

内 容 简 介

本书系统地阐述了汽车发动机电控系统的组成、结构原理，主要元件的检修方法，以及系统常见故障诊断与排除方法等知识。通过学习，力求使学生熟悉汽车发动机电控系统的组成以及结构原理，具备汽车发动机电控系统故障诊断与排除的能力。

本书既可作为职业院校汽车运用与维修专业的教材，也可作为其他相关专业的辅助教材，还可供汽车维修技术人员参考。



汽
车
类

主编：	张忠伟
定价：	¥ 39.8元
印张：	13.5
书号：	978-7-5605-9341-8
出版社：	西安交通大学出版社

目 录

项目1燃油供给不良故障检修1

任务1发动机电控系统识别

任务2电控单元故障检修

任务3进气压力传感器故障检修

任务4空气流量传感器故障检修

任务5曲轴位置和凸轮轴位置传感器故障检修

任务6节气门位置传感器故障检修

任务7进气温度和冷却液温度传感器故障检修

任务8氧传感器故障检修

任务9电动燃油泵故障检修

任务10喷油器故障检修

项目2点火异常故障检修

任务1点火系统的故障检修

任务2爆震传感器的检修

项目3进气不良故障检修

任务1发动机怠速系统故障检修

任务2可变进气系统的检修

任务3可变配气机构的检修

任务4废气涡轮增压系统的检修

项目4排放超标故障检修

任务1三元催化装置故障检修

任务2燃油蒸发排放控制系统的检修

任务3废气再循环系统的检修

项目5电控发动机综合故障诊断

任务1发动机起动不良的故障检修

任务2发动机加速无力的故障检修

任务3发动机燃油消耗过大的故障检修

参考文献

项目 2 点火异常故障检修

任务 1 点火系统的故障检修



学习目标

- (1) 能根据故障现象制订正确的维修计划。
- (2) 能正确选择诊断设备对点火系统引起的故障进行诊断。
- (3) 能使用万用表、故障诊断仪对点火系统的电路进行检测。
- (4) 能正确记录、分析各种检测结果并确定故障原因和故障部位。
- (5) 能按照正确的操作程序进行点火系统元件的更换。
- (6) 能正确检查点火系统故障的修复质量。
- (7) 能自主检修点火系统引起的故障。



情境描述

故障现象：2012 年迈腾 1.8TSI 汽车起动正常，怠速抖动，EPC 灯亮，发动机故障指示灯亮。

诊断与排除：在怠速状态下通过解码器进入发动机控制里面，读取 15 和 16 组的数据流，1 缸失火数：0；2 缸失火数：0；3 缸失火数：178；4 缸失火数：0。由以上的数据结果，可以看出 3 缸失火严重，结合故障码，对 3 缸点火线圈进行检查。

用示波器对 3 缸的点火线圈进行波形测试，分别测试 T60/22 和 T4bf/3 两个端子的波形，和标准波形对比可以看出，J623 控制信号正常，点火线圈信号线两端信号异常，且线圈端电压为 0，推断该线路断路。分别更换 3 缸点火线圈线路后，故障消失，发动机运行正常。

分析：3 缸点火线圈接收不到 J623 控制点火信号，造成 3 缸点火线圈不工作，怠速不稳，J623 检测到故障信息后，以故障码形式储存故障，并点亮故障指示灯。



相关知识

一、点火系统的概述

在汽油发动机中，当活塞运动到接近压缩上止点时，在火花塞电极间产生电火花，将

可燃混合气点燃。电火花的产生则是由点火系统来完成的。

点火系统的优劣影响着发动机的动力性、经济性和排放性等。为了保证在各种情况下,发动机的各项性能指标达到较佳的水平,点火系统应满足以下三个基本要求。

1. 能产生足以击穿火花塞电极间隙的高电压

火花塞电极间产生电火花时的电压称为击穿电压。影响击穿电压的因素很多,它们包括:火花塞电极间隙的大小,气缸内混合气的压力和温度,电极的几何形状、温度和极性,发动机的工作情况等。

大的火花塞间隙所需要的击穿电压高。混合气的压力较大或温度较低时所需的击穿电压高。热的电极更容易发射电子,因此当火花塞中心电极温度高于混合气的温度时,所需的击穿电压较低。击穿电压还随着发动机的转速、功率、压缩比、点火时刻以及混合气成分而改变。发动机在低速大负荷状态下运行时,需要 $8\sim 10\text{kV}$ 的击穿电压;而起动时需要的击穿电压最高可达 9kV 。为保证可靠点火,现在发动机的点火系统都具有的击穿电压最大值通常被限制在 30kV 以内。

2. 电火花应具有足够能量

在一定范围内,电火花的能量越大,混合气的着火性能越好。能点燃混合气的最低能量,与混合气的成分、火花塞间隙及电极形状等有关。发动机正常工作时,混合气在压缩终了时的温度已接近其自燃温度,所需电火花能量很小 (1mJ)。在起动、怠速及急加速时,则需要较高的电火花能量。为保证可靠点火,目前高能点火装置一般都要求电火花的能量大于 100mJ 。

3. 提供适时的点火时刻

点火系统不仅要求其点火次序符合发动机的气缸工作顺序,同时还应有最佳的点火时刻。如果最高燃烧压力出现在压缩上止点后 $10^\circ\sim 23^\circ$,则发动机可以发出的功率最大。由于混合气从开始燃烧到产生最大压力需要一定的时间,因此点火时刻应处在活塞运行到压缩上止点前。

点火时刻用点火提前角表示,它是指从火花塞开始跳火到活塞运行到上止点的这段时间内曲轴所转过的角度。如果点火时刻过迟,则燃烧主要在活塞下行、燃烧室容积增大的情况下进行。由于最高燃烧压力下降和热损失增大,导致发动机功率下降并容易引起发动机过热。如果点火时刻过早,则燃烧完全在压缩行程进行,气缸内压力急剧上升,在活塞到达上止点前即达到最大压力,增加了活塞的压缩功。这不仅使发动机的功率下降、燃油消耗率增加和运转稳定性下降,还可能引起发动机爆燃而加剧运动件的损坏。

点火正时对发动机的排放也有着很大的影响。点火时刻越提前,HC 的排放越多。在整个空燃比范围内,燃烧室的温度随着点火时刻的提前而增加, NO_x 的排放增加。CO 的排放与点火时刻无关,它只与空燃比相关。

二、点火系统的分类

点火系统种类较多。按点火系统的电源分有蓄电池点火系统和磁电机点火系统。蓄电池点火系统有传统点火系统、电子点火系统和电控点火系统 3 种形式。磁电机点火系统主

要用在 F1 赛车和摩托车上。

1. 传统点火系统

传统点火系统是有触点的点火系统,这种点火系统的分电器轴由发动机凸轮轴驱动。断电器凸轮的凸角数与发动机气缸数相等。点火提前角由离心提前机构和真空提前机构控制。传统点火系统的电路图如图 2-1 所示。

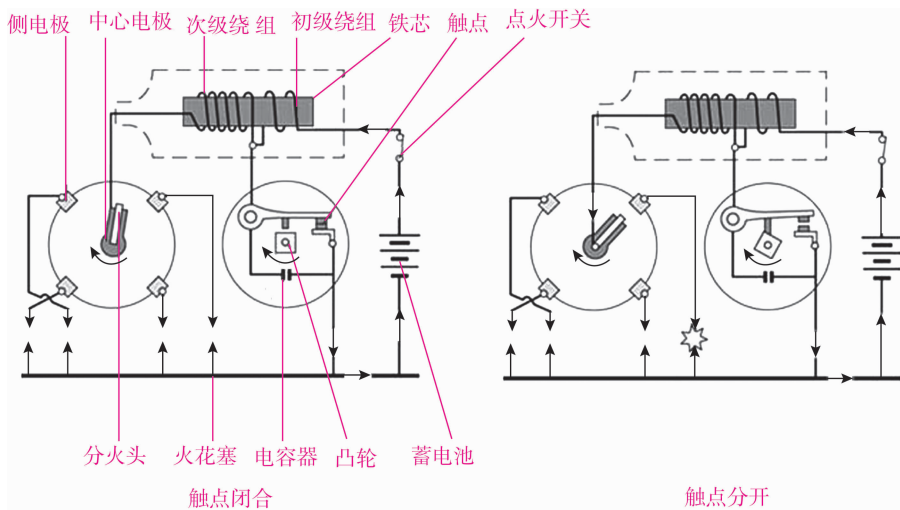


图 2-1 传统点火系统的电路图

当发动机运转时,分电器内断电器凸轮随之转动,断电器触点交替地闭合和打开,断电器触点控制点火线圈一次电流的通断。当接通点火开关后,触点闭合,则点火线圈一次绕组中有电流通过。当触点打开时,切断了点火线圈一次绕组中的电流,二次绕组中便产生 15~25kV 的高压电,按发动机点火顺序经配电器将高压电分配给各缸火花塞,产生电火花。

传统点火系统的缺点:触点打开时产生火花,使触点易烧蚀。低压电流的大小受触点允许通过的电流限制(一般小于 5A),不能过大,因此高压火花能量的提高也受到限制。二次电压的最大值随发动机转速的升高和发动机气缸数的增加而下降。工作中二次电压上升较慢,对火花塞积炭和污染很敏感。点火提前装置多采用机械式,最佳点火时机不准确,从而使发动机经济性和动力性受到影响。

2. 电子点火系统

电子点火系统按有无触点可分为有触点式电子点火系统 and 无触点式电子点火系统。无触点式电子点火系统按其信号发生器的工作原理又可分为电磁感应式、霍尔式、光电式和振荡式 4 种。按有无分电器又可分为有分电器式电子点火系统 and 无分电器式电子点火系统。

(1) 有触点式电子点火系统。有触点式电子点火系统的典型电路如图 2-2 所示。它由分电器触点 J、点火电子组件、点火线圈、火花塞等组成。点火电子组件由双级直接耦合式开关电路组成,小功率晶体管 VT_1 的工作受分电器触点 J 控制,大功率晶体管 VT_2 受

VT₁控制。工作中 VT₂可控制接通和断开低压电路。

接通点火开关 S, 分电器在凸轮轴的驱动下转动, 触点 J 闭合时, VT₁ 因基极搭铁而截止, 大功率晶体管 VT₂ 在电源及偏置电阻 R₁、R₂ 的作用下导通。点火线圈一次侧 N₁ 中有电流流过。J 打开时, VT₁ 获得正向偏压而导通, VT₂ 失去正向偏压而截止, 点火线圈一次侧 N₁ 中电流迅速减小, N₂ 中感应出二次电压。

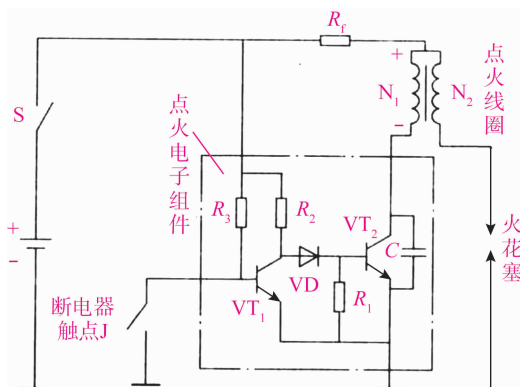


图 2-2 有触点式电子点火系统的典型电路图

(2) 无触点式电子点火系统。无触点式电子点火系统由分电器、点火电子组件、点火线圈和火花塞等组成, 如图 2-3 所示。分电器内装有信号发生器, 它与点火电子组件中末端大功率晶体管的配合, 相当于传统点火系统分电器式的断电器触点。点火线圈一次绕组的电阻和电感较小, 低压电流大, 点火能量高。

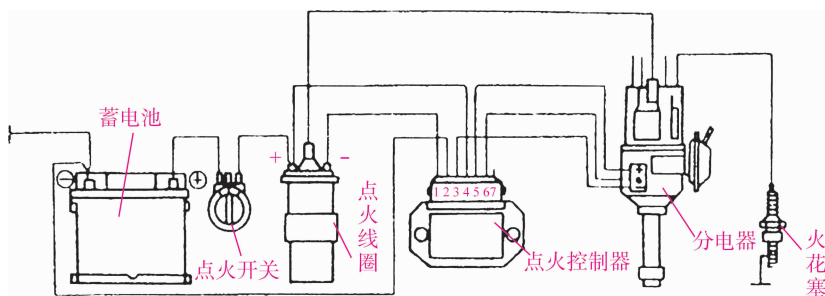


图 2-3 无触点式电子点火系统示意图

无触点式电子点火系统的缺点为仍有真空和离心机构, 仍不能精确控制点火提前角。

3. 电控点火系统

电控点火系统由相关传感器、控制单元、点火线圈、高压导线和火花塞等组成, 如图 2-4 所示。控制单元根据相关传感器信息, 确定通电时间和最佳点火时刻, 并向点火执行器(点火控制器或点火线圈)输出控制指令, 接通或切断点火线圈的初级电路。当初级电路接通时, 点火线圈开始充电; 初级电路断开时, 在次级线圈中产生用来点火的高压电。

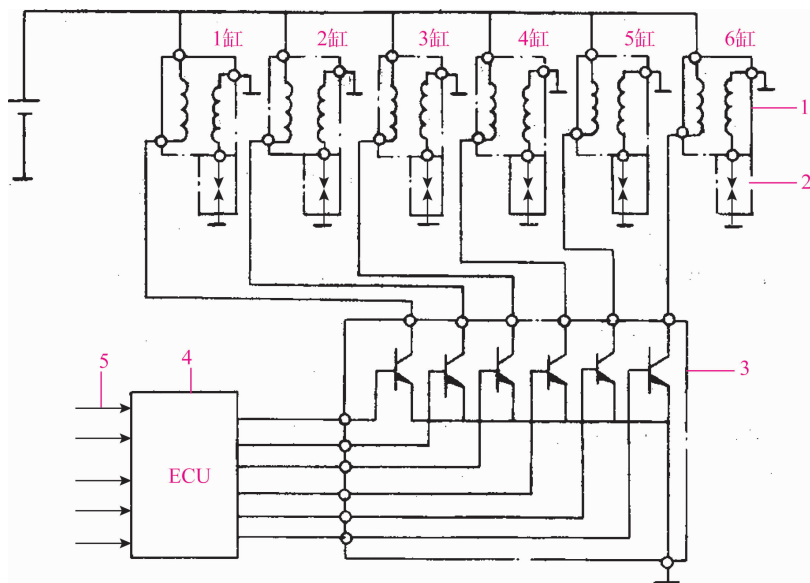


图 2-4 电控点火系统示意图

电控点火系统有同时点火方式、单独点火方式和二极管分配方式三种。

(1) 同时点火方式。所谓同时点火方式是指一个点火线圈有两个高压输出端，分别与一个火花塞相连，同时为两个气缸点火，如图 2-5 所示。这种点火方式要求共用一个点火线圈的两个气缸工作相位差 360° 曲轴转角，这样其中一缸火花塞在压缩行程上止点跳火的同时，另一个气缸则在排气行程上止点跳火。由于压缩行程的气缸内的压力高，所需的击穿电压也较高；而排气行程的气缸内的压力小，并且在后燃末期气体中有导电离子存在，使得火花塞很容易跳火，能量损失小。因此，跳火时的大部分电压降都加在压缩行程的火花塞上，从而保证了压缩行程的气缸的正常点火。

在大功率晶体管导通的瞬间，点火线圈的次级线圈会产生大约 1000V 的电压。由于同时点火方式中没有附加电配电网隙，1000V 电压全部作用在火花塞上。如果此时活塞正处于进气行程末期与压缩行程初期之间，缸内的压力较小，则很可能使火花塞跳火，产生回火现象，造成发动机不正常运转。为了防止这种现象的产生，在电路中串联一个二极管，如图 2-5 (b) 所示。当大功率晶体管导通时，由于二极管的反向截止功能，1000V 的高电压无法使火花塞跳火；而当大功率晶体管截止时，高电压可顺利地通过二极管使火花塞跳火。

双缸同时点火方式仅用于气缸数为双数的发动机上。

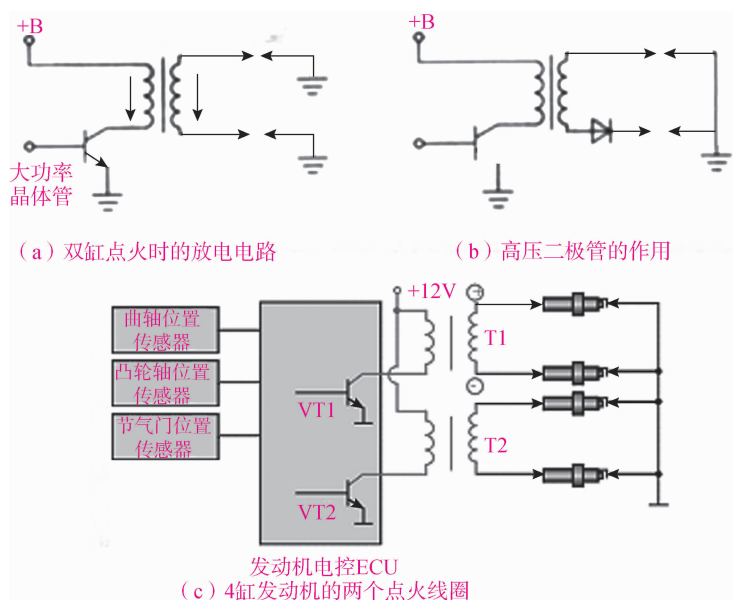


图 2-5 双缸同时点火方式

(2) 单独点火方式。单独点火方式是指一个火花塞配一只点火线圈，将点火线圈及功率晶体管作为一体直接安装在火花塞顶上，如图 2-6 所示。这样不仅取消了分电器，而且也不用高压线，因此，彻底消除了分电器和高压线所带来的缺陷，点火性能最好，但结构和点火控制系统复杂。

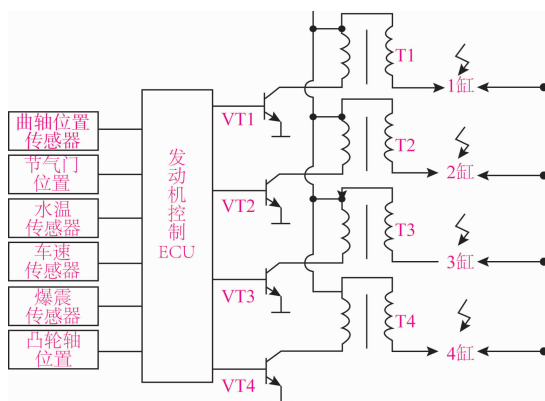


图 2-6 单独点火方式

(3) 二极管分配方式。二极管分配方式即 4 个缸共用一个特制的由两个初级线圈和一个次级线圈组成的点火线圈，利用 4 个高压二极管的单向导电性，交替地对 1、4 缸和 2、3 缸进行点火，如图 2-7 所示。

由于点火线圈有两组初级绕组，且电流方向相反，所以点火时在次级绕组产生的电压极性相反。当功率晶体管 VT_1 截止时，点火线圈次级绕组产生上正下负的高压电，这时，高电压二极管 VD_1 、 VD_4 导通，1、4 缸火花塞跳火；当功率晶体管 VT_2 截止时，点火线圈次级绕组产生上负下正的高压电，这时，高电压二极管 VD_2 、 VD_3 导通，2、3 缸火花塞跳火。

二极管分配方式与同时点火方式具有相同的特点，但对点火线圈的要求更高。

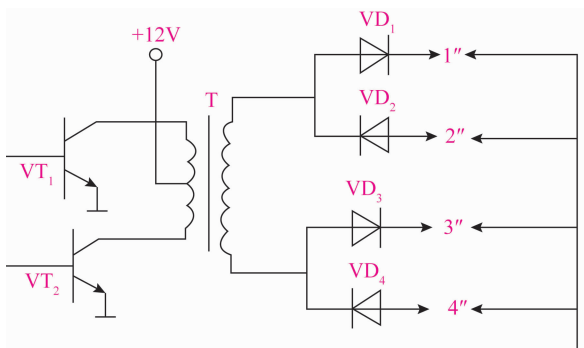


图 2-7 二极管分配方式示意图

三、点火系统的工作原理

在 ECU 的 ROM 中，存储有点火提前脉谱图，如图 2-8 所示。该图包含每一个发动机工况点的点火提前角。这个点火提前角是在设计发动机时，按照预定的准则要求，对燃油消耗、转矩、排放污染、距爆燃极限的安全余量、发动机温度以及车辆的行驶性能等优化处理后得到的。根据实际需要，完整的点火脉谱图包含 1000~4000 个独立的可重复使用的点火提前角数据值。

发动机工作时，ECU 综合各传感器的输入信息，从 ROM 中选出最适当的点火提前角，再根据曲轴位置传感器和凸轮轴位置传感器的信号，控制大功率晶体管的导通与截止，即控制点火线圈初线电流的通与断。

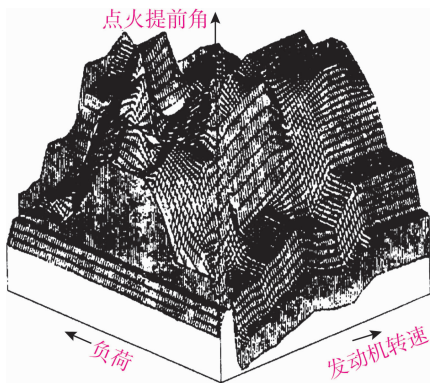


图 2-8 点火提前脉谱图

四、电控点火系统的控制电路

迈腾点火系统中是每缸独立的点火系统，由电源、传感器、发动机 ECU、点火线圈、点火开关和火花塞组成。

1. 解码仪检查

以大众车为例。

(1) 故障码诊断分析。关闭点火开关,连接解码仪,打开点火开关,起动解码仪,读取故障码—消除故障码—起动发动机运行 60s 以上—再读取故障码,并记录故障码,按故障码排除故障。

(2) 数据流分析。如有故障码,读取 010-019 组的数据流。观察数据变化如发动机负荷、发动机转速、总失火量、失火识别、各缸失火量和点火提前角等。

2. 点火线圈检查

以迈腾 1.8TSI 为例。

(1) 检查点火信号。

1) 测量点火线圈 3 号端子的电压标准参数为 0~5V。

2) 用示波器测量点火线圈 3 号端子与搭铁间波形。如无波形输出,则点火线圈损坏。

3) 用二极管试灯检查。起动发动机,将二极管试灯正极接点火线圈,3 号端子与负极搭铁。起动发动机,要看试灯闪烁情况。如闪烁说明点火线圈信号正常;如不闪烁说明点火线圈信号不正常。

(2) 检查点火线圈供电。测量 1 号端子电压标准参数为蓄电池电压。如为 0V,则按线路检查点火线圈供电线路。

(3) 点火线圈线路检查。检查点火线圈的线路,分别检查点火线圈线路的断路、短路和搭铁。

1) 线束导通性测试。将数字万用表设置在电阻 200 Ω 挡,按电路图找到点火器与 ECU 信号测试端口图相应的针脚号,分别测试点火器针脚对应至电控单元针脚的电阻,所有电阻都应低于 1 Ω 。

2) 线束短路性测试。将数字万用表设置在电阻 200k Ω 挡,测量点火器针脚与其不对应的电控单元针脚之间电阻,应为 ∞ 。

3. 火花塞检查

通常火花塞使用寿命为 15 000km,长效火花塞使用寿命为 30 000km。发动机工作时,火花塞绝缘体裙部的温度应保持在 500~600 $^{\circ}\text{C}$ 。如果温度过低,绝缘体容易积炭,可能引起漏电而产生缺火现象;如果温度过高,易引起早燃和爆震。

(1) 火花塞电极间隙的调整。各种车型的火花塞间隙均有差异,一般应在 0.7~0.9mm,检查间隙大小,可用火花塞量规或薄的金属片进行。如间隙过大,可用起子柄轻轻敲打外电极,使其间隙正常;间隙过小时,则可利用起子或金属片插入电极向外扳动。

(2) 就车检查法。

1) 触摸法。起动发动机,使其怠速运转,用手触摸火花塞绝缘陶瓷部位,如温度上

升得很高、很快，表明火花塞正常，反之为不正常。

2) 短路法。起动发动机，使其怠速运转，然后用螺丝刀逐缸对火花塞短路，听发动机转速和响声变化，转速和响声变化明显，表明火花塞正常，反之为不正常。

3) 跳火法。旋下火花塞放在气缸体上，用高压线试火，若无火花或火花较弱，表明火花塞漏电或不工作。

(3) 观色法。

1) 拆下火花塞观察，如为赤褐色或铁锈色，表明火花塞正常。

2) 如为渍油状，表明火花塞间隙失调或供油过多，高压线短路或断路。

3) 如为烟熏之黑色，表明火花塞冷热型选错或混合气浓，机油上窜。

4) 如顶端与电极间有沉积物，当为油性沉积物时，说明气缸窜机油与火花塞无关；当为黑色沉积物时，说明火花塞积炭而旁路；当为灰色沉积物时，则是汽油中添加剂覆盖电极导致缺火。

5) 若严重烧蚀，如顶端起疤、有黑色花纹破裂、电极熔化，表明火花塞损坏。

任务2 爆震传感器的检修



学习目标

- (1) 理解发动机管理系统的点火控制策略。
- (2) 了解爆震传感器的作用、类型、结构、工作原理和工作特性。
- (3) 正确识读爆震传感器的控制电路。
- (4) 能利用车载诊断系统和检测诊断设备对爆震传感器电路进行检测与修复。



情境描述

故障现象：一辆迈腾 1.8TSI 轿车，发动机故障指示灯亮，发动机加速无力。

诊断与排除：发动机故障指示灯亮，说明 ECU 已经监测到故障。读取故障码，显示爆震传感器故障。

检查爆震传感器发现插头脱落。插上插头后，清除故障码，故障排除。

分析：爆震传感器出现故障，ECU 推迟点火提前角，从而造成发动机在加速时动力下降故障。



一、点火控制策略

据汽油机对点火系统的要求,发动机管理系统对点火的管理包括点火提前角控制、闭合角(通电时间)的控制和爆燃控制3个方面。

1. 点火提前角的控制

如同喷射时间的控制一样,点火提前角的控制也分为起动时的点火提前角控制和起动后的点火提前角控制。

(1) 起动时点火提前角的控制。发动机在起动时的工况特点是点火开关处于起动挡位,转速低且不稳定,进气量信号也不稳定。因此,在起动时,常使用固定的点火提前角进行点火控制。该固定的点火提前角由ECU中的备用IC设定。例如丰田(TOYOTA)公司生产的发动机,该点火提前角一般为上止点前 5° 。

有一些管理系统在发动机起动时,由ECU按照ROM中的程序控制点火提前角。该点火提前角是曲轴转速和温度的函数。例如NISSAN公司生产的发动机,在冷却液温度为 0°C 以上时起动,其点火提前角为 16° ;在冷却液温度为 0°C 以下时起动,其点火提前角则需根据冷却液温度的降低值适当地增加。当起动转速低于 100r/min 时,为了可靠点火,点火提前角减小,其值为

平常起动时的点火提前角 $\times$ 起动转速/100

(2) 起动后点火提前角的控制。当点火开关“起动(STA)”位置转到“运转(ON)”位置,或者曲轴转速达到规定值时,ECU会自动进入起动后的点火提前角控制。

正常运转状态下的点火提前角,通常由初始点火提前角、基本点火提前角和点火提前角修正值按照一定模式计算得出。

1) 初始点火提前角。初始点火提前角取决于曲轴基准位置传感器(点火基准传感器)信号及其调整值,它也常作为起动时以及后备系统工作时的点火提前角。初始点火提前角的大小随车型或发动机型式而异。

2) 基本点火提前角。在进行控制系统的设计时,通过对发动机进行大置的台架试验,找出每一种正常运行工况下,使发动机各项性能达到最佳时的点火提前角数值,制成基本点火提前角控制脉谱图,存储在ECU的ROM中。ROM中的点火提前角控制脉谱图通常有两张,分别对应于怠速工况和非怠速工况。

发动机处于怠速工况时,ECU根据节气门位置信号(怠速触点闭合)、曲轴转速和空调开关信号,确定基本点火提前角。

非怠速运转时,怠速触点断开,ECU根据转速和进气量的信息,在ROM中查出相应

工况下的某个点火提前角数值。

3) 点火提前角的修正。初始点火提前角加上基本点火提前角, 还难以满足发动机对点火时刻的要求, 必须根据相关因素加以修正。这些修正包括以下内容: 暖机修正、过热修正、空燃比反馈修正和速稳定性修正。

①暖机修正。发动机冷起动后, 当冷却液温度低时, 应适当增大点火提前角。暖机过程中, 随着冷却液温度的升高, 点火提前角修正值逐渐减小, 如图 2-10 所示。但在当前的很多系统中, 为了满足排放法规的要求, 暖机阶段的点火提前角很小, 以加热三元催化转化器。

②过热修正。在非怠速工况下, 当冷却液温度过高时, 为避免发生爆燃, 应适当减小点火提前角。而在怠速工况下, 当冷却液温度较高时 (例如超过 90°C), 为避免发动机长时间过热, 应适当增大点火提前角。点火提前角的过热修正曲线变化趋势如图 2-11 所示。

③空燃比反馈修正。在进行闭环控制时, ECU 根据氧传感器的反馈信号对空燃比进行修正, 使喷油量增加或减少。空燃比反馈修正的结果, 造成曲轴转速在一定范围内波动。为提高怠速稳定性, 在反馈修正喷油量减少时, 应增大点火提前角, 如图 2-12 所示。

④怠速稳定性修正。怠速时, 负荷的变化 (动力转向、空调) 将会造成发动机运转不稳, 可以调整点火提前角, 将怠速稳定在目标转速下。

当 ECU 检测到曲轴转速低于规定值时, 便根据转速下降值 (目标转速 - 实际转速), 相应地增大点火提前角。怠速稳定性修正如图 2-13 所示。

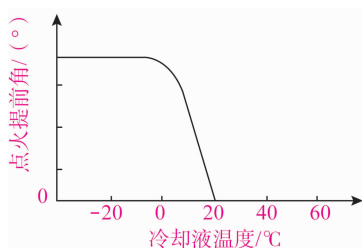


图 2-10 点火提前角的暖机修正

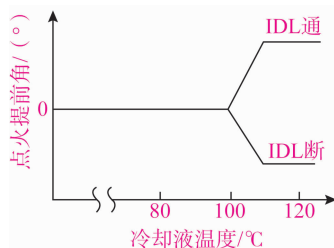


图 2-11 点火提前角的过热修正

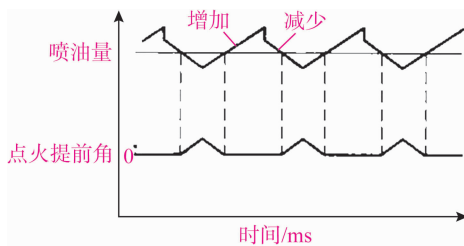


图 2-12 空燃比反馈修正曲线

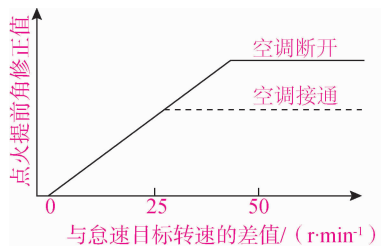


图 2-13 怠速稳定性修正

⑤与传动系统相匹配的转矩修正。当自动变速器的齿轮机构换挡时, ECM 将减小点

火提前角以降低转矩，削弱换挡冲击。

⑥最大和最小点火提前角的控制。曲轴每转一周，ECU 根据各传感器信号，对点火提前角的调整数据刷新一次。但当 ECU 计算出的实际点火提前角超过最大或最小点火提前角的允许值时，ECU 则以最大或最小点火提前角的允许值进行调整。

2. 闭合角（通电时间）的控制

对于传统点火系统点火线圈的初级电路接通后，初级电流是按照指数规律增长的。因此，只有当通电时间达到一定值时，初级电流才能饱和，线圈储存的能量才能满足点火的要求。

ECU 是以闭合角的形式对线圈的通电时间进行控制的，它是曲轴转速的函数。当发动机的转速升高时，为保证通电时间（影响火花能量），应适当增大闭合角。

另一方面，电源电压的高低也影响着初级电流达到饱和时的通电时间长短。当电源电压降低时，也应当适当增大闭合角。

在 ECU 的 ROM 中存储有三维的闭合角脉谱图，如图 2-14 所示。发动机工作时，ECU 根据蓄电池电压和曲轴转速信号，从闭合角脉谱图中查出对应值，对导通时间进行控制。

通过对闭合角的准确调节不仅可以保证在不同的曲轴转速和蓄电池电压下都有相同的点火能量，还避免了点火线圈因长时间通大电流而过热损坏，同时减少了电能的有效损耗。

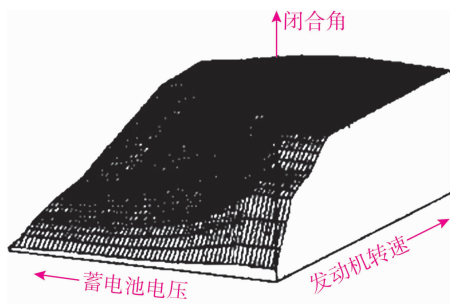


图 2-14 闭合角脉谱图

3. 爆燃控制

爆燃是由于压力和温度过高，燃烧室内离火焰中心较远处的混合气自燃而造成的一种不正常燃烧现象。爆燃会引起发动机过热、动力性和经济性下降等一系列后果，严重时甚至损坏发动机机件。因此，爆燃是增大压缩比、提高热效率的最大障碍。

理论和实践均已证明：爆燃与点火时刻存在着密切关系。点火提前越大，最高燃烧压力和温度就越大，就越容易产生爆燃。然而，当发动机工作在爆燃的临界点或有轻微的爆燃时，其热效率最高，经济性和动力性最好。

发动机管理系统利用爆燃传感器监测发动机是否产生爆燃，并根据传感信息，采取闭

环反馈控制的方法修正点火提前角,使发动机工作在爆燃的边缘。

检测爆燃的方法有三种,即气缸压力、燃烧噪声和发动机机体振动检测法。气缸压力检测法的精度最高,但传感器的耐久性差,安装困难。燃烧噪声检测法是非接触式的,其耐久性好,但精度和灵敏度偏低。发动机机体振动检测法是目前最常用的爆燃检测方法。

二、爆震传感器

爆震传感器通常安装在缸体上,如图 2-15 所示。也有一些发动机的爆震传感器安装在火花塞垫圈处。在 4 缸发动机上,可以使用一个传感器来检测爆燃,它安装在第二缸与第三缸之间的缸体上。在 5 缸或超过 5 缸的发动机上,由于一个传感器很难准确地测定来自所有气缸的爆燃,因此一般使用两个爆震传感器。

爆震传感器有磁致伸缩式和压电式两种,压电式爆震传感器又分共振型和非共振型两种。

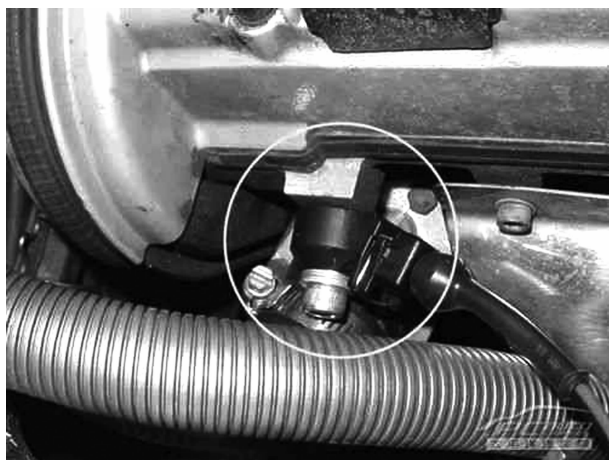


图 2-15 安装在缸体上的爆震传感器示意图

1. 磁致伸缩式爆震传感器

磁致伸缩式爆震传感器的外形与结构如图 2-16 所示,它由高镍合金的磁心、永久磁铁、感应线圈以及壳体等组成。

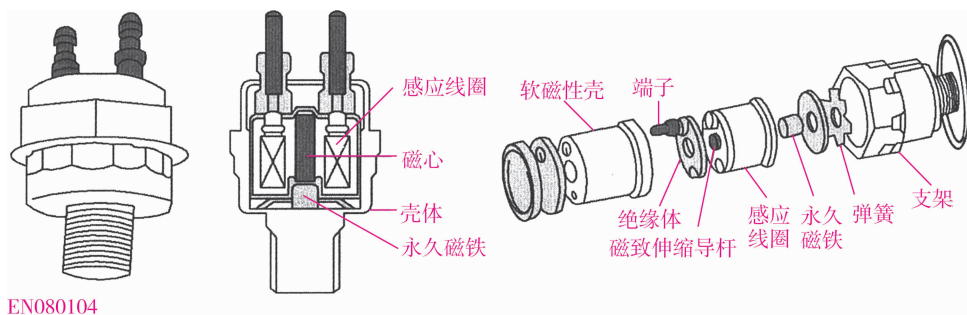


图 2-16 磁致伸缩式爆震传感器示意图

机体振动时,磁心产生轴向振动,使通过感应线圈的磁通发生变化,线圈将产生感应电动势,此电动势即为爆燃传感器输出的电压信号。传感器输出电压信号的大小与发动机

的振动频率有关,当传感器自振频率(由生产商根据发动机的设计而设定)与规定爆燃强度下的振动频率产生谐振时,传感器的输出电压将达到最大值,如图 2-17 所示。

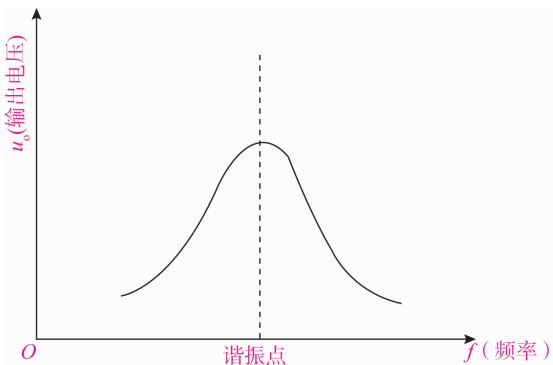


图 2-17 磁致伸缩式爆震传感器的输出特性示意图

2. 压电式爆震传感器

当压电晶体受到外部的机械作用力时,其两个极面间会产生电压,这就是晶体的压电效应。压电式爆震传感器是利用压电晶体的压电效应工作的。

压电式爆震传感器是以接收加速度的形式来判别是否产生爆燃。这种传感器的结构如图 2-18 所示,它由两个同极性、相向对接的压电元件和配重组成。配重用一个螺钉固定在壳体上,输出电压由两个压电元件的中央取出。

发动机振动时,传感器的配重随之产生加速度。压电元件受到配重的惯性力的作用,产生电压信号。

(1) 共振型压电式爆震传感器。在规定的爆燃强度下,发动机的振动频率与共振型压电式爆震传感器振荡片的固有频率相一致,振荡片产生共振,此时压电组件将产生最大的电压信号,如图 2-19 所示。

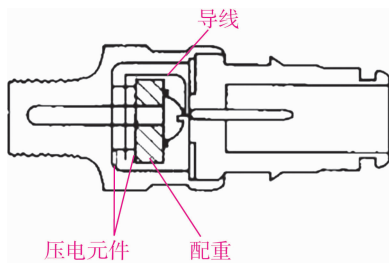


图 2-18 压电式爆震传感器示意图

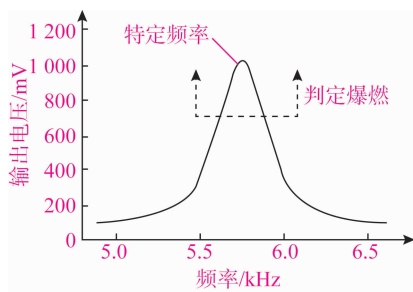


图 2-19 共振型压电式爆震传感器示意图

共振型压电式爆震传感器在爆燃时的输出电压,比无爆燃时的输出电压要高得多,因此不需要使用滤波器,即可判别有无爆燃产生。

(2) 非共振型爆震传感器。非共振型爆震传感器具有较为平缓的输出特性,在爆燃及其附近的振动频率段,所输出的电压不是很大,如图 2-20 所示。因此,必须将反映发动机振动频率的电压信号送至识别爆燃的滤波器中进行滤波,来判别是否有爆燃发生。

非共振型爆震传感器的感测频率范围设计成由 0 至数十千赫兹，可检测具有较宽频带范围的发动机振动频率。非共振型爆震传感器用于不同发动机上时，只需调整滤波器的过滤频率即可使用，而不需要更换爆震传感器。

3. 宽幅共振型爆震传感器

现在使用最多的是宽幅共振型压电式爆震传感器，它的输出特性如图 2-21 所示。其峰值输出电压虽然较低，但可在较大的振荡频率范围内检出共振。当发动机发生轻微爆燃时，就能输出较高的电压信号，使 ECU 能较早地检测到发动机爆燃的产生。因此，它适用于随转速变化而不同的爆燃频率，以及不同发动机所具有的不同爆燃频率。

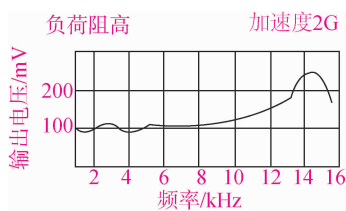


图 2-20 非共振型爆震传感器的输出特性示意图

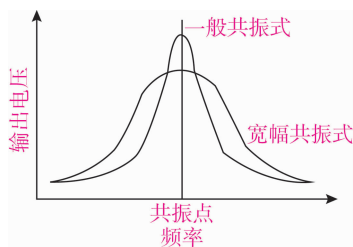
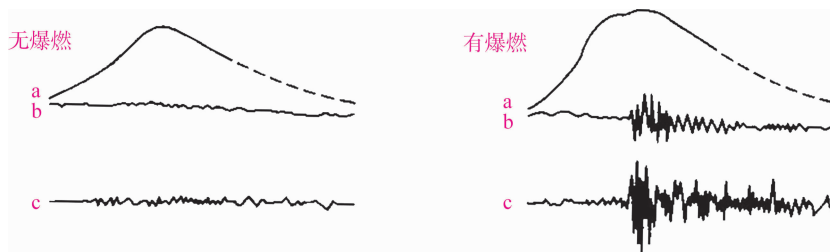


图 2-21 宽幅共振型爆震传感器的输出特性示意图

三、爆燃的判断与爆燃修正

来自爆震传感器的信号是包含各种频率的电压信号。滤波电路只允许特定频率范围的爆燃信号通过，而将其他振动信号分离出来。将经过滤波后的信号与爆燃强度基准进行比较，如果大于基准值，则将此信号输入 ECU，表示发生了爆燃，要求 ECU 进行爆燃控制，如图 2-22 所示。



a—气缸压力曲线；b—滤波后的压力信号；c—爆震传感器的信号示意图

图 2-22 爆震传感器的信号

由于发动机工作时的振动频繁而剧烈,为了防止产生错误的爆燃判断,ECU 对爆震传感器的信号判别不是连续进行的。ECU 只在点火后可能发生爆燃的时段(见图 2-23),才对爆震传感器的信号输入比较电路进行比较。ECM 只在点火后可能发生爆燃的时段(见图 2-23),才对爆震传感器的信号输入比较电路进行比较。

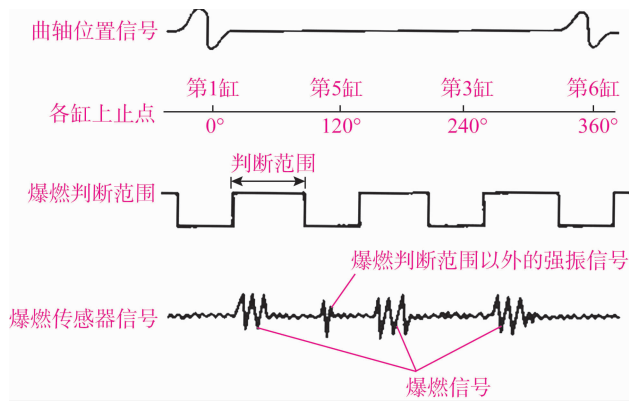


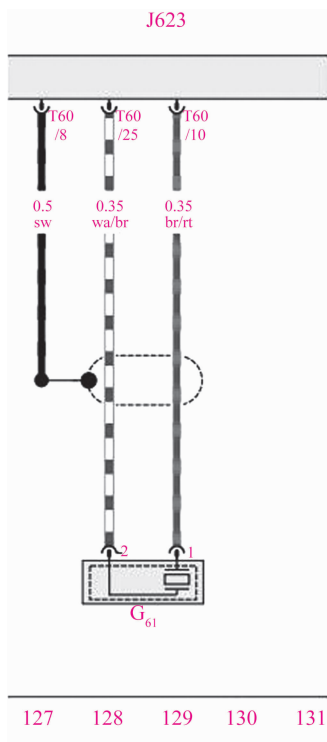
图 2-23 爆燃判定的时域分析示意图

ECU 根据发动机的爆燃程度修正点火提前角。当爆燃程度强时,点火提前角的修正推迟角度大;当爆燃程度弱时,修正的推迟角度小。电脑控制的每一次爆燃修正都以一定的角度推迟点火。当爆燃消失后,在一定的时间内,维持当前的点火提前角。在此期间,如果无爆燃产生,则又逐渐增大点火提前角,一直到发动机再次出现爆燃时,又恢复爆燃的修正控制。

当发动机的负荷低于一定值时,一般不会发生爆燃。这时,ECU 对点火提前角实行开环控制,即 ECU 不再检测爆燃传感器的信号,只按 ROM 中存储的信息以及有关传感信号控制点火提前角的大小。

四、爆震传感电路

一汽大众迈腾 1.8TSI 发动机的爆震传感器电路如图 2-24 所示。爆震传感器 G61 的 1 号和 2 号端子为信号输出端子,发动机控制模块 J623 根据其信号判断有无爆燃产生以及爆燃程度。传感器的 3 号端子和信号线的屏蔽层与搭铁相连是为了减小外界的电磁干扰。



J623—发动机控制单元;G61—爆震传感器

图 2-24 迈腾 1.8TSI 爆震传感器电路图



任务实施

爆震传感器是极耐用的，最常见的失效形式是传感器根本不产生信号，这通常是因为传感器的物理损坏（传感器内晶体断裂）造成的。

一、爆震传感器的工作情况检查

为了试验爆震传感器的工作情况，可用专用故障诊断仪的 08 功能“读测量数据块”选择 13、14、15、16 显示组。如果在 08 功能中不能实现爆震传感器的测试，可查询故障码。为了确保爆震传感器功能完好，必须按规定拧紧力矩（20N·m）紧固。

二、用万用表检测爆震传感器

1. 检测传感器电阻

断开点火开关，拔下传感器线束插头，检测结果应与表 2-1 中标准值相符。

2. 检测线束电阻

断开点火开关，拔下传感器线束插头和 ECU 线束插头，两插头各端子间导线电阻检测结果应与表 2-1 中标准值相符。

表 2-1 爆震传感器的检测数据标准

检测项目	检测条件	检测部位	电阻标准值/ Ω
爆震传感器的电阻	断开点火开关并拔下传感器插头	传感器插头上 1 号与 2 号端子	$>1 \times 10^6$
		传感器插头上 1 号与 3 号端子	$>1 \times 10^6$
		传感器插头上 2 号与 3 号端子	$>1 \times 10^6$
传感器导线	拔下 ECU 和传感器的插头	ECU 的 10 号端子与传感器插头 1 号端子	<0.5
		ECU 的 25 号端子与传感器插头 2 号端子	<0.5
		ECU 的 8 号端子与传感器插头 3 号端子	<0.5

爆震传感器的两个端子之间不应有短路现象，否则必须更换爆震传感器。爆震传感器插头和 ECU 线束插头间的线路若有断路或短路，应排除故障。

三、用示波器检测传感器

当振动或敲缸发生时，爆震传感器产生一个电压峰值，其波形如图 2-25 所示。敲缸或振动越大，其峰值就越大。

通常测试爆震传感器的方法是：将爆震传感器的导线插接器断开，连接示波器，打开点火开关，不起动发动机，使用木槌敲击传感器附近的发动机气缸体以使传感器产生信号。在敲击发动机气缸体之后，紧接着在示波器上应显示有一振动，敲击越重，振动幅度越

大,如图 2-26 所示。如果波形显示只是一条直线,说明爆震传感器没有信号输出,应检查导线和爆震传感器本身。

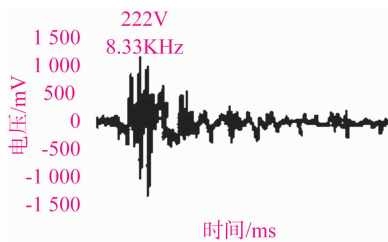


图 2-25 振动或敲缸时的爆震传感器波形图

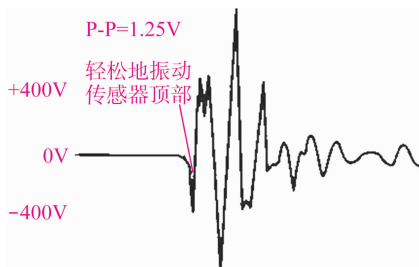


图 2-26 敲击爆震传感器附近缸体时产生的波形图



思考与练习

1. 点火系统应满足哪几个基本要求?
2. 什么是点火时刻? 有什么作用?
3. 根据大众迈腾发动机的点火控制电路说明其工作原理。
4. 点火系的常见故障是什么? 如何检测火花塞?
5. 什么是点火提前角? 它由哪几部分组成?
6. 在电脑控制点火系统中, 为什么必须要对闭合角进行控制?
7. 电脑控制点火系统中设置爆燃控制的目的是什么?
8. 如何检测爆震传感器?
9. 简述各缸单独点火方式的优点。
10. 简述爆震传感器的分类。