

汽车电子点火系统

原理 · 结构 · 检修

● 林永宪 编著

● 福建科学技术出版社



前 言

汽车电子学是一门结合机械、电子与电机、微电脑的高科技学科，也是融合学理与经验的高深学问。近年来电子电脑化的发展，使汽车的各种设备及装置不断推陈出新，现代化汽车因此跨入一个新纪元。然而这也为维护维修人员带来不少困扰，他们尤其是对电子点火系统方面的相关技术深感头痛。受过正统汽车维修教育的人，不见得有实践经验，不敢轻易动手修理；做了十几年的老师傅，不懂得电子电脑方面新知识，不愿自找麻烦；而对于电子电脑方面有透彻了解的人，又不愿屈尊亲自动手，纵使愿意，也未必能胜任。因此，如果说目前汽车修理，存在什么难点的话，那就在于电子电脑系统方面。

本书主要介绍汽车电子点火系统的原理、结构、检修。其中第一章介绍传统点火系统（白金点火系统）、电子点火系统及微电脑控制电子点火系统的基本知识；第二章介绍发动机与点火系统；第三章介绍白金点火系统的原理结构、检修；第四章介绍电子点火系统的原理、结构、检修；第五章介绍微电脑控制电子点火系统的原理、结构、检修。

本书适合于作为汽车电子点火系统及相关专业的参考书。

编著者

目 录

1 点火系统概述	(1)
1.1 传统点火系统	(1)
1.2 电子点火系统	(4)
1.3 微电脑控制电子点火系统	(13)
2 发动机与点火系统	(15)
2.1 发动机原理与构造	(15)
2.2 点火系统	(21)
3 白金点火系统	(24)
3.1 白金点火系统原理与构造	(29)
3.2 白金点火系统的调谐与维护	(38)
3.3 白金点火系统故障排除	(52)
3.4 检修技术与示波测试	(62)
4 电子点火系统	(73)
4.1 B1D 无白金感应放电点火系统	(73)
4.2 SSI 固态点火系统	(80)
4.3 CEI 克莱斯勒电子点火系统	(83)
4.4 FTI 福特晶体管电子点火系统	(98)
4.5 FSS、FDI 福特电子点火系统	(100)
4.6 HEI 通用电子点火系统	(107)
5 微电脑控制电子点火系统	(114)
5.1 EEC 福特电子点火系统	(114)
5.2 ESS 通用电子点火系统	(125)
5.3 CCC 通用电子点火系统	(128)

1. 点火系统概述

1.1 传统点火系统

点火系统的发展与内燃机及汽车的发展同等重要。早期的内燃机设计，只考虑工业用途的动力供应问题，随后才有汽车的概念。因此，本章讨论的一些点火系统，最早是使用在静置式工业发动机。内燃机最初出现于欧洲，1886年奔驰（Benz）[®]与戴姆勒（Daimler）首先制造汽车。

内燃机是在1860年由雷诺尔（J. Lenoir）制造，虽然与今日的发动机大不相同，但其贡献则不小，因为它提供发动机更进一步改良的蓝本，而且利用电力点火；它利用配入汽缸的火花塞与震动线圈产生火花，这种点火方法在当时并未广泛采用。

1876年德国工程师奥图制造第一部四冲程发动机，他选用最独特的点火方法——敞开火焰（open flam），开焰点火方式只是把引导火焰置于发动机汽缸开口附近，因为压缩压力会吹熄火焰，故设计必须很细心，奥图利用定燃气体火焰与侧气门，使火焰按发动机循环中的正确时刻进入汽缸（图1.1），此式发动机的压缩极低。

1883年出现热管点火（hot-tube ignition），如图1.2所示，热管点火包含一端密封的金属管，开端栓入汽缸盖，定燃气体火焰用来加热管的密封端。压缩行程期间，部分混合气被推入管中，当混合气达到热端时，即被点燃并往下流回点燃剩下的混合气；改变气体火焰的位置，可以控制点火的时间。

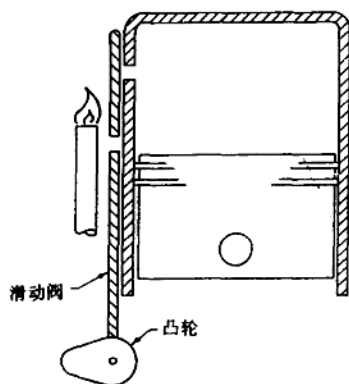


图 1.1 敞开火焰点火

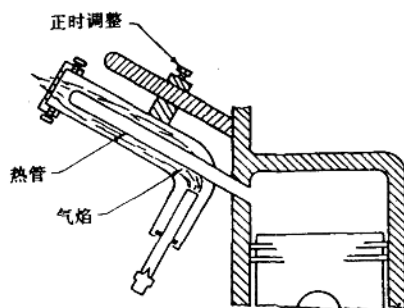


图 1.2 热管点火

静电点火在1890年应用于发动机，虽然并不实用，却提供电容放电点火的概念，此概念直到1960年才以三极管技术完成。

1883 年杜瑞儿 (Duryed) 兄弟成功地制造了美国首部汽车, 他们发现热管点火并不可靠, 因此用蓄电池来开、关闭系统, 关闭系统的概念是利用断路后线圈尝试保持电流之特性, 一组接点 (电路的一部分) 装置在燃烧室内部, 一个固定, 另一个可动, 平时保持相互接触, 利用杠杆作用可以打开可动接点并切断电路。凸轮位于汽缸的外部, 由发动机驱动, 电源是来自一个小电池, 当接点闭合时, 电流经过线圈 (图 1.3)。

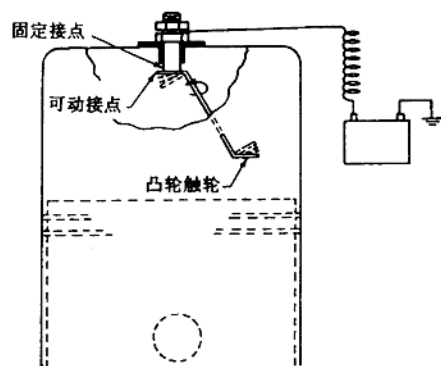


图 1.3 关闭系统

凸轮在正确的时间触动杠杆分开接点 (断路), 经过线圈的电流尝试继续流通, 跳过接点之间的间隙, 利用此开关动作产生火花点燃混合气。

此时在欧洲已利用磁电机 (magneto) 关闭点火系统, 罗伯·波许 (Robert Bosch) 设计一种磁电机关闭系统, 产生 40~100V 火花。磁电机是一种发电机, 工作的原理是依据导体切割磁场将产生电流。图 1.4 中的导体为线圈组, 为了说明方便只用单线代表, 线圈在永久磁极中间自由转动, 磁电机并未产生稳定的电流, 而是在某些特定运动下产生大量电流, 依据旋转线圈的位置决定, 旋转线圈称为电枢。

当电枢线垂直切割永久磁力线时, 产生电流最强, 当电枢线平行切割永久磁力线时, 不产生电流。磁电机关闭系统的接点在电流最强时触发, 磁电机关闭系统电路图如 1.5 所示。

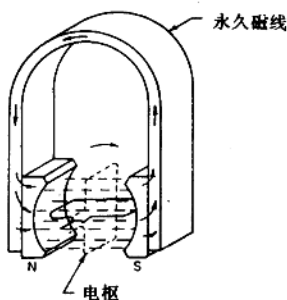


图 1.4 磁电机构造

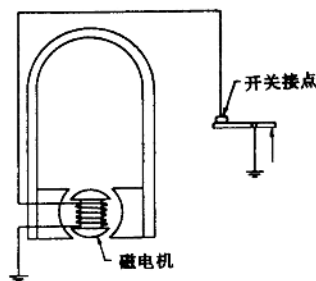


图 1.5 磁电机关闭系统

关闭点火的主要缺点是接点位于燃烧室内, 接点受到燃烧温度的作用, 必须经常更换, 而且发动机的压缩也受到限制, 因为可动杠杆必须穿过汽缸盖开孔。

1901 年独立线圈式低压磁电机上市, 这种磁电机配有一组白金, 当磁电机在最高输出时, 切断电流, 火花塞栓于汽缸盖的开孔, 点火线圈基本上是一个变压器, 用来升高火花电压, 使高压可以跳过火花塞间隙而放电。

不久之后, 点火线圈被合并到磁电机内, 成为最早的高压磁电机。这是由罗伯·波许公司在 1902 年推出的。往后 10 年中, 波许公司总共生产 100 万个高压磁电机。

应用磁电机的同一时期, 另一种点火方式也很普遍——震动线圈点火。雷诺尔首先用在

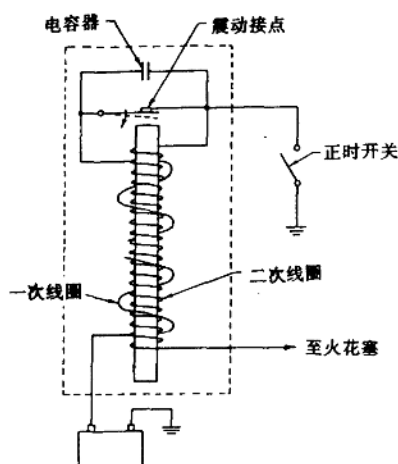


图 1.6 震动构造

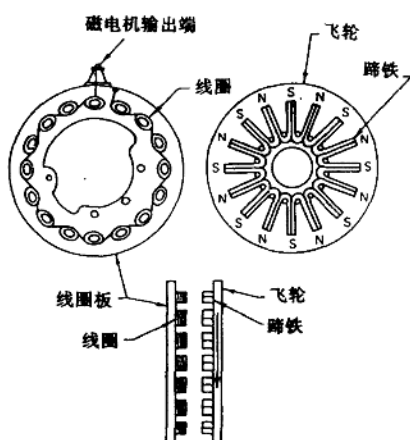


图 1.7 福特 T 型车用磁电机

他的 1860 年发动机，经过改良之后，应用比较普遍，1896 年奔驰单缸发动机即采用震动线圈点火。

震动线圈点火系统有一个包含有一次与二次绕组的点火线圈，一次电流自蓄电池经过点火线圈一次绕组与一组白金到达搭铁，一个白金固定，另一个白金是 movable 弹簧的一部分，如图 1.6 所示。二次绕组是接在火花塞，当一次电流经过点火线圈时，线圈磁化并将可动接点往下拉，切断电路，一次电流中断，一次电流消失线圈磁力降低，可动接点往上移动，再接成完整回路。此过程每秒钟重复数百次，可以听见明显的碰触声。

每当一次电流中断时，二次回路产生高压电，因此震动线圈产生连续的火花源，在发动机循环的正确时间，正时开关用来断开线圈。只要定时开关打开，火花塞即收到连续的火花流。

此系统比磁电机优良，因为磁电机速度愈高，产生电压愈高，而在发动期间，磁电机的输出电压很低，震动线圈点火在发动发动机时，可以提供较高的火花电压，起动性能比较好。

亨利福特 (Henry Ford) 利用磁电机配合电池供电给震动线圈，此系统应用在 1908 年大量生产的 T 型车。福特震动线圈装在一个小木盒中，T 型车是四缸发动机，故使用 4 个震动线圈，全部放在一个大线圈盒，白金是装在木盒上面，附有调整螺丝可以调整线圈的震动强度。

福特磁电机的特点是安装于发动机的飞轮，飞轮的周边有十六个蹄型永久磁铁，同磁极排列在一起，如图 1.7 所示。飞轮的旁边是附有十六组线圈的固定板，线圈全部串联在一起，第一组线圈接到磁电机输出端，第十六组线圈搭铁，飞轮与线圈板相隔 0.79mm。当飞轮旋转时，磁电机产生交流电压，十六组线圈的电压加在一起形成磁电机的输出电压，电压随发动机速度改变，且也用于照明系统。

仪表板上有一个开关可以控制使用电池产生较强的电压，发动机起动后即改成磁电机，当磁电机的转速足够时，产生高于蓄电池的电压。这种点火系统一直沿用到 1927 年，配线图如图 1.8 所示。

T 型车没有任何自动火花提前控制，驾驶者利用方向柱的杠杆来控制整个火花提前，有些制造厂使用相类似的系统，但配有离心火花提前机构，做为正时开关的一部分。

1908 年电力工程师肯特林 (Charles F. Kettering) 开始致力于汽车点火系统，经过许多

研究之后，成功地开发出白金点火系统。

白金接点控制经过点火线圈一次回路的电流。白金闭合时，电流流通，线圈产生磁场；白金张开时，点火线圈二次回路产生高压电，借以使火花塞产生高压火花。详细操作后续章节讨论。

白金点火系统最早用在 1910 年凯迪拉克 (Cadillac)，它的优点是高低速时都可以产生高压电，使起动性能与高速运转同样优越。

凯特林白金点火系统逐渐地代替震动线圈与磁电机点火系统，广泛地应用在整个汽车工业，直到 1960 年代电子点火系统推出才稍渐式微。

点火系统在使用多年之后已有许多变化。其中一种称双点火系统，同部发动机使用两组完整的点火系统，共有两组白金，两个点火线圈，双点火系统的可靠度比较高。

另外一种变化称为双白金点火系统，使用两组白金交互作用，两组白金并联在一起，一组先闭合，另一组最后开启，两组白金有一短暂时期同时闭合，使更多电流通过产生更强的磁场与更高的电压，双白金点火系统可以提高发动机性能。

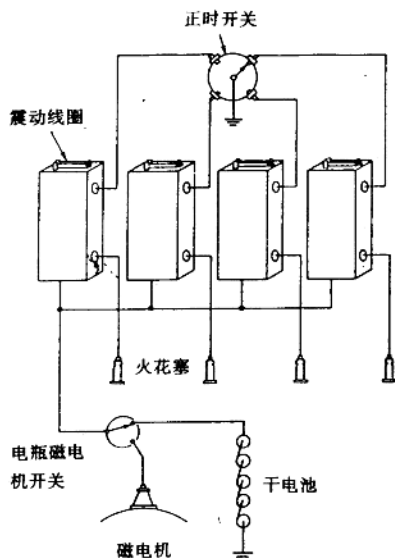


图 1.8 福特 T 型车配线图

1.2 电子点火系统

白金点火系统绝非理想的点火系统，最大的缺点在于白金。白金间隙必须调整正确，才可使发动机运转正常，但就算是在调谐时已调整妥当，摩擦块逐渐磨损亦会减少间隙。

白金间隙减少造成闭角加长、延迟正时，而且白金表面变得烧毁、凹陷，降低点火线圈低压电流的流动，相对地减低了到达火花塞的线圈输出电压。

另一个严重的缺点是，即使最新且调整正确的白金，当发动机速度增加时，点火线圈输出电压却降低，因为在发动机高速时，白金闭合时间更短，因此，低压电流流通的实际时间更少。点火线圈产生磁场需要一段时间，高转速时时间不够充裕，线圈无法产生强磁场，输出电压降低。

白金的另一项毛病是高速时闭角的变化，理论上闭角应该不变，各种发动机速度下均应保持一致，但事实上在高速时却有两项因素使闭角减少：浮动与跳动，闭角时间愈短，电流通过时间愈少，导致点火线圈输出电压愈低。

浮动是由于白金弹簧张力不足所引起，张力太小使白金的可动臂无法跟随分电盘凸轮的快速转动，造成白金实际接触时间减少。

跳动是白金弹簧张力太强所引起，当白金闭合时，是多次跳动而非正常闭合，故减少了白金的实际接触时间。

有些白金组的弹簧张力是可以调整的，但却很少人实际做调整，图 1.9 是用弹簧秤测定

白金弹簧张力。

调整张力的方法是放松固定螺帽，再改变弹簧的位置，如图 1.10 所示，锁紧螺帽后，再检查弹簧张力。

弹簧张力调整正确并不能保证不会跳动或浮动，而只是减小它的影响。

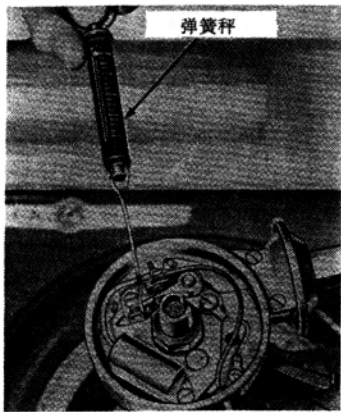


图 1.9 白金弹簧张力测量

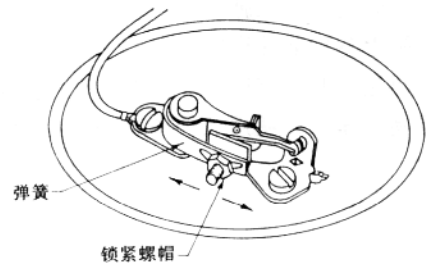


图 1.10 调整弹簧张力

60 年代三极管开始被用来解决白金所引起的问题，但只止于实验阶段，尚未进入实用化。由于可靠性是设计的主要因素，故汽车制造厂花了一段相当长的时间来发展点火系统，设计者受到当时三极管品质的限制，设计问题一直围绕在发动机的热度对固态电路的影响。

组成这些系统的方式有多种不同的选择，有些系统保留白金，但使用三极管来关闭点火线圈电流，而有些系统则不用白金，而使用磁性触发装置。

另一种点火电路的新观念称为电容放电式，此式的点火线圈以稍有不同的方式应用，且用大电容器来贮存电能。

传统的白金点火系统是属于感应贮存式，因为电能是贮存在线圈内的磁场，三极管感应贮存式也是使用相同的观念，只不过用三极管来关闭线圈的低压电流。

1.2.1 白金控制三极管感应贮存式

白金控制三极管感应贮存系统 (point controlled transistor-inductive storage system) 是最早开发的一种，也是点火系统最先采取的二极管应用，此式电路是把三极管当做开关使用。

白金关闭三极管，三极管再关闭线圈低压电流。

因为白金承受的电流极小，故白金不会烧坏或凹陷，三极管能够轻易地控制大电流，当三极管开时，作用极确实，不会有跳动与浮动的毛病存在。

线圈控制更高电流，提高点火线圈输出电压，低压电流越大，磁场愈强则二次电压越高，若把传统式系统的电流提高，则白金会由于过热而快速烧坏，如果使用正确的三极管，过热不会引起电子系统的困扰。

此式系统白金电流也不可太小，否则白金会氧化，不再导电，因此仍须维持必要的最低

电流量。

完整的电路如图 1.11 所示,当白金打开三极管时,电流通过一次线圈与三极管到达搭铁,白金关闭三极管时,电流突然中断,磁场崩溃,产生火花塞跳火所需的高压电,点火线圈的工作与传统式相同。

注意白金并未接电容器,白金的电压极低,所以不需电容器,因为三极管关闭非常迅速,故不需像传统式一般需要电容器,但仍有一部分系统仍沿用电容器,目的在于改善电路操作,保护三极管免于高压脉动。

实际上各种配件远比图 1.11 中所用的更多,附加配件确保正确电压作用于三极管,以便由白金迅速控制,有些配件保护三极管免受点火线圈高压脉动之影响。

福特汽车就是使用这种系统,其电路简化图示于图 1.12,三极管在线圈的 12V 侧,而非搭铁侧。

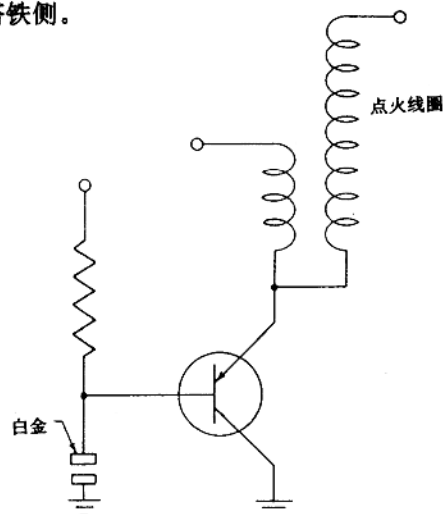


图 1.11 三极管由白金控制

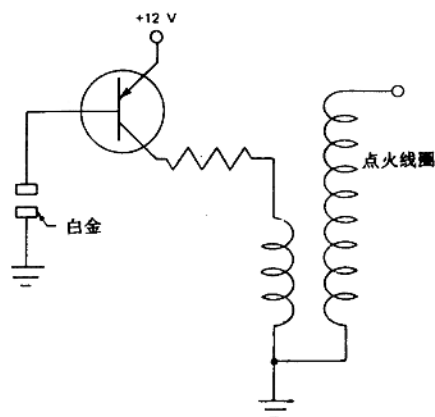


图 1.12 福特简化电路图

此电路大幅度地改善传统系统,但仍无法免除白金的缺点。下面讨论的型式就完全不用白金。

1.2.2 磁控三极管感应贮存式

上述系统的主要缺点仍在白金,摩擦块会磨损,因而延迟正时,虽白金不致烧毁,寿命更长,但仍须经常调整。

此式以磁性触发器(magnetic triggering device)代替白金,磁性触发器产生操作关闭三极管的小电压脉动,放大器的目的是在它达到三极管之前放大至一定程度,方框图示于 1.13,放大器可使用单个

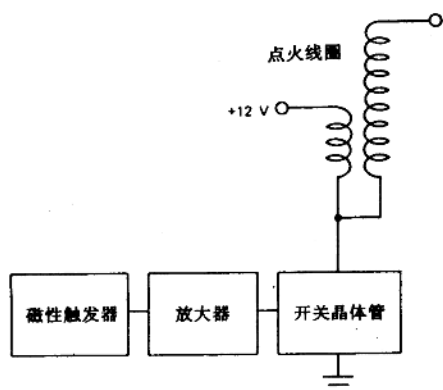


图 1.13 磁控三极管感应贮存系统的方块图

或多个三极管,放大器三极管与关闭三极管装置在一起,通常合称为点火脉动放大器(ignition pulse amplifier)、电子调谐器(electronic module)、电子控制器(electronic control unit),以后提到的各种名词,均按各制造厂所指定的。

磁性触发器没有任何接触其它零件的移动件,故无磨损,详细稍后讨论。

1.2.3 电容放电式

电容放电点火系统(capacitive discharge ignition system)使用与感应贮存系统不同的方式,它仍使用点火线圈,但只当做高压变压器使用,不再贮存电能。

大电容器是用来贮存电能,电容器充电到大约 300V,当它受到触发时,电容器把能量放入点火线圈低压回路,点火线圈再把电压升高到足以使火花塞跳火。

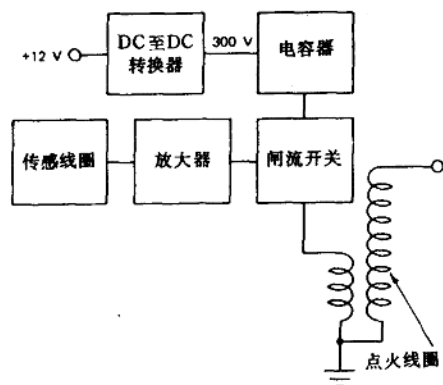


图 1.14 电容放电系统的方块图

最主要的差异是点火线圈的用法,感应贮存式的高压电是在低压电流切断时产生,而电容放电系统的高压电是在电容器放电到低压电路时产生,其优点为脉动产生速度极快。

高压电达到最高额所需的时间称为升压时间,电容放电式的升压时间非常短,因此控制堵塞火花塞的能力更强。

GM 电容放电系统的完整电路图示于 1.14 的方块图解释。

为了产生火花塞跳火所需的电能,电容器必须充电到大约 300V,此电压是由电路中的 DC-DC 变压器产生,DC-DC 变压器利用变压器把 12V 电压提高到 300V,变压器不能产生稳定电压,但可以充电,此部分之电路自蓄电池吸收 12V 电压并转变成交流电压,再由变压器升高到 300V,再变成稳定的直流电压充回电容器。

为了控制电容器到达点火线圈的能量,可利用固态装置——可控硅,可控硅是由电压脉动触发的固态开关,此脉动是来自磁性传感线圈(magnetic pickup coil),脉动通过放大器之后,作用于可控硅。

当分电盘轴旋转时,产生电压脉动,每次电压脉动都产生于传感线圈;可控硅开启时,电容器再把电能排入点火线圈低压侧,接着可控硅关闭,允许电容器再充电。

每产生一次火花便重复此过程,因此电容器每秒钟要充放电数百次(随发动机速度而异)。

1.2.4 磁性触发器

磁性触发器包括永久磁铁、可动磁芯(magnetic core)与传感线圈,所有配件都置在分电盘中。

磁芯与分电盘轴一起旋转,当它转动时,交互地加强与耗弱永久磁铁的磁场,传感线圈

感测磁场的变化，产生小电压脉动，此电压脉动用来触发点火线圈的火花。

图 1.15 (a) 示普通永久磁铁与其磁场，若在磁铁附近摆置铁块，则磁场的形状大变，大多数磁力线都通过铁芯，因为铁的导磁性比空气好，磁场强度也增加。

磁铁与铁芯之间的间隙或空间愈小，磁场愈强，此铁芯称为磁芯，磁芯接在分电盘轴并随之旋转，当铁芯转动时，齿牙交互地缩小或加大间隙。

图 1.16 (a) 是齿牙与磁铁对正，图 1.16 (b) 是齿牙与磁铁未对正。

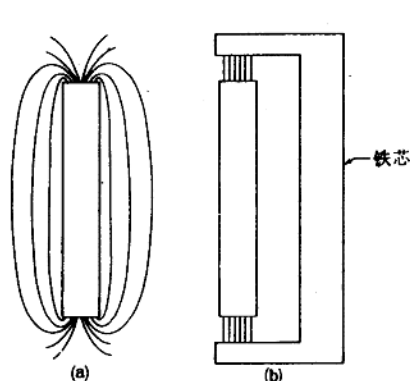


图 1.15 磁场图

(a) 永久磁铁，(b) 铁芯对磁场的影响

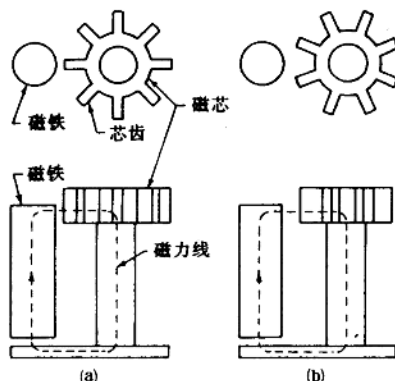


图 1.16 磁芯位置

(a) 芯齿对正磁铁，(b) 芯齿未对正磁铁

小传感线圈位于铁芯周边，如图 1.17 所示，当铁芯旋转且间隙由最小变到最大时，磁芯的磁场由最强变到最弱，此磁场变化使传感线圈产生小电压，产生电压的两项条件是——磁场与导体在磁场内的运动，磁场通过传感线圈，就是其中的运动。

无论是导体通过磁场，或磁场通过导体都可产生电压，在后一种情况，线圈为导体，磁场的变化是运动，磁场强度的变化是由磁芯的转动交替改变。

每当磁芯齿牙通过磁铁时，传感线圈即产生小电压，此电压被放大并加于开关三极管，三极管再切断点火线圈低压电流，造成火花，每一次芯齿经过磁铁便产生一次火花。

图 1.16 所示铁芯共有 8 齿，因此用于 8 缸发动机，因为分电盘轴每转一圈，产生 8 次火花。

火花提前的方法与一般相同，传感线圈安装在肩板，可由真空膜片装置转动，因此当膜片装置改变传感芯线圈的位置时，得以提前或延迟时，正时芯 (timer core) 可对着分电盘轴稍微转动，转动量是由离心配重来控制，当发动机速度提高时，配重往外甩，火花自动提前。

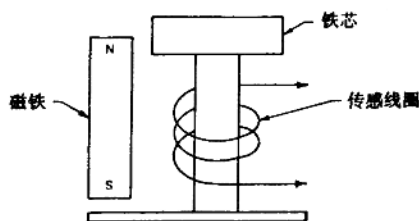


图 1.17 传感线圈在磁芯的位置

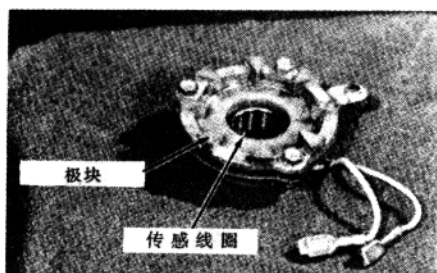


图 1.18 GM 磁性传感线圈总成

磁性触发器的基本原理已介绍过，以下详细讨论各制造使用的方法与硬体部分（hardware）。

一、GM

GM（通用汽车）磁性传感总成（magnetic pickup assembly）如图 1.18 所示，包含零件如下：底板、传感线圈、永久磁铁、极块与正时芯（图 1.19）。

正时芯是可动的磁芯，图示共有 8 齿，用于

8 缸发动机，永久磁铁是环形，北极在上面，南极在下面（图 1.20）。

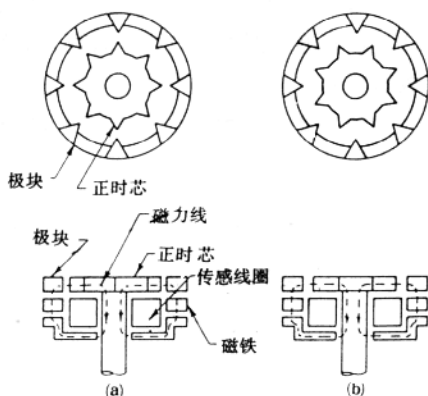


图 1.19 GM 磁性传感总成

(a) 正时芯对正极块齿，(b) 正时芯未对正极块齿

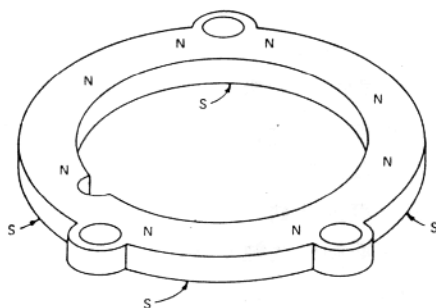


图 1.20 GM 传感总成的永久磁铁

极块也有凸出部，称为齿牙（teeth），齿数与正时芯相同，极块置于磁铁，用来集中磁场，因此在极块齿的磁场最强。

图 1.19 (a) 示正时芯与磁性传感器总成的两视图，顶图的正时芯对准极块齿，下图亦显示相同位置的侧视图，亦显示磁力线的分布，磁力线一次通过所有间隙，故磁场最强。

图 1.19 (b) 示出相同的两视图，但正时芯未对准极块，间隙加大，磁场最弱。

当正时芯旋转时，逐渐对正极块，分电盘每转一圈对准 8 次，磁场强弱变化 8 次，因此产生 8 次火花。

V-6 发动机的极块有六齿，但正时芯只有三齿，正时芯每转一圈对正 6 次，触发 6 个火花。

二、福特

福特磁性触发器如图 1.21 所示。

可动铁芯称为电枢，磁性传感线圈总成，包含底板、永久磁铁、极块、传感线圈，传感线圈配置在极块之一端上。

永久磁铁的极位示于图 1.22，上面是一极，下面是相对极。

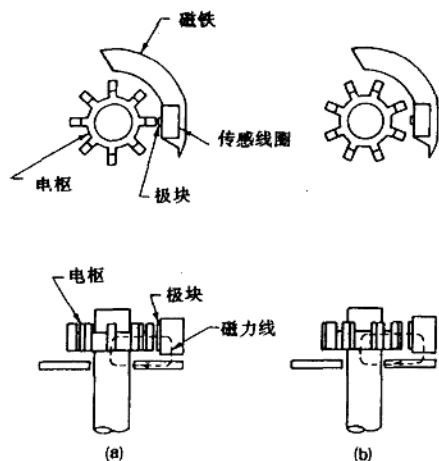


图 1.21 福特磁性传感总成

(a) 电枢对正极块, (b) 电枢未对正极块

当电枢回转时, 齿牙与极块每转对正 8 次, 分电盘轴每转一圈产生 8 次火花。

三、克莱斯勒

克莱斯勒磁性触发器 (Chrysler magnetic trigger) 如图 1.23 所示。

移动芯称为磁阻器, 磁性传感线圈总成包含永久磁铁、两个极块与传感线圈。

图 1.23 (a) 示磁阻器对准传感线圈齿 (极块), 亦说明磁场图, 在此位置磁场最强。

图 1.23 (b) 示磁阻器未对准传感线圈齿 (极块), 此位置之间隙最宽, 磁场最弱。

当磁阻器回转时, 齿牙与极块每转对正 8 次, 因此分电盘转一整圈产生 8 次火花。

四、AMC

AMC (美国汽车公司之缩写) 有两种不正传感线圈

同的电子点火系统, 一种是 BID 另一种是

SSI, SSI 系统与福特系统相同, BID 系统稍有不同, 留在后续章节讨论。

1.2.5 霍尔效应传感

1978 年时克莱斯勒汽车推出新型触发器——霍尔效应传感 (Hall-effect pickup), 它是依据霍尔 (Edward H. Hall) 提出的霍尔效应原理操作, 此原理亦适用于今日半导体材料 (图 1.24)。

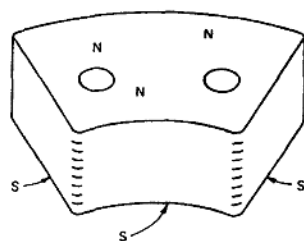


图 1.22 福特传感总成的永久磁铁

图 1.23 (a) 是电枢齿对正极块的两个视图, 图 (a) 是电枢与传感总成的顶视图, 图 (b) 是其侧视图, 磁场图也有显示, 间隙小, 故磁场强。

图 1.21 (b) 示出齿牙未对正时, 间隙大, 故磁场弱。

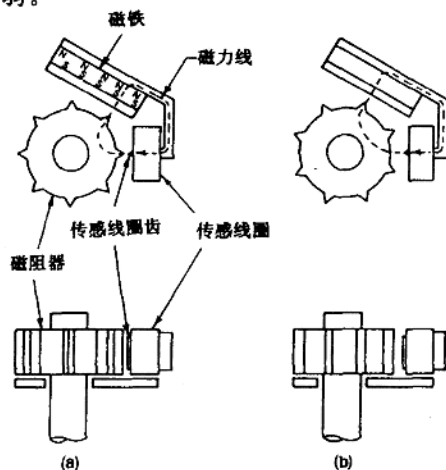


图 1.23 克莱斯勒传感总成

(a) 磁阻器对正传感线圈齿, (b) 磁阻器未对

假设有一片方块半导体材料，以图中所示的方向通过电流，如果磁场通过材料，半导体在电流的垂直方向会产生小电压，这电压称为霍尔效应。

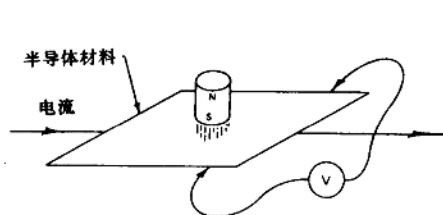


图 1.24 霍尔效应

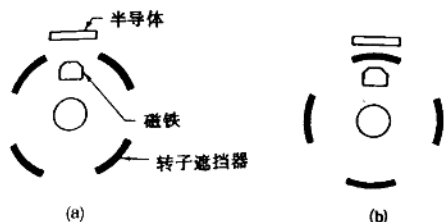


图 1.25 霍尔效应分火头

分电盘的小磁铁安装在半导体附近，具有导磁快门的分火头在磁铁与半导体之间旋转（图 1.25），快门交互地塞住，通过到达半导体的磁场，因此，每当快门移过时，便产生霍尔电压变化，因此电压变化造成火花跳火。

霍尔传感的优点是霍尔电压与发动机转速无关，而上述的磁性触发器在发动机速度低时，电压输出也低。

1.2.6 点火系统比较

本节将把两种基本电子系统（三极管感应贮存与电容放电）与白金系统做一个比较，假设电子系统为磁性触发，三种系统以下列各项加以比较：

- 输出电压量
- 输出电压与发动机转速的关系
- 输出电压升压时间

一、输出电压

点火线圈的输出电压受到火花塞间隙大小的限制，线圈电压持续升高直到火花塞跳火为止，一旦火花跳出，电压就不再升高。

假设在典型点火系统，火花塞间隙跳火要 12 000V，而分电盘盖跳火须要 3 000V，则点火线圈的总输出为 15 000V。

如果系统只有能力产生 15 000V，则火花塞电压要求增加时，发动机运转便不顺畅，如火花塞电极耗损、汽缸压力增加，都会使发动机失火或无法运转。

因点火系统要有保留电压，保留电压意指系统产生高于平常要求之电压。传统白金点火系统的最高输出电压大约 22 000V，三极管感应贮存系统的输出电压大约 30 000V，电容放电系统稍高，大约 35 000V，这并不表示所有电容放电系统的电压都是最高，有些三极管感应贮存系统可高达 40 000V。

就保留电压而论，三极管感应贮存系统与电容放电系统都比白金点火系统优越，可以用在较宽的火花间隙，并在恶劣的运转状况下工作，延长火花塞的使用寿命。

二、输出电压与发动机速度的关系

点火性能的另一种重要条件是发动机速度升高时输出电压的变化。以下讨论的输出电压都是指系统可以产生的最高电压。

发动机速度对输出电压的比较如图 1.26 所示，最下面的一条曲线代表白金系统，最高输出电压大约 22 000V（低速时），当发动机速度升高时随之下降，这是由于高速时低压电流太少与白金跳动及浮动的影响，高速时最容易造成失火。

三极管感应系统用中央曲线代表，电压输出能力较高，因为低压电流较多，而且各种转速下的电压输出几乎都保持一定。

电容放电系统由上曲线代表，输出电压比三极管感应贮存系统高（但有时例外），输出电压与发动机速度无关。

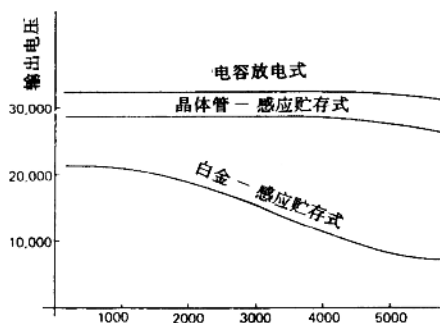


图 1.26 最高输出电压与转速的关系

三、升压时间

升压时间是点火线圈的输出达到最高值所经过的时间，通常是用微秒来测定。升压时间对于堵塞后的火花塞点火最重要。

绝缘体清洁的火花塞，火花自中央电极跳向搭铁电极，绝缘体的目的是防止火花到达搭铁之前漏掉，堵塞后的火花塞意味着绝缘体被覆一层导体，造成火花由此漏失，如图 1.27 所示，电阻代表被覆层。

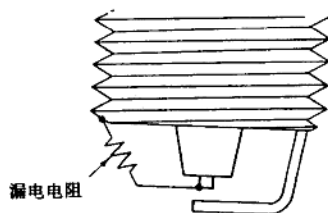


图 1.27 火花塞漏电通路

传统白金系统的升压时间大约 200 微秒 (μs)，相当缓慢。若火花塞堵塞，升压极慢，线圈的部分电能未达到火花塞中央电极，跳火前就已漏至搭铁，当电压跳过间隙时，只剩下一点点电能，不能使混合气正常燃烧，造成失火及功率损失。

升压时间较快，减少漏电时间，火花塞电能更强，三极管感应贮存系统的升压时间大约 50 μs ，比白金系统优良。

电容放电点火系统的升压时间最快，只需 2 μs 左右，远比另两种系统都优越。

1.2.7 结 论

从以上的讨论得知似乎是电容放电系统最佳，但事实上它现在已不再采用。目前所有制造厂都使用三极管感应贮存式，理由有三：

- 电容放电系统有许多配件，可靠性不高。
- 由于配件多，价格昂贵。
- 因为升压时间快，所以火花持续时间短，无法适合稀混合气的长火花持续时间之要求，而且，稀混合气不易造成火花塞堵塞，故不需要极快升压特性。

因此三极管感应贮存式相形之下，显得最优越，其可靠性高且价格便宜，高速时可以产生高电压输出，提供的火花持续时间足以点燃现代化废气控制发动机的稀混合气。

1.3 微电脑控制电子点火系统

传统的点火火花提前控制方法都只是近似法，白金与固态点火系统的火花都是由离心配重及真空控制，机械式提前依据发动机速度控制正时，真空提前依据发动机负荷控制正时。这些正时控制方法都属近似法，因为除了负荷及速度外尚有许多因素影响正时，诸如：冷却水温、气温、加速度与气压等。

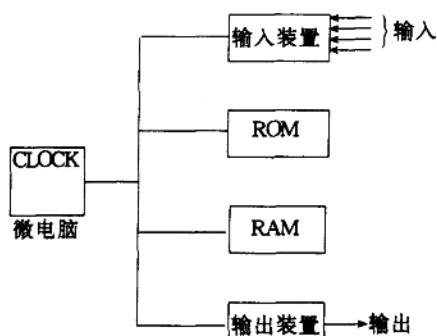


图1.28 微电脑方块图

由于系统过于复杂，所以往昔并无法把这么多的因素并入系统内来控制点火正时，微电脑可以处理这个问题，配上一些专用传感器，微电脑可以经常把火花正时调至最佳设定，最佳火花正时（optimum spark timing）意指火花提前以产生最佳马力与经济，且仍合乎废气污染排放标准。

微电脑有两项基本功能：从传感器接受发动机运转状况的信息、产生信号来控制火花正时，由于电脑操作快速，正时可随发动机状况快速地改变。

微电脑是由五大部分组成：微处理器（micro-processor）、只读存储器（ROM）、随机存取存储器（RAM）、输入设备（input device）与输出设备（output device）。

典型系统具有六个或七个传感器测量各种发动机运转状况。

微电脑操作时，微处理器控制一切事件计算所需电脑操作的时钟，以精确速率产生电压脉动，控制整个过程。

假设一号传感器的输入装置为第一指令，例如：进气温度 20°C ，此温度的二进码暂时贮存在 RAM。下一程序段是把 20°C 与贮存在 ROM 的相应数据相比较，由微处理器分析决定。若决定须调整正时，则把信号送到输出设备，输出设备再把二进制码信号化成改变正时的信号。

取样、比较与产生信号频率很快，正时变化高达每秒百次。

由于微电脑能力超强，故如今已不限使用于点火系统。

2. 发动机与点火系统

2.1 发动机原理与构造

最早的发动机是1860年用碳气与电火花点火的发动机，与今日之发动机差异极大。

1876年奥图(Nicolus Otto)制造第一部四冲程发动机，它是单缸、2.2kW、180r/min的发动机，虽然已经修改且更精密化，但此式发动机至今仍广泛用于现代汽车，四冲程循环又称奥图循环。

2.1.1 发动机型式

发动机结构按其汽缸数目分类有许多不同型式。早期用1与2汽缸发动机，4、6、8、12汽缸，甚至亦用16汽缸发动机。目前4、6、8缸发动机应用最广，这些发动机制成三种基本型式。

一、线列式

线列式(in-line)设计目前有4缸及6缸两种，汽缸位置排成一行，故发动机又称直列4或直列6缸发动机，如图2.1(a)所示。

二、V式

V-6与V-8是此式最常用发动机，汽缸几乎全部相对排列，且呈V字型夹角(图2.1(b))。

三、对置式

德国的福斯公司(Volkswagen)是用对置式四缸发动机，每一汽缸相互对置，亦可称为平式发动机，如图2.1(c)所示。

另一种发动机分类，是依据空燃混合汽的点火方式，如果混合汽是以火花点火，称为火花点火发动机(spark-ignition engine)；如果混合气是由压缩热点，称为压缩点火或迪塞尔(compression-ignition, or diesel)发动机，压缩热是指气体受压缩成为小容积的升高温度，柴油发动机是压缩空气使温度升高至足以点火，再把燃料喷入汽缸内，高温导致燃料开始燃烧过程。

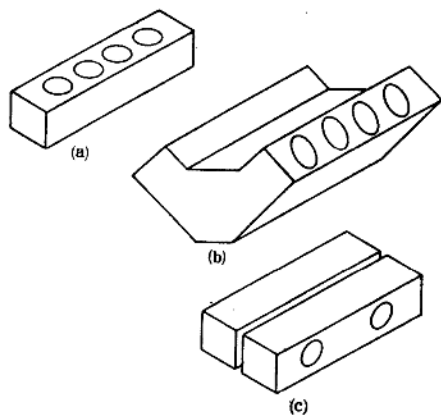


图 2.1 发动机型式

(a) 线列式，(b) V式，(c) 对置式

2.1.2 发动机运作

发动机将燃烧能转变成运动，并产生能够推进车辆的动力输出(power output)。以下介