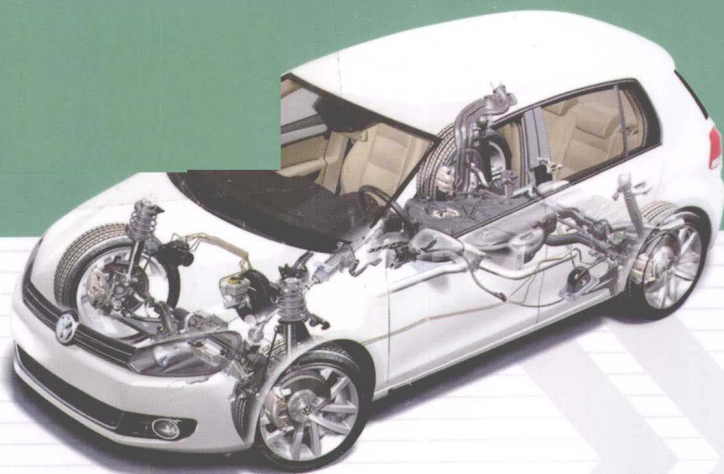




高职高专汽车类专业技能型教育规划教材

汽车底盘及车身 电控系统维修

QICHE DIPAN JI CHESHEN
DIANKONG XITONG WEIXIU



于京诺 主编



赠教学课件
www.cmpedu.com
www.golden-book.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高职高专汽车类专业技能型教育规划教材

汽车底盘及车身电控系统维修

主编 于京诺

参编 杨占鹏 谢在玉 宋进桂 梁桂航
于 慧 朱 良 姚美红



机械工业出版社

本书系统阐述了现代汽车底盘及车身电子控制系统的结构原理、故障诊断与维修方法。全书共分 10 章, 主要内容包括: 防抱死制动系统、驱动防滑转系统、电子稳定程序、巡航控制系统、安全气囊系统、电控悬架系统、电控动力转向系统与四轮转向系统、中央门锁与防盗系统、汽车导航系统、车载网络技术。在讲解各系统结构原理的基础上, 主要以大众车系和丰田车系为例介绍了各系统的故障诊断与维修方法, 并附有相应的实训项目, 有利于学生实践技能的培养。此外, 每一章都附有复习思考题, 以方便教学。

本书既可作为高等职业教育汽车运用与维修专业的教材, 又可作为其他相关专业的辅助教材, 还可以供汽车维修技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

汽车底盘及车身电控系统维修/于京诺主编. —北京:
机械工业出版社, 2010

高职高专汽车类专业技能型教育规划教材

ISBN 978-7-111-32432-4

I. ①汽… II. ①于… III. ①汽车—底盘—电子系统:
控制系统—车辆修理—高等学校: 技术学校—教材 ②汽
车—车体—电子系统: 控制系统—车辆修理—高等学校:
技术学校—教材 IV. ①U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 216084 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 徐 巍 责任编辑: 杜凡如 责任校对: 肖 琳

封面设计: 王伟光 责任印制: 乔 宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2011 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 20.25 印张 · 501 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-32432-4

定价: 49.80 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010)68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010)88379649

读者服务部: (010)68993821

封面无防伪标均为盗版

高职高专汽车类专业技能型教育规划教材

编 委 会

主 任 蔡兴旺(韶关大学)
副主任 胡光辉(湖南交通职业技术学院)
梁仁建(广东轻工职业技术学院)

编 委 (按姓氏笔画排序):

万 捷 (北京计划劳动管理干部学院)
马 纲 (江苏城市职业学院)
仇雅莉 (湖南交通职业技术学院)
戈秀龙 (嘉兴职业技术学院)
王 飞 (广州城市职业学院)
王一斐 (甘肃交通职业技术学院)
王海林 (华南农业大学)
刘 威 (北京计划劳动管理干部学院)
刘兴成 (甘肃交通职业技术学院)
纪光兰 (甘肃交通职业技术学院)
何南昌 (广州科技职业技术学院)
吴 松 (广东轻工职业技术学院)
张 涛 (沈阳理工大学应用技术学院)
李幼慧 (云南交通职业技术学院)
李庆军 (黑龙江农业工程职业学院)
李建兴 (宁波城市职业技术学院)
李泉胜 (嘉兴职业技术学院)
陈 红 (广州科技职业技术学院)
范爱民 (顺德职业技术学院)
范梦吾 (顺德职业技术学院)
贺大松 (宜宾职业技术学院)
赵 彬 (无锡商业职业技术学院)
赵海波 (沈阳理工大学应用技术学院)
夏长明 (广州金桥管理干部学院)
钱锦武 (云南交通职业技术学院)
曹红兵 (浙江师范大学职业技术学院)
黄红惠 (江苏城市职业学院)
谭本忠 (广州市凌凯汽车技术开发有限公司)

序 言

据统计,“十一五”期间中国汽车运用维修人才缺口 80 万。未来 5 年汽车人才全面紧缺,包括汽车研发人才、汽车营销人才、汽车维修人才和汽车管理人才等。2003 年,教育部启动了“国家技能型紧缺人才培养项目”,“汽车运用与维修”是其中的项目之一。2006 年,教育部和财政部又启动了国家示范性高等职业院校建设计划,其中的一个重要内涵就是以学生为主体,以就业为导向,建立新的职教课程体系、教育模式与教学内容,而教材建设是最重要的一环。

为适应目前高等职业技术教育的形势,机械工业出版社汽车分社召集了全国 20 多所院校的骨干教师于 2007 年 6 月在广东省韶关大学组织召开“高职高专汽车类专业技能型教育规划教材”研讨会,确定了本套教材的编写指导思想和编写计划,并于 2007 年 8 月在湖南长沙召开“高职高专汽车类专业技能型教育规划教材”主编会,讨论并通过了本套教材的编写大纲。

本套教材紧紧围绕职业工作需求,以就业为导向,以技能训练为中心,以“更加实用、更加科学、更加新颖”为编写原则,旨在探索课堂与实训的一体化,具有如下特点:

1. 教材编写理念:融入课程教学设计新理念,以学生为主体,以老师为指导,以提高学生实践职业技能和创新能力为目标,理论紧密联系实际,思想性和学术性相统一。理论知识以够用为度,技能训练面向岗位需求,注重结合汽车后市场服务岗位群和维修岗位群的岗位知识和技能要求,使学生学完每一本教材后,都能获得该教材所对应的岗位知识和技能,反映教学改革和课程建设的新成果。

2. 教材结构体系:根据职业工作需求,采用任务驱动、项目导向的新模式构建新课程体系。理论教学与技能训练有机融合,系统性与模块化有机融合,方便不同学校、不同专业、不同实验条件剪裁选用。

3. 教材内容组织:精选学生终身有用的基础理论和基本知识,突出实用性、新颖性,以我国保有量较大的轿车为典型,注意介绍现代汽车新结构、新技术、新方法和新标准,加强“实训项目”内容的编写,引导学生在“做”中“学”。内容安排采用实例引导的方式,以激发学生的阅读兴趣,符合学生的认知规律。

4. 教材编排形式:图文并茂,通俗易懂,简明实用,由浅入深,深浅适度,符合高职学生的心理特点。每一章均结合人力资源和社会保障部职业资格考试要求,给出复习思考题,使教学与职业资格考试有机结合。

此外,为构建立体化教材,方便教师和学生学习,本套教材配备了实训指导光盘和



多媒体教学课件。实训指导光盘的内容为实训项目的规范性操作录像和相关资料，附在教材中；多媒体教学课件专供任课教师采用，可在机工教材服务网(www.cmpedu.com)免费下载。

虽然本套教材的各参编院校在教、学、做一体化教学方面进行了有益的探索，但限于认识水平和工作经历，教材中难免仍有许多不足之处，恳请各位专家、同行给予批评指正。

高职高专汽车类专业技能型教育规划教材编委会

前 言

近年来,随着汽车电子控制技术的飞速发展,在汽车底盘及车身的系统和部件中,越来越多地采用了新的电子控制技术。为了使汽车运用与维修专业及其相关专业的学生和技术人员能够及时了解汽车底盘及车身电子控制系统的有关知识,掌握汽车底盘及车身电子控制系统故障诊断与维修的基本技能,我们编写了本教材。

本教材按照深入浅出、理论与实践相结合、注重实践技能培养的原则,在讲解汽车底盘及车身各主要电控系统结构、原理的基础上,重点介绍了故障诊断与维修的方法,并且在每一章的后面都附有相应的实训项目,以加强对学生理论应用于实际能力的培养以及实践技能的培养。本教材介绍的电控系统故障诊断与维修内容以及在实训项目中所涉及的典型车型,以常见的大众车系和丰田车系为主,这既考虑到这些车型在电控技术方面所具有的代表性,又考虑到学校对于相关实验、实习设备配备的方便性。除此之外,在每章的前面都给出了学习目标,后面附有复习思考题,以利于学生的学习和教师组织教学。

本教材由于京诺担任主编,第1章、第2章由于京诺编写;第3章由杨占鹏编写;第4章、第9章由朱良编写;第5章由谢在玉编写;第6章、第7章由于慧编写;第8章由宋进桂编写;第10章由梁桂航编写;姚美红参加了部分编写工作。本教材在编写过程中还得到了何全民、栾琪文、陈涛等的大力支持,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在错误或疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

序言

前言

第1章 防抱死制动系统(ABS) 1

1.1 概述 1

1.2 ABS 主要部件的结构和工作原理 8

1.3 典型防抱死制动系统 19

1.4 ABS 的故障诊断与维修 31

本章小结 34

复习思考题 36

实训项目1 轮速传感器的检测 38

实训项目2 ABS 执行元件测试 40

实训项目3 制动系统排气 41

第2章 驱动防滑转系统(ASR) 42

2.1 概述 42

2.2 ASR 的基本组成和工作原理 45

2.3 典型汽车驱动防滑转系统的检修 47

本章小结 55

复习思考题 56

实训项目4 雷克萨斯LS400 轿车 TRC 系统 压力传感器和制动主继电器及 其电路检测 58

实训项目5 雷克萨斯LS400 轿车 TRC 执行 器及其电路检测 60

第3章 电子稳定程序(ESP) 63

3.1 概述 63

3.2 ESP 主要部件的结构和工作原理 65

3.3 宝来轿车电子稳定程序 68

3.4 雷克萨斯LS400 轿车车辆稳定性 控制系统 71

本章小结 75

复习思考题 76

实训项目6 宝来轿车 ESP 传感器信号 检测 77

第4章 巡航控制系统(CCS) 78

4.1 概述 78

4.2 巡航控制系统的组成与原理 79

4.3 巡航控制系统的使用 88

4.4 巡航控制系统故障诊断与维修 90

本章小结 97

复习思考题 98

实训项目7 巡航控制系统主要部件的 检测 100

第5章 安全气囊系统(SRS) 102

5.1 概述 102

5.2 SRS 主要部件的结构与工作原理 104

5.3 装备安全带预紧器的安全气囊系统 113

5.4 安全气囊系统故障诊断与维修 115

本章小结 123

复习思考题 124

实训项目8 故障码的读取与清除 126

实训项目9 丰田花冠轿车 SRS 故障 诊断 128

第6章 电控悬架系统 130

6.1 概述 130

6.2 电控悬架系统的结构与工作原理 132

6.3 电控悬架系统工作过程 146

6.4 典型汽车电控悬架系统 154

6.5 电控悬架系统的检修 163

本章小结 170

复习思考题 171

实训项目10 电控悬架系统的基本检查 174

实训项目11 高度传感器及悬架执行器的 检修 176

第7章 电控动力转向系统与四轮转向 系统 179

7.1 概述 179

7.2 电控动力转向系统的结构与工作 原理 180



7.3 典型汽车电控动力转向系统	190	9.2 汽车内部信息导航系统	246
7.4 电控动力转向系统故障诊断与检修 ...	193	9.3 无线电导航系统	251
7.5 四轮转向控制系统	197	9.4 一汽威驰轿车导航系统	261
本章小结	205	本章小结	276
复习思考题	206	复习思考题	277
实训项目 12 电控动力转向系统的基本 检查	208	实训项目 16 威驰轿车导航系统的自诊断 测试	278
实训项目 13 电控动力转向系统电路故障 检修	210	第 10 章 车载网络技术	280
第 8 章 中央门锁与防盗系统	211	10.1 概述	280
8.1 中央门锁系统	211	10.2 控制器局域网	286
8.2 防盗系统	221	10.3 汽车网络应用实例	300
本章小结	235	本章小结	309
复习思考题	235	复习思考题	310
实训项目 14 雷克萨斯 LS400 轿车中控门 锁系统电源电路检修	237	实训项目 17 大众汽车 CAN 总线系统的 故障诊断与维修	311
实训项目 15 雷克萨斯 LS400 轿车中控门 锁系统各开关电路的检修 ...	239	实训项目 18 多路传输系统通信线路的 故障诊断	313
第 9 章 汽车导航系统	243	参考文献	315
9.1 概述	243		

第1章

防抱死制动系统 (ABS)



学习目标:

- 了解 ABS 的基础理论。
- 了解 ABS 的组成和分类。
- 掌握 ABS 传感器的结构和工作原理。
- 掌握 ABS ECU 的结构和工作原理。
- 掌握 ABS 制动压力调节器的结构和工作原理。
- 掌握 ABS 故障诊断与维修方法。

1.1 概述

汽车防抱死制动系统 (Anti-Lock Brake System, 简称 ABS), 是汽车上的一种主动安全装置。其作用是在汽车制动时防止车轮抱死, 以缩短制动距离, 提高汽车制动过程中的方向稳定性和转向控制能力, 改善汽车的行驶安全性。

1.1.1 ABS 的基础理论

1. 汽车制动时的附着条件

汽车制动时, 车轮制动器的制动力矩约束车轮转动, 因此会有地面制动力 F_x 作用于车轮使汽车减速。地面制动力 F_x 是轮胎与地面之间的摩擦力, 与汽车的行驶方向相反, 是使汽车减速的外力。地面制动力越大, 汽车的制动效能越高。

当制动器制动力矩比较小时, 随着制动器制动力矩的增大, 地面制动力 F_x 也增大, 汽车制动减速度增大, 此时轮胎在路面上滚动。但随着制动器制动力的继续增大, 地面制动力将受到地面与轮胎之间的附着力 F_ϕ 的限制而不再增长, 当地面制动力 F_x 达到附着力 F_ϕ 时, 车轮便抱死滑移。因此地面制动力 F_x 只能小于或等于附着力 F_ϕ :

$$F_x \leq F_\phi \quad (1-1)$$

可见, 增大附着力 F_ϕ 是提高制动效能的关键。附着力 F_ϕ 是地面阻止车轮滑动所能提供的切向反作用力的极限值。附着力 F_ϕ 正比于地面对车轮的法向反作用力 F_z 以及车轮与地面之间的附着系数 φ , 即

$$F_\phi = F_z \varphi \quad (1-2)$$

在地面对车轮的法向反作用力 F_z 一定的情况下, 附着力的的大小取决于附着系数 φ 。附着系数 φ 的大小与路面和轮胎的性质有关, 还与车轮的滑移率有关。



2. 车轮滑移率

汽车行驶时车轮有三种运动状态：当汽车低速滑行时，可以认为车轮是作纯滚动；当汽车处于驱动状态时，驱动车轮在滚动的同时存在一定程度的滑转；当汽车处于制动状态时，制动车轮在滚动的同时存在一定程度的滑移。

车轮滑移率是表示制动过程中车轮滑移程度的。滑移率是指车速与车轮速度的差值与车速之比。滑移率 s 的表达式为：

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

式中 v ——车速(m/s)；

v_{ω} ——车轮速度(m/s)；

r ——车轮半径(m)；

ω ——车轮转动角速度(rad/s)。

车轮在路面上纯滚动时， $v = v_{\omega}$ ， $s = 0$ ；车轮完全抱死时（即在路面上纯滑移）， $\omega = 0$ ， $s = 100\%$ ；车轮在路面上边滚动边滑移时， $v > v_{\omega}$ ， $0 < s < 100\%$ 。车轮滑移率越大，说明车轮运动中滑动成分所占比例越大。汽车制动时，在路面附着系数以及作用于车轮上的垂直载荷一定的情况下，车轮制动器的制动力矩越大，车轮的滑移率将越大。

3. 附着系数与滑移率的关系

车轮与地面之间的附着系数 φ 会随着车轮滑移率的变化而变化，如图 1-1 所示。从图中可以看出：

1) 路面性质不同，附着系数不同。干燥路面附着系数大，潮湿路面附着系数小，冰雪路面附着系数更小。

2) 在同一种路面上，附着系数随滑移率的变化而变化，并且除了雪地的纵向附着系数曲线以外，其他各种路面附着系数曲线的变化趋势大致相同。

下面以常见的干燥硬实路面为例，说明附着系数与滑移率之间的关系。图 1-2 所示为干燥硬实路面纵向附着系数 φ_x 和横向附着系数 φ_y 随滑移率 s 的变化规律。

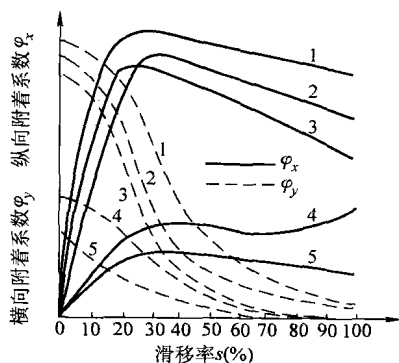


图 1-1 附着系数与滑移率的关系

1—水泥(干) 2—沥青(干) 3—沥青(湿)

4—雪(松) 5—冰

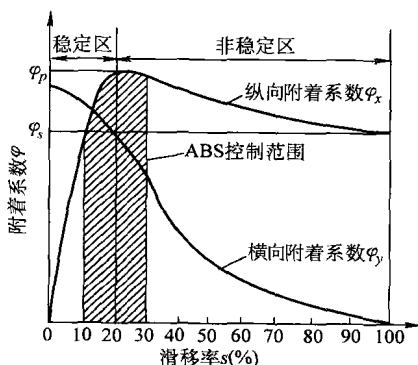


图 1-2 干燥硬实路面附着系数与滑移率之间的关系



从图 1-2 中可以看出,开始时随着滑移率的增大,纵向附着系数 φ_x 迅速增大,当滑移率达到约 20% 时,纵向附着系数达到最大值,被称为峰值附着系数,用 φ_p 表示。与峰值附着系数对应的车轮滑移率称为峰值附着系数滑移率,用 s_p 表示。此后随着滑移率的继续增大,纵向附着系数逐渐减小,进入到制动非稳定区。当滑移率达到 100%,即车轮完全被抱死滑移时,其附着系数称为滑动附着系数,用 φ_s 表示。通常情况下滑动附着系数总是小于峰值附着系数,在干燥硬实路面上 φ_s 一般比 φ_p 小 10% ~ 20%;在潮湿硬实路面上 φ_s 一般比 φ_p 小 20% ~ 30%。

从图 1-2 中还可以看出,当滑移率为 0 时,横向附着系数 φ_y 最大,随着滑移率的增大,横向附着系数逐渐减小,当滑移率达到 100% 时,横向附着系数接近于零。

4. 汽车采用 ABS 的必要性

汽车制动时,车轮与路面之间的纵向附着系数 φ_x 影响汽车的制动距离,纵向附着系数越大,制动距离越短。车轮与路面之间的横向附着系数 φ_y 影响汽车制动时的方向稳定性和转向控制能力,横向附着系数越大,制动时的方向稳定性和转向控制能力越好。由上述的附着系数与滑移率之间的关系可知,当汽车制动时如果将车轮完全抱死,滑移率达到 100%。就纵向附着系数而言,其滑动附着系数低于峰值附着系数,这将使车轮完全抱死时的制动距离比具有峰值附着系数时的制动距离变长;就横向附着系数而言,由于在车轮抱死时的横向附着系数接近于零,汽车几乎失去了横向附着能力,因此使汽车的方向稳定性变差,一旦汽车遇到横向干扰力的作用,就可能产生侧滑、甩尾甚至回转等情况。另外,一旦转向车轮抱死,当需要汽车转弯时,尽管驾驶员操纵转向盘使转向车轮偏转,但由于转向轮已经失去了横向附着能力,转向轮将在路面上滑动,汽车不会按照转向轮偏转的方向行驶,而是沿汽车行驶惯性力的方向向前滑动,从而使汽车失去转向控制能力。

综上所述,汽车制动时车轮抱死会使制动距离变长,方向稳定性变差,失去转向控制能力,因此制动时应避免车轮抱死。汽车上采用 ABS 的目的就是避免制动时车轮抱死,将滑移率控制在 10% ~ 30%,在此范围内既有最大的纵向附着系数,使制动距离最短,又有较大的横向附着系数,以获得较好的横向稳定性和转向控制能力。

1.1.2 ABS 的组成和工作过程

ABS 是在传统制动系统的基础上,增加了一套防止车轮制动抱死的控制系统,如图 1-3 所示。ABS 通常由轮速传感器、ECU、制动压力调节器和 ABS 警告灯等组成。制动压力调节器主要包括电磁阀总成、液压泵总成和储液器等。

具有 ABS 的汽车并非只要制动 ABS 就起作用,当制动强度比较低时,ABS 不起作用,只有当制动强度达到一定程度 ABS 才起作用。汽车行驶时,轮速传感器会将每一个车轮的转速信号送至 ECU,汽车制动时,ECU 通过监测每一

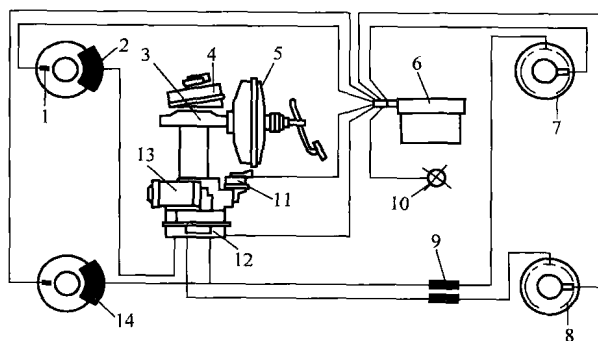


图 1-3 典型 ABS 系统的组成

- 1—轮速传感器 2—右前制动器 3—制动主缸 4—制动液罐
5—真空助力器 6—电子控制单元(ECU) 7—右后制动器
8—左后制动器 9—比例阀 10—ABS 警告灯 11—储液器
12—电磁阀总成 13—液压泵总成 14—左前制动器



个车轮的轮速信号判断车轮的运动状态,如果制动强度比较低,ECU 监测到的车轮滑移率较小,ABS 不起作用,此时的制动就是常规制动。随着制动踏板的继续踏下,制动强度增大,如果 ECU 监测到某一车轮滑移率增大到一定程度,ECU 将发出指令,控制制动压力调节器,使该车轮的制动压力降低或保持不变,防止该车轮滑移率的进一步增大,防止车轮抱死,将车轮滑移率控制在 10% ~ 30% 的理想范围。

图 1-3 中 ABS 警告灯装在仪表板上,当 ABS 系统的 ECU 检测出 ABS 系统有故障时,ABS 警告灯将点亮,提示驾驶员 ABS 系统出现了故障,ABS 警告灯还可用于闪烁输出故障码。

图 1-3 中的比例阀的作用是根据制动强度、载荷等因素来改变前、后制动器制动力的比值,使之接近于理想的前、后轮制动力分配曲线,提高制动效能。

1.1.3 ABS 的分类

生产 ABS 的厂家很多,主要有德国的博世(Bosch)、戴维斯(Teves)公司,美国的本迪克斯(Bendix)、凯尔西·海斯(Kelsey-Hayes)公司,及日本的电装(Nippondenso)公司等。这些公司生产了各种不同类型的 ABS,归纳起来可以按照以下方式分类:

1. 按总体结构布置分类

ABS 按总体结构布置分类可以分为整体式和分开式两类。整体式 ABS 是指 ABS 的制动压力调节器与制动主缸构成一个整体,结构紧凑、管路接头少,但结构复杂、成本较高,一般用于高级轿车。分开式 ABS 是指 ABS 的制动压力调节器与制动主缸分开布置,通过制动管路连接。分开式制动压力调节器在车上布置灵活,成本较低,但制动管路接头较多。目前大多数汽车采用分开式 ABS。

2. 按控制通道和传感器数目分类

所谓控制通道是指在 ABS 系统中能够独立进行制动压力调节的制动管路。按照控制通道数目分,ABS 可以分为四通道式、三通道式、二通道式和一通道式。

(1) 四通道式 四通道式 ABS 又可分为以下两种形式:

1) 四传感器、四通道、双管路前后布置(图 1-4a)。四通道 ABS 有 4 个轮速传感器,可以检测每一个车轮的运动状态。在通往 4 个车轮制动器轮缸的管路中,各设一路制动压力调节电磁阀,可以对每一个车轮制动器的制动压力进行单独调节,构成四通道控制形式。

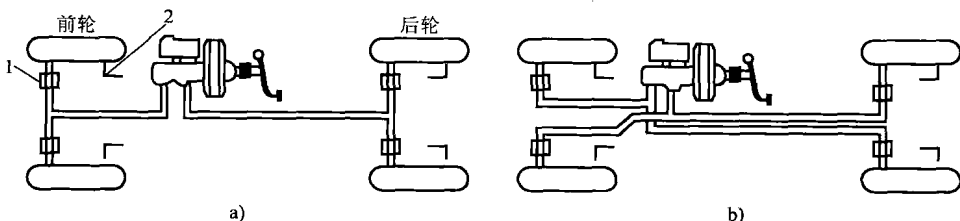


图 1-4 四通道 ABS

a) 双管路前后布置 b) 双管路 X 布置

1—制动压力调节器 2—轮速传感器

由于四通道 ABS 可以单独对每一个车轮进行制动压力控制,ECU 通过轮速传感器信号



监测到哪一个车轮趋于抱死, 就通过制动压力调节器限制哪一个车轮的制动压力, 因此附着系数利用率高, 制动时可以最大程度地利用每一个车轮的最大附着力, 使制动距离最短。四通道 ABS 的缺点是在某些情况下左右两侧制动力不平衡, 例如左右两侧车轮接触的路面附着系数不同, 或左右两侧车轮的垂直载荷相差过大, 就会造成两侧制动力相差较大, 产生制动跑偏, 影响汽车制动时的行驶安全性。

2) 四传感器、四通道、双管路 X 布置(图 1-4b)。这种形式与前一种的区别仅在于制动管路的布置不是前后管路布置, 而是 X 管路布置。

(2) 三通道式 三通道式 ABS 又可分为以下 3 种形式:

1) 四传感器、三通道、前后管路布置、前轮独立控制、后轮低选控制(图 1-5a)。三通道式 ABS 的两个前轮分别为两个通道, 可以单独对两个前轮的制动压力进行控制, 两个后轮共用一个通道, 两个后轮制动压力始终相等, 只能一起进行控制。

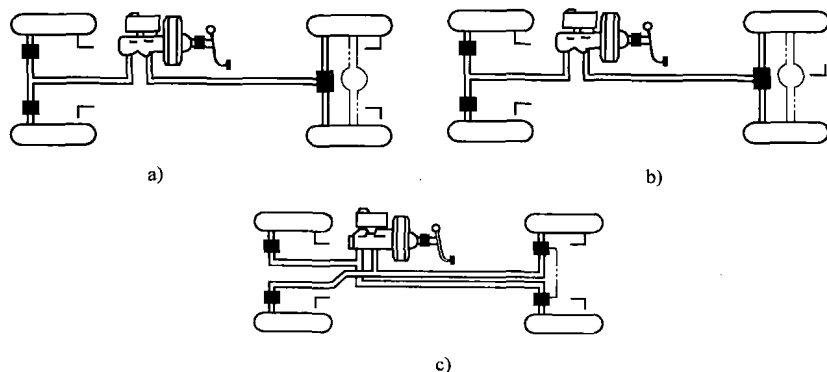


图 1-5 三通道 ABS

- a) 四传感器、三通道、双管路前后布置、前轮独立控制、后轮低选控制
- b) 三传感器、三通道、双管路前后布置、前轮独立控制、后轮低选控制
- c) 四传感器、三通道、双管路 X 布置、前轮独立控制、后轮低选控制

前轮独立控制是指可以对两个前轮的制动压力单独进行控制。这样控制的好处是由于轿车前轴的垂直载荷较大, 再加上制动时的载荷转移, 使前轮的制动力占汽车总制动力的比例较大(可达 70%), 前轮独立控制有利于充分利用两前轮的附着系数, 缩短制动距离。但是前轮独立控制可能导致制动过程中两前轮的制动力不相等, 但由于两前轮制动力不平衡对汽车行驶时方向稳定性的影响相对较小, 可以通过驾驶员的转向操纵对此造成的影响进行修正。

后轮低选控制是指在制动过程中, ECU 监测到两个后轮中的任何一个首先趋于抱死, 就同时对两个后轮的制动压力进行控制, 这就是所谓的后轮低选原则。两后轮按照低选原则进行控制时, 可以保证汽车在各种条件下两侧后轮的制动力相等, 即使两侧车轮与路面之间的附着系数相差较大, 两个车轮的制动力都限制在附着力较小一侧的车轮的附着力水平, 保证了汽车在各种条件下制动时都具有良好的方向稳定性。后轮低选原则的缺点是附着条件较好一侧车轮的附着系数不能充分利用, 与四通道、四轮独立控制的 ABS 系统相比, 制动距离稍长。

2) 三传感器、三通道、双管路前后布置、前轮独立控制、后轮低选控制(图 1-5b)。这



种形式与前一种的区别仅在于省去了一个轮速传感器，两个后轮共用一个安装在后桥主减速器上的轮速传感器。

3) 四传感器、三通道、双管路 X 布置、前轮独立控制、后轮低选控制(图 1-5c)。这种形式看起来像是四通道式，但实际上却是三通道式。虽然两后轮的车轮制动器分别与两条制动管路连接，管路彼此独立，并且在每一条制动管路都有一路制动压力调节电磁阀，但制动过程中 ECU 是按照低选原则对两侧后轮的制动压力同时进行控制，相当于两后轮制动器为一个通道。

(3) 二通道式 二通道式 ABS 又可分为三传感器二通道式、四传感器二通道式和二传感器二通道式 3 种形式(图 1-6)。二通道式 ABS 结构简单，成本低廉，但在制动时的方向稳定性、转向控制能力和制动效能等方面难以得到兼顾，目前较少采用。

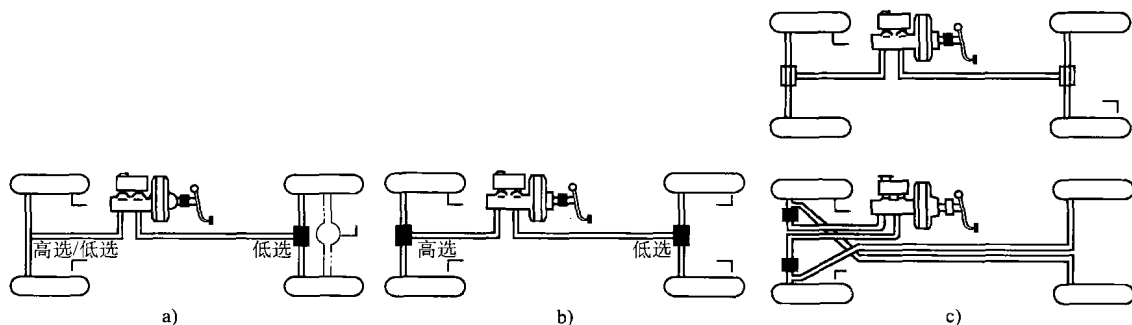


图 1-6 二通道 ABS

a) 三传感器二通道 b) 四传感器二通道 c) 二传感器二通道

(4) 一通道式 一通道 ABS(图 1-7)在后轮制动管路中设置一个制动压力调节器调节两后轮的制动压力，在后桥主减速器上安装一个轮速传感器，或者在两个后轮上各安装一个轮速传感器。一通道 ABS 通常都是按照低选原则对两后轮进行控制，这样使得附着条件较好的一侧后轮的附着系数不能得到充分利用，缩短制动距离的效果并不明显，但可以提高汽车制动时的方向稳定性。

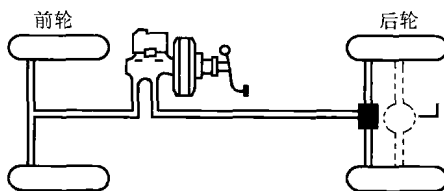


图 1-7 一通道 ABS

一通道式 ABS 对两个前轮没有进行控制，前轮的制动就是常规制动，因此在制动时前轮容易抱死，转向操纵性差。但由于对后轮采用了低选控制，能够明显提高制动时的方向稳定性，并且结构简单、成本低廉，所以某些轻型载货车上有应用。

1.1.4 ABS 的控制技术

1. ABS 的控制方式

ABS 无论采用哪种控制方式，其目的都是根据轮速、减速度、车速等信号，判断制动时车轮的运动状态，并通过调节车轮制动器轮缸的制动压力，将车轮滑移率控制在 10% ~ 30% 的范围内，从而获得最佳制动性能。

目前 ABS 的控制方式有车轮滑移率控制方式、逻辑门限值控制方式、最优化控制方式、



滑模动态变结构控制方式和模糊控制方式等。其中车轮滑移率控制方式和模糊控制方式需要使用成本较高的多普勒雷达检测车速,因此采用较少。在剩下的3种控制方式中,逻辑门限值控制方式由于实时响应好,执行机构比较容易实现而应用广泛。

逻辑门限值控制方式通常是把车轮的减速度(或角减速度)和加速度(或角加速度)作为主要控制门限,而把车轮滑移率作为辅助控制门限。通过检测车轮的角速度来计算车轮速度和加、减速度,再利用车轮速度和存储在存储器内的制动开始时的汽车速度计算车轮的参考滑移率。ABS工作时,将这些控制参数与预先设定的门限值进行比较,根据比较结果控制制动压力调节器的电磁阀动作来改变制动力的大小,并在控制过程中记录前一控制周期(在制动过程中,从制动减压、保压到增压为一个控制周期)的各个控制参数,再根据这些参数值确定下一个控制周期的控制条件。

2. ABS 的控制过程

根据道路附着条件的不同,ABS的控制过程通常分为高附着系数路面控制、低附着系数路面控制和附着系数由高到低的路面控制情况。下面以图1-8所示的高附着系数路面控制为例说明ABS的控制过程。

在制动初始阶段,车轮制动轮缸的制动压力随制动踏板力的增大而增大,车轮速度 v_w 下降,减速度增大,如图1-8中第1阶段曲线所示。由于制动力较小,车轮的运动状态还没有达到ABS起作用的条件,此阶段实际上为常规制动阶段。

当减速度增加到设定门限值 $-a$ 时,ABS ECU发出指令,使相应的电磁阀转换到“保持压力”状态,控制过程进入第2阶段——保压阶段。取此时的车轮速度为初始参考车速,然后按照给定的斜率计算或确定参考车速 v_{ref} ,由参考车速可以计算出任意时刻的车轮滑移率,称为参考滑移率。

将参考滑移率与设定的滑移率门限值 s_1 进行比较,如果参考滑移率小于滑移率门限值,表明车轮还工作在附着系数与滑移率关系曲线(图1-2)的稳定区,则继续维持“保压”状态,以充分利用路面附着系数。当参考滑移率大于滑移率门限值时,说明车轮已工作在附着系数与滑移率关系曲线的不稳定区,ABS ECU发出指令,使相应的电磁阀转换到“减压”状态,控制过程进入第3阶段——减压阶段。

减压后车轮制动力下降,在汽车惯性力作用下车轮减速度开始向正值方向变化,当车轮减速度的绝对值小于车轮减速度门限值 $-a$ 的绝对值时,ABS ECU使相应的电磁阀再次转换

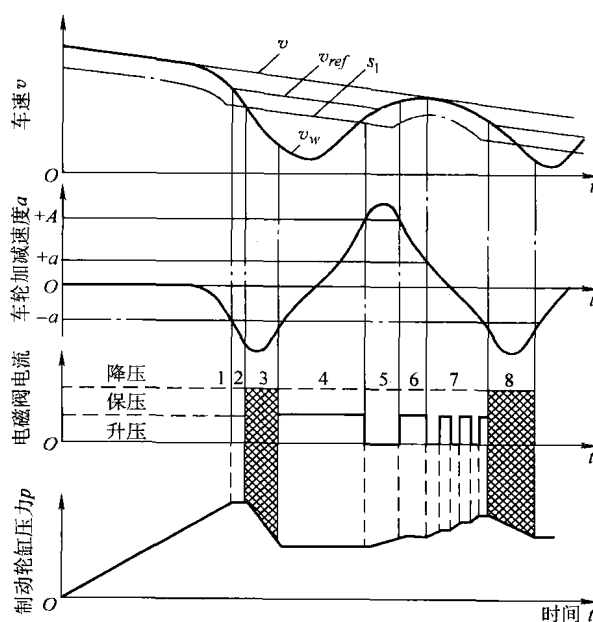


图1-8 高附着系数路面ABS的控制过程

v —车速 v_{ref} —参考车速 s_1 —滑移率门限值
 v_w —车轮速度 $+A$ 、 $+a$ —车轮加速度门限值
 $-a$ —车轮减速度门限值



到“保压”状态，控制过程进入第4阶段。

进入第4阶段后，由于汽车惯性力的作用，车轮减速度的绝对值越来越小而变为正值（加速度），如果车轮加速度未能超过第一个加速度控制门限值 $+a$ ，则判定路面情况为低附着系数，此时按照低附着系数路面的控制过程进行控制；如果车轮加速度超过第一个加速度控制门限值 $+a$ ，则继续“保压”；如果车轮加速度超过第二个加速度控制门限值 $+A$ 时，ABS ECU使制动压力进入第5阶段——“增压”阶段。

增压后，车轮加速度下降，当车轮加速度低于加速度控制门限 $+A$ 时，控制过程进入第6阶段——“保压”阶段，直至车轮加速度降低到加速度控制门限值 $+a$ 时，第6阶段结束。

此后，为了充分利用路面附着系数，进入“增压”和“保压”快速转换的第7阶段。由于制动压力的增大，车轮减速度大于设定门限值 $-a$ 时，控制过程进入第8阶段——“减压”阶段，ABS进入第二个控制周期，控制过程与上述相同。

ABS ECU按照设定的控制方式和控制过程，控制制动压力调节器以每秒2~10次的频率调节制动轮缸的压力，防止车轮抱死滑移，将各车轮的滑移率控制在理想滑移率附近，缩短汽车的制动距离，提高汽车制动时的方向稳定性和转向控制能力。

1.2 ABS主要部件的结构和工作原理

1.2.1 传感器

1. 轮速传感器

轮速传感器的作用是检测车轮转速，并将车轮转速信号送入ABS ECU。轮速传感器一般都安装在车轮处，但有些驱动车轮的轮速传感器安装在主减速器或变速器等传动系统部件中。目前ABS轮速传感器主要有电磁式和霍尔式两种。

（1）电磁式轮速传感器 电磁式轮速传感器主要由传感器和齿圈组成。安装在车轮处的轮速传感器如图1-9所示，齿圈安装在随车轮一起转动的部件上，如半轴、轮毂制动盘等，传感器安装在固定的部件上，如半轴套管、转向节、制动底板等。

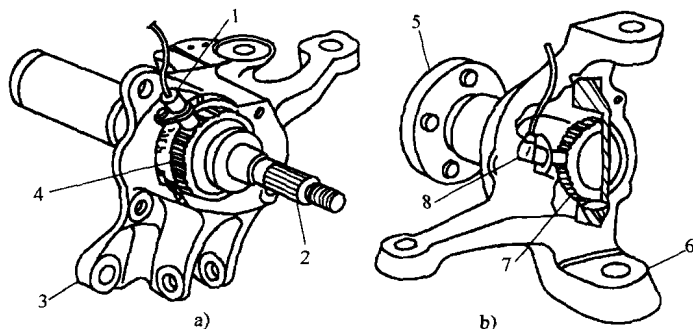


图1-9 安装在车轮处的轮速传感器

a) 驱动轮 b) 从动轮

1—电磁式轮速传感器 2—半轴 3—悬架支承 4—齿圈 5—轮毂

6—转向节 7—齿圈 8—电磁式轮速传感器