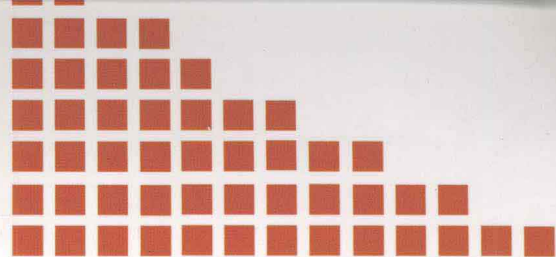




普通高等职业教育规划教材  
21世纪卓越汽车应用型人才培养专用教材



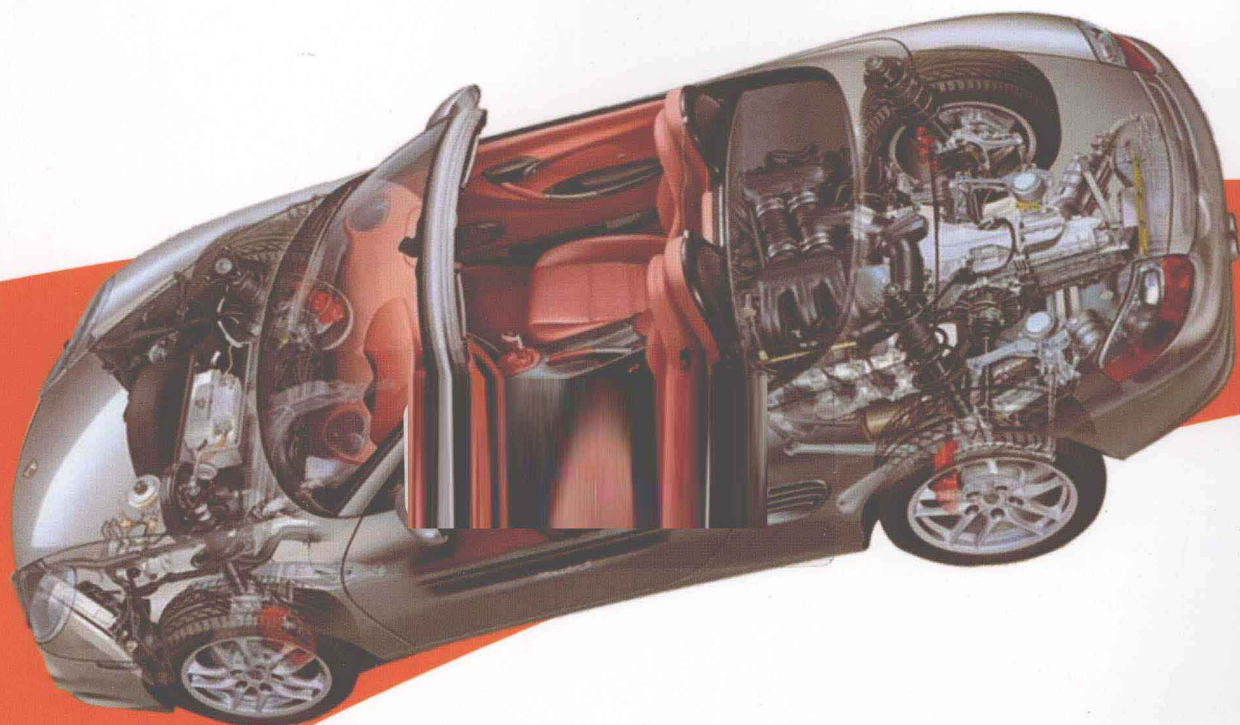
# 汽车发动机电控技术

QICHE FADONGJI DIANKONG JISHU

组编 华汽教育

主编 吴喜骊

主审 吴荣辉



同济大学出版社  
TONGJI UNIVERSITY PRESS



普通高等职业教育规划教材  
21世纪卓越汽车应用型人才培养专用教材

# 汽车发动机电控技术

组 编 华汽教育  
主 编 吴喜骊  
副主编 蒋 芳  
编 写 李春雷 陈杰峰  
主 审 吴荣辉



同济大学出版社  
TONGJI UNIVERSITY PRESS

## 内 容 提 要

“汽车发动机电控技术”是汽车维修技术专业的一门重要的专业核心课程,也是一门主要的实践课程。本书以“汽车电工电子基础”、“汽车发动机构造与检修”、“汽车电气设备构造与检修”等多门专业课程为基础,兼顾理论知识和实践技能,以“必需、够用”为原则选编相关的理论内容,又融入足够的实训项目。

本书共8章,包括汽油发动机电控系统概述、电控发动机传感器的结构原理与检测、电子控制单元、汽油喷射系统、进气控制系统、点火控制系统、排放控制系统、电控柴油机燃油系统。通过本书的学习,可使学生掌握发动机电控系统基本理论知识;描述电控发动机的基本组成、结构与工作原理;弄清发动机电控系统主要部件及其控制电路的检修方法,以及电控发动机常见故障的诊断与排除方法。

本书可作为高等职业院校汽车相关专业的教学用书,亦可作为其他汽车技术学校、汽车修理技术培训用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机电控技术/吴喜骊主编;李春雷,陈杰峰编写. —上海:同济大学出版社,2010.12

普通高等职业教育规划教材 21世纪卓越汽车应用型人才培养专用教材

ISBN 978-7-5608-4447-3

I. ①汽… II. ①吴…②李…③陈… III. ①汽车—发动机—电子系统:控制系统—高等学校:技术学校—教材 IV. ①U464

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第217037号

---

普通高等职业教育规划教材  
21世纪卓越汽车应用型人才培养专用教材

### 汽车发动机电控技术

组编 华汽教育 主编 吴喜骊 副主编 蒋芳 编写 李春雷 陈杰峰 主审 吴荣辉

责任编辑 张德胜 责任校对 徐春莲 封面设计 庞波 项目执行 李小敏

---

出版发行 同济大学出版社(www.tongjipress.com.cn 地址:上海市四平路1239号  
邮编 200092 电话 021-65985622)

经 销 全国各地新华书店  
印 刷 常熟市大宏印刷有限公司  
开 本 889 mm×1 194 mm 1/16  
印 张 15  
印 数 1—3 500  
字 数 480 000  
版 次 2010年12月第1版 2010年12月第1次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5608-4447-3

---

定 价 32.00元

---

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

普通高等职业教育规划教材  
21世纪卓越汽车应用型人才培养专用教材

专业建设指导委员会

顾 问 李理光(同济大学)

洪 亮(清华大学)

赵丽丽(中国汽车工程学会)

林海临(中国汽车工业国际合作总公司)

主 任 刘大洪 邹晓东(中锐教育集团)

副主任 周肖兴 田洪雷(中锐教育集团)

王 刚(无锡南洋职业技术学院)

委 员(排名不分先后)

张元树 刘 萌(武汉商业服务学院)

刘兴鼎 廖 勇(重庆机电职业技术学院)

陈万强 李永刚(西安航空职业技术学院)

胡世明 丁继安(湖州职业技术学院)

陈焕文 尹立贤(湖南信息职业技术学院)

黄卫星 赵鹏飞(广东清远职业技术学院)

薛茂云(江苏经贸职业技术学院)

刘 华(江西现代职业技术学院)

王茂元 周玉碧(包头职业技术学院)

姜 军 任国庆(辽宁装备制造职业技术学院)

汤 才 林惠华(广东工贸职业技术学院)

刘延明 罗显克(广西水利电力职业技术学院)

林韧卒 金 武(牡丹江大学)

李 新 孟德泉(四川管理职业学院)

夏令伟(无锡南洋职业技术学院)

吴荣辉(中锐教育集团)

沈冠东(中锐教育集团)

楼建伟(中锐教育集团)



普通高等职业教育规划教材  
21世纪卓越汽车应用型人才培养专用教材

编审委员会

主任 李理光(同济大学)

副主任 (排名不分先后)

夏令伟 吴荣辉 沈冠东 席振鹏 徐雷(中锐教育集团)

孙泽昌(同济大学)

朱西产(同济大学)

马钧(同济大学)

左曙光(同济大学)

张执玉(清华大学)

王登峰(吉林大学)

李春明(长春汽车工业高等专科学校)

胡建军(中国汽车工程学会)

阚有波(安莱(北京)汽车技术研究院)

陆福民(中国重型汽车集团有限公司)

王小梅(中国高等教育学会)

编委 (排名不分先后)

朱立(武汉商业服务学院)

李仕生(重庆机电职业技术学院)

宋继红(西安航空职业技术学院)

李天真(湖州职业技术学院)

梁旭坤(湖南信息职业技术学院)

张中明(成都农业科技职业学院)

李漫江(江苏经贸职业技术学院)

陈智钢 袁建新(江西现代职业技术学院)

白树全(包头职业技术学院)

杨俊莲(辽宁装备制造职业技术学院)

梁建和(广西水利电力职业技术学院)

钟平(牡丹江大学)

吴斌(四川管理职业学院)

组编 华汽教育

## 序

汽车产业是我国最重要的支柱产业之一,对国民经济的发展起着重要的作用。经过几代人的共同努力,20世纪90年代初我国的汽车产业进入了前所未有的全面快速发展阶段。2009年国内汽车产业实现了历史性跨越,以年产、销量均超1000余万辆而居全球之首。

我们国家虽已成为汽车大国,但还远不是汽车强国。我们还没有大型国际化汽车公司,没有世界知名的自主汽车品牌,没有完全掌握汽车工业的核心技术,对国外汽车市场的开拓尚处于起步阶段。显然,要成为汽车强国,任重而道远。

汽车产业具有人才密集、资金密集、技术密集、装备集约化和生产规模化的特点。在这些产业要素中,专业人才具有极为重要的地位。无论是在汽车的研发、制造等汽车产业链的前端,还是在汽车的销售、应用、维修乃至报废处理等汽车产业链的后端,都需要大批具备基本理论知识、掌握现代汽车核心技术、具有熟练操作技能的工程技术人员和技术工人。

就汽车后市场而言,随着我国汽车产业的加速发展、汽车技术的不断进步、汽车社会保有量的持续增加,从事汽车技术服务与营销、汽车检测与维修的从业人员已日益增多,对高质量、高技能人才的需求仍将不断扩大,各类训练有素的高技能人才的短缺是不争的事实,这已引起全国上下的广泛关注。

开展多层次、多种形式的职业教育,加强从业人员的职前和职后培训,是解决汽车专业人才紧缺的有效途径。为此,许多高等职业院校增设了汽车专业,与汽车技术普及和提高相关的各类培训机构和技能鉴定机构亦大量涌现,职业教育呈现出良好的发展势头。然而,由于传统教学体制和教学理念的局限性,高等职业院校的专业建设水准与汽车产业发展的实际需要还有很大差距;各类培训机构也同样面临提高培训质量的问题。诚如教育部“教高[2006]16号文件《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》”中所指出的,“随着我国走新型工业化道路、建设社会主义新农村和创新型国家对高技能人才要求的不断提高,高等职业教育既面临着极好的发展机遇,也面临着严峻的挑战”。显然,提高教育质量和技能培训质量是当前高等职业教育面临的巨大挑战。

教材建设是高等职业院校专业建设的基石,是人才培养计划得以成功的必要条件,是提高高等职业教育质量的重要保障。为认真贯彻党的十七大会议精神和《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》,根据教育部大力推动技能型紧缺人才培养培训工程的指导思想,同济大学出版社联合上海中锐教育集团旗下的华汽教育、无锡南洋职业技术学院以及与中锐教育集团合作开办汽车相关专业的全国15所高等职业院校,在总结近几年教学经验的基础上,组织编撰了“普通高等职业教育规划教材·21世纪卓越汽车应用型人才培养专用教材”丛书。

为了做好教材的组编工作,编撰人员深入探讨了国内高等职业院校的特点和教学规律,对德国、美国、日本等发达国家的汽车职业教育进行了多次考察,同时结合中锐教育集团为汽车生产厂商开发企业内部培训课程的经验,力求在“因材施教、学以致用”上有所突破;力求在“淡化学科分类、突出综合应用”



上有所突破;力求在高等职业院校教材的内容、体例、风格上有所突破。

本丛书是为培养高素质、高技能紧缺人才而编写的,为此组建了以高等院校、高等职业技术学院、汽车工程学术组织、汽车技术研究机构、汽车生产企业、汽车经销服务企业、汽车维修行业协会、汽车流通行业协会以及汽车职业技能培训机构等各方人士相结合的教材编审委员会,以保证教材质量,促进我国高等职业教育事业的发展,造福于莘莘学子。

真诚地希望本丛书的出版能对我国的职业教育和技能培训有所裨益,热切期待广大读者提出宝贵意见和建议,使教材更臻完善。

李理光

2010年7月



## 前 言

随着电子技术在汽车领域的广泛应用,汽车技术与电子技术也日益融合,这给汽车结构及性能带来了革命性的变化,新型汽车的特点集中体现在电子控制技术的应用程度上。电控发动机作为汽车的心脏,其电子控制技术最复杂、最重要。在日常的汽车售后服务及维修工作中,涉及电控发动机的内容也是最多。因此,我们组织汽车维修行业专家、企业技术骨干和院校专业教师在分析电控发动机维修所必须的知识和技能要求的基础上,编写了本教材,以使汽车维修专业学生及技术人员能更全面地、系统地掌握有关汽车发动机电控技术的知识。

“汽车发动机电控技术”是汽车维修技术类专业的一门重要的专业核心课程,也是一门主要的实践课程。本书以“汽车电工电子基础”、“汽车发动机构造与维修”、“汽车电气设备构造与检修”等多门专业课程为基础,兼顾理论知识和实践技能,以“必需、够用”为原则选编了相关的理论内容,又融入了足够的实训项目。教材借鉴国外先进的教材体系,结合国内常见车型,从企业对工作岗位的实际能力需求出发设计课程内容,注重实践能力、知识应用能力和职业素养的培养,并充分考虑高职学生的学习特点和认知特点。通过本书的学习,使学生掌握发动机电控系统基本理论知识;能够描述电控发动机的基本组成、结构与工作原理;弄清发动机电控系统主要部件及其控制电路的检修方法,以及电控发动机常见故障的诊断与排除方法。通过实验、实训,培养学生的实践技能,学会发动机电控系统各主要部件的检修技术,能够进行故障码的读取与清除,能够使用检测仪器对发动机各控制系统进行分析,具备对电控发动机的常见故障进行诊断、检测与排除的能力。

本书共8章。第1章为汽油发动机电控系统概述,内容涉及电控汽油发动机的发展、优点,发动机电控系统的分类和基本组成;第2章为电控发动机传感器的结构原理与检测,内容涉及各类传感器的功用、类型、结构、工作原理与故障检测;第3章为电子控制单元,内容涉及电子控制单元的功用、结构组成、工作过程和控制功能、OBD—II的特点、故障代码标准和种类;第4章为汽油喷射系统,内容涉及电控汽油供给系统的功用、分类、结构、工作原理、喷油正时控制、喷油脉宽控制以及系统故障检测;第5章为进气控制系统,内容涉及空气供给系统、怠速控制系统、电子节气门控制系统、可变进气管道系统、可变气门电子控制、涡轮增压系统的功用、组成、结构原理、控制过程以及系统故障检测;第6章为点火控制系统,内容涉及点火系统的功用、分类、传统点火系统、电子点火系统、电控单元控制点火系统的工作原理、控制内容及故障检测;第7章为排放控制系统,内容涉及曲轴箱强制通风系统、汽油蒸发控制系统、废气再循环控制系统、二次空气喷射系统和三元催化净化器装置的功用、结构类型、工作原理与故障检测。第8章为电控柴油机燃油系统,内容涉及电控柴油机燃油系统的发展、组成、基本工作原理,第一代到第三代柴油机电控喷射系统的控制方式,电控VE型分配泵介绍。每章内容包括学习目标、正文、本章小结、复习思考题等4个部分。学习目标分为知识目标和能力目标,其中知识目标为理论课程所必须掌握的内容,能力目标为实训课程所必须掌握的技能;正文由理论知识部分和实践技能部分组成,两



部分内容相互穿插,各有侧重;每章后附有本章小结,目的是帮助学生掌握该章重点。每章后面附有复习思考题,题型包括判断题、选择题和问答题,知识点涉及本章需要掌握的主要内容。

本书可作为高等职业院校汽车相关专业教学用书,也可作为其他汽车技术学校、汽车修理技术培训机构用书。

本书由华汽合作院校包头职业技术学院吴喜骊老师担任主编(编写第1、2、3、4章),蒋芳老师担任副主编(编写第5、6、7、8章),华汽教育特聘专家夏令伟编写第8章的电控VE型分配泵,一汽奥迪销售服务有限公司技术讲师李春雷和无锡南洋职业技术学院陈杰峰参加编写。由中锐教育集团课程部课程总监吴荣辉主审,并且得到了华汽编写委员会委员们的热情关怀和指导,在此一并表示衷心感谢!

特色教材的编写是一项探索性的工作,时间紧迫,不足之处在所难免,欢迎老师和学生对教材提出宝贵意见和建议,以便修订时补充更正。

**编 者**

2010年11月



# 目 录

序

前言

<b>1 汽油发动机电控系统概述</b> .....	1
1.1 电控汽油发动机的发展、优点与分类.....	2
1.2 汽油发动机电控系统的基本组成与控制原理.....	5
本章小结.....	8
复习思考题.....	8
<b>2 电控发动机传感器的结构原理与检测</b> .....	11
2.1 传感器概述.....	12
2.2 传感器的结构原理与检测.....	17
本章小结.....	55
复习思考题.....	56
<b>3 电子控制单元</b> .....	59
3.1 电子控制单元.....	60
3.2 随车自诊断系统.....	66
本章小结.....	70
复习思考题.....	71
<b>4 汽油喷射系统</b> .....	73
4.1 电控汽油供给系统.....	74
4.2 汽油喷射控制.....	88
4.3 发动机特殊工况汽油控制过程.....	96
4.4 汽油直喷系统.....	99
本章小结.....	105
复习思考题.....	106
<b>5 进气控制系统</b> .....	109
5.1 空气供给系统.....	110





5.2	怠速控制系统	111
5.3	电子节气门控制系统	116
5.4	可变进气控制系统	124
5.5	涡轮增压系统	136
	本章小结	143
	复习思考题	143
<b>6</b>	<b>点火控制系统</b>	<b>145</b>
6.1	点火系统概述	146
6.2	点火系统的组成	147
6.3	传统点火系统和电子点火系统的工作原理	151
6.4	电子控制单元控制点火系统	155
	本章小结	171
	复习思考题	171
<b>7</b>	<b>排放控制系统</b>	<b>173</b>
7.1	曲轴箱强制通风系统	174
7.2	汽油蒸发控制系统	176
7.3	废气再循环控制系统	179
7.4	二次空气喷射系统	187
7.5	三元催化净化器	188
	本章小结	190
	复习思考题	190
<b>8</b>	<b>电控柴油机燃油系统</b>	<b>193</b>
8.1	电控柴油机燃油系统概述	194
8.2	位置控制式电控柴油喷射系统	196
8.3	时间控制式电控柴油喷射系统	198
8.4	高压共轨燃油喷射系统	199
8.5	电控VE型分配泵	204
	本章小结	222
	复习思考题	224

# 1 汽油发动机电控系统概述

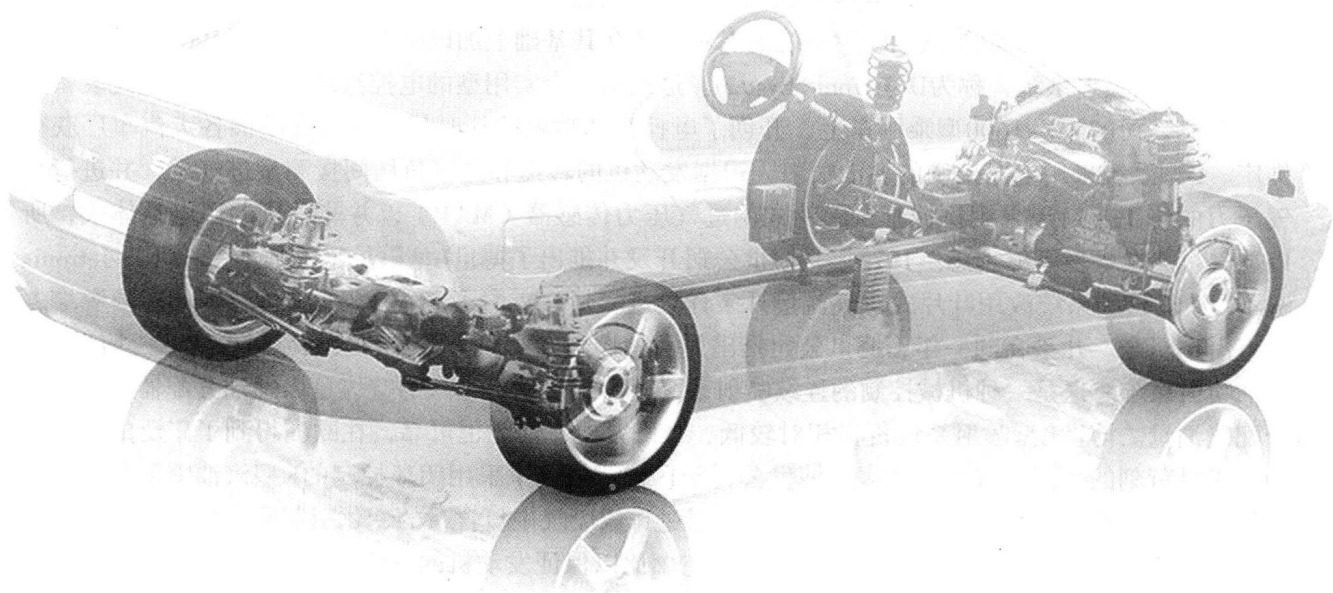
## 学习目标

### 知识目标

- (1) 简单描述电控汽油发动机的发展和优点;
- (2) 描述电控汽油发动机的分类;
- (3) 描述汽油发动机电控系统的基本组成;
- (4) 简单叙述汽油发动机电控系统的基本控制原理。

### 能力目标

- (1) 识别汽油发动机电控系统的各个子系统;
- (2) 找到汽油发动机电控系统主要传感器、执行器和电子控制单元的位置。





## 1.1 电控汽油发动机的发展、优点与分类

电子燃油喷射系统是电控汽油发动机最重要的组成部分，因此，电控汽油发动机也被称为“电喷发动机”。本节以电子燃油喷射系统为基础，介绍电控汽油发动机的发展、优点和分类。

### 1.1.1 电控汽油喷射系统的发展

电子燃油喷射（Electronic Fuel Injection）系统简称EFI，主要应用在汽油发动机上，通常称为电控汽油喷射系统。

汽车的发明给人类带来极大的利益，汽车工业逐渐成为工业发展的重要标志。但是，汽车也带来了一系列的问题，主要表现在环境污染和能源消耗两方面。随着汽车数量的增多，一些发达的国家大气污染日益严重。1943年，美国加利福尼亚州的洛杉矶发生的“光化学烟雾”事件，被认为是首例汽车废气排放污染问题。1960年，美国加州颁布了第一部汽车废气排放法规。随后，美国联邦政府和其他主要的工业国家也制定了严格的排放法规以限制汽车排气中CO、HC和NO<sub>x</sub>等有害物质的排放量，并且排放标准日趋严格。1973年，由于战争等原因，中东地区的石油危机造成世界范围内的石油短缺，石油价格上涨几倍。因石油危机造成能源危机，世界各国不得不制定燃油经济法规，对汽车的燃油经济性提出严格的要求。为了同时解决汽车发动机的排气净化和经济性两大难题，满足趋于苛刻的法规，传统的机械式化油器和点火方式已经难以胜任。随着电子技术的发展，汽车发动机的控制系统也采用了电子计算机技术，先进的电子技术配合汽车工程师已研究多年的燃油喷射技术，汽车发动机的电控汽油喷射系统得到飞速的发展，加装电控汽油喷射系统的车辆越来越多，逐渐取代了传统的化油器。

为汽车工业作出杰出贡献的德国博世（BOSCH）公司，于1912年就开始研究汽油喷射系统。1937年博世公司采用机械方式来控制可燃混合气的配制，首次在航空发动机上应用了汽油喷射系统。1952年，博世公司将汽油喷射系统从飞机“移植”到汽车上，装备在奔驰300SL型乘用车上，但仍然采用机械控制技术。1953年，美国本迪克斯（Bendix）公司开发研究电控汽油喷射系统，并于1957年开发出称为Electrojector的电控汽油喷射系统。限于当时的电子技术，这种系统采用了晶体管电路，体积庞大，并不实用，没有得到推广，但这套系统被称为现代燃油喷射系统的“雏形”。1962年，博世公司从本迪克斯公司购买了电控汽油喷射系统的专利，并在其基础上加以研究，改进后于1967年推出博世D型电控汽油喷射系统，称为D-Jetronic System。这是第一个实用型的电控汽油喷射系统，最先装备在大众汽车公司的VW-1600型乘用车上，开创了电控汽油喷射的新时代，继而在欧洲各大汽车厂获得推广。D型系统采用电路控制的燃油喷射，根据发动机的转速和进气负压间接测量进气量，并进行大气压力的修正。由于采用机械真空膜片式的进气压力传感器（MAP），并非现代的压电晶体式，所以进气量测量精度不够理想。1973年，博世公司开发并推出了博世L型电控汽油喷射系统（L-Jetronic System）。这种系统改用叶片式空气流量计来计量进气量，克服了老式D型压力传感器的主要弊端，一直沿用至今。几乎在同一年，博世公司推出另一种控制方式完全不同的汽油喷射系统——博世K型汽油喷射系统。这是一种机械控制的连续喷射系统，根据发动机吸入的空气量由燃油分配器来计量和分配喷油量。博世K型喷射系统价格相对较低、维修方便，性能也可靠，在欧洲得到了广泛的应用。为了满足苛刻的美国废气排放法规，博世公司于1976年推出了采用闭环控制的K型汽油喷射系统。该系统在发动机的排气系统中设置了氧传感器，通过排放废气中氧含量的变化引起氧传感器输出电压变化来反馈调节燃油喷射量，从而更精确地控制空燃比以保证发动机的良好燃烧。带有氧传感器的K型



喷射系统在降低排放污染方面又前进了一步。

20世纪70年代,单片微处理器被应用到汽车上,不仅应用于点火系统和汽油喷射系统的控制,很快又扩展到了废气再循环(EGR)的控制、发动机怠速控制等方面。这就产生了一种新的控制系统的类型——微处理器(电脑)集中控制。各汽车公司对此都有自己的命名方式,博世公司命名为Motronic系统,即数字式发动机控制系统;丰田公司命名为TCCS,即丰田计算机控制系统;日产公司命名为ECCS,即日产集中控制系统。集中控制系统的特征是:从模拟电路发展到数字电路,控制的对象已不再局限于汽油喷射的控制,还包括自动变速器的控制、防抱死制动的控制等。目前,在汽车上几乎全都采用微处理器(电脑)集中控制系统。

电控汽油喷射系统中进气量的检测方式也得到很大的改进。1980年,三菱公司首先推出了卡门(KARMAN)涡流式空气流量计,利用气流流过涡流发生体后产生的卡门涡流的数量来推算进气流量。涡流式空气流量计可靠耐用,几乎所有的三菱车都采用这种空气流量计。1981年,日立公司和博世公司研制成功热线式空气流量计,博世公司将带有这种流量计的电控汽油喷射系统称为博世LH系统。它的最大特点是反应快、阻力小,还能适应各种海拔高度的大气压力而不需进行修正。1984年,丰田公司推出了光学卡门涡流空气流量计。二者的不同之处是三菱公司的产品是用超声波方式检测涡流,而丰田公司的产品是用光学方式检测涡流。

博世公司对K型喷射系统作了进一步改进,于1982年开发出电子控制的机械式连续喷射系统(博世KE系统),在燃油分配器上增设的电液调节器(电子差压阀),能根据各种不同工况控制燃油量。

除了上述的多点汽油喷射系统(MPI),1980年出现的单点汽油喷射系统(SPI),或称节气门体喷射系统(TBI),博世公司将其命名为Mono-Jetronic。单点喷射系统价格低,大部分应用在小型车辆上。

### 1.1.2 电控汽油发动机的优点

电控汽油喷射发动机与化油器发动机相比具有许多优点,其主要优点如下。

#### 1. 空燃比控制精度高

通过电子控制系统精确控制各喷油器的喷油量,满足各种工况下的最佳空燃比,保证良好的工作性能,可提高发动机功率,降低油耗和排放污染物。

#### 2. 混合气分配均匀性好

多点燃油喷射系统,每一个气缸都配置一个喷油器。燃油喷在进气门处或直接喷入气缸,进气歧管的气流中不含燃油,进气歧管壁上不会出现油膜,每一个气缸都可以得到相等的燃油量,使吸入各气缸的可燃混合气完全一致。

#### 3. 加减速性能好

电控燃油喷射发动机的燃油喷射在进气门口或直接喷入气缸,发动机电子控制单元(ECU)响应迅速,能及时增减燃油,从而保证汽车具有良好的加速及减速性能。

#### 4. 具有良好的起动性能

在发动机起动时,发动机控制单元通过检测发动机温度、起动转速、起动时间和次数等因素,精确地计算起动供油量,使发动机起动容易,且暖机性能好。

### 1.1.3 电控汽油发动机的分类

#### 1. 按汽油喷射部位分类

电控汽油发动机按汽油喷射部位可分为缸内喷射和缸外喷射两类。



### 1) 缸内喷射

喷油器将燃油直接喷射到气缸内部称为缸内喷射，又称为缸内直喷，如图1-1所示。缸内喷射系统将喷油器安装在气缸盖上，并以较高的燃油压力（约10 MPa）将燃油直接喷入气缸。缸内喷射的优越性在于能够实现稀薄混合气燃烧，有利于降低燃油消耗和控制排放。随着材料与加工技术的提高，目前许多汽车公司已开始使用缸内喷射系统。

### 2) 缸外喷射

喷油器将燃油喷射在进气门附近的进气管内，称为缸外喷射，如图1-2所示。

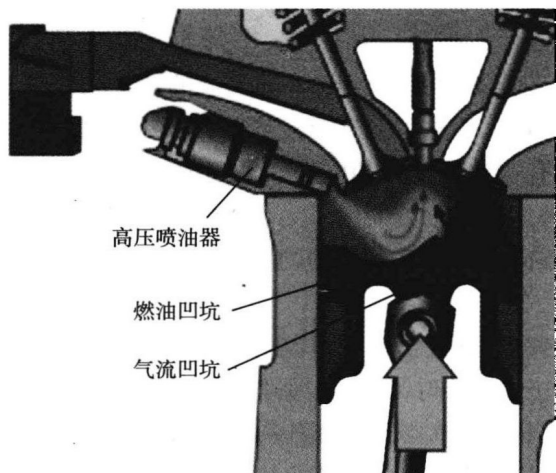


图1-1 缸内喷射

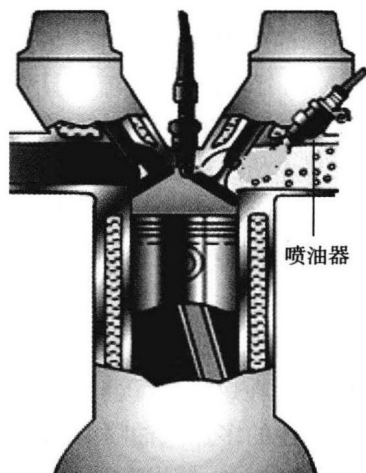


图1-2 缸外喷射

目前，汽油发动机大都采用缸外喷射。与缸内喷射相比，喷油器不受燃烧高温、高压的直接影响，设计喷油器时受到的制约较少，且喷油器工作条件大大改善。

### 2. 按汽油喷射时序分类

按喷射时序可分为连续喷油的连续喷射和间歇喷油的间歇喷射两种形式。现代电控发动机喷射系统都采用间歇喷射方式，间歇喷射方式又可分为同时喷射、分组喷射和顺序喷射。

#### 1) 同时喷射

同时喷射是指在发动机运转期间，由电子控制单元（ECU）的同一个指令控制所有喷油器同时开启或同时关闭，如图1-3（a）所示。当采用分组喷射或顺序喷射的燃油喷射系统发生故障、控制系统处于应急状态运行时，一般都采用同时喷射方式喷油。其目的是供给充足的燃油维持发动机运转，以便将汽车行驶到维修厂修理。

#### 2) 分组喷射

分组喷射是将喷油器分成两组或三组交替喷射，ECU依次发出各组喷油指令，每组指令控制一组喷油器，如图1-3（b）所示。

#### 3) 顺序喷射

顺序喷射是指喷油器按发动机各缸进气行程的顺序轮流喷射，具有喷射正时，由ECU根据曲轴位置传感器提供的信号，辨别各缸的进气行程，适时发出各缸的喷油脉冲信号，以实现顺序喷射的功能，如图1-3（c）所示。当系统发生故障处于应急状态工作时，ECU将自动转换为同时喷射方式喷油。

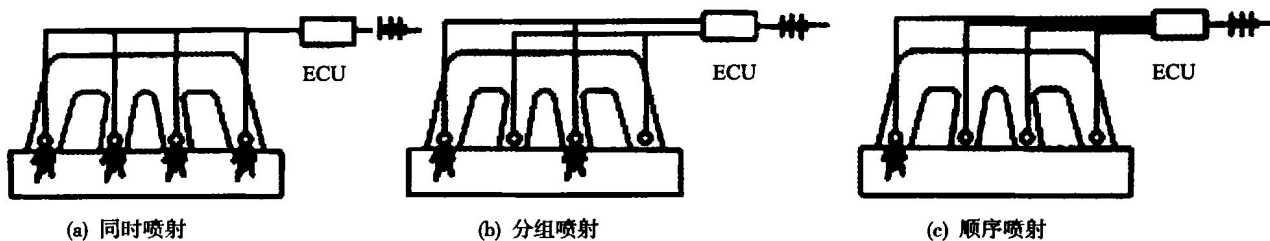


图1-3 喷油器喷射时序

### 3. 按进气量的检测方式分类

电控汽油机在控制喷油时，需要确定当前的进气量，根据进气量的检测方式不同，燃油喷射系统分为流量型（L型）和压力型（D型）两大类。

#### 1) 流量型

流量型又有体积流量型和质量流量型两种。体积流量型采用翼板（叶片）式空气流量传感器（流量计）或卡门涡流式空气流量传感器，计量气缸充气的体积量；质量流量型采用热线式或热膜式空气流量传感器，直接测量进入气缸的空气质量。

#### 2) 压力型

压力型系统根据进气管内绝对压力间接计量发动机进气量。压力传感器将进气管内的进气压力信号送给ECU，ECU根据压力输入信号和发动机转速信号计算出进气量。

## 1.2 汽油发动机电控系统的基本组成与控制原理

### 1.2.1 汽油发动机电控系统的基本组成

汽油发动机电控系统由燃油供给系统、空气供给系统、点火控制系统、排放控制系统以及由传感器、电子控制单元（ECU）和执行器组成的电子控制系统等子系统组成，如图1-4所示。

#### 1. 燃油供给系统

燃油供给系统的功用是供给喷油器一定压力的燃油，喷油器则根据ECU指令喷油。发动机工作时，电动燃油泵将汽油自油箱内吸出，经燃油滤清器过滤后，由燃油压力调节阀调压，通过油管输送给喷油器，喷油器根据ECU指令向进气管喷油。燃油泵供给的多余汽油经回油管流回油箱。燃油泵一般装在油箱内。有些早期的发动机还装有冷起动喷油器，安装在进气总管上，仅在发动机低温起动时喷油，以改善发动机的低温起动性能。

#### 2. 空气供给系统

空气供给系统的功用是为发动机提供清洁的空气并控制发动机正常工作时的进气量。发动机工作时，空气经空气滤清器过滤后，通过空气流量计、节气门体进入进气总管，再通过进气歧管分配给各缸。节气门体中设有节气门，用以控制进入发动机的空气量，从而控制发动机的输出功率。在节气门体的外部或内部设有与主进气道并联的旁通怠速进气通道，并由怠速控制阀控制怠速时的进气量。

#### 3. 点火控制系统

电控汽油发动机采用的点火控制系统又称电子点火提前（Electronic Spark Advance, ESA）系统，



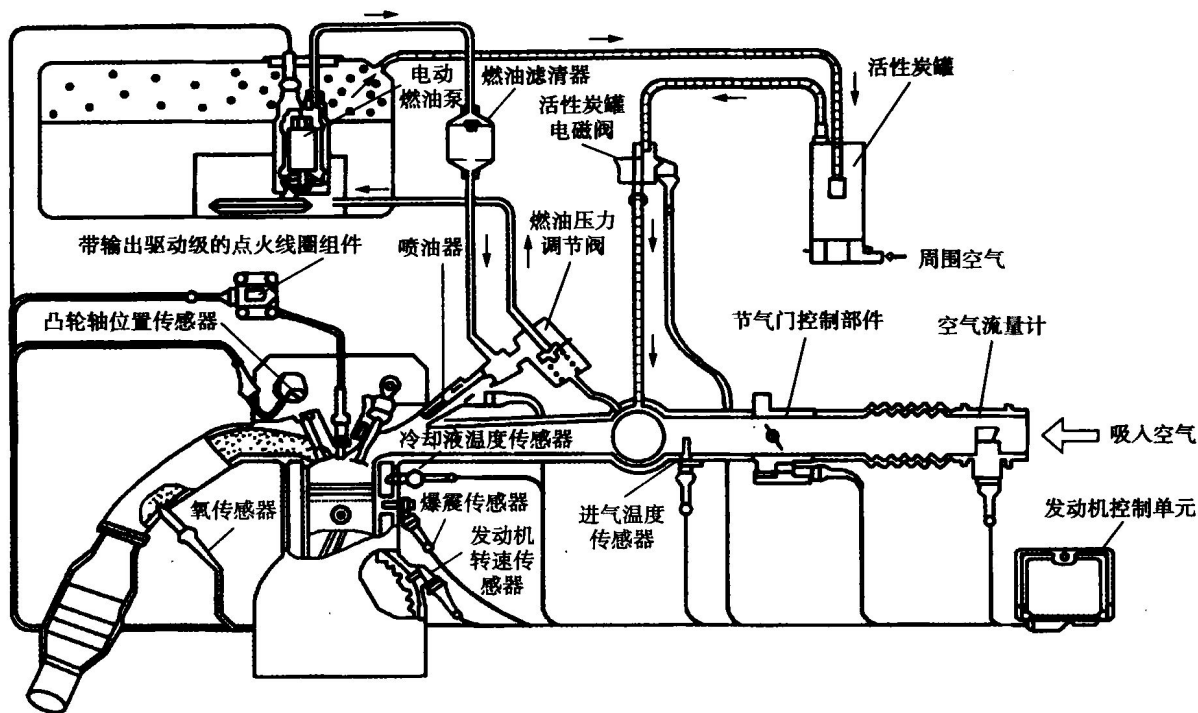


图1-4 汽油发动机电控系统组成

最基本的功用是控制点火提前角。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，点火控制系统还具有通电时间控制和爆震控制功能。

#### 4. 排放控制系统

排放控制系统功用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，等等。

#### 5. 电子控制系统

发动机电子控制系统由传感器、电子控制单元（ECU）和执行器三部分组成，如图1-5所示。

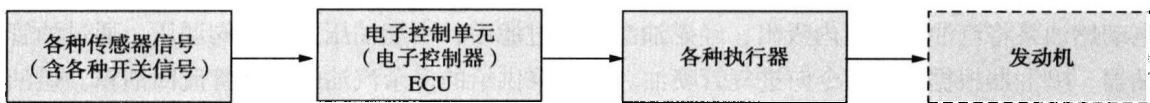


图1-5 发动机电子控制系统框图

传感器的功能是将发动机运行时的各种状态信息，由非电量信号转变为电信号输入电子控制单元。它包括各种传感器及一些开关信号。发动机电子控制系统采用的传感器主要有空气流量传感器（或进气歧管绝对压力传感器）、曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器、节气门位置传感器、冷却液温度传感器、进气温度传感器、车速传感器、开关信号（有制动开关、起动开关、动力转向开关等）。

电子控制单元常用缩写ECU（Electronic Control Unit）表示。有的制造厂商用缩写ECM（发动机控制模块）和PCM（动力控制模块、同时控制发动机和自动变速器）等表示，它的作用是接收来自各种