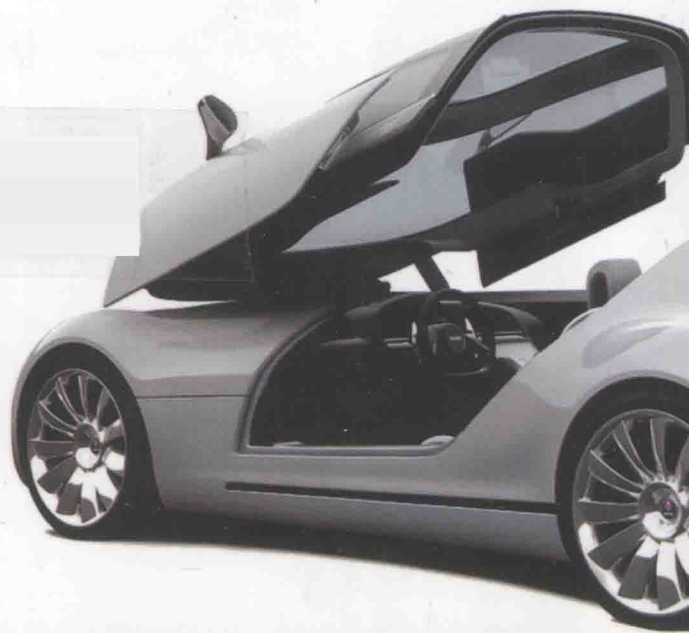


职业教育汽车类专业课程改革新规划教材

QICHE FADONGJIDIANKONGXITONG WEIXIU

汽车发动机 电控系统维修

孟庆双 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

◎职业教育汽车类专业课程改革新规划教材

汽车发动机电控系统维修

主 编 孟庆双

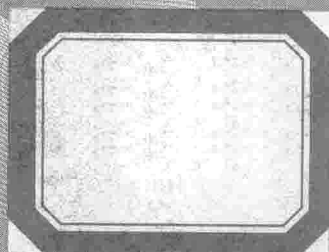
参 编 刘银瑞 陈 洁 郑 易

张士江 迟华军 王振伟

主 审 卞良勇



机械工业出版社



本书主要包括发动机电控系统认知、燃油供给系统的维修、空气供给系统的维修、电子控制系统的维修、微机控制点火系统的维修、发动机排放控制系统的维修、汽车发动机故障自诊断和柴油机电控系统的维修八个教学项目。通过对本书的学习,可使学生具备对电控发动机进行故障诊断和维修的基本技能,为学生毕业后从事高级轿车的维修工作以及参加汽车维修技能大赛奠定良好的基础。

本书可作为职业院校汽车运用与维修专业的教材,也可作为汽车相关专业的在职培训教材。

为方便教学,本书配有习题册及答案,单独装订成册附夹于书中;本书还配有电子课件,凡选用本书作为授课教材的教师均可登录 www.cmpedu.com 以教师身份免费注册下载。编辑咨询电话:010-88379865。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机电控系统维修/孟庆双主编. —北京:机械工业出版社, 2012. 10

职业教育汽车类专业课程改革新规划教材

ISBN 978 - 7 - 111 - 39194 - 4

I. ①汽… II. ①孟… III. ①汽车 - 发动机 - 电子系统 - 控制系统 - 车辆修理 - 职业教育 - 教材 IV. ①U472. 43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 220567 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:曹新宇 责任编辑:王莉娜

版式设计:霍永明 责任校对:张 薇

封面设计:路恩中 责任印制:杨 曦

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2012 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 17 印张 · 423 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978 - 7 - 111 - 39194 - 4

定价:35.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心 : (010) 88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部 : (010) 68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部 : (010) 88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203 封面无防伪标均为盗版



本书为职业教育汽车类专业课程改革新规划教材，紧紧围绕技能型人才的培养目标，以能力为本位，以工作过程为导向，引用了行为导向式项目教学模式，强化了知识性与实践性的统一，注重应用性。本书以实际汽车维修岗位技能为出发点，以检测工作过程为主线，教材各个项目的总体描述中都指出了本项目的知识要点和技能要点，部分项目有知识链接，对结构原理等理论知识以“必需、够用”为尺度编写，并且采用了大量的图片进行说明。全书实训内容贴合汽车维修企业的生产实际和全国汽车维修大赛规范，图文并茂，易懂易学。书后附有习题册和参考答案，方便学生使用。

本书在教学中建议安排 120 学时，学时分配方案建议如下表，供参考。

项 目	教 学 内 容	课 时 数		
		理 论	实 训	合 计
项目一	发动机电控系统认知	6	4	10
项目二	燃油供给系统的维修	6	8	14
项目三	空气供给系统的维修	10	12	22
项目四	电子控制系统的维修	12	12	24
项目五	微机控制点火系统的维修	8	8	16
项目六	发动机排放控制系统的维修	6	6	12
项目七	汽车发动机故障自诊断	2	4	6
项目八	柴油机电控系统的维修	10	6	16
合 计		60	60	120

本书由山东省交通运输学校孟庆双担任主编，并编写项目五，参加编写工作的有：河南省交通职业中等专业学校刘银瑞（编写项目七和项目八）、温州交通技术学校陈洁（编写项目二）、温州长运集团有限公司汽车修造工司郑易（编写项目四）、山东省交通运输学校迟华军（编写项目三）、王振伟（编写项目六）和张士江（编写项目一）。

本书由山东交通学院卞良勇教授主审。卞良勇教授为本书提出了许多宝贵的修改意见，在此谨表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，恳请广大读者指评指正。

编 者

目 录

CONTENTS

前言

项目一 发动机电控系统认知

【项目描述】	1
【知识要点】	2
【技能要点】	2
【知识准备】	2
一、发动机电控系统的组成	2
二、电控发动机各控制系统的功能	5
三、电控燃油喷射系统的类型	12
【任务实施】	17
任务 认识典型的电控燃油喷射系统	17

项目二 燃油供给系统的维修

【项目描述】	20
【知识要点】	20
【技能要点】	21
【知识准备】	21
一、燃油供给系统的组成和基本 工作过程	21
二、燃油供给系统主要部件的结构 与原理	22
三、电动燃油泵的控制电路	30
四、喷油器的控制电路	30
【任务实施】	31
任务一 识记燃油供给系统的维修 注意事项	31
任务二 燃油供给系统的维护	31
任务三 检测燃油压力	33
任务四 检测电动燃油泵	34
任务五 检测电动燃油泵电路	35
任务六 检测喷油器电路	39
任务七 燃油供给系统的故障诊断	46

项目三 空气供给系统的维修

【项目描述】	49
【知识要点】	49
【技能要点】	50
【知识准备】	50
一、空气供给系统的组成	50
二、空气供给系统主要部件的结构 与原理	50
【任务实施】	62
任务一 空气供给系统的维护	62
任务二 检测空气流量计	63
任务三 检测进气压力传感器	66
任务四 检测步进电动机式怠速 控制装置	69
任务五 检测节气门直动式怠速 控制装置	71
任务六 检测可变进气系统	74
任务七 检测废气涡轮增压装置	76
任务八 检测可变气门升程控制 系统	77
任务九 检测可变配气正时控制 系统	79
任务十 空气供给系统的故障诊断	82

项目四 电子控制系统的维修

【项目描述】	87
【知识要点】	87
【技能要点】	87
【知识准备】	87
一、电子控制系统的组成与工作 原理	87
二、电子控制系统主要部件的结构	



与原理	88
【任务实施】	99
任务一 识记电子控制系统的维护	
注意事项	99
任务二 检测电磁感应式曲轴/	
凸轮轴位置传感器	99
任务三 检测霍尔式传感器	102
任务四 检测线性可变电阻式（三线制）	
节气门位置传感器	103
任务五 检测双线性可变电阻式节气门	
位置传感器	106
任务六 检测霍尔式节气门位置	
传感器	108
任务七 检测冷却液温度传感器和	
进气温度传感器	110
任务八 检测氧传感器	112
任务九 检测宽频氧传感器	115
任务十 检测发动机 ECU	117
任务十一 电子控制系统的故障	
诊断	119
【知识链接】	123
电子节气门	123

项目五 微机控制点火系统的维修

【项目描述】	127
【知识要点】	127
【技能要点】	127
【知识准备】	128
一、微机控制点火系统的分类与	
控制功能	128
二、微机控制点火系统的组成与	
基本工作过程	130
三、微机控制点火系统主要部件的	
结构与工作原理	131
【任务实施】	137
任务一 点火系统的维护	137
任务二 检测点火线圈（不带点火	
模块）电路	141
任务三 检测点火器（带点火模块	

和线圈）电路	143
任务四 检测火花塞与高压线电路	146
任务五 检测爆燃传感器电路	147
任务六 点火系统的故障诊断	149

项目六 发动机排放控制系统的维修

【项目描述】	155
【知识要点】	155
【技能要点】	155
【知识准备】	155
一、燃油蒸发控制系统	155
二、三效催化转化系统	157
三、废气再循环控制系统	159
四、二次空气喷射系统	164
【任务实施】	166
任务一 燃油蒸发控制（EVAP）	
系统的维护	166
任务二 检测燃油蒸发控制系统的	
功能	167
任务三 检测 EVAP 控制电磁阀	
电路	167
任务四 检测三效催化转化器	169
任务五 废气再循环控制（EGR）	
系统的维护	170
任务六 检测废气再循环控制系统的	
功能	170
任务七 检测 EGR 真空电磁阀	
电路	171
任务八 检测真空控制式 EGR 阀	171
任务九 检测单电磁阀控制式	
EGR 阀及高度传感器	171
任务十 二次空气喷射系统的维护	173
任务十一 检测二次空气喷射系统的	
功能	173
任务十二 检测二次空气喷射控制	
电磁阀的电路	174
任务十三 检测组合阀	174
任务十四 检测空气泵电动机	175



项目七 汽车发动机故障自诊断

【项目描述】	177
【知识要点】	177
【技能要点】	177
【知识准备】	177
一、自诊断系统的发展	177
二、第二代随车自诊断系统	
OBD-Ⅱ	179
三、汽车故障诊断仪简介	180
四、故障诊断流程	182
【任务实施】	182
任务 解码器的使用	182

项目八 柴油机电控系统的维修

【项目描述】	185
--------------	-----

【知识要点】	185
【技能要点】	185
【知识准备】	186
一、柴油机电子控制技术概述	186
二、泵-喷嘴式电控系统	187
三、单体泵式电控系统	190
四、共轨式电控系统	192
【任务实施】	211
任务一 识记柴油机电控供油	
系统的维修注意事项	211
任务二 检测供油系统	211
任务三 检测电控系统	213
任务四 共轨系统的故障诊断	222
任务五 共轨系统主要部件的安装	226

参考文献	230
------------	-----

发动机电控系统认知

【项目描述】

发动机电控系统经历了微机单独控制和微机集中控制两个发展阶段。微机单独控制是指由不同的控制单元分别控制点火和喷油。微机集中控制是指由一个控制单元集中控制点火、喷油、排放、防盗和自诊断等功能，能对点火、喷油及排放同时进行精确控制。微机集中控制式电喷发动机的安装位置和电控系统的组成分别如图 1-1 和图 1-2 所示。

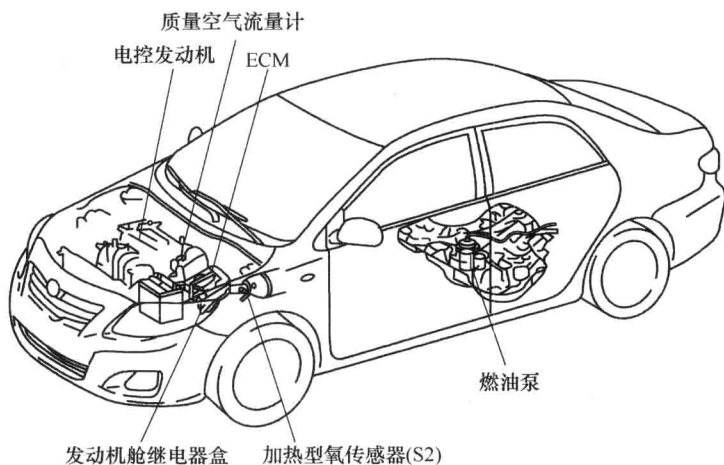


图 1-1 电喷发动机的安装位置

随着环保、能源政策限制力度的加大，现代汽油发动机在电控燃油喷射系统、电子点火系统的基础上普遍采用发动机管理系统（Engine Management System，简称 EMS），以保证其动力性、经济性、排放性和使用性的要求。EMS 的主要功能有燃油喷射控制、点火控制、怠速控制、尾气排放控制、进气控制、增压控制、失效保护、后备系统和诊断系统等。另外，随着网络、集成控制技术的广泛应用，作为汽车主要控制单元的 EMS 通过 CAN 总线与

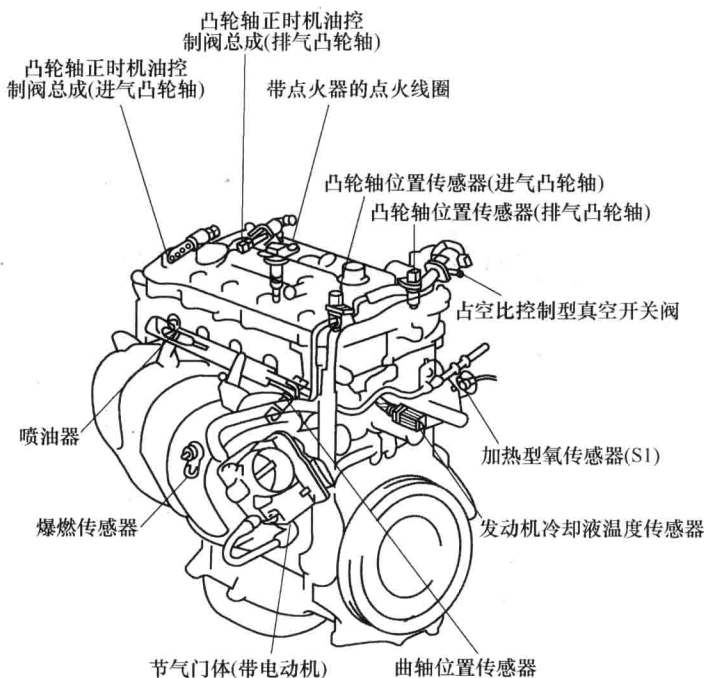


图 1-2 发动机电控系统的组成

其他控制系统（如安全系统、底盘系统以及空调、防盗、音响等）实现了网络互联和信息共享，并实施集成优化统一控制。

【知识要点】

1. 了解电控发动机各控制系统的基本组成。
2. 掌握电控发动机各控制系统的基本原理。

【技能要点】

1. 识记电控发动机的元件组成及其安装位置。
2. 认识电控燃油喷射系统的类型。

【知识准备】

一、发动机电控系统的组成

发动机电控系统由燃油喷射系统、点火系统、排放控制系统和故障自诊断系统等组成，如图 1-3 所示。它通过传感器采集发动机转速、进气流量、冷却液温度等各种信号，由发动机电控单元 ECU 对信号进行运算和处理后，控制发动机的喷油量、喷油正时、点火正时、怠速



转速和废气排放,使发动机在各种工况下都能保持较好的动力性、经济性、排放性和使用性。

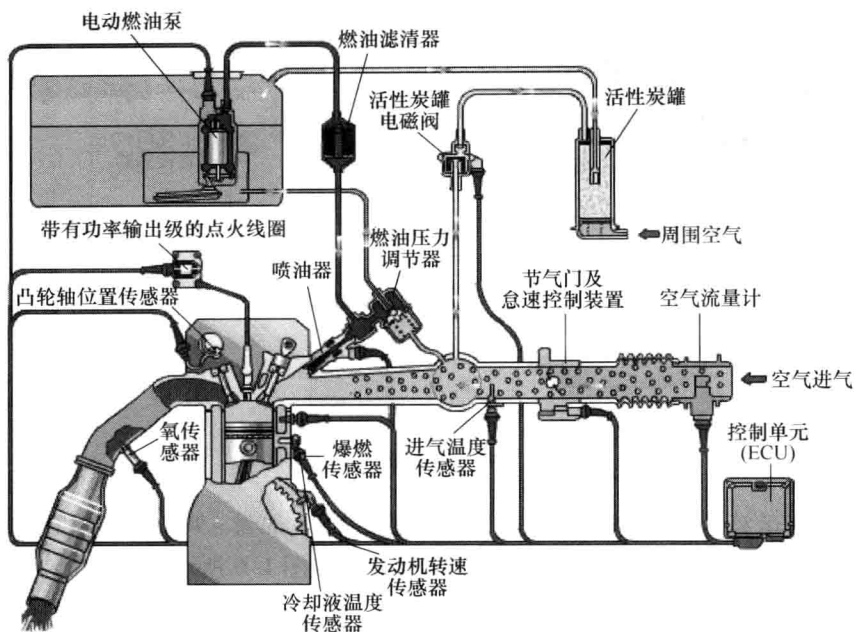


图 1-3 汽油发动机电控系统的组成

1. 燃油喷射系统

燃油喷射系统的发展经历了机械喷射、微机单独控制和发动机集中控制三个阶段。汽油机燃油喷射系统由燃油供给系统、空气供给系统和电子控制系统组成。

1) 燃油供给系统的作用是及时地向发动机提供一定压力和流量的燃油。燃油供给系统通常由燃油箱、电动燃油泵、燃油滤清器、燃油分配管、燃油压力调节器和喷油器等组成,如图 1-4 所示。

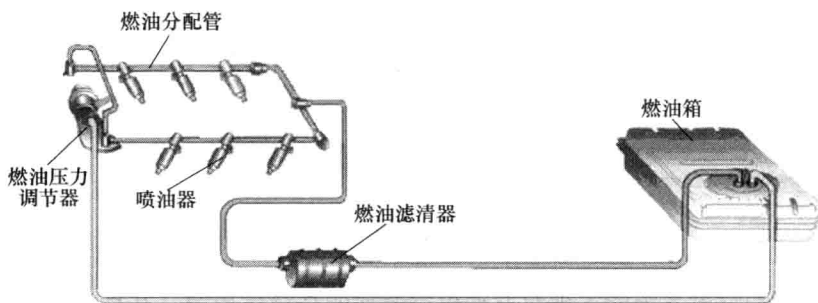


图 1-4 发动机燃油供给系统的组成

2) 空气供给系统的作用是根据发动机的不同工况,控制和测量汽油燃烧时所需要的空气量,以形成可燃混合气。该系统主要由空气滤清器、空气流量计或进气压力传感器、节气门体及怠速控制阀(现在普遍采用电子节气门,不再设单独的怠速控制阀)、进气总管和进气歧管等组成,如图 1-5 所示。

3) 电子控制系统的功能是通过传感器采集发动机的各种工况信息,由发动机控制单元

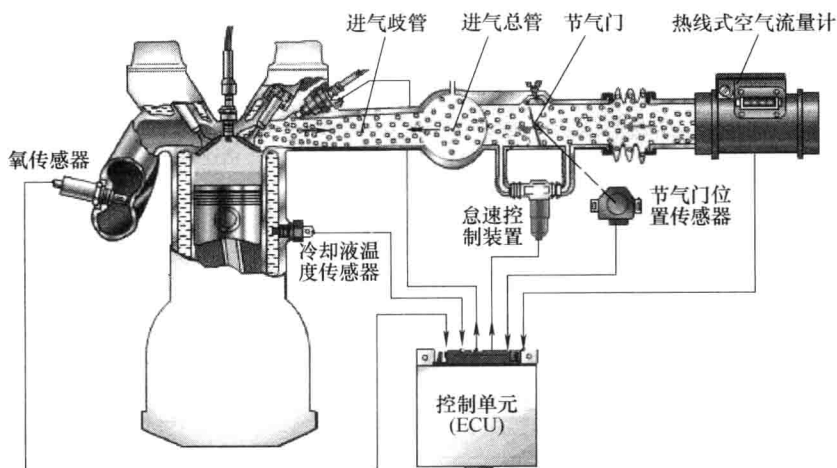


图 1-5 发动机空气供给系统的组成

ECU 对信息进行运算、处理和判断，确定并实施最佳喷油量、喷油正时和点火正时控制。该系统由传感器、控制单元（ECU）和执行器组成，如图 1-6 所示。

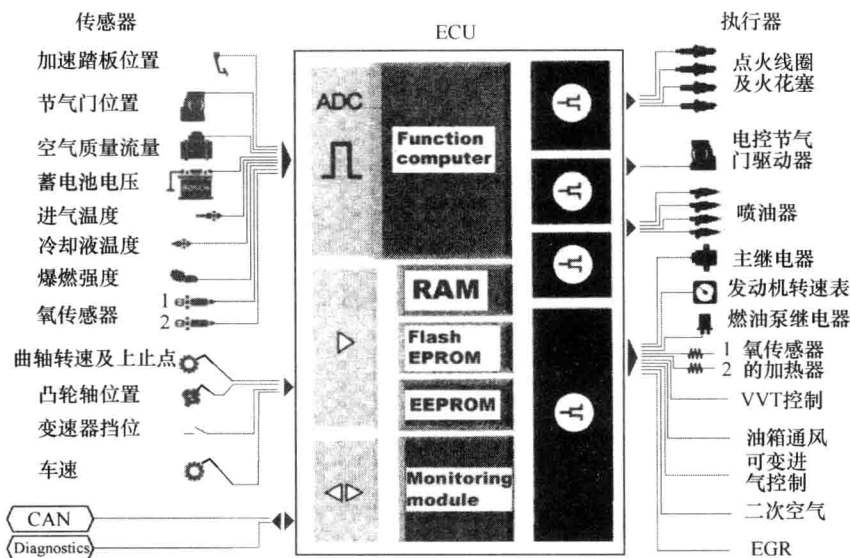


图 1-6 发动机电子控制系统的组成

由于电控燃油喷射系统能实现对发动机空燃比的高精度控制，并且具有减速断油和超速断油功能，因此电控燃油喷射系统不仅使得发动机功率提高、加速性能改善、油耗降低、有害气体排放减少，而且易起动、暖机快、故障率低、使用寿命延长。

2. 点火系统

汽车点火系统的发展经历了传统点火系统、晶体管点火系统和微机控制点火系统三个阶段。微机控制点火系统的发展又经历了微机单独控制和微机集中控制两个阶段。

微机控制点火系统的功用是将蓄电池的低压电（12V）转换成足以击穿火花塞间隙的高



压电 (15 ~ 25kV), 并按照发动机工况及做功顺序的要求, 准时地使各缸火花塞产生电火花, 点燃被压缩的可燃混合气。微机控制点火系统主要由各种传感器、发动机控制单元、点火器、点火线圈、分电器、高压线和火花塞等组成, 如图 1-7 所示。

微机控制点火系统能够实现对发动机点火提前角和点火线圈一次电流通电时间及电流的最佳控制, 因此微机控制点火系统不仅可以提高发动机的功率、降低油耗、减少有害气体排放, 而且提高了点火可靠性, 并可防止点火线圈烧坏。

3. 排放控制系统

环境保护是当前世界五大问题 (粮食、能源、人口、资源、环境) 之一, 随着汽车工业的迅速发展和汽车保有量的急剧增加, 汽车排放污染日益严重。汽车排放主要包括

发动机尾气 (65%)、曲轴箱废气 (20%) 和汽油蒸气 (15%) 三个方面。汽车排放污染物主要有一氧化碳 (CO)、碳氢化合物 (HC) 和氮氧化物 (NO_x) 三种有毒气体成分。

为了减少排放污染, 现代汽车采取了多种排放净化措施, 主要包括燃油蒸发控制系统 (EVAP)、三效催化转化系统 (TWC)、废气再循环控制系统 (EGR)、二次空气喷射系统 (SAI) 和曲轴箱强制通风 (PCV) 等。

4. 发动机故障自诊断系统

现代汽车电控单元 (ECU) 中都设有故障自诊断系统 OBD (On-Board Diagnostics), 由 ECU 内部的自诊断电路完成对传感器、ECU 和执行器的故障实时监测。当发动机电控系统出现故障时, 便自动启动故障运行程序, 并将故障以代码的形式存储在电控单元 ECU 的随机存储器中, 同时点亮仪表板上的发动机故障警告灯, 以提醒驾驶人立即维修。维修人员可以读取随机存储器中存储的故障码, 以便快速诊断和维修发动机故障。

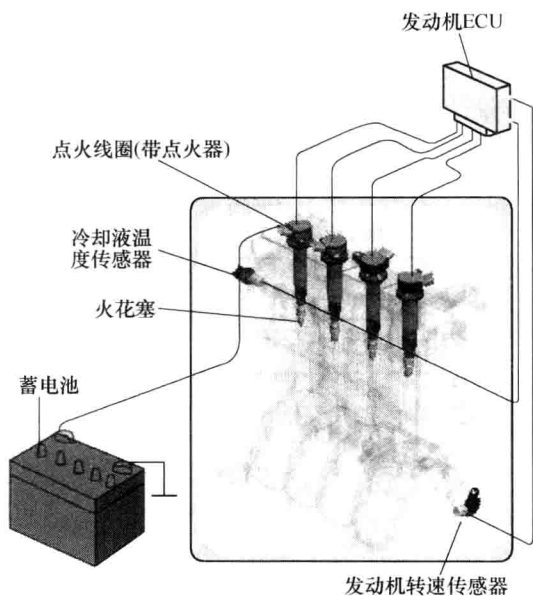


图 1-7 微机控制点火系统的组成

二、电控发动机各控制系统的功能

汽油发动机管理系统的功能主要包括燃油喷射控制、点火控制、怠速控制、进气控制、排放控制、巡航控制、自诊断与报警等。

1. 燃油喷射控制

燃油喷射控制主要包括喷油量控制、喷油正时控制、减速断油和超速断油控制以及燃油泵控制。

(1) 喷油量控制

1) 起动时喷油量的控制。因发动机起动时转速很低, 不能准确地测量出进气量, 故在发动机起动时, ECU 不能依据进气量和发动机转速信号来计算喷油量, 而是根据冷却液温度信号确定基本喷油量, 然后根据进气温度、蓄电池电压等信号对基本喷油量进行修正, 最



后确定最佳喷油量。

2) 起动后的喷油量控制。发动机 ECU 首先根据发动机转速信号和发动机负荷信号（空气流量计或进气压力传感器）确定基本喷油量，然后根据进气温度、冷却液温度、节气门开度等信号对基本喷油量进行修正，最后确定最佳喷油量，如图 1-8 所示。

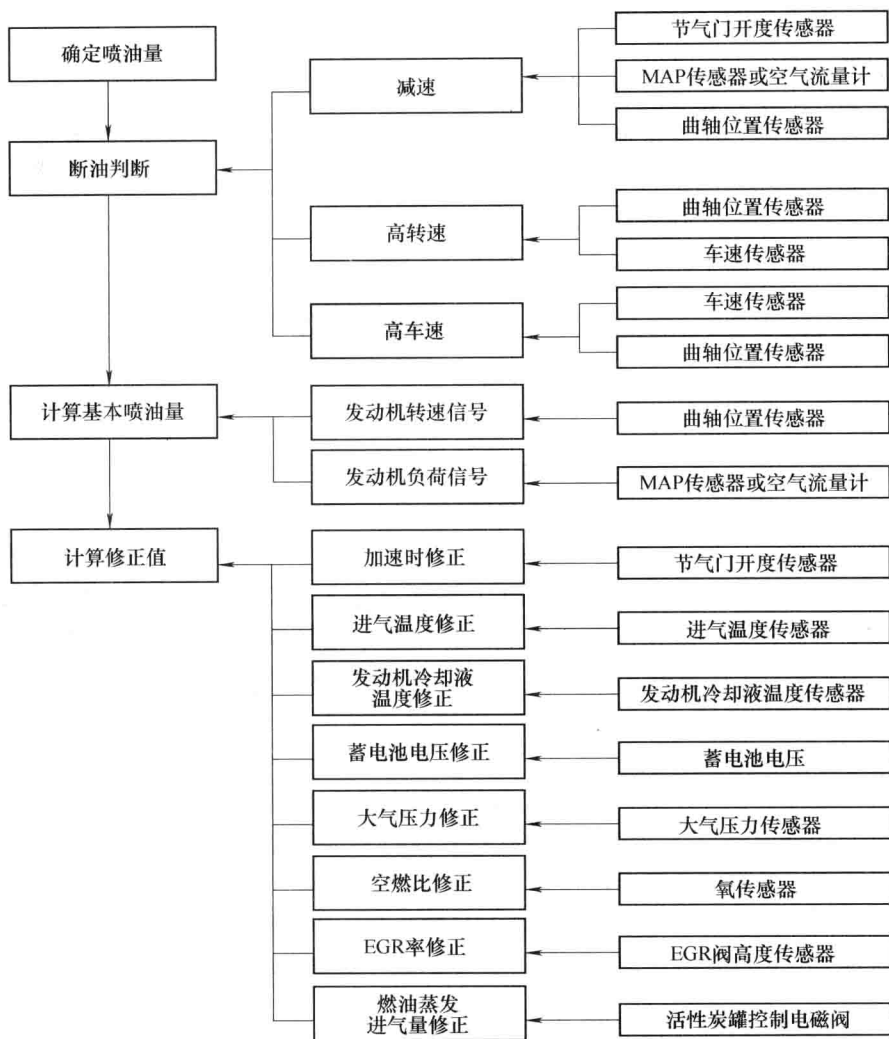


图 1-8 喷油量控制和断油控制

(2) 喷油正时控制

1) 分组喷射。以各组最先进入做功行程的气缸为基准，当确定基准缸活塞在排气上止点前的某一位置时，ECU 便发出喷油控制指令，接通该组喷油器电磁线圈的电路，喷油器开始喷油，如图 1-9 所示。

2) 顺序喷射。ECU 根据发动机转速传感器、凸轮轴位置传感器信号和发动机做功顺序确定喷油正时。当确定某缸活塞在排气上止点前某一位置时，ECU 便向该缸发出喷油控制指令，接通喷油器电磁线圈的电路，该缸开始喷油。每个工作循环，各缸喷油器按照做功顺

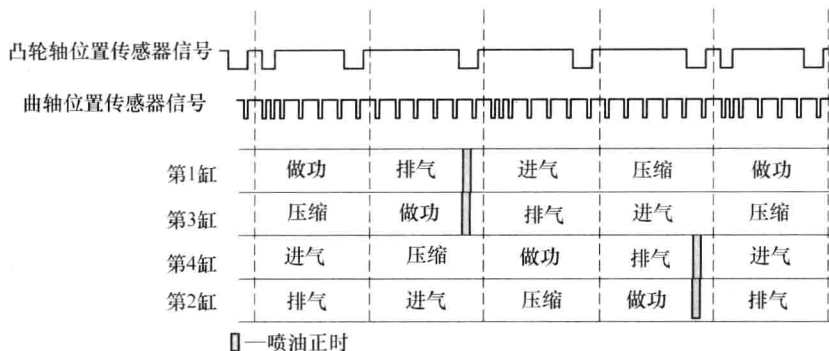


图 1-9 分组喷射喷油正时控制

序各喷油一次，如图 1-10 所示。

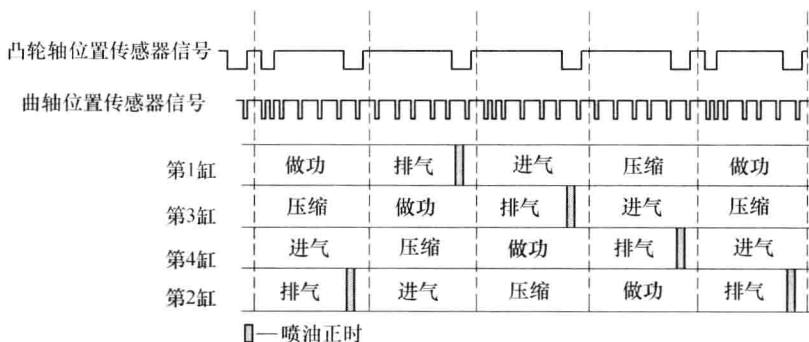


图 1-10 顺序喷射喷油正时控制

(3) 减速断油控制和超速断油控制

1) 减速断油控制。汽车行驶中，驾驶人快速放松加速踏板时，ECU 将切断喷油器控制电路，停止喷油；当发动机转速降至设定转速时，又恢复喷油，以减少燃油消耗和降低减速时 CO、HC 的排放量。

2) 超速断油控制。当发动机转速超过额定转速或汽车车速超过限定值时，ECU 将切断喷油器控制电路，停止喷油，防止超速，以避免损坏发动机部件，保证行车安全。

(4) 燃油泵的控制

1) 当点火开关接通时，ECU 将控制电动燃油泵工作 2~3s，以预先建立燃油系统油压。发动机在起动和运转过程中，电动燃油泵保持正常工作。若点火开关关闭，ECU 将切断电动燃油泵控制电路，燃油泵停止工作。

2) 对于带有燃油泵转速控制功能的发动机 ECU，可根据发动机转速信号和发动机负荷信号（空气流量计或进气压力传感器）控制电动燃油泵以高速或低速运转。

2. 点火控制

(1) 点火提前角控制

1) 起动时点火提前角的控制。发动机起动时，由于转速很低，并且不能准确地测量出进气量，因此 ECU 不能进行最佳点火提前角的控制，只是由发动机 ECU 根据起动开关信号和发动机转速信号以固定不变的初始点火提前角点火。初始点火提前角通常为压缩上止点



前 10° 。

2) 起动后点火提前角的控制。发动机运转时, ECU 首先根据发动机转速信号和发动机负荷信号(空气流量计或进气压力传感器)确定基本点火提前角, 然后根据进气温度、冷却液温度、节气门开度、爆燃等信号对基本点火提前角进行修正, 最后确定最佳点火提前角。

最佳点火提前角 = 初始点火提前角 + 基本点火提前角 + 修正点火提前角

(2) 闭合角控制 闭合角是指点火线圈一次绕组的通电时间对应的曲轴转角。发动机转速或电源电压变化会影响点火能量。因为当发动机转速升高时, 点火线圈一次绕组的通电时间缩短; 当蓄电池电压下降时, 点火线圈一次电流减小。所以, 当发动机转速升高或蓄电池电压下降时, 会使点火性能降低, 应增大闭合角。但闭合角过大也会导致点火线圈过热损坏。为了消除发动机转速和蓄电池电压变化对点火能量的影响, 在微机控制点火系统中, ECU 会根据发动机转速和蓄电池电压自动调节闭合角的大小, 以改善点火性能。

3. 怠速控制

电喷发动机怠速运转时, 节气门处于全部关闭状态, 空气通过节气门缝隙或怠速旁通气道进入发动机。若此时打开空调、变速器挂入动力输出挡位(空挡起动开关断开)或汽车急转弯(动力转向开关接通)等, 会导致发动机负荷瞬间增大而使转速降低, 此时发动机 ECU 指令怠速控制阀增加进气量, 同时增加喷油量, 以提高发动机怠速, 从而使发动机怠速转速保持稳定。

4. 进气控制

进气控制主要包括可变配气相位、可变进气系统和废气涡轮增压三种。

(1) 可变配气相位 可变配气相位是指发动机 ECU 可以根据发动机的不同工况控制发动机进、排气门的开闭时刻或升程, 相应增加进气量, 以提高汽车的动力性能。可变配气相位分为可变气门升程 VVL (Variable Valve Lift) 和可变气门正时 VVT (Variable Valve Timing) 两种类型, 如图 1-11 和图 1-12 所示。

(2) 可变进气系统 可变进气系统是利用进气流惯性产生的压力波来提高进气效率的装置, 可分为可变进气管长度和可变进气道截面积两种形式, 如图 1-13 和图 1-14 所示。进气管长度大时, 形成的压力波波长长, 使发动机在中低速区功率增大; 进气管长度短时, 形成的压力波波长短, 使发动机在高速区功率增大。

(3) 废气涡轮增压 废气涡轮增压是指利用发动机排出的高压废气的能量, 驱动涡轮高速旋转, 带动同轴上的压气机转动, 将吸入的空气压缩并送至节气门或气缸, 从而提高气流速度或压力, 使发动机的动力性能得到有效改善, 如图 1-15 和图 1-16 所示。

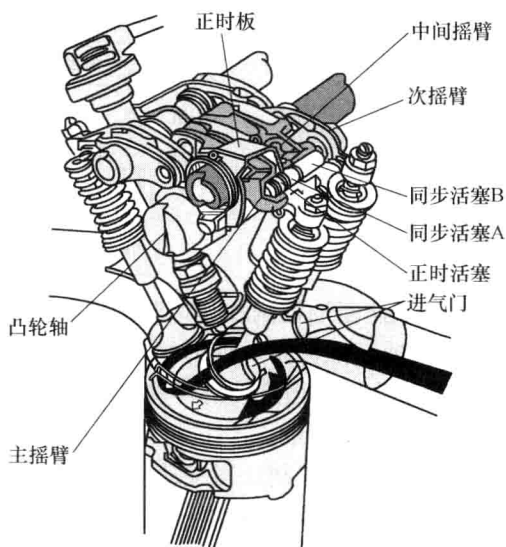


图 1-11 本田乘用车发动机可变气门升程控制系统

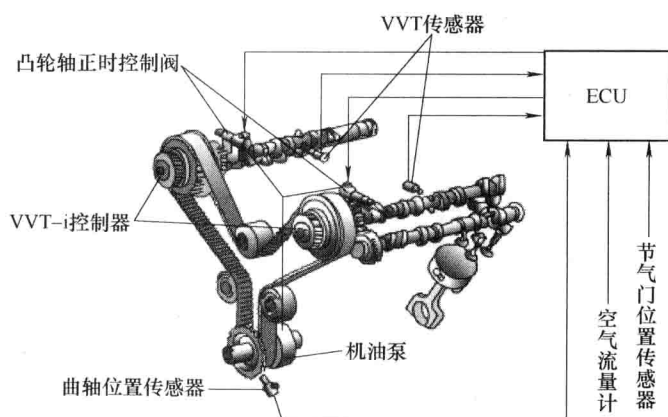


图 1-12 丰田乘用车发动机可变配气正时 (VVT-i) 控制系统

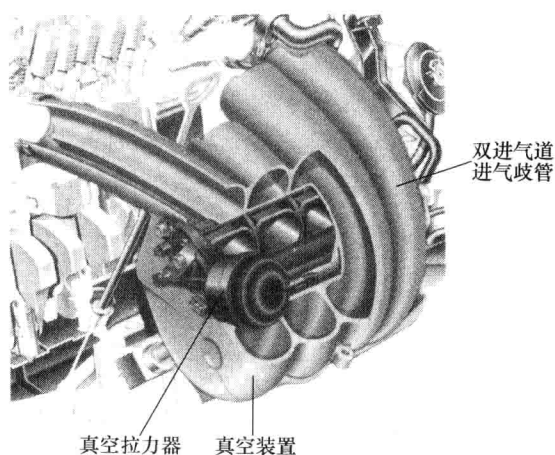


图 1-13 帕萨特乘用车可变进气管长度控制系统

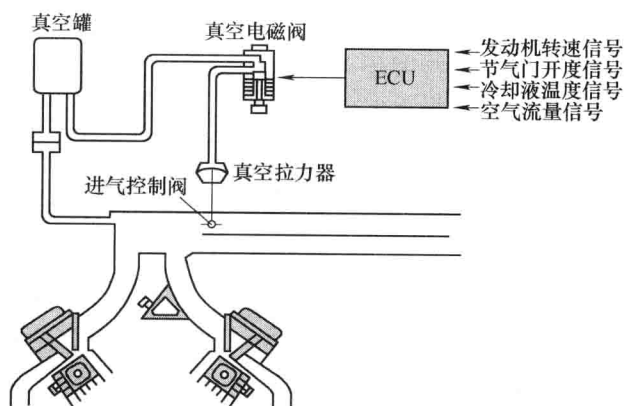


图 1-14 可变进气道截面积控制系统

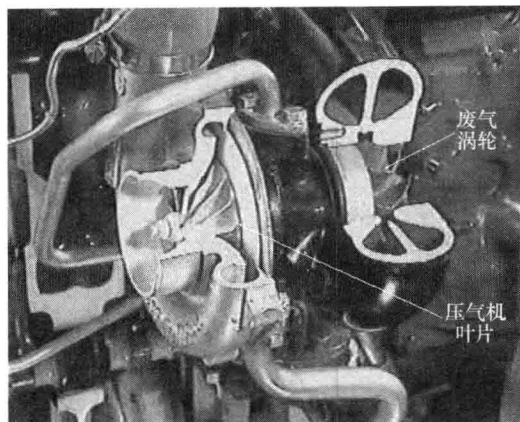


图 1-15 废气涡轮增压器的结构

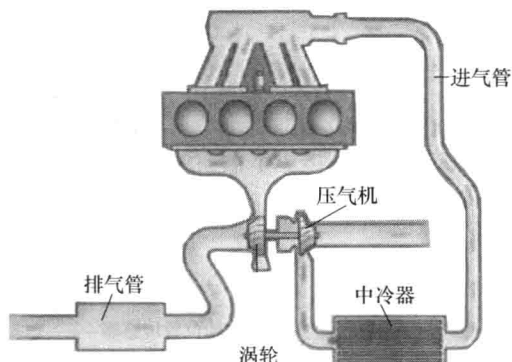


图 1-16 废气涡轮增压系统的原理

5. 排放控制

(1) 燃油蒸发控制 (EVAP) 燃油蒸发控制 EVAP (Evaporative Emission) 系统的主要功能是降低 HC 排放。活性炭罐收集燃油箱内蒸发的汽油蒸气 (主要成分为 HC)，从而防止汽油蒸气直接排入大气造成浪费和环境污染。发动机工作时，发动机 ECU 控制活性炭罐电磁阀打开，并将活性炭罐中的汽油蒸气导入气缸燃烧，如图 1-17 所示。

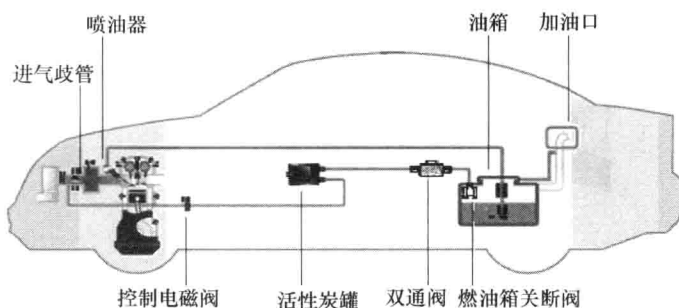


图 1-17 燃油蒸发控制 (EVAP) 系统

(2) 三效催化转化器 (TWC) 与闭环控制 三效催化转化器 (TWC) 是最重要的机外净化装置，安装在排气系统 (消声器之前) 中，如图 1-18 所示。其作用是将发动机排气中的 CO 和 HC 氧化成 CO_2 和 H_2O ，将 NO_x 还原成 N_2 排入大气，以减少 CO、HC 和 NO_x 的排放。

三效催化转化器与氧传感器配套使用，氧传感器装在三效催化转化器的前后，如图 1-19 所示。前氧传感器的作用是检测废气中的氧含量并将信号传给 ECU，ECU 以此判断可燃混合气的浓度，并对喷油量进

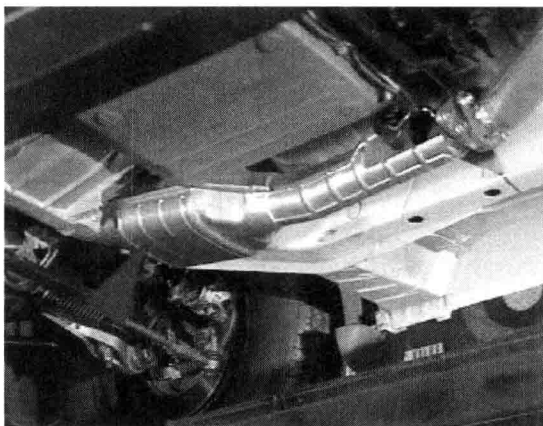


图 1-18 三效催化转化器的位置