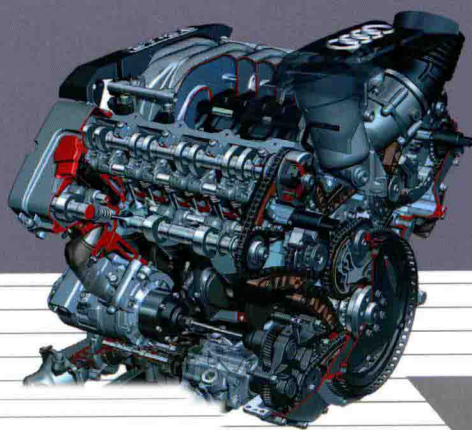


职业教育精品规划教材·汽车系列

QICHE DIANKONG FADONGJI JIANXIU

汽车电控发动机 检修



◎主编 赵国亮 庞德旭



北京交通大学出版社
<http://www.bjtup.com.cn>

职业教育精品规划教材·汽车系列

汽车电控发动机检修

主 编	赵国亮	庞德旭	
副主编	张宏喜	李平安	李顺才
	解志强	李春光	姜 琳
	梁小光	杨运冰	王亚杰
编 委	胡克晓	牛保顺	焦拥军
	徐 勇	乔志业	高 畅
	赵 平	吕金梁	刘 伟
	石中河	陈瑞忠	

北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本教材共分为7个教学项目,分别讲述电控发动机总体认知、电控燃油供给系统检修、空气供给系统检修、电控点火系统检修、排放控制系统检修、电控汽油机综合故障诊断与排除和柴油机电控系统检修。每个项目都明确了学习目标,以情景导入的方式引入学习任务及对任务进行分析,相关知识以够用为原则,配备大量图示说明,结合学习任务给出任务实施及故障案例,使学生更容易理解知识点,掌握专业技能,完成相应项目及任务的学习。

本书可作为中等职业院校汽车类专业教材,也适合于广大汽车维修人员学习参考。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电控发动机检修 / 赵国亮主编. — 北京: 北京交通大学出版社, 2015. 8
ISBN 978-7-5121-2336-6

I. ① 汽… II. ① 赵… III. ① 汽车-电子控制-发动机-检修 IV. ① U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 178020 号

责任编辑: 井 飞 杨 硕

特邀编辑: 戴贵斌

出版发行: 北京交通大学出版社

电 话: 010-51686414 <http://www.bjtup.com.cn>

北京市海淀区高粱桥斜街 44 号

邮 编: 100044

印 刷 者: 北京艺堂印刷有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印张: 17 字数: 424 千字

版 次: 2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5121-2336-6/U·201

印 数: 1~3 000 册 定价: 49.00 元

本书如有质量问题, 请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评, 我们表示欢迎和感谢。
投诉电话: 010-51686043, 51686008; 传真: 010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

前 言

随着汽车工业的迅速发展，汽车电子技术也日趋完善，各种先进的电控系统在现代汽车发动机中得到了广泛的应用，也对汽车的使用和维修提出了更高的要求。为了使该专业的学生和相关技术人员能够更好地胜任汽车生产制造、汽车维修、汽车检测等相关企业岗位的工作需求，同时便于教师能够更全面、系统地讲授这门课程，我们组织学校一线教师和行业专家，采用项目教学及任务驱动教学模式编写了本教材。本书可作为中等职业学校汽车类专业教材，也适合于广大汽车维修人员学习参考。

为强化中职办学特色，提高学生职业技能，提升教学质量，在编写过程中，探索理论与实践一体化模式，坚持“以工作任务为载体、以工作过程为导向”的职业教育理念，突出中职教育实践技能训练和动手能力培养的特色，注重实用性、通用性、典型性和先进性。

本教材共分为7个教学项目，分别讲述电控发动机总体认知、电控燃油供给系统检修、空气供给系统检修、电控点火系统检修、排放控制系统检修、电控汽油机综合故障诊断与排除和柴油机电控系统检修。每个项目都明确了学习目标，以情景导入的方式引入学习任务及对任务进行分析，相关知识以够用为原则，配备大量图示说明，结合本学习任务给出任务实施及故障案例，使学生更容易理解知识点，掌握专业技能，完成相应项目及任务的学习。

在本书编写过程中得到了相关领导和技术人员的大力支持，参阅了大量的相关著作和文献资料，在此向所有参考资料的作者及支持本书编写的同志们致以衷心的感谢。

由于时间仓促，加之编者水平有限，书中难免有错误或不足之处，敬请广大读者评比指正。

编 者

2015年5月

目 录

项目一 电控发动机总体认知	1
学习任务 汽油发动机电控系统认知	1
项目二 电控燃油供给系统检修	15
学习任务 1 燃油供给系统认知	15
学习任务 2 电动燃油泵及控制电路检修	21
学习任务 3 喷油器及控制电路检修	29
学习任务 4 燃油系统压力诊断检测	43
项目三 空气供给系统检修	51
学习任务 1 空气供给系统认知	51
学习任务 2 空气流量传感器及控制电路检修	58
学习任务 3 温度传感器及控制电路检修	65
学习任务 4 节气门位置传感器及控制电路检修	72
学习任务 5 电子节气门及控制电路检修	81
学习任务 6 怠速控制系统检修	97
项目四 电控点火系统检修	115
学习任务 1 点火系统认知	115
学习任务 2 曲轴/凸轮轴位置传感器及控制电路检修	123
学习任务 3 点火执行器及控制电路检修	138
学习任务 4 爆震传感器及控制电路检修	156
学习任务 5 点火提前角和闭合角控制	166
项目五 排放控制系统检修	172
学习任务 1 三元催化转化器 (TWC) 与空燃比反馈控制系统检修	172

学习任务 2	废气再循环 (EGR) 控制系统检修	185
学习任务 3	燃油蒸气排放控制系统 (EVAP) 检修	191
学习任务 4	二次空气供给系统检修	198
项目六	电控汽油机综合故障诊断与排除	204
学习任务 1	故障自诊断系统认知	204
学习任务 2	发动机不能启动故障检修	213
学习任务 3	发动机怠速运行不稳的故障检修	218
学习任务 4	发动机加速不良故障检修	223
项目七	柴油机电控系统检修	229
学习任务 1	柴油发动机电控系统认知	229
学习任务 2	电控分配泵燃油喷射系统检修	237
学习任务 3	电控泵喷嘴、单体泵燃油喷射系统检修	246
学习任务 4	电控共轨式燃油喷射系统检修	251
参考文献	265

项目一 电控发动机总体认知

学习任务 汽油发动机电控系统认知



学习目标

- ❖ 了解电控发动机电控系统的发展、分类及应用。
- ❖ 了解电控发动机的结构特点和组成。
- ❖ 掌握电控发动机的工作原理。
- ❖ 能够找出、识别电控发动机的主要传感器、执行器、ECU 等部件。



建议学时

6 学时



任务引入与分析

现代汽车发动机广泛采用了电子控制系统（以下简称电控系统），简称电控发动机，电控发动机所用电控系统包括燃油喷射控制、点火控制、怠速控制、EGR（废气再循环控制）、配气正时控制、可变进气控制等系统。电控系统工作是否正常，直接关系到电控发动机的运作是否正常，因此，电控系统的检修是电控发动机维修作业的一项重要内容。

学习和研究电控发动机各系统的作用、组成、结构原理和检修方法，对于从事汽车检修方面的工作具有十分重要的意义。虽然电控发动机电控系统的结构、性能随着其他技术的发展和人们要求的改变不断变化，但是，只要真正掌握汽车发动机电控系统的作用、基本工作原理，及时了解各种新技术在电控发动机上的应用，就一定能适应汽车发展的要求，真正维护好电控发动机。



相关知识

一、发动机电控系统的发展

汽车发动机电控系统的发展始于 20 世纪 60 年代，分为以下三个阶段。



第一阶段：从 20 世纪 60 年代中期到 70 年代中期，主要是为了改善汽车部分性能而进行的技术改造，如在车上装了晶体管收音机。

第二阶段，从 20 世纪 70 年代末期到 90 年代中期，为解决安全、污染和节能三大问题，研制出电控汽油喷射系统、电子控制防滑制动装置和电控点火系统。

第三阶段，20 世纪 90 年代中期以后，电子技术广泛地应用在底盘、车身和车用柴油发动机多个领域，各种电控系统日趋完善，汽车电子化已经达到相当高的程度。目前，应用在电控发动机上的电子控制系统主要有：电控燃油喷射系统 EFI、电控点火系统 ESA、怠速控制系统 ISC、排放控制系统、进气控制系统、增压控制系统、巡航控制系统、警告提示、自诊断与报警系统、失效保护系统、应急备用系统和其他控制系统等。

二、发动机电控系统对发动机性能的影响

自从 1953 年美国本迪克斯公司开始对电控燃油喷射系统研究以来，到目前为止，电控燃油喷射技术已经相当完善。电控系统在汽车上的安装位置及零部件的分配如图 1-1-1 所示。



图 1-1-1 电控系统在汽车上的安装位置及零部件的分配

- 1—活性炭罐电磁阀；2—空气流量计；3—活性炭罐；4—爆震传感器；5—相位传感器；
6—燃油压力调节器；7—喷油器；8—点火线圈组件；9—发动机转速传感器；
10—进气温度传感器；11—节气门控制部件；12—冷却液温度传感器；
13—氧传感器；14—发动机控制单元

电控系统在汽车上的广泛应用，使得汽车在动力性、经济性、排放性、舒适性等方面，都得到了整体的优化，并大大地推动了其他电控系统在汽车上的应用。

电控系统对发动机性能的影响及主要优点如下：

- 提高发动机的动力性；
- 提高发动机燃油经济性；
- 降低排放污染；
- 改善发动机的加速和减速性能；



- 改善发动机的启动性能。

因此，采用电控系统的电控发动机已经成为现代汽车发动机的主流，目前已经全部取代了化油器发动机。

三、发动机电控系统的分类

(一) 按控制方式不同分类

1. 开环控制

在控制系统中，如果输出端与输入端之间不存在反馈回路，输出量对系统的控制作用没有影响，该系统就称为开环控制系统。如图 1-1-2 所示。

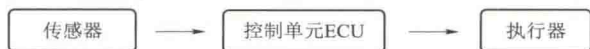


图 1-1-2 开环控制系统

在汽车电子控制系统中，燃油喷射式发动机的启动工况和加速工况，以及汽车前照灯光束的控制就采用了开环控制方式。

2. 闭环控制

凡是系统的输出端与输入端之间存在反馈回路，即输出量对控制作用有直接影响的系统就称为闭环控制系统。如图 1-1-3 所示。

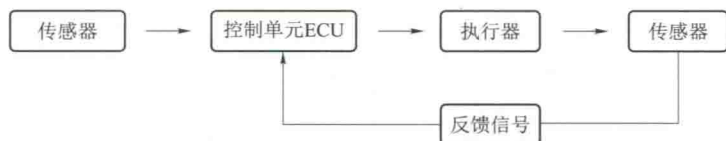


图 1-1-3 闭环控制系统

在汽车电子控制系统中，空燃比反馈控制、发动机爆燃控制、排气再循环（EGR）控制、防抱死制动控制等都采用了闭环控制方式。

3. 自适应控制

自适应控制系统就是当环境条件或结构参数产生不可预计的变化时，系统本身能够自行调整或修改系统的参数值，使系统在任何环境条件下，都保持满意性能的控制系统。换句话说，自适应控制系统是一种“自身具有适应能力”的控制系统。

在汽车电子控制系统中，自适应控制得到了广泛应用，点火时刻、喷油时间及空燃比等的控制都采用了自适应控制方式。

(二) 按燃油喷射类型不同分类

按燃油喷射类型不同，发动机电控系统可分为机械控制式、机电混合控制式、电子控制式。电子控制式又有几种典型的控制系统，如 D 型电子控制式、LH 型电子控制式、L 型 MPI 电子控制式、M 型电子控制式等。

1. 机械控制式

以感知板感知空气进气量，并通过杠杆与燃油分配器联动来控制喷油量（连续喷射）。如图 1-1-4 所示。

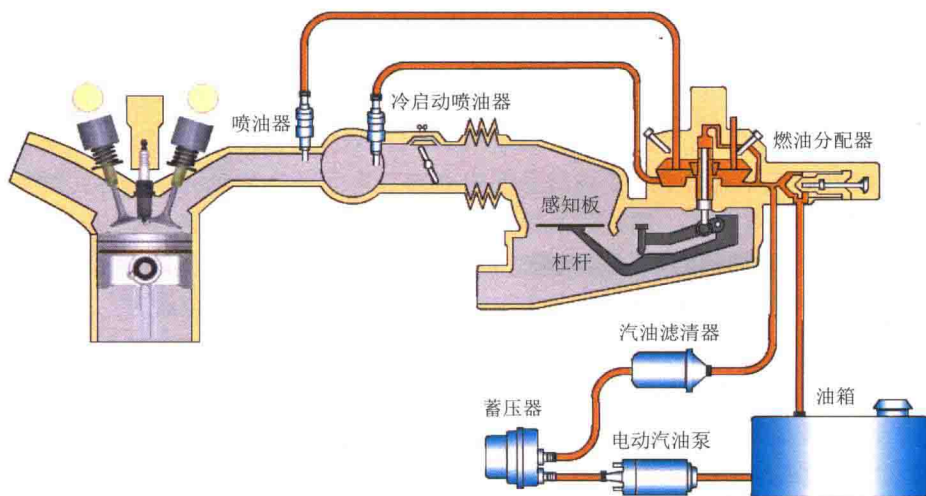


图 1-1-4 机械控制式燃油控制系统

2. 机电混合控制式

以感知板感知空气进气量，并通过杠杆与燃油分配器联动，以及与电控单元对压差调节器的共同控制来控制喷油量（连续喷射）。如图 1-1-5 所示。

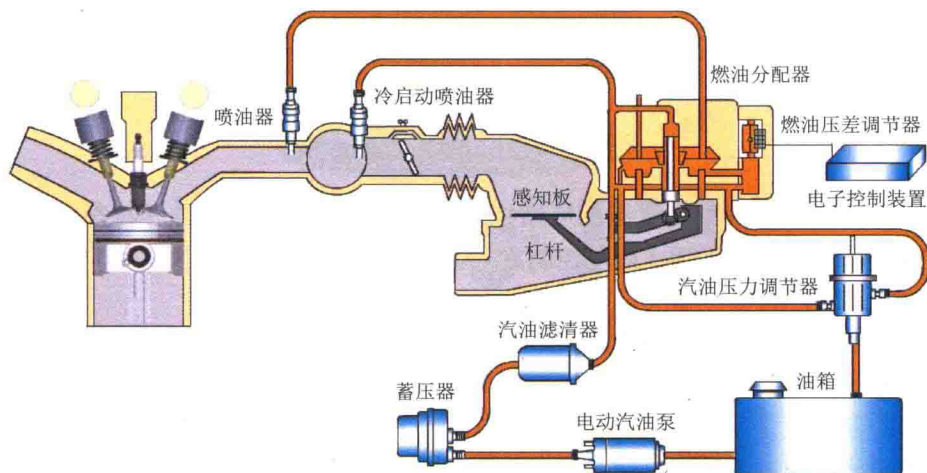


图 1-1-5 机电混合控制式燃油控制系统

3. D 型电子控制式

ECU 以歧管压力传感器检测的歧管进气压力和发动机转速作为基本参数，通过控制喷射脉冲宽度来控制喷油量（脉冲喷射）。如图 1-1-6 所示。

4. LH 型电子控制式

以热线式或热膜式等空气流量计检测进气质量，ECU 将空气进气量和发动机转速作为基本参数，精确控制喷油量（脉冲喷射）。如图 1-1-7 所示。

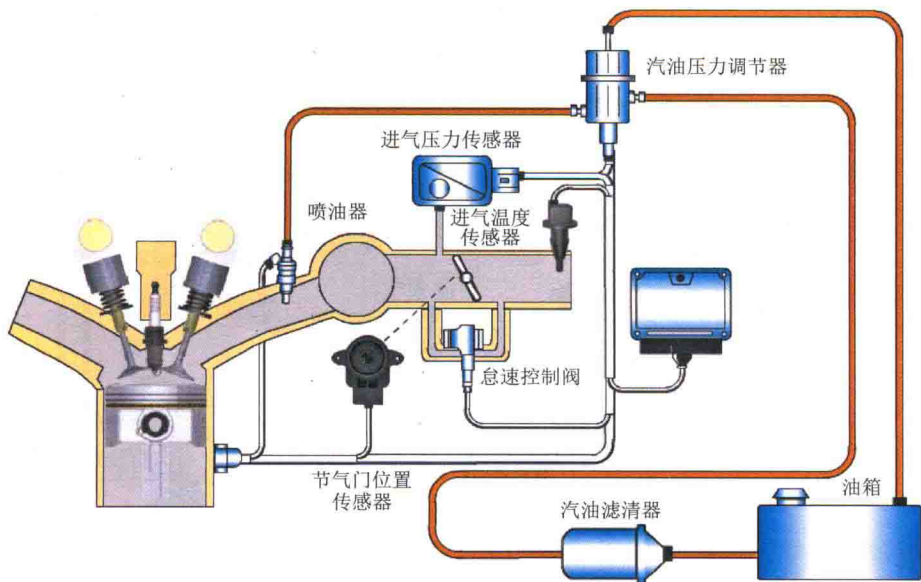


图 1-1-6 D 型电子控制式燃油控制系统

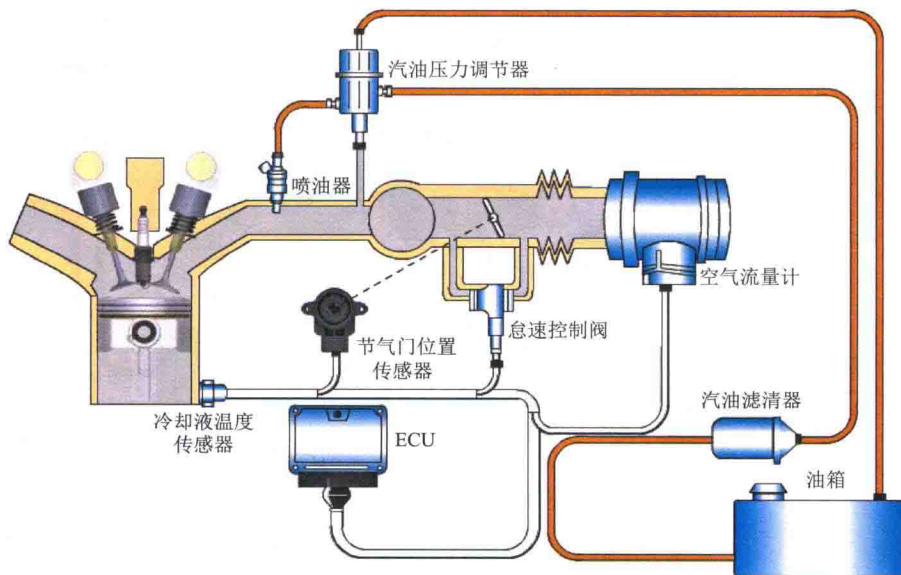


图 1-1-7 LH 型电子控制式燃油控制系统

5. L 型 MPI 电子控制式

以翼板式或量芯式等流量传感器检测的进气量和发动机转速作为基本参数，ECU 按不同工况控制喷油脉宽来精确控制喷油量（脉冲喷射）。如图 1-1-8 所示。

6. M 型电子控制式

将 L 型的喷油量控制和电子点火结合起来，由大规模集成电路组成的微机，同时控制两个系统，实现汽油喷射和点火的最佳组合。如图 1-1-9 所示。

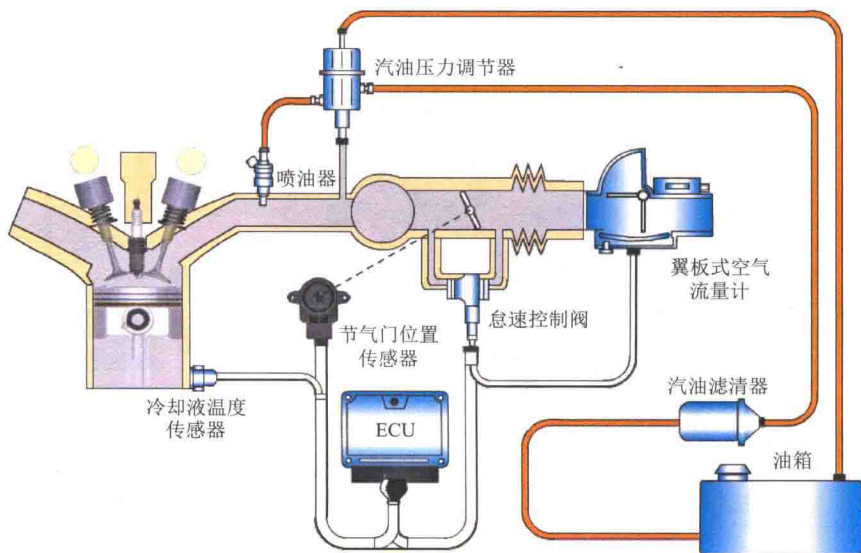


图 1-1-8 L 型电子控制式燃油控制系统

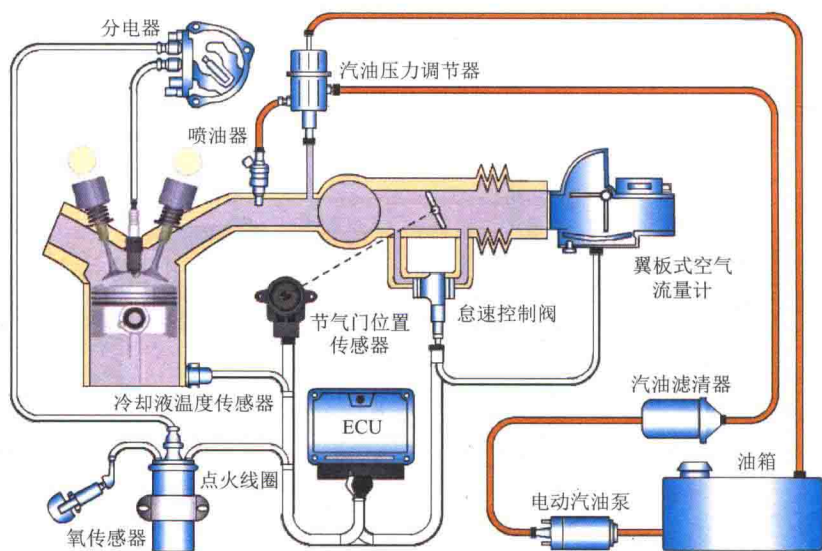


图 1-1-9 M 型电子控制式燃油控制系统

燃油系统还可以根据喷油器安装位置不同分为单点和多点燃油喷射系统。多点燃油喷射系统又可以分为缸内和缸外喷射；根据喷油器喷射方式不同分为同时喷射、分组喷射、顺序喷射系统；根据进气量检测方式不同可分为 L 型和 D 型燃油喷射系统。

四、发动机电控系统的组成及原理

(一) 发动机电控系统的组成

发动机电控系统一般由空气供给系统、燃油供给系统和电子控制系统组成，如图 1-1-10 所示。

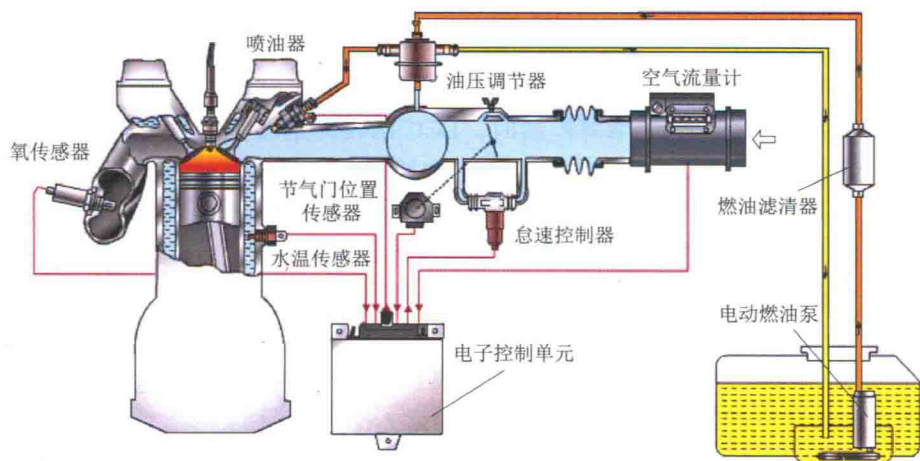


图 1-1-10 电控发动机的组成

空气供给系统由空气滤清器、进气管道、节气门等组成，用于向发动机提供新鲜、清洁的空气。节气门用于调节进气量，从而控制发动机的功率。燃油供给系统由电动燃油泵、燃油滤清器、燃油压力调节器、燃油管道及喷油器等组成，用于向发动机提供与工况相适应的燃料。

电子控制系统则由传感器、电子控制单元 ECU（俗称“电脑”，也简称为 ECM）、执行器等组成，如图 1-1-11 所示。

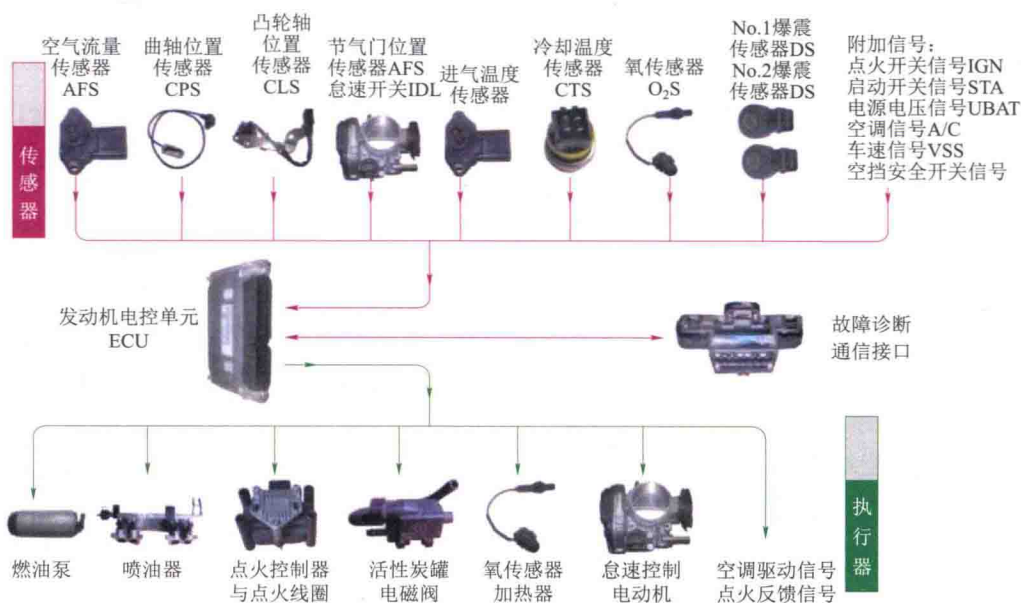


图 1-1-11 电子控制系统的组成

其中，传感器是“情报员”，相当于人的眼睛、鼻子、耳朵，用于收集发动机的各种运转信息；电控单元 ECU 是“司令部”，相当于人的大脑，用于接收、处理传感器送来的各种信息，并做出决定，向执行器发出工作指令，控制执行器的工作；执行器是“工作机构”，相当于人的手臂与腿脚，用于执行“司令部”的决策，在“司令部”的指挥下工作。



（二）发动机电控系统的原理

在发动机电子控制系统 ECU 的存储器中，储存了各种燃油喷射控制用的控制程序，能根据发动机转速和空气流量（或进气管压力、节气门开度）计算出基本喷油量及各种控制修正计算用的数据。在进行燃油喷射控制时，ECU 接收传感器输入的空气流量信号和发动机转速信号，计算出基本喷油量（对应基本喷油时间）。再根据其他各种信号输入装置输入的冷却液温度、进气温度、节气门位置、废气中的氧含量等与发动机工况有关的信号，对基本喷油量进行修正，从而计算出各种工况相适应的最佳喷油量，并输出一个与该最佳喷油量相对应的有一定脉冲宽度的喷油控制信号。该控制信号经驱动电路放大后，控制电磁式喷油器的喷油时间，将适量的燃油喷入进气管内或汽缸内。

ECU 在发动机的每一个工作循环中，都可以计算出一个最佳喷油量，因而能使发动机在不同工况下，始终以最佳空燃比的可燃混合气进行工作。这样，就可使电控发动机在不同工况下运行时，具有最佳的动力性和经济性，以及较好的排放性、启动性和行驶性能。

五、发动机电控系统的应用

（一）电子燃油喷射系统（EFI）

根据进气量确定基本喷油量，再根据其他传感器（如冷却液温度传感器、节气门位置传感器等）信号等对喷油量进行修正，使发动机在各种运行工况下均能获得最佳浓度的混合气，从而提高发动机的动力性、经济性和排放性。

（二）电控点火系统（ESA）

电控点火系统是电脑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。

（三）怠速控制系统（ISC）

怠速控制系统是在发动机怠速工况下，根据发动机冷却液温度、空调压缩机是否工作、变速器是否挂入挡位等，通过怠速控制阀对发动机的进气量进行控制，使发动机随时以最佳怠速转速运转。

（四）排放控制系统

排放控制系统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。

（五）进气控制系统

进气控制系统主要是根据发动机转速和负荷的变化，对发动机的进气进行控制，以提高发动机的充气效率，从而改善发动机动力性。

（六）增压控制系统

增压控制系统是对发动机进气增压装置的工作进行控制。在装有废气涡轮增压装置的汽车上，ECU 根据检测到的进气管压力，对增加装置进行控制，从而控制增压装置对进气增压的强度。

（七）巡航控制系统

设定巡航控制模式后，ECU 根据汽车运行工况和运行环境信息，自动控制发动机工作，使汽车自动维持一定车速行驶。



（八）警告提示

由 ECU 控制各种指示和报警装置，一旦控制系统出现故障，该系统能及时发出信号以警告提示。

（九）自诊断与报各系统

用来提示驾驶员发动机有故障；同时，系统将故障信息以设定的数码（故障码）形式储存在存储器中，以便帮助维修人员确定故障类型和范围。

（十）失效保护系统

失效保护系统主要是当传感器或传感器线路发生故障时，控制系统自动按电脑中预先设定的参考信号值工作，以便发动机能继续运转。

（十一）应急备用系统

应急备用系统是当控制系统电脑发生故障时，自动启用备用系统（备用集成电路），按设定的信号控制发动机转入强制运转状态，以防车辆停驶在路途中。



任务实施

一、任务描述

通过实训熟悉燃油供给系统、空气供给系统、点火控制系统、排放控制系统等各系统主要零部件的名称及安装位置。

二、任务准备

（1）设备：科鲁兹 2013 款 1.6SL AT 天地版轿车；桑塔纳志俊 1.8 L 手动型轿车；卡罗拉 1ZR-FE 型发动机实训台；帕萨特 B5 发动机实训台。

（2）工具：汽车维修常用工具，工作布，实习报告（或工作页）。

三、任务要求

（1）分组：组长协助老师维持纪律和实施任务。

（2）作业：完成实习报告（或工作页）。

四、实施步骤

1. 燃油供给系统零部件认知

（1）打开车门，铺好“三件套”，拉动发动机舱盖手柄。

（2）打开发动机舱盖，铺好发动机舱防护罩，拆下发动机护板。

（3）找出各喷油器、燃油分配管、油压调节器，并观察其各自的安装位置，如图 1-1-12 ~ 图 1-1-14 所示。

（4）打开汽车行李舱，拆下行李舱底部的



图 1-1-12 科鲁兹 1.6SL AT 型轿车
燃油供给系统的组成



燃油箱盖板，观察燃油箱及电动燃油泵、燃油滤清器等部件。如图 1-1-15 所示。

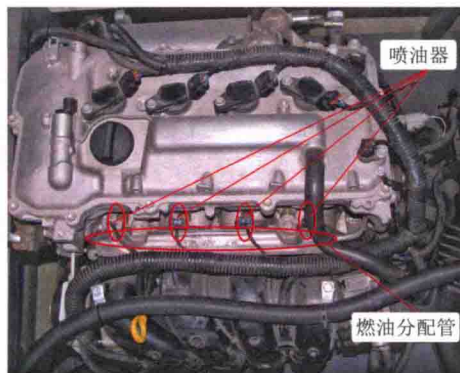


图 1-1-13 卡罗拉 GL 型轿车燃油供给系统的组成



图 1-1-14 桑塔纳志俊轿车燃油供给系统的组成



图 1-1-15 电动燃油泵安装位置及结构

2. 空气供给系统零部件认知

(1) 打开车门，铺好“三件套”，拉动发动机舱盖手柄。

(2) 打开发动机舱盖，铺好发动机舱防护罩，拆下发动机护板。

(3) 找出空气滤清器、进气管道、节气门及节气门位置传感器、进气流量及进气温度传感器、进气歧管等，并观察其安装位置，如图 1-1-16~图 1-1-18 所示。



图 1-1-16 科鲁兹 1.6SL AT 型轿车空气供给系统的组成



图 1-1-17 卡罗拉 GL 型轿车空气供给系统的组成



图 1-1-18 桑塔纳志俊轿车空气供给系统的组成

(4) 通过拆装熟悉节气门体、空气流量计、进气压力传感器等零部件的结构，如图 1-1-19 和图 1-1-20 所示。



图 1-1-19 节气门体及空气流量计的结构

3. 电控点火控制系统零部件认知

- (1) 打开车门，铺好“三件套”，拉动发动机舱盖手柄。
- (2) 打开发动机舱盖，铺好发动机舱防护罩，拆下发动机护板。