

二维激光多普勒测速仪在 扩散火焰测量中的应用

马捷频 林其勋 杜琴芳 肖宁芳

(西北工业大学)

摘 要

利用二维激光多普勒测速仪测量了液化石油气-空气扩散火焰的流场,得到了满意的结果。测量采取前向散射接收方式,为此对原后向散射接收光路进行了改造,结果在激光输出功率较低的情况下得到了比较好的多普勒信号。

一、引 言

一般的接触式测量不仅干扰流场,同时受到环境的影响。如燃烧测量中探针要经受高温,且要冷却^[1],这就要进一步影响流动。

我们用DANTEC公司的二维激光多普勒测速仪测量了液化石油气-空气扩散火焰流场。测量改造成前向散射接收方式,为提高数据率,设计制造了一台适用小流量气流的固体粒子发生器,选用氧化镁粒子作为散射粒子。在自己设计的小型燃烧系统上进行测量。积累的测量经验对大尺寸燃烧系统的测量有参考意义。

二、实 验 装 置

1. 测试系统

测试系统由光学探测、信号处理与数据采集两部分组成。

原光学探测部分是后向散射接收,测量需要较高的激光输出功率(约1W)。为降低激光管功耗,延长激光管寿命,我们把光学探测部分的散射光接收光路改造成前向散射接收,测量时激光输出功率只需0.3~0.5W。改造工作包括在原位移机构上安装一根槽铝,跨度根据前透镜焦距选择,并在槽铝上安装一个用于放置光电倍增管的万向接头。光电倍增管可随万向接头旋转,使光的接收方向与散射光的偏振方向保持一致。光电倍增管与位移机构由计算机控制一起移动,这给测量带来了极大的方便。

信号处理与数据采集部分由DANTEC55L90a计数器、57G 20缓冲接口和DEC公司PDP11/03-L计算机系统组成。

2. 燃烧系统

燃烧系统由两条独立的管路系统组成,一路通空气,另一路通液化石油气。燃烧器安装

$$\overline{u'v'} = \frac{1}{2\cos^2 \Delta\gamma} \left[\overline{V_3'^2} (1 - 2\sin^2 \Delta\beta) + \overline{V_4'^2} (1 - 2\cos^2 \Delta\beta) + 2\overline{V_3'V_4'} \sin(\Delta\alpha - \Delta\beta) \right] \quad (8)$$

四、测量结果及其讨论

当空气出口速度 $U_0 = 18.58 \text{ m/s}$ 时, 测得轴向时均速度分布(图2), 当 $U_0 = 26.36 \text{ m/s}$ 时, 测得轴向、径向时均速度分布(图2、图3)、湍流动能分布(图4)和轴向——径向速度相关(图5)。测量截面 x/D 分别标于图上, 图中虚线代表火焰前锋位置。图8是 $U_0 = 26.36 \text{ m/s}$ 时的合速度矢量分布, 图9是轴向时均速度沿喷管中心线的分布。

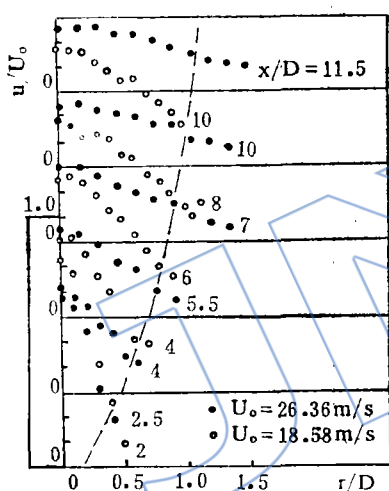


图2 轴向时均速度分布

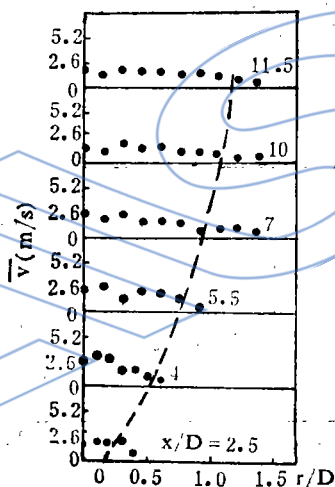


图3 径向时均速度分布
($U_0 = 26.36 \text{ m/s}$)

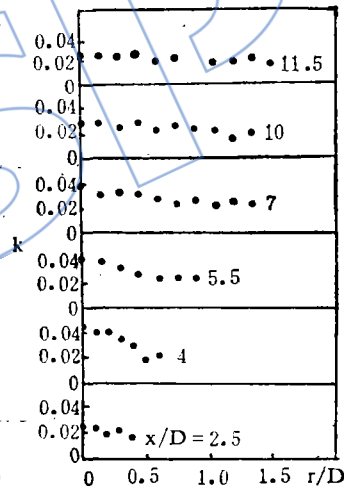


图4 湍流动能分布 ($U_0 = 26.36 \text{ m/s}$)

图2表明, $U_0 = 18.58 \text{ m/s}$ 对应的分布是典型的层流射流扩散火焰的轴向时均速度分布; $U_0 = 26.36 \text{ m/s}$ 对应的分布是层流向湍流发展的过渡区内轴向时均速度分布, 图中 $x \leq 55 \text{ mm}$ 的区域为层流区, $55 < x \leq 70 \text{ mm}$ 的区域为过渡区, $x > 70 \text{ mm}$ 的区域为充分发展的湍流区。随着扩散火焰由层流向湍流发展, 轴向时均速度沿径向的衰减速率越来越小。

图4表明, 各测量截面上的无因次湍流动能 K ($K = \sigma_K^2 / 2U_0^2$) 的最大值基本落在喷管的中心线上。在充分发展的湍流区内, 同一截面上的无因次湍流动能非常接近, 说明湍流区内同一截面上的混合强度基本相等, 而在过渡区和层流区内, 同一截面上的混合强度相差较大。

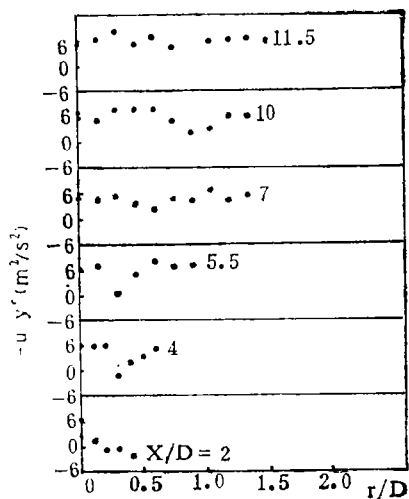
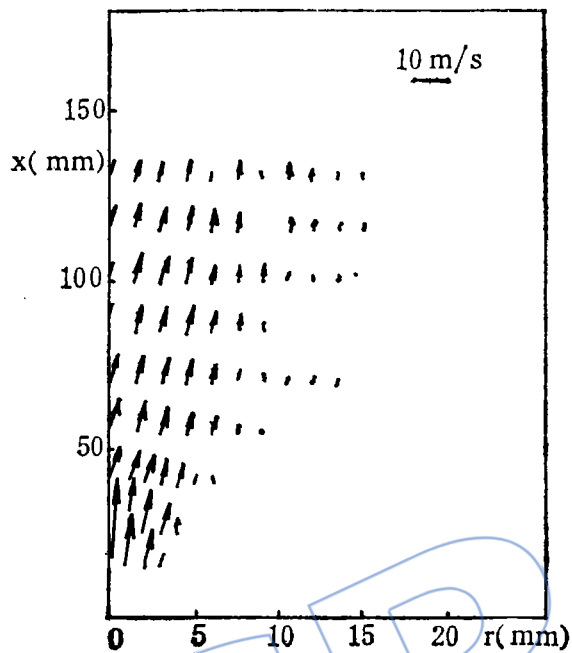
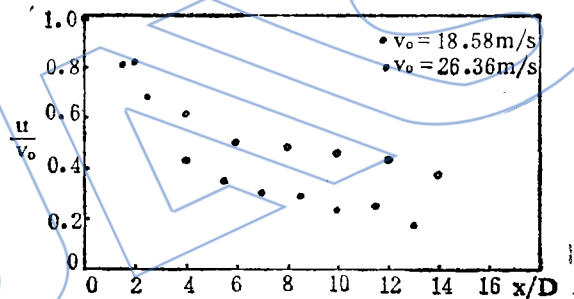
图5 轴向——径向速度相关 ($U_0 = 26.36 \text{ m/s}$)图6 合速度矢量分布 ($U_0 = 26.36 \text{ m/s}$)

图7 轴向时均速度沿中心线的分布

图7表明,湍流扩散火焰的轴向时均速度沿中心线下降的趋势比层流扩散火焰的快,这一结论与Boker和Whitelaw〔2〕在测量甲烷—空气扩散火焰时得到的结论一致。

从图6发现,喷管中心线上的速度方向一致右偏,这是燃烧器加工和安装上的一点误差所造成的。

参 考 文 献

- 〔1〕 Beer, J.M., and Chigier, N.A., "Combustion Aerodynamics", London Press, 1972.
- 〔2〕 Baker, R.J., Bourke, P.J., Whitelaw, J.H., "Measurements of Instantaneous Velocity in Laminar and Turbulent Diffusion Flames Using an Optical Anemometer", J. Inst. Fuel, Vol. 46, 1973.

(责任编辑 王华芳)

APPLICATION OF A TWO-DIMENSIONAL LASER DOPPLER ANEMOMETER TO MEASUREMENT IN DIFFUSION FLAME

Ma Jieping, Lin Qixun, Du Qinfang, Xiao Ningfang

(Northwestern Polytechnical University)

Abstract

The flow field of liquified petroleum gas (LPG) -air diffusion flame in a small scale combustion system was measured with a two-dimensional laser Doppler anemometer(LDA). In order to reduce loss of laser output the forward scatter receiving mode was employed. For this reason, the back scatter receiving optical system of two-dimensional LDA from DANTEC company was modified. The practice shows that the forward scatter receiving mode reduces the loss of laser output by a factor of 2 or more, the Doppler signals received are satisfactory.

A self-made solid particle generator was used to increase data rate. Solid particles of magnesium dioxide were chosen as scattering particles. The tests verify that this approach is suitable for LDA measurement.

GROWTH OF SECONDARY FLOW LOSSES DOWNSTREAM OF A TURBINE BLADE CASCADE

Chen Lide

(Chendu Engine Company)

Abstract

End-wall total pressure losses downstream of a low-speed turbine cascade have been measured at several planes in order to determine the changes in secondary flow loss coefficients and the growth of the mixing loss with distance downstream.

The results obtained are compared with various published secondary flow loss correlations in an attempt to explain some of the anomalies which exist at present. Some new correlations have been derived which include the important one for gross secondary loss coefficient Y_{sg} in terms of loading and aspect ratio as well as the upstream boundary layer parameters.