

高等职业院校国家技能型紧缺人才培养培训工程规划教材
· 汽车运用与维修专业



电子·教育

汽车发动机 电控技术与检修

张发龙 主编 熊少华 张真忠 副主编 李贤彬 主审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等职业院校国家技能型紧缺人才培养培训工程规划教材·汽车运用与维修专业

汽车发动机 电控技术与检修

张发龙 主编

熊少华 张真忠 副主编

李贤彬 主 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书较系统地介绍了汽车用汽、柴油发动机电控系统的结构、原理、故障诊断和维修技术。全书共分7章,内容包括发动机电控系统概述、汽油机燃油喷射系统、汽油机电控点火系统、汽油机辅助控制系统、汽油机电控系统的使用维护与故障检测、柴油机电控技术以及国内外常见汽车发动机电控系统检修。

本书内容翔实、由浅入深、通俗易懂,适合作为高等职业院校汽车运用与维修、汽车电子技术、汽车运用技术、汽车运用工程等专业配套教材,也可作为相关行业岗位培训或自学用书,同时可供汽车维修人员学习参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机电控技术与检修/张发龙主编. —北京:电子工业出版社, 2007.8
高等职业院校国家技能型紧缺人才培养培训工程规划教材·汽车运用与维修专业
ISBN 978-7-121-04812-8

I. 汽… II. 张… III. 汽车—发动机—电气控制—车辆修理—高等学校:技术学校—教材 IV. U464

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第119903号

策划编辑:程超群

责任编辑:宋兆武

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:涿州市桃园装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:18.5 字数:470千字

印 次:2007年8月第1次印刷

印 数:5000册 定价:25.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

出版说明

高等职业教育是我国高等教育体系的重要组成部分,也是我国职业教育体系的重要组成部分。社会需求是职业教育发展的最大动力。根据劳动市场技能型人才的紧缺状况和相关行业人员资源需求预测,教育部会同劳动和社会保障部、国防科工委、信息产业部、交通部、卫生部启动了“职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程”,明确了高等职业教育的根本任务是要从劳动力市场的实际需要出发,坚持以就业为导向,以全面素质为基础,以能力为本位,把提高学生的职业能力放在突出的位置,加强实践教学,努力造就数以千万计的制造业和现代服务业一线迫切需要的高素质技能型人才,并且优先确定了“数控技术应用”、“计算机应用与软件技术”、“汽车运用与维修”、“护理”等4个专业领域,在全国选择确定200多所高职院校作为承担技能型紧缺人才培养培训工程示范性院校,其中计算机应用与软件技术专业79所,软件示范性高职院校35所,数控技术应用专业90所,汽车运用与维修专业63所。为加快实施技能型人才培养培训工程,教育部决定,在3~5年内,高职院校学制要由3年逐步改为2年。

为了适应高等职业教育发展与改革的新形势,电子工业出版社在国家教育部、信息产业部有关司局的支持、指导和帮助下,进行了调研,探索出版符合高等职业教育教学模式、教学方法、学制改革的新教材的路子,并于2004年4月3日至13日在南京分别召开了“计算机应用与软件技术”、“数控技术应用”、“汽车运用与维修”3个专业的教材研讨会。参加会议的150多名骨干教师来自全国100多所高职院校,很多教师是双师型的教师,具有丰富的教学经验和实践经验。会议根据教育部制定的3个专业的高职两年制培养建议方案,确定了主干课程和基础课程共60个选题,其中,“计算机应用与软件技术专业”30个,“数控技术应用专业”12个,“汽车运用与维修专业”18个。

这批教材的编写指导思想是以两年制高等职业教育技能型人才为培养目标,明确职业岗位对专业核心能力和一般专业能力的要求,重点培养学生的技术运用能力和岗位工作能力,并围绕核心能力的培养形成系列课程链路。教材编写注重技能性、实用性,加强实验、实训、实习等实践环节。教材的编写内容和学时数较以往教材有根本的变化,不但对教材内容系统地进行了精选、优化和压缩,而且适当考虑了相应的职业资格证书的课程内容,有利于学生在获得学历证书的同时,顺利获得相应的职业资格证书,增强学生的就业竞争能力。为了突出教学效果,这批教材将配备电子教案,重点教材将配备多媒体课件。

这批教材按照两年制高职教学计划编写。第一学期教学所用的基础教材将于2004年9月前出版。第二学期及之后的教材大部分将于2004年12月前出版。这批教材是伴随着高等职业教育的改革与发展而问世的,可满足当前两年制高等职业教育教学的需求,教材所存在的一些不尽如人意之处,将在今后的教学实践中不断修订、完善和充实。我们将在教育部和信息产业部的指导和帮助下,一如既往地依靠业内专家,与科研、教学、产业第一线人员紧密结合,加强合作,与时俱进,不断开拓,为高等职业教育提供优质的教学资源和服务。

电子工业出版社
高等职业教育教材事业部
2004年8月

前 言

中共中央、国务院《关于深化教育改革，全面推进素质教育的决定》中指出：“要大力发展高等职业教育。”教育部也在《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》中明确提出：“高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分，培养拥护党的基本路线，适应生产、建设、管理、服务第一线急需的，德、智、体、美等全面发展的高等技术应用性专门人才；学生应在具有必备的基础理论知识和专业知识的基础上，重点掌握从事本专业领域实际工作的基本能力和基本技能。”“教书育人，教材先行”，于是诚请了来自教学、生产第一线的教学经验丰富、实践能力强的专业骨干教师和专家，编写了汽车运用与维修专业领域技能型紧缺人才培养培训专业课程《汽车发动机电控技术与检修》。本书内容翔实、由浅入深、通俗易懂，以必需、够用为度，以针对性、实用性为大纲，以基本能力、基本技能培养为重点，是体现以能力为本位的高职高专教育的特色教材。

本书由云南交通职业技术学院张发龙担任主编，湖南生物机电职业技术学院熊少华和承德石油高等专科学校张真忠担任副主编。其中，云南交通职业技术学院张发龙编写了第2章和第7章；湖南生物机电职业技术学院熊少华编写了第1章和第5章；承德石油高等专科学校张真忠编写了第6章；河南机电高等专科学校张松青编写了第3章；河北师范大学职业技术学院邢世凯编写了第4章。康明斯 ISBe 和 ISC 系列发动机电控系统检修部分的编写得到了康明斯西南培训中心的大力协助。在此，对支持本书编写工作的全体同仁表示感谢，同时对本书参考文献的作者表示诚挚的谢意。

本书由邢台职业技术学院李贤彬担任主审。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，竭诚欢迎使用本教材的师生和读者批评指正，交流探讨。

编 者

2007年4月

目 录

第 1 章 发动机电控系统概述	(1)
1.1 发动机电控技术的发展	(1)
1.1.1 电控技术在发动机上的应用	(1)
1.1.2 汽油机电控技术的发展	(2)
1.1.3 柴油机电控技术的发展	(3)
1.2 发动机电控燃油喷射系统的分类及主要控制内容	(4)
1.2.1 发动机电控燃油喷射系统的分类	(4)
1.2.2 发动机电控燃油喷射系统的主要控制内容	(8)
1.3 发动机电控系统的基本组成及工作原理	(10)
1.3.1 信号输入装置及输入信号	(10)
1.3.2 电子控制单元 (ECU) 的功能与组成	(11)
1.3.3 执行器	(14)
习题 1	(14)
第 2 章 汽油机电控燃油喷射系统	(15)
2.1 汽油机电控燃油喷射系统的组成与工作原理	(15)
2.1.1 汽油机电控燃油喷射系统的组成	(15)
2.1.2 汽油机电控燃油喷射系统的工作原理	(18)
2.2 空气供给系统主要部件的结构、原理及检修	(18)
2.2.1 空气供给系统的组成	(18)
2.2.2 节气门体	(19)
2.2.3 进气管	(22)
2.2.4 怠速控制部件	(22)
2.3 燃油供给系统主要部件的结构、原理及检修	(25)
2.3.1 电动汽油泵	(25)
2.3.2 燃油分配管与汽油压力调节器	(33)
2.3.3 燃油滤清器及脉动阻尼器	(35)
2.3.4 喷油器	(37)
2.3.5 冷起动喷油器及其温控开关	(42)
2.4 电子控制系统主要部件的结构、原理及检修	(45)
2.4.1 空气流量计	(45)
2.4.2 进气压力传感器	(52)
2.4.3 节气门位置传感器	(56)
2.4.4 发动机转速与曲轴位置传感器	(60)
2.4.5 温度传感器	(68)
2.4.6 车速传感器	(72)
2.4.7 可变电阻器	(74)

习题 2	(77)
第 3 章 汽油机电控点火系统	(78)
3.1 汽油机电控点火系统的组成与控制原理	(79)
3.1.1 汽油机电控点火系统的组成	(79)
3.1.2 汽油机电控点火系统的控制原理	(80)
3.1.3 点火提前角的控制	(80)
3.1.4 通电时间控制	(83)
3.1.5 爆燃控制	(83)
3.2 汽油机电控点火系统主要部件的结构与工作原理	(84)
3.2.1 点火线圈	(84)
3.2.2 点火控制器	(85)
3.2.3 信号发生器	(85)
3.3 无分电器电控点火系统	(87)
3.3.1 DLI 方式	(88)
3.3.2 DIS 方式	(90)
3.4 电控点火系统的故障诊断与维修	(91)
3.4.1 电控点火系统的故障诊断	(91)
3.4.2 曲轴位置传感器的检测	(92)
3.4.3 点火线圈的检测	(93)
3.4.4 点火器的检测	(93)
3.4.5 点火正时检测	(94)
习题 3	(95)
第 4 章 汽油机辅助控制系统	(96)
4.1 怠速控制系统及其故障检修	(96)
4.1.1 怠速控制系统的组成与控制原理	(96)
4.1.2 怠速控制过程	(97)
4.1.3 怠速控制电路	(99)
4.1.4 怠速控制系统的故障诊断与维修	(100)
4.2 排放控制系统及其故障检修	(102)
4.2.1 三元催化转换器、氧传感器与闭环控制	(102)
4.2.2 废气再循环控制系统的结构、原理及检修	(107)
4.2.3 活性炭罐汽油蒸发污染控制系统的结构、原理及检修	(109)
4.3 进气控制系统及其故障检测	(110)
4.3.1 进气惯性增压控制系统	(110)
4.3.2 动力阀控制系统	(113)
4.3.3 可变气门正时和升程电子控制技术	(114)
4.3.4 巡航控制及电控节气门系统	(117)
4.4 故障自诊断与失效保护、备用系统	(123)
4.4.1 故障自诊断系统	(123)

4.4.2 失效保护和备用系统	(126)
习题 4	(128)
第 5 章 汽油机电控系统的使用维护与故障检测	(130)
5.1 电控发动机的使用维护和故障检测方法	(130)
5.1.1 电控发动机的使用维护注意事项	(130)
5.1.2 电控发动机故障检测基本方法	(131)
5.1.3 电控发动机的维护	(140)
5.2 电控发动机检测诊断仪器与数据分析	(142)
5.2.1 汽车专用数字表功能及使用简介	(143)
5.2.2 汽车电脑故障诊断检测仪功能及使用简介	(146)
5.2.3 示波器功能及使用简介	(159)
5.2.4 发动机尾气分析仪的功能及使用简介	(160)
5.2.5 发动机综合性能检测仪的功能及使用简介	(161)
5.3 电控发动机常见故障分析与排除	(163)
5.3.1 发动机难以起动或不能起动	(163)
5.3.2 发动机怠速不良或熄火	(164)
5.3.3 发动机加速不良	(164)
5.3.4 发动机失速	(165)
5.3.5 发动机点火不正常	(165)
5.3.6 发动机油耗过大	(166)
习题 5	(167)
第 6 章 柴油机电控技术	(168)
6.1 柴油机电控燃油喷射系统的组成与工作原理	(168)
6.1.1 柴油机电控系统的组成	(168)
6.1.2 柴油机电控系统的基本工作原理	(170)
6.2 柴油机供油量控制	(172)
6.2.1 电控分配泵供油量的控制	(173)
6.2.2 电控柱塞泵供油量控制	(174)
6.3 柴油机供油正时控制	(175)
6.3.1 电控分配泵供油正时的控制	(175)
6.3.2 电控柱塞泵供油正时的控制	(175)
6.4 柴油机共轨技术	(176)
6.4.1 柴油机共轨燃油喷射系统的组成与工作原理	(177)
6.4.2 柴油机共轨燃油喷射系统主要部件的结构与原理	(178)
习题 6	(187)
第 7 章 常见汽车发动机电控系统 with 检修	(188)
7.1 常见汽油发动机电控系统 with 检修	(188)
7.1.1 凌志 LS400 型轿车发动机电控系统 with 检修	(188)
7.1.2 桑塔纳 2000 型轿车发动机电控系统 with 检修	(209)
7.1.3 上海-通用 GM BUICK 轿车发动机电控系统 with 检修	(220)

7.1.4 广州本田雅阁轿车发动机电控系统 with 检修	(228)
7.1.5 福特轿车 X 型和 U 型发动机电控系统 with 检修	(243)
7.2 常见柴油发动机电控系统 with 检修	(247)
7.2.1 康明斯 ISBe 和 ISC 系列发动机电控系统 with 检修	(247)
7.2.2 捷达轿车 SDI 发动机电控系统 with 检修	(255)
习题 7	(263)
附录 A OBD-Ⅱ 自我诊断简介	(264)
附录 B 常见汽车自诊断插座位置及接脚注解	(269)
附录 C 汽车常用英文缩写	(276)
附录 D ECU 端子符号含义	(281)
参考文献	(283)

第 1 章 发动机电控系统概述

1.1 发动机电控技术的发展

汽车是当今社会最重要的交通工具之一。随着新兴科技领域的不断创新，尤其是计算机、电子控制技术、人工智能、生物工程、网络通信等高新技术的迅速发展，对汽车工业的发展产生了巨大的影响和渗透。汽车产业的快速发展也使相关产业从中得到了巨大的收益。

从 20 世纪 90 年代开始，汽车已步入了一个全新的电子时代，电子技术在现代汽车上的应用越来越广泛，汽车电子化程度越来越高。发动机的电子控制不仅从单一项目的控制发展到多项复合集中控制，而且覆盖汽油机、柴油机及近年来刚刚出现的混合动力等各种发动机。

当然，汽车的发展也带来了一些负面影响，如随着汽车保有量的增加，交通条件、安全、环境污染便成了日益严重的问题。汽车的安全、环保和节能是当今汽车技术发展的主要方向，而解决环保和节能两大难题是现代发动机的主要目标。

1.1.1 电控技术在发动机上的应用

随着电子技术的飞速发展，运用在现代汽车中的新技术、新装置层出不穷。这些新型装置由品种繁多的传感器、电子控制单元（ECU）、微处理器、存储器、I/O 接口、执行器、显示器和设计软件集合而成，可完成极其复杂的多元控制过程，以满足汽车技术性能要求。目前，在现代汽车发动机上，集中控制系统的应用最为广泛。在集中控制系统中，各种不同控制系统的传感器很多可以通用，控制功能集中，大大简化了系统结构，降低了生产成本，提高了控制效率。集中控制系统在不同形式的发动机上，其控制项目和组合形式各有异同，如大多数发动机点火控制均由发动机 ECU 统一控制，但有的发动机则单独由点火 ECU 控制，大多数发动机怠速控制是由发动机 ECU 控制，但有的发动机则将定速/怠速/加速控制共同由一个 ECU 控制。表 1.1 为发动机上应用较多的电子控制系统。

表 1.1 发动机电子控制系统

汽油机 电控 系统	电控汽油喷射（EFI）	喷油量
		喷射定时
		汽油停供
		汽油泵
	电控点火装置（ESA）	点火时刻
		通电时间
		爆震防止
	怠速控制（ISC）	

续表

汽油机电控系统	排放控制	EGR 废气再循环
		氧传感器及三元催化
		二次空气喷射
		活性炭罐电磁阀控制
	进气控制	空气引导通路切断
		旋涡控制阀
	增压控制	
	警告提示	涡轮指示灯
		催化剂过热报警
柴油机电控系统	燃油喷射控制	
		喷油量控制
		喷油正时控制
	怠速控制	喷油压力控制
	进气控制	
	增压控制	
	排放控制	
	起动控制	
	故障自诊断与失效保护	

上述各控制系统既独立地执行相应的控制功能，相互间又紧密地联系，快速地交换大量信息资料。所以发动机电子控制系统是一个非常复杂的综合控制系统，其配线也相当复杂。近年来汽车上已经开始应用 CAN 总线代替传统配线，它仅用一根光纤导线就可使信息交换迅速进行，其传递速度高，信息量大，并可同时提供与所有系统相关的许多信息，配线得到大大简化。

1.1.2 汽油机电控技术的发展

汽油喷射技术早在 20 世纪 30 年代已应用于航空发动机上，二次世界大战后，汽油喷射技术逐渐应用到汽车发动机上。

20 世纪 60 年代，由德国波许（BOSCH）公司成功研制了 K-Jetronic 机械式汽油喷射系统，后来，在 K-Jetronic 系统的基础上，经改进成为 KE-Jetronic 机电式汽油喷射系统。

1957 年，德国波许公司研制开发了 D 型电子控制汽油喷射系统，开创了汽油喷射电子控制的新时代。

20 世纪 70 年代，德国波许公司在 D 型电子控制汽油喷射系统的基础上，又相继开发了 L 型电子控制汽油喷射系统和 LH 型电子控制汽油喷射系统。

20 世纪 70 年代，美国通用（GM）汽车公司采用了集成电路（IC）点火装置和高能点火（HEI）系统，并在分电器内装上点火控制线路，使点火系统成为一体。

1976年美国克莱斯勒汽车公司首创电子控制点火系统。系统中使用了模拟计算机,根据输入的空气温度、进气温度、水温、转速和负荷,计算出最佳点火时刻。1977年通用公司开始使用数字点火时刻控制系统。同年,福特公司将这种发动机上的电子控制系统扩展到同时控制废气再循环和二次空气喷射上。

1979年,德国波许公司开始生产集中电子点火和电控汽油喷射系统于一体的 Motronic 发动机集中控制系统。与此同时,美国和日本各大汽车公司也相继开发出与各自车型配套的电控发动机汽油喷射系统。

为了将电子控制汽油喷射系统进一步推广到普通轿车及轻型载货车上。1980年,美国通用公司首先研制成功一种结构简单、价格便宜的 TBI 节气门体喷射系统。1983年,德国波许公司又研制出 Mono 型单点喷射系统。

1.1.3 柴油机电控技术的发展

随着石油危机的出现和汽车排放对大气污染的日趋严重,世界各国纷纷制定更严格的法规,要求柴油机的排放必须低于法规数值。对于柴油机的燃油装置来说,仅仅根据发动机转速控制喷油量和喷油时间的机械式燃油系统已经远远不能满足要求了。新的要求需要根据实时转速和实际负荷进行特殊形式的控制,或者根据温度、进气压力、运行状态等进行综合控制。

电子控制技术在满足柴油机排放法规、进一步提高燃油经济性、提高安全驾驶性能等社会要求的背景下,从20世纪80年代开始,先后被各汽车生产厂家用来控制喷油定时和喷油量,到目前为止已经经历了三代变化。

第一代:凸轮压油、位置控制。

位置控制系统的特点是不仅保留了传统的喷油泵-高压油管-喷油器系统,而且还保留了喷油泵中齿条、齿圈、滑套、柱塞上控油螺旋槽等控制油量的传动机构,只是对齿条或滑套的运动位置,由原来的机械调速器控制改为电子控制,使控制精度和响应速度得以提高。柴油机的结构几乎无须改动,故生产继承性好,便于对现有机器进行升级改造。其缺点是控制自由度小,控制精度差,喷油率和喷油压力难于控制,而且不能改变传统喷射系统固有的喷射特性,也很难大幅度地提高喷射压力。

第二代:凸轮压油、时间控制。

时间控制系统是利用高速电磁阀直接控制高压燃油的喷射,喷油始点取决于电磁阀关闭时刻,喷油量则取决于电磁阀关闭时间的长短。这样既可实现喷油量控制又可实现喷油定时的控制,其供油加压与供油调节在结构上就互相独立,使得传统的喷油泵结构得以简化,强度得以提高,而且传统喷油泵中的齿圈、滑套、柱塞上的斜槽、提前器、齿杆等可全部取消,喷油泵的设计自由度提高,高压喷油能力大大加强,控制自由度增大。但是这种喷油系统喷油压力依旧利用脉动柱塞供油,因此其对转速的依赖性很大。在低速、低负荷时,其喷油压力不高,而且很难实现多次喷射,极不利于降低柴油机的噪声和振动。

第三代:共轨蓄压、电磁阀时间控制。

电控共轨式喷油系统是20世纪90年代中期开发应用的一种新型柴油机电控喷油技术。它摒弃了以往传统使用的泵-管-嘴脉动供油的形式,代之用一个高压油泵在柴油机的驱动下,以一定的速率连续将高压燃油输送到共轨内,高压燃油再由共轨送入各缸喷油器。在这里,高压油泵并不直接控制喷油,而仅仅是向共轨供油以维持所需的共轨油压,并通过连续调节

共轨油压来控制喷射压力,采用压力-时间式燃油计量原理,用高速电磁阀控制喷射过程,喷射压力、喷油量及喷油定时由电控单元(ECU)灵活控制。这种系统具有以下优点。

- ① 可实现高压喷射,喷射压力可比一般直列泵系统高出一倍,最高可达 200MPa。
- ② 喷射压力独立于发动机转速,可以改善发动机低速、低负荷性能。
- ③ 可以实现预喷射,调节喷油速率形状,实现理想喷油规律。
- ④ 喷油定时和喷油量可自由选定。
- ⑤ 具有良好的喷射特性,可优化燃烧过程,使发动机油耗、烟度、噪声及排放等性能指标得到明显改善,并有利于改进发动机转矩特性。
- ⑥ 结构简单,可靠性好,适应性强,能与小型、中型及重型柴油机匹配,可在所有新老发动机上应用,市场范围很大。

目前国外已开发出许多共轨喷油系统,其中比较典型的有:

- ① 美国 BKM 公司的 servojet 系统,这是一种典型的中压共轨式电控燃油喷射系统;
- ② 美国 Caterpillar 公司的 HEUI 系统,属于共轨液压式喷油系统,也属于中压共轨;
- ③ 日本电装公司的 ECD-U2 高压共轨式喷油系统;
- ④ 德国波许公司的高压共轨式喷油系统。

随着电控技术的采用,柴油机的面貌大为改观,电控系统响应快、控制精度高、控制策略灵活,不仅提高了发动机的工作可靠性,改善了排放,而且使柴油机原有的经济性好的优点更加突出,人们对柴油机所提出的种种苛刻要求也逐步得以满足。相信不久的将来,柴油机电控应用的鼎盛时期就会到来。

1.2 发动机电控燃油喷射系统的分类及主要控制内容

1.2.1 发动机电控燃油喷射系统的分类

燃油喷射系统的分类方法很多,主要按以下几种方式分类。

1. 按喷射位置的不同分类

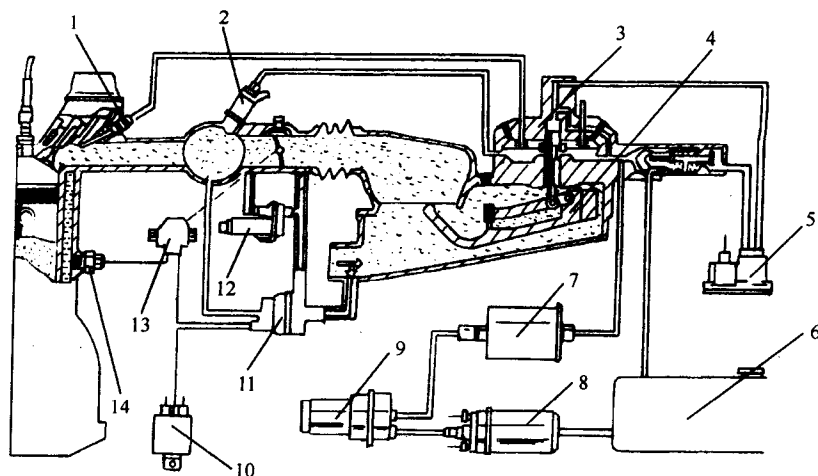
(1) 缸内直接喷射式。该喷射方式是将汽油直接喷射到汽缸内。因喷油器直接安装在发动机缸盖上,其本身必须能够承受燃气产生的高温、高压,且受到发动机结构制约,故这种形式采用较少。

(2) 进气管喷射。该喷射方式是目前普遍采用的喷射方式。根据喷油器和安装位置的不同又可分为两种:一种是在进气管的集合部有 1~2 个喷油器的单点节气门体喷射方式,也称为单点喷射方式;另一种是在各个汽缸的进气歧管上各安装有一个喷油器的多点喷射方式。对于节气门体喷射,由于采用的喷油器少,易于实现计算机控制,成本比多点喷射方式低,但存在各缸燃料分配不均和供油滞后等缺点。与缸内喷射比较,喷油器不受缸内高温、高压的直接影响,喷油器的设计和发动机结构的改动都简单些。

2. 按喷射控制装置的形式不同分类

(1) 机械式。机械式汽油喷射系统早在 20 世纪 50 年代起就运用于汽车上,其空气计量板与汽油分配压差阀组合在一起。空气计量板检测空气流量的大小后,靠连接杆传动,操纵

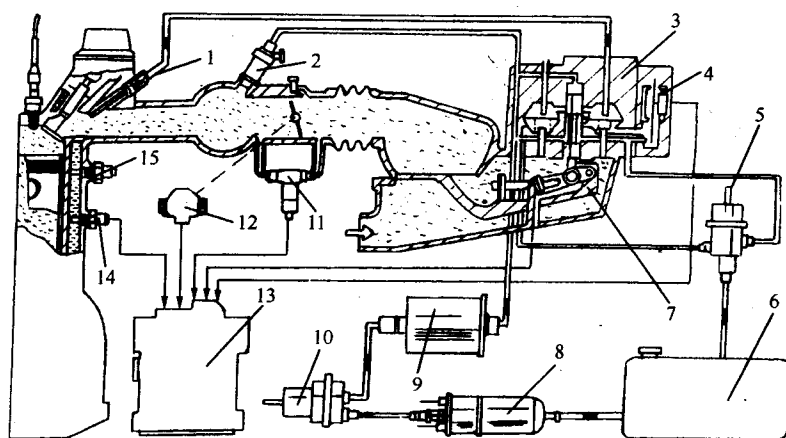
汽油分配压差阀的柱塞动作，以汽油计量槽开度的大小控制喷油量，以达到控制混合气空燃比的目的，如图 1.1 所示。



1—喷油器；2—冷起动喷油器；3—汽油分配压差阀；4—空气计量板；5—暖机调节器；6—油箱；7—燃油滤清器；8—电动燃油泵；9—蓄压器；10—速度继电器；11—最高速度切断器；12—辅助空气阀；13—节气门位置开关；14—热限时开关

图 1.1 机械式汽油喷射系统

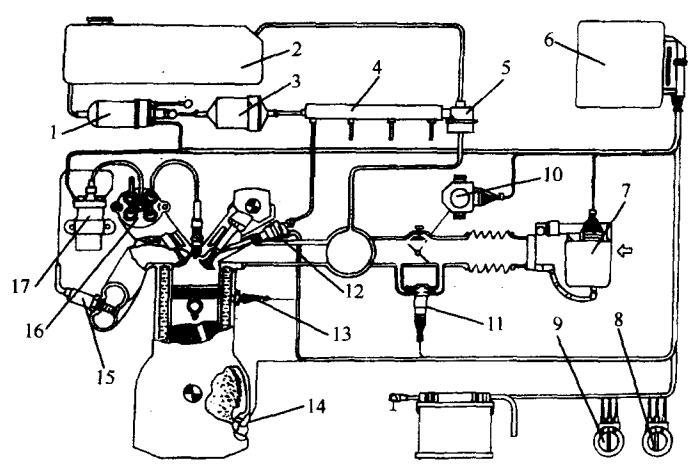
(2) 机电一体混合控制式。机电一体混合控制式汽油喷射系统是在机械式汽油喷射系统的基础上加以改进的产品，它与机械式汽油喷射系统的主要区别在于：在汽油分配压差阀上安装了一个由计算机控制的电液式压差调节器。ECU 根据水温、节气门位置等传感器的输入信号控制电液式压差调节器动作，通过改变汽油分配压差阀汽油计量槽进出口油压差，以调节汽油供给量，达到对不同工况混合气空燃比修正的目的，如图 1.2 所示。



1—喷油器；2—冷起动喷油器；3—汽油分配压差阀；4—电液式压差调节器；5—油压调节器；6—油箱；7—混合控制器；8—电动燃油泵；9—燃油滤清器；10—蓄压器；11—怠速空气调节器；12—节气门位置开关；13—电控单元；14—温度传感器；15—热限时开关

图 1.2 机电一体混合控制式汽油喷射系统

(3) 电子控制式。电子控制式汽油喷射系统在 20 世纪 60~70 年代大多只控制汽油喷射，80 年代开始与点火控制一起构成发动机电子集成控制系统。它根据各种传感器送至 ECU 的发动机运行状况的信号，由 ECU 运算后，发出控制喷油量和点火时刻等多种指令，实现了多种机能的控制，如图 1.3 所示。



1—电动燃油泵；2—油箱；3—燃油滤清器；4—油轨；5—油压调节器；6—电控单元；7—空气流量计；8—空调开关；9—点火开关；10—节气门位置传感器；11—怠速控制阀；12—喷油器；13—温度传感器；14—曲轴位置传感器；15—氧传感器；16—分电器；17—点火线圈

图 1.3 电子控制式汽油喷射系统

3. 按燃油的喷射方式不同分类

按燃油的喷射方式不同分类如图 1.4 所示。

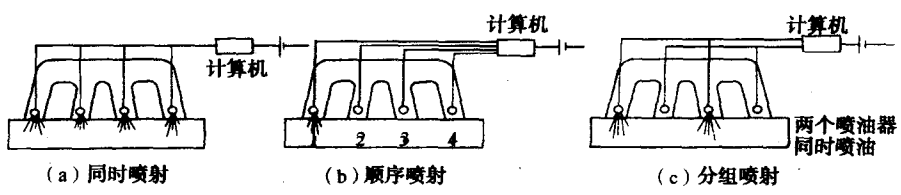


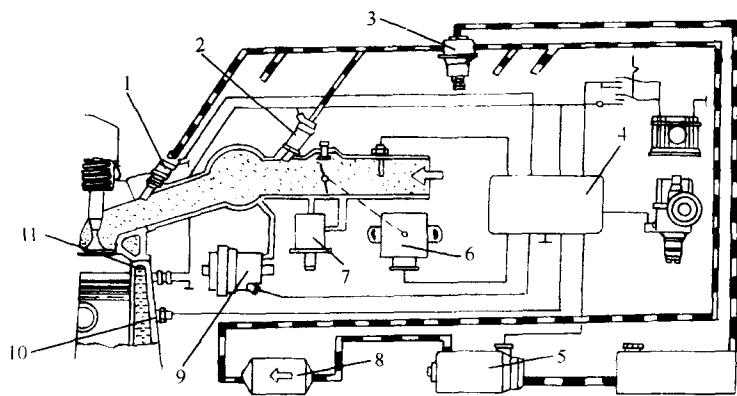
图 1.4 喷油器喷射方式

- (1) 同时喷射式（连续喷射式）。同时喷射是指发动机在运行期间，各缸喷油器同时开启同时关闭，由计算机的同一个喷油指令控制所有的喷油器同时工作。
- (2) 顺序喷射式。顺序喷射式是指喷油器按发动机各缸进气行程的顺序轮流喷射，它具有喷射正时，由计算机根据曲轴位置传感器提供的信号，辨识各缸的进气行程，适时发出各缸的喷油脉冲信号，以实现顺序喷射的功能。
- (3) 分组喷射式。分组喷射式是将喷油器分成两组交替喷射，计算机发出两路指令，每路指令控制一组喷油器。

4. 按空气流量的测量方式分类

- (1) 速度密度控制法（EFI-D 型系统）。它是通过检测进气歧管的压力（真空度）和发动

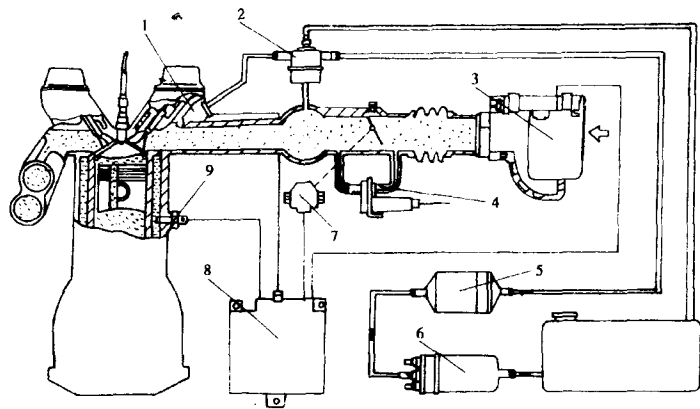
机的转速，推算发动机吸入的空气量，以计算燃油流量。EFI-D 型系统是最早的、典型的多点压力感应式喷射系统。由于空气在进气管内的压力波动，该方法的测量精度稍低，其系统组成如图 1.5 所示。



1—喷油器；2—冷启动喷油器；3—油压调节器；4—电控单元；5—电动汽油泵；6—节气门位置传感器；7—怠速控制阀；8—汽油滤清器；9—进气歧管压力传感器；10—水温传感器；11—冷启动喷油器温度控制开关

图 1.5 EFI-D 型电控汽油喷射系统

(2) 质量流量控制法 (EFI-L 型系统)。采用这种方法计量空气的电控汽油喷射系统，是直接测量进入汽缸内空气的质量，将该空气的质量转换成电信号，输送给 ECU，由 ECU 根据空气的质量计算出与之相适应的喷油量，以控制混合气的空燃比在最佳值。目前常用的空气流量计有叶片式、卡门旋涡式和热线式等。其测量的准确程度高于 D 型，故可更精确地控制空燃比，如图 1.6 所示。



1—喷油器；2—油压调节器；3—空气流量计；4—怠速控制阀；5—汽油滤清器；6—电动汽油泵；7—节气门位置传感器；8—电控单元；9—水温传感器

图 1.6 EFI-L 型电控汽油喷射系统

(3) 节流速度控制法。节流速度控制法是利用节流阀的开度和发动机转速，推算每一循环吸入发动机的空气量，根据推算的空气量，计算汽油喷射量。由于是直接测量节流阀开度的角位移，所以过渡响应性能好，它在竞赛汽车中得到应用，有些 Moto（单点喷射）系统也采用了该方式。但是，由于吸入的空气量与节气门开度和发动机转速是复杂的函数关系，所以不容易准确测定吸入的空气量。

1.2.2 发动机电控燃油喷射系统的主要控制内容

发动机电子控制应用非常普遍,它可以实现低油耗、低污染,减小动力传递系统的冲击,减轻驾驶员的疲劳,提高汽车的动力性、经济性和舒适性。柴油机电子控制的内容将在有关章节具体介绍,现介绍目前汽油机上常用的电子控制装置及控制内容。

1. 电控燃油喷射 (EFI)

电控燃油喷射装置的控制主要包括喷油量、喷油正时、燃油停供及燃油泵等方面。

(1) 喷油量控制。电子控制单元 (ECU) 将发动机转速和负荷信号作为主控信号,确定基本喷油量 (喷油电磁阀开启的时间长短),并根据其他有关输入信号加以修正,最后确定总喷油量。

(2) 喷油正时控制。在电控燃油喷射系统中,当采用与发动机转动同步的顺序独立喷射方式时,ECU 不仅要控制喷油量,还要根据发动机各缸的点火顺序,将喷油时刻控制在一个最佳的时刻。

(3) 减速断油及限速断油控制。

① 减速断油控制。汽车行驶中,驾驶员快速松开加速踏板时,ECU 将会切断燃油喷射控制电路,停止喷油,以降低减速时 HC 和 CO 的排放量。当发动机转速下降至一特定转速时,又恢复供油。

② 限速断油控制。发动机加速时,发动机转速超过安全转速或汽车车速超过设定的最高车速,ECU 将会在临界转速时切断燃油喷射控制电路,停止喷油,防止超速。

(4) 燃油泵控制。当接通点火开关后,ECU 将控制燃油泵工作 2~3s,以建立必需的油压,此时若不起动发动机,ECU 将切断燃油泵控制电路,燃油泵停止工作。在发动机起动过程和运转过程中,ECU 控制燃油泵保持正常运转。

2. 电控点火装置 (ESA)

电控点火装置的控制主要包括点火提前角、闭合角及爆震控制等方面。

(1) 点火提前角控制。在 ECU 中,首先存储记忆发动机在各种工况及运行条件下最理想的点火提前角。发动机运转时,ECU 根据发动机的转速和负荷信号,确定基本点火提前角,并根据其他有关信号进行修正,最后确定点火提前角,并向电子点火控制器输出点火指示信号,以控制点火系的工作。

(2) 闭合角与恒流控制。为了保证点火线圈初级电路有足够大的断开电流,以产生足够高的次级电压,同时也要防止通电时间过长使点火线圈过热而损坏,ECU 可根据蓄电池电压及转速等信号,控制点火线圈初级电路的通电时间。在高压点火装置中,还增加了恒流控制电路,以使初级电流在极短的时间内迅速增大到额定值,减小转速对次级电压的影响,改善点火特性。

(3) 爆震控制。当 ECU 收到爆震传感器输出的信号后,ECU 对信号进行滤波处理并判断有无爆震,在检测到爆震时,立即把点火提前角滞后,以免爆震的发生;在无爆震时,则将点火时刻提前。

3. 怠速控制 (ISC)

发动机怠速运行时,如果空调压缩机工作、变速器挂入挡位、发动机负荷加大等状况使