

雾化槽燃油雾化机理研究

南京航空学院 刘志刚 王家骅

本文从雾化槽的雾化过程、流场特点、挡板结构以及油膜在翻越运动中的分布,来研究雾化槽的雾化机理。

一、实验设备和实验结果

雾化槽由挡板及喷油杆组成。喷油孔在挡板回流区里逆向喷油。挡板的结构选择了三种,(图1),有两种尺寸 $W_1=15\text{mm}$, $W_2=11\text{mm}$,边长 $l_1=7.5\text{mm}$, $l_2=5\text{mm}$,边厚 $\delta=2\text{mm}$ 。脉冲激光光源的功率为150mj,脉冲时间为30~50 μs 。图象记录的外光路为4f系统。用单通道一维热线风速仪测量雾化槽流场。燃油在挡板表面形成油膜后,用三维可移探针分别测量油膜展宽的最大值 $Z_{\max}$ 和最小值 $Z_{\min}$ 。试验在100×150mm二维风洞里进行,两侧开有观察窗。试验结果如下:

1. 雾化槽的雾化过程及挡板结构的影响 由脉冲激光拍摄的雾化槽燃油雾化过程可见,燃油形成油膜后,沿着挡板的径向方向上下移动。油膜在挡板内边缘实现了翻越,运动至挡板的前边缘才全部雾化。雾化的燃油由油柱冲击挡板的破碎雾化,油膜在翻越过程中的失稳雾化,油膜在挡板外表面的失稳雾化以及油膜挡板前边缘的失稳雾化四部分组成。由于雾化槽出口的油滴颗粒过于集中,不能从全息照片中分析雾化质量。由图象处理的伪彩色技术,可得燃油浓度在雾化槽出口的分布,如图2a曲线所示。因此,雾化的燃油在出口处,形成了雾化槽特有的马鞍形状,即大部分的燃油是在挡板前边缘失稳雾化的,其它三方面的雾化仅占总雾化量的20%左右。雾化槽的雾化过程还表明,由于油膜在前边缘雾化时,雾化面积大,油膜薄,燃油失稳后,马上就形成了油珠,具有一定的雾化角。

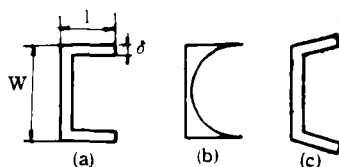


图1 挡板结构

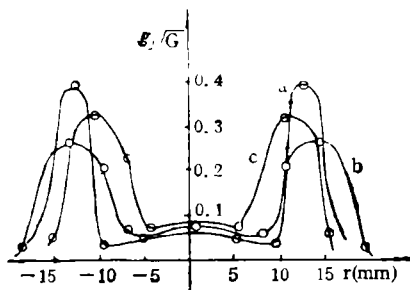


图2 雾化槽出口燃油浓度分布

图1b的圆弧形挡板结构使挡板边缘的限制作用减弱,但油膜翻越的角度从直边的90°增大至圆弧的180°。图2b曲线是它的燃油浓度分布图。表明有更多的燃油在翻越中失稳雾化,继续翻越到挡板前边缘的燃油减少。因此,燃油分布的空间加大。由于直接以圆弧角冲入顺流区的燃油增多,雾化角便相应增大。

图1c结构的挡板边缘张开后, 暴露在气流中的油膜面积增大, 油膜未运动至挡板前边缘就被气流雾化。挡板张角愈大, 油膜雾化的位置愈往后移, 运动中失稳的燃油也愈多。图2c曲线显示它的燃油浓度分布向雾化槽内侧移动。

2. 油膜展宽测试 雾化槽的油膜翻越运动, 扩大了油膜雾化面积, 提高了雾化质量。油膜的展宽在挡板的内侧对称处最窄, 在挡板外边缘最宽。相对油膜展宽定义为: 油膜宽度/总喷油量 = Z/G_f 。图3表明 Z/G_f 随油压 P_f 增大而加大, Z_{max} 和 Z_{min} 差值也加大 ($V_g = 84\text{m/s}$)。提高气流速度 V_g , 油膜展宽 Z 减小, 但减小的幅值不大。如图4所示。图5显示挡板宽度 W 增加, $W_1 = 15\text{mm}$, $W_2 = 11\text{mm}$, 相对油膜展宽加大。图6的 Z_{max} 和 Z_{min} 表示圆弧形挡板结构的相对油膜展宽与油压的关系。与图3的直边挡板油膜展宽相比较, 圆弧形挡板结构使外边缘的最大油膜展宽减小很多, 且 Z_{max} 与 Z_{min} 的差值变小。结合几种结构的挡板所形成的燃油浓度场, 表明直边挡板能提供大的油膜雾化面积。

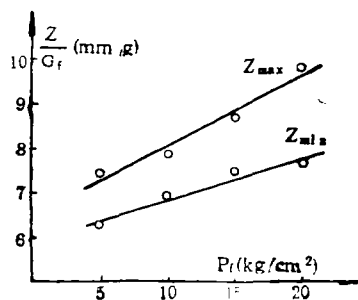


图3 $Z/G_f \sim P_f$ ($V_g = 84\text{m/s}$)

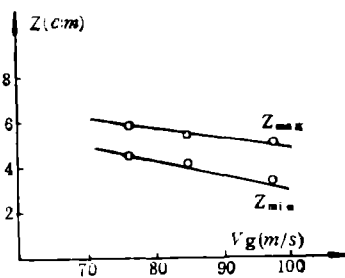


图4 $Z \sim V_g$ ($P_f = 20\text{kg/cm}^2$)

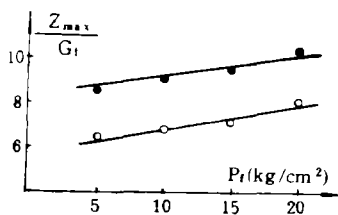


图5 油膜展宽与挡板宽度 ($W_1 = 15\text{mm}$, $W_2 = 11\text{mm}$)

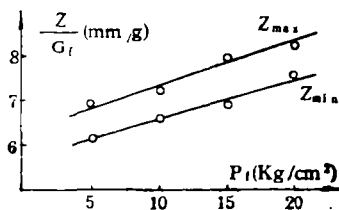


图6 圆弧形挡板与油膜展宽

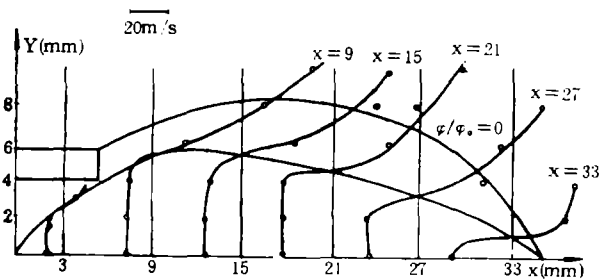


图7 雾化槽轴向速度分布 ($W = 11\text{mm}$)

3. 雾化槽的流场测量 $V_g =$

77m/s 时图7表明气流回流区已进入雾化槽内。愈靠近挡板, 气流轴向速度愈低。在挡板内边缘附近, 气流速度分布接近轴向速度为零的流线, 显示此处气流速度低。挡板的外边缘也处在气流轴向速度为零的范围内, 但气流速度变化快, 离挡板外边缘稍远的地方, 轴向速度恢复至正常值。

图8是挡板回流区部分截面的径向气流速度分布。注意到雾化槽内的气流径向速度大小可以和轴向速度相比较。在回流区其它截面上, 径向速度变化不大, 但靠近回流区零流线附近, 径向速度递增较快。

图 9 表明雾化槽后方的湍流强度远远高于自由射流的湍流强度。在零流线附近的区域,湍流强度达到最大值。比较图 3 的燃油浓度分布,零流线附近区域正好是燃油比较集中的地方。因此,燃油浓度场和气流紊流场匹配,是雾化槽有利于燃油雾化的又一特点。

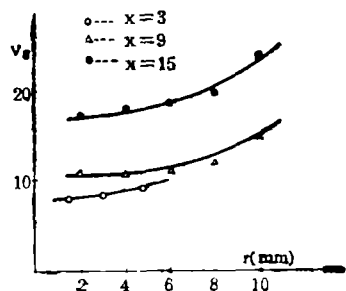


图 8 挡板径向速度分布 ($W = 15 \text{ mm}$)

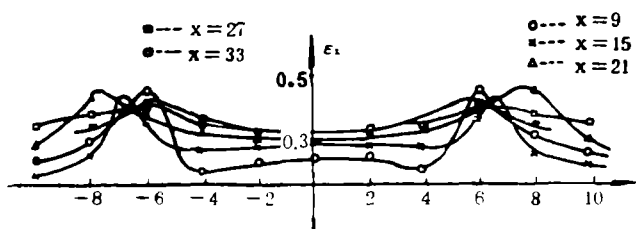


图 9 雾化槽湍流强度分布 ($W = 11 \text{ mm}$)

二、讨 论

试验表明雾化槽的气流结构具有一般回流区的特征。但挡板的槽浅,回流更易进入槽内。气流速度的变化对油膜的形成和雾化产生了大的影响。在挡板边缘处,图 5 的流场分布显示这里气流速度低,加上油膜本身的运动,造成气流与油膜的相对速度小,只有一小部分燃油由于运动惯性而脱离油膜,形成雾化很差的大油珠。燃油的粘性和张力则防止了燃油在翻越过程中进一步失稳。因此,大部分燃油在运动惯性的作用下,在挡板边缘完成了翻越。由于挡板外边缘的气流速度低、油膜薄,已翻越到挡板外边缘的油膜仅有少量失稳雾化。油膜依运动惯性至挡板前边缘时,完全暴露在主气流中而产生雾化。

燃油的出口速度增加,使油膜的初始运动惯性增加,油膜的展宽便扩大;而气流速度提高,加速了油膜的径向运动,油膜更易翻越,造成油膜展宽减小的变化。当挡板宽度增加,油膜扩展的路径便增大。挡板结构的变化则影响油膜的运动。因此,油膜的展宽与挡板结构、气流速度和燃油的惯性有关。而燃油惯性又与燃油出口速度 V_f , 喷油孔直径 d 和喷油孔距挡板的位置 L 有关。由试验结果归纳出航空煤油在直边雾化槽的最大油膜展宽与各参数之间关系。

$$Z_{\max} = 20.1 W \left(\frac{L}{d} \right)^{-0.35} \left(\frac{V_f}{V_g} \right)^{1.39} \quad (1)$$

可见减小喷油孔与挡板的距离,增大喷油孔径也将使油膜展宽扩大。综合试验装置与测试设备的因素,测试误差小于 10%。

雾化槽的选型试验表明,直边挡板结构为油膜的翻越提供了合理的流场,也为油膜的扩展提供了最大运动路径,以获得大油膜雾化面积,因此直边挡板是雾化槽较理想结构。

结论: 本文的试验表明雾化槽的燃油雾化由四部分组成,但主要来自于雾化槽前边缘的油膜失稳。雾化槽特有的油膜翻越,扩大了油膜的雾化面积。此外,雾化槽后方的紊流场与燃油浓度场的匹配,也有利于燃油的进一步雾化。

(责任编辑 王华芳)

RESEARCH ON TEMPERATURE PROFILE FACTOR AT EXIT IN AN ANNULAR COMBUSTOR

Zhang Baocheng (*Shenyang Institute of Aeronautical Engineering*)

The visualized statistics of the temperature profile factors (PF) at exits in an annular combustor and its sectors have been made. The results indicate that the number of heads in a sector has significant effect on PF. The empirical formulae for calculating all-ring combustor PF have been obtained from fitting of statistical data. The relative errors between the calculations with these formulae and the measurements in tests are less than 0.045.

ON ATOMIZING MECHANISM IN ATOMIZING CHANNEL

Lin Zhigang and wang Jiahua (*Nanjing Aeronautical Institute*)

The atomizing process in atomizing channel has been investigated by means of pulse laser. The results show that most of atomizing spray comes from the unstable atomization of fuel film on the front edge of the channel. The recirculation zone of the channel impels the fuel film to turn over from the inside to outside of the channel. The width of the fuel film and recirculation zone of the channel have also been measured. An empirical expression for fuel film width has been deduced.

STUDY ON FUEL SPRAY CHARACTERISTICS IN HEATED AIR STREAM.

Yang Guixiang (*Nanjing Aeronautical Institute*)

Jing Rushan (*Beijing University of Aeronautics and Astronautics*)

Based on studying interdependence of spray characteristics and evaporation history of fuel sprays and on measuring the spray characteristics by light scattering in heated air stream, authors conducted an experimental and analytical research on variation of spray characteristics of vaporizing kerosene sprays in a straight cylindrical vaporizer with heated air stream. The fuel was injected co-axially from a plane orifice air blast atomizer upstream of the vaporizer. Both the experimental and analytical results show that within the present parameter range, the spray Sauter Mean Diameter and drop size distribution parameter increase with downstream vaporization distance.