

doi: 10.3969/j.issn.1674-8530.2011.03.014

## 气力辅助静电雾化的 PIV 试验研究

王军锋, 黄继伟, 黄俏梅, 王贞涛, 张娟娟

(江苏大学能源与动力工程学院, 江苏 镇江 212013)

**摘要:** 为了研究气力辅助作用下静电雾化的流场特性, 采用粒子图像测速技术(PIV)对风速、荷电电压及通气管与喷头间距等参数影响下的喷雾流场进行测量, 并结合 Tecplot 后处理软件对所储存图片进行处理和分析, 获得了不同参数下的静电喷雾流场特性。结果表明: 通气管和喷头的间距以及风速一定时, 不同的荷电电压形成不同程度的卷吸, 且电压越大, 卷吸现象越明显, 卷吸区域沿着喷雾的轴向逐渐向下延伸; 通气管和喷头的间距以及荷电电压一定时, 随着风速的增大, 气动力的主导作用越来越明显, 在气流区的卷吸程度逐渐减弱, 卷吸现象逐渐消失, 卷吸区域逐渐向喷雾核心区收缩; 风速以及荷电电压一定时, 随着通气管与喷头间距的拉大, 雾滴的漂移现象越来越严重, 同时喷雾流场的卷吸现象越来越明显并逐渐向喷雾核心区靠近。

**关键词:** 流场; 静电雾化; 风速; 粒子图像测速技术; 卷吸

**中图分类号:** S277.9; S499 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-8530(2011)03-0251-04

## PIV experimental study on air-assisted electrostatic spray

Wang Junfeng, Huang Jiwei, Huang Qiaomei, Wang Zhentao, Zhang Juanjuan

(School of Energy and Power Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China)

**Abstract:** In order to study the flow characteristics of air-assisted electrostatic spraying, the flow field under the influence of wind speed, charged voltage and space between ventilation pipes and nozzle were measured based on particle image velocimetry(PIV). The images under different parameters were processed by Tecplot software and the flow field was obtained. The results indicated that the entrainment phenomenon is more obvious, entrainment regions extend along the spray axial with the voltage increases when the space between ventilation pipes and nozzle and wind speed is fixed. With the wind speed increases, the influence of the aerodynamic force is more and more obvious and the entrainment regions disappear gradually affected by the air and entrainment regions shrink toward the spray core when the space between ventilation pipes and nozzle as well as the voltage is fixed. Keeping wind speed and the voltage fixed, the entrainment is more serious and entrainment regions move toward spray core with the widen of the space between ventilation pipe and nozzle.

**Key words:** flow field; electrostatic atomization; wind speed; particle image velocimetry; entrainment

在农药喷雾中,主要目的就是要增加雾滴在目标物上的沉积量,减少雾滴飘移。静电喷雾中雾滴和植株带有相反极性的电荷,能够驱动液滴朝着目标物移动,形成环绕效应<sup>[1]</sup>。与常规喷雾技术相比,静

电雾化能显著提高药液在靶标作物下部和背部的沉积效果<sup>[2-4]</sup>,农药利用率能提高 20%~30%。

然而,随着喷雾液滴荷质比以及喷头离目标物距离的增加,漂移量会加大。因此,寻求新的喷雾技

收稿日期: 2010-07-09

基金项目: 国家 863 计划项目(2008AA100905); 江苏省自然科学基金资助项目(BK2009705)

作者简介: 王军锋(1975—),男,山东威海人,副教授(wangjunfeng@ujs.edu.cn),主要从事荷电喷雾两相流、计算流体力学研究。

黄继伟(1986—),男,河南信阳人,硕士研究生(hjw198643@163.com),主要从事荷电喷雾两相流的研究。

原有装置基础之上对雾滴的沉积量和漂移损失展开的研究,气力辅助下的静电喷雾流场却无人涉及,而雾滴的运动轨迹及流动特征是影响其沉积和分布特性的关键。基于此,文中以单个喷头为研究对象,采用 PIV 测量技术对气力辅助条件下的静电喷雾流场进行测量分析,为新型风幕式喷杆喷雾系统的设计和 optimization 提供参考。

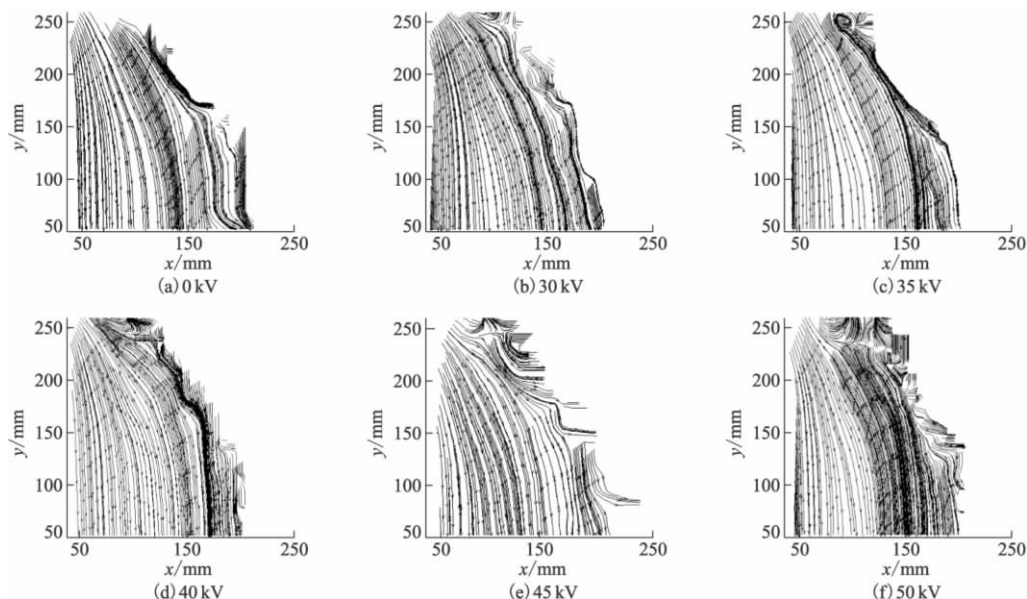


图2 风速为 21 m/s 时不同电压下的流场

Fig. 2 Flow line at different voltages when wind speed is 21 m/s

从图2可以看出,非荷电的情况下,喷雾边缘区域与核心区的雾滴运动方向基本一致,都是沿着流线向下运动.荷电后,在喷头与通气管之间的径向范围内,尤其是在靠近电极环的位置电场较强,雾滴会因电场力的作用出现卷吸现象而向上运动,且电压越大,卷吸现象越明显.卷吸区域随着电压的增大沿着喷雾的轴向向下延伸.电压增加到一定程度,在电极环周围会产生较强的感应电场,使得在有气流作用的区域,也会出现卷吸现象.离电极环较远位置由

于受电场力较弱,液滴在自身重力及气流吹动作用下沿着流线向下运动.

## 2.2 相同电压不同风速下的喷雾流场

在通气管与喷头之间的距离及气流速度一定时,卷吸现象随电压增大越来越明显,卷吸会阻碍雾滴向下运动导致其穿透性降低,进而影响施药效果.为了研究风速对静电喷雾流场的影响,保持电压为 50 kV,将通气管与喷头之间的距离设定在 100 mm,改变风速,所得到的喷雾流场如图3所示.

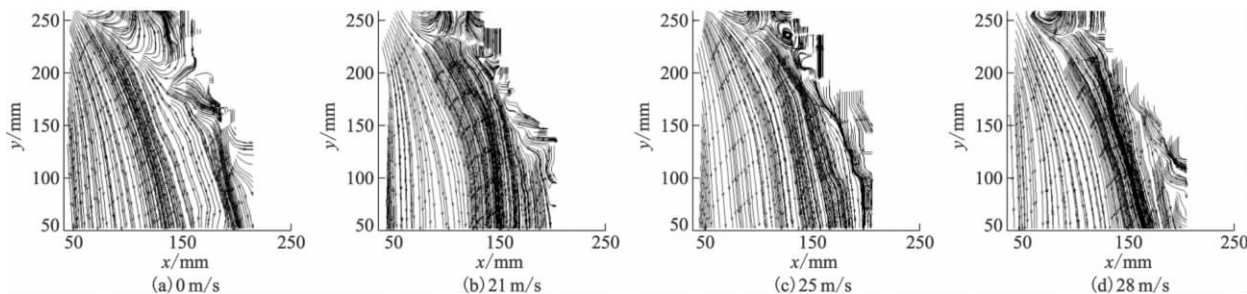


图3 电压为 50 kV 时不同风速下的喷雾流场

Fig. 3 Flow field of spray at different wind speed when voltage is 50 kV

从流线图可以看出,未通气流的情况下,雾滴在电场的影响下,卷吸现象很明显,卷吸区域较大,可以延伸到沿喷雾轴向较远的区域.随着通入风速的增大,卷吸区域逐渐向喷雾核心区靠近而不断缩小.

## 2.3 通气管与喷头间距对喷雾流场的影响

分别设置通气管与喷头的间距为 100 mm 和 130 mm,对风速为 21 m/s、电压为 30 kV 以及风速为 25 m/s、电压为 50 kV 两组情况下的喷雾流场进

行拍摄,结果如图4、5所示.可以看出,在喷雾的初始段靠近电极环的位置,始终存在着雾滴的卷吸现象,这是因为在靠近电极的位置,电场力的作用远大于气流射流力的作用,故而气流无法消除此段的卷吸现象.通气管与喷头的间距为 130 mm 时,雾滴的运动轨迹与喷雾轴向的夹角较通气管与喷头距离为 100 mm 条件下要大,即雾滴的漂移现象较严重.随着通气管与喷头间距的拉大,卷吸现象越明显,且卷



吸区域向喷雾的核心区靠近.

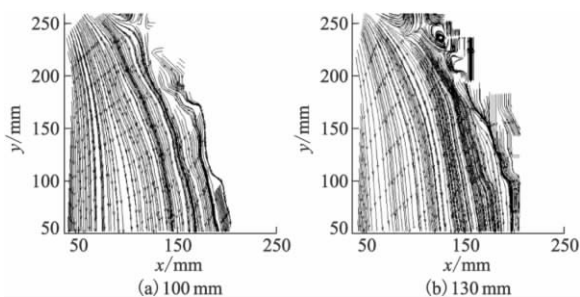


图 4 风速为 21 m/s 时,电压为 30 kV 不同间距下的喷雾流线

Fig. 4 Spray flow line at different space of ventilation pipe and nozzle when voltage is 30 kV and wind speed is 21 m/s

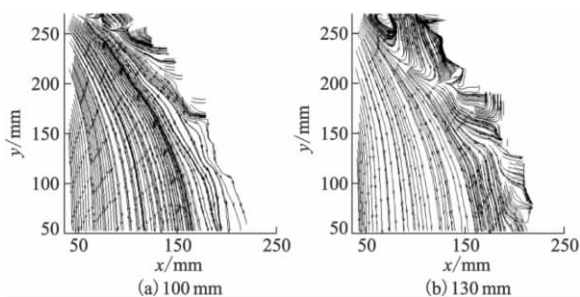


图 5 风速为 25 m/s 时,电压为 50 kV 不同间距下的喷雾流线

Fig. 5 Spray flow line at different space of ventilation pipe and nozzle when voltage is 50 kV and wind speed is 25 m/s

### 3 结 论

气力辅助作用下静电喷雾的流场特性主要受雾滴自身重力、电场力和气动力的影响,它与气流速度、荷电电压及气流区域和喷头间距等参数有着密切关系.

1) 靠近电极环的区域,电场力是喷雾流场的主导力,电场力诱导雾滴沿着电场的方向向上运动并出现卷吸现象.当通气管和喷头的间距以及风速一定时,不同的电压形成不同程度的卷吸,且电压越大,卷吸现象越明显,卷吸区域沿着喷雾的轴向逐渐向下延伸.

2) 通气管和喷头的间距以及电压一定时,随着风速逐渐增大到 28 m/s,气动力的主导作用越来越明显,在气流区的卷吸程度逐渐减弱,卷吸现象逐渐消失,且卷吸区域逐渐向喷雾核心区收缩.

3) 风速以及电压一定,通气管与喷头的间距为

130 mm 时,雾滴的运动轨迹与喷雾轴向的夹角较间距为 100 mm 时要大,雾滴的漂移现象较严重,即随着通气管与喷头间距的拉大,卷吸现象越明显,且逐渐向喷雾的核心区靠近.

### 参考文献 (References)

- [1] Zhao S, Castle G S P, Adamiak K. Factors affecting deposition in electrostatic pesticide spraying [J]. *Journal of Electrostatics*, 2008, 66: 594 – 601.
- [2] 吴春笃, 拾亚男, 张波, 等. 气助式静电喷雾靶标物背部沉积特性 [J]. *排灌机械*, 2009, 27(4): 242 – 246.  
Wu Chundu, Shi Yanan, Zhang Bo, et al. Target backside deposition characteristics of air-assisted electrostatic spraying [J]. *Drainage and Irrigation Machinery*, 2009, 27(4): 242 – 246. (in Chinese)
- [3] Gupta C P, Duc T X. Deposition studies of a hand held air-assisted electrostatic sprayer [J]. *Transaction of the ASAE*, 1996, 39(5): 1633 – 1639.
- [4] Maski D, Durairaj D. Effects of electrode voltage, liquid flow rate and liquid properties on spray chargeability of an air-assisted electrostatic-induction spray-charging system [J]. *Journal of Electrostatics*, 2010, 68(2): 152 – 158.
- [5] Delele M A, Moor A D, Sonck B, et al. Modelling and validation of the air flow generated by a cross flow air sprayer as affected by travel speed and fan speed [J]. *Biosyst Eng*, 2005, 92(2): 165 – 174.
- [6] Holownicki R, Doruchowski G, Godyn A, et al. Variation of spray deposit and loss with air-jet directions applied in orchards [J]. *J Agric Engng Res*, 2000, 77(2): 129 – 136.
- [7] Salyani M. Optimization of deposition efficiency for air blast sprayers [J]. *Transaction of the ASAE*, 2000, 43(1): 247 – 253.
- [8] Fox R D, Derksen R C, Zhu Heping, et al. A history of air-blast sprayer development and future prospects [J]. *Transactions of the ASABE*, 2008, 51(2): 405 – 410.
- [9] Ade G, Rondelli V. Performance of an air-assisted boom sprayer in the control of Colorado beetle infestation in potato crops [J]. *Biosystems Engineering*, 2007, 97: 181 – 187.

(责任编辑 徐云峰)