



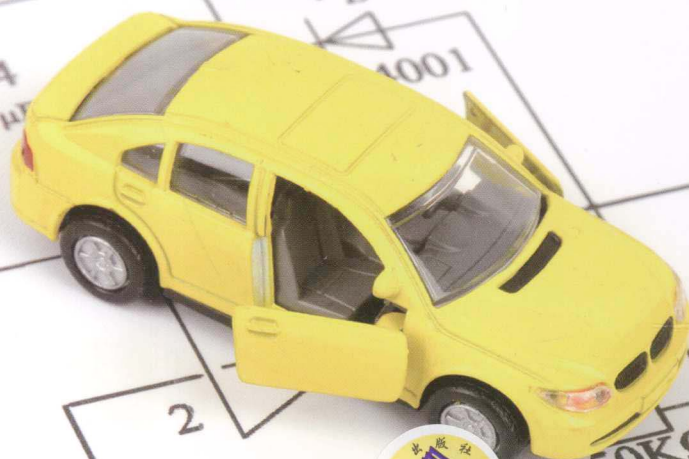
+

汽车发动机 电子控制系统检修

QICHE FADONGJI DIANZI KONGZHI XITONG JIANXIU

+

刘威○主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



013064699

U472. 43
78

汽车发动机电子控制系统检修

主 编 刘 威
副主编 谭小锋
参 编 宁玉红 王显廷
许建强 刘红强



机械工业出版社



北航

C1672394

U472.43
78

本教材以现代中高档轿车主流发动机技术为基础,将发动机电子控制系统知识内容分为了理论篇和实训篇两篇,每篇由6个模块若干个工作任务组成。具体内容为发动机电子控制系统类型及功能概述、发动机电子控制系统传感器结构、工作原理及故障检修实训;进气系统结构、工作原理及检修实训;燃油喷射系统结构工作原理及检修实训;点火系统结构工作原理及检修实训;发动机排放控制系统结构工作原理及检修实训。

本教材的一大特点是在使用方法上灵活多样,由于理论篇和实训篇在教学内容上一一对应,所以可以适合于不同教学模式的高职院校使用,如何以采取讲授理论模块的同时,辅以实训模块训练;也可以先将理论模块讲完,再用实训模块作为实训指导书的方式进行集中训练。

在本教材中针对每个工作任务都收集了实际的故障案例,实训内容都经过了作者和维修人员的实际验证,这一点体现了工作任务的真实性。因此本书不但适合学习汽车维修专业的师生,也适用于广大从事汽车电子控制系统检修的人员。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机电子控制系统检修/刘威主编. —北京:机械工业出版社, 2013.7

ISBN 978-7-111-42905-0

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 131224 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:罗莉 责任编辑:罗莉 版式设计:常天培
 责任校对:刘怡丹 封面设计:陈沛 责任印制:杨曦
 北京圣夫亚美印刷有限公司印刷
 2013 年 8 月第 1 版第 1 次印刷
 184mm×260mm·16.5 印张·394 千字
 0001—3000 册
 标准书号:ISBN 978-7-111-42905-0
 定价:49.00 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

前言

《汽车发动机电子控制系统检修》是汽车检测与维修技术专业的核心课程,本书按照教育部高职高专教育培养目标及精品课程建设要求,参考国家职业资格标准,邀请企业、行业和一些院校专家对汽车后市场人才需求进行多次研讨,结合长期一线教学工作经验制定了本教材的设计思路。

本教材的设计以当代汽车发动机电子控制系统(以下简称为电控系统)的主流技术及其检修方法为出发点,加入发动机电控系统的新技术内容,按照汽车维修职业岗位的应掌握的技能 and 知识,进行模块化教学。教学内容分为理论篇和实训篇,每篇由6个模块组成,每个模块分别由若干个理论工作任务和实训工作任务组成。

理论模块按发动机电控系统的部件或控制功能划分理论工作任务,以保证知识和技能的系统性。理论模块加入了小知识、课堂互动、案例分析、思考与练习题等环节,丰富了教学内容。

实训篇和理论篇一一对应,实训的工作任务按照计划—实施—总结—评价的流程进行教学。在计划环节设计了工作任务计划表;实施环节设计了学生要完成的具体实践操作项目单,引导学生完成必要的检测和诊断工作;在评价环节引入了德国的IHK机电师的评价单,便于完成任务后教师对学生进行更好地评价;通过这样的设计可以辅助教师更好地完成教学。

实训篇的另一个特点是每个工作任务都经过作者或维修人员的实际验证,某些操作环节加入大量的实际检测图片,体现了工作任务的真实性。

本教材为高职高专汽车检测与维修技术专业、汽车技术服务与营销专业的专业教材。也可以作为中职的参考教材。对从事汽车维修和管理的工作人员亦有参考价值。

本书由刘威任主编,谭小锋任副主编。宁玉红、王显廷、许建强、刘红强为参编。

由于作者编写水平有限,书中错误在所难免,恳请读者批评指正。

作者

目 录

理 论 篇

模块一 发动机电控系统的构造认知	2
任务一 发动机电控系统的类型	2
一、歧管喷射式发动机电控系统	3
二、缸内直喷式发动机电控系统	4
三、柴油机共轨喷射发动机	4
任务二 电控发动机系统的功能及组成	5
一、发动机电控系统的总体说明	6
二、发动机电控系统的组成	7
三、发动机电控系统的相关概念	9
四、发动机电控系统的自诊断功能	11
本模块习题	15
模块二 发动机电控系统传感器的构造及工作原理	17
任务一 曲轴位置传感器和凸轮轴位置传感器的结构及工作原理	18
一、曲轴位置传感器 (CKP) 的结构及工作原理	19
二、凸轮轴位置传感器 (CMP) 的结构及工作原理	22
凸轮轴位置传感器故障案例	25
任务二 进气压力传感器 (MAP) 和空气流量计 (MAF) 的结构及工作原理	26
一、进气压力传感器 (MAP) 的结构及工作原理	27
二、空气流量计的结构及工作原理	29
空气流量计故障案例	30
任务三 节气门位置传感器、加速踏板传感器的结构及工作原理	31
一、电子节气门 (节气门位置传感器、节气门电动机) 的结构及工作原理	32
节气门故障案例	37
二、加速踏板位置传感器的结构及工作原理	38
加速踏板位置传感器故障案例	40
三、发动机电子节气门控制系统警告灯	41
任务四 冷却液温度传感器的结构及工作原理	41
冷却液温度传感器故障案例	44
任务五 氧传感器和三元催化器的结构及工作原理	45
氧传感器故障案例	53
任务六 爆燃传感器的结构及工作原理	55
一、关于爆燃的概念	56
二、爆燃传感器的结构及工作原理	57
三、爆燃控制原理	58

爆燃传感器故障案例	59
本模块习题	60
模块三 进气系统的结构及工作原理	62
任务一 可变进气道的结构及工作原理	63
一、可变长度进气道的功能	63
二、可变长度进气道的结构	64
三、可变长度进气道的控制	65
四、变截面进气道的结构原理	67
可变进气道故障案例	67
任务二 可变气门正时和升程的结构及工作原理	69
一、可变配气正时系统的结构及工作原理	70
二、可变气门升程的结构及工作原理	74
可变配气正时及升程系统故障案例	77
任务三 废气涡轮增压系统的结构及工作原理	78
涡轮增压系统故障案例	84
本模块习题	84
模块四 燃油喷射系统的结构及工作原理	87
任务一 燃油喷射系统燃油喷射的相关概念	87
一、燃油喷射的类型	88
二、喷油正时的控制	90
三、喷油量的控制	90
四、燃油切断控制	92
任务二 燃油供给系统部件的结构及工作原理	93
一、喷油器的结构及工作原理	94
二、燃油泵的结构及工作原理	97
三、燃油压力调节器的结构及工作原理	98
燃油供给系统故障案例	100
本模块习题	102
模块五 点火系统的结构及工作原理	105
任务一 点火系统的相关概念	106
一、电子点火系统的功能	106
二、点火正时（点火提前角）的控制	107
三、发动机失火检测系统	109
任务二 点火系统主要元件及工作原理（以整体式点火线圈为例）	111
一、电子点火系统的组成及类型	111
二、点火线圈的构造及工作原理	112
三、火花塞的构造及工作原理	117
点火系统故障案例	120
本模块习题	121
模块六 排放控制系统的构造及工作原理	124
任务一 燃油蒸发控制系统的结构及工作原理	125
一、燃油蒸发控制系统的功能	126

二、炭罐电磁阀的结构及工作原理	127
三、炭罐的结构及工作原理	129
炭罐排放控制系统故障案例	129
任务二 废气再循环系统	130
一、废气再循环系统控制原理	131
二、废气再循环系统的组成	132
废气再循环系统故障案例	134
任务三 曲轴箱通风系统的结构及工作原理	135
一、曲轴箱通风系统的功能及工作原理	135
二、带油气分离器的曲轴箱通风系统的结构及工作原理	137
曲轴箱通风系统故障案例	140
任务四 二次空气喷射系统的结构及工作原理	141
一、二次空气喷射系统的功能	141
二、二次空气喷射系统的组成	142
二次空气喷射系统故障案例	144
本模块习题	145
实 训 篇	
模块一 汽车发动机电控系统认知	148
任务一 认知发动机电控系统的类型及组成	148
一、认知发动机电控系统的类型	149
二、认知电控发动机系统的各组成部分及发动机电控系统线束	150
三、认知捷达发动机线束	151
工作任务评价	153
任务二 认知发动机自诊断系统	153
一、诊断仪的功能及组装	153
二、诊断仪的常用功能操作方法	155
工作任务评价	157
模块二 发动机电控系统传感器检修	158
任务一 曲轴位置传感器和凸轮轴位置传感器检修	158
一、曲轴位置传感器 (CKP) 检修	159
二、凸轮轴位置传感器 (CMP) 检修	161
工作任务评价	164
任务二 进气压力传感器与空气流量计检修	164
一、进气压力 (MAP) 传感器检修	165
二、空气流量计检修	167
工作任务评价	169
任务三 电子节气门和加速踏板位置传感器检修	169
一、电子节气门检修 (以大众 Polo 轿车为例)	170
二、加速踏板位置传感器检修	172
工作任务评价	174
任务四 发动机冷却液温度传感器检测	175

一、冷却液温度传感器检修	176
二、进气温度传感器的检修	177
工作任务评价	177
任务五 氧传感器和三元催化器检修	178
一、氧传感器检修	178
二、三元催化器的故障及诊断	183
工作任务评价	184
任务六 爆燃传感器检修	185
工作任务评价	187
模块三 进气系统检修	188
任务一 可变配气正时系统检修	188
一、读取可变配气正时系统故障码和数据流	189
二、可变配气正时系统故障的诊断与排除	191
工作任务评价	193
任务二 可变进气歧管系统检修	193
一、可变进气歧管系统检测仪及电路元件检查	194
二、进气歧管转换系统机械系统检查	196
工作任务评价	197
任务三 涡轮增压系统检修	197
一、对涡轮增压系统进行基本测试(以大众车型为例)	199
二、对涡轮增压系统电路元件进行检查	199
三、对涡轮增压系统机械方面的检查	201
工作任务评价	202
模块四 燃油喷射系统检修	203
任务一 燃油系统压力检测	204
一、燃油系统压力测试	205
二、燃油系统压力分析	206
工作任务评价	207
任务二 喷油器及其电路的检测	207
一、喷油器的检测	208
二、喷油质量的检测	210
工作任务评价	213
任务三 电动燃油泵及其电路的检测	214
一、电动燃油泵工作情况的检查	215
二、电动燃油泵电路的检测	216
工作任务评价	218
模块五 点火系统检修	220
任务一 点火系统的基本测试	220
一、点火系统检修的安全常识	221
二、点火系统装配	222
三、点火系统的基本测试项目和方法	223
工作任务评价	226

任务二 点火系统元件及电路检测	227
一、点火线圈及其电路的检测	228
二、火花塞的检查	230
工作任务评价	231
模块六 排放控制系统检修	233
任务一 炭罐排放控制系统检修	233
一、炭罐控制系统安装连接及布置（以大众某车型为例）	234
二、炭罐排放控制系统检查	234
工作任务评价	238
任务二 废气再循环系统检修	239
一、废气再循环系统的基本检查	240
二、废气再循环系统元件的检查	241
工作任务评价	243
任务三 曲轴箱通风系统检修	243
一、曲轴箱通风系统气道检修	244
二、PCV 阀检修	245
三、曲轴箱通风加热电阻的检查（以大众某车型为例）	246
工作任务评价	247
任务四 二次空气喷射系统的检修	247
一、二次空气喷射系统安装连接及布置（以大众某车型为例）	248
二、对二次空气喷射系统进行元件测试	249
三、二次空气喷射系统电路检查	250
四、检查组合阀	251
工作任务评价	251
参考文献	253

模块一

发动机电控系统的构造认知

引言

本工作任务是学习发动机电控系统构造与检修的第一课,力求为学习发动机电控系统建立感性认识。通过完成若干个任务,使学生熟悉发动机电控系统的构造和维修的相关知识。这样学生在学习时,能够提高学习兴趣,容易取得好的学习效果。

学习目标

1. 当前市场上电控发动机的主要类型
2. 电控发动机的主要功能和优点
3. 电控发动机的核心概念
4. 空燃比与过量空气系数
5. 工况的概念
6. 闭环控制系统的相关知识

任务一 发动机电控系统的类型

学习目标

1. 了解发动机电控系统的类型
2. 了解各种发动机电控系统的优缺点

课程准备

知识准备:汽车发动机构造原理

往复式活塞式内燃机的工作腔称作气缸,气缸内表面为圆柱形。在气缸内作往复运动的活塞通过活塞销与连杆的一端铰接,连杆的另一端则与曲轴相连,构成曲柄连杆机构。因此,当活塞在气缸内作往复运动时,连杆便推动曲轴旋转,或者相反。同时,工作腔的容积也在不断地由最小变到最大,再由最大变到最小,如此循环不已。气缸的顶端用气缸盖封闭。在气缸盖上装有进气门和排气门,进、排气门是头朝下尾朝上倒挂在气缸顶端的。通过进、排气门的开闭实现向气缸内充气和向气缸外排气。进、排气门的开闭由凸轮轴控制。凸轮轴由曲轴通过齿形带或齿轮或链条驱动。进、排气门和凸轮轴以及其他一些零件共同组成配气机构。通常称这种结构形式的配气机构为顶置气门配气机构。现代汽车内燃机无一例外地都采用顶置气门配气机构。构成气缸的零件称作气缸体,支承曲轴的零件称

作曲轴箱, 气缸体与曲轴箱的连铸体称作机体。

课前引入: 一位客户来到 4S 店, 要买一辆车。销售顾问向他介绍发动机的类型, 销售顾问说, 我们这款车有缸内直喷的发动机, 也有普通的吸气式发动机, 如果你是销售顾问, 你能解释这两款发动机的区别和各自的特点吗?

由于电子技术的飞速发展并在汽车上广泛应用, 现代汽车上普遍采用电子控制系统来控制发动机的工作。目前市场上发动机电控系统的型式对汽油机来说, 主要有歧管喷射式、缸内直喷式, 对柴油发动机来说, 主要有缸内直喷式, 此外还有混合动力等型式的发动机。

一、歧管喷射式发动机电控系统

根据燃油的喷射位置, 电控汽油发动机分为歧管喷射式 (见图 1-1-1) 和缸内直喷式两种形式。

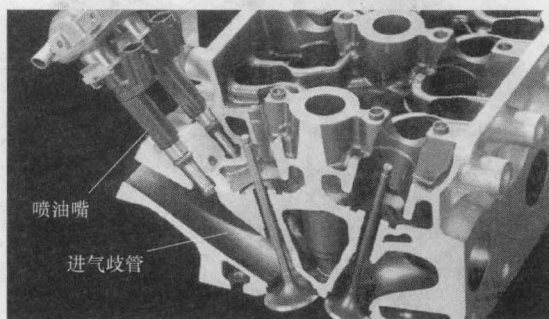


图 1-1-1 歧管喷射方式

电控燃油喷油系统, 需要对进入发动机的空气量进行计量。根据对吸入空气量的检测方式不同, 可分为直接和间接两类。直接检测方式又称为质量—流量方式; 间接检测方式又分速度—密度方式和节流—速度方式两种。

1. 速度—密度方式 (D 型电控系统)

采用速度—密度方式 (D 型电控系统) 测量进气量是利用发动机转速与进气管压力的关系, 间接测定吸入气缸的空气量, 进而控制喷油量。其特点是在进气管道内装有一个绝对压力传感器来测量进气管道内的绝对空气压力值。“D” 是德文“压力”的第一个字母。D 型电控系统的布置如图 1-1-2 所示。

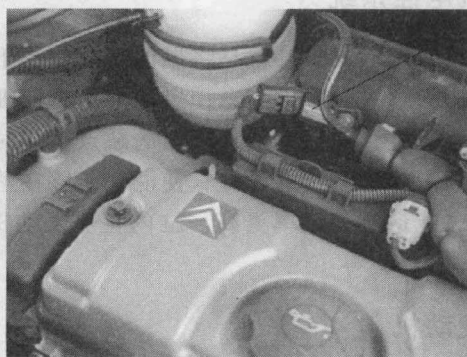


图 1-1-2 D 型电控系统的布置

由于进气管内的空气压力在波动,所以D型电控系统的测量准确度稍微差些。但这种控制系统仍广泛应用在当前的电控发动机系统中。

2. 质量—流量方式(L型电控系统)

质量—流量方式(L型电控系统)是采用空气流量计直接测量发动机进气量,因此控制精度要比D型系统更高。在L型电控系统中利用装在空气滤清器后的空气流量计(空气流量传感器)直接测量发动机吸入的进气量。目前轿车上主要采用热膜式空气流量计来测量空气流量。热膜式空气流量计安装位置如图1-1-3所示。L型电控系统大部分结构与D型电控系统相似。“L”是德文“空气”的第一个字母。L型电控系统的布置如图1-1-3所示。

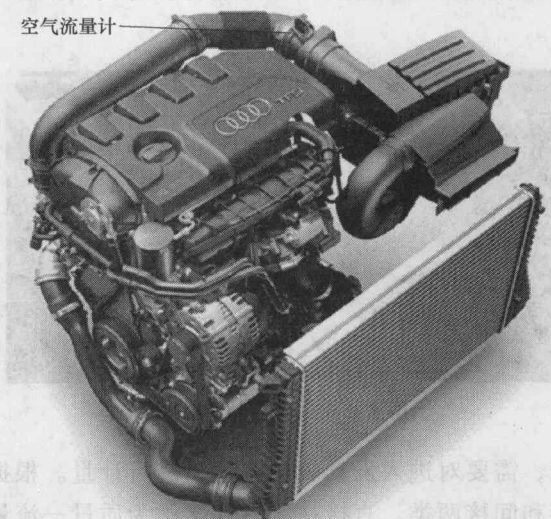


图 1-1-3 L型电控系统的布置



课程互动

请说出L型和D型电控系统的区别。

二、缸内直喷式发动机电控系统

缸内直喷(Fuel Stratified Injection, FSI)就是将燃油喷嘴安装于气缸内,直接将燃油喷入气缸内与进气混合。喷射压力也进一步提高,使燃油雾化更加细致,真正实现了精准地按比例控制喷油并与进气混合,并且消除了缸外喷射的缺点。同时,喷嘴位置、喷雾形状、进气气流控制,以及活塞顶形状等特别的设计,使油气能够在整个气缸内充分、均匀地混合,从而使燃油充分燃烧,能量转化效率更高。缸内直喷发动机供油系统如图1-1-4所示。

三、柴油机共轨喷射发动机

目前柴油机多采用共轨喷射方式,共轨式电控燃油喷射技术通过共轨直接或间接地形

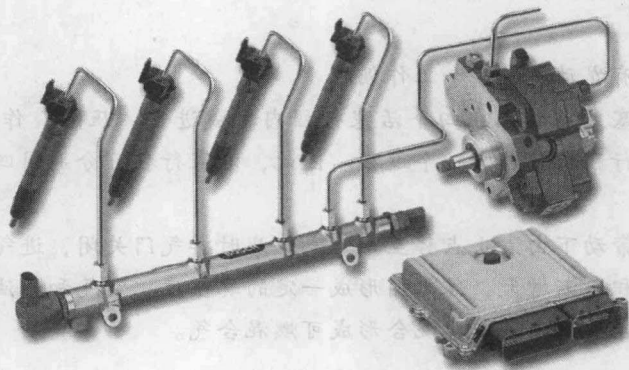


图 1-1-4 缸内直接喷射的发动机元件

成恒定的高压燃油，分送到每个喷油器，并借助于集成在每个喷油器上的高速电磁开关阀的开启与闭合，定时、定量地控制喷油器喷射至柴油机燃烧室的油量，从而保证柴油机达到最佳的空燃比和良好的雾化，最少的污染排放。

目前世界上主要有三大公司在研发和生产柴油机高压共轨系统，日本电装、德国博世和美国福特公司。博世公司共轨柴油发动机如图 1-1-5 所示。

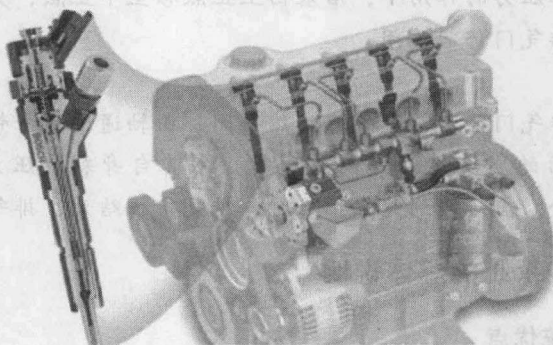


图 1-1-5 高压共轨喷射发动机原理图

课程互动

1. 请上网查询使用高压共轨柴油发动机的自主品牌。
2. 请说出缸内直喷发动机有哪些优点？

任务二 电控发动机系统的功能及组成

学习目标

1. 电控发动机系统的功能
2. 电控发动机系统的组成
3. 电控发动机的诊断原理

课程准备

知识准备：汽有发动机的4个工作循环

四冲程往复式内燃机在四个活塞行程内完成进气、压缩、作功和排气等四个过程，即在一个活塞行程内只进行一个过程。因此，活塞行程可分别用四个过程命名。

1. 进气行程

活塞在曲轴的带动下由上止点移至下止点。此时排气门关闭，进气门开启。在活塞移动过程中，气缸容积逐渐增大，气缸内形成一定的真空度。空气和汽油的混合物通过进气门被吸入气缸，并在气缸内进一步混合形成可燃混合气。

2. 压缩行程

进气行程结束后，曲轴继续带动活塞由下止点移至上止点。这时，进、排气门均关闭。随着活塞移动，气缸容积不断减小，气缸内的混合气被压缩，其压力和温度同时升高。

3. 作功行程

压缩行程结束时，安装在气缸盖上的火花塞产生电火花，将气缸内的可燃混合气点燃，火焰迅速传遍整个燃烧室，同时放出大量的热能。燃烧气体的体积急剧膨胀，压力和温度迅速升高。在气体压力的作用下，活塞由上止点移至下止点，并通过连杆推动曲轴旋转作功。这时，进、排气门仍旧关闭。

4. 排气行程

排气行程开始，排气门开启，进气门仍然关闭，曲轴通过连杆带动活塞由下止点移至上止点，此时膨胀过后的燃烧气体（或称废气）在其自身剩余压力和活塞的推动下，经排气门排出气缸之外。当活塞到达上止点时，排气行程结束，排气门关闭。

一、发动机电控系统的总体说明

1. 发动机电控系统优点

虽然不同型式的电控发动机具有不同的特点，但由于都具有以下的优点，因此在汽车工业中都得到了广泛应用。

1) 提高了发动机的输出功率和转矩。电控汽油喷射系统对进气系统进行了较大的改进设计，减小了进气阻力，提高了充气效率，进一步提高了燃烧效率，使发动机的输出功率和转矩得以提高。

2) 降低了汽油消耗。发动机电控系统具有各种各样的精确修正功能和高精度的空燃比控制性能，能提供各种工况下最适当的空燃比，且汽油是以一定压力下喷射的，其混合气雾化好，各缸供油均匀，汽油利用率提高，降低了汽油消耗。

3) 减少了排放污染。发动机电控系统采用了闭环控制空燃比，燃烧效率提高，燃烧完全，又采用了废气再循环和三元催化转化等措施，进一步降低了发动机排放污染。

4) 改善了使用性能。以发动机电子控制单元（ECU）为控制中心的电子控制系统，使车辆在加、减速和低温起动的过渡过程中，空燃比响应速度快，反应灵敏，发动机的使用性能得到提高。

2. 对发动机电控系统的要求

- 1) 必须满足防污染排放法规。
- 2) 必须满足客户易于操作的要求。
- 3) 必须是最少的保养和具有最高的可靠性。
- 4) 必须具有平顺的驾驶性能。
- 5) 必须有尽可能好的燃油经济性。
- 6) 必须有尽可能高的动力性。
- 7) 必须有尽可能的安静。

3. 发动机电控系统的诊断功能

根据各个国家不同法律体系的要求, 发动机控制单元 (ECU) 还配有随车诊断装置。为满足这些法规的要求, 该系统可以监测和报告可能引起排放超标的任何故障。采用发动机控制系统的目的是使发动机的工作性能在发动机的工作和使用寿命范围内都保持最佳水平。发动机控制单元可提供包括燃油、点火时间、怠速控制和排放控制在内的随车诊断功能。如果发生故障, 发动机控制单元将保存相关的故障码。

课程互动

1. 请说出发动机电控系统的优点?
2. 请查询发动机电控系统的发展历史。

二、发动机电控系统的组成

发动机电控系统由传感器、电控单元、执行器三个部分组成, 如图 1-1-6 所示。它是采用传感器监测发动机有关系统的工作状况, 并将相关信息传给电控单元, 电控单元经过分析、运算、判断后, 发送指令给执行机构, 从而使相关系统的工作状况达到最佳。

1. 传感器的功能

传感器是汽车电控系统系统的输入装置, 它把汽车运行中各种工况信息, 如车速、各种介质的温度、发动机运转工况等转化成电信号传输给计算机, 以便使发动机处于最佳工作状态。输入信号通过导线束和连接插头传输给控制单元。

输入发动机电控制单元 (ECU) 的信号一般有两种: 一种是模拟信号; 另一种是数字信号。

空气质量、蓄电池电压、进气管压力和增压压力、冷却液温度和进气温度都是模拟输入信号。这些信号通过模拟-数字 (A-D, 模-数) 转换器转换为数字信号。

开关 (接通/断开) 信号和霍尔传感器的转速脉冲是数字输入信号。这些信号具有内部计算型式, 即 1 (高) 和 0 (低) 这两种状态都可以由计算机直接处理。

2. 发动机电控单元的功能

发动机电子控制单元 (Electronic Control Unit, ECU) 是发动机电子控制系统的核心。它由微处理器 (CPU)、存储器 [包括只读存储器 (ROM)、随机存取存储器 (RAM)]、输入/输出 (I/O) 接口、模-数 (A-D) 转换器以及整形、驱动等大规模集成电路组成。电控单元的功用是根据其内存的程序和数据对各种传感器输入的信息进行运算、处理、判断, 然后输出指令, 使驱动执行元件工作。电控单元由微型计算机、输入、输出及控制电

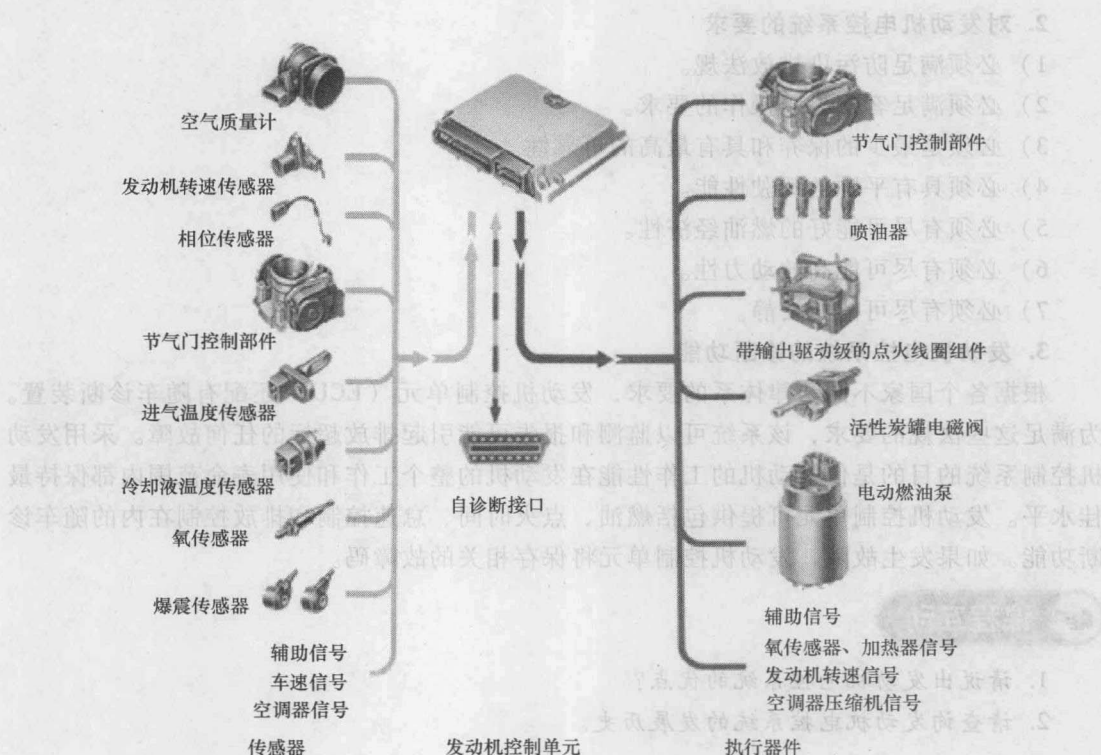


图 1-1-6 发动机电控系统组成

路等组成。其外观及内部组成如图 1-1-7 及图 1-1-8 所示。

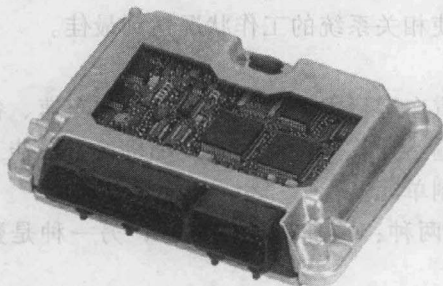


图 1-1-7 发动机 ECU 外观

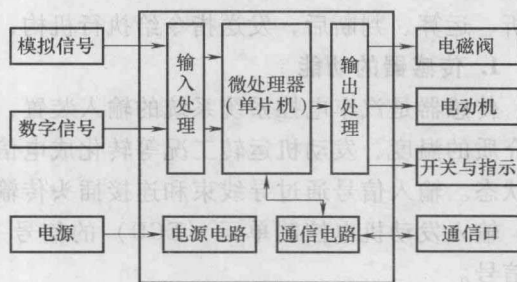


图 1-1-8 发动机 ECU 内部组成

发动机 ECU 由输入电路、微处理器和输出电路等三部分组成。

输入电路接受传感器和其他装置输入的信号，对信号进行过滤处理和放大，然后转换成一定电压的输入电平。从传感器送到 ECU 输入电路的信号既有模拟信号，也有数字信号，输入电路中的模-数转换器可以将模拟信号转换为数字信号，然后传递给微机。

微处理器将上述已经预处理过的信号进行运算处理，并将处理数据送至输出电路。

输出电路将数字信息的功率放大，有些还要还原为模拟信号，使其驱动被控的调节伺服元件工作。

CPU 是 ECU 核心部分，它具有运算与控制的功能，发动机在运转时，采集各传感器