



QICHE FADONGJI  
DIANKONG JISHU



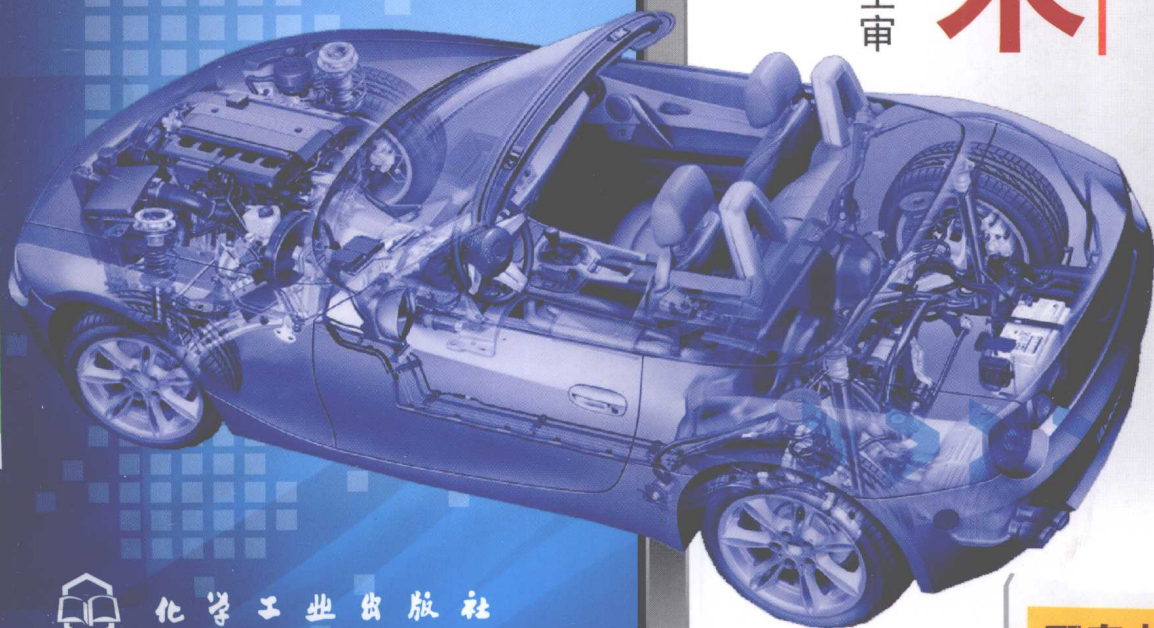
高职高专汽车类专业

项目化教育规划教材

# 汽车发动机

# 电控技术

● 朱涛 主编 ● 翁绍捷 主审



化学工业出版社

配套电子教案



高职高专汽车类专业

项目化教育规划教材

# 汽车发动机

# 电控技术

● 朱涛 主编 ● 张继锋 龙志军 副主编 ● 翁绍捷 主审



化学工业出版社

·北京·

本书主要包括电控发动机的基础知识及概述；电控发动机组成、各系统的工作原理、检测方法以及常用工具仪器等，以亚、欧、美常见车型为主体，以国产典型发动机、丰田、本田、大众、上海通用等为主要对象介绍各车系电控发动机的结构、组成与检测方法。本书是根据汽车专业项目化与一体化教学的需要进行编写的。本书内容新颖全面、图文并茂、通俗易懂，对不同的教学对象，可适当选择不同课题重点进行组织教学，在侧重点上由上课教师掌握。

本书可作为高职高专院校、本科院校相关专业的教材，也可作为汽车类培训机构用书，还可供有关汽车类专业的师生和从事汽车运输管理、汽车工程技术人员及相关人员学习参考。

#### 图书在版编目 (CIP) 数据

汽车发动机电控技术/朱涛主编. —北京：化学工业出版社，2010.1

高职高专汽车类专业项目化教育规划教材

ISBN 978-7-122-07392-1

I. 汽… II. 朱… III. 汽车-发动机-电子系统：控制系统-高等学校：技术学院-教材 IV. U464

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 233102 号

---

责任编辑：韩庆利

文字编辑：吴开亮

责任校对：蒋 宇

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 17½ 字数 456 千字 2010 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：30.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

随着科学技术的进步和汽车电子技术发展,近 30 年来,汽车电子控制技术进入了高速发展时期,汽车电子化水平已成为衡量一个国家汽车工业技术先进性的重要标志。现代汽车控制技术已经从简单机械控制阶段,单项子系统独立控制阶段发展成为计算机化、系统化、智能化集中控制系统,成为制约汽车性能的重要因素,也是汽车产业升级换代最快的板块。

我国汽车工业走过了从无到有、从小到大、从弱到强的不平凡的 50 多年发展历程。汽油机在多年的发展过程中,性能不断提高,结构日益完善,然而,最引人注目,且具有划时代意义的技术进步就是汽油喷射,尤其是电控汽油喷射技术的研究成功和广泛应用。目前,世界各国的汽油发动机生产厂家中,电控汽油喷射发动机已达到 98% 以上。我国已经取消了化油器式发动机的生产。

对于汽车运用工程类专业读者来说,本书图文并茂,力求以较多的图形说明,来达到直观、简练、易懂,通过对汽车电控发动机基本控制原理的学习,读者可以获得电控发动机机-电综合控制方面的知识,突出技术应用和实践环节,以满足理论实践一体化、项目化、模块化教学和教学改革的需要。也便于在教学过程中授课讲解和读者自学。

本书由白云学院朱涛主编,张继锋和龙志军副主编,林妙山、何南昌、彭鹏峰、宋宝珍、刘文莘、王玉群、黄堪丰参加编写;全书由海南大学机电工程学院翁绍捷教授主审。

本书引用的车型图及电气原理图与原厂资料一致,如有与标准不符的地方给读者带来的不便,请谅解。

本书在编写过程中,得到广东白云学院汽车实验教学中心和海南大学汽车工程系专家和教授的大力支持,同时参考了大量资料,在此对资料原作者一并表示衷心的感谢。

本书有配套电子教案,可赠送给用本书作为授课教材的院校和老师,如果有需要,可发邮件至 [hqlbook@126.com](mailto:hqlbook@126.com) 索取。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请广大读者和各位专家提出宝贵意见和建议,以便完善和补充教材。

编 者  
2009 年 12 月

# 目 录

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| <b>课题一 汽车电子技术发展概述</b> .....       | 1  |
| 项目一 汽车电子技术发展简介 .....              | 1  |
| 一、汽车控制系统的发展历史 .....               | 1  |
| 二、电控技术对发动机性能的影响 .....             | 4  |
| 复习与思考 .....                       | 5  |
| 项目二 现代发动机上的电子控制系统 .....           | 5  |
| 一、电控燃油喷射系统 .....                  | 5  |
| 二、电控点火系统 .....                    | 5  |
| 三、怠速控制系统 .....                    | 5  |
| 四、进气控制系统 .....                    | 5  |
| 五、排放控制系统 .....                    | 5  |
| 六、增压控制系统 .....                    | 6  |
| 七、巡航控制系统 .....                    | 6  |
| 八、警告提示 .....                      | 6  |
| 九、自诊断与报警系统 .....                  | 6  |
| 十、失效保护系统 .....                    | 6  |
| 十一、应急备用系统 .....                   | 6  |
| 复习与思考 .....                       | 6  |
| 项目三 电控发动机系统的基本组成 .....            | 7  |
| 一、电控系统的基本组成及类型 .....              | 7  |
| 二、传感器的类型及功用 .....                 | 9  |
| 三、电子控制单元的基本功能 .....               | 12 |
| 四、执行元件的类型 .....                   | 13 |
| 五、电控发动机的优点 .....                  | 13 |
| 六、系统元件识别 .....                    | 13 |
| 复习与思考 .....                       | 14 |
| <b>课题二 电控发动机燃油喷射系统组成和原理</b> ..... | 15 |
| 项目一 电控燃油喷射系统基本原理 .....            | 15 |
| 一、电控发动机燃料配给及功率调节 .....            | 15 |
| 二、燃油发动机工作过程对可燃混合气的要求 .....        | 16 |
| 三、电控发动机喷油正时控制 .....               | 18 |
| 四、喷油量控制 .....                     | 20 |
| 五、燃油停供控制 .....                    | 23 |
| 六、燃油泵控制 .....                     | 23 |
| 复习与思考 .....                       | 24 |

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| 项目二 空气供给系统 .....                 | 24        |
| 一、空气供给系统的基本功用 .....              | 24        |
| 二、空气供给系统组成与类型 .....              | 24        |
| 三、进气温度传感器 (IAT) .....            | 24        |
| 四、空气流量计 (MAFS) .....             | 26        |
| 五、进气压力传感器 (MAPS) .....           | 31        |
| 六、节气门位置传感器 (TPS) .....           | 34        |
| 七、怠速控制阀 (ISC) .....              | 36        |
| 八、节气门体 .....                     | 42        |
| 九、电子节气门系统组成与原理 .....             | 42        |
| 复习与思考 .....                      | 50        |
| 项目三 燃油供给系统 .....                 | 51        |
| 一、燃油供给系统元件位置与组成 .....            | 51        |
| 二、电动燃油泵 .....                    | 52        |
| 三、燃油滤清器 .....                    | 54        |
| 四、脉动阻尼器 .....                    | 54        |
| 五、燃油压力调节器 .....                  | 55        |
| 六、燃油泵控制电路 .....                  | 56        |
| 七、喷油器 .....                      | 59        |
| 八、燃油供给系统的检修 .....                | 64        |
| 复习与思考 .....                      | 66        |
| 项目四 电子控制系统 .....                 | 66        |
| 一、电子控制系统的组成 .....                | 66        |
| 二、电子控制装置 (ECU) .....             | 67        |
| 三、电子控制装置 (ECU) 的检修 .....         | 69        |
| 复习与思考 .....                      | 69        |
| <b>课题三 电控发动机点火系统组成和原理 .....</b>  | <b>70</b> |
| 项目一 对点火系统的基本要求 .....             | 70        |
| 一、能产生足以击穿火花塞电极间隙的电压——产生电火花 ..... | 70        |
| 二、火花塞应具有足够的能量点燃混合气 .....         | 71        |
| 三、点火时刻应适应发动机的工作情况 .....          | 71        |
| 复习与思考 .....                      | 72        |
| 项目二 电控点火系统的功能 .....              | 73        |
| 一、点火提前角控制 .....                  | 73        |
| 二、通电时间控制 .....                   | 76        |
| 三、爆燃控制 .....                     | 77        |
| 复习与思考 .....                      | 78        |
| 项目三 电控点火系统的组成与工作原理 .....         | 79        |
| 一、电控点火系统的类型 .....                | 79        |
| 二、基本组成与工作原理 .....                | 80        |
| 三、有分电器电控点火系统 .....               | 83        |
| 四、无分电器电控点火系统 .....               | 83        |

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| 五、点火控制系统相关传感器 .....              | 86         |
| 六、爆燃控制系统结构与原理 .....              | 92         |
| 复习与思考 .....                      | 93         |
| 项目四 电控点火系统主要元件的构造与检修 .....       | 94         |
| 一、点火器检测 .....                    | 94         |
| 二、点火线圈检测 .....                   | 95         |
| 三、分电器检测 .....                    | 95         |
| 四、爆燃传感器检测 .....                  | 95         |
| 五、点火控制电路检测 .....                 | 95         |
| 复习与思考 .....                      | 96         |
| <b>课题四 电控发动机辅助系统组成和原理 .....</b>  | <b>97</b>  |
| 项目一 进气控制系统 .....                 | 98         |
| 一、动力阀控制系统 .....                  | 98         |
| 二、谐波增压进气控制系统 (ACIS) .....        | 98         |
| 三、可变配气相位控制系统 (VTEC) .....        | 101        |
| 复习与思考 .....                      | 105        |
| 项目二 增压控制系统 .....                 | 105        |
| 一、废气涡轮增压系统的优点 .....              | 106        |
| 二、废气涡轮增压系统的组成与工作原理 .....         | 106        |
| 三、废气涡轮增压系统的工作过程 .....            | 107        |
| 四、废气涡轮增压系统元件检测 .....             | 108        |
| 复习与思考 .....                      | 108        |
| 项目三 排放控制系统 .....                 | 108        |
| 一、汽油蒸气排放 (EVAP) 控制系统 .....       | 108        |
| 二、废气再循环 (EGR) 控制系统 .....         | 110        |
| 三、三元催化转换器 (TWC) 与空燃比反馈控制系统 ..... | 113        |
| 四、氧传感器 .....                     | 116        |
| 五、二次空气供给控制系统 .....               | 119        |
| 复习与思考 .....                      | 120        |
| 项目四 冷却风扇及发电机控制系统 .....           | 121        |
| 一、冷却风扇控制系统 .....                 | 121        |
| 二、发电机控制系统 .....                  | 121        |
| 复习与思考 .....                      | 122        |
| <b>课题五 电控发动机常见故障诊断及设备 .....</b>  | <b>123</b> |
| 项目一 电控发动机检测注意事项 .....            | 124        |
| 一、使用注意事项 .....                   | 124        |
| 二、检修注意事项 .....                   | 125        |
| 复习与思考 .....                      | 125        |
| 项目二 故障诊断与常用工具 .....              | 125        |
| 一、检测跨接线与常用工具 .....               | 125        |
| 二、汽车故障测试灯 .....                  | 126        |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 三、数字万用表·····                    | 127        |
| 四、手动真空泵·····                    | 129        |
| 五、燃油检测压力表·····                  | 130        |
| 复习与思考·····                      | 130        |
| 项目三 故障诊断与常用仪器·····              | 130        |
| 一、喷油器清洗仪·····                   | 130        |
| 二、故障诊断仪·····                    | 132        |
| 三、示波器·····                      | 135        |
| 四、信号模拟检验仪·····                  | 136        |
| 五、发动机综合性能检验仪·····               | 137        |
| 复习与思考·····                      | 139        |
| 项目四 故障自诊断系统·····                | 139        |
| 一、故障自诊断系统的功能·····               | 139        |
| 二、故障自诊断系统的工作原理·····             | 140        |
| 三、故障自诊断系统的使用·····               | 141        |
| 四、OBD-Ⅱ简介·····                  | 141        |
| 复习与思考·····                      | 145        |
| 项目五 失效保护系统·····                 | 145        |
| 一、失效保护系统的功能·····                | 145        |
| 二、失效保护系统设定的标准信号·····            | 145        |
| 复习与思考·····                      | 146        |
| 项目六 应急备用系统·····                 | 146        |
| 一、应急备用系统的功能·····                | 146        |
| 二、应急备用系统工作原理·····               | 147        |
| 复习与思考·····                      | 148        |
| 项目七 故障诊断基本方法·····               | 148        |
| 一、故障诊断基本程序·····                 | 148        |
| 二、故障码调取方法·····                  | 148        |
| 三、间歇性故障诊断·····                  | 149        |
| 四、无故障码故障诊断·····                 | 150        |
| 五、电路故障诊断·····                   | 150        |
| 复习与思考·····                      | 151        |
| <b>课题六 典型国产电控发动机组成和原理·····</b>  | <b>152</b> |
| 项目一 国产典型车系及东安 462Q 电控发动机介绍····· | 153        |
| 一、国产典型车系简述·····                 | 153        |
| 二、东安 462Q 电控发动机介绍·····          | 153        |
| 三、燃油供给系统的结构·····                | 154        |
| 四、电动燃油泵·····                    | 154        |
| 五、燃油压力调节器·····                  | 155        |
| 六、喷油器·····                      | 155        |
| 复习与思考·····                      | 156        |
| 项目二 国产典型车系进气系统·····             | 156        |



|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 一、进气系统基本组成                 | 156 |
| 二、进气歧管压力传感器 (MAP) 和进气温度传感器 | 157 |
| 三、节气门位置传感器                 | 159 |
| 四、怠速控制阀                    | 159 |
| 复习与思考                      | 159 |
| 项目三 国产东安 462Q 电控发动机点火系统    | 160 |
| 一、点火系统的组成及工作原理             | 160 |
| 二、点火系统部件检测与维修              | 161 |
| 复习与思考                      | 162 |
| 项目四 国产典型车系电子控制系统           | 162 |
| 一、东安 462Q 电控发动机电子控制系统简介    | 162 |
| 二、氧传感器                     | 163 |
| 三、发动机冷却液温度传感器 (ECT)        | 163 |
| 四、EGR 控制系统                 | 165 |
| 五、燃油蒸气回收系统                 | 165 |
| 复习与思考                      | 165 |
| 项目五 国产东安 462Q 系统故障诊断       | 165 |
| 一、故障自诊断系统简述                | 165 |
| 二、故障代码 (DTC) 检查            | 166 |
| 复习与思考                      | 168 |
| <b>课题七 丰田电控发动机组成和原理</b>    | 169 |
| 项目一 丰田电控发动机介绍              | 169 |
| 一、丰田发动机整体介绍                | 169 |
| 二、丰田发动机电控系统元件位置            | 171 |
| 复习与思考                      | 172 |
| 项目二 丰田电控发动机燃油供给系统          | 172 |
| 一、燃油供给系统的组成                | 172 |
| 二、燃油供给系统的检测                | 173 |
| 复习与思考                      | 175 |
| 项目三 丰田电控发动机进气系统            | 175 |
| 一、进气系统的组成                  | 175 |
| 二、进气系统的检测                  | 176 |
| 复习与思考                      | 182 |
| 项目四 丰田电控发动机点火系统            | 182 |
| 一、点火系统的组成                  | 182 |
| 二、凸轮轴位置传感器与曲轴位置传感器的检测      | 183 |
| 三、爆震传感器的检测                 | 185 |
| 四、点火线圈的检测                  | 185 |
| 五、电子点火器的检测                 | 186 |
| 六、丰田其他车型的点火系统              | 188 |
| 复习与思考                      | 190 |
| 项目五 丰田电控发动机电子控制系统          | 190 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 一、氧传感器的检测                | 190 |
| 二、冷却液温度传感器的检测            | 192 |
| 三、废气再循环系统 (EGR) 的检测      | 192 |
| 四、燃油蒸气回收系统 (EVAP) 的检测    | 194 |
| 五、发动机电子控制单元              | 195 |
| 复习与思考                    | 195 |
| 项目六 丰田电控发动机故障自诊断系统       | 195 |
| 一、丰田凌志车型诊断座介绍            | 195 |
| 二、发动机故障码读取与清除            | 196 |
| 复习与思考                    | 199 |
| <b>课题八 通用电控发动机组成和原理</b>  | 200 |
| 项目一 通用电控发动机整体介绍与燃油供给系统   | 201 |
| 一、上海通用电控发动机介绍            | 201 |
| 二、别克 L46 电控发动机介绍         | 202 |
| 三、燃油供给系统组成               | 202 |
| 四、电动燃油泵                  | 202 |
| 五、燃油压力调节器                | 203 |
| 六、喷油器                    | 204 |
| 七、燃油蒸气排放控制系统 (EVAP)      | 205 |
| 复习与思考                    | 205 |
| 项目二 别克电控发动机进气系统          | 205 |
| 一、进气系统的组成                | 205 |
| 二、空气流量计                  | 206 |
| 三、进气温度传感器                | 207 |
| 四、节气门位置传感器               | 207 |
| 五、怠速控制阀                  | 208 |
| 复习与思考                    | 210 |
| 项目三 上海通用汽车电控点火系统的组成与工作原理 | 210 |
| 一、点火系统的组成                | 210 |
| 二、点火系统控制电路               | 211 |
| 三、点火系统各部件工作原理            | 212 |
| 复习与思考                    | 214 |
| 项目四 上海通用汽车别克新君越发动机介绍     | 214 |
| 一、别克新君越发动机介绍             | 214 |
| 二、技术特点                   | 214 |
| 复习与思考                    | 215 |
| 项目五 上海通用汽车电子控制系统与故障诊断    | 215 |
| 一、氧传感器                   | 215 |
| 二、发动机冷却液温度传感器 (ECT)      | 215 |
| 三、废气再循环系统 (EGR)          | 217 |
| 四、曲轴箱强制通风系统 (PCV)        | 217 |
| 五、系统故障诊断                 | 217 |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 复习与思考.....                     | 218        |
| <b>课题九 大众电控发动机组成和原理 .....</b>  | <b>219</b> |
| 项目一 大众电控发动机介绍.....             | 220        |
| 一、国产大众车型与发动机简介.....            | 220        |
| 二、帕萨特 B5 轿车电控发动机 .....         | 222        |
| 复习与思考.....                     | 223        |
| 项目二 ANQ 电控发动机燃油供给系统 .....      | 223        |
| 一、ANQ 电控发动机燃油供给系统的结构特点 .....   | 223        |
| 二、ANQ 电控发动机燃油供给系统 .....        | 224        |
| 复习与思考.....                     | 226        |
| 项目三 ANQ 电控发动机进气系统 .....        | 226        |
| 一、ANQ 电控发动机进气系统的结构特点 .....     | 226        |
| 二、ANQ 电控发动机进气系统 .....          | 227        |
| 复习与思考.....                     | 232        |
| 项目四 ANQ 电控发动机点火系统 .....        | 232        |
| 一、ANQ 电控发动机点火系统的结构特点 .....     | 232        |
| 二、ANQ 电控发动机点火系统部件的作用 .....     | 232        |
| 三、ANQ 电控发动机点火系统的检测 .....       | 233        |
| 复习与思考.....                     | 235        |
| 项目五 ANQ 电控发动机电子控制系统与故障诊断 ..... | 235        |
| 一、氧传感器的检测.....                 | 235        |
| 二、发动机转速传感器的检测.....             | 237        |
| 三、冷却液温度传感器 (ECT) 的检测 .....     | 237        |
| 四、活性炭罐 (EVAP) 电磁阀的检测 .....     | 239        |
| 五、ANQ 电控发动机故障诊断系统 .....        | 239        |
| 复习与思考.....                     | 241        |
| <b>课题十 本田电控发动机组成和原理 .....</b>  | <b>242</b> |
| 项目一 本田汽车与电控发动机介绍.....          | 243        |
| 一、本田汽车与电控发动机技术参数.....          | 243        |
| 二、本田电控发动机的结构特点.....            | 244        |
| 复习与思考.....                     | 247        |
| 项目二 本田电控发动机燃油供给系统.....         | 247        |
| 一、本田电控发动机燃油供给系统组成及原理.....      | 247        |
| 二、本田电控发动机电动燃油泵.....            | 247        |
| 三、油压调节器与油压测试.....              | 249        |
| 四、本田电控发动机喷油器检测.....            | 249        |
| 复习与思考.....                     | 250        |
| 项目三 本田电控发动机进气系统.....           | 251        |
| 一、本田电控发动机进气系统的基本组成.....        | 251        |
| 二、本田电控发动机进气压力传感器.....          | 251        |
| 三、本田电控发动机节气门位置传感器.....         | 252        |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 四、本田电控发动机怠速控制阀·····             | 253        |
| 复习与思考·····                      | 254        |
| 项目四 本田电控发动机点火系统·····            | 254        |
| 一、本田电控发动机点火系统的结构·····           | 254        |
| 二、本田电控发动机点火系统的控制电路·····         | 254        |
| 三、本田电控发动机点火系统的检修·····           | 254        |
| 复习与思考·····                      | 257        |
| 项目五 本田电控发动机电子控制系统及电路·····       | 258        |
| 一、本田电控发动机电子控制系统的组成·····         | 258        |
| 二、本田电控发动机控制电路·····              | 258        |
| 复习与思考·····                      | 261        |
| <b>附录 汽车发动机电控技术常用英文缩写</b> ····· | <b>262</b> |
| <b>参考文献</b> ·····               | <b>265</b> |

# 课题一 汽车电子技术发展概述

## A. 应知理论

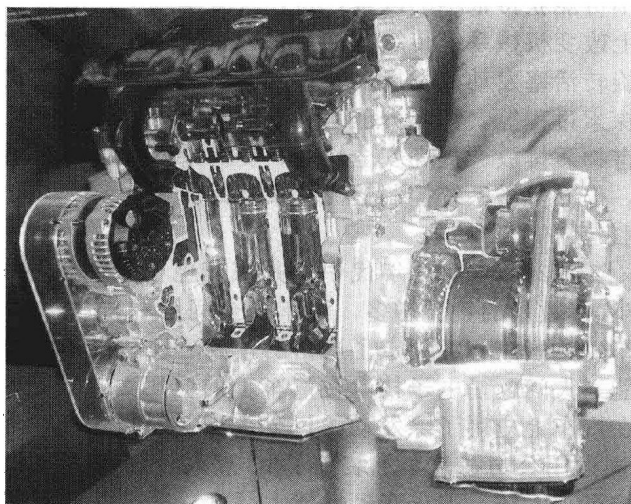
现代发动机上的电子控制系统的基本组成及类型；电控发动机的工作原理；电控燃油喷射系统的优点。

## B. 应会技能

认识电控发动机的常见元件；找到元件在发动机上的位置；执行元件的类型；检测方法。

## C. 课程内容

汽车控制系统的发展历史；电控技术对发动机性能的影响；应用在发动机上的子控制系统主要包括电控燃油喷射系统、电控点火系统和其他辅助控制系统；电控系统的基本组成及类型；传感器的类型及功用；电子控制单元的基本功能；执行元件的类型。



## 项目一 汽车电子技术发展简介

### 一、汽车控制系统的发展历史

汽车产业已经成为当今世界社会与经济支柱产业。汽车产业的发展在很大程度上得益于汽车技术的进步。现代汽车技术已跨越行业与学科的界线成为一门综合性学科。现代汽车已经不仅仅是一个热能转换机构以及相应传动与操纵装置的简单合成，而是充分运用现代高新技术最新成果综合合成的集成控制系统。国家环保总局、国家经贸委等四部委于2001年6月27日联合发出通知，要求使用化油器的187种轿车和5座客车车型立即停产，我国已经从2001年7月1日后，取消了化油器式发动机的生产。

汽车电子控制技术的发展始于 20 世纪 60 年代，可分为三个阶段。

### 1. 汽车电子发展的第一阶段

第一阶段，从 20 世纪 60 年代中期到 70 年代中期。主要是为改善部分性能而对汽车电器产品进行的技术改造。1960 年美国克莱斯勒公司和日本日产公司在汽车上装用了硅二极管整流的交流发电机，同年美国通用公司将 IC（集成电路）调节器应用于汽车上。早期阶段，由于汽车产品本身尚处于不断完善和成熟的阶段，可挖掘的潜力很大，因此该阶段汽车产业追求的是产品数量和质量的不断提高，以及汽车性能的逐步完善。此时的汽车控制技术仅仅建立在简单机械控制（例如化油器各个系统随发动机工况的自动调节与运行，车辆转向轮定位系统对车辆转向性能的控制等）和简单电气系统控制（例如发电机输出电压的调节和蓄电池充电电流的调节等）的基础上，控制的目的是实现不同工作状况和环境条件下发动机的正常、稳定工作和性能的基本发挥。

产业的发展使汽车产品质量和数量日益提高，成本日益降低。千百万辆汽车进入家庭，使之成为一种大众消费品。现代社会汽车产品大众化后所面临的重大问题是：高速、安全、可靠、舒适和防污染。经过多年的发展，传统机械装置，如曲柄连杆机构、定轴齿轮传动机构等，其功能已经相当完善，性能成熟，潜力基本挖尽，如果不在原理和结构上产生根本性的重大变化，仅仅在提高机械系统性能上做文章则已经走到尽头。特别是对于某些装置而言，如触点式点火机构、触点式发电机电压调节装置和机械式仪表显示装置等，由于原理和结构的限制，性能已不可能获得根本的改善，再在现有基础上挖潜力只能是事倍功半。如果选择大规模地从根本上改变机械系统传统结构，将会造成车辆结构复杂以及可靠性降低，使得调整与维护困难。旋转活塞发动机发展多年，至今仍未能代替往复式活塞发动机，以及机械式汽油喷射系统的探索过程等，都充分证明了这一点。另外，对于某些特殊要求与性能来说，诸如减少车辆有害物质排放、提高安全性能、提高乘坐舒适性和操作方便性、节约燃料以及采用新型燃料等，仅靠机械系统控制是无法实现的。

### 2. 机械-电子控制发展的第二阶段

20 世纪 70 年代末期到 20 世纪 90 年代中期是汽车电子技术发展的第二阶段。进入 20 世纪 70 年代后，随着汽车数量的日益增多，汽车安全问题和排放污染日益严重，能源危机的影响更加突出。汽车发达国家相继制定了严格的排放法规和汽车燃油经济性法规。为解决汽车安全、污染和节能三大问题，电子技术在汽车上的应用更加广泛和完善。如 1970 年美国福特汽车公司首先在汽车上应用了除发动机以外的电控装置——电子控制防滑（防抱死）制动装置，1973 年美国通用公司在汽车上装用了 IC 点火装置，1976 年美国克莱斯勒公司在汽车上首先装用了电控点火系统。追求车辆性能大幅度、突破性地提高与完善，必须由提高控制系统的性能来实现。控制系统的作用实质上就是使各个机构与总成（子系统），在任何时候均能与车辆整体以及环境变化相适应，随时处于最佳工况和匹配状况。通过提高控制系统性能来改善汽车的性能可以收到事半功倍的效果。

汽车控制系统的最初发展是从改进汽油机点火系统性能开始的。晶体管的发明，使采用无触点点火装置来增强点火初级电流的稳定性成为可能，极大地提高点火能量并改善燃烧状况；可以采用电源系统晶体管调节装置和先进的仪表等。这些局部技术改进可提高控制质量并获得相应的成果。但从总体上来说，该阶段仍然是在机械系统的基础上，采用电子控制技术改进系统运行性能，并没有本质上的变化。可以认为，该阶段控制技术仍然是“为机械系统服务的”。

具有试验性质控制技术的初期标志性发展是：二战期间问世的机械式汽油喷射技术，运用于战斗机发动机上，其目的仅仅为了替代化油器并取消浮子室，以改善战斗机空中翻滚、格斗时发动机工作的可靠性。

随着基础科学技术的发展，特别是集成电路与大规模集成电路技术、计算机数字化技术的运用，以及基础控制学理论和方法的发展，汽车电子控制技术取得一系列突破性的进展。现代 EFI 技术的发展已日臻成熟，该技术使汽油机由传统的量调节工作状态变为部分质调节，从根本上改变了燃烧的品质，使发动机动力性、经济性和排放性大大提高。就燃料供给系统本身而言，基本达到理想的工作状态。

该阶段面临的问题是：如何使汽车各个子系统的工作均衡和协调。在采用晶体管技术改造点火系统的早期，曾发生过由于点火系统性能的改进，使发动机功率提高而各个机械部分所受到的负荷也随之增大，于是造成原有结构零部件磨损强度增大，子系统的工作匹配出现不协调现象，并最终导致发动机的可靠性、维修性以及使用寿命的下降。另外，子系统实施互相独立的所谓“并行”控制方式，必然造成部分功能的重复，从而引起资源的浪费和系统的日益复杂化。

据估计，从 20 世纪 70 年代开始至 2002 年，车辆综合性能提高了一倍多，其中 70% 来自于车辆系统控制技术的进步。随着车辆技术发展与性能提高、完善的需要，过去认为是高档的设备与装置现已成为普通的标准配备，新的设备与装置不断推出，如果仍然延续传统的控制方式，将导致车辆系统的日益复杂化。主要弊病表现为：分系统各自配备独立硬件组成和控制通道，形成对独立目标的“一对一”约束，20 世纪 70~80 年代生产的某些车辆上竟然装有 35 个 CPU 处理单元，8 个电脑板；传感器和执行器数量不断增加；控制功能的重复与叠加导致系统干涉现象的产生；功能扩展余地狭窄，过程繁杂；软、硬件等系统资源利用效率下降；复杂性增加，可靠性下降，成本增加。

### 3. 汽车电子集中控制发展的第三阶段

20 世纪 90 年代中期以后，为汽车电子技术发展的第三阶段。随着社会和汽车相关科学技术的进一步发展，电子技术在汽车上的应用已逐步扩展到车用汽油发动机以外的底盘、车身和车用柴油发动机多个领域，各种车用电控系统日趋完善。时至今日，汽车电子化已达到相当高的程度，国外纯电动轿车已投入使用，我国纯电动轿车 2004 年也实现产业化，电子技术在汽车上的应用越来越普遍。传统的汽车控制技术是对每个局部分系统进行独立控制，使其本身工作性能达到理想状况。但对于整车而言，现代汽车追求的目的并不是简单控制单个因素，或若干因素控制的简单叠加就可以实现的。例如，排放控制涉及空气供给、燃料供给、点火系统，并影响车辆的动力性、经济性；传动系统控制则直接涉及发动机的工作状况、辅助系统工作状况以及环境和车辆操纵目的等。显然，局部或个体最佳并不能获得整体最佳的效果，片面追求某些局部功能（比如排放控制），势必引起其他功能（如发动机动力性、经济性）的下降。

系统控制工程、人机工程学等基础理论的发展，以及计算机中央处理技术、网络技术与新材料、新能源的发展与运用，为汽车控制技术集成化提供了雄厚的技术基础，现代汽车集中控制技术在此基础上应运而生。

所谓现代汽车集中控制系统，就是采用信息-系统-控制模式，将整体系统的多个控制功能集中由一个功能强大的 ECU 实行控制，将局部最佳转化为系统最佳，使车辆系统响应随动于外界环境的变化，寻求系统整体的最佳对外反映以及系统资源的最佳利用效率。

车辆集中控制系统在设计阶段就严格按照人、车、环境整体最佳效应的原则与目标进行整体规划与设计，运用信息-系统-控制模式，按照整体性、动态性和开放性的控制原则，并采用计算机网络信息技术，实现控制的集成化。

传统汽车是一个实现热能转换的机械系统。传统控制技术和装置则是“添加式”的，仅是为了提高某些局部性能，如促进完全燃烧、自动变换传动比、单独控制排放和提高制动性能等，而采用的控制手段。从系统工程的观点出发，可以将现代汽车看作是一个典型意义上

的智能化、信息化和具备良好的人-机-环境效应的大系统。该系统由信息传感、信息处理、执行和数据传输等分系统组成，形成以中央信息处理为核心的，由网络和总线技术提供信息传输的，资源共享、互为冗余的有机整体。该系统首先监控并搜集车辆所处的环境变化、车辆本身状况和驾驶员的操纵意志等信息，并通过网络数据总线传递至计算机处理系统，按照预编程序进行处理，再由计算机发出控制指令并传递至执行系统实现预期的功能。对于功能与要求相同或相近的控制功能，例如发动机与传动系统、点火与怠速系统、驱动与制动系统以及各种辅助系统与总系统等，实现集中控制，使系统更为简化与集中，可靠性也大大提高。从这种意义上说：现代车辆本身是一个控制系统，传统的曲柄连杆机构、燃料供给系统、点火系统、配气机构、传动机构、制动装置、制动系统、操纵系统和悬挂系统等，都可看作是为了完成中央计算机发出的指令，而实现预定的终端功能的执行机构。

现代车辆集中控制系统与传统控制系统的最大区别在于：集中控制系统不再是仅仅为了提高机械系统的功能而“添加”、设置的；而是以控制系统为主，通过信息与指令的传感与传输，通过执行机构（传统机械装置）而实现预期功能的智能化、网络化信息系统。

汽车技术的每一个跨越式发展均与社会经济和技术的发展同步实现。评价汽车性能的一个重要参数就是：控制系统消耗的资源在整车成本中所占比例，该数据在 20 世纪末已达到 20%~30%，今后还将进一步提高。相信随着科学技术的进一步发展普及，各种科技发展的最新成果也会日益增多地运用于汽车控制系统中。

## 二、电控技术对发动机性能的影响

汽车发动机的运行工况是多变的，只有电子控制的灵活性和电脑强有力的综合处理功能，才能使发动机在各种运行工况下实现全面优化运行，从而提高发动机的性能。

### 1. 提高发动机的动力性

在汽油发动机上，电控燃油喷射系统取代了传统的化油器式燃料供给系统，减小了进气系统中的进气阻力，部分发动机上还采用了进气控制系统等，提高了充气效率，而且电控系统可保证进入发动机气缸的空气得到充分利用，从而提高发动机的动力性。

### 2. 提高发动机的燃油经济性

在各种运行工况和运行环境下，电控系统均能精确控制发动机工作所需的混合气浓度，使燃烧更完全、燃油利用更充分，从而提高发动机的燃油经济性。

### 3. 降低排放污染

电控系统对发动机在各种运行工况和运行环境下优化控制，提高了燃烧质量，同时各种排放控制系统在汽车上的应用，都使发动机的排放污染大大降低。

### 4. 改善发动机的启动性能

在发动机启动和暖机过程中，控制系统能根据发动机温度变化，对进气量和供油量进行精确控制，从而保证发动机顺利启动和平稳经过暖机过程，可明显改善发动机的低温启动性能和热机运转性能。

### 5. 改善发动机的加速和减速性能

在加速或减速运行的过渡工况下，电子控制单元的高速处理功能，使控制系统能够迅速响应，使汽车加速或减速反应更灵敏。

电控系统对发动机各种运行工况的优化控制和电控系统的不断完善，使发动机的故障发生率大大降低。自我诊断与报警系统的应用，提高了故障诊断的速度和准确性，缩短了汽车因发动机故障而停驶的时间，具有良好的社会效益和经济效益。





## 复习与思考

1. 汽车电子控制技术的发展经历了哪三个阶段?
2. 电控技术对发动机性能有什么影响?

# 项目二 现代发动机上的电子控制系统

现代汽车发动机的运行分别受到驾驶员的操纵意志、发动机的适时工况和环境变化等因素的制约。发动机现实工况，驾驶员操纵指令和环境状况及其变化等因素由多种传感器将有关信息传输至 ECU 为其识别，强大的中央处理系统通过数据处理得出最佳控制指令，并将其传输给诸如燃料供给装置、点火装置等执行机构，使发动机内的燃料得以正常燃烧，诸如冷启动或怠速等特殊工况的需求得以满足。

目前，汽车上广泛应用的是集中控制系统，应用在发动机上的控制系统主要包括电控燃油喷射系统、电控点火系统和其他辅助控制系统。

## 一、电控燃油喷射系统

在电控燃油喷射 (EFI) 系统中，喷油量控制是最基本的也是最重要的控制内容，电子控制单元 (ECU) 主要根据进气量确定基本的喷油量，再根据其他传感器 (如冷却液温度传感器、节气门位置传感器等) 信号对喷油量进行修正，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。除喷油量控制外，电控燃油喷射系统还包括喷油正时控制、断油控制和燃油泵控制。

## 二、电控点火系统

电控点火系统 (ESA) 最基本的功能是点火提前角控制。该系统根据各相关传感器信号，判断发动机的运行工况和运行条件，选择最理想的点火提前角点燃混合气，从而改善发动机的燃烧过程，以实现提高发动机动力性、经济性和降低排放污染的目的。此外，电控点火系统还具有通电时间控制和爆燃控制功能。

## 三、怠速控制系统

怠速控制 (ISC) 系统是发动机辅助控制系统，其功能是在发动机怠速工况下，根据发动机冷却液温度、空调压缩机是否工作、变速器是否挂入挡位等，通过怠速控制阀对发动机的进气量进行控制，使发动机随时以最佳怠速转速运转。

## 四、进气控制系统

进气控制系统的功能是根据发动机转速和负荷的变化，对发动机的进气进行控制，以提高发动机的充气效率，从而改善发动机动力性。

## 五、排放控制系统

其功能主要是对发动机排放控制装置的工作实行电子控制。排放控制的项目主要包括：废气再循环 (EGR) 控制，活性炭罐电磁阀控制，氧传感器和空燃比闭环控制，二次空气喷射控制等。