



汽车维修技能修炼丛书

QICHE WEIXIU JINENG XIULIAN CONGSHU



汽车

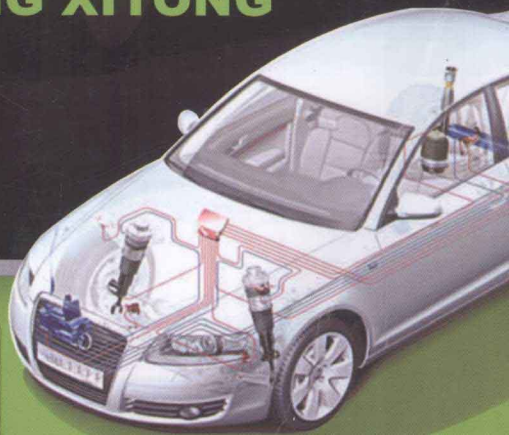
电控制动系统

原理与检修

QICHE DIANKONG ZHIDONG XITONG
YUANLI YU JIANXIU

主 编 ◎ 刘春晖

副主编 ◎ 王云 张学忠



介绍了ABS、TRC (TRAC)、ASR、ESP、VSC、VSA、DAC、HAC、EDS、SBC、BAS、EBD、VDIM、EPB、SWA、OPS等各种先进的电控制动系统，原 实用维
修技能，并附有典型



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



汽车维修技能修炼丛书

汽车电控制动系统 原理与检修

主 编 刘春晖
副主编 王 云 张学忠



机械工业出版社

本书将现代轿车装备的各种先进的电控制动系统——ABS、TRC (TRAC)、ASR、ESP、VSC、VSA、DAC、HAC、EDS、SBC、BAS、EBD、VDIM、EPB、SWA、OPS 等根据其内容进行了较为详细的介绍。根据目前市场保有量较多的车型,详细介绍了丰田、本田、大众、奥迪、通用别克等具体车型电控制动系统的原理与检修,同时还附有典型车型的故障案例分析,以便于读者在较高层次上理解相关车型的电控制动系统的检修。

本书涵盖了欧、美、日等车系的先进制动控制技术,原理与实践相结合,突出实用维修技能,从电控制动系统类型入手,使读者具有很好的分析能力和新车型适应能力,是现代汽车维修人员不可多得的宝贵资料。本书通俗易懂,实用性强,可作为广大汽车维修人员自学参考,也可作为高职高专院校、高级技工院校、技师学院汽车类专业的教学参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电控制动系统原理与检修/刘春晖主编. —北京:机械工业出版社,2012.4

(汽车维修技能修炼丛书)

ISBN 978-7-111-37747-4

I. ①汽… II. ①刘… III. ①汽车—电子控制—控制系统—理论②汽车—电子控制—控制系统—维修 IV. ①U472.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第046577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:杜凡如 责任编辑:杜凡如

版式设计:石冉 责任校对:樊钟英

封面设计:鞠杨 责任印制:乔宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2012年5月第1版第1次印刷

184mm×260mm·20.75印张·512千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-37747-4

定价:52.80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

销售二部:(010)88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

中国的汽车工业正以前所未有的速度迅速发展。汽车技术在环保、节能、安全三大前沿领域的科研成果，极大地提高了汽车产品的科技含量。各国汽车生产厂家为了在世界汽车市场上保持优势地位，都不惜投入巨资进行汽车技术的研发工作，同时又不断将最新的科研技术应用在汽车上，以保持其技术方面的先进性。正是这种竞争推动了汽车技术的发展与进步，也促使汽车维修技术从传统向现代跨越。

随着汽车技术的发展和人们对汽车主动性安全要求的提高，主动安全技术越来越引起人们的重视，制动系统的控制技术越来越先进，这在很大程度上保证了人们生命和财产的安全。同时汽车技术的不断变化和更新给维修人员带来了新的问题，不了解这些系统的原理、结构及检修方面的知识，很难进行相关检测与维修工作。

本书正是从这个角度出发，比较全面详细地介绍了汽车主动安全方面的技术，主要包括：防抱死制动系统(ABS)、防滑转控制系统(ASR)、电子制动力分配系统(EBD)、电子差速锁系统(EDS)、制动辅助系统(BAS)、上坡起步辅助系统(HAC)、下坡辅助控制系统(DAC)、电子感应制动控制系统(SBC)、电子驻车制动系统(EPB)、换道辅助系统(SWA)、视觉驻车辅助系统(OPS)、倒车摄像机系统、驻车转向辅助系统等。同时对典型的电控制动系统又分具体车型进行介绍，如防抱死制动系统典型介绍美国ITT公司的MK20-I防抱死制动系统；防滑转控制系统典型介绍雷克萨斯LS400的防滑转控制系统；电子稳定控制系统典型介绍奥迪大众公司、通用公司采用的电子稳定程序系统(ESP)，本田公司的车辆稳定辅助系统(VSA)和丰田公司的车辆稳定性控制系统(VSC)。同时对目前丰田及雷克萨斯系列中高级车型采用的车辆动态综合管理系统(VDIM)也进行了较为详细的介绍。

书中引用了各种品牌车型的电路图，为读原厂图时不致混淆，保留原厂图元器件符号的画法，与国家标准不完全一致，请读者注意。

本书由山东华宇职业技术学院刘春晖主编，德州学院王云、张学忠担任副主编，参加本书编写工作的老师还有刘宝君、张斌、魏金铭、刘甲洪、郭长保。

本书在编写过程中借鉴和参考了大量国内外的原版汽车维修手册及自学培训手册等技术资料、汽车维修类杂志和相关汽车维修类书籍，由于各种原因不能将作者和编者的名字一一介绍，在此向维修资料的作者及编者深表感谢！由于技术内容新，加上作者水平所限，书中难免有错误和不当之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前 言

第一章 防抱死制动系统	1
第一节 汽车防抱死制动系统概述	1
一、汽车防抱死制动系统的发展历程	1
二、汽车防抱死制动系统的功能	2
三、汽车防抱死制动系统的特点	2
第二节 防抱死制动系统的基本原理	5
一、制动时车轮的受力分析	5
二、防抱死制动系统的功用	6
三、车轮滑移率 S 及其影响因素	6
四、车轮滑移率 S 与附着系数 φ 的关系	7
第三节 汽车防抱死制动系统的类型	8
一、按外观结构或组合形式分类	8
二、按车轮控制方式分类	9
三、按控制方式分类	12
四、按结构及原理分类	13
五、按生产厂家分类	14
第四节 防抱死控制系统部件结构	14
一、输入信号元件	14
二、控制开关	21
三、ABS ECU	22
四、执行控制元件	23
第五节 防抱死制动液压控制系统	24
一、制动压力调节器的分类	25
二、循环式制动压力调节器的组成	25
三、循环式制动压力调节器的工作过程	29
四、可变容积式制动压力调节器的工作过程	31
第六节 防抱死制动系统的控制过程	33
一、ABS 的控制方式	33
二、ABS 的控制过程	35
三、三位三通电磁阀式 ABS 的控制过程	36
第二章 电控制动系统的部分扩展功能	40
第一节 电子制动力分配系统	40
一、电子制动力分配系统的功用	40



二、电子制动力分配系统的基本组成及原理	42
三、电子制动力分配系统的优点	44
四、EBD 与 ABS 的关系	44
第二节 电子差速锁系统	45
一、电子差速锁的基本功用	45
二、电子差速锁的基本工作过程	45
第三节 制动辅助系统	47
一、制动辅助系统的工作原理	47
二、制动辅助系统的工作过程	49
第四节 上坡和下坡辅助控制系统	50
一、上坡起步辅助控制系统	50
二、下坡辅助控制系统	54
第五节 电子感应制动控制系统	55
一、电子感应制动控制系统的特点	56
二、电子感应制动控制系统的组成	57
三、电子感应制动控制系统的工作原理	58
第三章 汽车驱动轮防滑转控制系统	61
第一节 驱动轮防滑转控制的基本原理	61
一、概述	61
二、驱动力 F_t 与附着力 F_ϕ 的关系	62
三、滑转率与附着系数的关系	62
四、ASR 与 ABS 的异同	63
第二节 驱动轮防滑转的控制方法	64
一、控制发动机的输出转矩	64
二、控制驱动轮的制动力	65
三、控制差速器的锁止程度	66
第四章 汽车电子稳定系统	68
第一节 电子稳定系统概述	68
一、概述	68
二、ESP 在国外和国内应用现状	69
三、ESP 与其他系统的关系	70
四、制动力与侧向力的关系	73
第二节 电子稳定系统的调节及工作过程分析	74
一、ESP 的调节过程	74
二、ESP 工作过程分析	77
第三节 电子稳定系统的控制原理	78
一、ESP 控制原则	78
二、ESP 控制原理	79
三、ESP 新进展	81

第五章 MK20- I 型 ABS 原理与检修	82
第一节 MK20- I 型 ABS 的结构	82
一、ABS 组成及工作原理	82
二、控制系统部件结构	82
三、MK20- I 型 ABS 结构特点	88
第二节 MK20- I 型 ABS 的工作过程	89
一、常规制动时制动系统工作情况	89
二、制动压力保持时制动系统工作情况	90
三、制动压力降低时制动系统工作情况	91
四、制动压力升高时制动系统工作情况	92
第三节 MK20- I 型 ABS 的自诊断	93
一、MK20- I 型 ABS 的自诊断测试	93
二、自诊断测试注意事项	94
三、读取故障码	94
四、清除故障码	95
五、ABS 加液与放气	96
六、ABS 故障目视检查与排除方法	97
第四节 MK20- I 型 ABS 的检修	98
一、MK20- I 型 ABS 检修注意事项	98
二、MK20- I 型 ABS 零部件检修	99
第五节 MK20- I 型 ABS 的拆装	102
一、MK20- I 型 ABS 拆装注意事项	102
二、HCU 的拆卸与安装	103
三、前轮轮速传感器的拆装	106
四、后轮轮速传感器的拆装	106
五、诊断 ABS 故障的技巧和方法	108
第六节 典型故障案例分析	110
一、捷达王轿车 ABS 警告灯偶尔点亮	110
二、帕萨特 ABS 警告灯点亮	110
三、中华轿车 ABS 警告灯异常点亮	112
四、捷达轿车 ABS 警告灯时亮时灭	112
五、时代超人轿车 ABS 警告灯常亮	113
六、时代超人轿车 ABS ECU 常见故障修复	113
七、桑塔纳轿车起动时 ABS 警告灯点亮	114
第六章 奥迪大众电子稳定系统原理与检修	116
第一节 电子稳定系统的结构	116
一、ESP 组成部件及功能	116
二、元件和电路图的识读	119
三、控制单元 J104	119



四、ESP 的传感器及控制开关	120
五、ESP 的执行器	127
六、带串联主缸的主动式制动助力器	128
七、单轮液压回路的控制过程	131
第二节 电子稳定系统自诊断系统	132
一、ESP 自诊断项目	132
二、读取 ESP 数据流	134
三、ESP 自诊断功能	136
四、ESP 警告灯的故障识别	141
第三节 博世电子稳定程序 8.1 系统	142
一、系统组件	142
二、系统功能	144
第四节 电子稳定系统的新功能	146
一、制动监控系统	147
二、双级挂车稳定功能	147
三、防侧翻稳定功能	148
四、紧急制动信号	148
五、越野模式	149
第五节 典型故障案例分析	150
一、奥迪 A8 D3 ESP 警告灯常亮	150
二、帕萨特 ESP 警告灯亮	151
三、2004 款宝来 1.8T ESP 警告灯常亮	152
四、帕萨特 ABS 和 ESP 警告灯间歇点亮	153
五、速腾 ASR/ESP 警告灯常亮	153
六、速腾 ESP 警告灯常亮	154
七、2008 款速腾仪表板上 ESP 警告灯常亮	155
第七章 别克电子稳定系统原理与检修	156
第一节 电子稳定系统的作用与原理	156
一、汽车电子稳定系统的作用与类型	156
二、别克汽车电子稳定系统的组成与基本作用	156
第二节 防抱死制动系统的工作过程	167
第三节 电子制动力分配及牵引力控制系统工作过程	171
一、电子制动力分配工作过程	171
二、牵引力控制系统控制过程	173
第四节 汽车电子稳定系统的基本工作原理	174
一、转向不足的操纵	174
二、转向过度的操纵	175
第五节 电子稳定系统的维修	177
一、自诊断	177

二、制动器排气程序	178
三、ESP 传感器及执行器的检修	178
第六节 典型故障案例分析	179
一、别克 GL8 的 ABS 故障灯间歇点亮	179
二、别克君威轿车 ABS 故障灯点亮	180
三、雪佛兰乐风轿车 ABS 及驻车警告灯常亮	181
四、君威 ABS 故障灯点亮	183
五、别克 GL ABS 警告灯亮	183
第八章 本田车系防滑控制系统原理与检修	186
第一节 广州本田 ABS	186
一、概述	186
二、工作原理	186
三、ABS 的基本结构	187
四、电子制动力分配系统	189
第二节 广州本田轿车防滑转控制系统	189
一、概述	189
二、发动机输出控制型 TCS 的功能	190
三、制动控制型 TCS 的功能	191
四、TCS 的工作过程	191
第三节 车辆稳定辅助控制系统	194
一、VSA 系统的功能控制	194
二、VSA 系统的结构及工作过程	196
三、VSA 系统的传感器及控制开关	199
四、VSA 系统的指示灯	199
五、传感器的学习功能	200
第四节 典型故障案例分析	201
一、本田雅阁行驶中 ABS 警告灯偶尔点亮	201
二、本田雅阁 ABS 警告灯不熄灭	201
三、本田雅阁 ABS 不工作	202
四、本田 CR-V ABS 警告灯点亮	203
五、本田雅阁 ABS 警告灯常亮不熄	204
六、飞度 ABS 警告灯常亮	205
第九章 丰田车系电控制动系统原理与检修	206
第一节 雷克萨斯 LS400 型轿车 ABS/TRC 总体结构	206
一、防滑转控制系统的结构特点	206
二、防滑转控制系统的基本组成	206
三、防滑转控制系统的控制过程	210
四、ABS/TRC 控制系统电路	212
第二节 雷克萨斯 LS400 型轿车 ABS/TRC 故障自诊断	216



一、故障码的读取与清除	216
二、ABS/TRC ECU 的自诊断	217
三、输入信号元件的检修	218
四、输出执行元件的检修	220
第三节 丰田轿车的车身稳定控制系统	222
一、概述	222
二、丰田 VSC 系统的组成	222
三、丰田 VSC 系统控制原理	226
第四节 丰田 VSC 系统自我诊断与元件检测	229
一、VSC 系统自我诊断	229
二、偏转率传感器和减速度传感器零点校准	233
三、VSC 系统相关元件检测	234
第五节 丰田车辆动态综合管理系统概述	236
一、概述	236
二、车辆动态综合管理系统的功能	236
第六节 EBC 系统的构成与工作原理	243
一、EBC 系统的构成	243
二、EBC 系统的工作原理	246
第七节 车辆动态综合管理系统中协同转向控制原理	248
一、前轮打滑控制	248
二、后轮打滑控制	249
三、车辆左右车轮在摩擦系数差异较大的路面上紧急制动控制	250
四、左右轮在摩擦系数差异较大的路面上突然起步或加速控制	250
五、VDIM 的主要优点	251
第八节 VDIM 系统故障诊断及校准	251
第九节 典型故障案例分析	253
一、丰田新皇冠轿车短距离行驶 ABS 故障灯点亮	253
二、雷克萨斯 4700 ABS VSC 灯常亮	254
三、雷克萨斯 LX470 车 ABS、TRC、VGRS、VSC OFF 灯亮	255
四、进口丰田 RAV4 ABS/VSC 故障灯亮	255
五、丰田 RAV4 制动、ABS/VSC 警告灯点亮	256
六、雷克萨斯 ES350 车身稳定控制灯报警	259
第十章 电子驻车制动系统	262
第一节 电子驻车制动系统概述	262
一、电子驻车制动系统的功用	262
二、EPB 系统组成	263
三、电控机械式驻车制动器的功能	271
四、电控机械式驻车制动器 CAN 数据总线	277
第二节 迈腾电子机械式驻车制动系统	278

一、迈腾 EPB 系统电路分析	278
二、基本设定的操作以及控制单元编码	282
第三节 典型故障案例分析	283
一、奥迪 A6L 制动警告灯闪烁	283
二、迈腾轿车自动驻车系统按键 E538 不起作用	284
三、迈腾上线检测后 EPB 故障警告灯报警	286
第十一章 驾驶人辅助系统	288
第一节 换道辅助系统	288
一、组成	288
二、系统原理	293
三、诊断	295
第二节 视觉驻车辅助系统	297
一、系统组成	297
二、视觉驻车辅助系统的功能和操纵	299
三、视觉驻车辅助系统的通信结构	302
四、视觉驻车辅助系统的诊断	303
第三节 倒车摄像系统	304
一、倒车摄像系统组成部件	304
二、倒车摄像系统电路	305
三、驻车工作模式及工作原理	307
四、系统操纵	309
五、倒车摄像系统通信	310
第四节 驻车转向辅助系统	311
一、功能描述及操纵	311
二、系统部件	315
三、驱动 CAN 总线控制单元的通过程程	318
四、诊断维修	319
参考文献	320

第一章 防抱死制动系统

第一节 汽车防抱死制动系统概述

一、汽车防抱死制动系统的发展历程

防抱死制动系统(ABS)的发展可以追溯到 20 世纪初期,早在 1928 年制动防抱死理论就被提出,在 30 年代机械式制动防抱死系统就开始在火车和飞机上获得应用,博世(BOSCH)公司在 1936 年第一个获得了用电磁式车轮轮速传感器获取车轮转速的制动防抱死系统的专利权。

进入 50 年代,汽车制动防抱死系统开始受到较为广泛的关注。福特(FORD)公司曾于 1954 年将飞机的制动防抱死系统移置在林肯(LINCOLN)轿车上;凯尔塞·海伊斯(KELSE-HAYES)公司在 1957 年对称为“AUTOMATIC”的制动防抱死系统进行了试验研究,研究表明制动防抱死系统确实可以在制动过程中防止汽车失去方向控制,并且能够缩短制动距离;克莱斯勒(CHRYSLER)公司在这一时期也对称为“SKIDCONTROL”的制动防抱死系统进行了试验研究。由于这一时期的各种制动防抱死系统采用的都是机械式车轮轮速传感器的机械式制动压力调节装置,因此,获取的车轮转速信号不够精确,制动压力调节的适时性和精确性也难于保证,控制效果并不理想。

随着电子技术的发展,电子控制制动防抱死系统的发展成为可能。在 60 年代后期和 70 年代初期,一些电子控制的制动防抱死系统开始进入产品化阶段。凯尔塞·海伊斯公司在 1968 年研制生产了称为“SURETRACK”的两轮制动防抱死系统,该系统由电子控制装置根据电磁式轮速传感器输入的后轮转速信号,对制动过程中后轮的运动状态进行判定,通过控制由真空驱动的制动压力调节装置对后制动轮缸的制动压力进行调节,并在 1969 年被福特公司装备在雷鸟(THUNDERBIRD)和大陆·马克Ⅲ(CONTINENTAL MK Ⅲ)轿车上。

克莱斯勒公司与本迪克斯(BENDIX)公司合作研制的称为“SURE-TRACK”的能防止 4 个车轮被制动抱死的系统,在 1971 年开始装备在帝国(IMPERIAL)轿车上,其结构原理与凯尔塞·海伊斯的“SURETRACK”基本相同,两者不同之处,只是在于两个还是四个车轮有防抱死制动。博世(BOSCH)公司和戴维斯(TEVES)公司在这一时期也都研制了各自的第一代电子控制制动防抱死系统,这两种制动防抱死系统都是由电子控制装置对设置在制动管路中的电磁阀进行控制,直接对各制动轮以电子控制压力进行调节。

别克(BUICK)公司在 1971 年研制了由电子控制装置自动中断发动机点火,以减小发动机输出转矩,防止驱动车轮发生滑转的驱动防抱死系统。

瓦布科(WABCO)公司与奔驰(BENZ)公司合作,在 1975 年首次将制动防抱死系统装备在气压制动的载货汽车上。

第一台防抱死制动系统于 1950 年问世,首先被应用在航空领域的飞机上,1968 年开始

研究在汽车上应用。70年代,由于欧美七国生产的新型轿车的前轮或前后轮开始采用盘式制动器,促使了ABS在汽车上的应用。1980年后,电脑控制的ABS逐渐在欧洲、美国及日本的汽车上迅速普及。到目前为止,一些中高级豪华轿车,如德国的奔驰、宝马、保时捷、欧宝等系列,英国的劳斯莱斯、路虎、宾利等系列,意大利的法拉利、领先、快意等系列,法国的波尔舍系列,美国福特的TX3、30X及克莱斯勒的帝王、纽约豪客、男爵、道奇、顺风等系列,日本的思域、雷克萨斯、豪华本田、俊朗等系列,均采用了先进的ABS。现今在世界各国生产的轿车中有近75%的轿车应用ABS。

目前全世界已有本迪克斯、博世、戴维斯、海斯·凯尔西、苏麦汤姆、本田、日本无限等许多公司生产ABS。预计随着轿车的迅速发展,将会有更多的厂家生产ABS。

进入70年代后期,数字式电子技术和大规模集成电路的迅速发展,为ABS向实用化发展奠定了技术基础。博世公司在1978年首先推出了采用数字式电子控制装置的制动防抱死系统——博世ABS2,并且装置在奔驰轿车上,由此揭开了现代ABS发展的序幕。尽管博世ABS2的电子控制装置仍然是由分离元件组成的控制装置,但由于数字式电子控制装置与模拟式电子控制装置相比,其反应速度、控制精度和可靠性都显著提高,因此,博世ABS2的控制效果已相当理想。从此以后,欧、美、日的许多制动器专业公司和汽车公司相继研制了形式多样的ABS。

二、汽车防抱死制动系统的功能

凡驾驶过汽车的人都有这样的经验,在被雨淋湿的柏油路上或在积雪道路上紧急制动时,汽车会发生侧滑,严重时 would 掉头旋转。如果是在有车辙的雪路上行驶,产生剧烈旋转的危险性就更大。出现上述情况汽车的方向会失去控制。若是弯道,就有可能从路边滑出或驶入对面车道,即使不是弯道,也无法躲避障碍物。防抱死制动系统的作用就是防止这些危险状况的发生。它利用电子电路自动控制车轮制动力,可以充分发挥制动器的效能,提高制动减速度,缩短制动距离,并有效地提高车辆制动时的稳定性,防止车辆侧滑和甩尾,减少车祸,因此被认为是当前提高汽车行驶安全性的有效措施之一。

综上所述,ABS的功用是:在汽车制动时,防止车轮抱死在路面上滑拖(车轮与路面间产生滑移),以提高汽车制动过程中的方向稳定性及转向控制能力,缩短制动距离,使汽车制动更为安全有效。防抱死制动系统的英文名称是Anti-lock Braking System(防抱死制动系统)或Anti-skid Braking System(防滑移制动系统),缩写为ABS。

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已经成为汽车上非常重要的主动安全装置,目前在轿车和客车上广泛使用。

三、汽车防抱死制动系统的特点

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的压力,使车轮滑移率恢复到接近理想滑移率的稳定区内,通过自动、高频率地对制动系统压力进行调节(其频率从每秒几次到每秒十多次),使车轮滑移率保持在理想的滑移率范围内,以达到充分利用车轮与路面间最大的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,获得最佳制动性能的目的。



应当指出的是,采用传统的制动系统进行制动时,尽管驾驶人也知道间歇性地踩、放制动踏板,防止车轮抱死,但再有经验的驾驶人也无法精确地做出判断和控制,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。在结冰、下雨打滑的路面上制动时,汽车很容易产生侧滑、甩尾和失去转向操纵能力,此时驾驶人会产生紧张情绪,缺乏安全感。而装用 ABS 后,驾驶人遇到紧急状况需要制动时,只需用力踩下制动踏板即可,许多本来需要驾驶人做决定的事,都交由 ABS 进行处理,以防止车轮发生抱死时出现的危险状态。

1. ABS 的优点

1) 增加汽车制动时的方向稳定性。装用 ABS 的汽车,在紧急制动时能将滑移率控制在理想滑移率的范围内,具有较大的横向附着力,有足够的抵抗横向干扰力的能力,从而提高了汽车制动时的方向稳定性,可以避免汽车侧滑和甩尾。汽车在左右附着系数不同的路面上制动时,有、无 ABS 对汽车方向稳定性的影响如图 1-1 所示。

由图 1-1 可以看出,无 ABS 时汽车侧滑甚至甩尾,有 ABS 时方向稳定性得到极明显的改善。

汽车在制动时,四个车轮上的制动力是不一样的,如果汽车的前轮抱死,驾驶人就无法控制汽车的行驶方向,这是非常危险的;倘若汽车的后轮先抱死,则会出现侧滑、甩尾,甚至出现汽车掉头而造成严重的交通事故。ABS 可以防止四个车轮制动时被完全抱死,提高汽车行驶的稳定性的。有资料表明,装用 ABS 的车辆可使因车轮侧滑引起的事故比例下降 8% 左右。

2) 改善汽车制动时的转向操纵能力。未装 ABS 的汽车在紧急制动时,如果前轮抱死,因横向(侧向)附着力几乎为零,汽车就丧失了转向操纵能力,此时即使转动转向盘,汽车也不能转向,只能沿原惯性力运动方向前进,最后撞到障碍物上。当装用 ABS 后,因汽车仍有足够的转向操纵能力,可以通过转向对障碍物进行避让。汽车制动时有、无 ABS 对汽车转向操纵能力的影响如图 1-2 所示。

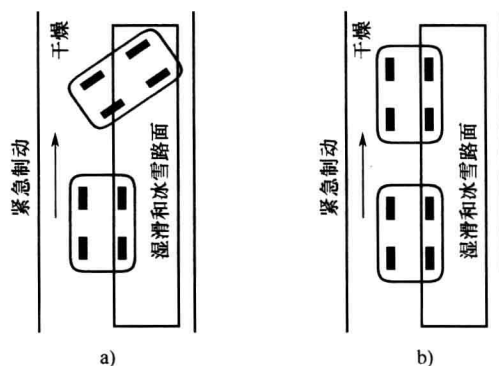


图 1-1 装用 ABS 增加了汽车制动时的方向稳定性
a) 无 ABS b) 有 ABS

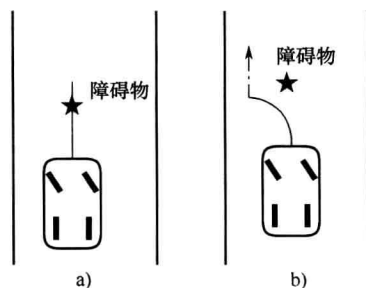


图 1-2 装用 ABS 汽车制动时
仍具有转向操纵能力
a) 无 ABS b) 有 ABS

由图 1-2 可以看出,无 ABS 的车辆紧急制动时,即使转动转向盘,车辆也不会转向,而是沿原运动方向前进;有 ABS 的车辆紧急制动时,车辆仍具有转向能力。

3) 缩短制动距离。装用 ABS 后, 汽车在制动过程中, 始终保持车轮和路面间附着系数的最佳利用, 有效地利用最大纵向附着力, 因而能在最短的距离内制动停车。通常情况下, 驾驶人操作时制动距离比无 ABS 时可以缩短, 特别是在湿滑和冰雪路面上, 制动距离可以明显缩短, 一般可缩短 10% ~ 20%。汽车制动时有、无 ABS 对汽车制动距离的影响如图 1-3 所示。

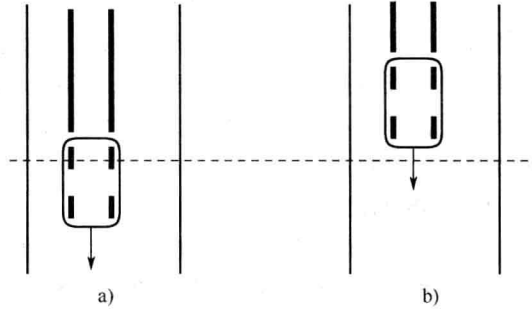


图 1-3 装用 ABS 可以缩短制动距离
a) 无 ABS b) 有 ABS

由图 1-3 可以看出, 无 ABS 的车辆制动距离明显较长, 有 ABS 的车辆制动距离缩短。

应当指出的是, 在松散的路面上, 如松散的沙土和积雪较深的路面上, 当汽车制动抱死时, 其表面物质如积雪会被铲起并堆在车轮前面, 形成楔形物, 从而构成一种阻力, 有利于汽车制动, 会使制动距离变短。而在装用 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。在未装 ABS 的汽车上, 当汽车制动抱死时, 由于车轮在路面上滑拖, 会造成轮胎局部严重磨损, 特别是在高附着系数的路面上。装用 ABS 的汽车制动时, 车轮处于边滚边滑移状态, 可以减少轮胎局部磨损, 从而延长轮胎使用寿命, 一般可延长 6% ~ 10%。车轮抱死会造成轮胎杯形磨损, 轮胎胎面磨损也不均匀, 使轮胎磨损消耗费用增加。经测定, 在汽车全寿命费用中, 汽车实施紧急制动车轮抱死所造成的轮胎累加磨损费用, 已超过一套 ABS 的造价。因此, 装用 ABS 具有一定的经济效益。

5) ABS 使用方便, 工作可靠。ABS 的使用与普通制动系统的使用几乎没有区别。制动时, 只要把脚踩在制动踏板上, ABS 就会根据情况自动进入工作状态, 如遇雨雪路滑, 驾驶人也没有必要用一连串的点制动进行制动, ABS 会使制动状态保持在最佳点。ABS 工作十分可靠, 并有自诊断能力。如果它发现系统内部有故障, 就会自动记录, 以故障码的形式存储, 并使 ABS 警告灯点亮, 同时终止 ABS 控制, 使普通制动系统继续工作。维修人员可以根据 ABS 电控系统记录的故障码进行维修。

6) 减轻驾驶人紧张情绪。装用 ABS 的汽车进行制动时, 驾驶人只要把脚尽力踩在制动踏板上, ABS 就会代替驾驶人自动进入最佳制动的状态, 驾驶人可以比较放心地操纵转向盘。习惯驾驶装用 ABS 汽车的驾驶人, 如果驾驶未装 ABS 的汽车进行制动时, 尤其在湿滑和冰雪路面上紧急制动时, 会有一种不安全的感觉, 特别是缺乏驾驶经验的驾驶人, 会产生紧张情绪。

7) 由于 ABS 制动性能的提高, 汽车的安全性也得到改善, 所以装用 ABS 后, 在同样条件下可使驾驶人提高车速。据统计, 装用 ABS 的车辆行驶时可提高车速约 15%。

2. ABS 的缺点

- 1) ABS 不能提供超越车轮与路面所能承受的制动效果。
- 2) ABS 不能代替驾驶人的制动操纵, 只能在驾驶人制动时, 帮助驾驶人达到较好的制动效果。
- 3) ABS 性能的好坏受整车制动状况的影响。



4) 在平滑的干燥路面上制动, 技术熟练的驾驶人操作常规制动系统, 其制动距离要比 ABS 工作的制动距离短, 这是因为 ABS 允许滑移率降低到 8% 左右所致。

第二节 防抱死制动系统的基本原理

一、制动时车轮的受力分析

汽车只有受到与行驶方向相反的外力时, 才能制动减速, 直至停车。这个外力只能由地面和空气提供, 但由于空气阻力相对较小, 所以实际上外力是由地面提供的, 称之为地面制动力。地面制动力越大, 制动减速度越大, 制动距离也越短, 所以地面制动力对汽车的制动性能具有决定性的影响。

1. 地面制动力

汽车在良好路面上制动时, 车轮受力如图 1-4 所示。

地面制动力是使汽车制动而减速或停车的外力。它的产生源于制动力矩 T_{μ} 。在 T_{μ} 的作用下, 地面反作用于车轮一个使汽车减速或停车的切向力。地面制动力的大小一方面取决于制动器内制动摩擦片与制动鼓(盘)间的摩擦力, 另一方面受轮胎与地面的附着力的制约。

2. 制动器制动力

制动器制动力是为克服制动器摩擦力矩而在轮胎周缘所需施加的切向力, 用符号 F_{μ} 表示。它等于把汽车架离地面, 踩住制动踏板后, 在轮胎周缘切线方向推动车轮直至它能转动所需施加的力。公式表示为

$$F_{\mu} = \frac{T_{\mu}}{r}$$

式中 T_{μ} ——车轮制动器摩擦力矩, 单位为 $\text{N} \cdot \text{m}$;
 r ——车轮半径, 单位为 m 。

由上式可知, 制动器制动力仅取决于制动器的摩擦力矩, 即取决于制动器的形式、结构尺寸、制动器摩擦副的摩擦系数和车轮半径, 并与制动踏板力(制动系的液压或空气压力)成正比。

3. 地面制动力、制动器制动力与地面附着力的关系

汽车制动时, 根据制动强度的不同, 车轮的运动可简单地考虑为减速滚动和抱死滑动两种状态。此时地面制动力、制动器制动力及地面附着力之间的关系如图 1-5 所示。

1) 车轮作减速滚动。当制动踏板力较小时, 制动器摩擦力矩不大, 地面制动力足以克服制动器摩擦力矩而使车轮维持滚动。显然, 车轮滚动时的地面制动力就等于制动器制动力, 且随着制动踏板力的增大而增大。

2) 车轮抱死滑拖。当制动踏板力或制动系压力上升到某一极限, 地面制动力达到地面附着力时, 车轮会抱死不转而出现拖滑现象。制动踏板力或制动系压力继续增大, 制动器制

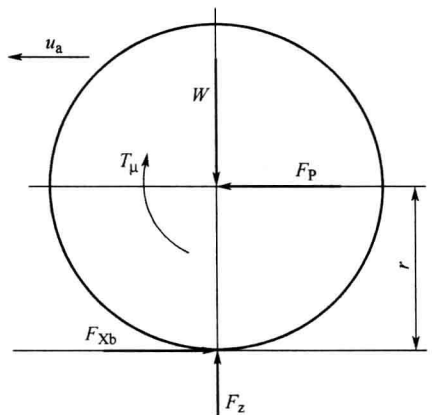


图 1-4 车轮在制动时的受力分析

动力由于制动器摩擦力矩的增长按线性关系继续增大。若作用在车轮上的法向载荷不变，则地面制动力达到地面附着力后不再增大。若要增大地面制动力，只能通过提高附着系数来实现。

由此可见，汽车的地面制动力首先取决于制动器制动力，同时又受地面附着条件的限制。所以只有汽车具有足够的制动器制动力，同时又能提供高的地面附着力时，才能获得足够的地面制动力。

二、防抱死制动系统的功用

由上述汽车理论可知，当制动器制动力大于轮胎-道路附着力（简称附着力）时，车轮就会抱死滑移。只有汽车具有足够的制动器制动力，同时地面又能提供较大的附着力时，汽车才能获得较好的制动效果。

汽车在制动时，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。纵向附着力决定汽车纵向运动，影响汽车的制动距离；横向附着力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。

电子控制防抱死制动系统的功用是在汽车制动过程中，自动调节车轮的制动力，防止车轮抱死滑移，从而获得最佳制动性能（缩短制动距离、提高方向稳定性、增强转向控制能力），减少交通事故。

三、车轮滑移率 S 及其影响因素

当汽车匀速行驶时，实际车速 v （即车轮中心的纵向速度）与车轮速度 v_w （即车轮滚动的圆周速度）相等，车轮在路面上的运动为纯滚动运动，如图 1-6a 所示。然而，在汽车实际运行过程中，当驾驶人踩下制动踏板后，在制动器摩擦力矩的作用下，车轮的角速度减小，实际车速与车轮速度之间就会产生一个速度差，轮胎与地面之间就会产生相对滑移，如

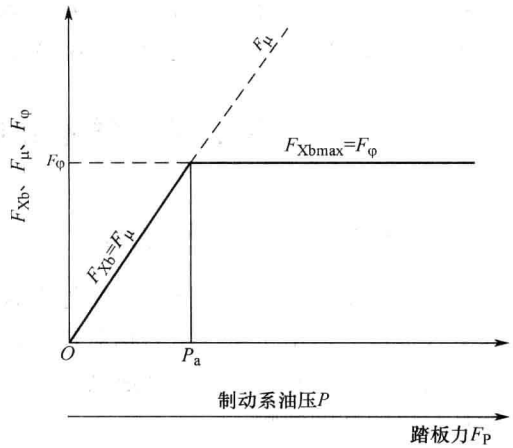


图 1-5 地面制动力、制动器制动力与地面附着力的关系

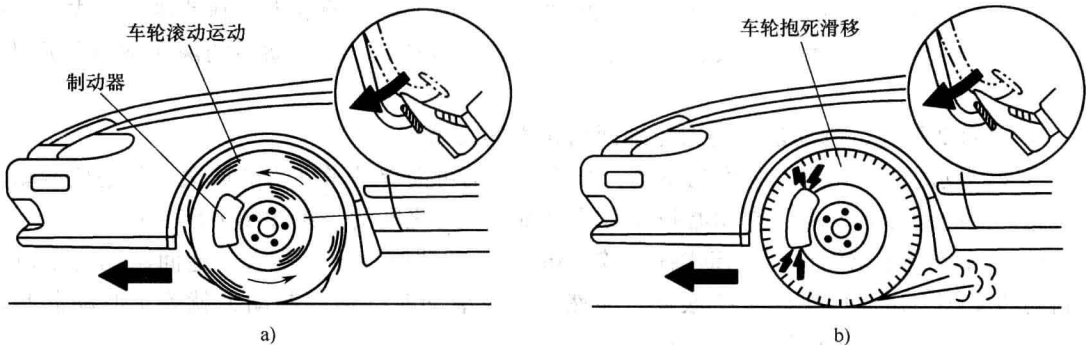


图 1-6 制动车轮受力分析
a) 车轮滚动运动 b) 车轮抱死滑移