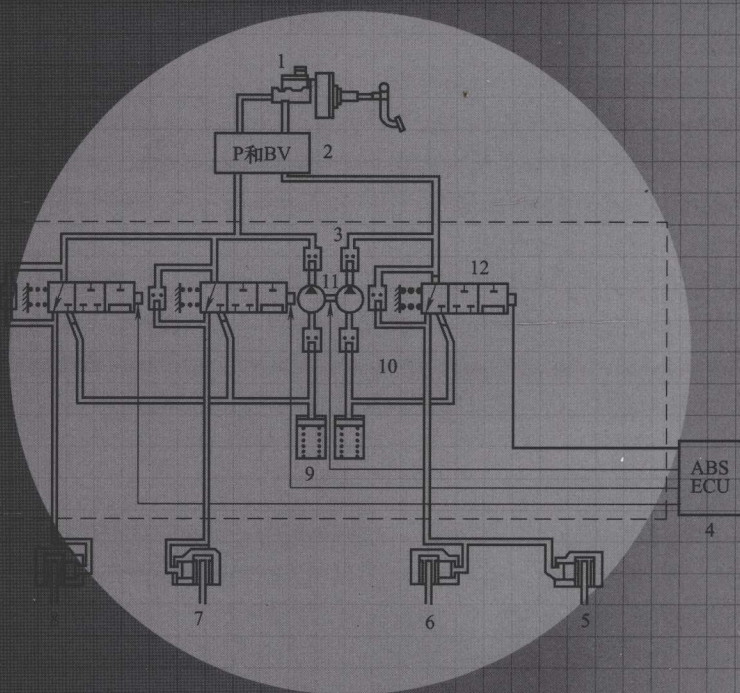
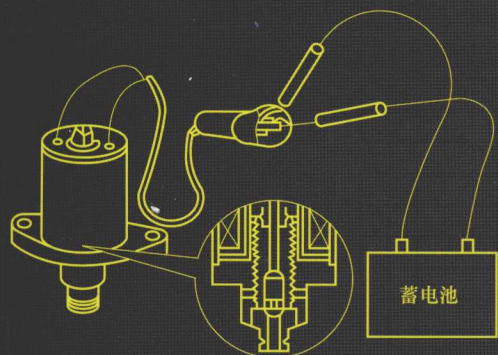


全国高职高专 **教学改革** 规划教材

汽车底盘电控系统维修

任春晖 蔺宏良 主编

QICHE DIPAN DIANKONG XITONG WEIXIU



化学工业出版社

全国高职高专 **教学改革** 规划教材

汽车底盘电控系统维修

任春晖 蔺宏良 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车底盘电控系统维修/任春晖, 蔺宏良主编. —北京:
化学工业出版社, 2010.7

全国高职高专教学改革规划教材

ISBN 978-7-122-08560-3

I. 汽… II. ①任…②蔺… III. 汽车-底盘-电气控制
系统-车辆修理-高等学校: 技术学院-教材 IV. U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 088216 号

责任编辑: 卢小林

装帧设计: 尹琳琳

责任校对: 战河红

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 17 字数 440 千字 2010 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 35.00 元

版权所有 违者必究

随着市场经济体制的完善、科学技术的进步、产业结构的调整及劳动力市场的变化,职业教育面临着“以服务社会主义现代化建设为宗旨、培养数以亿计的高素质劳动者和数以千万计的高技能专门人才”的新任务。高等职业教育是全面推进素质教育,提高国民素质,增强综合国力的重要力量。2005年颁布的《国务院关于大力发展职业教育的决定》中国家进一步推行“以就业为导向、继续实行多形式的人才培养”工程和推进职业教育的体制改革与创新,提出“职业院校要根据市场和社会需要,不断更新教学内容,合理调整专业结构”。在《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]第16号)文件中,教育部明确指出“课程建设与改革是提高教学质量的核心,也是教学改革的重点和难点。高等职业院校要积极与行业企业合作开发课程,根据技术领域和职业岗位(群)的任职要求,参照相关的职业资格标准,改革课程体系和教学内容。”

新时期下我国经济体制转轨变型也带来对人才需求和人才观的新变化。大量新技术、新工艺、新材料和新方法的不断涌现使得社会对新型技能人才的需求更加迫切,而以传统学科式职业教学体系培养出来的人才无论从数量、结构和质量都不能很好地满足经济建设和社会发展的需要,而满足社会的需要才是职业教育的最终目的。在新形势下,进行职业教育课程体系的教学改革是职业教育生存和发展的唯一出路。改革现行的培养体系、课程模式、教学内容、教材教法,培养造就技术素质优秀的劳动者,已成为高等职业学校教育改革的当务之急。

针对上述情况,高职院校应大力进行课程改革和建设,培养学生的综合职业能力和职业素养。课程设计以职业能力培养为重点,与企业合作进行基于工作过程的课程开发与设计,充分体现职业性、实践性和开放性的要求,重视学生在校学习与实际工作的一致性,有针对性地采取工学交替、任务驱动、项目导向、课堂与实习地点一体化等行动导向的教学模式。课程的教学内容来自于企业生产、经营、管理、服务的实际工作过程,并以实际应用的经验和策略等过程性知识为主。以具体化的工作项目(任务)或服务为载体,每个项目或任务都包括实践知识、理论知识、职业态度和情感等内容,是相对完整的一个系统。在课程的“项目”或“任务”设置上,充分考虑学生的个性发展,保留学生的自主选择空间,兼顾学生的职业发展。

为此,化学工业出版社在全国范围内组织了二十所职业院校机械、电气、汽车三个专业的百余位老师编写了这套“全国高职高专教学改革规划教材”,为推动我国高等职业院校教学改革做了有益的尝试。

在教材的编写思路,我们积极配合新的课程教学模式、教学内容、教学方法的改革,结合学校和企业工业现场的设备,打破学科体系界限和传统教材以知识体系编写教材的思路,以知识的应用为目的,以工作过程为主线,融合了最新的技术和工艺知识,强调知识、能力、素质结构整体优化,强化设备安装调试、程序设计指导、现场设备维修、工程应用能力训练和技术综合一体化能力培养。

在内容的选择上,突出了课程内容的职业指向性,淡化课程内容的宽泛性;突出了课程

内容的实践性，淡化课程内容的纯理论性；突出了课程内容的实用性，淡化课程内容的形式性；突出了课程内容的时代性和前瞻性，淡化课程内容的陈旧性。

在编写力量上，我们组织了一批高等职业院校一线的教学名师，他们大都在自己的教学岗位上积极探索和应用着新的教学理念和教学方法，其中一部分教师曾被派到德国进行双元制教学的学习，再把国外的教学模式与我国职业教育的现实进行有机结合，并把取得的经验和成果毫无保留地体现在教材编写中。

同时，我们还邀请企业人员参与教材编写，并与相关职业资格标准、行业规范相结合，充分体现了校企合作和工学结合，突出了创新性、先进性和实用性。

本套教材从编写内容和编写模式方面，都充分体现了全国高职院校教学改革成果，符合学生的认知规律，适应科技发展的需要，必将为职业院校培养高素质人才提供强有力的保证。

编委会



前言

课程建设与改革是提高教学质量的核心,也是教学改革的重点和难点。为贯彻教育部教学改革的重要精神,同时为配合职业院校教学改革和教材建设,更好地为职业院校深化改革服务,化学工业出版社组织二十所职业院校的老师共同编写了这套“全国高职高专教学改革规划教材”,该套教材涉及汽车、机械、电气专业领域,其中汽车专业包括:《汽车发动机构造与维修》、《汽车发动机电控系统维修》、《汽车底盘电控系统维修》、《汽车底盘维修》、《汽车自动变速器维修》、《汽车电器系统检修》、《汽车检测与故障诊断》、《汽车性能与使用》、《汽车保险与理赔》、《汽车涂装》、《汽车车身修复》、《汽车专业英语》、《汽车市场营销》、《汽车4S店运行管理》、《汽车机械基础》、《汽车电工电子技术》、《汽车液压、气压与液力传动》、《汽车消费心理学》、《汽车机械识图》共19种教材。

随着计算机技术和电子控制技术的不断发展,汽车底盘电控技术也越来越复杂,新的技术不断被应用到汽车底盘控制系统中,这就要求汽车相关专业和行业的技术人员、工程人员对日益更新的汽车底盘控制系统有深刻的了解。正是为了满足这一要求,编者根据多年的教学、科研实践经验,按照教学大纲的要求编著了《汽车底盘电控系统维修》。本教材适合于高职高专汽车检测与维修、汽车电子技术等相关专业教学使用,也可以作为成人高等教育相关课程使用,还可供汽车维修人员及汽车行业技术人员阅读参考。

基于工学结合的人才培养模式及行动导向的教学模式的要求,我们对教材内容进行了选择和重组。本教材共分为七个学习情境,分别为汽车电控防抱死制动系统维修、电控驱动防滑转系统维修、车辆稳定性控制系统维修、汽车电控动力转向系统维修、电控悬架系统维修、汽车巡航控制系统维修和汽车安全气囊系统维修。在各学习情境中设置了相应的工作任务,先在整体认识的基础上进行基本技能的训练,再分组进行故障诊断的综合工作任务。学生通过任务实施的体验有目的地主动建构知识框架、形成能力、调整工作态度。在任务实施后还给出了评估习题及评价标准,从而用于学生自评、同组互评和教师评价,有利于学生工作能力、团队协作能力的提升。

本书由陕西交通职业技术学院任春晖老师(编写学习情境1)和蔺宏良老师(编写学习情境2、4)担任主编,参加本书编写的还有陕西航天九州汽车销售服务有限公司刘聪军高级工程师(编写学习情境3)和陕西交通职业技术学院代新雷老师(编写学习情境6、7),学习情境5由任春晖、刘聪军共同编写。本书由陕西交通职业技术学院崔选盟教授担任主审。在本书编写过程中,得到了西安之星汽车有限公司赵安儒、西安海纳小汽车修理厂李俊峰等企业技术人员的大力帮助,还得到了许多专家和同行的支持,在这里一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请广大读者批评指正。

编者

目录

学习情境 1 汽车电控防抱死制动系统维修

【学习目标】	1	系统	40
任务 1.1 汽车电控防抱死制动系统的整体认识	2	【学习小结】	44
【任务描述】	2	【自我评估】	45
【任务分析】	2	【评价标准】	46
【知识准备】	2	任务 1.2 汽车电控防抱死制动系统的故障诊断	47
1. 电控防抱死制动系统 (ABS) 概述	2	【任务描述】	47
2. ABS 组成与分类	6	【任务分析】	47
3. ABS 主要部件的结构与工作原理	10	【知识准备】	47
4. ABS 工作原理	23	1. ABS 系统故障诊断基础	47
【任务实施】	27	2. ABS 系统故障诊断	50
1. 丰田雷克萨斯 LS400 轿车 ABS 系统整体认识	27	【任务实施】	57
2. 桑塔纳 2000Gsi 型轿车 ABS 系统整体认识	31	1. 桑塔纳 2000Gsi 轿车 ABS 系统故障诊断	57
3. 别克轿车 ABS 系统整体认识	35	2. 别克轿车 ABS 系统故障诊断	62
【知识拓展】 电控制动力分配		【学习小结】	65
		【自我评估】	66
		【评价标准】	67

学习情境 2 电控驱动防滑转系统维修

【学习目标】	69	【任务实施】	77
任务 2.1 电控驱动防滑转系统的整体认识	70	1. 丰田雷克萨斯 LS400 轿车 TRC 系统整体认识	77
【任务描述】	70	2. 奥迪 A6 轿车 ASR 系统整体认识	86
【任务分析】	70	【知识拓展】 防滑差速锁	87
【知识准备】	70	【学习小结】	88
1. 电控驱动防滑转系统 (ASR) 概述	70	【自我评估】	88
2. ASR 的控制方式	72	【评价标准】	89
3. ASR 基本组成与功用	73	任务 2.2 电控驱动防滑转系统检修	

与故障诊断	90
【任务描述】	90
【任务分析】	90
【知识准备】	90
1. ASR 系统的正确使用	90
2. ASR 系统故障诊断基础	91
【任务实施】	92
1. 丰田雷克萨斯 LS400 轿车 TRC	

系统故障诊断	92
2. 奥迪 A6 轿车 ASR 系统故障	
诊断	94
【知识拓展】 ASR 系统典型故障	
诊断案例	98
【学习小结】	99
【自我评估】	99
【评价标准】	100

学习情境 3 车辆稳定性控制系统维修

【学习目标】	103
任务 稳定性控制系统整体认识与	
故障诊断	104
【任务描述】	104
【任务分析】	104
【知识准备】	104
1. 汽车稳定性控制系统概述	104
2. 车辆稳定性控制系统基本	
控制方法	104
3. 车辆稳定性控制系统的基本	

组成与功用	105
【任务实施】	109
1. 奥迪轿车 ESP 系统整体认识	
与故障诊断	109
2. 丰田轿车 VSC 系统整体认识	
与故障诊断	113
【知识拓展】 辅助制动控制系统	119
【学习小结】	124
【自我评估】	125
【评价标准】	126

学习情境 4 汽车电控动力转向系统维修

【学习目标】	129
任务 4.1 电控动力转向系统结构	
组成与故障诊断	130
【任务描述】	130
【任务分析】	130
【知识准备】	130
1. 转向控制系统概述	130
2. 电控动力转向系统的组成与	
工作原理	132
【任务实施】	138
1. 奥拓 (Alto) 牌汽车电动式	
EPS 系统整体认识	138
2. 电控动力转向系统的故障	
诊断	139
【知识拓展】 一汽大众速腾轿车电动	
式动力转向系统	142
【学习小结】	143
【自我评估】	143

【评价标准】	144
任务 4.2 电控四轮转向系统结构	
组成与故障诊断	145
【任务描述】	145
【任务分析】	145
【知识准备】	145
1. 电控四轮转向系统 (4WS)	
概述	145
2. 转向角比例控制式 4WS	
系统	146
3. 横摆角速度比例控制式 4WS	
系统	149
【任务实施】	152
1. 本田序曲汽车电控四轮动力	
转向系统 (4WS) 整体	
认识	152
2. 本田序曲汽车电控四轮动力	
转向系统 (4WS) 的故障	

诊断	154
【学习小结】	156

【自我评估】	156
【评价标准】	157

学习情境 5 电控悬架系统维修

【学习目标】	159
任务 5.1 电控悬架控制系统的整体认识	160
【任务描述】	160
【任务分析】	160
【知识准备】	160
1. 悬架控制系统概述	160
2. 电控悬架系统的基本组成与工作原理	162
3. 电控悬架控制系统结构与工作原理	167
【任务实施】	176
1. 奔驰公司自适应阻尼电控系统(ADS)整体认识	176
2. 丰田雷克萨斯 LS400 轿车的电控悬架系统整体认识	178
3. 雪铁龙 XM 轿车油气电控悬架系统整体认识	184
4. 三菱主动电控悬架系统(A-ECS)整体认识	185
【知识拓展】 主动控制悬架系统最新	

控制理论与方法	187
【学习小结】	188
【自我评估】	189
【评价标准】	189
任务 5.2 电控悬架系统故障诊断	191
【任务描述】	191
【任务分析】	191
【知识准备】	191
1. 丰田雷克萨斯 LS400 轿车电控悬架系统一般性检查与调整	191
2. 故障自诊断功能	193
【任务实施】	196
1. 丰田雷克萨斯 LS400 轿车电控悬架系统故障诊断	196
2. 三菱轿车电控悬架系统故障诊断	199
【学习小结】	200
【自我评估】	201
【评价标准】	201

学习情境 6 汽车巡航控制系统维修

【学习目标】	203
任务 6.1 汽车巡航控制系统的整体认识	204
【任务描述】	204
【任务分析】	204
【知识准备】	204
1. 汽车巡航控制系统(CCS)概述	204
2. 汽车巡航控制系统主要部件的结构与工作原理	206
【任务实施】	210
1. 丰田雷克萨斯 LS400 轿车电子巡航控制系统整体认识	210

2. 广州本田雅阁轿车定速巡航系统的整体认识	213
【知识拓展】 汽车自适应巡航控制系统	215
【学习小结】	216
【自我评估】	216
【评价标准】	217
任务 6.2 汽车巡航控制系统故障诊断	218
【任务描述】	218
【任务分析】	218
【知识准备】	218
1. 汽车巡航控制系统的正确	

使用	218
2. 汽车巡航控制系统故障	
诊断	220
【任务实施】	221
1. 丰田雷克萨斯 LS400 轿车电子	
巡航控制系统的故障检修 ...	221

2. 广州本田雅阁轿车定速巡航	
控制系统的故障诊断	224
【学习小结】	228
【自我评估】	228
【评价标准】	229

学习情境 7 汽车安全气囊系统维修

【学习目标】	231
任务 7.1 汽车安全气囊系统的整体	
认识	232
【任务描述】	232
【任务分析】	232
【知识准备】	232
1. 安全气囊系统 (SRS)	
概述	232
2. 汽车安全气囊系统主要部件的	
结构与工作原理	233
【任务实施】	241
1. 威驰 VIOS 轿车安全气囊系统	
整体认识	241
2. 奥迪 A6 轿车安全气囊系统的	
整体认识	242
【知识拓展】 整体式安全气囊	
系统	244
【学习小结】	245
【自我评估】	247
【评价标准】	247

任务 7.2 汽车安全气囊系统故障

诊断	248
【任务描述】	248
【任务分析】	248
【知识准备】	248
1. 汽车安全气囊系统的正确	
使用	248
2. 汽车安全气囊系统故障	
诊断	249
3. 汽车安全气囊系统故障诊断	
方法与基本程序	251
【任务实施】	253
1. 丰田威驰 VIOS 轿车安全气囊	
故障诊断	253
2. 奥迪 A6 轿车安全气囊系统的	
故障诊断	255
【知识拓展】 安全气囊系统的	
处置	258
【学习小结】	258
【自我评估】	259
【评价标准】	259

参考文献

学习情境1

汽车电控防抱死制动系统维修



学习目标

1. 熟知汽车电控防抱死制动系统的基本组成和工作过程。
2. 能分析不同类型汽车电控防抱死制动系统的性能特点。
3. 能检修汽车电控防抱死制动系统各主要组成部件。
4. 能进行汽车电控防抱死制动系统常见故障的诊断与排除。

任务 1.1 汽车电控防抱死制动系统的整体认识

【任务描述】

学习汽车电控防抱死制动系统的基础理论,了解防抱死制动系统的性能要求,分析汽车电控防抱死制动系统主要组成部件的结构与工作过程。

【任务分析】

通过对防抱死制动系统各种类型的分析,熟知不同类型防抱死制动系统主要组成部件的结构及性能,总结出各类型汽车电控防抱死制动系统的结构与性能特点。

【知识准备】

1. 电控防抱死制动系统 (ABS) 概述

(1) ABS 作用

汽车电控防抱死制动系统简称 ABS (Anti-lock Braking System), 是汽车主动安全控制装置。它能有效地防止汽车紧急制动时的车辆侧滑和甩尾, 提高了汽车制动过程中的方向稳定性和转向控制能力, 缩短制动距离, 使汽车制动更为安全有效。

(2) ABS 的发展历程

早在 1920 年防抱死制动理论就被提出, 在 20 世纪 30 年代 ABS 就已经在铁路机车的制动系统中应用, 目的是防止车轮在制动过程中抱死, 导致车轮与钢轨局部因急剧摩擦而过早损坏。

1936 年德国博世公司取得了 ABS 专利权。20 世纪 40 年代末期, 为了缩短飞机着陆时的滑行距离、防止车轮在制动时跑偏、甩尾和轮胎剧烈磨损, 飞机制动系统开始采用 ABS, 并很快成为飞机的标准装备。20 世纪 50 年代防抱死制动系统开始应用于汽车工业。1951 年 Goodyear 航空公司将其安装于载重车上; 1954 年福特汽车公司在林肯车上装用法国航空公司的 ABS 装置。1978 年 ABS 系统研究有了突破性进展。博世公司与奔驰公司合作研制出三通道四轮带有数字式控制器的 ABS 系统, 并批量装于奔驰轿车上。由于微处理器的引入, 使 ABS 系统开始具有了智能, 从而奠定了 ABS 系统的基础和基本模式。

20 世纪 80 年代以后, ABS 在技术上得到了很大发展, 表现为体积逐步减小, 重量逐步减轻, 控制和诊断功能不断增强。ABS 液压控制系统和控制器与控制阀体集成为一体, 可以作为一个附加系统添加到常规的制动系统中去。20 世纪 80 年代中期以后, 借助于电控技术的进步, ABS 变得更为灵敏、成本更低、安装更方便、价格也更易被中小型家用轿车购买者所接受。这期间较为典型的 ABS 装置有博世 (BOSCH) 公司于 1979 年推出的 BOSCH2 型, 戴威斯 (TEVES) 公司于 1984 年推出的具有防抱死制动和驱动防滑功能的 ABS/ASR 2U 型。

机械与电子元件持续不断的发展和改进使 ABS 的优越性越来越明显, 随着竞争的激烈, 技术的日趋成熟, ABS 变得更精密, 更可靠, 价格也在下降。1987 年欧共体颁布一项法规, 要求从 1991 年起, 欧共体所有成员国生产的所有新车型均需装备防抱死制动装置, 同时规定凡载重 16t 以上的货车必须装备 ABS, 并且禁止无此装置的汽车进口。日本规定, 从

1991年起,总质量超过13t的牵引车,总质量超过10t的运送危险品的拖车、在高速公路上行驶的大客车都必须安装ABS。

目前,国际上ABS在汽车上的应用越来越广泛,已成为绝大多数类型汽车的标准装备。北美和西欧的各类客车和轻型货车ABS的装备率已达90%以上,轿车ABS的装备率在60%左右,运送危险品的货车ABS的装备率为100%。

我国对ABS的研究开始于20世纪80年代初。目前,我国政府已制定车辆安全性方面的强制性法规,GB 12676—1999《汽车制动系统结构、性能和试验方法》规定首先在重型车和大客车上安装电控式ABS。GB 7258—2004《机动车运行安全技术条件》又具体规定了必须安装的车型和时间。规定质量大于12000kg的长途客车和旅游客车、总质量大于16000kg允许挂接的货车及总质量大于10000kg的挂车必须安装ABS。

(3) 汽车制动性能的评定

制动性能是汽车的重要性能之一,是汽车行驶安全的保证。汽车制动性能的好坏,可用三个方面的指标来评定:制动效能、制动效能恒定性和制动时方向稳定性,其中制动效能和制动时方向稳定性尤其重要。

1) 制动效能

制动效能是指汽车迅速减速至停车的能力,具体可用制动距离、制动时间或制动减速度来评价。实际中制动效能多指制动距离。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) 制动时方向稳定性

制动时方向稳定性是指汽车在制动时按预定方向行驶的能力,即不发生跑偏、侧滑和不失去转向控制能力的现象。

① 制动跑偏 制动跑偏是指汽车在制动时,发生汽车自动偏向左或向右行驶的现象。影响汽车制动跑偏的主要因素有:

- 汽车左右车轮(特别是前左右车轮)的制动力不相等,形成一个使汽车转动的力矩。
- 汽车的转向系统在制动时因受到悬架导向杆件运动的干扰,而向某一侧偏转。这种情况属于汽车结构设计的缺陷,应由汽车厂家予以改进。

② 制动侧滑 制动侧滑是指汽车在制动时(特别是紧急制动时)发生向侧面滑动或甩动的现象。制动侧滑的根本原因是汽车在制动时一个或几个车轮被抱死。

从理论分析和实验证明得知:只有在车轮尚未抱死时,才有承受侧向力的能力。车轮被抱死后,车轮只能在路面上滑动,从而失去了承受侧向力的能力。因此,此时只要有一个很小的侧向力(如路面倾斜、侧面来风、转弯的离心力等),汽车就会发生向侧面滑动或甩动的现象。

③ 失去转向控制能力 如果汽车在弯道行驶中制动时,不再按原来弯道行驶,反而冲入其他车道或冲出路面,或者即使是在直线行驶时,也无法避开障碍物,操纵转向盘也不起作用,则是因为汽车失去了转向控制能力(转向操纵性)。

(4) 地面制动力 F_X 、制动器制动力 F_μ 和附着力 F_ϕ 的关系

1) 地面制动力 (F_X)

只有在车轮受到与行驶方向相反的外力作用时,才能使汽车制动而减速,直至停车。这个外力只能由地面和空气提供。因为空气阻力相对较小,所以实际外力由地面提供,这个外力称为地面制动力。如图1-1所示是汽车在良好的路面上制动时,车轮的受力情况。图中滚动阻力、惯性力和空气阻力均忽略不计。

由图1-1可知,车轮在 M_μ 的作用下给地面一个向前的作用力,与此同时地面给车轮一

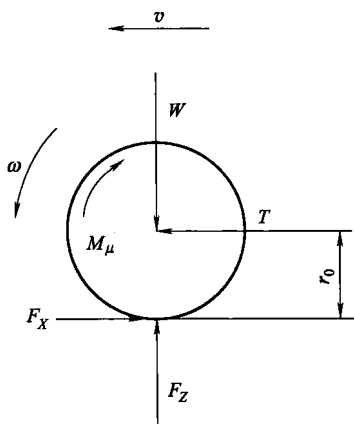


图 1-1 汽车制动时车轮受力分析
 M_{μ} —制动器摩擦力矩； F_X —地面制动力；
 F_Z —地面对车轮的法向反作用力；
 W —车轮垂直载荷； r_0 —车轮的滚动半径； ω —车轮的角速度

个与行驶方向相反的切向反作用力 F_X ，这个力就是地面制动力，它是迫使汽车减速或停车的外力。从力矩平衡关系可知地面制动力 F_X 为

$$F_X = \frac{M_{\mu}}{r_0}$$

式中， M_{μ} 为制动器摩擦力矩， $N \cdot m$ ； r_0 为车轮半径， m 。

地面制动力的大小取决于制动器制动力的大小和轮胎与地面之间的附着力。

2) 制动器制动力

由于地面制动力是由地面提供的外力，若将汽车架离地面，地面制动力就不存在了。这时阻止车轮转动的是制动器摩擦力矩 M_{μ} 。将制动器的摩擦力矩 M_{μ} 转化为车轮周缘的一个切向力，并将其称为制动器制动力 F_{μ} ，则

$$F_{\mu} = \frac{M_{\mu}}{r_0}$$

式中， M_{μ} 为制动器摩擦力矩， $N \cdot m$ ； r_0 为车轮半径， m 。

制动器制动力是由制动器的结构参数决定的，并与制动踏板力成正比。

3) 附着力

附着力是轮胎与地面之间的摩擦力，称为轮胎-道路附着力，简称附着力，用 F_{φ} 表示。在一般的硬实路面上，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

$$F_{\varphi} = F_Z \varphi$$

式中， F_Z 为地面对车轮的法向反作用力， N ； φ 为轮胎-道路附着系数。

注意：影响附着系数的因素有很多，如路面的状况、轮胎的花纹、车辆的行驶速度、轮胎与路面的运动状态等。在诸因素中，车轮相对于路面的运动状态对附着力有着重要的影响，特别是在湿路面上其影响更为明显。

由于地面制动力受附着力的限制，它不可能超过附着力，因此最大地面制动力 F_{Xmax} 只能等于附着力而不可能超过附着力。即

$$F_{Xmax} = F_Z \varphi$$

4) 地面制动力 F_X 、制动器制动力 F_{μ} 和附着力 F_{φ} 的关系

汽车在制动过程中，地面制动力、制动器制动力以及附着力的关系如图 1-2 所示。

由图 1-2 可知，当制动踏板力或制动系压力较小时，地面制动力或制动器制动力一起增大，地面制动力等于制动器制动力。当制动踏板力或制动系压力增大到某一值时，地面制动力达到附着力值，即地面制动力达到最大值。此时，车轮即开始抱死不转而出现滑移现象。当再加大制

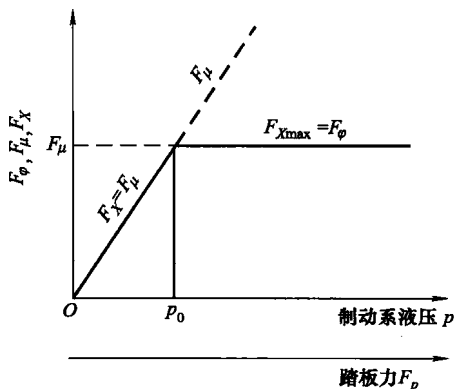


图 1-2 制动过程中地面制动力、制动器制动力和轮胎与道路附着力的关系

动踏板力或制动系压力时，制动器制动力随着制动器摩擦力矩的增长仍按直线关系继续上

升,但地面制动力却不再增加。

由此可见,在制动过程中,地面制动力的大小不仅取决于制动器制动力,而且还取决于地面附着条件。只有在具有足够的制动器制动力的同时,路面又提供较大的附着力,才能保证获得足够的地面制动力,从而获得良好的制动效果。例如:汽车在冰雪路面上制动时,由于附着力较小使可能得到的最大地面制动力减小,因此在制动踏板力或制动系压力很小时,地面制动力就会达到或超过附着力,导致车轮出现抱死滑移现象。

(5) 滑移率

1) 滑移率的定义

汽车制动时,在车轮轮速降低的同时,车轮滚动的圆周速度(轮胎胎面在路面上移动的速度)也随之降低了,但由于汽车自身的惯性,汽车的实际车速与车轮的速度不再相等,使车速与轮速之间产生一个速度差。此时,轮胎与路面之间产生相对滑移现象,其滑移程度用滑移率表示。滑移率是指车轮在制动过程中滑移成分在车轮纵向运动中所占的比例,用“S”表示。其定义表达式为:

$$S = \frac{v - v_w}{v} \times 100\% = \frac{v - \omega r_0}{v} \times 100\%$$

式中, S 为车轮的滑移率; v 为车速(车轮中心的纵向速度), m/s; v_w 为车轮速度(车轮瞬时速度), m/s; ω 为车轮的转动角速度, rad/s; r_0 为车轮的自由滚动半径, m。

由图 1-3 所示制动过程中车轮与地面接触痕迹的变化情况可知:制动车轮的运动状态一般经历三个阶段,即纯滚动、边滚边滑和纯滑动,对应运动特征见表 1-1。



图 1-3 制动时车轮运动状态的变化

表 1-1 车轮三种不同运动特征

运动状态	纯滚动	边滚边滑	纯滑动
图示			
运动特征描述	$v = r_0 \omega$	$v > r_0 \omega$	$r_0 \omega = 0$

当 $v = r_0 \omega$ 时,车轮自由滚动,滑移率 $S = 0$; 当 $v > r_0 \omega$ 时,车轮边滚边滑,滑移率 $S = 0 \sim 100\%$; 当 $r_0 \omega = 0$ 时,车轮完全抱死作纯滑动,滑移率 $S = 100\%$ 。

2) 滑移率与附着系数的关系

实验证明,在汽车的制动过程中,弹性轮胎与地面间的附着系数与滑移率大小有密切的关系,由图 1-4 可知:

① 附着系数取决于路面性质。一般来说,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。

③ 在各种路面上,滑移率为 20% 左右时,纵向附着系数最大,制动效果最好。纵向附着系数最大时的滑移率称为理想滑移率或最佳滑移率。当滑移率超过理想滑移率时,纵向附着系数减小,产生的地面制动力随之下降,制动距离将增加。滑移率超过理想滑移率后的区域称为非稳定制动区域或非稳定区,如图 1-5 所示。

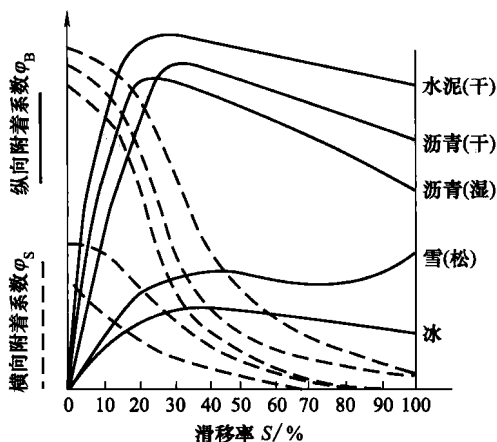


图 1-4 附着系数与滑移率的关系
(虚线与实线标注的上下顺序一一对应)

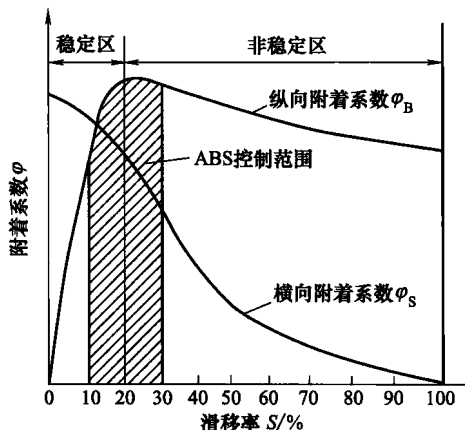


图 1-5 干燥硬实路面上附着系数与滑移率的关系

④ 横向附着系数是研究汽车行驶稳定性的重要指标之一。横向附着系数越大,汽车制动时的方向稳定性和保持转向控制的能力越强。当滑移率为零时,横向附着系数最大;随着滑移率的增加,横向附着系数逐渐减小。当车轮抱死时,横向附着系数接近于零,横向附着力接近于零。此时,由于前轮维持转弯运动能力的横向附着力丧失,汽车仍按原行驶方向滑行,因此可能会冲入其他车道与其他车辆相撞或冲出路面与障碍物相撞而发生恶性交通事故。同时后轮稍有外力作用就会出现侧滑(横向滑移),严重时将出现调头等危险现象。

综合上述可知:为了获得最佳制动性能,应将车轮滑移率控制在 10%~20% 范围内。制动防抱死系统就是利用制动压力调节系统,对制动分泵内的制动液压进行“增压—保压—减压”的循环调节(15~20 次/秒),控制制动车轮上的制动器压力,使制动车轮尽可能保持在最佳的滑移率范围内运动,从而使实际制动过程尽可能接近最佳制动状态。

2. ABS 组成与分类

(1) ABS 基本组成与功用

如图 1-6 所示,ABS 通常由传感器、电控单元(ECU)、执行器和 ABS 故障指示灯等组成。

1) 传感器

ABS 采用的传感器一般有轮速传感器和减速度传感器两种。轮速传感器是 ABS 中最主要的传感器,其功用是将各车轮的转速信号及时地输入电控单元(ECU)。减速度传感器分为纵向减速度传感器与横向减速度传感器。减速度传感器仅在控制精度较高的 ABS 中采用,其功用是检测汽车车身的加减速速度,以便 ABS 电控单元判别路面状况。

2) 电控单元(ECU)

ABS 的电控单元又称为 ABS 电脑或 ABS ECU,其主要功用是接受传感器输入信号,

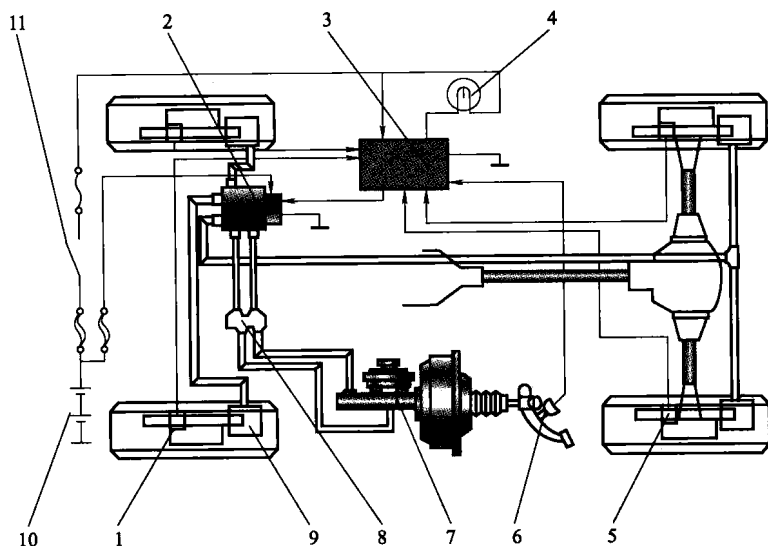


图 1-6 典型的 ABS 系统组成示意图

- 1—前轮速传感器；2—制动压力调节器；3—电控单元 (ECU)；4—ABS 故障指示灯；
5—后轮速传感器；6—停车灯开关；7—制动总泵；8—比例阀；
9—制动分泵；10—蓄电池；11—点火开关

计算汽车的轮速、车速、加减速度和滑移率，并输出控制指令控制制动压力调节器等执行元件工作。此外，ABS ECU 还具有失效保护和故障自诊断功能，一旦发现 ABS 故障，将终止 ABS 工作，恢复常规制动，与此同时存储故障信息，并控制 ABS 故障指示灯（或 Anti-lock 指示灯）发亮指示，提醒驾驶员及时进行修理。

3) 执行器

制动压力调节器（执行器）是 ABS 中的主要执行元件，其功用是根据 ABS 电控单元 (ECU) 的控制指令，自动调节制动分泵的制动压力的大小，使车轮不被抱死，并处于理想滑移率的状态。

由于 ABS 是在原来传统制动系统基础上增加的一套控制装置形成的，因此 ABS 也是建立在传统的常规制动过程的基础上进行工作的。在制动过程中，在车轮还没有趋于抱死时，其制动过程与常规制动过程完全相同。通常 ABS 只有在汽车速度达到一定的程度（如 5km/h 或 8km/h）时，才会对制动过程中趋于抱死的车轮的制动压力进行调节。当汽车速度降到一定程度时，因为速度很低，车轮制动抱死对汽车制动性能的不利影响很小。为了使汽车尽快制动停车，ABS 就会自动终止防抱死制动压力调节，其车轮仍可能被制动抱死。

4) ABS 故障指示灯

ABS 系统带有两个故障指示灯，一个是红色制动故障指示灯，另一个是琥珀色 ABS 故障指示灯。

两个故障指示灯正常闪亮的情况如下：当点火开关打开时，红色制动灯与琥珀色 ABS 灯几乎同时亮，制动灯亮的时间较短，ABS 灯会亮的长一些（约 3s）；启动汽车发动机后，蓄压器要建立系统压力，此时两灯泡会再亮一次，时间可达十几秒甚至几十秒钟。红色制动灯在停车驻车制动时也应亮。如果在上述情况下灯不亮，就说明故障指示灯本身及线路有故障。

红色制动故障指示灯常亮，说明制动液不足或蓄压器中的压力下降（低于 14000kPa），