

蒸发管喷嘴燃油雾化特性试验研究

中国民用航空学院 孙跃中

一、试验与测量

试验工作在预混式喷嘴试验器上进行(图1)。试验蒸发管共有15种,其区别在于进出口直径、供油喷头的孔径和孔数的不同;有的试验件装有定位螺母或故意造成供油杆偏斜。试验参数变化范围:雾化空气速度 $V_a = 45 \sim 130 \text{ m/s}$, 气油比 $AFR = q_{ma}/q_{mf} = 0.6 \sim 5$, 燃油压力 $P_f = (0.4 \sim 52) \times 10^4 \text{ Pa}$, 粒度仪测量位置到蒸发管出口轴向距离 $l = 20 \sim 70 \text{ mm}$ 。

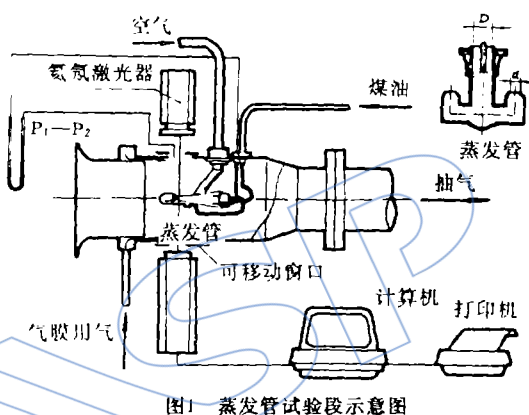


图1 蒸发管试验段示意图

二、试验结果与讨论

1. 雾化空气速度的影响 由图2可以看出,在同一气油比下, V_a 增加,油雾 SMD 减小。

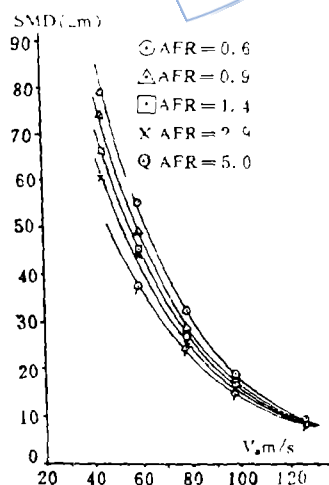


图2 1#蒸发管 SMD 与 V_a 关系曲线 ($l=50 \text{ mm}$)

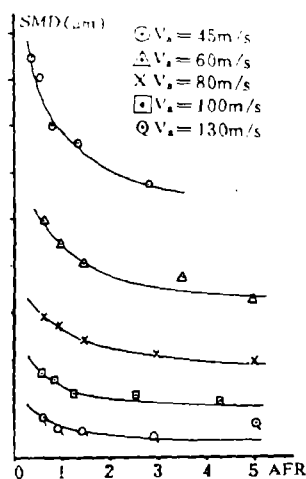


图3 12#蒸发管 SMD 与 AFR 关系曲线 ($l=50 \text{ mm}$)

当 V_a 足够大时(100m/s 以上),不同 AFR 的 $SMD-V_a$ 曲线非常接近,说明空气速度对燃油雾化起着决定性的作用。整理 1# 蒸发管试验数据得到关系式:

$$SMD = 10.112 \times 10^4 / [V_a^{-1.878} (q_{ma}/q_{mf})^{-0.094}] \quad (1)$$

由不同蒸发管数据得到 $SMD \propto V_a^{-n}$, n 在 1.76~2.2 之间。

2. 气油比的影响 图3的曲线说明,油雾 SMD 随着气油比的增加而变小。其他蒸发管亦有相同规律。整理不同蒸发管数据,得到 $SMD \propto (q_{ma}/q_{mf})^{-K}$, K 在 0.07~0.15 之间。从图3还可看到, $AFR < 1.5$ 时,曲线较陡,大于 1.5 则变的平缓。说明气油比较小时,增加 AFR 对降低 SMD 效果明显,气油比大于 1.5 后,再增加 AFR 几乎不起作用,在 $(V_a > 80\text{m/s})$ 时尤其是这样。

3. 蒸发管几何参数的影响 蒸发管出口直径 d 不同,对液雾的 SMD 会产生影响。研究中曾取 V_a 和 q_{mf} 相同而 d 不同的三个蒸发管作对比试验,结果是 d 大的对应 SMD 小。其原因实际是气油比起作用。当 V_a 与 q_{mf} 相同时, d 不同则 q_{ma} 不等, d 大的 q_{ma} 大, q_{ma}/q_{mf} 也大,由(1)式可知,将使 SMD 下降。因此,除用调节供油供气量改变气油比外,改变 d 也能实现其目的。

蒸发管供油喷头孔径和孔数增加,对改善雾化质量有一定作用,特别是在 V_a 较小时效果明显。但当 V_a 增大至 80m/s 以后,不同孔径和孔数区别甚微,都被 V_a 的强大影响所淹没。

研究中曾对 9# 和 10# 蒸发管供油杆故意上偏和右偏 1.5mm,与正常情况进行比较试验,结果发现区别不大,说明供油喷头对蒸发管中心线有小的偏移,对雾化质量没有明显影响。

图4是定位螺母的影响,研究表明,蒸发管内增加定位螺母后,使管内紊流度进一步增加,对燃油雾化产生有利的影响,会使 SMD 明显变小。

4. 雾化细度沿蒸发管出口轴向距离的变化 在蒸发管内及其出口附近,气油之间的动量交换需要一个过程,因此完成燃油雾化要经历一段距离。测量表明,沿蒸发管出口的不同轴向位置,油雾 SMD 在不断变化。图5是 3# 蒸发管的试验曲线,其变化趋势与国内外研究者所作的离心喷嘴和气动雾化喷嘴液雾细度沿喷口下游变化规律基本相同。

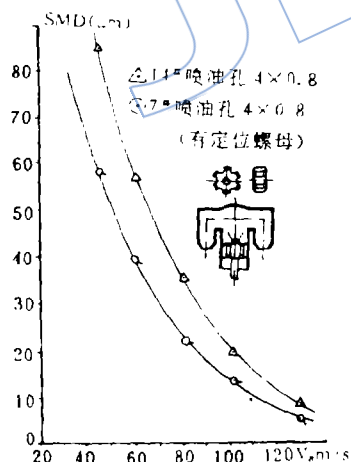


图4 定位螺母对雾化细度的影响 $CD \times d = 16 \times 16(\text{mm})$,
 $q_{ma}/q_{mf} = 2.13, l = 50\text{mm}$

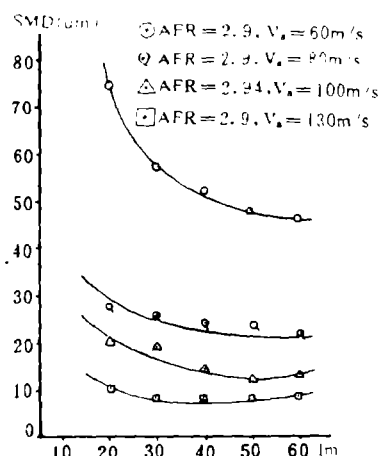


图5 SMD 沿 3# 蒸发管出口轴向距离的变化

需要指出的是,每种蒸发管,完成雾化的距离并不是固定不变的,随着 V_a 增加,雾化空气动量增大,完成雾化的距离也会变短。在图5中, $V_a = 60\text{m/s}$ 时,在 $l = 60\text{mm}$ 处,油雾 SMD 仍呈下降趋势,说明雾化过程还在进行中;当 $V_a = 80\text{m/s}$ 时,在 $l = 50 \sim 60\text{mm}$ 处 SMD 处出平缓段,呈最小值; V_a 增大到 100m/s,在 $l = 50\text{mm}$ 处, SMD 曲线出现典型谷底,再往下游因小油滴的蒸

发和凝聚,使油雾的 SMD 出现上升趋势;继续加大 V_a 至 $130m/s$,结果谷底前移,在 $l=30mm$ 处即完成的燃油雾化。

5. 气油比、雾化空气速度对油雾尺寸分布的影响

众所周知,雾化油滴的尺寸分布是研究燃油雾化特性的有用参数,指数 N 即表征大小油滴的分布情况, N 愈大说明油雾滴径愈趋均匀。图 6 是 1# 蒸发管在 $l=50mm$ 处测的试验曲线。可以看出,在 V_a 一定时, N 随着 AFR 的增加而加大,而在同一 AFR 下, N 随着 V_a 的增加而减小。我国气动雾化喷嘴研究者联系 V_a 与 AFR 对 SMD 和 N 的综合影响,提出 V_a 的增加一方面使油雾 SMD 减小,一方面使液雾滴径更不均匀;而 AFR 的增加使 SMD 和 N 都得到改变,实际起到减少油雾大油滴的作用。我们通过对 N 的测定并联系(1)式 V_a 、 AFR 与 SMD 的关系,说明蒸发管气油比,雾化空气速度对雾化特性的影响与气动雾化喷嘴的规律是相同的。

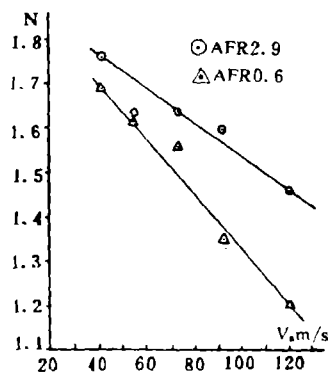


图 6 V_a 和气油比对油滴尺寸分布的影响
(1# 蒸发管, $l=50mm$)

三、结 论

1. 影响蒸发管雾化特性的主要因素有雾化空气速度、气油比、几何参数和沿蒸发管出口的轴向距离。

2. 在本试验范围内,雾化空气速度 V_a 和气油比对雾化细度的影响可归纳为如下关系式:

$$SMD \propto V_a^{-n} \quad n = 1.76 \sim 2.20;$$

$$SMD \propto (q_{ma}/q_{mf})^{-K} \quad K = 0.07 \sim 0.15$$

3. 当供油量和雾化空气速度不变时,增大蒸发管直径可使油雾平均直径减小,这是由于气油比增大的缘故。

4. 增加蒸发管供油喷头的孔数和孔径,可使雾化有所改善,但当 $V_a > 80m/s$ 后作用甚微。

5. 蒸发管内增加定位螺帽扰流,可以使燃油雾化细度降低。

6. 在通常的雾化空气速度范围内,距蒸发管出口 $50mm$ 轴向位置,燃油雾化基本完成。超过这一范围,完成雾化距离与 V_a 成反比。

燃气涡轮研究所四室喷嘴组全体同志共同进行了蒸发管试验研究工作,特此致谢!

(责任编辑:王华芳)

EFFECT OF GEOMETRIC PARAMETERS ON INTERNAL PERFORMANCE OF CONVERGENT-DIVERGENT NOZZLE

Zhao Jingyun (Gas Turbine Establishment)

ABSTRACT The effect of geometric parameters on internal performance of convergent-divergent nozzle has been investigated experimentally. The relationships of thrust coefficient and wall static pressure distribution to area ratio, divergent angle, convergent angle and throat radius of curvature are presented in this paper.

AN EXPERIMENTAL STUDY ON ATOMIZATION OF COAL-WATER SLURRY AND EROSION OF ATOMIZER

Cao Minghua (Beijing University of Aeronautics and Astronautics)

H. W. Glaser (University Essen)

ABSTRACT An internal-mix atomizer has been specially designed for coal-water slurry. The relationships between its slurry spray characteristics and operating parameters have been studied experimentally. High levels of atomization were achieved by the internal-mix atomizer. The protective layer formed by the rotating flow at high speed in the internal-mix atomizer provides a useful means of protection against erosion, corrosion and deposition.

AN EXPERIMENTAL STUDY ON FUEL SPRAY ATOMISING CHARACTERISTICS OF EVAPORATING PIPE ATOMIZER

Sun Yuezhong (China Civil Aviation Tianjin Training Center)

ABSTRACT This paper summarizes the test research on the atomizing characteristics of the evaporating pipe atomizer. Among all the factors which affect the fuel atomization, the atomizing air speed is the most important, but the fuel-air-ratio and geometrical parameters have certain effects on it as well. The distance of the fuel atomization shortens with the increase of the atomizing air speed.

AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON HEAT TRANSFER IN ROTATING COOLANT CHANNELS

Wang Baoguan and Ding Xiaojiang

(Nanjing Aeronautical Institute)

ABSTRACT This paper deals with a facility and an experimental technique for researching the heat transfer of coolant channels in the rotating turbine blade, and presents the preliminary results of the convective coefficient of the flow parallel to the axis in the rotating conditions. The results show that the effect of rotating on heat transfer is highly enhanced by centrifugal and Coriolis forces. In the conditions of the present tests ($Re = 6.4 \times 10^4$, $n = 1000 \text{ rpm.}$), the Nusselt number in the rotating state is about 20 percent higher than that in the stationary case.