

第一章 电子点火系统的结构

第一节 电子点火系统概述

一、汽车点火系统及电子点火系统简介

汽车发动机点火系统的作用是将汽车电源供给的低压电转变为高压电，并按照发动机的工作顺序与点火时间的要求，适时、准确地配送给各缸的火花塞，在其间隙处产生电火花，点燃气缸内的可燃混合气。因此，点火系统性能的好坏直接影响发动机的动力性、经济性及排气污染。

目前，汽车上使用的点火系统种类较多，按点火系统的电源不同，可分为磁电机点火系统和蓄电池点火系统；按点火系统储存点火能量的方式不同，可分为电感储能式和电容储能式（目前汽车上使用的大都是电感储能式点火系统）按点火系统的结构和发展过程，又可分为触点式点火系统、晶体管辅助点火系统、无触点电子点火系统和微机控制电子点火系统。对于无触点电子点火系统，按点火触发信号产生的方式不同，又可分为磁感应式、光电式、电磁振荡式和霍尔效应式；对于微机控制电子点火系统，根据高压配电的方式不同，又可分为电器

配电方式和电子控制配电方式等。

为了保证发动机在各种工况和使用条件下都能可靠而准确地点火，点火系统需满足以下基本要求：能产生足以击穿火花塞电极间隙的次级电压；电火花应具有足够的点火能量；点火时间应适应发动机的工作状况；点火系统应按发动机的工作顺序进行点火，并且必须在适当的时间点火。

传统的点火系统是靠分电器上的白金触点的闭合、断开来接通、断开点火线圈的初级电流，从而使点火线圈次级绕组产生高压电的。这种点火系统的结构和工作方式在实际使用中存在许多缺陷：白金触点易烧蚀，点火能量低，工作可靠性差，高速易断火，火花塞积炭易漏电，发动机的油耗高，排气污染严重，从而使传统点火系统不能适应现代汽车发展的要求。因此从 20 世纪 70 年代以来，就产生了各种新型的电子点火系统。

电子点火系统经历了带触点 也称晶体管辅助 电子点火系统、无触点电子点火系统和微机控制点火系统这样一个发展过程。本章将着重介绍目前大量使用的非微机控制的电子点火系统的结构及原理。

二、电子点火系统中传统零部件的结构及原理

汽车电子点火系统与传统点火系统比较，改变了控制点火线圈初级电流通断的结构和原理，即受点火信号发生器产生的电信号控制，用晶体三极管的导通和截止来控制点火线圈初级电流通断。但是在采用点火线圈储能与升压并经各高压线到各缸火花塞跳火的结构和原理仍与传统点火系统基本上保持一致（如图 1-1 所示）。也就是说在电子点火系统发展过程中，

其基本组成中仍保留着如点火开关、点火线圈、高压阻尼线、火花塞等这些结构和原理变化不大的部件。下面主要介绍一下这些部件。

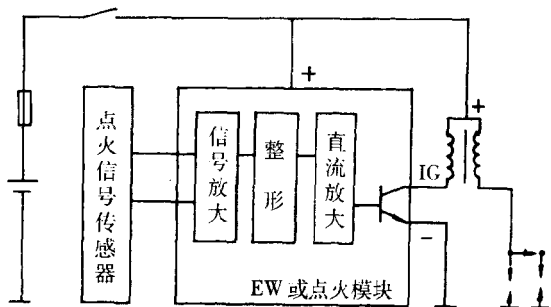


图 1-1 电子点火系统工作原理

1.点火开关

点火开关主要用来接通和切断点火电路，同时还用以控制发动机及其他电器设备。点火开关的操纵端均做成锁的形式，点火锁通常分仪表盘安装式和转向柱安装式 2 种。

点火开关的种类较多，通常按接柱多少而分，有三接柱式和四接柱式 2 种。三接柱式的点火开关，一个接电源，另一个接点火线圈的低压接柱，第三个接其他用电设备；四接柱式的点火开关，一个接电源，另一个接点火线圈的低压接柱，第三个接起动机控制电路，用于起动发动机，第四个接其他用电设备。

2.点火线圈

点火线圈根据电磁互感原理，将汽车电源的低压电通过几万匝的次级绕组提升为足以击穿火花塞电极间隙的高压电，以

满足点火的需求。

按磁路结构形式的不同，点火线圈一般分为开磁路式和闭磁路式 2 种。

(1) 开磁路式点火线圈开磁路式点火线圈的基本结构如图 1-2 所示，主要由条形铁心、初级绕组、次级绕组、导磁片、绝缘填充物、胶木盖、瓷座、接柱和外壳等组成。

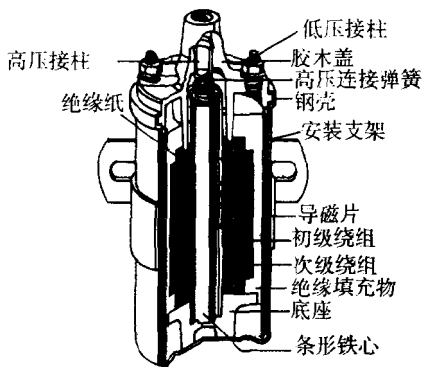


图 1-2 开磁路式点火线圈结构示意图

点火线圈的胶木盖上，装有与点火开关、分电器连接的低压接柱。根据低压接柱的数目不同，点火线圈有两接柱和三接柱之分。两接柱点火线圈的低压接柱上分别标有“+”、“-”标记。

(2) 闭磁路式点火线圈。桑塔纳 2000 轿车采用的闭磁路式点火线圈的结构如图 1-3 所示。闭磁路式点火线圈的优点是漏磁少，磁路的磁阻小，从而能量交换率高；并且它的绝缘性、密封性均优于开磁路式点火线圈；体积又小型化，可直接装在分电器盖上，使之结构紧凑，因此闭磁路式点火线圈在电子点

火系统中应用广泛。

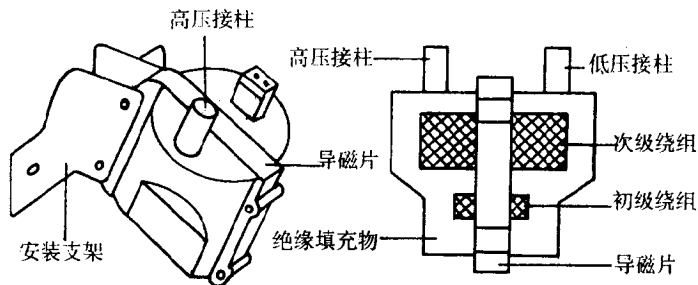


图 1-3 桑塔纳 2000 轿车用闭磁路式点火线圈

3. 火花塞

火花塞的作用是将点火线圈产生的高压电引入发动机燃烧室内，在其电极间隙间形成电火花，点燃混合气。

火花塞的结构如图 1-4 所示，在钢质壳体内部固定着高氧化铝陶瓷绝缘体，绝缘体中心孔内装有中心电极，上端有接线螺母，用来连接高压导线，壳体下端固定有弯曲的侧电极，中心电极和侧电极有一定的间隙。

火花塞的型号、规格印在火花塞金属壳体上。根据国标规定，火花塞产品的型号由 3 部分组成。第一部分为汉语拼音字母，表示火花塞结构类型及主要形式尺寸。各字母含义见表 1-1。第二部分为阿拉伯数字，表示火花塞热值。小数字为热型火花塞，大数字为冷型火花塞。第三部分为汉语拼音字母，表示火花塞派生产品的结构特性、发火端特性、材料特性及特殊技术要求，见表 1-2。无字母者为普通型火花塞。该部分如需用 2 个以上汉语拼音字母表示时，则应按表中的先后顺序排列。

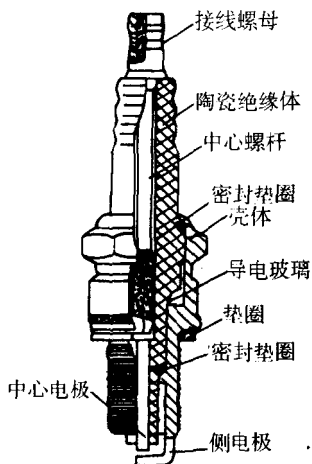


图 1-4 火花塞的结构

表 1-1 火花塞结构类型及主要形式尺寸

字母	螺纹规格 (mm × mm)	安装座形式	旋合螺纹长度 (mm)	壳体六角对边 长度 (mm)
A	M10 × 1	平座	12.7	16
C	M12 × 1.25	平座	12.7	17.5
D	M12 × 1.25	平座	19	17.5
E	M14 × 1.25	平座	12.7	20.8
F	M14 × 1.25	平座	19	20.8
(G)	M14 × 1.25	平座	9.5	20.8
(H)	M14 × 1.25	平座	11	20.8
(Z)	M14 × 1.25	平座	11	19
J	M14 × 1.25	平座	12.7	16
K	M14 × 1.25	平座	19	16

续表

字母	螺纹规格 (mm × mm)	安装座形式	旋合螺纹长度 (mm)	壳体六角对边 长度 (mm)
L	M14 × 1.25	矮型平座	9.5	19
(M)	M14 × 1.25	矮型平座	11	19
N	M14 × 1.25	矮型平座	7.8	19
P	M14 × 1.25	锥座	11.2	16
Q	M14 × 1.25	锥座	17.5	16
R	M18 × 1.25	平座	12	20.8
S	M18 × 1.25	平座	19	(22)
T	M18 × 1.25	锥座	10.9	20.8

表 1-2 火花塞派生产品的特征、特性及排列顺序

顺序	字母	特征与特性	顺序	字母	特征与特性
1	P	屏蔽型火花塞	7	H	环状电极火花塞
2	R	电阻型火花塞	8	U	电极缩入型火花塞
3	B	半导体型火花塞	9	V	V形电极火花塞
4	T	绝缘体突出型火花塞	10	C	镍铜复合电极火花塞
5	Y	沿面跳火型火花塞	11	G	贵金属火花塞
6	J	多电极型火花塞	12	F	非标准火花塞

第二节 电感储能式电子点火系统

电感储能式电子点火系统分为有触点和无触点式 2 种类型，其中，无触点电感储能式电子点火系统在现代汽车上广泛

应用，而有触点电感储能式电子点火系统现已逐渐被淘汰，这里只作简单介绍。

一、无触点电感储能式电子点火系统的基本组成和基本原理

1. 基本组成

无触点电感储能式电子点火系统的基本组成如图 1-5 所示，主要由分电器总成、点火信号发生器（装在分电器内，也有的装在曲轴上）电子点火控制器、点火线圈、火花塞等组成。

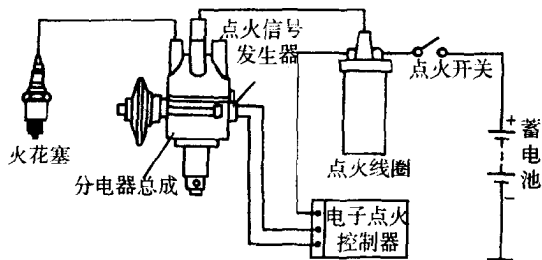


图 1-5 无触点电感储能式电子点火系统简图

无触点电感储能式电子点火系统是目前汽车上应用较为广泛的点火系统。这种电子点火系统产生高压的方式与传统点火系统相似，所不同的是用晶体管的导通和截止来控制点火线圈初级电流的通断，而晶体管的导通和截止是用点火信号发生器所产生的电信号来控制的。因此，电感储能式电子点火系统的分电器中没有断电器，取而代之的是能产生点火信号电压脉冲的点火信号发生器和通断点火线圈初级电流的电子点火控制器。

2.基本原理

无触点电感储能式电子点火系统与传统点火系统一样，均用点火线圈储能和升压。发动机凸轮轴带动分电器转动，使点火信号发生器产生脉冲电压信号此脉冲电压信号经电子点火控制器大功率晶体管前置电路的放大、整形等处理后，控制与点火线圈初级绕组串联的大功率晶体管的导通与截止。大功率晶体管导通时，点火线圈初级回路导通，这是点火系统的储能过程。当输入电子点火控制器的点火信号脉冲使大功率晶体管截止时，点火线圈初级回路断路，次级绕组便产生高压，通过分电器使火花塞跳火。

二、主要部件的结构与工作原理

在无触点电感储能式电子点火系统中，点火线圈的作用仍为储能和变压，点火的任务仍由分电器完成。点火提前角随转速和负荷的调节仍由分电器总成上的离心式和真空式点火提前调节装置来完成。因此这里我们主要介绍点火信号发生器、分电器和电子点火控制器。

1.点火信号发生器

无触点电感储能式电子点火系统中点火信号发生器取代了原来的触点式断电器，其作用是产生与气缸数及曲轴位置相对应的电压信号，用以触发电子点火器按照发动机各缸的点火需要，及时通断点火线圈初级回路，使次级绕组产生高压。点火信号发生器同时也是曲轴位置传感器。

根据工作原理的不同，点火信号的发生可分为磁感应式、霍尔效应式、光电式和电磁振荡式等。目前应用最多的是磁感应式、霍尔效应式和光电式。

(1) 磁感应式点火信号发生器。磁感应式点火信号发生器的外形和结构如图 1-6 所示。它由感应线圈、永久磁铁、导磁转子和导磁铁心等组成。永久磁铁经导磁铁心、电磁感应式点火信号发生器气隙和导磁转子构成磁路。

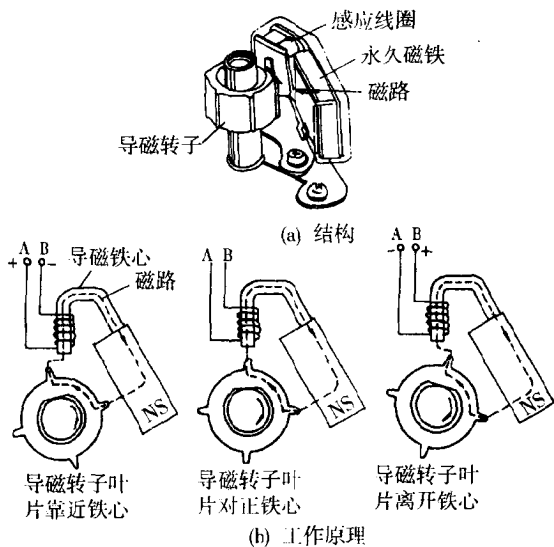


图 1-6 磁感应式点火信号发生器

导磁转子具有与发动机气缸数相对应的叶片，并由分电器轴经离心点火提前调节装置中的离心块驱动，或由分电器轴直接驱动。导磁转子转动时，由于叶片作用，导磁转子与铁心之间的间隙发生变化，磁路的磁阻随之改变，致使通过感应线圈的磁通量发生变化。于是，感应线圈就产生了与发动机曲轴位置相对应的感应电压信号。在叶片接近或离开铁心最近点的瞬

间，磁通量变化最大，感应电动势也最大。

磁感应式点火信号发生器是应用最早且目前使用较广泛的电子点火器。这种信号发生器有一个特点：其点火信号电压的大小会随发动机转速的变化而变化。当发动机转速提高时，点火信号发生器磁路的磁阻变化速率加快，相应的磁通量的变化速率也提高，感应线圈产生的信号电压也随之增大，从而使触发点火的门限电压提前到达，点火相应提前。利用此特点，如果设计合理，可省去离心点火提前调节装置。因此有些非微机控制的电子点火系统已经省去了离心点火提前调节装置，但这并非说明这种发动机的点火提前角不用随转速变化而调整。

磁感应式点火信号发生器有不同的结构形式。图 1-7 所示为解放 CA1092 汽车上装用的点火信号发生器的结构和工作原理。

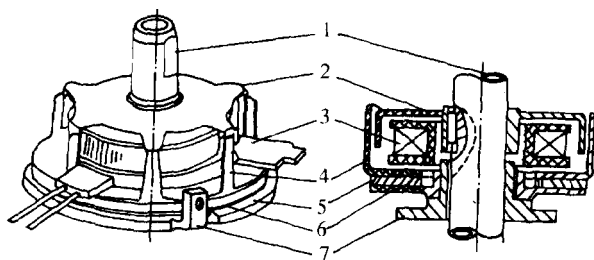


图 1-7 解放 CA1092 汽车磁感应式点火信号发生器

1-摆轮轴；2-信号转子；3-传感线圈；4-定子；5-永久磁铁（塑性）；6-活动底板；
7-固定底板

它的工作原理同前面所述完全相同，但在结构上其永久磁铁为盘状，一面为 N 极，一面为 S 极，磁极顶端装有软铁极片，

与气缸数相对应的突齿构成定子磁极，磁感应线圈与转子同心，整个装置呈对称分布，从而提高了抗振能力，减少了转子的磨损。

为了改善汽车汽油机的起动及点火性能，有些国外汽车还采用了带有双磁感应式信号发生器的分电器。

(2) 霍尔效应式点火信号发生器。霍尔效应式点火信号发生器的结构如图 1-8 所示。其主要部件有导磁转子霍尔元件及永久磁铁等。

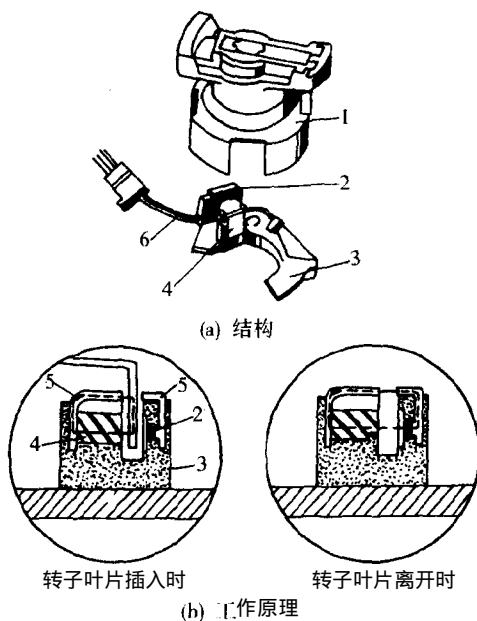


图 1-8 霍尔效应式点火信号发生器的组成和工作原理

1-导磁转子；2-霍尔元件；3-触发开关；4-永久磁铁；5-导磁板；6-导线

霍尔效应的原理如图 1-9 所示。将霍尔元件（实际上是半导体基片）置于磁场中，并通入一定电流，电流方向与磁场方向互相垂直。那么，在垂直于电流和磁场的霍尔元件的横向两侧会产生一个与电流和磁感应强度成正比的电压，所以改变电流 I 或磁感应强度 B ，都可以使霍尔电压 U_H 变化。霍尔效应式点火信号发生器，则保持通过元件的电流恒定不变，使磁场发生变化，从而产生脉动的电压信号，如图 1-8 (b) 所示。当导磁转子的叶片插入时，导磁叶片将磁路短路，此时霍尔元件上无磁能量而不产生霍尔电压；当导磁转子的缺口通过时，永久磁铁中的磁力线可垂直进入霍尔元件，于是霍尔元件输出端便有霍尔电压 U_H 信号输出。

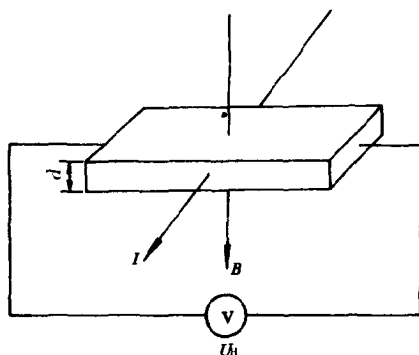


图 1-9 霍尔效应原理

I -电流； B -磁感应强度； U_H -霍尔电压； d -霍尔元件基片厚度

霍尔效应式点火信号发生器比磁感应式点火信号发生器的性能稳定，寿命长，点火精度高，且不受温度、灰尘、油污的影响，更为主要的是输出的信号电压不受转速的影响，使发

动机低速点火性能好。因此，霍尔效应式点火信号发生器使用得比较广泛，国产桑塔纳、奥迪轿车均采用这种点火信号发生器

(3) 光电式点火信号发生器。光电式点火信号发生器的主要组成部分是发光元件、光敏元件和遮光转子，如图 1-10 所示。

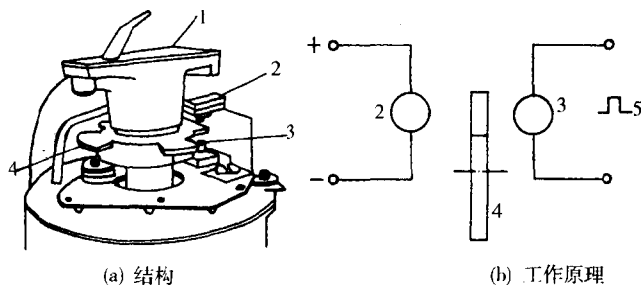


图 1-10 光电式点火信号发生器

1-分火头；2-发光元件；3-光敏元件；4-遮光转子；5-信号波形

遮光转子有与气缸数相对应的缺口。遮光转子转动时，发光元件的光线在转子的影响下间断地照射到光敏元件上，光敏元件便产生了与曲轴位置相对应的电压脉冲，即点火信号。

光电式点火信号发生器的缺点是抗污能力差，若发光元件和光敏元件上沾灰或油污，就会影响正常信号电压的产生。故这种点火信号发生器对分电器的密封性要求很高，光电式点火信号发生器的应用就不如磁感应式和霍尔效应式广泛。日产公爵轿车等部分车型采用光电式无触点电子点火系统。

2.分电器

非微机控制的无触点电感储能式电子点火系统的分电器

总成主要由配电器、真空点火提前装置、离心点火提前装置、点火信号发生器等部件组成。图 1-11 所示为奥迪 100 型轿车霍尔效应式分电器的结构。这里仅对配电器、真空及离心点火提前装置作介绍。

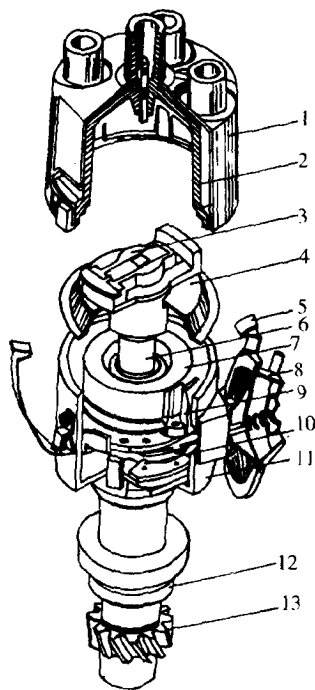


图 1-11 奥迪 100 型轿车霍尔效应式分电器的结构

1-抗干扰屏蔽罩；2-分电器盖；3-分火头；4-防尘罩；5-分电器盖弹簧夹；6-分电器轴；7-带缺口转子；8-真空点火提前装置；9-霍尔传感器与托架总成；10-离心点火提前装置；11-分电器外壳；12-密封圈；13-斜齿轮

(1) 配电器。配电器由分火头和分电器盖组成，它能根据

发动机各缸的工作顺序及时将高压电分配到各缸火花塞上。

分电器盖四周有与发动机气缸数相等的旁插孔，用来安插分缸线，盖的中间有一个用来插中央线的插孔。

分火头由胶木制成，其顶部嵌有一铜导电片。分火头装于断电凸轮顶端，中央插孔内中心电极与导电片紧密接触。当分火头随凸轮旋转时，导电片在距旁插孔内旁电极 0.2~0.8mm 的间隙处掠过，当断电触点张开时，分火头正好对准盖内某一旁电极，高压电便由中心电极经导电片跳到旁电极，再经分缸线送至火花塞跳火。当高压电跳过导电片与旁电极之间的间隙时会产生火花，造成对无线电的干扰。为此有的分火头带有几千欧的阻尼电阻，以抑制干扰。

(2) 离心点火提前装置。离心点火提前装置的作用是在发动机转速发生变化时，自动调整点火提前角，其结构如图 1-12 所示。

当发动机转速升高时，离心块在离心力作用下克服弹簧拉力向外甩开，离心块圆弧面便推动凸轮沿分电器轴旋转方向转过一个角度，使点火提前角增大。反之，当转速降低时，离心力减小，弹簧拉动离心块、凸轮往逆旋转方向退回一角度，使点火提前角自动减小。

(3) 真空点火提前装置。真空点火提前装置的作用是在发动机负荷发生变化时自动调整点火提前角。它装在分电器壳体的外侧，其结构如图 1-13 所示。

当发动机负荷小时，膜片在真空吸力作用下左移，拉杆通过拉销拉动定子组件逆分电器旋转方向转动一角度，使点火提前角增大。当发动机负荷增大时，膜片在弹簧力作用下右移，使点火提前角自动减小。

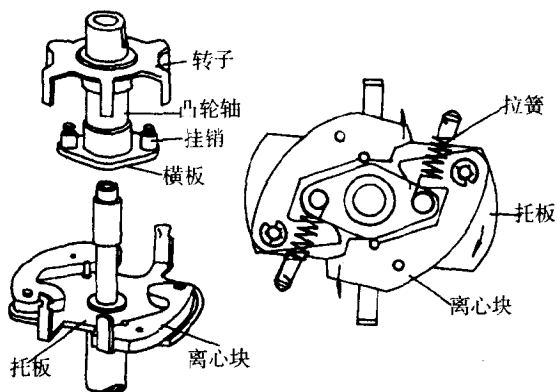


图 1-12 离心点火提前装置

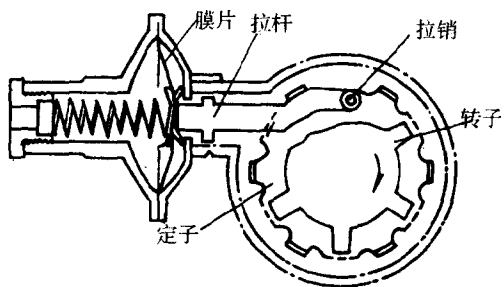


图 1-13 真空点火提前装置

3. 电子点火控制器

电子点火控制器简称电子点火器，又称电子点火模块，实质上是一只点火脉冲信号放大器。其作用是按照点火信号发生器的电压脉冲信号及时地接通和切断点火线圈初级回路，使点火线圈次级产生高压，供火花塞点火。电子点火器的电路结构