-4 液力耦合器工作原理示意图

涡轮。可以想象，如果将两者之间充满油，使之传递动力，就构成了液力耦合器。在这种状态下，随着风扇 A 转动的风扇 B 的背面仍有一定能量的气流流出，这称为残余（或增益）能量，通过再次利用残余能量增大风扇 B 的转矩的装置就是液力变矩器。

当发动机旋转时，泵轮内的油液因离心力的作用而沿图 4-5 中的 A 向飞出。但是，由于泵轮做旋转运动，油液在 B 方向还有一个运动速度，所以油液的实际流向是 A、B 两个运动速度的合速度 C 的方向。涡轮在受到液流作用的同时就传递了动力。

从泵轮流出的液流将冲击涡轮的叶片。首先，冲击力使涡轮旋转，与此同时液流沿涡轮叶片流动。其次，当液流从涡轮内流出时，由于反作用力的

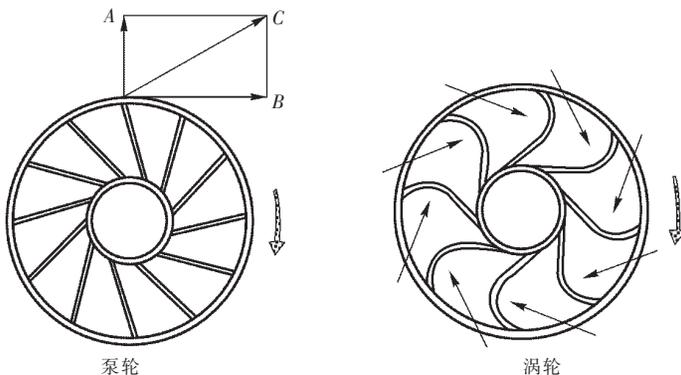


图 4-5 泵轮和涡轮展开图

作用也使涡轮转动。因此，该冲击力和反作用力共同构成了涡轮的传动力矩。

从涡轮流出的液流，还有相当多的能量。把具有这一能量的液流输向泵轮的背面，增强泵轮的旋转，从而达到增大传递转矩的作用，这就是液力变矩器导轮增大转矩的作用。当涡轮相对泵轮的转速越低时（即速比接近于零），返回到泵轮的残余能量越多，通过变矩器增大的转矩也越大。图 4-6 所示是从泵轮流出的液流流经涡轮及导轮后，再返回到泵轮的流程示意图。

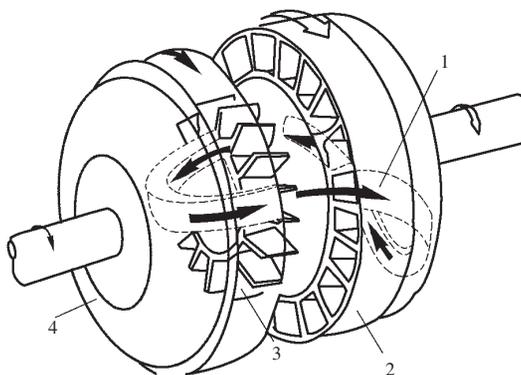


图 4-6 导轮增大转矩作用的示意图

1. 油流 2. 涡轮 3. 导轮 4. 泵轮

从低速旋转的涡轮流向导轮的液流方向如图 4-7 所示。图中 A 为液流因涡轮旋转产生的速度方向，B 是液流流出的方向，液流实际的流向是由 A 和 B 合成的方向 C，其结果是，从涡轮流出的液面因导轮的作用，其方向被改变到泵轮的旋转方向。

但是，如图 4-8 所示，当涡轮的转速逐渐升高，从涡轮流出的液流的方向将渐渐向 A 方向靠近，当达到某一转速时，其方向将指向导轮的内侧，这时，由于单向离合器的作用，导轮就处于空转状态了。导轮开始空转的点称为离合点，在该点以后。由于液力变矩器的作用与液力耦合器相同，又称此时工况为耦合工况。

由于液力变矩器的转矩比约为 2.0~3.0，远远达不到汽车对变速器转矩比的要求，所以就利用行星齿轮机构作为辅助变速器。

## 2. 行星齿轮变速器

如图 4-9 所示是行星齿轮机构的一例，主要由以下部件构成，按照安装位置从发动机向后依次为输入轴、前离合器、后离合器、前排行星齿轮、后排行星齿轮、低速倒挡制动器、单向离合器及输出轴等。

### (1) 前离合器和后离合器

前、后离合器都是由各具有数片摩擦片的主动摩擦片组和从动摩擦片组交互排列构成的，一旦有油压作用，两组摩擦片就紧密地结合在一起，从而起到了离合器的接合作用。

### (2) 带式制动器

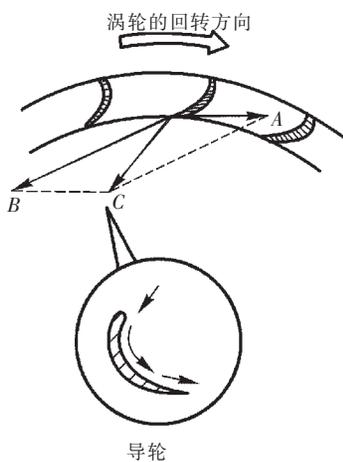


图 4-7 导轮的功能 (1)

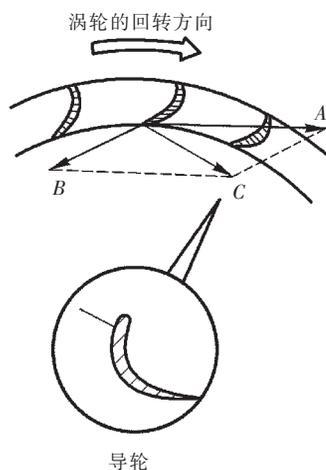


图 4-8 导轮的功能 (2)

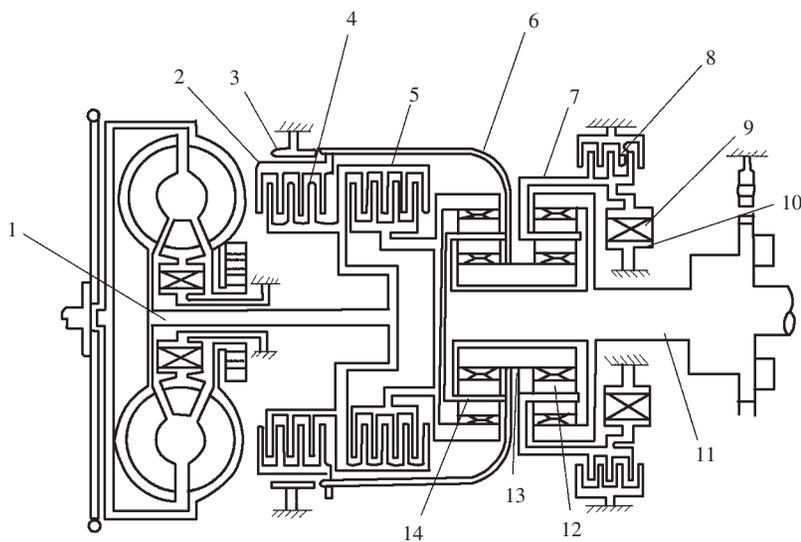


图 4-9 行星齿轮机构

1. 输入轴 2. 离合器鼓 3. 带式制动器 4. 前离合器 5. 后离合器 6. 连接外壳 7. 连接鼓 8. 低速倒挡制动器 9. 单向离合器 10. 中心支架 11. 输出轴 12. 后行星齿轮 13. 中心齿轮 14. 前行星齿轮

带式制动器如图 4-10 所示，它是起到制动前离合器鼓的作用。由制动器制动带和伺服机构组成，当油压作用于伺服机构时，活塞推杆受压。拉紧制动带，把前离合器鼓锁住。

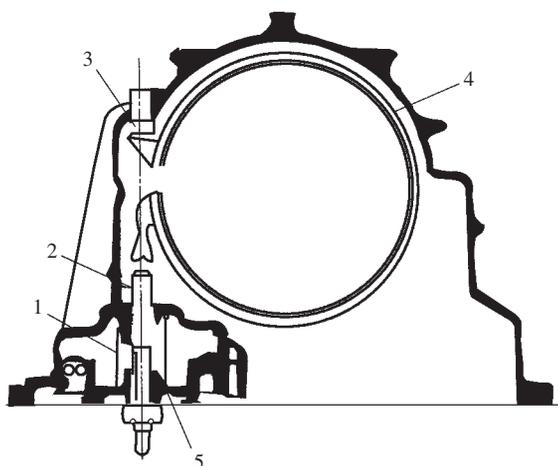


图 4-10 带式制动器工作原理图

1. 弹簧 2. 活塞推杆 3. 固定销 4. 制动带 5. 伺服活塞

### (3) 单向离合器

单向离合器是通过安装在内、外座圈的滚柱的作用，使其只能转向一个方向旋转的装置，其结构如图 4-11 所示，它主要由滚柱及保持架等组成。

#### (4) 行星齿轮机构

简单行星齿轮机构如图 4-12 所示，行星齿轮机构由齿圈、行星齿轮、太阳轮及行星齿轮架组成。行星齿轮机构的速比变化是通过在太阳轮、齿圈及行星架三个要素中固定一个要素，而使另两个要素实现一定的传动比来传动的。例如：将行星齿轮架固定而由太阳轮输入转动，动力传给齿圈，或者把太阳轮固定而让齿圈输入转动，动力传给行星齿轮架。这样，就利用一套机构而获得不同的传动比，并且行星齿轮速比的改变，可以在不切断动力的情况下自由地进行。

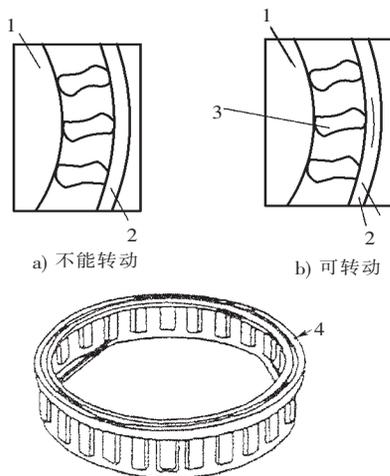


图 4-11 单向离合器结构图

1. 内座圈 2. 外座圈 3. 滚柱 4. 保持架

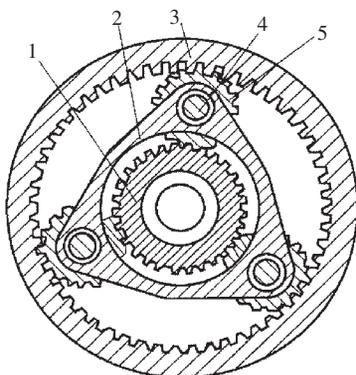


图 4-12 行星齿轮机构工作原理示意图

1. 太阳轮 2. 行星架 3. 齿圈 4. 行星轮轴 5. 行星轮

表 4-1 单排行星齿轮机构的传动方案

传动类型	主动件	被动件	固定件	转速
减速增矩	太阳轮	行星架	齿圈	低挡
	齿圈	行星架	太阳轮	高挡
	太阳轮	齿圈	行星架	低倒挡
增速减矩	行星架	齿圈	太阳轮	超低速挡
	行星架	太阳轮	齿圈	超高速挡
	齿圈	太阳轮	行星架	快倒挡
直接传动	任二个元件连成一体			直接挡
没有传动	三元件均不受固定约束			三元件自由转动（空挡）

### (5) 复合行星齿轮传动

自动变速器采用两排或多排简单行星齿轮组连在一起，以获得较多挡数。一般具有三、四个前进挡的自动变速器至少需要两排行星齿轮组。现代汽车自动变速器中，广泛采用两种典型的复合式行星齿轮传动机构，即辛普森式和拉威娜式。

#### ① 辛普森式

如图 4-13 所示，辛普森式齿轮传动机构的结构特点是：两排行星齿轮组共用一个太阳轮，即太阳轮将两个行星齿轮组连在一起，让一个行星

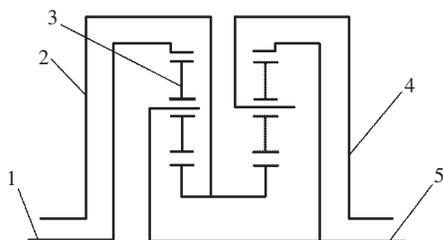


图 4-13 辛普森式齿轮传动机构

1. 前齿圈 2. 太阳轮组件 3. 行星齿轮  
4. 后行星架 5. 前行星架后齿圈组件

齿轮组共用一个太阳轮，即太阳轮将两个行星齿轮组连在一起，让一个行星

齿轮组的输出成为另一个行星齿轮组的输入，它是一个三速行星齿轮传动系统，能提供三个前进挡及一个倒挡。

### ②拉威娜式

如图 4-14 所示拉威娜式齿轮传动机构的结构特点是：两排行星齿轮组共用一个齿圈和行星齿轮架，行星齿轮架上的长行星齿轮与前排行星齿轮组的大太阳轮相啮合，同时还与后排行星齿轮组短行星齿轮啮合，短行星齿轮与后排小太阳轮啮合。其可以组合三个前进挡及一个倒挡。桑塔纳、捷达轿车采用的自动变速器都是拉威娜式。

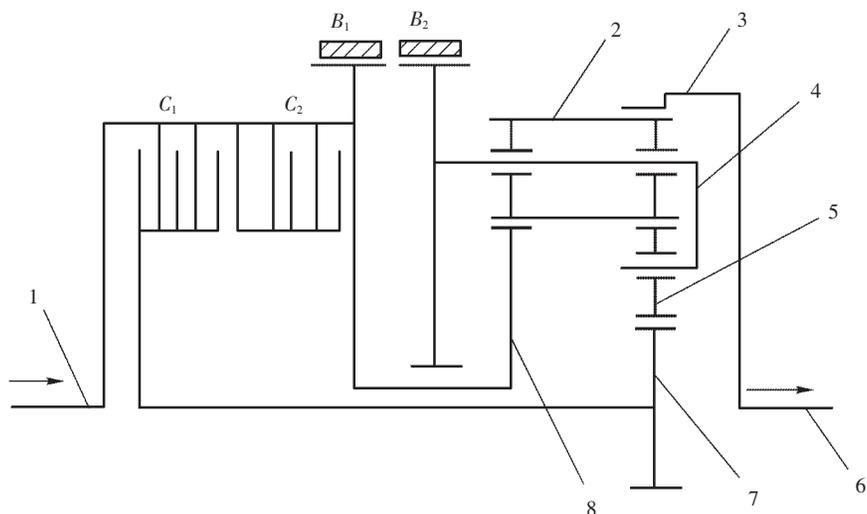


图 4-14 拉威娜式齿轮传动机构

1. 输入轴 2. 长行星齿轮 3. 齿圈 4. 行星架 5. 短行星齿轮  
6. 输出轴 7. 小太阳轮 8. 大太阳轮  
C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>. 离合器 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>. 制动器

### (6) 液压控制装置

液压控制装置可以自由地或通过手控方式改变压力油的流向，而控制离合器的工作状态，使行星齿轮处于不同的传动状态，从而达到自动变速器随车速道路阻力的变化而自动设定相适应的挡位的目的。同时，液压控制装置还起到向液力变矩器供油和润滑各摩擦部位的作用，它主要由油泵、阀体、压力调节阀、手控阀、换挡阀、调速阀及节流阀等组成，各种阀在阀体上的安装布置如图 4-15 所示。

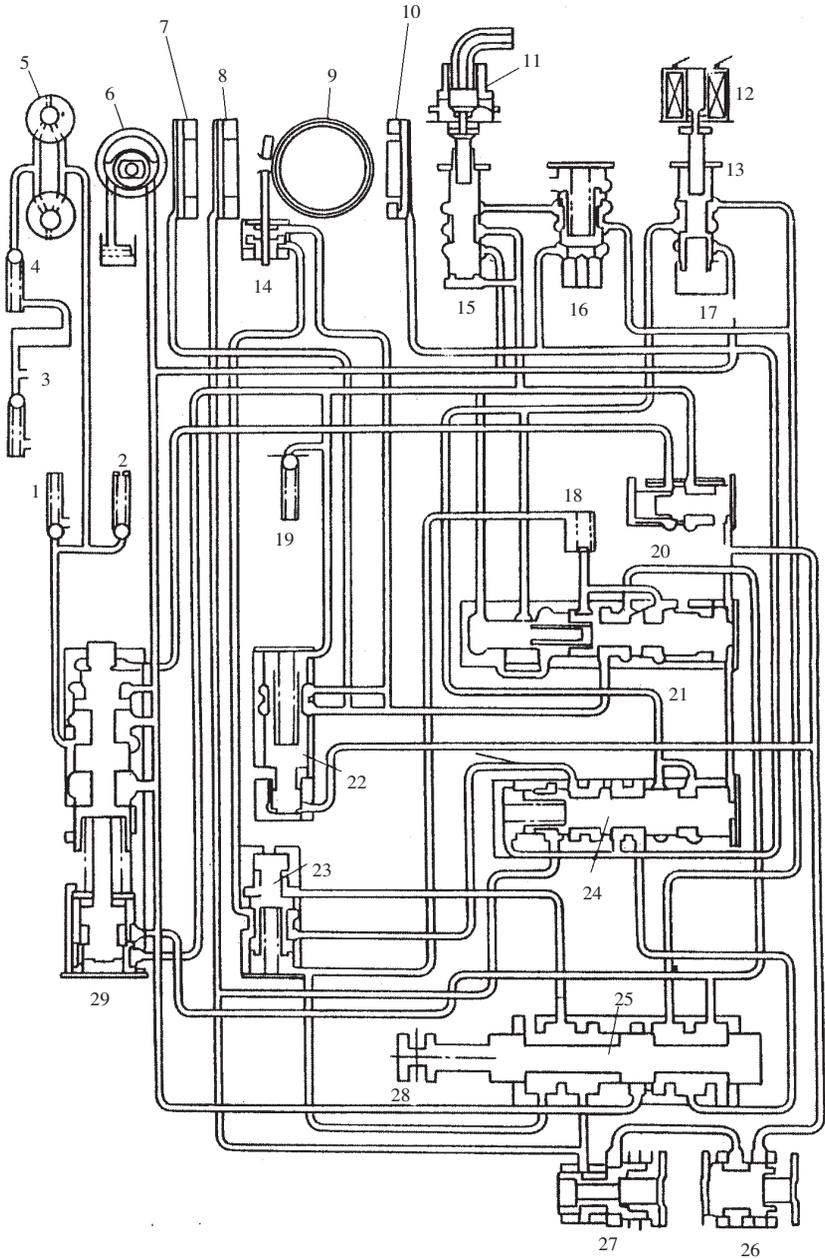


图 4-15 液压装置结构图

1. 泄压阀 2. 前部润滑 3. 后部润滑泄压阀 4. 稳压阀 5. 液力变矩器 6. 油泵 7. 前离合器  
 8. 后离合器 9. 制动带 10. 低速倒挡制动器 11. 真空膜片 12. 降速电磁线圈 13. 液力变矩器油泵  
 14. 伺服阀 15. 真空节流阀 16. 节流倒挡阀 17. 电磁降速阀 18. 阻尼限压阀 19. 节流泄压  
 流 20. 压力控制阀 21. 二~三挡换挡阀 22. 二~三挡缓冲阀 23. 第2锁止阀 24. 一~二挡换挡  
 阀 25. 手控阀 26. 第1调速阀 27. 第2调速阀 28. PRND21 29. 压力调节阀

①油泵 油泵与液力变矩器同时由发动机驱动，其功能是向液压控制装置及各个润滑部位供油，一般都为齿轮泵，如图 4-16 所示。

②阀体 在阀体上制造有各种油道，通过这些油道将油泵输出的油压送到各个部位。阀体上装有压力调节阀，手控阀及换挡阀等。阀体通常安装在行星齿轮机构的下部。

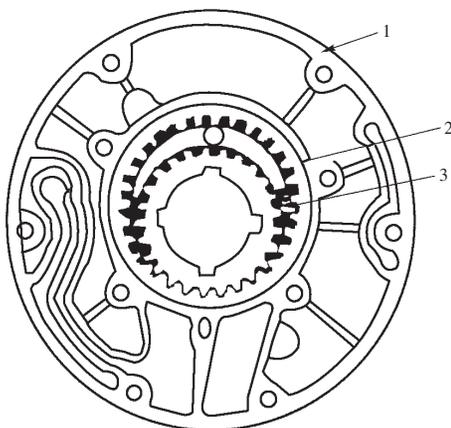


图 4-16 齿轮泵结构图

1. 油泵壳体 2. 从动齿轮 3. 主动齿轮

③压力调节阀 压力调节阀的作用就是限制液压系统的最大压力，并调节输送到各个部位的油压。

④手控阀 手控阀是通过操纵换挡杆控制其工作的，它由杆系与换挡杆连接，能根据挡杆的动作将经压力调节阀后的油液导向至伺服机构及离合器等，从而实现各个挡位的相互转换。

⑤换挡阀 换挡阀是根据车速和发动机负荷自动地控制行星齿轮机构换挡的位置，它由 1—2 挡换挡阀和 2—3 挡换挡阀组成。1—2 挡和 2—3 挡换挡阀根据调速阀油压（与车速相适应的油压）和节流阀油压（与发动机负荷相适应的油压）进行 1—2 挡和 2—3 挡之间的换挡。

⑥调速阀 调速阀是安装在液力变矩器的输出轴上，根据输出轴的转速即以车速调节油压的阀。

⑦节流阀 节流阀是根据加速踏板的行程也就是发动机的负荷调节节流压力的阀。

## 二、各挡位的工作状况

### 1. N 挡工况（空挡）

自动变速器处于 N 挡时，所有控制机构（离合器、制动带等）都不工作，输入轴的动力不传递给输出轴。

### 2. D 挡工况（前进挡）时的一挡状态

自动变速器的挡位操纵杆置于 D 时，则自动变速器随着发动机的工作状况和行驶的道路状况，自动地在 1—2—3 挡位之间变换。

当自动变速器根据需要自动处于一档工况时，后离合器和单向离合器起作用。液力变矩器输出的力传递到输入轴、后离合器及前内齿环，如图 4-17 所示。

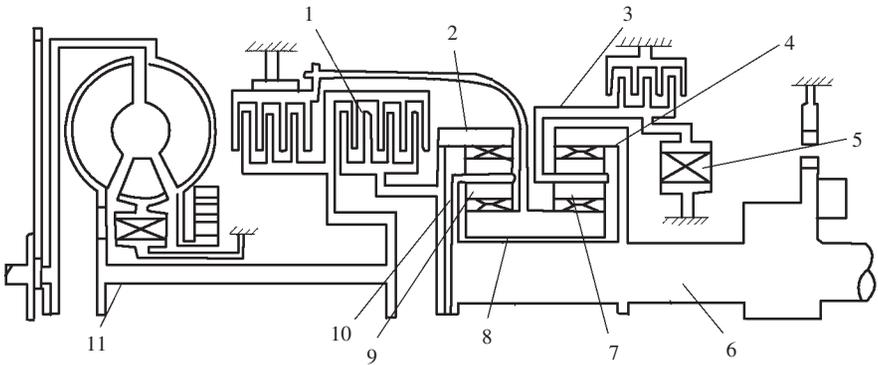


图 4-17 D 工况（一档状态）

1. 后离合器 2. 前内环齿轮 3. 后行星齿轮架 4. 后内环齿轮 5. 单向离合器 6. 输出轴  
7. 后行星齿轮 8. 中心齿轮 9. 前行星齿轮 10. 前行星齿轮架 11. 输出轴

在前行星机构中，行星齿轮架与输出轴相联接，当内环齿轮旋转时，带动行星齿轮旋转，从而使中心齿轮向与输入轴相反的方向旋转。

当前排行星齿轮机构的中心齿轮产生与输入轴相反方向旋转时，在后排行星齿轮机构中，由于其行星齿轮架被单向离合器固定住，行星齿轮的旋转使内环齿轮向与中心齿轮相反方向旋转，这样，输出轴与输入轴同向旋转，且行星齿轮机构处于减速状态。

除上述动力传递途径外，还有一个动力传递途径，即由前排内环齿轮传来的扭矩通过行星齿轮传给了前行星齿轮架，使前行星齿轮架与输出轴一起转动，传递了动力。这样，在一档状态下，在前排行星齿轮机构中，动力分两条途径传递，最后在输出轴汇合。

### 3. D 挡工况的二挡状态

当 D 挡工况时，自动变速器自动处于二挡状态，或者是将换挡操纵杆置于 2 挡位置，使自动变速器处于强制二挡。

在这一状态下，后离合器和带式制动器起作用。

如图 4-18 所示，输入轴的旋转通过后离合器传给前排内环齿轮，由于前排中心齿轮被带式制动器固定，前排行星齿轮架与前排内环齿轮同向旋转，从而实现了输入轴到输出轴的减速传递。

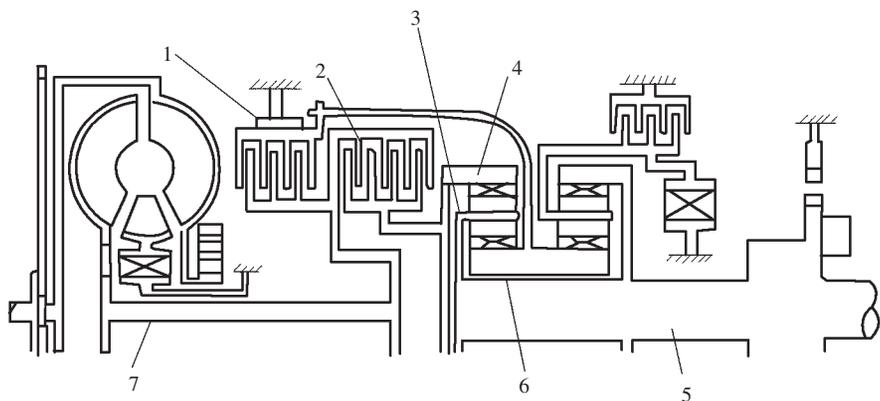


图 4-18 D 工况（二挡状态）及 2 工况

1. 带式制动器 2. 后离合器 3. 前排行星齿轮架 4. 前排内环齿轮 5. 输出轴  
6. 中心齿轮 7. 输入轴

#### 4. D 挡工况处于三挡状态

当 D 挡工况时，自动变速器自动处于三挡状态，这时，前、后离合器同时起作用，如图 4-19 所示，输入轴的旋转将同时传给前排的中心齿轮和内环齿轮。而且二者都做相同旋转，也就是说此时前排行星齿轮机构以一个整体进行旋转，使输入轴的旋转直接传给输出轴。

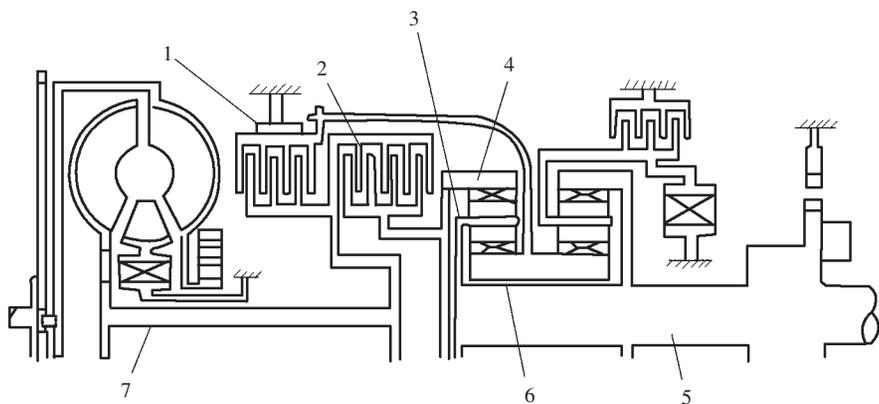


图 4-19 D 工况（三挡状态）

1. 前离合器 2. 后离合器 3. 前排行星齿轮架 4. 前排内环齿轮 5. 输出轴  
6. 中心齿轮 7. 输入轴

## 5. 一挡工况

此时，自动变速器的操纵杆置于一挡位置，在该工况下，后离合器和低速倒挡制动器起作用，将后行星齿轮架固定住，如图 4-20 所示。

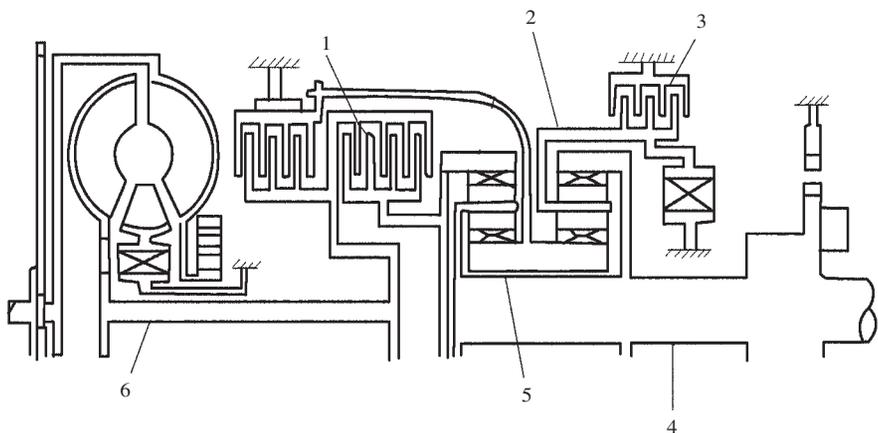


图 4-20 1 工况（一挡状态）

1. 后离合器 2. 后行星齿轮架 3. 低速倒挡制动器 4. 输出轴 5. 中心齿轮 6. 输入轴

另外，该工况与 D 工况时的一挡状态具有相同的传动比，所不同的是，低速倒挡制动器取代了单向离合器，使后行星齿轮架被完全固定住，从而可以利用发动机制动。

## 6. R 工况（倒挡）

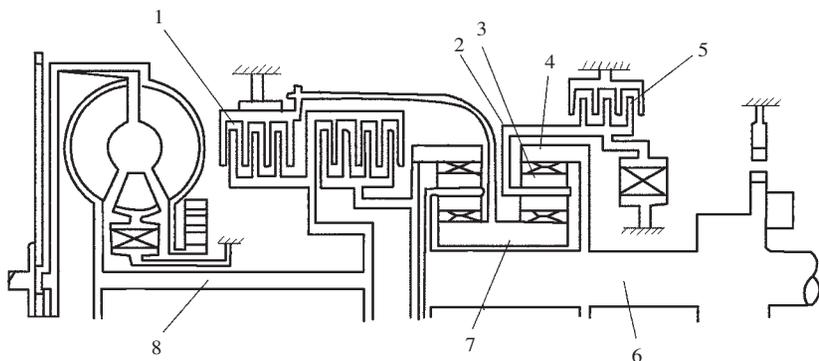


图 4-21 R 工况

1. 前离合器 2. 后行星齿轮架 3. 后行星齿轮 4. 后排内环齿轮 5. 低速倒挡制动器  
6. 输出轴 7. 中心齿轮 8. 输入轴

在 R 工况下，前离合器与低速倒挡制动器起作用，如图 4-21 所示，输入轴的旋转通过前离合器传给了中心齿轮，此时由于后行星齿轮被低速倒挡制动器固定，旋转运动通过后行星齿轮到后排内环齿轮时就改变了方向，传递到输出轴的旋转方向为逆向。

#### 7. P 挡工况（停车）

该工况下，换挡杆被置于 P 位置，如图 4-22 所示，制动臂就嵌入到配油器外环齿轮上，使输出轴被机械地固定住了，从而实现可靠停车。

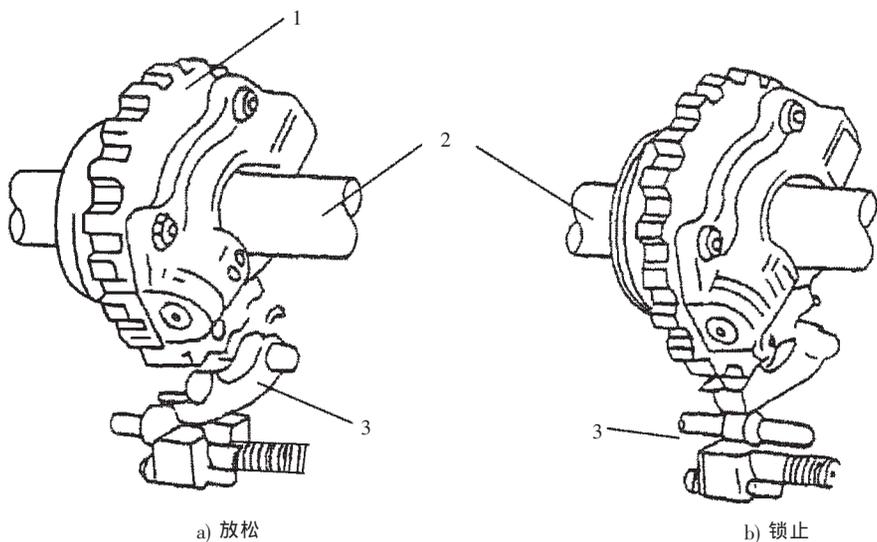


图 4-22 P 挡工况

1. 配油器 2. 输出轴 3. 制动臂

#### 思考题

1. 液力机械装置是如何组成的？有何优点？
2. 自动变速器和手动变速器有何差异？

# 第五章 万向传动装置

## 第一节 概述

如图 5-1 所示，汽车的变速器一般与离合器、发动机装成整体后支承在车架上，而后桥则通过钢板弹簧与车架相连。由此可见，变速器的输出轴轴线与驱动桥的输入轴轴线不可能在同一平面上。汽车在行驶过程中，由于道路不平，车轮会出现一侧高一侧低或不断跳动的现象，造成变速器与驱动桥之间的相对位置（距离、夹角）不断变化。因此，变速器与驱动桥之间不应该用刚性轴连接，而采用万向传动装置。

万向传动装置一般由万向节和传动轴组成，有时还装中间支承。在变速器与驱动桥距离较远的情况下，传动轴一般分成两段（图 5-1），即主传动轴 6 和中间传动轴 3。用三个万向节 2 将变速器输出轴、中间传动轴、主传动轴、主减速器的输入轴连接起来，且在中间传动轴后端设置中间支承 4。

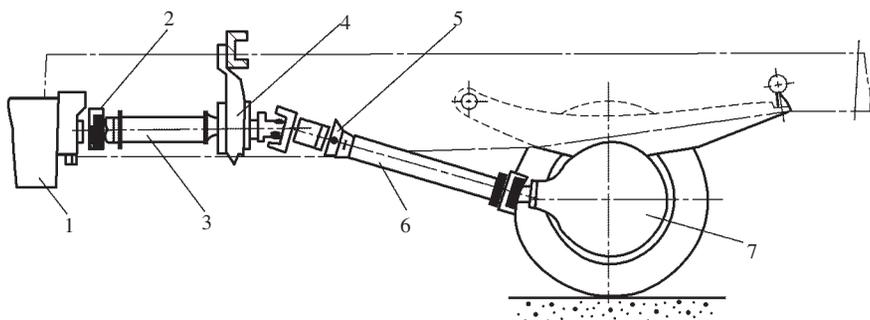


图 5-1 变速器与驱动桥之间的万向传动装置

1. 变速器 2. 万向节 3. 中间传动轴 4. 中间支承 5. 伸缩节 6. 主传动轴 7. 后桥

此外，由于越野汽车的前轮就是转向轮又是驱动轮。作为转向轮，要求在转向时可以在规定范围内偏转一定角度；作为驱动轮则要求半轴在车轮偏转过程中不间断地把动力从主减速器传到车轮。因此，转向驱动桥的半轴不能制成整体而要分段，且用万向节连接，以适应汽车行驶时半轴各段的交角不断变化的需要。

现在很多汽车转向系中方向盘与转向器之间也采用万向传动装置连接。如东风 EQ109 和解放 CA1091 型汽车等。

万向节是相交两轴间传递扭矩的机械装置（见图 5-2）。

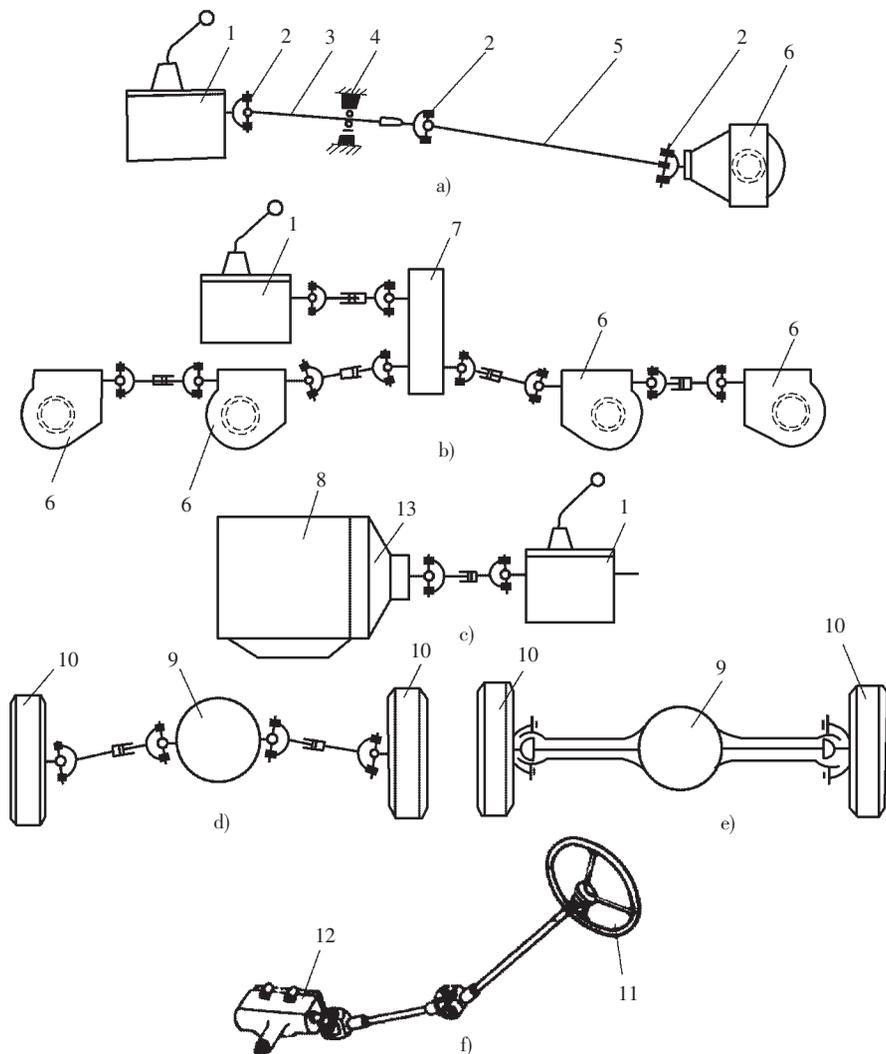


图 5-2 万向传动装置在汽车上的应用

1. 变速器 2. 万向节 3. 中间转动轴 4. 中间支承 5. 主传动轴 6. 驱动桥  
7. 分动器 8. 发动机 9. 主减变速器 10. 驱动桥 11. 方向盘 12. 转向器 13. 离合器

按结构万向节分为刚性和柔性两类。汽车上普遍采用刚性万向节。所谓刚性万向节是指：靠刚性铰链式零件传递动力的，其弹性较小。

刚性万向节按其所传递的从动轴的旋转速度的均匀程度不同又分为：不等角速万向节（常用的为十字轴式）、准等角速万向节（三销式、双联式）

和等角速万向节（球叉式、球笼式）三种。

## 第二节 十字轴式普通刚性万向节

图 5-3 所示为解放 CA1091 型汽车上采用的十字轴式普通刚性万向节。万向节的主、从动叉 2 和 6 用十字轴 4 相连。在十字轴颈与主、从动叉孔之间，装有滚针 8 和套筒 9 组成的滚针轴承总成。套筒 9 的外端，由两个螺栓固定轴承盖板 1，并用锁片将螺栓锁住，以防螺栓松脱而使轴承甩出。十字轴 4 中心有油道，其一侧装有黄油嘴 3，另一侧装有安全阀 5。当在油嘴处加油过多，使内腔的油压过大时，多余的润滑油可经安全阀 5 溢出，以防损坏油封 7。油封 7 装在套筒 9 上，以防止润滑油漏出和尘土进入。

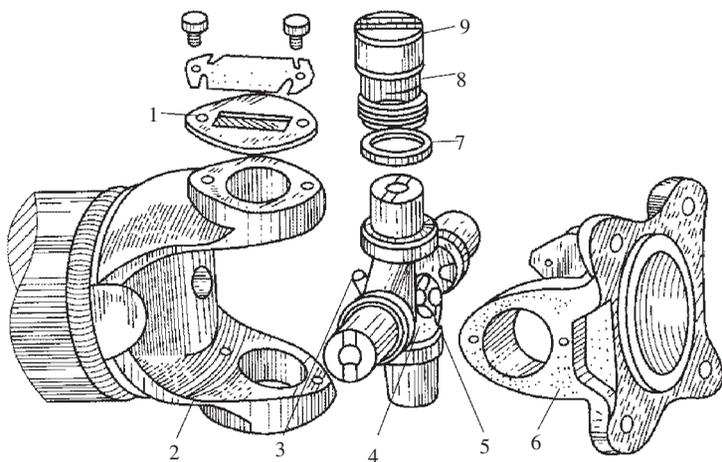


图 5-3 万向节的结构

1. 轴承盖板 2、6. 万向节叉 3. 注油嘴 4. 十字轴 5. 安全阀 7. 油封  
8. 滚针 9. 套筒（轴承壳）

普通刚性万向节在传递动力时，若主动叉轴等角速旋转，传到从动叉轴后其角速度是不相等的，也就是使从动叉轴发生忽快忽慢的不等角速旋转的现象。十字轴式普通刚性万向节的不等角速道理可用图 5-4 解释。设主动叉轴 1 的速度以  $\omega_1$  表示，从动叉轴 2 的角速度以  $\omega_2$  表示。两叉轴夹角为  $\alpha$ 。

当主动叉 1 处在图 5-4 所示的垂直位置时十字轴旋转平面与主动叉轴轴线垂直，十字轴 3 上的 A 点在该瞬时的圆周速度对主动叉轴 1 来说：

$$V_{A1} = \omega_1 r$$

A 点对从动叉轴 2 来说：

$$V_{A2} = \omega_2 r \cos \alpha$$

A 点只可能有一种圆周速度， $V_{A1} = V_{A2}$

即  $\omega_1 r = \omega_2 r \cos \alpha$  故有  $\omega_2 = \omega_1 / \cos \alpha$

因为  $\cos \alpha < 1$  ,  $\omega_2 > \omega_1$

也就是说主动叉从垂直位置转到水平位置的  $90^\circ$  转角内, 从动叉作增速运动。

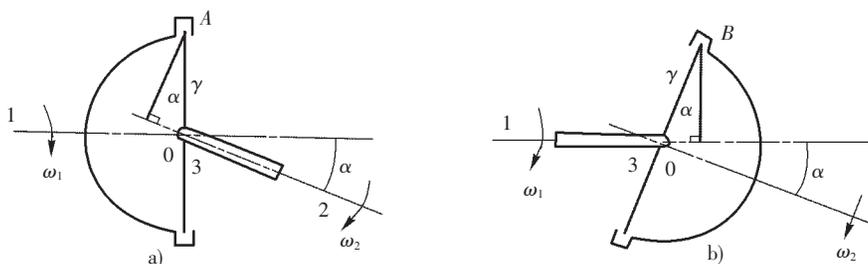


图 5-4 普通万向节传动的角速度分析

1、2. 万向节叉 3. 十字轴 r. 十字轴旋转半径

当主动叉 1 转过  $90^\circ$  角处于如图 5-4b 所示的水平位置时, 十字轴旋转平面与从动叉轴轴线垂直, 分析十字轴 3 上的 B 点在该瞬时的圆周速度, 有:

$$\omega_2 = \omega_1 \cos \alpha$$

由于  $\cos \alpha < 1$ , 所以  $\omega_2 < \omega_1$ , 即主动叉从水平位置转到垂直位置达  $90^\circ$  范围内, 从动叉轴 2 的转速低于主动叉轴 1, 此后以  $180^\circ$  为周期重复上述变化。显然, 采用这种万向节传递动力时, 主动叉轴 1 作等角速旋转, 从动叉轴 2 的角速度却在周期性地变化。

在主动叉轴 1 转一周内, 从动叉轴 2 的角速度两次达到最大值, 两次达到最小值。这种不等角速的程度取决于两轴夹角  $\alpha$  的大小。 $\alpha$  愈小, 不等角速的程度愈小, 当  $\alpha = 0$  时, 两轴才能等角速旋转。

由于从动叉轴的角速度周期性地变化, 即从动叉轴周期性地加速和减速, 使从动叉轴以及与其相连的零件除了传递变速器的输出扭矩之外, 还要承受因角加速、角减速所产生的惯性扭矩, 这对传动系零件将是不利的, 会引起提前失效。

为了使从动轴获得等角速度旋转的性能, 从而使车速稳定, 可按图 5-5 所示位置使两个万向节串联安装, 并满足两个装配条件: ①传动轴两端的万向节叉位于同一平面内; ②输入、输出轴与传动轴间的夹角  $\alpha$  相等。

这样, 经第一个万向节传动而角速度不等的传动轴, 经第二个万向节传动后反过来获得输出轴的等角速度旋转。汽车的总布置设计和总装配保证了输入轴、输出轴与传动轴间的夹角  $\alpha$  相等, 而传动轴两端的开向节叉在同一平面内则靠装配传动轴时保证。

由上可见, 成对使用不等角速万向节解决了传动的不等角速问题。十字

轴式普通刚性万向节结构简单，并有较高的传动效率，允许在轴间夹角为 $5^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 的两轴之间传递动力，因此在汽车传动系中应用最为广泛。

但在某些情况下，例如转向驱动桥的分段半轴间，在布置上受轴向尺寸限制，上述双万向节传动便不能适应。因此，在转向驱动桥及独立悬架的后驱动桥上广泛采用准等角速万向节和等角速万向节。

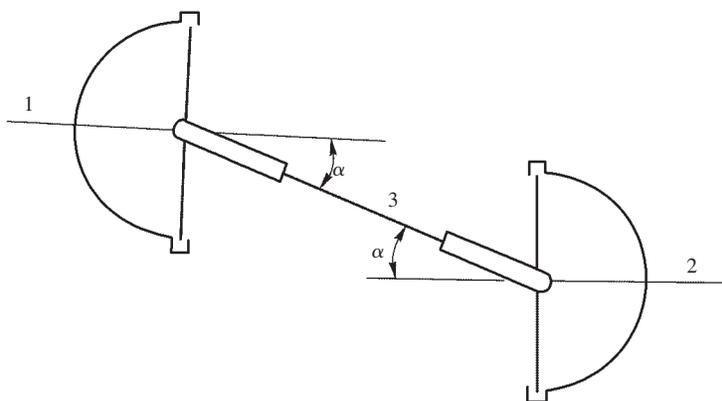


图 5-5 双万向节的等速传动布置图

1. 输入轴 2. 输出轴 3. 传动轴

### 第三节 准等角速万向节和等角速万向节

#### 一、准等角速万向节

准等角速万向节是根据上述双万向节实现等速传动的原理而设计的，只能近似地实现等速传动，所以称为准等角速万向节。常见的有双联式和三销轴式万向节。

##### 1. 双联式万向节

它实际上是一种由两个十字轴式万向节组成的准等角速万向节。两个万向节的十字轴由具有内部支承和分度机构的连续叉彼此连接（见图 5-6 和图 5-7）。当万向节以设计角度或零度工作时，主、从动轴角速度相等，在其他角度工作时近似相等。

双联式万向节是根据双万向节可实现等速传递的原理，将中间轴尽量缩短而成的。其中间架相当于中间传动轴，它将两个在同一平面上的万向节叉连合在一起，而分度机构可使中间架的轴线平分所连两轴的夹角，从而实现等角速传动。有的偏心十字轴双联万向节取消了分度机构，则获得近似等角速传动。

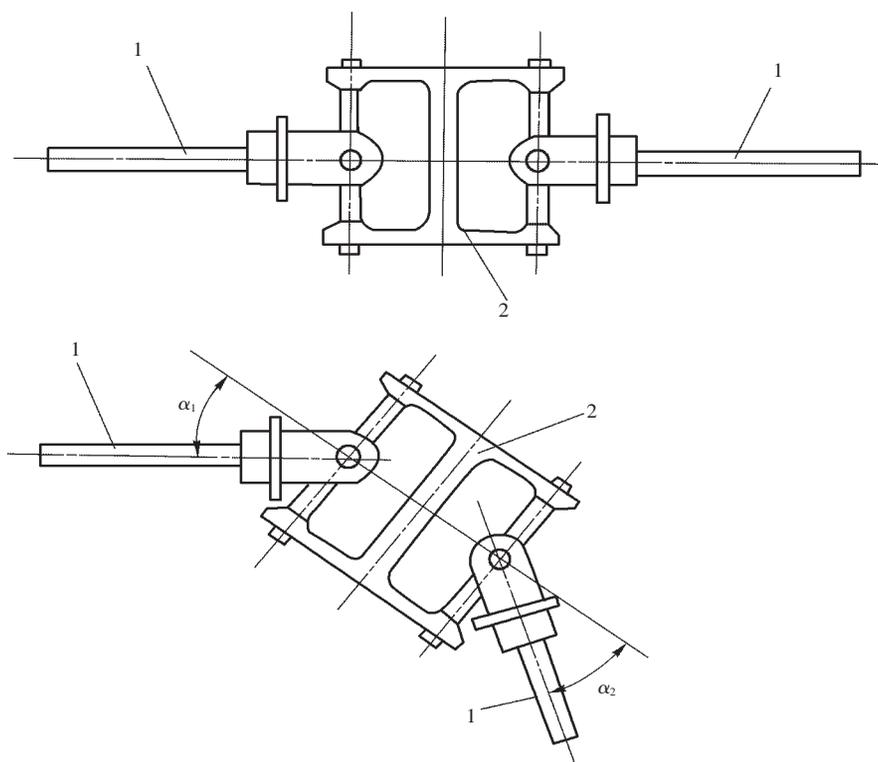


图 5-6 双联式万向节的原理图

1. 万向节叉轴 2. 双联叉

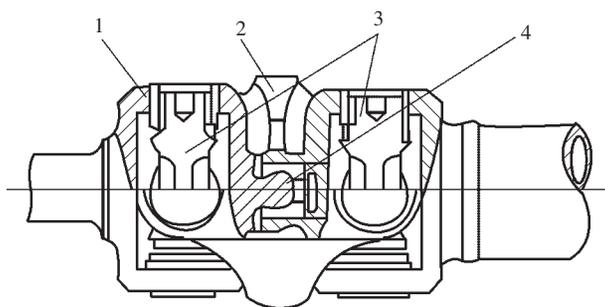


图 5-7 双联式万向节的装配示意图

1. 滚针轴承 2. 中间架 3. 十字轴 4. 分度机构接头

双联式万向节允许两轴具有较大轴间夹角（一般可达  $50^\circ$ ，偏心式可达  $60^\circ$ ）、效率高、结构简单、轴承密封好等优点；但有外形尺寸大、零件多等缺点，使其仅限于在中吨位以上越野汽车的转向驱动桥中应用。

## 2. 三销轴式万向节

三销轴式万向节实质也是根据双万向节等角速传动原理演变而来的。它是由两个小端轴颈互相插入对方大端轴承孔内的三销轴连接的两个偏心轴叉组成的准等角速万向节（见图 5-8）。由图可见叉孔中心线与叉中心线互相垂直但不相交，装配时每一偏心轴的两叉孔与一个三销轴的大端两轴颈配合，

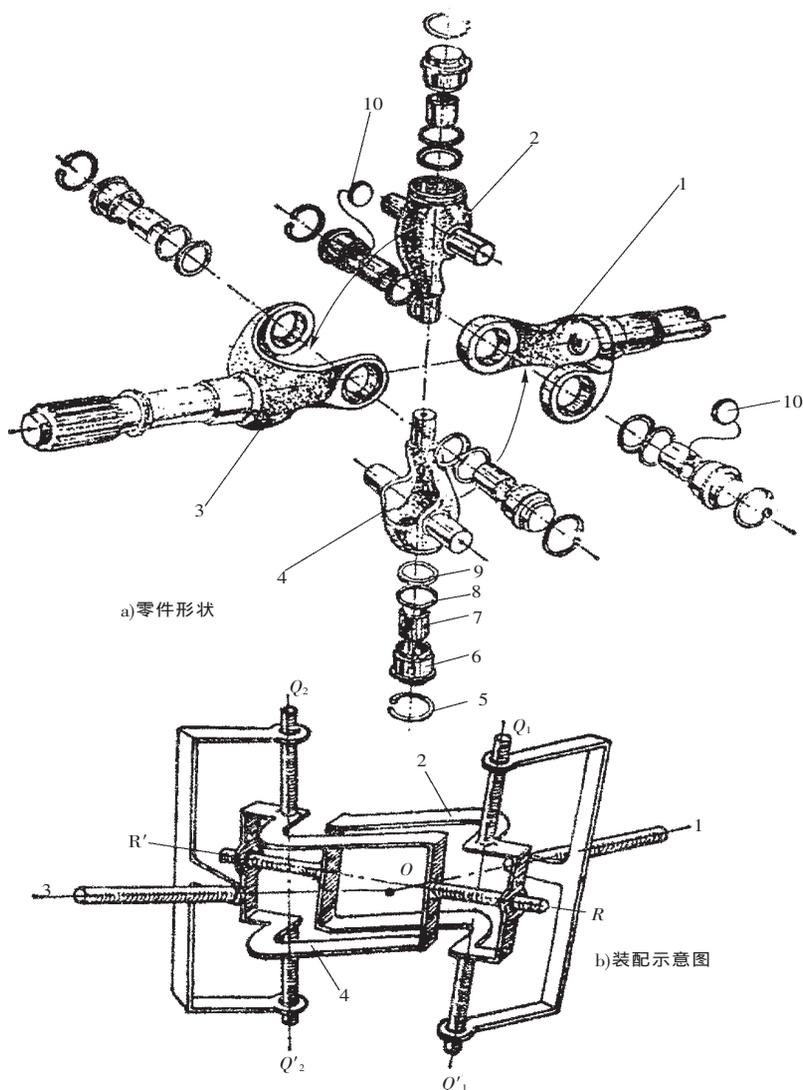


图 5-8 三销轴式准等角速万向节

1. 主动偏心轴叉 2、4. 三销轴 3. 从动偏心轴叉  
5. 卡环 6. 轴承座 7. 衬套 8. 毛毡圈 9. 密封罩 10. 推力垫片

然后两个三销轴的小端轴颈互相插入对方的大端轴承孔内，这样便形成了取消传动轴，而且利用两个三销轴互借对方轴承孔结合而成的双联联体卡字轴。因此三销轴式万向节相当于传动轴长度为零的双联十字轴式万向节。

三销轴式万向节的最大优点是允许两轴有比较大的交角，最大可达 $45^\circ$ ，在转向驱动桥中应用这种万向节，可提高汽车的机动性，但其体积仍较大。

## 二、等角速万向节

等角速万向节是将输入轴的扭矩平稳传至输出轴，以相同的瞬时角速度传递运动的万向节。它的基本原理是从结构上保证万向节在工作过程中，其传力点永远位于两轴交角的平分面上。

目前采用较广泛的球叉式万向节和球笼式万向节均根据这一原理制成。

### 1. 球叉式万向节

其构造如图 5-9 所示。主动叉 5 与从动叉 1 分别与内、外半轴制成一体。在主、从动叉上，各有四个曲面凹槽，装合后形成两个相交的环形槽，作为钢球滚道。四个传动钢球 4 放在槽中，钢球 6 放在两叉中心的凹槽内，以定中心。为顺利地将钢球装入槽内，在中心钢球 6 上铣出一个凹面，凹面中央有一深孔。装合时，先将主定位销 3 装入从动叉内，放入中心钢球，然后在两球叉槽中陆续装入三个传动钢球，再将中心钢球的凹面对向未放钢球的凹槽，以便装入第四个传动钢球。而后，再将中心钢球 6 的孔对准从动叉孔，提起从动叉轴使定位销 3 插入球孔中，最后将锁止销 2 插入从动叉上与定位销垂直的孔中，以限制定位销轴向移动，保证中心钢球的正确位置。

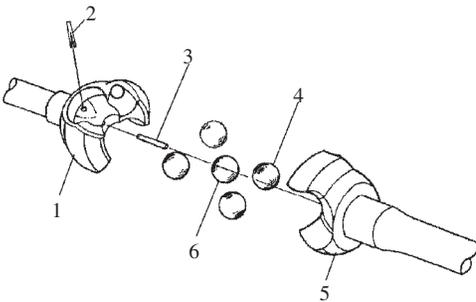


图 5-9 球叉式万向节图

1. 从动叉 2. 锁止销 3. 定位销 4. 传动钢球  
5. 主动叉 6. 中心钢球

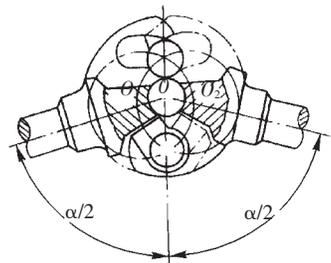


图 5-10 球叉式万向节等角速传动原理

这种结构的等角速条件是这样实现的（图 5-10），主动叉和从动叉凹槽的中心线是以  $O_1$ 、 $O_2$  为圆心的两个半径相等的圆，而圆心  $O_1$ 、 $O_2$  与万向

节中心 O 的距离相等。因此，在主动轴和从动轴以任何角度相交的情况下，传动钢球中心都位于两圆的交点上，亦即所有传动钢球都位于角平分面上，因而保证了等角速传动。

球叉式万向节结构简单，允许最大交角为  $32^{\circ} \sim 33^{\circ}$ ，一般应用于转向驱动桥中（图 5-11）。目前，在有些球叉式万向节中，省去了定位销和锁止销，中心钢球上也没有凹面，靠压力装配。这样，结构更为简单，但拆装不方便。

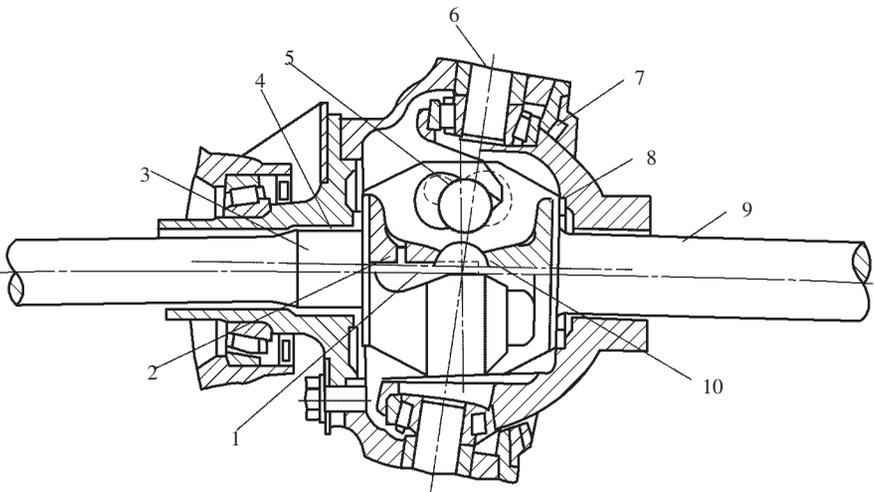


图 5-11 球叉式万向节在转向驱动桥中的位置

1. 定位销 2. 锁止销 3. 从动叉 4. 径向推力轴系 5. 传动钢球 6. 主销  
7. 油封 8. 推力轴承 9. 主动叉 10. 中心钢球

球叉式万向节工作时，只由两个钢球传力，反转时，则由另两个钢球传力。因此钢球与曲面凹槽之间的单位压力较大，磨损较快，影响使用寿命。

## 2. 球笼式万向节

其结构如图 5-12 所示。星形套 7 以内花键与主动轴 1 相连，其外表面有六条凹槽，形成内滚道。球形壳 8 的内表面有相应的六条凹槽，形成外滚道。六个钢球 6 分别装在各条凹槽中，并由保持架使之保持在一个平面内。动力由主动轴 1 经钢球 6、球形壳 8 输出。

球笼式等速万向节可在两轴最大交角为  $42^{\circ}$  的情况下传递扭矩，而且在工作时，无论传动方向如何，六个钢球全部传力。与球叉式万向节相比，其承载能力强，结构紧凑，拆装方便，因此应用越来越广泛。

国产红旗牌 CA7220 型、捷达、桑塔纳、夏利等轿车，其前转向驱动桥的转向节处均采用这种球笼式等速万向节。该结构形式的万向节简称为

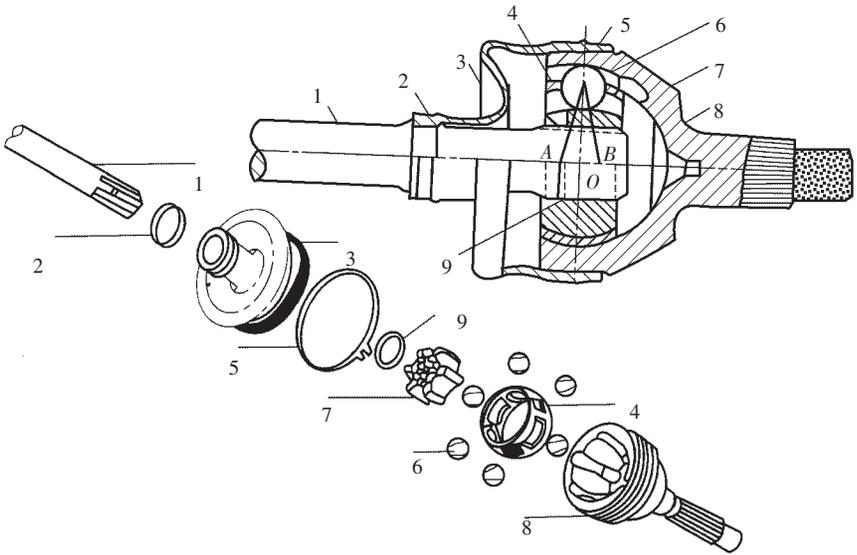


图 5-12 球笼式等速万向节

1. 主动轴 2、5. 钢带箍 3. 外罩 4. 保持架(球笼) 6. 钢球  
7. 星形套(内滚道) 8. 球形壳(外滚道) 9. 卡环

RF 节。

另一种伸缩型球笼式万向节(简称 VL 节, 又称为球笼式双补偿万向节)的结构如图 5-13 所示。这种结构形式的内、外滚道是圆筒形的。在传递转矩过程中, 星形套 2 与球形壳 4 可以沿轴向相对移动, 故可省去其他传动装置中必须有的滑动花键。这不仅使结构简化, 而且由于星形套 2 与球形壳 4 之间的轴向相对移动是通过钢球 5 沿内、外滚道滚动来实现的, 与滑动花键相比, 其滑动阻力小, 最适用于断开式驱动桥。

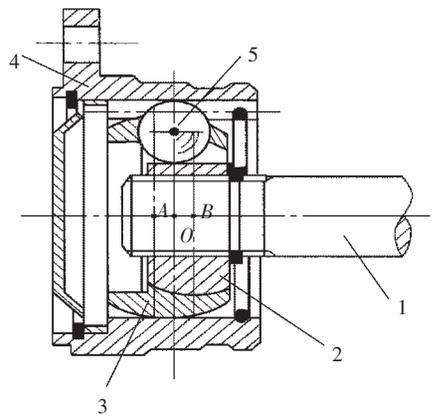


图 5-13 伸缩型球笼式万向节(简称 VL 节)  
1. 主动轴 2. 星形套(内滚道) 3. 保持架(球笼)  
4. 球形壳(外滚道) 5. 钢球

上述几种国产轿车所采用的伸缩型球笼式万向节(VL 节)在转向驱动桥中均布置在靠传动轴的一侧(内侧), 而轴向不能伸缩的球笼式万向节

(RF 节) 则布置在转向节处 (外侧), 如图 5-14 所示。

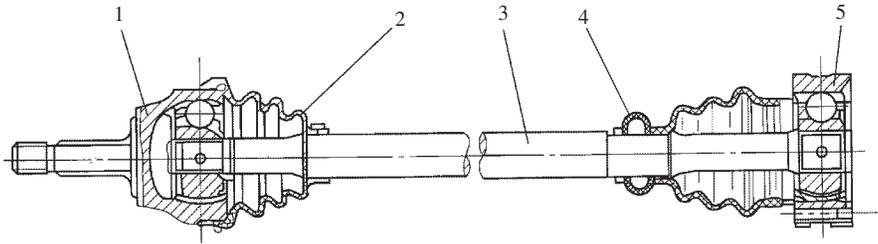


图 5-14 RF 节与 VL 节在转向驱动桥中的布置

1. 球笼式等速万向节 (RF 节) 2、4. 防尘罩 3. 传动轴 5. 伸缩型球笼式万向节 (VL 节)

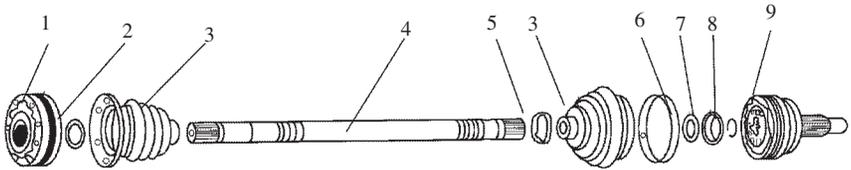


图 5-15 传动轴总成

1. 内等角速万向节 2. 碟形座圈 3. 防尘罩 4. 传动轴 5. 夹箍 6. 碟形座圈 7. 隔套圈  
8. 卡簧 9. 外等角速万向节

## 第四节 传动轴和中间支承

### 一、传动轴

传动轴是万向传动装置的重要组成部件。传动轴有实心轴和空心轴之分, 为了减轻传动轴的质量, 节省材料, 提高轴的强度、刚度及临界转速, 传动轴多为空心轴, 一般用厚度为 1.5 mm ~ 3.0mm 且厚薄均匀的钢板卷焊而成, 重型货车则多直接采用无缝钢管。

转向驱动桥、断开式驱动桥或微型汽车的传动轴通常制成实心轴。

在其两端焊接有花键轴和万向节叉, 其主要功用是将变速器 (或分动器) 传来的扭矩传给驱动桥。

图 5-16 所示为解放 CA1091 型汽车的传动轴与中间支承。它由三个普通万向节、中间传动轴 4、主传动轴 16、中间支承等组成。传动轴用薄钢板卷焊而成。前万向节的输出叉尾端插入中间传动轴 4 的轴管内并焊牢。轴管后端焊上一根花键轴, 在装入中间支承后, 再装入凸缘盘, 以螺母压紧并用开口销锁止。中间支承将传动轴吊装在车架横梁上。

中间传动轴 4 后端凸缘盘以止口与中间万向节叉对中，用四个螺钉紧固在一起。万向节滑动叉 13 以花键孔与焊在主传动轴 16 前端的花键轴连接，沿轴向可作相对滑动。花键部分用润滑脂润滑，并装有油封 15。为了防水、防尘，万向节滑动叉 13 的前端装有堵盖 12，并装有可伸缩的橡胶套，用带开口销的带箍捆在主传动轴 16 和万向节滑动叉 13 上。主传动轴轴管后端通过后万向节与后桥主动锥齿轮轴端部的凸缘盘连接。为调整传动轴的平衡，轴管上焊有平衡片 3。为了使以后维修时不至于因装配不当而破坏平衡状态，保证同一根传动轴两端的万向节叉在同一平面内，万向节滑动叉 13 上的花键套和主传动轴 16 上刻有带箭头的记号，装配时应使记号对准。该记号对准时主动传动轴上两端的万向节叉正好处于同一平面内。

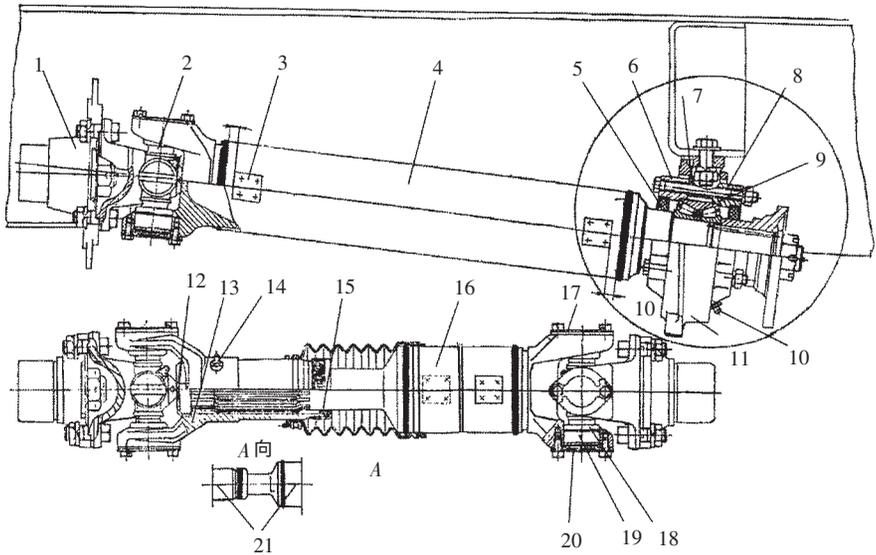


图 5-16 解放 CA1091 型汽车传动轴与中间支承

1. 凸缘叉 2. 万向节十字轴 3. 平衡片 4. 中间传动轴 5、15. 油封 6. 中间支承前盖  
7. 橡胶垫环 8. 中间支承后盖 9. 双列圆锥滚子轴承 10、14. 注油嘴 11. 支架 12. 堵盖  
13. 万向节滑动叉 16. 主传动轴 17. 锁片 18. 滚针轴承油封 19. 万向节滚针轴承 20. 滚针轴承轴承盖 21. 装配位置标记

传动轴总成上三个十字轴油嘴应在同一平面上，并指向主传动轴，以便加注润滑脂。橡胶套两个带箍的开口销座装在间隔  $180^\circ$  的位置上，以保持平衡状态。

## 二、中间支承

传动轴过长时，自振频率降低，易产生共振，故将其分成两段并加中间支承。中间支承的结构如图 5-16 所示。

它由支架 11 和轴承 9 等组成。支架 11 用螺栓固定在车架上。

轴承 9 装在支架 11 内，被前后支承盖 6 和 8 夹紧，在轴承与支架之间装有橡胶垫环 7。当汽车在行驶中发生颠簸时，橡胶垫环 7 可稍作弹性变形，使传动轴的转动免受车架变形的影响。双列圆锥滚子轴承 9 可承受较大的轴向力，且便于调整，使用寿命较长。

东风 EQ1090 型汽车的中间传动轴采用蜂窝软垫式中间支承（图 5-17）与车架相连接。轴承 3 可在轴承座 2 内滑动。由于蜂窝形橡胶垫 5 的弹性作用，能适应中间支承安装在车架横梁上后，角度方向的安装误差以及车辆行驶过程中由于发动机的蹿动或车架变形所引起的位移。此外，还可以吸收振动，减小噪声。蜂窝软垫式结构简单，故应用较广泛。

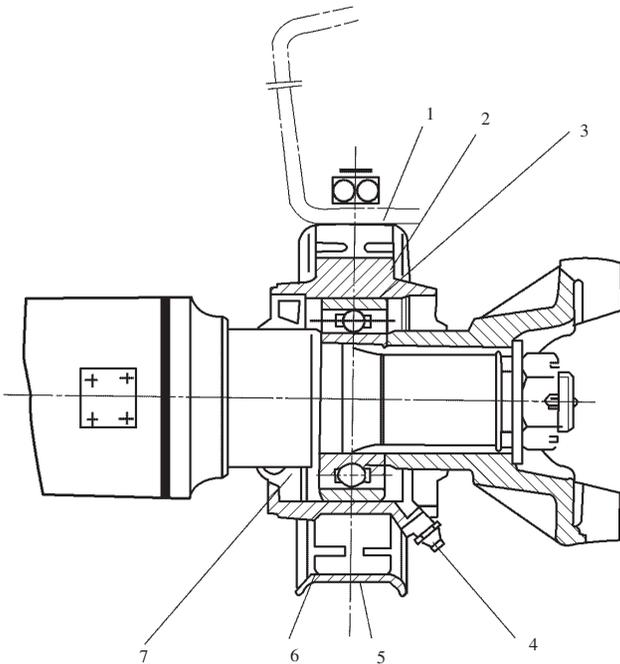


图 5-17 东风 EQ1090 型汽车传动轴中间支承

1. 车架横梁 2. 轴承座 3. 轴承 4. 注油嘴 5. 蜂窝形橡胶垫 6. U 形支架 7. 油封

因驱动桥与车架是弹性连接的，故普通万向传动装置不可能在任何情况下都保证等速传动。一般只是汽车满载在水平路面行驶时，近似等速。

越野汽车传动轴的布置包括从变速器到分动器，又从分动器到各驱动桥，如图 5-18 所示。后桥传动轴分为中间传动轴 6 和主传动轴 9，中间支承 8 装在中驱动桥上。满载时变速器输出轴与分动器 4 的各输出轴、中桥 7 和后桥 10 的输入轴，以及中间支承 8 的轴线近似平行。每一传动轴（中间支

承可认为是一传动轴) 两端的万向节叉应装在同一平面内, 满足平行排列或等腰三角形排列 (如前桥传动轴) 的等速条件。

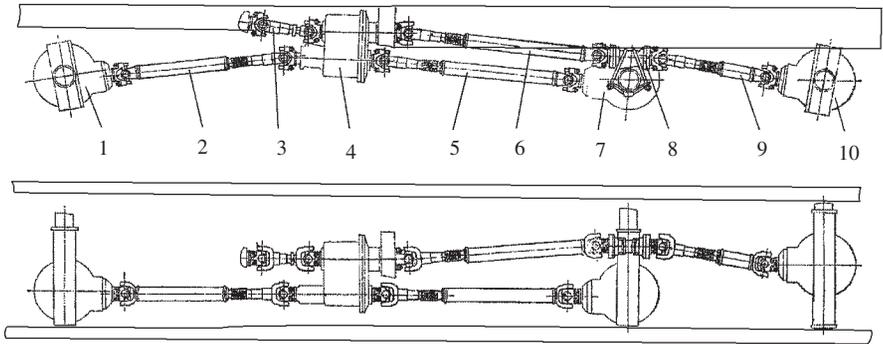


图 5-18 三桥越野汽车传动轴的布置

1. 前驱动桥 2. 前桥传动轴 3. 传动轴 4. 分动器 5. 中桥传动轴  
6. 后桥中间传动轴 7. 中驱动桥 8. 中间支承 9. 后桥传动轴 10. 后驱动桥

普通汽车最简单的传动轴只有一节, 其两端用普通万向节分别与变速器和驱动桥连接。装配时传动轴两端的万向节叉在同一平面内就保证满载时实现等速传动。

双节式传动轴如图 5-19 所示, 传动轴分为两段, 即中间传动轴 4 和主传动轴 16, 与三个万向节组成万向传动装置, 其装配方法有两种:

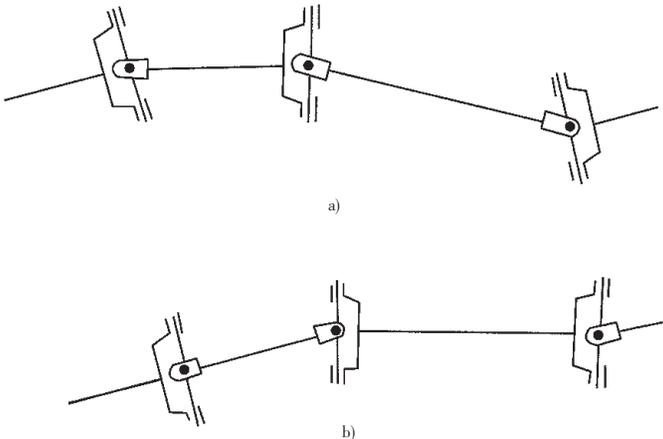


图 5-19 双节式传动轴万向节装配形式

- (1) 某些汽车变速器输出轴与中间传动轴不在一条直线上, 当汽车满

载时两节传动轴近似在一直线上，中间万向节不起改变角速度的作用，前端万向节从动叉与后端万向节主动叉在同一平面内，即满足等角速传动的条件 [图 5-19a) ]。

(2) 有些汽车的中间传动轴与变速器输出轴近似在一条直线上，只要主传动轴满足等速传动条件即可 [图 5-19b) ]。

### 思考题

1. 汽车上为何要采用万向传动装置？该装置有哪几部分组成？
2. 如何使用普通十字轴刚性万向节达到等角速传动目的？
3. 万向节分为哪几种类型？各有何特点？

# 第六章 驱动桥

## 第一节 概述

驱动桥装于传动系末端，是将输入的动力最后传给驱动轮的装置。如图 6-1 所示，它主要由主减速器 2、差速器 3、半轴 4 和驱动桥壳 1 组成。其基本功能是降速增扭，变更纵置发动机传来的扭矩的方向，承载并将汽车的牵引、制动以及各种外界反作用力经悬架传至车架。驱动桥有整体式与断开式两大类。

整体式驱动桥（图 6-1）的半轴套管与主减速器壳均与桥壳刚性相连为一个整体梁，因而两侧的半轴和驱动轮相关地摆动，通过弹性元件与车架相连。

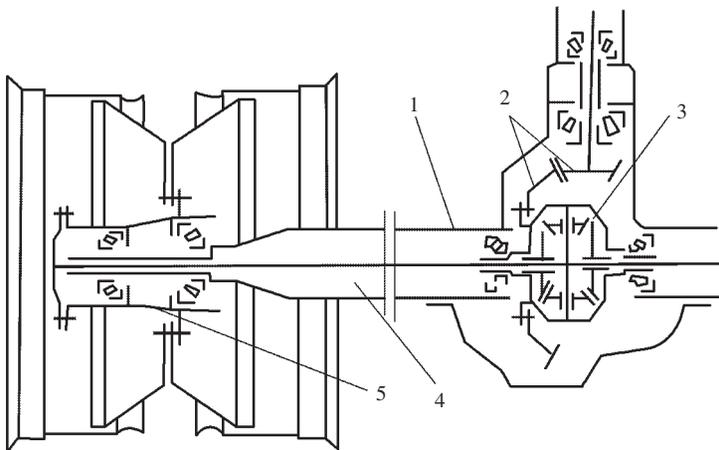


图 6-1 整体式驱动桥示意图

1. 驱动桥壳 2. 主减速器 3. 差速器 4. 半轴 5. 轮毂

在断开式驱动桥（图 6-2 和图 6-3）中，主减速器和差速器装于桥壳，并固定在车架或车身上，靠万向传动轴驱动两侧车轮并保证两侧车轮可各自相对于车体有相对运动。

在越野汽车上，要求某一车桥既能驱动又能转向则称转向驱动桥。本节只讨论整体式驱动桥。

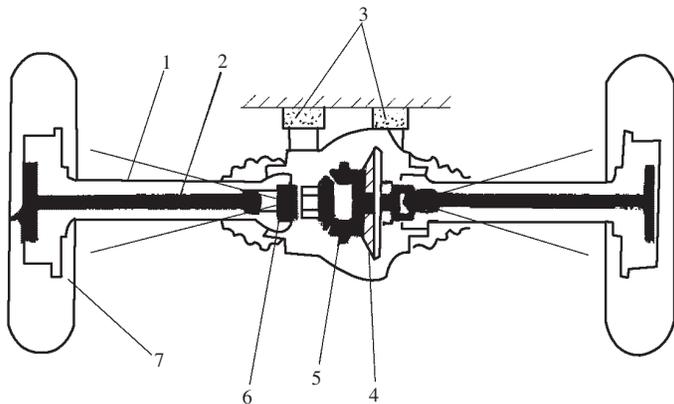


图 6-2 断开式驱动桥示意图

1. 桥壳 2. 半轴 3. 支架 4. 主减速器 5. 差速器 6. 万向节 7. 驱动轮

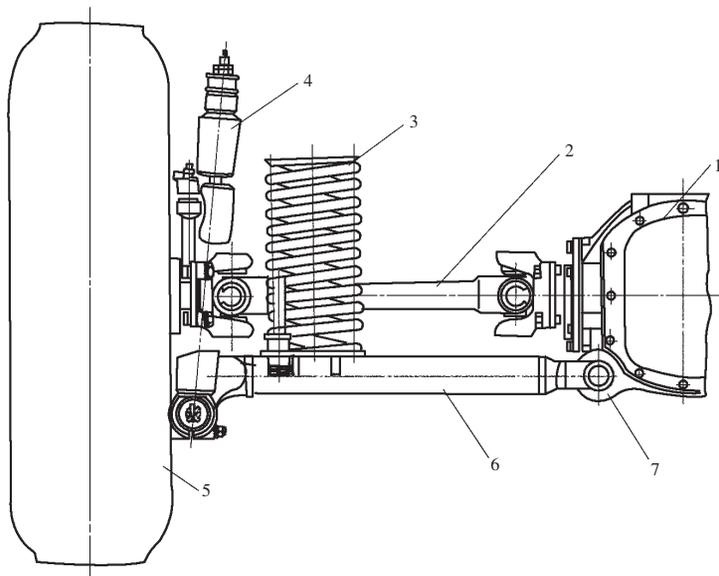


图 6-3 断开式驱动桥

1. 主减速器 2. 半轴 3. 弹性元件 4. 减振器 5. 车轮 6. 摆臂 7. 摆臂轴

## 第二节 主减速器

主减速器位于驱动桥内，由减速小齿轮与大齿轮构成，齿轮各自支承在圆锥滚动轴承上。主减速器的功用：

一是进一步降低经变速器或分动器降低的转速，相应增大扭矩；

二是将纵置发动机曲轴在汽车横向平面内的扭矩变为两半轴在纵向平面的扭矩。主减速器类型较多，有单级、双级、双速、轮边减速器等。

### 一、单级主减速器

单级主减速器是指由一对减速齿轮来实现减速的装置。它与差速器制成一体，主减速器大齿轮的尺寸，决定了桥壳的尺寸。在整体设计中为保证后轴离地间隙及车身底板与后桥壳的必要距离，后桥壳不能太大，因此限制了大齿轮的直径，因为小齿轮的最小齿数是严格限定的，从而也限制了单级主减速器能实现的最大减速比。

在发动机纵向布置的汽车上，由于需要改变动力传递方向（一般为 $90^\circ$ ）。单级主减速器都采用一对圆锥齿轮传动。

主减速器主、从动锥齿轮常用的齿形有准双曲线齿轮和螺旋锥齿轮。

#### 1. 发动机前置、后轮驱动的单级主减速器

图 6-4 是东风 EQ1090 型汽车单级主减速器。它的减速传动机构为一对准双曲线齿轮 18 和 7。主动齿轮有 6 个齿，从动齿轮 7 有 38 个齿，故主减速器的传动比 主传动比  $I = 38/6 = 6.33$ 。主动锥齿轮 18 与主动轴制成一体，前端支承在互相贴近而小端相向的两个圆锥滚子轴承 13 和 17 上，后端则支承在圆柱滚子轴承 19 上。而轴承 13、17、19 都支承在桥壳上，形成跨置式支承。轴承 19 压装在主动轴的小端上，靠座孔上的台阶限位。

轴承 13 和 17 的内座圈依次按相反方向压入主动轴前端后，再与装有两轴承外座圈的轴承座 15 装成一体。轴承座 15 依靠凸缘定位，用螺钉固装在主减速器壳 4 的前端。这种跨置式支承方式可保证主动锥齿轮的啮合条件得到改善。环状的从动锥齿轮 7 铆接在差速器壳 5 上，而差速器壳则用两个圆锥滚子轴承 3 支承在主减速器壳 4 的座孔中。在从动锥齿轮啮合处的背面壳体上，装有支承螺柱 6，它与从动锥齿轮背面在装配时有一定的间隙，在大负荷下，从动锥齿轮背面抵靠在支承螺柱 6 的端头上，以保证从动锥齿轮的支承刚度，防止其变形量过大，破坏齿轮的正确啮合。

这种主减速器的调整包括轴承预紧度的调整，主、从动锥齿轮面啮合的调整和主、从动锥齿轮啮合间隙的调整。

为调整圆锥滚子轴承 13、17 的预紧度，在两轴承内座圈之间的隔离套

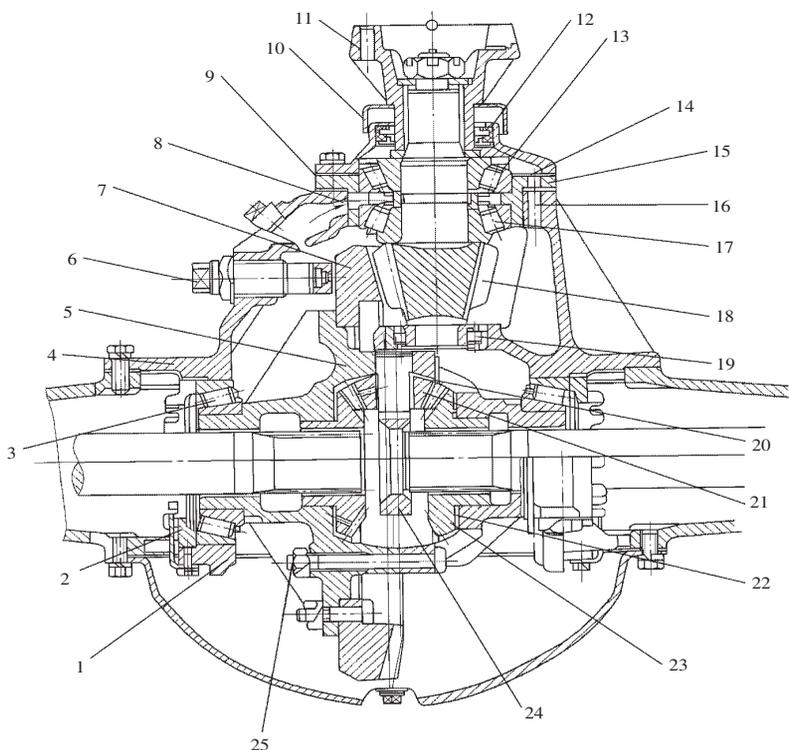


图 6-4 东风 EQ1090 型汽车单级主减速器及差速器

1. 差速器轴承盖 2. 轴承调整螺母 3、13、17. 圆锥滚子轴承 4. 主减速器壳 5. 差速器壳 6. 支承螺柱 7. 从动锥齿轮 8. 进油道 9、14. 调整垫片 10. 防尘罩 11. 叉形凸缘 12. 油封 15. 轴承座 16. 回油道 18. 主动锥齿轮 19. 圆锥滚子轴承 20. 行星齿轮球面垫片 21. 行星齿轮 22. 半轴齿轮推力垫片 23. 半轴齿轮 24. 行星齿轮轴 25. 螺栓

的一端装有一组厚度不同的调整垫片 14。如发现轴承过紧则增加垫片 14 的总厚度；反之，则减少垫片的总厚度。支承差速器壳的圆锥滚子轴承 3 的预紧度靠拧动两端调整螺母 2 调整。调整时应用手转动从动锥齿轮，使轴承滚子处于正确位置。值得注意的是，圆锥滚子轴承预紧度的调整必须在齿轮齿面啮合调整和齿轮啮合间隙调整之前进行。

主、从动锥齿轮齿面啮合的调整是指齿面啮合印痕的调整。其方法是通过增减主减速器壳与主动锥齿轮轴承座之间的调整垫片 9 的总厚度（即移动主动锥齿轮的位置）而获得。

主、从动锥齿轮啮合间隙的调整方法也是拧动调整螺母 2，以改变从动锥齿轮的位置。轮齿啮合间隙应在  $0.15\text{mm} \sim 0.40\text{mm}$  范围内。若间隙大于规定值，应使从动锥齿轮靠近主动锥齿轮，反之则离开。为保证已调好的

差速器圆锥滚子轴承预紧度不变，一端调整螺母拧入的圈数应等于另一端调整螺母拧出的圈数。

主、从动锥齿轮均为双曲线齿型。同螺旋齿轮相比，其主、从动锥齿轮轴线不相交，传动比较大，啮合平稳，工作噪声小；同时，主动齿轮轴线低，可以缩小汽车的最小离地间隙，降低传动轴的位置，从而改善汽车行驶的稳定性。但其安装精度和维护调整要求严格，工作齿面间有较大的相对滑动，且齿面间压力较大，工作温度较高，齿面间的润滑油膜易被破坏。为了减少摩擦，提高效率，必须采用含防刮伤添加剂的双曲线齿轮油，绝不允许用普通齿轮润滑油代替，否则将使齿面磨损加剧，降低其使用寿命。

在主减速器壳内，贮有一定数量的齿轮润滑油。油面高度由壳上检查孔的位置确定。壳内运动零件的润滑，均靠从动锥齿轮传动时甩溅到各齿轮、轴和轴承上的润滑油进行润滑。为保证主动齿轮轴前端的圆锥滚子轴承 13、17（图 6-4）得到可靠润滑，在主减速器壳体中铸出了进油道 8 和回油道 16 齿轮转动时，飞溅起的润滑油从进油道 8 通过轴承座 15 的孔进入两圆锥轴承小端之间，在离心力作用下，润滑油自轴承小端流向大端。从圆锥滚子轴承 13 大端流出的润滑油经回油道 16 流回主减速器内。

单级主减速器由于其结构简单、质量轻、效率高、成本低、维修方便等，目前不仅被轿车、轻型货车广泛采用，而且在中型货车上也得到了广泛应用。

## 2. 发动机前置、前轮驱动的单级主减速器

图 6-5 所示为上海桑塔纳轿车单级主减速器。因采用发动机纵向前置前轮驱动，整个传动系都集中布置在汽车前部，因此其主减速器装于变速器壳体内，没有专门的主减速器壳体。由于省去了变速器到主减速器之间的万向传动装置，所以变速器输出轴即为主减速器主动轴。主减速器由一对主、从动锥齿轮 4 和 9 组成。主动锥齿轮 4 与变速器输出轴制为一体，用双列圆锥滚子轴承 6 和圆柱滚子轴承支承 8 在变速器壳体内。环状的从动锥齿轮 9 靠凸缘定位，并用螺钉与差速器壳连接。差速器壳由一对圆锥滚子轴承支承 12 在变速器壳体上。

主动锥齿轮轴上的轴承 6 的预紧度无需调整。圆锥滚子轴承 12 的预紧度可通过调整垫片 3 和 11 来调整。齿轮啮合的调整通过调整垫片 3、7 和 11 进行，即增减垫片厚度，使主、从动锥齿轮轴向移动。

若发动机横向前置，由于主减速器主动齿轮轴线与差速器轴线平行，因此主减速器采用一对斜齿轮传动即可，无需改变动力的传递方向。

## 二、双级主减速器

当汽车的主减速器比较大时，若采用单级主减速器传动，则从动锥齿轮

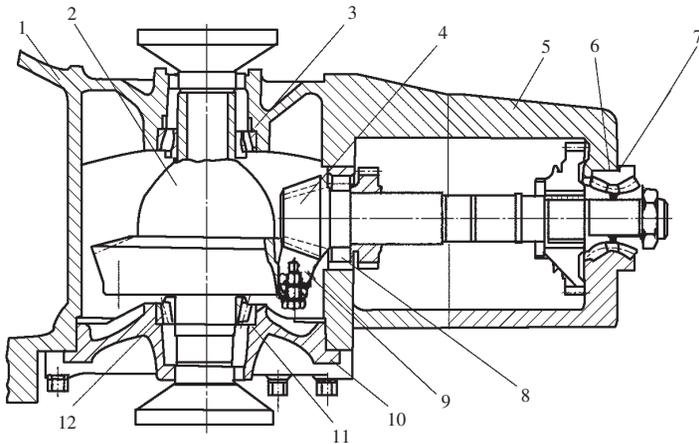


图 6-5 上海桑塔纳轿车单级主减速器示意图

1. 变速器前壳体 2. 差速器 3、7、11. 调整垫片 4. 主动锥齿轮 5. 变速器后壳体  
6. 双列圆锥滚子轴承 8. 圆柱滚子轴承 9. 从动锥齿轮 10. 传动器盖 12. 圆锥滚子轴承

的直径就必须加大，从而致使汽车驱动桥的离地间隙过小，影响了汽车的通过性。在这种情况下，通常采用双级主减速器。

双级主减速器有两组减速齿轮，实现两次减速增扭。图 6-6 所示为解放 CA1091 型汽车的双级主减速器。

第一级齿轮副是螺旋锥齿轮 11 和 16，传动比为  $25/11 = 2.27$ ；第二级齿轮副是斜齿圆柱齿轮 5 和 1，传动比为  $47/14 = 3.36$ 。总的传动比为  $i_0 = 2.27 \times 3.36 = 7.63$ 。

主动锥齿轮 11 与轴 9 制成一体，采用悬臂式支承。即主动锥齿轮轴支承在位于齿轮同一侧的两个相距较远的圆锥滚子轴承上，而主动锥齿轮悬伸在轴承之外。这种支承的结构比较简单，但支承刚度不如跨置式的。从动锥齿轮 16 用铆钉固定在中间轴 14 的凸缘上，主动圆柱斜齿轮 5 与中间轴 14 制成一体，而从动圆柱齿轮 1 用螺栓固定在差速器壳 2 上。

主动锥齿轮轴承预紧度的调整，可靠改变调整垫片 8 的厚度来进行。中间轴 14 支承在两个圆锥滚子轴承上，两轴承分别装在主减速器壳 12 的轴承盖 4 和 15 内。在两轴承盖和壳之间，有调整垫片 6 和 13，增减垫片 6 和 13 的总厚度，可以调整中间轴两侧圆锥滚子轴承的预紧度。

两个调整螺母 3 可用来调整差速器轴承的预紧度。为便于锥齿轮副的啮合调整，主动和从动锥齿轮的轴向位置都可以略加移动。增加轴承座 10 和主减速器壳 12 间的调整垫片 7 的厚度，主动锥齿轮 11 则沿轴向离开从动锥齿轮；反之则靠近。若减少左轴承盖 4 处的调整垫片 6，同时将这些卸下来的垫片都加到右轴承盖 15 处，则从动锥齿轮 16 右移，反之则左移。若两组

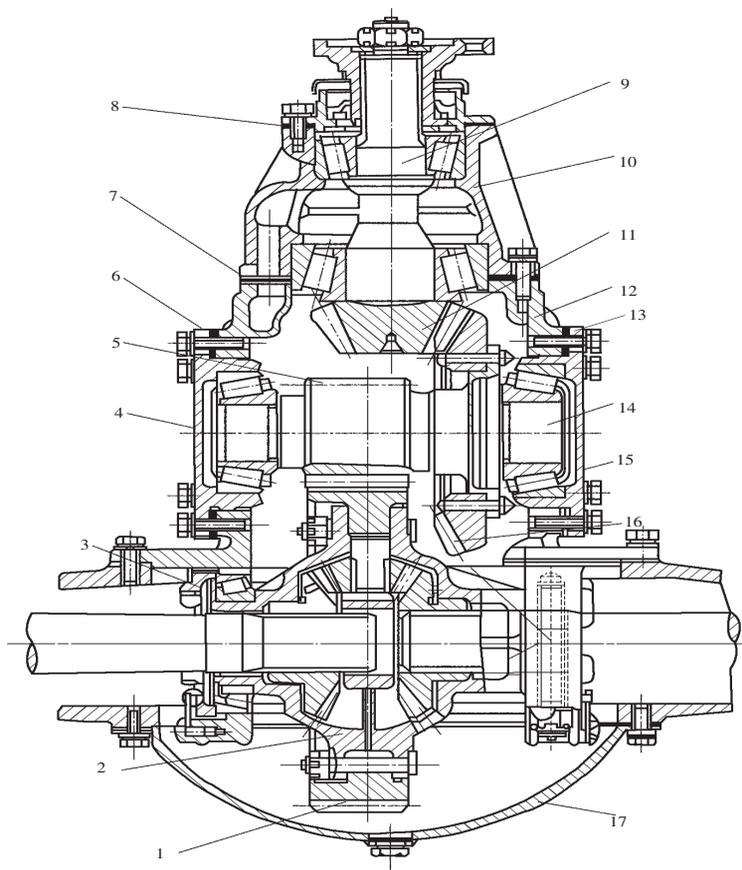


图 6-6 解放 CA1091 型汽车双级主减速器

1. 第二级从动齿轮 2. 差速器壳 3. 调整螺母 4、15. 轴承盖 5. 第二级主动齿轮  
6、7、8、13. 调整垫片 9. 第一级主动齿轮轴 10. 轴承座 11. 第一级主动锥齿轮  
12. 主减速器壳 14. 中间轴 16. 第一级从动锥齿轮 17. 后盖

垫片 6 和 13 的总厚度的减量和增量不相等，则将破坏已调好的中间轴承预紧度。斜齿轮副 1 和 5 的啮合调整，靠转动两个调整螺母 3 来实现，以使齿轮 1 和 5 对正。但两个螺母的旋入圈数与旋出圈数应相等，否则，预先调好的轴承的预紧度就会改变。

### 第三节 差速器

差速器的功用，顾名思义可知是为了使左右半轴产生转速差。即产生左右驱动轮的差速作用。避免引起额外的轮胎磨损，减少转向时发动机的附加载荷，降低耗油以及改善汽车的操纵性。

当汽车转弯时，外侧轮要比内侧车轮滚过的距离长。若两侧车轮通过一根刚性轴相连两轮同步旋转，必然发生外侧轮边滚动边滑移，内轮边滚动边滑转的现象，增大轮胎磨损并使转向困难。

汽车直线行驶时，由于路面的凸凹不平，轮胎承载不均及轮胎充气压力不等，致使轮胎的滚动半径不相等。如果左右车轮用一根刚性轴连接，则轮胎对路面同样会发生相对滑移或滑转。为了使两侧驱动轮可以适应于长短不等的滚动距离，以不同的角速度旋转，保证车轮做纯滚动，由主减速器从动齿轮通过一个差速器分别驱动两侧半轴和驱动轮。这种差速器称为轮间差速器。多轴驱动的汽车，各驱动轴间同理应装置轴间差速器。

差速器的类型按其工作特性可分为普通齿轮式差速器和防滑差速器两大类。

### 一、普通齿轮式差速器

目前大多数汽车采用行星齿轮式差速器。图 6-7 所示为行星齿轮式差速器零件分解图。它主要由行星齿轮 4、行星齿轮轴（十字轴）8、半轴齿轮 3 和差速器壳 5 等组成。差速器壳体由 1、5 两半组成，并用螺栓固定在一起。主减速器的从动锥齿轮用铆钉或螺栓固定在差速器壳左半部 1 的凸缘上。装合时，十字形的行星齿轮轴 8 的四个轴颈嵌在差速器壳两内端上相应的半圆槽所形成的孔内。十字轴 8 的四个轴颈上，各浮套着一个直齿圆锥行星齿轮 4，它们均与两个直齿圆锥半轴齿轮 3 啮合，半轴齿轮的轴颈支承在差速器左右两半部的相应座孔中。半轴齿轮用花键与半轴内端相连，而半轴的外端则与车轮轮毂固定在一起。行星齿轮的背面做成球面，差速器壳相应位置的内表面也做成球面，以保证行星齿轮对中良好，使其与两半轴齿轮正确地啮合。为了减少半轴齿轮、行星齿轮与差速器壳体的磨损，在半轴齿轮

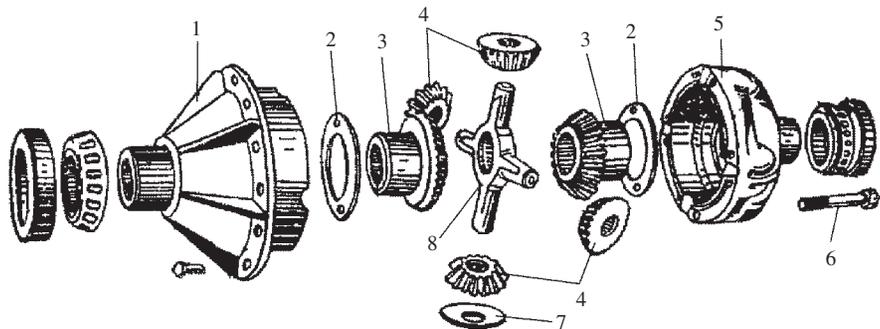


图 6-7 行星齿轮式差速器零件分解图

- 1、5. 差速器壳 2. 半轴齿轮推力垫片 3. 半轴齿轮 4. 行星齿轮 6 螺栓  
7. 行星齿轮球面垫片 8. 行星齿轮轴（十字轴）

3 与差速器壳之间装有软钢的平垫片 2；而在行星齿轮 4 与差速器壳之间装有软钢的球面垫片 7。在使用过程中，由于摩擦引起的磨损主要发生在垫片 7 和 2 上，因此，汽车行驶一定里程后可换上新垫片。

改变垫片 2 的厚度，可以调整行星齿轮与半轴齿轮的啮合间隙。

差速器的十字形孔是左、右壳装合后加工的，因此在装配时不应错位。差速器是用主减速器壳内的齿轮油来润滑的，差速器壳上开有供润滑油进出的窗孔。为保证行星齿轮和十字轴轴颈之间具有良好的润滑，在十字轴轴颈上铣出一平面，并在行星齿轮的齿间钻有油孔。

汽车行驶时，动力经主减速器的主动锥齿轮依次传至从动锥齿轮、差速器壳、十字轴、行星齿轮、半轴齿轮和半轴，最后传给驱动车轮。若两侧车轮以相同的转速转动时，行星齿轮绕半轴轴线转动，称为公转。若两侧车轮由于阻力不同，则行星齿轮在作上述公转运动的同时，还绕自身的轴线转动，称为自转。因而使两半轴齿轮带动两侧车轮以不同转速转动。

差速器中各元件的运动关系——差速原理，可用差速器结构简图 6-8 和差速器运动原理示意图 6-9 来说明。

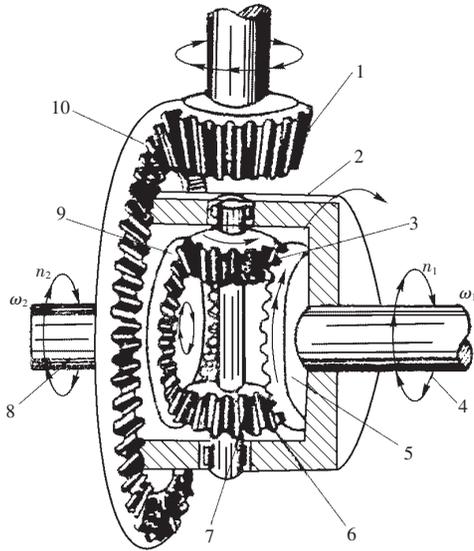


图 6-8 差速器结构简图

1. 主动锥齿轮 2. 差速器壳 3、6. 行星齿轮 4、8. 半轴 5、9. 半轴齿轮 7. 行星齿轮轴 10. 从动锥齿轮

由图 6-9 可见（参考图

6-8），差速器壳 2 与行星齿轮轴 7 连成一体，并与主减速器的从动锥齿轮 10 固连，故为主动件，设其角速度为  $\omega_0$ ；半轴齿轮 5 和 9 为从动件，其角速度分别为  $\omega_2$  和  $\omega_1$ 。A、B 两点分别为行星齿轮 3 与两半轴齿轮 9 和 5 的啮合点。行星齿轮 3 的中心点为 C。A、B、C 三点到差速器旋转轴线（半轴轴线）的距离均为  $r$ 。

汽车直线行驶时，行星齿轮只是随同从动锥齿轮绕半轴轴线公转而没有自转，显然，处在同一半径  $r$  上的 A、B、C 三点的圆周速度都相等（见图 6-9），其值为  $\omega_0 \times r_0$  于是  $\omega_1 = \omega_2 = \omega_0$ ，即差速器不起差速作用，两半轴以等于从动锥齿轮 10 的角速度同步旋转。

汽车转向时，由于内侧车轮阻力大于外侧，引起行星齿轮除公转外，还

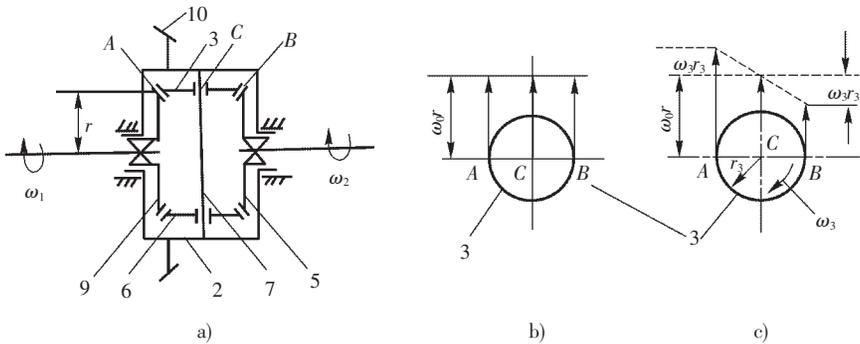


图 6-9 差速器运动原理示意图 (图注同图 6-8)

绕本身的轴 7 以角速度  $\omega_3$  自转 [见图 6-9c)], 在啮合点 A, 由于行星齿轮 3 与半轴齿轮 9 的圆周速度方向相同, 因而行星齿轮自转的结果, 加快了半轴齿轮 9 的旋转速度, 即  $\omega_1 \cdot r = \omega_0 \cdot r + \omega_3 \cdot r_3$ ; 在啮合点 B, 由于行星齿轮 3 与半轴齿轮 5 的圆周速度方向相反, 因而行星齿轮自转的结果, 减小了半轴齿轮 5 的旋转速度, 即  $\omega_2 \cdot r = \omega_0 \cdot r - \omega_3 \cdot r_3$ , 可见外侧车轮加快的速度与内侧车轮减慢的速度相等。

$$\text{因此 } \omega_1 \cdot r + \omega_2 \cdot r = (\omega_0 \cdot r + \omega_3 \cdot r_3) + (\omega_0 \cdot r - \omega_3 \cdot r_3)$$

$$\text{即 } \omega_1 + \omega_2 = 2\omega_0$$

若角速度以每分钟转数  $n$  表示, 则  $n_1 + n_2 = 2n_0$ 。

上式称为两半轴齿轮直径相等的对称式锥-齿轮差速器的运动特性方程式。它表明左右两侧半轴齿轮的转速 (即两侧车轮转速) 之和等于从动锥齿轮转速的两倍。因此, 汽车转弯或在凹凸不平路面上行驶时, 都可以使行星齿轮作相应转速的自转, 使两侧车轮以不同转速在地面上作纯滚动而无滑动。

$$\text{因 } n_1 + n_2 = 2n_0, \quad \text{所以 } n_0 = (n_1 + n_2) / 2$$

此式表明转向时, 内外侧车轮转速的半均值等于直线行驶时转速值, 也就是说汽车转向时车速与直线前进时一样。只是为了安全转向时, 应降低发动机的转速。

综上所述, 差速器的工作可归纳为下述几种情况:

- (1) 当汽车直线行驶时,  $n_1 = n_2 = n_0$ , 这时行星齿轮只有公转而无自转;
- (2) 当汽车转弯时, 向左转弯则  $n_2 > n_1$ ; 向右转弯则  $n_1 > n_2$ 。无论哪种情况, 都满足  $n_1 + n_2 = 2n_0$  的规律, 即增大的转速与减小的转速总是相等的。这时行星齿轮既有公转, 也有相应的自转, 但两种情况下的自转方向相反;

- (3) 将后桥顶起, 使两驱动轮悬空, 如阻止左边 (或右边) 的驱动轮

不使其转动，用发动机或用手扭转传动轴，这时因  $n_1$ （或  $n_2$ ）= 0，故  $n_2$ （或  $n_1$ ）=  $2n_0$ ，即右驱动轮（或左驱动轮）的转速将为主减速器从动齿轮转速的两倍。这时，行星齿轮既作公转也作自转，只是自转的转速较大。

当汽车的驱动轮陷入泥泞之中时，如遇一边的驱动轮受阻不能转动而另一边的驱动轮打滑；则打滑车轮的转速将为差速器转速的两倍。

（4）将后桥顶起，使两驱动轮悬空，如阻止传动轴不使其转动，用手扭转一侧的驱动轮时，因  $n_0 = 0$ ，故  $n_1 + n_2 = 0$  而有  $n_1 = n_2$ ，这说明两侧驱动轮将反向旋转，而转速则相同。这时，行星齿轮没有公转只有自转，而且转速最大。

上述情况中：

$n_0$ ——主减速器从动锥齿轮的转速，r/min；

$n_1$ ——差速器左半轴齿轮的转速，r/min；

$n_2$ ——差速器右半轴齿轮的转速，r/min。

在中型以下的货车或轿车上，因传递的转矩较小，故可用两个行星齿轮，相应的行星齿轮轴为一根直轴。上海桑塔纳轿车差速器即采用这种结构，如图 6-10 所示。差速器壳 9 为一整体框架结构。行星齿轮轴 5 装入差速器壳后用止动销 6 定位。半轴齿轮 2 的背面也制成球面，其背面的推力垫

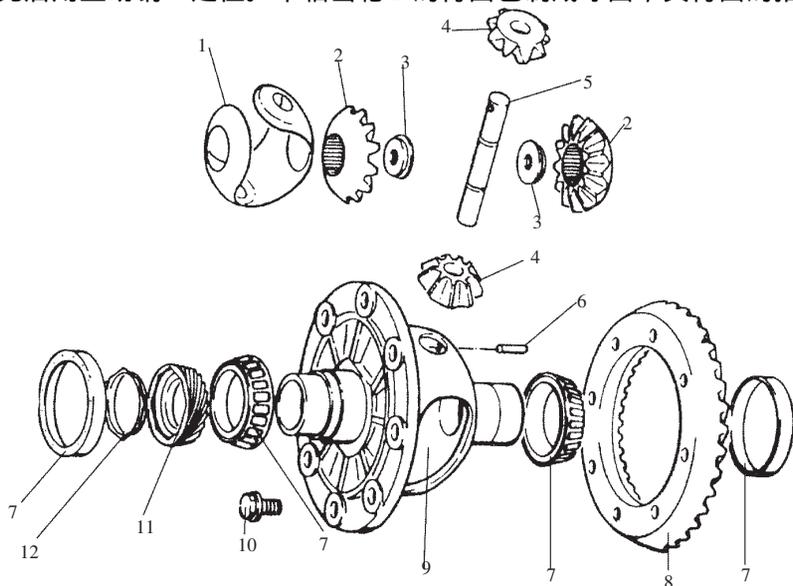


图 6-10 上海桑塔纳轿车差速器

1. 复合式推力垫片
2. 半轴齿轮
3. 螺纹套
4. 行星齿轮
5. 行星齿轮轴
6. 止动销
7. 圆锥滚子轴承
8. 主减速器从动锥齿轮
9. 差速器壳
10. 螺栓
11. 车速表齿轮
12. 车速表齿轮锁紧套筒

片与行星齿轮背面的推力垫片制成一个整体，称为复合式推力垫片。螺纹套 3 用来紧固半轴齿轮。

普通行星齿轮式差速器因其结构简单、工作平稳、可靠，故广泛应用于各种车辆。但其内摩擦较小，使慢速侧驱动轮的扭矩与快速侧驱动轮扭矩的差值也较小，近似地可以认为具有“差速不差扭”的特性。如果一侧驱动轮的附着力下降而打滑，则另一侧驱动轮即使附着力足够，也只能发挥与打滑侧驱动轮相等的牵引力。这时往往不足以驱动汽车前进。

为了克服这一缺点，最简单的办法是采用差速器锁，使差速作用在上述困难地段暂时停止。待驶过该地段后再脱开差速锁。在有些越野汽车上，装有防滑差速器。

## 二、防滑差速器

汽车上常用的防滑差速器有人工强制锁止式和自锁式两大类。

### 1. 强制锁止式差速器

如图 6-11 所示为强制锁止式差速器的示意图。

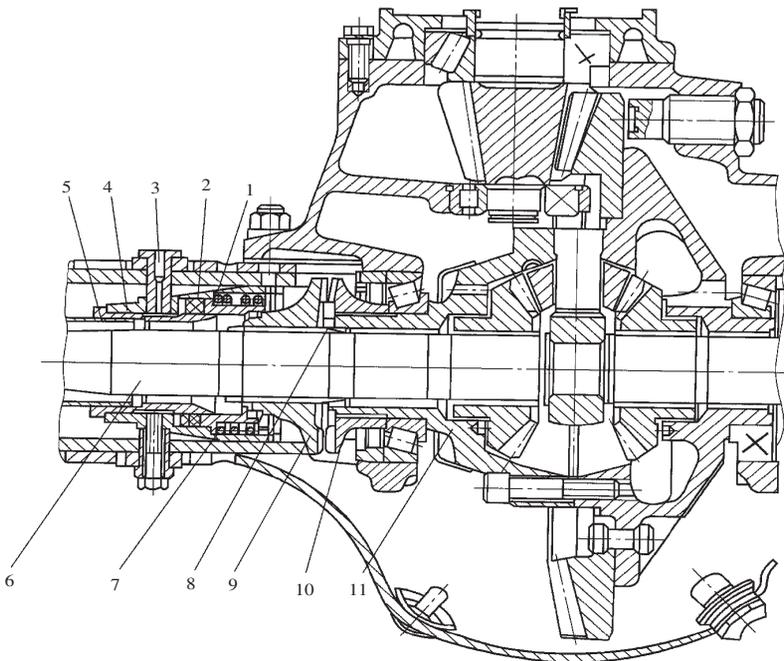


图 6-11 强制锁止式差速器

1. 活塞 2. 活塞皮碗 3. 气路管接头 4. 工作缸 5. 套管 6. 半轴 7. 压力弹簧
8. 锁圈 9. 外接合器 10. 内接合器 11. 差速器壳

差速锁由接合器及其操纵装置组成。端面上有接合齿的外、内接合器 9 和 10, 分别用花键与半轴和差速器壳左端相连。前者可沿半轴轴向滑动, 后者则以锁圈 8 同定其轴向位置。图示位置即接合器分离, 差速器正常工作的状况, 内、外接合器分别与差速器壳和左半轴一同旋转。

该车采用电控气动方式操纵差速锁。当汽车一侧车轮处于附着力较小的路面上时, 可按下仪表板上的电钮, 使电磁阀接通压缩空气管路, 压缩空气便从气路管接头 3 进入工作缸 4, 推动活塞 1 克服压力弹簧 7, 带动外接合器 9 右移, 使之与内接合器 10 接合。结果, 左半轴 6 与差速器壳 11 成为刚性连接, 差速器不起差速作用, 即左、右两半轴被锁成一体一同旋转。这样, 当一侧驱动轮滑转而无牵引力时, 从主减速器传来的转矩全部分配到另一侧驱动轮上, 使汽车得以正常行驶。

当汽车通过坏路面, 驶上好路面时, 驾驶员通过电钮使电磁阀切断高压气路, 并使工作缸通大气, 缸内压缩空气即经电磁阀排出。于是, 压力弹簧 7 回位, 推动活塞使外接合器左移回到分离位置。

仪表板上设有信号装置。当按电钮接合差速锁时, 亮起红色信号灯, 以提醒驾驶员注意。

汽车驶入好路面后应及时摘下差速锁。差速锁一分离, 红灯即熄灭。

强制锁止式差速器结构简单, 易于制造, 但操纵不便, 一般要在停车时进行。而且如果过早接上或过晚摘下差速锁, 亦即在好路段上左、右车轮仍刚性连接, 则将产生前面所说的在无差速器情况下出现的一系列问题。

因此, 有些越野汽车采用了在行驶过程中能根据路面情况自动改变驱动轮间转矩分配的摩擦自锁式差速器。

## 2. 摩擦自锁式差速器

如图 6-12 所示为摩擦自锁式差速器示意图。

摩擦片式自锁差速器是在普通行星锥齿轮差速器的基础上发展而成的, 为增加差速器的内摩擦力矩, 在两半轴齿轮背面与差速器壳 1 之间装有摩擦片组 2。十字轴 5 由两根互相垂直的行星齿轮轴组成, 其轴颈端部均切有凸 V 形斜面 6。相应地在差速器壳, 孔上也有 V 形面, 两根行星齿轮轴的 v 形面是反向安装的。每个半轴齿轮的背面有推力压盘 3 和摩擦片组 2。摩擦片组 2 由薄钢片 7 和若干间隔排列的主动摩擦片 (摩擦板) 8 及从动摩擦片 (摩擦盘) 9 组成。推力压盘以内花键与半轴相连, 而轴颈处用外花键与从动摩擦片连接, 主动摩擦片 (伸出两耳的摩擦板) 则用两耳花键与差速器壳 1 的内键槽相配。推力压盘和主、从动摩擦片均可作微小的轴向移动。

当汽车直线行驶, 两半轴无转速差时, 转矩平均分配给两半轴。由于差

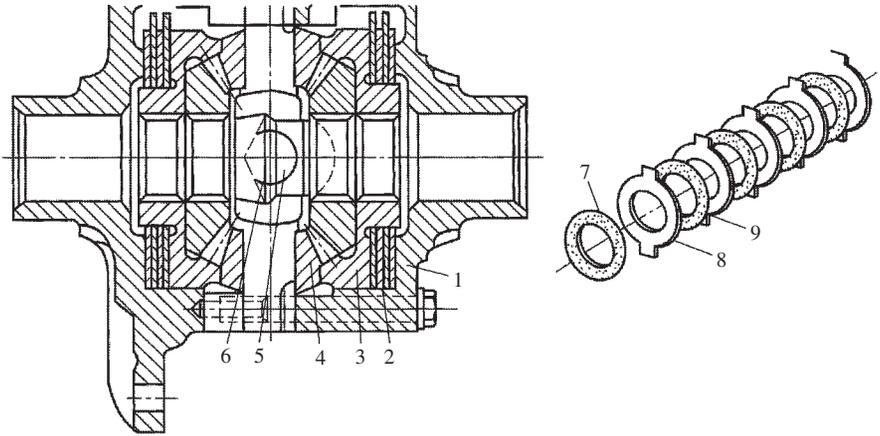


图 6-12 摩擦自锁式差速器

1. 差速器壳 2. 摩擦片组 3. 推力压盘 4. 行星齿轮 5. 十字轴 6. V形面 7. 薄钢片  
8. 主动摩擦片 9. 从动摩擦片

速器完通过斜面对行星齿轮轴两端压紧，斜面上产生的轴向力迫使两行星齿轮轴分别向左、右方向（向外）作微小移动，通过行星齿轮使推力压盘压紧摩擦片。此时，转矩经两条路线传给半轴：一路经行星齿轮轴、行星齿轮和半轴齿轮，将大部分转矩传给半轴；另一路则由差速器壳经主、从动摩擦、推力压盘传给半轴。

当一侧车轮在路面上滑转或汽车转弯行驶时，差速器起差速作用，使慢转半轴分配到的转矩大于快转半轴分配到的转矩。

摩擦片式自锁差速器结构简单，工作平稳，多用于轿车和轻型货车。图 6-13 为大众高尔夫轿车摩擦片自锁差速器。

### 3. 托森差速器

托森差速器作为一种新型的差速器，在四轮驱动的轿车上得到较广泛的应用。图 6-14 和 6-15 所示为奥迪 80 和奥迪 90 全轮驱动的轿车前、后驱动桥之间采用的这种新型的托森差速器。它是一种轴间自锁式差速器，它在传动系统中的安装位置见图 6-14。发动机输出的转矩经输入轴 1 输入变速器，由空心轴 6 输入到托森差速器 3 的外壳。经托森差速器的差速作用，一部分转矩由 8 传至前桥；另一部分转矩由 4 传至后桥，实现前、后桥同时驱动。

托森差速器除了用于全轮驱动的轿车轴间差速器外，还用于后驱动桥的轮间差速器，如图 6-16 所示。

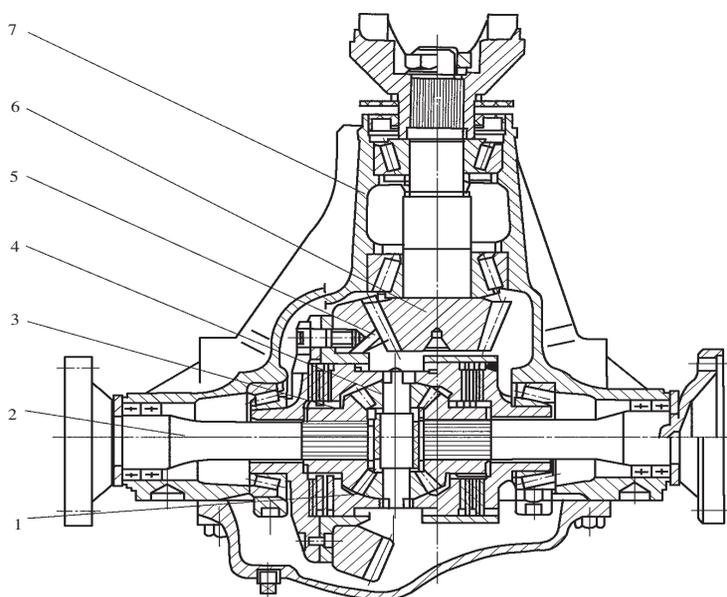


图 6-13 大众高尔夫轿车摩擦片式自锁差速器

1. 摩擦片式自锁装置
2. 半轴
3. 半轴齿轮
4. 差速器行星齿轮
5. 主减速器从动齿轮
6. 主减速器主动齿轮
7. 主减速器壳

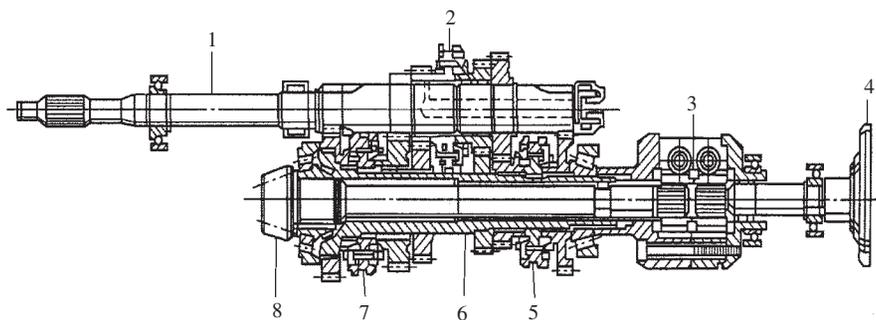


图 6-14 托森差速器传动装置

1. 输入轴
2. 三挡、四挡齿轮
3. 托森差速器
4. 驱动轴凸圆盘
5. 五挡、倒挡齿轮
6. 空心轴
7. 一挡、二挡齿轮
8. 差速器齿轮轴

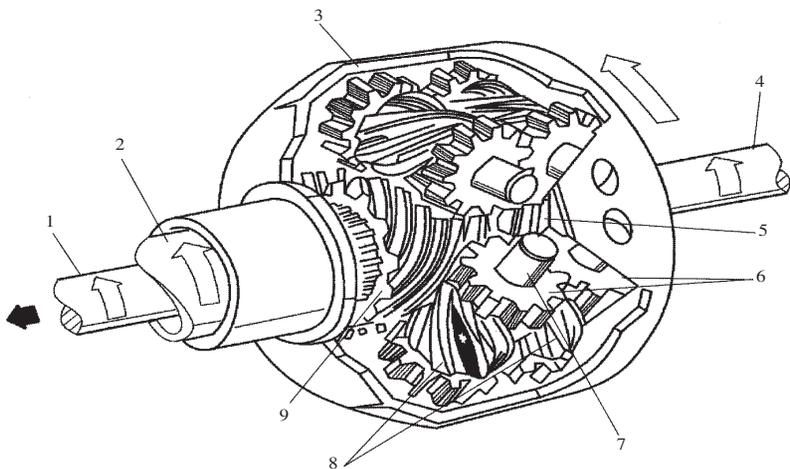


图 6-15 托森差速器结构示意图

1. 差速器前齿轮轴 2. 空心轴 3. 差速器外壳 4. 差速器后齿轮轴 5. 后轴蜗杆  
6. 直齿圆柱齿轮 7. 蜗轮轴 8. 蜗轮 9. 前轴蜗杆

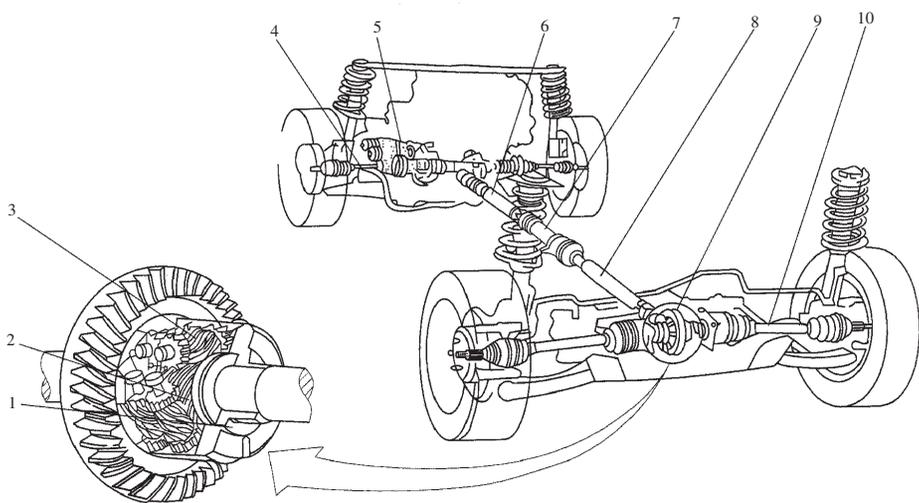


图 6-16 丰田轿车托森轮间差速器

1. 差速器壳 2. 蜗轮蜗杆机构 3. 蜗轮 4. 前桥传动轴 5. 变速器差速器总成 6. 前传动轴  
7. 中传动轴 8. 后传动轴 9. 后桥 10. 后桥传动轴

## 第四节 半轴与桥壳

### 一、半轴

半轴是差速器与驱动轮之间传递动力的实心轴，在驱动桥左、右各有一根，故称为半轴。其内端与差速器内的半轴齿轮连接，而外端一般与驱动轮的轮毂相连，当有轮边减速器时，则与轮边减速器的主动齿轮相连。半轴的首要任务是传递扭矩，但由于轮毂的安装结构不同，使半轴的受力情况不同而分为全浮式、半浮式、 $3/4$  浮式三种型式（见图 6-17 所示）。

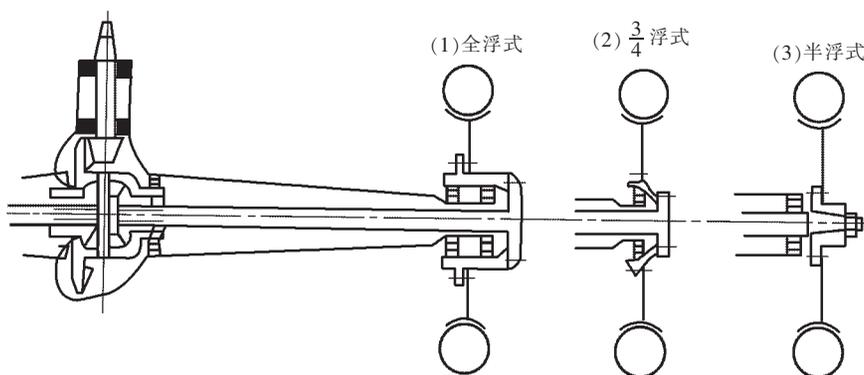


图 6-17 半轴型式

图 6-18 所示为东风 EQ1090 型汽车全浮式半轴外端的支承。

全浮式半轴的外端与支承于两个相距较远的轴承盖上的轮毂相连，轴承再支承于轴壳上，这样路面对驱动轮的垂直横向和切向反力所形成的弯矩均由桥壳来承受。因此半轴外端不承受弯矩，半轴内端与差速器半轴齿轮相连，由于差速器本身又以其两侧轴颈通过轴承直接支承在轴壳上，因此半轴内端也不受弯扭。即半轴只承受驱动扭矩而不承受任何弯矩，这种半轴就称为“全浮式”半轴。所谓“浮”意即半轴不受弯曲载荷。

半浮式半轴的内端与全浮式的一样，不承受弯扭。其外端通过一个轴承直接支承在半轴外壳的内侧，如图 6-19 所示。这种支承方式将使半轴外端承受弯矩。因此，这种半轴除传递扭矩外还局部地承受弯矩，故称其为半浮式半轴。

图 6-20 所示为红旗牌 CA7560 型轿车的驱动桥。其半轴为半浮式支承。半浮式半轴结构简单，故广泛应用于反力弯矩较小的各类轿车上。

$3/4$  浮式半轴是受弯矩的程度介于半浮式与全浮式之间的结构，现已

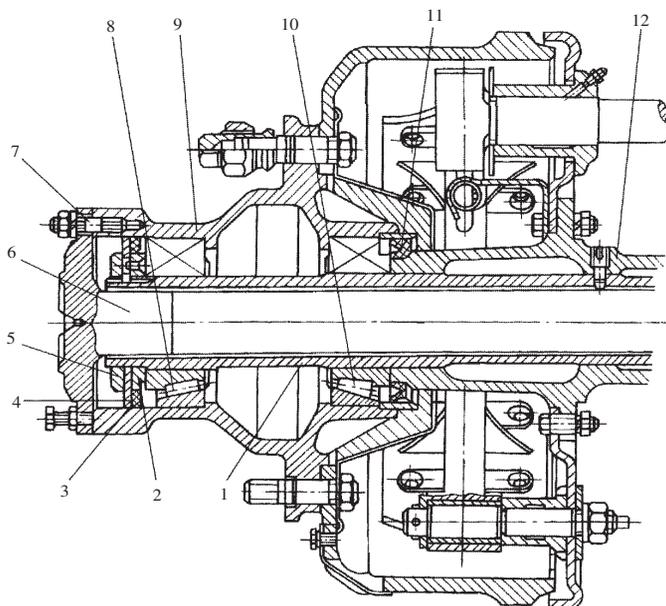


图 6-18 东风 EQ1090 型汽车全浮式半轴支承

1. 半轴套管 2. 调整螺母 3、11 油封 4. 锁紧垫圈 5. 锁紧螺母 6. 半轴  
7. 轮毂螺栓 8、10 圆锥滚子轴承 9. 轮毂 12. 空心梁

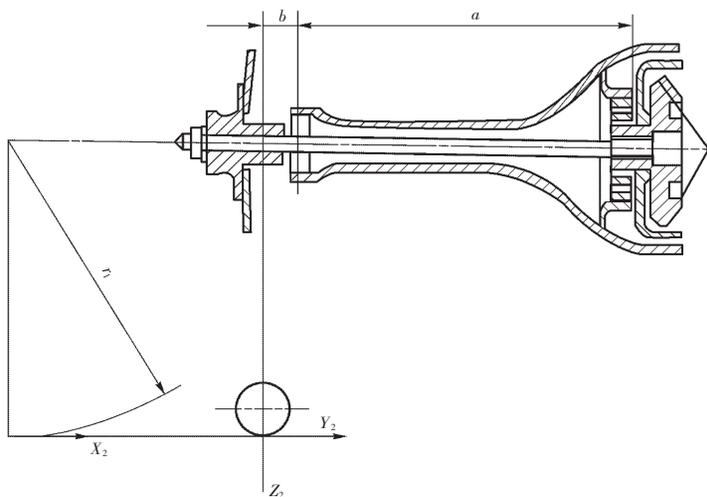


图 6-19 半浮式半轴

少见。

为了防止轮毂连同半轴在侧向力作用下发生横向窜动，轮毂内两轴承锥

顶相对安装，用锁紧螺母锁紧，并有一定的预紧力。该型式虽然轮毂结构比较复杂，但因车轮轴承较大且便于拆装，故在货车上得到广泛应用。

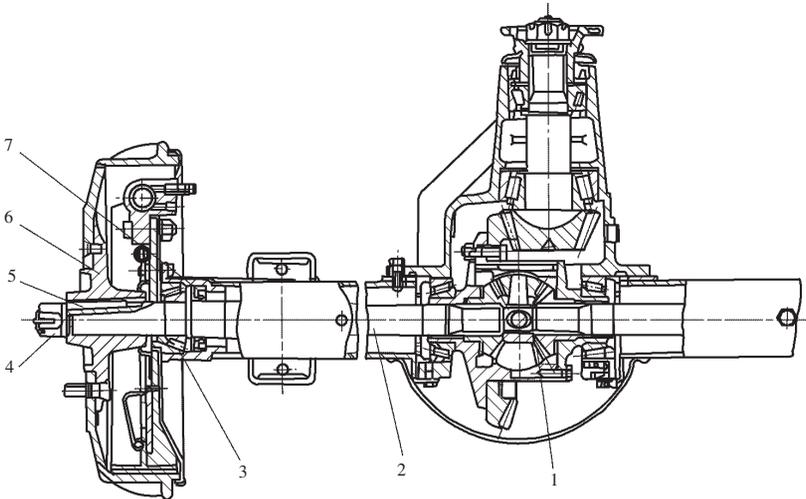


图 6-20 红旗 CA7560 型轿车驱动桥及半浮式支承半轴

1. 止推块 2. 半轴 3. 圆锥滚子轴承 4. 锁紧螺母 5. 键 6. 轮毂 7. 桥壳凸缘

## 二、桥壳

驱动桥壳起支承和保护主减速器、差速器和半轴等零部件的作用；也使左右车轮轴向相对位置固定，支承汽车质量，且将车轮上各作用力通过悬架传给车身或车架。故需要有足够强度与刚度；合理地减轻桥壳质量，以提高汽车行驶的平顺性；还要制造、拆装与维修方便。桥壳按结构型式分为：整体式、分段式和组合式三种。

整体式桥壳左右不能分开，其制造工艺有整体铸造、中段铸造两端压入钢管、钢板冲压焊接等方式。整体桥壳的强度和刚度都比较大，主减速器总成，用螺栓紧固在桥壳上，故主减速器的调整、维修都较方便。因此普遍应用于各类汽车上。如东风 EQ1090 和解放 CA1091 型汽车都采用这种结构的桥壳（见图 6-21）。

分段式俗称扁牙包。在中间部分的垂直面上把桥壳分为左右两部分，或左、中、右三部分，主减速器齿轮装在中间，再把几部分用螺钉连接起来的结构。由于其调整、维修困难，现已被淘汰。

组合式桥壳是将主减速器壳与桥壳的中间部分铸成一体，两端压入无缝钢管后，用塞焊将其与中间部分焊接在一起。因为它由几部分组合而成故称组合式。它的从动锥齿轮支承刚度较好，主减速器装配调整也较分段式方

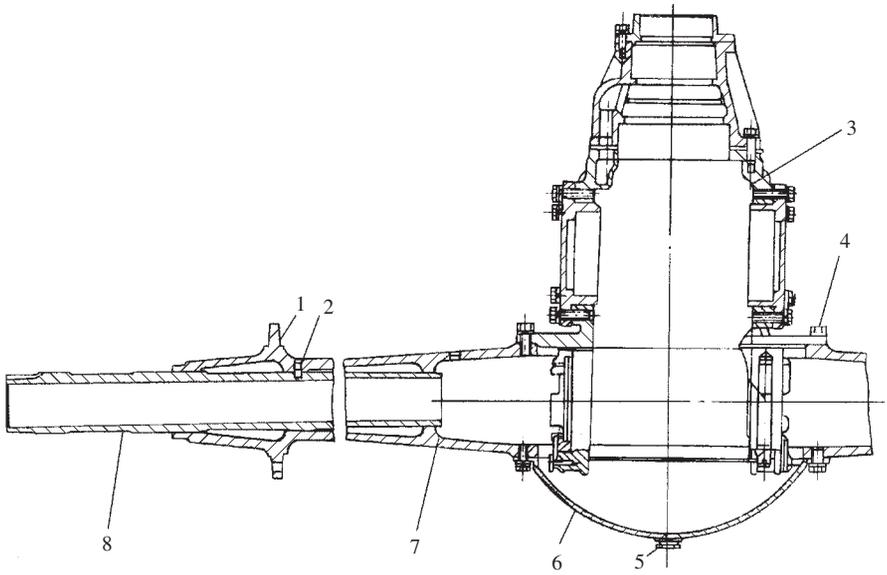


图 6-21 解放 CA1092 型汽车的整体式桥壳

1. 凸缘盘 2. 止动螺钉 3. 主减速器壳 4. 固定螺钉 5. 油面检查螺塞 6. 后盖  
7. 空心梁 8. 半轴套管

便。但它要求较高的加工精度；在维修、装配、调整方面仍较整体式复杂，如螺旋锥齿轮副需要边装边调整；桥壳的强度则受塞焊处强度所限。它是介于整体式与分段式之间的一种结构。

### 思考题

1. 试述主减速器的功用及组成。
2. 简述单级主减速器的结构及工作过程。
3. 简述双级主减速器的结构及工作过程。
4. 试述差速器的功用及组成。
5. 简述行星齿轮式差速器的工作原理。
6. 试述半轴的功用及结构形式和特点。
7. 试述桥壳的作用及结构形式和特点。

## 第七章 行驶系概述

汽车发动机提供的动力，经过传动系和行驶系，才能产生足以克服行驶阻力的牵引力而使汽车行驶。汽车行驶系的功用就是接受传动系传来的动力，通过驱动轮与地面的作用产生牵引力，从而克服外界阻力使汽车正常行驶；承受汽车的总重量，并传递和承受来自车轮的各种反力及其所形成的力矩；缓和不平路面对车身造成的冲击，衰减汽车行驶中的振动，保持汽车行驶的平顺性；与转向系协调工作，共同保证汽车行驶方向的稳定性。

行驶系的基本组成和结构型式，在很大程度上取决于汽车经常行驶的路面性质和对汽车性能的要求。绝大多数汽车行驶在比较坚实的路面上，其行驶系中直接与路面接触的部分是车轮，因而称这种行驶系为轮式行驶系，这样的汽车便是轮式汽车。汽车行驶系的结构型式除轮式以外，还有半履带式、全履带式等几种。

如图 7-1 所示，轮式汽车行驶系一般由车架、车桥、车轮和悬架组成。车架是整个汽车的装配基体，它将汽车各相关部件连接成一个整体，并承受来自车内外的各种载荷。车轮分别支承着整体式驱动桥和从动桥；从动桥通过前弹性悬架与车架连接，驱动桥通过后弹性悬架与车架连接，以缓和车辆在不平路面行驶时对车架的冲击和振动。

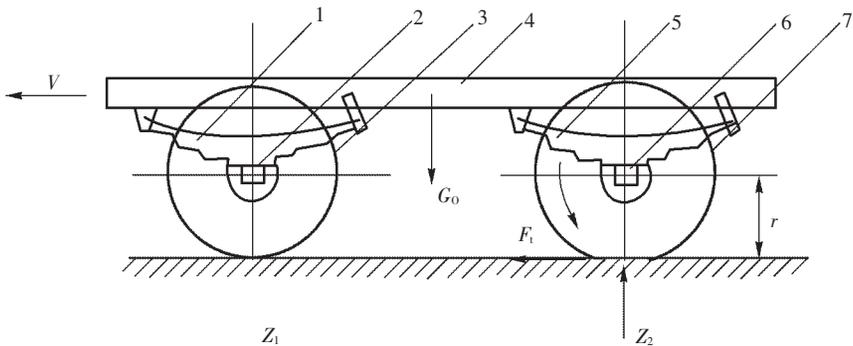


图 7-1 行驶系的组成及部分受力情况

1. 前悬架
2. 从动桥
3. 前轮
4. 车架
5. 后悬架
6. 驱动桥
7. 后轮

如图 7-1 所示,汽车总重力  $G_a$  通过前、后车轮传到路面,引起路面分别作用于车轮上的垂直反力  $Z_1$  和  $Z_2$ 。由发动机经传动系传到驱动轮上的驱动力矩  $M_k$ ,通过路面与车轮的附着作用,在驱动轮边缘上产生路面作用的向前的纵向反力——驱动力  $F_t$ 。汽车行驶时, $F_t$  的一部分用以克服驱动轮本身的滚动阻力,其余大部分经过桥壳、后悬架传给车架,一方面用来克服作用于汽车上的空气阻力、加速阻力和坡道阻力,另一方面由车架通过前悬架传到从动桥,作用于从动轮的中心,使前轮克服其所受的滚动阻力,于是整个汽车向前行驶。

汽车制动时,路面施加于车轮的向后的制动力,使汽车减速以至停车。由制动引起的反力矩经车轮、半轴套管和悬架传至车架。

汽车转弯或在横向坡道上行驶时,路面对车轮的侧向作用力,也是经车桥及悬架传至车架上。由此可见,路面作用于车轮上的垂直反力、驱动力、制动力、侧向力及其力矩,都必须经行驶系中的其他部件最后传至车架上,才能使汽车行驶、转向和制动。

### 思考题

1. 汽车行驶系的功用有哪些?
2. 行驶系的结构类型有哪些?汽车选用的行驶系的结构类型,主要受哪几个因素的影响?
3. 轮式行驶系的基本组成有哪些?
4. 试分析汽车起步时,驾驶员有感觉到车辆“抬头”现象的原因。

# 第八章 车架与车桥

## 第一节 车架

车架是汽车行驶系的重要组成部分之一，是整个汽车的装配基体，汽车上的发动机、变速器、传动轴和车桥等总成和部件都直接或间接地安装在车架上，并使它们保持一定的相互位置关系。车架通常由纵梁和横梁组成。一些客车和轿车将车身与车架制成一体，称为承载式车身，不另设车架。多数汽车将车架作为一个独立的构件，车身或驾驶室通过弹性支承安装于车架上，以减轻车身内的噪声和振动。

汽车在行驶中，车架除承受静载荷外，还要承受汽车行驶时的动载荷。因此，车架必须满足以下要求：

1. 在满足整体布置需求的情况下，有足够的强度和适当的刚度，保证车架在各种复杂受力的情况下不被损坏变形，从而保证各总成间正确的安装位置；
2. 结构简单、自身质量尽可能的小，便于维修；
3. 形状合适、质心较低，以保证汽车行驶时的稳定性和转向的灵活性。

目前，汽车车架的结构形式一般分为三种：边梁式、中梁式（或脊骨式）和综合式车架。其中，边梁式车架应用最广。

### 一、边梁式车架

边梁式车架由两根位于左右两侧的纵梁和若干根铆接或焊接在纵梁上的横梁而构成。纵梁一般用钢板冲压而成，采用抗弯能力较强的槽型断面，也有采用乙字形或箱形断面的。根据汽车结构布置的要求，纵梁可在水平面内或纵向平面内做成弯曲的等断面或不等断面的。横梁的设置不仅用来保证车架的扭转刚度和承受纵向载荷，并且还担负着连接汽车上的主要部件及总成的任务。因此，横梁数量、结构形式及在纵梁上的布置应满足汽车总体布置的需要和车架扭转刚度的要求。通常载重车上至少采用五根横梁。

边梁式车架便于安装车身（包括驾驶室、车厢及一些特种装备等）和布置其他总成，有利于改装变型车和发展多品种汽车，因此被广泛采用在载

重车和大多数特种车上。

图 8-1 所示为东风 EQ1141G 型汽车的边梁式车架。由两根直纵梁（内含加强板）和八根横梁铆接而成。为了简化制造工艺，避免纵梁转折处的应力集中，提高车架的使用寿命，车架为前后等宽（860mm）。纵梁为等断面厚的槽形钢板，内衬 4mm~5mm 厚的加强板。车架前部纵梁内侧装有简单的两个挂钩 17，以便在汽车发生故障或陷入泥坑时可以由别的汽车来拖带。如图 8-1b），后横梁 16 上装有拖带挂车用的拖钩部件，为使拖钩能承受很大的作用力，故后横梁用角撑加强。为了降低发动机位置，作为发动机后悬置的第三横梁 7 做成下凹形。车架的前端，装有一缓冲件——保险杠 1。当汽车受到撞击时，它可以保护车身、翼子板及散热器，使之免受损伤。

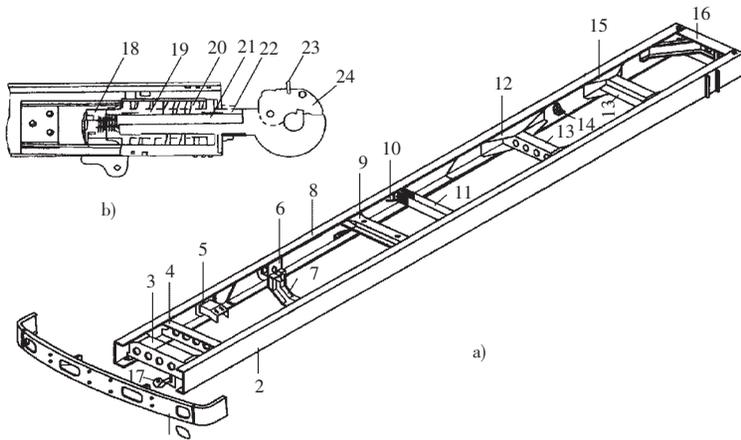


图 8-1 东风 EQ1141G 型汽车的边梁式车架

1. 前保险杠 2. 左纵梁 3. 第一横梁 4. 第二横梁 5. 支架 6. 发动机后悬置支架 7. 发动机后悬置横梁 8. 右纵梁 9. 第四横梁 10. 连接板 11. 传动轴中间支承横梁 12. 后簧前横梁右支架 13. 后簧支架横梁 14. 缓冲块支架 15. 后簧后横梁右支架 16. 后横梁 17. 前拖钩 18. 螺母 19、21. 衬套 20. 弹簧 22. 拖钩 23. 锁块 24. 锁扣

解放 CA1091 型载重车的车架与上述车架结构相似。斯太尔系列汽车也采用了前后等宽式车架，对于不同载质量的底盘，采用附加副纵梁来满足要求。猎豹 CFA2030 轻型越野车车架为前窄后宽，纵梁为矩形断面。

车架纵梁的结构形式很多，多数纵梁上翼面平直，以便安装车身。一般采用槽形断面的纵梁，其抗弯强度较高。由于纵梁中部受弯曲力矩最大，因此槽形纵梁沿长度方向高度不等，中部断面高，由中部至两端逐渐减小，从而构成近似等强度梁。

近代轿车车架的设计从保证汽车具有良好的整车性能出发，将轿车的车身地板的高度降低，同时为不影响前轮转向时的转角空间，车架的前端做得

比较窄；为保证悬架变形时车轮的跳动空间，后端局部向上弯曲。图 8-2 为典型轿车的车架结构。

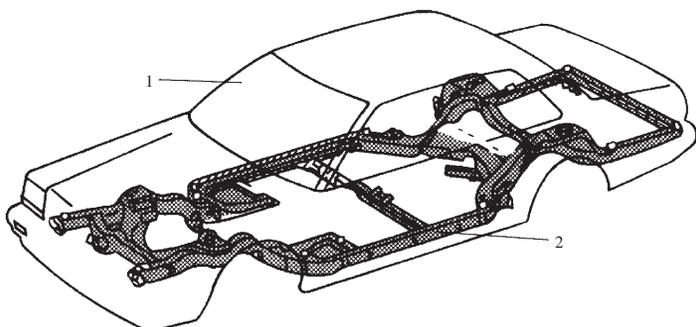


图 8-2 典型轿车车架结构

1. 车身 2. 车架

采用 X 型高断面的横梁，可以显著提高车架的扭转刚度，特别是对短而宽的轿车车架，效果明显。图 8-3 为轿车用具有 X 型高断面横梁的车架结构。

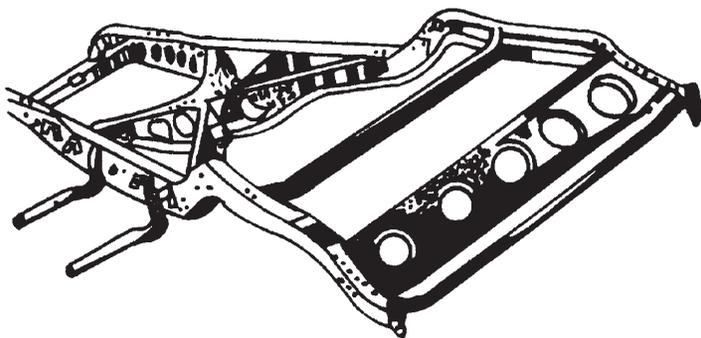


图 8-3 具有 X 型高断面横梁的轿车车架结构

## 二、中梁式车架

中梁式车架只有一根用于贯穿前后的纵梁和若干根横梁组成，中梁的断面可以做成管状或箱式，因而车架有较大的扭转刚度，车轮有较大的运动空间，便于采用独立悬架，从而提高汽车的越野性；车架较轻、质心较低；中空的中梁可将传动轴封闭，起到防尘的作用。但这种车架的制造工艺复杂，精度要求高，维修不便，因而，只应用于某些轿车和货车上。如图 8-4 为太脱拉 138 型汽车车架结构示意图。

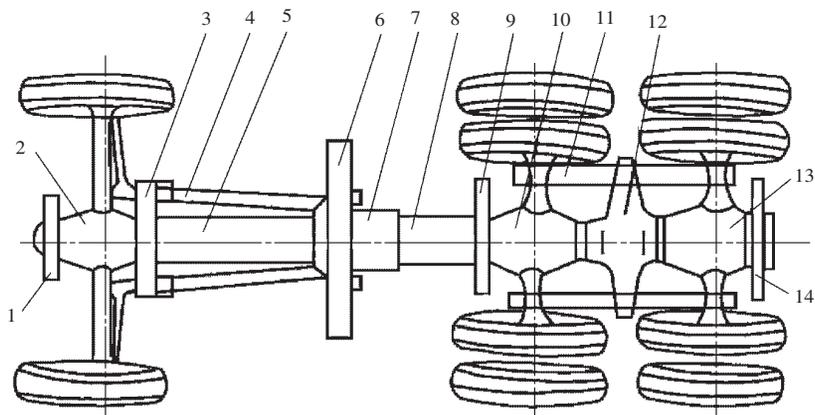


图 8-4 太脱拉 138 型汽车车架结构示意图

1. 发动机前部托架 2. 前桥壳 3. 发动机后部和驾驶室前部托架 4. 前悬架扭杆弹簧  
5. 前脊梁 6. 驾驶室后部托架 7. 分动器壳 8. 中央脊梁 9. 货箱副梁托架  
10. 中桥壳 11. 后悬架钢板弹簧 12. 连接梁 13. 后桥壳 14. 副梁托架

### 三、综合式车架

如图 8-5 所示，车架的前部是边梁式，后部是中梁式。它同时具有中梁式和边梁式车架的特点。这种车架称为综合式车架，实质上是中梁式车架的变形。

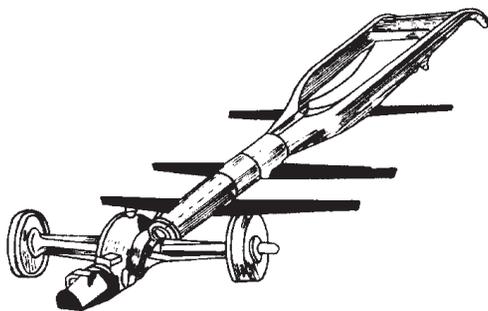


图 8-5 综合式车架

如图 8-6 所示为平台式车架，它适用于轿车和货车。它是中梁式车架为基体，在中梁车架两侧连接车身底板而成为一个复合式车架，也是中梁式车架的一种变型。由图可见，它是将底板从车身中分出来，而与车架组成一个整体的结构，车身通过螺栓与车架相连接。平台中部沿纵向凸起的部位，可使传动轴能够在其下边安放，使重心降低，同时还可以加强车架的承载能力。平台底面平坦，有利于减小空气阻力。坐椅的金属骨架焊接在车架上，

具有较高的刚度。

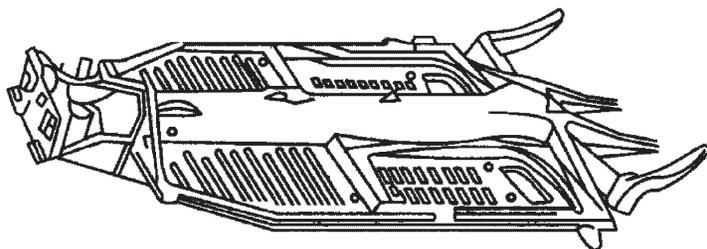


图 8-6 平台式车架

许多轿车和客车将车身和车架制成一体，不另设车架，所有部件固定在车身上，这种车身称为承载式车身。如上海桑塔纳、捷达、奥迪 100 和红旗 CA7220 型轿车等均采用这种结构形式。承载式车身可以减轻整车重量；使地板高度降低，上、下车方便。但是，传动系和悬架的振动和噪声会直接传入车内，应采取隔音措施。图 8-7 为承载式轿车车身。图 8-8 为客车的承载式车身。

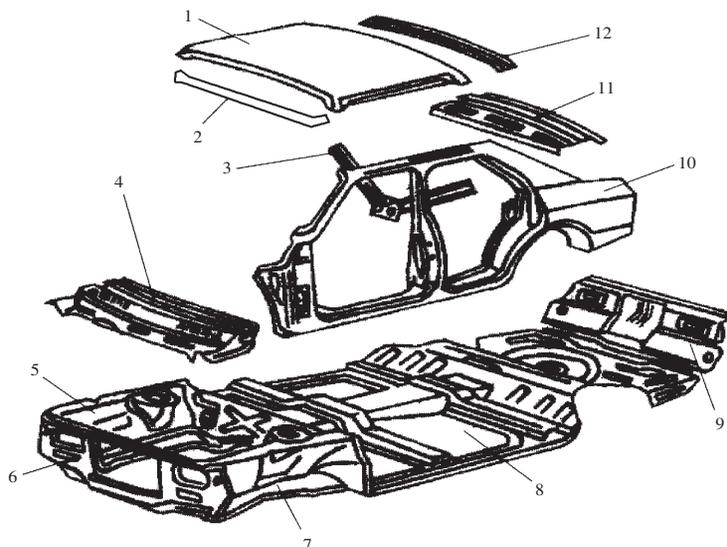


图 8-7 承载式轿车车身

1. 顶盖 2. 前风窗框上部 3. 加强撑 4. 前围外板 5. 前挡泥板  
6. 散热器框架 7. 底板前纵梁 8. 底板部件 9. 行李箱后板 10. 侧门框部件  
11. 后围板 12. 后风窗上部

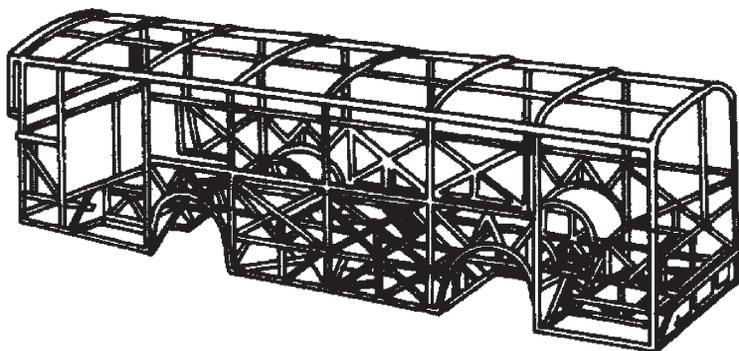


图 8-8 客车的承载式车身

## 第二节 车桥

车桥通过悬架与车架相连，两端安装车轮，用以传递车架与车轮之间的各种作用力。根据悬架结构的不同，车桥可分为整体式和断开式两种。当采用非独立悬架时，车桥为整体式，整体式车桥的结构特点是中部为刚性的实心或空心梁；断开式车桥为活动关节式结构，与独立悬架配用。

根据车桥上车轮的作用，车桥又可分为转向桥、驱动桥、转向驱动桥和支持桥四种类型。其中，转向桥和支持桥都属于从动桥。一般汽车以前桥为转向桥，而以后桥或中、后桥为驱动桥。有些轿车和越野车的前桥则为转向驱动桥。有些单桥驱动的三轴汽车（ $6 \times 2$  汽车）的中桥（或后桥）为支持桥，挂车上的车桥也是支持桥。支持桥除不能转向外，其他功能、结构与转向桥相同。

### 一、转向桥

安装转向轮的车桥称为转向桥。转向桥是利用车桥中的转向节绕主销使车轮可以偏转一定角度，以实现汽车转向。转向桥可与独立悬架或非独立悬架匹配。

如图 8-9 所示，与非独立悬架匹配的整体式转向桥，主要由前轴 14、转向节 6、主销 2 等组成。

图 8-10 为 EQ1090E 型汽车转向桥结构图。

前轴采用工字形断面以提高轴的抗弯强度，同时减轻重量。在前轴上平面加工有钢板弹簧座，其平面略高于前轴平面，并通过 U 形螺栓将钢板弹簧固定。从弹簧座处向外逐渐由工字形断面过渡到方形断面，以提高其扭转

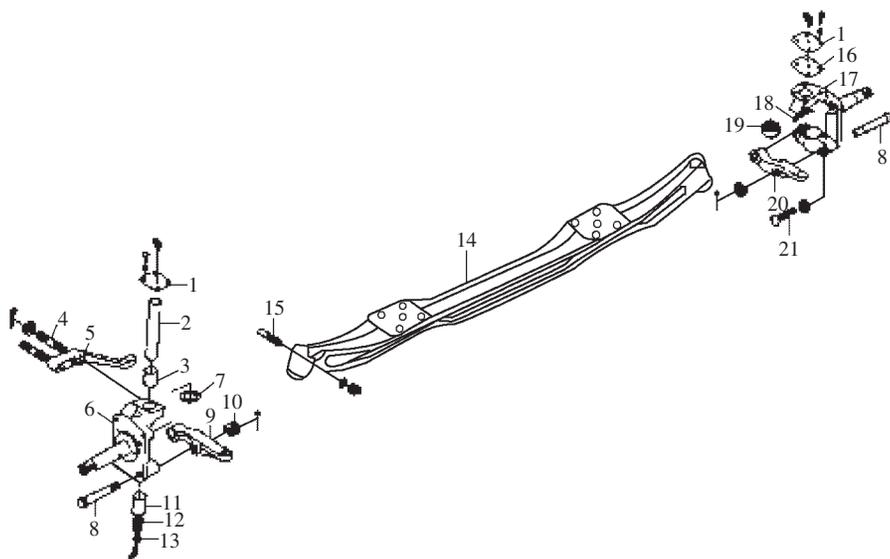


图 8-9 EQ1108G 型汽车前轴与转向节零件图

1. 转向节上盖 2. 主销 3. 上衬套 4. 双头螺栓 5. 转向节上臂 6. 左转向节 7. 调整垫片  
8、13. 螺栓 9. 左转向节臂 10. 槽形螺栓 11. 下衬套 12. 油封总成 14. 前轴 15. 楔形锁销  
销 16. 密封垫片 17. 右转向节 18. 堵塞 19. 止推轴承 20. 右转向臂 21. 转向限位螺栓

刚度，同时保持断面强度相等。中部向下弯曲，以配合发动机安装。前轴 12 两端的拳部制有通孔，主销 10 即插入此孔内，用带有螺纹的楔形锁销将主销固定在前轴孔内，使之不能转动。前轴经主销 10 与转向节 5 相连，车轮可绕主销偏转，从而实现汽车转向。

为了减少磨损，转向节内端两耳部通孔内压入青铜衬套 7，销孔端部用盖封住，并通过转向节上的注油嘴注入润滑脂。下耳与前轴拳部之间装有推力轴承 11 以减少转向阻力。上耳与前轴拳部之间装有调整垫片 8，用来调整转向节叉的轴向间隙。靠转向节耳部有一方形凸缘，用以固定制动底板。左转向节两耳上端的锥形孔用来安装转向节臂，下端的锥形孔分别用以安装左右转向梯形臂。

转向节轴颈用内外两个滚锥轴承 3 和 4 支承轮毂 2，并通过轴承调整螺母、止推垫圈、锁止垫圈、锁止螺母与转向节安装于一体，轴承紧度用调整螺母加以调整。轮毂与车轮用螺栓连接，其内端是制动鼓 1，轮毂轴承采用润滑脂润滑。为防止润滑脂浸入制动鼓，影响制动效能，在内轴承内侧装有油封 6，若油封漏油，则外端的挡油盘仍足以防止润滑油进入制动器内；外轴承外端用轮毂盖加以防尘。

也有一些轻、中型载重车的前轴采用钢管组焊式结构。

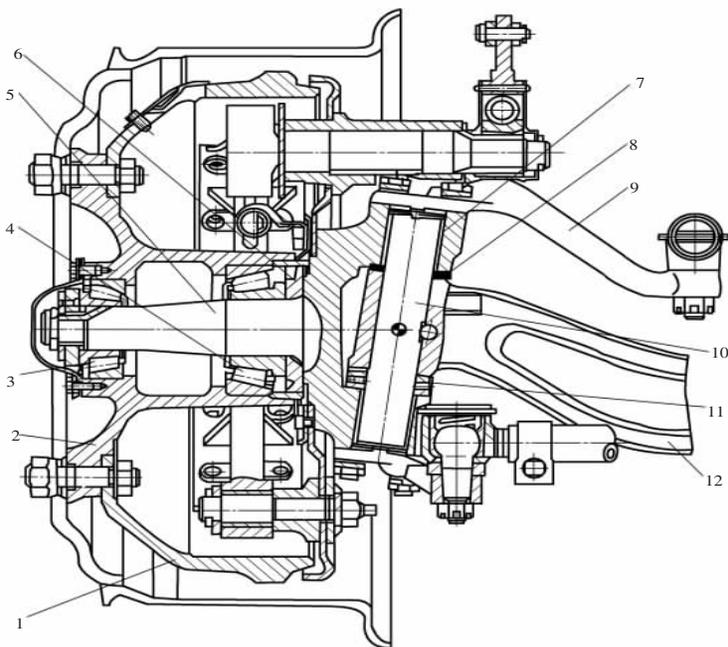


图 8-10 东风 EQ1090E 型汽车转向桥

1. 制动鼓 2. 轮毂 3、4. 轮毂轴承 5. 转向节 6. 油封 7. 衬套  
8. 调整垫片 9. 转向节臂 10. 主销 11. 推力轴承 12. 前轴

与独立悬架匹配的断开式转向桥的组成如图 8-11 所示。

断开式转向桥与整体式转向桥一样，在具有承载传力功能的同时，还具有实现转向的功能。它与转向器配合，通过纵拉杆 16、主转向臂 11、左右横拉杆 10 和 12、左右梯形臂 8 和 13，使车轮 1 偏转实现转向。这种结构多用在轿车和微型客车上。

## 二、转向轮定位

转向桥在保证汽车转向功能的同时，应使转向轮有自动回正、操纵轻便等作用。为保证汽车稳定直线行驶，即当转向轮在偶遇外力作用而发生偏转时，一旦作用的外力消失，应能立即自动回到原来直线行驶的位置。这种自动回正作用是由转向轮的定位参数来保证的，也就是转向轮、主销和前轴之间的安装应具有一定的相对位置——转向轮定位。转向轮定位内容有主销后倾与内倾、车轮外倾与前束。

### 1. 主销后倾与内倾

如图 8-12b) 所示，在汽车的纵向平面内，主销上端向后倾斜一个  $\gamma$  角，称为主销后倾角。如图 8-13a) 所示，在汽车的横向平面内，主销上端

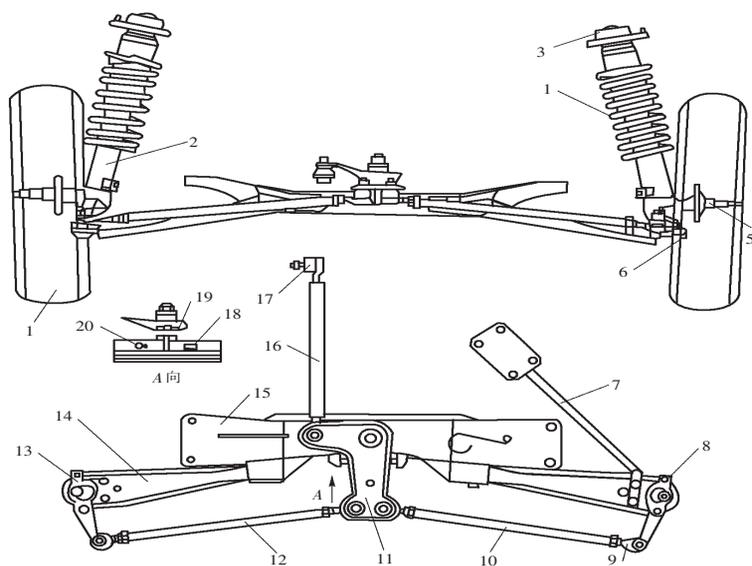


图 8-11 断开式转向桥

1. 车轮 2. 减振器 3. 上支点总成 4. 缓冲弹簧 5. 转向节 6. 大球头销总成  
7. 横向稳定杆总成 8. 左梯形臂 9. 小球头销总成 10. 左横拉杆 11. 主转向臂  
12. 右横拉杆 13. 右梯形臂 14. 悬架总成 15. 中臂 16. 纵拉杆 17. 纵拉杆球头  
18. 转向限位螺钉座 19. 转向限位杆 20. 转向限位螺钉

向内倾斜一个  $\beta$  角，称为主销内倾角。

主销具有后倾角  $\gamma$  时，主销轴线与路面交点  $a$  将位于车轮与路面接触点  $b$  的前面，如图 8-12a) 所示。当汽车直线行驶时，若转向轮偶然受到外力作用而稍有偏转（例如向右偏转，如图中箭头所示），将使汽车行驶方向向右偏离。这时由于汽车本身离心力作用，在接触点  $b$  处，路面对车轮作用着

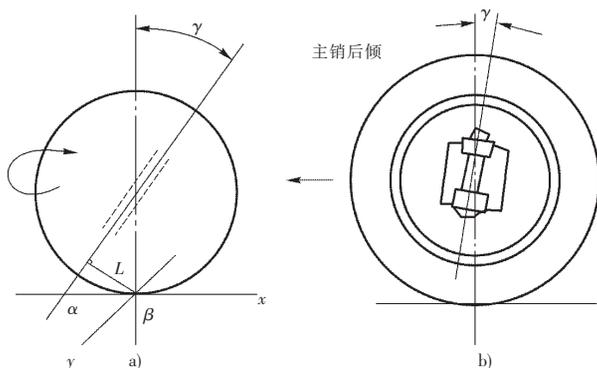


图 8-12 主销后倾角度及其作用示意图

一个侧向反作用力  $Y$ 。 $Y$ 对车轮形成绕主销轴线作用的力矩  $YL$ ，其方向正好与车轮偏转方向相反。在此力矩作用下，将使车轮回复到原来的中间位置，从而保证汽车能稳定的直线行驶，故此力矩称为稳定力矩。但此力矩也不宜过大，否则转向时为了克服此稳定力矩，驾驶员须在转向盘上施加较大的力（即转向盘沉重）。因稳定力矩的大小取决于力臂  $L$  的数值，而力臂  $L$  又取决于后倾角  $\gamma$  的大小，因此，为不使转向沉重， $\gamma$  不宜过大。一般  $\gamma \approx 2^\circ \sim 3^\circ$ ，如东风 EQ1141G 型汽车  $\gamma = 2^\circ 11' 43''$ 。现代轿车广泛采用弹性较强的超低压扁平轮胎，使转向轮的稳定力矩增加。因此为了防止过大的稳定力矩引起的回正过猛， $\gamma$  角可以减小到接近于零甚至为负值。

主销内倾角也有使转向轮自动回正的作用。如图 8-13 所示，当转向轮在外力作用下由中间位置偏一个角度（图中假设偏转  $180^\circ$ ，即转到如虚线所示位置）时，车轮的最低点将陷入路面以下，但实际上车轮下边缘不可能陷入路面以下，而是将转向轮连同整个汽车前部向上抬起一个相应的高度，这样汽车本身的重力有使转向轮回到原来中间位置的效应，即能自动回正。

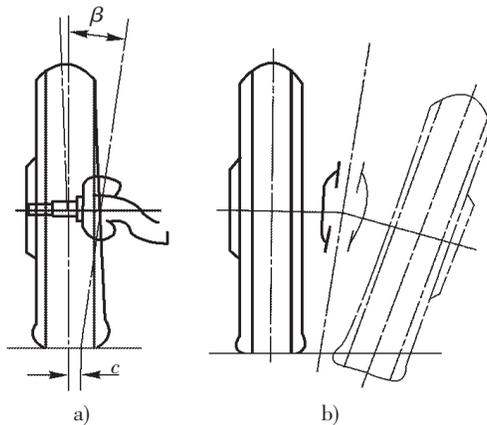


图 8-13 主销内倾角及其作用示意图

此外，主销的内倾使得主销轴线与路面的交点到车轮中心平面与地面交线的距离  $C$  减小，见图 8-13a），从而可降低转向时驾驶员加在转向盘上的力，使转向操纵轻便，同时也可减小从转向轮到转向盘上的冲击力。但  $C$  值也不宜过小，即内倾角  $\beta$  不宜过大，否则在转向时，车轮绕主销偏转的过程中，轮胎与路面间将产生较大的滑动，因而增加了轮胎与路面间的摩擦阻力，这不仅使转向变得很沉重，而且加速了轮胎的磨损。一般  $\beta \approx 8^\circ$ ，距离  $C$  在 40mm ~ 60mm 之间。

主销内倾角是通过前轴的设计来保证，由机械加工来实现的。加工时将前轴两端的主销孔轴线上端向内倾斜就形成了内倾角 $\beta$ 。

综上所述，主销后倾和主销内倾都使汽车转向时自动回正，保持直线行驶的稳定。所不同的是，主销后倾的回正作用与车速有关，而主销内倾的回正作用与车速无关。这样在不同的车速时，各自发挥其稳定作用。

## 2. 车轮外倾与前束

如图 8-14 所示，在汽车的横向平面内，车轮中心平面向外倾斜一个 $\alpha$ 角，称为车轮外倾角。除上述主销后倾角和内倾角两个角度保证汽车稳定直线行驶外，前轮外倾角 $\alpha$ 也具有定位作用。如果空车时车轮的安装正好垂直于路面，则满载时车桥将因承载变形而可能出现车轮内倾，这样将加速汽车轮胎的偏磨损。另外，路面对车轮的垂直反作用力沿轮毂的轴向分力将使轮毂压向轮毂外端的小轴承，加重了外端小轴承及轮毂紧固螺母的负荷，降低它们的使用寿命。因此，为了使轮胎磨损

均匀和减轻轮毂外轴承的负荷，安装车轮时预先使车轮有一定的外倾角，以防止车轮内倾。但是外倾角 $\alpha$ 不宜过大，否则也会使轮胎产生偏磨损。

车轮外倾角是在转向节的设计中确定的。设计时使转向节轴颈的轴线与水平面成一角度，该角度即为车轮外倾角 $\alpha$ 。一般 $\alpha$ 约为 $1^\circ$ 。

车轮有了外倾角后，在滚动时就类似于滚锥，从而导致两侧车轮向外滚开。由于横拉杆和车桥的约束使车轮不可能向外滚开，车轮将在路面上出现边滚边滑的现象，增加了轮胎的磨损。为了消除车轮外倾带来的这种不良后果，在安装车轮时，使汽车两车轮中心面不平行，两轮前边缘距离 $B$ 小于后边缘距离 $A$ ， $A$ 与 $B$ 之差称为车轮前束，如图 8-15 所示。这样可使车轮在每一瞬时滚动方向接近于向着正前方，从而在很大程度上减轻和消除了由于车轮外倾而产生的不良后果。

车轮前束可通过改变横拉杆的长度来调整。调整时，可根据各厂家规定的测量位置，使两轮前后距离差 $(A - B)$ 符合规定的值。一般前束值为 $0\text{mm} \sim 12\text{mm}$ 。测量位置一般由厂商给出，除图示位置外，还常取两轮胎中心平面处的前后差值，也可以选择两车轮钢圈内侧面处的前后差值。

车轮定位通常都指汽车的前转向轮而言。但是，随着汽车车速逐渐提高和新结构的不断采用，迫使人们重新考虑车轮定位的问题。现代汽车不仅前

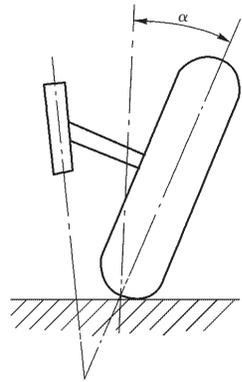


图 8-14 转向轮外倾

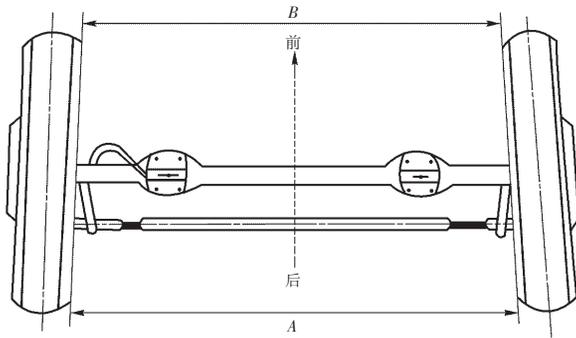


图 8-15 转向轮前束

转向轮有外倾角和前束，有些轿车的后轮也有外倾角和前束。最高车速较高的轿车很重视前、后车轮轨迹的重合性，只有轨迹重合，才利于提高车速及直线行驶稳定性，使前、后车轮相对横向滑移量最小。如桑塔纳轿车后轮的外倾角是  $-40'$ ，前束  $+25'$ ；红旗 CA7220 型轿车后轮外倾角  $-58' \pm 10'$ ，前束  $8' \sim 8.5'$ 。

### 三、转向驱动桥

在许多轿车和全轮驱动的越野汽车上，前桥除作为转向桥外，还兼起驱动桥的作用，故称为转向驱动桥，如图 8-16 所示。它同一般驱动桥一样，有主减速器 1 和差速器 3。但由于在转向时转向车轮需要绕主销偏转过一个角度，故与转向轮相连的半轴必须分成内外两段（内半轴 4 和外半轴 8），其间用等角速（或准等角速）万向节 6 连接，同时主销 12 也因而分制成上下两段，分别固定在万向节的球形支座 14 上。转向节由转向节壳体 11 和轴颈 7 组合而成，轴颈部分做成中空的，以便外半轴穿过其中。

图 8-17 为东风 EQ2080E 型汽车转向驱动桥外半轴零件图。三销式万向节将半轴一分为二，从而使前轮具有驱动和转向功能。

图 8-18 为东风 EQ2080E 型汽车转向驱动桥的局部结构图。内半轴 1 与外半轴 9 通过三销轴式万向节 3 连接在一起。当前桥驱动时，转矩由差速器、内半轴、三销轴式万向节、外半轴、凸缘盘 10 传到车轮轮毂 14 上。

转向节通过两个滚针轴承和球碗及钢球支承在转向节支座 2 上，分成两段的主销 4 与转向节支座固装成一体，其上下两段的轴线必须在一直线上。主销轴承用轴承盖 6 及 19（左边的上轴承盖与转向节臂成一体）压紧在转向节外壳 7 上。下轴承盖 6 内装有一个钢球 5 及两个球碗，以承受主销的轴向载荷。上轴承盖内装有一个止推螺钉 17，并通过球碗 16 顶住主销，以防

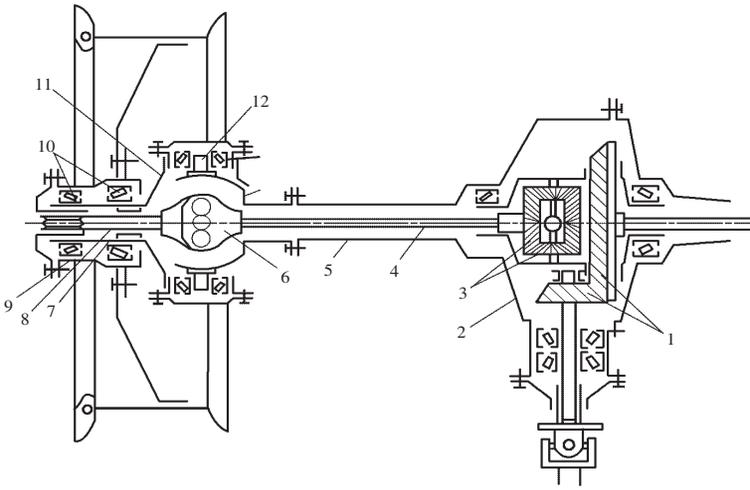


图 8-16 转向驱动桥示意图

1. 主减速器 2. 主减速器壳 3. 差速器 4. 内半轴 5. 半轴套管 6. 万向节  
7. 转向节轴颈 8. 外半轴 9. 轮毂 10. 轮毂轴承 11. 转向节壳体 12. 主销  
13. 主销轴承 14. 球形支座

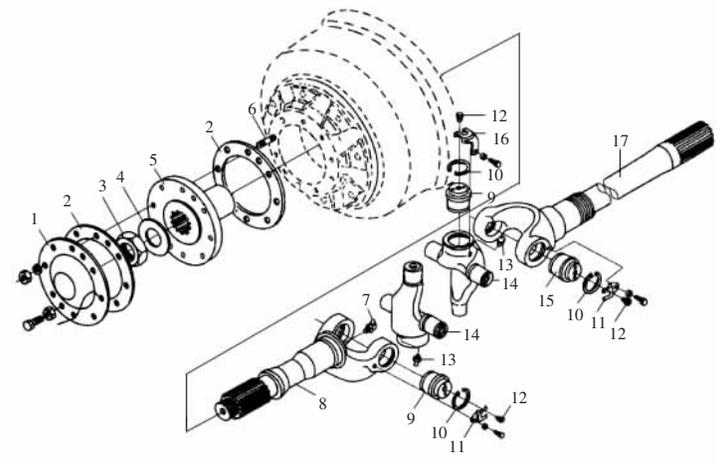


图 8-17 EQ2080E 型汽车转向驱动桥外半轴零件图

1. 外半轴凸缘罩 2. 半轴衬垫 3. 外半轴锁紧螺母 4. 锁紧垫片 5. 外半轴凸缘 6.  
双头螺栓 7、13. 油嘴 8. 前桥外半轴 9、15. 三销式万向节轴承总成 10. 孔用挡  
圈 11、16. 轴承座锁片 12. 保险阀 14. 万向节 17. 内半轴

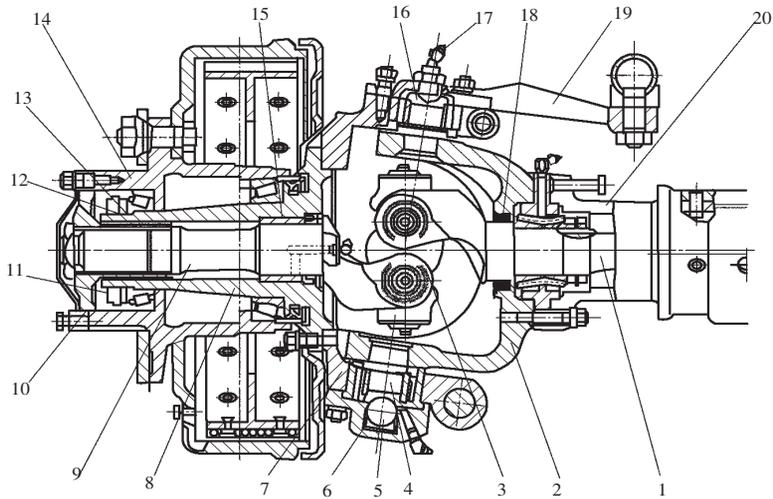


图 8-18 EQ2080E 型汽车转向驱动桥的结构图

1. 内半轴 2. 转向节支座 3. 三销式万向节 4. 主销 5. 钢球 6. 下轴承盖
7. 转向节外壳 8. 转向节轴颈 9. 外半轴 10. 凸缘盘 11. 锁紧螺母 12. 锁止垫圈
13. 调整螺母 14. 轮毂 15. 青铜衬套 16. 球碗 17. 止推螺钉 18. 油封
19. 转向节臂 20. 半轴套管

止主销轴向窜动。拧紧止推螺钉的预紧力不要太大，否则会使转向沉重。转向节支座下端面与主销下轴承座油封罩间应有 1mm~2mm 间隙，当间隙小于 0.2mm 可能引起转向沉重，此时应在钢球下球碗的下面加装厚 1mm 的垫片。转向节支座用螺钉与半轴套管 20 相连。转向节做成转向节外壳和转向节轴颈 8 两段，用螺钉连接成一体。轮毂 14 通过两个锥轴承装在转向节轴颈上。轮毂轴承用调整螺母 13、锁止垫圈 12、锁紧螺母 11 固紧。在转向节轴颈内压装一个青铜衬套 15，以便支承外半轴 9。

当通过转向节臂 19 推动转向节时，转向节便可绕主销转动而使前轮偏转。

图 8-19 为上海桑塔纳轿车转向驱动桥总成（图中未画出主减速器和差速器）。动力经过主减速和差速器传至左、右内半轴和左、右内等角速万向节 8 及左、右半轴 3 和 9，并经球笼式左、右外等角速万向节 2 及外半轴凸缘 11 传至左、右两轮毂，驱动两前轮旋转。

当转动转向盘时，通过转向机 14、横拉杆 16 使前轮偏转，以实现前轮的转向。大多数前置前驱轿车的转向驱动桥，其结构与上述结构类似。

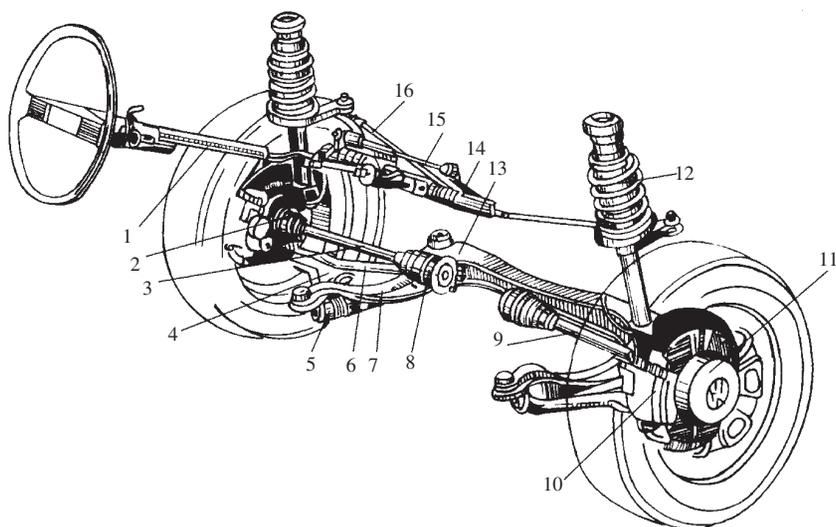


图 8-19 上海桑塔纳轿车转向驱动桥总成

1. 转向柱 2. 外等角速万向节 3. 左半轴 4. 悬架摆臂 5. 悬架臂后端的橡胶金属轴 6. 横向稳定杆 7. 发动机悬架 8. 内等角速万向节 9. 右半轴 10. 制动钳 11. 外半轴凸缘 12. 减振器支架 13. 橡胶金属支架 14. 齿轮齿条式转向机 15. 转向减振器 16. 横拉杆

### 思考题

1. 为什么说车架是汽车的基体？车架应满足哪些要求？
2. 边梁式车架有何特点？承载式车身有何特点？
3. 根据车桥上车轮的作用，车桥又可分为哪几种？各有何特点？向轮定位参数有哪些？各有何作用？在结构上是如何保证这些参数的？
4. 转向驱动桥的结构特点是什么？

# 第九章 车轮与轮胎

车轮与轮胎是汽车行驶系中的重要部件，汽车行驶性能的好坏与车轮和轮胎有着密切的关系。车轮和轮胎的主要功用是：支承整车重量；保证轮胎与路面间有较好的附着作用；传递驱动力矩和制动力矩；保持汽车行驶方向以及和悬架一起，共同缓和汽车在不平路面行驶时所受到的冲击，并衰减由此而引起的振动；承担越障等。

## 第一节 车轮

车轮是介于轮胎与车轴之间承受负荷的旋转组件，通常由轮毂、轮辋和轮辐等部件组成。轮辋是轮胎的安装基体，轮毂通过滚锥轴承支承在轴管或转向节轴颈上，轮辐则是轮辋和轮毂之间的连接部分。驱动轮的轮毂与驱动桥的半轴相连。

按轮辐结构的不同，车轮可分为辐板式车轮和辐条式车轮，轿车和载重车广泛采用辐板式车轮。按车轴一端安装一个或两个轮胎，车轮又分为单式车轮和双式车轮。根据轮辋形式的不同，车轮又可分为对开式车轮、可反装式车轮、组装轮辋式车轮和可调式车轮等几种。按车轮材质的不同，车轮又有铝合金、镁合金和钢制车轮之分。

### 一、车轮类型

#### 1. 辐板式车轮

如图 9-1 所示，这种车轮由挡圈 1、轮辋 2、辐板 6 及气门嘴孔 7 组成。辐板 6 大多是冲压制成的钢质圆盘，又称为整体式辐板。通常辐板一侧焊接在轮辋 2 上，另一侧用螺栓固装在轮毂 3 上。为减轻车轮质量，同时有利于制动器散热，方便安装和充气，整体式辐板上均开有若干孔。

在少数重型汽车上使用的车轮，轮辐与轮毂铸成一体。

轿车所用的辐板较薄，常冲压成凸凹多变的形状，以提高刚度。辐板与轮辋是铆接或焊接在一起的。焊接在一起的称为整体式车轮，而铆接在一起的则称为二体式车轮。对使用无内胎轮胎的车轮，为提高轮辋的密闭性，一般采用整体式车轮。高速汽车上，为了保证行驶的平衡性能，轮辋边缘常夹

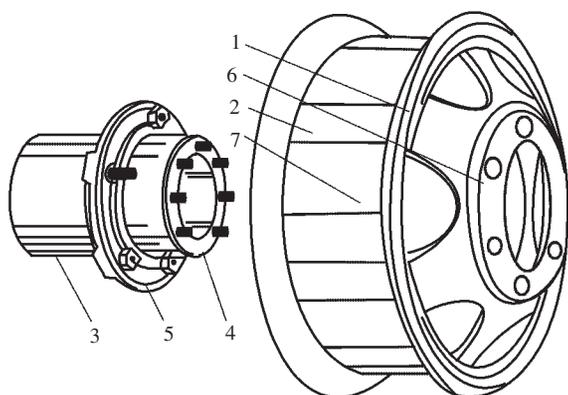


图 9-1 辐板式车轮

1. 挡圈 2. 轮辋 3. 轮毂 4. 螺栓 5. 凸缘 6. 辐板 7. 气门嘴孔

装动平衡块，当轮胎偏磨或维修拆装后，破坏了原来的动平衡，需要重新进行车轮动平衡试验，以确定平衡块的质量和夹装位置。图 9-2 为上海桑塔纳轿车车轮总成。辐板 4 通过车轮螺栓 1 将轮辋与轮毂连接在一起，气门嘴 2 用于向轮胎充气，车轮装饰板 3 起防尘和装饰的作用，平衡块和夹子 7，用于调整车轮的动平衡。

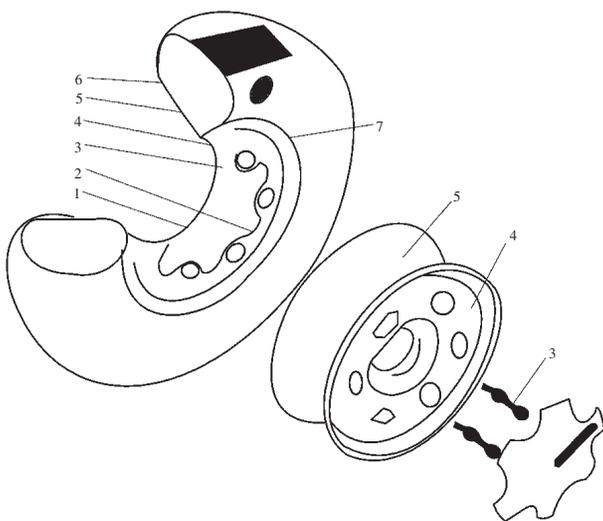


图 9-2 桑塔纳轿车车轮总成

1. 车轮螺栓 2. 气门嘴 3. 车轮装饰罩 4. 辐板 5. 轮辋 6. 轮胎 7. 平衡块及夹子

为防止后轮过载，载重汽车后轮通常采用双式车轮。如图 9-3a) 所示，在同一轮毂上安装了两套辐板和轮辋，辐板 2 和 3 的螺栓孔两端面都做成锥

形。如图 9-3b) 所示, 内轮的辐板 3 靠在轮毂 4 凸缘的外端面上, 用具有锥形端面的特制螺母 1 固定在螺栓 5 上。螺母 1 还具有外螺纹。外轮的辐板 2 紧靠着内轮辐板, 并用锁紧螺母 6 来固定。采用这种双螺母固定形式时, 为了防止汽车在行驶中固定辐板的螺母自行松脱, 汽车两侧车轮上的辐板固定螺栓 5 一般采用旋向不同的螺纹, 左侧为左旋螺纹, 右侧为右旋螺纹。

目前, 一些轻型或中型载重车上, 后桥双式车轮采用了单螺母的固定形式, 如图 9-3c) 所示。由于该结构中采用了球面弹簧垫圈 7, 可以防止螺母 1 的自行松脱, 故汽车左右车轮上固定辐板的螺栓 5 均可用右旋螺纹, 从而减少了零件品种。

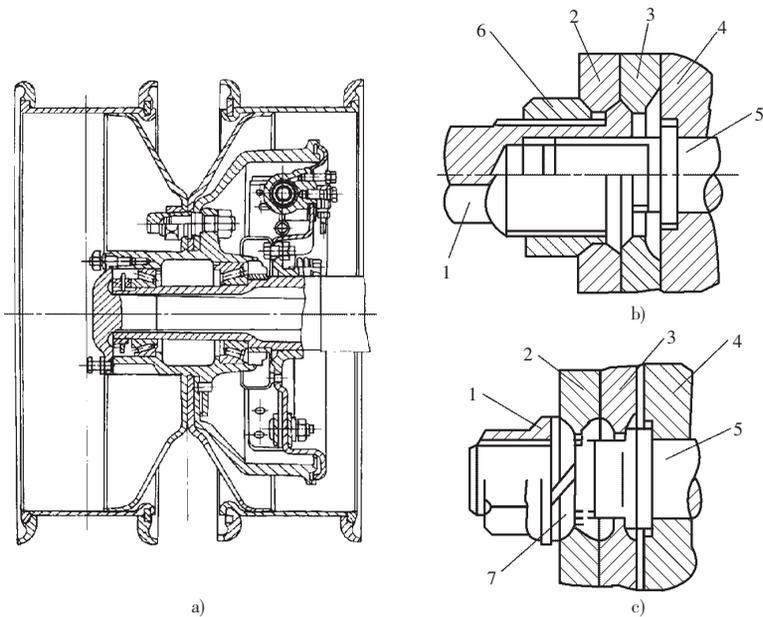


图 9-3 双式车轮及车轮辐板的固定

a) 双式车轮的结构 b) 双螺母固定型式 c) 单螺母固定型式

1. 螺母 2. 外轮辐板 3. 内轮辐板 4. 轮毂 5. 螺栓 6. 锁紧螺母 7. 球面弹簧垫圈

## 2. 辐条式车轮

如图 9-4 所示, 辐条 4 与轮毂 6 铸成一体, 一般装在重型汽车上。在这种结构的车轮上, 轮辋 1 用螺栓 3 和特殊形状的衬块 2 固定在辐条 4 上。为使轮辋与辐条对中, 在轮辋和辐条上都加工有配合锥面 5。赛车和某些高级轿车 (如美国别克轿车) 的车轮辐条用钢丝辐条, 其维修安装不便, 且价格昂贵。

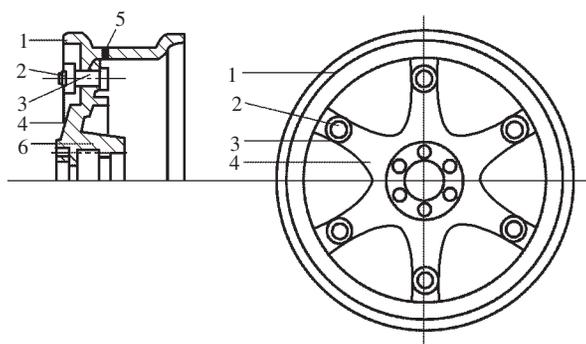


图 9-4 辐条式车轮

1. 轮辋 2. 衬块 3. 螺栓 4. 辐条 5. 配合锥面 6. 轮毂

## 二、轮辋类型

轮辋按其断面结构形式可分为深槽轮辋、平底轮辋、对开式轮辋等。

### 1. 深槽轮辋

深槽轮辋如图 9-5a) 所示，它多用在小轿车及轻型越野车上。这种轮辋一般采用钢板冲压成形的整体结构，有带肩的凸缘，用以安放外胎的胎圈。倾斜部分的最大直径即称为轮胎胎圈与轮辋的着合直径。深槽轮辋结构简单，刚度大，质量较轻，对于小尺寸弹性较大的轮胎最适宜。但对于轮胎尺寸较大、胎圈较硬的轮胎，则不易装入这种整体式轮辋内。

### 2. 平底轮辋

平底轮辋如图 9-5b) 所示。挡圈 1 是整体式的圆环，而用开口弹性锁圈 2 来防止挡圈脱出。安装轮胎时，先将轮胎套在轮辋上，然后套上挡圈，并将它向内推，直到越过轮辋上的环形槽，再将开口的弹性锁圈嵌入环形槽中。东风、解放等载重车车轮，均采用这种形式的轮辋。

### 3. 对开式轮辋

对开式轮辋也称为对拆平底式轮辋，如图 9-5c) 所示。轮辋由内外两部分组成。两部分轮辋可以是等宽度，也可以是不等宽度，靠螺栓固紧在一起。拆卸轮胎时，拆卸螺母即可。挡圈 3 是可拆的。有的无挡圈，而由与内轮辋制成一体的轮缘代替挡圈的作用，内轮辋与辐板焊接在一起。东风 EQ2080、延安 SX2150 型汽车车轮，即采用这种形式的轮辋。

轮辋是轮胎的装配基础，每种规格的轮胎应配用相应的标准轮辋。如果轮辋使用不当，尤其使用过窄轮辋，会使轮胎早期损坏，且会影响汽车的行驶性能。

近年来，为了适应提高轮胎负荷能力的需要，开始采用宽轮辋。试验表

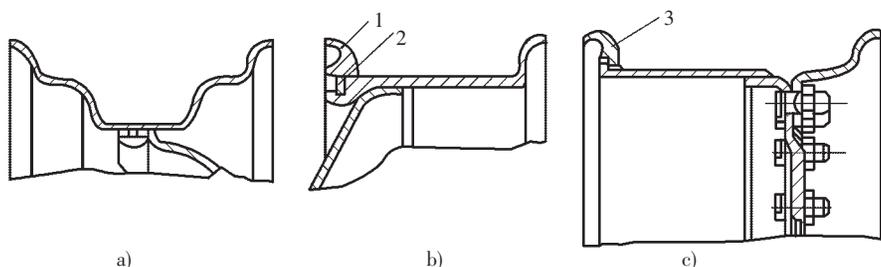


图 9-5 轮辋断面

a) 深槽轮辋 b) 平底轮辋 c) 对开式轮辋

1、3. 挡圈 2. 锁圈

明，宽轮辋可以提高轮胎的使用寿命，并可以改善汽车的通过性和行驶稳定性。

## 第二节 轮 胎

### 一、轮胎的类型与结构

现代汽车多使用充气轮胎。充气轮胎的分类方法主要有以下四种。

1. 轮胎按组成结构不同，可分为有内胎轮胎和无内胎轮胎。

#### (1) 有内胎轮胎

如图 9-6 所示，有内胎充气轮胎由外胎 1、内胎 2 和垫带 3 组成。内胎中充满压缩空气；外胎是用以保护内胎的强度高而富有弹性的外壳；垫带放在内胎与轮辋之间，防止内胎被轮辋及外胎的胎圈擦伤和磨损。

如图 9-7 所示，外胎由胎冠 1、胎肩 2、胎侧 3、胎圈 4、胎面 5、缓冲层 6 和帘布层 7 组成。胎面 5 是外胎的最表层，它包括胎冠 1、胎肩 2 和胎

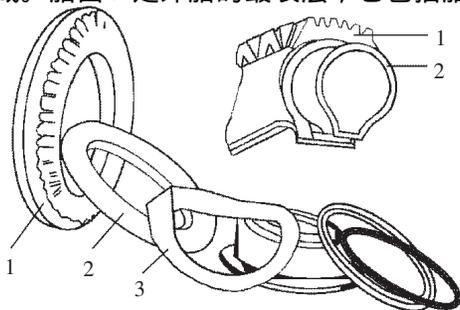


图 9-6 充气轮胎的组成

1. 外胎 2. 内胎 3. 垫带

侧 3 三个部分。胎冠是指外胎两胎肩的中间部位，用耐磨的橡胶制成，它直接承受摩擦和全部载荷，能减轻帘布层所受冲击，并保护帘布层和内胎免受机械损伤。为了保证轮胎与路面间的良好附着，防止纵向和横向的滑移，在胎冠上制有各种花纹。

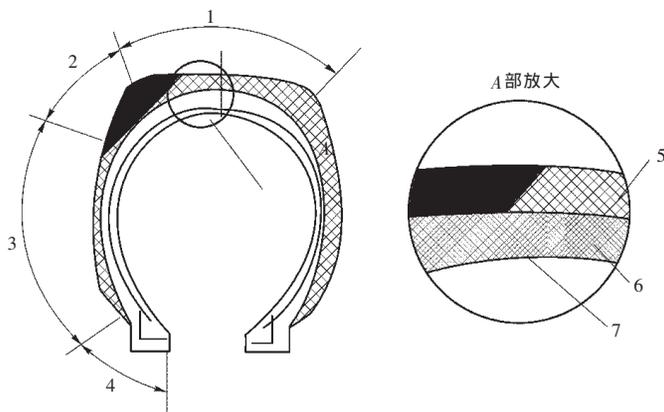


图 9-7 外胎的结构

1. 胎冠 2. 胎肩 3. 胎侧 4. 胎圈 5. 胎面 6. 缓冲层 7. 帘布层

胎肩是较厚的胎冠与较薄的胎侧间的过渡部分，一般也有花纹，以利于防滑和散热。

胎侧是指胎肩到胎圈之间的胎体侧壁部位上的橡胶层，它的主要作用是保护胎侧部分的帘布层免受潮湿和机械损伤。

帘布层是外胎的骨架，主要作用是保持外胎的形状和尺寸，它通常由双数的多层挂胶布（帘布）用橡胶贴合而成。帘布层相邻两层帘线按一定的角度交叉排列，一般帘布层数越多，强度越大，但弹性较低。帘布由纵向强韧的经线和放在各经线之间的少数纬线织成，帘布层的帘线排列方向对轮胎的性能有较大影响。帘线可以是棉线、人造丝线、尼龙线和钢丝。目前，我国大量采用人造丝和尼龙丝帘线，在轮胎承载能力相同的情况下，帘布层数可以减少，此时在外胎表面上标注的是层级（相当于棉线帘布层数，而不是实际的帘布层数）。

缓冲层位于胎面与帘布层之间，是用胶片和两层或数层挂胶稀帘布制成，故弹性较大，能缓和汽车在行驶时所受到的不平路面的冲击，并防止汽车紧急制动时胎面与帘布层脱离。

胎圈是指轮胎安装在轮辋上的部分，由钢丝圈、帘布层包边和胎圈包布组成，有很大的刚度和强度。它的作用是防止轮胎脱离轮辋。

如图 9-6 所示，内胎是一个环形的橡胶管，应有良好的弹性、耐热性和密封性能。为使内胎在充气状态下不产生皱折，其尺寸应稍小于外胎内腔

尺寸。

内胎上装有一个充气 and 排气用的气门嘴。使用最多的是一种具有弹簧式阀门结构的金属气门嘴，其结构与图 9-8 所示。气门嘴通过插入内胎上狭孔的突缘 10 的螺母 8 夹紧在内胎上。在轮胎充气时，阀门 4 被压缩空气顶开，压缩空气进入内胎。充气结束后，套在杆 5 上的弹簧 6 即将阀门紧紧压回在阀座上，实质上起到一个单向阀的作用。

## (2) 无内胎轮胎

无内胎充气轮胎近年来在轿车和一些货车上的使用日益广泛。它没有内胎，空气直接压入外胎中，因此要求外胎和轮辋之间有很好的密封性。

如图 9-8 所示，无内胎轮胎在外观和结构上与有内胎轮胎近似，所不同的是无内胎轮胎的外胎内壁上，用硫化的方法粘附了一层厚约 2mm~3mm 的橡胶密封层 1，专门用来密封压缩空气，在密封层正对着胎面的下面，贴着一层用未硫化橡胶的特殊混合物制成的自粘层 2。当轮胎穿孔时，自粘层能自行将刺穿的孔粘合，故名有自粘层的无内胎轮胎。

在胎圈上做出若干道同心的环形槽纹 3。在轮胎内空气压力的作用下，槽纹 3 能使胎圈可靠地紧贴在轮辋边缘上，以保证轮胎与轮辋之间的气密性。但也有的胎圈外是光滑而没有槽纹的。

气门嘴 4 直接固定在轮辋 7 上，其间垫以密封用的橡胶密封衬垫 6。铆接轮辋和辐板的铆钉 5 自内侧塞入，并涂上一层橡胶。

2. 按充气压力的大小，可分为高压胎（气压为 0.5MPa~0.7MPa）、低压胎（气压为 0.15MPa~0.45MPa）和超低压胎（气压低于 0.15MPa）。

由于轮胎制造技术的不断发展，轮胎负荷能力大幅度提高，相应气压也提高了，而轮胎的缓冲性仍在某种程度上保持了原有同规格“低压胎”的性能。因此，按过去标准虽然其气压已在高压胎气压范围内，现在国内外还都将其归于“低压胎”一类。如国产 9000-20，14 层级尼龙胎，载荷容量

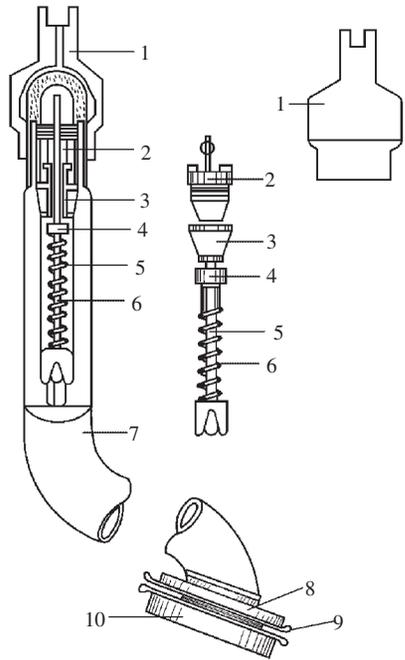


图 9-8 气门嘴的结构

1. 盖 2. 螺母 3. 衬套 4. 阀门 5. 杆  
6. 弹簧 7. 座筒 9. 垫片 10. 凸缘

22300N，气压 0.67Mpa，仍属低压胎。

轿车大都采用低压胎，因为低压胎弹性好，断面宽，与路面接触面积大，同时胎壁薄，散热性好，轮胎寿命延长。

3. 按胎体中帘线排列的方向不同，可分为普通斜交轮胎和子午线轮胎。其中子午线轮胎的应用最为广泛。

如图 9-9 所示，帘布层和缓冲层各相邻层帘线交叉且与轮胎中心线呈小于  $90^\circ$  角排列的充气轮胎，称为普通斜交轮胎。

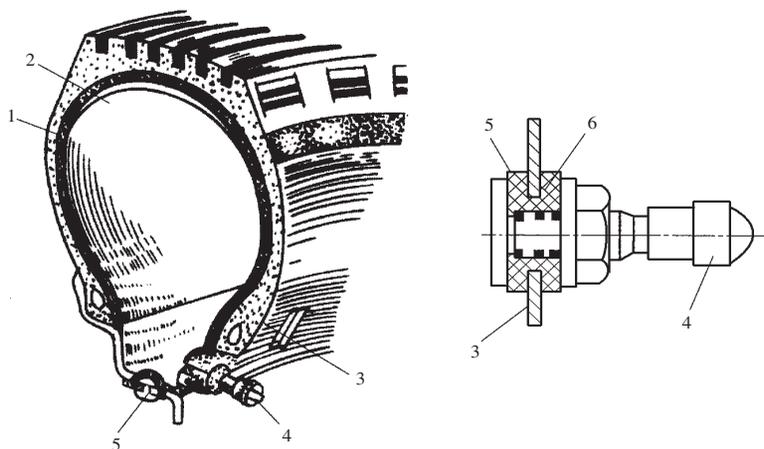


图 9-9 无内胎的充气轮胎

1. 橡胶密封层 2. 自粘层 3. 槽纹 4. 气门嘴 5. 铆钉 6. 橡胶密封衬垫 7. 轮辋

如图 9-10 所示，帘布层与胎面中心线呈  $90^\circ$  或接近  $90^\circ$  角排列，帘线分布如地球的子午线，因而称为子午线轮胎。

如图 9-11 所示，子午线轮胎由帘布层 3、带束层 2、胎冠 1 组成。其特点是：胎体帘布层与胎面中心线呈直角或接近直角排列，帘线分布如地球的子午线。子午线轮胎帘线强度得到充分地利用，它的帘布层数小于普通斜交轮胎，使轮胎重量减轻，胎体较柔软。在圆周方向上只靠橡胶来联系，因此，为了承受行驶时产生较大的切向力，子午线轮胎具有若干层帘线与子午断面呈大角度 ( $70^\circ \sim 75^\circ$ )、强度高、不易拉伸的周向环形类似缓冲层的带束层。带束层通常采用很小的织物帘布（玻璃纤维、聚酰胺纤维等高强度材料）或钢丝帘布制造。带束层像钢丝带一样，紧紧镶在胎体上，极大地提高了胎面的刚性、驱动性及耐磨性。

子午线轮胎的优点是：

(1) 接地面积大，附着性能好，胎面滑移小，对地面单位压力也小，因而滚动阻力小，使用寿命长。

(2) 胎冠较厚且有坚硬的带束层，不易刺穿；行驶时变形小，可降低

油耗 3% ~ 8%。

(3) 因为帘布层数少，胎侧薄，所以散热性能好。

(4) 径向弹性大，缓冲性能好，负荷能力较大。

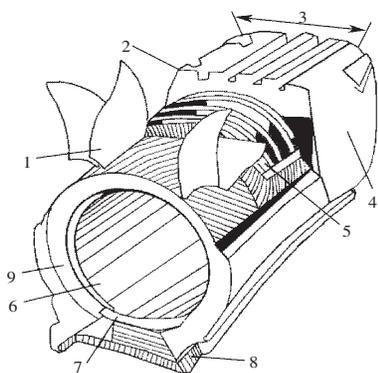


图 9-10 有内胎的普通斜交轮胎

1. 帘布层 2. 胎肩 3. 胎冠 4. 胎侧 5. 缓冲层  
6. 内胎 7. 垫带 8. 胎圈 9. 子午断面

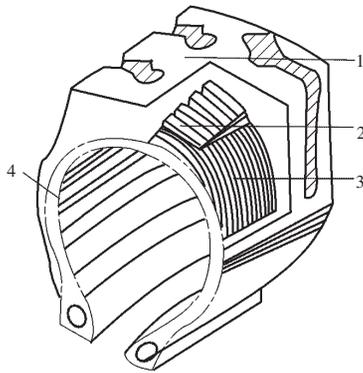


图 9-11 子午线胎

1. 胎冠 2. 带束层  
3. 帘布层 4. 断面

4. 根据轮胎胎面花纹的不同，可分为普通花纹轮胎、越野花纹轮胎和混合花纹轮胎。

如图 9-12a)、b) 所示，普通花纹轮胎的特点是花纹细而浅，花纹块的接地面积较大，耐磨性和附着性能较好，适用于良好路面。普通花纹轮胎又有横向花纹和纵向花纹之分，其中纵向花纹适用于轿车和货车，横向花纹只应用于货车。

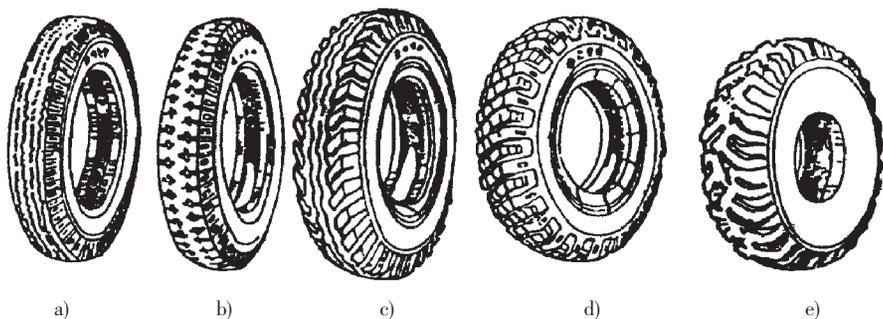


图 9-12 轮胎的花纹

- a)、b) 普通花纹轮胎 c) 混合花纹轮胎 d)、e) 越野花纹轮胎

如图 9-12d)、e) 所示，越野花纹轮胎的特点是其凹部深而粗，适用于行驶在松软路面上的越野汽车。当安装“人”字形越野花纹轮胎时，花纹

尖端应与车轮的旋转方向一致，以免花纹间被泥土堵塞。

如图 9-12c) 所示，混合花纹轮胎介于普通花纹轮胎与越野花纹轮胎之间，主要用于经常在城乡道路上行驶的汽车。

也可按用途将轮胎分为轿车轮胎和货车轮胎。

另外，随着汽车工业的迅速发展，世界主要轮胎公司相继推出各式各样的新型轮胎，如：绿色轮胎、超高速行驶里程轮胎、跑气保用轮胎、智能轮胎、低断面轮胎、防滑轮胎、超轻量轮胎、仿生轮胎等。

## 二、轮胎规格标记方法

充气轮胎尺寸代号如图 9-13 所示。D 为轮胎外径，d 为轮胎内径，H 为轮胎断面高度，B 为轮胎断面宽度。 $(H/B) \times 100\%$  称为轮胎的扁平率，该值越小，说明轮胎的断面越宽。故扁平率小的轮胎，接地面积大，比压小，轮胎的磨损减小，滚动阻力也小，抗侧向滑移能力强，在相同的承载能力下，其直径可以减小，从而可降低汽车质心，提高汽车行驶稳定性，因而在高速轿车上得到广泛应用。

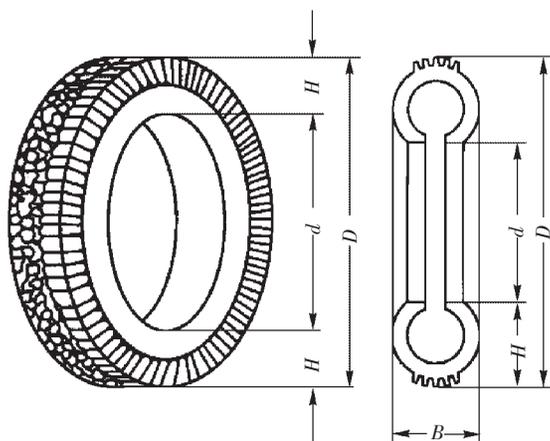


图 9-13 轮胎尺寸标记

目前，充气轮胎一般习惯用英制计量单位表示，但欧洲国家则常用米制表示法。个别国家也有用字母作代号来表示轮胎的规格尺寸。我国轮胎规格标记也采用英制计量单位。

随着汽车工业的发展，我国轮胎也制定了相应的标准。现执行的标准为轿车轮胎—GB9743—1997；轿车轮胎系列 GB/T2978—1997；载货汽车轮胎—GB9744—1997；载重汽车轮胎系列 GB/T2977—1997。

例：轿车用轮胎标记为 185/60R1380H，表示轮胎名义断面宽为

185mm, 名义扁平率为 60%, 子午线轮胎 (用 R 表示), 轮辋名义直径 13in, 80 为负荷指数 (可查阅 GB/T2978—1997), H 为速度级别代号 (最高行驶车速为 210km/h)。

例: 载货汽车轮胎标记为 10.0R - 20, 表示轮胎名义断面宽度 10in, 轮辋名义直径 20in 的子午线轮胎 (用 “R” 表示)。

按国家标准规定, 在外胎的两侧要标出生产编号、制造厂商标、尺寸规格、层级、最大负荷和相应气压、胎体帘布汉语拼音代号、安装要求及行驶方向记号等。轮胎侧面注有 “△”、“□”、“-” 等符号或 “W”、“D” 等文字, 表示轮胎最轻的部位, 安装内胎时, 应将气门嘴对准符号安装, 以使轮胎周围的重量平均, 保持轮胎高速转动时平稳。如有箭头 “→”, 则表示为有方向性的轮胎, 应使箭头指的方向与旋转方向一致进行安装。

在同一规格的轮辋上, 可安装内径相同而断面高度不同 (但接近于基本标准) 的外胎, 或是内径相同但胎体的帘布层数较多的外胎, 后者多在汽车超载或在坏路面上行驶的情况下采用。

不同规格或不同帘线结构的轮胎不得混合使用, 不得使用低于规定层级的轮胎, 不许混用窄轮辋或窄轮胎。

### 思考题

1. 车轮和轮胎的主要功用有哪些?
2. 辐板式车轮有哪些主要部件组成? 它为什么应用较为广泛?
3. 轮辋的结构类型有哪几种? 轿车上常使用哪种类型? 中型载重车上常用哪种类型? 为什么?
4. 轮胎有哪几种常用的分类方法? 有内胎充气轮胎的组成有哪些?
5. 子午线轮胎的结构特点是什么?
6. 在轮胎的使用中, 应注意哪几个方面的问题?

# 第十章 悬架

悬架是车架（或承载式车身）与车桥（或车轮）之间的一切传力连接装置的总称。它的功用是把路面作用于车轮上的垂直反力、纵向反力（驱动力和制动力）和侧向反力以及这些反力所形成的力矩传递到车架（或承载式车身）上，以保证汽车的正常行驶。

汽车悬架可分为两大类：非独立悬架和独立悬架。非独立悬架（图 10-8）的主要结构特点是将两侧车轮装于一个整体式的车桥两端；独立悬架（图 10-12）的主要结构特点是将两侧车轮各自独立地与车架相连，两侧车轮可以单独相对于车架运动，而互不影响。对两轴汽车而言，两个车轴既可同时选择采用非独立悬架或独立悬架，也可选择采用前轴为独立悬架，后轴为非独立悬架的结构型式。

现代汽车的悬架尽管有不同的结构形式，但它们一般都是由弹性元件 5、减振器 6 和导向机构（纵、横向推力杆 1、2、3）三部分组成，如图 10-1 所示。在多数轿车和客车上，为了防止车身在转弯行驶等情况下发生过大的倾斜，在悬架中还设有横向稳定器。目的是提高侧倾刚度，改善汽车的操纵稳定性和行驶平顺性。

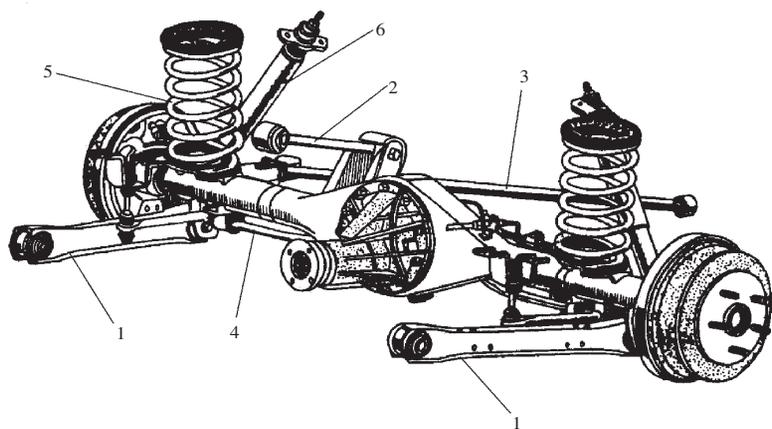


图 10-1 汽车悬架组成

- 1. 下纵向传力杆
- 2. 上纵向推力杆
- 3. 横向推力杆
- 4. 横向稳定器
- 5. 螺旋弹簧
- 6. 减振器

## 第一节 弹性元件、减振器与横向稳定器

弹性元件的主要作用是承受和传递垂直载荷，缓和并抑制不平路面所引起的冲击。常见的结构类型有钢板弹簧、螺旋弹簧、扭杆弹簧、空气弹簧等几种。减振器的作用是加速振动衰减（振幅迅速减小），以限制车身和车轮的振动。如图 10-2 所示，弹性元件和减振器是并联安装的。

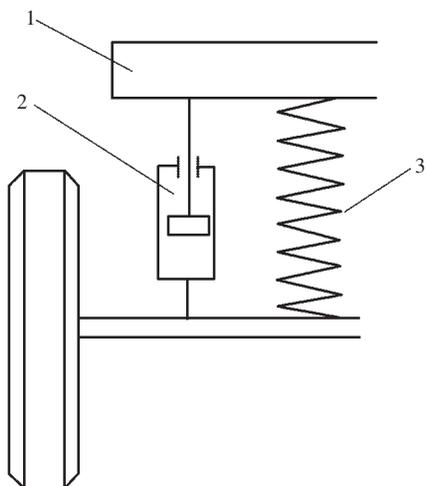


图 10-2 弹性元件与减振器安装示意图

1. 车架 2. 减振器 3. 弹性元件

### 一、弹性元件

#### 1. 钢板弹簧

钢板弹簧多用于采用非独立悬架的汽车上。如图 10-3 所示，钢板弹簧是由若干不等长的合金弹簧片叠加在一起组合成一根近似等强度的梁，钢板弹簧 3 的第一片（最长的一片）称为主片，其两端弯成卷耳 1，内装青铜（或塑料、橡胶、粉末冶金等）制成的衬套，用弹簧销与固定在车架上的支架或吊耳作铰链连接。钢板弹簧的中间部位用 U 形螺栓与车桥固定。

为了改善主片受力，各片钢板的弧度不同（下一片曲率半径小于上一片）；同时将第二片末端也弯成半卷耳，包在主卷耳的外面，且留有较大间隙，使得弹簧在变形时各片间有相对滑动的可能。有些悬架中钢板弹簧两端不做成卷耳，而采用其他的支承连接方式。中心螺栓 4 用来连接各弹簧片，并保证各片装配时的相对位置。

如图 10-3a) 和图 10-3b) 所示，中心螺栓到两端卷耳中心的距离可以

相等，也可以不相等。连接各片的构件除中心螺栓外，还有若干个弹簧夹 2，其作用是当弹簧反向变形（即反跳）时，使各片不至于分开，以免主片单独承载，同时还可防止各片横向错动。弹簧夹的两边用螺栓 5 连接，在螺栓上有套管 6 顶住弹簧夹的两边，以免将弹簧片夹得过紧。在螺栓套管与弹簧片之间应有大于 1.5mm 的间隙，以保证弹簧变形时，各片可以相互滑动。

目前一些汽车上采用变厚度的单片或 2~3 片的钢板弹簧片，即弹簧片的断面尺寸沿长度方向是变化的，片宽保持不变。目的可以减少片与片之间的干摩擦，同时减轻了质量。如东风 EQ1141G 型汽车的前簧和后副簧以及解放 CA1040 系列轻型货车的前、后钢板弹簧，均采用了这种少片变截面钢板弹簧。

当钢板弹簧安装在汽车悬架中，所承受的垂直载荷为正向时，各个力的方向和作用点如图 10-3b) 中的箭头所示。各弹簧片都受力变形，有向上拱弯的趋势，这时车桥和车架便互相靠近；当车桥和车架互相远离时，钢板弹簧所受的正向垂直载荷和变形便逐渐减小，有时甚至会反向。

钢板弹簧本身既是弹性元件，又有减振和导向传力的功能，因而使用钢板弹簧的悬架，无需安装导向杆件。此外，一般钢板弹簧是多片叠成的，本

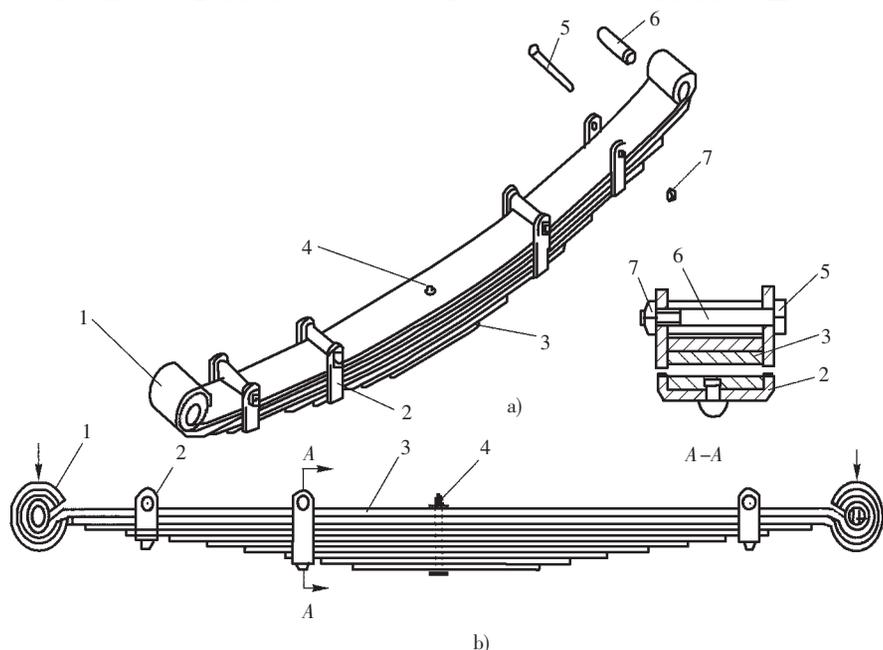


图 10-3 钢板弹簧

a) 对称式钢板弹簧 b) 非对称式钢板弹簧

1. 卷耳 2. 弹簧夹 3. 钢板弹簧 4. 中心螺栓 5. 螺栓 6. 套管 7. 螺母

身具有一定的减振能力，在对减振要求不高的车辆上，也可以不装减振器。

## 2. 螺旋弹簧

螺旋弹簧广泛应用于独立悬架，特别是前轮独立悬架中。在有些轿车的后轮非独立悬架中，也采用螺旋弹簧作为弹性元件（参看图 10-1）。螺旋弹簧和钢板弹簧相比较，具有无需润滑，不忌污泥；安置它所需的纵向空间小；弹簧本身质量小等优点。

螺旋弹簧本身没有减振作用，因此在螺旋弹簧悬架中必须另装减振器。此外，螺旋弹簧只能承受垂直载荷，故必须装设导向机构以传递垂直力以外的各种力和力矩。

螺旋弹簧用弹簧钢棒料卷制而成，可做成等螺距或变螺距。前者刚度不变，后者刚度是可变的。

## 3. 扭杆弹簧

扭杆弹簧本身是一根由弹簧钢制成的扭杆 1。如图 10-4 所示，扭杆 1 的断面通常为圆形，少数为矩形和管形，其两端形状可做成花键、方形、六角形或带平面的圆柱形等。扭杆弹簧一端固定在车架上，另一端固定在悬架的摆臂 2 上，摆臂与车轮相连。当车轮跳动时，摆臂便绕着扭杆轴线摆动，使扭杆产生扭转弹性变形，以保证车轮与车架的弹性连接。

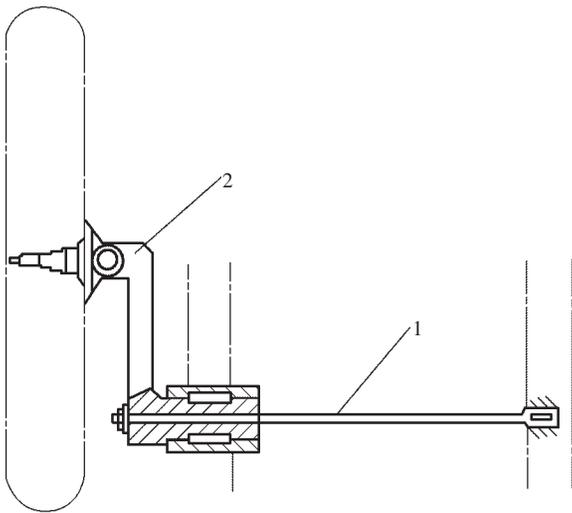


图 10-4 扭杆弹簧

1. 扭杆 2. 摆臂

扭杆弹簧制造时，经热处理后预先施加一定的扭转力矩载荷，使之产生一个永久的扭转变形，从而具有一定的预应力，以提高其弹性极限。左、右扭杆装在车上时扭转的方向应与所预加的应力方向一致，其目的是减少工作

时的实际应力，以延长扭杆弹簧的使用寿命。因而左、右扭杆制有安装标记。

采用扭杆弹簧的悬架要设导向机构和减振器。扭杆弹簧单位质量的储能是钢板弹簧的3倍，比螺旋弹簧也高。因此，采用扭杆弹簧的悬架质量较轻、结构也简单，不需润滑，并且通过调整扭杆弹簧固定端的安装角度，便可实现车身高度的调节。

扭杆弹簧在汽车上的布置较方便。它可以与汽车纵轴线平行布置，也可以横向布置。纵向布置时（如依维柯轻型货车的前悬架），可以方便地安装满足设计要求长度的扭杆，以保证悬架具有良好的性能。

#### 4. 空气弹簧

空气弹簧是一个在密封的容器中充入压缩气体（气压为0.5MPa~1MPa），利用气体的可压缩性实现其弹簧作用。这种弹簧具有较理想的可变刚度特性，因为作用在弹簧上的载荷增加时，容器内的定量气体受压缩，气压升高，则弹簧的刚度增大；反之，当载荷减小时弹簧内的气压下降，刚度减小。

如图10-5所示，空气弹簧有囊式和膜式两种。

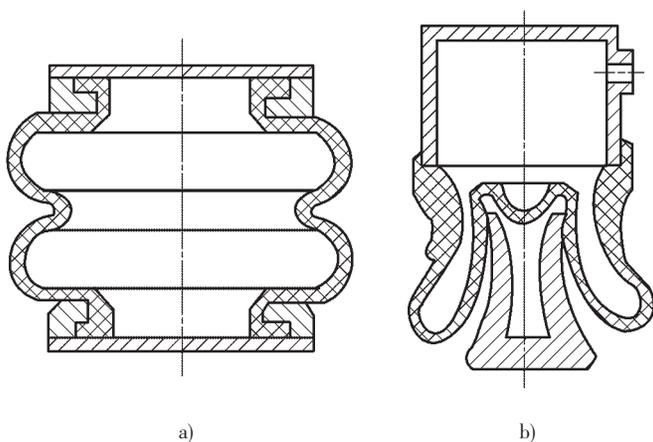


图 10-5 空气弹簧

a) 囊式空气弹簧 b) 膜式空气弹簧

囊式空气弹簧由夹有帘线的橡胶气囊和密闭在其中的压缩空气组成。气囊外层则用耐油橡胶制成单节或多节，节数越多弹簧越软，节与节之间围有钢质腰环，防止两节之间摩擦。气囊上下盖板将空气封于囊内。

膜式空气弹簧由橡胶膜片和金属压制件组成。与囊式相比，弹性特性曲线较理想，其刚度小，车身固有频率更低些，且尺寸较小，便于布置，故多用于轿车。但其价格昂贵，寿命较短。

空气弹簧可以借专门的控制阀（高度阀）自动调节气囊或气室的充气压力，以使车身离地高度保持一致。空气弹簧的质量比任何弹簧的都小，且寿命较长。但其高度尺寸较大，在布置上有困难。此外其密封环节多，容易漏气。由于空气弹簧只能承受垂直载荷，因此采用这种弹簧的悬架也必须加设导向机构和减振器。

## 二、减振器

减振器的作用是衰减悬架的弹性振动，使振动的振幅迅速减小。汽车悬架系统中广泛采用液力筒式减振器。其基本原理是：当车架与车桥作往复相对运动时，减振器壳体内的油液便反复地从一内腔通过一些窄小的孔隙流入另一内腔。由于孔隙的节流作用，加上孔壁与油液间的摩擦及液体分子内摩擦便形成对振动的阻尼力，使车身和车架的振动能量转化为热能被油液和减振器壳体所吸收，然后散到大气中。在油液通道截面等因素不变时，阻尼力随车架与车桥之间的相对运动速度的增减而变化，并与油液粘度有关。

减振器阻尼力越大，振动消除得越快，但却使并联的弹性元件的作用不能充分发挥，同时，过大的阻尼力还可能导致减振器连接零件及车架损坏。为解决弹性元件与减振器之间的这一矛盾，对减振器提出如下要求：

1. 在悬架压缩行程（车桥与车架相互移近的行程）内，减振器阻尼力应较小，以便充分利用弹性元件的弹性来缓和冲击。
2. 在悬架伸张行程（车桥与车架相互远离的行程）内，减振器阻尼力应较大，以求迅速减振。
3. 当车桥（或车轮）与车架（或车身）的相对速度较大时，减振器应当能自动加大液流通道的截面积，使阻尼力始终保持在一定限值之内，以免承受过大的冲击载荷。

液力减振器按其作用方式不同，又可分为双向作用式减振器和单向作用式减振器。在压缩和伸张两行程内均能起作用的减振器，称为双向作用式减振器；另有一种仅在伸张行程内起作用，称为单向作用式减振器。目前汽车上广泛采用双向作用筒式减振器。

双向作用筒式减振器的工作原理如图 10-6 所示。

在压缩行程时，车轮移近车身，减振器受压缩，此时减振器内的活塞 3 下移，下腔室的容积减小，油压升高，油液经流通阀 8 流到上腔室。上腔室被活塞杆 1 占去了一部分空间，因而上腔室增加的容积小于下腔室减小的容积，于是一部分油液就推开压缩阀 6，流到贮油缸 5 内。这些阀对液压油的节流作用就形成了对悬架受压缩运动的阻尼力。

减振器在伸张行程时，车轮远离车身，减振器受拉伸，减振器活塞上移，上腔室油压升高，流通阀 8 关闭，上腔室内的油液推开伸张阀 4 流入下

腔室。由于活塞杆的存在，自上腔室流来的油液不足以充满下腔室增加的容积，促使下腔室产生真空度，这时贮油缸中的油液推开补偿阀 7 流进下腔室进行补充。由于这些阀的节流就对悬架在伸张运动时起到阻尼作用。

由于伸张阀弹簧的刚度和预紧力设计得大于压缩阀，在同样压力作用下，伸张阀及相应的常通缝隙通道的截面积总和小于压缩阀及相应常通缝隙通道的截面积总和，这使得减振器伸张行程产生的阻尼力大于压缩行程时产生的阻尼力，从而达到迅速减振的要求。

### 三、横向稳定器

为尽可能地减小车轮对车身的冲击，现代轿车及大客车的悬架都设计得很软，即悬架的固有频率很低，汽车在高速行驶，特别是在转弯时，车身倾斜角较大，为了提高悬架的刚度，减小横向倾斜，常在悬架中设置横向稳定器。横向稳定器既可安装在汽车的前端，也可安装在汽车的后端。图 10-7 所示为常见的杆式横向稳定器。

由弹簧钢制成的横向稳定杆 3 呈 U 形，其中部自由地支承在两个固定于车架上的橡胶套管 2 内，与横向稳定杆连接的两个纵向杆的末端通过支杆 1 与悬架下摆臂上的弹簧支座相连。

当两侧悬架变形相同时，横向稳定器不起作用。

当两侧悬架变形不同等，车身相对路面侧向倾斜时，车架的一侧移近弹簧下支座，稳定杆的同侧末端就相对车架向上移动。而另一侧车架远离弹簧座，相应一侧横向稳定杆的末端相对车架下移。由于横向稳定杆中部对于车身没有相对运动，而稳定杆两端的纵向杆向不同方向偏转，于是稳定杆被扭转。弹性的稳定杆产生扭转内力矩就阻止了悬架弹簧的变形，从而减小了车身的横向倾斜和横向角振动。

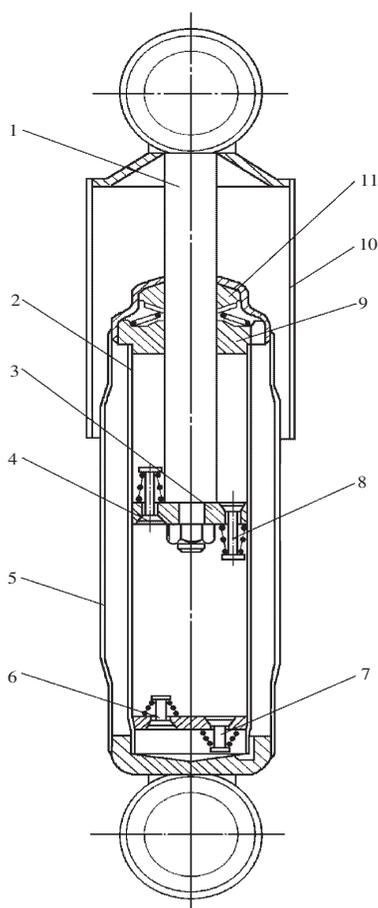


图 10-6 双向作用筒式减振器示意图

1. 活塞杆 2. 工作缸 3. 活塞 4. 伸张阀  
5. 贮油缸 6. 压缩阀 7. 补偿阀 8. 流通  
9. 导向座 10. 防尘罩 11. 油封

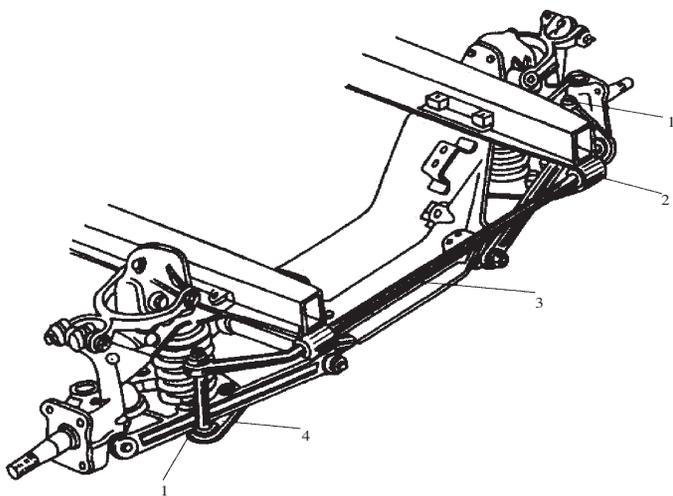


图 10-7 杆式横向稳定器

1. 支杆 2. 套管 3. 稳定杆 4. 弹簧支座

## 第二节 非独立悬架

非独立悬架是指汽车两侧车轮分别安装在整体式车桥两侧，且车桥通过弹性元件与车架或车身相连的悬架形式，如图 10-8 所示。其特点是当一侧的车轮因路面不平而跳动时，会影响另一车轮的工作。

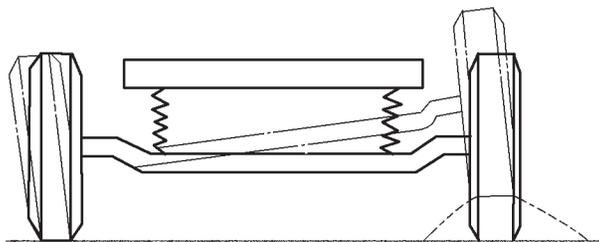


图 10-8 非独立悬架示意图

非独立悬架结构简单，成本低，工作可靠，因而在货车和一些大客车上普遍采用，在有些轿车上也后将后悬架设计为非独立悬架。非独立悬架大多采用钢板弹簧或螺旋弹簧为弹性元件。

### 一、钢板弹簧式非独立悬架

图 10-9 为解放 CA1091 型汽车前悬架。

悬架中部用 U 形螺栓 3 将钢板弹簧固定在车桥上，悬架前端为固定铰

链，它由钢板弹簧销 15 将钢板弹簧前端卷耳部与钢板弹簧前支架 1 连接在一起（见图 10-9 中 B-B），为减少磨损，前端卷耳孔中装有衬套。后端卷耳通过钢板弹簧吊耳销 14，与用铰链挂在吊耳支架 10 上可以自由摆动的吊耳 9 相连，形成活动吊耳，从而保证了弹簧变形时两卷耳中心线间的距离有改变的可能。

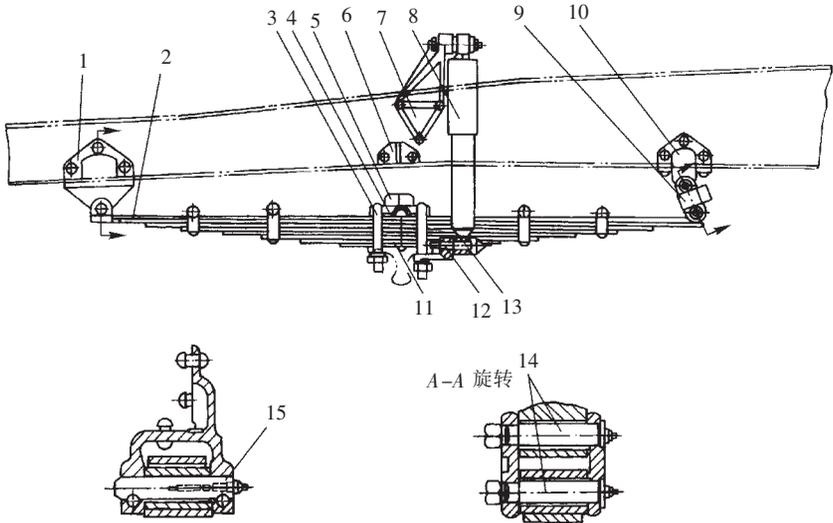


图 10-9 解放 CA1091 型汽车前悬架

1. 钢板弹簧前支架 2. 前钢板弹簧 3. U 形螺栓 4. 前板簧盖板 5. 缓冲块 6. 限位块
7. 减振器上支架 8. 减振器 9. 吊耳 10. 吊耳支架 11. 中心螺栓 12. 减振器下支架
13. 减振器连接销 14. 前板簧吊耳销 15. 钢板弹簧销

钢板弹簧销上设有轴向油道。通过油嘴可将润滑油脂加至衬套处。

筒式减振器 8 的上下两吊环通过橡胶衬套和减振器连接销 13，分别与固定在车架和车桥上的上、下支架 7、12 相连。

在前板簧盖板 4 上装有橡胶缓冲块 5，以限制弹簧的最大变形并防止弹簧直接撞击车架。

采用钢板弹簧为弹性元件的非独立悬架的结构大都与上述相似。

货车后悬架所承受的载荷因汽车行驶时实际装载质量不同而在很大范围内变化，因而为保持车身固有频率不变或变化很小，悬架刚度应该是可变的，而且变化幅度应较前悬架大一些，一般措施是在后悬架中加装副簧。

图 10-10 为东风 EQ1141G 型汽车后悬架。它由主钢板弹簧和副钢板弹簧叠合而成，从受力角度而言，主、副簧是并联的。

主簧为双头卷耳结构且为多片（10 片）单面双槽等断面钢板弹簧，单面双槽断面弹簧片与矩形断面的弹簧片相比，其疲劳寿命提高 30%，材料消耗下降 10%，主簧第二片前端是 3/4 包耳（注：带第二片包耳的卷耳端

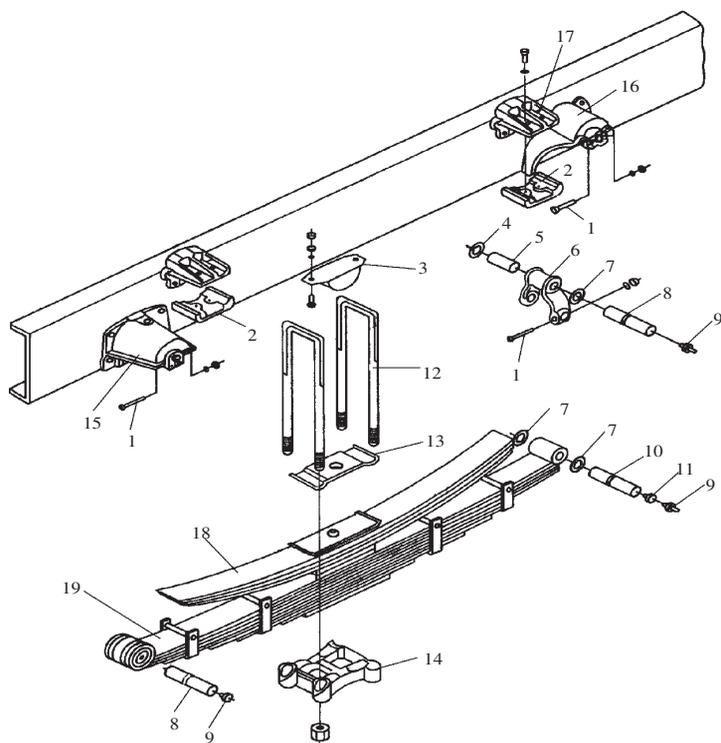


图 10-10 东风 EQ1141G 型汽车后悬架

1. 定位固定螺栓 2. 副簧滑板 3. 限位块 4、7. 侧垫圈 5. 衬套 6. 吊耳  
8. 吊耳销 9. 注油嘴 10. 弹簧销 11. 螺套 12. U 形螺栓 13. 盖板 14. U 形螺栓  
衬底板 15. 后簧前支架 16. 后簧后支架 17. 副簧支架 18. 副簧 19. 主簧

为前端，不要装反)。副簧为少片（3片）变断面钢板弹簧。

当汽车空载或实际载质量不大时，副簧不承受载荷而由主簧单独工作。在重载和满载情况下，车架相对车桥下移，使车架上的副簧滑板 2 与副簧接触，即主、副簧共同参加工作，一起承受载荷而使悬架刚度增大，以保证车身振动频率不致因载荷增大而变化过大。这种悬架的结构形式主要缺点是刚度的增加很突然，对汽车行驶平顺性不利。

为了提高平顺性，有些轻型货车的悬架在主簧下加装副簧，成为渐变刚度钢板弹簧（南京依维柯轻型货车的后悬架）。在小载荷情况下，仅主簧起作用，而当载荷增大到一定值时，主簧与副簧接触，共同发挥作用，悬架刚度得到提高，弹簧特性变为非线性的。当副簧全部参加工作后，弹簧特性又变为线性的。这类悬架的特点是副簧逐渐随载荷增加而参加工作，因此悬架刚度的变化平稳，改善了汽车行驶的平顺性能。

斯太尔汽车后悬架的结构因汽车所承受的载质量不同而有较大的变化。

二轴车的后悬架多采用上述主、副簧式。 $6 \times 4$ 、 $6 \times 6$  的汽车后悬架多采用钢板弹簧平衡悬架。

## 二、螺旋弹簧非独立悬架

螺旋弹簧非独立悬架一般只用作轿车的后悬架，如桑塔纳、捷达、奥迪 100、红旗 CA7220 型等轿车的后悬架均为这种形式。图 10-11 所示为红旗 CA7220 和奥迪 100 型轿车后悬架。

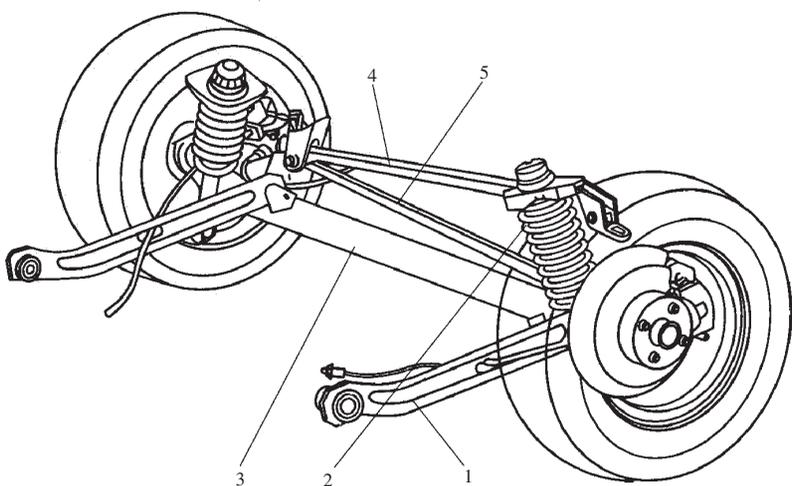


图 10-11 红旗 CA7220 轿车非独立后悬架

1. 纵向推力杆 2. 螺旋弹簧和减振器总成 3. 后轴 4. 加强杆 5. 横向推力杆

两端车轮用一根整体后轴 3 相连。导向机构为四杆式，纵向推力杆 1 的后端焊在后轴 3 上，前端头部有孔，里边装有橡胶衬套，连接螺栓穿过橡胶衬套中间的孔和车身相连，并形成铰链点。

汽车行驶过程中，整个后轴可以通过纵向推力杆和车身连接的铰接点进行纵向摆动。由于铰接点处的橡胶衬套有一定的厚度和长度，橡胶本身又有弹性，所以后轴在铰接点摆动时，根据受力方向不同，橡胶衬套可以在各个方向产生较小的变形来防止运动干涉。

横向推力杆 5 用来传递车轴和车身之间的横向作用力及其力矩。横向推力杆两端的连接环内均装有橡胶衬套，两端分别与后轴和车身铰接，用于限制当车身受侧向力作用而引起的横向窜动。加强杆 4 的作用是加强横向推力杆的安装强度，并可使车身受力均匀。

由于减振器 2 的筒内安装了上下缓冲块，当车轮上下跳动时，可减小车身所受冲击并使车身振动迅速衰减。

### 第三节 独立悬架

如图 10-12 所示，独立悬架是指两侧的车轮各自独立地与车架或车身弹性连接结构。

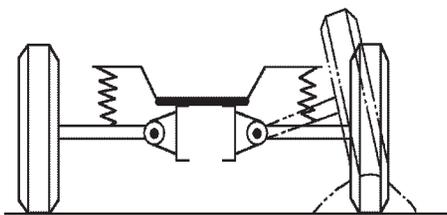


图 10-12 独立悬架示意图

与非独立悬架相比，独立悬架的主要优点是：两侧车轮可以单独运动，而互不影响，可以减小汽车在不平路面上行驶的振动；减少了汽车非簧载质量（即不由弹簧支承的质量），在道路条件和车速相同时，非簧载质量愈小，则悬架所受到的冲击愈小），故可以增强车轮的附着性能，从而提高汽车的平均行驶速度；采用断开式车桥，发动机位置便可以降低和前移，使汽车质心下降，提高了汽车行驶稳定性；并使结构紧凑。同时独立悬架允许前轮有较大的跳动空间，因而可以将悬架刚度设计得较小（便于选择较软的弹性元件），使车身振动频度降低，以改善行驶平顺性。独立悬架在轿车、轻型货车及大客车上得到了广泛应用。

独立悬架多采用螺旋弹簧或扭杆弹簧为弹性元件。

独立悬架的结构类型很多，按车轮运动形式可分为三类：

1. 车轮在汽车横向平面内摆动的横臂式独立悬架，如图 10-13a) 所示。
2. 车轮在汽车纵向平面内摆动的纵臂式独立悬架，如图 10-13b) 所示。
3. 车轮沿主销移动的悬架，包括烛式悬架，如图 10-13c) 所示和麦弗逊式悬架，如图 10-13d) 所示。

#### 一、横臂式独立悬架

横臂式独立悬架按照其横臂数量的不同可分为单横臂式和双横臂式两种，目前，多采用双横臂式独立悬架。双横臂式独立悬架的两个摆臂长度可以相等，也可以不相等，如图 10-14 所示。

如图 10-14a) 所示，在两摆臂等长的悬架中，当车轮上下跳动时，车轮平面没有倾斜，但轮距却发生了较大的变化，这将增加车轮侧向滑移的可能性。如图 10-14b) 所示，在两摆臂不等长的悬架中，如果上下横臂长度

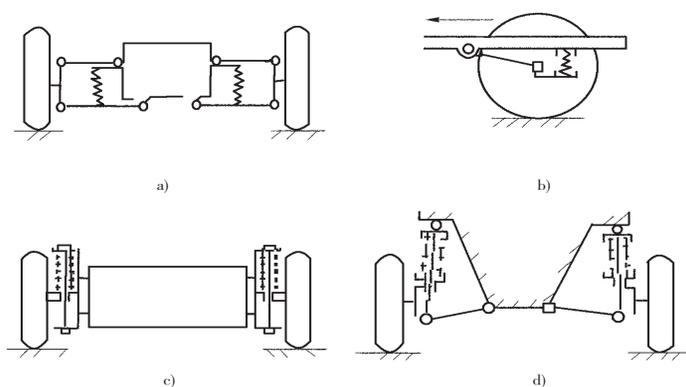


图 10-13 独立悬架的基本类型示意图

a) 不等长双横臂式悬架 b) 纵臂式悬架 c) 烛式悬架 d) 麦弗逊式悬架

选择适当，一般是上臂比下臂短，车轮在跳动中可使主销的角度及轮距变化都不大。不大的轮距变化在轮胎较软时可以由轮胎变形来适应，目前轿车的轮胎可允许轮距变化达到 4mm ~ 5mm 而不使车轮沿路面滑移。因此不等长式双横臂独立悬架在轿车的前轮上应用较广泛。

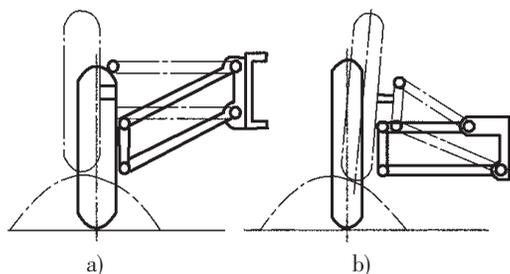


图 10-14 双横臂式独立悬架示意图

a) 等臂式悬架 b) 不等臂式悬架

如图 10-15 所示。南京依维柯轻型货车的双横臂扭杆弹簧式前独立悬架。

扭杆弹簧 3 纵向布置在车架纵梁的外侧，其前端借花键与上横臂 6 相连，后端通过花键固定在扭杆弹簧固定支架 1 的花键套中。减振器的上端与焊接在车架上的上支架 5 相连。当车轮上下跳动时，作用在车轮上的垂直载荷经转向节 10 和上横臂 6 传给扭杆弹簧，使扭杆产生扭转变形，因而缓和了由不平路面产生的冲击载荷。

车轮所受的纵向力、侧向力及其力矩由上、下横臂 6、9 和上、下支撑杆 7、8 承受并传给车架。

为消除扭杆弹簧在使用中因塑性变形对车身高度的影响，在安装时需要预对扭杆施加预加载荷。预加载荷的大小可用调整螺栓 2 来调整。

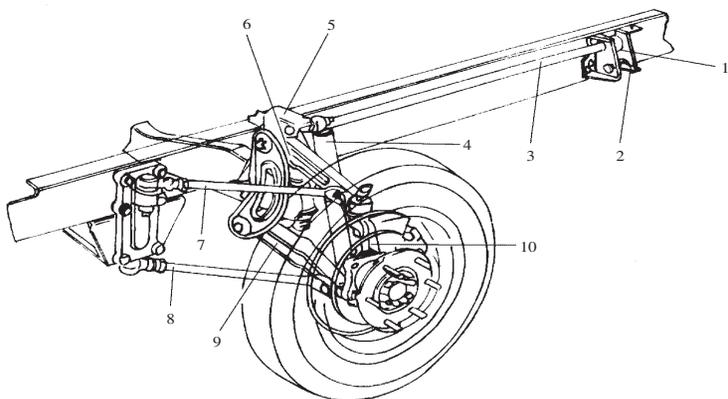


图 10-15 南京依维柯轻型货车的前悬架

1. 扭杆弹簧固定支架 2. 调整螺栓 3. 扭杆弹簧 4. 减振器 5. 减振器上支架  
6. 上横臂 7. 上支撑杆 8. 下支撑杆 9. 下横臂 10. 转向节

在大多数的轿车用双横臂独立悬架中，常用螺旋弹簧作为弹性元件，螺旋弹簧可安装于上下摆臂之间，也有的安装于上摆臂与车架之间，如图 10-16 所示。

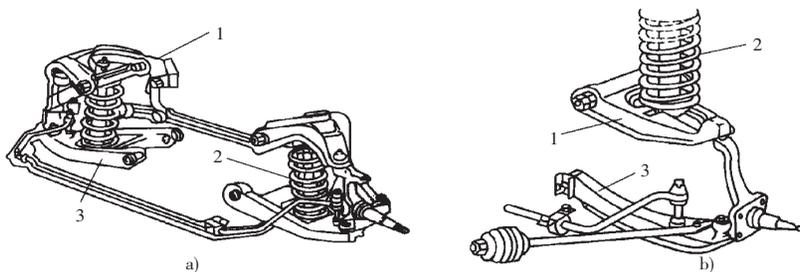


图 10-16 螺旋弹簧的安装

- a) 螺旋弹簧安装于上下摆臂之间 b) 螺旋弹簧安装于上摆臂与车架之间  
1. 上摆臂 2. 螺旋弹簧 3. 下摆臂

双横臂的臂也有制成 V 字形的，上下两个 V 形摆臂的一端以一定的距离分别与车轮相连，另一端则与车架相连，如图 10-17 所示。

## 二、纵臂式独立悬架

纵臂式独立悬架有单纵臂式和双纵臂式两种，如图 10-18 所示。

### 1. 单纵臂式独立悬架

如图 10-18a) 所示，转向轮采用单纵臂式独立悬架时，车轮上下跳动将使主销后倾角产生很大变化。因此，单纵臂式独立悬架一般不用于转向轮。

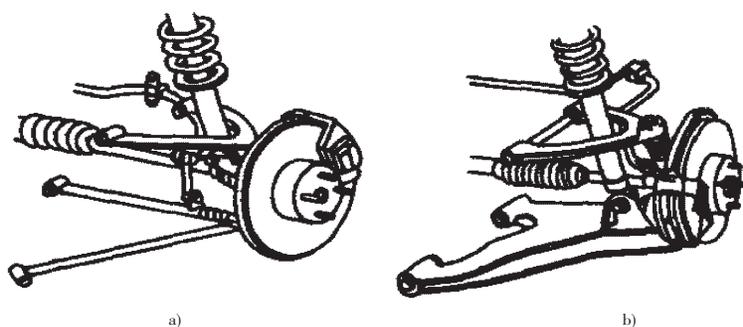


图 10-17 双 V 形横摆臂悬架

a) 双 V 形横摆臂前悬架 b) 双 V 形横摆臂后悬架

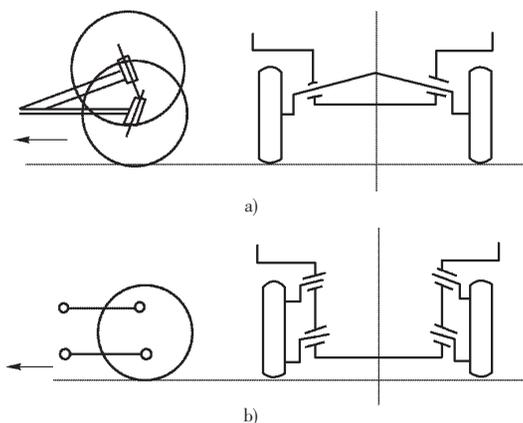


图 10-18 纵臂式独立悬架示意图

a) 单纵臂式 b) 双纵臂式

富康轿车后悬架为单纵臂式独立悬架，如图 10-19 所示。该悬架弹性元件是扭杆弹簧。两侧车轮不是各自独立地直接与车身弹性连接，而是通过一个后桥总成（包括左、右扭杆弹簧支承架 8，左、右扭杆弹簧 2、6，横向稳定杆套管 4 等），用前、后自偏转弹性垫块 7、9 与车身作弹性连接。两个单纵臂通过左、右扭杆弹簧与后桥总成弹性连接。当汽车转弯行驶时，在路面对车轮的侧向反力作用下，前、后自偏转弹性垫块产生侧向弹性变形。由于前、后自偏转弹性垫块的变形不同，使两后轮产生与两前轮转向相同的不太大的偏转角，从而减小了后轮的侧偏角，增强了不足转向特性。转弯行驶速度越高，不足转向特性越好。因此该车高速行驶的操纵稳定性更好些。这种后轮随前转向轮按同一方向稍作偏转的特性，称为后桥的随动转向功能。它是富康轿车最具独创性的特点。

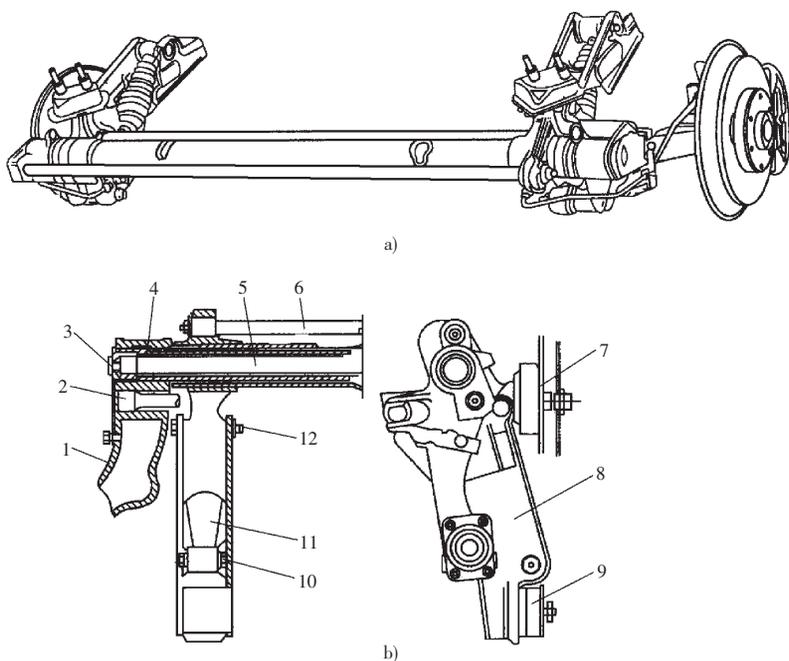


图 10-19 富康轿车单纵臂式后独立悬架

1. 单纵臂 2、6. 左、右扭杆弹簧 3. 横向稳定杆端头螺栓 4. 横向稳定杆套管 5. 横向稳定杆 7、9. 前、后自偏转弹性垫块 8. 扭杆弹簧支承架 10、12. 减振器螺栓 11. 减振器

## 2. 双纵臂式独立悬架

如图 10-18b) 所示, 双纵臂式两个纵臂长度一般做成相等的, 形成平行四连杆机构。这样车轮上下跳动时, 主销的后倾角保持不变, 故这种型式的悬架适用于转向轮。但由于横向刚度低, 易发生摆头现象。

## 三、车轮沿主销移动的独立悬架

车轮沿主销移动的独立悬架目前大致可分为两大类, 一类是车轮沿固定不动的主销轴线移动的烛式悬架, 另一类是车轮沿摆动的主销轴线移动的麦弗逊式悬架。其中麦弗逊式独立应用较广。

### 1. 烛式悬架

如图 10-20 所示, 在烛式悬架中, 主销 1 刚性的固定在悬架上, 转向节与套管 4 连接在一起。当车轮跳动时, 转向节与套管 4 一起沿主销轴线移动。悬架变形时, 主销 1 的定位角不变, 只是轮距和轴距稍有改变, 因而有利于保持汽车行驶的稳定。但是, 这种结构的悬架, 车轮所受的侧向力全由套在主销 1 上的长套管 4 和主销承受, 因此, 套管 4 与主销 1 之间的摩擦阻力很大, 磨损严重。

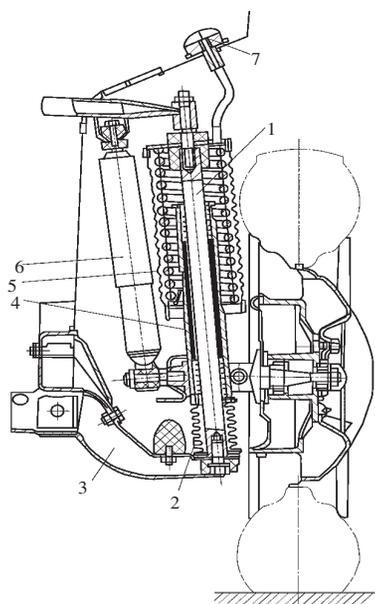


图 10-20 烛式悬架示意图

1. 主销 2、5. 防尘罩 3. 车架  
4. 套管 6. 减振器 7. 通气孔

## 2. 麦弗逊式悬架

图 10-21 为麦弗逊式独立悬架示意图，它由弹性元件、筒式减振器（滑柱）2 和下摆臂 5 等组成。减振器作为引导车轮跳动的滑柱，有的还兼起转向主销作用。筒式减振器 2 的上端用螺栓和橡胶垫圈与车身 1 连接，下端固定在转向节上，而转向节 7 通过球铰链与下摆臂 5 连接。车轮所受的侧向力通过转向节大部分由下摆臂承受。其余部分由减振器承受。

螺旋弹簧套在减振器的外面。主销的中心线不是一个实体，主销的轴线为弹簧的上支点与下摆臂 5 球铰链（上下铰链中心）的连线，它是转向轮的实际转动中心，与减振器中心线不重合。但与万向节球心重合，以防运动干涉。当车轮上下跳动时，因减振器的下支点随下摆臂摆动，故主销轴线的角度是变化的。这说明车轮是沿着摆动的主销轴线而运动的。因此，这种悬架在变形时，使得主销的定位角和轮距都有些变化。然而，如果适当调整杆系的位置，可使车轮的定位参数变化极小。

麦弗逊式悬架突出的优点是增大了两前轮内侧的空间，便于发动机和其他一些部件的布置。另外，这种悬架的主销内倾角大，使得转动中心线与地面的交点 a 在车轮支反力作用点 b 的外侧，能较方便地产生负偏移距，可以提高汽车行驶稳定性。因此多用在前置前驱动的轿车和微型汽车上。

图 10-22 所示为富康轿车的麦弗逊式前悬架。这种悬架带有三角形下摆

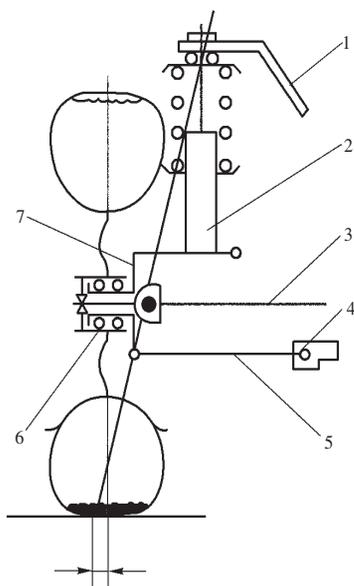


图 10-21 前轮驱动麦弗逊式独立悬架示意图

1. 车身上支座 2. 减振器（滑柱） 3. 半轴和等角速万向节 4. 车身上支座 5. 下摆臂 6. 双排密封轴承 7. 转向节

臂 6 和横向稳定杆 7。

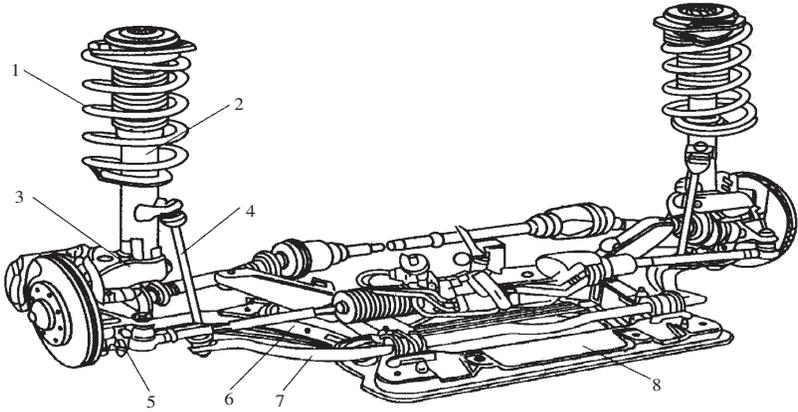


图 10-22 富康轿车前悬架

1. 螺旋弹簧 2. 筒式减振器 3. 转向节 4. 连接杆 5. 球头销 6. 下摆臂 7. 横向稳定杆 8. 前托架

#### 第四节 多轴汽车的平衡悬架

任何多轴汽车的全部车轮如果都是单独地刚性悬挂在车架上，则在不平道路上行驶时不能保证所有车轮同时接触地面，见图 10-23a)。当有弹性悬架而道路不平度较小时，虽然不一定会出现车轮悬空的现象，但各个车轮间的垂直载荷分配比例会有很大的改变。在车轮垂直载荷变小甚至为零时，车轮对地面的附着力也随之变小甚至为零。转向车轮遇此情况将使车轮操纵能力大大降低，以致失去操纵（即驾驶员无法控制汽车的行驶方向）；驱动车轮遇此情况将不能产生足够的（甚至没有）驱动力。此外，还会使其他车桥及车轮有超载危险。

若全部车轮采用独立悬架，可以保证所有车轮与地面良好地接触，但将使汽车结构复杂，对于全轮驱动的多轴汽车尤其如此。

若将两个车桥（如三轴汽车的中桥和后桥）装在平衡杆的两端，而将

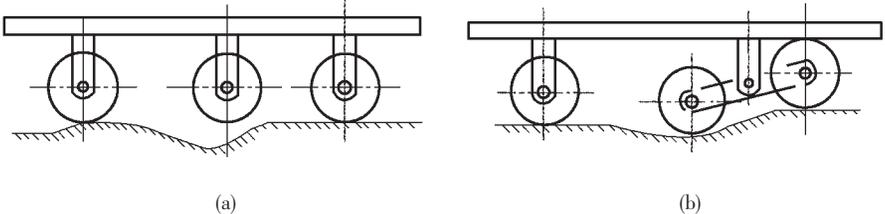


图 10-23 三轴汽车在不平道路上行驶情况示意图

平衡杆的中部与车架作铰链连接，见图 10-23b)，则一个车桥抬高将使另一个车桥下降。而且由于平衡杆两臂等长，两个车桥上的垂直载荷在任何情况下都相等。不会产生如图 10-23a) 所示的情况。这种能保证中、后桥车轮垂直载荷相等的悬架，称为平衡悬架。

在三轴、四轴越野汽车上普遍使用钢板弹簧式平衡悬架。

图 10-24 所示为常见的 6×4、6×6 三轴汽车中、后驱动桥钢板弹簧式平衡悬架的外观。

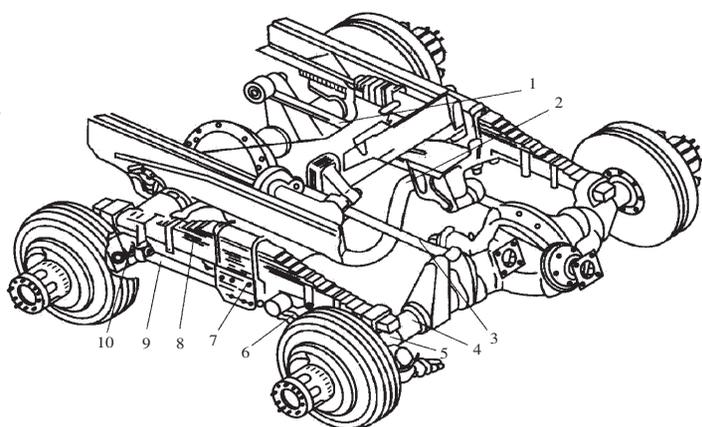


图 10-24 三轴汽车中、后桥钢板弹簧式平衡悬架外观

1、3、6、9. 导向杆 2. 平衡悬架心轴 4. 中桥 5. 弹簧支座 7. 毂 8. 钢板弹簧 10. 后桥

钢板弹簧 8 为等长臂的平衡杆，中部借助毂 7 与车架相连，钢板弹簧 8 的两端分别插入中、后桥 4、10 左右的弹簧支座 5 内（滑板式支承），用这种连接传递侧向力及垂直力。

为传递纵向力并平衡因纵向力产生的力矩，在中、后桥的上、下还分别装有 6 根导向杆，每个桥上分别有一根上导向杆 1 和 3，两根下导向杆 6、9（另两根未画出）。上导向杆的一端以球头销和桥壳上的导向杆上臂相连；另一端用球头销与车架横梁上的支架相连。下导向杆的一端以球头销和桥壳上的导向杆下臂相连；另一端用球头销与悬架心轴 2 的支架相连。心轴 2 为断开式。斯太尔 6×4、6×6 的汽车以及东风 EQ2080 型汽车的中、后桥即采用这种类型的平衡悬架。

图 10-25 所示为摆臂式平衡悬架示意图，这种悬架用于 6×2 型货车上。这种车型的结构特点是前桥为转向桥，中桥为驱动桥，后桥为支持桥（可设计成举升式）。

当汽车空载或轻载行驶时，可操纵举升缸 4，通过杠杆机构将后轮（支持轮）举起，使 6×2 汽车变成 4×2 汽车。这不仅减少轮胎的磨损和降低油耗，同时还可以增中空车行驶时驱动轮上的附着力，以免由于驱动力不足而

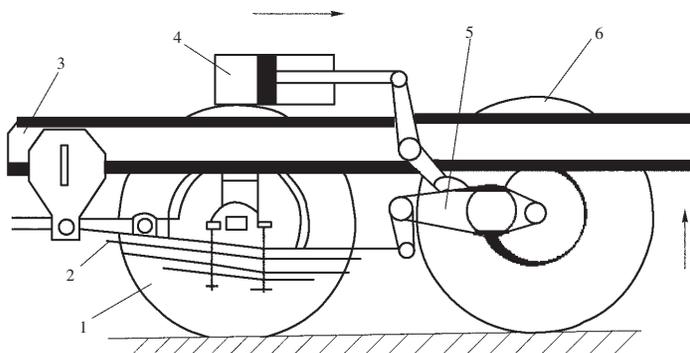


图 10-25 摆臂式平衡悬架示意图

1. 驱动桥 2. 钢板弹簧 3. 车架 4. 液压缸 5. 摆臂 6. 支持轮

使驱动轮发生滑转的现象。为适应这种汽车总布置的需要，中（驱动）桥和后（支持）桥就有必要采用图示的摆臂式平衡悬架。中桥的悬架采用普通纵置半椭圆钢板弹簧，后吊耳不与车架相连，而是与摆臂5的前端相连。摆臂轴支架固定在车架上。摆臂的后端与汽车后桥（支持桥）相连。左右后支持轮之间没有整轴联系。摆臂相当于一个杠杆，中后桥上垂直载荷的分配比例，取决于摆臂的杠杆比及钢板弹簧前、后端长度之比。

这种平衡悬架结构简单，多数零部件还能与原4×2汽车通用，解放CA1140K2T2和东风EQ1130F型汽车都采用这种平衡悬架。

上述介绍的悬架均属于被动悬架，被动悬架的含义是，汽车姿态（状态）只能被动地取决于路面、行驶状态和汽车弹性元件、导向机构以及减振器这些机械零件。20世纪80年代以来，主动悬架开始在一部分汽车上应用，并且目前还在进一步研究和开发中。主动悬架可以根据路面和行驶工况自动调整悬架刚度和阻尼，从而使车辆能主动地控制垂直振动及其车身或车架的姿态。

### 思考题

1. 悬架的功用是什么？汽车上使用的悬架有几种类型？其基本组成是什么？
2. 弹性元件的类型有哪些？其特点是什么？
3. 双向筒式减振器有哪些主要零件？其工作原理是什么？
4. 轿车上为什么常采用杆式横向稳定器？
5. 富康轿车前悬架由哪些主要零件组成？
6. 与非独立悬架相比较独立悬架有什么优点？独立悬架有哪些类型？
7. 多轴汽车为何要采用平衡悬架？

# 第十一章 转向系

## 第一节 概述

### 一、转向系的功用、类型及组成

#### 1. 转向系的功用

汽车转向系的作用是改变汽车行驶方向和稳定汽车的行驶路线。汽车在行驶过程中，经常需要改变行驶方向。汽车上用来改变汽车行驶方向的机构称为汽车转向系。

#### 2. 转向系的类型

汽车转向系按转向能源的不同分为机械转向系和动力转向系两大类。

#### 3. 转向系的组成

机械转向系由转向操纵机构、转向器和转向传动机构三大部分组成，图 11-1 为其一般布置情况示意图。从转向盘到转向传动轴这一系列部件即属于转向操纵机构；转向传动机构由转向摇臂、转向纵拉杆、转向节臂、转向横拉杆、左右梯形臂等组成。

如图 11-1 所示，当转动转向盘时，通过转向轴、转向万向节、转向传动轴，将转向力矩输入转向器，使加在转向盘上的力增加若干倍后传给转向传动机构。当转向摇臂轴转动时，转向摇臂便前后摆动，通过转向纵拉杆推拉转向节臂，于是左转向节围绕转向节主销偏转。与此同时，左转向节梯形臂通过横拉杆、右梯形臂带动右转向节围绕主销向同一方向偏转，从而使装在转向节上的两前轮同时偏转使汽车转向。

转向系应满足以下要求：

(1) 工作可靠，其零件应具有足够的强度和刚度（主要防止因零件损坏和变形而导致汽车失去控制），保证汽车行车的安全。

(2) 操纵轻便灵活，减轻驾驶员的劳动强度和保证安全行驶。汽车直线行驶时转向盘应稳定，无抖动和摆动现象。转向轮在外界偶然因素影响下发生偏转时，能够立即自动回正保持汽车直线行驶。

(3) 汽车转向时，车轮应有正确的运动规律，保证车轮在转向行驶中

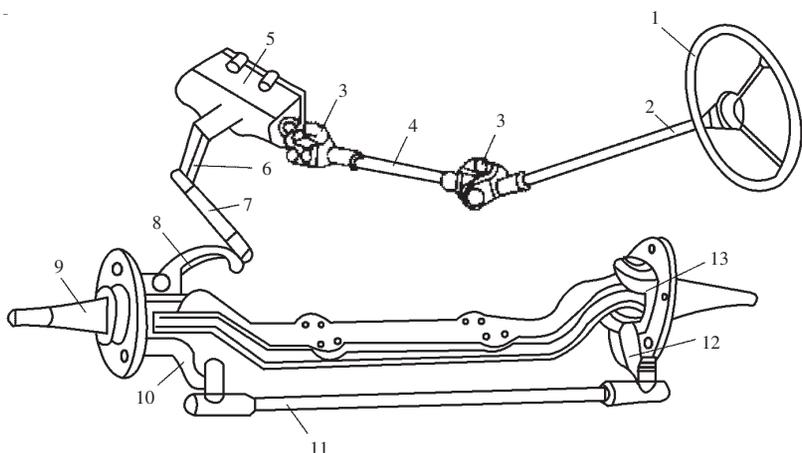


图 11-1 机械转向系示意图

1. 转向盘 2. 转向轴 3. 转向万向节 4. 转向传动轴 5. 转向器 6. 转向摇臂 7. 转向直  
 栏杆 8. 转向节臂 9. 左转向节 10、12. 梯形臂 11. 转向横拉杆 13. 右转向节

的纯滚动而没有滑动。

(4) 适当要求转向器可逆传感性，既要尽量减少汽车转向轮受到的道路冲击反传到转向盘上，又要保证驾驶员有一定的路感。因此要求适当地控制转向器的可逆程度。

(5) 调整应尽量简单。

转向系对汽车的转向灵活性和操纵轻便性起着决定性作用，它直接影响着汽车行驶的安全性，对经常行驶于盘山公路或车速较高的汽车更为重要。对转向系的要求将决定转向系的结构。目前动力转向系运用得也比较广泛，动力转向系是兼用驾驶员和发动机动力为转向能源的一种转向系。在正常情况下，汽车转向所需要的能量，只有一小部分由驾驶员提供，而大部分是由发动机通过动力转向装置提供的。但在动力转向装置失效时，一般还应当能由驾驶员独立承担汽车转向任务。因此，动力转向系是在机械转向系的基础上加设一套动力转向装置而形成的。如图 11-2 所示。

## 二、汽车转向条件

要保证汽车在转向时，每个车轮都是纯滚动而不发生侧向滑动，就必须使车轮的纯滚动轨迹符合一定的规律。

汽车在转弯时如图 11-3 所示，内侧车轮和外侧车轮滚过的距离是不相等的，因为两车轮的角速度是不同的。汽车的后桥一般装有差速器，由于差速器能满足左右两侧车轮以不同的转速滚过不同的距离，可以保证两侧车轮的运动基本上是纯滚动而无滑动。因为汽车的前桥多为从动桥（一根刚性

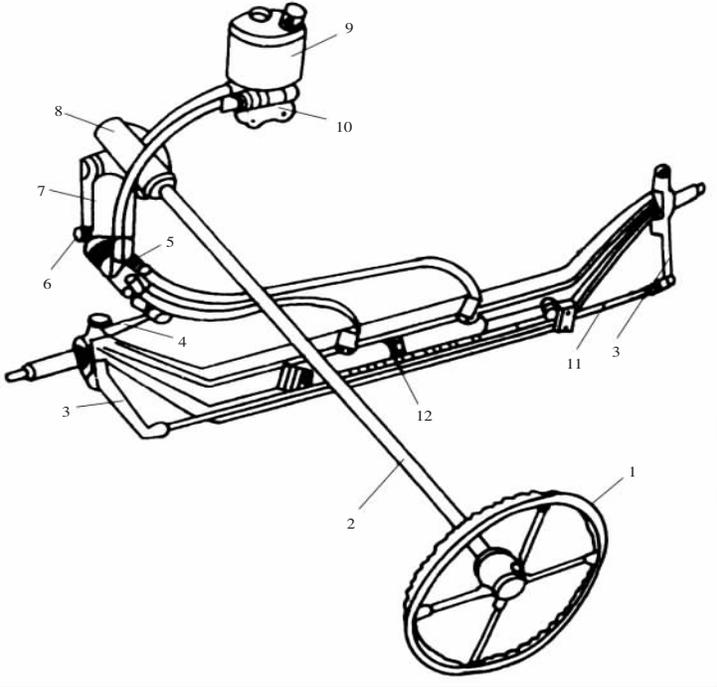


图 11-2 动力转向系示意图

1. 转向盘 2. 转向轴 3. 梯形臂 4. 转向节臂 5. 转向控制阀 6. 转向直拉杆 7. 转向摇臂 8. 机械转向器 9. 转向油罐 10. 转向油泵 11. 转向横拉杆 12. 转向动力缸

梁)，故汽车在转弯时左右两轮要滚过不同距离，必然引起车轮沿路面的运动既有滚动又有滑动。从图 11-3 可以看出，为使汽车在转向时，两侧车轮作纯滚动，每个车轮的轴线延长线在转向时应相交于一点，此交点  $O$  称为汽车的转向中心，所有车轮都绕着同一点作圆周运动。由图可见，汽车转向时内侧转向轮偏转角  $\beta$  大于外侧转向轮偏转角  $\alpha$ ，这样汽车才能顺利地转向。

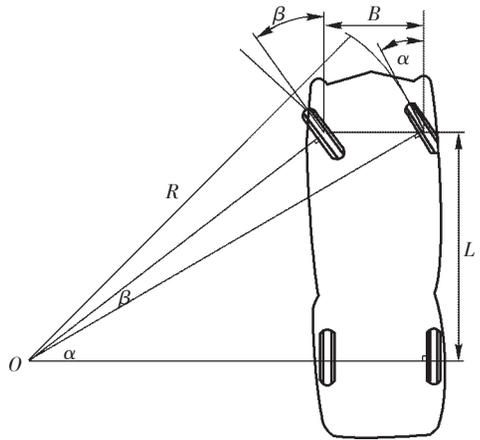


图 11-3 双轴汽车转向示意图

如果转向角  $\beta = \alpha$ ，如图 11-4 所示，两车轮轴线肯定不会相交于一点，而是分别交于两点。各车轮便不能绕同一中心滚动，导致两侧车轮在汽车转向时既有滚动，又会有滑动，结果使行驶阻力增加、转向困难、轮胎磨损、

燃料消耗量也增大。

由此可见,要实现正确的转向,必须有一个瞬时转向中心,同时满足内侧转向轮偏转角 $\beta$ 和外侧转向轮偏转角 $\alpha$ 的关系,它们的关系是:

$$\operatorname{ctg}\alpha = \operatorname{ctg}\beta + B/L$$

式中  $\alpha$ ——外侧转向轮偏转角( $^{\circ}$ );  
 $\beta$ ——内侧转向轮偏转角( $^{\circ}$ );  
 $B$ ——两侧主销中心距(m);  
 $L$ ——汽车轴距(m)。

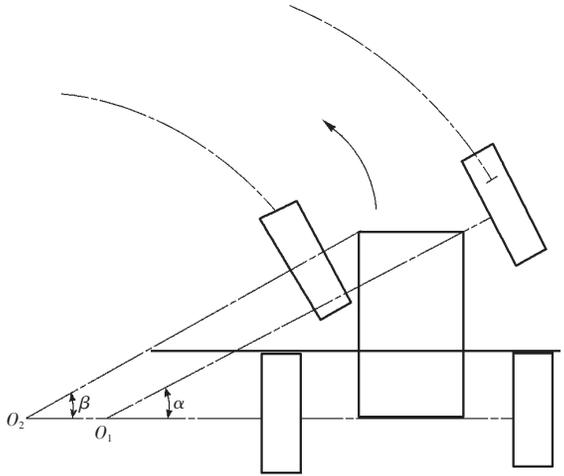


图 11-4  $\beta = \alpha$  时转向示意图

从转向中心  $O$  到外侧转向轮与地面接触点的距离  $R$  称为汽车转弯半径。转弯半径愈小,则汽车转向所需场地就愈小。由图可见,当外侧转向轮偏转角 $\alpha$ 达到最大值 $\alpha$ 时,转弯半径 $R$ 最小。汽车内侧转向轮的最大偏转角一般在 $35^{\circ} \sim 42^{\circ}$ 之间。

转向轮偏转角度的大小,可通过旋进或旋出转向节突缘盘(转向节臂)上的止动螺钉进行调整。螺钉旋进则转向轮偏转角度增大,螺钉旋出则转向轮偏转角度减小。

对于用第一、第三两桥转向的三轴或双前桥转向的四轴汽车转向示意图,如图 11-5 所示。

### 三、转向系角传动比

转向器的角传动比 $i_{w_1}$ 等于转向盘的转角与转向垂臂摆角之比;转向传动机构的角传动比 $i_{w_2}$ 等于转向垂臂摆角与安装在转向盘同一侧的转向轮偏转角之比;转向系的角传动比是指转向盘的转角与安装在转向盘同一侧的转向轮偏转角的比值,以 $i_w$ 表示。显然有:

$$i_w = i_{w_1} \cdot i_{w_2}$$

转向系的角传动比 $i_w$ 愈大,操纵转向盘的转向力矩便愈小,当转向盘的直径一定时,驾驶员施加在转向盘上的力便愈小,即转向操纵轻便。但 $i_w$ 过大,将导致转向操纵不够灵敏,即为了得到一定的转向轮偏转角所需的转向盘转角过大。所以,选取 $i_w$ 时应适当兼顾转向操纵轻便和转向灵敏两方面的要求。

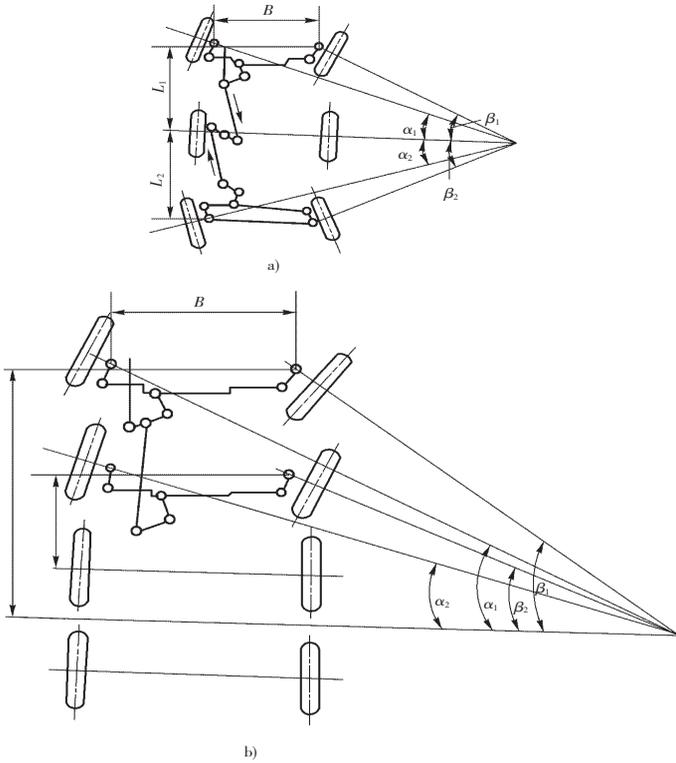


图 11-5 多轴汽车转向示意图

a) 一、三桥转向的三轴汽车转向示意图    b) 双前桥转向的四轴汽车转向示意图

转向传动机构的角传动比  $i_{w_2}$  的数值较小。对于一般汽车而言,  $i_{w_2}$  近似为 1, 故有:

$$i_w = i_{w_1}$$

一般中型载货汽车的  $i_w = 20 \sim 24$ , 重型和超重型载货汽车  $i_w = 28 \sim 42$ , 小排量汽车  $i_w = 14 \sim 16$ , 轿车  $i_w = 16 \sim 20$ 。大多数汽车的传动比基本上能满足上述使用要求。对特殊的汽车或高速小轿车可采用传动比可变的转向器。

#### 四、转向盘的自由行程

转向盘自由行程是指不使转向轮发生偏转, 转向盘所能转过的角度, 是转向传动机构装配间隙的叠加反映。转向盘自由行程对于缓和路面冲击, 使操纵柔和以及避免驾驶员过度紧张是有利的, 但不宜过大。按 GB7258 - 2000《机动车安全技术条件》规定: 一般自由行程为  $20^\circ$ , 最大不得超过  $30^\circ$ , 当超过了  $30^\circ$  时, 必须及时进行检查调整。

转向盘的自由行程与多种因素有关系, 过大主要是由于转向系各机件装配不当或机件的磨损。

## 第二节 转向器及转向操纵机构

转向器是转向系中的减速增力的传动装置，其作用是增大转向盘传到转向摇臂的力并改变力的传递方向。

为了提高行车的安全性，转向轴不会由于与转向盘之间安装不准确或由于车架、驾驶室变形而产生不良后果，转向轴可以轴向移动或制成吸能转向轴，以减轻对驾驶员造成的伤害。现在许多汽车（如 EQ1090E、解放 CA1092）采用分段式转向轴，中间用万向节连接，这样既可提高驾驶员行车安全性，又利于汽车整体的布置及修理，并且有利于转向器的系列化生产。

### 一、转向器的类型

转向器的类型较多，按其结构形式可分成为球面蜗杆滚轮式、循环球式、蜗杆蜗轮式、蜗杆曲柄销式、齿轮齿条式等。按转向器作用力传递情况可分为可逆式、不可逆式、极限可逆式。

作用力从转向盘传到转向垂臂称为正向传动，其传动效率相应的称为正传动效率。转向垂臂所受到的道路冲击传到转向盘称为逆向传动，其传动效率相应的称为逆传动效率，作用力很容易地由转向盘经转向器传到转向垂臂，转向垂臂所受到的路面冲击能较容易地经转向器传给转向盘，这种转向器称为可逆式转向器，其正、逆传动效率都高。可逆式转向器有利于转向轮和转向盘自动回正，但汽车在坏路面上行驶时容易发生转向盘摆动打手的现象。经常有良好的路面上行驶的汽车一般多用于可逆式转向器。

不可逆式转向器是指作用力由转向盘经转向器传到转向垂臂，而转向垂臂不能将路面冲击转向器的力传给转向盘的转向器。这种转向器使驾驶员没有“路感”，无法根据路面状况来调节转向力矩，容易使转向器的传动副损坏，所以现代汽车一般不采用这种转向器。

作用力可以由转向盘很容易地经转向器传到转向垂臂，而转向垂臂所受到的路面冲击只在较大时，才能经转向器传到转向盘，即正传动效率远大于逆传动效率的转向器，称为极限可逆式转向器。采用这种转向器，驾驶员有一定的路感，也可实现转向轮自动回正，而且路面冲击力只有在很大时，才能部分地传到转向盘。中型以上的越野汽车、工矿用自卸汽车多采用极限可逆式转向器。

转向盘又称方向盘，安装在驾驶室内，供驾驶员操纵汽车的行驶方向。转向盘在驾驶室的安装位置和国家、地区的交通规则有关。右侧行驶的汽车一般方向盘在左边。

转向轴多用无缝钢管制成。转向轴的上端用轴承支承在转向套管内，转向套管通过带橡胶垫套的支架固定在驾驶室前围的仪表板附近。有些汽车根据总体布置的要求，在转向盘和转向器之间加有万向传动装置。这样可减少装配位置误差，提高零部件的使用寿命。

## 二、常用转向器的构造

### 1. 循环球式转向器

循环球式转向器中一般有两级传动副。第一级是螺杆钢球、螺母传动副，第二级是齿条齿扇传动副。如解放 CA1091 型、北京 BJ1050 型、北京 BJ2023 型、黄河 JN1181C13 型等汽车即用该种类型的转向器。

#### (1) 传动副构造

如图 11-6 所示为北京 BJ1050、BJ2023 型汽车使用的循环球——齿条齿扇式转向器。第一级传动副是转向螺杆与转向螺母；第二级传动副是齿条与齿扇。转向螺杆与转向螺母之间为减小摩擦，在里间装有许多钢球。在转向螺杆 4 上松套着方形螺母 12。在转向螺杆和转向螺母的内圆面上分别制出断面近似为半圆形的螺旋槽，二者的槽相配合即成近似圆形断面的螺旋形通道。方形转向螺母侧面有孔，钢球从此孔放到通道内，转向螺母外面有两根钢球导管 8，两端分别塞入螺母的孔内，导管内也装满了钢球。

两根导管和螺母内的螺旋形通道组合成了两条各自独立的封闭的钢球“流道”。钢球嵌合在螺杆上的螺旋槽内，便形成了螺杆上的钢球螺纹。当转向轴转动螺杆时，通过钢球将力传给转向螺母，转向螺母即轴向移动。由于摩擦力的作用，钢球便在转向螺杆与转向螺母之间滚动，形成“球流”。钢球在转向螺母内绕行两圈后，流出转向螺母而进入导管，再由导管流回转向螺母另侧的孔内。两列钢球只是在各自的封闭流道内循环，非失效时不会脱出。

#### (2) 工作情况

当转动转向盘时，转向螺杆 4 也随之转动，通过钢球 9 将力传给转向螺母 12，转向螺母即产生轴向移动。同时，由于摩擦力的作用，所有钢球便在转向螺杆和螺母之间滚动，形成“球流”。钢球在转向螺母内绕行两周后，流出转向螺母而进入钢球导管 8，再由钢球导管流回转向螺母内。随着转向螺母沿转向螺杆作轴向移动，其齿条带动齿扇绕着转向垂臂轴作圆弧运动，带动转向摇臂轴使转向垂臂产生摆动，通过传动机构使转向轮发生偏转，实现汽车转向。

#### (3) 传动副啮合间隙的调整

传动副齿条与齿扇之间的啮合间隙是通过调整螺钉来调整的。调整螺钉 15 的圆形端头嵌入摇臂的 T 型槽内。调整时先松出固定螺母 14，将调整螺



钉 15 拧进，啮合间隙减小；反之，间隙增大，调整合适后锁紧螺母 14。

转向器的主要功用是增大转向盘传到转向摇臂上的力，并改变力的传递方向。因此转向器的传动效率尽可能高，因此目前国内外的货车及客车采用循环球式转向器的较多。如东风 EQ2080、解放 CA1092 和江淮 JAC6700 等车型。优点是传动效率高，一般都在 75% 以上，最高可达 90% ~ 95%。另外，从汽车的发展来看，前轴负荷逐渐增大，最后导致转向轮胎的最大负荷增大，这样一来提高转向效率显得更为重要。

## 2. 蜗杆曲柄指销式转向器

图 11-7 所示为蜗杆曲柄指销式转向器的传动副。图 11-8 为东风 EQ1090E 汽车所用的蜗杆曲柄双销式转向器的结构示意图。

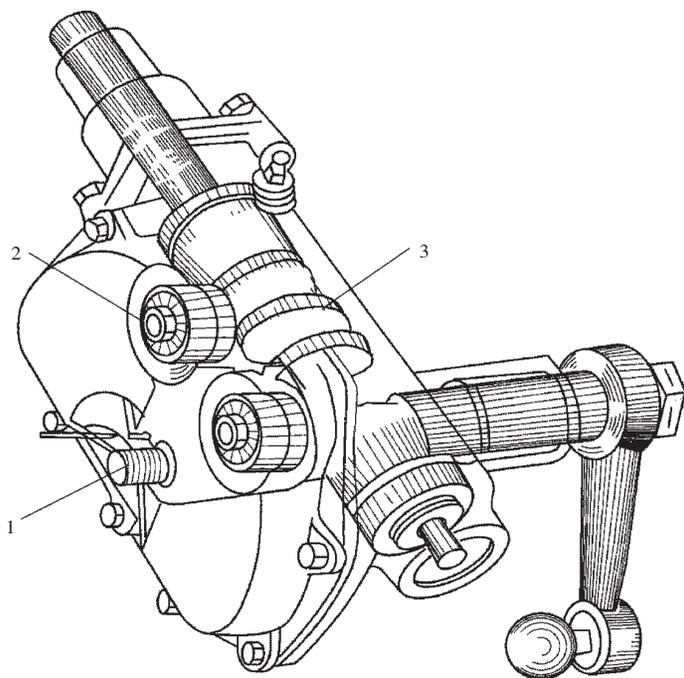


图 11-7 蜗杆曲柄双销式转向器

1. 摇臂轴 2. 指销 3. 转向蜗杆

### (1) 构造

如图 11-8 所示，蜗杆轴 1 具有梯形螺纹，通过两个滚珠轴承支承在壳体上，在转向器壳体下盖上装有调整螺钉，用以调整轴承的紧度，并用固定螺母锁紧。两锥形指销 5 均用双列圆锥滚子轴承支承在曲柄上，轴承无内座圈。曲柄成叉形与转向摇臂轴制成一体，转向摇臂轴用两个衬套支承在壳体中，其外端装有自紧式油封，以防漏油。摇臂轴的端部刻有标记，装配时应

与转向摇臂的刻度标记对正。

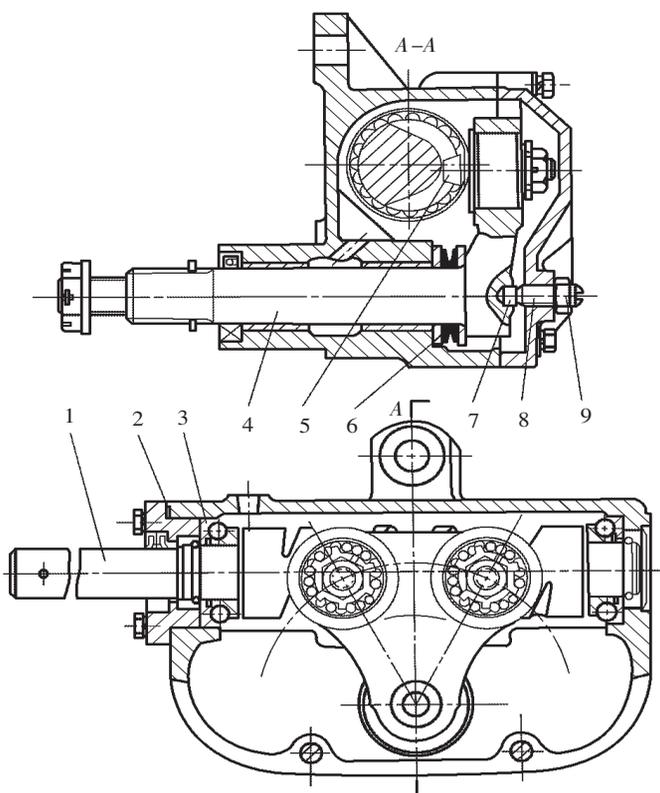


图 11-8 东风 EQ1090E 型汽车用蜗杆曲柄双指双销式转向器

1. 蜗杆轴 2. 调整垫片 3. 轴承 4. 转向摇臂轴 5. 指销 6. 弹簧片  
7. 顶销 8. 调整螺钉 9. 固定螺母

## (2) 工作情况

当汽车直线行驶时，两个指销 5 在两侧与螺杆的螺纹槽相啮合。汽车转向时，通过转向盘和转向轴使蜗杆轴 1 转动，嵌于蜗杆螺旋槽的锥形指销一边自转，一边使转向摇臂轴 4 摆动。通过传动机构使汽车实现转向。

## (3) 指销与蜗杆之间啮合间隙的调整

指销与蜗杆的啮合间隙通过转向侧盖上的调整螺钉调整的。调整时，将转向盘回正，先将固定螺母松开，用平口螺丝刀将调整螺钉旋到底后回  $1/8$  圈左右，然后将固定螺母锁紧。顺时针拧进，则啮合间隙减小；反之则增大。

有些汽车用的是单销式转向器，单销式与双销式结构基本相同，只是少一个指销。单销式结构比较简单，选用变螺距和适当螺旋角的蜗杆，可以得

到可变的传动比，但转向角不是很大，一般只有 800，双销式可达 1200 左右。因为转向摇臂轴转角很大时，双销式中的一个指销虽与蜗杆脱离啮合，但是另一个指销还保持与蜗杆的啮合。此外，当转向摇臂轴转角不是很大时，双销式的两个指销均与蜗杆啮合，载荷均匀分布在两个指销上，故双销式的指销比单销式的指销磨损小，寿命长。

### 3. 齿轮齿条式转向器

如图 11-9 所示为红旗 CA7220 型和奥迪 100 型轿车所用的齿轮齿条式转向器结构示意图。它主要由壳体 8、转向齿轮 9、转向齿条 5 等组成。

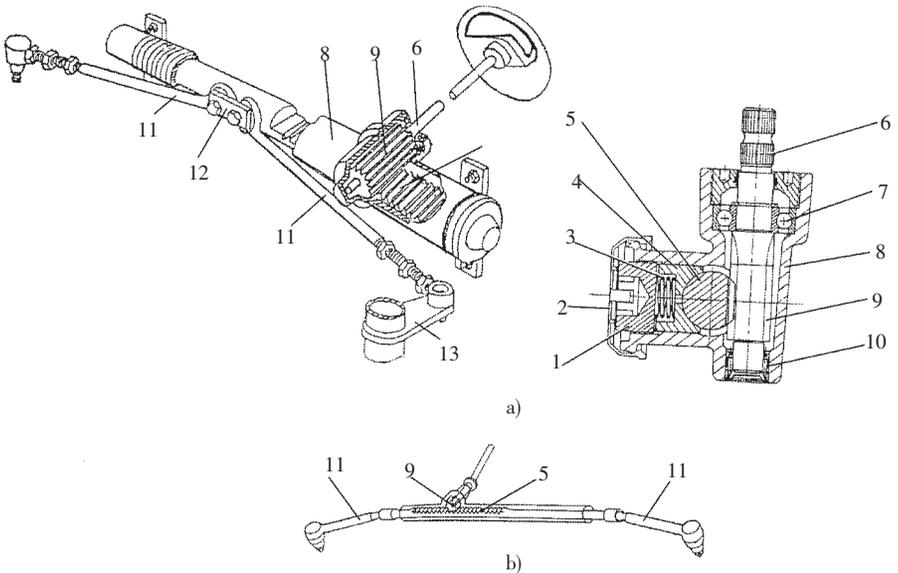


图 11-9 齿轮齿条式转向器

1. 调整螺塞 2. 罩盖 3. 压簧 4. 压簧垫块 5. 转向齿条 6. 齿轮轴 7. 球轴承  
8. 转向器壳体 9. 转向齿轮 10. 滚柱轴承 11. 转向横拉杆 12. 拉杆支架 13. 转向节

传动副主动件的转向齿轮 9 安装在转向壳体 8 中，与水平布置的转向齿条 5 相啮合。压簧 3 通过垫块 4 将齿条 5 压靠在齿轮 9 上，以保证二者无间隙啮合。压簧 3 的预紧力可用调整螺塞 1 进行调整。齿轮轴 6 通过球轴承 7 和滚柱轴承 10 垂直安装在壳体中；转向器通过转向壳体 8 两端的螺栓固定在车架上。

转向齿条 5 的中部（有的是齿条的两端，见图 11-9b）通过拉杆支架 12 与左、右转向横拉杆 11 连接。转动转向盘时，转向齿轮 9 转动，与之相啮合转向齿条 5 沿轴向移动，从而使左、右转向横拉杆带动转向节 13 转动，使转向轮偏转，实现汽车转向。

齿轮齿条转向器特点是结构简单、紧凑、质量轻、刚性大，转向轻便，

制造容易，成本低，故广泛应用于轿车及轻型汽车上。

### 三、转向操纵机构

如图 11-10 所示，转向操纵机构主要由转向盘、转向盘柱等组成。它的主要作用是操纵转向器和转向传动机构，使转向轮偏转。

## 第三节 转向传动机构

转向传动机构的功用是将转向传递来的力传给转向车轮，以实现汽车转向，转向传动机构一般包括转向摇臂、转向直拉杆、直拉杆臂以及转向节臂、横拉杆和前轴组成的转向梯形机构等。

不论汽车是直线行驶或是转弯行驶，转向传动机构的各部分都可能受到由转向轮传来的各种力的作用。由于在转向轮转动的过程中，各传力杆件不在一个平面内运动，为了保证转向传动机构可靠地工作，防止松脱和缓和冲击载荷等问题，所以采用一套空间运动的杆系，通过铰链连接。

根据转向梯形机构与行驶系前悬架的运动关系，分为两大类：一是整体式传动机构（与非独立悬架配用）；二是分段式传动机构（与独立悬架配用）。

根据位置关系分为：前置式，即传动杆件布置在前轴之前；后置式，即传动杆件布置在前轴之后。

### 一、与非独立悬架配用的转向传动机构

如图 11-11 所示，与非独立悬架配用的转向传动机构主要组成有：转向摇臂 2、转向纵拉杆 3、转向节臂 4 和转向梯形机构等。

若前桥仅为转向桥时，由左、右梯形臂 5 和转向横拉杆 6 组成的转向梯形机构一般布置在前桥之后，如图 11-11a) 所示；当转向轮处于汽车直线行驶时的中立位置时，梯形臂与横拉杆在与道路平行的平面内的交角  $\theta > 90^\circ$ ；当发动机位置较低或前桥为转向驱动桥时，为避免运动干涉，往往将转向梯形机构布置在前桥之前，如图 11-11b) 所示。此时，上述交角  $\theta < 90^\circ$ 。若转向摇臂不是在汽车纵向平面内前后摆动，而是在与道路平行的平面内左右摆动，则可将转向纵拉杆 3 横置，并借球头销直接带动转向横拉杆 6，从而推动两侧梯形臂转动，如图 11-11c) 所示。

#### 1. 转向摇臂

转向摇臂又可称为转向垂臂。一般转向摇臂有大端和小端，大端用内锥面的三角形细花键与转向臂轴外端锥面上的同样型式的花键连接。东风 EQ1090E 型汽车的大端采用切口、螺栓夹紧的固定方式。为了使转向摇臂

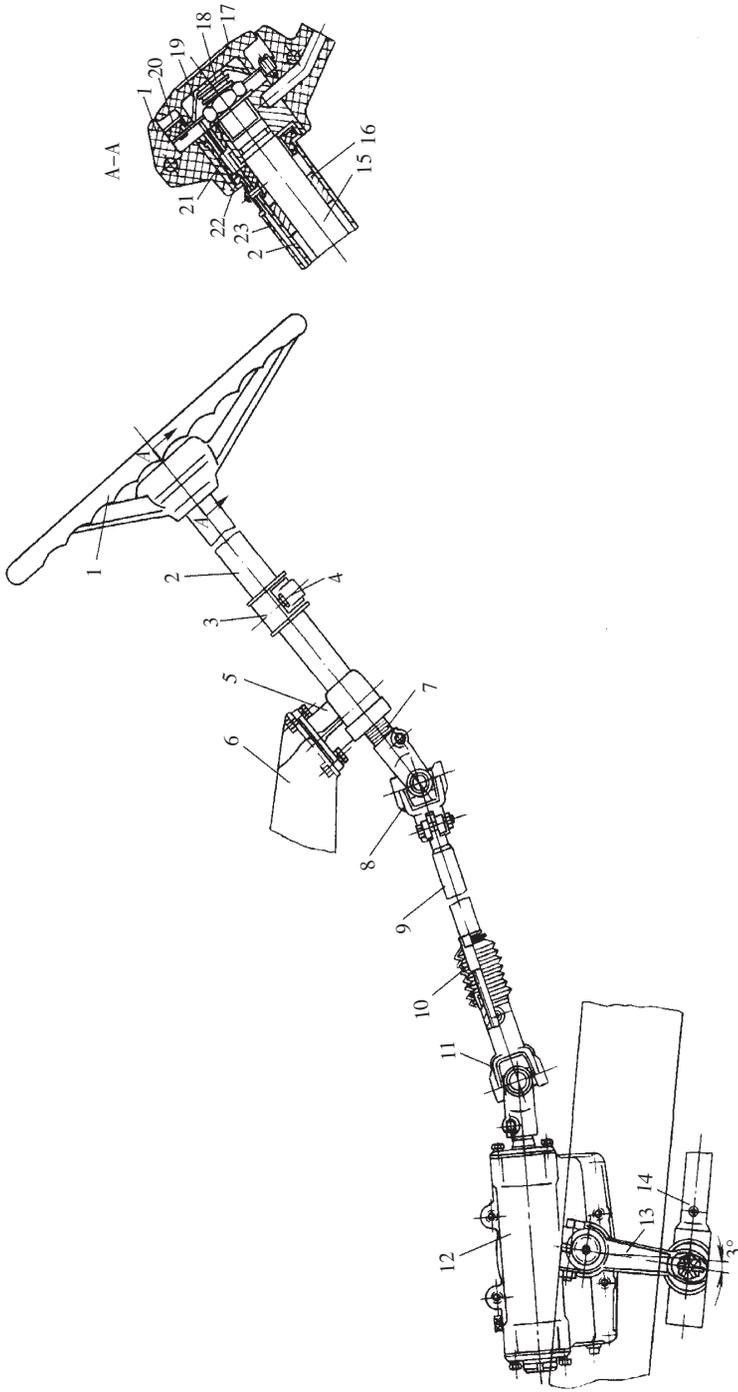


图 11-10 东风 EQ1090E 型汽车转向操纵机构和转向器布置图

1. 转向盘 2. 转向柱管 3. 橡胶垫 4. 转向柱管支架 5. 转向柱管支座 6. 转向操纵机构支架 7. 转向轴限位弹簧 8. 上万向节 9. 转向传动轴 10. 花键防护套 11. 下万向节 12. 转向器 13. 转向摇臂 14. 转向直拉杆 15. 转向轴衬套 16. 转向轴衬套 17. 喇叭按钮 18. 喇叭按钮搭铁弹簧 19. 喇叭按钮接触罩 20. 搭铁接触板组件 21. 按钮电刷组件 22. 集电环组件 23. 导线组件

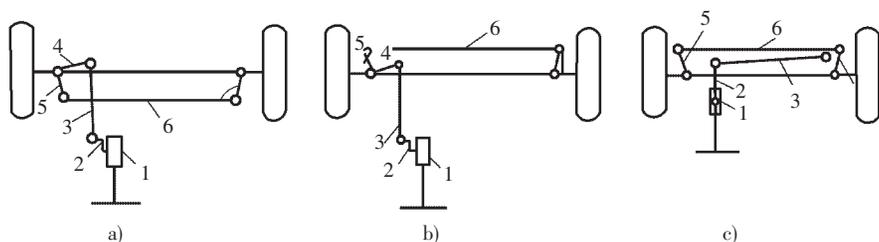


图 11-11 与非独立悬架配用的转向传动机构示意图（俯视图）

1. 转向器 2. 转向摇臂 3. 转向纵拉杆 4. 转向节臂 5. 转向梯形臂 6. 转向横拉杆

与转向器的转角转向极限大致相同，通常在轴与摇臂上做上记号，或者是在花键上少铣一个或几个齿，防止安装错位。

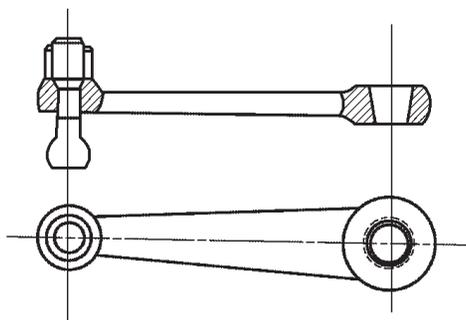


图 11-12 东风 EQ1090E 型汽车转向摇臂主、俯视图

## 2. 转向直拉杆

图 11-13 所示为解放 CA1092 型汽车转向直拉杆。转向直拉杆是直接连转向摇臂和转向节臂的杆件。它通常又称为主拉杆或者纵拉杆。纵拉杆用两端扩大的钢管制成。主要有球头销、球头销座、弹簧座、弹簧和螺塞等组成，分别与转向节臂和转向摇臂连接。

## 3. 转向横拉杆

图 11-14 所示为解放 CA1092 型汽车转转向横拉杆。转向横拉杆是连接左、右梯形节臂的杆件，它与左右梯形节臂及前轴构成转向梯形机构。它有空心钢管做成的横拉杆体和旋装在两端的接头组件组成。两接头用反向管螺纹与横拉杆体连接。接头的螺纹部分有切口，故径向具有弹性。横拉杆体的两端管螺纹一端为右旋，另一端为左旋，通过转动横拉杆体，改变横拉杆总长度用以调整转向轮的前束。

## 4. 转向节臂和梯形臂

解放 CA1092 型汽车的转向节臂和梯形臂如图 11-15 所示。

转向节臂前端与转向纵拉杆相连，后端固定在主销上。左、右梯形臂一

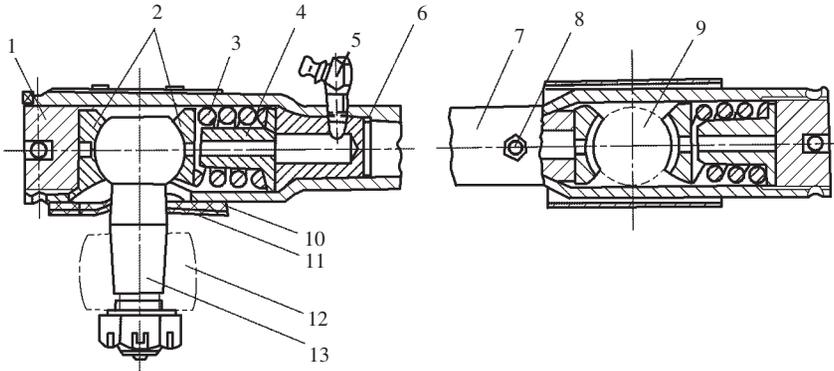


图 11-13 解放 CA1092 型汽车转向直拉杆

1. 端部螺塞 2. 球头座 3. 压缩弹簧 4. 弹簧座 5、8. 油嘴 6. 座塞 7. 直拉杆体  
9. 转向节臂球头销 10. 油封垫 11. 油封垫护套 12. 转向摇臂 13. 球头销

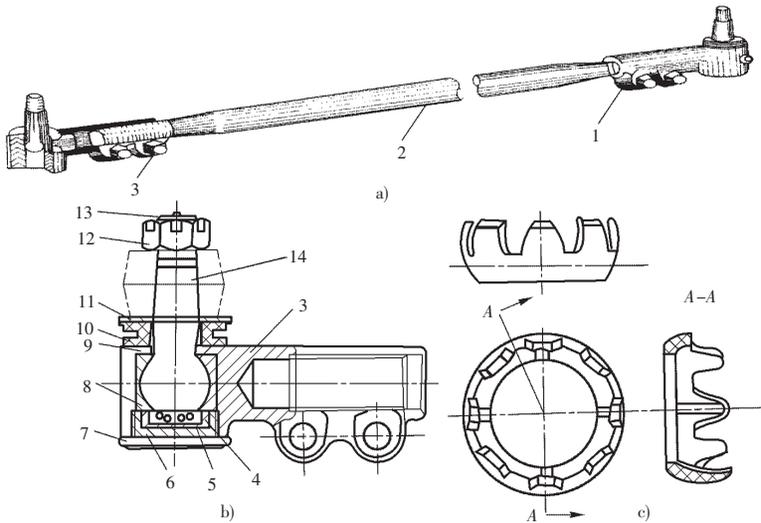


图 11-14 解放 CA1092 型汽车转向横拉杆

a) 转向横拉杆 b) 接头 c) 球头销

1. 横拉杆接头 2. 横拉杆体 3. 夹紧螺栓 4. 弹簧座 5. 弹簧 6. 螺塞 7. 限位销 8. 球头座  
9. 防尘罩 10. 防尘垫 11. 防尘垫座 12. 槽形螺母 13. 开口销 14. 球头销

端固定在主销上，另一端通过球头销与横拉杆相连。当转向时，转向节臂被前端的转向纵拉杆推拉，于是左转向节围绕转向节主销偏转，同时，左转向梯形臂也随着转动，通过横拉杆、右梯形臂带动转向节围绕主销向同一方向偏转。从而使装在转向节上的两前轮同时偏转使汽车转向。



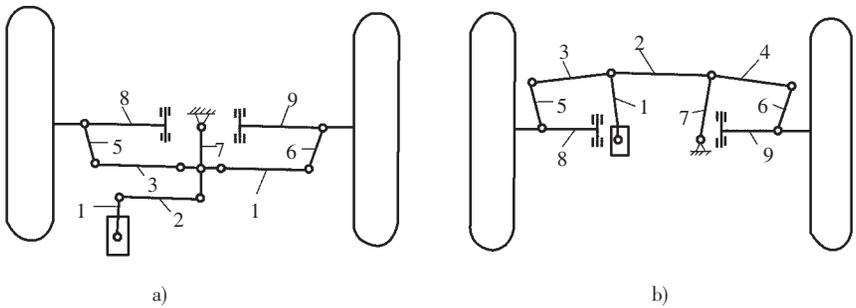


图 11-16 与独立悬架配用的转向传动机构示意图

1. 转向摇臂 2. 转向直拉杆 3. 左转向横拉杆 4. 右转向横拉杆 5. 左梯形臂  
6. 右梯形臂 7. 摇杆 8. 悬架左摆臂 9. 悬架右摆臂

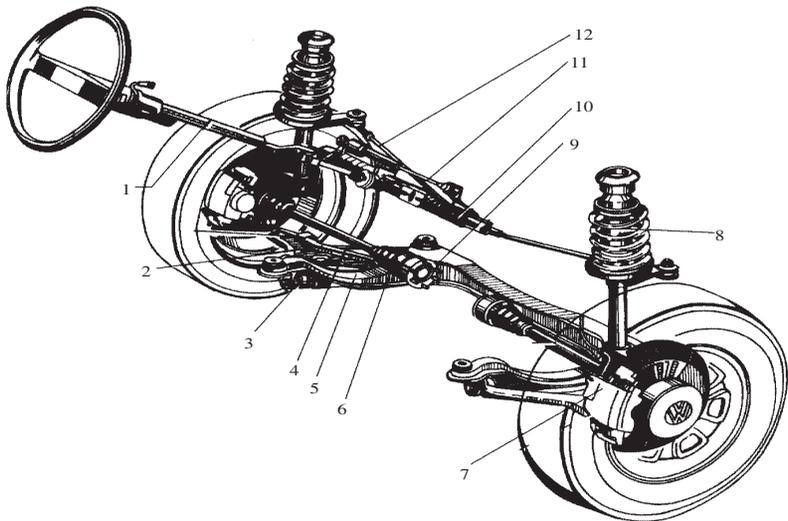


图 11-17 桑塔纳轿车转向系统示意图

1. 转向柱 2. 下摇臂 3. 下摇臂后端的橡胶金属轴衬 4. 稳定杆 5. 发动机悬架  
6. 传动轴 7. 制动钳 8. 减振支柱 9. 悬挂臂前端橡胶金属支架 10. 齿条式转向装置  
11. 转向减振器 12. 横拉杆

摇杆 7 前端固定于车架横梁中部，后端借球头销于转向直拉杆 2 和左、右横拉杆 4、5 连接。转向直拉杆外端与转向摇臂球头销 1 相连。左、右横拉杆外端也用球头销分别与左、右梯形臂 3 和 6 铰接，故能随同侧车轮相对于车架和摇杆 7 在横向平面内上下摆动。

转向直拉杆仅在外端有球头座，故有必要在二球头座背面各设一个压缩弹簧，分别吸收由横拉杆 4 和 5 传来的两个方向上的路面冲击，并自动消除

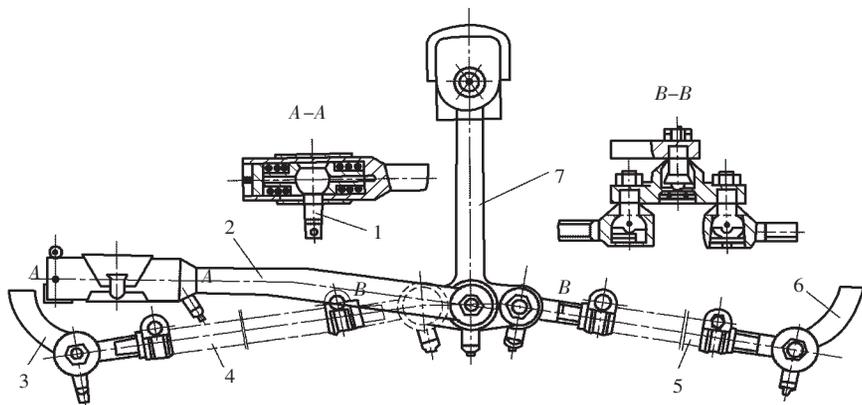


图 11-18 红旗 CA7560 型轿车转向传动机构

1. 转向摇臂球头销 2. 转向直拉杆 3. 左梯形臂 4. 左转向横拉杆  
5. 右转向横拉杆 6. 右梯形臂 7. 摇杆

球头与座之间的间隙。

天津夏利 TJ7100 型轿车的转向传动机构见图 11-19。

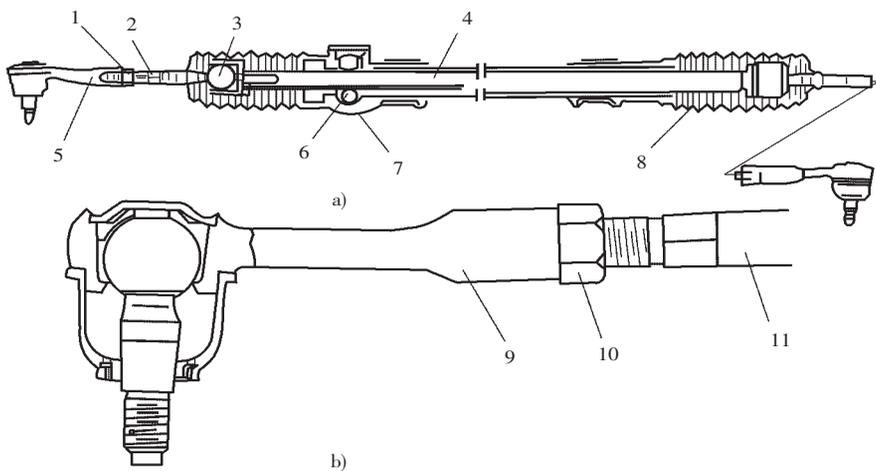


图 11-19 天津夏利 TJ7100 型轿车的转向传动机构

1. 锁紧螺母 2. 转向横拉杆 3. 球头 4. 转向器齿条 5. 转向横拉杆接头 6. 转向器齿轮  
7. 转向器壳体 8. 防尘罩 9. 转向横拉杆接头 10. 锁紧螺母 11. 转向横拉杆

## 第四节 动力转向系

汽车在转向时所遇到阻力的大小，是与转向桥的负荷、轮胎结构和气压、转向轮定位角等因素有关，其中转向桥的负荷是主要因素。对于重型载货汽车、特种汽车如汽车起重机，由于整车比较重，前轴负荷大，转向过程中所需的转向力矩也较大，为了能使汽车转向操纵轻便和灵敏，目前就是在汽车转向系统中加装转向助力装置。动力转向系就是指用以将发动机输出的部分机械能转化为压力能（液压能或气压能），并在驾驶员控制下，对转向传动装置或转向器中某一传动件施加不同方向的液压或气压作用力，以减轻驾驶员的转向操纵力。采用动力转向系的汽车转向所需的能量，在正常情况下，只有小部分是驾驶员提供的体能，而大部分是发动机驱动的油泵（或空气压缩机）所提供的液压能（或气压能）。转向桥负荷在 3t ~ 4t 以上的汽车，大多加装转向助力装置。目前国产装载质量 8t 以上的载货汽车，自卸汽车和变形汽车及装载质量载 5t 以上的越野汽车，一般都装有转向助力装置。而轿车采用转向助力装置，则不受前轴负荷限制。

### 一、对转向助力装置的要求

1. 不转向时，能自动保持转向轮在中间位置，维持汽车直线行驶。
2. 转向灵敏，空行程和动作滞后的时间较短，在 2 ~ 3 秒内能使转向轮完成最大的转向角。
3. 转向时，转向轮转角的大小与转向盘转角大小成比例。
4. 控制阀能自动回位和防止车轮产生振动。
5. 当转向助力装置损坏时，通过机械系统仍然可以进行转向，确保转向系工作安全。
6. 路感要好，且系统工作噪声低。

### 二、液压动力转向系的类型

液压系统工作时无噪声，工作滞后时间短，而且能吸收来自不平路面的冲击。因此，液压动力转向系在各类车上用的较多。液压动力转向系按系统内部的压力状态分有常压式和常流式两种。

#### 1. 常压式液压动力转向系

常压式液压动力转向系示意图如图 11-20 所示。

在汽车直线行驶，转向盘保持中立位置时，转向控制阀 5 经常处于关闭位置。转向油泵 3 输出的压力油充入储能器 2。当储能器压力增长到规定值后，油泵即可自动卸荷空转，从而储能器压力得以限制在规定值以下。当转

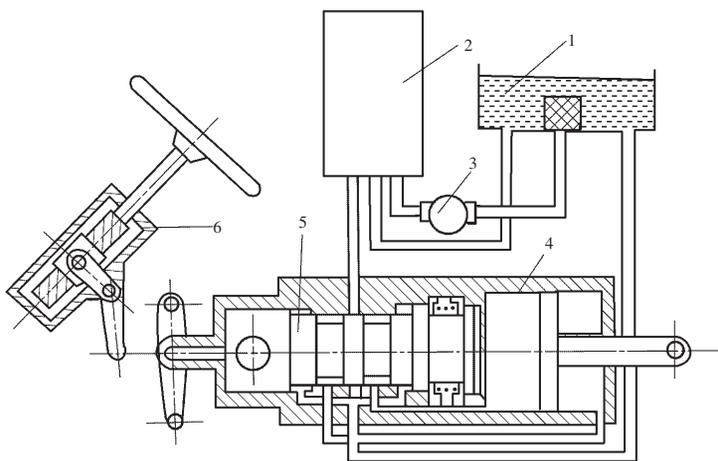


图 11-20 常压式液压动力转向系示意图

1. 转向油罐 2. 储能器 3. 转向油泵 4. 转向动力缸 5. 转向控制阀 6. 机械转向器

动方向盘时，机械转向器 6 即通过转向摇臂等杆件使转向控制阀转入开启位置。此时储能器中的压力油即流入转向动力缸 4。动力输出的液压作用力，作用在转向传动机构上，以助机械转向器输出力之不足。转向盘一停止运动，转向控制阀便随之回复到关闭位置。于是，转向加力作用终止。由此可见，无论转向盘处于中立还是转向位置，也不管转向盘保持静止还是运动状态，该系统工作管路中总是高压。

## 2. 常流式液压动力转向系

常流式液压动力转向系示意图为图 11-21。不转向时，转向控制阀 6 保持开启。转向动力缸 8 的活塞两边的工作腔，由于都与低压回油管路相通而不起作用。转向油泵 2 输出的油液流入转向控制阀，又由此流回转向油罐 1。因转向控制阀的节流阻力很小，故油泵输出压力也很低，油泵实际上处于空转状态。当驾驶员转动转向盘，通过机械转向器 7 使转向控制阀处于与某一转弯方向相应的工作位置时，转向动力缸的相应工作腔方与回油管路隔绝，转而与油泵输出管路相通，而动力缸的另一腔则仍然通回油管路。地面转向阻力经转向传动机构传到转向动力缸的推杆和活塞上，形成比转向控制阀节流阻力高得多的油泵输出管路阻力。于是转向油泵输出压力急剧升高，直到足以推动转向动力缸活塞为止。转向盘停止转动后，转向控制阀随即回复到中立位置，使动力缸停止工作。

上述两种液压动力转向系相比较，常压式的优点在于有储能器积蓄液压力，可以使用流量较小的转向油泵，而且还可以在油泵不运转的情况下保持一定的转向加力能力，使汽车有可能续驶一定距离。这一点对重型汽车而言

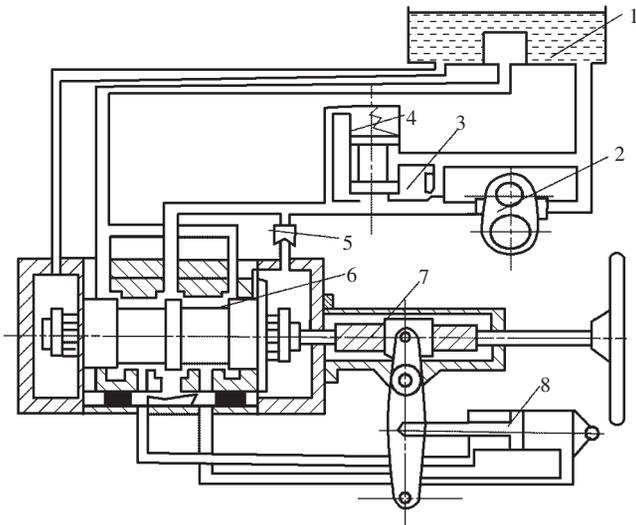


图 11-21 常流式液压动力转向系示意图

1. 转向油罐 2. 转向油泵 3. 安全阀 4. 流量控制阀 5. 单向阀  
6. 转向控制阀 7. 机械转向器 8. 转向动力缸

尤为重要。常流式的优点则是结构简单，油泵寿命长，漏泄较少，消耗功率也较少。因此，目前只有少数重型汽车（如法国贝利埃 T25 型、美国 WABC0120C 型等自卸汽车）采用常压式液压动力转向系，而常流式液压动力转向系则广泛应用于各种汽车。

### 三、液压动力转向系的转向控制阀

转向控制阀按阀体的运动方向分为滑阀式和转阀式两种。

#### 1. 滑阀式转向控制阀

阀体沿轴向移动来控制油液流量的转向控制阀，称为滑阀式转向控制阀，如图 11-22 所示。当阀体 1 处在中间位置时，其两个凸棱边与阀套环槽形成四条缝隙。中间的两个缝隙分别与动力缸两腔的油道相通，而两边的两个缝隙与回油道相通 [图 11-22a]。当阀体向右移动很小的一个距离时，右凸棱将右外侧的缝隙堵住，左凸棱将中间的左缝隙堵住，则来自油泵的高压油经通道 5 和中间的右缝隙流入通道 4，继而进入动力缸的一个腔；而动力缸的另一腔的低压油被活塞推出，经由左凸棱外侧的缝隙和通道 6 流回储油罐。

图 11-22b) 所示为用在常压式液压动力转向系中的滑阀结构，称为常压式滑阀。滑阀处在中间位置（图示位置），转向控制阀关闭，高压油不流入动力缸，汽车直线行驶。常压式滑阀与常流式滑阀的工作原理相同，仅凸

棱的宽窄不同。

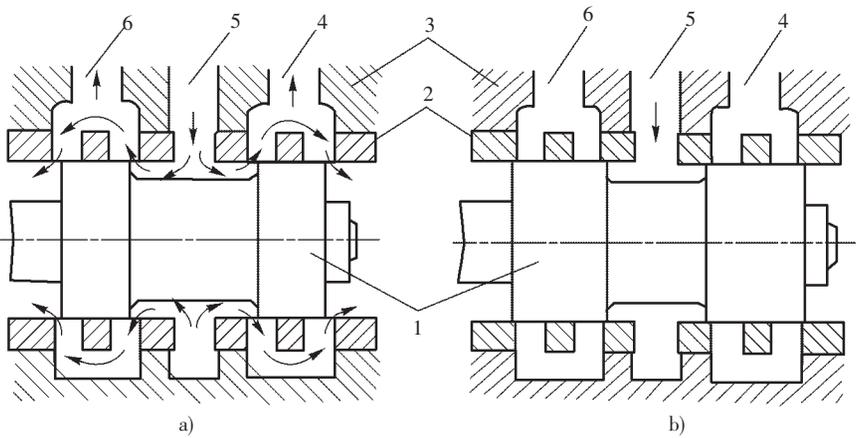


图 11-22 滑阀式转向控制阀的结构和工作原理

a) 常流式滑阀 b) 常压式滑阀

1. 阀体 2. 阀套 3. 壳体 4、6. 通动力缸左右腔的通道 5. 通油泵输出管路的通道

### 2. 转阀式转向控制阀

阀体绕其圆心转动来控制油液流量的转向控制阀，如图 11-23 所示。该转阀具有四个互相连通的进油道 A，通道 B、C 分别与动力缸的左右腔连通。当阀体 1 顺时针转过一个很小角度时，从油泵来的压力油经通道 A 流入四个通道 C，继而进入动力缸的一个腔内。另外四个通道 B 的进油被隔断，压力油不能进入，因而动力缸另一腔的低压油，在活塞的推动下经回油道流回储油罐。

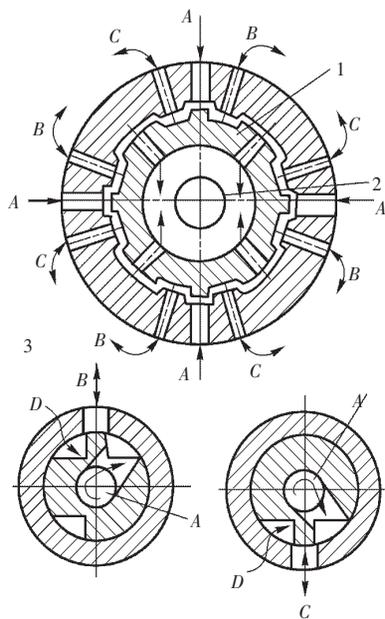


图 11-23 转阀式转向控制阀的结构和工作原理

1. 阀体 2. 扭杆(轴) 3. 壳体

A. 通油泵输出管路的通道 B、C. 通动力缸左右腔的通道 D. 通动力缸低压腔回油通道

### 四、常流式液压力转向系的结构布置方案

常流式液压力转向系的结构布置方案，按机械转向器、转向控制阀和转向动力缸三者的组合及相对位置，可有

如下三种常见的布置方案，见图 11-24。

在图 11-24a) 中，机械转向器 9 和转向动力缸 10 设计成一体，并与转向控制阀 8 组装在一起。这种三合一的部件称为整体式动力转向器。另一种方案是，只将转向控制阀同机械转向器组合成一个部件，该部件称为半整体式动力转向器，转向动力缸则做独立部件（图 11-24b）。第三种方案是，将机械转向器作为独立部件，而将转向控制阀和转向动力缸组合成一个部件，称为转向加力器。

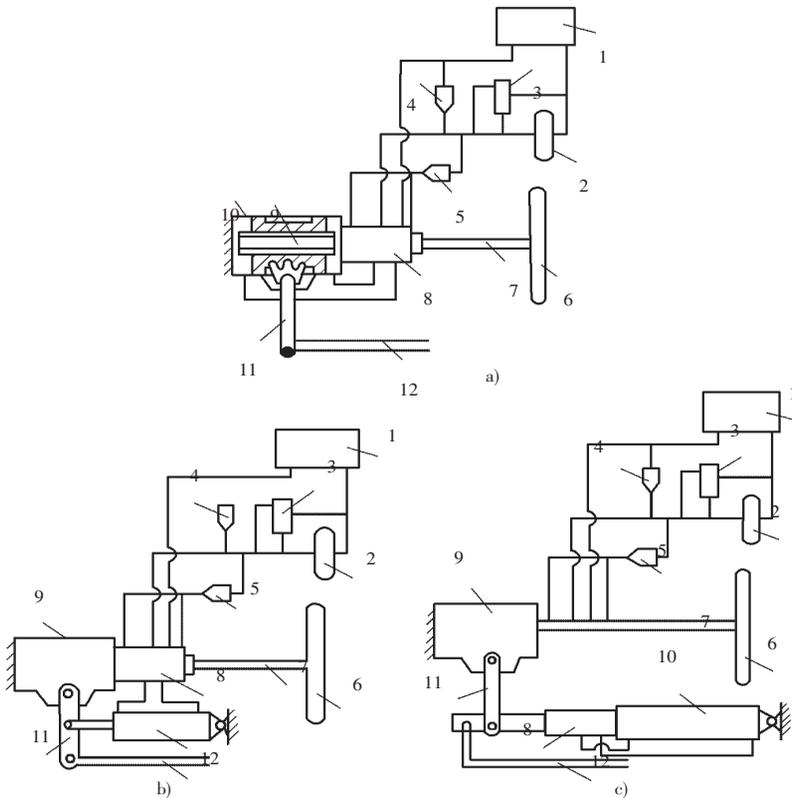


图 11-24 常流式液压动力转向系的结构布置方案示意图

a) 带整体式动力转向器 b) 带半整体式动力转向器 c) 带转向加力器

1. 转向油罐 2. 转向油泵 3. 流量控制阀 4. 安全阀 5. 单向阀 6. 转向盘 7. 转向轴  
8. 转向控制阀 9. 机械转向器 10. 转向动力缸 11. 转向摇臂 12. 转向直拉杆

流量控制阀 3 用以限制转向油泵的最大流量。油泵输出压力最高值由安全阀 4 限制。为使结构紧凑并减少管路及接头，一般将流量控制阀和安全阀都组装在转向油泵内。

单向阀 5 在动力转向装置正常工作的情况下总是关闭的。在动力转向装置失效而不得不靠人力进行转向时，单向阀 5 即自行开启，使转向油罐中的

油液得以经单向阀流入转向动力缸的吸油腔，否则将因油罐中的油液不能通过不运转的油泵流入动力缸吸油腔填补真空而造成很大的附加转向阻力。可见，单向阀 5 的作用是将不工作的油泵短路，故有时称之为短路阀。

## 五、整体式动力转向器

目前国产轿车中几乎毫无例外地采用转阀式的整体动力转向器。例如一汽生产的红旗 CA7220 型、奥迪、捷达以及神龙汽车有限公司生产的富康等轿车，皆为此种结构形式。图 11-25 所示为捷达轿车上采用的带整体式的动力转向器的液压动力转向系示意图。齿轮齿条式机械转向器、转向动力缸和控制阀设计成一体，组成整体式动力转向器。其控制阀为转阀。转向动力缸活塞 2 与齿条 4 制成一体。活塞 2 将动力缸 1 分成左右两腔。转阀的构造如图 11-26 所示。扭杆 10 的前端用销 2 与转向齿轮连接，后端与阀芯连接，而阀芯又与转向轴的末端固定在一起。因而转向轴可通过扭杆带动转向齿轮

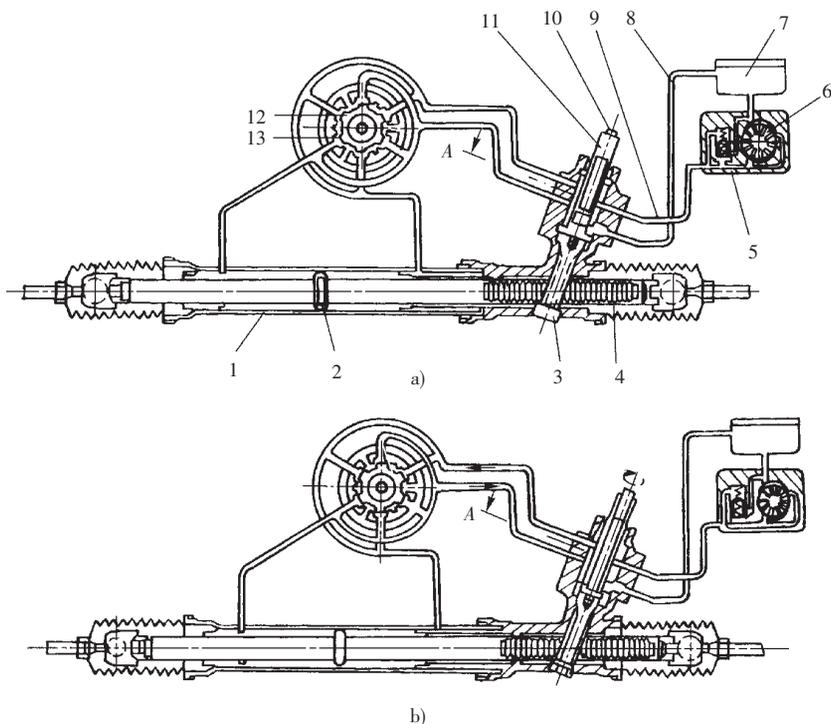


图 11-25 捷达轿车整体式动力转向器示意图

a) 汽车直线行驶时    b) 汽车转弯行驶时

1. 转向动力缸    2. 动力缸活塞    3. 转向齿轮    4. 转向齿条
5. 流量控制阀（带安全阀）    6. 转向油泵（叶片泵）    7. 转向油罐    8. 回油管路
9. 进油管路    10. 扭杆    11. 转向轴    12. 阀芯    13. 阀套

转动。

转向控制阀（转阀）处于中立位置时（图 11-25a），由转向油罐 7、转向油泵（叶片泵）6、流量控制阀（带安全阀）5 组成的供能装置输出的油液流入转向进油口 P 进入阀腔。由于转阀处于中立位置，它使动力缸的两腔相通，则油液经回油管路 8 流回转向油罐 7。因此转向动力缸完全不起作用。故该动力转向装置为常流式转阀整体式动力转向器。

当刚开始转动转向盘，转向轴连同阀芯被顺时针转动时（图 11-25b），因为受到转向节臂传来的路面转向阻力，动力缸活塞和转向齿条暂时都不能运动，所以转向齿轮暂时也不能随转向轴转动。这样，由转向轴传到转向齿轮的转矩只能使扭杆 10 产生少许扭转变形，使转向轴（即阀芯）得以相对转向齿轮（即阀套）转过不大的角度，从而转阀使动力缸左腔成为高压的进油腔，右腔则成为低压的回油腔。作用在动力缸活塞上的向右的液压作用力帮助转向齿轮开始右移，转向轮开始向右偏转。同时转向齿轮本身也开始与转向轴同向转动。只要转向盘继续转动，扭杆 10 的扭转变形便一直保持不变，转向控制阀所处的右转向位置也不变。一旦转向盘停止转动，动力缸暂时还继续工作，导致转向齿轮继续转动，使扭杆的扭转变形减小，直到扭杆恢复自由状态，控制阀（转阀）回复到中立位置，动力缸停止工作为止。此时，转向盘即停止在某一位置而不动，则车轮转角也就保持一定。若转向盘继续转动时，则转向动力缸又继续工作。这种转向动力缸随

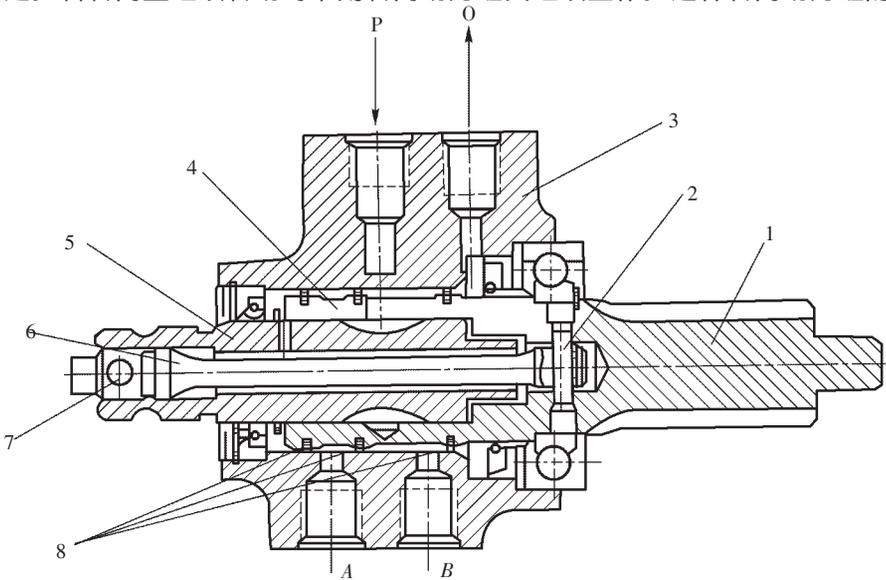


图 11-26 转阀的构造

1. 转向齿轮 2、7. 销 3. 阀体 4. 阀套 5. 阀芯 6. 扭杆 8. 密封圈  
P. 转阀进油口 O. 转阀出油口 A. 通动力缸左腔出油口 B. 通动力缸右腔出油口

转向盘的转动而工作，又随转向盘的停止转动，而停止加力的作用称为动力转向装置的随动作用。

上述动力转向器，若转向盘逆时针转动时，则扭杆、转阀阀芯的转动方向以及动力缸活塞移动的方向均与前述相反，结果转向轮向左偏转。

解放 CA1120PK2L2 汽车所采用的整体式动力转向器也为转阀式，见图 11-27。机械转向器为循环球——齿条齿扇式。转向器壳体 11，同时也是转向动力缸的缸体。转向螺母 9 也是动力缸的活塞，其上加工有齿条并与摇臂轴上的齿扇相啮合。转向螺母的前端用密封圈 12 将动力缸分成前、后两腔。转向螺杆 8 的前端用销 10 与扭杆 1 连接，后端制成圆筒形，其内圆面上加工有油道，并用球轴承 14 支撑在转向器的后端盖 4 上。扭杆的后端用销 3 与转阀阀芯 2 连接。阀芯 2 与阀体 5 用销 7 连接成一体。阀芯 2 用花键与转向轴连接。其工作原理与前述的轿车整体式转阀动力转向器相同，这里不再重复。

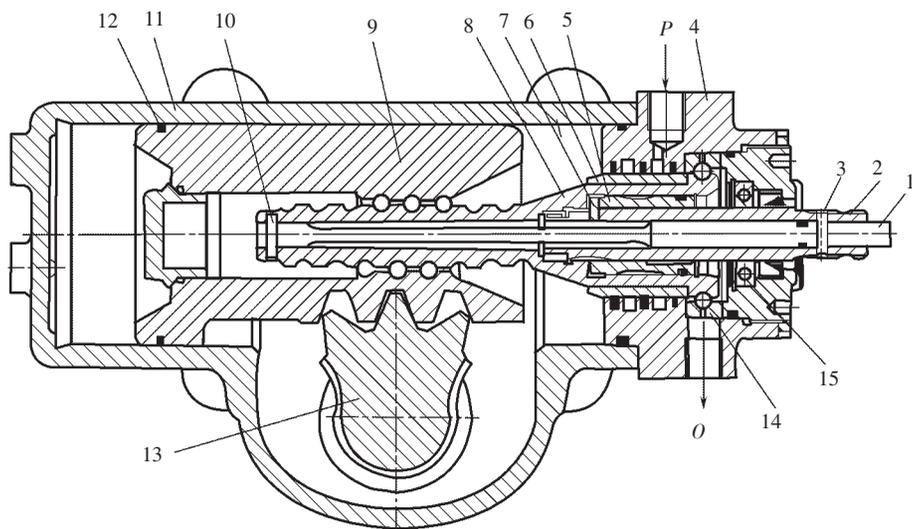


图 11-27 解放 CA1120PK2L2 汽车的整体式动力转向器

1. 扭杆 2. 阀芯 3、7、10. 销 4. 转向器端盖 5. 转阀阀体 6. 转阀隔套 8. 转向螺杆
9. 转向螺母 11. 转向器壳体 12. 密封圈 13. 齿扇轴（摇臂轴） 14、15. 轴承
- P. 转阀进油道 O. 转阀回油道

黄河 JN1181C13 型汽车为滑阀式整体动力转向器，其构造见图 11-28。该动力转向器的前端（图中为左端）是具有输入轴 10 与一对直角传动圆锥齿轮 1 和 5 的齿轮箱，其传动比为 1。

机械转向器部分为循环球齿条——齿扇式。转向器壳体 28 同时也是转向动力缸的缸体。转向螺母 37 即装在动力缸活塞 27 中部的通槽中。转向螺

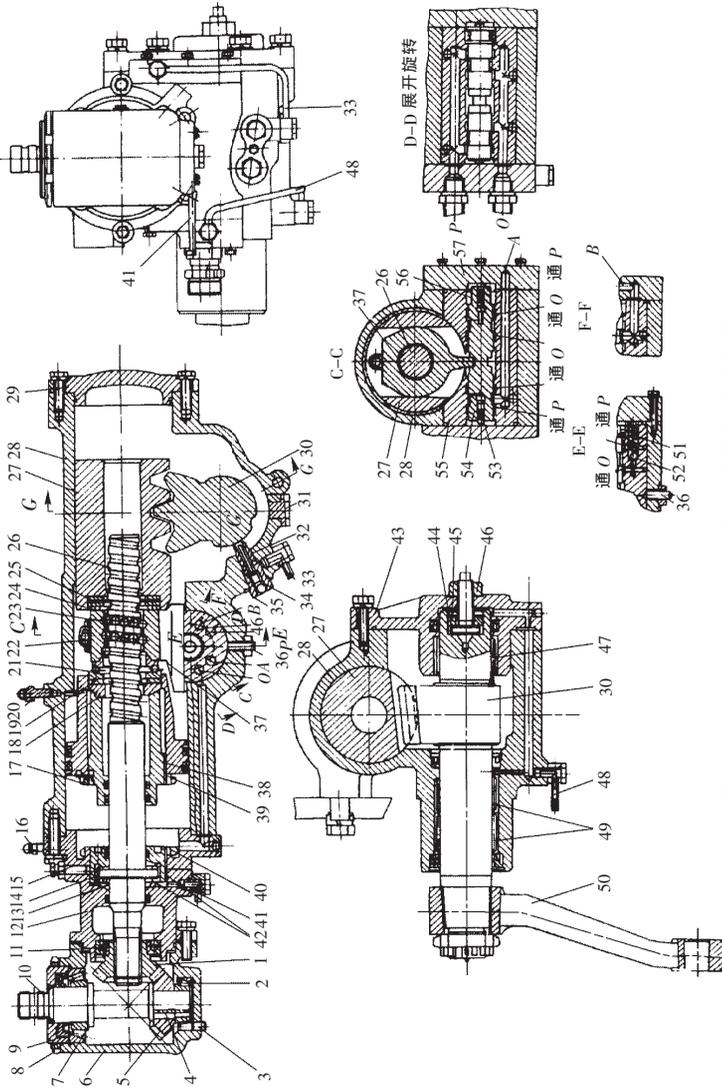


图 11-28 黄江 JN1181C13 型汽车整体式动力转向

1. 从动圆锥齿轮
  2. 圆锥滚子轴承
  3. 齿轮箱放油螺塞
  4. 平键
  5. 主动圆锥齿轮
  6. 圆锥滚子轴承
  7. 圆锥滚子壳体
  8. 锁紧螺母
  9. 调整螺塞
  10. 输入轴
  11. 角接触球轴承
  12. 转向器钱盖
  13. 锥面垫圈
  14. 47. 49. 向心轴
  15. 38. 调整座
  16. 动力缸前腔放气阀
  17. 锁紧螺母
  18. 球面垫圈
  19. 25. 碟形弹簧
  20. 动力缸后腔放气阀
  21. 径向推力球轴承
  22. 钢球
  23. 钢球
  24. 42. 推力球轴承
  26. 转向动力缸活塞
  27. 转向动力缸活套
  28. 转向器壳体盖(动力缸体)
  29. 转向器后盖
  30. 齿唇轴
  31. 放气螺塞
  32. 转向器后腔的油室
  34. 转向限位阀弹簧
  35. 转向限位阀体
  36. 压紧螺钉
  37. 转向螺母
  39. 锁片
  40. 锁紧螺母
  41. 48. 润滑油管
  43. 转向器后侧盖
  44. 调整螺母
  45. 垫圈
  46. 固定螺母
  50. 转向摇臂
  51. 单向阀弹簧
  52. 单向阀
  53. 反作用柱套
  54. 滑阀
  55. 转向控制阀壳体
  56. 滑阀复位弹簧
  57. 转向器前侧盖
- A. 控制阀通动力缸前腔油道 B. 控制阀通动力缸后腔油道  
 C-C. 通 P 通 O 通 P  
 D-D 展开旋转  
 E-E. 通 O 通 P  
 F-F. 通 O 通 P  
 36. 52. 51.

杆的前端通过齿轮 1 支于转向器前盖 12 中的角接触球轴承 11 上，其距前端不远的凸缘盘外圆面用向心滚针轴承 14 支承。此外，转向螺杆凸缘盘的两侧还各有一个推力滚子轴承 42。以螺纹旋装在转向器前盖中的调整座 15 用来调节推力滚子轴承的紧度。

转向螺母前端借径向推力球轴承 21 支于动力缸活塞 27 的前部孔中，后端仅有推力滚子轴承 24。轴承紧度可用调整座 38 来调整。转向螺母下部的板状凸缘插入转向控制阀的滑阀 54（见剖视图 C - C）的中央环槽中，作为控制滑阀轴向位置的拨板。与一般循环球——齿条齿扇式转向器不同的是，齿条不在转向螺母上而在动力缸活塞 27 的后端。转向螺母两端的碟形弹簧 25 使螺母与动力缸活塞的轴向连接具有弹性，可以缓和来自路面的冲击。齿条与齿扇的啮合间隙可用调整螺钉 44 调节。转向动力缸内腔被活塞前端的密封环分隔成前后两腔。只有在转向限位阀开启的情况下，两腔才可经油管 33 接通。

转向控制阀位于转向螺母下方，二者轴线互相垂直。阀体 55 以外圆面装在转向器壳体中，并借紧定螺钉 36 限定其轴向和周向位置。阀体内有进油道 P、回油道 O 以及分别通向动力缸前腔和后腔的油道 A 和 B。从剖视图 C - C、D - D 和 F - F 中可以看出，当滑阀在中立位置时阀体和滑阀 54 上的各个环槽与上述各油道的相对位置。滑阀的轴向工作位置由转向螺母下部的板状凸缘控制，而其中立位置则由复位弹簧 56 保证。滑阀两端各有一个由反作用柱塞 53 密封的反作用孔腔，分别与动力缸前、后腔连通。

刚通过转向盘转动螺杆时，由于转向螺杆的转向位置已被推力滚子轴承 42 限止。动力缸活塞也因受齿扇轴传来的路面转向阻力而暂时不能运动。螺母两端碟形弹簧的预紧力又使得转向螺母不可能相对于活塞轴向移动。结果只能是转向螺母随转向螺杆转动一个不大的角度，将滑阀拨到相应的工作位置。于是动力缸的一腔通进油道 P，另一腔通回油道 O。动力缸活塞上的液压作用力与转向螺母的轴向力共同作用下，带动齿扇轴 30 和转向摇臂 50 转动。

转向螺杆转动一停止，动力缸活塞暂时还继续移动。转向螺母一面随活塞移动，一面相对于转向螺杆转动，直到将转阀拨回中立位置，动力缸停止工作为止。

转向轮的极限偏转角由转向限位阀限制。转向限位阀的阀体 35 借螺纹旋转在转向器壳体上。柱塞 32 装入阀体后，即应压入球塞将装入孔封堵，柱塞因其外端台肩限位而不可能脱出。阀体上开有两排径向油孔。后排油孔直接与动力缸后腔相通。齿扇轴 30 处于中立位置时，转向限位阀柱塞抵靠着齿扇轴的圆弧面的中部。此时阀体上的前排油孔被柱塞封闭，将动力缸前后两腔隔绝，以保证动力缸正常工作。齿扇轴圆弧面的两端各有一个凹坑。

当转向轮向某一方向的偏转角达到规定的最大值时，柱塞 32 即在弹簧 34 作用下伸入齿扇轴的相应凹坑内，使得阀体上的前后两排油孔经阀体与柱塞间的环形空间互相连通。动力缸即因前后两腔连通而停止工作。车轮偏转角就此保持不变。

滑阀两端的反作用孔腔的液压同动力缸相应工作腔的液压一样，也与路面转向阻力有递增函数关系。这个力图将滑阀推回中立位置的轴向液压反作用力通过滑阀和转向螺母等反馈到转向盘，使驾驶员获得一定路感。

在转向控制阀体 55 的端部设有单向阀 52，在液压回路中与转向油泵并联。在正常情况下，单向阀常闭。当转向油泵不运转而不得不施行人力转向时，转向控制阀进油道 P 因被转向油泵堵塞而产生的真空度将单向阀 52 吸开。这样，动力缸的排油腔中的油液便可依次经回油道 O、单向阀及进油道 P 流入动力缸吸油腔，而不需要流经油泵，即转向油泵被短路。

## 六、半整体式动力转向器

原红岩 CQ261 型汽车的液压动力转向装置的组成和布置，示于图 11-29。它是由机械转向器 5 和转向控制阀 4 组合成一个部件——半整体式动力转向器，转向动力缸则是独立部件。该装置与备（用车）轮架液压升降装置共用一套由转向油罐 2 和内装流量控制阀及安全阀的转向油泵 3 组成的供能装置。转向油泵输出的压力油先经输入管 9 流到手控制式备轮架操纵阀 8。由此可以流入备轮架升降装置动力缸，或者经输入管 10 和转向控制阀 4 流入转向动力缸。因为更换车轮只能在车辆停驻时进行，所以在汽车行驶时，备轮架操纵阀总是处于备轮架升降装置不工作的中立位置，使转向油泵与备轮架升降液压系统隔绝，而与转向控制阀输入管路 10 接通。

半整体式动力转向器的构造示意图 11-30。其中的机械转向器属于循环球 - 滑块曲柄销式。转向器的第二级传动副是转向螺母 - 曲柄销副。指销 11 的锥形柄部与同摇臂轴 10 制成一体的曲柄上的锥孔配合，并用螺母锁片固定。指销的头伸入转向螺母 3 的圆柱形孔内。当转动转向螺杆驱使转向螺母轴向移动时，转向螺母即起滑块作用，力图带动指销移动。但指销又受曲柄约束，其运动轨迹只能是一段圆弧。因此转向螺母在轴向移动的同时，还因受指销的约束而绕其自身轴线转动。

转向摇臂 9 下端用球头销与转向直拉杆连接，其中部用空心销与转向动力缸推杆连接叉铰接。动力缸推杆在工作中除轴向运动外，还与动力缸一起绕动力缸与车架的铰接点摆动。为此，转向摇臂中部孔内装有球头衬套 27 与球头座 26，二者均制成左右两件。二球头衬套之间的弹簧 28 用以消除球头与座之间的间隙。



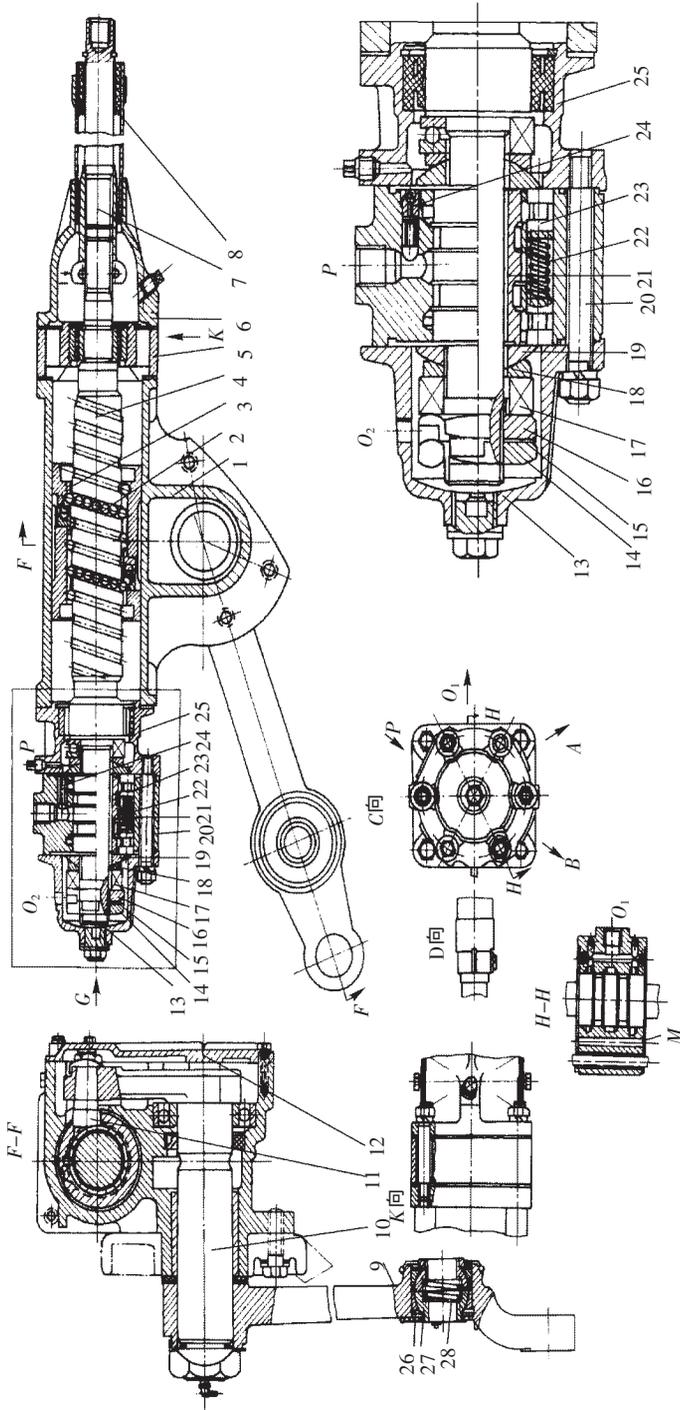


图 11-30 原红岩 QJ261 型汽车半整体式动力转向器

- 1.转向器壳体 2.钢球 3.转向螺母 4.转向螺杆 5.转向螺杆上支承座 6.转向管柱 7.转向轴 8.转向轴衬套 9.转向摇臂 10.摇臂轴  
 11.指销 12.机槓转向器侧盖 13.转向控制阀下盖 14.锁止螺母 15.固定螺母 16.回紧螺母 17.推力球轴承 18.凹球面垫圈 19.凸  
 球面垫圈 20.转向控制阀壳体 21.滑阀 22.滑阀复位弹簧 23.反作用柱塞 24.单向阀 25.转向控制阀盖上 26.球头座 27.球头衬套  
 28.弹簧 P.进油口 O<sub>1</sub>.回油口 O<sub>2</sub>.漏泄回油口 A.通动力缸前腔孔口 B.通动力缸后腔孔口 M.油道

转向控制阀组装在机械转向器的下端。转向螺杆 4 延伸的圆柱形尾部穿过空心滑阀 21。滑阀两端都装有凸球面垫圈 19 和凹球面垫圈 18 和推力球轴承 17。在用螺母固紧后，滑阀与转向螺杆的轴向相对位置即被固定。但滑阀处于中立位置（相应于汽车直线行驶的位置）时，两凸球面垫圈 19 的平面与控制阀壳体 20 的端面各保持 1mm 的间隙，因而转向螺杆连同滑阀有可能相对于控制阀壳体自中立位置向两端轴向移动 1mm。

滑阀与其阀壳体作动配合。滑阀处圆面切有两道宽度相等的环槽，同时形成三道环肩。相应的，阀壳体的内圆面上也切出三道等宽的环槽。在滑阀处于中立位置时，壳体的中间两道环肩正对滑阀的环槽。这时，由于壳体中间两道环肩的宽度略小于滑阀环槽的宽度，壳体上的三道环槽与滑阀上的两道环槽都互相连通。壳体上的中间环槽经进油口 P 通向转向油泵；两端环槽均经回油口  $O_1$ （见剖视图 H - H）通向转向油罐。此外，壳体中间的两环肩也开有径向油孔（图中未示出），分别经孔口 A 和 B 通向转向动力缸的前、后工作腔。壳体上还有四个位于中心阀腔的轴向通孔。每个通孔内都装有两个反作用柱塞 23，在滑阀复位弹簧 22 作用下，分别抵靠着控制阀上盖 25 和下盖 13，同时也通过两端的凸球面垫圈 19 使滑阀保持在中立位置。弹簧 22 所在的孔腔经常与壳体的中间环槽相通。

壳体上的轴向油道 M（见剖视图 H - H）用以沟通控制阀上盖和下盖的阀腔。这两阀腔中都充满低压油。由滑阀和壳体漏泄到这两个阀腔的油液可由下盖上的漏泄回油口  $O_2$  经小油管流回转向油罐。

在用机械转向系时，路面转向阻力矩经机械传动件传到转向盘，造成转向盘运动的阻力矩。驾驶员施加于转向盘上的力矩必须足以平衡这一阻力矩，方能使转向轮偏转，即所需转向力矩与路面转向阻力矩成一定的递增函数关系。这样，驾驶员可以直接感知转向阻力矩的大小（即有“路感”），从而随时调节所施转向力矩，保证转向正确进行。

在采用动力转向系的情况下，路面转向阻力矩的绝大部分反馈到动力缸推杆，只有小部分能反馈到转向盘上。这部分反馈到转向盘上的阻力矩还应当与液压系统的工作压力成递增函数关系。为此，动力转向器中必须装设如反作用柱塞 23 这样的反馈装置。由图可见，在转向过程中反作用柱塞 23 的内端面始终承受与地面转向阻力矩相应的液压作用力。此力与滑阀复位弹簧力一同传到转向螺杆，形成对转向盘的阻力矩，使驾驶员获得一定强度的路感。所有反作用柱塞的总承压面积愈大，则路感愈强。

汽车需要转弯时，驾驶员应向左或向右转动转向盘。起初转向螺杆会连同滑阀相对转向螺母轴向移动，使滑阀移动到左或右方的极限位置。此时，转向动力缸的左腔或右腔成为高压进油腔，而相对应的右腔或左腔则成为低压回油腔。结果使转向轮向左或向右偏转。

当汽车已转入新的行驶方向并需要保持沿此方向直线行驶时，驾驶员应立即放松转向盘（撤除转向力矩）。这时由于转向主销有后倾和内倾角，转向轮便在汽车自重和路面侧向反力的作用下自动回正，同时通过转向传动装置带动转向摇臂轴和螺母复位。在转向螺母的轴向推力作用下，转向盘和转向轴一面转回中立角位置，一面移回轴向中立位置。与此同时，滑阀也在复位弹簧作用下回到中立位置。

在转向油泵失效或不运转时，可利用机械转向器施行人力转向。例如，在转向盘顺时针转动过程中，起初转向螺杆和滑阀都相对于转向螺母移动到右极限位置。转向动力缸右腔与回油管道接通。动力缸左腔虽然与进油口 P 接通，但自转向油罐至进油口 P 的管路阻力很大，因为其中存在着不运转的转向油泵。欲使转向盘继续转动，除了要克服路面转向阻力外，还不得不将动力缸活塞推向右方，将动力缸右腔的油液排回转向油罐，同时左腔力图从转向油罐吸入油液，亦即使动力缸变成油泵，使油液以不高的压力在回路中循环。然而由于不运转的转向油泵的阻碍，左腔中吸油流量太小，甚至吸不进油，因而造成很高的真空度。这样，动力缸两腔的压力差就形成了附加的转向阻力。为了消除这一附加阻力，在进油口 P 和漏泄回油口  $O_2$  之间设置了一个单向阀。在油泵正常工作时，该单向阀在进油压力下常闭。当油泵不工作而施行人力转向时，动力缸左腔的真空度传到进油口 P，将单向阀吸开。这样，接漏泄回油口  $O_2$  的管路便成为自油罐至进油口 P 的旁通油管路，从而将转向油泵短路。

图 11-31 为转向动力缸的构造示意图。连接叉 1 与转向摇臂相连。后盖 5 与固定在车架上的支座以球铰链连接。前、后腔通油孔口 A 和 B 分别与转向控制阀相应的通油孔口连通。随着转向控制阀的滑阀位置不同，动力缸两腔可以交替成为低压腔和高压腔，也可以都成为低压腔。

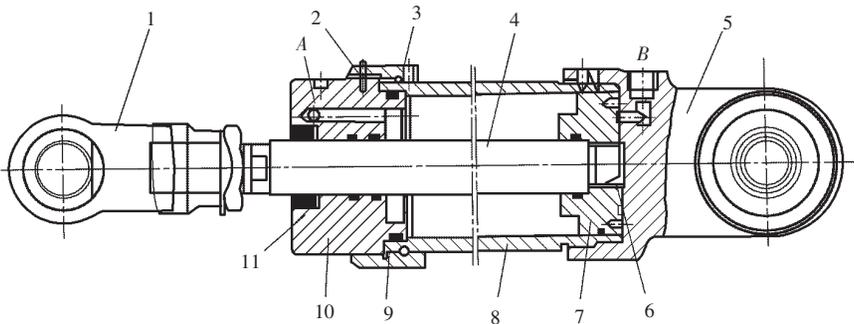


图 11-31 动力转向缸

A. 前腔通油孔口 B. 后腔通油孔口

1. 连接叉 2. 固定环挡圈 4. 活塞杆 5. 后盖 6. 紧固螺钉 7. 活塞 8. 缸体  
9. 前盖固定环 10. 前盖 11. 前盖油封

由机械转向器和转向加力器组成的动力转向系的结构布置方案示于图 11-32。转向加力器由转向控制阀 5 和转向动力缸 6 组成。控制阀体前后两端分别用螺钉与带球铰链的接头 4 及转向动力缸体连接。转向动力缸的活塞杆后端用球铰链与车架相连。动力缸工作时其缸体将相对于活塞杆作轴向运动，并且同活塞杆一起绕固定球铰链摆动。

转动转向盘 1 时，转向摇臂 3 一方面通过球铰链带动直拉杆，一方面带动转向控制阀中的滑阀，使转向动力缸在液压作用下与转向摇臂共同对转向直拉杆施力。

原上海 SH3540 型汽车转向

加力器的构造示于图 10-33。内装与转向摇臂相连的球头销 2 的接头体 12、与转向直拉杆 13 相连的球头销 14 的接头体 8、转向控制阀壳体 9 及转向动力缸体 4 用螺钉固连成一整体。球头销 2 不运动时，装在其前球头座尾部的弹簧 1 的两端分别抵靠着接头体 12 和 11。这样，弹簧 1 就保证了转向摇臂不动时，接头 11 和控制阀壳体 9 同球头销 2 和滑阀 3 的相对位置。

图中表示的是转向加力器部件装配好以后，将活塞 7 推入到前极限位置的状态。这是为了缩短部件总长度，以便贮存和运输。转向加力器安装到车上以后，在汽车不转向时，活塞应当处在动力缸内的中间位置。

滑阀的后环槽经阀壳体内的轴向孔道直通动力缸前腔，其前环槽则借油管 8 与动力缸后腔相通。控制阀壳体 9 有三个槽。中间环槽通进油管路 10；前、后两环槽借阀壳体内轴向孔道互相沟通，并经前环槽接通回油管路 15。

转向摇臂施加于球头销 2 上的力先克服弹簧 1 而将球头座之一推靠到接头体 11 上，同时使滑阀 3 移到相应的工作位置，使压力油流入动力缸的一腔，动力缸的另一缸的油液则被排送回转向油罐。于是，动缸体所受的液压作用力和球头销 2 的力都传到球头销 14，带动转向直拉杆 13。

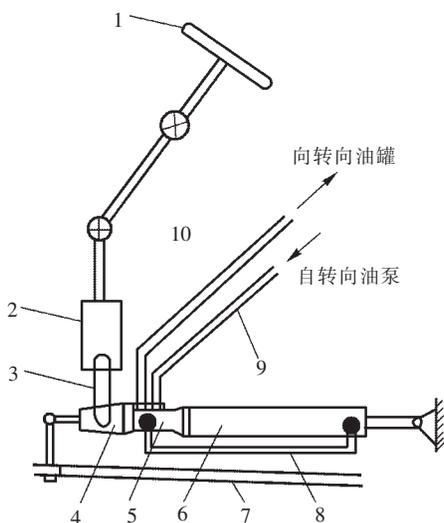


图 11-32 转向器和转向加力器组成的动力转向系布置示意图

1. 转向盘 2. 机械转向器 3. 转向摇臂 4. 接头
5. 转向控制阀 6. 转向动力缸 7. 转向直拉杆
8. 转向控制阀与转向动力缸后腔通道 9. 进油管
10. 回油管

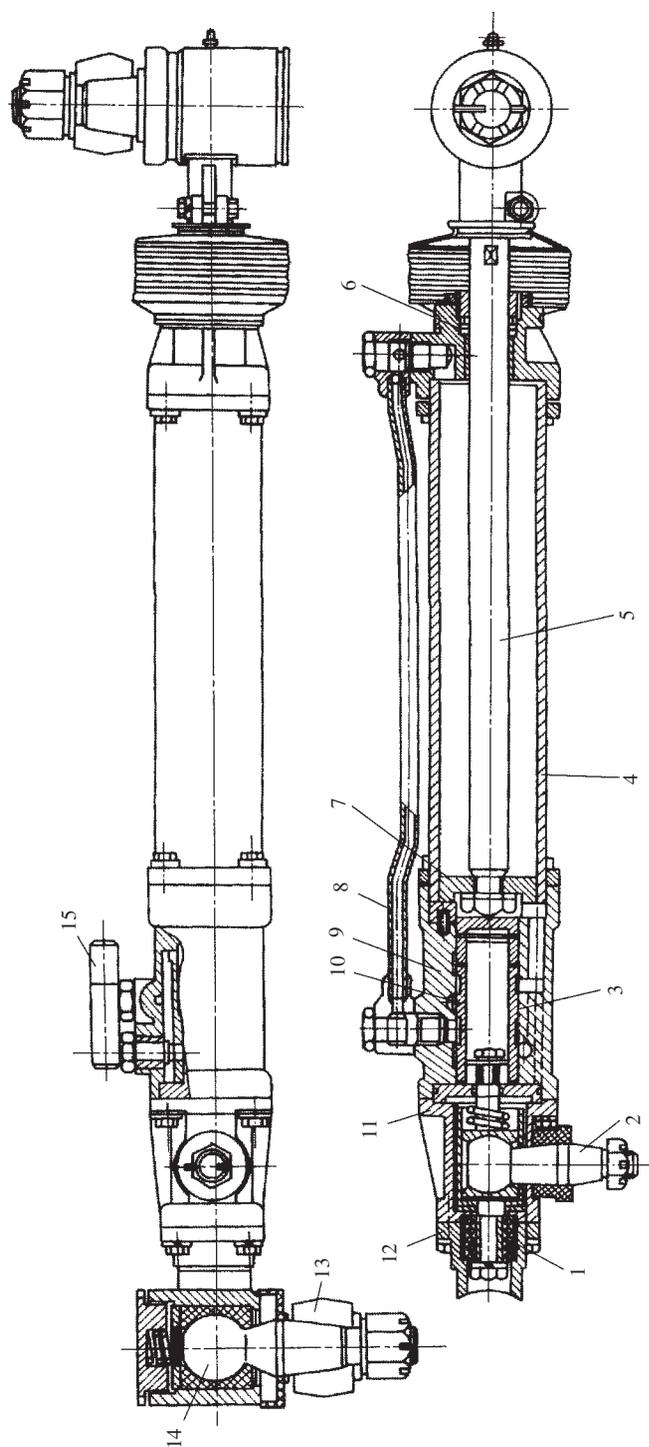


图 11-33 原上海 SH3540 型汽车转向助力器

1.弹簧 2、14.球头销 3.滑阀 4.动力缸体 5.活塞杆 6.油封 7.动力缸活塞 8.油管 9.控制阀壳体 10.控制阀进油管路 11、12.接头体 13.转向直拉杆 15.控制阀回油管路

## 七、转向油罐与转向油泵

### 1. 转向油罐

转向油罐的作用是贮存、滤清并冷却液压转向加力装置的工作油液（一般是锭子油或透平油）。转向油罐一般是单独安装，但也有直接装在转向油泵上的。

图 11-34 所示为一种重型汽车转向油罐的构造。中心油管接头座 13 专门用以装接转向控制阀的回油管路。另外两个油管接头座 12 则分别装接转向油泵的进油管和半整体动力转向器的漏泄回油管路。中心油管接头座下部有滤芯密封圈 11，上部旋装着中心螺柱 16。滤芯 10 套装在中心螺柱上，而且由锁销 5 限位的弹簧 7 压住。罐盖 3 靠翼形螺母 1 压紧。罐盖 3 靠翼形螺母压紧。

由转向控制阀和转向动力缸流回来的油液通过中心油管接头座的径向油孔流入滤芯内部空腔，经滤清后进入贮液腔，准备供入转向油泵。滤芯弹簧 7 的预紧力不大，故当滤芯堵塞而回油压力略有增高时，滤芯便在液压作用下升起，让油液不经过滤清便进入贮液腔，以免油泵进油不足。滤网片 14 用以防止油液乳化。

### 2. 转向油泵

转向油泵是液压动力转向装置的能源，其作用是将输入的机械能转换为液压能输出。在转向油泵只受发动机驱动的情况下，一旦发动机停止运转，油泵即无压力油输出。这对前轴（转向轴）最大轴载质量在 25t 以上的重型汽车而言是极为不利的，因为驾驶员的体力根本不能胜任使法向载荷这样大的转向轮偏转的任务。

为了确保动力转向装置的工作可靠性，有些重型汽车在转向油泵的驱动装置中采用自由轮机构，使转向油泵在正常情况下受发动机驱动，而在发动机转速过低甚至熄火时，则脱离发动机而受以较快速度滑行的汽车驱动。

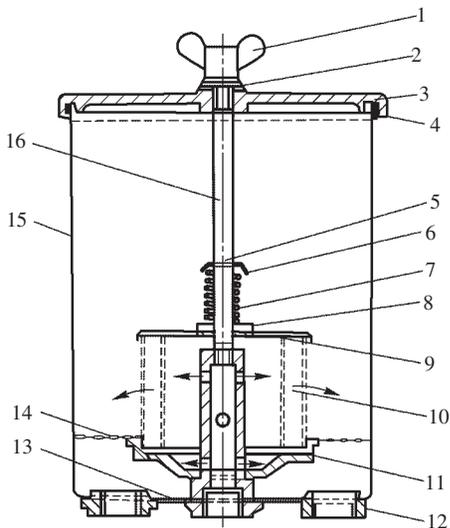


图 11-34 转向油罐

1. 翼形螺母 2. 垫圈 3. 罐盖 4. 罐盖密封垫圈
5. 锁销 6、8. 弹簧座 7. 弹簧
9. 橡胶密封垫圈 10. 滤芯密封圈 12. 油管接头座
13. 中心油管接头座 14. 滤网片 15. 罐体 16. 中心螺柱

另外，一些重型汽车，为了同样的目的，加装了一个应急转向油泵，与主转向油泵并联。应急油泵可以借蓄电池通过直流电动机驱动，也可以由汽车传动系驱动。在后一情况下，当主油泵工作正常时，应急油泵卸荷空转；主油泵一旦停止运转，应急油泵即可在应急阀的控制下，代替主油泵向动力转向液压系统供油。

转向油泵的结构形式有齿轮式、叶片式、转子式、柱塞式等。在国内外汽车动力转向系中应用得最多的是外啮合齿轮式转向油泵。

一种国产汽车的外啮合齿轮式转向油泵的结构示于图 10-35。图中油泵顶部的右孔口为进油口；左孔口为出油口。主动齿轮 14 和从动齿轮 13 均与轴制成一体。二者的轴颈借轴套支承在泵体 10 和泵盖 18 上。左侧二轴套 11 的轴向位置是固定的。右侧二轴套 12 和 15 则可以轴向浮动，称为浮动轴套。

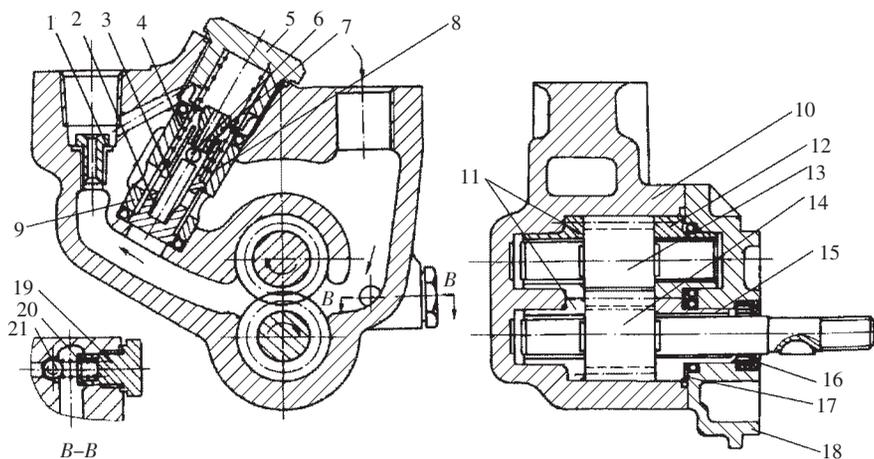


图 11-35 外啮合齿轮式转向油泵

1. 量孔 2. 流量控制阀柱塞 3. 安全阀弹簧 4. 安全阀弹簧座 5、19. 螺塞 6. 安全阀球阀 7. 安全阀座 8. 流量控制阀弹簧 9. 流量控制阀体 10. 泵体 11. 轴套 12、15. 浮动轴套 13. 从动齿轮 14. 主动齿轮 16. 油封 17. 弹簧片 18. 泵盖 20. 单向阀弹簧 21. 单向球阀阀门

一般齿轮油泵不用带凸缘的浮动轴套，而用普通衬套作为齿轮轴的轴承。在此情况下，齿轮端面与其相对运动件泵体、泵盖之间必须留有一定的轴向间隙。齿轮泵各处的间隙都将导致油液的漏泄，而齿轮端面处的轴向间隙对漏泄量的影响最大。而且，随着零件的磨损和油泵工作压力的升高，轴向间隙和漏泄量将急剧增加，使得油泵的容积效率（实际流量与理论流量的比值）降低，而且输出压力可能达不到工作要求的值。这是影响齿轮油泵工作压力提高的主要因素之一。

限制齿轮油泵的轴向间隙，以提高油泵的容积效率和工作压力的较先进的结构措施之一即是采用浮动轴套。

在图 11-35 所示的转向油泵中，浮动轴套凸缘的背面与泵盖 18 之间留有一个密闭空间，经泵体上的小油孔（图中未示出）与泵腔中压力较高的区域相通，其中还装有弹簧片 17。油泵不工作时，浮动轴套在弹簧片的作用下压靠着齿轮端面。油泵开始运转后，泵腔液压作用力便使浮动轴套外移少许，形成轴向间隙。但此时浮动轴套凸缘背面也受到液压作用力。因为在设计上保证了浮动轴套背面的液压作用力与弹簧力之和略大于其正面液压作用力，所以当油泵压力升高而使轴向间隙增大时，浮动轴套可在液压和弹簧作用下内移，对间隙增量加以补偿。油泵压力愈高，这一补偿作用愈强。这就是对齿轮油泵轴向间隙的“液压补偿”方法。零件磨损所致的间隙增量则由弹簧片随时补偿。

每个齿轮两轴颈的端面处各有一个漏泄油腔。这四个油腔借泵体上的孔道和齿轮 13 中心孔道互相连通。自齿轮端面处的轴向间隙漏泄出来的油液在润滑各摩擦面之后流到这些油腔中。漏泄油腔中的压力受控于由球阀门 21、弹簧 20 和螺塞 19 组成的单向阀。单向阀进油口与固定轴套 11 一侧的漏泄油腔相通，出油口则与油泵进油腔连通。当漏泄油腔压力高达一定值时，单向阀即开启，使油泵内部润滑循环油路接通。

转向油泵的流量与齿轮转速（从而与发动机转速）成正比。转向油泵一般设计得即使在发动机怠速运转时，其流量也能保证急速转向所需的动力缸活塞最大移动速度。这样，当发动机转速高时，油泵流量将过大，导致油泵消耗功率过多和油温过高。为此，转向加力装置中必须设置流量控制阀以限制转向油泵最大流量。

转向油泵的输出压力取决于液压系统的负荷（即动力缸活塞所受的运动阻力）。在转向阻力矩过大时，动力缸和油泵均将超载而导致零件损坏。因此液压系统中还必须装设用以限制系统最高压力的安全阀。

该油泵内部装有流量控制阀和安全阀。差压式的流量控制阀装在油泵进油腔和出油腔之间，与油泵齿轮副并联。安全阀则位于流量控制阀内。流量控制阀体 9 内的柱塞 2 在弹簧 8 的作用下处于下极限位置。柱塞下方通油泵出油腔；上方通油泵出油口。在油泵出油腔与出油口之间有量孔 1。当油液自出油腔以一定速度流过量孔时，由于量孔的节流作用，量孔外侧的出油口压力低于量孔内侧的出油腔压力。油泵流量愈大（即通过量孔的流速愈高），则量孔内外压力差愈大。在油泵流量增大到规定值，使柱塞 2 两端压力差的作用力足以克服弹簧 8 的预紧力，并进一步压缩弹簧，将柱塞向上推到柱塞下密封环带高于径向油孔的下边缘时，油泵出油腔即与进油腔沟通（图 11-36）。于是出油腔中的一部分油液便经流量控制阀流到进油腔，因而经量孔输出的流量便减小。流量减小到一定值以下时，量孔内外两侧的压力差不足以平衡弹簧，柱塞便被弹簧推下，重新切断进油腔到出油腔的通路。

这样，转向油泵的流量便被限制在  $9.5\text{L}/\text{min} \sim 16.0\text{L}/\text{min}$ 。

安全阀体 7 (图 11-35) 借螺纹固定在流量控制阀柱塞上端。球阀门 6 及弹簧 3 所处的柱塞内腔与油泵进油腔相通；球阀门上方油腔经泵体内的油道通向量孔外的出油口。油泵输出压力升高到规定的最高值时，球阀开启，将出油口与进油腔接通，使出油口压力降低 (图 11-37)。

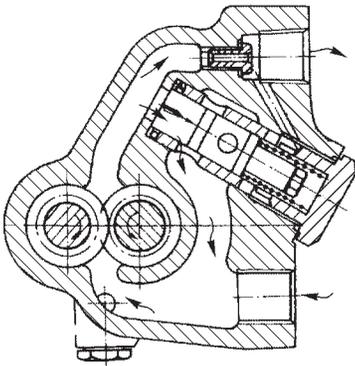


图 11-36 流量控制阀工作示意图

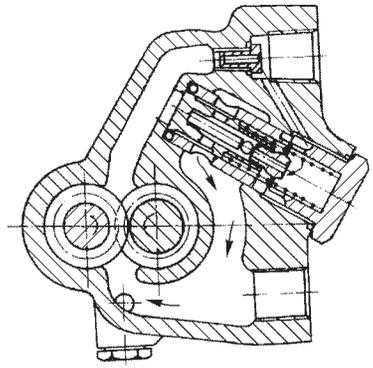


图 11-37 安全阀工作示意图

为了保证出油的连续性，齿轮式油泵总是将齿轮设计得在一对轮齿脱离啮合之前，下一对轮齿即已进入啮合。两对同时啮合的轮齿啮合线之间的密闭空间容积先是缩小，继而又增大。在该空间缩小的阶段中，其中的油压剧增，造成对齿轮的很大的径向力，为了改善这一情况，在各个轴套的正面加工出卸荷槽。

齿轮式油泵的齿轮齿顶圆上的压力分布很不均匀，而且不能互相平衡。这一不平衡的径向力不仅影响轴套寿命，而且也限制了油泵压力的提高。

一般齿轮式油泵的最高压力多为  $6\text{MPa} \sim 7\text{MPa}$ ，但也有高达  $14\text{MPa} \sim 16\text{MPa}$  的。上述齿轮泵为安全阀所限定的最高压力约为  $7\text{MPa}$ 。

### 思考题

1. 何谓汽车转向系？机械转向系由哪几部分组成？
2. 何谓转向盘的自由行程？一般范围应为多少？
3. 对汽车转向系有何要求？
4. 试述蜗杆曲柄指销式转向器的工作原理。
5. 循环球式转向器如何调整传动副啮合间隙？
6. 为什么转动转向盘能使两前轮同时偏转？
7. 与独立悬架配用的转向传动机构的特点是什么？
8. 液压式转向助力装置按液流的形式可分为几类？
9. 液压式转向助力装置的特点是什么？

# 第十二章 汽车制动系

## 第一节 概述

### 一、制动系的功用及组成

为了保证汽车的安全行驶，提高汽车的平均行驶速度及运输生产率，汽车上设有专门的制动系统。它的功能是：

1. 强制汽车减速或停止行驶；
2. 使下坡行驶时限制车速；
3. 使已停驶的汽车在原地保持不动。其目的是保障安全，避免交通事故，同时为了在安全的前提下充分发挥汽车的动力性。

为了完成上述功能，制动装备至少有两套独立的制动系：行车制动系和驻车制动系。前者完成第一项功能，并在坡道不长时完成第二项功能；后者则主要完成第三项功能。

重型汽车或常在山区行驶的汽车还要增加应急制动系和辅助制动系。

任何制动系统都具有以下四个基本组成部分：

1. 供能装置：包括供给、调节制动所需能量以及改善传能介质状态的各种部件。

其产生制动能量的部分称为制动能源。人的体能是最基本的制动能源。

2. 控制装置：包括产生制动动作和控制制动效果的各种部件。
3. 传动装置：包括将制动能量传输到制动器的各个部件。
4. 制动器：产生阻碍车辆的运动或运动趋势的动力的部件，其中也包括辅助制动系中的缓速装置。

另外，较为完善的制动系还具有制动力调节装置、车轮防抱死装置（ABS）以及报警装置、压力保护装置等附加装置。

制动系按传动机构的制动力源可分为：

1. 人力式（液压式、机械式）——单靠驾驶员施加于制动踏板和手柄上的力作为制动力源，力的传递可用机械式或液压式，其中机械式仅用于驻车制动；

2. 动力式——利用发动机的动力作制动力源转化为气压或液压的形式，并由驾驶员通过踏板或手柄加以控制的传动机构。

制动系按制动传动机构的布置形式分为：

1. 单回路制动系——其传动装置采用单一的气压或液压回路，当制动系中有一处损坏而漏气（油）时，整个系统即行失效；

2. 双回路制动系——其所有行车制动器的气压或液压管路分属于两个彼此独立的系统。因此，即使其中一个回路失效，还能利用另一个回路产生制动，从而提高了汽车制动的可靠性和安全性。

## 二、制动系的工作原理

一般制动系的工作原理可用一种简单的液压制动系示意图来说明。

如图 12-1 所示，一个以内圆面为工作表面的制动鼓固定在车轮轮毂上，随车轮一同旋转。在固定不动的制动底板 11 上，有两个支承销 12，支承着两个弧形制动蹄 10 的下端。制动蹄的外圆面上又装有摩擦片 9。制动底板上还装有液压制动轮缸 6，用油管 5 与装在车架上的液压制动主缸 4 相连通。主缸中的活塞 3 可由驾驶员通过制动踏板机构 1 来操纵。

制动系不工作时，制动鼓的内圆面与制动蹄摩擦片的外圆面之间保持一定的间隙，使车轮和制动鼓可以自由旋转。

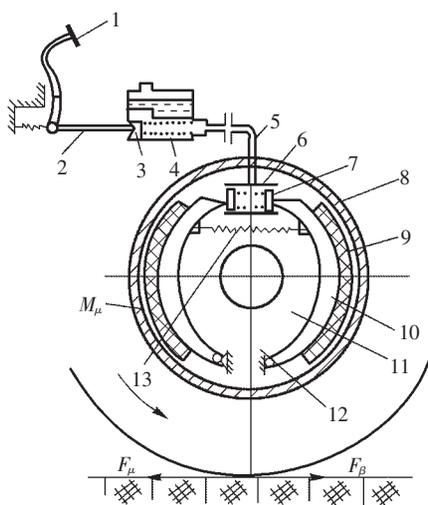


图 12-1 制动系工作原理示意图

1. 制动踏板 2. 推杆 3. 主缸活塞 4. 制动主缸 5. 油管 6. 制动轮缸  
7. 轮缸活塞 8. 制动鼓 9. 摩擦片 10. 制动蹄 11. 制动底板  
12. 支承销 13. 制动蹄回位弹簧

要使行驶中的汽车减速,驾驶员应踩下制动踏板1,通过推杆2和主缸活塞3,使主缸内跑油液在一定压力下流入轮缸,并通过两个轮缸活塞7推使两制动蹄绕支承销转动,上端向两边分开而以其摩擦片压紧在制动鼓的内圆面上。这样,不旋转的制动蹄就对旋转着的制动鼓作用一个摩擦力 $M_u$ ,其方向与车轮旋转方向相反。于是车轮转速降低,而车辆仍以原车速向前,由于车轮与路面间有附着作用,车轮对路面作用一个向前的周缘力 $F_\mu$ ,同时路面则对车轮产生一个向后的反作用力,即制动力 $F_\beta$ 。制动为 $F_\beta$ 由车轮经车桥和悬架传给车架及车身,迫使整个汽车产生一定的减速度。制动力愈大则汽车减速度也越大。当放开制动踏板时,回位弹簧13即将制动蹄拉回原位,摩擦力矩 $M_u$ 和制动力 $F_\beta$ 消失,制动作用即行终止。

图示的制动系中,主要由制动底板11、制动轮缸6、制动鼓8、带摩擦片9的制动蹄10构成的部件称为制动器,其功用是对车轮施加制动力矩以阻碍其转动。

## 第二节 车轮制动器

制动系的制动器分为:行车制动器(鼓式、盘式);驻车制动器(鼓式、盘式、带式);辅助制动器(发动机排气制动器、电涡流制动器和液力减速器)。

旋转元件固装在车轮或半轴上,即制动力矩直接分别作用于两侧车轮上的制动器称为车轮制动器。车轮制动器一般用于行车制动,也有兼用于应急制动和驻车制动的。按制动器中旋转元件的形状,车轮制动器可分为鼓式和盘式两大类。其中鼓式车轮制动器应用较广,而盘式制动器多应用于一些轿车及重型汽车上。

### 一、鼓式制动器

鼓式制动器是汽车上常用的一种摩擦式制动器。将制动蹄的摩擦衬片压靠在制动鼓内表面,以产生制动作用的称为内张鼓式制动器,如摩擦衬片压靠在制动鼓外表面的称为外张鼓式制动器。

鼓式车轮制动器多为内张双蹄式。但是,制动时使双蹄张开装置的形式、张开力作用点和制动蹄的支承点的布置方式等具体结构却有多种,使得制动器的工作性能也有所不同。按其制动时两制动蹄对制动鼓径向力是否平衡可分为简单非平衡式、平衡式和自动增力式制动器。

#### 1. 简单非平衡式制动器

简单非平衡式制动器按其两蹄张开的力源不同又可分为液压张开和气压张开两种。

## (1) 液压张开式车轮制动器

如图 12-2 所示为简单非平衡式制动器的示意图。

简单非平衡式制动器的结构特点是两制动蹄的支承点都位于蹄的一端，两支承点与张开力作用点的布置都是轴对称式；轮缸中两活塞的直径相等。车轮逆时针旋转时为汽车前进方向。

制动时，轮缸内油压升高，推动活塞向两端移动。因两活塞直径相等，故其对前后两制动蹄施加大小相等的张开力  $P$ ，使两制动蹄分别绕各自的支承销向外转动，直到其摩擦片压靠到制动鼓内圆工作面上。与此同时，旋转着的制动鼓即对两制动蹄分别

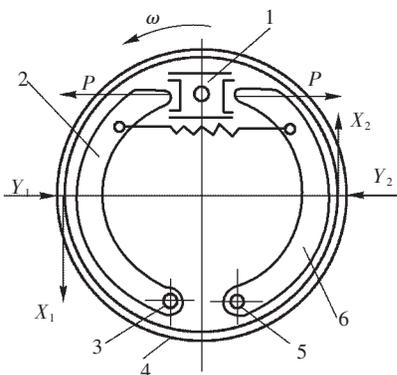


图 12-2 简单非平衡式制动器示意图

1. 轮缸 2. 前制动蹄 3、5. 支承销 4. 制动鼓  
6. 后制动蹄

作用着法向反力  $Y_1$  和  $Y_2$ ，以及相应的切向反力即摩擦力  $x_1$  和  $x_2$ 。为简化起见，假定这些反力都集中作用于摩擦片的中央。

由图可见，前制动蹄上所受的摩擦力  $x_1$  所产生的绕支承销的力矩与该蹄张开力  $P$  所产生的绕支承销的力矩方向相同，因而摩擦力  $x_1$  作用的结果是使前制动蹄对制动鼓的压紧力增大，从而使该蹄产生的制动力矩增大，即具有“助势”作用，故称为助势蹄，也称为领蹄或紧蹄。力矩减小，具有“减势”作用，故称为减势蹄，也称为从蹄或松蹄。

由上述可见，虽然前后两蹄所受张开力  $P$  相等，但因摩擦力  $x_1$  和  $x_2$  所起的作用相反，且轮缸两活塞又是浮动的，结果使两蹄所受到制动鼓的法向反力却不相等，故称这种制动器为非平衡式制动器。

前进制动时， $y_1 > y_2$ ，相应地摩擦力  $x_1 > x_2$ ，前蹄（助势蹄）的制动力矩约为后蹄（减势蹄）的 2 ~ 2.5 倍。

倒车制动时，制动鼓旋转方向相反，后蹄变成助势蹄，前蹄变成减势蹄，但整个制动器的制动效能还是同前进制动时一样，这个特点称为制动器的制动效能“对称”。简单非平衡式制动器存在两个问题：

其一是在两蹄摩擦片工作面积相等的情况下，由于助势蹄与减势蹄所受法向反力不等，助势蹄摩擦片上的单位压力较大，因而磨损较严重，两蹄寿命不等。

其二是由于制动蹄对制动鼓施加的法向力（数值上分别为  $y_1$  与  $y_2$ ）不相等，二者不能相互抵消，其差值使轮毂轴承受附加载荷。

北京 BJ2020N 和 BJ2020S 型汽车后轮制动器采用的就是液压张开的简单非平衡式车轮制动器，如图 12-3 和图 12-4 所示。

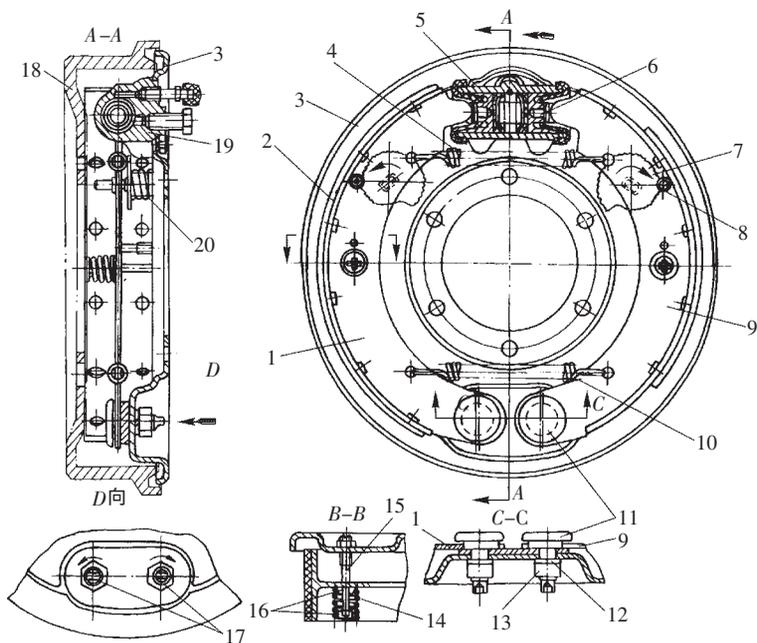


图 12-3 北京 BJ2020N 型汽车后轮制动器

1. 前制动蹄 2. 摩擦片 3. 制动底板 4、10. 制动蹄回位弹簧 5. 制动轮缸活塞 6. 活塞顶块 7. 调整凸轮 8. 调整凸轮锁销 9. 后制动蹄 11. 支承销 12. 弹簧垫圈 13. 螺母 14. 制动蹄限位弹簧 15. 制动蹄限位杆 16. 弹簧座 17. 支承销内端面上的标记 18. 制动鼓 19. 制动轮缸 20. 调整凸轮压紧弹簧

制动底板 3 用螺栓固定在后驱动桥壳半轴套管的突缘上（前桥的转向节突缘上），在其下部装有两个支承销 11，上部装有制动轮缸 19。具有 T 形截面的制动蹄 1、9 的腹板下端的圆孔，活套在偏心支承销 11 上，支承销的尾端伸出制动底板 3 外，并具有供调整制动蹄摩擦片与制动鼓间隙时转动支承销用的矩形头部，端面制有标记 17，以示支承销的偏心方向。新车及重新铆摩擦片后，两支承销 11 的矩形头部标记 17 应在相互靠近的位置。制动蹄回位弹簧 4、10 将两蹄上端拉靠在制动底板上的调整凸轮 7 处。在调整凸轮头部下面装有压紧弹簧 20，弹簧张力可使调整凸轮固定在调整好的任何位置上。制动蹄外端面铆有摩擦片 2。为了使两蹄摩擦片上的单位压力大致相等，磨损量接近一致，其前蹄摩擦片比后蹄摩擦片长。制动蹄腹板的上端松嵌入制动轮缸活塞顶块 6 的凹槽中，轮缸活塞被弹簧始终压靠在制动蹄 1、9 上端。制动蹄摩擦片与制动鼓 18 之间留有一定间隙。在制动鼓的腹板

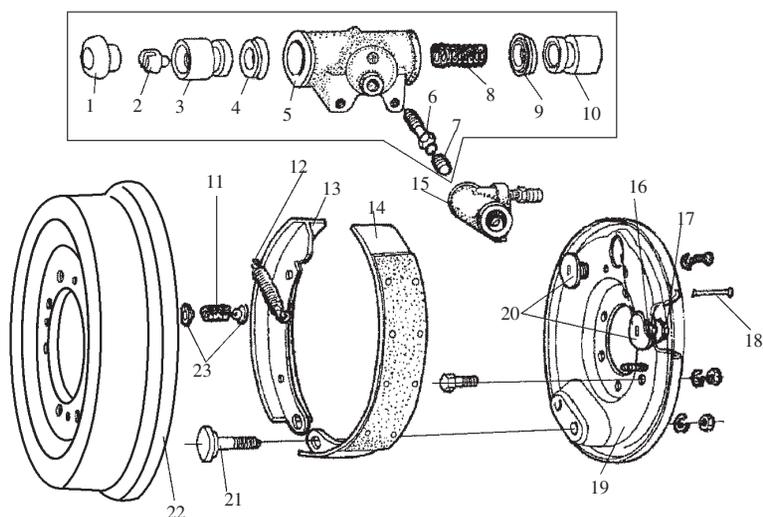


图 12-4 BJ2020S 型汽车后轮制动器

1. 护套 2. 活塞顶块 3、10. 活塞 4. 皮碗 5. 缸体 6. 放气螺钉 7. 防尘套
8. 弹簧 9. 皮碗 11. 限位弹簧 12. 复位弹簧 13. 前制动蹄 14. 后制动蹄
15. 轮缸 16. 压紧弹簧 17. 调整凸轮螺栓 18. 限位杆 19. 制动底板 20. 调整凸轮
21. 偏心支承销 22. 制动鼓 23. 弹簧座

边沿处开一小孔以便检测蹄鼓间隙。

当踩下制动踏板时，制动液被压入轮缸 19，推动制动轮缸活塞 5 向两端移动，而通过活塞顶块 6 推动两制动蹄 1、9 压向制动鼓，使蹄与鼓之间产生摩擦力，以实现汽车制动。

松开制动踏板，制动蹄在回位弹簧 4、10 的作用下回到原位，制动液流回主缸，制动即被解除。

综上结构和工作原理可见，若设汽车前进时制动鼓旋转方向如图中箭头所示。沿箭头方向看去，制动鼓接触制动蹄 1 后产生的摩擦力，加强了上述旋转作用，使二者进一步压紧，这就是“助势作用”。故制动蹄 1 为“助势蹄、领蹄”。与此相反，制动鼓接触制动蹄 9 后所产生的摩擦力，使从蹄向内收回，使压紧力减小，因此制动蹄 9 具有“减势作用”，故相应的制动蹄称为“减势蹄、从蹄”。

当汽车倒驶，即制动鼓反向旋转时，蹄 1 变成从蹄，而蹄 9 则变成领蹄。奥迪轿车后轮制动器采用的也是轮缸式非平衡鼓式制动器。其结构如图 12-5 所示。旋转元件制动鼓 4 和车轮用螺栓连接在一起，汽车行驶时，随同车轮一起转动，固定元件制动底板 6，其上装有制动蹄等零件，并和短轴 5 一起固定在车桥 1 端头凸缘上。

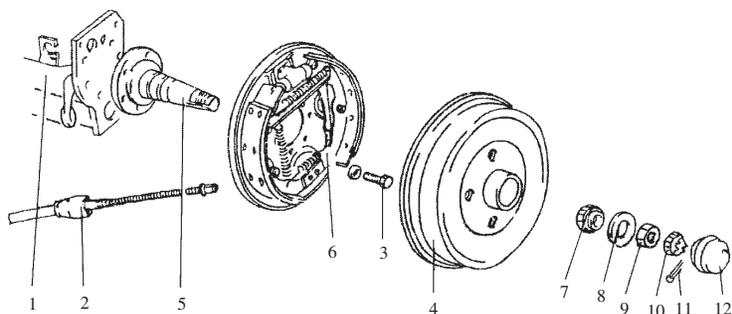


图 12-5 奥迪轿车鼓式制动器

1. 车桥 2. 驻车制动软管 3. 螺栓 4. 制动鼓 5. 短轴 6. 制动底板  
7. 车轮外轴承 8. 推力轴承 9. 螺母 10. 蝶形螺母 11. 开口销 12. 润滑脂盖

制动器的固定部分结构如图 12-6 所示。

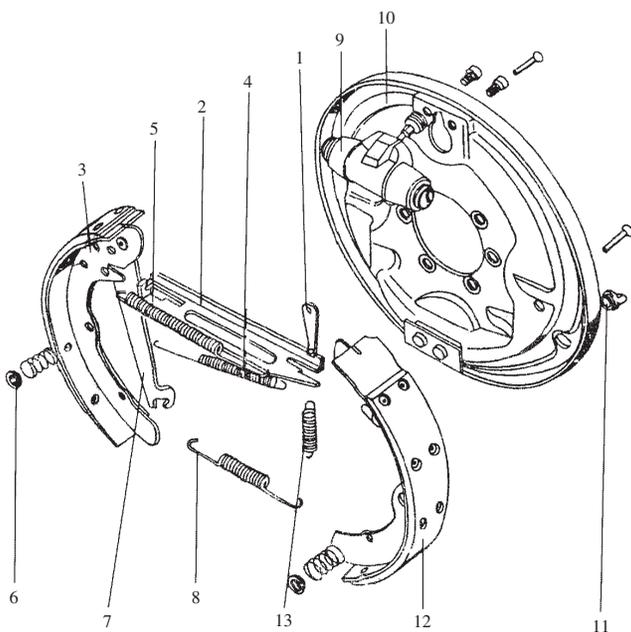


图 12-6 奥迪轿车鼓式制动器固定元件

1. 调整楔 2. 推杆 3. 制动蹄 4. 连接弹簧 5. 上回位弹簧 6. 弹簧座 7. 驻车制动拉杆 8. 下回位弹簧 9. 车轮制动缸 10. 制动底板 11. 栓塞 12. 制动摩擦片 13. 弹簧

两边制动蹄下端插在制动底板 10 相应槽内，上端靠在制动轮缸活塞上，然后用上下回位弹簧 5、8 拉紧。制动蹄通过限位螺钉和限位弹簧使其压靠在制动底板上。

制动蹄和制动鼓间的间隙可以通过装在推杆 2 右端槽内的调整楔进行调整。调整楔 1 的下端与固定在制动蹄上的调整弹簧 13 相连。如制动蹄和制动鼓间隙大,制动过程中,调整弹簧 13 拉动调整楔下移,调整楔上宽下窄,这样使拉杆向外移动一点,而使制动蹄和制动鼓间的间隙变小,使其间隙达到自动调整的目的。

## (2) 气压张开式车轮制动器

图 12-7 为东风 EQ1090E 型汽车的气压张开式前轮制动器。不制动时两制动蹄 2 由回位弹簧 3 拉靠在制动凸轮轴 4 的凸轮上。制动凸轮轴通过支座 10 支承在制动底板 7 上,其末端花键轴插入制动调整臂 5 的花键孔中。凸轮具有对称的断面形状,制动时可使两制动蹄得到相等的位移。

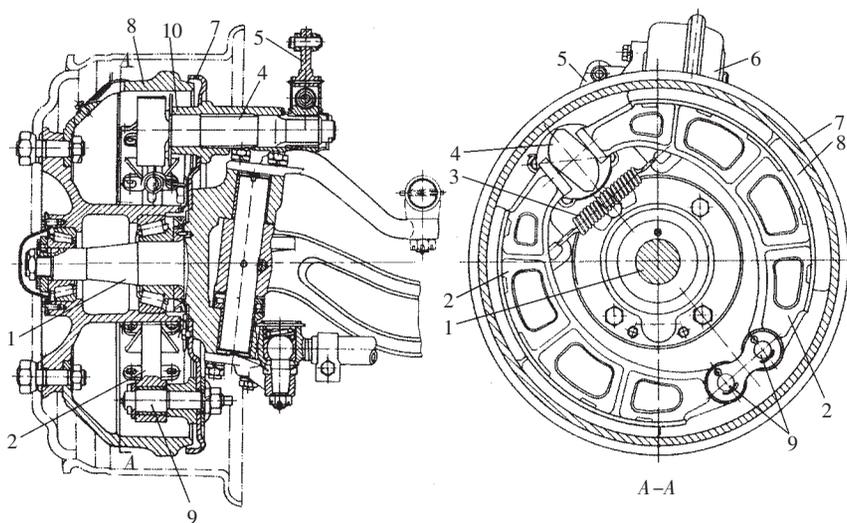


图 12-7 东风 EQ1090E 型汽车前轮制动器

1. 转向节轴颈 2. 制动蹄 3. 回位弹簧 4. 制动凸轮轴 5. 制动调整臂  
6. 制动气室 7. 制动底板 8. 制动鼓 9. 支承销 10. 制动凸轮轴支承座

由于制动凸轮轴的轴线位置固定不变,凸轮和凸轮轴又是制成一体的,故凸轮只能绕固定的轴线转动而不能移动。虽然当凸轮转过一定的角度时,两蹄的位移是相等的,但在蹄与鼓之间的摩擦力影响下,使领蹄有离开凸轮而从蹄有压向凸轮的倾向。因此,凸轮对从蹄的张开力大于对领蹄的张开力。实际上,制动蹄与制动鼓之间的间隙不可能在制动摩擦衬片上处处相等,这样就导致了蹄对鼓的压紧力和两蹄上的单位压力不等。由此可见,两制动蹄能绕支承销转过的角度和对制动鼓施加的压紧力的大小,完全取决于凸轮工作表面的几何形状和它所转过的角度。这类制动器在新的摩擦片未经磨合时,两蹄的摩擦片上单位压力不相等。但经过一段时间工作后,单位

压力较大的一个制动蹄摩擦片磨损较多，使其与鼓之间的间隙逐渐增大，将其上的压力也逐渐减小，磨损也随着减小，当磨损至一定程度时，两蹄上的单位压力便逐渐相等，从而使两蹄所受的摩擦力由开始时的不相等逐渐接近于相等。但两蹄的合力却不一直在一直线上，对车轮轮鼓轴承产生不平衡的作用力，故仍属于不平衡式制动器。

制动时压缩空气进入制动气室 6，制动调整臂 5 在制动气室推杆的推动下，带动制动凸轮轴 4 使凸轮转过一个角度，对两制动蹄作用一个推力，使两制动蹄绕支承销 9 转过一个角度而压靠到制动鼓 8 上起制动作用。

凸轮张开式车轮制动器的蹄与鼓之间的间隙也可根据需要进行局部或全面调整。局部调整只是利用制动调整臂来改变制动凸轮的原始位置。其结构如图 12-8 所示。

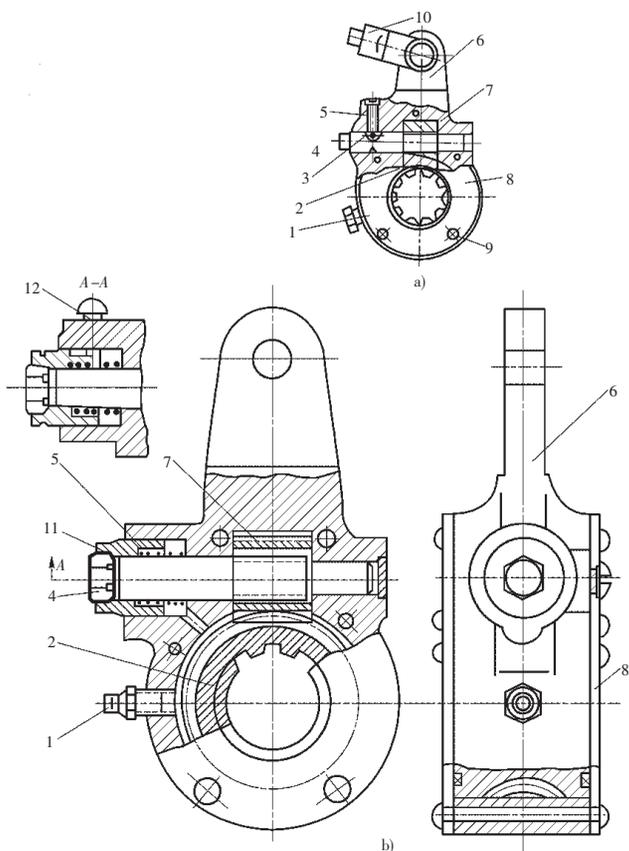


图 12-8 凸轮张开式制动器的制动调整臂

1. 油嘴 2. 调整蜗轮 3. 锁止球 4. 蜗杆轴 5. 弹簧 6. 制动气室推杆
7. 制动调整臂体 8. 调整蜗杆 9. 盖 10. 铆钉 11. 锁止套 12. 锁止螺钉

在制动调整臂 7 和两侧的盖 9 所包围的空腔内装有调整蜗杆 8 和调整蜗轮 2。转动蜗杆轴 4，即可在不改变制动调整臂与制动气室推杆 6 的相对位置的情况下，通过蜗轮使制动凸轮轴转过一定角度，从而改变制动凸轮的原始位置。

如图 12-8a) 所示，蜗杆轴一端的轴颈上，沿周向有六个均布的凹坑。当蜗杆每转到一个凹坑对准位于制动调整臂体内的锁止球时，锁止球便在弹簧作用下嵌入凹坑，使蜗杆轴与制动调整臂相对位置保持不变。在图 12-8b) 中，蜗杆轴与制动调整臂相对位置是靠锁止套 11 和锁止螺钉 12 来固定的（解放 CA1091 型汽车采用）。将具有六角孔的锁止套按入制动调整臂体 7 的孔中，即可转动调整蜗杆 8 进行全面调整时，还应同时转动带有偏心轴颈的支承销（一般具有 2.5mm 的偏心距）。

解放 CA1091 型汽车的车轮制动器其结构与东风 EQ1090 型汽车相似。

### 2. 平衡式车轮制动器

由于车轮制动器的助势蹄能提高制动效能，从而设计了前后蹄均为助势蹄的车轮制动器。前后两蹄总体布置上设计对制动鼓“中心对称”，因此二个助势蹄对轮毂轴承的作用力是平衡的。其中只有在前进制动时两蹄为助势蹄的，称单向助势平衡式车轮制动器；如无论在前进和倒车制动时两蹄都为助势蹄的，则称为双向助势平衡式车轮制动器。

#### (1) 单向助势平衡式

单向助势平衡式制动器示意图见图 12-9 所示。

如图 12-10 和图 12-11 分别为北京 BJ2020S 和 BJ2020N 型汽车前轮制动器。两制动蹄各用一个单向活塞制轮缸 2，但两套制动蹄 4，轮缸 2、支承销 7 和调整凸轮 6 等在制动底板 1 上的布置是中心对称的。两轮缸 2 用连接油管 13 连通，使其中油压相等。这样，在前进制动时，两蹄均为助势蹄，且前、后蹄对制动鼓的压紧力是相等的。从而提高了前进制动时的制动性能，并使蹄片磨损趋于相等。但在倒车制动时两蹄均为减势蹄，以致制动效能比前进制动时差很多。故称之为单向助势平衡式车轮制动器。

#### (2) 双向助势平衡式

双向助势平衡式制动器示意图见图 12-12 所示。

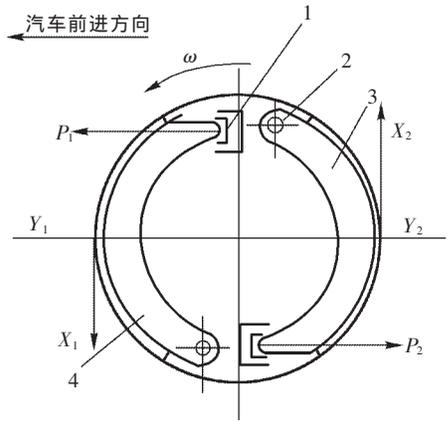


图 12-9 单向助势平衡式制动器示意图

- 1. 轮缸活塞 2. 支承销
- 3. 后制动蹄 4. 前制动蹄

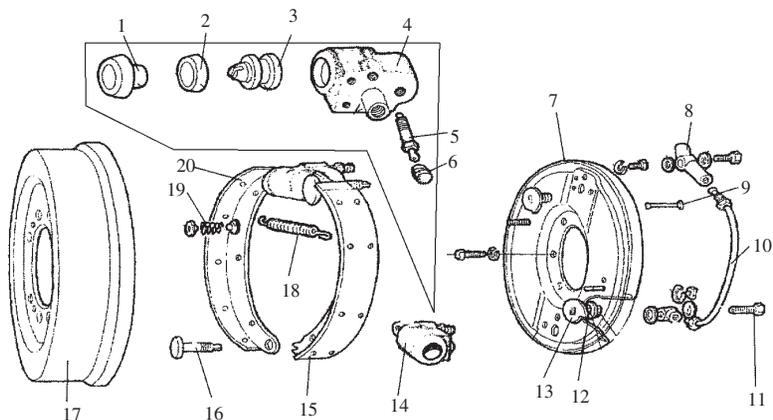


图 12-10 北京 BJ2020S 型汽车前轮制动器

1. 橡胶护罩 2. 橡胶皮碗 3. 活塞 4. 制动轮缸缸体 5. 放气螺钉 6. 防尘帽
7. 制动底板 8. 油管接头 9. 限位杆 10. 油管 11. 螺栓 12. 压紧弹簧 13. 调整凸轮
14. 后制动蹄制动轮缸 15. 后制动蹄 16. 制动蹄支承销 17. 制动鼓
18. 复位弹簧 19. 限位弹簧 20. 前制动蹄

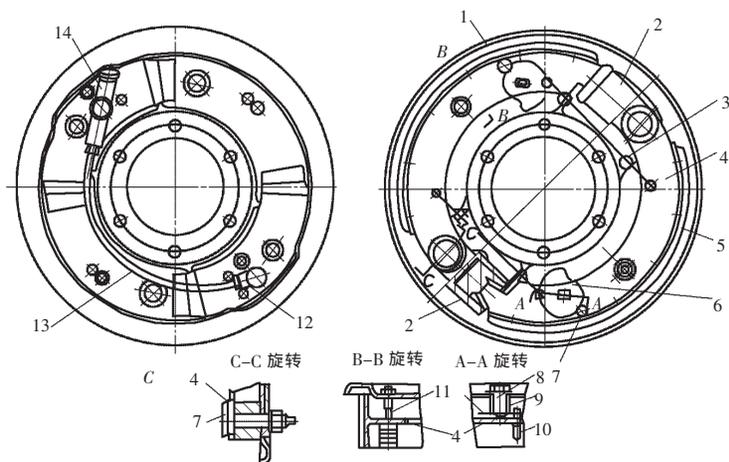
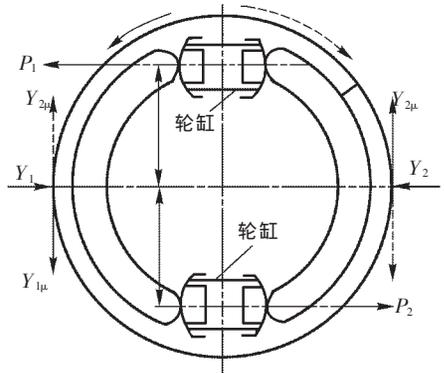


图 12-11 北京 BJ2020N 型汽车前轮制动器

1. 制动底板 2. 制动轮缸 3. 制动蹄回位弹簧 4. 制动蹄 5. 摩擦片 6. 调整凸轮
7. 支承销 8. 调整凸轮轴 9. 弹簧 10. 调整凸轮锁销 11. 制动蹄限位杆
- 12、14. 油管接头 13. 轮缸连接油管

可以设想,若能使单向助势平衡式制动器的两个制动蹄的支承点和促动点根据车轮旋转方向相互转换,即可使汽车前进或倒退均能得到相同且较高的制动效能。此即为双向助势平衡式车轮制动器。

红旗 CA7560 型汽车的前后轮制动器就是属于双向助势平衡式制动器。其中前轮制动器的结构如图 12-13 所示。制动底板 3 上的所有固定元件，如制动蹄、制动轮缸、回位弹簧等都是成对的，它们既按轴对称，又按中心对称布置。两制动蹄的两端都采用浮式支承，且支点的周向位置也是浮动的。



在前进制动时，两制动轮缸内所有活塞都在液压作用下向外张开，将两制动蹄 6 和 11 压靠在制动鼓 1 上。在制动鼓的摩擦力矩作用下，两蹄都绕车轮中心 O 朝箭头所示的车轮旋转方向转动，将轮缸活塞外端的支座 7 推回，直至顶靠着轮缸端面为止。于是两蹄便以支座 7 为支点均在自动助势的条件下工作。

倒车制动时，每个制动蹄的支点和促动点的位置都与前进制动时相反，其两制动蹄压向制动鼓后，被制动鼓带着绕车轮中心 O 逆箭头方向转过一个角度，将可调支座 10 连同调整螺母 9 一起推靠到轮缸的端面上，于是两

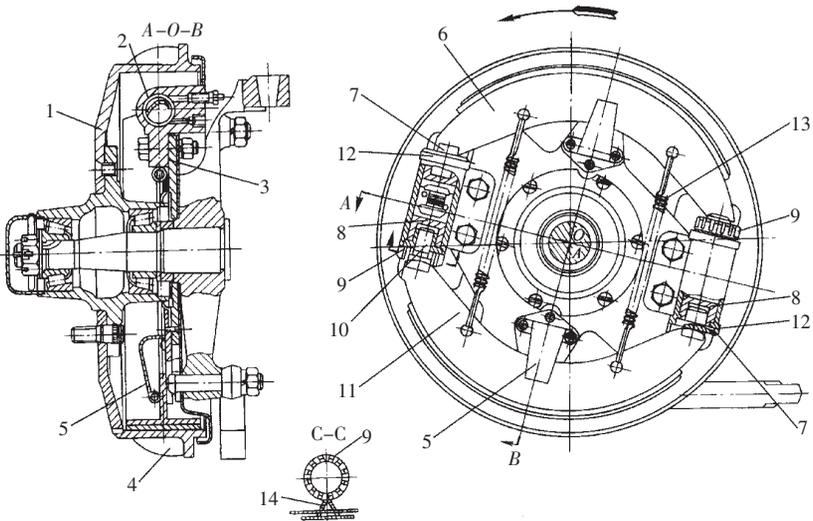


图 12-13 红旗 CA7560 型汽车前轮制动器

- 1. 制动鼓 2. 制动轮缸 3. 制动底板 4. 制动鼓散热片 5. 制动蹄限位片
- 6. 上制动蹄 7. 支座 8. 轮缸活塞 9. 调整螺母 10. 可调支座 11. 下制动蹄
- 12. 防护套 13. 回位弹簧 14. 锁片

支座 10 便成为蹄的新支承点。此时所产生的制动效能与前进制动时完全相同。

利用调整螺母 9 可以调整其蹄毂间隙。拨动调整螺母头部的齿槽，使螺母转动，带螺杆的可调支座 10 便向内或向外作轴向移动，以改变蹄鼓间隙。调整好后将锁片 14 插入调整螺母的齿槽中，以防止螺母松动。

这种制动器适用于各类汽车的前后轮中。最适合两个制动器的两个轮缸都由两套彼此独立的液压管路供油的制动器（即双回路制动系）。在任何一个轮缸因所在回路发生故障而失效时，另一轮缸仍能使制动器工作，只是此时车轮制动器由双向助势平衡式变成简单非平衡式，制动性能有所降低，但不会使制动完全失效，从而提高了汽车制动的可靠性和安全性。

### 3. 自动增力式车轮制动器

自动增力式制动器可分为单向自动增力和双向自动增力两种。单向自动增力式制动器是仅在前进中制动时，才能借摩擦力的作用使制动效能增高的一种内张鼓式制动器。双向自动增力式制动器是汽车在前进或倒车中制动时，均能借摩擦力的作用，使制动效能增高的一种内张鼓式制动器。

自动增力式制动器的增力原理是：将两制动蹄用推杆浮动铰接，利用传力机构的张开力使两蹄接力式地产生助势作用，还可充分利用前蹄的助势推动后蹄，使总的摩擦力矩进一步增大，故称“自动增力”。

图 12-14 所示为一种常见的双向自动增力式制动器（北京 BJ1030 型汽车前轮制动器）制动蹄 5 和 10 的上端两侧铆有夹板 7，用前后蹄回位弹簧 6 和 9 将夹板靠在支承销 2 上；两蹄下端由拉紧弹簧 12 拉靠在可调推杆两端直槽的底平面上。可调推杆是浮动的，它与制动底板 4 无直接的支承联系。两个带弹簧的限位杆 15 用来控制制动蹄的轴向位置。其轮缸处于支承销 2 稍下的位置上。

前进制动时，前后两制动蹄张开压向制动鼓。此时，两蹄上端的夹板 7 都离开支承销 2 沿图中箭头方向旋转的制动鼓对两蹄作用有摩擦力矩，便带动两蹄沿旋转方向转过一个不大的角度，直到后蹄夹板又顶靠到支承销 2 上为止 [见图 12-14b)]，使蹄与鼓进一步压紧。前蹄 10 是助势蹄，但其是用浮动推杆支承的。制动杆作用在前蹄上的摩擦力和法向力的一部分对推杆形成了一个推力  $F'_s$ ，推杆能将此推为  $F'_s$  完全传到后蹄的下端。后蹄在推力  $F'_s$  的作用下也成为助势蹄，并在轮缸液压力的共同作用下进一步压紧制动鼓。推力  $F'_s$  由于前蹄的助势，比张开力  $F'_s$  要大许多，从而使后蹄产生的制动力矩比前蹄更大。为了使蹄片磨损均匀，该种制动器的后蹄摩擦片做得比前蹄长。在倒车制动时，两蹄以支承销 2 的另一面为支点，作用过程相反，具有与前进制动时方向相反的、同等的自动增力作用。

制动蹄片与制动毂的间隙可通过改变推杆的工作长度进行调整。调整螺

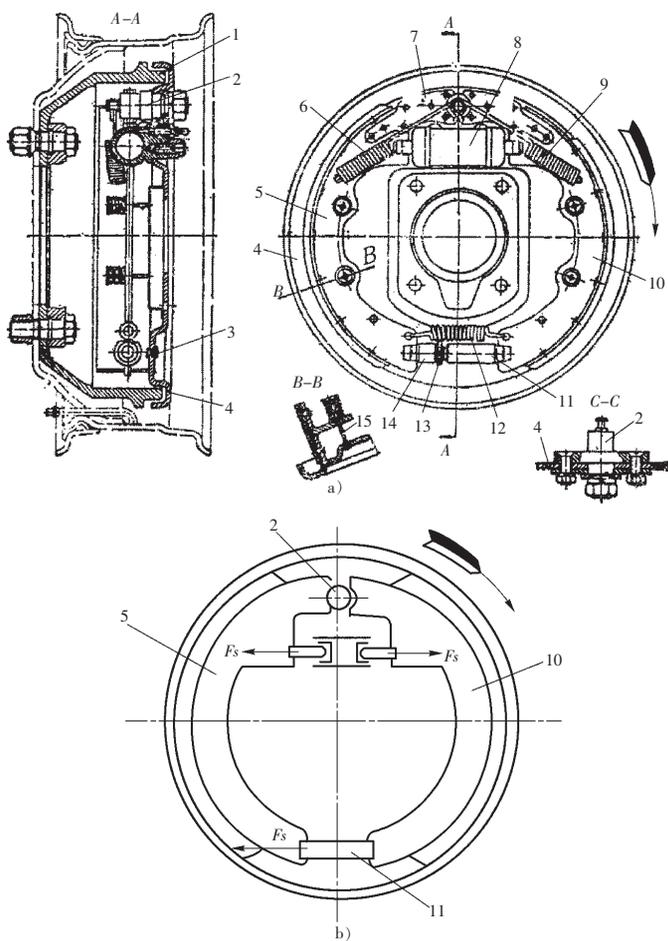


图 12-14 双向自动增力式制动器

a) 结构图 b) 原理图

1. 制动鼓 2. 支承销 3. 调整孔橡胶塞 4. 制动底板 5. 后制动蹄 6. 后蹄回位弹簧
7. 夹板 8. 制动轮缸 9. 前蹄回位弹簧 10. 前制动蹄 11. 可调推杆体 12. 拉紧弹簧
13. 调整螺钉 14. 可调推杆套 15. 制动蹄限位杆

钉 13 的中部有带齿的圆盘，螺钉 13 的右端拧入推杆体 11 的螺孔，左端的圆柱体插入顶杆套 14 的孔中。因而拨动带齿调整螺钉 13，可调整顶杆的工作长度改变蹄鼓间隙。由于调整螺钉带齿圆盘顶弯了拉紧弹簧 12，弹簧 12 对带齿圆盘产生了一个向下的压力，用以锁止调整螺钉。由于两蹄是通过回位弹簧浮动的悬挂在支承销上，为能保证蹄鼓间的正确位置 and 良好平稳的制动效果，有些制动器上支承销的位置也可以调整。

## 二、盘式车轮制动器

制动器的摩擦副中旋转元件为一个或多个圆盘（制动盘）者，称为盘式制动器。按固定元件的结构不同，可分为钳盘式和全盘式两大类，钳盘式广泛用于轿车或轻型货车上，而全盘式仅在少数重型货车上应用。

图 12-15 所示为丰田——皇冠轿车（天津 TJ740 型相同）前轮采用的钳盘式制动器在前桥上的安装情况。制动盘 3 五个螺钉 2 固定在前轮毂 1 上；制动钳 8 则用两个螺钉 9 固定在转向节 5 上（见 A-A 剖面），其制动钳体由内侧钳体和外侧钳体通过螺钉连接而成，制动盘伸入制动钳的两个制动块之间；内外两侧钳体各为一个液压油缸缸体；其中各有一个活塞。在转向节凸缘上还借四个螺栓 10 固定着用钢板冲压制成的制动器护罩 4，其上焊有加强盘 7 和油管支架 6。调整垫片 11 用以调整制动钳的支足部分与制动盘的距离  $L$ ，使其不小于一定值。

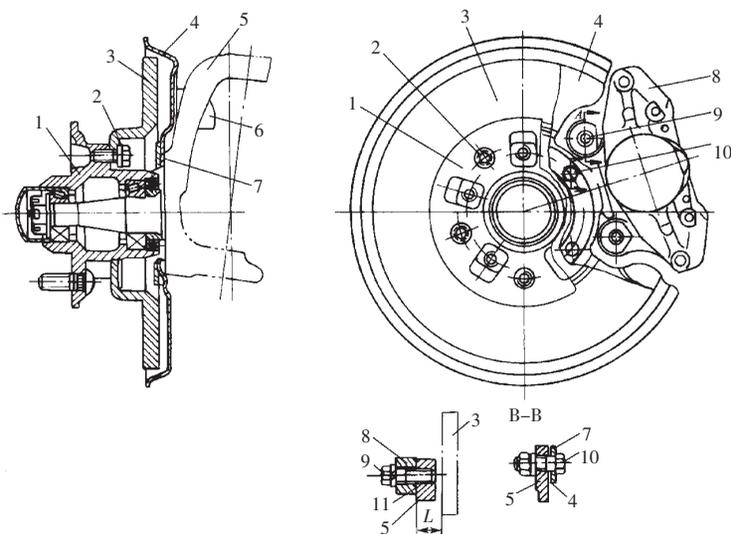


图 12-15 丰田—皇冠汽车前轮制动器安装图

1. 前轮毂 2、9. 螺钉 3. 制动盘 4. 制动器护罩 5. 转向节 6. 油管支架  
7. 护罩加强盘 8. 制动钳 10. 螺栓 11. 调整垫片

制动钳的构造如图 12-16 所示。制动钳体由内侧钳体 1 和外侧钳体 2 借螺钉 19 连接而成。制动盘 21 伸入制动钳的两个制动块 3 之间。制动块由以石棉为基础材料加热模锻的摩擦块 23 和钢质背板 22 铆合并粘结而成，通过两根导向销 15 悬装在钳体上，并可沿导向销移动。内外两侧钳体 1 和 2，实际上各为一个液压油缸缸体，其中各有一个活塞 4。油缸壁上有梯形截面环槽，其中嵌入矩形截面的活塞密封圈 8、将制动钳安装在汽车上时，须将

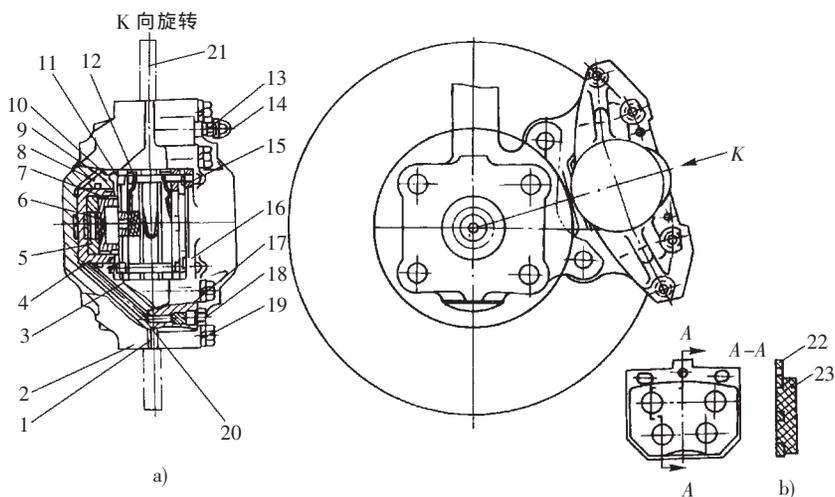


图 12-16 丰田—皇冠轿车盘式前轮制动器的制动钳

a) 制动钳 b) 制动块

1. 内侧钳体 2. 外侧钳体 3. 制动块 4. 活塞 5. 活塞垫圈 6. 压圈 7. 压圈密封圈
8. 活塞密封 9. 橡胶防护罩 10. 防护罩锁圈 11. 消声片 12. 弹簧 13. 放气阀 14. 放气阀防护罩
15. 制动块导向槽 16. R 形销 17. 进油口垫塞 18. 防污螺塞（装接管时取下）
19. 螺钉 20. 橡胶垫圈 21. 制动盘 22. 制动块背板 23. 制动块摩擦块

进油口防污螺塞 18 取下，再将油管接头旋入进油口，并使之压紧在垫塞 17 上。内、外侧钳体的前部有油道将两侧油缸接通。内侧油缸的油道中装有放气阀 13。

制动时，制动液被压入内外两侧油缸中。两活塞 4 在液压作用下移向制动盘，并通过垫圈 5 和压圈 6 将制动块压靠到制动盘上。在活塞移动过程中，橡胶密封圈 8 的刃边在摩擦作用下随活塞移动，使密封圈产生弹性变形。解除制动时，活塞连同垫圈 5 和压圈 6 在密封圈 8 的弹力作用下退回，直到密封圈变形完全消失为止。奥迪轿车前轮装用的是浮动钳盘式制动器，其结构如图 12-17 所示（上海桑塔纳轿车、北京切诺基吉普车前轮制动器也采用的这种型式）。旋转元件是制动盘 2，它和车轮轮毂装在一起，并和车轮一起转动。制动盘两个制动表面之间沿径向铸有 36 条筋，形成 36 条通道（图 12-18）所示以便散热。固定元件是制动钳，装在安装架 9 上，制动钳安装架 9 固定在前桥转向节上。内部单装一个活塞 5 的制动钳，可以通过固定在制动钳体 4 上并插入安装架 9 孔中的导向销 8 作轴向移动。制动钳上制动块所用的摩擦片与背板采用粘接法相连，工艺性好，并能提高摩擦片使用寿命。

浮动钳盘式制动器的工作原理如图 12-19 所示。制动时，活动制动块 6

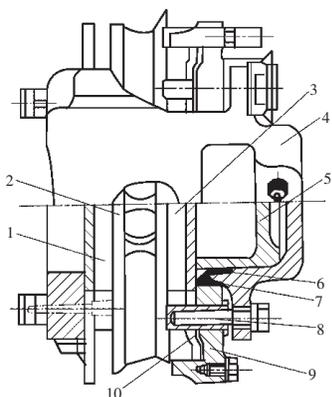


图 12-17 浮动钳盘式制动器

1. 固定制动块 2. 通风型制动盘 3. 活动制动块
4. 制动钳体 5. 活塞 6. 密封圈 7. 防护罩
8. 导向销 9. 制动钳安装架 10. 橡胶衬套

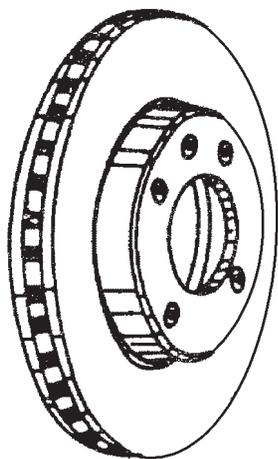


图 12-18 通风型制动盘

在液压作用力  $P_1$  作用下，由活塞 5 推靠在制动盘 4 上，同时制动钳上的反力  $P_2$  推动制动钳沿定位导向销 2 移动，使外侧的摩擦片 7 也压靠在制动盘 4 上，产生制动力，于是制动盘两边都被紧紧抱住，使其停止转动。制动盘又和车轮轮毂装在一起，所以车轮也停止了转动。橡胶衬套 10（图 12-17）不仅能稍微变形，以便消除制动器的间隙，而且可使导向销免受泥污。

解除制动时，橡胶衬套所释放出来的弹性能有助于外侧制动块离开制动盘。活塞密封圈 5（见图 12-19）在制动时变形，解除制动时就回复原状，使活塞回位。若制动盘和制动块间产生了过量间隙，则活塞将相对于密封圈

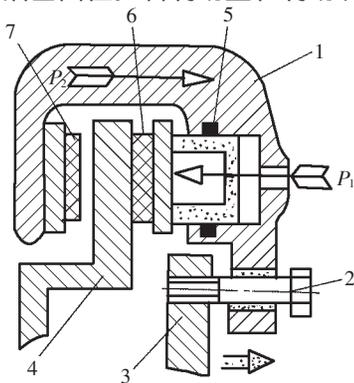


图 12-19 浮动钳盘式制动器工作原理示意图

1. 钳体 2. 导向销 3. 制动钳安装架 4. 制动盘
  5. 活塞密封圈 6. 活动制动块 7. 固定制动块
- $P_1$ . 液压作用力  $P_2$ . 液压反作用力

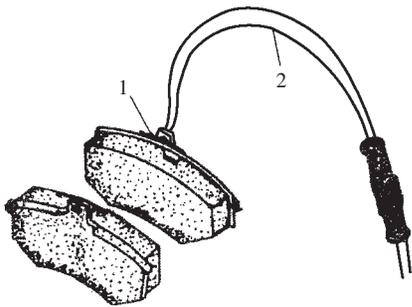


图 12-20 摩擦片及磨损传感器

1. 传感器 2. 警告灯导线

滑移，借此实现间隙的自动调整。

此外制动器摩擦片上装有磨损传感器，如图 12-20 所示。如果摩擦片磨损到最小厚度少于 2mm 时，则制动警告灯亮，这时应检查摩擦片厚度或更换摩擦片。浮动钳盘式制动器与固定钳盘式制动器相比较，浮动钳盘式制动器的单侧轮缸结构不需要跨越制动盘的油道，故不仅轴向和径向尺寸较小，有可能布置得更接近车轮轮毂，而且制动液受热汽化的机会较少，浮动钳盘式制动器现已基本取代了固定钳盘式制动器。

图 12-21 所示为上海桑塔纳轿车浮动钳盘式前轮制动器的制动钳。

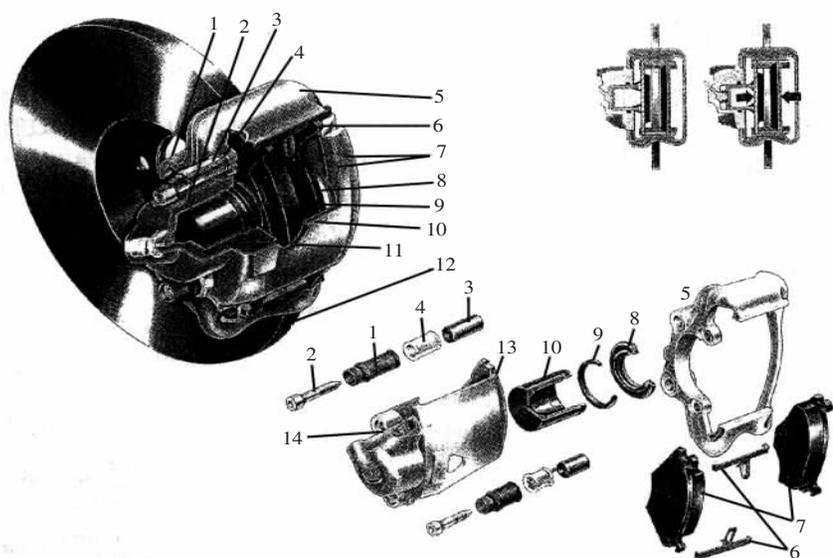


图 12-21 上海桑塔纳轿车前轮制动器

1. 橡胶衬套 2. 螺栓 3. 导向钢套 4. 塑料套 5. 制动钳固定支架 6. 保持弹簧
7. 制动块总成 8. 活塞防尘罩 9. 油封 10. 活塞 11. 制动钳浮动支架 12. 制动盘
13. 制动钳浮动支架 14. 排气孔

盘式制动器与鼓式制动器相比，其特点是：

(1) 因制动时无摩擦助势作用，制动器效能受摩擦系数的影响较小，即效能较稳定。但效能较低，要求制动管路液压比鼓式的高，一般要在液压传动装置中加装加力装置和采用较大的制动轮缸。

(2) 浸水后容易排出，因此效能降低较少，且只需经一两次制动即可恢复正常。

(3) 在制动过程中，制动力矩增长较鼓式缓和，故制动时的平顺性好。

(4) 结构简单、维修方便、尺寸和质量较小。

(5) 制动盘沿厚度方向的热膨胀量较小，不会像制动鼓的热膨胀那样，

使制动器间隙明显增加而导致制动踏板行程过大。

(6) 兼用于驻车制动时,需要加装的驻车制动传动装置较鼓式制动器复杂,故在后轮上的应用受到限制。

盘式制动器现已广泛应用于轿车,但一般只用前轮制动器。现不少货车也采用盘式制动器。

### 第三节 驻车制动器

为了保证汽车停放后,可靠地保持在原地(特别是在坡道上)不动,在汽车中设置了驻车制动器。这一套制动器通常用手柄操纵,所以也称为手制动装置,也可以采用气压式传动机构。这类制动器的旋转元件可以设置在传动轴上,此时称为中央制动器。驻车制动器也可在行车制动器失效后临时使用或配合行车制动器进行紧急制动。

驻车制动用中央制动器的优点是被制动的旋转元件的力矩未经放大,因此为得到同样的制动力,可用较小的臂力操纵,不仅使操纵轻便,而且增加了制动灵敏度。

常见的驻车制动器有盘式和鼓式两种。

#### 一、盘式驻车制动器

图 12-22 所示为解放 CA1091 型汽车驻车制动器及机械式传动机构的结构。制动蹄支架 17 用螺钉固定于变速器壳体的后壁。铸铁的通风式制动盘 3 借螺栓与变速器第二轴上的花键套凸缘连接。在制动盘的前后两侧各有一块端面上铆有扇形摩擦片的制动蹄 14。它们的中部分别用销钉与制动蹄臂 8 和 10 的中部作铰接。两制动蹄上端又各用销钉铰接在支架上。两制动蹄下段用弹簧拉紧,使其上端抵靠着支架的调整螺栓 15。制动臂拉杆穿过两制动蹄臂下端的孔,并与蹄片操纵臂 7 的中部用销钉铰接。蹄片操纵臂 7 的下端以销钉与前制动蹄臂的最下端相连。套在拉杆上的支持弹簧 9 使两侧的制动蹄臂及制动蹄分开。为了使各运动副磨损后便于更换,解放 CA1091 型汽车驻车制动器的各主要运动环节都增设了衬套。并将操纵杆改为冲压件,其外形美观,操纵轻便。

如图 12-23 所示,当拉动驻车制动操纵杆 15 向后(按汽车的方向)时,操纵杆通过传动拉杆 12 带动拉杆臂 11 逆时针方向摆动,推动前制动蹄臂 10 后移而压向制动盘 2,随后通过蹄臂拉杆 9 拉动后制动蹄臂 7,将回位弹簧 8 压缩,使后制动蹄前移,两制动蹄即夹紧制动盘,产生制动作用,并由棘爪 13 将操纵杆锁止在制动位置。

当放松驻车制动时,可按下操纵杆上端的拉杆按钮,使下端的棘爪脱

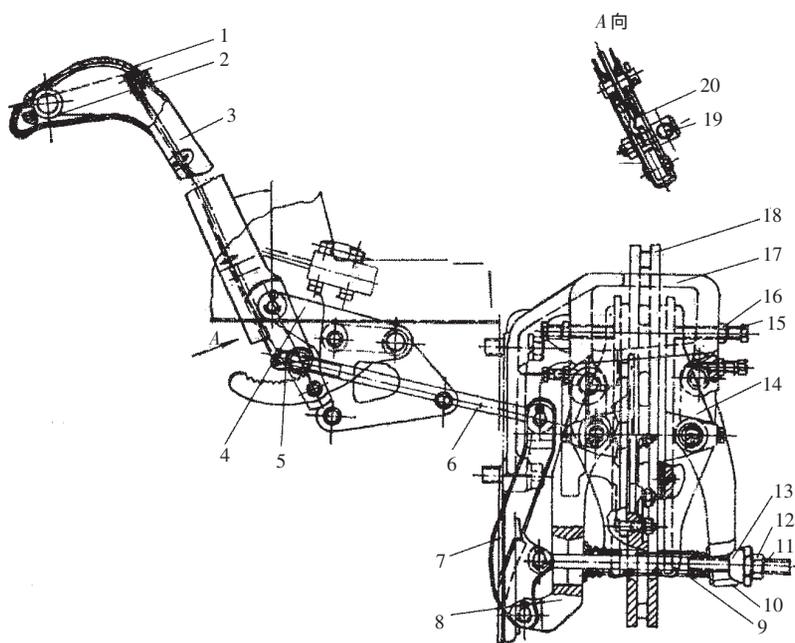


图 12-22 解放 CA1091 型汽车驻车制动器及其传动机构

1. 压板 2. 压杆 3. 操纵杆 4. 扇形齿板 5. 棘爪 6. 制动拉杆 7. 蹄片操纵臂 8. 前蹄臂 9. 支持弹簧 10. 后蹄臂 11. 制动臂拉杆 12. 锁紧螺母 13. 调整螺母 14. 制动蹄 15. 调整螺栓 16. 锁紧螺母 17. 制动蹄支架 18. 制动盘 19. 连接柱 20. 拉钩

出，然后将驻车制动操纵杆 15 推向最前端位置。前、后制动蹄在回位弹簧 8 的作用下回位至不制动的位置，驻车制动解除制动盘与制动蹄之间的正常间隙，可通过制动臂拉杆 11（图 12-22）后端的调整螺母 13 和两个制动蹄调整螺栓 15 来调整。

## 二、鼓式驻车制动器

鼓式驻车制动器的基本结构与前面所述的汽车制动器相同。常用的有凸轮张开式和自动增力式两种。

### 1. 凸轮张开式驻车制动器

图 12-24 所示为东风 EQ1090 型汽车的驻车制动器。采用凸轮张开的鼓式制动器和利用机械传动机构操纵。

制动鼓通过螺栓与变速器第二轴的突缘盘紧固在一起。制动底板用螺栓固定在变速器的后端壳体上，两制动蹄 6 下端通过偏心支承销 7 安装在制动底板上，其上端装有滚轮 5。在制动蹄回位弹簧作用下，制动蹄 6 上端的滚轮 5 始终靠紧在制动凸轮轴 4 的凸轮两侧，制动凸轮轴 4 通过底板支座支承在制动底板上部，其外端与摆臂 1 紧固在一起。摆臂 1 的另一端与拉杆 2 相

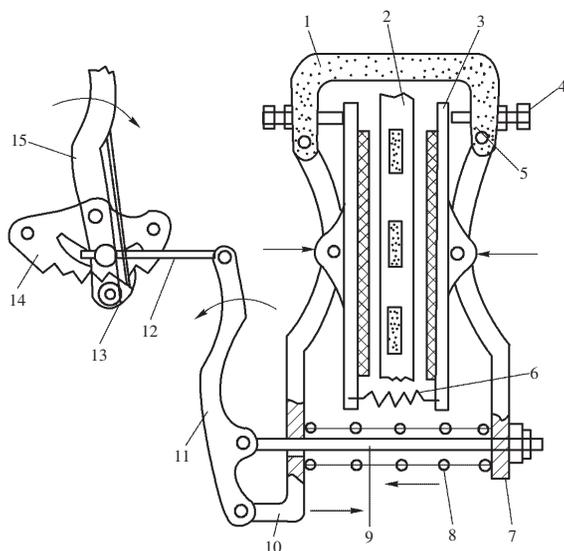


图 12-23 解放 CA1091 型汽车驻车制动器工作示意图

1. 支架 2. 制动盘 3. 制动蹄 4. 调整螺钉 5. 销 6. 拉簧 7. 后制动蹄臂  
8. 回位弹簧 9. 蹄臂拉杆 10. 前制动蹄臂 11. 拉杆臂 12. 传动拉杆 13. 棘爪  
14. 齿扇 15. 驻车制动操纵杆

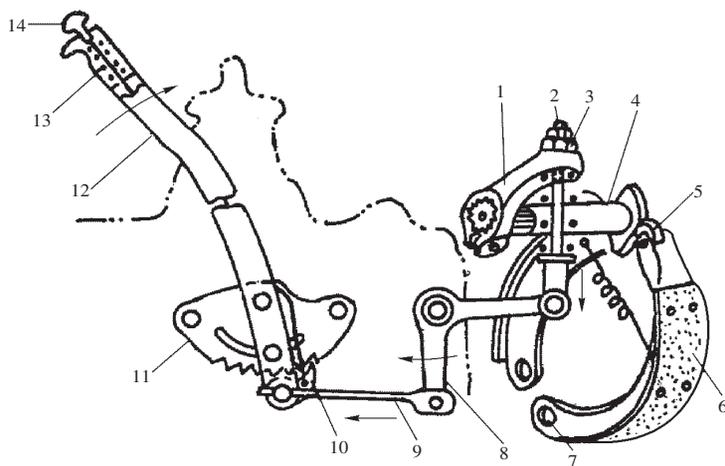


图 12-24 东风 EQ1091 型汽车驻车制动器

1. 摆臂 2. 拉杆 3. 调整螺母 4. 凸轮轴 5. 滚轮 6. 制动蹄 7. 偏心支承销 8. 摇臂  
9. 传动杆 10. 锁止棘爪 11. 齿扇 12. 驻车制动操纵杆 13. 拉杆弹簧 14. 按钮

连。拉杆上端装有压紧弹簧及垫圈，其上端装有球面调整螺母 3 及锁紧螺母，其下端与摇臂 8 铰接。摆臂借销子与变速器铰接，其下端与传动杆 9 铰接，传动杆的前端通过螺纹与驻车制动操纵杆 12 相连。齿扇 11 借螺钉固定在变速器壳体侧面上，带有锁止棘爪 10、按钮 14 和拉杆弹簧 13 及操纵杆 12 借销子与齿扇铰接。

制动时，将操纵杆 12 上端向后拉动，传动杆 9 前移，使摇臂 8 绕支销顺时针摆动，拉杆 2 带动摆臂 1 向下，摆臂带了凸轮轴 4 产生转动，从而使凸轮偏转将两制动蹄张开，两制动蹄片压紧制动鼓而产生制动，并由锁止棘爪 10 和齿扇 11 将驻车制动操纵杆锁止在制动位置。

解除制动时，按下驻车制动操纵杆上端的按钮 14，使下端的锁止棘爪 10 脱离齿扇，然后将驻车制动操纵杆推向最前端位置，各机件的运动方向与制动时的运动方向相反，从而使制动解除。

## 2. 自动增力式驻车制动器

图 12-25 所示为北京 BJ1040 型汽车采用的自动增力的鼓式驻车制动器。其制动鼓 12 用螺栓 14 和螺母 15 紧固在变速器第二轴的凸缘盘 13 上。制动底板 1 和驻车制动蹄的支承销 11 用螺栓 19 固定在变速器的壳体后端部。两制动蹄和调整棘轮 18 等通过拉簧 3 浮动地悬挂在支承销上，并用压簧 7 等轴向定位。蹄的下端利用调整棘轮 18 相互铰接，并用拉簧 20 定位。驻车制动臂上端用销轴 5 与右制动蹄铰连，且通过推板 4 和左制动蹄靠在一起，臂的下端与穿过底板的钢丝绳 22 相连，制动手柄 23 通过钢丝绳和摇臂 29 等与制动器软连接传力，且钢丝绳的松紧可用调整螺母 30 进行调整。

如图 12-25b) 所示，当制动时，将制动手柄 23 连同棘齿拉杆 32 拉出，使驻车制动传动机构的一整套机件沿箭头所示的方向运动。此时制动器内的驻车制动臂 6 绕销轴 5 顺时针转动。其制动臂在转动过程中，一方面通过推板 4 将左制动蹄压向制动鼓，另一方面驻车制动臂上端右移，通过销轴 5 将右制动蹄压向制动鼓，从而产生制动作用，随着棘齿拉杆 32 被拉至制动位置后，棘爪 34 便插入棘齿间，使制动器锁止在制动状态。

解除制动时，须先将制动手柄 23 连同棘齿拉杆 32 顺时针转过一定角度（图中虚线位置），使棘爪脱离啮合，再将制动手柄推回到不制动的位位置，并转回一定角度，以便下次制动。

奥迪轿车的驻车制动器装在后车轮里，和后轮制动器合用，这样使结构简单，可减少制动系的重量。但需要另外装置一套手动机械操纵机构来控制制动蹄向外张开，刹住制动毂，使车轮不能转动。驻车制动器操纵机构的部分组成可见图 12-6。驻车制动拉杆 7 铆装在制动蹄 3 上并能自由摆动。推杆 2 一端的槽插靠在驻车制动拉杆上，另一端槽孔插装在另一制动蹄的凸棱上。连接弹簧 4 一端钩挂在推杆一侧的孔内，另一端钩挂在制动蹄凸棱上的

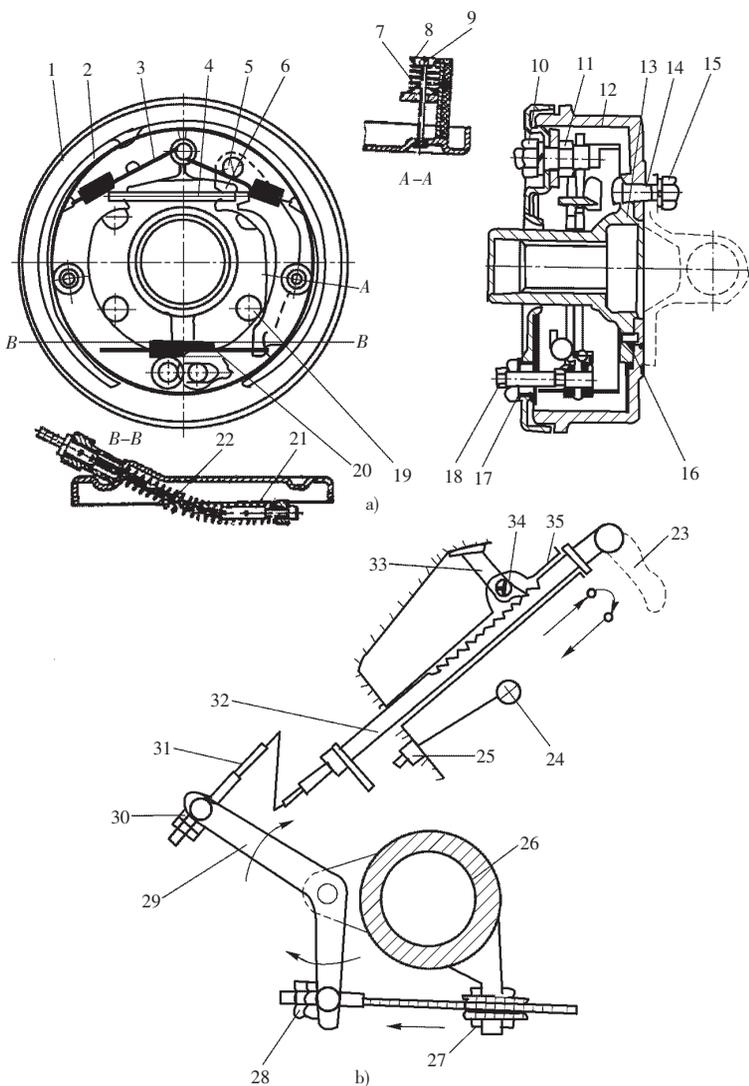


图 12-25 自动增力式驻车制动器及传动机构

a) 制动器 b) 传动机构

1. 制动底板 2. 驻车制动蹄 3. 拉簧 4. 推板 5. 销轴 6. 驻车制动臂 7. 压簧 8. 压簧座
9. 压簧拉杆 10. 螺母 11. 支承销 12. 制动鼓 13. 变速器第二轴凸缘盘 14. 螺栓 15. 螺母
16. 埋头螺钉 17. 防尘套 18. 调整棘轮 19. 螺栓 20. 拉簧 21. 回位弹簧 22. 钢丝绳
23. 制动手柄 24. 驻车制动指示灯 25. 驻车制动指示灯开关 26. 前桥 27. 导管 28. 调整螺母
29. 摇臂 30. 调整螺母 31. 钢丝绳 32. 棘齿拉杆 33. 支座 34. 棘爪 35. 导管

孔内，其位置和推杆 2 平行，由于弹簧 4 的作用，使推杆 2 拉靠在手制动拉杆 7 上，拉杆下端和通过制动底板 10 相应孔而进入的手制动软轴相连。

## 第四节 液压制动装置

液压制动装置是利用制动油液，将驾驶员的踏板力转换为油液压力，传至车轮制动器，然后通过制动轮缸将油液压力变为使制动蹄张开的机械力的装置。

图 12-26 所示是液压式单管路制动系示意图。它主要由制动踏板 6、制动主缸 7 和前、后轮制动器以及油管 5、8、11 组成。整个系统内充满了传动介质——制动油液。

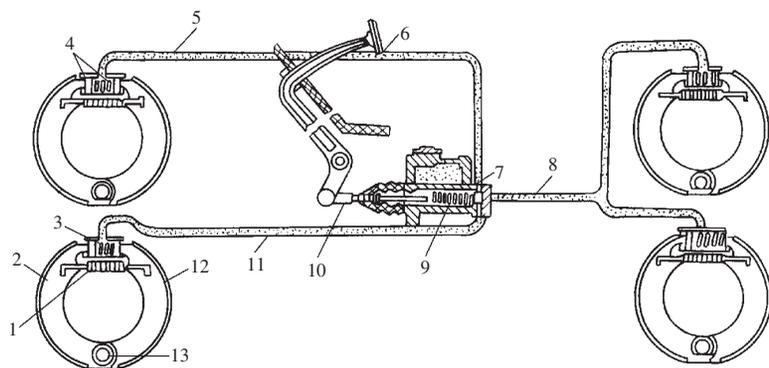


图 12-26 单回路液压制动系示意图

1. 回位弹簧 2. 制动蹄 3. 轮缸 4. 活塞 5. 油管 6. 制动踏板 7. 主缸 8. 油管
9. 活塞 10. 推杆 11. 油管 12. 制动蹄 13. 支承销

制动时，踩下制动踏板 6，使推杆 10 推动主缸活塞 9，将油液自主缸 7 中压出并经油管 8 同时分别进入前后车轮轮缸 3 内；使轮缸活塞 4 向外移动，从而将制动蹄片压靠到制动鼓上，使汽车制动。当松开制动踏板时，制动蹄和轮缸活塞在回位弹簧作用下回位，将制动液压回制动主缸，使制动解除。

### 一、液压制动系统类型

液压制动系按制动管路布置不同可分为单回路液压制动装置和双回路液压制动装置。如图 12-27、图 12-28 和图 12-29 所示。

如图 12-27 所示为单回路液压制动系统示意图，制动主缸只有一个输出口，与轮缸之间用油管连接，并充满制动液。当踩下制动踏板时，制动主缸的推杆推动主缸活塞使主缸油压升高，制动液便经油管流至四个车轮的制动轮缸，迫使轮缸活塞在油压力作用下外移，推动两制动蹄张开产生制动。当松开制动踏板时，制动蹄和轮缸活塞在回位弹簧作用下回位，将制动液压回制动主缸，从而解除制动。

双回路液压制动系统有两套独立的液压回路，若其中的一套回路损坏漏油时，另一套仍能起制动作用，从而提高了汽车制动的可靠性和安全性。

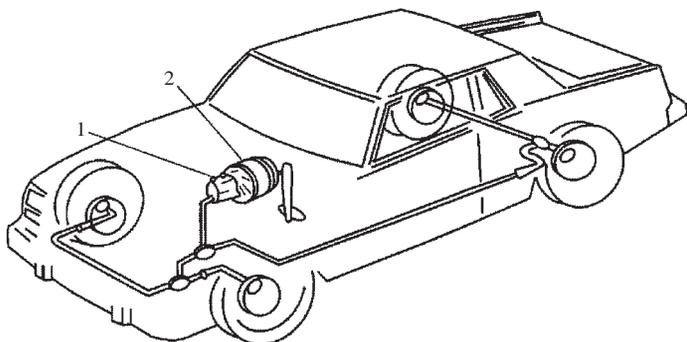


图 12-27 单回路液压制动系统示意图

1. 制动主缸 2. 可选的动力装置

图 12-28 所示为前/后分立式双回路液压制动系统示意图，它由双腔主缸通过两套独立回路分别控制前、后车轮制动器，即两个前轮在一个液压回路上，两个后轮在一个液压回路上。如果一个回路失灵，另一个回路仍能使车辆停住。但是，前轮制动器担负整个制动系工作的 60% 多，如果前轮制动回路失效，则所有制动工作全部由后轮承担，这意味着将只能用 30% 多的制动力完成全车制动，这显然是不理想的。

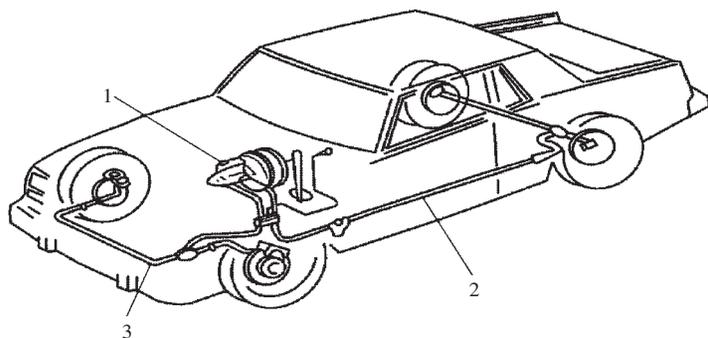


图 12-28 前、后分立式液压制动系统示意图

1. 制动主缸 2. 后系统 3. 前系统

图 12-29 所示为对角分立式液压制动系统示意图，它由双腔主缸通过两套独立的液压回路分别控制前、后车轮制动器。一个回路控制左前轮和右后轮，一个回路控制右前轮和左后轮。在一个回路失效时，另一个回路在一个

前轮和与其对应的后轮上进行制动工作，因此制动力能维持总制动力的50%。

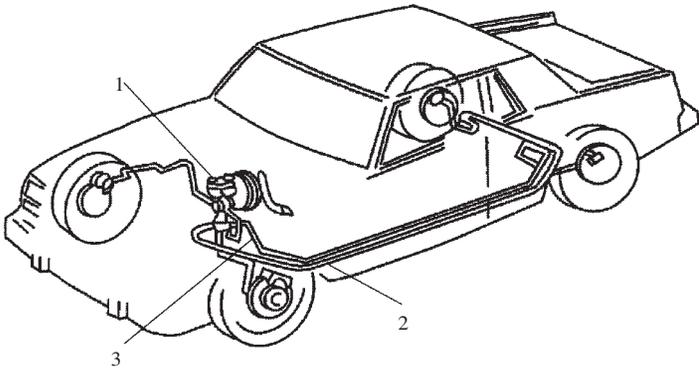


图 12-29 对角分立式液压制动系统示意图

1. 制动主缸 2. 左前/右后系统 3. 右前/左后系统

## 二、制动主缸

制动主缸是把施加于制动踏板上的力转换成液压的装置，也称制动总泵。制动主缸有的与贮液室铸成一体，也有两者分开用油管连通的。

图 12-30 所示是一种单回路整体式制动主缸，其上部的贮液室与下部的工作缸筒合铸成一体。盖上的螺塞 1 有挡片和通大气的孔 2。贮液室可借补偿孔 3 和旁通孔 4 与主缸相通。缸筒内装有铝活塞 11，活塞端面铆有星形垫片，用以盖住活塞头部的六个轴向小孔 10，以免橡胶皮碗 9 在与这些小孔相对处发生凹陷变形。回位弹簧 8 压住皮碗 9，并将活塞推靠在挡圈 13 上，同时还使回油阀门 5 紧压主缸体上的阀座。回油阀门 5 为带金属托片的橡胶环，其中央的出油孔被带弹簧 7 的出油阀门 6 密闭。制动踏板下臂与拉杆铰接，而拉杆又与主缸推杆 14 借螺纹连接。推杆在工作过程中有摆动，因而其后端成半球形，伸入活塞背面的凹部。不制动时，推杆头部与活塞之间保持一定间隙，皮碗 9 和活塞头部正好处于旁通孔 4 与补偿孔 3 之间，使皮碗前后的主缸工作腔均与贮油室相通。

当踏下制动踏板时，推杆推动主缸活塞压缩回位弹簧并向右移动，直到皮碗堵住了旁通孔 4 后，主缸内液压开始建立。当压力升高到足以克服出油阀弹簧 7 的弹力时，便推开出油阀，将制动液输送到各制动轮缸，使制动轮缸中的液压升高，推动制动蹄张开而产生制动作用。

当驾驶员踩下踏板后将其保持在某一位置上不动时，主缸工作腔及轮缸内油压不再升高。回油阀前后油压平衡并在弹簧 7 的作用下关闭，此时，出

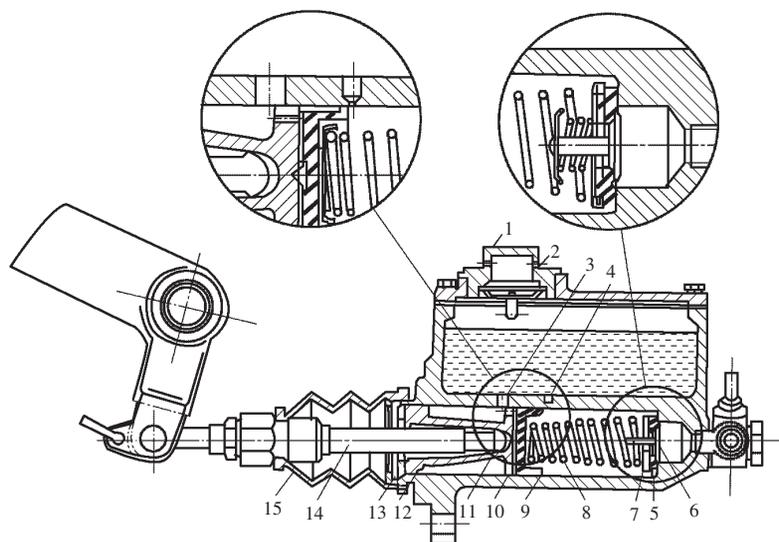


图 12-30 单回路整体式制动主缸

1. 螺塞 2. 通气孔 3. 补偿孔 4. 旁通孔 5. 回油阀门 6. 出油阀门  
7. 出油阀门弹簧 8. 活塞回位弹簧 9. 皮碗 10. 活塞上的小孔 11. 活塞  
12. 皮圈 13. 挡圈 14. 推杆 15. 橡胶防护罩

油阀和回油阀都处于关闭状态，制动系统保持一定的制动强度。

当迅速松开制动踏板后紧接着又踩下踏板时，由于迅速松开踏板，活塞在回位弹簧的作用下很快退回，而油管及回油阀处有阻尼作用，使得制动管路中的制动液来不及流回主缸而造成右腔低压，左腔内的制动液便由活塞头部六个小孔推开星形片从皮碗边缘补充到活塞右腔。由于活塞右腔制动液增多后，紧接着又踩下踏板，就使得制动力增大，从而加强了制动效果。

当完全放松制动踏板时，制动踏板机构、主缸活塞和轮缸活塞在各自的弹簧作用下回位，管路中的高压油液借其压力推开回油阀流回主缸，于是制动被解除。

由于主缸活塞回位弹簧具有一定的预紧力，当管路和轮缸中的液压低到不能克服此预紧力时（不制动时），回油阀处于关闭状态，制动液停止回流。这样，在不制动时，使液压管路和轮缸中能经常保持一定的残余压力。其目的是能使轮缸皮碗处于张紧状态，以防漏油，而且能防止空气渗入管路和轮缸内。

为了使主缸活塞能在其回位弹簧作用下退至与挡圈 13 接触的极限位置，以免皮碗堵住旁通孔 4，不制动时，推杆的球头与主缸活塞之间应留一定间隙，为消除这一间隙所需的踏板行程，称为制动踏板自由行程。该行程过大或过小都将影响制动效果，应及时予以调整。

北京 BJ2020 型汽车的制动主缸的结构原理与上述基本相同，但其缸体与离合器液压操纵主缸的缸体铸成一体，二者共用一个贮液室。两个缸筒并列，但工作时并不相通，分别属于各自的液压回路。

### 三、制动轮缸

轮缸是将制动主缸产生的液压，转换成促动力推动制动蹄压紧制动鼓或推动摩擦片压紧制动盘的部件，又称为分泵。由于车轮制动器的形式不同，轮缸的数目和结构形式各异，通常将其分为双活塞式和单活塞式两类。

#### 1. 双活塞式轮缸

图 12-31 所示为双活塞式制动轮缸。缸体 1 用螺栓固定在制动底板上。缸内有两个活塞 2，两个刃口相对的密封皮碗 3 利用弹簧 4 压靠在两活塞上，以保持两皮碗之间的进油孔畅通。活塞外端凸台孔内压有顶块 5 与制动蹄的上端抵紧。缸体两端的防护罩 6，用以防止尘土和水分进入，以免活塞和缸体生锈和卡死。在缸体上方装有放气阀 9。制动时，制动液自油管接头和进油孔 7 进入，活塞在液压作用下外移，通过顶块 5 推动制动蹄。有些双活塞式轮缸是两活塞直径不等的阶梯式轮缸，这种轮缸一般多用于简单非平衡式制动器中。

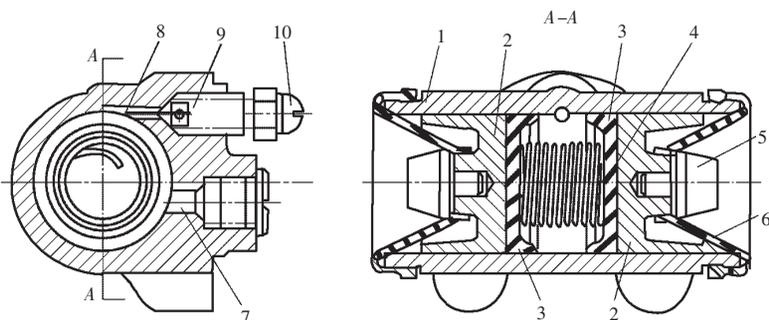


图 12-31 双活塞制动轮缸

1. 缸体 2. 活塞 3. 皮碗 4. 弹簧 5. 顶块 6. 防护罩 7. 进油孔 8. 放气孔  
9. 放气阀 10. 放气阀防护螺钉

#### 2. 单活塞式轮缸

图 12-32 所示为北京 BJ2020 型汽车前轮制动器配用的单活塞式轮缸。为了缩小轴向尺寸，液腔密封件不用抵靠活塞端面的皮碗，而采用装在活塞导向面上切槽内的皮圈 4。进油间隙借活塞端面的凸台保持。

放气阀 1 的中部有螺纹，尾部有密封锥面，平时应旋紧压靠在阀座上。与密封锥面相连的圆柱面两侧有径向孔，与阀中心的轴向孔相通。需要放气

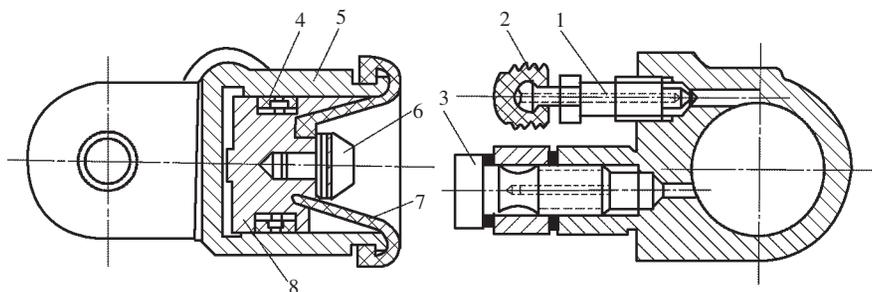


图 12-32 单活塞式制动轮缸

1. 放气阀 2. 护罩 3. 进油管接头 4. 皮圈 5. 缸体 6. 顶块 7. 防护套 8. 活塞

时,先取下橡胶护罩2,再连踩几下制动踏板,对缸内空气加压;然后踩住踏板不放,将放气阀旋出少许,空气即行排除。空气排尽后,再将放气阀旋闭。

奥迪型轿车和桑塔纳轿车都采用液压传动对角线双回路制动系统。图12-33是奥迪轿车制动传动系统示意图。制动主缸3的前腔与通右前轮、左后轮的制动回路4相通。制动主缸3的后腔与通左前轮、右后轮的制动回路5相通。两个制动回路4、5呈交叉型对角线布置。

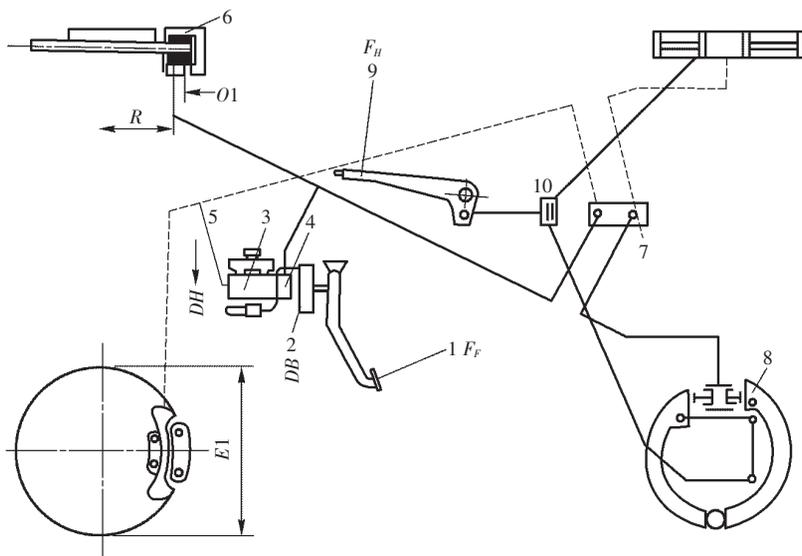


图 12-33 奥迪 100 型轿车制动传动系统

1. 制动踏板 2. 真空助力器 3. 主缸 4. 通右前轮和左后轮的制动回路  
5. 通左前轮和右后轮的制动回路 6. 前轮盘式制动器 7. 感载比例阀  
8. 后轮鼓式制动器 9. 驻车制动操纵杆 10. 驻车制动操纵缆绳

制动时,驾驶员踩下制动踏板1,踏板力经真空助力器2放大后,作用

在制动主缸的活塞上，使活塞移动，将制动液加压后，分别输送到两个制动回路，再进入各车轮制动器的轮缸。轮缸活塞在具有一定压力的制动液作用下移动，推动制动蹄使车轮制动。这种液压传动对角线双回路制动系统能保证在任何一个回路出现故障时，仍能得到总制动效率的50%。而普通双回路液压制动传动系统当一个回路失效时，制动效率只能达到30%左右。此外，这种制动系统结构简单，而且直行时紧急制动的稳定性好。缺点是不能保证制动时汽车两边制动力相等，对汽车稳定性有不良影响。但若采用图 12-34 所示主销偏移距为负值的前悬架，也就是让主销轴线延长线与路面交点至车轮中心平面的距离  $r_s$  位于车轮的外侧，就可以改善制动的稳定性。

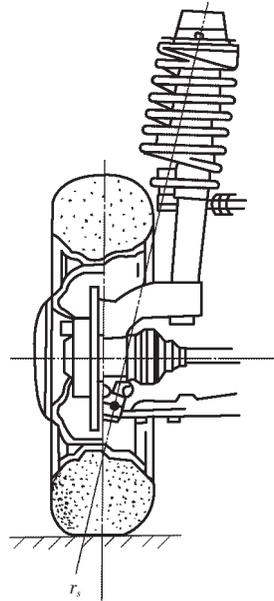


图 12-34 主销负偏移距

图 12-35 所示为奥迪 100 型轿车双回路液压制动传动系统中的串联式双腔制动主缸。直筒式缸体 11 内装有两个活塞 3 和 9，活塞 9 位于缸筒的中间部分，将主缸内腔分为两个工作腔 12 和 17。第一工作腔 17 既与右前盘式制动器轮缸相通，还经感载比例阀与左后轮鼓式制动器轮缸回路相通。第二工作腔 12 也有两条通路：一是通往左前盘式制动器的轮缸；二是经感载比例阀通往右后轮鼓

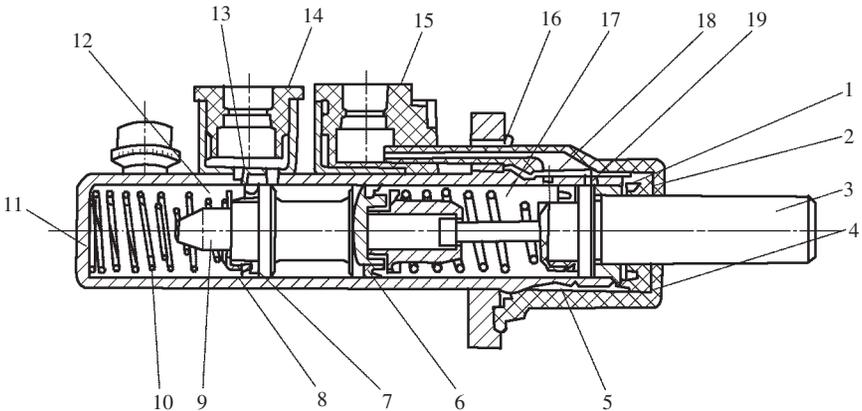


图 12-35 串联式双腔制动主缸

- 1. 套 2. 密封套 3. 第一活塞 4. 盖 5. 防动圈 6. 密封圈 7. 垫片 8. 挡片
- 9. 第二活塞 10. 弹簧 11. 直筒式缸体 12. 第二工作腔 13. 密封圈 14. 15. 进油孔
- 16. 定位圈 17. 第一工作腔 18. 补偿孔 19. 回油孔

式制动器的轮缸回路。每套管路和工作腔又分别通过补偿孔 18 和进油孔 19 与贮油罐相通。第二活塞 9 两端都承受弹簧力，但左弹簧张力小于右端弹簧，故主缸不工作时，第二活塞由右端弹簧保持在正确的初始位置，使补偿孔和进油孔与缸内相通。第一活塞 3 在左端弹簧力作用下，压靠在套 1 上，使其处于补偿孔 18 和回油孔 19 之间的位置。密封套 2 用来防止主缸向外漏油，此外每个活塞上都有密封圈，以便两腔建立油压并保证密封。

制动时驾驶员踩下制动踏板，真空助力器推动第一活塞 3 左移，在其密封圈盖住补偿孔 18 后，第一工作腔 17 的油液建立起压力。油液一方面通过腔内出油口进入右前左后制动管路，一方面又推动第二活塞，第二活塞在油液压力和第一活塞前端杆部推动力作用下，克服弹簧 10 的张力而向左移动，使第二工作腔 12 也产生了压力，推开腔内出油阀，使油液进入右后左前制动管路，于是两制动管路对汽车施行制动。

如果右前左后轮制动管路损坏漏油，则在踩下制动踏板时，起先只是第一活塞前移，而不能推动第二活塞，因而第二工作腔中不能建立压力。但在第一活塞前端杆部能顶到第二活塞时，便能推动第二活塞，使第二工作腔起作用。

若左前右后轮制动管路损坏漏油，则踩下制动踏板时，只有第一工作腔中能建立一定的压力，而第二工作腔无压力。此时在压力差的作用下，第二活塞被迅速推到底，第一工作腔中压力方能升高到制动所需的数值。可见，双回路液压系统中，一套回路漏油时，另一套回路仍能工作，只是所需的踏板行程要加大。

奥迪 100 型轿车后轮鼓式制动器使用的轮缸是双活塞式制动轮缸，其构造如图 12-36 所示。其工作原理不再做详细介绍。图 12-37 所示是奥迪轿车上使用的感载比例阀，它用螺钉固定在车身下边、推杆 1 末端架上挂有拉力弹簧，拉力弹簧的另一端挂在安装在后梁上的滚轮上。

感载比例阀有两个腔，各装有活塞 3 和阀门 5，阀门两端形成两个腔，右腔和进油口相通，通过油管 and 主缸出油口相连。左腔和出油口相通，通过管路和后轮制动管路相连。不制动时，活塞 3 在拉力弹簧通过杠杆 1 施加的推力  $F$  作用下，处于左端极限位置，阀门 5 处于开启位置。

制动时，来自主缸而压力为  $p_1$  的制动液由进油口进入，并通过阀门 5 从出油口输出至后制动管路，此时输出压力  $p_2 = p_1$ 。因活塞 3 左端承压面积大于右端承压面积，故  $p_1$  和  $p_2$  对活塞的作用力不等，于是活塞不断右移，最后使阀门座与阀门接触而达到平衡状态。此后， $p_2$  的增量将小于  $p_1$  的增量。

这种感载比例阀的特点是作用于活塞的轴向力  $F$  是可变的，在汽车装载质量增加时，后梁载荷也增加，因而后梁向车身移近，将弹簧进一步拉伸，作用于活塞上的推力  $F$  便增大。调节作用起始点的控制压力值便随汽

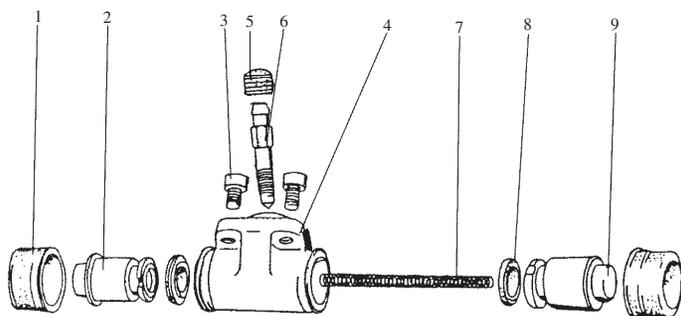


图 12-36 后轮鼓式制动器轮缸

1. 护帽 2. 柱塞 3. 凸圆头螺钉 4. 制动轮缸缸体 5. 防尘罩 6. 放气螺塞螺栓  
7. 弹簧 8. 密封圈 9. 顶块

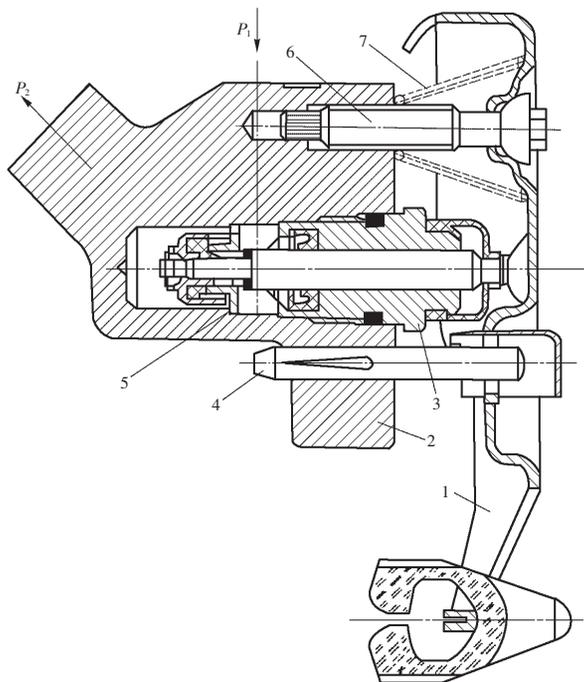


图 12-37 感载比例阀

1. 杠杆 2. 阀体 3. 活塞 4、6. 导向柱 5. 阀门 7. 平衡弹簧

车实际载荷的增减而成比例地增减。

奥迪轿车凡是选装动力转向、液压助力制动装置的，都装有组合式液压系统。液压制动助力装置、动力转向系统和自动平衡系统均由组合式液压系统供给油压。

组合式液压系统的组成如图 12-38 所示。油罐 1 贮有液压油，由组合液压泵 8 吸出，加压后，一路送往动力转向系统 9。另一路经压力调节器 7 调压后，送往液压助力系统 6 和调节阀 4 及自动平衡系统 3。当转向、制动过程结束，液压油又从相应的管路返回油罐。

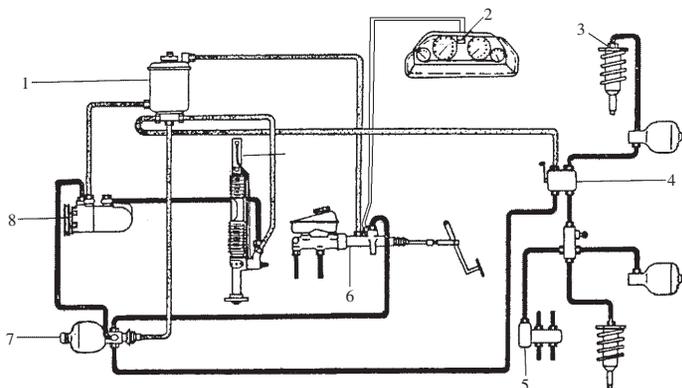


图 12-38 组合式液压系统

1. 油罐 2. 警告灯 3. 自动平衡系统 4. 调节阀 5. 制动力调节器 6. 制动助力系统  
7. 压力调节器 8. 油泵 9. 动力转向系统

液压泵的结构如图 12-39 所示，它有两个回路，其中一个回路由两个泵元件组成，它供给制动助力装置和自动平衡系统油压，其压力的调节由蓄能器完成。另一个回路由 6 个泵元件组成，它向动力转向装置供油，其压力和流量由泵匣控制。

组合式液压系统采用了带压力调节器的蓄能器，其结构如图 12-40 所示。左侧圆形部分为蓄能器，分为两腔，左边充有氮气，使其压力保持在 9MPa 左右。当从油泵来的油压力达到一定值时，压开单向阀，充入到蓄能器的右腔，使左腔的气体体积被压缩，压力升高。当其压力达到大约 14.4MPa 时，压力调节阀门打开供油管路 2，向自动平衡装置供油。当油压达 15MPa 时，溢流阀被打开，剩余的油经溢流口 4 返回油池。

当液压泵供给能量下降时，蓄能器将使组合式液压系统的能量减少到最小值。当发动机不工作时，压缩气体中储存的能量，足可以保证制动的可靠性。

组合式的压力调节阀，保证蓄能器内的压力首先满足制动助力系统的需要。在没有自动平衡系统的车辆上，蓄能器上相应的出油口 2 被关掉。

液压制动助力装置的结构如图 12-41 所示。其工作过程如下：当施行部分制动时，制动踏板被踩下，控制柱塞打入口 A，同时压力返回口关闭，使压力腔建立起压力，控制套 3 移动，直到入口重新关闭为止。控制套 3 的压

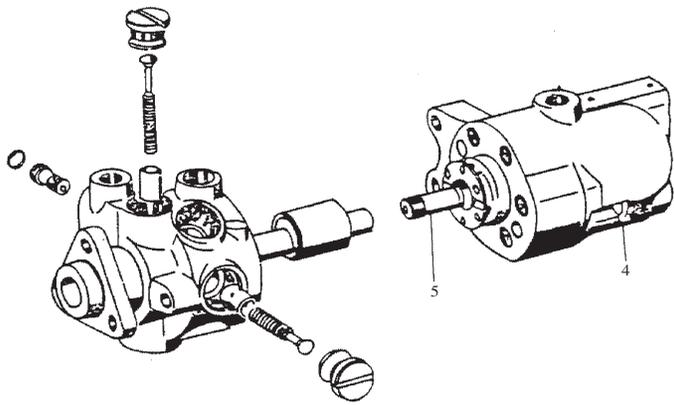
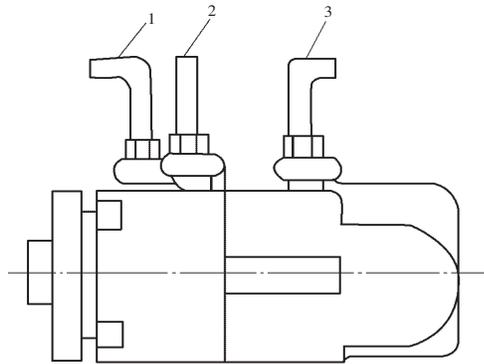


图 12-39 液压泵

1. 蓄能压力管 2. 进油管 3. 动力转向进油管 4. 振荡阻尼器 5. 高压阀

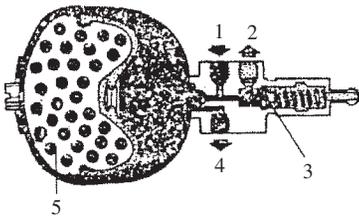


图 12-40 带压力调节器的蓄能器

1. 进油口 2. 往自动平衡系统出油口  
3. 到制动助力出油口 4. 溢流口  
5. 氮气

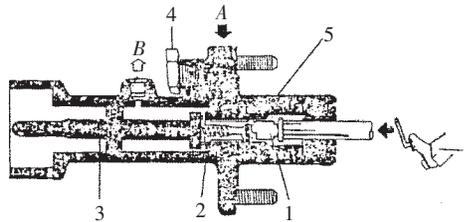


图 12-41 液压制动助力器

- A. 进油口 B. 回油口  
1. 来自蓄能器的油 2. 控制柱塞  
3. 控制套 4. 压力开关 5. 止推片

力通过推杆传递到制动主缸，以帮助驾驶员踏动制动踏板。如果施加到控制板上的压力增加，上述过程就重复进行。

全制动时，当加在制动踏板上的力足够并有效地作用在踏板推杆上时，控制套入口保持全部打开。因在制动踏板推杆上的脚压力比控制套的压力效果大，这时对脚的压力无助力。

当松开踏板时，加在制动在踏板上的压力在制动期间减少，控制套关闭入口，而回油口打开，助力器右腔预先吸入的液体在控制柱塞 2 和控制套 3 之间流回油池。

解除制动时，制动踏板回位，制动助力器所需的全部液体流回储油罐，控制套停止在右面。来自蓄能器的油作用在活塞上，通过止推片 5，压力传到控制套的右边凸缘上，这样就保证入口适当关闭。

液压制动助力器和主缸的装配情况如图 12-42 所示。

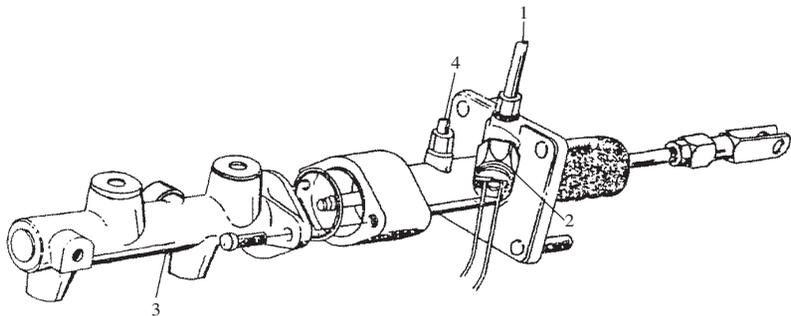


图 12-42 制动主缸和液压助力器

1. 油管 2. 警告灯压力开关 3. 制动主缸 4. 回油口

组合式液压系统中的自动平衡系统是一种减振器，它可以由所载乘客的质量多少，自动调整车身的位置，达到所需的平衡状态。它所需液力压力大小，可由蓄能器进行调节供给。

## 第五节 气压制动系

气压制动系是发展最早的一种动力制动系，其供能装置和传动装置全部都是气压式的，其控制装置大多数是由制动踏板机构和制动阀等气压控制元件组成。

### 一、气压制动系的组成和布置

气压制动系的组成如图 12-43 所示，它主要有制动踏板、制动气室和简单非平衡式车轮制动组成。

### 1. 解放 CA1091 型汽车双管路气压制动系

图 12-44 所示为解放 CA1091 型汽车双管路气压制动系布置示意图。它主要由气源部分和控制部分组成。气源部分包括空气压缩机 1 和调压装置、储气筒、气压表 13、放气阀 7 和安全阀 3 等部件；控制部分包括制动踏板、拉杆、制动控制阀 12 等。由空气压缩机 1 产生的压缩空气经单向阀 16 先进入较小的湿储气筒 5，并利用压缩空气在容器内的骤然膨胀和冷却，使油、水分离出来并沉淀于筒底。然后，清洁干燥的压缩空气又经单向阀分别进入独立的主贮气筒的前、后腔。主贮气筒的前腔与制动控制阀 12 的上腔相连，以控制后轮制动，同时通过管路

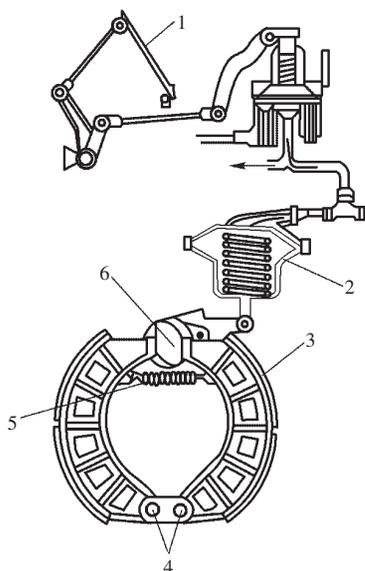


图 12-43 气压制动系示意图

- 1. 制动踏板 2. 制动气室 3. 制动蹄片
- 4. 支承销 5. 回位弹簧 6. 凸轮

与双针气压表 13 及调压器 14 相连；贮气筒后腔与制动控制阀 12 的下腔相连，以控制前轮制动，同时也通过管路与双针气压表上的另一个弹簧管相连。双针气压表的上指针指示贮气筒前

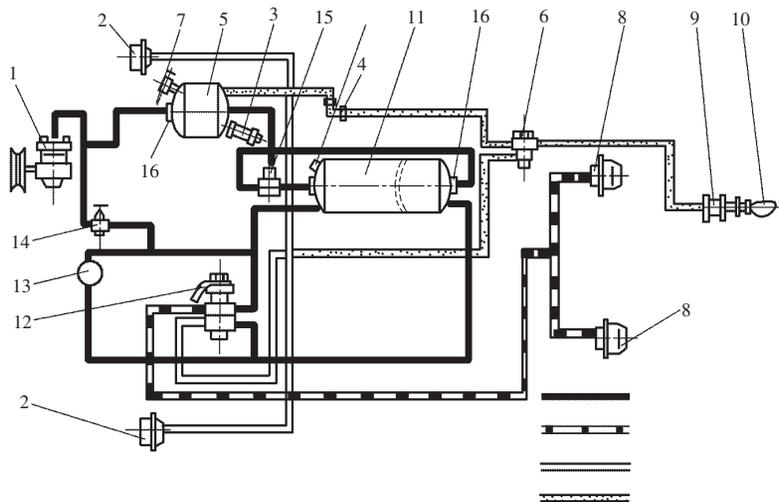


图 12-44 解放 CA1091 型汽车双管路气压制动系布置

- 1. 双缸空气压缩机 2. 前轮制动气室 3. 安全阀 4. 接头 5. 湿储气筒 6. 挂车制动控制阀
- 7. 取气阀 8. 后轮制动气室 9. 分离开关 10. 连接头 11. 贮气筒 12. 双腔串联制动控制阀
- 13. 双针气压表 14. 调压器 15. 三通接头 16. 单向阀

腔的气压，下指示针指示后腔的气压。

当踩下制动踏板时，拉杆拉动制动控制阀拉臂，使制动控制阀工作，贮气筒前腔的压缩空气便通过制动阀主腔进入后轮制动气室 8，使后轮制动，同时，贮气筒后腔的压缩空气通过制动控制阀下腔进入前轮制动气室 2，使前轮制动。与此同时，前制动管路接通挂车制动控制阀 6，将由湿贮气筒 5 通向挂车的通路切断，由于挂车采用断气制动，所以挂车也同时制动。

当放松制动踏板时，前、后制动气室、挂车制动阀及管路中的压缩空气，都经由制动阀排入大气，从而制动被解除。

由上可见，解放 CA1091 型汽车采用的双管路气压制动系具有如下结构特点：

(1) 主贮气筒的前、后两腔和制动控制阀的上、下两腔以及前后制动管路都彼此独立；

(2) 两贮气筒上有单向阀使压缩空气不能倒流，保持每个贮气筒的独立性，并减小了漏气的可能性；

(3) 调压装置保证贮气筒及管路中的气压稳定在一定范围内；

(4) 若因调压器发生故障而气压升高到一定值时，安全阀自动放气；

(5) 湿贮气筒能较好地进行油、水分离，两贮气筒都有油水放出阀，可防止管路系统的锈蚀、结冰、堵塞等故障。

## 2. 东风 EQ1090 型汽车双管路气压制动系装置

图 12-45 所示为东风 EQ1090 型汽车双管路气压制动系布置示意图。它与解放 CA1091 型汽车的气压制动系基本相同，与其相比具有以下特点：

(1) 采用了单缸空气压缩机，也有调压装置；

(2) 前后桥贮气筒单独制成，相互独立；

(3) 装用了并列双腔式制动控制阀；

(4) 后桥制动管路装有膜片式快放阀，可使后桥制动器解除制动迅速。

(5) 在前桥制动管路和后桥制动管路之间，并联有双通单向阀 14，两管路能共同控制挂车制动控制阀 9，当一路管路损坏时，能自动封闭，以保证未损坏的管路对挂车良好的控制。

## 二、气压制动系中的主要总成构造

### 1. 空气压缩机

空气压缩机是整个制动系统的动力源。最常见的是空气冷却往复式空气压缩机，按其气缸数可分为单缸与双缸两种，其结构与往复式发动机类似。

图 12-46 所示为解放 CA1091 型汽车的双缸空气压缩机。它固定在发动机一侧，由发动机通过三角皮带驱动。其进气口又橡胶皮管接到发动机的空

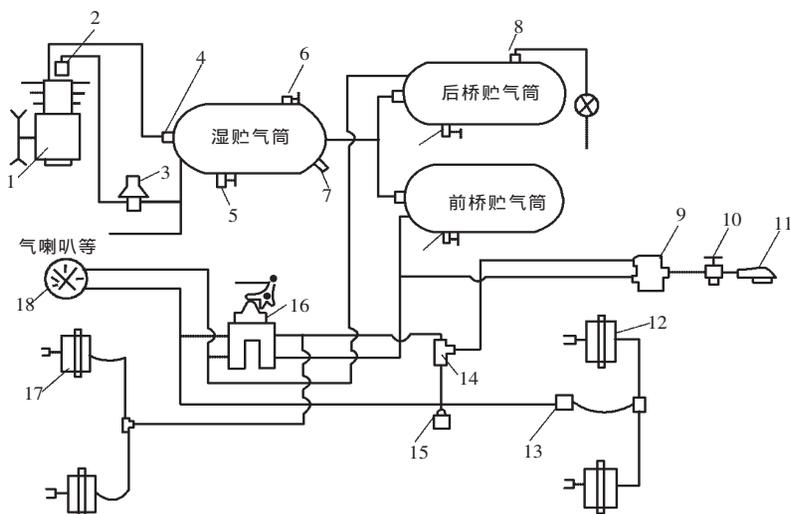


图 12-45 东风 EQ1090 型汽车气压制动回路示意图

1. 空气压缩机 2. 卸荷阀 3. 调压器 4. 单向阀 5. 放水阀 6. 放气阀 7. 安全阀 8. 气压过低报警开关 9. 挂车制动控制阀 10. 分离开关 11. 连接头 12. 后轮制动气室 13. 快放阀 14. 双通单向阀 15. 制动灯开关 16. 制动控制阀 17. 前轮制动气室 18. 双针气压表

气滤清器，当活塞 13 下行时，进气阀 4 吸开，清洁的空气被吸进气缸；当活塞上行时，空气被压缩并顶开排气阀 10 而将压缩空气送到湿贮气筒。

在空气压缩机的气缸盖 5 上的卸荷装置是用一个卸荷室控制两个气缸的

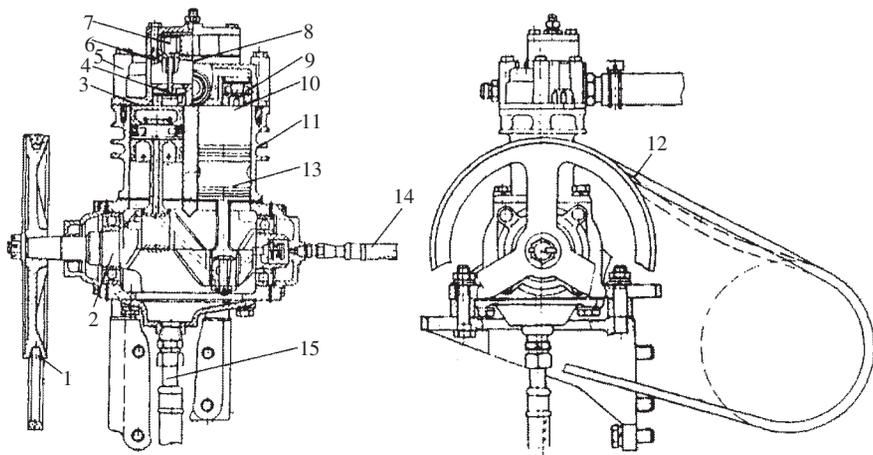


图 12-46 解放 CA1091 型汽车空气压缩机

1. 皮带轮 2. 曲轴 3. 进气阀座 4. 进气阀 5. 气缸盖 6. 弹簧 7. 卸荷阀杆 8. 卸荷阀 9. 排气阀座 10. 排气阀 11. 气缸体 12. 皮带 13. 活塞 14. 进油管 15. 回油管

卸荷阀 8，当贮气筒中气压达到规定值时，压缩空气便由调压器控制卸荷阀 8，顶开两气缸的进气阀 4，使两缸来回充气而不再对贮气筒充气。

空气压缩机的润滑是压力油沿专设的空气压缩机进油管路进入空气压缩机曲轴的后端，经曲轴和连杆内的油道润滑曲轴主轴颈和连杆轴颈等，气缸壁则通过飞溅方式润滑。由各摩擦表面流出的润滑油汇集到曲轴箱的底盖内，经回油管流回到发动机油底壳。

东风 EQ1090 型汽车采用如图 12-47 所示的单缸空气压缩机。其基本结构和工作原理与上述解放 CA1091 型汽车双缸空气压缩机相同。这种空气压缩机虽然排气量小，但因进气持续时间较长，并由于储气筒上有单向阀，泵气效率较高。

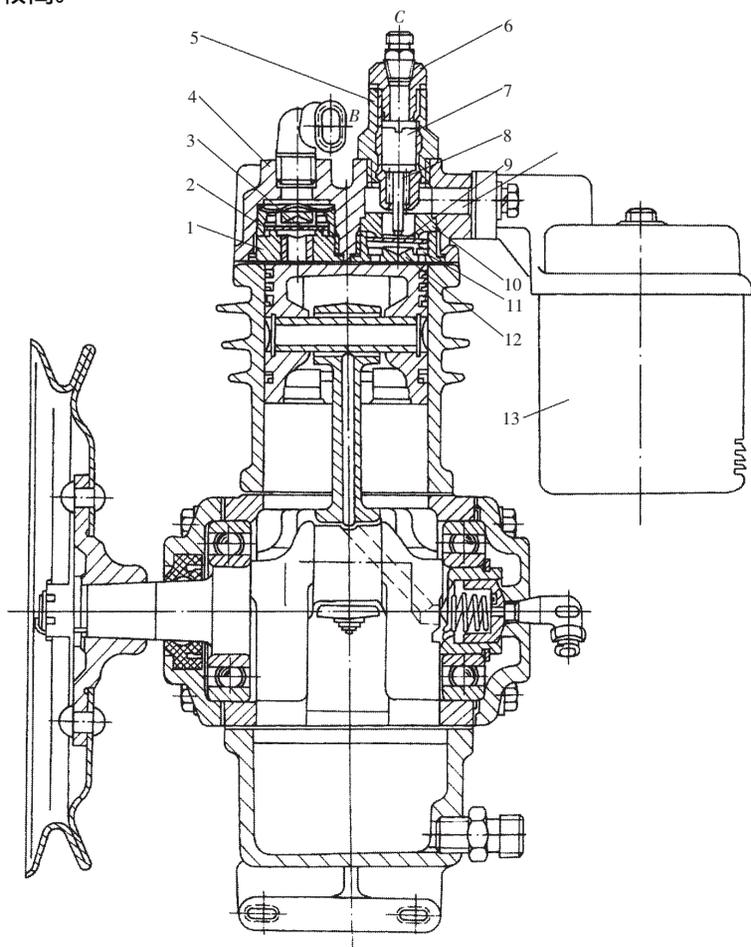


图 12-47 东风 EQ1090 型汽车空气压缩机

1. 出气阀座 2. 出气阀门导向座 3. 出气阀门 4. 气缸盖 5. 卸荷装置壳体 6. 定位塞
7. 卸荷柱塞 8. 柱塞弹簧 9. 进气阀门 10. 进气阀座 11. 进气阀弹簧 12. 进气阀门导向座 13. 进气滤清器 A. 进气口 (图中未画出) B. 排气口 C. 调压器控制压力输入口

## 2. 调压器

调压器的作用是使贮气筒气压维持在规定的范围内，并在超过这个规定气压后，实现控制空气压缩机的卸荷空转，以减小发动机的功率消耗。

调压器在管路中的连接方式通气常有两种：一种是将调压器与空气压缩机和贮气筒串联，当系统内的气压达到规定值时，它使空气压缩机的进气阀常开，卸荷空转。如解放 CAU91 型和东风 EQ1090 型汽车即采用这种。另一种是将调压器并联在空气压缩机和贮气筒之间，当系统内的气压达到规定值时，将多余的压缩空气直接排入大气，使空气压缩机基本上卸荷空转，这种调压器目前则多与油水分离器组合成一个部件，即滤气调压器。如黄河 JN1172 型汽车上就采用这种方式。

图 12-48 所示为与贮气筒串联的膜片式调压器结构。

当贮气筒内气压上升到规定值时，由于气压推动调压阀的膜片 5 带动空心管 6 上升，使空心管与排气阀 8 脱开；同时，回位弹簧把排气阀 8 顶起，封闭了通大气 A 的通道。此时，压缩空气通过空心管 6 的通道进入空气压缩机，将进气阀顶开，使之不能落座。于是使空气压缩机气缸与大气相通，不产生压缩空气，贮气筒气压不再升高。

当贮气筒内气压低于规定值时，调压弹簧 4 推动膜片 5 下移，将空心管 6 端面与排气阀 8 接触，使贮气筒与卸荷阀之间的通道关闭；同时，空心管下移又把排气阀顶离阀座，使排气通道打开，当排气通道打开后，卸荷阀上方的压缩空气通过通道内孔排出。此时，卸阀杆在弹簧作用下向上抬起，使之与进气阀脱离，进气阀恢复密封作用。于是空气压缩机又继续供给压缩空气。

调压器调节气压值可通过旋转其盖上的调压螺钉 2，改变调压弹簧的预紧力予以调整。

由上述可见，调压器和空气压缩机的卸荷装置都是供能装置内的控制装置。因此，二者之间的连接管路是供能装置回路内的操纵管路。

## 3. 制动控制阀（制动阀）

制动控制阀是气压行车制动系的主要控制装置。它是按照制动踏板行程变化的情况，操纵汽车及挂车的制动器，使制动气压的大小随着控制力的大小成比例变化的一种部件。它以控制充入制动气室的压气量，从而控制气室中的工作气压，并且起随动作用，即保证气室中气压与踏板力及踏板行程有一定的比例关系。

制动阀分单控制动阀、并列式双控制动阀和串列式双控制动阀三种。单控制动阀用于单管路制动系统；双控制动阀用于双管路制动系统。

解放 CA1091 型汽车采用的是串联双腔活塞式制动阀，结构如图 12-50 所示。它由上盖 6、上壳体 7、中壳体 10、下壳体 14、上活塞总成 8、小活

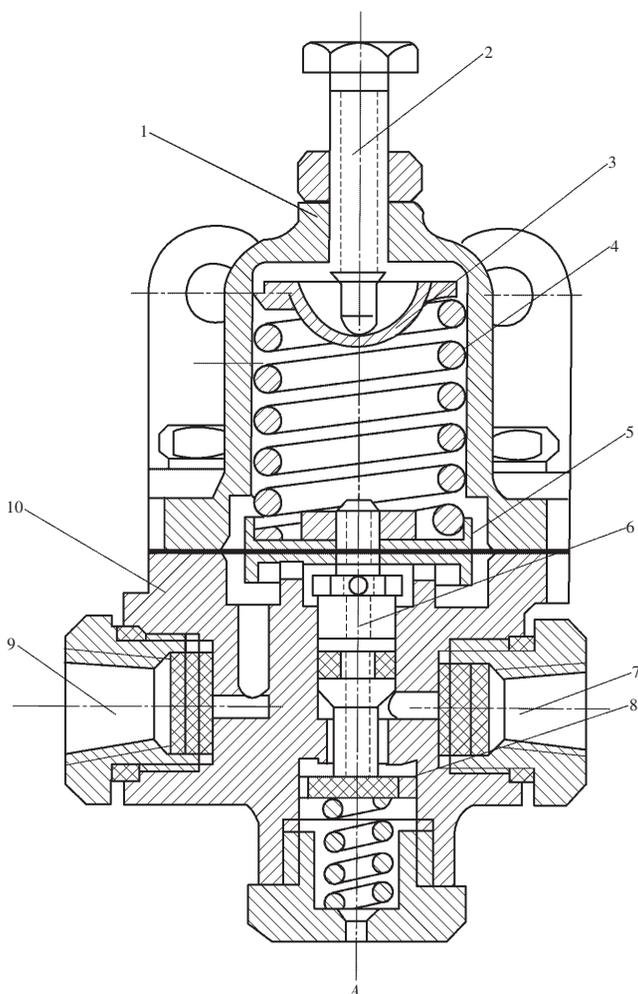


图 12-48 调压器结构

1. 盖 2. 调压螺钉 3. 弹簧座 4. 调压弹簧 5. 膜片 6. 空心管 7. 接卸荷室管接头  
8. 排气阀 9. 接贮气筒管接头 10. 壳体 A. 通大气

塞总成 13 等组成。上盖与上、中、下壳体通过螺钉连接在一起，其间置有密封垫，构成两个独立的阀腔。中壳体上的通气口 D 和 A 分别接后桥贮气筒和后桥制动气室；下壳体主上的通气孔 E 和 B 分别接前桥贮气筒和前桥制动气室。上盖上滑动地装有推杆 5，使平衡弹簧和上活塞芯管组向下移动。其运动的最大工作行程，是由阀内上活塞 8 及上壳体内的凸缘相接触来限制的，其最大输出气压与贮气筒的最大气压相等。上阀门 11 至活塞 8 上的芯管间的排气间隙为 1mm ~ 1.4mm，可用调整螺钉 17 来调整。下阀门 15

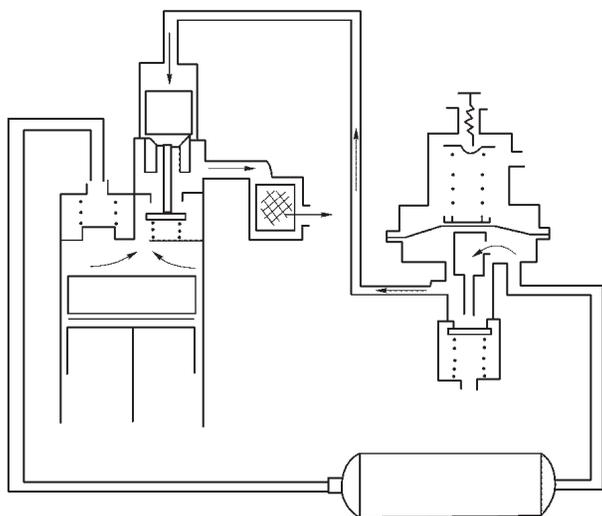


图 12-49 调压阀的工作原理示意图

至芯管间的排气间隙为 1.7mm，从而保证了上阀腔室的进气早于下阀腔室即使后轮制动略早于前轮，该间隙制造时已保证，不必调整。

上下活塞与壳体之间置有密封圈。上活塞为机械操纵方式，下塞为气压操纵方式。必要时下活塞可转化为机械操纵方式，下活塞由大小两个活塞套装在一起，小活塞对大活塞 2 能进行单向分离。下活塞有效作用面积较大，气压很小时就足以使活塞开始动作，故其随动作用较灵敏，且使下阀门有较大的初始开度。因此，前桥控制阀腔建立气压的滞后时间是很短的。此外，上平衡气室有节流小孔，可防止制动器滞后动作。还有，两阀腔的两用阀门是空心的，上腔两用阀门滑动地套在芯管上，其外圆有密封隔套。下腔两用阀门滑动的套在有密封圈的下壳体中心孔中。中空的上芯管和大小活塞制为一体，两芯管滑动地套装，从而使上下阀腔室能各自独立地完成以“双阀关闭”为特征的平衡状态。

另外，平衡弹簧刚度较低而稍有预紧，但预紧度无须调整，制动初始时的气压较低，故踏板的可控性和制动的平顺性较好。

在不制动时，上下活塞和芯管组在其回位弹簧的作用下，处于腔室上端的极限位置。两阀腔的两用阀门进气阀都关闭，芯管与阀门间存在着排气间隙，使各制动气室至制动制阀的管路通过排气间隙，中空的芯管和排气门与大气相通。

当踏下制动踏板时，拉臂 19 通过滚轮 4、推杆 5、平衡弹簧，首先使上活塞 8 及芯管下移（如图 12-50 和图 12-51 所示），清除了上阀门的排气间隙后（排气阀关闭），推开上阀门 11（进气阀打开）。此时，从贮气筒前腔

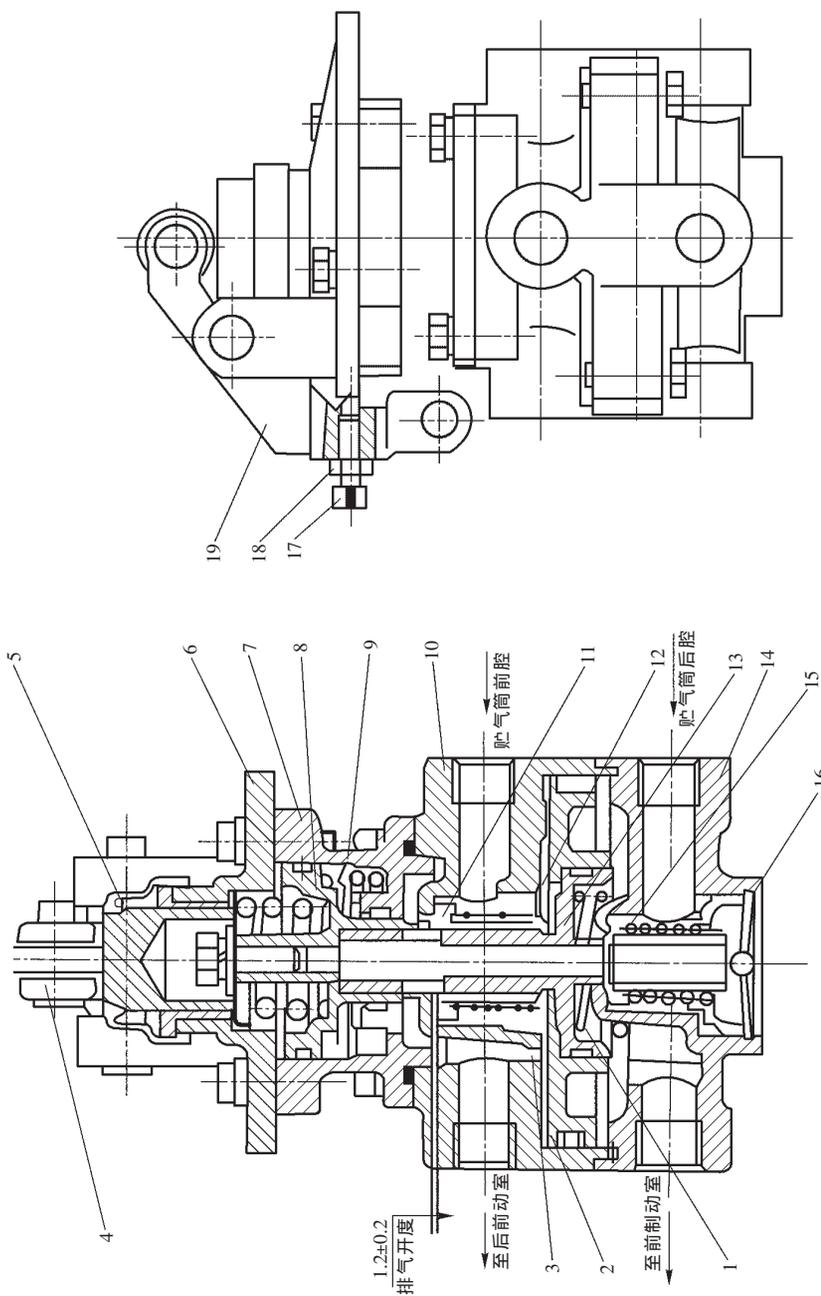


图 12-50 解放 CA1091 型汽车串联双腔活塞式制动阀  
 1.小活塞回位弹簧 2.大活塞 3.通气孔 4.滚轮 5.推杆 6.上壳体 7.上活塞总成 8.上壳体 9.上活塞回位弹簧 10.中壳体 11.上阀门 12.卡环  
 13.小活塞总成 14.下壳体 15.下阀门 16.锁紧螺母 17.调整螺钉 18.排气阀 19.拉臂

来的压缩空气经上阀门和中壳体 10 的阀口间的进气间隙，进入 A 腔并被输到后制动气室，使后轮制动。同时，进入 A 腔的空气经孔 3 进入大活塞 2 及下腔小活塞 13 的上方，使其下移，推开下阀门 15。此时，从贮气筒后腔来的空气，经下阀门和下壳体 14 的阀口之间的进气间隙，进入 B 腔并被输入前制动气室，使前轮制动。

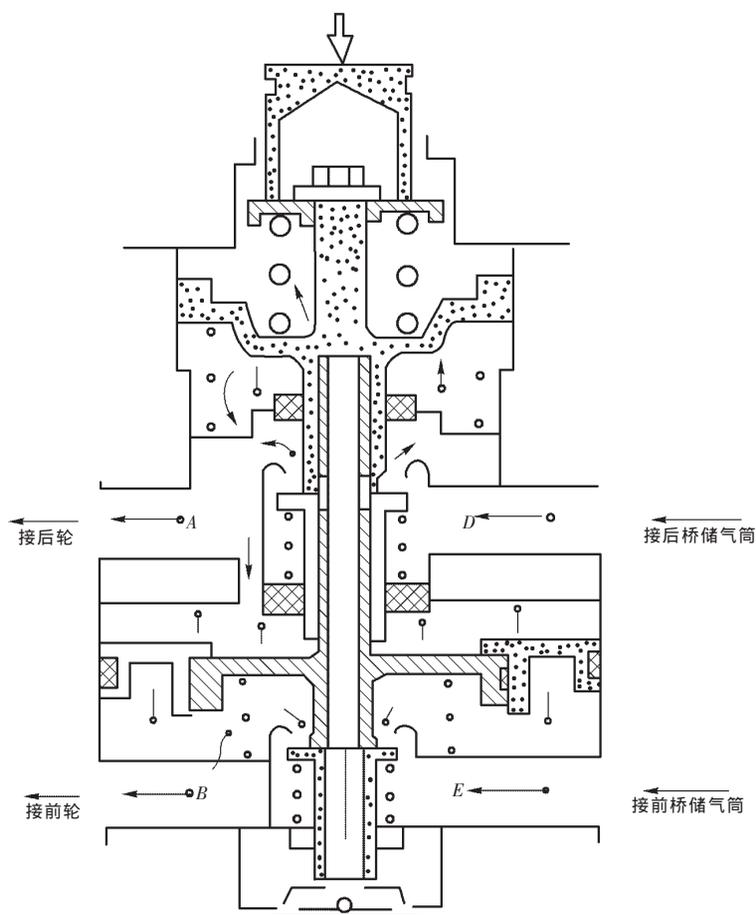


图 12-51 串联双腔活塞式制动阀制动时的工作情况

当踏板保持在一定位置时，当上活塞上、下气压达到平衡时，上阀门即处于“双阀关闭”的平衡状态，与此同时，在进气过程中，下活塞上、下腔的气压均逐渐升高。待到下腔气压力和回位弹簧张力之和稍大于上腔气压对下活塞的作用力时，大小活塞开始上移，从而处于“双阀关闭”的平衡状态。

当放松踏板时，平衡弹簧及上活塞总成 8 受回位弹簧 9 的弹力而上升，

上阀门 11 随之上移与中壳体 10 的阀口接触，关闭贮气筒与后制动气室的通路，平衡弹簧及上活塞总成继续上移，其下端与上阀门 11 之间形成排气间隙，通过小活塞 13 的孔腔，至制动阀最下部排气口到大气。同时，大活塞 2 及下腔小活塞 13 受回位弹簧 1 的张力而升高，下阀门 15 随之上移与下壳体 14 的阀口接触，关闭贮气筒与前制动气室的通路，大活塞与下腔小活塞继续上移，小活塞的下端与下阀门 15 之间形成排气间隙，前制动气室的空气经 B 腔及排气间隙，通过下阀门的内孔、排气口排到大气中，于是制动被解除。

当前制动管路断开时，制动阀上腔仍能按上述方式工作，因此，后轮制动器仍然起作用；当后制动管路断开时，制动阀上腔平衡弹簧及上活塞总成 8 将直接推动下腔小活塞，使前轮制动器起作用，汽车仍能制动。

图 12-52 所示为东风 EQ1090 型新型汽车的并列双腔膜片式制动控制阀，其对膜片组件的驱动型式是通过叉型拉臂 1、推杆平衡弹簧 3 推杆 8、平衡臂 9 同步地控制两腔的膜片芯管，传力点呈球形，以避免运动干涉，独立的左腔室与后桥贮气筒和前桥控制管路连接。平衡弹簧 3 无预紧，膜片为成型挠曲式，不易损坏。

前桥腔室中有滞后机构，两腔室制动时，有时间差和气压差，且能调整其大小。使后桥控制管路先充气，以弥补后桥制动管路长、制动气室容积大而造成的气压上升滞后的时间，使前后桥制动能协调一直。滞后机构总成由推杆 28、密封桂塞 29、可调的滞后弹簧 32、调整螺母 33 等机件组成。它的壳体通过螺纹装于阀体下端的螺纹孔内，并用密封圈 31 密封，下端螺纹孔装有调整螺母 33、并用螺母 34 锁紧，可调的滞后弹簧 32 上、下两端分别座于调整螺母 33 底部及密封桂塞 29 的下端，旋动调整螺母，即可调整滞后弹簧的预紧力。

当踩下制动踏板时，拉臂将平衡弹簧和平衡臂压下，压动两腔室的膜片和芯管。参见图 12-53，由于后桥腔室中无推杆和滞后弹簧作用，阻力较小，因此，平衡臂首先推动后桥腔室的膜片芯管组下移，消除了芯管下端与阀门的间隙后，推开进气阀，此时从后桥贮气筒来的压缩空气，先进入后制动气室，使后轮制动。因后桥腔室中平衡气室未经节流孔不断充气而气压升高，以及随着膜片芯管下移，各回位弹簧反抗平衡弹簧臂下移的作用也相应增大。于是，平衡臂对前桥腔室膜片芯管组的压力也随之增大，克服前桥膜片芯管组下移的阻力而开始下移，使芯管消除了排气间隙（排气阀关闭）后，推开前桥腔室的进气阀，此时，从前桥贮气筒进入前桥腔室的压缩空气被输送到前制动气室，使前轮产生制动。

当放松踏板时，两腔室的膜片芯管按其腔内气压高低先后（先后桥腔室再前桥腔室）上移产生制动。当后桥管路失效时，由于后桥腔室平衡气

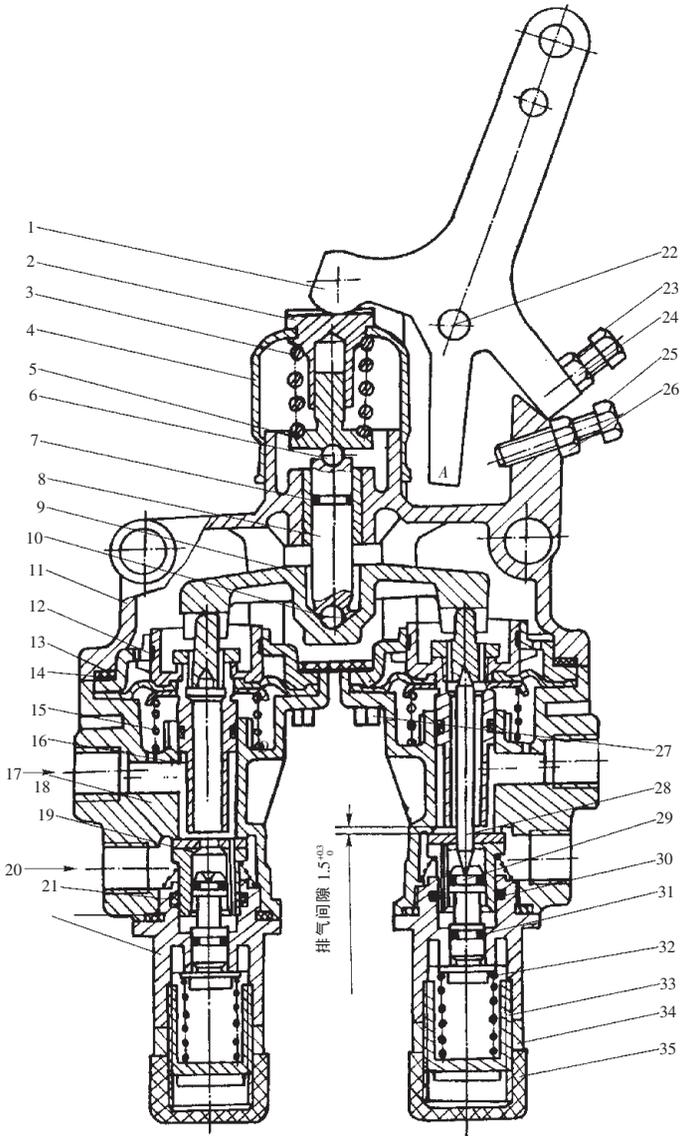


图 12-52 东风 EQ1090 型汽车并列双腔膜片式制动阀

- A. 拉臂 B. 排气口 C. 节流孔 D. 进气阀口 E. 排气阀口 F. 平衡气室
1. 拉臂 2. 平衡弹簧上座 3. 平衡弹簧 4. 防尘罩 5. 平衡弹簧下座 6. 钢球
  7. 密封圈 8. 推杆 9. 平衡臂 10. 钢球 11. 上壳体 12. 膜片压紧圈 13. 密封垫
  14. 钢垫 15. 膜片回位弹簧 16. 膜片芯管 17. 下壳体 18. 两用阀总成
  19. 阀门回位弹簧 20. 密封垫 21. 柱塞座 22. 拉臂轴 23. 调整螺钉 24. 锁紧螺母
  25. 调整螺钉 26. 锁紧螺母 27. 紧固螺钉 28. 推杆 29. 密封柱塞
  30. 密封圈 31. 密封圈 32. 滞后弹簧 33. 调整螺母 34. 锁紧螺母 35. 塑料罩

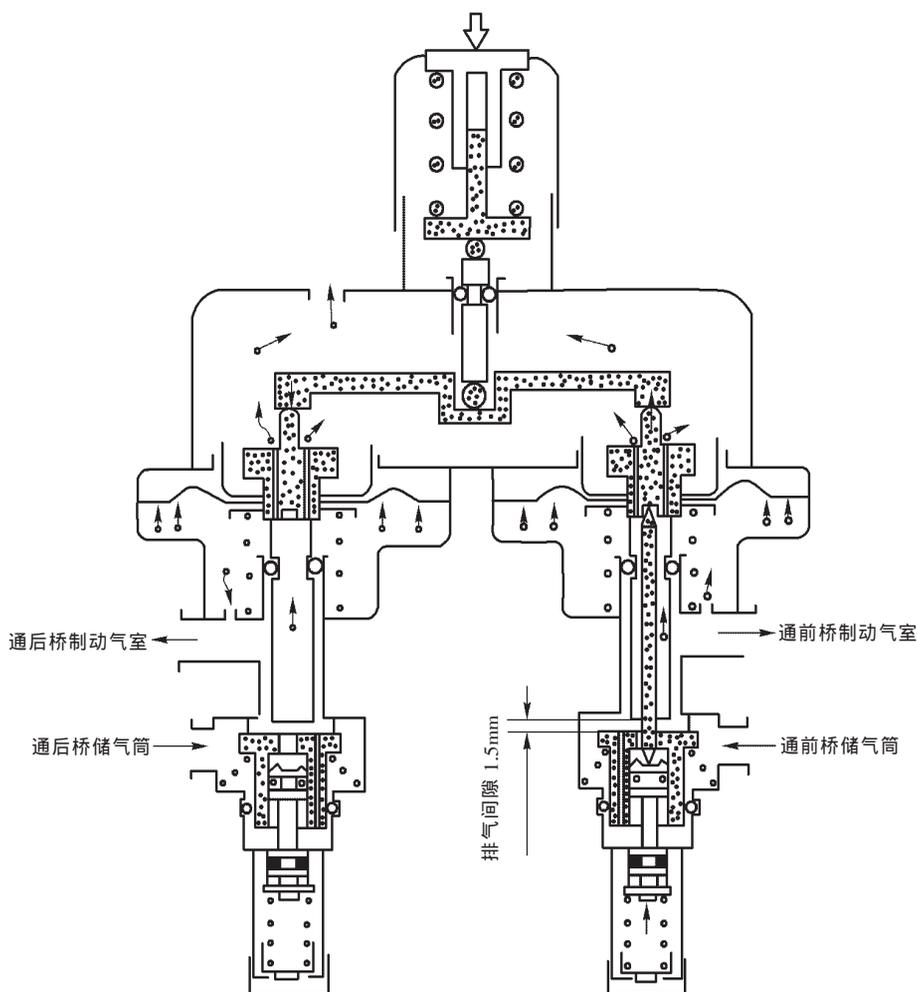


图 12-53 双腔并列膜片式制动控制阀工作情况（不制动时）图注同图 12-52

室内无气压，相应的该端平衡臂将下移至消除两用阀内腔和密封柱部的间隙后，便以此为支点使平衡臂的另一端下移而推开前桥腔室的进气阀，使压缩空气进入前制动气室，使前轮产生制动。

#### 4. 制动气室

制动气室是装在车轮附近的一种把气压转换成机械力的部件。当压缩空气充入时，气室内膜片或活塞承受压力，并转换成相应于此压力的力作用于推杆上，使制动器发生作用，制动气室按承受压力的元件可分为膜片式和活塞式两种。

解放 CA1091 型和东风 EQ1090 型汽车都采用膜片式制动气室。图 12-54

所示为东风 EQ1090 型汽车的制动气室。夹布层橡胶膜片 3 的周缘用卡箍 10 夹紧在壳体 6 和盖 2 的凸缘之间。盖与膜片之间为工作腔，借橡胶软管与由制动阀接出的钢管连通，膜片右方则通大气。弹簧 5 通过焊接在推杆 8 上的支承盘 4 将膜片推动紧靠盖 2 的极限位置。推杆的外端借连接叉 9 与制动器的制动调整臂相连。

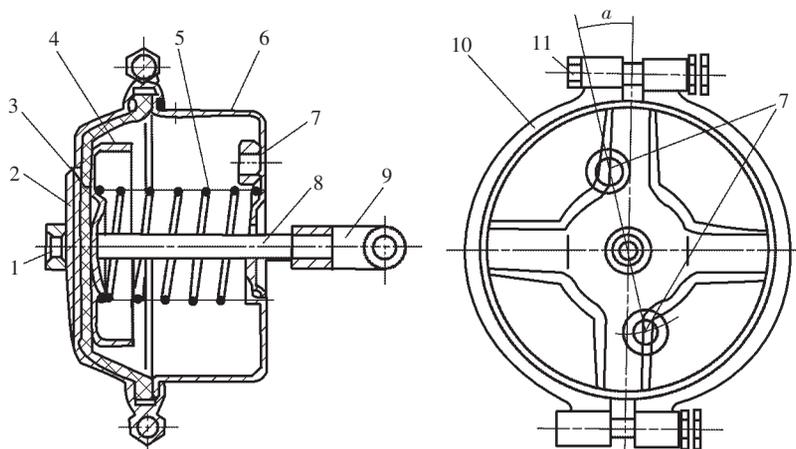


图 12-54 膜片式制动气室

1. 通气口 2. 盖 3. 膜片 4. 支承盘 5. 弹簧 6. 壳体 7. 固定用螺孔 8. 推杆  
9. 连接叉 10. 卡箍 11. 螺栓

踩下制动踏板时，压缩空气自制动阀充入制动气室工作腔，使膜片拱曲而将推杆推出，使制动调整臂和制动凸轮转动而实现制动。放开制动踏板，工作腔则经由制动阀的排气口通大气。膜片与推杆都在弹簧 5 作用下回位而解除制动。

由于前后制动气室安装位置的不同，其卡箍相对于气室中心与固定用螺孔 7 的联心线的安装角度又各不相同。因此，拆装制动气室时应注意其位置。根据汽车前、后桥载荷不同，制动气室的尺寸和容量也不相同（多为前小后大）。

图 12-55 所示为黄河 JN1172 型汽车前轮用的活塞式制动气室。活塞组件由活塞体 3、橡胶皮碗 2、密封圈 4、弹簧座 5 和导向套筒 13 等组成。推杆 11 在轴向移动的同时还有摆动，因此其接触活塞体的一端做成球头。

活塞式制动气室的推杆行程可以制得较膜片式的大，其活塞工作寿命也比膜片长，但整个气室结构较复杂，成本较高。

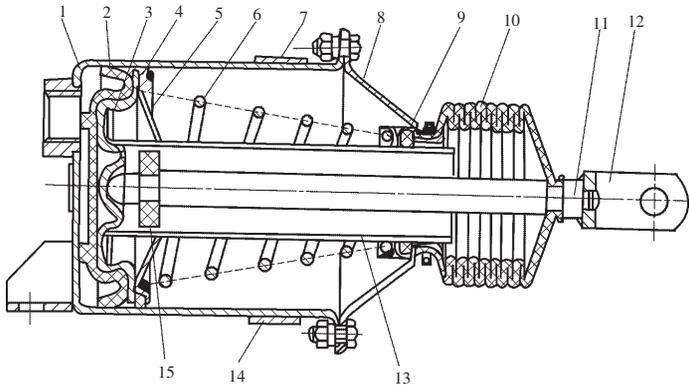


图 12-55 活塞式制动气室

1. 壳体 2. 橡胶皮碗 3. 活塞体 4. 密封圈 5. 弹簧座 6. 弹簧 7. 气室固定卡箍  
8. 盖 9. 毡垫 10. 防护套 11. 推杆 12. 连接叉 13. 导向套筒 14. 气室固定板  
15. 密封垫 A. 通气口

## 第六节 制动增压装置

为了弥补上述液压制动装置操纵较费力，制动力不很大等不足之处，提高汽车的制动效能，在采用液压制动装置的汽车上，多装有制动增压装置。根据制动增压装置的力源不同可分为真空增压式和气压增压式两种。本节只介绍真空增压式液压制动装置。

图 12-56 所示为真空增压式单回路液压制动传动装置的基本组成和布置情况示意图。由图可见，它在液压制动传动装置中加装了由真空增压器、真空单向阀、真空罐和真空管道组成的真空增压装置。若汽车装用汽油机其真空源是发动机的进气管；而柴油机则是另装一个真空泵或在进气管中加装引射器作为真空源。

发动机工作时，在进气管 8（或真空泵）中的真空度作用下，真空罐 10 中的空气经真空单向阀 9 被吸入发动机，因而罐中也产生并积累一定的真空度。由于单向阀 9 和真空罐 10 的作用，可保证发动机熄火后，保持真空罐和加力气室的真空度，以便仍能进行几次有增压的制动。

当踩下制动踏板时，制动主缸输出的液压首先传入辅助缸 4，液压由这一面传入各制动轮缸，一面又作用于控制阀，控制阀使真空加力气室起作用。此时，真空加力气室输出力与自主缸传来的液压作用力一同作用于辅助缸活塞，因而使辅助缸输送至轮缸的压力远高于主缸压力。

真空增压器的作用是把发动机产生的真空度与大气压力之间的压力差转变为机械推力，将制动主缸输出的油液进行增压后输入各轮缸，从而使制动

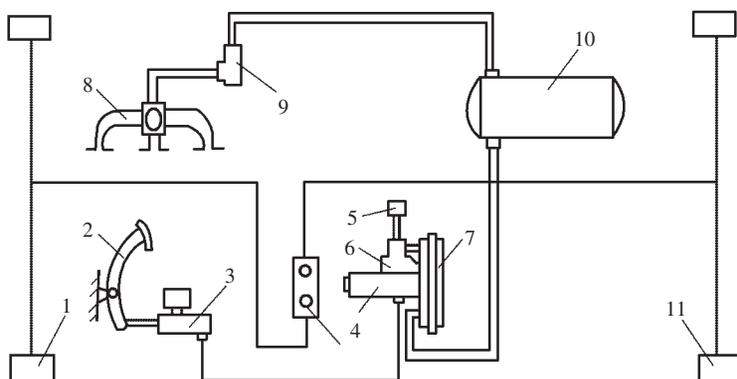


图 12-56 真空增压式液压制动系示意图

1. 前制动轮缸 2. 制动踏板机构 3. 制动主缸 4. 辅助缸 5. 进气滤清器 6. 控制阀  
7. 真空加力气室 8. 发动机进气管 9. 真空单向阀 10. 真空罐 11. 后制动轮缸

力增大，减轻了操纵力。

国产真空增压器有 66 - II、66 - IV、70 - I 等型号，其工作原理相同，结构类似。图 12-57 所示为 66 - IV 型真空增压器，它由辅助缸、控制阀和加力气室三部分组成。

辅助缸内腔被活塞 4 分隔成两部分，右腔经出油接头 1 通向前后制动轮缸；右腔经进油接头通向前、后制动轮缸。推杆 26 的前端通过尼龙制的密封圈座 10 支于辅助缸体的孔中，并以两个橡胶双口密封圈 9 保证孔和轴表面的密封。推杆后端与加力气室膜片 22 连接，前看嵌装着球阀门 5。其阀座在辅助缸活塞 4 上。加力气室不工作时，活塞和推杆分别在弹簧 2 和 25 的作用下处于左极限位置。球阀门与阀座保持一定距离，从而保持辅助缸两腔连通。

真空加力气室也被其中的膜片 22 分隔成左右两腔。左腔 C 经前壳体 20 端面的真空管接头（图中已删去）通向真空罐，且经由辅助缸体 3 中的孔道与控制阀下气室 B 相通；其右腔 D 则经焊接在后壳体圆柱面上的气管 28 通到控制阀上腔 A 中。

控制阀中由真空阀门 15 和大气阀门 16 组成的阀门组件。大气阀座在控制阀体 18 上；真空阀座则在膜片座 14 上。膜片座下端与控制阀活塞 11 连接。不制动时，如图所示，大气阀关闭，真空阀开启。控制阀上腔 A 和下腔 B 连通。这样，控制阀上腔 A 和加力气室右腔 D 便具有与控制阀下腔 B 和加力气室左腔 C 同等的真空度。

如图 12-58a) 所示，踩下制动踏板时，制动液即自制动主缸输入辅助缸，经过活塞 4 上均孔进入各制动轮缸。轮缸液压即等于主缸液压。与此同

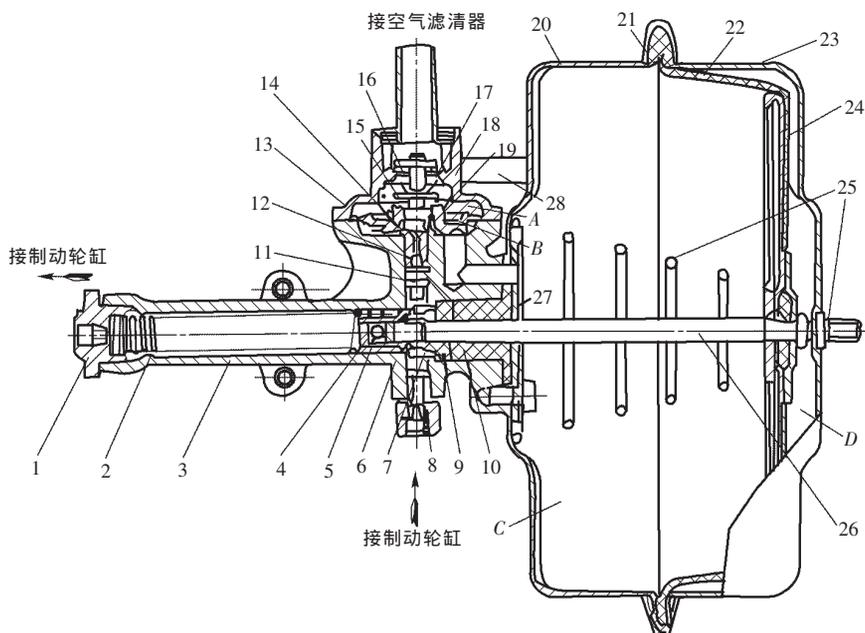


图 12-57 66 - IV 型真空增压器

1. 辅助缸出油接头 2. 辅助缸活塞回位弹簧 3. 辅助缸体 4. 辅助缸活塞 5. 球阀门
6. 皮圈 7. 活塞限位座 8. 辅助缸进油接头 9. 双口密封 10. 密封圈座 11. 控制阀柱塞
12. 皮圈 13. 控制阀膜片 14. 膜片座(带真空阀座) 15. 真空阀门 16. 大气阀门 17. 阀门弹簧
18. 控制阀体(带大气阀座) 19. 控制阀膜片回位弹簧 20. 加力气室前壳体
21. 卡箍 22. 加力气室膜片 23. 加力气室后壳体 24. 膜片托盘
25. 加力气室膜片回位弹簧 26. 加力气室推杆 27. 连接头 28. 通气管

时，输入液压还作用在控制阀活塞 1 上，推使膜片座上移，先关闭真空阀，使上腔 A 和下腔 B 隔绝，接着再开启大气阀。于是，外界空气便经进气滤清器流入控制阀上腔 A 和加力气室右腔 D，降低其中的真空度（即提高其中压力）。此时控制阀下腔 B 和加力气室左腔 C 中的真空度仍保持原值不变。在 D、C 两腔压力差作用下，膜片 22 带动推杆 26 左移，使球阀 5 关闭。这样，制动主缸便与辅助缸左腔隔绝。此时在辅助缸活塞 4 上作用着两个力：主缸液压作用力和加力气室输出的推杆力。因此，辅助缸左腔及各轮缸的压力高于主缸压力。

当制动踏板踩在某一位置不动时，作用在活塞 4 和 11 上的力为一定值，主缸不再向辅助缸输送制动液。此时，由于推杆 26 仍将活塞推向左移，致使活塞 4 右腔的压力迅速下降，下降到使控制阀活塞 11 下移，带动空气阀 16 和真空阀 15 都关闭，因而加力气室膜片 22 和推杆 26 处于平衡状态，即维持制动。若继续踩下制动踏板，作用在活塞 11 上的压力增大，平衡状态改变，膜片 13 在活塞 11 的推动下向上再次推开空气阀 16，使 D 与 C 两腔的气压差更大，从而推动膜片 22 和推杆 26 向左推动活塞 4 进一步左移，使

各轮缸上的液压更高，制动力增大。

如图 12-58b) 所示，松开制动踏板时，主缸液压降低，控制阀活塞 11 下行，使空气阀 16 先关闭，然后打开真空阀 15，此时 A、B、C、D 四腔均与真空系统沟通，而具有相同的真空度。此时，推杆 26 和膜片 22 以及辅助缸活塞 4 在各自的回位弹簧和轮缸回油压力的作用下回位，制动被解除。

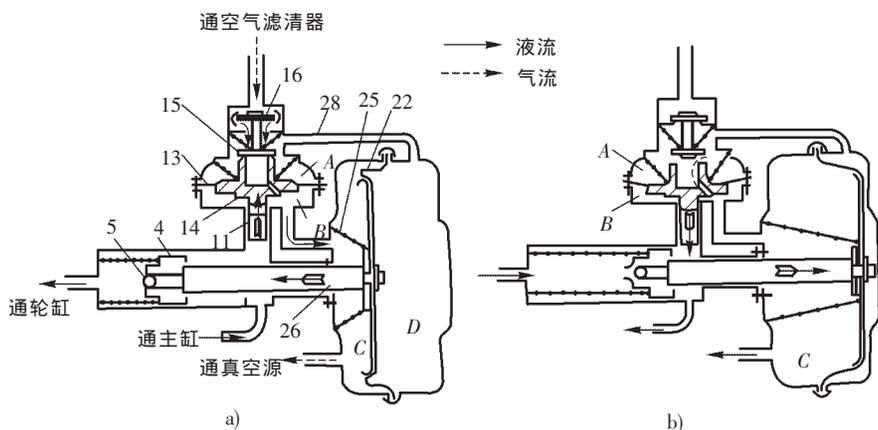


图 12-58 真空增压器工作示意图 (图注同图 12-57)

a) 踩下制动踏板时      b) 制动踏板回升时

当真空增压器失效或无真空源的情况下，辅助缸中的球阀始终开启，仍能保持主缸与轮缸之间油道畅通。所以，制动系统仍能像普通液压制动系一样进行工作，只是失去了真空助力作用。

## 第七节 辅助制动装置

汽车下长坡时，为了保证汽车能以安全的速度行驶，须频繁地使用脚制动器，这样会造成制动器过热，摩擦系数下降，以致制动性能下降等不良后果。为了解决此问题，在某些重型汽车及大中型客车上选装液力式、电磁式或排气辅助制动装置，本节只介绍排气辅助制动装置，即在发动机的排气管内装有一个片状的阀门，在汽车下长坡时，将阀门关闭，以加大发动机的排气阻力，提高制动效果。

图 12-59 所示为黄河 JN1172 型汽车排气制动装置。在发动机排气管 10 内装有排气制动阀门 9，并用螺钉固定在其转轴上，轴的一侧外端固装有杠杆 8，其上端通过一套杠杆机构与水平安装在机罩上的排气制动手柄 1 连接，杠杆 8 的下端通过另一套杠杆机构与发动机喷油泵控制喷油量的齿条相连。转动手柄 1 可使排气阀门 9 关闭，将发动机排气通道堵住。与此同时，

杠杆 8 的下端拉动另一套杠杆系统，使喷油泵的齿条处于停止供油位置，从而提高对发动机的制动效果。

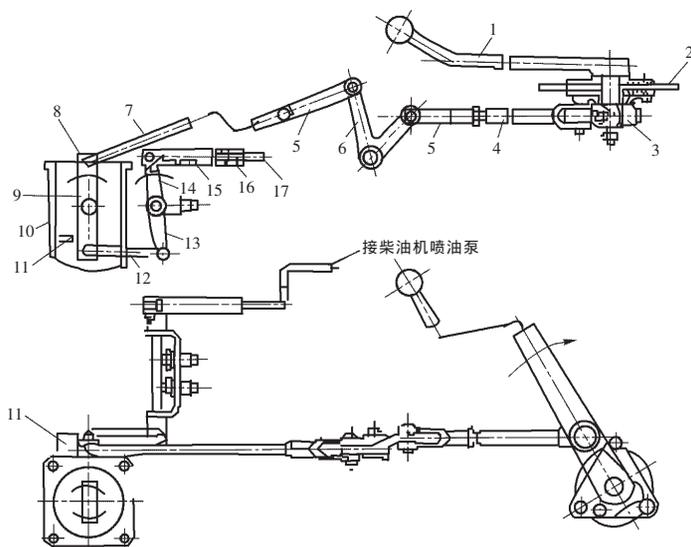


图 12-59 黄河 JN1172 型汽车排气制动装置

1. 排气制动手柄 2. 发动机罩 3. 摇臂 4. 推杆 5. 连接叉 6. 曲杆 7. 推杆  
8. 杠杆 9. 排气制动阀门 10. 发动机排气管 11. 限位块 12. 断油联动推杆  
13、14. 断油联动摇臂 15. 弹簧 16. 管 17. 断油拉杆

## 第八节 车轮防抱死制动装置

汽车在制动过程中，车轮在路面上的运动是一个边滚边滑的过程，车轮未抱死时，车轮可认为是纯滚动状态。当车轮抱死时，车轮在路面上的运动处于纯滑动状态。

滑拖使附着力下降，汽车的制动距离变长，同时使前轮转向失去操纵，后轮失去抗侧向力的能力。试验证明，在路况相同情况下，当车轮有一定程度的滑拖但还继续滚动时，轮胎与路面的附着系数最大；而车轮纯滑拖时的附着系数较小，制动力也较小。此外，车轮抱死滑拖，加剧了轮胎的磨损。因此，为了防止车轮制动时抱死，在有些汽车上装设了自动防抱死装置（Antilock Braking System）简称 ABS。

ABS 最初应用于飞机，作为第一个 ABS 生产厂家的德国博世（Bosch）公司 1978 年首次推出汽车上用的电子 ABS。20 世纪 80 年代后期，ABS 在汽车上得到了广泛应用。

## 一、车轮防抱死制动系统概述

### 1. ABS 系统的基本组成

现代汽车的车轮防抱死制动系统由传统的普通制动系统和防止车轮抱死的电子控制系统组成，下面提到的 ABS 单指电子控制系统。现代 ABS 采用的控制方式、方法及结构形式各不相同，但一般都是由车轮转速传感器、电子控制器（ECU）及制动压力调节器等组成。

车轮转速传感器是 ABS 系统中最主要的一个传感器，其作用是检测车轮速度信号，简称轮速传感器。

ABS 电子控制器，常用 ECU 表示，俗称 ABS 电脑。它是系统的神经中枢，接受传感器信号，对制动压力调节器发出控制指令。ABS 系统的基本组成如图 12-60 所示。

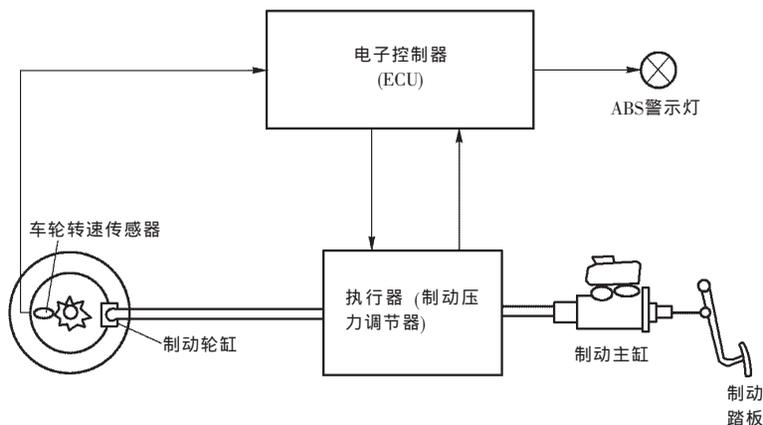


图 12-60 ABS 系统的基本组成原理框图

### 2. 车轮防抱死制动系统的分类

按照传感器的数量和控制通道数，车用 ABS 一般可分为以下几种型式，如图 12-61 所示。

(1) 四传感器四通道式：见图 12-61a) 和图 12-61b) 用四个传感器、四条通道，根据各个车轮的需要分别控制制动压力；

(2) 四传感器三通道式：见图 12-61c) 用两个传感器、两条通道分别控制两前轮，将后轮的两个传感器信号按低选择控制方式加以综合处理后，用同一条液压通道同时控制两后轮；

(3) 四传感器二通道式：见图 12-61d) 用两个传感器分别控制两前轮，根据后轮上的两个传感器信号计算出基准轮速、利用 X 型制动管路，用前轮

的制动压力控制对角后轮；

(4) 三传感器三通道式：见图 12-61e) 用两个传感器、两条液压通道分别控制两前轮，用一个装在差速器上的传感器和另一条液压通道控制两后轮；

(5) 一传感器一通道式：见图 12-61f) 用一个传感器、一条液压通道只控制两后轮，以避免汽车制动时因后轮抱死而侧滑。

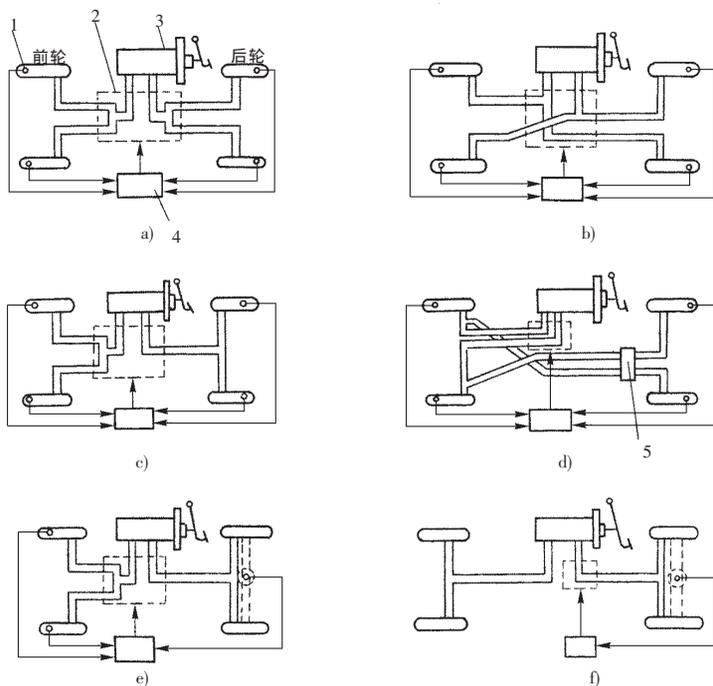


图 12-61 汽车 ABS 的布置形式示意图

1. 传感器 2. 制动压力调节器 3. 制动主缸 4. 电子控制器 5. 比例阀

图 12-62 是一种对两前轮进行独立控制、对两后轮按低选原则进行一同控制的三通道、四传感器、四轮防抱死制动系统的简图。这种结构是目前装备车型最为广泛的 ABS 系统。

## 二、主要部件的结构和工作原理

### 1. 传感器

ABS 传感器主要是指轮速传感器，有霍尔效应式轮速传感器和电磁感应式轮速传感器。其结构原理如图 12-63 和图 12-64 所示：

在图 12-63 中可见，齿圈转动过程中，使得通过霍尔元件的磁力线密度发生变化，因而引起霍尔电压的变化，霍尔元件将输出正弦波电压。此信号

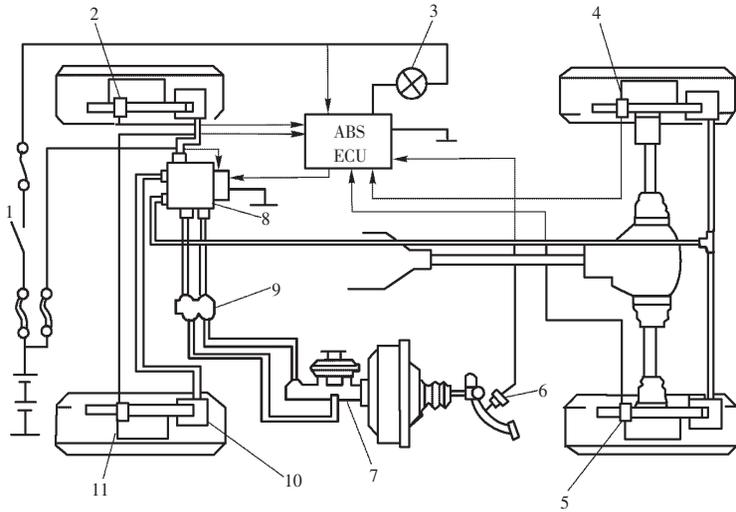


图 12-62 ABS 系统简图 (四传感器三通道式)

1. 点火开关 2、11. 前轮转速传感器 3. ABS 警告灯 4、5. 后轮转速传感器  
6. 制动灯开关 7. 制动主缸 8. ABS 执行器 9. 比例旁通阀 10. 制动轮缸

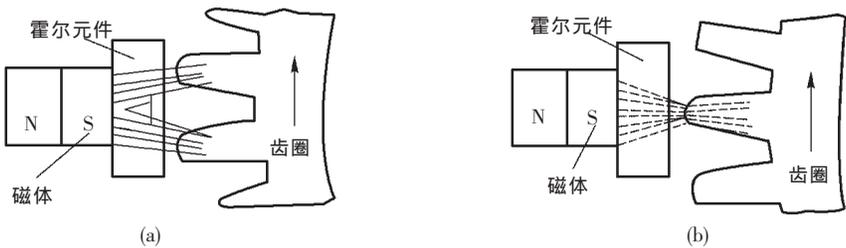


图 12-63 霍尔效应式轮速传感器的磁路简图

- a) 霍尔元件磁场较弱 b) 霍尔元件磁场较强

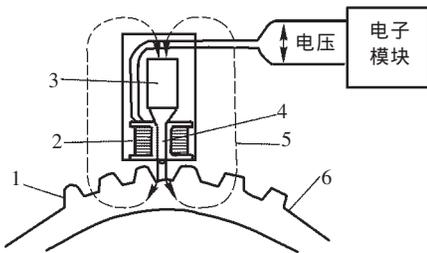


图 12-64 电磁感应式轮速传感器的基本结构

1. 细轮齿 2. 线圈 3. 磁铁 4. 磁极  
5. 磁力线 6. 回转齿圈

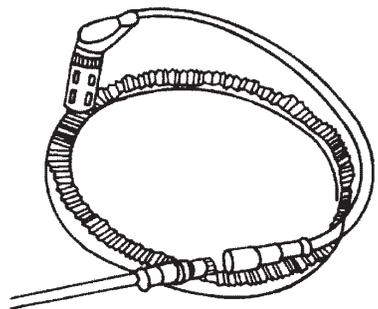


图 12-65 车轮转速传感器的外形图

由电子电路转换成标准的脉冲电压。

电磁感应式轮速传感器的工作原理如图 12-64 所示,永久磁铁产生一定强度的磁场,当车轮旋转时,转子齿圈与磁极间的空气间隙将发生变化,线圈中的齿通也会发生变化,从而使线圈感应出交流电动势,此交流电动势的频率取决于转子的转速并与车轮的转速成正比,故可用此交流电动势的频率作为车轮转速的信号输送到电子控制器。图 12-65 和图 12-66 为其外形图和剖面图。

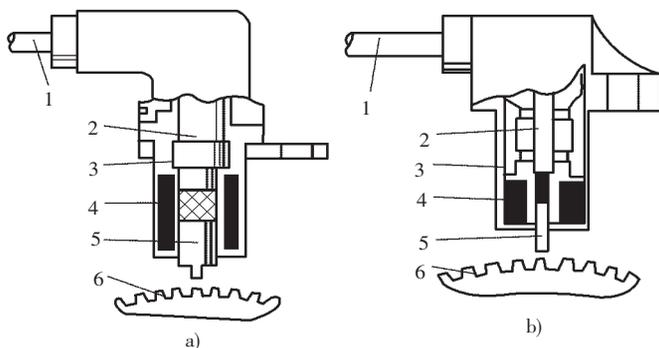


图 12-66 车轮转速传感器的剖面图

a) 齿式极轴转速传感头 b) 柱式极轴转速传感头

1. 导线 2. 永久磁铁 3. 外壳 4. 电磁线圈 5. 极轴 6. 齿圈

## 2. 制动压力调节器

制动压力调节器用于接收 ECU 的指令,通过电磁阀的动作制动调节制动器制动压力。图 12-67 为电磁阀控制的制动压力调节器的工作原理图,它主要有电磁阀、液压泵和储液器等组成,通过电磁阀和液压泵产生的液压力控制制动力。

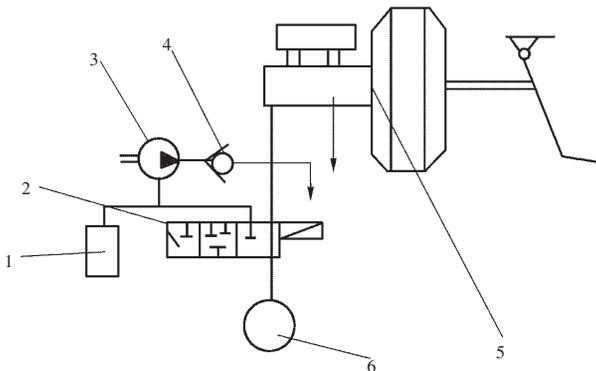


图 12-67 制动压力调节器的工作原理图

1. 储液器 2. 电磁阀 3. 液压泵 4. 单向阀 5. 制动主缸 6. 车轮制动器

电磁阀多采用二位三通电磁阀（见图 12-68）和三位三通电磁阀（见图 12-69）。电磁阀由线圈、固位弹簧、固定铁芯、可动铁芯（柱塞）等组成。当给线圈通电时，铁芯就会变成具有一定磁力的磁铁而产生吸力。改变线圈的电流强度就可以改变磁场力，从而控制两铁芯之间的吸引力，进而控制了柱塞在阀内的轴向位置。

二位三通电磁阀有增压和减压两种工作位置，即电磁线圈断电位置和电磁线圈通电位置，工作时二位三通电磁阀穿梭于两个位置。只要 ECU 控制线圈电流通断的占空比，就可以实现制动压力的三态调整。

二位三通电磁阀的结构如图 12-68 所示，保护套 3 既保护电磁线圈，又起密封作用。在阀未通电时，槽 11、衔铁 7 处于下端位置，此时第一球阀 5 打开，允许高压制动液通过阀体 13 上的阀轴经环形滤网 12 流向制动器，实现增压状态。

当阀通电时，衔铁 7 上移，关闭第一球阀 5，打开第二球阀 8，制动器压力油液流向低压管路，实现减压状态。若阀通断电流的占空比在某一范围内时，制动器的压力增减保持不变，这时实现了保压状态。

波许公司 ABS 三位三通电磁阀的结构如图 12-69 所示，三位三通电磁阀上有三个阀口：A 与制动主缸相通；B 与制动轮缸相通；C 与储液器相通。柱塞内设有油液通道，根据线圈中电流的大小，可将柱塞控制在三个不同的轴向位置上，从而改变三个阀口间的通路，故这种电磁阀称为三位电磁阀。它具有 3 种工作状态，实现压力升高、压力保持和压力降低。

如图 12-70a) 所示，当电磁线圈中没有电流通过时，衔铁在主、副弹簧预紧力的作用下处于上极限位置，并通过其上端的凸肩带动上压板，将回液球阀压靠在回液管端部的阀座上，封闭电磁阀的回液管，回液阀处于关闭

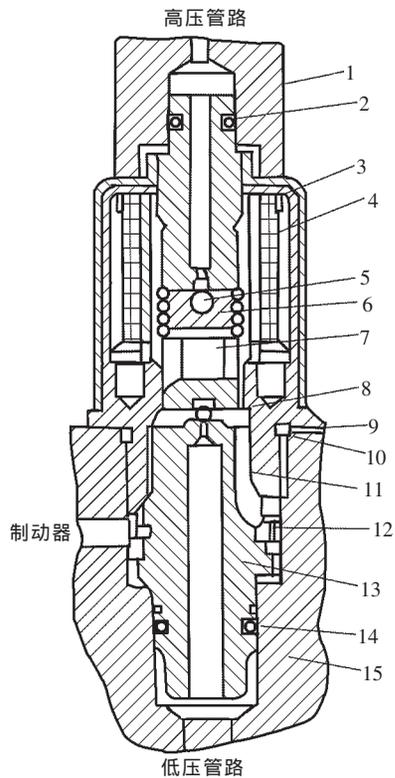


图 12-68 二位三通电磁阀

1. 密封座 2. 密封圈 3. 保护套 4. 电磁线圈
5. 第一球阀 6. 弹簧 7. 衔铁 8. 第二球阀
9. 密封圈 10. 连接体 11. 槽 12. 环形滤网
13. 阀体 14. 密封圈 15. 阀盖

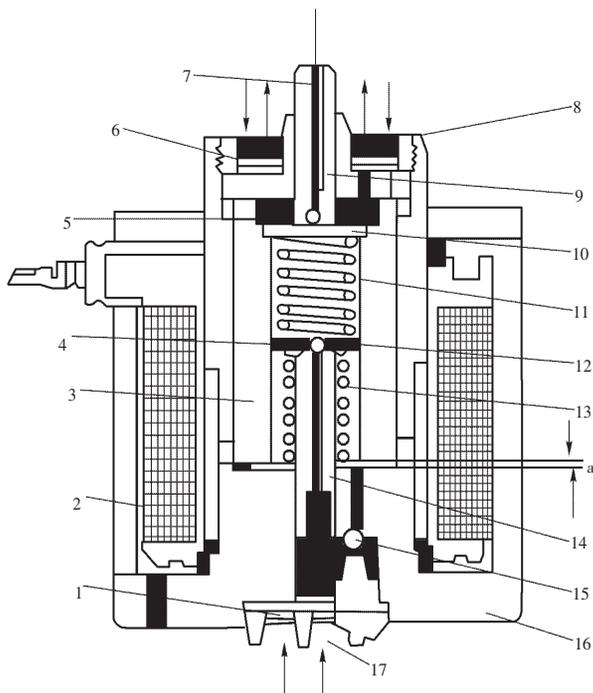


图 12-69 三位三通电磁阀

- 1、6. 滤网 2. 电磁线圈 3. 衔铁 4. 进液球阀 5. 回液球阀 7. 回液口 8、14. 出口  
9、12. 阀座 10. 压板 11. 副弹簧 13. 主弹簧 15. 单向阀 16. 阀盖 17. 进液口

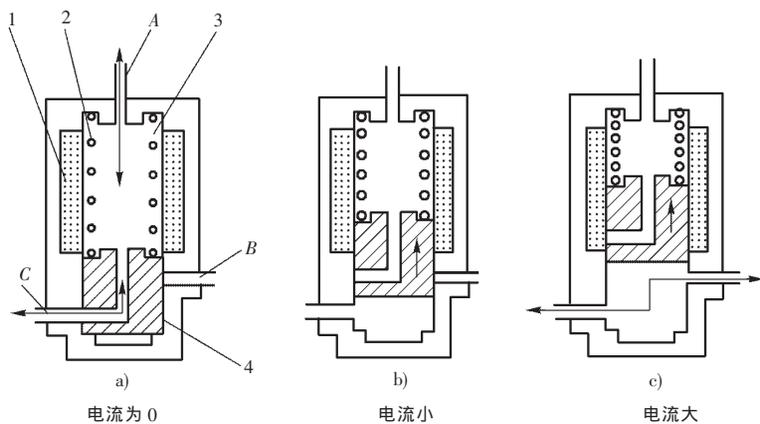


图 12-70 三位三通电磁阀的工作原理图

- A. 通制动主缸 B. 通储液器 C. 通制动轮缸  
1. 线圈 2. 回位弹簧 3. 固定铁芯 4. 可动铁芯

状态；而下压板则受主弹簧的作用，未将进液球阀压靠在进液管端部的阀座上，进液阀处于开启状态，制动液就可以从进液口进入电磁阀，再从出液口流出。

如图 12-70b) 所示，当电磁线圈中通过较小的电流时，电磁线圈对衔铁产生的较小电磁吸力，使衔铁向下移动一定距离（小于间隙  $a$ ）（见图 12-69）。主弹簧被压缩，下压板在副弹簧的作用下将进液球阀压靠在进液管端部的阀座上，而回液球阀仍被上压板压靠在回液管端部的阀座上，由于电磁阀的进液口和回液口都被封闭，制动液既不能从进液口进入电磁阀，也不能从回液口流出电磁阀，保持回路中的压力不再增减。

如图 12-70c) 所示，当电磁线圈中通过较大的电流时，电磁线圈对衔铁产生较大的电磁吸力，使衔铁下移至极限位置，衔铁下移将带动上压板下移，使回液球阀不再压靠在回液管端部的阀座上，回液阀将处于开启状态。而进液球阀被下压板压靠在进液管端部的阀座上，进液阀将处于关闭状态，所以，制动液不能从进液口进入电磁阀，而从出液口流回电磁阀的制动液则可以从回液管流出电磁阀，从而降低制动压力。电磁阀中的限压阀防止电磁阀因压力过高而损坏。

### 三、ABS 的工作过程

#### 1. ABS 不工作时（普通制动时）

如图 12-71 所示，ABS 未进入工作状态，电磁阀 3 不通电 [见图 12-70a)]，柱塞 11 处于图示的最下方，主缸 5 与轮缸 2 的油路相通，主缸可随时控制制动油压的增减。

#### 2. ABS 产生减压作用时

如图 12-72 所示，车速传感器检测到车轮有抱死信号，感应交流电压增大，电磁阀通入较大电流 [见图 12-70c)]。柱塞移至图示的最上方，主缸与轮缸的通路被截断。轮缸和储液器接通，轮缸压力下降。与此同时，驱动电动机起动，带动液压泵工作，把流回储液器的制动液加压后送入主缸，为下一制动过程做好准备。

#### 3. ABS 起保持作用时

如图 12-73 所示，轮缸减压过程中，轮速传感器 1 产生的电压信号较弱，电磁阀通入较小电流 [见图 12-70b)]，柱塞降至图 9 所示位置，所有油路被截断，保持轮缸压力。

#### 4. ABS 产生增压作用时

如图 12-74 所示，当制动压力不够时，传感器发出相应信号，电子控制器停止向线圈供电，柱塞处于图示的最下方，主缸与轮缸的油路再次相通，电磁阀处于第一种状态 [见图 12-70a)] 主缸中的高压制动油液经电磁阀进

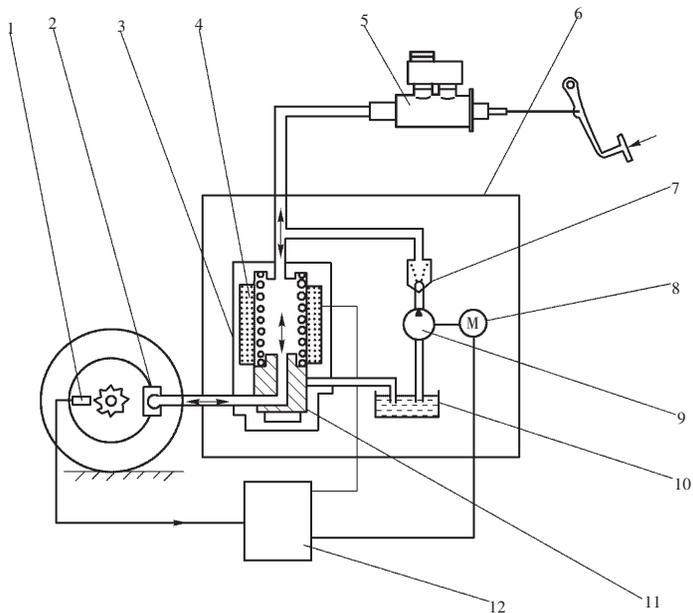


图 12-71 ABS 不工作

1. 轮速传感器 2. 制动轮缸 3. 三位电磁阀 4. 线圈 5. 制动主缸 6. 制动压力调节器  
7. 单向阀 8. 电动机 9. 油泵 10. 储液器 11. 柱塞 12. 电子控制器

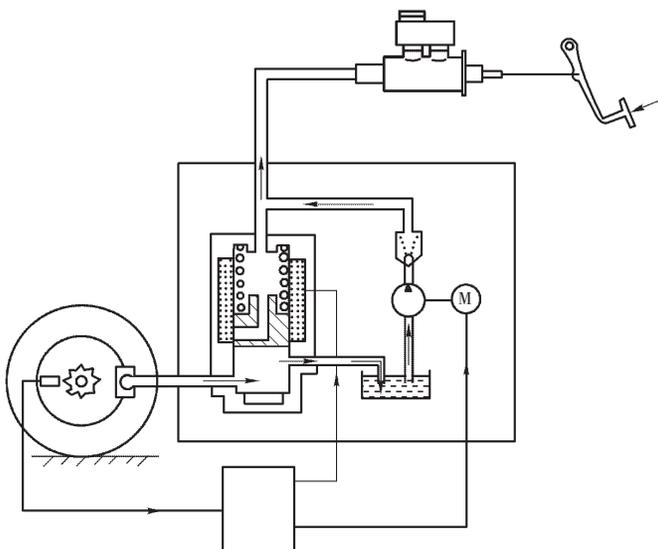


图 12-72 ABS 产生减压作用时的工作情况 (图注同图 12-71)

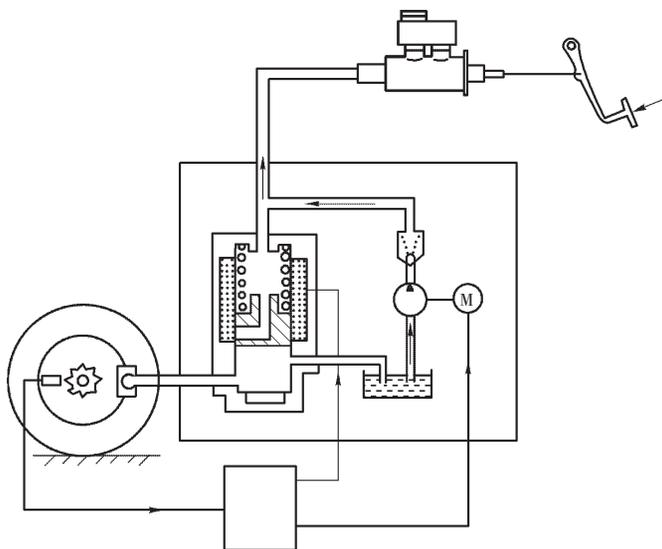


图 12-73 ABS 起保持作用时的工作情况 (图注同图 12-71)

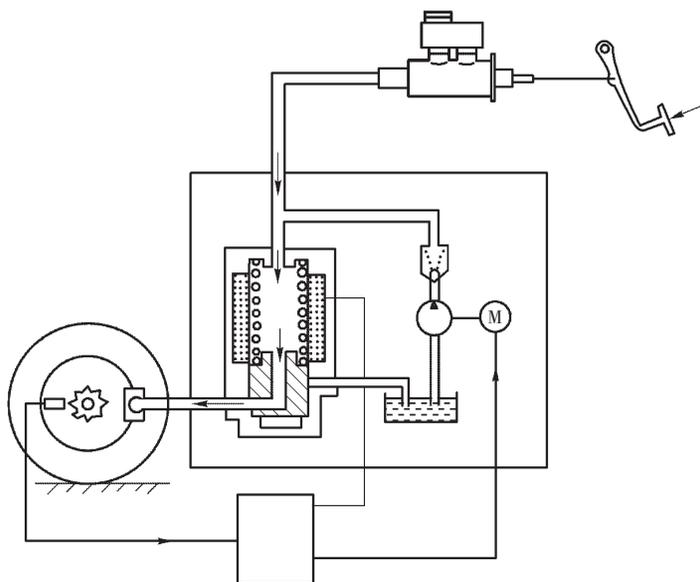


图 12-74 ABS 产生增压作用时的工作情况 (图注同图 12-71)

入轮缸，使制动力迅速上升。

ABS 通过控制上述各工况，使之相互交替进行，从而保证汽车获得最佳制动效果。

### 思考题

1. 试述制动系的功用及组成，制动系是如何进行分类的？
2. 什么是简单非平衡式和平衡式制动器？
3. 简述北京 BJ2020 型汽车后轮制动器的工作原理。
4. 简述东风 EQ1090 型汽车前轮制动器的工作原理。
5. 简述自动增力式车轮制动器的作用原理。
6. 盘式制动器与鼓式制动器比较各有何特点？
7. 试述液压制动系中制动主缸和轮缸的作用及工作原理。
8. 简述鼓式、盘式驻车制动器的工作原理。
9. 简述解放 CA1091 型汽车双管路制动系统的工作原理及组成。
10. 简述串联、并列双腔活塞式制动阀的工作过程。
11. 简述 ABS 系统的组成及工作原理。

# 第十三章 汽车底盘拆装实训

## 实训一 离合器的拆装

### 一、实训目的与要求

1. 熟悉摩擦片式离合器的构造及工作原理。
2. 掌握离合器的正确拆装方法。

### 二、设备器材

1. EQ1090 汽车用离合器，上海大众汽车用离合器各一只。
2. 常用和专用工具及拆装工作台。

### 三、结构简介

#### 1. EQ1090 汽车用离合器

(1) EQ1090 汽车采用单片螺旋弹簧式离合器，主要由主动部分——离合器盖、压盘；从动部分——从动盘（带扭转减振器）、从动轴；压紧装置——16 只螺旋圆柱弹簧；分离机构——分离叉、分离杠杆等组成，如图 13-1 所示。

(2) 离合器操纵机构主要有机械式和液压式二种。EQ1090 汽车采用的是机械式，如图 13-2 所示，它主要由踏板、分离杠杆、分离叉、分离轴承、回位弹簧等组成。

#### 2. 上海桑塔纳汽车膜片弹簧离合器

图 13-3 所示为上海桑塔纳膜片弹簧离合器结构示意图。离合器主要由飞轮、从动盘和离合器压盘总成组，其中离合器盖压盘总成包括离合器盖、压盘、膜片弹簧、支承环、定位铆钉、分离钩、传动钢片等机件。

**膜片弹簧** 膜片弹簧用优质簿弹簧钢板制成，形状为蝶形。其上开有 18 条径向切槽，切槽内端开通，外端为圆孔，形成 18 根分离杠杆，膜片弹簧既起压紧弹簧作用，又起分离杠杆作用。

**支承环** 两个支承环位于膜片弹簧前后-面上，借铆钉夹持在离合器盖上，作为膜片弹簧变形的支点，膜片弹簧的外缘就压在压盘的环形台上。

**传动钢片与分离钩** 沿压盘周边均布有三组传动钢片，每组 2 片，一端与离合器盖铆接，另一端连同分离钩一起固定于压盘上，用以传递转矩和

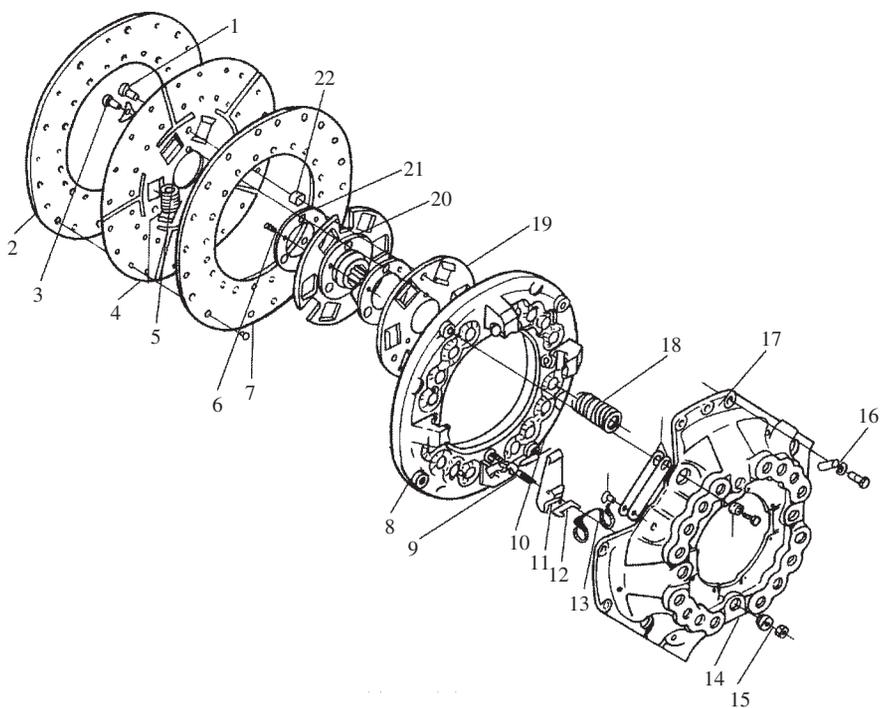


图 13-1 EQ1090 车用离合器分解图

1. 从动盘铆钉 2. 摩擦片 3. 减振器阻尼弹簧铆钉 4. 从动盘 5. 减振器弹簧 6. 减振器阻尼片铆钉 7. 摩擦片铆钉 8. 压盘 9. 支承螺柱 10. 浮动销 11. 分离杆 12. 摆动支承片 13. 分离杆弹簧 14. 离合器盖 15. 分离杆调整螺母 16. 平衡片 17. 传动片 18. 压紧弹簧 19. 离合器减振器 20. 从动盘盘毂 21. 减振器阻尼片 22. 从动盘铆钉隔套

分离。

**离合器盖** 用来固定离合器的其他零件，结构上将离合器盖、压盘和膜片弹簧三者连成一个整体。

#### 四、拆装方法及步骤

##### 1. EQ1090 离合器拆装方法及步骤（参见图 13-1）

(1) 拆前先观察离合器构造，了解各部分连接情况。

(2) 离合器的拆卸。

①把离合器盖及压盘总成放在压力机上，在离合器盖上加压使压紧弹簧压缩后，拆下分离杆调整螺母，拧下传动片螺栓座上的螺栓。

②慢慢卸去压力机上的压紧力，将离合器盖，压盘总成全部解体。

③拆下一组分离杆、摆动支承片、支承螺栓、浮动销。仔细观察分离杆的防干涉结构及各零件的连接关系。

在教师指导下演示离合器在接合位置和分离位置上，支承片的摆动

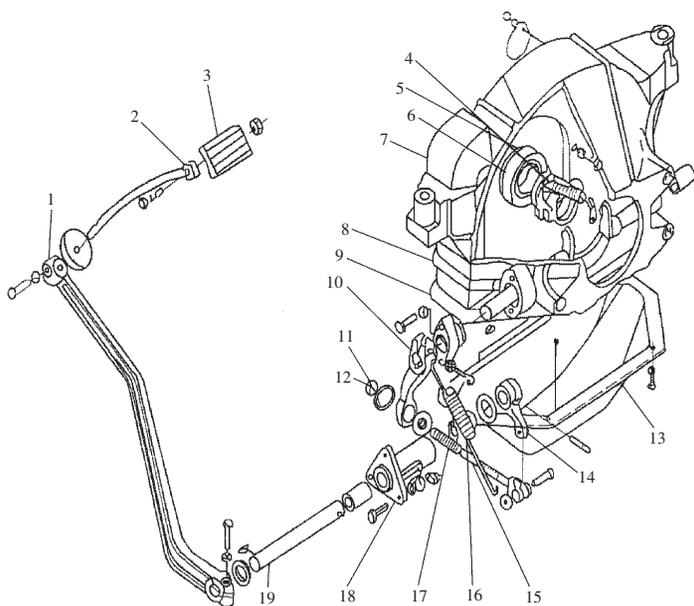


图 13-2 EQ1090 型汽车离合器的操纵机构

1. 踏板臂 2. 踏板上臂 3. 踏板 4、16. 回位弹簧 5. 轴承座 6. 分离轴承 7. 外壳  
8. 分离叉 9. 凸缘 10. 分离叉臂 11. 锁紧螺母 12. 调整螺母 13. 外壳底盖 14. 拉臂  
15. 分离拉杆 17. 分离杠杆弹簧 18. 支座 19. 踏板轴

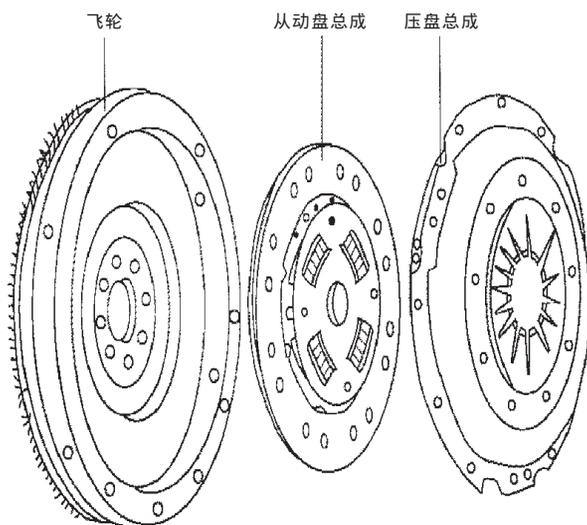


图 13-3 飞轮、从动盘、压盘总成

情况。

观察从动盘与摩擦片、从动盘毂的铆接情况以及扭转减振器的构造和各零件的相互关系,搞清楚扭矩如何从摩擦片传递到从动盘毂。

### (1) 离合器的装复

①在离合器盖上装上分离杠杆弹簧。

②将压盘放在平台上,在压盘凸块内侧放上支承片,分离杠杆,插上支承螺栓,穿入浮动销。

③把个离合器压紧弹簧放在压盘的弹簧座上,使4个支承螺栓对正离合器盖相应的孔,然后在离合器盖上加压,在支承螺栓的端头拧上分离杠杆调整螺母。

④将传动片拔正,把传动片螺栓座及螺栓拧入并冲铆螺栓座。

⑤将离合器从动盘总成和压盘总成安装在飞轮上,装配时,要使用导向套或变速器第一轴,以保证从动盘总成与飞轮中心的同轴度。

⑥用分离杠杆调整螺母将分离杠杆调在同一高度(使分离杠杆上平面距飞轮表面 $56 \pm 0.2$ 毫米),然后用锁紧螺母锁上。

### (2) EQ1090 型汽车离合器操纵机构拆装(参见图 13-2)

①将操纵机构按图 13-2 所示解体,了解各零件的相互连接与装配关系。

②装复操纵机构后,旋转调整螺母,当踏板的自由行程为 30mm ~ 40mm 时,分离杆端部距分离轴承的间隙是 3mm ~ 4mm 并将锁紧螺母锁紧。

## 2. 桑塔纳膜片弹簧离合器的拆装方法与步骤

### (1) 桑塔纳膜片弹簧离合器的拆卸

①拆下离合器拉索

②拆下离合器分离轴传动臂

③拆除变速器总成,作好离合器盖与飞轮间的装配记号

④拆除支承弹簧和分离轴承

⑤拆下分离轴承导向套筒及垫圈

⑥用尖嘴钳拆下挡圈,取下橡皮防尘套、轴承衬套、轴承

⑦拆除复位弹簧、取出分离轴

⑧将飞轮固定、交替对称拧松离合器压盘总成与飞轮之间的固定螺栓、取下压盘总成和从动盘总成。

⑨拆除锁片,取下离合器踏板

⑩用专用工具压出轴承衬套

### (2) 桑塔纳膜片弹簧离合器的装配

安装从动盘总成及压盘总成

把从动盘总成和压盘总成安装到飞轮上,安装时要用导向轴定位,装配时,从动盘有减振弹簧保持架的一面朝向压盘,对准飞轮上的标记,均匀交

叉拧紧到规定力矩（25Nm）固定螺栓拧紧后，拔出导向轴。

## 五、课后作业

1. 离合器压紧弹簧有哪三次压缩？
2. 写出一种离合器的拆装方法。

# 实训二 变速器与分动器的拆装

## 一、实训目的与要求

1. 熟悉普通齿轮变速器的结构和工作情况
2. 熟悉变速器操纵机构的结构和工作情况
3. 了解同步器结构及工作情况
4. 掌握正确的拆装顺序与方法

## 二、设备器材

1. EQ1090 车用变速器一台，BJ2020 车分动器一台，桑塔纳变速器一台。
2. 常用工具及变速器、分动器拆装台

## 三、结构简介

1. 齿轮式变速器包括变速传动机构和操纵机构两大部分

(1) 变速传动机构主要由壳体、第一轴、第二轴、中间轴、倒挡轴、各挡齿轮和轴承等组成。如图 13-4 所示。

(2) 操纵机构主要由变速杆、变速叉轴、变速叉、自锁装置、互锁装置和倒挡锁装置等组成。如图 13-5 所示。

2. 分动器基本结构与变速器相似，也是由齿轮传动机构和操纵机构两部分组成，如 BJ2020 汽车分动器，参见图 13-6 所示。

## 四、拆装方法及步骤

1. EQ1090 汽车变速器的拆卸（见图 13-4）

(1) 将变速器固定在专用拆装工作台上，旋出放油螺塞用油盘接油，放尽变速器内润滑油。

(2) 从变速器第一轴轴承盖上取下分离轴承。

(3) 拆下手制动毂上两个固定螺栓，然后取下制动毂。拧下凸缘锁紧螺母，取下蝶形弹簧，拉出突缘，最后拆去手制动机构各部件。

(4) 拆掉变速器盖螺栓，取下变速器盖和操纵机构。

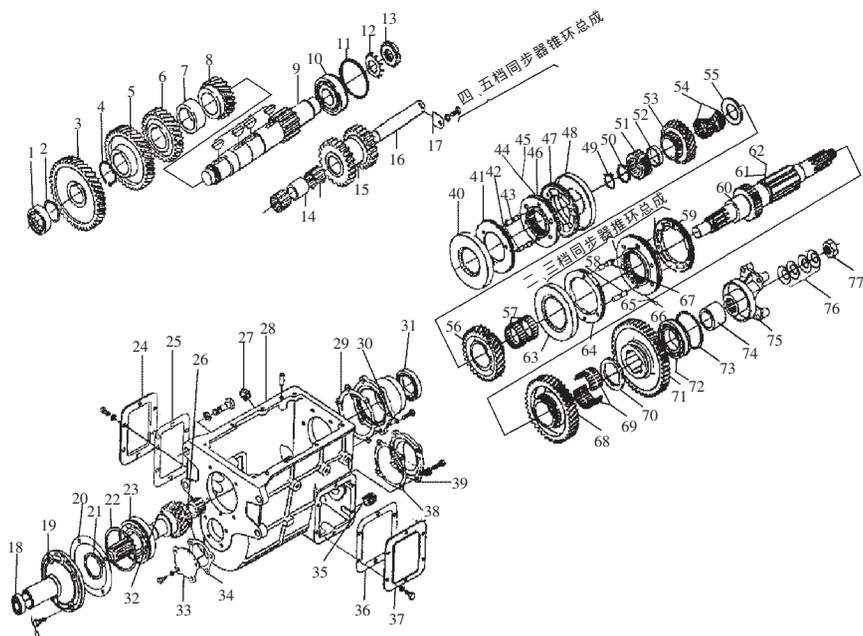


图 13-4 EQ1090 车变速器传动机构分解图

1. 中间轴前滚子轴承 2. 轴用弹性挡圈 3. 中间轴常啮合齿轮 4. 轴用弹性挡圈 5. 中间轴四挡齿轮
6. 中间轴三挡齿轮 7. 中间轴隔套 8. 中间轴二挡齿轮 9. 变速器中间轴 10. 中间轴后轴承 11. 轴用钢丝挡圈 (装于中间轴后轴承外圈) 12. 螺母锁片 13. 圆螺母 14. 倒挡齿轮滚针轴承隔套 15. 倒挡齿轮 16. 倒挡齿轮轴 17. 倒挡齿轮轴锁片 18. 第一轴前轴承 19. 第一轴轴承盖 20. 第一轴轴承盖衬垫 21. 轴用弹性挡圈 22. 轴用钢丝挡圈 23. 第一轴后轴承 24. 取力孔盖 (不装取力器用)
25. 取力孔盖衬垫 26. 第二轴前轴承及倒挡齿轮轴承 27. 方头锥形螺塞 28. 变速器外壳 29. 第二轴后轴承盖衬垫 30. 第二轴后轴承盖 31. 油封总成 (SG55×80×12) 32. 变速器第一轴 33. 中间轴前轴承盖 34. 中间轴前轴承盖衬垫 35. 方头锥形螺塞 36. 倒挡检查孔盖衬垫 37. 倒挡检查孔盖板
38. 中间轴后轴承盖衬垫 39. 中间轴后轴承盖 40. 四、五挡同步器锥盘 41. 四、五挡同步器锥环
42. 四、五挡同步器锁销 43. 同步器定位锁销 44. 钢球 45. 锁销弹簧 46. 四、五挡滑动齿套
47. 四、五挡同步器锥环 48. 四、五挡同步器锥盘 49. 四、五挡固定齿座锁环 50. 四、五挡固定齿座止推环 51. 四、五挡固定齿座 52. 四挡齿轮滚针轴承挡圈 53. 四挡齿轮 54. 变速器四挡齿轮滚针轴承 55. 四挡齿轮止推环 56. 三挡齿轮 57. 变速器三挡齿轮滚针轴承 58. 同步器定位销 59. 二三挡同步器锥环 60. 变速器第二轴 61. 锁销弹簧 62. 止推环锁销 63. 三挡同步器锥盘 64. 二、三挡同步器锥环 65. 锁销弹簧 66. 钢球 67. 二、三挡同步器锁销 68. 二挡齿轮 69. 变速器二挡齿轮滚针轴承 70. 二挡齿轮止推环 71. 一档及倒挡齿轮 72. 第二轴后轴承 73. 轴用钢丝挡圈 74. 第二轴后轴承隔套 75. 叉形凸缘总成 76. 碟形弹簧 77. 锁紧螺母

(5) 拆去第一轴轴承盖紧固螺栓上钢丝锁线, 旋下紧固螺栓, 取下第一轴轴承盖。

(6) 拧下变速器第二轴后轴承盖紧固螺栓, 取下第二轴后轴承盖。

(7) 用铜棒轻敲第一轴, 可将第一轴连同第一轴后轴承一起从前端取出, 从第一轴孔中取出第二轴前轴承。

(8) 用手托起第二轴前端上下晃动, 并用铜棒左右轻敲第二轴后端, 可将第二轴连同第二轴后端轴承部分退出壳外, 此时可用拉力器拉下第二轴后端轴承, 这样, 第二轴总成可以从变速器壳内上方取出。

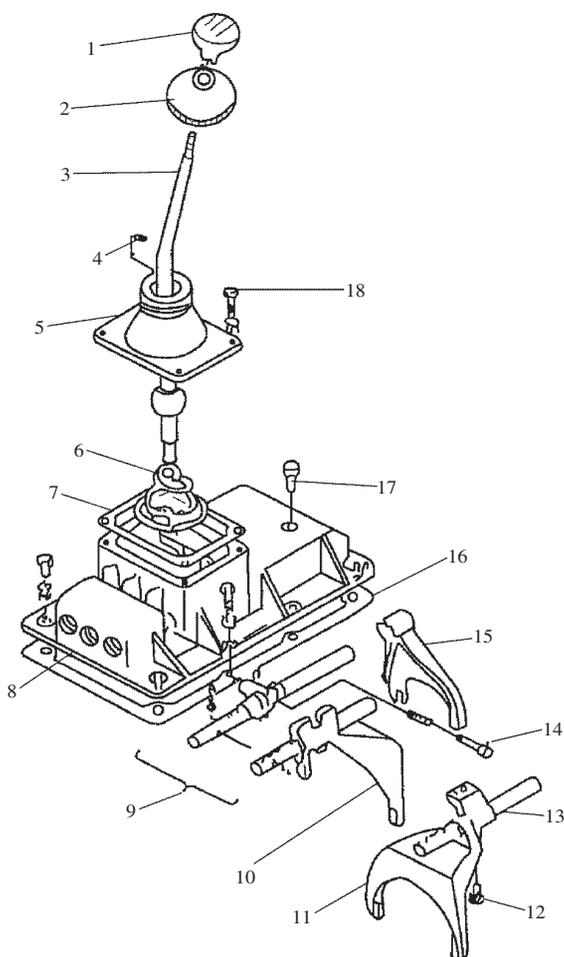


图 13-5 EQ1090 车变速器操纵机构分解图

1. 操纵手柄 2. 防尘罩 3. 操纵杆 4. 操纵杆限位销 5. 顶盖 6. 操纵杆弹簧 7. 顶盖衬垫 8. 变速器上盖 9. 自锁互锁装置 10. 二、三挡变速叉 11. 四、五挡变速叉 12. 变速叉止动螺栓 13. 四、五挡变速叉轴 14. 安全止柱 15. 倒挡变速叉 16. 上盖衬垫 17. 通气塞 18 紧固螺栓

(9) 从第二轴上取出四、五挡同步器总成，然后拆除四、五挡固定齿座锁环和止推环，这样可将第二轴前端上四、五挡固定齿座，四挡齿轮、三挡齿轮、二挡和三挡同步器等依次取下。注意观察锁销式同步器结构，模拟工作情况。

(10) 从第二轴后端取下一挡和倒挡齿轮，用起子把止推环锁销紧压住，然后转动止推环取下止推环（注意退出止推环时，防止止推环锁销被弹簧弹出）。

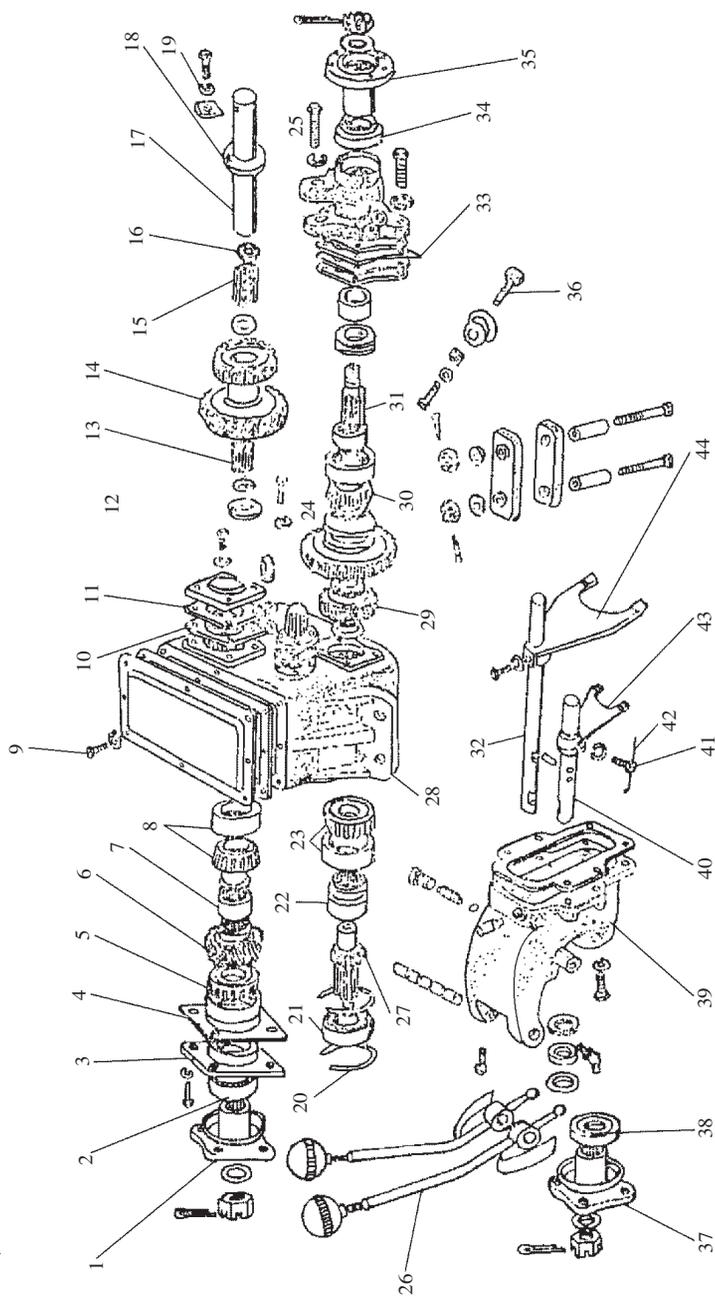


图 13-6 北京 BJ2020 汽车分动器分解图

1. 主动轴凸缘盘 2. 3. 前盖 4. 衬垫 5. 8. 21. 23. 30. 轴承 6. 主动齿轮 7. 主动轴 9. 分动器上盖 11. 调整垫片 12. 侧盖 13. 滚针 14. 中间轴齿轮 16. 滚针隔板 17. 中间轴 18. 止推垫片 19. 中间轴锁片 20. 挡圈 22. 接合套 24. 输出轴滑动齿轮 25. 分动器后壳 26. 操纵杆 27. 分桥输出轴 28. 分动器壳体 29. 常啮齿轮 31. 后桥输出轴 32. 换挡叉轴 33. 调整垫片 35. 后桥输出轴凸缘盘 36. 里程表被动齿轮 37. 前桥输出轴凸缘盘 39. 分动器前壳 40. 前桥接合叉轴 41. 拨叉固定螺栓 42. 钢丝 43. 前桥接合套拨叉 44. 高低档换挡叉

(11) 从变速器壳体上拆掉中间轴前轴挡承盖,后轴承盖,撬开后轴承锁片,拧下锁紧母,然后拆掉倒挡检查孔盖,取下倒挡齿轮轴锁片,最后利用倒挡轴后端的螺纹孔,用专用工具将倒挡轴拔出,并从倒挡检查孔取出倒挡齿轮和轴承及轴承隔套。

(12) 将铜棒顶在中间轴前端,用锤敲击铜棒,可使中间轴总成带后轴承向壳体外脱出,此时用拉力器拉下后轴承,这样可将中间轴总成从壳体内由上方取出。再用铜棒顶住中间轴前轴承外圈,敲击铜棒,取出前轴承。

(13) 从中间轴上取下挡圈,用压床将常啮合齿轮压出,再取下挡圈,用压床将四挡齿轮、三挡齿轮,二挡齿轮压出。

(14) 变速器盖上操纵机构的拆卸(参看图 13-5)

① 拆去变速器顶盖紧固螺栓,拆去操纵杆弹簧、顶盖总成,即可全部解体。

② 拆除二挡和三挡变速叉,四挡和五挡变速叉,一倒挡变速叉,一倒挡导块上的钢丝锁线并拧下变速叉止动螺栓。

③ 用专用工具顶住变速叉轴后端,用力冲击,使变速叉轴顶掉塞片,这样变速叉轴从盖前端脱出(注意:当变速叉轴从内脱出一定距离时,可用手握住,边转动边慢慢向前拉出,防止锁止弹簧和钢球从盖中弹出),取出轴同时,可一一取下变速叉。

## 2. EQ1090 汽车变速器的装复

(1) 装复前,零件必须仔细清洗,注意第二轴上齿轮及第一轴上齿轮,轮齿间的润滑油孔,必须疏通,切勿堵塞。

(2) 安装中间轴总成,将齿轮依次压入,注意齿轮的键槽必须对准轴上的半圆键,以免零件压坏。装挡圈时,可用自制简易锥套工具推压挡圈。(拆装实训时中间轴总成可不必分解,了解上述安装过程即可)。

(3) 将变速器壳体固定在专用拆装台上,把安装好的中间轴总成放入中间轴孔内,两端套上中间轴前、后轴承。然后从倒挡齿轮检查窗孔放入倒挡齿轮,齿轮内孔中放入轴承和隔套,从变速器后端插入倒挡齿轮轴。

(4) 用铜棒将中间轴前、后轴承敲入轴承座孔(注意应沿轴承外圈四周均匀敲击),然后套上锁片并用螺母拧紧(拧紧力矩 147Nm)。用锁片把螺母锁紧,在中间轴后轴承外圈边缘套上挡圈,最后在变速器壳体上分别装上中间轴前后轴承盖。

(5) 用铜棒将倒挡轴敲到安装位置,卡上倒挡齿轮轴锁片,并用螺栓固定锁片,最后在变速器螺栓紧固盖。

(6) 按拆卸时相反顺序组装第二轴总成(参见图 13-4),注意装二、三挡同步器时,将滑动齿套凸出的一面朝向第一轴方向。

(7) 将安装好第二轴总成放到变速器壳体里,从第二轴后端套上后轴

承,用铜棒轻轻敲击,使轴承靠到第二轴花键部分台肩上,套入里程表主动齿轮和隔套,然后装上挡圈。

(8)在第一轴上压入滚珠轴承,装上轴承外缘挡圈和轴承挡圈。在第一轴内孔中装入滚针轴承,然后把第一轴装到壳体前端轴承孔中,使第二轴前端轴颈对准第一轴轴承孔。用铜棒一边轻轻敲击,一边用手转动第一轴,使轴承平顺装入壳体座孔中。

(9)从第一轴前端安放密封纸垫,套上轴承盖,用螺栓对称紧固,并用钢丝锁线以8字形穿入螺栓头的孔中拧紧(轴承盖左上方螺栓上还应装有离合器分离轴承座的回位弹簧钩环)。在壳体后端装上密封纸垫,套上第二轴后轴承盖,用螺栓对称紧固。装上甩油环,把已安装好的手制动器总成固定在轴承盖上(拆装用变速器可不装手制动器总成)

#### (10) 装复变速器盖

①将变速叉轴装在变速器盖上相应孔中,同时装上变速叉轴锁止弹簧、自锁钢球和互锁圆柱销、互锁钢球及各挡变速叉。

②拧入变速叉止动螺钉,拧紧后用钢丝锁线将螺钉锁紧在叉轴上。

③在变速器盖前端座孔上压入边缘涂有密封胶的变速叉轴塞片。

(11)使变速器处于空挡位置,装上涂以密封胶的上盖衬垫,盖上变速器盖总成(注意先在变速器壳体端面定位孔中打入定位销)。

(12)拧上放油螺塞,加注润滑油,然后拧上加油螺塞。

(13)装复完的变速器应在试验台上运转试验,检查温升、噪音、换挡是否轻便等。试验合格变速器才能使用拆装实训不做此项要求,但应了解)。

### 3. BJ2020 汽车分动器拆卸(参见图 13-6)

(1)将分动器固定在专用拆装工作台上,旋出放油螺栓,用油盘接油,放尽分动器内润滑油。

(2)拆除分动器上盖,用尖嘴钳拆去换挡扳叉固定螺栓的锁紧钢丝,然后松掉拨叉固定螺栓。

(3)拆除分动器前壳和分动器壳体连接螺栓,将分动器前壳连同换挡操纵机构,前桥输出轴等一起取下。

(4)拆去后桥输出轴螺母,拆去分动器后壳和分动器壳体连接螺栓,拆下分动器后壳总成。

(5)拆去分动器主动轴凸缘盘总成、主动轴前轴承盖和后轴承盖。

(6)拆去分动器中间轴锁止片。

(7)用铜棒轻敲主动轴前端,可使主动轴连同轴承一起退出壳外,抽出主动轴,从分动器壳中取出主动齿轮。

(8)用铜棒将中间轴敲出,抽出中间轴,从分动器壳中取出连成一体

的中间轴大、小齿轮。

(9) 用铜棒轻敲后桥输出轴，抽出轴，从分动器壳体中取出常啮合高速挡齿轮和滑动齿轮。

#### 4. BJ2020 汽车分动器的装复

(1) 装复前，将零件清洗干净，按拆卸顺序一一放好。

(2) 将后桥输出轴一端伸入壳体内，将后桥输出轴滑动齿轮、常啮齿轮依次在壳内套入输出轴，然后将输出轴放入壳两端轴孔中，轴两端套入轴承，最后用铜棒将轴承敲入轴承座孔（应注意要沿轴承外圈四周均匀敲击）

(3) 将中间轴从壳体一侧孔轻敲入孔内，让中间轴齿轮从壳体内套入中间轴，然后将中间轴轻敲入壳体另一端孔内正确位置，最后用中间轴锁止片将轴锁住（注意装轴时，轴上放锁止片凹槽方向应正确，中间轴大齿轮与后桥输出轴常啮齿轮啮合位置正确）

(4) 将主动轴从壳体一侧孔伸入壳体内，从壳体内将主动齿轮支承套、主动齿轮，依次套入轴，然后将主动轴放入壳体两端轴孔中，轴两端套上轴承，用铜棒将轴承轻敲入轴承座中（沿轴承外圈四周均匀敲击，主动齿轮与中间轴大齿轮啮合位置正确）。

(5) 在主动轴两端座孔内涂上润滑脂，装上调整垫片，用螺栓将前盖和侧盖固定在壳体上。

(6) 在主动轴凸缘盘上装入油封，然后将凸缘盘套入主动轴，装上垫圈，用螺母并紧，最后用开口销锁住。

(7) 在后桥输出轴一端装上轴前支承套、里程表第一主动齿轮、轴后支承套、后壳衬垫、调整垫片，然后将分动器后壳用螺栓紧固在分动器壳体上。

(8) 在后桥输出轴凸缘盘上套入油封，然后将凸缘盘套入后桥输出轴，装上垫圈，用螺母并紧，最后用开口销锁住。

(9) 将分动器前壳连同操纵机构、前桥输出轴总成用螺栓固定在已装好衬垫的分动器壳体上，安装时，从高低挡换挡叉轴上套入高低挡换挡叉，叉应卡在后桥输出轴滑动齿轮槽内，最后用拨叉固定螺栓将叉固定，用钢丝将螺栓锁住。

(10) 在前桥输出轴凸缘盘上套入油封，将凸缘盘套入前桥输出轴，装上垫圈，用螺母并紧，最后装上开口销。

(11) 安装分动器上盖。

(12) 检查有无漏装部件，清理工具、场地。

#### 5. 桑塔纳二轴式变速器

上海桑塔纳轿车变速器传动机构的结构如图 13-7 所示。其变速器主轴包括输入轴和输出轴，故称二轴式变速器。这种型式的变速器具有结构简单

紧凑、体积小、质量轻、传动效率高等优点、广泛应用于发动机前置，前轮驱动的轿车上。

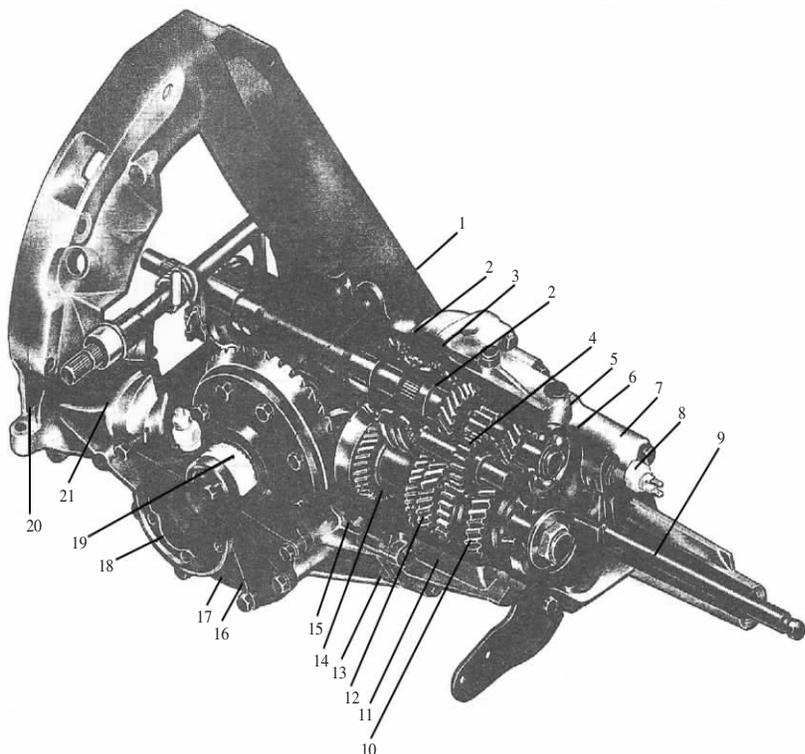


图 13-7 上海桑塔纳轿车变速器传动机构

1. 输入轴 2. 四挡主动齿轮 3. 二、四挡同步器 4. 倒挡齿轮 5. 中壳体 6. 组合轴承 7. 后端盖 8. 倒车灯开关 9. 内换挡杆 10. 一档从动齿轮 11. 一、二挡同步器 12. 二挡从动齿轮 13. 三挡从动齿轮 14. 输出轴 15. 四挡从动齿轮 16. 侧盖 17. 差速器 18. 凸缘轴 19. 里程表传动齿轮 20. 变速器前壳体 21. 分离叉轴

变速器传动机构主要由输入轴、输出轴、倒挡轴、齿轮组、同步器、支承轴承和变速器壳体组成。变速器共有四个前进挡和一个倒车挡。

#### 6. 桑塔纳变速器的拆卸

- (1) 将变速器夹在修理架上，放出变速器齿轮油；
- (2) 拆下变速器后盖，取出调整垫片和密封垫圈；
- (3) 小心地将第三、四挡拨叉轴往外拉，取出轴上互锁销钉。然后，将轴推回空挡位置，注意拨叉轴不能扯出太远，否则，同步器内的滑块会弹出来，致使拨叉轴无法推回空挡位。
- (4) 让倒挡和第一挡的齿轮啮合，以锁住输出轴，旋下输出轴端头螺母，并拉下双列圆锥滚子轴承（后轴承）。
- (5) 拆下输入轴，将压具支承桥准确安装在变速器壳上，使心轴位于

输入轴的中心，支脚尽可能在一条直线上，旋动压具心轴至顶住输入轴，拉出输入轴后轴承。

(6) 松开变速器前、后壳体间的连接螺栓。

(7) 将变速器后壳体夹在台钳上，且使用保护垫片。

(8) 铳出三、四挡拨叉与轴的固定销。

(9) 将第三、四挡拨叉轴往回拉，直至可以将三、四挡拨叉取出来为止，然后，将拨叉轴推回空挡位置。

(10) 取出输入轴总成。

(11) 压出倒挡齿轮轴并取出倒挡齿轮。

(12) 铳出一、二挡夹紧爪的弹性销，从拨叉轴上取下夹紧爪。

(13) 取出输出轴总成。

(14) 拆下变速器前壳体上凸缘轴的固定螺栓，拆下变速器盖螺栓及盖，然后取出变速器总成。

#### 7. 桑塔纳变速器的装配

装配按拆卸时的相反顺序进行，同时还应该注意以下事项：

(1) 压入第一、第二挡拨叉轴时应注意活动间隙，必要时轻轻敲击，以免卡住；

(2) 倒挡传动臂安装后，应进行反复拨动试验，检查倒挡机构是否灵活正确；

(3) 应使各拨叉轴均处于空挡位置；

(4) 安装第三、四挡拨叉轴上小互锁销时，拨叉轴不能拉出太远，否则同步器滑块可能弹出来，拨叉轴无法推回空挡位置，需要重新拆卸变速器；

(5) 准确测量轴承座与变速器盖之间调整垫片和密封圈的厚度，确保减速器主、从动锥齿轮的正常啮合。

### 五、课后作业

1. 叙述 EQ1090 汽车变速器一~五挡、倒挡的动力传递路线。
2. 叙述 BJ2020 汽车分动器高、低挡的动力传递路线。
3. 在拆装变速器操纵机构时应注意哪些问题？

## 实训三 自动变速器的拆装

### 一、实训目的与要求

1. 了解前置后驱 FR 自动变速器前置前驱 FF 车自动变速器的结构及工

作情况。

2. 掌握自动变速器控制系统和变矩器、行星齿轮机构的基本结构和工作原理。

3. 掌握自动变速器的正确拆装顺序及调整方法。

## 二、实训设备及工、量具

1. FR 车自动变速器和 FF 车自动变速器 2~4 套（液压控制、电子控制各两套），确保每套/4~6 人。

2. 变矩器、行星齿轮机构若干套。

3. 拆装工作台若干张。

4. 举升器、常用、专用工具若干套。

## 三、实训步骤及操作方法

1. A - 240L 和 A - 340E 型自动变速器总成的拆卸

(1) 拆下蓄电池负极桩夹（搭铁线）。

(2) 拆下变速器节气门拉索（图 13-8）。

(3) 拆下排气管。

(4) 拆下后部撑杆。

(5) 拆下转动轴，注意作上配合记号（图 13-9）。

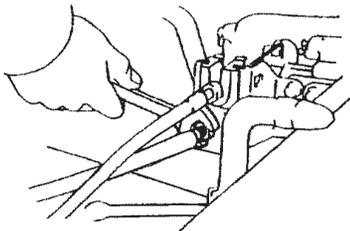


图 13-8 拆下节气门拉锁

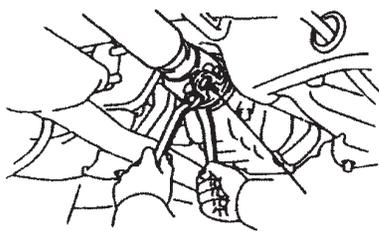


图 13-9 给传动轴作配合记号

(6) 拆下车速传感器线插头（A - 240L）拆下第一、第二车速传感器插头和电磁阀（A - 340E）。

(7) 拆下控制杆（图线插头 13-10）。

(8) 拆下油温传感器和超速挡电磁阀线插头（A - 240L）。

(9) 拆下加油管。

(10) 拆下 ATF 散热管。

(11) 顶住变速器，拆下变速器后支承件。

(12) 拆下控制轴杆（图 13-11）

(13) 拆下变速器前加强板。



图 13-10 拆下控制杆

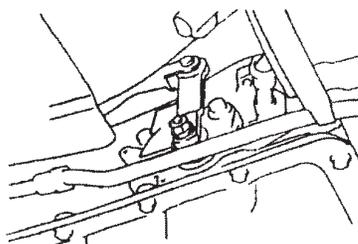


图 13-11 拆下控制轴杆

(14) 拆下空挡起动开关线束插头。

(15) 拆下起动机。

(16) 拆下变矩器盖；转动曲轴，拆下固定变矩器的六个螺栓。

(17) 拆下变速器的 5 个 (A - 240L) 或 7 个 (A - 340E) 固定螺栓，再拆下变速器总成。

## 2. 装备与调整

(1) 将变矩器装入变速器凹腔内。若变矩器已漏掉了油或是被清洗过，要填充新的 ATF。

(2) 用直尺和游标卡尺，测量从装合表面到变速器凹腔前表面的距离，见图 13-12。正确值应为 A - 240L 大于 28mm、A - 340 大于 26mm。

(3) 装上变速器，对准两个定位销。固定螺栓力矩：64N·m。

(4) 转动曲轴，装上变矩器固定螺栓 (18N·m)。先装灰色螺栓，再装五个黑色螺栓。

(5) 装上起动机、变矩器盖板、空挡起动开关线插头、控制杆轴、加强板 (36N·m)、后支承件、ATF 散热管 (34N·m)、控制杆、速度传感器线插头、电磁阀线插头 (A - 340E)、传动轴 (对准装配记号)、撑杆、排气管、加油管。

(6) 装上节气门拉索、调理至正确长度。

(7) 加油，检查油面。

## 3. 液力变矩器和传动板的检查

### (1) 检查导轮单向离合器

如图 13-13 把两个专用工具 (09351 - 32020) 插入液力变矩器内，分别固定导轮单向离合器的内、外座圈，固定住外圈专用工具，转动另一专用工具，逆时针转不动，顺时针能转动，则说明导轮单向离合器工作正常。若顺时针转动有卡滞现象，把变矩器清洗一下再检查，若仍如此，应更换变矩器总成。

(2) 测量传动板的径向跳动和起齿圈

如图 13-14，检查传动板的径向跳动。若径向跳动超过 0.20mm 或起动车圈损坏，需将传动板更换。新装传动板需注意垫片的方向，传动板拧紧力矩为  $83\text{N} \cdot \text{m}$ 。

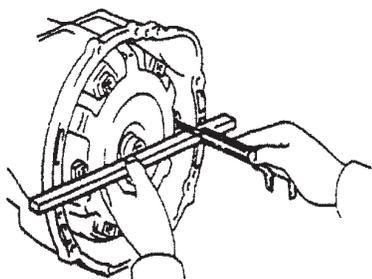


图 13-12 检查变矩器的安装

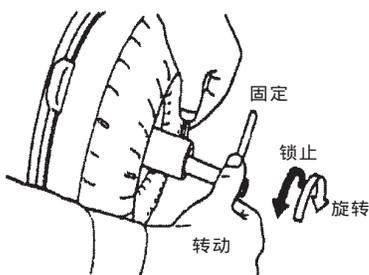


图 13-13 检查导轮单向离合器

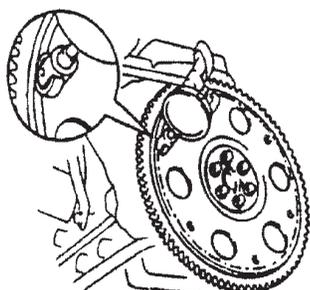


图 13-14 检查传动板的径向跳动

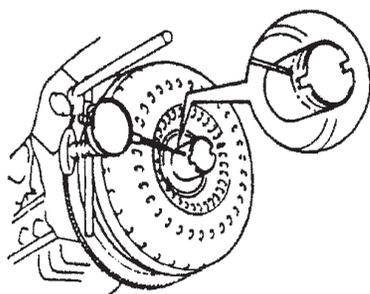


图 13-15 检查导轮固定套管的偏摆量

### (3) 测量液力变矩器油泵驱动套管的偏摆量

如图 13-15，把液力变矩器装在传动板上，检查油泵驱动套管量。若测量所得值超过 0.30mm，更换液力变矩器总成，注意记下变矩器的安装位置。

## 五、课后作业

1. 自动变速器由哪几个部分组成，各起什么作用？
2. 液力变矩器是如何工作的？
3. 简述辛普森行星齿轮变速系统的工作原理。
4. 叙述丰田 A - 340E 自动变速器各挡位的传动路线。

## 实训四 万向传动装置拆装

### 一、实训目的与要求

1. 熟悉万向传动装置的组成及各部件的相互关系；普通十字轴万向节的构造；传动轴的构造；等角速万向节的构造。

2. 掌握普通万向传动装置、等角速万向节的拆装方法及注意事项。

### 二、设备器材

1. 东风 EQ1090 型汽车万向传动装置；三销式、球叉式、球笼式等角速万向节各一套。

2. 常用工具及拆装工作台。

### 三、结构分析

万向传动装置一般由万向节和传动轴组成。在变速器与驱动桥距离较远的车辆中，常将传动轴分成二段，采用三个万向节，并在中间传动轴后端加装中间支承。EQ1090 型汽车万向传动装置就是采用上述形式，其传动装置如图 13-16 和图 13-17 所示。

它由中间传动轴及中间支承套管叉总成等组成。在车辆上安装时，突缘叉用螺栓和手制动器制动鼓突缘相连接。中间传动轴后端的轴颈部分用来安装中间支承并通过支架把中间传动轴悬挂在横梁下面，花键部分用来安装突

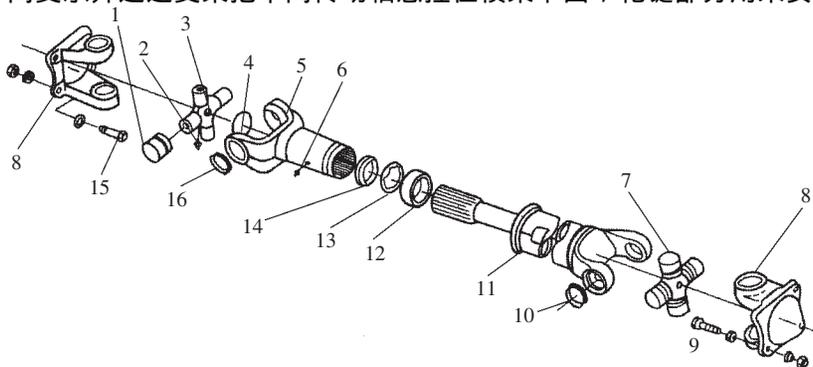


图 13-16 传动轴及套管叉总成

1. 滚针轴承总成 2. 十字轴滑脂嘴 3. 十字轴及滚针轴承总成套管叉总成 4. 塞片 5. 套管叉 6. 滑脂嘴 7. 十字轴及滚针轴承总成 8. 凸缘叉 9. 螺栓 10、16. 孔用弹性挡圈 11. 传动轴总成 12. 油封盖 13. 油封垫片 14. 套管叉油封 15. 螺栓

缘，以便和后面的传动轴相连接。传动轴及套管叉总成通过前后两端的突缘叉分别与中间传动轴后端的突缘及主减速器主动锥齿轮前轴端的突缘相连接。

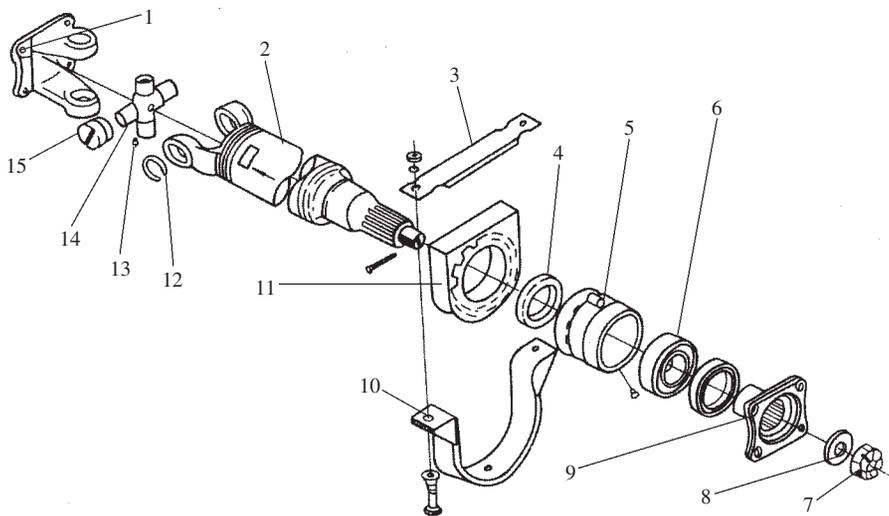


图 13-17 中间传动轴及中间支承

1. 凸缘叉 2. 中间传动轴（万向节叉、轴管、中间花键轴焊接总成） 3. 上盖板 4. 油封总成 5. 轴承座 6. 中间支承轴承 7. 椭圆形螺母 8. 垫圈 9. 凸缘 10. 中间支承支架 11. 中间支承橡胶垫环 12. 孔用弹性挡圈 13. 滑指嘴 14. 十字轴 15. 滚针轴承

#### 四、普通万向传动装置、等角速万向节的拆装方法及注意事项

##### 1. EQ1090 汽车万向传动装置的拆卸

万向传动装置拆卸之前，应仔细检查万向节、传动轴、滑动叉等处装配标记，若标记不清，应在拆卸前重新做出。

##### (1) 中间传动轴及中间支承的拆卸

拆下开口销、槽形螺母（见图 13-17）及垫圈、突缘（可用木锤轻击背面）、用拉压器具从传动轴上拆下中间支承总成、分解中间支承。

##### (2) 传动轴及套管叉总成的拆卸

①松开油封盖（见图 13-8），将传动轴从套管叉中拉出，从传动轴上取下油封、垫片、油封盖。

②分解万向节：先用卡簧钳分别取出各万向节叉耳孔内的弹性挡圈，再依次用木锤轻击万向节叉耳根部震出滚针轴承总成，即可分解万向节。

##### 2. EQ1090 汽车万向传动装置的装复

##### (1) 装复注意事项

①为了保证变速器与后桥主动轴的等速要求，传动轴两端的万向节必须

在同一平面内。

②传动轴上的加油嘴须在一条直线上，万向节上的加油嘴应朝向传动轴。

③要求保持相互位置的零部件，应按原来的记号装复。

④传动轴连接螺栓不得用其他螺栓代替。

⑤各个活动部位应按规定进行润滑。

### (2) 中间传动轴与中间支承的装配

①装复万向节：按图 13-9 所示的装配关系，将十字轴的两轴颈套入中间传动轴前端的万向节叉耳孔内，从耳孔两侧装入十字轴滚针轴承，用卡簧钳装入弹性挡圈，对准突缘叉与中间传动轴上的装配记号装复突缘叉。

②安装中间支承：先将轴承装入轴承座，在其两端压入油封，将装好的轴承座压入中间支承橡胶垫环，再将装配好的中间支承平稳地套在中间传动轴上（有油嘴的一面朝外），然后将突缘平稳地套在花键轴上（突缘上的螺栓孔应与突缘叉的螺栓孔对正），在突缘外端垫上垫板施以压力使中间支承及突缘装复到位，套上垫圈，装上槽形螺母并拧紧，锁上开口销。

### (3) 传动轴与套管叉总成的装配

①按照图 13-8 所示的装配关系，先依次将油封盖、垫片、油封套在传动轴上，再对准套管叉与传动轴上的装配记号将套管叉套入传动轴的花键部分，然后装好油封及垫片，拧紧油封盖。

②分别对准突缘叉 1 与套管叉、突缘叉（后端）与传动轴上的装配记号，十字轴加油嘴朝向传动轴，参照上述万向节的装配步骤装复两端万向节，装复后，传动轴两端的万向节叉应位于同一平面。

## 3. 等角速万向传动装置

现代轿车越来越多地采用发动机前置，前轮驱动传动系布置形式，其前轮担负着转向和驱动双重任务，如上海桑塔纳、一汽奥迪、神龙富康轿车等，其万向传动装置结构也与传统的传动系不同，采用由两个等速万向节和一根传动轴主轴组成的等速万向传动装置，其作用是将差速器输出的动力传递给前驱动轮，如图 13-18 所示。

### (1) 万向节、传动轴的拆卸和分解

①在车轮着地时，旋松驱动半轴与轮毂间的固定螺母；

②旋下传动轴与结合盘的螺栓，将传动轴与结合盘分开；

③从车轮轴承壳内压出驱动半轴；

④拆下防尘罩卡箍，卸掉传动轴端头卡环；

⑤用轻金属锤或木锤将外等速万向节从轴上敲下，如图 13-19a) 所示；

⑥压出内等速万向节，如图 13-19b) 所示；

⑦分解外等速万向节 做好球笼、球毂和球壳上位置标记，转动球毂、

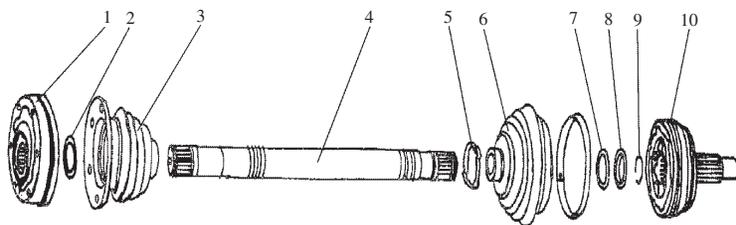


图 13-18 桑塔纳轿车等速万向传动装置

1. 内等角速万向节 2. 碟形座圈 3、6. 防尘罩 4. 传动轴 5. 夹箍  
7. 碟形座圈 8. 隔套圈 9. 卡簧 10. 外等角速万向节

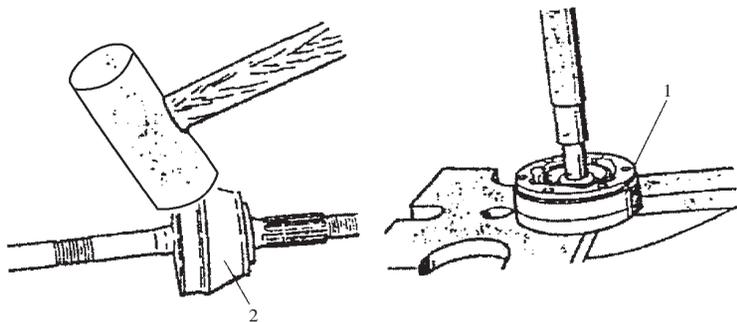


图 13-19 拆卸万向节总成

1. 内等速万向节 2. 外等速万向节

球笼，依次取出钢球、球笼和球壳，如图 13-20 所示；

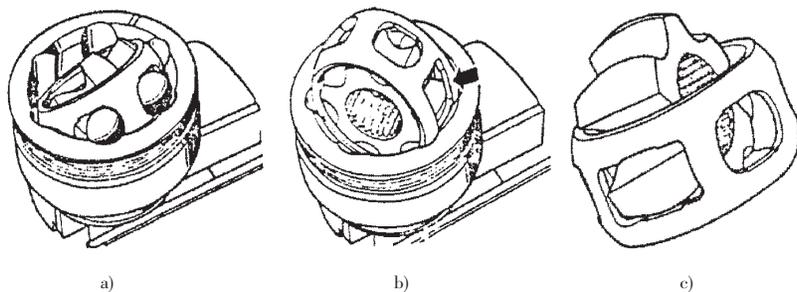


图 13-20 等速万向节的分解

⑧分解内等速万向节 转动球壳和球笼按垂直方向取出球笼，取下钢球，然后从球笼上取下球壳。球壳和球壳为选配合件，应成对放置不许互换，如图 13-21 所示；

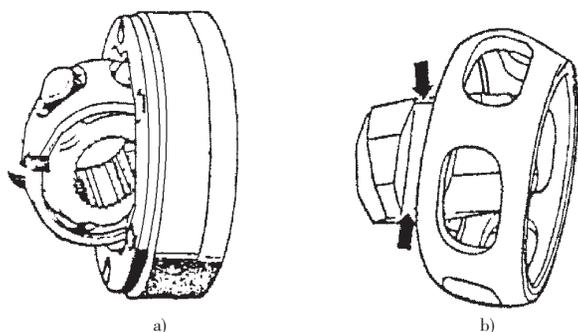


图 13-21 内等速万向节的分解

### (2) 等角速万向传动装置的装配

装配等速万向传动装置时，按拆卸相反顺序进行，并应注意以下事项：

- ①按标记安装万向节球笼、球毂和球壳；
- ②安装传力钢球时，应将球笼、球毂转到相应的位置，然后顺利装上全部传力钢球，不得硬装，以免损伤传力钢球和球笼；
- ③安装外等速万向节总成时，应将卡环尽量压入槽底，以便顺利安装。
- ④因为万向节的球毂和球壳为选配合，所以拆装时左、右万向节零件不许互换。
- ⑤驱动半轴与轮毂的固定螺母、内万向节的连接螺栓应按规定力矩旋紧。

## 五、课后作业

1. 装复普通万向传动装置时应注意哪些问题？
2. 简述拆装球笼式等角速万向节的过程。

## 实训五 驱动桥的拆装

### 一、实训目的与要求

1. 掌握驱动桥的组成及主减速器、差速器的构造与工作原理。
2. 掌握正确的拆装方法及步骤。

### 二、设备器材

1. 东风 EQ1090 驱动桥
2. 拆装架、拉器和常用工具

### 三、结构简介

EQ1090 汽车驱动桥主要由桥壳、主减速器、差速器和半轴等组成。其采用的是非断开式驱动桥，即桥壳整体上采用刚性结构，如图 13-22 所示。

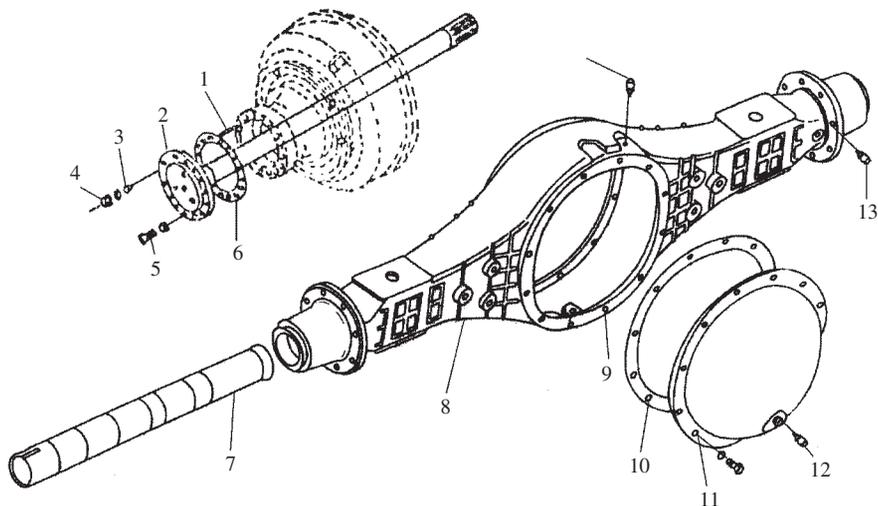


图 13-22 EQ1090 型汽车驱动桥壳和半轴分解图

1. 双头螺栓 2. 半轴 3. 锥套 4. 螺母 5. 螺栓 6、10. 衬垫 7. 半轴套管  
8. 后桥壳 9. 放油孔螺塞 11. 后桥壳盖 12. 油面孔螺塞 13. 半轴套管止动螺钉

主减速器按齿轮副数，可分为单级和双级两种，EQ1090 型汽车所用的为单级主减速器，它由一对双曲线齿轮及其支承装置组成，如图 13-23 所示。

### 四、拆装方法及步骤

#### 1. EQ1090 型汽车驱动桥的拆装

(1) 将后桥放在拆卸架上，放尽桥壳内的润滑油。

(2) 拧下半轴（图 13-22）突缘与轮毂连接的螺母，取下锥形套和弹簧垫圈。

(3) 拧下螺栓，将螺栓上的螺母旋下，再把两螺栓均匀地拧进去，可将半轴顶出，将半轴取下。

(4) 拧掉主减速器壳（图 13-23）和桥壳后盖的螺栓，取下后盖，将主减速器及差速器从后桥壳内取出，拆下桥壳顶的通气螺塞。

#### (5) 差速器的拆卸

① 撬开从动锥齿轮支承螺柱的锁片（图 13-23），旋下锁紧螺母，拧出支承螺柱，并弄清支持螺柱的功用。

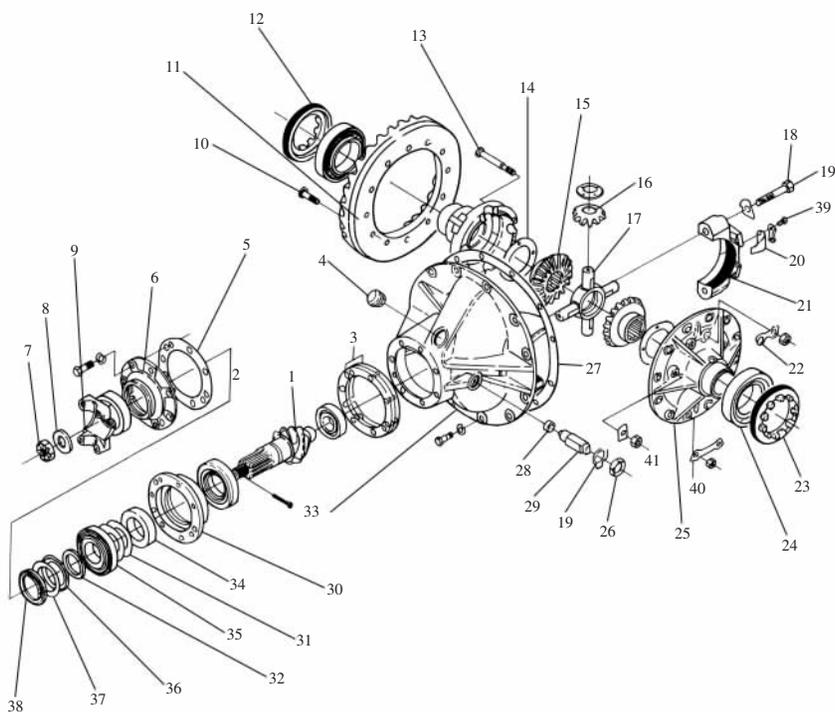


图 13-23 EQ1090 型汽车驱动桥减速器及差速器分解图

1. 主动锥齿轮 2. 后轴承总成 3. 调整垫片 4. 主动锥齿轮 5. 加油孔螺塞衬垫 6. 油封座 7. 椭圆形螺母 8. 垫圈 9. 主动锥齿轮连接突缘 10. 差速器左右壳连接螺栓 11. 从动锥齿轮 12. 差速器右壳 13. 从动锥齿轮连接螺栓 14. 半轴齿轮垫圈 15. 半轴齿轮 16. 行星齿轮 17. 十字轴 18. 螺栓 19、39、40、41. 锁片 20. 止动片紧固螺栓锁片 21. 轴承盖 22. 调整螺母止动片 23. 差速器轴承调整螺母 24. 差速器轴承 25. 差速器左壳 26. 锁紧螺母 27. 衬垫 28. 支承套 29. 支承立柱 30. 主动锥齿轮前轴承座 31. 前轴承调整垫 32. 主动锥齿轮前轴承止推垫 33. 主减速器壳 34. 前轴承隔套 35. 前轴承 36. 内油封总成 37. 导向环 38. 油封总成

②旋松差速器轴承盖紧固螺栓锁片，拧出紧固螺栓，拆下差速器轴承盖，拿下差速器轴承调整螺母（注意：左右轴承盖不能互换）。

③将差速器壳总成及从动锥齿轮从主减速器壳中拿出。用拉器拉出差速器轴承的内圈。

④撬差速器壳上的锁片，拧下螺栓，即可拆下从动锥齿轮。

⑤撬开锁片，旋下螺母，卸下螺栓 44，即可将左、右差速器壳分开。

⑥在教师的指导下，演示汽车直行和转弯时行星齿轮与半轴齿轮的运动状况，深刻理解差速器的工作原理及速度特性。

⑦拿下行星齿轮、十字轴和半轴齿轮，观察半轴齿轮垫圈与行星齿轮垫圈的结构。搞清原理。

### (6) 主减速器的拆卸

①先将油封座(图 13-23)的紧固螺栓拆除,将油封座脱开后逆时针旋转  $15^\circ$ ,使油封座上的对称两孔对准轴承座上的两螺纹孔,再拧紧螺栓将轴承座连同齿轮一起顶出(忌用铜棒或锤子敲击突缘法拆卸)。

②拿下调整垫片,防止垫片破损、折叠丢失,以便装复时使用。

③拔掉主动锥齿轮前端的开口销,拧下槽形螺母,取下垫圈,取出突缘,再取下油封座。

④从主动锥齿轮上取下轴承座带前外端轴承、调整垫片(不得丢失)、隔套。

⑤观察主动锥齿轮的支承型式。对比轴承的结构形式。再从主动锥齿轮的轴颈上取下前轴承的内圈(在轴承上做好记号,保证与原轴承外圈配对,切不得混装)。

⑥拆卸时观察前轴承的润滑油道。

### (7) 主动锥齿轮及轴承座总成的装复

①用压力机将前轴承的内圈压到主动锥齿轮轴颈上,使其紧靠齿轮大端部,并把后轴承的内圈压上,压靠在台肩上。

②在前内轴承前端装上隔套,原有的调整垫片,教师演示垫片厚薄对轴承预紧度的影响。再装上轴承座,前外轴承,放入止推垫片。

③把内、外油封和及导向环装入油封座内,再将油封总成和衬垫、突缘和槽型螺母、垫片依次装到主动锥齿上,然后拧紧突缘螺母,插入开口销将其锁好。

### (8) 差速器的装复

①用压力机将轴承的内圈压入左右差速器壳的轴颈上。

②将左右差速器壳放在工作台上,将半轴齿轮支承垫圈连同半轴齿轮一起装入。将已装好行星齿轮及支承垫圈的十字轴装入左差速器壳的十字切槽中,并使行星齿轮与半轴齿轮啮合,在行星齿轮上装上右边的半轴齿轮、支承垫圈,将右差速器壳合到左壳上(注意对准左右壳体上的标记),从右向左插入螺栓,在螺栓端套上锁片,用螺母紧固。

③将从动锥齿轮装到差速器左壳上,用螺栓紧固,然后用锁片锁住螺母。

### (9) 主减速器及差速器总成的装复

①将主动锥齿轮后轴承的外圈装入主减速器壳的座孔中。

②将差速器总成装入主减速器壳中。将轴承的外圈套上,再将调整螺母装在主减速器壳的螺纹部分,然后将左右轴承盖装上(注意:左右盖安记号装复,不可调换位置),对好螺纹,装上锁片用螺栓紧固。

④将主动锥齿轮及轴承座总成装入主减速器壳内。

⑤用改变调整垫片的厚度来调整主、从动锥齿轮的啮合印痕。增减调整

垫片，可使主动锥齿轮向前或向后移动。

⑥主、从动锥齿轮的啮合间隙调整可用拧动差速器轴承预紧度的调整螺母来实现，由于轴承预紧度已预先调好，因此调整齿轮啮合间隙时，一侧松（紧）多少，另一侧应紧（松）多少，以保持轴承预紧度不变。

⑦以上各项调好后，在差速器轴承盖上装上调整螺母止动锁片，用螺栓紧固，并用锁片将螺栓头部锁住。

⑧在主减速器壳左侧，拧入从动锥齿轮支承螺柱及支承套。将支承螺柱拧至与从动锥齿轮背面接触后，再退回约  $1/4$  圈，然后再用锁紧螺母锁紧并用锁片锁住螺母。

⑨将已装复的主减速器及差速器总成装入桥壳（注意主减速器总成要摆正，否则不易装入），用扳手紧固主减速器壳的螺栓和后盖螺栓。

⑩将左右半轴装入半轴套管内，其花键部分插入半轴齿轮的内花键孔，旋上装在突缘上供拆装用的螺栓，最后装上锥套 1，弹簧垫圈用螺母拧紧。

## 2. 桑塔纳轿车主减速器及差速器的拆装

### （1）主减速器及差速器的拆卸

将从车上拆下的驱动桥总成固定在工作台架上分解如下：

①拆下半轴及差速器轴承盖紧固螺栓，从变速器壳体上取下半轴，主减速器轴承盖及差速器总成。

②拆除行星齿轮轴锁销（或卡簧），取出行星齿轮轴，并转动半轴齿轮，将行星齿轮从差速器壳中取出，拆下半轴齿轮及复合式止推垫片。

③用拉出器从差速器壳上拉出里程表驱动齿轮，差速器轴承，用内拉出器从变速器壳体和差速器轴承盖上向内侧拉出轴承外圈，取出调整垫片，并拆下油封。

④拆下从动圆锥齿轮与差速器壳间的连接螺栓，压下从动圆锥齿轮

### （2）主减速器及差速器的装配

①用专用工具将轴承外圈和 1.2mm 厚的调整垫片一起压装到变速器前壳体的轴承孔中，将没有调整垫片的轴承外圈压装到差速器轴承盖上相应的承孔中。

②用专用工具将半轴油封压入差速器轴承盖的承孔中。

③将从动圆锥齿轮加热到 100 左右，并迅速安装差速器壳上，用专用螺栓以  $70\text{N} \cdot \text{m}$  的力矩对称紧固好。

④将差速器支承轴承加热到 100 左右，然后用专用工具分别压装到差速器壳两端的支承轴颈上，然后压入里程表驱动齿轮及锁紧套筒。

⑤将复合式止推片涂上齿轮油装入差速器壳内。

⑥通过螺纹套和半轴来安装半轴齿轮，并用专用螺栓紧固。

⑦将两个行星齿轮错开  $180^\circ$  装入差速器壳内与半轴齿轮相啮合，并转动半轴，使行星齿轮向内摆动，直至其轴孔与复合式止推垫片及差速器壳上的行星齿轮轴孔相互对正、推入行星齿轮轴，并用锁销（或锁环）锁止。

⑧将差速器总成装入变速器壳内，并将差速器轴承盖用专用螺栓紧固到变速器壳上，将里程表从动齿轮安装到差速器轴承盖上。

## 五、课后作业

1. 拆装主减速器、差速器时应注意哪些问题？
2. 驱动桥的调整部位有哪些？各调整什么？

## 实训六 转向系的拆装

### 一、实训目的与要求

1. 了解转向器和转向传动机构的构造及工作情况。
2. 掌握蜗杆曲柄指销式转向器、循环球式转向器、齿轮齿条式转向器的正确拆装顺序及调整方法。
3. 掌握转向纵拉杆、横杆正确拆装顺序。

### 二、设备器材

1. 普通转向桥、EQ1090 汽车曲柄指销式转向器、循环球式转向器、齿轮齿条式转向器。
2. 转向桥拆装架。转向器拆装工作台。
3. 常用工具、专用工具。

### 三、结构简介

1. 汽车转向系分为机械转向系和动力转向系两大类，机械转向系由转向操纵机械、转向器和转向传动机构三大部分组成，如图 13-24 所示。
2. 转向操纵机构由方向盘、转向轴、万向节、传动轴等组成。如图 13-25 所示：
3. 转向器有蜗杆曲柄指销式如图 13-26，循环球式图 13-27，齿轮齿条式图 13-28 等多种。
4. 转向传动机构主要由转向摇臂、转向纵拉杆、转向横拉杆、转向节臂各梯形臂等组成，如图 13-24 和 13-29 所示。

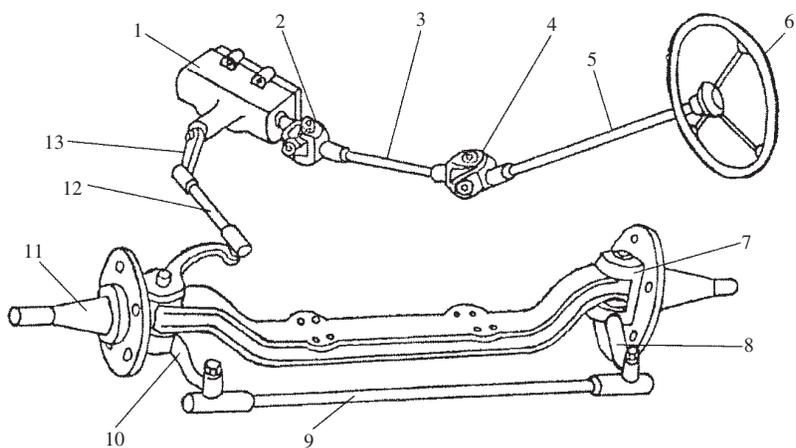


图 13-24 机械转向系示意图

1. 转向器 2、4. 转向万向节 3. 转向传动轴 5. 转向轴 6. 转向盘 7. 右转向节  
8. 右梯形臂 9. 转向横拉杆 10. 左梯形臂 11. 左转向节 12. 转向纵拉杆 13. 转向摇臂

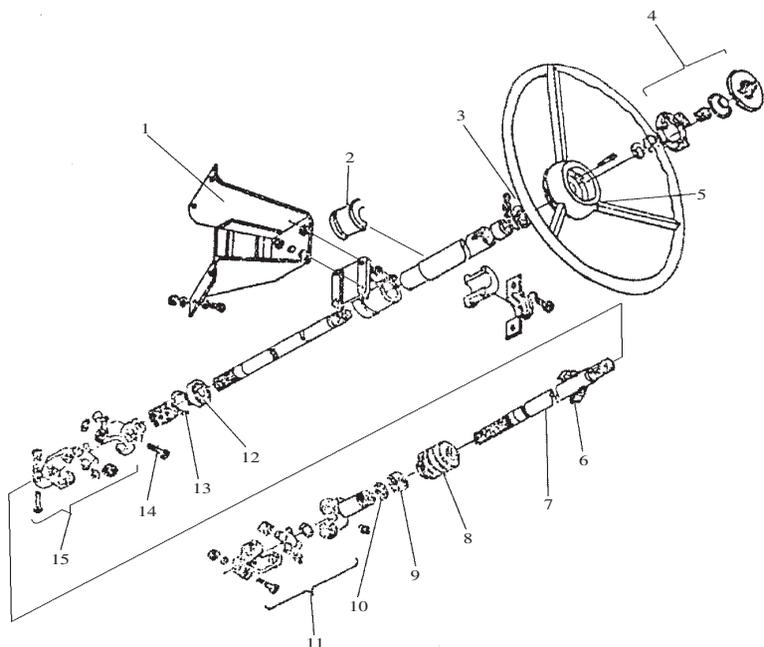


图 13-25 EQ1090 型汽车转向操纵机构分解图

1. 转向传动装置支架总成 2. 橡胶垫 3. 集电环总成 4. 电喇叭总成 5. 转向盘  
6. 密封套 7. 转向传动轴 8. 花键护套 9. 防尘罩 10. 油封 11. 万向节总成  
12. 轴承 13. 挡圈 14. 转向轴限位弹簧 15. 万向节总成

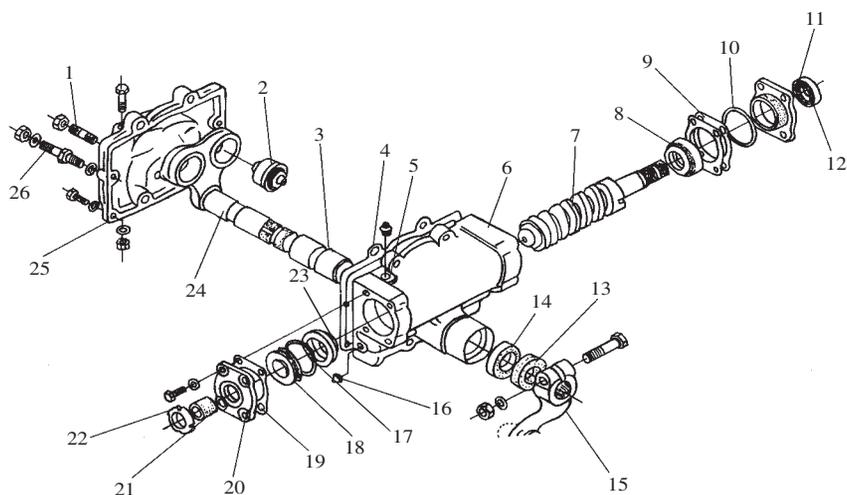


图 13-26 EQ1090 型汽车蜗杆曲柄指销式转向器分解图

1. 转向摇臂轴调整螺钉 2. 轴承 3. 转向摇臂轴衬套 4. 螺塞 5. 衬垫 6. 转向器壳
7. 转向蜗杆 8. 轴承 9. 调整垫片 10. 密封圈 11. 转向器上盖 12. 油封 13. 密封圈
14. 油封 15. 转向摇臂 16. 放油螺塞 17. 轴承 18. 蜗杆轴承垫块 19. 衬垫
20. 转向器下盖 21. 转向蜗杆轴承调整螺塞 22. 螺母 23. 密封圈 24. 转向摇臂轴
25. 转向器侧盖 26. 螺栓

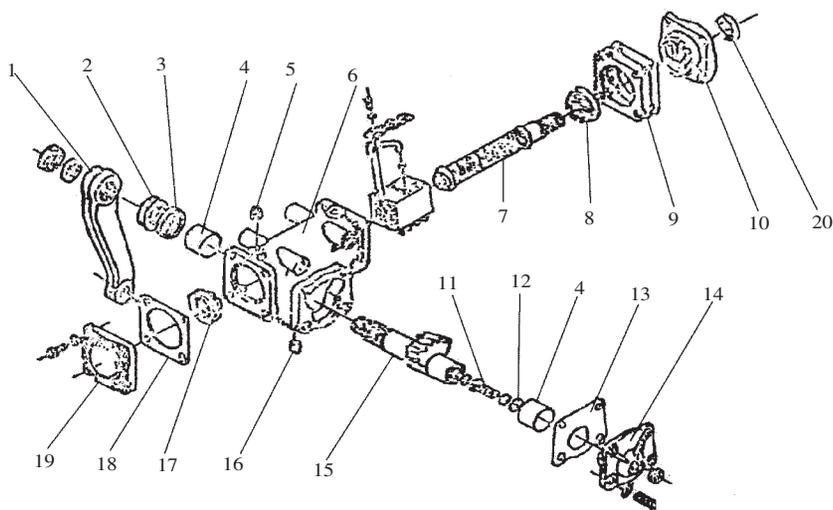


图 13-27 循环球一齿条齿扇式转向器分解图

1. 转向摇臂 2、20. 油封 3. 橡胶油封 4. 衬套 5. 螺塞 6. 壳体 7. 转向螺杆
- 8、17. 轴承 9. 调整垫片 10. 上盖 11. 调整螺钉 12. 挡圈 13、18. 衬垫 14. 侧盖
15. 转向摇臂 16. 螺塞 19. 下盖

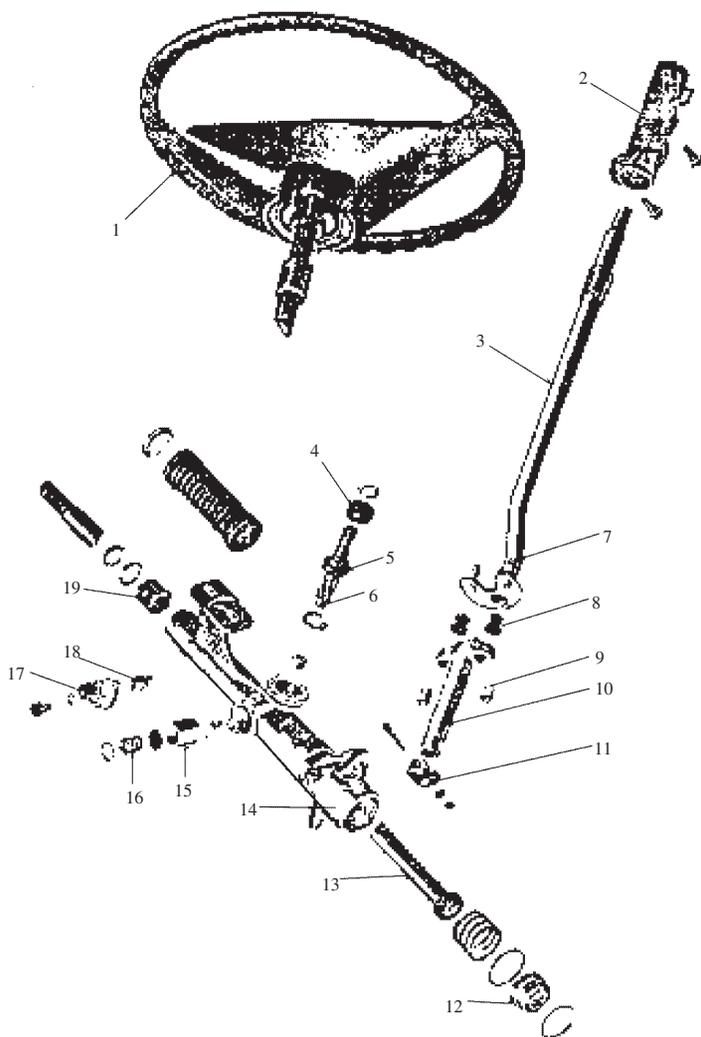


图 13-28 上海桑塔纳轿车转向装置零件图

1. 转向盘 2. 转向柱管 3. 上接向柱 4. 密封座套 5. 轴承 6. 转向齿轮 7. 柱销  
8. 橡胶套 9. 塑料衬套 10. 下转向柱 11. 夹子 12. 挡盖 13. 转向齿条 14. 转向器壳  
15. 压块 16. 弹簧 17. 盖板 18. 螺钉座 19. 衬套

#### 四、拆卸方法与步骤

##### 1. 蜗杆曲柄指销式转向器拆装方法及步骤（参见图 13-26）

###### （1）拆卸

- ① 松开摇臂轴调整螺钉的锁紧螺母，将调整螺钉逆时针旋转一周。
- ② 拆下转向器侧盖紧固螺栓，取下侧盖。

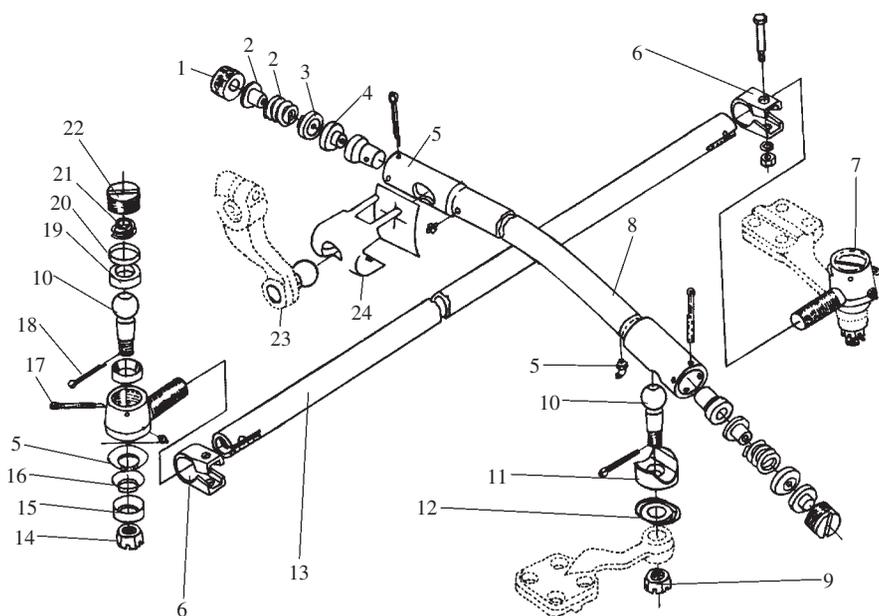


图 13-29 EQ1090 型汽车转向纵、横拉杆分解图

1. 纵拉杆螺塞 2. 弹簧 3. 球头销柱 4. 止推垫块 5. 油脂嘴 6. 卡箍 7. 横拉杆接头总成 8. 纵拉杆 9. 槽形扁螺母 10. 球头销 11. 球头销防尘罩 12. 防尘罩盖 13. 横拉杆 14. 螺母 15. 密封圈 16. 防尘罩 17. 横拉杆接头 18. 下球碗 19. 上球碗 20. 限位套 21. 锥型弹簧 22. 横拉杆螺塞 23. 转向摇臂 24. 护套

③用手抓住摇臂轴扇形块，拔出摇臂轴，如图 13-30 所示，如不易拔出，可用木锤敲击摇臂轴输出端一头，帮助取出摇臂轴。

④卸下转向器下盖紧固螺栓、垫圈，取下下盖，然后用铜棒轻敲蜗杆轴花键端部，取出轴承垫块和蜗杆带轴承总成。（敲击蜗杆时，蜗杆须保持垂直于轴承位置，防止碰伤轴承保持架，注意保护油封刃口）。

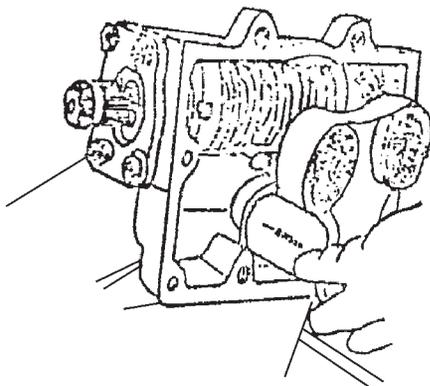


图 13-30 摇臂轴的拆卸

⑤松开转向器上盖紧固螺栓、垫圈、取上下盖、垫片、油封、轴承外圈和轴承保持架。

## (2) 装复

①将所有零部件用煤油或汽油清洗，用压缩空气吹干，然后摆放整齐，

准备装复。

### ②装复转向器

a. 转向器壳体竖起固定，壳体下端轴承孔朝上，把轴承外圈压入孔内，外圈有滚道的一面朝壳体里面，并距端面 12.5mm~13mm，如图 13-31 所示。

b. 将“O”型密封圈套入轴承垫块槽中，轴承垫块装入轴承孔时，垫块凸台应朝壳体外。

c. 壳体下盖端面放上衬垫，将下盖装在轴承孔中，四个螺栓对角拧紧，力矩为 29~59N·m。

d. 转向器壳体旋转 180°，将轴承保持架总成装在壳体下端盖轴承外圈滚道上，如图 13-32 所示。

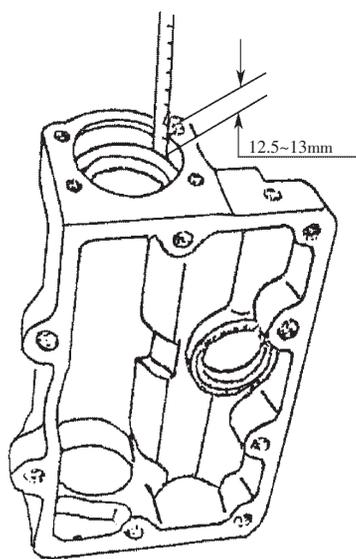


图 13-31 蜗杆轴承外圈装复

### ③安装蜗杆、轴承总成

a. 把两端压入轴承内圈的蜗杆从转向器壳体上盖轴承孔放入，蜗杆输入端朝上，另一端内圈与下盖轴承保持总成吻合。

b. 把上盖轴承保持架总成放在内圈上。

### ④装上盖总成

a. 将上盖平面轴承外圈压入壳体上端轴承孔中，滚道朝壳体孔内，外圈平端面到壳体上端面距离为 12.5mm~13mm。

b. 更换上盖油封时，注意油封 U 型端面朝壳体，平端面朝壳体外。

c. 上盖涂密封胶，按原来顺序将拆下的调整垫片放回上盖（垫片总厚度 $\leq 1.2\text{mm}$ ）

d. 把带有调整垫片的上盖装在壳体上端轴承孔中，用四只螺栓对角拧紧，力矩为 29 N·m~59 N·m（注意在拧紧时，下盖上的调整螺钉应处在旋松位置）。

## (3) 调整

### ①蜗杆平面止推轴承预紧调整

a. 在摇臂轴未装入壳体前进行。

b. 用六角扳手把转向器下盖处调整螺钉 14 拧到底，再退回 1/8~1/4 圈使蜗杆输入端具有 1.0N·m~1.7 N·m 预紧力矩。最后用螺母 13 锁紧调整螺钉，锁紧力矩不小于 49 N·m。

### ②蜗杆与摇臂轴主销啮合调整

- a. 松开摇臂轴调整螺钉 2 锁紧螺母。
- b. 用手握住蜗杆轴输入端，在蜗杆行程的中间位置附近来回转动，同时用螺丝刀插入调整螺钉头部槽内顺时针旋转螺钉，直到转动蜗杆轴有摩擦力矩的感觉为止（力矩不大于  $2.7\text{N}\cdot\text{m}$ ，摇臂轴与蜗杆应处于中间位置状态）。
- c. 紧固锁紧螺母，锁紧力矩不小于  $49\text{N}\cdot\text{m}$ 。注意此时不能改变调整螺钉位置，见图 13-33 所示。

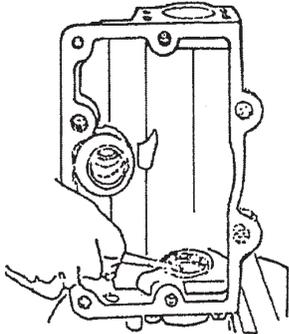


图 13-32 下盖轴承保持架装复

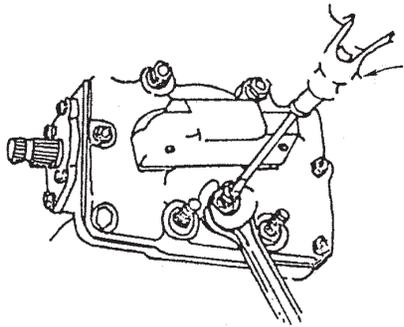


图 13-33 蜗杆与摇臂轴主销啮合调整

## 2. 循环式转向器拆装方法及步骤

### (1) 拆卸（见图 13-27）

- ① 转向器处于中间位置（转动螺杆总圈数的一半）。用螺丝刀将调整螺钉 2 固定，拧下调整螺钉锁紧螺母。
- ② 拆下侧盖螺栓，从壳体扇形窗口中取出侧盖带摇臂轴总成。
- ③ 顺时针旋转调整螺钉使摇臂轴总成与侧盖脱离。摇臂轴总成不必分解，观察清楚结构即可。
- ④ 拆下上盖螺栓，取下上盖总成及调整垫片。然后从上盖孔处取出螺母总成。
- ⑤ 拆下下盖螺栓，取出下盖，用拉力器拆下轴承内圈各保持架。
- ⑥ 转向螺杆螺母总成拆卸，松开导管夹螺钉，取出导管，使转向螺母上平面孔朝下，慢慢转动螺杆，使钢球滚出，然后取出螺杆（注意拆导管前记住螺杆装入螺母方向，一组导管拆完后，钢球与导管用小盒装好，并记住所对应的导管螺孔后再拆第二组，以防重新装配时混乱，钢球不能缺少或多装）。

### (2) 装复

#### ① 装螺杆螺母总成

- a. 按拆前方向把螺杆装入螺母中。
- b. 装钢球时可用塑料棒将钢球轻轻敲入循环滚道中，装导管内钢球可

在导管口涂上润滑脂以防止钢球脱出，最后用导管夹固定（注意按拆前顺序分别装钢球与导管，严禁钢球误装入循环回路之外。螺杆直立时，避免螺母由于自重力作用滑到头而损伤导管、钢球）。

c. 装复后测量转向螺杆的轴向窜动量，该值不应大于 0.1mm。

②装复摇臂轴总成（按拆卸相反顺序装复）

③装转向器总成

a. 在壳体下盖端面涂密封胶，装上纸垫，然后装上下盖，用螺栓对角拧紧。

b. 从壳体上盖孔放入转向螺杆螺母总成。

c. 在上盖端面涂密封胶，装入上盖并通过增减调整垫片使转向螺杆轴承预紧力矩符合规定（ $0.49 \text{ N} \cdot \text{m} \sim 0.88 \text{ N} \cdot \text{m}$ ）

d. 在摇臂轴输入孔中压入油封，油封外缘涂密封胶，油封平端面一侧向外。

e. 侧盖与纸垫及调整螺钉螺纹部分涂密封胶，逆时针拧调整螺钉使摇臂轴与侧盖相联。

f. 装复摇臂时，应使转向螺母处于中间位置使扇齿的中间齿与转向螺母中间齿槽相啮合，最后拧紧侧盖螺栓（拧紧侧盖螺栓时，调整螺钉位置应处于拧出位置）。

（3）调整

齿条与扇齿的啮合间隙用调整螺钉调整。在转向器位于中间位置时（即螺杆总转动圈数的一半）。不允许有啮合间隙。装配完成后还应检查转向螺杆转动力矩应 $\leq 1.47 \text{ N} \cdot \text{m}$ ，检查转向螺杆总转动圈数。

3. 齿轮齿条式转向器的拆装

齿轮齿条式转向器具有结构简单、轻巧、传力杆件少、操纵灵敏、维修方便等优点，所以广泛应用于轿车上。上海桑塔纳轿车采用这种型式。

（1）齿轮齿条式转向器的拆卸

①拆下转向盘中央大盖板，松开转向柱上端的转向盘固定螺母，取下转向盘。

②拆下仪表板罩板和阻风门控制手柄，取下阻风门操纵杆。

③拆下仪表的下饰板。

④拆下转向柱管的密封衬套。

⑤从发动机罩中松开转向柱下端夹箍，取出螺栓，然后松开转向器上减振器支板。

⑥拆下齿条上的转向横拉杆支架，再松开转向器壳体固定螺栓，取下转向器总成。

⑦取下转向柱

⑧分解转向器：先拆下齿条防尘罩，再拆下齿条压紧装置，然后拆下转向器壳端头的卡环、端盖、密封圈及弹簧，抽出齿条。最后，拆下转向齿轮密封圈、密封座套，取出转向齿轮。

#### (2) 齿轮齿条式转向器的装配

装配齿轮齿条式转向器装置时，按拆卸的相反顺序进行。转向器装配后，必须检查、调整齿轮齿条的啮合间隙；调整时，将车辆处于直线行驶位置，松开锁紧螺母，转动调整螺钉至接触止推垫块为止，然后拧紧锁止螺母，此时要注意防止齿条受过紧。

### 4. 转向拉杆拆装方法及步骤（参见图 13-29）

#### (1) 转向纵拉杆

##### ①拆卸

a. 用尖嘴钳拆下螺塞 2 上的开口销，旋下转向纵拉杆螺塞，取出球头销座前半部，然后从纵拉杆侧面圆孔取出球头销，再依次取出球头销座后半部、弹簧、弹簧座、止推垫块。

b. 如从纵拉杆另一端拆卸，则拆卸顺序为螺塞、弹簧座、弹簧、球头销座前半部、球头销、球头销座后半部、止推垫块。

##### ②装复

a. 在装复前，在球头销、球头销座表面涂抹润滑脂，然后按拆卸相反顺序一一装复。

b. 转向纵拉杆球头销调整：用弯头扳手将螺塞拧到底，然后退回 1/4 圈，并对准开口销孔，穿入开口销将螺塞锁住。

#### (2) 转向横拉杆

##### ①拆卸

a. 用尖嘴钳拆除横拉杆螺塞上的开口销，用弯头扳手旋下螺塞依次取下圆锥弹簧、限位套、上球碗、球头销、下球碗等。

b. 松开横杆卡箍，然后拆下横拉杆接头。

##### ②装复

a. 装复前，在球头销、球碗表面涂抹润滑脂，然后按拆卸的相反顺序一一装复。

b. 转向横拉杆球头销调整：用弯头扳手将螺塞拧到底，再退回 1/4 ~ 1/2 圈，装上开口销，锁上螺塞。

## 五、课后作业

1. 在拆装蜗杆曲柄指销式和循环球式转向器时，应注意哪些问题？
2. 蜗杆曲柄指销式转向器共有哪些调整部位？如何调整？

## 实训七 行驶系的拆装

### 一、实训目的与要求

1. 了解汽车行驶系的组成,认识行驶系的主要总成和零部件。
2. 掌握汽车行驶系各总成的拆卸与安装的方法和要求。
3. 学会汽车举升器、千斤顶、轮胎螺栓拆装机、U型螺栓拆装机等机具和工具的使用操作方法。

### 二、设备器材

1. EQ1092 汽车,上海桑塔纳轿车各一台。
2. 常用工具及汽车拆装机具。

### 三、结构简介

汽车行驶系的主要作用是将传动系传来的转矩转化为汽车行驶的驱动力;将汽车构成一个整体,支承汽车的总重量;承受并传递路面作用于车轮上的力和力矩;减少振动,缓和冲击,保证汽车的平顺行驶。

汽车行驶系一般由车架、车桥、车轮和悬架等组成。

### 四、拆装方法及步骤

#### 1. 转向桥的拆装(参见图 13-34)

##### (1) 拆卸

东风 EQ1092 型汽车转向桥拆卸时,应先掩好后轮,举升车前端,架好保险凳,拆下前轮胎后进行分体。具体步骤如下:

- ① 拆下挡灰盖螺栓,取下挡灰盖及衬垫。
- ② 剔平止动垫圈,依次拆下锁紧螺母,止动垫圈,锁紧垫圈和调整螺母。
- ③ 拉下轮毂及轮毂外轴承,装上转向节锁紧螺母,以防损伤螺纹。
- ④ 拆卸车轮制动器。
- ⑤ 拆下转向臂,直拉杆球头开口锁销,拆下锁紧螺母,拆卸横拉杆和直拉杆带转向节总成。
- ⑥ 拆卸左转向节上臂和左右转向臂。
- ⑦ 拆卸主销上、下盖板锁紧螺母,冲击楔形锁销。
- ⑧ 从前轴上取下左转向节,止推轴承及调整垫片,以相同的方法依次取下右转向节各部件。



轮胎的拆卸应先举升车体，并在车轮上标明记号，如“左前”、“右内”等，拆下车轮，具体步骤如下：

①先清洗各处泥土，然后放出内胎空气。

②用轮胎撬棒尖端插入挡圈缺口，并在缺口对面挡圈上轻轻敲击，将挡圈撬出。

③把气阀推进外胎内部，取下轮盘。

拆卸轮胎必须使用专用工具，如轮胎撬棒、手锤、拆胎机等，不允许用大锤敲击或用其他尖锐的工具。

## (2) 装配

轮胎的装配按上述相反顺序操作，并注意下列事项：

①装合内、外胎时应擦拭干净，在接触面上涂撒滑石粉。

②注意外胎标记与气门芯对准。

③注意外胎花纹的方向的安装。

④气门芯应与制动鼓上的蹄片间隙检视孔错开，以便于检查蹄鼓间隙。

⑤双胎并装时，两轮胎的气门芯应互成 $180^\circ$ 安装。

⑥内侧轮胎的气门嘴与外侧轮胎的轮辋孔应对正，以便于检查气压和充气。

⑦轮胎装配后应保持轮胎气压符合标准。

## 3. 悬架的拆装

悬架主要由弹性元件，导向装置和减振器等三部分组成，分别起缓冲、导向、减振的作用。

### (1) EQ1092 型汽车悬架的拆装

#### 前悬架的拆装

①卸下前支架钢板弹簧销定位螺栓，并用铰头铰出钢板弹簧销。

②卸下后支架限位销。

③卸下 U 型螺栓螺母，并用手锤及垫板轻轻敲击，取出 U 形螺栓和垫板。

④依次取下钢板弹簧的盖板、限位块、钢板弹簧。

⑤卸下钢板夹螺栓，取下隔管及钢板夹。

⑥旋下钢板弹簧中心螺栓的螺母，逐片取下钢板弹簧。

⑦前悬架的装配按上述相反顺序操作。后悬架拆装方法与前悬架相同。

### (2) 上海桑塔纳轿车悬架的拆装

#### 前悬架的拆装

①拆下车轮装饰外罩，车轮着地时旋下轮毂——传动轴紧固螺母，取下车轮。

②拆下制动钳固定螺栓，取下制动盘，把带制动软管的制动钳总成挂在车身上。

③拆下可移动球形接头固定螺栓。

④用拉器从减振器支柱外壳上压出转向横拉杆接头。

⑤拆下稳定杆接头。

⑥向下掀压前悬架摆动臂，再从车轮轴承壳内拉出传动轴，传动轴拉不出时可用拉器压出，但不可加热轮毂，否则会损坏轮毂轴承。

⑦卸下减振器活塞杆螺母，用内六角扳手顶住活塞杆，从下面挡住悬架支撑轴或沿反方向固定。卸下螺母后，即可从车上取下带弹簧的减振器总成。

前悬架的装配按上述相反顺序操作，并应注意下列事项：

①所有螺母、螺栓的紧固力矩应符合规定值，不应过紧或过松。

②传动轴与轮毂花键齿面的油污及密封剂应擦净。

## 五、课后作业

1. 简述 EQ1092 型汽车转向桥的拆装方法。
2. 桑塔纳轿车前悬架的拆装方法。

# 实训八 制动系的拆装

## 一、实训目的与要求

1. 了解汽车制动系的组成，认识制动系主要总成和零部件的结构。
2. 掌握汽车制动系各总成的拆卸与安装的方法和要求。

## 二、设备器材

1. EQ1090 车前后桥、手制动器、制动控制阀、桑塔纳前桥。
2. 双管路液压制动总泵、真空增压器、真空助力器。
3. 常用工具、专用工具及工作台架。

## 三、结构简介

### 1. 车轮制动器

汽车上采用的车轮制动器有鼓式和盘式两大类，鼓式车轮制动器广泛应用于大中型车辆，盘式车轮制动器应用于轿车上。

EQ1090 汽车的前后轮均是采用以蹄鼓为摩擦副，用凸轮张开的简单非均衡式车轮制动器，图 13-35 为 EQ1090 型汽车的前轮制动器，它由旋转部分、固定部分、张开机构和定位调整机构四个部分组成的。制动鼓为制动器的旋转部分，用螺栓固定在前轮轮鼓相应凸缘上和车轮一起旋转。固定部分主要包括制动底板和制动蹄。其张开机构是凸轮轴，凸轮与轴制成一体，凸轮轴安装在用螺栓固定于制动底板上部的支架相应承孔中。定位调整装置主

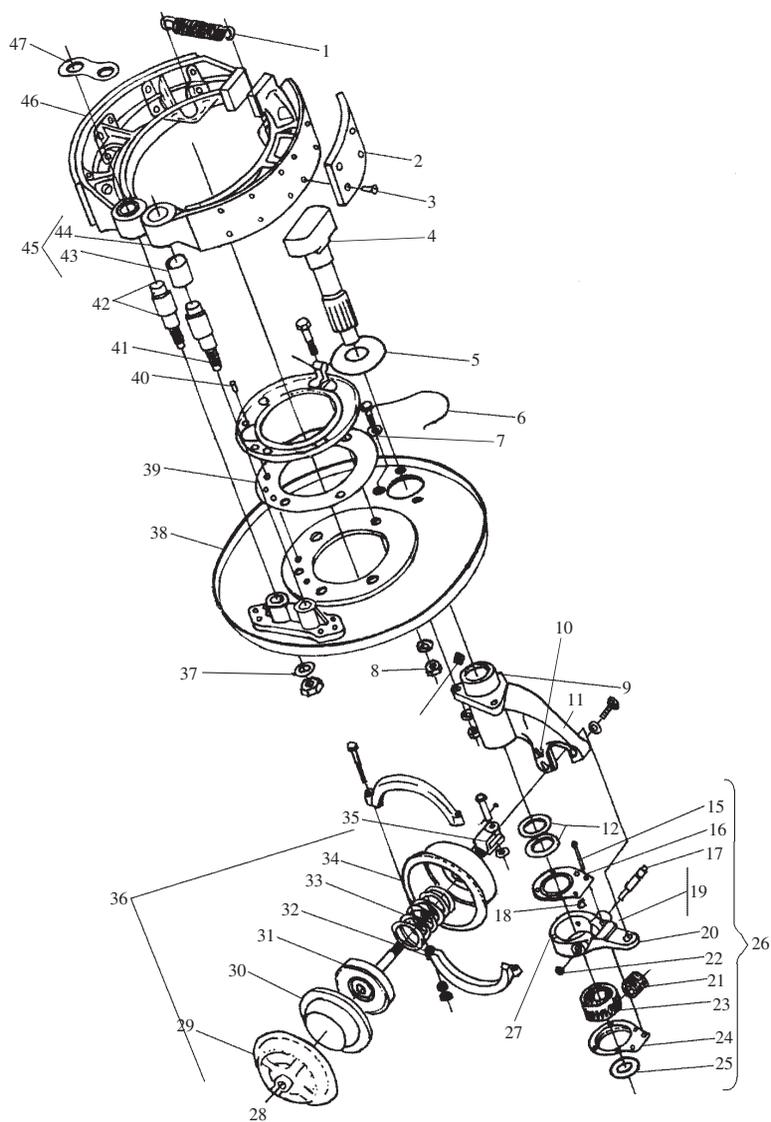


图 13-35 东风 EQ1090 车前轮制动器分解图

1. 制动蹄回动弹簧
2. 摩擦片
3. 铆钉
4. 制动凸轮
5. 制动蹄支承垫片
6. 钢丝模线
7. 制动底板垫板
8. 制动凸轮 O 形密封圈
9. 前制动室左支架带衬套总成
10. 衬套
11. 前制动室左支架
12. 制动凸轮调整垫片
13. 半圆头铆钉
14. 直能胶脂嘴
15. 蜗杆轴
16. 滚球
17. 弹簧
18. 蜗杆
19. 蜗轮
20. 外壳盖
21. 制动凸轮垫圈
22. 调整垫片
23. 前制动调整臂总成
24. 前制动调整臂外壳
25. 外壳盖总成
26. 前制动室总成
27. 前制动室推杆连接叉
28. 前制动室卡箍总成
29. 前制动室橡皮膜
30. 前制动室推杆皮膜
31. 前制动室壳总成
32. 前制动室回动弹簧
33. 前制动室壳总成
34. 制动室推杆连接叉
35. 前制动室总成
36. 前制动室总成
37. 锥形套
38. 前制动底板总成
39. 前制动挡尘盘衬垫
40. 挡尘盘总成
41. 螺栓
42. 前制动蹄轴
43. 制动蹄轴衬套
44. 前制动蹄带衬套总成
45. 前制动蹄片总成
46. 制动蹄轴垫板
47. 制动蹄轴垫板

要是指制动调整臂（调整臂是用来改变凸轮轴原始位置，调整蹄鼓间隙的主要调整装置）。制动气室内装有橡胶膜片及回位弹簧，并通过推杆叉与调整臂铰接。

## 2. 手制动器

手制动器又称驻车制动器，最常见的型式是盘式和鼓式两种。

东风 EQ1090 型汽车的手制动器为双蹄鼓式，带有机械式操纵机构，见图 13-36 所示。

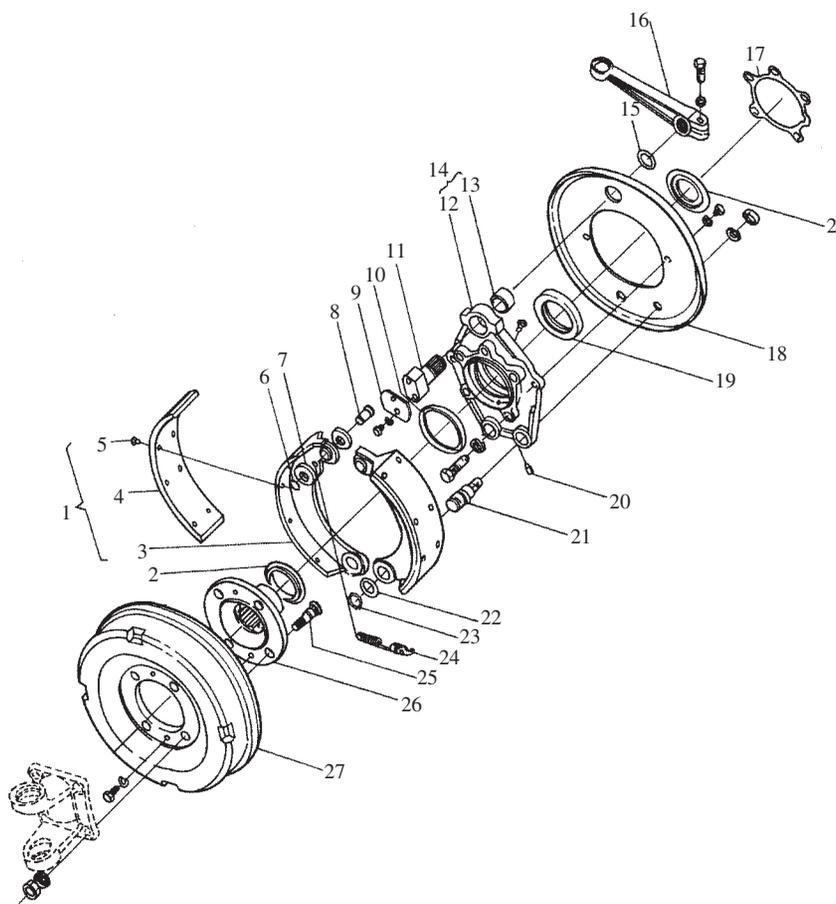


图 13-36 东风 EQ1090 车手制动器分解图

1. 制动蹄带摩擦片总成 2. 甩油环 3. 制动蹄总成 4. 摩擦片 5. 铆钉 6. 轴用弹性挡圈 7. 滚轮 8. 滚轮轴 9. 限位片 10. 挡油盘 11. 凸轮轴 12. 制动盘支座 13. 凸轮衬套 14. 制动盘支座总成 15. 弹性锁片 16. 制动凸轮摆臂 17. 制动底板支座衬垫 18. 制动底板 19. 油封 20. 通气塞片 21. 制动蹄轴 22. 蹄轴垫圈 23. 轴弹性垫片 24. 制动蹄回位弹簧 25. 定位螺栓 26. 凸缘 27. 制动鼓

## 3. 气压制动控制阀

EQ1090 汽车采用双管路气压制动，制动阀为双腔并列膜片式如图13-37所示。它主要由拉臂、壳体、膜片、平衡弹簧、推杆、平衡臂、两用阀门及滞后机构总成等组成。

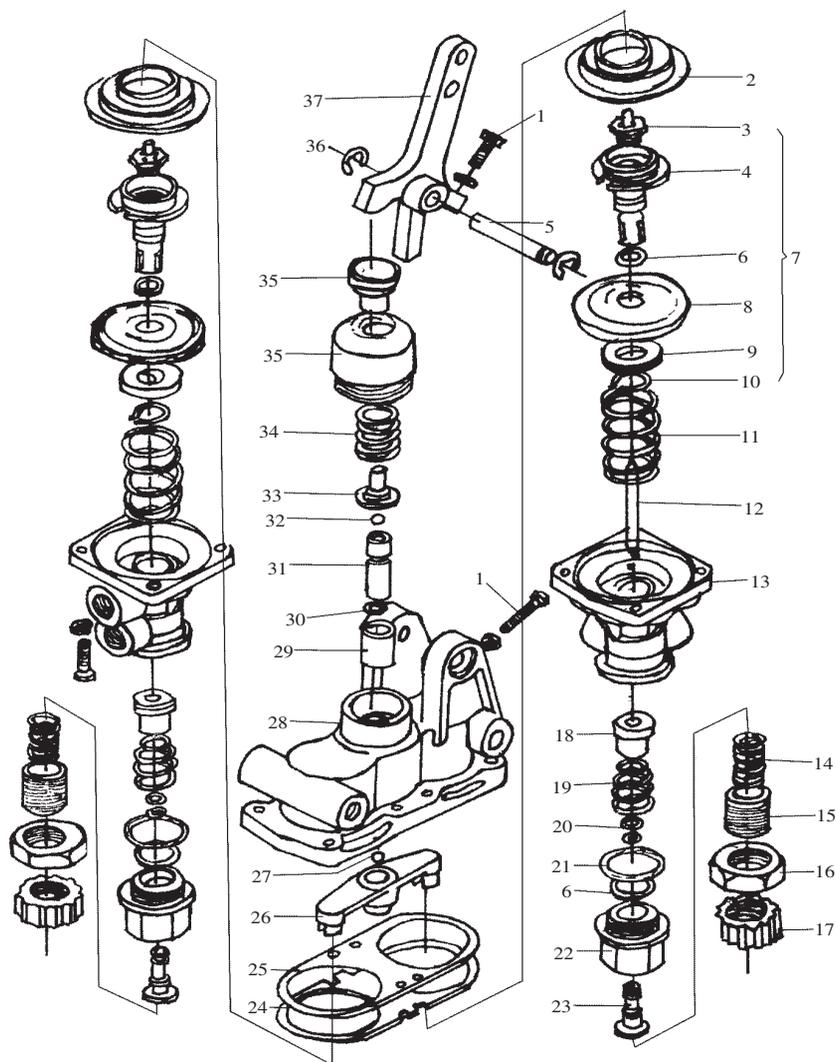


图 13-37 东风 EQ1090—1 型汽车双腔制动阀分解图

1. 调整螺钉 2. 膜片压紧圈 3. 挺杆头 4. 挺杆 5. 拉臂轴 6. O形密封圈 7. 膜片总成 8. 膜片 9. 夹片 10. 轴用弹性挡圈 11. 膜片复位弹簧 12. 顶杆 13. 下体 14. 调整弹簧 15. 调整螺栓 16. 螺母 17. 塑料罩 18. 进气阀门总成 19. 进气阀 20. 复位弹簧 21. 密封垫片 22. 柱塞座 23. 柱塞 24. 钢垫片 25. 橡胶垫圈 26. 平衡臂 27. 钢球 28. 上部 29. 衬套 30. 小活塞环 31. 推杆 32. 钢球 33. 弹簧下座 34. 平衡弹簧 35. 防尘罩 36. 平衡弹簧上座 37. 拉臂

#### 四、拆装方法及步骤

##### 1. EQ1090 车前轮制动器的拆装方法及步骤（参见图 13-35）

##### (1) 拆卸

前轮制动器的拆装应在前桥总成上进行，拆装前，前桥总成应可靠固定在工作台架上。

##### ① 拆卸前轮毂及制动鼓（图 13-38）

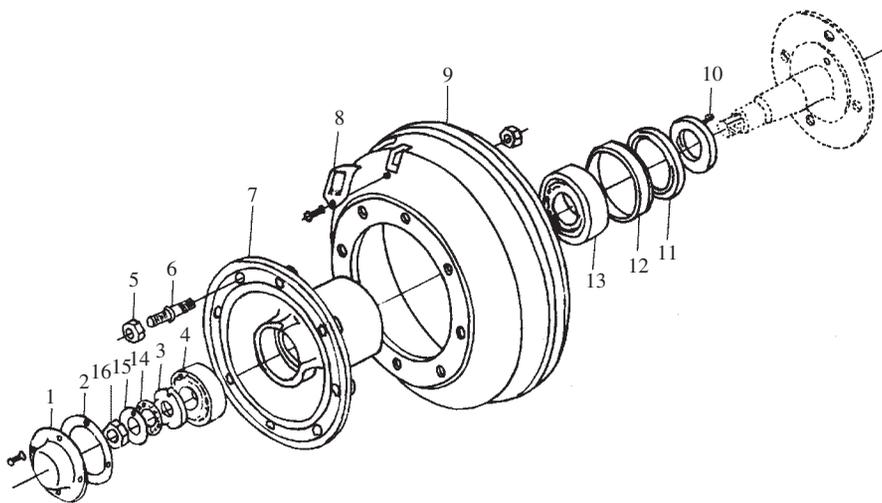


图 13-38 前轮毂及制动鼓

1. 盖 2. 衬垫 3. 轴压调整螺母 4. 外轴承总成 5. 螺母 6. 螺栓 7. 前轮 8. 前制动鼓检查孔堵塞 9. 制动鼓 10. 圆柱销（内座圈定位用） 11. 前轮油封内座圈油封总成 12. 油封外圈 13. 前轮内油封总成 14. 调整螺母锁紧垫圈 15. 锁紧螺母止动垫圈 16. 轴承锁紧螺母

松开前轮毂盖的紧固螺栓，取下前轮毂盖及衬垫，剔平止动垫圈，依次拆下锁紧螺母，止动垫圈、调整螺母的锁紧垫圈和轮毂轴承调整螺母，从转向轴上拉出前轮毂及制动鼓组合件。

②拆卸制动器固定部分、张开机构、定位调整机构各机件将凸轮转到原始位置，拆下制动蹄回位弹簧；拆下开口销及制动蹄轴紧固螺母；取下制动蹄和制动蹄轴；拆开制动气室推杆连接叉锁销，拆下调整臂及前后配件；从制动气室支架承孔中取出凸轮轴；拆下制气动室；拆下钢丝锁线及支架紧固螺栓；将制动气室支架从制动板上拆下；松开紧固螺栓和螺母，从转向节上拆下制动底板。

##### (2) 装复

装配可按拆卸时的相反顺序进行，先装复制动底板，再依次装配制动气

室支架、制动气室、凸轮轴和调整臂、制动蹄轴和制动蹄、回位弹簧、最后装复制动鼓及前轮毂并调整蹄鼓间隙，装配注意事项如下：

①装复时，制动蹄轴和蹄片衬套的配合表面及蹄片平台表面应涂以少量润滑脂，摩擦片表面应干净，严禁沾污油脂。

②装复时，制动气室支架紧固螺母和制动蹄轴紧固螺母暂时可不拧紧（待蹄鼓间隙调整好以后再拧紧）。制动蹄轴的偏心部分应相对称，偏心标记应相距最近（图 13-39）。

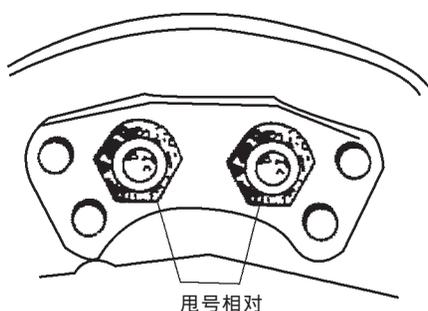


图 13-39 制动蹄的装配标记

③选装合适的凸轮轴调整垫片，保证凸轮轴既能自由转动，轴向窜动量又不大于 1mm。

④用旋转调整臂蜗杆轴、制动蹄轴和移动支架的方法，使制动鼓与摩擦片之间的间隙符合要求。靠近支承轴端为 0.25mm~0.40mm，靠近凸轮轴端为 0.40mm~0.55mm，同一制动鼓内两蹄摩擦片相对应的间隙差应不大于 0.10mm。最后拧紧制动蹄轴和支架的紧固螺母，同时应注意保持蹄轴和支架的位置不变（制动蹄轴紧固螺母扭紧力矩为 130 N·m~170N·m）。蹄鼓间隙调好后，制动鼓应能转动自如，无卡滞现象。

⑤前制动底板紧固螺栓螺母的扭紧力矩为 140 N·m~170N·m。

⑥对于后轮制动器的拆装，可参照上述前轮拆装步骤进行。

## 2. 盘式车轮制动器的拆装

盘式制动器是由摩擦衬块从两侧夹紧与车辆共同旋转的制动盘后产生制动，由于盘式制动器散热能力强，热稳定性好，目前轿车的前轮大多采用盘式制动器。

上海桑塔纳的前轮采用的是浮动钳型盘式制动器，其拆装方法如下：

### (1) 拆卸

①将车支起，拆下车轮和制动管路。

②拆下制动钳体。

③拆下弹簧片、制动摩擦衬块、垫片及支承板等。

## ④拆卸导向钢套、防尘罩和活塞。

拆下制动钳时如不更换摩擦衬块，拆卸之前，应在摩擦块上作记号，以便按号重新装配，否则会影响制动效果。

## (2) 装复

## ①装上制动盘，并放好制动摩擦片。

## ②安装制动钳体，按规定力矩拧紧其定位螺栓。

## ③安放好上、下定位弹簧。

## ④安装车轮等机件。

⑤用力踩动制动踏板数次，使制动器恢复正确的间隙（其间隙靠轮缸活塞密封圈自动调整）。

## 3. 手制动器拆装（参见图 13-40）

## (1) 拆卸

进行拆卸之前，应将装有手制动器的变速器牢固地安装在工作台架上。

## ①拆掉摇臂下端的平头销、摇臂下端拉杆、扇形齿板与变速器壳紧固螺

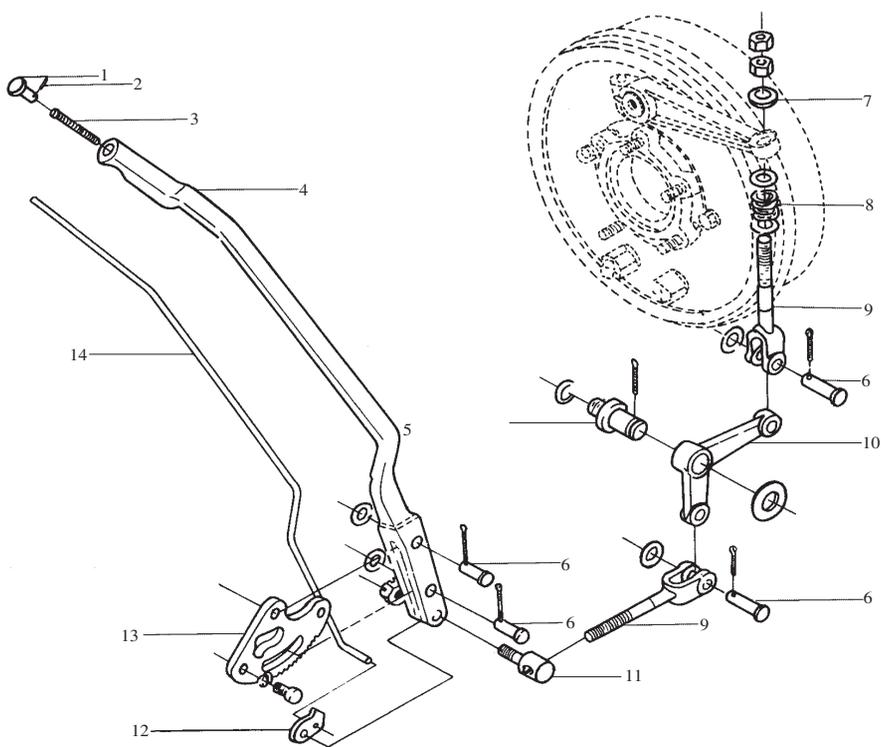


图 13-40 手制动器操纵机构

1. 操纵杆按钮 2. 按钮销 3. 复位弹簧 4. 操纵杆 5. 摇臂销轴 6. 平头销  
7. 拉杆球面垫圈 8. 拉杆压紧弹簧 9. 拉杆总成 10. 操纵杆摇臂 11. 操纵杆销轴  
12. 棘爪 13. 扇形齿板 14. 棘爪拉杆

栓、拆卸制动操纵杆及其上、下端连接件。

②拆下操纵杆摇臂上端平头销、摇臂及销轴、拉杆球面垫圈及调整锁紧螺母、拉杆及弹簧。

③从变速器第二轴后端拆下制动鼓及突缘（零件标号见 13-36）。

④拆下凸轮轴限位片、制动蹄回位弹簧、制动蹄轴弹性锁片、垫圈及另一端锁紧螺母、制动蹄带滚轮及蹄轴、制动底板支座与变速器第二轴后轴承盖紧固螺栓及制动底板支座与底板总成、摆臂固定螺栓及摆臂、凸轮轴弹性锁片及凸轮轴、分解制动底板与支座。

## （2）装复

①按拆卸时的相反顺序装复手制动器及其操纵机构。

②装复注意事项

安装凸轮轴时，应在其支承圆柱面及衬套内涂以润滑脂，凸轮轴装入并用弹性挡圈锁住之后，应能在承孔内自由转动；安装制动蹄及蹄轴时，蹄孔及蹄轴圆柱面应涂以润滑脂，蹄与蹄轴装合后，应能相对转动，将突缘组合件装入变速器第二轴时，应保证甩油环进入挡油盘之内，装配中不允许用手锤随便敲击零件。

③蹄鼓间隙调整

制动蹄轴重新装配后应对蹄鼓间隙进行全面调整，调整方法步骤为：

a. 拆开摇臂两端拉杆，松开制动蹄轴锁紧螺母，用扳手转动蹄片轴至扳动摆臂使凸轮张开后，两蹄中间摩擦片中部同时与制动鼓接触，然后固定制动蹄轴并紧固锁紧螺母。

b. 装配摇臂两端拉杆并调整至符合手制动器装配调整后的技术要求。

④手制动器装配调整后的技术要求。

a. 间隙为 0.20mm ~ 0.40mm。

b. 当棘爪与扇形棘轮最后一个齿啮合时，操纵杆摇臂后端与水平线夹角约为 15°。

c. 当操纵杆从放松的极限位置移动 3 齿 ~ 5 齿时，用 500mm 长的撬棒应不能转动制动鼓。

d. 驻车制动操纵杆完全放松时，制动鼓应能转动自如。

4. 气压制动控制阀的拆装方法步骤。（参见图 13-37）

## （1）拆卸

①取出卡圈，拆下轴及拉臂。

②松开上下体连接螺栓，分离上下阀体，取下橡胶垫圈，钢垫片、压紧圈、平衡臂及钢球。

③解体上阀体。

④拆下柱塞座，拆下密封垫片，阀门回位弹簧及两用阀等，拆散与柱塞

座装配连接的塑料罩、螺母等零件。

⑤取出膜片总成及回位弹簧，用弹簧钳拆下弹性挡圈并分解膜片总成。

## (2) 装复

①在清洁零件熟悉其构造之后，按拆卸时的相反顺序装复制动阀。零件应用煤油清洗。装配时，阀门等运动件配合面应涂以润滑脂。制动阀装合后应进行排气间隙（即自由行程），最大工作气压、两腔随动气压差的调整。

### ②排气间隙的调整

拆下前后腔柱塞座总成（或在未装配柱塞座总成时进行调整），旋动调整螺钉，用深度尺测量两腔排气间隙均为 1.5mm。

## 5. 液压制动传动装置的拆装

液压制动传动装置是利用制动液，将制动踏板力转换为油液压力，通过管路传至车轮制动器，再将油液压力转变为制动蹄张开的机械推力。

上海桑塔纳轿车采用交叉式的双回路液压制动传动装置。主要由双腔式制动主缸、双活塞轮缸和真空助力器组成，其拆装方法如下：

### (1) 双腔式制动主缸

#### ①拆卸

- 放出制动液，拆下前后出油接头。
- 从车架上拆下主缸后，取下防尘罩及推杆。
- 将主缸夹在台钳上，用螺丝刀顶住活塞，拆下弹簧片，然后慢慢放松螺丝刀，依次取出后活塞、皮碗及后活塞弹簧。
- 拆下限位螺钉，依次取出前活塞、皮碗及前活塞弹簧。

#### ②装复

装按上述相反顺序操作，并注意下列事项：

- 所有零件在装合前，应用制动液或酒精清洗，疏通各通道、油路，并用压缩空气吹干后，全部浸泡在清洁的制动液内润滑。
- 活塞与气缸筒的配合间隙应符合规定。
- 主缸活塞的位置不当，会引起回油孔堵塞，或使制动发生作用时间延迟，故装配时应予注意。
- 装合后应检查回油孔，使其不被皮碗堵住。
- 制动主缸装配后应检查其密封性。

### (2) 制动轮缸

#### ①拆卸

- 松开制动轮缸进液管接头，使制动轮缸与进液管脱开。
- 取下制动蹄回位弹簧，使制动蹄与制动轮缸的活塞脱开。
- 拆下制动轮缸与制动底板的连接螺栓，取下制动轮缸以待分解。
- 取下缸体两端的防尘罩。

- e. 从轮缸内取出活塞、蹄片推杆、皮碗及活塞回位弹簧。
- f. 拆下放气阀。

### ②装复

装配按上述相反顺序操作，并注意以下事项：

- a. 所有零件在装合前，应用制动液或酒精清洗，用压缩空气吹干后，全部浸泡在清洁的制动液内润滑。
- b. 连接输液管，不允许有漏液现象。
- c. 皮碗不得有磨损及发胀现象。

### (3) 真空助力器

上海桑塔纳 LX 型轿车真空助力器发生损坏时，应换用新的总成，不允许解体。

## 五、课后作业

1. 试述东风 EQ1090 车后轮制动器拆装过程。
2. 试述液压制动系的真空助力器拆装过程。

## 参考文献

- [1] 陈家瑞. 汽车构造(下). 北京:机械工业出版社,2005
- [2] 高进军. 汽车构造(下). 北京:人民交通出版社,2000
- [3] 陈家瑞. 汽车构造(下)(4版). 北京:人民交通出版社
- [4] 周林福. 汽车底盘构造与维修. 北京:人民交通出版社,2002
- [5] 孙虹. 捷达轿车. 北京:国防工业出版社,2001
- [6] 李朝晖,杨新桦. 重庆:重庆大学出版社,2004
- [7] 李晓. 汽车底盘构造与维修. 北京:高等教育出版社,2005
- [8] 么居标. 汽车底盘构造与维修. 北京:机械工业出版社,2002
- [9] 吴社强,吴政清,姜斯平. 汽车构造. 上海:上海科技出版社,2003
- [10] 清华大学汽车工程系编写组. 汽车构造. 北京:人民邮电出版社,2000
- [11] (日)GP企画室. 汽车车身底盘图解. 宋桔桔,董国良译. 长春:吉林科技出版社. 香港万里机构联合出版,1995
- [12] 杨信. 汽车构造(下). 北京:人民交通出版社
- [13] 赵新民. 汽车构造. 北京:人民交通出版社,1999
- [14] 张第宁. 汽车维修. 北京:人民交通出版社,1999
- [15] 汤定国. 汽车构造实验. 北京:人民交通出版社
- [16] 吴际璋,李仁光. 汽车构造. 北京:人民交通出版社,1998
- [17] 丁振洲. 新编汽车维修. 长春:吉林人民出版社,1984
- [18] 上海市交通运输局编. 中外汽车维修手册. 上海:上海科技出版社,1993
- [19] 汽车运输职工教育研究会主编. 汽车修理工初级技术培训教材. 上海:上海科技出版社,1989
- [20] 汽车驾驶员技术等级标准培训教材编委会编. 高级汽车驾驶员培训教材. 北京:人民交通出版社,1998
- [21] 朱忠伦. 汽车拆装实训. 北京:人民交通出版社,2003