

AUTO

21世纪全国高职高专汽车专业教学通用教材

汽车发动机电控 系统检修技术

孙杰 编著



山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn

21世纪全国高职高专汽车专业教学通用教材

汽车

发动机电控系统检修技术

孙 杰 编著



山东科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机电控系统检修技术 / 孙杰编著. — 济南: 山东科学技术出版社, 2012

21世纪全国高职高专汽车专业教学通用教材

ISBN 978-7-5331-6201-6

I. ①汽... II. ①孙... III. ①汽车—发动机—电子系统—控制系统—检修—高等职业教育—教材 IV.

①U472.43

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第178240号

21世纪全国高职高专汽车专业教学通用教材
汽车发动机电控系统检修技术

孙杰 编著

出版者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路16号

邮编: 250002 电话: (0531)82098087

网址: www.lkj.com.cn

电子邮件: sdkj@sdpress.com.cn

发行者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路16号

邮编: 250002 电话: (0531)82098071

印刷者: 济南华东彩印有限公司

地址: 济南市商河县富民路东首

邮编: 251600 电话: (0531)84886168

开本: 787mm × 1092mm 1/16

印张: 21

版次: 2012年8月第1版第1次印刷

ISBN 978-7-5331-6201-6

定价: 36.00 元

编

审

委

员

会

主 任 王 新 张兆阳

副 主 任 孟庆浩 赵俊山 任 东 杨永海

委 员（按姓氏笔画为序）

王功山 王功顺 王经安 王经来 王经涛

仇桂玲 刘希震 刘贵森 闫 华 张政新

张振东 张桂华 李仲河 孟凡营 苑章义

姜清龙 姜清华 赵修强 徐 强 陶晓军

窦 磊

总 策 划 王洪胜

本书编著 孙 杰

内 容 提 要

依据国家职业标准《汽车维修工》（中级工、高级工）的理论知识 and 技能要求，按照企业岗位任职需求，校企合作共同开发了《汽车发动机电控系统检修技术》一书，内容包括：发动机电子控制系统认知；汽油机电控燃油喷射系统检修；汽油机电控点火系统检修；电控发动机进气控制系统检修；电控发动机排放控制系统检修；柴油机电控燃油喷射系统检修；电控发动机故障诊断与排除等内容。

本书突出目前国内保有量较大的国产及进口轿车发动机的讲解，以大众车系轿车为主线并贯穿始终，同时兼顾丰田系列、通用车系等车型。本书以现代汽车发动机典型故障现象为载体，将知识和技能融入具体的故障检修项目中学习，实现了教学过程与工作过程的一致性。在每一个项目最后都设有拓展知识，及时跟踪电控发动机的最新技术，突出对职业能力与素质的培养。

本书内容取自于实践，图文并茂，通俗易懂，实用性强，可用做高等职业学校、高等专科学校、成人教育及本科院校举办的二级职业技术学院汽车专业教学用书，亦可以作为工厂中汽车维修人员的培训参考用书。

前言

随着汽车电子技术的日趋完善，时至今日，汽车电子化已达到相当高的程度。本书不仅对应用广泛的车用汽油发动机电控系统进行了系统、详细的阐述，而且对车用柴油机电控技术也做了详细介绍。同时增加了混合动力汽车、缸内喷射汽油机 FSI、智能电控节气门检修、宽带氧传感器检修、智能可变配气技术等国内、外汽车发动机最新技术的内容，使本课程与汽车技术的发展同步。

本书在编写过程中广泛征求了各相关院校和大量维修技术人员的意见，并充分考虑到目前高职教学的特点和维修企业对人才的需求，注重知识和实践技能的有机结合，在每一个项目内容之后都有训练任务，突出针对性、通用性、先进性和实践性，注重“职业能力、方法能力、社会能力”的培养与提高；遵循“因地制宜，因材施教”的原则，与车间维修实践紧密结合，以培养与汽车维修企业接轨的实用型技能人才为出发点，突出对实践技能的培养，是以任务驱动为核心的项目化教学的典型教材，特别适合高职高专、培训学校作为教材使用，也可供广大汽车维修技术人员培训参考。

本书由孙杰编著，刘华主审，赵锦强参加了编撰工作，全书由孙杰统稿。

本书在编写过程中得到了广汽丰田汽车销售服务有限公司、北京现代汽车振洋特约销售服务店、威海铭宏集团（通用别克）、威海雅仪汽车销售有限公司（上海大众威海特约服务站）、威海工田汽修有限公司（长城汽修）等的大力支持，在此深表谢意。

为了方便广大师生的教学和学习，本书配有电子助学课件，如有需要，请与出版社王洪胜主任联系（邮箱：lkj_whs2008@126.com）。

由于时间仓促，水平有限，书中缺陷乃至错误在所难免，敬请广大读者给予批评指正。

编 者

目 录

项目一 发动机电子控制系统认知.....	1
任务 1.1 汽油发动机电控系统认知	1
任务 1.2 柴油发动机电控系统认知	10
任务训练 1.1 发动机电控系统外观检修	15
任务训练 1.2 电气线路故障检修	22
任务训练 1.3 电子控制单元电源电路检修	24
拓展知识 混合动力汽车.....	28
项目二 汽油机电控燃油喷射系统检修	33
任务 2.1 电控燃油喷射系统认知	33
任务 2.2 燃油供给系统	47
任务 2.3 空气供给系统	59
任务 2.4 燃油电控系统	61
任务训练 2.1 传感器检测	81
任务训练 2.2 燃油系统压力检测	95
任务训练 2.3 桑塔纳 2000 GSi 电动燃油泵检修	98
任务训练 2.4 桑塔纳 2000 GSi 喷油器检测	100
拓展知识 缸内喷射汽油发动机	105
项目三 汽油机电控点火系统检修.....	113
任务 3.1 汽油机电控点火系统认知	113
任务 3.2 分电器式电控点火系统	130
任务 3.3 无分电器式电控点火系统	137
任务训练 3.1 皇冠 3.0 2JZ - GE 分电器式电控点火系统检修.....	143
任务训练 3.2 桑塔纳 2000 GSi 无分电器式电控点火系统检修.....	146



任务训练 3.3 桑塔纳 2000 GSi 爆震传感器检修	148
拓展知识 丰田 2AZ—FE 独立电控点火系统检修	151
项目四 电控发动机进气控制系统检修	156
任务 4.1 怠速控制系统	156
任务 4.2 智能电控节气门系统	166
任务 4.3 进气道控制系统	171
任务 4.4 可变气门正时系统	178
任务训练 4.1 桑塔纳 2000 GSi 节气门直动式怠速控制系统检修	185
任务训练 4.2 别克凯越步进电机式怠速控制系统检修	187
任务训练 4.3 皇冠 2JZ - GE 发动机 ACIS 检修	188
任务训练 4.4 奥迪 A6 发动机电子节气门系统检修	189
拓展知识 本田 i - VTEC 系统故障检修	192
项目五 电控发动机排放控制系统检修	197
任务 5.1 废气再循环控制系统	197
任务 5.2 燃油蒸气排放控制系统	204
任务 5.3 三元催化转换器控制系统与空燃比反馈控制系统	206
任务 5.4 二次空气喷射控制系统	217
任务 5.5 曲轴箱强制通风控制系统	219
任务训练 5.1 别克凯越 EGR 控制系统检修	222
任务训练 5.2 桑塔纳 2000 GSi 燃油蒸气排放控制系统检修	224
任务训练 5.3 桑塔纳 2000 GSi 氧传感器检测	225
拓展知识 丰田 2GR—FE 空燃比传感器检修	227
项目六 柴油机电控燃油喷射系统检修	233
任务 6.1 电控直列泵燃油系统	233
任务 6.2 电控分配泵燃油系统	240
任务 6.3 电控泵喷嘴燃油系统	243
任务 6.4 电控共轨燃油系统	246
任务训练 6.1 长城 GW4D20 柴油机电控系统检修	258

任务训练 6.2 哈弗 GW2.8TC 共轨柴油机无法启动故障检修.....	268
拓展知识 国IV柴油机 Bosch 第二代添蓝计量喷射系统	270
项目七 电控发动机故障诊断与排除.....	279
任务 7.1 汽车维修企业维修工作流程	279
任务 7.2 电控发动机维护和检修	293
任务 7.3 电控发动机基本项目检查	297
任务 7.4 电控发动机常见故障诊断与检修	300
任务训练 7.1 桑塔纳 3000 发动机无法启动故障检修.....	308
任务训练 7.2 帕萨特 1.8T 发动机加速不良故障检修.....	310
拓展知识 “五气”的分析与故障诊断	313
附 录	316
参考文献	322

项目一 发动机电子控制系统认知

项目目标

1. 能够理解汽车发动机电控系统的功能。
2. 会查询汽车发动机控制系统维修资料，能准确查找控制系统传感器、执行器的安装位置。
3. 会使用汽车电脑诊断仪，诊断电控燃油喷射控制系统传感器、执行器的电气连接故障。
4. 会使用汽车万用表检修传感器、执行器的电气连接电路。
5. 会阅读 ECU（电子控制单元）电源电路图，会检修 ECU 电源电路。

能力要求

1. 诊断电控燃油喷射系统传感器、执行器的电气连接故障。
2. 检修传感器、执行器的电气连接电路。
3. 检修 ECU 电源电路。

故障案例

汽车：现代索纳塔轿车。

故障现象：发动机冷启动困难，发动机故障灯常亮。

故障原因：冷却液温度传感器接触不良。

检查与排除步骤：

- (1) 使用手持式汽车电脑检测仪读取故障码，显示故障内容是冷却液温度传感器线路断路。
- (2) 检查发现冷却液温度传感器插头接触不良。
- (3) 插上冷却液温度传感器，插好后启动发动机，发动机故障指示灯熄灭，故障排除。

知识内容

任务 1.1 汽油发动机电控系统认知

一 汽油发动机控制系统（ECS）的功能

汽油发动机通过汽油和空气混合气体的燃烧产生动力。汽油发动机产生动力的 3 个基本要素如图 1-1 所示。



图 1-1 汽油发动机的动力三要素

发动机控制系统 (ECS, Engine Control System) 即发动机管理系统 (EMS, Engine Management System), 应用在发动机上的电子控制系统主要有燃油喷射系统、发动机点火系统和其他辅助控制系统。

1. 电子燃油喷射系统 (EFI)

电子控制单元 (ECU) 主要根据进气量确定基本的喷油量, 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空气-燃油混合气, 如图 1-2 所示。同时还包括喷油正时控制、断油控制和燃油泵控制。

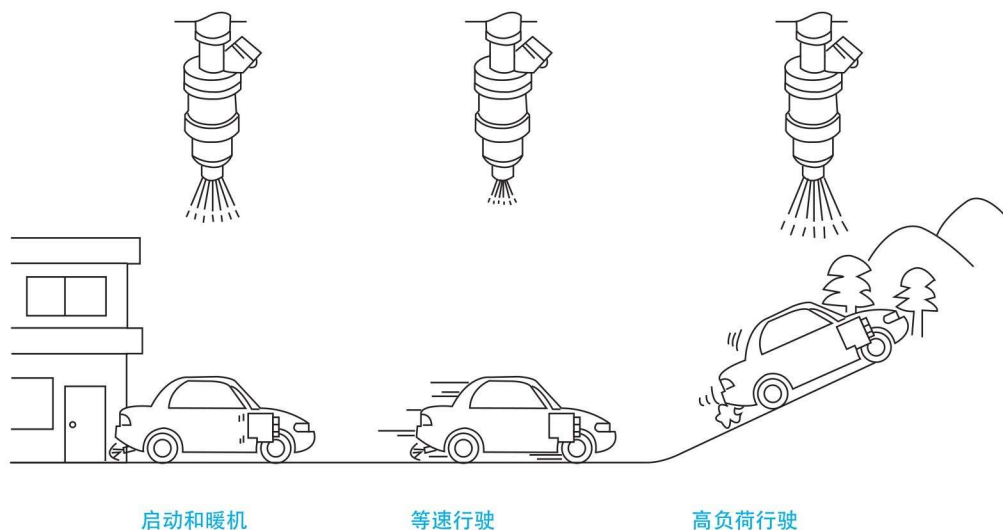


图 1-2 汽油发动机电子燃油喷射系统工作示意

2. 电控点火系统 (ESA)

ESA 最基本的功能是点火提前角控制。该系统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, 如图 1-3 所示。ESA 同时还具有通电时间控制和爆震控制功能。

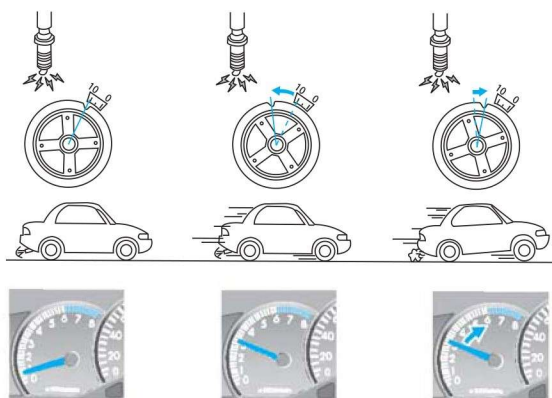


图 1-3 汽油发动机点火系统工作示意

3. 怠速控制系统 (ISC)

ISC 是发动机辅助控制系统, 其功能是使发动机可在各种工况下 (暖机、电子负荷等) 保持正常工况。为使燃油消耗量和噪音减至最小, 尽可能使发动机的转速保持在低转速, 并且是稳定的怠速区域。当发动机冷机时或空调正在使用时, 该怠速必须提高以确保适当的暖机性和驾驶性。如图 1-4 所示。

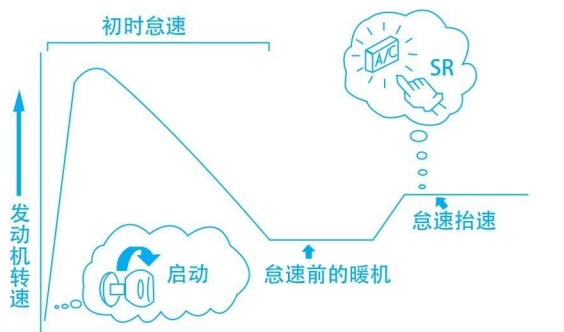


图 1-4 汽油发动机怠速控制系统工作示意

4. 排放控制系统

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。

5. 进气控制系统

进气控制系统的功能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, 以提高发动机的进气效率, 从而改善发动机的动力性。

6. 增压控制系统

增压控制系统的功能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压装置进行控制, 从而控制进气压力的强度。

7. 巡航控制系统

巡航控制系统的功能是 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。



8. 警告提示

警告提示的功能是由 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提示驾驶员。

9. 自诊断与报警系统

自诊断与报警系统的功能是对控制系统各部分的工作情况进行监测,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。

10. 失效保护控制系统

失效保护控制系统的功能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预先设定的参考信号值工作,以便发动机能继续工作。当对发动机工作影响较大的传感器或电路发生故障时,则该系统会自动停止发动机工作。

11. 应急备用控制系统

应急备用控制系统的功能是当控制系统电脑发生故障时,自动启用备用系统,按设定的信号控制发动机转入强制运转状态,以防止车辆在路途中停驶。

12. 其他控制系统

如冷却风扇控制、配气正时控制、发电机控制等。

二 电控技术对发动机性能的影响

1. 提高发动机的动力性

通过减小进气阻力,提高进气效率,电控系统使得进入气缸中的空气得到充分的利用。发动机动力性提高了 5% ~ 10%。

2. 提高发动机燃油经济性

通过电控系统来精确地控制在各种运行工况下发动机所需的混合气浓度,使燃烧更为充分。燃油经济性提高了 5% ~ 15%。

3. 降低排放污染

通过电控系统的优化控制,提高燃烧质量,应用排放控制系统,降低排放污染。

4. 改善发动机的加速和减速性能

在加速或减速运行的过渡工况下,电子控制单元的高速处理功能,使控制系统能够迅速响应,使汽车加速或减速反应更灵敏。

5. 改善发动机的启动性能

控制系统根据发动机温度变化,在发动机启动和暖机过程中对进气量和供油量进行精确控制,从而保证发动机顺利启动和平稳经过暖机过程。可明显改善发动机的低温启动性能和热机运转性能。

6. 发动机故障发生率大大降低

自诊断与报警系统的应用,提高了故障诊断的速度和准确性,缩短汽车因发动机故障而停驶的时间。

三 发动机电控系统 (ECS) 的基本组成

实际应用的发动机控制系统有很多种,但其组成基本上都可分为3部分:传感器、电子控制单元 (ECU)、执行器,如图1-5所示。

发动机电子控制单元俗称电脑,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”。

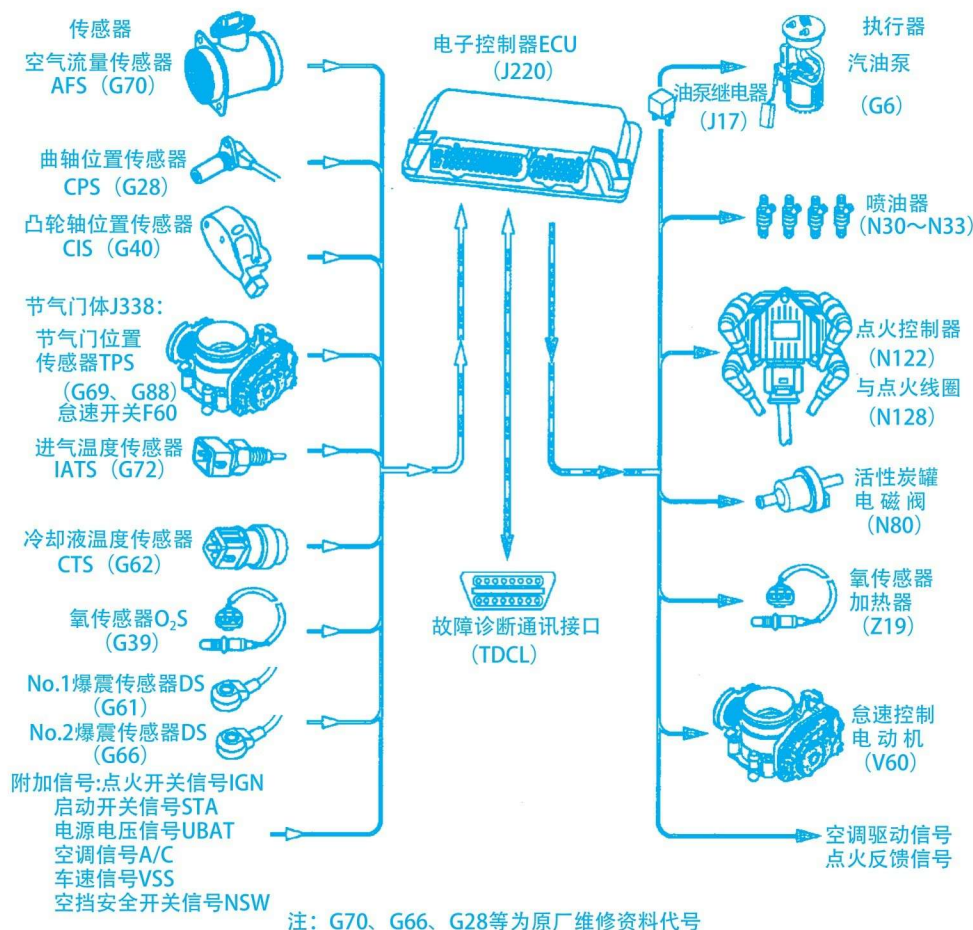


图 1-5 桑塔纳 2000 GSi、3000 型轿车电控系统的基本组成

(一) 传感器

传感器的作用是检测发动机的各种运行参数,将检测结果传给发动机电子控制单元 (ECU)。发动机控制系统的传感器作用与安装位置见表 1-1,在车上的具体位置如图 1-6 所示。

表 1-1

传感器的类型、功用及安装位置

元件	作用	安装位置
空气流量传感器 (MAF)	检测单位时间内吸入发动机气缸的空气量,将其转换成电信号输入 ECU,作为燃油喷射、点火控制、怠速控制、排放控制的主控制信号	位于空气滤清器与节气门体之间



(续表)

元件	作用	安装位置
进气管绝对压力传感器 (MAPS)	测量进气管内气体的绝对压力, 将信号输入 ECU, 作为燃油喷射和点火控制的主控制信号	位于节气门体与进气歧管之间
凸轮轴位置传感器 (CMPS)	提供曲轴转角基准位置信号, 作为喷油正时控制和点火正时控制的主控制信号	凸轮轴 (前端) 带轮后或分电器内 (有分电器车型)
曲轴位置传感器 (CKPS)	检测曲轴转角位移, 给 ECU 提供发动机转速信号和曲轴转角信号, 作为喷油正时控制和点火正时控制的主控制信号	曲轴 (前端) 带轮后或曲轴飞轮旁或分电器内 (有分电器车型)
节气门位置传感器 (TPS)	检测节气门的开度及开度变化, 信号输入 ECU, 用于燃油喷射控制及其他辅助控制	装有节气门体上, 跟随节气门轴同步转动
冷却液温度传感器 (ECTS)	给 ECU 提供发动机冷却液温度信号, 作为燃油喷射和点火控制的修正信号, 也是其他控制系统的控制信号	位于缸体、缸盖的水套中
进气温度传感器 (IATS)	给 ECU 提供进气温度信号, 作为燃油喷射和点火控制的修正信号	在进气管上
车速传感器 (VSS)	检测汽车的行驶速度, 给 ECU 提供车速信号, 用于巡航控制和限速断油控制, 也是自动变速器的主控制信号	通常安装在驱动桥壳或变速器壳内
氧传感器 (O2S)	检测排气中的氧含量, 对喷油量进行闭环控制	插入排气管中
爆震传感器 (KS)	检测汽油机是否爆震及爆震强度, 作为点火正时的修正信号	常安装在发动机缸体上
启动开关 (STA)	发动机启动时, 给 ECU 提供一个启动信号, 作为燃油喷射和点火控制的修正信号	仪表板上
空调开关 (A/C)	当空调开关打开, 空调压缩机工作, 发动机负荷加大时, 由空调开关向 ECU 输入信号, 作为燃油喷射和点火控制的修正信号	仪表板上
挡位开关	自动变速器由空挡挂入其他挡时, 向 ECU 输入信号, 作为燃油喷射和点火控制的修正信号	
制动灯开关	制动时, 向 ECU 提供制动信号, 作为燃油喷射和点火控制的修正信号	
动力转向开关	当方向盘由中间位置向左右转动时, 由于动力转向油泵工作而使发动机负荷加大, 此时向 ECU 输入信号, 作为燃油喷射和点火控制的修正信号	
巡航 (定速) 控制开关	当进入巡航控制状态时, 向 ECU 输入巡航控制状态信号, 由 ECU 对车速进行自动控制	

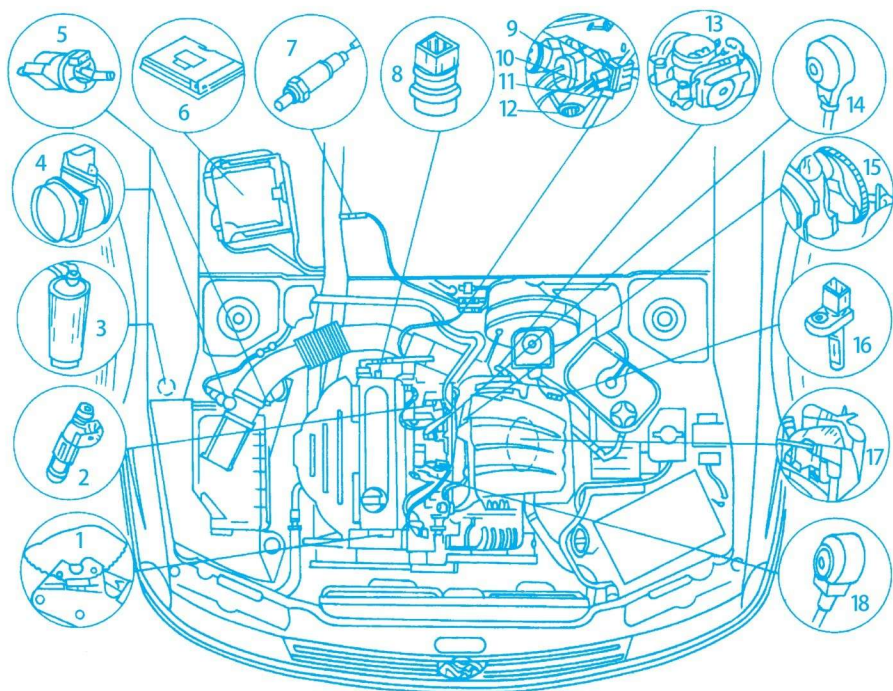


图 1-6 桑塔纳 2000 GSi、3000 型轿车发动机电子控制系统各组成部件的安装位置

1—霍尔凸轮轴位置传感器 G40；2—喷油器 N30、N31、N32、N33；3—活性炭罐；4—热膜式空气流量传感器 G70；5—活性炭罐电磁阀 N80；6—电控单元 J220；7—氧传感器 G39；8—冷却液温度传感器 G62；9—转速传感器连接器（灰色）；10—1 号爆震传感器连接器（白色）；11—氧传感器连接器（黑色）；12—2 号爆震传感器连接器（黑色）；13—节气门控制组件（节流阀体）J338；14—2 号爆震传感器 G66；15—曲轴位置传感器 G28；16—进气温度传感器 G72；17—点火线圈及点火控制器总成 N152；18—1 号爆震传感器 G61

（二）电子控制单元

1. 发动机 ECU 的基本功能

发动机电子控制单元 ECU 的功能随车型而异，但都要有如下基本功能：

- （1）给传感器提供参考（基准）电压，接受各种传感器和其他装置输入的信息，并对所接受的信号进行存储、计算和分析处理后向执行元件发出指令。
- （2）储存该车型的特征参数和运算所需的有关数据信息。
- （3）确定计算输出指令所需的程序，并根据输入信号和相关程序计算输出指令数值。
- （4）将输入信号和输出指令信号与标准值进行比较，确定并存储故障信息。
- （5）向执行元件输出指令，或根据指令输出自身已储存的信息。
- （6）自我修正（学习功能）。

2. 发动机电子控制单元的结构与工作原理

发动机电子控制单元的外形如图 1-7 所示，内部结构及工作原理如图 1-8 所示。发动机启动时，ECU 进入工作状态，某些运行程序或操作指令从存储器 ROM 中调入中央处理器 CPU。这些程序可以控制燃油喷射、点火时刻、怠速转速等。在 CPU 的控制下，一个个指令按照预先编制的程序有条不紊地进行循环。在程序运行过程中所需要的发动机工况信息由各种传感器提供。



图 1-7 电子控制单元 (ECU) 外观图

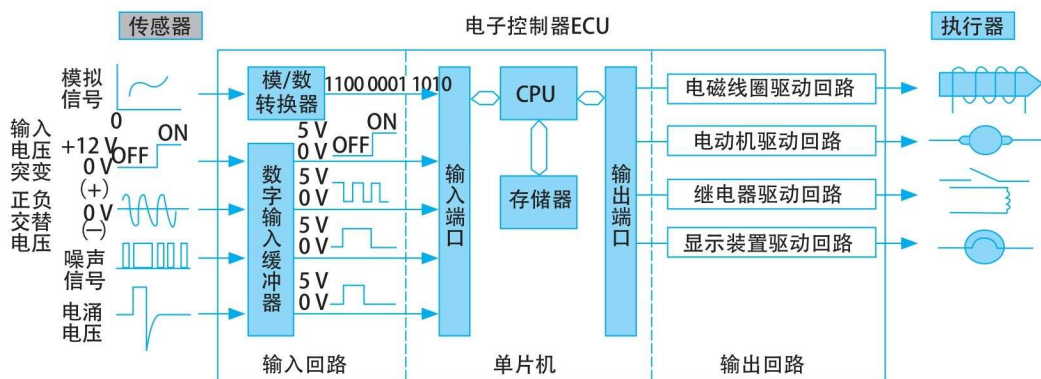


图 1-8 电子控制器内部结构图

3. 电子控制单元电源电路

电源电路是为发动机 ECU 提供电能，这些电路包括点火开关、EFI 主继电器等。

(1) ECU 外部电源电路：外部电源电路是指为 ECU 提供电源的电路，即 ECU 与电源相连的电路。电源电路在汽车中主要采用点火开关控制式和发动机 ECU 控制式两种方式。

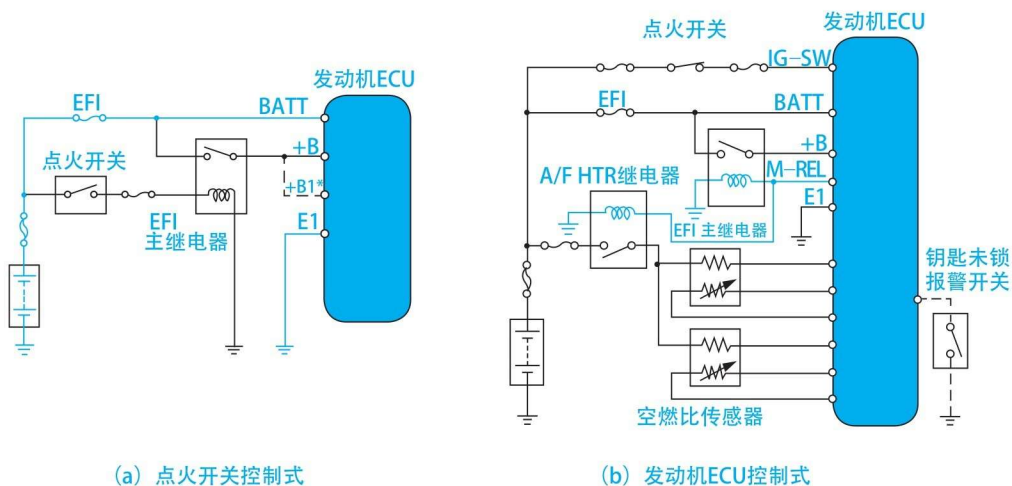


图 1-9 电子控制 ECU 外部电源电路

图 1-9 (a) 为点火开关控制式，这种方式中 EFI 主继电器直接由点火开关控制，打开点火开关，电流进入 EFI 主继电器线圈使触点闭合，给发动机 ECU 的 +B 和 +B1 端子提供电压。电源与发动机 ECU 的 BATT 端子常连接，以防止关掉点火开关时诊断代码和