



劳动和社会保障部职业技能鉴定中心
汽车维修专项技能认证指定教材

FADONGJI XINGNENG

发动机性能

全国汽车维修专项技能认证技术支持中心编写组 编写



教育科学出版社



劳动和社会保障部职业技能鉴定中心
汽车维修专项技能认证指定教材

发动机性能

全国汽车维修专项技能认证技术支持中心编写组 编写

教育科学出版社

责任编辑 刘 进
版式设计 尹明好
责任校对 徐 虹
责任印制 曲凤玲

图书在版编目(CIP)数据

发动机性能 / 全国汽车维修专项技能认证技术支持中心编写组编写. —北京: 教育科学出版社, 2003.6 (2004.6 重印)

劳动和社会保障部职业技能鉴定中心汽车维修专项技能认证指定教材

ISBN 7-5041-2509-1

I. 发... II. 全... III. 汽车-发动机-性能-职业技能鉴定-教材 IV. U464

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 040229 号

出版发行	教育科学出版社	市场部电话	010-62003339
社 址	北京·北三环中路 46 号	编辑部电话	010-82085274
邮 编	100088	网 址	http://www.esph.com.cn
传 真	010-62013803		
经 销	各地新华书店		
印 刷	保定市印刷厂		
开 本	787 毫米×1092 毫米 1/16		
印 张	28.75 插 页 16	版 次	2003 年 6 月第 1 版
字 数	700 千	印 次	2004 年 6 月第 2 次印刷
定 价	96.00 元	印 数	5 101—8 600 册

如有印装质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

若读者欲了解更多有关本系列教材的信息,敬请登录中车在线网 www.713.com.cn

本书所有源自美国米切尔 (Mitchell) 汽车维修数据库的图形和数据,均获得北京中车行高新技术有限公司授权编辑使用。版权所有,违者必究。

“汽车维修专项技能认证” 教材编委会

主任：陈宇 白建伟 王凯明

副主任：李京申 刘波 桑桂玉 陈蕾 吴友生

编委：（以姓氏笔画为序）

王凯明 王海燕 邓维恭 王琰 龙凤丝 白建伟
朱兵 朱军 李京申 刘波 吴友生 陈宇
陈蕾 张巍 俞世光 段淑兰 桑桂玉 魏俊强

组织策划：白建伟

技术总监：王凯明

主编：李京申 刘波

副主编：吴友生 王琰 朱兵

作者：吴友生 王力田 代亮 刘伟 朱英杰

弋国鹏 赵贵君 薛庆文 王琰 孟宇



陈宇 教授

中国就业培训技术指导中心主任

劳动和社会保障部职业技能鉴定中心主任

汽车业是推动科学技术发展的龙头产业，也是推动国民经济发展的支柱产业。自我国政府在“十五”计划中提出“鼓励轿车进入家庭”的政策以来，我国汽车保有量持续以超过 10% 的年增长率激增，现已达到 2000 万辆。2002 年国内汽车市场出现罕见的“井喷”行情，产销数量均突破 320 万辆，增幅均超过 30%。显然，汽车现在不仅是生产和运输的工具，而且正在成为居民家庭的大型耐用消费品。由于汽车使用于相对不稳定和不可预测的复杂环境中，故障和碰损随时可能出现。因此，对汽车的保养、维护和修理成为不可缺少的环节。汽车修理业与汽车业共生共荣，我国汽车业的大发展必将促进汽车修理业的大发展。

目前，我国汽车修理业有各类企业 20 万户，从业人员 240 万人，尽管已初具规模，但和迅速发展的汽车用户市场相比不很适应；特别是汽车修理业队伍的素质，距离社会实际需要相差更远。据统计，70% 以上的从业人员只具有初中文化水平，在修理工人中真正掌握了诊断汽车故障能力的优秀技工不足 20%。有的汽车维修站点甚至坑骗顾客，在一些经济发达地区汽车维修投诉成了消费投诉的热点之一。究竟到哪里才能找到合格的汽车维修站点和维修人员，成为一个社会关切的问题，而“买车容易修车难”的状况有可能阻碍汽车业的进一步发展。加强汽车修理业建设，提高维修人员职业素质、

技术水平和业务能力，进一步强化汽车维修人员的资格认证制度已成当务之急。

2002年3月，劳动和社会保障部颁布《招收技术工种从业人员规定》(中华人民共和国劳动和社会保障部令第6号)。这个规定指出：“国家实行先培训后上岗的就业制度。用人单位招用从事技术复杂以及涉及到国家财产、人民生命安全和消费者利益工种(职业)的劳动者，必须从取得相应职业资格证书的人员中录用。”这个规定同时公布了首批87个实行就业准入控制的工种(职业)的目录，其中就包括了汽车修理工。显然，这个规定适应了社会需要，对汽车修理工的培训和认证工作将起重大推进作用。

我们需要指出的是，汽车是集现代科学技术之大成的产品，科技含量高，发展变化快。现代汽车正迅速向信息化、数字化、绿色化方向发展。电喷电控技术、机电一体化技术，动力和尾气处理系统清洁技术等都给汽车维修不断带来新课题；汽车维修企业的管理也出现许多新特点。显然，陈旧固定、一成不变的资格标准和培训教材已远不能适应急剧变化着的汽车维修技术的要求。为此，劳动和社会保障部培训就业司、劳动和社会保障部职业技能鉴定中心组织国内有关专家，同北京中车行高新技术有限公司合作，参照国际先进经验，在《汽车修理工国家职业标准》的基础上，制定了《汽车维修专项技能认证标准》，同时编写了相应的培训教材，推出了汽车维修专项认证活动，以解当前培训和认证工作的燃眉之急。

《汽车维修专项技能认证标准》和《汽车维修专项技能认证教材》遵循了近年来我国职业培训和职业技能鉴定工作领域推行的“以职业活动为导向，以职业技能为核心”的指导方针，按照职业功能分析方法，把汽车维修工作划分为“汽车故障诊断与维修”，“汽车碰撞修复”，“汽车配件供销与汽车估损”和“汽车维修企业管理”等5个领域，8个专项认证资格，共14个培训和考核项目。这不但是我国汽车维修培训考核认证的新尝试，也是职业资格培训认证工作的新尝试。我们的目的就是要使国家职业培训和技能鉴定工作更加贴近生产，贴近企业，贴近市场和用户的实际需要。同时，填补科技发展和管理进步带来的培训认证领域的空白。

国内外职业培训和技能鉴定的大量实践表明，标准化、功能化、模块化

的培训认证不但是高效可行的，而且是科学规范的。发达的工业化市场经济国家对技工的培训认证大多采用这种方式，获得了很好的效果。比如著名的美国国家汽车维修技师协会（National Institute for Automotive Service Excellence, ASE）的汽车维修技工资格认证就采用了模块化培训和考试方式。1994年我曾率团专门访问过 ASE 总部，当时这个机构的总裁和几位副总裁热情地接待了第一个来自中国劳动和社会保障部的考察团。ASE 的考核项目多达 40 余个，涉及到汽车维修的所有领域，现在全美有 40 多万人持有 ASE 证书。美国国家汽车维修技师协会不但对持证技工的技术水平负责，而且对他们的职业道德负责，接受和处理从技术不过硬到乱收费在内的一切投诉。ASE 考试严格、管理到位、证书过硬，投诉极少（约万分之一）。因此，持有 ASE 证书的技工都有一种自豪感，把 ASE 蓝白相间的旗帜插在自己修理站点的大门口，把 ASE 技师证书贴在客户休息区的墙上。开车的人们也纷纷到挂有 ASE 标志的修理站点修车。我当时就想，将来一定要把这些先进方法引进到我国。现在，我高兴地得知，今天推出这个汽车维修专项认证活动，就借鉴了 ASE 的经验，同时汲取了包括著名的米切尔（Mitchell）汽车维修数据库在内的其他国际先进成果。我们的这个愿望现在看来就要实现了。

党的十六大提出了“加快发展现代服务业”的要求。我希望汽车维修专项认证活动及其相关标准和教材的推出，能在加快发展现代汽车维修服务业方面做出自己应有的贡献，让我们预祝这项活动获得圆满成功，并预祝我国汽车维修业的队伍建设更上一个新台阶。

编者的话

“汽车维修专项技能认证”(系列)教材之一《发动机性能》的编写指导思想是:从维修的角度讲述发动机管理系统的组成和电子控制原理,并从原理出发,教会读者如何以科学的思路和规范的程序对发动机性能故障进行正确的维护、诊断、修理和拆装。

本书共分七章,第一章为电控发动机管理系统,根据诊断和维修的实际需要系统讲述了发动机电控系统的基本构成和控制原理,包括燃油控制、点火控制、怠速控制、排放控制、进气控制、失效保护、断缸控制、停车起动控制和网络传输等各种控制功能,这些知识是指导故障诊断和维修的理论基础,也是广大维修人员的薄弱环节,在此我们结合国内常见车型(如本田雅阁)进行了总结归纳,并在理论中穿插了大量诊断与维修实例,使理论与实践联系的更为紧密。第二章至第六章为故障诊断与维修的实践部分,内容包括:发动机诊断常用检测仪器和设备、发动机维修准备和故障诊断程序、自诊断系统、症状诊断和间发故障诊断、电控系统部件诊断和测试等,从设备的选用、安全注意事项、车型识别、获取维修资料,到按故障码和数据流进行自诊断(包括 OBD-I 和 OBD-II 系统),按故障症状进行诊断、按系统和部件进行诊断等,按照维修的一般流程进行详细叙述,不但与第一章的理论部分相呼应,而且列举了大量常见实例进行剖析,思路清晰,形象易懂。第七章为柴油机电控系统,根据国内外柴油机技术的现状和发展趋势介绍了一些柴油机电控技术,进一步拓展了读者的知识面。另外,本书还简要介绍了电子油门、共轨喷油、电控泵喷嘴等新技术。为了便于理解,在附录中图文并茂详细讲解了发动机故障诊断的基本流程,以供参考。

本系列教材突出理论与操作的紧密结合,书中列举了丰富的实例,运用大量实物照片,图形采用双色标注,并在使用实例时以国内常见的车型(例如,奥迪、帕萨特、别克、宝来、本田等)为主,同时兼顾到奔驰、宝马、凌志等高档轿车中的先进技术,大大提升了教材的实用性和先进性,使复杂的理论知识变得通俗易懂。

本书借鉴了国内外最新教材的经验,汲取了国外知名的米切尔(Mitchell)维修数据库的精华,又紧密结合国情,使读者能够从中获得真正有用的维修知识和操作技能,是目前国内难得一见的为维修技术人员量身定做的汽车维修教科书。

本书在编撰过程中,得到了全国维修界众多知名专家和一线技术人员的指点,在此表示深深的感谢!

编 者

目 录

第 1 章 电控发动机管理系统(EMS)

1.1 发动机控制模块(ECU)及其电源电路	4
1.1.1 发动机控制模块(ECU)	4
1.1.2 发动机控制模块(ECU)电源电路	9
1.1.3 发动机的控制模式和运行模式(工况)	13
1.2 电控燃油喷射系统	18
1.2.1 基本工作原理和发展过程	18
1.2.2 电控燃油喷射系统的优点	26
1.2.3 电控燃油喷射系统的分类	27
1.2.4 燃油供给系统的构成	30
1.2.5 电控燃油喷射的控制	43
1.2.5.1 电控喷油器	43
1.2.5.2 喷油正时的控制	54
1.2.5.3 喷油脉冲宽度的控制	57
1.3 点火系统	69
1.3.1 点火系统的组成	70
1.3.2 电子点火系统的工作原理	70
1.3.3 点火控制	85
1.4 怠速控制系统	104
1.4.1 附加空气滑阀式怠速控制系统	106
1.4.2 步进电机式怠速控制系统	108
1.4.3 旋转滑阀式怠速控制系统	113
1.4.4 占空比控制的怠速控制系统	117
1.4.5 节气门直动式怠速控制系统	118
1.5 汽车排放污染物控制系统	126
1.5.1 催化转换器	127
1.5.2 废气再循环(EGR)控制系统	132
1.5.3 二次空气喷射(AI)系统	148
1.5.4 曲轴箱强制通风(PCV)系统	152
1.5.5 燃油蒸发控制(EVAP)系统	156

1.6 进气控制系统	160
1.6.1 可变进气系统	160
1.6.2 废气涡轮增压系统	166
1.7 失效保护与后备系统	174
1.8 发动机电控系统的其他扩展功能	176
1.9 雅阁轿车发动机管理系统简介	185

第2章 发动机诊断常用检测仪器和设备

2.1 听诊器	194
2.2 真空压力表	194
2.3 燃油压力表	195
2.4 喷油器清洗检测仪	195
2.5 电路测试仪	196
2.6 蓄电池测试仪	197
2.7 点火正时灯	197
2.8 汽车专用万用表	199
2.9 电脑诊断仪	204
2.9.1 概述	204
2.9.2 常见电脑诊断仪的使用	206
2.10 示波器	220
2.11 废气分析仪	222
2.12 发动机综合分析仪	223

第3章 发动机维修准备和故障诊断程序

3.1 生产安全及注意事项	225
3.1.1 《中华人民共和国安全生产法》	225
3.1.2 工具设备的安全操作	225
3.1.3 车间内的安全操作	226
3.1.4 车间内的污染物	229
3.1.5 事故预防和急救	230
3.1.6 发动机管理系统维修注意事项	230
3.2 车辆识别	231
3.2.1 车辆识别代号(VIN)的内容	232
3.2.2 车辆识别代号(VIN)的位置	233
3.2.3 车辆识别代号举例	235
3.3 维修资料的获取	237

3.3.1 汽车维修信息系统的作用	237
3.3.2 维修信息系统的查询和内容	239
3.4 在用车检查/维护(I/M)制度	243
3.5 发动机故障诊断的基本原则与程序	246

第4章 自诊断系统

4.1 概述	249
4.2 OBD- I 系统与 OBD- II 系统的比较	250
4.2.1 OBD- I 系统	250
4.2.2 OBD- II 系统	250
4.2.3 自诊断系统的局限性	251
4.3 故障码的设置和诊断顺序	252
4.3.1 故障码的设置	252
4.3.2 故障码的诊断顺序	253
4.4 故障指示灯(MIL)	255
4.5 故障码的读取与清除	258
4.6 故障、故障症状、故障码的关系	261
4.7 如何利用故障码诊断故障	262
4.8 国内常见车型的故障码的读取与清除	263
4.8.1 富康故障码的读取	263
4.8.2 本田雅阁故障码的读取	265
4.8.3 三菱帕杰罗 V73(6G72 发动机)和 V75(6G74 发动机) 故障码的读取	271
4.8.4 丰田大霸王、佳美(2AZ-FE 发动机)故障码的读取	275
4.9 解码器读取的串行数据在诊断中的作用和局限性	281
4.10 第二代车载诊断系统(OBD- II)	282
4.10.1 OBD- II 标准	282
4.10.2 OBD- II 硬件特点	284
4.10.3 OBD- II 故障码的定义	285
4.10.4 OBD- II 的术语	288
4.10.5 监测程序	290
4.10.6 OBD- II 诊断仪的诊断测试模式	295
4.11 故障诊断举例	301

第5章 症状诊断和间发故障诊断

5.1 概述	304
--------------	-----

5.2 症状诊断	304
5.2.1 初步检查	304
5.2.2 症状诊断	305
5.3 间发故障诊断	318

第6章 电控系统部件诊断和测试

6.1 概述	324
6.2 发动机控制模块电源电路的测试	324
6.3 传感器及开关测试	326
6.3.1 空气流量传感器(MAF)	326
6.3.2 进气歧管绝对压力传感器(MAP)	342
6.3.3 曲轴位置传感器(CKP)	345
6.3.4 凸轮轴位置传感器(CMP)	363
6.3.5 温度传感器	365
6.3.6 节气门位置传感器(TPS)	371
6.3.7 氧传感器(O ₂ S)	377
6.3.8 爆震传感器(KS)	383
6.3.9 可变电阻器	388
6.3.10 车速传感器(VSS)	391
6.3.11 开关信号	398
6.4 电控燃油喷射系统的测试	404
6.5 点火系统的测试	411

第7章 柴油机电控系统

7.1 概述	424
7.1.1 柴油机电控技术应用概况	424
7.1.2 柴油机电控系统的控制功能	425
7.1.3 柴油机电控系统的控制模式	426
7.2 柴油机电控系统的组成及工作原理	427
7.2.1 对柴油机电控系统的要求	427
7.2.2 柴油机电控系统的组成	428
7.2.3 柴油机电控系统基本工作原理	429
7.3 柴油机电控系统举例	430
7.3.1 共轨喷油系统(CRS)	430
7.3.2 电控泵喷嘴系统(UIS)	440

第1章 电控发动机管理系统(EMS)

随着电子技术的迅速发展,汽车电子化的程度也越来越高,尤其是从20世纪70年代开始,由于各国对汽车排放法规的不断加强和人们对汽车性能(动力性、燃油经济性、舒适性等)的要求越来越高,全球各大汽车制造厂陆续推出了电子控制燃油喷射系统。经过多年的努力,发动机电子控制的内容和精度不断增加,已经从简单的燃油和点火控制,逐渐发展成一个非常复杂的发动机管理系统(Engine Management System,简称EMS)。现代汽车的发动机管理系统的控制内容不但包括

- 燃油喷射控制,
 - 点火系统控制;
- 还包括
- 怠速转速控制,
 - 尾气排放性能控制,
 - 进气控制,
 - 增压控制,
 - 失效保护,
 - 后备系统,
 - 诊断和数据通讯等。

随着网络技术在汽车上的成功应用,在很多汽车上,如奔驰、宝马、奥迪、帕萨特等,发动机管理系统已不再是一个独立的控制系统,它还通过CAN(Controllers Area Network)技术与其他控制系统(如空调系统、巡航控制系统、防盗系统、音响和舒适系统、ABS和牵引力控制系统等)实现了网络互联,实时进行数据共享和网络通讯。这不仅提高了车辆的整体控制性能和控制精度,而且大大减少了传感器、信号线和电脑管脚的数量,控制系统的升级和配置更容易、更灵活。

我国汽车工业虽然起步较晚,但汽车技术和产量却发展迅速。近几年推出的很多新车型,如奥迪A6、宝来、帕萨特、波罗、高尔、别克、雅阁等,所采用的技术已经与世界最新的汽车技术基本同步。此外随着人们对环境的日益重视,我国汽车排放法规也在向发达国家快速靠拢。如北京市2003年已开始实施欧洲II号排放标准,2005年将实施欧洲III号标准,并且从2003年开始试行I/M(检查与维护)制度,这些都大大促进了发动机管理系统在我国的不不断普及和发展。因此,掌握发动机管理系统的有关知识和诊断技术,不仅是维修进口车型所必须的,同时也是维修国产车型的基本要求。

本书将在《发动机机械》的基础上,重点讲述发动机管理系统的基础技术及其诊断思路和方法。虽然不同车型的控制系統基本原理没有本质区别,但具体结构和参数可能有所不同,因此,在诊断和维修具体车型时,必须参照适用于该车型的维修技术资料和安全注意事项(可参照中车在线网 www.713.com.cn)。

为了更好地理解发动机管理系统及其诊断方法,必须先掌握发动机的基本结构和相关的基础知识(即:《发动机机械》一书中所讲的内容)。例如理论空燃比(Stoichiometric Air/Fuel Ratio, 14.7:1)是发动机管理系统最基本的控制目标,如果进气系统、排气系统、气门组等有故障,将直接影响发动机的进气量,而真空泄漏、凸轮轴磨损等又会导致错误的传感器信号,这些都会大大影响发动机管理系统的控制效能。所以我们在进行电子故障诊断时,也不能忽略机械方面的原因。

如图 1-1 所示为凌志 LS400 发动机管理系统的构成示意图。从图中可以看出发动机管理系统主要由以下三部分组成。

- 传感器。

主要有空气流量传感器、空气温度传感器、节气门位置传感器、曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器、冷却液温度传感器、爆震传感器、转速传感器、车速传感器、氧传感器等,其作用是检测发动机的各种运行参数,将检测结果输送给发动机控制模块。

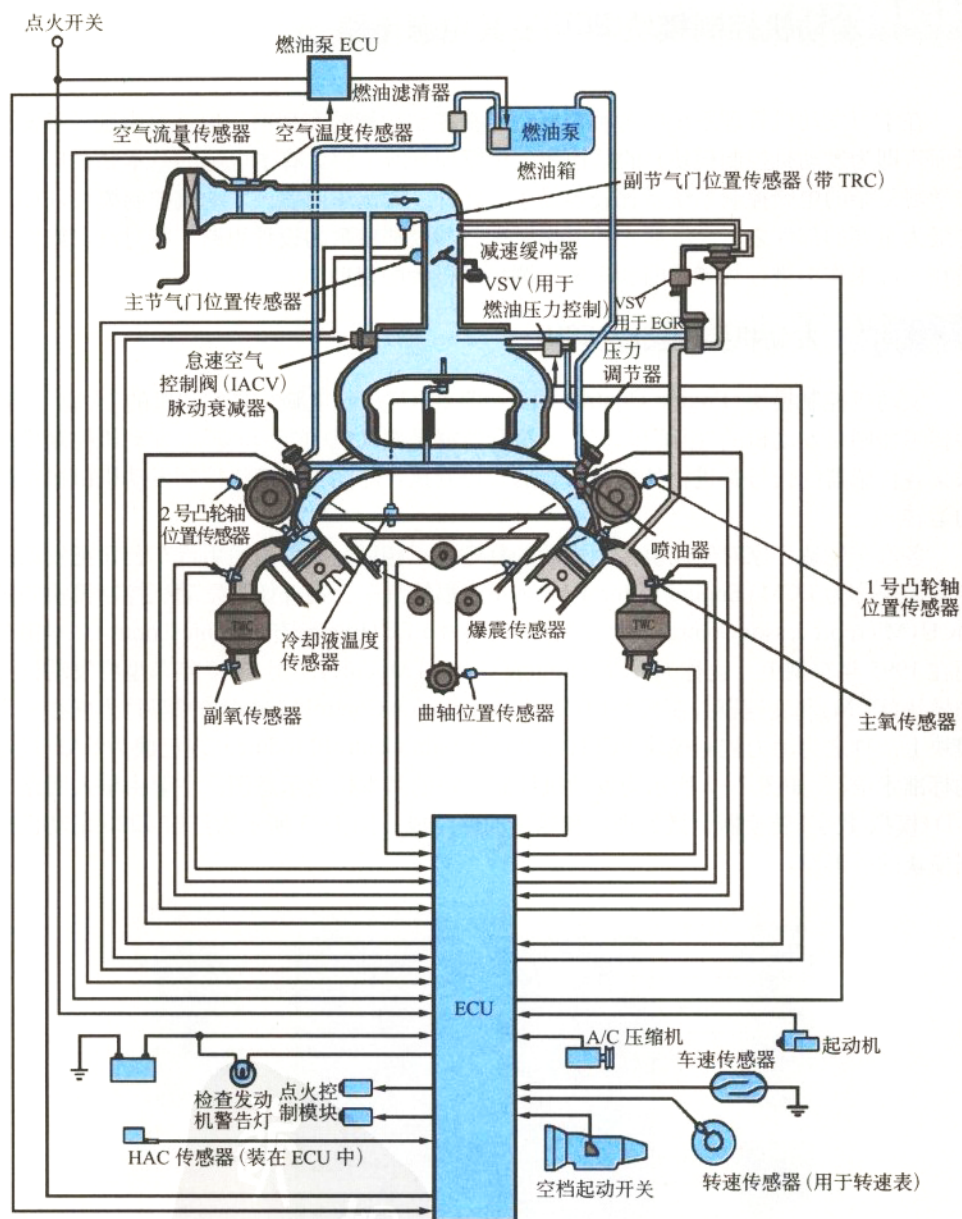
- 发动机控制模块(ECU)。

其作用是接收各种传感器的输入信号并进行各种运算,然后给执行器输出控制信号,同时,监测各传感器的信号是否正常,若发现故障,则存储故障码和相关参数,并点亮故障指示灯。

- 执行器。

主要有喷油器、点火控制模块、怠速空气控制阀(IACV)及各种电磁阀等,它们根据发动机控制模块的指令信号进行动作,以实现各种控制。

凌志 LS400 的发动机管理系统的控制功能包括:喷油器的控制、点火线圈的控制、怠速转速的控制、电动燃油泵的控制、废气再循环系统的控制,等等。当然,发动机不同,这些控制功能的实现可能会略有差异,但控制原理基本上是相同的。



EN010001

图 1-1 丰田凌志 LS400 发动机管理系统的构成示意图

1.1 发动机控制模块(ECU)及其电源电路

在学习发动机管理系统的各种控制功能和控制功能的实现前,应该对电脑(对发动机而言即为发动机控制模块)的结构和工作原理有所了解。有了电脑的基本知识后,再去学习复杂的电脑控制系统就比较容易了。此外,对汽车而言,发动机控制模块(ECU)是最为重要的部件之一,了解它的工作原理及其内部参数的设计思路,将对汽车维修人员在实际工作中进行故障诊断和车辆检测提供极大的帮助。

1.1.1 发动机控制模块(ECU)

发动机控制模块(Engine Control Unit, 即 ECU)俗称电脑,是发动机的“大脑”,各种传感器则是发动机的“眼睛和耳朵”,执行器就是发动机的“手和脚”。发动机控制模块采集各传感器的信号并进行处理和运算后,控制执行器动作,最终控制发动机机械系统的运转。

各汽车制造厂家对发动机控制模块的称呼不尽相同,如美国通用汽车公司把发动机控制模块称为 ECM (Engine Control Module); 福特汽车公司开始把发动机控制模块叫做 MCU (Microprocessor Control Unit), 后来又叫做 EEC (Engine Electronic Control); 本田公司在 1995 年车型上,也称为 ECM (Engine Control Module), 但 1996 年车型将发动机控制模块 (ECM) 和变速器控制模块 (TCM, Transmission Control Module 的缩写) 集成在一个模块上,称之为动力控制模块 PCM (即 Power train Control Module, 现已成为 SAE 规定的标准术语)。如图 1-2 所示为发动机控制模块的基本构成示意图,主要由输入回路、A/D (模拟/数字) 转换器、微处理器和输出回路组成。图 1-3 所示为红旗 7220 发动机控制模块的外形图。

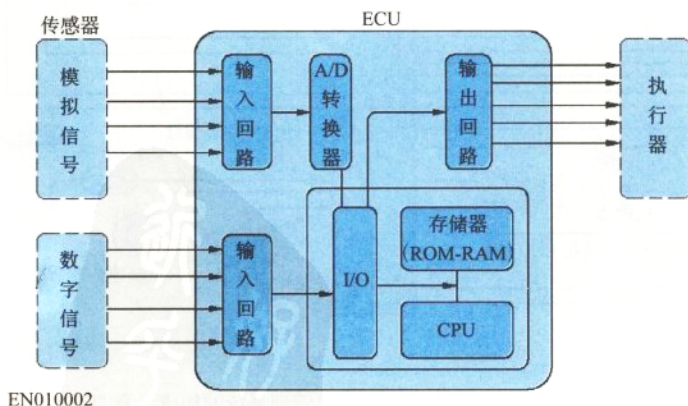


图 1-2 发动机控制模块的基本构成