

汽车发动机的 点火技术研究

郭启唐 译
张蔚林 校



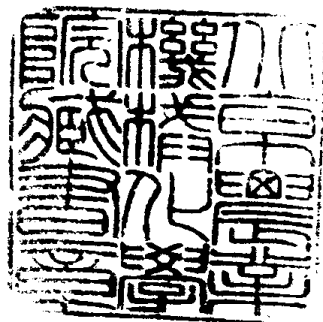
人民交通出版社

U469.6
1
Qiche Fadongji De Dianhuo Jishu Yanjiu

汽车发动机的点火技术研究

郭启唐 译

张蔚林 校



人民交通出版社

汽车发动机的点火技术研究

郭 启 唐 译

张 蔚 林 校

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张: 3.75 字数: 70千

1984年1月 第1版

1984年1月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—16,200册 定价: 0.59元

内 容 简 介

发动机的点火特性与汽车的动力性、经济性有着密切的关系。本书是从日文版《内燃机》第七期（点火系专集）选译而成的文集。该书深入浅出地介绍了发动机点火基本特性以及研究的方法，是理论结合实际产物，可供汽车、农机等部门的科技人员和有关院校师生阅读参考。

2R44/12

目 录

一、点火系的研制和发展.....	1
1. 点火系的环境.....	2
2. 点火系的课题.....	7
3. 点火火花性能的提高.....	7
4. 点火时期控制性能的改善.....	18
5. 后记.....	23
二、点火系特性.....	25
1. 迄今对火花点火的研究.....	26
2. 实验装置和测定方法.....	26
3. 火花能量与图示平均有效压力的变动率.....	30
4. 点火装置的能量计算.....	34
5. 增大有效能量的方法.....	38
6. 有关电火花能量释放波形的研究.....	41
7. 能量释放波形和燃烧.....	45
8. 后记.....	49
三、电源特性和火花塞放电现象.....	50
1. 电源和火花塞的关系.....	51
2. 从高压电的发生到放电.....	53
3. 火花塞的放电现象.....	58
4. 从放电到着火的机理.....	68
5. 后记.....	74
四、点火持续时间和混合气流速的关系.....	75

1.实验概要和实验装置.....	75
2.实验结果及其讨论.....	79
3.后记.....	90
五、三种最新型的火花塞.....	91
1.GT 十字形火花塞	92
2.U 形断面火花塞.....	98
3.长距离放电火花塞.....	105

一、点火系的研制和发展

以前的点火装置,是装在断电器内,由触点来切断初级线圈电流,从而产生次级高压电的触点式点火装置。而现在已开始使用装在断电器内的电磁传感器之类的信号发生器,以取代触点,同时使用晶体管点火器来接受传感器的信号,切断初级线圈电流。

半导体应用于点火系中的研究史已经很久了。肖克发明晶体管五年之后,于1953年,美国的 Holley 化油器公司便已申请在内燃机点火系中采用晶体管的专利权〔1〕,但该专利并未能马上付诸实用。1973年,美国克莱斯勒公司在该年生产的全部车型上都装用了晶体管点火装置。一、二年之后,美国通用和福特两公司决定全面采用晶体管点火装置。于是,晶体管点火装置在全世界得到推广。

之后,通用公司又在1977年生产的 Toronado 牌小客车上采用了微型电子计算机点火提前角控制装置,以取代机械式的点火提前装置。

引入上述晶体管点火器和电子计算机控制式点火提前装置的背景,是为了适应汽车排气法规(以下简称排气法规)、油耗法规、保养法规等向法治化方向的发展;为了满足点火系的可靠性、点火能量及复杂的点火提前特性等严格要求,必须提高点火时刻的控制精度。而另一方面,由于半导体技术的发展,已经能够制造出包括可靠性高、价格低廉的功率三极管在内的各种半导体器件。

点火系的基本功能可分为以下两大项：

(1) 提供确保燃料可靠着火的点火火花；

(2) 在发动机要求的点火时间，提供点火火花，即控制点火时间。

从这两个方面考虑，与历来的点火装置相比较，晶体管点火器和电子点火提前装置的基本功能并没有变化，但从提高火花性能，提高点火时间的控制精度及可靠性等方面来看，与历来的点火装置比较却发生着巨大的变化。

下面介绍点火系的环境和前述提高点火系基本功能方面的有关动向。

1. 点火系的环境

点火系的环境是指：(1) 汽车的各种法规和发动机性能提高后对点火系提出的种种要求；(2) 为了制成能满足这些要求的点火系所需要的技术条件等两个方面，其示意图示于图1-1。

首先从要求方面来看，发动机的功率、油耗、废气成分等都受点火装置的影响。为了适应近年来特别受到重视的排气法规的要求，对点火装置强制进行大改革。表1-1是美国和日本的排气法规的演变历史。

至于油耗，最近从节约能源的角度出发，也受到了极大的重视。在美国，以法律的形式规定了1978~1985年降低汽油消耗的具体要求，如表1-2所列。另外，美国的加利福尼亚州还规定从1980年开始，制造厂义务实现点火系5万英里、火花塞3万英里不换件不保养制。该规定有日益强化的趋势。

从这些法规来看，今后点火系需要研究的课题是加大火

日本和美国的汽车排气法规
轻型汽车（汽油车、液化石油气汽车）1977年7月

表1-1

国名	车辆	单位	年度	HC	CO	NO _x	测试方法	
美国	加利福尼亚州 定员为12人以下 或总重6000磅以下	克/英里	1974	3.2	39	2.0	LA*4冷及热循环	
			1975	0.9	9.0	2.0		
			1976	↑	↑	↑		
			1977	*0.41	9.0	1.5		
			1978	↑	↑	↑		
			1979	*(0.41)	(9.0)	(1.5)		
			1980	** (0.39)	(9.0)	(1.0)(1.5)		
			* 正甲烷HC修正系数采用0.89 1980年10万英里无保养车, NO _x 为1.5克/英里					** 正甲烷HC实测值
	49州	↑	克/英里	1974	3.4	39	3.0	LA*4冷循环
				1975	1.5	15	3.1	
1976				↑	↑	↑		
1977				1.5	15	2.0		
1978				(↑)	(↑)	(↑)		
1979				(1.5或0.41)	(15或3.4)	(2.0或1.0)		
1980				(0.41)	(9.0或3.4)	(2.0或1.0)		
燃油蒸气				80年以后				
加州	74年~77年		78年~79年					
49州	(包括DT)台架法 2 克/每试验循环, SHED法 6 克/每试验循环, SHED法 2 克/每试验循环							

美国 () 内为未定数值

美国 () 内为未定数值

续上表

国 名	车 辆	单 位	年 度	HC	CO	NO _x	测试方法
日 本 () 内 为 未 定 数 值	总重 2.5 吨以下 或定员为 10 人以下的 小客车	克/公里	新 型 车 73 年 4 月 1 日 新 造 车 73 年 12 月 1 日	3.80 (2.94)	26.0 (18.4)	3.00 (2.18)	10 工况 (热)
		克/公里	新 型 车 75 年 4 月 1 日	0.39 (0.25)	2.7 (2.1)	1.6 (1.2)	10 工况 (热)
		克/每试验循环	新 造 车 75 年 12 月 1 日	9.5 (7.0)	8.5 (6.0)	11.0 (9.0)	11 工况 (冷)
		克/公里	新 型 车 76 年 4 月 1 日	0.39 (0.25)	2.7 (2.1)	1 吨以下 0.84(0.6) 1 吨以上 1.20(0.85)	10 工况 (热)
		克/每试验循环	新 造 车 77 年 8 月 1 日	9.5 (7.0)	8.5 (6.0)	1 吨以下 8.00(6.00) 1 吨以上 9.00(7.00)	11 工况 (冷)
		克/公里	新 型 车 78 年 4 月 1 日	0.39 (0.25)	2.7 (2.1)	0.48 (0.25)	10 工况 (热)
		克/每试验循环	新 造 车 79 年 8 月 1 日	9.5 (7.00)	8.5 (6.0)	6.00 (4.40)	11 工况 (冷)

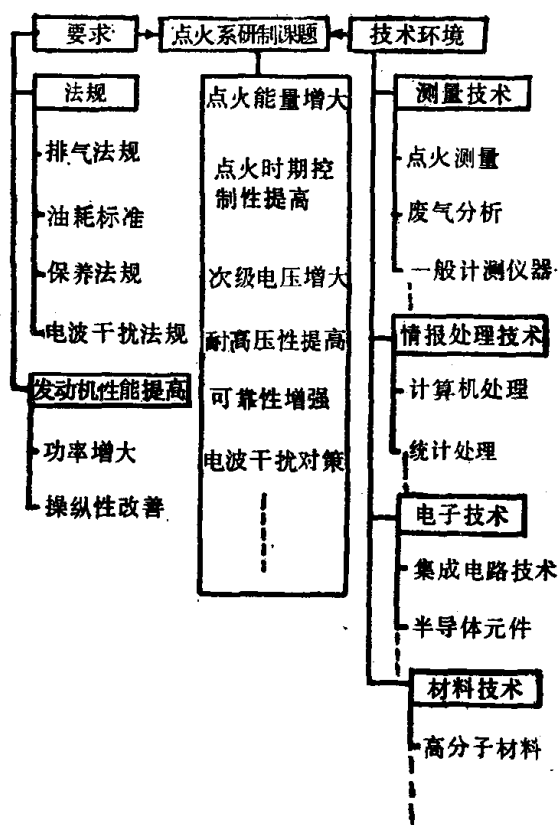


图1-1 有关点火系环境的示意图

美国的油耗标准

表1-2

1978 (年)	18 (英里/加伦)	1979 (年)	19 (英里/加伦)
1980	20	1981	22
1982	24	1983	26
1984	27	1985	27.5

注，该标准根据1975年的能源政策和保护法制定；1981~1984年的油耗标准，该法授权由美国环境保护厅长官裁定；上表中的数值是77年6月当时的环境保护厅规定的。

花能量，提高次级电压，以保证火花塞经长期使用而损耗后仍能可靠跳火；提高耐电压性能以适应次级电压的提高；增加点火时刻的控制参数，实现任意点火特性曲线，改善点火时刻的控制特性；以及确保上述各项功能的高度可靠性。

在欧洲各国、加拿大等地用法律形式规定了抑制点火系无线电干扰的义务。长期以来，一直在不断研制，并已实际使用的抗无线电干扰制品有附加电阻、内装电阻式火花塞和内装电阻式高压线等。

以上是从使用角度来看最近点火系所要研究的课题。

下面从满足上述要求的技术条件，如测量技术、情报处理技术、电子技术、材料技术等高速发展的角度来看点火系的有关发展动向。首先是测量技术，与点火系有关的计测技术涉及的范围很广。例如，作为研究领域中的用例之一，有点火火花和焰核生成的激光测量技术〔2〕，以及高速存储式同步示波器之类的一般测量仪器和汽车废气分析仪等等也很普及。

其次就情报处理技术而言，由于各种级别的电子计算机的普及，在研制、设计等各个部门运用电子计算机处理资料已司空见惯。而且计算机处理与上述测量技术及统计处理相结合，其效率在进一步提高。以新产品，即从制品的角度看，电子技术起着很大的作用。例如切断点火线圈初级电流用的功率三极管，由于安装在发动机室内，要耐高温，同时它在初级电流断开瞬间要承受300~400伏的高压。进行了种种改良的硅三极管可以满足点火器的使用要求。

进而，关于今后普遍使用的电子式点火提前角控制装置，希望具有耗电少的性能，对体积小且能处理大量情报数据的半导体集成电路技术期望更为广泛。在材料方面，机能

部件的结构渴望采用耐高压的绝缘树脂。从轻量化方面出发，部件壳体也渴望使用具有高强度的合成树脂等高分子材料。

2. 点火系的课题

为了满足上述市场要求，点火系需要研究的课题是多方面的。可以大致分为两大类：（1）点火装置作为一种产品的研制课题；（2）从发动机的需要出发，具体选定所需要的点火装置类型的点火软件研制课题。这两个课题需要研究的项目如图1-2所示。

首先，关于点火装置作为一种产品的研制课题，如前所述有以下几个方面：提高点火性能和点火时刻控制精度等基本点火机能；保证在高温、盐害等各种环境条件下，以及经长期使用而不出故障的可靠性；小型轻量化；点火装置必要的辅助功能，例如防止电源电涌电压损坏点火装置的保护装置和前述的减少电波干扰和改善高压分配的措施等。

点火软件的课题有：“点火和发动机”及“点火控制方式”等两大方面的内容。前者是研究发动机所要求的点火能量和点火时刻；后者则是研究如何满足上述发动机的要求。从整个系统的观点出发，研究如何具体地组合发动机的各项控制因素，选定点火能量和点火提前的控制方式。

要对以上诸问题都进行详尽的论述，篇幅将过于庞大。因此，本文仅就点火系的两个基本功能，即提高点火火花性能与点火时刻控制性能的发展动向试作一考察。

3. 点火火花性能的提高

3.1 晶体管点火装置的采用

当点火系由于某些原因而丧失功能时，即发动机不能点

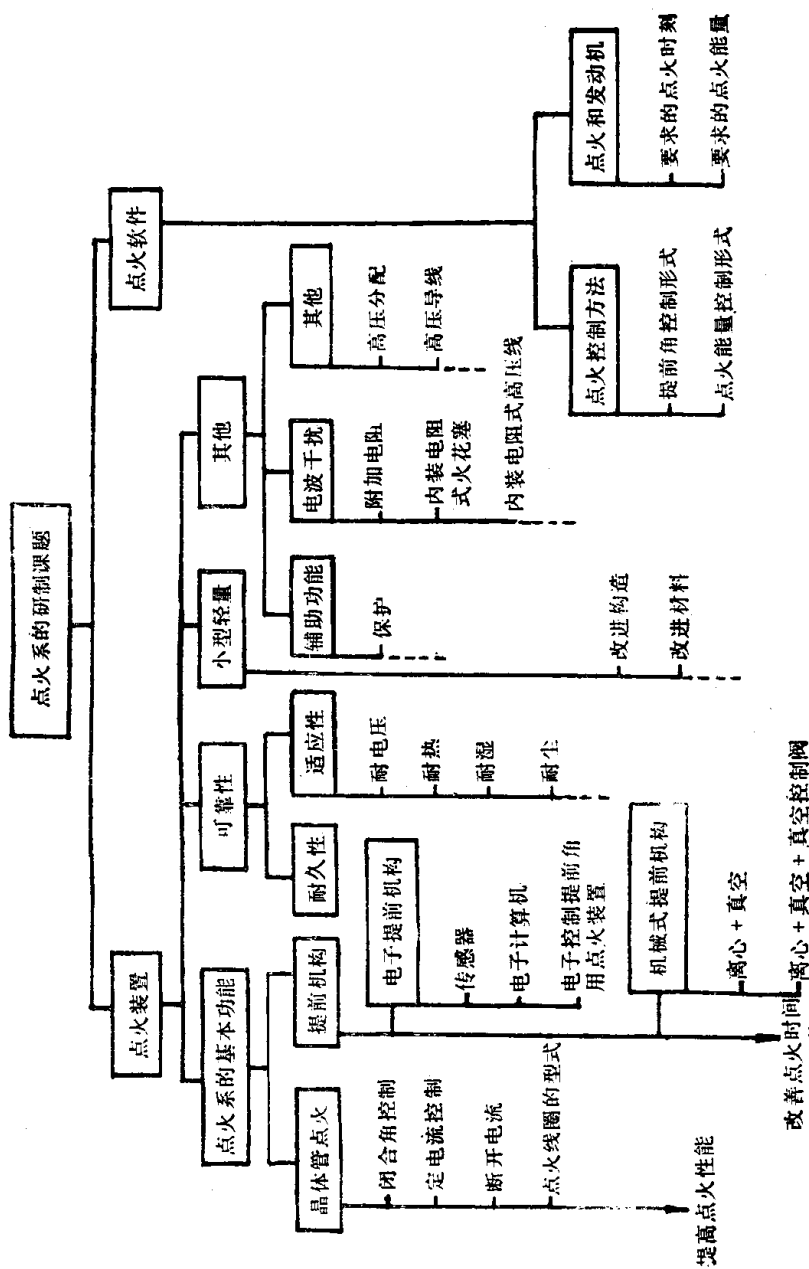


图 1-2 点火系的研制课题

火，将有未燃烧的可燃气体排出。如图 1-3 所示，在利用触点来断开初级线圈电流的点火装置中，由于触点间产生火花导致次级电压波动或下降。

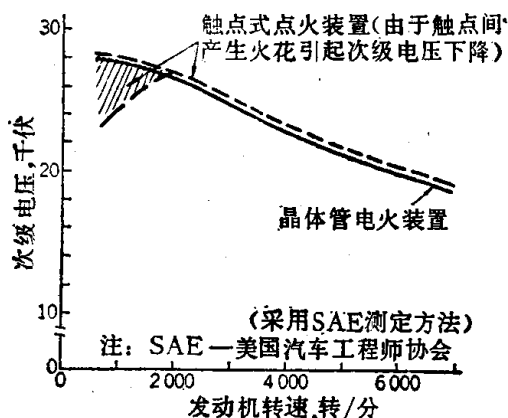


图 1-3 触点式点火装置与晶体管点火装置的次级电压比较

这一倾向，在初级线圈电流增大，触点张开速度很慢时更为显著。另外，触点式点火装置，还会因水、油、尘土等对触点的污损使次级电压下降，以及因断电器触点臂顶块磨损而使点火时间发生变化。为此，在设计时，必须给次级电压留有足够的余裕，并对点火时间进行定期检查。

产生上述问题的原因是点火线圈的初级电流由触点切断所造成的。因此，如果用晶体管代替触点，问题就解决了。一般将这种点火方式称为晶体管点火方式。晶体管点火方式有利用原来的触点来控制功率三极管的半导体管式点火方式，有利用电磁传感器产生的脉冲信号来触发功率三极管的全晶体管点火方式。

半导体管点火方式不能彻底解决触点的污损和触点臂顶块的磨损问题，而全晶体管点火方式不但能解决上述问题，

而且可以引入后面将要介绍的点火能量控制装置。图 1-4 为典型的全晶体管点火方式的方框图。

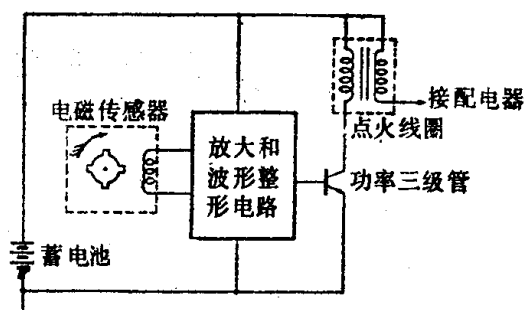


图1-4 全晶体管点火方式一例

全晶体管点火方式，虽然新增添了替代触点的信号的电磁传感器、信号放大、整形晶体管电路、以及按照其输出信号控制线圈初级电流的功率三极管等诸元件，但是与触点式点火系比较，其点火性能与可靠性却有了显著的提高。另外，进一步提高其可靠性和小型化的途径之一是集成电路化。

电磁传感器输出信号的放大、整形电路是由小功率三极管、电阻、二极管和电容等元件构成的。如果不是将这些元件一个个地焊接在电路底板上制成放大、整形电路，而使用在陶瓷基板上或硅基板上的集成电路，就可以进一步使制品小型、均一和牢固，进而显著提高其可靠性。

3.2 点火能量的提高

为了适应排气法规的要求，发动机制造厂研制成功了各种新型的发动机，随之须增大火花的能量。例如，就点火火花对失火界限的影响而言，发表有如图 1-5 所示的实验数据实例〔3〕。此例说明了火花塞开始放电后，在火花塞电极间

流过的火花放电电流（即电弧电流）和该电流的持续时间（即电弧时间）同发动机失火界限的关系。在电弧时间一定时，若增加电弧电流，会使失火时的 HC 排出量急剧增加的点火时刻与电弧电流较小时相比较有所提前。由此可见，增大电弧电流可使失火界限变宽，换言之之不易引起缺火。

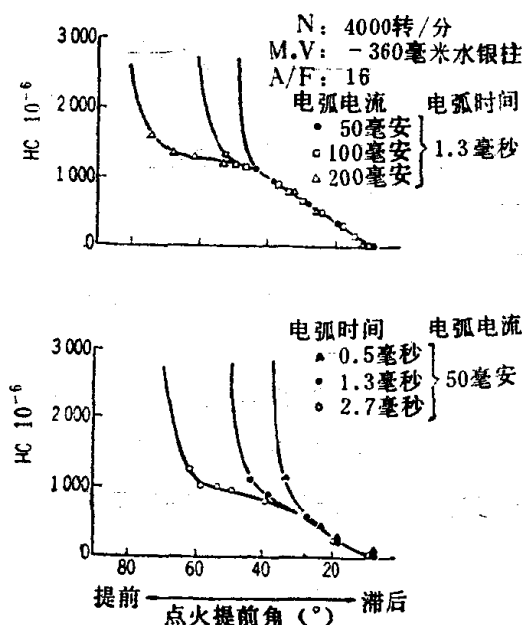


图1-5 点火电源对失火界限的影响

另外，从图 1-5 中还可以看出，随着电弧时间的延长，也会使失火界限变宽。

点火火花性能的必要条件可归纳如下：

- 1) 要充分满足发动机所要求的火花塞起始放电电压；
- 2) 确保发动机着火所要求的电弧时间；
- 3) 确保发动机着火所要求的电弧电流。

下面叙述为满足这些要求所需要的点火能量控制问题。