



湖南电子科技职业学院  
HUNAN VOCATIONAL COLLEGE OF ELECTRONIC AND TECHNOLOGY

# 毕业设计(方案设计) 说明书

课 题 典型轿车电控点火系统的故障诊断与检修

学生姓名 李安雄 学 号 010425141183

专 业 汽车电子技术 班 级 汽电 Z1407

院 (系) 人工智能与软件工程学院

指导教师 刘先智 职 称 讲师

湖南电子科技职业学院教务处 制



# 毕业设计真实性承诺及指导教师声明

## 学生毕业设计真实性承诺

本人郑重声明：所提交的毕业设计是本人在指导教师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果，内容真实可靠，不存在抄袭、造假等学术不端行为。除文中已经注明引用的内容外，本设计不含其他个人或集体已经发表或撰写过的研究成果。对本设计的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。如被发现设计中存在抄袭、造假等学术不端行为，本人愿承担相应的法律责任和一切后果。

学生（签名）： 李安雄 日期： 2020.06.26

## 指导教师关于学生毕业设计真实性审核的声明

本人郑重声明：已经对学生毕业设计所涉及的内容进行严格审核，确定其成果均由学生在本人指导下取得，对他人毕业设计及成果的引用已经明确注明，不存在抄袭等学术不端行为。

指导教师（签名）： 刘先智 日期： 2020.06.26

注：此声明由指导教师和学生

# 目 录

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 一、 点火系统的概述.....                   | 1  |
| 1.1 点火系统的功能.....                  | 1  |
| 1.2 点火系统的基本要求.....                | 1  |
| 1.3 点火系统的分类.....                  | 3  |
| 二、 丰田轿车的点火系统.....                 | 5  |
| 2.1 丰田轿车传统点火系统的组成和工作原理.....       | 5  |
| 2.2 丰田轿车电子点火系统组成和工作原理.....        | 5  |
| 2.2.1 丰田轿车电子点火系统的优点.....          | 6  |
| 2.2.2 丰田轿车电磁感应式点火系统.....          | 6  |
| 2.2.3 丰田轿车微机控制点火系统.....           | 9  |
| 三、 丰田轿车电子点火系统主要部件的故障诊断.....       | 14 |
| 3.1 丰田轿车普通电子点火系统主要部件的故障诊断.....    | 14 |
| 3.2 丰田轿车微机控制点火系统主要部件的故障诊断.....    | 17 |
| 四、 丰田轿车电子点火系统常见故障的诊断与检修.....      | 20 |
| 4.1 丰田轿车电子点火系统的常见故障及原因.....       | 20 |
| 4.2 丰田皇冠 3.0 轿车行驶中突然熄火的诊断与排除..... | 20 |
| 4.3 丰田 5A-FE 电控发动机不能起动的诊断与排除..... | 22 |
| 五、 丰田轿车点火系统的使用注意事项及维护.....        | 26 |
| 六、 设计总结.....                      | 28 |

# 一、点火系统的概述

传统的点火系统由机械触点控制点火时刻，点火时刻的调节采用机械式自动调节机构，这种方式结构简单、成本低，是一种较早、较普遍的点火系统。但该点火系统工作可靠性差，点火状况受转速、触电器技术状况影响较大，需要经常维修、调整。而电子点火系统由晶体管控制点火时刻，点火电压和点火能量高，受发动机工况和使用条件的影响小，结构简单，工作可靠，维护、调整工作量小，节约燃料，减小污染，因而应用广泛。

本设计从点火系统的结构和工作原理入手，详细介绍了电子点火系统的常见故障以及典型丰田轿车点火系统故障的检测和诊断。

## 1.1 点火系统的功能

汽油机点火系统的功能是适时地产生足够能量的电火花以点燃发动机气缸内已被压缩的可燃混合气，从而使发动机及时地、迅速地做功。

点火系统将电源的低电压变成高电压，再按照发动机点火顺序轮流送至各气缸，点燃压缩空气可燃混合气；并能适应发动机工况和使用条件的变化，自动调节点火时刻，实现可靠而准确的点火；还能在更换燃油或安装分电器时校准点火时刻。

## 1.2 点火系统的基本要求

为了保证汽油机可靠而准确的点火，点火系统必须满足如下要求：

### 1. 能够产生足够高的次级电压

用于点燃可燃混合气的火花塞电极伸入气缸燃烧室内，通过电极间气体的电离作用产生电火花。火花塞电极被击穿而产生电火花时所需要的电压称为击穿电压。影响击穿电压大小的因素很多，主要有：

#### (1) 电极的间隙

火花塞火花塞电极的间隙越大，气体中的电子和离子受电场力的作用越小，越不易发生碰撞电离，击穿电压就越高，如图 1-1。

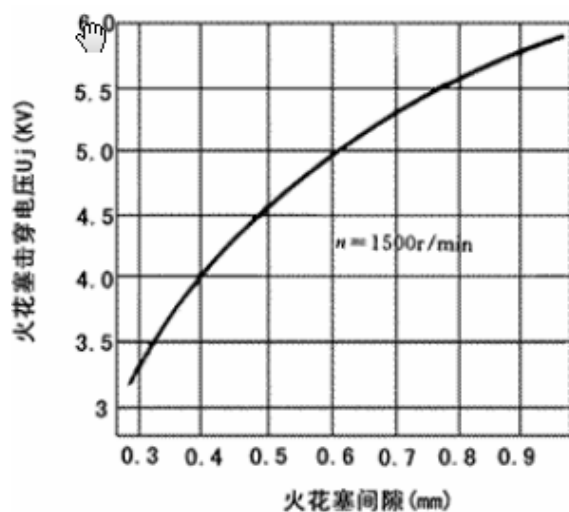


图 1-1 火花塞击穿电压与

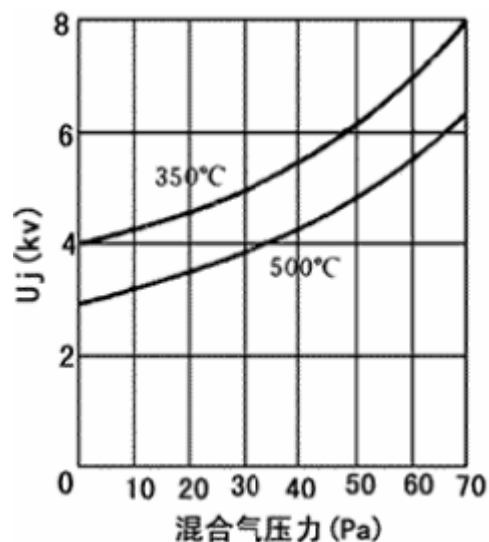


图 1-2 火花塞击穿电压与混合气压力的关系

## (2) 发动机工况

气缸内的混合气压力高，温度低时，气体的密度相对较大，气体电离所需的电场力大，所需击穿电压也就高。在不同工况下其压缩终了的混合气压力和温度是不同的，因此发动机的转速和负荷改变时，火花塞的击穿电压是变化的，如图 1-2。

## (3) 电极的温度和极性

当火花塞电极的温度超过混合气温度时，电极周围的气体密度小，击穿电压就低。实践证明，当火花塞的中心电极为负极时，其击穿电压比中心电极是正极时低。

(4) 此外，火花塞电极上积油、积炭时，其击穿电压也会相应升高。

## 2. 电火花应具有足够的能量

足够高的次级电压只是保证火花塞可靠跳火，要使混合气可靠点燃，还必须具有足够的点火能量。点火能量不足时，会使发动机起动困难，点燃率下降，发动机的动力性下降，油耗和排污增加，甚至于发动机不能工作。

## 3. 应根据发动机工况的变化提供最佳的点火时刻

点火时刻由点火提前角表示。当发动机转速和负荷变化时，点火提前角也应随之变化。点火系统应根据发动机转速和负荷的变化情况，及时调整点火提前角，以使混合气的燃烧及时、安全。

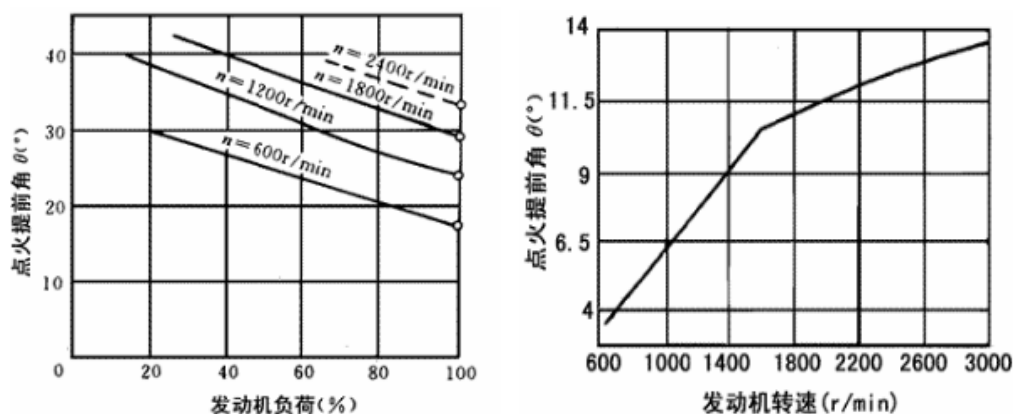


图 1-3 不同转速时点火提前角与负荷的关系 图 1-4 最佳点火提前角与发动机转速的关系（节气门开度不变时）

当发动机转速一定时，随着负荷的加大，节气门开大，进入气缸的可燃混合气量增多，压缩终了时的压力和温度增高，混合气燃烧速度加快，这时，点火提前角应适当减小；反之，发动机负荷减小时，点火提前角应适当增大，如图 1-3。

当发动机节气门开度一定时，随着转速升高，燃烧过程所占曲轴转角增大，这时，应适当加大点火提前角。点火提前角应随转速增高适当加大，如图 1-4。

### 1.3 点火系统的分类

点火系统按采用的电源不同，可分为蓄电池点火系统和磁电机点火系统两大类。蓄电池点火系统根据是否采用电子元件控制可分为传统点火系统和电子点火系统。

#### 1) 传统点火系统

以蓄电池或发电机提供 12V 的低压直流电源，通过点火线圈和断电器将低压电转变为高压电，再经过配电器分配到各缸火花塞，使火花塞两电极之间产生电火花，点燃混合气。

#### 2) 电子点火系统

电子点火系统又称为半导体点火系统或晶体管点火系统，它由点火线圈和三极管以及集成电路构成的点火器的作用，将电源的低压电转变为高压电。它是目前国内外汽车上广泛应用的点火系统。

#### 3) 微机控制的点火系统

由点火线圈和微机控制装置产生的点火信号，将电源的低压电转变为高压电。微机控制的点火系统已广泛应用于各种轿车上。微机控制的点火系统根据工

作方式不同可分为：有分电器的点火系统和无分电器的点火系统。

#### 4) 磁电机点火系统

它由磁电机产生低压电，通过内部的电磁线圈产生高压电，并送入汽缸火花塞点燃可燃混合气，而不需要另设低压电源。结构简单，主要用于各种小型汽油发动机上。

## 二、丰田轿车的点火系统

### 2.1 丰田轿车传统点火系统的组成和工作原理

丰田轿车传统点火系统以蓄电池或发电机提供 12V 的低压直流电源，通过点火线圈和断电器将低压电转变为高压电，再经过配电器分配到各缸火花塞，使火花塞两电极之间产生火花，点燃混合气。

丰田轿车传统点火系统的组成和工作原理如下：

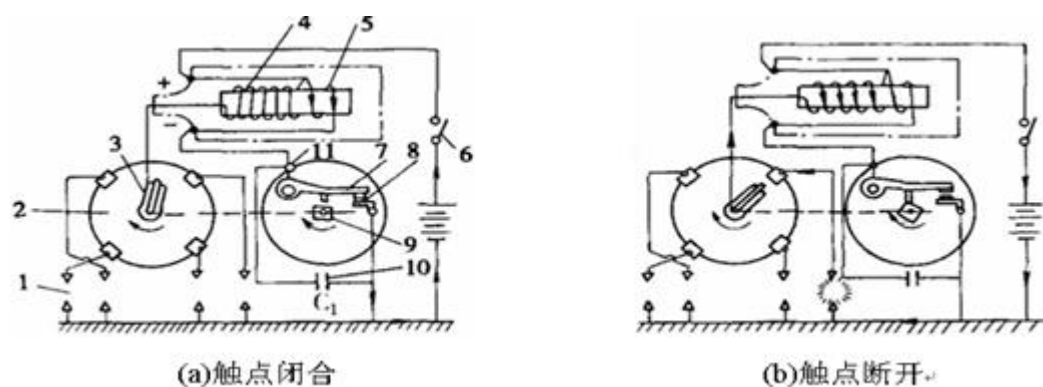


图 2-1 传统点火系统工作原理图

1-火花塞；2-分电器；3-分火头；4-点火线圈次级绕组；5-点火线圈初级绕组；6-点火开关；7-断电器活动触电臂；8-断电器固定触点；9-断电器凸轮；10-电容器

触点闭合时：初级电路导通，电流从蓄电池的正极经过点火开关、点火线圈的初级绕组、断电器活动触点臂、触点、分电器壳体搭铁，流回蓄电池的负极，为低压电路。

触点断开时：初级绕组通电时，在其周围产生磁场，并由于铁心的作用而加强。当断电器凸轮顶开触点时，初级电路被切断，初级电路迅速下降到零，铁芯中的磁通随之迅速衰减以至消失，因而在匝数多、导线细的次级绕组中感应出很高的电压，使火花塞两极之间的间隙被击穿，产生火花，点燃可燃混合气使发动机做功。

传统点火系统的缺点：

- （1）当断电器触点分开时，在触点之间产生火花，使触点逐渐氧化、烧蚀；
- （2）火花塞积炭时，因漏电次级电压低不能可靠地点火；
- （3）高速时容易出现缺火现象。

### 2.2 丰田轿车电子点火系统组成和工作原理

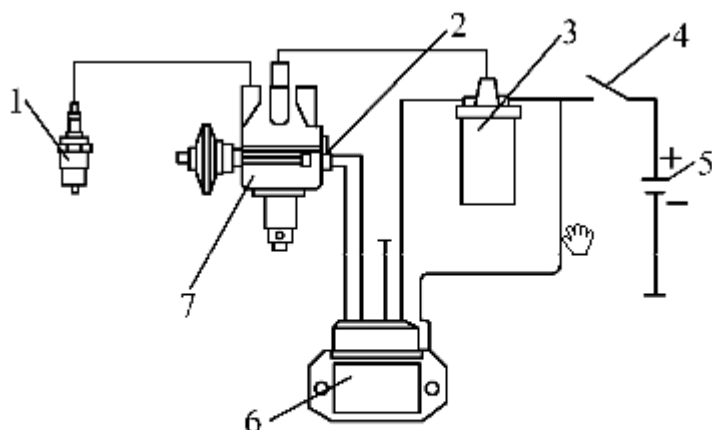
### 2.2.1 丰田轿车电子点火系统的优点

电子点火装置与传统点火装置相比，它的基本功能并没有什么变化，但从改善电火花的点火性能，提高点火时间的控制精度及可靠性等方面来看，具有许多明显的优点：

- （1）因为无机械触点或初级电流不经过触点，所以不存在触点氧化、烧蚀、变形、磨损等问题，使用中几乎不需要维修和经常换件。
- （2）用晶体管取代电器触点或初级电流不经过触点。这样可以增大初级断电电流值，减少点火线圈初级绕组匝数，减小初级电路的电阻，从而提高次级电压，有效地改善和保证点火性能。一般传统点火系统初级电流不超过 5A，而晶体管点火装可提高 7~8A，次级电压可达 30kV。
- （3）电磁能量得到充分利用，高电压形成迅速，火花能量大。由于无断电器触点或触点电流很小，根本不会因产生火花而消耗部分电磁能量，所以高压形成很快，使火花能量增大，提高了点火可靠性。传统点火系统高压电的形成时间需 120~200 $\mu$ s，而电子点火系统则只需 80~100 $\mu$ s。
- （4）减小了火花塞积碳的影响。电子点火系统在火花塞积炭阻值达 100K $\Omega$  的严重情况下，仍能维持可靠的点火特性。
- （5）点火时间精确，混合气能得到完全燃烧，可以在稀混合气工况下正常点火，从而保证了发动机在降低油耗的基础上，减少废气污染，获得最好的动力性。
- （6）能适应现代高速高压压缩比发动机的发展需求，有利于汽车的高速化。
- （7）对无线电干扰小，结构简单，重量轻、体积小，保养维修简便。

### 2.2.2 丰田轿车电磁感应式点火系统

电磁感应式电子点火系统应用于日本丰田汽车公司生产的大部分汽车上，是一种典型的电子点火系统。该点火系统由电磁感应式点火信号发生器、点火控制器、点火线圈、分电器和火花塞等组成。



丰田20R型发动机的点火装置

1—火花塞；2—信号发生器；3—点火线圈；4—点火开关；5—蓄电池；6—点火控制器；7—分电器

图 2-2 电磁感应式点火信号发生器

作用：产生与发动机曲轴位置相应脉冲信号电压，并将之输出给点火控制器，通过点火控制器来控制点火系统的工作；

位置：安装在分电器内；

组成：主要由导磁转子、感应线圈和永久磁铁等组成； 转子由分电器轴带动，转子的凸齿数与发动机的气缸数相等，永久磁铁的磁路为：N 极→空气隙→导磁转子→空气隙→铁心→S 极，其结构与原理图如下：

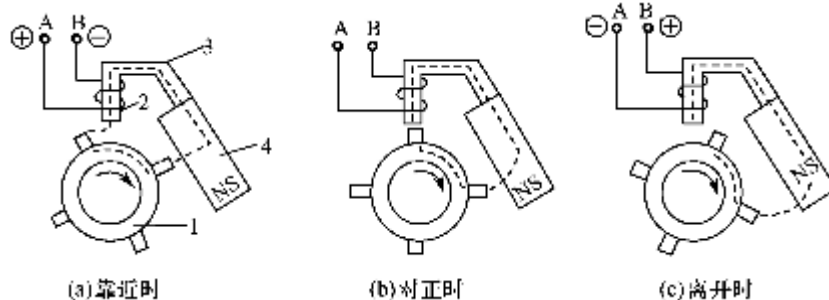


图 2-3 丰田 20R 型发动机的信号发生器

1—导磁转子；2—感应线圈；3—铁心；4—永久磁铁

## 2. 丰田 20R 型发动机点火系统的工作原理

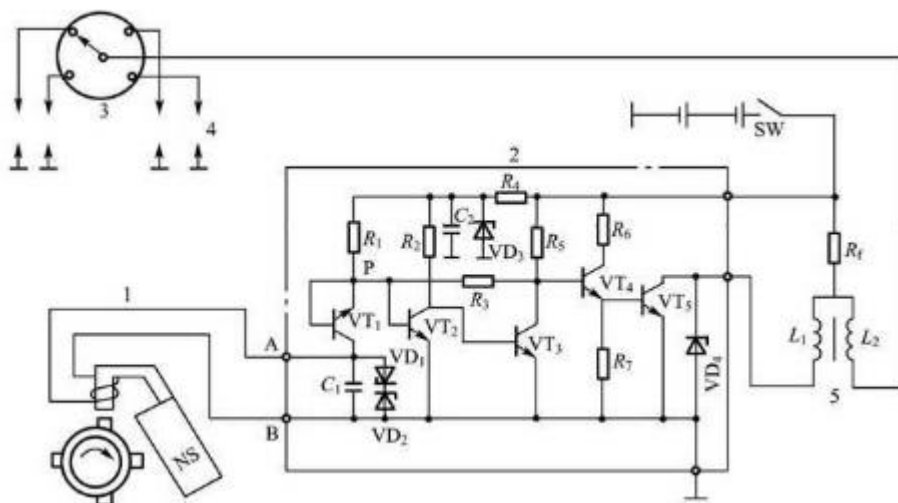


图 2-4 丰田 20R 型发动机点火系统的工作原理图

1-火花塞；2-配电器；3-点火开关；4-附加电阻；5-点火线圈； 6-点火控制器；  
7-信号发生器

接通点火开关，发动机未工作时，此时蓄电池的“+”→点火开关→R4→R1→P 点→VT1→A 点→信号发生器的感应线圈→B 点→搭铁。

于是电路中的 P 点电位高于三极管 VT2 的导通电压，VT2 导通，VT2 导通后其集电极电位降低，使 VT3 截止。

VT3 截止时，蓄电池通过 R5 向 VT4 提供偏流使 VT4 导通。VT4 导通后，R7 上的电压降给 VT5 提供正向偏置电压，使 VT5 导通。

当 VT5 导通时点火系统的初级电路导通

电路为：蓄电池的“+”→点火开关→附加电阻→点火线圈的初级线圈 N1→VT5→搭铁。

当信号发生器的感应线圈输出“+”信号时（A 端为“+”、B 端为“-”），由于 VT1 的集电极加反向电压而使 VT1 截止，故 P 点电位仍是高电位，使 VT2 导通，于是 VT3 截止，VT4 和 VT5 导通，点火系统的初级电路导通，产生初级电流。

当信号发生器的感应线圈输出“-”信号时（A 端为“-”、B 端为“+”），VT1 因加正向电压而导通，此时 P 点电位为低电位，于是 VT2 截止。当 VT2 截止时，蓄电池通过 R2 向 VT3 提供偏流，使 VT3 导通，VT4、VT5 截止，点火系统的初级电路截止，次级线圈产生高压电。

高压电由分电器分配至各缸火花塞跳火，点燃混合气。点火信号发生器导磁转子转动一周，各个气缸便轮流点火一次。

### 2.2.3 丰田轿车微机控制点火系统

普通电子点火系统虽然较传统点火系统有了很大的发展，大大提高了点火系统的性能，但其点火提前角仍采用真空和离心机械式点火提前机构进行控制，其主要缺点如下：

- (1) 点火提前角的控制不精确，影响点火正时；
- (2) 为了避免大负荷时的爆燃，必然采用妥协方式降低点火提前角；
- (3) 仍脱离不开机械控制的范围。

微机控制的点火系统则能解决以上缺点，它除能随发动机转速控制初级线圈的通电时间外，还可以通过电子手段控制发动机各工况的点火提前角，使发动机在功率，加速性能和排放等方面达到最优。

#### 1) 微机控制点火系统的优点：

① 取消了机械式点火提前调节装置，微机控制点火系统根据发动机的工况变化自动的改变点火提前角；

② 自动的调节一次电路的导通时间，高速时一次电路的导通时间延长，增大一次电流提高二次电压；低速时一次电路的导通时间缩短，限制一次电流的幅度，以防止点火线圈过热。

微机控制点火系统一般由传感器，微机控制器和点火控制器，点火线圈等组成。如下图是微机控制点火系统的组成原理图：

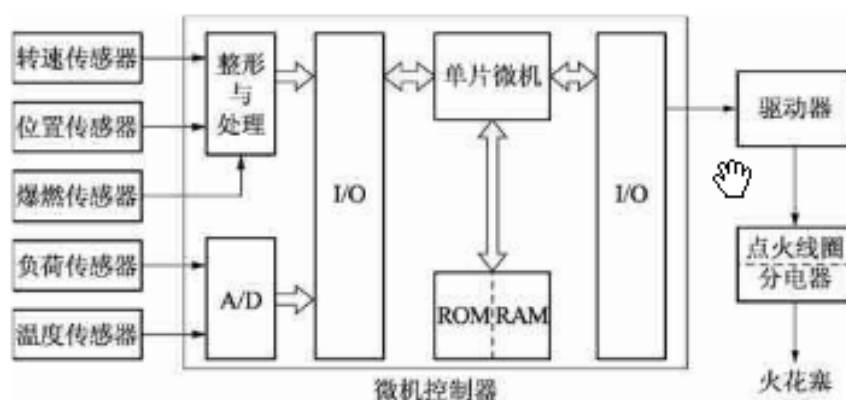


图 2-5 微机控制点火系统组成原理图

#### ① 传感器

用来不断地检测与点火有关的发动机工况信息，并将检测结果输入电子控制

单元，作为运算和控制点火时刻的依据。

## ② 微机控制器

其功用是根据各传感器输入的信号，确定最佳点火提前角和初级电路导通角，实现对点火提前角和闭合角的控制，并将点火控制信号输送给点火控制器。

## ③ 点火控制器

其功用是根据微机控制器输出的点火控制信号，控制点火线圈初级电路的通与断。有些点火控制器只有大功率三级管，单纯起开关作用；有些点火控制器除开关作用外，还有恒流控制、闭合角控制、气缸判别、点火监视功能等。

### 2) 有分电器微机控制点火系统

有分电器微机控制点火系统主要特点是：只是一个点火线圈，点火线圈产生的高压电通过分电器按照发动机的做功顺序依次输送给各缸火花塞。电控点火系统中的 ECU 根据凸轮轴/曲轴位置传感器信号、空气流量计信号、起动开关信号来确定其点火提前角和通电时间，依据冷却液温度传感器信号，节气门位置传感器信号、空调开关信号和车速传感器信号来修正点火提前角。

有分电器微机控制点火系统保留了分电器这一机械装置，分电器中机械装置的磨损必然会对点火提前角的控制精度、稳定性和均匀性产生影响。此外，分火头与旁电极这一中间跳火间隙也存在能量损耗及由此产生的射频干扰。

### 3) 无分电器微机控制点火系统

#### (1) 无分电器微机控制点火系统的组成

无分电器微机控制点火系统又称直接点火系统或全电子化点火系统。其主要特点是：用电子控制装置取代了分电器，利用电子分火控制技术将点火线圈产生的高压电直接送给火花塞进行点火。它具有无运动件，无需维护管理，可抑制电磁干扰，点火正时可变范围大，点火系统的高压线长度变短，火花塞电压增加，高压线的容性效应降低等优点，但点火线圈的数量比有分电器微机控制点火系统的多。

无分电器微机控制点火系统与有分电器微机控制点火系统的工作原理及各元件功能基本相同，不同的无分电器的点火系统具有电子配电功能，即在发动机工作时，ECU 除向点火器输出  $IGt$  点火控制信号外，还必须输送 ECU 内存储的气缸判别信号  $IGd$ ，以便控制多个点火线圈的工作顺序，按做功顺序完成对各气

缸点火的控制。

(2) 无分电器微机控制点火系统的工作原理

根据点火线圈的数量和高压电分配方式的不同，无分电器微机控制点火系统又可分为：独立点火式直接点火系统、同时点火式直接点火系统和二极管分配式直接点火系统。

① 独立点火式直接点火系统

该种点火方式取消了分电器和高压线，每一个气缸的火花塞配备一个点火线圈，即点火线圈的数量与气缸数相等，分火性能较好，但其结构和控制电路复杂，如下图。

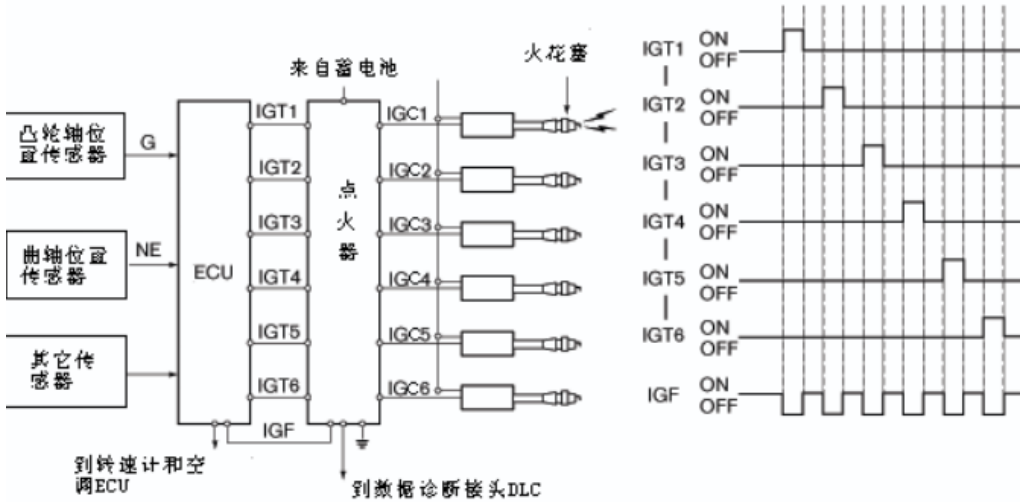


图 2-6 丰田 1MZ---FE 独立点火系统

由于每缸都有各自独立的点火线圈，所以即使发动机的转速很高，点火线圈也有较长的通电时间（大的闭合角），可提供足够高的点火能量。与有分电器的微机控制点火系统相比，在发动机转速和点火能量相同的情况下，单位时间内通过点火线圈初级电路的电流要小得多，点火线圈不易发热，且点火线圈的体积又可以非常小巧，一般直接将点火线圈压装在火花塞上。

② 同时点火式直接点火系统

这种点火方式的特点是两个活塞同时到达上止点位置的气缸（一个为压缩行程的上止点，另一个为排气行程的上止点）共用一个点火线圈，即点火线圈的数量等于气缸数的一半。

这种点火系统的发动机两个气缸共用一个点火线圈，因此只适用在气缸数为

偶数的发动机上。以 6 缸发动机为例，1、6 缸或 2、5 缸或 3、4 缸的活塞分别同时到达上止点，称为同步缸。两同步缸共用一个点火线圈，两个缸的火花塞与共用的点火线圈中的次级线圈串联，但两火花塞的极性刚好相反。如图为丰田皇冠同时点火直接点火的工作原理图

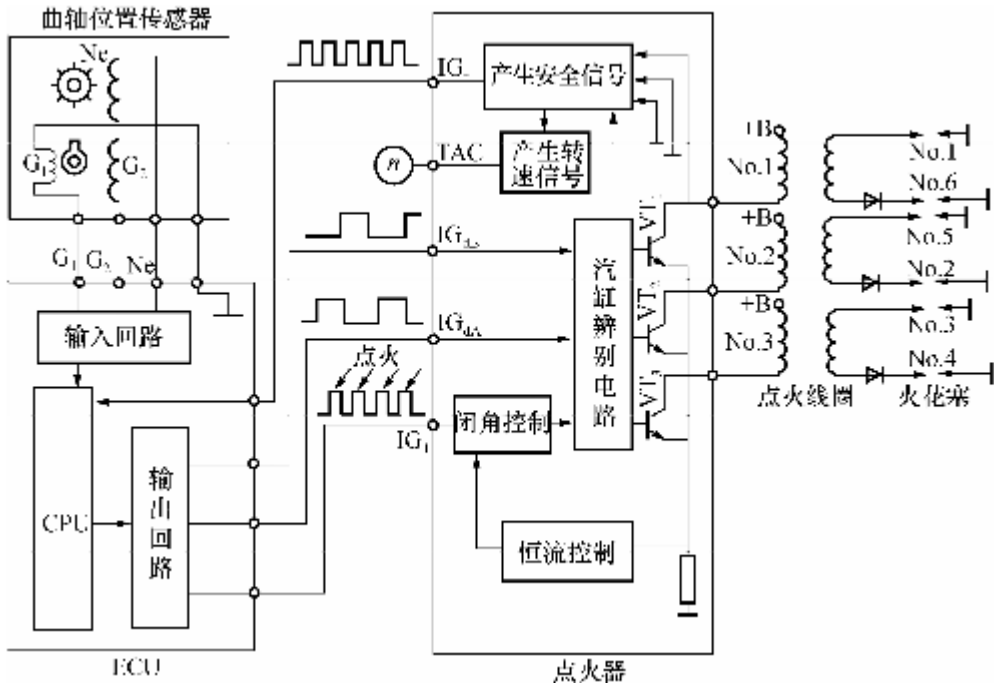


图 2-7 丰田皇冠同时点火直接点火系统的工作原理图

在发动机工作时，两同步缸中的一缸在压缩冲程终了有效点火时，而另一缸处在排气冲程末期，点火则为无效点火。由于处于排气冲程末期的气缸，其缸内压力已经很低，又由于燃烧废气中有较多的导电离子，这个气缸火花塞的电极很容易击穿放电，所以，其消耗的能量很小，不会对有效点火气缸的火花能量造成很大的影响。

与独立点火直接点火系统相比，同时点火直接点火系统的结构和控制电路较简单，所以应用比较多。但由于保留了点火线圈与火花塞之间的高压线，能量损失略大。此外，串联在高压回路的二极管，可用来防止点火线圈初级电路导通的瞬间产生的二次电压（约 1000~2000V）加在火花塞上后发生的误点火。

### ③ 二极管分配式直接点火系统

该种点火方式是利用二极管的单向导通特性，对点火线圈产生的高压电进行分配的同时点火方式。其工作原理如下图。其结构特点是：4 个气缸共用一个点火线圈，与之相配的点火线圈有两个初级绕组、一个次级绕组，相当于是共用一

个次级绕组的两个点火线圈的组件。次级绕组的两端通过四个高压二极管与火花塞组成回路，其中配对点火的两活塞必须同时到达上止点，即一个处于压缩行程上止点时，另一个处于排气行程的下止点。

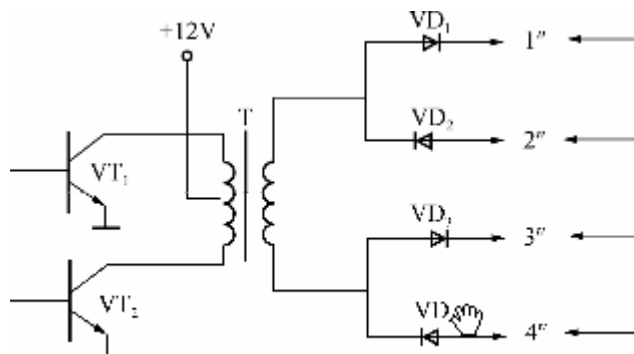


图 2-8 为二极管分配式直接点火系统原理图

点火顺序为 1-3-4-2 的四缸发动机，当电控单元（ECU）接收到曲轴位置传感器相应的信号时，向点火控制器发出点火触发信号，使点火控制器控制 VT1 截止，使点火线圈初级绕组上部的电流被切断，在次级绕组中感应出下“+”上“—”的高压电，经 4 缸和 1 缸火花塞构成回路，两个火花塞均跳火，此时一缸接近压缩终了，混合气被点燃，而 4 缸正在排气，火花塞无效点火。曲轴转过 180° 后，电控单元（ECU）接收到传感器信号后再次向点火控制器发出点火触发信号，使 VT2 截止，使点火线圈初级绕组下部的电流被切断，在次级绕组中感应出上“+”下“—”的高压电，并经 2 缸和 3 缸火花塞构成回路，两个火花塞同时跳火，此时 3 缸点火做功，2 缸火花塞无效点火。以此类推，发动机曲轴转 2 圈，各缸做功一次。

二极管分配式直接点火系统对线圈要求很高，而且要求发动机的气缸数必须是 4 的倍数，所以在应用上受到一定的限制。

## 三、丰田轿车电子点火系统主要部件的故障诊断

### 3.1 丰田轿车普通电子点火系统主要部件的故障诊断

#### 1. 点火线圈的常见故障与诊断

##### 1) 点火线圈常见的故障如下：

- 初级绕组、次级绕组断路；匝间短路或绕组搭铁。
- 绝缘老化、漏电。
- 内部导线连接点接触不良。

点火线圈的这些故障会造成：无次级电压产生，或次级电压太低而不能点火。

虽能跳火，但由于次级电压降低，点火能量不足而出现高速断火、缺火，使发动机不易起动、怠速不稳、功率下降、排气污染及油耗增加等。

##### 2) 故障检查方法：

点火线圈的检查，通常是用万能表电阻档分别测初、次级绕组的电阻，判断是否有绕组短路和断路的故障。万用表检查点火线圈的初级绕组和次级绕组的电阻值应分别为  $1.3\sim 1.7\Omega$  和  $10\sim 15K\Omega$ 。若测得电阻无穷大，则为绕组有断路故障；若电阻过大或过小，则说明绕组有接触不良或短路之处。绕组是否搭铁，则用万能表测点火线圈接线柱与点火线圈外壳之间的电阻来鉴别。电阻为零，说明绕组搭铁；电阻小于  $50M\Omega$  说明绝缘性能差。

点火线圈的有些故障仅用万能表测量电阻的方法并不一定能反映出来。比如，点火线圈内部绝缘老化或有小的裂纹，这些只是在高压下产生漏电而造成次级电压下降，点火能量不足而使发动机工作不正常或不工作。这些故障需通过专用仪器才能准确判别。

#### 2. 点火系统高压配电部分常见故障及检查

##### 1) 常见故障和影响：

- 分电器盖有裂纹、脏污等导致漏电、窜电。
- 分火头有裂纹而漏电。
- 高压导线破损而漏电，导电性能下降。
- 分电器盖碳柱磨损太短或电刷弹簧失效。

这些故障会使点火系统火花减弱或无火、点火窜缸等，造成发动机工作不正常、功率下降、排气污染和油耗增加或不能起动等故障。

## 2) 故障检查方法:

如怀疑高压配电部分有问题,可先打开分电器盖,观察分电器盖有无明显裂纹,碳柱是否太短及有无弹性。若有问题,可用测量绝缘电阻的方法来鉴别其好坏,一般绝缘电阻应在  $50\text{M}\Omega$  以上。也可以用高压试火的方法来检查其漏电与否。如果可以看到跳火,则说明分火头以漏电,需更换分火头。对于高压导线的检查,一是看是否有破损,二是用欧姆表测导线的电阻值。

## 3. 火花塞常见故障及诊断

1) 火花塞是点火系统的重要部件,它直接装在燃烧室内。其作用是将点火线圈产生的高压电引入发动机的燃烧室,在电极间隙中形成电火花,点燃混合气。

因为火花塞的工作是在高温、高压以及具有强烈的腐蚀性下,所以工作条件是非常的恶劣的,因而对火花塞的要求很高。具体有以下几个具体的要求:

- 火花塞的主要部件必须具有足够的机械强度。
  - 火花塞能够承受剧烈的温度变化,并且有适当的热特性。
  - 火花塞的绝缘体应具有足够的绝缘强度,能承受  $30\text{kV}$  的高电压。
  - 火花塞的材料具有抵抗燃烧过程中产生的各种有害气体腐蚀的能力。
  - 火花塞应当有适当的电极间隙和安装位置,气密性应当良好,以保证可靠地点火。
- 火花塞应具有尽可能低的击穿电压,这不仅可以提高点火系统的工作可靠性,而且可以减轻高压电路的负担,延长使用寿命。

火花塞常见的故障:火花塞常见故障有因电极烧损、电极熔断、积碳、积油、积灰而漏电、绝缘磁体破裂而漏电、电极间隙不当等。这些故障会造成点火系统断火、缺火,使发动机运转不平稳或不能工作。

## 2) 故障诊断:

拆下火花塞,可以用肉眼大致判断出火花塞是否正常工作。火花塞的电极间隙性能也可以用欧姆表来检测。一般其绝缘电阻值应在  $10\text{M}\Omega$  以上。低于  $10\text{M}\Omega$  的,即使无积炭,积油等不良外观状态,火花塞也应更换。火花塞的电极间隙要用圆形塞规检测。电极间隙不正常,应用专用工具将其调整到正常值。更换其他型号的火花塞时,火花塞的热特性一定要与发动机想匹配,否则,会引起发动机早燃或火花塞严重积炭。

## 4. 点火信号发生器的常见故障及诊断

### 1) 磁感应式

#### (1) 常见故障及影响。

这种点火信号发生器的常见故障是：信号感应线圈短路、断路、转子轴磨损偏摆或定子（感应线圈与导磁铁芯组件）移动，使转子和定子之间的间隙不当，造成信号减弱或无信号而不能触发电火控制器（或 ECU）工作，点火系统不能产生火花。

#### (2) 故障诊断。磁感应式点火信号发生器的检查主要是两项：

- 检查导磁转子与定子之间的间隙，信号转子凸齿与铁心之间的空气间隙一般为 0.2~0.4mm；若间隙不合适，应进行调整。有些空气间隙是不可调的，若间隙不合适，只能更换信号发生器总成。

- 用万用表检查点火信号发生器传感器线圈的电阻，其电阻值应在  $140\ \Omega \sim 180\ \Omega$ 。若电阻无穷大，则说明线圈断路，过大或过小都需更换信号发生器总成。

### 2) 光电式

(1) 常见故障及影响。光电式信号发生器的常见故障是：光敏、发光元件沾污、损坏，内部电路断路或接触不良等，使之信号减弱或无信号产生，造成发动机不能工作。

(2) 故障诊断。打开分电器盖，检查光敏、发光元件表面是否脏污，线路连接是否良好。如果无问题，从发动机上拆下分电器，拆开分电器线路插接器，用导线将插接器两端的电源插孔连接起来，并将分电器外壳搭铁，打开点火开关（不起动），然后慢慢转动分电器轴，从插接器信号插孔测信号电压。如果电压表指示电压在 0-1V 之间摆动，说明信号发生器良好，否则，需更换分电器。

### 3) 霍尔效应式

(1) 常见故障及影响。霍尔效应式点火信号发生器的常见故障是：内部集成块烧坏，线路断脱，因而不能产生点火电压信号或信号太弱，不能使电子点火器触发工作。

(2) 故障诊断。霍尔效应式点火信号发生器检查方法与光电式的相同，也是将信号发生器接上电源后转动分电器轴，测其信号输出电压，但电压波动的范围不一样。对于霍尔电压来说，导磁转子叶片插入缝隙时，霍尔元件上磁通量减弱，霍尔电压很微弱；而叶片离开缝隙时，则霍尔元件磁场加强，霍尔电压较高。

由于霍尔电压较弱，不足以触发电子点火器工作，所以信号发生器内部加了信号放大和相反器。信号发生器输出的信号电压在转子叶片插入缝隙时是高电平，转子叶片离开时是低电平。

### 3.2 丰田轿车微机控制点火系统主要部件的故障诊断

以丰田皇冠 3.0 轿车所使用的 2JZ—GE 直列 6 缸电喷发动机为例，该车系采用带分电器的微机控制点火系统，其传感器、点火器、高压线、点火线圈、ECU 等损坏都将导致点火故障的产生。其点火系统原理图如下：

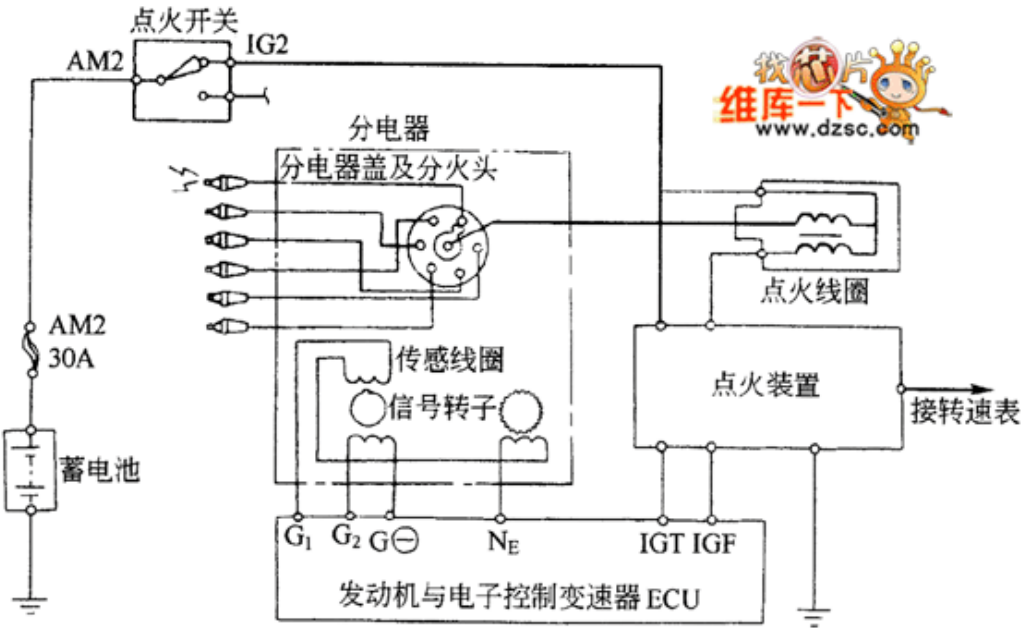


图 3-1 丰田皇冠 3.0 轿车点火系统原理图

#### 1) 曲轴转速传感器与凸轮轴位置传感器检测

(1) 用厚簿规测量 G1、G2、NE 信号转子与感应线圈铁芯之间的气隙（也称磁隙），其标准值均为 0.2~0.4mm，如不符合规定，应更换分电器。

(2) 在分电器插座上，用万用表测量感应线圈的电阻值。其标准为：冷态（-10℃~50℃）时，NE 端子与 G（负极）端子 55Ω~250Ω；G1 端子与 G（负极）端子 125Ω~200Ω；G2 端子与 G（负极）端子 125Ω~200Ω。热态（50℃~100℃）时，NE 端子与 G（负极）端子 190Ω~290Ω；G1 端子与 G（负极）端子 160Ω~235Ω；G2 端子与 G（负极）端子 160Ω~235Ω。测量结果与标准值不符，表明所测传感线圈有故障，应予以修理或更换分电器总成。

(3) 接通点火开关，转动曲轴，用万用表测量感应线圈的电压脉冲信号，如果没有脉冲信号，表明 G1 传感器、G2 传感器或 NE 传感器有故障，应修理或更换分电器总成。

## 2) 点火控制器的检测

(1) 接通点火开关，用万用表测量点火器的+B 端子与车身（接地）间的电压，其电压值应为蓄电池端电压。如果没有电压，表明点火器电源电路有断路之处，应检查线路状况。

(2) 在确保点火器线束插头良好的情况下接通点火开关，转动曲轴，用万用表在 IGT 端子与车身（接地）间检查，应有脉冲电压，否则说明点火器至 ECU 间的导线有断路或 ECU 有故障，应进行“(3)”的检查。用万用表检查 IGF 端子与车身间也应有脉冲电压，否则说明点火器有故障，应予以更换。

(3) 在接通点火开关、转动曲轴的状态下，用万用表检查 ECU 的 IGT 端子与 E1 端子的脉冲电压，如果有电压，说明 ECU 至点火器间的导线断路。无脉冲电压，则应将接 E1 端子的表笔与车架相接，若脉冲电压正常，检查 ECU 端子 E1 与车身的接地电路。若 E1 与车身的接地电路正常，则应检查或更换 ECU。

## 3) 点火线圈的检测

(1) 检查初级线圈的电阻值。先拔下点火线圈接线，用万用表测量初级线圈的电阻，其标准值冷态应为  $0.55\Omega \sim 0.6\Omega$ ，热态值应为  $0.45\Omega \sim 0.65\Omega$ 。

(2) 检查次级线圈的电阻值，其标准值冷态应为  $9.0\Omega \sim 15.4k\Omega$ ，热态值应为  $11.4k\Omega \sim 18.1k\Omega$ 。检测结果与上述不符，应更换点火线圈。

## 4) 爆震传感器的检测

2JZ-GE 型发动机采用的是共振型压电式爆震传感器，当 ECU 收到爆震传感器传来的爆震信号后，便及时向点火器发出推迟点火的指令，防止爆震的发生。爆震传感器的故障检测方法是：

(1) 断开点火开关，拆除蓄电池搭铁线，拔下爆震传感器的接线端子，用万用表检测传感器接线端子与壳体是否导通。若导通，说明爆震传感器损坏，应予以更换。

(2) 在发动机运转时，用万用表检测爆震传感器接线端子与车身之间应有电压脉冲信号产生，如果没有脉冲信号，表明爆震传感器损坏，应予更换。

#### 5) 高压线及火花塞的检测

(1) 用万用表检测高压线的电阻值，其标准为  $25\text{k}\Omega$ ，检测结果与标准值相差较多时，应更换高压线。

(2) 在发动机达到正常温度后，用万用表测量火花塞的绝缘电阻，其标准值为  $10\text{k}\Omega$  以上，如果低于  $10\text{k}\Omega$ ，应拆下火花塞进行检查，其电极间隙应为  $0.8\text{mm}$ ，若火花塞电极间或裙部有积炭，应进行清洁，火花塞损坏应更换。

## 四、丰田轿车电子点火系统常见故障的诊断与检修

### 4.1 丰田轿车电子点火系统的常见故障及原因

#### 1. 故障现象

- 1) 发动机不能起动，或发动机在运行中突然熄灭；
- 2) 点火系统不点火、火花弱、点火时间不当或缺火。

#### 2. 故障原因

现代轿车点火系统多采用无触点电子控制点火系统。这种点火系统是由发动机 ECU 根据各个与点火控制有关的传感器输入信号对点火时刻、点火能量进行控制，从而实现点火。因此，电子控制点火系统的故障原因主要有如下几点：

- 1) 点火信号发生器存在故障，导致无信号输出而不能触发电子点火器工作。
- 2) 电子点火器存在故障或性能不良，不能及时通断点火线圈初级电流，使次级绕组不能产生高压。
- 3) 点火线圈存在故障，不能产生点火高压，或点火电压太低，点火能量不够。
- 4) 火花塞故障。火花塞承受高温高压、冷热高频交变、燃油废气的侵蚀等，工作环境恶劣，随着运行里程的增加会逐渐使性能变坏，产生电极烧损、积炭、积油等故障。
- 5) 点火系统的高低电压线路故障。线路接头、插座连接牢固才能保证接触可靠、传递信息准确。由于发动机本身运转时振动和汽车在不平路面上运行时的振动，会引起高、低压线路接触不良。另外，高压线损伤、漏电都会导致点火系统工作不正常。
- 6) 与电子控制点火系统有关的传感器失效，如发动机转速传感器、曲轴位置传感器、爆震传感器等失效，会引起点火系统工作不正常。
- 7) 与电子控制点火系统有关的控制线路短路或断路，将导致控制信号异常，使点火系统工作不正常。
- 8) 发动机 ECU 故障，导致点火系统工作异常。

### 4.2 丰田皇冠 3.0 轿车行驶中突然熄火的诊断与排除

#### 1. 故障现象

一辆皇冠 3.0 轿车，装用 2JZ-GE 发动机，行驶中突然熄火，再次启动无发动征候，经检查排除了油路故障，初步诊断为点火系统故障。

## 2. 故障诊断与排除

### 1) 检查点火线圈及连线

先拔下点火线圈接线，用万用表检测点火线圈初级绕组和次级绕组的阻值，检测结果都在标准范围之内。

### 2) 检查电子点火器

该车系所使用电子点火器基本电路如图 4-1。其内部主要是一个晶体管开关电路。由磁电线圈、霍尔传感器、或者电脑 ECU 的 IGT 信号去触发其导通或截止，从而控制点火线圈初级电流的通断，实现高压点火。

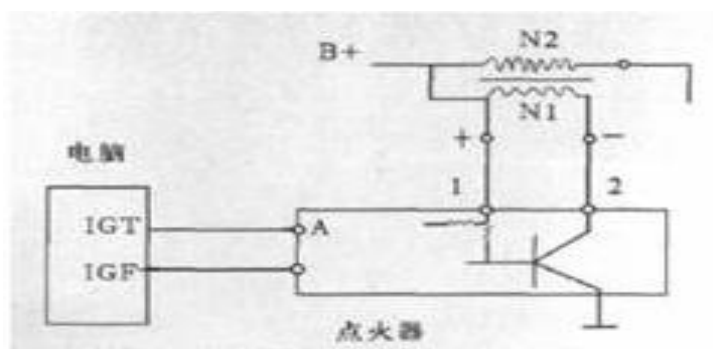


图 4-1 电子点火器电路原理图

在检测电子点火器是否存在故障时，可采用一个 3~5W 的灯泡接于点火线圈的“—”端和点火器之间，如图 4-2 所示。拔下点火器与电脑的连接线端，用 1 节或 2 节干电池去触发电火器“A”端，正常情况下试灯将闪亮，结果试灯不闪亮，调换干电池的极性或重新检查接线端子是否有误后，试灯仍然不闪亮，说明点火器有故障，更换新的电子点火器，故障排除。

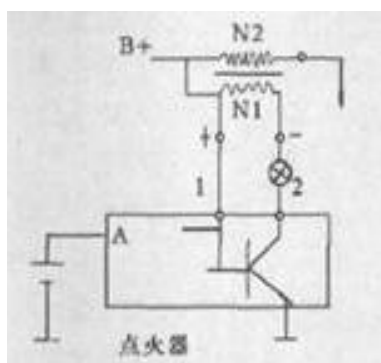


图 4-2

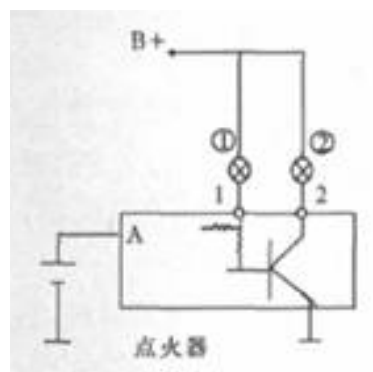


图 4-3

也可用 2 个 3~5W 的灯泡分别与电子点火器的“1”端与“2”端串联后再接至蓄电池正极,如图 4-3 所示(接试灯之前,应先关闭点火开关,拔下点火器与电脑的连接线端),这样,灯泡②代替点火线圈,作为点火器内部功率晶体管的负载(注意:如果没有这个负载,“2”端直接接电源正极,会使功率晶体管在导通时烧毁),另一个灯泡①作为点火器内部电路的电流指示。由于内部电路的电流小,在①灯泡上的压降小,只会使灯泡灯丝微红,并不影响其前置放大功能。然后,用 1 节或 2 节干电池去触发点火器“A”端,正常情况下灯泡②应闪亮。如果灯泡②不闪亮,调换干电池的极性或重新检查接线端子后,灯泡②仍然不闪亮,说明点火器有故障,更换新的电子点火器,故障排除。

### 4.3 丰田 5A-FE 电控发动机不能起动的诊断与排除

#### 1. 故障现象

一台丰田 5A-FE 电控发动机,起动时起动机可运转,但无着火痕迹,发动机不能正常起动。初步检查燃油供给系统,用听诊器放在喷油器上听到有脉动的嘀嘀声,检查喷油压力正常;拔出分电器各分缸高压线试火,均无火花跳出,初步怀疑为点火系统故障。

#### 2. 故障分析

该种发动机采用有分电器微机控制点火系统,由传感器、电控单元(ECU)、电子点火控制器及点火线圈、分电器等组成。

根据点火系统的工作原理,分析其分缸高压线无火花的故障原因可能在以下几方面:

##### 1) 线路连接是否良好

各导线连接不牢靠,搭铁不良,将有可能使发动机“断火”、工作不正常等现象,也有可能将分电器盖,分火头及点火线圈外壳等击穿损坏。

##### 2) 分电器总成(转速及位置传感器、点火线圈、点火控制器)故障

###### (1) 转速及位置传感器

磁感应式信号主要由信号转子、永久磁铁、感应线圈等部分组成。该传感器分成上、下两部分,上部分产生 G 信号,下部分产生 Ne 信号,都是利用带有轮齿的转子旋转时,使信号发生器感应线圈内的磁通变化,从而在感应线圈里产生交变的感应电动势,再将它放大后,送入 ECU。其结构如图:

传感器的信号电压随着发动机转速的提高而增大，因而，在转动过程中，利用转速及位置传感器产生的 G 信号和 Ne 信号作为主控信号，以 G 信号为基准，主要用来确定点火控制基准和判别气缸。Ne 信号指发动机曲轴转角信号，它是根据曲轴位置传感器产生的信号经过整形和转换而获得的脉冲信号，主要用来计量点火提前角和通电时间。

发动机工作时，ECU 同时接收两个信号，以 G 信号为基准，计算确定点火线圈通电时间的开始时刻和点火时刻，以每个 Ne 脉冲信号对应的曲轴转角为计算单元，对这两个时刻进行计算确定，依次对通电时间的开始时刻和点火时刻进行控制，最后向点火控制器输出点火控制信号（IGt 信号）。同时，在完成点火后，点火控制器向 ECU 输送一个点火确认信号（IGf 信号）。ECU 如果收不到 G 信号，因无法确定点火基准和判别气缸，则无法对点火提前角进行控制。

从上述可以看出，若转速及位置传感器出现故障，则发动机 ECU 无法确定点火时刻及点火顺序，ECU 会判断点火系统故障，停止发动机工作，造成发动机不能正常起动。

## （2）点火线圈

点火线圈相当于一个变压器，当线圈出现短路或断路时，则不能感应出高压电，造成不能正常跳火。

## （3）点火控制器

点火控制器用来控制低压电路的通断，若点火控制器内部的三极管出现击穿或失效，不能控制初级电路的通断，同样使次级绕组不能产生高压电，造成不能正常跳火。

## 3）ECU 故障

发动机 ECU 接收来自转速及位置传感器传送来的 G、Ne 信号，向点火控制器发出 IGt 点火控制信号，若电子控制单元中某一集成块、CPU、存储器，模数转换器、接口等损坏或松脱，均可能导致影响转速及位置传感器的 G 和 Ne 信号的接收，IGt 等点火信号发送异常，即不能正常点火。

## 3. 故障诊断与排除

针对以上的分析，初步确定点火系统出现故障。围绕其出现原因，进行检查诊断。

1) 检查全部线缆和连接器的连接是否可靠, 蓄电池技术状况是否良好, 经检查, 全部合格。

2) 调取故障码

① 将点火开关置于“ON”的位置, 但不启动发动机; (前提是电池电压高于 11V, 节气门全关)

② 用诊断连接线连接诊断座中的 TE1 和 E1 端子;

③ 根据仪表上发动机的故障警告灯的闪亮规律读取故障码, 其故障码显示为“14”。

④ 查看丰田车故障码含义, 故障码 14 表示: 点火信号。其原因可能是电控单元连续多次没有收到“IGf”点火信号, 或电控单元出现故障;

3) 检查分电器总成

根据故障码的提示, 将检查重点放在了分电器总成的上面。

首先, 拆开分电器盖, 检查了点火线圈, 经检查初级线圈阻值为  $1.7\Omega$ , 次级线圈阻值为  $12.8K\Omega$ , 说明点火线圈正常。同时检查点火线圈正极, 电压正常。

然后检查了转速及位置传感器, 检查传感器的间隙在  $0.2\sim 0.4mm$  之间, 其间隙符合要求; 在冷态下测量其传感器线圈电阻, 其电阻也符合标准; 同时, 检测其输出信号, 其标准如下:

正常情况下, 用示波器或 AC 电压表测量在工作时应有  $0.4\sim 0.8V$  的电压, 将点火开关打到起动档时测量其电源电压和输出电压, 电源电压正常, 约为 11V, 信号输出电压为 0.4V, 其输出电压符合要求 (标准为  $0.4\sim 0.8V$ ), 说明转速及位置传感器正常。

于是怀疑是点火器有故障, 通过检查, 发现点火器的信号 IGt 线无脉冲信号, 这时想到可能是 ECU 出现故障。将一个同型号的 ECU 换上实验, 发动机可以正常着车, 故障排除。



## 五、丰田轿车点火系统的使用注意事项及维护

### 1. 丰田轿车点火系统的使用注意事项

1) 大电流放电时间不宜过长, 使用起动机, 每次都时间不超过 5s, 相邻两次起动之间应隔 15s.

2) 蓄电池的充电电压不能过高, 当充电电压增高 10%—12%, 蓄电池的寿命将会缩短 2/3 左右。

3) 尽量避免蓄电池过低放电和长期处于欠电状态下工作, 放完电的蓄电池应在 24h 内充电。

4) 如需拆、接点火系统的导线时, 应先关闭点火开关。

5) 冬季使用蓄电池, 要特别注意保持充足电状态, 以免电解液密度降低而结冰。在不结冰的前提下, 尽可能采用密度偏低的电解液, 如液面过低, 需要添蒸馏水时只能在充电前进行, 尽可能地使水和电解液混合。冷车起动前, 注意发动机的预热。

6) 使用中接线应正确无误, 特别是蓄电池的搭铁极柱不能接错。导线及线束的插接件或拉线柱不应松动。洗车时不得用水冲洗点火系统组件。

7) 为防止对无线电干扰, 应使用符合汽车制造厂所规定电阻值的高压导线、火花塞插头和分火头, 不可借用其他车型的代用。

8) 当利用起动机带动发动机旋转, 而不想使发动机发动的情况下 (如进行气缸压力检查时), 应拔下分电器盖上的中央高压线, 并将其搭铁。

### 2. 丰田轿车点火系统点火系统的维护

要保证发动机运转正常, 少出故障, 必须做好点火系统的保养工作。

#### 1) 车辆行驶 1000km 后的维护工作

(1) 清楚分电器盖和壳体外面的灰尘和油污。

(2) 检查点火系统电路的连接, 并加以紧固。

(3) 用沾有汽油的抹布擦干净火花塞表面。

#### 2) 车辆行驶 5000km 后的维护工作

(1) 清洁分电器盖内表面和外表面的油污。

(2) 检查触点接触状况和触点间隙。

(3) 润滑分电器总成。分电器部分需要润滑的是:

- ① 分电器小轴，每次保养时将油杯旋进 1/2-1 圈，润滑脂如用完应补充；
- ② 凸轮和分电器小轴连接处，在凸轮的凹顶中有毡心，拆下分火头，往毡心上滴 1-2 滴机油，待油渗入后装回；
- ③ 凸轮面，在断电器内有特备毡块，应用涂沫的方法加入钙基润滑脂；
- ④ 活动触点臂销钉，每次加润滑油 1-2 滴，不可过多。
- (4) 检查高压线的绝缘及连接是否良好。
- (5) 清洁点火线圈外表的污垢，检查高压线端的连接。

## 六、设计总结

随着科技的进步，汽车发动机向着多缸高速的方向发展，人们还力图通过改善混合气的燃烧状况，以及燃用稀混合气，以达到减少排气污染和节约燃油的目的。这些都要求汽车的点火系统能够有足够高的次级电压、火花能量和最佳的点火时刻，因此，点火系统也将会变得逐渐重要、复杂。通过本论文的资料搜集、材料组织、篇章布局、案例设计让自己对点火系统有了更系统、更深一步的了解。

现代汽车电子控制技术是汽车技术和电子技术的相结合，是现代工业发展与高新技术发展的产物，汽车电子化程度的高低从某种程度上反映了汽车水平的高低。目前，电子技术的应用已经深入到汽车的所有系统，使汽车的技术性能、经济性和舒适性都有了很大提高。

汽油发动机工作时采用点燃式着火方式，因此，它必须设置一个独立的系统用于专门点燃汽缸内压缩终了的高温高压的可燃混合气——点火系统（ignition system）。而电子点火系统的应用能更好的提高汽车的动力性、燃油经济性、降低废气排放，因而现在应用非常广泛。本设计介绍了发动机电子点火系统的结构、工作原理，系统分析了典型丰田汽车点火系统的常见故障，并结合实际分析了典型故障产生的原因，并介绍了具体的故障排除方法。