

# 目 录

<b>项目一 认识发动机电控系统</b> .....	1
学习任务一 汽油发动机电控技术 .....	1
学习任务二 发动机电控系统结构认识及常用仪器的使用 .....	9
<b>项目二 电控发动机进气控制系统的检修</b> .....	15
学习任务一 空气流量计的检修 .....	15
学习任务二 进气歧管绝对压力传感器的检修 .....	29
学习任务三 节气门位置传感器的检修 .....	33
学习任务四 温度传感器的检修 .....	43
学习任务五 电子节气门控制系统的检修 .....	50
学习任务六 可变气门正时系统的检修 .....	58
学习任务七 增压控制系统的检修 .....	66
<b>项目三 电控发动机燃油控制系统的检修</b> .....	72
学习任务一 汽油泵的检修 .....	72
学习任务二 燃油系统压力的检测 .....	99
学习任务三 喷油器及其控制电路的检修 .....	102
<b>项目四 电控发动机点火控制系统的检修</b> .....	115
学习任务一 点火系统的基本检查 .....	115
学习任务二 点火线圈的检修 .....	125
学习任务三 曲轴位置传感器和凸轮轴位置传感器的检修 .....	135
学习任务四 爆震传感器的检修 .....	142
<b>项目五 电控发动机怠速控制系统的检修</b> .....	150
学习任务一 节气门直动式怠速控制装置的检修 .....	150
学习任务二 旁通空气式怠速控制装置的检修 .....	155
<b>项目六 电控发动机排放控制系统的检修</b> .....	162
学习任务一 氧传感器的检修 .....	162
学习任务二 废气再循环控制系统的检修 .....	169
学习任务三 燃油蒸气排放控制系统的检修 .....	174
<b>项目七 发动机电控系统常见故障诊断与排除</b> .....	181
学习任务一 发动机电控系统故障诊断的基本程序和方法 .....	181
学习任务二 发动机电控系统常见故障诊断与排除 .....	194
<b>参考文献</b> .....	202



# 项目一 认识发动机电控系统

## 学习任务一 汽油发动机电控技术



### 学习目标

#### 能力目标：

1. 能完成故障检测前的准备工作；
2. 能叙述电控发动机各系统的基本组成和结构特点。

#### 知识目标：

1. 了解电控汽油喷射式发动机的特点；
2. 掌握汽油机电控燃油喷射系统的控制原理；
3. 掌握汽油机电控燃油喷射系统的分类；
4. 掌握汽油机电控燃油喷射系统的组成；
5. 了解汽油机电控燃油喷射系统各工况控制；
6. 掌握电汽油机电控燃油喷射系统的维修注意事项。

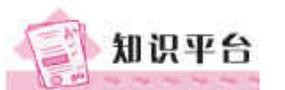
#### 素质目标：

1. 能够在工作中，与小组其他成员分工合作；
2. 能执行 6S 管理。



### 任务情境

一辆装备有 1ZR-FE 的丰田卡罗拉轿车发动机电控系统出现故障，技术经理要求对该车发动机电控系统进行认知，了解该车电控系统。



### 知识平台

#### 一、电控汽油喷射式发动机的特点

为了极大地提高发动机的动力性、燃油经济性、降低尾气排放，传统的化油器已经逐渐被电子控制喷射系统所取代。

与化油器式发动机相比，电控汽油喷射式发动机具有以下特点：

1. 能实现空燃比的高精度控制；
2. 充气效率高；
3. 瞬时响应快；

4. 起动容易，暖机性能好；
5. 节油和排放净化效果明显；
6. 减速断油功能，亦能降低排放，节省燃油；
7. 便于安装。

一般而言，与传统的化油器发动机相比，装有电控燃油喷射系统的发动机功率能提高5%~10%，燃油消耗降低5%~15%，废气排放量减少20%；由于扭矩特性的明显改善，瞬时响应快，汽车的加速性能大大提高，怠速平稳，冷车起动更容易，暖机更迅速。

## 二、汽油机电控燃油喷射系统控制原理

当驾驶员通过加速踏板控制节气门开度时，节气门位置传感器将负荷信息传给ECU；进气温度传感器、进气压力传感器将进气充量信息传给ECU，ECU根据季节温度、海拔高度等环境因素对发动机工况进行适当调整；爆震传感器将爆震信息传给ECU，ECU对点火正时进行校正，使发动机避免爆震；水温传感器将发动机热状态参数传给ECU，调整供油量；氧传感器将排气中的氧含量信息传给ECU，由ECU调整喷油量，使混合气浓度始终处于理想状态，将排放污染降至最低，实现了发动机的闭环控制；曲轴位置、发动机转速传感器将曲轴转角、曲轴转速信息传给ECU，ECU根据曲轴转速调整喷油时刻、点火时刻及喷油和点火的持续时间。

## 三、汽油机电控燃油喷射系统的分类

### 1. 按燃油喷射位置分类

按燃油喷射位置不同可分为缸内喷射和缸外喷射。

#### 1) 缸内喷射

缸内喷射是指将汽油直接喷入汽缸内。缸内喷射需要较高的喷射压力（3Mpa~4Mpa），因此对供油装置的要求高，成本就高，同时，由于汽油粘度较低，高压喷射困难较多，可靠性差。目前四冲程汽油机基本都不采用缸内喷射。如图1-1（a）所示。

#### 2) 缸外喷射

缸外喷射是指将汽油喷在进气管道相应部位，缸外喷射采用低压（约为0.3Mpa~0.4Mpa）喷射装置，其成本低，工作效果好，是目前四冲程汽油机最常用的喷射方法。如图1-1（b）所示。

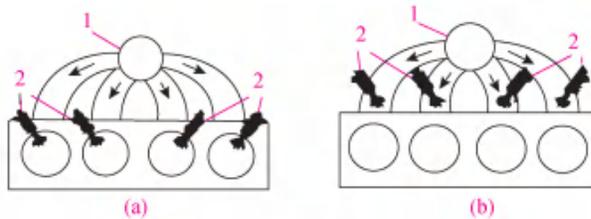


图 1-1 缸内喷射和缸外喷射示意图

1-节气门体；2-喷油器

### 2. 按照喷嘴安装位置分类

缸外喷射按喷油器安装部位又可分为单点喷射（SPI）和多点喷射（MPI）。

#### 1) 单点喷射

单点喷射是指在进气总管中的节流阀体内设置一只（或两只）喷油器，对各缸实行集中喷射，汽油被喷入进气气流中，形成可燃混合气，由进气歧管分配到各个汽缸内。单点喷射又称节气门喷射或中央

燃油喷射，因其易造成各缸混合气分配不均匀和控制精度较低而趋于淘汰。如图 1-2 (a) 所示。

### 2) 多点喷射

多点喷射是在每缸进气门前分别设置一喷油器，实行各缸单独供油。多点喷射因控制精度高而被广泛使用。如图 1-2 (b) 所示。

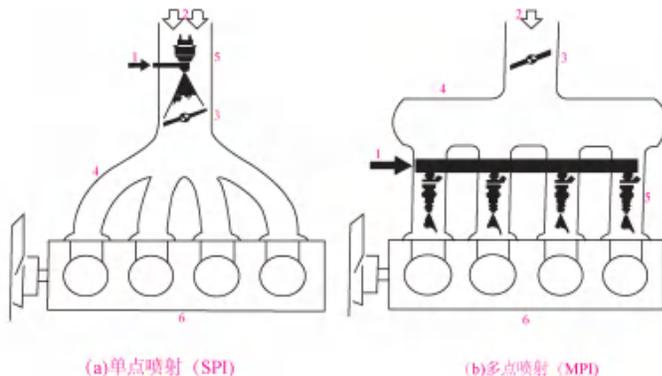


图 1-2 单点喷射和多点喷射示意图

1-燃料；2-空气；3-节气门；4-进气歧管；5-喷油器；6-发动机

### 3. 按喷油方式分类

按汽油喷射方式不同可分为连续喷射和间歇喷射。

#### 1) 连续喷射

连续喷射是指在发动机运转期间汽油被连续不断地喷射，其喷油量的大小取决于燃油系统压力的高低。因无需考虑发动机的工作顺序和喷油时刻，所以其控制系统比较简单，多被应用于机械控制式和机电混合控制式汽油喷射系统中。

#### 2) 间歇喷射

间歇喷射又称脉冲喷射，是指在发动机运转期间汽油被间断喷射。每次喷射时刻和喷油量的大小取决于喷油器针阀开启时刻和开启时间的长短。间歇喷射因能对喷油量进行精确控制而被广泛地应用于现代电控汽油喷射系统中。

### 4. 按喷油时序分类

间歇喷射按喷射时序的不同又可分为同时喷射、顺序喷射和分组喷射。如图 1-3 所示。

1) 同时喷射：所有汽缸的喷油器同时开启同时关闭，发动机 ECU 用一个喷油指令控制所有喷油器同时动作。采用同时喷射的电控燃油喷射系统，一般都是曲轴每转一圈各缸同时喷油一次，对每个汽缸来说，每一次燃烧所需的供油量需要喷射两次，即曲轴每转一圈喷射 1/2 的油量如图 1-3 (a) 所示。

2) 顺序喷射：各缸喷油器由 ECU 分别控制，按发动机的工作顺序，在各缸排气行程上止点前某一曲轴转角顺序轮流喷射如图 1-3 (b) 所示。

3) 分组喷射：所有汽缸的喷油器分成几组交替喷油，发动机 ECU 分别控制每组喷油器，同一组中的喷油器同时喷油如图 1-3 (c) 所示。

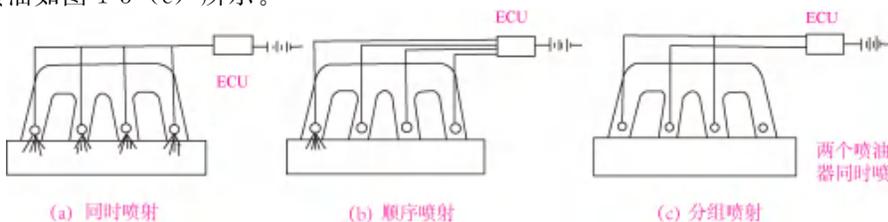


图 1-3 喷油器喷射时序

### 5. 按喷射装置控制方式分类

按控制方式的不同可分为机械控制式（K型）、机电混合控制式（K-E型）和电子控制式（EFI）三类。

#### 1) 机械控制式燃油喷射系统

该系统早在五六十年代就已运用于汽车上。它是根据发动机转速、进气管真空度、发动机冷却水温的变化，通过机械或液力传动实现燃油计量，使之满足发动机不同工况混合气的要求。如图 1-4 为 Bosch 公司生产的 K-Jetronic 系统结构示意图。

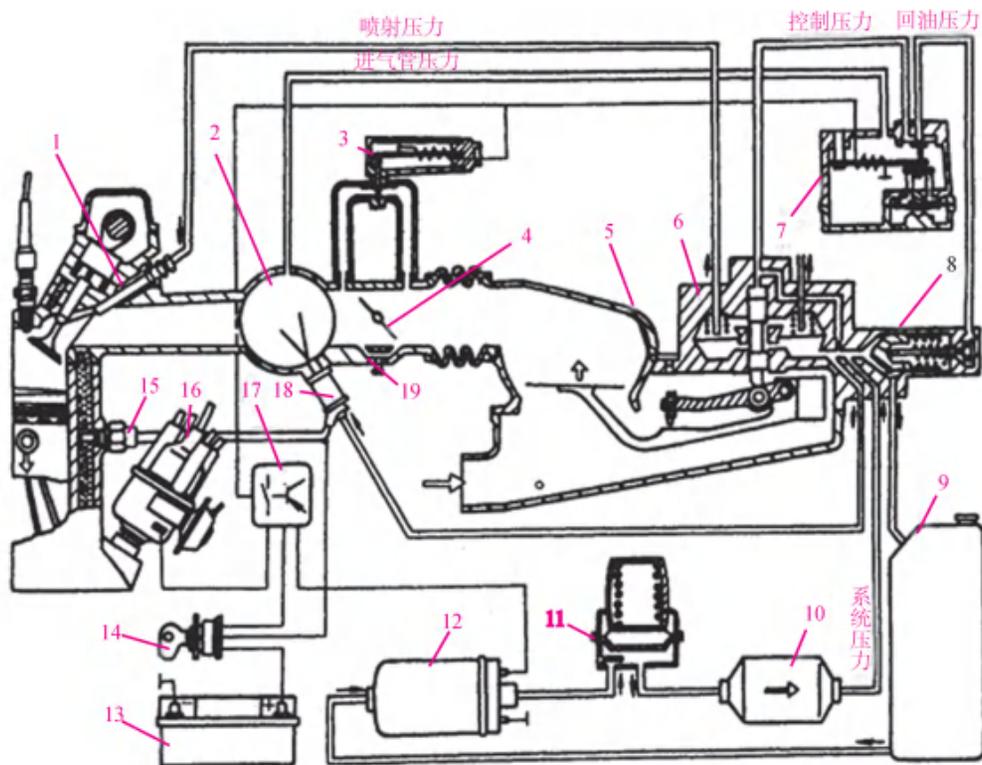


图 1-4 Bosch 公司生产的 K-Jetronic 系统结构示意图

- 1-喷油器；2-进气管；3-怠速稳定阀；4-节气门；5-空气流量计；6-燃油分配器；7-暖车调节器；  
8-燃油压力调节器；9-汽油箱；10-燃油滤清器；11-蓄压器；12-电动燃油泵；13-蓄电池；14-点火开关；  
15-热敏时控开关；16-分电器；17-控制继电器；18-冷启动喷油器；19-怠速调节螺钉

#### 2) 机电混合控制式燃油喷射系统

该系统是在机械式燃油系统的基础上加以改进而成。它与机械式燃油喷射系统的主要区别在于：在燃油分配器上安装了一个由发动机 ECU 控制的电液式压差调节器；增加了若干传感器。发动机 ECU 根据转速、水温、节气门位置等传感器输入的信号，控制电液式压差调节器动作，通过改变燃油分配器燃油计量槽进出口油压差，以调节燃油供给量，使之满足发动机不同工况对混合气的要求。如图 1-5 为 Bosch 公司生产的 KE-Jetronic 系统结构示意图。

#### 3) 电子控制式燃油喷射系统

六七十年代，该系统大多只控制汽油喷射，80 年代开始与点火控制一起构成发动机电子集中控制系统。它通过各种传感器监测发动机的运行状态参数（转速、空气流量、压力、进气温度、冷却液温度、排气中的氧含量等等），发动机 ECU 经分析、比较、计算后发出控制喷油量和点火时刻等多种执行指令，通过对喷油器喷油时间的长短来控制喷油量，实现混合气空燃比的高精度控制。如图 1-6 为桑塔纳 2000GLi 型轿车 AFE 发动机上的电控汽油喷射系统结构示意图。

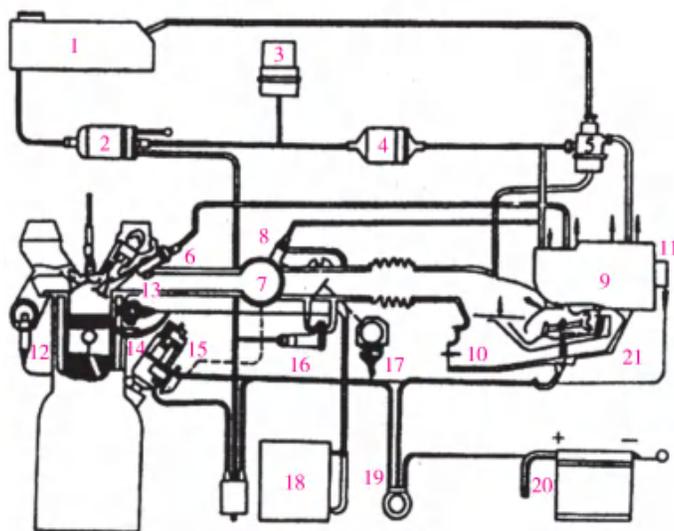


图 1-5 Bosch 公司生产的 KE-Jetronic 系统结构示意图

- 1-燃油箱；2-电动汽油泵；3-蓄压器；4-燃油滤清器；5-压力调节器；6-喷油器；7-进气总管；  
8-冷启动阀；9-燃油量调节器；10-空气流量计；11-电液混合气成份调节器；12-氧传感器；  
13-温度开关；14-发动机温度传感器；15-分电器；16-辅助空气阀；  
17-节气门开关；18-电控单元；19-点火开关；20-蓄电池；21-负荷传感器

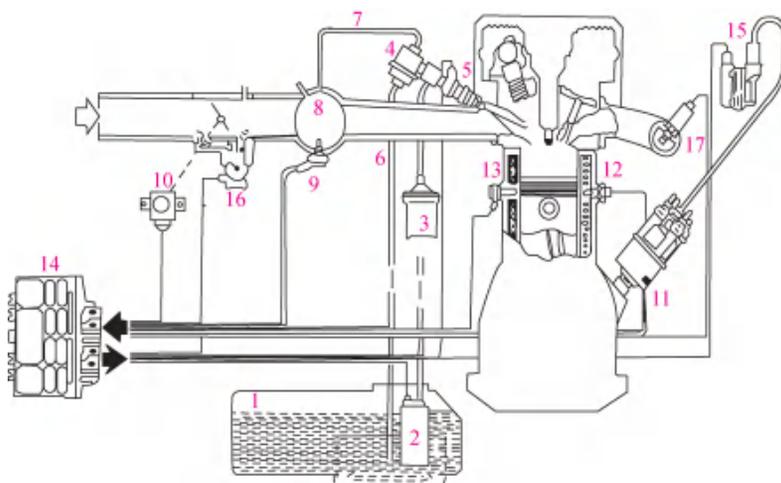


图 1-6 桑塔纳 2000GLi 型轿车电控汽油喷射系统结构示意图

- 1-汽油箱；2-汽油泵；3-汽油滤清器；4-油压调节器；5-喷油嘴；  
6-燃油回油管；7-真空管道；8-空气缓冲平衡箱；9-进气压力、进气温度传感器；  
10-节气门开度传感器；11-霍尔传感器；12-水温传感器；13-爆燃传感器；  
14-发动机控制单元 (ECU)；15-点火线圈；16-怠速控制阀；17-氧传感器

## 6. 按空气量的计量方式分类

电控汽油喷射系统按对空气量的计量方式不同可分为进气歧管压力计量式 (D 型) 和空气流量计量式 (L 型)。

### 1) D 型电控汽油喷射系统

D 型电控汽油喷射系统是通过进气歧管绝对压力传感器检测进气歧管绝对压力来测量进入发动机的空气量。如图 1-7 所示为 D 型电控汽油喷射系统。由于进气流在进气管内的压力波动，决定了该方法的测量精度较差。

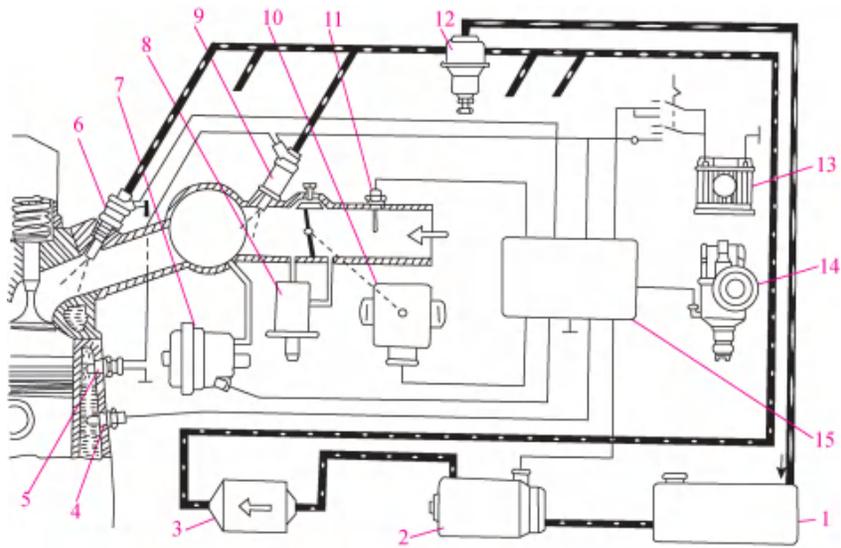


图 1-7 D 型电控汽油喷射系统

- 1-汽油箱；2-电动汽油泵；3-汽油滤清器；4-发动机温度传感器；5-热时间开关；  
6-喷油器；7-进气管压力传感器；8-补充空气阀；9-冷启动喷嘴；10-节气门位置传感器；  
11-进气温度传感器；12-油压调节器；13-蓄电池；14-分电器；15-控制单元

## 2) L 型电控汽油喷射系统

L 型电控汽油喷射系统是通过各种空气流量计检测空气流量来测量发动机吸入的空气量，实行对空燃比的精确控制。空气流量计对空气流量的检测又可分为体积流量型和质量流量型。体积流量型采用翼片式（叶片式）空气流量计或卡门漩涡式空气流量计；质量流量型采用热线式空气流量计或热膜式空气流量计。它们对空气流量的检测精度较高而被广泛使用。如图 1-8 所示为 L 型电控汽油喷射系统。

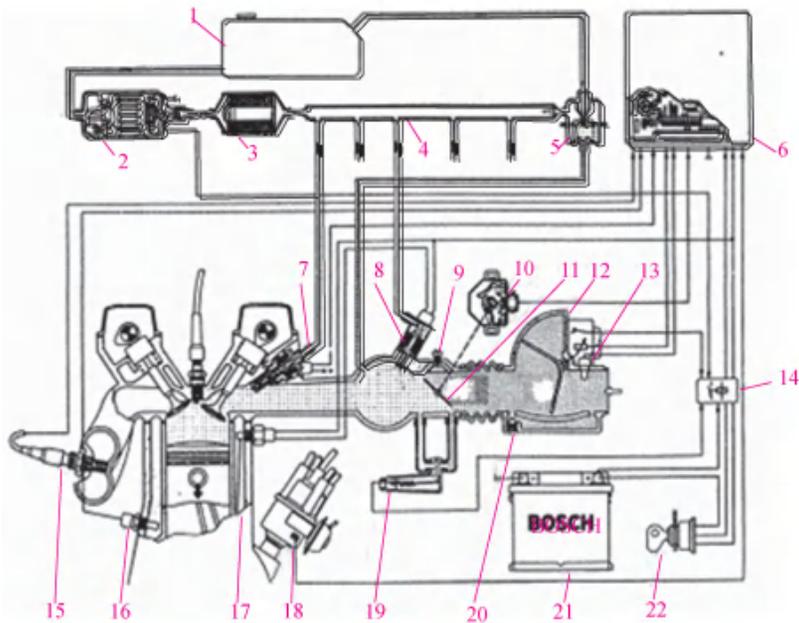


图 1-8 L 型电控汽油喷射系统

- 1-汽油箱；2-电动汽油泵；3-燃油滤清器；4-燃油分配管；5-油压调节器；  
6-电控单元；7-喷油器；8-冷启动喷嘴；9-怠速调节螺钉；10-节气门位置传感器；  
11-节气门；12-空气流量计；13-进气温度传感器；14-继电器组；15-氧传感器；16-发动机温度传感器；  
17-热时间开关；18-分电器；19-补充空气阀；20-怠速混合气调节螺钉；21-蓄电池；22-点火开关

## 四、汽油机电控燃油喷射系统的组成

### 1. 空气供给系统

空气供给系统由空气滤清器、空气流量计、节气门体、怠速控制阀、进气总管和进气歧管等组成如图 1-9 所示。

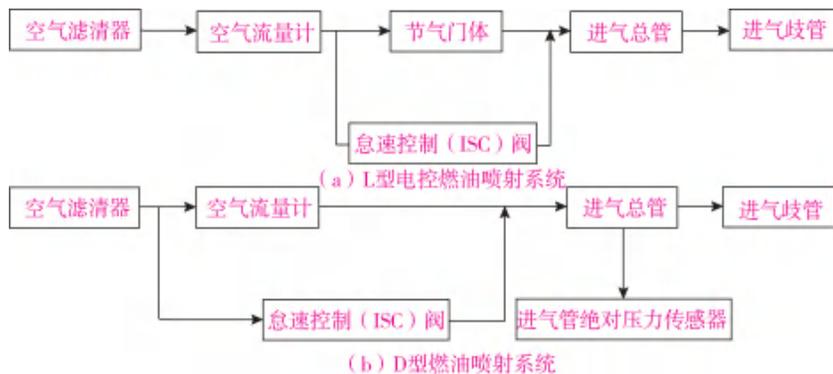


图 1-9 空气供给系统

### 2. 燃油供给系

汽油供给系统由油箱、电动燃油泵、燃油滤清器、压力调节器、喷油器等组成，有的还设有脉动缓冲器，如图 1-10 所示。



图 1-10 燃油供给系统

### 3. 控制系统

控制系统由传感器、电控单元 (ECU) 和执行器三部分组成。如图 1-11 所示。



图 1-11 电控汽油喷射系统的组成

## 五、汽油机电控燃油喷射系统各工况控制介绍

### 1. 起动工况控制

发动机起动包括冷车起动和热车起动。起动从带动发动机运转到超过一定转速后，中央控制器由转速传感器识别出运转起动和对应的发动机第一缸上止点信号，从而给出第一个加浓喷油脉冲信号和点火信号，使发动机起动。整个起动过程的喷油量是预先计算并存储在中央控制器中。起动时点火角度控制取决于发动机的转速，并从发动机的温度 (冷起动或热起动) 来进行修正。刚开始起动加浓，这与进气温度和发动机温度有关，随着发动机转速增加起动加浓量逐渐减小，起动加浓和点火角度的共同控制使

发动机顺利起动并维持油耗较低。

## 2. 起动后工况控制

发动机刚一起动后到起动稳定过渡到暖机工况这段时间称为起动后工况，喷油加浓量随着发动机起动结束，即转速达到一定值后，进一步下降，并随着发动机温度升高而下降，点火角度控制与喷油量控制相对应，取决于发动机的转速和发动机的温度变化过程。

## 3. 暖机工况的控制

发动机起动后，为使发动机尽快达到正常的工作温度，要使暖机工况转速超过正常怠速工况转速。在暖机过程中，随着发动机温度的升高，喷油加浓量和点火角度都是变化的，暖机刚开始时加浓量较大。随着温度升高而减小，喷油量进气量的控制在经济区范围内；点火角度也取决于发动机温度，暖机刚开始时点火比较迟，随着温度升高而提前。在暖机过程中，发动机转速刚开始时较高，随着发动机温度趋于正常温度，转速也随之过渡到发动机的怠速转速。

## 4. 怠速工况的控制

EA113 型发动机怠速转速和点火提前角由中央控制器预先设定，怠速转速为 840r/min，点火提前角为  $12^\circ$ 。二者均为不可调参数。因此对于全电控的发动机不要试图去调整怠速转速和点火提前角度。当发动机的转速和点火角度都可能不对时，应从发动机车身或电控系统的某些故障中找原因，而不能直接调整。

## 5. 部分负荷工况控制

在轿车行驶中，用得最多的部分是负荷工况，Motronic3.8.2 电控系统对部分负荷工况实行闭环控制。发动机处于正常运转工况，中央控制器主要根据进气空气质量流量信号进行控制，以进气温度和发动机温度信号和  $\lambda$  信号进行修正，始终保持过量空气系数  $\alpha=1$  的喷油量。发动机工作处在经济区，因此排放指标较低。部分负荷工况的点火角以脉谱图的形式预先存储中央控制器中，并可根据适时的  $\lambda$  值进行微调，可使发动机维修性最好和排放量最低。这样一来就可以使轿车在常用工况时油耗最低。

## 6. 全负荷工况的控制

全负荷工况即油门全开工况，此时要求发动机发出最大功率，达到发动机额定功率指标，而经济性则处于第二位。全负荷工况实行开环控制，即当驾驶员将油门踏到底时，油门开度超过规定值，全负荷加浓立即起作用并维持加浓不变，而不需要  $\lambda$  信号或温度信号值来对加浓时的混合气进行修正。发动机全负荷时混合气要较部分负荷时加浓，即全负荷时的过量空气系数  $\lambda$  值控制在 0.85~0.95 之间，全负荷的加浓量以修正系数的形式存储在中央控制器中，混合气加浓，点火提前。

## 7. 过渡负荷工况的控制

发动机过渡工况包括加速工况和减速工况，即从某一工况开始向另一特定的工况进行过渡的可变过程。在加速工况中，开启节气门过程中，需要有一部分喷射的燃油形成油膜再进入气缸中。为防止混合气过稀，必须多喷入一些燃油，并在加速过程中加浓。同样，当节气门关小时，为防止多余的燃油进入气缸中必须少喷一些燃油，以避免混合气加浓。当缓慢开启和关小节气门时，即缓慢过渡工况，应在发动机负荷转速变化的条件下仍然维持混合气具有部分负荷时的空燃比。

## 8. 拖动工况的控制

在轿车行使中，驾驶人突然松开油门踏板而使节气门完全关闭，发动机不需要输出动力，而发动机的转动是靠汽车行驶惯性动能拖动。中央控制器输入节气门的位置信号，发出发动机拖动工况指令，立即推迟点火提前角度，再全部切断向发动机中的喷油。如果发动机处于滑行状态，或拖动转速低于某一

临界转速时，喷油器应恢复喷油，以防止发动机完全熄火或低于怠速转速运转。在拖动工况，由于进气管油膜的蒸发，在恢复工况时可能使混合气变稀。因此恢复行驶工况应立即增加一个额外的喷油脉冲，来加浓混合气，维持发动机工况不变。

## 六、汽油机电控燃油喷射系统维修注意事项

### 1. 使用注意事项

电控汽油喷射发动机全部工况都在 ECU 的监控下运行，因而它的故障率较低。如果出现故障，多数是由于使用不当造成的。为减少故障发生，驾驶电喷车除熟读汽车使用说明书，掌握电控汽油喷射和电控点火的基础知识外，还必须注意：

1) ECU、传感器必须防止受潮，不允许将 ECU 和传感器的密封装置损坏，更不允许用水冲洗 ECU 和传感器；

2) 电喷车另外加装音响等电器设备的天线时，应尽量远离 ECU，以免对 ECU 工作产生干扰。另外，电喷车不宜安装功率较大的无线电台，如必须安装时，需采取防干扰屏蔽设施；

3) 蓄电池搭铁极性不许接反，必须负极搭铁。不准在无蓄电池的情况下，用外接电源起动发动机，以免损坏电控系统元件；

4) ECU 必须防止受剧烈振动；

5) 电控汽油喷射发动机装有三元催化器和氧传感器等装置，对汽油品质要求较高，必须使用无铅汽油，还要按规定定期更换燃油滤清器。

### 2. 检修注意事项

在检修装有电控发动机的汽车时，为防止工作失误而造成新的故障，应注意：

1) 在点火开关接通时，不允许拆开任何 12V 电器装置的连接线路，以防产生瞬时过电压损坏传感器和 ECU；

2) 在车身进行电弧焊时，必须先断开 ECU 电源；

3) 点火开关关闭 30s 后，才可以拔下 ECU 接线插头；

4) 燃油系统和点火系统以及测试仪器的导线仅在点火开关关闭状态下才可拔下或插上；

5) 在对燃油系统进行维修前，应拆开蓄电池负极电缆线，以免损坏电控系统元件；

6) 电控汽油喷射式发动机即使熄火后，燃油系统管路也具有一定的残余压力，在对燃油系统进行拆卸作业前，应先释放燃油系统残余压力。

## 学习任务二 发动机电控系统结构认识及常用仪器的使用



### 能力目标：

1. 能在发动机上指出各系统元件的位置；
2. 能识别各系统元件；
3. 能正确使用万用表和故障诊断仪。

## 知识目标:

1. 掌握各系统组成;
2. 掌握各元件安装位置。

## 素质目标:

1. 能够在工作中, 与小组其他成员分工合作;
2. 能执行 6S 管理。

## 任务情境

一辆装备有 1ZR-FE 的丰田卡罗拉轿车发动机电控系统出现故障, 技术经理要求对该车发动机电控系统进行认知, 了解该车电控系统。

## 知识平台

由于车型的不同, 汽车电控汽油喷射系统的结构也不尽相同, 但电喷系统及各组成部件的安装位置基本相同, 这里以奥迪 A6AWL 型发动机电控燃油系统为例介绍电控汽油机总体结构。

### 一、认识汽油机电控燃油喷射系统

#### 1. 空气供给系统

空气供给系统的作用是提供并控制汽油燃烧所需的空气量。主要由空气滤清器、节气门体、空气流量计等组成, 如图 1-12 所示。

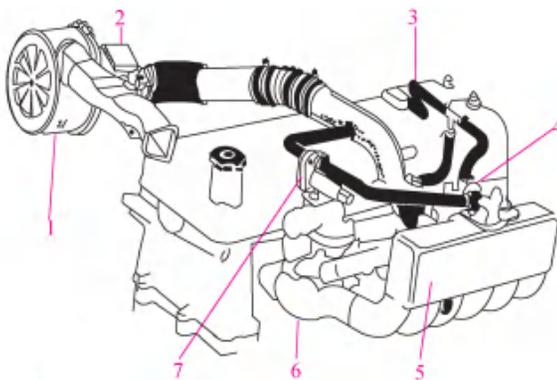


图 1-12 空气供给系统

1-空气滤清器; 2-空气流量传感器; 3-PCV 管; 4-怠速开关控制传感器;  
5-进气总管; 6-进气歧管; 7-空气阀

#### 2. 汽油供给系统

汽油供给系统的作用是根据 ECU 的指令, 以恒定的压差将一定数量的汽油喷入进气管中, 它主要由汽油箱、汽油分配管、汽油泵、滤清器、油压调节器、喷油器等组成, 如图 1-13 所示。

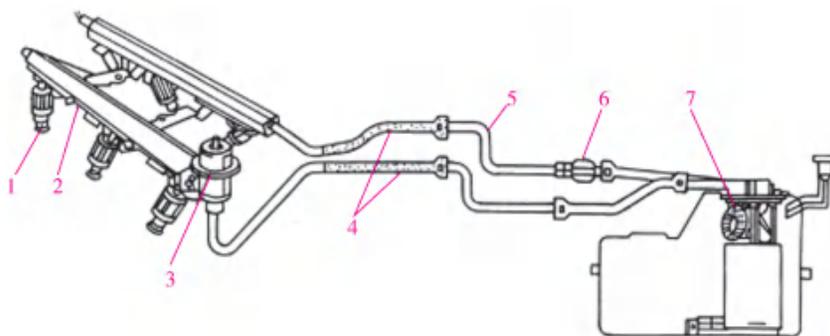


图 1-13 燃油供给系统组成图

1-喷油器；2-油道；3-燃油压力调节器；4-软管；5-进油管；6-燃油滤清器；7-燃油泵

### 3. 控制系统

控制系统的作用是收集发动机的工况信息并确定最佳喷油量、最佳喷油时刻及最佳点火时刻。主要由电控单元、传感器、执行器等组成。主要的传感器有空气流量计、油门位置踏板传感器、转速传感器、冷却液温度传感器、爆震传感器、氧传感器等；主要的执行器有电动燃油泵、喷油器、点火模块、节气门控制组件等，如图 1-14 所示。

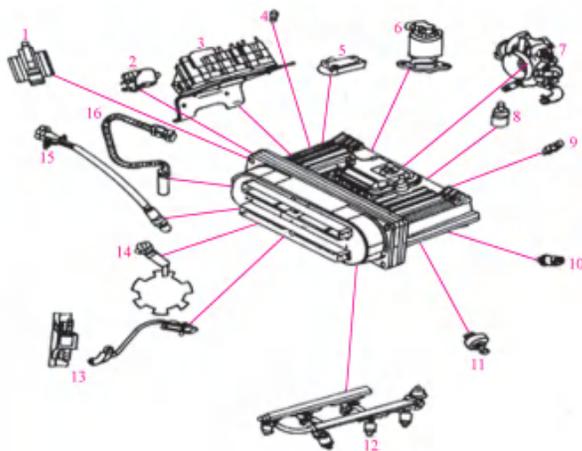


图 1-14 电子控制系统

1-空气流量传感器；2-碳罐电磁阀；3-点火模块和点火线圈；4-进气温度传感器；5-进气歧管压力传感器；  
6-废气再循环阀；7-节气门体；8-曲轴箱强制通风阀；9-冷却水温传感器；10-机油压力传感器；  
11-爆震传感；12-喷油器组件；13-曲轴转速传感器；14-曲轴位置传感器；15-氧传感器；16-凸轮轴位置传感器

## 二、发动机电控元件安装位置

奥迪 A6AWL 型发动机电控元件的安装位置如图 1-15 所示。

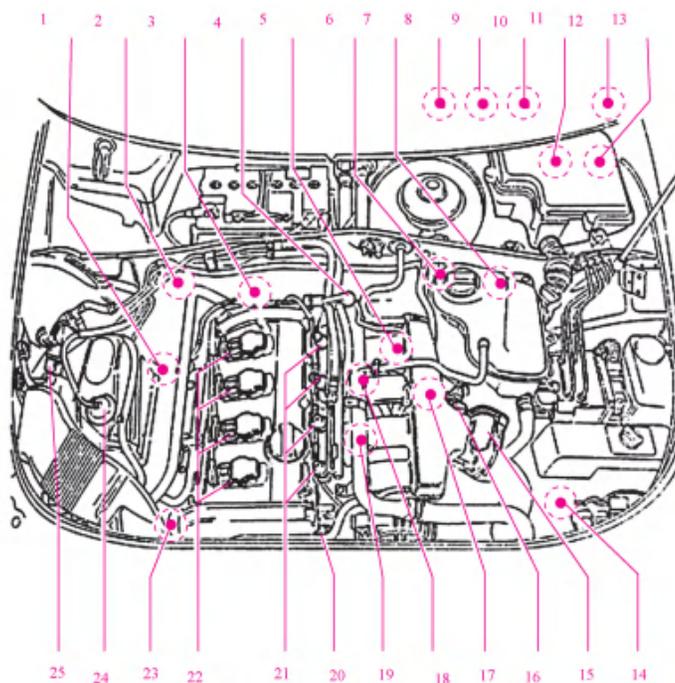


图 1-15 AWL 型发动机电控元件安装位置

- 1-催化净化器的λ传感器 G39 (55N·m)；2-催化净化器后的λ传感器 G130 (55N·m)；3-冷却液温度传感器 G62；  
 4-燃油压力调节器；5-发动机转速传感器 G28；6-插头；7-3孔插头（用于爆震传感器 1G61，绿色；发动机转速传感器 G28，  
 灰色；爆震传感器 2G66，蓝色）；8-电子油门故障警报灯 K132；9-油门踏板位置传感器 G79 和 G185；  
 10-制动灯开关 F 和制动踏板开关 F47；11-Motronic 供电继电器 J271；12-离合器踏板开关 F36；13-发动机控制单元 J220；  
 14-增压压力传感器 G31；15-节气门控制单元 J338；16-进气温度传感器 G42；17-增压器空气再循环阀 N249；18-爆震传感器 1G61；  
 19-爆震传感器 2G66；20-霍尔传感器 G40；21-喷油器 N30~N33；22-点火线圈 N128、N158 和 N163；  
 23-增压压力限制电磁阀 N75；24-空气流量计 G70；25-活性炭罐电磁阀 1N80

### 三、常见仪器的使用

#### 1. 万用表

万用表主要用来测量电阻、电压、电流等参数，以此判断电路的通断和电控元件的技术状况，分为常用数字式万用表和汽车专用万用表。

常用数字式万用表具有测量精度高、测量范围广、输入阻抗高、抗干扰能力强、容易读数等优点，在汽车故障诊断与检修中应用广泛。

汽车专用万用表除具有数字万用表的功能外，还具有一些汽车专用的测试功能。除可用来测量电控元件和电路的电阻、电压、电流外，一般还能测量转速、频率、温度、电容、闭合角、占空比等项目，并具有自动断电、自动变换量程、数据锁定、波形显示等功能。如图 1-16 所示。



图 1-16 汽车专用万用表

#### 2. 故障诊断仪

##### (1) 故障诊断仪的功用

- 1) 快速、方便地读取或清除故障码。
- 2) 对发动机控制系统进行动态测试，显示瞬时信息，为诊断故障提供依据。
- 3) 能在静态或动态下，向电控系统各执行元件发出检修作业需要的动作指令，以便检查执行元件的工作状况。
- 4) 在车辆运行或路试时监测并记录数据流。

- 5) 具有示波器功能、万用表功能和打印功能。
- 6) 有些诊断仪能显示系统控制电路图和维修指导,以供故障诊断和检修时参考。
- 7) 有些功能强大的专用诊断仪能对发动机控制 ECU 进行某些数据的重新输入和更改。

#### (2) 故障诊断仪的常见类型

1) 专用型:是汽车制造公司为自己生产的汽车而专门设计制造的。一般只适合在特约维修站配备,以便提供良好的售后服务,充分发挥故障诊断仪的功能。

2) 通用型:是汽车保修设备制造公司为适应诊断检测多种车型而设计制造的,一般都配有不同车系的测试卡和适合各种车型的检测连接电缆连接器,测试卡存储有几十种甚至上百种不同公司、不同车型汽车电控系统的检测程序、检测数据和故障码等资料,适合综合性维修企业使用。

#### (3) 故障诊断仪操作方法的一般步骤

- 1) 选择测试卡和合适的连接电缆连接器。
- 2) 连接故障诊断仪。
- 3) 选择测试地址和功能。
- 4) 进行测试。



## 任务实施

### 一、车辆的基本检查

表 1-1 作业记录表

项目	作业内容
前期准备	车辆安全防护
登记车辆基本信息	整车型号: 车辆识别代码: 发动机型号:
安全检查	机油液面: 偏低 <input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 偏高 <input type="checkbox"/> 冷却液液面: 偏低 <input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 偏高 <input type="checkbox"/> ATF 液面: 偏低 <input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 偏高 <input type="checkbox"/> 蓄电池电压: 故障码:

### 二、检查仪器的使用

表 1-2 仪器使用

名称	使用方法
万用表	
故障诊断仪	



表 1-3 任务评价

项目	评分标准	分值	得分
工作任务	明确工作任务，理解工作任务的重要性	10	
前期准备	掌握任务实施的基本知识及检测方法	10	
工作计划	计划详实，分工明确	10	
任务实施	车辆安全防护	6	
	车辆油、水、电的检查	6	
	能识别发动机电控系统元件	20	
	正确使用万用表	10	
	正确使用故障诊断仪	10	
	整理工具、清理场地、规范操作	8	
自我评价	对任务实施过程中自我评价	10	

## 项目二 电控发动机进气控制系统的检修

### 学习任务一 空气流量计的检修

#### 学习目标

能力目标：

1. 能使用工具，正确检测热式空气流量计。
2. 能读取相关元件的基本数据流，读懂相关线路图。

知识目标：

1. 掌握空气流量计的工作原理；
2. 掌握空气流量计的检测方法。

素质目标：

1. 能够在工作中，与小组其他成员分工合作；
2. 能执行 6S 管理。

#### 任务情境

一辆装备有 1ZR-FE 发动机的丰田卡罗拉轿车，加速无力，故障灯点亮，送到修理厂维修。维修人员首先用解码仪读取故障码，显示为 P0102（质量或体积空气流量电路低输入），经初步诊断，要求对该车空气流量计及其控制电路进行检修，排除相关故障。

#### 知识平台

空气流量计安装在进气道上，在空气滤清器和节气门之间。在 L 型电控燃油喷射系统中，由空气流量计测量发动机的进气量，然后将进气量信号转换成电信号输入 ECU，由 ECU 计算出喷油量，控制喷油器向进气管喷入与进气量成最佳比例的燃油。目前汽车上应用的空气流量计主要有叶片式空气流量计、卡门漩涡式空气流量计、热式空气流量计等。

#### 一、叶片式空气流量计

图 2-1 所示是叶片式空气流量计的结构，图 2-2 所

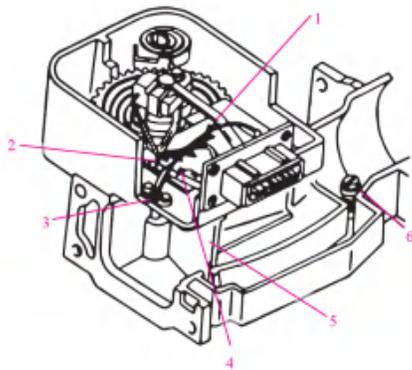


图 2-1 叶片式空气流量计的结构

- 1-电位计；2-电动汽油泵触点（可动）；3-进气温度传感器；  
4-电动汽油泵固定触点；5-测量板（叶片）；6-怠速调整螺钉

示是叶片式空气流量计的空气通道，图 2-3 所示是叶片式空气流量计的电位计部分结构。

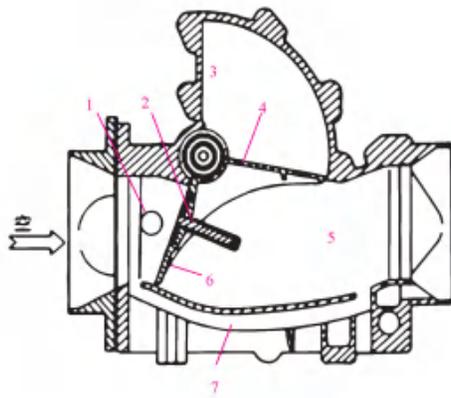


图 2-2 叶片式空气流量计的空气通道

1-进气温度传感器；2-阀门；3-阻尼室；4-缓冲板片；  
5-主空气通道；6-测量板（叶片）；7-旁通气道

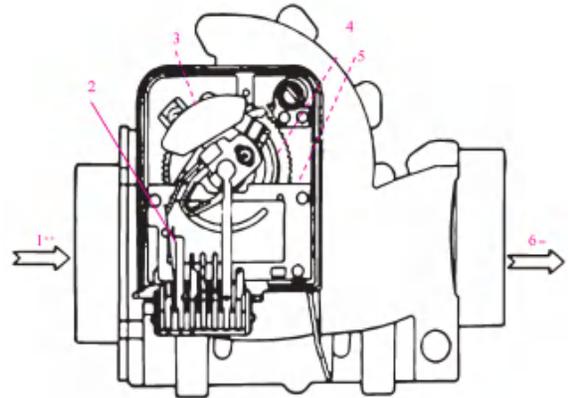


图 2-3 叶片式空气流量计的电位计部分结构图

1-空气进口；2-电动汽油泵接点；3-平衡块；4-回位弹簧；  
5-电位计部分；6-空气出口

叶片式空气流量计由测量板（叶片）、缓冲板、阻尼室、旁通气道、怠速调整螺钉和回位弹簧等组成。

在有的叶片式空气流量计中，还有电动汽油泵开关，其作用是当点火接通而发动机不转动时，控制电动汽油泵不工作。当有空气流量计中有空气流过时，此开关闭合，电动汽油泵才开始工作。

叶片式空气流量计电位计是以电位变化检测空气量的装置，它与空气流量计测量板同轴安装，能把因测量板开度变化而产生的滑动电阻变化转换为电压信号输入 ECU，如图 2-4（a）所示。图 2-4（b）所示是其工作原理图，在测量板的回转轴上，装有一根螺旋回位弹簧，当吸入空气推开测量板的力与弹簧变形后的回位力相等时，测量板即停止转动。用电位计检测出测量板的转动角度，即可得知空气流量。

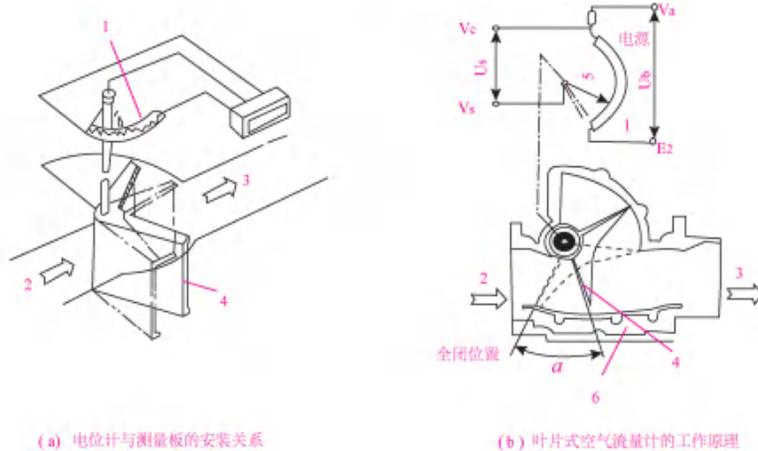


图 2-4 电位计与测量板的安装关系及叶片式空气流量计的工作原理

1-电位计；2-自空气滤清器来的空气；3-到发动机的空气；  
4-测量板；5-电位计滑动触头；6-旁通气道

## 二、卡门旋涡式空气流量计

卡门旋涡式空气流量计具有体积小、重量轻、进气阻力小等优点。卡门旋涡式空气流量计的结构按照检测方式不同，可以分为反光镜检测方式卡门旋涡式空气流量计和超声波式卡门旋涡式空气流量计两种。

### 1. 反光镜检测方式卡门旋涡式空气流量计

图 2-5 所示为反光镜检测式卡门涡旋式空气流量计结构图。反光镜检测式卡门涡旋式空气流量计是把卡门旋涡发生器两侧的压力变化，通过导压孔引向金属膜制成的反光镜表面使反光镜产生振动，反光镜一边振动，一边将发光二极管射来的光反射给光电晶体管，这样旋涡的频率在压力作用下转换成镜面的振动频率，镜面的振动频率通过光电耦合器转换成脉冲信号。涡流发生的频率与空气流速成正比，进气量愈大，脉冲信号的频率愈高。反之，进气量愈小，脉冲信号频率愈低。ECU 根据该脉冲信号的频率，检测进气量（当然也要经过进气温度修正）和基准点火提前角，如图 2-5（c）所示。

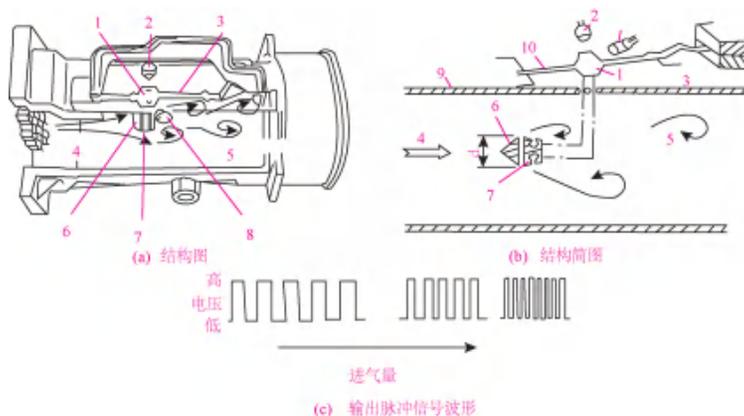


图 2-5 反光镜检测式卡门涡旋空气流量计结构

1-反光镜；2-发光二极管；3-钢板弹簧；4-空气流；5-卡门旋涡；  
6-旋涡发生体；7-压力导向孔；8-光电晶体管；9-进气管路；10-支承板

### 2. 超声波式卡门旋涡式空气流量计

图 2-6 所示为超声波式卡门旋涡式空气流量计结构图。发动机工作中，当空气流经涡轮发生器时，在其后部的超声波发射探头与超声波接收探头之间产生有规律的卡门漩涡。

超声波发射探头不断地接收超声波信号发生器送来的超声波信号，并将其转换成机械波。超声波接收探头利用压电效应将接收到的机械波转为电信号。因空气密度对卡门漩涡的影响，使机械波从发射探头传到接收探头的时间产生相位差。转换电路对此相位信号进行处理，可得到与涡流发生的频率成正比的脉冲信号，即体现空气体积流量的电信号。

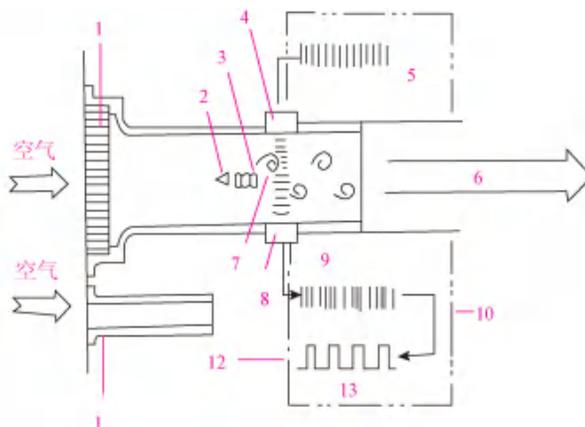


图 2-6 超声波式卡门旋涡式空气流量计

1-整流栅；2-旋涡发生体；3-旋涡稳定板；4-信号发生器（超声波发射头）；5-超声波发生器；6-通往发动机；7-卡门旋涡；  
8-超声波接收器；9-与旋涡数对应的疏密声波；10-整形放大电路；11-旁通道；12-通往计算机；13-整形形成矩形波（脉冲）

### 三、热式空气流量计

热式空气流量计可分为热线式和热膜式两种。热线式又可分为主流测量式热线式空气流量计和旁通测量式热线式空气流量计。热式空气流量计具有进气阻力小、无磨损件等优点。博世 LH 型燃油喷射系统、通用别克、尼桑千里马等轿车采用的是热线式空气流量计，捷达都市先锋、新捷达王等轿车采用的是热膜式空气流量计。

热式空气流量计的结构如图 2-7 所示。主要由防护网、采样管、热线电阻、温度补偿电阻和控制电路组成。热线电阻和温度补偿电阻安装在进气管道中，控制电路板安装在流量计下方。进气管连接侧的防护网用于防止回火和脏物进入空气流量计。

热膜式空气流量计是热线式空气流量计的改进产品，其发热元件采用平面形铂金属膜电阻器，故称为热膜电阻。其结构与热线式空气流量计基本相同。如图 2-7 (c) 所示。

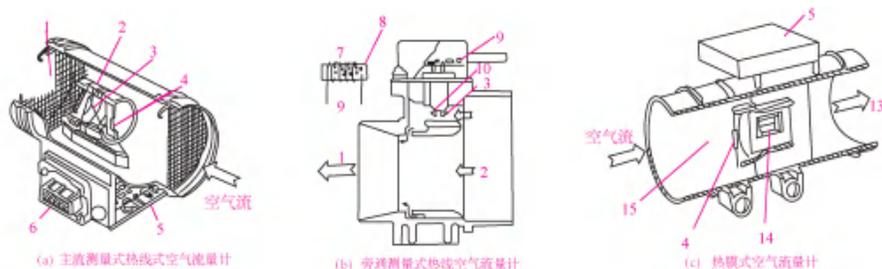


图 2-7 热式空气流量计

- 1-防回火网；2-取样管；3-白金热线；4-上游温度传感器；5-控制回路；6-连接器；  
7-热金属线和冷金属线；8-陶瓷螺线管；9-接控制回路；10-进气温度传感器（冷金属线）；  
11-旁通气路；12-主通气路；13-通往发动机；14-热膜；15-金属网

热线式空气流量计的工作原理如图 2-8 所示。装在控制电路上的精密电阻  $R_A$  和  $R_B$  与热线电阻丝  $R_H$  和温度补偿电阻  $R_K$  组成惠斯登电桥电路。当空气流经热线电阻  $R_H$  时，使热线温度降低，电阻减小，使电桥失去平衡。如要保持电桥平衡，就必须增加流经热线电阻的电流，从而使精密电阻  $R_A$  两端的电压也相应增加。控制电路将电阻  $R_A$  两端的电压输送给 ECU，即可确定进气量。由于热线式空气流量计测量的是进气质量流量，它已把空气密度、海拔高度等影响考虑在内，因此可以得到非常精确的空气流量信号。

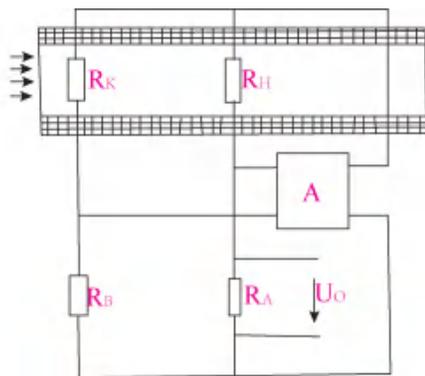


图 2-8 热线式空气流量计的工作原理

热线式空气流量计长期使用后，会在热线上积累杂质，为了消除使用中电热线上附着的杂质对测量精度的影响，为此在流量计上采用烧净措施解决这个问题。每当发动机熄火时（或起动时），ECU 自动接通空气流量计壳体内的电子电路，加热热线，将热线加热到  $1000^{\circ}\text{C}$  以上并保持约 1s。由于烧净温度必须非常精确，因此在发动机熄火 5s 后，该电路才被接通。

热膜式空气流量计的工作原理与热线式空气流量计基本相同。

### 四、空气流量计的检修

#### 1. 叶片式空气流量计

叶片式空气流量计为体积流量型，广泛应用于丰田、日产等汽车燃油喷射系统。在对空气流量计进行检测时，切忌碰撞，不要让脏物进入流量计内，不要损坏其零部件，以免影响测量精度。

由于叶片式空气流量计只能检测进气的体积流量，ECU 必须根据进气温度信号对喷油量进行修正。进气温度传感器安装在空气流量计主空气通道的进气口处。装有燃油泵控制开关的叶片式空气流量计线束连接器共有 7 个接线端子，其内部电路图如图 2-9 所示。进气温度信号通过 THA 端子输入 ECU，气流信号通过 VS 端子输入 ECU，ECU 通过 VC 端子给空气流量计提供一个约为 5V 电压，通过 VB 端子给空气流量计提供蓄电池电压，E2 端子为搭铁端子，FC 端子为燃油泵控制开关端子，与燃油泵断路继电器相连，E1 端子为搭铁端子。

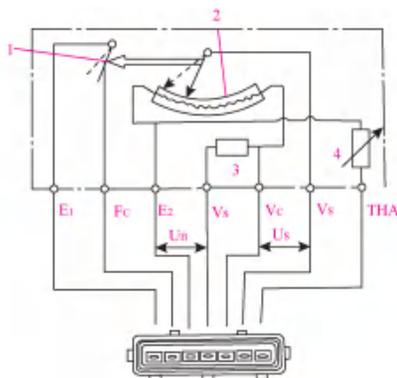


图 2-9 叶片式空气流量计内部电路

1-油泵开关；2-电位计；3-附加电阻；4-进气温度传感器

### 1) 电阻检测

关闭点火开关，拔下该流量计导线连接器，用万用表电阻档测量连接器内各端子间的电阻。其电阻值应符合标准；如不符，则应更换空气流量计。表 2-1 为丰田 5M-E 型发动机检测标准数据。

表 2-1 丰田 5M-E 型发动机检测标准数据

检测项目	检测条件	检测部位	标准值/kΩ
油泵触点	关闭点火开关	端子 Fc—端子 E <sub>1</sub>	叶片关闭时电阻为 ∞
			叶片开启时电阻为 0
空气流量计	关闭点火开关	端子 V <sub>c</sub> —端子 E <sub>2</sub>	0.1~0.3
		端子 V <sub>b</sub> —端子 E <sub>2</sub>	0.2~0.4
		端子 V <sub>s</sub> —端子 E <sub>2</sub>	叶片关闭时电阻为 0.02~0.1 叶片任意开度为 0.02~1.0
进气温度传感器	0℃	端子 THA—端子 E <sub>2</sub>	4~7
	20℃		2~3

### 2) 电压检测

打开点火开关，检查相应端子间电压，以确定空气流量计是否正常。表 2-2 为丰田车系 3VZ-FE 发动机检测标准数据。

表 2-2 丰田车系 3VZ-FE 发动机检测标准数据

检测项目	检测条件	检测部位	标准值/V
蓄电池供电电压	点火开关在 ON 位置	端子 F <sub>b</sub> —端子 E <sub>2</sub>	8~14
ECU 给空气流量计的电压	点火开关在 ON 位置	端子 V <sub>c</sub> —端子 E <sub>2</sub>	4~6
进气温度传感器	怠速，进气温度为 20℃	端子 THA—端子 E <sub>2</sub>	0.5~3.4

(续表)

检测项目	检测条件		检测部位	标准值/V
流量计给 ECU 信号电压	点火开关在 ON 位置	叶片完全关闭	端子 V <sub>s</sub> —端子 E <sub>2</sub>	3.7~4.3
		叶片完全开启		0.2~0.5
	怠速			1.6~4.1
	3000r/min			1.0~2.0

## 2. 卡门旋涡式空气流量计

反光镜检测式卡门旋涡式空气流量计和超声波式卡门旋涡式空气流量计的检测方法基本相同。丰田凌志 4001UZ-FE 型发动机采用的是反光镜检测式卡门旋涡式空气流量计，其检测方法如下：

图 2-10 为该流量计的端子排列。该流量计共有 5 个端子，其内部电路图如图 2-11 所示。E1 端子为进气温度传感器搭铁端子，ECU 通过 VC 端子给空气流量计提供一个约为 5V 电压，空气流量信号通过 KS 端子输入 ECU，进气温度信号通过 THA 端子输入 ECU，E2 端子为搭铁端子。

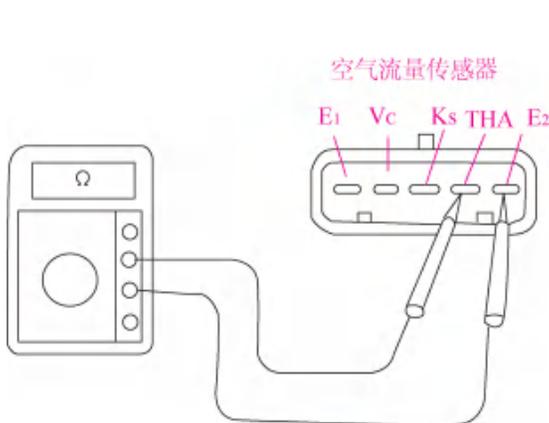


图 2-10 卡门旋涡式空气流量计端子排列

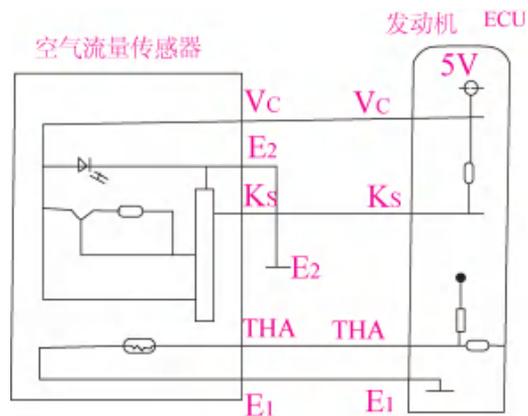


图 2-11 卡门旋涡式空气流量计原理电路图

### 1) 电阻的检测

关闭点火开关，拔下空气流量计线束连接器，用万用表电阻档测量流量计上端子 THA 与端子 E1 间的电阻，如果电阻不符合标准值，见表 2-3，流量计应予以更换。

表 2-3 丰田凌志 4001UZ-FE 型发动机卡门旋涡式空气流量计的电阻标准值

检测项目	检测条件	检测部位	标准值/kΩ
进气温度传感器	-20℃	端子 THA—端子 E <sub>1</sub>	10~20
	0℃		4~7
	+20℃		2~3
	+40℃		0.9~1
	+60℃		0.4~0.7

### 2) 电压的检测

检测时，将点火开关转至 ON 位置，用万用表直流电压档测量端子 THA 与端子 E1 间的电压、端子 VC 与端子 E2 间的电压、端子 KS 和端子 E2 间的电压，检测结果应符合表 2-4，如有不符，应检查 ECU 或其连接线路是否有故障。

表 2-4 丰田凌志 4001UZ-FE 型发动机卡门旋涡式空气流量计的电阻标准值

检测项目	检测条件	检测部位	标准值/V
进气温度传感器	怠速进气温度为 20℃	端子 THA—端子 E <sub>1</sub>	0.5~3.4
空气流量计	点火开关在 ON 位置	端子 V <sub>c</sub> —端子 E <sub>2</sub>	4.5~5.4
	点火开关在 ON 位置	端子 K <sub>s</sub> —端子 E <sub>2</sub>	4.5~5.5
	怠速		2.0~4.0 (脉冲形式)

### 3. 热式空气流量计

卡罗拉 1ZR-FE 发动机空气流量计控制原理如图 2-12 所示。当点火开关接通时,经主继电器给空气流量计的 B2-3 端子提供蓄电池电压,空气流量计 B2-4 与 ECM (B31-116) 相连接,经 ECM 内部搭铁,空气流量计 B2-5 与 ECM (B31-118) 相连接,向 ECM 提供空气流量计信号 (VG 信号)。

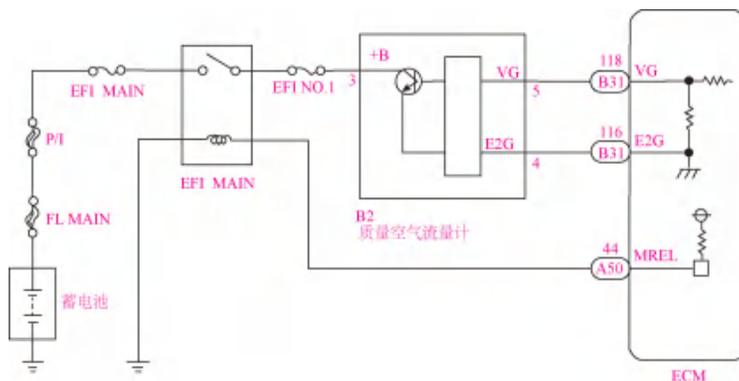


图 2-12 空气流量计控制原理图

对热线式空气流量计的检测主要是检测各端子间电压:打开点火开关,但不起动发动机,测量 B2-3 端子电压,应为蓄电池电压,否则说明电源线路故障;断开空气流量计连接器,向端子 +B 与 E2G 之间施加蓄电池电压, VG 电压应在 0.2~4.9V 之间,否则应进行线束短路、断路测量。

## 四、空气流量计的检测流程

第一步:使用智能检测仪读取数值(质量空气流率)如表 2-5 所示

1. 将智能检测仪连接到 DLC3;
2. 起动发动机,并打开检测仪;
3. 选择以下菜单项: Powertrain→Engine and ETC→Data List→MAF;

4. 读取检测仪上的值。

表 2-5 质量空气流率检测值

检测项目	标准描述	测试结果
质量空气流率	0.0	转至第二步
	271.0 或更高	检查线束和连接器(传感器搭铁)
	1.0 和 270.0 (发动机运转的情况下,节气门打开或关闭时该值必改变) 之间	检查间歇性故障



## 检查线束和连接器 (传感器搭铁)

### 一、检查线束和连接器 (传感器搭铁)

1. 断开质量空气流量计连接器;
2. 根据表 2-6 中的值测量电阻, 检测仪连接如图 2-13 所示;

表 2-6 检查线束和连接器 (传感器搭铁电阻值)

检测仪连接	检测条件	标准描述	测试结果
B2-4 (E2G) -车身搭铁	始终	小于 1Ω	异常: 转至二 正常: 更换质量空气流量计

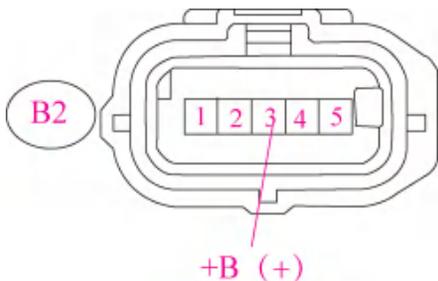


图 2-13 检测仪连接示意图

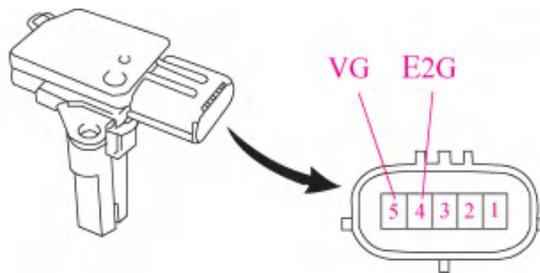


图 2-14 检测仪连接示意图

3. 重新连接质量空气流量计连接器。

### 二、检查线束和连接器 (质量空气流量计-ECM)

1. 断开质量空气流量计连接器;
2. 断开 ECM 连接器;
3. 根据表 2-7 中的值测量电阻, 检测仪连接如图 2-15 所示;

表 2-7 线束和连接器 (质量空气流量计-ECM (电阻值))

检查状态	检测仪连接	检测条件	标准描述	测试结果
断路检查	B2-4 (E2G) -B31-116 (E2G)	始终	小于 1Ω	正常: 更换 ECM 异常: 维修或更换线束或连接器
短路检查	B2-4 (E2G) 或 B31-118 (E2G) -车身搭铁	始终	10kΩ 或更大	(质量空气流量计-ECM)

4. 重新连接质量空气流量计连接器;
5. 重新连接 ECM 连接器。