运水烟罩内折射式喷头正交试验

何红勤[1]，袁寿其[1]，张 杰[1]，刘晓凡[1]，顾伟华[2]
(1.江苏大学 流体机械工程技术研究中心，江苏 镇江 212013；2.上海现代建筑设计(集团)有限公司，上海 200041)

摘 要：针对运水烟罩内喷头性能对运水烟罩油烟净化效果的决定性影响，对直面扇形折射式喷头进行了正交试验，研究运水烟罩内折射式喷头结构参数、工作参数及水力性能之间的关系.试验采用四因素四水平正交表，利用综合评分法对运水烟罩内直面扇形折射式喷头的射程、喷洒面积、雨滴粒径等多项指标进行综合评价. 结果表明：影响喷洒性能的主次顺序为工作压力、孔口直径、折射面高度、折射面角度；运水烟罩内的最佳工作压力为0.3 MPa；结构参数孔口直径和折射面高度均为1 mm，120°折射直面扇形喷头水量分布均匀，雾化效果好，喷洒面积大，油烟净化效果最好.

关键词：折射式喷头；运水烟罩；性能；油烟净化；正交试验
中图分类号：X701.7 **文献标志码**：A **文章编号**：1005-6254(2009)03-0181-03

Orthogonal experiment of refraction nozzle in vent wash exhaust hood

He Hongqin[1], *Yuan Shouqi*[1], *Zhang Jie*[1], *Liu Xiaofan*[1], *Gu Weihua*[2]
(1. Technical and Research Center of Fluid Machinery Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China; 2. Shanghai Xian Dai Architectural Design(Group)Co., Ltd., Shanghai 200041, China)

Abstract: The performance of nozzle has decisive influence on the oil cleaning of vent wash exhaust hood. In order to analyze the performance parameters of refraction nozzles, an orthogonal experiment was carried out. The relations with structural parameters, working conditions and hydraulic performance of refraction nozzle on vent wash exhaust hood were studied. An orthogonal array with five factors and four levels was selected in the experiment. The targets of range, spray area, water particle size were evaluated by using synthetical point system, and their relationships were found. The order of factors which affected spray performance were obtained through the orthogonal experiments: The sequence is working pressure, diameter of base circle, height of refractive face and angle of refractive face. The best working condition was that: the pressure of the vent wash exhaust hood was 0.3 MPa, the hole diameter and height of refractive face are both 1 mm, and the refraction angle for the nozzle was 120°, which gives the best spray uniformity, atomization and spray area.

Key words: refraction nozzle; vent wash exhaust hood; performance; oil cleaning; orthogonal experiment

为了满足人们对环境质量的高标准、高要求，国内研究开发出了许多油烟净化方法和净化设备，并于20世纪80年代就研制开发出多种油烟净化设备，发展至今油烟净化技术主要有液体洗涤法、惯性分离法、过滤法、静电沉积法和复合法共5种[1]. 液体洗涤法的形式有冲击洗涤、喷淋洗涤、文氏洗涤等[2]. 目前液体洗涤方法在餐饮业的应用比较广泛，主流是采用喷淋、水膜以及与集气罩相连的运水

收稿日期：2009-05-09
基金项目：国家863计划项目(2006AA100211)
作者简介：何红勤(1970—)，男，福建武平人，博士生(hehq@shxike.com.cn)，主要从事厨房设备及油烟液体喷淋洗涤技术的研究.
袁寿其(1963—)，男，上海金山人，研究员，博导(shouqiy@ujs.edu.cn)，主要从事流体机械及工程的研究.

万方数据

烟罩净化器. 图1为运水烟罩工作原理图[3].

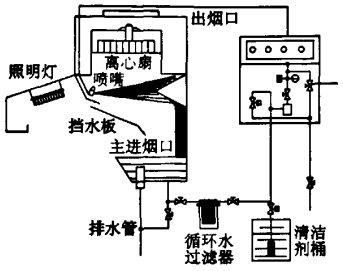


图1 运水烟罩工作原理图

Fig. 1 Working principle of vent wash exhaust hood

目前运水烟罩净化器虽然在我国应用比较普遍,但具体的研究很少,设计也多基于经验,对其机理、净化效果的研究还处于定性分析阶段. 对于运水烟罩内固定喷头的试验研究目前尚未深入开展,而寻求喷头工作参数及水力性能间的关系对喷头油烟净化效果的进一步提升至关重要,同时也将有助于喷头理论与设计的进一步完善. 为此本研究对运水烟罩净化装置内的折射式喷头开展深入的试验研究和分析.

1 折射式喷头性能参数分析

折射式喷头压力水由喷孔射出,形成高速射流射向折射面,经折射面阻挡撞击后,沿锥面形成膜状水层向四周呈全圆或扇形射出,在空气阻力和水的张力作用下,裂散为小水滴降落地面. 图2为两种折射式喷头结构图. 折射式喷头的洗涤效果可通过喷头的性能参数来衡量. 根据运水烟罩的工作原理及具体工作环境,判别喷头性能好坏的主要性能参数有射程、喷洒面积、雾化程度等.

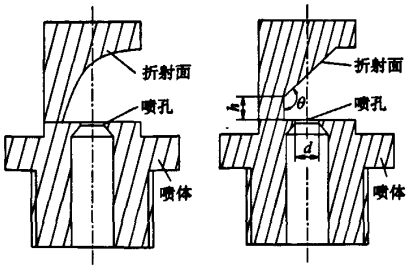


图2 折射式喷头结构图

Fig. 2 Structure of refraction nozzle

1.1 射 程

喷头射程即喷洒湿润圆半径,它决定着一个位置上的喷洒面积、喷洒效率、喷洒强度等[4]. 理论上,当喷嘴直径一定时,喷头的射程都随着压力的增加而增大. 当压力增加到一定程度,进一步增加压力,只会提高雾化程度,而不能增加射程. 因为压力越大,水流的运动速度大,水流所受的空气阻力也越大,射流粉碎程度相应越严重,液滴越小,飞行距离也越低. 通过试验研究发现,压力对射程的影响显著. 运水烟罩的宽度一般不超过1.90 m,在压力范围内,要求的油烟喷淋洗涤区域在喷头射程范围之内,可以获得很好的洗涤效果.

1.2 喷洒面积

喷头的喷洒面积影响到洗涤油烟时洗涤液的覆盖面积,喷洒面积越大,去除油烟的效率也就越高. 喷洒面积是运水烟罩喷头的一个重要指标. 喷头工作时,其喷洒的形状如图3所示.

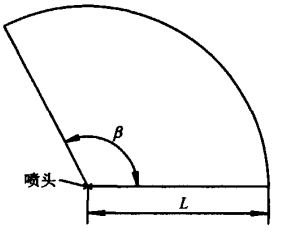


图3 喷头喷洒形状示意图

Fig. 3 Schematic of spraying shape

由图可知,喷洒的面积为

$$S = \frac{\beta}{360}\pi L^2 \qquad (1)$$

式中L为喷洒的半径,即射程;β为喷洒角度,从而可计算出喷洒面积.

1.3 雾化程度

表征喷头雾化程度多采用雾化指标法,即以一个雾化指标来反映喷射水流的粉碎程度和打击强度[5]. 本研究的折射式雾化喷头用于油烟的液体洗涤,雾化性能对洗涤的效果至关重要.

雾化程度可以用喷洒水滴粒径的大小来表示[6]. 试验采用滤纸色斑法,用定性滤纸若干张作为色斑载体,滤纸表面涂有颜料粉末,颜料粉末由曙光红与白色的固定剂滑石粉组成;水滴打击后在滤纸上留下色斑,通过测量色斑的大小经过回归分析获得水滴粒径的大小[7].

2 正交试验

影响折射式喷头性能的因素,除工作压力外,喷头本身的结构型式和几何尺寸也非常重要. 折射式

万方数据

喷头的结构参数有喷嘴直径、折射面高度、折射面锥角等. 探索运水烟罩内折射式喷头结构参数、工作参数及水力性能之间的关系，从而找到折射式喷头的最佳结构尺寸及工作参数，得到运水烟罩内折射式喷头工作的最佳效果是非常重要的. 本研究通过正交试验，寻求影响水力性能各参数的主次顺序，提出最佳结构尺寸及工作参数.

2.1　试验目的

1）寻求工作参数及结构参数影响性能参数的主次顺序.

2）提出运水烟罩内折射式喷头达到最佳油烟净化效果的工作参数及最佳结构尺寸.

2.2　试验设计及分析

试验中通过管路系统中阀门的开度设定喷头工作压力，对不同结构的折射式喷头进行了射程、喷洒面积、粒径大小等参数及喷洒效果的测量.

试验样机采用不同结构尺寸的折射锥角直面扇形折射式喷头. 表 1 为试验因素水平表，其中 A 表示工作压力 p，B 表示出口高度 h，C 表示喷嘴孔口直径 d，D 表示折射角 θ.

表 1　试验因素水平表

Tab. 1　Experiment factors standard

水平	因素			
	A/MPa	B/mm	C/mm	D/(°)
1	0.20	1.6	0.8	120
2	0.25	1.4	1.0	135
3	0.30	1.2	1.2	140
4	0.35	1.0	1.4	150

根据各项指标的重要程度，对各试验结果分别给予加权，将多指标转化成单一的综合指标进行计算分析[8]. 根据评价指标的重要性，分别给予射程、喷洒面积、雨滴粒径相同的权值，记 $w_1 = w_2 = w_3 = 1$. 由于三个评价指标值数量级相同，射程与喷洒面积取大值，雨滴粒径取小值，喷洒效果最好，所以转化系数分别设为 $c_1 = c_2 = 1$，$c_3 = -1$，$a_k = c_k w_k$，y_{i1} 为射程，m；y_{i2} 为喷洒面积，m^2；y_{i3} 为雨滴粒径，mm. 因此得到综合评分为

$$y_i^* = y_{i1} + y_{i2} - y_{i3} \qquad (2)$$

表 2 为试验方案和结果. 表 3 为结果分析. 由表 2 可知，压力越大，射程越大，雨滴粒径越小，当压力高于 0.3 MPa 时，射程基本保持不变，与理论分析相吻合. 1 ~ 8 号试验射程小于 1.7 m，认为洗涤效果不佳，9 ~ 16 号试验射程接近 1.8 m，符合射程设计要求. 12 次试验喷洒面积大于 3 m^2，9 次试验雨滴粒径接近 1.60 mm. 1 ~ 8 号试验效果较差，9 ~ 16 号试验效果较为理想. 其中 1 号试验射程最小，15 号试验射程最大；1 号试验喷洒面积最小，15 号试验喷洒面积最大. 1 号试验雨滴粒径最大；12 号试验雨滴粒径最小.

表 2　试验方案和结果

Tab. 2　Test program and summary of results

试验号	A	B	C	D	y_{i1}	y_{i2}	y_{i3}	y_i^*
1	A_1	B_1	C_1	D_1	1.33	1.54	2.43	0.44
2	A_1	B_2	C_2	D_2	1.60	3.53	1.76	3.37
3	A_1	B_3	C_3	D_3	1.62	3.62	1.84	3.40
4	A_1	B_4	C_4	D_4	1.59	2.34	1.87	2.06
5	A_2	B_1	C_2	D_3	1.72	4.26	1.62	4.06
6	A_2	B_2	C_1	D_4	1.60	2.34	1.86	2.08
7	A_2	B_3	C_4	D_1	1.75	2.94	1.74	2.95
8	A_2	B_4	C_3	D_2	1.70	4.03	1.68	4.05
9	A_3	B_1	C_3	D_4	1.84	4.87	1.57	5.14
10	A_3	B_2	C_4	D_3	1.85	3.58	1.60	3.83
11	A_3	B_3	C_1	D_2	1.85	3.22	1.60	3.47
12	A_3	B_4	C_2	D_1	1.85	5.22	1.50	5.57
13	A_4	B_1	C_4	D_2	1.89	3.77	1.58	4.08
14	A_4	B_2	C_3	D_1	1.89	5.03	1.55	5.37
15	A_4	B_3	C_2	D_4	1.90	5.24	1.62	5.52
16	A_4	B_4	C_1	D_3	1.86	3.29	1.57	3.58

表 3　多指标试验结果分析

Tab. 3　Result analysis of multi-index experiment

y_i^*	A	B	C	D
$\bar{y}_{i1}^2$	2.32	3.51	2.39	3.65
$\bar{y}_{i2}^2$	3.36	3.73	4.71	3.74
$\bar{y}_{i3}^2$	4.50	3.84	4.56	3.79
$\bar{y}_{i4}^2$	4.71	3.82	3.23	3.70
R_i^*	2.39	0.33	2.31	0.14

由表 3 可以看出，影响运水烟罩内折射式喷头参数的主次顺序：因素主次顺序为 A, C, B, D，即工作压力对喷洒性能的影响是最显著的，之后依次为孔口直径、折射面高度、折射面角度；优水平为 $A_3B_4C_2D_1$；最优组合为 $A_3B_4C_2D_1$，即折射式喷头在运水烟罩内的最佳工作压力为 0.3 MPa，喷头最佳结构参数：$d = 1$ mm，$h = 1$ mm，$\theta = 120°$.

3　结　论

运水烟罩内折射式喷头的正交试验为喷头理论与设计的完善和工作效果的分析起到重要作用. 折射式喷头结构参数有喷嘴直径、折射面高度和折射面锥角，喷头工作参数主要是指喷头的工作压力，主要性能参数包括射程、粒径大小、喷洒面积等.

（下转第 195 页）

万方数据

-124.

[8] 冯　琴，张后文，刘　春. 自动化仪表在泵站中的应用[J]. 排灌机械，2005，23(2)：36-38.
Feng Qin, Zhang Houwen, Liu Chun. The application of automation instrumentation in pumping station[J]. *Drainage and Irrigation Machinery*, 2005, 23(2): 36-38. (in Chinese)

[9] 葛玉连，赵保康，喻一萍. 浅谈城市污水处理及工业污水在线监测[J]. 排灌机械，2005，23(6)：34-37.
Ge Yulian, Zhao Baokang, Yu Yiping. Monitoring on-line for industrial wastewater in exit of urban pipeline network[J]. *Drainage and Irrigation Machinery*, 2005, 23(6): 34-37. (in Chinese)

[10] 高占祥. 水质在线监测中的若干问题[J]. 城市环境与城市生态，2002，15(4)：39-40.
Gao Zhanxiang. Some problems of automatic environmental water quality monitoring system[J]. *Urban Environment and Urban Ecology*, 2002, 15(4): 39-40. (in Chinese)

（责任编辑　张文涛）

（上接第183页）

本研究采用折射式喷头进行正交试验，得到影响直面扇形折射式喷头性能的主次顺序依次为工作压力、孔口直径、折射面高度、折射面角度. 折射式喷头在运水烟罩内的最佳工作压力为0.3 MPa，最佳结构参数为 $h=d=1$ mm，最佳折射面角度为120°，即该结构的喷头在0.3 MPa工作压力下的水量分布均匀，雾化效果好，喷洒面积大，将会得到较好的油烟洗涤效果.

参考文献(References)

[1] Li Mingchuan, Yin Zhihua, Guan Peng, et al. XRCC1 polymorphisms, cooking oil fume and lung cancer in Chinese women nonsmokers[J]. *Lung Cancer*, 2008, 62: 145-151.

[2] Siegmann K, Sattler K. Aerosol from hot cooling oil, a possible health hazard[J]. *Aerosol Sci*, 1996, 27(1): 493-494.

[3] 何红勤，袁建平，张　杰，等. 烹饪油烟污染与净化技术[J]. 排灌机械，2007，25(1)：62-64.
He Hongqin, Yuan Jianping, Zhang Jie, et al. Cooking fume pollution and purifying technology[J]. *Drainage and Irrigation Machinery*, 2007, 25(1): 62-64. (in Chinese)

[4] 李世英. 喷灌喷头理论与设计[M]. 北京：兵器工业出版社，1995.

[5] 高建民，任　宁，顾　峰，等. 低频超声雾化喷头优化设计及试验[J]. 江苏大学学报：自然科学版，2009，30(1)：1-4.
Gao Jianmin, Ren Ning, Gu Feng, et al. Optimum design and experiment on low-frequency ultrasonic atomizing nozzles[J]. *Journal of Jiangsu University: Natural Science Edition*, 2009, 30(1): 1-4. (in Chinese)

[6] Coutinho M A, Tomas P P. Characterization of raindrop size distributions at the Vale Formoso Experimental Erosion Center[J]. *Catena*, 1995, 25: 187-197.

[7] Sourell H, Faci J M, Playán E. Performance of rotating spray plate sprinklers in indoor experiments[J]. *J Irrig Drain Eng*, 2003, 129(5): 376-380.

[8] 任露泉. 试验优化设计与分析[M]. 北京：高等教育出版社，2003.

（责任编辑　赵　鸥）

万方数据