

国家社会科学基金(教育学)“十一五”规划课题研究成果

全国高等职业院校汽车类专业规划教材

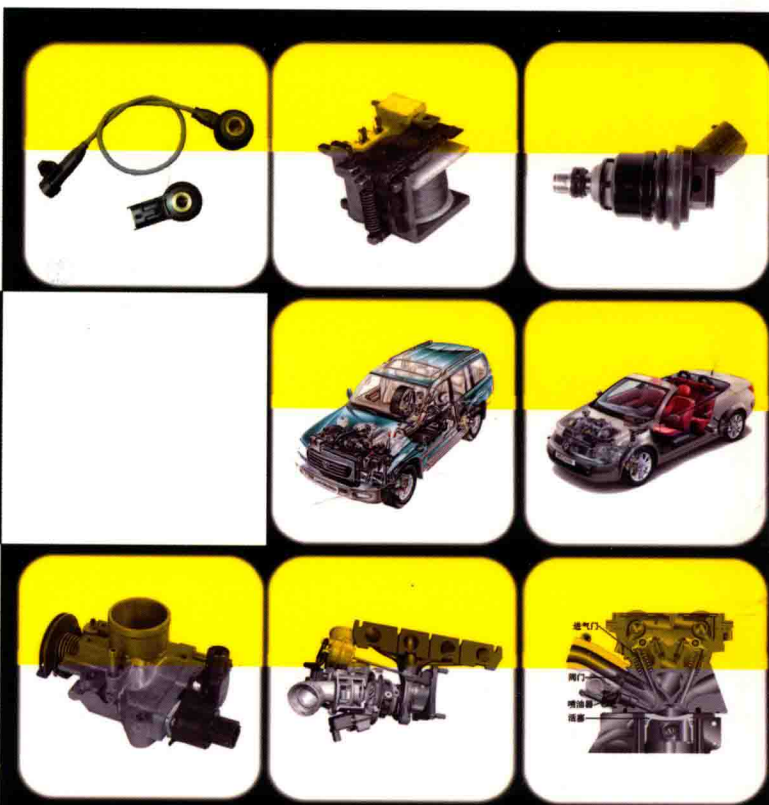
发动机电子控制技术

FADONGJI DIANZI KONGZHI JISHU

岳国强 主编

岳国盛 郑锡伟 副主编

FADONGJI DIANZI KONGZHI
JISHU FADONGJI DIANZI
KONGZHI JISHU
FADONGJI DIANZI KONGZHI
JISHU FADONGJI DIANZI
KONGZHI JISHU
FADONGJI DIANZI
JISHU FADON
KONGZHI JISHU
FADONGJI DIANZI KONGZHI
JISHU FADONGJI DIANZI
KONGZHI JISHU
FADONGJI DIANZI KONGZHI
JISHU FADONGJI DIANZI
KONGZHI JISHU



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

国家社会科学基金（教育学科）“十一五”规划课题研究成果
全国高等职业院校汽车类专业规划教材

发动机电子控制技术

岳国强 主 编
岳国盛 郑锡伟 副主编

内 容 简 介

本书系统介绍了汽油电控燃油喷射系统和柴油电控燃油喷射系统的结构、工作原理、故障诊断与维修等内容,具有较强的实用性和先进性。全书共分10章,内容包括发动机电子控制技术及学习方法、传感器、执行器、电子控制单元、汽油机电子控制进气管燃油喷射系统、汽油机电子控制点火系统、发动机综合控制系统、汽油机故障诊断与维修、汽油机电子控制燃油缸内喷射系统、柴油机电子控制燃油喷射系统。每章后面附有少量习题。

本书适合作为高职高专汽车类相关专业的教材,也可作为职大、成人教育汽车类专业的教材,还可作为汽车维修、检测等工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

发动机电子控制技术/岳国强主编. —北京:中国铁道出版社,2012.12

国家社会科学基金(教育学科)“十一五”规划课题研究成果 全国高等职业院校汽车类专业规划教材
ISBN 978-7-113-15641-1

I. ①发… II. ①岳… III. ①汽车-发动机-电子系统-控制系统-高等职业教育-教材 IV. ①U464

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第265084号

书 名: 发动机电子控制技术
作 者: 岳国强 主编

策划编辑: 何红艳 读者热线: 400-668-0820
责任编辑: 何红艳 彭立辉
封面设计: 付 巍
封面制作: 白 雪
责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)
网 址: <http://www.51eds.com>
印 刷: 北京昌平百善印刷厂
版 次: 2012年12月第1版 2012年12月第1次印刷
开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 17.75 字数: 426千
印 数: 1~3000册
书 号: ISBN 978-7-113-15641-1
定 价: 34.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010)63550836

打击盗版举报电话:(010)63549504

国家社会科学基金（教育学科）“十一五”规划课题研究成果 全国高等职业院校汽车类专业规划教材

主任：邓泽民

副主任：（按姓氏笔画排列）

王世震 尹万建 李春明 严晓舟

委员：（按姓氏笔画排列）

丁继斌 于万海 王会 王宇

王强 王文丽 王丽君 付晓光

吉庆山 刘艳梅 刘新宇 刘照军

李友胜 李庆军 李津津 邹喜红

张军 张东升 张自楠 张红伟

张春英 张贺隆 张景来 岳国强

周志国 胡海玲 赵宇 骆孟波

秦绪好 郭彬 郭瑞莲 高寒

高吕和 梅彦利 梁建玲 曾鑫

谢剑 霍志毅

序

PREFACE

在国家社会科学基金课题“以就业为导向的职业教育教学理论与实践研究”取得理论研究成果的基础上，我们选取了高等职业教育十个专业大类开展实践研究。高职高专汽车类是其中之一。

本课题研究发现，高等职业教育在专业教育上承担着帮助学生构建起专业理论知识体系、专业技术框架体系和相应职业活动逻辑体系的任务，而这三个体系的构建需要通过专业教材体系和专业教材内部结构得以实现。为此，这套高职高专汽车类专业系列教材的设计，依据不同教材在其构建理论知识、技术方法、职业活动三个体系中的作用，采用了不同的教材内部结构设计和编写体例。

承担专业理论知识体系构建任务的教材，强调了专业理论知识体系的完整性与系统性，不强调专业理论知识的深度和难度；追求的是学生对专业理论知识整体框架的把握和应用，不追求学生只掌握某些局部内容，而求其深度和难度。

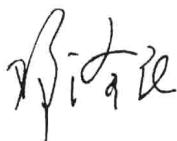
承担专业技术框架体系构建任务的教材，注重让学生了解这种技术的产生与演变过程，培养学生的技术创新意识；注重让学生把握这种技术的整体框架，培养学生对新技术的学习能力；注重让学生在技术应用过程中掌握这种技术的操作，培养学生的技术应用能力；注重让学生区别同种用途的其他技术的特点，培养学生职业活动过程中的技术比较与选择能力。

承担职业活动体系构建任务的教材，依据不同职业活动对所从事人职业特质的要求，分别采用了过程驱动、情景驱动、效果驱动的方式，形成了做学合一的各种教材结构与体例，诸如：项目结构、案例结构等。过程驱动培养所从事人的程序逻辑思维；情景驱动培养所从事人的情景敏感特质；效果驱动培养所从事人的发散思维。

本套教材无论从课程标准的开发、教材体系的建立、教材内容的筛选、教材结构的设计还是教材素材的选择，都得到了汽车行业专家的大力支持，他们针对职业资格标准和各类技术在我国应用的广泛程度，提出了十分有益的建议；倾注了国内知名职业教育专家和全国多所高职高专院校汽车类专业一线老师的心血，他们对高职高专汽车类专业培养的人才类型提出了可贵意见，对高职高专汽车类专业教学提供了丰富的素材和鲜活的教学经验。

这套教材是我国高职高专教育近年来从只注重学生单一职业活动逻辑体系构建，向专业理论知识体系、技术框架体系和职业活动逻辑体系三个体系构建转变的有益尝试，也是国家社会科学基金课题“以就业为导向的职业教育教学理论与实践研究”研究成果的具体应用之一。

如本套教材有不足之处，敬请各位专家、老师和广大同学不吝赐教。希望通过本套教材的出版，为我国高等职业教育和汽车产业的发展做出贡献。



2009年12月

前言

FOREWORD

电子技术的迅速发展,促进了汽车电子化程度的提高,使汽油机、柴油机的电子控制技术有了突飞猛进的发展。为了使发动机电控技术教学与时俱进,使广大读者对发动机电控新技术有系统的了解,我们编写了本教材。

发动机电子控制技术的每一小部分都涉及很多知识,在此编者根据实际情况和自己的经验,只介绍了部分新技术。

本书共分10章:第一章 发动机电子控制技术及学习方法,编者根据自己的经验,推荐了学习发动机电控技术的5种方法,供读者参考。第二章 传感器,主要介绍传感器的工作原理和电控发动机的传感器,舍弃了翼板式流量计等早已不用的传感器的内容。第三章 执行器,介绍了继电器、电磁阀、电动机等重要的执行器。第四章 电子控制单元,内容包括电子控制单元的输入/输出电路、部分芯片简介、维修简介。第五章 汽油机电子控制进气管燃油喷射系统,介绍了进气管燃油喷射理论、燃油喷射系统及部件。第六章 汽油机电子控制点火系统,内容包括点火控制理论、点火系统及部件。第七章 发动机综合控制系统,介绍了电子节气门等怠速控制装置、可变配气相位装置、排放控制装置、充量增加装置等内容。第八章 汽油机故障诊断与维修,介绍了故障检测维修的原则和方法。第九章 汽油机电子控制燃油缸内喷射系统,内容包括气流的形成、混合气燃烧模式、燃油缸内直喷系统及部件。第十章 柴油机电子控制燃油喷射系统,内容包括燃油控制理论、共轨系统及部件、单体泵系统及部件、泵喷嘴系统及部件。

本书编写的意图是让读者感到每一章都有一点值得读的内容和一项值得掌握的技能,力争做到内容与时俱进,理论简明形象,技能典型。

本书由辽宁工程技术大学岳国强任主编,沈阳理工大学岳国盛、大连职业技术学院郑锡伟任副主编,由长期从事汽车维修实践和教学工作的工程师、教师、技师共同编写,万福军、石双利等参与了编写工作。

本书在编写过程中得到邓泽民教授、李春明教授、石博强教授等的指导与关怀,得到辽宁工程技术大学、沈阳理工大学、大连职业技术学院老师的支持与帮助,中国铁道出版社的编辑也给予了大力支持与帮助,在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中还参考了业界许多公开发表的资料,在此对这些资料的作者表示衷心的感谢。另外,感谢为本书提供文字图表资料的所有老师。感谢为本书的编写提供了大量资料的武世坤、霍英杰、李星超、薛建强等同学。

由于时间仓促,编者水平有限,书中难免存在疏漏与不足之处,恳请读者批评指正。

编者

2012年8月

目 录

CONTENTS

第一章 发动机电子控制技术及学习方法	1	五、转速传感器的拆装与检测	30
第一节 发动机电子技术	1	六、转速传感器的基准作用	32
一、发动机电子控制技术的发展	1	第四节 空气流量计	35
二、发动机电控技术的组成	2	一、热线式空气流量计	36
三、传感器	4	二、热膜式空气流量计	37
四、电子控制单元	5	三、空气流量计的拆装与检测	38
五、执行元件(执行器)	6	第五节 压力传感器	38
第二节 发动机电子控制技术学习方法	6	一、进气压力传感器	38
一、作笔记	7	二、燃油压力传感器	41
二、对照	7	三、压力传感器的拆装与检测	42
三、横向扩展	7	第六节 温度传感器	43
四、定量分析	8	一、冷却液温度传感器	43
五、利用资料	8	二、进气温度传感器	43
习题	8	三、热敏铁氧体温度传感器	44
第二章 传感器	9	四、排气温度传感器	44
第一节 传感器概述	9	五、温度传感器的拆装与检测	45
第二节 常用传感器的工作原理	10	第七节 位置(位移)传感器	45
一、磁电式传感器	10	一、节气门位置传感器	45
二、霍尔式传感器	12	二、加速踏板位置传感器	47
三、压电式传感器	13	三、喷油器针阀位置传感器	47
四、光电式传感器	14	四、位置传感器的检测调整	48
五、滑动电阻式传感器	16	第八节 氧传感器	49
六、应变电阻式传感器	17	一、氧化钛(电阻)式氧传感器	49
七、热电阻式传感器	18	二、氧化锆(电池)式氧传感器	50
八、磁致电阻式传感器	20	三、稀燃混合气氧传感器	50
九、声表面波传感器	21	四、氧传感器的拆装与检测	51
十、电感式传感器	23	第九节 爆燃传感器	52
十一、互感差动变压器式传感器	24	一、磁电式爆燃传感器	52
第三节 转速传感器	26	二、压电式爆燃传感器	52
一、磁电式转速传感器	26	三、爆燃传感器的拆装与检测	53
二、霍尔式转速传感器	28	习题	54
三、磁致电阻式(MRE)转速传感器	29	第三章 执行器	56
四、光电式转速传感器	29	第一节 执行器概述	56

第二节 继电器和电磁阀	57	一、数字/模拟 (D/A) 转换电路	98
一、继电器	57	二、指令变换电路	99
二、电磁阀	58	三、功率输出电路	100
三、继电器电磁阀的检测	61	第四节 ECU 检修基础	104
第三节 电动机	63	一、ECU 检修一般原则	104
一、普通直流电动机	63	二、ECU 的电源与接地	106
二、步进电动机	65	三、输入电路	106
三、电动机的检测	66	四、输出电路	107
第四节 喷油器	67	习题	107
一、进气歧管喷射喷油器	67	第五章 汽油机电子控制进气管燃油喷射系统	109
二、汽油缸内直喷喷油器	69	第一节 电子控制燃油喷射系统	109
三、柴油电控喷射喷油器	70	一、空气供给系统	110
四、喷油器检测	73	二、燃油供给系统	112
第五节 压电驱动器	73	三、电子控制燃油喷射系统	119
一、逆压电效应	73	第二节 燃油喷射控制理论	124
二、压电驱动式喷油器	73	一、喷油时刻控制	124
第六节 燃油泵	74	二、喷油量控制	125
一、燃油泵	74	第三节 电子控制燃油喷射系统检测维修	130
二、燃油泵的检测	75	一、空气供给系统的检测	130
第七节 电子节气门	76	二、燃油供给系统的检测	131
一、电子节气门	76	习题	136
二、电子节气门的检测	77	第六章 汽油机电子控制点火系统	138
第八节 点火线圈、点火放大器	78	第一节 电子控制点火系统	138
一、点火线圈	78	一、电控点火系统组成及原理	138
二、点火放大器	79	二、同时点火方式	141
三、点火线圈和点火放大器的检测	81	三、独立点火方式	144
习题	82	第二节 点火控制理论	145
第四章 电子控制单元	83	一、点火时刻控制	145
第一节 ECU 电路基础	83	二、通电时间及初级电流的恒流控制	148
一、开关电路	83	三、爆燃控制	149
二、门电路	84	第三节 电子控制点火系统检测维修	150
三、触发器、存储器	88	一、点火系统元件检测	150
第二节 信号输入电路	91	二、点火系统电路检测	152
一、模拟/数字 (A/D) 转换电路	92	三、点火系统波形检测	152
二、电压比较器	92	四、点火系统故障诊断	154
三、信号转换电路	93	五、双火花塞点火	157
四、整形电路	94	习题	158
五、滤波电路	95		
六、信号放大器	97		
第三节 信号输出电路	98		

第七章 发动机综合控制系统	160	二、燃油分层喷射技术	220
第一节 综合控制系统概述	160	第二节 汽油缸内喷射发动机混合气	
第二节 怠速控制	161	形成	221
一、旁通式怠速阀	161	一、缸内喷射发动机混合气的形成	
二、直动式节气门	164	方式	221
三、电子节气门	164	二、缸内喷射发动机的混合气形成	
四、怠速控制装置检测	165	过程	221
第三节 电子控制配气机构	168	第三节 汽油缸内喷射系统	223
一、大众式可变进气相位装置	168	一、汽油缸内喷射系统的组成	223
二、奔驰、丰田式可变配气相位系统	170	二、汽油缸内喷射系统工作原理	226
三、本田式可变配气相位装置	172	第四节 汽油直接喷射系统的维修	233
四、可变配气相位系统电路	173	一、燃油压力检查	233
五、电子控制配气机构的维修	173	二、拆装喷油器	236
第四节 进气、增压系统	175	三、FSI 发动机检测流程	236
一、变长度进气管	175	习题	237
二、机械增压系统	177	第十章 柴油机电子控制燃油喷射系统	238
三、废气涡轮增压系统	179	第一节 概述	238
四、机械、废气涡轮双增压系统	184	一、柴油机燃油喷射技术	238
第五节 排放控制	185	二、柴油机电控燃油喷射系统的组成	240
一、汽油蒸气排放 (EVAP) 控制系统	186	第二节 电子控制燃油喷射理论	244
二、废气再循环 (EGR) 控制系统	187	一、喷油率控制	245
三、三元催化反应器	188	二、燃油压力控制	246
四、二次空气喷射系统	189	三、燃油量控制	246
五、曲轴箱污染物排放控制	190	四、喷射起始时刻、预喷射时间间隔	
习题	192	控制	247
第八章 汽油机故障诊断与维修	194	第三节 电控高压共轨燃油喷射系统	247
第一节 汽车故障诊断与维修的原则	194	一、控制系统	248
第二节 故障诊断方法	195	二、燃油供给系统	256
一、故障码诊断法	195	第四节 电控单体泵燃油喷射系统	262
二、数据流诊断法	198	一、单体泵概述	262
三、主动测试法	203	二、单体泵的工作原理	263
四、示波器检测法	205	三、单体泵的控制	264
第三节 汽油机故障诊断	212	第五节 电控泵喷嘴燃油喷射系统	266
一、汽油机故障分类	212	一、泵喷嘴概述	266
二、汽油机故障原因及排除	213	二、泵喷嘴的工作原理	267
习题	216	第六节 电控柴油喷射系统的检测维修	269
第九章 汽油机电子控制燃油缸内喷射		一、故障分类	269
系统	218	二、常见故障	270
第一节 汽油缸内喷射技术概述	218	习题	272
一、汽油直接喷射系统	219	参考文献	273

第一章 发动机电子控制技术及学习方法

引文

梅赛德斯·奔驰的迈巴赫 0~100 km/h 加速时间仅需 5.1 s, 是因为其发动机具备良好的动力性: 6.0 L、V12 涡轮增压发动机, 最大输出功率为 470 kW, 最大扭矩为 1 000 N·m。

常见的 4 缸发动机汽车 0~100 km/h 加速时间为 10 s, 其发动机输出功率约为 120 kW, 输出扭矩为 300 N·m。

F1 方程式赛车 0~100 km/h 加速时间仅需 2.3 s, 其发动机最高转速为 20 000 r/min, 发动机重量仅为 100 kg。

这些数据会激起我们对发动机优越性能的兴趣, 发动机电子控制技术将揭示发动机优越性能的奥秘。

学习目标

- 了解发动机电子控制技术这门课所讲述的内容。
- 掌握发动机电子控制技术的学习方法。

第一节 发动机电子技术

一、发动机电子控制技术的发展

1. 发动机的发展历程

1860 年前, 以牛顿 (Newton) 等制造出热管点火式发动机为代表的发动机具备了现代发动机的雏形, 但都处于试验阶段。

1860—1890 年间, 雷诺 (Lenoir) 发明煤气内燃机, 并采用了电磁感应线圈式点火装置; 戴姆勒 (G. Daimler) 等发明了化油器, 使发动机的转速从原来的 200 r/min 提升到 1 000 r/min; 奥托 (Otto) 创立了由 4 个行程构成一个工作循环的奥托循环, 制造出第一台有压缩的、压缩比为 2.5 的内燃机; 卡尔·奔驰 (K. Benz) 发明了蓄电池和线圈构成的点火装置。

1890—1900 年间, 鲁道夫·狄塞尔 (Rudolf Diesel) 研制成功了具有使用机制的柴油内燃机, 使当时的内燃机的效率由汽油机的 10%~20% 提高到了 38.6%; 奔驰汽车制造公司已成为行业老大; 在此期间汽车有了充电系统 (Emile Mors)。

进入 20 世纪, 1910 年 Delco 公司制造出电起动机样机; 1923 年第一台车用柴油发动机试制成功; 1951 年 Bosch 公司开发了汽油机械喷射系统, 并于 1954 年应用于汽车上。

到了 20 世纪 60 年代, 交流发电机开始取代直流发电机。

随着汽车数量的日益增加, 汽车废气对大气的污染也日益严重, 各工业发达国家相继制定了严格的汽车废气排放法规。比如美国, 1963 年通过了“清洁空气法”, 建立了国家清洁和健康空



气的目标，为政府和企业明确了减少排放的责任。1973年，由于能源危机的影响，燃油的供应远小于需求，因此，以美国为代表的发达国家又制定了燃油经济性标准，要求汽车制造厂必须遵循能源节约法案。这两种法律的要求，均随着时间的推移而越来越严格，传统机械式化油器和触点式点火系统根本无法达到燃油经济性和排放性标准。因此，各大汽车制造公司纷纷寻求各种技术途径，以实现减轻排气污染和降低油耗的双重目的。一方面通过给传统的化油器增加附属装置的方法来提高其使用性能；另一方面又大力开展对汽油喷射系统的研究。而具有划时代意义的是，Bosch公司研制D型汽油喷射系统。

2. 发动机电子控制技术的发展历程

1967年，Bosch机械喷射系统批量应用于汽车上，后经改进，在1967年底发展成为机电结合式的KE型汽油喷射系统和D型汽油喷射系统。

20世纪70年代，世界各工业发达国家都投入巨资研制汽油机排气净化装置，在排气系统中，安装三元催化装置；在排气管中安装氧传感器，对排气中的氧浓度进行测量，对化油器进行直接燃料控制、间接燃料控制、怠速空气补偿控制、浮子式气压控制等，以达到控制可燃混合气的混合比。但是，由于控制元件等诸多方面的原因，实际使用效果，特别是汽油机变工况运转时的净化效果并不理想。

这一时期，出现了Bosch公司2B-E型电子控制化油器，Ford的6500、7200型电子控制化油器和美国通用公司的电子控制化油器等多种型号的、性能较好的8位微处理器控制化油器。这时，已经开始探索柴油机的电子模拟控制技术和方法。

1973年，Bosch公司研制出L型汽油喷射系统；1974年，第一套免维护无触点电子点火系统诞生；1979年，美国通用汽车公司首先研制成了节气门体喷射系统；同样是这一年，德国Bosch公司开始生产点火和汽油喷射的Motoronic数字式发动机综合管理系统。

进入20世纪80年代，汽油喷射系统更是获得迅猛发展。在80年代前后几年，许多技术成果得到完善：出现了Ford的EEC、Chrysler的EFI、日产的ECCS、丰田的TCCS、三菱的ECI、五十铃的TEC、日野的ET、英国Lucas的EMS等汽油喷射与点火正时控制系统。

20世纪的最后10年，是电子控制燃油喷射系统广泛普及的10年。1993年，美、日、欧三大汽车生产基地生产的排气量为2.0L以上的轿车全部安装了汽油喷射系统。

我国作为后工业国家，也于2001年7月全面停止生产化油器汽油发动机，进入了汽油发动机的电子控制时代。

柴油机电控技术发展于20世纪70年代，采用模拟电子控制回路、传感器和执行器代替调速器对油量进行控制，对发动机转速进行更精确的控制。进入80年代，微机控制替代模拟控制，数字电子控制直列泵、分配泵技术和方法也开始应用，日本ZEXEL的电控直列泵是杰出代表，日本电装、德国博世都推出了电控分配泵。1990年后，电控共轨燃油系统问世并进入实用阶段，1994年博世公司、1995年电装公司分别开始批量生产柴油机共轨系统。

2004年，我国的柴油机行业开始引进柴油机电控技术并小批量生产，到了2007年已经大批量生产电控燃油喷射柴油机，在充分发挥动力的同时其排放达到了国IV、国V标准，也节约了燃油。

二、发动机电控技术的组成

1. 发动机电子控制系统的组成与类型

(1) 发动机电子控制系统的组成

发动机电子控制系统由信号输入装置（传感器）、电子控制单元和执行元件组成，如图1-1所示。

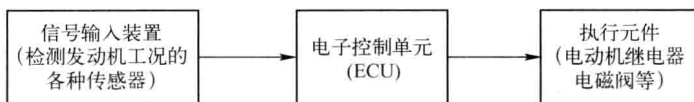


图 1-1 电子控制系统的组成

电子控制系统对发动机实现燃油喷射控制、点火控制、经济性控制、排放控制，以适应不同工况下的工作需要。

发动机电子控制系统的核心是控制计算机，控制计算机作为控制系统的核心，要接收外来的信号，将接收的信号根据不同需要分类、计算、比较，最终发出指令，控制执行元件，作出相关的动作，达到控制的目的。

将信号传输给控制计算机的装置，叫做信号输入装置。控制计算机接收信号输入装置传来的信号后进行处理。控制计算机由于没有普通计算机的所有设备，所以一般将控制计算机称为控制单元，英语名称为 Engine Control Unit，简称 ECU。

接收 ECU 信号、执行 ECU 指令、完成预定的任务的元件叫做执行器。执行器的类型有继电器、电磁阀、显示仪表和电动机等。

(2) 发动机电控系统的类型

按有无反馈分类分为：开环控制和闭环控制，如图 1-2 所示。系统的输出端与输入端之间不存在反馈回路，输出量对系统的控制作用不发生影响的系统叫做开环系统，这种控制叫做开环控制。凡是系统输出信号对系统的控制发生影响的系统，也就是输出端与输入端之间有反馈回路的系统叫做闭环系统，这种控制叫做闭环控制。

按被控制部件分类分为：电子燃油控制系统部件和电子燃油点火综合控制（发动机综合管理）系统部件。

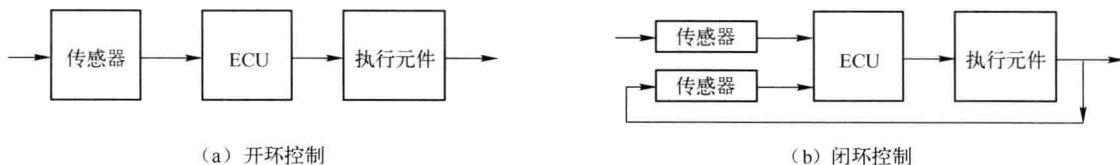


图 1-2 开环控制与闭环控制

2. 发动机电子控制技术优点

(1) 提高发动机的动力性

发动机电控技术的作用是使发动机在多种工况下都有良好的燃烧性能，使燃料充分发挥作用，最大限度提高发动机的动力性能。

(2) 提高发动机的燃油经济性

只有在燃料充分燃烧时才能节能，节约燃料，用最少的燃料完成作功过程。先计量空气量，再根据空气量供给合适的燃油。

(3) 降低排放污染

发动机在各种运行工况和运行环境下电控系统都能对混合气比例进行最优化控制，使混合气永远处在理想的空燃比附近，提高燃烧质量，减少排放污染。

(4) 改善加速性能与减速性能

电子元器件相对于机械元器件的优势就是速度高、响应快。

(5) 改善启动性能

在起动时供给合适的燃油，提供合适的点火时刻。

(6) 促进汽车其他相关系统的技术进步

发动机采用电子控制技术，可随时将发动机的动态参数传给其他系统并为其他系统所利用。

3. 发动机电子控制技术分类

发动机电子控制系统随着时间的推进有了日新月异的变化，从最初的单一功能控制：经济性控制、排放控制、点火控制、燃油喷射控制，直到现在的发动机综合管理系统及动力综合控制系统，以及燃料变化控制、动力自动变化控制等。根据发动机电子控制的目的可以分为如表 1-1 所示的各系统。

表 1-1 发动机电子控制系统

序号	系 统	功 能
1	燃油喷射控制系统	电子控制单元根据进气量再参考其他传感器的信号对喷油量、喷油时刻进行控制，使发动机在各种运行工况下均能获得最佳浓度的混合气，从而提高发动机的动力性、经济性和排放性
2	点火控制系统	根据燃料性质、发动机转速、负荷、混合气浓度等条件选择合适的点火提前角点燃混合气，从而改善发动机的燃烧过程
3	怠速控制系统	根据发动机冷却液温度、压缩机工况、变速器工况等，对发动机进气量进行控制，使发动机时刻保持最佳怠速转速
4	可变正时控制系统	根据发动机转速和负荷的变化，改变发动机的进、排气门的配气相位，提高发动机的动力性
5	进气增压系统	根据发动机转速和负荷的变化，对发动机的进气量、进气增压装置进行控制，提高发动机的充气效率、提高发动机功率
6	排放控制系统	根据排气中氧的浓度，对发动机不同工况下的供油量进行控制；对汽油蒸气排放进行控制
7	巡航控制系统	根据汽车运行工况和运行环境信息，控制发动机的动力输出，保持汽车行驶速度不变
8	电负荷控制系统	通过检测发电机的输出电压和输出电流，对汽车用电负荷、发电机的输出电流进行控制
9	气缸断缸控制系统	根据发动机输出功率和扭矩的检测结果，将多缸发动机的部分气缸关闭，使其退出燃料消耗和做功，以减少发动机的燃料消耗
10	警告提示系统	对出现的故障，及时发出声音或灯信号，用以警告或提示
11	自诊断系统	电子控制单元对控制系统各部分的工作情况进行监测。当有故障发生时，自诊断系统将故障部位和故障内容存储起来，在需要时将故障通过一定的方式输出；在故障排除后，存储器中存储的故障自动或通过一定的方式可被清除
12	失效保护系统	用 ECU 的软件中的程序和数据对失效的传感器、电路进行替代，以保证发动机暂时的安全运行
13	应急备用系统	用 ECU 中的备用电路、芯片完成 ECU 损坏后不能实现的功能，使发动机维持最基本功能
14	其他控制技术	混合动力汽车的控制模块所采用的是根据不同需求和工况自动变换动力系统，以达到最佳性价比

以上各控制系统都属于发动机控制系统，是按目的划分的子系统。发动机电子控制系统是由各子系统有机组合构成的，不是简单的相加。发动机电子控制系统（各子系统）与其他机电控制系统一样，都是以计算机为控制中心，控制中心接收信号并将信号进行分析处理最后以指令形式向外传递，最终控制机电器件完成动作。

三、传感器

传感器是将非电量转换成电量的装置，在控制系统中，传感器是采集信息并向 ECU 传输信息的装置。

传感器按其使用功能可分为两类：一类是使驾驶员了解汽车各部分状态的传感器；另一类是用于控制汽车运行状态的传感器。汽车用传感器有温度传感器、压力传感器、转速传感器、流量传感器、加速度传感器、位移传感器和气体浓度传感器。

发动机电子控制系统中用到的传感器及功能如表 1-2 所示。

表 1-2 发动机电子控制系统传感器及功能

传感器名称	功 用
曲轴位置传感器	将发动机转速以电压、频率信号输送到 ECU，为 ECU 提供燃油喷射和点火控制的主要信号
凸轮轴位置传感器	将凸轮轴转速以电压、频率信号输送到 ECU，为 ECU 提供燃油喷射和点火控制的主要信号
进气温度传感器	将进气温度以电压形式送到发动机控制单元（ECU），为 ECU 提供燃油喷射和点火控制的修正信号
冷却液温度传感器	将冷却液温度以电压形式送到 ECU，为 ECU 提供燃油喷射和点火控制的修正信号
燃油温度传感器	将燃油温度以电压形式送到 ECU，为 ECU 提供喷油始点和喷油量参考信号
空气压力传感器	将空气压力以电压形式输送到 ECU，为 ECU 提供燃油喷射和点火控制主要信号
燃油压力传感器	将共轨内的燃油压力以电压形式送到 ECU，为 ECU 控制燃油压力提供反馈信号
空气流量传感器	将进气量以电压形式输送到 ECU，为 ECU 提供燃油喷射和点火控制主要信号
节气门位置传感器	将节气门开度以电压形式输送到 ECU，为 ECU 提供燃油喷射和点火控制的运转工况信号
加速踏板位置传感器	将加速踏板位置以电压形式输送到 ECU，为 ECU 提供燃油喷射和点火控制的运转工况信号
氧传感器	将燃烧排放的尾气中的氧的浓度，以电压、频率信号的形式输送给 ECU，为 ECU 提供燃油闭环控制信号
爆燃传感器	将汽油机的爆燃以电压、频率信号的形式输送到 ECU，为 ECU 提供点火闭环控制信号

四、电子控制单元

电子控制单元（ECU）也称微控制器或控制模块，是发动机控制系统的核心，其作用是按照一定的程序对各种输入信号进行存储、运算、分析处理，然后输出指令，控制执行元件工作，以达到快速、准确、自动控制发动机工作的目的。

发动机控制 ECU 的功能随车型的不同而各异，但都具有如下基本功能：

- ① 给传感器提供标准的 2 V、5 V、9 V 或 12 V 电压，接收各种传感器和其他装置输入的信息，并将输入的信息转换成微机所能接收的数字信号。
- ② 存储该车型的特征参数和运算中所需的有关数据信息。
- ③ 根据工况确定执行程序，根据输入信号和相关程序计算出输出指令所需数值。
- ④ 将输入信号和输出指令的数值分别同标准数值进行比较，得到监测数据，将故障信息存储以备查用。
- ⑤ 向执行元件输出指令，向显示装置输出信息。
- ⑥ 将发动机控制系统的关键信息传输给其他控制系统或接收其他控制系统传输来的关键信息。
- ⑦ 接受特定用户进行数据更改。
- ⑧ 自我修正。



五、执行元件（执行器）

执行元件是受 ECU 控制并具有执行某项控制功能的装置。在发动机综合管理系统中，按照作用分为燃油喷射控制执行器、点火控制执行器、发动机功率改善执行器、发动机经济性改善执行器、驾驶操纵便捷执行器等。按照工作原理分为继电器、电磁阀、电动机、电加热器、点火线圈（变压器）等。

执行元件的功能是在控制单元的指令下产生动作，达到控制目的，如表 1-3 所示。

表 1-3 执行元件及功能

执行元件名称	类 型	功 能
喷油器	螺线管 压电晶体	按时喷射燃油，控制喷油量
点火控制器	集成开关	接通或切断点火初级电路
点火线圈	螺线管/变压器	将低压电转换为高压电点燃可燃混合气
怠速控制装置	电动机 旋转阀 伸缩阀	控制怠速时进入气缸中的空气量
节气门控制装置	电动机	控制节气门开度
风扇继电器	螺线管	接通或切断电路
空调继电器	螺线管	接通或切断电路
燃油泵继电器	螺线管	接通或切断电路
进气预热器	电阻器	将电能转换为热能
燃油加热器	电阻器	将电能转换为热能
增压电磁阀	螺线管	控制增压器的增压效果，使增压器工作或停止
燃油蒸汽电磁阀	螺线管	控制油箱内汽油蒸汽的流向
配气相位电磁阀	螺线管	控制、改变发动机的配气相位
气门升程控制装置	电动机	改变发动机的进气门的升程
巡航定速控制器	电动机 螺线管	通过电动机、电磁阀改变节气门开度，使车速恒定

第二节 发动机电子控制技术学习方法

任何知识、技能的学习都离不开基础。学习发动机电子控制技术这门学科也是一样，离不开汽车构造、电工电子、液压传动、制图等基础课所讲述的内容。

每个有一定文化程度的人都有一个共识：基础知识越扎实，后续知识越容易学习；基础知识的宽度和扎实程度决定后续知识的获取程度。如果按分数计量，或按知识范围计算，基础知识的掌握率如果是 70%，后续知识的掌握率肯定不会超过 60%。而基础知识的掌握率达到 90% 时，后续知识的掌握率就能达到 90% 甚至更高。

掌握技能首先要多练，反复拆、反复装、反复比较。所有拆装操作过程实际上是一个手脑并用的复杂过程，操作时不进行分析就不会熟能生巧，这个巧是在手脑并用后才产生的。看似简单的操作，用脑就会在最短时间内掌握，掌握了一种操作，就会掌握两种、三种……，然后就有质的飞跃。

知识、技能间的关系是互相依存、互相促进、相得益彰的关系。有了理论知识，即便是初次接触

这个部件（系统），操作时也会有“熟悉”的感觉，良好的操作技能则能够保证技术要求和安全。

归根结底，规范的操作、扎实的实践是首要的，实践过程中的动脑则是实践技能提高的保证。根据编者的经验，建议学习发动机电子控制技术这门学科时能够做到：

一、作笔记

要作学习笔记。对实习过程、学习过程中遇到的新知识、新方法、新工具都要作笔记，笔记内容包括：什么车型、哪年哪月生产的、发动机型号、系统，故障现象，工具设备使用注意事项、拆装要点、检测要点、检测结果，教师（技师）对问题的分析、判断的思路，维修操作的道理。适当地依靠复印、扫描、拍照等方法积累资料。

一定要整理笔记。匆忙的实习、操作期间记录的笔记，一定要在当天对每一个细节进行回忆并整理出来。时间长了就会忘记关键细节，整理出漏掉关键细节的笔记就没有使用和参考价值了。

现场拍的照片，对于实践经验较少的学生来说，一定要当天给照片命名或分组，将关键点、注意事项一项不漏地做好文字说明，存于一个文件夹中。

从维修手册中复制下的文件，排好顺序，分清始末，记录总页数，标注好原文年代、车型、系统，将维修心得标注其上。

整理笔记的过程是整理思路的过程，同时也是向笔记的读者讲授知识的过程。既要做到内容符合实际、准确无误，又要保证图文完整、清晰。

二、对照

学习本课程期间选自己喜欢的车系中常见的、中低档的一款车型，将这种车的维修手册作为对照学习材料，在这本维修手册中查找、对照课堂上学过的内容。学了一部分，哪怕是一节内容，就要进行对照学习。传感器、执行器和 ECU 的安装位置、拆装方法及注意事项、工作原理、检测仪器、检测方法、标准参数、维修方法等都是要学习和对照的内容，任何一本发动机电子控制技术教材的最原始材料都是维修手册。

教材是有关讲授内容的材料。教材是对大量文献、技术资料（维修手册）进行取舍之后形成的，因此教材内容的深度、范围都有一定的局限性，尤其是对同一器件、系统和内容的描述在时间上总是晚于技术资料（维修手册）。通过维修手册可以及时了解和掌握新款车辆的新技术。

通过对照学习维修手册上的内容，可深入理解教材或参考书上的教学内容。同时，也会凭借教材中的详细叙述领会维修手册中维修操作的道理。

三、横向扩展

每个人所喜欢的汽车品牌必定不同，有的人喜欢大众车、有的人喜欢丰田、有的人喜欢现代……，因此，一个班级中定会选出几种品牌的车型作为对照学习的内容。选不同车型的同学将自己对照学到的知识与别人分享，同时也分享他人对照学习学到的知识，就能达到横向扩展的目的。

横向扩展有利于我们开拓思路，增加视野。

同一功能可以通过几种技术实现，同一器件可用于几种不同目的；每一车系都有自己独特和优秀的技术作为支撑，每一个电子器件厂家都有自己的看家本事，每一种广泛应用的技术都有其存在的理由。所以，我们要认真学习每一车系的每一种技术。

作为学生，欲在较短时间内学到广博的汽车知识是不现实的，但可以通过横向扩展将自己喜欢的子系统进行扩展。比如，可以将所有车型的燃油供给系统进行汇总、对比，掌握了共性之



后，只要再掌握每一车系的特性就可掌握其他车系的燃油供给系统。

四、定量分析

“电池电压低于 10 V 时起动发动机，这时发动机的转速要低于 200 r/min，磁电式曲轴位置传感器产生的电压峰值就会低于 +0.5 V” 这句话说起来非常轻松，但有谁实际测量过，又有谁做过更多类似的实验？

从开始学一门知识或技能就要养成良好的定量测量、分析习惯。

一个传感器的工作条件是什么、自身电阻多少、供电电压多少、工作时产生多大的信号电压、产生的电压是恒定值还是变量、信号随着什么的变化而变化、变化的范围又是多大等关键量都要牢记心中。只是记住了这些数据而没有分析其中的道理，对这个传感器掌握就不够，遇到类似的疑难问题时就会感到无能为力。

除了记忆、分析外，一定要亲自做实验，头脑中有一批数字与现象相对应，并且仔细分析这些数字，为什么会产生这样的结果，这样测量、分析、总结得到一定的经验后，再对一些现象做测量时，就会有较正确的判断。

五、利用资料

现如今，网络飞速发展，实物图书、电子图书种类繁多。想得到一个问题的答案，很快就能从网络、图书（包括电子图书）中找到成千上万条解释，所以，要充分利用网络和图书（电子图书）资源。从这一点来说，解决学习中的问题，提高学习效率是生活在这一时代人的幸事。

同时我们也应该学会选择、有目的地利用网络、图书。

学习之初，要登录汽车教学特别优秀的网站，比如登录清华大学汽车教学网站、高职高专国家示范学校的网站等，这样就会对其他学校同专业学生的课程设置、实习安排、校内外实验实习等学习情况有所了解。借阅或购买一两本经典教材，这样有助于制定一个既适合自己、又符合行业现实的学习计划和学习内容。

学习过程中，对某一节、某一问题都可以从网络和图书中寻找多种不同的解答，听听百家之言，不被一家之言所左右，不被一种叙述所摆布。这种学习方法与我们做题时一题多解是类似的，从不同途径、用不同方法、遵循不同的道理解决一个工程问题定有多种解法，这是完全合理的、可行的。

只有头脑当中对同一问题有多解之后，在实践中才有可能对不同方案进行技术、效益的评估和比较，才能得到解决问题的合适办法。

总之，知识永远在更新，学习永远无止境，随着时代的发展学习方法也有创新，找到适合自己的学习方法才是根本。

习 题

1. 简述发动机电子控制系统的组成。
2. 发动机电子控制系统的传感器有哪些？
3. 发动机电子控制系统的执行元件有哪些？
4. 发动机电子控制单元的基本功能有哪些？
5. 什么是闭环控制？