

中国汽车工程学会汽车工程图书出版专家委员会 特别推荐

# 现代汽车电子控制系统构造原理与故障诊断(下)

## ——车身与底盘部分

### (第三版)

邹长庚 主编

王光德 主审

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 简 介

本书着重介绍现代汽车电子控制技术,全书分上、下两册。

上册系统介绍发动机微机控制系统的结构、原理、故障诊断与维修技术。主要包括:电控燃油喷射、点火控制、怠速控制、进气控制、排放控制与排气净化、失效保护、备用系统及检测设备使用、国内常见进口车型故障诊断与检修的一般程序和发动机微机控制系统故障诊断与维修等内容。

下册的主要内容有:电子制动防抱死系统(ABS)、自动变速器、空调系统、安全气囊控制系统的结构、原理、故障诊断与检修技术。

本书可作为汽车维修人员新技术培训教材,也可作为汽车运用工程专业的中专、技校教学补充教材,也可供汽车维修人员和工程技术人员阅读参考。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

现代汽车电子控制系统构造原理与故障诊断. 下, 车身与底盘部分 / 邹长庚等编. —3版. —北京: 北京理工大学出版社, 2006.7

ISBN 7 - 81045 - 277 - 0

I. 现... II. 邹... III. ①汽车 - 电子控制 控制系统②汽车 - 车体 - 电子系统 控制系统③汽车 - 底盘 - 电子系统 控制系统 IV. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 083584 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 23.75

字 数 / 565 千字

版 次 / 2006 年 7 月第 3 版 2006 年 7 月第 12 次印刷

印 数 / 58001 ~ 63000 册

定 价 / 35.00 元

责任校对 / 郑兴玉

责任印制 / 李绍英

---

图书出现印装质量问题,本社负责调换

# 出版说明

为贯彻汽车工业产业政策,推动和加强汽车工程图书的出版工作,中国汽车工程学会成立了“汽车工程图书出版专家委员会”。委员会由有关领导机关、企事业单位、大中专院校的专家和学者组成,其中心任务是策划、推荐、评审各类汽车图书选题。图书选题的范围包括:学术水平高、内容有创见、在工程技术理论方面有突破的应用科学专著和教材;学术思想新颖、内容具体、实用,对汽车工程技术有较大推动作用;密切结合汽车工业技术现代化,有高新技术内容的工程技术类图书;有重要发展前景,有重大使用价值;密切结合汽车工程技术现代化需要的新工艺、新材料图书;反映国外汽车工程先进技术的译著;使用维修、普及类汽车图书。

出版专家委员会是在深化改革中,实行专业学会、企业、学校、研究所等相结合,专家学者直接参与并推动专业图书向高水平、高质量、有序发展的新尝试。它必将对活跃、繁荣专业著作的出版事业起到很好的推动作用。希望各位同仁、专家积极参与、关心、监督我们的工作。限于水平和经验,委员会推荐出版的图书难免存在不足之处,敬请广大同行和读者批评指正。

本书由邹长庚主编,王光德主审,经专家委员会评审通过、推荐出版。

汽车工程图书出版专家委员会

# 《现代汽车电子控制系统构造原理与故障诊断》

## 编 委 会

主 任 王焕德

副主任 李玉璞 王光德

编 委 王焕德 李玉璞 王光德 顾金亭

邹长庚 钱仲兴 赵 琳 高万云

孙笑平 马伯夷 丁云泳 贾 毅

李 尧 邵群红

## 第二次修订说明

《现代汽车电子控制系统构造原理与故障诊断(下)——车身与底盘部分》2000年3月进行了第一次修订,使本书的先进性、实用性、系统性更加突出,深受广大读者的欢迎。

随着汽车技术的发展和广大读者对汽车电控技术的深入了解和生产实际的需求,他们需要对汽车电控技术更加全面深入地了解 and 掌握,以便更好地适应汽车技术的发展和指导生产实践。不仅ABS、电控自动变速器、空调及安全气囊在汽车上得到广泛应用,汽车驱动防滑控制系统、电控悬架系统、电动转向系统、汽车防盗系统等电控技术在汽车上也得到广泛的应用,使现代汽车开始进入由计算机全面控制的网络时代。广大读者需要进一步了解和掌握这些新技术,以便更好地适应汽车技术的发展和指导自己的生产实践。

为满足广大读者的要求,我们对下册的内容进行了第二次修订。对汽车电控系统的结构、原理、控制理论等方面的内容更全面系统地予以介绍,同时又增加了电动转向系统(EPS)、电控悬架系统、汽车防盗系统、CAN总线控制技术等新章节,使本书的系统性、理论性、先进性和实用性有了进一步提高。

希望本书第二次修订版的出版,能进一步满足广大读者的要求,也希望广大读者提出宝贵的意见和建议。

编委会  
2006年1月

# 前 言

随着汽车技术和电子技术的迅速发展,电子技术在汽车上得到广泛应用,从发动机的燃油喷射、点火装置、怠速装置、进气控制、废气排放、故障诊断到底盘的传动系统、行驶系、转向制动系统和车身及辅助装置普遍采用了电子控制系统,机电一体化是现代汽车的显著特点。电子控制系统在汽车上的广泛应用,使汽车的动力性、燃油经济性、安全性、可靠性、舒适性都得到显著的改善和提高,尤其是汽车排气对环境的污染从根本上得到了控制。

电子控制技术在汽车上的广泛应用,机电一体化使汽车从总体结构、工作原理、使用维修等方面都发生了根本性的变化。为了帮助汽车使用与维修人员和从事汽车专业教学的师生系统掌握现代汽车电子控制系统的结构、原理、使用维修与故障诊断等方面的内容,以适应汽车技术发展的需要,中国机动车辆安全鉴定检测中心、公安大学、北京市交通学校、北京理工大学出版社共同组织有关专家、教师和工程技术人员编写了这套教材。本教材在编写过程中充分考虑到工人、驾驶员、中专技校学生的知识水平和接受能力,注意到全套教材专业知识的程度要求,力争突出教材的科学性、系统性、完整性和实用性,做到理论联系实际,符合循序渐进的要求。

本教材内容新、系统性强、程度适中、通俗易懂、图文并茂、实用性强,适合广大汽车修理人员、汽车驾驶员、车辆管理人员和汽车专业的师生阅读。

本教材上册由北京市交通学校邹长庚、赵琳主编,中国机动车辆安全鉴定检测中心王焕德主审。下册由北京市交通学校邹长庚主编,中国人民公安大学王光德主审。

由于编者水平有限,谬误疏漏之处在所难免,竭诚欢迎读者批评指正。

编委会

# 目 录

第一章 汽车防滑控制系统.....	( 1 )
第一节 概述.....	( 1 )
第二节 防滑控制系统的作用.....	( 1 )
第三节 防滑控制系统对汽车行驶性能的影响.....	( 4 )
第四节 防滑控制系统的基本结构及工作原理.....	( 7 )
第五节 防抱死制动系统的控制方式及控制原理.....	( 8 )
第六节 防抱死制动系统(ABS)的组成及布置形式 .....	( 11 )
第七节 ABS 主要组成件的结构及工作原理(一)——轮速传感器 .....	( 17 )
第八节 ABS 主要组成件的结构及工作原理(二)——制动压力调节器 .....	( 20 )
第九节 ABS 主要组成件的结构及工作原理(三)——电子控制单元(ECU) .....	( 33 )
第十节 ASR 的基本组成及工作过程.....	( 37 )
第十一节 主要车型 ABS 及 ASR 系统的组成及控制电路 .....	( 40 )
第十二节 ABS/ASR 系统的故障诊断 .....	( 62 )
第二章 自动变速器.....	( 72 )
第一节 概述.....	( 72 )
第二节 液力偶合器与液力变矩器.....	( 75 )
第三节 行星齿轮变速器.....	( 89 )
第四节 液力自动换挡操纵及控制系统.....	( 99 )
第五节 电子控制液压换挡控制系统.....	( 118 )
第六节 典型自动变速器实例.....	( 133 )
第七节 液力自动变速器的使用与故障诊断.....	( 147 )
第三章 汽车空调系统.....	( 170 )
第一节 制冷循环和制冷剂.....	( 170 )
第二节 汽车空调设备的主要部件.....	( 172 )
第三节 空调系统的控制装置.....	( 183 )
第四节 汽车空调系统的控制系统.....	( 185 )
第五节 汽车空调系统的维护.....	( 198 )
第四章 安全气囊(SRS) .....	( 208 )
第一节 安全气囊系统的组成与工作原理.....	( 208 )
第二节 安全气囊系统的故障诊断.....	( 222 )
第五章 电子控制转向系统.....	( 232 )
第一节 概述.....	( 232 )
第二节 动力转向系统的结构与工作原理.....	( 232 )



---

第六章 电子控制悬架系统.....	(247)
第一节 概述.....	(247)
第二节 电子控制悬架系统主要组成部分的结构与工作原理.....	(247)
第三节 电子控制悬架系统的种类、组成与工作原理 .....	(255)
第四节 电子控制悬架系统的故障诊断与检测.....	(295)
第七章 汽车防盗系统.....	(301)
第一节 概述.....	(301)
第二节 主要车型遥控、防盗系统实例 .....	(304)
第八章 CAN 总线控制技术 .....	(360)
第一节 概述.....	(360)
第二节 CAN 数据传输系统 .....	(361)
第三节 典型 CAN 数据传输系统 .....	(367)

# 第一章 汽车防滑控制系统

## 第一节 概 述

汽车防滑控制系统包括制动防抱死控制系统(ABS)和驱动防滑转控制系统(ASR、TCS)。

### 1. 制动防抱死控制系统(ABS)

制动防抱死控制系统是在汽车制动过程中自动调节车轮制动力,防止车轮抱死以获得最佳的制动效果。

### 2. 驱动防滑转控制系统(ASR、TCS)

驱动防滑转控制系统是通过调节驱动轮的牵引力,来实现驱动轮滑转的控制。由于驱动防滑转控制系统是通过调节驱动轮的牵引力来实现驱动轮滑转的控制,因此也称为牵引力控制(TCS)。

汽车防滑控制系统就是制动防抱死控制系统(ABS)和驱动防滑转控制系统(ASR、TCS)的统称。

## 第二节 防滑控制系统的作用

在汽车行驶过程中,驾驶员、汽车和环境三者所组成的闭环系统中,汽车与环境之间的基本联系是轮胎与路面之间的作用力。由于汽车的行驶状态主要是由轮胎与路面的纵向作用力决定的,因此驾驶员对汽车的控制实质上是在控制车轮与路面之间的作用力。但是,车轮与路面之间的作用力则要受轮胎与路面之间附着力的限制,而汽车的加速和减速运动主要受轮胎与路面纵向附着力的限制,而汽车的转向运动和抵抗外界横向作用力的能力则主要受车轮横向附着力的限制。

轮胎与路面之间的附着力取决于其间的垂直载荷和附着系数,其关系如式(1-1)所示。

$$F_{\varphi} = N\varphi \quad (1-1)$$

式中  $F_{\varphi}$  为轮胎与路面之间的附着力,  $N$  为轮胎与路面间的垂直载荷,  $\varphi$  为轮胎与路面之间的附着系数。

在实际行驶过程中,轮胎与路面间的垂直载荷和附着系数会随许多因素而变化,因此,轮胎与路面间的附着力是经常变化的。在影响附着力的诸多因素中,轮胎相对路面的运动状态对附着力的影响极大,特别是在湿滑的路面上其影响更为明显。

### 一、车轮滑动率对附着系数的影响

在汽车的行驶过程中,车轮在路面上的运动状态可以为两种形式——滚动和滑动,车轮相对与路面的滑动又可分为滑移和滑转两种形式,我们用车轮滑动率  $s$  来表征在车轮纵向运动中滑动成分所占的比例。

汽车在制动过程中,车轮可能相对路面产生滑移,滑移成分在车轮纵向运动中所占的比例我们用负滑动率  $S_B$  来表征,负滑动率  $S_B$  由式(1-2)来确定:

$$S_B = \frac{r\omega - v}{v} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中  $S_B$  为车轮的负滑动率; $r$  为车轮的自由滚动半径,  $m$ ; $\omega$  为车轮的转动角速度,  $rad/s$ ; $v$  为车轮中心的纵向速度,  $m/s$ 。

当车轮在路面上自由滚动时,车轮中心的纵向速度完全是由于车轮滚动产生的,此时,  $v = \omega r$ ,此时滑动率  $S_B = 0$ ;当车轮在制动抱死时,车轮在路面上纯滑移,车轮中心的纵向速度完全是由于车轮滑移产生的,此时  $\omega = 0$ ,因此滑动率  $S_B = -100\%$ ;当车轮在路面上一边滚动一边滑移时,车轮中心纵向速度的一部分是由于车轮滚动产生的,另一部分则是由于车轮滑移产生的,此时  $\omega r < v$ ,因此,  $100\% < S_B < 0$ ,车轮一边滚动一边滑移,车轮中心纵向速度中,车轮滑移所占的成分越多,滑动率  $S_B$  的数值就越大。

汽车在驱动过程中,驱动车轮可能相对于路面产生滑转,滑转成分在车轮纵向运动中所占的比例可由正滑动率  $S_A$  来表征,车轮的正向滑动率可由式(1-3)来决定:

$$S_A = \frac{r\omega - v}{r\omega} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中  $S_A$  为车轮的正滑动率; $r$  为车轮的自由滚动半径,  $m$ ; $\omega$  为车轮的转动角速度,  $rad/s$ ; $v$  为车轮中心的纵向速度,  $m/s$ 。

当车轮在路面上自由滚动时,车轮中心的纵向速度完全是由车轮滚动产生的,此时  $v = \omega r$ ,因此滑动率  $S_A = 0$ ;当车轮在路面上完全滑转时,车轮中心的纵向速度  $v = 0$ ,因此滑动率  $S_A = 100\%$ ;当车轮在路面上一边滚动一边滑动时,  $\omega r > v$ ,因此,  $0 < S_A < 100\%$ ,在车轮转动中,滑转所占的比例越大,车轮滑动率  $S_A$  的数值也就越大。

车轮滑动率可以综合为式(1-4)所示的一般关系:

$$S = \begin{cases} \frac{\omega r - v}{v} \times 100\% & (\text{车轮滑移时}) \\ 0 & (\text{车轮自由滚动时}) \\ \frac{\omega r - v}{\omega r} \times 100\% & (\text{车轮滑转时}) \end{cases} \quad (1-4)$$

实验证明,在坚实的路面上,弹性轮胎与路面间的附着系数  $\varphi$  和滑动率  $S$  存在着如图 1-1 所示的一般性关系。

通常当车轮滑动率在 15% ~ 20% 范围内时,轮胎与路面间的纵向附着系数  $\varphi_x$  最大,该最大值称为峰值附着系数  $\varphi_{opt}$ ,与其相对应的车轮滑动率称为峰值附着系数滑动率  $S_{opt}$ 。当车轮在路面上自由滚动时,由于轮胎与路面之间没有产生相对运动趋势,其间纵向附着系数(即摩擦系数)为零,当车轮滑动从零增大到峰值附着系数滑动率  $S_{opt}$  时,尽

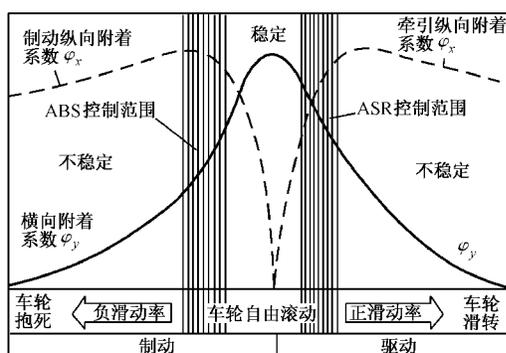


图 1-1 附着系数与滑动率的关系



管车轮滑动率不等于零,但轮胎与路面之间并没有发生真正的滑动,此时滑动率不等于零,只是由于轮胎弹性变形所至。因此,当车轮滑动率处于这一范围时,轮胎与路面间纵向附着系数就是其间静摩擦系数的表现,所以,随着轮胎与路面之间纵向相对滑动趋势的增加,其间的纵向附着系数就会迅速增大,当车轮滑动率达到峰值附着系数滑动率  $S_{opt}$  时,弹性轮胎与路面之间即将发生相对滑动,此时其间的纵向附着系数就是最大静摩擦系数的表现。此后,直到车轮将完全滑动 ( $|S| = 100\%$ ) 的范围内,轮胎与路面之间的纵向附着系数就是从最大静摩擦系数到滑动摩擦系数的过渡,轮胎与路面间的纵向附着系数将是不稳定的。当车轮在路面上完全滑动时,轮胎与路面间的纵向附着系数称为滑动附着系数  $\varphi_s$ ,由于物体间的滑动摩擦系数总是小于最大静摩擦系数,故轮胎与路面间的滑动附着系数  $\varphi_s$  总是小于峰值附着系数  $\varphi_{opt}$ 。通常,在干燥硬实的路面上,  $\varphi_s$  比  $\varphi_{opt}$  小 10% ~ 20%, 在湿滑硬实的路面上  $\varphi_s$  比  $\varphi_{opt}$  小 20% ~ 30%。在各种路面条件下轮胎与路面间峰值附着系数  $\varphi_{opt}$  和滑动附着系数  $\varphi_s$  的平均值如表 1-1 所示。

表 1-1 峰值附着系数  $\varphi_{opt}$  和滑动附着系数  $\varphi_s$  的平均值

路面种类及状况	峰值附着系数	滑动附着系数 $m$
沥青路面和水泥路面(干)	0.8 ~ 0.9	0.75
沥青路面(湿)	0.5 ~ 0.7	0.45 ~ 0.6
水泥路面(湿)	0.8	0.7
石子路	0.6	0.55
土路(干)	0.68	0.65
土路(湿)	0.55	0.45 ~ 0.5
雪(压实)	0.2	0.15
冰	0.1	0.07

从图 1-1 可以看出,车轮在路面自由滚动时,其间的横向附着系数  $\varphi_y$  最大,随着车轮滑动率  $S$  的增大,横向附着系数  $\varphi_y$  将迅速减小,当轮胎在路面上完全滑动时 ( $|S| = 100\%$ ), 轮胎的横向附着系数几乎减小到零,轮胎与路面之间的横向附着力也就接近于零,车轮将完全丧失抵抗外界横向作用力的能力,此时,如果车轮受到横向外力的作用(如汽车重力的横向分力、路面不平产生的横向力、横向风力等)车轮将会在路面上产生侧滑。

从图 1-1 还可以看出,当车轮的滑动率处于峰值附着系数滑动率  $S_{opt}$  的附近范围内时,横向附着系数约为最大横向附着系数的 50% ~ 75%。如果将车轮的滑动率控制在这一范围内时,车轮的纵向附着系数最大,车轮的横向附着系数也较大,最大的纵向附着系数可使汽车获得制动和驱动所需的纵向附着力最大,而较大的横向附着系数可使汽车获得转向或防止横向滑移所需的横向附着力。

## 二、防滑控制系统的作用

为使汽车获得较大的纵向和横向附着力,现代汽车已经广泛地装备了防滑控制系统(其中以制动防抱死系统为主),其作用就是使汽车能够自动地将车轮控制在纵向和横向附着系数都

很大的滑动率范围内。制动防抱死系统在制动过程中,通常将车轮的滑动率控制在 10% ~ 20% 的范围内,驱动防滑转系统在驱动过程中,通常将驱动车轮的滑动率控制在 5% ~ 15% 的范围内。控制车轮的滑动率是通过控制作用于车轮上的力矩(制动力矩或驱动力矩)实现的,即控制作用于车轮上的力矩与车轮所能获得的最大纵向附着力相适应。

车轮所能获得的纵向附着力取决于轮胎与路面间的垂直载荷和附着系数,这两个方面又会受到许多因素的影响,其中的一些因素在汽车的实际行驶过程中又是随机变化的。如附着系数除了受到车轮滑动率的影响外,还要受到轮胎结构、轮胎表面花纹、轮胎胎压、路面种类、路面状况、车轮偏转角、汽车行驶速度等因素的影响。而垂直载荷除了受汽车的实际装载质量及静态分布情况影响外,各车轮的垂直载荷在汽车行驶过程中还会发生动态变化。例如,汽车上坡时,前轮的垂直载荷会减小,而后轮的垂直载荷会增大,汽车下坡时则相反;汽车转弯时,内侧车轮的垂直载荷会减小,而外侧车轮的垂直载荷会增大;汽车加速时,前轮的垂直载荷会减小,而后轮的垂直载荷会增大,汽车减速时则相反。此外,空气的作用和路面干扰引起的车轮跳动也会使车轮的垂直载荷发生变化。

由于车轮附着力受到诸多随机因素的影响,因此,车轮的附着力实际上是一个随机变量。所以,为了控制车轮的滑动率,就要对作用于车轮上的力矩进行实时的自适应调节,即要求防滑控制系统具有足够快的反应速度和足够高的调节精度,否则就难以将车轮的滑动率控制在理想的狭窄范围内。

制动防抱死系统都是在制动过程中通过调节制动轮缸(或制动气室)的制动压力使作用于车轮的制动力矩受到控制,而将车轮的滑动率控制在较为理想的范围之内。而驱动防滑转系统在驱动过程中通常可以通过调节发动机的输出扭矩、传动系的传动比、差速器的锁紧系数等控制作用于驱动车轮的驱动力矩,以及通过调节驱动车轮制动轮缸(或制动气室)的制动压力控制作用于驱动车轮的制动力矩,实现对驱动车轮牵引力矩的控制,将驱动车轮的滑动率控制在较为理想的范围之内。

### 第三节 防滑控制系统对汽车行驶性能的影响

由于防滑控制系统能够使被控制的车轮获得较大的纵向和横向附着力,从而改善了汽车的行驶性能。

#### 一、提高行驶方向稳定性

汽车行驶方向稳定性是指汽车阻止外界干扰保持行驶方向的能力。如果外界的干扰消除后,汽车能够迅速恢复稳定的行驶方向,汽车的行驶方向稳定性就好;如果外界的干扰已经消除,但汽车仍在越来越大地偏离原来的行驶方向,则汽车的行驶方向稳定性就差。外界干扰力可能来自横向风力、道路不平整或车轮偏转产生的横向作用力、制动力或驱动力不平衡等方面。

如果在制动时汽车的车轮抱死,由于横向附着系数下降为零,横向附着力为零,汽车将产生侧滑。如果后轮先抱死,汽车处于非稳定状态,侧滑会急剧增大,出现汽车甩尾和掉头现象。如图 1-2 所示。

汽车在驱动过程中,如果后驱动车轮发生滑转,致使后轮的横向附着力大幅度减小,当汽

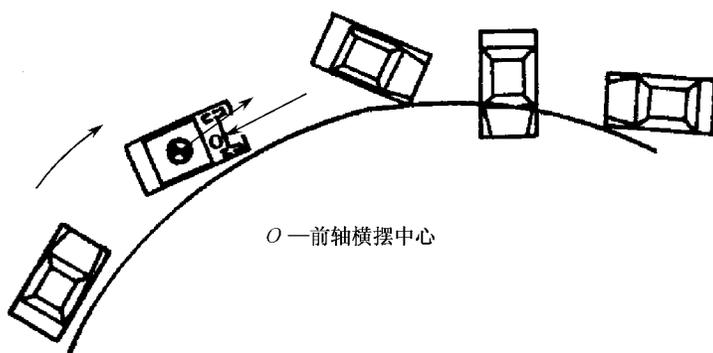


图 1-2 后轮先制动抱死时汽车的运动状态

车受到稍大的外界横向力作用时,汽车也将丧失行驶方向的稳定性。

如果在制动时汽车的前轮抱死,导致前轮发生横向侧滑,但汽车由此产生的惯性力却会相对于后轮横摆中心产生回正力矩,回正力矩将有助于汽车回到直线行驶方向,所以是一种稳定状态,汽车的行驶方向稳定性较好。但由于转向轮丧失横向附着力,汽车将会失去转向操纵能力。

ABS 制动防抱死系统的首要作用是防止后轮在制动过程中丧失横向附着力产生侧滑,以保证汽车在制动过程中具有良好的方向稳定性。在一些后轮驱动的高级轿车上装备的驱动防滑转系统,则可以保证汽车在驱动过程中后轮也保持较大的横向附着力,使汽车在驱动过程中也具有良好的方向的稳定性。

当汽车在湿滑的路面上进行起步、加速、转弯或者在附着系数分离路面(即汽车两侧车轮所处路面的附着系数相差较大)上行驶等驱动过程中显得尤为重要。汽车在附着系数分离的路面上(即两侧车轮在不同附着系数的路面上)进行制动时,对车轮不进行防抱死控制和进行防抱死控制情况下汽车的方向稳定性如图 1-3 所示。

## 二、保持转向操纵能力

汽车在转向行驶时,需要通过偏转的转向车轮从路面获得足够的横向作用力,如果转向车轮的横向附着力不足以提供汽车转向所需的横向作用力,此时,即使转向车轮已经发生了偏转,汽车也不会按预期的方向行驶,汽车就丧失了转向操纵能力。此外,汽车在转向过程中,如果非转向车轮的制动力或牵引力不平衡也会影响汽车的转向操纵性能,导致转向不足或转向过度。转向车轮在其旋转平面内所受的作用力(制动力或牵引力)不平衡也会产生同样的问题。汽车转向过度极易向丧失行驶方向稳定性转化,因此,汽车转向过度也是

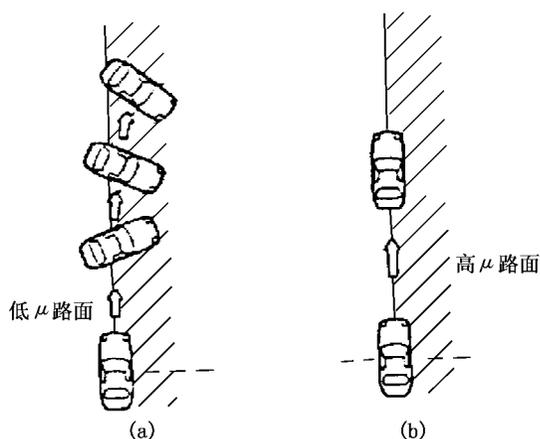


图 1-3 在附着系数分离的路面上汽车行驶方向稳定性比较

(a) 不进行防抱死控制;(b) 进行防抱死控制

一种非常危险的运动状态。

如果在制动过程中防止汽车前轮被制动抱死,使其保持较大的横向附着力,那么,汽车在制动过程中就仍能保持转向操纵能力。汽车在制动过程中不进行防抱死控制和进行防抱死控制情况下转向操纵能力的比较如图 1-4 所示。

对于前轮驱动的汽车,如果作为转向和驱动车轮的前轮发生驱动滑转,会导致前轮的横向附着力大幅度减小,也会严重地影响汽车在驱动过程中的转向操纵能力。如果装备了驱动防滑转系统,就能提高汽车在驱动过程中的转向操纵能力。目前,驱动防滑转系统只装备在一些高级轿车或大型客车上,而高级轿车和大型客车多采用后轮驱动方式,所以,对前轮进行驱动防滑转还很少见到。

### 三、缩短制动距离

汽车的制动距离主要取决于制动过程中的平均减速度,如果汽车能够充分有效地利用各个车轮的最大纵向附着力进行制动,汽车就能够在最短的距离内制动停车。

轿车在制动过程中,前轮的附着力通常约占汽车全部附着力的 70% ~ 80%,因此,充分利用前轮的最大附着力进行制动是缩短制动距离的关键。由于四轮制动防抱死系统能够有效地利用各个车轮的最大纵向附着力,使汽车获得更大的制动力,所以,一般情况下都能使制动距离缩短,特别是在湿滑的路面上,制动距离的缩短就更为显著。后轮制动防抱死系统不能充分地利用前轮的最大附着力进行制动,而后轮附着力在汽车总附着力中所占的比例又比较小,所以,并不能使汽车的制动距离显著缩短。

### 四、提高加速性能和爬坡能力

如果汽车装备了驱动防滑转系统,就能充分地利用驱动车轮的最大附着力,使汽车获得更大的驱动力,从而提高了汽车的加速性能和爬坡能力。

虽然采用四轮驱动形式或采用高摩擦差速器也可以充分地利用驱动车轮的附着力获得更大的驱动力,但是,采用四轮驱动会使汽车的结构变得更为复杂,采用高摩擦差速器又会损害

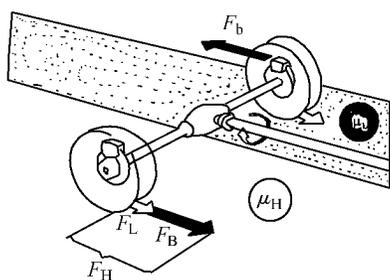


图 1-5 驱动防滑转系统的差速锁紧作用

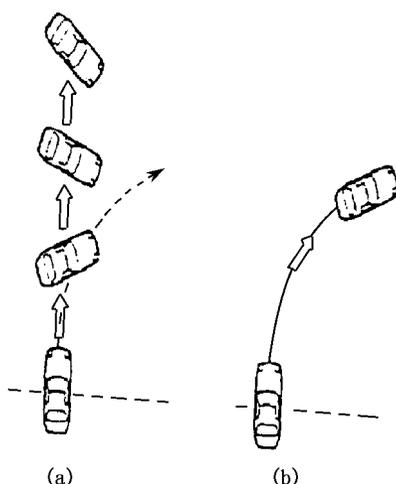


图 1-4 制动过程中汽车转向操纵能力的比较

(a) 不进行防抱死控制; (b) 进行防抱死控制

汽车的转向性能。而采用驱动防滑转系统可以利用汽车上已有的发动机电子控制系统和制动防抱死系统,通过调节发动机的输出转矩和驱动车轮的制动力矩即可控制驱动车轮的滑动率,也可使汽车获得更大的驱动力。装备有驱动防滑转系统的汽车在附着系数分离的路面上行驶时,可以对处于低附着系数路面的驱动车轮施加一定的制动力矩,使处于高附着系数路面的驱动车轮产生更大的驱动力,如图 1-5 所示。

对于处于低附着系数路面的驱动车轮没有施加制动



力矩时,受普通齿轮式差速器转矩分配特性的制约,处于高附着系数路面上的驱动车轮所能产生的驱动力与处于低附着系数路面上的驱动车轮的驱动力是相等的,都等于  $F_L$ ,汽车的总驱动力就等于  $2F_L$ 。对处于低附着系数路面上的驱动车轮施加一定的制动力  $F_B$  以后,尽管处于低附着系数路面上的驱动车轮所能产生的驱动力仍然等于  $F_L$ ,但处于高附着系数路面上的驱动车轮却可以产生  $F_L + F_B$  的驱动力,此时,汽车的总驱动力可以达到  $2F_L + F_B$ ,从而提高了汽车的驱动力,由于驱动防滑转系统可以对施加于驱动车轮的制动力  $F$  进行调节,所以,相当于差速器的锁紧系数是可变的。

装备驱动防滑转系统的两轮驱动汽车与未装备驱动防滑转系统的两轮驱动汽车和四轮驱动汽车在附着系数分离路面上的爬坡能力如图 1-6 所示。装备驱动防滑转系统汽车的爬坡能力明显高于未装备驱动防滑转系统汽车的爬坡能力。装备驱动防滑转系统汽车的加速性能也同样优于未装备驱动防滑转系统汽车的加速性能。

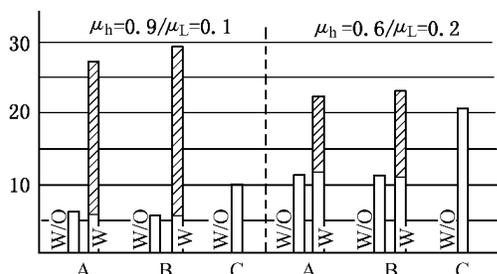


图 1-6 汽车爬坡能力比较

A—前轮驱动汽车;B—后轮驱动汽车;C—四轮驱动汽车;  
W/O—未装备驱动防滑转系统,W—装备驱动防滑转系统

制动防抱死系统和驱动防滑转系统除了能够极大地改善汽车的行驶性能以外,还能在很大程度上使驾驶员从驾驶员—汽车—环境的闭环系统中解脱出来,也使轮胎的磨损大为减轻。

## 第四节 防滑控制系统的基本结构及工作原理

汽车防滑控制系统包括制动防抱死控制系统(ABS)和驱动防滑转控制系统(ASR、TCS)。

制动防抱死控制系统在制动过程中防止被控制车轮制动抱死。驱动防滑转控制系统在驱动过程中防止驱动轮产生驱动滑转,其作用都是将被控制车轮滑动率控制在峰值附着系数滑动率的附近范围内,使被控车轮获得尽可能大的纵向附着力和较大的横向附着力。

汽车防抱死制动系统即 Antilock Braking System,缩写为 ABS。

### 1. 理想的制动控制过程

图 1-7 所示的制动过程即最理想的制动过程。制动开始时让制动压力骤升,滑移率达到  $S_{opt}$  的时间,即  $\varphi_s$  达到最大值  $\varphi_{Bmax}$  的时间最短。当达到  $S_{opt}$  后,随即适当降低制动压力,并使滑移率  $S$  保持在  $S_{opt}$ ,纵向附着系数  $\varphi_B$  保持在最大值  $\varphi_{Bmax}$  时,这样即可得到最短的制动距离。这种制动控制称为最佳控制。

### 2. ABS 的功用

ABS 防抱死制动系统的功用就是使实际制动过程控制在接近理想制动过程,如图 1-8 所示。

在制动时,当车轮滑移率刚刚超过  $S_{opt}$ ,出现抱死趋势时(即从稳定区域进入非稳定区域),ABS 迅速适当降低制动压力,减小车轮制动力矩,使车轮滑移率恢复至靠近稳定界限  $S_{opt}$  的稳定区域内。随后再次将制动压力提高到使  $S$  稍微超过稳定界限,又再次迅速降低制动压力,使  $S$  又恢复至靠近  $S_{opt}$  的稳定区域内。如此反复将车轮滑移率  $S$  控制在  $S_{opt}$  附近的狭小范

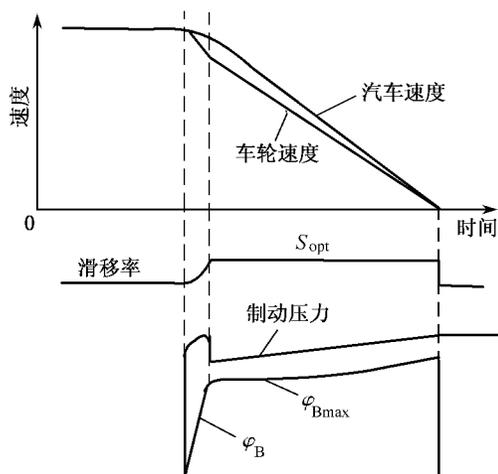


图 1-7 理想的制动控制过程

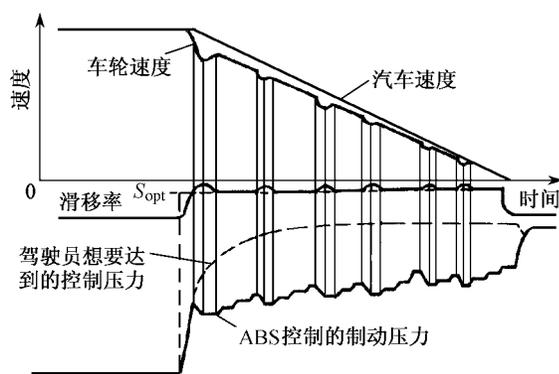


图 1-8 ABS 的理想制动控制过程

围内,以获得最佳的制动效能和制动时的方向稳定性和转向操纵能力。

## 第五节 防抱死制动系统的控制方式及控制原理

从前面的介绍可知,ABS的功用就是在汽车制动过程中,根据车轮的滑移率和车轮减速度是否达到某一设定值来判别车轮是在稳定区还是在非稳定区域转动,进入非稳定区域后是保压还是降压,从而实现理想控制。由于车轮与路面的附着特性  $\varphi-s$  特性的类型和汽车变速器挡位所确定的转动惯量对控制过程的影响很大,而现有的技术还解决不了  $\varphi-s$  特性的预测和挡位惯性变化的影响,所以目前 ABS 所采用的控制方法只能实现近似的理想控制。ABS 目前所用的控制方式主要有预测控制方式和模仿控制方式两种。

### 一、预测控制方式

预测控制方式是预先规定控制参数和设定值等控制条件,然后根据检测的实际参数与设定值进行比较,对制动过程进行控制。根据控制参数不同,预测控制可分为下列几种形式。

#### 1. 以车轮减速度为控制参数的控制方式

该形式的 ABS 控制方式是以车轮的减速度为控制参数。通过轮速传感器检测轮速(以下称  $V_R$ )对其微分可求出车轮减速度  $a_R$ 。如果在 ECU 中预先设定一车轮减速度门限值  $-a_0$ ,当通过轮速传感器所测得的车轮减速度  $a_R$  与  $-a_0$  作比较,可获得车轮减速度信号  $-a$ ,如图 1-9 所示。在车轮减速度信号  $-a$  出现期间,降低制动压力,而在其余时间增加制动压力,只要制动压力的减压速度合适,就能实现如图 1-10 所示的以车轮减速度为控制参数的控制过程。此种控制方式在高速挡或空挡进行紧急制动的特定条件下,防止车轮抱死效果较好,但汽车以低速挡行驶时,由于制动时驱动轮的  $a_R$  达不到设定值  $-a_R$ ,系统将无法对车轮进行控制,从而将出现抱死的现象。同时此种控制方式由于在确定轮速  $V_R$  是否恢复到稳定区域的过程中,无法进行制动控制,因此汽车在低附着系数的路面或由高附着系数的路面进入低附着



系数的路面行驶时,也就是在附着系数急剧变化的情况下,制动压力不能及时降低,无法根据滑移率的变化进行制动控制以导致车轮抱死。

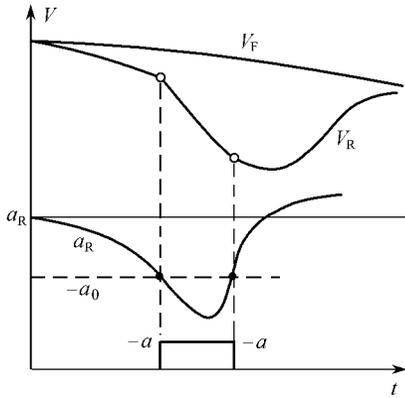


图 1-9 车轮减速度信号 - a

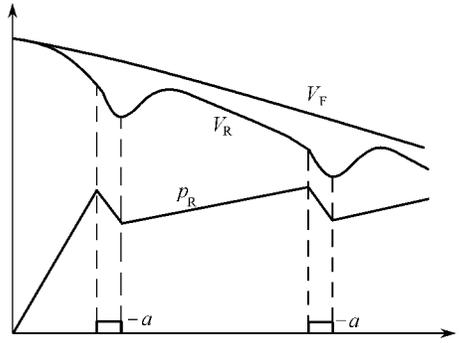


图 1-10 以车轮减速度为控制参数的控制

## 2. 以车轮滑移率为控制参数的控制方式

该形式的 ABS 控制方式是以车轮的滑移率  $S$  为控制参数。滑移率可以通过检测汽车速度  $V_F$  和轮速  $V_R$  计算得到。

轮速  $V_R$  可由轮速传感器准确检测得到。而车速的准确检测则比较困难,可采用下述几种方法:

(1) 采用非接触式测速传感器如多普勒测速雷达检测车速。但测速雷达成本较高,技术复杂,用得少。

(2) 采用加速度传感器检测出汽车减速度  $a_f$ ,然后计算出车速  $v_f$ ,此种方法检测车速,由于加速度传感器受道路坡度的影响,误差较大,控制精度差,用得少。

(3) 根据车轮速度  $V_R$  计算出汽车速度  $V_{F0}$ 。由于车速  $V_F$  和轮速  $V_R$  的变化趋势相同,当车轮减速度  $a_R$  达到某一特定值时,以该瞬间的  $V_R$  为初始值,根据  $V_R$  按固定斜率(用  $V_{Ref}$  表示)变化的规律,近似计算出汽车速度  $V_F$ ,如图 1-11 所示。并将  $V_{Ref}$  当作  $V_F$  计算滑移率  $S$ ,当滑移率数值超过设定值  $S_0$ (相当于  $S_{opt}$ )时,发出滑移率信号 -  $S$ 。此种控制方法,只在滑移率信号 -  $S$  发出期间,才降低制动压力,其余时间增大制动压力,其控制过程如图 1-12 所示。

只要  $a_R$  能达到某一特定值,斜率  $V_{Ref}$  满足下述条件:  $V_{Ref}$  必须稍大于  $\varphi_{Bmax}$  所对应的汽车减速度。在所有路面上都能确保车轮旋转恢复到稳定区域。根据  $V_R$  计算车速  $V_F$ ,由于需要根据路面情况改变斜率  $V_{Ref}$ ,故还需一套测定汽车减速度的装置,实用性差。  $S_0$  为一特点值,在不同路面上不一定都与  $S_{opt}$  相对应,所以不可能准确地检测出车轮的稳定界

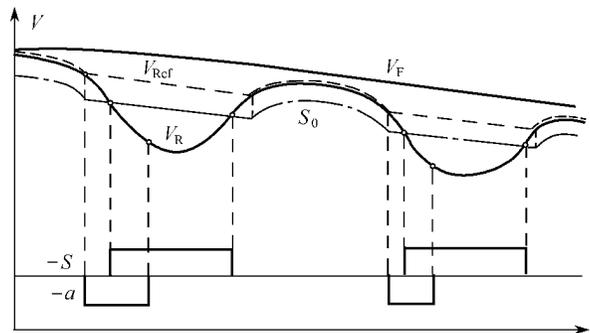


图 1-11 汽车速度的计算

限。同时在轮速  $V_R$  返回稳定区域之前,由于连续降低制动压力,有时会出现过度减压现象,不利于缩短制动距离。另外当汽车以低速挡行驶时,驱动轮的制动减速度  $a_R$  达不到设定值,在此情况下制动,由于  $V_{Ref}$  无法确定而无法计算滑移率,将失去控制,导致车轮抱死。

### 3. 以车轮减速度和加速度为控制参数的控制方式

该形式 ABS 控制方式是以车轮减速度和车轮加速度为控制参数。通过车轮传感器检测轮速  $V_R$ ,并求出车轮减速度和加速度。

与控制方式(1.)一样,在 ECU 中除预先设定一车轮减速度门限值  $-a_0$  外,可预先设定一车轮加速度门限值  $+a_0$ 。当通过轮速传感器所测得的车轮减速度  $a_R$  与  $-a_0$  比较,获得轮速减速度信号  $-a$  时,制动压力降低,此后车轮加速旋转。当车轮加速度上升到  $a_R$  与  $+a_0$  比较,获得车轮加速度信号  $+a$  时,保持制动压力,直到  $+a$  信号消失后再增大制动压力,如此反复实现 ABS 控制。图 1-13 为车轮减速度信号  $-a$  和加速度信号  $+a$  的产生,图 1-14 所示是以车轮减速度和加速度为控制参数的控制过程。

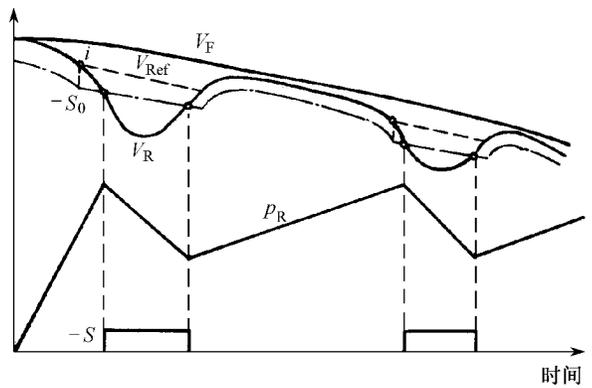


图 1-12 以滑移率为控制系数的过程

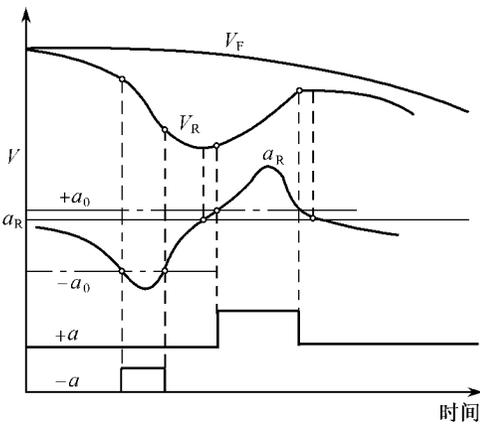


图 1-13 车轮减速度信号  $-a$  和加速度信号  $+a$

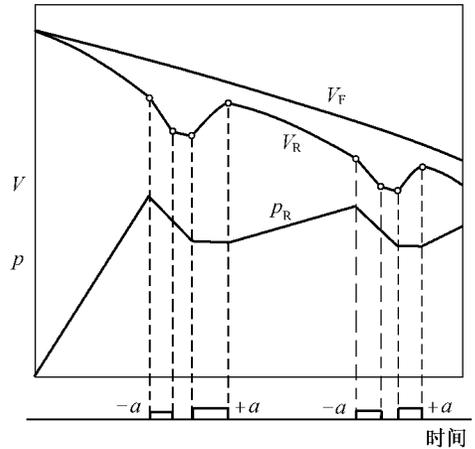


图 1-14 以车轮减速度和加速度为控制参数的控制过程

此种控制方式的 ABS,因与控制方式(1.)一样,在高挡或空挡进行紧急制动时效果较好,但在高附着系数  $\varphi$  路面上易出现过度减压,而在低  $\varphi$  路面上易发生车轮抱死现象。同时对于纵向附着系数  $\varphi_B$  急变的路面的适应性差,尤其是由高  $\varphi$  向低  $\varphi$  路面跃变时易出现车轮抱死。

### 4. 以车轮减速度、加速度及滑移率为控制参数的控制方式

该种控制方式是在车轮加速度和减速度信号的基础上再增加车轮滑移率信号,实现多参数控制,由于综合了上述三种控制方式的优点,所以能保证在不同路面情况和行驶状态下的防抱死控制。



此种控制方式在计算滑移率  $S$  时所用的  $V_{Ref}$  的选取,多采用所谓高选择,即从对角从动轮和驱动轮(如后驱车型的右前轮和左后轮)的轮速  $V_R$  所产生的两个  $V_{Ref}$  中,选取一个较大的作为控制参数  $V_{Ref}$ ,以使  $V_{Ref}$  的变化尽可能接近实际车速  $V_F$ 。采用同样的方法根据另一对对角线车轮选取  $V_{Ref}$ ,还可以对两对对角线车轮的旋转实行独立监控。

采用上述控制方式,使 ABS 预测控制技术达到了实用化的程度,目前多数 ABS 均采用该种控制方式。

## 二、模仿控制方式

所谓模仿控制是在控制过程中,记录前一控制周期——即从制动减压到增压中的各种参数,再按照这些参数值规定出下一个控制周期的控制条件。此种控制方式能更准确地识别各种路面,对每一种制动装置所产生不同的滞后量——即制动压力和制动力矩之间存在的滞后量能予以相应的修正,同时还能对不同挡位所产生的不同的转动惯量的影响加以修正。因此无论在什么路面或行驶条件下,都能把车轮的旋转状态控制在非常狭窄的滑移率变化范围内,实现近似理想制动控制,如图 1-15 所示。

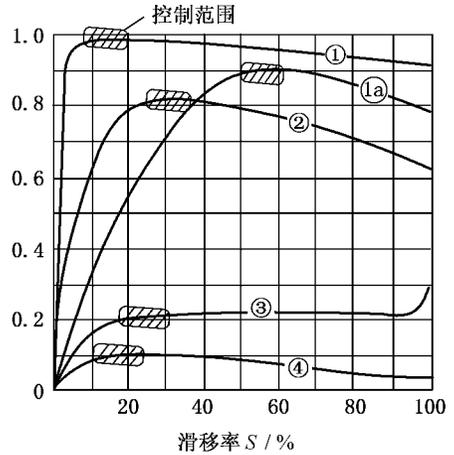


图 1-15 模仿控制的滑移率的控制范围

①—子午线轮胎和干燥混凝土路面(侧滑角 0);①a—子午线轮胎和干燥混凝土路面(侧滑角 10);②—防滑轮胎和湿柏油路面(侧滑角为 0);③—防滑轮胎和软的新雪路面(侧滑角为 0);④—防滑轮胎和湿的冰路面(侧滑角均为 0)

# 第六节 防抱死制动系统(ABS)的组成及布置形式

## 一、ABS 的组成及其功用

无论是气压制动系统还是液压制动系统,电子控制防抱死制动系统(ABS)均由传感器、电子控制单元(ECU)和制动压力调节器三部分组成。其功用如表 1-2 所示。

表 1-2 ABS 的组成及其功用

组 件		功 能
传 感 器	车速传感器(测速雷达)	检测车速。向 ECU 输入车速信号,用于滑移率控制方式
	轮速传感器	检测车轮速度,向 ECU 输入轮速信号,各种控制方式均采用
	汽车减速度传感器(G 传感器)	检测制动时汽车的减速度,识别是否是冰雪路等易滑路面,只用四轮驱动控制系统

续表

组 件		功 能
执 行 器	制动压力调节器(电磁阀)	接受 ECU 的指令,通过电磁阀的动作调节制动气压或油压,实现制动压力“升高”、“保持”和“降低”的控制功能
	回油泵(再循环泵,用于循环式制动压力调节方式)	受 ECU 控制,在“降压”过程中将由轮缸流出的制动液经储能器泵回制动主缸,以防止 ABS 工作时制动踏板行程发生变化
	液压泵(用于可变容积式制动压力调节方式)	受 ECU 控制,在可变容积式制动压力调节器的控制油路中建立控制油压
	电磁截止阀(用于达科 ABS VI 系统)	根据 ECU 的指令,截断或开启前轮压力调节器中通往轮缸的油路
	电磁制动器(用于达科 ABS VI 系统)	受 ECU 控制,保证电机迅速停转,以便调压活塞能准确停在适当位置
	活塞驱动电机(用于达科 ABS VI 系统)	受 ECU 控制,通过齿轮减速机构和芯轴,控制活塞上下移动,实现制动压力调节。有正转、反转、停转三种工作状态
	ABS 警告灯	ABS 系统出现故障时,由 ECU 控制将其点亮,向驾驶员发出警报,并可由 ECU 控制闪烁显示故障码
ECU		接受车速、轮速、减速等传感器的信号,计算出车速、轮速、滑移率和车轮的减速度、加速度,并将这些信号加以分析、判别、放大,由输出级输出控制指令,控制各种执行器工作

## 二、ABS 的布置形式

### (一) 液压制动系统汽车 ABS 的布置形式

按照传感器的数量和控制通道数目,ABS 可分为以下几种形式:

#### 1. 四传感器四通道/四轮独立控制方式

此种控制系统具有四个轮速传感器和四个控制通道,对各个车轮进行独立控制,如图 1-16 所示。该系统是通过各车轮轮速传感器的信号分别对各车轮制动压力进行单独控制。

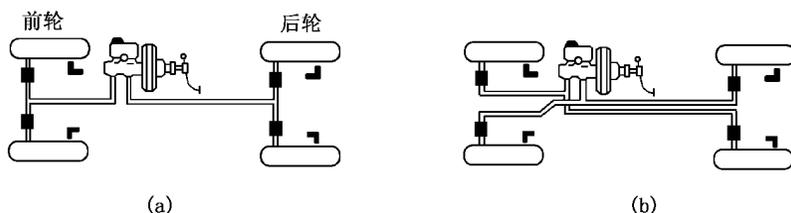


图 1-16 四传感器四通道/四轮独立控制系统

(a)四传感器四通道前后制动管路用 (b)四传感器四通道 X 型制动管路用



该种控制系统的制动距离和操纵性最好,但在不对称路面上制动时的方向稳定性较差,其原因是由于此时同一轴上左右车轮的制动力不同,使汽车产生较大的偏转力矩而产生制动跑偏。

## 2. 四传感器四通道/前轮独立 - 后轮选择控制方式

此种控制系统采用四个轮速传感器和四个控制通道,前轮独立控制,而后轮按选择方式控制,一般采用低选择,即以易抱死的车轮为标准。给两后轮施加相等的制动压力控制车轮转动。此种控制方式用于 X 型制动管路汽车的 ABS 控制系统,因为左右后轮不是同一制动管路,因此需要采用四个通道,如图 1-16(b)所示。此种形式的操纵性、稳定性较好,制动效能稍差。

## 3. 四传感器三通道/前轮独立 - 后轮低选择控制方式

该系统用于制动管路前后布置形式的后轮驱动汽车。由于采用四个轮速传感器,检测左右后驱动轮的轮速,实现低选择控制方式,其性能与控制方式 2 相同,操纵性、稳定性较好,制动效能稍差。该系统如图 1-17 所示。

## 4. 三传感器三通道/前轮独立 - 后轮低选择控制方式

该系统用于制动管路前后布置后轮驱动的汽车,前轮各有一个轮速传感器,独立控制。而后轮轮速则由装于差速器上的一个测速传感器检测,按低选择的控制方式用一条制动管路对后轮进行制动控制,如图 1-18 所示。其性能与方式 3 相近。

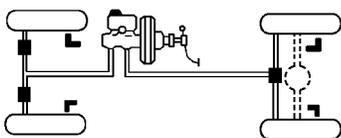


图 1-17 四传感器三通道/前轮独立 - 后轮低选择控制系统

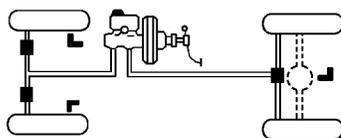


图 1-18 三传感器三通道/前轮独立 - 后轮低选择控制系统

## 5. 四传感器二通道/前轮独立控制方式

此种控制方式多用于 X 型制动管路汽车的简易控制系统。前轮独立控制,制动液通过比例阀(PV 阀)按一定比例减压后传至对角后轮,如图 1-19 所示。此种控制方式的汽车在不对称的路面上制动时,如图 1-20 所示,高附着系数  $\varphi$  路面一侧前轮产生高制动压力,通过管路传至低附着系数  $\varphi$  路面一侧的后轮,该侧后轮则抱死。而低附着系数  $\varphi$  路面一侧前轮制动压力较低,经管路传至高附着系数  $\varphi$  路面一侧的后轮,高  $\varphi$  侧

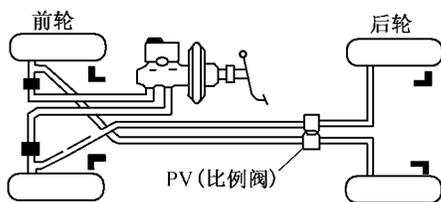


图 1-19 四传感器二通道/前轮独立控制系统

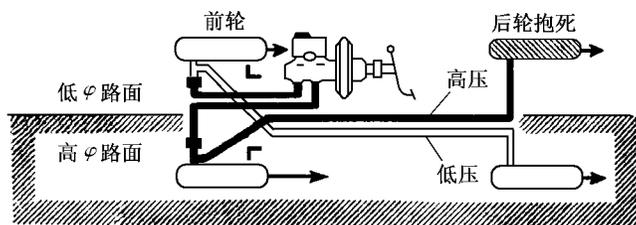


图 1-20 四传感器二通道/前轮独立控制系统的制动情况

后轮则不抱死。这样能提高汽车制动时的方向稳定性。但与三通道、四通道的控制系统相比,其后轮制动力稍有降低,制动效能稍有下降,但后轮侧滑较小。

#### 6. 四传感器二通道/前轮独立-后轮低选择控制方式

该系统如图 1-21 所示。在通向后轮的两通道上增设一个低选择阀(SLV 阀)。当汽车在不对称路面制动时,高 $\varphi$ 侧前轮的高压不直接传至低 $\varphi$ 侧对角后轮,而通过低选择阀只升至与低 $\varphi$ 侧前轮相同的压力,这样就可以避免低 $\varphi$ 侧后轮抱死,如图 1-22 所示。此种控制方式更接近三通道或四通道系统的控制效果。

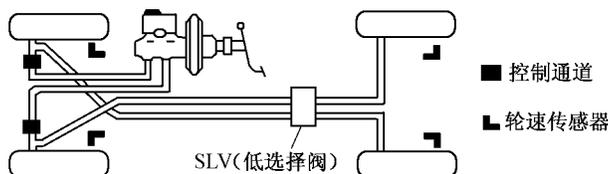


图 1-21 四传感器二通道/前轮独立-后轮低选择控制系统

#### 7. 一传感器一通道/后轮近似低选择控制方式

此种控制方式用于制动管路前后布置的汽车,只对后轮进行控制,如图 1-23 所示。一个传感器装于后桥差速器上,只对后轮采用近似低选择的控制方式。由于前轮无控制,故易抱死,转向操纵性差,制动距离较长。

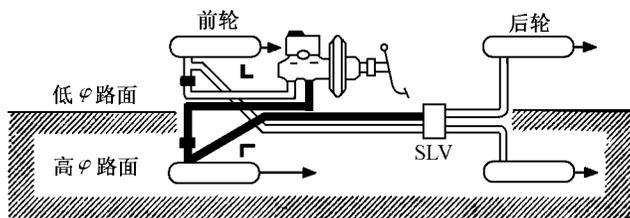


图 1-22 四传感器二通道/前轮独立-后轮低选择控制系统制动情况

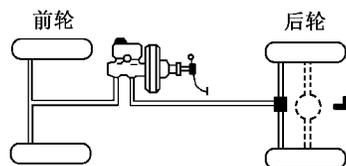


图 1-23 一传感器一通道/后轮近似低选择控制方式

### (二) 气压制动系统汽车 ABS 的布置形式

#### 1. 双轴后轮驱动气压制动汽车四传感器四通道/四轮独立控制方式(4S/4C)系统

该系统如图 1-24 所示,每个车轮设一个轮速传感器和一个压力调节阀(PCV 阀),前轮 PCV 阀设置在快放阀和前轮制动气室之间,后轮 PCV 阀设置在继动阀和后轮制动气室之间。

#### 2. 4×2 牵引车和单轴半挂车气压制动系 ABS 的布置形式

该系统在牵引车和半挂车上分别安装着独立的两套 ABS 控制系统,牵引车采用 4S/4C 控制方式,半挂车采用 2S/2C 控制方式,如图 1-25 所示。挂车 ABS 的电源由牵引车供给,两者之间由 ABS 专用接线器连接。接线器不仅由牵引车向挂车供电,同时还负责将挂车 ABS 工作的有关故障信息传递到牵引车,并由驾驶室中的仪表盘上的指示灯和警报灯显示,如图 1-26 所示。

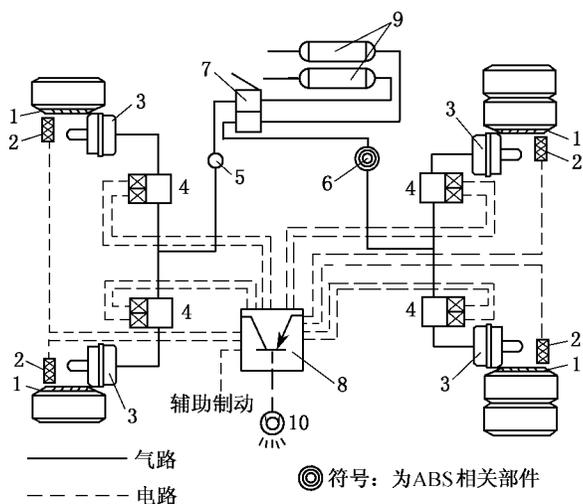


图 1-24 4S/4C 控制系统

1—齿圈 2—轮速传感器 3—制动气室 4—压力控制阀 5—快放阀；  
6—继动阀 7—制动总阀 8—ECU(电子控制器) 9—储气筒 10—警报灯

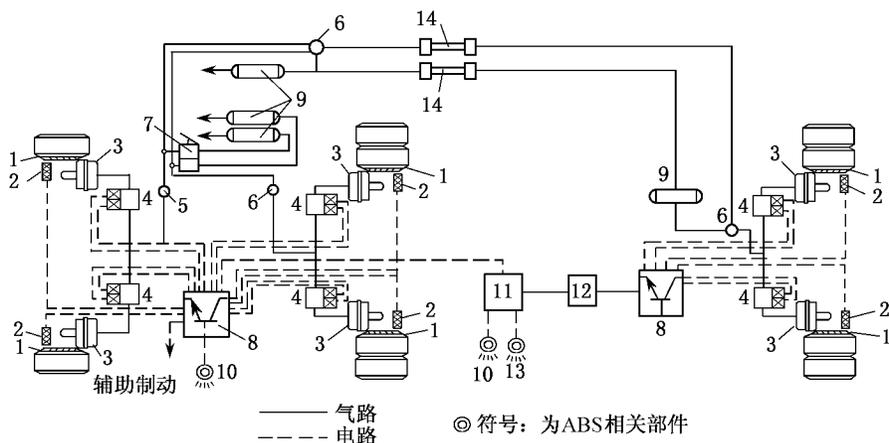


图 1-25 4×2 牵引车和单轴半挂列车的 ABS 系统

1—齿圈 2—轮速传感器 3—制动气室 4—压力调节器 5—快放阀 6—继动阀 7—制动总阀 8—ECU(电子控制器) 9—储气筒 10—警报灯 11—信号控制 12—5 极接线柱 13—信号灯 14—空气软管

### (三) 气顶液制动系统汽车 ABS 的布置形式

气顶液制动系 ABS 的控制方式有两种：一种是控制空气液压加力器的输入气压，另一种是控制空气液压加力器的输出制动液压。

#### 1. 控制空气液压加力器的输入气压的 ABS 的布置形式

该种形式的 ABS 如图 1-27 所示，采用四传感器三通道/后轮独立-前轮低选择的 4S/3C 控制方式。两后轮独立控制，而前轮则由两前轮轮速传感器检测左右轮速，从中选取一较低

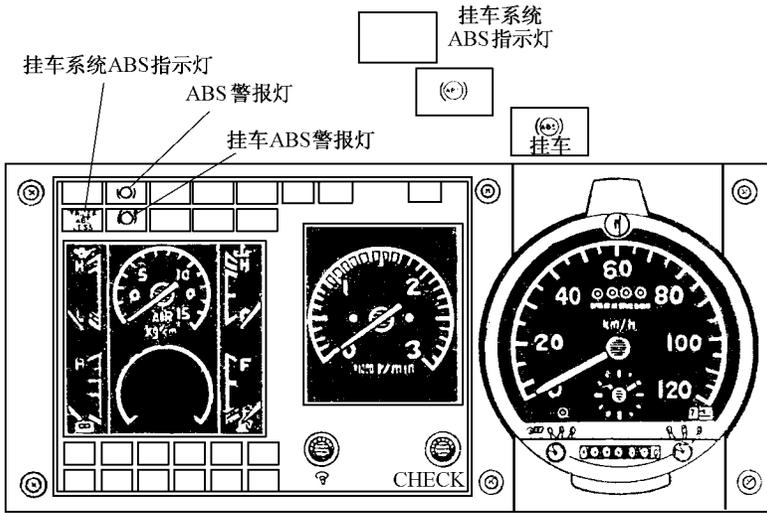


图 1-26 牵引车仪表盘

值,根据此信号通过一个 PCV 阀对两个前轮共用的空弃液压加力器的输入气压进行控制,即采用前轮低选择的控制方式。

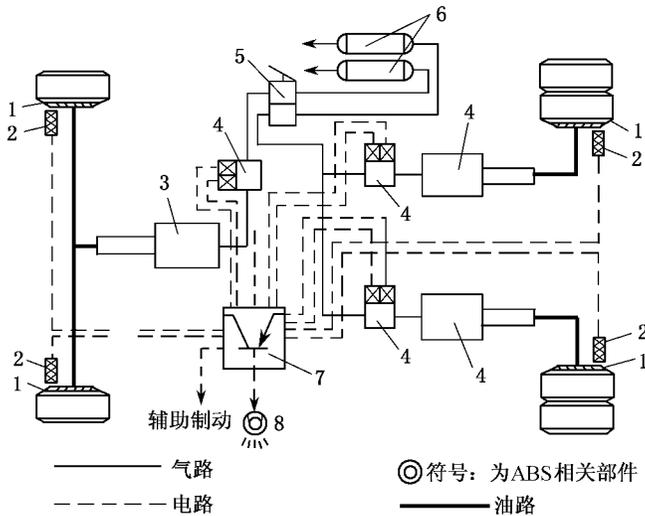


图 1-27 控制空气液压加力器输入气压的 4S/3C ABS 系统

1—齿圈 2—轮速传感器 3—气顶油加力器 4—压力控制器;  
5—制动总阀 6—储气筒 7—ECU(电子控制器) 8—警报灯

## 2. 控制空气液压加力器的输出制动液压的 ABS 的布置形式

该种形式的 ABS 控制系统如图 1-28 所示,采用四传感器四通道/独立控制的 4S/4C 控制方式。在两个空气液压加力器与各轮缸之间设置四个制动压力调节器。调节器通过控制气压进而控制各轮缸的制动液压力来实现各轮的独立控制。由于调节器可直接控制轮缸的制动压



力,ABS 的控制准确,但成本比 PCV 阀要高。

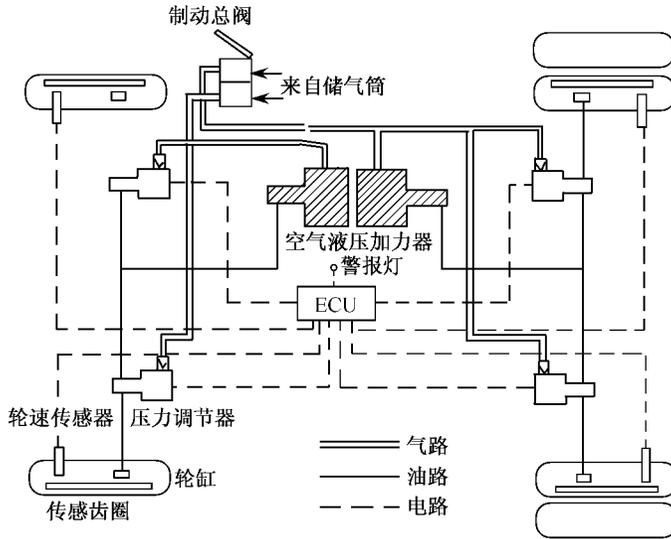


图 1-28 控制空气液压加力器的输出液压的 4S/4C ABS 系统

## 第七节 ABS 主要组成件的结构及工作原理(一) ——轮速传感器

如前所述,轮速传感器的功用是检测车轮的速度,并将速度信号输入 ECU。目前用于 ABS 系统的轮速传感器主要有电磁式轮速传感器和霍尔式轮速传感器两种类型。

### 一、电磁式轮速传感器

电磁式轮速传感器由传感头和齿圈两部分组成,图 1-29 为磁脉冲式轮速传感器的外形,图 1-30 为轮速传感器的剖视图。

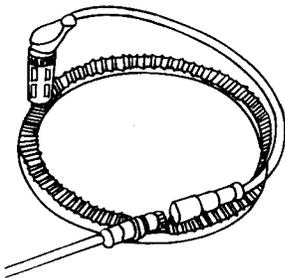


图 1-29 轮速传感器外形

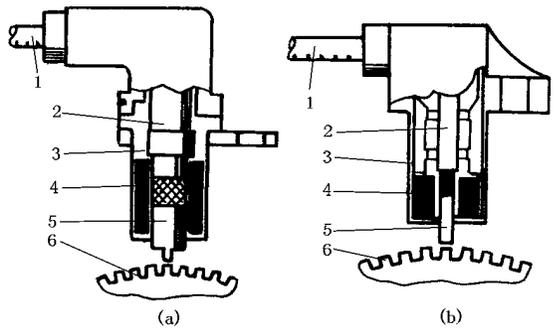


图 1-30 轮速传感器剖视图

(a)齿式极轴轮速传感器  $DF_2$  ;(b)柱式极轴轮速传感器  $DF_3$   
1—电缆 2—永磁体 3—外壳 4—感应线圈 5—极轴 6—齿圈

传感头由永磁体、极轴、感应线圈等组成。根据极轴的结构形式不同,轮速传感器又可分为齿式极轴轮速传感器、柱式极轴轮速传感器和菱形极轴轮速传感器等形式,如图 1-31 所示。传感头直接安装于齿圈的上方。如图 1-30 所示,极轴同永磁体 2 相连接,永磁体通过极轴延伸到齿圈并与齿圈构成磁路。感应线圈 4 套在极轴外面。齿圈固装在轮毂上与车轮一同旋转。齿圈旋转时,齿顶和齿隙交替对向极轴。当齿顶对向极轴时,磁路磁阻最小,通过感应线圈的磁通最大;当齿隙对向极轴时,磁路磁阻最大,通过感应线圈的磁通最小。齿顶齿隙交替对向极轴,就使通过感应线圈内部的磁通交替变化从而产生感应电动势,通过线圈末端的电缆将此信号输入 ECU。感应电动势(电压)信号变化的频率便能精确地反映出车轮速度的变化。

不同极轴形状的传感头,相对于齿圈的安装方式各不相同,如图 1-32 所示。安装时,传感头与齿圈之间应留有约 1 mm 的空隙,并且安装必须牢固,以保证汽车在制动过程中的振动不会干扰或影响传感信号。为避免水、泥、灰尘对传感器工作的影响,在安装前需向传感器加注黄油。

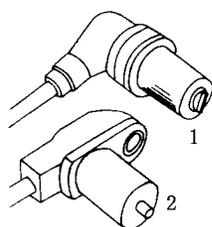


图 1-31 轮速传感器传感头  
1—齿式极轴传感头 2—柱式极轴传感头

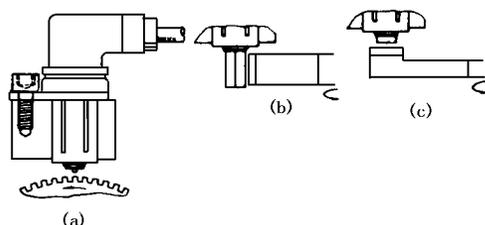


图 1-32 不同形状极轴传感头的安装方式  
(a)齿式极轴;(b)菱形极轴;(c)柱形极轴

电磁式轮速传感器结构简单,成本低。但存在下述缺点:

- (1) 其输出信号的幅值是随转速的变化而变化。在规定转速范围内,其输出信号的幅值一般在 1~15 V 范围内变化,若车速过慢,其输出信号低于 1 V,ECU 就无法检测。
- (2) 频率响应不高。当转速过高时,传感器的频率响应跟不上,容易产生误信号。
- (3) 抗电磁波干扰能力差,尤其是其输出信号幅值较小时。在汽车这个电磁波干扰源很多的特定条件下,抗干扰能力尤为重要。

目前国内外 ABS 防抱死制动系统的控制速度范围一般为 15~160 km/h,今后要求控制速度范围扩大到 8~260 km/h 以至更大,显然电磁感应式轮速传感器很难适应。目前,霍尔式轮速传感器在 ABS 系统中应用越来越广泛。

## 二、霍尔式轮速传感器

霍尔式轮速传感器由传感头和齿圈组成。传感头由永磁体、霍尔元件和电子电路等组成。

### 1. 霍尔电压的产生

如图 1-33 所示,永磁体的磁力线穿过霍尔元件通向齿轮,在此齿轮相当于一个集磁器。当齿轮位于图 1-33(a)所示位置时,穿过霍尔元件的磁力线分散,磁场相对较弱。当齿轮位于图 1-33(b)所示位置时,穿过霍尔元件的磁力线集中,磁场相对较强。齿轮转动时,使得穿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,霍尔元件将输出一个毫伏级的



准正弦波电压。此信号还需由电子电路转换成标准的脉冲电压。

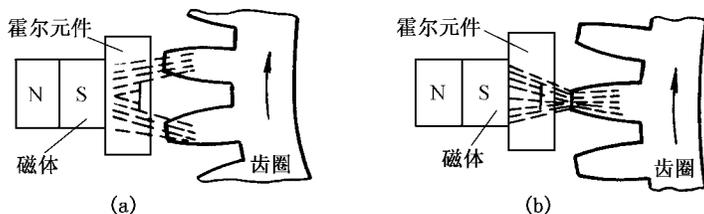


图 1-33 霍尔轮速传感器磁路

(a)霍尔元件磁场较弱;(b)霍尔元件磁场较强

## 2. 波形转换电路

由霍尔元件输出的毫伏级准正弦波电压,将由图 1-34 所示的电子电路转换成标准的脉冲电压信号输入 ECU。

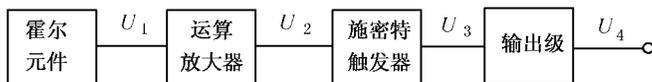


图 1-34 霍尔轮速传感器电子线路框图

由霍尔元件输出的毫伏级准正弦波电压,经放大器放大为伏级的电压信号,送施密特触发器,施密特触发器将正弦波信号转换成标准的脉冲信号再送至放大级放大后输出。各级波形如图 1-35 所示。电子线路原理如图 1-36 所示。其工作电压为 8~15 V,负载电流为 100 mA,工作频率为 20 kHz,输出电压幅值为 7~14 V。

霍尔式轮速传感器具有以下优点:

(1) 输出信号电压幅值不受转速的影响 在汽车电源电压 12 V 条件下,其输出信号电压保持在 11.5~12 V 不变,即使车速下降接近零也不变。

(2) 频率响应高 其响应频率高达 20 kHz,用于 ABS 系统时,相当于车速为 1 000 km/h 时所检测的信号频率。

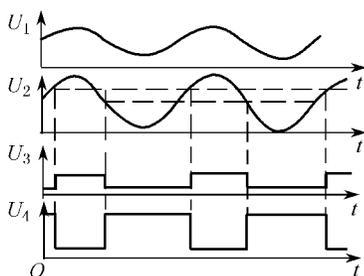


图 1-35 电子线路的各级波形

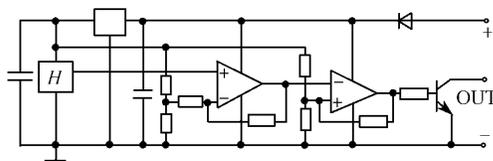


图 1-36 霍尔轮速传感器电子线路原理图

(3) 抗电磁波干扰能力强 由于其输出信号电压不随转速的变化而变化,且幅值高,故具有很强的抗电磁波干扰的能力。

由于上述原因,霍尔式传感器不仅广泛应用于 ABS 轮速检测,也广泛应用于其控制系统的转速检测。

## 第八节 ABS 主要组成件的结构及工作原理(二) ——制动压力调节器

制动压力调节器的功用是接受 ECU 的指令,通过电磁阀的动作来实现车轮制动器制动压力的自动调节。根据用于不同制动系统的 ABS,制动压力调节器主要有液压式、气压式和空气液压加力式等形式。

### 一、液压式制动压力调节器

液压式制动压力调节器主要由电磁阀、液压泵和储液器等组成。制动压力调节器串接在制动主缸与轮缸之间,通过电磁阀直接或间接地控制轮缸的制动压力。我们把电磁阀直接控制轮缸制动压力的制动压力调节器称做循环式调节器,把间接控制制动压力的制动压力调节器称为可变容积式调节器。

#### (一) 循环式制动压力调节器

此种形式的制动压力调节器是在制动总缸与轮缸之间串联一个电磁阀,直接控制轮缸的制动压力。回油泵也叫做再循环泵,其作用是当电磁阀在“减压”过程中,从制动轮缸流出的制动液经储能器由回油泵泵回制动主缸。储能器也叫储液器,其功用是当电磁阀在“减压”过程中,从轮缸流出的制动液由储能器暂时储存,然后由回油泵泵回主缸。基本工作原理如图 1-37 所示。

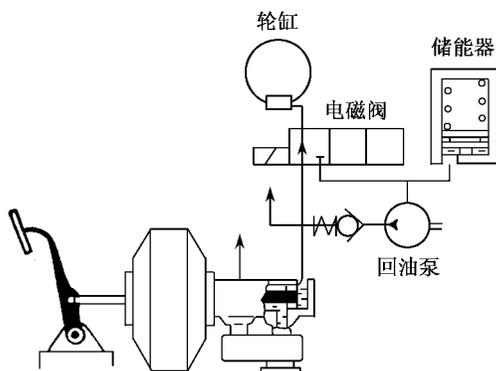


图 1-37 循环式制动压力调节器的基本工作原理

#### 1. 电磁阀

循环式制动压力调节器的电磁阀多采用三位

三通电磁阀(3/3 电磁阀)。在四通道制动控制系统中每个轮缸有一个 3/3 电磁阀;在三通道制动控制系统中,每个前轮有一个 3/3 电磁阀,两后轮共用一个 3/3 电磁阀。

电磁阀是由电磁线圈直接控制的阀,电磁线圈受 ECU 的控制。阀上有三个孔分别通制动主缸、车轮制动器轮缸和储能器。电磁线圈流过的电流由 ECU 控制,能使阀处于“升压”、“保压”、“减压”三种位置,即“三位”,如图 1-38 所示。

(1) 升压(常规制动) 如图 1-39 所示,电磁线圈中无电流通过,电磁阀处于“升压”位置。此时制动主缸与轮缸直通,由制动主缸来的制动液直接进入轮缸,轮缸压力随主缸压力而增减,ABS 系统不工作,回油泵也不需工作。

(2) 保持压力 当 ECU 向电磁线圈通入一个较小的保持电流(约为最大电流的 1/2)时,电磁阀处于“保持压力”位置,如图 1-40 所示。此时主缸、轮缸和回油孔相互隔离密封,轮缸中保持一定制动压力。

(3) 减压 当 ECU 向电磁线圈通入一个最大电流时,电磁阀处于“减压”位置。此时电磁

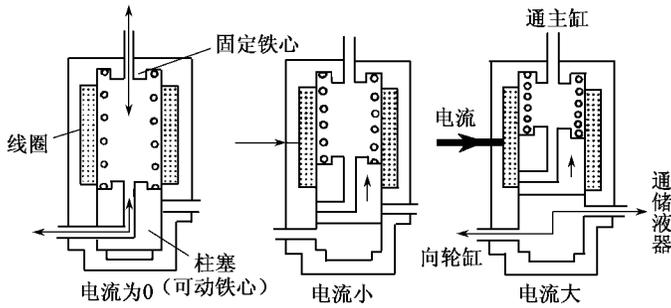


图 1-38 3/3 电磁阀的基本结构与工作原理

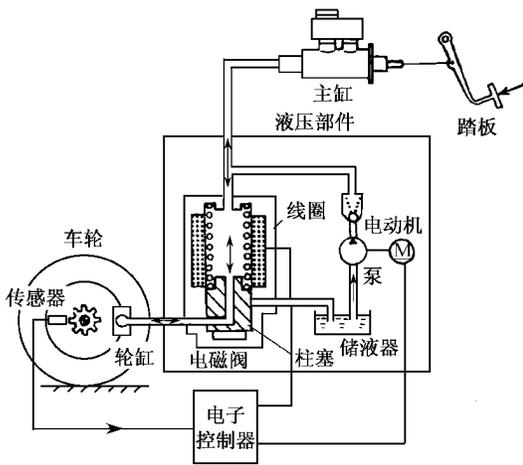


图 1-39 常规制动(升压)过程

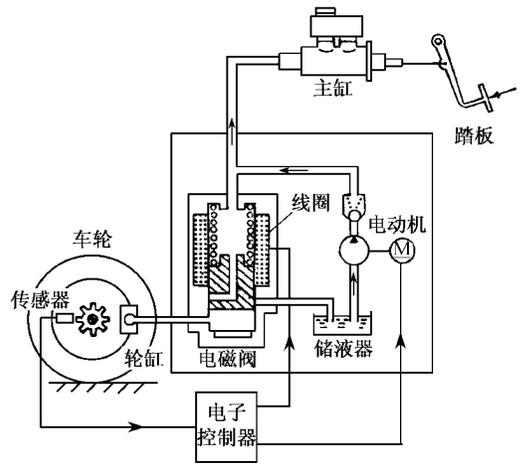


图 1-40 保压过程

阀将轮缸与回油通道或储能器接通,轮缸中制动液经电磁阀流入储能器,轮缸压力下降,如图 1-41 所示。

图 1-42 为博世 ABS 2S 3/3 电磁阀的内部结构。主要由阀体、进油阀、卸荷阀、检查阀、支架、承接盘、主、副弹簧、无磁支撑环、电磁线圈及油管接头等组成。

移动支架 6 被无磁支撑环 3 导向。主弹簧 13 和副弹簧 12 相对布置,但主弹簧弹力大于副弹簧。为了关闭进油阀 5 和打开卸荷阀 4,移动支架 6 有约为 0.25 mm 的移动行程。

无磁支撑环 3 被压进阀体中,这样可迫使磁通在线圈中穿行时必须通过支架 6,并经工作气隙 a 穿出,以保证磁路有稳定的电磁特性。

检查阀 8 与进油阀 5 并行设置。其作用是当解除制动时,该阀打开,增加一个附加的、更大的由轮缸到主缸的回油通道。这样,能使轮缸的压力迅速下降,即使在主弹簧断裂或支架 6 被卡死的情况下也能使车轮制动器松开解除制动。

电磁阀工作过程如下:

(1) 升压 此时,电磁线圈中无电流通过。由于主弹簧弹力大于副弹簧弹力,进油阀 5 被打开,卸荷阀 4 关闭,制动主缸与轮缸油路接通,所以轮缸压力既能在没有 ABS 参与的常规制动条件下增加,也能在 ABS 系统工作的条件下增加。

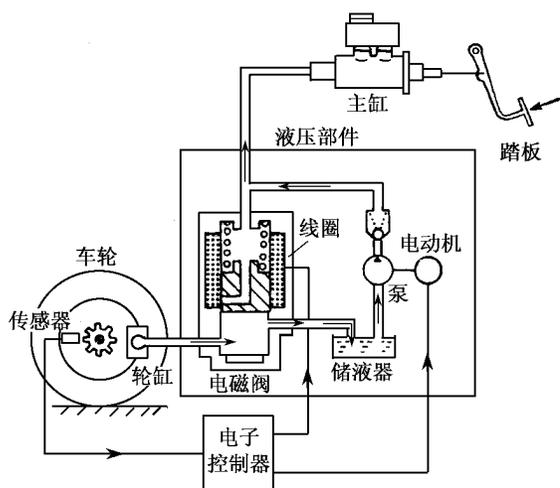


图 1-41 减压过程

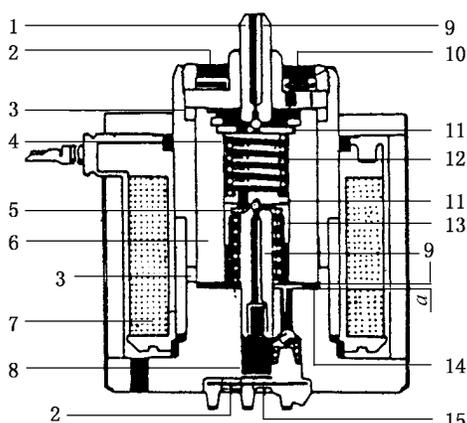


图 1-42 博世 ABS 2S 3/3 电磁阀

1—回油路接口 2—过滤器 3—无磁支撑环 4—卸荷阀 5—进油阀 6—支架 7—电磁线圈 8—检查阀 9—阀体 10—车轮制动器分缸接口 11—承接盘 12—副弹簧 13—主弹簧 14—凹槽台阶 15—制动主缸接口 a—工作空气隙

(2) 保持压力 当 ECU 向电磁线圈 7 输入  $1/2$  最大电流时(保持电流),电磁力使支架 6 向下移动一定距离将进油阀 5 关闭。由于此时电磁力不足以克服两个弹簧的弹力,支架 6 便保持在中间位置,卸荷阀仍处于关闭状态。此时,三孔间相互密封,轮缸压力保持一定值。

(3) 降压 当 ECU 向电磁线圈 7 输入最大工作电流时,电磁力足以克服主、副两弹簧的弹力使支架 6 继续下移将卸荷阀 4 打开,此时轮缸通过卸荷阀与回油管相通,轮缸中压力油流入回油管路,压力降低。

图 1-43 为丰田凌志 LS400ABS 制动压力调节器外形结构,系统油路如图 1-44 所示。

3/3 电磁阀由三位阀、电磁线圈和单向阀等组成,如图 1-45 所示。

阀体上有三个管接头,管路 A 来自制动主缸,B 通往制动轮缸,C 通往储能器。电磁线圈受 ECU 控制通以不同大小的电流,使三位阀处于“升压”、“保压”和“减压”三种位置,以控制三条通道的连通状态。

(1) 升压 如图 1-45(a)所示,此时电磁线圈无电流通过,阀体在上弹簧的弹力作用下停留在最下端位置,其下端的阀门在弹簧弹力作用下将通往储能器的通道 C 封闭,同时上端阀门被打开,来自制动主缸的压力油从 A 通道,直接进入 B 通道而流入轮缸,轮缸压力升高。

(2) 保持压力 如图 1-45(b)所示,当电磁线圈由 ECU 提供 2 A 的小电流时,在电磁线圈电磁力的作用下,阀体克服上弹簧的弹力上升到中间位置,将上端阀门关闭,而下端阀门在下弹簧的作用下仍保持关闭状态。此时 A、B、C 三条通道互不相通,轮缸保持一定压力。

(3) 降压 如图 1-45(c)所示,当电磁线圈由 ECU 提供 5 A 的大电流时,电磁力将使阀体进一步克服上弹簧弹力而上升到最高位置。此时上端阀门在下弹簧作用下仍处于关闭状态,而下端阀门则被打开,使 B、C 通道连通,轮缸的压力油由 B、C 通道流入储能器,轮缸压力降低。

3/3 电磁阀的三种工作状态可由表 1-3 表示。

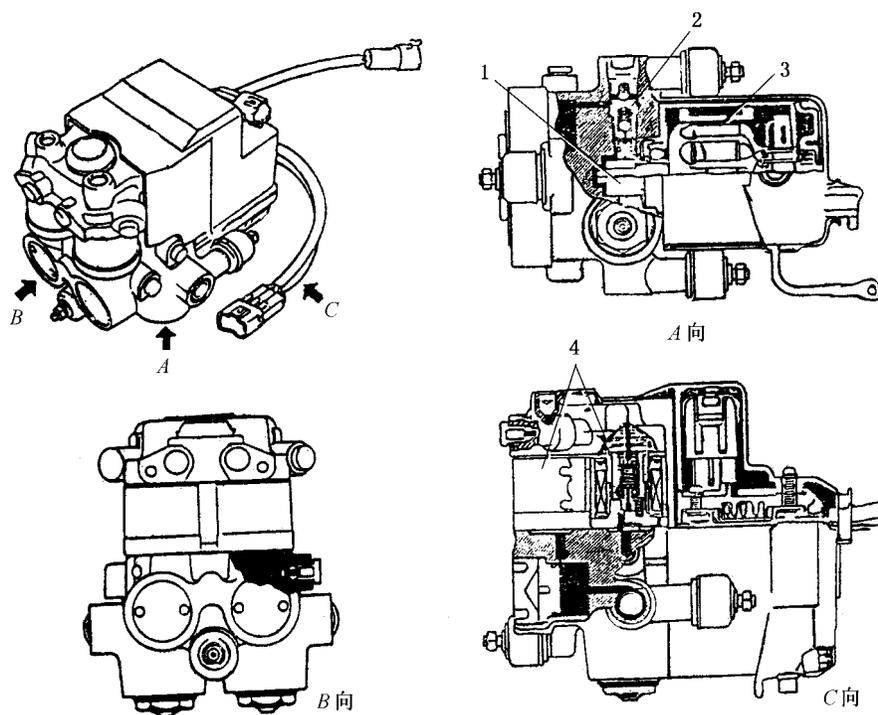


图 1-43 LS400ABS 制动压力调节器外形

1—齿轮 2—柱塞 3—电动机 4—三位通电电磁阀

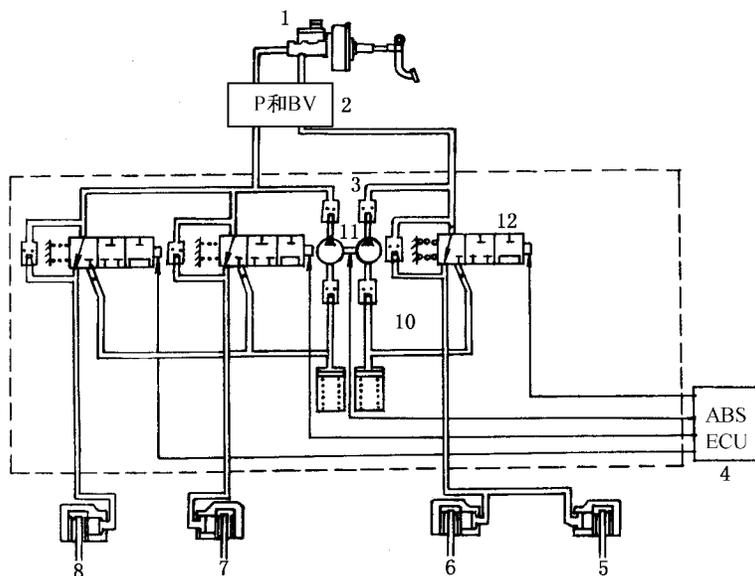


图 1-44 系统电路

1—主缸 2—比例分配阀 3—ABS 压力调节器 4—ABS ECU 5—右后制动轮缸 6—左右制动轮缸 7—右前制动轮缸 8—左前制动轮缸 9—储能器 10—单向阀 11—油泵 12—三位三通电磁阀

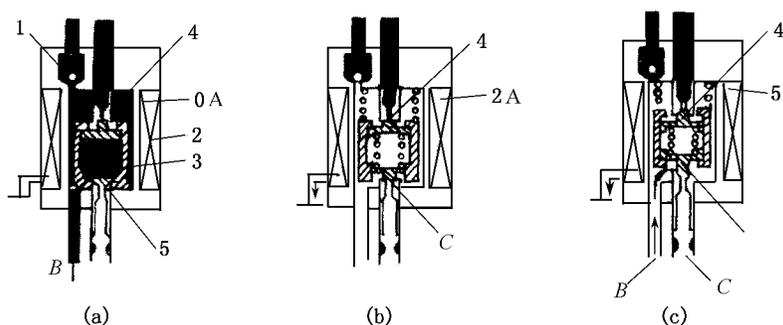


图 1-45 3/3 电磁阀结构及三种位置

1—单向阀 2—线圈 3—三位阀 ;A—通主缸 ;B—通轮缸 ;C—到储能器

表 1-3 3/3 电磁阀工作状态表

工作状态	电磁线圈通电情况	阀门开闭情况	通道连通情况
升压	无电流	上阀门开启 下阀门关闭	A→B
保持压力	2 A 电流	上阀门关闭 下阀门关闭	A、B、C 各不相通
降压	5 A 电流	上阀门关闭 下阀门开启	B→C

## 2. 回油泵与储能器

回油泵及储能器的结构如图 1-46 所示。回油泵多为柱塞泵,由电动机带动凸轮驱动,泵内设有两个单向阀,上阀为进油阀,下阀为出油阀。柱塞上行时,轮缸及储能器的压力油推开上进油阀进入原体内。柱塞下行时,首先封闭进油孔,继而使泵腔内压力升高,推开下出油阀,将制动液压回制动主缸。

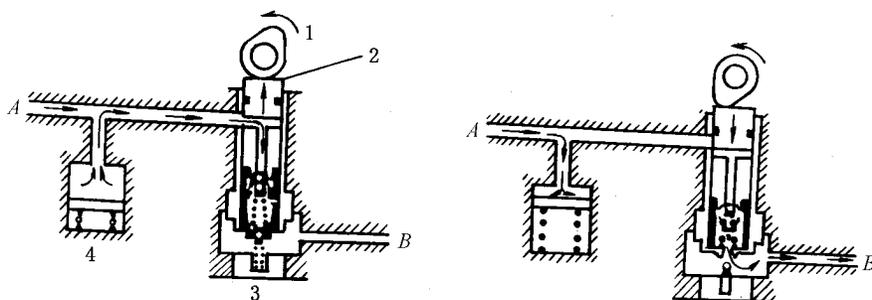


图 1-46 回油泵与储能器

1—凸轮 2—油泵柱塞 3—油泵 4—储能器 ;A—来自轮缸 ;B—到主缸

储能器为一个内装活塞和弹簧的油缸,位于电磁阀与回油泵之间。由轮缸流入的压力油进入储能器作用于活塞,进而压缩弹簧使储能器容积变大,以暂时储存制动液。有的储能器也采用气囊式储能器,如图 1-47 所示。在容器中有气囊将容器分隔为两腔,气囊后部充有氮



气,上腔与回油泵和电磁阀回油口相连。从轮缸流入的压力油进入气囊上腔,压力油作用在气囊上使气体压缩,上腔容积增大用以暂时储存制动液和能量。

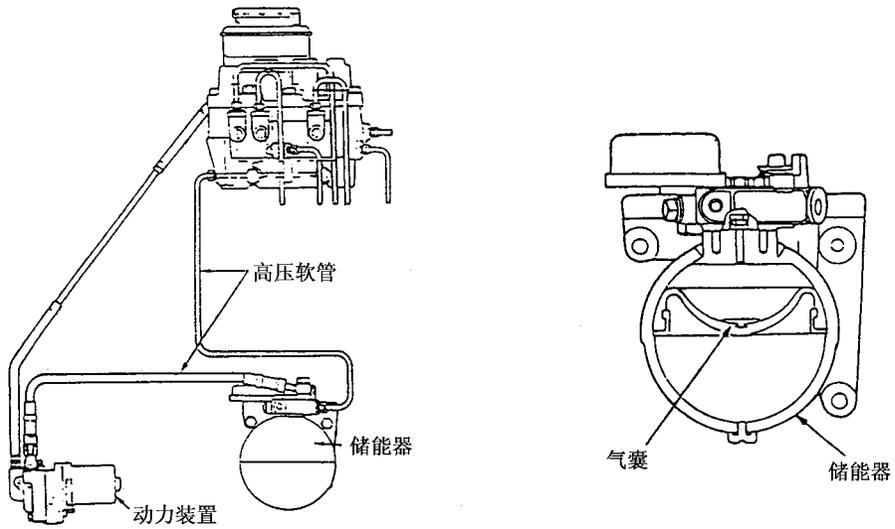


图 1-47 气囊式储能器

(二) 可变容积式制动压力调节器

可变容积式制动压力调节器是在汽车原有制动系统管路上增加一套液压控制装置,用它控制制动管路中容积的增减,从而控制制动压力的变化。该种压力调节系统的特点是制动压力油路和 ABS 控制压力油路是相互隔开的。

图 1-48 为可变容积式制动压力调节器的基本结构,主要由电磁阀、控制活塞、液压泵、储能器等组成。其基本工作原理如下:

(1) 常规制动 如图 1-48 所示,常规制动时,电磁线圈无电流流过,电磁阀将控制活塞工作腔与回油管路接通,控制活塞在强力弹簧的作用下推至最左端。活塞顶端推杆将单向阀打开,使制动主缸与轮缸的制动管路接通,制动主缸的制动液直接进入轮缸,轮缸压力随主缸压力变化而变化。此种状态是 ABS 工作之前或工作之后的常规制动工况。

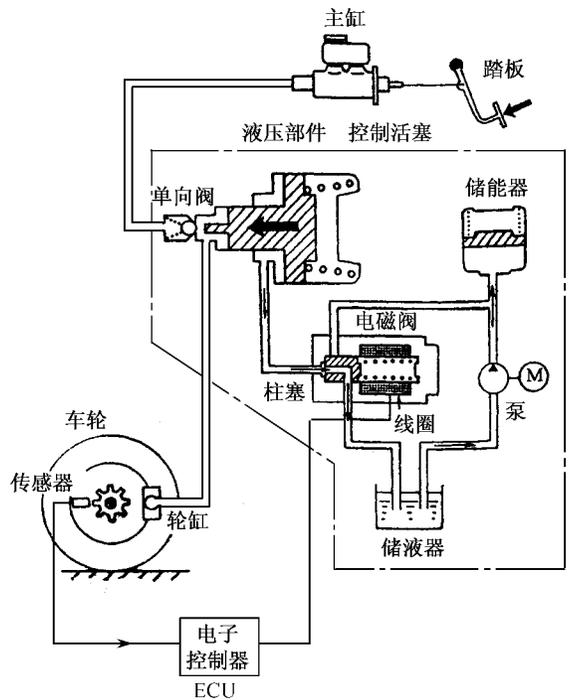


图 1-48 可变容积式调节器的组成及工作过程——常规制动

(2) 减压 如图 1-49 所示,减压时,ECU 向电磁线圈通入一个大电流,电磁阀内的柱塞在电磁力作用下克服弹簧弹力移到右边,将储能器与控制活塞工作腔管路接通。储能器(液压泵)的压力油进入控制活塞工作腔推动活塞右移,单向阀关闭,主缸与轮缸之间的通路被切断。同时由于控制活塞的右移,使轮缸侧容积增大,制动压力减小。

(3) 保持压力 如图 1-50 所示,ECU 向电磁线圈通入一较小电流,由于电磁线圈的电磁力减小,柱塞在弹力作用下左移至将储能器、回油管及控制活塞工作腔管路相互关闭的位置。此时控制活塞左侧的油压保持一定,控制活塞在油压和强力弹簧的共同作用下保持在一定位置,而此时单向阀仍处于关闭状态,轮缸侧的容积也不发生变化,制动压力保持一定。

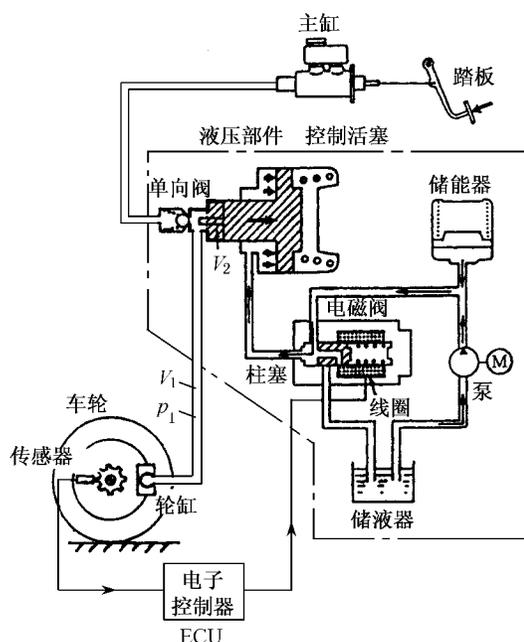


图 1-49 可变容积式调节器的组成及工作过程——减压

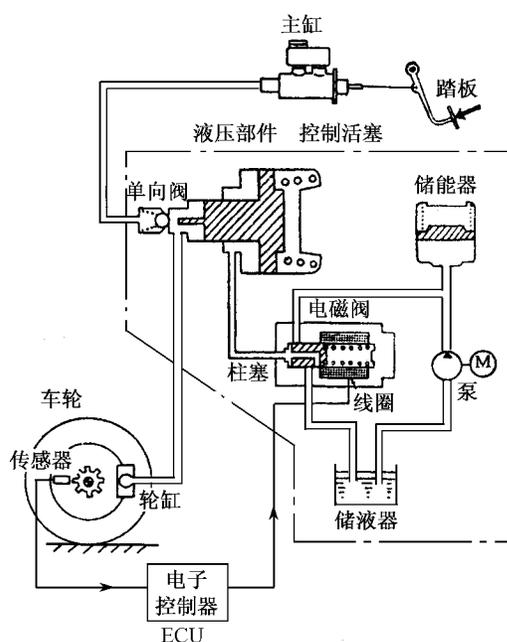


图 1-50 可变容积式调节器的组成及工作过程——保压

(4) 增压 如图 1-51 所示,需要增压时,ECU 切断电磁线圈中的电流,柱塞回到左端的初始位置,控制活塞工作腔与回油管路接通,控制活塞左侧控制油压解除,控制液流回储液器。控制活塞在强力弹簧的作用下左移,轮缸侧容积变小,压力升高至初始值。当控制活塞左移至最左端时,单向阀被打开,轮缸压力将随主缸的压力增大而增大。

日本本田车系 ABS 调节器和美国通用公司达科 ABS VI 调节器均属可变容积式调节器,下面分别予以介绍。

### 1. 本田车系 ABS 调节器

本田车系 ABS 采用四传感器四通道/四轮独立控制方式,每个车轮有一个制动压力调节器调节制动压力。

调节器由电磁阀、控制活塞、液压泵、储能器、压力开关等组成,如图 1-52 所示。其工作过程如下:

(1) 常规制动(制动压力上升) 如图 1-52 所示,ECU 关断输入阀和输出阀电磁线圈的



电路,此时,输出阀打开,输入阀关闭,调节器下端 C 腔与油箱连通,控制活塞在上端主弹簧弹力作用下下移。当控制活塞下移至将开关阀顶开位置时,将 B 腔与 A 腔连通,由制动主缸来的制动液由 A 腔经开关阀到 B 腔而进入轮缸,轮缸的压力将随主缸的压力变化而变化,即常规制动和升压状态。

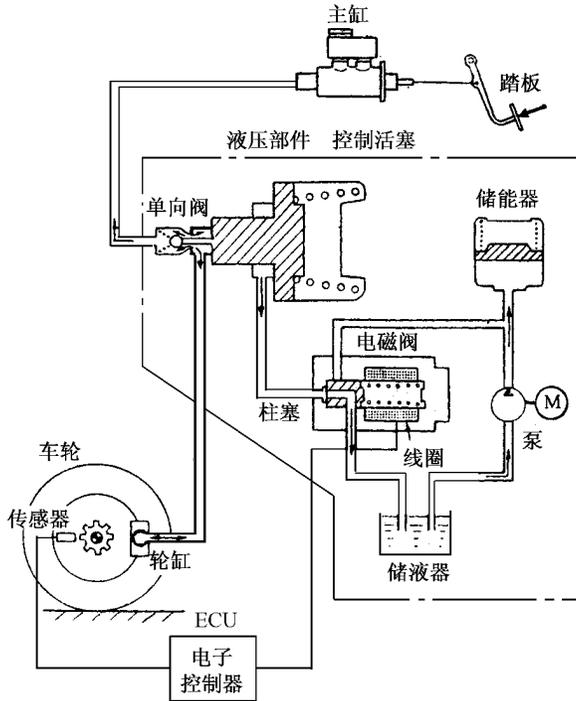


图 1-51 可变容积式调节器的组成及工作过程——增压

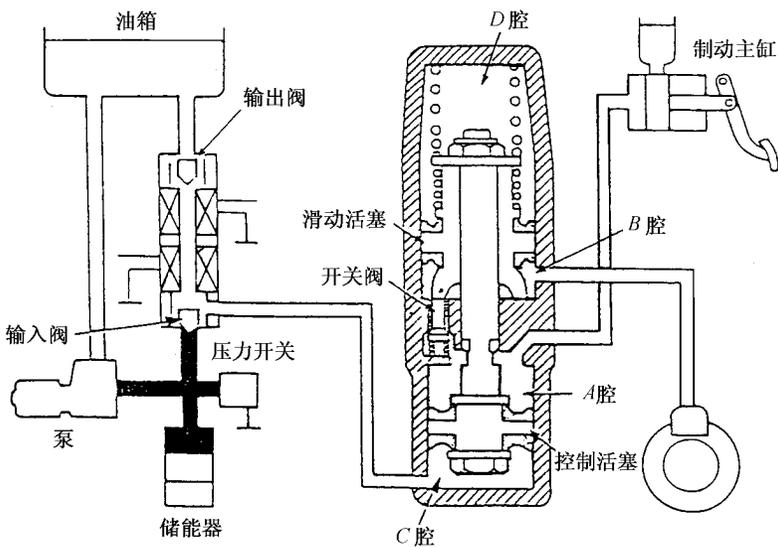


图 1-52 本田 ABS 调节器结构与工作过程——常规制动

(2) 减压 减压时 ECU 分别向输出阀和输入阀电磁线圈通入电流,此时输出阀关闭而输入阀打开,从液压泵和储能器来的控制压力油由输入阀流入调节器下端的 C 腔,推动控制活塞上移,从而使开关阀关闭,将 A 腔与 B 腔隔离,从制动主缸来的制动液不再进入 B 腔。由于控制活塞的上移使 B 腔的容积增大,与 B 腔相连的轮缸制动压力下降,如图 1-53 所示。

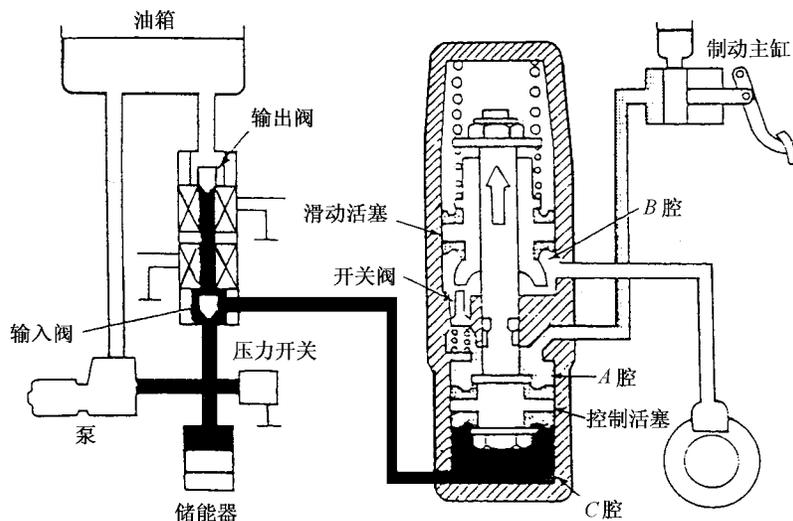


图 1-53 本田 ABS 调节器结构与工作过程——ABS 工作

(3) 保持压力 需要保持轮缸的制动压力时 ECU 将输入阀电磁线圈的电流切断,而输出阀电磁线圈仍保持通电。此时输入阀关闭,输出阀仍保持关闭,控制液压油不再流入 C 腔,也不流出 C 腔,控制活塞保持在一定位置上,B 腔容积不再发生变化,轮缸制动压力保持一定。

(4) 踏板反应 在 ABS 工作时的减压过程,由于控制活塞上移使 A 腔的容积减小,将 A 腔中的制动液压回制动主缸。制动踏板有一种回弹的行程,即踏板反应,使驾驶员能感觉到 ABS 系统在工作,如图 1-54 所示。

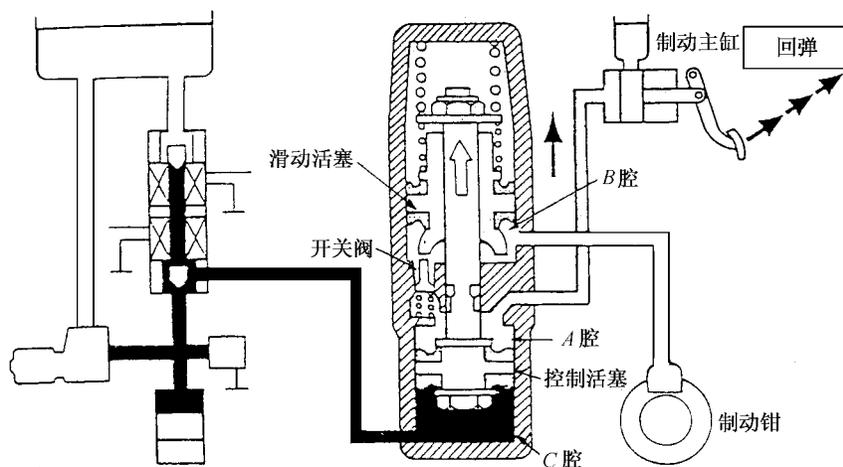


图 1-54 本田 ABS 调节器结构与工作过程——回弹(踏板反应)

(5) 滑动活塞的功用 在调节器控制活塞杆上端,有一个滑动活塞,其上端有一个弹簧,



弹簧弹力将使滑动活塞沿控制活塞杆向下移动,而滑动活塞下端受轮缸制动液压力的作用使滑动活塞沿控制活塞杆向上移动,滑动活塞在弹簧弹力和制动液压力的共同作用下保持在一定位置。

滑动活塞弹簧能阻止滑动活塞上升过高,同时将与 B 腔的压力相平衡,使滑动活塞保持在相应的位置。后轮调节器中控制活塞直径小于滑动活塞直径,这种结构使调节器具有比例控制阀(PCV)的功能,即可防止在 ABS 系统未工作时,后轮因紧急制动而抱死,使制动轮缸与主缸的压力可按图 1-55 所示变化。其工作过程如下:

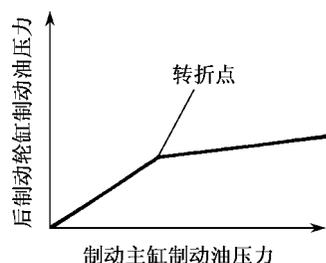


图 1-55 制动轮缸与主缸的压力变化

①在压力转折点前。此时由制动主缸来的制动液压力低于转折点,在滑动活塞弹簧弹力的作用下,滑动活塞下滑而将开关阀打开,来自制动主缸的制动液流入轮缸,轮缸压力随主缸压力上升而上升,如图 1-56 所示。

②在转折点处。当来自制动主缸的制动液压力达到转折点时,作用在滑动活塞下端的压力将克服滑动活塞弹簧的弹力,而使滑动活塞上移,从而使开关闭阀关闭,如图 1-57 所示。轮缸压力将暂停升高。

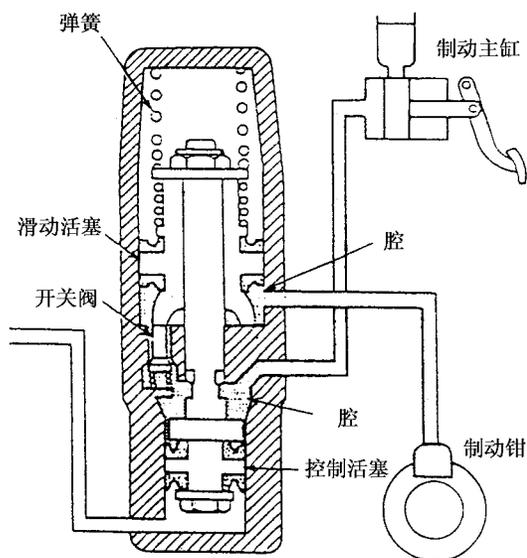


图 1-56 本田 ABS 调节器滑动活塞的功用

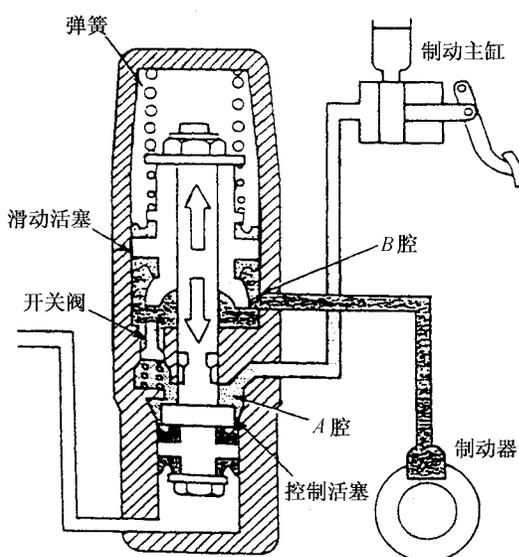


图 1-57 滑动活塞的功用(转折点处)

③在转折点之后。随着制动主缸制动液压力的继续升高,A 腔的压力随之升高,作用在控制活塞上面的压力将使控制活塞向下移动而将开关阀又打开,使 A 腔与 B 腔瞬间连通,B 腔压力随之升高又使滑动活塞上移又将开关阀关闭。如此反复动作,使后轮缸的制动压力按图 1-55 变化。

电磁阀由输入阀和输出阀组成,各自通过电磁线圈控制其开闭。其功用是控制进出调节器 C 腔的控制压力油的通路。电磁阀的工作状态如表 1-4 所示。

表 1-4 电磁阀工作状态表

工作状态	输出阀		输入阀	
	电路	液压管路	电路	液压管路
制动压力下降	开	断	开	通
制动压力保持	开	断	关	断
制动压力上升	关	通	关	断

液压泵的功用与循环式压力调节器中的回油泵的功用不同,它主要是用以在控制管路中建立油压,并通过储能器使控制管路中始终保持规定的压力。

压力开关装在储能器上,如图 1-58 所示。其功用是监测储能器中的压力,向 ECU 输入压力信号,从而控制液压泵工作或停止工作。

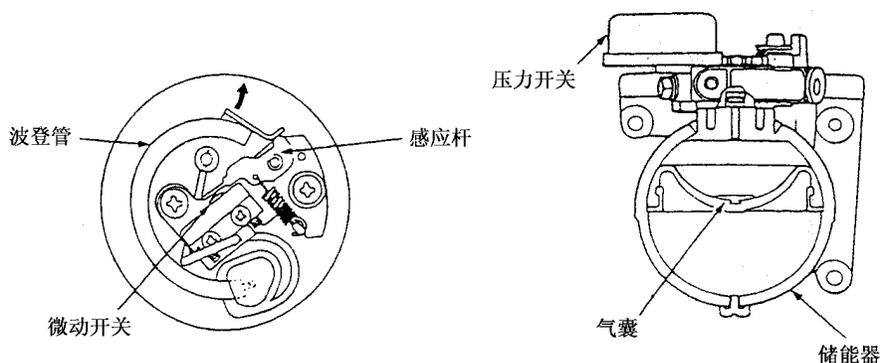


图 1-58 压力开关与储能器

## 2. 达科 ABS VI 调节器

达科 ABS VI 防抱死制动系统用于旁蒂克、大艾姆、别克、云雀和雪佛兰等车型。制动系为前盘后鼓双管路双角线布置形式。ABS 采用四传感器三通道/前轮独立控制-后轮选择控制方式,共有三个调节器。每个前轮各用一个,两个后轮共用一个。

达科 ABS VI 调节器是通过电机带动小活塞的上下运动控制制动主缸与轮缸之间的球阀的开闭,并改变轮缸一侧容积的大小,从而实现了对制动压力的调节。

图 1-59 为前轮调节器的结构。调节器由小活塞、驱动电动机、驱动心轴、电磁截止阀、球阀等组成。驱动电机受 ECU 控制可正转、反转和停转,通过传动机构带动小活塞上下移动或保持在某一位置来改变控制侧的容积,从而调节制动压力。电磁截止阀与球阀并联,用于控制制动主缸与轮缸的通路,电磁截止阀受 ECU 控制,球阀的开闭则由小活塞控制。调节器的工作过程如下:

(1) 常规制动 升压时,小活塞处于最高位置,其顶端的小顶杆将球阀顶开,制动主缸与轮缸之间的管路连通。同时电磁截止阀无电流流过而处于打开状态,由制动主缸来的制动液同时经球阀和电磁截止阀进入轮缸,轮缸制动压力将随主缸的压力变化而变化。

(2) 减压 需要减压时,ECU 向电磁截止阀供电将其关闭截断制动液流,同时 ECU 控制电



机转动,带动小活塞下移,球阀关闭,而将主缸与轮缸之间的通道全部关闭。由于活塞的下移,使轮缸一侧的容积增大而制动压力下降。

(3) 保压 当活塞下降至某一位置的,ECU控制电机停止转动,活塞迅速停留在某一位置,而电磁截止阀在ECU控制下仍处于关闭状态,球阀也仍处于关闭状态,此时轮缸中将保持一定制动压力。

(4) 升压 需要升压时,ECU控制电机以相反方向旋转从而带动活塞上移至某一合适位置,球阀和电磁截止阀仍处于关闭状态,由于活塞上面的容积减小而使制动压力上升。当活塞上升至最高点时又处于常规制动状态。

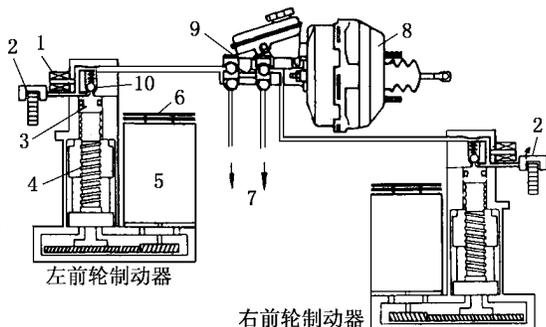


图 1-59 达科 ABS 前轮调节器结构

1—电磁截止阀 2—盘式制动器 3—小活塞 4—心轴 5—电动机 6—电磁制动器 7—通向后轮制动器 8—真空助力装置 9—主制动器缸 10—球阀

后轮制动压力调节器的工作原理与前轮调节器相同,只是结构更为简单,如图 1-60 所示。调节器只有一个电动机通过心轴同时带动两个小活塞移动。调节器内不设电磁截止阀,制动主缸与轮缸间的通道由两个球阀分别控制,球阀的开闭仍受小活塞的位置控制。其工作原理与前轮调节器大致相同,不再重复。

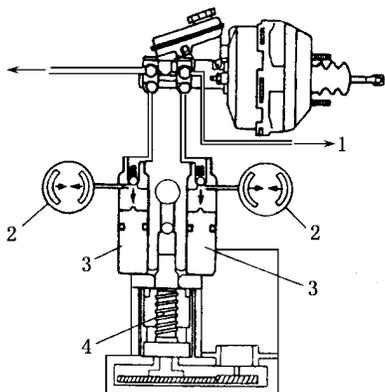


图 1-60 后轮制动压力调节器结构

1—通向前轮制动器 2—后轮鼓式制动器 3—小活塞 4—心轴

## 二、气压制动压力调节器

用于气压制动系统的压力调节器主要有两种类型:直接控制式和间接控制式。

### 1. 直接控制式制动压力调节器

直接控制式制动压力调节器一般装于继动阀或快放阀与车轮制动器气室之间,直接控制进入制动气室内的气压。图 1-61 为直接控制式制动压力调节器的结构图。

调节器由进气膜片阀、排气膜片阀和控制电磁阀等组成。进气膜片阀用以控制由继动阀进入的气流,排气膜片阀用来控制排掉制动气室的空气,控制电磁阀用来控制各膜片阀的背压。各膜片阀与电磁阀的工作状态如表 1-5 所示。工作过程如下:

表 1-5 膜片阀与电磁阀的工作状态

工作状态	进气膜片阀	控制电磁阀	排气膜片阀	控制电磁阀
增压	开	无电流(关)	关	无电流(关)
保压	关	有电流(开)	关	无电流(关)
减压	关	有电流(开)	开	有电流(开)

(1) 增压(常规制动) 增压时,ECU 将控制进气阀的电磁阀和控制排气阀的电磁阀的电路都切断,所有电磁线圈均无电流,各电磁阀都处于可关闭状态。此时,进气阀因无控制气压而处于开启状态,而排气阀因有控制气压而处于关闭状态。因此由继动阀流入的压缩空气由气室 a 经进气阀流入气室 b,再由出气口流入制动气室,制动气室气压升高。

(2) 保压 在保压过程,ECU 只向控制进气阀的电磁阀线圈通电,磁力将阀体下吸而将其上端阀门打开,同时将其下端排气口关闭,电气室 a 的压缩气体,经电磁阀流入进气阀的导气室从而将进气阀关闭,切断了气室 a 与气室 b 的通道。而此时控制排气阀的电磁阀仍无电流流过,排气阀仍处于关闭状态。制动气室与进气口、排气口均隔离,气室保持一定气压。

(3) 减压 减压时,ECU 同时向控制进气阀的电磁阀和控制排气阀的电磁阀供电。此时,进气阀仍保持关闭状态,而排气控制电磁阀在电磁线圈磁力的吸引下向上移动,将其上端阀门关闭而下端阀门打开,排气阀导气室与气室 a 隔离而与出气口相通,导气室压力下降而使排气阀打开。从而使气室 b 与出气口连通,制动气室的压缩气体经 b 室、排气阀、出气口排入大气,制动气室的压力下降。

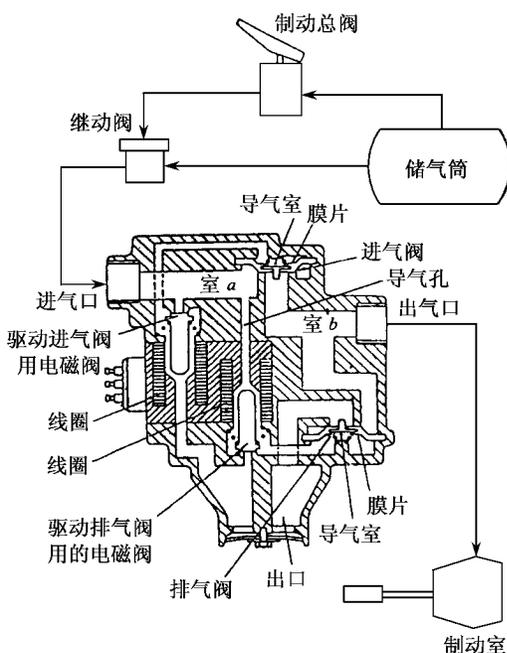


图 1-61 直接控制式制动压力调节器的结构

## 2. 间接控制式(引导控制式)制动压力调节器

间接控制式制动压力调节器是在继动阀的继动活塞上部设两个控制电磁阀,用来控制辅助管路的气压,间接控制输向制动气室的空气压力。其结构如图 1-62 所示。

进气电磁阀和排气电磁阀受 ECU 控制,分别控制由制动总阀进入继动活塞上方的进气通道和继动活塞上方的排气通道,控制继动活塞上方的控制气压,从而控制继动活塞处于不同位置而实现增压、保压和减压等过程。其工作过程与前面所述大致相似,读者自行分析。

由于调节器是通过控制继动活塞上部气压的变化,通过继动活塞的上下运动来间接控制制动气室管路的压力,故调节器的反应速度要比直接控制方式慢。为提高调节器的反应速度,继动活塞上部的控制容积应尽可能小。由于继动阀通路容积比直接控制式大得多,所以用一个电磁阀可控制多个制动气室。因此,成本较低,功能较好,更适用于挂车 ABS 系统。

## 三、空气液压助力器输出液压调节器

空气液压助力器输出液压调节器也叫 ABS 转换器,它是以空气作为控制媒介,利用两个电磁阀控制气缸中的空气压力来控制液压缸容积的变化,从而改变制动轮缸的制动液压力,亦即可变容积控制方式,其结构如图 1-63 所示。调节器由带液压缸和气压缸的壳体及控制气缸压力的两个电磁阀组成。ECU 控制两电磁阀的开闭,改变气缸压力使液压缸的容积发生变化,从而改变制动轮缸的液压。其工作过程不再重复,读者自己分析。

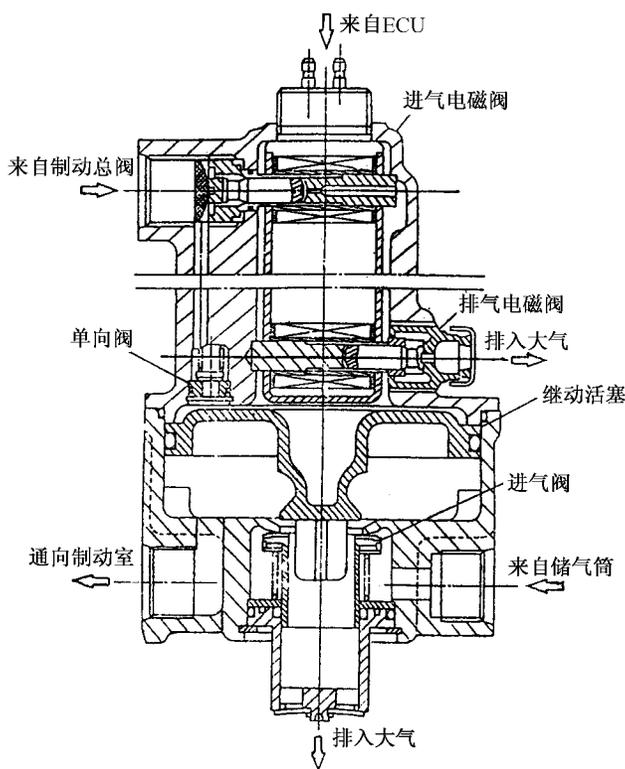


图 1-62 间接控制式制动压力调节器

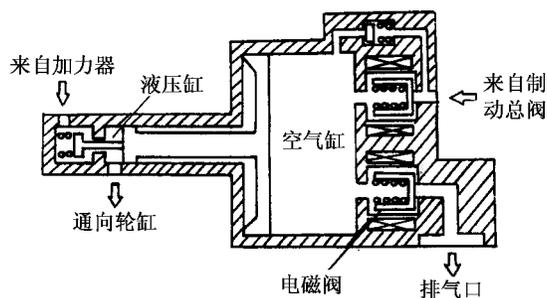


图 1-63 ABS 换能器

## 第九节 ABS 主要组成件的结构及工作原理(三) ——电子控制单元(ECU)

ABS 防抱死制动系统 ECU 的功用是接受轮速传感器及其他传感器输入的信号,进行测量、比较、分析、放大和判别处理,通过精确计算,得出制动时车轮的滑移率、车轮的加速度和减速度,以判断车轮是否有抱死趋势。再由其输出级发出控制指令,控制制动压力调节器去执行压力调节的任务。

ABS ECU 内部电路结构如图 1-64 和图 1-65 所示,一般由以下几个基本电路构成:

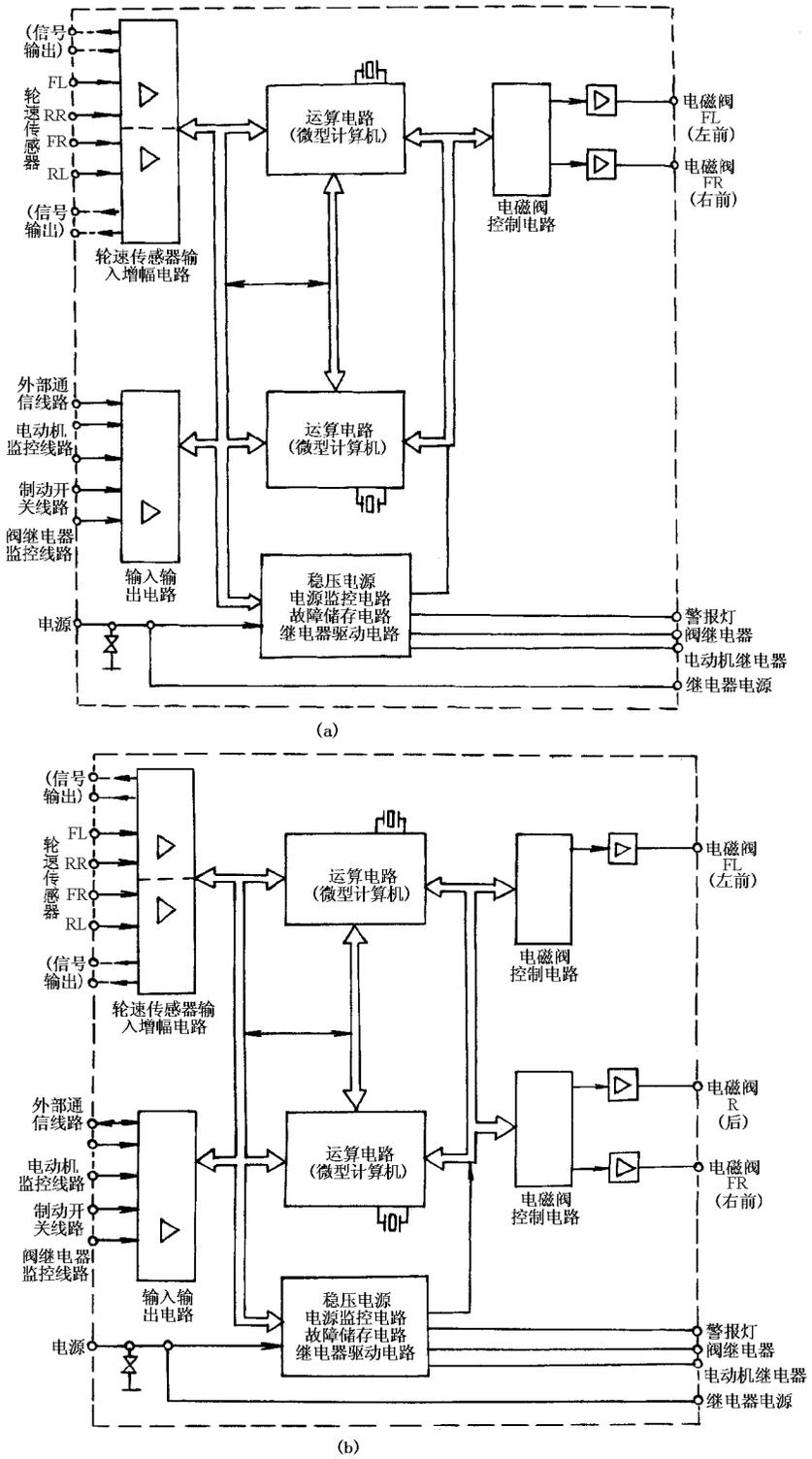


图 1-64 ABC ECU 内部电路结构

(a) 四传感器二通道系统 ECU 框图 ;(b) 四传感器三通道系统 ECU 框图

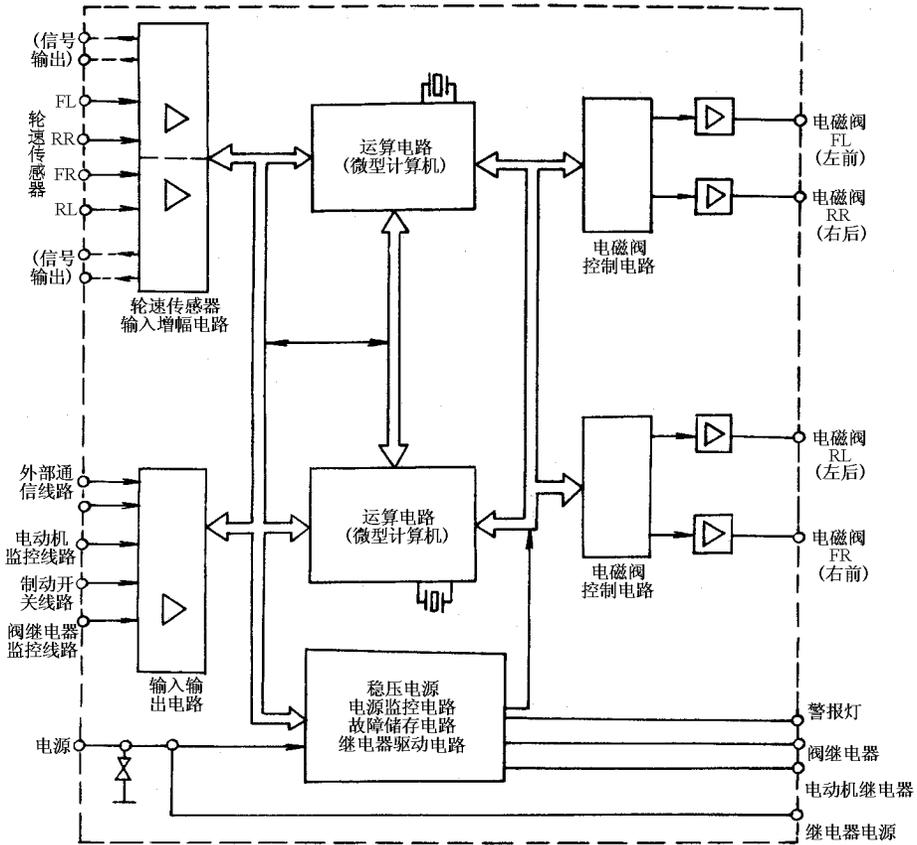


图 1-65 四传感器四通道系统 ECU 框图

### 一、输入级电路

输入级电路主要由一个低通滤波器和用以抑制干扰并放大轮速信号的输入放大器组成，其功用是将轮速传感器输入的正弦交流信号转换成脉冲方波整形放大后输入运算电路(微机)。输入级多为四个通道，此时有四个轮速传感器和四个输入放大电路。也有三个通道，即有三个轮速传感器，其中左右前轮各装一个轮速传感器，而后轴差速器装一个轮速传感器，相应有三个输入放大电路。

### 二、微型计算机(运算电路 ECU)

微型计算机的功用主要是进行车轮线速度、初始速度、滑移率、加速度和减速度的运算，调节电磁阀控制参数的运算和监控运算。微型计算机有时也称作微机或电脑。

经转换放大后的轮速传感器信号输入车轮线速度运算电路，由电路计算出车轮的瞬时线速度。初始速度、滑移率及加、减速度运算电路根据车轮瞬时线速度加以积分，计算出初始速度，再把初始速度和车轮瞬时线速度进行比较运算，最后得到滑移率和加速度、减速度。电磁阀控制参数运算电路根据计算出的滑移率、加速度、减速度信号，计算出电磁阀控制参数输入到输出级(电磁阀控制电路)。

ECU 中一般都设有两套运算电路，同时进行运算和传递数据，利用各自的运算结果相互比

较 相互监视 ,确保可能性。

### 三、输出级(电磁阀控制电路)

输出级的功用是接受微机输入的电磁阀控制参数信号 ,控制大功率三极管向电磁阀线圈提供控制电流。

### 四、稳压、监控、保护、故障反馈电路和继电器驱动电路(安全保护电路)

安全保护电路的功用首先是将汽车电源(蓄电池、发电机)提供的 12 V 或 14 V 的电压变为 ECU 内部所需的 5 V 标准稳定电压 ,同时还对电源电路的电压是否稳定在规定的范围进行监控。还将对轮速度传感器输入放大电路、ECU 和输出级的故障信号进行监视 ,控制继电器和继动阀门。当出现故障信号时 ,关闭继动阀门 ,停止 ABS 系统工作 ,转入常规制动状态。同时将仪表盘上的 ABS 警报灯点亮 ,提示驾驶员 ABS 系统出现故障 ,并将故障信息以故障码的形式存储在存储器中 ,以供诊断时调取。

### 五、实例

下面具体介绍博世 ABS 2S 电子控制单元的内部结构。如图 1- 66 所示 ,ECU 主要由输入级 A、微型计算机 B、输出级 C 和稳压与保护装置 D 四大部分组成。

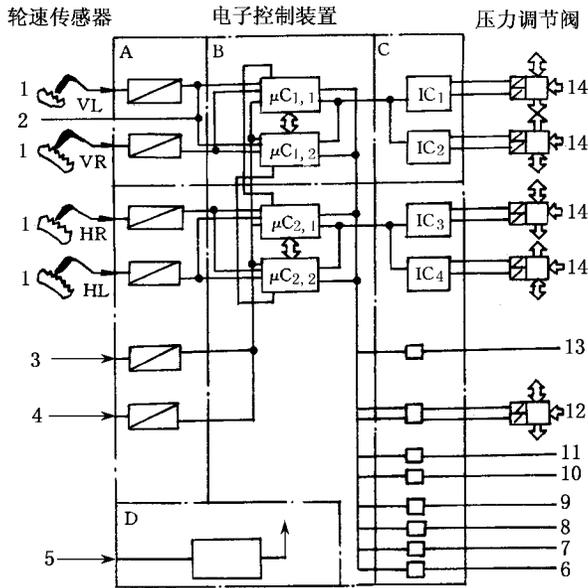


图 1- 66 ABS 2S ECU 内部结构

1—轮速传感器 ;2—横摆力矩限制 ;3—发动机电子控制装置接口 ;4—自检初级电路 ;5—电源电压 ;6—阀继电器 ;7—自检输出 ;8—车轴负荷传动装置 ;9—减速制动继电器 ;10—ASR 指示灯 ;11—警告灯 ;12—电磁阀 ;13—发动机电子控制装置输出接口 ;14—压力调节阀 ;

VL—左前 ;VR—右前 ;HL—左后 ;HR—右后

#### 1. 输入级

输入级电路主要由一个低通滤波器和用以抑制干扰并放大轮速信号的输入放大器组成。



输入级共用四个通道:VL—左前,VR—右前,HL—左后,HR—右后。其功用是将由轮速传感器输入的正弦交流电压信号滤波去杂波,转换成脉冲方波输入微型计算机。

## 2. 微型计算机

微型计算机由两个相似且互相独立的大规模集成电路  $LS_1$  和  $LS_2$  组成。两个电路平行且各自独立地处理来自两轮(通道 VL + HR 和通道 VR + HL)的信号,并执行逻辑加过程。

$LS_1$  的内部结构框图如图 1-67 所示。主要由输入级(频率控制)2、数学逻辑电路 3、控制器逻辑电路 4、数字传送器 6、监测电路等部分组成。

输入级 2 将由输入级 A 输入的方波信号转换成一个 10 位数字,并将由于车桥振动或路面颠簸所引起的杂波滤掉,然后输入数学逻辑电路 3 中。数学逻辑电路 3 根据输入级 2 传递的车轮频率信号,计算出被控车轮的滑移率和车轮角减(加)速度的变化。控制器逻辑电路 4 接受数学逻辑电路的计算结果并转换成输出电路的电磁阀控制指令向输出级 C 输入。

数字传送器将输入级 2、数学逻辑电路 3、控制器逻辑电路 4 相互串联起来,同时还负责两个大规模集成电路  $LS_1$  和  $LS_2$  之间的通信联系。

监测电路 8 用以探测 ECU 有无故障和故障信号指示。如果数字控制电路发生故障,监测电路就触发一个故障信号,切断经安全继电器的稳定电压,关闭整个系统。同时点亮警告灯,提示驾驶员 ECU 出现故障,ABS 系统已关闭。ABS 系统关闭后,基本制动系统不受影响,仍能正常工作。每个 LS 电路的监测电路可以独立工作,用以检查信号的产生和组合在逻辑上是否正确,信号的时间是否切合实际,并能监测系统的外围设备和轮速传感器、继电器、配线束及稳压元件等的故障。

## 3. 输出级

输出级 C 的功用是接受微机中两个大规模集成电路传送来的电磁阀控制指令,控制大功率三极管向电磁阀线圈及继电器线圈提供控制电流。

## 4. 稳压与保护装置

稳压与保护装置是专门用来向 ECU 提供一个稳定的工作电压,同时还具有电压监测与保护功能。在其内部有一个监测电路、一个故障存储器和一个报警电路。当汽车源电压过低时,该装置即点亮警报灯,同时还自动切断汽车 ABS 系统的电源电路。

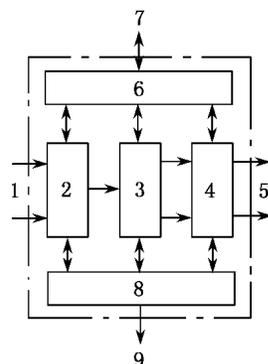


图 1-67  $LS_1$  内部结构框图

1—来自输入电路的车轮转速信号;2—输入级(频率控制);3—数学逻辑电路;4—控制器逻辑电路;5—输出电路的电磁阀控制指令;6—数字传送器;7—接口;8—监测电路;9—故障信号

# 第十节 ASR 的基本组成及工作过程

ASR 也被称为 TCS(驱动力控制系统),ASR 可以通过调节作用于驱动车轮的驱动力矩和制动力矩,在驱动过程中防止驱动车轮发生滑转。

## 一、ASR 的基本组成及工作过程

调节作用于驱动车轮的驱动力矩可以通过调节发动机的输出转矩、变速器传动比、差速器

锁紧系数等方面来实现。目前,调节变速器传动比和差速器锁紧系数的方式在 ASR 中很少采用,而调节发动机的输出转矩又可通过调节节气门开度、点火提前角、燃油喷射量以及中断燃油喷射和点火来实现。由于发动机已经实现了电子控制,因此,可以通过发动机电子控制系统对发动机的点火和供油进行控制,对发动机的输出转矩进行调节。虽然中止部分气缸的点火可以使发动机的输出转矩迅速减小,但如果不能及时完全地中断相应气缸的燃油供给,将会对催化转换器造成严重地损害,因此,中止部分气缸点火的方式在 ASR 中也很少采用。所以,目前在 ASR 中通常通过控制节气门开度和点火提前角的方式调节发动机的输出转矩,从而对作用于驱动车轮的驱动力矩进行调节。

为了使驱动车轮的转速迅速降低,或者使两侧驱动车轮获得不同的牵引力,通常 ASR 都可以通过对驱动车轮施加一定的制动力矩得以实现。

在 ASR 中为了确定驱动车轮是否滑转,可以利用 ABS 中的车轮转速传感器获得车轮的转速信号,ASR 电子控制装置既可是独立的,也可与 ABS 共享,ASR 的制动压力调节装置通常与 ABS 的制动压力调节装置共享,为了控制节气门开度,通常设有电动控制的副节气门及节气门开度传感器,点火提前角的控制则通过发动机电子控制系统进行。因此,ASR 通常都与 ABS 和发动机电子控制系统交织在一起,此外 ASR 中都具有 ASR 关闭指示灯和 ASR 工作指示灯。

图 1-68 所示是一种较为典型的具有制动防抱死和驱动防滑转功能的 ABS/ASR 防滑控制系统。其中的 ASR 与 ABS 共享车轮转速传感器和电子控制装置,只在通往驱动车轮制动轮缸的制动管路中增设一个 ASR 制动压力调节装置,在由加速踏板控制的主节气门上方增设一个由步进电动机控制的副节气门,并在主、副节气门处各设置一个节气门开度传感器,即可实现驱动防滑转控制。

图 1-68 所示 ABS/ASR 中的 ASR 在汽车驱动过程中,ABS/ASR 电子控制装置根据各车轮转速传感器产生的车轮转速信号,确定驱动车轮的滑动率和汽车的参考速度。当 ABS/ASR 电子控制装置判定驱动车轮的滑动率超过设定的限值时,就使驱动副节气门的步进电动机转动,减小副节气门的开度,此时,即使主节气门的开度不变,发动机的进气量也会因副节气门开度的减小而减少,使发动机的输出转矩减小,驱动车轮上的驱动力矩就会随之减小。如果驱动车轮的滑动率仍未降低到设定的控制范围内,ABS/ASR 电子控制装置又会控制 ASR 制动压力调节装置和 ABS 制动压力装置,对驱动车轮施加一定的制动压力,就会有制动力矩作用于驱动车轮。

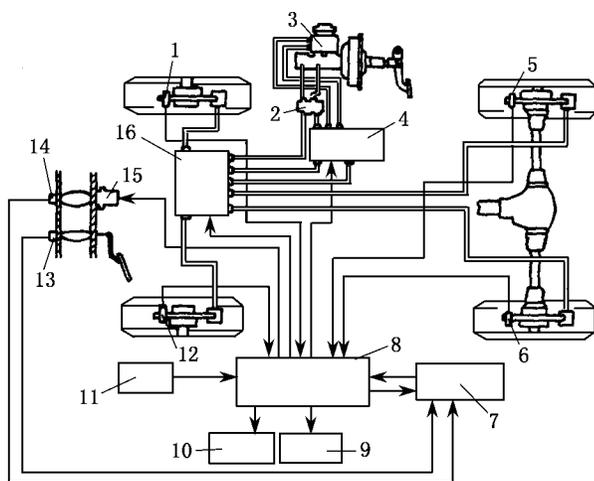


图 1-68 ABS/ASR 的典型组成

1—右前车轮转速传感器;2—比例阀和差压阀;3—制动主缸;4—ASR 制动压力调节装置;5—右后车轮转速传感器;6—左后车轮转速传感器;7—发动机/变速器电子控制装置;8—ABS/ASR 电子控制装置;9—ASR 关闭指示灯;10—ASR 工作指示灯;11—ASR 选择开关;12—左前车轮转速传感器;13—主节气门开度传感器;14—副节气门开度传感器;15—副节气门驱动步进电动机;16—ABS 制动压力调节装置



图 1-68 所示 ABS/ASR 中的 ASR 制动压力调节装置主要包括制动供能装置和电磁控制阀总成两部分,制动供能装置主要由电动泵和蓄能器组成,电磁阀总成中有三个二位二通电磁阀,ASR 制动压力调节装置与 ABS 制动压力调节装置所组成的制动液压系统如图 1-69 所示。

当 ABS/ASR 电子控制装置判定需要对驱动车轮施加制动力矩时,ABS/ASR 电子控制装置就使 ASR 制动压力调节装置中的三个二位二通电磁阀都通电,电磁阀Ⅲ将制动主缸至后制动轮缸的制动管路封闭,电磁阀Ⅱ将蓄能器至 ABS 制动压力调节装置的制动管路沟通,电磁阀Ⅰ将 ABS 制动压力调节装置至储液室的制动管路沟通。蓄能器中具有一定压力的制动液就会经过处于开启状态的电磁阀Ⅱ和电磁阀Ⅳ和Ⅴ进入两后制动轮缸,驱动车轮的制动力矩随着制动轮缸制动压力的增大而增大;当 ABS/ASR 电子控制装置判定需要保持两驱动车轮的制动力矩时,ABS/ASR 电子控制装置就使 ABS 制动压力调节装置中的两个三位三通电磁阀Ⅳ和Ⅴ的电磁线圈中通过较小的电流,使电磁阀Ⅳ和Ⅴ都处于中间位置,将两后制动轮缸的进、出液管路都封闭,两后制动轮缸的制动压力就保持一定;当 ABS/ASR 电子控制装置判定需要减小两驱动车轮的制动力矩时,就使电磁阀Ⅳ和Ⅴ的电磁线圈中都通过较大的电流,电磁阀Ⅳ和Ⅴ分别将两后制动轮缸的进液管路封闭,而将两后制动轮缸的出液管路沟通,两后制动轮缸中的制动液就会经电磁阀Ⅳ和Ⅴ、电磁阀Ⅰ流回制动主缸储液室,两后制动轮缸的制动压力就会减小。在 ASR 制动压力调节过程中,ABS/ASR 电子控制装置根据车轮转速传感器输入的车轮转速信号,对驱动车轮的运动状态进行连续监测,通过控制电磁阀Ⅳ和Ⅴ的通电情况,使后制动轮缸的制动压力循环往复地进行增大—保持—减小过程,从而将驱动车轮的滑动率控制在设定的理想范围之内。如果 ABS/ASR 电子控制装置判定需要对两驱动车轮的制动力矩进行不同控制时,ABS/ASR 电子控制装置就对电磁阀Ⅳ和Ⅴ进行分别控制,使两后制动轮缸的制动压力进行各自独立地调节。

当 ABS/ASR 电子控制装置判定无需对驱动车轮实施防滑转控制时,ABS/ASR 电子控制装置使各个电磁阀均不再通电,各电磁阀恢复到图 1-69 中所示的状态,后制动轮缸中的制动液可经电磁阀Ⅳ和Ⅴ、电磁阀Ⅲ流回制动主缸,驱动车轮的制动力矩将完全消除,在解除驱动车轮制动的同时,ABS/ASR 电子控制装置还控制步进电动机转动,将副节气门完全开启。

目前,在各种车型上装备的 ASR 系统的具体结构和工作过程不尽相同,但在如下几个方面却是相同的。

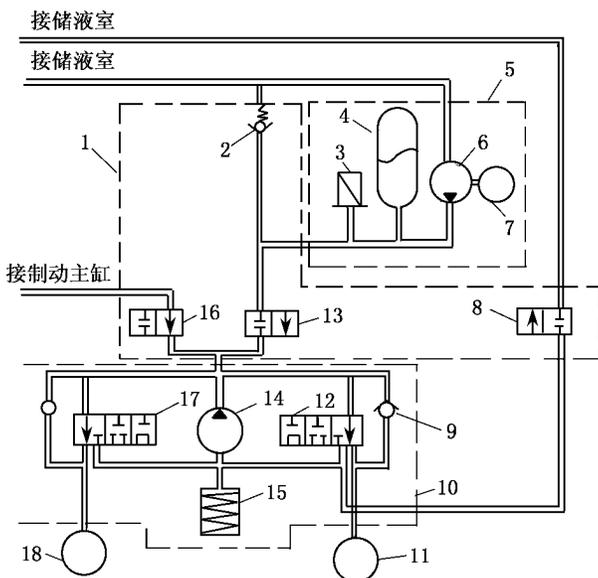


图 1-69 ASR 制动液压系统

1—ASR 电磁阀总成 2—单向阀 3—压力开关 4—蓄能器 5—制动供能装置 6—泵 7—电动机 8—电磁阀Ⅰ 9—单向阀 10—ABS 制动压力调节装置 11—左后驱动车轮 12—电磁阀Ⅳ 13—电磁阀Ⅱ 14—回液泵 15—储液器 16—电磁阀Ⅲ 17—电磁阀Ⅴ 18—右后驱动车轮

(1) ASR 可以由驾驶员通过 ASR 选择开关对其是否进入工作状态进行选择。在 ASR 进行防滑转调节时,ASR 工作指示灯会自动点亮,如果通过 ASR 选择开关将 ASR 关闭,ASR 关闭指示灯会自动点亮。

(2) ASR 处于关闭状态时,副节气门将自动处于全开位置,ASR 制动压力调节装置也不会影响制动系统的正常工作。

(3) 如果在 ASR 处于防滑转调节过程中,驾驶员踩下制动踏板进行制动时,ASR 将会自动退出防滑转调节过程,而不影响制动过程的进行。

(4) ASR 通常只在一定的车速范围内才进行防滑转调节,而当车速达到一定以后(如 120 km/h 或 80 km/h),ASR 将会自动退出防滑转调节过程。

(5) ASR 在其工作车速范围内通常具有不同的优先选择性,在车速较低时以提高牵引力作为优先选择。此时,对两驱动车轮施加的制动力矩可以不同,即对两后制动轮缸的制动压力进行独立调节。而在车速较高时则以提高行驶方向稳定性为优先选择,此时,对两驱动车轮施加的制动力矩将是相同的,即对两后制动轮缸的制动压力进行一同调节。

(6) ASR 都具有自诊断功能,一旦发现存在影响系统正常工作的故障时,ASR 将会自动关闭,并向驾驶员发出警示信号。

## 二、ABS 与 ASR 的比较

ABS 和 ASR 都是通过控制作用于被控制车轮的力矩,而将车轮的滑动率控制在设定的理想范围之内,以提高车轮附着力的利用率,从而缩短汽车的制动距离或提高汽车的加速性能,改善汽车的行驶方向稳定性和转向操纵能力。

ABS 和 ASR 都要求系统具有快速反应能力,以适应车轮附着力的变化,都要求控制偏差尽可能达到最小,以免引起汽车及传动系统的振动,都要求尽量减少调节过程中的能量消耗。

ABS 与 ASR 在以下几个方面又是不同的,ABS 对驱动和非驱动车轮都可进行控制,而 ASR 则只对驱动车轮进行控制;在 ABS 控制期间,离合器通常都处于分离状态,发动机也处于怠速运转,而在 ASR 控制期间,离合器则处于接合状态,发动机的惯性会对 ASR 控制产生较大的影响;在 ABS 控制期间,汽车传动系统的振动较小,由此对 ABS 控制产生的影响也较小,而在 ASR 控制期间,很容易使传动系统产生较大的振动,由此对 ASR 控制产生的影响也就很大;在 ABS 控制期间,各车轮之间的相互影响不大,而在 ASR 控制期间,由于差速器的作用会使驱动车轮之间产生较大的相互影响;ABS 只是一个反应时间近似一定的制动控制单环系统,而 ASR 却是由反应时间不同的制动控制和发动机控制等组成的多环系统。

## 第十一节 主要车型 ABS 及 ASR 系统的组成及控制电路

### 一、丰田车系

#### (一) 凌志 LS400 ABS

凌志 LS400 的 ABS 防抱死制动系统采用四传感器三通道/前轮独立控制-后轮选择控制方式,系统布置形式如图 1-70 所示。

控制电路如图 1-71 所示。四个轮速传感器将轮速信号通过端子 FR+、FR-、FL+、

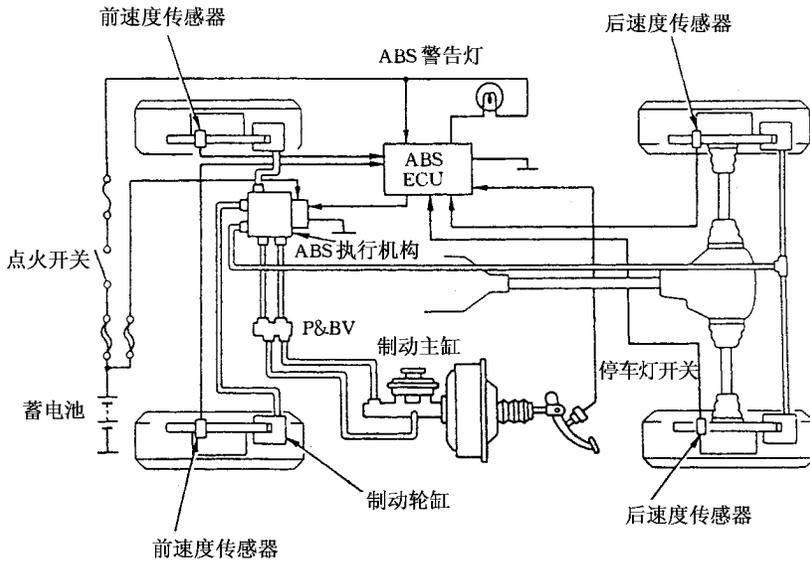


图 1-70 LS400 ABS 布置形式

FL-、RR+、RR-、RL+、RL- 输入 ECU。

回油泵电机受 ECU 和油泵继电器共同控制有两种工作状态：

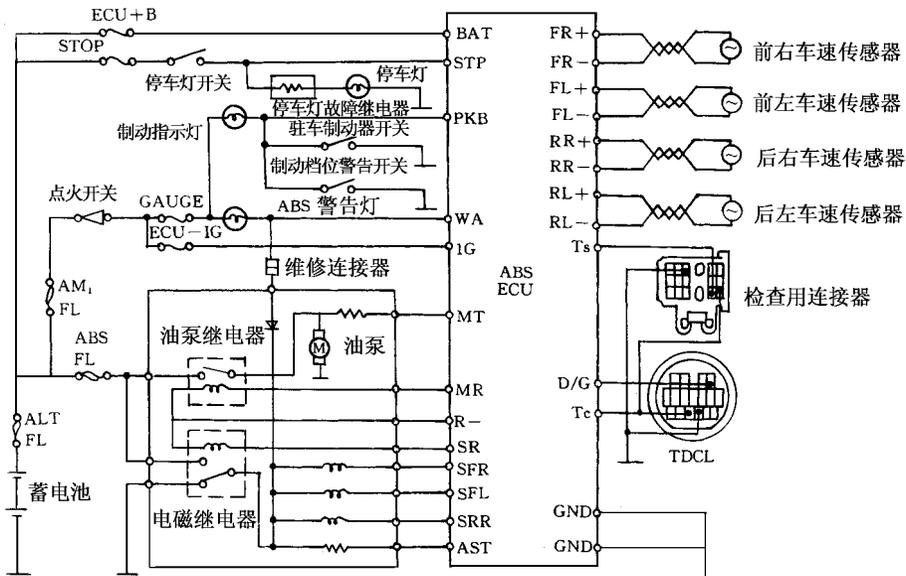


图 1-71 控制电路

### 1. 减压时电机高速运转

减压时,为将制动液迅速泵回制动主缸,ECU 通过 MR 端子向油泵继电器线圈供电,油泵继电器触点闭合,蓄电池直接向电机供电,电机高速旋转,以便将制动液迅速泵回主缸。

## 2. 其他工作状态时电机低速运转

当 ABS 系统在其他工作状态时,ECU 停止向油泵继电器线圈供电,油泵继电器触点打开,而此时 ECU 由端子 MT 通过电阻向油泵电机提供较小的电流(2 A),油泵低速运转,将储能器中制动液抽空,以备下次减压时储油。

制动压力调节器中三个电磁阀分别控制左、右前轮和后轮轮缸制动压力。三个电磁阀线圈与一个监测电阻并联,共同受 ECU 和电磁阀继电器的控制。点火开关未接通时,电磁阀继电器线圈中无电流,继电器常闭触点使电磁阀线圈搭铁,ABS 系统不工作。接通点火开关后,在短时间内 ECU 仍不向电磁阀继电器线圈供电,此时 ABS 警告灯经维修连接器、电磁阀继电器常闭触点搭铁而点亮,ECU 对系统进行自检。如系统无故障,6 s 后 ECU 向电磁阀继电器线圈供电,常闭触点打开,常开触点闭合,电磁阀线圈经常开触点与电源相连,此后电磁阀的工作状态完全由 ECU 控制。与三个电磁阀线圈并联的电阻为监测电阻,用以监测电磁阀线圈的故障。当电磁阀线圈出现故障时,监测电阻两端的电位将发生变化,通过 AST 端子将此故障信息输入 ECU。ECU 记录故障信息同时切断调节器电路,使 ABS 系统停止工作。

端子编号	符号	端子名称	端子编号	符号	端子名称
A16-1	D/G	诊断	A16-16	GND	接地
2	RR <sup>-</sup>	后右车速传感器	17		
3	RL <sup>-</sup>	后左车速传感器	18		
4	TC	诊断	A17-1	SFR	右前电磁线圈
5	GND	接地	2	WA	ABS 警告灯
6	BAT	备用电源	3	STP	停车灯开关
7	IG	电源	4		
8	SFL	前左电磁线圈	5	PKB	驻车制动开关
9	RR <sup>+</sup>	后右车速传感器	6	SRR	后电磁线圈
10	R <sup>-</sup>	继电器地线	7		
11	RL <sup>+</sup>	后左车速传感器	8	MT	电动机继电器监控器
12	FR <sup>-</sup>	前右车速传感器	9	SR	电磁继电器
13	FR <sup>+</sup>	前右车速传感器	10	MR	电动机继电器
14	FL <sup>-</sup>	前左车速传感器	11	TS	传感器检查用
15	FL <sup>+</sup>	前左车速传感器	12	AST	电磁继电器监控器

图 1-72 LS400 ABS ECU 端子排列及名称

## (二) 佳美(CAMRY)ABS

佳美车型 ABS 防抱死制动系统采用四传感器四通道/四轮独立控制方式,系统布置形式如图 1-73 所示。

控制电路如图 1-74 所示,图 1-75 为 ECU 连接器端子排列情况。

控制电路与凌志 LS 400 基本相同,电路工作原理也基本相同,不再重述。

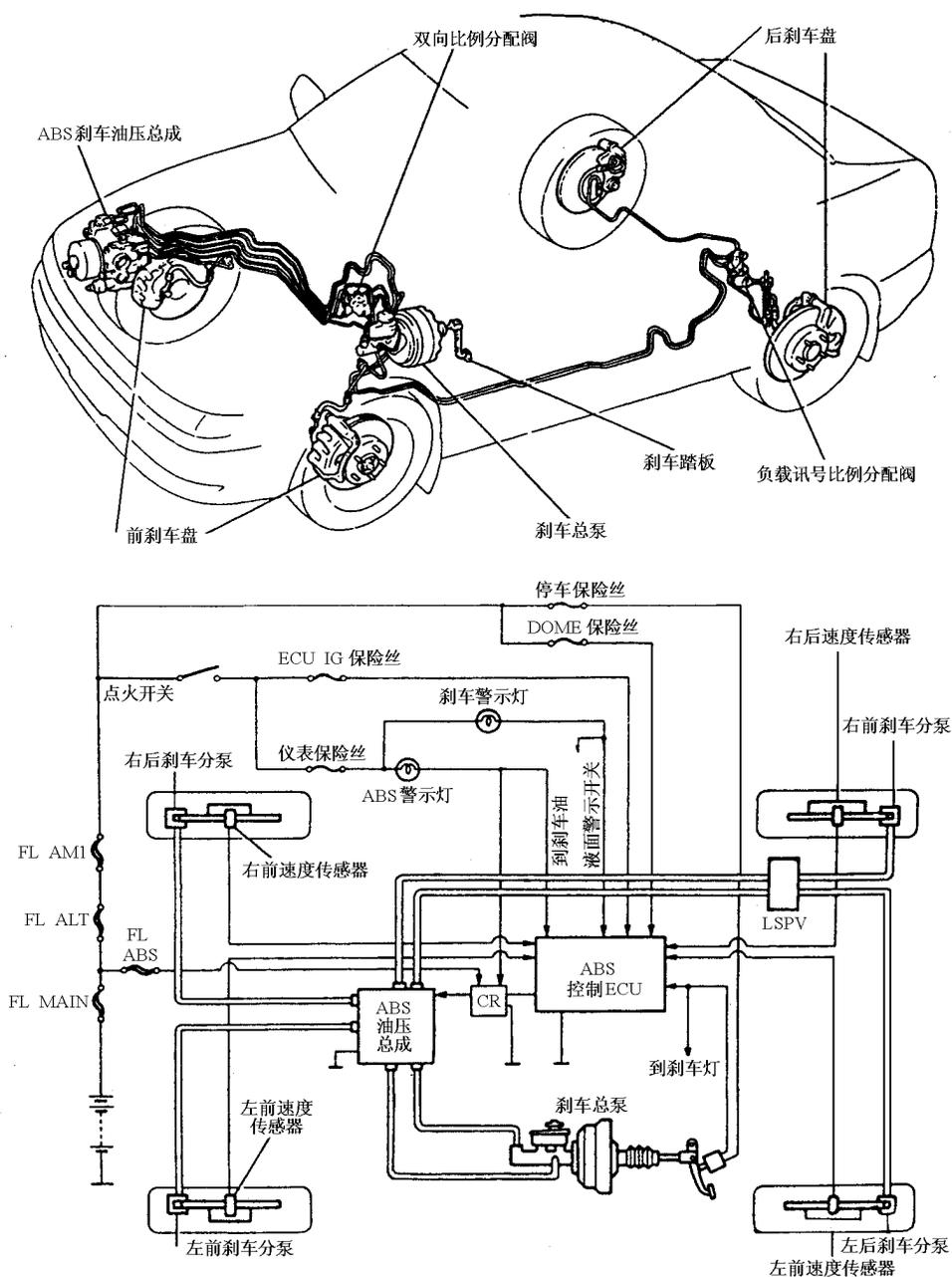


图 1-73 佳美车型 ABS 系统布置形式

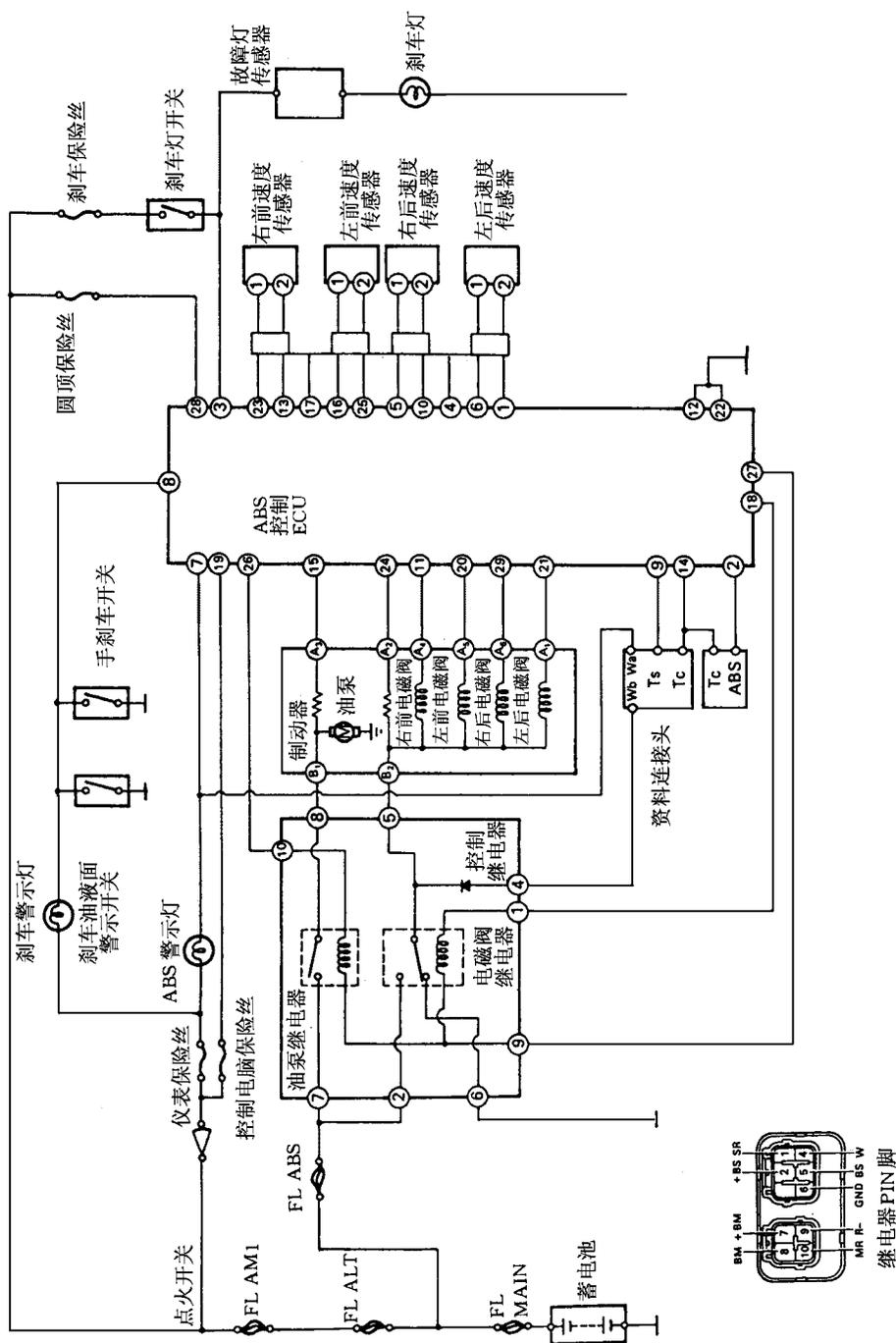


图1-74 佳美ABS控制电路

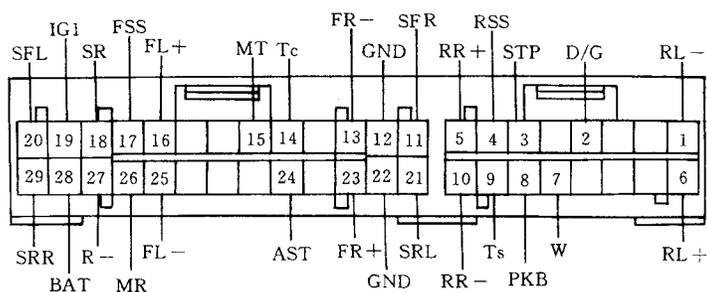


图 1-75 ECU 连接器端子排列及名称

### (三) 丰田(TOYOTA)ABS/TRAC 防滑控制系统

丰田 ABS/TRAC 防滑控制系统具有制动防抱死和驱动防滑转功能。在制动过程中,采用流通调压方式对四个控制信道进行防抱死制动压力调节,在驱动过程中,通过调节节气门的开度和对驱动车轮介入制动进行驱动防滑转控制。

丰田 ABS/TRAC 防滑控制系统主要由车轮转速传感器、ABS/TRAC 电子控制装置、制动压力调节装置、TRAC 隔离电磁阀总成、TRAC 制动供能总成、主副节气门开度传感器、副节气门控制步进电动机等组成,丰田 ABS/TRAC 的组成及其在凌志(Lexus)LS400 型轿车上的布置情况如图 1-76 所示。

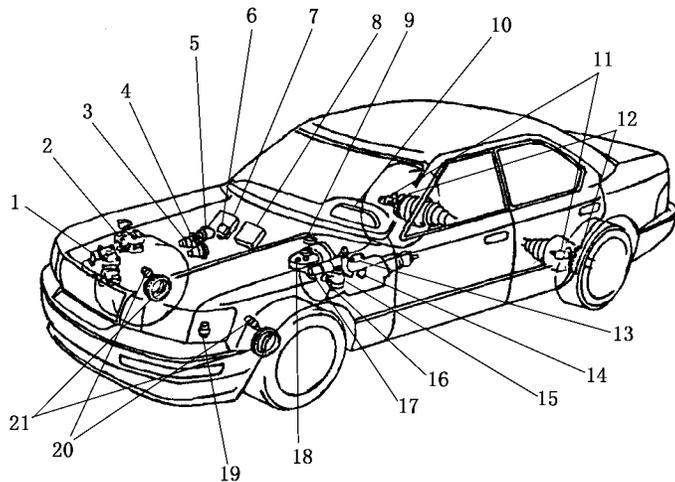


图 1-76 丰田 ABS/TRAC 的组成及其在凌志轿车上的布置

1—制动压力调节装置 2—TRAC 隔离电磁阀总成 3—副节气门开度传感器 4—主节气门开度传感器 5—副节气门控制步进电动机 6—副节气门控制步进电动机继电器 7—ABS/TRAC 电子控制装置 8—发动机和变速器电子控制装置 9—TRAC 关闭开关 10—TRAC 工作指示灯和 TRAC 关闭指示灯 11—后轮转速传感器 12—后轮转速传感器齿圈 13—制动灯开关 14—空挡启动开关 15—TRAC 电动供液泵 16—TRAC 电动供液泵继电器 17—TRAC 蓄能器 18—液位开关 19—TRAC 制动主继电器 20—前轮转速传感器 21—前轮转速传感器齿圈

丰田 ABS/TRAC 在汽车的四个车轮上各安置一个电磁感应式车轮转速传感器,将各个车

轮的转速信号输入 ABS/TRAC 电子控制装置。

ABS/TRAC 电子控制装置集制动防抱死和驱动防滑转控制功能于一体,其中有三个八位微处理器,期间通过一个串行缓冲寄存器进行通讯,为了提高工作可靠性,各微处理器之间还进行相互监测。

ABS/TRAC 电子控制装置接收处理各车轮转速传感器输入的车轮转速信号,形成相应的控制指令,驱动制动压力调节装置以及节气门控制电动机,进行制动防抱死和驱动防滑转控制。

ABS/TRAC 电子控制装置还接收由设置在制动主缸储液室中的液位开关、设置在 TRAC 制动供能总成中的压力开关等输入的监控信号,主、副节气门开度信号由发动机和变速器电子控制装置输入 ABS/ASR 电子控制装置。

ABS/TRAC 电子控制装置通过定期对系统中的主要电气组件进行检测,对系统的状态进行监控,以免系统进行错误控制。

ABS/TRAC 电子控制装置的控制对象主要是制动压力调节装置中的四个三位三通调压电磁阀和电动回液泵、TRAC 隔离电磁阀总成中的三个二位二通隔离电磁阀,TRAC 制动供能总成中的电动供液泵以及副节气门控制步进电动机等。

制动压力调节装置如图 1-77 所示,通过制动管路与制动主缸、TRAC 隔离电磁阀总成和四个制动轮缸相连。制动压力调节装置主要由四个三位三通调压电磁阀、两个储液器、一个电动双联回液泵组成。四个三位三通调压电磁阀分别设置在通往四个制动轮缸的制动液通路之中,可以分别对四个制动轮缸的制动压力进行减小,保持和增大调节,两个储液器分别用于接纳在制动压力调节过程中由前后制动轮缸流出的制动液,电动双联回液泵在制动压力调节过程中将流入储液器中的制动液泵回制动主缸或 TRAC 制动供能总成的蓄能器中。在制动压力调节装置上安置着调压电磁阀继电器和电动回液泵继电器。

TRAC 隔离电磁阀总成如图 1-78 所示,通过管路与制动主缸、制动压力调节装置和 TRAC 制动供能总成相连。TRAC 隔离电磁阀总成主要由制动主缸隔离电磁阀、蓄能器隔离电磁阀和储液室隔离电磁阀组成,在未进行驱动防滑转制动介入时,三个隔离电磁阀均不通电,制动主缸隔离电磁阀处于通流状态,将制动主缸至制动压力调节装置中后调压电磁阀的制动液通路沟通,蓄能器隔离电磁阀处于断流状态,将 TRAC 制动供能总成至制动压力调节装置中后调压电磁阀的制动液通路封闭,储液室隔离电磁阀也处于断流状态,将制动压力调节

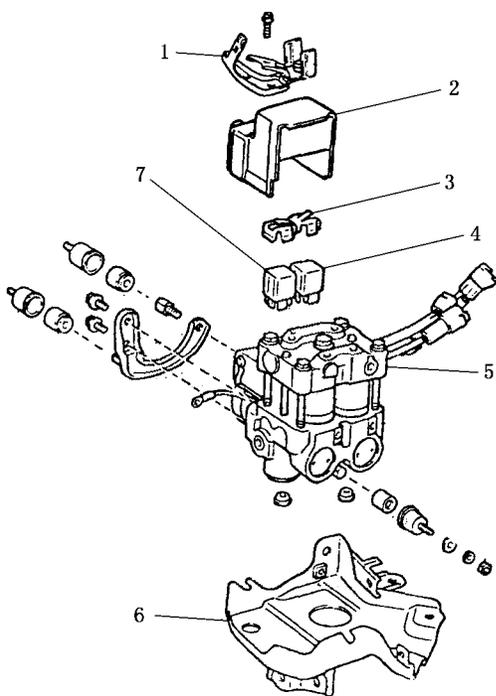


图 1-77 制动压力调节装置

1—线束夹 2—继电器护罩 3—继电器罩盖 4—调压电磁阀继电器 5—制动压力调节装置 6—安置座 7—电动回液泵继电器



装置中后调压电磁阀至储液室的制动液通路封闭。

TRAC 制动供能总成如图 1-79 所示,通过管路与制动主缸储液室和 TRAC 隔离电磁阀总成相连。TRAC 制动供能总成主要由电动供液泵和蓄能器组成,电动供液泵将制动液自储液室泵入蓄能器中,使蓄能器中制动液的压力保持在一定范围之内,作为驱动防滑转制动介入时的制动能源。

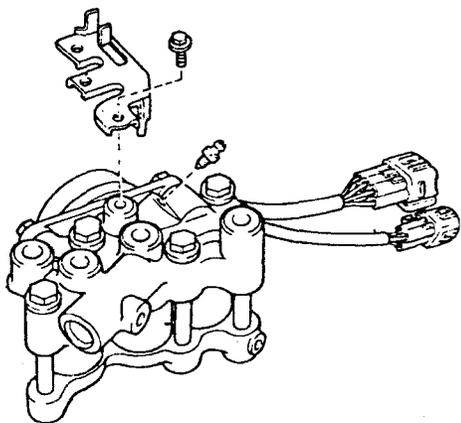


图 1-78 TRAC 隔离电磁阀总成

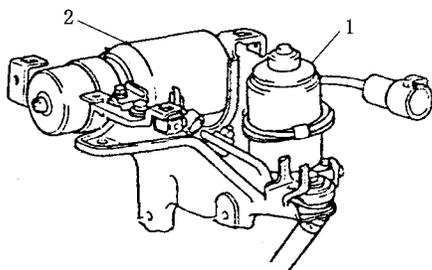


图 1-79 TRAC 制动供能总成

丰田 ABS/TRAC 防滑控制系统为了在驱动防滑转控制过程中对发动机的输出转矩进行调节,在发动机节气门体上由加速踏板控制的主节气门的上方设置一个由步进电动机控制的副节气门。在步进电动机未通电时,副节气门将处于全开位置,此时,发动机的进气量由驾驶员通过加速踏板操纵主节气门进行控制。在节气门体上设置两个分别感测主、副节气门(图 1-78)。TRAC 隔离电磁阀总成开度的节气门开度传感器,其感测的信号输入发动机和变速器电子控制装置。发动机和变速器电子控制装置又将节气门的开度信号输入 ABS/TRAC 电子控制装置。

丰田 ABS/TRAC 防滑控制系统如图 1-80 所示。

在 ABS/TRAC 防滑控制系统未进行制动防抱死和驱动防滑转控制时,制动压力调节装置和 TRAC 隔离电磁阀总成中的各个电磁阀均不通电,各电磁阀处于如图 1-80 所示的状态:制动主缸至各制动轮缸的制动液通路都处于沟通状态,蓄能器中制动液的压力保持在一定范围之内,副节气门控制步进电动机不通电,副节气门保持在全开位置。

在踩下制动踏板进行制动时,自制动主缸输出的制动液将通过各调压电磁阀进入各制动轮缸,各制动轮缸的制动压力随制动主缸的输出压力而变化。如果在制动过程中 ABS/TRAC 电子控制装置根据车轮转速传感器输入的车轮转速信号判定有车轮趋于制动抱死时,ABS/TRAC 防滑控制系统就进入制动防抱死控制过程。当 ABS/TRAC 电子控制装置判定需要减小某一制动轮缸的制动压力时,将该制动轮缸的调压电磁阀通过较大的电流,使调压电磁阀将制动主缸至该制动轮缸的制动液通路封闭,而将该制动轮缸至相应储液器的制动液通路沟通,该制动轮缸中的部分制动液就会流入相应的储液器中,该制动轮缸的制动压力将随之减小;与此同时,ABS/TRAC 电子控制装置还使电动回液泵通电运转,将流入储液室的制动液泵回制动主缸。当 ABS/TRAC 电子控制装置判定需要保持某一制动轮缸的制动压力时,将该制动轮缸的

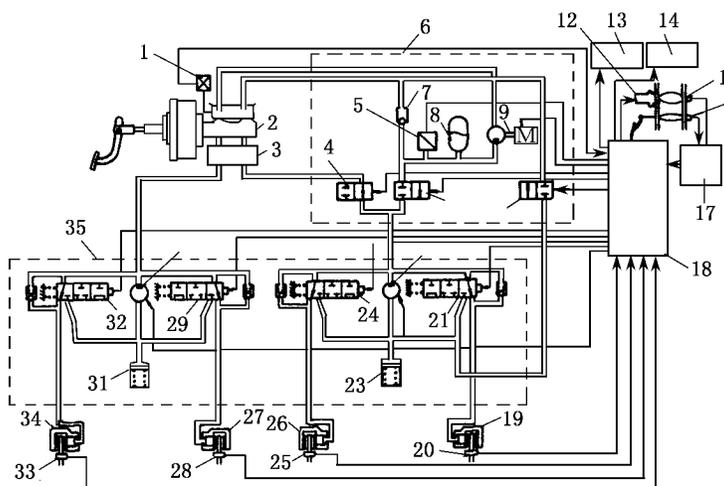


图 1-80 丰田 ABS/TRAC 防滑控制系统

1—液位开关 2—制动主缸 3—比例阀和平衡阀 4—制动主缸隔离电磁阀 5—压力开关 6—TRAC 隔离电磁阀总成和 TRAC 制动供能总成 7—限压阀 8—蓄能器 9—电动供液泵 10—蓄能器隔离电磁阀 11—储液室隔离电磁阀 12—副节气门控制步进电动机 13—TRAC 工作指示灯 14—TRAC 关闭指示灯 15—副节气门开度传感器 16—主节气门开度传感器 17—发动机和变速器电子控制装置 18—ABS/TRAC 电子控制装置 19—右后制动轮缸 20—右后车轮转速传感器 21—右后调压电磁阀 22—后回液泵 23—后储液器；24—左后调压电磁阀 25—左后车轮转速传感器 26—左后制动轮缸 27—右前制动轮缸 28—右前车轮转速传感器 29—右前调压电磁阀 30—前回液泵 31—前储液器 32—左前调压电磁阀 33—左前车轮转速传感器 34—左前制动主缸 35—制动压力调节装置

调压电磁阀通过较小的电流,使调压电磁阀将该制动轮缸至制动主缸和相应储液器的制动液通路都封闭,该制动轮缸的制动压力便保持一定。当 ABS/TRAC 电子控制装置判定需要增大某一制动轮缸的制动压力时,将该制动轮缸的调压电磁阀断电,使调压电磁阀将制动主缸至该制动轮缸的制动液通路沟通,而将该制动轮缸至相应储液器的制动液通路封闭,制动主缸输出的制动液就会进入该制动轮缸,该制动轮缸的制动压力随之增大。

如果在驱动过程中 ABS/TRAC 电子控制装置根据车轮转速传感器输入的车轮转速信号判定驱动车轮的滑动率超过控制门限值时,ABS/TRAC 防滑控制系统就进入驱动防滑控制过程,ABS/TRAC 电子控制装置将使副节气门控制步进电动机通电转动,将副节气门的开度减小,减少进入发动机的进气量,使发动机的输出转矩减小。当 ABS/TRAC 电子控制装置判定需要对驱动车轮进行制动介入时,将使 TRAC 隔离电磁阀总成中的三个隔离电磁阀通电,使制动主缸隔离电磁阀处于断流状态,而使蓄能器隔离电磁阀和储液室隔离电磁阀处于通流状态,蓄能器中具有压力的制动液就会进入后制动轮缸,后制动轮缸的制动压力随之增大。在驱动防滑控制介入过程中,ABS/TRAC 电子控制装置可以像制动防抱死控制一样通过独立地控制两个后调压电磁阀的通过电流,对两个后制动轮缸的制动压力进行增大、保持和减小调节。

丰田 ABS/TRAC 防滑控制系统的电路系统如图 1-81 所示。

当点火开关开始接通时,蓄电池电压通过点火开关加在 ABS/TRAC 电子控制装置的 IG 端子,电子控制装置开始进行自检。此时,由于调压电磁阀继电器处于非激励状态(如图 1-81 中所示),ABS 警示灯因有电流通过而点亮。ABS/TRAC 电子控制装置通过其 GND 和 E1 端

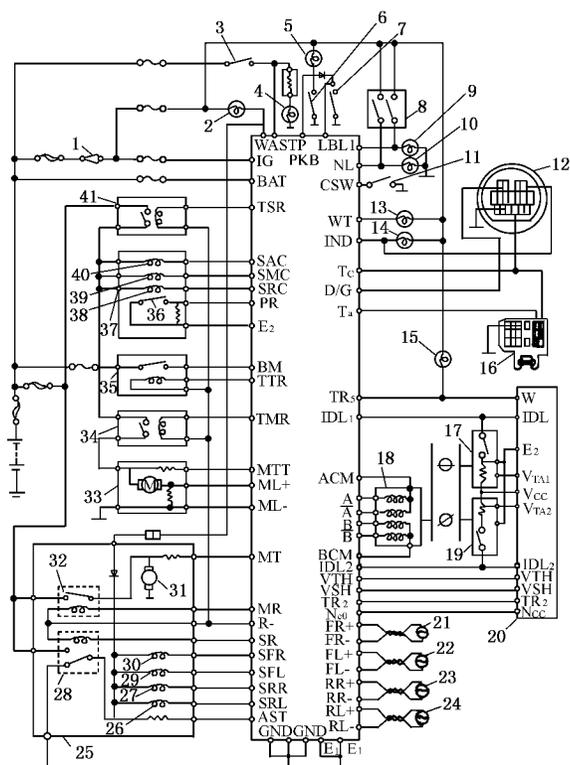


图 1-81 丰田 ABS/TRAC 防滑控制系统的电路系统

1—点火开关 2—ABS 警示灯 3—制动灯开关 4—制动灯 5—制动警示灯 6—驻车制动开关 7—储液室液位开关 8—空挡启动开关 9—P 挡指示灯 10—N 挡指示灯 11—TRAC 关闭开关 12—诊断插头 I 13—TRAC 关闭指示灯 14—TRAC 工作指示灯 15—发动机警示灯 16—诊断插头 II 17—主节气门开度传感器 18—副节气门控制步进电动机 19—副节气门开度传感器 20—发动机和变速器电子控制装置 21—右前轮转速传感器 22—左前轮转速传感器 23—右后轮转速传感器 24—左后轮转速传感器 25—制动压力调节装置 26—左后调压电磁阀 27—右后调压电磁阀 28—调压电磁阀继电器 29—左前调压电磁阀 30—右前调压电磁阀 31—电动回液泵 32—电动回液泵继电器 33—TRAC 电动供液泵 34—TRAC 电动供液泵继电器 35—副节气门控制步进电动机继电器 36—压力开关 37—TRAC 隔离电磁阀总成 38—储液室隔离电磁阀 39—制动主缸隔离电磁阀 40—蓄能器隔离电磁阀 41—TRAC 制动主继电器

子接地。

经过短暂的自检,如果发现存在影响系统正常工作的故障时,ABS/TRAC 电子控制装置将故障情况以代码的形式存储记忆,ABS/TRAC 防滑控制系统将会处于关闭状态,由于调压电磁阀继电器始终处于非激励状态,ABS 警示灯将会持续点亮。如果未发现系统存在故障,ABS/TRAC 电子控制装置将从其 BAT 端子接受蓄电池电压,作为其工作电压。电子控制装置将向其 TSR 端子供给蓄电池电压,并使其 R- 端子通过内部接地,调压电磁阀继电器将因励磁线圈中有电流通过而处于激励状态,使 ABS 警示灯不再有电流通过而熄灭,蓄电池电压通过调压电磁阀继电器中的闭合触点加在四个调压电磁阀电磁线圈的一端和电子控制装置的 AST 端子上,电子控制装置由此判定调压电磁阀继电器处于激励状态,已将蓄电池电压加在各个调压电磁阀电磁线圈的一端,ABS 就处于等待工作状态。

如果 TRAC 关闭开关处于断开位置,使电子控制装置的 CSW 端子处于断路状态,电子控

制装置就使 TRAC 也处于等待工作状态。电子控制装置将向其 TSR 端子供给蓄电池电压,使 TRAC 制动主继电器因其励磁线圈中有电流通过而处于激励状态,蓄电池电压将通过 TRAC 制动主继电器中闭合的触点加在三个隔离电磁阀电磁线圈的一端。当 TRAC 供能总成中的压力开关因蓄能器中的制动液压力不足而闭合时,电子控制装置的 PR 端子将与 E<sub>+</sub> 端子将具有相同的电压,电子控制装置由此判定需要 TRAC 电动供液泵通电运转,电子控制装置将向其 TMR 端子供给电压,使 TRAC 电动供液泵继电器处于激励状态,向电动供液泵供给蓄电池电压,电动供液泵将通电运转,在电动供液泵继电器处于激励状态期间应有电压加在电子控制装置的 MIT 端子上。电子控制装置由此对电动供液泵继电器的状态进行监测,电子控制装置还通过监测其 ML<sub>+</sub> 端子和 ML<sub>-</sub> 端子之间的电压对电动泵的运转情况进行监测。电子控制装置还向其 WT 端子和 IND 端子供给蓄电池电压,使 TRAC 关闭指示灯和 TRAC 工作指示灯熄灭。

左后、右后、左前、右前四个车轮转速传感器分别通过 RL<sub>-</sub> 和 RL<sub>+</sub>、RR<sub>-</sub> 和 RR<sub>+</sub>、FL<sub>-</sub> 和 FL<sub>+</sub>、FR<sub>-</sub> 和 FR<sub>+</sub> 四对端子向电子控制装置输入各车轮的转速信号。主、副节气门开度传感器通过发动机和变速器电子控制装置的 V<sub>T1</sub>、V<sub>CC</sub>、V<sub>T2</sub> 端子向发动机和变速器电子控制装置输入关于主、副节气门开度的电压信号,发动机和变速器电子控制装置分别通过 N<sub>CO</sub>、TR<sub>2</sub>、VSH、VTH、IDL<sub>2</sub>、IDL<sub>1</sub> 等端子向 ABS/TRAC 电子控制装置传输发动机的转速、主、副节气门的开度以及是否处于怠速状态等信号。在发动机发生故障使发动机警示灯点亮时,ABS/TRAC 电子控制装置的 TR<sub>3</sub> 端子将会接地,ABS/TRAC 电子控制装置由此判定发动机存在故障,将不再进行驱动防滑转控制。ABS/TRAC 电子控制装置分别通过监测其 PKB 端子和 LBL<sub>1</sub> 端子的输入电压对驻车制动开关和液位开关的状态进行判定,通过分别监测其 PL 端子和 NL 端子的输入电压对变速器所处的挡位进行判定。

当踩下制动踏板进行制动时,制动灯开关闭合,蓄电池电压通过制动灯开关从 STP 端子输入 ABS/TRAC 电子控制装置,电子控制装置由此判定汽车进入制动过程。电子控制装置将根据各个车轮转速传感器输入的信号对各个车轮的运动状态进行监测,并且通过分别控制其 SRL、SRR、SFL 和 SFR 四个端子与地线之间的电阻值,使左后、右后、左前、右前调压电磁阀的电磁线圈中有较大的电流通过,或有较小的电流通过,或没有电流通过,使各调压电磁阀处于使相应制动轮缸的制动压力减小、保持或增大的状态。同时,电子控制装置还向其 MR 端子供给电压,使电动回液泵继电器处于激励状态,使电动回液泵通电运转,电子控制装置根据其 MT<sub>+</sub> 端子的输入电压,对电动回液泵继电器的状态进行监测。

在驱动过程中,当 ABS/TRAC 电子控制装置根据车轮转速传感器输入的车轮转速信号判定驱动车轮(后轮)的滑动率超过控制门限值,系统就进入驱动防滑转控制过程。电子控制装置将向其 TTR 端子供给电压,使副节气门控制步进电动机继电器处于激励状态,将蓄电池电压从 BM 端子经过电子控制装置供给 ACM 端子和 BCM 端子。电子控制装置通过控制其 A<sub>+</sub>、A 和 BB 地线之间的电阻值,控制步进电动机驱动副节气门相应地转动,对发动机的进气量进行调节。如果电子控制装置判定需要制动介入时,就使其 SAC、SMC、SRC 三个端子都通过内部接地,使三个隔离电磁阀因电磁线圈中都有电流通过而换位,电子控制装置再通过控制其 SRL 和 SRR 两个端子与地线之间的电阻值,控制两个调压电磁阀分别对两个后制动轮缸的制动压力进行调节。在驱动防滑转控制期间,电子控制装置通过内部使其 IND 端子接地,将 TRAC 工作指示灯点亮。

如果驾驶员不希望进入驱动防滑转控制,可以使 TRAC 关闭开关闭合,电子控制装置一旦判



定其 CSW 端子接地,就不再向其 TSR、TIR 和 TMR 端子供给电压,使 TRAC 制动主继电器、副节气门控制步进电动机继电器和 TRAC 电动供液泵继电器都处于非激励状态,系统就会退出驱动防滑转控制,同时,电子控制装置使其 WT 端子通过内部接地,将 TRAC 关闭指示灯点亮。

电子控制装置的 D/G、CT 和 ST 端子与诊断插头 I 和诊断插头 II 中相应的端子相连,在进行故障诊断时,将诊断插头 I 或诊断插头 II 中的  $T_C$  端子与地线跨接,电子控制装置将以与所存储记忆的故障代码相应的方式使其 WA 或 WT 端子间断接地,使 ABS 警示灯或 TRAC 工作指示灯闪烁,显示故障代码。

## 二、本田车系

本田车系 ABS 防抱死制动系统采用四传感器四通道/前轮独立控制 - 后轮选择控制方式,系统组成如图 1-82 所示,控制电路如图 1-83 所示。

四个轮速传感器通过 ECU 连接器端子 14、15、24、25 及搭铁线端子 20、21、28、29 将轮速信号输入 ECU。

制动压力调节器中有三个控制电磁阀总成,每个电磁阀总成中有两个电磁线圈分别控制输入阀和输出阀,电磁阀线圈由 ECU 供电。左前、右前电磁阀的四个电磁线圈通过前失效 - 安全继电器的触点搭铁。后电磁阀的两个电磁线圈通过后失效 - 安全继电器的触点搭铁。前、后失效 - 安全继电器控制线圈由点火开关供电,通过端子 17 (FSR) 由 ECU 控制其搭铁回路。当 ECU 检测到 ABS 系统有故障时,ECU 将切断失效 - 安全继电器线圈的搭铁回路,失效 - 安全继电器触点断开,控制电磁阀线圈的搭铁回路切断。ABS 系统停止工作,同时 ABS 警告灯被 ECU 点亮。

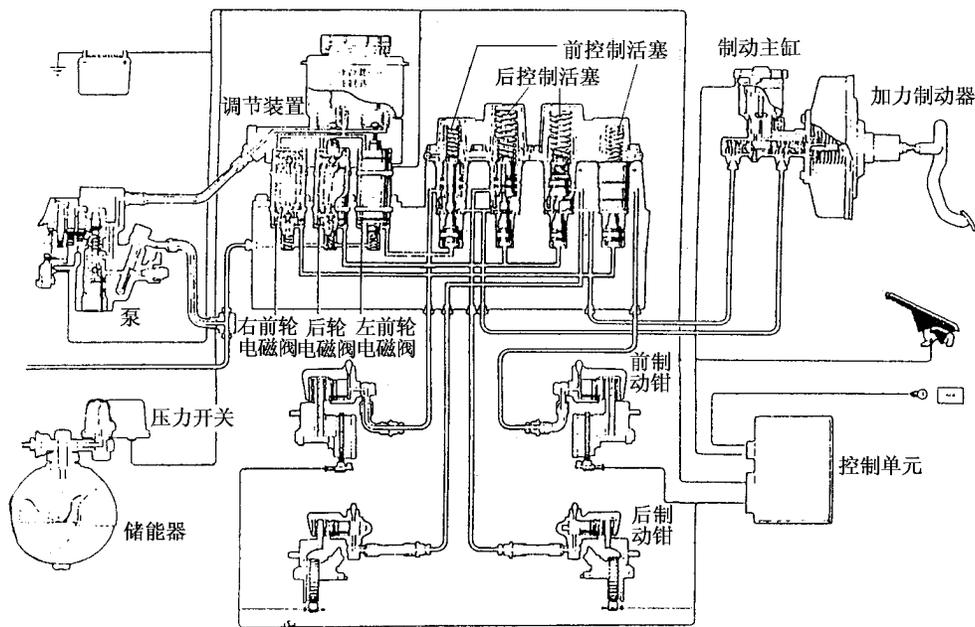


图 1-82 本田车系 ABS 系统组成

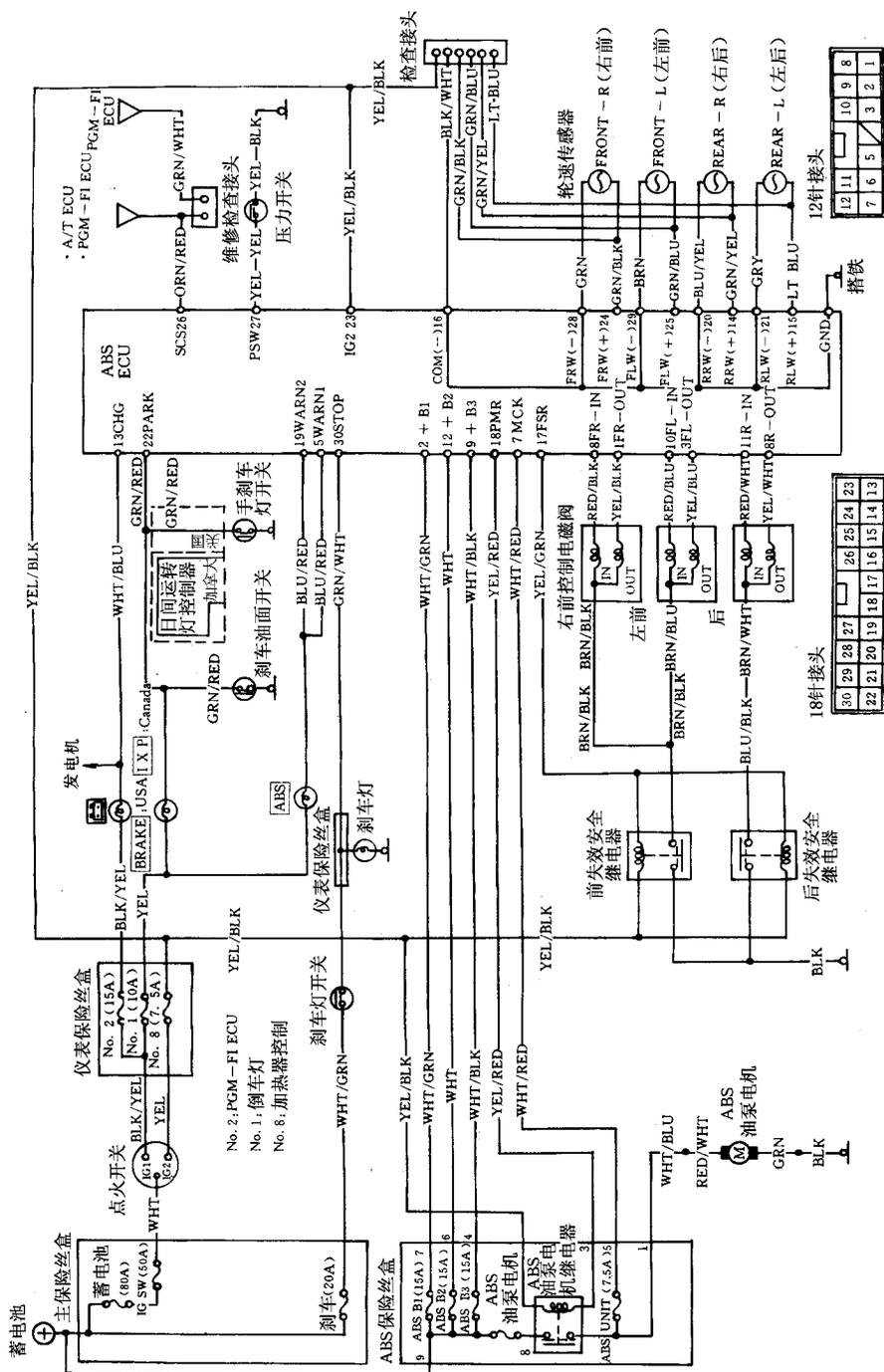


图1-83 本田车系ABS控制电路



调节器液压油泵电机由 ABS 油泵电机继电器控制供电,油泵继电器线圈由点火开关供电,由 ECU18 端子(PMR)控制其搭铁回路,ECU 根据压力开关的压力信号,由 18 端子控制油泵继电器线圈搭铁回路的通断从而控制油泵电机的运转与停转。

### 三、日产车系

日产车系的 ABS 系统有三种形式:①四传感器四通道/四轮独立控制方式;②四传感器三通道/前轮独立控制-后轮选择控制方式;③三传感器三通道/前轮独立控制-后轮选择控制方式。

三种控制系统的控制电路如图 1-84、图 1-85、图 1-86 所示,其控制电路基本相同,只是传感器及电磁阀控制回路的数目不同。

四个(三个)轮速传感器分别通过连接器端子 4—6、7 或 8—9、21—23、24—26 将轮速信号输入 ECU。

调节器电磁阀电路由电磁阀继电器和 ECU 共同控制,电磁阀继电器线圈由 ECU 根据发动机工作状态控制其电路。ECU 的 15 端子与充电指示灯共同接到发电机的  $D_+$  接柱,打开点火开关,当发动机未发动时, $D_+$  端经发电机激磁绕组搭铁,此时端子 15 为 0~0.7 V 电压,ECU 判断发动机停转。此时,电磁阀继电器线圈一端由 ECU 通过端子 17 供电,但由于 ECU 通过 15 端子收到发动机停转的信号,ECU 的 27 端子不搭铁,电磁阀继电器线圈的另一端不能搭铁,继电器线圈中无电流,常闭触点闭合。电磁阀线圈通过常闭触点搭铁,电磁阀线圈无电流停止工作,同时 ABS 警示灯通过 29 端子连线、二极管、电磁阀继电器常闭触点搭铁,ABS 警示灯点亮。当发动机运转时, $D_+$  端子由发电机提供 12 V 电压,ABS 警示灯两端电位相等而熄灭。此时 ECU 即判断发动机正常运转,ECU 的 27 端子搭铁,电磁阀继电器线圈另一端搭铁而流过电流,常闭触点打开而常开触点闭合,通过电磁阀继电器常开触点向四个(或三个)电磁阀线圈供电,并由 ECU 通过端子 35、19、2、18 控制电磁阀线圈的搭铁回路控制阀的工作。电磁阀的工作状态由端子 32 向 ECU 提供监测信息,发动机不运转时,端子 32 通过电磁阀继电器常闭触点搭铁向 ECU 提供 0~0.7 V 电压,发动机运转时,32 端子通过继电器常开触点向 ECU 提供 12 V 电压信号。

油泵继电器线圈与电磁阀继电器线圈一样,由 17 端子供电,当发动机未发动,ECU15 端子未收到转速信号时,ECU 的 28 端不搭铁,油泵继电器线圈无电流通过,触点断开,油泵停转。当发动机运转,15 端子收到  $D_+$  12 V 电压信号及制动时 ECU 的 25 端子通过刹车开关提供 12 V 电压信号时,ECU 的 28 端子搭铁,将油泵继电器线圈的电路接通,触点闭合,油泵运转。ECU 的 14 端子用以监控油泵电路的工作状态。14 端子与油泵电机的输入端连接,当油泵不运转时,14 端子向 ECU 输入 0 V 电压信号;当油泵运转时,14 端子向 ECU 输入 12 V 电压信号,ECU 判断油泵运转。

日产车系 ABS ECU 连接器端子内容如表 1-6。

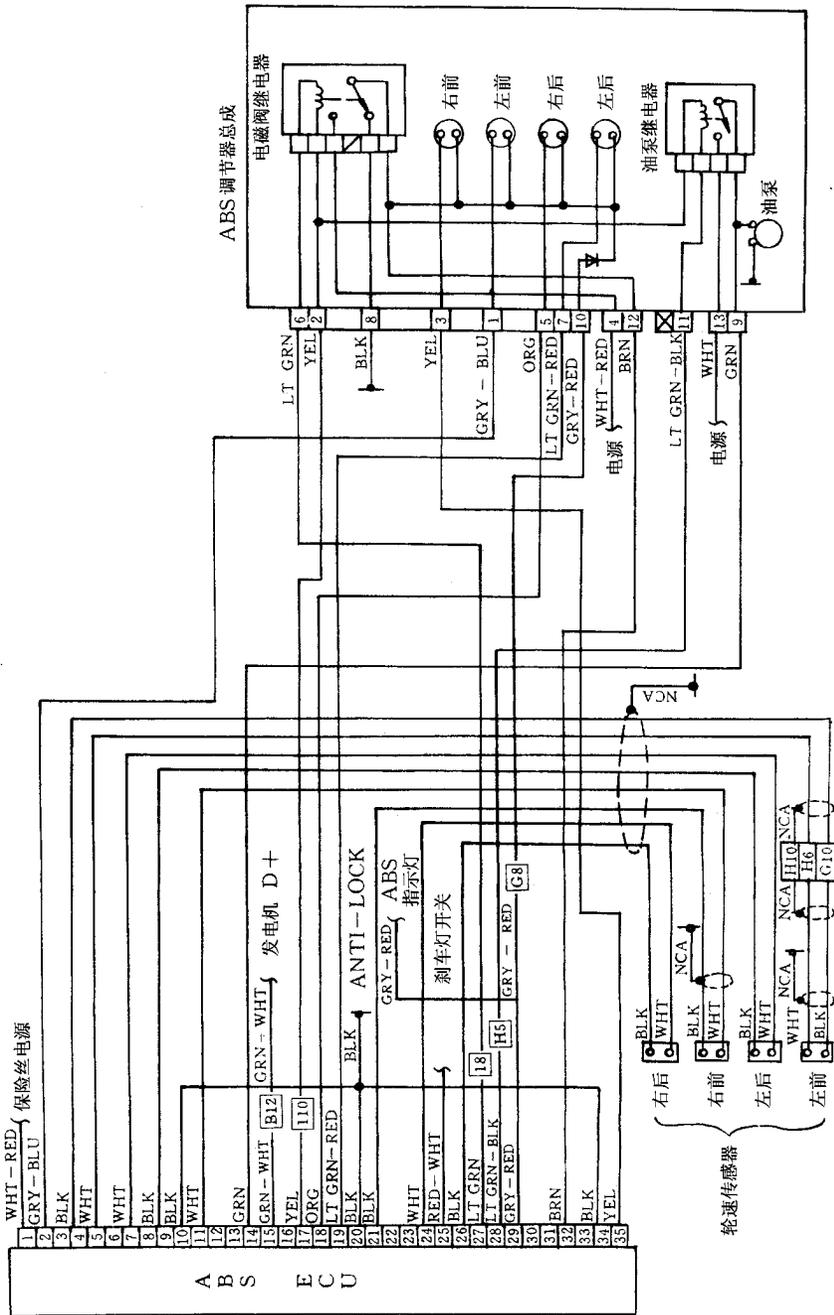


图1-84 四传感器四电磁阀控制电路

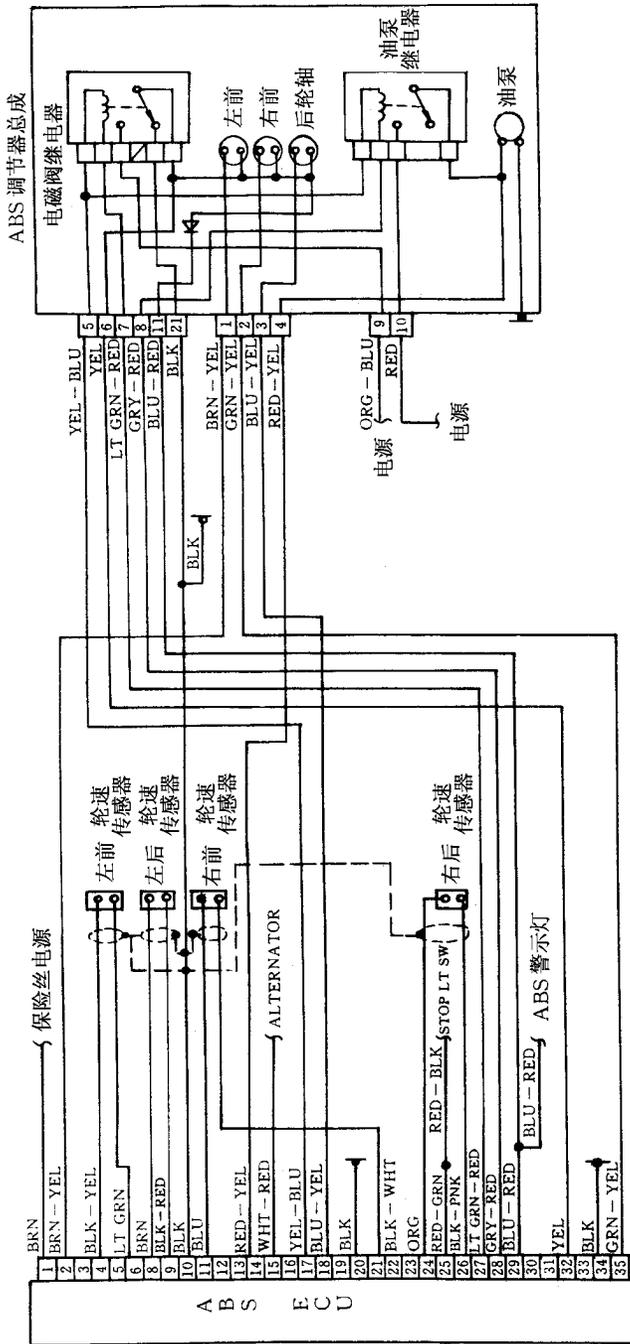


图1-85 四传感器三电磁阀控制电路

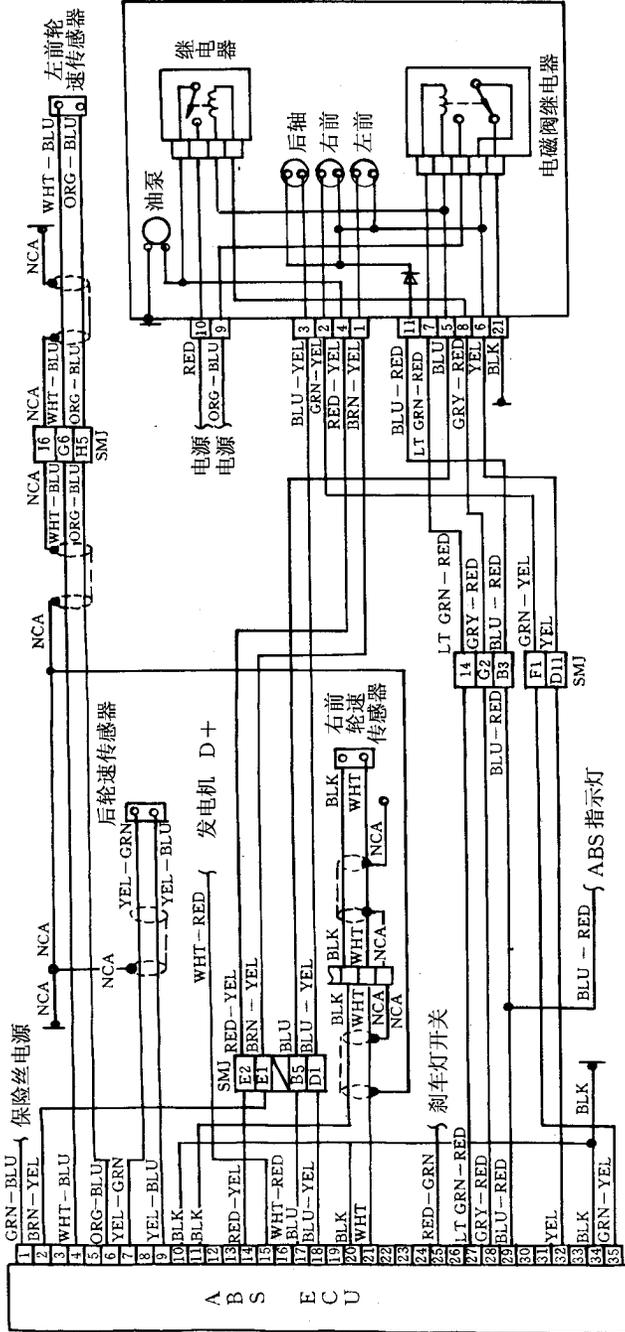


图1-86 三传感器三电磁阀控制电路



表 1-6 日产车系 ABS ECU 连接器端子说明

端子序号	连接线路	检测数据
1	保护继电器 87 输出电源线	点火开关打开及发动机运转时 12 V ;点火开关关闭时 0 V
2	左前轮电磁阀线圈控制端	点火开关接通 ,发动机未运转时为 0 V ;发动机运转时为 12 V ;ABS 工作时 ,为 0 V、12 V 脉冲信号当轮速为 60 r/min 时 ,输出 0.1 V 以上正弦交流信号 ; 电阻值为 800 ~ 1 200 Ω
19	左后轮电磁阀线圈控制端	
18	后轮(右后轮)电磁阀线圈控制端	
35	右前轮电磁阀线圈控制端	
4、6	左前轮速传感器	
7、9、8、9	左后轮速传感器	
11、21	右前轮速传感器	
24、26	右后轮速传感器	
10、20、34	ECU 搭铁线与车身连接	
14	油泵电机输入端	用于监控油泵工作状态 ;油泵不工作时为 0 V ;油泵工作时为 12 ~ 14 V
15	与充电指示灯共同与发电机 D <sub>+</sub> 连接	发动机未发动时为 0 V ,发动机工作时为 12 V ,用于向 ECU 提供发动机工作状态监控控制信号
25	与刹车开关输出端相连接	向 ECU 提供制动系工作状态信号 ;不制动时为 0 V ,制动时为 12 V
27	电磁阀继电器线圈控制端	发动机不发动时为 12 V ;发动机发动时为 0 V
28	油泵继电器线圈控制端	ABS 不工作时为 12 V ;ABS 工作时为 0 V
29	ABS 警示灯控制线	灯亮时为 0 V ;灯灭时为 12 V 系统正常时 :点火开关打开 ,发动机不运转时为 0 V ,发动机运转时为 12 V 系统有故障时为 0 V
32	油压电磁阀线圈输入端	监控油压电磁阀工作状态 :点火开关打开 ,发动机未发动时为 0 V ,发动机运转时为 12 V

#### 四、马自达车系

马自达 MX - 6、626 车型 ABS 采用四传感器四通道/四轮独立控制方式 ,其控制电路如图 1 - 87 所示。

油泵受主继电器触点控制 ,主继电器线圈一端由点火开关供电 ,另一端受 ECU 的 2J 端子控制其搭铁。只有当 2F 端子收到发电机 D<sub>+</sub> 的 12 V 电压信号 ,ECU 才使 2J 端子搭铁 ,接通主继电器线圈搭铁回路 ,主继电器常开触点闭合 ,向油泵供电 ,同时向电磁阀继电器线圈供电。只有当 1M 端子收到刹车开关送来的 12 V 电压信号时 ,ECU 才使 2H 搭铁 ,电磁阀线圈经 2H

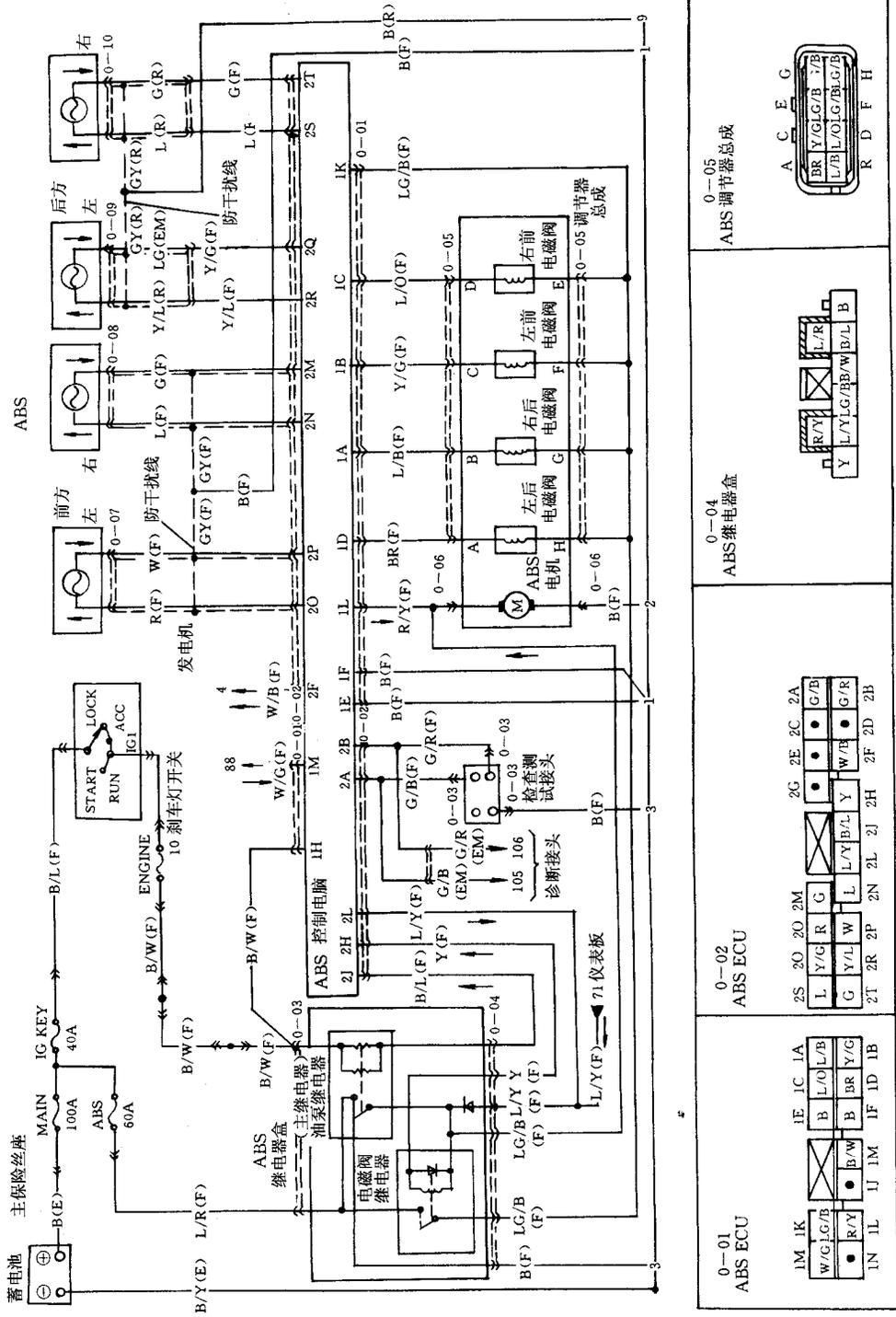


图1-87 马自达MX-6、626 ABS 控制电路



端子由 ECU 搭铁,电磁阀继电器触点闭合,向四个电磁阀供电。四个电磁阀分别通过 1A、1B、1C、1D 端子由 ECU 控制其搭铁来控制电磁阀的工作状态(图 1-88)。

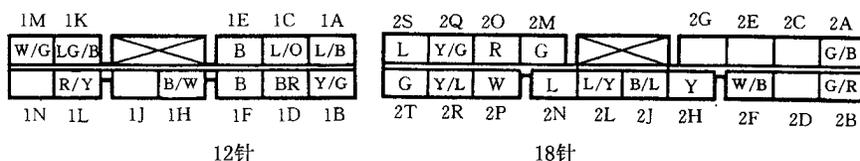


图 1-88 ABS ECU 连接器端子图

打开点火开关但发动机未发动时,2F 端子收不到发电机  $D_+$  的 12 V 电压信号,主继电器线圈不能通过 2J 端子搭铁而无电流通过,常闭触点闭合,ABS 警示灯通过二极管、常闭触点搭铁而点亮。同样当 ECU 检测到系统故障信息时,同样也切断 2J 端子的搭铁,使主继电器常开触点打开,常闭触点闭合而搭铁,将 ABS 警示灯点亮,同时切断油泵和电磁阀的电流电路,系统停止工作。

四个轮速传感器分别通过 2M—2N、2O—2P、2R—2Q、2S—2T 端子向 ECU 输入轮速信号。ECU 连接器端子内容如表 1-7。

表 1-7 马自达 626ABS ECU 连接器端子说明

端子代号	连接线路	检测数据
1A	右后轮电磁阀线圈	点火开关接通,发动机运转时为 12 V;ABS 工作时 0~2 V
1B	左前轮电磁阀线圈	
1C	右前轮电磁阀线圈	
1D	左后轮电磁阀线圈	
1E 1F	ECU 搭铁线,与车身连接	0 V
1H	ECU 电源线,与点火开关连接	点火开关接通时 12 V,点火开关关断时 0 V
1K	电磁阀线圈输入端,检测电磁阀工作状态	ABS 系统有故障时 0 V;ABS 正常工作时 12 V
1L	主继电器常开触点及油泵电源端	油泵运转时 12 V;油泵停转时 0 V
1M	刹车开关输出端	踩刹车时 12 V;不踩刹车时 0 V
2A	诊断座(105)	点火开关接通时 12 V
2B	诊断座(106)	系统工作时 12 V;诊断时 0 V
2F	发电机 $D_+$ 检测发动机工作状态	点火开关接通发动机不运转时 0.8~3 V;发动机运转时 12 V
2H	电磁阀继电器线圈控制端	继电器不工作时 12 V;继电器工作时 0~2 V
2J	主继电器线圈控制端	继电器工作时 0~2 V;系统有故障时 12 V
2L	ABS 警示灯控制端	系统正常时 12 V;系统故障时 0~2 V

续表

端子代号	连接线路	检测数据
2M、2N	右前轮速传感器	车轮转速为 60 r/min 时 0.25 ~ 3 V 交流电压信号
2Q、2P	左前轮速传感器	
2Q、2R	左后轮速传感器	
2S、2T	右后轮速传感器	

### 五、奔驰车系

奔驰 W129 ABS 为三传感器三通道/前轮独立控制 - 后轮选择控制方式,其控制电路如图 1-89 所示。

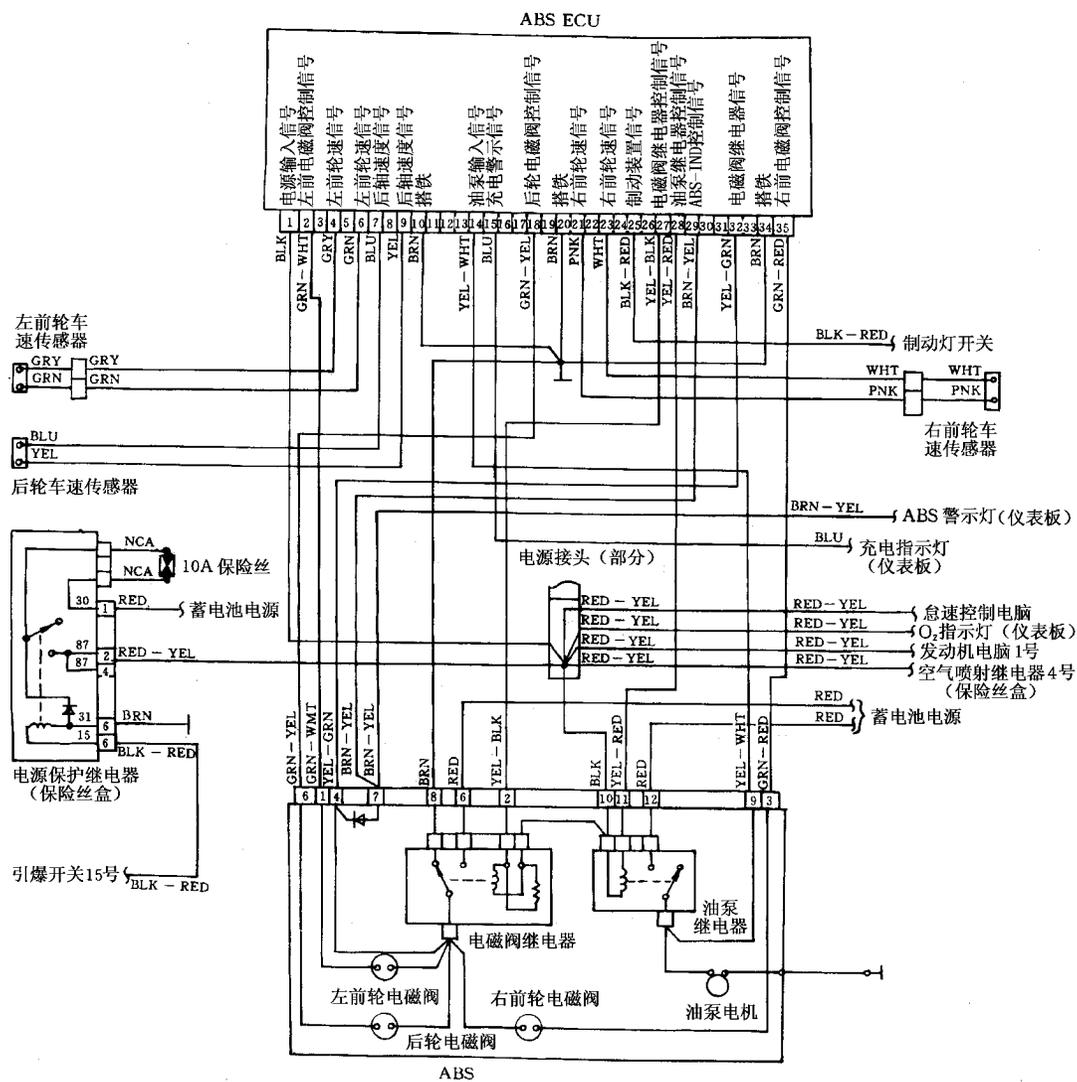


图 1-89 W129 ABS 控制电路



控制系统由电源保护继电器供电。电源保护继电器线圈一端受点火开关控制供电,另一端直接搭铁,线圈搭铁端同时还通过稳压二极管与电源相连。在电源电压正常时,继电器线圈由点火开关供电,另一端直接搭铁有电流流过,触点闭合接通系统的电源电路,向各控制系统的 ECU 供电。当电源电路的电压过高而达到稳压二极管的击穿电压时,稳压二极管击穿,使保护继电器线圈的搭铁端电位升高而无电流通过,将触点打开,切断向 ECU 的供电通路。若过压时间较长,流过稳压管的电流过大将 10 A 保险丝熔断,完全切断电源电路。

ABS ECU 通过电源保护继电器由 1 端子供电。

三个油压调节电磁阀线圈由电磁阀继电器常开触点供电,由 ECU 通过 2、35、18 端子控制其搭铁而动作。电磁阀继电器线圈由电源保护继电器触点供电,由 ECU 通过 27 端子控制其搭铁而动作。当点火开关接通,发动机未发动、发电机不发电时,ECU 的 15 端子未收到发电机  $D_+$  的 12 V 电压信号时,27 端子不搭铁,电磁阀继电器线圈无电流通过,其常闭触点闭合而搭铁。此时 ABS 警示灯经二极管,电磁阀继电器常闭触点搭铁而被点亮,而电磁阀线圈电源端也搭铁不能工作。当发动机运转发电机发电时,发电机  $D_+$  向 15 端子输入 12 V 电压,ECU 收到此信号后才将 27 端子搭铁。从而电磁阀继电器线圈的搭铁回路接通,有电流流过,继电器常闭触点打开,常开触点闭合,向三个电磁阀线圈供电,并由 2、18、35 端子分别控制其搭铁回路而动作。电磁阀继电器常开触点闭合同时又使 ABS 警示灯搭铁回路切断而熄灭。若系统工作时,ECU 检测到故障信息,ECU 将 29 端子搭铁,ABS 警示灯又将被点亮,向驾驶员提示系统有故障。

油泵电机受油泵继电器控制运转。油泵继电器线圈与电磁阀继电器线圈一样由电源保护继电器供电,由 ECU 的 28 端子控制其搭铁。只有在 ECU 同时收到 15 端子输入的发动机运转信号( $D_+$  12 V 电压)及 26 端子由刹车开关踩刹车时送来的 12 V 电压信号时,28 端子才搭铁,油泵继电器线圈搭铁回路接通而有电流流过,继电器触点闭合,向油泵电机供电油泵运转。14 端子向 ECU 输入油泵电机工作状态的监控信号。

ECU 连接器端子说明如表 1 - 8。

表 1 - 8 ECU 连接器端子说明

端子序号	连接线路	检测参数
1	电源保护继电器输出触点(87),向 ECU 供电线路	点火开关接通时为 12 V;点火开关断开时为 0 V
2	左前电磁阀线圈控制线	点火开关接通,发动机不发动时 0 V;发动机发动后 12 V,ABS 系统工作时为脉冲信号
18	后轮电磁阀线圈控制线	
35	右前电磁阀线圈控制线	
4~6	左前轮速传感器	车轮转速在 60 r/min 时应输出 0.3 V 以上正弦交流电压信号; 线圈阻值 850~1 600 $\Omega$
7~9	后轴轮速传感器	
21~23	右前轮速传感器	
10、20、34	ECU 搭铁线,与车身连接搭铁	0 V

端子序号	连接线路	检测参数
14	油泵电机电源输入端,ECU 监测油泵工作状态的信号	油泵电机运转时 12 V 油泵电机停转时 0 V
15	充电指示灯、发电机 D <sub>+</sub>	向 ECU 提供发动机工作状态的信号: 发动机运转、发电机发电时为 14 V; 发动机运转时为 0~0.7 V
25	刹车开关输出端	向 ECU 提供车辆制动系统工作状态信号: 踩刹车时为 12 V; 不踩刹车时为 0 V
27	调节器电磁阀继电器线圈控制搭铁端	点火开关接通, 发动机未发动时为 12 V; 发动机运转时为 0 V
28	油泵继电器线圈控制搭铁端	当 ECU 同时收到发动机运转信号和刹车开关接通信号时为 0 V, 平时为 12~14 V
29	ABS 警示灯控制端	点火开关接通, 系统正常发动机不运转时为 0 V; 发动机运转时为 12 V, 当 ECU 检测到系统有故障时为 0 V
32	调节器电磁阀线圈电源端	监控电磁阀工作状态: 点火开关接通, 发动机未运转时为 0 V, 发动机运转时为 14 V

## 第十二节 ABS/ASR 系统的故障诊断

现代汽车电子控制防抱死制动系统都具有故障自诊断功能,当 ABS 的 ECU 检测到系统故障信息时,立即将仪表盘上的 ABS 警示灯点亮,告知驾驶员 ABS 系统出现故障,同时将故障信息以故障码的形式储存到存储器中。诊断 ABS 系统故障时,按照设定的程序和方法可读取故障码和清除故障码。下面介绍主要车系 ABS 故障码诊断方法。

### 一、丰田车系 ABS 故障码的调取与清除

#### (一) 系统故障码的调取与清除

##### 1. 故障码的调取方法

(1) 将维修连接器接头分开或将 W<sub>A</sub> 与 W<sub>B</sub> 之间的短接插销拔出,如图 1-90 所示。

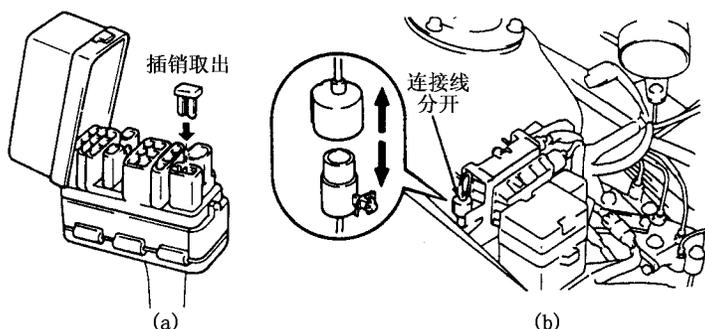


图 1-90 维修连接器接头和 W<sub>A</sub>、W<sub>B</sub> 接头



(2) 接通点火开关。

(3) 将发动机室内的故障诊断座或驾驶室內的 TDCL 连接器的  $T_C$  与  $E_1$  端子用跨线连接, 如图 1-91 所示。

仪表盘上的 ABS 警示灯即可闪烁出故障码。故障码代号及故障内容如表 1-9 所示。

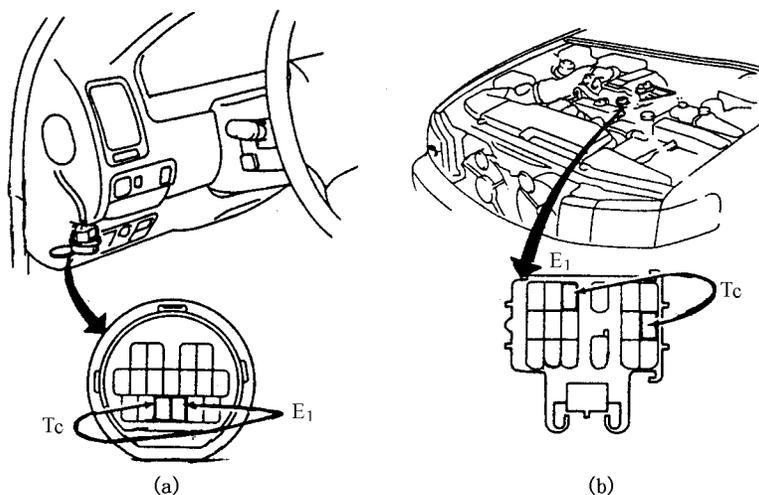


图 1-91 跨接  $T_C$  与  $E_1$  端子

表 1-9 ABS 故障码内容说明

故障码	故障内容	故障原因及检查部位
11	调节器电磁阀继电器线圈断路	①电磁阀继电器线圈断路; ②电磁阀继电器与 ECU 连线断路
12	调节器电磁阀继电器线圈短路	①电磁阀继电器线圈短路; ②电磁阀继电器与 ECU 连线短路
13	油泵继电器线圈断路	①油泵继电器线圈断路; ②油泵继电器与 ECU 连线断路
14	油泵继电器线圈短路	①油泵继电器线圈短路; ②油泵继电器与 ECU 连线短路
21	右前轮油压调节电磁阀电路故障	①电磁阀线圈断路或短路; ②电磁阀与 ECU 连线断路或短路
22	左前轮油压调节电磁阀电路故障	
23	右后轮油压调节电磁阀电路故障	
24	左后轮油压调节电磁阀电路故障	
31	右前轮速传感器信号故障	①轮速传感器故障; ②轮速传感器与 ECU 连线断路或短路
32	左前轮速传感器信号故障	
33	右后轮速传感器信号故障	
34	左后轮速传感器信号故障	

续表

故障码	故障内容	故障原因及检查部位
35	左前或右后轮速传感器电路断路(X布置)	①轮速传感器故障； ②轮速传感器与 ECU 连线断路
36	右前或左后轮速传感器电路断路(X布置)	
37	后轮速传感器信号故障	①传感器故障； ②传感器与 ECU 连接线路断路或短路
41	电源电压不稳	①发电机故障； ②电压调节器故障； ③电源线路故障
45	油泵卡死或搭铁线断路	①油泵转子卡死； ②油泵电机搭铁线断路； ③油泵内部断路

## 2. 清除故障码的方法

ABS 系统的故障排除后,应将 ECU 所存储的故障码清除。清除故障码的方法是在满足下列条件的情况下,在 3 s 内连续踩制动踏板 8 次,即可消除故障码。

- (1) 汽车停稳；
- (2) 诊断座  $T_C$  与  $E_1$  端子跨接；
- (3) 维修连接器接头分开或  $W_A$ 、 $W_B$  短接插销拔出；
- (4) 点火开关接通。

故障码消除后,再将  $T_C$  与  $E_1$  跨线拆去,将维修连接器接头插好或将  $W_A$ 、 $W_B$  短接插销插好。

### (二) 轮速传感器信号故障码的调取与清除

#### 1. 轮速传感器信号故障码的调取方法

- (1) 将维修连接器接头分开或将  $W_A$ 、 $W_B$  的短接插销拔出,如图 1-90 所示。
- (2) 将诊断座或 TDCL 连接器的  $T_S$  与  $E_1$  端子跨接；
- (3) 启动发动机怠速运转,此时仪表盘上的 ABS 警示灯会闪烁；
- (4) 将汽车驾驶上路,使车速达到 90 km/h 以上并保持数秒钟后将车停下；
- (5) 再将诊断座或 TDCL 连接器上的  $T_C$ 、 $E_1$  跨接。

此时仪表盘上的 ABS 警示灯将会闪烁。如果系统正常,警示灯将会以每秒两次的频率闪烁,如有故障则会闪烁出故障码。

轮速传感器故障码内容如表 1-10 所示。

#### 2. 故障码清除方法

轮速传感器故障码清除方法同前 ABS 系统故障码的清除方法,不再重述。



表 1-10 轮速传感器故障码内容说明

故障码	故障内容	故障原因及部位
71	右前轮速传感器信号电压过低	①永磁体磁场过弱； ②传感头安装位置不对； ③传感头与齿圈间隙过大
72	左前轮速传感器信号电压过低	
73	右后轮速传感器信号电压过低	
74	左后轮速传感器信号电压过低	
75	右前轮速传感器信号不稳	①传感头松动； ②传感器插头松动； ③传感器与 ECU 连线接触不良
76	左前轮速传感器信号不稳	
77	右后轮速传感器信号不稳	
78	左后轮速传感器信号不稳	

## 二、本田车系 ABS 故障码的调取与清除

本田车系 ABS 系统出现故障,仪表盘上的 ABS 警示灯也会点亮。故障码的调取与清除方法如下:

### 1. 调取 ABS 故障码的方法

(1) 与调取发动机控制系统故障码方法相同,将两头诊断座跨接(诊断座线色为棕-绿/白或橘红-绿/白)。

(2) 从仪表盘上 ABS 警示灯闪烁读出故障码。故障码波形如图 1-92 所示。

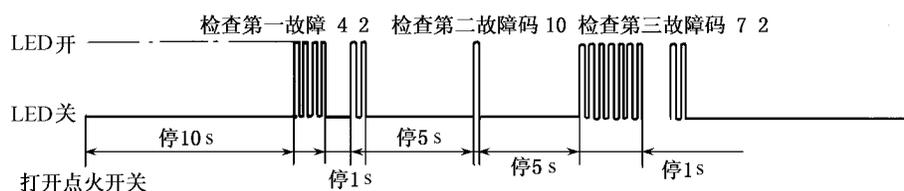


图 1-92 故障码波形

几点说明:

(1) 当轮速传感器与电磁阀同时出现故障时(主代码分别为 4 或 7),ECU 仅给出子代码中较高者,如同时出现 44 和 72 故障码的 ECU 只给出 44 故障码。

(2) ECU 最多可给出三种故障码。

(3) 如果将闪烁频率计错,可关闭点火开关然后再次打开点火开关,ABS 警示灯将再次闪烁故障码。

故障码内容如表 1-11 所示。

表 1-11 故障码内容说明

故障码	故障内容	故障原因、检测部位
10	油泵转动不停	①压力开关故障 ;②油泵继电器故障
12	油泵控制电路故障	①ECU 保险丝 ;②油泵保险丝 ;③油泵继电器
13	高压管系漏油	电磁阀故障
14	压力开关故障	①压力开关 ;②连接
18	储能器故障	储能器
21	驻车制动开关(手刹开关)电路故障	①手刹开关故障 ;②刹车灯故障
31、32、33	轮速传感器信号不良	①传感头与齿圈间隙过大 ; ②传感头永磁体磁场过弱
41、42、44、48	轮速传感器线路故障	①传感头故障 ; ②传感器至 ECU 连线故障
50、54、58	调节器电磁阀线路故障	①电磁阀线圈故障 ;②ECU 至电磁阀线路故障
60	前或后失效 - 保护继电器故障	①前后失效 - 保护继电器故障 ;②继电器至电磁阀线路故障 ;③继电器至 ECU、电源线路故障
61	前失效 - 保护继电器故障	
64	后失效 - 保护继电器故障	
71	ABS - BI 保险丝断路	BI 保险丝
72	前失效 - 保护继电器故障	①失效保护继电器 ;②继电器线路
74	后失效 - 保护继电器故障	

## 2. 故障码清除方法

故障排除后 ,只需将 ABS - B2 保险丝拆下 3 s 以上 ,故障码即可清除。

## 三、日产车系 ABS 故障码的调取与清除

日产车系 ABS 故障码的显示有两种方式 :

(1) 由 ABS ECU 上的警示灯闪烁显示故障码 行驶中 ABS ECU 检测到故障信息时 ,即将仪表盘上的 ANIT - LOCK 黄灯点亮 ,向驾驶员发出 ABS 系统出现故障的警告。此时不可将点火开关关闭 ,而将后厢门打开 ,找到 ABS ECU。ECU 上有一显示灯 ,此时会自行连续闪烁故障码。

(2) 由仪表盘上的 ANIT - LOCK 警示灯直接闪烁故障码 行驶中当 ABS ECU 检测到故障信息时 ,即将故障码存入存储器中 ,并直接控制仪表盘上的 ANIT - LOCK 警示灯闪烁故障码。

ABS 故障码每次只显示一组 ,将该故障排除后 ,若还有其他故障则会继续闪烁下一组故障码 ,直到所有故障排除 ,系统正常工作时 ,ANIT - LOCK 警示灯不再点亮。

日产车系 ABS 有四轮速传感器四通道、四轮速传感器三通道和三轮速传感器三通道几种控制方式。下面分别将四传感器系统和三传感器系统故障码内容说明如下 :

① 四轮速传感器系统故障码内容说明如表 1 - 12。

② 三轮速传感器系统故障码内容说明如表 1 - 13。



表 1-12 四轮速传感器系统故障码内容

故障码	故障内容	故障原因、检测部位
1	调节器左前轮电磁阀电路故障	①电磁阀线圈故障； ②ECU与电磁阀连线故障； ③检查 ECU“2”、“35”、“18”、“19”端子电压：点火开关接通，发动机不发动为 0 V，发动后为 12 V
2	调节器右前轮电磁阀电路故障	
3	调节器右后轮电磁阀电路故障	
4	调节器左后轮电磁阀电路故障	
5	左前轮速传感器电路故障	①轮速传感器故障； ②传感器至 ECU 连线故障； ③检查 ECU“4—5”、“11—12”、“24—26”、“7—9”端子的电阻及电压信号
6	右前轮速传感器电路故障	
7	右后轮速传感器电路故障	
8	左后轮速传感器电路故障	
9	油泵控制电路故障	①油泵故障； ②油泵继电器故障； ③油泵继电器至 ECU 连线故障； ④检查“14”端子电压
10	电磁阀继电器控制电路故障	①继电器故障； ②电磁阀继电器至 ECU 连线故障； ③检查 ECU“27”、“32”端子电压
16 以上	ABS ECU 故障	
仪表盘上 ANIT - LOCK 灯亮不闪		①ECU 电源输入电路故障，检查“1”、“15”端子电压：在点火开关接通时应为 12 V； ②ECU 搭铁不良，检查“10”、“20”、“34”端子是否搭铁

表 1-13 三轮速传感器系统故障码内容

故障码	故障内容	故障原因、检测部位
1	调节器左前轮电磁阀电路故障	①电磁阀线圈故障； ②ECU与电磁阀连线故障； ③检查“2”、“35”、“18”端子工作电压
2	调节器右前轮电磁阀电路故障	
3、4	调节器后轮电磁阀电路故障	
5	左前轮速传感器电路故障	①轮速传感器故障； ②传感器至 ECU 连线故障； ③检查“4—6”、“11—12”、“7—9”端子电压及电阻值
6	右前轮速传感器电路故障	
7、8	后轮速传感器电路故障	
9	油泵控制电路故障	①油泵故障； ②油泵继电器故障； ③继电器至 ECU 连线故障； ④检查“14”端子电压

续表

故障码	故障内容	故障原因、检测部位
10	电磁阀继电器控制电路故障	①继电器故障； ②继电器至 ECU 连线故障； ③检查 ECU“27”、“32”端子电压
16 以上	ABS ECU 故障	
ANIT- LOCK 灯亮不闪	ABS ECU 电源电路故障	①ECU 电源输入电路故障 :检查“1”、“15”端子电压 点火开关接通时为 12V； ②ECU 搭铁不良 :检查“10”、“20”、“34”端子是否搭铁

#### 四、马自达车系 ABS 故障码的调取与清除

马自达车系 ABS 系统如果具有自诊断功能,则在故障诊断座中设置 TBS 与 FBS 端子,故障码的调取方法如下:

(1) 按图 1-93 所示在诊断座的 FBS 与 +B 端子间跨接检测显示灯;

(2) 将 TBS 端子搭铁;

(3) 接通点火开关,检测显示灯开始闪烁故障码。

故障码内容说明如表 1-14。

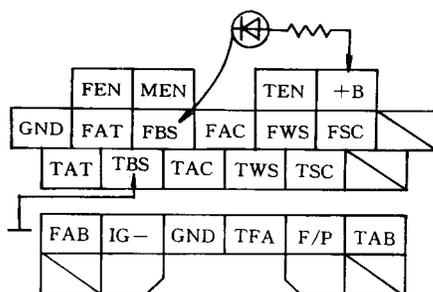


图 1-93 跨接检测显示灯

表 1-14 故障码内容

故障码	故障内容	故障原因、检测部位
11	右前轮速传感器故障	①轮速传感器故障； ②传感器至 ECU 连线故障； ③传感器安装位置不正确或松动； ④检查 2N—2M、2O—2P、2Q—2R、2S—2T 端子间的信号电压。
12	左前轮速传感器故障	
13	右后轮速传感器故障	
14	左后轮速传感器故障	
15	车速传感器故障	
22	调节器总成控制电路故障	①调节器总成内部故障； ②调节器至 ECU 连线故障
51	电磁阀继电器电路故障	①电磁阀继电器故障； ②继电器至 ECU 连线故障
53	油泵继电器电路故障	①油泵继电器故障； ②继电器至 ECU 连线故障
61	ABS ECU 故障	更换 ECU



## 五、奔驰车系 ABS 的故障诊断

奔驰车系有的车型 ABS 不具备故障自诊断功能,有的车型 ABS 具备故障自诊断功能。

### 1. 不具备自诊断功能的 ABS 系统

故障主要根据 ABS 警示灯的点亮情况及制动踏板动作反应等现象判断有关故障。故障现象及故障原因分析如表 1-15 所示。

表 1-15 故障现象及故障原因

序号	故障现象	故障原因	检测部位
1	ABS 警示灯与充电指示灯同时点亮	ECU 未收到发动机运转信号	①发电机发电与否, $D_+$ 在发动机运转时应有 14 V 电压; ② $D_+$ 与 ECU 连线故障
2	行驶中 ABS 警示灯偶尔亮,然后熄灭	①电源电压过低(低于 11 V); ②搭铁不良; ③电路负荷过大	①过压保护继电器输出端子电压应在 12~14 V; ②搭铁线; ③发电机输出电压在发动机运转时应为 14 V
3	行驶中 ABS 警示灯一直点亮	①发电机故障; ②转速传感器信号故障; ③警示灯线路短路; ④ABS ECU 主电源线接触不良; ⑤ABS ECU 主搭铁线接触不良; ⑥过压保护继电器故障; ⑦ECU 保险丝断路	①发电机输出电压; ②轮速传感器电阻及输出电压信号; ③轮速传感器至 ECU 连线; ④检查警示灯泡线路; ⑤检查 ECU 主电源线及主搭铁线; ⑥过压保护继电器; ⑦保险丝
4	车速行驶在约 56 km/h 时 ABS 警示灯点亮	①轮速传感器信号不正常; ②干扰过大	①轮速传感器故障; ②轮速传感器安装不当或松动、油污; ③轮速传感器至 ECU 线路接触不良
5	ABS 警示灯一直不亮	①警示灯泡或线路断路; ②ABS 调节器中的二极管断路; ③警示灯至 ECU 连线断路	①检查警示灯泡及线路; ②检查调节器中的二极管; ③检查警示灯至 ECU 的“29”端子连线是否断路
6	关闭点火开关后液压油泵仍继续运转	①油泵继电器触点熔接短路; ②油泵电源线短路	①油泵继电器触点; ②油泵电源线
7	制动时刹车踏板有振动感	①轮速传感器信号电压过低; ②轮速传感器信号间歇	①轮速传感器电阻; ②轮速传感器至 ECU 连接线路; ③轮速传感器信号电压及波形

## 2. 奔驰 W140—ABS 故障诊断方法

奔驰 W140—ABS 具有故障自诊断功能,可按下述方法调取故障码:

(1) 按图 1-94 所示用测试灯将 38 孔诊断座中的 6 与 2 端子跨接;

(2) 接通点火开关,等待 10 s;

(3) 将 6 端子跨线搭铁 4 s 以上取开;

(4) 测试灯即闪烁出一组故障码;

(5) 第一组故障码闪完后等待 4 s 以上,再将“6”端子跨线搭铁 8 s 后再取开;

(6) 再将 6 端子跨线搭铁 4 s 后取开,将开始闪烁第二组故障码;

(7) 重复(3)~(6)步骤,直到测试灯闪烁出与第一组故障码相同的故障码(即表示所有故障全部调出)为止。

关闭点火开关 30 s 以上即可清除故障码。

故障码内容说明如表 1-16 所示。

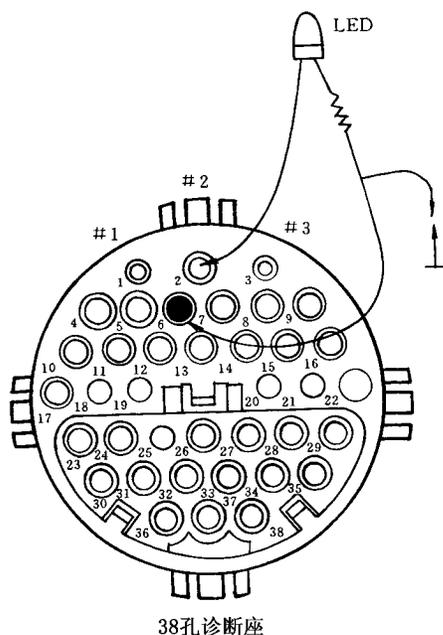


图 1-94 跨接测试灯

表 1-16 故障码内容说明

故障码	故障内容	故障原因,检测部位
1	系统正常	
2	左前轮速传感器故障	①轮速传感器故障:分别检测“2/14—2/34”、“2/13—2/33”、“1/19—1/30及1/6”端子的电压与电阻;
3	右前轮速传感器故障	
4	后轮速传感器故障	②轮速传感器与 ECU 连线故障
6	左前轮电磁阀故障	①电磁阀故障:检测电磁阀线圈电阻;
7	右前轮电磁阀故障	②电磁阀至 ECU 连线故障;分别检查“2/22”、“2/20”、“2/17”端子连线是否断路
8	后轮电磁阀故障	
10	油泵工作监控信号故障	①检测“2/37”端子电压,平时为 0 V,踩刹车则为 12 V; ②油泵与 ECU 连线故障
11、17	电磁阀继电器输出电路故障	检查“2/41”端子电压:发动机发动后,电磁阀继电器输出(2/41)端电压应为 12~14 V;若电压为 0 V,则是继电器触点接触不良,显示故障码 11;若输出电压低于 10 V,则显示故障码 17



续表

故障码	故障内容	故障原因 检测部位
12	压力开关信号故障	检查“2/38”端子电压 ;当液压油泵运转时应为 12 V 电压 ;若为 0 V ,则显示故障码 12 ,压力开关故障
13	刹车开关信号故障	检查“1/27”端子电压 ;踩刹车时“1/27”端子应为 12 V ,不踩刹车时为 0 V ,刹车开关故障
14	横向加速传感器信号故障	①检查横向加速传感器 ; ②检查 ECU“1/2”端子电压 ;车辆静止时应为 2.35 ~ 2.65 V
15	ABS ECU 故障	更换 ECU
16	轮速传感器输出信号电压相差过大	①传感器内部故障 ; ②传感器安装位置不对或松动 ; ③车轮轴承松旷

# 第二章 自动变速器

## 第一节 概 述

### 一、自动变速器的特点

与机械齿轮变速器相比,自动变速器不仅能适应汽车行驶的要求,更重要的是还具有以下优点:

#### 1. 提高发动机和传动系的使用寿命

试验表明采用液力自动变速器的汽车和采用机械齿轮变速器的汽车,前者发动机使用寿命可提高85%,变速器寿命提高1~2倍,传动系统寿命可提高75%~140%。其根本原因是因为液力自动变速器是通过液力变矩器将发动机与传动系统“柔性”连接,能起到缓冲和过载保护的作用。在外界负荷突然增大时,可防止发动机过载、熄火;在起步、换挡或制动时,能吸收冲击振动力,减小发动机和传动系统的冲击和动载。

#### 2. 操作简便且省力

采用自动变速器可取消离合器和变速杆,使驾驶操作大大简化。由于自动变速器设置有一个自动换挡挡区选择手柄。当选定某一挡区位置后,(如“D”挡),在行驶中,不需任何换挡操作,驾驶员只需控制好油门踏板就可以操纵汽车起步、行驶并控制行驶车速,必要时可用制动踏板予以配合。当道路行驶条件变化较大时,只需改变一下选挡手柄位置就可能适应新的道路条件行驶,操作也很简单,因此大大降低了对驾驶人员的操作水平要求。

#### 3. 提高了行车安全性,降低了劳动强度

由于简化了驾驶操作,以便驾驶员可以更集中注意力观察和处理路况,掌握好行驶方向和车速,大大提高行车安全,同时降低了驾驶人员的劳动强度。

#### 4. 提高了乘坐的舒适性

由于自动变速器能把发动机的转速控制在一定的范围内,避免急剧变化,有利于降低发动机的振动和噪音。同时自动变速器能实现自动平顺的换挡,减少换挡次数,因此可提高汽车行驶的平稳性,提高了乘坐的舒适性。

#### 5. 改善了汽车的动力性

自动变速器由于液力变矩器的性能以及它能实现连续自动换挡,从而使汽车起步加速性大大提高。同时由于自动换挡过程中功率传递不中断,而且没有手动换挡过程中减小油门的操作,再加上自动变速器能控制最佳的换挡时机,以保证发动机功率得以充分利用,故自动变速器能使汽车加速性好,平均行驶速度提高。试验表明,装用自动变速器的汽车起步加速至20 km/h车速所需时间,比手动变速器汽车少20%,而加速到40 km/h车速的所需时间要少10%。



## 6. 可减少汽车排放污染

由于手动变速器在换挡过程中要频繁变换发动机油门的开度,发动机转速和负荷变化较大,会导致排放污染严重。而自动变速器在行驶换挡过程中能把发动机转速限制在较小的范围内工作,不需频繁变换油门开度大小,从而使发动机的排放污染大大减少。

自动变速器具有上述许多优点,但也有一定的缺点,主要是:结构复杂,液压控制机构的制造精度较高,成本高。液力传动的传动效率低,一般液力传动的传动效率最高只达 86% ~ 90%,故自动变速器的传动效率比手动机械齿轮变速器的要低 8% ~ 12%。但采用电控液力自动变速器能使自动变速器与发动机最佳匹配,并能控制变速器的锁止,仍然可得到很高的传动效率和低的油耗。

由于结构复杂,尤其是电控液力自动变速器又引入了复杂的电控系统,因此在使用维修故障诊断等方面,对汽车维修人员提出了更高的要求。

## 二、自动变速器的分类

要实现汽车行驶中的自动换挡过程,自动变速器至少应当由以下三部分组成:

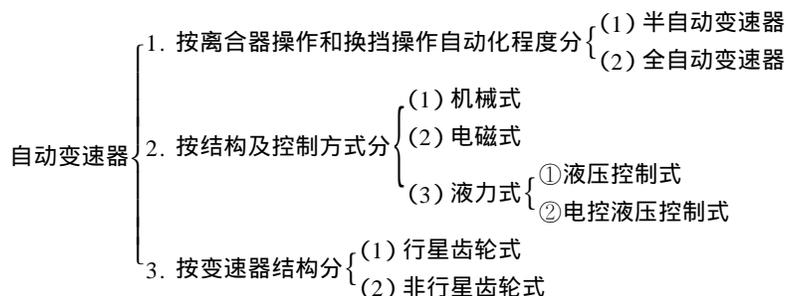
一是汽车在起步和换挡时切断或接合发动机与传动系统动力传递的离合器;二是根据汽车行驶的各种条件和阻力变化改变速比的齿轮变速机构;三是实现自动换挡操作的控制系统。

按汽车驾驶中离合器操作和换挡操作实现自动化的程度,自动变速器可分为半自动变速器和全自动变速器。若汽车驾驶中离合器操作和换挡操作均实现自动化,则称为全自动变速器。若其中之一实现自动化则称为半自动变速器。

按自动变速器的结构及控制方式不同,自动变速器有机械式、电磁式和液力式。目前汽车自动变速器主要是液力式自动变速器。

按变速机构的结构不同,自动变速器可分为两类:一是行星齿轮式自动变速器,这是目前应用最为广泛的自动变速器;另一种是非行星齿轮式自动变速器。

自动变速器的分类如下:



### 1. 液力变矩器

液力变矩器多为三元件综合式,其功用是:

(1) 在一定范围内自动、连续地改变转矩比,以适应不同行驶阻力的要求。

(2) 具有自动离合器的功用。在发动机不熄火、自动变速器位于行驶挡的情况下,汽车可以处于停车状态。驾驶员可通过控制节气门开度控制液力变矩器的输出转矩,逐步加大输出转矩,实现动力的柔和传递。

## 2. 行星齿轮变速机构

行星齿轮变速机构由 2~3 排行星齿轮组成,不同的运动状态组合可得到 2~5 种速比,其功用主要有:

- (1) 在变矩器的基础上再将扭矩增大 2~4 倍,以提高汽车的行驶适应能力。
- (2) 实现倒挡传动。

## 3. 液压控制系统

液压控制系统是由各种油压控制阀、电磁及与之相联通的液压执行元件,如离合器、制动器油缸等组成液压控制回路。汽车行驶中根据驾驶员的要求和行驶条件的需要,控制液压离合器和制动器的工作状况的改变来实现行星齿轮系统自动换挡。

## 4. 电子控制系统

电子控制系统是将自动变速器的各种控制信号输入电子控制单元 ECU,经 ECU 处理后发出控制指令控制液压系统中的各种电磁阀实现自动换挡,并改善使用性能。

## 5. 冷却滤油装置

液压油在自动变速器工作过程中会因冲击、摩擦产生热量,并还要吸收齿轮传动过程中所产生的热量,油温将会升高。油温升高将导致液压油黏度下降,传动效率降低,因此必须对液压油进行冷却,保持油温在 80~90 左右。液压油是通过油冷却器与冷却水或空气进行热量交换的。

自动变速器工作中各部件磨损产生的机械杂质,由滤油器从油中过滤分离出去,以减小机械的磨损和堵、卡液压油路。

目前汽车上普遍采用的自动变速器主要是液压式和电控液压式行星齿轮全自动变速器。本章主要介绍该类型自动变速器的结构、原理及使用维修等方面的内容。

## 三、自动变速器的组成及基本工作原理

液力自动变速器主要由液力变矩器、行星齿轮变速机构、液压控制系统、冷却滤油装置等组成。电控液力自动变速器除上述四部分外还有电子控制系统。

图 2-1 是液力自动变速器的组成及控制过程示意图。

液力自动变速器是通过机械传动方式,将汽车行驶时的车速和节气门开度这两个主控制参数转变为液压控制信号;液压控制系统的阀板总成中的各控制阀根据这些液压控制信号的变化,按照设定的换挡规律,操纵换挡执行机的动作实现自动换挡。

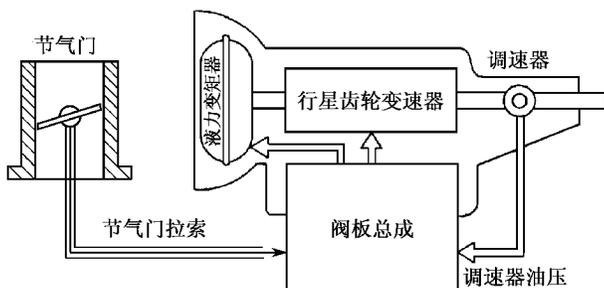


图 2-1 液力自动变速器的组成及控制过程示意图

电控液力自动变速器的组成如图 2-2 所示。

电控自动变速器是通过各种传感器,将发动机的转速、节气门开度、车速、发动机水温、自动变速器液压油温等参数信号输入电控单元 ECU,ECU 根据这些信号,按照设定的换挡规律,



向换挡电磁阀、油压电磁阀等发出动作控制信号,换挡电磁阀和油压电磁阀再将 ECU 的动作控制信号转变为液压控制信号,阀板中的各控制阀根据这些液压控制信号,控制换挡执行机构的动作,从而实现自动换挡过程。

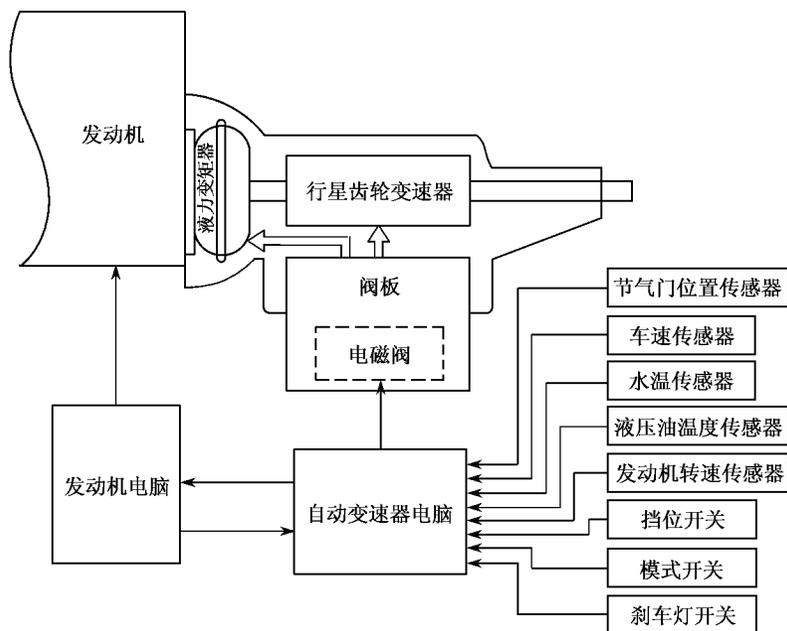


图 2-2 电控液力自动变速器的组成

## 第二节 液力偶合器与液力变矩器

### 一、液力偶合器

#### 1. 液力偶合器的结构

液力偶合器的结构如图 2-3、图 2-4 和图 2-5 所示。它由两个直径相同的盆状的泵轮 2 和涡轮 4 组成,如图 2-3 所示,统称为工作轮。泵轮 2 为主动部分,与偶合器外壳(泵轮壳)3 刚性连接,并通过输入轴 1 与发动机曲轴连接,由发动机曲轴带动旋转。涡轮 4 为从动部分,与输出轴 5 连接。输入轴 1 又称泵轮轴、输出轴又称涡轮轴。在泵轮和涡轮里面有许多半圆形的径向叶片,在各叶片之间充满液压油。两轮装合后的相对端面之间约有 3~4 mm 的间隙,两轮间没有机械连接。两轮的内腔共同构成圆形或椭圆形的环状空腔,此环状空腔称为循环圆或工作腔,其剖面如图 2-3 所示,循环圆的最大直径叫做液力偶合器的有效直径。为避免液压油脉动对工作轮作周期性地冲击而引起振动,使偶合器工作更为平稳,通常将泵轮和涡轮的叶片数制成不相等。

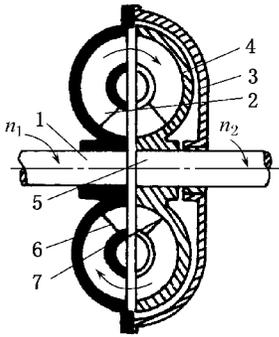


图 2-3 液力偶合器结构示意图

1—输入轴 2—泵轮 3—泵轮壳 4—涡轮 5—轴输出轴 6、7—叶片

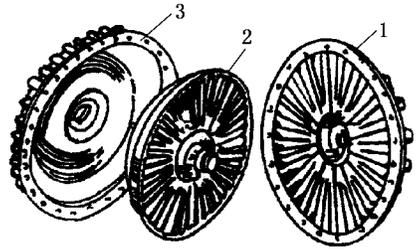


图 2-4 液力偶合器零件图

1—泵轮 2—涡轮 3—泵轮输入盘

## 2. 液力偶合器的工作原理

当发动机驱动泵轮旋转时,充满在泵轮工作腔内的油液被泵轮叶片带着一起旋转,液体既绕泵轮轴线作圆周运动,同时又在离心力的作用下从叶片的内缘向外流动。此时外缘的压力较高而内缘压力较低,其压力差决定于泵轮的半径和转速。油液从泵轮叶片的外缘流入涡轮工作腔。当涡轮由于汽车尚未行驶通过传动系牵制而暂时处于静止状态时,则涡轮工作腔的外缘与内缘的压力相同,但涡轮外缘的压力低于泵轮外缘压力,而涡轮内缘压力则高于泵轮内缘的压力。由于两个工作轮封闭在一个壳体内,所以这时被离心力甩到泵轮外缘的工作油液就冲向涡轮的外缘,沿着涡轮叶片向内缘流动,并将动能传递给涡轮产生转矩,使涡轮旋转,将工作油液的动能转变为机械能输出。工作油液从涡轮内缘流回泵轮,再次被泵轮甩到外缘,这样在两个工作轮之间形成循环流动的工作液流,不断地将发动机传给泵轮的转矩,传给涡轮输出。工作液流动路线如图 2-6 所示。工作液除了沿循环图作环流外,还要绕泵轮轴线作圆周运动,故液流绝对运动是以上两种运动的合成,运动方向是斜对着涡轮 2(图 2-6(a))冲击涡轮的叶片,然后再顺着涡轮叶片再流回泵轮 1,因此工作油液的流动路线是一个螺旋环,如图 2-6(b)所示。涡轮旋转后,由于涡轮内的离心力对液体流动的阻碍作用,因而使工作液的绝对运动方向也要有所改变,此时螺旋线拉长,如图 2-7 所示。涡轮转速越高,液流的螺旋形路线拉得愈长。当涡轮和泵轮转速相同时,两个工作轮的离心力相等,工作油液沿循环圆的流动便停止,工作液随工作轮绕轴线作圆周运动,如图 2-8 所示,此时液力偶合器将不再起传递动能的作用。因此为使工作油液能传递动能,必须使工作液在泵轮与涡轮之间形成环流运动。为了形成环流运动,两个工作轮之间必须存在转速差,转速差越大,

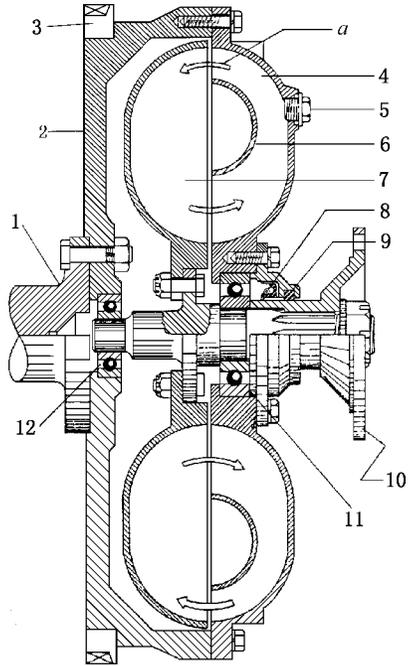


图 2-5 液力偶合器的构造

1—曲轴;2—飞轮;3—飞轮齿圈;4—泵轮;5—加油塞;6—导向芯;7—涡轮;8—唇形密封圈;9—填料密封圈;10—输出凸缘;11—涡轮轴轴承;12—球轴承;a—油液流动方向

为了形成环流运动,两个工作轮之间必须存在转速差,转速差越大,



两个工作轮之间的压力差越大,工作液所传递的动能也越大。工作液传给涡轮的最大扭矩只能等于泵轮从发动机那里所获得的扭矩,而这种情况只是在涡轮中静止状态开始转动的瞬间。

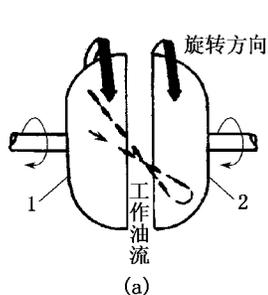


图 2-6 工作液流动路线  
1—泵轮 2—涡轮



图 2-7 涡轮转动时的工作液流动路线



图 2-8 工作轮转速相同时工作液的流动路线

从上述液力耦合器的工作原理可知,工作液在循环流动过程中,没有受到任何其他附加外力作用,故发动机作用于泵轮上的扭矩与涡轮所获得并传递给从动轴的扭矩相等,故液力耦合器只起传递扭矩作用,而不起改变扭矩的作用。

## 二、液力变矩器

由上述可知液力耦合器只起传递扭矩作用而不能改变扭矩,不能满足自动变速器的工作要求,故液力自动变速器都采用液力变矩器。液力变矩器能在一定范围内将主、从动轴间的转速比和扭矩比自动地无级改变。

### (一) 液力变矩器的结构

典型的液力变矩器的结构如图 2-9 所示,液力变矩器通常由三个或三个以上的带有叶片的工作轮构成:泵轮、涡轮和导轮。其中泵轮和涡轮是可旋转的,而导轮固定不动。

泵轮 4(图 2-9)通常位于液力变矩器后端,与变矩器外壳 2 连成一体,并用螺栓固定在发动机曲轴 1 后端的突缘盘上,与发动机曲轴一同旋转。涡轮 3 位于泵轮前方,通过传动轴 7 与变速器输入轴相连。导轮 5 则固定在不动的导轮固定套管 6 上。所有工作轮在变矩器装配好后,共同形成环形内腔,其间装有工作液。上述元件构造如图 2-10 所示。从结构上看液力变

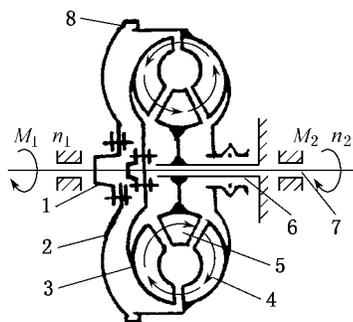


图 2-9 液力变矩器结构示意图

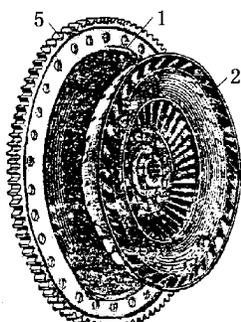


图 2-10 液力变矩器主要零件

1—发动机曲轴 2—变矩器壳体 3—涡轮 4—泵轮;  
5—导轮 6—导轮固定套管 7—从动轴 8—启动齿圈

1—变矩器壳体 2—涡轮 3—泵轮 4—导轮 5—启动齿圈

矩器与液力偶合器的主要区别在于液力变矩器除了泵轮、涡轮外,还增加了一个固定不动的导轮机构。在液体循环流动的过程中,固定不动的导轮给涡轮一个反作用力矩,使涡轮输出的扭矩已不同于由泵轮输入的扭矩。因此在传递扭矩的特性方面,变矩器不仅能传递扭矩,还能在泵轮扭矩不变的情况下,随着涡轮的转速不同(反映在汽车行驶速)而改变涡轮输出的扭矩。而液力偶合器则只能传递扭矩,即其涡轮输出最大扭矩也只能是泵轮输入的扭矩(在涡轮静止尚未转动的瞬间)。图 2-11 为典型的三元变矩器的结构图。

### (二) 液力变矩器的工作原理

如图 2-9 所示,发动机驱动泵轮 4 以转速  $n_1$  旋转,充满于泵轮叶片间的工作油液在离心力的作用下,以很高的速度和压力从泵轮的外缘流出并按图中箭头方向进入涡轮 3,在高速液流冲击力作用下涡轮旋转,进入涡轮的液流速度降低并沿着涡轮叶片通道流动(相对运动),同时又与涡轮一起作旋转运动(牵连运动)。因此油液对涡轮叶片就作用有哥氏惯性力,此哥氏力和冲击力一样也使涡轮获得输出力矩。由涡轮 3 流出的工作油液又进入导轮 5,由于导轮固定不转动,因此工作油液在导轮 5 叶片的作用下改变了速度方向又重新回到泵轮,完成工作油液在工作轮之间的不断循环。工作油液在液力变矩器工作轮之间循环流动情况如图 2-12 所示。当工作油液从涡轮流向导轮时,液体对导轮一个冲击力,则导轮通过液体给涡轮叶片一反冲力,此反冲力增加涡轮上的扭矩。因此输出轴上得到的扭矩能够大于发动机的输出扭矩。当泵轮转速不变时,输出轴(涡轮)上的扭矩随涡轮转速而变化。转速越低,变矩器输出轴扭矩越大。

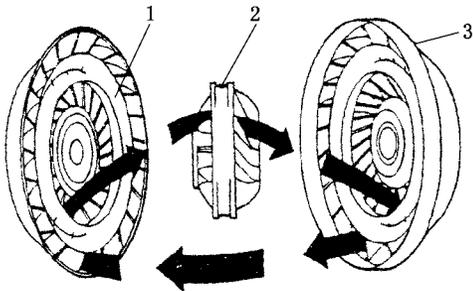


图 2-12 作油液在工作轮之间的循环流动路线  
1—涡轮 2—导轮 3—泵轮

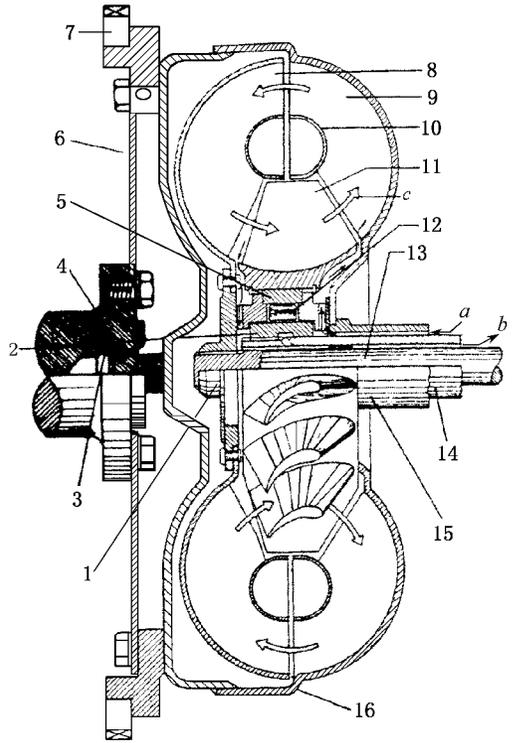


图 2-11 典型三元变矩器结构图  
1—涡轮轮毂;2—单向离合器内圈;3—导向轴承;4—曲轴;5—单向离合器外圈;6—托板;7—齿圈;8—涡轮;9—泵轮;10—导圈;11—导轮;12—单向离合器;13—涡轮输出轴;14—导轮固定套管;15—泵轮轮毂;16—壳体;a—油液进口;b—油液出口;c—油液流动方向

为进一步说明液力变矩器的工作原理,现将液力变矩器工作轮循环圆上的中间流线(此线将液流通道断面分割成面积相等的内外两部分)展开成一条直线,各循环圆中间流线均都在同一平面上展开,得到如图 2-13 所示液力变矩器工作轮展开示意图。在展开图上泵轮 B、涡轮 W 和导轮 D 便成为三个环形平面,工作轮叶片的角度则可清楚地显示出来。

为便于说明起见,设发动机转速及功率不变,



即液力变矩器泵轮的转速  $n_b$  及扭矩  $M_b$  为常数。

汽车在起步前,涡轮转速  $n_w$  为零,此时工况如图 2-14(a)所示。工作油液在泵轮叶片带动下,以一定数值的绝对速度沿图中箭头 1 所示方向冲向涡轮叶片。因涡轮静止不动,液流将沿着叶片流出涡轮并冲向导轮,液流方向如箭头 2 所示。然后液流再从固定不动的导轮叶片沿箭头 3 所示方向流回泵轮。当液流流过工作轮叶片时,由于受到叶片的作用力,其方向发生变化。设泵轮、涡轮和导轮对液流的作用扭矩分别为  $M_b$ 、 $M_w$  和  $M_d$ 。根据液流受力平衡条件则有:

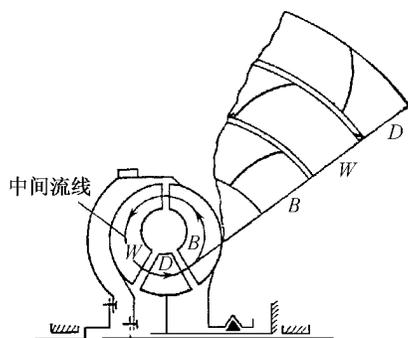


图 2-13 液力变矩器工作轮展开示意图

B—泵轮 ;W—涡轮 ;D—导轮

$$M_w - M_b - M_d = 0$$

即  
因  
则

$$M_w = M_b + M_d$$

$$M_w = M_w$$

$$M_w = M_b + M_d$$

式中  $M_w$  是液流对涡轮的冲击力矩,即变矩器的输出扭矩,其大小与涡轮对液流的作用扭矩  $M_w$  相等而方向相反。由上式可知,在数值上涡轮扭矩  $M_w$  等于泵轮扭矩  $M_b$  与导轮扭矩  $M_d$  之和。显然由于导轮的存在,涡轮扭矩  $M_w$  大于泵轮扭矩  $M_b$ ,故液力变矩器可起增大扭矩的作用。

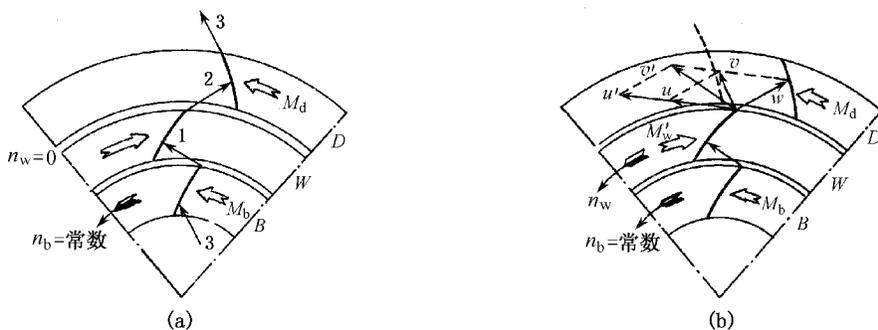


图 2-14 液力变矩器工作原理图

(a) 当  $n_b = \text{常数}$ ,  $n_w = 0$  时;(b) 当  $n_b = \text{常数}$ ,  $n_w$  逐渐增加时

$n_b$ —泵轮转速 ; $n_w$ —涡轮转速 ; $M_b$ —泵轮扭矩 ; $M_w$ —涡轮扭矩 ;

$M_d$ —导轮扭矩 ; $w$ —液流相对速度 ; $u$ —液流牵连速度 ; $v$ —液流绝对速度

当变矩器涡轮输出的扭矩,经传动系传递到驱动轮上产生的牵引力足以克服汽车起步阻力时,汽车即开始起步并加速,同时与之相连的涡轮转速  $n_w$  也从零逐渐上升。此时液流在涡轮出口处不仅具有沿叶片方向的相对速度  $w$ ,而且具有沿涡轮圆周方向的牵连速度  $u$ ,故冲向导轮叶片的液流的绝对速度  $v$  应是  $w$  和  $u$  的合成速度,如图 2-14(b)所示。因设泵轮转速不变,而变化的是涡轮转速,故涡轮出口处的相对速度  $w$  不变,只是牵连速度  $u$  发生变化。由图

可见,冲向导轮叶片的液流的绝对速度  $v$  将随牵连速度  $u$  的增大而逐渐向左倾斜,使导轮上所受扭矩逐渐减小。当涡轮转速增大到某一值,由涡轮流出的液流正好沿导轮出口方向冲向导轮时(如图(b)中  $v$  所示方向),由于液流流经导轮时其方向不改变,故作用在导轮上的扭矩  $M_d$  为零,于是涡轮扭矩与泵轮扭矩相等,即  $M_w = M_b$ 。

若涡轮转速  $n_w$  继续增大,液流绝对速度  $v$  方向继续向左倾斜,如图中  $v$  所示方向,此时导轮对液流的作用扭矩  $M_d$  方向相反,即  $M_d$  与  $M_b$  方向相反,此时涡轮扭矩  $M_w = M_b - M_d$ ,即变矩器输出扭矩反而比输入扭矩小。当涡轮转速  $n_w$  升高到与泵轮转速  $n_b$  相等时,由于工作油液在循环圆中的循环流动停止,将不再传递扭矩。涡轮不同转速时的液流向量图如图 2-15 所示。

### (三) 液力变矩器的特性

#### 1. 液力变矩器的元件数、级数、相数和型式

(1) 元件数 与工作液体相互作用的一组叶片称为一系列叶栅。叶栅的列数称为元件数。如果每一工作只具有一列叶栅,则液力变矩器中泵轮、涡轮和导轮的个数之和即为元件数,即为三元件。

(2) 级数 变矩器若有两个以上涡轮叶栅,它们彼此刚性相连,且由同一轴输出,每两涡轮叶栅之间均有导轮叶栅隔开。此时变矩器所具有的涡轮叶栅列数,即为它的级数。

(3) 相数 借助于某些机构的作用,使某个或某些元件在一定工况下改变作用,从而改变了变矩器的工况,这种变矩器可能有的工况数称为变矩器的相数。

如果变矩器中虽有两列以上的涡轮叶栅,但它们彼此并不刚性连接,两涡轮叶栅之间也无导轮叶栅隔开,且每一涡轮都各自输出,此种变矩器不是多级变矩器,而称为双涡轮或多涡轮变矩器。

仅有变矩工况而不能改变作用的液力变矩器为单相。若在导轮内径处安装一个单向自由轮机构,使变矩器既具有变矩器工况又可为偶合器工况,该变矩器就为两相。具有两个导轮的综合式变矩器,综合了两个变矩器和一个偶合器的特性,因而为三相。

#### 2. 液力变矩器的特性参数

(1) 变矩比(变矩系数)  $K$  变矩比  $K$  为涡轮轴上的输出扭矩  $M_w$  与泵轮轴上的输入扭矩  $M_b$  之比,即:

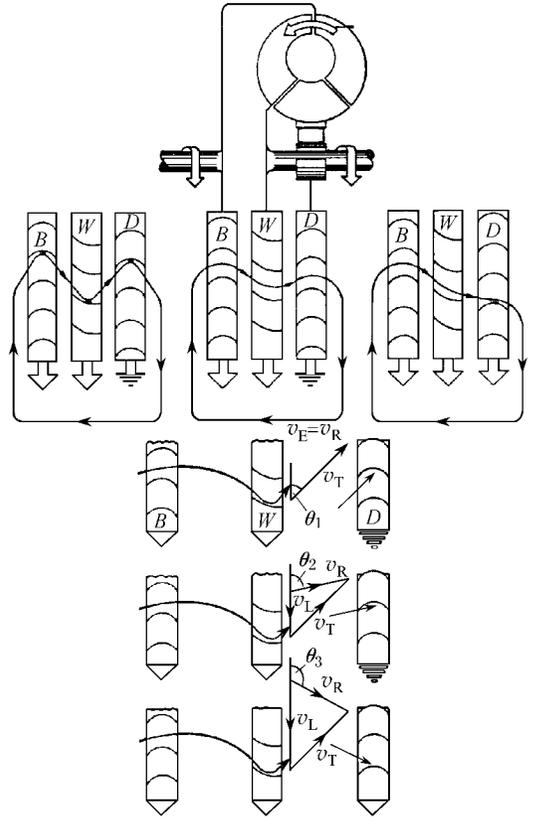


图 2-15 涡轮不同转速液流向量图

B—泵轮;W—涡轮;D—导轮; $v_E$ —导轮出口处液流速度; $v_T$ —涡轮出口处速度; $v_L$ —涡轮线速度; $v_R$ —合成速度



$$K = \frac{M_w}{M_b} \geq 1$$

变矩比说明变矩器输出扭矩增大的倍数。它随变矩器输出转速与输入转速之比即传动比  $i$  而变化。当涡轮转速  $n_w = 0$  时,  $K$  值最大, 称为最大变矩比, 也称为启动变矩比或失速变矩比, 通常用  $K_0$  表示。  $K_0$  越大, 说明汽车的启动加速性能越好。在附着力允许的条件下,  $K_0$  越大, 汽车在起步工况下的牵引力也越大。

单级型  $K_0 = 2 \sim 4$

二级型  $K_0 = 3 \sim 5$

三级型  $K_0 = 4 \sim 6$

对于液力变矩器,  $K > 1$  称为变矩工况,  $K = 1$  称为偶合器工况。

(2) 传动比(速比)  $i$  变矩器传动比  $i$  是涡轮输出轴转速  $n_w$  与泵轮输入转速  $n_b$  之比, 即:

$$i = \frac{n_w}{n_b} \leq 1$$

变矩器传动比说明变矩器输出转速降低的倍数, 用来描述变矩器的工况。

(3) 传动效率  $\eta$  液力变矩器的传动效率是指涡轮轴输出功率  $N_w$  与泵轮轴上输入功率  $N_b$  之比, 用  $\eta$  表示。即:

$$\eta = \frac{N_w}{N_b} = \frac{M_w n_w}{M_b n_b} = Ki \leq 1$$

液力变矩器的传动效率说明其输出轴上所获得的功率比输入功率小的倍数。对于偶合器工况, 因  $K = 1$ , 故其传动效率等于传动比  $i$  即:

$$\eta = i$$

变矩器的最高效率为

$$\eta_{\max} = Ki'$$

式中  $K$  和  $i'$  分别为最高效率工况下的变矩系数和传动比。变矩器最高效率  $\eta_{\max}$  一般为 75% ~ 80%。

(4) 零速工况(制动或启动工况) 零速工况是指液力变矩器涡轮转速为零时, 即  $n_w = 0$  时, 发动机节气门全开时的工作状况。此时发动机的转速称为液力变矩器泵轮的起始工作转速。

(5) 偶合器工况转换点, 亦称偶合点 偶合点是指变矩器变矩比  $K = 1$  时的速比点。

(6) 变矩范围 变矩范围是指变矩器进行扭矩变换的工作范围。

(7) 偶合范围 偶合范围指变矩器变矩比为 1 时的工作范围。

### 3. 液力变矩器的外特性曲线

液力变矩器的外特性是指当泵轮转速一定时, 泵轮扭矩  $M_b$ 、涡轮扭矩  $M_w$ 、变矩器效率  $\eta$  随涡轮转速变化的规律。通过试验可得到三元件液力变矩器的外特性曲线如图 2-16 所示。

从图 2-16 可看出, 随涡轮转速  $n_w$  的提高, 涡轮扭矩  $M_w$  逐渐减小。在  $n_w = 0$  时, 涡轮扭矩  $M_w$  最大, 比泵轮扭矩  $M_b$  要大得多。对于泵轮, 在涡轮转速变化时, 其扭矩变化不大。

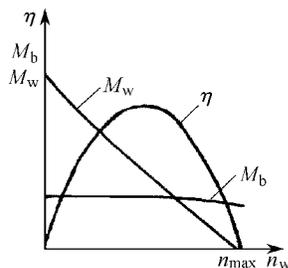


图 2-16 三元件液力变矩器外特性曲线

从图中可看出,在整个涡轮转速范围内,变矩器最高效率点只有一个,在效率最高点工作时的工况称为液力变矩器的最佳工况。此时工作油液进入三个工作轮时都没有冲击,变矩器内部只有液体摩擦阻力损失,因此传动效率最高。在  $n_w = 0$  和  $n_w = n_{max}$  时,输出功率均为零,因此效率也都为零。

### 三、典型液力变矩器的结构与性能

#### (一) 三元件液力变矩器

##### 1. 结构

图 2-17 为一典型轿车用液力变矩器的结构图。

简单的三元件变矩器工作过程中,当涡轮的转速超过一定值时,从涡轮流出的液流会冲向导轮叶片的凸面(参阅图 2-15),使涡轮的扭矩减小,同时从导轮流出的油液反泵轮的旋转方向冲向泵轮叶片,会消耗泵轮的功率,使传动效率降低。为克服上述缺点,在导轮与固定套管之间采用单向离合器,单向离合器也称超越离合器或自由轮,它只能向一个方向旋转,而不能向相反的方向旋转。图 2-17 中液力变矩器自由轮机构如图 2-18 所示属于滚柱式单向离合器,它由外座圈 2、内座圈 1、滚柱 5 及不锈钢叠片弹簧 6 组成。导轮 3 用铆钉 4 铆在外座圈 2 上。内座圈 1 与固定套管(图 2-17 中的 14)用花键连接,因此内座圈是固定不动的。外座圈 2 的内表有若干个偏心的圆弧面。滚柱 5 常被叠片弹簧 6 压向内外座圈之间滚道比较狭窄的一端,而将内外两座圈楔紧。此种单向离合器的结构和原理与起动机的单向离合器基本相同。

当涡轮转速较低,与泵轮转速差较大时,从涡轮流出的液流冲击导轮叶片,力图使导轮 3 按虚线箭头所示方向旋转。由于摩擦力的作用将滚柱 5 楔紧在由内外座圈所形成的滚道的狭窄端,导轮便同自由轮外座圈 2 一起被卡紧在内座圈 1 上而固定不动。此时液力变矩器起增大扭矩的作用。

当涡轮转速升高到一定程度后,液流对导轮的冲击力的方向将改为图中实线箭头所示时,导轮将带动外座圈 2 相对内座圈 1 向实线箭头方向转动。此时滚道内的滚柱与内外座圈所形

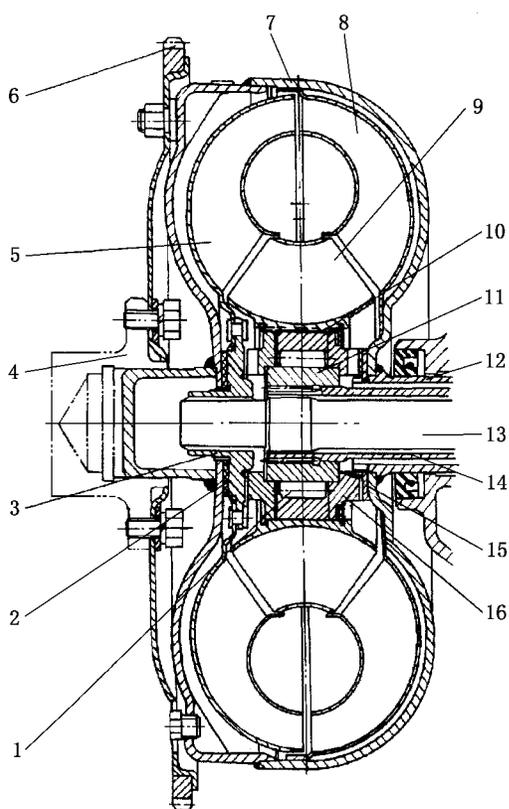


图 2-17 典型轿车用液力变矩器结构

1—滚柱 2—塑料垫片 3—涡轮轮毂 4—曲轴凸缘 5—滚轮 6—启动齿圈 7—变矩器壳 8—泵轮 9—导轮 10—自由轮外座圈 11—自由轮内座圈 12—泵轮轮毂 13—变矩器输出轴(齿轮变速器第一轴) 14—导轮固定套管 15—推力垫片 16—自由轮机构盖



成的滚道脱开,导轮按实线箭头方向自由转动,变矩器转入偶合器工况工作。这种可以转入偶合器工况的变矩器通常称为综合式液力变矩器。图 2-17 所示液力变矩器即为典型的三元件综合式液力变矩器。

除上述单一直径滚柱式单向离合器外,还有三直径滚柱式单向离合器(如图 2-19 所示)楔块式单向离合器(如图 2-20 所示)和棘轮式单向离合器(如图 2-21 所示)。

图 2-19 所示三直径滚柱式单向离合器是单一直径滚柱式单向离合器的变型。在工作时,三个不同直径的滚柱同时挤压在内外环之间的滚道内,受力面积大,传递的扭矩大,工作可靠。

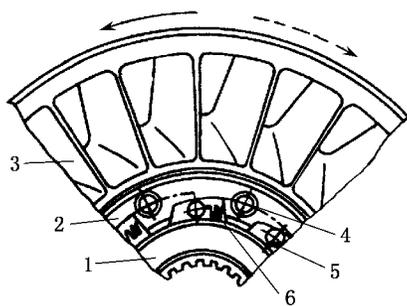


图 2-18 液力变矩器自由轮机构

- 1—内座圈 2—外座圈 3—导轮;  
4—铆钉 5—滚柱 6—叠片弹簧

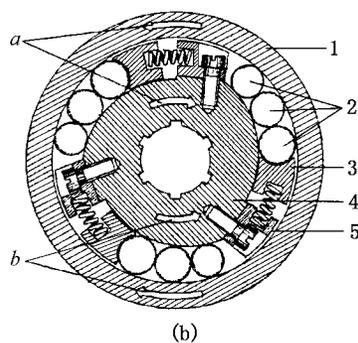
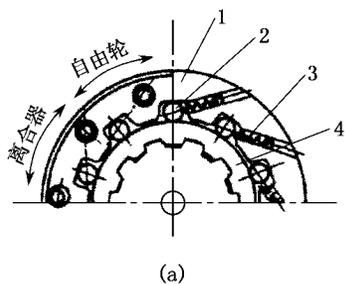


图 2-19 三直径滚柱式单向离合器

- (a) 1—外环 2—滚柱 3—弹簧 4—轮毂;  
(b) 1—外环 2—直径不同的三个滚子 3—加力块 4—内环 5—支承块;  
a—锁止时内环和外环的相对运动方向;b—放松时内环和外环的相对运动方向

楔块式单向离合器如图 2-20 所示,由内环 6、外环 1、楔块 5、保持架 2、4 和片状弹簧 3 组成。内外环的工作面均为圆柱面。不需加工成斜面。内外环之间是由在圆周上均匀排的楔块 5 互相连接。楔块的两端加工成半圆形,其弯曲方向互相偏置而不对称。楔块的中间非工作

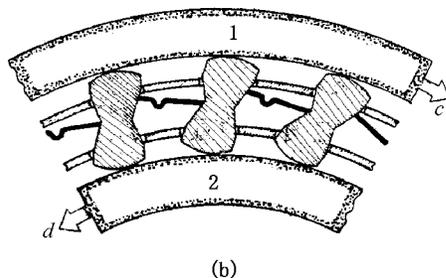
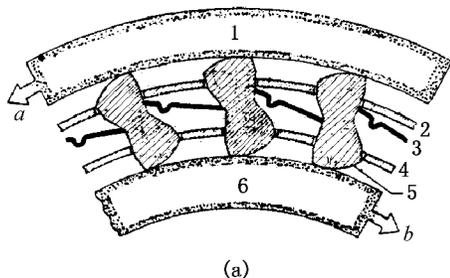


图 2-20 楔块式单向离合器

- (a) 内外环锁止时;(b)内外环解除锁止时  
1—外环 2—外保持架 3—片状弹簧 4—内保持架 5—楔块 6—内环;  
a—外环锁止方向;b—内环锁止方向;c—外环放松方向;d—内环放松方向

部分做成锥形。两个保持架上有等间隔的矩形孔。楔块即安装在矩形孔内。片状弹簧的作用是在离合器接合时保持楔块间的精确间距,在离合器处于分离状况时,使楔块稍微和滚道保持接触。当内环顺时针旋转而外环保持静止或反时针方向旋转时,弹簧片的弹力将楔块轻轻压向内外环的滚道。在摩擦力的作用下稍向反时针方向转动,使其两端的半圆面紧压在内外环的滚道上,将作为主动件的内环和从动件的外环锁止在一起,如图2-20(a)所示。

当外环变成主动件或外环转速超过内环的转速时,楔块将按顺时针方向稍微转动一角度,从而松开内外环,此时离合器解除锁止状况。

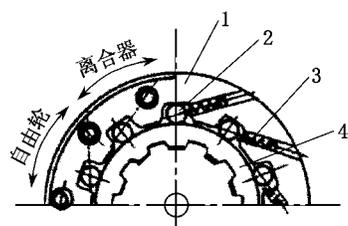


图 2-21 棘轮式单向离合器

1—外轮 2—棘爪 3—棘轮 4—叶片弹簧

棘轮型单向离合器如图2-21所示,它由固定在导轮固定套管上的棘轮3、套装在棘轮上的外轮1,以及固定在外轮上的可摆动的棘爪2和片式弹簧4组成,棘爪靠片式弹簧的弹力紧靠在棘轮的外缘上。工作时,若外轮是主动件,在外力矩的作用下力图顺时针转动时,如图中所示离合器箭头方向,棘爪顶卡在棘轮的凸起上。由于棘轮3是通过花键套在导轮固定套管上不可转动的,因此外轮被卡住不能转动,与外轮1连接的导轮处于锁止状态。当外轮在外力矩的作用下力图逆时针旋转时,如图中所示自由轮箭头方向,棘爪克服弹簧片的弹力在棘轮的凸起斜面上滑动,外轮可自由转动,此时导轮处于分离状态。

## 2. 三元件综合式液力变矩器特性

与简单三元件液力变矩器相比,三元件综合式液力变矩器的优点在于能充分利用偶合器在高传动比的相对于变矩器有较高传动效率的特点。图2-22为三元件综合式液力变矩器在泵轮转速一定时的特性曲线。图中涡轮转速以变矩器的速比表示。

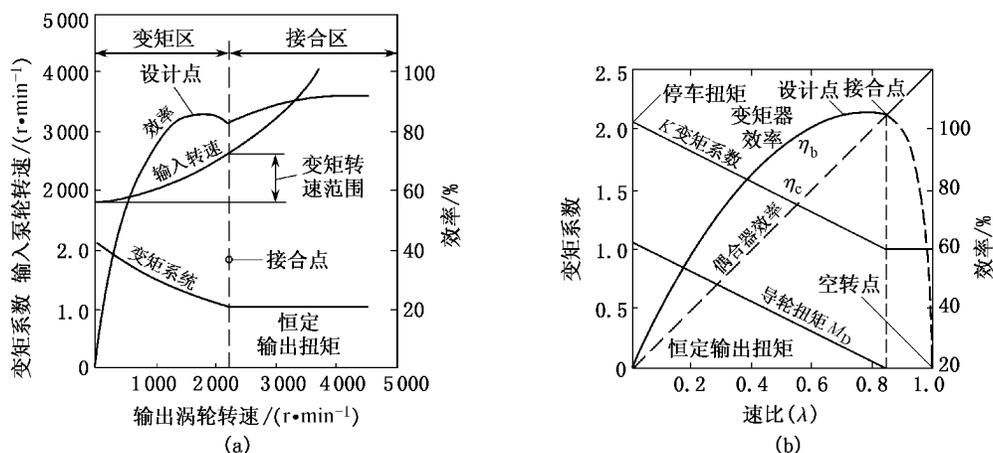


图 2-22 三元件综合式液力变矩器特性曲线

从图中可看出,当涡轮的转速升高时,变矩系数(变矩比  $K$ )是连续下降的。图中虚直线为偶合器的效率。当速比较小时,偶合器的传动效率要比变矩器低。当涡轮转速升高到一定值时( $i = 0.8$ 时),变矩比  $K$  从此速度开始保持为 1 的数值,即涡轮的扭矩与泵轮扭矩相同,此后



变矩器转变为偶合器工作状态,导轮开始转动。变矩器的效率随涡轮转速升高而提高。在接近转变成偶合器工作点的附近,变矩器的效率达最大值,稍后开始下降。当进入偶合区工作时,效率又回升,并且上升到大于以变矩器工作时效率的最大值。若在一定涡轮转速下变矩器没有转为偶合器工作状态(导轮不转动),变矩器的效率将会急剧下降(如图中虚线所示),由此可看出,单向离合器能够提高变矩器在高速比时的传动效率。

图中接合点又叫偶合点,是变矩器由变矩工况转变为偶合工况的转折点,也是导轮由静止开始转动的点。所以将导轮空转的范围称为偶合区,导轮不空转的范围叫做变矩区。

图 2-22 中虚直线为偶合器的效率,可以看出,当速比较小时,偶合器的效率比变矩器要低。而带单向离合器的三元件综合式变矩器则能在很大的速比范围内得到较高的变矩比。

下面介绍变矩器特性曲线的几个特殊点。

(1) 失速速度 失速速度是在变速器挂入前进挡而完全踩下制动踏板的同时,将加速踏板踩到底时发动机能达到的最高转速。在此情况下,涡轮尚未转动,泵轮与涡轮的转速差最大,变矩系数也最大,但变矩器的效率为零。这种情况在汽车行驶中遇到过大的行驶阻力而失速停车的情况是会发生的。在失速停车情况发生时,扭矩的换算负荷将使发动机转速降低到最大扭矩转速(1 500~2 500 r/min)的 60%~70%。变矩器处于这种失速工况的时间应尽可能短,以防止油液温度过高。

(2) 设计点 变矩器的设计,要选择叶片的形状与角度,以便形成合适的内部油液通道,使在某一确定速比下,使油液从变矩器的一个元件流入另一个元件时的流动阻力最小。这一油液在变矩器内流动阻力最小时的速比称为设计点,其值一般为 0.8。设计点为变矩器工作的最佳点。高于或低于该点,油液从一个元件流向另一个元件时的合成速度方向将会改变。使从一个元件的出口流入另一个元件进口的液流不再平行于叶片的表面,而使叶片的凸面受到冲击。当叶片的出口和进口的角度与液流的合成速度方向不配合时,液流的一部分动能将损耗在进口损失上,使变矩器的效率下降。动能的损失与叶片的加工深度、表面粗糙度和叶片间的厚度等因素有关。如果设计点向低移动,如移至 0.6,则失速和低速时的变矩系数将增大,但在高速比时,如速比在 0.5 时,效率下降较早发生。降低变矩系数能在较高的速比范围内保持高效率。

(3) 偶合点 当涡轮的转速接近或超过泵轮转速时,进入导轮叶片间通道的液流将冲击导轮叶片的凸面,此时变矩器不再增扭,此时的速比称为偶合点,其值约为 0.8~0.9。在该点单向离合器将导轮松开,导轮开始与泵轮和涡轮相同方向旋转。在这一点或高于这一点导轮随泵轮和滑轮转动,变矩器起液力偶合器的作用,提高传动效率。涡轮转速只能接近但不能达到泵轮转速。

(4) 飞车点 飞车点是指涡轮转速升高失去控制时的速比。如果变矩器导轮没有单向离合器或单向离合器卡死失效。当涡轮转速接近泵轮转速,从导轮流出的液流方向逐渐改变成力图使泵轮反转时,液流的螺旋循环流动将减少,使变矩器输出扭矩迅速降至为零。此时若将加速踏板踩到底,而车辆传给发动机的负荷很小,发动机将会超速飞车。理论上超速飞车发生在涡轮与泵轮转速相等,油液循环流动消失时,即速比为 1 时。但由于内部液流阻力引启动能损失,飞车点稍早于 1,约为 0.95。

## (二) 四元件综合式液力变矩器

### 1. 结构及工作原理

对于启动变矩系数大的变矩器,若采用上述三元综合式变矩器,则在最高效率工况即设计点到偶合点之间的区段上效率显著降低。为避免上述缺点,可将导轮分割成两个,分别装在两个单向离合器上,从而形成四元件综合式液力变矩器。四元件综合式液力变矩器的结构示意图如图 2-23 所示。

当涡轮 5 转速较低时,涡轮出口处液流冲击在两个导轮叶片的凹面上,方向如图 2-23(b)  $v_1$  所示。此时两个导轮的单向离合器均处于锁止状态,导轮固定,按变矩器工况工作。当涡轮转速升高到一定程度,液流方向改变为  $v_2$  时,液流对第一导轮的冲击力反向,第一导轮便因单向离合器松开而与涡轮同向旋转,此时第二导轮仍起变矩作用。当涡轮转速继续升高到接近泵轮转速时,液流方向如  $v_3$  所示,第二导轮也受到液流反向冲击力而与涡轮及第一导轮同向旋转,此时变矩器才完全转入偶合工况。

### 2. 四元件综合式液力变矩器的特性

四元件综合式液力变矩器的特性实质上是两个变矩器特性和一个偶合器特性的综合,特性曲线如图 2-24 所示。在速比  $i$  由  $0 \sim i_1$  区段,两个导轮固定不动,二者的叶片组成一个弯曲程度较大的叶片,以保证低速比工况下获得大的变矩比。在速比  $i_1 \sim i_{k=1}$  区段,第一导轮单向离合器松开,开始旋转,此时变矩器由叶片弯曲程度较小的第二导轮继续工作,变矩器此时仍可得到较高的效率。当速比  $i_{k=1}$  时,变矩器转入偶合器工况,效率按线性规律上升。

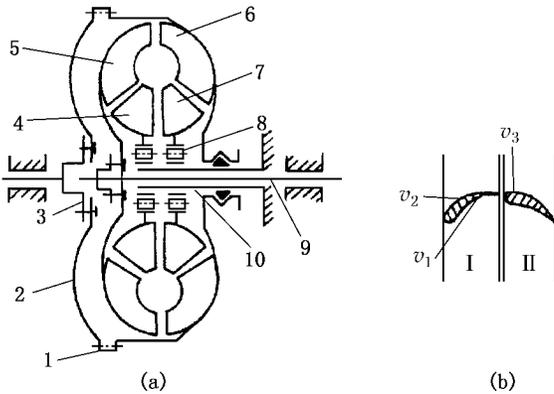


图 2-23 四元件综合式液力变矩器示意图

1—启动齿圈;2—变矩器壳;3—曲轴凸缘;4—第一导轮(I);  
5—涡轮;6—泵轮;7—第二导轮(II);8—自由轮机构;9—输出轴;10—导轮固定套管

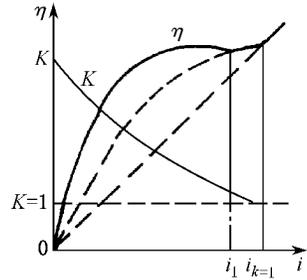


图 2-24 四元件综合式液力变矩器特性

## (三) 带锁止机构的液力变矩器

液力变矩器工作时,涡轮与泵轮之间存在转速差和内部液力损失,所以液力变矩器的效率不如普通机械式变速器高。因此采用液力变矩器的汽车在正常行驶时的燃料经济性较差。为提高液力变矩器在高速比工况下(汽车正常行驶时)的效率,可采用锁止机构。在高速比工况时将变矩器的输入轴与输出轴刚性连接,变液力传动为机械直接传动,提高传动效率,以提高



汽车在正常行驶时的燃料经济性。

根据锁止机构的结构不同,带锁止机构的液力变矩器有以下三种类型:由锁止离合器锁止的液力变矩器、由离心式离合器锁止的液力变矩器和由行星齿轮机构锁止的液力变矩器。

### 1. 由锁止离合器锁止的液力变矩器

由锁止离合器锁止的液力变矩器结构如图 2-25 所示。锁止离合器的从动盘 13 安装在涡轮毂花键上,主动部分压盘由传力盘 14 和活塞 12 组成,主动部分压盘与泵轮固定连接。当压力油经油道进入活塞左腔室,推动压盘右移压紧从动盘,离合器接合,泵轮与涡轮连成一体,变矩器的输入轴与输出轴刚性连接。当活塞左腔室油压卸除后,主从动部分分离,锁止离合器解除锁止状态,变矩器恢复正常液力传动。当锁止离合器接合时,单向离合器松开,导轮可在油液中自由转动。

图 2-26 为带锁止离合器的液力变矩器的另一种结构。带有摩擦材料的传力盘总成 2 与涡轮 3 相连,随涡轮一起旋转。涡轮轴加工有内、外两条压力油道。当压力油从内油道进入传力盘左腔经外油道排出时,离合器处于分离状态。当压力油经涡轮轴外油道进入传力盘右腔而由内油道排出时,传力盘总成被压向变矩器壳,传力盘上的摩擦材料与变矩器壳接触并逐渐压紧,涡轮与变矩器壳和泵轮连接为一体,离合器处于接合状态。

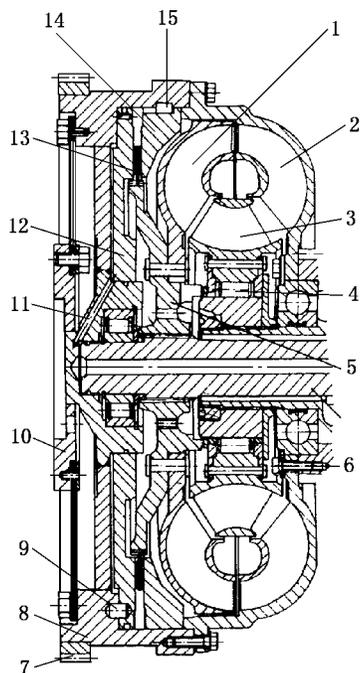


图 2-25 带锁止离合器的液力变矩器  
1—涡轮;2—泵轮;3—导轮;4—单向离合器;5—涡轮轮毂;6—输出轴;7—启动齿圈;8—伺服油缸;9—导向销;10—曲轴凸缘盘;11—油道;12—活塞;13—从动盘;14—传力盘;15—连接键

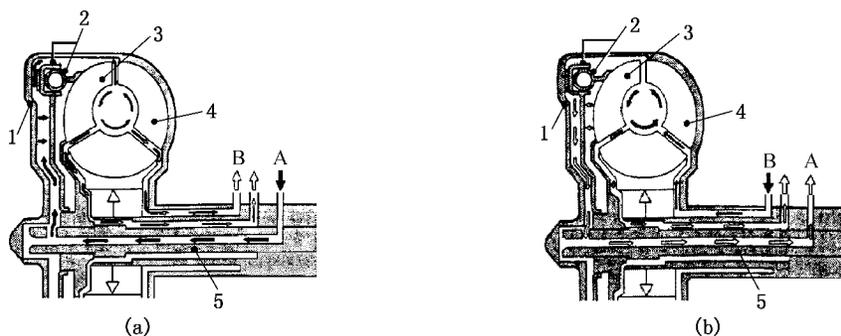


图 2-26 带锁止离合器的液力变矩器工作原理

(a) 分离状态;(b) 锁止状态

1—变矩器壳体 2—传力盘总成 3—涡轮 4—泵轮 5—输出轴;A—内油道;B—外油道

### 2. 由离心式离合器锁止的液力变矩器

由离心式离合器锁止的液力变矩器结构如图 2-27 所示。离心式离合器 12 通过单向离合器 11 与涡轮轮毂相连,其外缘通过弹簧(图中未标出)与腹板 2 相连,腹板上固定有若干片

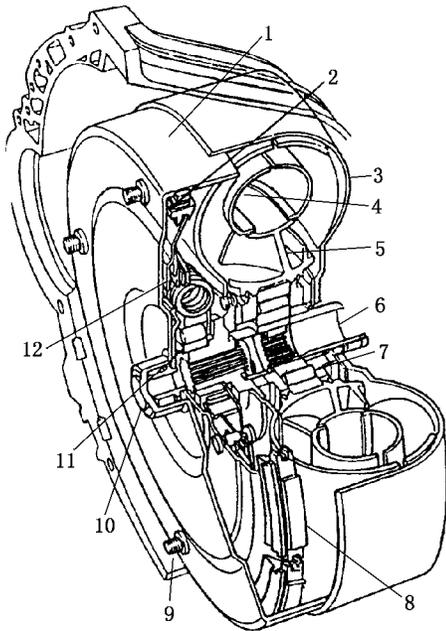


图 2-27 由离心式离合器锁止的液力变矩器

- 1—变矩器壳体 2—腹板 3—泵轮 4—涡轮 5—导轮；
- 6—油泵驱动轴 7—导轮单向离合器 8—离心式离合器摩擦片；9—启动齿圈固定螺栓；10—输入轴；
- 11—单向离合器 12—离心式离合器总成

摩擦片。当涡轮转速较低时,腹板被弹簧拉向离合器中心,离合器处于分离状态。随着涡轮转速升高,腹板在离心力的作用下向外张开压向变矩器壳,离合器逐渐接合。当涡轮转速升高到一定转速时,摩擦片压紧变矩器壳,通过单向离合器带动涡轮旋转,此时涡轮与泵轮连接为一体。从上可看出,离心式离合器的工作是由发动机的转速和负荷来控制的。

以上两种锁止机构一般都带有减振器总成。其功用主要是衰减发动机的扭转振动,减小噪声和冲击。减振器一般由若干减振弹簧组成,减振弹簧的布置方式有中央布置式和周置式两种。

### 3. 由行星齿轮机构锁止的液力变矩器

该类型的变矩器的主要特点是在三元件液力变矩器的基础上增加行星齿轮机构,如图 2-28 所示。行星架与发动机曲轴连接,作为输入元件。太阳轮通过花键与涡轮轴(输出轴)相连。齿圈与泵轮相连。与太阳轮和齿圈同时啮合的行星齿轮安装在行星架上。

该型式的液力变矩器采用外分流式液力机械传动的传动方式,由发动机曲轴传来的动力要经液力传动和机械传动两条路径传递。发动机曲轴将动传给行星架后,一部分经太阳轮传到涡轮轴(机械传动),另一部分经齿圈传给泵轮再由涡轮输出(液力传动)。这两种传动方式传递动力的多少取决于变速器所处的挡位。例如当变速器位于三挡(高速挡)时,有 93% 的动力是通过机械传动的途径传递的,而液力传动所传递的动力只占 7%。这时可认为液力变矩器被锁止,泵轮与涡轮连接为一体,通过机械传动方式传递动力。

上述三种带锁止机构的液力变矩器的共同特点是当汽车在良好路面上高速行驶时,变矩器的输入轴与输出轴刚性连接。此时的变矩比为 1,变矩器的效率达到 100%。提高了行驶速度和燃油经济性。当汽车在起步或坏路面行驶时,锁止机构解除锁止,充分发挥变矩器的作用,自动适应行驶阻力的变化,保证汽车正常行驶。因此采用自动变速器的汽车普通使用带锁止机构的液力变矩器。

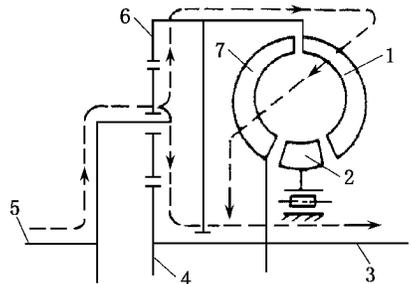


图 2-28 由行星齿轮机构锁止的液力变矩器

- 1—泵轮 2—导轮 3—涡轮轴 4—太阳轮；
- 5—行星架 6—齿圈 7—涡轮



### 第三节 行星齿轮变速器

液力变矩器虽然能在一定范围内自动地连续地改变传动比和变矩比,但目前应用的液力变矩器的变矩比都不太大,一般在1~3的范围,且变矩能力与效率存在着矛盾,故难以完全满足汽车的使用要求。因此汽车上广泛采用的是液力变矩器与齿轮式变速器组成的液力机械式变速器,以扩大传动比和变矩比的变化范围,满足汽车行驶的需要。

齿轮式变速器可分为定轴式齿轮变速器和行星齿轮变速器。由于行星齿轮变速器与定轴式齿轮变速器相比,具有结构紧凑、传动效率高、轮齿负荷小、结构刚度好、输入输出轴同轴线以及便于实现自动换挡等优点。而且在材料和机械性能相同的条件下,有可能获得比定轴齿轮变速器要小得多的外形尺寸和质量,故在液力自动变速器上得到广泛的应用。

行星齿轮变速器结构较复杂,通常由行星齿轮机构和换挡执行元件组成。换挡执行元件是指行星齿轮变速器中执行换挡功能的多片摩擦式离合器、制动器及换挡单向离合器。行星齿轮机构的行星排数视变速器挡位数的多少而异。

#### 一、简单的行星齿轮机构

简单行星齿轮机构由太阳轮(中心轮)1、齿圈2和装有行星齿轮4的行星架3组成,如图2-29所示。太阳轮1位于机构的中心,行星齿轮4与之啮合。行星齿轮外侧同齿圈啮合。通常行星齿轮有3~6个,通过滚针轴承安装在行星轮轴上,行星轮轴对称或均匀安装在行星架上。行星轮机构工作时,行星轮除绕行星轮轴自转外,同时还绕太阳轮公转。行星轮绕太阳轮公转时,行星轮架也将绕太阳轮旋转。在行星轮系中,太阳轮、行星轮、齿圈都是常啮合状态。太阳轮、行星轮架和齿圈三者的轴线同轴,而行星轮轴则可绕前三者的轴线旋转,故行星齿轮变速器又称为旋转轴式变速器。

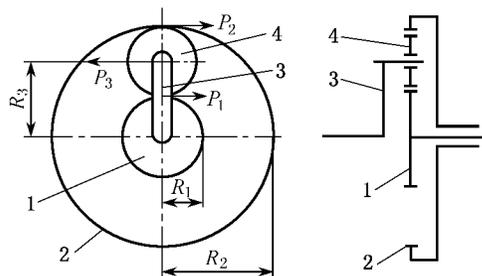


图2-29 简单行星齿轮机构及作用力  
1—中心轮(太阳轮) 2—齿圈 3—行星架 4—行星轮

#### 二、行星齿轮变速器的工作原理

行星轮系工作时的受力情况如图2-29所示,从图中可知:

作用于太阳轮1上的力矩  $M_1 = P_1 R_1$

作用于齿圈2上的力矩  $M_2 = P_2 R_2$

作用于行星架3上的力矩  $M_3 = P_3 R_3$

令齿圈与太阳轮的齿数比为  $\alpha$ , 则有:

$$\alpha = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{R_2}{R_1}$$

因此  $R_2 = \alpha R_1$

$$R_3 = \frac{R_1 + R_2}{2} = \frac{\alpha + 1}{2} R_1$$

式中  $R_1$ 、 $R$  为太阳轮和齿圈的节圆半径；

$R_3$  为行星轮与太阳轮的中心距；

$Z_1$ 、 $Z_2$  为太阳轮和齿圈的齿数。

由行星轮 4 的受力平衡条件可得：

$$P_1 = P_2$$

又

$$P_3 = -2P_2$$

因此太阳轮、齿圈和行星架上的力矩分别为：

$$\begin{cases} M_1 = P_1 R_1 \\ M_2 = P_2 R_2 = \alpha P_1 R_1 \\ M_3 = -(\alpha + 1) P_1 R_1 \end{cases} \quad (2-1)$$

根据能量守恒定律可知，三个元件上输入和输出的功率之代数和应等于零，即

$$M_1 n_1 + M_2 n_2 + M_3 n_3 = 0 \quad (2-2)$$

式中  $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$  分别为太阳轮、齿圈和行星架的转速。

将式(2-1)代入式(2-2)中即可得到表示单排行星齿轮机构一般运动规律的特性方程式：

$$n_1 + \alpha n_2 - (1 + \alpha) n_3 = 0 \quad (2-3)$$

由式(2-3)可看出，若将上述三者中的任一构件与主动轴相连作为输入主动件，第二构件与被动轴相连作为输出从动件，再加上第三个条件：第三元件被强制制动其转速为零，或使其运动受一定的约束转速为某一定值，则整个轮系就以一定的传动比传递动力。只要改变上述三者不同的运动状态组合，就可得到不同的传动比。下面分别讨论各种情况：

### 1. 减速传动

(1) 太阳轮主动，行星架从动，齿圈制动，此时式(2-3)中的  $n_2 = 0$ ，故传动比

$$i_{1,3} = \frac{n_1}{n_3} = 1 + \alpha = 1 + \frac{Z_2}{Z_1}$$

(2) 太阳轮制动，齿圈主动，行星架从动，此时式(2-3)中的  $n_1 = 0$ ，故传动比

$$i_{2,3} = \frac{n_2}{n_3} = \frac{1 + \alpha}{\alpha} = 1 + \frac{Z_1}{Z_2}$$

由于  $Z_2$  大于  $Z_1$ ，显然  $i_{1,3} > i_{2,3}$ ，故状态(1)的速比大，称为低速挡。而状态(2)的速比小，称为高速挡。

### 2. 超速传动

(1) 太阳轮制动，行星架主动，齿圈从动，此时式(2-3)中的  $n_1 = 0$ ，故传动比：

$$i_{3,2} = \frac{n_3}{n_2} = \frac{\alpha}{1 + \alpha} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

(2) 齿圈制动，行星架主动，太阳轮从动，此时式(2-3)中的  $n_2 = 0$ ，故传动比：

$$i_{3,1} = \frac{n_3}{n_1} = \frac{1}{1 + \alpha} = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2}$$



### 3. 倒挡传动

(1) 行星架制动,太阳轮主动,齿圈从动。因行星架被制动,各行星轮只有自转而无公转。此时行星轮只作为惰轮工作,使齿圈反转,同时也得到减速传动,此时式(2-3)中的  $n_3 = 0$ ,故传动比:

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

(2) 行星架制动,齿圈主动,太阳轮从动。此时式(2-3)中的  $n_3 = 0$ ,故传动比:

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

显然此种状态为倒挡升速传动,而上述(1)则为倒挡减速传动。

### 4. 直接挡传动

若使  $n_1 = n_2$ ,则  $n_3 = \frac{n_1 + \alpha n_1}{1 + \alpha} = n_1 = n_2$ 。在  $n_2 = n_3$  时同样得到  $n_1 = n_2 = n_3$ 。由此可知,当太阳轮、行星架和齿圈这三者中,若有任意两个构件被锁成一体时,各齿轮间均无相对运动,整个行星齿轮机构将被锁成一整体旋转,此时为直接挡传动。

### 5. 空挡传动

如果太阳轮、行星架和齿圈三者中,无任何一个构件被制动,且也无任何两个构件被锁为一体,各元件均将可作自由转动,不受任何约束。当输入轴转动时,输出轴可以不转动,行星齿轮机构将不传递动力,从而得到空挡。

简单行星齿轮机构传动比计算公式如表 2-1 所示。

表 2-1 单排行星齿轮机构传动比计算公式

序号	太阳轮 $Z_1$	行星轮架 $Z_3$	齿圈 $Z_2$	传动比 $i$	挡位说明
1	输入	输出	制动	$n_2 = 0$ $i_{1,3} = \frac{n_1}{n_3} = 1 + \alpha = 1 + \frac{Z_2}{Z_1}$	减速传动 前进 低挡
2	制动	输出	输入	$n_1 = 0$ $i_{2,3} = \frac{n_2}{n_3} = \frac{1 + \alpha}{\alpha} = 1 + \frac{Z_1}{Z_2}$	减速传动 前进 高挡
3	制动	输入	输出	$n_1 = 0$ $i_{3,2} = \frac{n_3}{n_2} = \frac{\alpha}{1 + \alpha} = \frac{Z_2}{Z_1 Z_2}$	前进 超速传动
4	输出	输入	制动	$n_2 = 0$ $i_{3,1} = \frac{n_3}{n_1} = \frac{1}{1 + \alpha} = \frac{Z_1}{Z_1 Z_2}$	前进 超速传动
5	输入	制动	输出	$n_3 = 0$ $i_{1,2} = \frac{n_1}{n_2} = -\alpha = -\frac{Z_2}{Z_1}$	倒挡
6	输出	制动	输入	$n_3 = 0$ $i_{2,1} = \frac{n_2}{n_1} = -\frac{1}{\alpha} = -\frac{Z_1}{Z_2}$	倒挡 升速
7	三元件任何两个连成一体第三元件与前两个转速相等			$i = 1$	直接挡传动
8	所有元件都不受约束			自由转动	机构失去传动作用

单排行星齿轮变速机构的速比范围有限,往往不能满足汽车行驶的需要,因此实际应用中的行星齿轮变速器中,一般都由几个单排行星齿轮机构和几组离合器组成,通过离合器的操纵,得到不同行星轮系的运动状态组合形式来获得不同挡位速比。多排行星轮系变速机构尽管结构比单排行星轮系要复杂得多,但其工作原理仍与单排行星轮系相同,其传动比可根据单排行星轮系特性方程式推导出来。

### 三、多排行星齿轮变速器的速比及各构件转速的计算方法

根据单排行星轮系特性方程式(2-3),可按下列步骤计算多排行星轮系变速器的速比及转速:

(1) 写出全部负载行星排的方程,且用符号  $i$  表示每一个负载行星排:

$$i n_1 = -\alpha_i n_2 + (1 + \alpha_i) n_3 \quad (2-4)$$

式中  $\alpha_i$  为  $i$  行星排齿圈齿数与太阳轮齿数比。

例 由五个行星排组成的传动系统,当在某一挡位时,其中行星排 1、3 和 4 是有负载的,则式(2-4)可写成:

$$\left. \begin{aligned} {}^1 n_1 &= -\alpha_1 n_2 + (1 + \alpha_1) n_3 \\ {}^3 n_1 &= -\alpha_3 n_2 + (1 + \alpha_3) n_3 \\ {}^4 n_1 &= -\alpha_4 n_2 + (1 + \alpha_4) n_3 \end{aligned} \right\} \quad (2-5)$$

(2) 写出转速相同构件的关系方程式,解联立方程和关系方程,即可求得排挡的速比。亦可求出所给排挡各构件的转速。

例 图 2-30 所示为三挡液力自动变速器托克弗来特(Torque Feite)型中的行星传动运动学简图。其各挡操纵件的作用情况如表 2-2 所示。求各挡速比。已知两行星排参数完全相同,  $Z_1 = 30$ ,  $Z_2 = 66$ 。

解  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha = \frac{66}{30} = 2.2 \quad (2-6)$

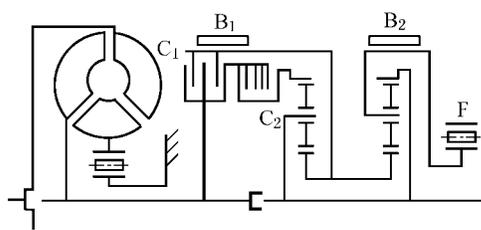


图 2-30 托克弗来特型三挡液力自动变速器行星传动运动学简图

表 2-2 各挡操纵件作用情况表

挡位	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	F
I 挡		○		○	○
II 挡		○	○		
III 挡	○	○			
倒挡	○			○	

注:○表示离合器接合或制动器制动;C表示离合器;B表示制动器;F表示超越离合器

I 挡 两行星排工作。

写出 1、2 排的特性方程:



$$\left. \begin{aligned} {}^1n_1 &= -\alpha_1 {}^1n_2 + (1 + \alpha_1) {}^1n_3 \\ {}^2n_1 &= -\alpha_2 {}^2n_2 + (1 + \alpha_2) {}^2n_3 \end{aligned} \right\} \quad (2-7)$$

$$\text{且有} \quad \left. \begin{aligned} {}^1n_1 &= {}^2n_1 \\ {}^1n_3 &= {}^2n_2 \\ {}^2n_3 &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2-8)$$

由式(2-6)、式(2-7)、式(2-8)第一挡传动  $i_I$  为:

$$i_I = \frac{{}^1n_2}{{}^2n_2} = \frac{1 + 2\alpha}{\alpha} = \frac{1 + \alpha \times 2.2}{2.2} = 2.45$$

II挡:第一排工作。由齿圈输入,将太阳轮制动,由行星架输出。写出特性方程:

$${}^1n_1 = -\alpha_1 {}^1n_2 + (1 + \alpha_1) {}^1n_3$$

且有  ${}^1n_1 = 0$

则得第二挡速比  $i_{II}$  为:

$$i_{II} = \frac{{}^1n_2}{{}^1n_3} = \frac{1 + \alpha_1}{\alpha_1} = \frac{1 + 2.2}{2.2} = 1.45$$

III挡为直接挡,  $i_{III} = 1.00$

倒挡:第二排工作,行星架制动,齿圈输出,  $i_R = -\alpha = -2.2$

#### 四、典型自动变速器行星轮系介绍

在自动变速器上使用的行星轮系,应用较多的有辛普森(Simpson)轮系、拉维奈尔赫(Ravigneaux)轮系。此外还有各公司自主开发的独特组合轮系。

##### 1. 辛普森轮系

该轮系由美国福特公司工程师 H·W·辛普森设计发明。该行星轮系变速机构的主要构件(太阳轮、行星轮和齿圈)通用。两行星排连接巧妙,挡位数较多(可三进一倒),且结构紧凑简单、传动效率高、工艺性好、制造费用低、换挡平稳、操纵性能好。适用于各种自动变速器和动力换挡变速器。

辛普森轮系广泛用于美国福特、通用、克莱斯勒三家汽车公司所采用。日产汽车公司生产的达特桑(Datsun)280C型轿车也装用该轮系。辛普森轮系见表2-3中II类所列。

##### 2. 拉维奈尔赫行星轮系

表2-3中所列III类称为拉维奈尔赫(Ravigneaux)行星轮系,其与辛普森轮系齐名。20世纪70年代在一些国家的汽车应用较广。

表2-3中所列IV类与III类差别不大,是在III类的基础上增加换挡自由轮机构  $F_1$ ,使得从低挡换到二挡时换挡平稳性得以改善。

##### 3. 表2-3中所列I类变速器

是简单的轿车用自动变速器,该结构源于美国克莱斯勒公司的 Power Flite 液力自动变速器。红旗轿车 CA770 和 3LJI-III 均按其仿制。

##### 4. 表2-3所列V类行星排结构

与II类相似,其中用片式制动器代替了带式制动器,并增加了一个自由轮机构  $F_1$ ,使得

从二挡换到三挡时,换挡平稳性得以改善。

### 5. 表 2-3 所列 V 类变速器

是近期投放市场的四前进挡自动变速器,该轮系除前进挡位增加外,有些还具有功率分流、高速挡锁止、增设超速挡等特点。

## 五、行星齿轮变速器换挡执行元件

行星齿轮变速器换挡执行元件主要是指液压离合器和制动器等,它们在液压控制系统的控制下,根据汽车不同行驶条件,改变行星轮系各构件的运动状态从而得到不同的变速挡位。

### 1. 液压离合器

在液力自动变速器中均采用多片湿式摩擦离合器。它是液力自动变速器中重要的换挡执行元件之一,也是使用中最易损坏的易损件。按其结构特征,片式离合器分类如下:

- |               |               |                  |            |
|---------------|---------------|------------------|------------|
| 片式离合器         | 1. 按离合器构成数目   | (1) 单离合器         |            |
|               |               | (2) 双离合器         |            |
|               |               | 2. 按活塞受压方式       | (1) 活塞单面受压 |
|               |               |                  | (2) 活塞双面受压 |
| (3) 活塞分段受压    |               |                  |            |
| 3. 按离合器油缸工作方式 | (1) 油缸旋转的     | { ①缸体移动<br>②活塞移动 |            |
|               | (2) 油缸可旋转,可固定 |                  |            |
|               | (3) 油缸固定不动    |                  |            |
| 4. 按压紧力传递方式   | (1) 活塞直接压紧    |                  |            |
|               | (2) 经压板压紧     |                  |            |
|               | (3) 经杠杆和压板压紧  |                  |            |
|               | (4) 经弹簧和压板压紧  |                  |            |

图 2-31 所示为红旗 CA774 小客车液力自动变速器的前离合器和后离合器的结构。前离合器 5 在直接挡和倒挡时结合, I、II 挡时分离,并由制动带 4 将油缸制动固定。后离合器 1 在所有前进挡时结合,倒挡时分离,但其油缸都是旋转的。

两个离合器的压紧力传递方式和活塞回位弹簧的形式是不同的。后离合器采用碟片弹簧和压板传力,碟片弹簧的特点是具有放大压紧力的作用(3:1),并使压紧力逐步增长,此外碟片弹簧还起活塞回位弹簧的作用。前离合器 5 采用活塞直接压紧式,活塞回位由回位弹簧 8 完成,换直接挡时的平稳性由液压缓冲阀完成。当离合器分离,压力油停止供给时,油缸剩余油在高速旋转时产生很高的离心油压。此压力作用在活塞上,仍将压紧离合器,使该离合器不能分离,并产生严重磨损。为保证离合器在高速时能分离,两个离合器都装有离心排油球阀 7,其作用是在高转速下,钢

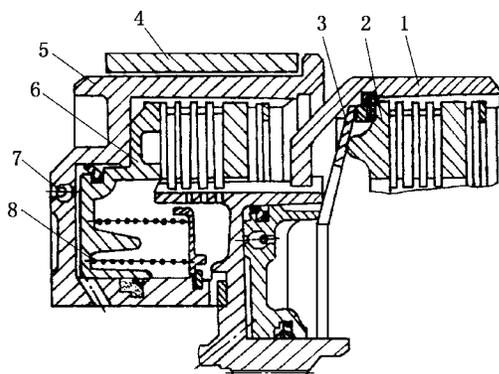


图 2-31 CA774 液力自动变速器前离合器和后离合器结构

- 1—后离合器 2—压板 3—碟形弹簧 4—制动带;  
5—前离合器 6—油缸 7—排油阀 8—回位弹簧



球在离心力作用下使它从阀座上离开,打开排油孔,将剩余油甩走。当离合器接合,液压油进入油缸时,钢球在油压作用下压紧在阀座上,油不能漏出,该种形式的球阀结构简单,应用很广。

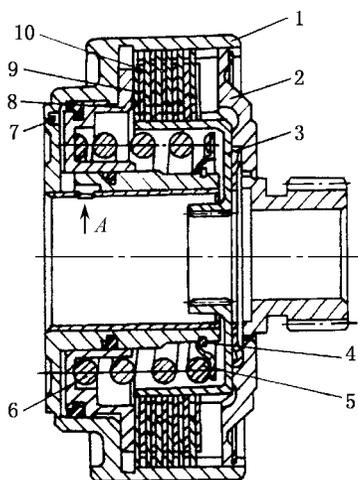


图 2-32 多片离合器(直接挡离合器)

- 1—低挡制动鼓 2—前排中心轮 3—花键毂;  
4—卡环 5—弹簧支承盖 6—弹簧 7—安全阀;  
8—环形活塞 9—从动片 10—主动片

图 2-32 为单个多片式离合器(直接挡离合器)的结构。主动片 10 和从动片 9 各有 6 片,均用薄钢板冲压而成。在主动片的两面烧结有铜基粉末冶金摩擦材料或粘接有低基摩擦材料,与从动钢片组成摩擦副。离合器以花键毂 3 的内花键与变速器第一轴连接。环形主动片 10 以花键与花键毂 3 的外花键连接,并可轴向移动。从动片 9 的外边缘有 8 个渐开线形键齿与低挡制动鼓 1 内相应的键槽配合,也可轴向移动。松套在第一轴上的前排中心轮 2 的前端凸缘盘与低挡制动鼓也用同样方法连接。因而离合器主动片 10 与第一轴相连,而从动片 9 则与前排中心轮 2 相连。

弹簧 6 的一端抵住活塞 8 的内端面,另一端通过支承盘 5 和卡环 4 支承在制动鼓 1 上。当压力油经油道 A 进入活塞左侧时,油压力克服弹簧弹力使活塞右移,将所有主动片和从动片压紧,离合器接合。

此时前排中心轮与第一轴连成一体,实现直接挡传动。当油压消除后,活塞 8 在弹簧弹力作用下回到原位,离合器分离,于是前排中心轮与第一轴脱离传动关系。

制动鼓 1 左端面上也有安全阀(也称甩油阀)7,其作用与图 2-31 中的排油球阀 7 的作用相同。

由于制动鼓 1 不一定用于制动,所以也称为离合器鼓。离合器内的活塞缸筒很浅,一般不超过 7.9~9.5 mm,活塞行程不超过 6.3~7.9 mm。

表面有摩擦材料的离合器片也称为摩擦片,钢板冲压而成的从动片也称离合器片,不与活塞接触一端的离合器片做得很厚,可以承受活塞的作用力而不变形,因而也称为压板。在修理

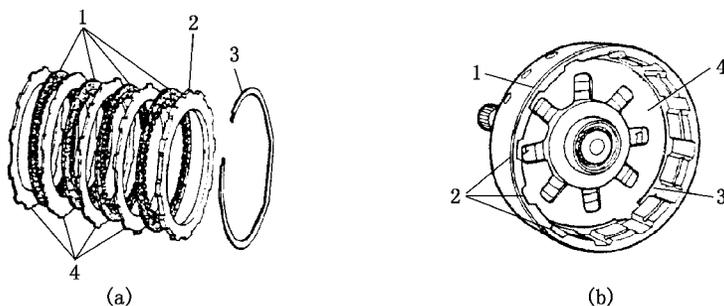


图 2-33 摩擦片和离合器片

(a) 摩擦片和离合器片组成离合器部件

1—摩擦片 2—压板 3—波形弹性卡环 4—离合器片

(b) 离合器鼓内的槽

1—离合器鼓 2—离合器片槽 3—波形弹性卡环 4—碟形弹簧

时,压板通常不需更换,而摩擦片和离合器片在修理时是需要更换的,一般摩擦片和离合器片成组供应。

离合器在接合与分离过程中,摩擦片与离合器片将产生摩擦而发热,局部温度可达 $600^{\circ}\text{C}$ 。产生的热量由离合器片传给离合器鼓,再由离合器鼓传给周围的油液。

摩擦片的工作表面开有贯通内外边缘的槽,其作用主要有:①存储油液,起润滑、冷却、消声的作用,并保证接合平稳;②在离合器接合时,将摩擦表面的油液通过槽挤出,以保证可靠接合;③防止摩擦片和离合器片粘在一起,保证分离彻底。摩擦片沟槽情况如图2-34所示。根据离合器的工作情况不同,摩擦片上的沟槽也不相同。在汽车前进行驶过程中,后离合器始终保持接合,在换挡过程中不会分离和接合,故后离合器又称为非换挡离合器。前离合器在倒挡和高挡时是接合的。当变速器由二挡升入三挡时,前降挡带式制动器松开而前离合器接合。当变速器由高挡降至二挡时,前离合器分离而前降挡制动器制动。由于前离合器在换挡过程中要接合和分离,故又称为换挡离合器。由于两者工作情况不同,所以后离合器摩擦片上的沟槽较少,如图2-34(a)所示。而前离合器摩擦片上的沟槽开的较多,且在两个垂直方向开有沟槽,以便在升降挡过程中,使油液在离心力的作用下甩出摩擦表面,如图2-34(b)所示。

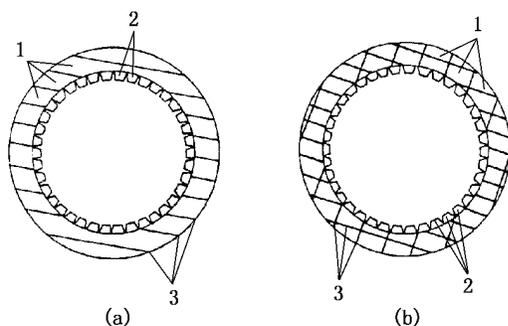


图2-34 摩擦片的沟槽

(a) 非换挡离合器的摩擦片 (b) 换挡离合器的摩擦片  
1—摩擦材料 2—钢底板上的花键齿 3—沟槽

多片湿式离合器在使用中必须注意调整离合器片的自由间隙,自由间隙过小,离合器分离不彻底,间隙过大,离合器将严重打滑,不能正常传递动力。结构类型相同的液力自动变速器,型号不同,离合器的片数不等,其自由间隙也不相同。不同结构类型的液力自动变速器,其自由间隙的调整方法也不相同。如日产液力自动变速器用压板作调整环,而克莱斯勒公司、红旗CA770液力自动变速器则用卡环作调整环。

## 2. 制动器

在液力自动变速器中,制动器的功用是用于换挡,故也叫换挡制动器。在行星轮系变速器中,换挡制动器用于制动行星排的一个构件以实现换挡。换挡制动器的结构形式较多,目前自动变速器中应用最多的是单带式制动器和多片式制动器。

(1) 带式制动器 带式制动器是通过制动带对旋转元件进行抱死或放松,其拉紧机构通常采用油缸和杠杆机构,传力方式有三种:

① 直接作用式制动器。直接作用式制动器结构如图2-35所示。在支点端设有调整螺钉,调整好间隙后用螺母锁紧。在作用端设有工作油缸、活塞和活塞杆。当工作油液进入活塞的作用侧(无弹簧侧)时,在油压作用下,活塞杆的顶端直接作用在制动带的作用端而将制动带夹紧。泄压时,在弹簧的弹力作用下活塞变位,放松制动带,解除制动。

② 杠杆式制动器。杠杆式制动器如图2-36所示。其支点结构与直接作用式制动器相同。在作用端同样有工作油缸和活塞,但活塞的作用力是通过控制杆5(杠杆、摇臂)施加于制动带的作用端,将活塞的作用力加以放大。如红旗CA770液力自动变速器中的低、倒挡制动



器均采用此种结构。

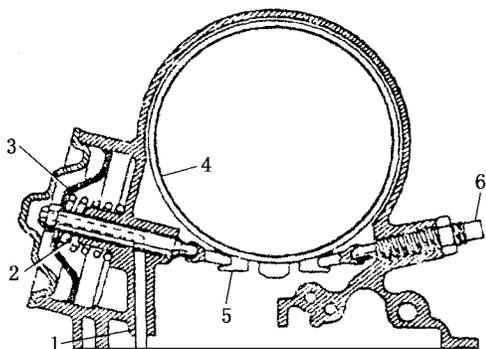


图 2-35 直接作用式制动器

1—工作油路 ;2—活塞杆 ;3—伺服缸活塞 ;4—制动鼓 ;  
5—制动带 ;6—调整螺钉

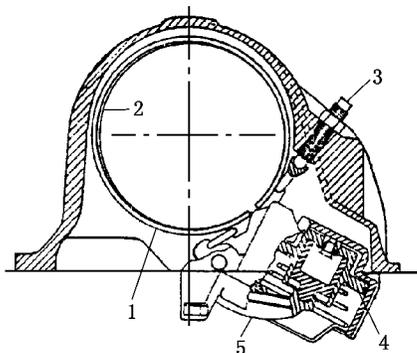


图 2-36 杠杆式制动器

1—制动带 ;2—制动鼓 ;3—调整螺钉 ;4—伺服缸活塞 ;  
5—控制杆

③ 连杆式制动器。连杆式制动器的结构如图 2-37 所示。它的支点端和作用端都由连杆锁扣在一起,改变连杆的摆动角度即可实现制动带的锁紧和放松。连杆的摆动是由活塞杆连接的活塞的移动来实现的。当工作油液进入活塞作用侧(无弹簧侧),活塞左移,活塞杆也随之移动,拉动连杆向左摆动将制动带拉紧。泄压时,在弹簧张力作用下活塞左移,放松制动。

带式制动器工作油缸常用的形式有单作用式、双作用式和伸缩式等几种形式。

① 单作用式油缸。图 2-35、图 2-36、图 2-37 三种形式均属单作用式油缸,此类油缸控制油路简单。

② 双作用式油缸。图 2-38 为双作用式油缸。向上腔 A 供油时拉紧制动带;向下腔 B 供油时,在弹簧力共同作用下,制动带放松。红旗 CA774 自动变速器 II 挡制动器就采用这种形式。

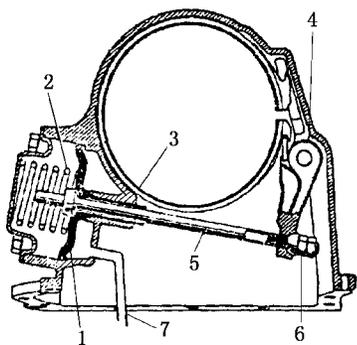


图 2-37 连杆式制动器

1—伺服缸活塞 ;2—回位弹簧 ;3—制动鼓 ;4—连杆 ;  
5—活塞杆 ;6—调整螺母 ;7—工作油路

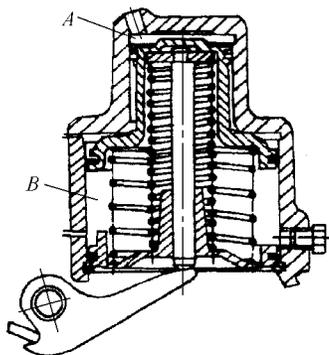


图 2-38 双作用式油缸

A—上腔 ;B—下腔

③ 有控制油腔的双作用式油缸。图 2-39 所示为红旗 CA770 自动变速器的低挡制动油缸,为有控制油腔的双作用式油缸。阶梯形活塞将油缸分为上、中、下三腔。上腔 A 通入来自节气门阀的油压,因此制动力的大小随节气门开放的大小即负荷的大小而变化。中腔 B 是环

形工作腔,与主油路相通。下腔 C 是否与主油路接通由换挡阀控制。在空挡和倒挡时,油缸内三腔均无油压作用。活塞在弹簧 3、4 作用下移到最上面的位置,制动带放松。当在前进挡或手低挡位置时,油缸下腔与主油路断开,活塞在上腔的节气门阀输入的油压和中控的主油路油压作用下克服弹簧力向下移动,通过顶杆 5、杠杆 8 和推杆 9 使制动带 10 抱紧制动鼓 11,行星齿轮变速器挂上低挡。如果使下腔与主油路接通,由于下腔油压作用面积等于中、上两腔油压作用面积之和,而上腔节气门阀的油压总是低于主油路油压。在活塞上下两面压力差和弹簧弹力的作用下,活塞上移,低挡制动器放松,即摘掉低挡。

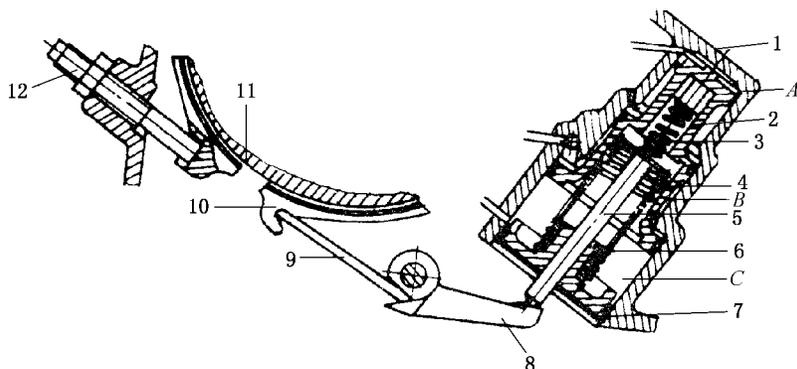


图 2-39 有控制油腔的双作用式油缸

1—油缸 2—活塞 3、4—弹簧 5—顶杆 6—弹簧支撑盘 7—卡环 8—杠杆 9—推杆;  
10—制动带 ;11—制动鼓 ;12—调整螺钉

④ 伸缩式制动油缸。图 2-40 为红旗 CA770 自动变速器的倒挡制动油缸。油缸 1 底部内端面中央有一矩形凸台。此凸台长边(垂直于图面)大于活塞顶部孔径,而短边小于孔径。未挂倒挡时,活塞被弹簧 4 压向凸台。在弹簧 6 作用下,星形阀片 2 的顶杆也抵住凸台,两阀片与活塞孔端面间有间隙。因此在未挂倒挡时,阀 2 总是开启的。当挂入倒挡时,主油路压力油进入油缸,经阀 2 迅速充满活塞内腔,推动套筒 5 向下,通过顶杆 10 和摇臂 11,使制动带 12 收拢,以消除制动带与制动鼓 13 之间的间隙,即实现“颈制动”。当油缸中油压作用力高到足以克服弹簧 4 的作用力时,活塞下移。在弹簧 6 作用下阀片 2 关闭活塞顶部通孔。活塞和套筒 5 继续下移,使制动带抱紧,即挂上倒挡。

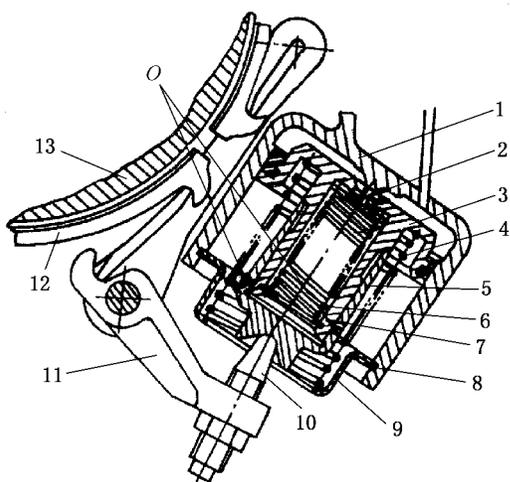


图 2-40 伸缩式制动油缸

1—油缸 2—阀片 3—活塞 4、6—弹簧 5—套筒 7、8—卡环 9—弹簧支承盘 10—顶杆 11—摇臂 12—制动带 ;  
13—制动鼓

(2) 多片式制动器 多片式制动器与多片式离合器基本相似,不同之处在于制动器的油缸是固定的,有关结构和工作原理可参阅前面多片式离合器,在此不再阐述。



### 3. 单向离合器

单向离合器早已成为液力自动变速器行星轮系变速器广泛应用的换挡执行元件,它能在换挡过程中行星轮机构与之相连接的元件受力方向改变时能立即自动脱开,从而可大大简化液压控制系统的油路。因此单向离合器也是液力自动变速器中的一个重要的换挡执行元件。单向离合器的结构、原理可参阅液力变矩器一节中的单向离合器有关部分,在此不再重复。

## 第四节 液力自动换挡操纵及控制系统

### 一、概述

液力自动换挡操纵及控制系统是液力自动变速器的重要组成部分,主要有以下功用:

- ① 实现对变速器的自动换挡操纵控制;
- ② 为液力变矩器提供补偿压力油,并实现变矩器的锁止与解锁的自动控制;
- ③ 保证变速器各部机件的润滑;
- ④ 控制液力自动变速器工作中温度,实现循环冷却,保持工作油液的工作温度(50~80);
- ⑤ 改善工作油液的品质,滤清杂质,减少磨损。

液力自动换挡操纵及控制系统主要由:供油系统、调压机构、换挡控制机构、执行机构、改善换挡品质的辅助装置等部分组成。系统基本组成示意图如图 2-41 所示。

(1) 供油系统 供油系统主要由油泵、滤油器、油箱、油冷却器、单向阀、主油路压力调压阀、液力变矩器补偿压力调压阀等部分组成。其功用是为整个自动换挡液压控制系统提供具有一定压力和流量的油液,以保证换挡操纵和润滑的需要。

(2) 调压机构 调压机构主要由速度调压阀、节气门压力调节阀等部分组成。其功用是将车速、节气门开度等参数信号转变为油压信号或电信号,以保证各换挡执行机构动作的完成。

(3) 换挡控制机构 换挡控制机构主要由手动选挡阀、换挡阀、强制低挡阀等组成。其功用是根据车辆行驶条件,如车速、节气门开度(负荷)、道路条件,自动选择合适的挡位,并发出信号使换挡阀动作,将主压力油通入相应的离合器或制动器油缸,并保证换挡连锁可靠。

(4) 换挡执行机构 换挡执行机构主要由离合器、制动器油缸等组成。其功用是在控制油压控制下实现离合器的结合与分离,制动器的制动与松开动作,以便得到相应的挡位。

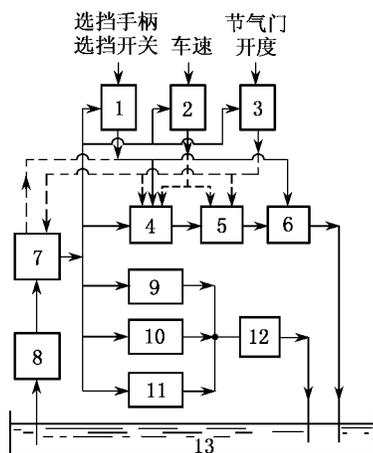


图 2-41 自动变速器液力自动换挡操纵及控制系统示意图

- 1—选挡阀;2—速度调压阀;3—节气门调压阀;4—换挡控制阀;5—换挡品质控制阀;6—液压执行元件;7—调压阀;8—液压油泵;9—液力变矩器压力补偿和锁止控制系统;10—液力减速器控制系统;11—润滑与冷却系统;12—冷却器;13—油盘

(5) 辅助装置 辅助装置主要有蓄能器、缓冲阀、阻尼孔等装置。其功用主要是改善换挡品质。

液力自动换挡操纵及控制系统就是将诸多的液压元件(阀类)、换挡执行元件通过管路有机合理的连接起来形成油路,通过控制液流的流向来实现自动换挡。一般液力自动变速器是将各液压元件、油的各通路都集中设置在一个总的组合阀体内,简称“阀体”,它是液力自动换挡和控制系统的关键部件。

液力自动换挡操纵及控制系统是根据发动机的输出条件以及行驶车速变化来控制的。当发动机输出条件变化即节气门开度变化和车速变化时,若将上述变化信号变为相应的液压控制信号,控制换挡执行元件动作实现自动变速,这种液力自动换挡操纵及控制系统称为液控液动式。若将上述变化信号转变为电控信号控制换挡执行元件动作实现自动变速,这种液力自动换挡操纵及控制系统称为电控液动式。

## 二、供油系统

### 1. 油泵

在液力自动变速器换挡操纵及控制系统的供油系统中,常用的油泵主要有内啮合渐开线齿轮油泵、摆线齿轮油泵和叶片泵。

(1) 内啮合渐开线齿轮油泵 内啮合渐开线齿轮油泵的构造如图 2-42 所示,主要由主动齿轮、从动齿轮(环齿圈)、泵体、油封环等部分组成。泵体的内齿轮槽内有一个月牙形凸台,把主、从动齿轮不啮合的部分隔开,形成两个工作腔——低压腔和高压腔。低压腔与泵体上的进油口相通,高压腔与泵体上的出油口相通。进油口通过油道与滤油网相连吸油,出油口通过油道与阀体相应的液压控制阀相连输出液压油。在主动齿轮的内圈上有对称的两个凸键,与液力变矩器中泵轮伸出轴端的键槽相啮合。因此只要发动机转动,油泵和液力变矩器一起处于被驱动状态供油。泵盖的伸出轴端花键与液力变矩器中的导轮的固定键相连接,因此泵体泵盖是固定不动的。

油泵的工作原理如图 2-43 所示。油泵工作时,主动齿轮带动从动齿轮转动,在齿轮脱离啮合(吸油腔)的一端容积不断变大,产生真空,把油液从油盘经滤网吸进油泵。在齿轮进入啮合(出油腔)的一端容积不断减小,油液被挤压出油泵,输往液压系统。

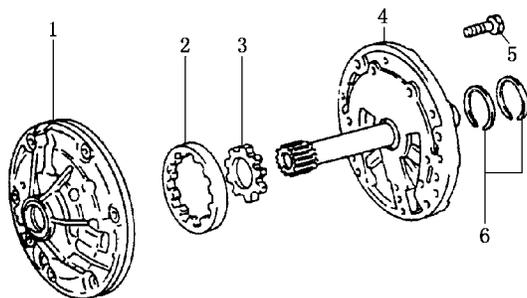


图 2-42 内啮合渐开线齿轮油泵的构造

1—泵体 2—从动齿轮 3—主动齿轮 4—泵盖 5—固定螺钉 6—油封环

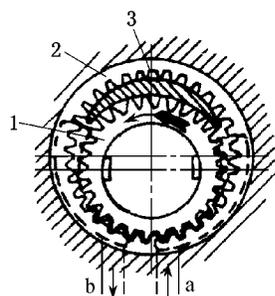


图 2-43 油泵的工作原理

1—主动齿轮 2—被动齿轮 3—月牙板

(2) 摆线齿轮泵 摆线齿轮泵又称转子泵,其结构如图 2-44 所示。油泵由外转子 1 和内转子 2 组成。两个转子偏心安装。内转子为主动件,带动外转子 1 作同向旋转。外转子为内

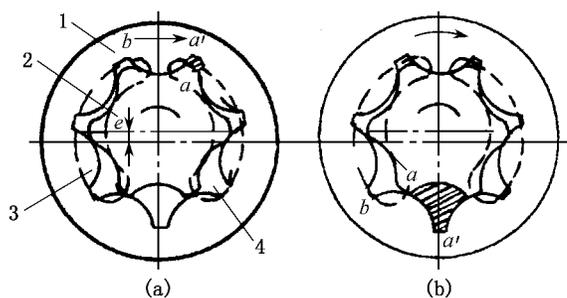


图 2-44 摆线齿轮泵

1—外转子 2—内转子 3—出油口 4—进油口

合。当内转子旋转一周时,由内外转子齿与齿槽所形成的每一个密封容积各自吸、压油一次。当转子连续转动时,则不断地将油吸出和压出,从而向系统供油。

(3) 叶片泵 叶片泵有单作用式叶片泵和双作用式叶片泵。单作用式叶片泵多为变量泵,双作用式叶片泵为定量泵。图 2-45 为变量叶片泵的构造,用于通用公司 THM125 型液力自动变速器上。

在带有滑动叶片的转子外侧设定子,定子用小轴支撑在泵的壳体上,以便改变定子相对转子的偏心率,弹簧的作用是将定子压向增大偏心率的方向。泵内油压给定子压向弹簧方向的力,随着压力的升高,定压缩弹簧,改变偏心率,因而能自动调节泵的排量。

## 2. 滤油器

滤油器的功用是过滤油液中的机械杂质,使进入到液压系统中的油液污染程度降低,以保证自动变速器自动换挡的正常进行以及各运动机件的润滑。油液中的机械杂质会划伤液压元件摩擦副表面,严重磨损或卡死运动机件或阀类、堵塞阀口,使系统工作可靠性大大降低。在适当的部位安装滤油器可以截留油液中的各种机械杂质和不可溶性污染物,使油液保持清洁。

滤油器按其过滤精度(指滤去杂质的粒度大小,以其直径  $d$  的公称直径表示)的大小有粗、普通、精、特精四种。液力自动变速器中通常装有两种精度的滤油器。

(1) 粗滤器 粗滤器通常装在油泵的吸油管路上,用以防止大颗粒或纤维杂质进入油泵内,确保油泵工作不受大颗粒杂质的影响。其过滤精度一般为  $80 \sim 110 \mu\text{m}$ 。

(2) 普通滤油器 普通滤油器通常设置在除油泵吸油管路上的其他管路上,其功用是滤去油液中更小颗粒的杂质,避免颗粒杂质进入控制系统的油路中。其过滤精度为  $10 \sim 100 \mu\text{m}$ 。

无论何种滤油器,当油液流经它时,均会产生一定的压力降,过滤精度越高,压降越大。因此在油泵的吸油管路中,为提高油泵的吸油能力,均只用粗滤器。如有特殊需要加装普通滤油器或精滤器时,必须给油箱的油液加压。

齿轮,内转子为外齿轮。内转子的齿数比外转子的齿数少一个。外齿轮的各齿顶通常与内齿轮的齿面滑动接触。图 2-44(a)右侧的 4 为进油口,左侧的 3 为出油口。图 2-44(b)为一个齿  $a$  在转过  $180^\circ$  后齿间容积增大到最大时的吸油情况。在以后的  $180^\circ$  内,容积减小,将油液挤压从出油口 3 排出。在旋转一圈中,对于每一个工作腔而言,前  $180^\circ$  是吸油,后  $180^\circ$  是压油。一周后内转子 2 的  $a$  齿和外转子 1 的齿槽  $b$  啮合。

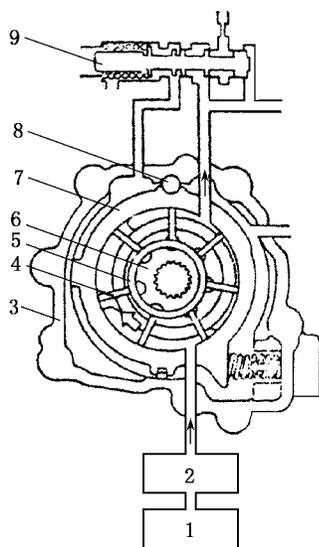


图 2-45 叶片泵

1—油箱 2—过滤器 3—泵体 4—叶片 5—叶片环 6—转子 7—可移动的定子 8—支点 9—调压阀

### 3. 油箱

油箱的功用是用以储存油液,此外还起着散发油液中热量、逸出混油中的气体、沉淀油中杂质等作用。

液力自动变速器中的油箱有两类,即整体式和分离式。整体式是油箱与自动变速器连为一体,直接把变速器的油底壳作为油箱使用。分体式则与自动变速器分开独立布置,用管路与变速器连通,因此在布置上比较自由,允许有足够的容量,散热性能较好。

通常油箱都有可靠的密封,以防油液泄漏和杂质进入。有的还可采用充压密封式油箱以改善油泵的吸油效果。对于某些工程车辆和重型车辆的综合传动箱,还可根据箱体结构分隔成若干个互通的油池,以保证油液的循环、过滤和冷却。

### 4. 主油路压力调节阀

主油路压力调节阀又称主调压阀或一次调节阀。其功用是根据汽车行驶速度和节气门开度的变化,自动调节流向各液压系统的油压,保证各液压系统工作稳定,减小油泵功率的损耗。

主油路油压受控于主油路压力调节阀。主油路压力按其调节方式有下列三种形式:

(1) 主油路压力的调节仅与选挡手柄的挡位有关,前进挡时油压为 640 ~ 690 kPa,倒挡时为 1 596 ~ 1 863 kPa。如红旗 CA770、美国克莱斯勒公司的 POWER - FLITE 和前苏联的 ЗИЛ - 111 等。

(2) 主油路压力的调节不仅与挡位有关,而且还与节气门开度有关。当节气门开度小时,由于此时发动机输出功率小,操纵系统油压可以稍低。当节气门开度较大时,由于发动机输出功率较大,因此操纵油压就随节气门开度的加大而升高。如红旗 CA744、美国克莱斯勒公司生产的 TORQUE - FLITE(904、A272、1959—1978 年)以及最新装于前驱动轿车上的自动变速器 AUTOMATIC - TRANSAXLE(1978—1985 年)。采用此种调节方式的液力自动变速器必须注意节气门油在使用中的变化。若因节气门拉杆失调或使用不当引起的变形使油压偏低,它将影响主油路压力偏低。

(3) 主油路压力的调节不仅与挡位、节气门开度有关,还与汽车行驶车速有关。近代大多数轿车液力自动变速器都采用这种调节方式。如美国通用、福特公司,日本日产、丰田等公司的车型都采用这种形式。

采用上述调节方式,显然在倒挡时,其油压高于其他挡位的油压。主油路压力调节阀在倒车挡位压力油作用下,起到调节增高主油路压力的功能,满足倒车时所需要的油压。

主油路压力调节阀如图 2-46 所示,由阀体和弹簧组成。

### 5. 二次调节阀

二次调节阀又称次调压阀和液力变矩器补偿压力调压阀。其功用是根据汽车行驶速度和节气门开度的

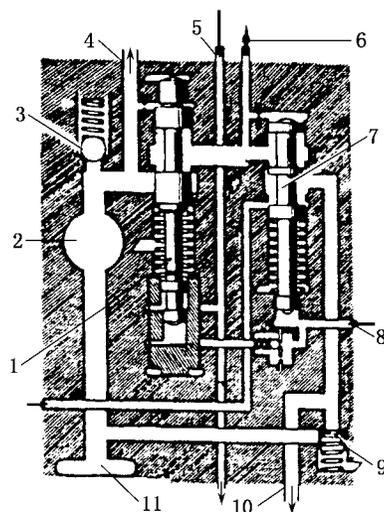


图 2-46 主油路压力调节阀二次调节阀单向阀安全阀

1—一次调节阀;2—油泵;3—安全阀;4—流向各部分管路压力;5—管路压力;6—流向变矩器和润滑油路;7—二次调节阀;8—来自节流阀压力;9—油冷却器旁通阀;10—流向油冷却器;11—滤油网



变化,能自动调节液力变矩器的油压,并能保证各摩擦副润滑的油压和流向油冷却装置的油压。当发动机停止转动时,二次调节阀把液力变矩器的油路关闭,防止液压油从液力变矩器外流。当发动低速运转或节气门关闭时,二次调节阀在弹簧弹力作用下将通向液压油冷却装置的油路切断,保证液力变矩器的油压在 0.2 MPa 左右。当发动机转速升高时,随着液力变矩器油压升高,摩擦功率损失增大,油温也随之升高,此时二次调节阀将通向液压油冷却器的油路打开进行冷却,以保证油温在正常范围。

### 6. 卸压阀

卸压阀又称安全阀。其功用是限制油泵所产生的油压的最高值,以保证液力自动换挡操纵及控制系统的安全。它实际上是一个常闭单向溢流阀,由钢球和弹簧组成,并联在油泵出口的油路上。当油泵压力超过限定压力值时,压开钢球,油经阀体油道返回油盘,泄油后油路油压降低,钢球在弹簧弹力作用下关闭卸油口,见图 2-46。

### 7. 油冷却器旁通阀

油冷却器旁通阀的功用是限制高温油的压力,是油冷却器的旁通保护阀。它也是由钢球和弹簧组成,与油冷却器并联。当液力变矩器内高温的液压油压力大时,钢球打开旁通油路泄油,部分高温油仍通向油冷却器冷却,以便将高温的压力油控制在较低的压力值上,以免损坏油冷却器。

### 8. 单向阀

单向阀是串联在油路中的一个单向阀门,其作用是当发动机停止转动时,来自变矩器的液压油使单向阀的钢球关闭油路,以防止液压油从变矩器逆流。

## 三、调压机构

### 1. 速度调压阀

速度调压阀又称调节器阀和调速器,速度调压阀的功用是将车速转换成与其成一定比例关系的控制油压,并传送给换挡阀,以便控制液力自动变速器的升挡和降挡。

速度调压阀一般安装在变速器功率输出轴上,能够感应出汽车行驶速度的变化,以得到和汽车速度相对应的输出油压信号,从而控制换挡时机。若速度调压阀压力高,换挡车速提前,调速器压力低,换挡车速滞后。如果速度调压阀卡在低压侧,可能升不上高挡;如果速度调压阀卡在高压侧,则可能低车速时就升到高挡。

速度调压阀主要有单锤式和复锤式两种,其原理是利用离心力和双边节流原理来实现调压的。

(1) 单锤复合式双级速度调压阀 图 2-47 为丰田 A40、A40D、A42DL、A43D、A43DL 型液力自动变速器所用的单锤复合式双级速度调压阀的结构。它由调压阀壳体 2、重锤轴 7、离心重锤 6、调压阀 5、弹簧 8 及调压阀壳体上的油道所组成。调压阀壳体与液力自动变速器输出轴相配合,其装配关系如图 2-48 所

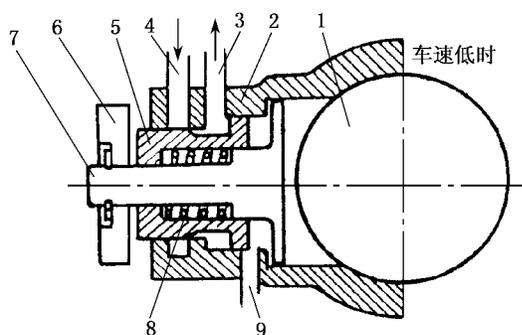


图 2-47 单锤复合式双级速度调压阀结构  
1—功率输出轴 2—调压壳 3—调节器压力 4—管路压力;  
5—调压阀 6—离心重锤 7—重锤轴 8—弹簧 9—排油

示。调压阀壳先套在变速器输出轴的安装位置,并用螺钉紧固,最后用锁止垫片锁死。进油口通过手动阀油道与主油路压力调节阀相通。出油口通过油路与 1—2 挡、2—3 挡换挡阀和节流阀相通。

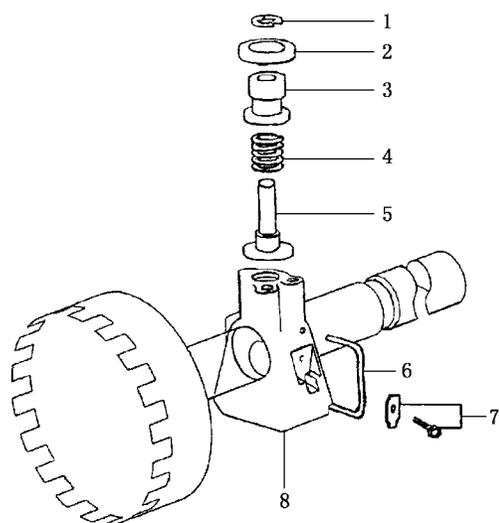


图 2-48 单锤复合式双级速度调压阀的装配  
1—卡环 2—调节锤 3—调压阀 4—弹簧 5—调压  
阀轴 6—卡箍 7—锁止垫片与螺钉 8—调压阀壳

当液力自动变速器输出轴不转动或转速很低时,调压阀阀体把进油口关闭,出油口不输出调压阀油压。调压阀分两个阶段工作:第一阶为,调压阀体、离心重锤和弹簧构成一个整体并随离心力的变化而移动(低速时);第二阶为是当转速进一步升高时,重锤轴的运动被调压阀壳体所阻止,但调压阀和弹簧仍会随离心力的变化而移动。液力自动变速器输出轴转速越高,进油口 4 开度越大,从出油口 3 通往换挡阀的油压越高,因此调压阀输出的油压和车速相对应。输出的油压送至相应的换挡阀,作为换挡油压信号,与节气门压力调节阀送来的压力信号相平衡。当速度调压阀随车速升高而传送至换挡阀的电压形成的作用力大于节气门调压阀油压和换挡阀弹簧弹力的合力时升挡,反之则降挡。变速器输出轴转速与调压阀输出压力的关系如图 2-49 所示。

(2) 复锤式双级速度调压阀 图 2-50 为复锤式双级速度调压阀的结构,图 2-51 为其分解图。调压器的输出特性如图 2-52 所示有一转折,这是换挡性能所要求的。

(3) 中间传动复合式双级速度调压阀 图 2-53 为中间传动复合式双级速度调压阀的结构,图 2-54 为其分解图。它装在液力变速器的轴管里,由装在液力变速器输出轴上的齿轮间接传动。其特点是拆装方便,只要把轴管侧面的一个盖子拆下来就能把整个调压阀都抽下来。

(4) 单侧装配的单锤复合式双级速度调压阀 图 2-55 为该种调压阀的分解图。它与第(1)、(2)两种调压阀相比较,虽然都是直接装在变速器输出轴上,但前两者拆装十分困难。而第(3)种中间传动复合式速度调压阀虽然拆装方便,但其齿轮是塑料的,容易磨损。而 BORG-WARNER 公司生产的这种单侧装配式单锤复合式双级速度调压阀兼有上述三种调压阀的特点,虽然固定在变速器轴上,但其阀体是单侧装配,只要把轴管一侧的盖子打开,该调压阀的阀体就全都显露出来,只要把两个固定螺钉松开就能取出调压阀阀体了。

该型式速度调压阀广泛应用于 BORG-WARNER-8/35/45/55 等型液力自动变速器上,也用于美国福特公司生产的 CRUISE-O-MATIC 自动变速器及前联邦德国 ZF 公司生产的 ZF3HP-12、3HP-22 等型液力自动变速器中。调压阀的输出特性及工作位置状况如图 2-56 和图 2-57 所示。

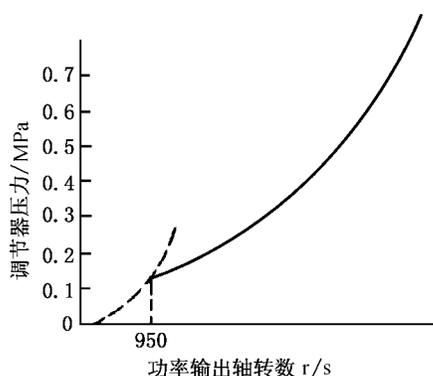


图 2-49 转速与调压阀输出压力的关系

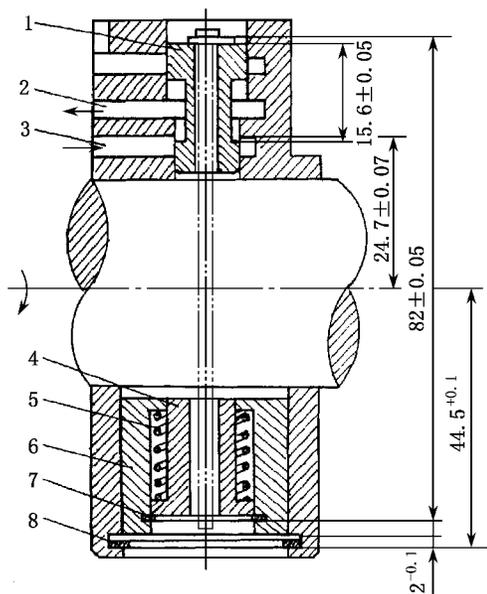


图 2-50 复锤式双级速度调压阀的结构

1—阀 2—调压阀出油口 3—主油道进油口 4—小重块；  
5—弹簧 6—大重块 7、8—卡环

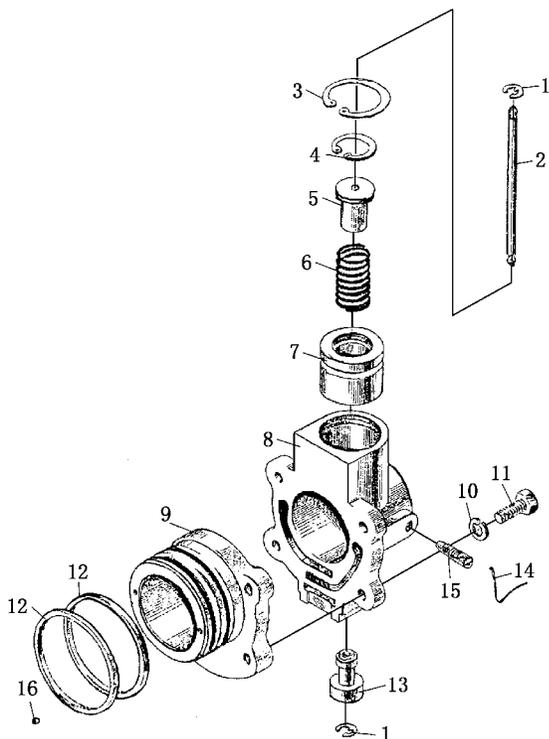


图 2-51 复锤式双级速度调压阀分解图

1—调速器锁环 2—调压阀轴 3—大重块锁环 4—小重块锁环 5—小重块 6—调压阀弹簧 7—大重块 8—外壳 9—盖；  
10—弹簧垫圈 11—螺栓 12—密封环 13—调压阀 14—铁丝锁线 15—紧固螺钉 16—钢球

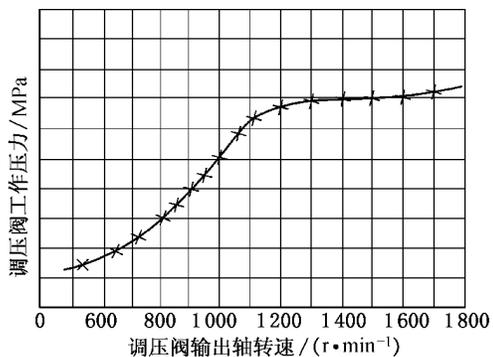


图 2-52 调压阀输出特性

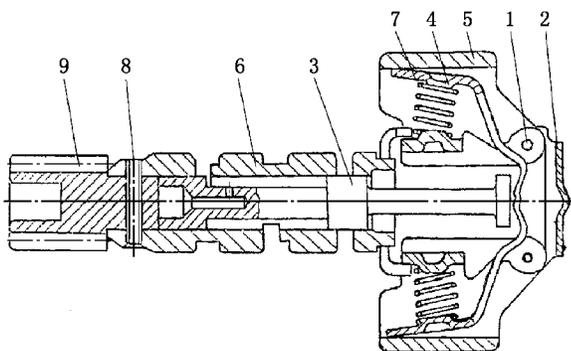


图 2-53 中间传动复合式双级速度调压阀

1—锁子 2—止推罩 3—调压阀 4—次重块 5—主重块 6—套筒及保持架总成 7—弹簧 8—锁子(从动齿轮) 9—从动齿轮

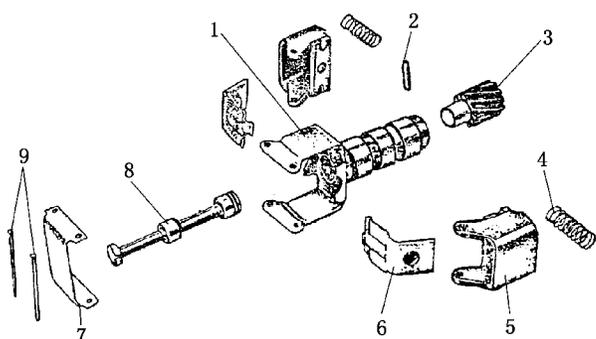


图 2-54 中间传动复合式双级速度调压阀分解图

1—套筒和架总成 2—从动齿轮固定销 3—从动齿轮 4—弹簧；  
5—主重块 6—次重块 7—止推罩 8—阀 9—销子

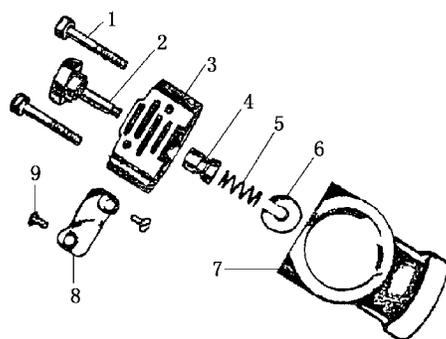


图 2-55 单侧装配的单锤复合式速度调压阀

1—固定阀体的螺钉 2—重块 3—阀体 4—调压阀；  
5—弹簧 6—卡块 7—平衡块 8—盖 9—螺钉

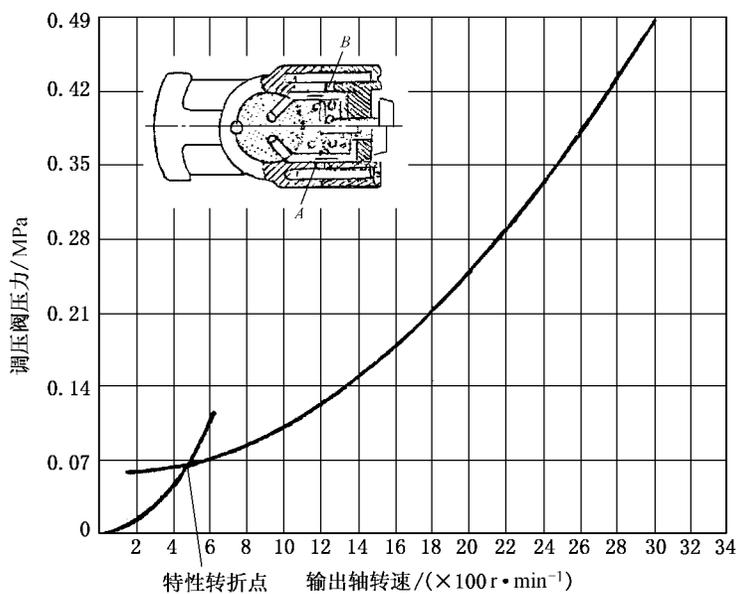


图 2-56 调压阀输出特性

A—主油路进油口；B—调速器油压出油口

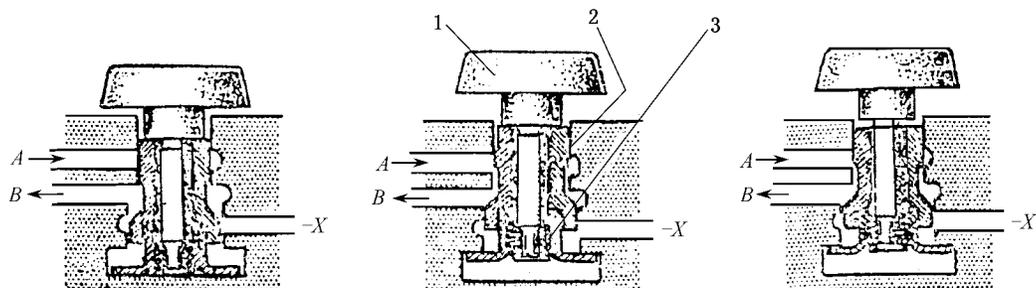


图 2-57 工作位置状况

A—主油路进油口；B—调速器油压出油口

1—重块 2—调速器阀 3—弹簧



## 2. 节气门压力调节阀

节气门压力调节阀又称节流阀和节气门阀,其功用是根据节气门的开度来控制液压油路。

其结构如图 2-58 所示。该阀由两部分组成:降挡柱塞和节流阀。前部为降挡柱塞,外露的端部装一滚柱,滚柱与节流阀凸轮滚动接触,节流阀凸轮通过一根软轴内拉线钢丝与发动机节气门相连。节气门的开闭带动节流阀凸轮转动并推动降挡柱塞移动。调节阀后部是节流阀阀体,阀体两端由弹簧支撑平衡定位。所以降挡柱塞的移动压缩节流阀体前后两个弹簧而使节流阀阀体移动。

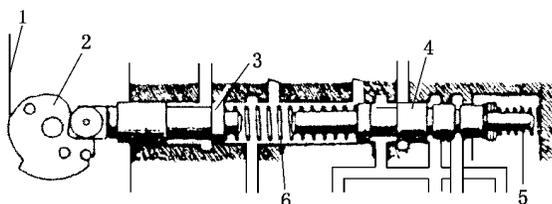


图 2-58 节气门压力调节阀

1—节流阀内拉线 2—节流阀凸轮 3—降挡柱塞;  
4—节流阀 5—弹簧 6—弹簧

节气门压力调节阀的进油口有两个:一是来自油泵主油路压力调节阀的油压;另一路是来自节流阀减压阀的油压。出口分别与 1—2 挡、2—3 挡换挡阀相通,作为节气门压力调节阀压力信号,控制升降挡;分别与一次调压阀二次调压阀相通,实现主油路和变矩器油压的调节;同时与节流阀减压阀相通,经调节后变为节流阀减压阀又经节流阀进油口作用在节流阀阀体上,起到调节节流阀压力的作用。

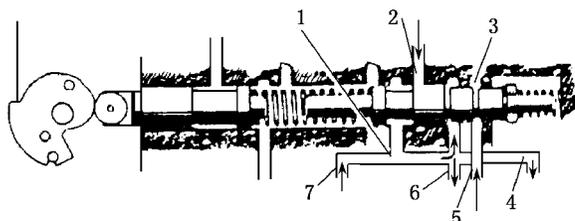


图 2-59 节气门压力调节阀工作状态

1—节流阀压力;2—来自油泵管路压;3—节流阀减压阀压力;  
4—流向调压阀;5—来自节流阀减压阀;6—流向 2—3 挡换挡  
阀;7—流向 1—2 挡换挡阀

节气门压力调节阀工作时情况如图 2-59 所示。当节流阀移动到所需位置时,主油路压力油路开启。如果此时降挡柱塞的位置不变,即节气门开度位置不变,由节流阀和降挡柱塞的位置所决定的前后两个弹簧的弹力达到平衡状态时,作用于节流阀阀体的节流阀减压阀油压会使节流阀复位,关闭来自油泵的主油路压力油路。这样节流阀出油压力就可以反映化油器节气门的开度。为了调节管路压力,节流阀压力油输向一次及二次调压阀;为了控制升降挡则输向 1—2 挡和 2—3 挡换挡阀。

## 3. 降挡柱阀

降挡柱塞阀又称强制低挡阀,它与节流阀安装在一起,见图 2-60。其功用是强制低挡时,或发动机节气门接近全开时(85%以上),降挡柱塞移动距离较大,使来自降挡压力调节阀的油路开启,并作用到 1—2 挡和 2—3 挡换挡阀,实现强制低挡,或使汽车上坡时能够强制降挡。

## 4. 降挡压力调节阀

降挡压力调节阀又称止动调节阀,其结构如图 2-61 所示。其功用是调节 1—2 挡和 2—3 挡换挡阀的压力。但是它的工作是通过降挡柱塞接通后的液压变化来完成的。

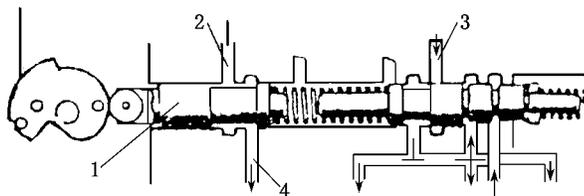


图 2-60 降挡柱塞

1—降挡柱塞 2—来自降挡压力调节阀 3—管路压力;  
4—流向 1—2、2—3 挡换挡阀

## 5. 速度调压阀随动阀

速度调压阀随动阀又称调速器调节阀,其结构如图 2-62 所示。其功用是调节速度调压阀的输出油压。

工作时,来自速度调压阀的压力油,经调节后变成速度调压阀随动阀的油压流向节气门压力调节阀减压阀。同时,在速度压力调节阀输出压来未达到节气门压力调节阀减压阀压力之前,按照输出轴转速变化来改变该油压,作用在本身阀体的上端部。当随着速度调压阀压力的升高,此阀体上部压力增大,克服弹簧弹力,被压到下边。当速度调压阀压力与弹簧弹力平衡时,关闭了来自速度调压阀压力油路。因此,速度调压阀的压力被调节成恒值,供给节气门压力调节阀减压阀。

## 6. 节气门压力调节阀减压阀

节气门压力调节阀减压阀又称止回阀,如图 2-63 所示。其功用是调节节气门压力调节阀的压力。

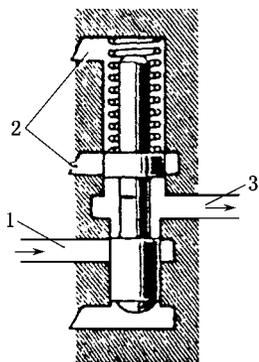


图 2-61 降挡压力调节阀  
1—来自油泵管路压力;2—排油;  
3—流向降挡柱塞降挡压力

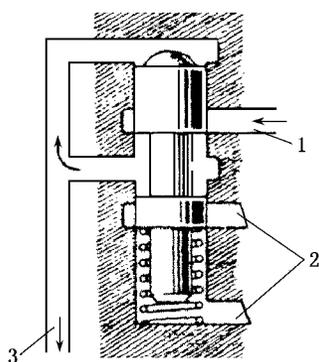


图 2-62 速度调压阀随动阀  
1—来自调压阀(调压阀压力);2—排油;  
3—流向节流阀减压阀(调压阀随动阀压力)

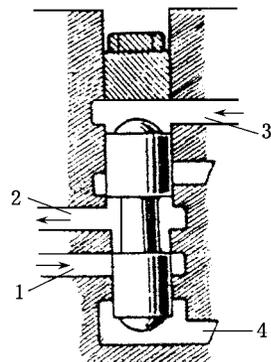


图 2-63 止回阀  
1—来自节流阀压力;2—流向节流阀(节流阀减压阀压力);3—来自调节器随动阀压力;4—排油

此阀仅由一个浮动的阀体组成,它受控于速度调压阀随动阀压力和节气门压力调节阀的压力。其工作原理是将来自节气门压力调节阀的油压,经节气门压力调节阀减压阀的调节后,又流向节气门压力调节阀受控油环道,实现调节节气门压力调节阀压力的目的。

## 四、换挡控制机构

### 1. 1—2 挡换挡阀

1—2 挡换挡阀的功用是在速度调压阀油压与节气门压力调节阀油压的共同作用下,自动完成前进挡位第一挡与第二挡之间挡位转换。图 2-64 是 1—2 挡换挡阀的结构图。它由两个阀体组成:上部是低压滑动换挡阀的阀体,下部是 1—2 挡换挡阀的阀体,中间由弹簧 4 隔开支撑着。

当汽车行驶速度高,即速度调压阀压力高而节流阀压力调节阀压力低时,速度调压阀压力克服了节气门压力调节阀压力和弹簧弹力之合力将 1—2 挡换挡阀阀体推向上边,打开通向制动器  $B_2$  的油路,制动器  $B_2$  制动,液力自动变速器从第一挡齿轮传动自动换到第二挡齿轮高速挡传动,如图 2-64 所示位置。



当速度调压阀压力低而节气门压力调节阀压力高时,把 1—2 挡换挡阀体压下,将通向制动器  $B_2$  的电路关闭,液力自动变速器从第二挡降至第一挡,如图 2-65 所示。

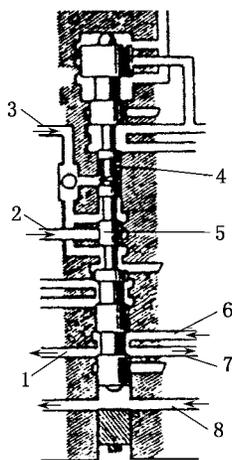


图 2-64 1—2 挡换挡阀

1—流向 2—3 挡换挡阀,2—来自节流阀压力,3—降挡压力,4—弹簧,5—1—2 挡换挡阀,6—来自手动阀,7—流向制动器  $B_2$ ,8—来自调节器阀

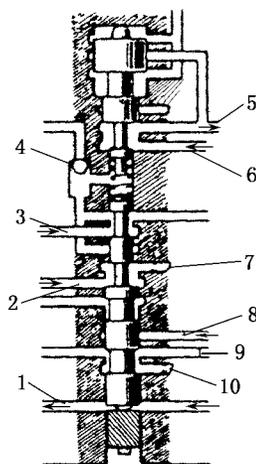


图 2-65 1—2 挡换挡阀(速度调压阀压力低时)

1—流向 2—3 挡换挡阀,2—来自制动器  $B_1$ ,3—来自节流阀,4—单向球阀,5—流向顺序动作阀(倒车制动器),6—来自手动阀(“R”挡油路),7—排油,8—来自手动阀,9—来自制动器  $B_2$ ,10—排油

当汽车上坡需要强制降挡时,由于节气门阀降挡柱塞的移动,开通了进入 1—2 挡换挡阀的油路,如图 2-65 所示。在此压力油和节气门压力调节阀压力共同作用下,把 1—2 挡换挡阀体压下,使自动变速由二挡强制降至一挡。

当换挡手柄位于“L”挡时,来自低压随动阀的压力油作用于 1—2 挡换挡阀上部的低压滑动换挡阀顶部而下移。这样就使 1—2 挡换挡阀的阀不能向上移动,液力自动变速器被强制在低挡位置,如图 2-66 所示。

当换挡手柄位于“R”挡时,来自低压随动阀的压力油作用于 1—2 挡换挡阀的上部的低压滑动换挡阀顶部而下移,压力油经顺序动作阀进入倒车制动器,作用在制动器  $B_3$  的内外活塞上。

当 1—2 挡换挡阀的阀体被推动上边时,来自节气门压力调节阀的油路被关闭,因而形成第一挡齿轮、第二挡齿轮的动作滞后现象。处于闭合状态的节气门压力调节阀油路,要从第二挡降至第一挡,只能靠速度调压阀油压和弹簧的弹力来实现,即随汽车行驶车速的变化而发生。

## 2. 2—3 挡换挡阀

2—3 挡换挡阀的功用同样也是在速度调压阀油压和节气门压力调节阀油压的共同作用下,自动完成前进挡位第二挡与第三挡之间的挡位转换。图 2-67 是 2—3 挡换挡阀的结构。它由两个阀体组成:上部是中间换挡阀的阀体,下部是 2—3 挡换挡阀的阀体,两者之间也由弹簧隔开支撑着。下部 2—3 挡换挡阀的阀体的上方作用着节气门压力调节阀的油压和弹簧弹力的合力,下方作用着速度调压阀的油压。

如图 2-67 所示,当汽车行驶速度高,速度调压阀的油压高时,克服了节气门压力调节阀和弹簧的弹力使阀体上移,通向后离合器  $C_2$  内活塞的油路开启,后离合器  $C_2$  工作,液力自动变速器由第二挡自动升到第三挡。此时,中间换挡阀起着释放制动器  $B_1$  压力油的作用。当车速较低,速度调压阀的油压低时,2—3 挡换挡阀被节气门压力调节阀压力和弹簧弹力合力压下,使通向后离合器  $C_2$  内活塞的电路关闭,液力自动变速器由 3 挡换入 2 挡,如图 2-68 所示。

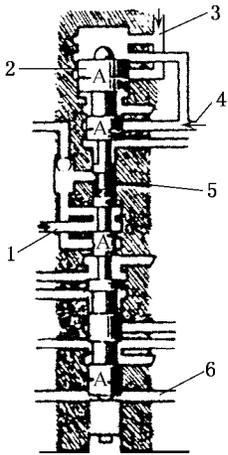


图 2-66 在“L”挡时 1—2 挡换挡阀

1—来自节流阀 2—低压滑动换挡阀 3—来自低压随动阀压力 4—流向顺序动作阀(倒车制动器用); 5—弹簧 6—调节器压力

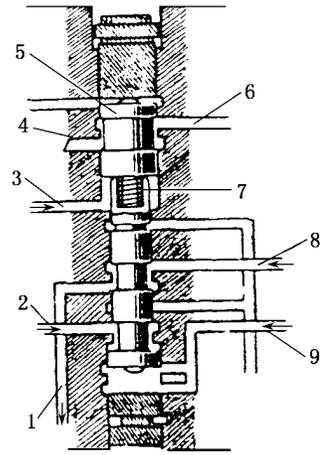


图 2-67 2—3 挡换挡阀(速度调压阀压力高时)

1—流向离合器内活塞 2—来自正在完成上坡时的强制降挡柱塞压力 3—来自节流阀压力 4—排油 5—中间换挡阀 6—来自制动器  $B_1$  7—弹簧 8—来自 1—2 挡换挡阀压 9—来自 1—2 挡换挡阀(调节器压力)

当汽车上坡需要限制降挡时,同 1—2 挡换挡阀一样,由于节气门压力调节阀降挡柱的移动,将进入 2—3 挡换挡阀的油路接通。在此油压和节气门压力调节阀油压共同作用下,将 2—3 挡换挡阀阀体压下,使液力自动变速器从三挡强制降到二挡。

由于速度调压阀压力的作用面积不相同,在第二挡与第三挡的挡位转换中会形成滞后现象,该压力的作用面积降挡时比升挡时大,因此降挡会在车速较低时发生。

当换挡手柄位于“2”和“L”挡时,来自手动阀主油路油压作用在 2—3 挡换挡阀上部的中间换挡阀上方,使中间换挡阀不移,2—3 挡换挡阀把通向后离合器  $C_2$  的油路关闭,以防止升向三挡,如图 2-69 所示。

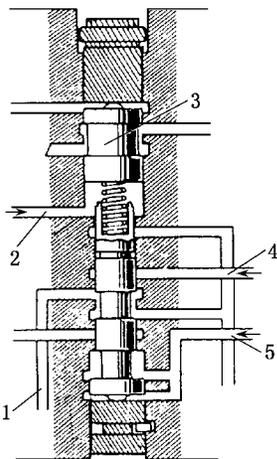


图 2-68 2—3 挡换挡阀(速度调压阀压力低时)

1—流向离合器内活塞 2—来自节流压力 3—中间换挡阀 4—来自 1—2 挡换挡阀压力 5—来自 1—2 挡换挡阀(调节器压力)

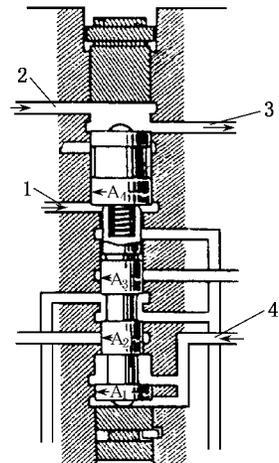


图 2-69 2—3 挡换挡阀在“2”和“L”挡时

1—来自节流阀压力 2—来自手动阀压力 3—流向中间随动阀 4—来自 1—2 挡换挡阀(调节器压力)



### 3. 3—4 挡换挡阀

3—4 挡换挡阀又称超速挡液压控制阀,用于装有超速挡的液力自动变速器上。其结构如图 2-70 所示。其功用同样也是在速度调压阀油压和节气门压力调节阀油压共同作用下,自动完成前进挡第三挡与第四挡(超速挡)之间的挡位转换。它同样也是由两个阀体组成:上部是滑动换挡阀阀体,下部是 3—4 挡换挡阀阀体,中间也是由弹簧隔开支撑。下部 3—4 挡换挡阀阀体上方,作用着节气门压力调节阀的油压和弹簧弹力的合力,下方作用着速度调压阀油压。

设有超速挡的液力自动变速器,都装有超速挡电路控制开关(OD 开关),并通过电磁阀来控制超速挡液压控制阀的动作,实现升挡。当 OD 开关接通时,液力自动变速器能自动升入超速挡。当 OD 开关断开时,液力变速器只能升入第三挡而不能升入超速挡。

3—4 挡换挡阀控制的是超速传动的超速挡离合器  $C_0$  和超速挡制动器  $B_0$  的油路,与选挡手柄所置的挡位无关,所以不受手动阀控制。来自主油路的压力油直接进入 3—4 挡换挡阀阀体,与超速挡离合器  $C_0$ 、制动器  $B_0$  相通。

超速挡电磁阀的构造如图 2-70 所示。电磁阀电路接通时,回油口打开,主油路压力油通过回油孔流回液力自动变速器的油盘,使主油路油压不作用在滑动换挡阀的上方,3—4 挡换挡阀的阀体能上下移动。电磁阀电路关断时,主油路油压作用在滑动换挡阀上方,3—4 挡换挡阀的阀体不能向上移动,不能升入超速挡。在超速开关打开电磁阀电路接通时,当汽车行驶车速高,速度调压阀油压升高,速度调压阀油压克服节气门压力调节阀油压和弹簧弹力的合力,使 3—4 挡换挡阀的阀体上移,将通往超速挡制动器  $B_0$  的油路开启,同时断开超速挡离合器  $C_0$  油路,液力自动变速器自动由第三挡升入第四挡。当车速低时,速度调压阀油压低,阀体下移,将超速挡制动器  $B_0$  油路关闭,超速挡离合器  $C_0$  油路开启,液力自动变速器由四挡降为三挡。

当选挡手柄位于“2”挡时,来自手动阀的主油路油压作用在 3—4 挡换挡阀的滑动换挡阀的上方,使滑动换挡阀下移,限制了阀体上移,防止超速挡制动器  $B_0$  的油路开启,不能升至超速挡。

综上所述,液力自动变速器在超速挡工作应满足以下条件:一是控制电路“OD”开关在开的位置,电磁阀电路必须接通;二是选挡手柄必须置于“D”挡位置;三是汽车行驶速度必须高到一定程度。

在电控液力自动换挡控制系统中,是将有关控制信号,如发动机转速、车速、发动机负荷

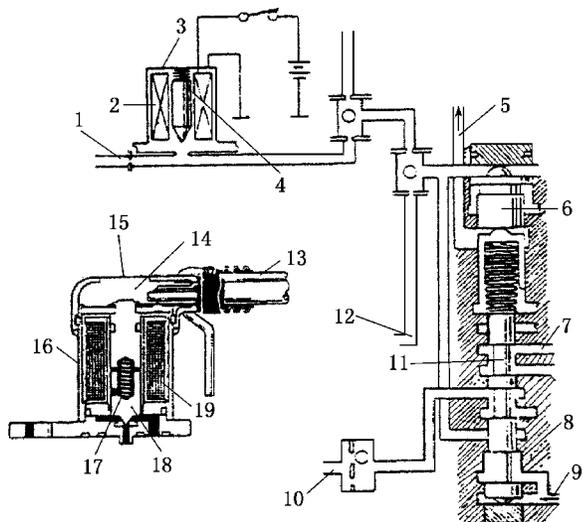


图 2-70 超速挡液压控制阀的结构

- 1—管路压力;2—线圈;3—电磁阀;4—阀体;5—节流阀压力;  
6—滑动换挡阀;7—流向超速离合器  $C_0$ ;8—来自管路压力;  
9—调节压力;10—流向超速制动器  $B_0$ ;11—3—OD 换挡阀;  
12—流向节流阀;13—引线;14—电磁阀;15—防护罩;16—外壳;  
17—弹簧;18—阀体;19—线圈

(节气门开度)、换挡手柄位置、强制低挡信号等通过传感器或信号输入装置送入电子控制单元 ECU, ECU 根据输入信号和预先设置的程序确定最佳挡位,由液力控制系统的电磁阀根据 ECU 的指令来实现自动换挡。

#### 4. 手动选挡阀

手动选挡阀是由驾驶员操纵换挡手柄通过换挡拉杆机构使之移动来实现不同油路的开启或关闭,以供驾驶员根据道路行驶条件和自己的意愿选择各种挡位,如 P、R、N、D、2 或 S、L 等挡位,进行油路的转换。其功用主要是为液力自动变速器提供不同的驱动范围,由驾驶员操纵选择。

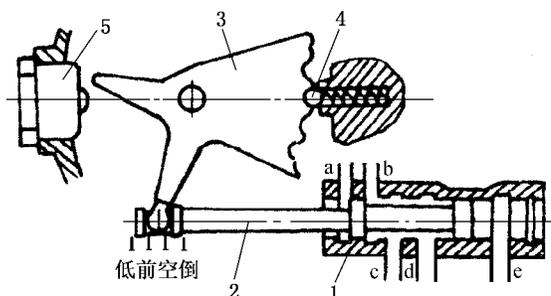


图 2-71 红旗 CA770 自动变速器选挡阀  
1—阀体 2—阀杆 3—拨板 4—钢球 5—开关

(1) 红旗 CA770 轿车自动变速器选挡阀 红旗 CA770 轿车自动变速器选挡阀如图 2-71 所示。它由阀体 1 和阀杆 2 组成。阀杆由拨板 3 拨动,有四个位置:倒、空、前、低。其中“前”为低挡和直接挡之间自动换挡;“低”为手动低挡。定值钢球 4 可保持阀杆在准确的位置。当选挡阀在“空”挡位置时,拨板尾端触动开关 5 将启动电路接通,即空挡启动开关。

手动选挡阀有四个 2 位,各油路的接

通情况如下:

油路 a: 接手操纵的低挡控制油路,由此引出主压力  $p_0$ 。

油路 b: 接前进挡工作油路。

油路 c: 在前进挡时通向主油路调压阀的控制油路;在倒挡时卸压,使主压力增高。

油路 d: 来自油泵的主压力油路。

油路 e: 通往倒挡制动油缸的工作油路。

两端泄油路: 使油流回油盘,压力为  $p_0$ 。

选挡阀阀体的两个台肩将阀腔分为左、中、右三个腔,即将相联通的油路分为左、中、右三组。四个挡位油路的连通情况如表 2-3。

表 2-3 CA770 自动变速器选挡阀的油路情况

分 组	挡 位	倒	空	前	低
	左		a—b—c— $p_0$	a—b— $p_0$	a— $p_0$
中		d—e	c—d	b—c—d	a—b—c—d
右		$p_0$	e— $p_0$	e— $p_0$	e— $p_0$

由表 2-4 可知,阀体中腔为工作位置,“低”挡位置时,a、b、c、d 四油路均通;“前”挡位置时,b、c、d 三油路相通;“空”挡位置时,c、d 二油路相通;“倒”挡位置时,d、e 二油路相通。

(2) 美国克莱斯勒自动变速器选挡阀 美国克莱斯勒自动变速器选挡阀如图 2-72 所示。它是一个六位九通阀,其换挡手柄位置为 1、2、D、N、R、P。阀体各通道和系统中其他液压



元件的连接情况如下：

油道 a：通速度调压阀；

油道 b：通主油路调压阀；

油道 c：从油泵经滤油器来；

油道 d：通主油路调压阀提高挂倒挡时的主油路压力；

油道 e：通倒挡执行元件；

油道 f：通节气门调压阀及后离合器；

油道 g：通 2—3 挡换挡阀阻止其升挡动作；

作；

油道 h：通 1—2 挡换挡阀阻止其升挡动作；

油道 i：泄油道。

换挡手柄在各挡位时自动换挡及油路连通情况如表 2-4 所示。

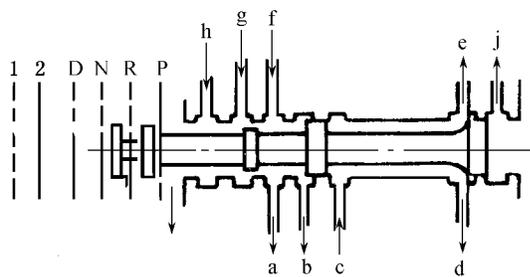


图 2-72 克莱斯勒自动变速器选挡阀

表 2-4 美国克莱斯勒自动变速器各挡位换挡油路

挡 位	自动换挡范围	与主油路供油道 C 相通的油道
P	停 车	b、f、g、h、j
R	倒 挡	c、d、e
N	空 挡	b
D	1—3 挡自动换挡	b、c
2	不能由 2 挡升 3 挡	a、b、f、g
1	不能由 1 挡升 2 挡也不能由 2 挡升 3 挡	a、b、f、g、h

各挡位适用行驶条件如下：

“D”挡：适用于一般路面下使用，在此挡位从一挡起步后最高可自动换至三挡；

“2”挡：适用于下坡行驶，也可用于行驶阻力较大的场合。在此挡位只能在一、二挡行驶，可以很好地利用发动机制动。

“1”挡：适用于道路状况很差的场合或坡道行驶。在此挡位不能由一挡升二挡，也不能由二挡降一挡，它可最大限度地利用发动机制动。

(3) 阿里森五挡自动变速器选挡阀 阿里森五挡自动变速器选挡阀如图 2-73 所示，它是一个七位九通阀，有七个挡位：D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>、D<sub>3</sub>、D<sub>4</sub>、D<sub>5</sub>、N、R。阀体上有九条油道，其功用如下：

油道 a：向 1—2 挡换挡信号阀 17 输送限制升挡油压信号；

油道 b：向 2—3 挡换挡信号阀 18 输送限制升挡油压信号；

油道 c：向 3—4 挡换挡信号阀 19 输送限制升挡油压信号；

油道 d：向 4—5 挡换挡信号阀 20 输送限制升挡油压信号；

油道 e：向限挡调压阀 13 供油，以得到限制升挡所需的信号油压；

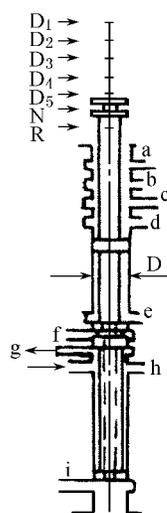


图 2-73 阿里森五挡自动变速器选挡阀

油道 f: 向前进挡离合器  $C_1$  供油, 在前进行驶时还要与另一个换挡执行机构(换挡离合器或制动器)配合才能得到一个挡位;

油道 g: 向主油道调压阀输送降压信号, 降低在前进各挡工作和空挡时的主油路油压;

油道 h: 供油主油路, 经顺序阀、继动阀向低挡制动器  $B_2$  供油。当发动机发动, 油泵开始工作供油后, 该制动器接合, 得到空挡;

油道 i: 倒挡供油路, 可经继动阀向倒挡离合器  $C_2$  供油。

换挡手柄在各种挡位时自动换挡及油路情况如表 2 - 5 所示。

表 2 - 5 阿里森五挡自动变速器选挡阀柄位和油路

柄 位	自动变速范围	与主油道 h 接通的油路
R	倒 挡	i
N	空 挡	g
D <sub>5</sub>	1—5 挡自动换挡	g, f
D <sub>4</sub>	1—4 挡自动换挡	g, f, e 经限挡调压阀后回到 d
D <sub>3</sub>	1—3 挡自动换挡	g, f, e 经限挡调压阀后回到 d, c
D <sub>2</sub>	1—2 挡自动换挡	g, f, e 经限挡调压阀后回到 d, c, b
D <sub>1</sub>	固定在 1 挡	g, f, e 经限挡调压阀后回到 d, c, b, a

(4) A40、A43D、A43DL 选挡阀 A40、A43D、A43DL 自动变速器选挡阀如图 2 - 74 所示, 阀体上共有 5 条油道, 其中第三油道 c 为主油路进油口与主调压阀相通, 其余均为出油口, 选挡手柄在各挡位时, 各油道连通情况如下:

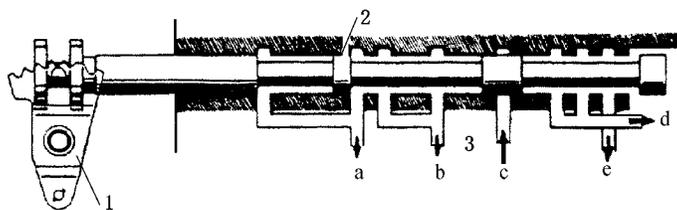


图 2 - 74 A40、A43D、A43DL 选挡阀

1—手动阀拉杆 2—手动阀 3—来自一次调节阀管路压力

P 挡: 第四油道 d 通往低压随动阀(低挡滑行调节阀)打开, 直至通到顺序动作阀倒车制动器  $B_3$  工作, 其余油道关闭。

R 挡: 第四油道 d 和第五油道 e 油路连通, 分别打开制动器  $B_3$  和后离合器  $C_2$  油路, 实现倒挡, 其余油道关闭。

N 挡: 无选挡阀油路。

D 挡: 第二油道 b 开启, 接通前离合器  $C_1$ 、速度调压阀、1—2 挡换挡阀、2—3 挡换挡阀、3—4 挡换挡阀、后离合器  $C_2$ 、制动器  $B_2$  等油路, 使液力自动变速器能在 1—3 挡或 1—4 挡间变换挡位。其余油路关闭。

2 挡: 第一油道 a 和第二油道 b 接通, 分别与中间换挡阀(2—3 挡换挡阀)、速度调压阀、



1—2 挡换挡阀等油路打开,限制了自动变速器的最高挡(A40 型不能升 3 挡,A43D 型不能升超速挡),并能实现利用发动机制动。

L 挡:第一油道 a、第二油道 b 和第四油道 d 油路打开,使自动变速器 A40 型只能在 1 挡工作,A43D 型在 1、2 挡工作。

## 五、换挡执行机构

液压换挡控制系统中的换挡执行机构主要是多片摩擦离合器、制动器的液压工作油缸。离合器及制动器的结构在第三节行星齿轮变速器中已介绍,在此不再重述。

## 六、辅助装置

该部分液压元件的作用主要是改善换挡动作时平滑柔顺,调节油压并能实现先后顺序动作等。

### 1. 中间随动阀

中间随动阀又叫第二液压控制随动阀。中间随动阀的功用是选挡手柄位于“2”挡第二挡齿轮工作时,利用发动机制动,中间随动阀调节作用在制动器  $B_1$  活塞上的油压,减小活塞受到的冲击。其结构、工作原理如图 2-75 所示。

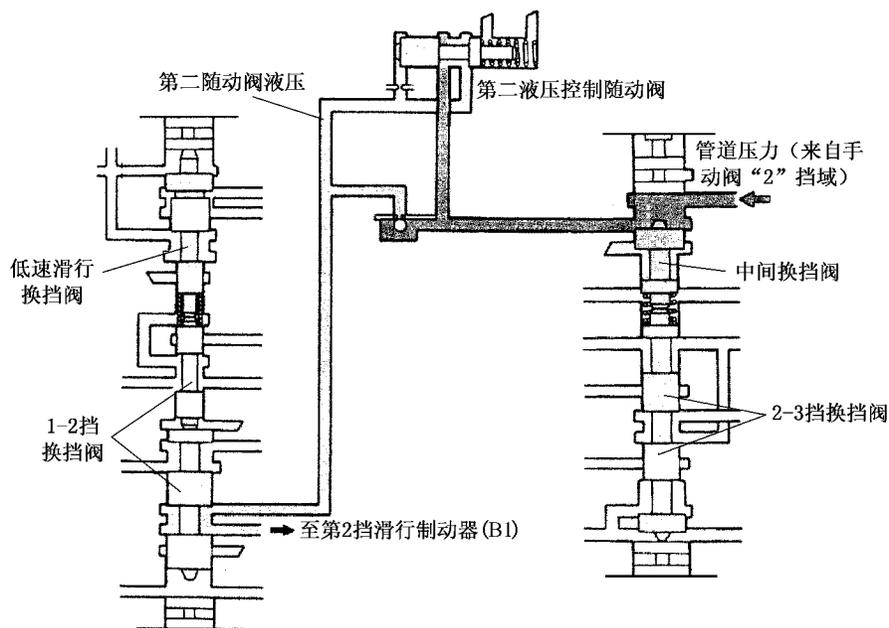


图 2-75 中间随动阀

工作时,进油口来自中间换挡阀的主油路压力,出油口油压通过 1—2 挡换挡阀作用于制动器  $B_1$ ,同时还作用在本身阀体的端部。当出口油压高时,作用在端部的油压所形成的压力克服弹簧的弹力,使阀体右移,关小进油口的面积,减小进油量,因此出油口的压力也随之降低,作用在制动器  $B_1$  活塞上的油压冲击力将大大减轻,工作平稳可靠。

## 2. 低压随动阀

低压随动阀又叫低挡滑行调节阀,其功用是当换挡手柄位于“L”挡时,降低来自主油路的油压,减轻作用在制动器  $B_3$  活塞(A40 型外活塞、A43D、A43DL 先外活塞后内活塞)的液压冲击力。其结构及工作原理如图 2-76 所示。

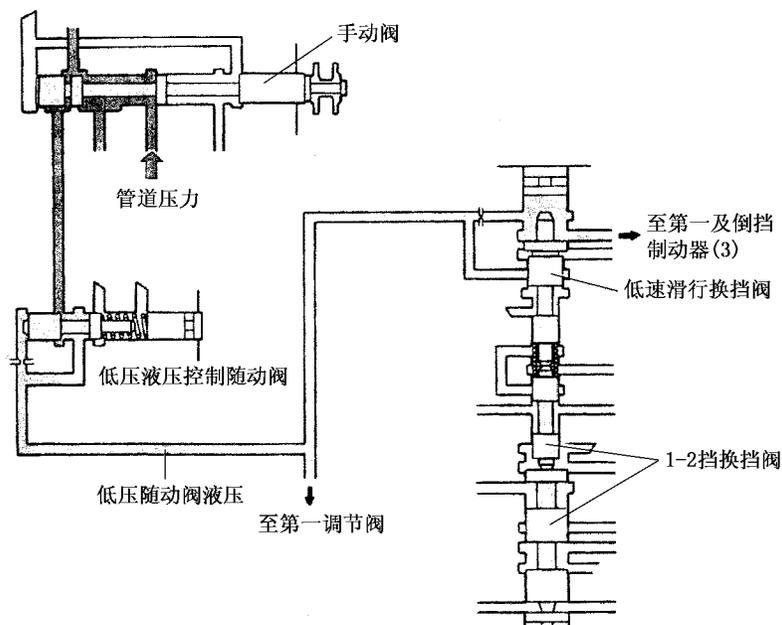


图 2-76 低压随动阀

低压随动阀的进油口来自手动阀主油路的油压,经低压随动阀降压后,由出口口至低压滑动换挡阀被送到制动器  $B_3$  活塞处。其降压原理和中间随动阀相同,在此不再重复。

## 3. 倒挡制动器顺序动作阀

倒挡制动器顺序动作阀的功用是当换挡手柄位于倒挡时,降低通往制动器  $B_3$  内外活塞上的油压,并按先外活塞后内活塞的顺序动作,减小冲击力,换挡平稳可靠。

图 2-77 为两种结构型式的倒挡制动器顺序动作图,所适用的发动机型号见图上标注。

由阀体和弹簧组成的倒挡制动器顺序动作阀工作时,主油路油压经低压随动阀、低压滑动换挡阀到倒挡制动器顺序动作阀的进油口,然后分为两路:一路液压油推动阀体上移先通往制动器  $B_3$  外活塞上。随阀体的移动,使通往制动器  $B_3$  内活塞的油路随后打开;另一路液压油进入阀体内,与上述一路油同时作用的结果打开关闭油路,使制动器  $B_3$  内活塞的动作时间滞后于外活塞。

对于 4M 发动机,当换挡手柄位于“P”、“R”和“L”挡时,主油路压力同时作用于制动器内外活塞。

倒挡制动器顺序动作阀在换挡手柄位于“L”挡时,主油路液压油经低压随动阀、低压滑动换挡阀到倒挡制动器顺序动作阀的进油口,流向制动器  $B_3$  外活塞,如图 2-78 所示。

## 4. 倒挡离合器顺序动作阀

倒挡离合器顺序动作阀的功用是当换挡手柄位于“R”挡时,降低通往后离合器  $C_2$  内外活塞的油压,使之结合平稳,无冲击。

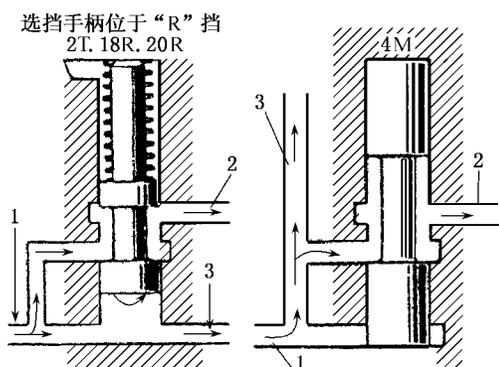


图 2-77 倒挡制动器顺序动作阀(R挡时)  
1—来自低压滑动换挡阀压力; 2—流向制动器  $B_3$  内活塞  
3—流向制动器  $B_3$  外活塞

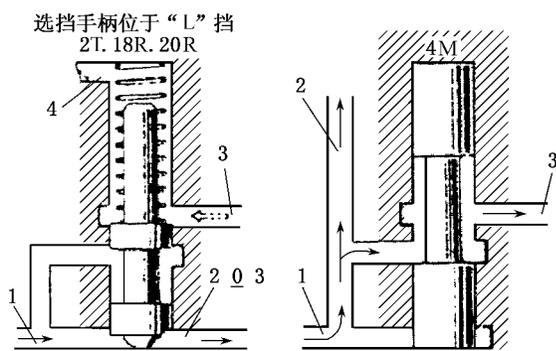


图 2-78 倒挡制动器顺序动作阀(L挡时)  
1—来自低压滑动换挡阀; 2—流向制动器  $B_3$  外活塞; 3—来自  
制动器  $B_3$  内活塞; 4—排油

图 2-79 是当选挡手柄在“R”挡时的结构和工作原理图。此时作用在倒挡离合器顺序动作阀上有两个油压：一个来自 2—3 挡换挡阀；另一个来自手动阀主油路压力油。当图中 A 和 B 的油压力超过弹簧的弹力时，出口口打开，后离合器  $C_2$  外活塞开始动作。因此后离合器  $C_2$  外活塞的动作时间滞后于内活塞，实现平稳结合的目的。

图 2-80 是倒挡离合器顺序动作阀当选挡手柄在“D”挡第三挡齿轮工作时的油路。此时油路“B”被手动阀所闭合，因而只是内活塞的压力作用的情况。

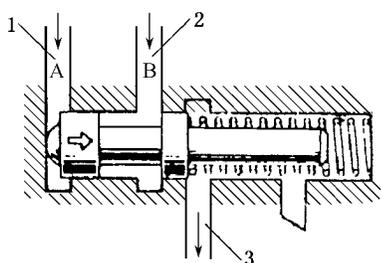


图 2-79 倒挡离合器顺序动作阀(R挡时)  
1—来自 2—3 挡换挡阀压力; 2—来自手动阀压力; 3—  
流向后离合器外活塞

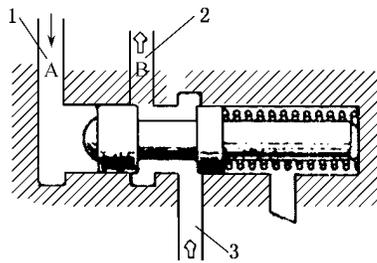


图 2-80 倒挡离合器顺序动作阀(D<sub>3</sub>挡时)  
1—来自 2—3 挡换挡阀压力; 2—流向手动阀; 3—来自  
离合器外活塞

### 5. 储压器

储压器又叫储能减振器，一般分别装在前离合器  $C_1$ 、后离合器  $C_2$  和制动器  $B_2$  的油路上，结构相同。其功用是使离合器和制动器在接合过程中油缸压力的增长先快后慢，使接合平稳柔和，同时也能吸收油压冲击，保持液压系统的压力稳定。储压器的结构如图 2-81 所示。其活塞两端面积不等，面积小的一端装入弹簧称为背压侧，面积大的一侧称为作用侧，来自油泵主油路的压力油作用在背压侧，使活塞经常处于被压缩的状态。当活塞作用侧油路被开通时，来自手动阀管路的油压同时作用于离合器和储压器。由于储压器的作用，初期油压迅速增长，克服其离合器接合部件的自由间隙。当压力增长到一定程

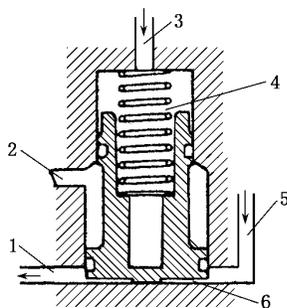


图 2-81 储压器  
1—流向后离合器活塞; 2—排油; 3—来自  
油泵管理压力; 4—背压; 5—来自手  
动阀压力; 6—作用侧

度时,克服储压器弹簧的弹力和来自油泵的压力油作用在背压侧面积的压力,使活塞上升,充电时间延长,使离合器油缸中油压增长变慢,保证其工作平稳性。

## 第五节 电子控制液压换挡控制系统

### 一、概述

电控液力自动变速器于 20 世纪 60 年代中期开始被应用于汽车。1968 年法国雷诺(Re-nault)公司率先将电子元件应用在自动变速器上。70 年代初,日本丰田、日产公司相继采用电子元件控制液力自动变速器的电磁阀的电流。1982 年日本丰田公司将微机控制系统用于液力自动变速器,实现了自动变速器的智能控制。1983 年德国博世(Bosch)公司研制成功发动机和自动变速器共用的电子控制单元,目前已被广泛地应用于汽车电子控制系统中。

电控液力自动变速器(简称 ECAT)与全液压控制自动变速器在结构上的主要区别在于它采用电子控制系统取代液压控制系统中部分控制机构,更精确地控制换挡时机和换挡品质。

和其他汽车电子控制系统一样,电控液力自动变速器的电子控制液压换挡控制系统的组成也是由信号输入装置、电子控制单元和执行器三部分组成,如图 2-82 所示。

信号输入装置将车速、节气门开度、发动机转速、液压油压力与温度等信号输入电控单元 ECU,ECU 根据输入的信号确定换挡或锁止时机,然后将相应的控制指令输送到执行器换挡电磁阀。通过控制液压控制阀的工作状态去控制液压控制系统的换挡控制阀,实现换挡、锁止等控制功能。电控液力自动变速器的电子控制系统除控制换挡功能外,也具有故障自诊断、失效保护等功能。

### 二、信号输入装置

电控液力自动变速器电子控制系统的信号输入装置主要有节气门位置传感器、车速传感器、挡位开关、液压油温度传感器、发动机冷却水温度传感器、制动开关、超速开关(OD 开关)、换挡模式选择开关、保持开关等。

#### 1. 节气门位置传感器

对于电控液力自动变速器电子控制系统来讲,节气门位置传感器信号是一个主控制信号,其功用是取代节气门压力调节阀。通过向 ECU 输入节气门开度的信号,

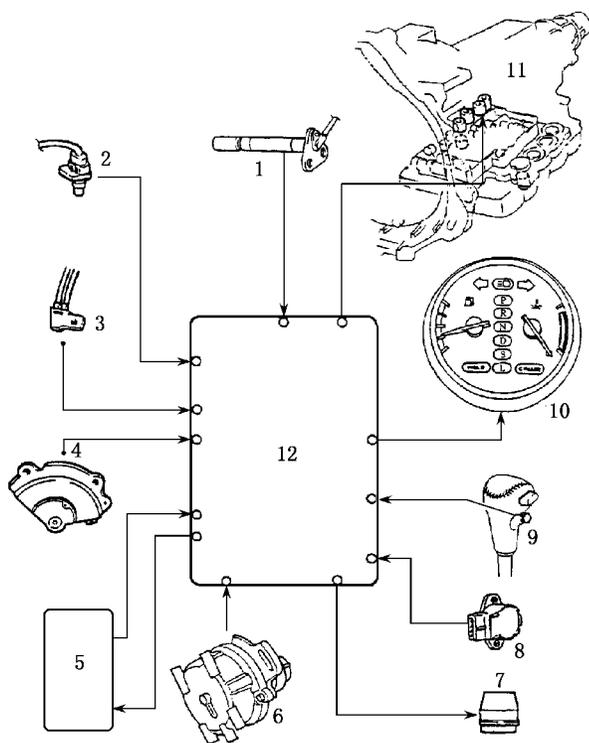


图 2-82 电控液力自动变速器电子控制系统的组成  
1—输入轴转速传感器;2—车速传感器;3—液压油温度传感器;4—挡位开关;5—发动机电脑;6—发动机转速传感器;7—故障检测插座;8—节气门位置传感器;9—模式开关;10—挡位指示灯;11—电磁阀;12—自动变速器电脑



并与车速传感器信号共同由 ECU 确定换挡时机。

电控液力自动变速器所用的节气门位置传感器一般采用线性输出型节气门位置传感器，带有怠速开关，多与发动机控制系统的节气门位置传感器共用。其结构与原理在上册发动机控制系统已介绍，在此不再重复。

## 2. 车速传感器

与节气门位置传感器信号一样，车速传感器信号也是电控液力自动变速器电控系统的一个主控制信号，ECU 根据此信号和节气门位置传感器信号共同决定换挡时机。因此电控液力自动变速器的液压控制系统中取消速度压力调节阀。

常用的车速传感器有两种类型：一类是电磁感应式，另一类是舌簧开关式。

(1) 电磁感应式车速传感器 图 2-83 电磁感应式车速传感器的结构图，它由永久磁铁和电磁感应线圈组成。它可安装在自动变速器输出轴附近的壳体上，也可安装在仪表盘上的车速里程表内。图 2-84 所示是车速表在变速器输出轴壳体上的安装位置。其工作原理(图 2-85)与电磁感应式曲轴位置传感器、轮速传感器原理相同，在此不再重复。

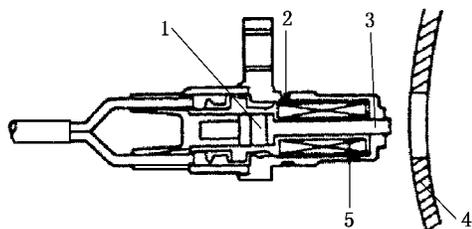


图 2-83 电磁感应式车速传感器

1—磁铁 2—密封圈 3—铁心 4—输出轴 5—线圈

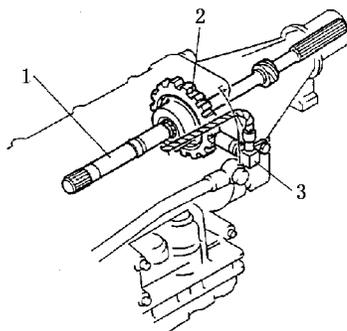


图 2-84 车速表在变速器上的安装

1—输出轴 2—停车锁止齿轮 3—车速传感器

(2) 舌簧开关式车速传感器 舌簧开关式车速传感器结构如图 2-86 所示。带有磁铁的转子固定在变速器输出轴上，汽车行驶时，转子随输出轴一同旋转。每当转子上的磁铁经过舌簧开关一次，开关即关闭、开启一次，ECU 根据开关开启和关闭的频率计算出汽车的行驶车速。

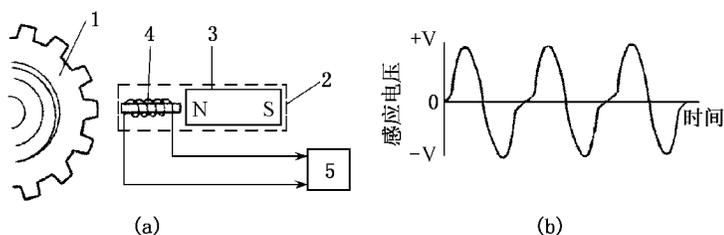


图 2-85 电磁感应式车速表工作原理示意图

1—停车锁止齿轮 2—车速传感器 3—永久磁铁 4—感应线圈 5—电脑

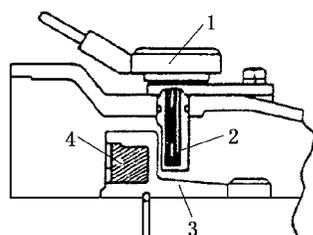


图 2-86 舌簧开关式车速传感器

1—传感器外壳 2—舌簧开关；  
3—转子 4—磁铁

在电控液力自动变速器中一般装有两个车速传感器，一个装于变速器输出轴附近的壳体

上称为 2 号车速传感器。正常情况下 ECU 通常采用此传感器信号。另一个装于仪表盘车速表后方 称为 1 号车速传感器 ,此传感器一般作为备用件。

### 3. 输入轴转速传感器

输入轴转速传感器的结构和工作原理与车速传感器相同 ,只是它安装在行星齿轮变速器的输入轴或与输入轴连接的离合器鼓附近的壳体上 ,如图 2 - 87 所示。其功用是向 ECU 输入行星齿轮变速器输入轴的转速信号 ,更精确地控制换挡过程。此外 ,ECU 还将此信号与来自发动机控制系统的发动机转速信号进行比较 ,计算出变矩器的传动比 ,使油路压力控制过程和锁止离合器的控制过程得到进一步的优化 ,以改善换挡品质 ,提高汽车的行驶性能。

### 4. 液压油温度传感器

液压油温度传感器安装在自动变速器油底壳内的阀体上 ,如图 2 - 89 所示。其功用是检测自动变速器液压油的温度 ,作为 ECU 进行换挡控制、油压控制和锁止离合器控制的控制信号。

液压油温度传感器和发动机冷却液温度传感器一样 ,也是一个热敏电阻。其工作原理在发动机控制系统中已介绍 ,在此不再重复。

### 5. 挡位控制开关

挡位控制开关位于自动变速器手动选挡阀摇臂轴上(见图 2 - 88)或操纵手柄下方 ,用于检测选挡手柄的位置。它由几个触点组成 ,当选挡手柄置于不同挡位时 相应的触点被接通。ECU 根据被接通的触点 ,测得选挡手柄的位置 ,从而按照不同的换挡程序控制自动变速器的工作。

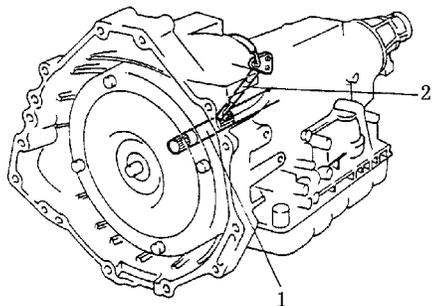


图 2 - 87 输入轴转速传感器

1—行星齿轮变速器输入轴 2—输入轴转速传感器

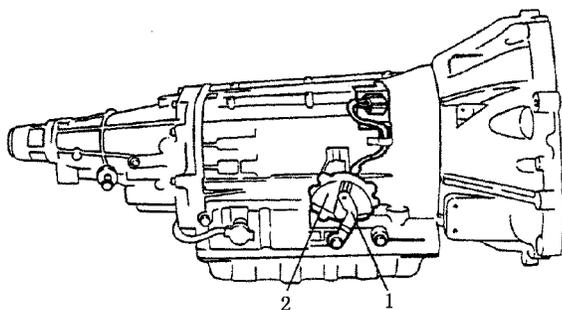


图 2 - 88 挡位控制开关

1—手动阀摇臂 2—控制挡位开关

### 6. 超速挡开关(OD 开关)

该开关用来控制自动变速器的超速挡。当 OD 开关接通后 ,超速挡控制电路被接通。此时若选挡手柄位于 D 挡位置时 ,自动变速器随着车速的提高而升挡。该开关关闭后 ,超速挡控制电路被断开 ,仪表盘上的“OD OFF”指示灯随之点亮 ,表示限制超速挡的使用 ,此时自动变速器只能升到 3 挡而不能升到超速挡。超速挡开关安装位置见图 2 - 89 所示。

### 7. 换挡模式开关

大多数电控液力自动变速器都设有换挡模式开关 ,用来选择自动变速器的换挡模式 ,以满足不同的使用要求。所谓换挡模式是指电控液力自动变速器的换挡规律的控制程序 ,根据不同的使用要求 ,设计有不同的换挡控制程序存储在自动变速器控制单元(ECU)中。当驾驶员选择



某一换挡模式时,是通过换挡模式选择开关将所选择的换挡模式信号输入 ECU,ECU 根据此信号选择相应的换挡控制程序。常见的电控液力自动变速器的换挡控制模式主要有以下几种:

(1) 经济模式(ECONOMY) 这种换挡模式以汽车获得最佳的燃油经济性为目标来设计换挡控制程序。当电控液力自动变速器在经济模式下工作时,其换挡规律应能使发动机经常处于经济转速范围内运转,从而提高燃油经济性。

(2) 动力模式(POWER) 这种模式以汽车获得最大的动力性为目的来设计换挡程序。电控液力自动变速器在这种模式下工作时,能使发动机经常处于大功率范围内运转,从而提高了汽车的动力性及爬转能力。

(3) 标准模式(NORMAL) 标准模式的换挡规律界于经济模式和动力模式之间。它兼顾了动力性和经济性,使汽车既保证了一定动力性,又有较好的燃油经济性。

换挡模式开关一般位于仪表板或选挡手柄附近,如图 2-90。

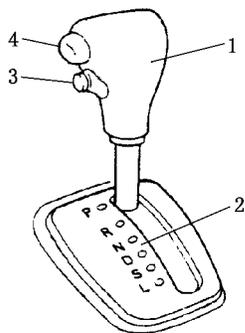


图 2-89 电控自动变速器选挡手柄

1—手柄 2—挡位显示 3—超速挡开关 4—保持开关

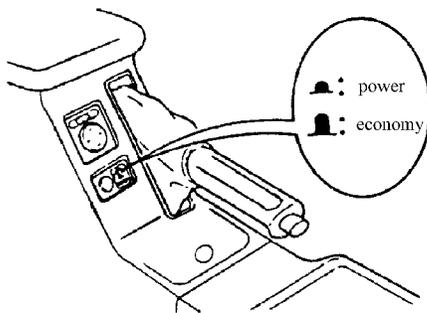


图 2-90 模式开关

## 8. 保持开关

有些电控液力自动变速器设有保持开关,如日本 JATCO 公司生产的 R4A-EL 自动变速器。这种开关通常位于选挡手柄上,如图 2-89 所示。按下此开关后,电控液力自动变速器不能自动换挡,挡位完全取决于选挡手柄的位置:当选挡手柄位于“D”挡、“S”挡、“L”挡时,电控液力自动变速器分别保持在 3 挡、2 挡、1 挡。汽车在雪地上行驶时,可以按下此开关。

## 9. 制动开关

制动开关信号的作用是当驾驶员踩下制动踏板时,将此信号输入电控液力自动变速器 ECU,ECU 将控制液力变矩器锁止离合器处于分离状态,避免出现失速现象。

## 10. 发动机冷却液温度传感器

发动机冷却液温度传感器信号输入电控液力自动变速器 ECU。当发动机冷却液温度较低时,ECU 可防止液力变矩器进入锁止状态,保证汽车的正常操纵性能。另外,低温信号还会延迟升挡时间。若冷却液温度过高,ECU 将提前锁止液力变矩器。

## 11. 巡航 ECU

当汽车具有巡航控制系统时,巡航 ECU 还会将有关信号输入电控液力自动变速器 ECU。当汽车实际行驶车速低于设定的巡航车速时,巡航 ECU 将锁止变速器,防止其换入超速挡。

### 三、执行器

电控液力自动变速器电子控制系统的执行器主要是各种电磁阀,按其功用不同分为三种:换挡电磁阀(1号和2号电磁阀)、锁止电磁阀(3号电磁阀)和调压电磁阀(4号电磁阀)。按其结构可分为两种:开关式电磁阀和脉冲线性式电磁阀。

#### (一) 电磁阀的结构与工作原理

##### 1. 开关式电磁阀的结构与工作原理

开关式电磁阀的作用是开启或关闭液压油路,通常用于控制换挡阀及变矩器锁止控制阀的工作。

开关式电磁阀的结构如图 2-91 所示,它由电磁线圈、衔铁、回位弹簧、阀芯或阀球等组成。它有两种工作方式:一是让某一条油路保持油压或泄空(图 2-91(a)所示),即当电磁阀线圈不通电时,阀芯被油压推开,打开泄油孔,该油路的液压油经电磁阀泄空,油路中压力为 0;当电磁线圈通电时,电磁力使阀芯下移,关闭泄油孔,使油路压力上升。另一种是开启或关闭某一条油路,即当电磁线圈不通电时,油压将衔铁推开,阀球在油压的作用下关闭泄油孔,打开进油孔,使主油路压力油进入控制油道(图 2-91(b)所示);当电磁线圈通电时,电磁力使衔铁下移,推动阀球关闭进油孔,打开泄油孔,控制油路内的压力油泄空(图 2-91(c))所示。

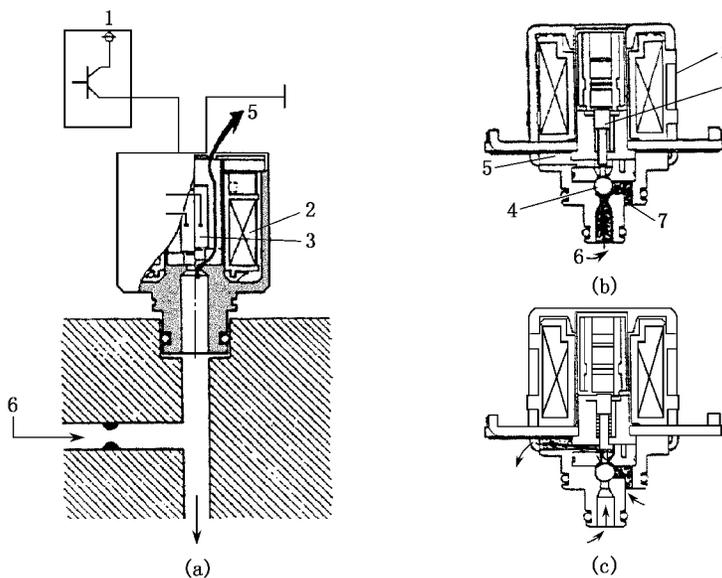


图 2-91 开关式电磁阀

1—ECU 2—电磁线圈 3—衔铁 4—阀球 5—泄油孔 6—主油道 7—控制油道

##### 2. 脉冲线性式电磁阀的结构与工作原理

脉冲线性式电磁阀的结构与开关式电磁阀相似,也是由电磁线圈、衔铁、阀芯或滑阀等组成,如图 2-92 所示。脉冲线性式电磁阀通常用来控制油路中的油压。当电磁线圈通电时,电磁力使阀芯或滑阀开启,液压油经泄油孔排出,油路油压随之下降。当电磁线圈断电时,阀芯



或滑阀在弹簧力的作用下将泄油孔关闭,使油路油下上升。和开关式电磁阀所不同的是加在脉冲线性电磁阀线圈上的控制信号不是恒定不变的电压信号,而是由 ECU 控制的占空比信号,通过改变占空比,来控制油路的油压。占空比越大,经电磁阀泄出的液压油越多,油路压力就越低;反之占空比越小,油路压力就越大。

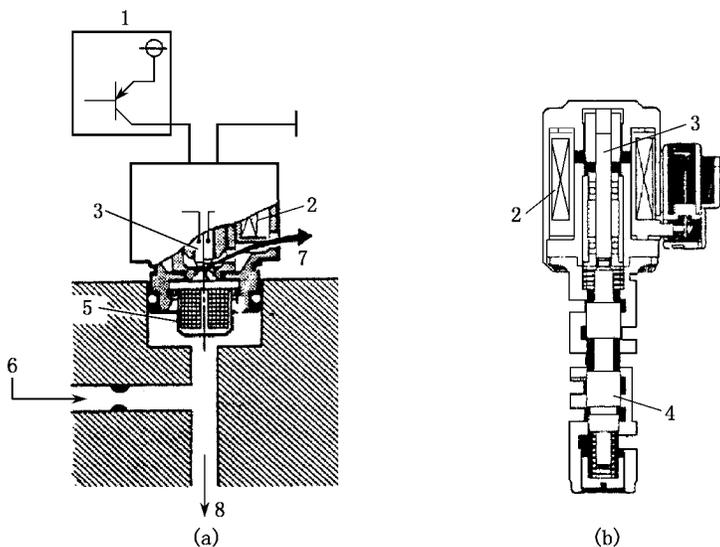


图 2-92 脉冲线性式电磁阀

1—ECU 2—电磁线圈 3—衔铁 4—滑阀 5—滤网 6—主油道 7—泄油孔 8—控制油道

脉冲线性式电磁阀一般安装在主油路或储压减振器背压油路上,ECU 通过这种电磁阀在电控液力自动变速器升挡或降挡的瞬间使油压下降,进一步减少换挡冲击使挡位变换更加平稳柔和,故又称为缓冲电磁阀。

## (二) 电磁阀的功用

按电磁阀在电控液力自动变速器工作中的功用不同电磁阀分为换挡电磁阀、锁止电磁阀和调压电磁阀(缓冲电磁阀)。

### 1. 换挡电磁阀(1 号和 2 号电磁阀)

换挡电磁阀的功用是控制换挡油压、挡位和时刻。换挡电磁有两种控制方式:直接控制和间接控制。

(1) 直接控制式换挡电磁阀 直接控制式换挡电磁阀装于行星齿轮变速器换挡执行机构的油路中,直接控制通向换挡执行元件的压力油。

(2) 间接控制式换挡电磁阀 间接控制式换挡电磁阀是通过控制换挡阀的油路的油压去控制换挡执行元件的工作,如图 2-93 所示。

### 2. 锁止电磁阀(3 号电磁阀)

锁止电磁阀的功用是控制锁止离合器油路以控制锁止离合器的工作时间。

### 3. 调压电磁阀(4 号电磁阀)

调压电磁阀的功用是调节作用在执行元件上的液压油压力,减小换挡冲击,使换挡更加平

稳柔和,故又称缓冲电磁阀。在某些车型上它也可用来调节主油路压力。

以上这些电磁阀都安装在液压控制阀体总成上,如图 2-94 所示。

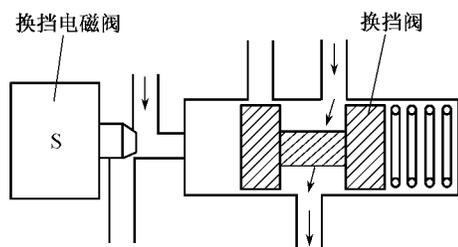


图 2-93 间接控制式换挡电磁阀

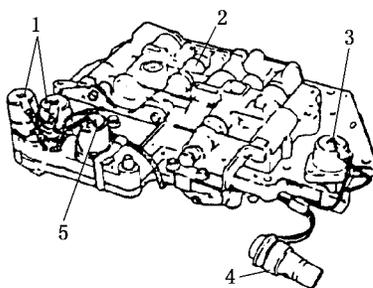


图 2-94 控制阀体总成上的电磁阀

1—换挡电磁阀 2—控制阀体 3—调压电磁阀;  
4—接头 5—锁止电磁阀

#### 四、电子控制单元(ECU)

电控液力自动变速器的 ECU 可与发动机控制 ECU 共用,也可使用独立的 ECU。

ECU 的内部电路在发动机控制系统中已作介绍,在此不再重复。电控液力自动变速器的 ECU 的功用主要有:

##### 1. 控制换挡时刻

控制换挡时刻是电控液力自动变速器 ECU 的最基本的控制内容。换挡时刻(即换挡车速、包括升挡车速和降挡车速)对汽车的动力性和燃油经济性影响很大。对于汽车的某一特定行驶工况而言,有一个与之相对应的最佳换挡时刻或换挡车速。ECU 应使电控液力自动变速器在汽车的任意行驶条件下都按最佳换挡时刻进行换挡,从而使汽车的动力性和燃油经济性等性能指标达到最佳。

汽车的最佳换挡车速主要取决于行驶时的节气门开度。不同节气门开度下的最佳换挡车速可用自动换挡图来表示,如图 2-95 所示。由图可知,节气门开度越小,汽车的升挡车速和降挡车速越低;反之节气门开度越大,汽车的升挡车速和降挡车速越高。这种换挡规律十分符合汽车的实际使用要求。如当汽车行驶在良好的路面上缓慢加速时,行驶阻力较小,节气门开度也较小,升挡车速可相应降低,即可较早地升入高挡,从而使发动机在较低的转速范围内工作,减小汽车油耗;相反,当汽车急加速或上坡行驶时,行驶阻力较大,为保证汽车有足够的动力,节气门开度较大,换挡时刻相应延迟,也就是升挡车速相应提高。从而让发动机工作在较高转速范围内,以发出较大功率,提高汽车的加速和爬坡能力。

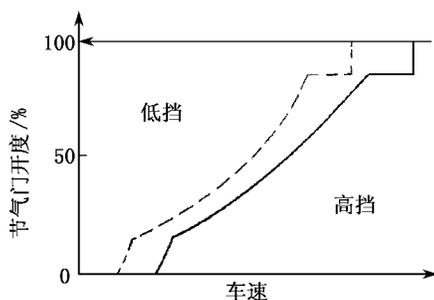


图 2-95 自动换挡曲线

当电控液力自动变速器换挡手柄在不同位置或换挡模式开关在不同位置时,对汽车的使用要求也不同,因此其换挡规律也应作相应调整。电控液力自动变速器 ECU 将汽车在不同使



用要求下的换挡规律以自动换挡曲线的形式存储在存储器内。在汽车行驶中,ECU 根据挡位开关和换挡模式开关的信号从存储器中选择出相应的自动换挡曲线,再根据车速传感器和节气门位置传感器输入的车速和节气门开度信号与自动换挡曲线进行比较。根据比较结果在达到设定的换挡车速时,ECU 便向换挡电磁阀发出控制指令,以实现挡位的自动变换。其控制方框图如图 2-96 所示。

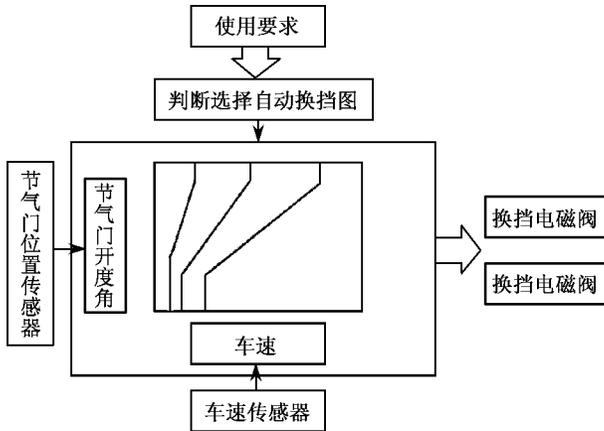


图 2-96 自动换挡控制方框图

早期的电控液力自动变速器还保留了液力式控制系统中的由节气门拉索控制的节气门调压阀,并让主油路调压阀的工作受控于节气门调压阀产生的节气门控制油压,使主油路油压随发动机负荷的增大而增大,以满足传递大扭矩时对离合器、制动器等换挡执行元件液压工作油缸工作压力的需要。而近来一些新型电控液力自动变速器的电液控制系统则完全取消了由节气门拉索控制的节气门调压阀,节气门控制油压由一个油压电磁阀来控制。油压电磁阀是一种脉冲线性式电磁阀,ECU 根据节气门位置传感器输入的节气门开度信号,计算并控制送往油压电磁阀的脉冲控制信号的占空比,以改变油压电磁阀泄油孔的开度,产生随节气门开度变化的油压,即节气门控制油压。节气门开度越大,脉冲控制信号的占空比越小,油压电磁阀的泄油孔开度越小,节气门油压越高。这一节气门油压被反馈至主油路调压阀,作为主油路调压阀的控制压力,使主油路调压阀随节气门开度的变化改变所调节的主油路油压的大小,以获得不同的发动机负荷下主油路的最佳值,并将液压油泵的功率损耗减少到最小。主油路油压调节曲线如图 2-97 所示。此外,ECU 还能根据选挡手柄处于倒挡位置时提高节气门油压,使倒挡时的主油路油压升高,以满足倒挡时对主油路油压的要求。

除了正常的主油路油压控制之外,ECU 还可以根据各传感器测得的车速、节气门开度、挡位等电控液力自动变速器的工作条件,在一些特殊情况下,对主油路油压作适当修正,使油路压力控制获得最佳的效果。如当选挡手柄置于前进低挡(S、L 或 2、1 挡)位置时,由于汽车的驱动力较大,由 ECU 将自动使主油路油压高于前进挡时的油压,以满足动力传递的需要。为减小换挡冲击,在电控液力自动变速器中,ECU 在换挡过

4 挡电控液力自动变速器中通常有 2~3 个换挡电磁阀。大部分日本轿车如丰田、马自达车系采用 2 个换挡电磁阀,部分欧美轿车如奥迪、福特车系采用 3 个换挡电磁阀。ECU 通过控制这些换挡电磁阀的通电或断电(阀开启或关闭)组合成不同的挡位。不同车型的电磁阀的工作组合与挡位的关系都不完全相同。

## 2. 油路压力控制

电控液力自动变速器中的主油路油压也是由主油路压力调节阀来调节。早

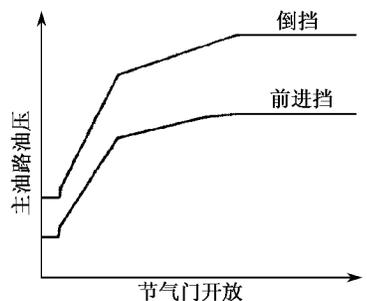


图 2-97 主油路油压调节曲线

程中按照换挡时节气门开度的大小,控制油压电磁阀适当减小主油路油压,以改善换挡品质,如图 2-98 所示。ECU 还可以根据液压油温度传感器的油温信号,在油温未达到正常工作温度时(低于  $60^{\circ}\text{C}$ )将主油路油压调整为低于正常值,如图 2-99 所示,以防止因液压油在低温下黏度较大而产生换挡冲击;当液压油温度过低时(低于  $-30^{\circ}\text{C}$ ),ECU 使主油路油压升至最大值,以加速离合器、制动器的接合,防止因液压油黏度过大而使转换过程过于缓慢,如图 2-100 所示。在海拔高度较高时,发动机发出的功率较低,ECU 将主油路油压控制在低于正常值,以防止换挡时产生冲击,见图 2-101 所示。

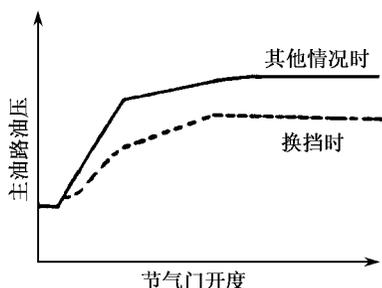


图 2-98 换挡时主油路油压控制曲线

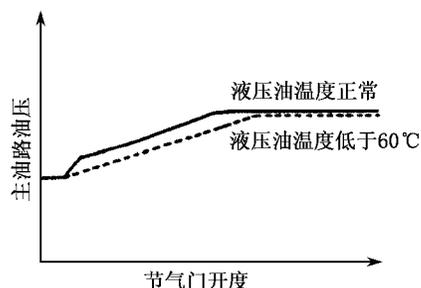


图 2-99 液压油温度较低时主油路油压曲线

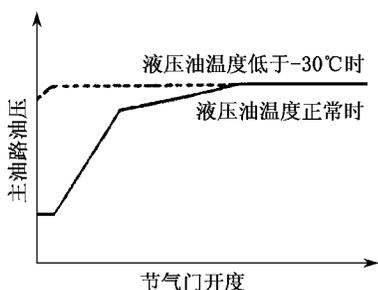


图 2-100 液压油温度过低时主油路油压曲线

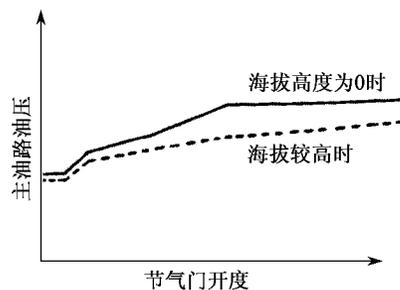


图 2-101 海拔高度不同时主油路油压曲线

### 3. 自动换挡模式选择控制

早期电控液力自动变速设有换挡模式选择开关,驾驶员可以通过这一开关来选择换挡模式,换挡模式有经济模式、标准模式和动力模式。在不同的换挡模式下,电控液力自动变速器的换挡规律有所不同,以满足不同的使用要求。近期的电控液力自动变速器由于 ECU 具有很强的运算和控制功能,并具有一定的智能分析能力,因此可以取消换挡模式开关,由 ECU 进行自动模式选择控制。ECU 通过各传感器测得汽车行驶情况和驾驶员的操作方式,经过运算分析,自动选择标准模式、经济模式或动力模式进行换挡控制,以满足不同的驾驶要求。

ECU 在进行自动换挡模式选择控制时,主要根据选挡手柄的挡位及加速踏板被踩下的变化速率,以判断驾驶员的操作目的:

(1) 当选挡手柄位于前进低挡(S、L 挡或 1、2 挡)时,ECU 只选择动力模式。

(2) 在前进 D 挡,当加速踏板被踩下的速率较低时,ECU 只选择经济模式;当加速踏板被踩下的速率超控制程序中设定的速率时,ECU 由经济模式转换为动力模式。

在这种自动选择控制中,ECU 将车速和节气门开度的组合划分为一定数量的区域,如图

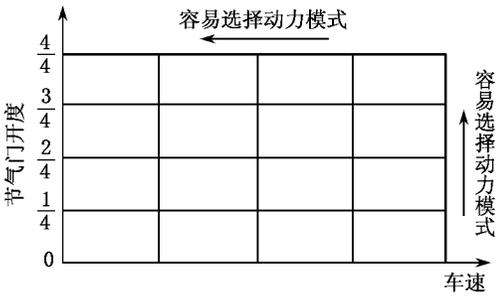


图 2-102 自动模式选择控制示意图

2-102 所示。每个区域有不同的节气门开启速率程序值。当驾驶员踩下加速踏板的速率大于汽车行驶车速和节气门开度所对应区域的节气门开启速率程序值时,ECU 即选择动力模式;反之,当踏下加速踏板的速度小于车速和节气门开度所对应区域的节气门开启速率程序值时,ECU 即选择经济模式。这些区域中节气门开启速率程序值的分布规律是:车速越低或节气门开度越大,其程序值越小,即越容易选择动力模式。

(3) 在前进 D 挡时,ECU 选择动力模式后,一旦节气门开度小于 1/8,ECU 即由动力模式转换为经济模式。

#### 4. 锁止离合器控制

锁止离合器的工作由 ECU 控制。ECU 按照设定的控制程序,通过控制锁止电磁阀来控制锁止离合器的接合或分离。

正确的锁止离合器控制程序应当是既满足电控液力自动变速器的工作要求,保证汽车的行驶能力,又能最大限制地降低燃油消耗。电控液力自动变速器的在各种行驶条件下的最佳锁止离合器控制程序事先已存储在 ECU 的存储器内。ECU 根据换挡手柄的挡位、控制模式等工作条件从存储器中选择出锁止控制程序,再将车速、节气门开度与锁止控制程序进行比较。当车速足够高时,且其他各种因素均满足锁止条件时,ECU 即向锁止电磁阀发出控制指令,使锁止离合器接合,实现变矩器的锁止。控制原理如图 2-103 所示。

ECU 在进行锁离合器控制时,还要根据自动变速器的工作条件,在下述一些特殊条件下禁止锁止离合器接合,以保证汽车的行驶性能:

- ① 液压油温度低于 60 时;
- ② 车速低于 140 km/h;
- ③ 怠速开关接通。

早期的电控液力自动变速器中,控制锁止离合器的锁止电磁阀是采用开关式电磁阀,即电磁阀通电时锁止离合器接合,断电时锁止离合器分离。近期许多电控液力自动变速器采用脉冲线性式电磁阀作为锁止电磁阀。ECU 在控制锁止离合器接合时,通过改变控制指令信号的占空比,让锁止电磁阀的开度缓慢增大,以减小锁止离合器接合时产生的冲击,使锁止离合器的接合过程更加柔和平稳。

#### 5. 发动机制动控制

目前一些新型电控液力自动变速器的强制离合器或强制制动器的工作也是由 ECU 通过控制电磁阀来控制的。ECU 根据设定的发动机制动控制程序,在换挡手柄位置、节气门开度和

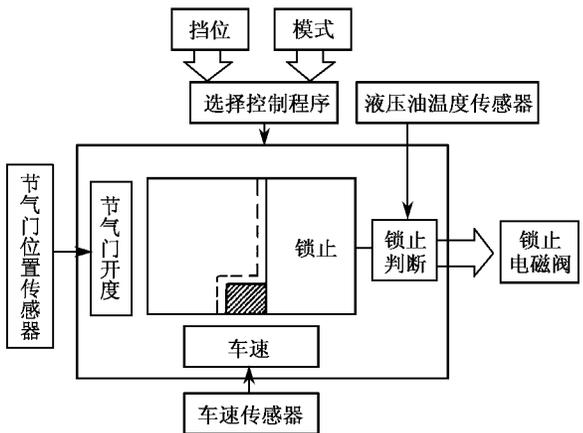


图 2-103 锁止离合器控制过程示意图

车速等因素满足一定条件时,如换挡手柄位于前进低挡位置,且车速大于 10 km/h、节气门开度小于 1/8 时,ECU 向强制离合器电磁阀或强制制动器电磁阀发出控制指令,打开强制离合器或强制制动器的控制电路,使之接合或制动,让电控液力自动变速器具有反向传递动力的能力,在汽车滑行时可以实现发动机制动。

## 6. 改善换挡品质的控制

随着电控液力自动变速器 ECU 性能的不断改进和提高,其控制功能也在不断增加。目前许多电控液力自动变速器采用多种控制方法来改善电控液力自动变速器的换挡品质。

(1) 换挡油压控制 在升挡或降挡的瞬间,ECU 通过油路调压电磁阀适当降低主油路油压,以减小换挡冲击,改善换挡品质,如图 2-98 所示。也有一些控制系统是通过电磁阀在换挡时减小减振活塞的背压,以缓减离合器或制动器液压油缸内油压的增长速度,达到减小换挡冲击的目的。

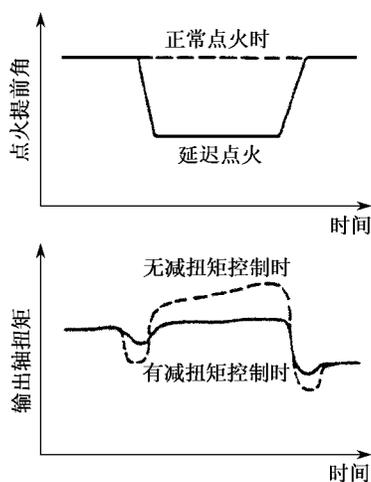


图 2-104 减扭矩控制

(2) 减扭矩控制 在换挡的瞬间,通过延迟发动机的点火时间或减小喷油量,暂时减小发动机的输出扭矩,以减小换挡冲击和输出轴的扭矩波动。这种控制的执行过程是电控液力自动变速器的 ECU 在自动变速器升挡或降挡的瞬间,通过电路向发动机控制 ECU 发出减扭矩控制信号,发动机 ECU 收到这一信号后立即延迟发动机的点火时间并减少喷油量,执行减扭矩控制,如图 2-104 所示。发动机 ECU 在完成上述控制后,向电控液力自动变速器的 ECU 反馈一个已减扭矩的信号。

(3) N—D 换挡控制 这种控制是在选挡手柄由 P、N 挡位置换至 D 或 R 挡位置,或相反地由 D 或 R 挡位置换至 P、N 挡位置时,通过调整发动机的喷油量,将发动机的转速变化减至最小程度,以改善换挡感觉。

没有这种控制时,当电控液力自动变速器选挡手柄由 P、N 挡换至 D、R 挡时,由于发动机负荷增加,转速将降低;反之,由 D、R 挡位换至 P、N 挡位时,由于发动机负荷减小,转速将上升。具有 N—D 换挡控制功能的电控液力自动变速器 ECU 在选挡手柄由 P、N 挡位换至 D、R 挡位时,若输入轴转速传感器所测得的转速变化超过规定值时,即向发动机 ECU 发出 N—D 换挡控制信号,发动机 ECU 根据这一信号增加或减小喷油量,以防止发动机转速变化范围过大,如图 2-105 所示。

## 7. 使用输入轴转速传感器的控制

目前一些新型电控液力自动变速器设有输入轴转速传感器,ECU 通过这一传感器检测变速器输入轴的转速,并由此计算出变速器的传动比(即泵轮与涡轮的转速之比)以及发动机曲轴和电控液力自动变速器输入轴的转速差,从而使 ECU 更精确地控制自动变速器的工作。尤其是 ECU 在

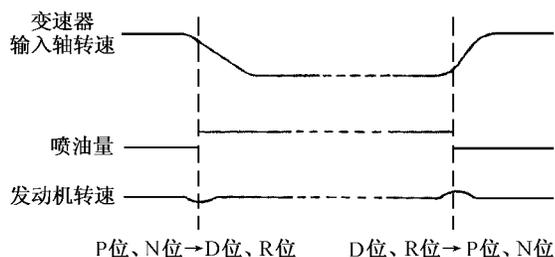


图 2-105 N—D 换挡控制示意图



进行换挡油路控制、减扭矩控制、锁止离合器控制时,利用这一参数进行计算,可使这些控制的持续时间更加准确,从而获得最佳的换挡品质和乘坐舒适性。

### 8. 故障自诊断功能

和发动机及其他电子控制系统一样,电控液力自动变速器 ECU 也具有故障自诊断功能。在汽车行驶过程中不断地对变速器控制系统的所有传感器和执行器的工作状况进行监测,一旦发现某个传感器或执行器工作不正常出现故障,一方面将仪表盘上的电控液力自动变速器故障警告灯点亮,以提醒驾驶员立即将车送到修理厂检修。现在大多数汽车以超速挡指示灯“O/D OFF”作为电控液力自动变速器故障警告灯。行驶中若超速挡指示灯点亮后,按动超速挡开关也不熄灭,即说明自动变速器电控系统出现故障。同时 ECU 将相应故障内容以故障码的形式储存在 ECU 的存储器中,检修时按设定的程序可将故障码调出以供诊断参考。

### 9. 失效保护功能

当下列传感器或执行器出现故障时,电控液力自动变速器 ECU 通过设定的失效保护程序控制变速器的工作,保持汽车的正常行驶能力,但变速器的性能将受到一定的影响。

#### (1) 传感器故障采取的失效保护主要有

① 节气门位置传感器故障。当节气门位置传感器出现故障时,ECU 根据怠速开关的工作状态进行控制:当怠速开关断开时(加速踏板踩下),按节气开度  $1/2$  进行控制,同时节气门控制油压为最大值;当怠速开关闭合时(加速踏板完全放松),按节气门处于全闭状态进行控制,同时节气门控制油压为最小。

② 车速传感器故障。当车速传感器出现故障时,ECU 不能自动进行换挡控制,此时由变速器的选挡手柄的位置决定挡位:在 D 和 S(或 2)位时固定在超速挡或 3 挡;在 L(或 1)位时固定为 2 挡或 1 挡,或者不论选挡手柄在任何前进挡位,都固定为 1 挡,以保证汽车最基本的行驶能力。许多电控液力自动变速器装有 2 个车速传感器,其中一个用于自动变速器的换挡控制,另一个为仪表盘上车速里程表的传感器。这两个车速传感器都与自动变速器 ECU 连接,当用于换挡控制的车速传感器损坏时,ECU 可利用车速表传感器的信号来控制换挡。

③ 输入轴转速传感器故障。当输入轴转速传感器出现故障时,ECU 停止减扭矩控制,此时换挡冲击有所增大。

④ 液压油温度传感器故障。当液压油温度传感器出现故障时,ECU 按液压油温度为 80 进行控制。

#### (2) 执行器故障采取的失效保护有

① 换挡电磁阀故障。当换挡电磁阀出现故障时,不同的控制系统有两种不同的失效保护功能。一是不论有几个换挡电磁阀出现故障,ECU 都将停止所有换挡电磁阀的工作,此时电控液力自动变速器的挡位将完全决定于选挡手柄所置的位置:在 D 挡、S 挡(或 2)挡位时被固定在 3 挡驾驶;在 L 挡(或 1)挡位时被固定为 2 挡行驶。另一种是换挡电磁阀中有一个出现故障时,ECU 控制其他无故障的电磁阀工作,以保自动变速器仍能自动升挡或降挡,但会失去某些挡位,而且升挡或降挡规律有所变化。例如可能直接由 1 挡升至 3 挡或超速挡。

② 离合器或制动器电磁阀故障。为离合器或制动器电磁阀出现故障时,ECU 停止电磁阀的工作,让离合器或制动器始终处于接合状态,这样汽车减速时总有发动机制动作用。

③ 锁止电磁阀故障。当锁止电磁阀出现故障时,ECU 停止锁止离合器控制作用,使锁止

离合器处于分离状态。

④ 油压电磁阀故障。当油压电磁阀出现故障时,ECU 停止锁止离合器控制作用,使油路压力保持最大。

## 五、电控液力自动变速器的液压控制系统

电控液力自动变速器的液压控制系统也是由各种控制阀组成。早期的电控液力自动变速器的液压控制系统中,换挡阀和变矩器锁止阀的工作是由 ECU 通过控制电磁阀来控制的,其余控制阀,如主油路调压阀、手动阀、节气门阀等的结构、工作原理与传统液力自动变速器液压控制系统基本相同。目前新型电控液力自动变速器的液压控制系统除了换挡阀和变矩器锁止控制阀的工作由 ECU 通过电磁阀来控制之外,还取消了由节气门拉索操纵的节气门调压阀,而由 ECU 控制的油压电磁阀来产生节气门油压,并让主油路调压阀的工作受控于油压电磁阀。下面将介绍这些控制阀的结构与工作原理。

### 1. 主油路调压阀的结构与工作原理

电控液力自动变速器液压控制系统的主油路调压阀的结构和普通液力自动变速器液压控制系统的主油路调压阀基本相同,也是采用阶梯式滑阀。它使主油路油压保持在与调压弹簧弹力相平衡的数值上,接收来自手动阀的倒挡反馈油压的作用,使倒挡的主油路油压增大,且受控于来自油压电磁阀产生的油压(见图 2-106 所示)。ECU 根据节气门位置传感器检测到的节气门开度,控制作用在油压电磁阀上的脉冲信号的占空比。节气门开度越大,脉冲信号的占空比越大,电磁阀开度也越大,作用在主油路调压阀上的节气门油压也越大,从而使主油路油压随节气门开度的增大而升高。

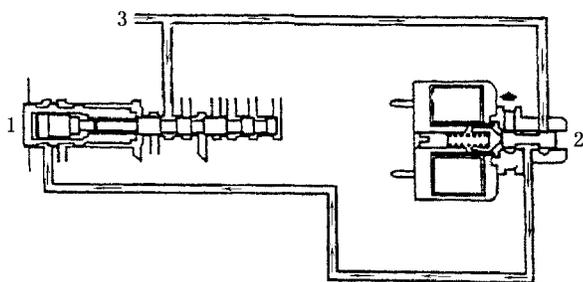


图 2-106 电控液力自动变速器液压控制系统主油路调压阀

1—主油路调压阀 2—油压电磁阀 3—主油路压力油

### 2. 换挡阀结构与工作原理

电控液力自动变速器的换挡阀的工作完成由电磁阀控制。其控制方式有两种:一是施压控制,即通过开启或关闭换挡阀控制油路的进油孔来控制换挡阀的工作;另一种是泄压控制,即通过开启或关闭换挡阀控制油路的泄油孔来控制换挡阀的工作。施压控制方式的工作原理如图 2-107 所示。换挡阀的左端通过油路和换挡电磁阀相通。当电磁阀关闭时,没有油压作用在换挡阀左端,换挡阀在右端弹簧弹力作用下移向左端,如图 2-107(a)所示。当电磁阀开启时,主油路压力油经电磁阀作用在换挡阀左端,使换挡阀克服弹簧弹力移向右端,如图 2-107(b)所示,从而产生油路变换,实现换挡。

有四个前进挡的电控液力自动变速器通常有 3 个换挡阀,分别为 1—2 挡换挡阀、2—3 挡换挡阀和 3—4 挡换挡阀。这 3 个换挡阀可以分别由 3 个换挡电磁阀来控制,也可以只用 2 个电磁阀来控制,并通过 3 个换挡阀之间的油路的互锁作用来实现 4 个挡位的变换。目前大多数电控液力自动变速器采用 2 个电磁阀控制 3 个换挡阀的控制方式,这种换挡控制方式的工



作原理如图 2-108 所示。它采用了泄压控制方式。由图可知,1—2 挡换挡阀和 3—4 挡换挡阀,由电磁阀 A 控制,2—3 挡换挡阀由电磁阀 B 单独控制。电磁阀不通电时关闭泄油孔,来自手动阀的主油路压力油通过节流孔作用在各换挡阀右端,使阀芯克服弹簧弹力而左移。电磁阀通电时泄油孔开启,换挡阀左端压力油被泄空,阀芯在左端弹簧弹力作用下右移。

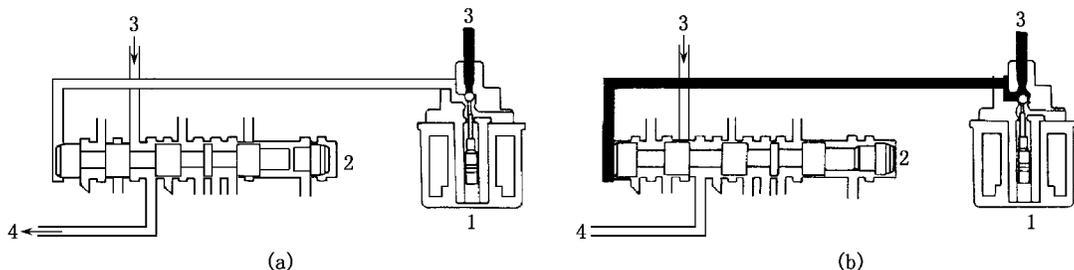


图 2-107 电控液力自动变速器换挡阀工作原理图

1—换挡电磁阀 2—换挡阀 3—主油路压力油 4—至换挡执行元件

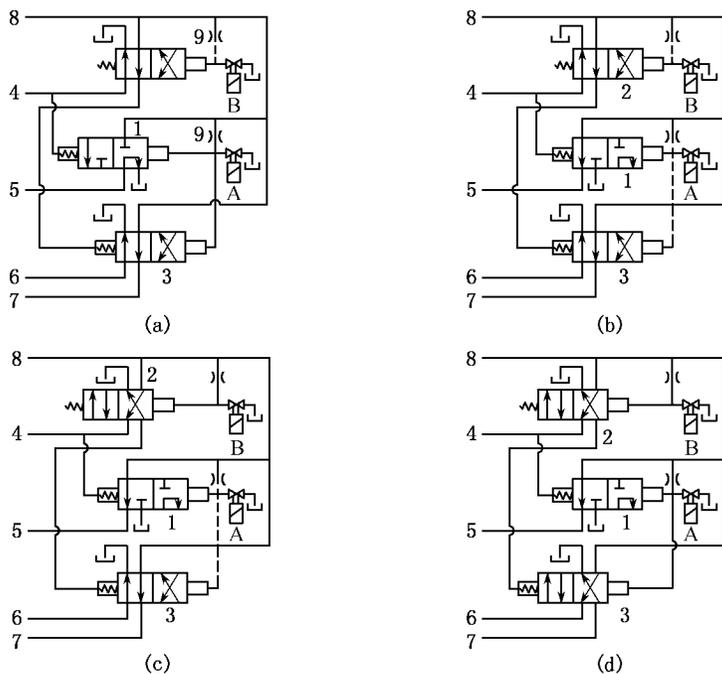


图 2-108 有 4 个前进挡的电控液力自动变速器换挡控制原理

1—1—2 换挡阀 2—2—3 换挡阀 3—3—4 换挡阀 4—3 挡油路 5—2 挡油路 6—超速制动器油路;  
7—直接离合器油路 8—来自手动阀的油路 ;A、B—换挡电磁阀

1 挡时,电磁阀 A 不通电,B 通电,1—2 挡换挡阀左移,关闭 2 挡油路,2—3 挡换挡阀右移,关闭 3 挡油路。同时使主油路油压作用在 3—4 挡换挡阀左端,让 3—4 挡换挡阀锁止在右端位置。

2 挡时,电磁阀 A 和 B 同时通电,1—2 挡换挡阀右端油压下降,阀芯右移,打开 2 挡油路。

3 挡时,电磁阀 A 通电,B 不通电,2—3 挡换挡阀右端油压下降,阀芯右移,打开 3 挡油路。

同时使主油路油压作用在 1—2 挡换挡阀左端, 并让 2—3 挡换挡阀左端控制压力泄空。

4 挡时, 电磁阀 A 和 B 均不通电, 3—4 挡换挡阀右端控制压力上升, 阀芯左移, 关闭直接挡离合器油路, 打开超速制动器油路。此时由于 1—2 挡换挡阀左端作用着主油路油压, 虽然右端有控制压力, 阀芯仍然保持在右端而不能左移。

这种控制方式在各挡位时换挡电磁阀的工作规律见表 2-6 所示。

表 2-6 换挡电磁阀工作规律

换挡电磁阀	工作状态			
	1 挡	2 挡	3 挡	4 挡
A	×	○	○	×
B	○	○	×	×

注: ×—不通电, ○—通电。

### 3. 锁止离合器控制阀结构与工作原理

电控液力式自动变速器的锁止离合器控制阀的结构比较简单。早期的电控液力自动变速器的锁止电磁阀为开关式电磁阀, 主油路压力油经节流孔作用在锁止离合器控制阀的右端, 如图 2-109 所示, 锁止离合器控制阀的左端作用着弹簧弹力。当车速、节气门开度等因素未达到锁止条件时, 锁止电磁阀不通电, 电磁阀的排油孔开启, 使作用在锁止离合器控制阀右端的控制油压下降, 阀芯在弹簧弹力作用下右移, 来自变矩器阀的压力油经锁止离合器控制阀同时作用在变矩器内的锁止离合器活塞两侧, 从而使锁止离合器处于分离状态, 如图 2-109(a) 所示。当车速、节气门开度等因素满足锁止条件时, ECU 向锁止离合器控制阀发出通电信号, 电磁阀的排油孔关闭, 使作用在锁止离合器控制阀右端的控制油压上升, 阀芯在右端控制油压的作用下左移。而此时锁止离合器活塞右侧的液压油经锁止离合器控制阀泄空, 活塞左端的液压油将活塞压紧在变矩器壳上, 使锁止离合器处于结合状态, 如图 2-109(b) 所示。

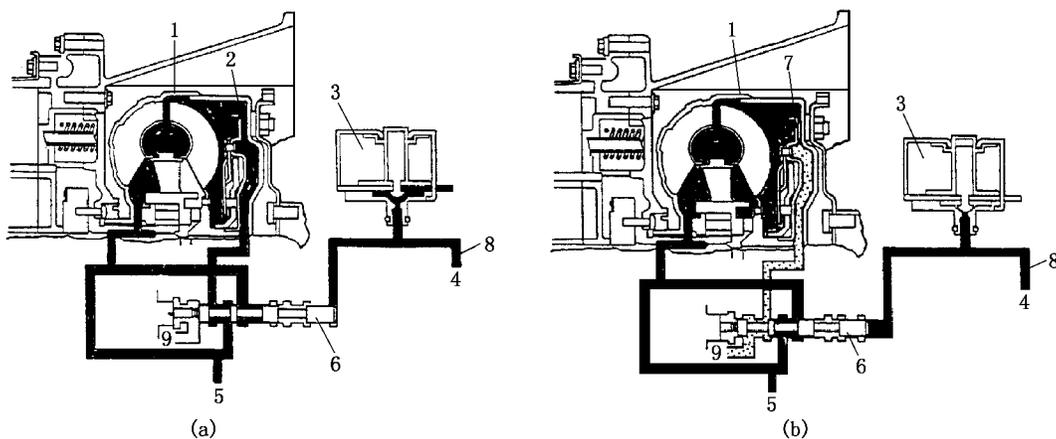


图 2-109 开关式锁止离合器控制阀工作原理示意图

1—变矩器 2—处于分离状态的锁止离合器 3—锁止电磁阀 4—来自主油路 5—来自变矩器阀;  
6—锁止离合器控制阀 7—处于接合状态的锁止离合器 8—节流孔 9—泄油孔



目前许多电控自动变速器的锁止离合器电磁阀采用脉冲线性式电磁阀,ECU通过控制脉冲信号的占空比的大小来调节锁止电磁阀的开度,以控制作用在锁止离合器控制阀右端的油压和锁止离合器控制阀向左移动时所打开的排油孔开度,并由此控制锁止离合器活塞右侧油压,如图2-110所示。当作用在锁止离合器控制阀上的脉冲控制信号占空比为零时,电磁阀关闭,没有油压作用在锁止离合器控制阀右端。此时锁止离合器活塞左右两侧油压相同,锁止离合器处于分离状态;当作用在锁止离合器控制阀上的脉冲控制信号占空比较小时,控制阀的开度和作用在锁止离合器控制阀右端的油压以及锁止离合器控制阀左移打开的排油孔开度均较小,锁止离合器活塞左右两侧油压差以及由此而产生的锁止离合器接合力也较小,使锁止离合器处于半接合状态。控制脉冲信号的占空比越大,锁止离合器活塞左右两侧的油压差以及锁止离合器的接合力也越大。当脉冲信号的占空比达到一定值时,锁止离合器就完全接合。这样ECU在控制锁止离合器接合时,可以通过控制占空比来调节其接合力的大小和接合速度,让接合力逐渐增大,使锁止过程更加柔和。

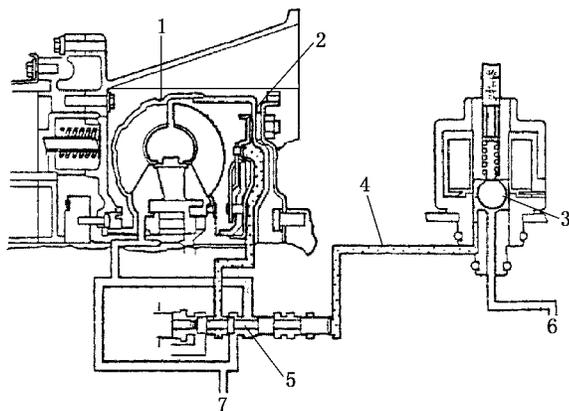


图2-110 脉冲线性式锁止离合器控制阀工作原理图

1—变速器 2—锁止离合器 3—脉冲线性式锁止离合器电磁阀 4—可调节的控制压力 5—锁止离合器控制阀 6—来自主油路 7—来自变速器

有些车型的电控液力自动变速器还具有滑动锁止控制程序,即在汽车的行驶条件已接近但尚未达到锁止控制程序所要求的条件时,先让锁止离合器处于半接合状态,以提高变速器的传动效率,减少燃油消耗。

## 第六节 典型自动变速器实例

下面以丰田A40型自动变速器为例进行介绍。

丰田A40型自动变速器的结构如图2-111所示,它由变矩器、两套离合器、三套圆盘制动器、两套单向离合器组成的行星齿轮减速器、液力自动换挡控制系统等部分组成。

A40型自动变速器为六挡式自动变速器,有“P”、“R”、“N”、“D”、“2”、“L”六个换挡位置。由驾驶员根据行驶条件和自己的意愿选择,将选挡手柄置于所需的位置上。“P”是停车挡,“R”是倒挡,“N”是空挡,“D”是前进挡,“L”和“2”挡是“闭锁”挡。在很陡的下坡路上行驶时,将选挡手柄置于“L”挡时,可将变速器锁闭在第一挡或第二挡。当车速上升时,不能从第一挡换入第二挡,也不能从第二挡换入第三挡。如果将选挡手柄置于“2”挡时,能从第一挡升入第二挡,但第二挡不能换为第三挡。上述“L”和“2”挡能充分利用发动机制动。

当选挡手柄置于“D”挡时,如遇上坡需要强制降挡时,只需把油门迅速踏到底,就会实现强制降挡。即若此时行驶车速高时,就会强制从第三挡降到第二挡。如果行驶车速低时,就会从第三挡直接降到第一挡。

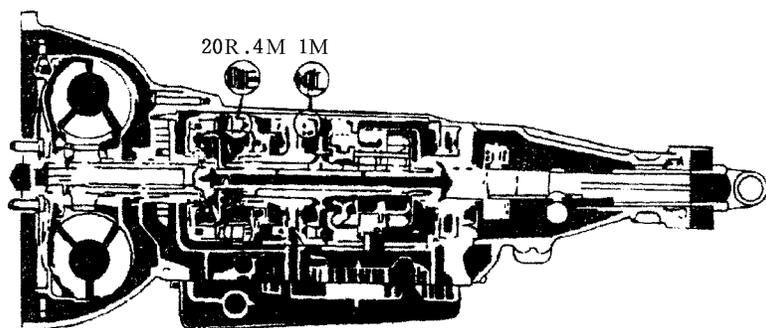


图 2-111 丰田 A40 型自动变速器结构

## 一、液力变矩器

如图 2-111 所示,丰田 A40 型(包括 A40D、A42D、A43D 等)采用单级双相三元件综合成液力变矩器,即变矩器只有一个泵轮、一个涡轮和一个导轮,导轮通过卡块式单向离合器安装在导轮轴上。单级双相三元件综合式液力变矩器的结构和工作原理在本章第二节中已介绍了,在此不再重复。

## 二、行星齿轮变速器

### 1. 行星齿轮变速器的结构

A40 型自动变速器的行星齿轮变速机构主要由前离合器( $C_1$ )、后离合器( $C_2$ )、制动器( $B_1$ )、制动器( $B_2$ )、制动器( $B_3$ )、单向离合器( $F_1$ )、单向离合器( $F_2$ )和前、后行星排机构组成,如图 2-112 所示。前、后离合器连接着主动轴和中间轴,它可以接通或切断通向中间轴的动力。而制动器  $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$  则分别与行星齿轮机构各部件连接,可以放松或抱紧行星齿轮,单向离合器  $F_1$ 、 $F_2$  能起阻碍齿轮向某一方向转动的作用。

行星齿轮的结构如图 2-112 所示,它主要由恒星齿轮(太阳轮)、四个均匀分布的行星小齿轮、行星架及齿圈等组成。当采用某种方法将齿圈或某一行星齿轮固定或放松时,改变了输出轴的转速和扭矩。A40 型自动变速器行星齿轮变速机构各挡传动路线示意图如图 2-113 所示。其构件及各挡位工作状况见表 2-7。

A40 型行星齿轮变速器是由主动轴、中间轴、功率输出轴三根轴组成。其主动轴与变矩器涡轮相连,中间轴前端通过离合器  $C_1$  与主动轴相连,后端与后行星排齿圈相连,功率输出轴与前行星排齿圈、后行星排行星轮架相连。前、后行星排行星小齿轮同与一根太阳轮轴上的齿轮啮合。

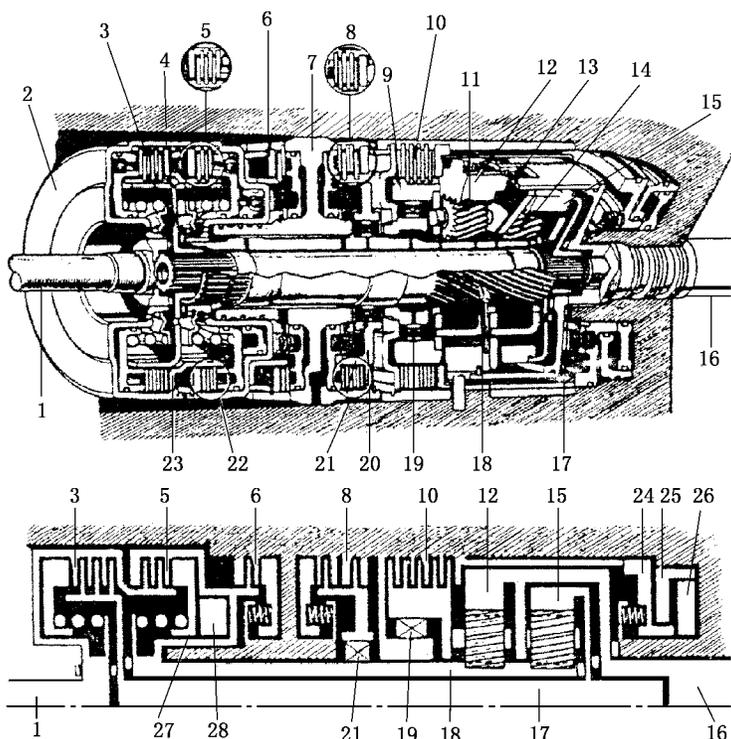


图 2-112 A40 型自动变速器行星齿轮变速器

1—主动轴 2—前离合器鼓 3—前离合器 C<sub>1</sub> 4—前离合器壳 5—后离合器 C<sub>2</sub> 6—制动器 B<sub>1</sub> 7—中心架 8—制动器 B<sub>2</sub> 9—前行星齿轮机构支架 ;10—制动器 B<sub>3</sub> ;11—前行星齿轮机构小齿轮 ;12—前行星齿轮机构齿圈 ;13—后行星齿轮机构支架 ;14—后行星齿轮机构小齿轮 ;15—后行星齿轮机构齿圈 ;16—功率输出轴 ;17—中间轴 ;18—恒星齿轮 ;19—单向离合器 F<sub>2</sub> ;20—制动器壳 ;21—单向离合器 F<sub>1</sub> ;22—后离合器鼓 ;23—后离合器壳 ;24—制动器外活塞 B<sub>3</sub> ;25—反冲衬套 ;26—制动器内活塞 B<sub>3</sub> ;27—后离合器外活塞 C<sub>2</sub> ;28—后离合器内活塞 C<sub>2</sub>

表 2-7 A40 型自动变速器各构件及各挡的工作状况

换挡手柄位置	挡位	传动比	离合器		制动器				单向离合器		注:○表示动作;△表示用发动机制动	
			前 C <sub>1</sub>	后 C <sub>2</sub>		B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>		F <sub>1</sub>		F <sub>2</sub>
				内活塞	外活塞			内活塞	外活塞			
P	停车挡											
N	空挡											
D	一档	2.45	○								○	
	二挡	1.45	○				○			○		
	三挡	1.00	○	○			○					直接挡
2	闭锁 一档	2.45	○								○	一、二挡自动转换
	闭锁 二挡	1.45	○			△	○			○		
L	闭锁挡	2.45	○					△限于4M	△		○	一档
R	倒挡	2.22		○	○			○	○			

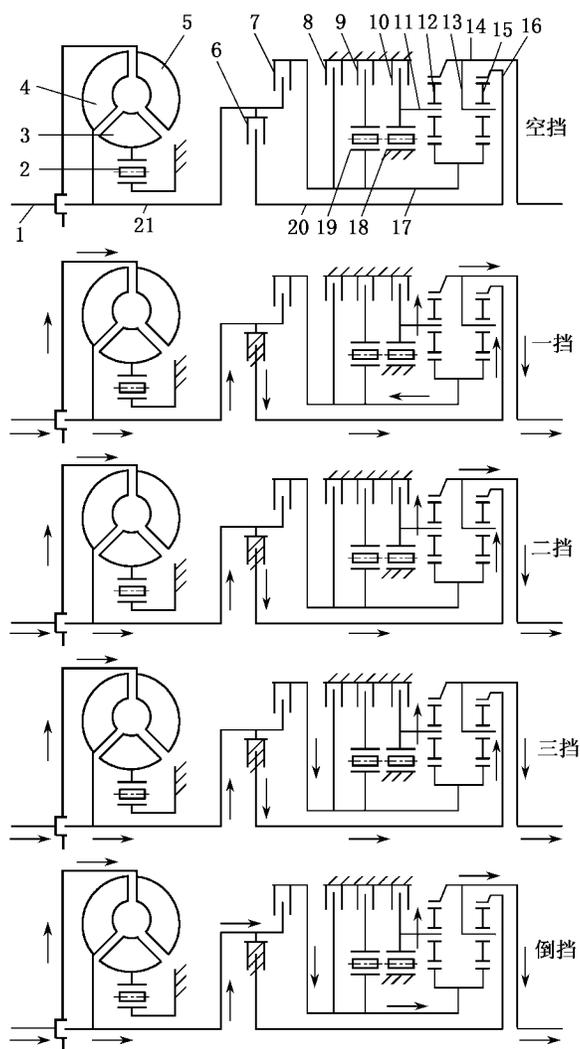


图 2-113 A40 型自动变速器行星齿轮变速器各挡传动路线示意图

1—发动机曲轴 2—单向离合器 3—导轮 4—涡轮 5—泵轮 6—前离合器  $C_1$  7—后离合器  $C_2$  8—制动器  $B_1$  9—制动器  $B_2$  10—制动器  $B_3$  11—前行星排行星轮支架 12—前行星排行星轮 13—后行星排行星轮支架 14—前行星排齿圈 15—后行星排行星轮 16—后行星排齿圈 17—恒星轮 18—单向离合器  $F_2$  19—单向离合器  $F_1$  20—中间轴 21—主动轴

## 2. 各挡工作状态及传动路线

(1) “D”第一挡 当选挡手柄置于“D”挡位置,此时车速较低而节气门开度较大,需要变速器输出较大扭矩时,前离合器  $C_1$  和单向离合器  $F_2$  动作,使传动系统位于第一挡,减速比为 2.45。功率输出轴按顺时针方向旋转。

“D”挡第一挡齿轮工作情况如图 2-114 所示,前离合器的动作使主动轴扭矩通过中间轴传到后行星排机构的行星小齿轮,将顺时针方向的转矩分配给后行星齿轮机构的行星架,因后行星架与前行星齿轮机构齿圈固接为一体(即功率输出轴),后行星轮处于既能自转又能朝顺



时针方向公转状态。同时,与后行星机构行星小齿轮啮合的太阳轮受逆时针方向的转矩作用,并将这一转矩传给前行星排机构的行星小齿轮,使前行星排行星架要朝逆时针方向旋转。但前行星架在单向离合器  $F_2$  的作用下其旋转被阻碍,此时前行星轮只能自转而不能公转,因而顺时针方向的转矩会传到功率输出轴。所以当使用第一挡齿轮时,主动轴的转矩,既通过前行星排机构,又通过后行星排机构传递到功率输出轴。此时行星齿轮机构所承受的负载分为两部分,防止齿轮负荷过大而损坏,其动力作逆路线如下:

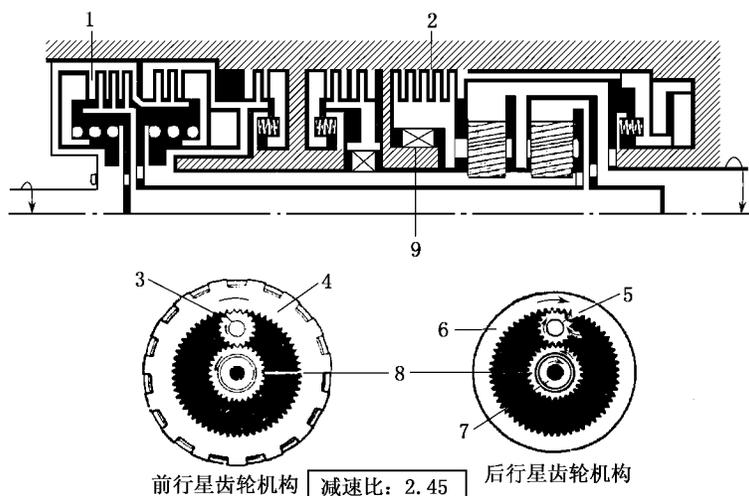
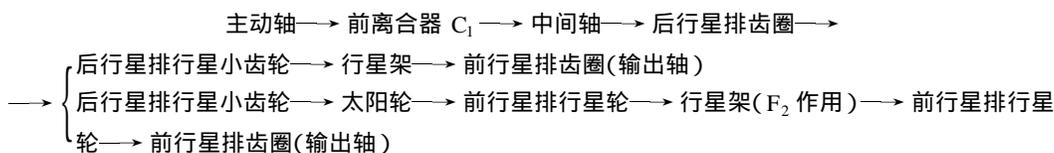


图 2-114 “D”挡第一挡齿轮工作情况

1—前离合器  $C_1$  2—制动器  $B_3$  3—前行星齿轮机构小齿轮 4—前行星齿轮机构点圈(功率输出轴) 5—后行星齿轮机构小齿轮 6—后行星齿轮机构齿圈 7—中间轴 8—恒星齿轮 9—单向离合器  $F_2$

由图 2-113 可知,在“D”第一挡时,A40 型自动变速器的传动比即是主动轴 21 与前行星排齿圈 14(输出轴)的转速比 2.45。也可以认为是后行星排齿圈 16 与行星排行星齿轮支架 13 之比,以及前行星排齿圈 14 与太阳轮 17 之比。该挡传动比计算方法如下:

设前行星排齿圈与太阳轮之比为  $\alpha_1$ ,后行星排齿圈与太阳轮(因为共用一个太阳轮)之比为  $\alpha_2$ 。已知前行星排齿圈齿数  $Z_{14} = 60$ ;后行星排齿圈齿数  $Z_{16} = 60$ ;太阳轮齿数为  $Z_{17} = 27$ ;前后行星小齿轮的齿数  $Z_{12} = Z_{15} = 17$ 。则:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \frac{Z_{14}}{Z_{17}} = \frac{Z_{16}}{Z_{17}} = \frac{60}{27} = 2.22$$

设前行星排齿圈 14、后行星排齿圈 16、太阳轮 17、前行星排行星架 11 和后行星排行星架 13 的转速分别为  $n_{14}$ 、 $n_{16}$ 、 $n_{17}$ 、 $n_{11}$  和  $n_{13}$ 。根据第三节所述行星齿轮变速原理有关公式可得出:前行星排齿轮机构的运动特性方程为:

$$n_{17} + \alpha_1 n_{14} - (1 + \alpha_1) n_{11} = 0$$

图中因单向离合器  $F_2$  起作用,前行星排行星架 11 被相对固定,如是  $n_{11} = 0$ ,故太阳轮的转速

为：

$$n_{17} = -\alpha_1 n_{14}$$

后行星排齿轮机构的运动特性方程为：

$$n_{17} + \alpha_2 n_{16} - (1 + \alpha_2)n_{13} = 0$$

又因前行星排齿圈与后行星排行星轮架制成一体，故  $n_{14} = n_{13}$

将  $n_{17} = -\alpha_1 n_{14}$  代入后行星排运动特性方程式可得：

$$-\alpha_1 n_{14} + \alpha_2 n_{16} - (1 + \alpha_2)n_{13} = 0$$

也可写成

$$\alpha_2 n_{16} = \alpha_1 n_{14} + (1 + \alpha_2)n_{13}$$

于是 A40 型自动变速器“D”第一挡的传动比为：

$$i_{D1} = \frac{n_{16}}{n_{13}} = \frac{\alpha_1 + (1 + \alpha_2)}{\alpha_2} = 1 + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\alpha_1}{\alpha_2}$$

已知  $\alpha_1 = \alpha_2 = 2.22$ ，代入上式可得传动比：

$$i_{D1} = 2.45$$

(2) “D”第二挡 当选挡手柄置于“D”挡位置，汽车从第一挡齿轮传动开始起步加速时，由于1—2挡换挡阀的作用，制动器  $B_2$  和单向离合器  $F_1$  动作，而前离合器  $C_1$  仍继续动作，使行星轮传动系统位于第二挡齿轮传动。此时功率输出轴会以 1.45 的减速比继续顺时针方向旋转，如图 2-115 所示。

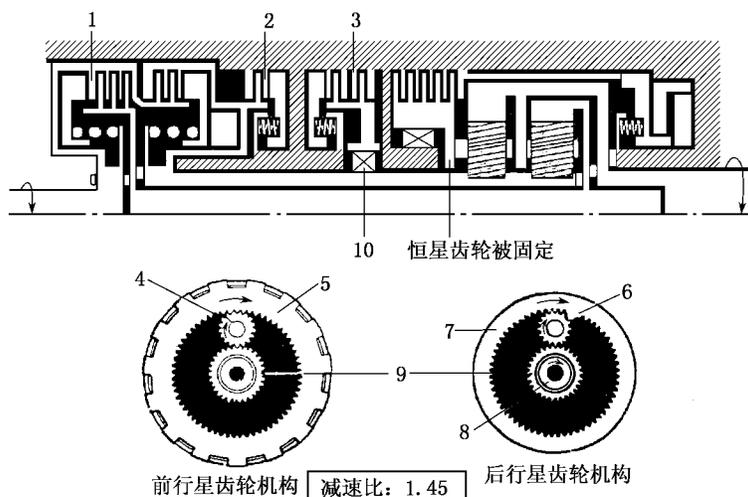


图 2-115 “D”挡第二挡齿轮传动工作情况

1—前离合器  $C_1$  2—制动器  $B_1$  3—制动器  $B_2$  4—前行星齿轮机构小齿轮 5—前行星齿轮机构齿圈(功率输出轴) 6—后行星齿轮机构小齿轮 7—后行星齿轮机构齿圈 8—中间轴 9—恒星齿轮 10—单向离合器  $F_1$

当位于第二挡齿轮传动时，前离合器  $C_1$  的动作将继续使传动轴扭矩通过中间轴传动到后行星排机构的行星小齿轮。与行星小齿轮啮合的太阳轮，虽然承受逆时针方向的扭矩，但与制动器  $B_2$  一起动作的单向离合器  $F_1$  阻碍其旋转，结果使上述扭矩不会传递到前行星排机构。但是顺时针方向的扭矩还会从后行星排机构的行星小齿轮通过行星架传递到功率输出轴。其动力传递路线如下：



主动轴→前离合器  $C_1$  →中间轴→后行星排齿圈→行星轮( $B_2$  和  $F_1$  作用)→行星架→前行星排齿圈(输出轴)

由图 2-113 可知在“D”第二挡时,A40 型自动变速器的传动比即是主动轴 21 与前行星排齿圈(输出轴)14 的转速比为 1.45。也就是后行星排齿圈 16 与后行星排行星架 13 之比。相当于太阳轮 17 被制动,输入为后行星排齿圈 16,输出为后行星排行星轮支架 13。因此该挡传动比的计算可直接按单排行星齿轮机构传动比计算公式进行,因后行星排行星轮架 13 与前行星排齿圈 14 连在一起,它即是输出轴。所以  $i_{D2} = 1 + \frac{1}{\alpha_2} = 1 + \frac{Z_{17}}{Z_{16}}$ 。

已知  $Z_{17}$  为太阳轮的齿数是 27 ; $Z_{16}$  为后行星排齿圈的齿数是 60,故“D”第二挡的传动比为  $i_{D2} = 1.45$ 。

(3)“D”第三挡 当车速进一步提高,由于 2—3 挡阀的作用就会使后离合器  $C_2$  结合,而前离合器  $C_1$  和制动器  $B_2$  继续起作用,变速器进入第三挡齿轮传动位置,如图 2-116 所示。

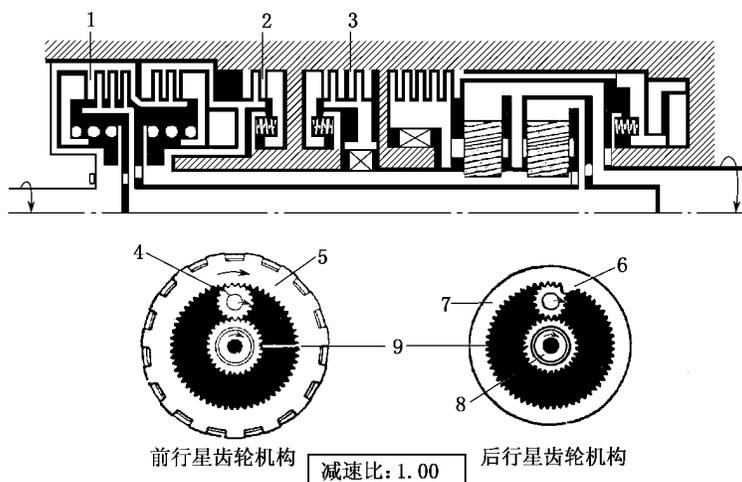


图 2-116 “D”挡第三挡齿轮传动工作情况

1—前离合器  $C_1$  2—后离合器  $C_2$  3—制动器  $B_2$  4—前行星齿轮机构小齿轮 5—前行星齿轮机构齿圈(功率输出轴) 6—后行星齿轮机构小齿轮 7—后行星齿轮机构齿圈 8—中间轴 9—恒星轮

第三挡齿轮传动时,由于前后两个离合器都起作用,使中间轴和太阳轮轴朝同一方向旋转。在前后行星齿轮机构的行星小齿轮都被固定的状态下,前后行星齿轮机构便行成一个整体一起旋转。而主动轴与功率输出轴处在直接连为一体状态,因此主动轴的扭矩将直接传递到功率输出轴,称为直接挡。其动力传递路线如下:

主动轴→前、后离合器  $C_1$ 、 $C_2$  →中间轴、太阳轮轴→前后行星排行星轮锁在一起→前行星排齿圈(输出轴)

由图 2-113 可知,“D”第二挡时,A40 型自动变速器的传动比显然为 1,即  $i_{D3} = 1$ 。因为  $n_{17} = n_{12} = n_{15} = n_{14} = n_{16}$ ,主动轴 21、中间轴 20、太阳轮与前行星排齿圈 14(输出轴)成为一体转动,故又称为直接挡。

(4)“2”挡 当将选挡手柄置于“2”挡闭锁挡时,第一挡、第二挡齿轮就会自动转换,自动转换规律如图 2-117 所示。

① “2”第一挡。“2”第一挡传动系统的动作,与前面所述使用“D”第一挡齿轮传动时的动作相同。

② “2”第二挡。“2”第二挡动力传递与前面所述使用“D”第二挡齿轮传动时相同。但是,如果利用发动机制动时,制动器  $B_1$  的动作会阻碍太阳轮朝顺时针的方向旋转。也就是制动器  $B_1$  把太阳轮轴固定起来。

(5) “L”挡 当选挡手柄置于“L”挡时,扭矩的传递与前述使用“D”第一挡齿轮时相同。但是当利用发动机制动时,制动器  $B_2$  的动作会阻碍前行星排机构行星架朝顺时针方向旋转,因此能充分利用发动机制动效果。即使用“L”挡时制动器  $B_3$  就会将前行星排机构行星架固定起来。

(6) “N”及“P”挡 当选挡手柄位于“N”或“P”挡时,前后两个离合器  $C_1$ 、 $C_2$  都处于分离状态,因此扭矩不会传递到功率输出轴。但是位于“P”挡时,停车闭锁爪就会与前行星排机构齿圈(功率输出轴)的外齿啮合。因为停车闭锁爪是用花键与功率输出轴卡紧的,所以能够锁定处于停车状态的汽车,如图 2-118 所示。

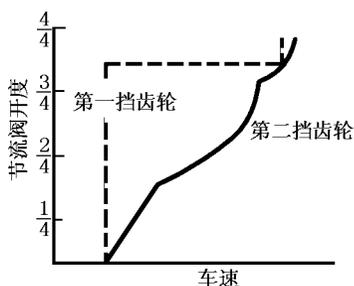


图 2-117 第一、第二挡齿轮转换规律

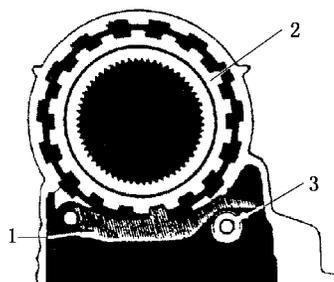


图 2-118 停车锁定

1—停车闭锁爪 2—前行星齿轮机构齿圈 3—停车闭锁凸轮

A40D 型电控行星齿轮变速器的停车闭锁爪是通过联动机构与阀体上的手动阀定位拨叉相连,最后由选挡手柄控制。只要将选挡手柄置于“P”挡位置时,手动阀在“P”位,而又拉动带锥体圆柱的制动杆位于直径最小的部分,停车闭锁爪在弹簧弹力作用下卡入花键槽内锁定汽车。在其他挡位时,抬起停车闭锁爪处于分离状态,不影响功率输出轴的旋转。

(7) “R”挡 当选挡手柄置于“R”挡时,后离合器  $C_2$  及制动器  $B_3$  的动作会使传动系统位于倒挡齿轮工作状态。这时,功率输出轴以 2.22 的减速比朝逆时针方向旋转。由于后离合器  $C_2$  的接合,主动轴的扭矩会通过太阳轮传到前行星排机构的行星小齿轮。这时,前行星排机构行星架被制动器  $B_3$  固定,因此使功率输出轴朝逆时针方向旋转,如图 2-119 所示,其动力传递路线如下:

主动轴→后离合器  $C_2$  →太阳轮轴→前行星排行星轮→前行星排行星轮架( $B_3$  作用)→前行星排齿圈(输出轴)

由图 2-113 可知,“R”挡时,A40 型自动变速器的传动比即主动轴 21 经太阳轮 17 输入,前行星排行星架 11 被制动的情况下,而由前行星排齿圈 14 输出。按单排行星齿轮机构传动比计算公式得:

$$i_R = \frac{n_{17}}{n_{14}} = -\alpha_1 = -\frac{Z_{14}}{Z_{17}}$$

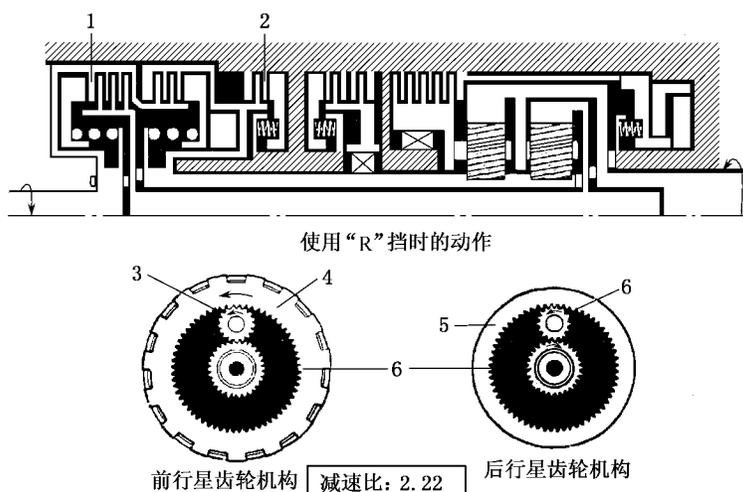


图 2-119 “R”挡时齿轮传动工作情况

1—后离合器  $C_2$  2—制动器  $B_3$  3—前行星齿轮机构小齿轮 4—前行星齿轮机构齿圈(功率输出轴);  
5—后行星齿轮机构齿圈 6—恒星轮

例如,已知  $Z_{14}$  为前行星排齿圈的齿数为 60,  $Z_{17}$  为太阳轮的齿数为 27, 故“R”挡的传动比  $i_R = 2.22$ 。

A40 型液力自动变速器的总传动比(指行星齿轮变速器的输出轴即前行星排齿圈的输出扭矩与液力变矩器泵轮扭矩之比)应该等于液力变矩器的变矩系数  $K$  与行星齿轮变速器传动比  $i$  的乘积。其中变矩系数  $K$  的变化是无级的,而行星齿轮变速器的传动比  $i$  的变化是有级的。两者配合工作时,则使液力自动变速器的传动是在几个范围内无级变速的。A40 型液力自动变速器总传动比见表 2-8。

表 2-8 A40 型液力自动变速器总传动比表

挡 位		液力变矩器变扭系数 $K$	行星齿轮变速器传动比 $i$	诸挡总传动比 $i$ 连续变化范围
前进挡 D	第一挡	2.2	$i_{D1} = 2.45$	2.45 ~ 5.39
	第二挡		$i_{D2} = 1.45$	1.45 ~ 2.90
	第三挡		$i_{D3} = 1.00$	1.00 ~ 2.20
倒挡 R	$i_R = 2.22$		2.22 ~ 4.88	

从表中可知,如果汽车在前进挡行驶时,根据车速和负荷情况,液力自动变速器可以自动地在总传动比 1 ~ 5.29 范围内连续无级的变化。

A40 型液力自动变速器行星齿轮机构的换挡点由节气门的开度以及功率输出轴的转速(车速)决定,如图 2-120 所示。从较大的减速齿轮换到较小的减速齿轮称为升挡,而与此相反的换挡称为降挡。即使节气门开度不变,升挡和降挡的换挡点也是不同的,两者的差值叫做滞后,这样就避免了在同一换挡点附近反复换挡,使汽车行驶稳定。若节气门开度经常维持在  $1/2$  处,而车速在变化,这时升挡会在 A 点上发生,而降挡则在 B 点上发生,见图 2-121。

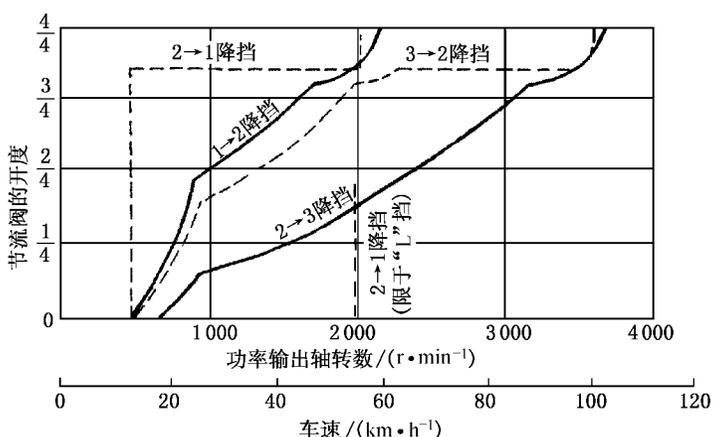


图 2-120 各挡换挡点

在使用第三挡齿轮或第二挡齿轮上坡而需要加速时,只要将油门踩到底,就会在换挡点上自动降挡,得到所需要的加速度,如图 2-122 所示。图上“C”曲线表示换挡手柄置于“D”挡,用第三挡或第二挡齿轮传动行驶时的降挡极限。图中“D”曲线则表示从第三挡到第二挡的降挡极限。

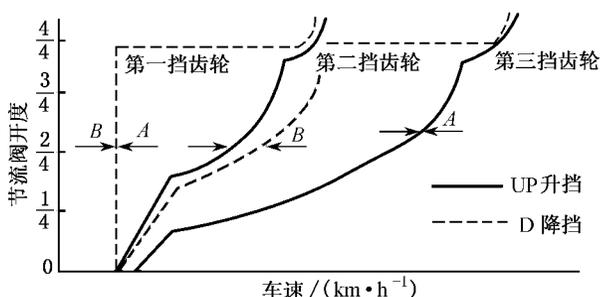


图 2-121 升挡与降挡的滞后

① “D”挡的换挡点。当汽车以第一挡齿轮传动起步后,车速升高会继续换到第二挡以及第三挡齿轮,这与节气门的开度有关。节气门的开度与车速之间的关系如图 2-123 所示。

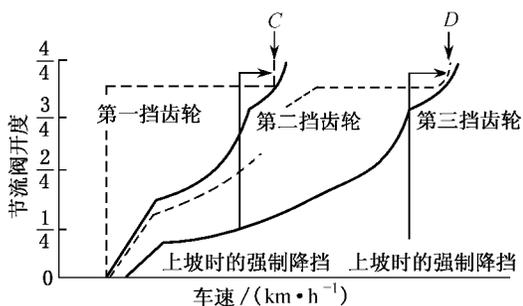


图 2-122 上坡时强制降挡

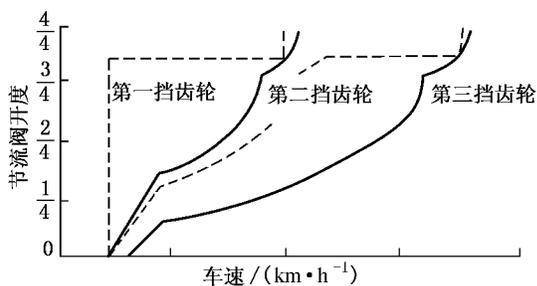


图 2-123 车速与节气门开度的关系

② “2”挡换挡点。如图 2-117 所示,如使用“2”挡时,不能升到第三挡齿轮。

③ “L”挡换挡点。在使用“L”挡时,不能升到第二挡齿轮。图 2-124 示出当选挡手柄位于“L”挡时的由第二挡降到第一挡齿轮的换挡点。这一换挡点与节气门的开度无关,始终是一定的。



### 三、液力自动换挡控制系统

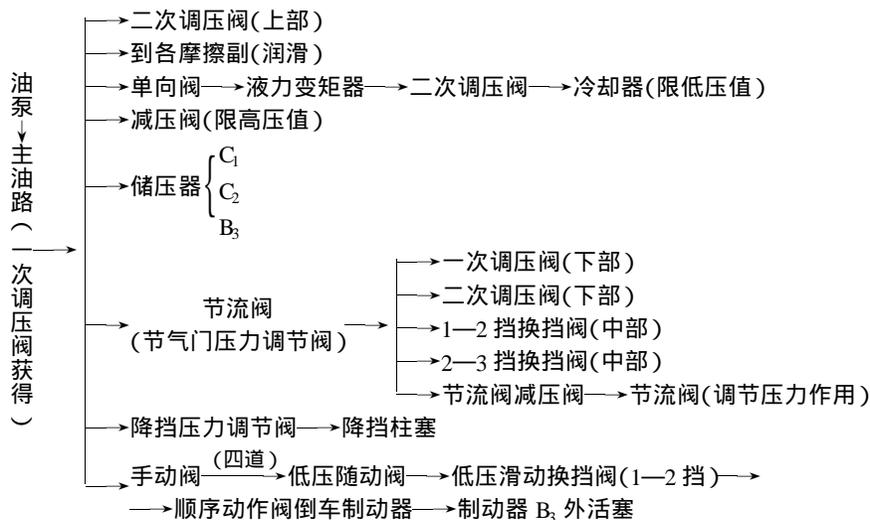
下面按其换挡手柄位置顺序“P”、“R”、“N”、“D”、“2”、“L”分别介绍各挡控制油路的工作情况。换挡手柄位于驾驶员前面,通过换挡拉杆机构与阀体上的手动阀相连接,手动阀亦有六个相应位置控制各挡位时的油路转换,在手动阀上有扇形齿板,板弹簧前部的圆柱体卡紧在扇形齿板凹部进行可靠定位。

#### 1. “P”挡控制油路

当换挡手柄置于“P”挡位置时,为停车锁止挡。此时前后两个离合器  $C_1$ 、 $C_2$  都处于分离状态,发动机输出扭矩不会传递到功率输出轴。与

“P”挡联动的停车闭锁爪将与行星齿轮机构的前行星排齿圈外齿卡紧制动,锁定汽车处于停车状态。该装置也称之为停坡制动器。

为便于说明,按进出手动阀油路位置排列顺序(从左到右)共有五条油路,第三条油路为进油路,其余为出油路。在“P”挡位置时,第四条油路通油,其油路走向如下:



从液压油路走向可以看出,只要发动机运转,无论换挡手柄处于任何挡位,总会有:

- ① 液力变矩器总处于供油状态,不断地得到补偿油液,以保持一定油压。
- ② 总有油液送到各摩擦副以保证润滑,如行星齿轮副、操纵元件等。
- ③ 同时有部分油液通过油冷却器得到冷却,以保持适当的工作温度。

此外,只要主油路有油,节气门阀油压必建立,并且随节气门开度的增大而升高。

主油路油受控于一次调压阀;

液力变矩器油压受控于二次调压阀;

节气门阀油压受控于调节器阀。

从表 2-8A40 型行星齿轮机构诸操纵元件及各挡工作状态可知,此挡时仅有制动器  $B_3$  外

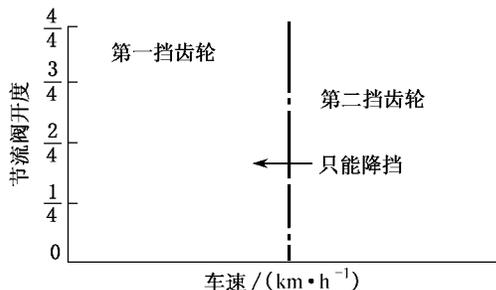
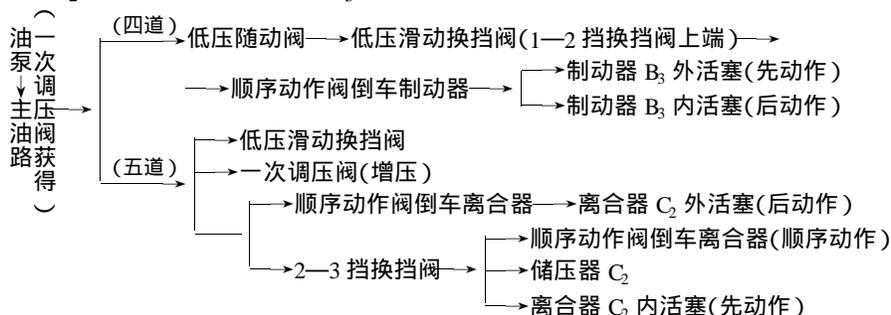


图 2-124 “L”挡换挡点

活塞动作,由第四条油道供油。

## 2. “R”挡控制油路

当换挡手柄位于“R”挡位置时(即倒车挡位置),此时与“P”挡相比,增加了第五条油道通油,后离合器 $C_2$ 的内外活塞,制动器 $B_3$ 的内外活塞都工作,此时的油路走向如下:



只有手动阀在“R”位置时,才能有倒挡油压(它高于前进挡位时主油路油压)。油路中活塞动作的先后次序受控于顺序动作阀倒车制动器和倒车离合器。如顺序动作阀倒车离合器有两条通路,一条油路闭合,只有内活塞一条油路压力超过弹簧弹力后闭合油路才能打通,离合器 $C_2$ 外活塞才能动作,其目的是为减轻换倒挡时的冲击。倒挡时无速控阀油压。

## 3. “N”挡控制油路

当换挡手柄置于“N”挡位置时,驾驶员可以启动发动机。此挡油路与“P”挡位油路基本相同,区别在于没有手动阀油路,因为从油泵去的进油路被手动阀阀体的凸台环道堵死,这样就无其他油路可言。

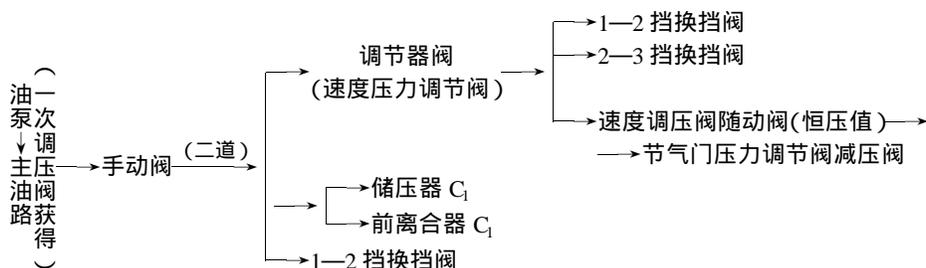
手动阀在“P”和“N”挡位时,无速控阀油压。

## 4. “D”挡控制油路

(1) 当换挡手柄置于“D”挡位置时,此时就可以得到前进第一挡“ $D_1$ ”。

“ $D_1$ ”挡时,由于车速较低,因此装在液力自动变速器输出轴上的速控阀输出油压也较低。这时节气门压力调节阀开度较大,即需要较大扭矩起步加速,所以不能升挡。前离合器 $C_1$ 和单向离合器 $F_2$ 动作。

在前进挡手动阀第三条油道进油,第二条油道出油时,其余油路与“P”挡油路相同:



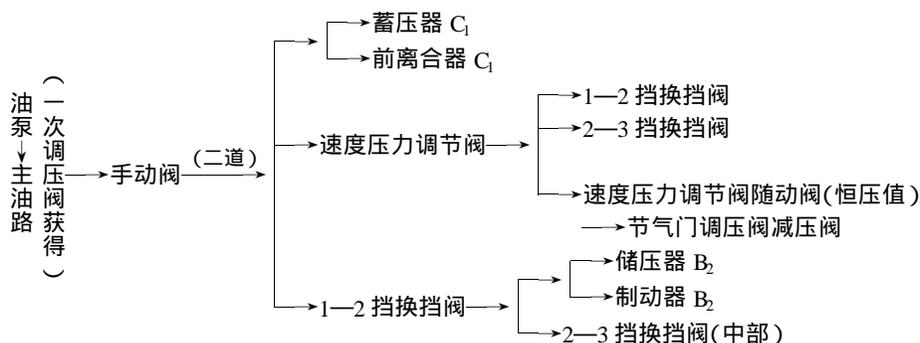
经手动阀供给速度调压阀主油压随车速变化而产生速度调节压力作用于各换挡阀。同时作用于前离合器 $C_1$ 活塞,使前离合器接合,由于还有前离合器 $C_1$ 参与工作,使离合器 $C_1$ 接合时较为柔和。摩擦元件接合的平稳性,取决于即将完全接合时油缸压力的增长率。若接合的全过程中均是很缓慢地进行,则接合时间过长,摩擦元件磨损过大。因此在油路中并入储压器,



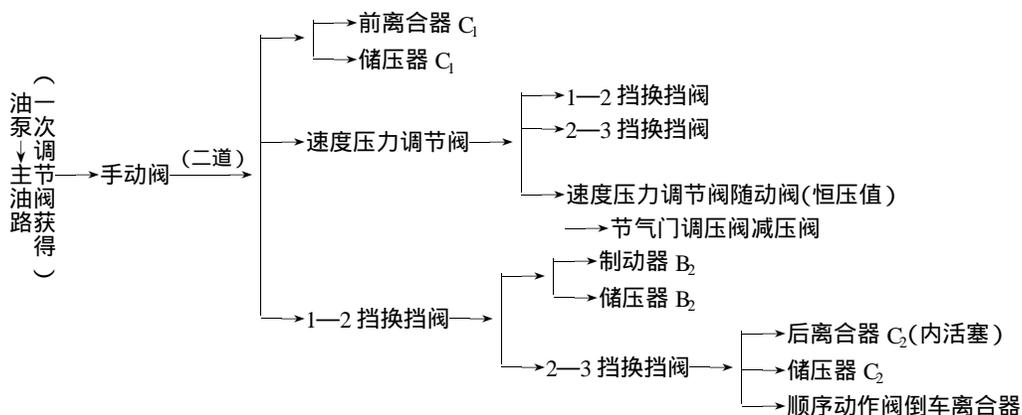
当其接合初期油压迅速增长,克服其自由间隙。当压力增长到一定程度,克服储压器弹簧的压力,使活塞上升,充油时间延长,从而导致离合器  $C_1$  油泵中压力的增长率比初期较为缓慢,油压压力上升率成为折线,即开始快,后期慢,从而保证了离合器接合过程是先快后慢的要求。

(2) “ $D_2$ ”挡时,能使车速变化的因素有两个:一是随车速变化而产生的速度调压阀的油压;另一个是随发动机节气门开度变化或油门踏板的位移而产生的节气门压力调节阀(节流阀)油压,而节气门压力调节阀油压是由与化油器用软轴拉线连接起来的节气门阀凸轮控制,推动降挡柱塞的位移变化实现的。

随着车速的升高,速度调压阀的输出油压亦随之升高,而在一定节气门开度时,节气门压力调节阀的油压相对不变。1—2 挡换挡阀克服节气门压力调节阀的油压与弹簧张力的合力后上升,打开通向制动器  $B_2$  的通路,同时通向  $B_2$  储压器,使之平稳接合。与此同时,自由轮机构  $F_2$  脱开,  $F_1$  接合,前离合器  $C_1$  继续起作用,这样就从“ $D_1$ ”挡升至“ $D_2$ ”挡,因有两个摩擦元件交替工作,使 2 挡接合得相当平稳。其油路走向如下:

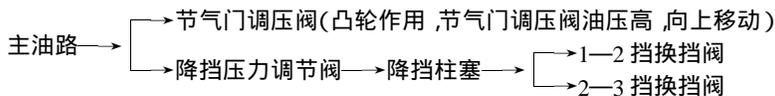


(3) “ $D_3$ ”挡时,当车速进一步升高,速度压力调节阀输出油压亦进一步升高。当该油压足以克服作用于 2—3 挡换挡阀上节气门调压阀油压与弹簧的合力后上升,打开通向离合器  $C_2$  内活塞和储压器  $C_2$  油路,与此同时自由轮机构  $F_1$  脱开,平稳地接合“ $D_3$ ”挡。前离合器  $C_1$  继续起作用。“ $D_3$ ”挡时的油路走向如下:



当汽车在前进挡位需要降速时(或强制低挡),把油门踏板踩下,使节气门开到全开的位置。此时节气门阀凸轮转动较大,推动降挡柱塞移动,节气门油压升高,节气门调压阀向上移动,把来自降挡压力调节阀油压接通,通到 1—2 挡和 2—3 挡换挡阀。由于 2—3 挡换挡阀上

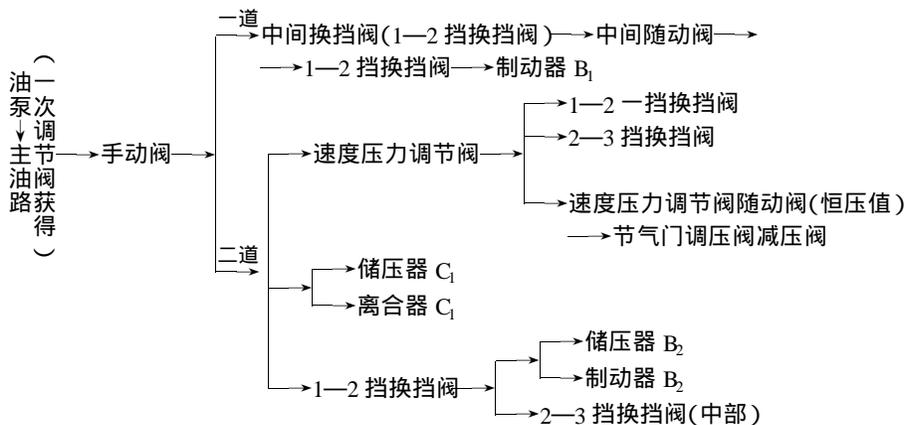
端面积设计得当,克服了下端速度压力调节阀油压,强行回到2挡。如果车速即相应的速度压力调节阀油压较低,亦可强行从2挡降至1挡。其降挡油路的主油路是直接由油泵提供的。其油路如下:



### 5. “2”挡控制油路

当换挡手柄置于“2”挡时,此位有两个挡(“2<sub>1</sub>”和“2<sub>2</sub>”),与前进挡位时的第一挡和第二挡相同,可以自动转换。汽车在很陡的下坡行驶时,可以利用发动机制动。与前进挡位第二挡的区别是增加制动器 B<sub>1</sub> 的动作。

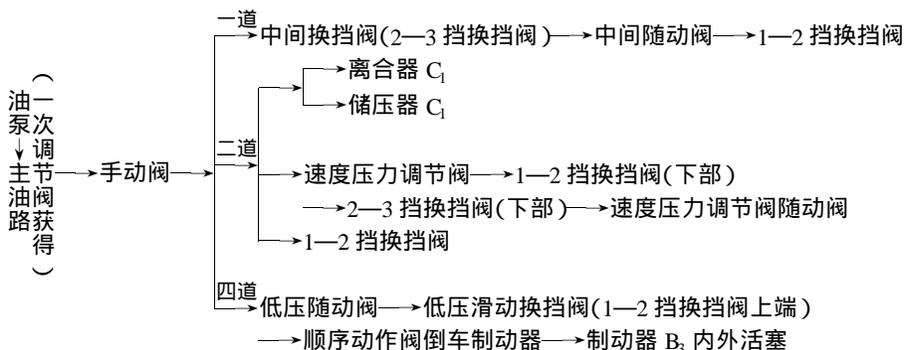
油路仍为第三道进油,第一油道和第二油道出油,其“2”挡位第二挡(“2<sub>2</sub>”)油路走向如下:



### 6. “L”挡控制油路

当换挡手柄置于“L”挡即闭锁挡时,与前进挡位时的第一挡“D<sub>1</sub>”相同,其区别是增加了制动器 B<sub>3</sub> 内外活塞的接合,可以利用发动机制动。制动器 B<sub>3</sub> 的动作将前行星排行星轮支架制动。

由于手动阀在“L”位,接通了第一道、第二道和第四道油路,并通到1—2挡换挡阀的上端(低压滑动换挡阀),使之不能从1挡升至2挡,继而经由顺序动作阀、倒车制动器、制动器 B<sub>3</sub> 内外活塞实现出油的。其油路走向如下:





## 第七节 液力自动变速器的使用与故障诊断

在全面系统地掌握汽车液力自动变速器的结构和工作原理的基础上,进一步结合各种型式液力自动变速器的特性和使用说明书,掌握正确的使用方法,严格按照规定的操作规程使用,就能有效地发挥液力自动变速器的性能,提高汽车发动机的动力性的经济性,减少或防止故障的发生,延长液力自动变速器的使用寿命。同时也为故障诊断与排除提供可靠科学依据,打下良好的基础。

### 一、液力自动变速器的使用

#### (一) 自动变速器液力传动油的正确选用与检查更换

液力传动油在液力自动变速器工作中占有很重要的地位,是自动变速器的工作基础,它直接影响液力自动变速器的正常工作及性能,液力自动变速器的许多故障都是由于液力传动油的品质或油量不符合规定而引起的。因此,正确选用和定期检查和更换液力自动变速器液力传动油是十分重要的。

#### 1. 液力传动油的功用

在液力自动变速器工作中液力传动油主要有以下功能:

- (1) 作为液力变矩器的工作介质,传递发动机的动力。
- (2) 作为液力自动换挡控制系统的压力用油控制行星齿轮变速器换挡执行元件的动作。
- (3) 对行星齿轮变速器和各执行元件摩擦副进行强制润滑。
- (4) 清除并带走工作表面磨损形成的磨料等杂质,经滤油器或磁性螺塞清除、吸附掉。
- (5) 将损耗在油液中的热能及摩擦副表面的热量导致油冷却器进行冷却,防止温度过高。

#### 2. 液力传动油的正确选用

各国汽车液力自动变速器用油规定如表 2-9 所示。我国规定必须优先使用“兰炼 8 号”自动传动油。

表 2-9 各国汽车液力自动变速器规定用油

中 国	8 号自动传动油	前苏联	锭子油
美 国	DEXRON 型或 DEXRON- II 型	日 本	推荐用 DEXRON 型
欧 洲	推荐用 DEXRON- B 型(GMC) ESW- M2C- 33E/F (Ford)	德 国	推荐用 DEXRON- B BCNZ

#### 3. 注意正确的加油方法及油面高度的检查

自动变速器对加油量都有明确规定。其基本原则是将液力自动变速器及换挡执行元件各控制油缸都充满油之后,充注在变速器油底壳里的油面高度应低于行星排等变速器中的旋转机件的最低位,以免在机件在工作中剧烈地搅油产生泡沫,但必须高于阀体与变速器壳体安装的结合面,以免在工作时渗入空气。影响液压控制系统各阀体的正常工作。加油方法如下:

(1) 将汽车停在水平路面上。

(2) 汽车发动机处于怠速运转状态。

(3) 将液力自动变速器换挡手柄轮换地置于“P”、“N”、“R”、“D”、“L”、“1”、“2”等各挡位并停留短暂时间,以便油液注满液力变矩器和控制油缸工作腔。

(4) 检查油面高度 根据不同的油温,油面应在不同的刻线位置。

当汽车长时间拖载或高速行驶后,应至少停车 30 min 后再检查油面高度,否则油面高度检测不准。如果油面未达要求的高度,应加油后再检查,直到符合规定高度为止。若加油过多油面超过规定高度,可拧松放油螺塞放掉一部分油液使之达到规定高度。若变速器没有放油螺塞,少量放油可从加油管往外吸。

#### 4. 定期检查油质并更换

一般每正常行驶 8 000 ~ 10 000 km,必须将油液全部更换。换油间隔里程各汽车公司各不一样,应按厂家规定要求更换。

使用中应定期检查油液品质,判断油液品质可从颜色、气味或是否有杂质等方面进行。变速器油的颜色应当是鲜红色,但某些 Dexron II 型自动变速器油在使用初期会变暗,这是正常的。如果油液呈棕色或黑色,说明油液中含有烧蚀的摩擦材料等杂质,若油液呈粉红色或白色,则可能是油冷却器有冷却液泄漏进入。合格的变速器应有类似新机油的气味。若有烧焦的味道则可能是某些执行元件打滑或自动变速器过热。如要有清漆味则说明油液氧化变质。若油液带有泡沫,可能是由于油泵进油道渗入空气所致。一旦变速器油液出现上述现象之一,就应该立即更换。

### (二) 液力自动变速器的选挡操作与换挡控制

液力自动变速器的自动换挡规律是预先定好的,但在汽车使用中还不能完全满足使用要求,需要驾驶人员在汽车行驶中根据不同的行驶条件通过操作加以补充。因此很多液力自动变速器都具有可供驾驶员人为地加以控制的机构,了解并熟练地操作这些机构是十分重要的。

#### 1. 挡位顺序和挡位选择

在汽车行驶中可以改变选挡手柄的位置,但不同的挡位变换顺序有不同的操作要求。如果选挡手柄位置按“L”→“2”→“D”的顺序进行变换,可不受任何车速条件的限制,即不管车速高低都可按此顺序改变选挡手柄位置。如果按“D”→“2”→“L”顺序改变选挡手柄位置时,必须在不高于相应的升挡车速时进行,即从“D→2”时,应在 2→3 挡车速时进行,从“2→L”位时,应在 1→2 挡车速时进行,不同油门时的升挡车速见表 2-10。若比该相应车速高出很多,从高挡往低挡变,就相当于人为地手动强制挂低挡。这种在车速过高时实现强制低挡的操作,不但要使传动系受到发动机的强烈地制动作用,而且相应低挡的换挡执行元件也极易损坏,因此应避免采用此种操作。但是如果在一一定的行驶条件下,当应当从高挡(D)换到“2”或“L”挡位而没有及时变换时,将会造成“循环跳挡”,同时也不能充分利用发动机制动。如在上坡时,若以“D”挡位直接上坡,由于牵引力小于坡道阻力,车速将下降。当车速降到一定时将会从直接挡降到“D<sub>2</sub>”挡,降到“D<sub>2</sub>”挡后牵引力将大于坡道阻力,汽车又将加速上坡。当车速升到一定车速时,又将升到直接挡。若坡道较长时,将会继续重复减挡、升挡的循环跳挡过程,这将加速液力自动变速器机件的磨损。如果这时及时地将选挡手柄置于“2”位,就能稳定的加速上坡,避免了“循环跳挡”,如果上坡的坡度较大,选挡手柄可置入“L”位更为合适。如果在下长坡时,将



选挡手柄换入低位而油门放小,但千万不能将发动机熄火,就可以充分利用发动机制动,避免长时间使用车轮制动器造成制动器过热,制动效能严重下降而造成危险。

表 2-10 不同油门时升挡车速表

国家及车型号	有强制低挡时的车速 $v$
中国红旗 CA700	变速器输出轴转速 1 800 r/min $v \leq 72$ km/h
美国 CHRYSLER TORQUE FLITE (1978 年后) DODGE ARIES K-CAR (1979 年)	$\leq 72$ km/h
日本 NISSAN DATSUN 3N71B (1978 年—1983 年) NISSAN CEDRIC (1984 年)	L24 发动机
	3→2 85 km/h
	2→1 42 km/h
	LD28
	L28 发动机
	3→2 85 km/h
	2→1 42 km/h
	VG30E
	3→2 88 km/h
	2→1 45 km/h
德国 MERCEDES-BENZ MB	4→3 3→2 2→1 $\frac{v}{v_{\max}} = 0.6$ km/h 0.25 km/h 0.13 km/h
意大利 FIAT-DRS 0.9	3→2 变速器输出轴转速 840 ~ 1 320 r/min

## 2. 提前升高挡

装有液力自动变速器的汽车,从低挡自动升高挡时,一定的节气门开度与车速之间有着确定不变的关系。当节气门开度一定时,必须使汽车车速提高到一定的车速时才会自动升入高挡。如果使自动变速器在节气门某一开度时,比该节气门开度相对应的升挡车速较低的车速下升挡,称为“提前升挡”。当液力自动变速器能较早地升入高一挡工作时,相应发动机的转速较低,从而在一定程度上降低了发动机的磨损、噪音和油耗。除载重车及自卸汽车用液力自动变速器之外,所有小客车用液力自动变速器都实现上述换挡功能。具体操作方法是在汽车起步后,先加大油门将汽车迅速加速到 30 ~ 40 km/h 车速,然后迅速地将油门松开,持续 2 ~ 3 s 即可,这样就能立即从低挡升入“2”挡。从“2”挡升入“3”挡也可用同样的操作方法,这就是所说的收油门提前升挡的操作方法。

## 3. 加速回挡

有些汽车的液力自动变速器液力控制自动换挡系统具有“加速回挡”的功能,如红旗 CA774、TORQUE FLITE 自动变速器(美国 CHRYSLER 公司生产装在 NEWYORK 等车上)等。当汽车在中速以直接挡行驶时,将油门稍稍迅速加大,液力自动变速器将从直接挡降回低一挡,使汽车加速,当车速升到一定时,又能自动升到直接挡。这样的液力自动变速器在驾驶操作时,快收油门能提前升挡,快加油门能由直接挡降回 2 挡。

#### 4. 强制低挡

所有轿车用液力自动变速器都具有强制低挡的功能。通常只有当车速降低到一定值时,液力自动变速器才能降回低挡。但在需要高速超车时,尽管油门已踩到底但仍觉加速不够时,此时若将变速器瞬时强制性地换回最低挡,并能达到急剧加速的目的。

强制低挡的操作方法如下:当汽车行驶速度已达 60~70 km/h,这时将油门踏板迅速踩下到全开位置时再往下踩过一段距离,通过与油门踏板联动机构使液力自动变速器液压控制系统的降挡柱塞(如丰田 A40 型)有较大的移动距离,来自降挡压力调节阀的油路接通,强行换入低挡。当加速要求已得到满足后应立即放松油门踏板。如果加速到接近发动机最高转速时再回收油门,将对变速器高挡换挡执行元件不利。

#### (三) 自动变速器使用注意事项

(1) 启动发动机前,应将换挡手柄置于“N”挡或“P”挡位置。发动机启动后,车辆起步时,踏下制动踏板,将换挡手柄置于前进挡或倒车挡,放松制动踏板然后慢慢踏下油门踏板,使车辆平稳起步。停车时,当车辆停稳后,应将换挡手柄置于“P”挡位置。

(2) 挂倒挡时,应在车辆完全停稳后进行,即在发动机怠速运转的条件下将换挡手柄推入倒挡位置。

(3) 当发动机出现故障不能着车,车辆不能行驶时,如果拖动车辆行驶,由于发动机不能运转,自动变速器油泵停止工作,自动变速器润滑油路无循环润滑油,因此不能长时间拖驶车辆,短距离拖驶时车速也不应过高,否则将损坏自动变速器。

(4) 更换变速器油时,应先将发动机启动运转,直至变速器温度正常后再将油液放尽。加注新变速器油时,除注意自动变速器油的规格品质外,应注意加注量,加注油量不足将易引起离合器片、制动器片(带)及油封的烧毁。但也不能加注过多,否则将会使油液在工作时产生大量气泡,使变速器工作时,气泡进入管路,造成变速器工作失灵,并出现气阻、过热及加剧机件磨损。

## 二、自动变速器故障诊断与检修

### (一) 自动变速器检修注意事项

自动变速器的故障诊断与检修是一项十分复杂又细致的工作,必须按照一定的程序和原则进行,即由简到繁,由表及里的程序进行。检修自动变速器时应注意以下问题:

(1) 根据检查程序进行检查,先确认故障的部位。

(2) 拆卸变速器前应对其外部进行彻底清洗,防止污物、机械杂质在解体过程中进入内部液压油路造成液压系统的堵塞或卡死。

(3) 需要同时拆卸多个总成时,应分组进行。将每个总成的零件集中放在一起,各个总成零件分开放置,以免安装时造成混淆。

(4) 解体单个总成时,应将各零件按原顺序放好。小零件可用黄油粘在相应位置上,以便于安装。拆卸阀体总成时,应将弹簧及其相应的阀体放在一起,以免弄错。

(5) 液压油路及液压件应用同型号的变速器油或煤油清洗干净,油路、油孔要用压缩空气吹通。清洗后的零件不允许用抹布擦干,以防止纤维进入油路及阀体内部影响工作性能。

(6) 密封元件、开口销等一次性使用零件每次检修都必须更换。

(7) 更换新离合器片及制动器片时,在装配前必须将其放入变速器油中浸泡至少 15 min。



(8) 所有密封圈、离合器摩擦片、旋转元件和滑动表面,在装配时都要涂抹变速器油。

(9) 密封元件上不能使用密封胶。

(10) 检修电控系统时,应按电控系统的检修注意事项进行。

## (二) 自动变速器故障诊断与检修程序

在对自动变速器故障进行诊断与检修时,应注意以下两点:

(1) 该故障是由发动机工作不正常所引起的还是确属自动变速器内部故障。

(2) 该变速器是全液压控制的液力自动变速器还是电控液力自动变速器。两者故障诊断的方法和思路还有所不同。

全液压控制液力自动变速器故障诊断与检修程序比较简单。其故障原因一是发动机,二是变速器内部,故首先应确定故障的部位。如确属变速器自身故障,可按以下程序检修:

① 初步检查;② 失速试验;③ 油压试验;④ 换挡迟滞试验;⑤ 道路试验;⑥ 零部件拆卸检查。

电控液力自动变速器的故障原因较复杂,可能来自发动机、变速器机械和液压系统、电控系统三个方面,因此检修程序较为复杂,其检修程序如下:

① 初步检查;② 调取故障代码;③ 手动换挡试验;④ 机械、液压系统试验(同全液压液力自动变速器检修程序②~⑤项);⑤ 电控系统检查;⑥ 故障诊断表;⑦ 车上和车下修理。

下面分别介绍有关检查内容、方法、步骤。

### 1. 初步检查

初步检查的目的是确定自动变速器是否在正常前提条件下进行工作。通过初步检查往往能很快就找出故障的部位和原因。

初步检查的内容主要包括变速器油的检查和更换;节气门连杆机构和手控操纵机构的检查与调整;制动间隙的调整;发动机怠速检查与调整;节气门全开检查和变速器漏油检查。上述检查项目大部分与常规保养项目一致。下面重点介绍漏油检查和节气门全开检查(WOT检查)

(1) 漏油检查 液力自动变速器内部泄漏会造成液压控制系统工作压力下降,执行元件工作打滑等故障。内部泄漏只有通过液压系统试验才能找出泄漏部位。

液力自动变速器外部漏油可从壳体上进行检查,如果壳体上有红色油液,则为自动变速器泄漏,因自动变速器油中加入了红色颜料。自动变速器易泄漏的部位主要有:

① 有油封或密封垫圈的部位。如油底壳、液力变矩器、油泵、变速器壳体、手控操纵机构、执行元件伺服装置外盖和加油口等部位。

② 接头部位。如变速器和冷却器连接管路的接头、离心式速控调压阀接头等部位。

③ 零件损坏的部位。

造成外部泄漏的原因主要是上述部位的密封件、连接件老化、松动或损坏。加油过多也易造成外部泄漏。

检查外部泄漏前不要急于将泄漏的油迹擦净,先检查油从何处泄漏出来。若变速器壳体外油液过多无法确定泄漏部位时,则再将外部油还擦洗干净,待壳体干燥后再启动发动机,让汽车在各挡位行驶一段时间,然后再停车检查泄漏部位。若泄漏面积较大仍无法确定泄漏部位时,可采用图 2-125 所示的加压试验法进行检查。检查前将变速器壳体上所有能与大气相通的部位如进油管和通风孔等处密封好,并在壳体上涂肥皂水,然后通过冷却系统的回流管路向变速器内压入空气,壳体上有冒气泡的地方就是泄漏的部位。

(2) 节气门全开检查 此项检查用以确定发动机输出功率是否正常。当油门踏板踩到底时,节气门应处于全开位置,否则将造成发动机功率输出不足、加速不良、车速下降,严重影响汽车的动力性。

进行该项检查时,应先关闭发动机,将油门踏板踩到底,观察节气门的开度是否处于全开位置。如果未达全开位置,应检查和调整从油门踏板到节气门之间的操纵机构,直到符合要求为止。

## 2. 失速试验

失速试验的目的是通过测试发动机在失速状态

下能达到的最高转速,检查发动机的总体性能和自动变速器执行元件的工作性能。在进行失速试验之前,应先找出各执行元件在不同挡位下的工作情况表(如表 2-8),以便分析试验结果。为保证安全,进行失速试验时应注意以下几点:

(1) 为防止车辆在试验过程中驶离原地,试验车辆周围不能有人。

(2) 保证车轮与地面处于良好的附着状态。

(3) 发动机冷却系统工作正常。

(4) 同时采取可靠的行车制动和驻车制动,并在车轮的前、后塞入三角垫木。

(5) 当自动变速器处于失速状态时,变速器油温将急剧升高,液压系统处于高压状态,发动机负荷较大,因此失速状态的持续时间不能过长,一般为 5~10 s。

(6) 在试验过程中应打开发动机罩,注意观察发动机的工作状况。

失速试验的方法步骤如下:

(1) 将发动机启动并运转到正常工作温度。

(2) 安装发动机转速表。

(3) 执行注意事项中的①~④项。

(4) 启动发动机,将换挡手柄置于“D”挡位置。

(5) 将油门踏板踩到底,同时迅速读出发动机转速表所显示的失速转速。

(6) 将换挡手柄置于“N”挡位置,让发动机以快怠速运转 30~60 s,使液力变矩器充分冷却。

(7) 以同样的方法测量“L”挡、“R”挡位的失速转速。

(8) 对照厂家提供的标准失速范围分析试验结果。

若测定的所有失速转速均处于标准失速范围,表明发动机及执行元件工作性能正常,工作可靠。

如果所有位置的失速转速都相同且低于标准范围,说明发动机动力性不好,或液力变矩器导轮的单向离合器打滑。只有在进行道路试验后才能进一步确定故障出在哪一部分。

如果某个或多个挡位出现失速转速高于标准范围的情况,表明液压系统油压过低,或在该挡位下工作的执行元件至少有一个打滑。这时要利用自动变速器执行元件工作情况表逐挡分析,采用排除法找出产生故障的执行元件。

主要自动变速器的标准失速范围如表 2-11 所示。

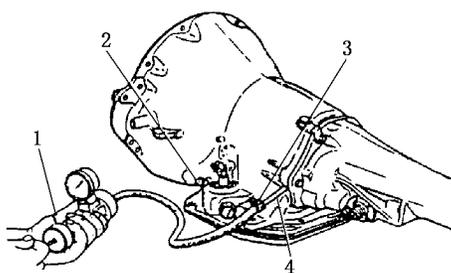


图 2-125 自动变速器漏油的加压检查

1—空气泵 2—蓄能器 3—软管夹子;  
4—冷却管路喇叭口管



表 2-11 主要自动变速器标准失速范围

车型、自动变速器型号、发动机型号	标准失速转速/( $r \cdot \min^{-1}$ )
丰田 A240L(4A- F 发动机)	2 200
丰田 A131L	2 400 ± 150
丰田海拉克斯轿车 (3Y 发动机) (2L 发动机)	2 150 ± 150 1 900 ± 150
丰田皇冠轿车 (5M 发动机) (5M- E 发动机) (5M- GE 发动机)	2 000 ± 150 2 050 ± 150 2 100 ± 150
丰田- F (2Y 发动机) (2Y- C 发动机)	1 900 ± 150 2 050 ± 150
陆地巡洋舰 (3F 发动机) (3H 发动机)	1 850 ± 150 1 900 ± 150
丰田考斯特 (1H <sub>2</sub> 发动机)	1 900 ± 150
日产公爵轿车 L4N71B 自动变速器 VG30E 和 VG30S 发动机 LD28 发动机	2 300 ~ 2 600 1 700 ~ 2 000
三菱轿车 KMI75 型自动变速器 D 挡 R 挡	1 800 ~ 2 800 1 800 ~ 2 800
大宇轿车 AW850 型自动变速器	2 450 ± 150
现代轿车 KMI75、KMI76、KMI77 型自动变速器	2 000 ~ 2 800
马自达轿车 GF4A- EL 型自动变速器 4 缸发动机 6 缸发动机	2 090 ~ 2 400 2 270 ~ 2 500
本田雅阁轿车自动变速器	2 350 ~ 2 650
沃尔沃轿车自动变速器 240、240GL、740、740GLE 车型 740TURBO、760TURBO 车型 760GLE、780GLE 车型 740、2.3L 16 气门车型	2 500 2 000 ~ 2 700 2 000 2 450 ~ 2 750
积架轿车 GM THM400 型自动变速器 D 挡 R 挡	2 100 ~ 2 400 2 100 ~ 2 400

续表

车型、自动变速器型号、发动机型号	标准失速转速/( $r \cdot \min^{-1}$ )
克莱斯勒 A999 型自动变速器	1 700 ~ 2 000
宝马轿车ZF4HP22/EH 型自动变速器 325e、528e 车型 524td 车型 53i、635CSI、735i 车型 EH 系列车型	1 900 ~ 2 050 2 280 ~ 2 490 1 970 ~ 2 120 1 980 ~ 2 140
奔驰轿车 300 系列车型 420 系列车型 560 系列车型	2 400 ~ 2 700 1 450 ~ 1 650 1 850 ~ 2 000

### 3. 换挡迟滞试验

换挡迟滞试验是指在发动机怠速运转时,改变选挡手柄的位置,从拨动选挡手柄开始直到感觉到振动止其滞后的时间。进行迟滞试验的目的是检查各执行元件的工作是否正常,其工作压力是否合适。

换挡迟滞试验的方法步骤如下:

- (1) 在正常的自动变速器油温(50 ~ 80 )下进行试验。
- (2) 采用可靠的驻车制动。
- (3) 启动发动机,检查和调整发动机怠速符合规定转速并保持稳定怠速运转。
- (4) 将选挡手柄从“N”挡位置于“D”挡位,同时用秒表测定从拨动选挡手柄到有振动感觉之间所间隔的时间,标准滞后时间不应超过 1.2 s。
- (5) 关闭发动机,间隔 1 min,使执行元件彻底解除工作状态。
- (6) 以同样的方法测定从“N”挡换入“R”挡位的滞后时间。标准滞后时间不应超过 1.5 s。
- (7) 重复上述步骤④~⑥各做两次。根据三次测定的结果分别计算出从“N”挡到“D”挡和从“N”挡到“R”挡的平均滞后时间。
- (8) 根据执行元件工作情况表分析试验结果。如果换挡迟滞时间大于规定值,说明执行元件由于工作压力过低或磨损严重而打滑。

### 4. 油压试验

油压试验主要是检查液力自动变速液压系统中的动力源回路、节气门调压阀回路和速控压力调节阀回路的油压。通过电压试验判断液压系统的故障。

由于不同行驶状态所对应的液压系统工作压力和发动机进气管的压力各有差异,因此进行油压试验时要同时使用压力表、车速表、真空表或兼备这些仪表功能的检测仪器。

液力自动变速器上均有检测接头,平时用螺塞堵住。检测接头视车型不同有多有少,如果只有一个,多为主油路油压检测接头。若有多个接头,则还可以检测节气门压力调节阀、速度压力调节阀或执行元件伺服装置的工作压力。检测接头的位置和检测目的因车而异,图 2-126 为典型的液力自动变速器液压系统检测接头和检测仪器。

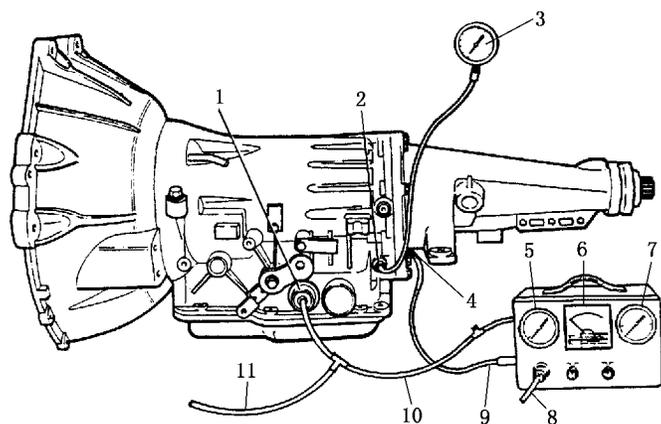


图 2-126 液压系统检测接头及检测仪器

1—节气门压力回路检测接头 2—离心调速器压力回路检测接头 3、7—压力表 4—主油路压力检测接头(变速器背面) 5—真空压力计 6—车速表 8、9、10—连接软管 ;11—真空软管

### (1) 主油路油压检查

- ① 发动机及变速器处于正常工作温度。
- ② 卸下变速器壳体上检测接头的螺塞,接好压力表。
- ③ 采取可靠的驻车制动,并用三角木塞入前后车轮。
- ④ 启动发动机并检查和调整发动机在正常怠速下稳定运转,踩下制动踏板。
- ⑤ 将换挡手柄置于“D”挡位置测量在“D”位时的工作油压。
- ⑥ 踩下油门踏板,测量在发动机失速下的油压。
- ⑦ 用同样方法测量“R”位的工作油压。如果测量值低于规定值范围,应检查并调整节气门连杆机构,然后重复上述试验。通常多数自动变速器在怠速时的“R”位油压约为“D”位的1.5倍。

(2) 检查主油路压力与节气门开度关系 在检查主油路工作压力的同时,利用真空压力表测量发动机进气管的真空度。将换挡手柄置于“P”挡位的,真空压力表读数应为 50.8~67.7 kPa,“D”挡位时不能低于 50.8 kPa。如果在测量过程中主油路压力与真空度成反比,说明节气门压力调节阀工作正常。

(3) 检查速度调压阀压力 对带有离心式速度调压阀检测接头的自动变速器,可将压力表直接接到检测接头上就可测出速度调压阀的工作压力。如果该压力随车速升高而稳定升高,说明速度调压阀及其回路工作情况良好。

若自动变速器壳体上没有相应的检测接头,可按下面方法使用检查主油路压力的连接回路进行检查:

- ① 用千斤顶将汽车举升起来。
- ② 切断发动机真空信号管路,将真空泵与节气门压力调节阀相连,使其真空度在试验过程中保持在 6.8 kPa。
- ③ 启动发动机,将换挡手柄置于“D”挡位。缓慢踩下油门踏板,当车速显示速度达到 16 km/h时,注意观察主油路工作压力是否降低。正常情况下主油路压力应有所下降。

④ 将真空度升至 33.9 kPa,将换挡手柄置于“2”挡位,缓慢踩下油门踏板,观察车速升到 8 km/h时主油路压力是否出现下降趋势。如果此时主油路压力有所下降,表明速度调压阀性能稳定。

主要自动变速器油压试验油压范围如表 2-12 所示。

表 2-12 油压试验油压范围

自动变速器型号	主油路压力 /MPa	润滑油压力 /MPa	节气门压力调节阀压力 /MPa	速度调压时压力 /MPa
TOYOTA A40、A40D、A43D A43DL、A43DE	D 0.9 ~ 1.3 R 1.4 ~ 1.9			0.09 ~ 0.53
CA770	D 0.6 ~ 0.7 R 1.6 ~ 1.9	0.07 ~ 0.14	0.65 ~ 0.63	0.10 ~ 0.42
TORQUEFLITE	D 0.04 ~ 0.4 R 1.57 ~ 1.86	0.03 ~ 0.10		0.10 ~ 0.53
A90、A727				
A413、A415、A470	D 0.56 ~ 0.6 R 1.82 ~ 2.1	0.03 ~ 0.20		0.10 ~ 0.35
日产： L4N71B	D 0.30 ~ 0.40 R 0.70 ~ 0.80		失速工况压力 1.0 ~ 2.4	
A130L、A131L A240L	D 0.36 ~ 0.42 R 0.53 ~ 0.7		失速工况压力 0.9 ~ 1.65	

## 5. 道路试验

道路试验的目的是通过测试在换挡手柄位于不同位置时的汽车行驶状况,检查自动变速器总体工作情况,进一步找出故障原因,或对修复后的自动变速器的使用性能指标进行综合性检测。

在进行道路试验前要检查自动变速器用油、发动机用油和冷却液,保证它们的质量应符合要求,并在正常油量下进行,还应选择交通状况与车速限制都能满足试验要求的路段进行路试,确保试验安全。道路试验主要内容和步骤如下:

(1) “D”挡位试验 将换挡手柄置于“D”挡位,检查四速自动变速器时应打开 O/D 开关,将油门踏板保持在规定的位置(节气门开度为 60% 和 100%)进行检查。注意若是电控自动变速器,要在换挡模式选择开关位于不同位置的情况下,分别进行一次完整的“D”挡位试验。

① 在上述节气门每种开度时,检查 1→2 2→3 3→OD 的升挡情况及升挡点是否与厂家提供的自动换挡规律表相吻合。

② 用同样的方法检查 1→2 2→3 3→OD 升挡时的冲击和打滑情况,以检查升挡品质。

③ 检查超速开关。关闭超速开关,观察车辆是否还能升至超速挡。

④ 检查自动变速器在最高挡或次高挡行驶是否有不正常的噪声和振动。

⑤ 检查降挡点。观察降挡点车速是否与厂家规定的自动换挡规律表相吻合。

⑥ 检查降挡品质。检查强制低挡时是否有不正常的冲击和打滑。当车速高于 140 km/h



时,应不能从 OD $\rightarrow$ 3 强制低挡。

⑦ 检查锁止系统工作情况。当车辆以 D 位最高挡在一定车速下稳定行驶时,如果油门踏板有较小的变化,发动机转速不应有很大变化,否则说明锁止系统工作不正常。

#### (2) “2”挡位试验

① 将换挡手柄置于“2”挡位,在节气门开度分别为 50% 和 100% ,在每种节气门开度时,试验 1 $\rightarrow$ 2 升挡点是否与厂家规定的自动换挡规律相符合。此时自动变速器只能升至某一挡位。

② 检查有无发动机制动效果。

③ 在“2”位时实施强制低挡,检查 2 $\rightarrow$ 1 强制低挡时车速范围,是否与规定相符合。

④ 检查加、减速过程中是否有异常噪音或振动。

(3) “L”位试验 将换挡手柄置于“L”挡位置。

① 检查在“L”挡位置时能否升至“2”挡,而自动变速器应被锁止在此位置,无法升入高挡。

② 检查发动机制动效果。在“L”位行驶时,放松油门踏板,检查发动机制动效果。

③ 检查加速和减速时有无异响。

(4) “R”位试验 检查当换挡手柄置于“R”挡位置时是否会出现打滑现象。

注意上述四项试验均应在水平路面上进行。

(5) “P”位试验 将车辆停在不小于 5°(坡道 9%)的坡道上,将换挡手柄置于“P”挡位置。放松驻车制动器,检查停车锁止机构是否工作可靠。试验时应注意安全,防止车辆滑移。

通过上述试验,可对自动变速器的工作情况进行较全面的检查,判断以下几方面的故障:

① 执行元件打滑。

现象:所有该执行元件参与工作的挡位升挡点滞后,加速性能差。

② 节气门压力调节阀故障。

现象:无升挡点或升挡点滞后。

③ 速度调压阀故障。

现象:无升挡或升挡点位置与节气门开度不匹配。

④ 油泵故障。

现象:所有挡位都出现打滑和换挡迟滞现象。

⑤ 液力变矩器导轮单向离合器故障。

现象:低速挡加速性能极差。

## 6. 手动换挡试验

进行手动换挡试验的目的是判断故障出自电控系统还是机械系统。对于全液压自动变速器的故障检修则不需进行该项试验。

进行手动换挡试验前应拨下换挡电磁阀的配线插头。将换挡手柄置于各个位置,观察换挡位置是否有明显区别。如果换挡位置难以区别,应进行下面试验。在车辆行驶过程中,分别在“D”位、“L”位和“2”位检查挡位的变化是否与换挡手柄位置一致。若出现异常,则说明故障在机械系统。

### (三) 电控系统故障诊断与检修

如果通过手动试验表明自动变速器机械系统工作正常,则可判断故障出自电控系统。

电控液力自动变速器电控系统故障的诊断与检测方法与发动机控制系统及其他控制系统

的故障诊断与检测方法基本相同,即读取故障码,电控元件的检测,线路检测。下面以丰田 A341 E 型自动变速器为例介绍其电控系统故障诊断与检测方法。

A341 E 型自动变速器电控系统图请参阅图 2-127,元件在车上的位置请参阅图 2-128。

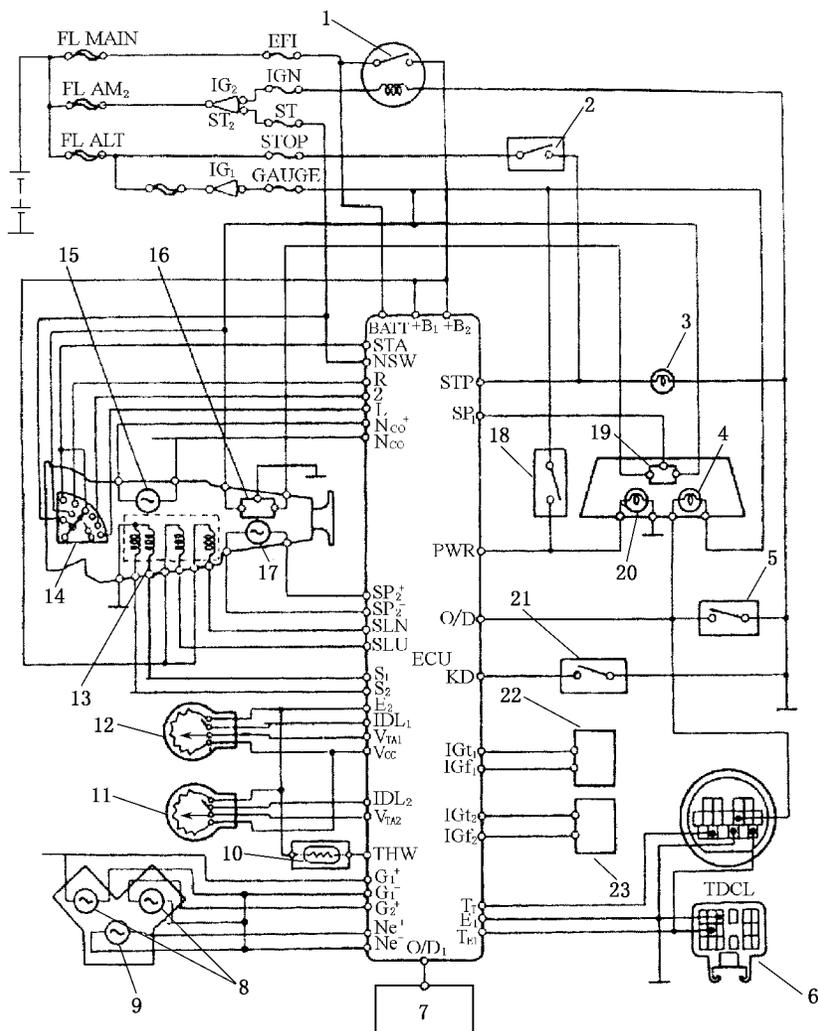


图 2-127 A341E 电子控制系统电路

1—EFI 主继电器 2—制动灯开关 3—制动灯 4—O/D OFF 指示灯 5—超速开关 6—诊断接头 7—巡航控制单元 8—凸轮位置传感器 9—发动机转速传感器 10—发动机水温传感器 11—副节气门位置传感器; 12—主节气门位置传感器 13—电磁阀 14—空挡启动开关 15—超速离合器转速传感器 16—1 号车速传感器 17—2 号车速传感器 18—行驶模式选择开关 19—脉冲转换电路 20—行驶模式指示灯 21—节气门全开强制降挡开关 22—1 号点火器 23—2 号点火器

### 1. 读取故障码

丰田车系电控自动变速器电控系统故障码的读取方法主要有两种。一是以 CAMRY、LEXUS 和 COROLLA 为代表的通过 O/D OFF 指示灯读取故障码,另一种是利用带显示屏幕的故障检测仪读取故障信息,主要应用于 SUPRA 和 CRESSIDA 车系上。丰田 A43DE、A341E 自动变速器均采用第一种方式,即用 O/D OFF 指示灯读取故障码。具体方法如下:

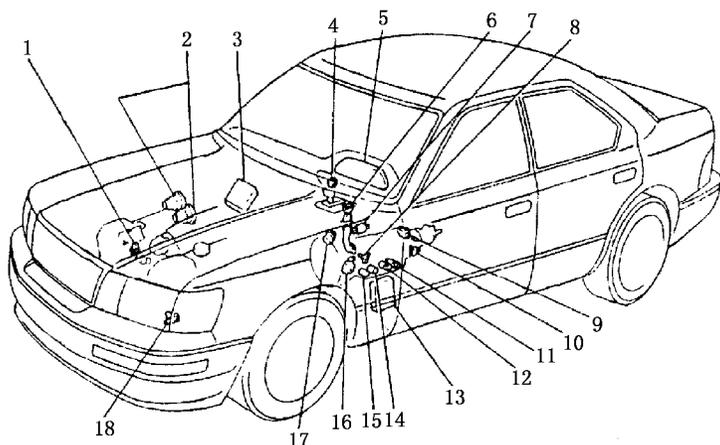


图 2-128 A341E 电子控制系统元件

1—发动机水温传感器 2—节气门位置传感器 3—发动机与变速器电子控制单元 4—超速控制开关 5—O/D OFF 指示灯 6—行驶模式选择开关 7—制动灯开关 8—超速离合器转速传感器 9—1 号车速传感器 10—2 号车速传感器 11—1 号电磁阀 12—2 号电磁阀 13—巡航控制单元 14—3 号电磁阀 15—4 号电磁阀 16—空挡启动开关 17—节气门全开强制降挡开关 18—发动机转速传感器

### (1) 检查超速开关指示灯

① 检查蓄电池电压。蓄电池电压过低将导致诊断系统的误动作。

② 打开点火开关。

③ 打开超速开关，O/D OFF 指示灯应当熄灭。若将开关关闭，该指示灯仍然闪亮，表明可获得故障码。若指示灯不亮或只亮不闪，需检指示灯电路。

### (2) 读取故障码

① 打开点火开关，不必启动发动机。

② 打开超速开关。注意只有在超速开关接通的情况下才能读出故障码，否则指示灯只能一直亮着而不闪亮。

③ 将诊断座(TDCL)上的  $T_{E1}$  和  $E_1$  端子短接。

④ 根据 O/D OFF 指示灯的闪烁读出故障码。

A341E 型自动变速器电控系统故障内容见表 2-13。

表 2-13 A341E 故障表

故障码	故障内容	产生故障的部位
42	1 号车速传感器故障	1 号车速传感器 配线或接头 ECU
46	4 号电磁阀断路或短路	4 号电磁阀 配线或接头 ECU
61	2 号车速传感器故障	2 号车速传感器 配线或接头 ECU
62	1 号电磁阀断路或短路	电磁阀 配线或接头 ECU
63	2 号电磁阀断路或短路	
64	3 号电磁阀断路或短路	3 号电磁阀 配线或接头 ECU
67	超速离合器转速传感器信号故障	超速离合器转速传感器 配线或接头 ECU
68	强制降挡开关短路	强制降挡开关 配线或接头 ECU

读取故障码时应注意下列特殊情况：

① 若两个车速传感器同时出现故障,存储器不存储有关故障码。只能通过车辆行驶状态进行判断。此时汽车只能在一挡行驶而无法升挡。

② 当节气门全开、强制降挡(WOT)开关发生故障时,指示灯不闪亮,但存储器中存有故障码 68。

③ 故障码不能诊断电子元件的机械故障(如阀体卡住等)。

(3) 清除故障码 清除自动变速器电控系统故障码方法如下：

① 关闭点火开关。

② 取下 EFI 保险丝或拆下蓄电池搭铁线 10 s 以上。

此外也可将发动机或电控自动变速器 ECU 的接口插头拔下 10 s 以上即可。

(4) 检查诊断座  $T_T$  端子电压 通过检查诊断座  $T_T$  端子输出电压可检查节气门位置传感器信号、制动信号和换挡位置信号。

① 检查节气门位置传感器信号。

- 将数字电表置于直流电压挡,将正负表笔分别与  $T_T$  和  $E_1$  相连。
- 慢慢踩下油门踏板, $T_T$  端子的输出电压应如图 2-129 所示升至 8 V。

② 检查换挡位置信号。

- 预热发动机,使之达到正常工作温度。
- 选择经济换挡模式,打开超速开关。
- 启动发动机,将换挡手柄置于“D”位。
- 当车速超过 10 km/h 时,检查  $T_T$  端子的电压是否符合表 2-14 规律。

③ 检查制动信号

- 在节气门全开时给  $T_T$  端子加 8 V 电压。
- 踩下和放松制动踏板。检查  $T_T$  端子的电压,踩下制动踏板为 0 V,松开制动踏板为 8 V。

若以上各项检查无法进行,应检查诊断座(TDCL)接头电路。

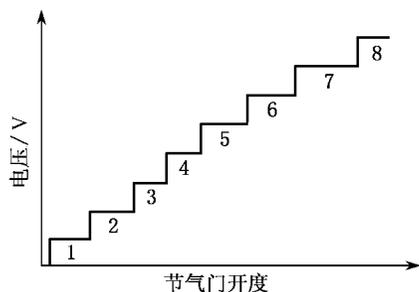


图 2-129  $T_T$  端子的输出电压

表 2-14  $T_T$  端子电压

挡位	$T_T$ 端子输出电压/V
1 挡	0
2 挡	2
3 挡	4
超速挡	6
3 挡锁止	5
超速挡锁止	7

(5) 检查节气门全开强制降挡开关信号

① 关闭点火开关。

② 将诊断座上  $T_{E2}$  和  $E_1$  端子跨接。在读出故障码之前不能将跨接线断开。

③ 打开超速开关。

④ 打开点火开关。此时发动机检查指示灯闪亮,表明车辆处于试验状态。



⑤ 再将诊断座上  $T_{E1}$  与  $E_1$  端子跨接。读出全部故障码。检查是否有 68 故障码。

⑥ 将油门踏板踩到底,接通节气门全开强制降挡开关。检查 O/D OFF 指示灯原来输出的 68 故障是否变成了正常码。如果出现指示灯不能输出 68 故障码,或者故障码不能变成正常码,则表明此开关可能有故障,必须排除。

## 2. 根据故障码检查有关元件及线路

(1) 故障码 42——1 号车速传感器故障的检测 1 号车速传感器是 2 号车速传感器的备用件,将车速信号经过组合仪表传输给 ECU,其线路如图 2-130。

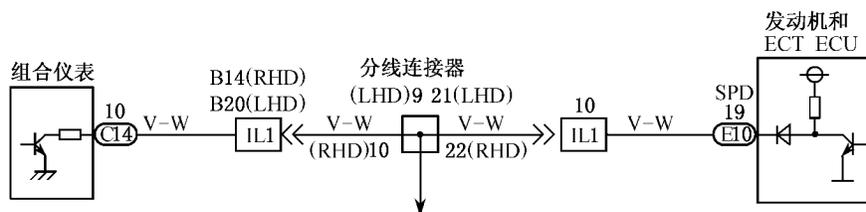


图 2-130 1 号车速传感器线路

① 检查车速传感器工作情况。在车辆行驶过程中检查车速传感器工作是否正常。如果出现故障,要进一步检查车速传感器电路。如果正常,进入下一步。

② 检查 ECU 连接器 SPD 端子与车身接地间的电压。

- 将驱动轮顶起。
- 打开点火开关并转动车轮。
- 测量 SPD 端子与车身接地间的电压。如果无间断性电压,说明车速传感器配线或传感器有故障。如果产生间断性电压,需要检查 ECU。

(2) 故障码 46——4 号电磁阀故障的检测 4 号电磁阀的功用是控制储能器的背压。流过该电磁阀线圈的电流大小应与作用于液压执行元件的油压成反比。检测方法步骤如下:

① 电磁阀的检查。

- 将车顶起,拆下自动变速器油底壳。
- 拔下电磁阀配线插头。
- 测量电磁阀线圈两端子间的电阻,其电阻值应为  $5.1 \sim 5.5 \Omega$ 。

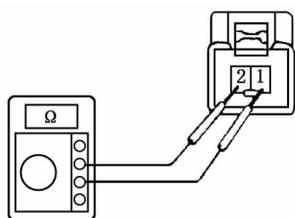


图 2-131 电磁阀通电检查

• 将一个  $8 \sim 10 \text{ W}$  的灯泡串接在电磁阀与蓄电池之间,接通电源时电磁阀阀体向右移动,如图 2-131 所示,表明电磁阀正常,应进一步检查电磁阀与 ECU 之间的配线和 ECU。否则表明电磁阀本身有故障。

② 检查电磁阀与 ECU、蓄电池之间的配线及接头,见图 2-132 所示。如有问题,应更换配线或接头。若无问题则应进行下一电路的检测。若仍显示原故障码,须更换 ECU。

(3) 故障码 61——2 号车速传感器故障检测

① 检查 ECU 连接器插头端子间的电阻。

- 将 ECU 连接器插头从 ECU 上拔下。
- 在点火开关关闭的情况下测量插头上端子  $SP2^-$  和  $SP2^+$  之间的电阻,如图 2-133 所

示。若两端子间能导通,进入下一电路检查,否则应检查 2 号车速传感器及配线。

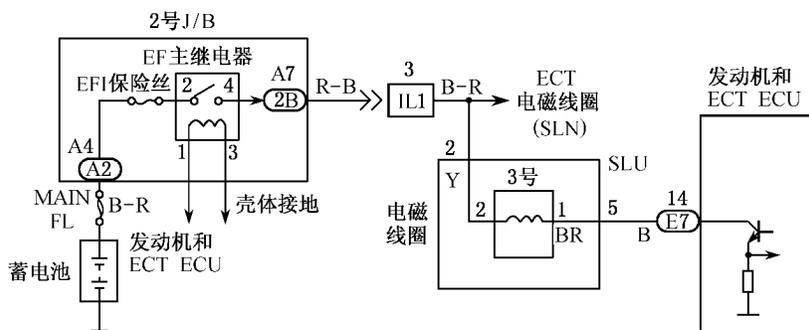


图 2-132 4号电磁阀配线检查

② 检查 2 号车速传感器。

- 将 2 号车速传感器从车上拔下。
- 测量传感器两端子间的电阻值,标准阻值为 620

Ω。若电阻值正常,则应检查传感器与 ECU 之间的配线。

③ 检查传感器与 ECU 之间的配线及接头和 ECU。

(4) 故障码 62、63——1、2 号电磁阀故障检测

A341E 型自动变速器具有 1、2 号电磁阀失效保护功能。如表 2-15 所示,一旦这两个电磁阀出现故障,其余电磁阀能够协调工作,使汽车正常行驶。如果所有电磁阀都发生故障,自动变速器只能由手动操纵。

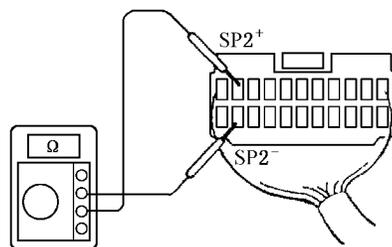


表 2-15 电磁阀保护功能

手柄位置	电磁阀无故障			1号电磁阀故障			2号电磁阀故障			两电磁阀均有故障 行星齿轮系统挡位
	挡位	电磁阀		挡位	电磁阀		挡位	电磁阀		
		1号	2号		1号	2号		1号	2号	
D	1	通	断	3	—	通	1	通	—	OD
	2	通	通	OD	—	断	OD	断	—	OD
	3	断	通							OD
	OD	断	断							OD
2	1	通	断	3	—	通	1	通	—	3
	2	通	通	OD	—	断	3	断	—	3
	3	断	通							3
L	1	通	断	1	—	断	1	通	—	1
	2	通	通	2	—	通				1

① 检测 1、2 号电磁阀。

- 顶起驱动轮,卸下自动变速器油底壳。



• 将插头从电磁阀上拔下,测量电磁阀端子与其外壳(搭铁)之间电阻值。标准电阻值为  $11 \sim 15 \Omega$ 。阻值过大或不通为断路,过小为短路故障。

• 用蓄电池进行通电检查,接通和断开电源时电磁阀应能听到工作响声。

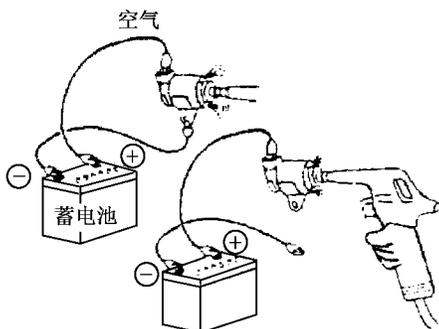


图 2-134 电磁阀机械运动情况检查

• 检查电磁阀机械运动情况。如图 2-134 所示,向电磁阀通入  $480 \text{ kPa}$  的压缩空气,检查电磁阀是否漏气。接通和断开电磁阀与蓄电池间的电路时电磁阀能正常控制气路的关闭和接通,关闭时不得漏气。否则应更换电磁阀。如果电磁阀工作正常,应进行电磁阀与 ECU 之间配线及 ECU 的检查。

② 检测电磁阀与 ECU 之间的配线及接头。如果电磁阀与 ECU 之间的配线及接头正常,应转入其他电路检查。若仍显示原故障码,应更换 ECU。

(5) 故障码 64——3 号电磁故障检测 3 号电磁阀的功用是控制锁止系统的工作时间,与工作电流与锁止压成正比。检查方法如下:

① 检查电磁阀线圈。

• 顶起驱动轮,卸下自动变速器油底壳。

• 拆下电磁阀导线插头。

• 测量电磁阀两端子间的电阻为  $5.1 \sim 5.5 \Omega$ 。

• 在电磁阀与蓄电池之间串入一个  $8 \sim 10 \text{ W}$  的灯泡。当电路接通时,阀杆应向右移动,否则电磁阀有故障。若电磁阀正常,则应进一步检查电磁阀与 ECU 之间的配线及 ECU。

② 检查电磁阀与 ECU 之间的配线及接头。如果线路正常,应转入下一电路检查。若仍显示原故障码,就应更换 ECU。

(6) 故障码 67——超速离合器转速传感器故障检测 如果超速离合器转速传感器输出转速高于  $1000 \text{ r/min}$  或输入转速低于  $500 \text{ r/min}$ ,说明电控系统故障出自此处。

① 检查 ECU 连接器插头  $\text{NCO}^+$  和  $\text{NCO}^-$  端子间的电阻。

• 将 ECU 连接器插头拔下。

• 测量插头  $\text{NCO}^+$  和  $\text{NCO}^-$  之间的电阻(见图 2-135)。若两端子导通,进入下一电路检查。如果仍显示原故障码,应更换 ECU。

② 检查超速离合器转速传感器。

• 将转速传感器拆下。

• 测量两端子间的电阻,标准值为  $6.20 \Omega$ 。

如果传感器正常,则应进一步检查传感器与 ECU 之间的配线及接头是否有故障。

(7) 故障码 68——节气门全开强制降挡(WOT)开关故障检测 WOT 开关向 ECU 提供节气门全开位置信号。如果此开关失效 O/D OFF 指示灯不闪亮。如果开关断路,只有在试验状态下才能诊断出来。若开关短路,应在正常状态下进行诊断。

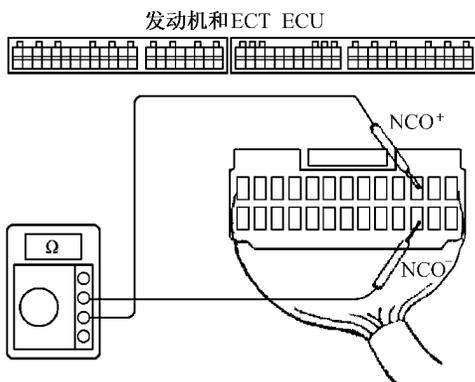


图 2-135 测量  $\text{NCO}^+$  和  $\text{NCO}^-$  之间电阻

① 在试验状态下检查 O/D OFF 指示灯。当 WOT 开关关闭时,指示灯会显示故障码 68。如果无论开关处于什么位置指示灯都能显示 68 故障码,说明电路断路,进入下一电路检查。如果在试验状态下开关工作正常,应进一步检查 WOT 开关。

② 检查 WOT 开关。

- 拆下开关插头。
- 测量开关两端子间的电阻。当开关关闭时,两端子间应不通。当开关打开时两端子间应导通。不符合上述要求则说明开关有故障,反之应检查开关与 ECU、接铁之间的配线及接头。

③ 检查开关与车身接铁、ECU 间配线及接头,如图 2-136 所示。如果配线及接头均正常,应更换 ECU。

### 3. 电控系统电路故障的检测诊断

(1) TDCL 电路故障检测与诊断 TDCL 电路出现故障会直接影响到节气门位置传感器、执行元件等电路的输入信号。该电路如图 2-137 所示。通过检查该电路与 ECU、车身搭铁间的配线及接头的工作情况来判断电路故障。如果线路正常,则说明 ECU 有故障。

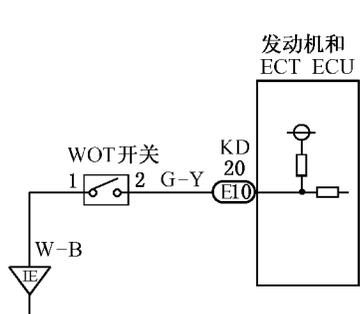


图 2-136 WOT 开关与 ECU 接铁之间的线路

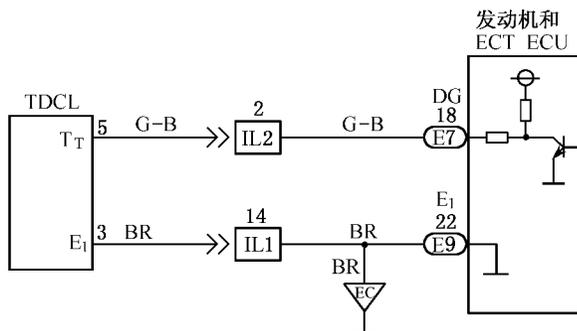


图 2-137 TDCL 电路故障检查

(2) 主节气门位置传感器电路检查(图 2-138)。

① 检查 TDCL 端子  $T_T$  的输出电压。

- 用电压表连接 TDCL 端子  $T_T$  和  $E_1$ 。
- 打开点火开关,不必启动发动机。
- 逐渐将油门踏板踩到底。 $T_T$  端子电压应呈阶梯形变化(参阅图 2-129)。如果传感器无故障,应转入其他电路检查,否则应检查传感器本身故障。

② 检查节气门位置传感器。如果传感器正常,则应进一步检查传感器与 ECU 间的配线及接头。

③ 检查节气门位置传感器与 ECU 之间的配线及接头。若配线及接头均无故障,则应更换 ECU。

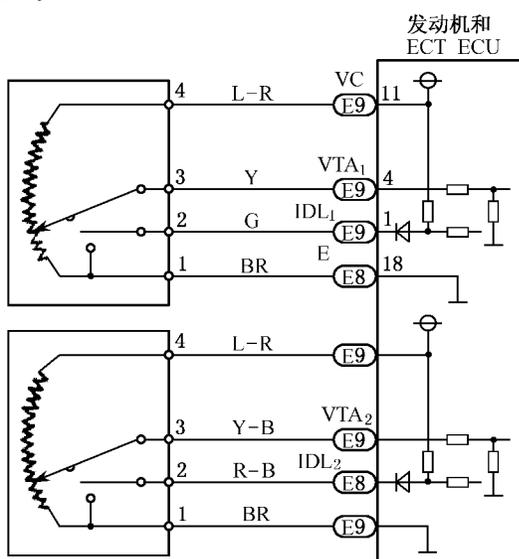


图 2-138 节气门位置传感器电路

(3) 换挡模式选择开关电路故障检测  
换挡模式选择开关电路如图 2-139 所示。

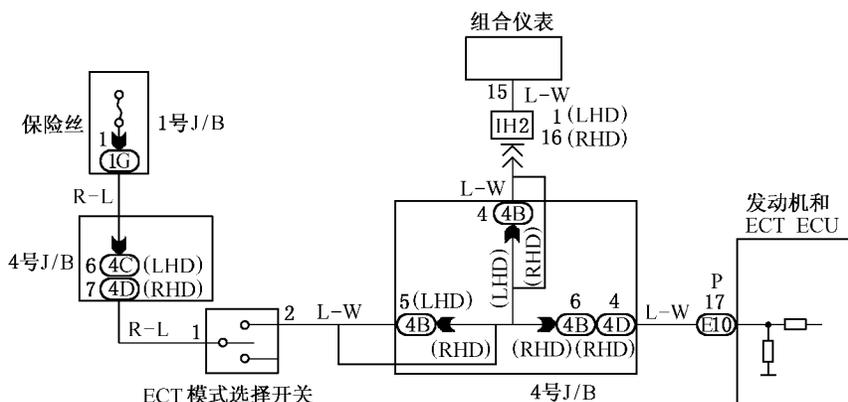


图 2-139 换挡模式选择开关电路

## ① 检查 ECU 连接器 P 端子与车身搭铁间的电压。

- 找出 ECU, 从 ECU 上拔下连接器插头。
- 打开点火开关。

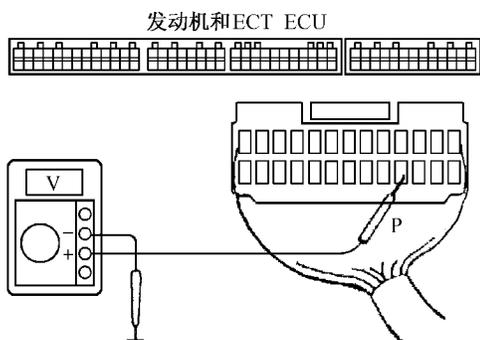


图 2-140 ECU 连接器插头 P 端子电压检查

• 用电压表测量连接器插头上 P 端子与车身搭铁之间的电压(如图 2-140 所示)。当开关位于动力行驶模式时,测得电压应为蓄电池的电压,若位于经济模式时电压应为 0 V。如果测量结果与上述一致,可转入其他电路检查。否则应进一步检查选择开关。

## ② 换挡模式选择开关的检查测。

- 插上选择开关上的插头。
- 测量开关上两端子间通断情况。开关置于动力模式时应导通,置于经济模式应关断。检测结果与上述不符,说明开关有故障应更换,否则

应进一步检查开关与 ECU、蓄电池之间的配线及接头。

## ③ 检查开关与 ECU、蓄电池之间的配线及接头。如果线路正常,表明 ECU 有故障。

## (4) 制动灯电路故障检测 制动灯电路如图 2-141 所示。

① 检查制动灯工作情况。踩下制动踏板,制动灯应点亮,放松制动踏板,制动灯应熄灭。如果不符上述要求应检查制动灯电路。

## ② 检查制动灯信号。

- 打开点火开关。
- 测量诊断座(TDCL)T<sub>T</sub> 端子与 E<sub>1</sub> 端子间的电压。
- 将油门踏到底,使电压表指示保持在 8 V 位置。
- 踩下、松开制动踏板,观察电压变化情况。如果踩下制动踏板时电压为 0 V,放松制动踏板后电压上升到 8 V,表示制动电路信号正常,可转入其他电路检查,否则应进一步检查 ECU 与制动开关间的配线和接头。

③ 检查制动灯开关与 ECU 之间的配线和接头。如果线路正常,则应进一步检查更换 ECU。

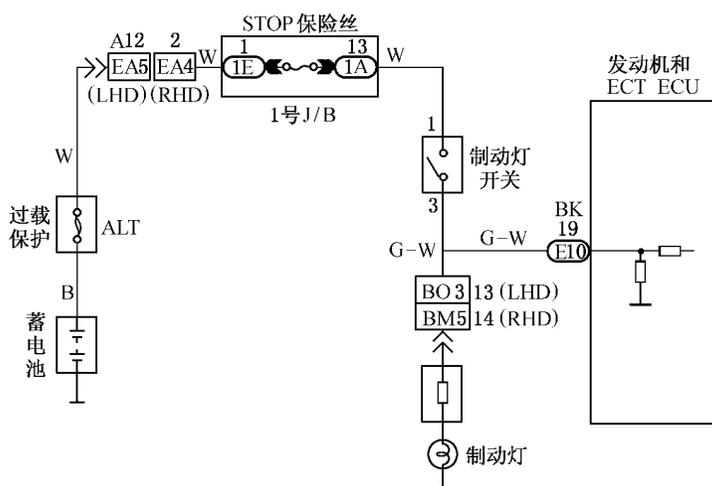


图 2-141 制动灯电路

(5) 空挡启动开关(NSW)电路故障检测 空挡启动开关电路如图 2-142 所示。

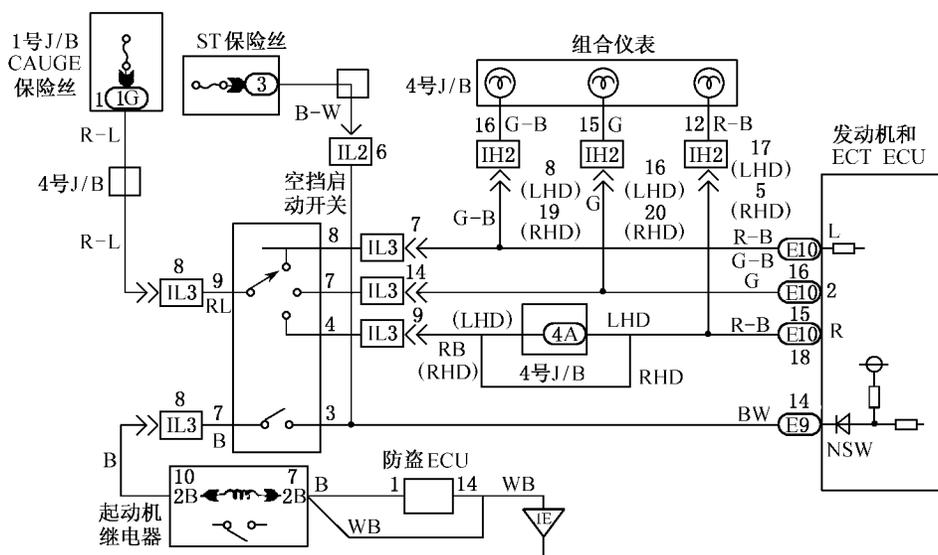


图 2-142 空挡启动电路

① 检查 ECU 连接器。

- 卸下带有插头的 ECU。
- 打开点火开关。
- 测量手柄在不同位置时端子 R、NSW、L 和 2 与车身搭铁间的电压。各端子位置见图 2-143 所示 标准电压值如表 2-16 所示。

如果测量值正常,应转入其他电路检查,否则应进一步检查空挡启动开关。

② 检查空挡启动开关。

- 顶起汽车,拆开启动开关。
- 测量不同选挡手柄位置下开关各端子间的导通情况(见图 2-144),应与表 2-17 所示



相符,表示空挡启动开关正常,应进一步检查空挡启动开关与 ECU、蓄电池之间的配线及接头。

③ 检查空挡启动开关与 ECU、蓄电池之间的配线及接头。如果检查正常,则应进一步检查 ECU。

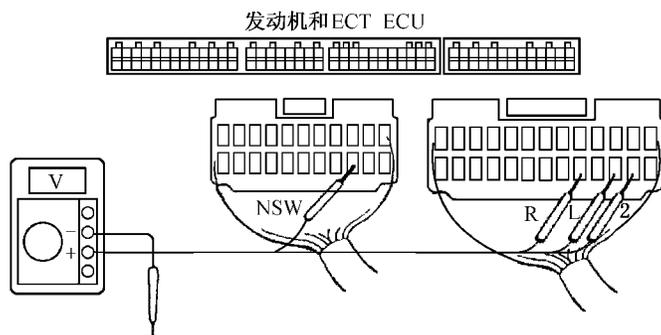


图 2-143 检查 ECU 连接器端子与车身搭铁电压

表 2-16 R、NSW、L 和 2 与车身接地间的电压

挡 位	R—车身接地/V	NSW—车身接地/V	2—车身接地/V	L—车身接地/V
R、N	0	0	0	0
R	12	5	0	0
D	0	5	0	0
2	0	5	12	0
L	0	5	0	12

表 2-17 空挡启动开关端子导通情况

挡 位	1	9	4	6	5	7	8	2	3
P	○—○							○—○	
R		○—○							
N		○—○		○				○—○	
D		○			○				
2		○				○			
L		○					○		

(6) 超速挡信号解除电路故障检查 超速挡信号解除电路的作用是在特殊情况下,ECU 自动解除超速挡(图 2-145)。

① 检查 ECU 连接器端子与车身搭铁间电压。

- 拆下带有连接器插头的 ECU。

- 打开点火开关。

- 测量 ECU 插头上 OD<sub>1</sub> 端子(见图 2-146)与车身搭铁间的电压。如果电压为 5 V,表示信号正常,应转入其他电路检查。否则应进一步检查巡航控制 ECU 接头端子与车身搭铁间的

电压(图 2-147)。

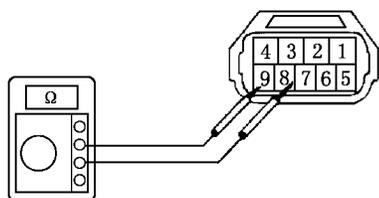


图 2-144 测量开关各端子间导通情况

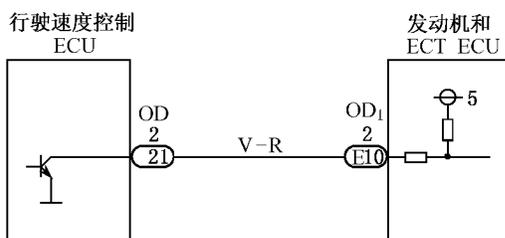


图 2-145 超速挡信号解除电路

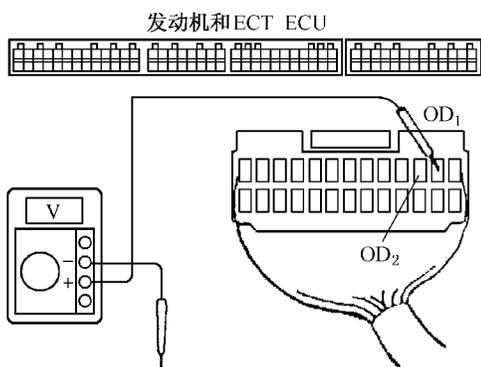


图 2-146 测量 ECU 端子 OD<sub>1</sub> 与搭铁间电压

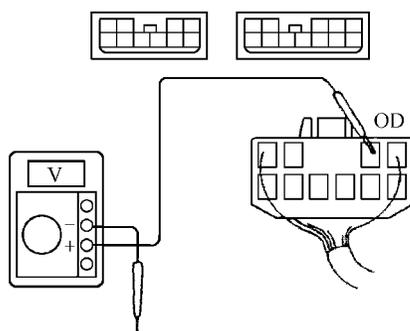


图 2-147 测量巡航 ECU 端子与搭铁间电压

② 检查巡航 ECU 连接器端子与车身搭铁间电压。

- 卸下巡航控制 ECU 连接器插头。
- 打开点火开关。

• 如图 2-147 所示测量端子 OD 与车身搭铁间电压。如果电压为 5 V, 则应检查巡航 ECU。反之则应进一步检查巡航 ECU 与发动机变速器 ECU 之间的配线和接头。

③ 检查巡航 ECU 与发动机、变速器 ECU 之间的配线及接头。如果配线与接头无故障, 应检查和更换 ECU。

(7) 检查 O/D OFF 指示灯电路故障 O/D OFF 指示灯电路如图 2-148 所示, 其电路故障有以下两种: 一是指示灯不亮; 另一种是指示灯始终亮而不闪烁。对于后一种故障, 只需检查指示灯与 ECU、超速开关间的配线和接头。若无连接线路故障, 可检查和更换 ECU。O/D OFF 指示灯不亮的故障检查步骤如下:

① 检查超速开关工作情况。

- 打开点火开关。
- 接通和断开超速开关。如果开关接通时指示灯不亮, 再打开开关, 指示灯闪亮, 可进行步骤②的检查。反之应进入步骤③。

注意 若接通开关时指示灯闪亮, 可先记下故障码, 再进行检查。

② 检查超速开关。

- 拆下超速开关接头。



- 测量开关两端子之间的电阻,开关打开时两端子导通,说明故障出自组合仪表。

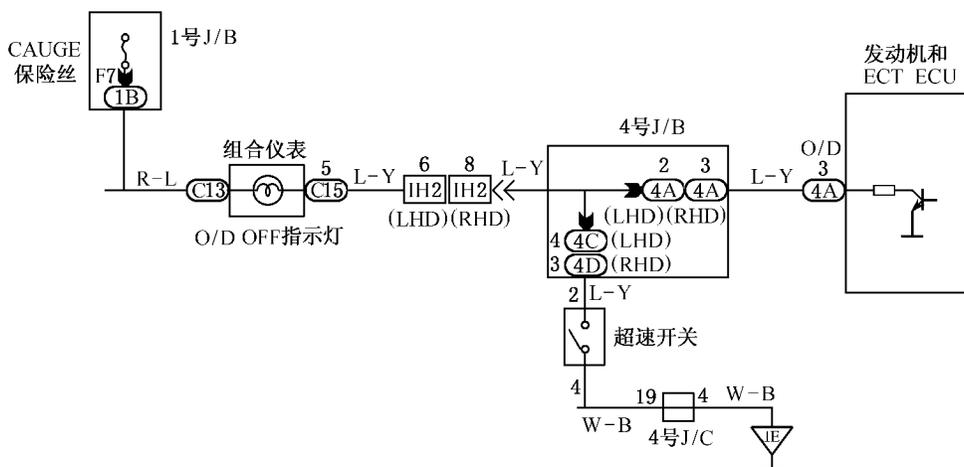


图 2-148 O/D OFF 指示灯电路

### ③ 检查 ECU 端子与车身搭铁间电压。

- 拆下带有连接器插头的 ECU。
- 测量端子 OD<sub>2</sub> 与车身搭铁间的电压。标准电压为蓄电池电压。如果电压正常,应转入其他电路检查。反之则应检查进入步骤④的检查。

### ④ 检查指示灯与 ECU 之间的配线及接头。如果配线及接头无故障,应检查和更换 ECU。

(8) 电控系统诊断电路故障的检查 电控系统诊断电路的功用是当诊断座端子 E<sub>1</sub> 和 TE<sub>1</sub> 被接通后,通过 O/D OFF 指示灯显示故障码。诊断电路如图 2-149 所示。

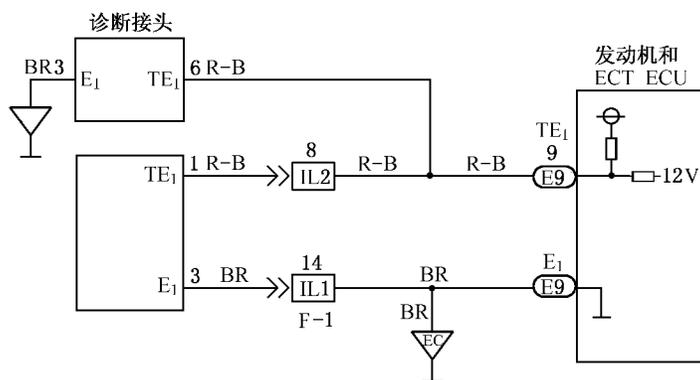


图 2-149 电控系统诊断电路

① 检查 TDCL 接头端子 E<sub>1</sub> 和 TE<sub>1</sub> 之间的电压应为蓄电池电压。如果正常应转入其他电路检查。否则进入步骤②。

② 检查 TDCL 或诊断座与 ECU、车身搭铁间的配线和接头。若检查结果正常,就应进一步检查或更换 ECU。

# 第三章 汽车空调系统

## 第一节 制冷循环和制冷剂

人们在各种活动中,都需要有舒适清新的空气和温度环境,决定人体舒适条件的因素很多,但温度、湿度和风速却是人体舒适感觉的三大要素。汽车空调的作用就是使车厢内的空气温度、相对湿度、空气的流速及空气的净洁度达到人体所需要的舒适范围。

汗淋淋的身体经风一吹,或在手上擦点酒精,身体或手就会觉得发凉,这是因为汗或酒精把人皮肤上的热带到空中散发掉了。所以液体蒸发时有降低周围物体温度的特点。汽车冷气装置就是根据这种特点制造的。

汽车中所使用的(冷冻剂)不是酒精而是氟里昂气体,这种气体在低温下很容易蒸发,无毒且不腐蚀金属。

当冷冻剂变成气态时就从周围吸收热量,当其凝集成液态时,就向周围散发热量。

### 一、制冷循环

汽车装置中的冷冻剂在冷气装置内从液体蒸发成气体,又从气体凝集成液体,并不停地进行循环,这种循环称为制冷循环。

通常气体被压缩后温度升高,一经降温即可变成液体,压力降低后又可蒸发成气体。在制冷循环中由压缩机压缩氟里昂气体(冷冻剂),被压缩过的高压高温气体经冷凝器冷却凝集成液体,液态冷冻剂通过膨胀阀的节流作用降低其压力而被蒸发,蒸发时从周围空气中吸收热量。图3-1所示为冷却循环的基本组成——流动方向、压力高低和冷却剂状态。图中以压缩机和膨胀阀为界,把制冷循环分为高低两部分,右半部分为低压部分;左半部分为高压部分。

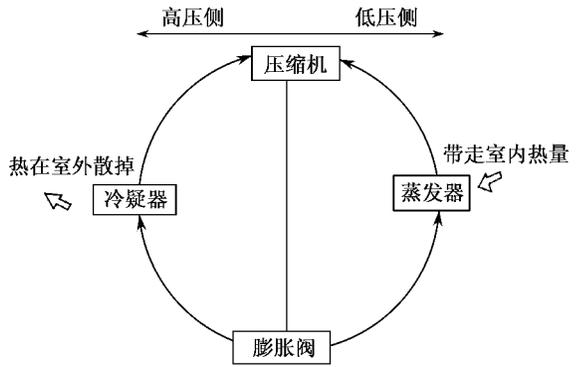


图3-1 制冷循环示意图

汽车空调最基本的冷却系统包括压缩机、冷凝器、储气干燥器、膨胀阀、蒸发器等。图3-2所示为汽车空调制冷循环系统。

图3-3为冷却循环的示意图,该图将制冷剂在系统中的循环分为四个过程。

#### 1. 压缩过程

压缩机吸入蒸发器中吸收热量后的低压(147 kPa)低温(0 )的制冷剂气体,并将其压缩成高压(1.471 MPa)、高温(70~80 )的气体然后送入冷凝器。

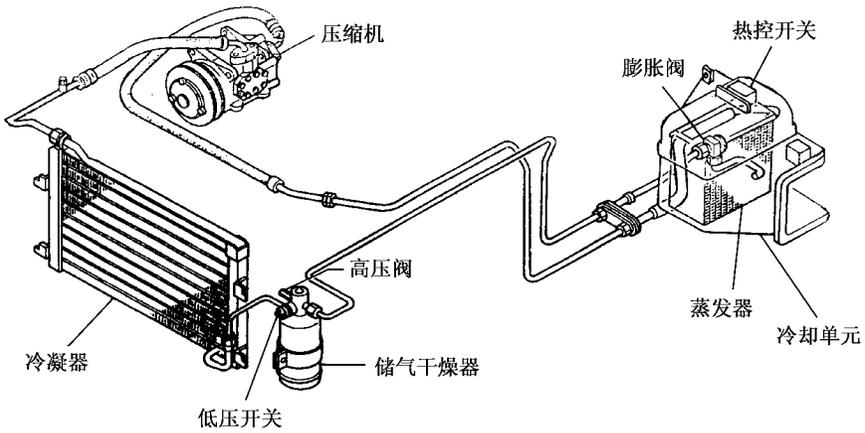


图 3-2 制冷循环系统

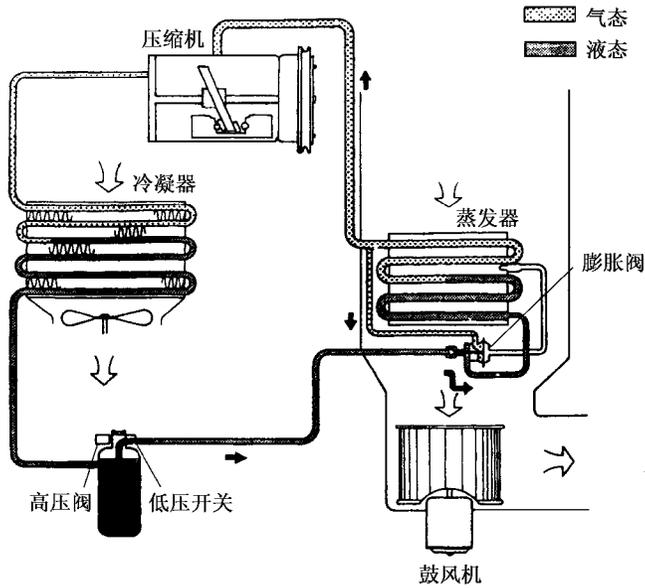


图 3-3 制冷剂在循环中的四个过程

## 2. 冷凝过程

进入冷凝器的高温高压制冷剂气体,与环境空气进行热交换,放出热量。当气体的温度降至  $40 \sim 50$  时,便开始凝集成液态。

## 3. 膨胀过程

高压的制冷剂液体流经膨胀阀,膨胀阀有节流作用,它使制冷剂液体变为低压( $147 \text{ kPa}$ )、低温( $-5$ )的雾状。

## 4. 蒸发过程

节流后的低压、低温制冷剂进入蒸发器中吸收车内热量而蒸发。在蒸发器出口处制冷剂

气体的温度大约为 5 (注意,在实际冷却循环中,冷却剂的温度和压力要受到外界气温、风速等条件的影响)。如果压缩机不停地运转,上述四个过程则连续不断地循环。

## 二、制冷剂

汽车空调制冷系统中,吸收热量和释放热量的物质叫制冷剂。一个包括压缩机、冷凝器、膨胀阀和蒸发器四个主要部件的制冷系统中,通过压缩机迫使冷冻剂在系统内循环流动,在蒸发器内吸收车内空气的热量而蒸发,在冷凝器内将热量传递给车外的空气而被冷凝成液体。制冷系统就是借助冷冻剂的状态变化达到制冷目的。

制冷剂的种类很多,目前汽车空调制冷系统中使用的制冷剂主要是氟里昂 R-12 ( $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ )。R-12 在常温常压下为无色无味气体,在标准大气压下,蒸发温度为  $-29.8$ ,凝固温度为  $-158$ 。

判制冷剂 R-12 的特性:

- (1) 高温、低压下易液化,在通常大气压及低温下易蒸发,蒸发潜热大。
- (2) 不易燃烧,不易爆炸;
- (3) 无毒、无臭味;
- (4) 化学性能稳定;
- (5) 对金属无腐蚀作用;
- (6) 与润滑油无亲合作用,可与冷冻机油任意比例相容。

R-12 蒸气无色、无臭味、无毒、不易爆炸、不易燃烧,故泄漏时不易发现;R-12 渗透性很强,对密封件要求高;R-12 蒸气与明火接触后所产生的光气有剧毒,对人的呼吸系统和眼睛有危害。

制冷剂 R-12 的饱和温度曲线如图 3-4 所示。

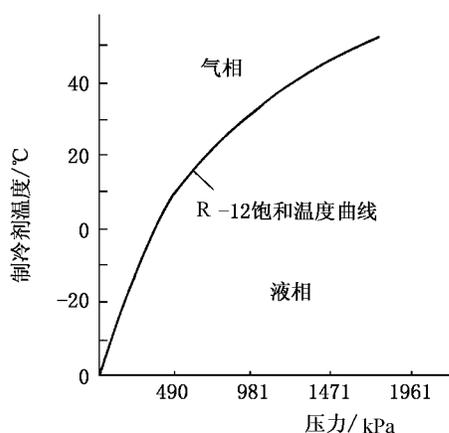


图 3-4 制冷剂 R-12 饱和温度曲线

## 第二节 汽车空调设备的主要部件

### 一、压缩机

压缩机是汽车空调系统中最主要的部件,它的功用是:把蒸发器中吸收热量后产生的低温低压冷冻剂蒸气吸入后进行压缩,升高其压力和温度之后送往冷凝器,使冷冻剂在冷却循环中进行循环,由蒸发器吸收的热量在通过冷凝器时散发掉。

目前汽车采用的空调压缩机主要有往复式和旋转式两种,这两种压缩机都靠活塞的移动来改变压缩机室的容积。另外还有刮片式、滚动活塞式、涡旋式压缩机。

#### (一) 往复式压缩机

由发动机带动压缩机曲轴旋转,通过连杆使活塞在气缸内作往复运动,曲轴旋转一周,制冷剂在活塞下降冲程中被吸入气缸,活塞上升冲程中被压缩。由于活塞的往复运动引起振动,



因此客车中很少使用,但大型客车仍有使用。

往复式压缩机主要由曲轴连杆机构、进排气阀、润滑机构、曲轴密封机构和电磁离合器等部分组成(见图 3-5)。

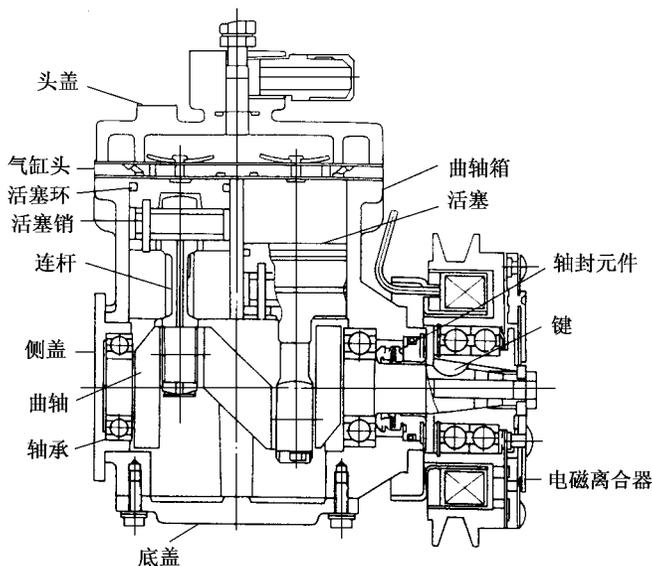


图 3-5 往复式压缩机

### 1. 曲轴连杆机构

由活塞、活塞销、连杆、曲轴、轴承及曲轴箱等组成。其作用是将曲轴的旋转运动转换为活塞的往复运动,使制冷剂吸入气缸并被压缩,如图 3-6。

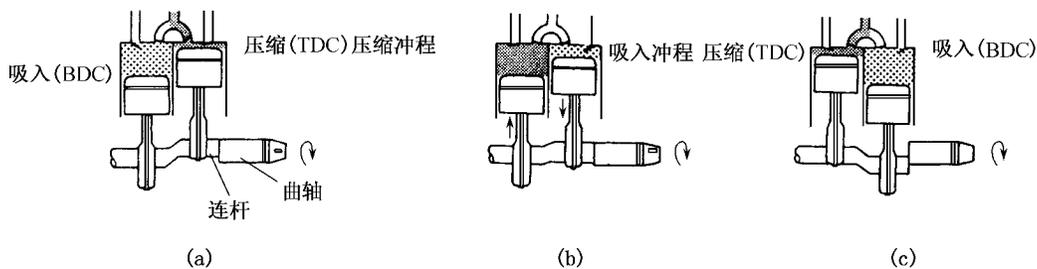


图 3-6 曲轴连杆机构工作过程

### 2. 进、排气阀

主要由吸气阀片、排气阀片、阀门板等组成,如图 3-7(a)所示。工作过程如图 3-7(b)所示。

当活塞下行时,缸内压力降低,冷冻剂推开进气阀进入气缸。活塞下行时,冷冻剂被压缩,当其压力升高到一定值时,排气阀被打开,高温、高压的冷冻剂被排出气缸。

### 3. 润滑机构

空调压缩机常采用的润滑方式主要是压力润滑和飞溅润滑。压力润滑是靠压缩机主轴后

端的油泵 将润滑油经油道压往各润滑表面。

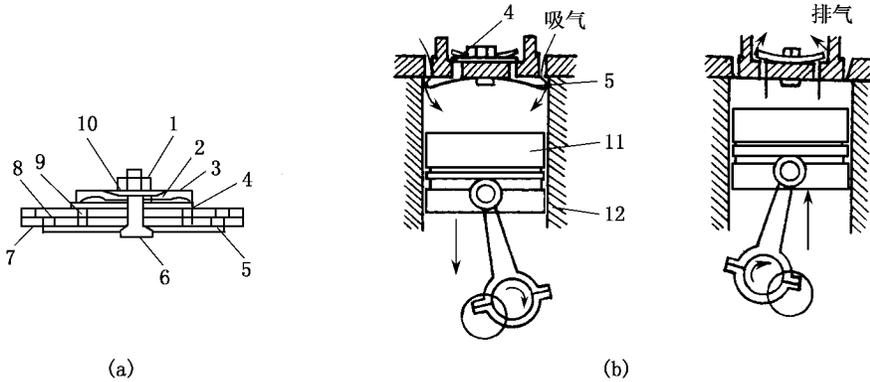


图 3-7 进排气阀结构及工作过程

(a)进、排气阀 (b)进、排气阀的工作过程

1—螺帽 2—阀门口 ;3—挡板 ;4—排气阀 ;5—进气阀 ;6—螺栓 ;7—阀门板 ;8—进气口 ;9—排气口 ;10—弹簧垫片 ;  
11—活塞 ;12—气缸

飞溅润滑是利用高速旋转的曲轴将曲轴箱中的润滑油带起 ,并靠高速旋转的曲轴所产生的离心惯性力 ,将其抛往各运动部件的润滑表面。立式往复式压缩机使用飞溅润滑的方法 ,如图 3- 8。

#### 4. 曲轴的密封

为了保证压缩机的密封常采用轴密封、O形密封圈等方式防止冷冻剂和润滑油的泄漏(图 3- 8) 轴密封结构见图 3- 9。

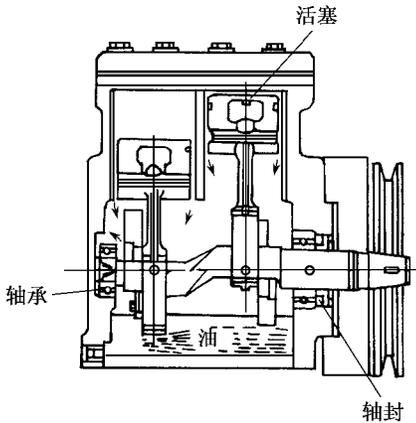


图 3- 8 飞溅润滑

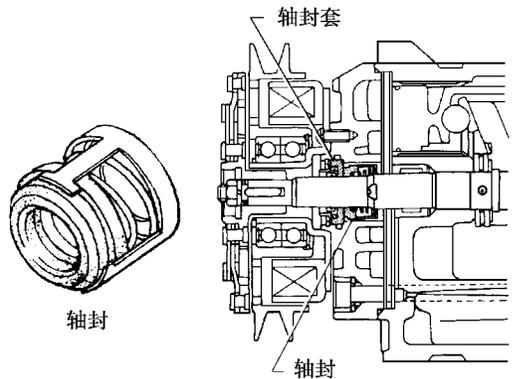


图 3- 9 曲轴的密封

#### (二) 旋转斜盘式压缩机

斜盘压缩机结构紧凑 ,效率高 ,性能可靠 ,传动力矩平稳 ,振动噪音小 ,制冷容量大 ,常被汽车空调采用。其特点是 :采用往复式双头活塞 ,依靠斜盘的旋转运动 ,使双头活塞获得轴向往复运动。

双向双作用旋转斜盘式压缩机常采用的有六缸和十缸两种 ,其结构基本相同 ,如图 3- 10。

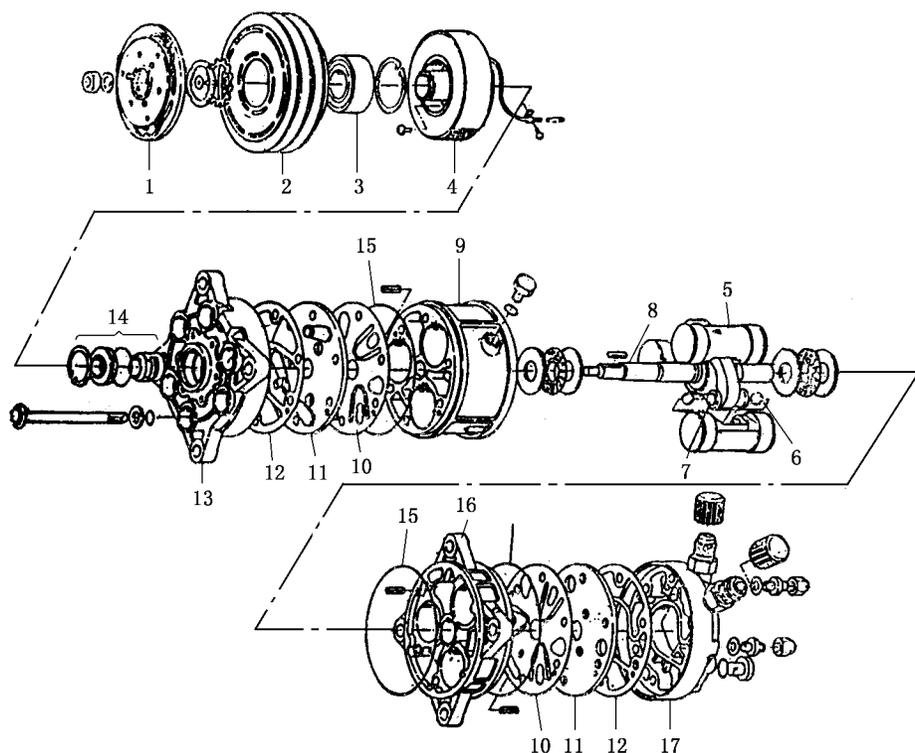


图 3-10 旋转斜盘式压缩机

1—吸盘 2—带盘 3—轴承 4—线圈 5—活塞 6—钢球 7—滑履 8—斜盘轴 9—中缸体 ;10—阀片 ;11—阀板 ;12—密封垫片 ;13—前缸体 ;14—轴封 ;15—O形密封圈 ;16—后缸体 ;17—后缸盖

### 1. 斜盘机构

在发动机驱动的主轴上压入斜盘,随主轴一起旋转,斜盘主轴总成由两个径向轴承和两个止推轴承支撑。

### 2. 气缸活塞机构

压缩机气缸沿圆周均匀排列,活塞的两端都有压缩头,均为压缩端,活塞中部有一个凹位,装有钢球和滑履。滑履可以在主轴带动的斜盘上滑动。当主轴旋转时,斜盘带动滑履、钢球,使活塞作往复运动,活塞在每个气缸的两端分别进行吸气和压缩。

### 3. 进、排气阀片

前后缸体和缸盖之间配置前后吸气阀片,根据气缸的位置,在吸气阀片上布置有吸气舌片,以保证气缸吸气时的开启度。排气阀片单独装在前后对应的两块阀板上,其后面有限位板,以免阀片开启度太大而损坏阀片。根据每个气缸的位置在前后阀板上布置了进气口和排气口。

### 4. 润滑机构

图 3-11 所示润滑方式为压力润滑。依靠齿轮泵把润滑油从压缩机底部油池中吸上来,当其流过轴心油道时,即可对轴承及轴封进行润滑。旋转斜盘与滑履间的接触面通过由止板

轴承飞溅出的油进行润滑。

图 3-12 所示雾状喷射润滑是利用制冷剂可与一定类型的压缩机油充分混合的性质进行。润滑油与一定量的制冷剂混合之后,从压缩机的吸入口直接喷射到需润滑表面上进行润滑及冷却。这种压缩机不必像压力润滑机构中那样有油池、油泵、轴中心油道等。

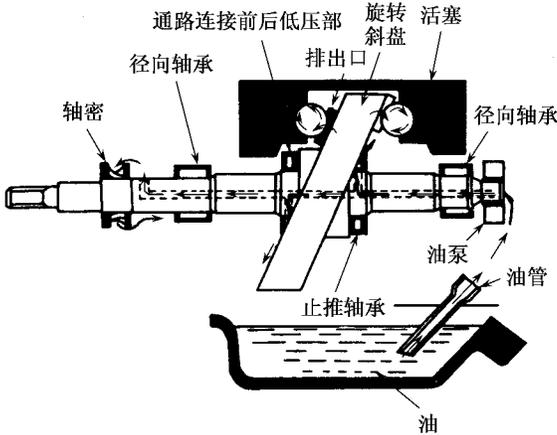


图 3-11 压力润滑

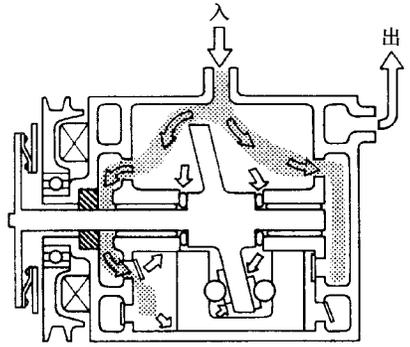


图 3-12 雾状喷射润滑

### 5. 工作原理

旋转斜盘式压缩机工作原理如图 3-13 所示。活塞及气缸在活塞的两端各形成一个腔室,当旋转斜盘转动时,活塞就做往复运动,将蒸发后的制冷剂吸入气缸并将其压缩。

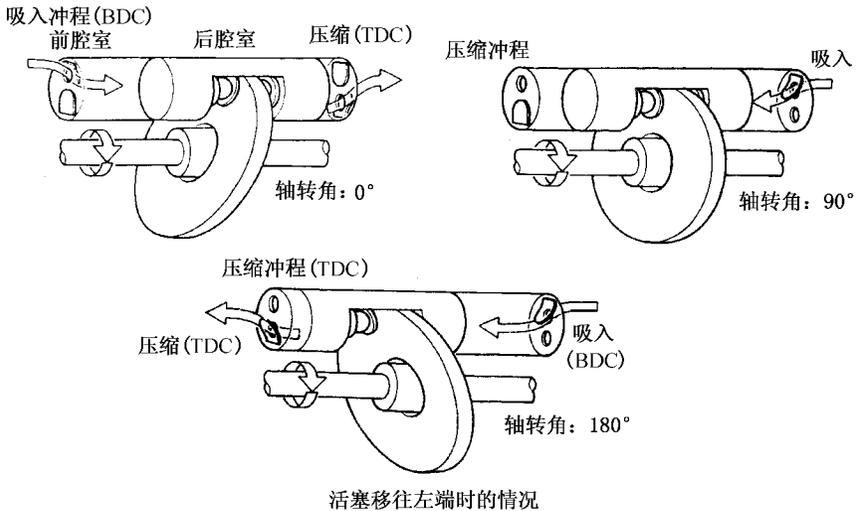


图 3-13 旋转斜盘式压缩机工作原理

当活塞向右运动时,前腔容积逐渐增大,形成一定真空,制冷剂被吸入腔室,进行吸入冲程。后腔室容积逐渐减小,制冷剂被压缩,进行压缩冲程。这样,压缩机在同一时间内完成了吸入和压缩两个冲程。

当活塞向左运动时,同样完成吸入和压缩两个冲程。



### (三) 回转式压缩机

回转式压缩机与其他型式压缩机相比具有以下特征:旋转部分转动惯量小;工作转速高,振动小,无噪音;尺寸小,质量轻,与同排量的旋转斜盘式相比具有较高的制冷效率。

回转式压缩机的结构见图 3-14。

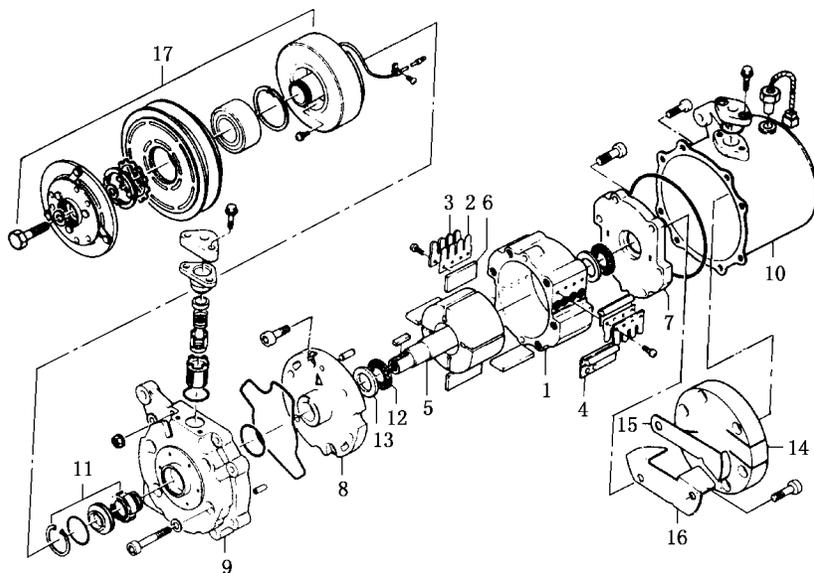


图 3-14 回转式压缩机

1—气缸 2—排出阀 3—停阀 4—密封部件 5—转轴总体 6—翼片 7—侧板 8—侧板 9—气缸头部;10—机壳;11—轴封总体;12—止推轴承;13—止推轴承座圈;14—分离区;15—板;16—板;17—电磁离合器

圆形气缸回转式压缩机工作原理如图 3-15 所示。

压缩机轴带动一个开有滑槽的转子旋转,滑槽中装有刮片,刮片可在滑槽中滑动。转子与气缸偏心安装,转动时,在离心惯性力和油压作用下,刮片向外滑出,压靠在内腔壁上,将内腔分成几个腔室。腔室空间变大时,产生真空度,吸入制冷剂气体。由于转子偏心运动,腔室空间变小时,制冷剂气体压力升高经排气阀排出。椭圆气缸旋转式压缩机工作原理与圆形气缸旋转压缩机相同,只是转子转一周,吸入和排出制冷剂两次,其工作原理见图 3-16。

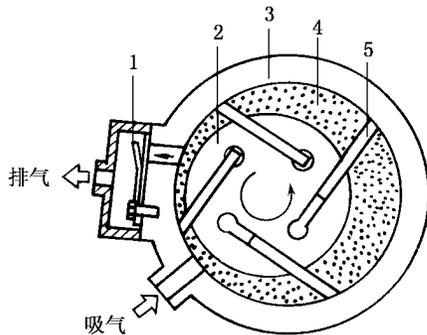


图 3-15 圆形气缸回转式压缩机工作原理  
1—排气阀 2—转子 3—气缸 4—制冷剂 5—刮片

工作原理：

当回转转子转过四分之一圆周(90°角)时,一个吸入、压缩和排出循环发生。全部共有 8 个循环,上下腔室各有 4 个。

- ①上腔室中吸入冲程开始；
- ②上腔室中压缩冲程结束；
- ③下腔室中吸入冲程开始；
- ④下腔室中压缩冲程结束。

- ①上腔室中吸入冲程进行中；
- ②上腔室中排出冲程进行中；
- ③下腔室中吸入冲程进行中；
- ④下腔室中排出冲程进行中。

- ①上腔室中吸入冲程进行中；
- ②上腔室中排出冲程开始；
- ③下腔室中吸入冲程进行中；
- ④下腔室中排出冲程开始。

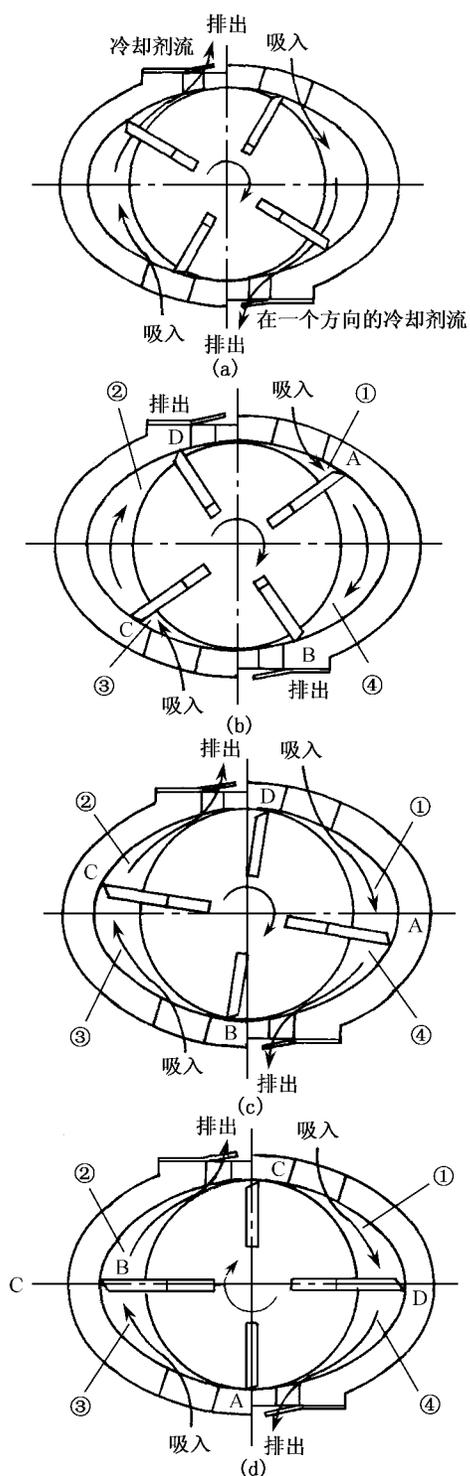


图 3-16 椭圆气缸旋转式压缩机工作原理



### 润滑机构：

平常压缩机油汇集在压缩机机壳底部,当转子转动时,压缩机油受到压缩机排出压力作用。由于受到油分离器的阻碍,所以压缩机油不能像冷冻剂一样经排出接口进入冷凝器,因此压缩机油在排出接口处压力作用下流过油道,对轴承及转子的滑动端进行润滑,润滑轴封及叶片滑槽,如图 3-17。

## 二、冷凝器

冷凝器是一种热交换器,其作用是将压缩机排出的高温、高压气态制冷剂的热量吸收并散发到车外空气中,用冷凝风扇强制循环车外空气进行冷却,使气态制冷剂变为高温、高压的液态制冷剂,如图 3-18 所示。

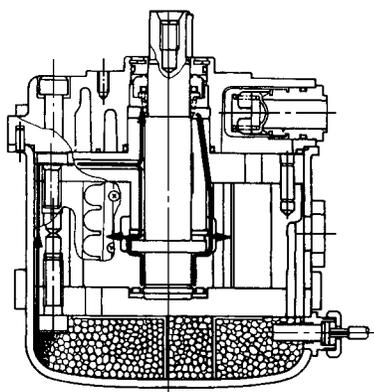


图 3-17 润滑机构

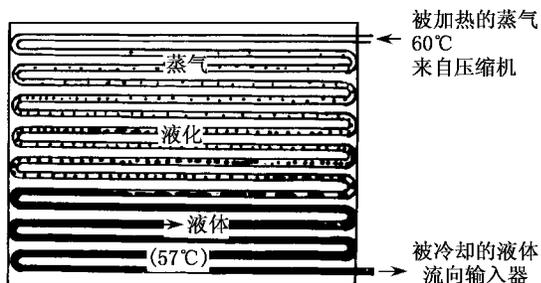


图 3-18 冷凝器工作情况

为保证良好的通风散热性,冷凝器一般安装在水箱前面且与水箱在同一垂直平面内,中型客车安装在车身两侧或车身后侧并用高速冷凝风扇提高散热能力。

汽车常用的冷凝器,一般有管片式及管带式。

### 1. 管片式

管片式冷凝器由铝质或铜质圆管套上铝质散热片组成(图 3-19)。片与管组装后经胀管处理,使散热片与圆管紧密接触,成为冷凝器总成。这种冷凝器结构简单,加工方便,但散热效率差。

### 2. 管带式

管带式冷凝器由多孔扁管与 S 形散热片焊接而成(图 3-20),这种散热器加工工艺较复杂,但散热效率较高。

冷凝器安装时,从压缩机输来的气态冷冻剂一定要从冷凝器上端入口进入,从冷凝器下端出口输出。若装错会导致制冷系统压力升高,使冷凝器有胀裂危险。

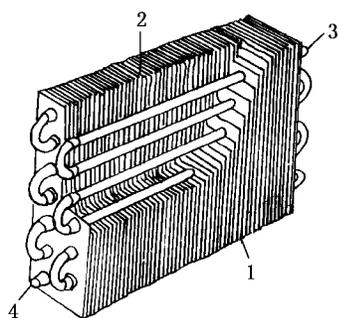


图 3-19 管片式冷凝器

1—散热片 2—圆管 3—进口 4—出口

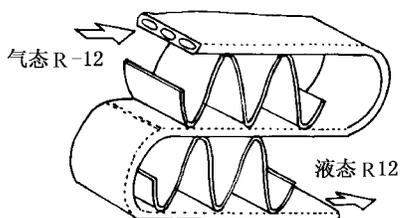


图 3-20 管带式冷凝器

### 三、储液干燥器

#### 1. 储液干燥器的功用

储液干燥器的功用是：① 制冷剂 R-12 溶于水能力很差，若系统内有水分，易在膨胀阀处形成冰结晶，阻止制冷剂的流动。系统中的水分还会与制冷剂 R-12 起化学作用，形成腐蚀性强的盐酸，损坏系统中的钢制零件。因此储液干燥器能吸收系统中制冷剂中的水分。② 制冷系统中进行循环的制冷剂数量随着热负荷的变化而变化，储液干燥器储存制冷剂，随时向循环系统提供所需要的制冷剂，同时补偿系统的微量渗漏。③ 储液干燥器中的过滤装置随时清除系统中的杂质、污物，防止其进入制冷剂中而堵塞膨胀阀。

#### 2. 储液干燥器的结构

如图 3-21 所示，主要由用于除去异物的滤网；从制冷剂中吸收水分的干燥剂；储存制冷剂的储液罐；观察制冷剂量的目镜；保护系统不在异常高温、高压下爆炸，可将制冷剂放出来的高压阀；当高压系统一侧的压力异常低时，停止压缩机工作的低压开关、引出管路等组成。

来自冷凝器的液态制冷剂先进入储液罐，经滤网过滤、干燥剂吸湿后，再经引出管、目镜处流出储液罐。

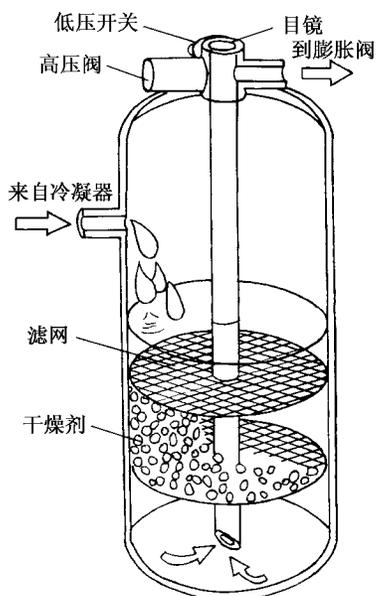


图 3-21 储液干燥器

### 四、膨胀阀

#### (一) 膨胀阀的功用

膨胀阀安装于蒸发器的入口上，从冷凝器、储液干燥器输出的液态制冷剂经膨胀阀节流后，急剧膨胀降压降温为低压湿蒸气，然后进入蒸发器中吸收车内空气的热量。另外，膨胀阀



还可以根据制冷负荷自动调节制冷剂的流量,达到控制车内温度的目的。

进入蒸发器的制冷剂数量要与制冷负荷的变化相适应,不可过多也不可过少。这就要求膨胀阀的开启度要适宜,调节减压的大小要适当。膨胀阀的开启度与制冷负荷相比过大时,蒸发器中液体制冷剂的量就会过多,会降低蒸发器热交换性能,还会使制冷剂液体进入压缩机气缸中,造成制冷剂液体冲缸故障。膨胀阀开启度与制冷负荷相比过小时,又会使制冷剂量不足,使制冷剂液体在进入蒸发器管内流动的途中就已经蒸发完,在此之后的蒸发管中就没有可供蒸发的制冷剂,只有蒸气被过热,从而使车内温度升高。

## (二) 膨胀阀结构

膨胀阀主要由阀体、膜片、推力杆、球阀、调节弹簧、毛细管和感温包等组成。

按平衡方式不同,膨胀阀分为内平衡式和外平衡式两种。

### 1. 内平衡式膨胀阀

如图 3-22 所示,当蒸发器出口温度增加,感温包即可感知包内和毛细管内的气体膨胀,推动膨胀阀中的膜片向下移动,推动推力杆、球阀克服弹簧压力,打开阀门,使制冷剂流量增加。离开蒸发器的制冷剂流量增加时,其温度下降,感温包感知后,内部气体收缩,膜片上的压力减小,使阀门关闭。这种形式的膨胀阀结构比较简单,多用于蒸发器出入口压力变化不大的小型空调系统。

### 2. 外平衡式膨胀阀

外平衡式膨胀阀如图 3-23 所示。

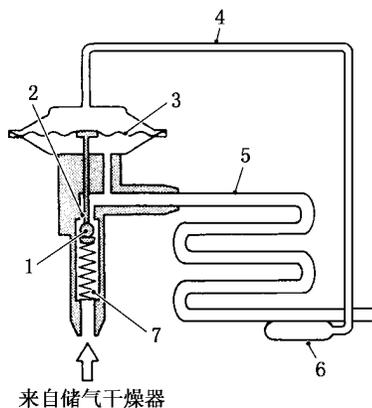


图 3-22 内平衡式膨胀阀

1—球阀 2—针孔 3—膜片 4—毛细管 5—蒸发器;  
6—感温包 7—弹簧

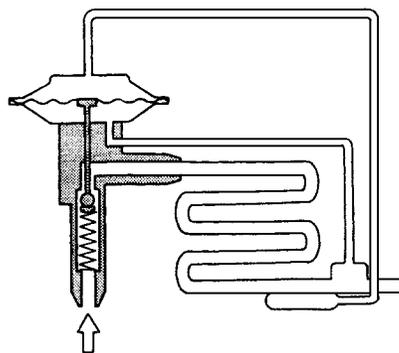


图 3-23 外平衡式膨胀阀

这种形式的膨胀阀将蒸发器出口处的压力传往膜片,这个地方靠近感温包,阀门的开启度更容易通过空吸作用和压缩机转速的变化进行精确调节。多用于制冷剂在蒸发器中受流动阻力较大的大型空调系统。

外平衡式膨胀阀的工作过程如图 3-24 所示。膨胀阀的开启度取决于感温包的压力  $p_1$ 、蒸发器出处的压力  $p_2$  及弹簧弹力  $F$  三者共同作用的结果,而压力  $p_1$ 、 $p_2$  的大小则取决于制冷剂在蒸发器出口处的温度。因此制冷剂的喷出量受蒸发器出口温度的控制。

外平衡式膨胀阀的工作过程:感温包内的压力  $p_1$  向下压膜片,蒸发器出口处的压力  $p_2$  向上压膜片,弹簧力  $F$  向上推球。

(1) 当压缩机处于停机状态时,蒸发器周围的温度不变,蒸发器出口处的压力等于感温包内的压力,压力呈下列关系:

$$p_1 = p_2, \quad p_1 < p_2 + F$$

因而在弹簧力作用下,向上推球将阀关闭,无制冷剂流出,如图 3-24(a)所示。

(2) 当压缩机工作时,在感温包内的压力  $p_1$ 、蒸发器出口处的压力  $p_2$ 、弹簧力  $F$  的共同作用下球阀处于开启状态。

① 当  $p_1 = p_2 + F$  时,球阀开度保持一定,制冷剂的流出量为定值。

② 室内温度较低,蒸发器的热负荷减少,使得蒸发器出口处温度较低,感温包的温度也较低,使得  $p_1 < p_2 + F$ , 球阀开度减小,制冷剂流出量减少,降低了制冷能力,如图 3-24(b)所示。

③ 室内温度较高,蒸发器的热负荷增加,制冷剂吸改的热量多,使得蒸发器出口处温度较高,感温包的温度也较高,使得  $p_1 > p_2 + F$ , 球阀开度增大,制冷剂流出量增多,增大了制冷能力,如图 3-24(c)所示。

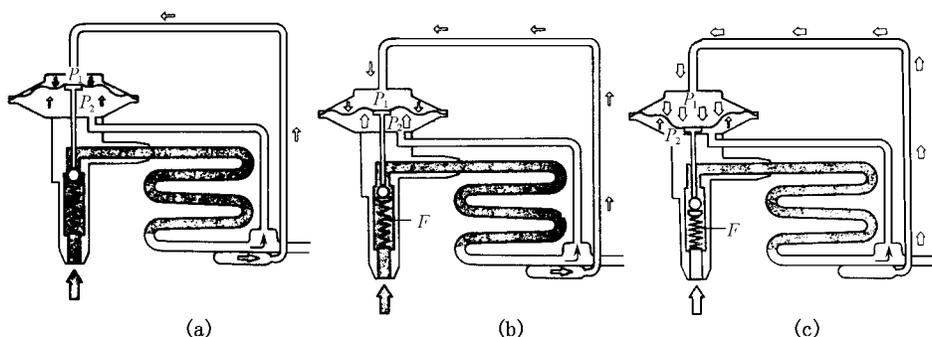


图 3-24 外平衡式膨胀阀工作过程

## 五、蒸发器

### 1. 蒸发器的作用

如图 3-25 所示,由鼓风机吹来的暖气流通过散热器的散热片和管子,从膨胀阀流出的低温低压制冷剂进入蒸发器后,从暖气流中吸收大量的热量而沸腾,转变成制冷剂蒸气。从而使流过散热器的暖气流冷却,达到车内降温的目的。

当暖气流流过蒸发器时,其中的水分在散热器上凝结成水滴之后,水及空气中的尘污通过排放口排出车外。

### 2. 蒸发器的结构

目前采用的蒸发器有管片式、管带式 and 层叠式三种,管片式和管带式蒸发器的基本结构与管片式及管带式冷凝器的基本结构相同。

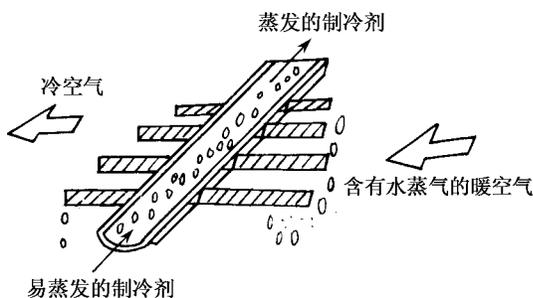


图 3-25 蒸发器的作用



管片式蒸发器见图 3-26 所示,层叠式蒸发器如图 3-27 所示。

层叠式蒸发器由多层有序排列的矩形铝制薄板和夹在这些薄板之间的蛇形散热片组成。

层叠式蒸发器的特点 结构紧凑 散热效率高 通过改变层叠的片数可以改变冷却能力 由于较薄 可以装入较狭窄的地方。

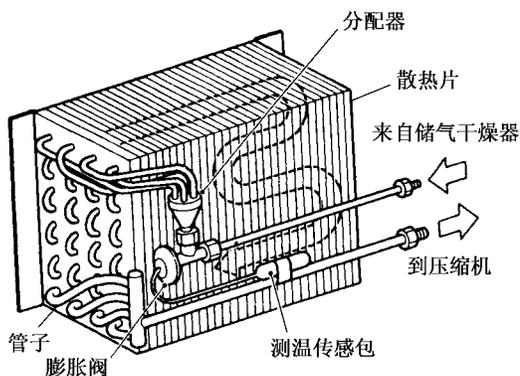


图 3-26 管片式蒸发器

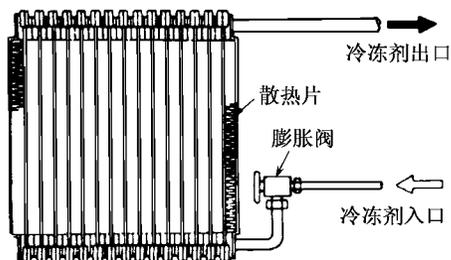


图 3-27 层叠式蒸发器

层叠式蒸发器的工作原理如图 3-28 所示。从膨胀阀来的低压雾状制冷剂进入蒸发器底部的管,在那里吸收车内热量,由于热交换很迅速,所以制冷剂很快沸腾蒸发。蒸发产生的气泡向上运动,使上部箱内完全成为气化了了的蒸气。

某些蒸发器的内部被分割成若干个腔室,制冷剂流过每一个腔室,使热交换效率更高,如图 3-29 所示。

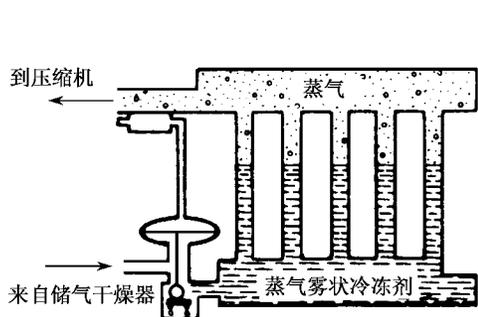


图 3-28 层叠式蒸发器工作原理

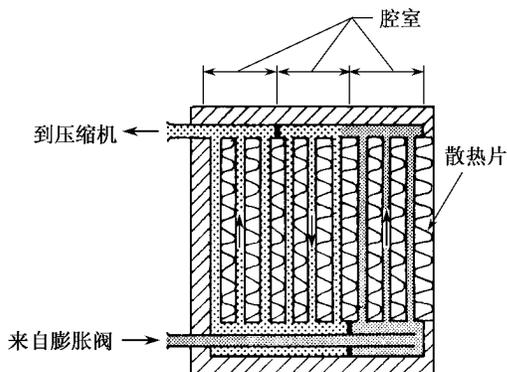


图 3-29 蒸发器内部结构

### 第三节 空调系统的控制装置

#### 一、电磁离合器

空调系统的压缩机都由汽车发动机驱动。若驱动带轮固定在压缩机主轴上,则压缩机一直处于工作状态,空调系统也将一直运转。为了能在需要时方便地关闭空调系统,也为了节省驱动压缩机所需的动力,使用了压缩机电磁离合器。

### 1. 功用

不使用汽车空调时,断开离合器,使压缩机停转,当蒸发器结冰时,也可断开离合器。

### 2. 结构

电磁离合器由离合驱动盘总成、带轮总成和磁场线圈组成,如图 3-30 所示。磁场线圈固定在压缩机壳上,通过一个(或几个)开关与汽车的电器系统连接。带有轴承的带轮装在压缩机轴上。带轮上有凹座,套在电磁线圈上,驱动盘刚性地固定在压缩机主轴的端部。

### 3. 工作原理

如图 3-31 所示,如果没有电流通过线圈,就没有磁力作用产生,带轮和轴承外圈自由转动,而轴承内圈仍和主轴一起静止不动。

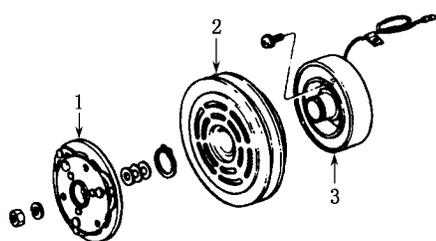


图 3-30 电磁离合器结构

1—离合片 2—带轮(转子) 3—电磁线圈(定子)

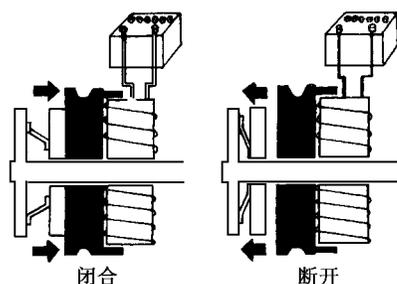


图 3-31 离合器的工作原理

恒温开关或压力开关闭合,电流通过磁场线圈,线圈和驱动盘之间形成磁场。很强的电力把驱动盘和带轮吸合在一起,带轮通过驱动盘带动压缩机主轴旋转,开始制冷,而线圈还是静止不动。

恒温开关或压力开关断开,电源至线圈的电流被切断,线圈和驱动盘之间的磁场消失,驱动盘和带轮脱开。驱动盘和主轴则逐渐停止转动,制冷停止而带轮还继续转动。

## 二、鼓风机

### 1. 功用

鼓风机的用途是强迫空气流过蒸发器进行热交换。装在电动机上的多叶片风扇被置于一个罩中,多叶片风扇与其旋转方向相垂直的方向吸入空气并在离心方向将空气排出。

### 2. 控制电路

鼓风机速度由改变电阻阻值进行调节。图 3-32 所示为四速控制器示意图,图中有三只电阻用以控制风机速度。

由图可知,只要主开关闭合,风机电动机就按照选定的速度运转。

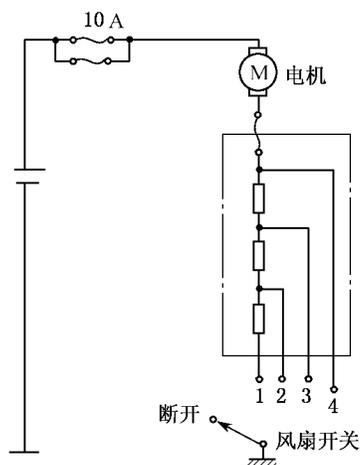


图 3-32 鼓风机速度控制



选定位置 1 时,至风机电动机的电流须经过三只电阻,鼓风机低速运转。

选定位置 2 时,至风机电动机的电流经过二只电阻,鼓风机中低速运转。

选定位置 3 时,到风机电动机的电流只经过一只电阻,鼓风机中高速运转。

选定位置 4 时,蓄电池的 12 V 电流不经过电阻直接通到风机电动机,鼓风机转速最高。

风机电动机速度控制电阻可以装在遥控位置上,且均用镍铬钢丝制成,为便于冷却要装在空调(或)加热器气流中。

## 第四节 汽车空调系统的控制系统

### 一、普通汽车空调的基本控制电路

汽车空调电路类型很多,根据工作要求,有的较简单,有的比较复杂。图 3-33 为一种最简单的基本电路,即控制送风量,并用温度调节器调节蒸发器出口的温度使车内温度保持在一定范围内。其工作过程如下:

接通空调及鼓风机开关,电流从蓄电池经蓄电池开关后分两路:

(1) 第一路 温控器 3→电磁离合器 2→搭铁(压缩机运转)(与电磁离合器并联的指示灯 1 通电,指示灯亮)。

(2) 第二路

① 鼓风机开关的 L 点→鼓风机调速电阻 6 的两电阻→鼓风机→搭铁。由于电流流经两个电阻,鼓风机转速最低。

② 鼓风机开关的 M 点→鼓风机调速电阻 6 的一个电阻→鼓风机→搭铁。由于电流流经一个电阻,鼓风机转速升高。

③ 鼓风机开关的 H 点→鼓风机→搭铁。由于电流不流经电阻,鼓风机转速最高。

当设定温度高于车厢内温度时,温控器触点闭合。

当车厢内温度低于设定温度时,温控器触点断开,电磁离合器断电,压缩机停转,指示灯灭,鼓风机仍在工作。空调停止工作后,车内温度上升,当车内温度高于设定温度时,温控器触点又闭合,电磁离合器通电,压缩机再工作,从而使车厢内保持在设定温度范围内。

#### (一) 蒸发器温度控制

为防止空调系统工作时蒸发器过冷而结冰,需要对蒸发器温度进行控制,同时能够任意地设定车厢内温度,制冷系统中设温度开关。

##### 1. 温度调节器(恒温开关)

通过检测蒸发器出口处的温度,控制压缩机的开与停。温度调节器包括检测蒸发器出口温度的感温包、触点、毛细管、控制触点闭或断的波纹管 and 温度调节螺钉。

温度调节器的工作参看图 3-34。当蒸发器出口处的温度降低时,波纹管内的气体收缩,反之,当出口处的温度上升时气体膨胀。出口温度低于调定值时,触点断开(如图 3-34(a)),

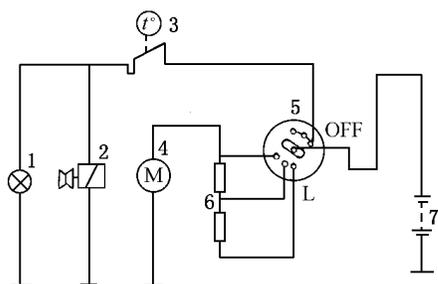


图 3-33 空调电路基本形式

1—指示灯 2—电磁离合器 3—温控器 4—鼓风机;  
5—鼓风机开关 6—鼓风机调速电阻 7—蓄电池

压缩机停止工作。出口温度高于调定值时,触点闭合(如图 3-34(b)),压缩机开始工作。

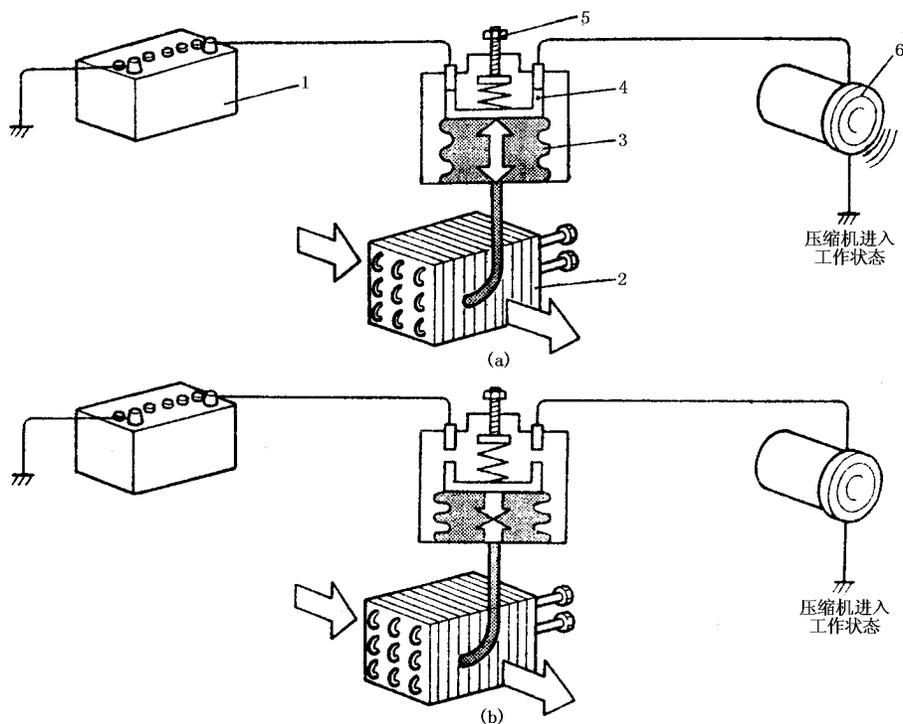


图 3-34 温度调节器

(a)触点断开;(b)触点闭合

1—蓄電池 2—蒸发器 3—波纹管 4—触点 5—调节螺钉 6—电磁离合器

感温包应精确地插入指定位置,并加绝热保护,如感温包部分暴露在外,则调温器就不能精确地随着内部温度的变化对压缩机进行正常控制。

## 2. 热敏电阻式温度开关

热敏电阻式温度开关的感温元件是一支热敏电阻,其特性是随着温度的升高电阻值下降。热敏电阻安放在蒸发器翅片间,用导线与晶体管式电路系统相连。

热敏电阻将温度变化转变为电阻变化,通过电路控制电磁离合器离合,使压缩机开或停,从而调节车厢内温度和防止蒸发器结冰。

### (二) 蒸发器压力控制系统

由于有膨胀阀对制冷剂的流量进行自动控制,所以空调器可以在不同的热负荷状态下发挥最大的冷却效果。如果空调器在低温高湿度条件下运行,冷凝器的冷却效果非常好,而蒸发器的负荷又非常小,会使制冷剂在蒸发器中产生一个很大的蒸发压力(温度)降,这是无法通过膨胀阀来进行控制的,因此蒸发器将结冰。为防止蒸发器结冰常用两种方法:

① 热控开关法;② 空吸节流阀法。

热控开关法前已述及,空吸节流阀结构如图 3-35 所示。

由制冷剂 R-12 的特性曲线(图 3-4)可知,当其蒸发温度为 0℃ 时,R-12 的压力为 206 kPa。因此,制冷剂的压力高于 206 kPa 时,蒸发器将不会结冰。空吸节流阀可以控制制冷剂



以高于 206 kPa 的压力在蒸发器内流通。实际中的空吸节流阀这一压力可调定在 177 kPa 左右, 因为蒸发器周围的空气温度绝不会降到和蒸发器内制冷剂的温度一样。

空吸节流阀工作原理如图 3-36 所示。当施于蒸发器的热负荷减少时, 蒸发器蒸发压力变低, 活塞向右移动, 堵住到压缩机的通路, 制冷剂停止流动。此时, 蒸发器出口处的压力  $p_2$  与感温包毛细管内的压力  $p_1$  相等。

由于压缩机的空吸作用而使压力  $p_2$  降低, 因此压力  $p_2$  与感温包中的压力  $p_1$  差升高。结果, 膨胀阀开得很大以使大量的制冷剂进入蒸发器以增加那里的压力。

如果压力继续升高, 则隔膜被向左推, 将制冷剂引向压缩机。这样可使蒸发器中的压力永远保持在高于 177 kPa, 从而可防止蒸发器结冰。

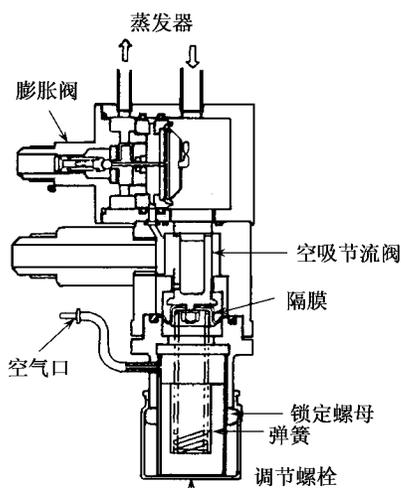


图 3-35 空吸节流阀

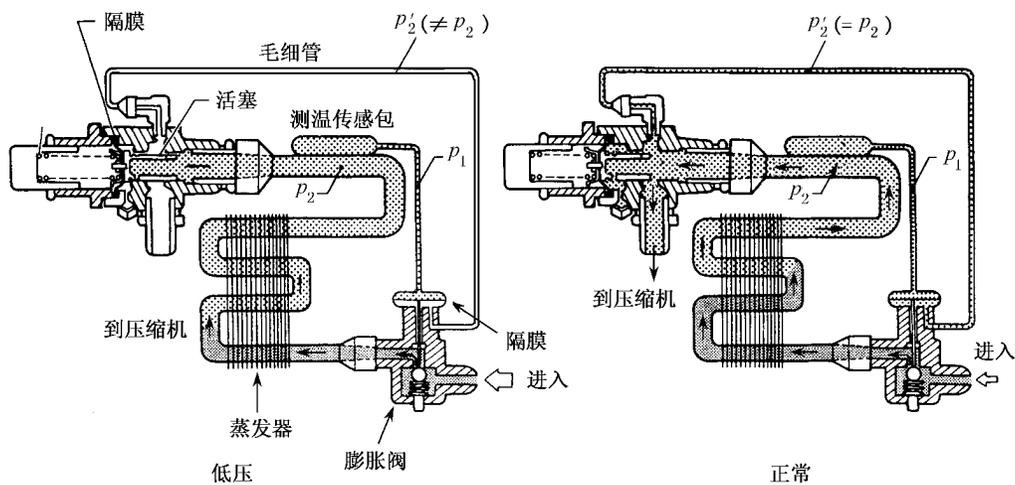


图 3-36 空吸节流阀工作原理

### (三) 转速与温度控制电路

在发动机怠速或低速运转时接通空调器, 发动机常会因负荷增加而熄火或产生过热现象。为避免发生上述问题, 汽车空调系统采用了转速控制电路。为避免蒸发器表面挂霜或结冰采用了温度控制电路。

转速与温控电路框图如图 3-37 所示, 它由发动机转速检测电路、温度检测电路及继电器组成。电路工作原理如图 3-38 所示。

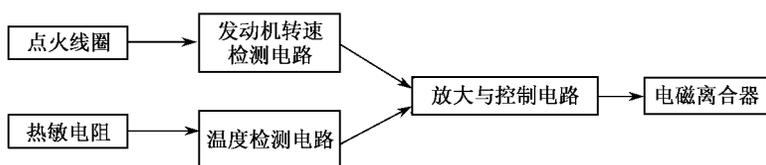


图 3-37 转速与温控电路框图

### 1. 转速控制电路

来自点火线圈的点火电脉冲信号,输入发动机检测电路,转换成连续变化的电压量,电压量的大小,随着发动机转速的降低而升高。当发动机转速低于规定的怠速转速时,晶体三极管 3 导通,晶体三极管 5 截止,继电器的线圈 7 断电,触点 8 打开。电磁离合器的线圈中没有电流通过,离合器分离,压缩机停转。当发动机怠速升至规定值时,晶体三极管 3 截止,晶体三极管 5 导通,电流经继电器线圈 7,触点 8 闭合,压缩机电磁离合器通电吸合,空调器工作。从而避免发动机在低速运转时驱动空调器,导致发动机熄火或过热。

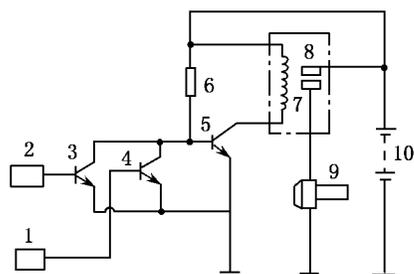


图 3-38 转速与温控原理图

1—温度检测电路 2—发动机转速检测电路;  
3、4、5—晶体三极管 6—电阻 7—继电器线圈;  
8—触点 9—压缩机 10—电源

### 2. 温度控制电路

温度控制电路的传感器为热敏电阻,具有负的电阻温度特性。即温度升高时,电阻值变小;温度下降时,电阻值变大。热敏电阻安装在蒸发器出口,检测蒸发器排出的冷风温度。当蒸发器出口的温度改变热敏电阻的阻值时,温度检测电路输出一个电压量,其值随温度下降而增大。若蒸发器表面挂霜或结冰,温度检测电路输出相应的电压量,晶体三极管 4 导通,晶体三极管 5 截止,继电器线圈 7 不通电,触点 8 断开,压缩机电磁离合器因断电而分离,压缩机停止工作。

### (四) 发动机怠速自动调整装置

怠速时使用空调设备,增加了发动机的负荷,易使发动机过热或熄火,因此汽车上装备了怠速自动调整装置。此装置可在怠速使用空调设备时,自动增大汽化器节流阀开度,提高发动机的怠速转速。

怠速自动调整装置由电磁阀和隔膜真空泵组成,其工作过程如图 3-39 所示。

当接通空调开关时,电流通过怠速控制阀线圈,在电磁力的作用下克服回位弹簧的作用,阀门开启接通真空源。隔膜真空泵的膜片在进气管真空度的作用下,克服了弹簧的张力带动推杆运动,通过连接机构使节流阀开度增大,提高发动机怠速转速,以适应发动机增加负荷的需要。

断开空调开关,怠速控制电磁阀线圈没有电流通过,电磁力消失,电磁阀阀门在回位弹簧作用下切断真空源。隔膜真空泵的膜片在压缩弹簧作用下推动推杆运动,使推杆脱离节流阀开度调整螺钉,节流阀在回位弹簧作用下回到正常的怠速位置。

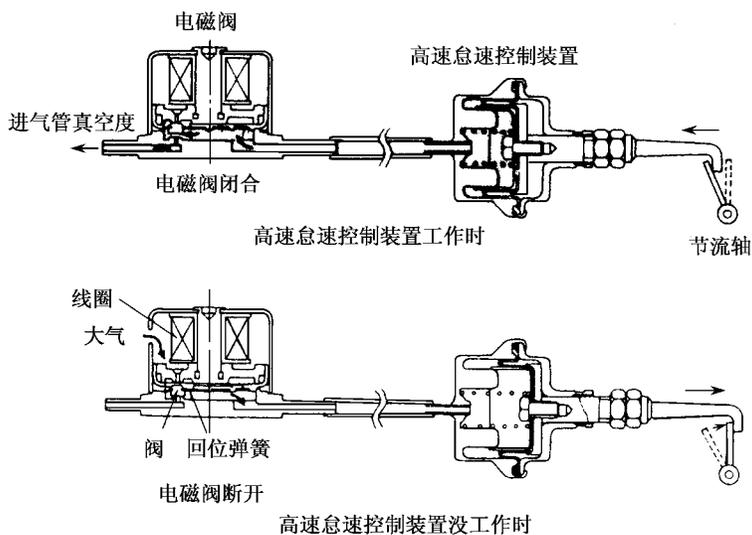


图 3-39 怠速自动调整装置工作过程

### (五) 空调系统保护

#### 1. 低压保护

环境温度低或系统泄漏造成系统内制冷剂不足,都会造成低压侧压力过低。如果低压侧压力过低,压缩机应停止工作。下面介绍几种低压控制装置。

(1) 环境温度开关 环境温度很低时(如低于 2 ) ,空调器不需要工作,环境温度开关则切断通向电磁离合器的电流,压缩机不能启动。

环境温度开关只感应环境温度,不要把它装在易感受发动机散热的位置上。

只要环境温度在 17.78 ~ 12.78 范围内,环境温度开关应旁通主开关和延时继电器,允许风机运转。空调压缩机或风机在较低气温时工作,可降低车厢空气湿度。如在阴雨潮湿寒冷的天气使用汽车,可防止车窗结露或结霜。

(2) 过热开关 过热开关安装在紧靠压缩机入口处,是一个温度传感开关,是常开开关。过热是一种无相应压力升高的温度增加现象。当空调系统制冷剂漏失,压力下降时,会引起蒸发器中剩余的制冷剂过热,此时过热开关起作用。当过热开关感测到升高的温度和低的压力时,开关闭合形成一个接地电路,如图 3-40 所示。

正常情况下,电流通过空调与环境开关后,经热限制器中的熔断器,通向压缩机的电磁离合器。

若系统缺少制冷剂,过热开关闭合,使电路接地,接通热限制器中热力熔断器的加热器,加热器通电熔化熔断器,断开至离合器电路,压缩机停止工作。

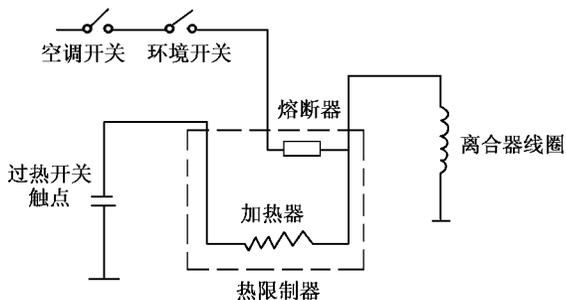


图 3-40 过热保护电路

## 2. 高压保护

当制冷系统内有空气、制冷剂过多、发动机过热、通过冷凝器的空气流量不足、高压侧管路凹陷时,会造成空调系统高压侧压力过高,因此空调系统装有高压保护装置。常用的保护装置有:

(1) 高压切断开关 高压切断开关装在储气干燥器上或高压管路中,用以限制系统的最高压力。当高压侧任何一个地方的压力上升到 2 760 kPa,此开关断开使压缩机停止运转以对系统进行保护。当压力降到 1 380 kPa 时,开关闭合,离合器结合,压缩机开始继续工作。不同车型的空调系统,工作压力调定略有差异。

(2) 高压阀(压力安全阀) 高压阀装在压缩机、储气干燥器或高压管路上。当系统高压侧(如储气干燥器出口处)的压力或温度超过调整值时,可从安全阀排放制冷剂,避免系统零件爆裂。

高压阀有两种形式:压力阀式和可熔式。

压力阀式可重复使用,可熔式只要制冷剂被排出,就不能再用了。

可熔式高压阀的金属堵塞一般在 105℃ 时熔化,制冷剂被放出。

(3) 高压侧低压保护 高压侧低压保护常采用低压开关,装在高压侧,用于限制高压的最低值。最低压力范围为 140 ~ 280 kPa。当制冷剂泄漏造成高压侧压力降低,低于最低压力时,此开关切断通往压缩机离合器的电流,使压缩机停转,以防发生故障。特别是使用压缩机油与制冷剂的混合物进行润滑的压缩机,制冷剂的泄漏将由于润滑不当而引起故障。

## 二、常见轿车空调电路

### (一) 夏利轿车空调电路

电路主要由蓄电池、点火开关、散热器风扇电机继电器、鼓风机及其开关、压力开关、空调开关、热敏电阻、电磁离合器、空调放大器等组成,电路如图 3-41 所示。

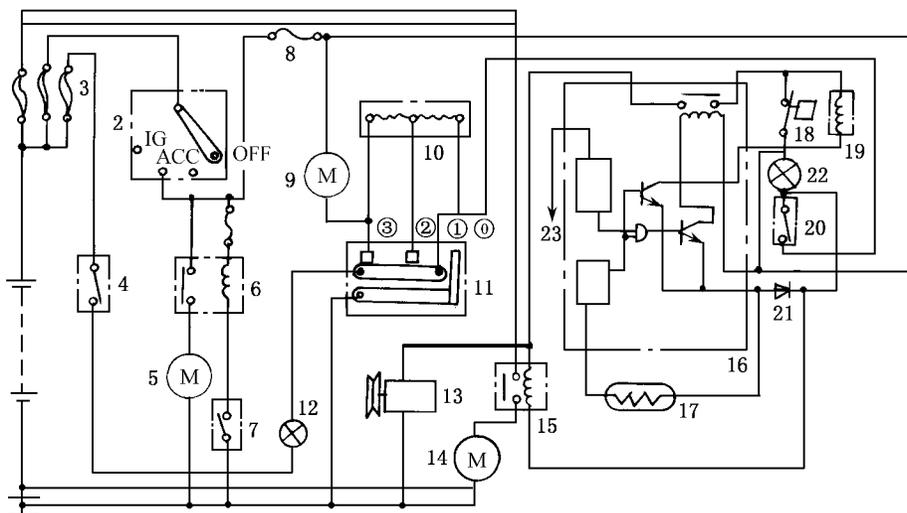


图 3-41 夏利轿车空调电路

1—蓄电池 2—点火开关 3—熔断器 4—小灯开关 5—散热器风扇电机 6—散热器风扇电机继电器 7—温控开关 8—保险丝 9—鼓风机电机 10—鼓风机变速电阻 11—鼓风机变速开关 12—指示灯 13—电磁离合器 14—冷凝器风扇电机 15—冷凝器风扇电机继电器 16—空调放大器 17—热敏电阻 18—压力开关 19—电磁阀 20—空调开关 21—二极管 22—空调指示灯 23—点火线圈负极



### 1. 电源控制电路

电流由蓄电池正极→熔断器→点火开关→散热器风扇电机继电器 6 的控制线圈→温控开关→搭铁。

温控开关由散热器水温控制,当水温在  $83 \sim 90$  以下时,温控开关断开, $90$  以上闭合。闭合时,该电路形成通路。

### 2. 散热器风扇电机电路

电源电路形成通路时,散热器风扇电机继电器 6 中的触点闭合。

电流从点火开关 2 的 IG→散热器风扇继电器 6 中的触点→散热器风扇电机 5→搭铁。

### 3. 鼓风机变速电路

电流从点火开关 2 的 IG→保险丝 8→鼓风机电机 9。往后电路分为以下几种情况:

① 当鼓风机变速开关在空挡位置时电路不通。

② 鼓风机变速开关在 1 挡位置时,电流由鼓风机变速电阻→搭铁。因电流通过全部变速电阻,鼓风机电机以最低转速运转。

③ 当变速开关推到 2 挡时,电流流过变速电阻的  $1/2$ ,转速提高。当变速开关推到 3 挡时,电流不流经电阻直接搭铁,转速最高。

### 4. 指示灯电路

电流经保险丝 8→空调指示灯 22→空调开关 20→鼓风机变速开关→搭铁。

### 5. 空调放大器电路

电流经保险丝 8→空调放大器 16 的控制线圈→空调放大器 16 的三极管→二极管 21→空调开关 20→鼓风机变速开关→搭铁。

### 6. 电磁离合器电路

因为空调放大器内部继电器触点闭合,电流经保险丝 8→压力开关 18→空调放大器 16 的触点→电磁离合器→搭铁(压缩机运转)。

### 7. 冷凝器风扇电路

保险丝 8→压力开关 18→空调放大器 16 的触点→冷凝器电机继电器 15 的控制线圈→空调开关 20→鼓风机变速开关 11→搭铁。这时冷凝器风扇电机继电器 15 的控制线圈通电,触点闭合,蓄电池来的电流不经点火开关 2,直接通过熔断器 3 至冷凝器风扇电机继电器 15 的主触头,再经冷凝器风扇电机搭铁,冷凝器风扇开始工作。

### 8. 电磁阀电路

电流经保险丝 8→压力开关 18→电磁阀 19→空调放大器 16 的三极管→二极管 21→空调开关 20→鼓风机变速开关 11→搭铁。此时电磁阀通电,阀门开启,整个空调制冷系统工作正常。

## (二) 桑塔纳汽车空调电路

桑塔纳空调电路如图 3-42 所示。

### 1. 鼓风机电路

C 路电流→S14→J23 触头将变速开关 E6 的电路接通。



## 2. 车内空气进入循环电路

当车外环境温度高于 10 时, 电路电流 → 保险丝 S14 → 空调开关 A/C E30 → 环境开关 F38 闭合(同时指示灯 K46 亮) → 新空气电磁阀 N63 → 搭铁, 关闭新鲜空气进口, 车内空气进入内循环。

## 3. 怠速电路

电路电流 → 保险丝 S14 → 空调开关 A/C E30 → 温控开关 F33 闭合 → 怠速电磁阀 N16 → 搭铁, 提高发动机怠速转速。

## 4. 压缩机控制电路

电流 → S14 → 空调开关 A/C E30 → 环境温度开关 F38 闭合 → 温控开关 F33 → 低压保护开关 F73 → 电磁离合器 N25 → 搭铁(压缩机运转)。

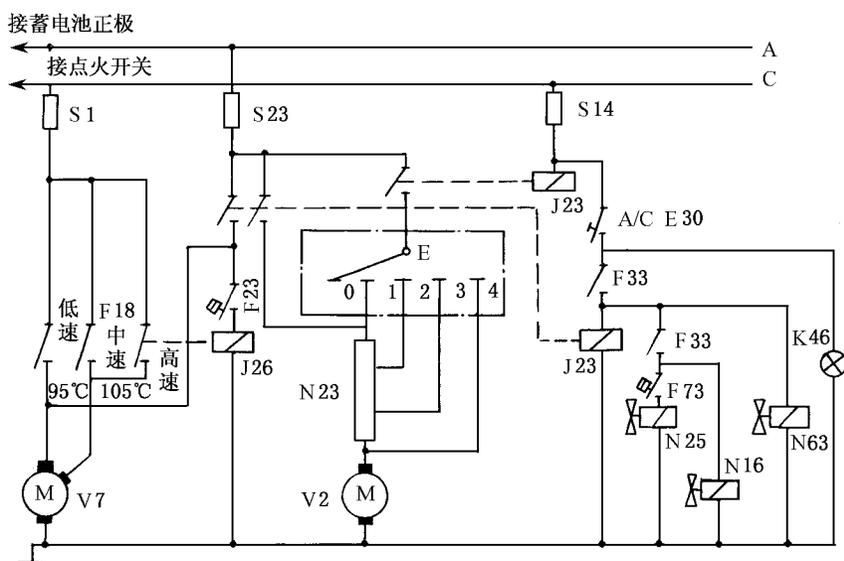


图 3-42 桑塔纳轿车空调电路

K46—空调指示灯; N63—新空气电磁阀; N16—怠速电磁阀; N25—电磁离合器; J23—空调继电器; F38—环境温度开关; F33—温控开关; F73—低压保护开关; A/C(E30)—空调开关; V2—鼓风机; S14、S23、S1—保险丝; E6—鼓风机变速开关; N23—鼓风机电阻; F23—高压保护开关; J26—冷凝风扇继电器; F18—温控开关; V7—冷凝器风扇电机

温控开关 F33 位于蒸发器出口处, 当出口处温度低于 0 时, F33 开启, 制冷系统不工作。当出口处温度高于 2 时 F33 闭合, 制冷系统工作。F33 的作用是防止蒸发器结霜, 降低制冷效果。低压开关 F73 在压力为 200 kPa 时闭合, 在压力低于 200 kPa 时开启。

在制冷系统工作时, 空调继电器 J23 的另一双接头合上, 接通鼓风机 V2, 此时虽然鼓风机变速开关 E6 在空挡, 也可使鼓风机以一挡转速工作, 同时也使冷凝器风扇工作, 以确保热交换



顺利进行。

### 5. 冷凝器风扇电机电路

空调工作时,空调继电器 J23 接通:A 路电流→保险丝 S23→冷凝器风扇双速直流电机 V7 的低压端,V7 以低速运转。

压力高于 1 500 kPa 时,位于储液罐上的高压保护开关 F23 闭合:A 路电流→S23→F23→J26→风扇电机 V7 高速端,冷凝器风扇电机 V7 高速运转。

当主发动机水箱高于 95 时,温控开关 F18 的低温开关闭合:A 路电流→S1→低速接头→V7,风扇电机低速运转。

当水箱水温高于 105 时,F18 的高温开关闭合:A 路电流→S1→高速接头→V7,风扇电机高速运转。

### (三) TOYOTA(丰田)汽车空调电路(单式空调)

TOYTOA 空调电路如图 3-43 所示。

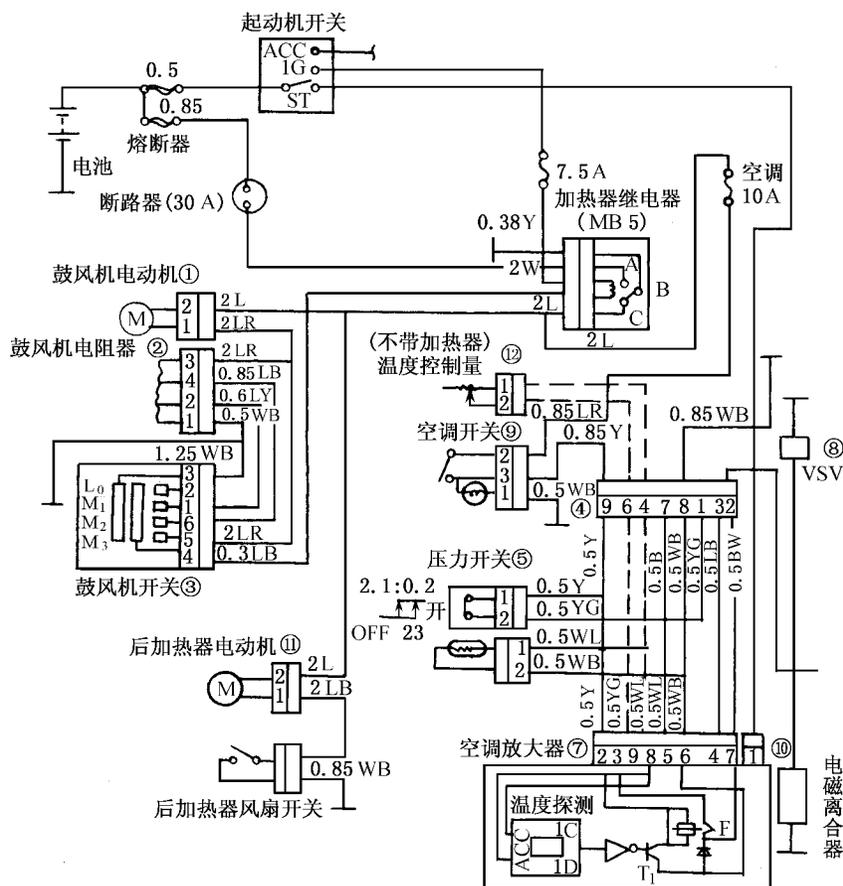


图 3-43 丰田 BI、HI 系列单式空调电路图

电路主要由蓄电池(ACC)、点火开关、启动开关(ST)、加热器继电器、鼓风机及其开关、压力开关、空调开关、热敏电阻、真空转换阀(VSV)、电磁离合器、空调放大器、怠速温控放大器等

组成。

### 1. 电源控制电路

电流由蓄电池正极→熔断器→断路器→触点 A/C→2L→空调 10A→空调开关→④9→⑦2→放大器继电器线圈→T1→接地,触点 F 闭合。

### 2. 电磁离合器电路

空调开关→④9→0.5Y→低压压力开关→0.5YG→⑦3→触点 F→⑦7→0.5BW→④2→电磁离合器线圈→接地,压缩机运转。

### 3. 真空转换阀(VSV)电路

接通电磁离合器的同时,真空转换阀的电磁线圈也被接通,真空转换阀通过操纵杆使化油器节气门开度稍微加大,从而提高怠速的转速。

### 4. 鼓风机电路

2L→M→鼓风机开关→鼓风机电阻→接地。鼓风机把蒸发器表面的冷气送往车厢。

### 5. 空调安全保护电路

空调系统制冷剂严重缺少,高压侧压力下降到某一设定值(如 206 kPa)时,压力开关触点断开,切断通往电磁离合器线圈的电流,压缩机停止运转。与此同时,通往真空转换阀的电流也被切断,发动机怠速恢复到原来调定的怠速运转。

### 6. 温控电路

当热敏电阻温度在 3 以下时,电阻值的信号输送到放大器 T1,使 T1 截止,触点 F 断开,切断通往电磁离合器的电流,压缩机停止运转;当温度升高到 4 时,T1 导通,触点 F 闭合,压缩机运转。

## 三、自动空调

### (一) 自动空调的组成

电子控制自动空调是用微机自动地控制车厢内外空气状况的空调系统。如奔驰系列的 380SL 等车型。系统的组成部分主要包括:空调 ECU、控制总成、加热器芯温度传感器、蒸发器温度传感器、大气温度传感器、阳光传感器、车内温度传感器、暖风温度传感器、通风机速度控制元件、空调系统基本部件(压缩机、冷凝器、蒸发器、膨胀阀等)。

### (二) 操作系统

#### 1. 控制面板

面板主要包括一个温度选择轮,5 个功能选择按键和 3 个通风机开关按键(图 3-44)。

(1) 温度选择轮 温度选择轮可以选择 18~30 之间任何一个所需的温度。转动选择轮可以改变其电位计的电阻值,然后这种电阻值被传送到电子控制装置(ECU),并与传感器在试验表上的读数进行比较。

(2) 关闭按键 按下此键,压缩机会关闭,系统的运转只会对车外的空气产生作用。

(3) 正常按键 按下此键,系统工作的职能像按下经济键一样,但压缩机根据需要会继续运转。



(4) 最大制冷/供暖按键 按下此键,通风机会立刻运转,按键的职能可以使循环空气制冷,或利用车外的空气进行供暖。

(5) 除霜按键 按下此键,通风机会立刻高速转动,同时暖风会被输送到挡风玻璃处。

## 2. 通风机开关

开关上有三个键,上端为高速键,中间为自动选择速度键,下端为低速键。

## 3. 温度传感器

温度传感器感传车内温度,并把信号传给电子控制装置,使系统的运转方式发生变化。

## 4. 暖风温度传感器

暖风温度传感器感传热器的排气温度,并把信号传送给电子控制装置。

## 5. 电子控制装置(ECU)

电子控制装置处理来自于传感器和温度选择轮刻度位置移动的电子信号,根据需要控制流经水阀的水流量、功能选择的变化、新鲜/循环空气风门的位置和传递给通风机速度控制装置的信号。

## 6. 通风机速度控制装置

通风机速度控制装置接收 ECU 传来的信号或直接根据除霜键和最大制冷/供暖键位置的变化,控制通风机速度的变化。

## 7. 发热器阀总成

发热器阀总成包括一个发热器热水阀、一个附加水泵和一个冷态发动机监视开关。

(1) 发热器热水阀 ECU 装置先接收从温度传感器感传的信号,然后发出信号驱动热水阀的电磁线圈,根据需要打开或关闭阀门。

(2) 附加水泵 通过一根软管与热水阀相接,当发动机低速运转时,水泵可以保证冷却液不断通过发热器。ECU 装置发出的信号不但打开了地板空气阀门,而且也驱使水泵作用。

## 8. 通风机速度控制装置

接收 ECU 传来的信号,或直接根据除霜键和最大制冷/供暖键位置的变化,通风机速度控制装置控制风机速度的变化。

## 9. 空气分配控制装置

空气分配控制装置由开关转换阀和真空驱动器组成。

真空驱动器接收各自的开关转换阀发出的真空信号,自动打开和关闭各个空气风门。

## 10. 蒸发器温度调节器

当蒸发器的温度低于 2℃ 时,蒸发器温度调节器开关会使压缩机停止运转,防止蒸发器结冰。

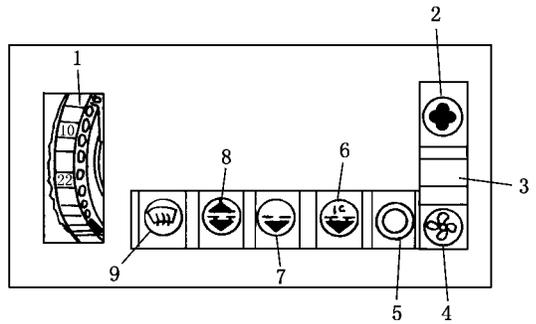


图 3-44 控制面板开关位置示意图

1—温度选择轮刻度盘 2—高速 3—自动 4—低速;  
5—关闭 6—经济 7—正常 8—最大制冷/供暖 9—除霜

### (三) 自动空调的自检功能

自动空调的 ECU 具有自检功能,它以代码的形式把各种故障存储在 ECU 的存储器里,通过操作空调控制面板上的开关,被存储的代码即可显示出来。由于代码是由蓄电池的电能直接储存,所以在点开关上时也不会被清除。图 3-45 所示是奔驰 W140 车系的控制面板。



图 3-45 奔驰 W140 控制面板

1—温度选择 2—显示屏 3—全自动 4—出风口选择 5—除雾 6—重设定 7—开关循环 8—风速旋钮 9—经济段;  
10—华氏/摄氏选择;11—关闭;12—温度选择;13—显示屏;14—全自动;15—出风口选择

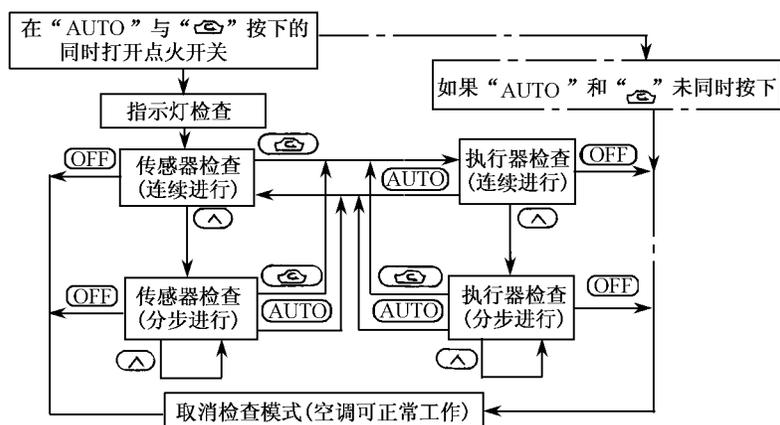
自检分三个部分:

指示灯检查——检查各指示灯、温度设置显示屏和蜂鸣器。

传感器检查——检查传感器。

执行器检查——对照执行器检查模式,检查风机电动机、伺服电动机和电磁离合器是否正确地按 ECU 信号动作。

按图 3-46 所示程序即可启动自检功能。



○: 表示开关的操作

图 3-46 自检功能启动程序

#### 1. 指示灯检查功能

在打开点火开关的同时,按下“<img alt='AUTO button icon'>”(自动)和循环开关 7(图 3-45 所示)。空调控制面板上的所有指示灯和温度显示屏上“TEMP88.8”字样以 1 s 为间隔闪烁 4 次,如图 3-47 所示。

蜂鸣器也响 40 ms。这一功能检查所有的指示灯、温度显示屏和蜂鸣器是否工作正常。



## 2. 传感器检查

传感器检查在指示灯检查之后自动进行。传感器的故障以代码的形式显示在空调控制面板的温度显示屏上。

传感器的故障有两种类型:以前的故障(现时不存在)和现时故障。以前的故障由温度显示屏的闪烁来显示,现时故障由显示屏及蜂鸣器共同显示。可同时表示多个故障,也可按温度控制开关的上行(∧)键,使代码固定或按顺序改变。

现时故障显示图如图 3-48 所示,以前故障显示图如图 3-49 所示。

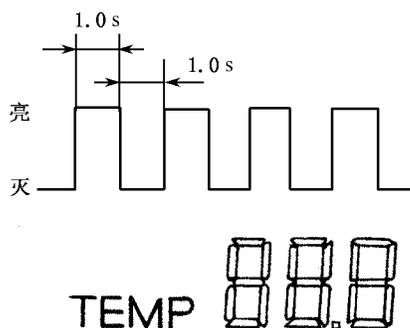


图 3-47 闪烁期间的温度显示屏

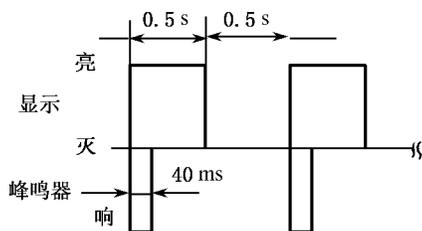


图 3-48 现时故障显示图

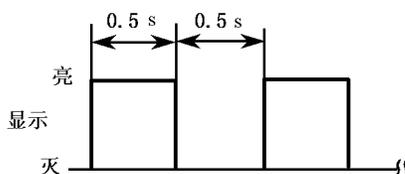


图 3-49 以前故障显示图

故障诊断见表 3-1。

表 3-1 故障诊断表

故障码	诊 断	故障区域
00	所有传感器正常	
11	室内温度传感器开路或短路	① 室内温度传感器; ② 线束
12	大气温度传感器开路或短路	① 大气温度传感器; ② 线束
13	蒸发器温度传感器开路或短路	① 蒸发器传感器; ② 线束
14	水温传感器开路或短路	① 水温传感器; ② 线束
21	阳光传感器开路或短路	① 阳光传感器; ② 线束
22	压缩机锁止	① 压缩机; ② 线束
31	空气混合控制伺服电动机输出电压异常	① 伺服电动机(电位器); ② 线束
32	进气控制伺服电动机输出电压异常	① 伺服电动机(电位器); ② 线束
33	空气混合控制伺服电动机工作异常	① 伺服电动机; ② 线束
34	进气控制伺服电动机工作异常	① 伺服电动机; ② 线束

### 3. 执行器检查

执行器检查在传感器之后进行,按“循环”键可启动执行器工作。执行器检查风机电动机、伺服电动机和电磁离合器是否正确按 ECU 的信号工作。代码显示在温度显示屏上按照表 3-2 从第 1 步到第 10 步连续对执行器进行检查,蜂鸣器每次响声表示检查移到下一步。在连续检查期间,按温度控制开关的上行键“^”,可使执行器的动作用固定或按照顺序变到下一步。

把显示模式与执行器检查表进行比较,即可判断执行器的工作是否正常。

表 3-2 执行器检查表

步数	显示码	状 态						
		风机速度	气流方式	进气方式	空气混合控制挡板位置	电磁离合器	后空调	后最大气流
1	20.0	关	最大、脸部	新鲜	冷侧(全关)	关	关	开
2	21.0	低	↑	↑	↑	↑	自动/关	↑
3	22.0	中	↑	新鲜/循环	↑	开	高(空气净化器)	关
4	23.0	↑	脸部	↑	↑	↑	高(空调)	↑
5	24.0	↑	双级	循环	冷/热(50%开度)	↑	↑	↑
6	25.0	↑	↑	新鲜	↑	↑	低(空调)	↑
7	26.0	↑	脚部	↑	↑	↑	关	↑
8	27.0	↑	↑	↑	热侧(全开)	↑	↑	↑
9	28.0	↑	脚部/除雾	↑	↑	↑	↑	↑
10	29.0	高	除雾	↑	↑	↑	↑	↑

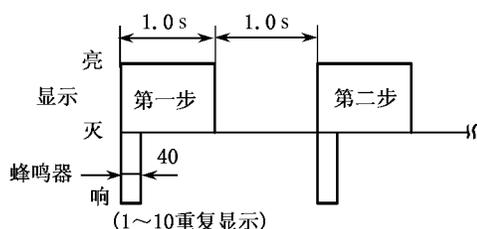


图 3-50 连续操作显示

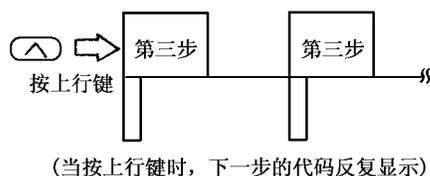


图 3-51 分步操作显示

## 第五节 汽车空调系统的维护

### 一、空调系统的维护

#### (一) 日常维护

为了减少空调系统的故障,提高其工作效率和使用寿命,驾驶人员应做好日常的检查维护工作。

空调系统正常运转否的检查方法很多。其一可以借助仪表、半导体温度计、卤素检漏灯



等,其二可用看、听、摸的方法进行检查。

### 1. 直观检查

- (1) 看压力、温度和电流表的指示值；
- (2) 通过玻璃观察窗看压缩机润滑油面、制冷剂流动情况；
- (3) 看系统中的管道、接头、冷凝器等表面有无油渍,以判断系统的渗漏情况；
- (4) 看低压管路的结霜、结露情况；
- (5) 观察膨胀阀的感温包与蒸发器出口管是否贴紧,隔热保护是否包扎牢固；
- (6) 检查压缩机、冷凝器、干燥过滤器等处的固定螺钉是否牢固可靠；
- (7) 检查压缩机传动带的松紧度、老化龟裂、脱线等情况。用大拇指以 98 N 的力按下胶带的中点,未用过的新胶带其挠度在 9 ~ 11 mm,用过的旧胶带,其挠度值应为 11 ~ 16 mm。

### 2. 运行检查

运行检查时,发动机维持中等转速运转,空调器送风机开到最高挡位。

(1) 听各运转部件(压缩机、鼓风机等)在运转时有无杂音或撞击声,听膨胀阀内制冷剂流动的声音,如有不正常声音,应立即停止空调系统运转,并查明原因。

(2) 手摸压缩机进、排气口管道,应有明显温差,正常情况下进气口管道较凉而排气口管道发烫,否则说明严重缺少制冷剂,可能系统有泄漏现象。

(3) 手摸冷凝器进出口管道,应有明显温差,进口管道较出口管道烫手。若冷凝器上部和下部温差不大,说明冷凝器被异物堵塞或制冷剂过少,应清洗冷凝器或补充制冷剂。

(4) 干燥过滤器前后的温度应均匀一致,若有明显温差,说明过滤器可能堵塞。

(5) 膨胀阀出入端有明显温差,入端热或烫手,出端冷或冻手。

(6) 玻璃观察窗内应无气泡,但提高或降低发动机转速时,可能出现气泡,关闭冷气后即刻起泡,随后逐渐消失。若工作时出现大量气泡,则可能是缺少制冷剂或系统内渗入空气。

(7) 检查电磁离合器。断开电磁离合器电源,压缩机应停止转动,接上电源时,压缩机应立即转动。短时间离合试验几次,以证明电磁离合器工作是否正常。

(8) 检查怠速继电器。空调系统如果有怠速继电器,则首先使发动机在高于设定的怠速转速运转,检查压缩机工作是否正常。若确认压缩机工作正常,然后使发动机转速降到怠速设定值以下,若压缩机能自动停止转动,则说明怠速继电器工作正常。

(9) 检查空调系统中的润滑油量。若压缩机润滑油量不足,会加剧压缩机的磨损。机油量过多将使机油附着于冷凝器和蒸发器的管壁上,降低热交换效率,使制冷效果变差,还会使压缩机的排出压力增高,可能导致压缩机损坏。一般轿车空调系统压缩机润滑油的总量,前空调系统为 150 mL,前后空调系统为 220 mL。

### (二) 定期维护

汽车空调系统的定期维护,一般采用两种方法,一种是结合车辆二级维护作业同步进行;另一种是按维护周期单独进行。

汽车空调系统二级维护见表 3-3,独立维护见表 3-4。

表 3-3 汽车空调系统二级维护作业

类别	序号	作业项目	技术要求
制冷循环系统	1	检视高、低压管道	软管无起泡、老化或破损现象,硬管焊接处无裂纹或渗漏现象;高、低压管道的管类码齐全,全长上没有与其他机件发生碰擦干涉现象,所有紧固螺钉不松动
	2	检视膨胀阀	膨胀阀应无堵塞,感温包作用正常,膨胀阀能根据温度的变化而自动调节制冷剂的供给量
	3	检视干燥过滤器	制冷系统正常工作时,干燥过滤器表面应无露珠或挂霜现象;每年在四至五月份维护期中,更换一次干燥剂(可拆式)或视需要更换干燥过滤器总成(不可拆式)
	4	检查、清洁蒸发器和冷凝器检查、紧固全部固定螺栓螺母	蒸发器、冷凝器无渗漏,散热片无折弯、无尘土杂物堵塞现象;蒸发器、冷凝器座应无裂纹,各固定螺栓、螺母齐全、紧固、可靠
	5	检视制冷剂量	制冷系统工作时,观察视液镜应无气泡流动;在制冷装置进气口的空气温度为 30~35℃,发动机转速为 2000 r/min,风机以最高速旋转和制冷选用最强挡的条件下系统的工作压力应为:低压侧为 0.147~0.2 MPa,高压侧为 1.4~1.5 MPa
压缩机	1	每年在四至五月份的维护期中更换一次压缩机润滑油,清洁或更换润滑油滤网。	压缩机润滑油液面高度应达到视液镜的上部边缘或原厂规定标准,润滑油滤网应清洁,无破损现象,磁铁完好。
	2	检视进、排气阀	进、排气阀开闭灵活,作用正常
	3	检视轴封	轴封处不应有渗漏现象
电器系统	1	检视冷凝器和蒸发器的风机	各风机工作正常,无异响,叶片无裂纹,固定螺栓、螺母齐全牢固;冷凝器风机与冷凝器散热片无干涉现象
	2	检视水温开关	水温开关在(100±2)℃时,应能自动接通声光报警电路
	3	检视高、低压压力开关	① 高压开关在压力大于 2.2 MPa 时应能自动接通声光报警器电路,切断通向电磁离合器的电流;当压力小于 2 MPa 时应能自动复位;② 低压开关在压力小于 0.2 MPa 时,应能自动接通声光报警器,切断通向电磁离合器的电流;当压力大于 0.2 MPa 时,应能自动复位
	4	检视除霜温度控制器和车内温度控制器	除霜温度控制器应在 2℃左右时能自动接通旁通电磁阀,在 7℃时自动断开;车内温度控制器在 5~30℃的控制范围内其作用良好
	5	检视电磁离合器	离合良好,无打滑现象,离合器轴承在旋转时,无偏摆拖滞现象



表 3-4 汽车空调系统独立维护的项目、内容及间隔

类别	维护项目	维护内容	维护间隔					
			天	周	月	季	二季末	年
压缩机 拆缸 检查	主要件磨损	曲轴、连杆、轴承、活塞组润滑油泵磨损应在规定范围内						✓
	轴封	用测漏仪检查其泄漏量或用检漏灯观察颜色变化						✓
	润滑油	更换及清洗滤网					✓	
制冷 循环 系统	管道各接头	有无油污、松动情况,用检漏仪检漏				✓		
	制冷剂量	通过视液镜检查	✓					
	冷凝器	检查有无杂物、尘土阻塞并清洗		✓				
	蒸发器	检查有无尘埃和杂物				✓		
	干燥过滤器	清洗或更换						✓
	膨胀阀	工作是否良好,过滤网是否堵塞						✓
电 气 系 统	高压报警灯	超压时是否亮		✓				
	水温报警灯	超温时是否亮		✓				
	水温开关	动作是否正常				✓		
	压力开关	动作是否正常				✓		
	热敏电阻开关	动作是否正常				✓		
	蒸发器送风电机	检修						✓
	冷凝器鼓风电机	检修						✓
	电磁离合器	检查工作是否良好			✓			
其 他	电磁阀	动作是否正常					✓	
	三角带	检查其张力和磨损程度		✓				
	带张紧轮	检查是否能圆滑旋转				✓		
	空气滤清器	有无堵塞并清洗		✓				

## 二、汽车空调系统的故障与诊断

汽车空调的常见故障一般分为:电气故障、机械故障、制冷剂和冷冻润滑油引起的故障。其表现为:系统不制冷、制冷不足或产生异响。

### 1. 系统不制冷

启动发动机使其转速稳定在 1 500 r/min 左右约 3 min,打开冷气开关及鼓风机开关,冷气口无冷风吹出,则为系统不制冷。系统不制冷可按图 3-52 检查,故障原因及排除方法见表 3-5。

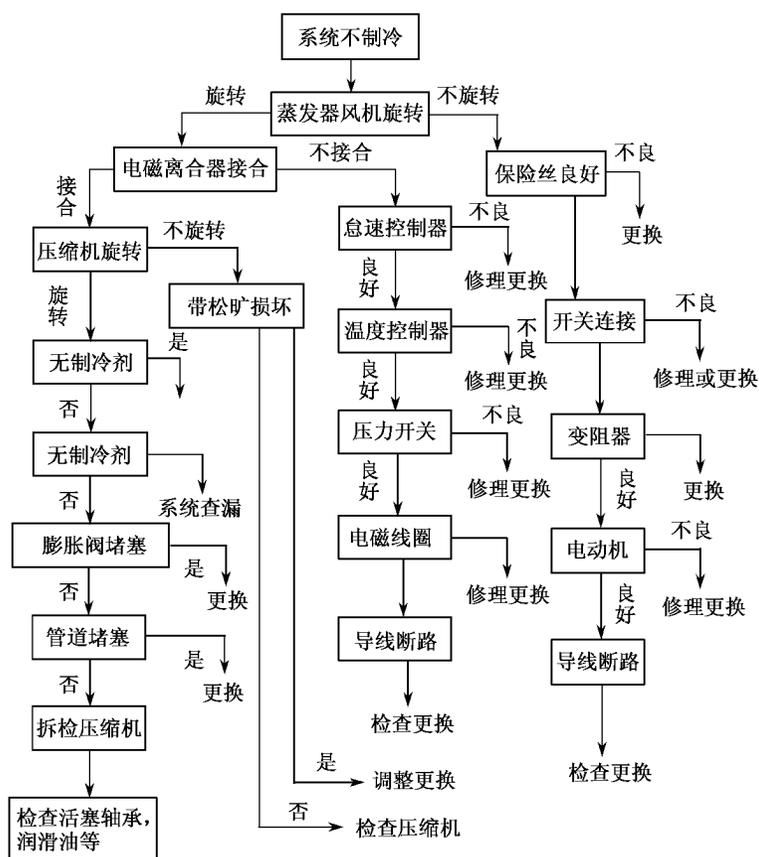


图 3 - 52 系统不制冷检查

表 3 - 5 系统不制冷原因及排除方法

编号	原因	排除方法
1	保险丝烧断	查明原因,修理电路,更换保险丝
2	导线断线或残破	接上断线或更换导线
3	离合器线圈故障	更换离合器线圈
4	离合器电刷组件故障或磨损	更换电刷组件
5	风机电动机损坏	修理或更换风机电动机
6	恒温开关损坏	更换恒温开关
7	低压控制器损坏	更换低压控制器
8	压缩机传动带松弛或损坏	调整带松紧度或更换带
9	压缩机吸气(排气)阀板损坏	更换吸气(排气)阀板和密封垫
10	压缩机缸盖或阀板密封垫损坏	更换缸垫或阀板密封垫
11	压缩机损坏	修理或换新压缩机

编号	原因	排除方法
12	制冷系统管道破损造成制冷剂泄漏,使系统制冷剂不足或无制冷剂	查清漏点,重点查压缩机轴封、软管、熔塞等处,查清后修复或更换
13	膨胀阀进口滤网堵塞	清理滤网,更换干燥器
14	膨胀阀损坏	更换
15	储液干燥器滤网堵塞	更换储液干燥器
16	管路或软管堵塞	清理或更换
17	吸气压力控制器损坏	修理或更换

## 2. 系统制冷不足

空调制冷系统工作时,凡是能使膨胀阀出口的制冷剂流量下降的因素,都可能使系统制冷量下降。另外,凡能引起系统内高压、低压两侧的温度和压力超过或低于标准值的一切因素也会引起系统制冷不足。

系统制冷不足的原因和排除方法见表 3-6,系统制冷不足可按图 3-53 检查。

表 3-6 系统制冷不足原因及排除方法

编号	原因	排除方法
1	风机电机转速低	检查导线接头是否松动,如接头牢固则应更换风机电机
2	蓄电池电压过低,引起离合器打滑	找出原因并排除
3	离合器压板与皮带轮的接合面磨损过量或有油污引起离合器打滑	更换磨损严重的离合器零件,清除油污
4	恒温开关故障	更换恒温开关
5	低压控制器故障	更换低压控制器
6	吸气压力调节器故障	更换吸气压力调节器
7	流过蒸发器(或冷凝器)的气流不畅	清理蒸发器(或冷凝器),修理转动不灵的混合气门
8	储液干燥器滤网部分堵塞	更换储液干燥器
9	膨胀阀滤网部分堵塞	清理滤网并更换干燥器
10	压缩机进口滤网部分堵塞	清理滤网,查明原因并排除
11	膨胀阀感温包松动	紧固感温包
12	系统内有湿气	检查排放系统,更换干燥器,抽真空,并向系统内注入制冷剂
13	系统内有空气	抽真空并充制冷剂
14	系统内制冷剂过多	从低压侧慢慢放出多余制冷剂
15	系统内制冷剂不足	检修泄漏处,抽真空并补充制冷剂直到适量
16	系统内冷冻机油过多	排出多余机油
17	制冷剂或冷冻机油含水分过多	抽真空并重新注入适量制冷剂
18	膨胀阀故障	更换膨胀阀

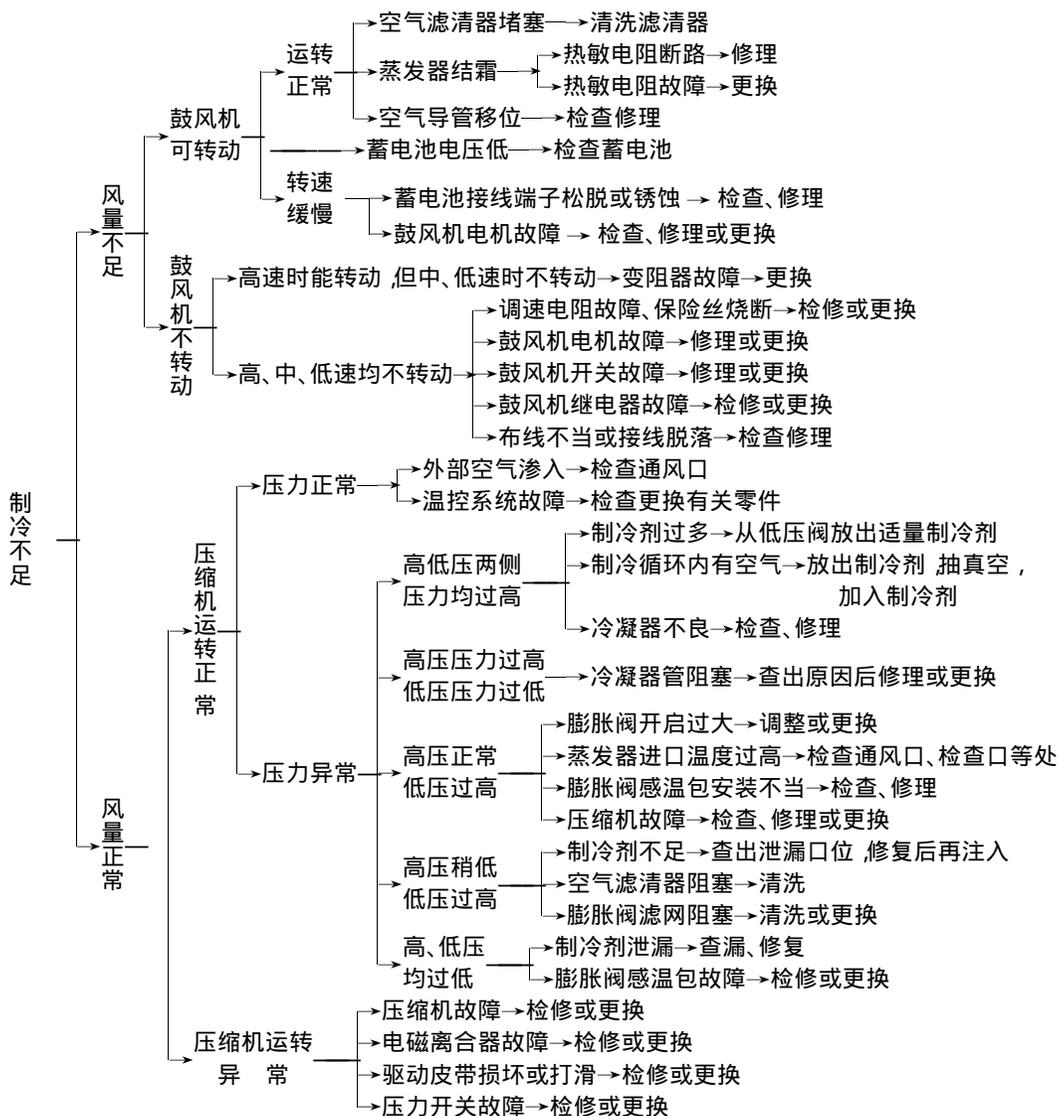


图 3-53 系统制冷不足检查

### 3. 制冷系统产生异常噪音

制冷系统产生异常响声,一般是机械方面的故障,主要是:

- (1) 运动部件的磨损超过使用极限;
- (2) 紧固件松动;
- (3) 相对运动件润滑不良或没有润滑油。

制冷系统产生异常噪音的原因及排除方法见表 3-7,制冷系统异响可按图 3-54 检查。

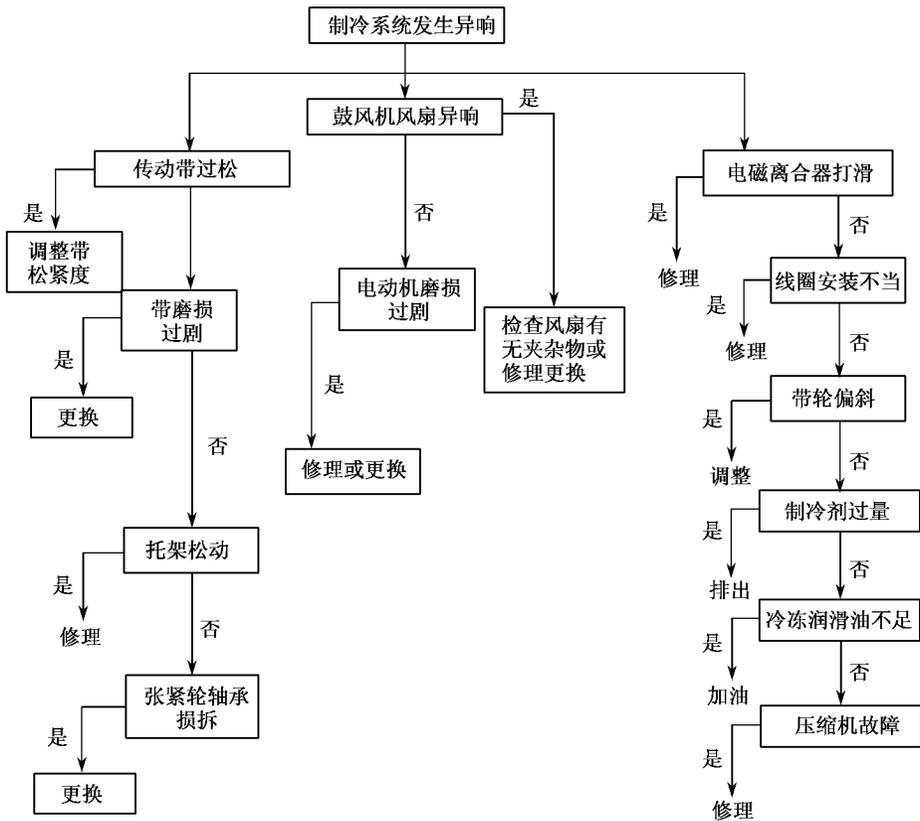


图 3-54 制冷系统异响诊断框图

表 3-7 制冷系统产生异常噪音的原因及排除方法

编号	原因	排除方法
1	导线接头松动引起离合器噪音声	紧固接头
2	离合器线圈或离合器故障	更换线圈或更换离合器
3	离合器轴承松动或烧坏	查明原因,更换轴承
4	传动带松弛	按要求拧紧
5	传动带破裂(双带传动)	成对更换传动带
6	压缩机安装螺钉松动或支架松动	拧紧压缩机安装螺钉和压缩机支架
7	压缩机带轮松动	查明原因,固紧
8	风机电动机损坏	更换电动机
9	压缩机带轮轴承损坏	更换轴承
10	制冷剂过多	放掉多余制冷剂

续表

编号	原因	排除方法
11	系统内冷冻机油过多	放掉多余机油或换油
12	系统内冷冻机油不足	查明泄漏并修理、加油
13	系统内湿气过量	检查排放系统,更换干燥器系统,抽真空,再充制冷剂
14	压缩机损坏	修理或更换

#### 4. 用歧管压力表诊断制冷系统的技术状况

利用压力表测量制冷系统高低压两侧的压力,根据所测压力值来判断故障的性质及其所在部位。

歧管压力表见图 3-55 所示,由高压表 2、低压表 1、高压手动阀 3、低压手动阀 7、接红色软管通高压侧管接头 4、接绿色软管用于抽真空和加注制冷剂的管接头 5、接蓝色软管通压缩机低压侧的管接头 6 所组成。

歧管压力表高低压阀开、闭组合成四种状态的功能如表 3-8 所示。

(1) 将压力表的高、低压管接头分别接至压缩机的高、低压阀上,在压缩机静止和运转两种状态下,根据压力表的读数分析制冷系统故障。

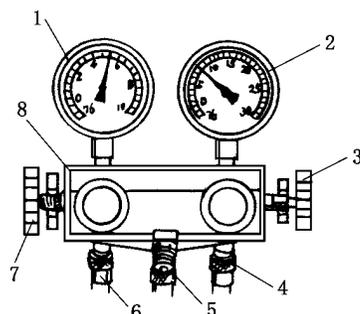


图 3-55 歧管压力表组

- 1—压力表 2—高压表 3—高压手动阀;  
4—接高压工作阀 5—接制冷剂罐或真空泵入口;  
6—接低压工作阀 7—低压手动阀 8—阀体

表 3-8 歧管压力表阀门组合功能

高、低压阀门位置	功用
高、低压阀门同时关闭	制冷系统故障诊断
低压阀门开、高压阀门关	制冷系统加注制冷剂
低压阀门关、高压阀门开	制冷系统漏与快速加液
高、低压阀门同时打开	制冷系统抽真空

压缩机处于静止状态时,长时间停机,即停机时间在 10 h 以上时,压缩机的高、低压应为同一数值,这个数值叫平衡压力,平衡压力的大小与环境温度有关,如图 3-56 所示。

① 平衡压力过高,一般是由于制冷剂量过多造成,只需放出一部分制冷剂,使平衡压力达到标准值即可。

② 平衡压力过低,一般是由于制冷剂不足引起的,只需充注一部分制冷剂,使平衡压力升到标准值即可。

③ 没有平衡压力,即高、低压表所显示的数值不相等。这说明系统内部有堵塞,应分别检查膨胀阀、储液筒及管路部分。

(2) 压缩机处于运转状态时 发动机转速控

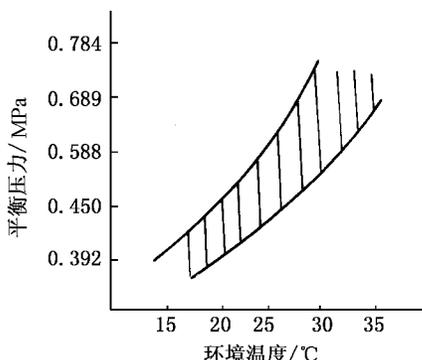


图 3-56 压缩机静止时平衡压力



制在 1 500 ~ 2 000 r/min ,启动空调使压缩机运转(但压缩机工作时间不能超过半分钟 ,否则会损坏压力表 ,严重时会造成事故) ,看压力表读数。

① 制冷循环正常时 ,压力计的读数低压侧压力值约为 0.147 ~ 0.196 MPa ,高压侧压力值约为 1.422 ~ 1.471 MPa。

② 压缩机排出口与吸入口高、低压数值异常 ,其故障原因与排除方法见表 3 - 9。

表 3 - 9 压缩机排出口与吸入口高、低压数值异常故障原因与排除方法

高压 /MPa	低压 /MPa	故 障	原 因	诊断与排除
0.784 ~ 0.882	0.078	制冷剂不足 ,视液镜中可见气泡流过 ,风口吹出冷气不够凉	系统出现泄漏处 ,造成系统内制冷剂不足	用检漏仪测漏及修复 ,然后加注适量制冷剂
1.961	0.245	制冷剂过多或冷凝器散热不良	维修保养时加注了过量制冷剂 ;冷凝器散热片被杂物尘土等阻塞或冷凝风扇出现故障会造成冷凝器散热不良	检查并清洗冷凝器 ,检查冷凝风扇工作是否正常 ;过多的制冷剂可从歧管压力表低压侧软管处缓慢排放至要求量
0.784 ~ 0.882	0.078	制冷量不足 ,从干燥过滤器附近可看到结霜现象	干燥过滤器内有堵塞造成制冷剂受阻 ,流动不良	更换干燥过滤器
1.864 ~ 1.961	0.245	制冷不足 ,在低压侧的管道处出现结霜或有大量露珠形成	膨胀阀调节不良或感温包安装不良使阀的开度过大 ,造成制冷剂流量调节不当	检查感温包安装状况 ,如正常则测试膨胀阀的调节功能。必要时更换膨胀阀
0.686 ~ 1.471	- 67(负压) ~ 0.147	空调系统中含有水分 ,周期性制冷与不制冷交替出现	水分渗入制冷循环系统内在膨胀阀孔处遇到低温而凝结成冰 ,堵塞了循环系统中制冷剂的流动 ,当冰融化后 ,制冷剂恢复流动 ,压力又显示正常	放净制冷剂 ,充分抽真空 ,以排除湿气 ,重新加注制冷剂
2.255	0.245	空调系统中混入空气 ,制冷不足	空气渗入到制冷循环系统	放净制冷剂 ,彻底抽真空后 ,重新加注制冷剂
0.588	- 101(负压)	制冷剂不流动 ,不制冷	系统内有水分或污物 ,堵塞了膨胀阀座孔、管道或干燥过滤器滤网等 ,也可能是感温包损坏泄漏使膨胀阀失控而关闭阀座孔	停用制冷装置 20 min ,再启动。若启动初期工作正常则为冰堵 ,按系统中会有水分处理 ;若启动后表压不变 ,则为污物堵塞 ,应清洗管道或膨胀阀 ,必要时更换膨胀阀 ,如感温包泄漏应更换膨胀阀
0.686 ~ 0.980	0.392 ~ 0.588	压缩机工作不正常 ,不制冷	压缩机内部发生泄漏 ,使高、低压串气	更换故障件

## 第四章 安全气囊 (SRS)

为了减小汽车发生正面碰撞时由于巨大的惯性力所造成的对驾驶员和乘员的伤害,现代汽车在驾驶员前端转向盘中央普遍装有安全气囊,有些汽车在驾驶员副座前的工具箱上端也装有安全气囊。当汽车发生正面碰撞事故时,安全气囊控制系统检测到冲击力(减速度)超过设定值时,安全气囊 ECU 立即接通充气元件中的电爆管电路,点燃电爆管内的点火介质,火焰引燃点火药粉和气体发生剂,产生大量气体,在 0.03 s 的时间内即将气囊充气使气囊急剧膨胀,冲破转向盘,缓冲对驾驶员和乘员的冲击,随后又将气囊中的气体放出。实验和实践证明,汽车装用安全气囊后,汽车发生正面碰撞事故对驾驶员和乘员的伤害程度大大减小。有些汽车不仅装有前端安全气囊,还装有侧向安全气囊,在汽车发生侧向碰撞时,也能使侧向安全气囊充气,以减小侧向碰撞时的伤害。

### 第一节 安全气囊系统的组成与工作原理

安全气囊系统主要由碰撞传感器、安全气囊 ECU 和充气元件与气囊三部分组成。

#### 一、碰撞传感器

碰撞传感器是安全气囊系统中主要的控制信号输入装置。其作用是在汽车发生碰撞时,由碰撞传感器检测汽车碰撞的强度信号,并将信号输入 ECU,ECU 根据碰撞传感器的信号来判断是否引爆充气元件使气囊充气。

安全气囊系统一般装有 2~4 个碰撞传感器,前左、右挡泥板各装一个,有的前面保险杠中间还装有一个,有的车内还装有一个。

碰撞传感器现大多数采用惯性式机械开关结构。图 4-1 为丰田车系所采用的惯性开关式碰撞传感器的外形,其内部结构及电路如图 4-2 所示。

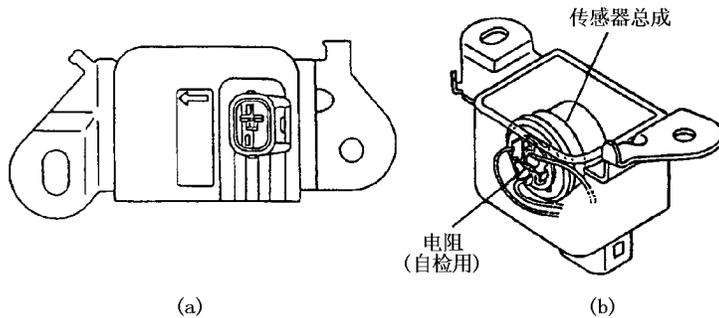


图 4-1 碰撞传感器外形

(a) 安装时箭头向前;(b) 传感器内部



传感器由壳体、偏心转子、偏心重块、固定触点、旋转触点等部分组成,如图 4-2(a)所示。在传感器外还固定有一个电阻  $R$ ,如图 4-2(b)。电阻  $R$  的功用是对系统进行自检时,检测 ECU 与前气囊碰撞传感器之间的连接导线是否断路或短路。

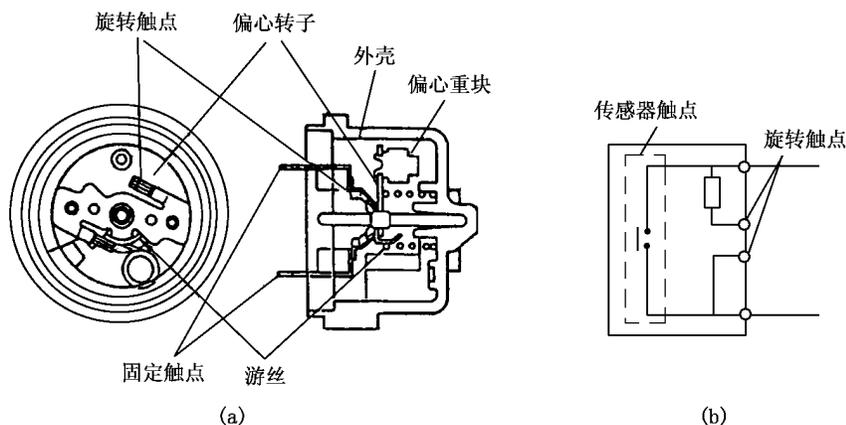


图 4-2 碰撞传感器的结构  
(a) 内部结构; (b) 内部电路

传感器的工作原理如图 4-3 所示。在正常情况下,偏心转子和偏心重块在螺旋弹簧弹力的作用下,顶靠在与外壳相连的止动块上。此时,旋转触点与固定触点不接触,开关“OFF”,如图 4-3(a)所示。当汽车发生碰撞时,偏心重块由于惯性力将带动偏心转子克服弹簧弹力产生偏转。当碰撞强度达到设定值时,偏心转子偏转角度将使旋转触点与固定触点接触而闭合,此时碰撞传感器向 ECU 输入一个“ON”信号。ECU 只有收到碰撞传感器输入的“ON”信号时,才会去引爆充气元件。

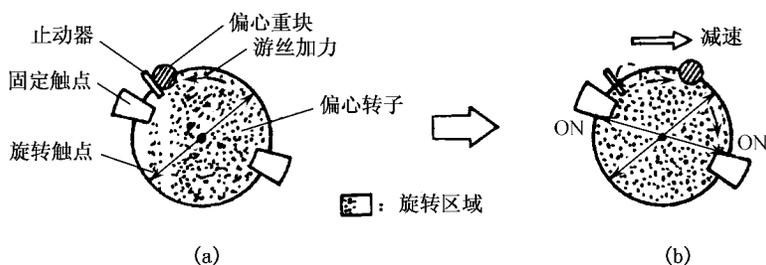


图 4-3 碰撞传感器工作原理  
(a) 静止状态; (b) 工作状态

在有些汽车中还装有侧向安全气囊,当汽车发生侧向碰撞时,安全气囊也会充气。因此装有侧向安全气囊的系统,在汽车的左右侧还装有碰撞传感器。

## 二、安全气囊 ECU

安全气囊 ECU 是安全气囊系统的控制中心,其功用是接收碰撞传感器及其他各传感器输入的信号,判断是否点火引爆气囊充气,并对系统故障进行自诊断。

安全气囊 ECU 由稳压电路、备用电源电路、SRS 检测电路、点火控制引爆电路、触发传感

器、故障自诊断电路等部分组成。

图 4-4 为丰田车系安全气囊 ECU 及系统电路图。

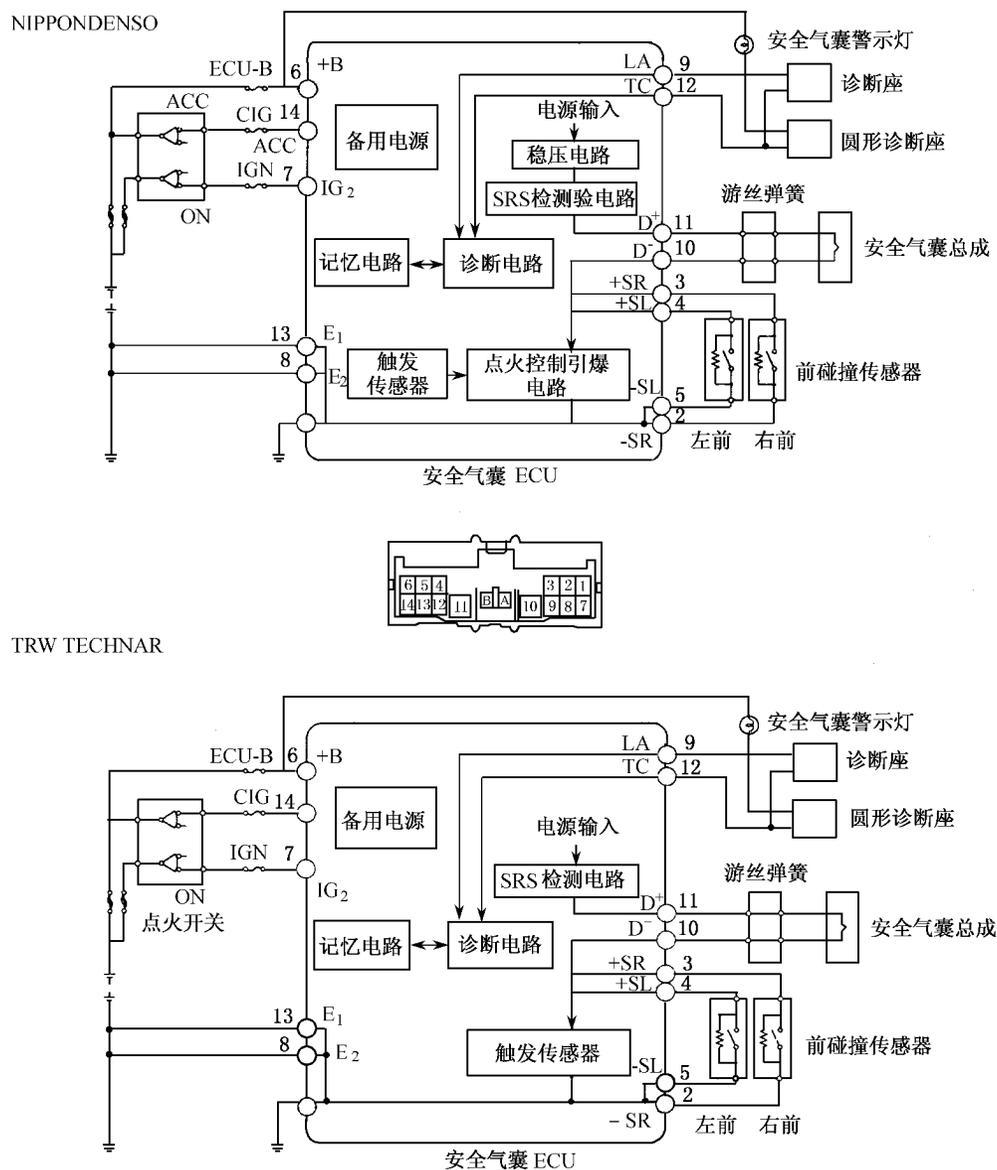


图 4-4 丰田车系安全气囊系统电路图及 ECU 组成

为了保证安全气囊系统工作的可靠性,防止误引爆,气囊引爆必须满足图 4-5 所示的条件。即只有当 SRS 检测电路、触发传感器和碰撞传感器同时接通时,气囊才能被引爆充气。

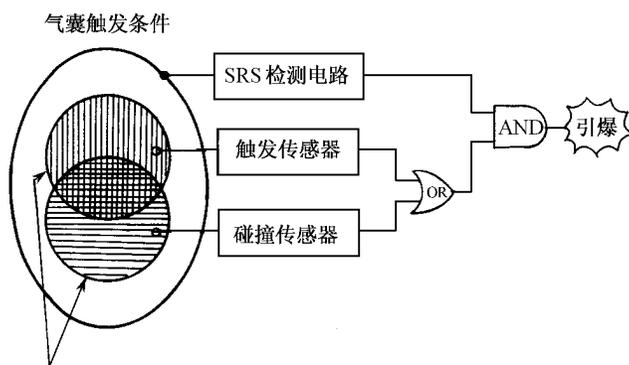


图 4-5 气囊引爆条件

### 三、充气元件与气囊

充气元件与气囊均安装在转向盘内或工具箱上端,不可分解,如图 4-6 所示。

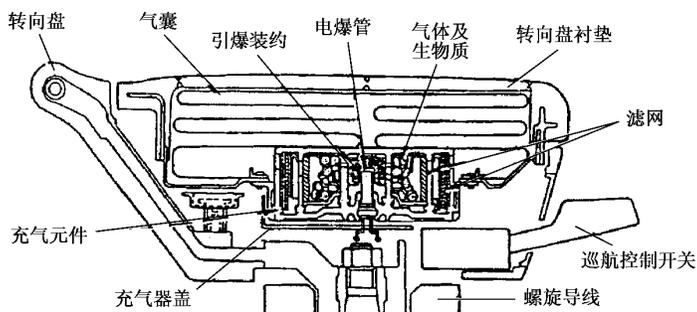


图 4-6 充气元件与气囊

充气元件由电爆管、点火药粉及气体发生剂组成。充气元件的功用是给气囊充气。气囊由尼龙布制成,内表面敷有树脂。

车辆发生碰撞时,碰撞冲击力使碰撞传感器和触发传感器接通,ECU 接通引爆电路,使电流流过电爆管,其发热将电爆管内的点火介质引燃,火焰随即扩散到点火药粉和气体发生剂,产生大量气体。气体经滤网冷却后进入气囊内,气囊急剧膨胀,冲破转向盘,缓冲对驾驶员和乘员的冲击。

充气元件与气囊安装在转向盘上,与转向盘一起转动,电爆管与 ECU 之间的导线连接是靠螺旋导线(游丝)来连接的。螺旋导线如图 4-7 所示。

螺旋导线由转子、壳体、导线和解除凸轮组成。转子与解除凸轮之间有连接凸缘与凹槽,转动方向盘时,两者互相接触,形成一个整体一起旋转。导线的长度约 5 m 左右,螺旋状缠绕在壳体内,因此,当转子由中间位置向正反两个方向各转 2.5 圈时,也不会影响导线的连接。

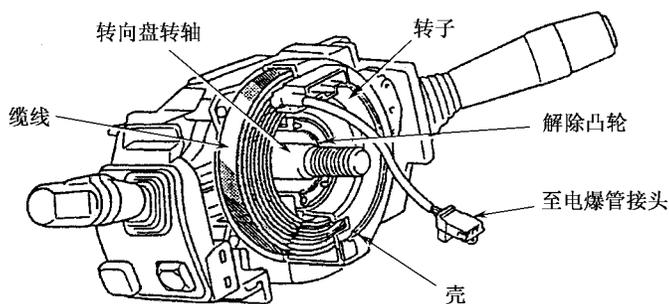


图 4-7 螺旋导线

#### 四、安全气囊系统控制电路

##### 1. 丰田车系安全气囊系统控制电路

丰田车系安全气囊系统电路如图 4-4 所示。

丰田车系安全气囊系统元件位置布置如图 4-8。

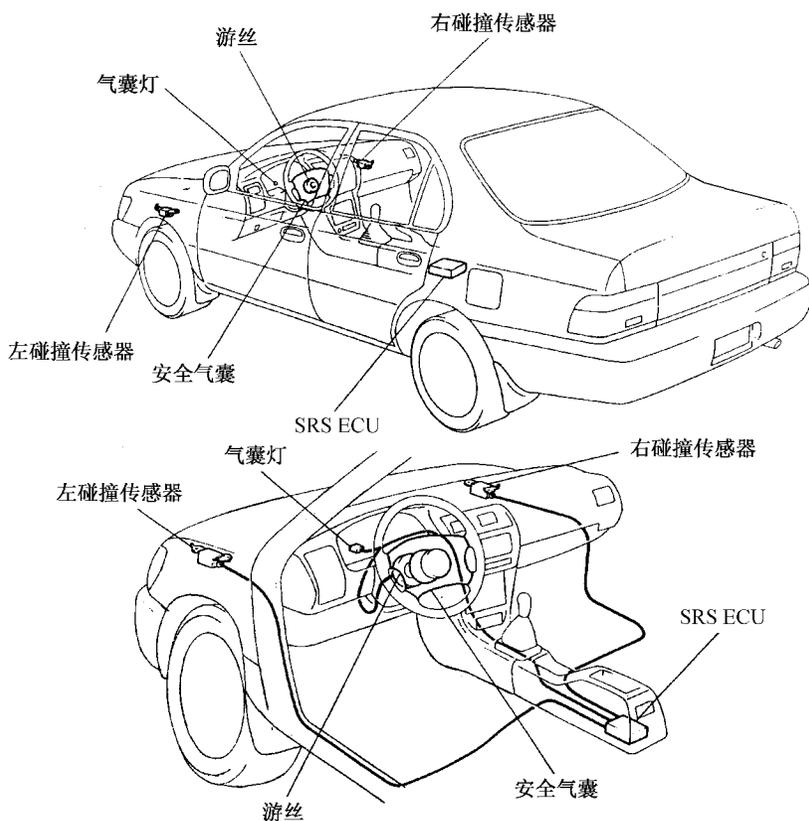


图 4-8 丰田车系 SRS 系统元件位置

##### 2. 日产车系安全气囊系统电路

日产车系安全气囊系统采用三个前碰撞传感器,有的车型也只采用一个碰撞传感器,触发传感器装在 ECU 外面。另外,系统控制信号增加了车门开关信号,即只有在车门关闭状态时,才有可能引爆气囊。系统电路如图 4-9 所示,系统元件布置如图 4-10 所示。

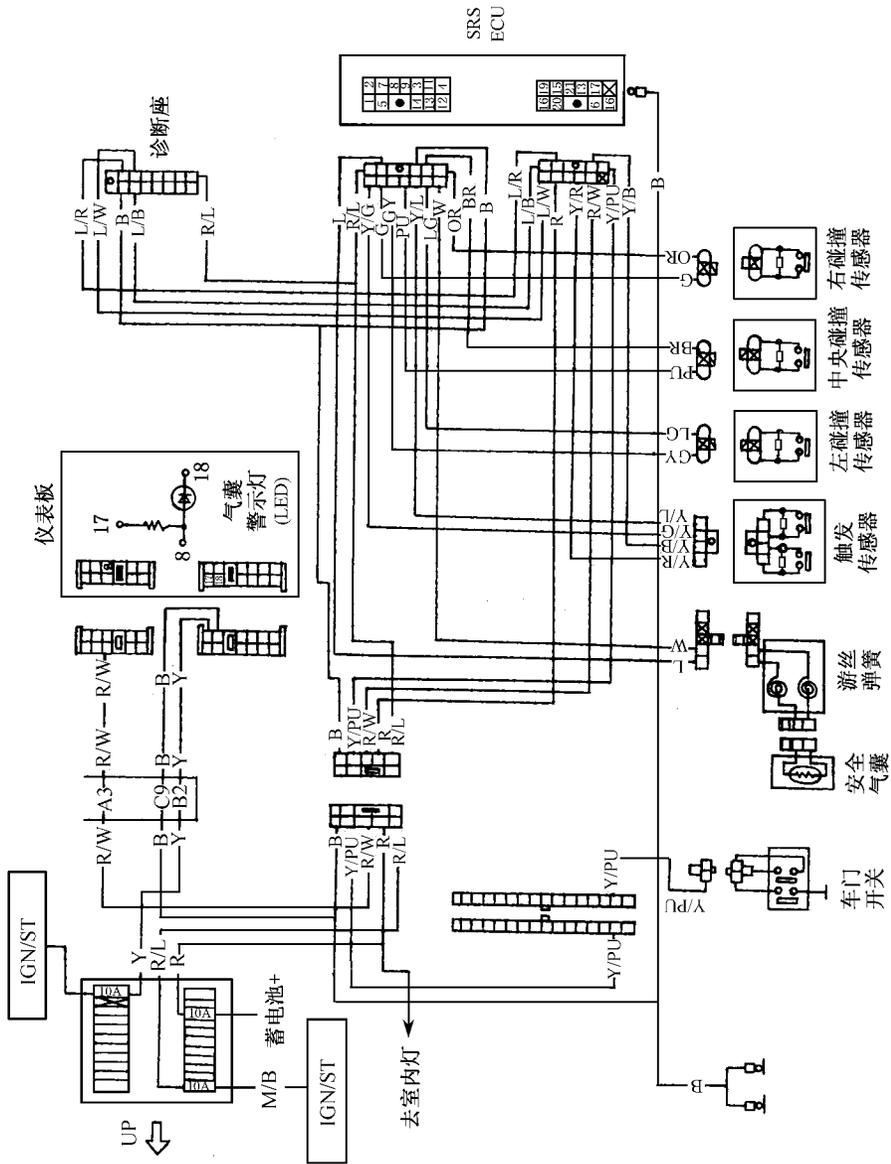


图 4-9 日产车安全气囊系统电路图

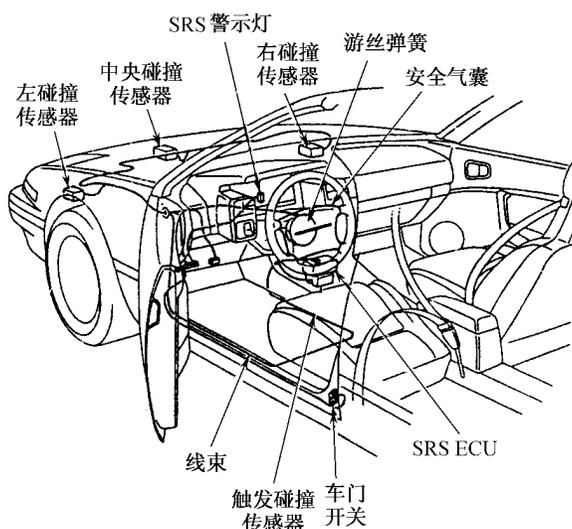


图 4-10 日产车系安全气囊系统元件布置图

### 3. 马自达车系安全气囊系统电路

马自达车系安全气囊系统采用三个碰撞传感器装于车前面的左、中、右,另在车内装有一个触发传感器,电路如图 4-11 所示。

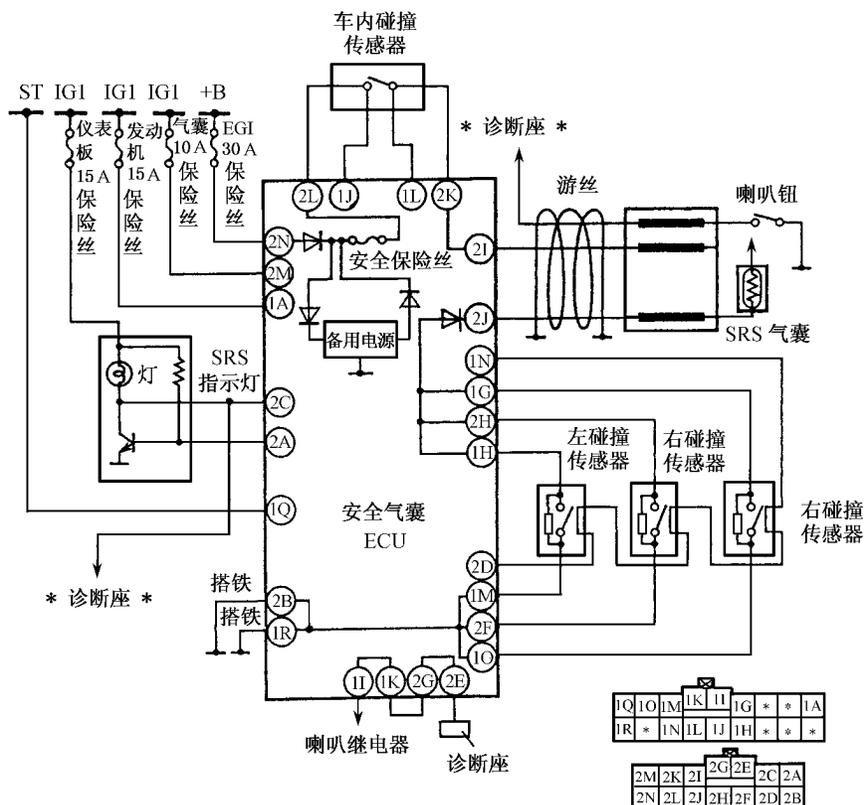


图 4-11 马自达车系安全气囊系统电路原理图



### 4. 本田车系安全气囊系统电路

本田车系安全气囊系统的特点是 :① 两个碰撞传感器分别装于驾驶室内前下部的左右两边 ,触发传感器装于 ECU 内部 ;② 其诊断系统只能进行故障警示 ,但无故障码显示 ,诊断时 ,只能通过 (SRS)ECU 左侧配置的 16 针测试座测量电压进行诊断。

本田车系安全气囊系统有两种类型 :① NEC——用于 CIVIC 车型 ;② DE——用于 ACCORD 车型。两种系统电路如图 4-12 和 4-13 所示 ,系统元件布置如图 4-14 所示。

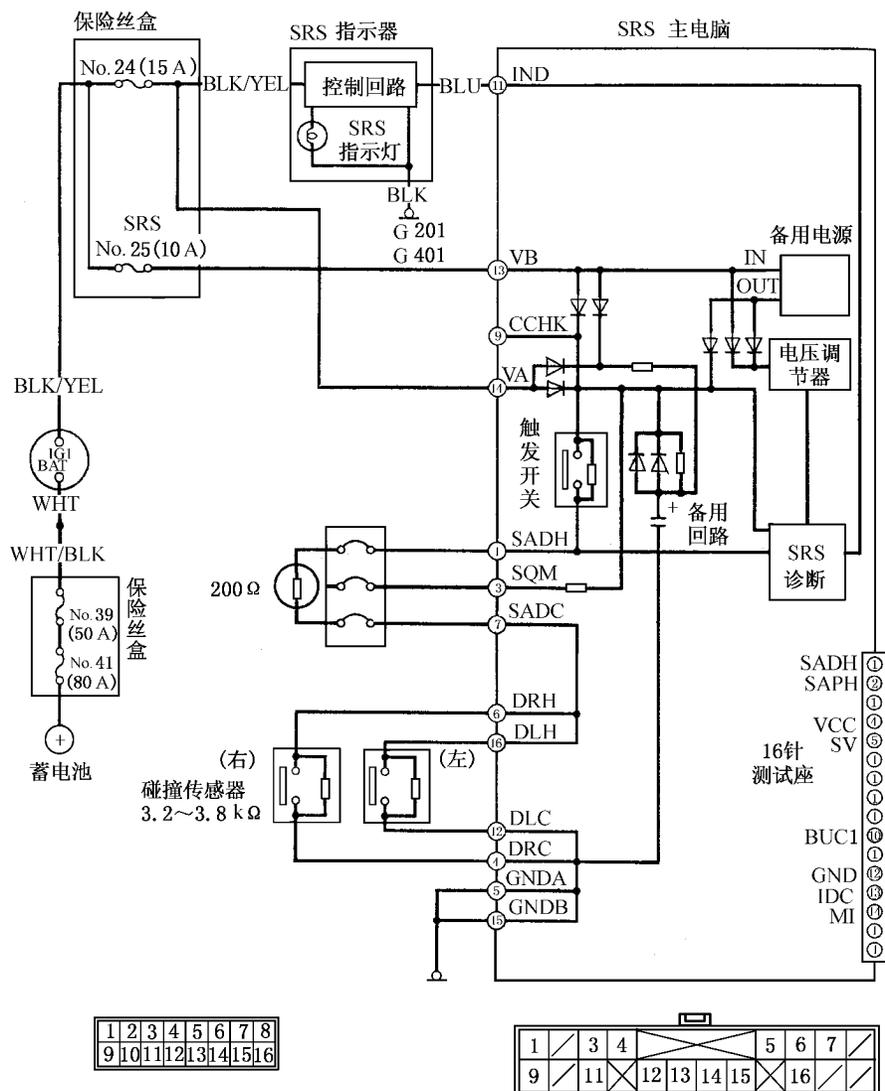


图 4-12 NEC 型系统电路

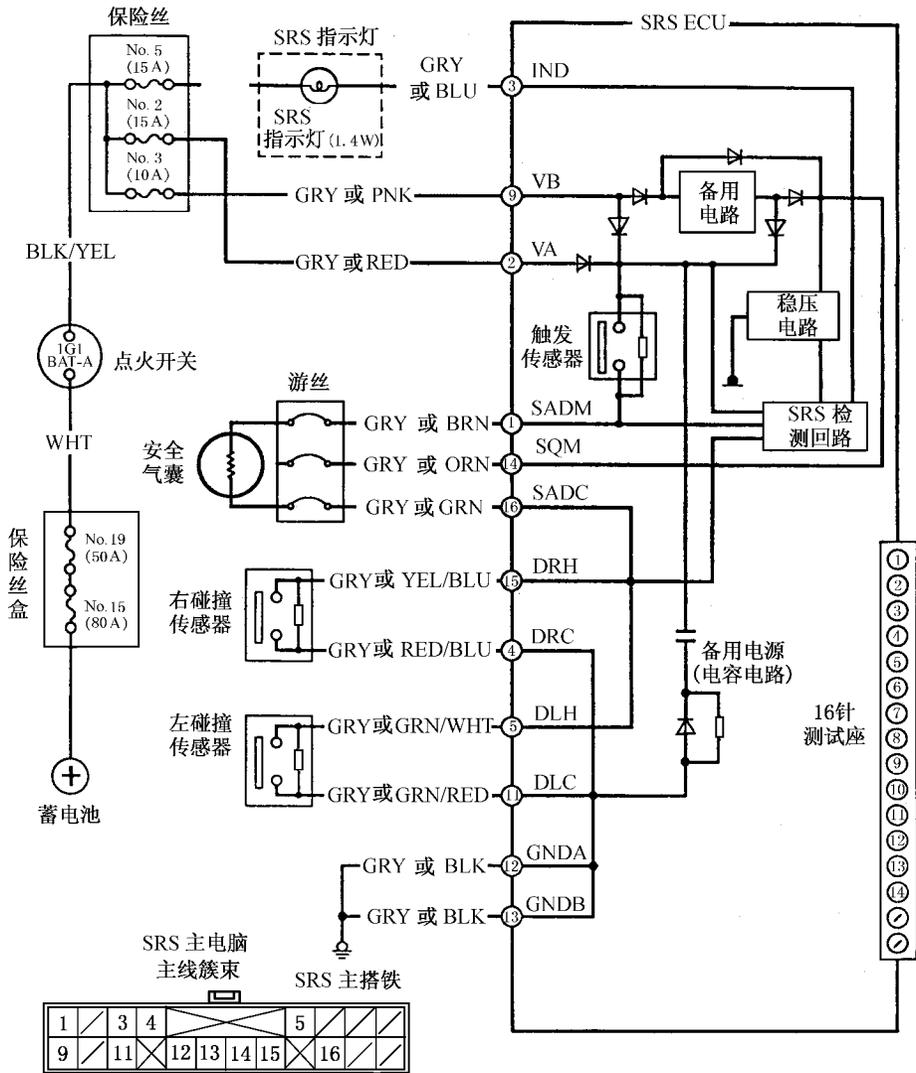


图 4-13 DE 型系统电路

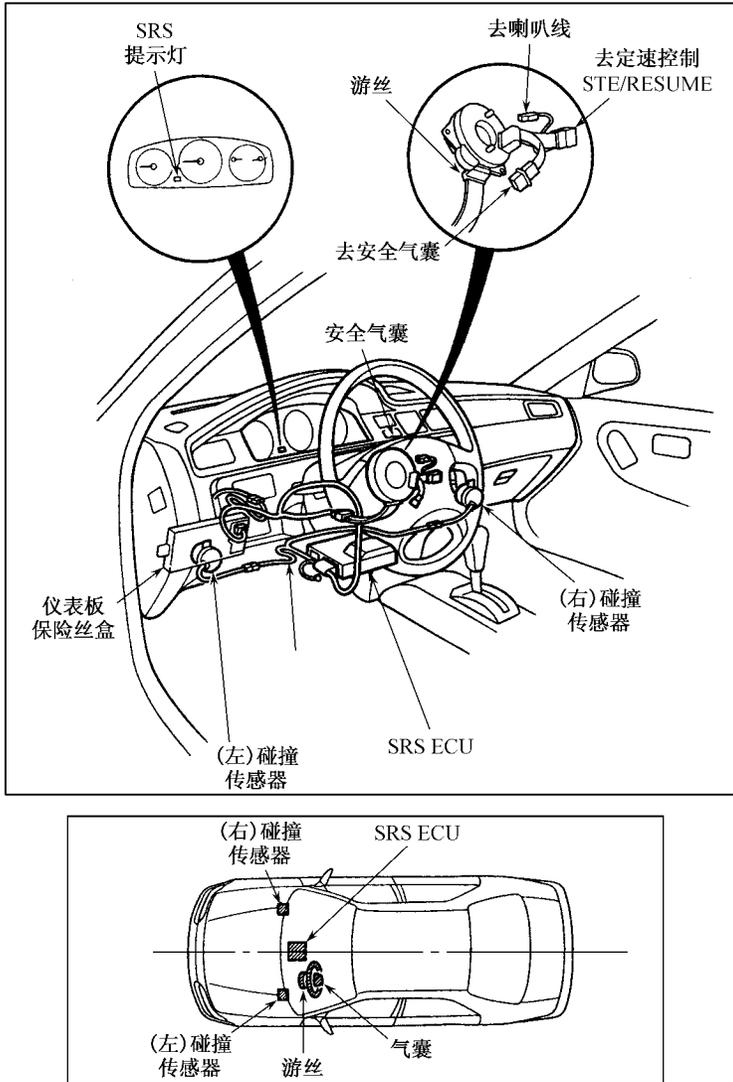
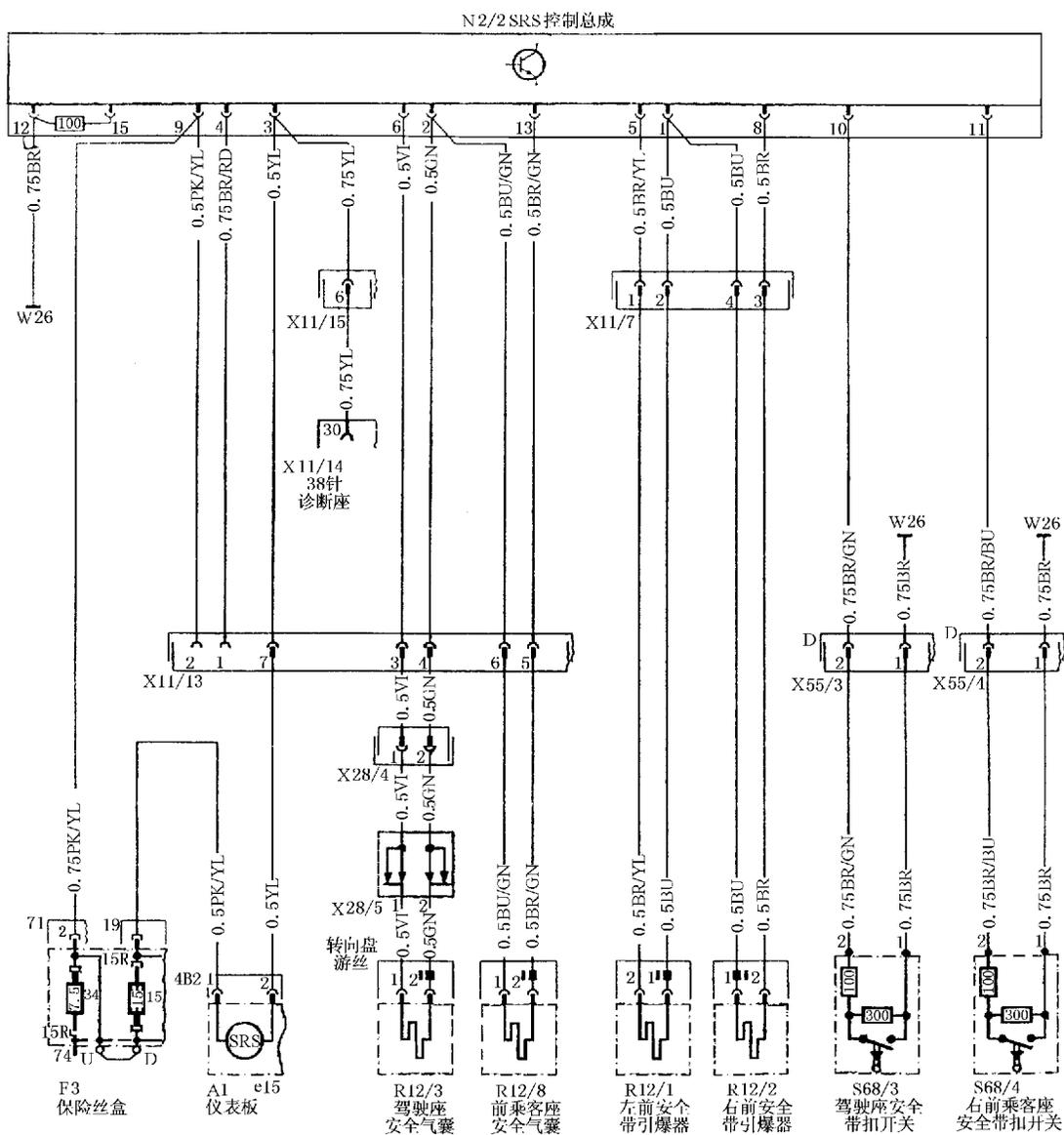


图 4-14 本田车系系统元件布置图



### 5. 奔驰车系安全气囊系统

奔驰车系安全气囊系统与其他车系安全气囊系统的最大区别是气囊的引爆控制信号不是装在车前面的碰撞传感器,而是驾驶座及右前乘客座安全带扣开关,这两个安全带开关的功用就相当于前碰撞传感器的功用。碰撞时只有在驾驶员和右前乘员系好安全带的情况下,当安全带收紧并在带的拉力达到规定值时,安全带扣开关触点才闭合,气囊才可能被引爆充气,驾驶员和右前乘客不系好安全带时,气囊不可能被引爆。其系统电路如图 4-15 所示,系统元件布置如图 4-16 所示。

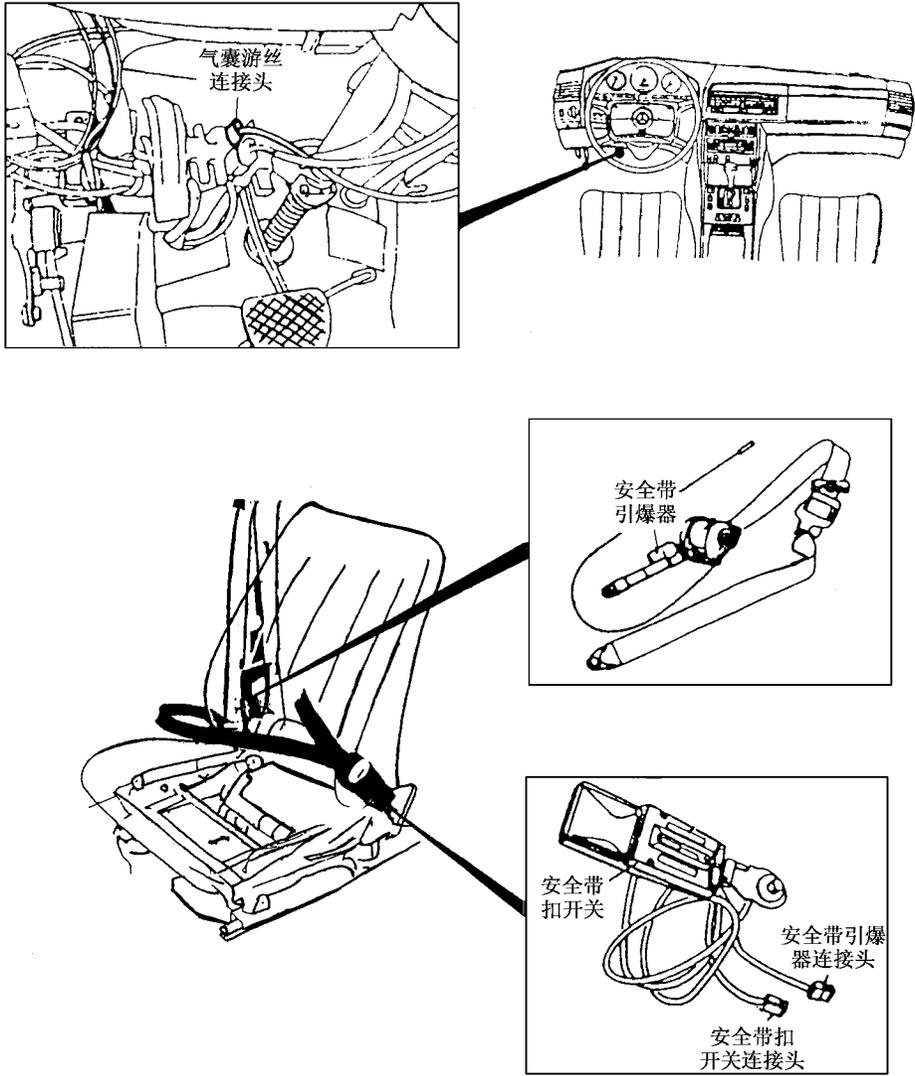


图 4- 16(a) 奔驰车系系统元件布置图

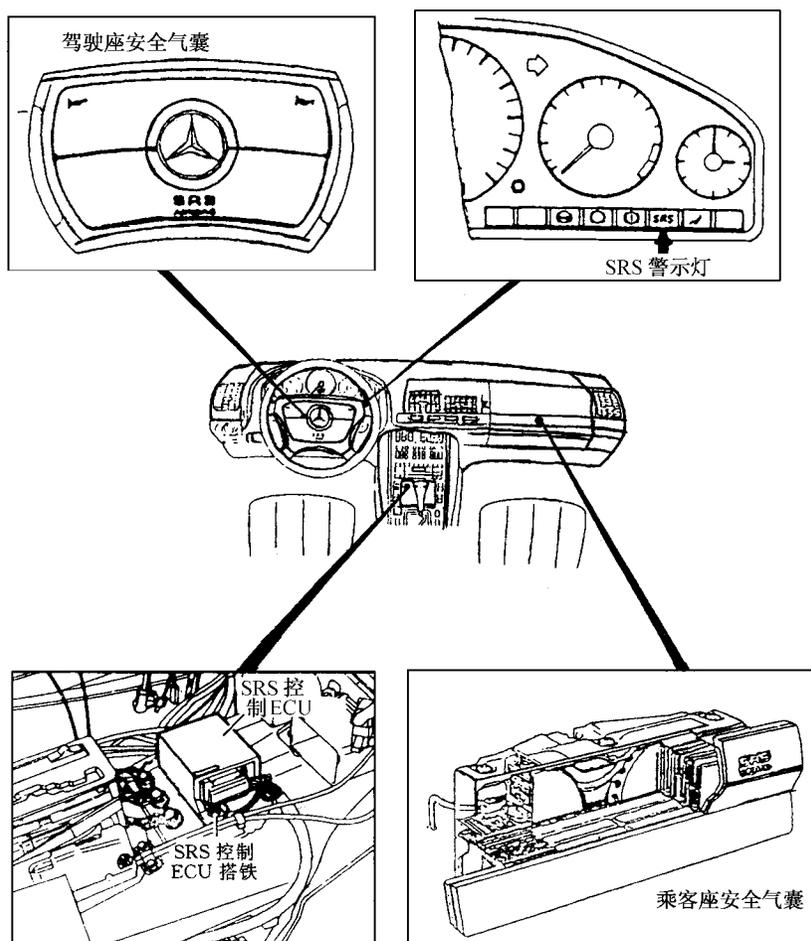


图 4-16(b) 奔驰车系系统元件布置图

## 6. 通用车系安全气囊系统(SIR)

通用车系安全气囊系统电路如图 4-17 所示。该系统采用两个前碰撞传感器和一个车内双联触发传感器,在驾驶员座及右前乘员座前各有一个气囊,仪表盘上有两个 SIR 指示灯。

通过以上几种车系安全气囊系统电路的介绍,可以看出,安全气囊系统控制电路有以下几个特点:

(1) 气囊引爆必须至少同时满足两个以上的条件,即前碰撞传感器触点和车内触发传感器触点必须同时接通,ECU 内的检测电路也必须同时接通。

(2) 车内触发传感器和碰撞传感器触点两端都并联有电阻。车内触发传感器一般控制电爆管的电源侧电路,碰撞传感器控制电爆管的搭铁侧电路。即使在非引爆的条件下,电爆管的两端也有电压,但由于触发传感器和碰撞传感器的触点处于打开状态,与触点并联的电阻串入电爆电路。因此电爆管两端虽有电压,但流过的电流是极小的,电爆管是不会被引爆的。所以在检修和更换气囊时,不能只单看电爆管两端有无电压来决定电路是否正常。为防止更换和检修时产生误引爆,在接通气囊上的接线头前,先用一个小仪表灯泡两端跨接到接头两端。如果灯泡亮,说明电路处于引爆状态,千万不要将气囊插头接上,否则将引爆气囊;若灯泡不亮,表示电路正常,再将气囊插头接上,不会误引爆气囊。

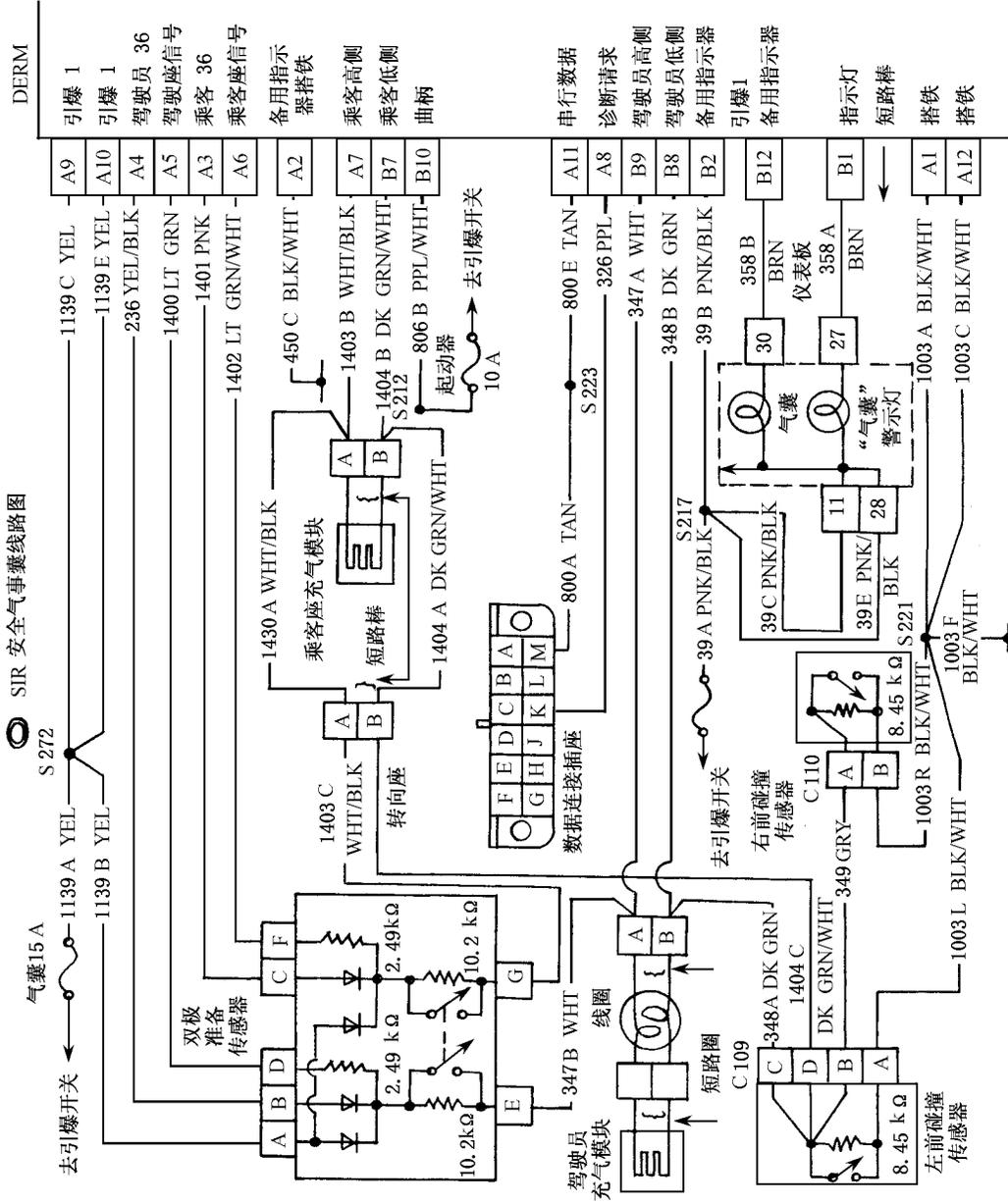


图 4-17 凯迪拉克 (FLEETWOOD) 安全气囊 (SIR) 系统电路

## 第二节 安全气囊系统的故障诊断

一般安全气囊系统均有故障自诊断功能,系统一旦出现故障,可通过诊断系统进行故障诊断。现将主要车型故障诊断方法介绍如下:

### 一、丰田车系安全气囊系统故障诊断

丰田车系安全气囊系统在仪表盘上均设有指示灯,如图 4-18 所示,当安全气囊系统出现故障时,自诊断系统将故障码存储在安全气囊 ECU 中,可按下面的程序调取,由安全气囊指示灯闪烁显示。

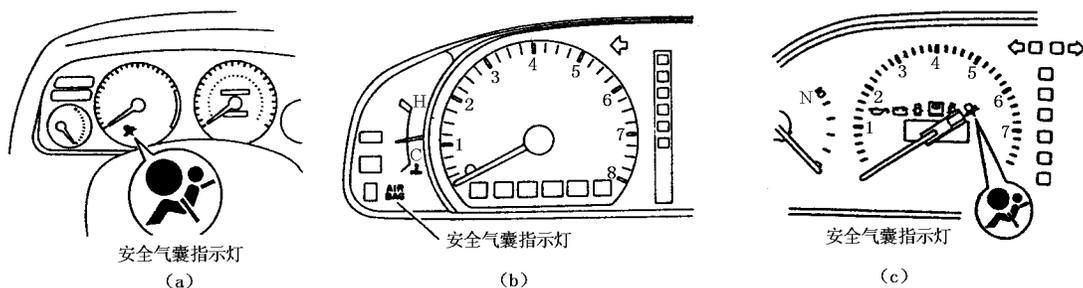


图 4-18 丰田车系安全气囊指示灯

#### 1. 故障码的调取

安全气囊系统故障码的调取也是通过在诊断座上采取跨线的方法来进行的,具体方法步骤如下:

(1) 将点火开关拧到 ACC 或 ON 位置,等待 20 s 以上。

(2) 将诊断座上的  $T_C$  端子与  $E_1$  端子用导线跨接,如图 4-19 所示。此时安全气囊指示灯将会闪烁故障码。故障码波形如图 4-20 所示,故障码内容如表 4-1 所示。

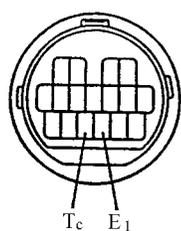


图 4-19 跨接诊断座上  
 $T_C$  与  $E_1$  端子

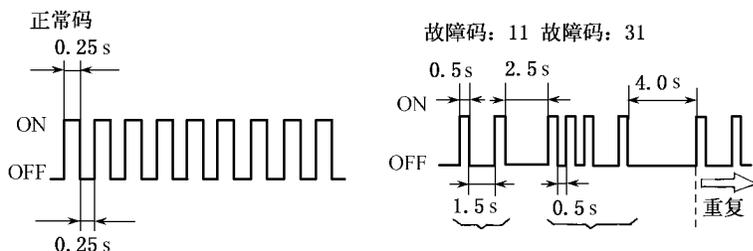


图 4-20 故障码波形



表 4-1 故障码内容

故障码	故障内容	检查部位
连续闪烁	① 系统正常 ;② 电压不足 ;③ SRS ECU 故障	① 检查电源电压 ;② 检查更换 SRS ECU
11	① 安全气囊线路搭铁 ; ② 碰撞传感器故障	① 检查安全气囊线路 ; ② 检查碰撞传感器
12	① 安全气囊线路与电源短路 ② 碰撞传感器线路断路	① 检查安全气囊与电源间电路 ② 检查碰撞传感器及线路
13	安全气囊的 D <sub>+</sub> 与 D <sub>-</sub> 两条导线相互短路	检查安全气囊 D <sub>+</sub> 和 D <sub>-</sub> 线路
14	安全气囊线路断路	检查安全气囊线路
15	碰撞传感器断路	检查碰撞传感器及线路
22	安全气囊指示灯线路故障	检查指示灯线路及指示灯
31	SRS ECU 故障	检查更换 SRS ECU
41	SRS ECU 曾存储有故障	按 41 号故障码清除方法清除

## 2. 故障码的清除

(1) 安全气囊系统第 11 ~ 22 号故障码只需将蓄电池搭铁线拆下 10 s 以上即可清除。

(2) 41 号故障码的清除方法。

① 将点火开关拧至 ACC 或 ON 挡。

② 如图 4-21 所示,先将 T<sub>C</sub> 端子搭铁 1 s 后取开,并在 0.5 s 内将 AB 端子搭铁 1 s。

③ 在 AB 端子尚未取开前,将 T<sub>C</sub> 端子再次搭铁后再移开 AB 端子待 1 s。

④ 移开 T<sub>C</sub> 端子搭铁后再将 AB 端子搭铁 1 s。

⑤ AB 搭铁未移开前再将 T<sub>C</sub> 搭铁,然后将 AB 搭铁移开,并保持 T<sub>C</sub> 搭铁,直到 SRS 指示灯一直连续闪烁,即表示故障码 41 已清除。

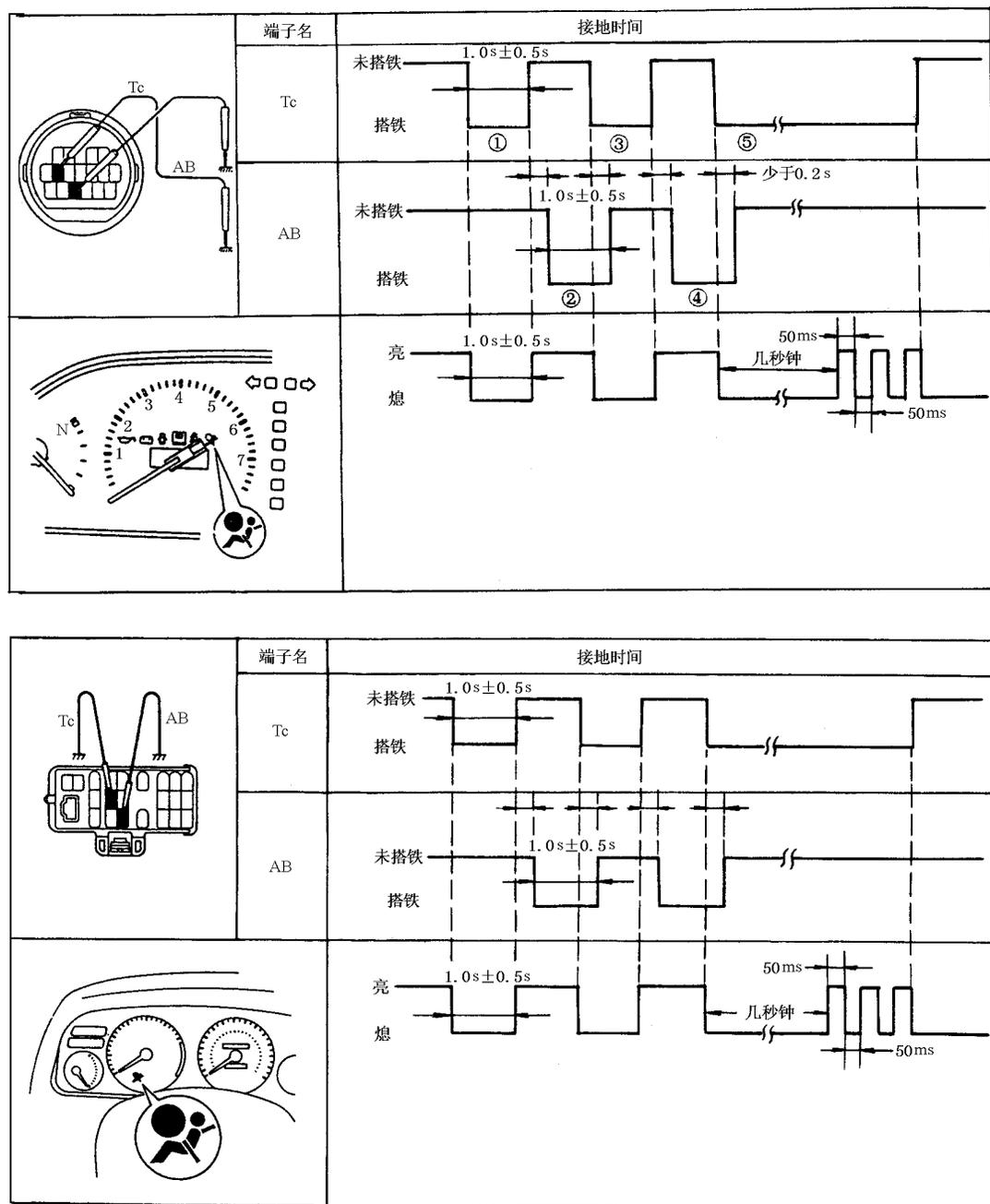


图 4-21 41 号故障码的清除



## 二、日产车系安全气囊系统故障诊断

日产车系安全气囊系统故障自诊断系统有三种模式:① 使用者模式;② 目前故障码模式;③ 记忆故障码模式。

### 1. 故障码的调取方法步骤

(1) 打开驾驶员侧车门,在 7 s 内将车门灯开关连续开关 5 次以上,然后再将点火开关打开(ON),系统即进入“目前故障码模式”诊断状态,由仪表盘上的 SRS 灯读取故障码。

(2) 再将车门灯开关“开关”一次,并保持点火开关在 ON 状态 7 s 以上,系统即进入“记忆故障码读取模式”,读取记忆的故障码。

(3) 将点火开关再“关闭”一次,即回到模式(2)。

(4) 再将点火开关再“关闭”一次,即回到模式(1)。

### 2. 故障码的清除

只要将蓄电池搭铁线拆下 10 s 后再装回,故障码即被清除。

故障码内容如表 4-2 所示。

表 4-2 故障码内容表

故障码	故障内容	检查部位
0	SRS 灯不闪,系统正常	
1	触发传感器故障	检查触发传感器及线路
2	安全气囊故障	检查安全气囊及线路
3	触发传感器故障	检查触发传感器及线路
4	左碰撞传感器故障	检查左碰撞传感器及线路
5	右碰撞传感器故障	检查右碰撞传感器及线路
6	中央碰撞传感器故障	检查中央碰撞传感器及线路
7	SRS ECU 故障	检查或更换 SRS ECU
8	同时有两个以上故障码	进一步检查有关部位

## 三、马自达车系安全气囊系统故障诊断

在马自达车系仪表盘上有一个 AIR - BAG 指示灯,即安全气囊系统指示灯,如图 4-22 所示。当系统正常时,打开点火开关后,AIR - BAG 指示灯会闪烁 4~8 s 后熄灭。系统若有故障,则会一直亮着或闪烁故障码。故障码内容如表 4-3 所示。

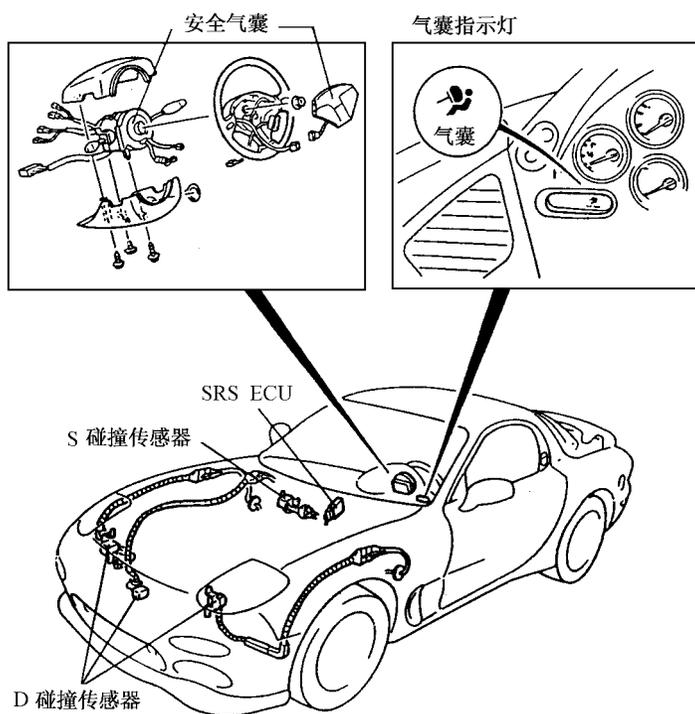


图 4-22 马自达车系安全气囊指示灯

表 4-3 故障码内容

故障码	故障内容	检查部位
灯一直亮	SRS ECU 故障或线路故障	检查 SRS ECU 及线路
3	SRS 电源或线路接触不良	检查 SRS 电源及线路
4	触发传感器故障	检查触发传感器及线路
5	碰撞传感器故障	检查前碰撞传感器及线路
6	安全气囊线路故障	检查安全气囊及其线路
9	SRS ECU 与前碰撞传感器间线路故障	检查 SRS ECU 与前碰撞传感器间线路
1 或 10	SRS ECU 故障或备用保险丝断路	检查 SRS ECU 及备用保险丝
灯不亮	AIR - BAG 指示灯泡损坏或线路接触不良	检查 AIR - BAG 指示灯泡及线路

#### 四、本田车系安全气囊系统故障诊断

本田车系仪表盘上有一个 SRS 指示灯。当安全气囊系统工作正常时,打开点火开关,SRS 指示会点亮 6 s 后自动熄灭。如果打开点火开后 SRS 指示灯不亮或不熄灭,则表示 SRS 系统有故障,但该系统不能存储故障码,故不能调取故障码进行诊断。但在 SRS ECU 左侧配有一个 16 孔测试座,如图 4-23 所示,可通过测试测试座上有关端子的电压进行故障诊断。测试诊断表如表 4-4、表 4-5 所示。

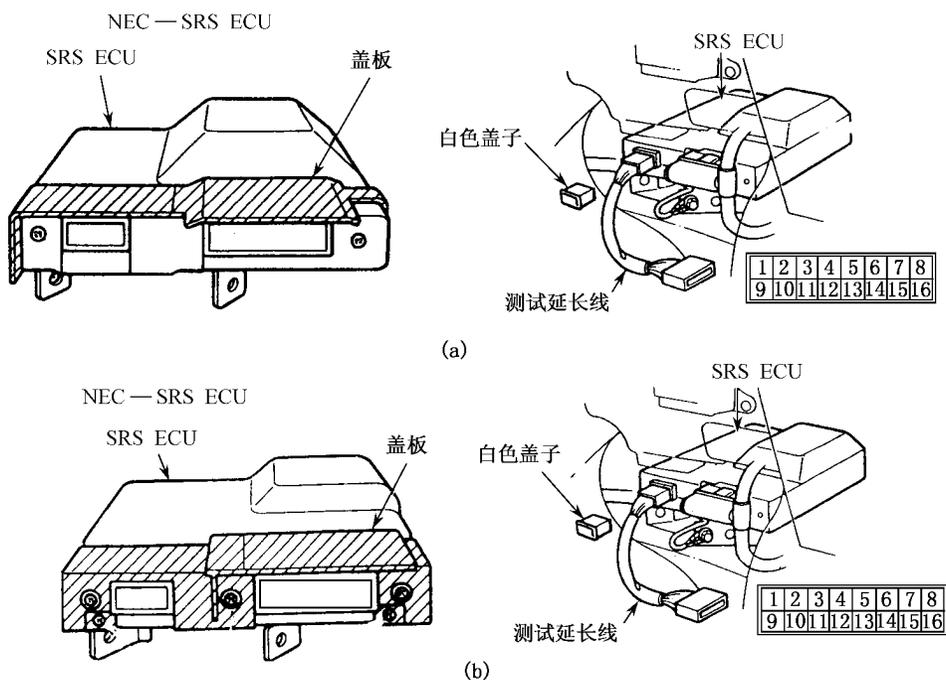


图 4-23 SRS ECU 测试座

表 4-4 NEC 系统测试表

测试端子	1 SADH	4 Vcc	5 SV	10 BUCL	12 GND	13 IDC	14 MI	可能故障
标准值 /V	3.5~ 5.2	4.5~ 5.5	12~ 14	10.5~ 14.5	0	8.5~ 13	7.5~ 11	系统正常
实测值 /V	0	4.5~ 5.5	12~ 14	10.5~ 14.5	0	2.0~ 8.5	7.5~ 11	触发传感器断路或碰撞传感器短路
	7.5~ 11	4.5~ 5.5	12~ 14	10.5~ 14.5	0	2.0~ 8.5	7.5~ 11	触发传感器短路或碰撞传感器均断路
	5.3~ 7.2	4.5~ 5.5	12~ 14	10.5~ 14.5	0	2.0~ 8.5	7.5~ 11	碰撞传感器断路
	7.5~ 11	4.5~ 5.5	12~ 14	10.5~ 14.5	0	2.0~ 8.5	7.5~ 11	安全气囊断线或游丝断线
	3.5~ 5.2	0	0	8.5~ 14.5	0	2.0~ 8.5	6~ 11	SRS ECU 13号端子没有电源输入
3.5~ 7.2	4.5~ 5.5	12~ 14	10.5~ 14.5	0	0(8.5~ 13)	7.5~ 11	SRS 指示灯线路断路或短路	

表 4-5 DE 系统测试表

测试端子	1 SADH	4 Vcc	5 SV	10 BUC1	12 GND	13 IDC	14 MI	可能故障
标准值 /V	5.1~ 7.0	4.5~ 5.5	12~14	10.5~ 14.5	0	8.5~ 13	10.5~ 14.5	系统正常
实测值 /V	0	4.5~ 5.5	12~ 14	10.5~ 14.5	0	2.0~ 8.5	10.5~ 14.5	触发传感器断路或碰撞传感器短路
	10.5~ 14.5	4.5~ 5.5	12~ 14	10.5~ 14.5	0	2.0~ 8.5	10.5~ 14.5	触发传感器短路或碰撞传感器均断路
	7.1~ 9.5	4.5~ 5.5	12~ 14	10.5~ 14.5	0	2.0~ 8.5	10.5~ 14.5	碰撞传感器断路
	10.5~ 14.5	4.5~ 5.5	12~ 14	10.5~ 14.5	0	2.0~ 8.5	10.5~ 14.5	安全气囊断路或游丝断路
	4.0~ 7.0	0	0	8.5~ 14.5	0	2.0~ 8.5	8.5~ 14.5	SRS ECU 13号端子无电源输入
5.1~ 7.0	4.5~ 5.5	12~ 14	10.5~ 14.5	0	0(8.5~ 13)	10.5~ 14.5	SRS 指示灯线路断路或短路	

## 五、奔驰车系安全气囊系统故障诊断

奔驰车系安全气囊系统出现故障时,仪表板上的 SRS 指示灯将被点亮,故障码将被存储在 SRS ECU 中。诊断时可通过 16 孔诊断座中的 6 号端子及 38 号端子诊断座的第 30 号端子去调取故障码。

### 1. 故障码的调取方法

(1) 按图 4-24(a)或(b)将检测灯跨接在诊断座上;

(2) 打开点火开关,但不要启动发动机;

(3) 再将 C 线跨接到诊断座的 1 号端子或者搭铁 4 s 后移开;

(4) 此时检测灯即开始闪烁故障码。每次只闪烁一组故障码,若系统正常时则只闪烁一次即正常码后即熄灭;

(5) 将 C 线再次搭铁 4 s 后移开,即可闪烁第二组故障码。重复步骤(5)直至闪烁出相同故障码,即将系统所有故障码全部调出。

### 2. 清除故障码

(1) 按调取故障码的步骤调取一组

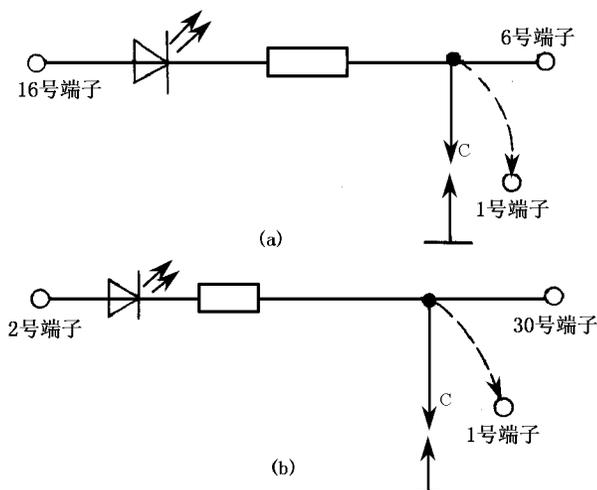


图 4-24 在诊断座上跨接检测灯



故障码后,等待 3 s,然后再将 C 线搭铁 6~8 s 后移开,并将点火开关关闭(OFF)30 s 以上即将刚调出的一组故障码清除。

(2) 按前面方法再调取一组故障码后再按(1)的方法消除一组故障码。直至检测灯闪出故障码 1(即只闪一下),表示系统正常,故障码清除完毕。

故障码内容见表 4-6。

表 4-6 故障码内容

故障码	故障内容	检测部位
1	系统正常	
2	SRS ECU 故障	检查更换 SRS ECU
3	驾驶座安全气囊线路故障	检查驾驶座安全气囊及线路
4	右前乘员座安全气囊线路故障	检查右前乘员座安全气囊及线路
5	驾驶座安全带扣开关故障	检查驾驶座安全带扣开关及线路
6	右前乘员座安全带扣开关故障	检查右前乘员座安全带扣开关及线路
7	前乘员座安全气囊保护电阻故障	检查保护电阻及线路
8	电源电压不足	检查蓄电池及发电机
9	SRS 指示灯线路故障	检查 SRS 指示灯及线路
10	SRS ECU 故障	检查 SRS ECU 及线路

## 六、通用车系(凯迪拉克)安全气囊系统故障诊断

同发动机控制系统故障码调取方法一样,凯迪拉克安全气囊系统也将由空调控制面板及显示屏来调取与显示故障码,中央空调、ABS 系统的故障码也同样由空调控制面板及显示屏调取和显示。空调控制面板及显示屏如图 4-25 所示。故障码为两位数,若出现三位数故障码则表示曾经出现过的故障。诊断步骤如下:

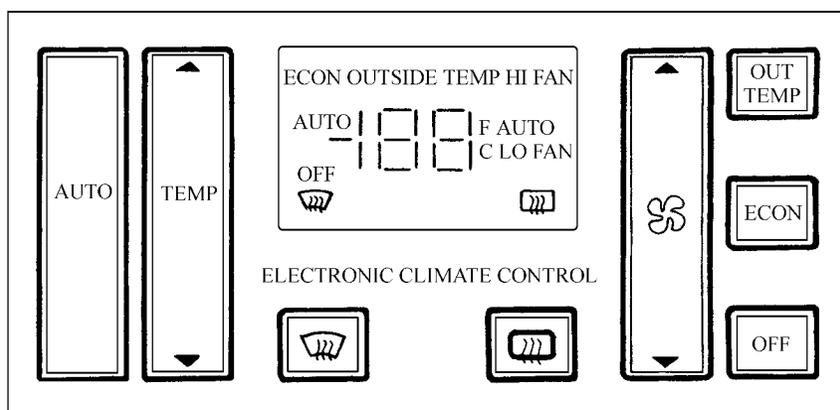


图 4-25 凯迪拉克空调面板

- (1) 将点火开关打开(ON)或启动发动机；
- (2) 同时按下 TEMP▲及 OFF 键；
- (3) 空调面板上显示屏显示“—00”，系统进入自诊断；
- (4) 按 ▼及 ▲键去选择所需诊断系统，当屏上显示“—03”时表示诊断安全气囊系统；“—02”诊断中央空调系统；“—04”诊断 ABS 系统；
- (5) 按 OUT TEMP 键读取故障码；
- (6) 直接按下 OFF 键即可清除所诊断系统中的故障码。如当目前处于“—03”诊断功能，显示安全气囊系统故障码，当按下 OFF 键即可清除“—03”安全气囊系统故障码；
- (7) 按 AUTO 键即可离开诊断功能。

诊断步骤如图 4-26 所示。

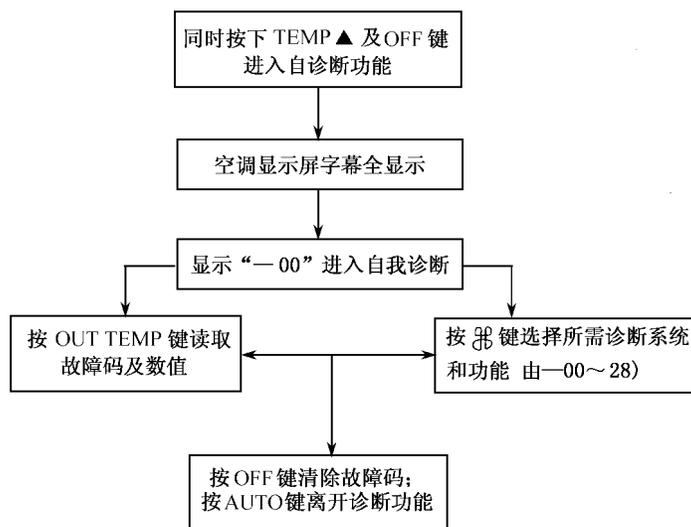


图 4-26 诊断步骤框图

安全气囊系统故障码内容见表 4-7。

表 4-7 故障码内容

故障码	故障内容	检测部位
14	SRS ECU“ A3”、“ A4”、“ A5”、“ A6”及“ 10”端子线路接触不良	检查 ECU 端子及线路
15	“ A7”、“ B7”乘员座安全气囊电路电阻过大(电阻在 12.5 Ω 以下为正常)	检查气囊及线路
16	“ A7”、“ B7”间电阻过小,乘员座安全气囊电路电阻过小(5 Ω 以上正常)	检查气囊及线路
17	“ A7”、“ B7”间断路,乘员座安全气囊电路断路	检查气囊及线路
18	碰撞传感器(C109、C110)线路断路	检查 C109、C110 碰撞传感器及线路

故障码	故障内容	检测部位
19	“A7”、“B7”间电压过高	检查气囊及 ECU
21	“B9”、“B8”间电阻过大, 驾驶座安全气囊电路电阻过大(12.5 $\Omega$ 以下正常)	检查气囊及线路
22	“B9”、“B8”间电阻过小(5 $\Omega$ 以上为正常)	检查气囊及线路
23	“B9”、“B8”间电压过高	检查气囊及线路
24	“B9”、“B8”间电压过低	检查气囊及线路
25	“A7”“B7”“B8”“B9”安全气囊电源间短路	检查安全气囊至电源间电路短路部位
26	“B8”“B9”电压超过 0.45 V; 驾驶员侧安全气囊线路断路	检查驾驶员侧安全气囊及线路有否断路或接触不良
28	“A7”“B7”“B8”“B9”电压不稳	检查安全气囊至电源电路
31	“A5”端子电压不正常(1 V 以下正常)	检查 SRS ECU 至双联触发器间线路
34	有 1139B 号线至双联触发器无电源	检查保险及电源线路
35	碰撞传感器线路故障断路或接触不良	检查碰撞传感器及线路
36	“A6”端子电压不正常(1 V 以下正常)	检查 SRS ECU 至双联触发器间线路
42	“A4”端子电压不正常(1 V 以下正常)	检查 SRS ECU 至双联触发器间线路
43	“B8”端子电压为 36 VLR 时, “A5”端子电压不能达 36VLR	检查驾驶员侧安全气囊、双联触发器及线路
44	“B7”端子电压为 36 VLR 时, “A6”端子电压不能达 36VLR	检查右侧乘员座安全气囊, 双联触发器及线路
51	安全气囊曾经引爆过	用专用仪器清除
52	系统存储故障码超过四个	用专用仪器清除
53	“B9”“B8”端子线头松动	检查驾驶员侧安全气囊至 ECU 的线路及接头
54	“A7”“B7”端子线头松动	检查右侧乘员座安全气囊至 ECU 的线路及接头
61	“B1”端子线路故障	检查 SRS 指示灯和至 ECU 的线路及接头
62	“B12”端子线路故障	检查 SRS 指示灯和至 ECU 的线路及接头
71	SRS ECU 故障	检查 SRS ECU
81、82	双联触发器中二极管断路	检查双联触发器中二极管
83、84	双联触发器中二极管击穿短路	检查双联触发器中二极管

# 第五章 电子控制转向系统

## 第一节 概 述

汽车转向系统可按转向的能源不同分为机械转向系统和动力转向系统两类。机械转向系统是依靠驾驶员操纵转向盘的转向力来实现车轮转向,动力转向系统则是在驾驶员的控制下,借助于汽车发动机产生的液体压力或电动机驱动力来实现车轮转向。所以动力转向系统也称为转向动力放大装置。但是,具有固定放大倍率的动力转向系统的主要缺点是:如果所设计的固定放大倍率的动力转向系统是为了减小汽车在停车或低速行驶状态下转动转向盘的力,则当汽车以高速行驶时,这一固定放大倍率的动力转向系统会使转动转向盘的力显得太小,不利于对高速行驶的汽车进行方向控制;反之,如果所设计的固定放大倍率的动力转向系统是为了增加汽车在高速行驶时的转向力,则当汽车停驶或低速行驶时,转动转向盘就会显得非常吃力。电子控制技术在汽车动力转向系统的应用,使汽车的驾驶性能达到令人满意的程度。电子控制动力转向系统在低速行驶时可使转向轻便、灵活;当汽车在中高速区域转向时,又能保证提供最优的动力放大倍率和稳定的转向手感,从而提高了高速行驶的操纵稳定性。

液压动力转向系统,存在制造工艺复杂、易漏油、对密封要求严格、维修保养困难等缺点。同时随着人们对轿车经济性、环保、主动安全性的日益重视,以及低排放汽车(LEV)、混合动力汽车(HEV)、燃料电池汽车(FCEV)、电动汽车(EV)四大“EV”汽车的长足发展,电子控制技术在汽车上得到广泛应用。转向系统中愈来愈多的采用电子器件和电控技术,相应的就出现了电液助力转向系统(EHPS、ECHPS)、电动助力转向系统(EPS、EPAS)、电子转向系统(SBW)等先进的电子控制转向系统。

## 第二节 动力转向系统的结构与工作原理

### 一、电液动力转向系统

电液助力转向可以分为两大类:电动液压助力转向系统EHPS(Electro-Hydraulic Power Steering)、电控液压助力转向ECHPS(Electronically Controlled Hydraulic Power Steering)。EHPS是在液压助力系统基础上发展起来的,其特点是原来由发动机带动的液压助力泵改由电机驱动,取代了由发动机驱动的方式,节省了燃油消耗。ECHPS是在传统的液压助力转向系统的基础上增加了电控装置构成的。电液助力转向系统的助力特性可根据转向速率、车速等参数设计为可变助力特性,使驾驶员能够更轻松便捷的操纵汽车。

助力特性是指助力随汽车运动状况和受力状况(车速和转向盘手力)变化而变化的规律。对液压动力转向,助力与液压油压力成正比,故一般用液压油压力与转向盘力矩(及车速)的变化关系曲线来表示助力特性。对于电动助力转向,助力与直流电动机电流成比例,故可采用电动机电流与转向盘力矩、车速的变化关系曲线来表示助力特性。理想的助力特性应能充分协



调好转向轻便性与路感的关系,并提供给驾驶员与手动转向尽可能一致的、可控的转向特性。在满足转向轻便性的条件下,如果路感强度在整个助力特性区域内不变,则驾驶员就能容易地判定汽车行驶状况的变化,预测出所需要的转向操纵力矩的大小。直线型助力特性难以协调好转向轻便性与路感的关系。折线型助力特性是缓和这一矛盾的理想方法。图 5-1 是一种折线型助力特性,该特性曲线可以分为直线行驶区 I、强路感区 II 和轻便转向区 III。直线行驶区对应无转向或转向角非常小的中心区域,轻便转向区是转向盘力矩较大区域,此时要求助力大,强路感区介于二者之间。对应于这种助力特性的路感强度变化是阶跃式的。如图 5-1 所示,在三个不同的区域内分别保持常数,其大小是随着转向力的变大而阶跃减小。直线行驶区,路感强度为最大值,在轻便转向区最小,这样的路感对于动力转向而言是比较理想的。但是液压动力转向很难实现上述理想助力特性。这是因为流体的固有特性,阀部件的制造误差以及部件间的间隙等,使得特性曲线是连续变化的。与此相应,路感强度也是连续变化的。在离开小转向角的中心区域后,路感强度的变化是连续递减的,而且变化很剧烈,这不利于驾驶员做出准确的推测和判断。而电动助力转向的助力特性由软件设置,是电动助力转向的控制目标,可以设计成任意曲线形状,并可方便地进行调节。

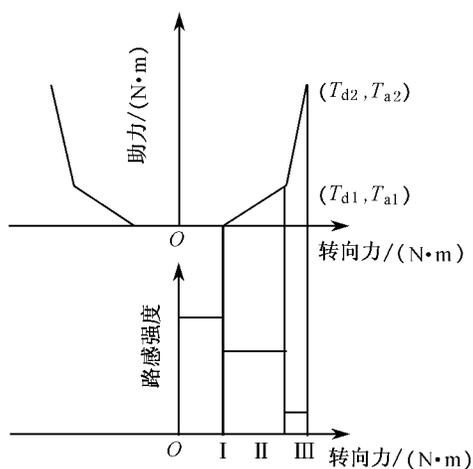


图 5-1 理想助力特性

典型液压动力转向的助力特性如图 5-2 所示。因为这一特性能表示出各种转矩输入下的油压增加的梯度,它能表明动力转向系统是否在各种转向条件下都能满足要求。图中 A 区是直线行驶位置附近小转向力区,输出助力增加较小;B 区是常用转向力区,助力作用增加明显,对性能有较大影响;C 区为极限转向力区,接近原地转向情况,助力增加速度快,助力作用大,使原地转向时的转向盘力矩足够小。助力特性可以表示路感强弱,A 区的助力小,路感强,B 区的路感有所降低,而 C 区的助力很大,路感较弱。

图 5-3 是三种典型的助力特性曲线,图中曲线 1 表示扭杆的刚度较小,控制阀非常灵敏,只需要较小的转动角就能产生需要的压力。曲线 3 底部宽平,表明系统内部有摩擦或阀特性灵敏度较低。可以通过调整扭杆的刚度和阀的灵敏度获得不同助力特性,扭杆刚度的调整经常通过改变扭杆的长度来实现,阀的灵敏度一般通过改变预开间隙与阀刃口来调整。实际使用中通常在扭杆刚度和阀的灵敏度之间进行折中。

在液压动力转向系统中增加电子控制和执行组件,将车速(也有采用车速和转向盘转速)引入到系统中,实现车速感应型助力特性液压动力转向。这类系统称为电控液压力转向系统。现代电控液压力转向系统主要通过车速传感器将车速信号传递给电子控制单元(ECU),控制电液转换装置改变动力转向的助力特性,使驾驶员的转向手力根据车速和行驶条件变化而改变,即在低速行驶或转弯时能以很小的转向手力进行操作,在高速行驶时能以稍重的转向手力进行稳定操作,使操纵轻便性和稳定性达到最合适的平衡状态。

EHPS 相比传统 HPS 降低了能源损耗。但电液动力转向系统,不论 ECHPS 还是 EHPS 都与

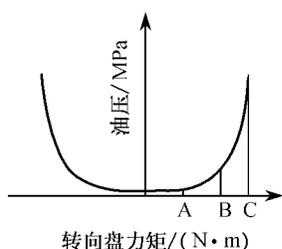


图 5-2 液压动力转向的助力特性

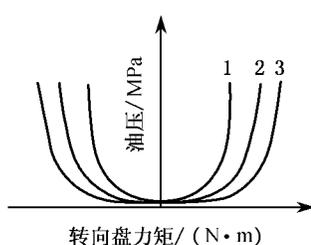


图 5-3 液压助力特性的比较

传统的 HPS 一样存在液压油泄漏问题。

电控液压动力转向系统的种类很多,但其原理基本上都是通过通过在油泵或转向器上加装电子执行机构或辅助装置,根据车速(也有采用车速和转向盘转速)控制液压系统的流量或压力。根据控制方式的不同,电子控制液压式助力转向系统(ECHPS)又可分为流量控制式、反力控制式和阀灵敏度控制式三种形式。

### (一) 流量控制式(ECHPS)

图 5-4 所示为凌志牌轿车采用的流量控制式助力转向系统。由图可见,该系统主要由车速传感器、电磁阀、整体式助力转向控制阀、助力转向油泵和电子控制单元等组成。电磁阀安装在通向转向动力缸活塞两侧油室的油道之间,当电磁阀的阀针完全开启时,两油道就被电磁阀旁路。流量控制式助力转向系统就是根据车速传感器的信号,控制电磁阀阀针的开启程度,从而控制转向助力缸活塞两侧油室的旁路液压油流量,来改变转向盘上的转向力。车速越高,流过电磁阀电磁线圈的平均电流值越大,电磁阀阀针的开启程度越大,旁路液压油流量越大,液压助力作用越小,使转动转向盘的力也随之增加。这就是流量控制式助力转向系统的工作原理。

图 5-5 所示为该系系统电磁阀的结构。图 5-6 为电磁阀的驱动信号。由图可以看出,驱动电磁阀电磁线圈的脉冲电流信号频率基本不变,但随着车速增大,脉冲电流信号的占空比将逐渐增大,使流过电磁线圈的平均电流值随车速的升高而增大。

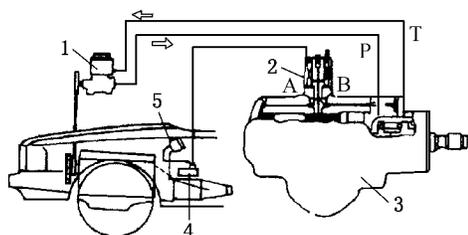


图 5-4 流量控制式动力转向系统(凌志牌轿车)

1—动力转向油泵 2—电磁阀 3—动力转向控制阀;  
4—ECU 5—车速传感器

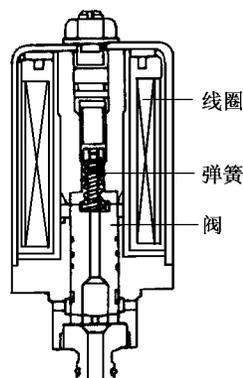


图 5-5 电磁阀结构



图 5-7 所示为凌志轿车电子控制动力转向系统的电路图。

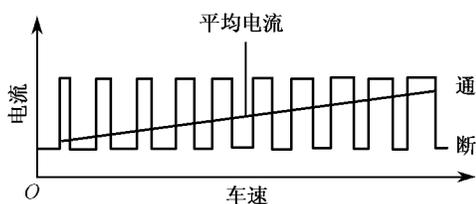


图 5-6 电磁阀驱动信号

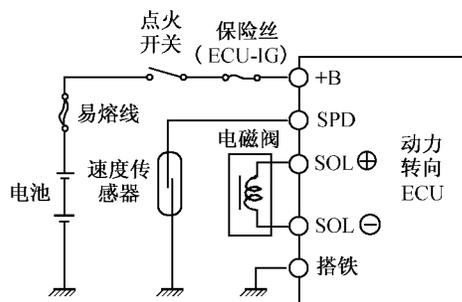


图 5-7 凌志轿车电子控制动力转向系统电路

## (二) 反力控制式(ECHPS)

图 5-8 所示为反力控制式助力转向系统的工作原理图。由图可见,系统主要由转向控制阀、分流阀、电磁阀、转向动力缸、转向油泵、储油箱、车速传感器(图中未画出)及电子控制单元等组成。

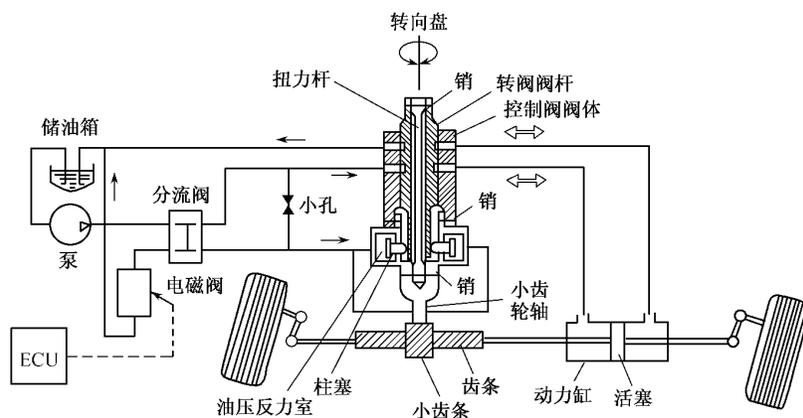


图 5-8 反力控制式动力转向系统的组成

转向控制阀是在传统的整体转阀式动力转向控制阀的基础上增设了油压反力室而构成。扭力杆的上端通过销子与转阀阀杆相连,下端与小齿轮轴用销子连接。小齿轮轴的上端部通过销子与控制阀阀体相连。转向时,转向盘上的转向力通过扭力杆传递给小齿轮轴。当转向力增大,扭力杆发生扭转变形时,控制阀体和转阀阀杆之间将发生相对转动,于是就改变了阀体和阀杆之间油道的通、断关系和工作油液的流动方向,从而实现转向助力作用。

分流阀是把来自转向油泵的机油向控制阀一侧和电磁阀一侧进行分流的阀。按照车速和转向要求,改变控制阀一侧与电磁阀一侧的油压,确保电磁阀一侧具有稳定的机油流量。

固定小孔的作用是把供给转向控制阀的一部分流量分配到油压反力室一侧。

电磁阀的作用是根据需要将油压反力室一侧的机油流回储油箱。电子控制单元(ECU)根据车速的高低线性控制电磁阀的开口面积。当车辆停驶或速度较低时,ECU使电磁线圈的通电

电流增大,电磁阀开口面积增大,经分流阀分流的机油,通过电磁阀重新回流到储油箱中,所以作用于柱塞的背压(油压反力室压力)降低。于是柱塞推动控制阀转阀阀杆的力(反力)较小,因此只需要较小的转向力就可使扭力杆扭转变形,使阀体与阀杆发生相对转动而实现转向助力作用。

当车辆在中高速区域转向时,ECU使电磁线圈的通电流减小,电磁阀开口面积减小,所以油压反力室的油压升高,作用于柱塞的背压增大,于是柱塞推动转阀阀杆的力增大,此时需要较大的转向力才能使阀体与阀杆之间作相对转动(相当于增加了扭力杆的扭转刚度),而实现转向助力作用,所以在中高速时可使驾驶员获得良好的转向手感和转向特性。

### (三) 阀灵敏度控制式(ECHPS)

阀灵敏度控制式EPS是根据车速控制电磁阀,直接改变动力转向控制阀的油压增益(阀灵敏度)来控制油压的方法。这种转向系统结构简单、部件少、价格便宜,而且具有较大的选择转向力的自由度,可以获得自然的转向手感和良好的转向特性。

图5-9所示为89型地平线牌轿车所采用的阀灵敏度控制式动力转向系统。该系统在转向控制阀的转子阀作了局部改进,并增加了电磁阀、车速传感器和电子控制单元等。

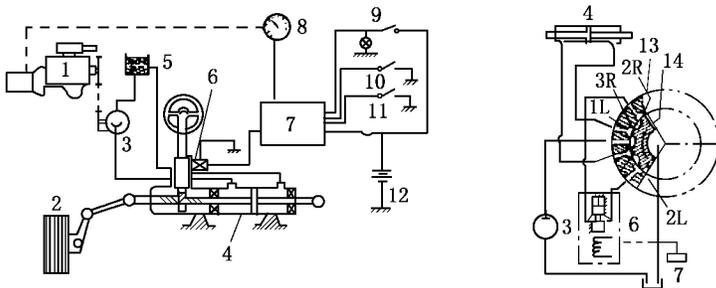


图 5-9 89 型地平线牌轿车电子控制动力转向系统

1—发动机 2—前轮 3—转向油泵 4—转向动力缸 5—储油箱 6—电磁阀 7—电子控制单元 8—车速传感器 9—车灯开关 10—空挡开关 11—空挡开关 12—蓄电池 13—外体 14—内体

转子阀的可变小孔分为低速专用小孔(1R、1L、2R、2L)和高速专用小孔(3R、3L)两种,在高速专用可变孔的下边设有旁通电磁阀回路。图5-10所示为该系统的阀部等效液压回路,其工作过程如下:

当车辆停止时,电磁阀完全关闭,如果此时向右转动转向盘,则高灵敏度低速专用小孔 1R 及 2R 在较小的转向扭矩作用下即可关闭,转向油泵的高压油液经 1L 流向转向动力缸右腔室,其左腔室的油液经 3L、2L 流回储油箱。所以此时具有轻便的转向特性。而且施加在转向盘上的转向力矩越大,可变小孔 1L、2L 的开口面积越大,节流作用越小,转向助力作用越明显。随着车辆行驶速度的提高,在电子控制单元的作用下,电磁阀的开度也线性增加,如果向右转动转向盘,

则转向油泵的高压油液经 1L、3R 旁通电磁阀流回储油箱。此时,转向动力缸右腔室的转向助

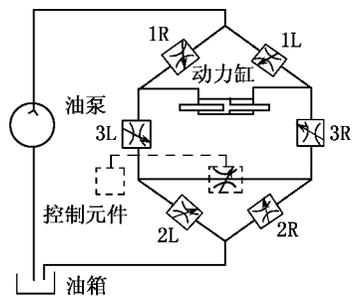


图 5-10 阀部等效液压回路



力油压就取决于旁通电磁阀和灵敏度低的高速专用可变孔 3R 的开度。车速越高,在电子控制单元的控制下,电磁阀的开度越大,旁路流量越大,转向助力作用越小;在车速不变的情况下,施加在转向盘上的转向力越小,高速专用小孔 3R 的开度越大,转向助力作用也越小,当转向力增大时,3R 的开度逐渐减小,转向助力作用也随之增大。由此可见,阀灵敏度控制式动力转向系统可使驾驶员获得非常自然的转向手感和良好的速度转向特性。

电控液压动力转向有如下优点:

(1) 电控液压动力转向是在原液压式动力转向系统上发展起来的,原来的系统都可利用,不需要更改布置。

(2) 低速时转向效果不变,高速时可以自动根据车速逐步减小助力,增大路感,提高车辆行驶稳定性。

(3) 采用电动机驱动油泵可以节省能量。

(4) 具有失效保护系统,电子组件失灵后仍可依靠原液压动力转向系统安全工作。

电控液压式动力转向系统在传统的液压动力转向系统的基础上有了一定的改进,但液压装置的存在,使得该系统仍有难以克服的缺点,如还存在渗油问题,零件增加,管路复杂,不便于安装维修及检测等。另外虽然引入车速,实现车速感应型变助力特性,但是在原有液压系统的基础上又增加了电子系统,使系统越加复杂,成本增加。

## 二、电动助力转向系统

电动助力转向系统 EPS、EPAS 是 Electronic Control Power steering 和 Electric Power Assist Steering 的简称。

液压式动力转向系统由于工作压力和工作灵敏度较高,外廓尺寸较小,因而获得了广泛的应用。在采用气压制动或空气悬架的大型车辆上,也有采用气压动力转向的。但这类动力转向系统的共同缺点是结构复杂、消耗功率大,容易产生泄漏,转向力不易有效控制等。近年来随着电控技术在汽车上的广泛应用,出现了电动式电子控制助力转向系统,简称电动式 EPS 或 EPAS。

### (一) 电动式 EPS 的组成、工作原理与特点

#### 1. EPS 的组成和工作原理

EPS 是一种直接依靠电动机提供辅助转矩的助力转向系统,其系统框图如图 5-11 所示。不同类型的 EPS 的基本原理是相同的:转矩传感器与转向轴(小齿轮轴)连接在一起,当转向轴转动时,转矩传感器开始工作,把输入轴和输出轴在扭杆作用下产生的相对转动角位移变成电信号传给 ECU,ECU 根据车速传感器和转矩传感器的信号决定电动机的旋转方向和助力电流的大小,从而完成实时控制助力转向。因此它可以很容易地实现在车速不同时提供电动机不同的助力效果,保证汽车在低速转向行驶时轻便灵活,高速转向行驶时稳定可靠。因此 EPAS 助力特性的设置具有较高的自由度。

电动式 EPS 通常由转矩传感器、车速传感器、电子控制单元(ECU)、电动机和电磁离合器等组成(如图 5-12 所示)。电动式 EPS 是利用电动机作为助力源,根据车速和转向参数等,由电子控制单元完成助力控制,其工作原理如下:

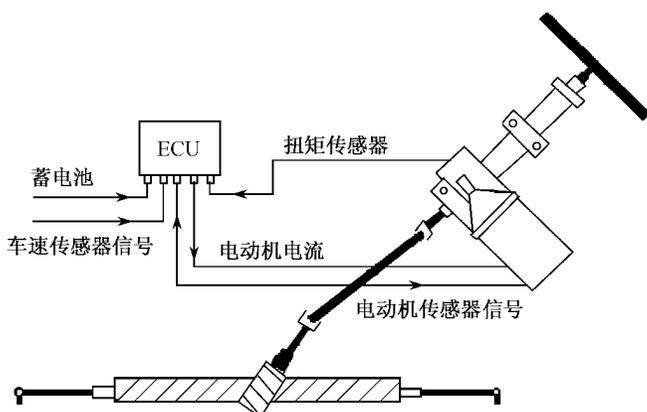


图 5-11 电动助力转向系统框图

当操纵转向盘时,装在转向盘轴上的扭矩传感器不断地测出转向轴上的扭矩信号,该信号与车速信号同时输入到电子控制单元。电控单元根据这些输入信号,确定助力扭矩的大小和方向,即选定电动机的电流和转向,调整转向辅助动力的大小。电动机的扭矩由电磁离合器通过减速机构减速增扭后,加在汽车的转向机构上,使之得到一个与汽车工况相适应的转向作用力。

由于 EPS 改由电动机提供助力,助力大小由电控单元 ECU 实时调节与控制,可以较好解决汽车操纵时轻便与灵敏的矛盾。

电动助力转向最早应用在微型汽车上,1988年2月日本铃木公司首次在其 Cervo 车上装备,目前电动助力转向系统主要应用在轿车上,并逐渐从微型轿车向更大型轿车和商务车发展。其优点有:

(1) EPS 能在各种行驶工况下提供最佳转向助力,减小由路面不平所引起的对转向系统的扰动,改善汽车的转向特性,减轻汽车低速行驶时的转向操纵力,提高汽车高速行驶时的转向稳定性,进而提高汽车的主动安全性。并且可通过设置不同的转向操纵力特性来满足不同使用对象的需要,可以比较容易地按照汽车性能的需要设置、修改转向助力特性。

(2) EPS 只在转向时电动机才提供助力(不像 HPS,即使在不转向时,油泵也一直运转),因而能减少燃料消耗。

(3) 由于直接由电动机提供助力,电动机由蓄电池供电,因此 EPS 能否助力与发动机是否启动无关,即使在发动机熄火或出现故障时也能提供助力。

(4) EPS 取消了油泵、皮带、皮带轮、液压软管、液压油及密封件等,其零件比 HPS 大大减少,因而其质量更轻、结构更紧凑,在安装位置选择方面也更容易,并且能降低噪声。可以将电动机、离合器、减速装置、转向杆等各部件装配成一个整体,这既无管道也无控制阀,使其结构

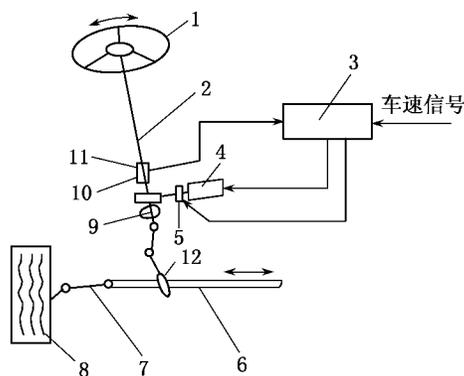


图 5-12 电动式 EPS 的组成

- 1—转向盘 2—输入轴(转向轴) 3—电子控制单元;  
4—电动机 5—电磁离合器 6—转向齿条;  
7—横拉杆 8—转向轮 9—输出轴 10—扭力杆;  
11—扭矩传感器 12—转向齿轴



紧凑、质量减轻。一般电动式 EPS 的质量比液压式 EPS 质量轻 25% 左右。

(5) EPS 没有液压回路,比 HPS 更易调整和检测,装配自动化程度更高,并且可以通过设置不同的程序,快速与不同车型匹配,因而能缩短生产和开发周期。

(6) EPS 不存在渗油问题,消除了液压助力中液压油泄漏问题,可大大降低保修成本,减小对环境的污染,改善了环保性。

(7) EPS 比 HPS 具有更好的低温工作性能。

电动助力转向目前已成为世界汽车技术发展的研究热点之一。

(8) EPS 比 HPS 具有更好的低温工作性能。Delphi 为 Punto 车开发的 EPS 属全速范围助力型,并且首次设置了两个开关,其中一个用于郊区,另一个用于市区和停车。当车速大于 70 km/h 后,这两种开关设置的程序则是一样的,以保证汽车在高速时有合适的路感。这样即使汽车行驶到高速公路时驾驶员忘记切换开关也不会发生危险。市区型开关还与油门相关,使得在踩油门加速和松油门减速时,转向更平滑。

## 2. EPS 的分类

根据电动机布置位置不同,EPS 可分为:转向轴助力式、齿轮助力式、齿条助力式三种,如图 5-13 所示。

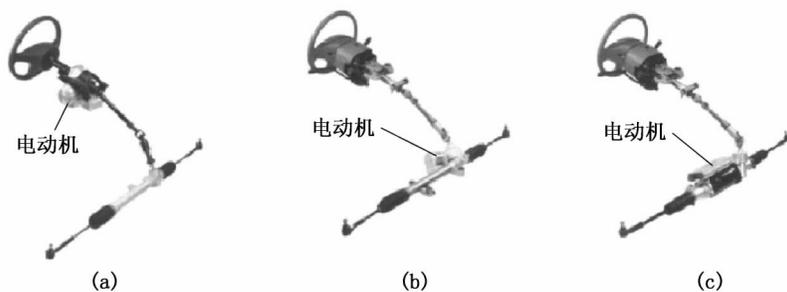


图 5-13 EPS 的种类

(a) 转向柱助力式 (b) 齿轮助力式 (c) 齿条助力式

(1) 转向柱助力式 EPS 的电动机固定在转向轴一侧,通过减速机构与转向轴相连,直接驱动转向轴助力转向。

(2) 齿轮助力式 EPS 的电动机和减速机构与小齿轮相连,直接驱动齿轮助力转向。

(3) 齿条助力式 EPS 的电动机和减速机构则直接驱动齿条提供助力。

## 3. 动力转向技术的发展趋势

目前动力转向以液动力转向为主,车速感应型动力转向则以电控液动力转向为主。但是随着 EPS 在轿车上的应用,其性能已得到人们的逐渐认可。随着直流电机性能的改进, EPS 助力能力的提高,其应用范围将进一步拓宽,现在升级的运动型跑车也开始安装 EPS。EPS 代表未来动力转向技术的发展方向,将作为标准件装备到汽车上,并将在动力转向领域占据主导地位。国外各大汽车公司都已研制出 EPS,完成了批量生产 EPS 的技术储备。人们已普遍认识到了 EPS 的优越性,所以现在 EPS 的市场增长很快。在未来十年, EPS 将逐渐替代现有的转向系统,尽管 EPS 已经达到最初的设计目的,但仍然存在一些问题需要解决。其中:

(1) 改善电动机的性能是关键问题。因为电动机的性能是影响控制系统性能的主要因素

素,电动机本身的性能及其与电动助力转向系统的匹配都将影响转向操纵力、转向路感等重要问题。

(2) 合理助力特性的确定。助力特性的好坏取决于转向的轻便性和路感。对于路感问题国内外还没有成熟的理论研究结果,研究手段还主要以试验为主。

(3) 控制策略。EPS 能否获得满意的性能,除了应有好的硬件保证外,还必须有良好的控制软件做支撑。汽车行驶工况千差万别,加上 EPS 的安装位置一般在发动机附近,发动机发出的热辐射与电磁干扰对 EPS 有很大影响。这些都对 EPS 的控制策略提出很高的要求。PID 控制技术、动态补偿技术、自适应控制技术、鲁棒控制技术等控制理论的发展为 EPS 的成功开发提供了保障。随着智能控制技术的进一步发展,智能控制技术必将应用于 EPS 的开发。作为一项新技术, EPS 的控制策略还需要在发展中不断地加以完善。

(4) 故障诊断与可靠性。EPS 通过采用电动机和计算机控制系统,部分的将转向操作独立于驾驶员的控制,因此 EPS 系统比液压系统会有更多不同的故障模式。并且 EPS 是一项新技术,它没有传统转向系统那么长的历史,所以 EPS 的故障诊断与可靠性更应受到重视。EPS 可能有两种主要故障表现形式,一是系统停止工作,这时转向盘力矩超过手动转向,引起转向时的力大于等价的手动转向系统。这种故障当汽车在行驶过程中发生时,容易出现意外交通事故。另一种更严重的故障就是引起系统在没有驾驶员转向输入的情况下改变汽车的方向,出现不希望的转向,结果导致汽车偏离原有的方向。这是绝对不允许发生的。EPS 中有一些故障可以通过采用机械设计方法减少故障的发生,这与传统液压动力转向采用的方法没有本质区别。作为一个电控系统有些故障模式是不能通过机械设计方法来加以避免的,而是需要通过故障诊断的方法来有效地加以校正。

概括地说,电动助力转向技术的发展方向主要为:改进控制系统性能和降低控制系统的制造成本。只有进一步改进控制系统性能,才能满足更高档轿车的使用要求。另外, EPS 的控制信号将不再仅仅依靠车速与转矩,而是根据转向角、转向速度、横向加速度、前轴重力等多种信号进行与汽车特性相吻合的综合控制,以获得更好的转向路感。未来的 EPS 将朝着电子四轮转向的方向发展,并与电子悬架统一协调控制。

## (二) 电动式 EPS 主要部件的结构及工作原理

EPS 主要由扭矩传感器、车速传感器、电动机、减速机构和电子控制单元等组成。

### 1. 扭矩传感器

扭矩传感器的作用是将驾驶员打转向盘时作用于输入轴的转矩转动的大小和方向变为相应的控制电压信号输入到 EPS 控制器,是 EPS 控制系统的主控制信号。扭矩传感器有无触点式、滑动可变电阻式和可调电感式。

(1) 无触点式扭矩传感器。图 5-14 所示为无触点式扭矩传感器的结构及工作原理图。在输出轴的极靴上分别绕有 A、B、C、D 四个线圈,转向盘处于中间位置(直驶)时,扭力杆的纵向对称面正好处于图示输出轴极靴 AC、BD 的对称面上。当在 U、T 两端加上连续的输入脉冲电压信号  $U_i$  时,由于通过每个极靴的磁通量相等,所以在 V、W 两端检测到的输出电压信号  $U_o = 0$ 。转向时,由于扭力杆和输出轴极靴之间发生相对扭转变形,极靴 A、D 之间的磁阻增加, B、C 之间的磁阻减少,各个极靴的磁通量发生变化,于是在 V、W 之间就出现了电位差。其电位差与扭力杆的扭转角和输入电压  $U_i$  成正比。如果比例系数为 K,则有  $U_o = KU_i\theta$  所



以,通过测量 V、W 两端的电位差就可以测量出扭力杆的扭转角,于是也就知道了转向盘施加的转动扭矩。

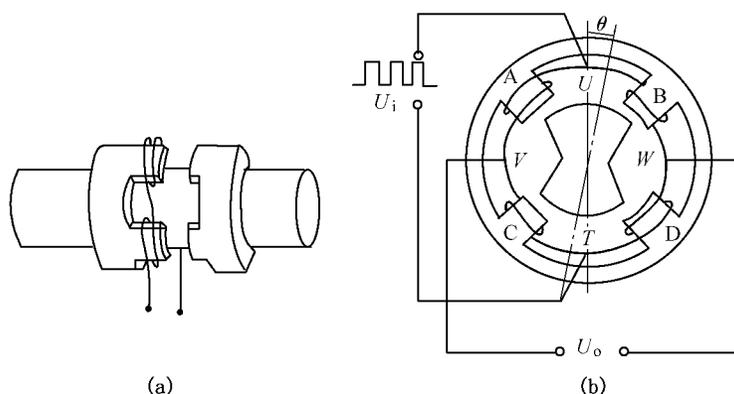


图 5-14 无触点式扭矩传感器  
(a) 结构简图; (b) 电路及工作原理

(2) 滑动可变电阻式扭矩传感器。图 5-15 所示为滑动可变电阻式扭矩传感器的结构。它是将负载力矩引起的扭力杆角位移转换为电位器电阻的变化,并经滑环传递出来作为扭矩信号。

(3) 可调电感式扭矩传感器。可调电感式扭矩传感器其结构如图 5-16 所示。

滑环 3(铁心)套于输入轴和输出轴之间,左右打方向盘时,在转向扭矩的作用下可上下滑动。在传感器外壳上安装有两个线圈 1、2,当铁心上下移动时,线圈的电感发生变化,与基准信号相比,其输出信号有很大变化。当滑环向上移动(向右转向时),输出信号电压升高,当滑环向下移动(向左转向时),输出信号电压下降。当滑环位于中间位置(直线行驶时)输出电压为 2.5 V。

## 2. 车速传感器

车速传感器的功能是测量汽车行驶速度。该信号是 EPS 的主控制信号。

## 3. EPS 电动机

电动机的功能是根据电子控制单元的指令输出适宜的辅助扭矩,是 EPS 的动力源。多采用无刷永磁式直流电动机。其最大电流一般为 30 A 左右,电压为 DC12 V,额定扭矩为 10 N·m 左右。电动机对 EPS 的性能有很大影响,是 EPS 的关键部件之一,所以 EPS 对电动机有很高要求,不仅要求低转速大扭矩、波动小、转动惯量小、尺寸小、质量轻,而且要求可靠性高,易控制。为此,设计时常针对 EPS 的特点,对电动机的结构做一些特殊的处理,如沿转子的表面开出斜

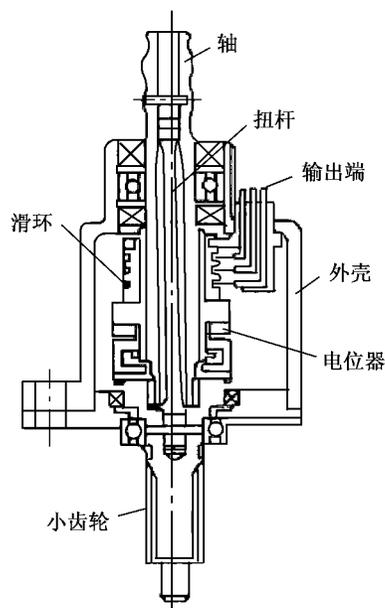


图 5-15 滑动可变电阻式扭矩传感器结构

槽或螺旋槽,定子磁铁设计成不等厚等。

转向助力用直流电动机需要正反转控制,图 5-17 所示为一种比较简单适用的控制电路。 $a_1$ 、 $a_2$  为触发信号端。当  $a_1$  端得到输入信号时,晶体管  $T_3$  导通,  $T_2$  得到基极电流而导通,电流经  $T_2$ 、电动机  $M$ 、 $T_3$ 、搭铁而构成回路,于是电机正转;当  $a_2$  端得到输入信号时,电流则经  $T_1$ 、 $M$ 、 $T_4$ 、搭铁而构成回路,电机则因电流方向相反而反转。控制触发信号端电流的大小,就可以控制通过电动机电流的大小。

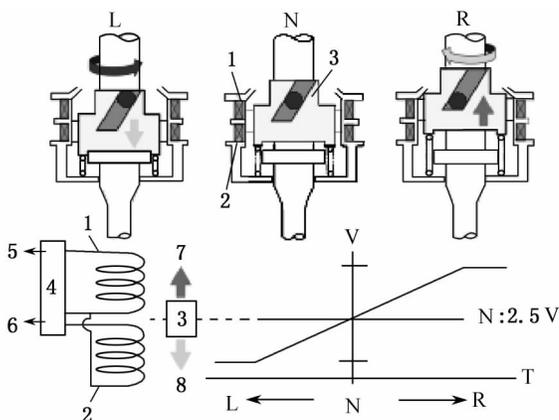


图 5-16 可调电感式扭矩传感器

L—左转向,R—右转向,N—中间位置;  
1—线圈 2—线圈 3—滑环 4—放大器 5—线圈 1 输出 6—线圈 2 输出 7—上 8—下 ;T—转矩 ;V—输出电压

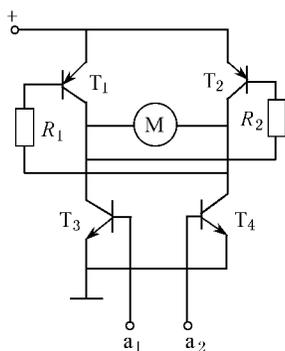


图 5-17 电动机正反转控制电路

#### 4. 减速机构和离合器

(1) 减速机构。减速机构是电动式 EPS 不可缺少的部件。目前实用的减速机构有多种组合方式,一般采用蜗轮蜗杆与转向轴驱动组合式,也有的采用两级行星齿轮与传动齿轮组合式。为了抑制噪声和提高耐久性,减速机构中的齿轮有的采用特殊齿形,有的采用树脂材料制成。

EPS 的减速机构与电动机相连,起降速增扭作用。常采用蜗轮蜗杆机构,也有采用行星齿轮机构。

(2) 离合器。有的 EPS 还配用离合器,装在减速机构一侧,是为了保证 EPS 只在预先设定的车速行驶范围内起作用。当车速达到某一值时,离合器分离,电动机停止工作,转向系统转为手动转向。另外,当电动机发生故障时,离合器将自动分离,用于电动助力转向系统的离合器有电磁离合器、摩擦离合器等。

图 5-18 为单片干式电磁离合器的工作原理图。当滑动可变电阻式扭矩传感器结构电流通过滑环进入电磁离合器线圈时,主动轮产生电磁吸力,带花键的压板被吸引与主动轮压紧,于是电动机的动力经过轴、主动轮、压板、花键、从动轴传递给执行机构。

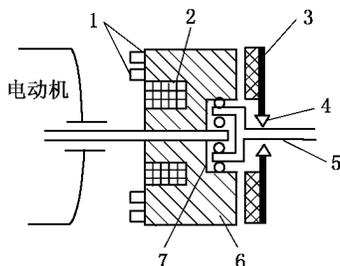


图 5-18 电磁离合器工作原理

1—滑杯 2—线圈 3—压板 4—花键 5—从动轴;  
6—主动轮 7—滚珠轴承

电动式 EPS 一般都设定一个工作范围,例如



当车速达到 45 km/h 时,就不需要辅助动力转向,这时电动机就停止工作,为了不使电动机和电磁离合器的惯性影响转向系的工作,离合器应及时分离,以切断辅助动力。另外当电动机发生故障时,离合器会自动分离,这时仍可利用手动控制转向。

### 5. 电子控制单元

电子控制单元(ECU)的功能是根据扭矩传感器信号和车速传感器信号,进行逻辑分析与计算后,发出指令,控制电动机和离合器。此外,ECU 还有安全保护和自我诊断功能,ECU 通过采集电动机的电流、发电机电压、发动机工况等信号判断其系统工作状况是否正常,一旦系统工作异常,助力将自动取消,同时 ECU 将进行故障诊断分析。ECU 通常是一个 8 位单片机系统,也有采用数字信号处理器(Digital Signal Processing,简称 DSP)作为控制单元。控制系统与控制算法也是 EPS 的关键之一,控制系统应有强抗干扰能力,以适应汽车多变的行驶环境。控制算法应快速正确,满足实时控制的要求,并能有效地实现理想的助力特性。

### (三) Alto 汽车电动式 EPS

图 5-19 所示为 Alto 汽车电动式 EPS 配件布置图。该系统由扭矩传感器、车速传感器、电子控制单元、电动机和减速机构组成。扭矩传感器(滑动可变电阻型)、电动机和减速机构制成一个整体(见图 5-20),安装在转向柱上,电磁离合器安装在电动机的输出端旁,电子控制单元安装在司机座位下面。

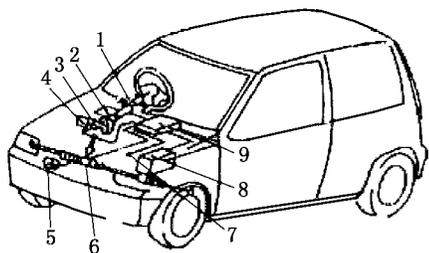


图 5-19 Alto 汽车电动式 EPS 布置

1—车速传感器 2—扭矩传感器 3—减速机构 4—电动机与离合器 5—发电机 6—转向齿轮 7—发动机转速传感器 8—蓄电池 9—电子控制单元

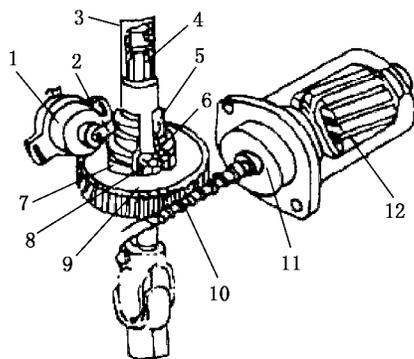


图 5-20 Alto 汽车电动式 EPS 内部结构

1—扭转传感器 2—控制臂 3—传感器轴 4—扭杆 5—滑块 6—球槽 7—连接环 8—铜珠 9—蜗轮 10—蜗杆 11—离合器 12—电动机

图 5-21 所示为 Alto 车用扭矩传感器的结构。当转向系统工作时,施加在转向盘上的转向力经输入轴、扭杆传递给输出轴,扭杆的扭曲变形使输入轴与输出轴之间发生相对扭转,与此同时滑块沿轴向移动,控制臂将滑块的轴向移动转换成电位器的旋转角度,即将转矩值转换成电压量,并输入到电子控制单元。

当转向盘处于中间位置时,传感器的输出电压为 2.5 V;当转向盘向右旋转时,其输出电压大于 2.5 V;当转向盘向左旋转时,其输出电压小于 2.5 V,扭矩传感器的输出特性如图 5-22 所示。因此,电子控制单元根据传感器输出电压的高低,就可以判定转向盘的转动方向和转动角度。

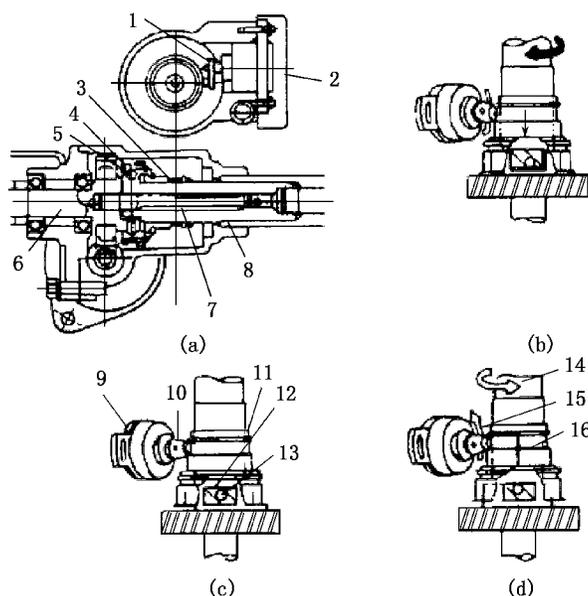


图 5-21 Alto 车用扭矩传感器

(a) 传感器结构 ;(b) 转向盘右转时 ;(c) 转向盘在中间位置时 ;(d) 转向盘左转时

1、10—控制臂 2—电位器 3、11—滑块 4—环座 5、13—钢球 6—输出轴 7—扭杆 8—输入轴 9—扭矩传感器 ;12—钢球槽 ;14—心轴旋转方向 ;15—控制臂旋转方向 ;16—滑块滑动方向

图 5-23 所示为 Alto 汽车电动式 EPS 控制方框图。其控制内容如下：

(1) 电动机电流控制。电子控制单元根据转向力矩和车速信号确定并控制电动机的驱动电流方向和大小。使其在每一种车速下都可以得到最优化的转向助力扭矩。

(2) 速度控制。当车速高于 43 ~ 52 km/h 时,停止对电动机供电的同时,使电动机内的电磁离合器分离,按普通转向控制方式工作,以确保行车安全。

(3) 临界控制。这是为了保护系统中的电动机以及控制组件而设的控制项目。在转向器偏转至最大(即临界状态)时,由于此时电动机不能转动,所以流入电动机的电流达最大值,为了避免持续大电流使电动机及控制组件发热损坏,所以每当较大电流连续通过 30 s 后,系统就会控制电流使之逐渐减小。当临界控制状态解除后,控制系统就会再逐渐增大电流,一直达到正常的工作电流值为止。

(4) 自诊断和安全控制。该系统的电子控制单元具有故障自诊断功能,当电子控制单元检测出系统存在故障时都可显示出相应的故障代码,以便采取相应的措施。当检测出系统的基本部件如扭矩传感器、电动机、车速传感器等出现故障而导致系统处于严重故障的情况下,系统就会使电磁离合器断开,停止转向助力控制,力图确保系统安全、可靠。

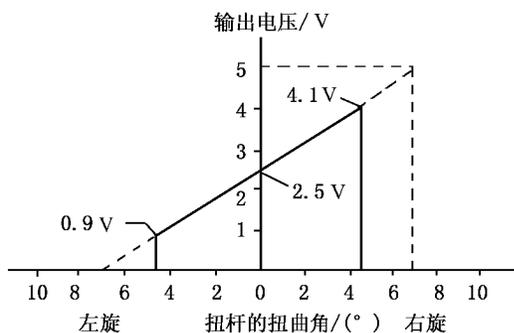


图 5-22 扭矩传感器输出特性

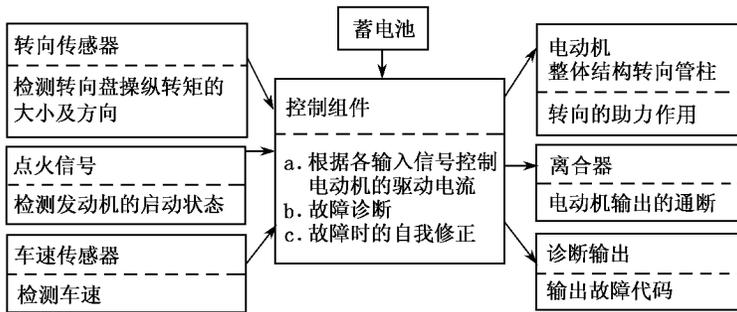


图 5-23 电动式 EPS 控制框图

### 三、电子转向(SBW)

电子转向又称柔性转向系统(Steering By Wire,简称 SBW),是汽车转向方面最为先进和前沿的技术之一,图 5-24 为柔性转向系统的原理图。系统中有两个电动机,其中一个与汽车前轮转向机构相连接,作为转向执行机构;另一个电动机直接与转向传动轴连接,为驾驶员提供反力矩。因此这种转向系统中的转向盘与转向轮之间没有机械连接,是断开的,故称柔性转向系统。

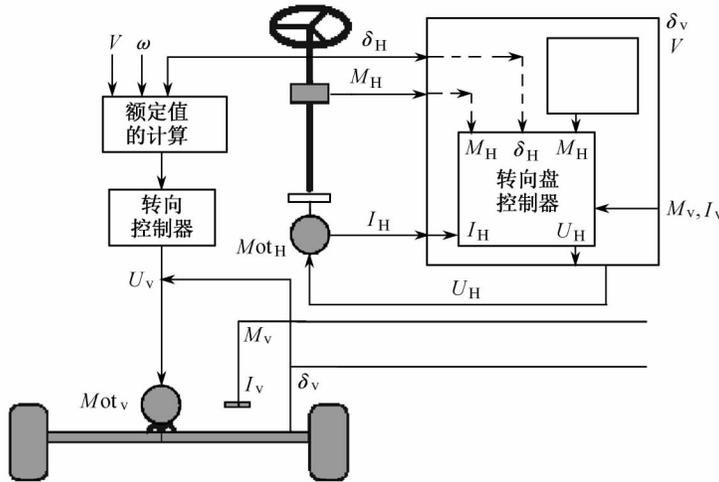


图 5-24 柔性转向系统(SBW)

$\delta_{II}$ —转向角; $\delta_v$ —前轮转向角; $M_{II}$ —转向盘力矩; $M_v$ —左、右车轮中心的负荷; $U$ —车轮与地面的摩擦系数; $I_{II}$ —转向盘电动机电流; $I_v$ —左右转向电动机电流; $V$ —汽车速度; $U_{II}$ —转向盘电动机电压; $U_v$ —转向电动机电压; $\omega$ —汽车横摆角速度

该转向系统有以下优点：

(1) 取消了转向盘和转向车轮之间的机械连接,通过软件协调它们之间的运动关系,因而取消了它们之间的机械约束和干涉,使之可以相对独立运动,因而可以实现传动比的任意设置,可以根据车速和驾驶员喜好由程序根据汽车的行驶工况实时设置传动比。同时还可以从信号中提出最能够反映汽车行驶状态的信息,作为转向盘回正力矩的控制变量,使转向盘仅仅

提供驾驶员有用信息,以减轻驾驶员的体力脑力负荷,提高“人-车闭环系统”对道路的跟踪特性。同时由于减少了机构部件数量,而减少了从执行机构到转向车轮之间的传递过程,使系统惯性、系统摩擦和传动部件之间的总间隙都得以降低,从而使系统的响应速度和响应的准确性得以提高。

(2) 电子转向系统采用了软件控制,因而可以把转向系统与其他主动安全设备如 ABS、汽车动力学控制、防碰撞、轨道跟踪、自动导航以及自动驾驶等功能相结合,实现对汽车的整体控制,提高汽车整体稳定性,且实现了 ITS 中的汽车辅助转向功能。

(3) 电子转向系统在实现上述操作性能上的突破的同时也带来了可观的经济性和环境效益。

(4) 电子转向系统是通过一个通用的执行器来调整转向的。要对汽车转向的动力性进行调整,必需使用一个转角传感器,这并不影响转向盘对车轮的快速调整。另一方面,一个力矩传感器也是必须的,它将对汽车转向的调整和自动驾驶起重要作用。因此,驾驶员通过提供到方向盘的力矩知道正确的方向,并通过进一步的引导控制系统来进行评估。

(5) 与“电子驾驶”和“电子停车”一起,它提供了把它们实际化的条件,并且把动力性和汽车控制统一到一个系统中。

(6) 对汽车生产商的好处。传统转向系中转向柱安装要求提供足够的空间(左手或右手驾驶),而电子转向严格的控制了转向柱在发动机间隔内的自由度,表明了机械式的转向柱没有很好的利用发动机的空间。

(7) 对将来的好处:

- 提供转向的舒适性,路况作为评估系统,只有有用的信息才提供给驾驶员。
- 转向盘的回馈力矩和转向传动比能通过软件不断的调整,因此,可以使转向系统对任何目标和环境进行调整,而不需要对系统进行重新设计。
- 没有转向柱减少了驾驶员在事故中受伤的危险。
- 转向行为(减速、加速、自动转向)都被软件记录,为再以后的继续完善提供了第一手的资料。

SBW 可以追溯到 20 世纪 60 年代末,当时德国 Kasselmann 等试图将转向盘与转向车轮之间通过导线连接,由于电子和控制技术的制约,一直无法在实车上实现,到 1990 年左右,世界上各大汽车厂商、研发机构等先后对 SBW 深入研究,到目前为止,在一些概念车上安装了该系统,SBW 预示着未来汽车的一个发展方向。

目前应用广泛的助力转向器是传统液压助力系统、电液助力系统和电动助力系统,数据表明,在世界范围内,电动转向器和电液转向器的使用会增加很快,2001 年大约 26.7% 在新车中安装的转向器是这种节能型的。即使是保守的估计,到 2006 年欧洲市场中电动转向器和电液转向器的份额会达到 56%。

由于电动助力系统不仅可以提供汽车在高速下的操纵稳定性,还能减小转向系统的质量并节省能源,因而迎合了下一代汽车对环保的要求。根据汽车车型的不同,使用电动助力系统能够降低燃油费用达 5% ~ 10%。但是由于目前汽车电源和电机本身的一些原因,限制了电动助力在大型汽车上的应用。随着未来技术的不断发展和进步,这一问题将会得到解决。未来转向系统将会是以电动助力为主导,其他形式为辅。

# 第六章 电子控制悬架系统

## 第一节 概 述

汽车悬架系统的作用是将路面作用于车轮上的垂直反力、纵向反力(牵引力、制动力)和侧向反力以及这些反力所形成的力矩都传递到车身上,以保证汽车的正常行驶。

汽车悬架的结构形式很多,按导向机构的形式来分,可分为独立悬架和非独立悬架两大类;从控制力的角度来分,悬架可分为被动悬架、半主动悬架和主动悬架。

(1) 被动悬架多为由弹簧和减振器组成的机械式悬架,悬架的弹簧刚度和阻尼参数不会随外部状态而变化。

(2) 半主动悬架可视为由可变特性的弹簧和减振器组成的悬架系统。它可按储存在计算机内部的各种条件下弹簧和减振器的优化参数指令来调节弹簧的刚度和减振器的阻尼状态。由于该系统没有动力源为悬架系统提供连续的能量,故又称无源主动悬架。半主动悬架多通过改变减振器阻尼状态来实现控制,也有通过调节弹簧刚度来实现。

(3) 主动悬架是一种具有作功能力的悬架系统。它有一个动力源(液压泵或空气压缩机)为悬架系统提供连续的动力输入。当汽车载荷、行驶速度、路面状况等行驶条件发生变化时,主动悬架系统能自动调节悬架刚度,以同时满足汽车的行驶平顺性、操纵稳定性等要求。

半主动悬架和主动悬架系统按其控制方式又可分为机械控制悬架系统和电子控制悬架系统。电子控制半主动及主动悬架主要在控制参数和效果有所不同,但它们的设计思路都是相同的,即在汽车行驶过程中,根据实际需要,控制悬架的基本参数如刚度、阻尼、高度等从而达到最佳的行驶平顺性和操纵稳定性。如在好路面上正常行驶时,刚度小一些(软一点),在坏路面上行驶或起步、制动时刚度大一点(硬一点);在低速时刚度小一些以满足乘坐的舒适性,高速时刚度大一些,以提高操纵稳定性。主动悬架系统还可以根据需要随时调整车身的高度。

电子控制悬架系统除半主动悬架和主动悬架系统外,还有车高控制系统。车高控制系统主要用来改善汽车的乘坐舒适性和操纵稳定性。

## 第二节 电子控制悬架系统主要组成部分的结构与工作原理

电子控制悬架系统的组成主要由传感器、电子控制装置、悬架控制系统执行机构组成。

### 一、电子控制悬架系统用传感器

#### (一) 车速传感器

车速信号是电子控制悬架系统主要控制信号,汽车车身侧倾程度取决于车速和汽车转向半径的大小,通过检测车速可提高汽车行驶的安全性。

##### 1. 舌簧开关式车速传感器

舌簧开关式车速传感器是测定车速常用的一种传感器,一般位于车速表的下方,其结构原

理参阅上册第二章第三节。

## 2. 磁阻组件式车速传感器

此传感器用磁阻组件来检测汽车车速,磁阻组件的电阻能够随磁场变化而变化,因此,这种传感器可以直接装在变速器上。磁阻组件式车速传感器的结构见图 6-1 所示。

磁阻组件式车速传感器的工作原理见图 6-2 所示。

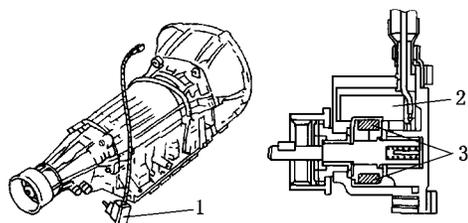


图 6-1 磁阻组件式车速传感器的结构  
1—速度传感器 2—混合集成电路 3—多极磁环

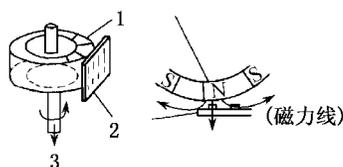


图 6-2 磁阻组件式车速传感器的工作原理  
1—多极磁环 2—磁阻元件 3—输入轴

当齿轮驱动传感器输入轴旋转时,与输入轴连接在一起的多极磁环也一同旋转,多极磁环的旋转引起磁场的变化,使集成电路内的磁阻组件的阻值发生变化。阻值的变化引起其上电压的变化,将电压的变化输入到比较器中进行比较,再由比较器输出信号控制晶体管的导通和截止。

## 3. 光电式车速传感器

光电式车速传感器的结构原理见上册第二章第三节。

### (二) 转角传感器

转角传感器用于检测转向盘的中间位置、转动方向、转动角度和转动速度,也是电子控制悬架系统的主要控制信号。在电子控制悬架工作中,电子控制装置根据车速传感器信号和转角传感器信号,判断汽车转向时侧向力的大小,以控制车身的侧倾。

转向盘转角传感器用于检测汽车转向轮的偏转角度及偏转方向。

TEMS 上应用的是一种光电式的转角传感器,其安装位置和结构如图 6-3 所示。

在压入转向轴的圆盘中间,装有带窄缝的窄缝圆盘,传感器的遮光器(由发光二极管和光敏三极管组成)以 2 个为一组,从上面套装在窄缝圆盘之上。窄缝圆盘上等距离均匀排列着窄缝,窄缝圆盘随转向轴转动时,2 个遮光器的输出端即可进行 ON、OFF 变换。

光电式转角传感器的工作原理如图 6-4 所示。

转动转向盘时,窄缝圆盘随之转动,使遮光器之间的光束通/断变化,遮光器的这种反复开/关状态产生与转向轴转角成一定比例的一系列数字信号,系统控制装置可根据此信号的变

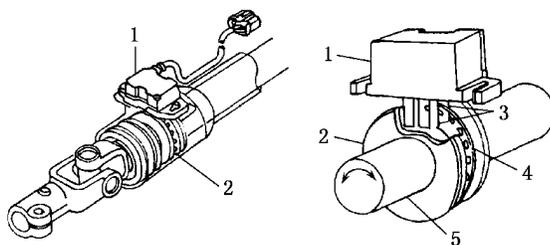


图 6-3 转向盘转角传感器的安装位置和结构  
(a) 安装位置;(b) 结构  
1—转角传感器 2—传感器圆盘 3—遮光器;  
4—窄缝 5—转向轴



化来判断转向盘的转角和转速,同时,传感器在结构上采用两组光电偶合器,可实现根据检测到的脉冲信号的相位差来判断转向盘的转动方向。

光电式转角传感器电路如图 6-5 所示。

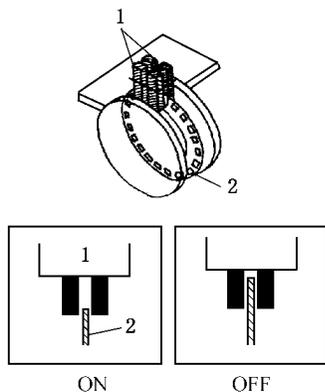


图 6-4 光电式转角传感器的工作原理  
1—遮光器 2—窄缝圆盘

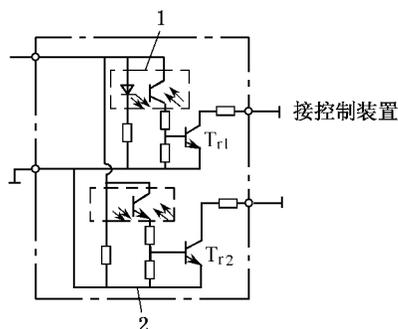


图 6-5 光电式转角传感器电路  
1—1号遮光器 2—2号遮光器

### (三) 加速度传感器

在车轮打滑时,不能以转向角和汽车车速正确判断车身侧向力的大小。为直接测出车身横向加速度和纵向加速度,有时用加速度传感器。

#### 1. 差动变压器式加速度传感器

差动变压器式加速度传感器的结构见图 6-6 所示。

差动变压器式加速度传感器的工作原理见图 6-7 所示。

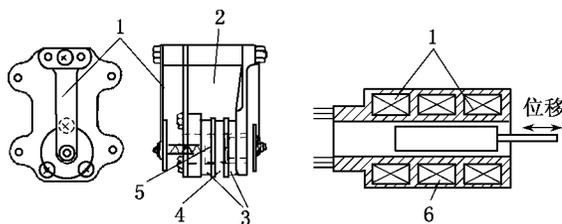


图 6-6 差动变压器式加速度传感器结构  
1—弹簧 2—封入硅油 3—检测线圈 4—激磁线圈 5—芯杆

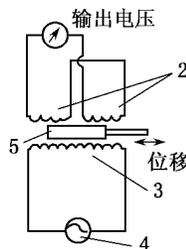


图 6-7 差动变压器式加速度传感器工作原理  
1、2—2次线圈 3、6—1次线圈 4—电源 5—芯杆

激磁线圈(1次线圈)通以交流电,当汽车转弯(或加、减速)行驶时,芯杆在汽车横向力(或纵向力)的作用下产生位移,随着芯杆位置的变化,检测线圈(2次线圈)的输出电压发生变化,所以,检测线圈(2次线圈)的输出电压与汽车横向力(或纵向力)一一对应,反应了汽车横向力(或纵向力)的大小,悬架系统电子控制装置根据此输入信号即可正确判断汽车横向力(或纵向力)的大小,对汽车车身姿势进行控制。

#### 2. 钢球位移式加速度传感器

钢球位移式加速度传感器的结构见图 6-8 所示。

根据所检测的力(横向力、纵向力或垂直力)不同,加速度传感器的安装方向也不一样。如汽车转弯行驶时,钢球在汽车横向力的作用下产生位移,随着钢球位置的变化,磁场发生变化,造成线圈的输出电压发生变化,所以,悬架系统电子控制装置根据线圈的输出信号即可正确判断汽车横向力的大小,对汽车车身姿势进行控制。

#### (四) 高度传感器

高度传感器的作用是感测车身高(汽车悬架装置的位移量),并将它转换成电子信号输入系统控制装置。

##### 1. 片簧开关式高度传感器(用于福特等车型)

片簧开关式高度传感器的结构和工作原理见图 6-9 所示。

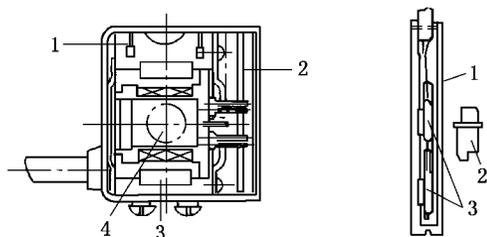


图 6-8 钢球位移式加速度传感器  
1—轭铁 2—信号处理回路 3—磁铁 4—钢球

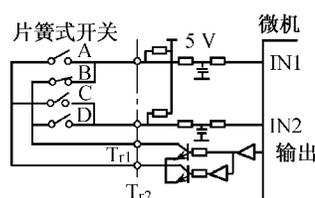


图 6-9 片簧开关式高度传感器的结构和工作原理  
1—车高传感器 2—磁体 3—片簧开关

片簧开关式高度传感器利用 4 个片簧开关的开/关,把车身高度的状态分为四个区域,而且与输入回路的 2 个输出晶体管的工作相配合进行控制。

##### 2. 霍尔集成电路式高度传感器

霍尔集成电路式高度传感器的结构和工作原理见图 6-10 所示。

霍尔集成电路式高度传感器分别由两个霍尔集成电路、磁体构成,由于两者的相对位置不同,车身高状态分为三个区域检测。

##### 3. 光电式高度传感器(用于丰田车)

光电式高度传感器是现代轿车上用得最多的一种高度传感器,所以在此进行详细介绍。光电式高度传感器的结构见图 6-11 所示。

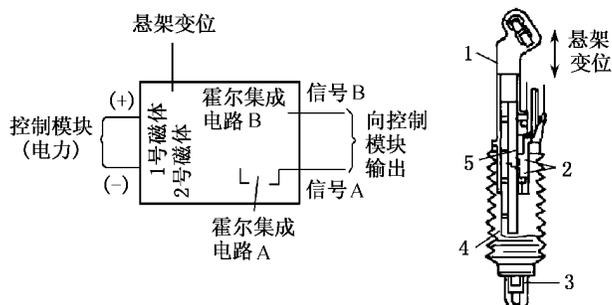


图 6-10 霍尔集成电路式高度传感器的结构和工作原理  
1—传感器体 2—霍尔集成电路 3—弹簧 4—滑轴 5—窗孔

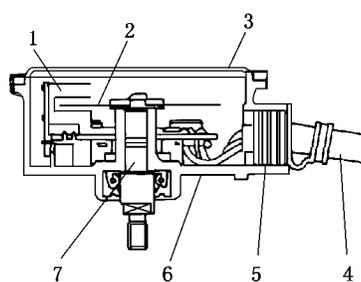


图 6-11 光电式高度传感器的结构  
1—遮光器 2—圆盘 3—传感器盖 4—信号线; 5—金属油封环 6—传感器壳 7—传感器轴



传感器内部有一靠连杆带动转动的传感器轴,传感器轴上固定一开有许多窄槽的圆盘。遮光器由发光二极管和光敏三极管组成,圆盘的转动可使遮光器的输出进行 ON、OFF 转换,并把此 ON、OFF 转换信号通过信号线输送给悬架电子控制装置。依靠这种 ON、OFF 转换,电子控制装置可以检测出圆盘的转动角度。当车身高度发生变化时,即悬架变形量发生变化时,圆盘在传感器轴带动下转动,从而使电子控制装置检测出车身高度的变化。

光电式传感器的工作原理可由图 6-12 进行说明。

实际结构中,高度传感器固定在车架上,传感器轴的外端装有导杆,导杆的另一端通过一连杆与独立悬架的下摆臂相连(见图 6-13 所示)。

根据传感器内使用的遮光器的数量,传感器可把车身高度状态分为不同数量的区域,以便对车身高度进行精确的控制。如传感器的遮光器有 4 个,当车身高度发生变化时(如汽车载荷发生变化),导杆将随悬架摆臂的上下移动而摆动(参见图 6-13)。从而通过传感器轴驱动圆盘转动,各遮光器输出随之进行 ON、OFF 转换。这样通过四个遮光器 ON、OFF 状态的不同组合,电子控制装置可以几个区域判断出车高状态(见表 6-1)。

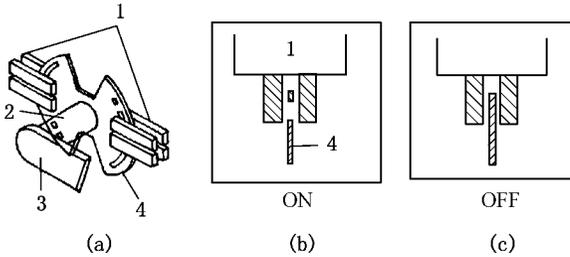


图 6-12 光电式高度传感器的工作原理

1—遮光器 2—传感器轴 3—导杆 4—圆盘

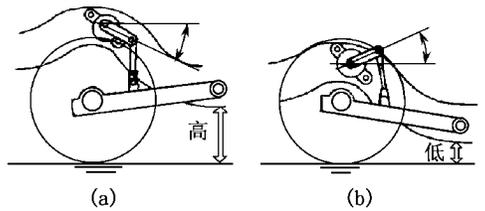


图 6-13 高度传感器的安装

(a) 高车身;(b) 低车身

表 6-1 遮光器的状态与车高对照表

车高	光电耦合组件的状态				车高范围/mm	计算结果
	1	2	3	4		
高	OFF	OFF	ON	OFF	15	过高
	OFF	OFF	ON	ON	14	
↑	ON	OFF	ON	ON	13	高
	ON	OFF	ON	OFF	12	
	ON	OFF	OFF	OFF	11	
	ON	OFF	OFF	ON	10	普通
	ON	ON	OFF	ON	9	
	ON	ON	OFF	OFF	8	
	ON	ON	ON	OFF	7	
	ON	ON	ON	ON	6	

续表

车高	光电耦合组件的状态				车高范围/mm	计算结果
	1	2	3	4		
	OFF	ON	ON	ON	5	低
	OFF	ON	ON	OFF	4	
	OFF	ON	OFF	OFF	3	
	OFF	ON	OFF	ON	2	
↓	OFF	OFF	OFF	ON	1	
低	OFF	OFF	OFF	OFF	0	过低

悬架系统进行车高调节时,如果只需判断出4个车高区域,则高度传感器中只需两个遮光器,此时遮光器 ON、OFF 状态组合方式可参考表 6-2。

表 6-2 采用 2 个遮光器时遮光器的状态与车高对照表

车高检验区域	遮光器 A	遮光器 B	车高检验区域	遮光器 A	遮光器 B
过高	OFF	ON	偏低	ON	OFF
偏高	OFF	OFF	过低	ON	ON

如果只需判断 3 个车高区域,即过高、标准、过低,则只需将表 6-2 中偏高和偏低两种状态均作为标准状态即可。

### (五) 节气门位置传感器

悬架控制系统中利用节气门位置传感器信号来判断汽车是否在进行急加速。在悬架系统中上述传感器(车速传感器、高度传感器、转角传感器以及加速度传感器)都是将信号直接输入悬架电子控制装置,但节气门位置传感器信号则是输入发动机电子控制装置,然后发动机电子控制装置再将此信号输入悬架电子控制装置。节气门位置传感器的结构、原理在上册中已作介绍,在此不再重复。

## 二、电子控制装置

### 1. 电子控制装置的功能和构成

电子控制装置方框图见图 6-14。

(1) 稳压电源。向控制装置内部电路和各种传感器供电。

(2) 传感器信号放大。用接口电路将输入信号(如传感器信号、开关信号)中的干扰信号除去,然后放大、变换极值、比较极值,变换为适合输入控制装置的信号。

(3) 输入信号的计算。电子控制装置根据预先写入只读存储器 ROM 中的程序对各输入信号进行计算,并将计算结果与内存的数据进行比较后,向执行机构(电机、电磁阀、继电器等)发出控制信号。输入控制装置的信号除了开/关信号外还有电压值时,还应进行 A/D 变换。

(4) 输出驱动电路。通过输出驱动电路将输出驱动信号放大,然后输送到各执行机构,如



电机、电磁阀、继电器等,实现对汽车悬架参数的控制。

(5) 故障检测电路。监测传感器、执行器、线路等的故障,并存和显示储故障信息,供维修诊断用。

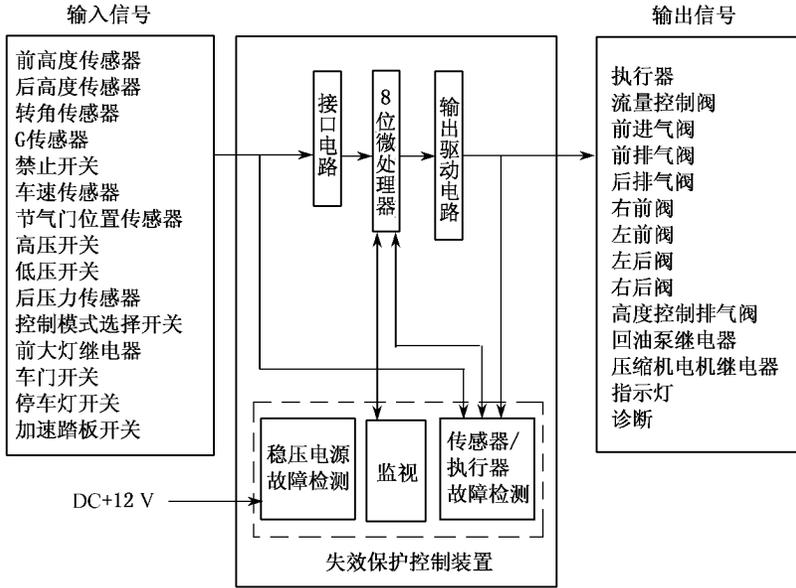


图 6-14 ECU 电子控制装置框图

## 2. 控制过程

预先将电子控制装置的控制程序写入只读存储器 ROM,悬架控制过程中,按控制程序规定的顺序进行计算、分析、比较。

系统启动后,首先对控制装置内部存储器 RAM、执行机构进行初始化,然后,读取各种传感器输入信号和各种开关信号,根据驾驶员所选择的系统控制模式,对输入信号进行计算、分析,并发出控制信号进行汽车行驶姿势控制,然后再读取各种输入信号,如此往复循环。

电子控制装置对信号的处理速度快于汽车的运动,以微秒级进行 1 次运算,所以,完全可以按照以上顺序进行处理。

## 3. 自诊、通信功能

比较复杂的系统为便于故障检测和修理,使控制装置一般具有自诊功能。表 6-3 为自诊功能一例,它是用特殊的开关进行操作,使系统进入自诊模式,依次将传感器信号输入,将结果显示在指示器上,据此即可发现传感器、开关、配线、连接器等是否异常。

表 6-3 自诊断显示

表示内容(选择开关)	“AUTO”		*	*		*	*	
	“S”							*
	“M”		*		*			
	“H”							
诊断部位	车速传感器	转角传感器	ECCS 燃油脉冲	制动灯开关	WT(空挡及离合器开关) AT 阻化剂及驻车、制动开关	选择开关	路面超声波传感器	

### 三、悬架控制系统执行机构

#### 1. 用于减振器阻尼力变换的执行器

用于减振器阻尼力变换执行器 通过转动减振器控制杆来改变减振器的阻尼力。

执行器一般采用步进电机进行驱动,步进电机的结构及工作原理在上册中已详细介绍,这里不再重复。

图 6-15 为一种内装式电磁执行器,它装于减振器的上部,它外侧装有固定的永久磁铁,当对中间的电磁线圈通电时,在电磁力的作用下电磁线圈带动输出轴转动,输出轴又带动减振器控制杆转动,电磁线圈两侧装有挡块,以确定电磁线圈转动的角度,通电一定时间后,借助于定位弹簧保持电磁线圈的位置。

也有的在减振器内部由直流电机、齿轮、旋转位置检测器构成的执行器。

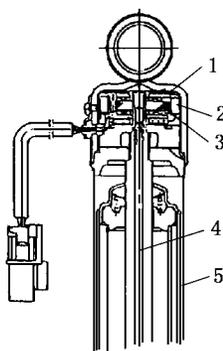


图 6-15 内装式电磁执行器

1—电磁执行器 2—永久磁铁 3—电磁线圈;  
4—控制杆 5—减振器

#### 2. 空气弹簧用控制阀

图 6-16 为一种空气弹簧用控制车身高度的控制阀,它由芯杆、电磁线圈和柱塞等组成。

当对电磁线圈通电,在电磁力的作用下芯杆推动柱塞移动,关闭空气通路,形成 ON/OFF 动作。

#### 3. 油气弹簧用比例阀

图 6-17 为一种油气弹簧用压力控制阀,当对电磁线圈通以电流时,电磁线圈产生正比于此电流的电磁力,电磁力推动阀杆移动,当阀杆的推力输出压力相等时阀杆停止移动,这样可以产生与电流大小成正比的油压力。



金属弹簧式为主流,电气式目前尚未实用化。

### (一) 油缸式和油气弹簧车高控制系统

#### 1. 油缸式车高控制系统

系统由装于各车轮的油缸、电机驱动式油泵、储油箱、回油阀、压力开关等组成,除油缸外其他装置为一个整体。

图 6-18 为雷欧尼轿车用油缸式车高控制系统。

当汽车乘员人数或装载质量增加而使车身降低时,油泵正转,将储油箱中的油液压入各轮油缸使车身升高,当所在车轮部分车身高度达到规定高度时,油压迅速升高,此时在压力开关作用下使油泵停止运转。当汽车乘员人数或装载质量减少而使车身升高时,油泵反转,油泵输出油液经回油阀、节流孔流回储油箱,由于节流孔的节流作用使油泵输出压力升高,高压将回油阀打开,使各轮举升油缸中的油液经回油阀流回储油箱,达到降低车身高度的目的。

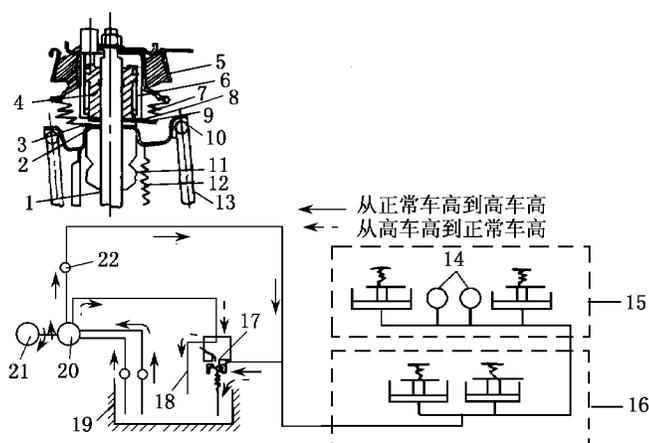


图 6-18 油缸式车高控制系统

1—活塞杆 2—轴承 3—垫圈 4—柱塞 5—悬架支柱固定装置 6—液压力缸 7—防尘套 8—防尘套座 9—油封 10—橡胶底座 11—橡胶缓冲块 12—防尘套 13—螺旋弹簧 14—压力开关 15—后油缸 16—前油缸 17—回油阀 18—节流孔 19—储油箱 20—油泵 21—电机 22—单向阀

车身高度的升降由一控制装置通过驾驶员操纵的选择开关和车速信号进行控制。

此系统不用高度传感器,系统简单,但载重时无法补正车身的后端下垂。系统主要以改善汽车坏路行驶性能为主。

#### 2. 油气弹簧车高控制系统

图 6-19 为雪铁龙轿车早期采用的油气弹簧式车高控制系统。车身主要由设在各车轮部分的液压力缸支承,在液压力缸上部装有储压器,其内密封的压缩氮气可起到弹簧的作用。

系统所需高压油液由一发动机驱动的油泵提供,并通过液压管路提供给各液压力缸,各液压力缸油压由设在前后轮的车高调节器进行调节,车高调节器检测汽车前、后端车架与车轴之间的距离,并据此向各轮液压力缸分配油液或将各轮液压力缸油液排入储油箱,以使液压力缸伸长或缩短,从而改变汽车的行驶高度。该系统为机械式,并非电子控制。

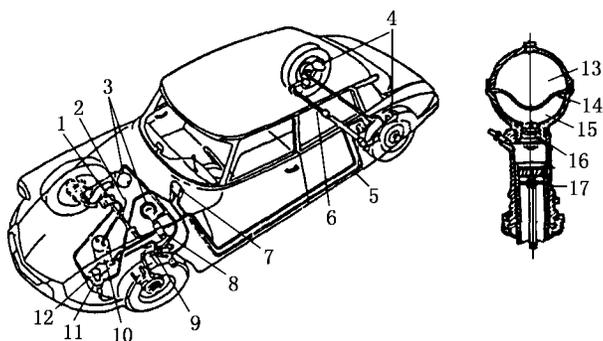


图 6-19 油气弹簧式车高控制系统

1—油泵 2—前转向稳定杆 3—前悬架 4—后悬架 5—后轮车高调节器 6—后转向稳定杆 7—压力分配阀 8—液压缸 9—前轮车高调节器 10—储油箱 11—储压器 12—压力分配阀 13—气室(氮气) 14—橡胶膜片 15—油室 16—节流阀 17—活塞

## (二) 气压式车高控制系统的结构及工作原理

### 1. 丰田轿车气压式车高控制系统

丰田轿车采用的气压式车高控制系统只对汽车两个后轮进行高度调节。

系统组成主要有:电子控制装置、空气压缩机总成、可调空气弹簧减振器总成、高度传感器总成、电路、空气管路、排气电磁阀。如图 6-20 所示。

(1) 空气压缩机总成。空气压缩机总成是用于向车高控制系统提供压缩空气的动力源。系统采用单缸活塞式空气压缩机,由电动机驱动并向系统提供一定压力的压缩空气。

压缩机总成固定在发动机室内,与压缩机驱动电机、压缩机继电器、空气干燥器固定在一起,电机的运转由系统控制装置通过压缩机继电器进行控制,压缩机工作时,压缩空气经干燥器干燥后进入空气弹簧,以调节汽车车身高度。

(2) 空气干燥器。空气干燥器固定在空气压缩机上,与压缩机的空气输出端连接。空气干燥器内装有干燥剂,它能吸收压缩机排出的压缩空气中的水分。从而保证空气弹簧得到干燥的压缩空气,而且,当空气从空气弹簧排出时,排出的空气也要通过干燥器排入大气,并将干燥剂中的水分带走,使干燥剂可以重复使用。

另外,空气干燥器中装有一排气电磁阀,使空气弹簧中保持一定的剩余空气压力,此排气电磁阀也由系统控制装置进行控制。

(3) 高度传感器。本系统中采用的高度传感器为光电式高度传感器。用高度传感器检测车身高度(汽车悬架装置的位移量)变化,系统电子控制装置根据高度传感器的输入信号,判断

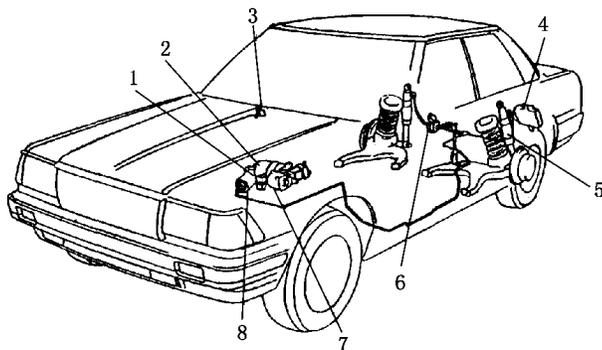


图 6-20 丰田轿车车高控制系统

1—继电器 2—电机 3—指示灯 4—电子控制装置 5—减振器;  
6—高度传感器 7—空气压缩机 8—空气干燥器

车身高度的变化,从而决定如何调节汽车车身高度(升高或降低)。

其结构和工作原理本章第二节已作介绍,这里不再重复。

(4) 电子控制装置(ECU)。电子控制装置主要用于接收并处理高度传感器输入信号,然后控制压缩机的运转和排气电磁阀的开闭,进而控制汽车的高度为一定值。

在汽车行驶过程中,由于车身受到路面、转向、起步、制动等的影响,使车身高度总在变动,导致传感器输出的不是指示车身高度的定值信号,随时判定车高所属的区域比较困难,为了准确控制车身的高度,必须进行高度传感器检测信号的平均化处理,即控制装置每隔数毫秒就检测一次高度传感器的输入信号,并对一定时间内(如 10 ms)各车高区域所占的百分比进行计算,根据各种车高区域所占的百分率的多少,来判断是否需要进行车身高度调节。

该控制系统通过检查车门是否上锁来确定车内是否有乘员或汽车是否在行驶,以便对车身高度读数时间间隔作出相应的调整。例如,当车内无乘员时,其车身高度仅受载荷的影响,这时车身高度的测量时间间隔大约为 2.5 s;当汽车行驶时,为了最大限度地降低车身振动的影响,该时间间隔延长到约为 20 s。如汽车行驶 20 s 时间内,车高信号的“过高区”所占比率达 80% 以上时,控制装置将打开排气电磁阀,降低汽车高度,汽车下降过程中不断检测高度传感器信号,当 20 s 时间内车高信号的“过低区”及“低车身区”所占比率达 10% 以上时,中止车身上降动作,从而将汽车高度控制在一定值。

乘客上下车时,车身高度的控制过程与上述过程基本相同,当汽车发动机停机时,为了避免空气压缩机继续运转而耗光蓄电池,车身高度控制中断,ECU 根据电压调节器的 L 端子(充电指示灯端子)信号检测发动机是否停止。

(5) 压缩机继电器。压缩机继电器固定在控制装置的支架上。压缩机继电器由电子控制装置控制,汽车需要升高时,压缩机继电器闭合,压缩机运转并向系统提供压缩空气,当车身高度上升到规定高度时,在电子控制装置的控制下,压缩机继电器断开,中止压缩机向系统供气。

(6) 带减振器的可调式空气弹簧。带减振器的可调式空气弹簧是一带有空气室的液减振器,如图 6-21 所示。

由图可见,它是将减振器和空气弹簧制成一体。当需要升高汽车时,压缩机经空气干燥器向空气弹簧充气,空气弹簧缸筒上移,使空气弹簧伸张,车身高度增加;当需要降低汽车时,排气阀打开,空气弹簧中的空气经排气阀、空气干燥器排入大气,使空气弹簧收缩,车身高度降低。

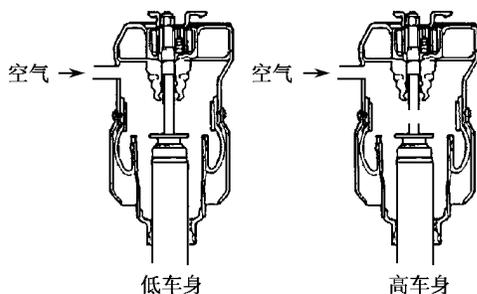


图 6-21 带减振器的可调式空气弹簧

车高控制系统的计算机控制方框图如图 6-22 所示。

汽车车身高过程:汽车乘员人数或装载质量增加时,汽车车身高度下降,高度传感器立即向电子控制装置传送车高信号,控制装置根据高度传感器的输入信号,判定车身高度低于规定标准,立即向压缩机继电器发出控制信号,使压缩机继电器闭合而启动空气压缩机,空气压缩机排出的压缩空气通过空气干燥器向空气弹簧气室充气,使汽车后端高度增加,当车身高度上升到标准值时,控制装置就再次向压缩机继电器发出控制信号,使压缩机继电器打开而空气压缩机停止工作,从而保证汽车高度维持在一定值。



车高控制系统的工作过程可简单地按图 6-23 予以说明。

汽车车身降低过程:当汽车乘员人数或装载质量减少时,汽车车身高度增加,高度传感器立即向电子控制装置传送车高信号,控制装置根据高度传感器的输入信号,判定车身高度高于规定标准,立即向排气电磁阀发出控制信号,使

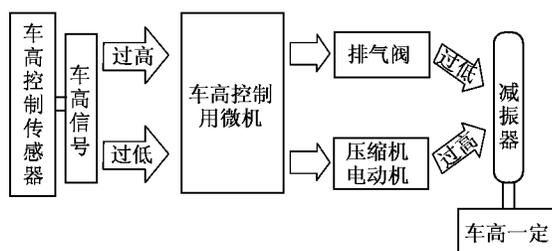


图 6-22 车高控制系统的计算机控制方框图

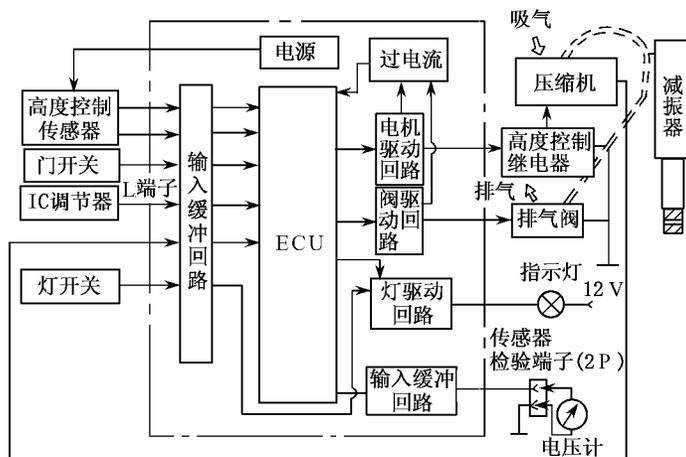


图 6-23 车高控制过程方框图

排气电磁阀打开,空气弹簧气室中的空气通过空气干燥器排入大气,使汽车后端高度降低,当车身高度降低到标准值时,控制装置就再次向排气电磁阀发出控制信号,使排气电磁阀关闭而中止空气的排出,从而保证汽车高度维持在一定值。

## 2. 其他车高控制系统

图 6-24 中给出的车高控制系统与前述的系统类似,主要区别在于高度控制安装在后减振器内,减振器内装有一光电传感器,当车身高度变化时,此传感器就向系统电子控制装置传送车身高度信号,系统电子控制装置控制空气弹簧的供气和放气,以使汽车车身高度控制在某一定值。

图 6-25 为富士 4WD 轿车用的具有车身高度控制功能的空气悬架系统。

此系统使汽车适应在坏路上行驶和根据汽车负荷的变化调节车身高度。系统根据设在空气弹簧内的高度传感器信号调节空气弹簧内的空气量的多少或气压的高低,使汽车可在两种高度(普通或高)之间进行切换,高度范围是 30~40 mm。

驾驶员可通过设在驾驶室内的选择开关,将汽车车身高度切换为普通或高。系统通过一指示灯来显示汽车现行车身高度,当系统出现故障时,指示灯也作出相应显示。系统中有 4 个高度传感器,分别设置在各空气弹簧内用以测量各车轮部分的车身高度。系统中设有 6 个电磁阀,系统控制装置通过处理高度传感器的输入信号,来控制各电磁阀的打开或关闭。此外,系统还包括由压力开关控制的空气压缩机以及储气筒、干燥器和空气管路等。

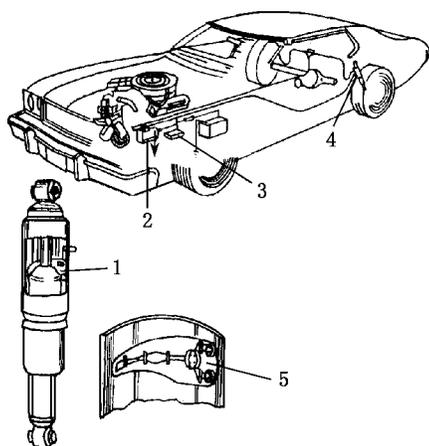


图 6-24 使用电子眼的车高控制系统

1、5—电子眼传感器 ;2—空气压缩机 ;3—电子控制装置 ;4—空气弹簧

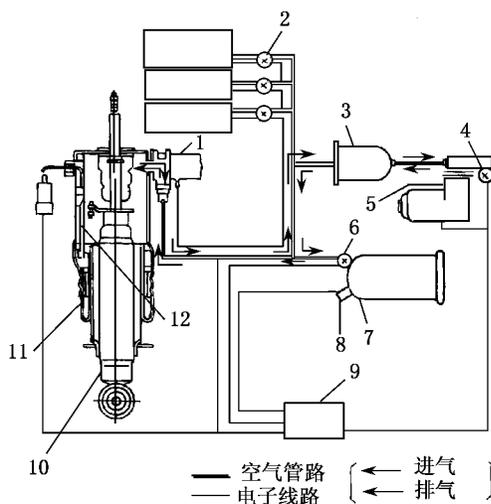


图 6-25 富士 4WD 轿车空气悬架系统

1—空气弹簧 ;2、3—电磁阀 ;4—空气干燥器 ;5—排气电磁阀 ;6—空气压缩机 ;7—进气电磁阀 ;8—储气筒 ;9—压力开关 ;10—控制装置 ;11—减振器 ;12—橡胶套

## 二、半主动悬架系统

为提高汽车行驶舒适性和安全性,使悬架的弹簧刚度和减振器的阻尼力能随汽车行驶状态而变化,悬架总是处在最佳状态附近。根据汽车行驶状态改变悬架的弹簧刚度和减振器的阻尼力的悬架,我们称为悬架参数(弹簧刚度和减振器阻尼力)能够改变的半主动悬架。

半主动悬架系统的一般工作原理见图 6-26 所示。半主动悬架系统可以根据路面激励和车身的响应,对悬架参数进行控制,使车身的振动响应始终被控制在某个范围内。

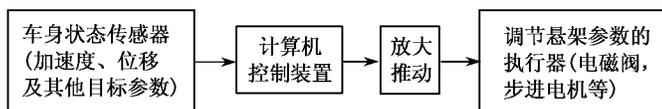


图 6-26 半主动悬架系统的工作原理

### (一) 减振器阻尼力控制系统

所谓减振器阻尼力控制系统是根据汽车负荷、行驶路面条件和汽车行驶状态(加速、减速或转弯等)来控制减振器的阻尼力,使汽车在整个行驶路面范围内和各种行驶状态下,减振阻尼力在 2 段(软、硬)或 3 段(软、普通和硬)之间变换,最近大多数阻尼力控制系统允许连续变换减振器的阻尼力,并且各种传感器和执行器采用了压电组件,提高了系统的响应性。

现代汽车中采用的阻尼力控制系统有很多种。例如,阿姆斯特朗专利有限公司推出的所谓自适应型悬架控制系统(简称 AAS);福特公司的雷鸟 Turbo 轿车配置的所谓的行驶平顺性程控悬架系统(简称 PRC);日产公司研制开发的一种所谓超声悬架系统(简称 SSS)。

减振器阻尼力控制功能有如下几种:



(1) 防车尾下蹲控制。当汽车急速起步或急加速时,由于惯性力及驱动力的作用,使车尾下蹲。防车尾下蹲控制是要使车尾下沉量控制到最小程度,以保持车身的稳定。

(2) 防止换挡冲击控制。汽车在换挡过程中,使驱动轮上的驱动力在较短的时间内发生较大的变化,使汽车车身产生纵向摇动。防止换挡冲击控制,就是要使汽车在自动换挡时使车身纵向摇动幅度控制到最小,并减小换挡时对汽车的冲击力。

(3) 防止车头下沉控制。汽车在高速行驶中进行紧急制动时,由于惯性力和车轮与地面之间附着力的作用,使汽车车头下沉。防止汽车车头下沉就是要使这种车头下沉量尽可能小。

(4) 防横摇控制。汽车急转弯时,由于离心力的作用,使汽车车身向一侧倾斜,转弯结束后会使汽车车身产生横向摇动。防横摇控制能减少由于离心力所引起的车身向转弯半径外侧倾斜的程度,并防止车身横向摇动的产生。

(5) 汽车高速行驶时车身下降控制。汽车高速行驶时,该控制功能使汽车车身高度降低,减小空气阻力,提高轮胎与路面之间的附着力,确保汽车高速行驶时的稳定性。

### 1. 自适应阻尼控制系统(ADS)

梅赛德斯-奔驰轿车装配了一种称为自适应阻尼控制的悬架系统(ADS)。其组成及车上布置如图 6-27 所示。

ADS 用于自动调节减振器阻尼力以适应路面变化,它将 5 个传感器的信号输入电子控制装置,并根据汽车行驶状况调节减振器的阻尼特性(四段),当汽车进行避障行驶时,也可保持良好的乘坐舒适性。由图 6-27 可见,此系统主要包括减振器、传感器、电子控制装置(ECU)、阻尼阀和串联式油泵等。

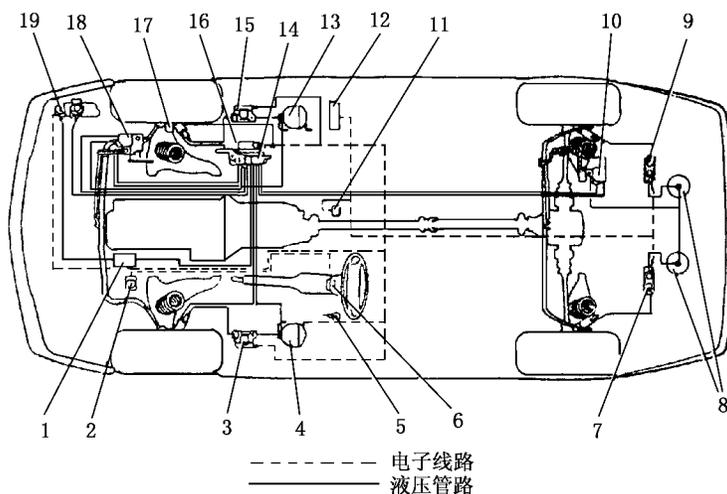


图 6-27 自适应阻尼控制系统

1—串联式油泵 2—车身加速度传感器 ;3—左前侧阻尼阀 ;4—左前侧压力储压器 ;5—ADS 指示灯 ;6—转角传感器 ;  
 7—左后侧阻尼阀 8—后侧压力储压器 9—右后侧阻尼阀 ;10—后轴水平控制阀 ;11—ADS 模式选择开关 ;12—ADS 电子控制装置 ;13—右前侧压力储压器 ;14、15—右前侧阻尼阀 ;16—阀体 ;17—悬架加速度传感器 ;18—前轴水平控制阀 ;  
 19—油平面开关

(1) 减振器。减振器装于汽车悬架支柱中,油液的阻尼作用实际上是产生在一独立电磁阀内,电磁阀用一高压油管与悬架支柱连接,专用减振器不能与早期车型上的减振器互换。

(2) 传感器。5 个传感器检测汽车车轮和车身的垂直加速度、车速(使用 ABS 车速传感器)、转向盘转角和汽车负荷等信息,并输入电子控制装置,电子控制装置分析处理传感器输入信号,确定出汽车在一定行驶条件下所需的最佳减振器阻尼力,然后向电磁阀发出控制信号以调节减振器的阻尼力。

**加速度传感器** 加速度传感器用于测量车轮和车身的垂直加速度,以确定汽车行驶路面状况。加速度传感器本质上是一个应变仪,传感器内有一重物悬挂于一小弹簧上,此重物的位移对应于汽车的位移,通过测量重物的移动速度(或上下方向的加速度),再通过应变仪转变为电信号后输入电子控制装置。电子控制装置将此电信号转变为垂直加速度(即路面不平度),并根据此垂直加速度,计算出汽车行驶在该路面上所需最佳的减振器阻尼力,并向电磁阀发出控制信号,改变减振器的阻尼力。

**转角传感器** 转角传感器由一带 72 块磁铁的圆盘、两个霍尔效应传感器和一微型计算机组成(见图 6-28)。每块磁铁都具有很强的磁场,微型计算机根据此强磁场来判断转向盘是位于直线行驶位置,还是向左或向右转动。转角传感器将转向盘位置信号输送给 ADS 电子控制装置。

(3) 电子控制装置。ADS 电子控制装置(ECU)是一控制整个系统的微型计算机。使用预先编好的程序对传感器的输入信号进行计算,计算结果与存储在计算机内的数据进行比较,并立刻向各阻尼阀发出控制指令。ADS 的 ECU 接收来自 ABS 电子控制装置的车速信号,ABS 车速传感器位于汽车左前轮。

ECU 的电压来自过电压保护继电器,ECU 与车载诊断装置装在一起,即使电源中断,储存器内存储的系统故障信息也不会丢失。

(4) 阻尼阀。阻尼阀安装于悬架支柱和蓄压器之间,并通过液压油管分别与悬架支柱和蓄压器连接在一起,用于根据控制指令来调节减振器的阻尼力(见图 6-29)。

它包括两个电磁阀和两个阻尼活塞,两个电磁阀具有相同的流量,但两个阻尼活塞的节流孔大小不同,通过转换电磁阀为 ON 或 OFF,油液流经不同硬度的弹簧盘和不同大小的信道,弹簧盘越硬,减振器的阻尼力越大。如果 ADS 系统不工作,电磁阀则不通电流,在弹簧作用下保持关闭状态,使油液流经两个阻尼活塞,减振器阻尼力为最大。

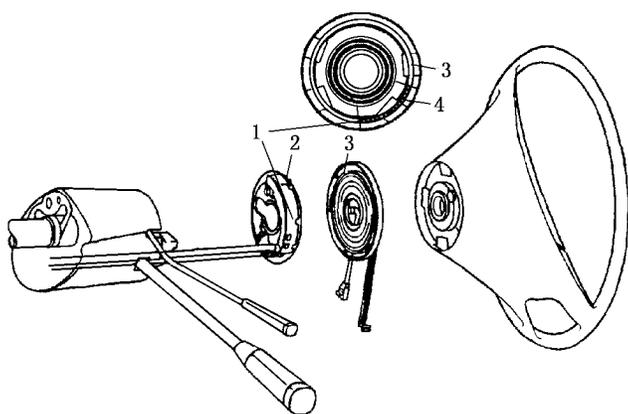


图 6-28 转角传感器

1—转向传感器 2—霍尔效应传感器 3—塑料滑环 4—磁铁

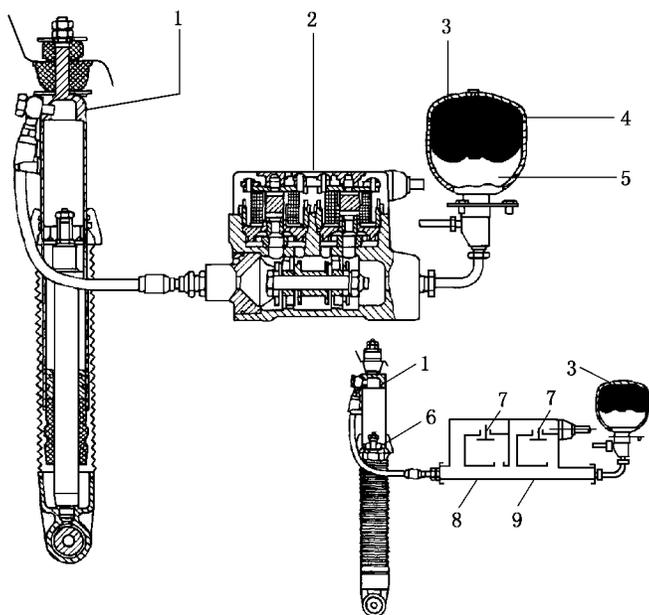


图 6-29 悬架支柱、阻尼阀及压力储压器

1—悬架支柱 2—阻尼阀 3—蓄压器 4—氮气腔 5—油腔 6—活塞 7—电磁阀 8、9—阻尼活塞

(5) 串联式油泵。油泵用于为系统建立油压,ADS 油泵与动力转向油泵组合在一起,形成一个串联式油泵。其中径向活塞泵向车身高度控制系统和 ADS 系统供油,叶片泵向动力转向系统供油。串联式油泵固定在发动机上并由皮带驱动,两个油泵用一根轴驱动。径向活塞泵的偏心轴与叶片泵的驱动轴通过一销钉连接。超负荷时销钉被切断,从而保证动力转向叶片泵继续工作。

(6) 其他装置。ADS 系统还有一些其他装置,它们在车身高度控制系统中都起着一定作用。

一塑料储油罐位于发动机室右前方,储油罐的油尺上有 MAX 和 MIN 标记,用于检查油平面,当储油罐油平面不足时,ADS 电子控制装置可通过储油罐上的开关来判断,并显示在 ADS 指示灯上。

前后悬架的承载件包括螺旋弹簧、蓄压器和减振器。蓄压器为圆形,由一膜片分成上下两腔,上腔为高压氮气腔,下腔为高压油腔。减振器及蓄压器内的油压,随着汽车负荷和悬架的压缩或伸张而变化,这样,油压作用在膜片上使上腔内的氮气压力也随汽车和悬架的压缩或伸张而变化。

通过增加或减少悬架支柱中的油液量,使悬架支柱伸长或压缩,从而达到车身的上升或下降的目的,由于前悬架支柱同时还具有车轮导向作用,所以支柱油封承受较高负荷,支柱油封分为低压油封和高压油封两种,从高压油封泄漏的油液通过一小回油管道流回油箱。

注意:ADS 系统与车高控制系统虽然共享一些零件,但两者是相互独立的。

系统工作原理如图 6-30 所示。

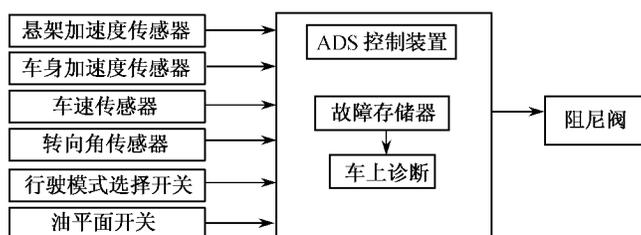


图 6-30 系统工作图

打开点火开关,仪表板上的 ADS 指示灯亮,发动机启动后指示灯熄灭。如果系统出现电路故障,发动机运转时 ADS 指示灯就亮,同时自动关闭 ADS 系统,并将减振器阻尼力设置为最大。

驾驶员可通过一控制开关来选择系统运行模式:舒适(COMFORT)或运动(SPORT)。在运动(SPORT)运行模式时,仪表板上—红色指示灯亮。

正常情况下,汽车直线行驶于平直路面时,减振器阻尼力设置为软(SOFT),当遇到不平路面时,ADS 系统自动提高减振器的阻尼力,使汽车的上下颠簸减小到最低;当传感器检测到汽车转弯或避障行驶时,减振器阻尼力也增加,以保持车身的平稳;当系统出现故障时,减振器阻尼力将自动变为最大,从而保证了汽车的安全行驶。

减振器阻尼力的变化由—位于悬架支柱和压力蓄压器之间的阻尼阀控制,阻尼阀又由电子控制装置进行控制。每个阻尼阀含有两个电磁阀,根据两个电磁阀不同的开闭组合,使减振器阻尼力可以在四个不同的值之间进行切换:硬(FIRM),正常(NORMAL),软(SOFT)和舒适(COMFORT)。当汽车行驶状态突然变化时(如汽车避障行驶),可使减振器的阻尼力迅速切换为最理想的阻尼力设置。

为监测汽车水平加速度,ADS 电子控制装置根据车速信号(来自 ABS 车速传感器)计算出汽车的加速度或减速度,根据车速及转向盘转角信号计算出汽车的横向加速度(横向力)。根据计算出的加速度,ADS 电子控制装置实时向各轴上的阻尼阀发出控制信号,以调节减振器的阻尼力。ADS 电子控制装置可分别独立控制各车轴的阻尼阀。

突然加速、紧急制动或汽车负荷增加时,减振器的阻尼力也被调节为合适的值。

系统运行过程中,电子控制装置(ECU)控制整个系统的同时还不断检查系统各项功能,将检查到的故障存储于一存储器内,如果系统故障影响了汽车的安全行驶,系统将自动关闭并把故障显示在仪表板显示器上,此时全部四个车轮减振器阻尼力都转换为最大。此时系统的非正常工作将显示给驾驶员。

系统液压管路布置如图 6-31 所示。

## 2. 丰田轿车电子控制悬架系统

图 6-32 为丰田轿车装用的电子控制悬架系统(TEMS)。

该系统根据汽车行驶状态,自动调节汽车前、后减振器的阻尼力,抑制汽车急加速时的后坐,汽车转弯时的车身侧倾和紧急制动时的点头,大大提高了汽车行驶的乘坐舒适性和操纵稳定性。

该系统的主要组成有:模式选择开关,电子控制装置(ECU),可调阻尼减振器,改变减振器阻尼力的执行器,车速传感器,转向盘转角传感器,节气门位置传感器,制动灯开关、空挡启动开关等。

(1) 模式选择开关。模式选择开关位于驾驶员座椅旁,由驾驶员根据汽车行驶状态选择



悬架的运行模式,从而决定减振器的阻尼力大小。模式选择开关的布置和操作方法如图 6-33 所示。

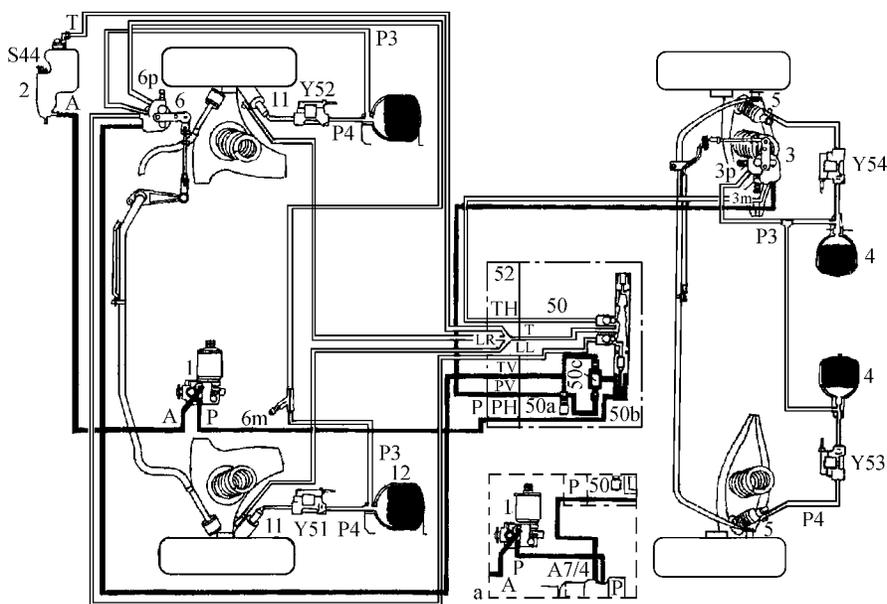


图 6-31 系统液压管路布置图

1—油泵 2—储油罐 3—后轴水平控制阀 4—蓄压器 5—后悬架支柱 6—前轴水平控制阀 11—前悬架支柱 ;A—油泵进油管路 ;P—油泵出油管路 ;P3—水平控制阀高压油管 ;P4—悬架阻尼阀高压管路 ;TV—前轴水平控制阀到油液分配器的回油管路 ;TH—后轴水平控制阀到油液分配器的回油管路 ;LL—前轴左悬架支柱到油液分配器的回油管路 ;LR—前轴右悬架支柱到油液分配器的回油管路 ;T—油液分配器到储油罐的回油管路

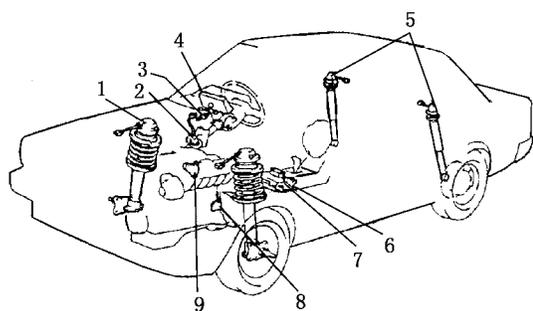


图 6-32 丰田轿车电子控制悬架系统

1、5—执行器 2—动力转向传感器 3—制动灯开关 4—速度传感器和 TEMS 指示灯 6—电子控制装置(ECU) 7—模式选择开关 8—空挡启动开关 9—节气门位置传感器

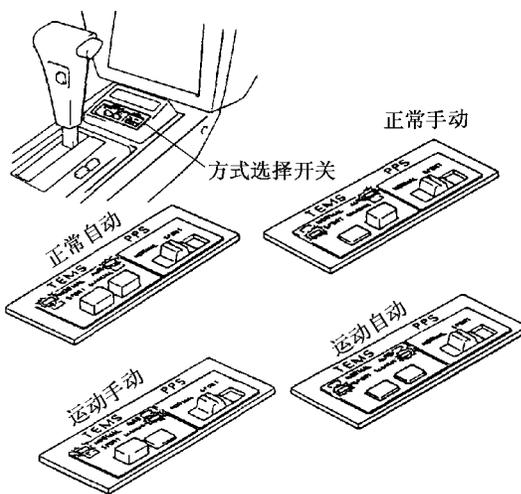


图 6-33 模式选择开关的布置和操作方法

驾驶员通过操纵模式选择开关,可使悬架系统工作在四种运行模式:自动、标准;自动、运动;手动、标准;手动、运动。当驾驶员选择自动挡时,系统可以根据汽车行驶状态自动调节减振器的阻尼力,以保证汽车的乘坐舒适性和操纵稳定性,其控制功能见表 6-4。

表 6-4 系统控制功能

条 件	调 节 项 目 状 态	减振器阻尼力	
		自动、标准	自动、运动
一般情况下		软	中等
汽车急加速、急转弯或紧急制动时		硬	硬
高速行驶时		中等	中等

(2) 执行器。执行器结构与工作原理如图 6-34 所示。

执行器设于减振器支柱顶部,各减振器上的执行器并联连接,使它们一起工作。用于驱动与回转弯(供改变减振器的阻尼力)相连的控制杆,每个执行器由直流电机、小齿轮、扇形齿轮、控制杆、电磁线圈等组成。通过同时给直流电机和电磁线圈加载不同强度的电流,以选择三种不同的阀位(三段阻尼变换),执行器的通电方式见表 6-5 所示。

表 6-5 执行器的通电方式

现在的角度	驱动角度	电动机		电磁线圈
		正极	负极	
—	软	—	+	断开
—	中等	+	—	断开
软	硬	+	—	接通
中等	硬	—	+	接通

执行器的工作过程可参见图 6-34。控制装置接通执行器的电机时,根据控制装置的控制信号,电机通过下面的小齿轮带动扇形齿轮转动,挡块下端伸入扇形齿轮的凹槽中,用于确定扇形齿轮在什么位置停止,从而确定控制杆的位置。

控制装置发出软阻尼信号时,电机带动扇形齿轮逆时针转动,直到扇形齿轮上凹槽的一边靠在挡块上为止;对于中等硬度阻尼,电机反向通电,使扇形齿轮顺时针转动,直到扇形齿轮上凹槽的另一边靠在挡块上为止;当控制装置确定减振器为硬阻尼时,控制装置同时向电机和电磁线圈通电,电机转动带动扇形齿轮离开软阻尼位置或中等阻尼位置,同时电磁线圈将挡块拉紧,使挡块进入扇形齿轮凹槽中间的一个凹坑内。

(3) 减振器。可调阻尼式减振器的结构如图 6-35 所示。

可调式减振器主要由控制杆、活塞杆、回转弯等构成。活塞杆的中心是空的,在活塞杆中心孔中装有控制杆,控制杆的上端与执行器相连,控制杆的下端装有回转弯,回转弯上有三个



油孔,活塞杆上有两个通孔。当执行器工作时,通过控制杆带动回转阀转动,使回转阀与活塞杆上的小孔接通或切断,从而增加或减小油液的流通面积,达到调节减振器阻尼力的目的。根据回转阀与活塞杆的相对位置不同,减振器的阻尼力有硬、中等、软三种。

当回转阀上的 A、C 油孔开通时,减振器的阻尼力为软;当只有回转阀 B 油孔开通时,减振器的阻尼力为中等;当回转阀上三个油孔全部关闭时,仅有止回阀产生衰减作用,此时减振器的阻尼力为硬。

(4) 转向盘转角传感器。转向盘转角传感器用于检测汽车转向轮的偏转角

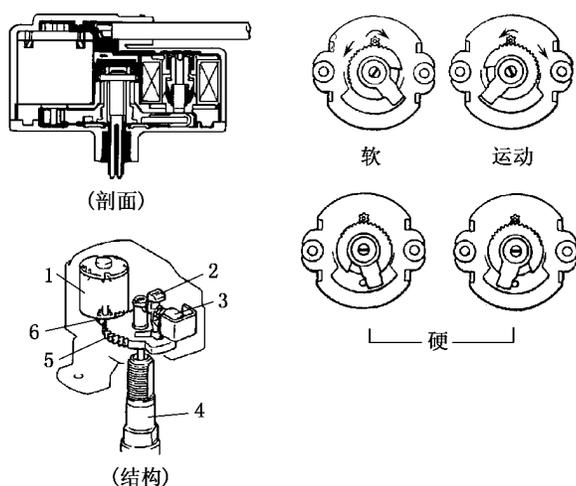


图 6-34 执行器的结构与工作原理

1—直流电机;2—挡块;3—电磁线圈;4—减振器;5—扇形齿轮;  
6—小齿轮

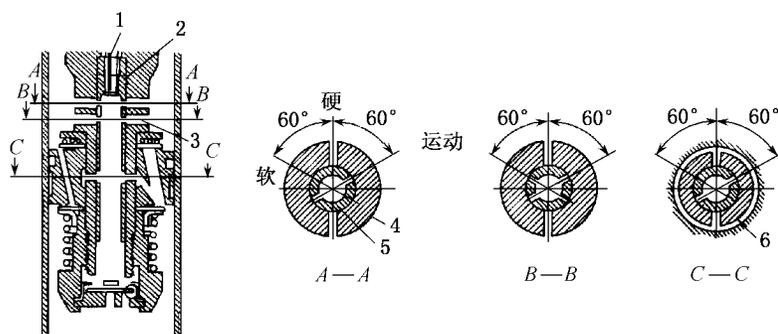


图 6-35 可调式减振器

1—控制杆 2、5—回转阀 3—油孔 4、6—活塞杆

度及偏转方向。TEMS 上应用的是一种叫做光电式的转角传感器。电子控制装置根据转向盘的转角信号、汽车的车速信号以及模式选择开关的状态等,计算出各车轮可调减振器应该具有的阻尼力的大小,然后通过各执行器进行调节,以控制车身姿势的变化。

(5) 电子控制装置(ECU)。电子控制装置根据汽车行驶过程中的各种状态信号,如车速信号、制动灯开关信号、速度传感器信号、模式选择开关信号、节气门位置传感器信号等,计算出汽车是低速行驶还是高速行驶,是直线行驶还是转弯行驶,是在制动还是在加速,自动变速器是否处在空挡位置等,以确定减振器的阻尼力大小,并通过执行器予以调节。

电子控制装置(ECU)由数字电路构成,如图 6-36 所示。

输入信号全为数字信号,经由输入处理电路整形后送入微电脑,输出信号有变换减振器阻尼力的执行器驱动信号及表示阻尼力状态的指示器驱动信号,从微电脑经输出处理电路输出。

电子控制悬架系统的输入、输出信号框图如图 6-37 所示。

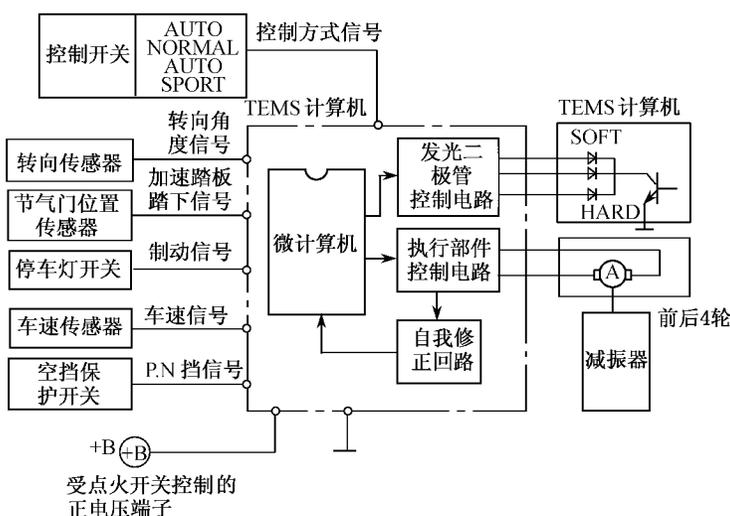


图 6-36 电子控制装置(ECU)数字电路

(6) TEMS 指示灯。电子控制装置除向执行器发出控制信号外,还向仪表板上的 TEMS 指示灯输出信号,仪表板上有三个指示灯,当减振器处于软阻尼位置时,左边指示灯亮;当减振器处于中等阻尼位置时,左边和中间指示灯亮;当减振器处于硬阻尼位置时,三个指示灯都亮。另外,在接通点火开关时指示灯大约亮 2 s,以便驾驶员检查灯泡是否烧坏。如果控制装置发现系统有故障,将使这些灯闪烁以提示驾驶员。

丰田电子控制悬架系统的工作过程为:汽车行驶过程中,驾驶员根据行车状况能在“正常”和“运动”两种工作模式之间进行选择。当仪表板上的开关处于“正常”工作模式时,在大多数状况下,控制装置使减振器保持柔软;当驾驶员选择“运动”模式时,控制装置在大多数时间使减振器处于中等硬度;当汽车速度超过 120 km/h 而系统处于“正常”工作模式时,控制装置自动使减振器变为中等硬度;当车速下降到 100 km/h 时,控制装置使减振器变为柔软。

当出现以下情况时,控制装置自动使减振器从柔软或中等硬度变为坚硬:

- ① 速度传感器和转角传感器显示汽车急转弯;
- ② 速度传感器和节气门位置传感器显示汽车在低于 20 km/h 的速度下急加速;
- ③ 速度传感器和制动灯开关显示汽车在高于 60 km/h 的速度下制动;
- ④ 速度传感器和空挡启动开关显示汽车在低于 10 km/h 的速度下,自动变速器从空挡或停车挡换入任何其他挡位。

在下列条件下,控制装置使减振器从坚硬变为中等硬度或柔软:

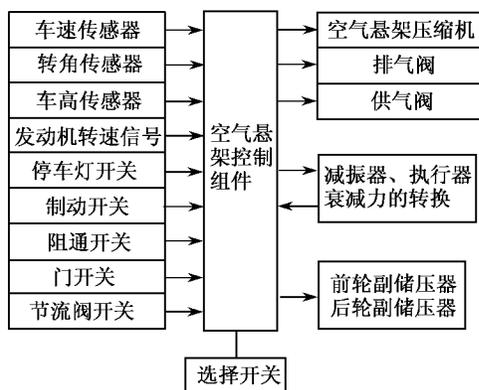


图 6-37 电子控制悬架系统输入、输出信号框图



- ① 根据转向盘急转的程度 转弯行驶 2 s 或 2 s 以上；
- ② 加速已达 3 s 或者汽车速度达到 50 km/h；
- ③ 制动灯开关断开后 2 s；
- ④ 自动变速器从空挡或停车挡位置换挡后已达 3 s 或汽车速度达到 15 km/h。

汽车恢复到正常行驶状态时,悬架控制系统自动使减振器的阻尼力恢复到原先设定的值。电子控制系统的控制功能见表 6-6 所示。

表 6-6 电子控制系统的控制功能

功能	防横摆	防点头	防后坐	防冲击
车的状态	急转弯时	紧急制动	急起步	换挡时
示意图				

上述电子悬架控制系统是一种根据汽车行驶状态进行减振器阻尼力控制的系统,作为更理想的悬架控制系统,为了提高汽车转向时的稳定性,汽车正常行驶时,系统将减振器的阻尼力设在相对较高的水平,只有当车辆通过粗糙不平路面时,方降低减振器的阻尼力,以提高车辆在崎岖路面上行驶的乘坐舒适性。为此,1989年日本丰田汽车公司开发了高频路面检测与快速变换阻尼力的执行组件,研制成功了应用压电阻传感器和压电阻执行器的压电阻 TEMS (即丰田压电阻电子控制悬架)。此系统是根据所检测到的路面条件来控制减振器的阻尼力,具有检测并分辨行车路面条件的能力,具有较高的阻尼力选择响应能力。压电阻 TEMS 的结构布置情况如图 6-38 所示。

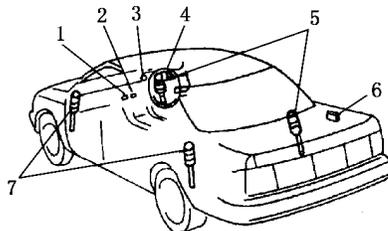


图 6-38 压电阻电子悬架控制系统

图 6-39 为压电阻 TEMS 减振器的结构。

图 6-39 所示的压电阻 TEMS 减振器中所采用的压电组件是一种陶瓷组件,其主要成分是铅、锆和钛。压电组件的工作原理如图 6-40 所示。

1—转向盘转角传感器;2—制动灯开关;3—车速传感器;4—指示灯;5、7—减振器;6—电子控制装置(ECU)

压电组件具有下列特性:

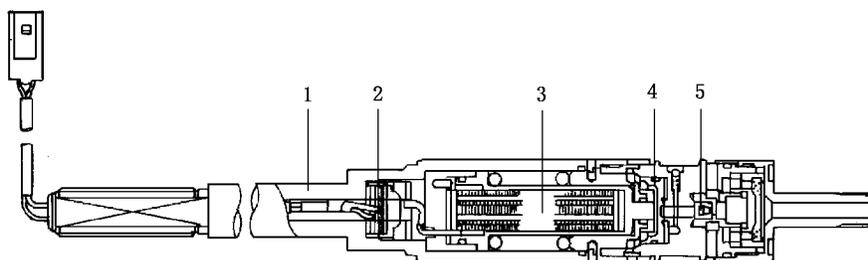


图 6-39 压电阻 TEMS 减振器的结构

1—活塞杆 2—压电阻传感器 3—压电阻执行器 4—液压偶合装置 5—阻尼力变换阀

- ① 当在压电组件上施加外力时,压电组件产生电压称为压电正效应。

② 当给压电组件施加电压时,压电组件产生位移称为压电负效应。

(1) 压电传感器。压电传感器以压电组件的压电正效应为基础,由5个厚度为0.5 mm的压电组件叠加而成,安装于减振器的活塞杆上,压电传感器根据路面冲击力大小产生相应的电压。当活塞杆上受到轴向力时,压电传感器在大约 $2\ \mu\text{s}$ 的短时间内就可以产生电压信号,电子控制装置接收到此信号后,立即对压电执行器施加电压。

(2) 压电执行器。压电执行器也安装在减振器的活塞杆上,由直径为12 mm,厚度为0.5 mm的88个压电组件叠加而成。当对压电执行器施加一高电压(500 V)时,在压电负效应作用下,压电执行器约在5 ms的时间内伸张约 $50\ \mu\text{m}$ 。压电执行器的结构如图6-41所示。

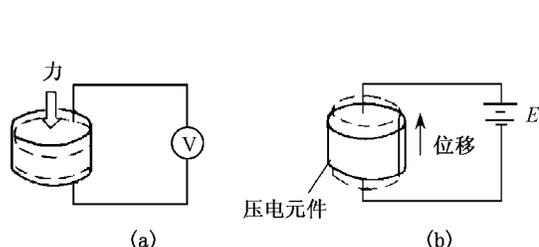


图 6-40 压电组件的工作原理

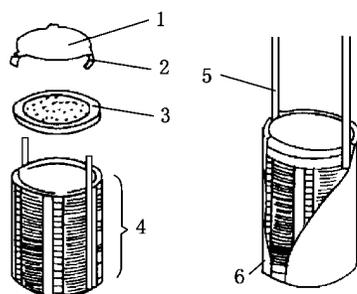


图 6-41 压电执行器的结构

1—电极板;2—凸缘;3—压电组件;4—多层体;5—引线;6—绝缘管

(3) 液压耦合装置。液压耦合装置装于压电执行器和阻尼力变换阀之间,用于满足柱塞2 mm行程的要求,其结构见图6-42所示。

(4) 阻尼力变换阀。压电执行器的伸张通过液压耦合装置的移动将柱塞推出,柱塞下移的结果将阻尼力变换阀的旁通阀打开,使减振器的阻尼力减小(减振器处于软工况),此时减振器内油液的流动情况如图6-43(a)所示;当旁通阀关闭时减振器处于硬工况,此时减振器内油液的流动情况如图6-43(b)所示。减振器阻尼力变换时间约为5 ms,但实际工作时的变换时间稍长,主要是由于油液要绕过阻尼力变换阀。压电阻减振器的功能见表6-7。

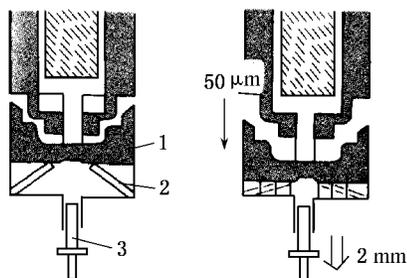


图 6-42 液压耦合装置变换阀工作过程  
1—活塞 2—碟形弹簧 3—柱塞

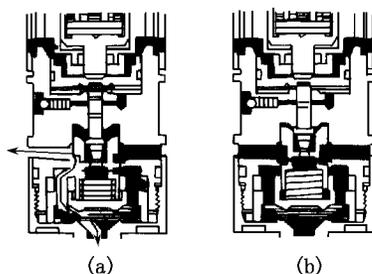


图 6-43 阻尼力变换阀工作过程  
(a) 阻尼软;(b) 硬阻尼



表 6-7 压电阻减振器的功能

压电传感器		执行装置		
		压电执行器	液压耦合装置	阻尼力变换阀
功能	检测作用在活塞杆上的轴向力(路面冲击力) 检测路面的不平度	在高电压作用下伸长重叠在一起的 88 个压电组件伸长约 $50\ \mu\text{m}$	通过液压机构将压电执行器产生的伸长量放大约 40 倍	根据旁通阀的状态(打开或关闭)变换阻尼力(软或硬)

压电阻 TEMS 的工作过程 :由颠簸路面引起的冲击力作用在减振器支柱杆上时 ,由于压电正效应作用 ,在压电传感器上大约  $2\ \mu\text{s}$  的短时间内就可产生压电信号 ,电子控制装置接收到此信号后 ,立即对压电执行器施加电压 ,压电执行器在压电负效应的作用下而产生位移 ,此位移被活塞和推杆放大后 ,使阻尼力变换阀动作。对压电执行器施加电压后大约在  $15\ \text{ms}$  内就可以对所要求的减振器阻尼力作出选择 ,因此这种压电阻电子悬架控制系统具有很高的响应能力。

压电 TEMS 的输入、输出信号框图如图 6-44 所示。减振器阻力特性图如图 6-45 所示。

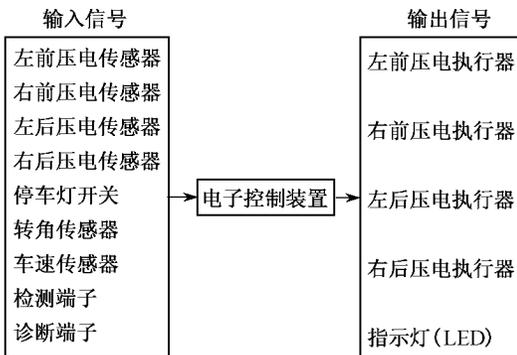
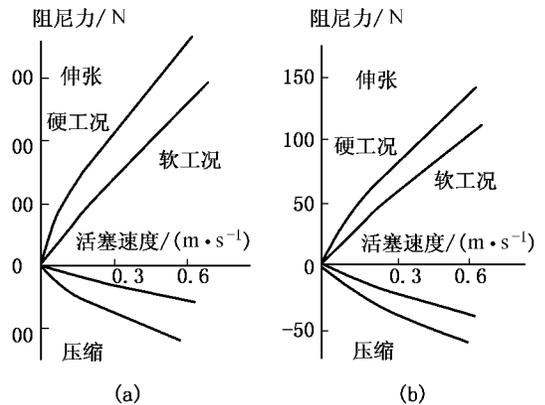


图 6-44 压电阻 TEMS 的输入、输出信号框图

图 6-45 减振器阻力特性图  
(a) 前减振器阻力特性 ;(b) 后减振器阻力特性

## (二) 弹簧刚度控制系统

汽车悬架弹簧刚度的控制原理及其功能与减振器阻尼力控制原理及功能基本相同。电子控制装置通过对来自车速传感器、转向传感器、加速度传感器、制动传感器以及车身高度传感器等信号进行处理和计算 ,得到有关当前悬架弹簧应该具有的刚度 ,并通过一定的装置调节悬架弹簧的有效压缩容积 ,从而达到改变悬架弹簧刚度的目的。

弹簧刚度控制系统通常采用空气弹簧或油气弹簧来实现 ,下面重点介绍空气弹簧刚度控制系统。

空气悬架系统使用内有压缩空气的空气室代替普通螺旋弹簧或与普通螺旋弹簧并装。空气弹簧与金属弹簧相比具有如下特征 :

- ① 可以降低弹簧刚度 ,容易调节。
- ② 可用于车高调整。

③ 具有优异的防高频振动的能力。

空气弹簧刚度可变原理如图 6-46 所示。

弹簧刚度可近似表示为：

$$k = \frac{nA^2p}{V}$$

式中  $k$  为弹簧刚度 ; $n$  为多变指数 ; $A$  为有效承压面积 ;  
 $p$  为空气压力 ; $V$  为空气室容积。

开关阀打开时 , $V = V_1 + V_2$  使弹簧刚度  $k$  减小(式中  $V_1$  为主气室容积 , $V_2$  为副气室容积) ;反之 ,开关阀关闭时 , $V = V_1$  使弹簧刚度  $k$  增大。

图 6-47 为克莱斯勒帝王(Chrysler Imperial)轿车上装用的电控空气悬架系统。

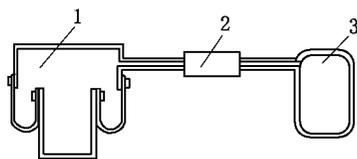


图 6-46 空气弹簧刚度可变原理

1—主气室 2—开关阀 3—副气室

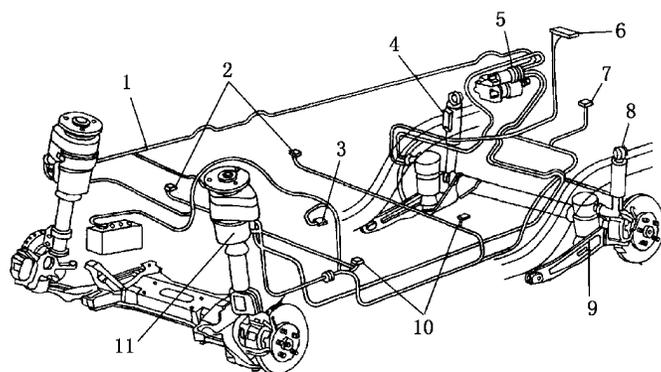


图 6-47 克莱斯勒帝王电控空气悬架系统

1—空气管路 2、10—车门开关 3—制动开关 4—带高度传感器的减振器 5—空气压缩机 6—电子控制装置(ECU) ;  
7—行李箱开关 8—后减振器 9—空气弹簧 11—内装电磁阀和高度传感器的前悬架支柱

此系统用空气弹簧代替了普通悬架中的螺旋弹簧 ,系统在电子控制装置(ECU)的控制下 ,由空气压缩机向系统提供压缩空气 ,并根据汽车行驶状态改变空气弹簧的刚度 ,同时也具有车身调平功能 ,在汽车整个负荷范围内保持汽车良好的行驶姿势。

电控空气悬架系统的主要组成包括 :电子控制装置(ECU) ,减振器 ,空气弹簧 ,电磁阀 ,高度传感器 ,空气压缩机 ,制动开关 ,车门开关及空气管路等。

### 1. 前、后空气弹簧

汽车前、后空气弹簧的结构及在车上的安装如图 6-48 所示。

在此系统中用空气弹簧代替了普通螺旋弹簧 ,前空气弹簧和高度传感器与前减振器制成一体(称为前悬架支柱) ,后空气弹簧单独安装(安装位置与普通螺旋弹簧一样)。通过对空气弹簧的充气或放气 ,可使汽车在整个负荷范围内调节汽车悬架高度 ,改善汽车的操纵性。同时也可以根据汽车负荷及行驶状态 ,增加或降低空气弹簧的刚度 ,以提高汽车的乘坐舒适性。

### 2. 前、后空气弹簧电磁阀

在汽车前悬架支柱和后悬架空气弹簧上都装有电磁阀 ,电磁阀用于控制压缩空气流入或流出空气弹簧 ,当系统需要向空气弹簧充气或将空气弹簧中的空气排出时 ,在控制装置的控制下 ,电磁阀打开。电磁阀工作电流为 0.6~1.5 A。

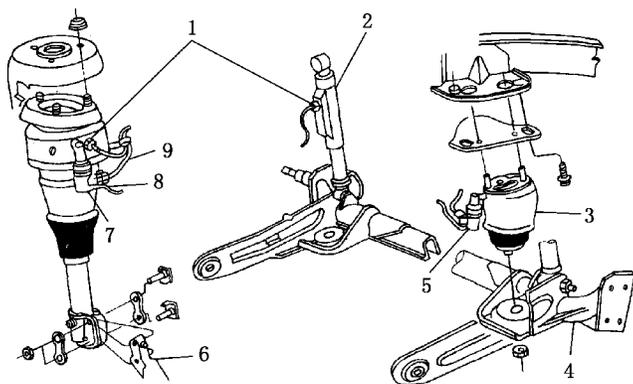


图 6-48 前、后空气弹簧

1—高度传感器 2—右后减振器 3—后空气弹簧 4—后轴 5—电磁阀 6—转向节 7—电磁阀 8—空气管路 9—电路

### 3. 高度传感器

在此系统中共有三个高度传感器(电磁开关式),分别装于左、右前悬架支柱和右后减振器内,用于检测汽车前、后悬架的高度。高度传感器将相应的汽车高度信号(LOW,TRIM,MEDIUM,HIGH)输送到电子控制装置,便于电子控制装置及时调节空气弹簧的刚度和汽车车身的高度。

### 4. 电子控制装置

电子控制装置用于控制压缩机继电器的接地电路、压缩机排气电磁阀和前、后空气弹簧电磁阀,控制装置内的微处理器控制压缩机的运转,限定压缩机工作时间为(180~10)s,这样可以防止空气悬架系统的损坏。

汽车正常行驶时,为防止压缩机和排气电磁阀之间工作过分灵敏而导致充气排气频繁,微处理器中设有(15±3)s的延迟。

电子控制装置还接收来自车门开关和行李箱开关信号、节气门位置传感器信号、制动踏板信号、点火开关和充电系统的信号,并且根据这些输入信号必要时可停止悬架控制系统的工作。

### 5. 空气压缩机总成

空气压缩机总成由一电机驱动,并向悬架系统提供 930~1240 kPa 的压缩空气。在压缩机头部装有一排气电磁阀,当排气电磁阀闭合时使系统排气,当控制装置出现故障时,位于压缩机内的热敏电路保护器断开,从而防止损坏电机。

### 6. 空气干燥器

空气干燥器安装在空气压缩机上,它主要有两个作用:一是当空气进入系统之前,吸收空气中的水分;二是通过其内部阀门,使系统剩余压力保持在 172.3~275.6 kPa 范围内。

### 7. 空气管路及管路接头

四条尼龙空气管路将压缩机(经干燥器)输出气压输送到各悬架支柱/空气弹簧总成。各空气管路接头有一铜锁圈用于锁紧空气管路,空气管路接头有一 O 形橡胶密封圈,用于密封空气管路。

电控空气悬架系统的工作过程为:电控空气悬架系统可以通过增加或减少空气弹簧内的空气量,自动进行汽车前、后车身高度的控制,使汽车从一个乘客到满负荷的整个负荷范围内保持良好的行车姿势。并且系统可降低悬架弹簧的刚度以改善悬架特性,提高汽车行驶的乘坐舒适性。空气压缩机(经干燥器)输出的压缩空气,通过四条独立空气管路分别输入各空气弹簧,整个悬架系统由电子控制装置检测和控制。

当发动机运转时,空气悬架系统将自动调整由于汽车负荷变化所造成的车身高度的变化。

其调整过程在行李箱和所有车门都关闭和发动机转速超过 600 r/min 运转 15 s 之后进行。关闭发动机,当汽车卸荷时系统仍能调节汽车姿势,可在点火开关关闭和所有车门及行李箱都关闭 15 s 后,对汽车车身进行调平。

汽车停止(点火开关关闭,所有车门和行李箱关闭)2 h 后,系统自动对汽车车身进行一次调平操作,使汽车有较好的静止姿势,同时,此项功能也可防止轮胎与挡泥板之间冻冰。

当行李箱打开、所有车门打开、踩下制动踏板,节气门全开和充电系统有故障时,不允许使用空气悬架控制系统。

当系统出现故障时,组合仪表上将显示“检查空气悬架”字样,以警告驾驶员系统有故障。空气压缩机一次运转时间最多为 3 min。

### (三) 综合悬架控制系统

综合悬架控制系统是指悬架系统同时具有车高控制功能、减振器阻尼力控制功能和悬架刚度控制功能,从而大大提高了汽车的乘坐舒适性和行驶稳定性。

综合悬架控制系统的控制功能如下:

(1) 车速路面感应控制功能。该控制功能主要是随着车速和路面的变化改变悬架的刚度和阻尼,使之处于“软”或“硬”状态,“硬”状态有时又称为“运动(SPORT)”状态,每一种状态中又按刚度和阻尼的大小依次有低、中、高三种状态。在软模式中,悬架经常处于低刚度和低阻尼状态,而在硬模式中,悬架经常保持在中状态,按照不同的控制模式,悬架由微机控制在三种状态之间根据车速和路面的变化情况自动地调节悬架刚度和阻尼,使车身振动保持在最佳状态。

在这种控制方式中又包括三种功能,即:高速感应控制,前后车轮关联感应控制,坏路面感应控制。控制逻辑见表 6-8。

表 6-8 控制逻辑

功 能	工 况	悬架的刚度和阻尼					
		软模式			硬模式		
		低	中	高	低	中	高
高速感应	车速 $\geq 110$ km/h	○		○		○	
前后车轮关联感应	30 km/h $\leq$ 车速 $\leq$ 80 km/h 车高在 0.03 s 内突然变化	○			○	○	
坏路面感应	40 km/h $\leq$ 车速 $\leq$ 100 km/h 车高在 0.5 s 内大幅度变化	○	○			○	
	车速 $> 100$ km/h 车高在 0.5 s 内多次大幅度变化	○	○	○	○	○	



① 高速感应控制 :当车速超过 110 km/h 时 ,控制装置根据车速传感器的信号 ,经过分析计算后发出控制信号以改变悬架参数。如果驾驶员选择的是软模式 ,则悬架的刚度阻尼自动从低状态进入中状态 ;如果选择的是运动模式 ,则悬架仍稳定在中状态不变。当车速降低后 ,悬架又回到所选择模式通常保持的状态。

② 前后车轮关联感应控制 :车轮遇到单个障碍时 ,相应降低悬架的刚度和阻尼 ,可以降低车身受到的冲击和振动。

汽车以 30 ~ 80 km/h 的速度行驶时 ,如果前轮遇到障碍 ,安装在汽车前部的车身高度传感器将脉冲信号送给控制装置 ,控制装置经过分析和计算后发出控制信号 ,改变悬架参数。如果驾驶员选择的是软模式 ,则后轮悬架保持在低状态 ;如果选择的是运动模式 ,则后轮悬架从中状态进入低状态。当后轮越过障碍后 ,悬架又回到所选择模式通常保持的状态。

但是当车速很高时 ,若悬架太软则在车轮遇到冲击时汽车容易失去稳定性 ,所以当车速超过 80 km/h 以后 ,无论选择的是何种模式 ,悬架都保持在中状态不变。

③ 坏路面感应控制 :当汽车突然进入坏路面行驶时 ,为了抑制猛然产生的车身纵向角振动 ,应该加大悬架刚度和阻尼。

汽车以 40 ~ 100 km/h 的速度突然驶上坏路面时 ,车身高度传感器会立刻给出周期小于 0.5 s 的车高变化信号。控制装置分析计算车速传感器和车高传感器的信号并发出控制信号 ,如果驾驶员选择的是软模式 ,则悬架从在低状态进入中状态 ;如果选择的是运动模式 ,则悬架保持中状态不变。

当汽车以 100 km/h 以上的速度行驶在坏路面时 ,如果驾驶员选择的是软模式 ,则悬架从中状态或低状态进入高状态 ;如果选择的是运动模式 ,则悬架从中状态进入高状态。

(2) 车身姿势控制。在车速和行驶方向急剧变化时 ,会造成车身姿势的急剧变化 ,即破坏了汽车的乘坐舒适性 ,又容易使汽车失去稳定性。因此在车速和行驶方向急剧变化时 ,应对车身姿势实施控制 ,这种控制方式包括三种控制功能 :转向时的车身侧倾控制 ,制动时的车身点头控制 ,起步时的车身俯仰控制。车身姿势控制逻辑见表 6 - 9。

表 6 - 9 车身姿势控制逻辑表

功 能	工 况	悬架的刚度和阻尼					
		软模式			硬模式		
		低	中	高	低	中	高
抑制侧倾	急转向	○	○		○		
抑制点头	车速 $\geq 60$ km/h 制动	○			○	○	
抑制俯仰	车速 $\leq 20$ km/h 急加速	○	○		○		

① 抑制转向时的车身侧倾 :在急速转向的情况下 ,应加大悬架的刚度和阻尼 ,以减小车身的侧倾。当驾驶员猛打转向盘时 ,安装在转向柱上的转角传感器把转向盘的转角及其变化速度输送给控制装置 ,控制装置对输入信号分析计算后发出控制指令 ,如果此时悬架处于软模式 ,悬架则从中状态或低状态直接进入高状态 ;如果悬架处于运动模式 ,悬架则从中状态进入高状态。

② 抑制制动时车身点头 :在紧急制动时 ,应该增加悬架的刚度和阻尼 ,以减小车身的点头

现象。当车速大于 60 km/h 制动时猛踩制动踏板,车速传感器发出的车速信号和制动开关发出的阶跃信号输送给控制装置,控制装置对输入信号的分析计算后发出控制指令,如果此时悬架处于软模式,悬架则从中状态或低状态直接进入高状态;如果悬架处于运动模式,悬架则从中状态进入高状态。

③ 抑制起步时车身俯仰 猛然起步或在低速情况下急加速时,应该增加悬架的刚度和阻尼,以减小车身的俯仰现象。在车速低于 20 km/h 的情况下猛踩油门,节气门开度传感器的阶跃信号和相应的车速信号输送给控制装置,控制装置经过对输入信号的分析计算后发出控制信号,如果此时悬架处于软模式,悬架则从中状态或低状态直接进入高状态;如果悬架处于运动模式,悬架则从中状态进入高状态。

(3) 车身高度控制。车身高度控制分为正常(NORMAL)和高(HIGH)两种控制模式。按车身的高度从低到高的顺序,每种控制中又分为低、中、高三种状态。在正常模式中,车身高度经常处于中状态,而在高模式中,车身高度经常处于高状态。在通常情况下,车身的高度不受乘员人数和装载质量变化的影响,由控制装置将汽车车身保持在所选模式的经常行驶高度。在高速行驶或在特别的环境路面行驶时,车身高度根据所选择的模式不同,使车身高度在控制装置的控制下自动在低、中、高三种状态间进行切换,使汽车经常处于稳定的行驶状态。这种控制方式包括两种控制功能:高度感应控制和连续坏路面行驶控制。车身高度控制逻辑见表 6-10。

表 6-10 车身高度控制逻辑

功 能	工 况	悬架的刚度和阻尼					
		软模式			硬模式		
		低	中	高	低	中	高
高速感应	车速 $\geq 90$ km/h	○		○		○	
连续坏路面行驶	车速 40 ~ 90 km/h, 车高持续 0.5 s 以上大幅度变化	○		○		○	
	车速 > 90 km/h, 车高持续 0.5 s 以上大幅度变化		○		○		○

① 高速感应控制:当车速超过 90 km/h 时,为了提高汽车行驶稳定性,应该降低车身的程度。若悬架处于正常模式,则车身高度从中状态降低到低状态;如果处于高模式,则车身高度从高状态降低到中状态。

② 连续坏路面行驶控制 汽车进入长距离的坏路面行驶后,应该提高车身高度,避免悬架被击穿(即弹簧被压死,车身直接承受来自车轮的冲击)。当车高传感器向控制装置给出连续 2.5 s 以上的车身高度大幅度变化信号,而车速在 40 ~ 90 km/h 时,若悬架处于正常模式,则车身高度从中状态提高到高状态;如果处于高模式,则车身高度维持在高状态不变。当车高传感器给出同样的信号,而车速在 90 km/h 以上时,考虑到这时应首先保证汽车的行驶稳定性,所以,若悬架处于正常模式,则车身高度维持在中状态不变;如果处于高模式,则车身高度从高状态降低到中状态。

综合控制系统主要有两种结构形式:一种是由步进电机驱动的空气悬架系统;一种是由电磁阀驱动的油气悬架系统。

下面以凌志 LS400 轿车电子控制空气悬架系统为例,介绍电子控制空气悬架系统的组成



及工作原理。

### 1. 电子控制空气悬架系统

(1) 电子控制空气悬架系统的组成 凌志 LS400 轿车的空气悬架系统(简称 EMSA)由空气压缩机、干燥器、排气电磁阀、高度控制阀、高度控制开关、悬架电子控制装置、悬架控制开关、高度传感器、转向盘转角传感器、悬架控制执行器、空气弹簧、阻尼力可调减振器和节气门位置传感器等组成。如图 6-49 所示。

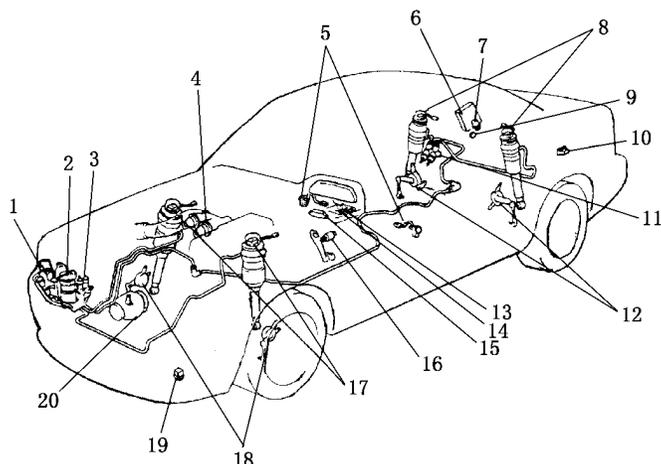


图 6-49 凌志 LS400 轿车电子控制空气悬架

1—空气干燥器和排气电磁阀 2—空气压缩机 3—1号高度控制阀 4—节气门位置传感器 5—门控灯开关 6—悬架电子控制装置(ECU) 7—2号高度控制继电器 8—后悬架控制执行器 9—高度控制连接器 10—高度控制开关 11—2号高度控制阀和溢流阀 12—后高度传感器 13—LRC开关 14—高度控制开关 15—转角传感器 16—制动灯开关 17—前悬架控制执行器 18—前高度传感器 19—1号高度控制继电器 20—IC调节器

① 悬架控制开关。悬架控制开关由 LRC 开关和高度控制开关组成。前者用以选择减振器和空气弹簧的工作模式(“NORMAL AUTO”或“SPORT AUTO”);后者用以选择所希望的车身高度(“NORMAL”或“HIGH”)。两开关都安装在中央控制板的靠近换挡杆指示灯处。

② 高度控制开关。此开关装在行李箱的工具箱内。将开关扳至 OFF 位置,当车辆被举升或停在不平的路面时不能对车身高度进行调节。这样可避免空气弹簧中压缩空气的排出,从而可防止车身高度的下降。

③ 车身高度指示灯。两绿色指示灯位于组合仪表上,用于指示所选择的车身高度,当高度控制开关的位置改变时,指示灯马上指示出所切换到位置,但到达所设定的车身高度需要一定的时间。

④ LRC 指示灯。此灯也位于组合仪表上,用于指示当前减振器和空气弹簧的工作模式(“NORMAL AUTO”或“SPORT AUTO”)。选择“SPORT AUTO”模式时灯亮,否则灯熄灭。

⑤ 高度控制插座。连接该插座上的相应端子,能不通过 ECU 而直接控制空气压缩机电机、高度控制电磁阀及排气电磁阀,从而使检修方便。此插座上还提供了用于清除存储器中故障代码的端子。高度控制插座的端子与所控制的元件见表 6-11。连接过程中应注意不要短接端子 1 和 8,以免造成短路。

表 6-11 连接的端子与所控制的元件

控制的组件	连接的端子
前右悬架高度控制阀	1 和 2
前左悬架高度控制阀	1 和 3
后右悬架高度控制阀	1 和 4
后左悬架高度控制阀	1 和 5
排气阀	1 和 6
压缩机电机	1 和 7
清除故障代码	1 和 8

注:为清除故障代码,发动机室内检测插座的 TS 和 E1 端子也需同时被短接。

转向盘转角传感器安装在转向柱上,传感器由一带窄缝并随转向盘一起转动的圆盘和两个遮光器组成。每个遮光器又由相对安装的一发光二极管和一光敏晶体管组成,两组件间的光的变化将被转变成通/断信号。带窄缝的圆盘在发光二极管和光敏晶体管之间旋转。当该盘随转向盘一起转动时,便控制着两组件间光的传导。两个遮光器有相位差,悬架 ECU 根据两遮光器输出信号的变化检测转向盘的转动方向和角度。

⑥ 高度传感器。轿车的四个车轮部分各装有一个高度控制传感器。通过不断地监测车身与悬架下臂间的距离,而测出车身高度的变化。

每个传感器都由随连接臂一起转动的带窄缝的圆盘和四对遮光器组成。圆盘在各遮光器的发光二极管和光敏晶体管间转动。电子控制装置(ECU)根据高度传感器各遮光器输出信号的不同组合,判断车身的高度范围(过低、低、正常、高、过高),并据此进行车身高度的调节(高度控制传感器的结构和工作原理详见本章第二节)。

⑦ 空气空压机、干燥器和排气阀。空气压缩机总成见图 6-50 所示。用来产生提供车身高度调节所需的压缩空气。

空气压缩机一般采用单缸活塞式结构,直流电机带动空气压缩机工作,从压缩机中出来的压缩空气进入干燥器,经干燥后被送到高度控制电磁阀,由高度控制电磁阀来控制悬架空气弹簧的充气量,空气室的压力由调压阀实行控制,排气阀打开时,空气弹簧内的压缩空气从排气阀排入大气,同时将干燥器中的水分带走。

当车内乘客人数或汽车载荷增加时,车身高度降低,车高传感器给出的信号将与控制装置内存储的车高量不符,控制装置会发出指令,启动空气压缩机,打开高度控制电磁阀,给空气弹簧主气室充气,直到车高达到规定的高度为止;当车内乘客人数或汽车载荷减少时,车身高度上升,在电子控制装置的控制下,打开高度控制电磁阀,空气弹簧主气室的气体通过高度控制电磁阀、空气管路、排气阀排出,车身下降。

⑧ 1 号和 2 号高度控制阀。两个高度控制阀分别装于前、后悬架(见图 6-51),其作用是

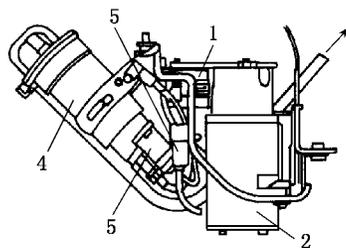


图 6-50 空气压缩机总成

1—压缩机 2—电机 3—排气阀 4—空气干燥器；  
5—调压器



根据悬架 ECU 的控制信号,控制空气悬架的充气和排气。1 号高度控制阀用于前悬架,此阀中有两个电磁阀,分别控制左右空气弹簧。2 号高度控制阀用于后悬架,它也是由两个电磁阀组成,它与 1 号控制阀不同的是,它们不是单独控制,而是同时动作。在 2 号高度控制阀中还装有一安全阀,用于防止管路中压力过高。

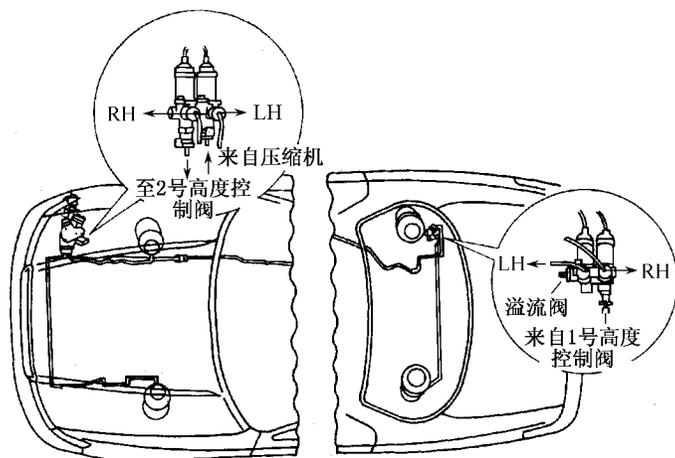


图 6-51 前、后高度控制阀的安装位置

⑨ 悬架电子控制装置(ECU)。根据各种传感器的信号和由悬架控制开关(LRC 开关和高度控制开关)所确定的工作模式,悬架电子控制装置(ECU)控制减振器的阻尼力、悬架的刚度及车身高度。

悬架 ECU 具有故障自诊功能。工作中一旦发现悬架的电子控制系统出现故障,ECU 便将故障以代码的形式存在内存中,并及时向驾驶员报警。ECU 的失效保护功能使其在系统出现故障时暂停对悬架的控制。

⑩ 悬架控制执行器。悬架控制执行器装在各空气弹簧和减振器的上方,用于同时驱动减振器的转阀和空气弹簧的连通阀,以改变减振器的阻尼力和空气弹簧的刚度(见图 6-52 所示)。

直流电机根据电磁原理工作,能够准确地对频繁变化的行驶工况作出快速响应。直流电机的电磁线圈由转子铁心和定子绕组(目前经常采用的形式多为 3 相、4 相、5 相、6 相等,一般激磁相数越多,产生的转矩也越大,动作的稳定性越好,步距角度越小)组成。电流流过绕组时在定子铁心中产生电磁力,永久磁铁转子在定子绕组的电磁力作用下旋转,并通过一对齿轮同时驱动空气弹簧的连通阀控制杆和减振器的转阀控制杆。

直流电机带动小齿轮驱动扇形齿轮转动,与扇形齿轮同轴的转阀控制杆带动转阀转动,使阻尼孔开闭量变化,从而调节减振器的阻尼。

在调节减振器阻尼力的同时,齿轮系统带动与气室阀芯相连接的连通阀控制杆转动,随着

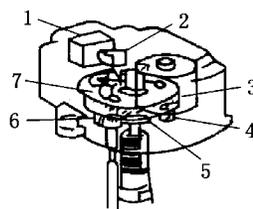


图 6-52 悬架控制执行器

1—电磁线圈 2—挡块 3—直流电机 4—小齿轮;  
5—转阀驱动小齿轮 6—连通阀驱动小齿轮 7—扇形  
齿轮

气室阀芯角度的改变,悬架的刚度也得以调节。

电磁线圈不通电时,挡块处于扇形齿轮的滑槽内,扇形齿轮可以转动;电磁线圈通电时,挡块被拉紧,齿轮系统处于锁止状态,各转阀均不能转动,使悬架的参数保持在相对稳定的状态下。

⑪ 空气弹簧。空气弹簧安装于可调减振器的上端,与可调减振器一起构成悬架支柱,上端与车架连接,下端装在悬架摆臂上(见图 6-53 所示)。

空气弹簧由一个主气室和一个副气室组成,如图 6-54 所示。

空气弹簧主、副气室之间有大小两个信道,执行器带动连通阀控制杆转动,使阀芯转过一个角度,改变主、副气室之间信道的大小,即改变主、副气室之间的空气流量,使空气弹簧有效工作容积改变,悬架刚度发生变化。

悬架的刚度可以在低、中、高三种状态之间变化。当阀芯的开口转到对准图示的低位置时,大气体信道被打开,主气室的气体经过阀芯的中间孔、阀体的侧面大空气信道与副气室的气体相通,两气室之间的流量大,相当于参与工作的气体容积增大,悬架刚度处于低状态;当阀芯的开口转到对准图示的中间位置时,小气体信道被打开,两气室之间的空气流量小,悬架刚度处于中状态;当阀芯的开口转到对准图示位置的高位置时,两气室的气体信道全部关闭,两气室之间的气体不能相互流动,此时只有主气室中的气体参加工作,所以悬架刚度处于高状态。

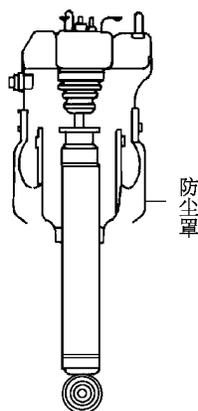


图 6-53 空气弹簧和减振器总成

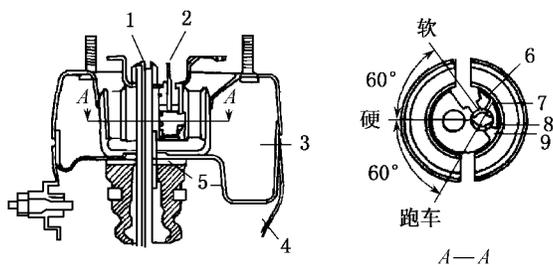


图 6-54 空气弹簧

1—转阀控制杆 2—连通阀控制杆 3—副气室;4—主气室;5—连通阀 6—阀体 7—小空气信道 8—连通阀;9—大空气信道

⑫ 可调减振器。减振器阻尼力的变化是靠改变活塞阻尼孔的大小来实现的,阻尼孔的大小则由控制杆驱动的转阀控制。

与控制杆连接的转阀上共有三个阻尼孔,通过转动控制杆来控制阻尼孔的开闭,就可以改变悬架阻尼力的大小。当 A、B、C 三个截面的阻尼孔全部被转阀封闭时,只有减振器活塞最下面位置顺时针转动  $60^\circ$ ,B 截面的主阻尼孔参加工作,所以这时减振器的阻尼力最大,减振器处于高阻尼状态;转阀从高阻尼状态位阻尼孔打开,A、C 两截面的阻尼孔仍关闭,因为多了一个阻尼孔参加工作,所以减振器处于中阻尼状态;转阀从高阻尼状态位置逆时针转动  $60^\circ$ ,三个截面的阻尼孔全部打开,这时减振器的阻尼力最小,减振器处于低阻尼状态。



车身高度的调节通过 1 号和 2 号高度控制阀以及用以充入或释放主气室内压缩空气的排气阀实现。弹簧刚度和阻尼力的控制及功能如表 6-12。系统各部件功能见表 6-13。

表 6-12 弹簧刚度和阻尼力的控制及功能

行驶情况	控制状态	功能
倾斜路面	弹簧变硬	抑制侧倾、改善操纵性
凹面不平路面	弹簧变硬或阻尼力中等	改善汽车行驶时的乘坐舒适性
不平坦路面	弹簧变硬或阻尼力中等	抑制汽车上下跳动
制动时	弹簧变硬	抑制汽车制动点头
加速时	弹簧变硬	抑制汽车加速后蹲
高速时	弹簧变硬和阻尼力中等	改善汽车高速行驶稳定性和操纵性

表 6-13 系统各部件功能

序号	部件	功能
1	悬架控制执行器	改变悬架弹簧刚度和阻尼力
2	1 号高度控制继电器	向空气压缩机供电
3	IC 调节器	调节交流发电机的电压
4	空气压缩机	提供压缩空气
5	干燥器	吸收压缩空气中的水分
6	排气阀	控制空气弹簧中空气的排出
7	高度控制传感器	检测汽车高度变化并输入 ECU
8	1、2 号高度控制阀	向四个空气弹簧充入或放出压缩空气
9	制动灯开关	检测制动踏板是否踩下及踩下快慢
10	汽车高度指示灯	显示汽车高度,当悬架系统出故障时进行报警
11	汽车平顺性指示灯	通过平顺性开关,指示悬架刚度和阻尼力处于自动控制的模式上
12	1 号速度传感器	检测汽车行驶速度
13	悬架控制开关	由平顺性控制开关、悬架刚度和阻尼力选择开关及高度控制开关组成
14	转向传感器	检测转向轮的转向角度
15	门控开关	检测车门状态(开或关)
16	高度控制 ON/OFF 开关	允许或禁止汽车高度自动调节
17	2 号高度控制继电器	向高度传感器供电
18	高度控制连接盒	不通过 ECU(直接通过连接器)调整汽车高度
19	发动机和变速器 ECU	将节气门位置信号传给悬架 ECU
20	悬架控制 ECU	根据工作方式控制悬架刚度、阻尼力和汽车高度汽车高度指示灯闪亮时,警告驾驶员汽车悬架系统发生故障自诊系统可通过代码指出任何故障

(2) 空气悬架系统的工作原理。LS400 型轿车的电子控制空气悬架(EMAS)是一种典型的

半主动悬架系统。其控制原理如图 6-55 所示。它有两套控制系统:一是控制弹簧刚度和减振器的阻尼力;二是控制汽车车身高度。

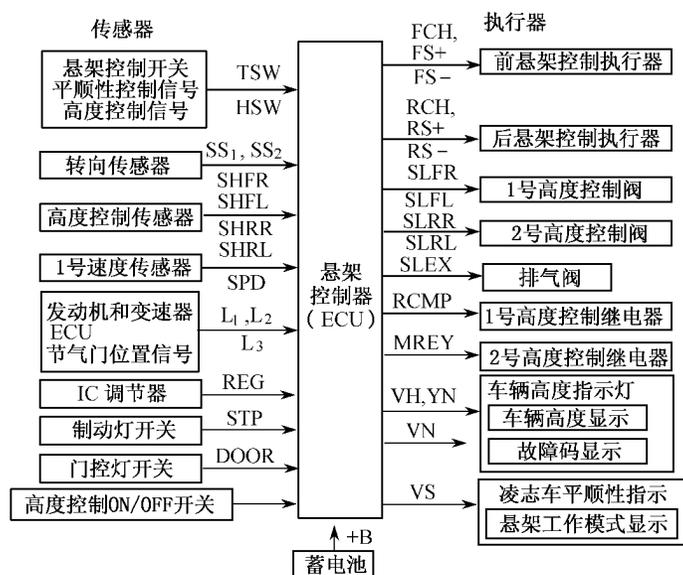


图 6-55 空气悬架系统的控制原理

① 弹簧刚度和减振器阻尼力控制系统。弹簧刚度和减振器阻尼力控制系统,能根据轿车行驶状况,自动调节弹簧刚度(软或硬)和减振器的阻尼力(软、中等或硬),从而选择一最佳的空气弹簧的刚度和减振器阻尼特性的组合,抑制车身姿势变化,如转弯时的侧倾、制动时的点头和加速时的后蹲等,获得良好的乘坐舒适性和操纵稳定性。

② 汽车车身高度控制系统。汽车高度控制系统,能根据轿车内乘员人数和汽车装载质量多少,自动调节汽车车身高度(高、正常或低)。该系统的主要功能是:

A. 不管轿车内乘员人数和汽车装载质量多少,自动调整车身高度使其保持某一恒定高度,这样,不仅避免了轿车底部与不平路面相碰,而且由于减振弹簧的有效变形空间被限制在一定范围内,从而可使弹簧能最大限度地吸收振动能量,改善轿车的乘坐舒适性,同时可使轿车前大灯的光束角度变化最小。

B. 当轿车高速行驶时,自动降低车身高度,从而减小空气阻力,并提高汽车高速行驶的稳定性。

C. 当关闭点火开关后,能使汽车高度降低,改善汽车驻车姿势。

## 2. 电子控制油气悬架系统

下面以雪铁龙 XM 轿车油气悬架系统为例介绍油气悬架系统的组成和工作原理。

图 6-56 为雪铁龙 XM 轿车油气悬架系统的组成和布置图。该系统主要由下列部分组成:电子控制装置、转向盘转角传感器、加速度传感器、制动压力传感器、车速传感器、车身位移传感器、油气弹簧、刚度调节器和电磁阀等。油气悬架系统用油作为介质压缩空气室中的空气,实现刚度控制,而管路中的小孔节流实现阻尼特性,从而使汽车具有较高的行驶舒适性。

该系统能提供两种弹簧刚度(运动和舒适)和两种悬架阻尼力(软和硬)。与最初使用的油



气悬架系统的最大区别是在各轴上引入了第三个氮气弹簧——中间氮气弹簧,汽车正常行驶时,系统控制装置打开前、后电磁阀,将中间弹簧引入前、后轴液压回路,这样,增加了悬架可压缩气体的体积 50%,降低了悬架刚度,改善了汽车行驶舒适性,同时也降低了悬架的阻尼力,因为各电磁阀另外还打开了一个节流孔,使油液在各轴上所有三个氮气弹簧之间流动。

反之,当 ECU 测得汽车行驶状态要求较硬的悬架特性时,ECU 关闭前、后电磁阀,使中间氮气弹簧与系统隔绝,禁止各悬架支柱之间的油液流动,结果使悬架刚度增加,悬架阻尼力增大,提高了汽车的抗侧倾特性。

(1) 传感器。系统控制装置(ECU)接收 8 个输入信号:控制开关位置信号(运动或舒适),转向盘的位置和转速信号,车速信号,加速踏板移动信号,制动力信号,车身位移信号,车门开关和行李箱开关信号。

转向盘转角传感器和车身位移传感器都是光电式传感器。转向盘转角传感器装于转向柱上,系统控制装置通过检测转向盘的转角信号,间接地确定汽车转向程度(快慢、大小、方向)。

车身位移传感器安装于车身与车桥之间,用来测量车身与车桥的相对位移,车身与车桥相对位置的变化频率和幅度可反应车身的平顺性信息,同时还用于车身高度的自动调节。

车速传感器是一简单的霍尔效应检测计,安装于主传动壳中,传动轴一端由变速器输出轴驱动,另一端装有磁性环(有几对 N、S 极的电磁环),霍尔效应检测计正对磁性环,每当一个 N 极移过霍尔效应检测计时就产生一个霍尔电压脉冲(约 1 mV)。齿轮的传动比正好设计成汽车每行驶 20 cm 产生一个脉冲,输出与车轮转速成正比的脉冲信号,这样可以准确测量出汽车车速。控制装置利用此信号和转向盘转角信号,可计算出车身所需的侧倾刚度。

加速踏板位置根据节气门位置传感器(普通旋转式电位计)信号计算得到。

汽车制动力用一压力开关间接测得,压力开关安装于制动管路中,当制动回路中的液压超过 3 500 kPa 时压力开关打开,这时 ECU 输入为 5 V,表示汽车在进行紧急制动,使系统产生抑制“点头”的功能;当制动回路中的液压低于 3 500 kPa 时压力开关闭合,这时 ECU 输入接地,表示汽车在进行一般制动。

SPORT 开关固定在驾驶室仪表板上,驾驶员可以通过此开关选择适合汽车行驶工况的悬架控制模式。

(2) 执行器。执行器实质上是一电磁阀,它固定在前、后轴的中间气体弹簧上(见图 6-

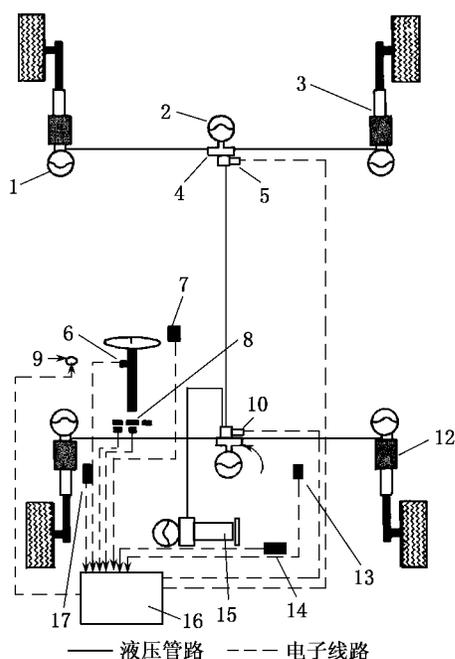


图 6-56 雪铁龙 XM 轿车主动式油气悬架系统

1—空气弹簧;2—中间弹簧;3—后悬架;4—后悬架刚度调节器;5—后电磁阀;6—转向盘转角传感器;7—控制开关;8—制动和加速踏板传感器;9—指示灯;10—前电磁阀;11—前悬架;12—前悬架刚度调节器;13—制动压力传感器;14—车速传感器;15—油泵;16—液压主动悬架控制装置(ECU);17—车身位移传感器

57) 不通电时。电磁阀在回位弹簧作用下保持在关闭位置,此时,中间气体弹簧与前、后轴上其他两个弹簧隔绝,悬架处于硬模式(硬阻尼);当 ECU 向电磁阀通电时,回位弹簧被压缩,电磁阀处于打开位置,此时,中间气体弹簧与前、后轴上其他两个弹簧相通,悬架处于软模式(软阻尼)。ECU 用一晶体管实时检测电磁阀线圈电阻(约  $5 \Omega$ ),当检测到错误的阻值时,停止对电磁阀通电,则系统自动使悬架工作在硬模式(硬阻尼)。

(3) 电子控制装置(ECU)。电子控制装置(ECU)是一封闭装置,它固定在发动机室内,用两个微处理器接收来自各传感器的输入信号,并计算出汽车车身的纵向加速度、横向加速度和垂直方向的加速度,以确定汽车现行行驶条件下最佳的悬架工作模式。所有传感器的输入信号不断与预先编好的门限值(随车速而变化)进行比较,正常情况下 ECU 使各电磁阀保持在打开状态,悬架工作在软模式,但是,当传感器输入信号超过门限值时,微处理器将使悬架切换到硬工作模式,电磁阀停止通电,这个过程很短,只有不到  $2 \text{ ms}$  的时间。一旦传感器输入信号低于门限值,并进行预设的时间延迟后,悬架将返回软工作模式。

当驾驶员将 SPORT 控制开关转换到 SPORT 位置时,ECU 将降低传感器输入信号门限值  $33\%$ ,这时悬架工作模式仍可以在软模式和硬模式之间进行切换,但是,系统更容易切换到硬工作模式。

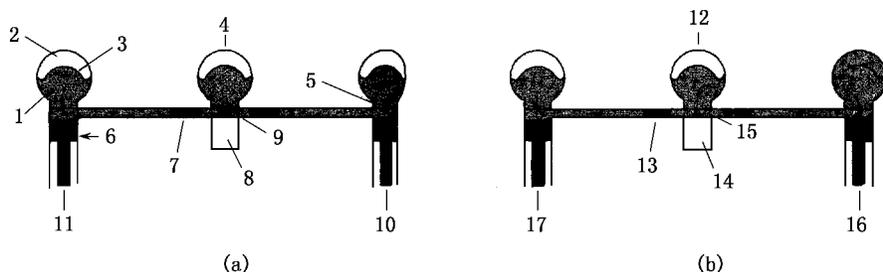


图 6-57 电磁阀工作原理

(a) 悬架工作在硬模式;(b) 悬架工作在软模式

1—油室 2—气室 3—膜片 4、12—中间气体弹簧 5、7、13—节流孔 6—液压缸 8—电磁阀(关闭状态) 9—柱塞(伸张状态);10、11—路面冲击力;14—电磁阀(打开状态);15—柱塞(收缩状态);16、17—路面冲击力

### 三、主动悬架

主动悬架是指能通过油压、气压供给能量,根据检测到的环境与车体状况来控制悬架特性,主动限制车身摇动的装置,它能显著提高汽车的操纵稳定性和乘坐舒适性。

目前,主动悬架系统主要以高压液体传递能量,根据其控制方式可分为:

(1) 流量控制型:图 6-58 为莲花公司(LOTUS)开发的流量控制型主动控制悬架系统,该系统主要是由三位四通流量控制阀和双作用油缸等构成,其主要特点为响应速度快,但消耗能量大,使用的传感器数量也较多,给实用化带来困难。

(2) 压力控制型:图 6-59 为一压力控制型主动控制悬架系统,目前日本丰田、日产公司的一些高级轿车上装用的系统属于这一类,它主要由压力控制阀及一个单作用油气压缸构成。其压力控制阀实际上由一个电液压力比例阀(针阀)和一个机械式压力伺服滑阀组成,而油气压缸则是一个具有弹性组件(气体弹簧室)和阻尼组件的特殊液压缸。



主动控制悬架系统的控制理论与方法主要有:天棚阻尼器控制理论、最优控制、H-控制等现代控制方法、预见控制方法。

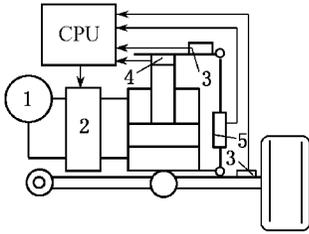


图 6-58 流量控制型主动控制悬架

1—油泵 2—四通流量控制阀 3—加速度传感器 4—载荷传感器 5—行程传感器

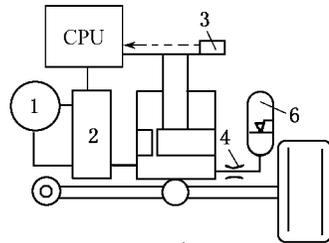


图 6-59 压力控制型主动悬架

1—油泵 2—三通压力控制阀 3—加速度传感器 4—节流阀 5—气体弹簧室

天棚阻尼器控制:一个弹簧加减振器的被动悬架系统的模型如图 6-60(a)所示。而天棚阻尼器控制则设想将系统中的阻尼器移到车体与某“固定的天棚”之间,如图 6-60(b)所示,要求由执行器产生一个与车体的上下振动绝对速度成比例的控制力来衰减车体的振动。

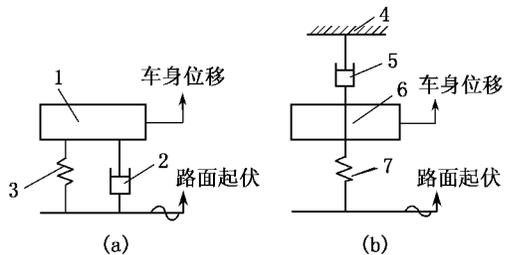


图 6-60 悬架系统控制模型

(a) 被动控制系统模型 (b) 天棚阻尼器控制系统模型

1、6—车身 2、5—减振器 3、7—弹簧 4—天棚

最优控制、H-控制等现代控制方法:这些控制方法通过建立系统的状态方程式提出控制目标及加权系数,然后应用控制

理论求解出所设目标下的最优控制方案,与天棚阻尼器控制方式相比,现代控制方法考虑系统中更多变量的影响,因而控制效果更好,而且,现代控制方法的应用,主要是在系统的控制软件方面做一些改善,并不增加系统的复杂性。

预见控制方法:当遇到较大或突变的干扰时,由于系统的能量供应峰值和组件响应速度的限制,很可能无法输出所需的控制力而达不到希望的控制效果。预见控制方法,可提前检测到前方道路的状况和变化,使系统有余地采取相应的措施,有可能降低系统的能量消耗且大幅度改善系统控制性能。根据预见信息的获取及利用方法不同,现有的研究中大致有如下两种预见控制系统:

① 对四轮全部进行预见控制。此预见控制系统在车的前部设置有特制的预见传感器,用以检测前方道路情况,并将这些信息传至控制装置,控制装置再对这些信息进行计算并发出控制指令,以控制每个车轮悬架的执行机构。在理论上,此系统可取得最理想的控制效果,便需要设置特殊的传感器,目前尚未普遍应用。

② 利用前轮信息对汽车后轮进行预见控制。此控制方式中,两个前轮采用的仅为反馈控制,根据从前轮各传感器所获得的路面信息,作为预见信息而送至控制装置,控制装置对汽车后轮实施有效控制。

控制器对汽车后轮进行控制时,不仅考虑当时后轮传感器得到的各种信息,而且还考虑当时的车速和前后轮间距及前轮各传感器所获得的信息,因此,在后轮的控制机构上,实行的是

反馈加向前反馈的双作用控制,从而提高了后轮的减振效果,同时可减小整个车体的摆动。

### (一) 三菱主动电子控制悬架系统(A-ECS)

三菱主动电子控制悬架系统属于空气悬架系统,系统能够动态控制悬架特性。使汽车具有较高的操纵稳定性和乘坐舒适性。三菱主动电子控制悬架系统(A-ECS)的主要组成及布置如图 6-61 所示。由图可见,系统主要由空气弹簧、普通螺旋弹簧、可调减振器及调节悬架特性以适应路面状况的电子控制装置、车速传感器、G 传感器、转角传感器、节气门开度传感器和阻尼力转换执行器、高度传感器、电磁阀、空气压缩机和储气筒、空气管路和继电器等组成。

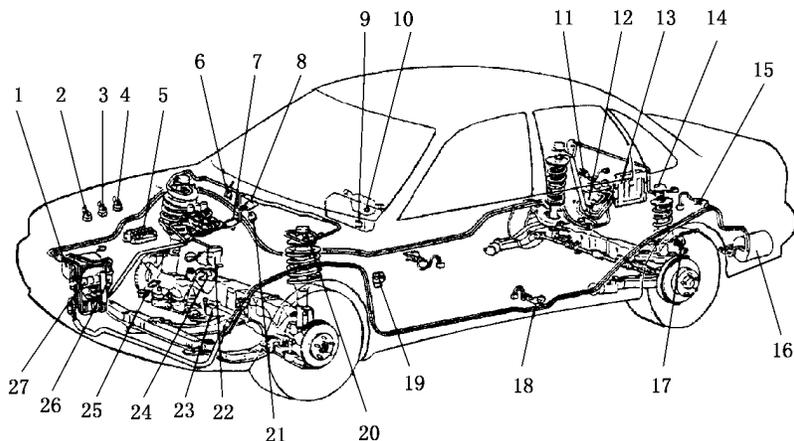


图 6-61 三菱主动电子控制悬架系统

1—前储气筒 2—回油泵继电器 3—空气压缩机继电器 4—电磁阀电源继电器 5—ECS 电源继电器 6—加速度计开关 7—节气门位置传感器 8—制动灯开关 9—车速传感器 10—转角传感器 11—右后车门开关 12—电磁阀总成 13—电子控制装置(ECU) 14—阻尼力转换执行器 15—左后车门开关 16—后储气筒 17—后高度传感器 18—左前车门开关 19—ECS 开关 20—阻尼力转换执行器(步进电机型) 21—加速度计位置 22—空气压缩机总成 23—G 传感器 24—前高度传感器 25—系统禁止开关 26—空气干燥器 27—流量控制电磁阀总成

系统用 5 个传感器来检测汽车行驶状态：

- ① 转角传感器：用于检测汽车转向操作。
- ② 节气门位置传感器：用于检测汽车加速度。
- ③ 高度传感器：用于检测汽车行驶高度。
- ④ G 传感器：用于检测汽车转弯时的横向加速度。
- ⑤ 压力传感器：用于检测空气弹簧中的空气压力。

根据以上传感器的输入信号,ECU 控制 9 个电磁阀的开闭,以控制空气弹簧的空气压力,使汽车水平并保持合适的行驶高度,甚至当汽车转向或制动时,仍可以实现汽车水平并保持合适的行驶高度。

图 6-62 为 ECS 系统空气压力回路构成图。

系统空压回路为封闭回路,空气弹簧排出的空气不排入大气,而是排入稍加压的低压腔(当空气流速达到音速时,空气流量一定,与下游压力无关,所以,把空气排入大气或排入低压腔流量都一样)。其次若把空气压缩到高压,则排入低压腔的方式消耗的能量较少。

图 6-63 显示了汽车侧倾控制的过程。



汽车左转弯时,车身在离心力作用下欲向外倾斜(图中虚线所示),此时,系统电子控制装置根据转向盘转角传感器、横向G传感器和车速传感器的输入信号,计算出汽车转向角速度、车身横向加速度以及汽车车速,通过分析以上行驶状态参数向前后轮电磁阀总成发出控制指令,使外侧车轮空气弹簧充气,使内侧车轮空气弹簧放气,产生与车身侧倾相反的作用力(图中实线所示),达到防止车身侧倾的目的。

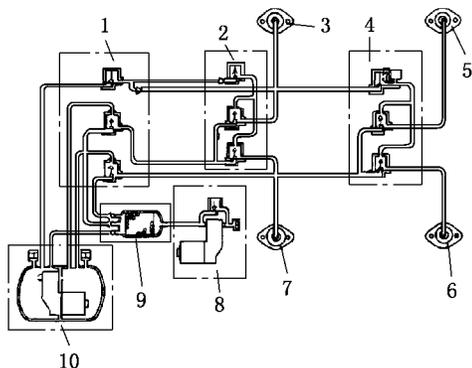


图 6-62 ECS 空气压力回路

1—流量控制电磁阀 2—前悬架控制用电磁阀 3—右前带减振器的空气弹簧 4—后悬架控制用电磁阀 5—右后带减振器的空气弹簧 6—左后带减振器的空气弹簧 7—左前带减振器的空气弹簧 8—空气压缩机 9—空气干燥器 10—油箱

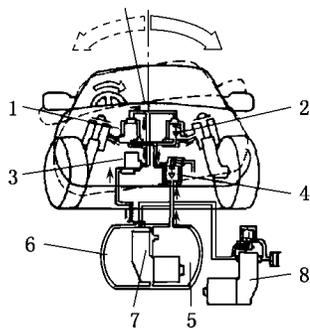


图 6-63 汽车左转弯时的侧倾控制过程

1—右电磁阀 2—左电磁阀 3—进气电磁阀 4—排气电磁阀 5—低压腔(68.6 kPa) 6—高压腔(932 kPa) 7—车身姿势控制压缩机(回油泵) 8—汽车高度控制压缩机

在各减振器顶端装有一步进电机型执行器,在电子控制装置的控制下步进电机转动相应的角度,使减振器的阻尼力可以在从硬到很软之间的四种设置之间进行转换,通常,系统有两种工作模式:自动和运动。选择自动工作模式时,ECU 可以任意选择一种减振器阻尼力,以实现最佳行驶操纵性,选择自动工作模式时,减振器阻尼力只允许在中等和硬之间进行转换,此时更偏重于汽车的行驶操纵性。各控制模式的特性见表 6-14。

表 6-14 各种控制模式的特性

控制方式	自动(AUTO)	运动(SPORT)
侧倾控制	根据转角速度和汽车横向加速度,控制内侧车轮和外侧车轮空气弹簧的空气压力,实现车身侧倾控制。外侧空气弹簧压力增加,内侧空气弹簧压力减小,在自动控制模式时的车身侧倾刚度大于在运动控制模式时的车身侧倾刚度	
点头控制	根据汽车制动时的车身纵向加速度,通过向前空气弹簧充气同时使后空气弹簧放气,使汽车制动时仍能保持车身水平	
后蹲控制	提供与点头控制相反的控制过程	
车身摇动控制	根据减振器的伸张和压缩(车身高度变化)进行控制,悬架伸张时对空气弹簧充气,悬架压缩时使空气弹簧放气	

## 1. 传感器

由于车高传感器和转角传感器使用频繁,为避免迅速磨损,一般采用光电式非接触传感器。

本系统采用的光电式转角传感器包括三对固定的遮光器和一个带窄槽的圆盘,带窄槽的圆盘固定在转向柱上并随转向盘一起转动。当转动转向盘时,带窄槽的圆盘移过遮光器,各遮光器向 ECU 输出阶跃信号,ECU 利用这些信号来确定转向盘转角和转动速率。两边的遮光器用于确定转向盘的转动方向;中间的遮光器用于确定转向盘的中间位置(汽车直线行驶位置),详细结构及工作原理见本章第二节。

G 传感器是一小型半导体加速度计,它安装于汽车前端,用于确定汽车转向行驶时的横向加速度。根据储气罐中空气压力的大小,通过低压开关和高压开关打开或关闭空气压缩机。后压力传感器中有一弹性膜片,当空气压力变化时弹性膜片移动,弹性膜片的移动通过一电位计转化为电压信号输入 ECU。

## 2. ECS 电子控制装置

图 6-64 为 ECS 电子控制装置(ECU)框图,同时给出了其所有的输入和输出信号。ECU 包括一 8 位微型计算机、输入接口电路和输出驱动电路,同时还包括一失效保护电路,也用于诊断装置的接口。

ECU 根据接收到的各传感器信号,选择一预先编好的控制模式,ECS 控制模式见表 6-15。

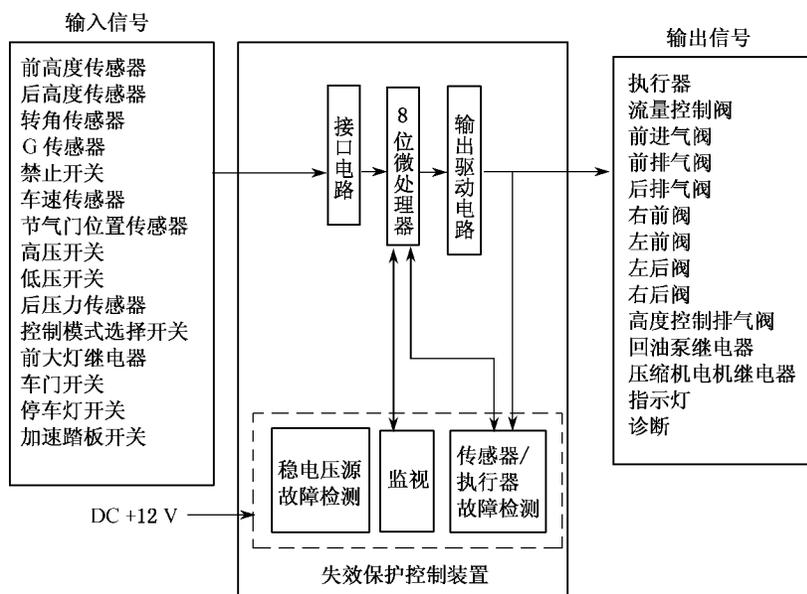


图 6-64 ECS 电子控制装置(ECU)框图



表 6-15 ECU 控制模式

控制功能		说明
控制模式选择		通过控制模式选择开关来选择自动(AUTO)或运动(SPORT) 通过汽车高度开关来选择自动(AUTO)、高(HIGH)或超高(EXTRA HIGH)模式
阻尼力和行驶姿势控制	① 侧倾控制(使汽车转向时的车身侧倾减小到最小) ② 点头控制(使汽车制动时的点头现象减小到最小) ③ 后蹲控制(使汽车启动时的后蹲现象减小到最小) ④ 车身摇动控制(使汽车行驶于不平路面时车身摇动最小) ⑤ A/T 变速器换挡时的点头控制 ⑥ 根据行驶车速对阻尼力选择的控制	根据转向角速度、横向加速度和汽车车速控制车身的侧倾,向外侧空气弹簧充气同时使内侧空气弹簧放气 当制动踏板开关打开并且汽车纵向加速度 $\geq 0.2 g$ 时控制点头现象(悬架阻尼特性为硬) 开始时向前空气弹簧充气同时使后空气弹簧放气,恢复原状态时使前空气弹簧放气同时向后空气弹簧充气 根据节气门的开/闭速度和汽车车速控制汽车后蹲现象,开始时使前空气弹簧放气同时向后空气弹簧充气,恢复原状态时向前空气弹簧充气同时使后空气弹簧放气 通过高度传感器检测悬架位移和振动频率来控制车身的摇动,悬架伸张时对空气弹簧充气,悬架压缩时使空气弹簧放气 根据加速踏板开关信号、制动踏板开关信号和车速变化信号及汽车车速信号对变速器换挡时的点头现象进行控制,通过 A/T 变速器操纵杆将悬架阻尼特性切换为硬(HARD) 通过车速传感器检测汽车是否高速行驶,对悬架阻尼力进行控制
汽车高度调节	① 正常汽车高度调节 ② 快速汽车高度调节(快速增加汽车高度)	有三个控制高度:自动(AUTO)、高(HIGH)和超高(EXTRA HIGH) 汽车行驶于坏路面或选择控制高度为高(HIGH)时,打开流量转换阀
空气压缩机和回油泵的驱动诊断和失效保护功能 维修数据显示和执行器检测		由高压开关和低压开关进行控制 系统出现故障时,指示灯亮,系统进入失效保护状态并输出诊断代码 根据多功能检测仪的指令进行控制

## (二) 液压式主动控制悬架系统

日产无穷 Q4 用的液压式主动控制悬架系统(简称 FAS)主要由油压系统和控制系统两部分组成。油压系统和控制系统的组成及布置见图 6-65 和图 6-66 所示。

### 1. 液压式主动控制悬架的结构和工作原理。

此系统根据 G 传感器的输出信号,控制各车轮执行器的油压,抑制车身姿势的变化,也降低来自路面的冲击。系统由油压系统和控制系统构成。油压系统主要由储油箱、油泵、油泵储压器、组合阀、主储压器、压力控制阀及执行器组成(见图 6-66);控制系统主要由 4 个车身高度传感器(4 个车轮上各一个)、3 个垂直 G 传感器(一个在汽车前端,两个在汽车后端)、2 个横向 G 传感器(在中间车架上)、1 个纵向 G 传感器(也在中间车架上)、电子控制装置组成(见图 6-66)。

(1) 油泵总成。油泵为系统动力源,其结构如图 6-67 所示。

油泵总成由两个油泵组成一串联式结构,前端为一柱塞泵(供悬架系统用),后端为一叶片

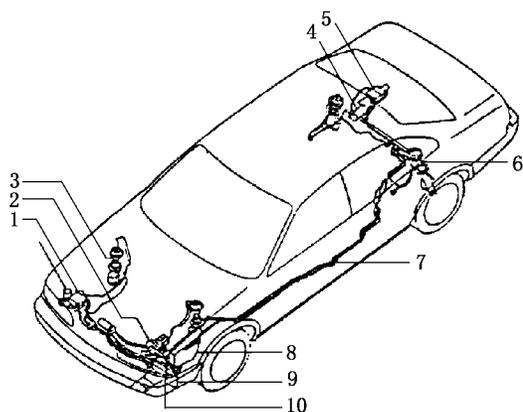


图 6-65 无穷 Q45 轿车液压式主动控制悬架油压系统

1—前端主储压器 ;2—前压力控制阀 ;3—油泵 ;4—执行器 ;  
5—后端主储压器 ;6—后压力控制阀 ;7—油管 ;8—执行器 ;  
9—储液罐 ;10—油液冷却器

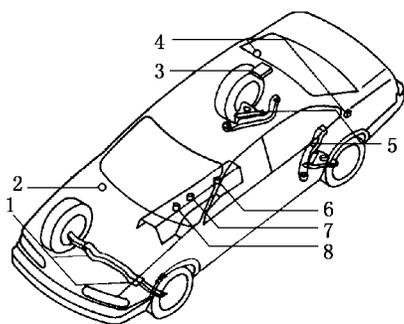


图 6-66 无穷 Q45 轿车液压式主动控制悬架控制系统

1—高度传感器 ;2—前端垂直 G 传感器 ;3—悬架控制装置 ;4—后端垂直 G 传感器 ;5—高度传感器 ;6—后侧横向 G 传感器 ;7—纵向 G 传感器 ;8—前侧横向 G 传感器

式油泵(供动力转向系统用),两个油泵由一根轴驱动。

悬架系统所使用的是一流量控制型柱塞油泵,它具有耐高速旋转及高压、能量损失少的特点。油泵沿圆周布置有 7 个柱塞,在驱动轮上的凸轮驱动下往复运动,为降低油泵输出油压的脉动,油泵内设有金属折箱型储压器。

(2) 主储压器。主储压器的构造如图 6-68 所示。

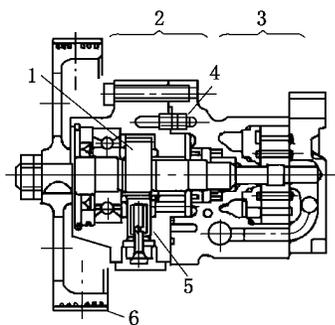


图 6-67 油泵结构

1—凸轮 ;2—柱塞油泵 ;3—叶片式油泵 ;4—单向阀 ;  
5—柱塞 ;6—皮带轮

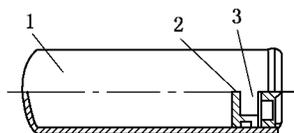


图 6-68 主储压器构造

1—气室 ;2—自由活塞 ;3—油室

主储压器存储来自组合阀的油压,当执行器需要大流量油液时进行补充,在发动机熄火时保持车身高度。主储压器一般为自由活塞型储压器,要求高压、大容量、长时间可靠工作。

(3) 组合阀。组合阀用于对油压系统的基本油压控制。它是由多个不同功能的阀组合在一起的多功能阀装置(图 6-69)。组合阀中各阀的功能见表 6-16。

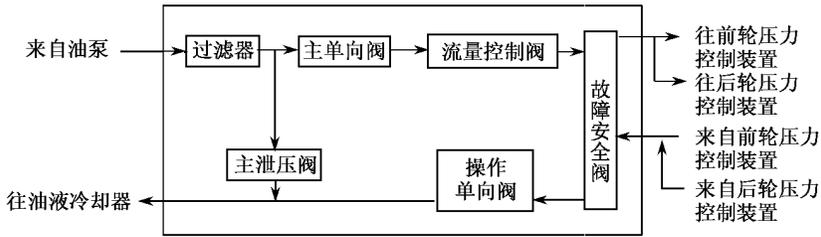


图 6-69 组合阀构成图

表 6-16 组合阀中各阀的功能

功 能	阀名称	说 明
系统油压管理功能	主泄压阀	供油压力超过 9.806 MPa 时,主泄压阀将一部分油液泄放,它不管油泵的输出油量,限制系统最高油压
车身高度保持功能	主单向阀 操作单向阀	主单向阀使油液只能流向流量控制阀,而能反向流动操作单向阀为油压促动型开关阀,当供油压力超过一定值(5 MPa)时单向阀打开,低于一定压力时单向阀关闭。发动机熄火时保持系统油压,以维持车身高度
车身高度控制功能	流量控制阀	流量控制阀在发动机启动时,关闭主油路,以旁路的孔口缓缓增高油压,然后打开主油路,这样可防止发动机启动时车身高度突变
故障安全功能	故障安全阀	电气系统发生异常时,变换油液通路,防止车身高度突变,确保安全性

(4) 压力控制阀。压力控制阀和执行器的结构见图 6-70 所示。

系统中有两个压力控制阀,均是与飞机上使用的伺服阀具有同等高精度、高响应性的导向比例电磁压力阀,它们分别位于汽车前端和后端,根据系统控制装置的控制信号,压力控制阀控制各轮执行器的油压。

压力控制阀主要有两个功能;

① 主动控制功能:根据控制的输入信号,控制控制口(送至执行器)的压力,以控制车身姿势。

② 被动阻尼功能:路面输入的影响使执行器内的压力发生变化时,将执行器内压力经控制口反馈到阀杆,以产生最佳的阻尼力。

(5) 执行器。执行器的结构参见图 6-70。执行器由液压缸、副储压器和阻尼阀组成。由于悬架系统使用了辅助螺旋弹簧,降低了支承车身所需的系统油压,减小了动力损耗。

为吸收、衰减弹簧下的高频振动,在底部设有副储压器和阻尼阀。

(6) G 传感器。使用了 6 个 G 传感器,用以检测汽车在各种行驶条件下产生的车身加速

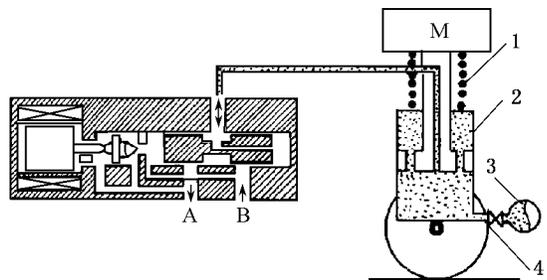


图 6-70 压力控制阀及执行器的结构示意图

1—螺旋弹簧 2—执行器 3—副储压器 4—阻尼阀 5—压力控制阀  
A—回油口 B—进油口

度,它们是:一个纵向 G 传感器,两个横向 G 传感器和 3 个垂直 G 传感器。这些 G 传感器均为钢球位移检测型传感器,可向电子控制装置提供对应于车身纵向力、横向力和垂直力的模拟输出信号(G 传感器的结构和工作原理详见本章第二节)。

(7) 电子控制装置。电子控制装置包括两个高速 16 位微处理器(MCU1 和 MCU2),运算速度非常快(见图 6-71)。

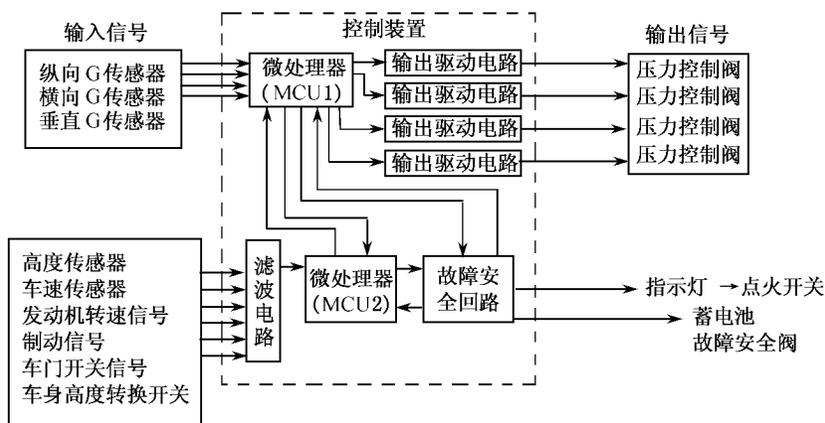


图 6-71 电子控制装置的内部构造和主要输入信号

微处理器 MCU1 处理来自 G 传感器的信号,并把控制信号输送到压力控制阀的驱动电磁线圈内,微处理器 MCU2 处理来自高度传感器等的信号,并把控制信号输送到压力控制阀的驱动电磁线圈内。MCU1 与 MCU2 一直相互联系,一方发生异常时,就把信号输入故障安全回路,使故障安全阀动作,以确保安全性。

## 2. 系统的控制功能

(1) 侧倾控制功能。汽车转弯时,在离心力作用下车身欲发生侧倾,由横向 G 加速度测得此离心力,系统控制装置根据此离心力的大小,按比例增加外侧车轮悬架的液压,降低内侧车轮的液压,以抵消汽车离心力,防止车身侧倾。

侧倾控制时分别控制前轮与后轮执行器产生的作用力,如果假设抵消车身侧倾的总的作用力为 100%,如果增大前轮作用力的分配,会造成汽车转向不足;如果增大后轮作用力的分配,会造成汽车过多转向,为实现对汽车转向特性的主动控制,系统采用了前、后两个横向 G 传感器分别测量汽车前、后端的横向加速度,用前端的横向加速度  $\alpha_1$  控制后轮执行器产生的作用力,用后端的横向加速度  $\alpha_2$  控制前轮执行器产生的作用力。这样,当汽车高速急转向时,汽车的瞬时转向中心在汽车后方, $\alpha_1$  值大于  $\alpha_2$  值,侧倾控制时增大后轮执行器产生的作用力,可以改善汽车的回转性能;当汽车回正时,汽车的瞬时转向中心在汽车前方, $\alpha_2$  值大于  $\alpha_1$  值,侧倾控制时增大前轮执行器产生的作用力,改善汽车的回正性能(见图 6-72)。

(2) 俯仰振动控制功能。汽车制动时,汽车产生向前的惯性力,系统通过纵向 G 传感器测得汽车向

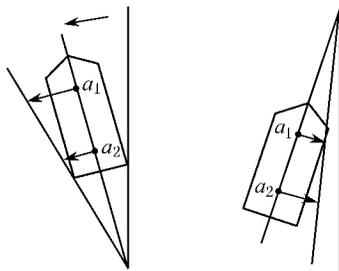


图 6-72 主动控制转向特性的原理



前的惯性力,系统控制装置则根据此惯性力的大小,按比例增大前轮执行器产生的作用力,降低后轮执行器产生的作用力,以抵消惯性力,控制车身的俯仰振动。汽车起步时的控制过程与上述相反。

(3) 上下振动控制功能。当不平路面时,来自路面的冲击使车身发生上下振动,根据车身上下振动的绝对速度,系统控制各车轮执行器产生的作用力,以抵消来自路面的冲击。此绝对速度可将汽车垂直 G 传感器测得的车身垂直方向的加速度积分求得。此控制方式采用的是前述的天棚阻尼器控制理论。

(4) 车身高度控制功能。根据各车轮部分的高度传感器测得的车身高度变化信号,系统控制装置自动使车身高度维持为一个定值(不管载荷如何变化)。也可以通过手动操作使车身高度增加 20 mm,以避免汽车行驶在坏路面时车身与路面相碰。液压式主动控制悬架系统的控制效果见表 6-17。

表 6-17 液压式主动控制悬架系统的车身控制效果

控制功能	车身控制效果		乘客感觉效果	
侧倾控制	汽车转向时,控制车身的侧倾程度和汽车转向特性	转向时(如变换车道)的响应性好 可实现汽车高速转向时高稳定性	乘客身体左右移动量小,也不会强制使身体弯曲	不晕车 长时间乘车也不疲劳 驾驶员容易操纵加速踏板、制动踏板和离合器踏板 视线变化少,驾驶安全 确保水平视线,容易预知弯路的危险,使驾驶员从容驾驶 转弯时保持正直姿势
俯仰振动控制	控制汽车制动时的点头和俯仰振动,控制汽车起步或急加速时的后蹲	紧急制动时保持车身姿势的稳定,使汽车有稳定的制动性能	乘客身体前后移动量小	紧急制动时容易操纵制动踏板 视线变化少 制动时可轻松保持姿势
车身上下振动控制	汽车行驶于不平路面时,控制车身的上下振动	减小俯仰振动 改善轮胎的接地性,提高汽车的稳定性 提高汽车的乘坐舒适性	乘客身体上下移动量小,也不会强制使身体弯曲	不晕车 长时间乘车也不疲劳 驾驶员容易操纵加速踏板、制动踏板和离合器踏板 视线变化少,驾驶安全 路面不平时乘坐舒适,有安全感 夜间行驶时,前灯光束摆动小,提高了安全感
车身高度控制	无论乘客人数和汽车载重量多少,保持一定的车身高度	乘客人数、汽车载重量变化时,车身高度不变 汽车装载重物时,确保充分的悬架行程,改善汽车乘坐舒适性、坏路面的行驶性能,前灯光束也不会朝上		

系统的液压管路布置见图 6-73 所示。

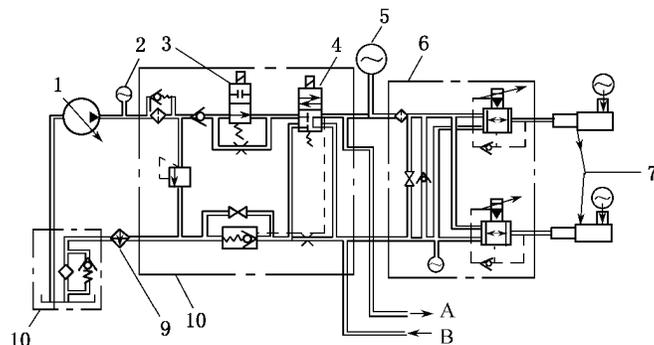


图 6-73 液压管路布置图

1—油泵 2—油泵储压器 3—流量控制阀 4—失效保护阀 5—前端主储压器 6—前压力控制阀 7—前执行器 8—组合阀 9—油液冷却器 10—储油罐 ;A—往后压力控制阀 ;B—来自后压力控制阀

FAS 系统的工作过程可用图 6-74 来说明。

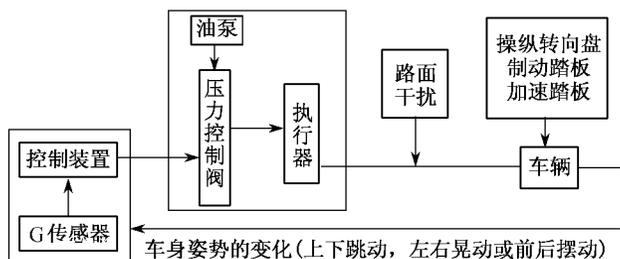


图 6-74 FAS 系统工作过程

使用油泵和带执行器的液压系统,并通过电子控制装置控制,达到改善汽车乘坐舒适和行驶稳定的目的。电子控制装置接收 10 个独立传感器的输入信号,经过分析计算后向执行器发出控制信号,执行器则根据电子控制装置的控制信号不断调整前、后悬架的液压大小,从而补偿路面的下降、车身的侧倾、制动时的点头、加速时的后蹲和汽车车身高度变化。

油气弹簧式主动悬架与空气弹簧式主动悬架的比较见表 6-18 所示。

表 6-18 油气弹簧式主动悬架与空气弹簧式主动悬架的比较

类型 作用	空气弹簧式	油气弹簧式
使用压力	低压(0.98 MPa)	高压(9.806 ~ 10.787 MPa)
响应性	~ 2.0 Hz	~ 7.0 Hz
姿势控制	横摇角度 1°(横向加速度 0.5g 时)	响应性、控制区域高于空气弹簧式
乘坐舒适性	被动系统所支配	
车高调整	车高调整时间短	
振动噪声	防止空气压缩机噪声	油泵与油泵储压器噪声振动大,要采取防止措施
装车使用性	容器等应确保安装空间	应确保储油罐、储压器和油泵的安装空间
装配作业	容易拆卸,不污染	必须抽去空气,除去孔中灰尘
质量	轻(约 16 kg)	工作机油等部件重(50 ~ 60 kg)
价格	低	高



油气弹簧式主动悬架具有良好的响应性与较大的控制力,但消耗能量大、质量重。随着对环境保护与节能的要求,主动悬架正在从高压化、小型化、高效率方面加以提高,并将从控制方式进行创新。

## 第四节 电子控制悬架系统的故障诊断与检测

电子控制悬架系统根据其控制功能和结构形式不同,其故障诊断与性能检测的内容和方法也各不相同。故障诊断可通过系统自诊断功能用解码器或在诊断座上跨接的方式调取故障信息和数据。同时还要对系统的有关功能和性能进行检测。下面介绍有关车型的故障诊断与检测方法。

### 一、凌志 LS400 轿车电子调节空气悬架系统故障诊断与检测

#### 1. 系统自诊功能

系统自诊功能包括以下三部分:

(1) 检测 ECU 输入信号。此项功能用于检测来自转向传感器和停车灯开关的信号是否正确地输入 ECU。其执行过程如下:

- ① 将点火开关转到 ON 位置。
- ② 将表 6-19 中的每个检查项目调到操作 1 栏所示状态。
- ③ 短接发动机室内的诊断连接器 TS 端子和 EI 端子。注:这时,在发动机停机状态下高度控制“NORM”指示灯会以 0.25 s 的间隔闪烁,并一直持续到发动机运转时为止。
- ④ 再将每个单独检查项目调到操作 2 栏所示状态,检查高度控制“NORM”指示灯是否亮。

表 6-19 ECU 输入信号检测

检查项目	操作 1	发动机状态		操作 2	发动机状态	
		停机	运转		停机	运转
转向传感器	车向前摆正	A	B	转角 45°以上	B	A
停车灯开关	OFF(不踩制动踏板)	A	B	ON(踩下制动踏板)	B	A
门控灯开关	OFF(所有车门关闭)	A	B	ON(所有车门打开)	B	A
节气门位置传感器	不踩油门踏板	A	B	油门踩到底	B	A
1 号车速传感器	车速低于 20 km/h	A	B	车速 20 km/h 以上	B	A
高度控制开关	NORM 位置	A	B	HIGH 位置	B	A
LRC 开关	NORM 位置	A	B	SPORT 位置	B	A
高度控制 ON/OFF 开关	ON 位置	A	B	OFF 位置	B	A
备注:						
① 发动机状态栏中的 A 和 B 表示当检测结果正常时“NORM”指示灯的状态。A 表示指示灯每 0.25 s 闪亮一次,而 B 则表示常亮。						
② 进行此项检测时,减振器的阻尼力控制和弹簧刚度控制被暂时停止,减振器的阻尼力和弹簧刚度都被固定于坚硬状态,而车身高度控制则正常进行。						

(2) 检测指示灯。当悬架控制系统出现故障时,ECU通过使“NORM”指示灯每秒闪一次的方式向驾驶员报当故障出在 ECU 本身时,两高度指示灯都熄灭。指示灯检测步骤如下:

- ① 将点火开关转到 ON 位置。
- ② 检查 LRC 指示灯和高度控制指示灯应亮 2 s 左右。

如果在检测过程中出现表 6-20 所列故障,应按表检查相应电路并进行故障诊断。

表 6-20 根据指示灯状态判断系统故障

故障征兆	检查电路
打并点火开关后,“SPORT”、“HT”和“NORM”指示灯不亮	汽车高度控制供电电路
	指示灯电路
打开点火开关后,“SPORT”、“HT”、“NORM”指示灯亮 2 s,然后全部熄灭	悬架控制执行器供电电路
有些指示灯、“SPORT”、“HT”、“NORM”或“HEIGHT”、照明灯不亮	指示灯电路或“HEIGHT”照明灯电路
即使 LRC 开关拨到“NORM”侧,“SPORT”指示灯仍旧亮着	LRC 开关电路
仍旧亮着的一双高度指示灯与高度控制指示灯与所选定的汽车高度不一致	高度控制开关电路
备注: ① 当将 LRC 开关拨到 SPORT 侧时,LRC 指示灯仍旧亮着,同样,当将高度控制开关拨到“NORM”或“HIGH”侧时,相应的高度控制指示灯“NORM”或“HI”也仍旧亮着。 ② 即使在点火开关接通和发动机不运转的情况下,拨到高度控制开关也不会改变高度控制指示灯的状态。 ③ 当打开点火开关时,“HEIGHT”照明灯保持点亮状态。 ④ 当高度控制“NORM”指示灯以 1 s 间隔闪烁时,表明 ECU 存储器中存有故障代码。	

(3) 故障代码显示:

- ① 打开点火开关。
- ② 短接 TDCL 插座或诊断连接器中的  $T_C$  端子和  $E_1$  端子。
- ③ 读取高度控制“NORM”指示灯显示的故障代码。注:当高度控制 ON/OFF 开关在 OFF 位置时,会输出故障代码 71,这并非是不正常。
- ④ 利用表 6-21 所示的故障代码检查故障情况。
- ⑤ 检查完毕后,将端子  $T_C$  和端子  $E_1$  脱开,并关闭显示器。



表 6-21 故障代码表

代码	系 统	故障诊断	故障代码显示模式	NORM 指示灯①	存储器②
—	—	正常			
11	前右高度控制传感器电路	高度控制传感器电路开路或短路		○	○
12	前左高度控制传感器电路			○	○
13	后右高度控制传感器电路			○	○
14	后左高度控制传感器电路			○	○
21	前悬架控制执行器电路	悬架控制执行器电路开路或短路		○	○
22	后悬架控制执行器电路			○	○
31	1号高度控制阀电路	高度控制阀电路开路或短路		○	○
33	2号高度控制阀电路(右悬架)			○	○
34	2号高度控制阀电路(左悬架)			○	○
35	排气阀电路	排气阀电路开路或短路		○	○
41	1号高度控制继电器电路	1号高度控制继电器电路开路或短路		○	○
42	压缩机电机电路	压缩机电机电路短路或压缩机电机卡住		○	○
51③	向1号高度控制继电器(控制压缩机电机用)的供电时间超限	向1号高度控制继电器(控制压缩机电机用)的供电时间约8.5 min 以上		○	○
52④	向排气阀的供电时间超限	向排气阀的供电时间约6 min 以上		○	○
61	悬架控制信号	ECU 故障			○

续表

代码	系 统	故障诊断	故障代码显示模式	NORM 指示灯①	存储器②
71⑤	高度控制 ON/OFF 开关电路	高度控制 ON/OFF 开 关位于 OFF 位置或 高度控制 ON/OFF 开 关电路短路		○	
72	悬架控制执行器 供电电路	悬架控制执行器供 电电路开路或悬架 保险烧断			

备注：

① 本列中“○”表示高度控制“NORM”指示灯以 1 s 的间隔闪烁，“—”表示指示灯不闪烁。

② 本列中“○”表示存储器中存有故障代码(不论点火开关是打开还是关闭)。

③ 因为压缩空气的溢流压力是 980 kPa,如果试图在坡道上或汽车超负荷情况下进行高度控制,就会输出代码“51”,同时汽车高度控制、阻尼力控制和弹簧刚度控制中止,这并非异常。在这种情况下,只要关闭点火开关约 70 min 后再打开,系统即恢复正常。

④ 如果在拆下车轮或支起汽车的情况下进行汽车高度控制,就会显示代码“52”,同时汽车高度控制、阻尼力控制和弹簧刚度控制中止,这并非异常。此时只要关闭点火开关后再打开,系统即恢复正常。

⑤ 当高度控制 ON/OFF 开关在“OFF”位置时,输出故障代码“71”。

系统故障排除后要将存储器内的故障代码清除,清除方法有以下两种:

① 关闭点火开关,拆下 1 号接线盒中的 ECU - B 保险丝 10 min 以上。

② 关闭点火开关,将高度控制连接器端子 9(端子 CLE)与端子 8(端子 E)短接,同时使诊断连接器端子 T<sub>s</sub> 与端子 E<sub>1</sub> 短接。保持这一状态 10 min 以上,然后打开点火开关并脱开以上各端子。

## 2. 汽车高度调整功能的检查

操作高度控制开关检查汽车高度的变化情况的步骤如下:

① 检查轮胎充气是否正确。

② 检查汽车高度。

③ 启动发动机,将高度控制开关从 NORM 位置切换到 HIGH 位置。

检查完成高度调整所需的时间和汽车高度变化量。调整时间:从操作高度控制开关到压缩机启动约需 2 s,从压缩机启动到完成高度调整约需 20 ~ 40 s。汽车高度的变化量为 10 ~ 30 mm。

④ 在汽车处于 HIGH 高度调整的状态下,启动发动机并将高度控制开关从 HIGH 位置切换到 NORM 位置。

检查完成高度调整所需的时间和汽车高度变化量。调整时间:从操作高度控制开关到开始排气约 2 s;从开始排气到完成高度调整约需 20 ~ 40 s。汽车高度的变化量为 10 ~ 30 mm。

## 3. 溢流阀的检查

迫使压缩机工作检查溢流阀动作:

① 将点火开关转到 ON 并使高度控制连接器的端子 1 与 7 连接以迫使压缩机工作。



- ② 等压缩机工作一段时间后 检查溢流阀是否放气。
- ③ 将点火开关转到 OFF 位置。
- ④ 清除故障代码。

注意 :当迫使压缩机工作时 ,ECU 中会记录一个故障代码。在完成检查后 ,务必将这个故障代码清除掉。

#### 4. 漏气检查

检查空气软管和软管接头是否漏气 :

- ① 将高度控制开关拨到 HIGH 位置使汽车高度上升。
- ② 发动机熄火。
- ③ 在空气软管和软管接头处涂肥皂水检查是否有漏气。

#### 5. 汽车高度调整

注意 必须在高度控制开关处于 NORM 位置时进行汽车高度调整。务必将汽车的高度调整到标准范围以内。应在水平地面上进行高度调整。

(1) 检查汽车高度。

(2) 调整汽车高度 :

- ① 拧松高度控制传感器连接杆上的两只锁紧螺母。
- ② 转动高度控制传感器连接杆的螺栓以调节长度。备注 :高度控制传感器连接杆每转一圈能使汽车高度改变大约 4 mm。
- ③ 检查高度控制传感器连接杆的尺寸是否小于极限值。极限值为前 13 mm ,后 13 mm。
- ④ 暂时拧紧两个锁紧螺母。
- ⑤ 再检查一次汽车高度。
- ⑥ 拧紧锁紧螺母。拧紧力矩为 4.4 N·m。

注意 :在拧紧锁紧螺母时应确保球节与托架平行。

(3) 检查车轮定位。

## 二、三菱 Q45 轿车全主动悬架系统的故障诊断

日产汽车公司在三菱(INFINITI)Q45 轿车上安装了全主动悬架系统(简称 FAS)。FAS 系统使用油泵和带控制执行器的液压系统 ,并通过两个计算机控制 ,达到改善汽车行驶平稳和操纵稳定的目的。

全主动悬架系统可以使用两种不同的自诊方式进行故障诊断 :第一种也是优先考虑的是利用 CONSULT 监测器进行故障诊断 ,CONSULT 监测器能够准确查找故障所在并且能在系统维修后对系统进行检测。第二种是当进行高度控制时 ,利用主动悬架警告灯显示的故障代码进行故障诊断。

### 1. 使用 CONSULT 监测器进行故障诊断

- ① 关闭点火开关。
- ② 将 CONSULT 监测器接到位于接线盒内的诊断连接器上 ,接线盒位于组合仪表左下侧。
- ③ 启动发动机。
- ④ 用手握住 CONSULT 监测器 ,顺序按下 START ,ACTIV SUS 和 SELF - DIAG RE - SULTS

按钮。

⑤ 自诊结果将显示在监测器上。

⑥ 完成汽车的修理后,拆下 17 号保险丝或断开蓄电池 10 s 以上,清除存储器内的故障代码。

2. 不使用 CONSULT 监测器进行故障诊断

① 打开点火开关,但不启动发动机。

② 点火开关打开后 10 s 内,将组合仪表板上的高度控制开关从 NORMAL 位置切转到 HIGH 位置至少 10 次,最后停在 NORMAL 位置。

③ 主动悬架指示灯将开始闪烁,此时系统处于自诊模式。

④ 读取自诊代码时,只要记录指示灯 0.5 s 的闪亮次数即可。

⑤ 完成汽车修理后,拆下 17 号保险丝或断开蓄电池 10 s 以上,清除存储器内的故障代码。

3. 无限 Q45 轿车故障代码(表 6-22)

表 6-22 无限 Q45 轿车故障代码表

故障代码	故障位置	故障代码	故障位置
11	汽车车速表传感器系统故障	33	压力控制阀系统(右后)故障
12	A/T(自动变速器)输出轴转速传感器系统故障	34	压力控制阀系统(左后)故障
13	前、后 G 传感器系统故障	35	流量控制阀系统故障
14	横向 G 传感器系统(1)或(2)故障	36	失效保护阀系统故障
15	垂直 G 传感器系统(前)故障	41	油泵或压力开关系统故障
16	垂直 G 传感器系统(右后)故障	42	油温传感器系统故障
17	垂直 G 传感器系统(左后)故障	43	油温过高
21	汽车高度传感器系统(右前)故障	44	油泵电磁阀 1 系统故障
22	汽车高度传感器系统(左前)故障	45	油平面过低
23	汽车高度传感器系统(右后)故障	46	点火供电系统故障
24	汽车高度传感器系统(左后)故障	51	汽车行驶时发动机熄火
25	高度控制开关系统故障	52	G 传感器供电系统故障
26	高度传感器供电系统故障	53	控制单元内部故障
31	压力控制阀(右前)故障	54	油泵电磁阀 2 系统故障
32	压力控制阀(左前)故障	55	正常

# 第七章 汽车防盗系统

## 第一节 概 述

### 一、防盗系统的功能

汽车防盗系统除了具有防盗功能外,还增加了许多附加功能。现代的汽车防盗系统一般还具有以下功能:

(1) 遥控功能:包括遥控中央门锁、遥控电动门窗、遥控开启行李箱、遥控启动、寻车和阻吓等功能。遥控功能是防盗系统基本功能之一,因此,大部分防盗系统又称为“遥控防盗系统”。

(2) 防启动功能(发动机防盗功能):当防盗系统处于警戒状态时,切断汽车上的启动或发动机控制电路,防止车辆被非法启动。

(3) 警报功能:有振动探测、门控保护及微波或红外探头等功能,当车辆被触动或非法进入时发出声音、灯光等警报信号。

绝大部分市场上加装的防盗系统具备遥控功能和警报功能,还带有简单的防启动功能,价格便宜,比较容易破解。汽车生产厂家原装的防盗系统除功能齐全外,其防启动功能一般由汽车生产厂家或厂家委托专业的电子公司设计,性能可靠,不易破解。

#### (一) 遥控和警报功能

以日产风度 A33 车型为例,遥控防盗系统在车上的组件位置如图 7-1 所示。

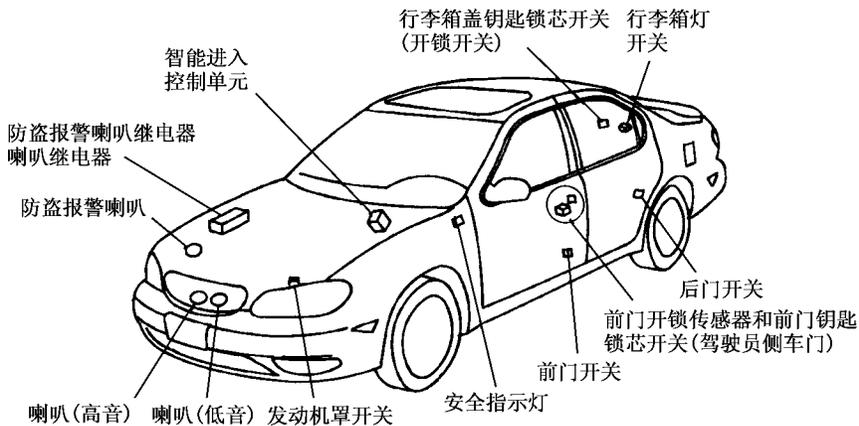


图 7-1 遥控警报系统的组件位置

汽车遥控防盗系统由下面几个部分组成:

(1) 遥控防盗系统控制单元 遥控防盗系统控制单元俗称主机,是防盗系统的核心和控制中心。

(2) 感应探测部分 :它由传感器或探头组成 ,目前普遍使用的是振荡传感器 ,微波及红外探头应用较少。

(3) 门控部分 :包括发动机罩开关、门开关及行李箱开关等。

(4) 报警部分 :防盗喇叭。系统被触发或动作(开、闭锁)时发出警报。

(5) 遥控器部分 :包括按键和指示灯 ,如图 7-2 所示。

(6) 其他部分 :包括配线、继电器和熔丝等。

汽车遥控防盗系统的遥控器与主机系统之间除了要有相同的发射和接收频率之外 ,还要有密码才能相互识别。遥控防盗系统的密码是一组由不同方式组合的数据 ,它一方面记载着防盗系统的身份信息(身份码) ,区别各个防盗系统的不同 ;另一方面 ,它又包含着防盗的功能指令信息(指令码) ,负责开启或关闭防盗系统 ,控制完成防盗系统的一切功能。

汽车遥控防盗系统根据密码发射方式的不同可分为定码和跳码两种类型。

早期防盗系统大多采用定码方式 ,但由于其自身缺点 ,现已逐渐被淘汰。下面就两种不同类型防盗系统的原理、特点等分别加以介绍。

### 1. 定码防盗系统

早期的遥控式汽车防盗系统是主机与遥控器各有一组相同的密码 ,遥控器发射密码 ,主机接收密码 ,从而完成防盗系统的各种功能 ,这种密码发射方式称为第一代固定码发射方式(简称定码发射方式)。定码发射方式在汽车防盗系统既不可靠又不安全。原因有三 :

- (1) 密码量少 ,容易出现重复码 ,即发生一个遥控器控制多部车辆的现象。
- (2) 遥控器丢失后 ,若单独更换遥控器极不安全 ,除非连同主机一道更换 ,但费用过高。
- (3) 安全性差 ,密码易被复制或盗取 ,从而使车辆被盗。

### 2. 跳码防盗系统

由于定码防盗系统存在上述不安全的问题 ,在 20 世纪 90 年代中期推出了跳码防盗系统 ,具有以下特点 :

- (1) 遥控器的密码除了身份码和指令码外 ,又多了一个跳码部分。所谓的跳码 ,即密码依一定的编码函数 ,每发射一次 ,密码随机变化一次 ,密码不会被轻易复制或盗取 ,安全性极高。
- (2) 密码组合有上亿组 ,杜绝了重复码。
- (3) 主机可以与遥控器之间按特定程序相互识别(即遥控学习设定)。若遥控器丢失 ,可安全且低成本地更换或复制遥控器。

### (二) 防启动功能

防启动功能又称发动机防盗功能。大部分汽车生产厂家设计和安装的遥控防盗系统集遥控、警报、防启动为一体。从防止发动机启动的方式来讲 ,防启动系统一般有以下几种类型 :

#### 1. 启动电路控制防启动系统

这种防启动系统是在车主离开汽车并设定防盗系统后 ,如有人非法进入车内 ,并试图用非



图 7-2 遥控器



法配制的点火钥匙启动车辆,这时,起动机电路受防启动系统的控制,使起动机无法运转,从而防止车辆被盗。

这种防启动系统比较容易被破解,只要盗贼采用直接供电的方式使起动机运转,就可以开走车辆,现已很少采用。

## 2. 点火系统防启动系统

这种防启动系统是在系统被触发时,点火电路受防启动系统的控制,不能执行正常的点火功能,发动机不能启动,系统并通过声响及灯光报警装置向车主或车场保管人员报警。

如果点火系统防启动系统在车辆正常使用或维修中被意外触发,由于供油系统还能正常供油,将造成大量汽油进入气缸,火花塞浸油,三元催化器损坏,甚至造成机械事故,因此也很少采用了。

## 3. 油路控制防启动系统

其基本原理与点火控制防盗系统相似,只要该系统进入防盗工作状态,发动机电控系统就会切断喷油控制电路(有的车型也同时切断汽油泵电路),起到防启动功能。这种防启动系统比较可靠,因此大部分防启动系统都采用切断喷油器控制信号的方法来防止车辆被非法启动。

## 4. 多重控制防启动系统

有些车型,如上海别克汽车的防启动系统被触发后,启动电路及喷油器控制信号同时被锁死,如果强行给起动机供电,发动机仍然不能启动。大部分2000年以后的新款车型,防启动系统被触发后,发动机控制电脑同时将点火及喷油器信号锁死。图7-3为2003款凌志防启动系统示意图。

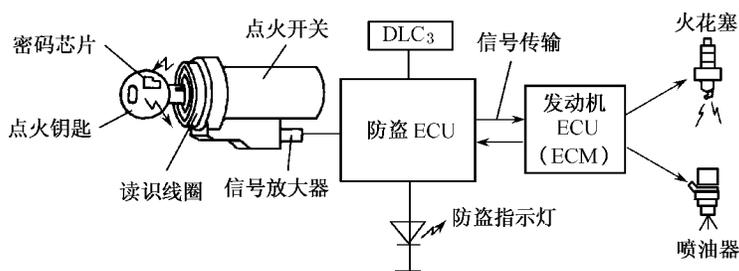


图 7-3 2003 款凌志 LX470 防启动系统示意图

原厂的防启动系统大多采用专门的防启动控制单元(IMMU)或在发动机控制单元中设置防盗功能,并且在点火钥匙中置入一块带有启动密码的缩微电子芯片,在启动时,防启动系统将会对点火钥匙的密码进行识别,确认无误后方能启动发动机。这种系统可有效地防止非法配置点火钥匙盗车。点火钥匙在汽车出厂时就已配备,其性能良好,而且对电路和控制装置没有电波信号干扰。点火钥匙的启动密码除了极少数车型采用定码(或电阻,如早期的通用公司)以外,大部分采用跳码形式,每一次启动的密码都随机改变,几乎不可能破解。

VOIVO 汽车公司的 S80 型轿车采用一套新型防盗系统,其中既有机械方式,也有电子方式,还有防砸功能。它的车门钥匙锁芯可以无阻力旋转,当盗贼用螺钉旋具或其他坚硬物体撬锁时,该锁芯可随撬动的物体旋转方向转动,而无法撬开。电子静止状态控制,一旦车主打开该系统离开汽车,如有人想移动该车,车辆就会拒绝进入行驶状态。它的前后风窗玻璃和车窗

玻璃都是采用特种玻璃,即使使用铁锤或铁棒击打,玻璃也不会出现缝隙和漏洞,令盗贼的手无法伸进车内将车门打开。

有的电子公司采用指纹或声音来进行驾驶者合法身份的识别。但是指纹或声音识别技术有其实用的局限性,当他人借车时,车主必须授权方可让他驾驶。

新一代奔驰车型的驾驶者识别系统(DAS),采用的钥匙被称为智能钥匙或电子钥匙。

该车并无机械点火锁,当将一把电子钥匙的楔形舌片插入点火开关时,此电子钥匙就发出一个红外密码数据信号,点火开关控制电脑接收到信号,并将其与存储器内的密码相对比,如果两密码相同,控制电脑就打开转向盘锁。此外,发动机电脑与点火开关控制电脑还要进行密码识别,识别正确发动机才能启动。该密码采用随机码方式,即每启动一次,密码就会发生变化。

替代钥匙和外车门锁的智能卡也是一种无钥匙进车装置。新的奔驰车型已采用这种技术。如图 7-4 所示,这种智能卡的外观就像信用卡,驾驶员可将其放于他(或她)的衣袋或钱包里。只要驾驶员触及到车门拉手,中央门锁系统就“醒来”,并发出一个无线电质问信号。智能卡作了应答,车门锁便打开。要开动汽车,驾驶员应踏下制动踏板,并转动点火开关或按下指定的按钮(图 7-5)。

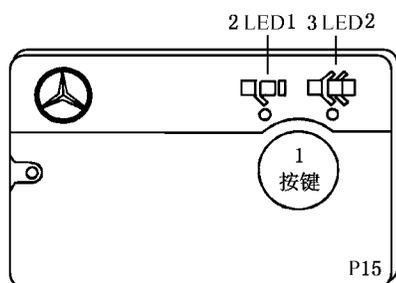


图 7-4 防盗智能卡



图 7-5 启动按钮

综合以上种种防盗系统的特点,无非是采用各种不同的手段和方法来避免车辆被盗,但不能过分地依赖它。总的说来,防盗系统的出现大大减少了汽车被盗的可能性,也为车主提供了更多的方便。尤其是一些电子防盗系统带有遥控装置,车主可不用车门钥匙打开车门,而无需一个车门、一个车门的打开,提供了很大方便。另外,如果所购买的汽车上装备原厂防盗系统,而又需要加装时,首先要对所购防盗系统的性能做了解,看该种防盗系统是否和车上控制系统相匹配,会不会出现信号干扰,否则将会造成发动机控制单元的烧毁和影响发动机的正常工作,给正常生活和工作带来麻烦。

## 第二节 主要车型遥控、防盗系统实例

### 一、凯越轿车遥控、防盗、中央门锁控制系统和发动机防盗系统

#### (一) 遥控、防盗系统

上海通用 1.6L、1.8L 凯越轿车配备了遥控防盗中央门锁控制系统,以下从遥控防盗和中



央门锁控制两方面加以介绍和分析。

### 1. 遥控、防盗系统的组成

凯越轿车遥控、防盗系统主要由遥控器、左前和右前车门关闭开关、四个车门开启开关、行李箱盖开启和关闭开关、发动机盖开启开关、钥匙开关、防盗控制模块/遥控接收器、转向灯、报警喇叭和安全指示灯组成。

遥控器在出厂时每车配备两把,并与车钥匙组装成一体。防盗控制模块/遥控接收器位于地板控制台后部,驻车制动手柄后面。安全指示灯位于驾驶座车门门锁按钮处。

### 2. 遥控、防盗系统的主要功能

凯越轿车遥控、防盗系统可以用遥控器实现四个车门的上锁和四个车门与行李箱盖的开锁,以及寻车功能。该系统还可以实现车门自动上锁和行李箱盖自动上锁、防盗报警、转向灯光提示,以及具有自我诊断功能。凯越轿车遥控、防盗系统的电路如图 7-6 所示。

遥控防盗系统的“上锁功能”是指按下遥控器的“LOCK”按钮,四个车门锁实现上锁。

遥控防盗系统的“开锁功能”是指按下遥控器的“UNLOCK”按钮,四个车门锁实现开锁,以及按下遥控器的“行李箱盖开启”按钮,行李箱盖锁实现开锁。

遥控防盗系统的“寻车功能”是指按下遥控器的“UNLOCK”按钮,防盗控制模块/遥控接收器指令转向灯闪烁两次,来指示车辆位置,便于车主寻找车辆。

遥控防盗系统的“车门自动上锁功能”是指按下遥控器的“UNLOCK”按钮 30 s 内,当车门或行李箱盖没有被打开时,车门自动实现重新上锁。

遥控防盗系统的“行李箱盖自动上锁功能”是指行李箱盖在关闭时,防盗控制模块/遥控接收器指令行李箱盖自动上锁,而不需要用钥匙转动行李箱盖锁芯上锁。

遥控防盗系统的“防盗报警功能”是指该系统进入防盗状态后,由于非法开启任一车门、行李箱盖或发动机罩,以及非法接通点火开关时,防盗控制模块/遥控接收器指令报警喇叭鸣叫 28 s,同时指令转向灯闪烁 28 s 以实现报警。

遥控防盗系统的“转向灯光提示功能”是指当按压遥控器上的按钮时,伴随着转向灯闪烁,以提示相应功能正被执行。例如,按压遥控器的“LOCK”按钮时,转向灯闪一次,以提示该系统正在执行上锁功能。而按压遥控器的“UNLOCK”按钮时,转向灯闪两次,以提示该系统正在执行开锁功能。

防盗控制模块/遥控接收器配有天线,能接受遥控器的信号。在系统处于防盗监测状态时,防盗控制模块/遥控接收器能监测车门开关信号、行李箱盖开关信号以及发动机室盖开关信号是否为非法输入信号。当监测到车辆被非法操作时,防盗控制模块/遥控接收器指令报警喇叭和转向灯发出报警信号。

防盗控制模块/遥控接收器具有诊断系统故障,并存储相应故障信息的功能。

防盗控制模块/遥控接收器也有识别遥控器的功能,因为每个遥控器都有唯一识别密码,并且遥控器的识别密码有超过四亿个不同的电子密码组合可供选择,而且该电子密码不能被复制。

### 3. 安全指示灯

安全指示灯能指示车辆是否处于防盗监测状态。当车辆处于防盗监测状态时,安全指示灯会以亮起 0.1 s,而后熄灭 0.7 s,再亮起 0.1 s 的固定频率闪烁。

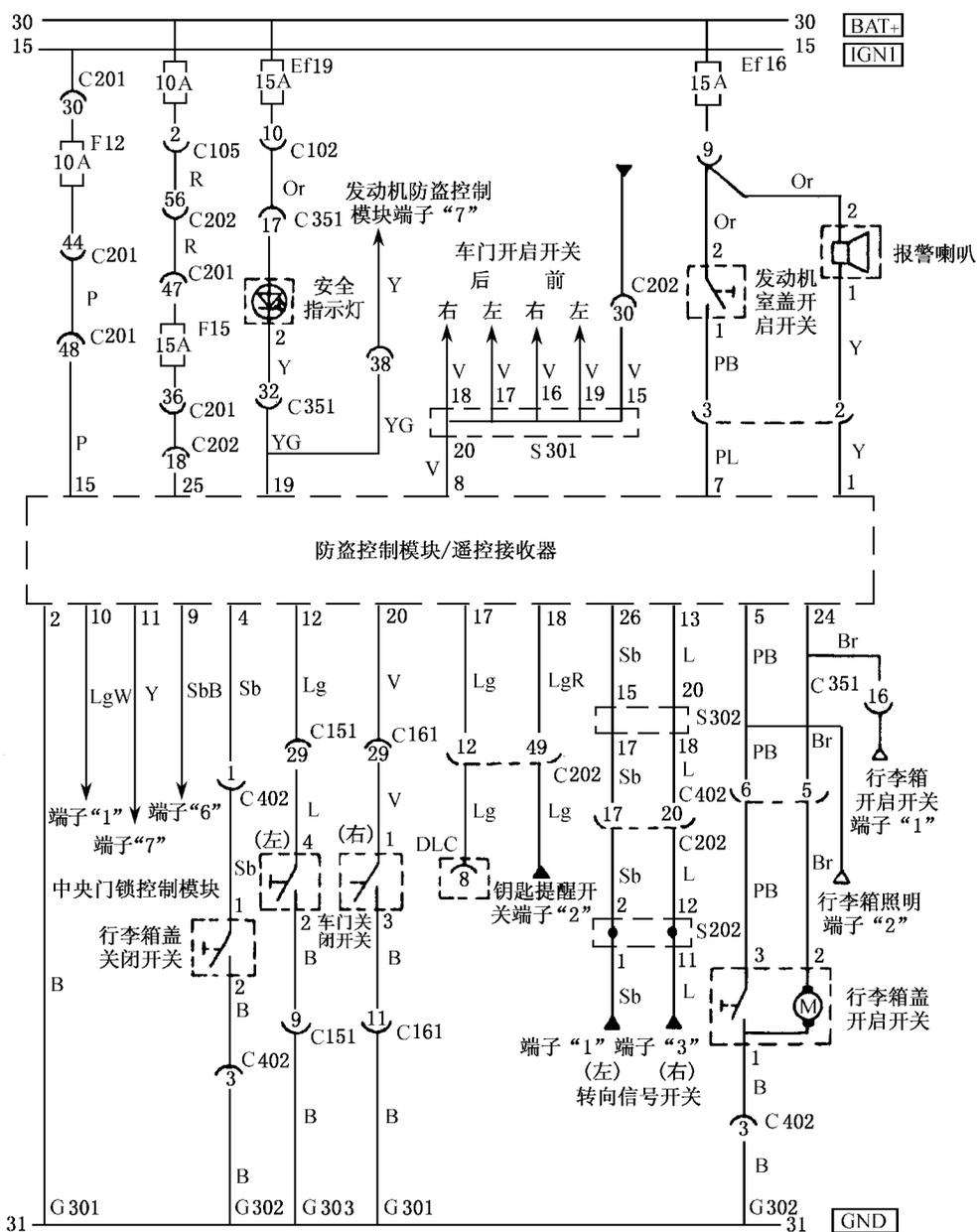


图 7-6 凯越轿车遥控、防盗系统控制电路

Br—棕色;G—绿色;V—紫色;P—粉色;W—白色;Or—橙色;Lg—浅绿色;Sb—天蓝色;R—红色;L—蓝色;Y—黄色;  
Gr—灰色;B—黑色

## (二) 中央门锁控制系统

### 1. 中央门锁控制系统的组成和功能

该系统由安装在副驾驶座右侧立柱内饰板下的中央门锁控制模块,四个车门内饰板下的门锁电动机,以及位于驾驶座车门锁电动机内的控制开关和位于驾驶座车门内饰板的中控锁



控制开关组成。

该系统具有上锁和开锁的功能。“上锁”即四个车门实现锁门状态,在车内拔起车门内饰板上的门锁按钮即可打开门锁。“开锁”即四个车门实现开锁状态。

## 2. 中央门锁控制系统的操作特点

(1) 中央门锁控制系统的上锁功能由以下方式实现:

- ① 使用钥匙,通过驾驶座车门锁实现。
- ② 通过驾驶座车门内饰板上的中控锁控制开关实现。

(2) 中央门锁控制系统的开锁功能由以下方式实现:

- ① 使用钥匙,通过驾驶座车门锁实现。
- ② 通过驾驶座车门内饰板上的中控锁控制开关实现。
- ③ 使用钥匙,通过副驾驶座车门锁或通过副驾驶座车门内饰板上的门锁按钮,只能实现副驾驶座车门锁的开锁功能。

## 3. 中央门锁控制系统的工作原理

(1) 中央门锁控制系统的控制电路:

凯越轿车中央门锁控制系统的控制电路如图 7-7 所示。

(2) 中央门锁控制系统的控制电路说明:

1) 上锁过程。车辆可在驾驶座车门和驾驶座车门内饰板上的控制开关处实现上锁。

① 上锁信号。

• 驾驶座车门锁处:使用钥匙或通过按压驾驶座车门内饰板上的门锁按钮,可使驾驶座车门锁内的开关切换至端子 1,这样开关的端子 2 与端子 1 接通,实现了中央门锁控制模块端子 6 的接地。此时上锁信号电路如图 7-7 所示。

中央门锁控制模块端子 6→开关端子 1→开关端子 2→接地。

• 驾驶座车门内饰板控制开关处:按压驾驶座内饰板上的控制开关,可使其切换至端子 3,这样控制开关的端子 3 与端子 2 接通,实现中央门锁控制模块端子 1 的接地。此时上锁信号电路为:中央门锁控制模块端子 1—控制开关端子 3—控制开关端子 2—接地。

② 上锁动作。中央门锁控制模块收到上锁信号后,指令上锁继电器线圈接地或上锁继电器线圈直接通过控制开关的上锁信号线接地,使上锁继电器开关从 1 位切换至 2 位,此时四个车门锁电动机通电动作,实现上锁。车门锁电动机控制电路分别为:

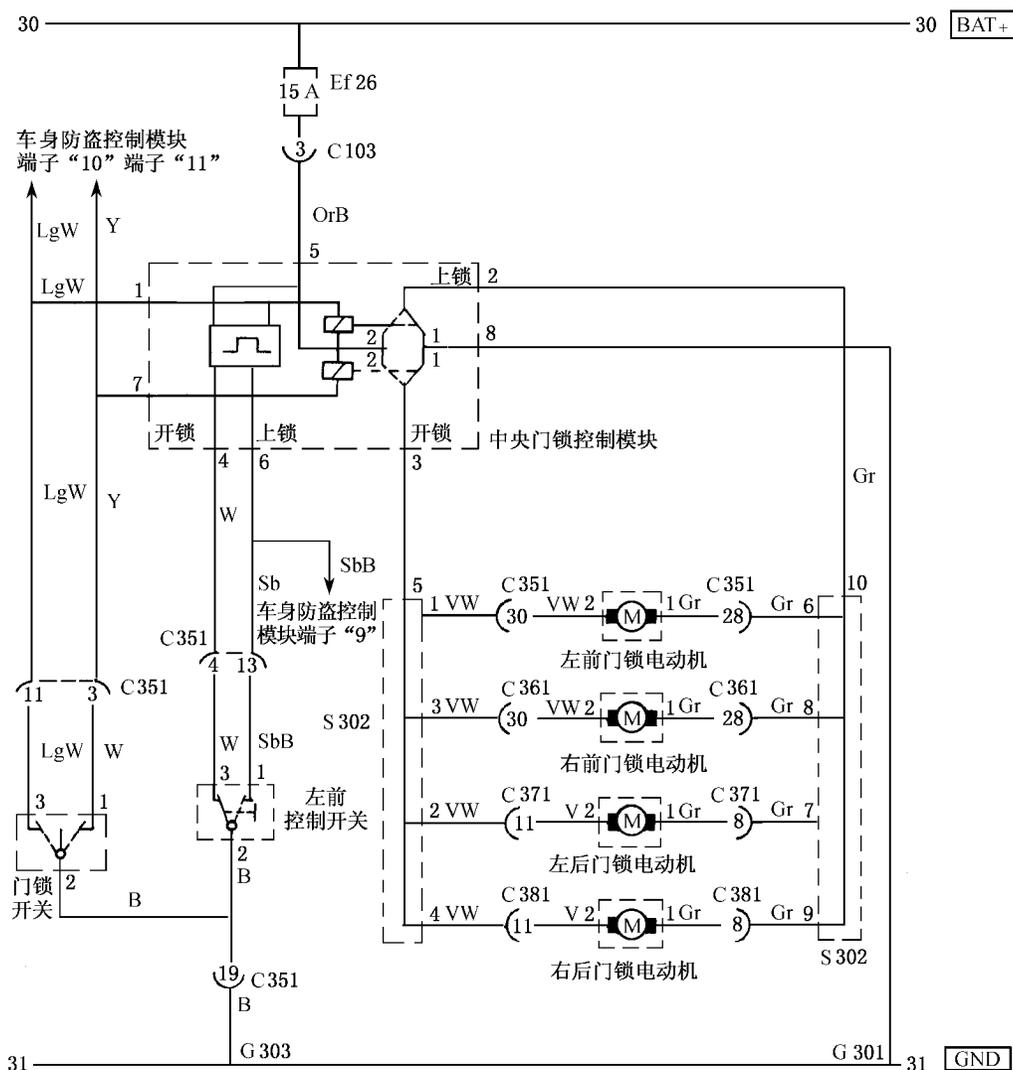


图 7-7 凯越轿车中央门锁控制系统的控制电路

W—白色;OR—橙色;Lg—浅绿色;Sb—天蓝色;Y—黄色;Gr—灰色;B—黑色

• 驾驶座车门锁电动机控制电路为：熔丝 Ef26→中央门锁控制模块端子 5→中央门锁控制模块端子 2→驾驶座车门锁电动机端子 1→驾驶座车门锁电动机端子 2→中央门锁控制模块端子 3→中央门锁控制模块端子 8→接地。

• 副驾驶座车门锁电动机控制电路为：熔丝 Ef26→中央门锁控制模块端子 5→中央门锁控制模块端子 2→副驾驶座车门锁电动机端子 1→副驾驶座车门锁电动机端子 2→中央门锁控制模块端子 3→中央门锁控制模块端子 8→接地。

• 左后车门锁电动机控制电路为：熔丝 Ef26→中央门锁控制模块端子 5—中央门锁控制模块端子 2→左后车门锁电动机端子 1→左后车门锁电动机端子 2→中央门锁控制模块端子 3→中央门锁控制模块端子 8→接地。

• 右后车门锁电动机控制电路为：熔丝 Ef26→中央门锁控制模块端子 5→中央门锁控制



模块端子 2→右后车门锁电动机端子 1→右后车门锁电动机端子 2→中央门锁控制模块端子 3→中央门锁控制模块端子 8→接地。

2) 开锁过程。车辆可在驾驶座车门锁和驾驶座车门内饰板上的控制开关处实现开锁。

#### ① 开锁信号。

• 驾驶座车门锁处 :使用钥匙或通过按压驾驶座车门内饰板上的门锁按钮 ,可使驾驶座车门锁内的开关切换至端子 3 ,这样开关的端子 2 与端子 3 接通 ,实现了中央门锁控制模块端子 4 的接地。此时上锁信号电路为 :中央门锁控制模块端子 4→开关端子 3→开关端子 2→接地。

• 驾驶座车门内饰板上的控制开关处 :按压驾驶座车门内饰板上的控制开关 ,可使控制开关切换至端子 1 ,这样控制开关的端子 1 与端子 2 接通 ,实现中央门锁控制模块端子 7 的接地。此时上锁信号电路为 :中央门锁控制模块端子 7→控制开关端子 1→控制开关端子 2→接地。

② 开锁动作。中央门锁控制模块收到开锁信号后 ,指令开锁继电器线圈搭铁或开锁继电器线圈直接通过控制开关的开锁信号线接地 ,使开锁继电器开关从 1 位切换至 2 位。此时四个车门锁电动机反向通电动作 ,实现开锁。其控制电路为 :

• 驾驶座车门锁电动机控制电路为 :熔丝 E126→中央门锁控制模块端子 5→中央门锁控制模块端子 3→驾驶座车门锁电动机端子 2→驾驶座车门锁电动机端子 1→中央门锁控制模块端子 2→中央门锁控制模块端子 8→接地。

• 副驾驶座车门锁电动机控制电路为 :熔丝 E126→中央门锁控制模块端子 5→中央门锁控制模块端子 3→副驾驶座车门锁电动机端子 2→副驾驶座车门锁电动机端子 1→中央门锁控制模块端子 2→中央门锁控制模块端子 8→接地。

• 左后车门锁电动机控制电路为 :熔丝 E126→中央门锁控制模块端子 5→中央门锁控制模块端子 3→左后车门锁电动机端子 2→左后车门锁电动机端子 1→中央门锁控制模块端子 2→中央门锁控制模块端子 8→接地。

• 右后车门锁电动机控制电路为 :熔丝 E126→中央门锁控制模块端子 5→中央门锁控制模块端子 3→右后车门锁电动机端子 2→右后车门锁电动机端子 1→中央门锁控制模块端子 2→中央门锁控制模块端子 8→接地。

### (三) 发动机防盗系统

#### 1. 发动机防盗系统的组成

发动机防盗系统由收发器、发动机防盗系统控制模块(ICU)、安全指示灯和发动机控制模块(ECM)组成。

(1) 收发器(Transponder)。收发器位于点火钥匙内 ,能接收信号 ,并通过计算对信号进行变码处理 ,然后将变码后的信号发射 ,且不需要电源。

收发器内存储两组信息 :

① 固定码(Fix Code ,简称 FC)。每一把钥匙只有一个收发器 ,且每个收发器拥有唯一的、不可更改的固定码。收发器内的固定码与发动机防盗系统控制模块(ICU)和发动机控制模块(ECM)是一一对应关系。

② 密码(Secret Key ,简称 SK)。该密码(SK)来自发动机防盗系统控制模块(ICU) ,通过编

程由发动机防盗系统控制模块(ICU)写入收发器。

(2) 发动机防盗系统控制模块(ICU)。发动机防盗系统控制模块(ICU)带有集成天线,发动机防盗系统控制模块(ICU)与收发器之间的通信就是通过集成天线完成的。发动机防盗系统控制模块(ICU)与发动机控制模块(ECM)共同识别钥匙。若钥匙合法,则发动机防盗系统允许发动机启动;若钥匙不合法,则发动机防盗系统阻止发动机启动。

发动机防盗系统控制模块(ICU)具有如下功能:

- ① 接受点火开关 ON/OFF 信号。
- ② 控制安全指示灯。
- ③ 控制收发器读/写程序(调制、解调、解码和代码的比较)。
- ④ 在点火开关接通时,与发动机控制模块(ECM)通信(接受发动机控制模块的请求信号,并发送解除或中止发动机启动的信息)。
- ⑤ 计算和处理车辆识别代码(VIN)。

• 固定码。发动机防盗系统控制模块(ICU)通过编程由收发器获取固定码(FC)。一个发动机防盗系统控制模块(ICU)最多只能存储五个不同收发器的固定码(FC),即每辆车最多只能有五把钥匙。

• 安全代码(Security Code,简称 SC)。为防止非法读取或更改发动机防盗系统控制模块(ICU)内的程序和数据,车辆在出厂前均对发动机防盗系统控制模块(ICU)设置了安全代码(SC)。安全代码是一个四位十进制的数字。在诊断模式下,只有输入正确的安全代码,才能执行发动机防盗系统控制模块(ICU)的编程和读取数据功能。一旦退出诊断模式,这些功能将被安全代码锁定。安全代码可以从生产厂家获取。

• 密码(SK)。每个发动机防盗系统控制模块(ICU)均有一个密码(SK),主要执行变码运算。发动机防盗系统控制模块(ICU)内的密码通过编程只能写入收发器和发动机控制模块(ECM),而不能被其他密码(SK)覆写。

• 车辆识别代码(VIN)。车辆识别代码(VIN)可以用诊断工具 Tech2 的“车辆识别代码重新设置”功能输入发动机防盗系统控制模块(ICU),也可以被擦除。

• 点火钥匙齿形码(Mechanical Key Code,简称 MK)。点火钥匙齿形码(MK)可以用诊断工具 Tech2 的“编程功能”输入发动机防盗系统控制模块(ICU)。点火钥匙齿形码可以从生产厂家获取。

(3) 发动机控制模块(ECM)。发动机控制模块(ECM)有三种模式,分别为未编程模式、已编程模式和中间模式。

① 未编程模式。发动机控制模块(ECM)只有在此模式,才能识别车辆识别代码(VIN)。此时发动机可以被启动,也可以被中止启动。在此模式时,发动机控制模块(ECM)向发动机防盗系统控制模块(ICU)请求车辆识别代码(VIN)。当发动机控制模块(ECM)收到两次连续有效的车辆识别代码(VIN)时,发动机控制模块(ECM)将车辆识别代码(VIN)写入永久性存储器,而进入已编程模式。

② 已编程模式。在此模式时,发动机控制模块(ECM)每次与发动机防盗系统控制模块(ICU)通信时都会校对车辆识别代码(VIN)。若车辆识别代码(VIN)不正确,发动机控制模块(ECM)将阻止发动机启动。发动机控制模块(ECM)发送的编码是由车辆识别代码(VIN)和随机数组成。发动机防盗系统控制模块(ICU)发送的编码也是由车辆识别代码(VIN)和随机数



组成。

③ 中间模式。在发动机防盗系统控制模块(ICU)更换时,发动机控制模块(ECM)就会向发动机防盗系统控制模块(ICU)请求车辆识别代码(VIN)。当发动机控制模块(ECM)收到两次连续有效的车辆识别代码(VIN)时,发动机控制模块(ECM)将车辆识别代码(VIN)写入永久性存储器,而进入已编程模式。

在点火开关接通后,发动机控制模块(ECM)在等待发动机防盗系统控制模块(ICU)解除防盗信息的同时,将按常规方式控制发动机的启动和运行。

当发动机控制模块(ECM)收到包含发动机防盗系统控制模块(ICU)处于已编程模式和正确的车辆识别代码(VIN)信息时,将允许发动机继续运转。

当发动机控制模块(ECM)收到包含发动机防盗系统控制模块(ICU)处于已编程模式和错误的车辆识别代码(VIN)信息时,发动机控制模块(ECM)将不再发送新的请求信息,而中止发动机继续运转。

当发动机控制模块(ECM)在规定的时间内没有收到来自发动机防盗系统控制模块(ICU)的相应信息或收到中止发动机启动的信息时,发动机控制模块(ECM)将中止发动机的运转。

(4) 安全指示灯。安全指示灯位于左前门内饰板上,由发动机防盗系统控制模块(ICU)控制,用于显示发动机防盗系统的状态。安全指示灯与发动机防盗系统的状态对应关系如表 7-1 所示。

表 7-1 安全指示灯与发动机防盗系统的状态对应关系

安全指示灯	发动机防盗系统的状态	说明
闪烁(频率:1 Hz,占空比:1:7)	激活	点火开关关闭
闪烁(频率:1 Hz,占空比:7:1)	激活	无效的点火钥匙 点火开关接通
熄灭	解除	有效的点火钥匙 点火开关接通
闪烁(频率:1 Hz,占空比:5:5)	激活	在已编程模式下,发动机防盗系统控制模块 与发动机控制模块中的车辆识别代码
		不同
常亮	激活	收发器错误 点火开关接通
闪烁(频率:2 Hz,占空比:5:5)	激活	ASIC 错误 点火开关关闭

## 2. 发动机防盗系统的工作原理

发动机防盗系统通过以下方式实现发动机的防盗:

第一步:当点火开关接通时,发动机防盗系统控制模块(ICU)首先校验和核对收发器的固定码(FC)。

第二步:发动机控制模块(ECM)完成初始化后,向发动机防盗系统控制模块(ICU)发出质

询信息,发动机防盗系统控制模块(ICU)再通过集成天线将质询信息以电磁场的形式发送至收发器。

第三步:收发器将来自发动机控制模块(ECM)的质询信息进行变码运算,然后将运算结果通过集成天线先送至发动机防盗系统控制模块(ICU),最后反馈给发动机控制模块(ECM)。

第四步:与此同时,发动机控制模块(ECM)也将发出的质询信息进行与收发器相同的变码运算,然后将变码运算后的结果与从收发器反馈回来的结果进行比较,以确认该点火钥匙是否合法有效。

发动机防盗系统的工作原理如图 7-8~图 7-10 所示。

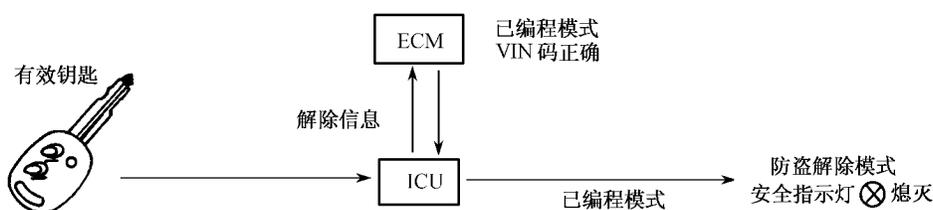


图 7-8 发动机防盗系统的工作原理(一)

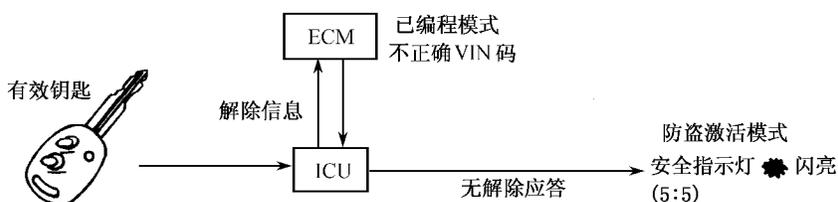


图 7-9 发动机防盗系统的工作原理(二)

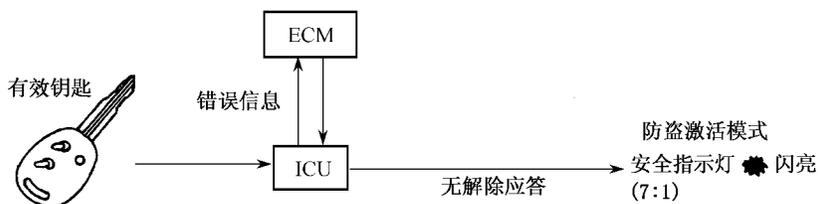


图 7-10 发动机防盗系统的工作原理(三)

### 3. 发动机防盗系统的编程原理

发动机防盗系统的编程是指将收发器、发动机防盗系统控制模块(ICU)和发动机控制模块(ECM)中的安全代码(SC)、密码(SK)和固定码(FC)进行匹配。

在发动机防盗系统的编程前,收发器、发动机防盗系统控制模块(ICU)和发动机控制模块(ECM)中的初始编码如下:

收发器:固定码(FC)。

发动机防盗系统控制模块(ICU):密码(SK)。

发动机控制模块(ECM):无。

编程前,收发器、发动机防盗系统控制模块(ICU)和发动机控制模块(ECM)中的初始编码



如图 7-11 所示。

在发动机防盗系统的编程后,收发器、发动机防盗系统控制模块(ICU)和发动机控制模块(ECM)中的编码如下:

收发器:固定码(FC)和密码(SK)。

发动机防盗系统控制模块(ICU):密码(SK)、安全代码(SC)和固定码(FC)(最多5个)。

发动机控制模块(ECM):密码(SK)、安全代码(SC)。

编程后,收发器、发动机防盗系统控制模块(ICU)和发动机控制模块(ECM)中的编码如图 7-12 所示。

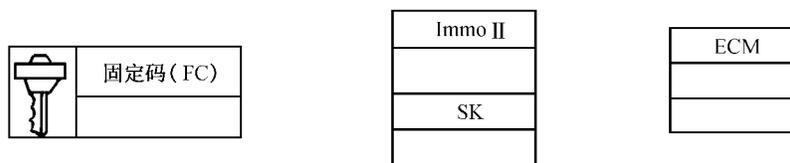


图 7-11 编程前收发器、ICU 和 ECM 中的初始编码

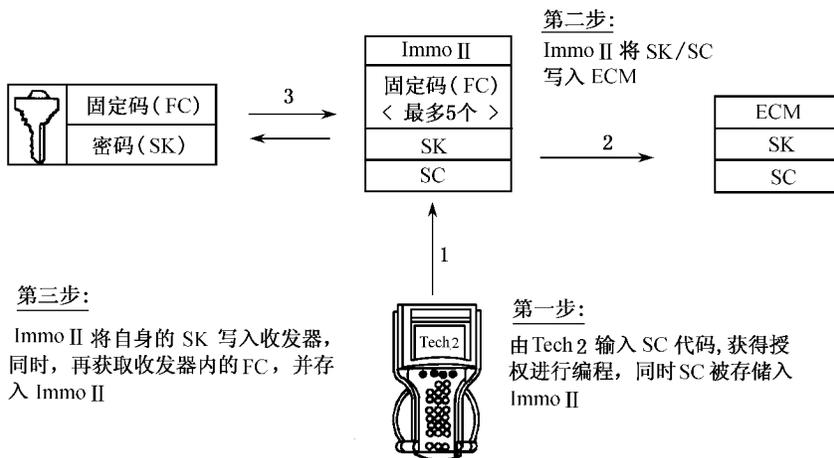


图 7-12 编程后,收发器、ICU 和 ECM 中的编码

#### 4. 发动机防盗系统的控制电路

发动机防盗系统控制电路如图 7-13 所示。

#### 5. 发动机防盗系统的故障诊断

(1) 故障码 DTC P1626(MR-140)/DTC P1628(SIRIUS)发动机控制模块(ECM)与发动机防盗系统控制模块(ICU)通信失败的故障诊断,诊断步骤如下:

1) 检查诊断工具 Tech2 能否与发动机防盗系统控制模块(ICU)进行通信。检查方法:

- ① 连接诊断工具 Tech2。
- ② 点火开关转至接通,但发动机不运转。
- ③ 观察诊断工具 Tech2 能否进入发动机防盗系统。

若诊断工具 Tech2 不能进入发动机防盗系统,应检查诊断连接器(DLC)与发动机防盗系统控制模块(ICU)间电路是否有故障。必要时,维修该电路。若该电路正常,应更换发动机防盗

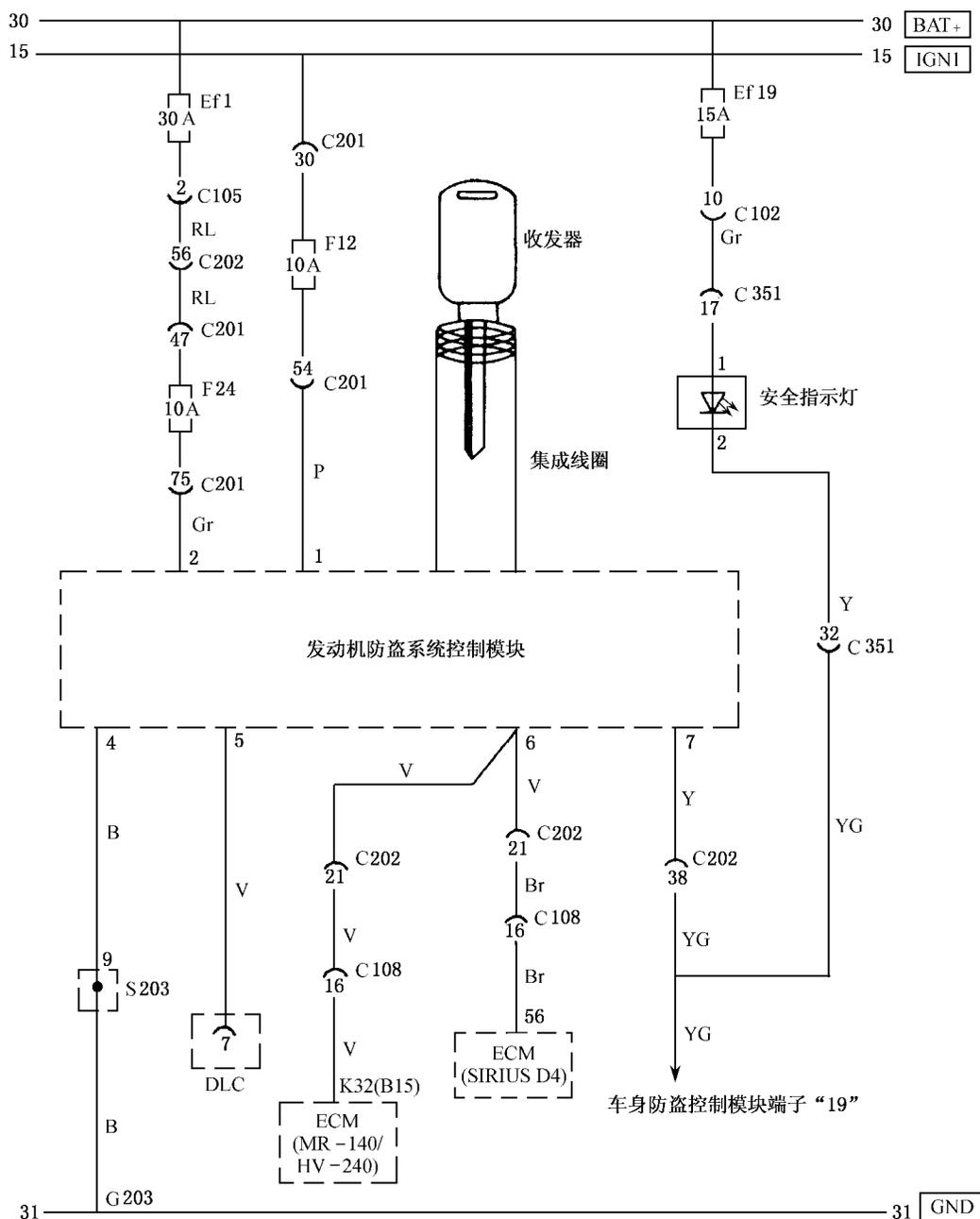


图 7-13 发动机防盗系统控制电路

Br—棕色 ;V—紫色 ;Y—黄色 ;Gr—灰色 ;B—黑色

系统控制模块(ICU)。若诊断工具 Tech2 能进入发动机防盗系统,应进行下一步检查。

2) 检查发动机防盗系统控制模块(ICU)与发动机控制模块(ECM)的相关信息是否相同。

检查方法:



- ① 连接诊断工具 Tech2。
- ② 点火开关转至接通,但发动机不运转。
- ③ 读取发动机防盗系统控制模块(ICU)与发动机控制模块(ECM)的以下信息。

正常时:

发动机控制模块(ECM)模式为已编程模式。

发动机防盗系统控制模块(ICU)模式为已编程模式。

车辆识别代码(VIN)相同。

若读取的信息与以上正常时的不同,应重新进行编程。

若读取的信息与以上正常时的相同,应进行下一步检查。

3) 检查发动机防盗系统控制模块(ICU)与发动机控制模块(ECM)间通信电路是否故障。必要时,维修该电路。若该电路正常,应进行下一步检查。

4) 检查发动机防盗系统控制模块(ICU)是否故障。必要时,更换发动机防盗系统控制模块(ICU),并进行编程。若发动机防盗系统控制模块(ICU)正常,应进行下一步检查。

5) 检查发动机控制模块(ECM)是否故障。必要时,更换发动机控制模块(ECM)。更换完成后,点火开关转至接通,然后转至关闭4s以上,再转至接通。若系统仍不正常,应检查相关电路的接触不良。

(2) 故障码 DTC P1631 / DTC P1629 发动机控制模块(ECM)收到错误的解除防盗信息的故障诊断。诊断步骤如下:

1) 检查诊断工具 Tech2 能否与发动机防盗系统控制模块(ICU)进行通信。

检查方法:

- ① 连接诊断工具 Tech2。
- ② 点火开关转至接通,但发动机不运转。
- ③ 观察诊断工具 Tech2 能否进入发动机防盗系统。

若诊断工具 Tech2 不能进入发动机防盗系统,应检查诊断连接器(DLC)与发动机防盗系统控制模块(ICU)间电路是否有故障。必要时,维修该电路。

若该电路正常,应更换发动机防盗系统控制模块(ICU);若诊断工具 Tech2 能进入发动机防盗系统,应进行下一步检查。

2) 检查发动机防盗系统控制模块(ICU)与发动机控制模块(ECM)的相关信息是否相同。检查方法:

- ① 连接诊断工具 Tech2。
- ② 点火开关转至接通,但发动机不运转。
- ③ 读取发动机防盗系统控制模块(ICU)与发动机控制模块(ECM)的以下信息。

正常时:

发动机控制模块(ECM)模式为已编程模式。

发动机防盗系统控制模块(ICU)模式为已编程模式。

车辆识别代码(VIN)相同。

若读取的信息与以上正常时的不同,应重新进行编程。

若读取的信息与以上正常时的相同,应进行下一步检查。

3) 检查发动机防盗系统控制模块(ICU)与发动机控制模块(ECM)间通信电路是否故障。

必要时,维修该电路。若该电路正常,应进行下一步检查。

4) 检查发动机防盗系统控制模块(ICU)是否故障。必要时,更换发动机防盗系统控制模块(ICU)并进行编程。若发动机防盗系统控制模块(ICU)正常,应进行下一步检查。

5) 检查发动机控制模块(ECM)是否故障。必要时,更换发动机控制模块(ECM)。更换完成后,点火开关转至接通,然后转至关闭4s以上,再转至接通。

(3) 钥匙状态错误的故障诊断。故障诊断方法如下:

在添加钥匙时,以下信息可能出现:

1) 点火开关状态。关闭此信息表示在添加钥匙时,点火开关处于关闭状态。在添加钥匙时,点火开关应接通,但发动机不启动。

2) 钥匙不能被复制。发动机防盗系统控制模块(ICU)最多可以记忆五把钥匙。

3) 钥匙已存在。此信息表示此钥匙已经添加成功。

4) A3、A4 和 A5 错误。此信息表示收发器与集成天线不能通信。

解决方法如下:

① 换一把钥匙,若没有出现以上信息,表示是钥匙故障。

② 换一把钥匙,若出现同样信息,表示集成天线故障。

5) 无效钥匙。此信息表示发动机防盗系统控制模块(ICU)和收发器间通信错误。

解决方法如下:

① 进行钥匙匹配学习。

② 在钥匙匹配学习后,仍出现无效钥匙信息,应检查集成天线连接是否不良。

③ 若集成天线正常,应更换发动机防盗系统控制模块(ICU)。

6) 检测不到收发器。此信息表示可能收发器、集成天线或发动机防盗系统控制模块(ICU)故障。

解决方法如下:

① 换一把钥匙,若系统正常,表示另一把钥匙的收发器故障。

② 换一把钥匙,若出现同样信息,应检查集成天线是否接触不良。

③ 若集成天线正常,应更换发动机防盗系统控制模块(ICU)。

(4) 诊断工具 Tech2 与发动机防盗系统控制模块(ICU)通信故障的诊断。诊断步骤如下:

① 连接诊断工具 Tech2。

② 若诊断工具 Tech2 与发动机防盗系统控制模块(ICU)不能正常通信,应等待30s后重新连接。

③ 若第二次通信仍不成功,应检查诊断连接器(DLC)端子7与发动机防盗系统控制模块(ICU)端子5间电路是否有故障。必要时,维修该电路。若该电路正常,应进行下一步检查。

④ 检查发动机防盗系统控制模块(ICU)是否有故障。必要时,更换发动机防盗系统控制模块(ICU)。若发动机防盗系统控制模块(ICU)正常,应检查相关电路是否接触不良。

## 二、别克轿车发动机防盗系统

别克轿车使用的防盗系统为 Pass - Key II 防盗系统,该系统采用控制发动机启动机和燃油供油系统实现发动机防盗系统的控制。



### (一) 发动机防盗系统的组成

别克轿车发动机防盗系统主要由带电阻的点火钥匙、车身控制模块、动力系统控制模块和安全指示灯组成。车身控制模块位于仪表板左侧下部、转向柱的左侧。动力系统控制模块位于车辆的左前侧,空气滤清器处。安全指示灯位于仪表板上,启亮时为红色。

### (二) 发动机防盗系统的功能

别克轿车发动机防盗系统能通过车身控制模块,识别点火钥匙是否正确。若点火钥匙正确,动力系统控制模块将允许发动机正常启动;若点火钥匙不正确,动力系统控制模块将中止发动机启动和发动机燃油供油系统工作,来实现车辆防盗。别克轿车发动机防盗系统也能对自身进行检测和诊断,当出现故障时,系统会设定相应故障码,用于提示系统不正常。

### (三) 发动机防盗系统的操作

点火钥匙插入点火开关锁芯,并转至接通位置,若安全指示灯启亮 5 s。后熄灭,表示点火钥匙正确,可以正常启动发动机;若安全指示灯闪亮,则表示点火钥匙错误,动力系统控制模块将中止发动机启动和发动机燃油系统工作。中止发动机不能正常启动的时间大约为 3 min。在 3 min 内,即使用正确的点火钥匙,发动机也无法正常启动。3 min 后,安全指示灯由闪亮变为持续启亮状态。此时车身控制模块进入防盗重新读出模式,若点火钥匙正确,发动机将可以正常启动。

### (四) 发动机防盗系统的工作原理

#### 1. 发动机防盗系统的控制电路

别克轿车防盗系统的控制电路如图 7-14 所示。

#### 2. 发动机防盗系统的控制电路

当点火钥匙插入点火开关时,由于点火开关锁芯内装有电阻感应触点,点火钥匙上的电阻与点火开关锁芯内电阻感应触点接触,使点火钥匙上的电阻接通 1073 电路和 1074 电路,形成点火钥匙电阻检测电路。车身控制模块(BCM)就是依此检测电路,对点火钥匙进行识别。当点火钥匙转至接通位置时,车身控制模块向 1073 电路提供 5 V 参考电压,用来检测点火钥匙上的电阻。当车身控制模块检测到的点火钥匙电阻值,与其内保存的正确点火钥匙电阻值一致时,车身控制模块通过 2 级串行数据线,向动力系统控制模块(PCM)发出正常启动发动机的指令,此时动力系统控制模块将允许发动机启动,且发动机燃油系统正常供油。而当车身控制模块检测到的点火钥匙电阻值,与其内保存的正确点火钥匙电阻值不一致时,车身控制模块通过 2 级串行数据线,向动力系统控制模块发出禁止启动发动机的指令,此时动力系统控制模块将中止发动机启动和发动机燃油系统正常供油。

#### 3. 发动机防盗系统的部件说明

(1) 点火钥匙。每把点火钥匙上均配有一个电阻,它能被车身控制模块识别。当车身控制模块识别到正确的点火钥匙电阻时,防盗系统将允许发动机正常启动。而当车身控制模块识别到错误的点火钥匙电阻时,防盗系统将禁止发动机启动。点火钥匙上的电阻共有 15 种,每种为一个电阻代码,每个电阻代码对应不同的电阻值。点火钥匙的电阻代码与其电阻值对应关系如表 7-2 所示。

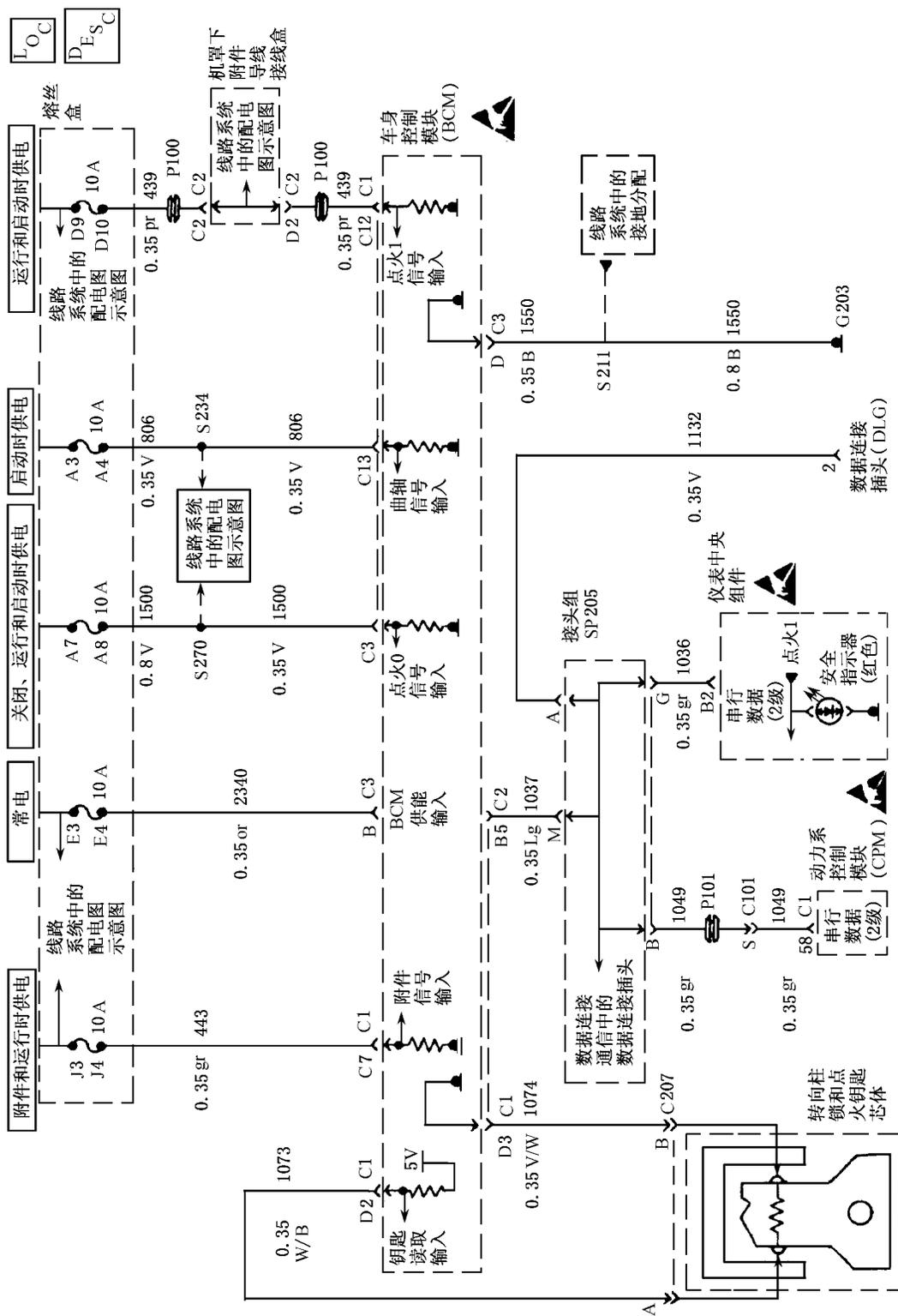


图 7-14 别克轿车发动机防盗系统的控制电路



当需要复制点火钥匙时,先用专用工具汽车防盗系统解码器 J35628 - A 确定原车辆点火钥匙上的电阻代码,然后找一个与原车辆点火钥匙的电阻代码相同的新点火钥匙坯,把原车辆点火钥匙的机械外形复制到新点火钥匙坯上即可。

当原车辆的点火钥匙丢失,需要重新配备新点火钥匙时,方法如下:

- 先配制一把能转动点火开关锁芯的点火钥匙。
- 把专用工具汽车防盗系统解码器 J35628 - A 连接到车身控制模块识别点火钥匙的线路上。
- 接通专用工具汽车防盗系统解码器 J35628 - A,并将其点火钥匙电阻代码开关转至位置 1。启动发动机,若能启动,则点火钥匙的电阻代码为 1。若不能启动,关闭点火开关,并按下专用工具汽车防盗系统解码器 J35628 - A 上的计时器 4 min。当计时器灯熄灭时,把点火钥匙电阻代码开关转至位置 2,然后启动发动机,若能启动,则点火钥匙的电阻代码为 2。若不能启动,则把点火钥匙电阻代码开关转至不同位置,而后启动发动机,直至能够启动发动机。此时点火钥匙电阻代码开关所指位置,即为此车辆点火钥匙的电阻代码。然后制作一把电阻代码和机械外形都一致的钥匙即可。

表 7-2 点火钥匙的电阻代码与其电阻值对应关系

电阻代码	电阻值/ $\Omega$		
	标准	最小	最大
1	402	386	438
2	523	502	546
3	681	654	728
4	887	852	942
5	1130	1085	1195
6	1470	1411	1549
7	1870	1795	1965
8	2370	2275	2485
9	3010	2890	3150
10	3740	3590	3910
11	4750	4560	4960
12	6040	5798	6302
13	7500	7200	7820
14	9530	9149	9931
15	11800	11328	12292

(2) 车身控制模块。车身控制模块既可以识别点火钥匙,又可以控制动力系统控制模块,从而决定发动机能否正常启动。当更换新的车身控制模块后,必须重新进行程序设置,车身控制模块才能正确操作。还必须进行防盗重新读出程序,否则,用原车辆点火钥匙,将不能启动

发动机。执行防盗重新读出程序方法如下：

- 确保蓄电池充电充足。

- 将点火开关从锁止位置转至接通位置,此时仪表上的安全指示灯启亮,大约 10 min 后会熄灭。当熄灭时,把点火开关转至锁止位置,大约 5 s 后重新将点火开关从锁止位置转至接通位置,此时仪表上的安全指示灯重新启亮,大约 10 min 后又会熄灭。当熄灭时,把点火开关转至锁止位置,大约 5 s 后重新将点火开关转至接通位置,此时仪表上的安全指示灯重新启亮,大约 10 min 后又会熄灭。当熄灭时,把点火开关转至锁止位置,大约 5 s 后将点火开关转至启动位置,此时发动机应能正常启动,防盗程序重新读出成功。

(3) 动力系统控制模块(PCM)。动力系统控制模块能接收车身控制模块是否解除防盗的口令。当动力系统控制模块接收到解除防盗的口令时,将允许发动机正常启动。当动力系统控制模块接收到启用防盗的口令时,将禁止发动机启动。在更换动力系统控制模块时,也必须执行防盗程序重新读出,执行防盗程序重新读出的方法与更换车身控制模块的相同。

(4) 安全指示灯。在防盗系统正常的情况下,点火开关从锁止位置转至接通位置,此时安全指示灯会启亮,大约 5 s 后熄灭,表示防盗系统解除防盗,发动机可以正常启动。当安全指示灯闪亮时,表示防盗系统有故障或点火钥匙错误,此时发动机不能启动。

### (五) 发动机防盗系统的检修

#### 1. 发动机防盗系统设置故障码的检修

(1) 若系统设置了故障码 DTCB2957 防盗系统点火钥匙电阻检测电路电压低,其检修方法如下：

用专用工具汽车防盗系统解码器 J35628 - A 检测点火钥匙电阻是否正确。

若点火钥匙电阻不正确,应更换点火钥匙。

若点火钥匙电阻正确,则应进行如下检修：

断开点火钥匙电阻检测电路连接器 C207,把点火开关转至接通位置,用数字式万用表测量连接器 C207 端子 A 和 B 之间(车身控制模块侧)的电压。此电压的正常范围为 4 ~ 6 V。若所测电压在正常范围内,应进行以下检查：

- 点火钥匙的电阻间歇性短路。
- 1073 电路间歇性对地短路。
- 点火开关锁芯故障。
- 车身控制模块间歇性故障。

若所测电压超出正常范围,则应进行以下检查：

- 1073 电路对地短路。
- 车身控制模块内部故障。

(2) 若系统设置了故障码 DTCB2958 防盗系统点火钥匙电阻检测电路电压高,其检修方法如下：

用专用工具汽车防盗系统解码器 J35628 - A 检测点火钥匙电阻是否正确。若点火钥匙电阻不正确,应更换点火钥匙。若点火钥匙电阻正确,则应进行如下检修：

断开点火钥匙电阻检测电路连接器 C207,把点火开关转至接通位置,用数字式万用表测量连接器 C207 端子 A 和 B 之间(车身控制模块侧)的电压。



该电压的正常范围为 4~6 V。若所测电压在正常范围内,应进行以下检查:

- 点火钥匙的电阻太脏。
- 点火开关锁芯的触点太脏或过松。
- 点火钥匙的电阻断路。
- 1073 电路间歇性对蓄电池正极短路。
- 1074 电路间歇性断路。
- 1074 电路间歇性对蓄电池正极短路。
- 车身控制模块间歇性故障。

若所测电压超出正常范围,则应进行如下检查:

- 1073 电路对蓄电池正极短路。
- 1074 电路对蓄电池正极短路。
- 车身控制模块内部故障。

(3) 若系统设置了故障码 DTCB2960 防盗系统点火钥匙电阻检测电路电压不正确,但有效,应进行以下检测:

- 点火开关锁芯的触点太脏或过松。
- 点火钥匙电阻太脏。
- 车身控制模块内部故障。
- 极热或极冷环境条件下使用车辆。
- 点火钥匙的电阻故障。

(4) 若系统设置了故障码 DTCB2961 点火钥匙警告开关电路失效,其检测方法如下:  
点火钥匙警告开关电路如图 7-15 所示。

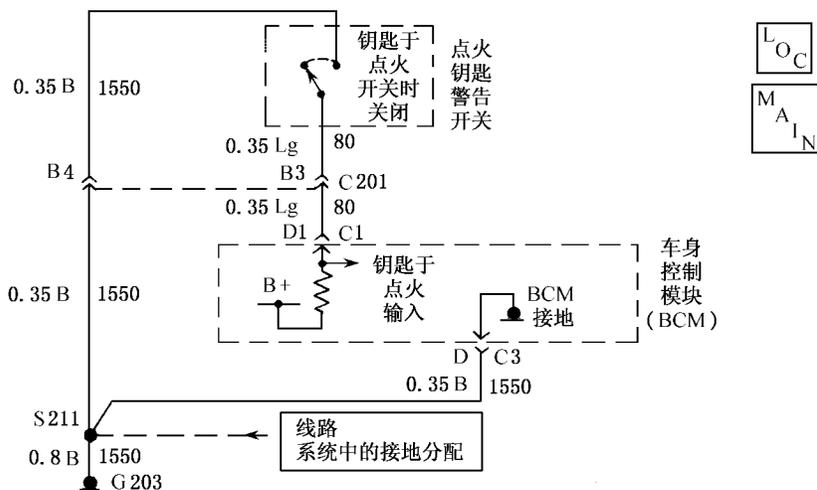


图 7-15 点火钥匙警告开关电路

断开车身控制模块连接器 C1,把点火钥匙完全插入点火开关锁芯,用数字子式万用表测量车身控制模块连接器 C1 的端子 D1 与接地之间的电阻,此电阻应小于 50 Ω,而当点火钥匙从点火开关锁芯中拔出时,车身控制模块连接器 C1 的端子 D1 与接地之间的电阻应为无穷大。

若所测电阻值正确,应进行以下检查:

- 80 电路间歇性断路或对地短路。
- 1550 电路间歇性断路。
- G203 搭铁点间歇性接触不良。
- 点火开关间歇性接触不良。
- 车身控制模块内部间歇性故障。

若所测电阻值不正确,应进行如下检查:

- 80 电路对地短路。
- 1550 电路断路。
- G203 搭铁点接触不良。
- 点火钥匙警告开关接触不良。
- 车身控制模块故障。

(5)若系统设置了故障码 DTCB3031 防盗系统处于读出模式,应进行如下检测:

- 防盗系统是否设置了其他故障码,若设置,则按相应故障码检修方法进行检修。
- 车身控制模块内部故障。

## 2. 发动机防盗系统故障的检修

(1)安全指示灯始终接通或闪亮应进行以下检修:

首先执行车身控制模块防盗重新读出程序,然后启动发动机。若发动机能启动,则应检查组合仪表板仪表是否有故障,若发动机仍不能启动,则应检查车身控制模块是否故障,必要时更换。

(2)安全指示灯启亮,且发动机不能启动应进行如下检查:

- 动力系统控制模块是否故障。必要时,更换动力系统控制模块。
- 车身控制模块是否故障。必要时,更换车身控制模块。

(3)安全指示灯启亮,但发动机能够启动应进行以下检查:

- 动力系统控制模块是否故障。必要时,更换动力系统控制模块。
- 车身控制模块是否故障。必要时,更换车身控制模块。
- 仪表板组合仪表是否功能失效。必要时,更换组合仪表。

## 三、君威、别克 GL8 商务车发动机防盗系统

君威、别克 GL8 商务车装备的防盗系统是“Pass - Key III”防盗系统,该系统通过控制发动机燃油供油系统起作用。该系统的组成、功能、操作、工作原理及其检修方法如下。

### (一) 发动机防盗系统的组成

君威、别克 GL8 商务车发动机防盗系统主要由带收发器的点火钥匙、车辆防盗系统控制模块、动力系统控制模块和安全指示灯组成。

车辆防盗系统控制模块位于点火开关锁芯壳体处,动力系统控制模块位于车辆的左前侧,空气滤清器处。安全指示灯位于仪表板上,启亮时为红色。

### (二) 发动机防盗系统的功能

君威、别克 GL8 商务车发动机防盗系统能通过车辆防盗系统控制模块识别点火钥匙收发



器的无线电频率值,来判断点火钥匙是否合法有效。当点火钥匙为非法无效时,动力系统控制模块将中止发动机燃油供给系统,使发动机无法启动,以实现车辆防盗。防盗系统也能进行自我诊断,并设定相应故障码和点亮安全指示灯以提示系统故障。

### (三) 发动机防盗系统的操作

点火钥匙插入点火开关锁芯,并转至接通位置,若此时安全指示灯不启亮,表示点火钥匙合法,发动机可以正常启动;若安全指示灯启亮,表示点火钥匙不正确,此时动力系统控制模块中止发动机燃油供给,发动机将不能启动。

发动机启动后,若出现防盗系统控制模块不能与动力系统控制模块通信,安全指示灯将被启亮,但发动机保持继续运转。此时动力系统控制模块将认为自身故障,而进入“防盗启用失败”状态。如果点火开关关闭,动力系统控制模块将一直处于“防盗启用失败”状态,并允许重新启动发动机。

### (四) 发动机防盗系统的工作原理

#### 1. 发动机防盗系统的控制电路

君威、别克 GL8 商务车防盗系统的控制电路如图 7-16 所示。

#### 2. 发动机防盗系统控制电路说明

当点火钥匙插入点火开关锁芯时,防盗系统控制模块向环绕在点火开关锁芯处的励磁器线圈供电。励磁器线圈释放的电磁能量激励点火钥匙内的收发器,受激励的点火钥匙收发器发射唯一频率的电磁波。防盗系统控制模块在接收到点火钥匙收发器发射的电磁波时,将此电磁波频率与其内存储的频率值进行比较。如果防盗系统控制模块接收到点火钥匙收发器发射的电磁波频率与其内存储的电磁波频率值一致,防盗系统控制模块通过二级串行数据线向动力系统控制模块发送一组密码。动力系统控制模块将接收的密码与其内存储的密码进行比较,如果两组密码一致,动力系统控制模块将允许发动机正常启动。

#### 3. 发动机防盗系统的组成部件说明

(1) 点火钥匙。点火钥匙上标有“PK3”,便于识别此点火钥匙为“Pass - Key III”防盗系统的专用点火钥匙。标有“PK3”的点火钥匙塑料柄内装有电磁波收发器,收发器发射的电磁波频率是固定的,并且不能更改。防盗系统控制模块就是通过识别收发器发射的电磁波频率来确定点火钥匙是否合法。“Pass - Key III”防盗系统的点火钥匙收发器发射的电磁波频率大约有 3 万亿组可供选择,这样保证了点火钥匙的唯一性,不可能同时出现两把点火钥匙收发器发射的电磁波频率相同,从而确保了车辆的安全防盗。

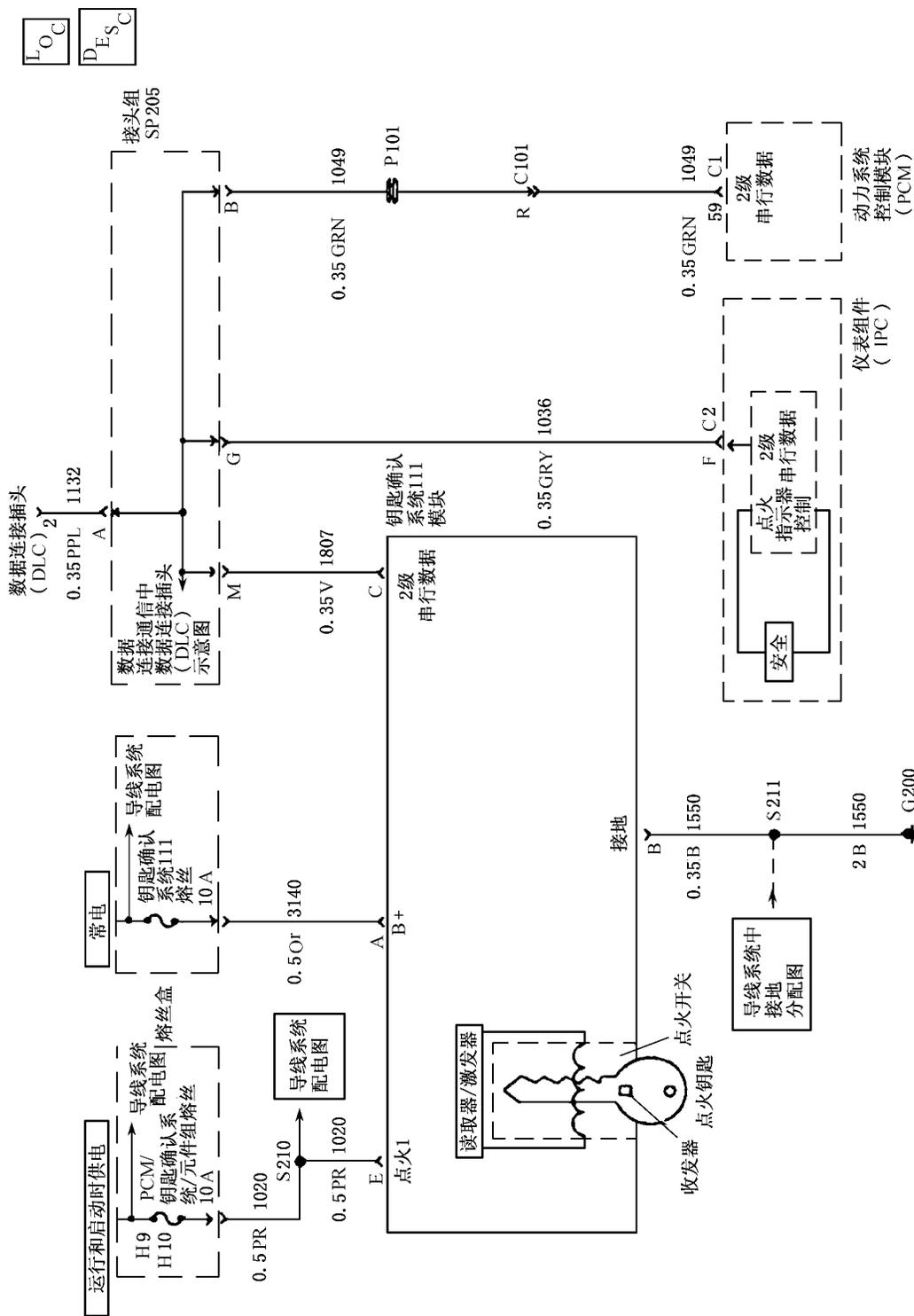


图7-16 君威、别克GL8商务车发动机防盗系统的控制电路



添加点火钥匙 添加点火钥匙必须有合法的原车点火钥匙才能进行,且每辆车最多只能记忆 10 把点火钥匙。当添加点火钥匙时,原车点火钥匙不能被删除,仍能正常使用。

点火钥匙的添加按以下步骤进行:

- 需要添加的点火钥匙应先进行机械齿形加工,确保机械齿形与原车点火钥匙一致。
- 关闭点火开关,并拔出点火钥匙。
- 在 10 s 内,把需要添加的点火钥匙插入点火开关,并转至接通位置,且发动机不运转,防盗系统控制模块即可读出新钥匙。

(2) 防盗系统控制模块。防盗系统控制模块内置励磁器,励磁器是环绕在点火开关锁芯上的线圈组成的天线。励磁器能发射电磁波,用于激励点火钥匙的收发器。防盗系统控制模块能接收点火钥匙收发器发射的电磁波,并能把收到的电磁波频率值与其内存储的频率值相比较,来识别点火钥匙是否合法。防盗系统控制模块内存储的电磁波频率值最多 10 个,即防盗系统控制模块最多能记忆 10 把点火钥匙。防盗系统控制模块也能把点火钥匙是否合法的判断结果通过二级串行数据线传送至动力系统控制模块。若点火钥匙合法,防盗系统控制模块则向动力系统控制模块传送允许发动机启动的防盗解除密码。若点火钥匙非法,防盗系统控制模块则向动力系统控制模块传送禁止发动机启动的防盗启用密码。

(3) 动力系统控制模块。动力系统控制模块能接收和识别来自防盗系统控制模块发送的防盗解除密码和防盗启用密码。若动力系统控制模块接收到的允许发动机启动的防盗解除密码正确,则动力系统控制模块允许发动机燃油供给系统正常工作。否则,将中止发动机燃油供给系统正常工作。

动力系统控制模块中止发动机燃油供给系统正常工作的情况有:

- 动力系统控制模块接收到的允许发动机启动的防盗解除密码错误。
- 动力系统控制模块接收到禁止发动机启动的防盗启用密码。
- 动力系统控制模块未接收到任何密码。

(4) 安全指示灯。安全指示灯能够指示防盗系统故障,指示方式为安全指示灯持续启亮。安全指示灯也能够指示防盗系统非法操作,指示方式为安全指示灯闪亮。

• 安全指示灯保持启亮,但发动机能正常启动。如果防盗系统控制模块无法接收到点火钥匙收发器发射的电磁波,或防盗系统控制模块与动力系统控制模块在发动机运转时失去通信,那么此时安全指示灯保持启亮是为了提醒驾驶员防盗系统不起作用,但发动机可以正常启动。

• 安全指示灯保持启亮,且发动机不能正常启动。防盗系统控制模块或动力系统控制模块已经检测到防盗系统有故障,且防盗系统处于“读出模式”时,安全指示灯保持启亮,发动机不能正常启动。

• 安全指示灯闪亮,且发动机不能正常启动。当点火钥匙转至接通位置时,防盗系统控制模块已经识别出点火钥匙收发器发射的电磁波频率值不正确。此时点火钥匙收发器已被防盗系统控制模块“读出”,防盗系统控制模块将认为防盗系统被非法操作。安全指示灯闪亮,发动机不能正常启动。

#### 4. 发动机防盗系统组成部件的更换

发动机防盗系统组成部件更换的方法如下:

- 点火钥匙。
- 点火开关锁芯。

- 防盗系统控制模块。
- 动力系统控制模块。

执行重新读出程序的步骤：

- 把原车点火钥匙插入点火开关 ,并转至接通位置 ,但发动机不运转。
- 仪表板上安全指示灯在启亮大约 10 min 后熄灭。
- 关闭点火开关大约 5 s。
- 重新将点火钥匙转至接通位置 ,且发动机不运转。仪表板上安全指示灯重新启亮 ,大约 10 min 后又熄灭。
- 关闭点火开关大约 5 s。
- 重新将点火钥匙转至接通位置 ,且发动机不运转。仪表板上安全指示灯又重新启亮 ,大约 10 min 后 ,再次熄灭。
- 关闭点火开关大约 5 s ,即可启动发动机。

### (五) 发动机防盗系统的检修

#### 1. 发动机防盗系统设置故障码的检修

(1) 若系统设置了故障码 DTCB1009 电子可擦可编程只读存储器检验和错误 ,其检修方法如下：

电子可擦可编程只读存储器检验和错误在防盗系统控制模块内部处理 ,不涉及外部控制电路。因此应更换防盗系统控制模块 ,并执行重新读出程序。

(2) 若系统设置了故障码 DTCB2734 编码钥匙控制器内存故障 ,其检修方法如下：

编码钥匙控制器内存检验和写错误检测在防盗系统控制模块内部处理 ,不涉及外部控制。

(3) 若系统设置了故障码 DTCB2960 出现无效编码点火钥匙 ,其检修方法如下：

试用所有随车点火钥匙启动发动机 ,若有点火钥匙能够启动发动机则用此点火钥匙作为原车点火钥匙 ,按添加点火钥匙的方法 ,使防盗系统控制模块重新读出其他点火钥匙。若没有点火钥匙能够启动发动机 ,则应按更换防盗系统组成部件执行重新读出程序。此时所有未读出的点火钥匙将被擦除 ,不能识别 ,因此在执行重新读出程序后 ,要执行防盗系统控制模式。

(4) 若系统设置了故障码 DTCB3031 点火钥匙解码器处于装配读出模式 ,其检修方法如下：

该故障码是防盗系统控制模块在检查内存 ,当“读出编码点火钥匙”设定接通时才设置的。因此应按更换防盗系统组成部件执行重新读出程序。此时所有读出的点火钥匙将被擦除 ,不能识别 ,在执行重新读出程序后 ,要执行防盗系统控制模块重新读出点火钥匙。

(5) 若系统设置了故障码 DTCB3055 点火钥匙未出现 ,其检修方法如下：

在确认点火钥匙上标有“PK3”且没有任何损坏的情况下 ,试用所有随车点火钥匙启动发动机 ,若有点火钥匙能够启动发动机 ,则用此点火钥匙作为原车点火钥匙 ,按添加点火钥匙的方法 ,使防盗系统控制模块重新读出其他点火钥匙 ,对于不能重新读出的点火钥匙 ,则应更换。若所有点火钥匙都不能够启动发动机 ,则应更换防盗系统控制模块 ,更换完成后应执行重新读出程序 ,然后还要执行防盗系统控制模块重新读出所有点火钥匙 ,因为在更换防盗系统控制模块后执行重新读出程序时 ,所有点火钥匙均被擦除 ,不能识别。

#### 2. 发动机防盗系统故障的检修

(1) 安全指示灯始终接通或闪亮。在防盗系统没有设置任何故障码 ,并且防盗系统控制模块操作正常的情况下 ,按以下方法检查：



把点火开关转至接通位置,并保持发动机熄火,仪表板上充电指示灯是否启亮?

若启亮,则应检查安全指示灯控制线路是否间歇性故障。

若不启亮,则应检查:

- 仪表板中央组件线束连接器是否接触不良。
- 仪表板组合仪表是否故障。

(2) 安全指示灯始终不启亮。在防盗系统没有设置任何故障码,并且防盗系统控制模块操作正常的情况下,按以下方法检查:

把点火开关转至接通位置,并保持发动机熄火,仪表板上充电指示灯是否启亮?

若启亮,则应检查安全指示灯控制线路是否间歇性故障。

若不启亮,则应检查:

- 仪表板中央组件线束连接器是否接触不良。
- 仪表板组合仪表是否故障。

## 四、蒙迪欧轿车防盗和中央门锁控制系统

### (一) 发动机防盗系统

#### 1. 发动机防盗系统的组成

长安福特 2.0L、2.5L 蒙迪欧轿车发动机防盗系统主要由点火钥匙、发动机防盗控制模块、激活继电器、安全指示灯和动力系统控制模块组成。其位置如图 7-17 所示。

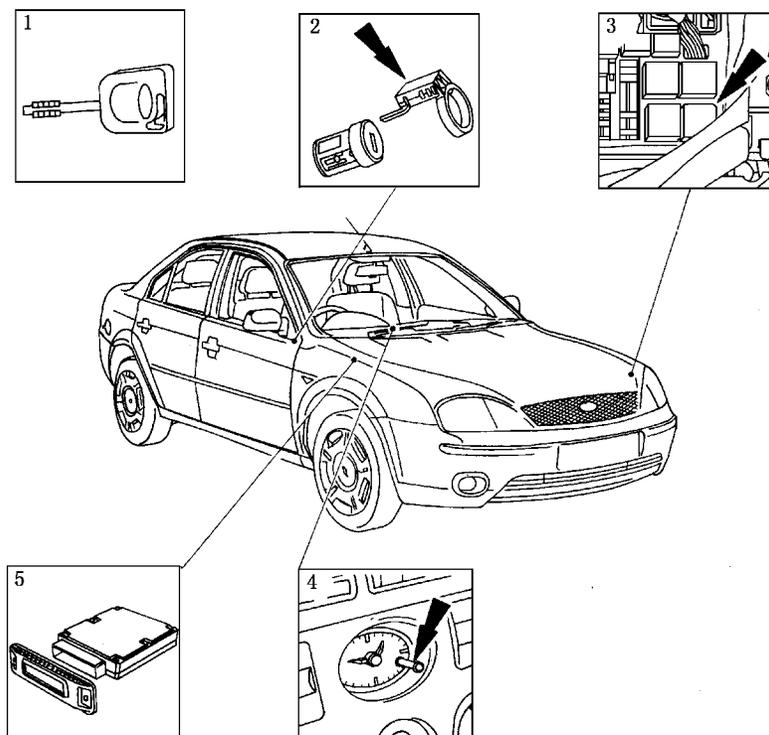


图 7-17 蒙迪欧轿车发动机防盗系统的组成及位置

1—点火钥匙 2—收发器 3—激活继电器 4—安全指示灯 5—动力系统控制模块

## 2. 发动机防盗系统的工作原理

(1) 发动机防盗系统的控制电路。蒙迪欧轿车发动机防盗系统的控制电路如图 7-18、图 7-19 所示。

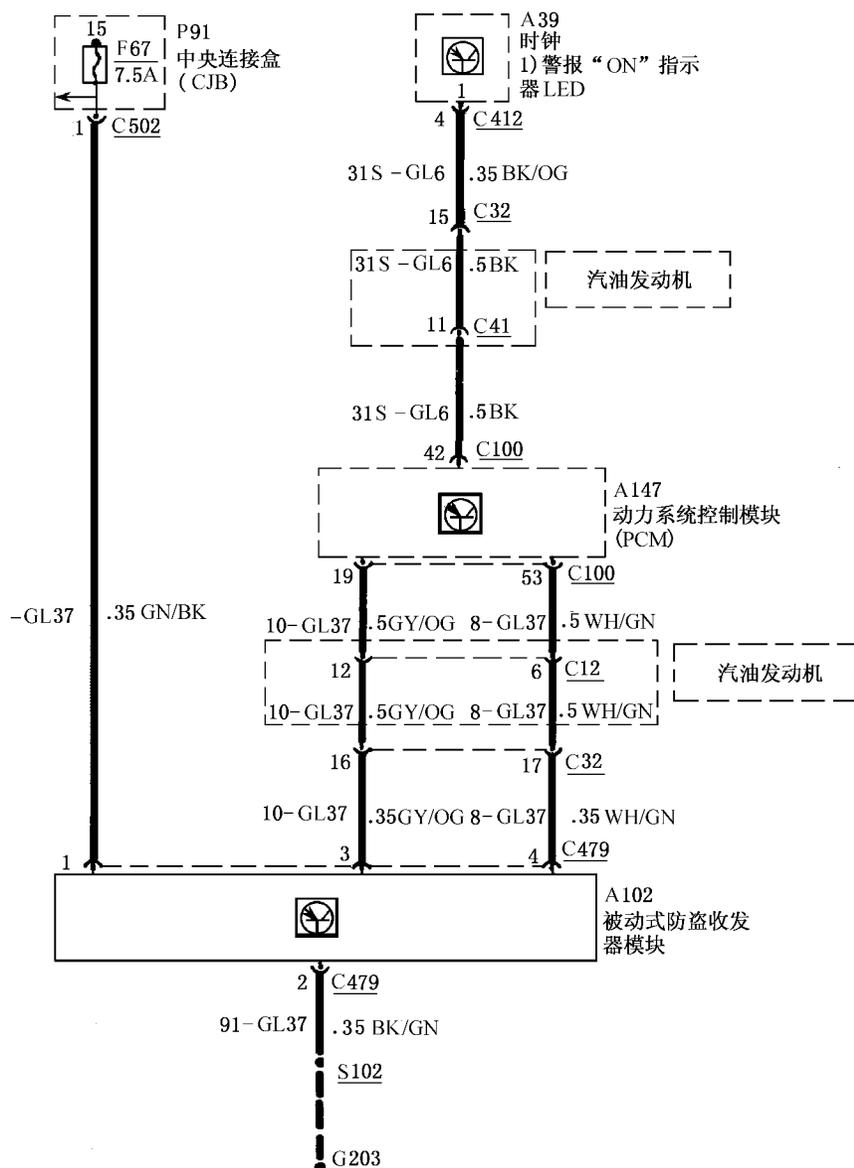


图 7-18 蒙迪欧轿车发动机防盗系统的控制电路(一)

GN—浅绿 ;BK—黑色 ;GY—灰色 ;OG—橙色 ;WH—白色

### (2) 发动机防盗系统的部件说明

1) 点火钥匙。蒙迪欧轿车发动机防盗系统需用特殊的密码点火钥匙,每把密码点火钥匙都包含有永久安装电子装置,称为问答器。每个问答器都包含一组独特的电子识别的代码,识别代码可以有数百万种组合,每把密码点火钥匙在被用来启动发动机之前都必须以编程方



式设定到汽车动力系统控制模块的发动机防盗控制功能之中。

点火钥匙可由蓝色插片辨识,以前有红色插片的点火钥匙与本车不能兼容,禁止使用。

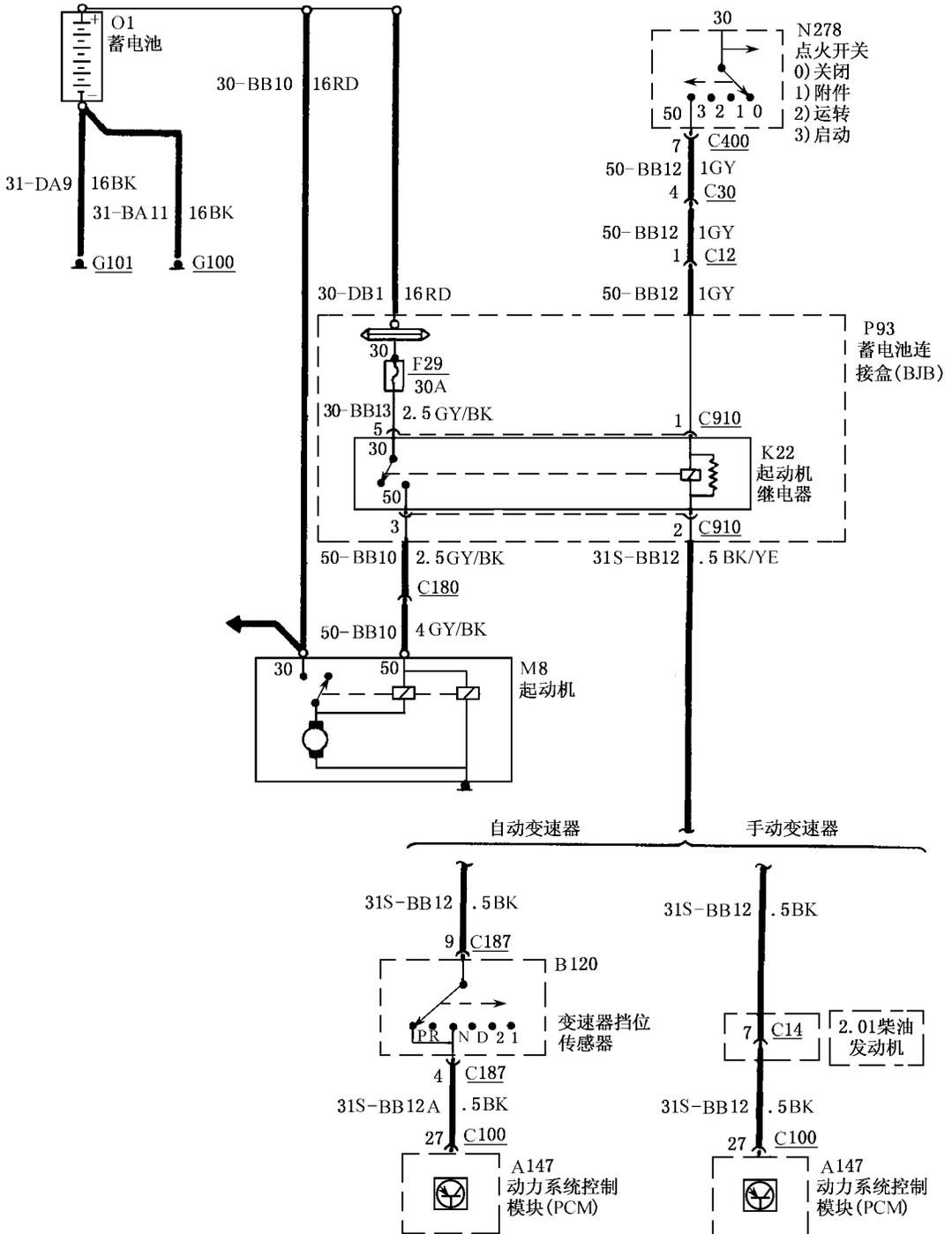


图 7-19 蒙迪欧轿车发动机防盗系统的控制电路(二)

BK—黑色 GY—灰色 RD—红色 YE—黄色

仅有长安福特认可的点火钥匙可以作为售后市场的点火钥匙使用,长安福特没有认可的点火钥匙在高温时可能出现不能工作的现象。

注意 如果使用未编程的点火钥匙,则点火钥匙的读取将会被限制约 20 s,在这 20 s 内将没有任何点火钥匙可以启动发动机。使用正确的已经编程的点火钥匙将点火开关转到位置 II,且必须有 2 把点火钥匙编入汽车,方能启动发动机。每辆汽车最多可以配置 8 把点火钥匙。如果试图以未编程的点火钥匙(即使有正确的机械齿形)启动汽车,动力系统控制模块中的发动机防盗控制功能将进入阻止发动机启动的状态。

点火钥匙编程有两种方法:一种方法是通过 2 把已经编程的点火钥匙进行,另一种方法是使用专用诊断工具进行。

① 通过 2 把已经编程的点火钥匙进行编程的方法如下:

- 将第一把已编程点火钥匙插入点火锁芯中,并将点火开关从关闭位置转至接通位置,且使其保持在接通位置大约 1 s。
- 将点火开关转至关闭位置,并将第一把点火钥匙拔出。
- 在将点火开关转至关闭位置后的 5 s 之内,必须将第二把已经编程的点火钥匙插入点火锁芯中,并将点火开关从关闭位置转至接通位置,且保持在接通位置大约 1 s。
- 将点火开关转至关闭位置,并将第二把点火钥匙拔出。
- 在将点火开关转至关闭位置后的 10 s 之内,必须将未编程的点火钥匙插入点火锁芯中,并将点火开关从关闭位置转至接通位置,且保持在接通位置少于 5 s。
- 将点火开关转至关闭位置,大约 5 s 之后,试图使用新的点火钥匙启动发动机。若发动机能够正常启动,则表示点火钥匙编程成功。

注意 在执行以上程序进行点火钥匙编程时,必须使用 2 把以上的已经编程的点火钥匙。

如果点火钥匙不能成功进行编程,则新的点火钥匙将无法启动发动机,同时防盗指示灯将会闪亮。此时可让点火开关保持在接通位置 30 s 以上,然后再从步骤 A 开始重新执行点火钥匙编程程序。

每辆汽车最多可以识别 8 把点火钥匙。

② 使用专用诊断工具进行点火钥匙编程的方法如下:

- 将点火开关由关闭位置转至接通位置。
- 连接专用诊断工具,并在菜单中选择“动力系统控制模块”,再进入“安全性访问”。
- 进入“点火钥匙密码删除”。
- 当点火开关转至关闭位置后,再将专用诊断工具断开。
- 将第一把点火钥匙插入点火锁芯中,并将点火开关转至接通位置大约 3 s。
- 点火开关转至关闭位置,并把点火钥匙从点火锁芯中取出。
- 将第二把点火钥匙插入点火锁芯中,并将点火开关转至接通位置大约 3 s。
- 点火开关转至关闭位置,并把点火钥匙从点火锁芯中取出。
- 试图使用新的点火钥匙启动发动机。若发动机能够正常启动,则表示点火钥匙编程成功。

注意 当需要将点火钥匙编程,但无法取得两把已经编程的点火钥匙时,则需要使用本程序。当已经编程的点火钥匙丢失、点火开关被更换或者需要从发动机防盗系统的记忆中删除点火钥匙时,也可以使用本程序。



本程序会自动删除原来已经编程的点火钥匙。在执行点火钥匙编程时,点火钥匙的机械齿形必须正确,而且其中一把或者两把点火钥匙可以是原来的点火钥匙。

发动机防盗系统的安全性访问:

通过下面的程序可获得发动机防盗系统的安全性访问,在删除点火钥匙密码或者启用/解除备用点火钥匙编程开关前,均必须取得发动机防盗系统的安全性访问。而在取得安全性访问之前,本程序将在内部形成 10 min 延迟,此时专用诊断工具必须保持与汽车的连接。一旦获得安全性访问,将显示出一组安全性访问命令菜单,并提供不同的指令选项。

一旦获得安全性访问,在离开指令菜单之前,应执行多重安全性访问指令。这样可避免重复执行本程序,还可避免额外的 10 min 延迟。

发动机防盗系统的安全性访问方法如下:

- 使用专用诊断工具以获得发动机防盗系统的安全性访问。
- 在完成 10 min 的发动机防盗系统的安全性访问程序之后,新的菜单将以指令选项方式显示。在离开本菜单之前,选择所需之功能(切勿选择多于程序所需之功能)。一旦离开本菜单后,若需执行额外的指令时,则必须再次执行安全性访问程序。

2) 动力系统控制模块。动力系统控制模块能接收来自点火钥匙辨别代码,并控制发动机能否启动。当汽车点火开关转到位置 II 时或 III 时,动力系统控制模块开始进行点火钥匙的验证程序。点火开关转至位置 0 时,动力系统控制模块仍将保持激活状态大约 5 s,这是允许插入第二把点火钥匙执行点火钥匙编程的最长时限。

3) 防盗控制模块。防盗控制模块安装在转向柱处下盖的后方,并包含有一组连接到微型电子模块的天线。在每辆汽车的激活程序中防盗控制模块将会读取点火钥匙的辨别代码,并将相关信息传到动力控制模块内的防盗控制功能中。在拆下或更换新的防盗控制模块后,不需要重新进行初始设定。

4) 防盗指示灯。防盗指示灯由动力系统控制模块驱动,在正常操作下当点火开关转至位置 II 或 III 时,该指示灯将自动检测 3 s。若有问题,将依问题的不同或快速闪烁或保持启亮,紧接着会闪烁出故障代码共 10 次。在点火开关关闭后,防盗系统也将每隔 2 s 闪烁一次防盗指示灯,作为视觉提示。

5) 激活继电器。激活继电器是用来阻止发动机启动的另外一种方法。在点火开关置于位置 II 时,如防盗控制模块无法读取到密码或点火钥匙中无密码存在时,激活继电器的接地连接将断开。若防盗控制模块读到合法的点火钥匙,而在激活继电器线路中存在故障时,防盗控制系统将不会存储故障代码,且防盗指示灯也不闪烁。在点火开关置于位置 II 时,如防盗控制模块读取到合法点火钥匙密码时,激活继电器将会允许发动机启动。在以下情况时,发动机防盗系统禁止发动机启动。

① 点火钥匙损坏。② 点火钥匙未经编程。③ 点火钥匙中无密码。④ 电路损坏。⑤ 防盗控制模块故障。⑥ 动力系统控制模块故障。⑦ 点火钥匙受到遮盖。

## (二) 车身防盗系统

### 1. 车身防盗系统的组成

蒙迪欧轿车的车身防盗系统主要由防盗控制模块、通用电子模块、防盗报警喇叭、收音机主机、发动机室盖开关、车门开关和行李箱盖开关等组成。其位置如图 7-20 所示。

## 2. 车身防盗系统的工作原理

(1) 车身防盗系统的控制电路。蒙迪欧轿车车身防盗系统的控制电路(一)如图 7-21 ~ 图 7-23 所示。

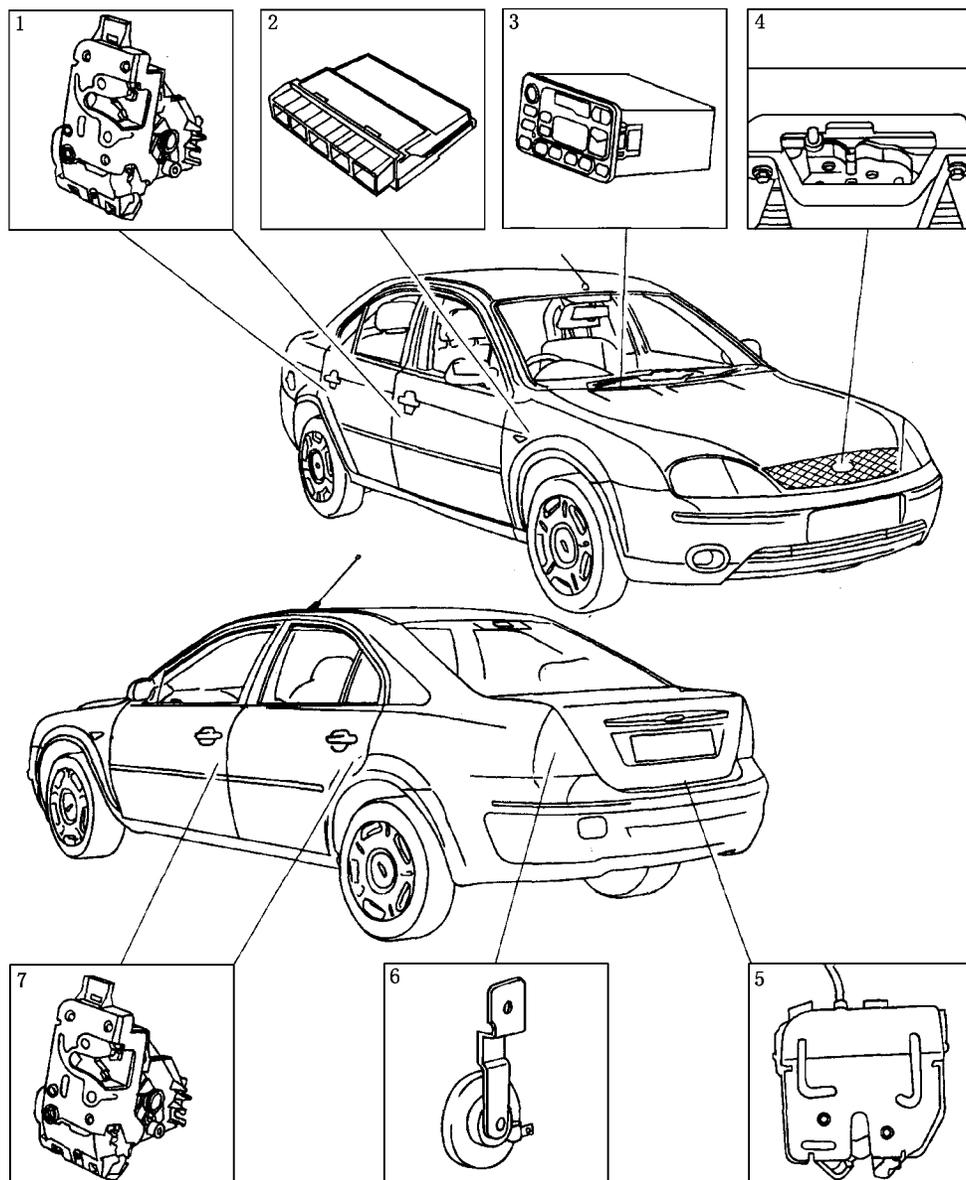


图 7-20 蒙迪欧轿车车身防盗系统的组成

1—车门锁 2—通用电子模块 3—收音机主机 4—发动机室盖锁 5—行李箱盖锁 6—防盗报警喇叭 7—车门锁



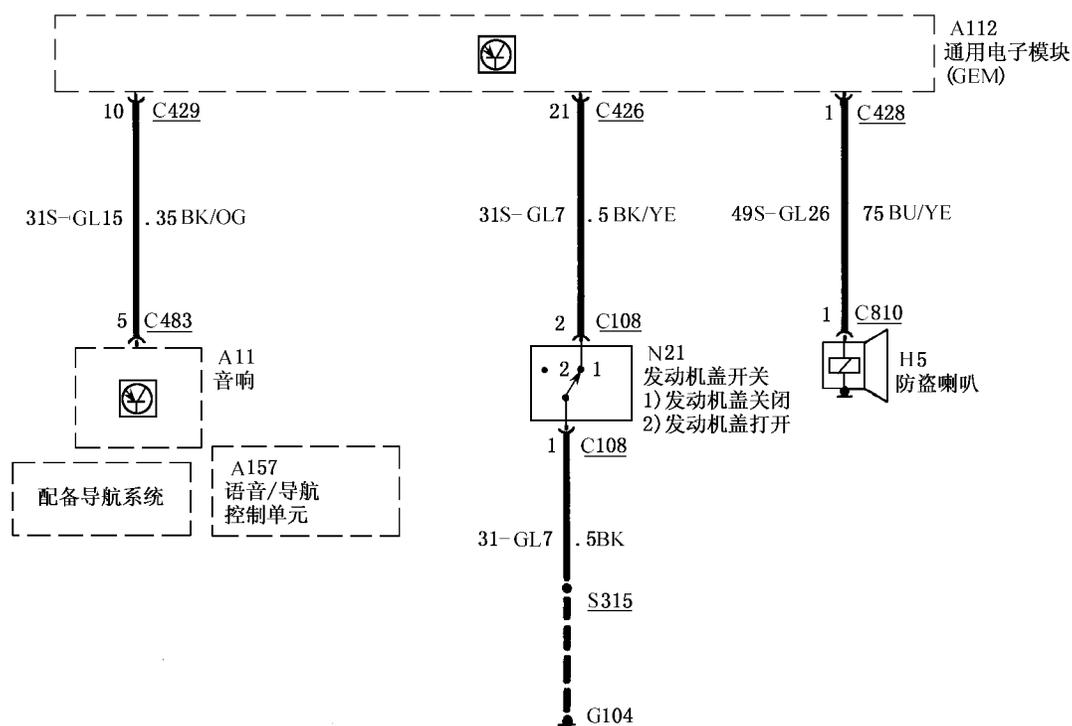


图 7-22 蒙迪欧轿车车身防盗系统的控制电路(二)

BK—黑色 ;BU—蓝色 ;OG—橙色 ;YE—黄色

## (2) 车身防盗系统的说明。

① 车身防盗系统的操作。车身防盗系统的报警方式有两种 :一种为防盗报警喇叭的声响报警 ,另一种为转向信号灯报警。当车身防盗系统被触发后 ,通用电子模块控制转向信号灯闪亮约 5 min ,并且控制报警喇叭鸣叫约 30 s。在此时间过后 ,通用电子模块将关闭转向信号灯与报警喇叭 ,报警系统将重新进入警戒状态。

防盗系统报警的条件如下 :

- 车身防盗系统侦测到非法进入车内。
- 在车身防盗系统进入警戒状态后 ,收音机主机的线束被断开。
- 在车身防盗系统进入警戒状态后 ,点火开关被转至位置 II 或位置 III。

② 防盗系统进入警戒状态的条件 :

- 使用钥匙在驾驶员侧上锁所有车门。
- 使用遥控器上锁所有车门。

当所有车门都被上锁之后 ,通用电子模块将控制转向信号灯闪亮 2 次 ,以确认车身防盗系统进入警戒状态。

车身防盗系统进入警戒状态后的 20 s 内 ,可允许开启和关闭任何至车门、发动机盖和行李箱盖而不会发出报警。

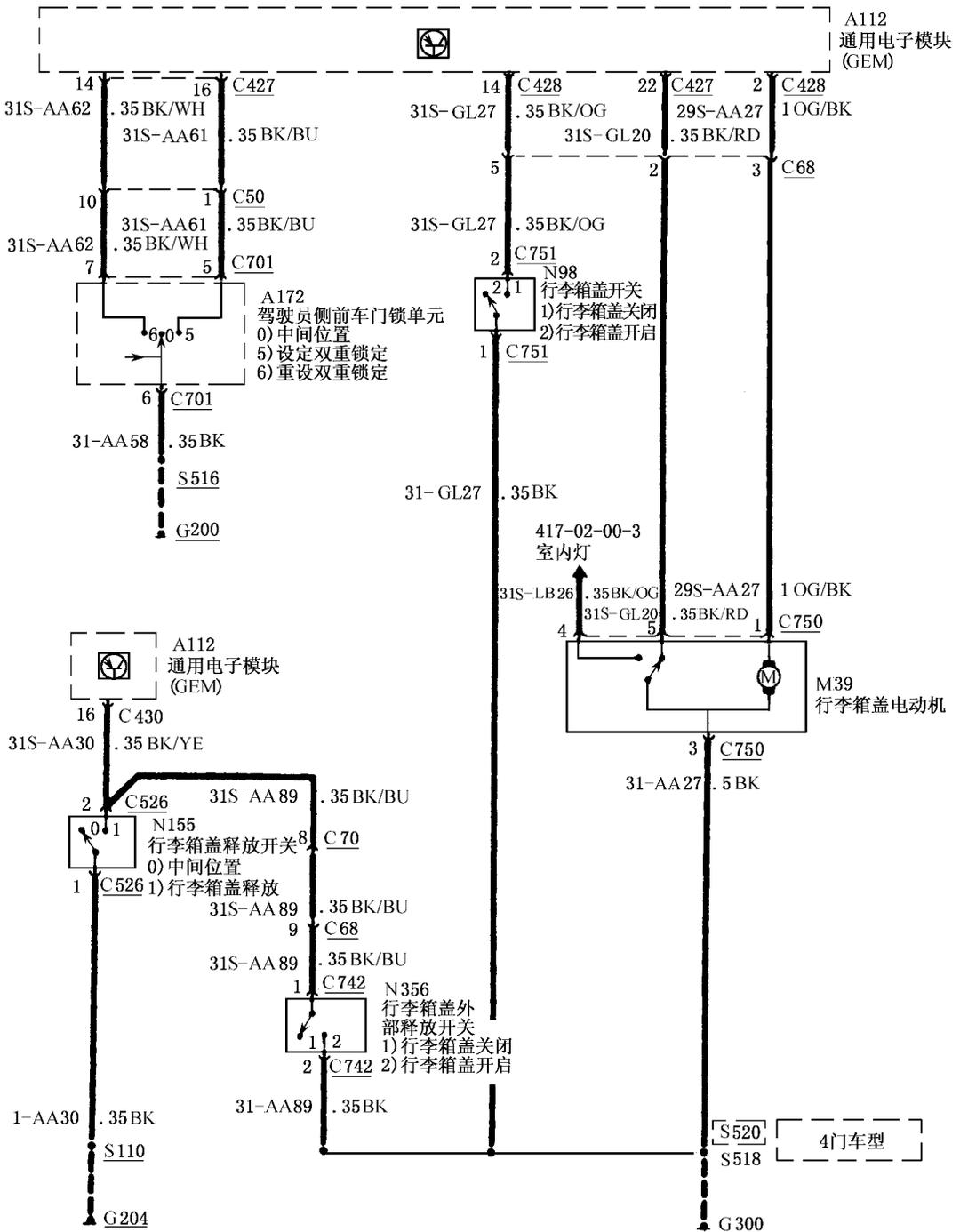


图 7-23 蒙迪欧轿车车身防盗系统的控制电路(三)

BK—黑色 ;BU—蓝色 ;OG—橙色 ;RD—红色 ;YE—黄色

在车身防盗系统进入警戒的 20 s 后,通用电子模块将检查车门、发动机盖与行李箱盖的开关状态。如果车门、发动机盖与行李箱盖都在关闭状态时,则防盗系统将进入警戒状态,并监视各开关的状态。如果发现有一个车门、发动机盖或者行李箱盖并未处在关闭状态,则车身防盗系统将等候至少 20 s,直到被关闭才会进入警戒状态,并监视该开关。如果开关仍保持开启超过 20 s,则防盗系统对该组开关进行警戒,并监视其状态。

③ 防盗系统对未触发/触发警报的解除,可通过下列任意一项程序来解除防盗报警系统。

- 使用钥匙开启驾驶侧车门锁。
- 按压遥控器上的开锁按钮使车门开锁。

当防盗报警系统进入警戒状态后,如果使用钥匙或者使用遥控器开启行李箱盖,则通用电子模块将会解除行李箱盖的触发报警作用。在通用电子模块重新进入警戒状态之前,行李箱盖必须关闭,并且有 20 s 的延迟时间。

## 五、广州本田轿车发动机防盗系统

### (一) 发动机防盗系统的组成和功能

发动机防盗系统主要由点火钥匙信号接收器(与点火钥匙一体)、防启动装置、ECM/PCM 和防盗指示灯等组成。

发动机防盗系统的组成部件位置如图 7-24 所示。

发动机防盗系统主要用于防止使用配置的点火钥匙启动车辆。

### (二) 发动机防盗系统的工作原理

发动机防盗系统的控制电路如图 7-25 所示。

带有信号接收器的点火钥匙分为主钥匙和备用钥匙两种。主钥匙为黑色,用于启动发动机、开启车门锁和行李箱盖锁。备用钥匙为灰色,用于启动发动机和开启车门锁。当点火钥匙插入点火开关且转至接通时防启动装置将向点火钥匙的信号接收器发送信号,信号接收器随即通过防启动装置向 ECM/PCM 发送识别信号。如果使用的点火钥匙正确,则 ECM/PCM 将允许燃油供给系统工作,同时位于仪表板上的防盗指示灯亮起约 2 s 后熄灭。如果使用的点火钥匙不正确或者防盗控制装置发送的识别信息未被 ECM/PCM 接受并识别,则防盗指示灯启亮约 2 s,然后闪烁直到关闭点火开关,此时车辆不能启动。

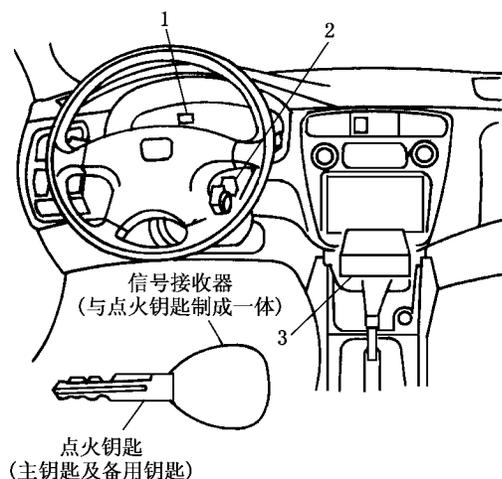


图 7-24 发动机防盗系统组成部件的位置

1—防盗指示灯 2—防启动装置 3—ECM/PCM

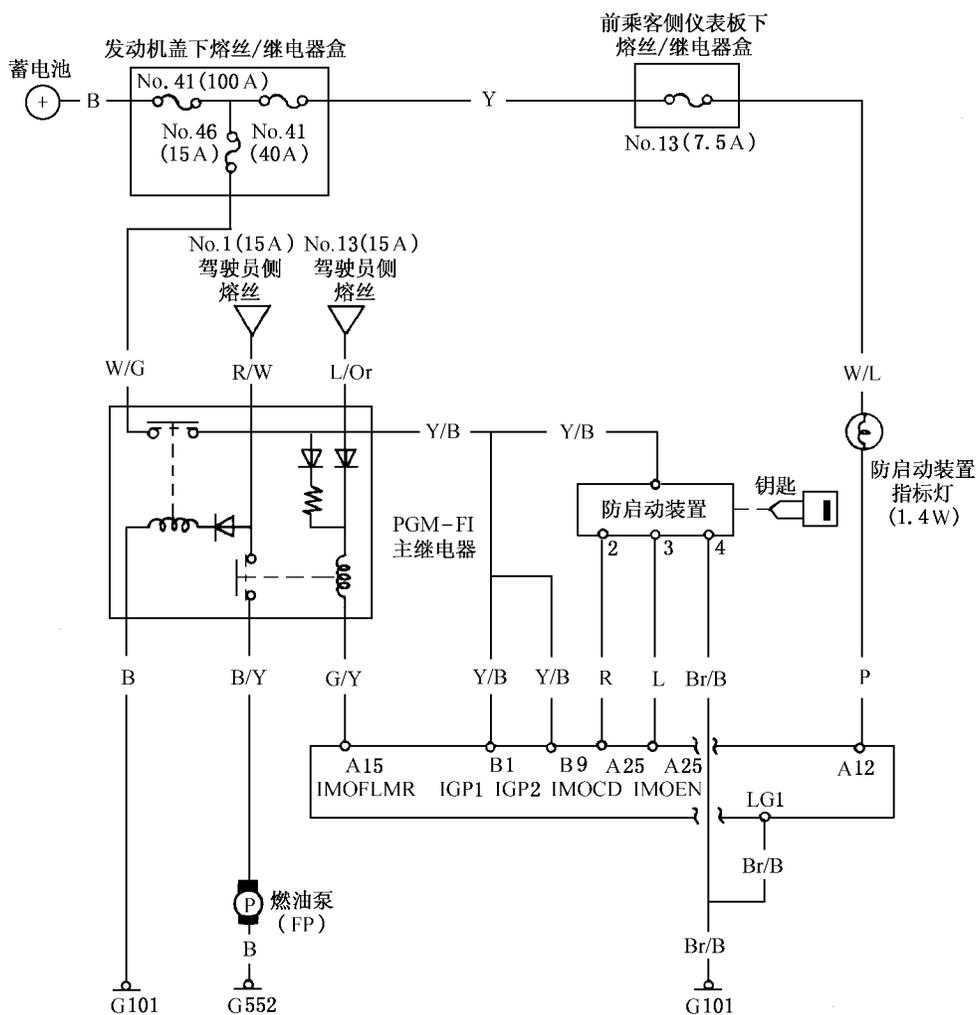


图 7-25 发动机防盗系统的控制电路

### (三) 发动机防盗系统的检修

若使用正确的点火钥匙不能启动发动机,且防盗指示灯闪烁,则应对 ECM/PCM 进行重写,以记忆点火钥匙的密码。在重写 ECM/PCM 时,需要使用被写车辆、车辆的主钥匙、备用钥匙和装有发动机防盗程序卡的 HONDA PCM 检测仪。重写后,未经密码记忆的钥匙将不能启动发动机。如果重写后车辆仍不能启动,则应按下述方法检修。

(1) 检查防盗指示灯是否闪烁。如果不闪,则应检查防盗指示灯是否损坏,点火钥匙信号接收器是否损坏,仪表板总成与 ECM/PCM 间的粉红色导线是否断路。如果闪烁,则应断开防启动装置的线束连接,检查线束,必要时对电路进行维修。

(2) 检查 ECM/PCM 是否故障,必要时更换。

## 六、奥迪 A6 发动机防盗系统

### (一) 发动机防盗系统的组成与功能

奥迪 A6 轿车发动机防盗系统由发动机控制模块、防盗器控制单元(与组合仪表一体)、组合仪表上的报警灯、点火锁芯上的读出线圈和点火钥匙(带脉冲转发器)组成。防盗器控制单元与组合仪表一体,若该控制单元损坏,必须更换组合仪表。防盗器控制单元是用来打开/锁止发动机控制单元的(通过 W 线)。脉冲转发器编码由一个固定码和一个可变码组成。该码在每次启动发动机时都变化,这样可防止他人复制脉冲转发器。防盗器控制单元还另有一套可变码的计算规则,该规则在使用寿命内保持不变。在配制点火钥匙时,防盗器控制单元将计算规则写入点火钥匙的脉冲转发器内,同时学习相应的脉冲转发器的固定码。固定码可识别不同的点火钥匙,因此丢失的点火钥匙可被中止。每次启动发动机时,读出线圈将读取点火钥匙中的脉冲转发器固定码,紧接着又读取可变码并检查这把钥匙是否合法。在使用合法的点火钥匙时,报警灯短时亮(最长 3 s),然后熄灭。如果使用非法的点火钥匙或系统有故障时,如点火开关接通,则报警灯一直启亮。

发动机防盗系统具有自诊断功能,当其部件发生故障时,故障码将存入防盗器控制单元。

### (二) 发动机防盗系统的工作原理

#### 1. 点火钥匙

只有使用合法的点火钥匙才能启动发动机,即点火钥匙必须与防盗器控制单元进行匹配。所有车钥匙,包括备用和应急钥匙都必须匹配。如需添加钥匙,所有车钥匙都必须进行匹配。如钥匙丢失,应将其余的钥匙匹配一次,这样丢失的钥匙就不能再启动发动机了。

点火钥匙的匹配方法如下:

(1) 将第一把点火钥匙插入点火锁芯,并接通点火开关。

(2) 连接 V.A.G1551 输入地址码“17”进行防盗器自诊断。

(3) 出现控制单元识别码后,按一键。然后按显示屏提示操作,仪表上的故障报警灯熄灭,表示点火钥匙匹配完成。

注意:在输入密码时,密码前应加 0,以补足 5 位数。如果密码 3 次被输错,防盗器将被锁止。如果再次输入密码时,至少应等待 10 min,在此期间点火开关应接通,且用功能 06 结束自诊断。每连续 3 次输错密码,等待时间将延长 1 倍,但最长不超过 255 min。防盗器最多可以记忆 8 把点火钥匙。每把点火钥匙的匹配时间不得超过 30 s,否则故障报警灯将以 2 Hz 的频率闪亮,此时必须重新匹配点火钥匙。若点火钥匙插入点火锁芯并接通点火开关时,故障报警灯闪亮 1 s 后又熄灭,则表示该点火钥匙已经匹配完成。

在下列情况下,点火钥匙匹配自动中止:

- 要求匹配的点火钥匙数目已匹配完毕。
- 用一把已匹配的点火钥匙接通点火开关,且保持 1 s 以上(故障被存储)。
- 在第二把点火钥匙接通点火开关后,30 s 内未完成匹配(故障被存储)。
- 点火钥匙在匹配过程中有故障被存储。

如果在点火钥匙匹配过程中,不知道四位数的密码,手头也没有带密码的钥匙标牌,那么服务站可借助防盗器的 14 位识别码通过直接查询系统来确定密码(就像直接查询收录机密码



一样)。另外,也可在销售商处索取密码。

## 2. 发动机控制模块

发动机控制模块更换后必须进行匹配才能够正常使用。

发动机控制模块匹配方法如下:

(1) 接通点火开关。

(2) 连接 V.A.G1551 输入地址码“17”,开始防盗器自诊断。显示出控制单元识别码后按一键,然后按显示屏提示操作即可完成发动机控制模块匹配。

发动机控制模块匹配完成后,发动机控制模块的识别码将被存入防盗器内,此时发动机可以正常启动。

## 3. 防盗器控制单元(与组合仪表一体)

防盗器控制单元(与组合仪表一体)更换后必须进行点火钥匙匹配方能正常使用。在进行匹配点火钥匙时,必须借助防盗器的 14 位识别码通过直接查询系统来确定密码,也可在销售商处索取。

## 4. 不用 V.A.G1551 时的应急启动

应急启动用于当防盗器使车不可启动时启动车辆,使之驶入最近的服务站维修。该应急启动用于消除锁止时间,锁止时间是在使用 V.A.G1551 进行应急启动时操作失误产生的,该功能可马上取消锁止时间。

应急启动方法如下:

(1) 接通点火开关。

(2) 用时钟调节按钮输入密码。拉出组合仪表上的时钟调节按钮,同时压下日行驶里程表复位按钮。日行驶里程表上将显示“0000”且第一位数字在闪烁。这时可用日行驶里程表上的复位按钮将第一位数字设成 0~9 间任意值。根据需要决定按下日行驶里程表复位按钮的时间长度。直到第一位数字达到密码值,如 5,里程表显示 5000。拉出时钟调节按钮,里程表显示“5000”且第二位数字闪烁。按下里程表复位按钮,设置密码第 2 位,如 3,里程表显示:5300。拉出时钟调节按钮,里程表显示 5300 且第三位数字闪烁。按下里程表复位按钮,设置密码第 3 位,如 4。里程表显示 5340。拉出时钟调节按钮,里程表显示 5340 且第四位数字闪烁。按下里程表复位按钮,设置密码第 4 位,如 9。里程表显示 5349。拉出组合仪表上的时钟调节按钮,同时压下日行驶里程表复位按钮。日行驶里程表又显示日行驶里程。输入密码时,防盗器警报灯一直亮着。

(3) 关闭点火开关,然后启动发动机。

注意:

① 如果 3 次将密码输错,防盗器将被锁止。组合仪表上的日行驶里程表将显示“FAIL”(失败)字样。

② 如想再次输入密码,至少应等待 10 min,在此期间应接通点火开关。每 3 次输错密码,等待时间延长 1 倍,但最长不超过 255 min。

③ 如果在输入过程中超过 30 s 未操作按钮/调节按钮,那么应急启动将被中止。

④ 当应急启动过程顺利完成后,只要 S 触点闭合,在 45 min 内可随意启动发动机。

⑤ 如果 S 触点断开,即拔下了点火钥匙,那么只在 5 min 内可启动发动机。

## 七、桑塔纳轿车中央门锁控制和防盗系统

### (一) 中央门锁控制系统

#### 1. 中央门锁控制系统的组成

桑塔纳 2000 轿车中央门锁控制系统主要由中央门锁控制模块、门锁开关和车门锁电动机等电气部分以及门锁、点火钥匙、拉杆、拉钮等机械部分组成。

#### 2. 中央门锁控制系统的工作原理

桑塔纳中央门锁控制系统的控制电路如图 7-26 所示。

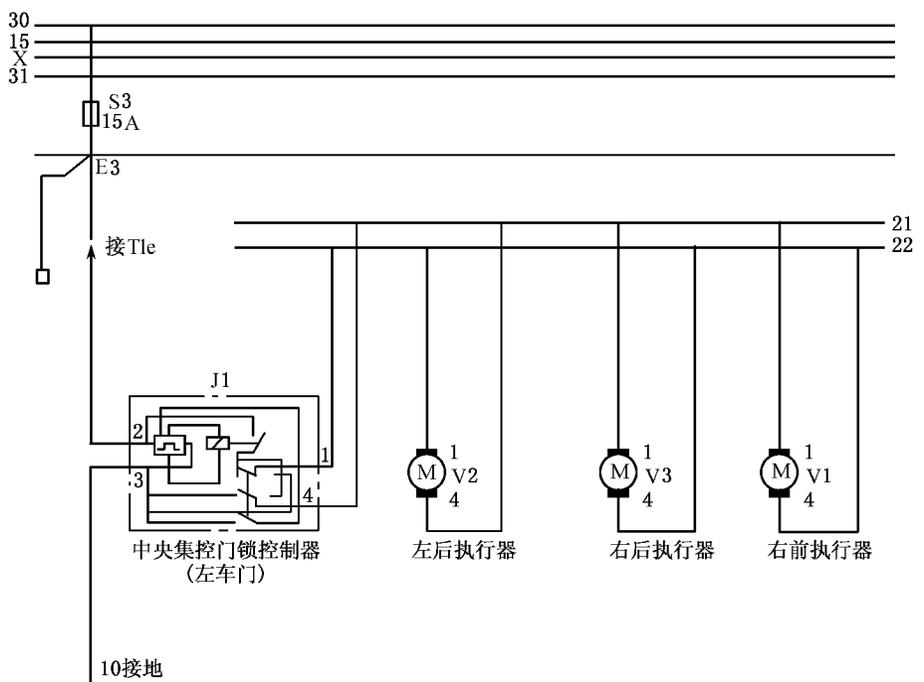


图 7-26 桑塔纳轿车中央门锁控制系统的控制电路

桑塔纳 2000 型轿车采用中央门锁控制系统。其中 1998 款桑塔纳 2000GSi 型轿车还与防盗系统一起采用一体化遥控装置。

中央门锁控制系统的门锁控制由驾驶员把点火钥匙插入左前车门锁内，在开启或关闭该车门锁时，其余 3 个车门的门锁同时能被开启和上锁。其余 3 个车门上的按钮还可分别控制各车门锁单独的开启和上锁。

#### 3. 中央门锁控制系统的检修

(1) 用点火钥匙开启驾驶座侧车门锁时，其余车门部分能自动开启，部分不能开启的故障检修可能的原因有相关电路接触不良、断路、门锁电动机故障、中央门锁控制模块故障。

(2) 用点火钥匙开启驾驶座侧车门锁时，其余车门全部不能自动开启，可能的原因有蓄电池无电，中央门锁控制模块的供电电路和接地电路、中央门锁控制模块故障、车门锁电动机的控制电路故障。



(3) 拉钮卡滞。当拉杆变形、门锁锈蚀严重时,用手动拉钮操作时会不顺。应及时拆检门锁。

## (二) 发动机防盗系统

桑塔纳 2000GSi 型轿车配置了和德国大众帕萨特 B4 轿车一样的汽车防盗器。采用使发动机不能发动,或能发动但数秒钟后即停止运转的方式防盗(又称电子锁),可以有效避免汽车被无权使用的人开走。

### 1. 发动机防盗系统的组成

桑塔纳 2000GSi 型轿车发动机防盗系统由下列组件组成:带有脉冲转发器的点火钥匙、识读线圈、防盗 ECU(J362)。带可变代码的发动机 ECU(J220)以及安全指示灯。点火钥匙上的脉冲转发器和识读线圈是发动机防盗系统的信号发生器,防盗 ECU 是控制单元,而发动机 ECU 是执行器。发动机防盗系统的组成如图 7-27 所示。

桑塔纳发动机防盗系统的控制电路如图 7-28 所示。

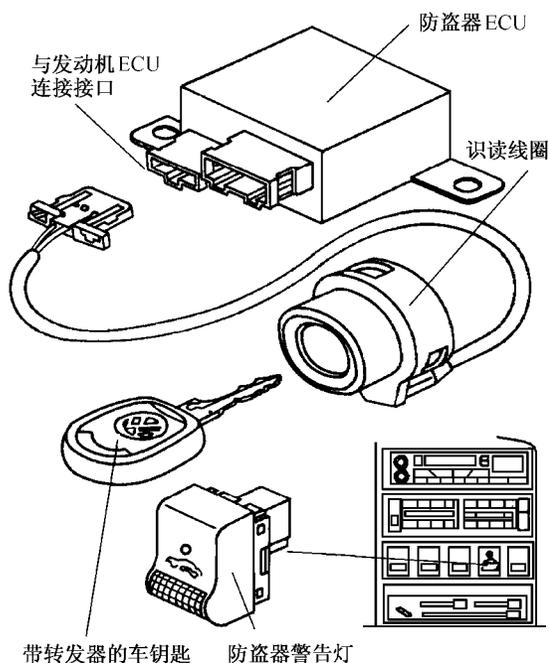


图 7-27 发动机防盗系统的组成

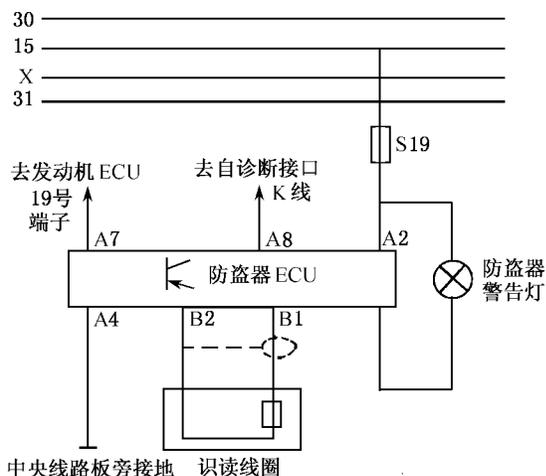


图 7-28 桑塔纳发动机防盗系统的控制电路

### 2. 发动机防盗系统的部件说明

(1) 点火钥匙。点火钥匙中装有脉冲转发器。脉冲转发器是一种不需要电源来驱动的感应和发射电磁波组件。

当点火钥匙插入锁芯并接通点火开关时,防盗 ECU 便把能量输送给识读线圈。由识读线圈把能量用感应的方式传送给点火钥匙中的脉冲转发器。这时,脉冲转发器接收感应能量后立即发射出“程控代码”,通过识读线圈把程控代码输送给防盗 ECU,供其核对,以识别点火钥匙的合法性。每辆车的点火钥匙,即脉冲转发器都有不同的“程控代码”。

配制点火钥匙 必须用仪器 V. A. G1552 进行匹配。

在进行点火钥匙匹配时,以前所有合法的点火钥匙代码将被清除,需重新匹配方能继续使用。如果遗失一把合法的点火钥匙,只要将其他点火钥匙重新进行匹配,即可使丢失的点火钥匙作废。一辆车最多只能配制 8 把点火钥匙。

点火钥匙的匹配程序如下:

① 连接仪器 V. A. G1552,接通点火开关,输入“25”防盗器地址码,按 Q 键确认。

按“—”键选择输密码功能。

输入“11”,按 Q 键确认,屏幕显示如下:

Login procedure
Enter code number × × × × ×
输入密码
输入密码号 × × × × ×

注意:必须知道点火钥匙的匹配密码。如果丢失,可用仪器 V. A. G1552 先查出 14 字符后,向大众公司服务热线求助。

② 将密码在 4 位数字前加“0”,如 08888 并输入。按 Q 键确认,如正确,则可回到功能菜单进行下一步“匹配”。如屏幕显示如下:

Function is unknown or
Cannot be carried out at moment
功能不清或
此刻不能执行

则表明密码错误,必须重新输入正确的密码。如果连续二次输错,必须输入“06”退出防盗器自诊断程序,在点火开关接通的情况下等待 30 min 以后再进行。

③ 匹配点火钥匙。输入“10”匹配功能并按 Q 键确认,屏幕显示如下:

Adaptation
Feed in channel number × ×
匹配
输入频道号 × ×

输入“21”频道号,按 Q 键确认,屏幕显示:

Channel 21 Adaptation 2	→
	< - 1 - 3 >
频道 21 匹配 2	→
	< - 1 - 3 >



点火钥匙数量可根据需要输入 0~8 数字,上面屏幕中的 2 表示已有 2 把合法点火钥匙储存。此时键入“1”则表示要减少 1 把,键入“3”则表示增加 1 把。直到屏幕右上角的数字符号为需要数为止。

注意 如果输入“0”表示全部点火钥匙都将变为非法,不能启动发动机。

按“—”键,屏幕显示:

Channel 21 Adaptation 5	→
Enter adaptation value × × × × ×	
频道 21 匹配 5	→
输入匹配钥匙数 × × × ×	

如需匹配 5 把点火钥匙,则输入“00005”,并按“Q”键确认。

继续按“Q”键,直到屏幕显示:

Channel 21 Adaptation 5	→
Changed value is stored	
频道 21 匹配 5	→
改变的钥匙已储存	

按“—”键,回到待机状态,输入“06”结束输出功能,按“Q”键确认。此时点火钥匙匹配成功。

关闭点火开关,然后将另一把需要匹配的点火钥匙插入点火锁芯,点火开关转至接通至少 1 s 后,重复上述操作,匹配全部点火钥匙。

注意:点火钥匙的匹配应在 30 s 内完成,且点火开关应保持接通,否则无效。

如果操作错误,或将已匹配好的点火钥匙再次进行匹配,则安全指示灯以快速闪亮(2 次/s)报警,读出过程自动中断。如果点火钥匙中的转发器故障,匹配将不能完成。每次匹配操作完成,安全指示灯则启亮 2 s,然后熄灭 0.5 s,再亮 0.5 s 后熄灭。表示过程完成。

对匹配好的点火钥匙都必须确认,或进入“02”故障查询功能检查一下以确认最终完成匹配。

(2) 识读线圈。识读线圈环绕在机械点火开关锁的外面,当点火开关接通时,把能量传送给点火钥匙中的脉冲转发器,并把脉冲转发器中存储的程控代码输送给防盗 ECU。

(3) 发动机 ECU。更换发动机 ECU,必须与防盗 ECU 重新匹配。匹配程序如下:

① 必须使用一把原车合法点火钥匙。

② 连接仪器 V.A.G1552,点火开关转至接通,输入“25”防盗器地址码,按 Q 键确认。屏幕显示:

Test of vehicle	HELP
Select function × ×	
车辆系统测试	帮助
选择功能 × ×	

③ 按“—”键,选择功能,输入“10”防盗器匹配功能后,屏幕显示:

Test of vehicle	Q
10 - Adaptation	
车辆系统测试	确认
10 - 匹配	

④ 按 Q 键确认,屏幕显示:

Adaptation	
Feed in channel number × ×	
匹配	
输入频道号 × ×	

⑤ 此时输入“00”频道号并按 Q 键确认,屏幕显示:

Adaptation	
Learned values have been erased	
匹配	
已知数值已被清除	

⑥ 按“—”键完成匹配程序,仪器 V.A.G1552 返回待机状态。由于点火开关处于接通状态,发动机 ECU 随机代码被防盗 ECU 读入并储存,原发动机 ECU 的代码,则被清除。

⑦ 由于拆下原发动机 ECU 是在断电情况下操作的,新发动机 ECU 匹配后,还要使用车辆系统测试“01”地址的“04”基本数据设定功能进行一次基本设定。

(4) 防盗 ECU。防盗 ECU 安装在转向柱左边支架中央线路板上。当点火开关接通时,激活脉冲转发器,通过识读线圈把它的程控代码接收回防盗 ECU。防盗 ECU 把输入的程控代码与先前存储在防盗器内的点火钥匙代码进行核对是否正确。同时防盗 ECU 又对发动机 ECU 存储在防盗 ECU 中的代码核对是否正确。如果核对后,代码不一致,发动机在发动后 2 s 之内,中断点火和供油而熄火。

更换防盗 ECU 必须用仪器 V.A.G1552 重新匹配,方可正常使用,匹配方法与发动机 ECU 更换后的匹配程序相同。此外,还必须把所有点火钥匙重新匹配。

(5) 安全指示灯。当使用合法的点火钥匙时,安全指示灯会点亮后熄灭。如果使用非法的点火钥匙,或者在防盗系统中存在故障,安全指示灯会连续不停地闪烁。



### 3. 防盗 ECU 的识别码与密码

(1) 防盗 ECU 的识别码。防盗 ECU 有一个 14 位字符的识别码和一个 4 位数的密码。一辆新车, 它的密码在该车的点火钥匙牌上, 上面用黑胶纸封住。

如果点火钥匙牌丢失, 通过大众专用仪器 V.A.G1552 或 1551, 输入地址码 25 后, 可从仪器显示屏上读取 14 位字符的识别码。通过此号码, 可向上海大众查询密码。

(2) 防盗 ECU 的密码。新车的密码被隐含在点火钥匙牌上, 剥去牌上的黑胶纸后可显示 4 位数密码。1999 年桑塔纳 2000GSI 型轿车的防盗密码粘贴在前乘客前面的杂物箱内。车主应在购车后立即妥善保管好这个“密码”。

密码是用来解密和重新配置点火钥匙的。如果钥匙牌丢失或遗忘了密码, 必须先使用仪器获得 14 位字符的识别码, 再通过大众公司服务热线查询密码。

匹配点火钥匙, 不管是重配还是增配都必须这样处理。

如果车主丢失了一把合法的点火钥匙, 为了安全, 必须把其余点火钥匙都用仪器重新进行匹配。这样可以使丢失的钥匙变为非法钥匙而不能继续使用。

注意: 输入 4 位数字密码之前, 必须先输入一个“0”, 否则防盗 ECU 会锁死。如密码输错(操作失误), 允许再输入 1 次; 两次输错后, 防盗 ECU 会锁死。在点火开关接通的状态下等 30 min, 还可以试 2 次。

### 4. 发动机防盗系统的自我诊断

桑塔纳 2000GSI 型轿车的防盗系统设有故障自我诊断功能和匹配、配匙功能。必须使用专用的上海大众故障诊断仪器 V.A.G1552 和相应的操作程序, 来诊断故障和进行防盗匹配。

(1) 自诊断检测条件:

- ① 被检测车辆蓄电池电压必须大于 11 V。
- ② 将大众专用故障仪器 V.A.G1552 与车内变速杆前的诊断插座连接。
- ③ 点火开关接通。

(2) 自诊断操作步骤:

- ① 点火开关接通后, 进入操作 1—车辆系统测试。屏幕显示:

Test of vehicle	HELP
Insert address word × ×	
车辆系统测试	帮助
输入地址码 × ×	

Test of vehicle	Q
25 - Immobiliser	
车辆系统测试	帮助
25 - 防盗器	

- ② 按“Q”键确认。约 5 s 钟后, 屏幕显示:

330 953 253 IMMO VWZ6ZOTO 123456 V01	→
Coding 00000	WSC 01205

此屏幕显示直接进入 01——查询防盗 ECU 版本。

屏幕中 330 953 253 为防盗 ECU 零件号; IMMO 为电子防盗系统缩写; VWZ6ZOTO123456 为防盗 ECU 14 位字符号, 凭借此号可向大众公司维修热线查询防盗密码。V01 为防盗控制单元软件版本; Coding 00000 为编码号(对修理站来讲无意义); WSC 01205 为维修站代码, 在使用

V. A. G1552 检修防盗时,必须先输入维修站代码。

③ 按“—”键屏幕显示:

Test of vehicle	HELP
Select function × ×	
车辆系统测试	帮助
选择功能 × ×	

此时按“HELP”屏幕会列出以下可供选择的功能菜单:

02—查询故障

05—清除故障存储

06—结束输出

08—读测量数据块

10—匹配

11—输密码

(3) 防盗系统故障码的查询、清除及退出查询:

① 连接 V. A. G1552,选择防盗电子系统。屏幕显示:

Test of vehicle	HELP
Select function × ×	
车辆系统测试	帮助
选择功能 × ×	

② 输入数字键“02”查询故障功能,并按“Q”键确认。屏幕显示:

X Fault recognized
发现 × 个故障

③ 按“—”键可以逐个显示故障码和故障内容,直到全部故障显示完毕。

④ 输入防盗器地址码“25”,如屏幕显示“NO Faults recognized”即未发现故障,按“—”键,则退回到功能菜单。

⑤ 防盗系统故障码查询结束后,按“—”退回到功能菜单。键入“05”数字键进入清除故障存储功能,并按“Q”键确认,就可清除防盗 ECU 中的故障存储。屏幕显示:

Test of vehicle	→
Fault memory is erased	
车辆系统测试	→
故障存储已被清除	

⑥ 键入“06”数字键进入结束输出功能,并按“Q”键确认。完成这一功能后,专用故障仪器退出防盗系统诊断程序,回到待机状态。



(4) 防盗系统故障码。桑塔纳 2000GSi 汽车防盗系统故障码、故障现象和故障排除方法如表 7-3 所示。

表 7-3 桑塔纳 2000GSi 汽车防盗系统故障码、故障现象和故障排除方法

故障码	显示内容	故障现象	故障排除方法
65535	防盗 ECU 损坏	安全指示灯亮 发动机不能启动	更换防盗 ECU 并重新匹配
00750	安全指示灯故障 对地短路/开路 对电源短路	安全指示灯亮 安全指示灯不亮	检修线路 更换损坏的安全指示灯
01128	防盗识读线圈损坏 线路开路/短路	安全指示灯闪烁 发动机不能启动	检修线路 更换识读线圈
01176	点火钥匙转发器故障 信号太弱 识读线圈损坏 非法点火钥匙	安全指示灯闪烁 发动机不能启动	配制点火钥匙, 并进行匹配 更换识读线圈 配制合法点火钥匙
01177	发动机 ECU 更换后没有匹 配 连接线路开路/短路	安全指示灯闪烁 发动机不能启动 安全指示灯不亮	完成发动机 ECU 和防盗 ECU 的匹配程序, 检查两 ECU 之间线路
01179	配匙程序不正确	安全指示灯快速闪烁	查询故障, 清除存储 完成点火钥匙匹配程序

### 5. 读测量数据块

输入 08“读测量数据块”功能, 按 Q 键确认, 屏幕显示:

Read measuring value block	HELP
Enter display group number × ×	
读测量数据块	帮助
输入显示组号 × ×	

输入显示组号 22, 按 Q 键确认, 屏幕显示:

Read measuring value block 22				→
1	2	3	4	
读测量数据块				→
1	2	3	4	
			钥匙实数	
			钥匙状态	
			1=是 钥匙转发器正确	
			0=否 汽车钥匙匹配不对或转发器无效	
			发动机控制单元回答	
			1=正确	
			0=不正确	
允许启动				
1=允许启动				
0=不允许启动				
汽车钥匙匹配不对或发动机控制单元与防盗器控制单元没有匹配				

### (三) 车身防盗报警系统

#### 1. 车身防盗报警系统的组成

车身防盗报警系统由传感器、车身防盗控制模块和执行器组成。图 7-29 所示为车身防盗报警系统组成原理框图。

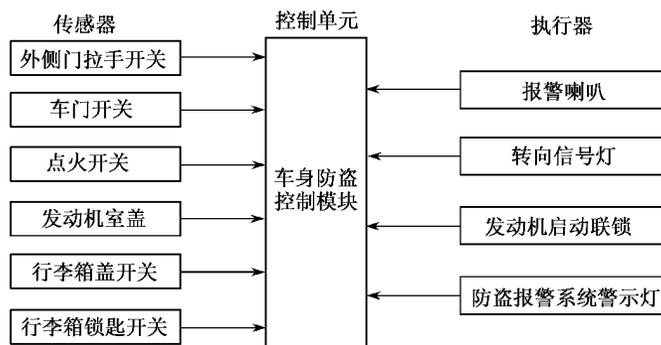


图 7-29 车身防盗报警系统组成原理框图

#### 2. 车身防盗报警系统的功能

当车身防盗报警系统功能开启的同时,所有的车门、发动机室盖和行李箱盖均应关闭。一旦开启这个功能,非法的点火钥匙开门或撬动发动机室盖、行李箱盖,报警系统就会以声光方式报警。此时转向灯会闪烁,报警喇叭会响起报警。



## 八、捷达王轿车发动机防盗系统

### (一) 发动机防盗系统的组成

捷达王发动机防盗系统由以下部件组成：

- (1) 防盗器控制单元。位于中央电器支架上。
- (2) 防盗器警告灯。
- (3) 发动机控制模块。
- (4) 启动继电器。用来切断起动机控制电路。
- (5) 点火继电器。用来切断点火控制电路。
- (6) 点火开关上的识读线圈。
- (7) 带应答器的点火钥匙。

### (二) 发动机防盗系统的工作原理

捷达王发动机防盗控制系统使用的是第二代防盗器。防盗器控制单元在其储存的随机密码中选择一个,并将它传送到位于点火钥匙中的应答器。每把点火钥匙的应答器均有自己的固定码,应答器在接收到密码后经计算产生一个新密码。新密码被传回防盗器控制单元,防盗器控制单元将接收到的新密码进行反向计算,然后将运算结果与初始密码进行比较,若相同,防盗器控制单元则认为点火钥匙合法。同时一个“变码”被传送到发动机控制模块。每一次发动机启动后,这个变码由发动机控制模块随机选择并被储存于这两个控制单元中。如果这个防盗器送来的变码与发动机控制单元相吻合,则发动机允许启动。

### (三) 发动机防盗系统的检修

#### 1. 故障识别

点火开关接通时,驾驶员一侧的防盗器警告灯启亮 3 s 后熄灭,则表示防盗系统工作正常。

- (1) 点火开关接通后,指示灯持续亮 60 s,则表示点火钥匙的匹配过程有误。
- (2) 当点火开关接通约 2.5 s 后,指示灯开始闪烁并持续 60 s,则表示点火钥匙中无密码芯片或使用了没有被授权的点火钥匙。
- (3) 点火开关接通后,指示灯立即闪烁并持续约 60 s,则表示识读线圈出现功能性故障或数据线出现功能性故障。

#### 2. 故障码、故障原因和排除方法

故障码、故障原因和排除方法如表 7-4 所示。

表 7-4 故障码、故障原因和排除方法

故障码	故障原因	排除方法
00750 警告灯 对正极短路 开路/对地短路	防盗器控制单元与警告灯间连线失效 防盗器警告灯失效	检查线路的断/短状况 更换警告灯(K117)
00112 防盗器天线	连接器没有与控制单元相连或天线失效 防盗器控制单元失效	检查连接器,天线和连线,如必要。 更换天线 清除故障存储器并再次查询,如必要,更换防盗器控制单元
01176 点火钥匙 信号电压太低	天线或连线失效(传输受阻/接触不良) 点火钥匙中的应答器故障	检查天线的连线和插头,如必要,更换天线 更换点火钥匙重新匹配所有点火钥匙,然后检查功能
没被授权	机械齿形吻合的点火钥匙不匹配	重新匹配所有点火钥匙,然后检查功能匹配发动机控制单元
01177 发动机控制单元没 被授权	防盗器控制单元间的 W 线故障 发动机控制单元不匹配	维修相应电路 匹配发动机控制单元
01179 钥匙编程错误	点火钥匙匹配故障	输入密码重新匹配所有点火钥匙并检查其功能 检查连接器
01202 诊断线短路	防盗器控制单元端子 7 与端子 8 短路(W 线和 K 线) 防盗器控制单元失效	消除故障再次查询,如有必要,更换防盗器控制单元
65535 防盗器控制单元失 效	防盗器控制单元端子 7 与 8 短路(W 线和 K 线) 防盗器控制单元不能被识别 防盗器控制单元失效	维修相应端子 更换防盗器控制单元

## 九、毕加索、爱丽舍发动机防盗系统

### (一) 发动机防盗系统的组成

毕加索的发动机防盗系统主要由钥匙、应答器天线、智能控制盒和发动机控制模块等组成。应答器天线的位置如图 7-30 所示。

爱丽舍的发动机防盗系统主要由钥匙、应答器天线、应答器控制盒和发动机控制模块等组成。

应答器天线和应答器控制盒的位置如图 7-31 所示。

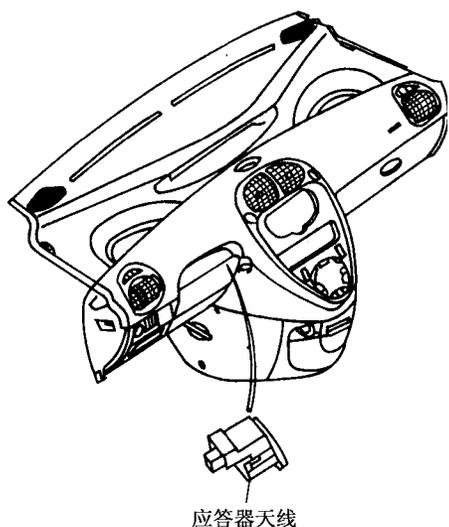


图 7-30 应答器天线的位置

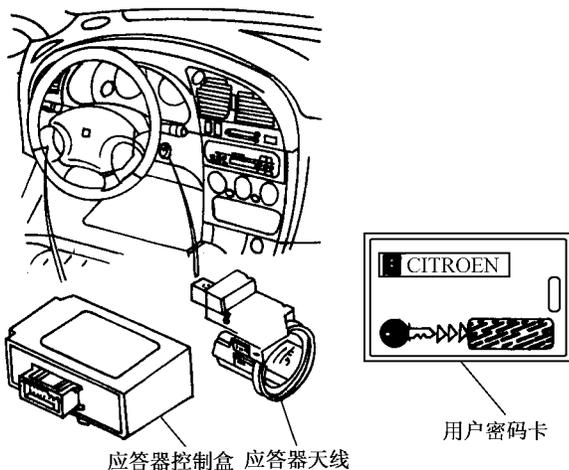


图 7-31 应答器天线和应答器控制盒的位置

## (二) 发动机防盗系统的工作原理

当带有收发器的钥匙插入点火开关时,应答器控制盒(智能控制盒)通过点火开关上的应答器天线发出一个加密信号,钥匙内的收发器收到该信号后返回一个加密信号,应答器控制盒收到返回的信号后进行解密,并与其内存的信号进行比较,若信号正确,则给发动机控制模块发送允许启动的信号。否则禁止发动机启动。

对于毕加索轿车,当关闭点火开关,取出钥匙 10 s 后,或者关闭点火开关而维持附件电源 2 min 后,智能控制盒会将发动机控制模块锁定。

爱丽舍轿车应答式防启动装置电路原理图见图 7-32 所示。

## 十、北京现代索纳塔轿车中央门锁控制和防盗系统

### (一) 发动机防盗系统

#### 1. 发动机防盗系统的组成

北京现代索纳塔轿车发动机防盗系统的组成部件及相互关系如图 7-33 所示。

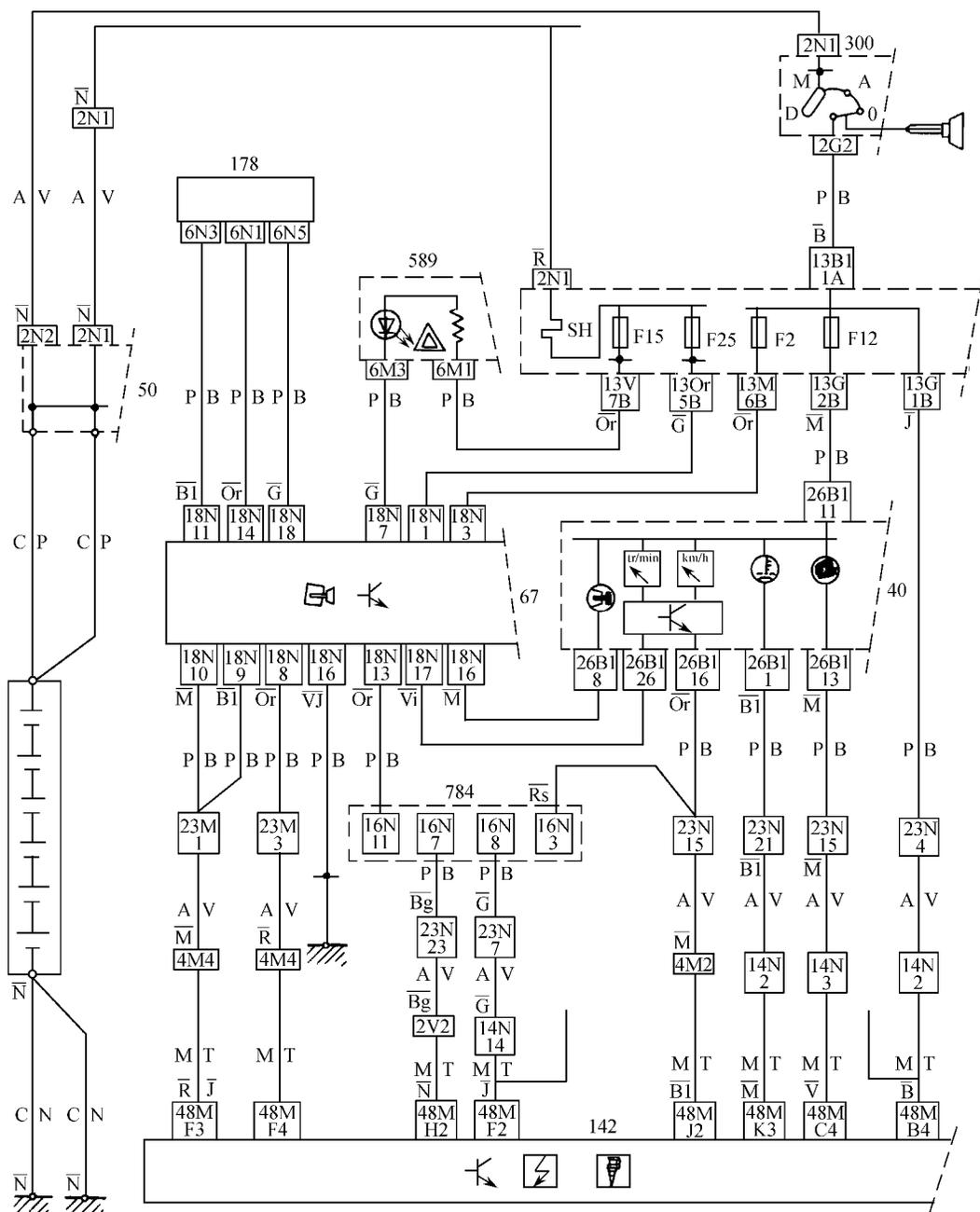


图 7-32 应答式防启动装置电路原理图

35—蓄电池 40—组合仪表 50—电源盒 52—驾驶室熔断器盒 67—防盗控制盒 142—发动机控制单元 178—应答器模拟模块 300—点火开关 589—危险信号灯开关 784—16 信道诊断插头



## 2. 发动机防盗系统的工作原理

发动机防盗系统的控制电路如图 7 - 34 所示。

发动机防盗系统的组成部件说明：

(1) 钥匙。钥匙分为集成块钥匙和主钥匙，主钥匙必须注册后才能正常使用，主钥匙注册的方法如下：

- ① 开始注册；
- ② 使用集成块钥匙将点火开关从“接通”转至“关闭”位置，此时集成块钥匙被注册到防盗控制模块(要求 10 s 内完成)；
- ③ 使用主钥匙 1 将点火开关从“接通”转至“关闭”位置，此时主钥匙 1 被注册到防盗控制模块(要求 10 s 内完成)；

④ 按上述方法对钥匙 2 进行注册(要求 10 s 内完成)；

⑤ 注册结束。

当原车主钥匙丢失或者更换时，必须更改注册密码。注册密码的更改有两种方法。

方法一使用集成块钥匙。步骤如下：

- ① 防盗控制模块已经注册；
- ② 使用集成块钥匙将点火开关在 10 s 内接通和关闭 5 次；
- ③ 拔出集成块钥匙(要求 10 s 内完成)；
- ④ 使用主钥匙 1 将点火开关从接通转至关闭位置，此时主钥匙被注册到防盗控制模块(要求 10 s 内完成)；

⑤ 按上述方法对主钥匙 2 进行注册；

⑥ 注册密码更改完成。

方法二使用密码，步骤如下：

- ① 连接 Hi - Scan；
- ② 防盗控制模块已经注册；
- ③ 使用新主钥匙 1 将点火开关转至“接通”位置，并等待 5 s。
- ④ 用 Hi - Scan 输入密码(要求 10 s 内完成)；
- ⑤ 新主钥匙 1 注册结束，取出钥匙(要求 10 s 内完成)；
- ⑥ 使用新主钥匙 2 将点火开关从“接通”转至“关闭”位置，新主钥匙 2 注册结束，取出钥匙(要求 10 s 内完成)；

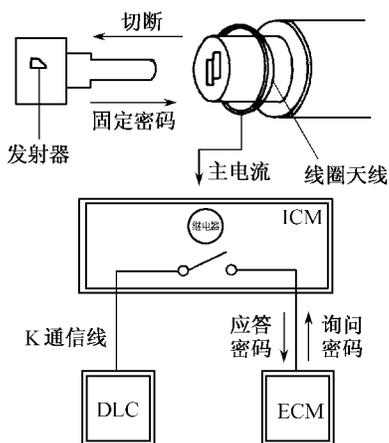


图 7 - 33 索纳塔轿车发动机防盗系统的组成部件及相互关系

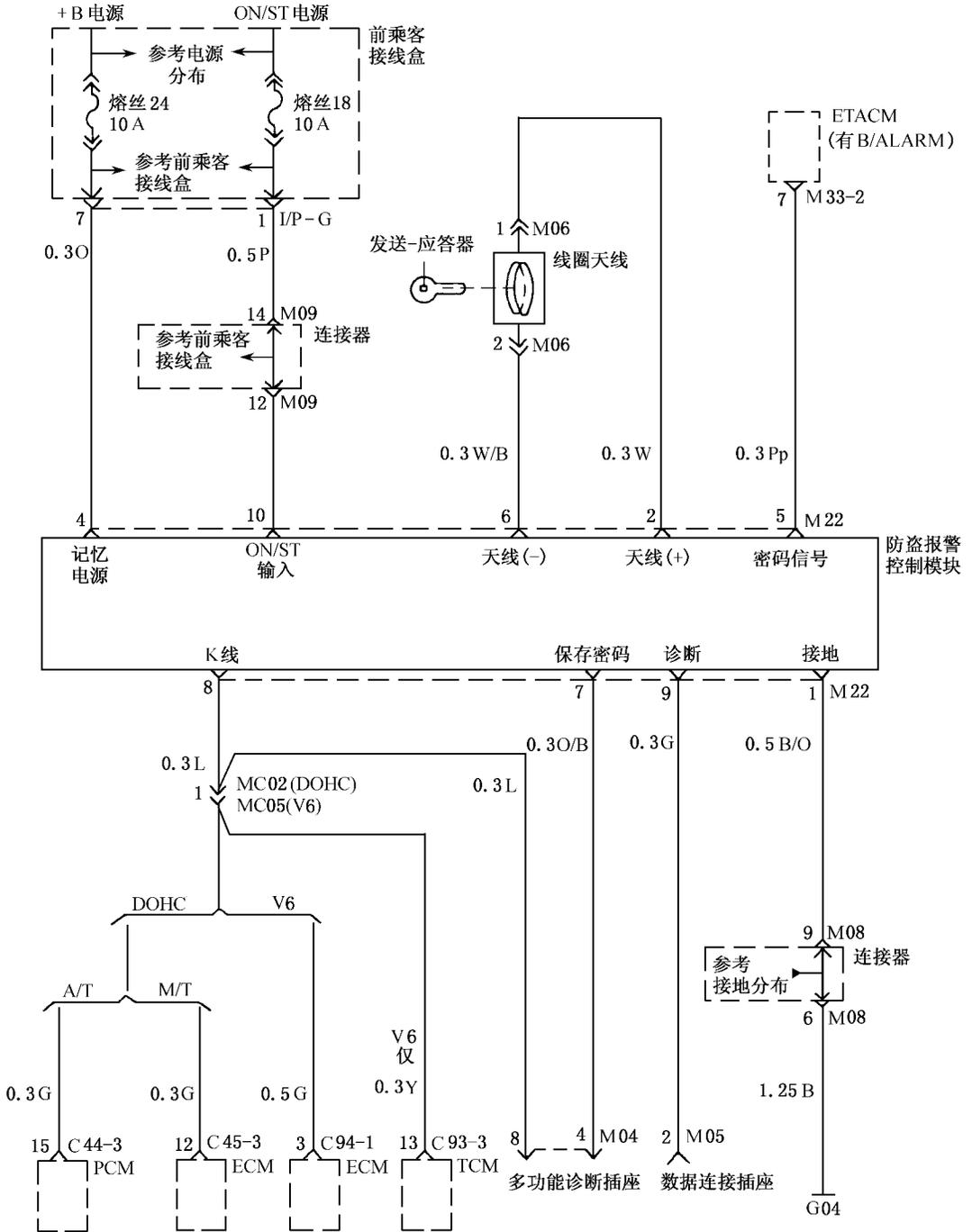


图 7-34 索纳塔轿车发动机防盗系统的控制电路



### ⑦ 注册密码更改完成。

制造商设定的初始密码为 2345,初始密码储存防盗控制模块中。使用 Hi - Scan 可以把初始密码更改为新密码,密码由四个 0~9 之间的数字组成,当密码更改后,防盗控制模块记忆新密码,初始密码将不能再被使用。

(2) 发射器。当点火开关接通时,防盗控制模块通过线圈天线向发射器提供能量,发射器向防盗控制模块发送识别码。

(3) 防盗控制模块。防盗控制模块储存识别码,接受来自发射器的信号,并能将信号传送到发动机控制模块。

(4) 发动机控制模块。当点火开关接通时,发动机控制模块能够接收防盗控制模块的信号,并控制喷油器的工作。

## (二) 遥控门锁和车身防盗系统

### 1. 遥控门锁和车身防盗系统的功能

当非法进入车内、开启行李箱盖、开启发动机盖或者重新安装蓄电池时,则会触发防盗系统报警。报警时报警喇叭持续鸣叫 30 s,同时上锁所有车门,并接通防盗报警继电器,断开起动机控制电路。

### 2. 遥控门锁和车身防盗系统的工作原理

遥控门锁和车身防盗系统的控制电路如图 7 - 35、图 7 - 36、图 7 - 37 所示。

当添加遥控器时,遥控器接收器需要对新遥控器重新识别,识别方法如下:

#### (1) 无发动机防盗系统的遥控器识别:

① 将遥控器接收器侧面的开关从“OFF”位置移至“SET”,如图 7 - 38 所示。

② 按压遥控器上的上锁按钮或者开锁按钮,则遥控器被识别。

③ 当遥控器被识别后,将遥控器接收器侧面的开关从“SET”移至“OFF”。

#### (2) 有发动机防盗系统的遥控器识别:

① 用集成块钥匙或者主钥匙将点火开关转至“接通”位置。

② 将遥控器接收器侧面的开关从“OFF”位置移至“SET”。

③ 同时按压遥控器上的上锁按钮和开锁按钮 1 s 以上,然后松开 0.5 ~ 1 s,再次同时按压遥控器上的上锁按钮和开锁按钮 1 s 以上,则遥控器被识别。

④ 当遥控器被识别后,在 0.5 ~ 1 s 内将遥控器接收器侧面的开关从“SET”移至“OFF”。

注意:从遥控器接收器侧面的开关移至“SET”时开始,必须在 10 s 内完成遥控器的识别,每个遥控器接收器最多可以记忆两把遥控器。

### 3. 遥控门锁和车身防盗系统的检修

索纳塔轿车遥控门锁和车身防盗系统的常见故障及排除方法如表 7 - 5 所示。

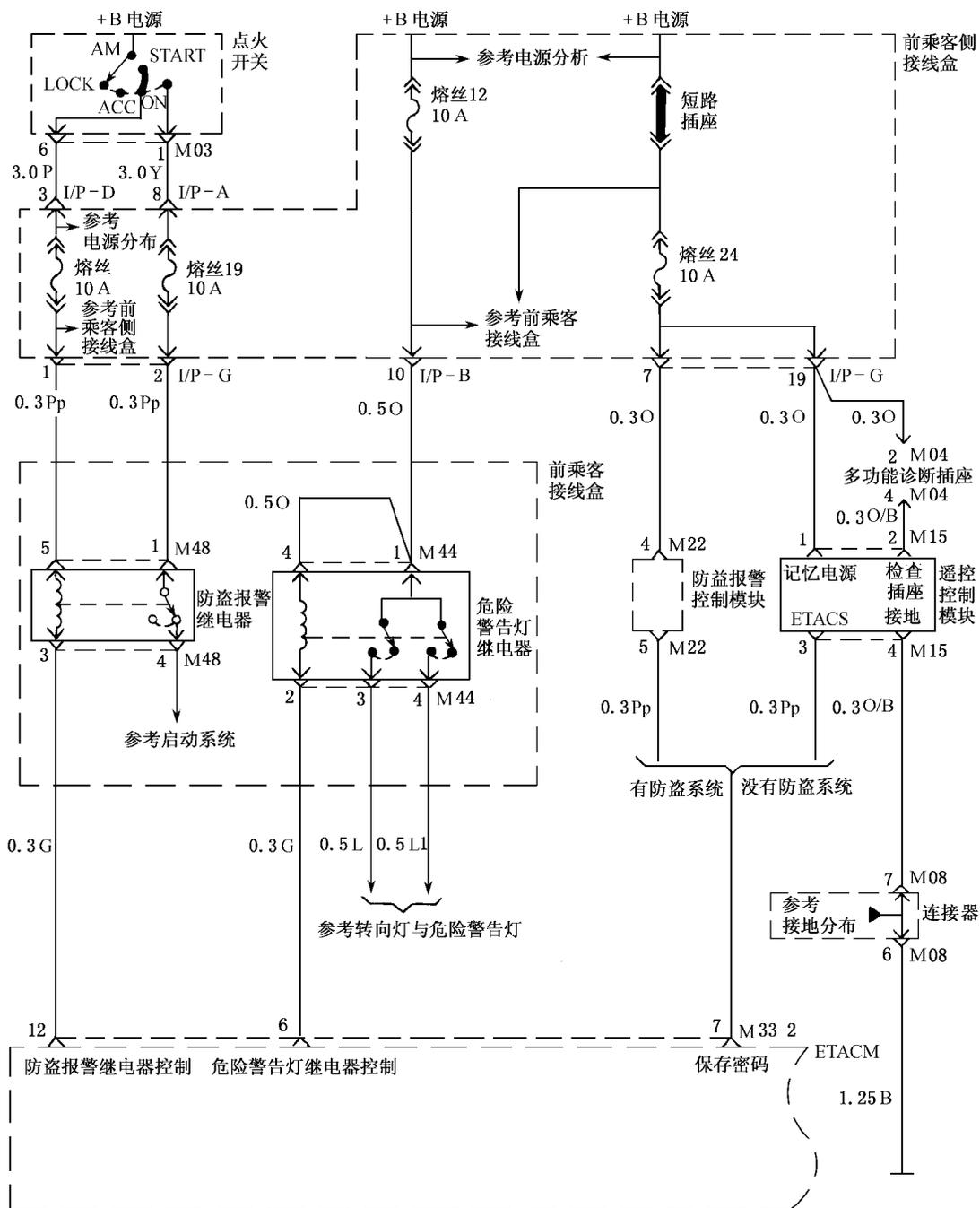


图 7-35 索纳塔轿车遥控门锁和车身防盗系统的控制电路(一)

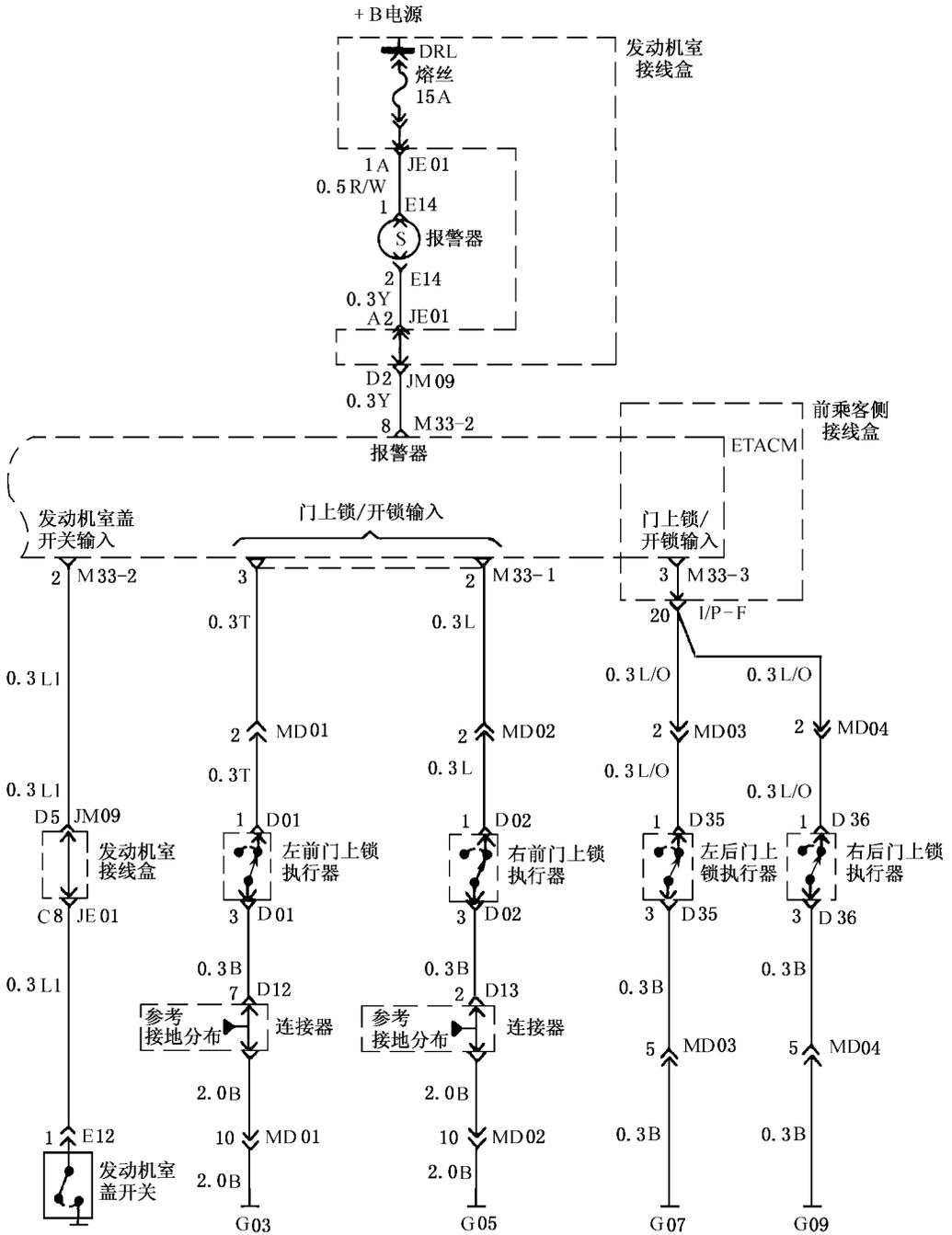


图 7-36 索纳塔轿车遥控门锁和车身防盗系统的控制电路(二)



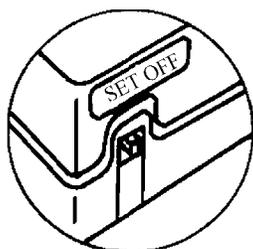


图 7-38 遥控器接收器侧面的开关

表 7-5 遥控门锁和车身防盗系统的常见故障及排除方法

故障现象	故障原因	检查方法	排除方法
遥控范围不稳定	遥控器电池电压不足	按压上锁或者开锁按钮，观察红灯是否闪亮	更换电池
	遥控器或者接收器故障		更换相应故障部件
遥控时中央门锁控制系统不工作	遥控器电池电压不足	按压上锁或者开锁按钮，观察红灯是否闪亮	更换电池
	遥控器不能被识别		重新识别遥控器
	相关电路故障		维修相关电路
	遥控器接收器故障		更换接收器
	控制模块或者门控系统故障		更换故障的控制模块或门控系统

# 第八章 CAN 总线控制技术

## 第一节 概 述

目前,车辆局域网的概念已经渗透到了汽车的方方面面,网络在汽车技术中占有的地位也越来越重要。从简单的低速网络到如今的高速网络,从用于车身附件的简单网络到今天用于动力传动系统和影音娱乐系统的复杂网络,从基于总线的网络到今天基于短距离无线传输技术的无线网络,可以说汽车已经离不开网络,离开了网络的汽车技术已经不是技术发展的主流了。

随着车用电气设备越来越多,从发动机控制到传动系统控制,从行驶、制动、转向系统控制到安全保证系统及仪表报警系统,从电源管理到为提高舒适性而作的各种努力,使汽车电气系统形成一个复杂的大系统,而且这一系统都集中在驾驶室控制。另外,随着近年来 ITS 的发展,以 3G(GPS、GIS 和 GSM)为代表的新型电子通信产品的出现,对汽车的综合布线和信息的共享交互提出了更高的要求。

从布线角度分析,传统的电气系统大多采用点对点的单一通信方式,相互之间少有联系,这样必然需要庞大的布线系统。据统计,一辆采用传统布线方法的高档汽车中,其导线长度可达 2000 m,电气节点达 1500 个,而且根据统计,该数字大约每 10 年增长 1 倍,从而加剧了粗大的线束与汽车有限的可用空间之间的矛盾。无论从材料成本还是工作效率看,传统布线方法都不能适应汽车的发展。

从信息共享角度分析,现代典型的控制单元有电控燃油喷射系统、电控传动系统、防抱死制动系统(ABS)、防滑控制系统(ASR)、废气再循环控制、巡航系统和空调系统。为了满足各子系统的实时性要求,有必要对汽车公共数据实行共享,如发动机转速、车轮转速、油门踏板位置等,但每个控制单元对实时性的要求是因数据的更新速率和控制周期不同而不同的。这就要求其数据交换网是基于优先权竞争的模式,且本身具有较高的通信速率。CAN 总线正是为满足这些要求而设计的。

汽车网络技术的发展方向(CAN)分为高速和低速 CAN 总线,低速 CAN 的总线速度为 10 ~ 125 kb/s,高速为 250kb/s ~ 1Mb/s。德尔福开发的 CAN 总线系统是将发动机控制与变速箱连接在一起,因为汽车在换挡时需要发动机变换扭矩,以保持汽车行驶的平稳性。高速 CAN 应用在发动机、变速箱、ABS 等实时性要求强的控制模块,低速 CAN 主要是运用在车身控制模块领域,由于 CAN 总线的实现成本较高,并非都需要用 CAN 节点来实现连接。随着节点数的增加,这部分成本会增加许多,而 LIN(局部互连网络)对 MCU 要求的资源很少,普通的串行口就可以做,一般 LIN 子节点所用的 MCU 只需要几元。并且 LIN 总线正是针对相对简单的应用而设计的。因此在 CAN/LIN 网络中,CAN 节点可连接发动机、变速箱、仪表盘等,LIN 节点来连接门窗、后视镜、车灯等。

CAN 网络的上游是向传输速率更高的 FlexRay 协议发展,下游是向 LIN 协议发展。FlexRay 的速率高、更加安全可靠,但实现成本目前还较高,其接口和收发器方面要求均较高,精度和复



杂性更高。因此,未来几年内 CAN 总线仍占据汽车网络技术的主导。

为适应未来汽车多媒体娱乐系统发展的需要,未来 DVD、导航仪、汽车音响将通过数据总线集成在一起,以传输移动图像,这也就需要传输速率更高、更快的网络总线。目前市场上已开发出一种 MOST 标准网络,做音、视频娱乐通信,它是基于光纤的通信协议,传输速率可达 20Mb/s,在一些顶级车上已有应用。目前做 MOST 总线很复杂, MOST 网关需用支持多媒体的 32 位 MCU 实现,并需要大量的 16 位单片机做每个子系统的控制,它的应用还需汽车厂商、汽车电子厂商的共同推动。

未来整个网络将是 CAN、LIN(局部互连网络)、MOST 三网合一的整体。MOST 负责音视频, CAN 负责重要的电子控制单元,如发动机、ABS、安全气囊等, LIN 负责次要的电子控制单元,如门窗、车灯等。X-by-Wire 技术的推动也将缔造如此堪称“完美”的网络组合。

从汽车网络技术的发展来看,短时间之内,有线网络还是应用的主体,这里介绍目前应用最为广泛的 CAN 总线局域网。

## 第二节 CAN 数据传输系统

### 一、CAN 数据传输系统

德国 Bosch 公司为解决现代车辆中众多的控制和数据交换问题,开发出一种 CAN(Controller Area Network)现场总线通信结构,是控制单元通过网络交换数据。CAN 总线硬件连接简单,有良好的可靠性、实时性和性能价格比。CAN 总线能够满足现代自动化通信的需要,已成为工业数据总线通信领域中最为活跃的一支。其主要特点是:

(1) CAN 总线为多主站总线,各节点均可在任意时刻主动向网络上的其他节点发送信息,不分主从,通信灵活;

(2) CAN 总线采用独特的非破坏性总线仲裁技术,优先级高的节点优先传送数据,能满足实时性要求;

(3) CAN 总线具有点对点、一点对多点及全局广播传送数据的功能;

(4) CAN 总线上每帧有效字节数最多为 8 个,并有 CRC 及其他校验措施,数据出错率极低,万一某一节点出现严重错误,可自动脱离总线,总线上的其他操作不受影响;

(5) CAN 总线只有两根导线,系统扩充时,可直接将新节点挂在总线上即可,因此走线少,系统扩充容易,改型灵活;

(6) CAN 总线传输速度快,在传输距离小于 40 m 时,最大传输速率可达 1 Mb/s;

(7) CAN 总线上的节点数主要取决于总线驱动电路,在 CAN2.0B 标志中,其报文标志符几乎不受限制。

总之, CAN 总线具有实时性强、可靠性高、通信速率快、结构简单、互操作性好、总线协议具有完善的错误处理机制、灵活性高和价格低廉等特点。

CAN 数据总线可以比作公共汽车,如图 8-1 所示。以前许多人骑着自行车来来往往,现在这些人是乘坐公共汽车,公共汽车可以运输大量乘客,即 CAN 数据总线包含大量的数据信息,故数据总线又称 BUS 线。

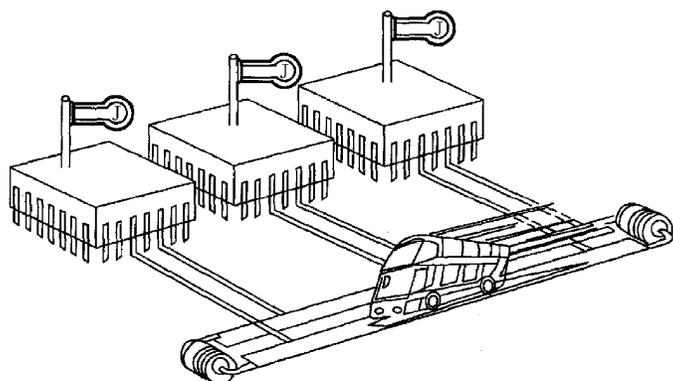


图 8-1 CAN 数据传输模式

## 二、CAN 数据传输系统的构成和工作原理

### (一) CAN 数据传输系统的构成

#### 1. 采用数据总线的原因

我们知道,汽车两块电脑之间的信息传递,有几个信号就要有几条信号传输线(信号传输线的接地端可以采用公共回路),如图 8-2 所示,5 个信号就需要 5 条数据线来传递。如果传递信号项目多,还需要更多的信号传输线,这样会导致电控单元针脚增加、线路复杂、故障率增多及维修困难,所以,这种数据传递形式只适用于有限信息量的数据交换。

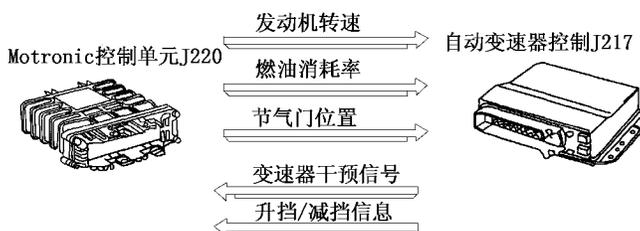


图 8-2 传统车型数据传输模式

鉴于上述原因,现代一些新型高档轿车各控制单元间的所有信息都通过两根数据线进行交换,即 CAN

数据总线。例如,宝莱轿车发动机控制单元 J220 与自动变速器控制单元 J217 之间需要传输 5 个信号,通过 CAN 数据总线仅需要两条双向数据线即可进行传递,如图 8-3 所示。

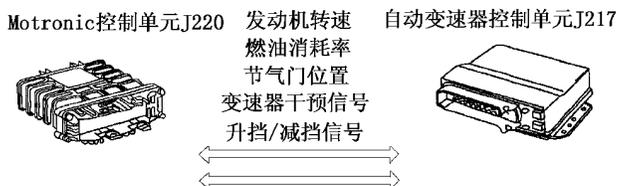


图 8-3 宝莱轿车 CAN 数据传输模式

通过这种数据传递形式,不管控制单元的多少和信息容量的大小,所有的信息都可以通过这两条数据线进行传递,所以,如果控制单元间进行大量的信息交换,CAN 数据总线也能完全胜任。



## 2. 数据总线

一辆汽车不管有多少电控单元,不管信息容量有多大,每块电控单元都只需引出两条导线共同接在两个节点上,这两条导线就称为数据总线。

CAN 数据总线是控制单元间的一种数据传递形式,它与各个控制单元连接在一起就成为数据传输系统。一个控制单元从整个系统中获得的信息越多,那么它控制自身功能会更全面。

在动力传动系统中,发动机控制单元、自动变速器控制单元和 ABS 控制单元组成了一个完整的 CAN 系统;在舒适系统中,中央控制系统和车门控制系统组成了一个完整的 CAN 系统,如图 8-4 所示。

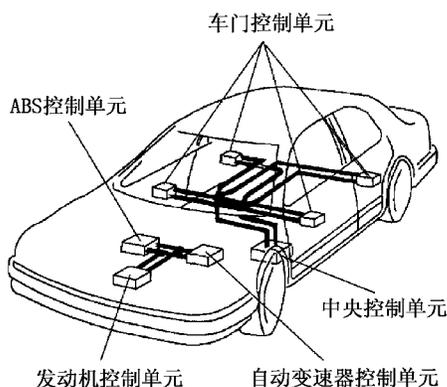


图 8-4 CAN 数据传输系统在动力传动和舒适系统的应用

## 3. CAN 数据传输系统的优点:

CAN 数据传输系统有以下优点:

(1) 将传感器信号线减至最少,使更多的传感器信号进行高速数据传递。

(2) 控制单元和控制单元插脚最小化应用,从而节省更多有用空间。

(3) 如果系统需要增加新的功能,仅需软件升级即可。

(4) 各控制单元对所连接的 CAN 总线进行实时监测,如出现故障,该控制单元会存储故障码。

(5) CAN 数据总线符合国家标准,可使一辆车上不同厂家的控制单元更方便地进行数据交换。

## 4. CAN 数据传输系统的构成

CAN 数据传输系统中每块控制单元的内部增加了一个 CAN 控制器、一个 CAN 收发器,每块控制单元外部连接了两条 CAN 数据总线,如图 8-5 所示。在系统中作为中断的两块控制单元,其内部还装有一个数据传递终端(有时数据传递终端安装在控制单元外部)。

(1) CAN 控制器。CAN 控制器的作用是接收控制单元中微处理器发出的数据,处理数据并传给 CAN 收发器。同时,CAN 控制器也接收收发器收到的数据,处理数据并传给微处理器。

(2) CAN 收发器。CAN 收发器是一个发送器和接收器的组合,将 CAN 控制器提供的数据转化成电信号并通过数据总线发送出去,同时,它也接收总线数据,并将数据传到 CAN 控制器。

(3) 数据传输终端。数据传输终端

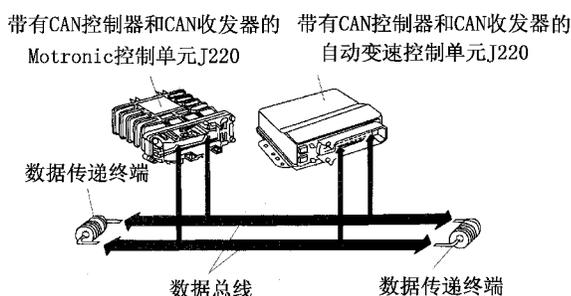


图 8-5 CAN 数据点线的总成

实际是一个电阻,作用是避免数据传输终了反射回来,产生反射波而使数据遭到破坏。

(4) CAN 数据总线。CAN 数据总线用以传输数据的双向数据线,分为 CAN 高位(CAN - High)和低位(CAN - Low)数据线。数据没有指定接收器,数据通过数据总线发送给各控制单元,各控制单元接收后进行计算。

### 5. 数据传递过程

每条数据的传递包括以下 5 个过程:

- (1) 提供数据。控制单元向 CAN 控制器提供需要发送的数据。
- (2) 发送数据。CAN 收发器接收由 CAN 控制器传来的数据,转为电信号并发送。
- (3) 接收数据。CAN 系统中,所有控制单元转为接收器。
- (4) 检查数据。控制单元检查判断所接收的数据是否是所需要的数据。

(5) 接受数据。如果接收的数据重要,它将被接受并进行处理,否则被忽略掉。

整个数据传递过程如图 8-6 所示。

#### (二) CAN 数据的构成

CAN 数据总线在极短的时间里,在各控制单元间传递数据,一条数据的形成由 7 个区域组成,即开始域、状态域、检查域、数据区、安全域、结束域和确认域,如图 8-7 所示,该形式在两条数据传输线上是一样的。

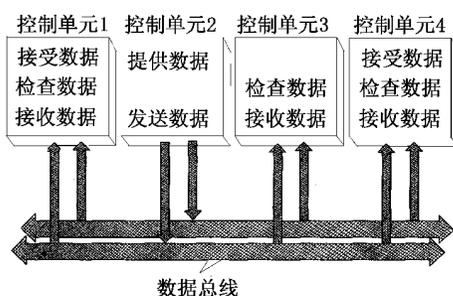


图 8-6 CAN 数据的传递过程

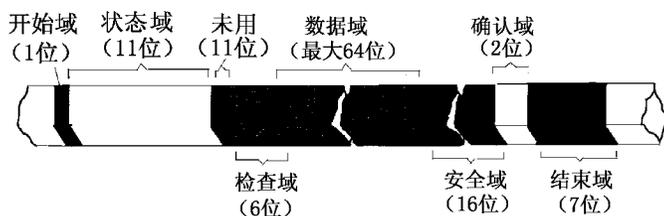


图 8-7 CAN 数据的构成

#### (三) CAN 数据的产生和发送优先权

##### 1. 数据的产生

数据由多位构成,每一位只有“0”或“1”两个值或状态。下例是解释“0”或“1”的状态是如何产生的:

(1) 灯开关。打开或关闭灯,这说明灯有 2 个不同状态:灯开关处于值“1”的状态时,开关闭合,灯亮;灯开关处于值“0”的状态时,开关断开,灯不亮。从原理上讲,CAN 数据总线的功能与此完全相同。

(2) 发送器。发送器也能产生两个不同的状态:位值为“1”的状态时,发送器打开,在舒适系统中电压为 5 V(动力传递系统中,电压大约 2.5 V)。相同电压施加到传递线上,在舒适系统中,大约为 5 V 电压(动力传递系统中,电压大约 2.5 V);位值为“0”的状态时,发送器关闭,接地,传输线同样接地,大约为 0 V。

(3) 如果位 1 和位 2 都是传递表中的信息则显示“电动窗工作”或“冷却液温度为 10 ”。



(4) 通过 2 个位,可以产生 4 个变化。其中每一项信息都可以由每一个变化状态表示,并与所有的控制电压相联系。

## 2. CAN 数据发送的优先权

如果多个控制单元要同时发送各自的数据,那么系统就必须决定哪一个控制单元首先进行发送。具有最高优先权的数据应首先发送。基于安全考虑,由 ABS/EDL 控制单元提供的数据比自动变速器控制单元提供的数据(驾驶舒适)更重要。

数据的每一个位都有一个值,这个值定义为电位。这样就有 2 个可能:高电位(值为 0)或低电位(值为 1)。状态域由 11 位编码组成形式决定了其优先权。若 3 个控制单元同时发送数据,此时,在数据传输总线上进行 1 位、1 位的数据比较。如果一个控制单元发送了一个低电位,而检测到一个高电位,那么这个控制单元就停止发送,而转为接收器。举例说明,如图 8-8 所示。

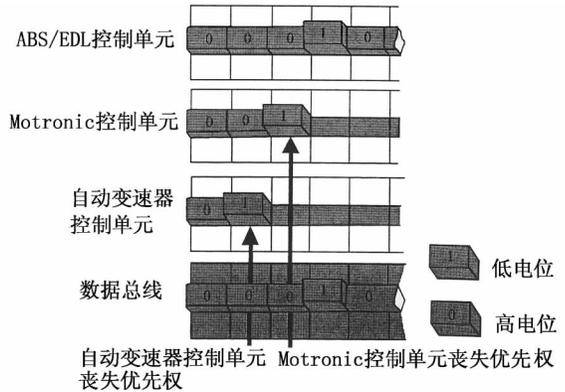


图 8-8 CAN 数据传递优先权的确定

图中第一位是开始域,它只有一位;从第二位开始是状态域,其中状态域中:

(1) 位 1。ABS/EDL 控制单元发送了一个高电位, Motronic 控制单元也发送了一个高电位;自动变速器控制单元发送了一个低电位,而检测到一个高电位,那么它将失去优先权,而转为接收器。

(2) 位 2。ABS/EDL 控制单元发送了一个高电位, Motronic 控制单元发送了一个低电位并检测到一个高电位,那么,它也失去优先权,而转为接收器。

(3) 位 3。ABS/EDL 控制单元,拥有最高优先权并且接收分配的数据。该优先权保证控制单元持续发送数据直至发送终了;ABS/EDL 控制单元结束发送数据报告后,其他控制单元再发送各自的数据报告。

## 3. CAN 数据总线防干扰

车辆中的干扰源是由电火花和电磁线圈开关联合作用产生的。其他干扰源还包括移动电话的发送站等。电磁波能够影响或破坏 CAN 的数据传送。为了防止外界电磁波干扰和向外辐射,CAN 总线采用两条线缠绕在一起的形式,如图 8-9 所示。两条线上的电位是相反的,如果一条线的电压是 5 V,另一条线就是 0 V,两条线上的电压和总等于常值,而且所产生的电磁场效应也会由于极性相反而互相抵消。所以通过这种方法,CAN 总线得到保护而免受外界电磁场干扰,同时 CAN 总线向外辐射也保持中性,即无辐射。

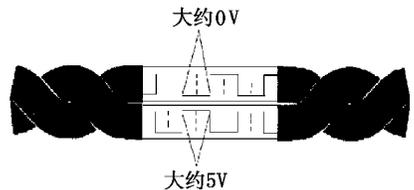


图 8-9 两条数据传输线缠绕一起防止外界辐射干扰

## (四) 汽车 CAN 网络结构

现代汽车典型的电控单元主要有发动机控制系统、悬架控制系统、制动防抱死控制系统

(ABS)、牵引力控制系统、ASR 控制系统、仪表管理系统、故障诊断系统、中央门锁系统、座椅调节系统、车灯控制系统等。所有这些子控制系统连接起来构成一个实时控制系统——指令发出去之后,必须保证在一定时间内得到响应,否则,就有可能发生重大事故。这就要求汽车上的 CAN 通信网络有较高的波特率设置。另外,汽车在实际运行过程中,众多节点之间需要进行大量的实时数据交换。若整个汽车的所有节点都挂在一个 CAN 网络上,众多节点通过一条 CAN 总线进行通信,信息管理配置稍有不妥,就容易出现总线负荷过大,导致系统实时响应速度下降的情况。这在实时系统中是不允许的,因此在对汽车上各节点的实时性进行了分析之后,根据各节点对实时性的要求,设计了高、中、低速三个速率不同的 CAN 通信网络,将实时性要求严格的节点组成高速 CAN 通信网络,将其他实时性要求相对较低的节点组成中速 CAN 通信网络,将剩下实时性要求不是很严格的节点组成低速 CAN 通信网络。并架设网关将这三个速率不同的三个通信网络连接起来,实现全部节点之间的数据共享。整个汽车的 CAN 通信网络拓扑结构如图 8-10 所示。

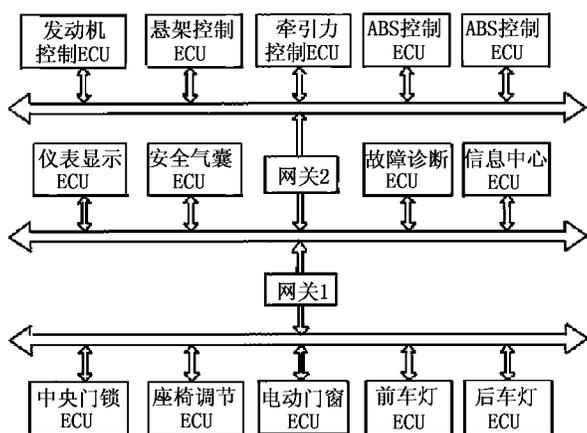


图 8-10 汽车 CAN 总线网络拓扑图

网关的主要作用是协调各个网络之间数据的共享,负责各节点之间的通信,其硬件结构与 CAN 节点非常相似。由于它负责高速与低速网络之间的数据共享,所以,必须同时跨接在两个网络之间。CAN 总线网关硬件框图如图 8-11 所示。

微处理器 MC9S12DP256 具有 5 个 CAN 模块,这里使用其中的两个:一个通过 MC33989 与低速网相连,实现与低速网的通信;另一个通过 MC33989 与高速网相连,实现高、低速网之间的通信以及对网络的管理。

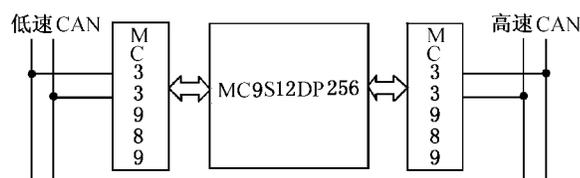


图 8-11 CAN 总线网关硬件框图

发动机控制系统、悬架控制系统、制动防抱死控制系统(ABS)、牵引力控制系统、ASR 控制系统这五个节点是汽车运行的核心部件,对时间响应要求严格,因此将这五个节点组成高速 CAN 通信网络,通信波特率设为 500 b/s。仪表管理系统、故障诊断系统等相对来说对实时性的要求较低,因此这些节点构成中速 CAN 通信网络,通信波特率设为 128 b/s。中央门锁系统、座椅调节系统、车灯控制系统对实时性要求不是很严格,它们构成低速通信网络,通信波特率设为 30 b/s。两个网关跨接高、中、低速三条总线,与各节点进行数据交换。网关通过对 CAN 总线间待传数据信息的智能化处理,可以确保只有某类特定的信息能够在网络间传输。



## 第三节 典型 CAN 数据传输系统

### 一、动力系统 CAN 数据传输系统

#### 1. 动力系统 CAN 数据传输系统的组成

动力系统 CAN 数据总线连接 3 块控制单元,如图 8-12 所示,它们是发动机、ABS/EDL 及自动变速器控制单元(动力 CAN 数据总线实际可以连接安全气囊、四轮驱动与组合仪表等控制单元)。总线可以同时传递 10 组数据,发动机控制单元 5 组、ABS/EDL 控制单元 3 组和自动变速器控制单元 2 组。数据总线以 500 kb/s 速率传递数据,这意味着传递速率处于 125~1000 kb/s 的速率范围(高速率),每一数据组传递大约需要 0.25 ms。每一控制单元 7~20 ms 发送一次数据。优先权顺序为:ABS/EDL 控制单元-发动机控制单元-自动变速器控制单元。在动力传动系统中,数据应尽可能快速传递,以便及时利用数据,所以需要有一个高性能的发送器。高速发送器会加快速火系统间的数据传递,这样使接收到的数据立即应用到下一个点火脉冲中去。CAN 数据总线连接点通常置于控制单元外部的线束中。在特殊情况下,连接点也可能设在发动机控制单元内部。

#### 2. 动力传动系统的信息

各控制单元所传递的信息非常多,例如,由 ABS 控制单元所决定的安全因素信息,由发动机控制单元所决定的点火控制和燃油喷射信息以及由自动变速器控制单元决定的驾驶方便性信息等。

#### 3. 动力传动系统中 CAN 数据总线的自诊断功能

可以使用 V. A. GI551 或 V. A. GI552 或 V. A. S5051 电脑诊断仪,分别进入 01、02、03 地址,对发动机、ABS/EDL 和自动变速器控

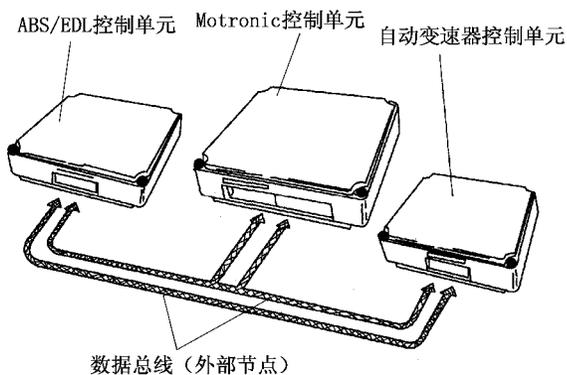


图 8-12 动力系统 CAN 数据传输系统

制单元进行自诊断,再进入功能码 02 查询 3 块控制单元是否储存 CAN 数据传输故障码。

例如,宝莱 1.8T 轿车 AUM 动力系统 CAN 数据传输故障码:

- ① SAE 码 P1626、V. A. G 码 18034——数据总线缺少来自自动变速器控制单元的信息。
  - ② SAE 码 P1636、V. A. G 码 18004——数据总线缺少来自安全气囊控制单元的信息。
  - ③ SAE 码 P1648、V. A. G 码 18056——数据总线损坏。
  - ④ SAE 码 P1649、V. A. G 码 18057——数据总线缺少来自 ABS/EDL 控制单元的信息。
  - ⑤ SAE 码 P1650、V. A. G 码 18058——数据总线缺少来自组合仪表控制单元的信息。
  - ⑥ SAE 码 P1682、V. A. G 码 18090——数据总线中来自发动机控制单元的信号不可靠。
  - ⑦ SAE 码 P1683、V. A. G 码 18091——数据总线中来自安全气囊控制单元的信号不可靠。
  - ⑧ SAE 码 P1683、V. A. G 码 18261——数据总线中来自 ABS/EDL 控制单元的信号不可靠。
- 得到系统的故障码后,再根据常规车型的诊断维修方法分系统去排除汽车的故障。

## 二、舒适系统 CAN 数据传输系统

### 1. 舒适系统 CAN 数据传输系统的组成

舒适系统 CAN 数据总线连接 5 块控制单元,包括中央控制单元及 4 个车门的控制单元。舒适系统 CAN 数据传递有 5 个功能:中央门锁、电动窗、照明开关、后视镜加热及自诊断功能。控制单元的各条传输线以星状形式汇聚一点,这样做的好处是:如果一个控制单元发生故障,其他控制单元仍可发送各自的数据。该系统使经过车门的导线数量减少,线路变得简单。如果线路中某处出现对地短路、对正极短路或线路间短路,CAN 系统会立即转为应急模式运行或转为单线模式运行。4 个车门控制单元都是由中央控制单元控制,只需较少的自诊断线。数据总线以 62.5 kb/s 速率传递数据,每一组数据传递大约需要 1 ms,每个控制单元 20 ms 发送一次数据。

各控制单元的优先权顺序为:中央控制单元—驾驶员侧车门控制单元—前排乘客侧车门控制单元—左后车门控制单元—右后车门控制单元。由于舒适系统中的数据可以用较低的速率传递,所以发送器性能比动力传动系统发送器的性能低,因而其价格也较低。

### 2. 舒适系统 CAN 数据传输系统的信息

舒适系统的信息主要有关于无线电遥控操作的信息、当前的中央门锁状态信息。如表 8-1 所示是司机侧车门控制单元的部分数据信息,包括中央门锁状态和电动窗状态信息。

表 8-1 舒适系统所传递的信息

功能状态	信息	数据位				位 值
		位 5	位 4	位 3	位 2	
中央门锁	基本状态			0 V	0 V	000
	安全			0 V	0 V	001
	锁止(中央门锁)			0 V	5 V	010
	车门打开			0 V	5 V	011
	车门锁止			5 V	0 V	100
	打开(中央门锁)			5 V	0 V	101
	信号错误 输入传感器			5 V	0 V	110
	错误状态			5 V	5 V	111
电动窗	运动中	0 V	0 V			00
	静止状态	0 V	5 V			01
	在行程范围内	5 V	0 V			10
	最上端停止点	5 V	5 V			11



### 3. 舒适系统电路图

如图 8-13 所示为舒适系统各控制单元和 CAN 数据传输系统的电路图。

### 4. 舒适系统中 CAN 数据总线的自诊断功能

可使用 V.A.G1551 或 V.A.G1552 进入地址码 46 对舒适系统控制单元进行自诊断,进入功能码 02 查询舒适系统中央控制单元是否储存故障码。例如,宝莱舒适系统中央控制单元 CAN 数据传输故障码:

- ① VAG 码 01328——舒适系统数据总线或控制单元存在故障。
- ② VAG 码 01329——舒适系统数据总线处于紧急模式。

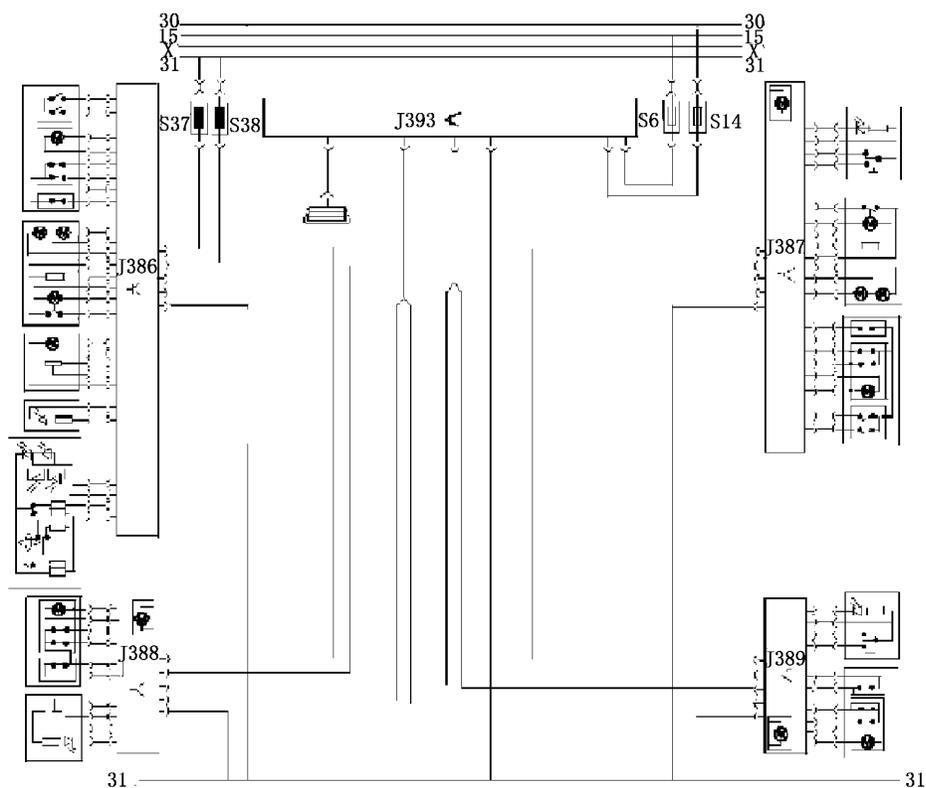


图 8-13 舒适系统的电路图

### 三、宝莱轿车 CAN 总线线路图

宝莱轿车 CAN 总线用于连接 ABS/EDL 控制单元、转向角传感器、四轮驱动控制单元,自动变速器控制单元,发动机控制单元,如图 8-14 所示。

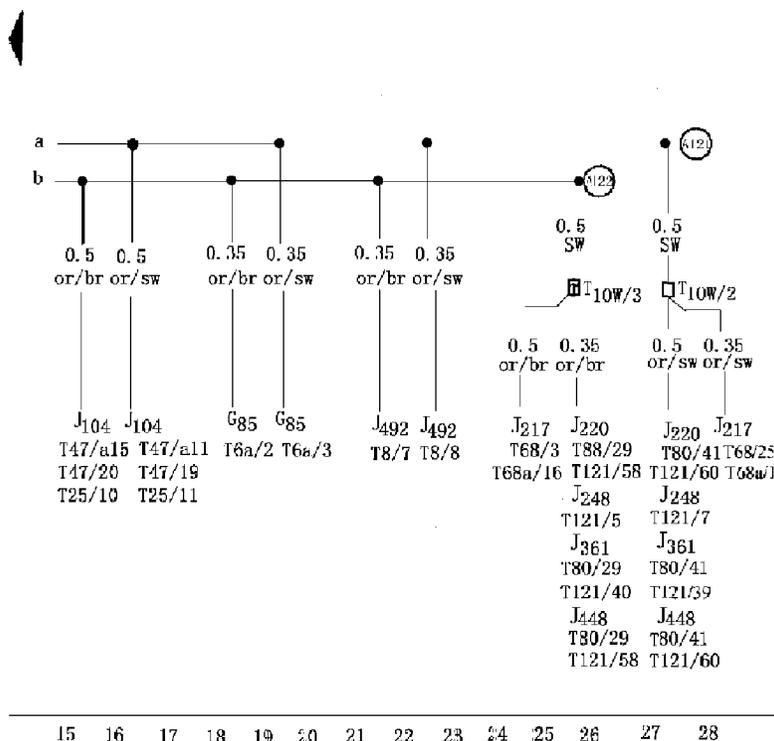


图 8-14 CAN 总线线路图

ws—白色 sw—黑色 ro—红色 br—棕色 en—绿色 bl—蓝色 gr—灰色 li—紫色 ge—黄色 or—橙色

图中 G85 为转向角度传感器,在转向柱上;J104 为 ABS、ABS 及 EDS 控制单元;J217 为自动变速器控制单元;J220 为多点喷射控制单元;J248 为直喷系统控制单元;J361 为 Simos 控制单元;J448 为 4AV/4LV/4MV 控制单元(喷射系统);J492 为四轮驱动控制单元,在后桥主传动器附近;T6a 为 6 脚插头;T8 为 8 脚插头;T10w 为 10 脚插头,白色,在插头保护壳体内,流水槽左侧;T25 为 25 脚插头,在 ABS/ABS 及 EDL 控制单元上;T47 为 47 脚插头,在 ABS 及 EDL、TCS/ESP 控制单元上(2000 年 8 月以后);T47a 为 47 脚插头,在 ABS 及 EDL、TCS/ESP 控制单元上(2000 年 7 月以前);T68 为 68 脚插头,用于 4 挡自动变速器(AG4);T68a 为 68 脚插头,用于 5 挡自动变速器(AG5);T80 为 80 脚插头;T121 为 121 脚插头;A(i21)为连接(high - bus),在仪表板线束内;AML 为连接(10W.bus),在仪表板线束内。