

汽车 电子控制系统 的原理与检修

(底盘和车身部分)



王遂双 主编

北京理工大学出版社

汽车电子控制系统的原理与检修

(底盘和车身部分)

王遂双 李建文 杨生辉 编
齐志鹏 舒 华 李良洪

北京理工大学出版社

内 容 简 介

本文主要介绍了汽车底盘和车身方面的电子控制系统。全书共分八章,对汽车电子控制防抱死制动系统、电子控制自动变速器、电子控制悬架系统、电子控制动力转向系统、电子控制巡航系统、安全气囊系统、音响系统、自动空调系统等内容,进行了比较系统全面的介绍。编写过程翻阅了大量国内外有关技术资料。该书内容广泛、资料详实、图文并茂、通俗易懂;既有原理与结构,又有故障诊断与检修,有一定的可操作性,实用性较强。

本书可供广大汽车修理工、驾驶员、汽车管理与维修技术人员使用,也可供大中专院校汽车专业的师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电子控制系统的原理与检修:底盘和车身部分/王遂双主编. —北京:北京理工大学出版社, 1998. 12 (2001. 7 重印)

ISBN 7-81045-493-5

I. 汽… II. 王… III. ①汽车-底盘-电子控制-控制系统-理论②汽车-底盘-电子控制-控制系统-维修③汽车-车体-电子控制-控制系统-理论④汽车-车体-电子控制-控制系统-维修
N. U472.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 29418 号

11001/08

北京理工大学出版社出版发行
(北京市海淀区中关村南大街5号)
邮政编码 100081 电话(010)68912824
各地新华书店经售
北京市房山先锋印刷厂印刷

*

787毫米×1092毫米 16开本 28.75印张 705千字

1998年12月第1版 2001年7月第2次印刷

印数:6001—9000册 定价:38.00元

※图书印装有误,可随时与我社退换※

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。

本书由王遂双主编，辛国华主审，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

前 言

随着人们对汽车的经济性、动力性、排放性、安全性、操纵性、稳定性、舒适性、可靠性的要求越来越高,以及电子技术的飞速发展,电子控制技术在汽车上的应用越来越广泛,且技术日益成熟、日趋普及。但由于人们对这方面的内容尚不熟悉,普遍缺乏这方面的知识,市场上也缺乏这方面的系统资料,给汽车的使用和维修工作带来一定困难。90年代初,为了帮助部队广大车管干部和汽车维修技术人员了解和掌握这方面的知识,为了在部队举办汽车电子控制技术培训班,于1994年曾组织编写了《汽车电子控制系统的原理与检修(电喷发动机部分)》一书,该书主要介绍发动机电子控制系统的内容,对发动机电子控制系统的基本知识,电子控制燃油喷射、点火、怠速、排气再循环、电动燃油泵等方面的知识以及它们的故障诊断和检修方面的内容,进行了比较系统全面的介绍。该书在地方公开发行后,受到广大读者的普遍欢迎。

根据广大读者的要求,最近我们又组织编写了有关汽车底盘和车身方面电子控制系统的内容。这方面的内容很丰富,由于篇幅等原因的限制,我们仅对汽车电子控制防抱死制动系统、电子控制自动变速器、电子控制悬架系统、电子控制动力转向系统、电子控制巡航系统、安全气囊系统、音响系统、自动空调系统等内容进行了比较系统的介绍。编写过程中翻阅了大量国内外有关技术资料。该书内容广泛、资料详实、图文并茂、通俗易懂。既有原理结构,又有故障诊断与检修,实用性较强,具有一定的可操作性,对汽车的管理和维修工作具有一定指导意义。

本书适用于“汽车电子控制技术培训班”教学使用,也可供广大汽车电工、汽车修理工、驾驶员、汽车使用工程技术人员和大中专院校汽车专业的师生阅读参考。

本书由解放军运输工程学院电气教研室王遂双组织编写,全书共分八章,其中第一章由王遂双编写,第二章由李建文编写,第三、四章由杨生辉编写,第五、七章由齐志鹏编写,第六章由舒华编写,第八章由李良洪编写。参加编写和绘图工作的还有施姚光、张先达、高德军、姚能越等。

本书经总后勤部军事交通运输部辛国华、郭运安同志审阅,最后由辛国华同志主审定稿,我们表示衷心感谢。

由于编者学识水平有限,编写时间仓促,编者实践时间较短,书中难免有许多错误和缺点,敬请批评指正,以便再版时修正。

编 者

1998 年

目 录

第一章 汽车电子控制防抱死制动系统.....	(1)
第一节 概述.....	(1)
第二节 ABS 的基础知识	(1)
一、汽车制动性能的主要评价指标.....	(2)
二、制动时车轮受力情况.....	(2)
三、ABS 的优点	(5)
第三节 ABS 的基本组成、控制方式和分类	(6)
一、ABS 的基本组成	(6)
二、ABS 的控制方式	(7)
三、ABS 的分类	(9)
第四节 ABS 主要部件的结构与工作原理	(12)
一、传感器.....	(12)
二、电子控制器(ECU)	(16)
三、制动压力调节器.....	(18)
第五节 博世(BOSCH)ABS 系统的结构与工作原理	(23)
一、主要组成与结构.....	(23)
二、电子控制系统的工作过程.....	(26)
三、博世(BOSCH)ABS2 在不同车型上的差异	(29)
四、日本凌志(LEXUS)LS400 ABS 系统	(31)
第六节 戴维斯(TEVES) MK I ABS 系统的结构与工作原理.....	(34)
一、主要组成与结构.....	(34)
二、戴维斯 MK I ABS 系统工作过程	(39)
三、戴维斯 MK I ABS 其它电路	(45)
四、附：戴维斯 MK20— I ABS 系统简介	(48)
第七节 德尔科(DELCO)ABS VI 系统的结构与工作原理	(51)
一、主要组成和结构.....	(52)
二、工作过程.....	(56)
三、韩国大宇(DAWEEO)轿车采用的德尔科 ABS VI 系统	(59)
第八节 防滑控制(ABS/ASR)系统的结构与工作原理	(60)
一、ASR 的工作原理与作用	(60)
二、ASR 的控制方式	(61)
三、ABS 和 ASR 的组合使用	(63)
四、防滑控制(ABS/ASR)系统实例	(64)

第九节 ABS 系统的正确使用与检修	(75)
一、使用与检修中的一般注意事项	(75)
二、故障诊断和检查的一般方法和步骤	(76)
三、故障代码的读取与清除	(83)
第二章 汽车电子控制自动变速器	(105)
第一节 概述	(105)
第二节 电子控制自动变速器的组成与基本控制原理	(106)
一、电子控制自动变速器的组成与结构	(106)
二、电子控制自动变速器的基本控制原理	(112)
第三节 液力变矩器的结构与原理	(114)
一、液力耦合器的结构与工作原理	(114)
二、液力变矩器的结构与工作原理	(116)
三、液力变矩器的性能改善及其结构	(117)
四、液力变矩器的类型及其应用	(123)
第四节 齿轮变速系统的结构与原理	(125)
一、平行轴式齿轮变速系统	(125)
二、行星齿轮变速系统	(128)
第五节 换挡执行器的结构与原理	(145)
一、片式离合器	(145)
二、片式制动器	(149)
三、带式制动器	(150)
第六节 液压自动操纵系统的结构与原理	(151)
一、基本阀门的工作原理	(151)
二、液压自动操纵系统主要部件的结构与原理	(154)
第七节 电控自动变速器电子控制系统的结构与原理	(163)
一、传感器的结构与工作原理	(163)
二、电子控制器(ECU)	(167)
三、电子控制系统的执行元件	(171)
第八节 电控自动变速器的故障诊断与检修	(172)
一、故障诊断的总原则	(172)
二、检修的注意事项	(172)
三、检修程序	(173)
四、故障自诊断测试实例	(189)
第三章 电子控制悬架系统	(206)
第一节 概述	(206)
一、汽车悬架系统的作用及组成	(206)
二、对汽车悬架系统的要求	(207)

三、汽车悬架的分类及性能·····	(207)
四、电子控制悬架系统·····	(209)
第二节 电子控制悬架系统的工作原理·····	(210)
一、半主动悬架系统工作原理·····	(210)
二、主动悬架系统工作原理·····	(212)
第三节 电子控制悬架系统主要部件的结构·····	(217)
一、悬架阻尼调节装置·····	(217)
二、空气悬架刚度调节装置·····	(220)
三、车身高度控制装置·····	(222)
第四节 电子控制悬架系统实例·····	(226)
一、系统控制功能·····	(226)
二、系统操作·····	(227)
三、系统组成及工作原理·····	(228)
四、系统线路及连接·····	(231)
第五节 电子控制悬架系统故障诊断·····	(232)
一、凌志 LS400 故障自诊断系统 ·····	(233)
二、三菱车系电子悬架故障自诊断系统·····	(234)
三、富士重工电子悬架故障自诊断系统·····	(234)
四、凯迪拉克 戴维尔(Deville 1993)电子悬架故障自诊断系统 ·····	(235)
第四章 电子控制动力转向系统·····	(237)
第一节 传统液压动力转向系统的组成和结构·····	(237)
一、传统液压动力转向系统的组成·····	(237)
二、传统液压动力转向系统的结构形式·····	(238)
三、整体式液压动力转向系统的结构和工作原理·····	(239)
第二节 液压式电子控制动力转向系统·····	(243)
一、流量控制式 EPS ·····	(243)
二、反力控制式 EPS ·····	(247)
三、阀灵敏度控制式 EPS ·····	(249)
第三节 电动式电子控制动力转向系统·····	(250)
一、电动式 EPS 的组成、原理与特点 ·····	(251)
二、电动式 EPS 主要部件的结构及工作原理 ·····	(251)
三、电动式 EPS 实例 ·····	(253)
第四节 电子控制动力转向系统故障诊断·····	(255)
一、奔驰 W140 动力转向系统·····	(255)
二、三菱轿车动力转向系统·····	(256)
三、米拉(Mira)轿车电动式 EPS 故障码及内容 ·····	(256)

第五章 汽车巡航控制系统	(257)
第一节 巡航控制系统的结构及工作原理	(257)
一、汽车巡航控制系统的作用.....	(257)
二、汽车巡航控制系统的发展与现状.....	(257)
三、汽车巡航控制系统的基本原理.....	(258)
四、汽车巡航控制系统的基本结构组成.....	(258)
五、汽车巡航控制系统的电原理框图.....	(262)
第二节 电控单元的工作要求	(262)
一、电控单元的部分工作参数.....	(263)
二、电控单元在使用中应注意的问题.....	(263)
第三节 巡航控制系统的使用	(264)
一、一般巡航控制系统的使用方法.....	(264)
二、巡航控制系统使用注意事项.....	(265)
第四节 巡航控制系统的实例及检修	(265)
一、丰田皇冠 3.0 巡航控制系统.....	(265)
二、凌志汽车巡航控制系统.....	(275)
三、几种车型的巡航控制系统的故障码及读取.....	(287)
第六章 汽车 SRS 气囊系统	(292)
第一节 SRS 气囊系统的发展	(292)
一、安全气囊系统的功用.....	(292)
二、安全气囊系统的发展.....	(293)
第二节 SRS 气囊系统的组成与原理	(294)
一、安全气囊系统的种类.....	(294)
二、安全气囊系统的组成.....	(294)
三、安全气囊系统工作原理.....	(294)
四、安全气囊系统动作过程.....	(296)
五、安全气囊系统的有效范围.....	(297)
第三节 SRS 气囊系统部件的结构与原理	(297)
一、碰撞传感器.....	(297)
二、SRS 电脑	(304)
三、SRS 指示灯	(306)
四、SRS 气囊组件	(307)
五、安全气囊系统线束与保险机构.....	(312)
第四节 装备安全带收紧器的 SRS 系统	(316)
一、基本组成.....	(317)
二、工作原理.....	(317)
第五节 SRS 气囊系统故障诊断与检修	(319)

一、丰田汽车安全气囊系统故障诊断	(319)
二、本田汽车安全气囊系统故障诊断	(325)
三、三菱汽车安全气囊系统故障诊断	(330)
四、德国宝马 BMW 系列轿车安全气囊系统故障诊断	(331)
五、德国奔驰轿车安全气囊系统故障诊断	(334)
六、安全气囊系统故障检查	(337)
七、安全气囊系统报废处理	(340)
第七章 汽车音响系统	(342)
第一节 汽车音响系统的特点及发展	(342)
一、汽车音响的主要特点	(342)
二、汽车音响的新技术	(343)
第二节 汽车音响的基本组成	(344)
一、信号源设备	(345)
二、放大器	(346)
三、扬声器系统	(348)
第三节 汽车收音机的使用维护	(348)
一、使用要点	(348)
二、收音机的常见使用故障及排除方法	(348)
第四节 激光电唱机的使用和维护	(348)
一、激光电唱机的使用要点	(348)
二、激光电唱机的操作方法	(349)
三、常见故障及排除方法	(349)
四、激光唱片	(350)
第五节 磁带放音机的使用维护	(352)
一、磁带放音机的使用注意事项	(352)
二、磁带放音机的日常维护	(352)
三、常见故障及排除方法	(353)
四、录音带及使用	(354)
第六节 检修汽车音响的基本方法	(355)
一、如何判断故障的大概位置	(355)
二、如何对照原理图找到各元器件的实际位置	(358)
三、故障检测方法	(359)
四、实际检修中遇到的问题及处理方法	(363)
第七节 汽车音响系统实例	(365)
一、SS—40 型数字调谐、数字显示汽车收放机	(365)
二、凌志 400 音响系统	(373)

第八章 汽车空调系统	(379)
第一节 汽车空调系统概述	(379)
一、汽车空调系统的概念.....	(379)
二、汽车空调系统的发展.....	(379)
三、汽车空调系统的组成与分类.....	(380)
第二节 汽车空调制冷系统	(381)
一、汽车空调制冷系统的工作原理与分类.....	(381)
二、制冷压缩机.....	(382)
三、冷凝器.....	(387)
四、蒸发器.....	(388)
五、膨胀阀.....	(388)
六、贮液干燥器.....	(390)
七、孔管.....	(391)
八、积累器.....	(392)
九、电磁离合器.....	(392)
十、风机.....	(393)
十一、电磁旁通阀.....	(394)
第三节 汽车空调暖风系统	(394)
一、汽车空调暖风系统的分类.....	(394)
二、汽车空调暖风系统的结构与工作原理.....	(395)
第四节 汽车空调通风系统	(397)
一、动压通风.....	(398)
二、强制通风.....	(398)
三、综合通风.....	(398)
第五节 汽车空气净化系统	(399)
第六节 汽车空调控制系统	(400)
一、汽车空调系统电路.....	(400)
二、普通空调控制系统.....	(417)
三、自动空调控制系统.....	(420)
第七节 汽车空调系统的检修	(425)
一、汽车空调系统的检修工具.....	(425)
二、汽车空调制冷系统的检查.....	(431)
三、汽车空调系统的故障排除.....	(434)
四、汽车空调系统的故障自诊断.....	(436)
主要参考文献	(450)

第一章 汽车电子控制防抱死制动系统

第一节 概 述

汽车防抱死制动系统(Anti-Lock Brake System),通常叫汽车防抱制动系统,简称 ABS。它是汽车上的一种主动安全装置,其作用是在汽车制动时,防止车轮抱死在路面上滑拖,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,使汽车制动更为安全有效。

随着汽车行驶速度的提高、道路行车密度的增大、以及人们对汽车行驶安全性的要求越来越高,ABS 已经成为汽车上的一种重要安全装置。早在 30 年代,ABS 就运用在铁路机车的制动中,其目的是防止列车制动时车轮抱死后在钢轨上滑行造成局部摩擦,致使车轮、钢轨早期损坏和车轮不能平稳旋转而产生噪声和振动。40 年代,为了防止飞机着陆时制动跑偏、甩尾和轮胎剧烈磨损,以及缩短滑行距离,在飞机上开始采用 ABS,并很快成为飞机上的标准装备。50 年代被开发引用到汽车上。进入 70 年代后,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运用,电子控制式 ABS 日趋成熟,成本不断降低,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,还仅在部分高级轿车上采用,进入 90 年代后,在欧洲、美国、日本和韩国等国家,ABS 的装车率大幅度提高,加之法规的推动作用,ABS 已成为汽车上标准装备或选择装备。我国对 ABS 的研究始于 80 年代初,目前国内一些院校、科研单位和生产厂家,正在加快技术攻关和技术引进步伐。上海汽车制动系统有限公司引进并合资生产的 ABS 产品已于 1997 年 2 月顺利投产,其他也有个别厂家小批量生产。我国生产的奥迪、桑塔纳、捷达轿车已部分装用 ABS。预计不久的将来,我国自己生产的汽车上都会装用 ABS。

随着对汽车性能要求的提高,不仅要求在制动过程中防止车轮抱死,而且要求在驱动过程中(特别是在起步、加速和转弯过程中),防止驱动车轮滑转,使汽车在驱动过程中的方向稳定性、转向控制能力和加速性能也都得到提高,因而有的装用一种驱动防滑转系统(德语为 Antriebs Schlupf Regelung,英语为 Acceleration Slip Regulation),简称 ASR,也有的译为加速滑动控制(调节)系统或加速防滑系统。由于驱动防滑转系统多是通过调节驱动车轮的驱动力(或牵引力)实现控制的,因而有的叫驱动力(或牵引力)控制系统(Traction Control System),简称 TCS,在日本则称 TRC 或 TRAC。可以说 ASR 或 TCS 是 ABS 的完善和补充,也可以说是 ABS 的延伸。ASR 或 TCS 可以独立设立,但多数是与 ABS 组合在一起的,两个系统一体化,常用 ABS/ASR 或 ABS/TCS 表示,统称防滑控制系统,该系统既具有制动防抱死功能,又具有驱动防滑转功能,有关这方面内容也将在后面作介绍。

第二节 ABS 的基础知识

为了对采用 ABS 的必要性有所了解,现介绍以下 ABS 的有关基础知识。

一、汽车制动性能的主要评价指标

对汽车的制动性能有多方面的要求,因而有多方面的评价指标,一般常提到以下三个方面。它们是:

1. 制动效能

制动效能主要指制动距离与制动减速度,通常实用中多指制动距离。制动距离是指驾驶员开始踩制动踏板到汽车完全停车所行驶的距离。制动距离越短,越有利于避免交通事故的发生,它是制动性能最基本的评价指标。

2. 制动时汽车的方向稳定性

制动时汽车的方向稳定性,一般是指制动过程中维持汽车直线行驶和按预定弯道行驶的能力。如果汽车制动时发生侧滑、甩尾、严重时出现调头,都不可能维持原行驶方向,会使汽车失去方向稳定性;如果汽车在弯道行驶中制动时,汽车不再按原来弯道行驶,出现冲入其它车道或冲出路面,或者即使是直线行驶,也无法避开障碍物,操纵转向盘也不起作用,则为汽车失去转向控制能力(转向操纵性)。汽车制动过程中,失去方向稳定性和失去转向控制能力,都是造成交通事故的重要原因。

3. 制动效能的恒定性

制动效能的恒定性,主要指抗热衰退性能。抗热衰退性能是指汽车在繁重工作条件下制动时(如下长坡时长时间连续制动),制动器温度升高后,其制动效能的保持程度。它是设计制动器及选材中必须认真考虑的一个重要问题。

以上三项指标中,前两项指标采用 ABS 装置后,其性能都会有明显的改善和提高,对避免交通事故的发生能起到很好的作用,因此 ABS 是汽车上十分重要的主动安全装置。

二、制动时车轮受力情况

为了便于对 ABS 的工作原理有所了解,必须先了解汽车制动时车轮受力情况。

1. 地面制动力

汽车只有受到与行驶方向相反的外力时,才能使汽车制动减速直至停车。这个外力只能由地面和空气提供。由于空气阻力相对较小,为了分析方便,可以近似地认为实际上外力是由地面提供的,我们称之为地面制动力。

图 1-1 画出了在良好硬实路面上制动时车轮(只画一个)的受力情况。图中滚动阻力、惯性力均忽略不计。图中 M 为车轮制动器(摩擦片与制动鼓或盘相对滑转时)的摩擦力矩, F_x 是地面制动力。从力矩平衡关系可知地面制动力 F_x 为:

$$F_x = \frac{M}{r} \quad (\text{N}) \quad (1-1)$$

式中: M ——车轮制动器摩擦力矩($\text{N} \cdot \text{m}$);

r ——车轮半径(m)。

地面制动力与汽车行驶的方向相反,它是使汽车制动而减速行驶的外力。地面制动力愈大,制动减速度越大,制动作

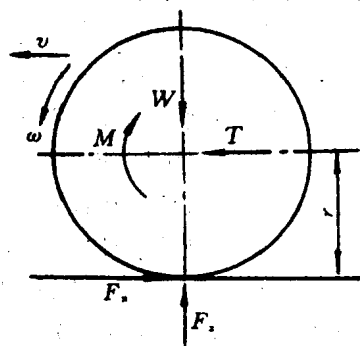


图 1-1 汽车制动时车轮受力情况

M —制动器摩擦力矩; W —车轮垂直载荷; F_x —地面制动力; F_y —地面对车轮的法向反作用力; ω —车轮的角速度; v —汽车行驶速度; T —车轴对车轮的推力; r —车轮半径

用越强。地面制动力的大小取决于两个方面：一个是制动器制动力，一个是附着力。

2. 制动器制动力

在车轮周缘为克服制动器摩擦力矩所需加的力，称之为制动器制动力，以 F_μ 表示。它相当于把汽车架离地面，并踩住制动踏板，在车轮周缘沿切线方向推动车轮直至它能够转动所需的力。显然，制动器制动力 F_μ 为：

$$F_\mu = \frac{M}{r} \quad (\text{N}) \quad (1-2)$$

式中： M ——车轮制动器的摩擦力矩($\text{N} \cdot \text{m}$)；

r ——车轮半径(m)。

由上式分析可知，制动器制动力是由制动器的结构参数决定的，即取决于制动器的型式、结构尺寸、制动器摩擦副的摩擦系数和车轮半径。当制动器结构一定的情况下，制动器制动力与制动系的压力(液压或空气压力)成正比。

3. 附着力

附着力是地面阻止车轮滑动所能提供切向反作用力的极限值，常用 F_ϕ 表示。在一般硬实路面上，轮胎与路面间的附着力可近似认为是轮胎与路面间的摩擦力。轮胎与路面间的附着力取决于地面对轮胎的法向反作用力与附着系数，其关系为：

$$F_\phi = F_z \varphi \quad (1-3)$$

式中： F_ϕ ——轮胎与路面间的附着力(N)；

F_z ——地面对轮胎的法向反作用力(N)；

φ ——地面与轮胎间的附着系数。

由于地面制动力要受到附着力的限制，所以地面最大制动力 $F_{x\max}$ 不能超过附着力 F_ϕ 。即：

$$F_x \leq F_\phi = F_z \varphi \quad (1-4)$$

$$\text{或 } F_{x\max} = F_z \varphi$$

根据上述分析，在汽车制动过程中，地面制动力、制动器制动力和附着力的关系可用图 1-2 表示。

图 1-2 显示，当制动踏板力或制动系压力 p 较小时，地面制动力 F_x 和制动器制动力 F_μ 一起增大，地面制动力等于制动器制动力。当制动系压力增大到某一值(图中为 p_ϕ ，此时车轮不转而出现滑拖现象)后，地面制动力 F_x 达到附着力 F_ϕ 值时，尽管随着制动系压力的增大，制动器制动力 F_μ 仍按直线关系继续上升，但地面制动力 F_x 却不再增大(设作用在车轮上的垂直载荷和附着系数不变)，地面制动力将等于附着力。

由此可见，汽车制动过程中，地面制动力的大小首先取决于制动器制动力，但又受到地面附着条件的限制，所以为了达到最佳的制动效果，不仅要获得足够的制动器制动力，同时又希望有较高的附着力。

在汽车制动时，除车轮旋转平面的纵向附着力外，还有垂直于车轮旋转平面的横向附着力。在汽车制动过程中，纵向附着力决定汽车纵向运动，影响汽车的制动距离，而横向附着力则决定汽车的横向运动，影响汽车的方向稳定性和转向控制能力。

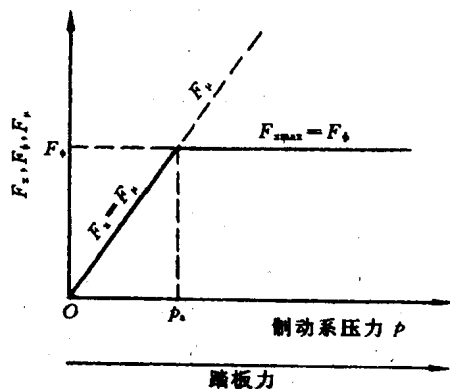


图 1-2 制动过程中地面制动力、制动器制动力和附着力的关系
 F_x —地面制动力； F_μ —制动器制动力； F_ϕ —附着力

由(1-3)式可知,附着力是由地面对轮胎的法向反作用力与附着系数的乘积决定的。而它们两者又随较多因素变化。

地面对轮胎的法向反作用力随载客(或载物量)变化外,还受前后轴荷分布、汽车重心的高度、制动减速度的大小、汽车上坡或下坡等因素改变。

车轮与路面间的附着系数也不是固定值。影响附着系数的因素很多,如车轮滑移率、路面的性质和状况、车速、轮胎的结构和气压、车轮偏转角等,下面重点介绍制动时车轮滑移率对附着系数的影响。

4. 车轮滑移率

汽车正常行驶时,车速 v (即车轮中心的纵向速度)与车轮速度 v_w (即车轮圆周速度)相同,可以认为车轮在路面上作滚动运动。当驾驶员踏下制动踏板时,由于地面制动力的作用,使车轮速度减小,车轮处在既滚动又滑动的状态,实际车速与车轮速度不再相等,人们将车速和车轮速度之间出现的差异称为滑移。随着制动系压力的增加,车轮滚动成分越来越小,滑移成分越来越大。当车轮制动器抱死时,很明显地看出,车轮已不转动,汽车车轮在地面上作完全滑动。

为了表征滑移成分所占比例的多少,常用滑移率 S 表示。滑移率的定义如(1-5)式所示:

$$S = \frac{v - v_w}{v} \times 100\% = \frac{v - r\omega}{v} \times 100\% \quad (1-5)$$

式中: S ——车轮滑移率; v ——车速(车轮中心纵向速度, m/s);

v_w ——车轮速度(车轮瞬时圆周速度, $v_w = r\omega$, 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, $v = v_w$, 车轮滑移率 $S = 0$; 车轮抱死时即在地面上纯滑动时, $\omega = 0$, 车轮滑移率 $S = 100\%$; 车轮在路面上边滚动边滑动时, $v > v_w$, 则车轮滑移率 $0 < S < 100\%$ 。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。

5. 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附着系数有很大影响。通过试验,附着系数与滑移率的关系如图 1-3 所示。

从图中可以看出:

(1) 附着系数随路面性质不同呈大幅度变化。一般说来,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,附着系数都随滑移率的变化而变化。各曲线的趋势大致相同,只有积雪路滑移率在靠近 100% 时会上升。

为了方便说明附着系数和滑移率的关系,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 1-4 所示。图中实线为制动时纵向附着系数和车轮滑移率的一般关系。

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%

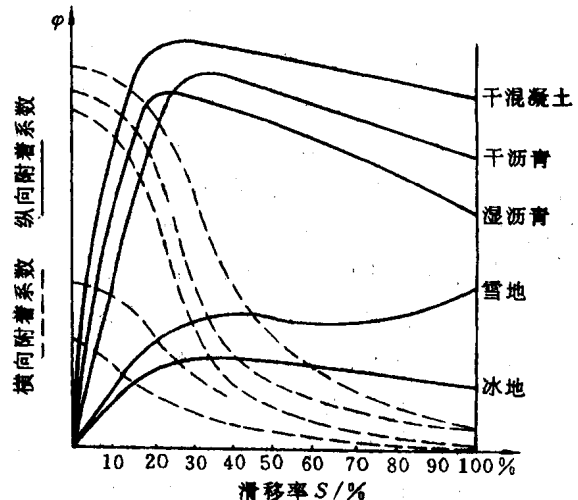


图 1-3 附着系数与滑移率的关系
(虚线所示路面种类上下顺序与实线标注相同)

的范围时,附着系数有其最大值(图 1-4 中显示滑移率在 20% 时,纵向附着系数最大)。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。当车轮抱死时,即完全滑动时的附着系数,一般称为滑动附着系数,用 φ_s 表示。车轮抱死时的滑动附着系数 φ_s 一般总是小于峰值系数 φ_p ,通常干燥硬实路面上, φ_s 比 φ_p 要小 10%~20%,在潮湿的硬实路面上, φ_s 比 φ_p 要小 20%~30%。

根据前述附着力 F_φ 与附着系数 φ 的关系 ($F_\varphi = F_z \varphi$),当地面对车轮法向反作用力 F_z 一定时,则滑移率 S 大约在 20% 左右时具有最大附着力,因而也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,也有的叫最优滑移率。如果滑移率超过理想滑移率(即 $S > S_p$) 时,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 1-4 不仅给出车轮的纵向附着系数 φ_x ,而且也给出车轮的横向(侧向)附着系数 φ_y ,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保持转向控制能力越强。从图中看出,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,此时也导致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和使汽车发生甩尾、旋转等危害,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转向盘,但由于前轮维持汽车转弯运动能力的横向附着力丧失,汽车将仍按原来惯性行驶方向滑动,汽车就可能冲入其它车道或冲出路面,汽车已不能按驾驶员的意志行驶,使汽车失去转向控制能力。

三、ABS 的优点

由上述分析可知,在汽车制动过程中,车轮抱死时危害较大,而且滑移率在 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;同时当滑移率在 20% 左右时,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。为了确保行车安全,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,人们才大力进行开发、研制和推行防抱死制动系统即 ABS。

ABS 是在原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

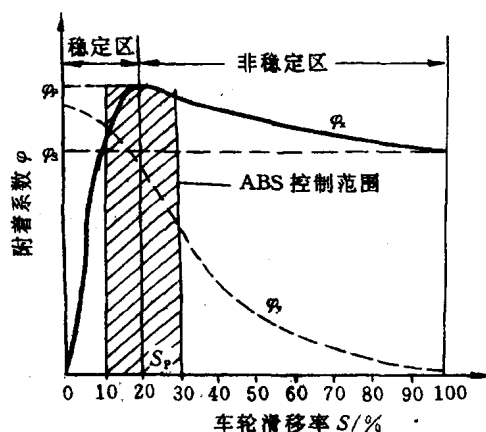


图 1-4 干燥硬实路面上附着系数与滑移率的一般关系

φ —附着系数; φ_x —纵向附着系数; φ_y —横向附着系数;
 S —车轮滑移率; φ_p —峰值附着系数; S_p —峰值附着系数时的滑移率; φ_s —车轮抱死时纵向滑动附着系数

节(其频率高达每秒十多次),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。

应当指出的是,采用传统的制动系统进行制动时,尽管驾驶员也知道间歇性的踩、放制动踏板防止车轮抱死,但再有经验的驾驶员也无法精确地做到判断和控制,特别是在紧急制动时,都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,此时驾驶员往往产生一种紧张情绪,缺乏安全感。

概括起来 ABS 的优点是:

- (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(松散的沙土和积雪较深的路面除外,因为在这些路面上车轮制动抱死时,其表面物质如积雪会铲起并堆在车轮前面,形成一种阻力,使制动距离变短,而在装有 ABS 的汽车上,由于车轮不会抱死,反而没有这种效果);

- (4) 减少轮胎磨损;
- (5) 减少驾驶员紧张情绪。

第三节 ABS 的基本组成、控制方式和分类

一、ABS 的基本组成

现代 ABS 尽管采用的控制方式、方法以及结构形式各不相同,但除原有的传统的常规制动装置外,一般 ABS 都是由传感器、电子控制器和执行器三大部分组成。其中传感器主要是车轮转速传感器,执行器主要指制动压力调节器,如图 1-5 所示。

1. 车轮转速传感器

车轮转速传感器是 ABS 中最主要的一个传感器。车轮转速传感器常简称为轮速传感器,其作用是对车轮的运动状态进行检测,获得车轮转速(速度)信号。

2. 电子控制器

ABS 的电子控制器(Electronic Control Unit),常用 ECU 表示,俗称 ABS 电脑。它的主要作用是接收轮速传感器等输入信号,计算出轮速、参考车速、车轮减速度(加速度)、滑移率,并进行判断、输出控制指令,控制制动压力调节器等进行工作。另外,ECU 还有监测等功能,如有故障时会使 ABS 停止工作并将 ABS 警示灯点亮。

3. 制动压力调节器

制动压力调节器是 ABS 中的主要执行器。其作用是接受 ECU 的指令,驱动调节器中的

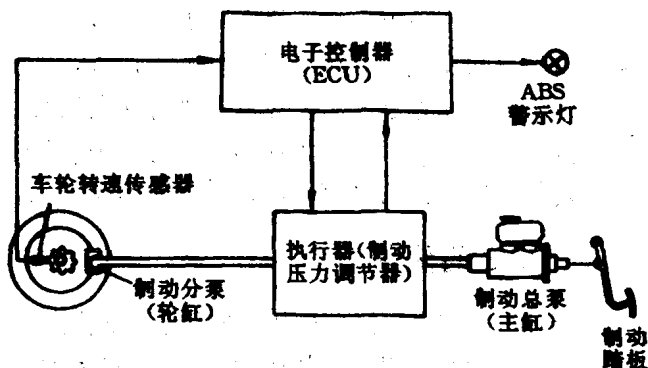


图 1-5 制动防抱死系统(ABS)的基本组成