

开孔沙丘驻涡火焰稳定器总压损失的试验研究^{*}

韩启祥 刘 洪 王 方 王家骅

(南京航空航天大学动力工程系, 南京, 210016)

摘 要: 试验研究了开孔的沙丘驻涡火焰稳定器的总压损失。结果表明, 和常规 V 型火焰稳定器规律相反, 开孔沙丘驻涡稳定器比无孔的总压损失系数增大 28%。流场分析结果证明开孔沙丘驻涡稳定器总压损失增加是由于从孔进来的气流, 破坏沙丘驻涡稳定器型面形成的最佳回流区气流结构, 增加了稳定器出口流场的不均匀度。

主题词: 加力燃烧室, 火焰稳定器, 压力系数, 试验

分类号: V233.327

EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON TOTAL PRESSURE LOSS OF VORTEX FLAME-HOLDER WITH HOLES

Han Qixiang Liu Hong Wang Fang Wang Jiahua

(Dept. of Power Engineering, Nanjing Univ. of Aeronautics and Astronautics,
Nanjing, 210016)

Abstract: The total pressure loss of barchane dune vortex flame-holder with holes and without holes were investigated. The experiments showed that the total pressure loss of the barchane dune vortex flame-holder is 28% greater with holes than without holes, which is quite different from that of a conventional V-gutter flame-holder with holes (or slot). The analyses of flow field behind the flame-holder show that the flows through holes of flame-holder with holes destroy the optimum flow structure of recirculation zone that is formed by a special profile of flame-holder and increase the non-uniform of flow field behind the flame-holder.

Subject terms: Afterburner, Flame holder, Pressure coefficient, Test

1 引 言

沙丘驻涡火焰稳定器由于其型面形成的特殊气流结构, 既减少了稳定器总压损失, 又扩大了火焰稳定的工作范围, 已被成功应用在涡喷-6 甲发动机的加力燃烧室上。常规 V 型火焰稳定器壁面在一定位置开一定尺寸的槽 (或孔), 可使回流区结构发生根本性变化, 不但可以减小总压损失, 而且扩大了贫油熄火边界。沙丘驻涡火焰稳定器壁面开孔对总压损失的影响是其在发动机上应用的关键问题之一。本课题在冷态下研究开孔和不开孔的沙丘驻涡火焰稳定器总压损失差别及其原因, 为开发沙丘驻涡火焰稳定器在加力室中的应用提供实验经验。

^{*} 收稿日期: 1998-11-28, 修回日期: 1999-02-24

2 试验设备、测试仪器和试验件

试验设备如图 1 所示,进口气流由流量 $3\ 360\ \text{m}^3/\text{h}$,由表压 $7\ \text{kPa}$ 的风机供给。试验段宽 $\times$ 高 $= 100\ \text{mm} \times 150\ \text{mm}$,它由前测量段、后测量段及稳定器安装段组成,全长 $1.8\ \text{m}$ 左右。测量进、出口总压用单点皮托管和 U 型水柱压力计。进口总压测量截面离稳定器后缘 $800\ \text{mm}$ 左右,出口总压测量截面离稳定器后缘 $750\ \text{mm}$ 左右,为了消除流量脉动对测量前、后测量截面总压的影响,对应点前、后压同时测量。

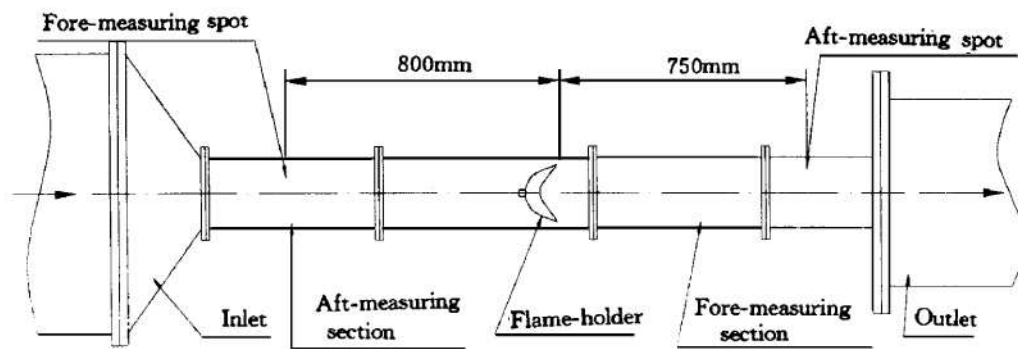


Fig. 1 Schematic of test apparatus

由于沙丘驻涡火焰稳定器流场是三维的,因此计算进、出口平均时,必须测得整个截面总压场。考虑到流场对称性,只测量半个流场。测点布置如图 2 所示。 Z 方向测点步长为 $10\ \text{mm}$,壁面附近为 $5\ \text{mm}$, Y 方向步长为 $11\ \text{mm}$ 。静压由壁面小孔和 U 型水柱压力测量。

试验件为开孔和不开孔的沙丘驻涡稳定器,见图 3,通过连接板垂直安装在试验段上壁面。稳定器最大槽宽 $45\ \text{mm}$,长 $115\ \text{mm}$,开孔面积 $605\ \text{mm}^2$ 左右。

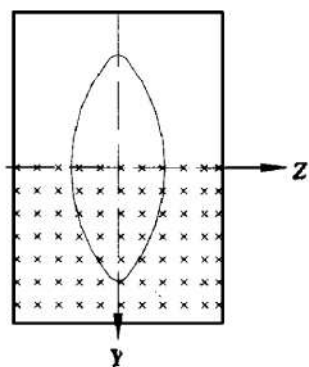


Fig. 2 Measuring spots of total pressure

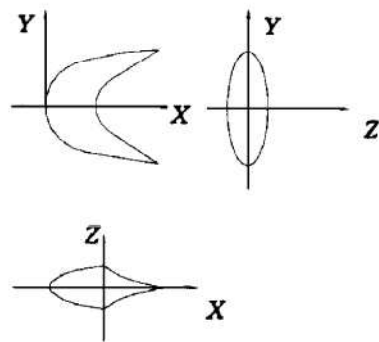


Fig. 3 Schematic of barchane vortex flame-holder

3 数据处理

截面平均总压 $\overline{p^*} = \sum p_n^* / n$, 其中 p_n^* 为截面某测点总压, n 为截面测点总数。平均动压 $\overline{p_g} = \overline{p^*} - p_0$, p_0 为截面静压。

整个试验段总压损失系数 $\zeta_E = (\overline{p_{in}^*} - \overline{p_{out}^*}) / (\frac{1}{2} \rho \overline{V_{in}^2}) = (\overline{p_{in}^*} - \overline{p_{out}^*}) / (\overline{p_{in}^*} - p_0)$, 式中下

标 in 表示试验段进口, out 表示试验段出口。其中沙丘稳定器的总压损失系数 $\zeta_B = \zeta_E - \zeta_W$, ζ_W 为试验段本身总压损失系数。气流局部速度 $V = \sqrt{2(p_{in}^* - p_0)/\rho}$, ρ 为气流密度。

4 试验结果及讨论

4.1 出口流场

无孔和有孔沙丘驻涡稳定器出口流场如图 4、图 5 所示。从图可知, 除壁面影响区外, 流速沿 Z 方向比较均匀, 有孔时与无孔时相差不大。

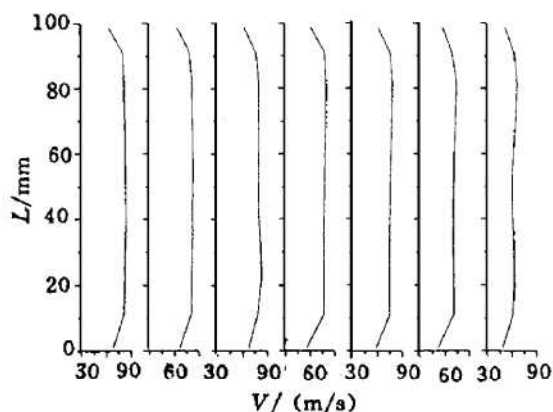


Fig. 4 Flow field of flame-holder without holes

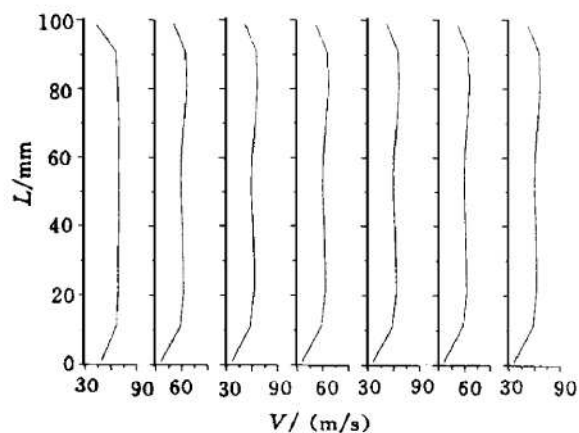


Fig. 5 Flow field of flame-holder with holes

沿 Y 方向平均速度分布如图 6 所示。由图可知, 沙丘驻涡稳定器开孔后对稳定器的流场的影响不大, 稳定器中间区域的流速下降, 说明沙丘驻涡稳定器开孔后原有中央区流场结构遭到破坏, 总压损失增加, 而在稳定器两端, 开孔使稳定器的总压损失略有下降, 流速略有增加。

4.2 总压损失系数

通过进、出口总压测量得: 试验设备总压损失系数为 0.223, 进口平均速度为 27 m/s; 不开孔沙丘驻涡稳定器总压损失为 0.275, 进口平均速度为 25.3 m/s; 开孔沙丘驻涡稳定器总压损失为 0.285, 进口平均速度为 25.3 m/s。

不开孔沙丘驻涡稳定器总压损失系数比文献 [1] 高, 是由于稳定器存在固定板, 增加了一些总压损失, 此外还可能由于堵塞比、试验设备、测点布局和数据处理方法不同而引起的。沙丘驻涡稳定开孔对流场和总压损失的影响和 V 型稳定器开孔截然不同, 是由于从 V 型稳定器开孔进来气流减小了从稳定器下游卷吸的空气量, 使回流量减小, 因而减小了总压损失。原型沙丘驻涡稳定器总压损失小, 是由于特定稳定器型面而形成的特殊的回流区结构所致。沙丘驻涡稳定器壁面开孔, 破坏了最佳回流区结构, 从图 6 可知, 开孔对稳定器中央区流场有

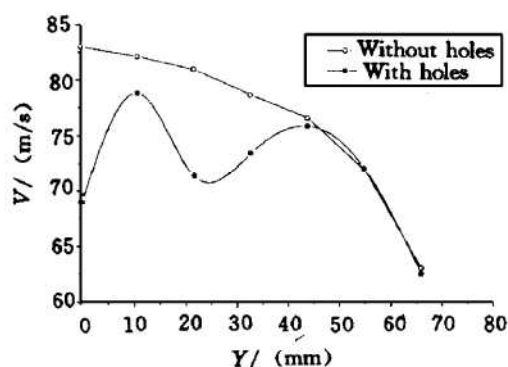


Fig. 6 Average velocity of fluid along Y -axis of flame-holder

影响,因而增加了总压损失。

5 结 论

(1) 沙丘驻涡火焰稳定器开孔后,从孔进入的气流破坏了原型最佳气流结构,因而增加了总压损失。

(2) 开孔沙丘驻涡火焰稳定器和不开孔的比较,总压损失系数增加 3.6%。

(3) 本试验是在一定开孔面积和孔布局正点进行,因此有一定局限性,建议在不同孔开面积和布局继续进行总压损失的研究工作。

(4) 由于进口 Re 已超过 10^5 ,已达到自模区,气流速度变化对总压损失系数无影响,因此只测定一进口速度的总压损失系数。

参 考 文 献

- 1 高 歌. 沙丘驻涡火焰稳定性的理论和实验研究. 工程热物理学报, 1982 (1)
- 2 王家骅. 一种预燃式火焰稳定器的气流结构、回流量和回流区长度的试验研究. 燃烧科学和技术, 1981 (1)

(上接第 42 页)

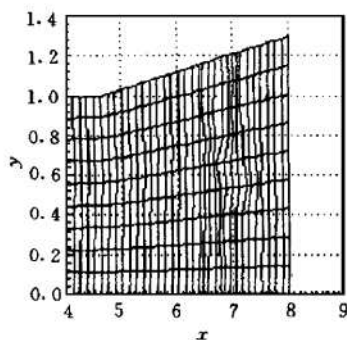


Fig. 6 Adaptive grid

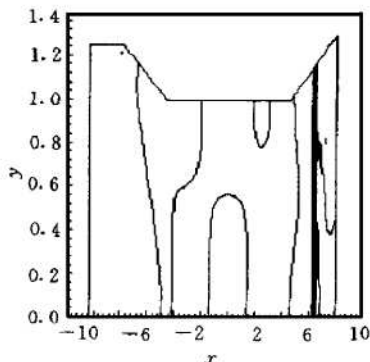


Fig. 7 Computed Mach contours with adaptive grid

参 考 文 献

- 1 张涵信. 无波动、无自由参数的耗散差分格式. 空气动力学报, 1988, 6 (2)
- 2 Yee H C, Warming R F, Harten A. Implicit total variation diminishing (TVD) schemes for steady-state calculations. Journal of Computational Physics, 1985, 57: 327~359
- 3 刘 仪, 刘 斌, 向一敏. 扩压器进气道内流及激波/边界层干扰的数值研究. 空气动力学报, 1997, 16 (2)
- 4 Cuffel R F, Back L H, Massier P F. Transonic flowfield in a supersonic nozzle with small throat radius of curvature. AIAA Journal, 1969, 7 (7): 1364~1366