

双旋流模型燃烧室的燃烧特性

南京航空学院 张青藩 周 彪

同轴双旋流进气能建立起有利于燃烧的流场,文献[1]的结果表明,同轴的内外两股旋流反向旋转时,边界层内的紊流强度和雷诺应力很高,对强化混合和燃烧有利。据文献[2]报导,用这种双旋流改装了JT-8D火焰筒,取消了火焰筒上的主燃孔与掺混孔,试验实测的慢车状态燃烧效率高达99%。表明这种燃烧室方案在燃气轮机和工业燃烧装置中有着广阔的应用前景。本文重点研究两个径向式叶片旋流器在同轴反向旋转条件下的燃烧特性,包括燃烧效率、熄火边界和出口温度场等。

一、试验与测量

参照文献[2]设计的模型燃烧室如图1所示。空气分别流过同心安装的内外两个径向式叶片旋流器。在内旋流作用下,形成中心回流区,而在外旋流和突扩通道的共同作用下,形成外侧环状回流区。旋流器参数组合见表1,内、外旋流数 S_i 和 S_o 按文献[3]计算。验算表明,内外通道的阻力系数近似相等,因此以两通道最小面积比作为质量流量比 λ (外流量/内流量)。

表 1 旋流器参数组合

S_i	λ	S_o
0.74	0.33	1.15, 0.82, 0.60
0.74	0.25	0.84, 0.60, 0.44
0.90	0.33	1.15, 0.82, 0.60
0.90	0.25	0.84, 0.60, 0.44

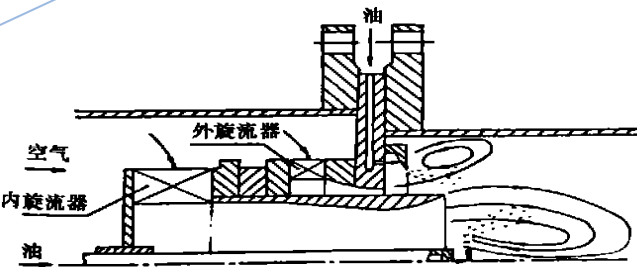


图 1 模型燃烧室简图

燃烧室筒体是 5mm 厚的无缝钢管,内径 150mm,其上既无进气孔,也无冷却气膜孔。由两条各自独立的油路分别向内外两股旋流空气供油。中心喷嘴与燃烧室筒体同轴,燃油经直流小孔喷射到飞溅板上,再在中心旋流空气作用下形成均匀对称油雾;外油路包括三个沿周向均布的直流小孔,把燃油喷射到环状飞溅板内侧,并在外旋流作用下雾化和沿周向散开。试验在常压下进行,燃烧室进口温度约 100℃,横截面平均速度(参考速度)为 26m/sec,对应的雷诺数为 1.55×10^5 ,用燃气分析法测定燃烧效率,并以单点热电偶测量出口温度场。

二、主要结果与讨论

通过不同旋流器的组合,可获得 12 组试验件,经大量选型试验,得到下列主要结果:

1. 图 2 表示外旋流数分别为 1.15、0.82 及 0.60 时所得的结果。图中各试验点表示内旋流余气系数 α_{in} 为 4.0~4.7, 外旋流余气系数 α_{ou} 为 0.72~1.06 范围内的不同组合。由此可看到两个特点: (1) 当内旋流数为 0.90 时不仅燃烧效率普遍较高,而且各次试验结果比较集中,说明燃烧效率对内旋流余气系数和外旋流余气系数的变化不敏感; (2) 在试验条件下,外旋流数太高 (1.15) 或太低 (0.60) 都会导致燃烧效率降低; 当外旋流数为 0.82 时,燃烧效率普遍较高,而且对内外旋流余气系数的变化不敏感。因此在双旋流情况下,适当加大内旋流数对提高燃烧效率有利,但对于外旋流数,并非越大越好。这种趋势与冷态流场测定结果一致。一方面,适当加大内旋流数有利于强化中心回流区,因而可强化自动点火源; 另一方面,对所研究的结构方案,外侧环状回流区是由通道的突扩和外旋流共同作用的结果,加大外旋流数,不仅使外侧回流区缩短,而且可增强内外两股旋流交界处的紊流度,后者对强化燃烧有利。但反向旋流动量过大,对中心回流区有抑制作用,可能使燃烧条件恶化。

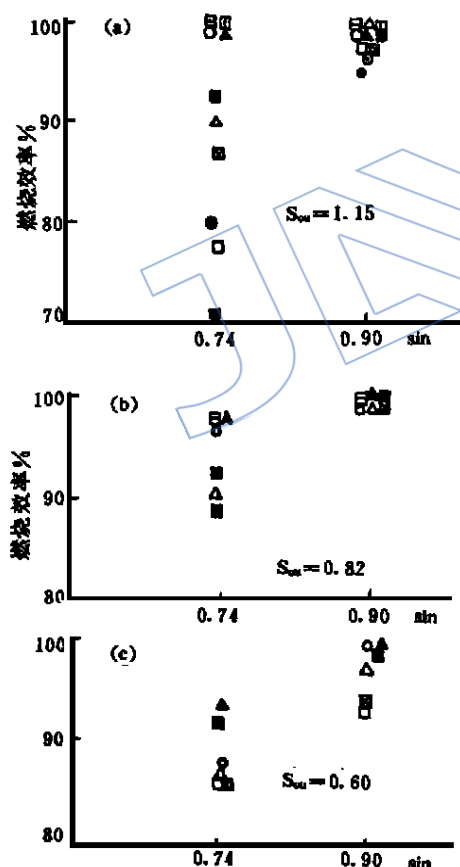


图 2 燃烧效率随内旋流数的变化
($\alpha_{in} = 4.00 \sim 4.70$, $\alpha_{ou} = 0.72 \sim 1.06$)

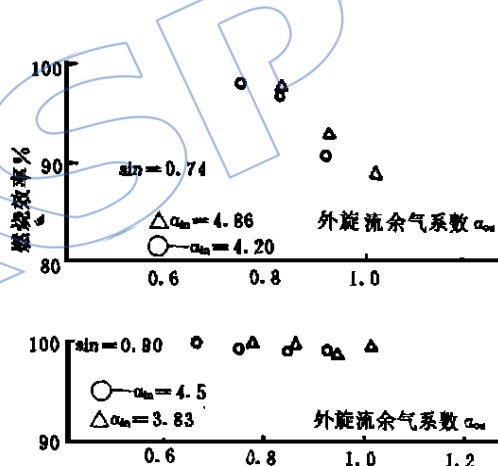


图 3 燃烧效率随外旋流余气系数的变化
($\alpha_{in} = 0.82$, $\lambda = 0.33$)

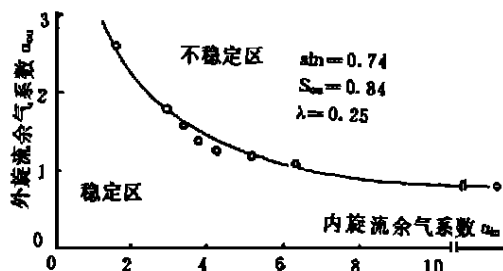


图 4 贫油熄火特性

2. 当外旋流对内旋流的流量比下降到 0.25 时,可以得到与图 2 完全相同的变化趋势,即当内旋流数由 0.74 加大到 0.90 时,不仅燃烧效率普遍提高,而且燃烧效率值变得更加集中;此外,外旋流数过大 (0.84) 或过小 (0.44) 都会引起效率下降,而当外旋流数为 0.60 时,燃烧性能较佳,测得的燃烧效率最高,对余气系数改变的敏感性最小。

3. 试验表明,不同参数组合下,外旋流余气系数对燃烧效率的影响有明显的差别。图 3 表示两组典型结果。可以看到,当内旋流数为 0.74 时,燃烧效率随外旋流余气系数的增加而减小。但当内旋流数增大到 0.90 时,外旋流余气系数的变化几乎对燃烧效率没有影响。这就进一步表明,当内旋流数较大时,中心回流区足够强大。依靠自身的能力即可维持良好的燃烧。但当内旋流数减小时,中心回流区较弱,必须依靠外旋流来加强点火源。显然,属于两相燃烧的外旋流,在余气系数较低时有可能获得较佳的燃烧,对改善中心旋流的燃烧有利,故效率增高。

4. 双旋流燃烧室的贫油熄火特性可用图 4 的形式来表示。当外旋流余气系数小于 1.0 时,贫油熄火边界相当宽广,表明外侧回流区是十分有效的稳定源。这种特性对工况变化很大的军用航空燃气轮机有利。

5. 图 5 表示双旋流燃烧室的出口温度场,它对外旋流余气系数的变化非常敏感,因此改变后者能有效地调整前者,这对燃气涡轮发动机十分有利。

6. 模型燃烧室的冷态阻力系数见表 2, 其值与现有航空燃烧室相当。

表 2 实测的冷态阻力系数 (按参考速度定义)

内旋流数	0.74	0.90	0.90	0.74	0.90	0.90
外旋流数	0.82	0.82	0.60	0.84	0.84	0.60
流量比	0.33	0.33	0.33	0.25	0.25	0.25
阻力系数	25.3	27.9	26.6	25.9	28.1	27.2

根据上述,可得出以下结论:

- (1) 影响双旋流燃烧的主要参数是内外旋流器的旋流数,适当加大内旋流数有利于提高燃烧效率,但外旋流数并非越大越好,其最佳值与流量比有关。
- (2) 外侧环状回流区是良好的火焰稳定源,当余气系数小于 1.0 时,能使整个燃烧室的贫油火焰稳定边界明显加宽。
- (3) 调整外旋流余气系数能获得所要求的出口温度场。
- (4) 双旋流模型燃烧室的阻力系数与现有航空燃烧室相当。

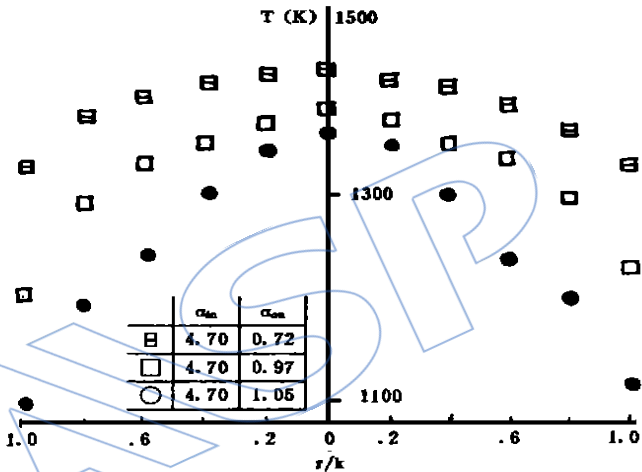


图 5 模型燃烧室的出口温度场

参 考 文 献

[1] 曾庆平,“同轴双旋流燃烧室流场及燃烧特性试验研究”, 硕士论文, 1989年6月。

[2] Markowski S. J. et al., “Combustion Experiments with a New Burner Air Distribution Concept”, ASME 83-GT-31.

[3] Z. Hu et al., “Principal Correlations of Airblast Atomization and the Limits of Their Applicativity in a Practical System”, ISABE 85-7069.

A SIMILARITY AND INTEGRATION METHOD OF A RECTANGULAR JET

Zhang Zhengke and Jiang Zhengxing
(*Northwestern Polytechnical University*)

ABSTRACT

The similarity laws of a rectangular jet are summarized on the basis of the experimental data in literature. An integration method is also presented for calculating a constant-pressure, compressible rectangular jet to examine the stealth performance of the rectangular jet. The integration method gives a good prediction of the constant-pressure rectangular jet, and the calculated results agree well with the experimental data. A brief analysis of the stealth performance of the rectangular jet is described in the paper as well.

COMBUSTION CHARACTERISTICS OF A DOUBLE SWIRLER COMBUSTOR

Zhang Qingfan and Zhou Biao
(*Nanjing Aeronautical Institute*)

ABSTRACT

The combustion characteristics at atmospheric pressure for a co-axial double swirler combustor have been investigated. The results show that its combustion performances can be significantly improved by increasing properly swirl number for inner swirler, as outer and inner flows are counter-rotating; the annular recirculation zone is a good source for flame stabilization, which is a important factor for extending the weak extinction limit; The temperature distribution at the exit section of the combustor can be controlled by varying fuel-air ratio of outer and inner swirling flows.

DEVELOPMENT OF A INTELLIGENT FORCE METER BY AUTOMATIC ELECTRO-MAGNETIC BALANCING

Jiang Zhi, Gao Ge, Ning Huang
(*Beijing University of Aeronautics and Astronautics*)

ABSTRACT

In wind tunnel measurement of surface drag a force meter with high sensitivity and accuracy is urgently needed. This paper reports the development of the automatically balancing force meter which is a new device not yet seen before. The design principle, software and hardware, and the application of this meter are presented in this paper. Its accuracy is 0.5%, repetition 0.1%, response time 5ms, sampling period 100 μ s.