

靶式喷嘴雾化特性实验研究^①

胡春波 陈步学 蔡体敏

(西北工业大学航天工程学院, 西安, 710072)

摘 要: 对靶式喷嘴雾化特性用三维相位多普勒粒子分析仪进行了实验研究。测量结果显示, 该靶式喷嘴雾化效果较好, 喷雾中心粒度较小, 粒度随气液质量比增大呈减小趋势, 重力对喷雾场粒子速度分布有一定的影响。

主题词: 靶式喷嘴⁺, 燃油雾化, 粒度, 速度测量

分类号: V233.42

EXPERIMENTAL STUDY ON ATOMIZING FLOWFIELD OF TARGET SPRAY NOZZLE

Hu Chunbo Chen Buxue Cai Timin

(Coll. of Astronautics, Northwestern Polytechnical Univ., Xi'an, 710072)

Abstract: At target spray nozzle, high speed gas flow smashes the liquid film formed from jet-impinging atomization into pieces. Atomizing flowfields at different vertical sections away from spray nozzle exit were measured by 3D-PDPA system. The main respects measured are as follows: (1) The variation of particle mean velocity with Y ; (2) the proportion of particle number within different diameter ranges. The main results measured are as follows: (1) the target spray nozzle achieved good results; (2) atomized particle diameter decrease as ratio of air to water increases. (3) particle mean velocities are influenced by gravity.

Subject terms: Target spray nozzle⁺, Fuel pulverization, Granularity, Velocity measurement

1 引 言

Brena^[1]对旋转喷雾结构进行了实验研究, Lefebvre^[2]对气泡雾化喷嘴的气液比与雾化粒径之间的关系进行了研究, 石少平^[3]对低 Weber 数射流撞击雾化的数学模型进行了研究。由于靶式喷嘴雾化机理非常复杂, 目前有关靶式喷嘴雾化特性的理论研究和实验研究的文献报道甚少。本文采用相位多普勒粒子分析仪, 对靶式喷嘴雾化特性进行了实验研究。测出了不同截面上粒子的平均速度和粒径的分布, 以及气液比对雾化效果的影响, 为靶式喷嘴雾化理论研究, 提供了很有价值的实验数据。

2 实验装置和测量方法

实验用水代替油, 空气代替蒸汽, 高压空气由压缩机提供, 高压水由离心泵提供。实验所用靶式喷嘴结构示意图如图 1 所示。

^① 收稿日期: 1998-02-26, 修回日期: 1998-04-13

测量采用三维相位多普勒粒子分析仪 (PDPA 系统), 利用相位差原理测量粒度。测速精度为 0.2%, 测粒精度为 1%, 每个点采集 4000 个有效粒子, 然后进行统计平均得到粒子的粒度和三维平均速度。测量截面为沿气流方向距喷嘴出口 $x=800\text{mm}$, 1000mm , 在竖直截面上沿 Y 方向扫描。

实验所用的气流压力为 $0.5\text{MPa} \sim 0.6\text{MPa}$, 气流量为 $440\text{kg/h} \sim 490\text{kg/h}$, 水压为 $0.3\text{MPa} \sim 0.7\text{MPa}$, 水流量为 $4000\text{kg/h} \sim 9000\text{kg/h}$ 。实验所用的运行参数和实际生产中的参数比较接近。

3 实验结果

竖直截面内, 雾化粒子平均直径 SMD 沿 Y 方向的分布如图 2, 3 所示。粒子的 SMD , 沿 Y 的正、负方向都逐渐增大, 喷雾场中心雾化粒径最小。这说明在喷雾场中心大粒子数较少; 远离喷雾场中心, 大粒子数增多。不同气液质量比 (ALR) 情况下, 粒子 SMD 沿 Y 方向的变化趋势不变。

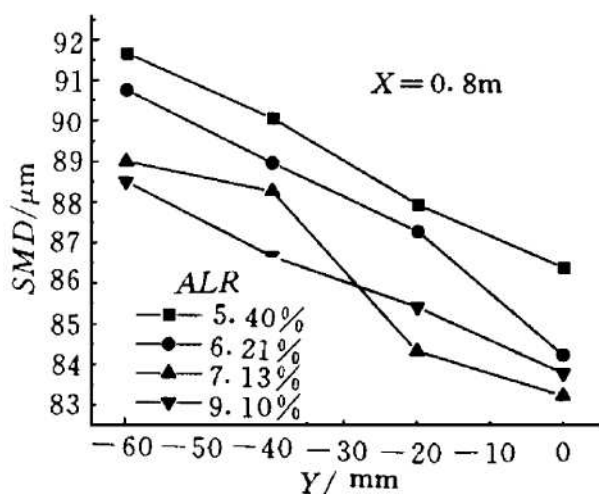


Fig. 2 Variation of SMD with Y

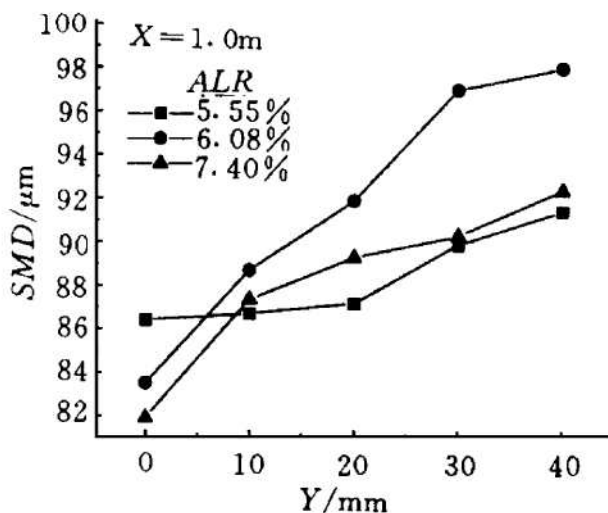


Fig. 3 Variation of SMD with Y

X 方向粒子平均速度 V_1 沿 Y 方向分布如图 4, 5 所示。从图中可以看出: 沿 Y 的负方向, 从 $0\text{mm} \sim -40\text{mm}$, V_1 逐渐增大; 从 $-40\text{mm} \sim -80\text{mm}$, V_1 逐渐减小。 V_1 沿 Y 的正方向逐渐减小。主流速度的最大值由于重力的影响而向下稍有偏移。不同气液质量比下, V_1 沿 Y 方向变化趋势不变。

Y 方向粒子平均速度 V_2 沿 Y 方向的分布如图 6, 7 所示。沿 Y 的负方向, V_2 逐渐增大。沿 Y 的正方向, V_2 逐渐减小, 这说明重力对 V_2 方向有影响。不同气液质量比下, V_2 沿 Y 方向的变化趋势不变。和 V_1 相比, V_2 较小。

Z 方向粒子平均速度 V_3 沿 Y 方向分布如图 8, 9 所示。沿着 Y 的负方向, V_3 逐渐增大, 沿着 Y 的正方向, V_3 逐渐减小。不同气液质量比下, V_3 沿 Y 方向分布基本不变。

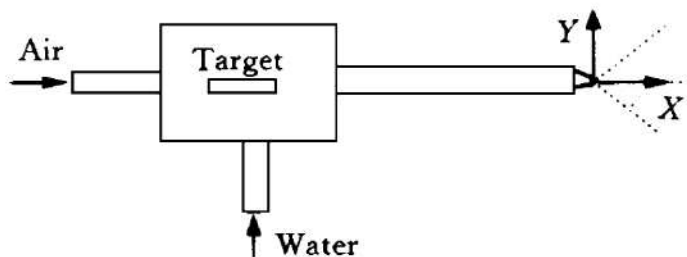
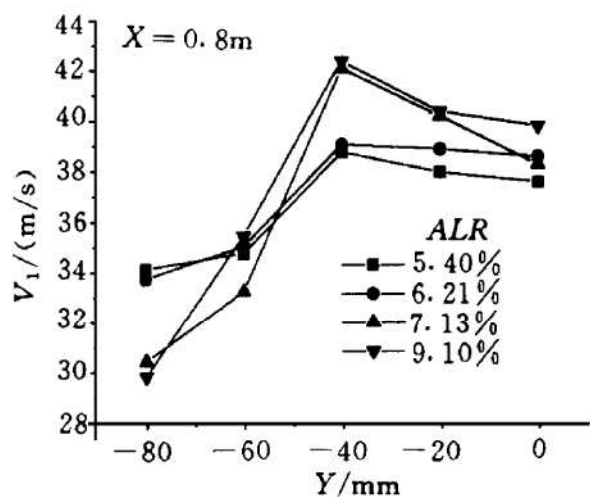
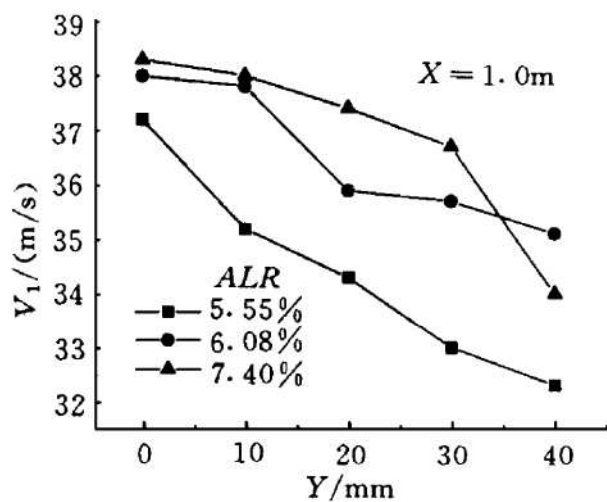
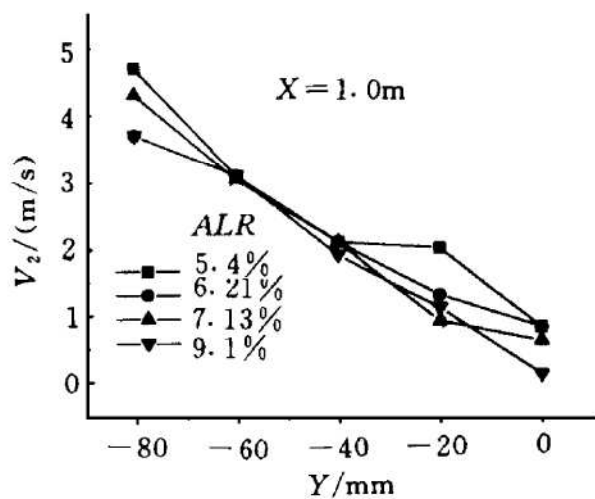
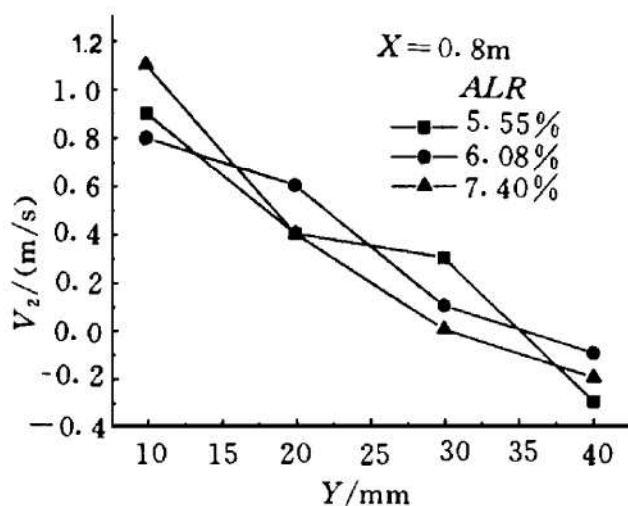
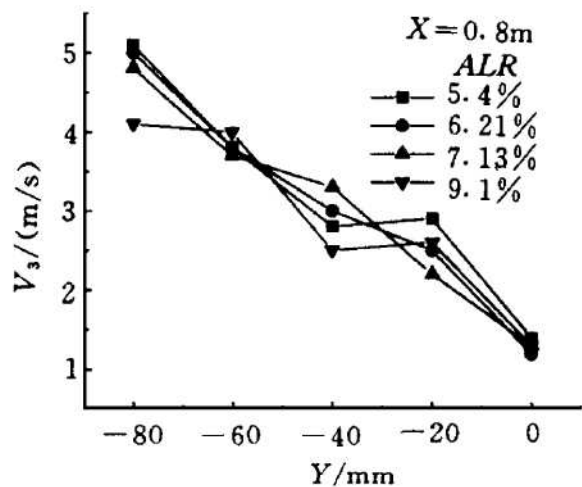
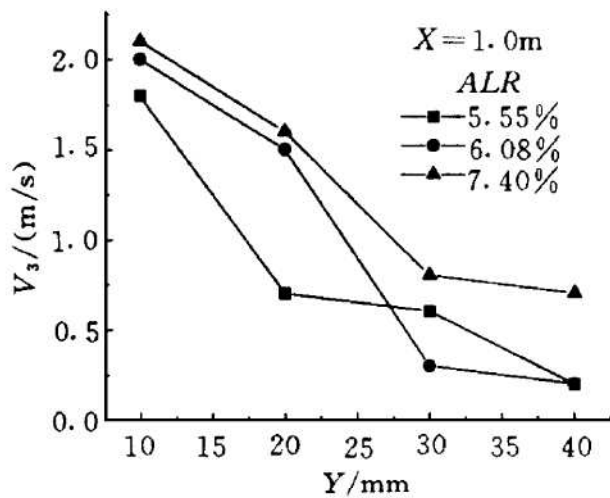


Fig. 1 The scheme of target spray nozzle

Fig. 4 Variation of V_1 With Y Fig. 5 Variation of V_1 with Y Fig. 6 Variation of V_2 with Y Fig. 7 Variation of V_2 with Y Fig. 8 Variation of V_3 with Y Fig. 9 Variation of V_3 with Y

粒子的算术、Sauter 平均直径随气液质量比的变化如图 10 所示。随着气液质量比增大,粒子平均直径减小,并且减小的速率逐渐减慢。当气液质量比增大到一定程度,再靠增大气液比来改善雾化情况,效果将不明显。 SMD 比算术平均直径大得多,说明雾化场中有一定数量的大粒子存在。

不同粒径范围内,粒子数所占比例分布如表 1 所示,从表中可以看出,雾化粒径分布较好, $30\mu\text{m}\sim 90\mu\text{m}$ 之间的粒子数占 $47\%\sim 58\%$,大于 $90\mu\text{m}$ 的粒子数占 $11\%\sim 25\%$,当气压不变,水压减小时,大于 $90\mu\text{m}$ 的粒子所占比例数减小。

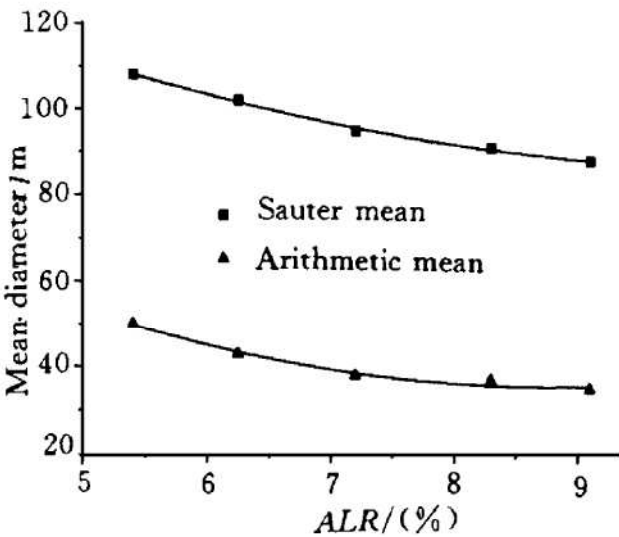


Fig. 10 Variation of mean diameter with air-water ratio

Table 1 The proportion of particle number within various diameter range

Gas pressure/MPa	Water pressure/MPa	Proportion of particle number/%		
		4μm~30μm	30μm~90μm	>90μm
0.6	0.7	33.9	52.6	13.5
0.6	0.5	42.6	47.1	10.3
0.5	0.6	26.3	49.58	24.2
0.5	0.5	31.8	47.1	21.1
0.5	0.4	27.9	55.4	16.7
0.5	0.3	28.8	55.8	15.4
0.4	0.5	27.8	48.8	23.4
0.4	0.4	33.4	49.5	17.1

4 结 论

- (1) 气液质量比增大,雾化粒径减小,但减小速率逐渐变慢。
- (2) 雾化粒径分布较好, $30\mu\text{m}\sim 90\mu\text{m}$ 粒子数占 50%多,大于 90m 粒子所占比例较少。
- (3) 不同气液质量比下,粒子平均速度 V_1, V_2, V_3 及 SMD 沿 Y 方向分布趋势不变。

参 考 文 献

1 B de la Rosa A. Particle diagnostics and turbulence measurements in a confined isothermal liquid spray. Transactions of the ASME Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, 1993, 115: 499

2 Lefebvre A A. Characteristics of aerated-liquid pressure atomizers. AIAA 87-0063

3 石少平. 低 Weber 数射流撞击雾化的数学模型. 航空动力学报, 1994 (3): 285~288