

# 第 11 章 发动机点火系统与启动系统

**教学提示：**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。主要功能是按照汽油机工作的要求，定时地产生高压电点燃汽缸内的高温高压的可燃混合气。

现代汽车的启动电机电路是一个大电流的电路，由蓄电池产生的电能通过启动电机中的电磁场相互作用转变为机械能。现代内燃机需要 90~150A 的电流驱动曲轴以 400r/min 或更高的速度转动，以便可靠启动。

**教学目标：**要求学生掌握发动机汽油机点火系统和启动系统的主要部件、各自的作用及工作原理。

## 11.1 概 述

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)。

点火系统的主要功能是按照汽油机工作的要求，定时的产生高压电点燃汽缸内的高温高压的可燃混合气。

汽油发动机工作时，通过进气行程吸入汽缸中的可燃混合气，在压缩行程终了时，点火线圈的次级线圈产生 15~20kV 电压，通过火花塞产生的电火花，使混合气燃烧产生强大的动力，推动活塞向下运动使发动机对外做功。

### 11.1.1 点火系统的分类

按照点火系统的组成和产生高压电的方法不同，分为传统点火系统、电子点火系统、微机控制点火系统以及磁电机点火系统。

(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 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 它由磁电机产生低电压，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。

目前,汽车发动机的点火系统与汽车的其他电气设备一样,国内外汽车几乎都采用单线制和负极搭铁。

### 11.1.2 发动机点火系统的工作原理

#### 1. 传统点火系统的组成及功用

传统点火系统的组成如图 11.1 所示,主要包括以下几部分:

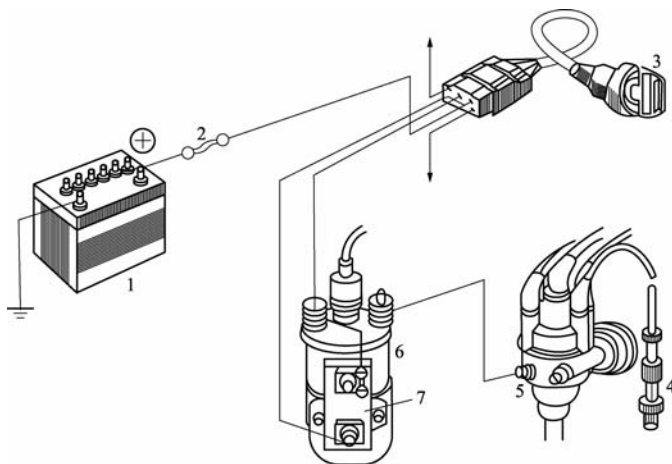


图 11.1 传统点火系统的组成

1—蓄电池 2—熔断器 3—点火开关 4—火花塞 5—分电器 6—点火线圈 7—点火线圈附加电阻

(1) 电源(electrical source) 为蓄电池或发电机,其作用是给点火系统提供低压电源,电压一般为 12V 或 24V。

(2) 点火线圈 (ignition coil) 其作用是将 12V 低压电变成 15~20kV 的高压电,其结构与自耦变压器相似。点火线圈初级绕组匝数少、导线粗,次级绕组匝数多、导线细。

(3) 分电器(distributor) 包括断电器、配电器、电容器和点火提前机构等部分。断电器的作用是接通与切断初级电路;配电器的作用是将点火线圈产生的高压电,按照发动机的工作顺序送至各缸火花塞;电容器的作用是减少断电器触点火花,延长触点使用寿命和提高次级电压;点火提前机构的作用是随发动机转速、负荷和汽油辛烷值变化改变点火提前角。

(4) 火花塞(spark plug) 其作用是将高压电引入汽缸并产生电火花点燃混合气。

(5) 附加电阻(affixation resistance) 用来改善点火性能和启动性能。

(6) 点火开关(ignition switch) 用来控制点火系统初级电路;还用来控制仪表电路、启动继电器电路等。

#### 2. 传统点火系统工作原理

图 11.2 所示为传统点火系统的工作原理电路图。在传统点火系统中,当发动机转动时,断电器 7 凸轮在凸轮轴的驱动下随之旋转。凸轮转动时,断电器触点交替地闭合和打开。当点火开关 3 接通后,如触点闭合时,便接通蓄电池(或发电机)向初级绕组供电,其电路

是：蓄电池 1 正极—电流表 2—点火开关 3—点火线圈 5 “开关+” 接柱—附加电阻 4—点火线圈 “开关” 接柱—点火线圈初级绕组—点火线圈 “-” 接柱—断电器触点—搭铁—蓄电池负极。初级电流  $i_1$  流经的电路，称为低压电路或初级电路。初级电流在初级绕组中逐渐增大至某一值，并建立较强的磁场。当凸轮将触点打开时，初级电路被切断，初级电流及磁场迅速消失，在两个绕组的每一匝中都感应出电动势。由于次级绕组的匝数多，所以在次级绕组内就感应出 15~20kV 的电动势。此时，随凸轮同轴旋转的分火头恰好对准某缸的旁电极，该高压电经配电器加于火花塞，它足以击穿火花塞的电极间隙并产生火花，点燃混合气。高压电流  $i_2$  的回路(电感放电)是：次级绕组—附加电阻 4—“开关+” 接柱—点火开关 3—电流表 2—蓄电池 1—搭铁—火花塞 9 侧电极—中心电极—配电器 8(旁电极、分火头)—初级绕组，一般从点火线圈到火花塞的电路被称为高压电路，或称为次级电路。

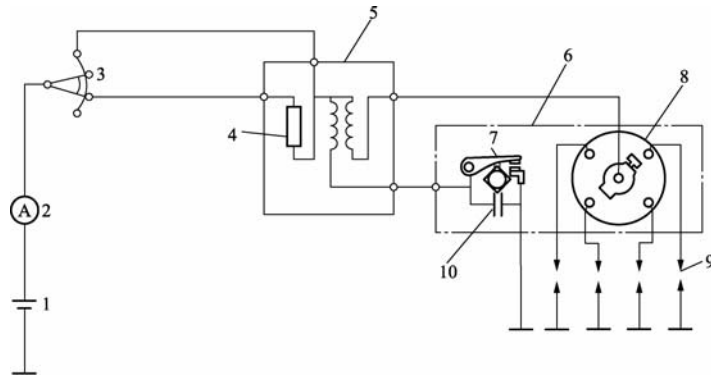


图 11.2 传统点火系统的工作原理电路图

1—蓄电池 2—电流表 3—点火开关 4—附加电阻 5—点火线圈  
6—分电器总成 7—断电器 8—配电器 9—火花塞 10—电容

综上所述，断电器触点每打开一次，产生一次高压电，当分电器轴转一圈时，由配电器按照点火顺序将高压电轮流引至各汽缸点火一次。发动机工作时，该过程周而复始地进行，若要停止发动机工作，只要断开点火开关即可。

## 11.2 传统点火系统主要部件的构造

传统点火系统主要部件包括点火线圈、分电器和火花塞等。

### 11.2.1 点火线圈

点火线圈的作用是将电源的 12V 低压电转变为 15~20kV 高压电。点火线圈按有无附加电阻可分为带附加电阻型和不带附加电阻型。按铁芯形状不同可分为开磁路式和闭磁路式。按功能差异，分为普通型和高能型。

#### 1. 开磁路点火线圈

传统的开磁路点火线圈的基本结构如图 11.3 所示，主要由铁芯、绕组、胶木盖、瓷杯等组成。

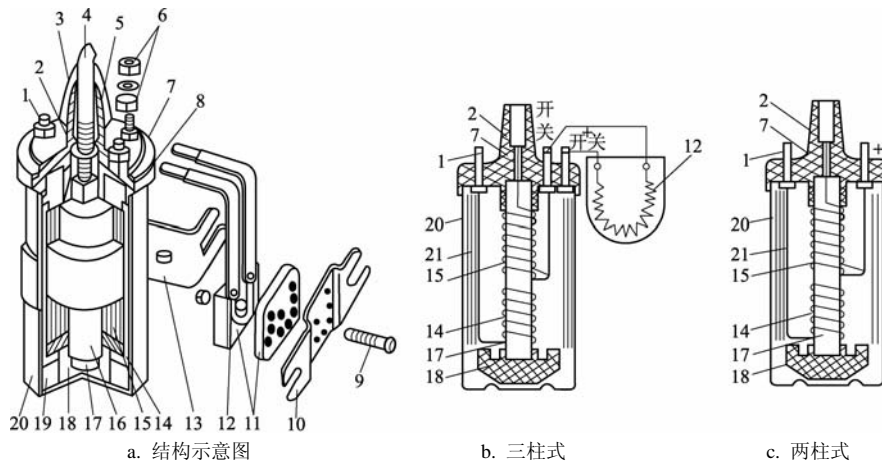


图 11.3 开磁路点火线圈的基本结构

- 1—接柱 2—初级绕组引出头及弹簧 3—橡胶罩 4—高压阻尼线 5—高压线插座 6—螺母及垫圈 7—胶木盖  
8—橡胶密封图 9—螺钉及螺母 10—附加电阻盖 11—附加电阻(瓷质绝缘体) 12—附加电阻及接线片 13—固定夹  
14—初级绕组 15—次级绕组 16—绝缘纸 17—铁心 18—绝缘座 19—沥青材料 20—外壳 21—导磁钢套

(1) 铁芯 由互相绝缘的条形硅钢叠制而成, 片间利用氧化油层或涂绝缘漆隔离, 外层套有绝缘套管, 其作用是增强磁通。

(2) 初级绕组 用导线直径为  $0.5 \sim 1.0\text{mm}$  的漆包线分层绕于初级绕组外层, 以利散热, 初级绕组为  $230 \sim 370$  匝。外面也包有数层绝缘纸, 以增强绝缘。绕组绕好后在真空中浸以石蜡和松香混合物, 进一步加强绝缘。初级绕组的作用是利用绕组内电流变化实现电磁感应。

(3) 次级绕组 用导线直径为  $0.06 \sim 0.10\text{mm}$  的漆包线绕于铁芯绝缘套管外部, 约  $11000 \sim 26000$  匝。为加强绝缘和免遭机械损伤, 每层导线都用绝缘纸隔开, 最外层的绝缘纸层数较多, 或者套上纸板套管。其作用是产生互感电动势。

(4) 钢套 初级绕组与外壳之间装有导磁用钢套。用磁钢片卷成筒形, 构成磁路的一部分, 使铁芯形成半封闭式磁路, 减少漏磁。

(5) 填充物 为加强绝缘和防止潮气侵入, 在外壳内填满沥青或变压器油, 填充变压器油时, 线圈散热性较好, 温升较低, 且绝缘性好。近年来也使用六氟化硫( $\text{SF}_6$ )等气体绝缘或采用塑料造型绝缘。

(6) 附加电阻 三接式点火线圈壳体外部装有一附加电阻, 附加电阻两端连于胶木盖上的“+开关”和“开关”接柱, 其作用是改善点火性能。两接柱点火线圈无附加电阻, 在点火开关与点火线圈“+”接柱间, 连入一根附加电阻线。附加电阻的作用是改善点火性能。

## 2. 闭磁路点火线圈

传统的开磁路点火线圈中, 次级绕组在铁芯中的磁通通过导磁钢套构成回路, 如图 11.4 所示, 磁力线的上、下部分从空气中通过, 磁路的磁阻大、泄漏的磁通量多, 因此磁路损失大, 转换效率低(约 60%)。

闭磁路点火线圈的铁芯是“日”字形或“口”字形, 铁芯内绕有初级绕组, 在初级绕组外面有次级绕组, 其铁芯构成闭合磁路, 磁路中只设有一个微小的气隙, 其磁路如图 11.5 所示。闭磁路点火线圈漏磁少, 磁路磁阻小, 能量损失小, 能量转换效率高(约 75%)。此外, 闭磁路点火线圈结构简单、体积小、质量轻, 应用日益普遍。

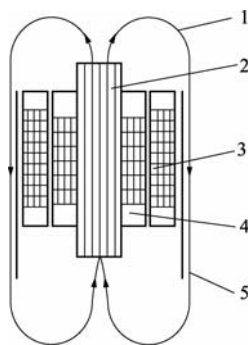


图 11.4 开磁路点火线圈的磁路

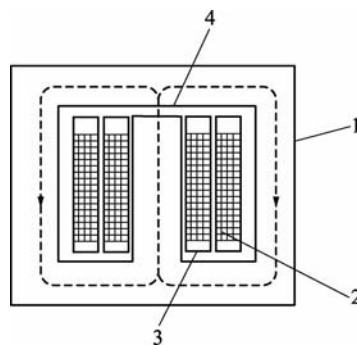


图 11.5 闭磁路点火线圈的磁路

1—磁力线 2—铁心 3—初级绕组 4—次级绕组 5—导磁钢片 1—“日”字铁心 2—次级绕组 3—初级绕组 4—空气隙

### 11.2.2 分电器的结构

分电器由断电器、配电器、点火提前装置和电容器组成，如图 11.6 所示。

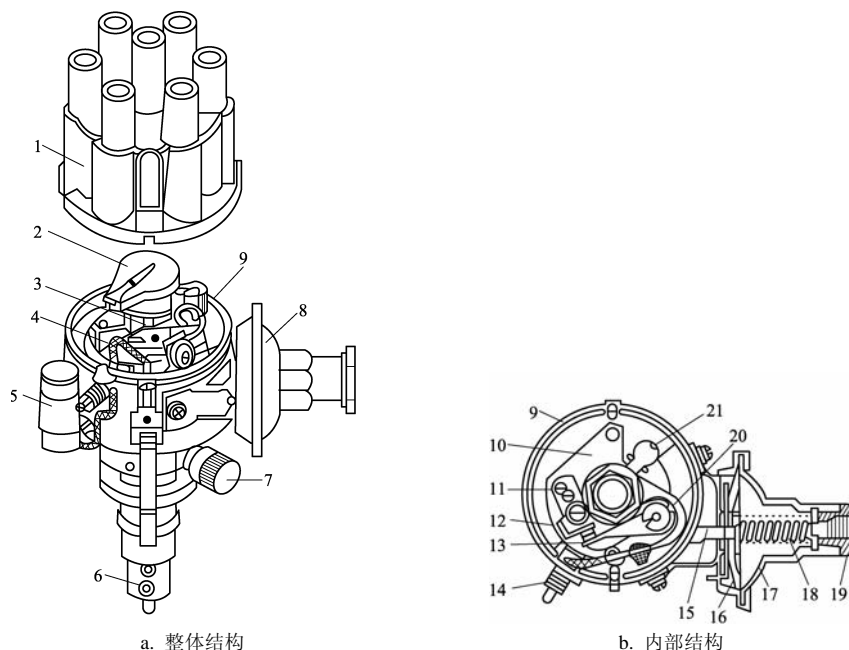


图 11.6 FD632 型分电器

1—分电盖 2—分火头 3—凸轮 4—断电触点及底板总成 5—电容器 6—联轴器 7—油杯 8—真空调节器  
9—分电器壳体 10—活动底板 11—偏心螺钉 12—固定触点及支架 13—活动触点 14—接柱 15—拉杆  
16—膜片 17—真空调节器外壳 18—弹簧 19—螺母 20—触点臂弹簧片

#### 1. 断电器(breaker)

断电器的作用是接通和切断低压电路，主要由一对触点和凸轮组成。凸轮的凸角数和发动机的汽缸数相等。工作时，分电器轴带动凸轮转动。当凸轮凸角顶在触点臂上时，触点打开；当凸轮凸角离开触点臂时，触点闭合。凸轮转一周，将初级电路接通和切断与汽缸数相等的次数。

1) 底板(base plate) 用薄钢板制成, 由固定底板和活动底板组成。固定底板用螺钉紧固于分电器壳体上, 活动底板与固定底板通过弹簧连接, 可以相对转动。其作用是安装、固定断电器触点, 并可以调节触点和凸轮的相对位置, 即调节触点打开时刻。

2) 触点(contact) 由坚硬、耐高温的钨合金制成, 俗称“白金”。有活动和固定两个触点。活动触点臂套装于活动底板柱销上, 下部通过胶木衬垫与底板绝缘, 上部用卡簧限位。活动触点臂内侧有胶木顶块, 靠片状弹簧压向凸轮, 并使动静触点闭合。活动触点由导线引出, 与壳体外侧的接线柱相连。固定触点和支架用固定螺钉和偏心螺钉安装在活动底板上, 并通过活动底板直接搭铁, 偏心螺钉可调节触点间隙。触点的作用是接通、切断初级电路, 引起电流变化以感应出高压电。

3) 凸轮(cam) 为钢质整体, 上部呈正多边形, 边数(或凸角数)等于汽缸数, 凸轮工作面与活动触点臂胶木顶块接触, 下部是一长方形拨块, 其上有两个对称长孔, 套装于离心调节器两离心块的拨板销上。凸轮上方有一带缺口的圆柱, 其上可装分火头, 缺口起定位作用。整个凸轮体松套于分电器轴上, 上端用限位螺钉定位, 防止轴向窜动。凸轮体由离心块带动随分电器轴一起转动, 并与轴之间有相对转动, 以调整点火时刻。凸轮的作用是控制触点状态, 可调节点火时刻。

## 2. 配电器(distributor)

配电器装于断电器上部, 由配电器盖、分火头组成。其作用是将高压电按点火顺序分至火花塞。

1) 配电器盖 由胶木粉在钢模中热压而成, 耐压耐热好。配电器盖装于分电器顶端, 用两弹性夹卡固。外面有管状高压线插孔, 中心为中央高压线插孔, 连于点火线圈, 孔内有压簧炭柱, 压于分火头导电片上; 周围均布有与汽缸数相等的旁电极和分缸高压线插孔, 插孔连火花塞(按点火顺序), 旁电极对准分火头端部导电片, 并有一间隙。

2) 分火头 材料和制作与分电器盖相同, 套装于分电器的顶端(凸轮体顶端圆柱面), 用弹性片卡紧, 由凸轮带动随分电器轴一起旋转。分火头顶面铆有导电片, 其端部与旁电极有 0.2~0.8mm 的气隙。顶部压着中央高压线插孔中的炭柱。分火头的作用是传递并分配高压电。

## 3. 电容器(capacitor)

电容器用固定夹和螺钉安装于分电器壳体的外面, 与断电器触点并联。如图 11.7 所示, 电容器由两锡箔(或铝箔)带和两条石蜡纸带相互叠加, 卷成圆柱形, 装入铝壳内形成。纸带比锡箔带宽, 以保证良好绝缘。一条锡箔带上接软导线, 引出壳体, 接于分电器外壳的低压接线柱上; 另一条锡箔带通过接铁片接于壳体, 直接搭铁。

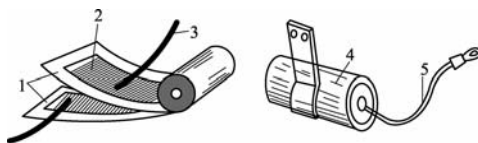


图 11.7 电容器

1—纸带 2—箔带 3—软导线 4—外壳 5—引线

## 4. 点火提前装置

发动机工作时点火时刻对发动机的工作和性能有很大的影响。混合气燃烧有一定的速

度,即从火花塞间隙跳火到混合气燃烧完毕,汽缸内的温度和压力上升到最大值,是需要一定时间的。虽然这段时间很短,不过千分之几秒,但是发动机的转速很高,在这样短的时间内曲轴却转过较大的角度。若恰好在活塞到达上止点时点火,混合气开始燃烧时,活塞已开始向下运动,使汽缸容积增大、燃烧压力降低,发动机功率下降。因此,应提前点火,即在活塞进行压缩行程到达上止点之前火花塞间隙跳火,使燃烧室内的气体压力在活塞到达压缩行程上止点后  $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$  时达到最大值。这样混合气燃烧时产生的热量,在做功行程中得到最有效的利用,可以提高发动机的热效率。

发动机火花塞跳火到活塞压缩上止点时所对应的曲轴转角。称为点火提前角。能使发动机获得最佳动力性、经济性和最佳排放时的点火提前角,称为最佳点火提前角。发动机工作时,最佳点火提前角不是固定值,它随很多因素而改变。影响点火提前角的主要因素有:发动机转速和混合气的燃烧速度。混合气的燃烧速度又与混合气的成分、发动机的结构及其他(燃烧室的形状、压缩比等)一些因素有关。

当节气门开度一定时,随着发动机转速升高,单位时间内曲轴转过的角度增大,点火提前角应随发动机转速升高而增大。但是,当发动机转速达到一定值以后,由于燃烧室内的温度和压力提高,扰流增强混合气燃烧速度加快,最佳点火提前角增大的幅度减慢。

当发动机转速一定时,随着负荷增加节气门开度增大,单位时间内吸入汽缸内的可燃混合气数量增加,压缩行程终了时燃烧室内的温度和压力增高。同时残余废气在汽缸内混合气中所占的比例减少,混合气燃烧速度加快,点火提前角应适当减小。反之,发动机负荷减小时,点火提前角应当加大。

在汽车运行中,发动机的转速和负荷是经常变化的。为了使发动机在各种工况下都能适时点火,在汽车传统发动机的点火系统中,一般设有两套自动调节点火提前角装置。其中一套是离心点火提前调节装置,它能随发动机转速的变化自动地调节点火提前角;另一套是真空点火提前调节装置,它可以随发动机负荷的变化自动地调节点火提前角。

#### 1) 离心点火提前装置

其作用是在转速变化时,自动调节点火提前角。它装于断电器的下面。如图 11.8 所示,离心调节器主要由以下部分组成。

离心块:钢制离心块 1、7 呈鸟嘴状,对称布置于与轴固连的托板 4 上。两离心块分别套在托板两个轴销 5 上,可绕其转动。一端由弹簧拉紧,靠向轴心。中部有拨板销 6。

弹簧:一端钩于托板 4 上,一端钩于离心块,有粗细两根弹簧。细簧钩环较小,套于柱销上松动量小,低速时即被拉伸;粗簧钩环呈椭圆形,间隙大,高速时拉伸。其作用是将离心块拉紧靠近轴。

托板:平行四边形钢板,两对短边有拉簧支架,固装于轴中部,随轴转动。其作用是套装离心块并驱动离心块。

拨板:与凸轮是一体的,两端有长形孔,套于离心块两拨板销上。

离心调节器的自动调节工作原理如图 11.9 所示。点火提前角无需调整时,离心调节器处于不工作位置,见图 11.9a,两离心块在拉簧作用下抱向轴心。当发动机转速升高时,见图 11.9b,两离心块在离心力作用下向外甩开,离心块上的拨销拨动拨板和凸轮,顺着分电器轴的旋转方向相对于轴转动一个角度,将断电器触点早一点顶开,点火提前角增大。转速越高,离心块离心力越大,点火提前角越大。反之,转速降低,点火提前角减小。

## 2) 真空调节器

其作用是随发动机负荷的增大而自动减小点火提前角。真空调节器装于分电器壳体一侧。主要由以下部分组成：

膜片：用富有弹性的金属片制成，利用螺钉压装于与盖之间。中心一侧与拉杆固连，另一侧压有弹簧。

拉杆：由壳底座孔中伸出，与断电器活动底板相连，拉动底板带着触点相对于轴产生角位移。

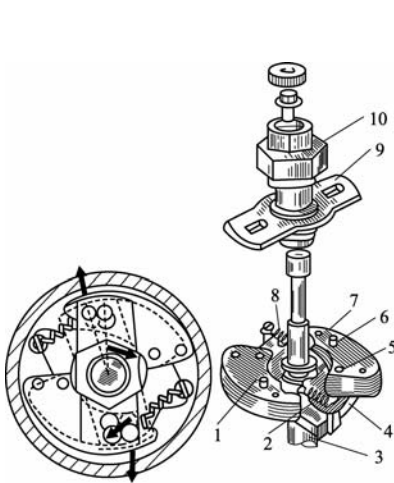


图 11.8 离心式点火提前调节装置

1、7—离心块 2、8—弹簧 3—轴 4—托板  
5—轴销 6—拨板销 9—带孔拨板 10—凸轮

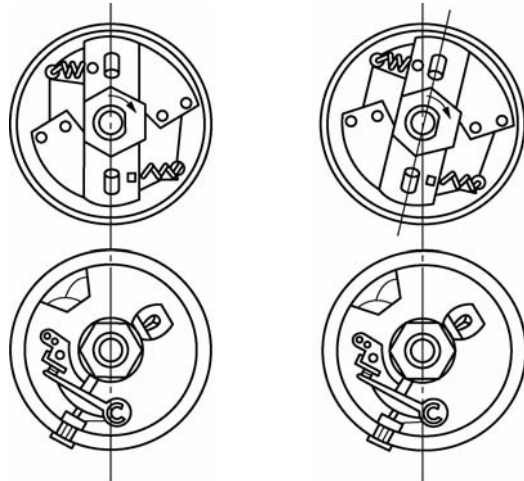


图 11.9 离心调节器工作原理

外壳：用螺钉将底座与盖拧压成一体，膜片一侧形成密封的真空腔通节气门附近小孔，另一侧通大气。

真空调节器的自动调节工作原理如图 11.10 所示。发动机负荷小时，即化油器节气门的开度也小，节气门下方及管道的真空度增大，真空吸力吸引膜片压缩弹簧而拱曲，通过拉杆拉动断电器活动底板带着触点逆着分电器轴旋转方向相对于凸轮转动一定角度，使断电器触点提前顶开，于是点火提前角增大。负荷越小，节气门开度也越小，真空度越高，点火提前角越大，如图 11.10a 所示。反之，负荷变大则点火提前角减小，如图 11.10b 所示。

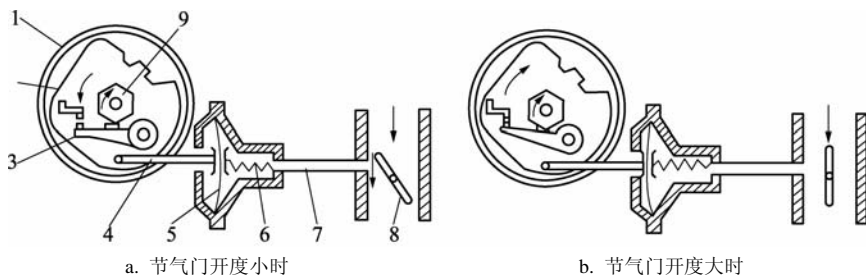


图 11.10 真空点火提前调节装置工作原理

1—分电器壳体 2—活动底板 3—触点 4—拉杆 5—膜片 6—弹簧 7—真空管 8—节气门 9—凸轮



### 11.2.3 火花塞

火花塞的作用是将高压电引进发动机燃烧室，在电极间形成火花，以点燃可燃混合气。火花塞安装在汽缸盖的火花塞孔内，下端电极伸入燃烧室，上端连接分缸高压线。火花塞是点火系统中工作条件最恶劣、要求高和易损坏部件。

#### 1. 火花塞组成

如图 11.11 所示，火花塞主要由接触头、瓷绝缘体、中心电极、侧电极和壳体等组成。

(1) 瓷绝缘体 用氧化铝陶瓷经压铸成型后，表面涂白色瓷釉再烧结而成。

(2) 中心电极 一般采用耐高温、耐腐蚀的镍锰合金钢或铬锰氮、钨、镍锰硅等合金制成。也有采用镍包铜材料制成，以提高散热性能。国外也有采用缩小中心电极直径以减小中心电极的冷却作用，其材料采用耐腐蚀的贵金属(铂、钯、金、铱等)。中心电极与金属杆利用导电玻璃熔接为一体。

(3) 侧电极 侧电极的材料和中心电极相同，它焊于壳体下端，与中心电极底面构成火花间隙。

#### 2. 火花塞的热特性

要使火花塞能正常工作，其下部绝缘裙部的温度应保持在  $500\sim 700^{\circ}\text{C}$ ，这样才能使落在绝缘体上的油滴立即燃烧掉，从而防止积炭形成。通常称这个温度为火花塞的“自净温度”，如果温度低于自净温度，就可能使油雾聚积成油层，引起积炭而不能跳火；如果温度过高(例如，超过  $850^{\circ}\text{C}$ )，会形成炽热点，发生表面点火，使发动机遭受损坏。

火花塞裙部的工作温度取决于火花塞热特性和发动机汽缸的工作温度。火花塞热特性就是指火花塞裙部吸收的热量与向发动机冷却系统散热量之间的平衡关系。影响火花塞热特性的主要因素是火花塞裙部的长度。裙部较长时，受热面积大，吸收热量多，而散热路径远，散热少、裙部温度较高，把这种火花塞称为“热型”火花塞；反之，当裙部较短时，吸热少，散热多，裙部温度较低，把这种火花塞称为“冷型”火花塞，如图 11.12 所示。

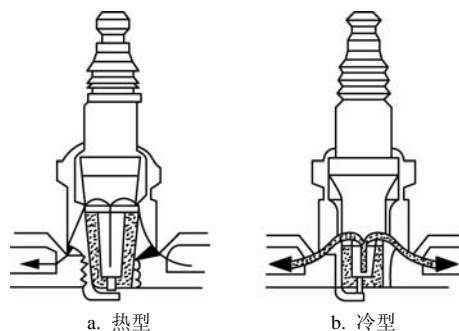


图 11.12 火花塞热特性

因而小数字为冷型火花塞，大数字为热型火花塞。

火花塞裙部温度还与发动机汽缸内的工作温度有关。对于大功率、高压比和高转速

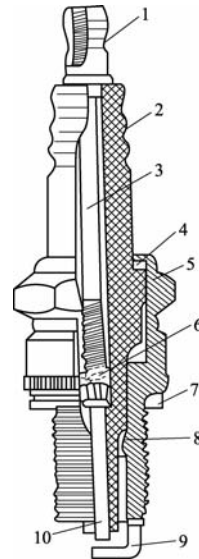


图 11.11 火花塞

- 1—接触头 2—瓷绝缘体 3—金属杆  
4—内密封垫圈 5—壳体 6—导电玻璃  
7—多层密封垫圈 8—内密封垫圈  
9—侧电极 10—中心电极

的发动机来说, 燃烧室内温度高, 火花塞裙部温度就高, 应该选用冷型火花塞。反之, 小功率、小压缩比、低转速的发动机应该选用热型火花塞。

### 11.3 电子点火系统

传统点火系统存在如下缺点: 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, 因而断电器触点的使用寿命短; 在火花塞积炭时, 因火花塞漏电而不能可靠地点火; 点火线圈产生的高压电随发动机转速的升高和汽缸数的增多而下降, 因此在高速时容易出现缺火等现象。近年来, 汽车向多缸、高速方向发展, 同时人们力图通过改善混合气的燃烧状况来减少排气污染, 以及燃用稀混合气以达到节约燃油的目的。这些都要求点火装置能够提供足够的次级电压、火花能量和最佳的点火时刻。传统点火装置已不能适应这一要求。

电子点火系统可以改善发动机的高速性能; 在火花塞积炭时仍有较强的跳火能力; 可以减小触点火花, 延长触点的使用寿命, 还可以取消触点进一步改善点火性能。因此, 采用电子点火系统可以提高发动机的动力性、经济性, 并减少排气污染, 在国内外汽车上已得到广泛应用。

目前使用的电子点火系统, 分为触点式电子点火系统和无触点电子点火系统两种类型。

#### 11.3.1 触点式电子点火系统

触点式电子点火装置利用晶体三极管的开关作用, 代替断电器的触点控制点火线圈初级电路的通、断, 减小了触点电流, 可以减小触点火花, 延长触点寿命; 配用高匝数比的点火线圈、还可以增大初级电流, 提高次级电压, 改善点火性能。

图 11.13 是触点式电子点火系统的工作原理。一只大功率的 PNP 型晶体三极管串联在点火线圈的初级电路中, 控制初级电路的通断。断电器的触点串联在三极管的基极电路中, 用触点开闭产生的点火信号控制三极管的导通与截止, 从而控制点火系统的工作。其工作过程如下:

接通点火开关  $S$ , 当断电器触点闭合时, 接通三极管的基极电路, 使三极管饱和导通, 并接通点火线圈的初级电路。其路径为三极管的基极电流从蓄电池“正极”一点火开关  $S$ —初级绕组  $N_1$ —点火线圈的附加电阻  $R_f$ —三极管  $VT$  的发射极  $e$ 、基极  $b$ —电阻  $R_2$ —断电器触点  $K$ —搭铁—蓄电池“负极”。

点火线圈初级绕组的电流从蓄电池“正极”一点火开关  $S$ —初级绕组  $N_1$ —附加电阻  $R_f$ —三极管  $VT$  的发射极  $e$ 、集电极  $c$ —搭铁—蓄电池“负极”, 使点火线圈的铁芯中产生磁场。

当断电器触点分开时, 三极管的基极电路被切断, 于是三极管  $VT$  截止, 切断点火线圈初级绕组的电路, 初级电流迅速下降到零, 在点火线圈的次级绕组中产生高压电, 在火花塞间隙中跳火, 使混合气点燃。

图中电阻  $R_1$ 、 $R_2$  是三极管的偏置电阻, 用来控制三极管的基极电流。电容器  $C$  的作用是使触点分开瞬间初级绕组中产生的自感电压旁路、防止三极管  $VT$  在截止时被自感电压损坏。

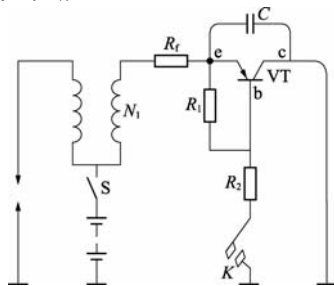


图 11.13 触点式电子点火系统工作原理

触点式电子点火装置工作时, 流过触点的电流是三极管的基极电流, 它是初级电流的  $1/5 \sim 1/10$ , 可以减小触点火花, 延长触点使用寿命。但是, 这种点火系统还是利用触点开闭的作用产生点火信号, 控制点火系统的工作, 因此它克服不了触点式点火装置的固有缺点。例如, 高速时触点臂振动, 触点分开后不能及时闭合, 顶推触点臂的凸轮或顶块磨损时, 会改变点火时刻, 触点污染时不能可靠地点火等。目前触点式电子点火装置已很少使用。

### 11.3.2 无触点电子点火系统

无触点电子点火系统, 简称无触点点火系统。它利用各种类型的传感器代替断电器的触点, 产生点火信号, 控制点火系统的工作。

无触点点火系统一般由传感器、点火控制器、点火线圈、配电器、火花塞等组成。国内外汽车上使用的无触点点火装置, 按所使用的传感器形式不同, 有磁脉冲式、霍尔效应式、光电式等多种形式。

#### 1. 磁脉冲式无触点点火装置

图 11.14 是用于日本丰田旅行车的无触点点火装置电路原理图。它由安置在分电器内的传感器、点火控制器、点火线圈等组成。

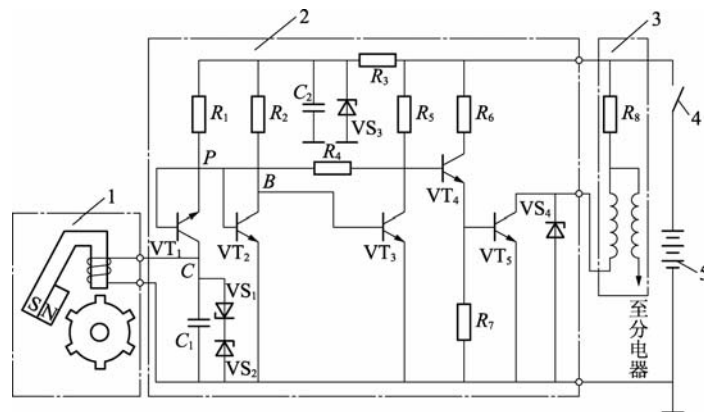


图 11.14 磁脉冲式无触点点火装置电路原理图

1—传感器 2—点火控制器 3—点火线圈 4—点火开关 5—蓄电池

#### 1) 传感器

传感器是一个磁脉冲式点火信号发生器, 用来在发动机工作时产生点火信号。它由安装在分电器轴上的信号转子 1、安装在分电器底板上的永久磁铁 4 和绕在铁芯 3 上的传感线圈 2 等组成, 如图 11.15 所示。

信号转子 1 的外缘有凸齿, 凸齿数与发动机汽缸数相等。它由分电器轴带动, 其转速与分电器轴的转速相等。永久磁铁的磁通经转子的凸齿、传感线圈 2(以下简称线圈)的铁芯 3、永久磁铁 4 构成磁路。当转子转动时, 其凸齿交替的在铁芯旁扫过。转了凸齿与线圈铁芯间的空气间隙不断变化, 穿过线圈铁芯中的磁通量也不断变化。

根据电磁感应原理, 当穿过线圈铁芯的磁通量发生变化时, 线圈中产生感应电动势, 感应电动势的大小与磁通的变化速率成正比, 其方向则是阻碍磁通的变化。

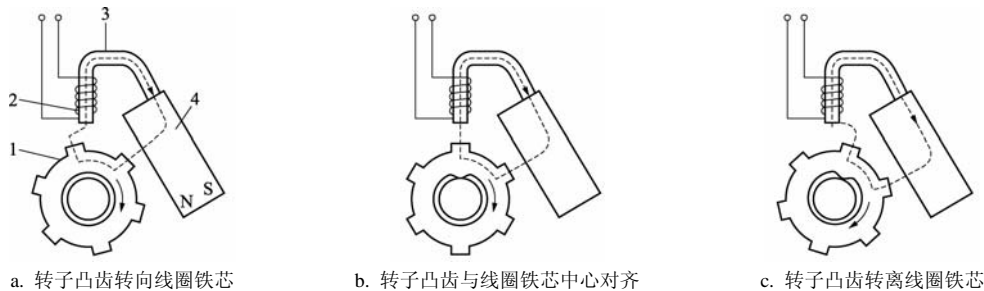


图 11.15 传感器示意图

1—信号转子 2—传感线圈 3—铁芯 4—永久磁铁

转子处于图 11.15a 所示位置时,转子的凸齿逐渐转向线路铁芯,与铁芯之间的间隙逐渐减小,穿过线圈铁芯的磁通量则逐渐增多。在图 11.16 磁通变化曲线的  $b$  点时,磁通的变化率最大,线圈中产生的感应电动势达到最大值。随着转子转动,线圈铁芯中磁通量增加的速度减慢,线圈中产生的感应电动势减小。当转子转到图 11.15b 所示位置时,转子的凸齿刚好与线圈的铁芯对齐,转子凸齿与铁芯之间的空气间隙最小,穿过线圈铁芯的磁通量最多,但磁通量的变化率为零,所以感应的电动势减小到零。转子继续转动,凸齿渐渐离开线圈铁芯,转子凸齿与线圈铁芯之间的空气间隙逐渐加大,穿过线圈铁芯中的磁通量逐渐减少,线圈中产生的感应电动势增大,但方向与穿过线圈铁芯的磁通增加时相反。当转子转到图 11.15c 所示位置时,磁通量减少的速率最大,线圈中的感应电动势反向达到最大值。这样,随着转子不断旋转,在传感线圈中产生如图 11.16 所示大小和方向不断变化的脉冲信号。

## 2) 点火控制器

点火控制器用来将传感器输入的脉冲信号整形、放大,变为点火控制信号,经开关型大功率晶体三极管,控制点火线圈初级电路的接通、断开和点火系统的工作。

其工作过程如下:

接通点火开关 4(见图 11.14),蓄电池向点火线圈和点火控制电路供电。当三极管  $VT_2$  导通时, $B$  点的电位降低,三极管  $VT_3$  截止,其集电极电位升高,使三极管  $VT_4$ 、 $VT_5$  导通,于是点火线圈的初级电路接通。初级电流从蓄电池的正极出发,经点火开关 4、点火线圈 3 的初级绕组、三极管  $VT_5$  搭铁流回蓄电池负极。当三极管  $VT_2$  截止时, $B$  点的电位升高,三极管  $VT_3$  导通,其集电极电位降低,使三极管  $VT_4$ 、 $VT_5$  截止,点火线圈初级电路被切断,在次级绕组中产生高压电,击穿火花塞间隙,点燃混合气。

三极管  $VT_2$  是导通还是截止取决于  $P$  点的电位。 $P$  点的直流电位是一定的,且略高于三极管  $VT_2$  的工作电位。三极管  $VT_1$  的发射极与基极相连,在此电路中相当于发射极为正、集电极为负的二极管,起温度补偿作用。当传感器输出的交变信号电压使  $C$  点的电位高于  $P$  点电位时,三极管  $VT_1$  因承受反向电压而截止。这时, $P$  点电位高于三极管  $VT_2$  的工作电位,所以三极管  $VT_2$  导通, $VT_4$ 、 $VT_5$  也导通。当传感器输出的交变信号电压使  $C$  点的

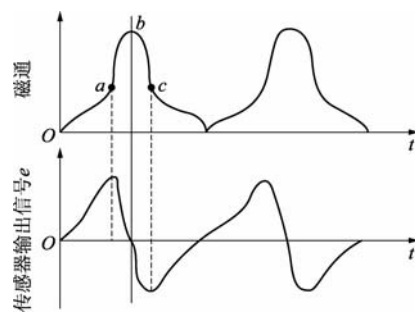


图 11.16 穿过线圈铁芯的磁通和线圈中的电压信号



触发器、永久磁铁和带缺口的转子组成,如图 11.19 所示。

霍尔触发器(也称霍尔元件)是一个带集成电路的电子基片。当外加电压作用在触发器两端时,便有电流  $I$  在其中通过。如果在垂直于电流的方向上同时有外加磁场的作用,则在垂直于电流和磁场的方向上产生电压  $U_H$ ,称该电压为霍尔电压。这种现象称为霍尔效应。图 11.20 为霍尔效应示意图。

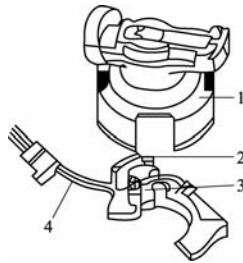


图 11.19 霍尔信号发生器的结构

1—分火头及触发叶轮 2—霍尔集成电路  
3—永久磁铁 4—专用插头

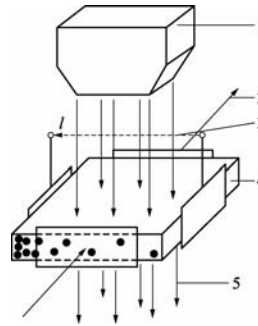


图 11.20 霍尔效应示意图

1—永久磁铁 2—外加电压 3—霍尔电压  
4—霍尔触发器 5—磁力线

霍尔信号发生器的工作原理如图 11.21 所示。触发叶轮转动时,每当叶片进入永久磁铁与霍尔元件之间的空隙时,霍尔集成电路中的磁场即被触发叶轮的叶片所旁路(或称隔磁),如图 11.21a 所示,这时不产生霍尔电压,发生器无信号输出,集成电路放大器输出极导通,点火线圈的初级绕组中有电流通过。

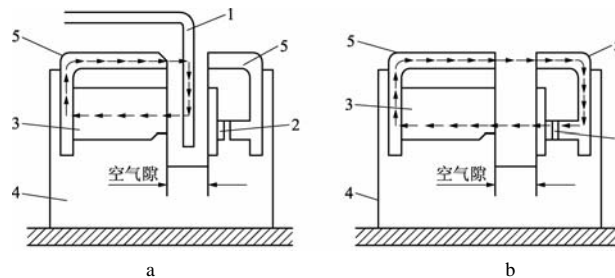


图 11.21 霍尔信号发生器的工作原理

1—触发叶轮的叶片 2—霍尔元件 3—永久磁铁 4—触发开关 5—导磁板

当触发叶轮的叶片离开空气隙时,永久磁铁 3 的磁通便通过导磁板 5 作用于霍尔元件 2 上,此时,霍尔元件产生霍尔电压(如图 11.21 所示),发生器有信号输出,集成电路输出极被截止,初级绕组中电流被切断,次级绕组中便感应出高压电动势。

## 2) 点火控制器

点火控制器由专用的点火集成电路片、达林顿管及其他辅助电路组成。它用来将霍尔传感器输入的点火信号整形、放大,并转变为点火控制信号,通过达林顿管控制点火线圈一次电路的接通或断开,在点火线圈次级绕组中产生高压电。

有些车型的点火系统将点火控制器功率输出级的达林顿管安装在点火线圈上,以利于散热。

霍尔传感器均装于分电器中，称为霍尔分电器。霍尔效应式传感器输出电压的幅度，不受发动机转速的影响，作用可靠、抗干扰能力强，已广泛应用于国产汽车的点火系统上。

### 11.3.3 微机控制点火系统

上述电子点火装置，在提高次级电压和点火能量，延长触点使用寿命等方面都是卓有成效的。但是，它们对点火时间的调节与传统点火系统一样，仍靠离心提前和真空提前两套机械式点火提前调节装置来完成。由于机械的滞后、磨损以及装置本身的局限性等许多因素的影响，它不能保证发动机的点火时刻总是最佳值，不是偏早就是偏迟。同时，点火线圈初级电路的导通时间受凸轮形状的限制，发动机低速时触点闭合时间长，初级电流大、点火线圈容易发热；高速时，触点闭合时间缩短，初级电流减小，次级电压降低，点火不可靠。

微机控制的点火系统，取消了机械式点火提前调节装置，由微机控制点火系统随发动机工况的变化自动地调节点火提前角，使发动机在任何工况下均在最佳的点火时刻点火。此外，它还能自动地调节初级电路的导通时间，使高速时初级电路的导通时间延长，增大初级电流，提高次级电压；低速时初级电路导通时间适当缩短，限制初级电流的幅度，以防止点火线圈发热。

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。图 11.22 所示是微机控制点火系统的组成原理图。用于不同车型的微机控制点火系统各组成部分的结构不同，但它们的工作原理是类似的。

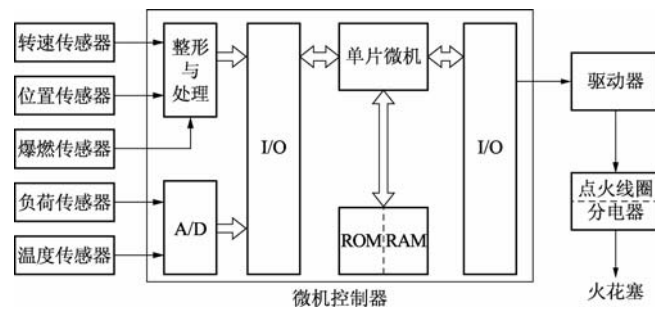


图 11.22 微机控制点火系统组成原理图

图 11.23 所示为奥迪 200 型轿车 5 缸涡轮增压型发动机，是由微机控制点火系统组成的。

#### 1) 传感器

微机控制点火系统中的传感器，在发动机工作时不断地检测反映发动机工作状况的信息，并输入控制器，作为控制系统进行运算和控制的依据或基准。

(1) 发动机转速传感器 是由绕在铁芯上的传感线路和永久磁铁构成的磁脉冲式信号发生器，安装在飞轮的侧面，传感线圈的铁芯与飞轮上的 135 个凸齿相对应。飞轮旋转时，在传感线圈中产生交变的电压信号(以下简称脉冲信号)。曲轴转一圈，产生 135 个脉冲信号，输入控制器，用于计算发动机转速和点火时刻。

(2) 点火基准传感器 该传感器的结构与发动机转速传感器相同，也安装在飞轮的侧面，与固定在飞轮上的一个圆柱销相对应，发动机曲轴每转一圈产生一个脉冲信号。在安装传感器时，应保证当第一缸活塞到达压缩行程上止点前  $62^\circ$  时产生信号，以此信号作为点火控制的基准信号。

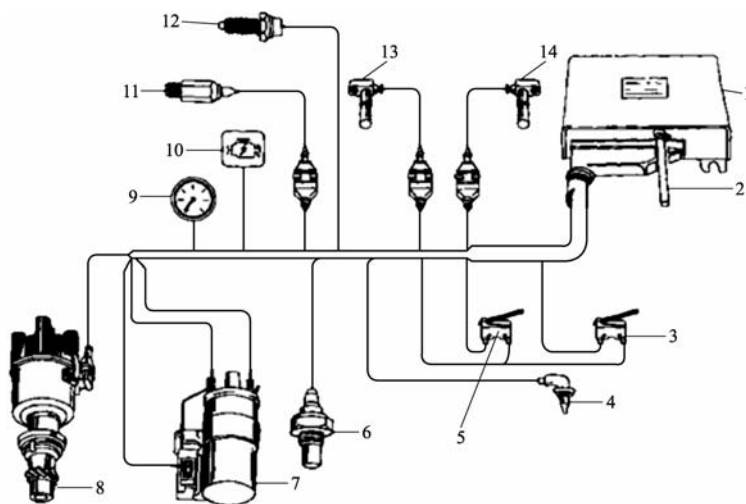


图 11.23 奥迪 200 型轿车微机控制点火系统组成

- 1—微机控制器 2—增压传感器接管 3—全负荷开关 4—进气温度传感器 5—怠速及超速燃油阻断开关  
6—冷却液温度传感器 7—点火线圈 8—霍尔分电器 9—温度表 10—故障灯 11—爆燃传感器  
12—制动灯开关 13—发动机转速传感器 14—点火基准传感器

(3) 霍尔传感器 安装在分电器内。其转子安装在分电器轴上，转子的外缘上只有一个缺口，分电器轴每转一圈产生一个脉冲信号，信号的宽度为  $35^\circ$ 。安装传感器时应使该信号出现在第一缸压缩行程上止点前  $80^\circ$ 。霍尔信号输入控制器，并使来自点火基准传感器的第二个信号被抵消，从而曲轴每转两转得到一个第一缸压缩行程时，活塞到达上止点前  $62^\circ$  的信号。

(4) 增压传感器 是一个压电式传感器，安装在微机控制器内，通过胶管接到发动机进气系统，将进气管内的压力转变为电压信号输入控制器，也作为点火控制的主要依据。

(5) 冷却水温度传感器 是一个热敏电阻式温度传感器，安装在发动机冷却水道上，检测冷却水的温度并输入控制器，作为根据冷却水温度修正点火提前角的依据。

(6) 爆燃传感器 发动机工作时的最佳点火提前角与发动机的爆燃曲线极其接近，所以发动机工作时可能发生爆燃。爆燃传感器可以检测到这一信号，并输入控制器，以便在发动机发生爆燃时推迟点火提前角。

(7) 怠速及超速燃油阻断开关 安装在节气门总成的底部，将怠速时节气门关闭的电压信号输入控制器，作为怠速点火时刻控制和怠速转速控制的依据，也作为发动机怠速状态超速运转时切断燃油供给的依据。

(8) 全负荷节气门开关 安装在节气门总成的顶部，将发动机全负荷时节气门全开的信号输入控制器，用于发动机全负荷时点火时刻控制和混合气加浓控制。

## 2) 微机控制器

微机控制器是控制系统的中枢，也称为计算机。在发动机工作时，它根据各传感器输入的信号，计算最佳点火提前角和初级电路的导通时间，并产生点火控制信号控制点火系统工作。微机控制装置的功能很强，它在实行点火控制的同时，还可以进行对发动机的空燃比、怠速转速、废气再循环等多项参数的控制。它还具有故障自诊断和保护功能，当控制系统出现故障时，它还能自动地记录故障代码并采取相应的保护措施，维持发动机运行，使汽车能开回维修站。



微机控制器简称控制器或控制单元，常用其英文名称的缩写 ECU 表示。它由微处理器(CPU)存储器(ROM、RAM)、输入 / 输出(I/O)接口、模 / 数(A/D)转换器以及整形、驱动等大规模集成电路组成；或将具有上述功能的各元件制作形成汽车专用的大规模集成电路芯片——车用单片微型机，简称单片机。

在控制器中，微处理器是控制器的核心部分，它具有运算与控制的功能。发动机运行时，微处理器采集各传感器输入的信号，进行运算，并将运算的结果转变为控制信号，控制被控对象的工作，并实行对存储器、输入 / 输出接口和其他外部电路的控制。存储器用来存放实现过程控制的全部程序，还存放通过大量试验获得的数据，例如，发动机在各种转速和负荷时的最佳点火提前角、初级电路通电时间及其他有关数据，以及运算的中间结果。I/O 接口用来协调微处理器与外部电路之间的工作。A/D 转换器将传感器输入的模拟信号，转变为计算机能接受的数字信号。整形电路可以将传感器输入的信号转变为理想的波形。驱动电路则将计算机发出的控制信号加以放大，以便驱动点火控制器等执行机构的工作。

其工作过程如下：发动机工作期间，各传感器分别将每一瞬间的发动机转速、负荷、冷却水的温度、节气门的状态以及是否发生爆燃等与发动机工况有关的信号，经接口电路输入控制器。控制器根据发动机转速和负荷信号，按存储器中存放的程序以及与点火提前角和一次电路导通时间有关的数据，计算出与该工况对应的最佳点火提前角和初级电路导通时间，并根据冷却水的温度加以修正。最后根据计算结果和点火基准信号，在最佳的时刻向点火控制电路和点火线圈发出控制信号，接通点火线圈的初级电路，经过最佳的初级电路导通时间后，再发出控制信号切断点火线圈的初级电路，使初级电流迅速下降到零，在点火线圈的次级绕组中产生高压电，并经配电器送往火花塞，点燃混合气。

在发动机工作期间，如果发生爆燃，爆燃传感器输出的电压信号输入控制器，控制器将点火时刻适当推迟；爆燃消除后再将点火时刻逐渐移回到最佳点，实现了点火提前角的闭环控制。

采用微机控制点火系统，对于提高发动机的动力性、经济性、减少排气污染等都是十分有效的。因此，微机控制点火系统在现代汽车汽油发动机上已得到较为广泛的应用。

## 11.4 启动系统

发动机从停止转入工作状态，必须借助外力带动曲柄连杆机构运动，完成可燃混合气的压缩，才能开始点火燃烧或自燃。产生外力使发动机从静止状态进入工作状态的装置或系统即是发动机的启动系统。

发动机常采用人力、电力、辅助汽油机等多种方式启动。

人力启动：使用人力将发动机启动的方式。主要用于小型汽油机或作为紧急备用启动方式。

电力启动：启动机在点火开关和启动继电器的控制下，将蓄电池的电能转化为机械能，带动发动机飞轮齿圈使曲轴转动，完成发动机的启动。

辅助汽油机启动：大功率柴油机启动系统可以采用小型汽油机。通过先启动汽油机后，再带动柴油机运转。

电力启动系统, 启动方便、迅速, 启动可靠、结构简单, 是目前汽车上广泛使用的一种启动方式。

#### 11.4.1 启动系统的组成及原理

启动系统由蓄电池、启动机、启动继电器、点火开关等组成, 如图 11.24 所示。

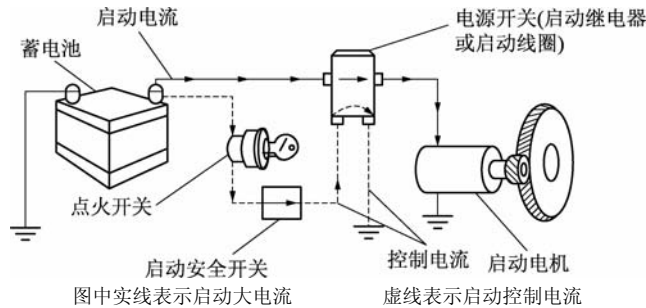


图 11.24 电启动系的组成

启动系统的工作过程是: 当点火开关放在启动挡, 启动机控制电路先接通, 才能接通启动机供电电路, 让蓄电池电流经电磁开关流入启动机, 并使其转动起来; 与此同时, 电磁开关还将启动机的驱动齿轮向外推出, 使其与发动机飞轮齿圈相啮合, 拖转发动机。待发动机被拖转到自己完成爆发并加速运转后, 飞轮有反过来带动启动机驱动齿轮运转的趋势, 启动机上的单向离合器使启动机的驱动齿轮相对于启动机电枢轴空转(以保护启动机)。驾驶员应及时将点火开关转到点火挡, 切断启动机控制电路, 在控制机构弹簧恢复力作用下, 驱动齿轮退回原处, 脱离与飞轮齿圈啮合。由于供电电路同时被切断, 启动机停止运转。

启动机是启动系统的主要组成部分, 一般由直流串励式电动机、传动机构、电磁开关等部分组成。如图 11.25 所示为东风 EQ1090E 型汽车采用的 QD124 型启动机的结构图。QD124 型启动机额定功率 1.84kW, 额定电压 12V, 它由直流电动机、传动机构和控制装置 3 部分组成。

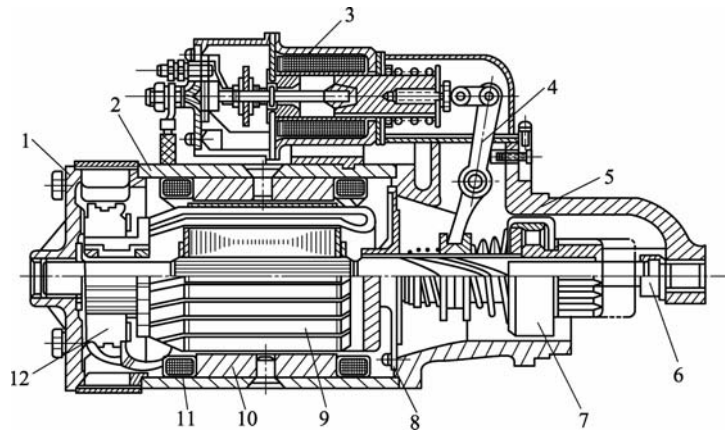


图 11.25 QD124 型启动机结构图

1—前端盖 2—外壳 3—电磁开关 4—拨叉 5—后端盖 6—限位螺钉  
7—单向离合器 8—中间支撑板 9—电枢 10—磁极 11—磁场绕组 12—电刷

### 11.4.2 直流电动机

直流电动机的作用是产生启动转矩。它由磁场、电枢、电刷装置三部分组成。由于电动机工作电流大、转矩大、工作时间短(一般为 5s 左右),因此要求零件的机械强度高、电路电阻小。

### 11.4.3 启动机的传动机构

单向离合器的作用是在启动发动机时,将电动机的转矩传给发动机曲轴启动发动机,而当发动机启动后,能自动打滑,防止电枢轴被发动机拖动超速旋转。

单向离合器主要有三种形式:滚柱式离合器、摩擦片式离合器和弹簧式离合器,目前国产汽车大多采用滚柱式离合器。

#### 1. 滚柱式单向离合器

滚柱式单向离合器的构造如图 11.26 所示。

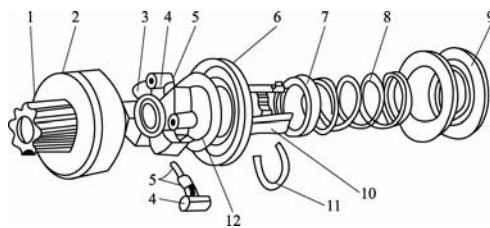


图 11.26 滚柱式离合器结构

1—驱动齿轮 2—外壳 3—十字块 4—滚柱 5—压帽与弹簧 6—护盖 7—弹簧座  
8—缓冲弹簧 9—移动衬套 10—花键套筒 11—卡簧 12—垫圈

驱动齿轮 1 与外壳 2 制成一体,外壳内装有十字块 3 和四套滚柱 4、压帽与弹簧 5。十字块与花键套筒固连,护盖与外壳相互扣合密封。在外壳与十字块之间,形成四个宽窄不等的楔形槽,槽内分别装有一套滚柱、压帽及弹簧。滚柱的直径略大于楔形槽窄端,略小于楔形槽的宽端,因此,当十字块为主动时,滚柱滚入窄端,将十字块与外壳卡紧形成摩擦力,能传递转矩。当外壳为主动时,滚柱滚入宽端,则放松打滑,不能传递转矩。

花键套筒的外面装有缓冲弹簧 8 及衬圈,末端安装着移动衬套 9。整个离合器总成套装在电动机轴的花键部位上,可作轴向移动和随轴转动。拨叉操纵移动衬套通过缓冲弹簧迫使驱动齿轮沿电枢轴轴向移动,平时在电磁开关活动铁芯回位弹簧作用下,驱动齿轮与飞轮齿圈保持分离状态。

#### 2. 滚柱式单向离合器工作过程

启动发动机时,驾驶员操纵控制装置使拨叉下端后移,将驱动齿轮推出与飞轮齿圈啮合。

为防止两齿轮抵住,将齿轮齿端做成斜角,两齿轮万一抵住时,拨叉下端通过滑环压缩滑环后侧的缓冲弹簧(或称啮合弹簧),拨叉仍能继续转动,拨叉上端前移使电动机开关先接通,待电动机通电稍转动,齿与齿槽对正后,缓冲弹簧伸张推动驱动齿轮使二者啮合。

驱动齿轮与飞轮齿圈刚啮合而尚未转动时,电动机电路接通,电枢轴经传动导管带动外座圈旋转,在驱动齿轮尾部摩擦力和弹簧压力作用下、滚柱移向楔形腔室较窄的一端,

将外座圈和驱动齿轮尾部卡紧成一体, 于是驱动齿轮随电枢轴一起转动并带动飞轮旋转, 使发动机启动(如图 11.27a 所示)。

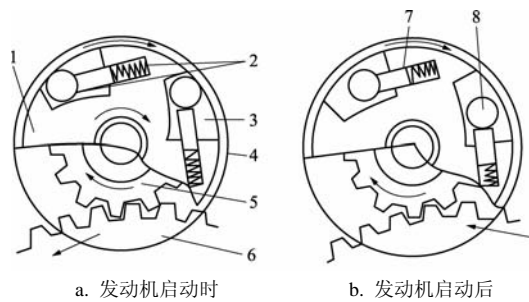


图 11.27 滚柱式离合器的工作原理

1—十字块 2—滚柱及弹簧 3—楔形槽 4—外壳 5—驱动齿轮 6—飞轮 7—活柱 8—滚柱

启动发动机后, 此时由于飞轮齿圈带动驱动齿轮高速旋转且比电枢轴的转速高得多, 驱动齿轮尾部的摩擦力带动滚柱克服弹簧张力, 使滚柱移向楔形腔室较宽的一端, 滚柱在驱动齿轮尾部与外座圈间发生滑动, 发动机的动力不能传给电枢轴, 起到分离作用, 电枢轴只能按自己的转速空转, 避免了电枢导线超速飞散的危险(如图 11.27b 所示)。当解除操纵后, 在回位弹簧张力作用下, 驱动齿轮前移与飞轮齿圈分离, 电动机停止转动, 恢复原状。

滚柱式单向离合器具有构造简单、工作可靠等优点, 得到广泛应用。但由于这种离合器在接合时几乎是刚性的, 不能承受过大的冲击力, 传递大转矩时会因滚柱卡死而失效, 所以只适用于额定功率不足 2.2kW 的小型启动机。

#### 11.4.4 启动机的控制装置

控制装置又称启动机开关, 其作用是控制驱动齿轮与飞轮齿圈的啮合与分离; 控制电动机电路的接通与切断。控制装置有机械式和电磁式两种。电磁式控制装置结构如图 11.28 所示。它由吸引线圈 6、保持线圈 5、静铁芯 12、动铁芯 4、回位弹簧、主触点 14、15 和接触盘 13 组成。吸引线圈 6 与保持线圈 5 匝数相同、绕向也相同。由于启动机电磁开关的主触点通过电流极大(几百安培), 因此动、静触点一般都用铜制。

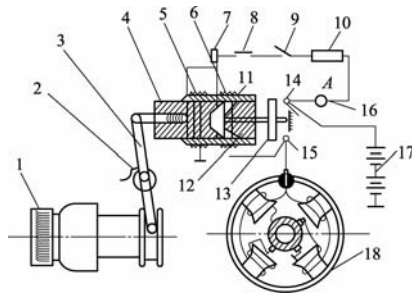


图 11.28 ST614 型启动机控制装置

1—驱动小齿轮 2—复位弹簧 3—传动叉 4—活动铁芯 5—保持线圈 6—吸引线圈  
7—接柱 8—启动按钮 9—启动开关 10—熔断器 11—套筒 12—静铁芯  
13—接触盘 14、15—主触点 16—电流表 17—蓄电池 18—套筒

电磁开关用来在接通电动机供电电路的同时推出驱动齿轮，使其与飞轮齿圈啮合。

当接通启动开关时，如图 11.29 所示，吸引线圈 6 中的电流经启动机的激磁绕组  $F$  和电枢绕组后搭铁，保持线圈 5 则直接搭铁。这时，这两个线圈产生同方向的磁通，并产生很强的吸引力，吸引动铁芯运动。同时通过电枢中的电流使电枢轴缓慢运转。如图 11.28 所示电磁开关动铁芯运动使与其连接的传动拨叉 3 推出，向飞轮移动直至啮合，当驱动齿轮与飞轮齿圈完全啮合的同时，动铁芯运动正好使由动、静触点组成的主触点闭合。主触点闭合后，吸引线圈的两端被主触点短路，如图 11.30 所示，蓄电池输出大电流直接进入电动机而发出较大的转矩，经飞轮被放大 6 倍(传动比约为 10~15)后克服发动机的阻力矩将其拖动。

吸引线圈 6 被短路后，由于此时动、静铁芯完全接触，磁阻很小，只靠保持线圈 5 中的电流就能维持铁芯的吸合状态。

发动机启动后，断开启动开关，从启动开关供给保持线圈电流被切断，如图 11.30 所示。但此瞬时主触点仍闭合，电流从主触点流向吸引线圈 6，再经保持线圈 5 搭铁，而这时吸引线圈电流改变了方向，两个线圈产生的磁通方向相反而抵消。在回位弹簧作用下，静铁芯、动铁芯(带动拨叉和驱动齿轮)返回原位，主触点断开，启动机因断电而停转。

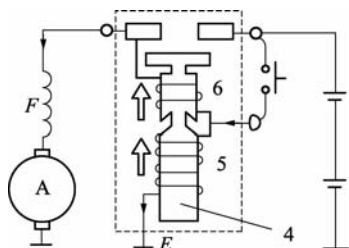


图 11.29 启动时电磁开关中的电流

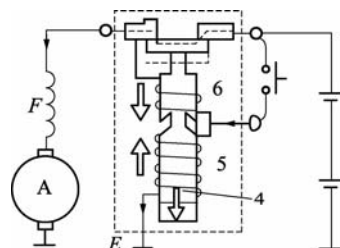


图 11.30 启动后电磁开关中的电流

#### 11.4.5 启动机电路

目前汽车上大多采用电磁操纵强制啮合式启动机，这种类型的启动机又分为无启动继电器和有用动继电器两种。

##### 1. 无启动继电器启动机控制电路——ST614 型启动机

用于黄河、JN1090 型载货汽车。其结构原理如图 11.28 所示。

在电磁开关铁芯上绕有吸引线圈和保持线圈，两个线圈的首端共同接至启动机按钮。吸引线圈的另一端接至启动机主电路接柱，与启动机激磁绕组和电枢串联，保持线圈的另一端直接搭铁。电磁开关内装有活动铁芯，它通过调节螺钉与拨叉连接，挡铁的中心装有活动杆，其中安装有主电路接触盘。

工作过程：接通启动开关，接通吸引线圈和保持线圈的电路，其电路为：

蓄电池“+”——主电路接线柱——电流表——熔断器——启动总开关——启动按钮——  
 电磁开关接柱 7——吸引线圈——主电路接柱——激磁绕组——搭铁——蓄电池  
 负极  
 保持线圈——搭铁——蓄电池负极

在两线圈电磁力的作用下，活动铁芯克服复位弹簧的弹力而被吸入。拨叉便将驱动小齿

轮推出,使之与飞轮齿圈啮合;由于吸引线圈的电流流经启动机内部,产生一定的电磁转矩,使驱动小齿轮是在缓慢转动的情况下进入啮合,以保证啮合可靠性。当齿轮与飞轮齿圈完全啮合时,接触盘将主触点接通,启动机主电路被接通,电机旋转并带动曲轴转动而实现启动。

## 2. 启动继电器控制启动电路——QD124 型启动机启动电路

QD124 型启动机用于东风 EQ6100Q 汽油机,其控制电路如图 11.31 所示。启动发动机时,将点火开关转到启动位置,接通启动继电器磁化线圈的电路。电流从蓄电池正极—启动机主电路接柱—电流表—点火开关—启动继电器“点火开关”接线柱—磁化线圈—搭铁—蓄电池负极。磁化线圈产生的电磁力将触点闭合,接通了电磁开关内吸引线圈和保持线圈的电路。此时,电路工作状态和 ST614 型启动机按下启动按钮后吸引线圈、保持线圈电路工作状态完全相同,启动机主电路被接通,完成启动。

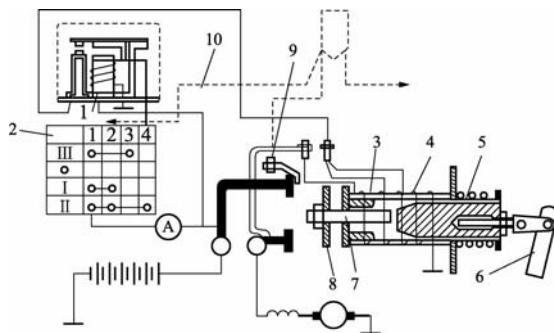


图 11.31 QD124 型启动机电路

- 1—启动继电器 2—点火开关 3—吸引线圈 4—保持线圈 5—拨叉  
6—推杆 8—接触盘 9—辅助接线柱 10—附加电阻线

发动机启动后,放松点火开关,点火开关自动转回一个角度,切断启动继电器磁化线圈电路,使触点断开,在主触点尚未打开前瞬间,保持线圈中的电流由启动机主电路接柱、接触盘、接线柱、导电片、接线柱、吸引线圈构成回路,此时由于两线圈流过的电流方向相反,磁场互相抵消,活动铁芯在复位弹簧的作用下退回原位,启动机小齿轮退出啮合,同时接触盘复位,将主电路切断,电机停止转动。

## 思考题

1. 画出传统点火系统的原理图,说明点火系统是怎样工作的。
2. 分电器中为什么要设置真空提前和离心提前调节装置?
3. 无触点点火系统中传感器的作用是什么?试述霍尔传感器的工作原理。
4. 微机控制的点火系统主要有哪些优点?
5. 启动机由哪三大部分组成?各部分的作用是什么?
6. 电磁开关的作用是什么?吸引线圈、保持线圈分别起什么作用?
7. 单向离合器的作用是什么?