

2

电子控制点火系统



本章首先介绍了电子控制点火系统的基本原理：通过各种传感器感知多种因素对点火提前角的影响，以电子控制单元（ECU）为控制核心，对点火全过程进行控制，包括通电时间控制、点火提前角控制和爆振控制，完全满足汽油机对点火系统的基本要求。电子控制点火系统的组成：传感器、电子控制单元、执行器等。详细讲解了无分电器的点火控制系统的工作原理。对点火提前角与闭合角的控制进行了具体的研究。最后分析了爆振传感器的结构与原理以及对点火提前角进行修正，实现点火提前角的爆振反馈闭环控制。



- 电子控制点火系统的组成及基本原理
- 无分电器的同时点火方式和独立点火方式原理
- 点火提前角与闭合角的控制方法
- 爆振传感器的基本结构与原理
- 爆振传感器实现点火提前角的反馈闭环控制原理

2.1 概述

目前，普通电子点火系统已经很少使用，现代轿车电控发动机广泛采用更先进的电子控制点火系统。它可以使发动机在任何工况下均处于最佳点火提前状态，并实现通电时间控制、点火提前角控制和爆振控制这三个方面的功能。

为了保证发动机在各种工况下可靠并准确地点火，点火系统必须满足以下要求：提供足够高的次级电压，使火花塞极间跳火；火花要具有足够的能量；点火系统应按发动机的做功顺序并以最佳时刻（点火提前角）进行点火。



电子控制点火系统可以通过各种传感器感知多种因素对点火提前角的影响，以电子控制单元（ECU）为控制核心，能够对点火全过程进行控制，包括通电时间控制、点火提前角控制和爆振控制，完全满足汽油机对点火系统的基本要求，使发动机的动力性、经济性达到较高的水平，同时排放污染也得到了有效的降低。

2.1.1 电子控制点火系统的组成

电子控制点火系统也称微机控制的点火系统，与电控燃油系统一样，电子控制点火系统主要由监测发动机运行状况的传感器、处理信号和发出点火指令的电子控制单元（ECU）、对点火指令做出响应的执行器等组成。

电子控制点火系统，按是否配有分电器分为有分电器电子控制点火系统和无分电器电子控制点火系统两种。图 2-1 所示为大众桑塔纳发动机电子控制点火系统（无分电器）的组成。

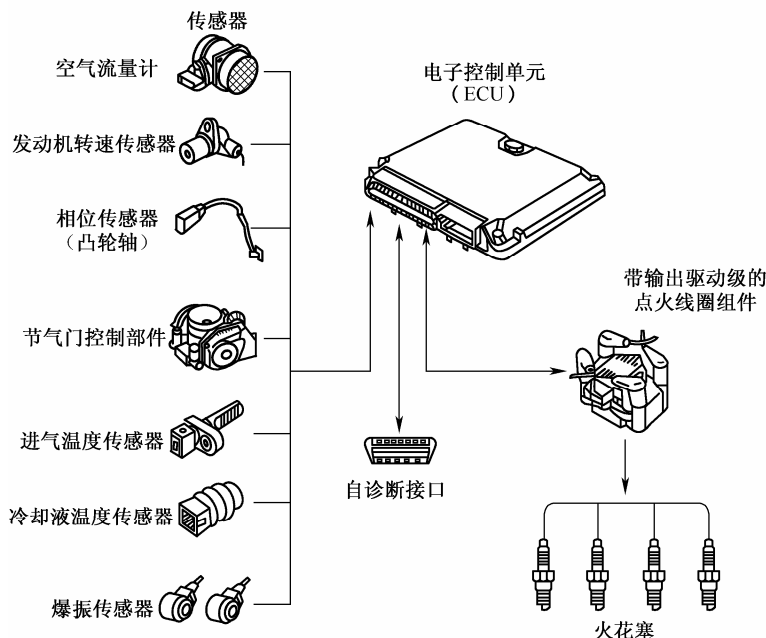


图 2-1 大众桑塔纳发动机电子控制点火系统（无分电器）的组成

1. 传感器

传感器用来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（ECU），作为计算和控制点火时刻的依据。虽然各种汽车电子控制点火系统采用的传感器类型、数量、结构和安装位置不尽相同，但主要有曲轴位置（转速与转角）传感器、凸轮轴位置（上止点位置）传感器、空气流量（负荷）传感器、节气门位置（负荷）传感器、冷却液温度传感器、进气温度传感器、车速传感器和爆振传感器。这些传感器大多与汽油喷射系统、怠速控制系统等电子控制系统共用，而且都由一个 ECU 集中控制。

在传感器输入 ECU 的信号中，曲轴位置信号和凸轮轴位置信号是保证 ECU 控制电子点火系统正常工作最基本的信号。曲轴位置传感器向 ECU 提供发动机转速、曲轴转角信号，转速信号用于计算确定点火提前角，转角信号用于控制点火时刻（点火提前角）。凸轮轴位置传

感器采集凸轮轴的位置信号输入 ECU，以便 ECU 识别气缸压缩上止点，从而进行点火时刻控制和爆振控制。由于凸轮轴位置传感器能够识别是哪一缸活塞即将到达上止点，所以又称其为判缸传感器。

爆振传感器是电子控制点火系统专用的一个传感器，ECU 可根据爆振传感器输出的信号来判断发动机是否发生爆振，从而对点火提前角进行修正，实现点火提前角的闭环控制。需要指出的是，由于电子控制点火系统是发动机电子控制系统的一个组成部分，因此，除了专用的部件（爆振传感器和执行器）外，其他所有传感器包括 ECU，都是共用的。如汽油喷射系统中的空气流量传感器检测的是发动机单位时间内吸入的空气流量，为确定每次循环符合最佳空燃比的喷油量，应求得每次循环吸入的空气量。即在已知单位时间空气流量的基础上，应检测发动机转速。另外，在采用顺序喷射和分组喷射时，为有效提高发动机的性能，需要选取特定的喷油时刻，而这是相对曲轴转角而言的。因此，与空气流量（负荷）传感器、节气门位置（负荷）传感器、冷却液温度传感器等一样，曲轴位置（转速与转角）传感器是电子控制汽油喷射系统和电子控制点火系统所共用的。

2. 电子控制单元

现代汽车发动机大多数都采用集中控制系统，电子控制单元（ECU）既是汽油喷射控制系统的控制核心，也是点火控制系统的控制核心。在 ECU 的只读存储器（ROM）中，除存储有监控和自检等程序之外，还存储有由台架试验测定的该型发动机在各种工况下的最佳点火提前角。随机存储器（RAM）用来存储微机工作时暂时需要存储的数据，如输入/输出数据、单片机运算得出的结果、故障码、点火提前角修正数据等，这些数据根据需要可随时被调用或被新的数据改写。CPU 不断接收上述各种传感器发送的信号，并按预先编制的程序进行计算和判断后，向点火控制器发出最佳点火提前角和点火线圈初级电路导通时间的控制信号。

3. 执行器

执行器主要包括点火控制器、点火线圈及火花塞等。

点火控制器又称为点火模块、点火电子组件、点火器或功率放大器，是微机控制点火系统的功率输出级，它接受 ECU 输出的点火控制信号并进行功率放大，以便驱动点火线圈工作。

点火控制器的电路、功能与结构根据车型的不同而不同，有的与 ECU 制作在同一块电路板上，有的为独立总成，并用线束与 ECU 相连。由于无分电器电子控制点火系统有两个或多个点火线圈或点火线圈初级绕组，所以点火控制器一般除了具有自动断电、导通角控制、恒流控制等电路外，还有气缸判别电路和多个大功率晶体管及相应的控制电路。由于大功率晶体管工作电流大、温度高，故障率相对较高，为了便于散热、检修，许多无分电器点火系统将点火控制器分为两部分：控制电路和大功率晶体管输出电路。控制电路直接合入电子控制单元（ECU），大功率晶体管输出电路则自成一体，成为结构单一的点火控制器（如部分三菱汽车采用的无分电器电子点火系统）或与点火线圈集成在一起（如桑塔纳 3000GSI AJR 发动机无分电器电子点火系统）。

由于无分电器点火系统有两个或多个点火线圈初级绕组，发动机的一个工作循环，每个点火线圈初级绕组只通断一次（独立点火）或两次（同时点火），所以点火线圈初级绕组能够有较长的通电时间，点火线圈可以采用完全的闭磁路结构，提高能量利用率。点火线圈具体结构因高压配电方式的不同而分为独立点火方式配用的点火线圈、点火线圈配电方式配用的点火线圈和二极管配电方式配用的点火线圈三种。



火花塞及高压线的结构原理与普通电子点火系统基本相同，不再赘叙。

2.1.2 电子控制点火系统的工作原理

电子控制点火系统的控制原理框图如图 2-2 所示，曲轴位置传感器向 ECU 提供发动机转速、曲轴转角信号，转速信号用于计算确定点火提前角，转角信号用于控制点火时刻（点火提前角）。空气流量传感器和节气门位置传感器向 ECU 提供发动机负荷信号，用于计算确定点火提前角。冷却液温度信号、进气温度信号、车速信号、空调开关信号以及爆振传感器信号等，用于修正点火提前角。

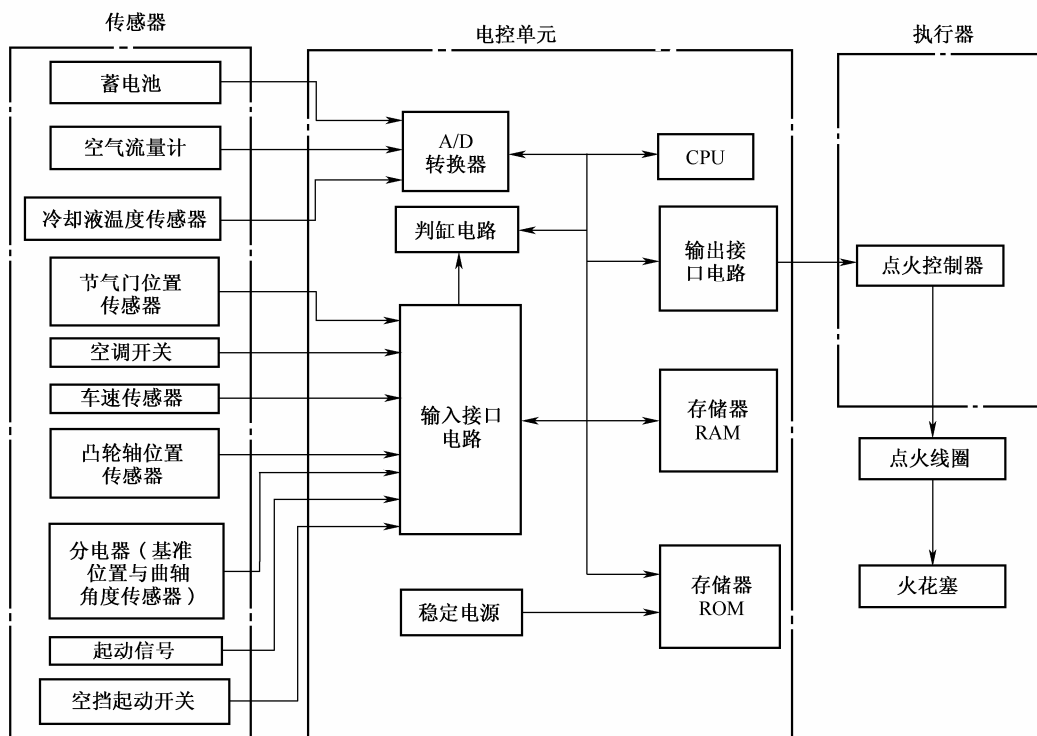


图 2-2 电子控制点火系统的控制原理框图（无分电器）

发动机工作时，ECU 通过上述传感器把发动机的工况信息采集到随机存储器（RAM）中，并不断检测凸轮轴位置传感器信号（即判缸信号），判定是哪一缸即将到达压缩上止点。当接收到标志信号后，ECU 立即开始对曲轴转角信号进行计数，以便控制点火提前角。与此同时，ECU 根据反映发动机工况的转速信号、负荷信号以及与点火提前角有关的传感器信号，从只读存储器中查询出相应工况下的最佳点火提前角。在此期间，ECU 一直在对曲轴转角信号进行计数，判断点火时刻是否到来。当曲轴转角等于最佳点火提前角时，ECU 立即向点火控制器发出控制指令，使功率晶体管截止，点火线圈初级电流切断，次级绕组产生高压，并按发动机点火顺序分配到各缸火花塞跳火点着可燃混合气。

上述控制过程是指发动机在正常状态下点火时刻的控制过程。当发动机起动、怠速或汽车滑行工况时，设有专门的控制程序和控制方式进行控制。

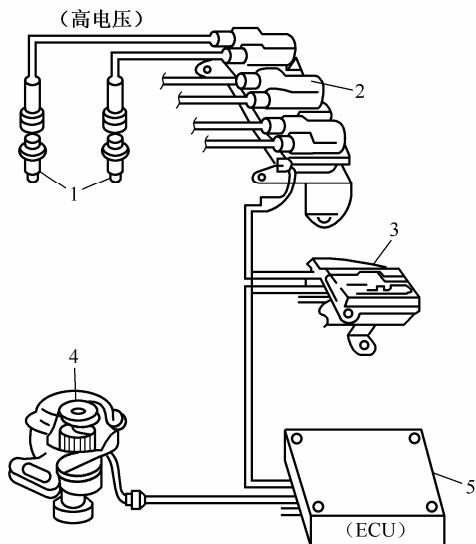
2.2 电子控制点火系统

无分电器点火控制系统（简称 DIS 或 DLI）是一种全电子化的点火系统，结构组成如图 2-3 所示。其主要特点是完全取消了传统的分电器总成（包括分火头和分电器盖等），由 ECU 中附加的点火控制电路和分电电路控制点火控制模块，实现对点火的控制。点火线圈次级绕组与火花塞直接相连，即点火线圈产生的高压电直接送给火花塞进行点火。由于没有机械传动，减少了分火头与旁电极这一中间跳火间隙的能量损耗和干扰；由于无分电器，也使发动机各部件的布置更容易、更合理。

无分电器点火控制系统又可分为两个活塞位置同步缸共用一个点火线圈的同时点火方式（双缸直接点火）和每缸一个点火线圈的独立点火方式（单缸直接点火）。

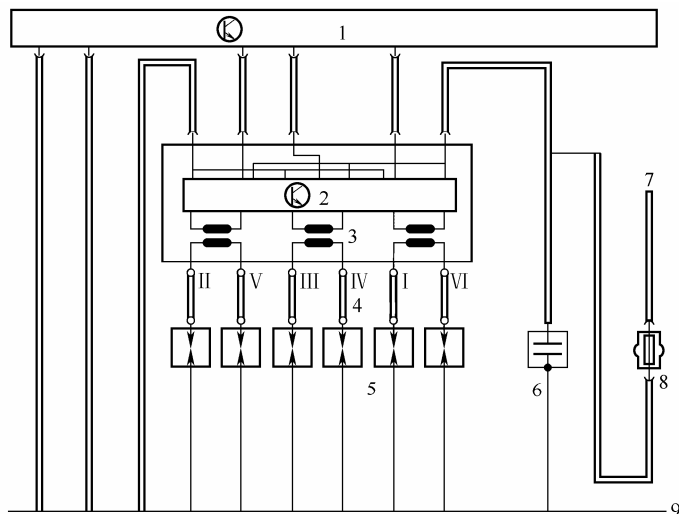
2.2.1 同时点火方式

同时点火是指点火线圈每产生一次高压电，都使两个缸的火花塞同时跳火，即双缸同时点火。次级绕组产生的高压电将直接加在四缸发动机的同步缸——1、4 缸或 2、3 缸（六缸发动机的 I、VI 缸、II、V 缸或 III、IV 缸）火花塞电极上跳火，如图 2-4 所示。



1—火花塞；2—点火线圈；3—点火控制器；
4—传感器；5—电子控制单元

图 2-3 无分电器点火控制系统



1—电子控制单元；2—点火控制器；3—点火线圈；4—高压线；5—火花塞；
6—电容器；7—电源；8—熔断丝；9—接地

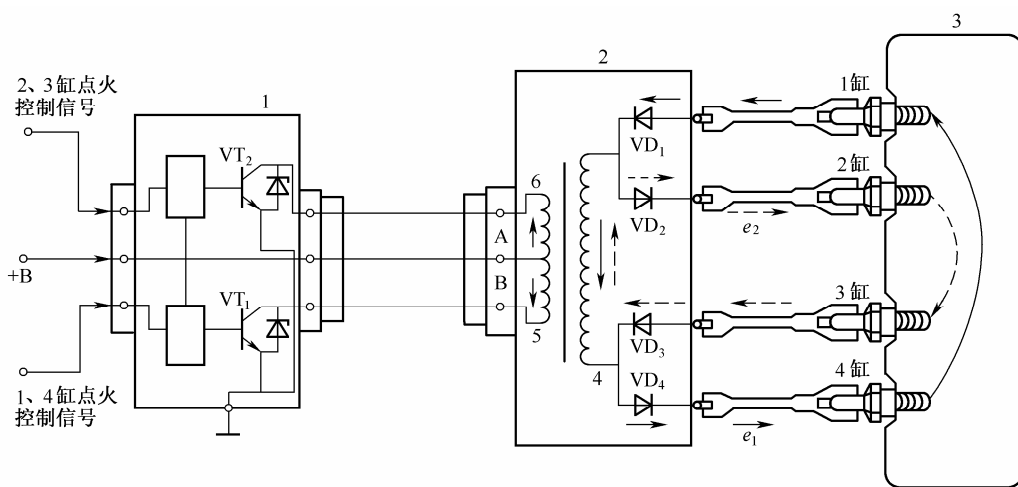
图 2-4 双缸同时点火



双缸同时点火时，一个气缸处于压缩行程末期，是有效点火，另一个气缸处于排气行程末期，缸内温度较高而压力很低，火花塞电极间隙的击穿电压很低，对有效点火气缸火花塞的击穿电压和火花放电能量影响很小，是无效点火。曲轴旋转一圈后，两缸所处行程恰好相反。双缸同时点火时，高压电的分配有二极管分配和点火线圈分配两种形式。

1. 二极管分配式

利用二极管分配高压电的双缸同时点火电路原理如图 2-5 所示。点火线圈由两个初级绕组和一个次级绕组构成，次级绕组的两端通过 4 只高压二极管与火花塞构成回路。4 只二极管有内装式（安装在点火线圈内部）和外装式两种。对于点火顺序为 1—3—4—2 的发动机，1、4 缸为一组，2、3 缸为另一组。点火控制器中的两只功率晶体管分别控制一个初级绕组，两只功率晶体管由电子控制单元（ECU）按点火顺序交替控制其导通与截止。



1—电子点火器；2—点火线圈；3—汽缸盖；4—次级电路；5—初级电路 A；6—初级电路 B

图 2-5 二极管分配高压同时点火电路原理图

当电子控制单元（ECU）将 1、4 缸的点火触发信号输入点火控制器时，功率晶体管 VT_1 截止，初级绕组 A 中的电流切断，次级绕组中就会产生高压电动势，方向如图 2-5 中实线箭头方向所示。在该电动势的作用下，二极管 VD_1 、 VD_4 正向导通，1、4 缸火花塞电极上的电压迅速升高直至跳火，高压放电电流经图中实线箭头所指方向构成回路； VD_2 、 VD_3 反向截止，不能构成放电回路，因此 2、3 缸火花塞电极上无高压火花放电电流而不能跳火。当 ECU 将 2、3 缸点火触发信号输入点火控制器时，晶体管 VT_2 截止，初级绕组 B 中的电流切断，次级绕组产生高压电动势，方向如图 2-8 中虚线箭头方向所示。此时二极管 VD_1 、 VD_4 反向截止， VD_2 、 VD_3 正向导通，因此 2、3 缸火花塞电极上的电压迅速升高直至跳火，高压放电电流经图中虚线箭头所指方向构成回路。

4 个高压二极管有安装在点火线圈内部的和外部的两种结构型式，这里为内装的结构。而电子点火器中的两个稳压管，用于吸收初级线圈断路时产生的自感电动势，保护功率三极管。

2. 点火线圈分配式

利用点火线圈直接分配高压同时点火电路原理如图 2-6 所示。桑塔纳 3000GSI AJR 发动机点火系统采用了这种配电方式。

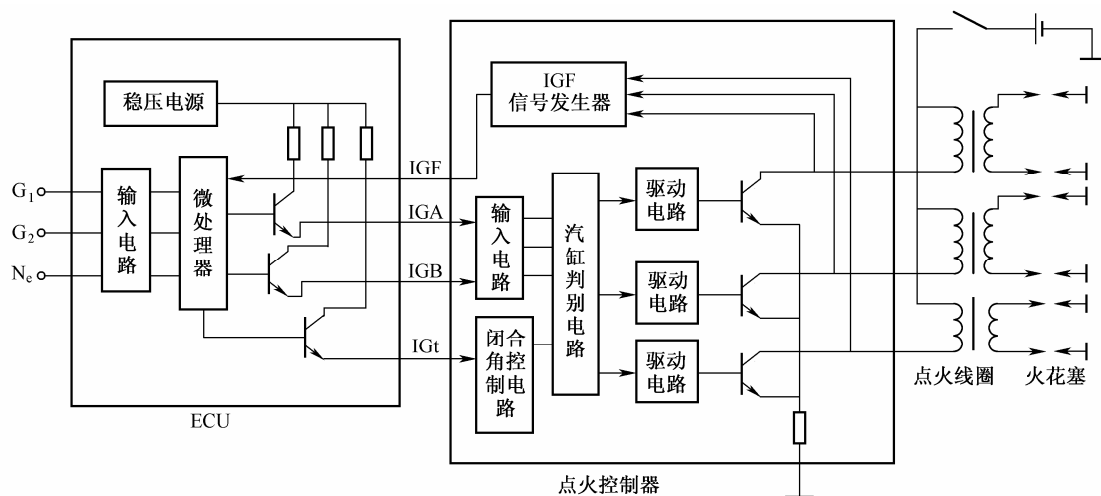


图 2-6 点火线圈分配高压同时点火电路原理图

点火线圈组件由两个（四缸发动机）或三个（六缸发动机）独立的点火线圈组成，每个点火线圈供给成对的两个火花塞工作（四缸发动机的 1、4 缸和 2、3 缸分别共用一个点火线圈；六缸发动机 1、6 缸、2、5 缸和 3、4 缸分别共用一个点火线圈）。电子点火控制器中配有与点火线圈数量相等的功率晶体管，分别控制一个点火线圈工作。点火控制器根据电子控制单元（ECU）输出的点火控制信号，按点火顺序轮流触发功率晶体管导通、截止，从而控制每个点火线圈轮流产生高压电，再通过高压线直接输送到成对的两缸火花塞电极间隙上跳火点着可燃混合气。

在部分点火线圈分配高压同时点火系统中，点火线圈次级回路中连接有一只高压二极管，如图 2-7 所示，该高压二极管的作用是防止次级绕组在初级电流接通瞬间产生的感应电压（约为 1000V）在进气行程末期或压缩行程初期加到火花塞电极上而导致误跳火。

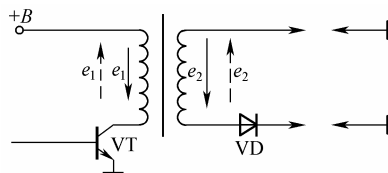


图 2-7 高压二极管的作用

2.2.2 独立点火方式

如图 2-8 所示，点火系统采用独立点火方式时，每一个气缸都配有一个点火线圈，且直接安装在火花塞上方，其基本组成和工作原理与同时点火方式相同。独立点火的优点是省去了高压线，点火能量损耗进一步减少；由于每缸都有独立的点火线圈，所以即使发动机的转速高达 9000r/min，线圈也有较长的通电时间（大的闭合角），可以提供足够高的点火能量。此外，所有高压部件都可安装在发动机气缸盖上的金属屏蔽罩内，点火系对无线电的干扰可大幅度降低。与分电器系统相比，在相同的转速和相同点火能量下，单位时间内点火线圈的电流要小得多，因此，线圈不易发热而体积又可以非常小巧，一般是将点火线圈压装在火花塞上，这种点火方式控制系统特别适合于多气门发动机。

综上所述，微机控制无分电器点火系统消除了分电器高压配电的不足。由于增加了点火线圈（或初级绕组）个数，对每一个点火线圈来说，初级绕组允许通电时间可增加 2.6 倍，因此，即使发动机高速运转时，初级绕组也有足够充裕的通路时间。换句话说，无分电器点火系



统具有足够大的点火能量和足够高的次级电压来保证发动机在任何工况都能可靠点火。

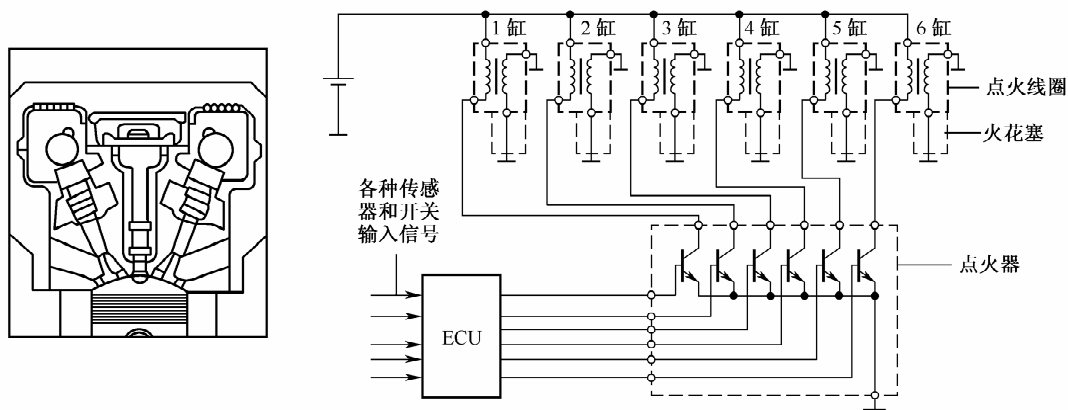


图 2-8 无分电器独立点火方式（六缸发动机）

2.3 点火提前角与闭合角的控制

最佳点火提前角是能保证发动机的动力性、经济性和排放都达到最佳值的点火提前角。一般来说，混合气在气缸内燃烧时，其最高燃烧压力（也可以说是发动机的最大输出功率）出现在曲轴转角的上止点后 10° 左右。但最佳点火提前角也不是一成不变的，应随着发动机转速、负荷及运行条件的变化而变化。

2.3.1 点火提前角的控制

在发动机起动时，电子控制单元不进行点火提前角的控制，直接由发动机转速信号 N_e 和起动开关信号 STA 以一个固定的初始点火提前角点火。当发动机转速超过一定值时，自动转换为由电子控制单元控制的最佳点火提前角计算及控制程序。

发动机起动后，电子控制单元对最佳点火提前角的计算和控制按照如下公式：

最佳点火提前角 = 初始点火提前角 $\pm$ 基本点火提前角 $\pm$ 修正点火提前角（或点火延迟角），如图 2-9 所示。

1. 初始点火提前角

为了控制点火正时，电子控制单元根据上止点位置来确定点火提前角。在一些电子控制点火系统中，有些发动机电子控制单元把 G_1 或 G_2 信号后第一个 N_e 信号定为压缩行程上止点前 10° ，并以这个角度作为点火正时计算的基准点，称之为初始点火提前角，其大小随发动机而异。

2. 基本点火提前角

发动机正常运转时，电子控制单元按怠速工况和非怠速工况两种情况，确定基本点火提前角。

发动机处于怠速工况时，电子控制单元根据节气门位置信号（怠速触点闭合）、发动机转速信号及空调开关信号确定基本点火提前角。发动机处于非怠速工况时，电子控制单元根据发动机转速和节气门位置（进气量）信号，从预置在存储器中的点火特性三维脉谱图中查出相应

的基本点火提前角，如图 2-10 所示。

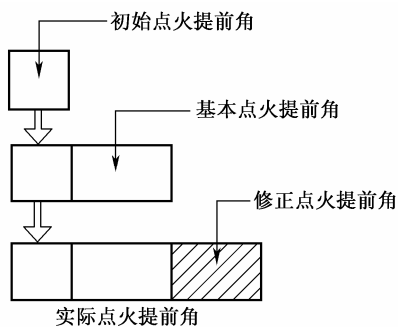


图 2-9 点火提前角的计算

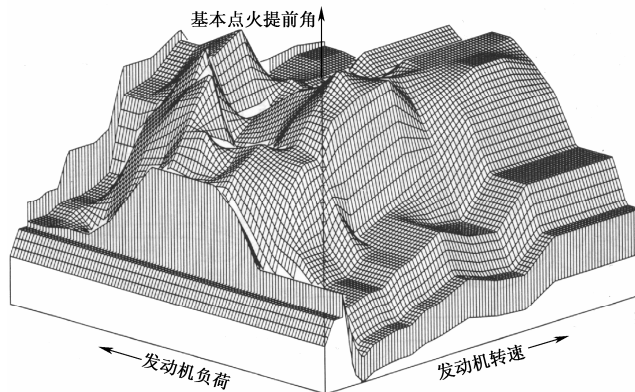
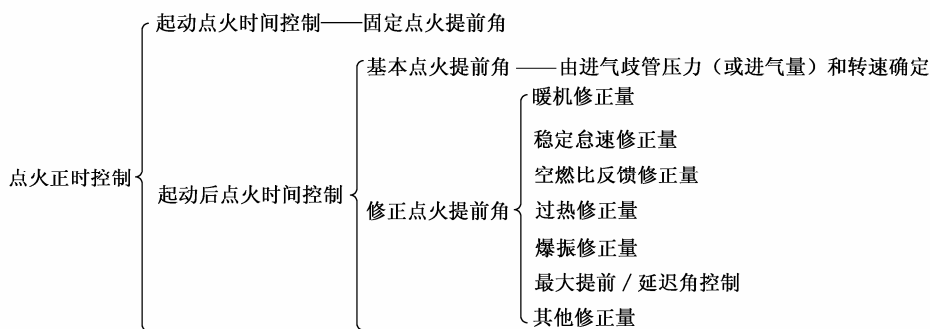


图 2-10 点火特性三维脉谱图

3. 修正点火提前角

除了转速和负荷以外，其他对点火提前角有重要影响的因素均归入到修正点火提前角中。电子控制单元根据有关传感器的信号，分别示出对应的修正值，它们的代数和就是修正点火提前角。修正点火提前角所包含的修正值有暖机修正、过热修正、空燃比反馈修正、怠速稳定性修正和爆振修正等，归纳如下。



(1) 暖机修正。发动机冷起动后，冷却液温度较低时，应增大点火提前角。在暖机过程中，随冷却液温度的升高，点火提前角修正值逐渐减小。修正值的变化规律及大小随发动机暖机修正的主要控制信号（包括冷却液温度信号、空气流量信号和节气门位置信号等）。

(2) 过热修正。发动机处于正常运行工况时（怠速触点断开），若冷却液温度过高，为了避免产生爆振，应将点火提前角推迟。发动机处于怠速工况时（怠速触点闭合），若冷却液温度过高，为了避免发动机长时间过热，应将点火提前角增大。过热修正的主要控制信号包括冷却液温度信号、节气门位置信号等。

(3) 空燃比反馈修正。装有氧传感器的电控汽油喷射系统，其电子控制单元根据氧传感器的反馈信号空燃比进行修正。随着修正喷油的增加或减少，发动机转速在一定范围内波动。为了提高怠速的稳定性，在反馈修正油量减少时，点火提前角相应地增加。空燃比反馈修正的控制信号主要有氧传感器信号、节气门位置信号、冷却液温度信号和车速信号等。



(4) 怠速稳定性修正。发动机在怠速工况运行时, 由于负荷变化使发动机转速发生变化, 电子控制单元要调整点火提前角, 使发动机在规定的怠速转速下稳定运转。

发动机处于怠速工况时, 电子控制单元不断地计算发动机的平均转速, 当发动机的转速低于规定的怠速转速时, 电子控制单元根据实际转速与目标转速差值的大小相应地增大点火提前角; 当发动机转速高于目标转速时, 则减小点火提前角。

怠速稳定性修正的控制信号主要有发动机转速信号、节气门位置信号、车速信号和空调信号等。

(5) 爆振修正。爆振修正见 2.4 节“爆振控制与爆振传感器”。

如果发动机的实际点火提前角(初始点火提前角 $\pm$ 基本点火提前角 $\pm$ 修正点火提前或延迟角)超出一定范围时, 发动机将不能正常运转。为防止出现这种情况, 在电控点火系统中, 由电子控制单元对实际点火提前角的数值范围进行限制。最大和最小点火提前角的一般范围是: 最大点火提前角 $35^{\circ}\sim 45^{\circ}$, 最小点火提前角 $-10^{\circ}\sim 0^{\circ}$ 。

2.3.2 闭合角控制

闭合角控制也称通电时间控制。

对于电感储能式电控点火系统, 当点火线圈的初级线圈被接通后, 通过线圈的电流是按指数规律增大的。初级线圈被断开瞬间所能达到的断开电流值与初级线圈接通时间长短有关。

只有通电时间达到一定值时, 初级电流才可能达到饱和。而次级线圈高压的最大值与初级断开电流成正比, 为了获得足够的点火能量, 必须使初级电流达到饱和。

影响初级线圈通过电流的主要因素有发动机转速和蓄电池电压。为了保证在不同的蓄电池供电电压和不同的转速下都具有相同的初级断开电流, ECU 根据蓄电池电压和发动机转速信号, 从预置的闭合角数据表中查出相应的数值, 对闭合角进行控制。

当发动机转速高时, 适当增大闭合角, 以防止初级线圈通过电流值下降, 造成次级高压下降, 点火困难。蓄电池电压下降时, 基于相同的理由, 也应适当增大闭合角, 如图 2-11 所示。

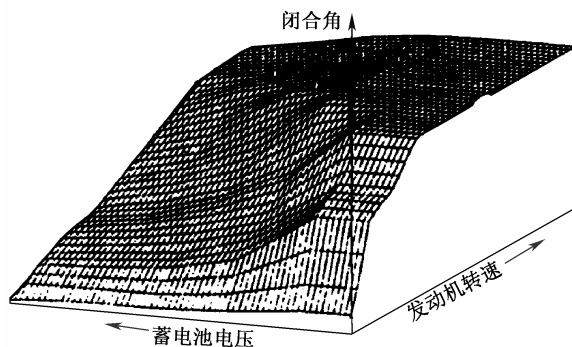


图 2-11 闭合角三维脉谱图

通过对闭合角的准确调节, 不但改善了点火系统的点火性能, 而且还可以防止初级线圈发热和电能的有效损耗。

2.4 爆振控制与爆振传感器

爆振是汽油机运行过程中产生的一种最有害的故障现象。汽油机如持续产生爆振，火花塞电极或活塞就可能产生过热、熔损等现象，导致发动机损坏，因此必须防止爆振的发生。

从最佳点火提前角的分析中可知，为了最大限度地发挥汽油机的潜能，应把点火提前角控制在接近临界爆振点，同时又不能使发动机发生爆振。要使点火系统达到这样的性能要求，除了必须采用电子控制点火系统外，对点火提前角还必须采用爆振反馈控制。

2.4.1 爆振控制

爆振控制系统实际上就是加了爆振传感器的点火控制系统。或者说，是一个带有爆振传感器的点火提前角闭环控制系统，如图 2-12 所示。

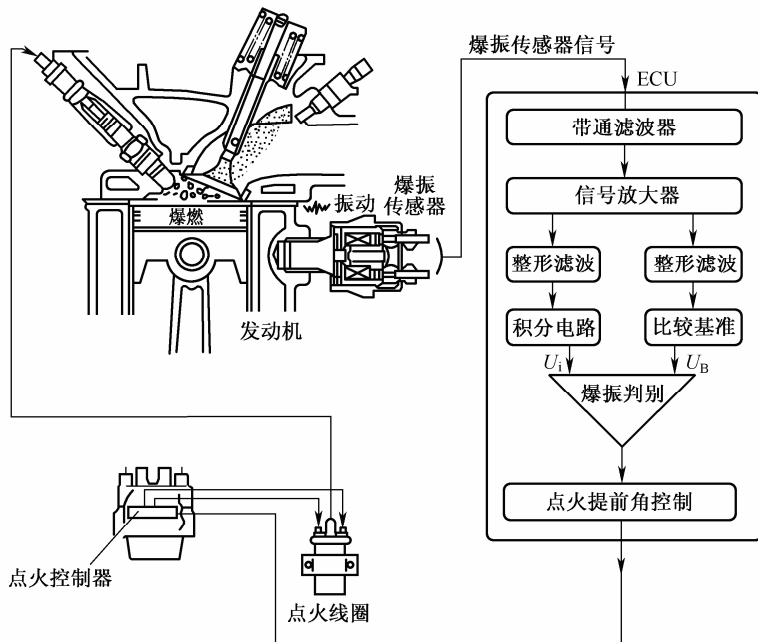


图 2-12 爆振控制系统的组成

爆振传感器安装在发动机的缸体上，把缸体的振动转换成电信号输入 ECU，ECU 把爆振传感器输出的信号进行滤波处理，同时判定有无爆振以及爆振强度的强弱，进而推迟点火时间。当 ECU 有爆振信号输入时，点火控制系统采用闭环控制方式，爆振强，推迟点火角度大；爆振弱，推迟点火角度小，并在原点火提前角的基础上推迟点火提前角，直到爆振消失为止。当爆振消失后，在一段时间内维持当前的点火时间角。如果没有爆振发生，则逐步增加点火提前角直到爆振发生，当发动机再次出现爆振时 ECU 又使点火提前角再次推迟，调整过程如此反复进行。图 2-13 所示为爆振反馈控制过程，图 2-14 表明了爆振的判别与实际点火提前角的闭环控制。

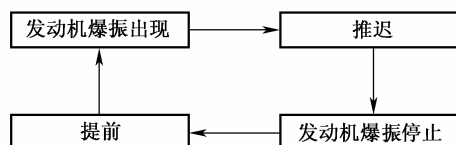


图 2-13 爆振反馈控制过程

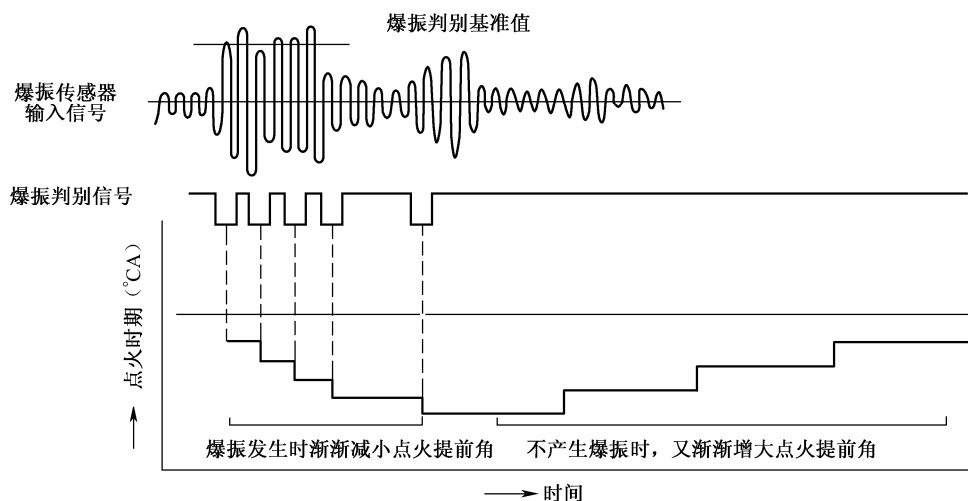


图 2-14 爆振的判别与实际点火提前角的闭环控制

2.4.2 爆振传感器

爆振传感器的作用是对发动机的气缸压力或其他能对发动机爆振做出判断的相关参数进行检测，并将信号送入发动机 ECU。

对发动机爆振的检测可以采用气缸压力检测、燃烧噪声检测和发动机机体振动检测等方法。燃烧噪声检测是一种非接触式检测方法，其耐久性好，但精度和灵敏度偏低。气缸压力检测方法精度最高，但传感器的耐久性差，安装困难。发动机机体振动检测方法，也称缸壁振动型检测方法，这种检测方法具有较高的检测精度，传感器安装方便灵活，耐久性也较好，是目前最常用的爆振检测方法。

发动机机体振动检测方法所使用的爆振传感器安装在发动机机体上，常见的爆振传感器有两种，一种是磁致伸缩式爆振传感器，另一种是压电式爆振传感器。

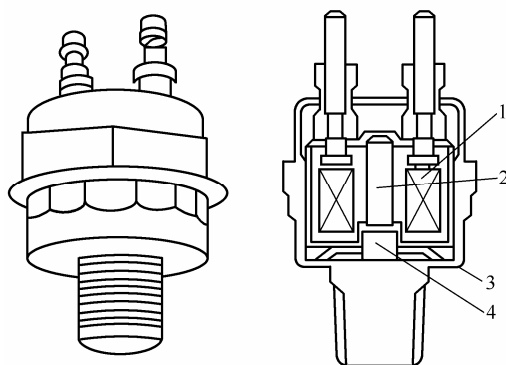
1. 磁致伸缩式

磁致伸缩式爆振传感器的外形与结构如图 2-15 和图 2-16 所示，其内部有永久磁铁、靠永久磁铁激磁的强磁性铁心以及铁心周围的线圈。其工作原理是：当发动机的气缸体出现振动时，该传感器在 7kHz 左右处与发动机产生共振，强磁性材料铁心的导磁率发生变化，致使永久磁铁穿过铁心的磁通密度也变化，从而在铁心周围的绕组中产生感应电动势，并将这一电信号输入 ECU。通用和日产汽车采用这种爆振传感器。

2. 压电式

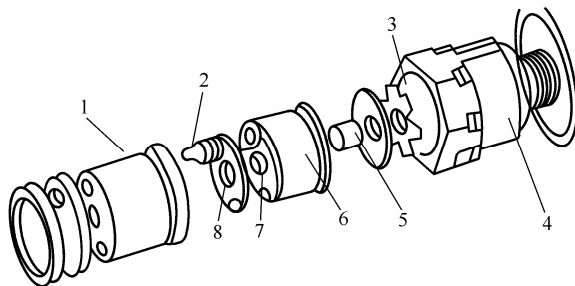
压电式爆振传感器的结构如图 2-17 所示。这种传感器利用结晶或陶瓷多晶体的压电效应

工作，也有利用掺杂硅的压电电阻效应的。压电效应是指某些晶体的薄片受到压力或机械振动之后产生电荷的现象。该传感器的外壳内装有压电元件、配重块及导线等。其工作原理是：当发动机的气缸体出现振动且振动传递到传感器外壳上时，外壳与配重块之间产生相对运动，夹在这两者之间的压电元件所受的压力发生变化，从而产生电压。ECU 检测出该电压，并根据其值的大小判断爆振强度。



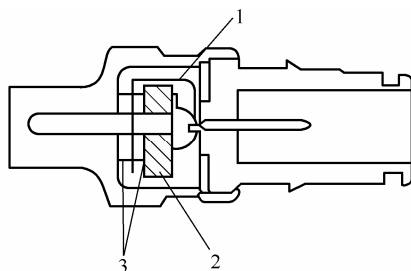
1—绕组；2—铁心；3—外壳；4—永久磁铁

图 2-15 磁致伸缩式爆振传感器的外形与结构



1—软磁套；2—端子；3—弹簧；4—外壳；5—永久磁铁；6—绕组；
7—磁致伸缩杆；8—电绝缘体

图 2-16 磁致伸缩式爆振传感器的组成



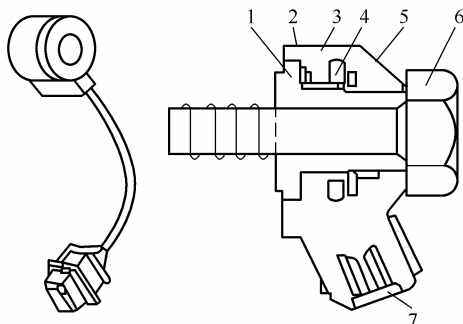
1—引线；2—配重块；3—压电元件

图 2-17 压电式爆振传感器的结构

桑塔纳采用的压电式爆振传感器的结构如图 2-18 所示。主要由套筒、压电元件、惯性配重、塑料壳体 and 接线插座等组成。压电元件制成垫圈形状，在其两个侧面上制作有金属垫圈作



为电极，并用导线引到接线插座上。惯性配重与压电元件及压电元件与传感器套筒之间安放有绝缘垫圈，套筒中心制有螺孔，传感器用螺栓安装固定在发动机缸体上，调整螺栓的拧紧力矩便可调整传感器的输出电压。惯性配重用来传递发动机振动产生的惯性力，惯性配重与塑料壳体之间安装有盘形弹簧，借弹簧张力将惯性配重、压电元件和垫圈等部件压紧在一起。传感器插座上有三根引线，其中两根为信号线，一根为屏蔽线。屏蔽线要可靠搭铁，否则会影响信号质量。



1—套筒底座；2—绝缘垫圈；3—压电元件；4—惯性配重；
5—塑料壳体；6—固定螺栓；7—接线插座

图 2-18 桑塔纳压电式爆振传感器的结构

爆振传感器是非常耐用的，最普遍的爆振传感器失效方式是传感器根本不产生信号——通常是体内外被碰伤，造成传感器的物理损坏，应更换。



本章小结

电子控制点火系统能够对点火全过程进行控制，包括通电时间控制、点火提前角控制和爆振控制，完全满足汽油机对点火系统的基本要求，使发动机的动力性、经济性达到较高的水平，同时排放污染也得到了有效的降低。

电子控制点火系统主要由监测发动机运行状况的传感器、处理信号和发出点火指令的电子控制单元（ECU）、对点火指令做出响应的执行器等组成，传感器大多与汽油喷射系统、怠速控制系统等电子控制系统共用，而且都由一个 ECU 集中控制。

在传感器输入 ECU 的信号中，转速传感器信号和曲轴位置传感器信号是保证 ECU 控制电子点火系统正常工作最基本的信号。转速传感器向 ECU 提供发动机转速、曲轴转角信号，曲轴位置传感器信号用于计算确定点火提前角，转角信号用于控制点火时刻（点火提前角）。曲轴位置传感器采集曲轴的位置信号输入 ECU，以便 ECU 识别 1 缸压缩上止点，从而进行喷油控制、点火时刻控制和爆振控制。有些发动机上还装有凸轮轴位置传感器，能够识别是哪一缸活塞即将到达上止点，所以又称其为判缸传感器。曲轴位置传感器和凸轮轴位置传感器所采用的结构随车型不同而不同，有磁感应式、光电式和霍尔式三大类。

执行器主要包括点火控制器、点火线圈、火花塞等。点火控制器是微机控制点火系统的功率输出级，它接受 ECU 输出的点火控制信号并进行功率放大，以便驱动点火线圈工作。

无分电器点火控制系统又可分为两个活塞位置同步缸共用一个点火线圈的同时点火方式

和每缸一个点火线圈的独立点火方式。

双缸同时点火时，一个气缸处于压缩行程末期，是有效点火，另一个气缸处于排气行程末期，缸内温度较高而压力很低，火花塞电极间隙的击穿电压很低，对有效点火气缸火花塞的击穿电压和火花放电能量影响很小，是无效点火。曲轴旋转一圈后，两缸所处行程恰好相反。双缸同时点火时，高压电的分配有二极管分配和点火线圈分配两种形式。

点火系统采用独立点火方式时，每一个气缸都配有一个点火线圈，且直接安装在火花塞上方，其基本组成和工作原理与同时点火方式相同。独立点火的优点是省去了高压线，点火能量损耗少；点火系对无线电的干扰可大幅度降低、线圈不易发热而体积又可以非常小巧。特别适合于多气门发动机。一般是将点火线圈压装在火花塞上。

发动机起动后，电子控制单元对最佳点火提前角进行计算和控制，最佳点火提前角=初始点火提前角±基本点火提前角±修正点火提前角（或点火延迟角）。

爆振传感器是电子控制点火系统专用的一个传感器，ECU可根据爆振传感器输出的信号来判断发动机是否发生爆振，从而对点火提前角进行修正，实现点火提前角的爆振反馈闭环控制。



思考与练习题

1. 普通电子点火系统和 ECU 控制电控点火系统有哪些异同点？
2. 电控点火系统的基本原理是什么？
3. 影响发动机点火提前角的因素有哪些？
4. 在电控点火系统中，最佳点火提前角是如何确定的？
5. 修正点火提前角考虑了哪些因素？这些因素对发动机的点火提前角有何影响？
6. 什么叫做闭合角？为什么要进行闭合角控制？
7. 同时点火和独立点火的原理是什么？
8. 常用的爆振传感器有哪几种？它们各有什么特点？
9. ECU 是如何对爆振进行反馈控制的？
10. 在一些无分电器的电控点火系统中，在点火线圈次级电路中串接一只高压二极管或在次级电路的输出端留有 3~4mm 的间隙，其作用是什么？