



# 车辆电子控制技术

CHELIANG DIANZI KONGZHI JISHU

冯国胜 著

非  
外  
借



科学出版社

# 车辆电子控制技术

冯国胜 著

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书系统地介绍美国飞思卡尔 (Freescale) 公司的 DSP56F807、MPC555 和美国德州仪器 (TI) 公司的 TMS320F2812 在柴油机电子控制系统开发、柴油机电子控制系统控制策略、柴油机电控参数优化标定、电动汽车电机驱动控制系统、汽车 CAN 总线控制系统、车载故障诊断 OBD 检测系统、动力电源管理系统和混合动力汽车能量管理系统方面的开发及应用实例。本书根据作者多年的工程实践、教学和科研成果著写, 理论和实际相结合, 可以使读者对车辆电子控制系统研发有一个较为全面的了解, 具有很强的实用性。

本书适合高等学校机械工程、电气工程、车辆工程专业教师、研究生、高年级大学生和相关专业的工程技术人员使用。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

车辆电子控制技术/冯国胜著. —北京: 科学出版社, 2018.6  
ISBN 978-7-03-057279-0

I. ①车… II. ①冯… III. ①汽车—电子控制 IV. ①U463.602.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 085706 号

责任编辑: 纪 兴 杨 昕 / 责任校对: 王万红  
责任印制: 吕春珉 / 封面设计: 东方入华平面设计部

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码: 100717  
<http://www.sciencep.com>

北京虎彩文化传播有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2018 年 6 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2018 年 6 月第一次印刷 印张: 19 1/2

字数: 462 000

定价: 100.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换<虎彩>)

销售部电话 010-62136230 编辑部电话 010-62135397-2032

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

# 前 言

汽车是一种方便快捷的交通工具,当今我国汽车产销量稳居全球第一。汽车在消耗大量能源的同时带来了严重的环境污染问题,实现汽车的节能环保既是世界汽车发展的永恒主题,也是我国汽车工业实现与社会协调发展的现实问题。近年来,电子控制技术在解决汽车所面临的油耗、排放、安全等问题方面起着越来越重要的作用,大大推动了汽车工业的发展。汽车电子控制技术的研究成果在节能环保、高端装备制造和新能源汽车等战略性新兴产业中具有广阔的应用前景。

本书是作者十多年来从事汽车电子控制技术研究的结果,其中大部分实例经过实验验证,成功地解决了多家企业的技术问题。本书重点介绍飞思卡尔(Freescale)公司的DSP56F807、MPC555和德州仪器(TI)公司的TMS320F2812在汽车电子控制技术方面的开发及应用实例。

感谢国家自然科学基金项目(项目编号:11272220),河北省自然科学基金项目(项目编号:F2004000428、E2009000925、E2014210050),河北省科技支撑计划项目(项目编号:10212118D、17392202D、18212201D、18042211Z),河北省引进留学人员项目(项目编号:C2015005019)和河北省研究生课程建设项目(项目编号:KCJSX2017064,名称:车辆电子控制技术)的资助。期望拙著能给机械、车辆和电气界各位同仁在车辆电子控制技术方面提供点滴启发和帮助。

感谢在天津大学和中国汽车技术研究中心博士后期间合作导师姚春德教授和李孟亮研究员在柴油机排放监测方面的指导,感谢在美国北卡罗莱纳大学访问学者期间合作导师艾哈迈德·苏莱曼(Ahmed Soliman)教授在混合动力汽车参数匹配方面的指导。

感谢北京理工大学张幽彤教授、山东大学程勇教授、河北工业大学关玉明教授在百忙之中为本书审稿并提出了许多宝贵意见。

在本书的写作过程中,作者查阅和参考了一些国内外文献,在此谨向这些文献的作者、编者表示衷心的感谢。

作者课题组成员及吴汗生、周玮、冯丽沙、牛晓燕、杜飞、甄苗苗、马良、孙先赏、袁新华、于海征、彭超亮、钱超等研究生对该书做了一定的工作,贾素梅研究员对书稿进行了校对,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,本书不足之处敬请读者批评指正。作者的联系邮箱:fguosheng@stdu.edu.cn。

作 者

# 目 录

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 第 1 章 绪论                  | 1  |
| 1.1 汽车电子技术概述              | 1  |
| 1.1.1 汽车电子技术发展的原因         | 1  |
| 1.1.2 汽车电子技术的发展趋势         | 1  |
| 1.1.3 汽车电子技术对汽车工业的影响      | 2  |
| 1.2 汽车电子控制系统              | 3  |
| 1.2.1 汽车电子控制系统组成          | 3  |
| 1.2.2 汽车电子控制系统工作原理        | 4  |
| 1.2.3 汽车电子控制单元 (ECU)      | 4  |
| 1.3 电子控制系统的共性问题           | 6  |
| 1.3.1 传感器                 | 7  |
| 1.3.2 执行机构                | 8  |
| 1.3.3 系统模型                | 8  |
| 1.3.4 主要控制技术              | 9  |
| 参考文献                      | 11 |
| 第 2 章 基于 DSP 的柴油机电子控制系统开发 | 13 |
| 2.1 DSP56F807 数字信号处理器概述   | 13 |
| 2.1.1 微处理器的选型             | 13 |
| 2.1.2 DSP56F807 的内核特点     | 13 |
| 2.1.3 DSP56F807 的存储器特性    | 15 |
| 2.1.4 DSP56F807 的外部设备模块   | 15 |
| 2.2 电子控制系统总体设计            | 16 |
| 2.3 信号采集模块                | 17 |
| 2.3.1 曲轴位置传感器和凸轮轴位置传感器    | 17 |
| 2.3.2 齿杆位移传感器及信号处理电路      | 18 |
| 2.3.3 温度传感器及信号处理电路        | 18 |
| 2.3.4 压力传感器及信号处理电路        | 19 |
| 2.4 外围电路                  | 19 |
| 2.5 电源模块                  | 21 |
| 2.6 输出驱动模块                | 21 |
| 2.7 用 C 语言开发 DSP          | 23 |

|              |                        |           |
|--------------|------------------------|-----------|
| 2.7.1        | DSP56F807 的开发工具        | 23        |
| 2.7.2        | ADC                    | 24        |
| 2.7.3        | 定时器和中断控制               | 25        |
| 2.7.4        | PWM                    | 27        |
| 2.7.5        | SCI 串口发送模块             | 28        |
| 2.7.6        | 监控程序                   | 29        |
| 2.8          | 抗干扰设计                  | 30        |
|              | 参考文献                   | 30        |
| <b>第 3 章</b> | <b>柴油机电子控制系统控制策略</b>   | <b>31</b> |
| 3.1          | 执行器控制在柴油机电控中的作用        | 31        |
| 3.2          | 基于 DSP 的电液式执行器控制       | 32        |
| 3.2.1        | 电液式执行器的工作原理与结构         | 32        |
| 3.2.2        | 电液式执行器数学模型             | 32        |
| 3.2.3        | 基于 DSP 控制的电液式执行器实验     | 34        |
| 3.3          | 基于 DSP 的电磁式执行器控制       | 35        |
| 3.3.1        | 电磁式执行器的结构和性能           | 36        |
| 3.3.2        | 电磁式执行器数学模型             | 38        |
| 3.4          | 电磁式执行器的传统 PID 控制       | 39        |
| 3.5          | 基于遗传算法的 PID 整定         | 42        |
| 3.5.1        | 基于遗传算法的 PID 整定原理       | 43        |
| 3.5.2        | 基于实数编码遗传算法的 PID 整定     | 44        |
| 3.6          | 模糊自适应整定 PID 控制         | 46        |
| 3.6.1        | 模糊自适应整定 PID 控制原理       | 46        |
| 3.6.2        | 电磁式执行器模糊自适应整定 PID 控制仿真 | 49        |
| 3.6.3        | 电磁式执行器模糊自适应整定 PID 控制实验 | 52        |
| 3.7          | 基于 CMAC 与 PID 的并行控制    | 54        |
| 3.7.1        | CMAC 的设计方法             | 55        |
| 3.7.2        | CMAC 与 PID 复合控制算法      | 56        |
| 3.7.3        | CMAC 与 PID 复合控制仿真      | 57        |
|              | 参考文献                   | 59        |
| <b>第 4 章</b> | <b>柴油机电控参数优化标定</b>     | <b>60</b> |
| 4.1          | 人工神经网络理论               | 60        |
| 4.1.1        | 神经网络的基本概念              | 60        |
| 4.1.2        | BP 神经网络                | 61        |

|       |                                         |     |
|-------|-----------------------------------------|-----|
| 4.2   | 神经网络建模 .....                            | 64  |
| 4.2.1 | 柴油机性能模型 .....                           | 64  |
| 4.2.2 | 训练样本的处理 .....                           | 66  |
| 4.2.3 | 神经网络设计 .....                            | 67  |
| 4.3   | 遗传算法简介 .....                            | 72  |
| 4.3.1 | 遗传算法的数学表达 .....                         | 73  |
| 4.3.2 | 遗传算法的运算过程 .....                         | 73  |
| 4.3.3 | 遗传算法的特点 .....                           | 74  |
| 4.4   | 柴油机性能模型的建立 .....                        | 75  |
| 4.4.1 | 多目标优化概述 .....                           | 75  |
| 4.4.2 | 遗传算法数学优化模型的建立 .....                     | 76  |
| 4.5   | 遗传算法优化的 MATLAB 实现 .....                 | 77  |
| 4.5.1 | 使用 Direct Search Toolbox 实现遗传算法优化 ..... | 77  |
| 4.5.2 | 使用 M 语言实现遗传算法优化 .....                   | 79  |
| 4.6   | 遗传算法优化的 C 语言实现 .....                    | 82  |
| 4.7   | 发动机性能实验 .....                           | 84  |
| 4.7.1 | HC4132UPS 单体泵柴油机 .....                  | 85  |
| 4.7.2 | 发动机排放测试仪 .....                          | 86  |
|       | 参考文献 .....                              | 86  |
| 第 5 章 | 电动汽车电机驱动控制系统 .....                      | 87  |
| 5.1   | 永磁无刷直流电动机数学模型 .....                     | 87  |
| 5.1.1 | 电压方程 .....                              | 87  |
| 5.1.2 | 转矩方程 .....                              | 88  |
| 5.1.3 | 传递函数模型 .....                            | 89  |
| 5.2   | 永磁无刷直流电动机控制策略 .....                     | 90  |
| 5.2.1 | 模糊控制策略 .....                            | 90  |
| 5.2.2 | 模糊控制器的 MATLAB 仿真 .....                  | 91  |
| 5.2.3 | 仿真结果 .....                              | 93  |
| 5.3   | 永磁无刷直流电动机控制系统硬件设计 .....                 | 94  |
| 5.3.1 | 主控芯片 MPC555 简介 .....                    | 97  |
| 5.3.2 | MPC555 外部电路 .....                       | 97  |
| 5.3.3 | 供电电源电路 .....                            | 98  |
| 5.3.4 | 功率驱动电路 .....                            | 99  |
| 5.3.5 | 霍尔信号检测电路 .....                          | 100 |
| 5.3.6 | PWM 信号处理电路 .....                        | 103 |

|        |                            |     |
|--------|----------------------------|-----|
| 5.3.7  | 控制信号输入电路 .....             | 103 |
| 5.3.8  | 保护电路 .....                 | 105 |
| 5.3.9  | 端口名称及定义 .....              | 106 |
| 5.3.10 | PCB 设计的一般流程 .....          | 107 |
| 5.3.11 | 永磁无刷直流电动机控制系统 PCB 设计 ..... | 107 |
| 5.4    | 永磁无刷直流电动机控制系统软件设计 .....    | 108 |
| 5.4.1  | 主程序和初始化程序 .....            | 108 |
| 5.4.2  | 位置检测子程序 .....              | 109 |
| 5.4.3  | 定时测速子程序 .....              | 109 |
| 5.4.4  | 斜坡控制器程序 .....              | 110 |
| 5.4.5  | PID 调速程序 .....             | 111 |
| 5.4.6  | 中断程序设计 .....               | 113 |
| 5.4.7  | 故障诊断程序 .....               | 114 |
| 5.4.8  | 基于 LabVIEW 的图形界面设计 .....   | 115 |
| 5.5    | 永磁同步电动机数学模型 .....          | 117 |
| 5.5.1  | 定义坐标系 .....                | 117 |
| 5.5.2  | 坐标变换 .....                 | 117 |
| 5.5.3  | 电动机数学模型 .....              | 118 |
| 5.6    | 永磁同步电动机矢量控制原理 .....        | 119 |
| 5.6.1  | SVPWM 控制技术 .....           | 121 |
| 5.6.2  | 空间矢量定义 .....               | 121 |
| 5.6.3  | 电压矢量的作用时间 .....            | 122 |
| 5.6.4  | 相邻电压矢量的作用顺序 .....          | 124 |
| 5.7    | DSP2812 的最小系统硬件设计 .....    | 125 |
| 5.7.1  | 电源电路设计 .....               | 126 |
| 5.7.2  | 时钟电路设计 .....               | 128 |
| 5.7.3  | 复位电路设计 .....               | 128 |
| 5.7.4  | JATG 接口电路设计 .....          | 128 |
| 5.8    | 永磁同步电动机控制系统硬件设计 .....      | 129 |
| 5.8.1  | ADC 信号调理电路设计 .....         | 131 |
| 5.8.2  | 正交脉冲信号调理电路 .....           | 131 |
| 5.8.3  | 霍尔信号调理电路 .....             | 133 |
| 5.8.4  | SVPWM 驱动调理电路 .....         | 133 |
| 5.8.5  | 电流采集电路 .....               | 133 |
| 5.9    | 永磁同步电动机矢量控制软件设计 .....      | 135 |
| 5.9.1  | 初始化程序和主程序 .....            | 136 |

|        |                           |     |
|--------|---------------------------|-----|
| 5.9.2  | 系统中断程序 .....              | 137 |
| 5.9.3  | 电动机起动与扇面判断程序 .....        | 138 |
| 5.9.4  | 角度和转速采集程序 .....           | 138 |
| 5.9.5  | 电流环和速度环 PI 程序 .....       | 140 |
| 5.9.6  | SVPWM 实现程序 .....          | 142 |
| 5.10   | 电动机控制系统实验 .....           | 143 |
| 5.10.1 | 永磁无刷直流电动机控制系统实验 .....     | 143 |
| 5.10.2 | 永磁同步电动机控制系统实验 .....       | 146 |
|        | 参考文献 .....                | 148 |
| 第 6 章  | 汽车 CAN 总线控制系统 .....       | 150 |
| 6.1    | CAN 总线技术的特点 .....         | 150 |
| 6.2    | 整车 CAN 总线网络系统设计 .....     | 151 |
| 6.2.1  | 汽车 CAN 总线内部局域网络 .....     | 151 |
| 6.2.2  | 汽车 CAN 总线控制系统总体结构 .....   | 152 |
| 6.3    | 动力传动系统总线网络设计 .....        | 153 |
| 6.4    | 车身控制系统总线网络设计 .....        | 153 |
| 6.5    | CAN 总线硬件总体设计 .....        | 154 |
| 6.5.1  | CAN 总线网络结构 .....          | 154 |
| 6.5.2  | CAN 总线智能节点总体设计 .....      | 155 |
| 6.6    | CAN 总线接口设计 .....          | 156 |
| 6.6.1  | MSCAN 模块 .....            | 156 |
| 6.6.2  | CAN 总线驱动器 PCA82C250 ..... | 156 |
| 6.6.3  | CAN 总线接口电路 .....          | 157 |
| 6.6.4  | 开关量检测电路 .....             | 158 |
| 6.6.5  | 车灯功率驱动电路 .....            | 158 |
| 6.6.6  | 直流电动机驱动电路 .....           | 159 |
| 6.7    | CAN 通信模块程序设计 .....        | 160 |
| 6.7.1  | 初始化 MSCAN 模块 .....        | 160 |
| 6.7.2  | CAN 发送程序设计 .....          | 161 |
| 6.7.3  | CAN 接收程序设计 .....          | 162 |
| 6.8    | CAN 总线网络协议 .....          | 162 |
| 6.8.1  | CAN 总线报文结构 .....          | 162 |
| 6.8.2  | CAN 总线传输特点 .....          | 163 |
| 6.8.3  | CAN 总线应用层协议制定 .....       | 164 |

|        |                                     |     |
|--------|-------------------------------------|-----|
| 6.9    | 控制节点软件设计 .....                      | 167 |
| 6.9.1  | 主控节点的软件设计 .....                     | 167 |
| 6.9.2  | 车灯节点的软件设计 .....                     | 168 |
| 6.9.3  | 车门节点的软件设计 .....                     | 168 |
| 6.9.4  | 电磁式执行器控制节点的软件设计 .....               | 168 |
| 6.9.5  | 直流电动机节点的软件设计 .....                  | 169 |
| 6.10   | CAN 总线控制实验 .....                    | 169 |
| 6.10.1 | 基于 CAN 总线的车灯控制实验 .....              | 170 |
| 6.10.2 | 基于 CAN 总线的电动机控制实验 .....             | 170 |
| 6.10.3 | CAN 总线协议优先级验证实验 .....               | 171 |
|        | 参考文献 .....                          | 171 |
| 第 7 章  | 车载故障诊断检测系统 .....                    | 173 |
| 7.1    | 车载故障诊断系统 .....                      | 173 |
| 7.1.1  | 催化器性能检测系统 .....                     | 173 |
| 7.1.2  | 热电偶检测放大电路 .....                     | 174 |
| 7.1.3  | 氧传感器检测电路 .....                      | 175 |
| 7.2    | 数据采集系统软件设计 .....                    | 176 |
| 7.2.1  | 实时复合滤波 .....                        | 177 |
| 7.2.2  | 多通道配置 .....                         | 178 |
| 7.2.3  | LabVIEW 与 DSP 接口程序 .....            | 178 |
| 7.2.4  | USGR 的温度标定 .....                    | 180 |
| 7.3    | 使用 TCP/IP 协议实现 HORIBA 浓度数据的采集 ..... | 182 |
| 7.3.1  | HORIBA 指令系统及频率设定 .....              | 182 |
| 7.3.2  | TCP/IP 通信 .....                     | 184 |
| 7.3.3  | HORIBA 反馈数据处理 .....                 | 185 |
| 7.3.4  | 数据融合、实时显示及同步保存 .....                | 185 |
| 7.4    | 氧传感器性能检测系统软件开发 .....                | 186 |
| 7.4.1  | 氧传感器及其应用 .....                      | 186 |
| 7.4.2  | 氧传感器输出电压信号检测 .....                  | 188 |
| 7.4.3  | 内阻及过渡时间检测程序 .....                   | 190 |
| 7.4.4  | 催化器老化指数 .....                       | 192 |
| 7.4.5  | 小波变换的基本原理 .....                     | 192 |
| 7.4.6  | 信号特征向量和相关系数 .....                   | 193 |
| 7.4.7  | 催化器相关性分析 .....                      | 194 |

|       |                                |     |
|-------|--------------------------------|-----|
| 7.5   | 检测系统实验 .....                   | 196 |
| 7.5.1 | USGR 与 HORIBA 联合数据采集系统实验 ..... | 196 |
| 7.5.2 | 氧传感器输出信号电压值检测 .....            | 198 |
| 7.6   | 发动机失火监测 .....                  | 199 |
| 7.6.1 | 发动机失火产生原因及危害 .....             | 199 |
| 7.6.2 | 发动机失火诊断方法 .....                | 199 |
| 7.6.3 | 发动机失火诊断使能条件 .....              | 200 |
| 7.6.4 | 利用做功时间差诊断发动机失火 .....           | 200 |
| 7.6.5 | 发动机失火诊断程序 .....                | 201 |
| 7.7   | 基于无线网络的 OBD 系统 .....           | 203 |
| 7.7.1 | 系统方案设计 .....                   | 203 |
| 7.7.2 | 监测站数据库 .....                   | 203 |
| 7.7.3 | 系统硬件设计 .....                   | 205 |
| 7.7.4 | 系统软件设计 .....                   | 207 |
| 7.7.5 | 协调器和车载终端组网实验 .....             | 209 |
|       | 参考文献 .....                     | 210 |
| 第 8 章 | 动力电源管理系统 .....                 | 212 |
| 8.1   | 电池均衡管理系统硬件设计 .....             | 212 |
| 8.1.1 | 电压采集电路设计 .....                 | 212 |
| 8.1.2 | 电流采集电路设计 .....                 | 213 |
| 8.1.3 | 温度采集电路设计 .....                 | 214 |
| 8.1.4 | A/D 输入保护电路 .....               | 216 |
| 8.1.5 | CAN 接口电路设计 .....               | 216 |
| 8.1.6 | 电感式双向均衡电路 .....                | 217 |
| 8.1.7 | 变压器均衡电路 .....                  | 219 |
| 8.1.8 | 通信接口电路 .....                   | 219 |
| 8.2   | 电池均衡管理系统软件设计 .....             | 221 |
| 8.2.1 | 软件系统总体设计 .....                 | 221 |
| 8.2.2 | 电池组电压、电流采集程序 .....             | 222 |
| 8.2.3 | 电池组温度信号采集程序 .....              | 224 |
| 8.2.4 | 均衡控制程序设计 .....                 | 224 |
| 8.2.5 | 基于 LabVIEW 的通信模块 .....         | 225 |
| 8.2.6 | 以太网通信 .....                    | 227 |
| 8.2.7 | IP 模块 .....                    | 227 |
| 8.2.8 | TCP 模块 .....                   | 228 |

|       |                     |     |
|-------|---------------------|-----|
| 8.3   | 均衡系统模型建立及系统仿真       | 230 |
| 8.3.1 | 电池模型的选用             | 230 |
| 8.3.2 | 均衡系统的控制策略           | 231 |
| 8.3.3 | 建立均衡电路的 Simulink 模型 | 232 |
| 8.3.4 | 充电状态均衡仿真            | 233 |
| 8.3.5 | 放电状态均衡仿真            | 235 |
| 8.3.6 | 电阻均衡方案对比仿真          | 237 |
| 8.4   | 动力电池均衡管理系统实验        | 239 |
| 8.4.1 | 单体电池电压测量实验          | 239 |
| 8.4.2 | 电池组电流测量实验           | 239 |
| 8.4.3 | 电池均衡实验              | 240 |
| 8.4.4 | 网络通信实验              | 240 |
| 8.5   | 车辆复合电源系统设计          | 241 |
| 8.5.1 | 车辆辅助供电系统硬件电路设计      | 242 |
| 8.5.2 | 节气门开度信号调理电路设计       | 243 |
| 8.5.3 | 驱动电路设计              | 243 |
| 8.5.4 | 超级电容电流检测电路设计        | 246 |
| 8.5.5 | 车辆复合电源系统软件设计        | 248 |
| 8.5.6 | 控制方法及充放电控制设计        | 249 |
| 8.6   | 车辆复合电源系统测试          | 251 |
| 8.6.1 | 超级电容放电电流测试          | 251 |
| 8.6.2 | 超级电容充电时间测试          | 251 |
| 8.6.3 | 系统充放电测试             | 253 |
|       | 参考文献                | 254 |
| 第 9 章 | 混合动力汽车能量管理系统        | 255 |
| 9.1   | 混合动力汽车建模            | 255 |
| 9.1.1 | 发动机模块               | 255 |
| 9.1.2 | 驱动电动机模块             | 257 |
| 9.1.3 | 蓄电池模块               | 259 |
| 9.1.4 | 变速器模块               | 260 |
| 9.1.5 | 主减速器模块              | 262 |
| 9.1.6 | 车轮模块                | 263 |
| 9.1.7 | 整车行驶模块              | 265 |
| 9.1.8 | 燃油经济性计算             | 267 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 9.2 控制策略的设计.....            | 269 |
| 9.2.1 电动机辅助控制策略 .....       | 269 |
| 9.2.2 动态转矩协调控制策略 .....      | 271 |
| 9.2.3 基于发动机效率的模糊控制设计 .....  | 273 |
| 9.3 控制策略的仿真结果与分析 .....      | 277 |
| 9.3.1 ADVISOR 软件应用界面 .....  | 277 |
| 9.3.2 控制策略的嵌入 .....         | 279 |
| 9.3.3 CYC_UDDS 工况下的仿真 ..... | 281 |
| 9.4 混合动力客车动力参数匹配及建模 .....   | 287 |
| 9.4.1 混合动力客车结构形式选择 .....    | 287 |
| 9.4.2 发动机模型建模 .....         | 288 |
| 9.4.3 驱动电动机匹配与建模 .....      | 289 |
| 9.4.4 客车变速器模型 .....         | 291 |
| 9.4.5 客车主减速器模型 .....        | 291 |
| 9.4.6 客车车轮模型 .....          | 291 |
| 9.4.7 客车整车行驶模型 .....        | 291 |
| 参考文献 .....                  | 296 |

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 汽车电子技术概述

### 1.1.1 汽车电子技术发展的原因

汽车是当今社会的重要交通工具,如何满足人们对汽车安全、清洁、节能、舒适的需求,一直是汽车设计师的重要课题。近十几年来,汽车电子技术在解决汽车所面临的各种问题方面起着越来越重要的作用,推动了汽车工业的发展。汽车电子技术水平已成为衡量一个国家汽车技术水平的重要标志,同时其也是各汽车生产厂家在竞争中能否掌握主动权的关键。节能与新能源汽车是《中国制造 2025》明确的十个重点领域之一。我国将继续支持电动汽车、燃料电池汽车的发展,提升汽车动力电池、驱动电机、高效内燃机、先进变速器、轻量化材料、智能控制等核心技术工程化和产业化的能力,形成从关键零部件到整车的完整工业体系和创新体系,推动自主品牌节能与新能源汽车同国际先进水平接轨<sup>[1]</sup>。汽车电子控制技术的发展可归结为以下两个方面的原因。

#### (1) 社会对汽车性能要求的不断增加

汽车作为一种重要的交通运输工具为人类的发展做出了不可磨灭的贡献。然而,汽车在造福人类的同时,也带来了能源紧张、排气污染、噪声污染和交通安全等一系列社会问题,成为制约汽车工业乃至人类社会可持续发展的主要障碍。因此,开展汽车电子控制技术研究,改善与提高汽车性能,以满足日趋严格的汽车油耗法规、排放法规和安全法规的要求,已成为当今社会和市场共同追求的目标。

#### (2) 电子技术的高速发展

经过一百多年的技术革新,汽车上应用的传统机械装置得到了长足的发展,功能已相当完善,仅依靠对机械结构的改进来满足不断提升的汽车性能要求必将事倍功半。因此,只有在汽车工作原理和结构上进行根本性的变革,才有可能给汽车的发展带来革命性变化,使汽车的性能满足人们的要求。目前,汽车工业越来越多地从后工业时代的能源、电子、信息科技中吸收新的元素,汽车的电子化已成为一种趋势,而电子技术特别是大规模集成电路、微型计算机和传感器等技术的发展,为汽车电子装置的发展提供了必要的物质条件和技术保证。

### 1.1.2 汽车电子技术的发展趋势

能源、环境保护和交通安全依然是 21 世纪全世界必须关注的三大课题。随着地球环境遭受的污染越来越严重,以及能源问题越来越严峻,关于汽车油耗、排放和安全方面的法规必将越来越严格。因此,在传统机械装置的发展潜力基本枯竭的情况下,汽车

电子技术的发展必然是大势所趋<sup>[2]</sup>。

汽车电子技术的发展依赖于机械技术、控制理论、电子学、计算机和网络等多方面技术的共同进步。汽车电子技术发展的主要趋势如下。

1) 针对汽车嵌入式系统的发展,包括功能越来越强的微控制器和稳定、可靠、方便的实时操作系统。

2) 42V 汽车电气系统的应用。随着汽车安装的电子装置越来越多,其消耗的电能也会大幅度增加。目前,汽车电子装置的总功率已增长到 8~10kW,如果按 8kW 计算,14V 的汽油车电气系统(蓄电池 12V),其电路电流将达 570A。若将汽车的供电电压由 14V 改变为 42V,则电路电流降为 190A。那么,在相同热损耗的情况下可选用更细的导线。目前,美国、欧洲各国等汽车制造商和零部件供应商已在讨论由 12V/14V 汽车电气系统向 36V/42V 汽车电气系统转化的问题。

3) 线控技术的应用。线控技术将驾驶员的操作命令转为电信号,再以电子控制方式驱动执行机构实现对汽车的控制。汽车电子控制系统采用线控技术不仅可以大大简化应用传统操纵机构的机械或液压传动系统,而且可能使汽车的结构产生改变,尤其是利用新能源的电动汽车,其底盘结构将会有全新的变化。

4) 随着智能化交通技术的迅速发展,不仅汽车自身是个复杂的系统,而且汽车还将成为智能交通大系统中的一个成员。基于全球定位系统(global positioning system, GPS)的汽车导航技术、移动电话和互联网等都将在汽车上得到普及,汽车电子控制与信息技术更紧密地结合,将成为重要的发展方向。

### 1.1.3 汽车电子技术对汽车工业的影响

随着汽车技术的发展及各种高新技术在汽车上的广泛应用,汽车已经由一个传统的机械装置逐渐演变为一个集机械、电子、计算机、控制、通信等技术于一体的复杂系统。先进车用发动机电子控制技术、发动机电子控制单元和匹配标定系统技术、柴油机电子控制高压共轨系统技术、发动机尾气排放控制系统技术、汽车电子控制技术、节能和新能源汽车的关键零部件先进技术、新型储能及管理系统等列为 2016 年国家重点支持的高新技术领域<sup>[2]</sup>。汽车电子技术对汽车工业的影响主要表现在以下几个方面。

#### (1) 汽车用途的改变

汽车的用途已不仅仅是可靠的交通代步工具,其已逐渐变成人际交往的流动办公室或舒适的休闲娱乐室,是人类社会活动的重要场所。

#### (2) 汽车产品特征的改变

汽车正在经历从“机械时代”向“电气时代”的过渡与转型,由车载一系列能提高局部性能的电子装置的机械系统转变为车载一系列能实现预定功能的执行机构的电子系统。同时,随着汽车电子装置的网络化、智能化,汽车也将从一台复杂的钢铁机器转变为一个以信息化、电气化为主导的电子化平台,一件有感知的信息技术产品。

### (3) 汽车工业特征的改变

随着电子技术、信息技术及其他新兴科学技术在汽车上的广泛应用,汽车工业逐渐由劳动密集型工业转变为技术与知识密集型工业。网络化经营和模块化生产可以使汽车公司几乎不生产任何汽车部件,而成为一家完全凭借技术和品牌优势支配、控制汽车生产与销售的空壳巨头。另外,随着电子系统在整车成本中所占比例的不断增加,电子产品制造商及软件开发商正在成为汽车界重要的汽车零部件供应商。

### (4) 汽车学科基础的改变

汽车学科基础将从传统的以机械为主的学科群(如力学、机构、材料等方面的课程),转变为机械和电子并重的学科群(即增加电子技术、计算机技术和控制技术等方面的课程)。

## 1.2 汽车电子控制系统

现代汽车是以计算机为核心,具有高度自动化、集成化的控制系统。目前,汽车电子控制系统由多种传感器、中央处理器(central processing unit, CPU)、微处理器、存储器、输入/输出(I/O)接口、执行机构、显示器、数据总线和相应软件集合而成。该系统采用复杂的多元过程控制,使车辆系统工作于实时的最佳状况。下面将对汽车电子控制系统的组成和工作原理进行详细介绍,再阐述汽车的电子控制单元(electronic control unit, ECU)的功能。

### 1.2.1 汽车电子控制系统组成

汽车电子控制系统的基本组成框图如图 1-1 所示<sup>[3]</sup>。

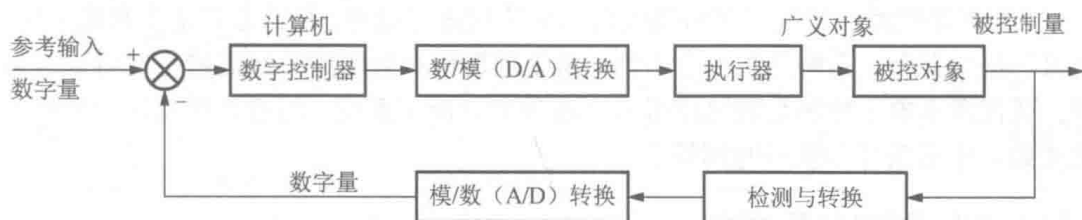


图 1-1 汽车电子控制系统的基本组成框图

汽车电子控制系统包括硬件和软件两部分,下面分别进行介绍。

#### (1) 硬件

汽车电子控制系统的硬件结构一般由三部分组成:外部传感器、计算机和执行机构,如图 1-2 所示。计算机部分是由输入接口、微处理器和输出接口组成的。

汽车电子控制系统硬件的基本工作原理如下:汽车运行时各传感器不断检测汽车运行的工况信息,并将信息通过输入接口实时传给微处理器;接收信息后,微处理器根据内部控制程序进行决策并作相应处理,再通过输出接口输出控制信号给执行器;执行器

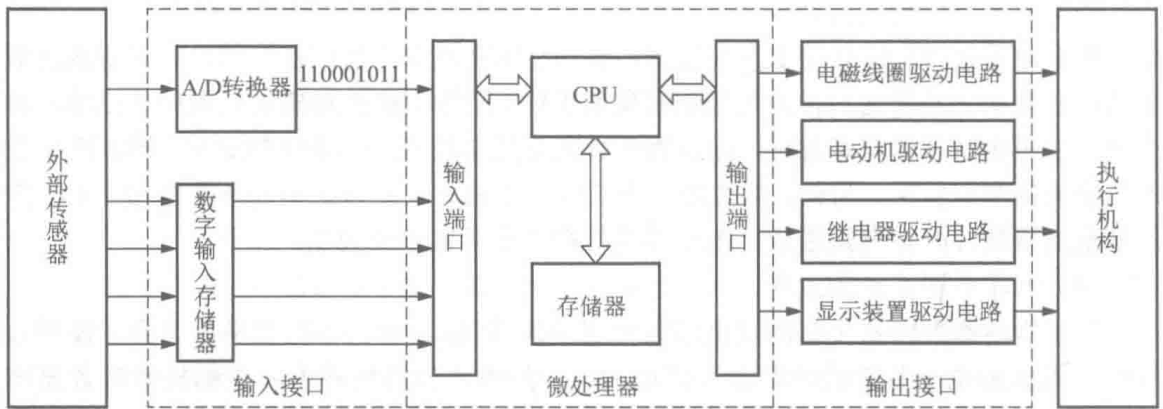


图 1-2 汽车电子控制系统的硬件结构

接收程序信号后，执行相应的动作，以实现某种预定功能。

## (2) 软件

软件又分为系统软件和应用软件。系统软件是对主机和外部设备进行统一管理和控制的程序系统，包括操作系统、语言加工系统和诊断系统。应用软件是为实现控制功能，根据被控对象和控制要求来编写的程序。

### 1.2.2 汽车电子控制系统工作原理

汽车电子控制系统事先会将一系列已设计好的指令程序存储在存储器中，输入信号来自控制系统的各个传感器。电子控制系统工作时，微处理器接收各个传感器的输入信号，并与存储器中的“标准数据”做比较，把误差按照一定的控制算法进行计算，得出控制信号，再控制相应的执行机构采取动作。电子控制系统处理信息的方式是多种多样的，有的方式是按照一定的时序对接收的信息依次进行处理，有的方式是在常规工作时，由于某种既定条件，系统产生一个中断，微处理器停止当前的工作而进行对特定信息的处理。现代汽车电子控制系统已经引入了各种实时操作系统，用来管理系统中各种任务的优先级、中断条件和执行时间等。

### 1.2.3 汽车电子控制单元（ECU）

汽车 ECU 是电子控制系统的核心部件，主要功能如下：

- 1) 接收传感器或其他装置的输入信号，并将输入信号处理成计算机能够接收的信号，如将模拟信号转换成数字信号。
- 2) 为传感器提供参考电压，如 2V、5V、9V 或 12V。
- 3) 存储、计算、分析处理信息，存储运行信息和故障信息，分析输入信息，并进行相应的计算处理。
- 4) 输出执行指令，如把弱信号变为强信号的执行指令。
- 5) 输出故障信息。