

# 航空发动机点火器改用柴油的试验研究

唐乾惕 (哈尔滨船舶锅炉涡轮机研究所)

〔摘要〕 在某型航空发动机船用改装中,应用一般的点火理论对点火器改用柴油起动的问题进行了试验研究。改变点火器进气量,降低电嘴附近的气流流速,提高可燃气的油气浓度进行了不同方案的对比试验。试验取得了有成效的结果。

关键词 燃气轮机 点火器 试验 柴油

## 一、前言

航机船用化改装中柴油的起动,特别在低温下起动,往往是改装中技术难题之一。由于燃料性质的变化使起动点火发生困难乃至失败。

某型航机船用化改装时使用柴油起动就出现了上述问题。

对起动燃油采用电加热的办法曾得到了一定程度的改善。然而对船用型,出于舰船安全性的特殊考虑,燃油加温方法不符合要求。根据在运行及研究工作中所积累的经验,并运用一般的点火理论,决定另辟途径,即采用减少点火器进气量,降低电嘴和起动喷嘴附近的气流流速和相应提高点火可燃气的浓度的措施来解决。

## 二、航机点火器的工作简介

图1为点火器示意图。发动机的点火程序是:自起动按钮按下时到第九秒钟点火器电嘴发火,起动喷嘴喷油燃烧。到第25秒点火器停止工作。

自点火器开始工作到结束,进入点火器内的空气流量约由3 g/s增加到11 g/s,点火

器内的过量空气系数的变化范围大致是 $\alpha = 0.1 \sim 0.4$ 。在 $\alpha = 0.1 \sim 0.2$ 时,火焰温度达 $1200^\circ\text{C}$ 以上<sup>〔1〕</sup>。

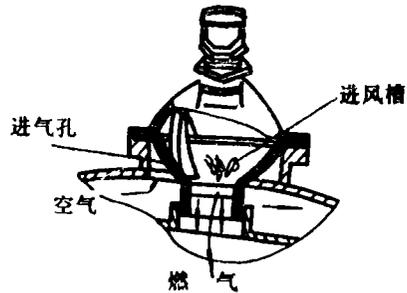


图1

图2为原结构点火器的过量空气系数和起动时间的关系曲线<sup>〔1〕</sup>。

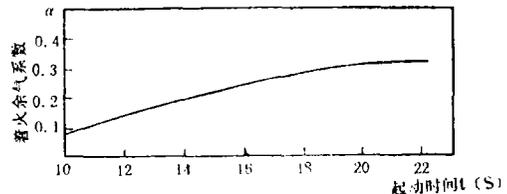


图2

图3为原结构点火器的进入空气量和过量空气系数的关系曲线<sup>〔1〕</sup>。

根据图2、3数据以及点火器的开孔尺寸,估算了相应的点火器内外静压差 $\Delta h$ 随起动时间的变化。图4为它们的关系曲线。

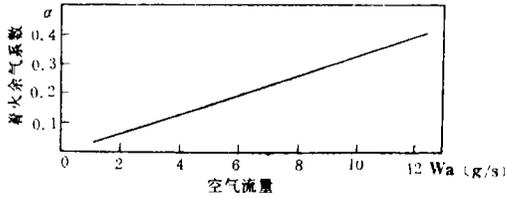


图 3

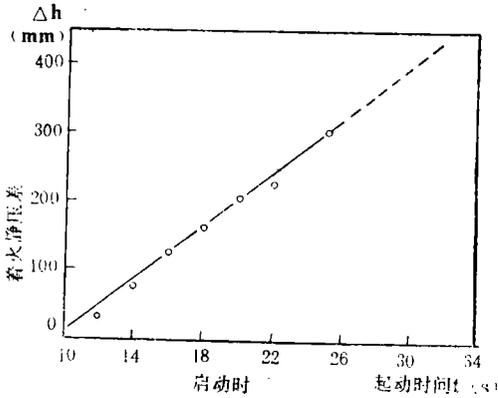


图 4

### 三、试验设备及方法

1. **试验设备简介:** 图5为试验设备的气路系统示意图。空气经阀门进入试验段, 点火器的安装法兰和其出口所构成的高度即为试验段的腔道高度。来流空气进入腔道后, 从点火器的小孔及槽缝进入点火器, 然后从出口排入大气。在试验段进口处测定空气压力及温度。

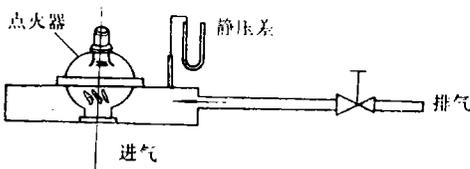


图 5

2. **试验方法:** 试验前首先录取点火器流量和供油压力的特性曲线。试验时给定不同的进口静压和不同的供油压力, 记录其着

火性能包括着火时间, 火焰长度, 火焰颜色等。点火成功以5秒内着火为准。

在大气温度为15℃, 燃油温度为19℃下共做了包括原型在内的五种开孔方案。

### 四、试验结果及分析

关于堵孔方案的试验结果

№1 原型——槽缝三条和4孔φ3:

在静压差小于30 mm, 供油压力为0.245 MPa时, 能稳定着火。当Δh大于30 mm时火焰便极不稳定。

№ 2——槽缝一条:

静压差小于250 mm, 供油压力为0.245 MPa时, 能稳定着火, 火舌长为500~600 mm, 色亮黄。

№ 3——4个φ3孔:

静压差小于385 mm, 供油压力为0.245 MPa, 能可靠地着火, 火舌长500~600 mm, 色亮黄, 有冲动。

№ 4——4个φ2.5孔:

静压差在640 mm以下, 供油压力为0.245 MPa时能可靠地着火, 火舌很长, 色亮黄。

№ 5——槽缝一条和4个φ3孔:

该方案当供油压力为0.245 MPa时, 只有静压差小于100 mm时才能着火, 火舌长300~400 mm, 色亮黄。

图6为№ 2, № 3, № 4三个方案的着火过量空气系数随起动时间的变化曲线。

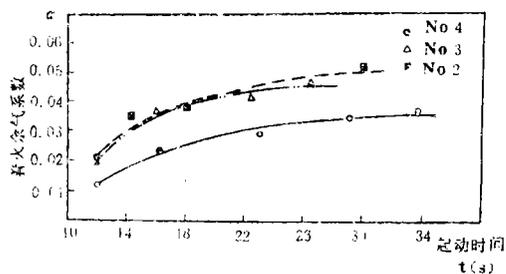


图 6

上述各方案的着火过量空气系数列表如下:

方 案	$\Delta h(\text{mm})$	$W_a(\text{g/s})$	$\alpha$	AFR(空燃比)
No 1	30	3.7	0.091	1.45
No 2	250~400	1.53	0.038	0.592
No 3	300~380	1.90	0.05	0.64
No 4	640	1.57	0.041	0.608
No 5	100	1.96	0.051	0.759

由上表可知:

1. 除原型外, 最大着火过量空气系数均在0.04~0.05左右。它比燃用煤油要小得多。
2. 最大着火流速(从空气流量来看), 都相差不多。
3. 最大的着火静压差变化很大。

本试验中最为关注的是静压差。即保证在点火器停止工作前的起动程序中, 均应能可靠地着火, 有足够的火焰长度, 火焰稳定, 温度高, 具有一定的穿透深度以保证点燃主燃油。因此满足这一条件的着火静压差应不小于210 mm。能满足这一基本要求的方案有No2, No3, No4三个方案。不过在方案的选择上尚应考虑到火焰有足够的点火能量。由于点火能量  $E \approx C_p W_f T_f$  ( $W_f$ —火焰核心燃气流量,  $T_f$ —核心温度), 因此应尽可能使火焰有足够高的温度和增加进入点火器内的空气流量。从这一观点出发, No2, No3方案就要优于No4方案。

### 五、讨 论

众所周知, 燃气轮机中、点火过程包括三个阶段。第一阶段是形成一个足够大小和具有足够高的温度并有传播能力的火焰核心。这一阶段的成败主要取决于火花的能量、持续时间以及电极间隙附近的可燃混合物的紊流度和油气比。

第二阶段是火焰从核心传播到整个主燃

区。这个阶段的成功与否则取决于气流速度、燃料分布和点火器的位置。

第三阶段是联焰。

上述任何一个阶段的失败都将导致起动点火过程的失败。

火炬点火器实际上只保证了第一个阶段的成功。

对于确定形式的点火器来说, 通常火花能量及持续时间是不能改变的。因此当燃料由煤油改为柴油时, 我们能做的就是改变可燃混合物的紊流度及混合剂的浓度。现在让我们看看, 燃料更改后是如何影响点火器性能的。

在实际燃烧系统中, 燃料的更改影响主要通过挥发性对蒸发速率的影响以及粘性和表面张力对液滴直径的影响而造成的。

燃料的挥发性通常以10%馏出温度来表示。国产航空煤油的10%馏出温度为175~165°C, 海军专用柴油则为238°C。图7示出了在给定的空气流量和起动温度下, 燃料挥发性对为了获得满意的点火所需的最小供油压力的影响。

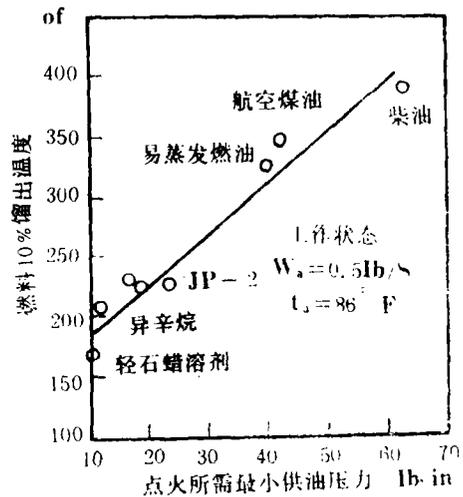


图 7

由图8可知, 挥发性的恶化将导致着火区域下边界的收缩, 即是使着火余气系数向

小的方向移动。

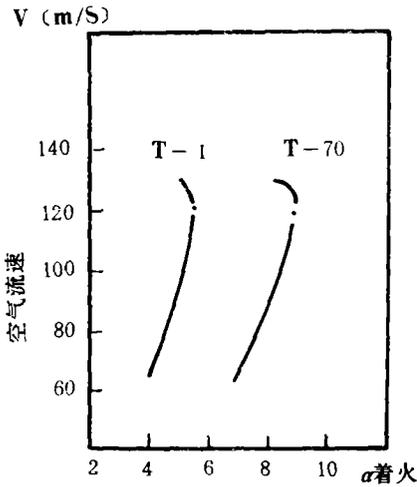


图 8 燃料性质对着火下边界的影响

燃料粘性对雾化时油滴直径有很大影响, 本文按推荐之公式计算了在油温为20℃时的煤油和柴油的液滴直径。

计算结果为  $SMD_{煤油} = 88.7 \mu m$ ,  $SMD_{柴油} = 113.9 \mu m$ 。即柴油的索特平均直径比煤油大28.4%。滴径越大, 意味着一定燃油量的蒸发表面积减小, 从而使汽化率减少。图9、10<sup>[3]</sup>为液滴尺寸与着火空-燃比, 着火流速之间的关系曲线<sup>[3]</sup>。

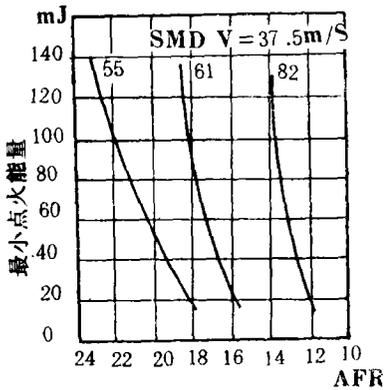


图 9 空气-燃料比对最小点火能量的影响<sup>[3]</sup>

由图可知, 液滴尺寸的增加将导致着火空-燃比及着火流速向小的方向移动。

综合以上两点可知, 为什么当起动燃油由煤油改为柴油后, 在原来的点火流速及原

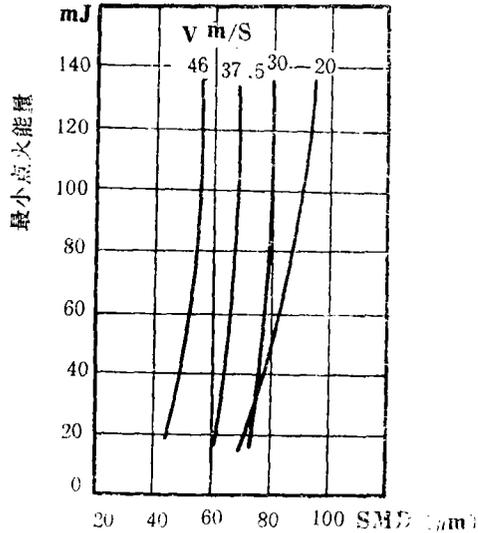


图 10 化学恰当比时最小点火能量与液滴尺寸的关系<sup>[3]</sup>

有的油气比下无法着火的基本原因。同样可知, 对于给定点火能量和液滴尺寸后, 减少气流速度可使贫油点火极限向较贫的油气比方向移动。堵孔方案一方面使进入点火器的空气量减少, 即使电嘴附近的气流流速下降, 而当供油压力不变时, 又使点火器内的可燃混合气的浓度增加。这些都大大改善了着火性能, 也正是本试验所期望得到的结果。

### 六、关于改烧柴油后相应改变若干起动参数的建议

1. 为增加点火器火炬向主气流的穿透深度, 可使主燃油投入工作时间由原来的第20秒提前至第14秒供油。

2. 航机上起动程序是第20秒主燃油投入工作, 第25秒点火器停止工作, 这样点火器点燃主燃油只有5秒钟时间。这样短暂的点火过程对于挥发性较差的柴油来说, 特别当大气温度很低时, 是十分困难的。除上述第一点外, 可再将点火器停止工作的时间延长至第30秒, 这样便有15秒的重叠时间。

3. 为使主燃油迅速着火尚可采取适当

辅助措施,如起动时油门杆先放在 $35^\circ$ 位置,当点燃后再拉回到 $0^\circ$ ,又如适当反调调节泵16\*螺钉。

### 结 束 语

改善点火器性能,办法有多种多样,本文的试验研究方案仅是其中的一种。但是本文所推荐的方案确是一种简便,实用的方案。在船用发动机上该方案已经采纳,取得了预期的效果。

### 参 考 文 献

- (1) 彭拾义.航空发动机点火器火焰射流的研究.国营三三一厂,1982年
- (2) 陈能坤.流动空气中液雾点火的基本研究结果及对喷气发动机的实际应用.北航研究报告 BH-B 503,1979
- (3) Subba H N, Lefebvre A H. Ignition of Kerosine Fuel Sprays in a Flowing Air Stream Combustion. Science and Technology 1973,8

## Experimental Study of an Aeroengine Ignition Device Being Modified to Burn Diesel Oil

Tang Qianti

(Harbin Marine Boiler & Turbine Research Institute)

### Abstract

During the marinization of an aerocengine an experimental study based on a general ignition theory was conducted concerning the use of diesel oil for the enging ignition device. A multitude of tests were performed to compare the results of various versions involving the use of such variables as gas flow quantity entering the ignitor, gas velocity near the electric spark plug and oil-gas concentration of combustibile gas. Significant test reesults were obtained.

**Key Words:** *ignition devide, test, diesel oil*

### 新 产 品、新 技 术 信 息

**№ R88—37 新型菱镁玻纤瓦** 新型菱镁玻纤瓦是以无机材料为基材新型建筑材料。该产品具有强度高、重量轻、防火、防水、保温、隔热、耐寒耐腐蚀、不老化、经久耐用等特点。

该产品横向抗折 $\geq 200\text{kg}$ (石棉瓦为 $120\text{kg}$ )、纵向抗折 $\geq 100\text{kg}$ (石棉瓦为 $70\text{kg}$ )；表面吸水率 $< 1.5\%$ ；冰融试验：在 $-40^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 情况下冻120分钟，再在 $< 10^\circ\text{C}$ 的江水中浸泡30分钟为一个循环，共测定25个循环，无起层、无裂纹。干湿试验：在 $60^\circ\text{C}$ 下烘干120分钟，再浸泡水中60分钟为一个循环，共测定25个循环，无起层和开裂现象。规格为 $1800 \times 720 \times 5^{+1}\text{mm}$ 重： $14 \pm 1\text{kg}/\text{片}$ 。

新型菱镁玻纤瓦代替瓦楞铁、石棉瓦、粘土瓦等理想的新型建筑材料。瓦面光滑，呈乳白色，可制做成各种彩色花纹，美观实用，使使用时不必再刷油漆或其它涂料。可按用户要求进行设计和加工。  
(如需要以上技术和产品请与编辑部联系)