

喷雾液滴速度分布的实验研究

西北工业大学 刘伟* 刘燕 严传俊

【摘要】 采用激光全息测量技术对两种压力式喷嘴的喷雾液滴速度进行了测量。实验中测量了喷雾场不同区域的液滴速度分布。实验结果表明:不同工况下,喷雾初始区中某一种尺寸液滴的速度和运动角度并不相同,而是具有一定的速度、角度分布范围,其取值呈现一定的随机性;在不同轴向位置处,相应于本文的实验工况,液滴运动速度和运动角度均随轴向距离的增加而减小,但对于不同的尺寸,运动参数的变化程度又有所不同。

主题词: 雾化器 喷雾燃烧 液滴分布

分类号: V231.23

1 实验装置

随着测试技术的发展,喷雾场测量广泛地采用了光学测量方法,如激光多普勒风速仪、马尔文滴径仪、激光全息测量方法等。其中激光全息利用物光和参考光的干涉,记录物体的光场振幅和位相,因而能反映物体的三维特性。采用脉冲式的激光全息技术,可以瞬时把动态粒子场“冻结”起来,粒子的大小、形状、数量和空间位置可逐个辨认、统计,利用两次或多次曝光,还可测量液滴运动速度、加速度、运动角度等复杂的变化状况。因此这种方法被认为是测量动态粒子场全面而真实的工具^[1]。本文尝试把全息方法应用于实际流动环境中的喷雾研究,并重点研究喷雾液滴速度分布的特点及其规律。

实验装置主要由气源系统、油路系统、光学测量系统及实验段等部分组成^[2]。其中实验段横截面尺寸为 $250\text{mm} \times 250\text{mm}$,前部可安装喷嘴。由于激光光束要通过实验段,对其设计和加工提出了较高的要求。为了保证全息实验对透光率的要求,所使用的喷嘴具有小流量的特点,且具有一定的喷雾角。实验中喷雾介质为水。

喷雾实验采用 HTRC-500 脉冲激光全息系统进行记录^[3]。该系统采样空间为 102mm ,分辨率可达 $5\mu\text{m}$,可采用离轴和同轴方式进行测量。本文采用同轴方式记录。

实验结果在改进的 HRS-5 全息再现系统上再现。该系统主要由摄像机、三维拖板、闭路电视、数字式坐标读数仪等组成。通过万向控制器使整个系统的操作方便灵活。全息干板的数数据采用人工方法进行判读。记录时借助于三维坐标系统可使标定丝与焦面间不重合距离 $\leq 1\text{mm}$,从而基本消除标定误差^[4],而再现系统对液滴图像的放大及多次重复的测量,可以减小观测误差,其距离和角度的读数误差均小于 10%。

2 实验结果及分析

仅给出两个主要的实验结果,其实验工况如表 1 所示。由于数据处理的工作量很大,仅选

取靠近喷嘴的初始区域(约 10mm)和轴向 x 为 40mm 和 70mm 两位置处的数据进行处理。

表 1 实验工况

工况	喷嘴编号	喷嘴直径(mm)	供油压力(Pa)	供油量(kg/h)	气流流速(m/s)
1	No. 1	0.5	39.2×10^4	11.3	8.5
2	No. 2	1.0	39.2×10^4	20.16	8.5

取 x 为平行于实验段中心线或气流流动的方向, y 为垂直于 x 的方向, 则数据处理中选取 xoy 为运动参数计算的坐标面。图 1 给出了 No. 1 喷嘴在该平面上喷雾初始区液滴合速度和运动角度随液滴尺寸的分布情况。虽然变化总趋势表明, 随尺寸增大, 液滴速度增大, 液滴运动角度也增大, 并趋于喷雾角, 但图中也清楚地说明, 在同一工况下, 某一尺寸液滴的速度、角度并不相同, 而是具有一定的速度、角度分布范围; 不同尺寸液滴的速度、角度也是不同的, 且有不同的分布范围。对液滴而言, 其速度和角度的取值呈现出随机性。运动角度的变化范围显然要小, 可见液滴运动具有一定的取向性。应当指出, 由于实验观测到在该位置处切向速度已经非常小, 故上述速度和角度也可看作是液滴运动的总速度和空间运动角。

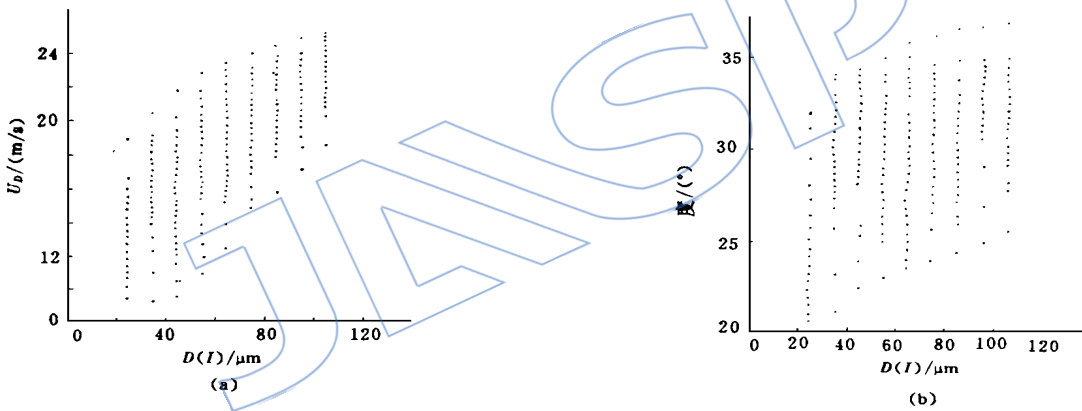


图 1 喷雾运动参数分布(a)速度分布(b)角度分布

上述结果不仅给出了喷雾液滴的运动特点, 而且也指出了在喷雾计算中正确地给定初始运动状态是十分重要的。

图 2 及图 3 分别给出了 No. 1、No. 2 喷嘴的液滴平均运动速度和角度随液滴尺寸 D 以及轴向位置 x 的实验结果。虽然实验值有一定的波动性, 但仍呈现出一定的规律。可以看出, 随 D 的减小, 速度 U_D 减小, D 接近于 $25\mu\text{m}$ 时, U_D 约为 9m/s , 已接近于气流速度, 可见小液滴更易受到气流阻力的影响; 随 x 的增加, 不同直径液滴的速度 U_D 也减小, 但 D 值越小, U_D 也随之更接近于气流速度, 而大粒子由于较大的惯性在相当距离后仍未达到速度平衡。对不同的喷嘴, 有相似的规律, 只是 No. 2 喷嘴的尺寸范围更广一些, 且图 2(b) 显示出随 D 的增大, 速度的增加也变得缓慢了, 说明液滴的运动速度具有上限值。

液滴运动角度的变化也呈现了一定的规律性。随 D 减小, 运动角减小, 且趋近于零, 说明小粒子更易于取气流的运动方向; 随 x 的增加, 不同直径液滴的角度也是减小的, 说明液滴在不断地偏折, 从而向喷雾中心线靠近。运动角先急后缓的变化特点, 说明小粒子“随流而动”, 从

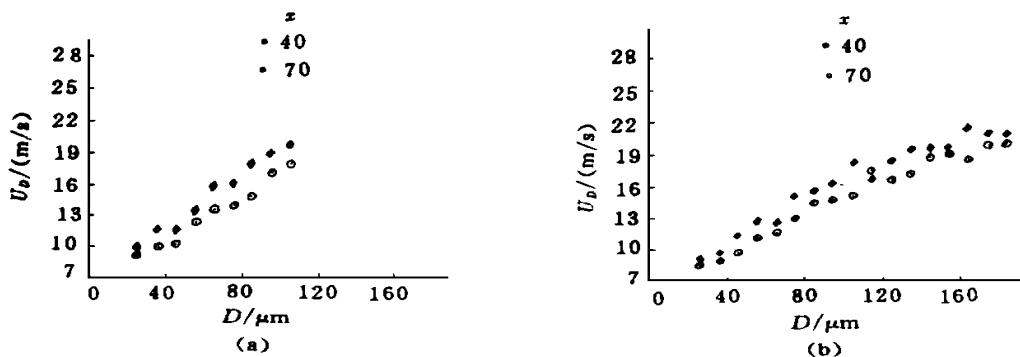


图 2 液滴运动速度随尺寸的变化(a) 工况 1(b) 工况 2

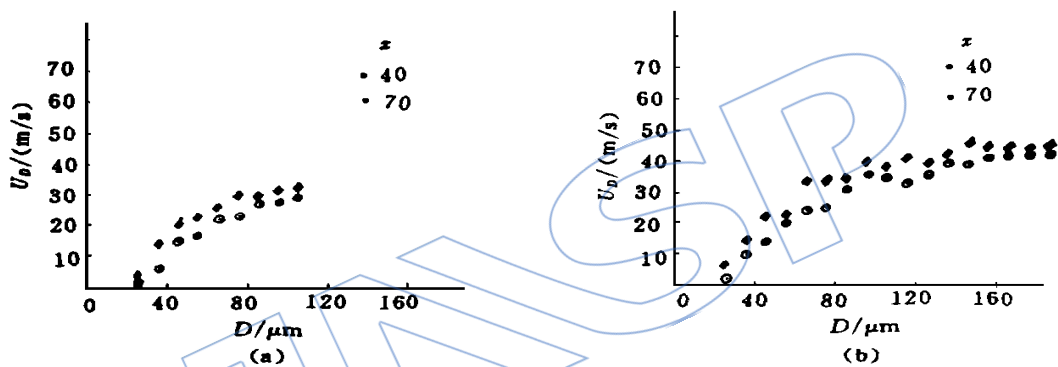


图 3 液滴运动角度随尺寸的变化(a) 工况 1(b) 工况 2

而更易受到气流运动的影响而发生偏折。

3 结 论

(1) 液滴在初始区的运动速度及运动角度的分布具有一定的随机性, 不同尺寸的液滴具有不同的分布范围。因此, 喷雾计算中应正确地处理液滴的运动初始条件; (2) 液滴运动速度和运动角度均随距离的增加而减小, 但液滴尺寸越小, 其运动速度在一定距离后越接近于气流速度, 而运动角度随尺寸呈现小粒子上升快、大粒子上升趋于缓慢的特点, 说明了在一定初始状态下, 液滴尺寸对燃油的分布有很大的影响。

参 考 文 献

- 1 Trolinger J D. Laser Diagnostic Method, A Summary. AIA A-83-1983
- 2 刘伟. 喷雾两相流实验及其数值计算研究: [学位论文]. 西安: 西北工业大学, 1993
- 3 Spectrum Development Lab. The HT RC-500 Holographic System. SDL s Manual, 1986
- 4 何万祥. 应用激光全息技术对柴油机油雾场分布规律的测量研究. 内燃机学报, 1985, (1)