



汽车发动机电控系统检修

● 主编 郝金魁 赵雪永

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

汽车发动机电控系统检修

主 编 郝金魁 赵雪永
副主编 李 静 曹 娟
参 编 赵海宾 李富松

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车发动机电控系统检修/郝金魁, 赵雪永主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2017. 8

ISBN 978 - 7 - 5682 - 4754 - 2

I. ①汽… II. ①郝… ②赵… III. ①汽车 - 发动机 - 电子系统 - 控制系统 - 检修
IV. ①U472. 43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 211457 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 涿州市新华印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 15

字 数 / 354 千字

版 次 / 2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 59.00 元

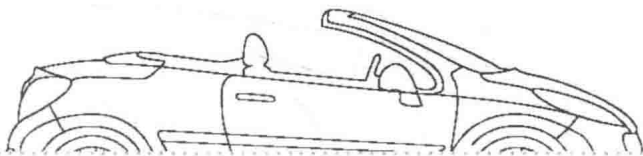
责任编辑 / 孟雯雯

文案编辑 / 多海鹏

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换



前 言

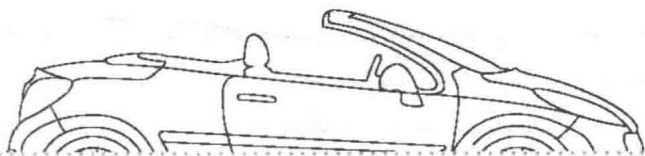
P R E F A C E

“汽车发动机电控系统检修”是高等院校汽车类专业的一门主干课程，编者紧紧围绕高素质人才的培养目标，以能力为本位，以一般与典型相结合的方式，本着理论与实用并重的原则，阐述了汽车发动机电控系统的结构、原理、故障诊断与检修方法。

在编写本书时，全书按照项目式教学的要求编排，通过案例导入，增强了实用性。在编写体系上，将电控发动机的各组成部分作为一个整体，按结构、原理、检测和故障诊断的顺序编写，深入浅出，循序渐进。本书的编者都来自教学一线，有着丰富的教学经验和扎实的专业理论知识及专业实践技能。本书以典型工作项目来进行编写，为教师与学生分别理清了教学和学习的思路，同时突出了学生知识能力、方法能力的培养。

本书由郝金魁和赵雪永担任主编，并负责全书统稿工作；由李静和曹娟担任副主编；赵海宾和李富松也参与了本书的编写工作。具体编写分工为：郝金魁编写项目1、项目2、项目6和项目8，赵海宾编写项目3，李静编写项目4，曹娟编写项目5，李富松编写项目7，赵雪永编写项目9。本书在编写的过程中，参考了大量的书籍、论文等文献资料，在此，谨向原作者表示感谢。由于编者水平有限，书中存在不当甚至错误在所难免，衷心希望广大读者批评指正。

编 者



目 录

C O N T E N T S

项目1 汽油发动机电控系统整体认知	001
1.1 汽车电子技术的发展	001
1.2 发动机电控系统的优点	002
1.3 电控技术在发动机上的应用	003
1.4 发动机电控系统的组成及功能	005
1.5 电控系统的控制方式	005
项目小结	007
习题	008
项目2 汽油发动机电控燃油喷射系统检修	009
2.1 电控燃油喷射系统分类与组成	010
2.2 空气供给系统	014
2.3 燃油供给系统	026
2.4 电子控制系统	034
项目小结	067
习题	067
项目3 微机控制点火系统检修	071
3.1 微机控制点火系统概论	072
3.2 点火提前角和闭合角控制	083
3.3 爆震控制	089
3.4 点火系统故障维修实例	093
项目小结	100
习题	100
项目4 汽油发动机怠速控制系统检修	102
4.1 怠速控制系统概述	103
4.2 电子节气门系统的检测	104
4.3 旁通气道式怠速控制系统的检测	112
项目小结	120

习题	120
项目5 进气控制系统检修	122
5.1 可变进气道控制系统检修	123
5.2 可变配气系统检修	126
5.3 进气增压控制系统检修	132
项目小结	140
习题	141
项目6 排放控制系统检修	143
6.1 三元催化转化器	144
6.2 曲轴箱强制通风系统	147
6.3 废气再循环控制系统	149
6.4 燃油蒸发排放系统	153
6.5 二次空气喷射系统	156
项目小结	165
习题	165
项目7 缸内直喷汽油发动机检修	167
7.1 稀薄燃烧技术与分层燃烧技术概述	168
7.2 缸内直喷发动机的原理与控制	170
7.3 缸内直喷发动机的关键技术	174
项目小结	184
习题	185
项目8 汽油发动机电控系统典型故障检修	187
8.1 发动机电子控制系统故障诊断原则	187
8.2 电子控制系统故障诊断的基本方法	188
8.3 电子控制系统故障诊断的流程	190
8.4 电子控制系统故障诊断的排除程序	192
8.5 电控发动机常见故障的诊断程序	194
项目小结	197
习题	197
项目9 柴油机电控燃油供给系统检修	199
9.1 柴油机电控燃油供给系统概述	200
9.2 柴油机电控共轨系统油路	203
9.3 柴油机共轨系统电控控制	220
9.4 柴油机共轨系统故障诊断	227
项目小结	231
习题	231

项目 1

汽油发动机电控系统整体认知

学习目标

1. 了解发动机电控系统的总体组成、工作原理及主要传感器和执行器。
2. 能够找出、识别发动机电控系统的主要传感器、执行器、ECU 及燃油泵燃油滤清器等部件。
3. 掌握发动机电控系统的结构特点、工作原理及电路分析方法。
4. 能通过与客户交流、查阅相关维修技术资料等方式获取车辆信息。

学习要求

能力目标	相关要求
理解电控发动机的优点	正确叙述电控发动机的优点；
掌握发动机电控系统各个子系统的作用	全面列举发动机电控系统各个子系统；
掌握发动机电控系统的组成及控制方法	正确区分开环控制与闭环控制

引言

为了能够对汽车发动机电控系统的故障进行诊断与排除，必须熟悉汽车发动机电控系统的组成与工作原理，所以在本项目的学习中必须掌握电控系统各传感器、电控单元及执行器的应用，了解电控系统的控制方式及优点，同时要熟悉发动机电控系统的控制内容、各种运行工况下发动机对执行器有何要求，掌握解码器读取数据流和故障码的正确方法及使用的注意事项。

1.1 汽车电子技术的发展

电子技术在汽车上的应用，使汽车在节能、环保、安全、舒适等各方面的性能日益提

高,随着汽车和汽车电子技术的发展,汽车电子的概念不断延伸到新的层面。汽车电子技术的发展也经历了由简单到复杂、由低级到高级的过程。

第一个发展阶段为20世纪50年代到70年代中期,其特点是单个的电子元件得到了应用,如交流发电机、电压调节器、电子闪光器、电子喇叭、间歇刮水装置、汽车收音机、电子点火装置和数字钟等。

第二个发展阶段为20世纪70年代中期到90年代初期,为解决安全、污染和节能三大问题,主要研制出电子燃油喷射、中央门锁、安全气囊、防抱死系统、电子控制自动变速器等电子产品。这期间最具代表性的是电子汽油喷射技术的发展和防抱死(ABS)技术的成熟,使汽车的主要机械功能用电子技术来控制。

第三个发展阶段为20世纪90年代初期到21世纪初,微电脑在汽车上的应用日趋可靠和成熟,并向智能、集成化方向发展。如集发动机控制和自动变速器控制为一体的动力控制、牵引力控制、全轮转向控制、数字化仪表盘、声音合成与识别器系统等。

从2005年开始,可以说进入了汽车电子技术的第四个发展阶段。无线传输技术、多路传输系统、移动互联技术、图像识别与处理技术的应用,使汽车技术向网络化、智能化方向发展。

汽车电子化是现代汽车发展的重要标志。从世界汽车电子市场的销售来看,1991年,每辆汽车平均消耗电子产品的费用只占到整车的10%,1998年则接近15%,而2003年已经提高到20%,某些车型则更高。现代汽车上所用的电子设备的价格已占到整车价格的20%~30%,现代汽车电子技术的应用不仅提高了汽车的动力性、经济性和安全性,改善了汽车行驶的稳定性 and 舒适性,推动了汽车产业的发展,而且还为电子产品开拓了更加广阔的市场,从而推动了电子产业的发展。作为汽车产业和电子产业结合的产物,汽车电子产业得到了迅猛的发展。



1.2 发动机电控系统的优点

汽油机电控技术的应用使汽油机的综合性能得到了全面的提高,其主要的优点如下。

1.2.1 改善了各缸混合气的均匀性

采用电控多点喷射,提高了喷射压力,雾化效果好,燃油喷射在各缸进气门附近,使各缸混合气的浓度基本一致。这样不但有利于提高发动机的经济性,而且也有利于降低一氧化碳(CO)和碳氢化合物(HC)的排放量。

1.2.2 提高了发动机的动力性和经济性

由于电控燃油喷射系统的进气管中不存在化油器中的喉管,进气系统的进气阻力和进气压力损失较小,充气效率较高,因此,发动机具有较好的动力性和经济性。另外,电控燃油喷射系统不需要对进气进行预热,这样提高了进气的密度,对提高发动机动力性有利。

1.2.3 减少排放污染

电控燃油喷射系统采用氧传感器反馈控制时,能够精确地控制空燃比 $A/F \approx 14.7$,使三

元催化转换器具有最高的转换效率，从而大大减少 CO、HC 和 NO_x 等有害气体的排放量。另外，现代汽油机电控系统还包括废气再循环、二次空气喷射系统、最佳点火提前角等控制功能，从而使汽油机有害物的排放量进一步减少。

1.2.4 工况过渡圆滑

当发动机运行工况发生变化时，由于电控燃油喷射系统能根据传感器输入信号迅速调整喷油量或喷射正时，提供与该工况相适应的最佳空燃比，提高了汽油机对加、减速工况的响应速度及工况过渡的平稳性。另外，采用电控燃油喷射方式，汽油的雾化质量好，蒸发速度快，在各种工况下混合气都具有良好的品质，这也有利于提高汽油机非稳定工况的性能。

1.2.5 改善了汽油机对地理及气候环境的适应性

当汽车在不同地理环境或不同气候条件的地区行驶时，对于采用体积流量方式测量进气量的电控燃油喷射系统，电控系统能根据大气压力、环境温度及时对空燃比进行修正，从而使汽车在各种地理环境及气候条件下运行时，无须调整都能保证良好的综合性能。

1.2.6 提高了汽油机高、低温起动性能和暖机性能

发动机在高温或低温条件下起动时，电控燃油喷射系统能根据起动时发动机冷却液的温度，提供与起动条件相适应的喷油量，使汽油机在高温和低温条件下都能顺利起动。低温起动后，电控燃油喷射系统又能根据发动机冷却液温度自动调整喷油量和空气供给量，加快汽油机暖机过程，使发动机很快就能进入正常运行状态。

1.3 电控技术在发动机上的应用

汽车电控技术得益于电子技术、计算机技术和信息技术的迅猛发展，而推动汽车电控技术发展的动力因素是改善汽车的性能，以降低能耗、减少污染、提高安全和舒适性等。进入 21 世纪，电控技术不仅渗透到汽车的各个系统和总成，而且通过信息技术实现了各系统与总成的协调和集中控制。汽车发动机电子控制系统的主要功能是提高汽车的动力性、经济性和排放性能。随着汽车电子控制技术的发展与进步，世界各大汽车公司或电子技术公司开发研制的发动机电子控制系统千差万别。控制系统的功能、控制参数和控制精度不同，采用控制部件（传感器、电控单元和执行器）的类型或数量也不尽相同。通过对各种控制部件进行不同的组合，便可组成若干个子控制系统。目前，发动机上常用的电控系统有电控燃油喷射系统、电子点火控制系统、怠速控制系统、排放控制系统、进气控制系统、电子控制冷却系统、巡航控制系统、自诊断与报警系统和失效保护系统等。（资源 1-1，1-2）



资源 1-1 电喷汽车工作原理与检修 1



资源 1-2 电喷汽车工作原理与检修 2

1.3.1 电控燃油喷射系统

电控单元 (Electrical Control Unit, ECU) 主要根据进气量确定基本的喷油量, 再根据其传感器 (如冷却液温度传感器、节气门位置传感器) 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; 同时还包括喷油正时控制、断油控制和燃油泵控制。

1.3.2 电子点火控制系统

电子点火控制系统的功能是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。

1.3.3 怠速控制系统

发动机在汽车行驶、空调压缩机工作、发动机负荷加大等不同怠速运转工况下, 由 ECU 控制怠速控制元件, 使发动机怠速始终处于最佳转速。

1.3.4 排放控制系统

排放控制系统是对发动机排放控制装置实行电子控制。排放控制的项目主要有废气再循环 (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、曲轴箱通风控制等。

1.3.5 进气控制系统

电控系统根据发动机工况的变化, 控制进气量和气流, 提高充气效率和改善雾化条件, 从而提高发动机的动力性。对装备涡轮增压器的发动机, 电控系统通过控制增压强度, 使进气管的压力适合发动机各种工况。

1.3.6 电子控制冷却系统

在电子控制发动机冷却系统中, 冷却液的温度调节、冷却液的循环 (节温控制)、冷却风扇的工作均由发动机负荷决定, 并由发动机控制单元控制, 使之相对于装备传统冷却系统的发动机在部分负荷时具有更好的燃油经济性及较低的排放。

1.3.7 巡航控制系统

在巡航操作模式下, 电控系统根据设定的车速自动调整节气门开度, 使车辆以设定的车速运行, 从而提高了车辆的燃油经济性和驾乘的舒适性。

1.3.8 自诊断与报警系统

当控制系统出现故障时, ECU 将会点亮仪表板上的“检查发动机”(Check Engine) 灯, 提醒驾驶员注意发动机已经出现故障, 并将故障信息储存在 ECU 中, 通过一定的程序, 可以将故障码调出, 供修理人员参考。

1.3.9 失效保护系统

在发动机电控系统中,当某传感器失效或线路断路时,电控系统会按预定的程序设定一个参考信号以使发动机继续运转,维持车辆行驶,同时通过报警系统提示驾驶员及时维修。

1.4 发动机电控系统的组成及功能

发动机电控系统主要由传感器、电控单元和执行器三部分组成。

1.4.1 传感器

传感器作为输入部分,用于测量物理信号(温度、压力等),并按一定规律转换成便于传输和处理的另一种物理量(一般为电量)。传感器相当于人的眼、耳、鼻、舌、口等五官。在汽车电子控制系统中,传感器的功用是将汽车各部件运行的状态参数(各种非电量信号)转换成电量信号并输送到各种电控单元。车用传感器安装在汽车上的不同部位。汽车型号和档次不同,装备传感器的多少也不相同。一般来说,汽车装备传感器越多,则汽车的档次就越高。

1.4.2 电控单元

汽车电子控制单元(ECU)又称为汽车电子控制器或汽车电子控制模块,俗称“电脑”。电控单元是以单片微型计算机(即单片机或数字信号处理器)为核心所组成的电子控制装置,具有强大的数学运算、逻辑判断、数据处理与数据管理等功能。电控单元是汽车电子控制系统的控制中心,其主要功用是分析、处理传感器采集的各种信息,并向受控装置(即执行器或执行元件)发出控制指令。

1.4.3 执行器

执行器又称执行元件,是电子控制系统的执行机构。执行器的功用是接收电控单元发出的指令,完成具体的执行动作。

在汽车电子控制系统中,发动机电子控制系统的控制部件最多、控制参数最多、控制功能最强、控制过程最复杂。因此,只要熟悉发动机电子控制系统的结构原理与控制过程,掌握该系统的故障诊断与检修方法,以后再学习其他电子控制系统就会游刃有余。

1.5 电控系统的控制方式

电控系统的控制方式分为开环控制和闭环控制两种方式。开环控制是指 ECU 根据传感器的信号对执行器进行控制,而控制的结果是否达到预期目标对其控制过程没有影响。开环控制示意图如图 1-1 所示。闭环控制也叫反馈控制,在开环控制的基础上,它对控制结果进行检测,并反馈给 ECU,进行原先的控制修正。闭环控制示意图如图 1-2 所示。



图 1-1 开环控制示意图

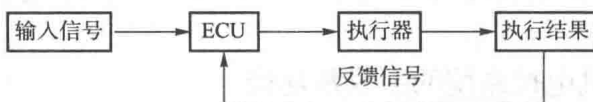


图 1-2 闭环控制示意图

知识与技能拓展

1. 汽油的性质

汽油是从石油产品提炼出的密度小而又很容易挥发的液体燃料。汽油由多种碳氢化合物组成，基本成分是 85% 的碳和 15% 的氢。汽油的主要使用性能是蒸发性、热值和抗爆性，它们对发动机性能的影响很大。

汽油的抗爆性是汽油重要的使用指标，用来评价汽油在汽油机中燃烧时，防止产生不正常爆震燃烧的能力。汽油的抗爆性用辛烷值来表示，辛烷值是用对比实验的方法确定的。目前国产汽油标号用辛烷值来表示，例如标号 92 的汽油其辛烷值不小于 92，标号越高代表抗爆性越好。

为了提高汽油的辛烷值，常常在燃料中添加少量的抗爆添加剂。

选择汽油辛烷值的依据是汽油机的压缩比，压缩比高的汽油机，应选用辛烷值高的汽油，否则发动机容易发生爆燃。

2. 可燃混合气

汽油机所用的燃料是汽油，在进入气缸之前，汽油和空气已形成可燃混合气。可燃混合气进入气缸内被压缩，在接近压缩终了时点火燃烧而膨胀做功。可见汽油机进入气缸的是可燃混合气，压缩的也是可燃混合气，燃烧做功后将废气排出。因此，汽油供给系的任务是根据发动机不同情况的要求，配制出一定数量和浓度的可燃混合气，供入气缸，最后还要把燃烧后的废气排出气缸。

可燃混合气成分表示方法如下：

(1) 用空燃比 (A/F) 表示

$$\text{空燃比 (A/F)} = \text{空气质量 (kg)} / \text{燃油质量 (kg)}$$

理论上 1 kg 汽油完全燃烧需 14.7 kg 空气，即理论空燃比为 14.7。

(2) 用过量空气系数 λ 表示

$$\begin{aligned} \lambda &= \text{燃烧 1 kg 燃料实际供给的空气质量} / \text{理论上完全燃烧时所需的空气质量} \\ &= \text{实际空燃比} / \text{理论空燃比} \end{aligned}$$

即燃烧 1 kg 燃料实际供给的空气质量与理论上完全燃烧时所需要的空气质量之比。

由以上表示可见：A/F = 14.7， $\lambda = 1$ ，即为标准理论混合气。

A/F < 14.7， $\lambda < 1$ ，即为浓混合气。

A/F > 14.7， $\lambda > 1$ ，即为稀混合气。

3. 空燃比对发动机动力性和经济性的影响

燃烧火焰的温度在比理论空燃比稍浓的混合气 ($A/F = 13.5 \sim 14.0$) 时出现最高值。火焰燃烧速度最高时的空燃比, 比火焰温度最高时的空燃比还要小一点, 为 $12 \sim 13$, 相当于这种空燃比的混合气将使发动机发出最大功率, 因此这种稍浓混合气的空燃比称为功率空燃比。当汽油燃烧完全时, 发动机的油耗率最低, 此时混合气的空燃比要比理论空燃比大一些, 约为 16 , 这种稍稀混合气的空燃比称为经济空燃比。在功率空燃比与经济空燃比之间的混合气成分是汽油发动机常用的混合气, 它可使发动机获得较好的使用性能。

从发动机工作的稳定性、动力性和燃油经济性统一考虑, 不同工况对混合气的空燃比的要求是不同的。

(1) 起动机工况

发动机由起动机拖动, 曲轴转速很低, 一般为 $100 \sim 150 \text{ r/min}$, 这时发动机的温度低, 汽油蒸发很困难, 这样会使混合气太稀, 不能被火花塞的电火花点燃。为了能使发动机启动, 必须供给很浓的混合气。

(2) 怠速工况

发动机启动后, 只维持自身稳定旋转的最低稳定转速, 对外不输出动力, 称为怠速。怠速工况一般转速为 $700 \sim 800 \text{ r/min}$, 节气门近似于全闭, 吸入气缸的混合气很少, 而残留气缸中的废气又多, 对混合气起冲淡作用, 燃烧条件很差。所以, 要想维持发动机稳定运转, 需要供给较浓的混合气。

(3) 中小负荷工况

相当于节气门开度比怠速时稍大, 到节气门开度达到 80% 左右的区间, 为中小负荷工况。在实际使用中, 发动机大部分时间在这种工况下工作。小负荷时, 节气门开度小, 气缸中残气较多, 需要混合气浓些。随着节气门开大, 气缸内充气量增加, 汽油雾化、蒸发和燃烧条件得以改善, 所以需使可燃混合气逐渐由浓变稀。

(4) 全负荷工况

节气门接近全开时, 要求发动机发出最大功率。这时, 发动机的充气量已达到最大, 为了充分利用有限的空气, 就需要供给较浓的混合气。

(5) 加速工况

当汽车骤然提高速度时 (超车), 节气门突然开大, 使发动机转速剧增, 要多喷入进气管一些燃料以弥补加速时的瞬间减稀, 以获得良好的加速过渡性能。

(6) 减速倒拖

当汽车减速倒拖时, 驾驶员迅速松开加速踏板, 节气门关闭, 此时由于惯性作用, 发动机仍保持很高的转速, 电控发动机减速时供给的燃料应减少一部分。

项目小结

本项目详细介绍了电控发动机的优点、电控技术在发动机上的应用、电控系统的组成及电控系统的控制方式等。

 习题

一、填空题

1. 电控系统一般由_____、_____和_____组成。
2. 传感器的作用是_____。
3. 发动机上常用的电控系统有_____、_____、_____、_____、进气控制系统、增压控制系统、巡航控制系统、自诊断与报警系统、失效保护系统等。
4. 电控系统的控制方式有_____和_____两种。
5. 在发动机电控系统中,当某传感器失效或线路断路时,电控系统会按预定的程序设定_____,以使发动机继续运转,维持车辆行驶,同时通过_____提示驾驶员及时维修。
6. 理论空燃比是_____,过量空气系数 λ 为1.2时的混合气为_____混合气。

二、简答题

1. 什么是开环控制系统?什么是闭环控制系统?
2. 电控燃油喷射系统的主要作用有哪些?
3. 简述汽油机不同工况对混合气的要求。

项目 2

汽油发动机电控燃油喷射系统检修



学习目标

1. 掌握汽油机燃油喷射系统的组成及主要传感器与执行器的工作原理和检测方法。
2. 掌握空气供给系统的结构、原理及元件检测方法。
3. 掌握燃油供给系统的结构、原理及元件检测方法。
4. 能够正确运用常见检测及诊断设备，掌握相关故障诊断程序。



学习要求

能力目标	相关要求
通过查阅维修手册能找到各元件的位置	正确判断各子系统的种类； 能够根据电路图制定诊断程序； 熟练运用万用表、试灯、示波器和解码器等诊断设备
正确识读常见车型电路图	
掌握常见检测及诊断设备的使用方法	

引言

燃油喷射系统是发动机电控系统的重要部分，在熟悉燃油供给系统主要组成部件的布置和结构的基础上，掌握电动燃油泵、燃油压力调节器、燃油滤清器等部件的作用和类型、结构与原理、维护与检修方法；同时要掌握燃油控制系统主要传感器（如空气流量计、进气压力传感器、节气门位置传感器、冷却液温度传感器、曲轴与凸轮轴位置传感器等）、电控单元、执行器（喷油器）等部件的作用和类型、结构与原理、维护与检修方法，只有这样才能更深入地掌握电控燃油控制系统的工作原理，才能够根据电控系统故障现象分析原因所在。

2.1 电控燃油喷射系统分类与组成

2.1.1 燃油喷射系统的分类

发动机电子控制燃油喷射系统是随着机械式控制系统、机电结合式控制系统和电子控制技术而逐步发展形成的。为了便于全面了解发动机燃油喷射控制系统的总体情况，首先介绍发动机燃油喷射系统的分类情况。

1. 按喷油器与汽缸的数量关系分类

(1) 单点燃油喷射系统

单点燃油喷射系统是在节气门体上安装一个或两个喷油器，向进气歧管中喷射燃油从而形成可燃混合气，如图 2-1 所示。这种喷射系统喷油器安装在节气门前方，又称集中燃油喷射系统。单点燃油喷射系统用节气门的开启角度和发动机转速来控制空燃比，省去了空气流量传感器，结构和控制方式更加简单，又兼顾了发动机性能和成本，对发动机结构的影响也较小。但这种燃油喷射系统对混合气的控制精度比较低，各个气缸混合气的均匀性也比较差。

(2) 多点燃油喷射系统

多点燃油喷射系统根据喷油器的安装位置，又可分为进气道喷射和缸内喷射。

1) 进气道喷射。进气道喷射是指在每一个气缸的进气门前安装一个喷油器，如图 2-2 所示。喷油器喷射出燃油后，在进气门附近与空气混合形成可燃混合气，这种喷射系统能较好地保证各缸混合气总量和浓度的均匀性。目前大多数车型都采用这种多点燃油喷射系统。

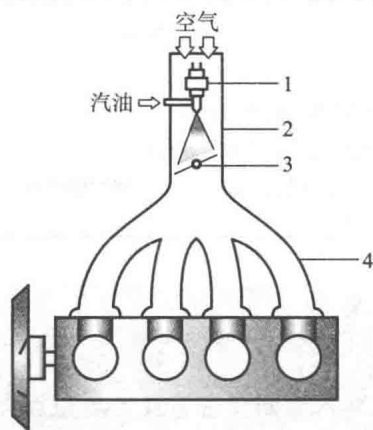


图 2-1 单点燃油喷射系统

1—喷油器；2—进气总管；3—节气门；4—进气歧管

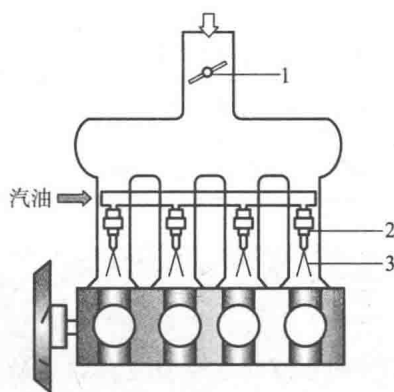


图 2-2 进气道喷射系统

1—节气门；2—喷油器；3—进气歧管

2) 缸内喷射。缸内喷射是指将高压燃油直接喷射到气缸内，所以又称缸内直喷，如图 2-3 所示。这种喷射技术使用特殊的喷油器，燃油喷雾效果更好，并可在缸内产生浓度渐变的分层混合气（从火花塞往外逐渐变稀）。因此可以用超稀的混合气，工作油耗和排放也远远低于普通汽油发动机。此外这种喷射方式使混合气体积和温度降低，爆燃的倾向减少，发动机的压缩比比采用进气道喷射的大大提高。

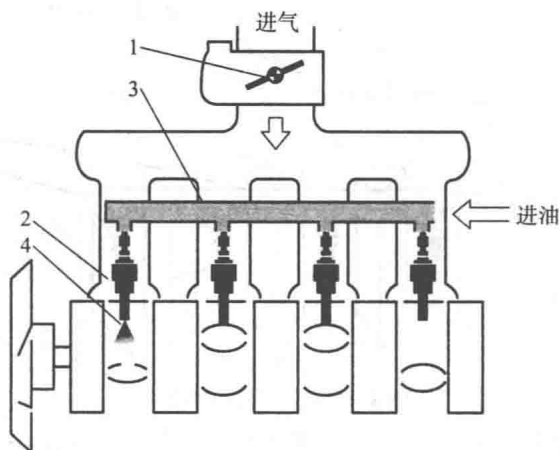


图 2-3 缸内直接喷射系统

1—电子节气门；2—高压喷油器；3—燃油导轨；4—气缸

与单点燃油喷射系统相比较，多点燃油喷射系统对混合气的控制更为有效，主要是因为这种控制系统是在每个气缸口或每个气缸内均安装一个喷油器，保证了发动机每个气缸内混合气浓度的均匀性。同时这种系统是将燃油喷射在进气门处或直接喷到气缸内，燃油和空气混合得更充分，而且无须预热进气歧管来帮助燃油雾化，并且可以通过冷却进气来提高进气量，增大功率，节气门响应更快。此外将燃油喷射在进气门附近或气缸内，避免了进气管的形状和表面质量对混合气的影响。

2. 按喷油器的控制方式分类

按喷油器控制方式不同，电控燃油喷射系统可以分为以下 3 种。

(1) 同时喷射系统

同时喷射是指在发动机运转期间，由 ECU 的同一个指令控制所有的喷油器同时开启或同时关闭，如图 2-4 所示。

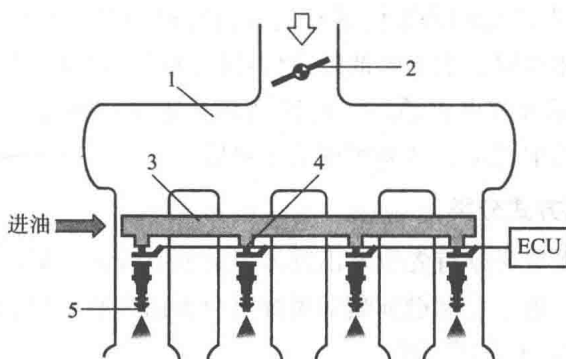


图 2-4 同时喷射系统

1—进气总管；2—节气门；3—燃油导轨；4—喷油器；5—进气歧管

(2) 分组喷射系统

分组喷射是指将喷油器分组，由 ECU 分别发出喷油指令控制各组喷油器喷射燃油（同一组喷油器同时喷油），如图 2-5 所示。

(3) 顺序喷射系统