



高职高专汽车类规划教材
国家技能型紧缺人才培养培训系列教材



汽车底盘 电控系统与检修

郑 劲 张子成 主编



-43



化学工业出版社



教育部推荐汽车类规划教材
教育部高等学校汽车类专业教学指导委员会

000000

汽车底盘 电控系统与检修

王 勇 王 强 主编



机械工业出版社



高职高专汽车类规划教材
国家技能型紧缺人才培养培训系列教材



汽车底盘 电控系统与检修

郑 劲 张子成 主 编

索文义 柴 彬 胡天明 副主编

责任编辑：宋 琳
封面设计：王 琳

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：北京鑫鑫印刷有限公司
印 张：20
字 数：331千字
2012年2月北京第1版第1次印刷



化学工业出版社

· 北 京 ·

定价：26.00元

U472.4-43

191

本书内容丰富,图文并茂,注重理论联系实际,突出汽车底盘电控系统的结构分析、电路图识读及检测与维护方法,具体包括防抱死制动系统、驱动防滑控制系统、电子稳定程序控制系统、电控自动变速器、电子控制悬架系统及电控动力转向系统和四轮转向控制系统的结构、工作原理、电路分析、使用与维修等。书中每章都配有大量的复习与思考题,便于读者加深对汽车底盘电控技术的理解。为方便教学,配套电子课件。

本书可作为高等职业院校汽车专业相关课程的教材和相关人员培训用书,也可供汽车维修与检测技术人员等使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车底盘电控系统与检修/郑劲,张子成主编. —北京:化学工业出版社,2011.11

高职高专汽车类规划教材 国家技能型紧缺人才培养培训系列教材

ISBN 978-7-122-12561-3

I. 汽… II. ①郑…②张… III. ①汽车-底盘-电气控制系统-理论-高等职业教育-教材②汽车-底盘-电气控制系统-车辆修理-高等职业教育-教材 IV. U472.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第209305号

责任编辑:韩庆利

责任校对:宋 玮

装帧设计:尹琳琳

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 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张20 $\frac{1}{2}$ 字数531千字 2012年2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:36.00元

版权所有 违者必究

前言

汽车的电子化、智能化、网络化是现代汽车发展的重要标志,随着消费者对汽车功能和性能要求的日益提高,汽车正在逐渐由机械系统向电子系统转换。尤其是以机械系统为主的汽车底盘部分正发生着巨大的变化,随着电子控制技术在汽车底盘中的广泛应用,使得汽车底盘技术正朝着电子化、智能化的方向发展。自动变速器、防抱死制动系统(ABS)、驱动防滑系统(ASR)、电子稳定程序(ESP)等已成为一些车辆的标准装备。

为满足高职高专汽车类专业对汽车底盘电子技术的教学需要,使广大汽车维修技术人员系统地掌握现代汽车底盘电控系统,我们编写了此书。

本书重点介绍典型轿车(大众、丰田和上海通用等轿车车系)的汽车底盘电控系统的结构、工作原理、电路分析、使用与维修等内容,注重理论联系实际,与职业技能鉴定标准接轨,突出对汽车底盘电控系统的结构分析、电路图识读及检测与维护方法,旨在提高读者的技术应用能力。

本书内容先进、资料翔实、图文并茂、通俗易懂,针对性与实用性很强,每章都配有丰富的复习与思考题,使读者能举一反三、融会贯通,并可以加深对汽车底盘电控技术的理解。适合作为高等工科和高等职业院校汽车专业相关课程的教材,也可供汽车维修与检测技术人员使用和参考。同时也可作为汽车电气维修从业人员的参考用书。

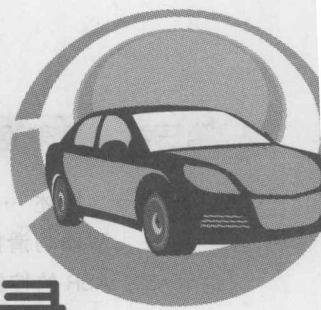
参加本书编写的有:兰州石化职业技术学院郑劲(编写总论、第一章、第二章及第五章部分)、胡天明(第五章部分)、索文义(第八章),酒泉职业技术学院柴彬(第三章、第四章及第二章部分)、兰州职业技术学院张子成(第六章、第七章)。全书由郑劲、张子成担任主编,索文义、柴彬、胡天明担任副主编,王加升、杜文锁和张亚宁也参加了本书编写。

在编写过程中得到了同行和同事们的大力支持,在此表示衷心的感谢。

本书配套有电子课件,可赠送给用本书作为授课教材的院校和老师,如有需要,可发邮件至 hqlbook@126.com 索取。

由于编者水平所限,教材难免存在不足之处,承望读者给予批评指正。教材通过今后的教学使用,还需不断的总结经验,以便再版修订时改正与完善。

编者



目 录

第一章 汽车底盘电控系统概述

1

一、防滑控制系统 (ABS/EBD/ASR/ESP)	1
二、电控液力自动变速器	4
三、电控悬架系统	6
四、转向控制系统	7
复习与思考题	7

第二章 汽车防抱死制动系统

8

第一节 汽车防抱死制动系统的基础知识	8
一、汽车防抱死制动系统的基础知识	8
二、汽车防抱死制动系统的基本组成和工作原理	10
三、汽车防抱死制动系统的类型	10
第二节 汽车防抱死制动系统的结构与工作原理	14
一、传感器	14
二、电子控制模块 (ECU)	16
三、制动压力调节器	17
四、制动压力调节器的工作原理	20
五、制动防抱死系统上的附加组件	22
六、制动防抱死系统的使用性能	23
第三节 典型汽车制动防抱死控制系统	23
一、MK20-I 型 ABS	23
二、上海别克轿车 ABS	27
三、丰田佳美轿车 ABS	30
四、本田车系 ABS 系统	31
第四节 汽车制动防抱死控制系统维护与检修	36
一、ABS 系统使用与检修中的注意事项	36
二、ABS 系统制动液的选用及制动液的更换	37
三、ABS 系统的排气方法	37
四、ABS 系统的故障检修及自诊断	38
五、ABS 系统的一般检查方法	46
复习与思考题	49

第一节 概述	52
一、驱动防滑控制系统的功用	52
二、ASR 的控制方法	53
三、ASR 与 ABS 的区别	55
第二节 驱动防滑控制系统的结构与工作原理	56
一、ASR 的基本组成与工作原理	56
二、ASR 的传感器	57
三、ASR 的控制单元 (ECU)	57
四、ASR 的执行机构工作原理	57
第三节 典型的驱动防滑控制系统	60
一、丰田 LS400 牵引力控制系统 (ABS/ TRC)	60
二、坦孚 MKIV 型防滑控制系统	68
第四节 汽车驱动防滑控制系统维护与检修	72
一、TRC 系统的使用与维修中的一般注意事项	72
二、TRC 系统的检修	72
第五节 防滑差速器	76
一、防滑差速器简介	76
二、电子控制式防滑差速器	76
复习与思考题	79

第一节 概述	82
一、电子稳定程序控制系统的作用	82
二、汽车转向时的运动分析	82
三、ESP 的组成及控制原理	83
第二节 电子稳定程序控制系统的结构与工作原理	85
一、ESP 传感器	85
二、ESP 电子控制单元 (ECU)	88
三、ESP 执行元件	88
第三节 典型汽车电子稳定程序控制系统	89
一、宝来轿车电子稳定程序控制系统 (ESP)	89
二、丰田 LS400 轿车电子稳定程序控制系统 (VSC)	95
复习与思考题	100

第一节 概述	102
一、电控液力自动变速器的特点	102
二、电控液力自动变速器的组成	103

三、电控液力自动变速器的控制原理	103
四、电控液力自动变速器的分类	105
五、电控液力自动变速器挡位介绍	106
六、电控液力自动变速器在使用过程中需要注意的问题	107
七、电控液力自动变速器的控制模式	107
第二节 液力变矩器	109
一、液力变矩器的结构	109
二、液力变矩器的作用和工作原理	110
三、带锁止离合器的液力变矩器	112
第三节 行星齿轮变速器	114
一、单排星形齿轮机构的工作原理	114
二、行星齿轮变速器换挡执行元件	117
三、典型行星齿轮变速器结构与工作分析	120
第四节 自动变速器的液压控制系统	128
一、液压泵	129
二、阀体	130
三、主油路调压阀	131
四、换挡阀组	132
五、变矩器锁止离合器控制阀	134
六、安全缓冲系统	136
七、冷却滤油系统	138
第五节 自动变速器的电子控制系统	139
一、传感器的作用和原理	139
二、执行器	145
三、电子控制单元	147
第六节 典型自动变速器	152
一、丰田 A341E 自动变速器	152
二、大众 01N 自动变速器	163
三、通用 4T65E 自动变速器	180
第七节 自动变速器变速传动机构的拆装与检修	187
一、变速传动机构的拆装	187
二、液力变矩器的检修	191
三、液压油泵的检修	192
四、行星齿轮传动系统的检修	193
第八节 电控自动变速器的故障诊断与检测	194
一、故障诊断与检修程序	194
二、基本检查	195
三、电控自动变速器性能试验	198
四、电子控制自动变速器传感器的检测	205
五、电子控制自动变速器控制电磁阀的检查	209
六、自动变速器的故障自诊断	210

七、自动变速器常见故障的诊断与排除	215
第九节 汽车无级式变速器	224
一、无级式变速器概述	225
二、无级变速器的基本原理	225
三、广州本田飞度 CVT 无级变速器	226
四、奥迪 01J 型无级变速器	232
第十节 DSG 双离合自动变速器简介	243
一、DSG 变速器的特点	243
二、DSG 变速器的结构	244
三、DSG 变速器的工作过程	246
四、液压控制系统	246
思考与复习题	248

第六章 电控动力转向系统与四轮转向系统

253

第一节 概述	253
第二节 液压式电控动力转向系统	253
一、流量控制式 EPS	254
二、反力控制式 EPS	256
三、阀灵敏度控制式 EPS	258
第三节 电动式电控动力转向系统	260
一、电动式 EPS 系统的组成	260
二、电动式 EPS 系统原理与特点	260
三、电动式 EPS 系统的类型	261
四、EPS 系统的关键部件	262
五、电动式 EPS 实例	265
第四节 电控动力转向系统故障诊断与检修	267
一、丰田轿车电控动力转向系统的故障诊断与检修	267
二、三菱微型汽车电控动力转向系统的故障诊断与检修	269
第五节 四轮转向系统	271
一、汽车转向特性	271
二、机械式四轮转向系统	272
三、液压式四轮转向系统	272
四、电控液压式四轮转向系统	273
复习与思考题	275

第七章 电子控制悬架系统原理与检修

276

第一节 电子控制悬架系统概述	276
一、汽车传统悬架的缺点	276
二、电子控制悬架的功能	276
三、电子控制悬架的分类	277

第二节 电子控制悬架系统的结构及工作原理	277
一、信号输入装置	277
二、电子控制空气悬架的组成及工作原理	279
三、电子控制液压悬架的工作原理	279
四、电子控制悬架系统电控单元 (ECU)	280
第三节 典型汽车电子控制悬架系统	280
一、丰田 LS400 电子控制悬架系统的构成	280
二、丰田 LS400 电子控制悬架的功能	281
三、丰田 LS400 电子控制悬架的工作原理	283
四、丰田 LS400 电子控制悬架系统主要部件	286
五、丰田 LS400 电子控制悬架系统的控制过程	294
六、丰田 LS400 电子控制悬架系统电路图	296
第四节 电子控制悬架系统的故障诊断与检修	299
一、基本检查	299
二、故障自诊断	301
三、自诊断故障检修	303
复习与思考题	304

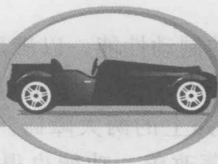
第八章 汽车巡航控制系统

306

第一节 汽车巡航控制系统的结构与工作原理	306
一、汽车巡航控制系统的作用	306
二、巡航控制系统的组成	306
三、巡航控制系统的基本原理	306
四、巡航控制系统的电路和部件结构	307
第二节 巡航控制系统的使用	310
一、一般巡航系统的使用方法	310
二、巡航控制系统使用注意事项	311
第三节 巡航控制系统的故障诊断	311
一、巡航控制系统的故障自诊断	311
二、巡航控制系统故障检查排除方法	313
复习与思考题	315

参考文献

316



第一章 汽车底盘电控系统概述

随着电子技术，特别是大规模集成电路和微型电子计算机的高速发展，汽车电子化程度越来越高，电子控制技术在汽车上越来越广泛应用。现代汽车技术已不再局限于机、电两个领域，而是实现了机、电、液、计算机、网络等多项技术的集成，汽车底盘也发生了重大变化，它改变了汽车底盘传统的机械装置，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。

各种汽车底盘电子控制系统在汽车的安全性、动力性、操作稳定性等方面起着重要的作用，这些控制系统主要包括：防抱死制动系统、驱动防滑系统、电子稳定程序控制系统、电控液力自动变速器、电控悬架系统、转向控制系统等。

一、防滑控制系统（ABS/EBD/ASR/ESP）

① ABS——Antilock Braking System（汽车防抱死制动系统）。ABS 防止制动时车轮出现抱死，使车辆具有方向性和稳定性，并缩短制动距离。

② EBD——Electronic Brake Pressure Distribution（电子制动力分配）。EBD 系统可在车辆充分载重的情况下，保持车辆最大平衡并控制制动距离最短化。EBD 系统利用 ABS 的增压、保压和减压环节工作循环，来完成四个车轮制动器制动力矩的调节。其作用如下：

a. 在直线行驶中制动时负责调节前后轮的制动力矩。在直线行驶中制动时为了防止后轮制动力大于前轮制动力而导致制动甩尾，提前让制动力大的后轮的制动轮缸进入保压和减压环节，以达到直线行驶制动时前、后轮制动力的平衡。

b. 转弯制动时通过两侧车轮的制动力保证转向时的稳定性。在转弯制动时，EBD 系统发现两侧车轮制动力不平衡时，为了防止由此引起的侧滑，通过限制制动力较大一侧车轮的制动力矩来保持两侧车轮制动力矩的平衡。提前让制动力较大的一侧车轮进入保压和减压环节，降低和限制制动力较大的一侧车轮的制动力矩，以达到汽车转弯时两侧车轮制动力的平衡。

③ ASR——Anti Slip Regulation 系统，即驱动防滑系统（也称 Traction Control System 系统，TCS，即牵引力控制系统）。通过发动机管理系统干预及制动车轮，防止驱动轮打滑。例如汽车在沙石及冰面上行驶时，会经常用到。

④ EDL——Electronic Differential Lock（电控差速器锁）。EDL 是电控差速器锁，汽车在附着力十分复杂的路面上行驶时，当一侧驱动轮上轮速传感器发现汽车车轮有打滑趋势时，立即通知控制单元，控制单元则通过差速器锁将两侧半轴变成一根刚性轴。驱动轮中只要有一个轮在好地上就可以继续正常行驶。

⑤ ESP——Electronic Stability Programme（电子稳定程序控制系统）。在大众、奥迪、奔驰车型上使用。ESP 是一个主动安全系统，是建立在其他防滑控制系统之上的一个非独立的系统。ESP 工作的基本原理是利用汽车上的制动系统使汽车能“转向”。在允许的物理极限范围内，ESP 系统通过控制车轮制动器的工作，使汽车在各种行驶状况下在车道内保持稳定行驶。

通常情况下装备 ASR 的车型，将同时具有 EDL、ABS 功能；装备 ESP 的车型，将同



时具有 ASR、EDL、ABS 功能。

1. 汽车防抱死制动系统

充分发挥轮胎与路面间的潜在附着力、最大限度地改善汽车的制动性能,以满足行车安全的需要,一直是人们追求的目标。虽然 ABS 的理论基础确立较早,但鉴于相关工业,如电子技术水平的限制,使用可靠性、价格效益比成为 ABS 发展道路上的两大障碍。进入 20 世纪 70 年代以来,由于电子技术的发展,使得 ABS 的可靠性显著改善,功能也得以完善。加之汽车行驶速度的提高,致使制动时车轮抱死滑移成为行车安全的重大隐患之一,这也促使了 ABS 使用日益广泛。

最早的汽车(1920 年以前)前轴并不装用制动器,汽车制动过程中对路面附着力系数的利用是很低的。随后人们经过对前、后车轮均装用制动器的汽车进行了大量试验后,在前轮也装用了制动器。但鉴于当时道路条件差,为确保汽车制动时有足够的方向控制能力,故前轮制动力分配系数与现代汽车比较起来仍显得很小。为了充分利用制动过程中路面所能提供的附着力系数,以及解决随后遇到的后轮抱死滑移所产生的危险因素,人们对汽车制动理论的研究及制动装置的研制开展了大量的工作。汽车 ABS 装置就是为了既能充分利用制动过程中的路面附着力系数,又能避开车轮制动时抱死滑移所产生的危险工况而出现的汽车制动附加装置。

20 世纪初期人们就开始了 ABS 的技术研究。ABS 装置最早得到成功应用并不是在汽车上,而是在飞机、铁路机车上。当铁路机车的制动强度过大出现车轮抱死滑移的现象时,车轮往往不能平稳运动而产生强烈的噪声和振动,轻则影响车轮和铁轨的寿命,重则出现危险的事故。为了避免这种现象发生,1908 年在铁路机车上安装了防抱死装置,并意外的发现制动距离也缩短了。早在 1936 年,德国博世(BOSCH)公司将电磁传感器用于测量车轮转速。当传感器探测到车轮抱死滑移时,调节装置启动,调节制动管路压力,这一思路一直延续至今。随后,1948 年美国的 Westinghouse Air Brake 公司开发了铁路机车专用的 ABS 装置。该装置利用装在车轴上的转速传感器测出车轴的减速度,然后通过电磁阀控制制动气压,实现 ABS 装置的自动控制。

飞机着陆时往往速度很高,如果此时制动强度过大,出现轮胎抱死现象,则可能发生轮胎磨损严重,从而出现破裂的危险局面。如果路面附着力系数较低,或者说路面较滑时,轮胎滑移将难以保证飞机直线行驶、保持一定的转向能力等的基本要求。为防止这些危险工况发生,ABS 装置于二战末期的 1945 年前后被尝试用于飞机上。先是德国人 Fritz Ostwald 的设计思想被美国政府用在喷气式飞机上。接着是 1948 年波音公司生产的 B-47 飞机上安装了 Hydro Aire 公司的 ABS 产品。

从 20 世纪 50 年代开始,Good Year 和 Hydro Aire 等公司分别开发出各具特点的 ABS 装置。这一时期 ABS 装置的特点是采用了初期的电子计算机,使 ABS 的性能得到了很大的改善,以至于规定所有的民航飞机都必须安装 ABS 装置。这一时期也是 ABS 装置由飞机向汽车上移植的时期。如 1951 年,Good Year 航空公司在载货汽车上试装了飞机用 ABS。1954 年,美国福特公司首先把法国生产的民航机用 ABS 应用在林肯牌轿车上。这些尝试虽然以失败告终,但揭开了汽车应用 ABS 的序幕。

经过长期坚持不懈的努力,1958 年 Dunlop 公司开发出了用于载货车的 ABS,美国福特公司最终与 Kelsey Hayes 公司合作于 1968 年成功开发了车用 ABS 装置。于是,车用 ABS 装置的研究与开发受到诸如美、英等各国研究部门及政府的支持,但随后十多年 ABS 装置的研究与发展却处于一个低谷时期。这是因为这一时期的 ABS 控制器采用的是分离元件的电子线路式模拟计算机。由于电子元件多、体积大,再加上汽车速度的提高,所研制的



ABS 功能仍然较差、可靠性也较低,不能满足汽车的使用要求。

20 世纪 70 年代中后期开始,ABS 控制器采用了大规模集成电路式的计算机。这种数字计算机不易受干扰,运算速度快。不仅提高了控制器的稳定性,而且为改善 ABS 功能创造了条件,20 世纪 70 年代末,欧洲开始批量生产用于轿车和商用汽车的 ABS 系统。

进入 20 世纪 80 年代,车用 ABS 装置在理论上与实践上都逐渐走向成熟。ABS 控制器的硬件在采用数字式电路的基础上,采用了微处理器,输入输出也朝着与汽车其他电子元件集成化、网络化的方向发展,精密液压元器件的制造技术也走向成熟。在软件上 ABS 的控制逻辑向多元化方向发展,诸如最优控制、变结构控制及模糊控制得到了应用。计算机技术的发展又使 ABS 向纵深扩展,如驱动防滑控制系统 ASR (Anti-Slip Regulation) 及速度限制器等。

进入 20 世纪 90 年代,ABS 的发展愈来愈快,欧洲、美国和日本等国家均在高速普及 ABS。到 1995 年,美、德、日在轿车上装用 ABS 的比例分别达 55%、50% 和 35%;在货车上装用 ABS 的比例分别达 50%、50% 和 45%。目前,德国的博世公司成为世界第一大 ABS 装置生产厂家,其生产的 ABS 装置已被装用于奥迪、宝马、通用、大众、雷诺、菲亚特、雪铁龙及法拉利等公司的各系列车型中。另外,日本也生产大量的 ABS 装置,广泛安装于丰田、日产、三菱、本田及马自达等系列车型上。可以说 ABS 装置是汽车上得到最成功应用的电子控制装置之一。

2. 驱动防滑控制系统

汽车驱动防滑控制系统 (Anti Slip Regulation, ASR) 是继防抱死制动系统 (ABS) 之后应用于车轮防滑的电子控制系统。ASR 的基本功能是防止汽车在加速过程中打滑,特别是防止汽车在非对称路面或转弯时驱动轮的空转,以保持汽车行驶方向的稳定性、操纵性和维持汽车的最佳驱动力以及提高汽车的平顺性。由于汽车驱动防滑转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)。

驱动防滑转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,实现对车轮牵引力矩的控制,将驱动车轮的滑移率控制在较为理想的范围内。

3. 电子稳定程序控制系统 (ESP)

1995 年,德国博世公司首次把电子稳定程序 (ESP) 投入量产。到 2010 年,已经发展到第 9 代。在博世公司之后,很多汽车制造公司也研发出了类似的系统,如日本日产公司研发的称为“车辆行驶动力学调整系统” (Vehicle Dynamic Control, 简称 VDC); 日本丰田公司研发的称为“车辆稳定控制系统” (Vehicle Stability Control, 简称 VSC); 日本本田公司研发的称为“车辆稳定性控制系统” (Vehicle Stability Assist Control, 简称 VSA); 德国宝马公司研发的称为“动态稳定控制系统” (Dynamic Stability Control, 简称 DSC), 因为 ESP 是博世公司的专利产品,所以只有博世公司的车身电子稳定系统才可称为 ESP。

ESP 工作过程如图 1-1 所示。通过对不同车轮独立地实施制动,使车辆产生相应的回转载矩,来避免“漂出”和“甩尾”的产生。

ESP 通过横摆角速度传感器,识别车辆绕垂直于地面轴线方向的旋转角度及侧向加速度传感器识别车辆实际运动方向。若 ESP 判定为出现过度转向,ESP 将制动外侧前轮,防止出现甩尾,并减弱过度转向趋势,稳定车辆;若 ESP 判定为出现不足转向,将制动内侧前轮,使车辆进一步沿驾驶员转弯方向偏转,从而稳定车辆。

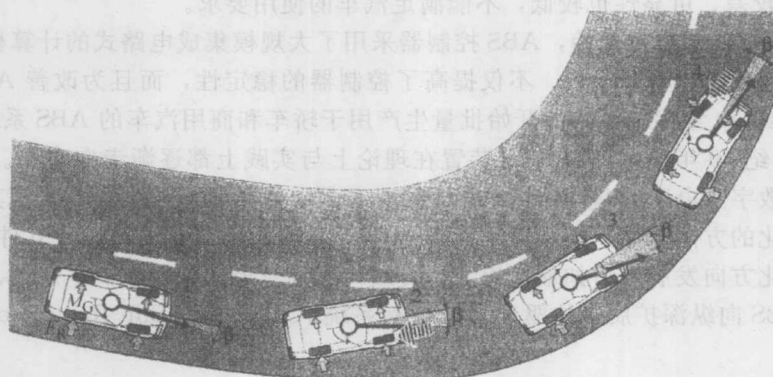


图 1-1 ESP 的工作过程

1—驾驶员左转向，产生侧向力；2—侧向力威胁到汽车稳定性时，ESP 系统对右前轮制动；

3—轿车受控；4—侧向力威胁到汽车稳定性时，ESP 系统对左前轮制动，汽车完全稳定；

M_G —横摆力矩； F_R —车轮作用力； β —汽车行驶方向偏离

汽车纵轴角（浮角）； $\leftarrow$ —增加制动力

二、电控液力自动变速器

自 20 世纪 30、40 年代起，人们就不遗余力地发展自动变速器（Automatic Transmission, AT）。到 20 世纪 70 年代，美国每年生产的 600 万~800 万辆轿车中，AT 的装备率已超过 90%，这种趋势很快也波及欧洲、日本等汽车工业大国，竞相开发各自的自动变速器产品。在日本，20 世纪 80 年代后期对 AT 的需求已超过 65%，并且仍在不断提高。AT 不仅在轿车上得到了最广泛的应用，同样在城市公共汽车、矿用汽车以及越野军用车辆中也迅速得到应用，装用自动变速器车辆的比例越来越高，各大汽车公司都已建成了大规模生产 AT 的专业化工厂。

1. 电控液力自动变速器（Electronic controlled AT, EAT）

(1) 第一台自动变速器 1940 年美国奥兹莫比尔汽车上装上了第一台现代意义的自动变速器。这是一种横置式的串联式行星齿轮机构的液控变速器，20 世纪 50 年代起美国三大汽车公司都已开始批量生产自动变速器。

(2) 第一台装有电器元件的自动变速器 1968 年法国雷诺第一次在自动变速器上使用了电器元件。

(3) 第一代电控液力自动变速器 1982 年丰田公司生产出第一台由微机控制的，装配在佳美四缸机上的 A140E 自动变速器。其电控系统的执行器只是一个锁止电磁阀；电控系统只能控制变矩器的锁止油压，而变速器的换挡还是由液压系统控制。1984 年美国奥兹莫比尔汽车上装上了 THM440-T4（美国的第一台电控的自动变速器），其电控系统的执行器也只是有一个锁止电磁阀。到 20 世纪 80 年代末美国三大公司都分别推出了两种以上的电控液力自动变速器。

第一代电控液力自动变速器 A140E 和 THM440-T4 变速器上都只有一个控制液力变矩器锁止油压的电磁阀。自动变速器电控系统只负责对变矩器锁止离合器的锁止油压控制，变速器的换挡还是由液压控制。

(4) 第二代电控液力自动变速器 1992 年以前生产的第二代电控液力自动变速器的执行器——电磁阀最多的也只有两个，一个负责变矩器锁止，一个负责“D”位上第 4 挡的升降。在这一阶段电控对于变速器换挡的控制，还处于辅助阶段。

(5) 第三代电控液力自动变速器 1992~1994 年是电控变速器飞速发展的阶段。电磁



阀特别是换挡电磁阀数量的增加,使得换挡电磁阀已完全取消了节气门油压和速度油压对“D”位升降挡的控制;双锁止电磁阀对变矩器锁止工况控制得更加精确;主油压电磁阀明显减轻了主调压阀的工作负担,大众自动变速器由主油压电磁阀取代了节气门阀;变速器上既没有节气门拉索,也没有真空调节器的真空软管;控制阀的体积明显变小;容易发生故障的液压控制系统变得简单。

蓄压器缓冲电磁阀、正时电磁阀、倒挡电磁阀、扭力转换电磁阀、扭力缓冲电磁阀、强制降挡电磁阀和变速器转速传感器、变速器油温传感器等的大量涌现,使电控系统对变速器的控制面进一步拓宽。

经济模式、运动模式、雪地驾驶模式这些控制的出现使汽车的驾驶更加随心所欲。巡航控制的出现,当车速超过40km/h时,按下控制开关,不用踩加速踏板,控制单元直接对节气门开度控制,使车速稳定在驾驶员设定的速度区域内。

(6) 第四代电控液力自动变速器 1995年自动变速器达到20世纪最高设计水平。原来的换挡电磁阀主要是控制“D”位上挡的升降,1995年后某些变速器的换挡电磁阀对“D”位挡、手动挡、倒挡全部都负责,所以被称为全电子控制自动变速器(实际上还是电控液动自动变速器)。

坡道逻辑控制增加了驾驶的便利性、安全性和动力性。模糊控制的设置,使控制单元可以学习、模拟驾驶员的驾驶习惯,自动修正控制指令,使汽车更加人性化。

(7) 第五代电控液力自动变速器 21世纪初新开发的自动变速器不仅前进挡的挡位增多了,有了六速和七速的轿车自动变速器,并且具有了许多新的功能。

① 增加了手动模式增减挡开关。可采用手动和自动两种换挡模式。

② 增加了占空比换挡电磁阀。在离合器和制动器接合过程中,限制油液流量,可以使换挡更加平顺,有效地防止换挡冲击,使最令维修人员头痛的换挡冲击故障明显减少。

③ 增加了快放模式。在城区行驶,路面情况复杂,使用快放模式在急减速和急加速时保持变速器挡位的稳定,以减少离合器和制动器不必要的磨损,延长了变速器油的使用寿命。

④ 增加了下坡模式。在下坡模式下,当变速器控制系统接收到制动信号时,将自动降低至低速挡位,以保证良好的发动机制动效果,增加行车安全。

(8) 我国自动变速器的发展历史 我国自主开发的CA7560红旗的自动变速器因设计上的落后,早就已停止使用。

上海通用汽车公司投产的4T65E变速器是通用汽车公司1994年正式投产的。专利卖给中国后,通用汽车公司就不再生产4T65E变速器。帕萨特、宝来、POLO、桑塔纳、奥迪、捷达王等大众系列轿车使用的01N、01M、01P自动变速器,也已经正式投产。

现在我国轿车和豪华大客车上使用电控液力自动变速器已呈普及之势。

2. 无级变速器 (Continuously Variable Transmission, CVT)

1914年德国奔驰公司生产出世界上第1台无级变速器,但它只是为极少数的高级车配置了几台,并没有成为商品,也不是现代的电液控制的变速器,只是皮带传动的机械式无级变速器。现在丰田、日产、本田、福特、奥迪、通用等世界知名品牌轿车都配有无级变速器,目前无级变速器轿车的年产量已经达到50万辆。我国的奥迪、派力奥、奇瑞、飞度等轿车均配有无级变速器。

(1) 现代无级变速器的结构特点

① 现代无级变速器分为无级变速器和无级、手动自动一体变速器。

② 采用传动带和可变槽宽的锥轮进行动力传递。当锥轮变化槽宽时,相应改变驱动轮



和从动轮上传动带的接触半径从而进行变速。传动带按材料不同,分为橡胶带、金属带和金属链三种。

③ 前进挡和倒挡的转换由离合器和制动器完成。在变速器内有一个负责前进挡的离合器和一个负责倒挡的制动器。

(2) 无级变速器的优点 无级变速器简称为 CVT,由于其真正实现了无级化,与液力自动变速器相比具有以下优点:

① 无级变速器比自动变速器有着更好的传递效率,以奥迪轿车为例,0~100km/h 加速时间比同级普通自动变速器车型快了 1.3s。

② 自动变速器在没有进入锁止工况前,燃油消耗较高,而无级变速器燃油消耗较低。使用无级变速器的奥迪轿车比同级普通自动变速器车型百公里油耗降低了 0.9L。

③ 传动比明显大于同级普通自动变速器车型。

④ 现代无级变速器配备了全新的电子控制系统,在上下坡时,能自动探测坡度,并能在上坡时,自动调整速比增加动力输出;在下坡时,能加大发动机制动力矩,以保证行驶安全。

⑤ 无级变速器只是起步挡由离合器和制动器控制,所以,离合器和制动器的摩擦明显小于自动变速器,变速器的工作温度明显低于自动变速器。自动变速器由于离合器和制动器烧蚀和油液氧化带来的一系列故障,在无级变速器中都不会发生,所以,无级变速器的故障率明显低于自动变速器。

⑥ 无级变速器的主要传感器和控制单元装在一起,有故障后需要连控制单元一起更换,对于故障诊断比自动变速器要容易,但维修成本明显增加。

3. 双离合式自动变速器 (Direct shift Gearbox, DSG)

汽车自动变速器有多种不同的技术,其中最新的同时也是发展最快的是双离合式自动变速器。

传统的手动变速箱使用一台离合器,换挡动作分为三个动作:离合器分离—变速拨叉拨动同步器换挡(前挡齿轮分离/新挡齿轮啮合)—离合器结合,这三个动作,是分先后进行的,驾驶员须踩下离合器脚踏,令不同挡的齿轮作出啮合动作,而动力就在换挡其间出现间断,令输出表现有所断续。

双离合式自动变速器是基于手动变速器发展而来的,可以将其想像为将两台手动变速箱的功能合二为一,并建立在单一的系统内。它没有液力变矩器也没有行星齿轮组,由电子控制及液压推动,能同时控制两台离合器的运作。当变速器运作时,一组齿轮被啮合,而接近换挡时,电脑根据汽车速度和转速对驾驶者的换挡意图做出判断,预见性地控制另一个离合器与另一个挡位的齿轮组相连,但仅处于准备状态,尚未与发动机动力相连;当换挡时,一台离合器将使用中的齿轮分离,同时另一台离合器啮合已被预选,在整个换挡期间能确保最少有一组齿轮在输出动力,从而不会出现动力中断的状况。

双离合式自动变速器的优点主要表现在以下几方面:

① 传动过程中的能耗损失非常有限,大大提高了车辆的燃油经济性;

② 反应非常灵敏,具有很好的驾驶乐趣;

③ 车辆在加速过程中不会有动力中断的感觉,使车辆的加速更加强劲、圆滑,百公里加速时间比传统手动变速器还短。

三、电控悬架系统

悬架是将车身与车桥、车轮弹性相连,传递作用在车轮和车身之间的力和力矩,缓和由不平路面传给车身的冲击,并衰减由此引起的振动,以保证汽车行驶平顺性、操纵稳定性和



乘坐舒适性。目前多数汽车的悬架都是被动式悬架,即汽车的车轮和车身状态只能被动地取决于路面及行驶状况以及汽车的弹性支承元件、减振器和导向机构。

20 世纪 80 年代以来,半主动悬架和主动悬架开始在一部分汽车中得到应用。所谓主动悬架,是根据行驶条件,随时对悬架系统的刚度、减振器的阻尼力以及车身的高度和姿势进行调节,使汽车的有关性能始终处于最佳状态。调节方式可以是机械式的,也可以是电子控制式的。这种调节需要消耗能量,故系统中需要能源,即系统是有能源的。半主动悬架仅对减振器的阻尼力进行调节,有些还对横向稳定器的刚度进行调节,调节方式也有机械式和电子控制式两种。这种调节不需消耗能量,故系统中不需要能源,即系统是无能源的。

1987 年,世界上首次推出装有空气弹簧的主动悬架,它是一种通过改变空气弹簧的空气压力来改变弹性元件刚度的主动悬架。主动悬架系统的主要作用是:在汽车行驶过程中,根据车速传感器和制动压力开关的输入信号和控制单元存储的数值比较,在车速达到 90km/h 左右时自动降低车身高度,保证汽车行驶稳定性和乘坐舒适性;在车速降到 70km/h 左右时自动恢复车身原有高度。在汽车紧急制动时加大后悬刚度,以减少汽车质量前移。

1989 年又推出了装有油气弹簧的主动悬架。20 世纪 90 年代以后,电子技术在汽车悬架系统中的应用越来越多。

四、转向控制系统

转向控制主要包括动力转向控制和四轮转向控制。采用动力转向系统的目的是使转向操纵轻便,提高响应特性。理想的动力转向系统应在停车状态时能提供足够的助力,使原地转向容易,而随着车速的增加,助力逐渐减少,在高速行驶时则无助力或助力很小,以保证驾驶员有足够的路感。为了实现在各种行驶条件下转向盘上所需的力都是最佳值,电子控制转向系统应运而生。

从 20 世纪 80 年代起国外就开始陆续运用四轮转向系统。四轮转向的含义是在转向时,除前轮转向外,再附加后轮转向,这种附加后轮转向角是有限的,与前轮转向角有一定比例关系,其目的是改善整车的转向特性和响应特性,低速时改善车辆的机动性,高速时改善车辆的稳定性。

复习与思考题

1. 目前防抱死制动系统技术的发展趋势是什么?
2. ASR 的基本功能是什么?
3. 简述自动变速器的发展状况。
4. 悬架系统作用是什么?
5. 双离合式自动变速器的主要优点是什么?