

光电测速汽车点火器原理及性能分析

张奕鑫 陈泽川 孙炳阳

(精密机械工程系)

摘要 设计一种新型无触点光电测速汽车点火器,其结构和开关电路独特,火花强度大,稳定性好,可代替传统触点式汽车点火器。对其性能做了试验和分析。

关键词 汽车点火器,火花强度,开关电路

0 前言

我国汽车发动机目前仍普遍使用传统触点式点火器(下称传统点火器),其原理如图1所示。当转轴带动凸轮D转动时,联动触点开关按正比于转轴转速的速率闭合、断开。触点闭合时,电流流经点火线圈A的初级绕组,电流按指数上升,直到触点断开。触点断开时,电流急剧下降,使线圈磁通量急剧变化,次级线圈便感应出15000—20000V高电压,通过与凸轮联动的分电器B按次序送到相应气缸的火花塞E,产生火花点燃气缸混合气,发动机向外作功。这种点火器主要弱点在于动态性能差。发动机在高速运行时,触热闭合时间短,初级线圈电流小,线圈的磁场弱,次级线圈感应的电压低,甚至不能击穿火花塞的间隙,失去点火作用,这是常说的高速缺火或断火的原因。在低速运行时,触点闭合时间长,初级电流大。但是,触点断开和磁通量变化都缓慢,加上触点间产生电弧,损耗能量,导致次级电压幅值大幅度下降,火花塞的火花强度弱。这是汽车起动困难的原因。由此可见,次级电压的最大值只能在发动机的一定转速下得到,这是传统点火器的最大弱点。

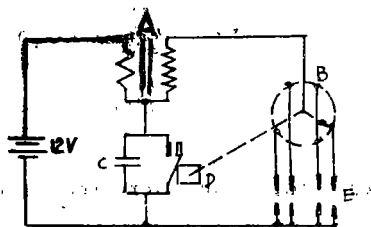


图1 传统触点式点火器原理图

目前,国外普遍使用无触点式点火器的类型很多,主要有磁电式、霍尔式、光电式等。近几年来,我国也引进了大量的无触点式点火器,有一些厂家和研究单位也研究多种产品,但与国外同类产器相比尚有一定差距,推广甚少。为此针对传统点火器的最根本弱点,研制了红外线光电测速汽车同步点火器,在结构和电路上采用了稳定和加速初级线圈充电能力及提高断开速率,使点火性能有一定的提高。

1 点火器的原理及特点

本点火器由探头、点火开关电路和点火线圈组成。

探头采用遮光结构,安装于转轴上,遮光片上严格对称地开出相等宽度的几个槽,开槽数等于发动机的气缸数,每一个槽对应于一个气缸。通过该槽的光脉冲触发点火器电子开关,在相应的气缸内产生火花。遮光片槽宽在国内外产品中均有不同,均为 $1/3 \sim 1/4 T$ (周期),多数为 $1/4 T$ 。经过一系列的试验证明,槽宽为 $1/5 T$ 为最佳尺寸(图2a)。它对高速运行的发动机具有重大的影响,这是本点火器的特点之一。

遮光片两侧分别安装上半导体发光二极管和光敏三极管。当遮光片随转轴旋转时,发光管发射的光不断地被遮住或通过,形成转速调制的光脉冲信号。该信号由光敏管接收,通过运算放大器进行电压比较,输出相应的脉冲信号,其信号为前后沿陡直的矩形波,见图2(b)所示。假设发动机主轴转速 n 为 20000 r/min (实际发动机转速小于 20000 r/min),并设定发动机的气缸数 z 为 6 缸,那么脉冲频率 $f = nz/60 \times 2$ 最大也只有 1 KHz ,这是一个很大裕度的统计,多数光敏管的频率响应是很好的,远高于 1 KHz 。因此采用光敏三极管作为光脉冲信号的检测元件。另外,为了避免环境光体的干扰,采用红外线光发射和接受,选用发

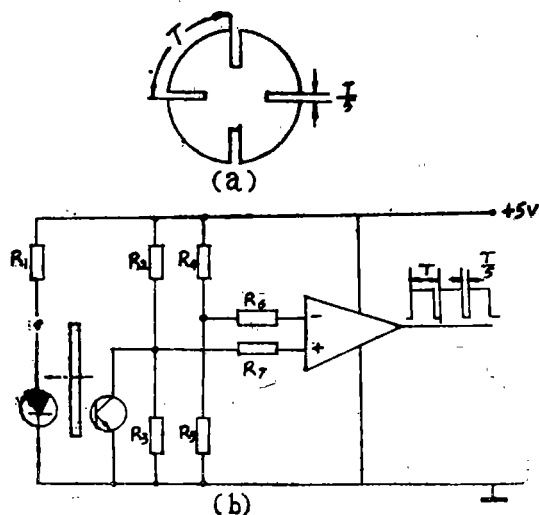


图2 探头结构示意图

(a) 遮光片; (b) 光电脉冲电路

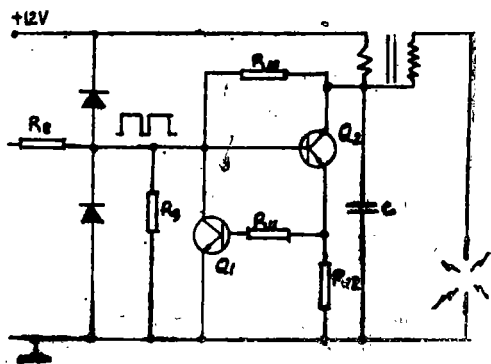


图3 点火开关电路

光管和光敏管的光谱特性应配对,同时考虑环境温度的影响,光敏管工作温度范围应在 $-40 \sim +80^\circ\text{C}$ 。在图2(b)的电压比较电路中,由稳压管提供的 $+5 \text{ V}$ 电压经电阻分压,使B点电压恒为 1.7 V 。在光敏管无光照时,经分压后A点电压为 2.5 V ;在受光照时,A点电压为 0.5 V 。通过一个简单运算放大器的正负输入进行比较。当光敏管无光照时,输出脉冲电压为 3.5 V ;在受光照时,输出为 0.1 V 低电平,电子运算放大器响应很快,脉冲前后沿均很陡直,得到很理想的矩形脉冲波形,这就是本点火器的特点之二。

当图3中D点处于矩形脉冲的高电平时,功率管 Q_2 导通,初级线圈电流按指数上升,使

线圈有足够的磁通；当 D 点处于低电平时， Q_2 管快速截止，初级线圈电流急剧下降，磁通变化率大，次级线圈感应出高电压，击穿火花塞间隙，点燃混合气，发动机向外做功，当脉冲信号使功率管 Q_2 导通时，初级线圈通过电流，当电流大到使反馈电阻 R_{11} 上压降等于三极管 Q_1 导通并处于放大状态，其集电极电流增大，使 D 点脉冲电压降低，通过这一反馈过程，使 Q_2 管集电极电流在脉冲后沿已达到一稳定状态。因此， Q_2 管截止前，初级线圈电流是一个适当的恒流值（图4）。这就保证了功率管 Q_2 不致被过大电流烧坏，更重要的是使次级感应电压稳定，不受发动机转速的大小而受影响，这是本点火器的特点之三。

2 性能试验及分析

为了分析本点火器的性能，在同一汽油发动机和相同工况条件下，同时做了本点火器和传统点火器的同一项目的试验（传统点火器采用新的点火分压器进行试验）进行对比分析。

试验内容包括：发动机最低起动转速和时间；三针放电不断火的最大间隙；三针放电不断火的最高转速；发动机的外特性等等。本文列出的数据为多次试验的平均值。（1）发动机最低起动转速和时间：采用本点火器起动发动机，转速为 58.4r/min ，起动时间为 1.3s 。采用传统点火器起动，发动机的转速为 87.3r/min ，起动时间为 2.4s 。（2）三针放电不断火的最大间隙：传统的点火器为 14.8mm ，发动机的转速为 $1200\sim 1400\text{r/min}$ ，本点火器为 18.6mm ，与发动机的转速没有关系。做此项试验时，二者均采用普通点火线圈DQ-130型，如果本点火器采用相适应或专用线圈，放电能量将会更大，放电不断火的最大间隙将会更远。（3）三针放电不断火的最高转速：本点火器从发动机低速至高速，其放电不断火的间隙，始终保持在 18.6mm 。传统点火器在放电不断火间隙为 14.8mm 时，发动机的转速为 $1200\sim 1400\text{r/min}$ ，如间隙调至 9mm 时，发动机最低转速为 500r/min ，最高转速为 2800r/min ，详见图4所示。（4）发动机外特性：发动机外特性如图5所示。由图可见，本点火器的功

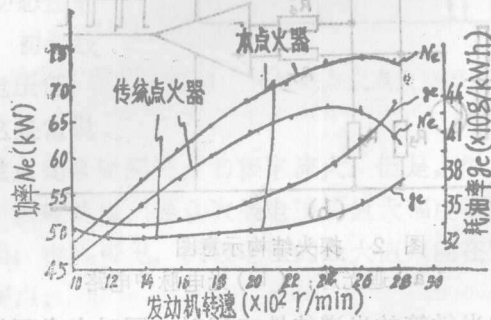
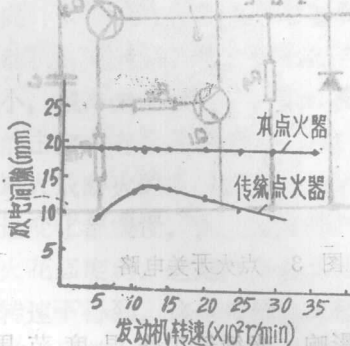


图4 发动机转速放电不断火最高转速

图5 发动机外特性

率输出曲线 N_e 较传统点火器的功率输出曲线高，特别是高速运行更为显著。而且在转速达 2800r/min 时，传统点火器功率输出曲线下降很大，本点火器却变化缓慢。可见，采用本点火器可以提高发动机的输出功率。

传统点火器耗油率 g_c 较本点火器大，发动机转速在 $1200\sim 1400\text{r/min}$ 范围，二者相差为最小值，本点火器节省 14g/kWh 左右。在低速或高速时，二者差值为最大，本点火器小 $25\sim 29\text{g/kWh}$ 。

kW·h, 总耗油可节省7.2%。当传统点火器使用一段时间之后, 其放电能量将有较大的下降, 发动机的功率也下降, 油耗上升。这一点, 在进行新旧传统点火器的试验后, 可以得到进一步证实。关于传统点火器最根本的弱点是低速起动难, 火花强度弱; 高速易产生断火或缺火, 也是火花强度弱的原因。此外, 它采用机械触点, 触点表面粗糙, 图6为触点表面放大图形。当触点刚接触时, 仅有少数几点先接触(如图(a)所示), 经凸轮压紧后, 这几点接触产生弹性变形, 才使更多的点接触(图6(b))。加上触点表面的氧化、腐蚀, 都对低电压大电流的流通影响很大, 这样在触点接触时, 开始时电路阻抗很大, 所以其初级线圈电流导通曲线如图7所示, 存在有 Δt 的迟后。如果传统点火器使用时间越长, 由于触点间电弧放电、腐蚀、磨损, 触点表面越粗糙或不平度, 表面氧化越严重, 触点间的间隙(正常间隙为0.35-0.45mm)加大, 电路阻抗就大, Δt 越大, 点火性能就越差。特别对高速性能影响更

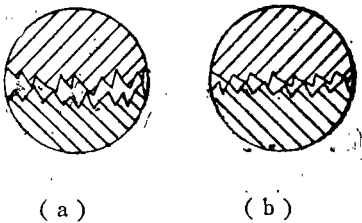


图 6 触点表面放大图形

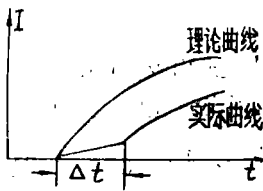


图 7 初级线圈电流上升过程

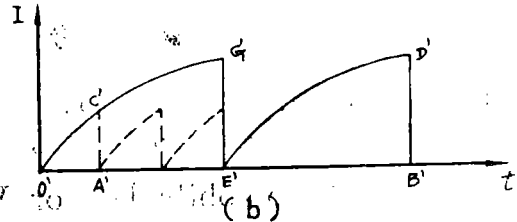
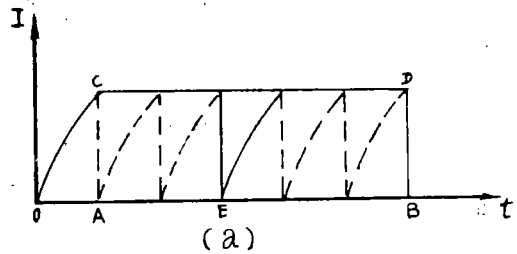


图 8 初级线圈通电过程

(a) 本点火器; (b) 传统点火器

大, 因为其初级电流流通时间很短。本点火器则是无触点式点火器, 经过运算放大器产生很理想的矩形波, 用来控制功率管的导通和截止, 这样既可提高初级电流的导通和快速截止, 又可防止触点这一些缺点而引起的迟后。

本点火器的点火性能稳定, 火花强度大。发动机在低速时, 由于是无触点式, 电路阻抗小, 时间常数小, 当电流通过初级线圈时, 电流上升较快, 上升曲线较陡。但为了防止电流过大, 如前面所述, 加上控制初级电流的装置, 使电流稳定在某一大值, 如图8(a)所示。AC为稳定电流值, OB为发动机最低转速时, 电流通过初级线圈至截止的一个周期 T 。而发动机在最高转速时, 由于遮光片开的槽宽只占1/5周期, 电流通过初级线圈保证有4/5周期, 时间足够长, 仍能达到稳定值AC, 图中OA为发动机最高转速的一个周期, 所以在高速时, 次级放电能量始终没有变化, 也就是说发动机由最低到最高速时, 放电能量仅在横向OB范围变化, 更确切地说仅在AB范围变化, 其放电幅值始终保持一定值。(OA/OB)为发动机最高转速对最低转速的倍数。如图中所示, 其倍数为6, 即发动机最高转速为最低转速的6倍。当然这是一个定性的分析。

而传统点火器,由于触点之故,其阻抗较大,时间常数大,初级电流上升较慢。今以传统点火器最佳状态,即转速在1200—1400r/min的中速状态,假设其周期为图8(b)中的 $O'E'$,相应本点火器为 OE ,由于其上没有稳定电流的措施,所以当转速提高3倍时,其通电电流为 $A'C'$ 值,显然, $A'C'$ 远小于 AC ,因此,传统点火次级线圈感应电压也小得多。

3 结论

(1) 本点火器在结构上采用遮光片开槽宽度为 $(1/5)$ 周期,保证发动机在高速时仍有 $(4/5)$ 周期,为初级线圈电流通过时间,保证足够大的磁通量。

(2) 在开关电路上采用简单运算放大器进行比较,使其输出为一个理想的矩形波脉冲控制信号。

(3) 采用初级线圈稳定电流的措施,使次级线圈无论在何种转速下,保证输出同样的电能。

(4) 本点火器对发动机的起动性能有明显的改善,在高速运行时,次级线圈感应电势稳定,因此,发动机外特性性能提高,功率增大,油耗降低。

我们虽已做了一点工作,但还远远不够,例如还没有装车试验,其可靠性和寿命也有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 费先柯. M. H. 主编(姜绍信译), 汽车拖拉机电气设备, 人民交通出版社(1984).
- [2] 吉林工业大学汽车运用与修理教研室, 汽车拖拉机电气设备, 中国工业出版社, (1961).

Au Automobile Ignitor With Photo-Speedometer--Its Principle and Performance Analysis

Zhang Yixin Chen Zechuan Sun Bingyang

(Department of Precision Mechanical Engineering)

Abstract For replacing the contacting automobile ignitor, a noncontacting one equipped with a photo-speedometer is recommended in this paper. The new ignitor has a characteristic switch circuit and configuration. The performance analysis shows a satisfactory spark intensity and a higher stability.

Key words automobile ignitor, Switch circuit, spark intensity