

空气旋流器对短环形回流燃烧室性能的影响

华南动力机械研究所 洪岩

一、前言

目前在小发动机领域中,采用环形回流燃烧室作为核心部件几乎已成为普遍的发展趋势,这不仅是因为采用环形回流燃烧室能使其容热强度成倍增加,而且燃烧室的寿命也随着气膜冷却技术的发展和设计、工艺水平的提高而大大延长。此外,还有一个重要的原因是它可以使发动机轴缩短近40%,使发动机总体布局更加合理。怎样在短小的燃烧室内更好地组织燃烧便成了短环形回流燃烧室设计的关键。传统的环形回流燃烧室大部分采用封闭式头部,火焰筒内部气流结构对于目前的火焰筒长度是匹配的。但是新型的高性能小发动机为了缩短低压轴的跨度要求,回流燃烧室的长度更短,对于这样的短环回流燃烧室怎样充分利用燃烧空间,本文作了探讨。试验用的短环形回流燃烧室采用封闭式及带45°扭角和60°扭角的旋流器头部的三种结构方案,对各个试验件性能作了较详细的分析、比较,取得了有用的结果。

试验在燃烧试验台上进行,试验设备的流程(见图1),测量数据直接通过计算机处理。

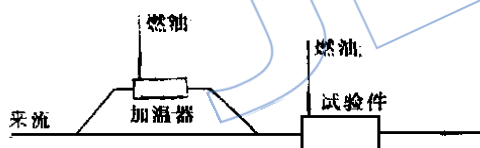


图1 试验设备流程简图

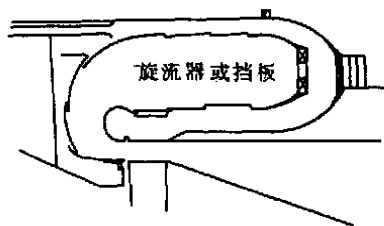


图2 试验件简图

试验用的三种短环形回流燃烧室的长度和总体结构相同,但头部结构不同(见图2)。

二、试验结果与讨论

1. 试验情况 图3为三种方案的试验件在其进口温度为533K,进口压力为 $3.085 \times 0.1 \text{ MPa}$,流量为 1.96 kg/s 的状态下的燃烧效率。该点是模拟发动机的慢车状态。由图可明显看出带45°角的旋流器头部的火焰筒燃烧效率最高,带60°角的旋流器其次,而封闭式头部的最差。试验后分解试验件发现封闭式头部火焰筒的后部大弯管处积炭比较严重,而带60°扭角的旋流器头部的火焰筒在旋流器的局部有积炭。45°旋流器头部火焰筒无明显积炭。

图4为火焰筒头部带45°角旋流器与60°角旋流器,在其进口温度为533K,进口压力为

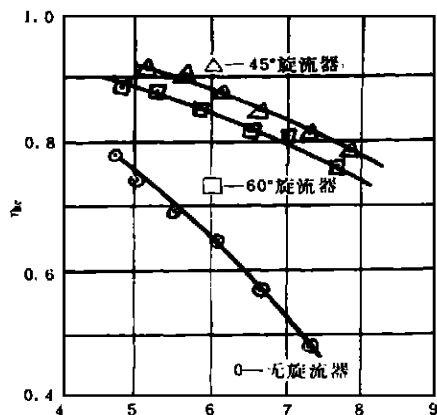


图3 三种方案的试验件

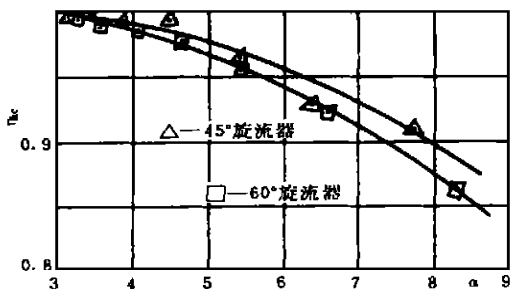


图4 火焰筒头部带 45 和 60 角的旋流器时燃烧室燃烧效率的比较

4. $22 \times 0.1 \text{ MPa}$, 空气流量为 1.76 kg/s 的状态下, 燃烧效率的比较。该状态是模拟发动机的巡航状态。由图可见带 45 旋流器的燃烧效率比带 60 旋流器的燃烧效率稍高, 而且随着余气系数的增加, 带 45 角的旋流器燃烧室的燃烧效率下降较为平缓。

2. 燃烧室出口温度场 图 5 为三种头部结构的火焰筒试验件出口温度场的品质因子 δ ,

$$\delta = (T_{3\max}^* - T_{3cp}) / (T_{3cp} - T_2^*)$$

式中: $T_{3\max}^*$ 、 T_{3cp} 分别为燃烧室出口温度场中的最高温度和平均温度; T_2^* 为进口温度。

给定状态为巡航状态 状态参数同前, 当 $\alpha < 7$ 时对于无旋流器的火焰筒内燃烧条件就已恶化, 而这时头部带有旋流器的火焰筒燃烧条件还比较好, 出口温度场品质因子变化并不太大。就两种旋流器而言, 带 45 角的旋流器的火焰筒出口温度场的 δ 变化比较平缓, 而带 60 旋流器火焰筒出口温度场的 δ 变化波动性较大。

图中由带 60 角的旋流器火焰筒试验件上采用气动雾化喷嘴所得曲线可见燃烧室的出口温度场品质有明显改善。

图 6 为三种方案的火焰筒状态参数

同前, 出口周向平均温度沿叶高的分布。头部带旋流量的火焰筒燃烧室的外环与内环出口温度比封闭火焰筒燃烧室外环内环都要稍高, 该处正好对应涡轮导向器的叶尖和叶根。由于头部旋流器分流了一部分二股气流, 故用于冷却火焰筒的空气减少, 这也改变了出口温度沿径的分布, 但从图中可看出这种改变并不很大 ($8 \sim 30$)。

3. 贫油熄火极限 在同样状态参数下封闭式头部火焰筒燃烧室的贫油熄火极限为 8.8,

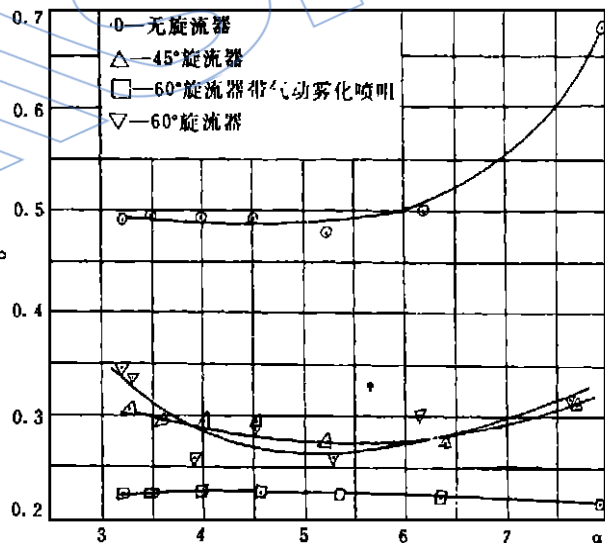


图5 试验件出口温度场的品质因子

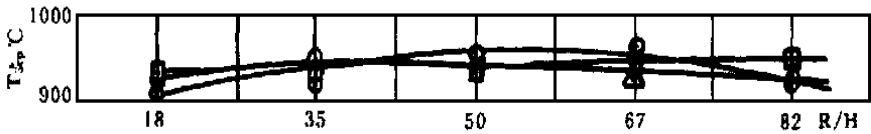


图 6 燃烧室出口周向平均温度沿叶高的分布 (余气系数为 3.28)

而头部 45° 旋流器的火焰筒燃烧室的贫油熄火极限为 26, 头部带 60° 旋流器的火焰筒燃烧室的贫油熄火极限为 28, 对于头部带旋流器的火焰筒燃烧室在临近熄火时, 在火焰筒头部处有局部燃烧现象。一般来说, 头部带旋流器的火焰筒燃烧室吹熄时比较柔和, 不稳定燃烧现象不太明显。

火焰筒头部的旋流器使主燃区的结构产生改变, 这不仅增加了气流的紊流强度, 而且提高了涡的稳定性, 从而增加了火焰的燃烧面积, 改善了燃烧条件。

4. 总压损失 图 7 为三种方案的火焰筒在模拟高空状态下 (状态参数同前) 的总压恢复系数。其总压恢复系数 σ 定义为:

$$\sigma = P_3^* / P_2^*$$

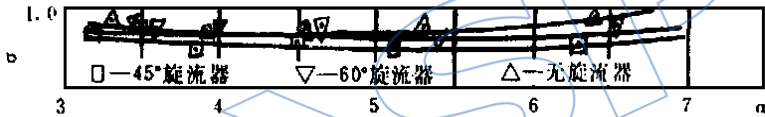


图 7 在模拟高空状态下的总压恢复系数

式中 P_3^* 、 P_2^* 分别为燃烧室出口和进口总压。 P_2^* 的测量截面位于燃烧室进口, 即总压损失中不包括扩压器损失。由图可见, 总压恢复系数都比较高 (0.97 以上), 加旋流器后对其略有影响。

三、结 束 语

对于短环形回流燃烧室, 采用头部带旋流器的火焰筒较妥, 它可以进一步缩小火焰筒尺寸, 增加紊流强度, 较大幅度地提高燃烧室性能。在采用旋流器时, 方向角不宜过大, 方向角太大可能引起头部的局部富油, 从而导致积炭, 反而影响燃烧室性能。旋流器的采用, 使燃烧室的出口温度场产生改变, 叶尖和叶根的温度会有所提高。但温度的提高量并不太大, (8 ~ 30 °C) 可用改变火焰筒的气膜冷却孔的结构和大小来进行调节, 以达到性能要求。

参 考 文 献

[1] Arthur H. Lefebvre. "Gas Turbine Combustion".
[2] 洪岩, "整合环形回流燃烧室出口温度场试验分析" 《中国工程热物理学会燃烧分会. 87 年度年会》

TECHNICAL NOTES

CALCULATION FOR EVAPORATION OF AEROKEROSENE PROPLET

Li Ruhui Zhang Zhentang, Dong Yaode

(Beijing University of Aeronautics and Astronautics)

ABSTRACT

This paper describes a new method for calculating the evaporation history of a droplet of multicomponent fuel. In this method kerosene is treated as a multicomponent fuel posed of ten fictitious components. The calculation is done by applying configuration of Kerosene Distillation. Also a new method is introduced to find the physical properties of the fictitious components. Finally, the method is developed to calculate the evaporation history of a multicomponent liquid droplet by means of the evaporation equations. It is a more reliable and practical method than that used before. Some computational results are presented for three kinds of Chinese Aviation Kerosene, and compared to data obtained from our experiments favourably.

THE EFFECT OF SWIRLER

ON SHORT REVERSAL-FLOW ANNULAR COMBUSTOR

Hong Yan (*Nanhua Powerplant Research Institute*)

ABSTRACT

A short reversal-flow annular combustor has been tested with three different flame liner heads. The gas parameters of exit-section are detected by a turning measuring system, and data are processed by a PC-8001 microcomputer. Experimental results of efficiency, temperature field of exit-section, flame stabilization and pressure loss are presented. The effect of a swirler on the short reversal-flow annular combustor is illustrated by comparison and analysis. The experimental study shows that it is suitable to install a swirler on the flame liner head in a short reversal-flow annular combustor. This method can improve the combustor performance greatly. However, it should be noted that when a swirler is installed, its direction angle ought not to be too big, otherwise, as a result, carbon deposit will emerge, the swirler will give a negative effect on the combustor.

RESEARCH ON EVAPORATION PERFORMANCE FOR FUEL SPRAY VAPORIZER

Jiang Yijun (*Gas Turbine Establishment*)

ABSTRACT

A way to construct a clean combustor with high performance and low contamination is proposed by means of installation with beforehand mixing and evaporating. Direct measurement or accurate calculation of the evaporation rate in the evaporation installation is very difficult. According to energy relation, calculation is made based on the quasi-steady state evaporation model at the angle of engineering use. The concept of greatest