

《汽车发动机电控技术》电子教案

模块一 概述

课题一 发动机电子控制技术发展史

一、汽油机电子控制技术发展史

为适应降低汽油机燃油消耗和有害物排放量的要求，汽油机燃油供给技术经历了从机械控制汽油喷射到现在的发动机集中管理系统，以及目前正在迅猛发展的缸内直喷技术。

1934 年，德国怀特（Wright）兄弟发明了向发动机进气管内连续喷射汽油来配制混合气的技术。

1952 年，德国 Bosch 公司研制成功了第一台机械控制缸内喷射汽油机。

1958 年，Bosch 公司研制成功了机械控制进气管喷射汽油机。

1953 年美国本迪克斯公司（Bendix）开始研制由真空管电子控制系统控制的汽油喷射装置，并在 1957 年研制成功。

1967 年，德国博世（Bosch）公司根据美国本迪克斯公司的专利技术，开始批量生产利用进气歧管绝对压力信号和模拟式计算机来控制发动机空燃比 A/F 的 D 型燃油喷射系统（D-Jetronic）。

1973 年，德国 Bosch 公司在 D 型燃油喷射系统（D-Jetronic）的基础上，改进发展成为 L 型燃油喷射系统（L-Jetronic）。

1973~1974 年，美国通用（General）汽车公司生产的汽车装上了集成电路 IC 点火控制器。

1976 年，美国克莱斯勒（Chrysler）汽车公司研制成功微机控制点火系统，取名为“电子式稀混合气燃烧系统 ELBS”。

1977 年，美国通用汽车公司研制成功了数字式点火控制系统。

1979 年，德国 Bosch 公司开发出了 M—Motronic 系统，即发动机集中管理系统。

1979 年，日本日产（Nissan）汽车公司研制成功了集点火时刻控制、空燃比控制、废气再循环控制和怠速转速控制于一体的发动机集中控制系统 ECCS。

1980 年，日本丰田（TOYOTA）公司开发出了具有汽油喷射控制、点火控制、怠速转速和故障自诊断功能的丰田计算机控制系统 TCCS。

1981 年，Bosch 公司开发出了 LH-Jetronic 系统。1987~1989 年，Bosch 公司开发出电控单点汽油喷射

系统。

1995 年，日本三菱（MITSUBISHI）汽车公司公布了电控缸内直喷汽油机（即 GDI 系统）。2001 年，Volkswagen/Audi 集团研制出独有的 FSI（Fuel Stratified Injection）缸内直喷系统。

1994 年上海大众推出采用 D-Jetronic 电控汽油喷射系统的桑塔纳 2000 型轿车。2000 年，我国政府规定：5 人座以下的化油器式发动机汽车自 2001 年 1 月 1 日起停止生产。

二、柴油机电子控制技术发展史

20 世纪 70 年代典型的产品有德国 Bosch 公司电控 VE 分配泵，日本 Zexel 公司的电控系统。

20 世纪 80 年代基于时间控制方式的新型电控喷油泵和高压喷射系统的开发取得了巨大成功。典型产品有第二代电控 VE 分配泵的 ECD—II；德国 Bosch 公司可变预行程直列柱塞式电控喷油泵。

三、发动机电控技术发展趋势

①喷油规律的控制

②混合气浓度分布控制

③输出扭矩控制

④可变 EGR 控制

课题二 发动机电子控制系统的组成

就总体结构而言，发动机电子控制系统都是由传感器、电子控制单元（Electronic Control Unit，简称 ECU）和执行器 3 部分组成。

桑塔纳 2000GSI、3000 型轿车发动机电子控制系统的传感器有空气流量传感器、曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器、怠速节气门位置传感器和节气门位置传感器（两只传感器与节气门控制组件 J338 制作成一体）、冷却液温度传感器、进气温度传感器、氧传感器、爆震传感器和车速传感器。

发动机电控单元（ECU）除了接收上述传感器输送的信号外，还要接收点火启动开关、空调开关、怠速开关 F60、电源电压以及空挡安全开关（对装有自动变速器的汽车而言）信号，以便判断汽车运行状态并采取相应的控制措施。

桑塔纳 2000GSI、3000 型轿车发动机电子控制系统的执行器有电动燃油泵、电磁喷油器、怠速控制电动机（在节气门控制组件 J338 内），活性炭罐电磁阀、点火控制器和点火线圈。

发动机上不同的执行器完成不同的控制功能。一个执行器和若干个传感器组合起来，构成了发动机电子控制系统中一个子系统，有的子系统同时具有多种控制功能。这些子系统有燃油喷射控制系统、微机控

制点火系统、空燃比反馈控制系统、怠速控制系统、燃油蒸气回收系统、发动机爆震控制系统、超速断油控制系统、减速断油控制系统、溢流清除控制系统、故障自诊断系统等。

课题三 汽油机燃油喷射系统的分类

一、按喷油器的喷射部位分类

按喷油器喷射燃油的部位不同，汽油机燃油喷射系统可分为进气管喷射系统和缸内喷射系统两种类型。其中进气管喷射又可分为单点喷射（SPI、TBI 或 CFI）和多点喷射（MPI）两种类型，多点喷射又可分为压力型（即 D 型）和流量型（即 L 型）多点喷射系统两种类型。

1. 进气管喷射系统

对于进气管喷射系统，按喷油器的安装部位不同，又分为单点喷射系统和多点喷射系统。

（1）单点喷射系统

单点喷射系统（Single Point Fuel Injection System，缩写为 SPFI 或 SPI）也称节气门体喷射或集中喷射系统，是指在多缸发动机节流阀体（即节气门体）的节气门上方安装一只或并列安装两只喷油器的燃油喷射系统。

（2）多点喷射系统

多点喷射系统（Multi-Point Fuel Injection System，缩写为 MPFI 或 MPI）是指在发动机每个汽缸进气门前方的进气歧管上均设计安装一只喷油器的燃油喷射系统。发动机工作时，燃油适时喷在进气门附近的进气歧管内，空气与燃油在进气门附近混合，使各个汽缸都能得到混合均匀的混合气。

2. 缸内喷射系统

缸内喷射系统又称为缸内直接喷射系统，其主要特点是：喷油器安装在汽缸盖上，喷油器以较高的燃油压力（约 3~4MPa）把汽油直接喷入发动机汽缸内，并与空气混合形成可燃混合气，如图 1-7 所示。

目前，大众（VAG）、宝马（BMW）、奔驰（Mercedes-Benz）、通用（GM）以及丰田（Toyota Lexus）等公司已经开始使用缸内喷射系统。

二、按喷油器喷射方式分类

按喷油器喷射方式分类，汽油机燃油喷射系统可以分为连续喷射系统和间歇喷射系统两种类型。

1. 连续喷射系统

连续喷射系统是指在发动机运行期间，喷油器连续不断地喷射燃油的燃油喷射系统。

2. 间歇喷射系统

间歇喷射系统是指在发动机运转期间，喷油器间歇喷射燃油的燃油喷射系统。间歇喷射系统按照各缸喷油器的喷油时序不同，分为同时喷射、分组喷射和顺序喷射三种方式。

（1）同时喷射

同时喷射是指各缸喷油器开始喷油和停止喷油的时刻完全相同。一般发动机曲轴每转一圈，各缸喷油器同时喷油一次，发动机一个工作循环所需的油量，分二次喷入进气管。

（2）分组喷射

分组喷射是指把发动机所有汽缸分成 2 组（四缸机）或 3 组（六缸机），ECU 用两个或三个控制电路控制各组喷油器。发动机工作期间，各组喷油器依次交替喷射，每个工作循环各组喷油器都喷射一次(或两次)。

（3）顺序喷射

顺序喷射又称次序喷射，是指在发动机运行期间，喷油器按各缸的工作顺序，依次把汽油喷入各缸的进气歧管。发动机曲轴每转二圈，各缸喷油器轮流喷油一次。

三、按喷射系统的控制方式分类

按汽油喷射系统的控制方式不同，汽油机燃油喷射系统可分成机械控制式汽油喷射系统、机电结合式汽油喷射系统和电子控制式汽油喷射系统。

1. 机械控制式汽油喷射系统

机械控制式汽油喷射系统是指利用机械机构实现燃油连续喷射的汽油喷射系统。

2. 机电结合式汽油喷射系统

3. 电子控制式汽油喷射系统

电子控制式汽油喷射系统是指由电控单元直接控制燃油喷射的系统。现代电喷汽油机已全部采用电子控制式汽油喷射系统，但汽油机电控系统发展的初期，都是仅具有单一电控汽油喷射控制功能，现已全部被发动机集中管理系统所代替。

发动机集中管理系统由德国 Bosch 公司于 1979 年首先推出，称为 Motronic 系统，该系统是一个集汽油喷射控制、点火控制和空燃比反馈控制等多项控制功能于一体的电控系统。

现代汽油机发动机集中管理系统的基本控制除了以上三项外，还增加了怠速控制、活性炭罐清洗控制、故障自诊断和带故障运行等基本控制功能。此外，根据需要配置相关的装置和系统，还能增加废气再循环控制、二次空气喷射控制、进气谐振增压控制、进气涡流控制、配气定时控制等控制内容和功能。

四、按进气量测量方式分类

按空气量测量方式分类，可分为间接测量方式汽油喷射系统和直接测量方式汽油喷射系统两类。

1. 间接测量方式汽油喷射系统

ECU 通过测量发动机转速、节气门开度或进气歧管压力，计算出发动机吸入的空气量。按所需测量的参数分类，可分为节流-速度方式和速度-密度方式两种。

（1）节流-速度方式

节流-速度方式是指 ECU 通过测量节气门开度和发动机转速，根据节气门开度、发动机转速和发动机进气量的关系，计算出每一循环进入汽缸的空气量，从而确定循环基本喷油量。

（2）速度-密度方式

速度-密度方式是指 ECU 通过测量进气歧管压力和发动机转速，根据进气歧管压力、发动机转速和发动机进气量的关系，计算出每一循环进入汽缸的空气量，从而确定循环基本喷油量。Bosch 公司的 D-Jetronic 系统。

2. 直接测量方式汽油喷射系统

直接测量方式采用空气流量传感器直接测量发动机单位时间吸入的空气量，ECU 根据流量传感器测出的空气流量和发动机的转速，计算出每一工作循环发动机吸入的空气量，从而确定循环基本喷油量。对于直接测量方式，按测出的是空气的体积流量，还是质量流量，可分为体积流量方式和质量流量方式。

（1）体积流量方式

体积流量方式采用翼片式空气流量传感器或卡门旋涡式空气流量传感器，测量发动机单位时间吸入的空气体积。

（2）质量流量方式

质量流量方式利用热线式或热膜式空气流量传感器，测量发动机单位时间吸入的空气质量。。

模块二 传感器及检测

课题一 空气流量传感器

根据检测进气量的方式不同，空气流量传感器分为 D 型（即压力型）和 L 型（即空气流量型）两种类型。“D”型来源于德文“Druck（压力）”的第一个字母，是利用压力传感器检测进气歧管内的绝对压力，测量方法属于间接测量法。装备“D”型传感器的系统称为“D”型燃油喷射系统，控制系统利用该绝对压力和发动机转速来计算吸入汽缸的空气量。“L”型来源于德文“Luftmengen（空气流量）”的第一个字

母，是利用流量传感器直接测量吸入进气管的空气流量。汽车采用的“L”型传感器分为体积流量型（如翼片式、涡流式）传感器和质量流量型（如热丝式和热膜式）传感器。

一、翼片式空气流量传感器

翼片式空气流量传感器是一种体积式空气流量传感器。结构简单、工作可靠、价格便宜，但体积大、进气阻力大、急加速反应迟缓。

1. 翼片式空气流量传感器的结构

翼片式空气流量传感器（又称叶片式空气流量传感器）安装在空气滤清器与节气门之间的进气管路上。翼片式空气流量传感器主要由翼片组件和电位计组件两部分组成。翼片组件和电位计组件是同轴结构，轴端有盘形回位弹簧。

翼片组件主要由计量翼片和缓冲翼片构成。

调整齿轮用来调整回位弹簧的预紧力矩，对流量传感器的输出特性进行调整。

旁通气道的流通截面积可由一个 CO 调整螺钉进行调整。

汽油泵开关设置在空气流量传感器内，由滑臂控制。

在空气流量传感器内还设有进气温度传感器。

2. 翼片式空气流量传感器的测量原理

电阻转变成 ECU 接收的电压信号的方法有两种（即空气流量信号的选择方法有两种）：

方法一：蓄电池通过 V_B 端子向传感器提供电源电压； V_C 端子是两电阻之间的一个电压输出端，在两电阻值不变时，其电压值仅与 V_B 端子的蓄电池电压有关； V_S 是滑臂在电阻膜片滑动时得到的电压，该电压随节气门开度的增大而增大，同时当蓄电池电压变化时，该电压值也变化。

在这种电路中，一般用 $(V_C - V_S) / V_B$ 作为传感器的输出信号，该信号与空气流量成反比而且线性下降。采用 $(V_C - V_S) / V_B$ 作为传感器的输出信号可以消除蓄电池电压 V_B 的波动对测量结果的影响。

方法二：在该传感器电路中，直接用传感器滑臂上的输出电压作为传感器的输出信号电压。该电路中的电源电压由 ECU 的稳压电路提供。

3. 翼片式空气流量传感器的工作电路

4. 翼片式空气流量传感器的检测

翼片式空气流量传感器的常见故障有：翼片轴卡滞、气道脏污、插接器松动、导线断开、无工作电压、油泵触点接触不良、电位计滑臂与电阻片接触不良等。

（1）检查空气流量传感器的工作电压

（2）检查空气流量传感器

二、卡尔曼涡流式空气流量传感器

1. 涡流式空气流量传感器的测量原理

在稳定的流体中放置一圆柱状物体后，在其下游的流体就会产生相互平行的两列涡旋，而且涡旋交替出现，这种物理现象叫卡尔曼涡流。

2. 涡流式空气流量传感器的结构

根据涡流频率的检测方法不同，汽车用涡流式空气流量传感器分为光电式和超声波式两种类型。

（1）光电式空气流量传感器

光电式空气流量传感器主要由整流栅、涡流发生器、发光二极管、光敏晶体管、反射镜等组成。

（2）超声波式空气流量传感器

超声波式空气流量传感器主要由涡流发生器、超声波发生器、超声波接收器、集成电路、进气温度传感器、大气压力传感器等组成。

当发动机工作时，超声波发生器就不断地向超声波接收器发出一定频率的（40Hz）的超声波。与此同时，进气流通过涡流发生器，并在其后产生涡流，涡流使进气流的移动速度和压力（其实就是进气流的密度）发生变化。当由发射器发射的超声波通过进气流到达超声波接收器时，由于涡流的影响，使接收器接收到超声波信号的时间（即单个波的相位）和时间之差（即相邻波之间的相位差）发生变化，而且此时间和时间之差的变化与涡流频率成正比。集成电路据此可计算出涡流的频率。

整流栅的作用是使吸入空气在涡流发生器上游形成稳定的气流，减小外界气流的干扰。

卡尔曼涡流式传感器输出的信号是与涡流频率同步的脉冲数字信号，其响应速度是空气流量传感器中最快的，几乎能同步反映空气流速的变化，因此特别适用于数字式计算机处理。

3. 涡流式空气流量传感器的工作电路

图 2-11 所示为丰田凌志轿车 1UZ-FE 型发动机采用的光电涡流式空气流量传感器与 ECU 的连接电路图。

4. 涡流式空气流量传感器的检测

（1）检查空气流量传感器的电阻

（2）检查整流栅（蜂窝状零件）

（3）检查空气流量传感器电压

三、热线及热膜式空气流量传感器

热线和热膜式空气流量传感器属质量式流量计，响应速度快、进气阻力小，但测量精度不够稳定。

1. 热线式空气流量传感器的结构

热线式空气流量传感器主要由热线铂丝电阻 R_H 、温度补偿电阻 R_K （又叫冷线）、控制电路板（包括 R_A 、 R_B 两个固定电阻）、防护网以及空气流量传感器外壳等组成。传感器工作时控制电路将热线铂丝加热到高于进气温度 $100\sim 120^{\circ}\text{C}$ ，这也是将铂丝称为热线的原因。 R_A 为一精密电阻，产生热线式空气流量传感器输出电压信号； R_B 为电桥调整电阻，用于调整空气流量传感器的输出特性。

2. 热线式空气流量传感器的工作原理

铂丝热线和其他几个电阻组成惠斯通桥形电路。铂丝热线的电阻值与其本身的温度成正比。在环境温度一定时，给惠斯通桥形电路供电，电桥会达到平衡。当有空气流过取样管中的铂丝热线时，进气会带走热线的热量，使其温度降低，热线的电阻值随即也降低，桥形电路的平衡被破坏。为重新达到平衡，使热线电阻恢复到原来数值，就必须增大电流，使热线温度提高。当空气流量大时，带走的热量就越多，热线电阻的变化就越大，为重新达到平衡所需增加的电流值也就越大。这样，就把空气流量的变化转换为电流的变化。电流的变化又使固定电阻 R_A 两端的电压 U_0 发生变化，此变化的电压就是热线式空气流量传感器的传感信号。这就是热线式空气流量传感器的基本工作原理。

为消除环境温度的影响，设置了一根温度补偿电阻 R_K （也叫冷线），也安装在取样管内，其电阻值也随进气温度的变化而变化，从而抵消了环境温度对桥形电路平衡的影响。

3. 热线式空气流量传感器的工作电路

4. 热线式空气流量传感器的自清洁

两种方法：一种方法是提高热线的保持温度（一般使保持温度升高到 200°C 以上），以防止灰尘沾附；另一种方法是在 ECU 中设有自清洁功能，通过加热热线来清除污垢。空气流量传感器的自清洁功能是指当发动机停转后，ECU 控制自清洁电路接通，将热线加热到约 1000°C ，烧掉沾附在热线上的灰尘。

5. 热线式空气流量传感器的检测

- （1）检查工作电路
- （2）检查外观
- （3）检查热线式空气流量传感器的输出信号
- （4）检查热线式空气流量传感器内的热线自清洁电路

课题二 进气歧管绝对压力传感器

进气歧管绝对压力传感器的作用是把进气歧管内节气门后方的进气压力转换成电信号。

进气歧管绝对压力传感器按工作原理可分为压阻效应式、电容式和电感式三种。

一、进气歧管绝对压力传感器的结构与工作原理

1. 压阻效应式进气歧管绝对压力传感器

图 2-17 所示为压阻效应式进气歧管绝对压力传感器，主要由压力转换元件、混合集成电路、真空室、壳体和线束插接器组成。

图 2-18 所示为压阻效应式进气歧管压力传感器的内部结构，主要由硅膜片、真空室、硅杯、底座、真空管接头和引线电极等组成。

通过特殊加工，使 4 个电阻应变片处于特殊的位置，即在受到膜片拉应力的作用下，应变电阻 R_2 、 R_4 增加（即产生正向增量 ΔR ），应变电阻 R_1 、 R_3 减小（即产生负向增量 $-\Delta R$ ）。如图 2-19 所示，当惠斯通桥形电路的电源电压为 U_{CC} 时，电桥的输出电压 U_0 为：

$$U_0 = (R + \Delta R) U_{CC} / [(R + \Delta R) + (R - \Delta R)] - (R - \Delta R) U_{CC} / [(R + \Delta R) + (R - \Delta R)] \\ = U_{CC} (\Delta R / R)$$

式中： R ——应变电阻的初始值（一般为 $100\text{m}\Omega$ ）；

ΔR ——应变电阻 R 的阻值变化量。

2. 电容式进气歧管绝对压力传感器

通常，以空气为介质，用两个金属平板做电极组成的平板电容器，就构成一个电容式变换器（即传感器）。

平板电容器的电容量为：

$$C = \varepsilon \frac{S}{d} = \varepsilon_r \varepsilon_0 \frac{S}{d}$$

式中： S ——两平行极板的工作面积（ cm^2 ）；

d ——两极板间的距离（ cm ）；

ε_r ——极板间介质的介电常数；

ε_0 ——真空或空气的介电常数。

由上式可以看出，影响电容器电容量的因素是 S 和 d 。改变 S 和 d ，即可改变电容，这是电容式变换器（传感器）的基本工作原理。

将电容变换器与传感器混合集成电路的振荡电路相连接，通过振荡电路输出与电容变化一致的电信号，从而将进气歧管的压力转变成电信号。

3. 电感式进气歧管绝对压力传感器

电感式进气歧管绝对压力传感器的主要由膜盒、铁心、感应线圈、电子电路等组成，如图 2-22 所示。

二、进气歧管绝对压力传感器的检测

1. 压阻效应式进气歧管压力传感器的检测

- ①检查进气歧管压力传感器的电源电压。
- ②检查进气歧管压力传感器的输出信号电压。

2. 电感式进气歧管压力传感器的检测

- ①检查传感器的输出信号。
- ②检查传感器线圈有无断路。

课题三 曲轴与凸轮轴位置传感器

曲轴位置传感器又称为发动机转速与曲轴转角传感器，其功用是采集曲轴转动角度和发动机转速信号。曲轴转动角度信号用于确定点火时刻和喷油时刻，发动机转速信号用于确定喷油量和点火提前角。

凸轮轴位置传感器又称为汽缸判别传感器 CIS(Cylinder Identification Sensor)和相位传感器。凸轮轴位置传感器的功用是采集配气凸轮轴的位置信号，识别 1 缸压缩上止点。

曲轴与凸轮轴位置传感器常见的安装位置有曲轴前端、凸轮轴前端、飞轮上、分电器内部等。

常见的曲轴与凸轮轴位置传感器根据其工作原理的不同可分为电磁感应式、霍尔式和光电式三种。

一、曲轴与凸轮轴位置传感器的结构与工作原理

1. 电磁感应式曲轴与凸轮轴位置传感器

电磁感应式曲轴与凸轮轴位置传感器主要结构有转子（即触发齿轮）、永久磁铁、铁心、感应线圈（如图 2-25 所示）。

2. 霍尔式曲轴与凸轮轴位置传感器

把一个通有电流的霍尔半导体基片（即霍尔元件）放置在与电流方向垂直的磁场中时，在垂直于电流和磁场的方向上就会产生一个微量电压，我们把该电压称为霍尔电压。霍尔电压 U_H 与通过的电流 I 和外加磁场的强度 B 成正比。

$$U_H = \frac{R_H}{d} I \cdot B$$

式中： R_H ——霍尔系数；

d ——霍尔基片的厚度。

霍尔式传感器有两个突出优点：一是输出电压信号近似于方波信号；二是输出电压高低与被测物体的转速无关。霍尔效应式传感器与电磁感应式传感器不同的是需要外加电源。

部分汽车（如切诺基（Cherokee）吉普车等）采用差动霍尔式传感器。差动霍尔式传感器又称双霍尔式传感器，其基本工作原理与霍尔式传感器相同，传感器的输出电压由两个霍尔信号叠加而成。

3. 光电式曲轴与凸轮轴位置传感器

光电式传感器主要由带有叶片的信号转子和包括发光二极管、光敏晶体管及放大整形电路的信号发生器所组成。

光电式传感器具有分度精度高、输出数字脉冲信号的优点，但也存在对使用环境要求较高的不足。

二、典型的曲轴与凸轮轴位置传感器

1. 丰田轿车电磁感应式曲轴与凸轮轴位置传感器

2. 上海桑塔纳轿车电磁感应式曲轴位置传感器和霍尔式凸轮轴位置传感器

（1）上海桑塔纳轿车电磁感应式曲轴位置传感器

（2）上海桑塔纳轿车霍尔式凸轮轴位置传感器

3. 切诺基轿车差动霍尔式曲轴位置传感器和霍尔式凸轮轴位置传感器

切诺基吉普车采用了差动霍尔式曲轴位置传感器，凸轮轴位置传感器为普通霍尔式传感器。

（1）切诺基吉普车差动霍尔式曲轴位置传感器

（2）切诺基吉普车霍尔式凸轮轴位置传感器

4. 日产轿车光电式曲轴与凸轮轴位置传感器

三、曲轴与凸轮轴位置传感器的工作电路

1. 电磁感应式曲轴与凸轮轴位置传感器的工作电路

2. 差动霍尔式曲轴位置传感器与霍尔式同步信号传感器的工作电路

3. 光电式曲轴与凸轮轴位置传感器的工作电路

四、曲轴与凸轮轴位置传感器的检测

1. 电磁感应式曲轴与凸轮轴位置传感器及其工作电路的检测

①检查传感器内线圈电阻。

②检查传感器的输出信号。

③检查磁隙。

④检查传感器连接导线。

2. 差动霍尔式曲轴位置传感器和霍尔式同步信号传感器及其工作电路的检测

①检查曲轴位置传感器的信号电压。

②检查曲轴位置传感器的电源电压。

③检查传感器的连接导线。

3. 光电式曲轴与凸轮轴位置传感器及其工作电路的检测

①拆下分电器（曲轴与凸轮轴位置传感器线束插接器应保持连接，无需拆开）。

②断开点火线，然后将点火开关置于 ON 位置。

③用手缓慢地转动分电器轴并用万用表检查信号输出端子与车身搭铁之间的电压，数值应在 5V~0V 之间摆动。若不符合，则应更换分电器总成（连同凸轮轴位置传感器一同更换）。

④目视检查曲轴与凸轮轴位置传感器信号转子盘是否积尘或损坏，必要时清洗或更换。

课题四 节气门位置传感器

节气门位置传感器的作用是把汽油机运转过程中节气门开度转换成电压信号。用于判别发动机工况（怠速工况、加速工况、减速工况、小负荷工况、大负荷工况等）。

一、节气门位置传感器的结构与工作原理

常见的节气门位置传感器有触点式、可变电阻式、触点与可变电阻结合式三种。

1. 触点式节气门位置传感器

触点式节气门位置传感器由转盘、活动触点、怠速触点、全开触点（功率触点）等组成。

在某些装备自动变速器的轿车上，采用多触点式节气门位置传感器（如图 2-49 所示），触点数目多，能更精确地反映发动机负荷的变化，以便于更加准确地控制自动变速器的换挡时刻和变矩器锁止离合器的锁止时刻。

2. 可变电阻式节气门位置传感器

可变电阻式节气门位置传感器由滑动电刷、电阻片组成。

3. 触点与可变电阻结合式节气门位置传感器

为使 ECU 更准确地得到节气门怠速位置信号，在可变电阻式节气门位置传感器的基础上增设了一个怠速触点，形成触点与可变电阻结合式节气门位置传感器。

二、节气门位置传感器的工作电路

节气门位置传感器的型式不同，其工作电路也有所不同。

三、节气门位置传感器的检测

1. 触点式节气门位置传感器的检测

①检查搭铁电路。

②检查工作电压。

③检查传感器。

2. 触点与可变电阻结合式节气门位置传感器的检测

①检查搭铁电路。

②检查工作电压。

③检查传感器。

课题五 温度传感器

常见的温度传感器按结构与物理性能不同可分为热敏电阻式、双金属片式、热敏铁氧体式、蜡式等。

双金属片式和蜡式温度传感器属于结构型传感器，热敏电阻式和热敏铁氧体式温度传感器属于物性（物理性能）型传感器。现代汽车广泛采用热敏电阻式温度传感器。

根据特性不同，热敏电阻可分为正温度系数（PTC）热敏电阻、负温度系数（NTC）热敏电阻、临界温度热敏电阻（CTR）。

一、冷却液温度传感器

冷却液温度传感器的作用是把冷却液温度转换为电信号。该信号输入 ECU 后用于：

①修正喷油量。

②修正点火提前角。

③冷启动时决定喷油量。

④影响怠速控制阀动作。

⑤影响怠速断油。

⑥影响废气再循环（EGR 控制）。

1. 冷却液温度传感器的结构

冷却液温度传感器的主要元件是负温度系数的热敏电阻。

2. 冷却液温度传感器的工作电路

3. 冷却液温度传感器的检测

(1) 检查冷却液温度传感器的电源电压

(2) 检查冷却液温度传感器的信号电压

(3) 检查冷却液温度传感器的工作特性

二、进气温度传感器

进气温度传感器的结构、工作原理与冷却液温度传感器相同，都是采用负温度系数的热敏电阻。

进气温度传感器的检测可参照冷却液温度传感器的检测方法进行。

课题六 氧传感器

氧浓度传感器作用就是把排气中氧的浓度转换为电压信号，ECU 根据氧浓度传感器输入的信号判断混合气的浓度，进而修正喷油量。

一、氧传感器的结构与工作原理

氧传感器根据内部敏感材料不同分为氧化锆式和氧化钛式两种。氧化锆式氧传感器又分为加热型和非加热型两种，氧化钛式氧传感器一般都是加热型传感器。

1. 氧化锆式氧传感器

氧化锆式氧传感器主要由锆管、电极、电极引线、金属保护套（管）、加热元件（仅指加热式氧传感器）、线束插接器等组成。

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，形成了一个微电池。其外电极为锆管负极，内电极为锆管正极。

如果没有外电极铂的催化作用使锆管外侧的氧离子急剧减小到 0，那么在浓混合气时就不会有接近 1.0V 的高电压信号，传感器的输出信号也不会在混合气由浓变稀时出现跃变现象，这正是使用铂电极的另一个重要因素。

氧化锆式氧传感器的工作状态与工作温度有着密切的关系。

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（ TiO_2 ）。二氧化钛在常温下的电阻值是稳定的，但当其表面缺氧时，其内部晶格会出现缺陷，电阻会大大降低。

二、氧传感器的工作电路

加热式氧传感器除去非加热式氧传感器的两条连接导线外，还有两条导线：一条是加热器的搭铁线（如图 2-69 所示），另一条是通过 ECU 主继电器供给加热器的电源线。

三、氧传感器的故障

氧传感器常见的故障有：氧传感器老化、氧传感器中毒、氧传感器破裂、氧传感器内部电热元件损坏、导线断开、氧传感器信号不正确等，其中传感元件老化和中毒是氧传感器失效的主要原因。氧传感器的传感元件受到污染而失效的现象称为氧传感器中毒，氧传感器中毒主要是指铅（Pb）中毒、硅（Si）中毒和磷（P）中毒。

1. 氧传感器老化

氧传感器老化的主要原因是传感元件局部表面温度过高。

2. 铅中毒

铅中毒是指燃油或润滑油添加剂中的铅离子与氧传感器的铂电极发生化学反应，导致催化剂铂的催化性能降低的现象。

3. 硅中毒

硅中毒是指硅离子与氧传感器的铂电极发生化学反应而导致催化剂铂的催化性能下降的现象。

4. 磷中毒

磷中毒是指各种磷化物污染氧传感器的现象。

在由于汽车发动机上不可避免地存在铅离子、硅离子、磷离子，而且氧传感器必须安装在排气管上且必须在高温下工作，因此传感器（氧化锆式或氧化钛式）中传感元件的中毒和老化也都是不可避免的，所以，氧传感器应当按规定的行驶里程（一般为 80000km）进行更换。

四、氧传感器的检测

1. 检查氧传感器的加热元件

2. 检查氧传感器加热元件工作电路

3. 检查氧传感器的工作情况
4. 检查氧传感器

课题七 爆震传感器

爆震传感器的作用是把发动机爆震信号转换为电信号输入发动机 ECU。该信号输入 ECU 后用于控制点火提前角，使发动机在最接近爆震的时刻点火。

检测发动机爆震的方法有三种：检测发动机燃烧室压力、检测发动机缸体振动、检测燃烧噪声。

一、爆震传感器的结构与工作原理

爆震传感器按检测方式不同可分为共振型与非共振型两种；按结构不同可分为磁致伸缩式和压电式两种。

1. 磁致伸缩式爆震传感器

磁致伸缩式爆震传感器属共振型传感器。磁致伸缩式爆震传感器主要由感应线圈、铁心、永久磁铁和传感器外壳等组成。

2. 压电式爆震传感器

压电式爆震传感器是利用压电效应制成的。压电效应是指某些晶体（如石英、压电陶瓷等）在某一定方向受压（或受拉）产生变形时，在晶体内部产生极化现象，并在其两个表面出现异性电荷；当去掉外力后，又重新回到不带电的状态，这种现象就称为压电效应。

压电式爆震传感器按检测缸体振动频率的方式不同，又可分为共振型与非共振型。

（1）共振型压电式爆震传感器

共振型爆震传感器的主要元件是压电元件与振荡片。

共振型爆震传感器输出的信号电压高，不需要专门的滤波器，信号处理比较方便。但由于共振型爆震传感器的共振频率必须与发动机燃烧时的爆震频率匹配（即产生共振），因此共振型爆震传感器只能用于指定型号的发动机（因为各种发动机有自己特定的共振频率），互换性差。

（2）非共振型压电式爆震传感器

非共振型压电式爆震传感器的主要元件是惯性配重和压电陶瓷元件。

非共振型压电式爆震传感器是以接收加速度信号的形式来判断爆震是否产生。配重将振动引起的加速度转换成作用于压电元件上的压力。

非共振型爆震传感器输出的信号电压小、平缓，必须将输出信号输送至带通滤波器中，判断爆震是否发生。带通滤波器一般由线圈和电容器组成，他只允许特定频带的信号通过，对其他频带的信号进行衰减。

非共振型爆震传感器的适用范围广，当用在不同类型的发动机上时，只需将带通滤波器的过滤频率进行调整即可，无需更换传感器，这是非共振型爆震传感器的优点。

二、爆震传感器的工作电路

桑塔纳 2000GSI 轿车 AJR 发动机上压电式爆震传感器每两个缸共用一个爆震传感器，1、2 缸共用一个传感器，安装在汽缸体进气管侧 1、2 缸之间，3、4 缸共用一个传感器，安装在汽缸体进气管侧 3、4 缸之间。2 个传感器的屏蔽线直接搭铁。

三、爆震传感器的检测

①传感器线束的检测。

②传感器输出信号的检测。

在安装爆震传感器时，应特别注意扭紧力矩。

课题八 开关量信号

开关量信号是表示发动机处于某种状态的定性参数，以是或否的方式传输到 ECU。ECU 控制需要的主要开关量信号有点火开关信号、启动信号、空挡启动开关信号、空调开关信号等。

一、点火开关信号

点火开关信号 IGN 是表示点火开关接通的信号。

ECU 据此将控制进行以下动作：

①怠速控制阀进入预先设定位置；

②根据空气流量或歧管压力、大气压力和进气温度传感器信号，确定基本喷油时间；

③根据冷却液温度传感器信号，计算修正喷油时间和点火时刻；

④监测节气门位置传感器信号；

⑤接通电动汽油泵电路使油泵运转。如果不启动发动机，ECU 控制油泵工作 1~2s 后切断电动汽油泵电路。

⑥接通氧传感器加热元件电路，对氧传感器进行加热。

二、启动信号

启动信号 STA 是表示发动机启动开关是否处于接通状态的信号。

确定发动机处于启动状态，便按启动程序控制喷油。

三、空挡启动开关信号

空挡启动开关信号 NSW 又称停车/空挡开关，是表示自动变速器挡位选择开关所处位置的信号。

在装有自动变速器（A/T）汽车车上，空挡启动开关只有处于 P 或 N 位时才能启动发动机。

四、空调开关信号

空调开关信号 A/C 是表示空调压缩机是否进入工作状态的信号。当发动机处于怠速工况时，ECU 根据空调压缩机是否工作来调整发动机怠速转速。

模块三 发动机 ECU

发动机 ECU 主要由输入回路（包括模拟/数字转换器）、单片微型计算机、输出回路等组成。

一、输入回路

输入回路的作用是对输入信号进行预处理。预处理的主要内容是先将传感器输入信号中的杂波去除掉、正弦波转变为矩形波，然后再将其转换成输入电平。

传感器输出的信号有模拟信号和数字信号两种。信号电压随时间连续变化的信号称为模拟信号。信号电压不随时间连续变化信号称为数字信号。

二、单片微型计算机

单片微型计算机是将中央处理器 CPU（Central Processing Unit）、存储器 M（Memory）、定时器/计数器、输入/输出（I/O）接口电路等主要计算机部件集成在一块集成电路芯片上的微型计算机。

1. 中央处理器

中央处理器主要由运算器、控制器和寄存器构成。

2. 存储器

存储器用于存储程序和数据。存储器一般分为两种：RAM 和 ROM。

3. 输入/输出接口（I/O）

输入/输出接口（I/O）的主要功能有数据匹配、电平匹配、时序匹配、频率匹配等。

4. 总线

所谓总线就是 CPU 与其他部件之间传送数据、地址和控制信息的公共通道。

ECU 中的总线包括数据总线（Data Bus）、地址总线（Address Bus）和控制总线（Control Bus）。

三、输出回路

输出回路的作用是将微机输出的控制指令转换成能够驱动执行器工作的控制信号。

四、ECU 的工作原理

模块四 燃油供给控制

燃油供给系统的作用是以确定的压力差向发动机进气总管或进气歧管内喷入清洁、雾化良好的燃油。

燃油供给系统由油箱、电动汽油泵、汽油滤清器、燃油压力调节器、喷油器和冷启动喷油器等组成。

课题一 燃油压力调节器和电动汽油泵

一、燃油压力调节器

燃油压力调节器的作用是自动调节燃油压力，使燃油供给系统的压力（即系统油压）与进气歧管压力之差保持在恒定值（一般为 $0.25\sim 0.3\text{MPa}$ ）。油路中安装燃油压力调节器后，就可实现 ECU 对喷油量的精确控制。

1. 燃油压力调节器的结构及工作原理

燃油压力调节器一般安装在分配油管（供油总管）的一端。其进油口和分配油管相连，回油口接回油管，真空管接口通过一个软管和进气歧管相连。

金属壳体内的一膜片将其内腔分为两个腔室：真空气室和燃油室。真空气室内装有压缩弹簧，压缩弹簧压在膜片上，真空气室通过真空管和进气歧管相通。燃油室设有进油口与回油口，二者之间的通道由回油阀控制。

二、电动汽油泵

电动汽油泵的作用是将燃油从油箱吸出，并以足够的泵油量和泵油压力向燃油系统供油。汽油泵的泵油量大于发动机耗油量的目的有两个：一是防止发动机供油不足；二是有利于供油系散热，防止油路产生气阻。

电动汽油泵常见的安装位置有两种：安装在油箱内和油箱外的供油管路上。

内装式电动汽油泵通过支架固定在大油箱的顶部

1. 电动汽油泵的结构与工作原理

常用的电动汽油泵有涡轮式、滚柱式、转子式三种。

（1）涡轮式电动汽油泵

涡轮式电动汽油泵主要由永磁电动机、涡轮泵、单向阀、限压阀等组成。涡轮泵的压力升高率不高，适用于低压大流量的场合，一般供油压力为 $0.25\sim 0.5\text{MPa}$ 。涡轮泵工作时噪声低、振运小、磨损小，所以工作寿命及可靠性都比较好。

在汽油泵的出油口设有单向阀，又叫止回阀。

（2）滚柱式电动汽油泵

滚柱式电动汽油泵主要由永磁式电动机、滚柱式油泵、单向阀、溢流阀等组成。

在滚柱式汽油泵出口处设有缓冲器，以减小出油口处的油压脉冲和运转噪声。

输送的汽油都从电动机中流过，对电动机的线圈、轴承以及油泵本身都起着润滑和冷却作用，因此，在无油情况下绝对禁止运转电动汽油泵。

（3）转子泵

转子泵是一种容积式增压泵。由带有若干个外齿的主动齿轮和比主动齿轮多一个内齿的从动齿轮及油泵壳体等组成。

2. 电动汽油泵的控制电路

电动汽油泵的控制电路一般具有下列功能：

- ①预运转功能。
- ②启动运转功能。
- ③恒速运转功能。
- ④变速运转功能。
- ⑤自动停转保护功能。

（1）由点火开关和油泵开关共同控制的油泵控制电路

（2）由点火开关和 ECU 共同控制的油泵控制电路

(3) 由发动机 ECU 和油泵 ECU 共同控制的油泵控制电路

(4) 由发动机 ECU 单独控制的油泵控制电路

课题二 燃油供给系统的检测与诊断

一、检测燃油供给系统时注意事项

①拆卸油管前，应先释放油压。

②燃油系统维修后应检查有无漏油处。

二、汽油泵工作情况的检查

①用连接线将检查连接器上的十 B 和 FP 端子连接起来。

②再将点火开关置于“ON”但不要启动发动机。

③检查燃油滤清器的进油软管处，正常时用手指能感觉到油压，也应能听到燃油回流声音。

三、燃油压力的检查

燃油压力的检查内容包括静态油压、动态油压、保持油压三项。检查时，蓄电池电压应不低于 12V。

1. 静态油压的检查方法

把油压表接到总输油管上。

2. 动态油压的检查方法

从油压调节器上拆下真空管，并用塞子塞住管口。

3. 保持油压的检查方法

启动发动机，并让其运转一段时间，然后熄火。检查其油压是否能保持 5 分钟而不降低。

四、汽油泵的检测

①检查汽油泵线圈电阻。

②检查汽油泵的工作情况。

五、汽油泵 ECU 的检测

六、开路继电器的检测

七、汽油泵及其控制电路的故障诊断

模块五 汽油喷射控制

汽油喷射控制其实就是喷油器的控制，包括喷油正时控制和喷油量控制。

课题一 喷油器

通过控制喷油器可以实现喷油量和喷油正时控制。其中喷油正时控制包括喷油顺序和喷油时刻控制。

一、喷油器的基本结构

喷油器实际上是一个电磁阀，主要由喷油器体、衔铁、针阀、电磁线圈、回位弹簧等组成。

二、喷油器的种类和驱动电路

1. 按喷油器针阀的结构分类

按喷油器针阀的结构特点，喷油器可分为轴针式喷油器和孔式喷油器。

轴针式喷油器汽油的雾化质量比孔式喷油器稍差一些。另外，针阀的质量比较大，动态响应特性不如采用球阀式的孔式油器。

孔式喷油器的针阀端部有锥形或球形两种形状。采用球形端部的喷油器，通常称为球阀式喷油器。球阀本身具有自动定心作用，因此导杆较短，质量较小，具有较好的密封性和动态响应性。

按喷孔的数目，喷油器可分为单孔式、双孔式及环孔式。

2. 按喷油器电磁线圈的电阻值分类

喷油器按其电磁线圈的电阻值大小又可分为低阻喷油器和高阻喷油器。低阻喷油器电磁线圈的线径较粗，匝数较少，电阻值较小，一般为 $0.6\sim 3\Omega$ 。高阻喷油器采用线径较细，匝数较多的电磁线圈（或内装附加电阻），电阻较大，约为 $12\sim 17\Omega$ 。由于本身的电阻较大，因此存在着迟滞时间较长、动态响应特性较差的不足。

3. 喷油器的驱动电路

喷油器的驱动电路有两种：电压驱动电路和电流驱动电路。

（1）电压驱动电路

所谓电压驱动电路就是通过控制喷油器的工作电压来控制喷油器工作的电路。

在电压驱动式电路中使用高电阻喷油器时，可将蓄电池电压直接加在喷油器上。

使用低电阻喷油器时，则应在电压驱动电路中串入附加电阻，将蓄电池电压分压后加在喷油器上。

（2）电流驱动电路

所谓电流驱动式电路就是指通过控制喷油器电流来控制喷油器工作的电路。

课题二 汽油喷射控制过程

一、喷油正时控制

喷油正时控制是指 ECU 对喷油开始时刻的控制。在连续汽油喷射系统中，喷油器在发动机运行期间连续不断地喷射燃油，这种喷射方式不需要考虑喷油定时和各缸的喷油顺序。在间歇汽油喷射系统中，喷油正时控制有同步喷射和异步喷射两种控制方式。

同步喷射方式的喷射开始时刻与曲轴转角位置有关，ECU 根据曲轴的转角位置信号输出喷油脉冲信号，在固定的曲轴转角开始喷油。同步喷射方式按喷油时序不同，又可分为同时喷射、分组喷射和顺序喷射。

异步喷射方式的喷射开始时刻与曲轴转角位置无关，ECU 根据需要进行异步喷射的信号或过程输出喷油脉冲信号。因此，异步喷射方式是一种临时的补偿性喷射，是同步喷射的补充。

二、喷油量控制

喷油量的控制其实就是喷油器喷油持续时间的控制。

一般地，喷油量的控制方式可分为启动时喷油量控制、启动后喷油量控制。

1. 启动时喷油量控制

ECU 首先根据曲轴位置传感器、点火开关和节气门位置传感器输送的信号判断发动机是否处于启动工况，以便决定发动机是否按启动程序控制喷油；然后根据冷却液温度传感器信号确定基本喷油量。

2. 启动后喷油量控制

通常把喷油量分成基本喷油量、喷油修正量、喷油增量三部分，最后以这三部分之和作为总喷油量。

（1）基本喷油量

基本喷油量是发动机每个工作循环的喷油量，由空气流量传感器信号或进气歧管压力传感器信号、曲轴位置传感器信号以及试验设定的空燃比（即目标空燃比）计算确定。

$$\text{基本喷油量} = \text{每循环进气量} \div (A/F)_{\text{目标}} = \frac{\text{空气流量}}{\text{发动机转速}} \div (A/F)_{\text{目标}}$$

（2）喷油修正量

喷油修正量由与进气量有关的进气温度传感器信号、大气压力传感器信号、氧传感器信号和蓄电池电压信号计算确定。修正量的大小用修正系数表示：

$$\text{修正系数} = \frac{\text{修正后的喷油量}}{\text{基本喷油量}}$$

- ①进气温度修正。
- ②大气压力修正。
- ③蓄电池电压修正。
- ④空燃比反馈修正。

（3）喷油增量

喷油增量由反映发动机工况的节气门位置传感器信号、冷却液温度传感器信号和点火开关信号等计算确定。当发动机运行工况发生变化（运行在某些特殊工况下）时，需要在基本喷油量的基础上额外增加一部分喷油量，以加浓混合气。

$$\text{增量比} = \frac{\text{基本喷油量} + \text{增量}}{\text{基本喷油量}}$$

- ①低温启动后。
- ②暖机过程。
- ③加速工况。

3. 空燃比自学习控制

空燃比自学习控制可以消除由于制造因素和使用因素造成的误差，提高混合气空燃比的控制精度。

三、断油控制

断油控制主要有超速断油控制、减速断油控制、减扭断油控制。

1. 超速断油控制

当发动机转速达到 ECU 设定的最高转速时，ECU 会控制喷油器暂时中断喷油，以防止超速运转而损坏机件，待发动机转速降低到规定值时，ECU 控制喷油器又恢复喷油。如此循环，即可防止发动机转速无限止上升，这就是超速断油控制。

2. 减速断油控制

减速断油控制是指发动机在高速运转过程中突然减速时，ECU 将自动控制喷油器中断燃油喷射。

当在发动机运转过程中突然松开油门踏板减速且满足如下条件时，ECU 会控制喷油器停止喷油，即实行减速断油。

- ①节气门位置传感器怠速开关接通；
- ②发动机转速高于 ECU 内存的设定值（燃油停供转速）；
- ③发动机冷却液温度达到正常工作温度。

待发动机转速下降到规定值时，ECU 又控制喷油器恢复供油。停止与恢复供油的转速与发动机冷却液温度、外加负荷有关。

3. 减扭断油控制

课题三 汽油喷射系统的检测与诊断

一、喷油器的检测

1. 喷油器的就车检查

- ①检查喷油器的工作情况。
- ②检查喷油器的电阻。

2. 喷油器的车下检查

- ①检查喷油量。
- ②检查漏油。

二、燃油切断转速的检查

- ①运转发动机，使其冷却液温度达到正常值。

②使发动机转速达到 2500r/min 以上，这时可听到喷油器的工作声音，也可用手指来感觉，然后放开油门。在放开油门的短时间内喷油声应停止，接着又恢复。恢复供油转速为 1400r/min。

三、汽油喷射系统的故障诊断

模块六 点火控制

点火控制包括点火时刻控制和点火导通角控制。

课题一 微机控制点火系

微机控制点火系主要由传感器、ECU、点火控制器及点火线圈等组成。

微机控制点火系按高压电的分配方式可分为机械配电方式和电子配电方式。机械配电方式的点火系称为分电器点火系(Distributor Ignition, 简称DI), 电子配电方式的点火系称为无分电器点火系((Distributorless Ignition, 简称DLI))。

一、分电器点火系

丰田皇冠 3.0 轿车 2JZ-GE 发动机采用分电器点火系, 主要由配电器、曲轴位置传感器两部分组成。

二、无分电器点火系

无分电器点火系能够将点火线圈产生的高压电不经过配电器直接送到火花塞, 因此无分电器点火系又叫直接点火系。

无分电器点火系采用两种类型的电子配电方式: 同时点火方式和单独点火方式。

1. 同时点火方式

同时点火方式即两个汽缸共用一个点火线圈, 该点火线圈的高压电同时送往两缸火花塞, 同时跳火。同时跳火的两缸应满足如下条件: 当一缸处于压缩行程上止点时, 另一缸处于排气行程上止点。处于压缩缸的点火为有效点火, 处于排气缸的点火为无效点火。

同时点火的高压配电方式又可分为二极管分配方式和点火线圈分配方式两种。

(1) 二极管分配方式

二极管分配方式点火线圈的主要结构特点是: 二个初级绕组、一个次级绕组(4缸发动机), 每个次级绕组的两端分别通过高压二极管与4个火花塞形成回路。

(2) 点火线圈分配方式

每个点火线圈向配对的两个火花塞供电。点火控制器中功率三极管的数量与点火线圈的数量相同, 每个功率三极管控制一个点火线圈的工作。

丰田皇冠轿车无分电器同时点火系, 其主要组成是曲轴位置传感器、发动机ECU、点火控制器、点火线圈和火花塞等。

在次级电路中串联高压二极管后, 由于二极管具有正向导通和反向截止的特性, 初级电路导通时产生的1000V电压被二极管反向截止, 火花塞就不会误跳火。当初级电路截止时, 产生的高压会使二极管正向导通, 使火花塞正常跳火。

2. 单独点火方式

单独点火方式就是一个汽缸配一个点火线圈，该点火线圈产生的高压电只送往这一个缸。

课题二 点火控制过程

点火系的控制包括点火时刻控制和点火导通角控制。

一、点火时刻控制

点火时刻控制就是点火提前角控制。ECU 根据各传感器输入的信号，从存储器中选出基本点火提前角，并根据各参数进行修正，然后根据曲轴与凸轮轴位置传感器的输入信号适时控制大功率晶体管截止，使初级电流中断，火花塞点火。

基本点火提前角的主要影响因素是发动机转速和负荷。

实际点火提前角的控制模式因厂家而异。

1. 日产汽车点火提前角的控制模式

日产汽车点火提前角采用三种控制模式：

（1）正常行驶时控制模式

当节气门位置传感器怠速触点打开时，ECU 就控制进入正常行驶时点火提前角的控制模式，这时，点火提前角为：

实际点火提前角=基本点火提前角×冷却液温度修正系数。

基本点火提前角由 ECU 根据发动机转速和负荷信号从存储器中确定。

冷却液温度修正系数由 ECU 根据冷却液温度传感器输出的信号确定。

（2）怠速及减速时控制模式

当节气门位置传感器的怠速触点闭合时，ECU 就控制进入怠速或减速时点火提前角的控制模式。该模式下的点火提前角由 ECU 根据发动机转速、冷却液温度与车速决定。

（3）启动控制模式

当启动开关接通时，ECU 就控制进入启动控制模式。

2. 丰田汽车点火提前角的控制模式

实际点火提前角=固定点火提前角+基本点火提前角+修正点火提前角

（1）固定点火提前角

固定点火提前角又称初始点火提前角。

①发动机启动时，发动机转速变化大，无法正确计算点火提前角；

②发动机转速在 400r/min 以下时；

③当 T 端子短路或节气门位置传感器怠速触点闭合且车速在 2km/h 时；

④当发动机 ECU 内后备系统开始工作时。

（2）基本点火提前角

基本点火提前角按两种情况确定：怠速时基本点火提前角和正常行驶时基本点火提前角。

怠速时基本点火提前角就是指节气门位置传感器怠速触点闭合时的基本点火提前角。。

正常行驶时基本点火提前角就是指节气门位置传感器怠速触点打开时的基本点火提前角。

（3）修正点火提前角

修正点火提前角包括暖机修正、怠速稳定性修正、爆震反馈修正等。

①暖机修正：暖机修正就是指节气门位置传感器怠速触点闭合时 ECU 根据冷却液温度对点火提前角进行修正。

②怠速稳定性修正：怠速稳定性修正就是为了保证发动机怠速运转平稳而对点火提前角进行的修正。

③爆震反馈修正。

最理想的点火时刻是即将产生爆震燃烧时刻。

根据爆震传感器检测爆震的方法不同，ECU 对爆震传感器输入信号的处理和判别方法也有所不同。

对于共振检测方法，ECU 首先把输入信号的最大值与爆震强度基准值进行比较。

对于频率检测方法，ECU 首先对输入信号进行滤波处理，把爆震发生时的机体壁面振动信号与其他机械振动信号分离开来。

对于不需要对发动机进行爆震反馈控制的运行工况（如启动工况、带故障运行工况等），ECU 对点火提前角实行开环控制。

（4）最大和最小点火提前角控制

若 ECU 计算出的实际点火提前角超出规定范围，则以其最大极限或最小极限值作为实际点火提前角。

二、点火导通角的控制

点火导通角是指点火线圈初级电路功率三极管导通期间发动机曲轴转过的角度。点火导通角的控制方法为：ECU 首先根据电源电压从预先试验存储在存储器中的导通时间脉谱图中查询初级电路导通时间，然后根据发动机转速计算出点火导通角。

当次级电压（即火花塞的击穿电压）一定时，应根据蓄电池端电压来调整初级电路的导通时间（如图 6-18 所示）。

课题三 点火系的故障诊断

模块七 怠速控制

怠速控制就是发动机怠速转速的控制。

课题一 怠速控制装置

怠速控制装置是通过控制进入汽缸的空气量来调整发动机怠速的。按照其控制方式不同，可将怠速控制装置分为节气门直动式怠速控制机构和旁通气道式怠速控制阀。

一、节气门直动式怠速控制机构

节气门直动式怠速控制机构主要由直流电动机、减速齿轮、丝杠等组成。

二、旁通气道式怠速控制阀

常见的旁通气道式怠速控制阀有电磁式怠速控制阀、旋转滑阀式怠速控制阀、步进电机式怠速控制阀三种。

1. 电磁式怠速控制阀

根据其控制信号不同，可将电磁式怠速控制阀分为两类：占空比型电磁式怠速控制阀和开关型电磁式怠速控制阀。

（1）占空比型电磁式怠速控制阀

占空比型电磁式怠速控制阀主要由电磁线圈、衔铁、阀心等组成。

ECU 向占空比型电磁式怠速控制阀输出的控制信号为占空比型。所谓占空比是指在一个信号周期内高电平时间所占的比率。

（2）开关型电磁式怠速控制阀

开关型电磁式怠速控制阀的结构和占空比型电磁式怠速控制阀类似，只是 ECU 控制信号为开关信号。

2. 旋转滑阀式怠速控制阀

旋转滑阀式怠速控制阀主要由永久磁铁、电枢、旋转滑阀等组成。

3. 步进电机式怠速控制阀

步进电机式怠速控制阀主要由转子、定子、进给丝杆以及阀门等组成。

每输入一个脉冲信号使电机转动的角度称为步进电机的步进角。

三、怠速控制阀的控制电路

1. 电磁式怠速控制阀的控制电路
 - (1) 占空比型电磁式怠速控制阀的控制电路
 - (2) 开关型电磁式怠速控制阀的控制电路
2. 旋转滑阀式怠速控制阀的控制电路
3. 步进电机式怠速控制阀的控制电路

课题二 怠速控制过程和控制内容

怠速控制的实质就是控制发动机怠速时的进气量。

一、怠速控制过程

ECU 根据节气门位置传感器的怠速开关信号（节气门全关信号）、车速信号判断发动机是否处于怠速状态，然后，根据冷却液温度、空调开关及动力转向开关等传感信号，在存储器中存储的数据中查找出该工况下的目标转速（即能稳定运转的怠速转速），再与发动机转速传感器输送来的实际转速进行比较，计算出转速差值，最后通过怠速控制阀调节怠速时的进气量，进而调整发动机怠速转速。

二、怠速控制内容

怠速控制的内容一般包括启动初始位置控制、启动控制、暖机控制、负荷变化控制等。

1. 启动初始位置控制

在点火开关断开时，ECU 将控制怠速控制阀处于全开状态。

2. 启动控制

在启动过程中，当发动机转速达到由冷却液温度确定的目标转速时，ECU 控制步进电机转动，使怠速控制阀逐渐关小到与冷却液温度相对应的开度。

3. 暖机控制

在发动机启动后的暖机过程中，ECU 将根据冷却液温度传感器信号确定步进电机步进的位置。

4. 负荷变化控制

发动机怠速负荷变化，就控制步进电机转动，预先把怠速控制阀开大或关小一个固定的距离，以提高

发动机的怠速稳定性。

课题三 怠速控制系统的检测与诊断

一、怠速控制阀的检测

1. 旋转滑阀式怠速控制阀的检测
2. 步进电机式怠速控制阀的检测
 - (1) 车上检查步进电机
 - (2) 车下检查步进电机

二、怠速控制系统的故障诊断

怠速控制系统的常见故障有：怠速不稳、怠速失常、怠速过高或过低、无冷车快怠速、无空调快怠速等。发生故障的主要原因是阀门卡滞、脏堵、漏气（垫片、密封胶圈）、插接器松动、怠速控制阀及 ECU 故障、无工作电压等。

模块八 燃油蒸气排放控制

燃油蒸气排放控制系统又称为燃油蒸气回收系统，其作用是将汽油箱的汽油蒸气收集到活性炭罐，然后适时导入进气歧管。

一、燃油蒸气排放控制系统

燃油蒸气排放控制系统主要由活性炭罐、活性炭罐电磁阀、通风管和 ECU 等组成，如图 8-1 所示。

二、燃油蒸气排放控制过程

当发动机工作时，进气歧管内的压力将低于大气压力，产生使燃油蒸气向进气管流动的压差 Δp 。

发动机工况改变时，ECU 会改变输送给活性炭罐电磁阀的脉冲信号的占空比，改变活性炭罐电磁阀的开度的大小。

三、燃油蒸气排放控制系统的检测与诊断

1. 活性炭罐电磁阀的检测

①检查活性炭罐电磁阀电磁线圈的电阻值。

②检查活性炭罐电磁阀的工作情况。

2. 燃油蒸气排放控制系统的故障诊断

模块九 废气再循环控制

废气再循环（英文全称为 Exhaust Gas Recirculation，简称 EGR）是将排气管中的一部分废气引入到进气管，被再次吸入汽缸进行循环。

一、废气再循环控制系统

燃烧温度对 NO_x 的生成有非常重要的影响。降低燃烧温度可以降低 NO_x 的排放量。

废气再循环率（简称 EGR 率）的定义：

$$EGR率 = \frac{EGR气体流量}{吸入空气量 + EGR气体流量} \times 100\%$$

对于大多数发动机，废气再循环的 EGR 率控制在 6%~15% 范围内。

二、废气再循环控制过程

在发动机启动时，停止废气再循环系统的工作。

当节气门开关接通时，发动机处于怠速或大负荷工况，废气再循环系统停止工作。

发动机温度低时，废气再循环系统不工作。

当发动机转速低于 900r/min 时，应停止废气再循环系统的工作。

当发动机转速高于 3200r/min 时，发动机处于大负荷工况，应停止废气再循环系统的工作。

除去上述各工况外，使废气再循环系统工作。

三、废气再循环控制系统的检测与诊断

1. 废气再循环控制阀的检测

2. 废气再循环电磁阀的检测
3. 废气再循环系统的故障诊断

模块十 进气控制

课题一 谐波增压进气控制

谐波增压进气系统（Acoustic Control Induction System，简称 ACIS）又称惯性增压进气系统，该系统利用进气流惯性产生的压力波来提高充气效率。

一、谐波增压进气系统

丰田 2JZ-GE 发动机的进气系统主要由真空罐、电磁真空阀（VSV，又叫电磁真空通道阀）、真空马达、进气谐波增压阀（IACV，又叫进气增压控制阀）组成。

进气管长度长时，压力波波长长，可使中低速转速区扭矩增大；进气管长度短时，压力波波长短，可使高速转速区功率增大。

另一种改变进气管有效长度的方法是通过控制变换阀的开或关，改变进气管的有效长度。

二、谐波增压进气系统的控制过程

在丰田 2JZ-GE 发动机谐波增压进气系统中，ECU 通过控制电磁真空阀的搭铁电路来控制进气系统的工作。

三、谐波增压进气系统的检测

1. 检查谐波增压进气系统的工作情况
2. 检查真空马达
3. 检查真空罐
4. 检查电磁真空阀
 - （1）检查电磁真空阀线圈有无短路或断路
 - （2）检查电磁真空阀的工作情况

课题二 汽油机废气涡轮增压控制

废气涡轮增压发动机是最常用的增压发动机。

大众汽车 1.4TSI 汽油发动机集废气涡轮增压技术、缸内直喷技术于一体，实现了高功率、高扭矩和低油耗、低排放。

汽油机电控废气涡轮增压控制系统主要由释压电磁阀 1、气动执行器 2、旁通阀 3 及增压器 4 等组成。

废气涡轮增压的缺点是废气涡轮有一定的惯性，会出现供气滞后现象，加速性不好。采用小型高速增压器，也能够一定程度上改善了供气滞后现象。

课题三 可变配气相位控制

合理选择配气正时，提高充气效率，是提高发动机性能的一个重要手段。可变配气相位又称可变气门正时，它是通过液压和齿轮传动机构，根据发动机的需要动态调节气门正时。可变气门正时不能改变气门开启持续时间，只能控制气门提前打开或推迟关闭的时刻。

一、丰田智能可变气门正时系统

丰田智能可变气门正时系统 VVT-i 是 Variable Valve Timing-intelligent 的缩写，是一种控制进气凸轮轴气门正时的机构。通过调整凸轮轴转角对气门正时进行优化。

丰田智能可变气门正时系统 VVT-i 由 VVT-i 控制器、凸轮轴正时机油控制阀和传感器三部分组成。

VVT-i 控制器由固定在进气凸轮轴上的叶片、与从动正时链轮一体的壳体以及锁销组成。

凸轮轴正时机油控制阀由用来转换机油通道的滑阀、用来控制移动滑阀的线圈、柱塞及回位弹簧组成。

当气门正时需要提前时，控制总油压通过提前油路作用到气门正时提前室，使叶片与凸轮轴一起向正提前方向转动，气门正时被提前。

当气门正时需要滞后时，控制总油压通过滞后油路作用到气门正时滞后室，使叶片与凸轮轴一起向正滞后方向转动，气门正时被滞后。

二、本田可变气门正时和气门升程电子控制系统

本田可变气门正时和气门升程电子控制系统 VTEC 是 Variable Valve Timing and Lift Electronic Control System 的缩写，是一个能控制气门开闭时间及升程的气门控制系统。

本田轿车 VTEC 机构由主进气摇臂、辅助进气摇臂、中间进气摇臂以及正时活塞、同步活塞 A、同步活塞 B、油压控制电磁阀（又叫 VTEC 电磁阀）等组成。两进气门分别由主进气摇臂、辅助进气摇臂以及两个单独的不同升程和不同相位的凸轮驱动。主进气摇臂和辅助进气摇臂之间装有中间进气摇臂，中间进气摇臂由中间凸轮驱动，中间进气摇臂不直接与气门接触，但主、辅助、中间进气摇臂三者可以靠同步活塞的移动而联动。中间进气凸轮的升程最大，主进气凸轮次之，辅助进气凸轮最小（最高处略高于基圆）。

当发动机低速运转时，发各摇臂可独立摆动，互不影响。中间进气摇臂处于“空摆”状态，不起作用。只有主进气门以正常的升程工作，而辅助进气门只处在稍微开启状态，以防止喷油器喷出的燃油积聚在气门口处而不能进缸，使发动机处于“单进双排”的工作状态。

当发动机转速达到 2300~3200r/min、车速高于 10km/h、发动机冷却液温度高于 60℃、节气门开度达到 25%以上时，主进气摇臂、中间进气摇臂、辅助进气摇臂连在一体。由于中间进气凸轮的升程最大、相位角最大，使主、辅助进气门由中间进气摇臂带动同步工作，使发动机处于“双进双排”的工作状态。

模块十一 故障自诊断

课题一 故障自诊断系统

一、故障自诊断的工作原理

故障自诊断系统的作用是监测、诊断电子控制系统各传感器、执行器以及电子控制单元（即 ECU）的工作是否正常。

故障自诊断系统对故障的判断方法有三种判别模式：数值及特征比较判别模式、反馈信号监测判别模式、状态判别模式。

1. 数值及特征比较判别模式

一般地，大多数传感器采用数值及特征比较判别模式。对输入信号值或输入信号特征与标准值或标准特征进行比较。

2. 反馈信号监测判别模式

反馈信号监测判别模式主要用于执行器的故障判别。重要执行器每工作一次都向自诊断系统的监测回路输出一个反馈信号，若监测回路多次重复没有接受到该执行器的反馈信号，则系统判断为执行器故障。

3. 状态判别模式

状态判别模式主要用于微型计算机故障的判断。如计算机出现内存溢出，或计算机不能定时对内存进行清除，则系统判断为计算机故障，同时启动备用系统，以三种固定状态控制发动机运转。

二、故障信息的读取

1. 故障指示灯显示
2. 自诊断接口输出
3. 仪表板显示屏直接显示

三、故障自诊断系统的故障诊断

1. 发动机故障指示灯的检查
2. 故障自诊断系统的故障诊断方法

课题二 第二代车载诊断系统

第二代车载诊断系统的英文全称为 ON-BOARD DIAGNOSTICS-II，简称 OBD-II。

按照 OBD—II 标准设计的故障自诊断系统，采用了统一的诊断模式和统一的诊断插座、相同的数据信息和故障码及含义。

OBD II 与它之前的所有车载自诊断系统不同之处在于其严格的排放针对性。OBD-II 的主要目的是不间断地监控、测试车辆的排放系统。当车辆排放的尾气超过规定标准的 1.5 倍时，故障指示灯（MIL）就会闪亮，并贮存相应的故障码。这包括发动机随机缺火时引起的 HC 排放量的整体上升；催化转换器的净化效率下降到某个限值之下；系统探测出密封的燃油系统有空气泄漏；EGR 系统的故障引起 NOx 排放量上升；某个关键传感器或其他排放控制装置失效等情况。

一、OBD-II 的主要特点

OBD-II 有如下的主要特点：

- ①统一诊断座形状，为 16pin (针)，装在驾驶室内，驾驶侧仪表板下方。
- ②具有数值分析资料传输功能（DATA LINK CONNECTOR-DLC）。
- ③统一故障代码及意义。
- ④具有行车记录器功能，能记录车辆行驶过程的有关数据资料。
- ⑤具有重新显示记忆故障码功能。
- ⑥具有可由仪器直接清除故障码功能。

二、故障码的读取

- ①用原厂提供的专用仪器或解码器。
- ②用跨接线的方法来读取故障码。
- ③用带有发光二极管的导线跨接。
- ④用其它方法读取故障码

三、故障码的清除

- ①使用专门的故障诊断仪（如 Tech 2）清除。
- ②卸掉 ECU 的总保险丝或断开蓄电池接线。
- ③如果产生故障信息的故障已被排除，诊断系统将重新对暖机过程计数。所谓暖机是指发动机所经历的从冷启动到暖机至 70℃ 的过程。

课题三 典型车型故障自诊断

自诊断法就是利用 ECU 的自诊断功能，人工或借助于汽车 ECU 解码器，将存储在 ECU 内部的故障信息提取出来，进行故障诊断的方法。

一、利用汽车 ECU 解码器进行故障自诊断

汽车 ECU 解码器分专用型和通用型两类。

专用型汽车 ECU 解码器是各汽车生产厂家为自己的车型所设计制造的。

大众解码器 V.A.G1552 提取故障信息的方法。

1. V.A.G1552 故障诊断仪的基本操作方法

- ①关闭点火开关，连接，然后接通点火开关。
- 键入地址字（address word）。
- ②键入“发动机电器”地址字“01”。
- ③键入所需进行的功能代码，
- ④在诊断结束后，键入代码“06”，按“Q”键，退出。
- ⑤在断开点火开关后，拆下 V.A.G1552 故障诊断仪。

2. 提取故障代码

①选择功能代码“02”，进入“查询故障储存内容”测试。

②如果有故障，则按“→”键逐一显示故障代码及其含义。

3. 故障代码表

4. 故障代码的清除

键入功能代码“05”，按“Q”键。

5. 基本设定

基本设定是对发动机控制单元和节气门控制部件进行匹配。如果发动机控制单元的电源被切断，则必须进行基本设定。

（1）发动机不运转时基本设定

（2）发动机运转时基本设定

当发动机运转时，在基本设定功能可以完成如下工作：

①借助 λ 控制功能（即根据氧传感器的反馈信号对喷油量进行控制）的开、闭帮助查找故障；

②点火正时的检查；

在发动机运转时，基本设定必须满足如下条件：

6. 最终控制诊断

最终控制诊断只能在点火开关接通，发动机不运转情况下完成。

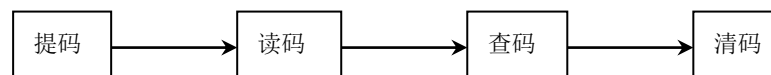
7. 电控单元编码

利用本功能以改变控制单元内记忆块的内容，即通过改变电控单元的编码，可以使电控单元适用不同的工作状况。

8. 读测量数据块

二、人工提取故障信息

人工提取故障信息的方法是只要按规定的步骤进行操作，即可从ECU内部读取故障信息码。



模块十二 失效保护与应急备用系统

一、失效保护系统

失效保护功能是指发动机 ECU 检测到某些传感器、执行器及其控制电路出现故障时，ECU 将控制发动机按 ECU 预先内存的程序继续工作或停止工作，以保护发动机，因此，这种功能又叫安全保险功能。

二、应急备用系统

当发动机 ECU 内控制程序出现故障时，ECU 会按预存的程序控制燃油喷射和点火正时，使电子控制系统维持最基本的控制功能，使发动机维持运转，这种功能叫备用功能。应急备用系统作为一种备用功能使汽车能维持基本行驶，可使故障车继续行驶到维修站或适宜的地方，因此这种状态又叫跛行状态，所以又可称为回家系统。它只能维持汽车的基本功能，而不能保证发动机正常性能运行。

一、判断题

模块十三 柴油机电控技术简介

一、柴油机电子控制系统的组成

柴油机电子控制系统由传感器、控制单元（ECU）和执行器三大部分组成。

传感器的主要功能是实时检测柴油机、车辆运行状态及操作量等信息，并转换成电信号输送到控制单元。柴油机电子控制系统主要传感器有发动机转速传感器、齿杆位置传感器、喷油提前角传感器及加速踏板位置传感器等。

控制单元的主要功能是接收并处理输入信息、执行程序，并将运行结果作为控制指令输出到执行器。此外还有通信功能，即和其他的控制系统——如传动装置控制器进行数据传输和交换，同时考虑到其他系统的实时情况，适当修正燃油系统的执行指令，即适当修正喷油量、喷油提前角等。与此同时，还可以向其他控制系统送出必要的信息。

执行器的主要功能是根据控制单元送来的指令驱动调节喷油量及喷油正时的相应机构，从而调节柴油机的运行状态。电子控制柴油喷射系统的主要控制量是喷油量和喷油正时。在直列泵系统中，有调速器执行器（调节喷油泵的齿杆位移）和提前执行器（调节发动机驱动轴和喷油泵凸轮轴的相位差，从而调节喷油时间），在分配泵系统中也还有一些独特的执行器。

二、柴油机电子控制系统的种类

1. 按控制方式分类

分为位置控制方式和时间控制方式两种类型。

（1）位置控制方式

位置控制方式对原机械控制的喷油泵改动最小，其主要缺点是动态响应速度慢，控制精度低，不能对原来的喷油规律进行修改（除电控可变预行程喷油泵外），喷油压力难以进一步提高。

（2）时间控制方式

时间控制方式是在高压油路中布置一个或两个高速电磁阀，利用高速电磁阀的启闭控制喷油泵和喷油器的喷油过程。采用时间控制方式，可实现喷油量、喷油定时和喷油速率的柔性控制和一体控制。

2. 按喷油系统分类

分为脉动式喷油系统和蓄压式喷油系统两种。

（1）脉动式喷油系统

脉动式喷油系统采用电控直列喷油泵、电控分配泵等。

（2）蓄压式喷油系统

蓄压式喷油系统不采用柱塞泵脉动供油，而是由公共油道（共轨）或蓄压室向各喷油器提供所需的高压燃油，通过实时控制共轨上的高速电磁阀调节喷射压力和喷油规律。

三、柴油机电子控制系统的控制功能

主要控制功能有燃油喷射控制、进气控制、怠速控制、废气再循环控制、废气涡轮增压压力控制、故障自诊断与失效保护控制等。

1. 燃油喷射控制

燃油喷射控制主要包括喷油量控制、喷油正时控制、喷油规律控制，还有各缸喷油量不均性控制、喷油压力控制等控制内容。

（1）喷油量控制

电控单元以转速传感器和节气门位置传感器/加速踏板位置传感器输入的柴油机转速和负荷为基本控制参数，确定基本循环喷油量，然后根据其他有关输入信号进行修正，最后确定实际循环供（喷）油量。

（2）喷油正时控制

电控单元以转速传感器和节气门位置传感器/加速踏板位置传感器输入的柴油机转速和负荷为基本控制参数，确定基本供（喷）油正时，实现对喷油正时的闭环控制。

（3）燃油喷射规律控制

燃油喷射规律控制也就是喷油速率和喷油量随时间变化的规律。

（4）各缸喷油量不均性控制

电控单元以各缸间转速波动允许偏差为控制目标值，修正各缸的喷油量。

2. 进气控制

进气控制包括可变进气涡流控制、可变配气正时控制、进气节流控制和进气预热控制等内容。

3. 怠速控制

怠速控制主要包括怠速转速稳定性控制和怠速时各缸工作均匀性的控制。

4. 废气再循环控制

废气再循环控制的目的是减少排气中的 NO_x 排放量。废气再循环控制包括废气再循环工况的确定和废气再循环量的控制。

5. 废气涡轮增压压力控制

控制方式主要有废气旁通通道控制和涡轮流通截面控制两种方法。

6. 故障自诊断与失效保护控制