

高等院校教材

汽车电子控制技术

下册

付百学 主编



机械工业出版社
China Machine Press

高等院校教材

汽车电子控制技术

下册

付百学 主编

机械工业出版社

全书分上、下两册，重点介绍现代汽车电子控制技术。

上册介绍发动机微机控制系统的结构、原理、性能测试、故障诊断及维修知识，包括发动机电控燃油喷射系统、电子点火控制、怠速控制、排放控制与净化、失效保护、备用系统及检测设备使用、常见车型实例等。

本书是下册，介绍汽车制动防抱死系统、汽车驱动防滑转控制系统、电控自动变速器、汽车电控空调、安全气囊、巡航控制系统、电控悬架系统、中央门锁、汽车音响、信息与通信等电子控制装置的结构、原理、性能测试、故障诊断及维修知识与技能。

可作为大、中专院校汽车电子技术、汽车运用工程及汽车检测与维修等相关专业的教材，也可供汽车维修人员及工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车电子控制技术. 下册/付百学主编. —北京: 机械工业出版社, 2000. 8

ISBN 7-111-08151-X

I. 汽… II. 付… III. 汽车—电子控制—技术
IV. U463.61

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第63840号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑: 蓝伏金 王虹 版式设计: 霍永明 责任校对: 唐海燕

封面设计: 姚毅 责任印制: 郭景龙

中国农业出版社印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2000年9月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·19印张·465千字

0 001—4000册

定价: 30.00元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677—2527

前 言

随着汽车技术和电子技术的迅速发展，现代汽车为提高汽车动力性、经济性、安全性、舒适性，以及减少尾气排放污染而广泛采用了电子控制技术，且其技术日益成熟、迅速普及。目前，汽车工业发达国家在新生产的汽车上，已普遍采用了电子控制技术。国产轿车，如上海别克、帕萨特、广州本田、北京切诺基、奥迪、捷达、桑塔纳、富康、夏利、三星、三峰等也相继采用了电子控制技术。

电子控制技术在汽车上得到了广泛的应用，机电一体化使汽车的总体结构、工作原理以及使用维修等方面都发生了根本性的变化。从发动机的燃油喷射、点火控制、进气控制、排放控制、故障自诊断到底盘的传动系统、转向与制动系统，以及车身、辅助装置等都普遍采用了电子控制技术。为了帮助大中专院校汽车专业学生，以及汽车使用与维修人员全面系统地掌握现代汽车电子控制装置的结构、原理、使用维护、故障诊断、性能测试及维修等方面的内容，适应汽车新技术发展的需要，作者根据多年的教学实践、科学研究，以及维修工作经验，并参阅了大量的资料和专著，编写了《汽车电子控制技术》这套教材。该教材内容新、实用性强，图文并茂、通俗易懂，具有知识的系统性、完整性、科学性，可作为大中专院校汽车专业相关课程的教材，同时也可供汽车使用与维修人员参考。

本套教材分上、下两册。上册由南京交通高等专科学校何丹娅主编，由黑龙江工程学院付百学主审；下册由付百学主编，由何丹娅主审。

由于编者水平有限，书中难免出现疏漏、差错，恳请读者提出宝贵意见。

《汽车电子控制技术》(下册)

编写人员

主编：付百学（黑龙江工程学院）

副主编：何丹娅（东南大学）

参编人员：（按姓氏笔画排序）

方 铀（上海大学巴士汽车学院）

任成尧（山西省交通学校）

刘 勇（天津市交通局职工大学）

肖峰云（上海大学巴士汽车学院）

汪晓晖（江苏省南通航运学校）

严育忠（青海省交通职工大学）

陈 渊（广西大学机械工程学院）

罗 廉（广西大学机械工程学院）

张立新（辽宁交通高等专科学校）

张 锐（青海省交通职工大学）

南长根（江西农业大学工程技术学院）

彭朝晖（广西交通学校）

目 录

前言	
第一章 汽车电子控制防抱死制动系统 (ABS)	1
第一节 概述	1
一、ABS 的应用与发展	1
二、ABS 的基础知识	1
三、ABS 的优点	2
第二节 ABS 的组成、分类及控制方式	3
一、ABS 的组成	3
二、ABS 的分类	3
三、ABS 的控制技术	6
第三节 ABS 主要部件的结构与工作原理	9
一、传感器	9
二、电子控制单元	12
三、制动压力调节器	13
第四节 常见车型 ABS 的组成及控制电路	21
一、通用车系	21
二、丰田车系	25
三、奔驰车系	25
第五节 ABS 系统的正确使用与检修	30
一、使用与检修中的一般注意事项	30
二、系统检查和故障诊断的一般方法	31
三、故障代码的读取与清除	36
四、ABS 的检修	43
第二章 汽车驱动防滑转系统 (ASR)	49
第一节 概述	49
一、汽车行驶的附着条件	49
二、ASR 的控制方式	50
三、ASR 的特点	51
第二节 ASR 的基本组成及工作原理	52
一、ASR 的组成	52
二、ABS/ASR 系统	53
第三节 典型汽车驱动防滑转系统	54
第三章 汽车电子控制自动变速器 (ECT)	65
第一节 概述	65
一、自动变速器的应用情况	65
二、自动变速器的分类	65
三、电控自动变速器的控制原理	66
四、自动变速器操纵手柄的使用	66
第二节 电控自动变速器的结构与工作原理	67
一、液力变矩器	68
二、行星齿轮系统	73
三、液压控制系统	83
四、电子控制系统	90
第三节 电子控制自动变速器的维修	92
一、自动变速器性能检查	92
二、电子控制自动变速器自动控制诊断	102
三、自动变速器电控系统测试	104
四、故障诊断表	106
第四节 典型电控自动变速器的结构与维修	111
一、电控自动变速器的结构	111
二、自动变速器的分解	113
三、液力变矩器的检查	117
四、油泵的修理	117
五、离合器、制动器的修理	119
六、行星排、单向超越离合器的修理	123
七、阀板的修理	125
八、电控系统主要部件的修理	130
九、电控自动变速器 ECU 及其控制电路的维修	133

十、电控系统工作过程的检验·····	136	第二节 巡航控制系统的组成与工作	
十一、自动变速器的组装·····	138	原理·····	193
十二、自动变速器的安装与调整·····	141	一、操作开关·····	193
第四章 汽车电控自动空调 (A/T) ····	143	二、传感器·····	194
第一节 概述·····	143	三、巡航控制 ECU ·····	195
一、空调系统的作用及控制方法·····	143	四、执行器·····	196
二、电控自动空调系统的组成·····	145	第三节 巡航控制系统的使用·····	199
第二节 电控自动空调电控系统的主要		一、使用方法·····	199
部件·····	145	二、使用注意事项·····	199
一、传感器·····	145	第四节 典型巡航控制系统·····	200
二、执行元件·····	152	一、凌志轿车巡航控制系统·····	200
三、空调 ECU ·····	156	二、别克世纪轿车巡航控制系统·····	208
第三节 电控自动空调系统的控制功能·····	156	第七章 电子控制悬架系统·····	216
第四节 汽车空调系统常见故障诊断与		第一节 概述·····	216
排除·····	160	一、汽车悬架系统的功能·····	216
第五节 汽车电控自动空调系统的检修·····	163	二、分类·····	216
第五章 安全气囊 (SRS) ·····	168	第二节 工作原理·····	216
第一节 安全气囊的类型·····	168	一、半主动悬架系统工作原理·····	217
第二节 安全气囊的结构及工作原理·····	168	二、主动悬架系统工作原理·····	217
第三节 装备安全带收紧器的安全气囊		第三节 主要部件的结构·····	223
系统·····	175	一、悬架阻尼调节装置·····	223
一、装备安全带收紧器安全气囊系统的		二、空气悬架刚度调节装置·····	225
基本组成·····	175	三、车身高度控制装置·····	228
二、装备安全带收紧器安全气囊系统的		第四节 典型汽车电子控制悬架系统·····	231
工作原理·····	176	一、LS400 电子控制空气悬架系统控制	
第四节 安全气囊系统的故障诊断与		功能·····	231
维修·····	177	二、系统操作·····	231
一、福特轿车安全气囊系统的故障		三、系统组成及工作原理·····	232
诊断·····	177	四、系统线路及连接·····	234
二、丰田汽车安全气囊系统的故障		第五节 故障诊断·····	238
诊断·····	179	一、凌志 LS400 电控悬架故障自诊断	
三、宝马汽车安全气囊系统的故障		系统·····	238
诊断·····	185	二、凯迪拉克戴维尔轿车电控悬架故	
四、安全气囊系统的故障检查·····	187	障自诊断系统·····	239
第六章 巡航控制系统 (CCS) ·····	192	第八章 中央门锁系统 ·····	241
第一节 概述·····	192	第一节 系统的组成及功能·····	241
一、汽车巡航控制系统的作用·····	192	一、元件及功能·····	241
二、汽车巡航控制系统的发展与现状·····	192	二、元件安装位置·····	243

第二节 中央门锁控制系统·····	243	一、音响故障部位的诊断·····	260
一、门锁控制系统电路·····	243	二、对照原理图查找各元器件的实际位置·····	263
二、功能控制·····	244	三、故障检测方法·····	263
第三节 检修·····	247	四、检修注意事项·····	266
一、故障检查·····	247	五、汽车音响系统实例·····	267
二、检查程序·····	247	第十章 信息与通信 ·····	276
第九章 汽车音响系统 ·····	251	第一节 汽车电子仪表·····	276
第一节 特点及发展情况·····	251	一、概述·····	276
一、特点·····	251	二、电子显示装置·····	276
二、汽车音响的新技术·····	252	三、电子仪表板·····	279
第二节 基本组成·····	253	四、汽车电子仪表·····	283
一、信号源设备·····	253	五、综合信息系统·····	284
二、放大器·····	255	第二节 车辆导航系统·····	286
三、扬声器系统·····	256	一、特点·····	286
第三节 汽车音响的使用与维护·····	256	二、组成与原理·····	286
一、汽车收音机的使用与维护·····	256	三、系统的研制与应用·····	288
二、激光电唱机的使用与维护·····	257	四、系统的发展趋势·····	290
三、磁带收音机的使用与维护·····	259	第三节 蜂窝电话·····	290
第四节 汽车音响的检修·····	260		

第一章 汽车电子控制防抱死制动系统 (ABS)

第一节 概 述

一、ABS 的应用与发展

汽车防抱死制动系统 (Anti-Lock Brake System) 简称为 ABS, 是汽车上的一种主动安全装置, 用于汽车制动时防止车轮抱死拖滑, 以提高汽车制动过程中的方向稳定性、转向控制能力和缩短制动距离, 充分发挥汽车的制动效能。

进入 70 年代, 随着电子技术的进步, 数字电子技术、大规模集成电路的发展和微机的应用, 电子控制式 ABS 日趋成熟, 成本不断下降, 并且体积小、质量轻、控制精度高, 其安全效能十分显著, 普遍受到人们的欢迎和认可, 为其迅速普及创造了条件。80 年代初期, 部分轿车开始装用 ABS, 进入 90 年代, 欧洲、日本及韩国等国家 ABS 的装车率大幅度提高, 加之法规的推动作用, ABS 已成为汽车上的标准装备或选择装备。我国对 ABS 的研究始于 80 年代初, 目前一些院校、科研单位和生产厂家正在加快技术攻关和技术引进步伐。国产别克、帕萨特、本田、奥迪、捷达、桑塔纳等轿车已部分装用 ABS。预计不久的将来, 国产汽车都会装用 ABS。

二、ABS 的基础知识

1. 车轮滑移率

汽车在制动过程中, 车轮在路面上的运动是一个边滚边滑的过程, 汽车未制动时, 车轮处于纯滚动状态; 当车轮制动抱死时, 车轮在路面上的运动处于纯滑动状态。为定量描述汽车制动时车轮的运动状态, 引入车轮滑移率来反映车轮滑动的成分。滑移率 S 定义为:

$$S = \frac{V - V_{\omega}}{V} \times 100\% = \frac{V - r \cdot \omega}{V} \times 100\%$$

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, $V = V_{\omega}$, $S = 0$; 车轮抱死时即在地面上纯滑动时, $\omega = 0$, 车轮滑移率 $S = 100\%$; 车轮在路面上边滚边滑时, $V > V_{\omega}$, 车轮滑移率 $0 < S < 100\%$ 。车轮滑移率越大, 说明车轮在运动中滑移成分所占的比例越大。

2. 附着系数和滑移率的关系

车轮滑移率的大小对车轮与地面间的附着系数有很大影响, 从图 1-1 中可以看出:

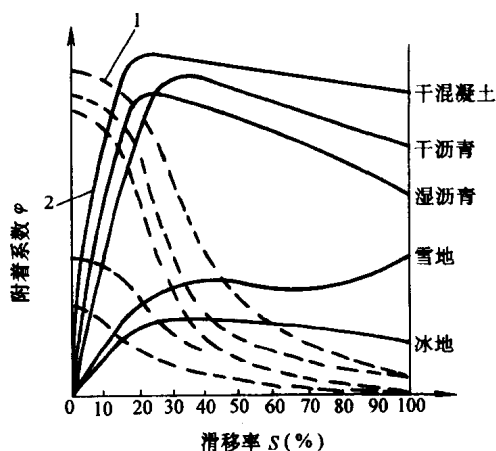


图 1-1 附着系数和滑移率的关系
1—横向附着系数 2—纵向附着系数

1) 附着系数随路面性质不同呈大幅度变化。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) 在各种路面上, 附着系数随滑移率的变化而变化。各曲线的趋势大致相同, 只有积雪路面在滑移率接近 100% 时附着系数会有所上升。

为了方便地说明附着系数和滑移率的关系, 下面以典型的干燥硬实路面上附着系数与滑移率的关系进行介绍, 如图 1-2 所示。

通常, 当滑移率 S 由 0% ~ 10% 增大时, 附着系数 φ 迅速增大。当滑移率处于 10% ~ 30% 的范围时, 附着系数有最大值, 该最大值称为峰值附着系数, 用 φ_p 表示, 此时与其相对应的车轮滑移率称为峰值附着系数滑移率, 用 S_p 表示。由图中看出, 当滑移率继续增大时, 附着系数逐渐减小。车轮抱死即完全滑动时的附着系数, 称为滑动附着系数。车轮抱死时的滑动附着系数一般总是小于峰值附着系数, 通常干燥硬实路面上 φ_s 比 φ_p 小 10% ~ 20%, 潮湿的硬实路面上 φ_s 比 φ_p 小 20% ~ 30%。

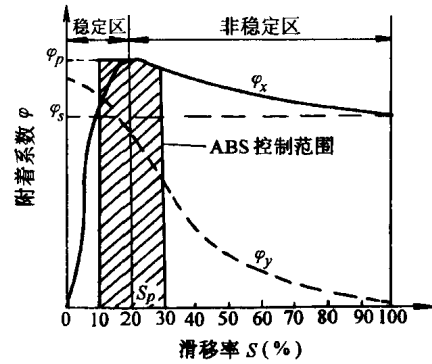


图 1-2 干燥硬实路面上附着系数与滑移率的关系
 φ_x —纵向附着系数 φ_y —横向附着系数
 φ_p —峰值附着系数 φ_s —车轮抱死时纵向滑动附着系数

附着力 F_φ 与附着系数 φ 存在下述关系:

$F_\varphi = F_z \varphi$, 其中 F_z 为地面对车轮的法向反作用力。 F_z 一定时, 滑移率 S 大约在 20% 左右时具有最大附着力, 因而只有此时车轮与路面间才能获得最大地面制动力, 具有最佳制动效果。通常称纵向附着系数最大时的滑移率 S_p 为理想滑移率, 也叫最优滑移率。如果滑移率超过理想滑移率, 附着力和地面制动力反而逐渐减小, 使制动效能变差、制动距离增长, 因此一般称从理想滑移率到车轮抱死完全滑动段为非稳定区。

图 1-2 中不仅给出了车轮的纵向附着系数, 也给出了车轮的横向附着系数, 如图中虚线所示。横向附着系数是研究汽车行驶稳定性的重要参数之一, 横向附着系数越大, 汽车制动时方向稳定性和转向控制能力越强。从图中可看出当滑移率为零时, 横向附着系数最大; 随着滑移率的增加, 横向附着系数越来越小, 当车轮抱死时, 横向附着系数几乎为零, 此时横向附着力几乎为零, 其危害是较大的, 主要是:

①方向稳定性差。由于横向附着力很小, 汽车失去抵抗横向外力的能力, 后轮很容易产生横向滑移、甩尾、旋转等, 使汽车失去方向稳定性。

②失去转向控制能力。在汽车进行转向行驶时, 尽管驾驶员此时在操纵方向盘, 但由于前轮维持汽车转弯运动能力的横向附着力丧失, 汽车仍按原来惯性行驶方向滑动, 汽车很可能冲入其他车道或冲出路面, 而不按驾驶员的意志行驶, 从而失去转向控制能力。

三、ABS 的优点

汽车在制动过程中, 车轮抱死时危害较大, 但滑移率在 20% 左右时车轮与路面间的纵向附着系数最大, 可获得最大地面制动力, 能最大程度地缩短制动距离; 同时车轮与路面间横向附着系数也较大, 使汽车制动时能较好地保持方向稳定性和转向控制能力。ABS 能使汽车获得最佳制动性能, 制动时防止车轮抱死, 并将车轮滑移率控制在理想滑移率附近的狭小

范围内。

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。该装置在汽车制动过程中，当车轮趋于抱死，即车轮滑移率进入非稳定区时，会迅速降低制动系统压力，使车轮滑移率恢复到靠近理想滑移率的稳定区内，通过自动、高频率地对制动系压力进行调节，使车轮滑移率保持在理想滑移率附近的狭小范围内，以达到充分利用车轮与路面间纵向峰值附着系数和较高的横向附着系数，实现防止车轮抱死和获得最佳制动性能。采用传统的制动系统进行制动时，尽管驾驶员可通过间歇地踩、放制动踏板防止车轮抱死，但无法精确地做到判断和控制，特别是在紧急制动时，不可能将车轮滑移率控制在理想范围之内，往往会使车轮抱死，尤其是汽车在结冰下雨打滑的路面上制动时，很容易产生侧滑、甩尾和失去转向控制能力，此时驾驶员易产生紧张情绪，缺乏安全感。

总之 ABS 的优点可概括为：

- ①制动时保持方向稳定性；
- ②制动时保持转向控制能力；
- ③缩短制动距离；
- ④减少轮胎磨损；
- ⑤减少驾驶员紧张情绪。

第二节 ABS 的组成、分类及控制方式

一、ABS 的组成

ABS 主要由传感器、电子控制单元（ECU）和执行器三部分组成，其功能如表 1-1 所示。

表 1-1 ABS 的组成及其功能

组成元件		功能
传感器	车速传感器	检测车速，给 ECU 提供车速信号，用于滑移率控制方式
	轮速传感器	检测车轮速度，给 ECU 提供轮速信号，各种控制方式均采用
	减速度传感器	检测制动时汽车的减速度，识别是否是冰雪等易滑路面，只用于四轮驱动控制系统
执行器	制动压力调节器	接受 ECU 的指令，通过电磁阀的动作，控制制动系统压力的增加、保持或降低
	液压泵	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
	回油泵	受 ECU 控制，在循环式制动压力调节器调节压力降低的过程中，将由轮缸流出的制动液经蓄能器泵回主缸，以防止 ABS 工作时制动踏板行程发生变化
	ABS 警告灯	ABS 系统出现故障时，由 ECU 控制将其点亮，向驾驶员发出报警，并由 ECU 控制闪烁显示故障代码
ECU		接受车速、轮速、减速度等传感器的信号，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 的分类

ABS 分机械式 ABS 和电子式 ABS 两类。目前，机械式 ABS 在国外已趋于淘汰，因此本教材提到的 ABS，都是指电子控制式 ABS。ABS 的种类很多，分类方法各异。

1. 按生产厂家分类

1) 波许 (Bosch) ABS, 由德国波许公司生产。

2) 戴维斯 (Teves) ABS, 由德国戴维斯公司生产。

上述两种 ABS 在欧、美、日、韩轿车上采用最多。

3) 德尔科 (Delco) ABS, 由美国德尔科公司生产。在美国通用, 韩国大宇等轿车上采用最多。

4) 本迪克斯 (Bendix) ABS, 由美国本迪克斯公司生产, 在美国克莱斯勒公司生产的汽车上采用最多。

以上 4 种 ABS 在小轿车上应用最为广泛, 而且每种 ABS 都在不断发展、更新和换代, 因此即使同一厂家, 生产年代不同, 装用车型不同, ABS 的型式也可能不一样。还有一些国家的生产厂家也生产其它型式 ABS, 其中有的是从上述厂引进技术, 并在此基础上进行单独开发或合作开发生产, 有相当部分 ABS 属于上述 4 种的某一变型。另外, 还有德国伟布科 (Wabco) 公司、英国卢卡斯·格林公司、日本本田-信友和美国凯乐塞·海斯公司生产的 ABS 数量也较大, 它们当中有相当部分在载货汽车或大型客车上广泛采用。中国上海汽车制动系统有限公司生产的 ABS, 是从戴维斯 (Teves) 公司引进并合资生产的。

2. 按控制通道和传感器数目分类

实际使用中常按控制通道和轮速传感器的数目进行区分。在 ABS 系统中, 对能够独立进行制动压力调节的制动管路称为控制通道。如果某个车轮的制动压力占用一个控制通道可以单独进行调节, 则称之为独立控制或单轮控制。如果两个车轮的制动压力是一同进行调节的 (共同占用 ECU 的一个控制通道), 则称之为同时控制或一同控制。如果同时控制的两个车轮在同一轴上, 称之为同轴控制或轴控制。

汽车在左右附着系数不同的路面上行驶时, 由于两边车轮与路面间的附着力不同, 制动时两个车轮制动抱死的时间不一样, 附着系数小的车轮先抱死, 附着系数大的车轮后抱死。在两个车轮一同控制时, 如果以保证附着系数较小的车轮不发生抱死为原则进行制动压力调节, 则称这两个车轮按低选原则一同控制; 如果以保证附着系数较大的车轮不发生抱死为原则进行制动压力调节, 则称这两个车轮按高选原则一同控制。因此, 在一同控制中, 有低选原则和高选原则之分。

(1) 四通道式 四通道 ABS 有 4 个轮速传感器, 如图 1-3 所示, 在通往 4 个车轮制动分泵的管路中, 各设 1 个制动压力调节装置 (如电磁阀), 进行独立控制, 构成四通道控制形式。由于四通道 ABS 是根据各车轮轮速传感器输入信号、分别对各个车轮进行独立控制的,

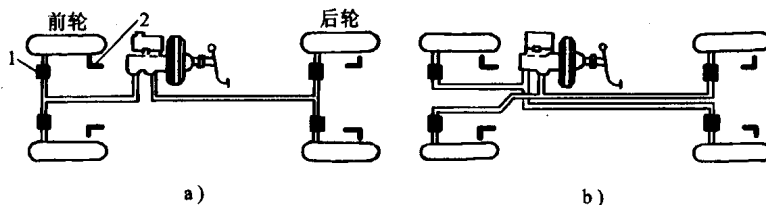


图 1-3 四通道四传感器 ABS

a) 双制动管路前后布置 b) 双制动管路对角布置

1—压力调节分装置 2—轮速传感器

因此附着系数利用率高，制动时可以最大程度地利用每个车轮的最大附着力。四通道控制方式特别适用于汽车左右两侧车轮附着系数相近的路面，不仅可以获得良好的方向稳定性和方向控制能力，而且可以获得最短的制动距离。但是如果汽车左右轮附着力相差较大，如：行驶在附着系数对分的路面上或汽车两侧垂直载荷相差较大时，制动时两个车轮的地面制动力就相差较大，因此会产生横摆力矩，使车身向制动力较大一侧跑偏，不能保持汽车按预定方向行驶，会影响汽车的方向稳定性，加之成本价格高，所以实际中采用这种方式的并不多。

(2) 三通道式 三通道 ABS 如图 1-4 所示。一般三通道 ABS 是对两前轮进行独立控制，两后轮按低选原则进行一同控制，因此也称其为混合控制。

图 1-4c 所示对角布置的双管路制动系统中，虽然在通往 4 个车轮制动分泵（轮缸）的制动管路中，各设置一制动压力调节装置，但两个后轮制动压力调节装置却是由 ECU 按低选原则一同控制的，因此，实际上仍然是三通道 ABS。国产桑塔纳 2000GSI 等轿车即采用这种型式。

两后轮按选低原则进行一同控制时，可以保证汽车在各种条件下左右两后轮的制动力相等，即使两侧车轮的附着力相差较大，两个车轮的制动力都限制在附着力较小的水平，使两后轮的制动力始终保持平衡，保证汽车在各种条件下制动时都具有良好的方向稳定性。当然，在两后轮按低选原则进行一同控制时，可能使附着系数大的一侧后轮的附着力不能充分利用，汽车的总制动力有所减小。但在紧急制动时，由于发生轴荷前移，在汽车的总制动力中，后轮的制动力所占的比例较小，尤其是小轿车，使前轮的附着力比后轮的附着力大得多，通常后轮制动力只占总制动力的 30% 左右，因此，后轮附着力未能充分利用的损失对汽车的总制动力影响不大。

对两前轮进行独立控制，主要考虑小轿车，特别是前轮驱动的汽车，前轮的制动力在汽车总制动中所占的比例较大（可达 70% 左右），可以充分利用两前轮的附着力。一方面使汽车获得尽可能大的总制动力，以缩短制动距离，还可使制动中两前轮始终保持较大的横向附着力，使汽车保持良好的转向控制能力。尽管两前轮独立控制可能导致两前轮制动力不平衡，但由于两前轮制动力不平衡对汽车行驶方向稳定性影响相对较小，而且可以通过驾驶员的转向操纵对由此造成的影响进行修正。因此，三通道 ABS 在小轿车上被普遍采用。

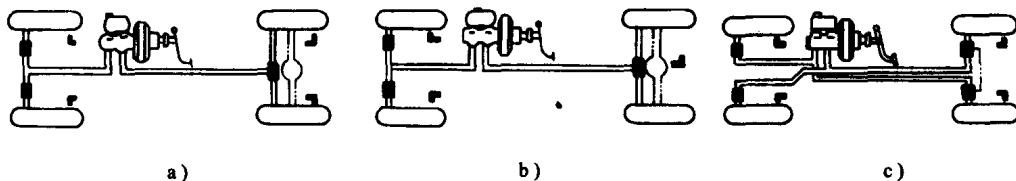


图 1-4 三通道式 ABS

a) 三通道四传感器 ABS (前后布置) b) 三通道三传感器 ABS c) 三通道四传感器 ABS (对角布置)

(3) 二通道式 二通道 ABS 常叫双通道 ABS。为了减少制动压力调节装置的数量，降低系统成本，有些车也采用双通道 ABS，如图 1-5 所示。双通道 ABS 难以在方向稳定性、转向控制性和制动效能各方面得到兼顾，因而目前采用得很少。

(4) 一通道 ABS 一通道 ABS 常叫单通道 ABS，它在后轮制动器总管中设置 1 个制动压力调节器，在后桥主减速器上安装 1 个轮速传感器（也有在两后轮上各安装 1 个轮速传感

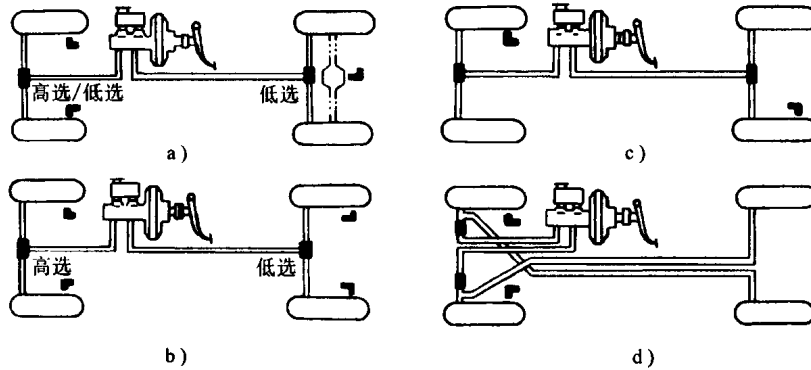


图 1-5 双通道式 ABS

- a) 二通道三传感器 ABS b) 二通道四传感器 ABS
c) 二通道二传感器 ABS d) 二通道二传感器 ABS

器), 如图 1-6 所示。单通道 ABS 一般都是对两后轮按低选原则进行一同控制, 但不能使两后轮的附着力得到充分利用, 因而制动距离不一定会明显缩短。另外前轮制动分泵的压力并未进行控制, 制动时前轮会出现制动抱死, 因而转向操纵能力也未得到改善, 但由于制动时两后轮并未抱死, 能够显著地提高制动时的方向稳定性, 加之具有结构简单、成本低等优点, 所以单通道 ABS 目前在一些轻型载货车上仍广泛应用。

对于 ABS, 除上述分类方法外, 还有一些分类方法, 如“按照制动压力调节器的动力来源分为液压式和气压式; 按照制动压力调节器调压方式分为流通式和变容式; 按照制动压力调节器与制动总泵结构关系分为整体式和分离式; 按照 ABS 与 ASR 是否一体化分为 ABS 式或 ABS/ASR 式等。

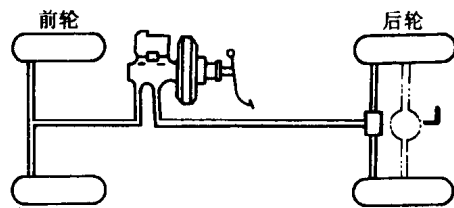


图 1-6 一通道一传感器 ABS

三、ABS 的控制技术

(一) ABS 的控制方法

ABS 的控制方法主要有逻辑门限值控制、最优控制和滑动模态变结构控制等, 但目前绝大多数 ABS 都采用逻辑门限值控制方式。

逻辑门限值控制方式通常都是将车轮的减速度 (或角减速度) 和加速度 (或角加速度) 作为主要控制门限, 而将车轮滑移率作为辅助控制门限。因为采用其中任何一种门限作为控制都存在着较大的局限性。例如仅以车轮的加、减速度作为控制门限时, 当汽车在湿滑路面上高速行驶过程中进行紧急制动时, 当车轮的滑移率离开稳定区域较远时, 车轮的减速度就可能达到控制门限值; 而对于驱动轮, 如果制动时没有分离离合器, 由于车轮系统存在很大的转动惯量, 又会造成车轮滑移率进入不稳定区域而车轮的减速度仍未达到控制门限值, 这都会严重影响控制效果。仅以车轮的滑移率作为控制门限值时, 由于路面情况不同, 峰值附着系数滑移率的变化范围较大 (8% ~ 30%), 因此仅以固定的滑移率门限值作为控制门限, 很难保证在各种路面的条件下都能获得最佳的制动效果。而将车轮加、减速度和滑移率控制门限结合起来, 将有助于路面情况的识别, 提高系统的自适应控制能力。

控制系统中, 车轮加速度或减速度信号可以由 ECU 根据轮速传感器输入的信号经过计算确定。在确定实际的滑移率时, 先要确定车轮中心的实际纵向速度 (车身速度), 制动时

确定车轮中心的实际纵向速度相当困难，因此通常由 ECU 根据各车轮转速传感器输入的信号按一定的逻辑确定汽车的参考速度，再计算出车轮的参考滑移率，此值与实际滑移率存在一定的差异。

逻辑门限值控制方法中的车轮加速度（或角加速度）、减速度（或角减速度）、参考滑移率等控制门限值都是通过反复试验获得的经验数据。

（二）ABS 的控制过程

ABS 的控制过程一般分为高附着系数路面和低附着系数路面控制两种形式，下面以波许 ABS 为例，说明采用逻辑门限值控制方法进行 ABS 的控制过程。

1. 高附着系数路面上的制动控制过程

高附着系数路面上的制动控制过程如图 1-7 所示。在制动的最初阶段，随着制动分泵内制动压力的增大，车轮速度下降，同时车轮减速度也在增大。直至车轮的减速度达到设定的控制门限值 $-a$ 时（第 1 阶段末，取此瞬时车轮速度为初始参考车速，然后按给定的斜率计算或确定参考车速 v_{Ref} ，由参考车速计算出任一时刻的车轮滑移率），由于一般在高附着系数路面上达到减速度门限值时滑移率比较小，为了避免车轮仍处于稳定区域的滑移率范围内进入车轮制动压力“减小”阶段，此时需要对车轮的参考滑移率与设定的滑移率门限值进行比较。如果车轮的参考滑移率小于门限值 S_1 ，说明车轮滑移率偏小，则进入制动压力

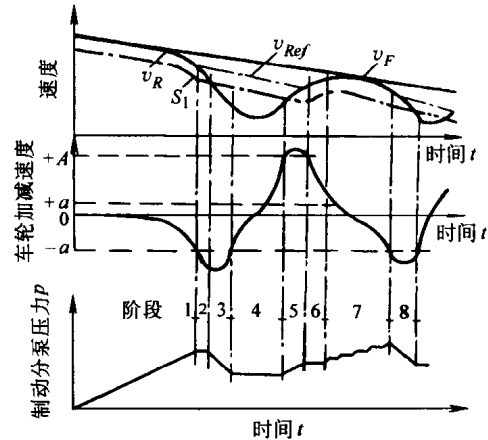


图 1-7 高附着系数路面的制动防抱死控制过程

v_F —车速 $+a$ 、 $+A$ —车轮加速度门限值
 v_{Ref} —参考车速 $-a$ —车轮减速度门限值
 v_R —车轮速度 S_1 —滑移率门限值

“保持”阶段（第 2 阶段），以使车轮充分地进行制动。当车轮参考滑移率大于门限值 S_1 ，说明车轮已进入不稳定区域，便进入车轮制动压力“减小”阶段（第 3 阶段）。由于车轮动力的下降，车轮在惯性的作用下开始加速。当车轮减速度小于控制门限值时，应进入制动压力“保持”阶段（第 4 阶段）。此后，由于汽车惯性的作用，车轮仍在回升加速，直至超过设定的第一个加速度控制门限值 $+a$ ，为了适应可能出现的路面附着系数突然增大的情况，设定了第二个加速度控制门限值 $+A$ 。如果在设定的压力“保持”时间内，车轮的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，此时控制过程将按低附着系数路面上的控制过程进行；如果车轮的加速度超过第一个加速度门限值 $+a$ ，则继续“保持”制动压力；如果因路面附着系数突然增大而使车轮加速度超过第二个加速度控制门限值 $+A$ 时，应使制动压力再次进入“增大”阶段（第 5 阶段），使车轮加速度下降，直至车轮加速度低于控制门限值 $+A$ ，然后再进入制动压力“保持”阶段（第 6 个阶段），直至车轮加速度又回落到 $+a$ 以下，表明车轮回复到稳定区域且制动压力稍有不足，为了使车轮在更长的时间内处于稳定区域且靠近理想滑移率 S_p 附近，将对制动压力进行“增大”和“保持”的快速转换（第 7 阶段），使制动压力具有较小的阶梯升高率，直至车轮减速度再次超过控制门限值 $-a$ 时，又开始进入制动压力“减小”阶段（第 8 阶段），此时不再考虑参考滑移率是否超过控制门限值 S_1 ，从而进入下一个控制循环。

2. 低附着系数路面的制动控制过程

与在高附着系数路面上不同，汽车在低附着系数路面上进行制动时，其制动踏板只有轻微的压力，就足以使车轮抱死，而且需要更长的时间加速才能走出高滑移率区。在 BOSCH 公司的 ECU 中，其逻辑电路可以识别主要路况，并能使 ABS 控制特性与之相适应。图 1-8 所示给出了在低附着系数路面上的典型制动控制过程。由图可见，其防抱死制动压力调节过程的第 1 和第 2 阶段与上述在高附着系数路面上控制过程的第 2 和第 3 阶段相同。在进入制动压力保持阶段（第 3 阶段）前段后，由于附着系数很小，车轮加速过程会很慢，致使在设定的制动压力保持时限内，车轮的角加速度没能达到控制门限值 $+a$ ，ECU 由此判定车轮处于低附着系数路面。此后，ECU 将控制制动压力调节器以较低的压力减小率减压（第 3 阶段后段），直到车轮的角加速度超过控制门限值 $+a$ ，此后又进入制动压力保持阶段（第 4 阶段）。当车轮的角减速度又低于角加速度控制门限值 $+a$ 以后，就以较低的压力升高率使制动压力增大，直到车轮的角减速度又低于控制门限值 $-a$ ，就进入了下一个防抱死制动压力调节循环。

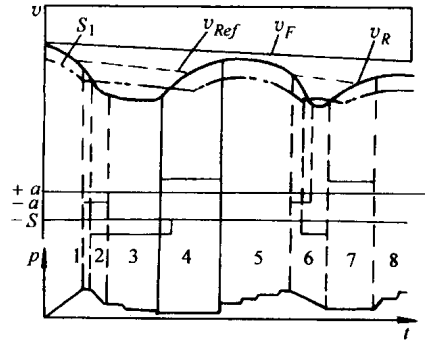


图 1-8 低附着系数路面的制动防抱死控制过程

由于在第一个循环中系统处于高滑运动状态的时间较长，通过这一状态信息，在下一个循环中则采用直接减压的方法直达到 $+a$ 控制门限值，这样车轮在高滑动率区域仅旋转一个短暂的时间，与第一个周期相比，使车辆的平衡性和操纵性能提高。

3. 由高附着系数路面突变到低附着系数路面的制动防抱死控制过程

在防抱死制动过程中，有时会出现车轮由高附着系数路面突然进入低附着系数路面的情况，例如，汽车由干燥的沥青或水泥路面驶入结冰路面时，在这种情况下的制动过程如图 1-9 所示。假设在上一个防抱死制动调节循环结束而下一个循环开始时，车轮突然由高附着系数路面进入低附着系数路面，由于制动压力仍然保持在与高附着系数相适应的较高水平，在制动压力减小阶段（第 2 阶段），车轮的参考滑动率不仅会超过控制下门限值 S_1 ，而且会超过控制上门限值 S_2 。在这种情况下，当车轮的角减速度从低于控制门限值 $-a$ 变化到高于控制门限值 $-a$ 时，还要对车轮的参考滑动率是否超过控制上门限值 S_2 进行判断。如果车轮的参考滑动率大于控制上门限值 S_2 ，说明车轮已处于不稳定区域，此时将不进行制动压力保持，而应继续减小制动压力，直到车轮的角加速度高于控制门限值 $+a$ （第 3 阶段）。此后再进入制动压力保持阶段，直到车轮的角加速度又低于控制门限值 $+a$ （第 4 阶段）。然后再以较低的压力升高率使制动压力增大，直到车轮的角减速度再次低于控制门限值 $-a$ （第 5 阶段），随后便进入下一个防抱死制动压力调节循环。

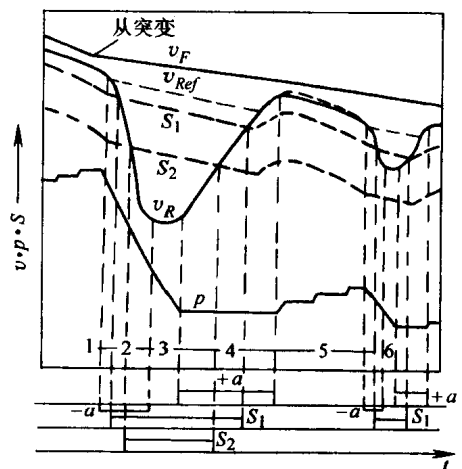


图 1-9 由高附着系数路面突变到低附着系数路面的制动防抱死控制过程

另外,当车速低于20km/h,并在低附着系数路面上进行防抱死制动压力调节时,由于车轮的角减速度较小,转而以滑动率作为主要控制门限,车轮的角减速度和角加速度则作为辅助控制门限。

第三节 ABS 主要部件的结构与工作原理

一、传感器

(一) 轮速传感器

轮速传感器用于检测车轮的转速,并将转速信号输入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中。目前ABS系统的轮速传感器主要有电磁感应式轮速传感器和霍尔效应式轮速传感器两种型式。

1. 电磁感应式轮速传感器

电磁感应式转速传感器主要由传感头和齿圈组成。安装在车轮处的轮速传感器如图1-10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,而传感头则安装在车轮附近不随车轮转动的部件上,如半轴套管、转向节、制动底板等。传感器与齿圈之间的间隙很小,通常只有0.5~1.0mm,多数轮速传感器是不可调的。但在一些后轮驱动的汽车上只在主减速器或变速器上安装一个电磁感应式轮速传感器,如图1-11所示。传感头安装在主减速器或变速器壳体上,齿圈安装在主减速器或变速器输出轴上。

传感头主要由永磁体、磁极和线圈组成。传感器齿圈是由磁阻较小的铁磁性材料制成,齿圈外周是细轮齿,其基本结构如图1-12所示。

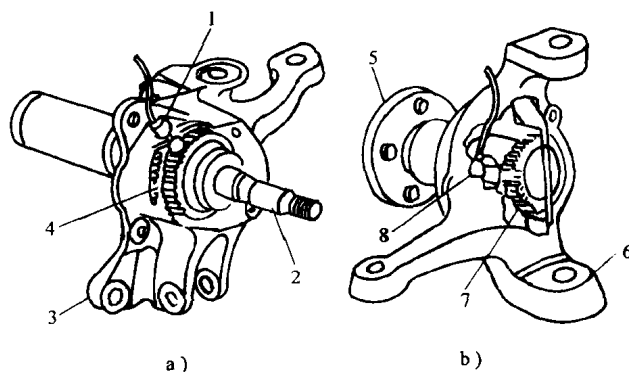


图1-10 轮速传感器在车轮处的安装

a) 驱动车轮 b) 非驱动车轮

1—电磁感应式轮速传感器 2—半轴 3—悬架支承 4—齿圈
5—轮毂 6—转向节 7—齿圈 8—电磁感应式轮速传感器

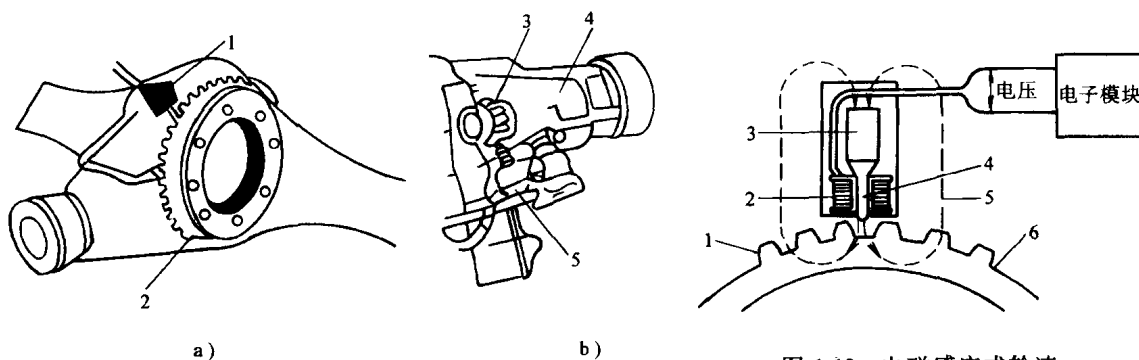


图1-12 电磁感应式轮速传感器的基本结构

1—细轮齿 2—线圈 3—磁铁 4—磁极
5—磁通 6—齿圈(回转)

图1-11 轮速传感器在传动系统中的安装

a) 主减速器 b) 变速器

1—电磁感应式轮速传感器 2—主减速器从动齿轮
3—齿圈 4—变速器 5—电磁感应式轮速传感器