

AUTOMOTIVE CHASSIS
ELECTRONICS CONTROL

汽车底盘电子控制技术

[美] Cliff Owen 等 著
李 鹏 张 鹏 主编

国际高等教育精品教材引进项目



汽车底盘电子 控制技术

[美] Cliff Owen Jack Erjavec 著
Don Knowles

李 鹏 张 鹏 主 编

郭志军 窦志民 王勇根 副主编

田 萌 安红恩 周会锋 参 编
李亦轩 于秀涛

内 容 简 介

本书图文并茂、实用性强,系统地讲解了以轿车底盘为主体的电子控制技术。主要内容包括电控液力自动变速器结构原理及其维修、电控机械无级自动变速器、电控防抱死制动系统、电控驱动防滑系统、电控悬挂系统、电控动力转向与四轮转向系统和汽车底盘电子控制实训。

本书可作为高等院校汽车检测与维修技术、汽车运用技术等专业的专业课教材或汽车各专业的选修教材,也可以作为各类汽车职业培训教材以及汽车维修行业管理和技术人员的参考用书。

automotive chassis electronics control

Cliff Owen 等 著,李鹏,张鹏 主编

ISBN: 9781424069507

Copyright © 2011 Cengage Learning Asia Pte Ltd.

Beijing Institute of Technology Press is authorized by Cengage Learning to publish and distribute exclusively this textchoice edition. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only (excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan). Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

此客户定制版由圣智学习出版公司授权北京理工大学出版社独家出版发行。此版本仅限在中华人民共和国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区及中国台湾)销售。未经授权的本书出口将被视为违反版权法的行为。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

Cengage Learning Asia Pte Ltd

5 Shenton Way, # 01 - 01 UIC Building Singapore 068808

本书封面贴有 Cengage Learning 防伪标签,无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记号 图字:01-2010-0491 号

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车底盘电子控制技术 / (美) 欧文等著;李鹏,张鹏主编. —北京:北京理工大学出版社, 2011. 2

ISBN 978 - 7 - 5640 - 3939 - 4

I. ①汽… II. ①欧… ②李… ③张… III. ①汽车-底盘-电气控制系统 IV. ①U463. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 214478 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中国画美凯印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 20

字 数 / 466 千字

版 次 / 2011 年 2 月第 1 版 2011 年 2 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 2500 册

定 价 / 65.00 元



图书出现印装质量问题,本社负责调换

出版说明

CHUBANSHUOMING

近年来,随着我国汽车保有量的迅猛增长,汽车维修技术人才存在很大的缺口。为此,教育部、交通运输部根据汽车维修业的实际情况,制定了汽车运用与维修专业领域技能型紧缺人才培养计划,着重培养汽车维修技术人才,力求缩小汽车服务业,特别是汽车维修业,在服务理念、服务设施、维修技术等方面与消费者需求上的差距。

随着世界经济一体化进程的不断推进,我国高等教育的国际化趋势越发明显。引入国际先进的教育理念、教学体系、教学内容和管理经验,大力改造人才培养模式,已经成为高等教育进一步发展的主要内容,引进相应教学产品的需求也显得更加迫切。为贯彻“服务教师、服务学校”这一高等教育研究与出版工作的永恒主题,北京理工大学出版社充分认识到高等教育出版国际化的重要性,积极探索为高等教育提供更高水准的服务与产品,与美国圣智学习出版集团(Cengage Learning,原汤姆森学习出版集团)展开战略合作,引进并改编了美国圣智学习出版集团“Today's Technician”系列教材(美国汽车维修资格认证协会(National Institute for Automotive Service Excellence,缩写为ASE)考试指定用书),力求将国际化的教育教学理念、教学体系、教学手段引入国内高等院校。

ASE成立于1972年,是一家非赢利性组织,其颁发的ASE证书是世界上最具影响力的汽车行业资格认证证书。美国汽车维修资格认证协会通过汽车维修技师考试和认证来正确评价维修技师的知识和能力,提高汽车维修和服务质量。ASE证书的持有人作为汽车行业的技术领袖及技术骨干,被遍及全美各地的4S服务站、大型汽车售后服务企业、专业的汽车机械设备经销商以及汽车类技术学院等机构所青睐。ASE资格认证证书享有良好声誉的最重要原因是,其持有人掌握了作为一个高技能专业维修技师应具备的专业知识和技能。“Today's Technician”系列教材作为美国ASE考试指定用书,具有较高的认可度及知名度。

“Today's Technician”系列教材经国内优秀教师改编、知名学者和行业专家主审后,由北京理工大学出版社携手全球著名教育出版机构——美国圣智学习出版集团作为“汽车类引进版国际教育教学与出版项目”重点推出。首批确定出版以下十本:《汽车发动机构造与维修》、《汽车底盘构造与维修》、《汽车电气构造与维修》、《汽车发动机电子控制技术》、《汽车底盘电子控制技术》、《汽车空调结构与维修》、《汽车车身电子控制技术》、《汽车电

工与电子》、《汽车新技术》及《汽车概论》。本系列教材在改编过程中,充分考虑汽车运用与维修专业领域技能型紧缺人才培养培训计划的要求,顺应高等教育的发展趋势,配合高等院校的教学改革,体现高等教育思想和教学观念的转变,结合高等教育的教学特点,面向学生的就业岗位,注重基本技能的培养。

本系列教材配有原版插图、表格和大量的图片资料,介绍了大量的故障诊断案例。改编后,在吸收了国外先进教学理念和编写模式的基础上,完成了全套教材的本土化改造,在内容上强调面向应用、任务驱动、精选案例、严把质量;在风格上力求文字精练、脉络清晰、图表明快、版式新颖;在理论阐述上,遵循“必需”、“够用”的原则,在保证知识体系相对完整的同时,做到知识讲解实用、简洁和生动。改编后的教材既适合于国内高等教育现状,同时又顺应我国高等教育面向就业、注重操作、培养高素质应用型人才的改革思路。

本套教材在编写上有如下特色:

- 以培养综合职业能力为目标
- 基于岗位技能、面向工作过程
- 引进国际化教育的先进教学理念
- 采用国际化教材的优秀编写模式
- 附有强化实践技能的工作表单或工作页
- 配有真实案例和 ASE 考试复习题
- 内容详实、图例丰富、难易适中

本系列教材结构体系严整,同时又不失灵活性。各章对操作安全和从业安全规范均做重点强调,使学生在学期间即可掌握安全、合理的工作规范。内容安排充分考虑职业技能和素质的养成规律,逐步引导学生掌握汽车各总成维修中正确的诊断程序和具体的维修操作方法等。各章节的总结和启发性提问,对培养学生独立思考和解决实际问题的能力大有裨益。此外,各章结尾还附有 ASE 考试题型和答案,可供学生自学。

本系列教材适合高等院校汽车类相关专业的学生使用,也可作为相关行业从业人员的培训和参考用书。

北京理工大学出版社

前言

QIAN YAN

随着改革开放的深入推进、我国国民经济的高速发展以及人民生活水平的不断提高，加之现代汽车设计、制造技术水平的不断提高和汽车生产规模的不断扩大，汽车已由可望而不可即的奢侈品变为普通百姓出行代步的工具，汽车产品正以大众化消费品的形式进入百姓生活。

历经百余年的发展，汽车已由简单的机械式交通工具逐步演变成人类物质文明与精神文明的重要载体。为满足汽车类专业教学需求及相关服务行业、生产行业的使用需求，我们编写了本教材。在编写过程中，作者在广泛调查研究的基础上，根据我国汽车底盘电子控制技术发展的实际情况和技能型人才培养的特点，系统地介绍了现代汽车底盘、电控液力自动变速器及其使用与维修、电控机械无级自动变速器、电子控制防抱死制动系统、电控驱动防滑系统、电控悬挂系统、电控动力转向与四轮转向系统等内容。

全书在内容的选择和安排上注重循序渐进和深入浅出，力求图文并茂、通俗易懂，使读者能系统地掌握汽车底盘电子控制的概念、结构、基本工作原理等方面的知识，并通过实例使理论与实践得到有机结合。

本书内容分为9章，由李鹏、张鹏主编并对全书统稿。郭志军、窦志民、王勇根为副主编。本书编写成员和分工为：第1章由田萌编写，第2章由李鹏、安红恩编写，第3章由窦志民编写，第4章由周会锋编写，第5章由马海英编写，第6章由李亦轩、王勇根编写，第7章由张鹏编写，第8章由于秀涛编写，第9章由郭志军编写。上述人员在本书编写的过程中付出了辛勤的劳动，在此表示衷心的感谢。

对于本书编写过程中引用的各种网络资源、参考文献单位及个人致以衷心的感谢。

由于时间仓促和经验不足，再加之汽车底盘电控新技术、新知识层出不穷，书中肯定有许多不足之处，恳请广大读者和专业人士批评指正。

编者

目录

MULU

► 第1章 绪论	1
1.1 自动变速器	1
1.2 防滑控制系统	4
1.3 电子控制悬挂	9
1.4 转向控制系统	9
► 第2章 电控液力自动变速器	11
2.1 概述	11
2.2 电控液力自动变速器的结构及工作原理	21
2.3 典型电控液力自动变速器	72
► 第3章 电控液力自动变速器的使用与维修	102
3.1 自动变速器的基本检查及维护	102
3.2 自动变速器的性能测试	107
3.3 自动变速器的检修	114
3.4 电控液力自动变速器典型故障分析	135
► 第4章 电控机械无级自动变速器	145
4.1 概述	145
4.2 奥迪轿车 01J 电控机械无级自动变速器的结构与工作原理	146
4.3 Lineartronic 无级自动变速器结构与原理	168
► 第5章 电子控制防抱死制动系统 (ABS)	178
5.1 概述	178
5.2 ABS 的结构与工作原理	187

5.3	典型的 ABS	200
5.4	ABS 的使用与检修	209
►	第 6 章 电控驱动防滑系统 (ASR)	214
6.1	概述	214
6.2	电控驱动防滑系统的结构与工作原理	218
6.3	ASR 系统的使用与检修	227
►	第 7 章 电控悬挂系统	233
7.1	概述	233
7.2	电控悬挂系统的结构与工作原理	234
7.3	电控悬挂系统的维护	244
►	第 8 章 电控动力转向与四轮转向系统	263
8.1	概述	263
8.2	转向管柱驱动电控动力转向	270
8.3	驱动齿轮驱动电控动力转向	272
8.4	电控可变量孔转向系统	272
8.5	齿条驱动电控动力转向	276
8.6	四轮转向系统	278
►	第 9 章 汽车底盘电子控制实训	290
项目一	实训安全、纪律、卫生教育	290
项目二	工机具的认识和正确使用	291
项目三	车辆底盘结构认知	297
项目四	自动变速器的拆装	298
项目五	制动防抱死与驱动防滑系统的检查与调整	300
项目六	汽车悬挂系统的检查与调整	302
项目七	汽车转向系统的拆装与调整	304
►	附录	308
►	参考文献	311

1

第 1 章



绪 论

【学习目标】

1. 了解汽车底盘电子控制技术的主要内容；
2. 熟悉自动变速器的发展历程、发展趋势和自动变速器的优缺点；
3. 熟悉防滑系统的基本内容和制动防抱死系统的产生、优缺点及发展趋势；
4. 理解电控悬架系统和转向控制系统的基本内容。

随着汽车工业的飞速发展，计算机在汽车上的应用越来越广泛，汽车底盘也发生了重大变革，它改变了汽车传统的机械装置，并增加了许多新的功能，使汽车的驾驶更为简单方便，乘坐更为舒适安全。

汽车底盘电子控制系统主要包括：电控自动变速器、防抱死制动系统、驱动防滑系统、电控悬挂系统、转向控制系统等。

1.1 自动变速器

1.1.1 自动变速器的发展历程

1914 年，德国奔驰（Benz）汽车公司生产出第一台自动变速器，但只安装在达官贵人的车上，并没有商品化。1926 年美国通用（GM）汽车公司第一次在别克轿车上将液力耦合器和机械变速器装在一起。1939 年美国通用汽车公司首先在其生产的奥兹莫比尔（Oldsmobile）轿车上装用了液力耦合器和行星齿轮机构组成的液力变速器，这是现代自动变速器的雏形。20 世纪 40 年代末 50 年代初，出现了根据车速和节气门开度自动控制换挡的液力控制换挡自动变速器，使自动变速器进入了迅速发展时期。到 1975 年，自动变速器在重型汽车及公共汽车上的应用已相当普遍。

1968 年，法国雷诺（Renault）汽车公司第一次在自动变速器上使用电子元件。20 世纪 70 年代末电子控制技术开始应用于汽车变速器。1982 年，日本丰田（Toyota）生产出第一台由

微机控制的电控自动变速器,即丰田 A140E 自动变速器。1983 年,德国研制成功电喷发动机和自动变速器共用的电子控制单元 (ECU)。1984 年,美国第一台电控自动变速器 THM440 - T4 由通用汽车公司推出。自此,以微机为控制核心的电子控制自动变速器迅速发展。

随着微电子技术的迅猛发展,机电一体化技术进入汽车领域,推动了汽车变速装置的重大变革。常见的三种传动装置均出现了电子化的趋势。

① 液力自动变速器 (AT)。液力自动变速器把原有液压控制完成的功能改由微处理器来完成,实现了由 AT 向 EAT (Electronic-controlled AT) 的转变,减少了结构复杂性和制造技术要求,降低了成本,提高了产品适应性。

② 手动式机械变速器 (Manual Transmission, MT)。借助于微机控制技术,手动式机械变速器正演变为由电子计算机控制的机械式自动变速器 (E-electronic-controlled Mechanical Transmission, EMT 或 Automated Mechanical Transmission, AMT),从而克服了手动操纵的种种弊端。

③ 无级变速器 (Continuously Variable Transmission, CVT)。无级变速器改由电子控制取代液压控制,实现由 CVT 向 ECVT 的转变,达到简化结构、提高控制精度的目的。

电子控制与液压控制相比,具有以下明显的优势:

① 电子控制可以实现以前由液压控制难以实现的更复杂多样的控制功能,使变速器的性能得到提高。

② 电子控制可以极大地简化液压控制结构,减少生产投资等。

③ 电子控制功能借助于软硬件结合才能实现,由于软件易于修改,可以使产品具有适应结构参数变化的特性。

④ 随着汽车电子化的发展,汽车传动系统的电子控制可以与发动机、制动系统、安全气囊等系统通过总线联网,资源共享,实现整体控制,进一步简化控制结构。

1.1.2 自动变速器的发展趋势

进入 21 世纪,汽车自动变速器向以下方向发展:

① 多挡位。早期的自动变速器多为 3 挡,如日本 AISIN 公司给丰田汽车提供的 A40 自动变速器。随着汽车技术的发展,20 世纪 70 年代中期开始生产四挡自动变速器,如丰田的 A40D 自动变速器。随后的电控自动变速器,如丰田的 A140E 自动变速器、通用汽车公司的 4T60E/4T65E 自动变速器、福特汽车公司的 AXOD - E 自动变速器等也都是 4 挡自动变速器。

5 挡电控自动变速器较早由德国 ZF 公司生产,用于 1991 年左右生产的宝马轿车上。随后 5 挡电控自动变速器成为高档轿车的标志,宝马公司绝大多数轿车使用 5 挡电控自动变速器,如 5HP18、5HP30 等自动变速器。随着自动变速器技术的成熟,2002 年宝马和 ZF 公司合作开发了 6 挡自动变速器,型号为 6HP19、6HP26,主要用于宝马 745i 等轿车。奔驰汽车公司在 2003 年 8 月以后的 V8 车型上使用了 7 挡自动变速器,称为 722.9 自动变速器,这是目前轿车上使用挡位最多的自动变速器。

多挡位自动变速器的主要优点是变速器的换挡品质、加速性能以及经济性都较好,因而多挡位自动变速器成为自动变速器的发展趋势。

② 手动/自动一体化。自动变速可以实现自动换挡,减少了驾驶员的疲劳,但部分驾驶员认为自动变速器车辆没有手动挡操纵的驾驶乐趣。因此,20世纪90年代末开始在中高级轿车上采用手动/自动一体化变速器,可以兼顾自动挡的便利和手动挡的驾驶乐趣,如一汽大众奥迪 A6、帕萨特 1.8T 的 Toptronic 手动/自动一体化变速器,现代索纳塔 2.7L 的 H-Matic 手动/自动一体化变速器,宝马 325i 的 StepTronic 手动/自动一体化变速器等。

③ 高智能、逻辑模糊控制。高智能、模糊逻辑控制自动变速器可以在汽车行驶过程中,对汽车的运行参数进行控制,合理地选择换挡点,而且在换挡过程中对恶化的参数进行修正,如变速器内摩擦片的摩擦系数、自动变速器油的黏度、车辆的载荷变化等,而且还能利用模糊控制(Fuzzy Control),使自动变速器的电子控制单元可以自我学习、模拟驾驶员的驾驶习惯,如斜坡逻辑控制,会根据加速踏板位置信号、车速信号、制动信号、判断驾驶员的特性以便进行换挡修正,以达到性能化、舒适化、人性化的要求。

④ 无级变速。传统的自动变速器由于采用液力传动,因而传动效率低于机械变速器,且只能实现部分的无级变速。因此,液力自动变速器在经济性、动力性及行驶平顺性上都稍有不足。

但是,无级变速器(CVT)的传动比可以在一定范围内连续变化,从而得到传动系统与发动机工况的最佳匹配,最大限度地利用发动机的特性,提高汽车的动力性和经济性。目前,无级变速器在汽车上的应用越来越多,如奥迪 A6 的 Multitronic 手动/自动一体化无级变速器、派力奥 Speedgear 手动/自动一体化无级变速器、飞度的 CVT 无级变速器、旗云的 VTIF 无级变速器、天籁的 X-TRONIC 无级变速器等。

1.1.3 自动变速器的优点

自动变速器有如下优点:

① 使发动机和传动系统等零部件的寿命得到提高。液力传动汽车的发动机与传动系统,由液体工作介质“软”性连接。液力传动起一定的吸收、衰减和缓冲的作用,大大减少了冲击和动载荷。例如,当载荷突然增大时,可防止发动机过载和突然熄火。汽车在起步、换挡或制动时,能减少发动机和传动系统所承受的冲击及动载荷,因而提高了有关零部件的使用寿命。对比试验表明:自动变速器的使用可以使发动机的寿命提高 85%,变速器的寿命提高 12 倍,传动轴和驱动半轴的寿命可以提高 75%~100%。

② 驾驶性能好。汽车驾驶性能的好坏,除与汽车本身的结构有关外,还取决于正确的控制和操纵。自动变速器能通过系统的设计,采用液压操纵或者电子控制,使换挡实现自动化。在变换变速杆位置时,实质上是操纵液压控制的滑阀,使整车自动去完成这些使用要求,以获得最佳的燃料经济性和动力性。自动变速器系统可以不要离合器,大大减轻了驾驶员的劳动强度,使得驾驶性能与驾驶员的技术水平关系不大,因而特别适合于非职业驾驶员驾驶的车辆。

③ 行驶性能好。采用液力自动变速器的汽车在起步时,驱动轮上的驱动转矩是逐渐增加的,从而防止了很大振动与冲击,减少了车轮的打滑,使起步容易,且更加平稳。通过液力传动或微电脑控制换挡,可以消除或者降低动力传动系统的冲击和动载,提高了汽车的乘坐舒适性。

④ 安全性能好。车辆行驶过程中,驾驶员必须根据道路、交通条件的变化,对车辆的行驶方向和速度进行改变和调节。以城市大客车为例,平均每千米换挡3~5次,且每次换挡有4~6个手脚协调动作,使驾驶员的注意力被分散,而且容易产生疲劳,导致交通事故增加。而如果是以减少换挡、操纵节气门大小代替变速,那样会牺牲燃油经济性。由于自动变速的车辆,取消了离合器踏板和换挡操纵,所以只要控制加速踏板就能自动变速,从而改善了驾驶员的劳动强度,使行车事故率降低,平均车速提高。

⑤ 减少废气排放。发动机在怠速和高速运行时,排放的废气中CO或HC化合物的浓度较高。而自动变速器的应用,可使发动机经常在经济转速区域内运转,也就是在较小污染排放的转速范围内工作,从而降低了污染物排放。

1.1.4 自动变速器的缺点

从目前的情况来看,自动变速器还存在着两方面的缺点:

① 结构复杂,制造、维修成本高。与手动变速器相比,自动变速器结构较复杂,零件加工难度大,生产、维修成本较高,维修也较麻烦。

② 传动效率低,燃油消耗率高。与手动变速器相比,自动变速器的效率还不够高,油耗相对也较高。当然,通过实施动力传动控制一体化、液力变矩器闭锁、增加挡位数等措施,可以使自动变速器接近手动变速的效率水平。

1.2 防滑控制系统

随着汽车行驶速度的提高以及道路行车密度的增大,对于汽车行驶安全性能的要求也就越来越高,汽车的防滑控制系统就是在这种情况下产生和发展的,而且防滑控制系统已经成为汽车向电子化发展的一个重要方面。

汽车防滑控制系统最初只是在制动过程中防止车轮被制动抱死,避免车轮在路面上进行纯粹地滑移,提高汽车在制动过程中的方向稳定性和转向操纵能力,缩短制动距离,所以被称为防抱死制动系统(Anti-lock Brake System, ABS)。随着汽车性能要求的不断提高,防滑控制系统的功能进一步得到完善,不仅能够在制动过程中防止车轮发生抱死,而且能够在驱动过程中(特别在起步、加速、转弯等过程中)防止驱动轮发生滑转,使汽车在驱动过程中的方向稳定性、转向操纵能力和加速性能也都得到提高。驱动过程中防止驱动轮发生滑转的控制系统被称为驱动防滑系统(Accelerating Slip Regulation System, ASR)。由于驱动防滑系统是通过调节驱动车轮的牵引力来实现驱动车轮滑转控制的,因此也被称为牵引力控制系统(Traction Control System, TCS)。汽车防滑控制系统就是对防抱死制动系统和驱动防滑系统的统称。

防抱死制动系统就是在制动过程中通过调节制动轮缸(或制动气室)的制动压力使作用于车轮的制动力矩受到控制,从而将车轮的滑动率控制在较为理想的范围内。而驱动防滑系统在驱动过程中通常可以通过调节发动机的输出转矩、传动系统的传动比、差速器的锁紧

系统等,控制作用于驱动车轮的驱动力矩,以及通过调节驱动轮制动缸(或制动气室)的制动压力,控制作用于驱动车轮的制动力矩,从而实现对车轮牵引力的控制,将驱动车轮的滑动率控制在较为理想的范围内。

1.2.1 防抱死制动系统的产生

汽车防抱死制动装置最早应用于飞机、铁路机车,而在汽车上的应用则较晚。众所周知,如果铁路机车的制动强度过大,车轮就会抱死并在道轨上滑行。由于车轮和道轨的摩擦,就会在车轮外圆上磨出一些小平面,这叫平面现象。小平面产生后,车轮就不能平稳地旋转从而产生噪声和振动。为了防止这种现象的发生,1908年,J. E. Francis设计了一种装置,把它安装在机车上以后,能够防止车轮的抱死现象,而且意外地发现制动距离也缩短了。1936年,德国 Robert Bosch 公司取得了 ABS 的专利权。

1948年,美国的 Westinghouse Air Brake 公司开发了铁路机车专用的 ABS 装置。该装置利用安装在车轴上的转速传感器,用飞轮控制检测开关测出车轴的减速度,然后使电磁阀动作控制制动气压,防止车轴抱死磨损。

汽车防抱死制动装置在飞机上也得到了应用。飞机着陆时,如果制动强度过大,车轮抱死,就会导致轮胎磨损严重,甚至有破裂的危险。如果跑道上结冰,车轮打滑,则难以保持直线行驶性能,就会导致飞机产生侧滑或机体旋转等不规则运动。为防止这种危险状况的出现,飞机上也研究应用了防抱死制动系统。真正应用 ABS 装置还是在第二次世界大战的末期,即1945年。最初,德国 Friz Ostwald 的设计思想被美国政府运用在喷气式飞机上,后来也在轿车、载货车和摩托车上采用了。1948年,波音公司生产的 B-47 飞机装上了 Hydro Aire 公司的 ABS 初期产品。该装置利用脉冲进行控制,转速传感器测出车轮开始抱死的时刻,电磁阀动作使液压下降,车轮转动后液压又上升,然后反复上述动作。

从20世纪50年代后半期到1960年,Good Year 公司和 Hydro Aire 公司分别开发出各有特点的 ABS 装置。这种装置不是像开关一样把液压控制在零或最大,而是根据车轮的减速情况阶段性地控制液压。由于采用了初期的电子计算机,从而使得 ABS 的性能得到了很大的改善。

ABS 在汽车上的首次应用是1954年美国 Fort 公司将法国生产用于民航机上的 ABS 应用在林肯牌轿车上。这次试验虽然以失败而告终,但揭开了汽车应用 ABS 的序幕。同一时期,KelBey Hayes 公司与 Hydro Aire 公司联合生产了货车用 ABS。1957年,Ford 公司与 Kelsey Hayes 公司开始联合开发 ABS,1968年达到了预期目的。1960年上半年,Harry Ferguson Research 公司把 Maxaret ABS 组合成四轮控制式,安装在试验车上,并于1965年向英国 Jensen 公司提供了 Ferguson 制造的四轮控制 ABS 样机。同一时期,美国政府鼓励开发 ABS,并倡导在国产轿车、载货车上安装 ABS。之后,Kelsey Hayes 公司和 Bendix 公司相继开发研制 ABS,TRW 公司也对开发 ABS 表现出浓厚的兴趣。1969年,福特汽车公司首先推出后两轮控制方式的防抱死制动系统,并在美国、日本的高级轿车上得到应用,但是在此后约10年中,由于电子技术等方面的限制,并没有获得较大的进展。随着电子控制技术及精密液压元器件加工制造技术的进步,逐渐奠定了复杂而精确的控制技术的基础。1978年,奔驰公司首次推出四轮控制的防抱死制动系统。从此以后,防抱死制动系统在汽车上得到广泛应

用,并得到突飞猛进的发展。

20 世纪 80 年代初,ABS 还仅在部分高级轿车上采用,但是自 90 年代后,欧洲、美国、日本和韩国等国家和地区 ABS 的装车率大幅度提高,加之法规的推动作用,使得 ABS 已成为汽车上的标准配置。

1.2.2 防抱死制动系统的优点

防抱死制动系统有如下优点:

① 增加了汽车制动时的方向稳定性。装有 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。

汽车在制动时,4 个车轮上的制动力是不一样的,如果汽车的前轮抱死,驾驶员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,甚至出现汽车调头从而造成严重的交通事故。ABS 可以防止 4 个车轮制动时被完全抱死,提高了汽车行驶的稳定性。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 改善了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,此时即使转动方向盘,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。

③ 缩短制动距离。装用 ABS 后,在汽车制动过程中,因为能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,驾驶员操作装有 ABS 的汽车制动距离会比无 ABS 的汽车短,特别是在湿滑和冰雪路面上,制动距离可以明显缩短,一般为 10% ~ 20%。

应当指出的是,在松散的路面上,如松散的沙土或积雪较深的路面上,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,从而形成一种阻力,有利于汽车制动,会使制动距离变短。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。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路面上。采用 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,从而提高了轮胎使用寿命,一般提高 6% ~ 10%。

车轮抱死会造成轮胎杯形磨损,轮胎胎面磨耗也不均匀,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,只要把脚踏在制动踏板上,ABS 就会根据情况自动进入工作状态。如遇雨雪路滑,驾驶员也没有必要用一连串的点制动方式进行制动,而 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 故障警示灯点亮,同时中断 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代码进行维修。

⑥ 减轻驾驶员紧张情绪。装用 ABS 的汽车进行制动时,驾驶员只要把脚尽力踏在制动踏板上,ABS 就会代替驾驶员自动进入最佳的制动状态,从而使驾驶员可以比较放心地操纵方向盘。习惯驾驶装有 ABS 的汽车驾驶员,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员,会产生一种紧张情绪。

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员提高车速。据统计,装用 ABS 的车辆可使行驶车速提高约 15%。

1.2.3 防抱死制动系统的缺点

防抱死制动系统有如下缺点:

① ABS 不能提供超越车轮与路面所能提供的最大制动力。

② ABS 不能代替驾驶员的制动操作,只能在驾驶员制动时,帮助驾驶员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,由熟练技术的驾驶员操作常规制动系统,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。

⑤ 在松土或积雪较深的路面上制动时,车轮抱死制动要比 ABS 工作时的制动距离短,这是因为松土或积雪路面使抱死的车轮轮胎前部形成楔形物,更利于汽车制动。因此,装有 ABS 的轿车有的在仪表板上装一个开关,以便在这种路面上行驶时关闭 ABS,使其失去作用。

1.2.4 防抱死制动系统的发展趋势

防抱死制动系统的发展方向如下:

① 复合化。有的防抱死制动系统的动力源是电动泵,内装执行元件。该动力源还被应用在油压增压器中,形成动力源、油压增压器、制动主缸和电磁阀为一体的集中系统。几乎相同的装置被应用在凯迪拉克阿兰特轿车上,这就是博世公司的 ABS III 型防抱死制动系统,而奔驰汽车公司则采用在加速一侧利用 ABS 的电磁阀和节流阀来控制车轮滑移率的防侧滑系统,并装用在批量生产的车型中。

② 低成本化。ABS 已从高级轿车逐渐向中低档轿车普及。今后,为了向普及型轿车和商用车普及,要求 ABS 小型化、低成本,特别要减少执行组件的数量和传感器的通道数,并简化结构。

③ 小型轻量化。为了确保汽车行驶的安全性,同时也为了减轻汽车质量,加之现代发动机的安装空间非常紧凑,所以要求尽可能减小 ABS 机构的体积和轻量化。目前普遍采用提高 ABS 的集成度、改进电磁阀的结构与控制方式、优化电子控制器 (ECU) 的内部电路等方法实现 ABS 的小型轻量化。

④ 采用传感器等附加装置。现在许多 ABS 只装备有车轮转速传感器（也称轮速传感器），只用这种信号进行控制，很难确保不同车辆的 ABS 性能。为了补偿控制功能的下降，在有些车辆上增加了检测前后轮或横向加速度的 G 传感器（加速度传感器），改善了发动机怠速升高功能。如果能确保可靠性，这是一项极其有效的措施，不仅能补偿控制功能的不足，而且还可以提高整个装置的功能。

⑤ 与驱动防滑控制等装置形成一体化控制。目前普遍采用一种做法，即在 ABS 原有硬件基础上，通过扩展 ABS 的软件内容，实现电子制动力分配（EBD）功能。在 ABS 未动作之前，使前、后轮制动力分配更加合理，从而使前、后桥的制动力分配接近理想的制动力分配曲线，以利于汽车行驶的稳定性及减速行驶。

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（主要指在起步、加速，特别在非对称摩擦路面行驶时）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，因而开始广泛装用驱动防滑系统，即 ASR，有时也称为加速滑转控制（调节）系统或加速防滑系统。由于驱动防滑系统多是通过调节驱动车轮的驱动力实现控制的，因而又称为驱动力（或牵引力）控制系统（Traction Control System），简称 TCS，在日本被称为 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，但由于 ASR（或 TCS）与 ABS 两种系统控制极其类似，并且多数是组合在一起的，使得两个系统形成一体化，因而常用 ABS/ASR 或 ABS/TCS 表示，该系统既具有防抱死制动功能，又具有驱动防滑转功能。

另外，在上述 ABS + EBD + ASR（或 TCS）的基础上，有的车辆还增加了一种动态稳定控制（DSC）或自动稳定控制（ASC）功能，主要作用是防止车辆转弯时引起侧滑，确保汽车行驶的稳定性，从而形成全面的整合型的主动安全系统，使汽车行驶更加稳定和安全。

⑥ 与底盘的其他电子控制装置形成紧密联系。随着电子技术的进步及车内高速数字通信系统（CAN 网络）的发展，使得 ABS 与电子控制主动悬挂（或半主动悬挂）、电子控制四轮转向、电子控制动力转向和电子控制自动变速器等底盘电子控制装置形成紧密联系，构成组合控制或联动，通过对各系统进行协调，从而使汽车保持最佳运动状态。

⑦ 向自动制动化方向发展。自动制动系统的实用化，需要在车上装用能够对前方道路上的障碍物或非道路上的障碍物（如交通管理岗亭）进行检测或识别装置，如雷达或超声波等。这些装置与 ABS 相配合，在需要制动而驾驶员没有采取制动减速措施情况下，该系统一方面会自动点亮仪表板上的警示灯或用蜂鸣器警告驾驶员；另一方面会自动实现回避危险性的制动功能，从而进一步提高汽车行驶的安全性。

可以预计，今后最新的控制技术发展方向是提高传感器技术的性能，增加新功能，而普及型 ABS 则尽量向确保必要功能、简化结构以及降低成本的方向发展。今后的汽车通过信息收集处理，在安全性、经济性等方面，可以向驾驶员提供尽可能多的信息和最佳的适应方法，在这方面 ABS 担负着重要的使命。

1.3 电子控制悬挂

汽车的悬挂一般由弹性元件、减振器和导向机构组成。其作用是连接车身与车轮,以适当的刚性支撑车轮,并吸收路面的冲击,改善车辆的舒适性和平顺性;还可以稳定汽车行驶,改善操纵性。悬挂作用中的平顺性与操纵稳定性有着相互矛盾的关系。若想改善汽车的舒适性和平顺性而采用较软的弹性元件,那么就会增加转弯时的侧倾及加速或制动时的前后颠簸,从而使操纵稳定性变差。同样,若想改善汽车的操纵稳定性而采用较硬的弹性元件,那么将增加汽车对路面不平度的敏感性,从而降低平顺性。如何调整两者之间的关系,有时竟是非常困难的事,只能根据汽车的用途加以调整。对于传统悬挂,当其结构确定后,就具有固定的悬挂刚度和阻尼系数,在汽车行驶的过程中不能人为地控制加以调节,因此称为被动悬挂。

随着电子技术的发展,出现了电控悬挂。它是通过电子控制单元(ECU)来控制相应的执行元件,改变悬挂特性以适应各种复杂的行驶工况对悬挂系统不同的要求,从而使舒适性、平顺性和操纵稳定性同时得到改善。电控悬挂可以调节悬挂刚度和阻尼系数,突破被动悬挂的局限性,因此,电控悬挂是一种主动悬挂。电控悬挂在其电子控制装置的控制下,能根据外界接收的信息或车辆本身状态的变化,进行动态的自适应性调节,即电控悬挂没有固定的悬挂刚度和阻尼系数,这样就可以随着道路条件的变化和行驶需要的不同要求自动地调节,从根本上解决平顺性和操纵稳定性之间的矛盾,提高汽车的使用性能。

悬挂根据调节悬挂的刚度和阻尼系数分为半主动悬挂和全主动悬挂。

半主动悬挂是对悬挂的刚度和阻尼系数之一能进行实时调节控制的悬挂。为了减少指定机构需要的功率,半主动悬挂通常不考虑调节悬挂刚度,而只对悬挂的阻尼系数进行调节。半主动悬挂又根据调节阻尼系数的特点分为有级式半主动悬挂和无级式半主动悬挂两种。由于半主动悬挂控制较简单,而且又能达到与全主动悬挂相近的性能,故应用较广泛。

全主动悬挂是对悬挂的刚度和阻尼系数均能进行实时调节,可以同时提高车辆的平顺性和操纵稳定性。全主动悬挂采用油气悬挂和空气悬挂取代被动悬挂的弹性元件和减振器。目前,全主动悬挂根据控制的介质可分为主动空气悬挂、主动油气悬挂和主动液力悬挂3种。全主动悬挂一般包括控制机构和执行机构。控制机构是由ECU和传感器等组成的闭环控制系统,通过传感器监测道路条件、汽车的运行状态和驾驶员的需求,按照设定的规律向执行机构(空气弹簧、动力源)适时地发出控制信号,以调节悬挂刚度和阻尼系数。

1.4 转向控制系统

转向控制系统主要包括动力转向控制系统和四轮转向控制系统。

在转向系统中增设动力装置后就是动力转向系统。采用动力转向系统的目的是使转向操