

文章编号: 1005-8893 (2004) 01-0012-03

特种 V 型蒸发式火焰稳定器的低压性能试验研究

刘 鸿¹, 王 方², 王家骅²

(1. 江苏工业学院 机械工程系, 江苏 常州 213016; 2. 南京航空航天大学)

摘要: 飞机高空飞行时, 加力燃烧室的进口压力降低, 导致燃烧性能恶化, 为了研究特种 V 型蒸发式火焰稳定器的低压性能, 在主流速度为 90 m/s 时, 分别对压力为 0.05 MPa、0.06 MPa、0.08 MPa、0.1 MPa 的两相混气点火和火焰稳定特性进行了试验, 揭示了该稳定器低压火焰稳定性好, 贫、富油熄火范围宽的特点, 并通过试验现象和对特种 V 型蒸发式火焰稳定器结构的分析得出该稳定器的火焰稳定机理。

关键词: 蒸发; 火焰稳定器; 低压

中图分类号: V 233.3

文献标识码: A

航空发动机加力燃烧室由于气流速度大, 必须采用稳定器稳定火焰, 一般采用 V 型稳定器, 现代涡扇发动机则采用特种蒸发式 V 型稳定器。飞机高空飞行时, 由于环境压力降低, 加力室进口压力可低至 0.04~0.05 MPa。文献 [1, 2] 指出压力降低, 回流区紊流强度降低, 回流比降低, 回流区尺寸减小。文献 [3, 4] 研究表明, 压力降低, 燃油雾化和蒸发性能变差, 使点火性能和火焰稳定性变差, 燃烧效果下降。压力下降对不同型式和结构的稳定器的影响是不同的, 往往在常压下未暴露的问题, 可能在低压下出现, 因此加力室研制中, 低压下燃烧性能测定是一个关键的考核指标。

加力室低压模拟试验必须在高空台上进行, 由于设备复杂, 试验费用昂贵, 一般只在加力室定型前进行。在二元试验设备上对加力室稳定器低压燃烧性能测试可以在费用低廉下, 录取大量数据, 达到事半功倍的效果。

本文研究的特种 V 型蒸发稳定器是已在飞机发动机 AL-31F 中加力室应用的稳定器, 它和一般 V 型蒸发式稳定器不同之处为蒸发管装在小 V 型稳定器内, 该小 V 型稳定器无进气孔, 由 V 型稳定器后缘和波纹形成间断缝隙进气^[5,6], 该研究

工作对国内加力室研制中稳定器选型和改进都具有较大的参考价值。

1 试验设备, 测试仪器, 试验件

点火及火焰稳定试验在低压下进行气源由 3 台流量为 0.4 kg/s 压气机提供, 试验段的低压通过 4 台 75 kW 的真空泵抽气达到。气流经压气机流量计、分流段、加热器、掺混段、试验段、冷却段最后从真空泵排出。试验段进气温度为 773 K, 点火采用 3 焦耳的高能电嘴。试验段为 100 mm × 150 mm 的矩形, 侧面安装石英玻璃窗, 以观察火焰。

流量用标准孔板流量计, 精密压力表和 U 型水柱压力计测量, 试验段进口静压由壁面小孔和精密压力表测量。试验段进口温度用单点镍铬-镍硅热电偶和温度表测量。燃油流量由不同量程浮子流量计测量, 试验前经过校准。

稳定器的基本结构如图 1 所示。

特种蒸发式 V 型稳定器工作原理如下: 从蒸发管进入燃油, 撞在溅板上, 并形成油膜, 油膜在溅板下缘受两侧气动力作用下, 气动雾化, 形成气液两态混气, 从蒸发管出气孔喷入稳定器内和稳定

收稿日期: 2003-11-10

基金项目: 江苏工业学院科技基金资助

作者简介: 刘鸿 (1974-), 男, 江苏江阴人, 讲师。

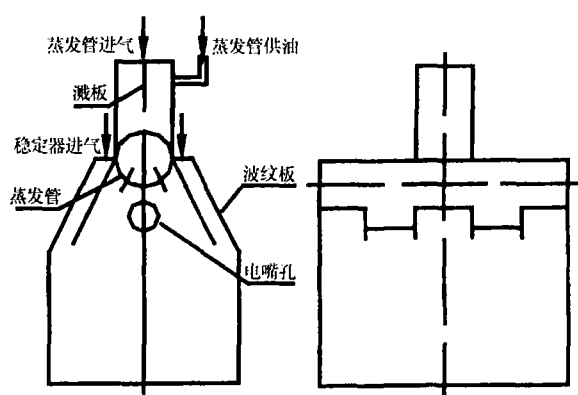


图1 特种蒸发式 V 型稳定器结构示意图

器波纹孔进入的空气掺混, 形成可燃混气, 电嘴点火后在稳定器内形成先锋火炬, 利用先锋火炬点燃主流混气, 只要稳定器内先锋火炬不熄火, 加力燃烧室可以保持稳定燃烧。

2 试验结果及讨论

2.1 压力的影响

压力对特种蒸发式 V 型稳定器点火和熄火油气比影响见图 2 (注: f 为用试验段实际空气量定义的油气比 ($f = \text{蒸发管供油量} / \text{试验段空气量}$), $v = 90 \text{ m/s}$ 表示试验段主流速度为 90 m/s)。

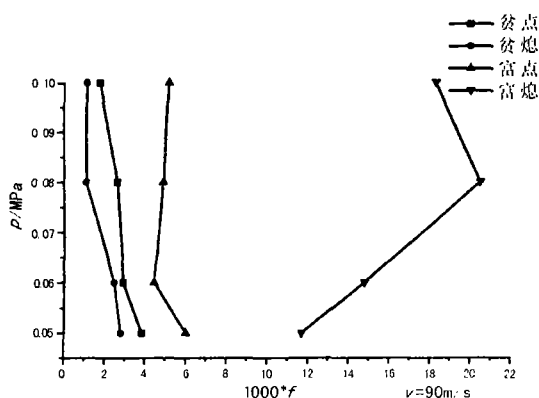


图2 压力对特种蒸发式 V 型稳定器点火和熄火油气比影响曲线
从图 2 可知:

(1) 特种 V 型稳定器具有宽广点火和火焰稳定范围。当工作压力为 0.05 MPa 时, 富油点火油气比为贫油点火油气比的 1.55 倍, 富油熄火比为贫油熄火油气比的 4.13 倍。

(2) 点火油气比范围比熄火油气比范围窄。当环境压力为 0.05 MPa 时, 点火油气比范围从 3.68 g/kg 至 6.00 g/kg , 熄火油气比范围从 2.81 g/kg 至 11.7 g/kg 。这主要是由于熄火前燃烧室是

“热”的, 而点火前燃烧室是“冷”的, 点火过程时间很短, 燃烧室还未达到热平衡, 因此点火油气比必须比熄火油气比更接近恰当油气比。

(3) 贫油点火和熄火油气比都随压力升高而减小, 这是由于贫油熄火和点火供油量都很小, 其中绝大部分燃油都已蒸发, 并和进入蒸发管的空气掺混。压力对剩余液体燃油的雾化和蒸发影响对已蒸发燃油而言已不明显了, 但仍有一小部分燃油未蒸发, 因此贫油熄火和点火油气比略大于该工况下均匀混气熄火和点火油气比。

(4) 富油熄火油气比, 随压力升高而扩大, 而富油点火油气比, 随压力升高, 先减小, 后升高, 最后又有一些减小。这主要由于富油点火油气比受两个因素控制, 即供油量和燃油的蒸发特性。压力升高, 单位体积内供油量增加, 同时又使燃油, 雾化和蒸发性能改善, 当后者影响是主要时, 两相富油点火油气比向均匀混气的点火油气比逐渐靠近, 当前者影响是主要时, 由于燃油蒸发率下降, 富油点火油气比逐渐偏离均匀混气富油油气比。

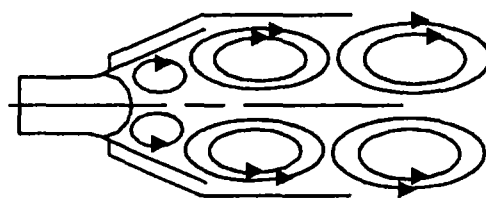


图3 特种蒸发式 V 型稳定器的轴向回流区图

2.2 特种 V 型稳定器火焰稳定机理

蒸发管下游回流区是由蒸发管出气形成, 小稳定器下游回流区是由波纹孔进气形成, 大稳定器下游回流区主要决定于主流的速度。当蒸发管内供油一定时, 不同回流区的油气比不同。当蒸发管供油量极小时, 接近贫油熄火, 稳定点火源建立在小 V 型稳定器内的回流区, 靠近蒸发管下游处。随着供油量逐渐增加, 在小 V 型稳定器内, 蒸发管出口射流气相油气比变富, 蒸发管下游的稳定点火源消失, 但由于小 V 型稳定器下游存在回流区, 该处小部分狭缝空气流进入该回流区, 在小 V 型稳定器后缘建立新的稳定点火源, 继续稳定燃烧。

随着供油量继续增加, 小 V 型稳定器后缘的稳定点火源由于该处气相油气比过富而熄火, 但由于稳定器下游还存在回流区, 该处气相油气比由狭缝气流掺混变贫, 在稳定器后缘建立新的稳定点火源。

3 结 论

①特种蒸发式 V 型稳定器在低压下具有良好的点火和火焰稳定性。②该稳定器的良好性能来源于它特殊的结构参数和回流区特征。

参考文献:

- [1] 韩启祥, 王家骅. 开孔沙丘驻涡火焰稳定器总压损失试验研究 [J]. 推进技术, 1999, 20 (4): 80-84.
[2] 韩启祥, 王家骅. 沙丘驻涡蒸发式火焰稳定器低压性能试验研

- 究 [J]. 推进技术, 2001, 22 (1): 40-42.
[3] 徐国青, 王家骅. 低压下直流式喷嘴雾化特性试验研究 [J]. 航空动力学报, 1996, 11 (3): 273-276.
[4] Wang Jiahua. Experimental Investigation on the Mechanism and Performance of Combustion in Pilot Flamer-holder [J]. Journal of Nanjing Aeronautical Institute, 1987, 4 (1): 35-38.
[5] 刘鸿, 王方, 王家骅. 特种 V 型蒸发式火焰稳定器的流阻性能试验研究 [J]. 江苏石油化工学院学报, 2002, 9 (3): 40-42.
[6] 王家骅. 缝隙 V 型稳定器流场和回流区流谱研究 [J]. 燃烧科学与技术, 1981, (1): 234-237.

Experimental Study of the Performance of Special Evaporating V-Gutter Flame-Holder at Low Pressure

LIU Hong¹, WANG Fang², WANG Jia-hua²

- (1. Department of Mechanical Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213016, China;
2. Nanjing University of Aeronautics and Astronautics)

Abstract: When a fighter flies at high altitude, the pressure of afterburner drops obviously and this makes it worse to combust early. In order to investigate the performance of special evaporating V-gutter flame-holder at low pressure, ignition and flame stability of mixed gas at two phase was studied to discover its wide rich, lean flameout when main stream velocity reached 90 m/s and the pressure was 0.05 MPa, 0.06 MPa, 0.08 MPa and 0.1 MPa. The flame holding mechanism of the special flame-holder was concluded through experimental phenomenon and the analysis of its structure.

Key words: evaporation; flame-holder; low pressure