

职业院校汽车类专业人才培养改革创新示范教材

# 汽车电控系统 故障诊断与维修

韩永刚 何继华 主编

电子工业出版社版权所有  
盗版必究

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

## 内 容 简 介

本书分别介绍了汽车电子控制技术基础中的传感器、电子控制单元、执行器；燃油喷射控制系统中的结构等；电子点火控制系统的结构与原理、电子点火控制系统故障诊断；发动机怠速控制系统的结构与原理、故障诊断；汽车排放控制系统的结构与原理、故障诊断与检修；汽车网络通信系统；电子控制自动变速器的结构与原理、使用和故障诊断以及电子控制防抱死制动系统（ABS）、电子控制稳定系统（ESP）、电子控制悬架系统结构、安全气囊装置、中控与防盗系统等内容的原理、结构、故障诊断与维修。本书内容采用模块、课题引入的结构形式，书中的每部分内容中都配上了任务单和相关的要求。

本书适用于中等职业学校汽车运用与维修、汽车制造与检修、汽车电子技术应用专业的师生；每部分内容都配上任务单，也适合高职高专汽车检测技术专业的师生作为实训类课程使用；也适合汽车维修企业作为培训教材和相关专业技术人员、修理工学习参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有，侵权必究。

### 图书在版编目（CIP）数据

汽车电控系统故障诊断与维修 / 韩永刚，何继华主编. — 京：电子工业出版社，2012.8

职业院校汽车类专业人才培养改革创新示范教材

ISBN 978-7-121-18007-1

I. ①汽… II. ①韩… ②何… III. ①汽车—电子系统—控制系统—故障诊断—中等专业学校—教材  
②汽车—电子系统—控制系统—维修—中等专业学校—教材 IV. ①U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 196198 号

策划编辑：杨宏利                    yhl@phei.com.cn

责任编辑：杨宏利

印 刷：

装 订：

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1092    1/16    印张：13    字数：332.8 千字

印 次：2012 年 8 月第 1 次印刷

印 数：3 000 册    定价：26.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

# 前 言



本书是根据中等职业教育的课程要求编写的教材。

汽车电控系统是复杂的综合控制系统，其故障原因与形成远比机械系统复杂得多。汽车电控系统故障诊断是在不解体或仅卸下个别小件的情况下，确定汽车技术状况，查明故障部位及原因的检查和分析。随着汽车技术的发展，特别是电子技术、计算机技术在汽车上的应用，汽车故障诊断从传统的经验诊断方式，发展为以诊断设备为手段，以信息技术为依托的现代汽车故障诊断技术。从人工定性检查发展为利用设备、仪器的定量检测，使汽车诊断技术发生了质的飞跃。通过运用科学的故障诊断方法对系统故障现象进行综合分析、判断，确定故障的性质、原因与范围；制订合理的维修方案，从而排除故障，使汽车恢复应有的性能与技术指标。现在汽车电控系统故障诊断与维修已经成为汽车修理专业的必修课，在汽车修理中占有很重要的地位。

本教材结合当前汽车修理的发展实际和中等职业教育课程改革的精神，而编写了以汽车电控系统的诊断与维修为主线，采用理论联系实际操作为一体的编写方式的教材。编写中力求突出技能性和实操性，为学习者的实际应用提供技术支持；突出新、浅、实的特点，即知识新、理论浅、实用强；力求使教师有可讲性，学生有可自学性，实际操作有针对性；力求基础知识全面，并能为学生今后的继续提高的学习奠定一定的基础。

本教材内容翔实，通俗易懂，实用性强。可作为中等职业学校汽车修理专业的教材和汽车修理企业的培训资料，也可以作为汽车驾驶人员学习有关汽车电气、电路的故障诊断，以及基本维修提供相关的知识和技能。

本教材由韩永刚、何继华任主编，参加编写的有王鸿波、王静、周娜、蔡亮、罗丽君、李宗远、张铂维、李琦。教材在编写中还得到了汽修行业的有关技术人员的大力支持，在此一并表示感谢。

由于时间有限，本教材如有不足之处还请读者提出宝贵意见，以在今后做出修改。

编 者  
2012年7月

# 目 录

模块 1 汽车电子控制技术基础	1
课题一 传感器	1
一、空气流量传感器	1
二、进气压力传感器	6
三、氧传感器	8
四、曲轴位置传感器	10
五、凸轮轴位置传感器	14
六、节气门位置传感器	14
七、温度传感器	16
实训任务 传感器测量	19
课题二 电子控制单元	19
一、电子控制单元的功能	20
二、ECU 的组成	20
课题三 执行器	22
一、燃油泵	23
二、喷油器	25
三、怠速阀	26
四、点火线圈	28
实训任务 执行器测量	30
模块 2 燃油喷射控制系统	31
课题 燃油喷射控制系统结构	31
一、喷油正时的控制与喷油方式	31
二、喷油量控制	33
三、汽油压力检测	35
实训任务 燃油压力测试	36
一、工作准备	36
二、工作流程与规范	36
三、实验结果分析	37

模块 3 电子点火控制系统	38
课题一 电子点火控制系统的结构与原理	38
一、电子点火控制系统的基本组成及其作用	39
二、电子点火控制系统的控制内容	39
三、电子点火控制系统类型及点火高压的分配方式	43
实训任务 电子点火控制系统电路识图分析	46
课题二 电子点火控制系统故障诊断	49
一、电子点火控制系统故障诊断的整体思路	50
二、电子点火控制系统故障诊断实例	51
实训任务 检查点火控制电路	58
模块 4 发动机怠速控制系统	60
课题一 发动机怠速控制系统的结构与原理	60
一、概述	61
二、怠速控制阀的分类与原理	62
三、怠速控制过程	64
实训任务 发动机怠速控制系统的结构认知	65
课题二 发动机怠速控制系统故障诊断	67
一、发动机怠速转速的检查	68
二、怠速控制系统故障诊断表	68
三、故障码的读取与清除	69
四、怠速控制系统数据流分析	72
五、怠速控制系统部件的检查	74
六、怠速控制初始化	78
实训任务 发动机怠速基本设定	79
模块 5 汽车排放控制系统	82
课题一 汽车排放控制系统与 OBD-Ⅱ 系统的结构与原理	82
一、汽车排放有害气体的类型、成因及危害	83
二、排放控制的主要途径及实现装置	83
三、排放控制系统的主要组成装置	83
四、OBD-Ⅱ 系统的结构与原理	88
实训任务 汽车排放控制系统分析	95
课题二 汽车排放控制系统故障诊断	97
一、排气再循环控制装置 (EGR) 检修	97
二、燃油蒸汽回收系统 (EVAP) 检修	100
三、二次空气喷射系统 (AIR) 检修	102
四、三元催化转换器 (TWC) 检修	105
实训任务 汽车排放控制系统故障诊断与排除	106

模块 6 汽车网络通信系统	108
课题 汽车网络通信系统	108
一、汽车上常见的网络通信线路	108
二、数据通信总线的作用	109
三、CAN 总线	109
实训任务 CAN 总线测量	112
模块 7 电子控制自动变速器	115
课题一 电子控制自动变速器的结构与原理	115
一、自动变速器的特点	116
二、自动变速器的基本组成和作用	116
三、自动变速器的分类	116
四、自动变速器的变速控制原理	117
五、自动变速器的挡位	121
六、AT 变速器	122
七、DSG 变速器	124
实训任务一 AT 变速器挡位传动路线分析	126
实训任务二 DSG 变速器挡位传动路线分析	126
课题二 电子控制自动变速器使用和故障诊断	127
一、自动变速器的使用	128
二、自动变速器的检修试验	128
三、自动变速器基本检修方法	129
四、自动变速器故障实例	131
实训任务 自动变速器故障案例分析	132
模块 8 电子控制防抱死制动系统 (ABS)	133
一、概述	133
二、ABS 基本原理	135
三、ABS 的控制功能工作过程	136
四、典型的 ABS 工作流程图	136
模块 9 电子控制稳定系统 (ESP)	139
一、ESP 的历史发展	139
二、主要生产厂商	140
三、系统部件介绍	140
四、ESP 实施制动干预操作流程	142
五、ESP 系统工作过程	142
六、ESP 系统液压回路原理图	144
模块 10 电子控制悬架系统	147
课题一 电子控制悬架系统结构	147

一、悬架的组成及作用	147
二、悬架的组成	148
三、主动电控悬架的组成	149
四、电控悬架的控制功能	150
五、悬架刚度和阻尼调节控制	151
六、车身高度调节控制	152
实训任务 观察电控悬架的工作	153
课题二 电子控制悬架系统故障诊断	153
一、电控悬架的检查	154
二、电路检测	155
实训任务 检测电控悬架电路	157
模块 11 安全气囊装置	158
课题一 安全气囊装置结构	158
一、概述	159
二、作用范围	159
三、触发时间程序	159
四、安全气囊的组成	160
五、电气原理图	163
六、安全规范	164
实训任务 安全气囊线路图识读	165
课题二 安全气囊装置故障诊断	168
一、故障自诊断	168
二、间断性接触和接触不良的故障诊断与排除	171
三、安全气囊常见故障诊断与排除	172
实训任务 安全气囊故障诊断与排除	182
模块 12 中控与防盗系统的结构与原理	185
课题 中控与防盗系统的结构与原理	185
一、气动控制中央门锁系统	186
二、电动控制中央门锁系统	189
三、防盗系统	192
实训任务 中控与防盗系统测量与钥匙添加	194
参考文献	197

# 模块 1

## 汽车电子控制技术基础

### 课题一 传感器

#### 学习目标

1. 掌握传感器的结构及工作原理；
2. 掌握传感器的分类；
3. 能作电路分析，进行知识迁移。



#### 知识结构

本课题的知识结构如表 1-1 所示。

表 1-1 传感器知识结构

传感器	基本原理	按照传感器信号发生原理对各传感器进行分析
	分类	空气流量计、进气压力传感器、氧传感器、曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器、节气门位置传感器、冷却液温度传感器



#### 案例导入

小王的捷达车最近怠速时发动机抖动，车辆行驶起来冒黑烟，有时换挡熄火。他赶忙到了4S店进行修理。维修技师使用专用的解码器进行了诊断，发现发动机电脑内故障存储为空气流量计故障，但具体检测空气流量计电路时情况正常，更换空气流量计故障依旧，更换电脑后冷车正常，热车后故障依旧。这时（用 V.A.G1551 故障诊断仪）再检测全车数据块，发现 08 数据组第 7 组第 2 区氧传感器电压变化频率慢，正常变化每分钟 20~30 次。为什么一个小小的传感器能制造出这么大的麻烦？车上到底还有哪些传感器呢？

#### 一、空气流量传感器

空气流量传感器用于流量型汽油喷射系统，其直接测量发动机运转时吸入的空气流量。它的作用是将单位时间内吸入发动机汽缸的空气量转换成电信号送至 ECU，作为决定喷油量和点火正时的基本信号之一。按其结构形式和进气量的检测原理可以分为翼板式空气流量传感器、

卡门涡旋式空气流量传感器、热线式空气流量传感器和热膜式空气流量传感器四种。

### 1. 翼板式空气流量传感器（见图 1-1）

在发动机起动后，吸入的空气把计量板从全闭位置推开，使其绕轴偏转。当气流推力与计量板复位弹簧张力平衡时，计量板便停留在某一位置上。进气量愈大，计量板开启的角度也愈大。通常，电脑给传感器一个 5V 的电源电压，接收传感器反馈电位计电压为 0~5V。当计量板转轴上的电位计滑臂绕轴转动时，电位计的输出电压也随之变化。这一信号输入到电控单元，电控单元再根据进气温度传感器的信号进行修正，即可测出实际的进气流量。缓冲室及缓冲板用于衰减加速时或减速时引起的计量板的摆振，使电位计得以实时地检测进气流量，防止进气管内气流脉动。旁通气道上的 CO 调整螺钉用于调整怠速混合气的浓度。空气流量计上还设有电动汽油泵开关。

这类空气流量计在早期电控车上使用较多，比如 BMW525i 型车。

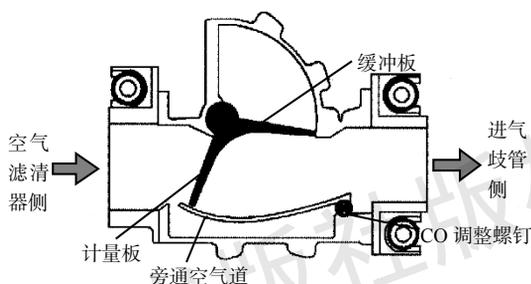


图 1-1 翼板式空气流量传感器工作原理示意

如图 1-2 所示是丰田 PREVIA（大霸王）车 2TZ—FE 发动机用叶片式空气流量传感器电路原理示意图。其检测方法有就车检测和单件检测两种。

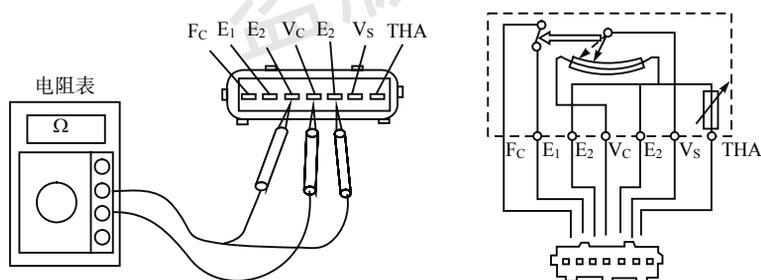


图 1-2 叶片式空气流量传感器电路原理示意

（1）就车检测。点火开关置“OFF”，拔下该流量传感器导线连接器，用万用表电阻挡测量连接器内各端子间的电阻。其电阻值应符合如表 1-2 所示；如不符，则应更换空气流量传感器。

表 1-2 叶片式空气流量传感器各端子间的电阻（丰田 PREVIA 车）

端 子	标准电阻/kΩ	温度/℃
V <sub>S</sub> -E <sub>2</sub>	0.2~0.60	—
V <sub>C</sub> -E <sub>2</sub>	0.20~0.60	—
	10.00~20.00	-20
	4.00~7.00	0

续表

端 子	标准电阻/k $\Omega$	温度/ $^{\circ}\text{C}$
THA-E <sub>2</sub>	2.00~3.00	20
	0.90~1.30	20
	0.40~0.70	60
F <sub>C</sub> -E <sub>1</sub>	不定	—

(2) 单件检测。点火开关置“OFF”，拔下空气流量传感器的导线连接器，拆下与空气流量传感器进气口连接的空气滤清器，拆开空气流量传感器出口处空气软管卡箍，拆除固定螺栓，取下空气流量传感器。

首先检查电动汽油泵开关，用万用表电阻挡测量 E<sub>1</sub> 与 F<sub>C</sub> 端子间电阻：在测量片全关闭时，E<sub>1</sub> 与 F<sub>C</sub> 间不应导通，电阻为 $\infty$ ；在测量片开启后的任一开度上，E<sub>1</sub> 与 F<sub>C</sub> 端子间均应导通，电阻为 0。

然后用起子推动测量片，同时用万用表电阻挡测量电位计滑动触点 V<sub>s</sub> 与 E<sub>2</sub> 端子间的电阻。在测量片由全闭至全开的过程中，电阻值应逐渐变小，且符合如表 1-3 所示；如不符，则须更换空气流量传感器。丰田 CROWN 2.8 小轿车 5M—E 发动机的叶片式空气流量传感器各端子间电阻标准值如表 1-4 所示。

表 1-3 叶片式空气流量传感器各端子间的电阻（丰田 PREVIA 车）

端 子	标准电阻/ $\Omega$	测量片位置
F <sub>C</sub> -E <sub>1</sub>	$\infty$	测量片全关闭
	0	测量片开启
V <sub>s</sub> -E <sub>2</sub>	20~600	全关闭
	20~1200	从全关到全开

表 1-4 叶片式空气流量传感器各端子间的电阻（丰田 CROWN2.8 小轿车 5M—E 发动机）

端 子	温度/ $^{\circ}\text{C}$	测量片位置	标准电阻/k $\Omega$
E <sub>2</sub> -V <sub>s</sub>	—	完全关闭	0.02
	—	从关闭到全开	0.02~1.00
E <sub>1</sub> -F <sub>C</sub>	—	完全关闭	$\infty$
	—	任何开度	0
E <sub>2</sub> -THA	0	—	4.00~7.00
	20	—	2.00~3.00
	40	—	0.90~1.30
	60	—	0.40~0.70
E <sub>2</sub> -V <sub>C</sub>	—	—	0.10~0.30
E <sub>2</sub> -V <sub>B</sub>	—	—	0.20~0.40
E <sub>2</sub> -F <sub>C</sub>	—	—	$\infty$

## 2. 卡门涡旋式空气流量传感器（见图 1-3）

卡门涡旋式空气流量传感器通常与空气滤清器外壳安装成一体。它同样是接收 5V 的电压，反馈 0~5V 的电位计电压。在进气管道中间设有流线形或三角形的涡流发生器，当空气流经涡流发生器时，在其后部的气流中会不断产生不对称却十分规则的被称作为卡门涡流的空气涡流。

根据卡门涡流理论，这个旋涡行列是紊乱的依次沿气流流动方向移动，其移动的速度与空气流速成正比，即在单位时间内通过涡流发生器后方某点的涡流数量与空气流速成正比。因此，通过测量单位时间内涡流的数量就可计算出空气流速，再将空气通道的有效截面与空气流速相乘，就可以知道吸入空气的量。如凌志 L400 就采用此类传感器。

以丰田凌志 LS400 轿车 1UZ—FE 发动机用反光镜检出式空气流量传感器为例。该传感器与 ECU 的连接电路如图 1-4 所示。



图 1-3 卡门涡旋式空气流量传感器

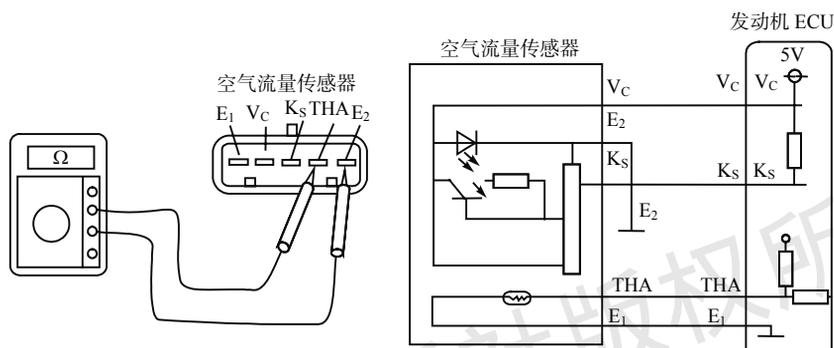


图 1-4 卡门涡旋式空气流量传感器电路连接示意

(1) 电阻检测。点火开关置“OFF”，拔下空气流量传感器的导线连接器，用万用表电阻挡（见图 1-4）测量传感器上“THA”与“E<sub>1</sub>”端子间的电阻，其标准值应符合如表 1-5 所示；如果电阻值不符合，则更换空气流量传感器。

表 1-5 涡旋式空气流量传感器 THA-E<sub>1</sub> 端子间的电阻（丰田凌志 LS400 轿车）

端 子	标准电阻/kΩ	温度/℃
THA-E <sub>1</sub>	10.0	-20
	4.0~7.0	0
	2.0~3.0	20
	0.9~1.3	40
	0.4~0.7	60

(2) 空气流量传感器的电压检测。插好此空气流量传感器的导线连接器，用万用表电压挡检测发动机 ECU 端子 THA-E<sub>2</sub>、V<sub>C</sub>-E<sub>1</sub>、K<sub>S</sub>-E<sub>1</sub> 间的电压，其标准电压值如表 1-6 所示。

表 1-6 丰田凌志 LS400 轿车 1UZ—FE 发动机 ECU THA-E<sub>2</sub>、V<sub>C</sub>-E<sub>1</sub>、K<sub>S</sub>-E<sub>1</sub> 端子电压

端 子	电压/V	条 件
THA-E <sub>2</sub>	0.5~3.4	怠速、进气温度 20℃
	4.5~5.5	点火开关 ON
K <sub>S</sub> -E <sub>1</sub>	2.0~4.0（脉冲发生）	怠速
V <sub>C</sub> -E <sub>1</sub>	4.5~5.5	点火开关 ON

### 3. 热线式空气流量传感器（见图 1-5）

热线式空气流量传感器的基本结构由感知空气流量的白金热线（铂金属线）根据进气温

度进行修正的温度补偿电阻（冷线）、控制热线电流并产生输出信号的控制线路板以及空气流量传感器的壳体等元件组成。

它的两端有金属防护网，取样管置于主空气通道中央，取样管由两个塑料护套和一个热线支承环构成。热线线径为白金热线，布置在支承环内，其阻值随温度变化，是惠斯顿电桥电路的一个臂。热线支承环前端的塑料护套内安装一个白金薄膜电阻器，其阻值随进气温度变化，称为温度补偿电阻，是惠斯顿电桥的另一个臂。热线支承环后端的塑料护套上黏结着一只精密电阻。此电阻能用激光修整，也是惠斯顿电桥的一个臂。该电阻上的电压降即为热线式空气流量传感器的输出信号电压。惠斯顿电桥还有一个臂的电阻安装在控制线路上。如日产 MAXIMA 轿车 VG30E 发动机热线式空气流量传感器就采用此类传感器。



图 1-5 热线式空气流量传感器

日产 MAXIMA 车 VG30E 发动机热线式空气流量传感器的检测电路示意如图 1-6 所示。

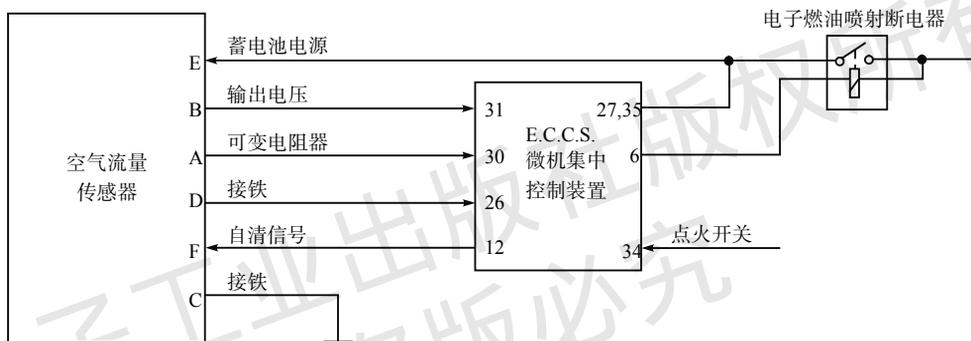


图 1-6 热线式空气流量传感器的检测电路示意

(1) 检查空气流量传感器输出信号。按下此空气流量传感器的导线连接器，拆下空气流量传感器；如图 1-7 (a) 所示，将蓄电池的电压施加于空气流量传感器的端子 D 和 E 之间（电源极性应正确），然后用万用表电压挡测量端子 B 和 D 之间的电压，其标准电压为  $(1.6 \pm 0.5)V$ ；如其电压值不符，则须更换空气流量传感器。在进行上述检查之后，给空气流量传感器的进气口吹风，同时测量端子 B 和 D 之间的电压如图 1-7 (b) 所示。在吹风时，电压应上升至  $2 \sim 4V$ ；如电压值不符，则须更换空气流量传感器。

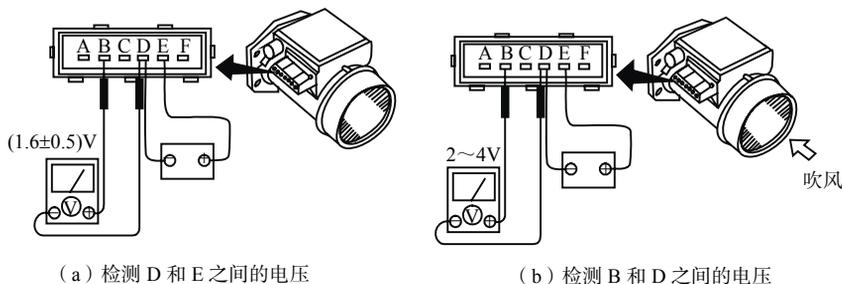


图 1-7 检查空气流量传感器输出信号

(2) 检查自清洁功能。装好热线式空气流量传感器及其导线连接器，拆下此空气流量传感

器的防尘网, 起动发动机并加速到 2500 r/min 以上。当发动机停转 5 s 后, 在空气流量传感器进气口处可以看到热线自动加热烧红 (约 1000℃) 约 1 s; 如无此现象发生, 则须检查自清信号或更换空气流量传感器。

#### 4. 热膜式空气流量传感器 (见图 1-8)

热膜式空气流量传感器的结构和工作原理与热线式空气流量传感器基本相同。与热线式相比, 热膜式发热体的响应性稍差; 但其电阻值较高, 消耗的电流较小。此外因其发热元件是平面型的, 从上游观察时, 可设法使其投影面做得很小, 这样可以减少计量通道内的附着物, 从而有效提高空气流量传感器的可靠性。桑塔纳 3000 型超越者轿车使用的空气流量计如图 1-8 所示, 属“L”形热膜式空气流量计 (Air Flow Meter), 安装在空气滤清器壳体与进气软管之间。电路连接如图 1-9 所示, 其核心部件是流量传感元件和热电阻 (均为铂膜式电阻) 组合在一起构成热膜电阻。在传感器内部的进气通道上设有一个矩形护套, 相当于取样管, 热膜电阻就设在护套中。



图 1-8 热膜式空气流量传感器

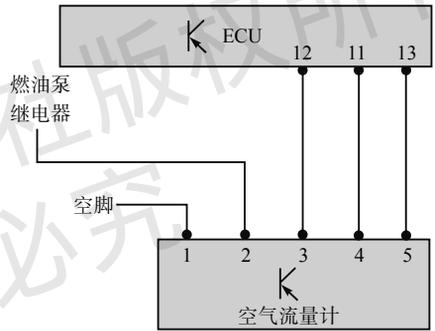


图 1-9 桑塔纳 3000 型超越者轿车使用的空气流量计电路连接示意

## 二、进气压力传感器

在 D 型喷射系统中, 取消了空气流量传感器, 但在系统中设置了用来检测进气歧管绝对压力的进气管绝对压力传感器, 它主要测量进气管内的压力, 并将压力信号转变成电信号传给发动机控制模块, 作为决定喷油器基本喷油量和基本点火提前角的重要依据。

进气管绝对压力传感器根据信号产生的原理可分为可变电感式、膜盒传动式、电容式和半导体压敏电阻式。现在应用最广泛的是半导体压敏电阻式和电容式。

#### 1. 半导体压敏电阻式进气歧管绝对压力传感器

(1) 基本原理: 半导体压敏电阻式进气歧管绝对压力传感器由压力转换元件 (硅膜片) 和把转换元件输出信号进行放大的混合集成电路组成。是利用半导体压阻效应原理, 使用硅膜片, 并把硅膜片的一面抽成真空, 另一面导入进气歧管的气体压力。硅膜片受到的压力不同, 产生的电阻就不同, 把它与惠灵顿电桥相连, 就可以把电阻信号转变成电压信号输出, 原理如图 1-10 所示。

(2) 基本检测: 皇冠 3.0 轿车 2JZ—GE 发动机用半导体压敏电阻式进气歧管绝对压力传感器与 ECU 的连接电路示意如图 1-11 所示。

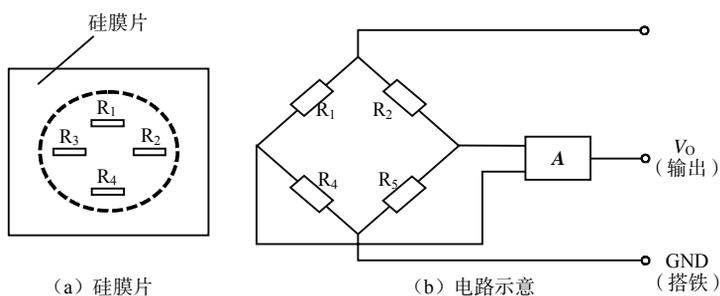


图 1-10 半导体压敏电阻式进气歧管绝对压力传感器工作原理示意

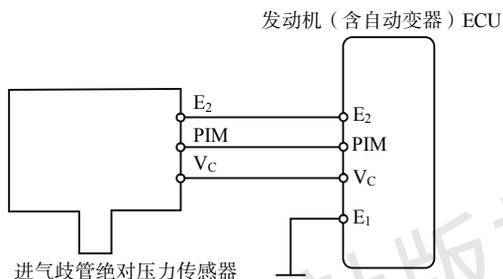


图 1-11 半导体压敏电阻式进气歧管绝对压力传感器与 ECU 的连接电路示意 (皇冠 3.0)

传感器电源电压的检测。点火开关置于“OFF”位置，拔下进气歧管绝对压力传感器的导线连接器，然后将点火开关置于“ON”位置（不起动发动机），用万用表电压挡测量导线连接器中电源端  $V_C$  和接地端  $E_2$  之间的电压，如图 1-12 所示，其电压值应为  $4.5 \sim 5.5V$ 。如有异常，应检查进气歧管绝对压力传感器与 ECU 之间的线路是否导通。若断路，应更换或修理线束。

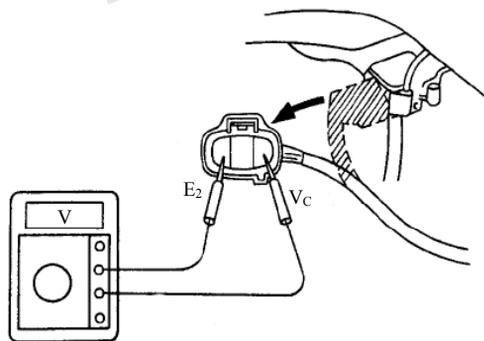


图 1-12 传感器电源电压的检测

传感器输出电压的检测。将点火开关置于“ON”位置（不起动发动机），拆下连接进气歧管绝对压力传感器与进气歧管的真空软管。在 ECU 导线连接器侧用万用表电压挡测量进气歧管绝对压力传感器 PIM 与  $E_2$  端子间在大气压力状态下的输出电压，如图 1-13 所示，并记下这一电压值；然后用真空泵向进气歧管绝对压力传感器内施加真空，从  $13.3 \text{ kPa}$  ( $100 \text{ mmHg}$ ) 起，每次递增  $13.3 \text{ kPa}$  ( $100 \text{ mmHg}$ )，一直增加到  $66.7 \text{ kPa}$  ( $500 \text{ mmHg}$ ) 为止，然后测量在不同真空度下进气歧管压力传感器（PIM 与  $E_2$  端子间）的输出电压。该电压应能随真空度的增

大而不断下降。将不同真空度下的输出电压下降量与标准值相比较,如不符,应更换进气歧管压力传感器。皇冠 3.0 轿车 2JZ—GE 发动机和丰田 HIACE 小客车 2RZ—E 发动机进气歧管压力传感器的标准输出电压值如表 1-7 所示。

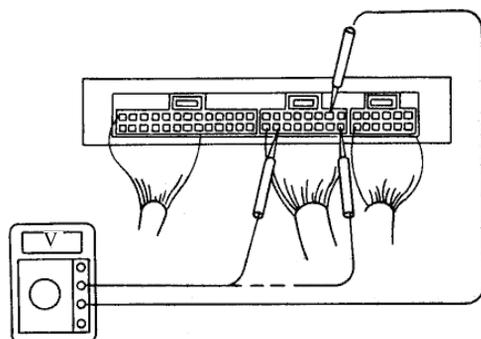


图 1-13 测量传感器的输出信号

表 1-7 进气歧管绝对压力传感器的真空度与输出电压的关系

真空度/kPa (mmHg)	13.3 (100)	26.7 (200)	40.0 (300)	53.5 (400)	66.7 (500)
电压值/V	0.3~0.5	0.7~0.9	1.1~1.3	1.5~1.7	1.9~2

## 2. 电容式进气歧管绝对压力传感器

如图 1-14 所示,传感器使用氧化铝材料,将氧化铝和底板制成电容,如果把进气歧管压力引到电容的一面,那么进气歧管压力的变化就会导致电容值的变化。电容连接在混合集成电路的振荡电路中,利用电容和电感的相互作用形成电磁振荡电路,当电容发生变化时就会产生频率信号。进气歧管的压力越大,传感器的信号频率越高。在不是真空的情况下,信号的频率大约为 160 Hz;而在怠速,即进气歧管压力为 483 mmHg 时,其信号频率大约为 105 Hz。如福特系和林肯系轿车就用此类型传感器。

## 三、氧传感器

在使用三元催化转换器来降低排放污染的发动机上,氧传感器是必不可少的。一旦空燃比偏离理论数值,那么催化剂对 CO、HC、NO<sub>x</sub> 的净化能力就会急剧下降。故在排气管中插入氧传感器,根据排气中的氧气浓度来计算汽缸内混合气的浓度,进而向发动机控制模块发出反馈信号,以控制喷油器的喷油量,使其收敛于理论空燃比附近。目前实际中主要应用的氧传感器包括氧化锆式和氧化钛式两种。

### 1. 氧化锆式传感器

氧化锆式氧传感器内部的敏感元件是二氧化锆固体电解质,如图 1-15 所示。在二氧化锆固体电解质粉末中添加少量的添加剂并烧制成管状,便称为锆管。紧贴锆管内、外表面的上一作为锆管内、外电极的铂膜,内、外电极通过电极引线与传感器的线束连接器相连。锆管内电极与外界大气相通,外电极与排气管内的排气相通。

发动机运转时,排气管内废气从锆管外电极表面的陶瓷层渗入,与外电极接触,内电极与大气接触。锆管内、外侧存在氧浓度差,使氧化锆电解质内部的氧离子开始向外电极扩散,扩散的结果是在内、外电极之间产生电位差,形成一个微电池。其外电极为锆管负极,内电极为锆管正极,如图 1-16 所示。

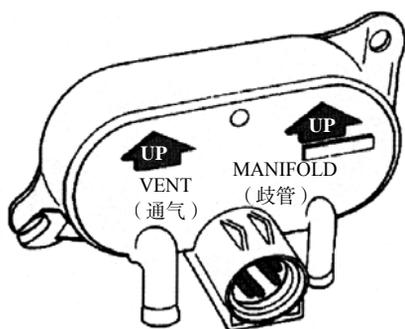


图 1-14 电容式进气歧管绝对压力传感器

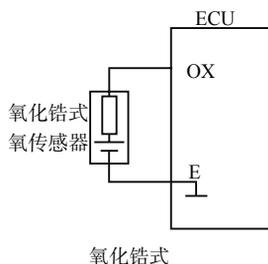


图 1-15 氧化锆式氧传感器

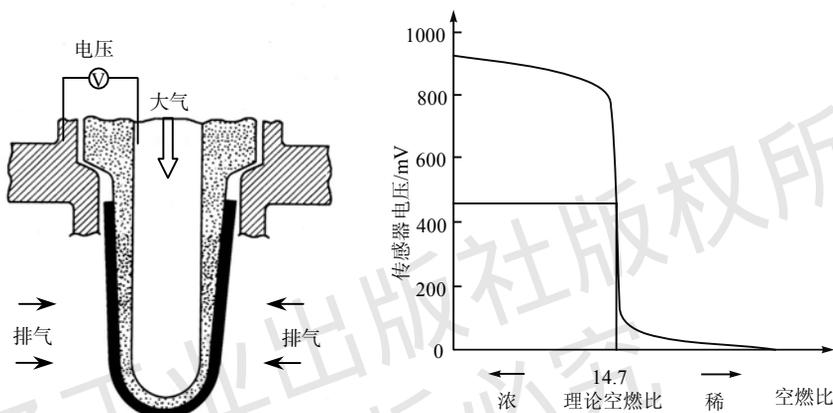


图 1-16 氧化锆式氧传感器的输出电压特性

氧化锆式氧传感器的输出电压特性是：当汽缸内混合器较浓时，排气中氧含量较低，锆管内、外表面氧浓度相差很大，因此在内、外电极之间产生了较大的电压信号（0.8~1.0V）；反之，当混合气较稀时，产生较小的电压信号（0.1V）。氧传感器的输出电压在理论空燃比为 14.7 的附近发生突变。

在氧化锆式传感器的使用过程中，氧传感器的外侧铂电极会因汽油和润滑油硫化产生的物质附着在其表面上而逐渐失效，内侧铂电极也会被传感器内部端子处用于防水的橡胶逐渐污染，因此氧化锆式传感器应定期更换。

氧化锆式氧传感器的工作状态与工作温度有密切的关系。氧化锆式在温度低于 300 时无信号输出，而在 300~800 的温度范围内最敏感，输出信号最强。虽然可利用排气热量对其进行加热，但其工作温度不稳定，而且发动机启动后数分钟内才能达到正常工作温度，因此，大部分传感器都加了电热元件。加热式氧传感器的线束插接器一般有 4 个端子（也有 3 个的），其中两个是传感器信号输出端子，另外两个是加热元件的电源输入端子。如 LS400 就用此类传感器。

## 2. 氧化钛式氧传感器

氧化钛式氧传感器的材料是二氧化钛。它在常温下的电阻值是稳定的，但当其表面缺氧时，其内部晶格就会出现缺陷，电阻会大大降低。当二氧化钛表面氧浓度发生变化时，其电阻值也随着变化，电脑根据此变化来确定混合气的浓度变化；另外，排气温度的变化也会影响二氧化

化钛的电阻值。为了消除温度的影响，在氧化钛式传感器内部都设有电加热元件，使其在稳定的温度下工作。因此，氧化钛式传感器大多数是 4 线的。如北京现代伊兰特轿车就采用了氧化钛式氧传感器。

二氧化钛式氧传感器的输出信号为 0~5V 的可变电压信号，它的工作原理与发动机冷却液温度传感器和进气温度传感器相似，如图 1-17 所示。

### 3. 电控汽油喷射系统的闭环控制

电脑根据氧传感器信号对喷油量进行修正。混合气较浓时，氧传感器电压接近 5V，电脑发出指令，减少喷油量，使混合气浓度降低；反之，电脑使喷油量增加。如此循环，使混合气始终保持在理论空燃比附近，从而使三元催化转换装置的转换效率最高，这样既降低了排气污染，同时也提高了燃料经济性。这种电脑根据氧传感器输入信号对喷油量进行修正的控制方式称为闭环控制，如图 1-18 所示；反之，电脑不接受氧传感器信号的控制方式则称为开环控制。

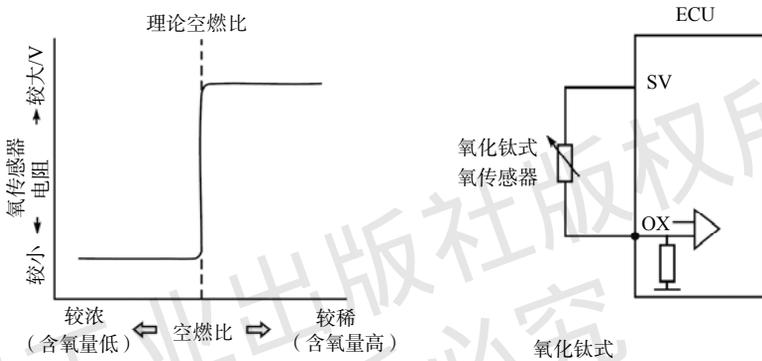


图 1-17 氧化钛式氧传感器的输出电压特性

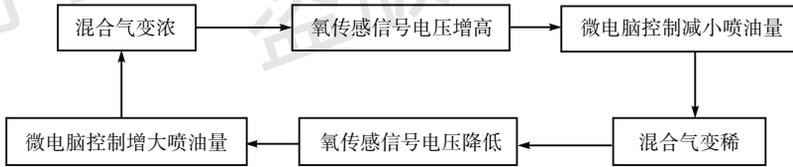


图 1-18 电控汽油喷射系统的闭环控制示意

## 四、曲轴位置传感器

曲轴位置传感器是发动机控制系统中最主要的传感器之一，是确认曲轴转角位置和发动机转速不可缺少的信号之一，发动机控制模块用此信号控制燃油喷射量、喷油正时、点火时刻（点火提前角）、点火线圈充电闭合角、怠速转速和电动汽油泵的运行。

根据信号形成的原理分类，曲轴位置传感器又可分为电磁式、光电式和霍尔效应式三大类；就其安装部位而言，有在曲轴前端、凸轮轴前端、飞轮上和分电器内的。车辆不同，所采用的曲轴位置传感器的结构形式也不完全一样。

### 1. 电磁式曲轴位置传感器

(1) 电磁式曲轴位置传感器的基本原理，如图 1-19 所示，电磁式曲轴位置传感器的核心元件是一个电磁线圈，该线圈缠绕在一个永久性磁铁上，用螺栓固定在传感器安装支架上。绕组的两端与电器引线相连接。在电磁线圈的对面，安装着一个用作信号发生器的磁阻轮，该磁

阻轮随发动机曲轴的转动而转动。对应特定的曲轴转角，磁阻轮上都有相应的一个凸齿与之相对应，磁阻轮转动时，这些凸齿以很小的间隙扫过传感器线圈。由于传感器线圈用螺栓固定在传感器安装支架上，因而磁阻轮凸齿与传感器之间的间隙通常是可调的。

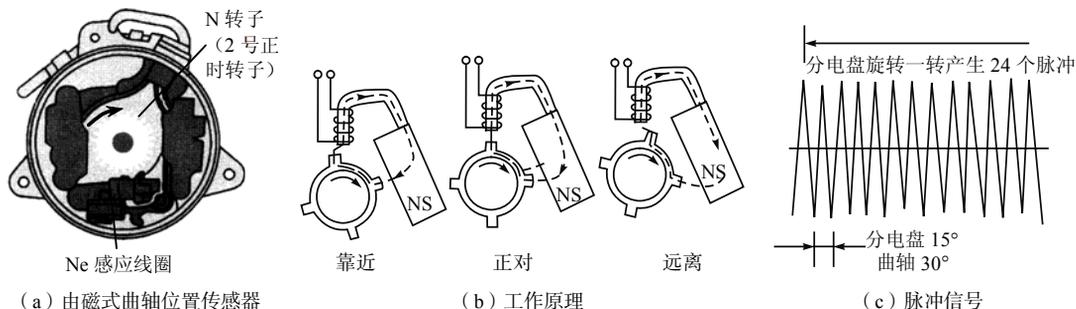


图 1-19 电磁式曲轴位置传感器及其工作原理

当磁阻轮凸齿靠近传感器线圈不对中时，凸齿和感应线圈之间的空气间隙比较大，因而磁场比较弱；当磁阻轮的凸齿接近与传感器线圈对中时，空气间隙比较小，因而围绕传感器的磁场强度增大。当磁阻轮凸齿远离传感器线圈时，凸齿和感应线圈之间的空气间隙变大，因而磁场又变弱。这种交替变化的磁场使传感器线圈内感应出交流电压信号 [见图 1-19 (c)]

(2) 电磁式曲轴位置传感器的基本检测。以皇冠 3.0 轿车 2J—GE 型发动机电子控制系统中使用的磁脉冲式曲轴位置传感器为例，说明其检测方法，曲轴位置传感器电路如图 1-20 所示。

曲轴位置传感器的电阻检查。将点火开关置于“OFF”位置，拨开曲轴位置传感器的导线连接器，用万用表的电阻挡测量曲轴位置传感器上各端子间的电阻值，其标准值如表 1-8 所示；如电阻值不在规定的范围内，则必须更换曲轴位置传感器。

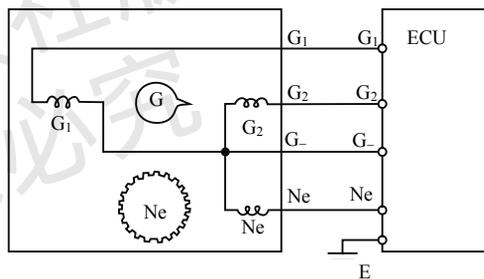


图 1-20 曲轴位置传感器电路

表 1-8 曲轴位置传感器的电阻标准值

端子	条件	电阻值/ $\Omega$
G <sub>1</sub> -G <sub>-</sub>	冷态	125~200
	热态	160~235
G <sub>2</sub> -G <sub>-</sub>	冷态	125~200
	热态	160~235
Ne-G <sub>-</sub>	冷态	155~250
	热态	190~290

B 曲轴位置传感器输出信号的检测。将点火开关置于“ON”位置，拨下曲轴位置传感器的导线连接器，当发动机转动时，用万用表的电压挡检测曲轴位置传感器上 G<sub>1</sub>-G<sub>-</sub>、G<sub>2</sub>-G<sub>-</sub>、Ne-G<sub>-</sub> 端子间是否有脉冲电压信号输出。如没有脉冲电压信号输出，则须更换曲轴位置传感器。

(3) 感应线圈与正时转子的间隙检查。用厚薄规测量正时转子与感应线圈凸出部分的空气间隙，其间隙应为 0.2~0.4 mm。若间隙不合要求，则须更换分电器壳体总成。

## 2. 光电式曲轴位置传感器

(1) 光电式曲轴位置传感器的基本原理。日产公司光电式曲轴位置传感器设置在分电器内, 它由信号发生器和带光孔的信号盘组成, 信号盘安装在分电器轴上, 外围有 360 条缝隙(光栅), 相邻缝隙产生  $1^\circ$  曲轴转角信号; 外围稍靠内间隔  $60^\circ$  曲轴转角分布着六个光孔(六缸), 产生  $120^\circ$  曲轴转角信号, 其中有一个较宽的光孔是产生一缸上止点对应的  $120^\circ$  曲轴转角信号的, 如图 1-21 所示。

脉冲信号发生器固装在分电器壳体上, 主要由两只发光二极管、两只光敏二极管和电子电路组成。两只发光二极管分别正对着两只光敏二极管, 发光二极管以光敏二极管为照射目标。信号盘位于发光二极管和光敏二极管之间, 当信号盘随发动机曲轴运转时, 因信号盘上有光孔, 则产生透光和遮光的交替变化, 使得信号发生器输出表征曲轴位置和转角的脉冲信号。

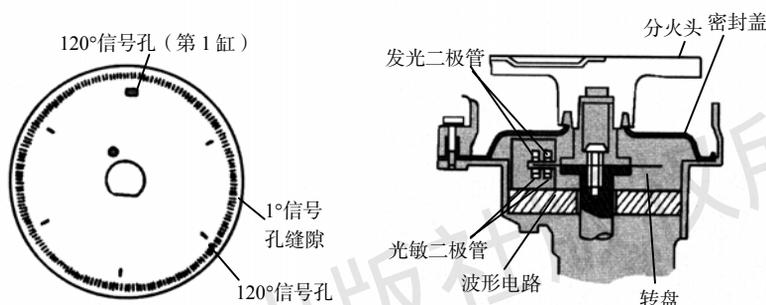


图 1-21 光电式曲轴位置传感器

光电式曲轴位置传感器波形如图 1-22 所示。如尼桑 300ZX 车就用此类传感器。

(2) 光电式曲轴位置传感器的基本检测。韩国“现代 SONATA”汽车光电式曲轴位置传感器连接器(插头)的端子位置。检查时, 脱开曲轴位置传感器的导线连接器, 把点火开关置于“ON”位置, 用万用表的电压挡测量线束侧 4 号端子与地间的电压应为 12 V, 线束侧 2 号端子和 3 号端子与地间电压应为 4.8~5.2V, 用万用表的电阻挡测量线束侧 1 号端子与地间应为  $0\Omega$  (导通), 如图 1-23 所示。

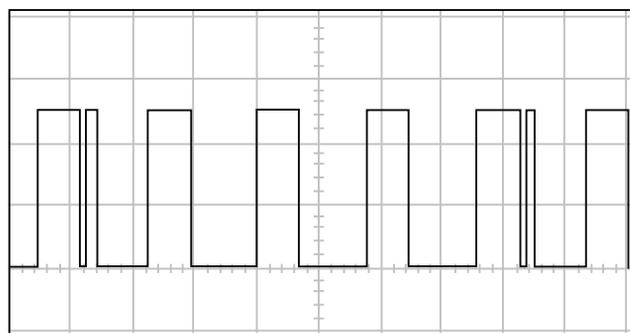


图 1-22 光电式曲轴位置传感器波形图

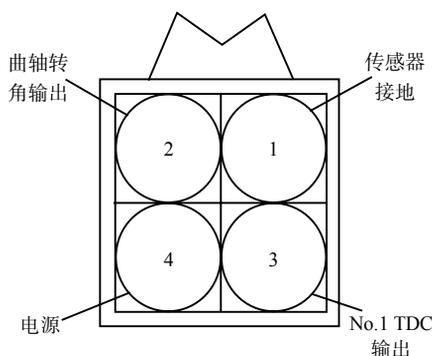


图 1-23 光电式曲轴位置传感器接头

光电式曲轴位置传感器输出信号检测, 用万用表电压挡接在传感器侧 3 号端子和 1 号端子上, 在起动发动机时, 电压应为 0.2~1.2V。在起动发动机后的怠速运转期间, 用万用表电压

挡检测 2 号端子和 1 号端子的电压应为 1.8~2.5V，否则应更换曲轴位置传感器。

### 3. 霍尔效应式曲轴位置传感器

(1) 霍尔式曲轴位置传感器的基本原理。霍尔式曲轴位置传感器利用霍尔效应原理产生相对应的电压脉冲信号。在磁场中，运动电荷的偏移称为霍尔效应。霍尔式曲轴位置传感器安装在曲轴前端的扭转减震器背面，采用触发叶片的结构形式，如图 1-24 所示。

霍尔信号发生器由永久磁铁、导磁板和霍尔集成电路等组成。内外信号轮侧面各设置一个霍尔信号发生器，信号轮转动且当叶片进入永久磁铁与霍尔元件之间的空气隙中时，霍尔集成电路中的磁场即被触发叶片所旁路（或称隔磁），这时不产生霍尔电压。当触发叶片离开空气隙时，永久磁铁 1 的磁通便通过导磁板 2 穿过霍尔元件，这时产生霍尔电压。将霍尔元件间歇产生的霍尔电压信号经霍尔集成电路放大整形后，即向微机控制装置输送电压脉冲信号，如图 1-25 所示。如北京现代车系就用此类传感器。

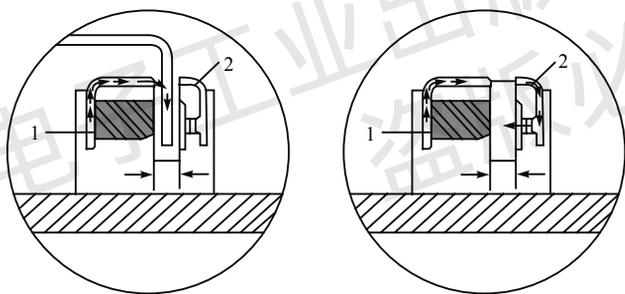
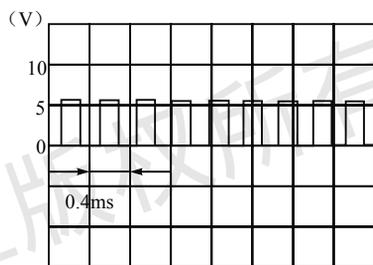
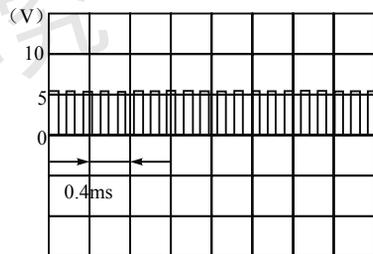


图 1-24 霍尔式曲轴位置传感器的基本原理



(a) 怠速波形



(b) 经济转速波形

图 1-25 霍尔传感器输出波形

(2) 霍尔式曲轴位置传感器的检测。以北京切诺基的霍尔式曲轴位置传感器为例来说明其检测方法。

曲轴位置传感器与 ECU 有三条引线相连，如图 1-26 所示，其中一条是 ECU 向传感器加电压的电源线，输入传感器的电压为 8V；第二条是传感器的输出信号线，当飞轮齿槽通过传感器时，霍尔传感器输出脉冲信号，高电位为 5V，低电位为 0.3V；第三条是通往传感器的接地线。曲轴位置传感器接头如图 1-27 所示。

传感器电源、电压的测试。点火开关置于“ON”，用万用表电压挡测量 ECU 侧 7 号端子的电压应为 8V，在传感器导线连接器“ A ”端子处测量电压也应为 8V，否则为电源线断路或接头接触不良。

端子间电压的检测。将点火开关置于“ON”位置，用万用表的电压挡对传感器的 ABC 三个端子间进行测试。A-C 端子间的电压值约为 8V；B-C 端子间的电压值在发动机转动时，

电压在 0.3~5V 变化，且数值显示呈脉冲性变化，最高电压 5 V，最低电压 0.3 V；如不符合以上结果，应更换曲轴位置传感器。

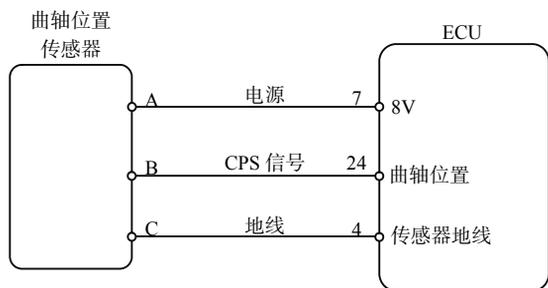


图 1-26 电脑连接图

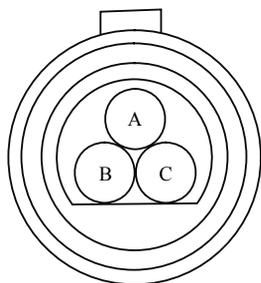


图 1-27 传感器连接插头

(3) 电阻检测。点火开关置于“OFF”位置，拔下曲轴位置传感器导线连接器，用万用表电阻挡跨接在传感器侧的端子 A 与 B 或端子 A 与 C 间，此时万用表显示读数为∞（开路），如果指示有电阻，则应更换曲轴位置传感器。

GM（通用）公司触发叶片式霍尔传感器的测试方法与上述相似，只是端子为 4 个，上止点信号（内信号轮触发）输出端与接地端为脉冲电压显示

## 五、凸轮轴位置传感器

凸轮轴位置传感器又称同步信号传感器，主要用来检测凸轮轴的转角位置，发动机控制模块用此信号确定发动机某汽缸（如一缸）上止点的位置，以修正点火时间和喷油量。凸轮轴位置传感器的结构、工作原理及检修过程与曲轴位置传感器基本相同。

根据信号形成的原理分类，凸轮轴位置传感器又可分为电磁式、光电式和霍尔效应式三大类。就其安装部位而言，有在凸轮轴前端、凸轮轴后端、飞轮上和分电器内的。

## 六、节气门位置传感器

### 1. 节气门位置传感器的作用

节气门位置传感器装在节气门体上，随节气门轴同步转动，主要用来检测节气门的开度和节气门开闭的速率，并将其转换成电信号送到发动机控制模块。该信号用于：

(1) 控制怠速阀的动作。发动机怠速运转时，节气门位置传感器产生对应于节气门最小开度的电信号并输入电脑，电脑根据此信号判定发动机处于怠速工况，控制怠速控制阀动作，稳定、调节怠速转速。

(2) 修正点火提前角。发动机怠速运转时，电脑会根据节气门位置传感器信号来调整点火提前角，以稳定怠速转速。

(3) 修正喷油量。对于线性可变电阻型节气门位置传感器来说，当节气门开度变化（发动机负荷变化）时，其输出信号电压也变化。电脑根据此来修正喷油量，以适应不同工况对混合气浓度的要求。当节气门急速开、闭时，节气门位置传感器电压也急速变化，电脑根据此信号判断加速、减速工况，以控制喷油器在加速时多喷油，在急减速时少喷油。

(4) 影响废气再循环系统的工作。当节气门位于怠速开度时，电脑根据节气门位置传感器输出的信号控制废气再循环系统停止工作，断开排气管至进气系统之间的通道，以稳定怠速。

(5) 控制自动变速器的工作。在电子控制自动变速器上，电脑根据节气门位置传感器输入

的节气门位置开度信号、车速信号等控制变速器的换挡时刻以及锁止离合器的锁止时刻。

## 2. 节气门位置传感器的结构分类

据其输出信号的特点,节气门位置传感器有线性输出和开关量输出两种形式。多数车型使用线性信号输出的节气门位置传感器;而开关量输出型节气门位置传感器在当前车辆中应用较少。

(1) 线性输出节气门位置传感器。

(2) 开关量输出型节气门位置传感器又称为节气门开关。它有两对触点,分别为怠速触点(IDL)和全负荷触点(PSW)。当节气门关闭时,活动触点与怠速触点闭合;节气门打开后,活动触点与怠速触点分开;节气门接近全开时,活动触点与全开触点闭合,如图 1-28 所示。

线性输出型节气门位置传感器的基本原理。线性输出型节气门位置传感器有一个三线的连接器,其中一根线是向传感器提供一个 5 V 的参考电压;第二根线是连接到传感器滑动电阻的另一端,为传感器提供搭铁;第三根线是与传感器的滑动触点相连接,从而向发动机控制模块提供电压信号。滑动电阻上任何一点的电压值都与节气门开启的角度成比例,该电压就是节气门位置传感器的输出信号。相对三线式线性输出型节气门位置传感器而言,四线式线性输出型节气门位置传感器多了一个怠速触点的闭合信号。

线性输出节气门位置传感器的检测。测量线性电位计的电阻,点火开关置于“OFF”位置,按下节气门位置传感器的导线连接器,用万用表的电阻挡测量线性电位计的电阻(如图 1-29 所示中  $E_2$  和  $V_{TA}$  之间的电阻),该电阻应能随节气门开度的增大而呈线性增大。

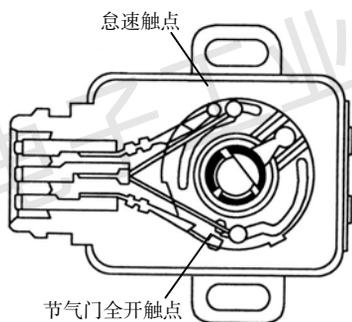


图 1-28 开关量输出型节气门位置传感器

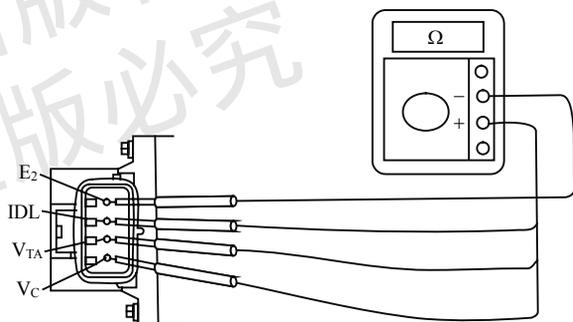


图 1-29 线性输出型节气门传感器的检测

在节气门限位螺钉和限位杆之间插入适当厚度的厚薄规,用万用表电阻栏测量此传感器导线连接器上各端子间的电阻,其应符合如表 1-9 所示的电阻值。

表 1-9 线性可变电阻型节气门位置传感器各端子间的电阻标准值(皇冠 3.0 车)

限位螺钉与限位杆间隙(或节气门开度)/mm	端子名称	电阻值/kΩ
0	$V_{TA}-E_2$	0.34~6.30
0.45	$IDL-E_2$	0.50 或更小
0.55	$IDL-E_2$	$\infty$
节气门全开	$V_{TA}-E_2$	2.40~11.20
—	$V_C-E_2$	3.10~7.20

电压检查,插好节气门位置传感器的导线连接器,当点火开关置“ON”位置时,发动机 ECU 连接器上 IDL、 $V_C$ 、三个端子处应有电压;用万用表电压挡检测  $IDL-E_2$ 、 $V_C-E_2$ 、 $V_{TA}-E_2$

间的电压值应符合如表 1-10 所示的标准值。

表 1-10 节气门位置传感器各端子电压的标准值

端 子	条 件	标准电压/V
IDL-E <sub>2</sub>	节气门全开	9~14
V <sub>C</sub> -E <sub>2</sub>	—	4.0~5.5
V <sub>TA</sub> -E <sub>2</sub>	节气门全闭	0.3~0.8
	节气门全开	3.2~4.9

## 七、温度传感器

温度传感器的种类很多,常见的温度传感器有热敏电阻式、双金属片式和蜡式等。热敏电阻的电阻值随温度的变化而变化。根据特性不同,热敏电阻可分为正温度系数、负温度系数和临界温度三类。正温度系数热敏电阻就是指在允许的工作范围内,其电阻值随着温度的升高而增加;而负温度系数热敏电阻的电阻值随温度的升高而减小;临界温度热敏电阻就是以某一临界温度为界,高于临界温度时的电阻为某一水平,低于临界温度时的电阻为另一水平。热敏电阻的温度特性如图 1-30 所示。

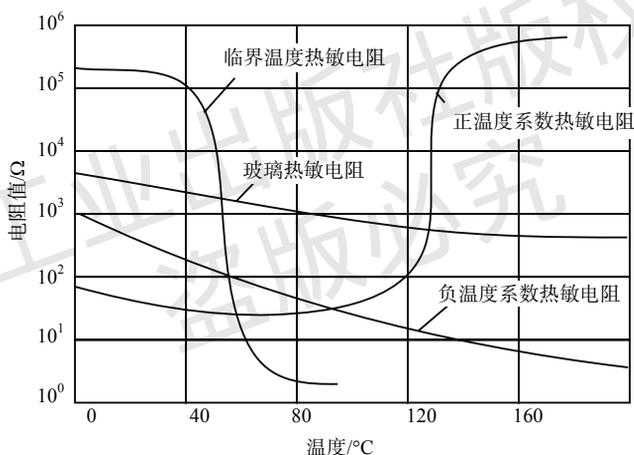


图 1-30 热敏电阻的温度特性

电脑控制汽油喷射系统中有两个温度传感器,即水温传感器和进气温度传感器,它们均采用负温度系数热敏电阻。这两个温度传感器在电脑汽油喷射系统的喷油量控制、点火提前角控制、排放控制等诸多功能中起着非常重要的作用。

### 1. 水温传感器的作用

发动机冷却液温度传感器又称水温传感器,它用来检测发动机冷却液的温度,并将温度信号转变成电信号输送给发动机控制模块,作为汽油喷射、点火正时、怠速和尾气排放控制的主要修正信号。

### 2. 水温传感器的结构分类

水温传感器按结构分类可分为绕线电阻式、扩散电阻式、半导体晶体管式、金属芯式、热电偶式和热敏电阻式。

热敏电阻式因其良好的输出特性和灵敏度高等优点,被现代车辆所广泛应用。该传感器有

NTC (负温度系数) 和 PTC (正温度系数) 两种, 其中负温度系数的水温传感器应用最多。

### 3. 冷却水温度传感器的电阻检测

(1) 就车检查。点火开关置于“OFF”位置, 拆卸冷却水温度传感器导线连接器, 用数字式高阻抗万用表电阻档, 按如图 1-31 所示测试传感器两端子(丰田皇冠 3.0 为 THW 和 E<sub>2</sub> 北京切诺基为 B 和 A) 间的电阻值。其电阻值与温度的高低成反比, 在热机时应小于 1 k $\Omega$ 。

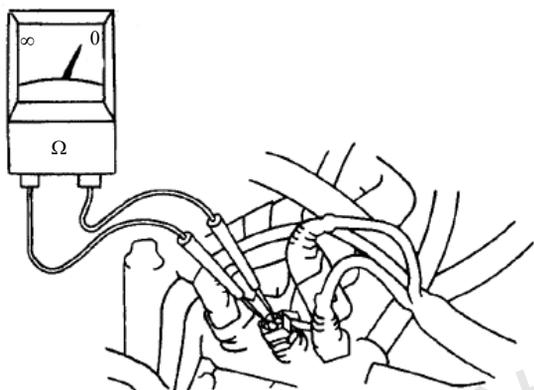


图 1-31 就车检测水温传感器的电阻

(2) 单件检查。拔下冷却水温度传感器导线连接器, 然后从发动机上拆下传感器; 将该传感器置于烧杯内的水中, 加热杯中的水, 同时用万用表电阻档测量在不同水温条件下水温传感器两接线端子间的电阻值, 如图 1-32 所示。将测得的值与标准值相比较, 如果不符合标准, 则应更换水温传感器。

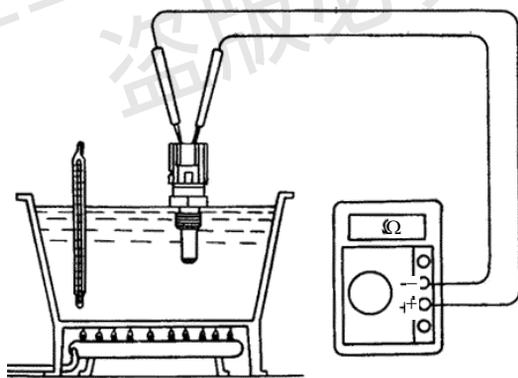


图 1-32 水温传感器单件检测

(3) 冷却水温度传感器输出信号电压的检测。装好冷却水温度传感器, 将此传感器的导线连接器插好, 当点火开关置于“ON”位置时, 从水温传感器导线连接器“THW”端子(丰田车)或从 ECU 连接器“THW”端子与 E<sub>2</sub> 间测试传感器输出电压信号(对北京切诺基是从传感器导线连接器“B”端子或从 ECU 导线连接器“2”端子上测量与接地端子间电压)。丰田车 THW 与 E<sub>2</sub> 端子间电压在 80 $^{\circ}\text{C}$  时应为 0.25~1.0V。所测得的电压值应随冷却水温成呈比变化。当冷却水温度传感器线束断开时, 从 ECU 导线连接器端子“2”(北京切诺基)上测试的电压值应为 5V 左右。

### 思考练习题

1. 汽车上常用的传感器有哪些？
2. 论述空气流量传感器的种类，以及各个传感器的基本原理。
3. 论述进气压力传感器的种类。
4. 论述曲轴位置传感器的主要作用。
5. 如何对水温传感器进行检测？

### 思考题答案

1. 汽车上常用的传感器有哪些？

答：空气流量计、进气压力传感器、氧传感器、曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器、节气门位置传感器、冷却液温度传感器。

2. 论述空气流量传感器的种类，以及各个传感器的基本原理？

答：(1) 翼板式空气流量传感器。

在发动机起动后，吸入的空气把计量板从全闭位置推开，使其绕轴偏转。当气流推力与计量板复位弹簧张力平衡时，计量板便停留在某一位置上。进气量愈大，计量板开启的角度也愈大。通常，电脑给传感器一个 5V 的电源电压，接收传感器反馈电位计电压为 0~5V。当计量板转轴上的电位计滑臂绕轴转动时，电位计的输出电压也随之变化。这一信号输入到电控单元，电控单元再根据进气温度传感器的信号进行修正，即可测出实际的进气流量。

- (2) 卡门涡旋式空气流量传感器。

卡门涡旋式空气流量传感器通常与空气滤清器外壳安装成一体。它同样是接收 5V 的电压电压，反馈 0~5V 的电位计电压。在进气管道中间设有流线形或三角形的涡流发生器，当空气流经涡流发生器时，在其后部的气流中会不断产生不对称却十分规则的被称作卡门涡流的空气涡流。根据卡门涡流理论，这个旋涡行列是紊乱地依次沿气流流动方向移动，其移动的速度与空气流速成正比，即在单位时间内通过涡流发生器后方某点的涡流数量与空气流速成正比。因此，通过测量单位时间内涡流的数量就可计算出空气流速，再将空气通道的有效截面与空气流速相乘，就可以知道吸入空气的量。

- (3) 热线式空气流量传感器。

它的两端有金属防护网，取样管置于主空气通道中央，取样管由两个塑料护套和一个热线支承环构成。热线线径为白金热线，布置在支承环内，其阻值随温度变化，是惠斯顿电桥电路的一个臂。热线支承环前端的塑料护套内安装一个白金薄膜电阻器，其阻值随进气温度变化，称为温度补偿电阻，是惠斯顿电桥电路的另一个臂。热线支承环后端的塑料护套上黏结着一只精密电阻。此电阻能用激光修整，也是惠斯顿电桥的一个臂。该电阻上的电压降即为热线式空气流量传感器的输出信号电压。惠斯顿电桥还有一个臂的电阻安装在控制线路上。

- (4) 热膜式空气流量传感器。

热膜式空气流量传感器的结构和工作原理与热线式空气流量传感器基本相同。

3. 论述进气压力传感器的种类？

答：(1) 半导体压敏电阻式进气歧管绝对压力传感器；

(2) 电容式进气歧管绝对压力传感器。

4. 论述曲轴位置传感器的主要作用？

答：曲轴位置传感器是发动机控制系统中最主要的传感器之一，是确认曲轴转角位置和发

动机转速不可缺少的信号之一，发动机控制模块用此信号控制燃油喷射量、喷油正时、点火时刻（点火提前角）、点火线圈充电闭合角、怠速转速和电动汽油泵的运行。

5. 如何对水温传感器进行检测？

(1) 就车检查。

点火开关置于“OFF”位置，拆卸冷却水温度传感器导线连接器，用数字式高阻抗万用表电阻档测量其电阻，其电阻值与温度的高低成反比，在热机时应小于 1 kΩ。

(2) 单件检查。

拔下冷却水温度传感器导线连接器，然后从发动机上拆下传感器；将该传感器置于烧杯内的水中，加热杯中的水，同时用万用表电阻档测量在不同水温条件下水温传感器两接线端子间的电阻值，电阻值应随着温度的升高而降低。

## 实训任务工作单



### 友情提示

在测量各传感器需要断开线插头时，首先要关闭点火开关，然后再断开插头进行测试。测量数据时，一定要注意万用表的挡位选择，避免选错挡位造成量具损坏和数据不准确的情况。

## 实训任务 传感器测量

传 感 器	电 源 电 压	信 号	接 地 情 况
空气流量计			
进气压力传感器			
氧传感器			
曲轴位置传感器			
凸轮轴位置传感器			
节气门位置传感器			
水温传感器			

## 课题二 电子控制单元

### 学习目标

1. 了解电子控制单元的基本组成；
2. 了解电子控制单元电源的检测；
3. 了解电子控制单元的工作原理。



### 知识结构

本课题的知识结构见表 1-11。

表 1-11 电子控制单元的知识结构

电子控制单元	功能	电子控制单元是一种电子综合控制装置，可以实现多功能的高精度集中控制
	组成	由输入回路、A/D 转换器（模/数转换器）、微型计算机和输出回路四部分组成
	各部件简介	具体内容查看下面详细介绍



## 案例导入

小王的单位有一辆奥迪 A6 L3.0 排量的轿车，该车采用无级变速箱。一天小王陪领导外出办事，该返回时发现发动以后挡位杆在 P 挡拨不出来，故障发生前行驶过程中仪表上 EPC 故障灯亮。他赶忙联系了奥迪维修 4S 店的救援中心，救援人员通过仪器诊断确定是由于变速箱电脑故障引起的挡位不能动，为了让车辆暂时能够行驶，维修技师采取了应急措施，把排挡杆底座的机械锁扣人为接触了挡位锁功能后车辆就能开了，并跟小王确认这个故障要及时维修，预约两天后进厂。两天后小王开车去了 4S 店，工程师分析建议：奥迪这款车无级变速箱电脑板都有一个通病，有的 4 万千米就有了相同的故障，有的 10 万千米或 20 万千米就一定会由此故障出现，换个电脑板到了一定千米数同样也会出现这个故障，但修的电脑板是针对排挡开关短路、断路做电脑升级维修，永久解决了这个故障，以后再也不会出现类似的故障，所以说修比换还要好！最终小王客户选择了维修电脑板，汽车电脑的功用是什么呢？各部分结构及作用又是什么呢？下面我们就来学习一下。

### 一、电子控制单元的功能

电子控制单元（Engine control Unit，ECU）是一种电子综合控制装置，它所具备的基本功能如下。

- (1) 接收传感器或其他装置输入的信息，给传感器提供参考（基准）电压：2V、5V、9V、12V；将输入的信息转变为微机所能接收的信号。
- (2) 存储、计算、分析处理信息；计算出输出值所用的程序；存储该车型的特点参数；存储运算中的数据（随存随取），存储故障信息。
- (3) 运算分析。根据信息参数求出执行命令数值；将输出的信息与标准值对比，查出故障。
- (4) 输出执行命令。把弱信号变为强的执行命令数值；输出故障信息。
- (5) 自我修正功能（自适应功能）。

在发动机控制系统中，ECU 不仅用来控制汽油喷射系统，同时还具有点火提前角控制、怠速控制、排放控制、进气控制、增压控制、自诊断、失效保护和备用控制系统等多项控制功用。

在发动机控制系统中，由于使用微机，与以往的模拟电路控制相比，信号处理的速度和容量大大提高，因此，可实现多功能的高精度集中控制。

### 二、ECU 的组成

发动机集中控制系统 ECU 的组成如图 1-33 所示。ECU 主要由输入回路、A/D 转换器（模/数转换器）、微型计算机和输出回路四部分组成。

#### 1. 输入回路

输入 ECU 的传感器信号有两种：一种是模拟信号 [见图 1-34 (a)]，如热线式空气流量计的输出信号和冷却液温度传感器的输出信号等；另一种是数字信号 [见图 1-34 (b)]，如卡门涡流式空气流量计的输出信号和转速传感器的输出信号等。信号的类型不同，输入 ECU 后的

处理方法也不一样。

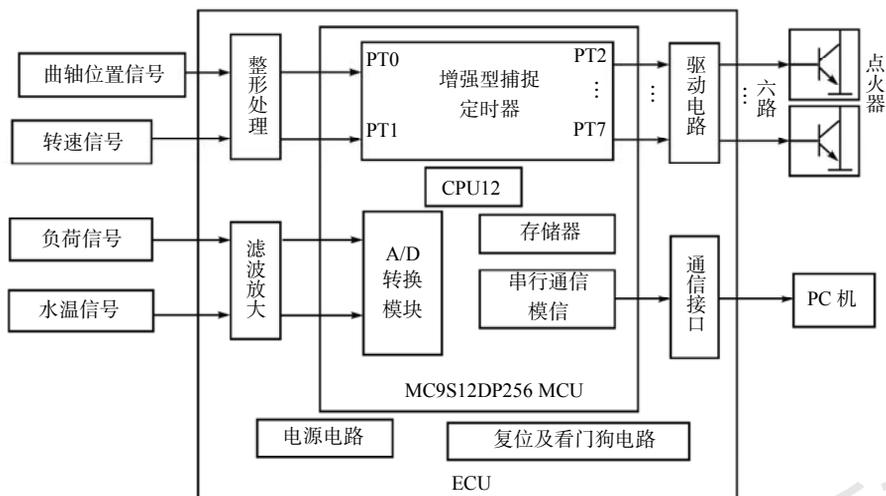


图 1-33 ECU 的组成

从传感器输出的信号输入 ECU 后，首先通过输入回路，其中数字信号直接输入微机，模拟信号则由 A/D 转换器转换成数字信号之后再输入微机。

输入回路的作用是将传感器输入的信号，在除去杂波和把正弦波转变为矩形波后，再转换成输入电平（见图 1-35）。

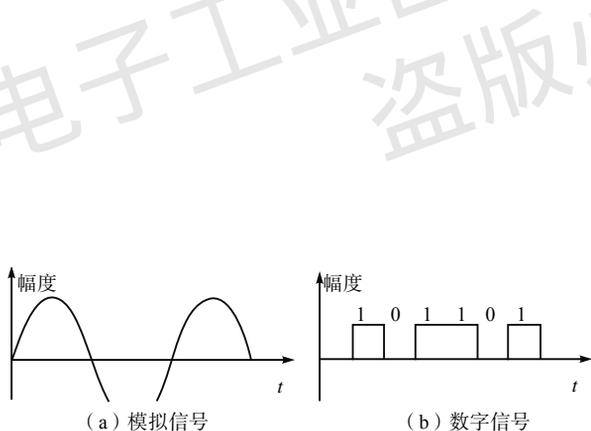


图 1-34 输入 ECU 的传感器信号

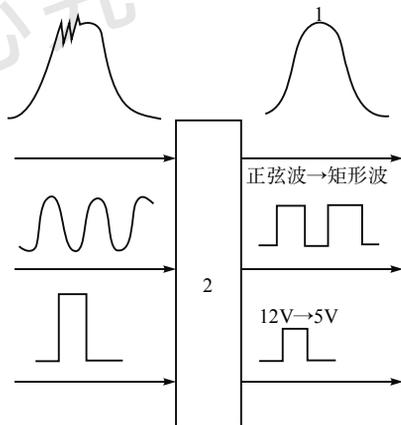


图 1-35 输入电路作用

## 2. A/D 转换器

由传感器输入的模拟信号，微机不能直接处理，故要用 A/D 转换器将模拟信号转换成数字信号，再输入微机。

## 3. 微型计算机

微机的功用是根据发动机工作的需要，把各种传感器送来的信号用内存的程序（微机处理的顺序）和数据进行运算处理，并把处理结果如汽油喷射控制信号、点火控制信号等送往输出回路。

微机的内部结构如图 1-36 所示,是由中央处理器(CPU)、存储器、输入/输出装置等组成。

(1) 中央处理器(CPU)。CPU 的功用是读出命令并执行数据处理任务。它是由进行数据算术运算和逻辑运算的运算器、暂时存储数据的寄存器、按照程序进行各装置之间信号传送及控制任务的控制器等组成。

(2) 存储器。存储器的功用是记忆存储程序和数据,一般由几个只读存储器 ROM 和随机存取存储器 RAM 组成。

ROM 是读出专用存储器,存储内容一次写入后就不能改变,但可以调出使用。ROM 存储器存储的内容,即使切断电源,其记忆的内容也不丢失,故适用于对各种程序和数据的长期保留。近年可编程只读存储器(EP-ROM)已在汽车微机中得到应用,该存储器可由紫外线将其记忆内容消去,并可改写存储内容。

随机存储器 RAM 既能读出也能写入数据记忆在任意地址上。但是如果切断电源,存储的数据就丢失。所以 RAM 只适用于暂时保留过程中的处理数据。

(3) 输入/输出装置。输入/输出装置的功用是根据 CPU 的命令,在外部传感器和执行器之间执行数据传送任务,一般称之为 I/O 接口。

#### 4. 输出回路

由微机输出的是电压很低的数字信号,用这种信号一般是不能直接驱动执行元件的。输出回路的功用就是将微机输出的数字信号转换成可以驱动执行元件的输出信号。输出回路多采用大功率三极管,由微机输出的信号控制其导通和截止,从而控制执行元件的搭铁回路。

以上简单介绍了发动机 ECU 的基本组成和作用。目前的发动机 ECU 除上述基本装置外,还把电源装置、电磁干扰保护装置、自检装置、后备系统等组装在一起,装在一个盒子里,结构十分紧凑,使控制单元的工作相当可靠。随着发动机性能的不不断提高,要求控制的对象不断增多,加之微机芯片的功能不断增强,发动机 ECU 的性能会更加先进,功能会越来越强。

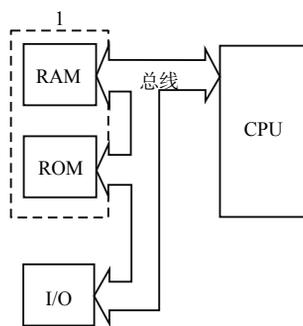


图 1-36 微机的内部结构

### 课题三 执行器

#### 学习目标

1. 掌握各执行器的工作原理;
2. 掌握各执行器的检测方法;
3. 掌握线路实际连接关系;
4. 能作电路分析,进行知识迁移。



#### 知识结构

本课题的知识结构如表 1-12 所示。

表 1-12 执行器的知识结构

执行器	基本原理	按照执行器工作原理对各执行器进行分析
	分类	燃油泵、喷油器、怠速阀、点火线圈



## 案例导入

小李有一辆别克君威 2.0L 轿车，已行驶 15 万千米，最近该车在冷车时能够顺利起动，但有时候热车起动特别困难。维修技师分析由于故障现在与温度有关，而且混合气过浓也经常造成热车不易起动的的原因。在此，首先检查冷却液温度传感器及控制线路，均正常。同时在检查中发现，该车在热车熄火后立即起动正常，但等 5~8min 后，再起起动就难了。检查燃油系统，接好燃油压力表，起动发动机，压力正常。熄火后再看油压表，发现油压很快下降，断开回油管接头，无回油，说明漏油在油泵至喷油器之间。技师说这属于燃油系统执行器的问题，拆下 4 个喷油器检查实验，发现喷油器都有严重的漏油现象。全部更换新的喷油器后，无论冷车起动还是热车起动都很正常，故障排除。小李不明白什么是执行器，车上的执行器多吗？

燃油系统的作用是向汽缸内提供组成混合气所需的燃油量。燃油系统的部件主要有燃油箱、燃油泵、输油管（供油管和回油管）、燃油滤清器、燃油压力调节器、燃油导轨以及喷油器等。

燃油泵的功用是将汽油从燃油箱中吸上来，并使之具有一定的压力，克服燃油管路和滤清器的阻力，经过管路和燃油滤清器进入发动机。为满足发动机的工作要求，燃油泵要有充分供油能力，其最大供油量一般应超过发动机最大耗油量的 2.5~3.5 倍。燃油泵一般有机械式燃油泵和电动燃油泵两种形式，下面介绍电动燃油泵。

## 一、燃油泵

### 1. 电动燃油泵的结构与原理

电动燃油泵按安装形式可分为油箱外置型和油箱内置型两种。油箱外置型电动燃油泵安装在油箱外，串联在输油管上，如奔驰 125 底盘的各种车型；油箱内置型电动燃油泵安装在油箱内部，浸泡在燃油里，将燃油泵放在小油箱中，这样可以防止在燃油不足而汽车转弯或倾斜时，燃油泵吸入空气而产生气阻。目前大多数电控燃油喷射系统均采用油箱内置型电动燃油泵，如红旗等。油箱外置式主要采用滚柱式燃油泵，油箱内置式主要采用涡轮式燃油泵（见图 1-37），但也有采用滚柱式燃油泵的（见图 1-38）。

如图 1-37 所示，电动机通电即带动泵体旋转，将燃油从进油口吸入，流经电动燃油泵内部，再从出油口压出，给燃油系统供油。燃油经电动燃油泵内部，对电动机的电枢起到冷却作用。电动燃油泵的电动机部分包括固定在外壳上的永久磁铁和产生电磁力矩以及安装在外壳上的电刷装置。电刷与电枢上的换向器相接触，其引线连接到外壳的接柱上，将控制电动燃油泵的电压引到电枢绕组上。电动燃油泵的外壳两端卷边铆紧，使各部件组装成一个不可拆卸的总成。

燃油进入燃油泵前要先经过燃油滤网，以过滤燃油中的杂质。燃油滤网最好定期清洗，若滤网太脏就会使燃油系统压力降低，喷油器喷油量不足，导致汽车高速行驶或急加速时动力不足、加速困难。此外，如果燃油在滤网处堵塞，说明油箱中的沉淀物或水分过多，最好拆下整个油箱进行彻底的清洗。

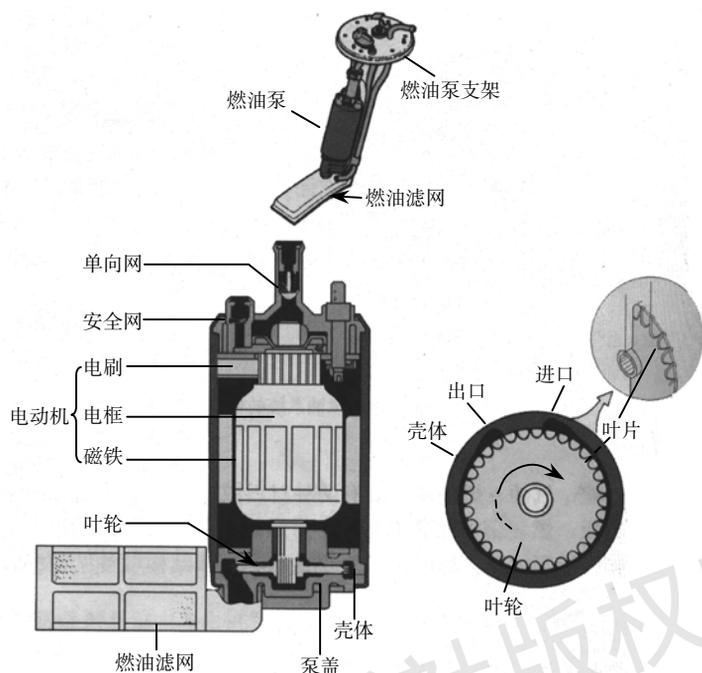


图 1-37 涡轮式燃油泵

安全阀可以避免燃油管路出现阻塞时压力过高而造成油管破裂或燃油泵损坏；止回阀的设置是为了发动机熄火后密封油路，使燃油管中保持一定的压力，以便发动机下次起动更加容易。当检查燃油系统压力的稳定性时，可着重检查安全阀和单向阀。

泵体是电动燃油泵泵油的主体，根据其结构不同可分为滚柱式燃油泵、齿轮式燃油泵和涡轮式燃油泵。

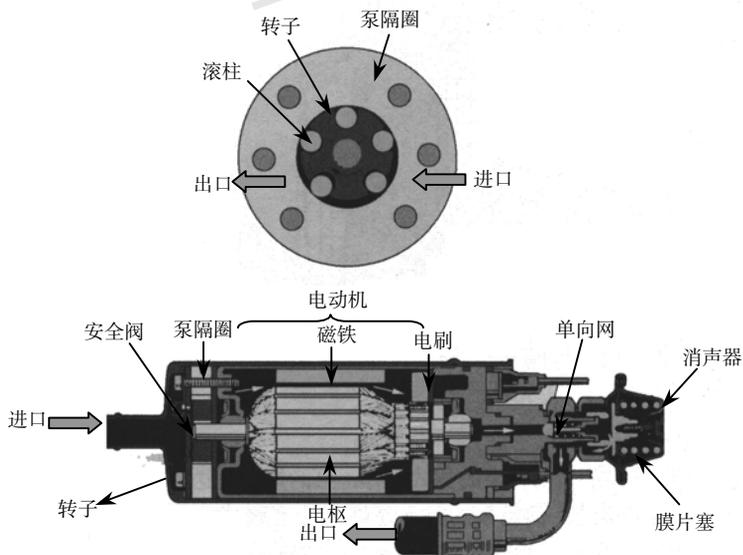


图 1-38 滚柱式燃油泵

## 2. 电动燃油泵动作的控制

电动燃油泵只有在发动机起动和运转时才工作。在打开点火开关时，为建立系统油压，电动燃油泵往往会运行一段时间，以便发动机能顺利起动。而在其他情况下，即使点火开关接通，只要发动机没有转动，油泵就不工作。油泵工作的控制，通常是指对油泵电路开路继电器的控制。继电器触点闭合，油泵通电工作；继电器触点断开，油泵停止工作。

油泵控制系统按照触发油泵运转的信号来源，可分为油泵开关控制和发动机控制模块控制。

## 二、喷油器

喷油器是电控发动机燃油喷射系统中的重要执行器，主要有轴针式喷油器、球阀式喷油器和片阀式喷油器，它接收来自发动机控制模块的信号，并精确地喷射燃油量。电控喷油器是一种加工精度非常高的精密器件，要求其动态流量范围大、雾化性能好，抗堵塞、抗污染能力强。

### 1. 轴针式喷油器

如图 1-39 所示为轴针式喷油器的结构示意图。它主要由喷油器壳体、喷油针阀、套在针阀上的衔铁及根据喷油脉冲信号产生电磁吸力的电磁线圈组成。

### 2. 球阀式喷油器

如图 1-40 所示为球阀式喷油器结构示意图。它与轴针式喷油器的主要区别在于阀针的结构。

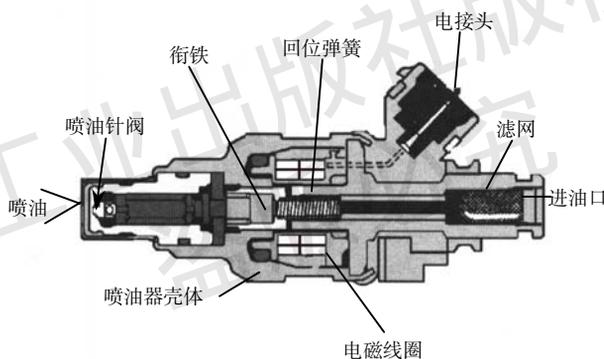


图 1-39 轴针式喷油器

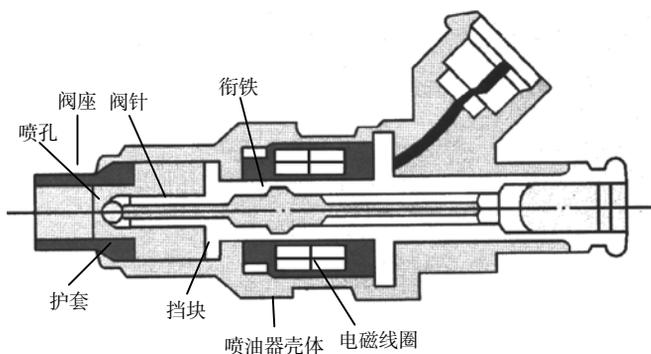


图 1-40 球阀式喷油器

### 3. 片阀式喷油器

片阀式喷油器采用质量较轻的阀片和孔式阀座，不仅具有较大的动态流量范围，而且抗堵塞能力较强。如图 1-41 所示为片阀式喷油器的纵向剖面图。

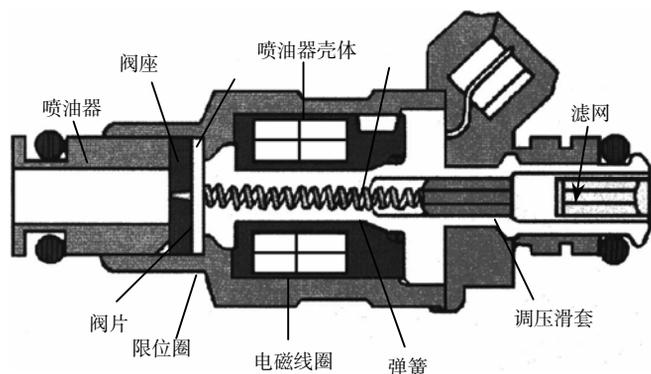


图 1-41 片阀式喷油器

### 三、怠速阀

所谓怠速，通常是指发动机在无负荷（对外无功率输出）情况下的稳定运转状态。如果怠速转速过高，会增加发动机的燃油消耗量；但怠速转速过低，又会增加有害物的排放。另外怠速还应根据冷车运转与电器负荷、空调装置、自动变速器、动力转向的接入等情况而变化。现在大多数电子控制发动机上，都已设有不同形式的怠速转速控制装置，控制发动机以最佳的怠速转速运转。

#### 1. 石蜡式怠速旁通空气控制阀

石蜡式怠速空气旁通阀根据发动机的冷却液温度控制旁通空气道的截面积。控制力来自热敏石蜡的热胀冷缩，而热胀冷缩随周围温度而变化。采用这种形式的怠速旁通空气控制阀，必须导入发动机冷却液，为了简化结构，一般共用加热节气门体的冷却液管路。如图 1-42 所示的是石蜡式怠速旁通空气控制阀的结构示意。

发动机冷却液温度较低的时候，热敏石蜡收缩，提动阀在弹簧的作用下打开。随着温度的升高，热敏石蜡膨胀，推动连接杆使提动阀慢慢关闭，发动机怠速转速逐渐下降。当暖车后，提动阀将完全关闭空气通道，发动机恢复至正常怠速。

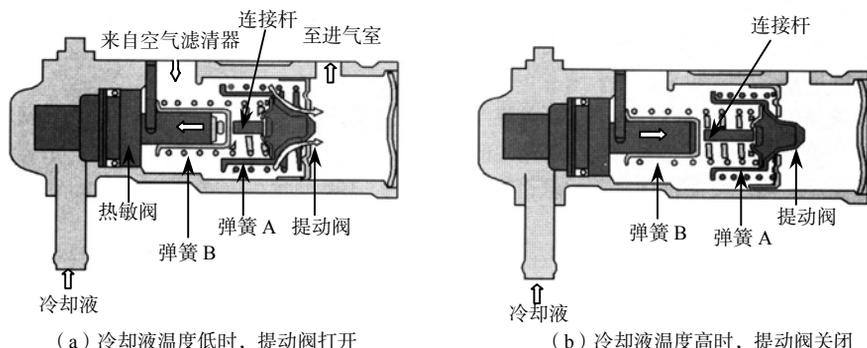


图 1-42 石蜡式怠速空气旁通阀

#### 2. 双金属片式旁通空气控制阀

双金属片式旁通空气控制阀是用来控制发动机在冷起动和暖机过程中的附加空气量，进而调整发动机的转速。发动机冷起动和起动后的暖机需要比较多的空气量以克服发动机较大的摩擦，同时也是为了使发动机能够快速升温，这部分额外的空气量就是通过双金属片式的空气旁

通阀绕过节气门进入进气管的。双金属片式旁通空气控制阀由绕有电热线的双金属片和旁通空气道等组成，如图 1-43 所示。

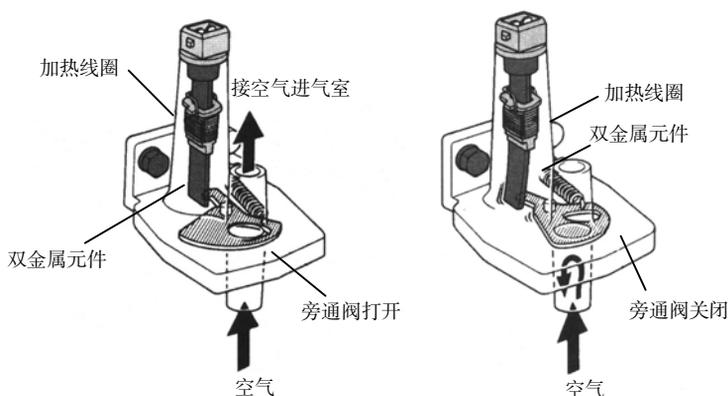


图 1-43 双金属片式旁通空气控制阀

### 3. 步进电机式怠速空气控制阀

如图 1-44 所示为步进电机怠速空气控制阀的结构图，步进电机式怠速空气控制阀安装在发动机进气总管内，从而使电机转子顺转或反转，使阀心做轴向移动，改变阀心与阀座之间的间隙，就可调节流过旁通空气道的空气量。间隙小，进气量少，怠速低；间隙大，进气量多，怠速高。

步进电机的控制电路如图 1-44 所示。发动机控制模块依一定顺序，使功率管  $VT_1$ — $VT_2$ — $VT_3$ — $VT_4$  适时导通，分别给步进电机定子线圈供电，驱动步进电机转子旋转，使前端的阀门移动，改变阀门与阀座之间的距离，调节旁通空气道的空气流量，使发动机怠速转速达到所要求的目标转速。

### 4. 旋转滑阀式怠速控制阀

旋转滑阀式怠速控制系统的构造如图 1-45 所示。旋转滑阀式怠速控制系统主要由永久磁铁、气旁通道、旋转滑阀和复位弹簧等组成。其中旋转滑阀固装在电枢轴上，与电枢轴一起转动，用以控制通过旁通空气道的空气量；永久磁铁固装在外壳上，形成永磁磁场；复位弹簧的作用是在发动机熄火后使怠速阀旁通道完全打开。

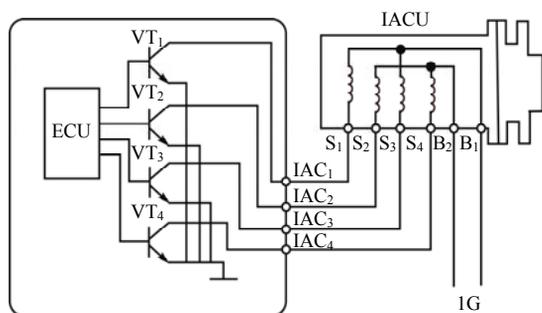


图 1-44 步进电机怠速空气控制阀

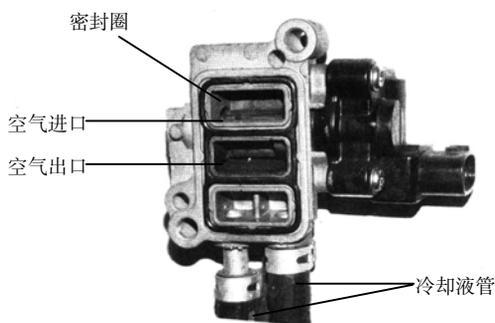


图 1-45 旋转滑阀式怠速控制阀

### 5. 占空比控制怠速控制系统

占空比是指发动机控制模块的控制信号在一个周期内通电时间与通电周期之比,如图 1-46 所示。占空比怠速控制阀安装在进气歧管上,利用来自发动机控制模块的占空比信号控制经过节气门旁通通道的进气量。

### 6. 节气门直动式怠速控制系统

节气门直动式怠速控制系统取消了旁通通道,而是通过控制节气门的开启角度,调节空气通路的截面来控制充气量,实现对怠速的控制,如图 1-47 所示。

节气门直动式怠速控制系统主要由节气门位置传感器、怠速节气门位置传感器、怠速开关和执行器(怠速直流电动机)以及一套齿轮驱动机构组成。

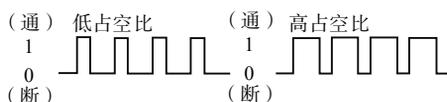
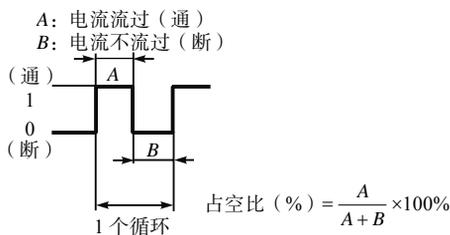


图 1-46 占空比

## 四、点火线圈

点火线圈是产生点火所需高压电的一种变压器。一般发动机点火系所采用的点火线圈依磁路区分,可分为开磁路式及闭磁路式两种。

### 1. 开磁路式点火线圈

开磁路式点火线圈一般为罐状结构,如图 1-48 所示。它以数片硅钢片叠合而成棒状铁芯,次级线圈和初级线圈分别绕在铁芯的外侧。次级线圈为线径为 0.05~1 mm 的漆包线,匝数为 2 万~3 万的圈匝。初级线圈的线径为 0.5~1.0mm,较次级线圈粗,且匝数仅 150~300 圈而已。初级线圈绕在次级线圈的外侧,故次级线圈所产生的磁通变化与初级线圈完全相同。初级线圈和次级线圈的绕线方向相同,次级线圈的始端连接高压输出接头,其末端则连接于初级线圈的始端,并连接于外壳的“+”接柱,初级线圈的末端连接于外壳的“-”接柱,并接于点火器内功率晶体管的集电极上,由点火器控制其初级线圈电流的通断。

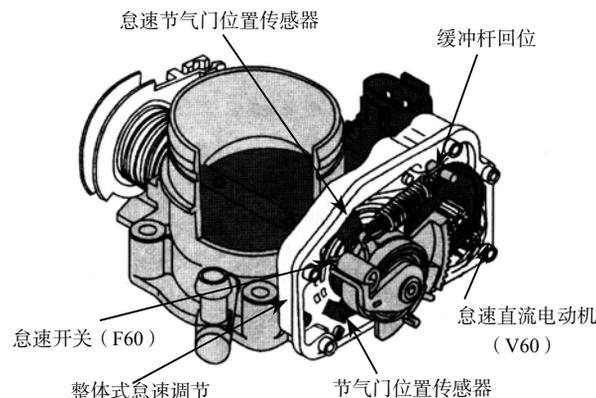


图 1-47 节气门直动式怠速控制系统

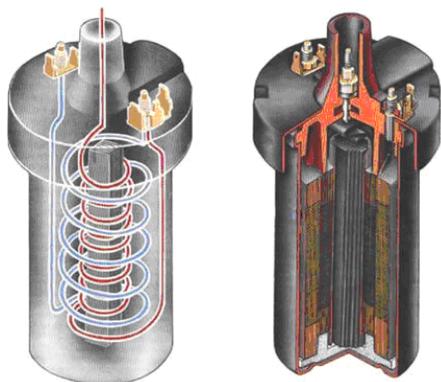


图 1-48 开磁路式点火线圈

### 2. 闭磁路式点火线圈

闭磁路点火线圈的铁芯是封闭的,如图 1-49 所示,磁通全部经过铁芯内部,铁芯的导磁能力约为空气的一万倍,故开磁路点火线圈欲获得与闭磁路点火线圈相同的磁通,则其初级线圈非有较大的磁动势(安培匝数)不可。因此,必须采用匝数较多,线径较大的初级线圈;初

级线圈的匝数多,如欲获得同样匝数比,则次级线圈的匝数也需增加。因此,开磁路点火线圈的小型化是办不到的。反之,闭磁路点火线圈,由于磁阻小,可有效降低线圈的磁动势,将点火线圈小型化。目前,闭磁路点火线圈已相当小型化,可与点火器合而为一,甚至可与火花塞连体化。

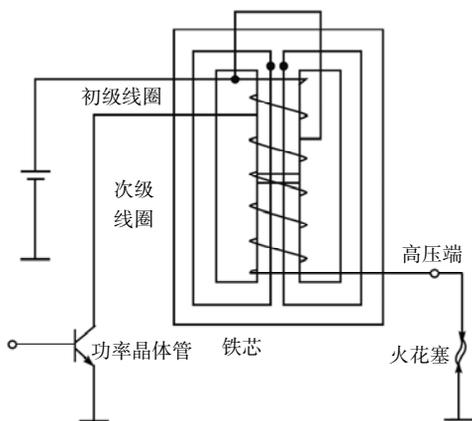


图 1-49 闭磁路点火线圈

### 3. 无分电器点火式闭磁路点火线圈

无分电器点火系统完全取消了分电器,它是将点火线圈产生的高压电直接通过高压线传递给火花塞,使其点火。

无分电器双缸同时点火系统用一个点火线圈对到达压缩和排气上止点的两个汽缸同时实施点火。压缩上止点的汽缸点火后,混合气被引燃而做功;排气上止点的汽缸点火后不产生功率,电火花浪费在废气中,但由于汽缸内压力比压缩上止点的压力低很多(仅稍高于 1 个大气压),而火花塞电阻值很小,因此只需消耗很小的放电能量就能使高压电流通过,且对火花塞无多大损伤。同时点火方式中每两缸合用一个点火线圈。排气行程的汽缸和压缩行程的汽缸同时点火,其放电电路如图 1-50 所示。采用无分电器双缸同时点火系统的车系如奔驰 111 和 104 发动机、国内桑塔纳 2000 GSI ARJ 发动机、捷达 AHP 发动机、奥迪 2.6L 发动机、宝来 AGN 发动机以及北京现代索纳塔 2.0 发动机等。

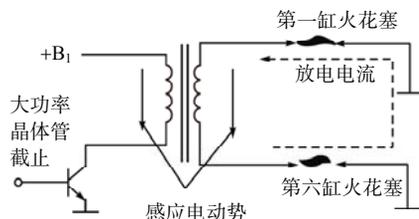


图 1-50 无分电器双缸同时点火系统

### 4. 无分电器独立点火系统

无分电器独立点火系统的每个汽缸的火花塞配用一个点火线圈,单独地直接地对每个汽缸进行点火。这种点火方式非常适合在四气门(每缸两个进气门和两个排气门)发动机上使用。如图 1-49 所示,火花塞安装在两根凸轮轴的中间,每缸火花塞上直接压装一个点火线圈,很

容易布置,如奔驰 119、120 发动机、沃尔沃 960 车型、宝来 AGU 发动机、帕萨特都采用这种点火方式。如图 1-51 所示为无分电路独立点火电控原理示意图。

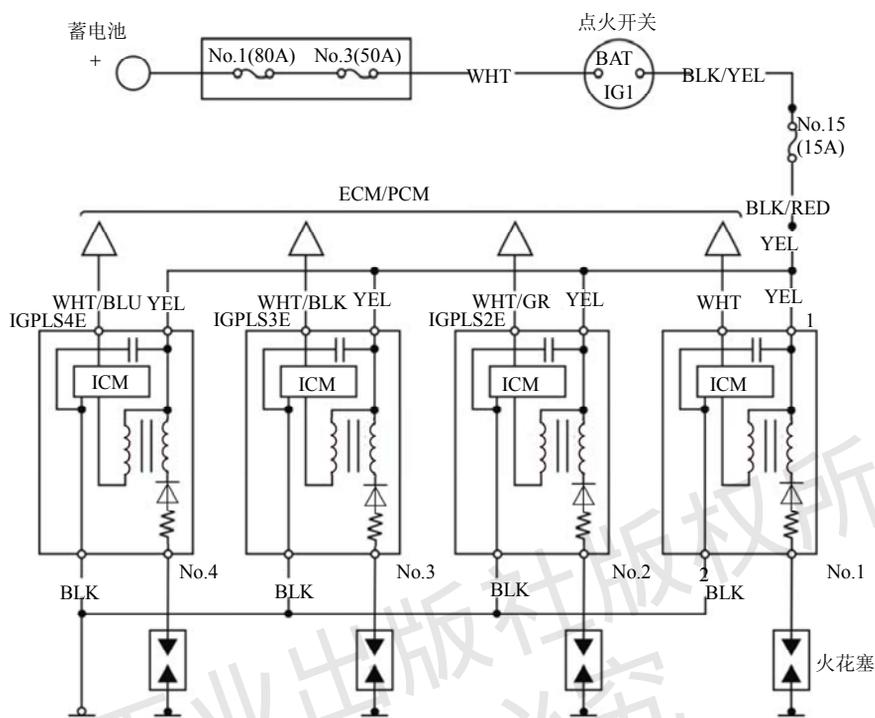


图 1-51 无分电器独立点火电控原理示意图

## 实训任务工作单

### 案例导入

在测量各执行器需要断开线插头时,首先要关闭点火开关,然后再断开插头进行测试。测量数据时,一定要注意万用表的挡位选择,避免选错挡位造成量具损坏和数据不准确的情况。

## 实训任务 执行器测量

油 泵		喷 油 器		点 火 线 圈		怠 速 阀	
电源电压		电源电压		电源电压		电源电压	
接地情况		接地情况		接地情况		接地情况	
油泵线圈电阻		喷油器线圈电阻		初级线圈电阻		线圈电阻	
—	—	—	—	次级线圈电阻		—	—

# 模块 2

## 燃油喷射控制系统

### 课题 燃油喷射控制系统结构

#### 学习目标

1. 掌握喷油正时控制的原理；
2. 掌握喷油量的控制原理。

#### 知识结构

本课题的知识结构如表 2-1 所示。

表 2-1 燃油喷射控制系统知识结构表

燃油喷射控制	喷油正时控制	同时喷射、分组喷射和顺序喷射
	喷油量控制	喷油量控制即喷油持续时间的控制

#### 案例导入

杨师傅的丰田佳美车，运行了大概 12 万千米，没有出现故障，而最近开车的时候发现汽车在突然间熄火后再着车就很困难。进入 4S 店进行维修发现燃油系统的残油油压不能正常维持，换了燃油泵后故障消除。残余油压不能维持与燃油泵有什么关系呢？

燃油喷射的控制主要是指喷油正时控制和喷油量控制。发动机对喷油量的控制主要是根据空气流量计检测的进气量和转速确定基本量，再根据冷却液温度、进气温度、节气门开度、蓄电池电压等参数加以修正，最后计算出喷油时间，再根据曲轴位置传感器的信号确定的喷油时刻加以控制，从而获得该工况下的最佳空燃比。

#### 一、喷油正时的控制与喷油方式

喷油正时控制，在间歇式电控燃油喷射系统中，当采用顺序喷射时，主电脑不仅要控制喷油量，还要根据发动机各缸的点火顺序，通过空气流量计、歧管绝对压力传感器或节气门位置传感器来检测发动机进气量，电子控制单元根据各种传感器的信号进行判断、计算、修正控制喷油器喷油的持续时间，使发动机获得该工况下运行所需的最佳可燃混合气浓度。将喷射时间（喷油时间：喷油器持续打开喷油所用时间）控制在一个最佳时刻。正是这一喷油时间决定了

喷油量的多少，决定了可燃混合气的浓度。

不同的喷油方式将配以不同的喷油正时控制方式，在多点间歇喷射的发动机同步喷射中，分为同时喷射、分组喷射和顺序喷射三种类型，每种类型对喷油正时的要求各不相同。

### 1. 同时喷射

同时喷射即各组喷油时刻相同（见图 2-1）。

微机根据曲轴位置传感器的信号，控制三极管的导通与截止，因其电路中所有喷油器并联且共用一个驱动回路，从而控制各喷油器电磁线圈电路同时接通与切断，使各喷油器同时喷油。曲轴转一圈，各缸喷油一次，即每循环喷油两次。

同时喷射的特点：控制电路、控制软件简单，成本低；但各缸喷油时刻据进气行程开始的时间间隔差别大，喷油时刻不能达到最佳，造成各缸混合气品质不均匀。

### 2. 分组喷射

分组喷射即多缸发动机分为 2—4 组进行喷射（见图 2-2）。同一组各缸同时喷射，不同组之间顺序喷射。曲轴转一圈，一组喷油器喷射一次；一个工作循环为两组喷油器各喷油一次。

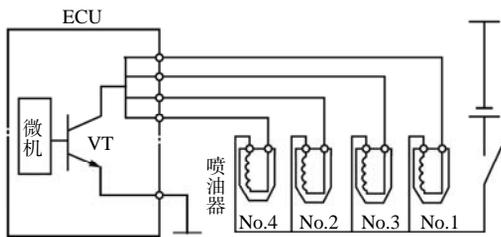


图 2-1 同时喷射

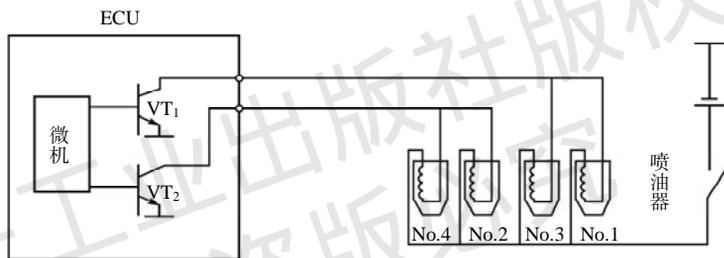


图 2-2 分组喷射

分组喷射的特点：其电路比同时喷射复杂，但各缸喷油时刻比同时喷射要精确，使得混合气品质好于同时喷射。

### 3. 顺序喷射

顺序喷射即按点火顺序要求，在一个工作循环内各缸喷油一次（见图 2-3）。微机接收曲轴位置传感器提供的转角和汽缸位置判定信号，在各缸排气行程上止点前  $70^\circ$  左右驱动相应的喷油器线圈，使喷油器开始喷油。

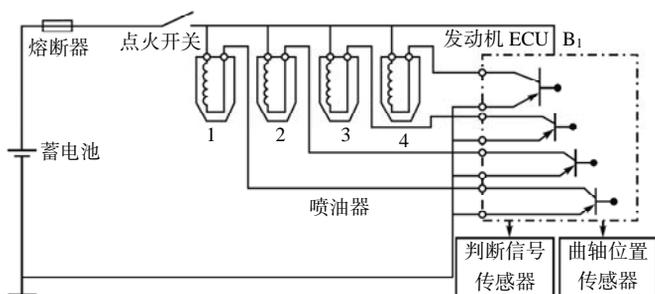


图 2-3 顺序喷射

## 二、喷油量控制

发动机在不同工况下运转，对混合气浓度的要求也不同。特别是在一些特殊工况下（如起动、急加速、急减速等），对混合气浓度有特殊的要求。电脑要根据有关传感器测得的运转工况，按不同的方式控制喷油量。喷油量的控制方式可分为起动喷油量控制、运转喷油量控制、断油量控制和反馈喷油量控制。

### 1. 起动喷油量控制

起动时，发动机由起动电动机带动运转。由于转速很低，转速的波动很大，因此空气流量传感器所测得的进气量信号有很大的误差。基于这个原因，在发动机起动时，电脑不以空气流量传感器的信号作为喷油量的计算依据，而是按预先给定的起动程序来进行喷油控制。电脑根据起动开关及转速传感器的信号，判定发动机是否处于起动状态，以决定是否按起动程序控制喷油。当起动开关接通，且发动机转速低于 300 r/min 时，电脑判定发动机处于起动状态，从而按起动程序控制喷油。

在起动喷油控制程序中，电脑按发动机水温、进气温度、起动转速计算出一个固定的喷油量。这一喷油量能使发动机获得顺利起动所需的浓混合气。冷车起动时，发动机温度很低，喷入进气道的燃油不易蒸发。为了能产生足够的燃油蒸气，形成足够浓度的可燃混合气，保证发动机在低温下也能正常起动，就必须进一步增大喷油量。由电脑控制，通过增加各缸喷油器的喷油持续时间或喷油次数来增加喷油量。所增加的喷油量及加浓持续时间完全由电脑根据进气温度传感器和发动机水温传感器测得的温度高低来决定。发动机水温或进气温度愈低，喷油量就愈大，加浓的持续时间也就取长。这种冷起动控制方式不设冷起动喷油器和冷起动温度开关。

### 2. 运转喷油量控制

在发动机运转中，电脑主要根据进气量和发动机转速来计算喷油量。此外，电脑还要参考节气门开度、发动机水温、进气温度、海拔高度及怠速工况、加速工况、全负荷工况等运转参数来修正喷油量，以提高控制精度。

由于电脑要考虑的运转参数很多，为了简化电脑的计算程序，通常将喷油量分成基本喷油量、修正量和增量三个部分，并分别计算出结果。然后再将这三个部分叠加在一起，作为总喷油量来控制喷油器喷油。

(1) 基本喷油量：基本喷油量是根据发动机每个工作循环的进气量，按理论混合比（空燃比 14.7 : 1）计算出的喷油量。

(2) 修正量：修正量是根据进气温度、大气压力等实际运转情况，对基本喷油量进行适当修正，使发动机在不同运转条件下都能获得最佳浓度的混合气。修正量的内容包括进气温度修正、大气压力修正和蓄电池电压修正（电压变化时，自动对喷油脉冲宽度加以修正）。

(3) 增量：增量是在一些特殊工况下（如暖机、加速等），为加浓混合气而增加的喷油量。加浓的目的是为了使发动机获得良好的使用性能（如动力性、加速性、平顺性等）。

起动后增量：发动机冷车起动后，由于低温下混合气形成不良及部分燃油在进气管上沉积，造成混合气变稀。为此，在起动后的短时间内，必须增加喷油量，以加浓混合气，保证发动机稳定运转而不熄火。起动后增量比的大小取决于起动时发动机的温度，并随发动机的运转时间增长而逐渐减小为零。

**暖机增量：**在冷车起动结束后的暖机运转过程中，发动机的温度一般不高。在这样较低的温度下，喷入进气歧管的燃油与空气的混合较差，不易立即汽化，容易使一部分较大的燃油液滴凝结在冷的进气管道及汽缸壁上，结果造成汽缸内的混合气变稀。因此，在暖机过程中必须增加喷油量。暖机增量比的大小取决于水温传感器所测得的发动机温度，并随着发动机温度的升高而逐渐减小，直至温度升高至 80℃ 时，暖机加浓结束。

**加速增量：**在加速工况时，电脑能自动按一定的增量比适当增加喷油量，使发动机能发出最大扭矩，改善加速性能。电脑是根据节气门位置传感器测得的节气门开启的速率鉴别出发动机是否处于加速工况的。

**大负荷增量：**部分负荷工况是汽车发动机的主要运行工况。在这种工况下的喷油量应能保证供给发动机的混合气具有最经济的成分，通常应稀于理论混合比。在大负荷及满负荷工况下，要求发动机能发出最大功率，因而喷油量应比部分负荷工况大，以提供稍浓于理论混合比的功率混合气。大负荷信号由节气门开关内的全负荷开关提供，或由电脑根据节气门位置传感器测得的节气门开度来决定。当节气门开度大于 70° 时，电脑按功率混合比计算喷油量。

### 3. 断油量控制

断油量控制是电脑在一些特殊工况下，暂时中断燃油喷射，以满足发动机运转中的特殊要求。它包括以下几种断油控制方式。

(1) **超速断油控制。**超速断油是在发动机转速超过允许的最高转速时，由电脑自动中断喷油，以防止发动机超速运转，造成机件损坏，也有利于减小燃油消耗量，减少有害排放物。超速断油控制过程是由电脑将转速传感器测得的发动机实际转速与控制程序中设定的发动机最高极限转速 [ 一般为 (6000~7000) r/min ] 相比较。当实际转速超过此极限转速时，电脑就切断送给喷油器的喷油脉冲，使喷油器停止喷油，从而限制发动机转速进一步升高；当断油后发动机转速下降至低于极限转速约 100 r/min 时，断油控制结束，恢复喷油。

(2) **减速断油控制。**汽车在高速行驶中突然松开节气门踏板减速时，发动机仍在汽车惯性的带动下高速旋转。由于节气门已关闭，进入汽缸的混合气数量很少，在高速运转下燃烧不完全，使废气中的有害排放物增多。减速断油控制就是当发动机在高转速运转中突然减速时，由电脑自动中断燃油喷射，直至发动机转速下降到设定的低转速时再恢复喷油。其目的是为了控制急减速时有害物的排放，减少燃油消耗量，促使发动机转速尽快下降，有利于汽车减速。

减速断油控制过程是由电脑根据节气门位置、发动机转速、水温等运转参数，作出综合判断，并在满足一定条件时，执行减速断油控制的。这些条件如下。

节气门位置传感器中的怠速开关接通；

发动机转速高于某一数值，该转速称为减速断油转速，其数值由电脑根据发动机水温、负荷等参数确定。通常水温愈低，发动机负荷愈大（如使用空调时），该转速愈高。当上述三个条件都满足时，电脑就执行减速断油控制，切断喷油脉冲。上述条件只要有一个不满足（如发动机转速已下降至低于减速断油转速），电脑就立即停止执行减速断油，恢复喷油。

(3) **溢油消除。**起动时汽油喷射系统向发动机提供很浓的混合气。若多次转动起动机后发动机仍未起动，淤积在汽缸内的浓混合气可能会浸湿火花塞，使之不能跳火。这种情况称为溢油或淹缸。此时驾驶员可将节气门踏板踩到底，并转动点火开关，起动发动机。电脑在这种情况下会自动中断燃油喷射，以排除汽缸中多余的燃油，使火花塞干燥。电脑只有在点火开关、发动机转速及节气门位置同时满足以下条件时，才能进入溢油消除状态。

点火开关处于起动位置；  
 发动机转速低于 500 r/min；  
 节气门全开。

因此，电子控制汽油喷射式发动机在起动时，不必踩下节气门踏板，否则有可能因进入溢油消除状态而使发动机无法起动。

(4) 减扭矩断油控制。装有电子控制自动变速器的汽车在行驶中自动升挡时，控制变速器的电脑会向汽油喷射系统的电脑发出减扭矩信号。汽油喷射系统的电脑在收到这一减扭矩信号时，会暂时中断个别汽缸（如 2、3 缸）的喷油，以降低发动机转速，从而减轻换挡冲击。

#### 4. 反馈控制

汽油喷射系统进行反馈控制的传感器是氧传感器，使用氧传感器的发动机必须使用无铅汽油。反馈控制（闭环控制）是在排气管上加装氧传感器，根据排气中氧含量的变化，测定出进入发动机燃烧室混合气的空燃比值，把它输入计算机与设定的目标空燃比值进行比较，将误差信号经放大器控制电磁喷油器喷油量，使空燃比保持在设定目标值附近。因此，闭环控制可达到较高的空燃比控制精度，并可消除因产品差异和磨损等引起的性能变化，工作稳定性好，抗干扰能力强。但是，为了使三元催化装置对排气净化处理达到最佳效果，闭环控制的汽油喷射系统只能运行在理论空燃比 14.7 附近很窄的范围内。因此对特殊的运行工况，如起动、暖机、怠速、加速、满负荷等需加浓混合气的工况，仍需采用开环控制，使电磁喷油器按预先设定的加浓混合气配比工作，充分发挥发动机的动力性能，所以电控燃油喷射系统采用开环控制和闭环控制相结合的控制方式。

### 三、汽油压力检测

汽油压力检测的工作流程与规范如下

(1) 卸压：先拔下燃油泵熔断器、继电器或油泵插头，再起动机，直至发动机自行熄火后，再次起动机 2~3 次，然后拆下蓄电池负极。

(2) 安装燃油压力表：将燃油压力表串接在进油管中，带测压口的车辆将燃油压力表连接到测压口上，在拆卸油管时要用一块毛巾或棉布垫在油管接口下，防止燃油泄露在地上。

(3) 检测油压（见表 2-2）：静态油压、怠速油压、最大油压和剩余油压

表 2-2 油压检测表

检测油压	检测方法
静态油压	不起动发动机，用跨接线连接油泵诊断接头上的两个端子(丰田车系的“+B”与“FB”端子)，并将点火开关转至“ON”位置，令油泵工作，静态油压一般在 300 kPa 左右
怠速油压	先拔下燃油泵熔断器或继电器，起动机，使燃油泵在怠速下运转，此时油压表读数为怠速工作油压，丰田车系正常值应为 200~300kPa
最大油压	用包有软布的钳子夹住回油管，此时油压表读数为油泵最大供油压力，一般为正常工作油压的 2~3 倍。
剩余油压	松开油管夹钳，发动机熄火，燃油泵停止运转 10 min 后，油管保持压力应大于 150 kPa。如果此油压在保持 5min 后开始下降，可能是喷油器关闭不严或燃油泵出油单向阀损坏

注意单位换算：1MPa=1000 kPa；1bar=1kg·cm<sup>2</sup>=14.2psi=100 kPa

(4) 油压分析：油压表读数不外乎油压为零、油压正常、油压过高和油压过低四种情况。

若油压为零，先检查油箱存油量，及油道是否严重外泄，燃油滤清器是否完全堵塞。排除

可能性后，油压依然为零，则需检查燃油系统的控制电路，如熔断器是否烧断、继电器是否不工作、油泵电路线束有否开路、油泵是否损坏等。

若油压过高，主要检查压力调节器顶部的真空管是否松脱或破裂漏气，或油压调节器回油管是否堵塞等。

当燃油压力过低，或油泵停止工作 2~5min 内油压迅速下降，在排除油路向外泄漏的前提下，则喷油器之中有泄漏现象、燃油压力调节器故障、燃油滤清器堵塞、油泵故障。

(5) 拆卸燃油压力表：先卸压，再拆去燃油压力表，将进油管重新连接好，起动发动机，检查油管是否渗漏如压力不在规定之内，按如表 2-3 所示的检查可能原因，并作必要的修理。

表 2-3 燃油压力故障分析表

现象	可能原因	措施
燃油压力过低	燃油滤清器堵塞；	更换燃油滤清器
	燃油压力调节器不良	更换燃油压力调节器
	燃油泵油压过低	更换燃油泵
燃油压力过高	燃油压力调节器不良； 回油管堵塞弯曲	更换燃油压力调节器； 更换油管
真空变化时燃油压力没有变化	真空管或接头损坏； 燃油压力调节器阀门粘住	更换 更换燃油压力调节器

## 实训任务工作单

### 友情提示

进行燃油压力测试的注意事项：(1) 注意通风，防止火源，准备好消防设施；(2) 在拆卸燃油管之前一定要先卸压；(3) 油管不得有老化渗漏现象；(4) 密封件、卡扣为一次性零件，维修时应更换；(5) 在起动发动机时注意安全。

## 实训任务 燃油压力测试

### 一、工作准备

- (1) 器材：电控系统汽油发动机实训台架 4 台；
- (2) 耗材：汽油、碎布；
- (3) 资料：标准油压数值；
- (4) 工量具：燃油压力表、一字螺丝刀。

### 二、工作流程与规范

按照前述的汽油压力检测的所讲工作流程进行操作。

## 三、实验结果分析

测量油压	标准数值（根据所用车型填写）	测量油压数值	是否正常	原因分析
静态油压				
怠速油压				
最大油压				
剩余油压				

电子工业出版社版权所有  
盗版必究

# 模块 3

## 电子点火控制系统

### 课题一 电子点火控制系统的结构与原理

#### 学习目标

1. 掌握电子点火控制系统的组成及作用；
2. 掌握电子点火控制系统的工作原理及过程；
3. 理解点火提前角的确定过程；
4. 理解点火高压的分配方式及其特征。



#### 知识结构

本课题的知识结构如表 3-1 所示。

表 3-1 电子点火控制系统知识结构

电子点火控制系统	优点	(1) 在各种工况及环境条件下, 均可自动获得最佳的点火提前角, 从而使发动机的动力性、经济性、排放性及工作稳定性等方面均处于最佳; (2) 在整个工作过程中, 均可对点火线圈初级电路的通电时间和电流进行控制, 从而使点火线圈中存储的点火能量保持恒定, 不仅提高了点火的可靠性, 而且可有效地减少电能消耗, 防止点火线圈烧损; (3) 采用爆燃控制功能后, 可使点火提前角控制在爆燃的临界状态, 以此获得最佳的燃烧过程, 有利于发动机各种性能的提高
	控制内容	点火提前控制、闭合角(点火线圈通电时间)控制、爆震控制
	类型	有分电器式、无分电器式



#### 案例导入

小张最近总是觉得自己的车有些不正常, 特别是在急加速的时候总是震几下才能将速度提上去, 感觉很是不舒服。他决定去修理厂修理一下这个问题, 修理厂的师傅实际试车后发现车辆确实如小张描述的现象一样, 他告诉小张车的故障是急加速闯车。维修技师接着检测喷油压力、喷嘴、线束, 均未见异常。根据经验判断, 故障可能发生在点火系统。检查火花塞正常, 检查高压线电阻, 有两根阻值偏高, 判断为高压线故障。更换阻值偏高的两根高压线, 路试加

速良好。小张没想到感觉很麻烦的故障更换了两根高压线就解决了，看来点火系统对于汽车性能的影响还真不小，那汽车的电控点火系统结构与原理到底是什么呢？

## 一、电子点火控制系统的基本组成及其作用

电子点火控制系统部件在车上的实际位置如图 3-1 所示，虽然各大车系不同车型电子点火系部件有所不同，但基本是由传感器、控制器、执行器三大部分组成，具体组成及作用如表 3-2 所示。

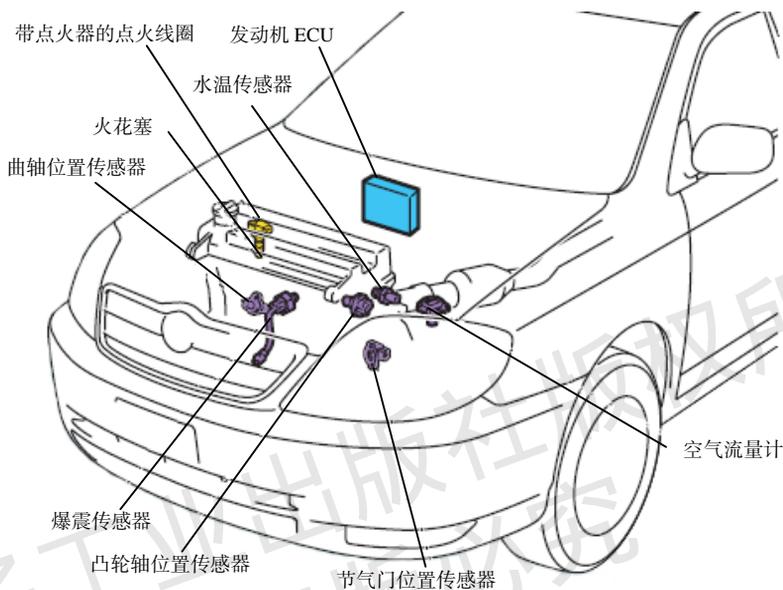
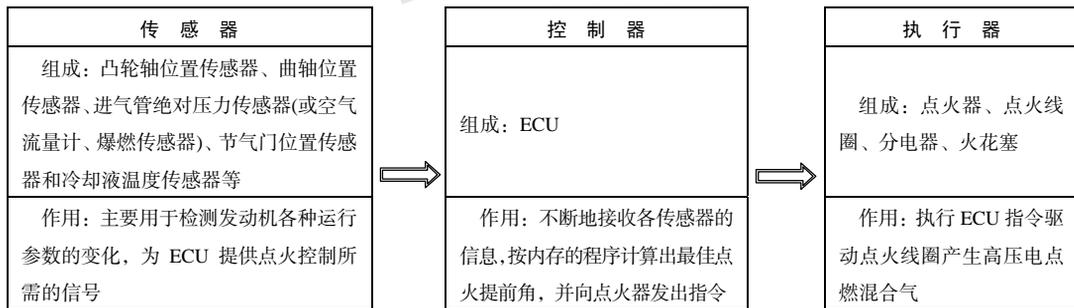


图 3-1 电子点火控制系统部件在车上的实际位置

表 3-2 电子点火控制系统组成



## 二、电子点火控制系统的控制内容

### (一) 点火提前控制

#### 1. 点火提前角的影响因素及对应的调整装置（见表 3-3）

表 3-3 点火提前角的影响因素及对应的调整装置

影响点火提前角因素	传统点火系	电子点火系	备 注
转速	采用离心式调节器	采用转速传感器信号	
负荷	真空提前调节器	采用负荷传感器信号	

续表

影响点火提前角因素	传统点火系	电子点火系	备注
燃油品质	辛烷值提前器	ECU 内存储	有的 ECU 存有两张点火正时图, 实际使用可根据燃料选择
其他因素: 如空燃比、大气压力、冷却水温度等	无法调整	根据相应传感器进行调整	

## 2. 最佳点火提前角的确定

在电子控制的点火提前 (Electronic-Spark Advance, ESA) 中 (ESA 也称为可编程点火和数字点火), 对于各种发动机运行工况, 基本点火定时作为一个三维图储存在点火 ECU 微处理器的内存中, 然后考虑特殊的驾驶环境进行某些修正。这对点火定时控制的精度有很大改善。

ESA 控制器的基本输入参数是发动机转速和一个与发动机负荷有关的信号 (进气歧管压力、进气流量或喷油的质量), 根据这些信息从三维图中得到精确的基本点火提前角。三维图中的数据是从发动机台架试验中获得的, 一般由 16 个数值的转速和 16 个数值的负荷的典型工况得到  $16 \times 16$  个点火提前角数值。与喷油控制相同, 对于节点中间的工况可用双插值的处理方法, 以改善系统的性能。有的发动机根据燃油辛烷值、EGR 率不同, 在存储器中存放多张基本点火提前角的数据表格, 通过燃油选择开关或插头进行选择。

电控点火系统的点火提前角控制, 因制造厂家开发的控制程序和数字模型各不相同, 其控制方式也各具特点, 如表 3-4 所示为点火提前角控制的一般方式和考虑的主要因素。

表 3-4 点火提前角控制的一般方式和考虑的主要因素

工况	点火提前角构成	主控信号		备注
起动时	初始点火提前角	转速、起动开关、冷却水温等		点火提前角为 ECU 内预存储值 (一般为固定值, 也有发动机随水温或转速而变化)
起动后	初始点火提前角			
	基本点火提前角	怠速工况	转速、空调开关、转向助力开关等	
		非怠速工况	转速、空气流量 (进气歧管压力)	
修正点火提前角	转速、水温、空燃比、爆震等		包括以下修正: 暖机修正、怠速稳定修正、空燃比反馈修正、过热修正、爆震修正、最大提前角/推迟角控制等	

## 友情提示

在日产 ECCS 系统中:

实际点火提前角 = 基本点火提前角  $\times$  点火提前角修正系数

## 3. 点火提前角的控制过程

实现点火时刻的正时, 首先要在发动机运转中确定活塞到达上止点的时刻和曲轴转动中的角度变化。另外, 对无分电器点火系统, 还要为汽缸的点火排定顺序。因此, 为了达到上述三个目的, 就需要以下三种传感器 (见表 3-5)。

表 3-5 点火提前角控制所需传感器

名称	作用	备注
上止点位置 (TDC) 传感器	确定上止点	信号产生一般是在上止点之前的某一度数 (某些车型为 70°), 作为点火基准信号。
曲轴转角 (CKP) 传感器	确定曲轴运转角度	信号被 ECU 整形转变为 1 或 0.5° 信号, 作为具体计数信号。
凸轮轴 (CMP) 传感器	确定点火顺序	用于无分电器点火系统当中

上述三种传感器可以分别安装在汽缸盖、曲轴皮带盘、飞轮和凸轮轴附近, 或者安装在分电器内, 还可以将上述三类传感器集成一体, 安装在曲轴皮带盘或飞轮、凸轮轴、分电器的某一位置上。虽然这三种传感器在各种不同的汽车上大小不同, 形态各异, 但它们可以归纳为如下三种形式, 即磁电式、霍尔效应式和光电式。

下面以分电器式电控点火系统实例具体说明点火提前角的控制过程 (见表 3-6): 分电器式电控点火系统的控制方法虽然判断上止点的曲轴位置参照基准信号的设定和曲轴转角的分度方法会因车型而异, 但是点火正时和初级线圈通电时间的控制原理和基本方法是相同的。例如, 某六缸发动机在某种工况时, 发动机转速为 2000 r/min, ECU 计算出的最佳点火提前角为上止点前 30° 曲轴转角, 初级线圈所需通电时间为 5 ms, 相当于曲轴转角为 60°。

$$\frac{360^\circ \times 2000}{60} \times \frac{5}{1000} = 60^\circ$$

表 3-6 点火提前角的控制过程

控制过程	传感器	ECU	点火线圈
1	上止点位置(TDC)传感器产生识别上止点的参照信号 (设定在压缩上止点前 70°)	ECU 是在接收到该信号后, 产生 4° 点火控制基准信号 (上止点前 66°)	初级线圈保持充电
	曲轴转角(CKP)传感器产生曲轴转角信号	将曲轴转角信号度为 1° 信号	
2	曲轴转角(CKP)传感器产生曲轴转角信号	ECU 从点火控制基准信号计数到第 36 个 1°, (压缩上止点前 30°) 控制功率三极管截止	初级线圈电路被切断感应高压电实现点火
3	曲轴转角(CKP)传感器产生曲轴转角信号	ECU 从功率三极管截止(点火)时开始计数至第 61 个 1°, 使功率三极管又开始导通	从第 36 个 1° 到第 60 个 1° 之间; 初级线圈电路保持切断
			从第 61 个 1° 开始; 初级线圈开始充电, 准备下一个汽缸的点火

### (二) 闭合角控制 (通电时间控制)

在传统点火系中, 闭合角是指初级电路接通的时间。因为当点火线圈的初级电路接通后, 初级电流按指数曲线规律增长。只有当通电时间到达一定值时, 初级电流才可能达到饱和, 点火线圈的次级电压和初级电路断开时的初级电流成正比, 次级才会产生足够的能量点燃可燃混合气。在计算机控制的点火系统中沿用了传统点火系统的概念, 为了保证点火的可靠性, 故采用初级线圈电阻很小的高能点火线圈, 其饱和电流可达 30A 以上。但通电时间过长, 会使点火线圈发热, 甚至烧坏, 还会使能耗增大。因此要控制一个最佳通电时间, 既能得到较大的初级

电流，获得较高的点火能量和次级电压，同时又不会损坏点火线圈。通常规定在任何转速下电路断开时初级电流都能达到某一值（例如 7A）。要做到这一点可采用两种办法：一种是在点火控制电路中增加恒流控制电路；另一种是精确地控制通电时间，增加信号触发盘的齿数，提高转速信号分辨率。

蓄电池的电压变化，会影响初级电流的大小。蓄电池电压下降时，达到同样的初级电流所需的时间长。因此必须对通电时间进行修正。

ECU 对于点火线圈通电时间的控制模型如图 3-2 所示。

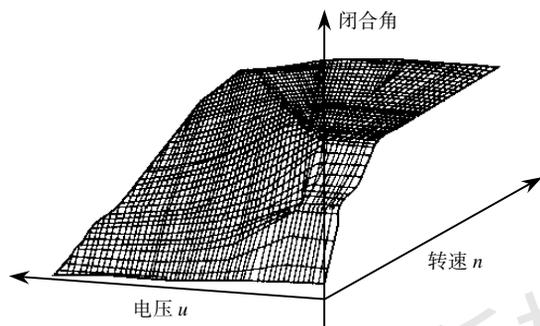


图 3-2 ECU 对于点火线圈通电时间的控制模型

### （三）爆震控制

#### 1. 爆震控制概述

电火花将混合气点燃后，并以火焰传播方式使混合气燃烧。如果在传播过程中，火焰还未到达时，局部地区混合气就自行着火燃烧，使气流运动速度加快，缸内压力、温度迅速增加，造成瞬时爆燃，这种现象称为爆震。爆震产生的压力会使气体强烈震荡，产生噪声；也会使火花塞、燃烧室、活塞等机件过热，严重情况下会使发动机损坏。因此就要对爆震进行控制，具体内容如表 3-7 所示。

表 3-7 爆震控制概述

项 目	内 容
目的	把点火时刻控制在接近爆震极限的位置，以便更有效地得到发动机的输出功率
方法	控制点火提前角（发动机结构参数已定的条件下最有效最简单的措施之一）
控制方式	开环控制 闭环控制

#### 2. 爆震控制系统组成及控制过程

爆震控制系统的组成如图 3-3 所示。

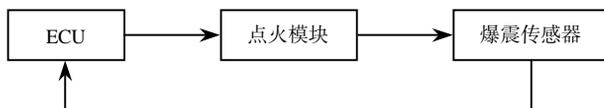


图 3-3 爆震控制系统的组成

爆震传感器将检测到的电压信号传送给 ECU，由 ECU 中爆震信号处理器判断是否有爆震存在，并根据信号的强弱和频度决定爆震的等级，算出要推迟的点火提前角数值，将此点火时刻经点火模块放大后，通过点火线圈和火花塞，控制发动机内混合气的点燃。然后爆震传感器

检测下一工作循环的爆震信号，若爆震仍存在，继续推迟提前角。当爆震消失后，为了使发动机性能得到恢复，应不断增加点火提前角，直至爆震再次出现。如此不断地循环进行，控制过程如图 3-4 所示。

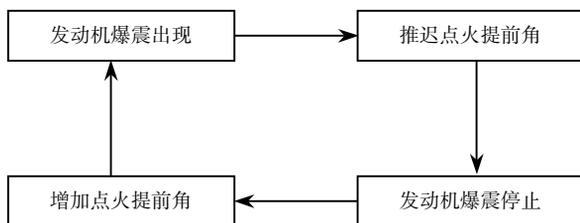


图 3-4 爆震控制系统控制过程

### 3. 爆震控制策略

爆震控制策略如表 3-8 所示。

表 3-8 爆震控制策略

项 目	控制策略
控制方式	负荷低于一定值，通常不易发生爆震采用开环控制； 大负荷区域，采用闭环控制对爆震进行控制
爆震传感器信号采集	爆震通常出现在做功行程上止点至上止点后 70°~90°范围内，为防止误判爆震，在爆震控制系统中设立爆震窗口，只有在窗口范围内爆震传感器检测的信号才进行爆震控制
点火提前角调整	推迟：爆震程度小，点火提前角推迟角度小；爆震程度大，点火提前角推迟角度大，并且先快（5° CA）后慢（1° CA），直到爆震停止； 增加：爆震消失后点火提前角逐步加大，增加的速率也分为快慢两种； 为保护发动机，点火提前角的推迟速率要大于增加的速率
爆震的分缸控制	采用分缸控制，只对爆震的汽缸进行爆震控制
最佳点火提前角与爆震限制的点火提前角的关系	当最佳点火提前角小于爆震控制限制的点火提前角时，将最佳点火提前角作为控制的基本点火提前角； 有的发动机在一些工况下的最佳点火提前角大于爆震控制限制的点火提前角，此时爆震控制限制的点火提前角作为控制的基本点火提前角

## 三、电子点火控制系统类型及点火高压的分配方式

电子点火控制系统类型及点火高压的分配形式有分电器式和无分电器式两种，具体分配方式及特征如表 3-9 所示。

表 3-9 点火高压分配方式

类 型	点火高压分配方式	外 部 特 征	点火线圈数量
有分电器式	分电器分配	有分电器，各缸共有 一个点火线圈	一个
无分电器式	双缸同时点火	两缸共用一个点火线圈	汽缸数的一半
	独立点火	每缸一个点火线圈	点火线圈的数量与汽缸数相同
	二极管配电	四个汽缸共用一个点火线圈，点火线圈内部为双初级绕组、双输出次级绕组。发动机的汽缸数必须是数字 4 的整数倍才可应用	一个（四缸）

现在汽车点火高压的分配形式主要采用双缸点火（也称双头点火）和独立点火两种，下面