



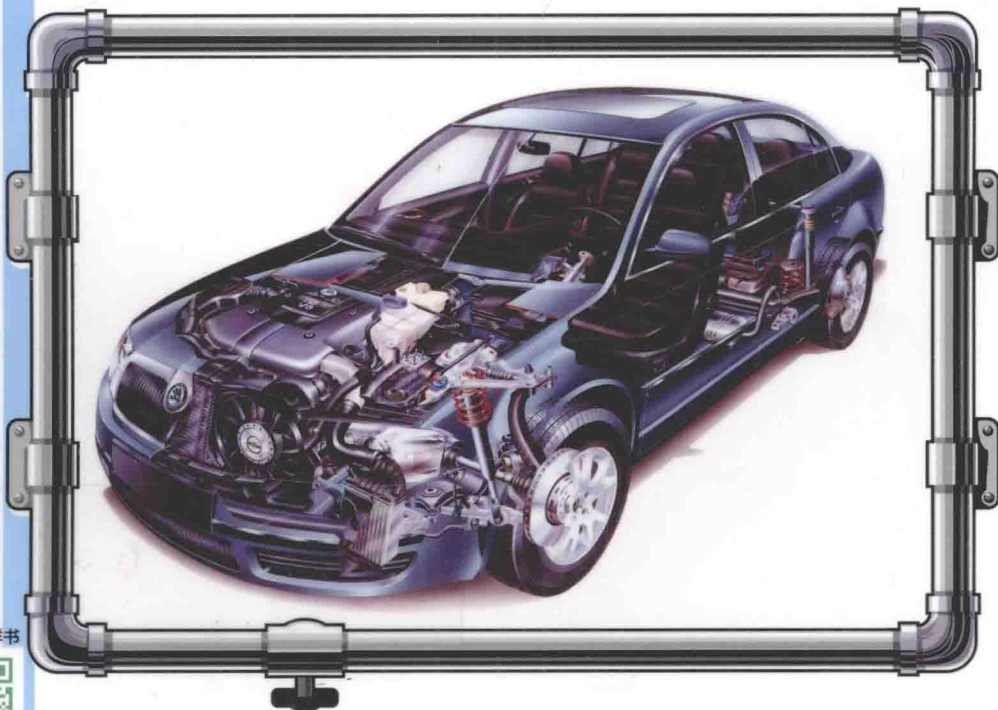
“十二五”江苏省高等学校重点教材



21世纪全国高等院校汽车类**创新型**应用人才培养规划教材
汽车专业模块化系列教材

汽车发动机管理系统

贝绍轶 主 编



教材预览、申请样书



微信公众号: pup6book



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS



“十二五”江苏省高等学校重点教材（编号：2015 - 2 - 037）

21 世纪全国高等院校汽车类创新型应用人才培养规划教材
汽车专业模块化系列教材

汽车发动机管理系统

主 编 贝绍轶

副主编 倪 彰 王奎洋

主 审 鲁植雄



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

汽车专业模块化系列教材借鉴德国高等学校汽车专业课程体系及德国手工业协会教材特色,从工程应用的角度出发,集结构、原理、故障诊断为一体,彰显专业理论知识的系统性、整体性和科学性。本书主要介绍了汽车发动机管理系统的控制原理、检测及故障诊断方法等。全书共分5章,分别为电控汽油发动机管理系统、燃油直喷汽油发动机管理系统、电控柴油发动机管理系统、发动机防盗系统、混合动力汽车动力系统的结构与原理。本书内容丰富全面,图文并茂,实用性强。

本书可作为高等学校汽车服务工程、车辆工程、交通运输及相关专业的本科生教材,亦可供汽车服务企业技术人员、管理人员及汽车爱好者阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机管理系统/贝绍铁主编. —北京: 北京大学出版社, 2016. 6

(21世纪全国高等院校汽车类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-27083-7

I. ①汽… II. ①贝… III. ①汽车—发动机—电气控制系统—高等学校—教材 IV. ①U464

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 084043 号

书 名 汽车发动机管理系统

QICHE FADONGJI GUANLI XITONG

著作责任者 贝绍铁 主编

策 划 编 辑 童君鑫

责 任 编 辑 李娉婷

标 准 书 号 ISBN 978-7-301-27083-7

出 版 发 行 北京大学出版社

地 址 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址 <http://www.pup.cn> 新浪微博: @北京大学出版社

电 子 信 箱 pup_6@163.com

电 话 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667

印 刷 者 北京大学印刷厂

经 销 者 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12 印张 276 千字

2016 年 6 月第 1 版 2016 年 6 月第 1 次印刷

定 价 28.00 元

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

举报电话: 010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

图书如有印装质量问题, 请与出版部联系, 电话: 010-62756370

前 言

汽车产业是我国国民经济发展支柱产业，连续 5 年产量和销量位居世界第一位，国内汽车年产量已超过 2000 万辆，且市场需求持续旺盛。汽车产业的迅猛发展需要大量的从事汽车后市场服务的高端人才。在此背景下，全国有 120 余所本科院校顺应汽车后市场人才需求热潮，纷纷开设汽车服务工程专业，为汽车后市场输送了大量的技术人才。但随着汽车高度电子化、智能化的发展趋势，汽车已发展成为集计算机技术、智能控制技术、光电传输技术、新工艺和新材料为一体的高科技载体，汽车新技术的不断涌现及检测、诊断仪器设备的智能化和自动化，使得汽车服务企业对人才知识、能力的要求日益提升。因此，编写系统性、整体性强的专业模块化系列教材，对培养具有工程实践能力和创新能力的应用型人才意义重大。

“他山之石，可以攻玉”。为满足社会对高端汽车服务业人才的迫切需求，编者借鉴德国高等学校汽车专业课程体系及德国手工业协会教材特色，集汽车各系统的构造、原理、故障诊断等知识于一体，与中外相关汽车服务行业专家共同制定了以“实践为主、学术并重”的模块化、本土化教材编写大纲及教材编写标准，并根据多年从事汽车服务工程专业的教学经验，编写了系列教材。

本系列教材包括《汽车底盘机械系统》《汽车底盘控制系统》《汽车发动机管理系统》《汽车发动机机械系统》《汽车车身控制系统》，其特色如下。

(1) 打破学科体系下的教材编写模式，将课程内容模块化，紧扣工程实际，从汽车的结构原理出发分析故障产生的机理、原因。

(2) 在内容结构顺序上先简述汽车各系统的构造和原理，再详细分析各系统故障诊断的思路、方法，并用经典故障案例加以佐证。

(3) 内容丰富全面，信息量大，图文并茂、技术先进、实用性强。

《汽车发动机管理系统》详细阐述了发动机管理系统的结构、工作原理及故障诊断方法等，主要内容为：电控汽油发动机管理系统的结构、工作原理及诊断方法；燃油直喷汽油发动机管理系统结构及工作原理；电控柴油发动机管理系统结构、原理；发动机防盗系统结构、原理及诊断方法等；混合动力汽车动力系统组成、结构及控制原理等，并以典型轿车为例，阐述了上述各系统控制原理及故障的具体诊断流程。

《汽车发动机管理系统》由江苏理工学院贝绍铁教授主编并统稿，江苏理工学院倪彰、王奎洋任副主编，施卫、杭卫星、陈卫兵参编，其中：第 1 章由王奎洋、施卫编写，第 2 章由杭卫星编写，第 3 章由倪彰、施卫编写，第 4 章由陈卫兵编写，第 5 章由倪彰编写。

《汽车发动机管理系统》由南京农业大学鲁植雄教授主审，鲁植雄教授仔细阅读了全书的原稿，并提出了许多建设性意见，在此表示最诚挚的谢意。

本系列教材在编写过程中得到了大众奥迪汽车 4S 站、宝马 4S 站等企业技术人员的大力支持；同时参考了部分企业内训材料和图书出版资料，谨此表示衷心的感谢和崇高的



敬意。

由于编者水平有限，加之经验不足，书中难免存在疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2015 年 12 月

目 录

第 1 章 电控汽油发动机管理系统	1
1.1 电控汽油喷射系统	2
1.1.1 电控汽油喷射系统概况	2
1.1.2 电控汽油喷射系统的 分类	2
1.1.3 电控汽油喷射系统的 组成与原理	6
1.1.4 电控汽油喷射系统的 控制原理	28
1.2 电控点火系统	31
1.2.1 电控点火系统概况	31
1.2.2 电控点火系统的组成 与原理	32
1.2.3 电控点火系统的控制 原理	34
1.3 辅助控制系统	42
1.3.1 进气控制系统	42
1.3.2 怠速控制系统	57
1.3.3 排放控制系统	63
1.3.4 故障自诊断系统	72
1.4 汽油发动机集中控制系统	77
1.4.1 发动机集中控制技术 概况	77
1.4.2 发动机集中控制系统 的组成	78
1.4.3 发动机的集中控制方式	80
习题	82
第 2 章 燃油直喷汽油发动机管理系统	83
2.1 燃油直喷汽油发动机概述	84
2.2 燃油直喷汽油发动机进气系统	84
2.3 燃油直喷汽油发动机燃油供给 系统	88
2.4 燃油直喷汽油发动机排放控制 系统	94
习题	99
第 3 章 电控柴油发动机管理系统 ...	100
3.1 共轨式喷油系统的结构原理	101
3.2 泵管嘴式喷油系统的结构原理 ...	105
3.3 泵喷嘴喷油系统的结构原理	112
3.4 柴油发动机辅助控制系统	115
3.4.1 柴油发动机废气涡轮 增压器的结构原理	115
3.4.2 柴油发动机废气再循环 系统	117
3.4.3 柴油发动机排放系统	118
3.4.4 柴油发动机预热装置	121
习题	123
第 4 章 发动机防盗系统	124
4.1 发动机防盗系统概述	125
4.2 发动机防盗系统的组成及 工作原理	125
4.2.1 发动机防盗系统的 组成	125
4.2.2 系统主要部件的结构 及工作原理	127
4.2.3 发动机防盗系统的工作 原理	127
4.3 典型发动机防盗系统	129
4.3.1 大众车系防盗系统	129
4.3.2 通用车系防盗系统	137
4.3.3 韩国现代汽车发动机防盗 锁止系统(SMARTRA) ...	143
习题	146
第 5 章 混合动力汽车动力系统的 结构与原理	147
5.1 混合动力系统基础	148



5.2 典型车型混合动力系统的结构与原理	154	5.2.3 宝马 X6 E72 底盘汽车混合动力系统	170
5.2.1 丰田普锐斯/凯美瑞的混合动力系统	154	习题	180
5.2.2 奥迪 Q5 混合动力系统	162	参考文献	182

第 1 章

电控汽油发动机管理系统



本章教学目标

了解电控汽油发动机管理系统的优点及主要控制内容，理解电控汽油喷射系统、电控点火系统的结构、工作原理及控制原理，掌握主要辅助控制系统的作用、结构及工作原理，掌握汽油发动机集中控制系统的概念、组成及控制方式。



本章教学要点

知识要点	能力要求	相关知识
电控汽油喷射系统结构、工作原理及控制原理	理解空气供给系统、汽油供给系统及电子控制系统的结构、工作原理，理解汽油喷射量及喷油时刻的控制原理	各种传感器、执行器及其他相关部件的结构与工作原理，基本喷油量的确定方式及修正方法
电控点火系统结构、工作原理及控制原理	了解点火系统的基本要求，熟悉电控点火系统的分类方式，理解点火时刻控制、点火能量控制及爆燃控制的作用及原理	最佳点火提前角的影响因素及确定方法，点火时刻精确控制的实现方法，爆燃传感器及爆燃控制的作用及控制原理
辅助控制系统的分类、作用、结构及工作原理	了解辅助控制系统的概念及分类，熟悉进气控制系统、怠速控制系统、排放控制系统及故障自诊断系统的功能、结构及工作原理	进气谐波增压控制系统、废气涡轮增压系统、可变气门控制系统、怠速控制系统、汽油蒸发排放控制系统、废气再循环控制系统、二次空气喷射系统及故障自诊断系统等



汽油发动机是汽车上重要的动力装置形式,其性能的好坏直接影响汽车的动力性、经济性、可靠性及排放性能等。电控汽油发动机管理系统能充分利用电子技术、计算机技术及现代控制理论的优势,极大地优化发动机的工作状况,提高发动机的动力性、经济性等性能,降低汽车尾气中有害物质的排放量。目前,电控汽油发动机管理系统是一个综合型控制系统,除了包含两个主要的控制系统:电控汽油喷射系统和电控点火系统,还包括进气控制系统、怠速控制系统、排放控制系统、故障自诊断系统等辅助控制系统。

1.1 电控汽油喷射系统

1.1.1 电控汽油喷射系统概况

电控汽油喷射系统的控制内容主要包括喷油量控制与喷油时刻控制,将具有一定压力的汽油适时喷射到进气歧管或气缸内,使发动机在各种工况下都能提供适量的、雾化良好的汽油,获得最佳空燃比(A/F)的可燃混合气,从而提高动力性、降低油耗、减少排气污染。

相较于传统化油器式发动机,电控汽油喷射系统具有如下优点:

(1) 进气阻力小。进气管道中没有了喉管的阻碍作用,进气歧管设计自由度大,使发动机的充气效率得以提高,从而有效地提高了发动机的动力性。

(2) 雾化效果好。汽油以一定压力喷出,雾化质量高,有助于形成空燃比适当、各缸均匀的混合气,充分发挥汽油的效能,降低油耗和排气污染。在发动机处于低温、低速时,仍具有良好的雾化效果,改善了发动机的低温起动性能和汽车的爬坡性能。

(3) 空燃比控制精度高。电控汽油喷射系统可直接或间接测量发动机的进气量,进而计量出发动机燃烧所需的供油量,同时根据冷却液温度、尾气中氧含量等参数进行适时修正,以此精确控制发动机各种工况下的空燃比,有效提高其动力性、经济性及排放性能。

(4) 动态响应快。由于汽油以一定的压力直接喷射到进气歧管或气缸内,对节气门的响应速度快,可以消除发动机改变工况时汽油供给的迟滞现象,有利于提高汽车的加速性能。

(5) 便于协调控制。汽车各个电子控制系统之间的协调控制,可使汽车的安全性、舒适性、动力性及经济性进一步提高。例如,电控汽油喷射系统与电控点火系统、驱动防滑系统等之间的协调控制。

1.1.2 电控汽油喷射系统的分类

电控汽油喷射系统发展至今,已出现多种类型,常见分类方式如下:

1. 按喷油器的控制方式分类

按照喷油器的控制方式不同,电控汽油喷射系统可分为机械控制式、机电控制式及电子控制式三种。

1) 机械控制式

机械控制式通过油路中的压力油顶开喷油器实现喷油,由空气流量计的感知板根据进

气管空气流量动作,并通过柱塞式比例阀的联动来控制喷油量。这种机械控制方式在工作过程中喷油器连续喷油,通过控制喷射流量来调节空燃比。

2) 机电控制式

机电控制式是机械控制式的改进型,在机械控制式的基础上增设了一个由电子控制单元(ECU)控制的电液流量调节器,使其适应性和控制功能得以提高。

3) 电子控制式

电子控制式由 ECU 根据发动机各个传感器输入信号产生适当的喷油脉冲信号,控制喷油器喷油。电子控制式一般为间歇喷油方式,其喷油压力一定,通过控制喷油器开启时间来控制喷油量。

2. 按喷油器的安装位置分类

按照喷油器的安装位置不同,电控汽油喷射系统可分为缸外喷射与缸内喷射两种形式,如图 1.1 所示。

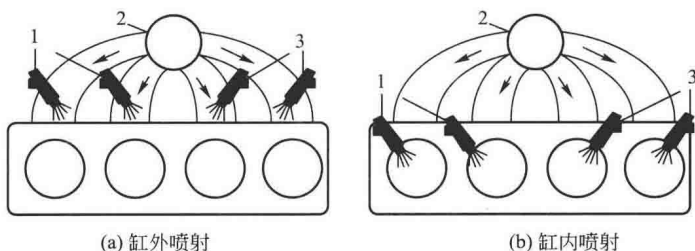


图 1.1 喷油器的安装位置
1, 3—喷油器; 2—节气门体

1) 缸外喷射

缸外喷射是指喷油器将汽油喷射到进气歧管内或节气门处进气管道中。缸外喷射可以采用连续喷射或间歇喷射方式,喷射出的汽油颗粒有较为充足的时间与空气混合形成可燃混合气,对发动机机体设计改动较小,喷油器不受气缸内高温、高压的直接影响,喷油压力不高(大约 $0.2 \sim 0.3 \text{ MPa}$)、结构简单、成本较低,因此目前应用较为广泛。

2) 缸内喷射

缸内喷射是指喷油器直接将汽油喷射到气缸内部。由于汽油黏度低而喷射压力较高(大约 $0.3 \sim 0.4 \text{ MPa}$),且缸内工作条件恶劣(高温、高压),因此对喷油系统的技术条件和加工精度要求较高。缸内喷射的优越性在于能够实现稀薄混合气燃烧,有利于降低汽油消耗、控制有害气体排放,因此缸内喷射是电控汽油喷射技术的发展方向。目前,美国、德国、日本等国家开发的缸内直喷技术产品已比较成熟,国内市场上也已出现装有缸内直喷汽油发动机的汽车,这部分内容将在后续章节做详细介绍。

3. 按喷油器的数目分类

按照喷油器的数目不同,电控汽油喷射系统可分为单点喷射(SPI)与多点喷射(MPI)两种形式,如图 1.2 所示。

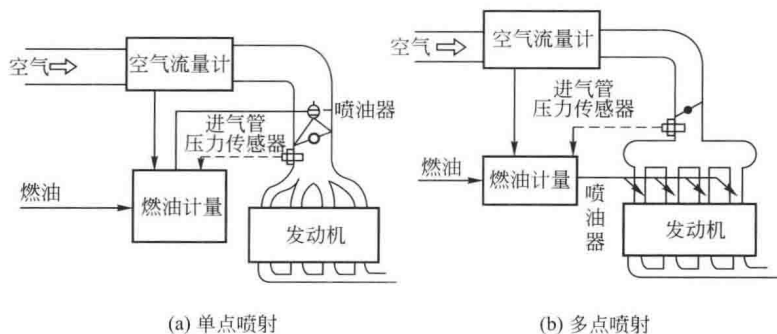


图 1.2 单点喷射与多点喷射的结构

1) 单点喷射

单点喷射是在进气管的节气门体上安装一个中央喷射装置，用一个或两个喷油器集中向进气管道内喷射汽油形成可燃混合气，在发动机进气行程时被吸入气缸内，因此也称为节气门体喷射或中央喷射。单点喷射系统可采用较低的喷油压力(大约 0.1MPa)，虽然存在各缸燃料分配不均及供油滞后等缺点，但其结构简单、成本低廉、故障率低，故在早期的电控汽油喷射系统中曾得到广泛应用。

2) 多点喷射

多点喷射是在每个气缸进气歧管或气缸盖上安装一个喷油器，喷油器数量与发动机气缸数相同，各个气缸之间的混合气浓度较为一致，而且在设计进气管时可以充分利用空气惯性的增压效应以实现高功率化设计。多点喷射的控制精度、灵敏度等均优于单点喷射，是当前电控汽油喷射系统广泛采用的形式。

4. 按喷油器的喷射方式分类

按照喷油器的喷射方式不同，电控汽油喷射系统可分为连续喷射和间歇喷射两种形式。

1) 连续喷射

连续喷射又称为稳定喷射，发动机工作过程中喷油器一直处于喷油状态，汽油被连续不断地喷入进气管道或进气歧管内。由于连续喷射不需要考虑发动机的工作时序，故其控制系统的结构原理较为简单，但空燃比的控制精度不高。单点喷射系统及早期的多点喷射系统采用连续喷射方式。

2) 间歇喷射

间歇喷射又称为脉冲喷射或同步喷射，其特点是喷油频率与发动机转速同步，喷油量取决于喷油器的开启时间(喷油脉冲宽度)。控制单元根据各种传感器所获得的发动机运行参数动态变化情况，精确计量发动机所需的喷油量，再通过控制喷油脉冲宽度来控制发动机各种工况下可燃混合气的空燃比。由于间歇喷射方式的控制精度相对较高，已完全取代了早期的连续喷射方式。间歇喷射又可分为同时喷射、分组喷射和顺序喷射三种形式，如图 1.3 所示。

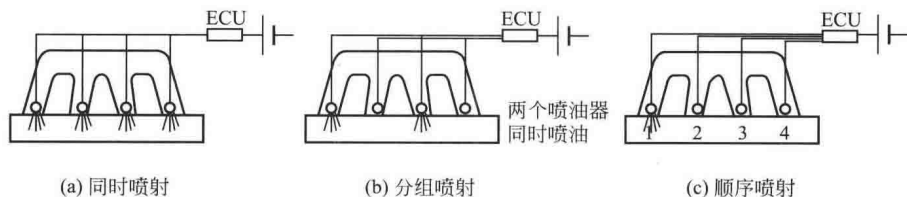


图 1.3 间歇喷射方式分类

(1) 同时喷射。同时喷射是按照发动机的转动节拍，各缸喷油器同时喷油，只用一个喷油器驱动电路，结构简单，成本低廉，但空燃比的控制精度相对较低。

(2) 分组喷射。分组喷射是将喷油器分成两组或三组，按照发动机转动节拍，各组交替喷油。分组喷射的控制精度有所提高，但增加了喷油器驱动电路，且需要分组气缸识别信号，控制电路相对复杂。

(3) 顺序喷射。顺序喷射是指喷油器按照发动机的工作顺序依次进行喷油，可实现在最佳时刻向各缸喷射所需的汽油量，有利于改善发动机的工作性能。这种喷射方式需要各个气缸识别信号及与气缸数相等的喷油器驱动电路，因此其控制系统的结构及软件更为复杂。随着电子技术的发展，从 20 世纪 90 年代起，电控汽油喷射系统基本都已采用顺序喷射方式。

5. 按进气量的检测方式分类

按照进气量的检测方式不同，电控汽油喷射系统可分为间接检测和直接检测两种形式。

1) 间接检测方式

间接检测方式又可分为速度-密度方式与节气门-速度方式。速度-密度方式是根据进气歧管压力和发动机转速来计量发动机每个工作循环的进气量；节气门-速度方式则是根据节气门开度和发动机转速来计量发动机每个工作循环的进气量。采用速度-密度方式的电控汽油喷射系统也称为 D 型电控汽油喷射系统(D 为压力的德文单词 Druck 的首字母)。由于空气在进气管道内流动时会产生压力波动，且不同工况下的进气流量相差较大，因此 D 型电控汽油喷射系统的进气量测量精度不高，但其进气阻力小，充气效率高，使用成本较低。节气门-速度方式目前已很少单独使用，一般作为速度-密度方式或直接检测方式的备用进气量检测方式。

2) 直接检测方式

直接检测方式是通过空气流量计直接测量发动机的进气量，再根据进气量与发动机转速来确定发动机每个工作循环所需的供油量，因此相对于间接检测方式，其测量精度高、稳定性好。直接检测方式根据所用空气流量计的不同，又可分为体积流量式与质量流量式，其中质量流量式测量精度较好，目前使用较多。采用直接检测方式的电控汽油喷射系统也称为 L 型电控汽油喷射系统(L 为空气的德文单词 Luft 的首字母)。

6. 按控制系统的结构分类

按照控制系统的结构不同，电控汽油喷射系统可分为开环控制和闭环控制两种形式。



1) 开环控制

开环控制是把根据实验确定的发动机各种运行工况所对应的最佳供油量的数据事先存入控制单元中,发动机在实际运行过程中,主要根据各个传感器的输入信号,判断发动机所处的运行工况,找出最佳供油量,发出控制信号。控制信号经功率放大器放大后,驱动电磁喷油器动作,以此精确地控制混合气的空燃比,使发动机处于最佳状态运行。因为开环控制系统只受发动机运行工况参数变化的控制,且按事先设定在计算机程序存储器中的实验数据流工作,所以其优点是简单易行,缺点是精度直接依赖于所设定的基准数据的精度和电磁喷油器调整标定的精度,当喷油器及传感器系统性能变化时,混合气不能正确地保持预定的空燃比。因此,它对发动机及控制系统的各个组成部分的精度要求高,系统本身抗干扰能力较差,而且当使用工况超出预定范围时,不能实现最佳控制。

2) 闭环控制

闭环控制是在排气管上加装了氧传感器,可根据排气中含氧量的变化,测出吸入发动机燃烧室内混合气的空燃比,并把它输入到控制单元中并与设定的目标空燃比进行比较,将偏差信号经功率放大器放大后再驱动电磁喷油器喷油,使空燃比保持在设定目标值附近。因此,闭环控制可达到较高的空燃比控制精度,并可消除因产品差异和磨损等引起的性能变化对空燃比的影响,工作稳定性好,抗干扰能力强。此外,采用闭环控制的汽油喷射系统后,可保证发动机运行在理论空燃比附近很窄的范围内,使三元催化装置对排气净化处理达到最佳效果。

由于发动机某些特殊运行工况(如起动、暖机、加速、大负荷等),需要提供较浓的混合气来保证发动机的相应性能,所以在现代电控汽油喷射系统中,通常采用开环控制与闭环控制相结合的控制方式。

1.1.3 电控汽油喷射系统的组成与原理

虽然不同国家、不同生产厂家所生产的电控汽油喷射系统在控制功能、控制参数、控制精度及控制部件数量与类型等方面会存在一定的差异,但电控汽油喷射系统的组成通常是相似的,主要由空气供给系统、汽油供给系统和电子控制系统三部分组成。

1. 空气供给系统

空气供给系统的作用是控制和计量发动机工作所需要的空气量。它主要由空气滤清器、空气流量计或进气歧管压力传感器、进气管道、节气门控制组件、进气歧管等组成,典型结构如图 1.4 所示。空气经空气滤清器过滤后,通过进气管道和节气门控制组件,在进气歧管与喷油器喷出的汽油混合后,被吸入气缸参与燃烧。

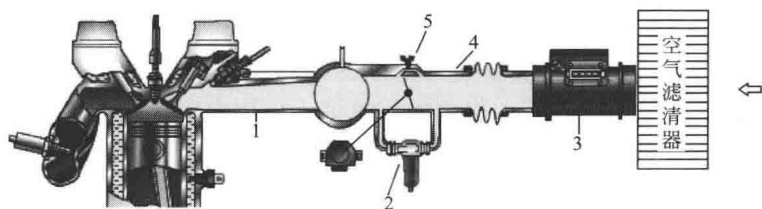


图 1.4 空气供给系统的结构

1—进气歧管; 2—怠速控制装置; 3—空气流量计; 4—进气管道; 5—节气门控制组件

通常在汽车行驶时,空气流量由驾驶员通过操纵加速踏板调节节气门开度进行控制。在发动机怠速运转时,空气流量则由控制单元调节怠速控制装置进行控制,相关内容在后续章节做具体介绍。在 L 型电控汽油喷射系统中,发动机进气量由空气流量计计量;在 D 型电控汽油喷射系统中,发动机进气量通过进气歧管压力传感器计量。

2. 汽油供给系统

汽油供给系统的作用是供给发动机燃烧过程所需要的汽油,并对汽油进行过滤和雾化。它主要由油箱、汽油泵、汽油滤清器、汽油压力调节器及喷油器等组成,典型结构如图 1.5 所示。汽油泵将汽油从油箱内压出,经过汽油滤清器过滤与汽油压力调节器调压后,通过油管输送给喷油器,喷油器再根据 ECU 发出的喷油脉冲信号进行准确喷油,将汽油进行很好的雾化,并与空气混合形成可燃混合气。

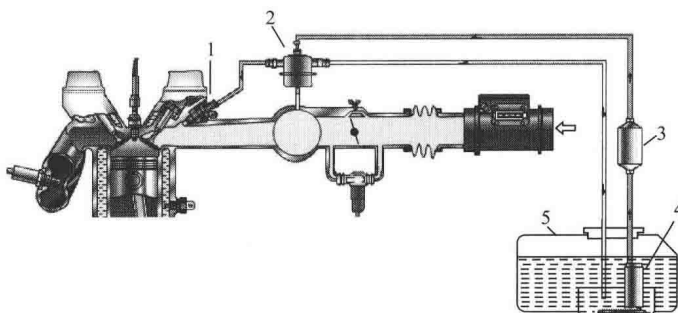


图 1.5 汽油供给系统的结构

1—喷油器; 2—汽油压力调节器; 3—汽油滤清器; 4—汽油泵; 5—油箱

1) 汽油泵

汽油泵的作用是将汽油从油箱内吸入、压出,为汽油供给系统提供源源不断的具有一定压力的汽油。根据安装位置的不同,汽油泵可分为内置式和外置式两种。相比而言,由于内置式汽油泵安装在油箱内,不易发生气阻和漏油现象,对油泵的自吸性能要求较低,噪声小,故目前电控汽油喷射系统广泛采用内置式汽油泵。

汽油泵主要由泵体、电动机、单向阀、安全阀及外壳等组成,如图 1.6 所示。电动机通电工作带动泵体转动,将汽油从进油口吸入,流经汽油泵内部后从出油口压出,给整个汽油供给系统供油。单向阀的作用是防止汽油泵不工作时汽油回流,使油管内保持一定的油压,以使发动机再次起动时不会发生气阻现象,并能及时供油而易于起动。安全阀的作用是防止油路堵塞而引起管路油压过高造成管路破裂或汽油泵损坏等现象。当油泵输出压力超过一定值(如 400kPa)时,安全阀会自动打开,高压汽油可回至油泵的进油口处,从而降低供油系统的油压。

根据泵体的结构不同,汽油泵又可分为滚柱式、齿轮式、涡轮式等形式,下面以滚柱式泵体为例简要介绍汽油泵。滚柱式汽油泵的泵体主要由转子、滚柱及泵套等组成,如图 1.7 所示。当电动机带动转子旋转时,位于凹槽内的滚柱在离心力的作用下,紧压在泵套内表面上,且与转子及泵套构成了多个密封腔。这些密封腔的容积在油泵运转过程中发生周期性变化。当密封腔的容积不断增大时,可形成低压油腔,将汽油吸入;相反,便可形成高压油腔,高压汽油经出油口压出。

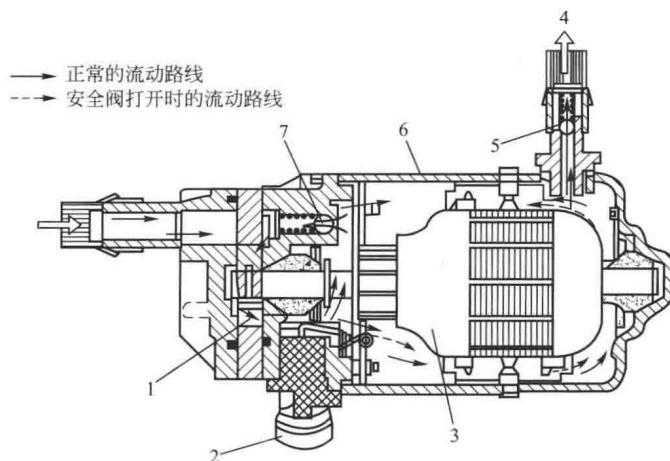


图 1.6 汽油泵的结构

1—泵体；2—电连接器；3—永磁电动机；4—出油口；5—单向阀；6—外壳；7—安全阀

2) 汽油压力调节器

电控汽油喷射系统工作时，喷油器的喷油量由喷油压力及开启时间确定，其中喷油压力是指喷油器前后压力的差值，数值上等于系统油压与进气歧管压力之差。汽油压力调节器的作用是使喷油器的系统油压或喷油压力保持稳定，以保证控制单元通过控制喷油器的喷油时间即可准确控制汽油喷射量。按照调节方式的不同，汽油压力调节器有绝对压力调节和相对压力调节两种形式。

(1) 绝对压力调节器。

绝对压力调节器的结构，如图 1.8 所示。当汽油压力超过设定值时，汽油压力则会推动膜片上移而使出油阀开启，部分汽油经出油阀、回油管流回油箱，使油压降低。当汽油压力低于设定值时，弹簧力使膜片下移而关闭出油阀，油压又会上升。绝对压力调节器的膜片跟随汽油压力变化而振动，控制出油阀的开启与关闭，将系统油压稳定在恒定范围内。通过调节螺钉改变弹簧的预紧力即可调整系统油压的设定值。

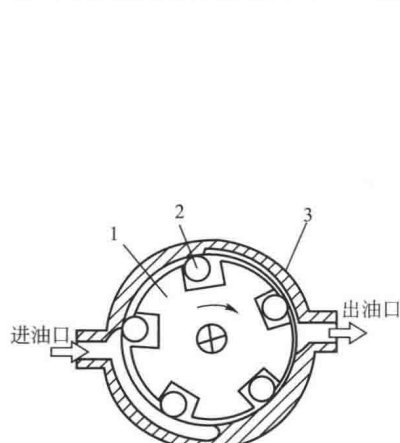


图 1.7 滚柱式泵体的结构

1—转子；2—滚柱；3—泵套

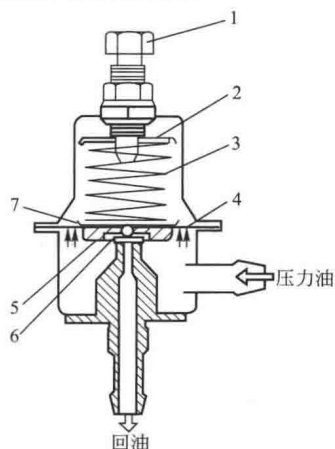


图 1.8 绝对压力调节器的结构

1—调节螺钉；2、7—弹簧座；3—弹簧；4—膜片；5—阀托盘；6—阀体

绝对压力调节器一般与汽油泵、汽油滤清器及相应油管等集成在一起，安装在油箱内，构成无回油管供油系统，如图 1.9 所示。无回油管供油系统在油箱内实现油压调节，多余的汽油在油箱内完成回流，通过油管向连接各个喷油器的汽油分配管提供恒定的系统油压。这样可以避免温度较高的回油进入油箱而导致油温升高，减小了油箱内汽油蒸发的速度，降低了汽油蒸发排放控制系统的负担，提高了发动机的热机起动性能。

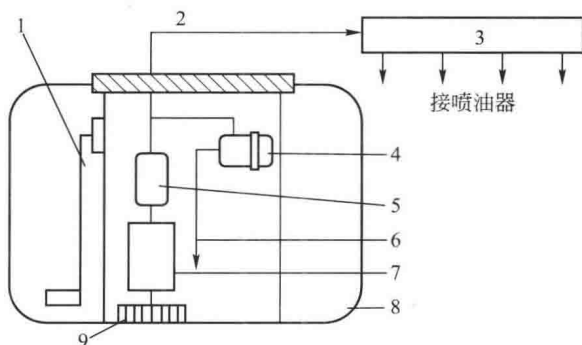


图 1.9 无回油管供油系统的结构

- 1—油面传感器；2—供油管；3—汽油分配管；4—汽油压力调节器；5—汽油滤清器；
6—油箱内回油管；7—汽油泵；8—油箱；9—滤网

绝对压力调节器的不足是没有顾及进气歧管压力变化对喷油压力的影响，喷油压力会随进气歧管压力的变化而改变，从而导致实际喷油量发生变化，影响空燃比的控制精度。因此，采用绝对压力调节器的电控汽油喷射系统，控制单元需根据进气歧管压力的变化对喷油器的喷油时间作适当修正。

(2) 相对压力调节器。

相对压力调节器一般安装在汽油分配管上，结构如图 1.10 所示。金属外壳的内部被膜片分隔为弹簧室和汽油室。其中，弹簧室通过一根软管与发动机进气歧管相通，而汽油室直接与汽油分配管相通。因此，膜片下方汽油室一侧承受汽油分配管的油压，即系统油压，而另一侧则受进气歧管负压与弹簧压力的合力作用。

当发动机工作时，若进气歧管负压增加，则作用在膜片弹簧室侧的压力减小，在系统油压作用下膜片上移，增加回油阀开度使多余的汽油从回油管流回油箱，系统油压随之相应减小，从而使得喷油器的喷油压力不随进气歧管压力的变化而变化。由于喷油器的喷油压力为喷油器阀口两端的系统油压与进气歧管压力的差值，而膜片受力平衡时系统油压为弹簧压力与进气歧管压力之和，所以喷油器的喷油压力大小主要取决于弹簧压力。当发动机停止工作时，汽油泵停止转动，在弹簧压力与大气压力作用下回油阀关闭，使系统油压保持一定的残余压力，便于发动机的再次起动。

相对压力调节器的系统油压调节范围一般控制在 $250 \sim 300 \text{ kPa}$ ，典型工作特性如图 1.11 所示。

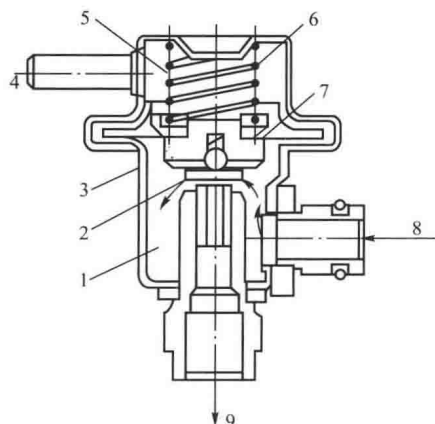


图 1.10 相对压力调节器的结构示意图

1—汽油室；2—回油阀；3—壳体；4—真空接口；
5—弹簧室；6—弹簧；7—膜片；8—进油口；9—出油口

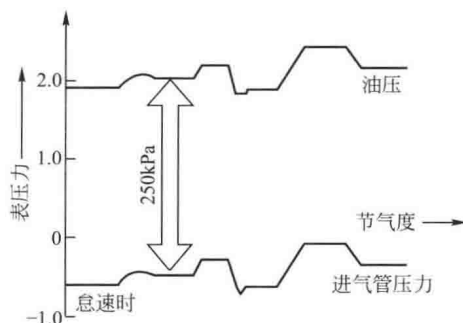


图 1.11 相对压力调节器的工作特性

3) 喷油器

喷油器的实质是一个电磁阀，是汽油供给系统的一个关键部件，根据 ECU 发出的喷油脉冲信号，精确控制汽油喷射量，同时将汽油喷射后雾化。

喷油器是一种加工精度非常高的精密仪器，要求动态流量范围大、雾化性能好、抗堵塞能力强。世界各国汽车公司先后开发了各种不同结构形式的喷油器，以满足上述性能要求。

根据结构特点不同，喷油器有几种不同的分类形式。根据喷油器的燃料送入方式，可

分为顶供式喷油器和底供式喷油器；根据喷油器的用途，可分为单点式喷油器和多点式喷油器；根据喷油器的阻值大小，可分为低阻型喷油器和高阻型喷油器；根据喷油器的喷口特点，可分为轴针式、球阀式及片阀式喷油器。下面以典型的轴针式喷油器为例，介绍其结构与工作原理。

(1) 喷油器的结构与原理。

轴针式喷油器的基本结构如图 1.12 所示，主要由喷油器外壳、针阀、弹簧、衔铁及电磁线圈等组成。电磁线圈无电流通过时，喷油器内的针阀被螺旋弹簧压在喷油器出口处的密封锥形阀座上。当 ECU 发出喷油脉冲信号时，喷油器的电磁线圈电路被触发接通，电磁线圈产生电磁力，吸动衔铁带动针阀离开阀座上移约 0.1mm，压力汽油从针阀与阀座之间精密环形缝隙中喷出。当喷油脉冲信号结束后，喷油器电磁线圈的电流被切断，电磁力迅速消失，在螺旋弹簧的作用下，针阀迅速回位，阀门关闭，喷油器停止喷油。

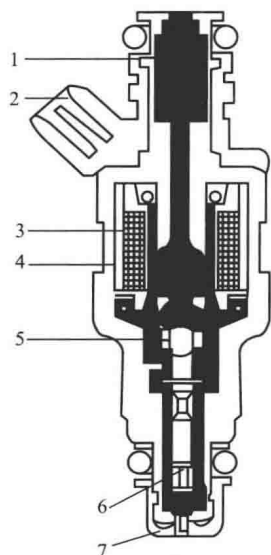


图 1.12 轴针式喷油器的结构

1—滤网；2—接口；
3—电磁线圈；4—弹簧；
5—衔铁；6—针阀；7—轴针

一般汽油经汽油分配管分配到各缸喷油器，从其顶部供油且在喷油器体内轴向流动，而且只有在针阀开启时汽油才流动。因