



# 滤筒除尘器在农药粉体加工中的清灰效果

李 雪, 周 仁, 钱云楼, 陈俊冬, 张明星, 陈海焱

(西南科技大学 固体废物处理与资源化教育部重点实验室, 四川 绵阳 621010)

**摘要:**为了解决农药杀菌剂 64%(质量分数)苯醚甲环唑-代森锰锌可湿性粉剂因较强粘性而在收集过程中清灰难的问题,利用自建的脉冲喷吹滤筒除尘器实验装置,结合流体动力学理论,以平均侧壁压力峰值为清灰效果的评价指标,测试滤筒除尘器在 3 种不同喷吹条件下的平均侧壁压力峰值。结果表明:滤筒除尘器在 3 种不同喷吹条件下的平均侧壁压力峰值分别为 2.016 2、3.815 4、5.480 7 kPa;只有当平均侧壁压力峰值达到 5.480 7 kPa 时,除尘系统才能连续稳定运行,运行阻力基本保持在 1 400 Pa,滤筒清灰效果良好,可以顺利完成粘性农药粉尘的收集。

**关键词:**滤筒除尘器;农药粉体;侧壁压力;喷嘴;清灰效果

中图分类号:X964 文献标志码:A

文章编号:1008-5548(2015)06-0082-06

## Cleaning Effect of Cartridge Filter in Process of Pesticides Powders

LI Xue, ZHOU Ren, QIAN Yunlou,

CHEN Jundong, ZHANG Mingxing, CHEN Haiyan

(Key Laboratory of Solid Waste Treatment and Resource Recycle, Ministry of Education, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China)

**Abstract:** To solve the cleaning difficulty for collecting the pesticide fungicide of 64% (mass fraction) difenoconazole-mancozeb wetttable powders due to the characteristics of high adhesion, according to the theory of fluid dynamics and using peak pressure as an index to evaluate the cleaning effect, the average peak pressures along the filter test with three different jet conditions were measured in a self-built pulse-jet cartridge filter test equipment. The results show that the peak pressures along the filter cartridge are respectively 2.016 2, 3.815 4 and 5.480 7 kPa with three different jet conditions. The cleaning system can operate steadily only when the average peak pressure reaches 5.480 7 kPa, and the pressures drop of the cartridge filter is about 1 400 Pa, which achieves a good cleaning effect and ensures better collection of the pesticide powders.

收稿日期:2014-11-29, 修回日期:2014-12-30。

基金项目:国家自然科学基金项目,编号:11402218;固体废物处理与资源化教育部重点实验室平台基金项目,编号:13zxgk05。

第一作者简介:李雪(1983—),女,硕士,工程师,研究方向为粉体设备与工业通风除尘技术。E-mail: 57378459@qq.com。

通信作者简介:陈海焱(1964—),男,博士,教授,研究方向为气流粉碎、气流分级与通风除尘技术。E-mail:chenhai-yan@163.com, 2404770257@qq.com。

**Keywords:** cartridge filter; pesticide powder; wall pressure of cartridge; nozzle; cleaning effect

随着我国农药加工业的发展,新型农药制剂因高效、安全、对环境污染小等优点而被大面积用于农业生产<sup>[1]</sup>。这种新型农药制剂的粉体粒度多为微米级别,并且有很强的粘附性和吸湿性,常规的粉碎设备及粉尘捕集装置很难将其顺利收集<sup>[2]</sup>。目前,农药粉体加工中的粉尘捕集器多为袋式除尘器。由于袋式除尘器占地面积大,因此在实际应用过程中常受到空间的制约。滤筒除尘器是继袋式除尘器之后研发的又一种新型过滤式除尘设备。与袋式除尘器相比,滤筒除尘器因具有阻力小、体积小、使用寿命长、捕集效率高等特点而被逐渐应用于农药加工业<sup>[3]</sup>。清灰问题是滤筒除尘器的技术核心,滤筒的清灰性能直接决定滤筒除尘器的使用效果及运行的稳定性,因此,改善农药粉体加工中滤筒的清灰性能,从而保证除尘设备的连续、稳定运行是实现高效除尘的关键。

国内外诸多学者通过对除尘器脉冲清灰进行理论分析<sup>[4-7]</sup>、模拟计算<sup>[8-9]</sup>、实验分析<sup>[10-19]</sup>等研究发现,喷嘴形式<sup>[10-11]</sup>、喷吹孔径<sup>[12]</sup>、喷吹距离<sup>[13-14]</sup>、喷吹压力<sup>[15-17]</sup>、粉尘及流体属性等是影响除尘器脉冲清灰性能的主要参数,对除尘器的清灰性能有着重要影响。张情等<sup>[18]</sup>以脉冲压力峰值为表征清灰强度的指标,采用超音速诱导喷嘴和普通喷吹孔对滤筒的清灰效果进行对比研究,结果表明,采用超音速诱导喷嘴确保了滤筒长度方向上内壁清灰压力的均匀性,并且对滤筒清灰效果有明显的改善作用。Qian 等<sup>[19]</sup>通过测试不同喷吹孔径、喷吹距离时的滤筒侧壁压力峰值,对脉冲滤筒除尘器的喷吹孔径和喷吹距离的关系进行优化研究,建立了该实验条件下最佳喷吹距离与喷吹孔径的函数关系。上述研究对脉冲滤筒除尘器清灰性能的分析具有一定的理论指导意义。鉴于农药粉尘与一般粉尘的性质差异,这些参数对农药超细粉体加工中的滤筒除尘器清灰性能的影响有待进一步探究。本文中平均侧壁压力峰值为清灰强度的评价指标<sup>[10,17-19]</sup>,测试聚四氟乙烯覆膜滤筒在不同喷吹压力、喷吹距离和喷嘴形

式时的平均侧壁压力峰值,对比分析不同喷嘴在各自最优参数组合时对滤筒清灰性能的影响;并通过进一步工业实验研究,得出适合本实验的参数组合,为农药粉体加工中滤筒除尘器的设计参数提供参考。

### 1 实验

#### 1.1 实验装置

脉冲喷吹实验装置示意图如图 1 所示。该装置主要由清灰系统和采集系统组成。清灰系统中的主要设备包括:UDI8A-7 型螺杆式空气压缩机,额定压力为 0.7 MPa;DMF-Z-50S 型电磁脉冲阀;SXC-8A1 型脉冲仪;气包,容积为 40 m<sup>3</sup>;喷吹管,长度为 1 000 mm,管径为 25 mm;CC200 型诱导喷嘴,包括超音速诱导喷嘴、气流散射器,如图 2 所示;DBR-4000 型减压阀;聚四氟乙烯覆膜滤筒,滤筒尺寸为 350 mm×1 000 mm,褶皱数为 125,过滤面积为 12 m<sup>2</sup>,精度为 0.5 μm。采集系统中的主要仪器包括 USB-8512E 型便携式数据采集仪、Y-YD-7044 型压电传感器、QSY7709 型电荷放大器。

#### 1.2 实验方法

为了得到采用诱导喷嘴、普通喷吹孔并且喷吹距离、喷吹压力不同时,清灰气流沿着滤筒长度方向各个位置的清灰状况,将压力传感器沿滤筒长度方向布

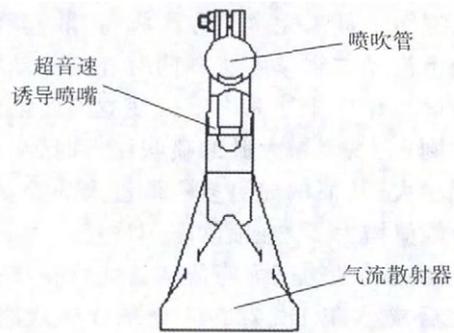


图 2 诱导喷嘴  
Fig. 2 Induce nozzle

置 3 个测点,记为测点 1—3,测点到滤筒口的距离即测点距离分别为 100、500、900 mm。滤筒侧壁压力信号由电荷放大器放大,传给数据采集仪并由计算机同步记录,数据采集卡采样频率为 1 kHz。每组实验重复 5 次,取平均值。

将诱导喷嘴安装在直径为 20 mm 的喷吹孔上,在诱导喷嘴的上开直径为 16 mm 的孔(该诱导喷嘴的最大开孔直径也仅为 16 mm),喷吹压力为 0.4、0.5、0.6 MPa,喷吹距离即散射器底部到天花板的距离为 40、60、80、100、120、140、160 mm。针对普通喷吹孔,选取孔径为 20、23、25 mm 的 3 种情况进行对比研究,喷吹压力为 0.4、0.5、0.6 MPa,喷吹距离为 160、180、200、220、240、260、280、300 mm。

### 2 结果与分析

#### 2.1 诱导喷嘴

表 1 所示为采用诱导喷嘴时,在不同喷吹压力和喷吹距离时滤筒侧壁压力峰值变化。可以看出:采用诱导喷嘴时,在喷吹距离取任一值时,滤筒侧壁压力峰值沿着滤筒长度方向逐渐增大,同时,滤筒侧壁压力峰值均随着喷吹压力的增大而增大。这与文献[18]得出的结论一致。原因是当喷吹气流进入滤筒后,喷

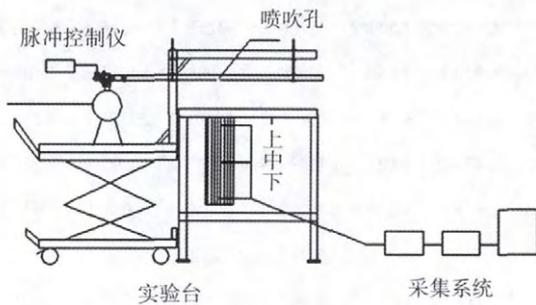


图 1 脉冲喷吹实验装置示意图  
Fig. 1 Schematic of pulse-jet experimental device

表 1 不同喷吹压力和喷吹距离时滤筒侧壁压力峰值  
Tab. 1 Peak pressure along filter cartridge with different pulse pressures and jet distances kPa

喷吹距离/ mm	喷吹压力为 0.4 MPa				喷吹压力为 0.5 MPa				喷吹压力为 0.6 MPa			
	测点 1	测点 2	测点 3	平均值	测点 1	测点 2	测点 3	平均值	测点 1	测点 2	测点 3	平均值
40	0.739 8	0.916 9	1.118 5	0.925 0	0.745 3	1.259 3	1.795 9	1.266 8	0.914 3	1.715 7	2.227 9	1.619 3
60	0.793 7	1.115 1	1.688 5	1.199 1	0.858 7	1.439 2	1.941 4	1.413 1	1.097 3	2.270 1	2.681 1	2.016 2
80	0.731 4	1.005 4	1.213 9	0.983 5	0.797 3	1.190 9	1.881 5	1.289 9	1.067 9	1.924 4	2.568 5	1.853 6
100	0.699 6	1.019 8	1.192 7	0.970 7	0.790 6	1.176 8	1.882 9	1.283 4	1.011 7	1.807 4	2.348 7	1.722 6
120	0.755 1	1.092 2	1.134 7	0.994 0	0.750 4	1.169 8	1.722 2	1.214 1	0.958 6	1.576 7	2.424 4	1.653 2
140	0.637 5	1.037 8	1.076 8	0.917 4	0.753 5	1.161 3	1.617 7	1.177 5	0.970 5	1.430 5	2.354 8	1.585 3
160	0.609 2	1.003 0	1.059 3	0.890 5	0.745 0	1.082 3	1.626 7	1.151 3	0.879 5	1.351 5	2.302 9	1.511 3

吹气流在滤筒上部未完全充分膨胀、扩散,就沿着滤筒侧壁向下流动并继续膨胀,同时气流的动压不断地转化为静压作用于滤筒内壁,使滤筒底部侧壁压力峰值达到最大;当增大脉冲喷吹压力时,喷吹孔处气流速度增大,从而诱导更多气流进入滤筒,使滤筒侧壁压力峰值增大<sup>[18]</sup>。在喷吹压力取任一值时,滤筒侧壁 3 个测点的平均压力峰值随着喷吹距离的增大均先增大后减小,因此,存在一个最佳喷吹距离,使滤筒侧壁 3 个测点的平均压力峰值达到最大,清灰效果最好。根据工程中的实际应用情况,由于农药粉尘粘附性极强,因此为了保证良好的清灰效果,应适当增大喷吹压力。综合考虑,采用诱导喷嘴时,选择喷吹压力为 0.6 MPa,喷吹距离为 60 mm,此时滤筒侧壁 3 个测点的平均侧壁压力峰值达到最大值 2.016 2 kPa。

### 2.2 普通喷吹孔

表 2 所示为采用普通喷吹孔,在不同喷吹压力和喷吹距离时滤筒侧壁压力峰值变化。可以看出,在喷吹孔径取任一值时,平均侧壁压力峰值随着喷吹距离的增大先增大后减小,因此,对于任一喷吹孔径,均存在一个最佳喷吹距离<sup>[19]</sup>,使滤筒平均侧壁压力峰值最大,清灰效果最好。还可以看出,随着喷吹孔径的减小,最佳喷吹距离逐渐增大。原因是当喷吹压力不变时,喷吹孔径减小,则喷吹孔出口气流速度增大,气体动能增大,更能克服气流运动过程中的空气阻力,从而使气流运行更长距离,即喷吹距离越大。由此可知,在一定范围内,喷吹孔径越小,最佳喷吹距离越大<sup>[19]</sup>。这与 Qian 等<sup>[9]</sup>的研究结果相符。还可以看出,在喷吹压力为 0.6 MPa 的条件下,当喷吹孔径为 25 mm,喷吹距离为 200 mm 时,滤筒侧壁上、中、下 3 个测点的

表 2 不同喷吹孔径、喷吹压力、喷吹距离时滤筒侧壁压力峰值

Tab. 2 Peak pressure along filter cartridge with different nozzle diameters, pulse pressures and jet distances kPa

喷吹孔径/ mm	喷吹距离/ mm	喷吹压力为 0.4 MPa				喷吹压力为 0.5 MPa				喷吹压力为 0.6 MPa			
		测点 1	测点 2	测点 3	平均值	测点 1	测点 2	测点 3	平均值	测点 1	测点 2	测点 3	平均值
25	160	0.856 6	2.593 1	3.228 2	2.226 0	1.205 4	3.809 1	4.897 1	3.303 9	1.503 9	4.807 8	7.042 5	4.451 4
	180	0.878 7	2.881 3	3.694 7	2.484 9	1.304 5	4.277 0	5.876 3	3.819 3	1.835 3	4.848 7	6.892 0	4.525 3
	200	1.023 1	2.852 7	4.046 0	2.640 6	1.453 9	4.501 8	5.332 0	3.762 6	1.912 1	5.716 3	8.813 8	5.480 7
	220	0.836 5	2.999 4	3.831 4	2.555 8	1.313 3	4.348 3	4.961 6	3.541 1	1.709 6	5.037 7	7.475 1	4.740 8
	240	0.915 9	2.714 4	3.787 9	2.472 7	1.112 2	4.292 0	4.929 6	3.444 6	1.520 9	5.263 5	6.434 6	4.406 3
	260	0.774 6	2.734 2	3.410 5	2.306 4	1.190 6	4.007 7	4.364 0	3.187 4	1.480 7	4.996 9	5.871 9	4.116 5
	280	0.717 4	2.567 7	3.738 8	2.341 3	1.087 0	4.003 9	4.274 2	3.121 7	1.438 8	4.897 7	5.695 9	4.010 8
	300	0.687 5	3.429 6	3.576 1	2.564 4	1.073 1	3.919 8	4.815 8	3.269 6	1.399 6	4.714 3	5.631 0	3.915 0
23	160	0.734 3	1.148 1	3.297 7	1.726 7	0.881 9	3.373 2	8.135 3	4.130 1	1.312 2	3.772 1	5.599 0	3.561 1
	180	0.805 8	1.501 4	3.383 7	1.897 0	0.987 4	3.651 1	4.412 2	3.016 9	1.445 1	4.215 4	6.342 6	4.001 0
	200	0.815 3	1.608 8	3.649 0	2.024 4	1.064 2	4.631 3	4.000 2	3.231 9	1.556 0	4.654 2	6.457 4	4.222 5
	220	0.848 3	2.037 6	3.872 1	2.252 7	1.130 2	3.824 6	4.099 4	3.018 1	1.457 5	4.640 0	6.665 1	4.254 2
	240	0.915 3	2.763 3	3.985 7	2.554 8	1.431 7	3.990 5	4.996 4	3.472 9	1.763 6	4.951 4	7.038 5	4.584 5
	260	0.810 2	2.352 0	3.597 1	2.253 1	1.385 1	3.924 8	4.875 9	3.395 3	1.572 5	4.816 0	4.575 0	3.654 5
	280	0.747 7	2.217 4	3.393 7	2.119 6	1.365 8	3.823 2	4.411 9	3.200 3	1.408 6	3.573 5	4.347 2	3.109 8
	300	0.732 6	2.182 6	4.398 1	2.437 8	1.271 7	2.998 0	4.360 2	2.876 6	1.606 5	3.034 8	4.152 4	2.931 2
20	160	0.607 4	1.593 0	2.626 8	1.609 1	0.771 3	2.284 0	3.575 8	2.210 4	1.331 8	3.727 2	5.483 9	3.514 3
	180	0.613 8	1.655 0	2.952 1	1.740 3	0.757 8	2.586 1	3.916 0	2.420 0	1.291 4	4.148 8	5.342 0	3.594 1
	200	0.534 5	1.605 2	3.048 6	1.729 4	0.753 0	2.609 3	4.367 3	2.576 5	1.313 6	4.569 6	5.563 0	3.815 4
	220	0.507 2	1.800 3	3.058 7	1.788 7	0.776 2	2.726 0	4.793 7	2.765 3	1.431 7	4.401 0	5.430 1	3.754 3
	240	0.686 9	1.846 9	3.103 7	1.879 2	0.787 0	2.801 9	4.081 1	2.556 7	1.480 4	4.372 2	5.388 8	3.747 1
	260	0.594 3	2.121 9	3.271 0	1.995 7	0.822 1	3.053 0	4.476 7	2.783 9	1.503 9	4.852 7	5.648 9	4.001 8
	280	0.814 3	2.617 1	3.468 0	2.299 8	1.041 1	3.354 9	4.856 6	3.084 2	1.582 4	4.869 7	5.777 7	4.076 5
	300	0.773 6	2.004 9	3.114 0	1.964 2	0.841 6	2.852 7	4.003 8	2.566 0	1.496 6	4.786 3	5.563 1	3.948 7

压力峰值及其平均值最大,分别为1.912 1、5.716 3、8.813 8、5.480 7 kPa。由于平均侧壁压力峰值越大,清灰效果越好,因此,普通喷吹孔在喷吹压力为0.6 MPa时,选择喷吹孔径为25 mm,喷吹距离为200 mm的实验参数进行进一步实验研究。

### 2.3 不同喷嘴形式的清灰实验比较

将诱导喷嘴与普通喷吹孔在各自选择的喷吹参数时得到的实验结果进行比较。另外,当选取普通喷吹孔径为25 mm时,滤筒侧壁3个测点的压力峰值过大,与一般工况相比,可能存在过度清灰,因此,增加一组居中数据作对比,结果如表3所示。可以看出,孔径为25 mm的喷吹孔的侧壁压力峰值均大于诱导喷嘴的侧壁压力峰值,其中上测点的侧壁压力峰值是诱导喷嘴的1.74倍,中测点的是诱导喷嘴的2.52倍,下测点的是诱导喷嘴的3.29倍,平均值是诱导喷嘴的2.72倍,孔径为20 mm的喷吹孔的滤筒侧壁压力峰值数值居中。采用诱导喷嘴虽然可有效确保滤筒长度方向上清灰压力的均匀性,但是平均侧壁压力峰值最小,对于收集粘附性较强的粉尘,清灰力度明显不足,清灰效果较差。

表3 不同喷嘴形式的滤筒侧壁压力峰值

Tab. 3 Peak pressure along filter cartridge of different nozzles

喷嘴形式	压力/kPa			
	测点1	测点2	测点3	平均值
诱导喷嘴(孔径为16 mm)	1.097 3	2.270 1	2.681 1	2.016 2
普通喷吹孔(孔径为20 mm)	1.313 6	4.569 6	5.563 0	3.815 4
普通喷吹孔(孔径为25 mm)	1.912 1	5.716 3	8.813 8	5.480 7

## 3 工业实验对比

基于上述实验结果,在工业实验中,分别采用诱导喷嘴和普通喷吹孔,在各自选取的喷吹参数条件下,测试除尘器阻力随系统运行时间的变化。

### 3.1 实验条件

工业实验样品是农药杀菌剂64%(质量分数)苯醚甲环唑-代森锰锌可湿性粉剂,粒径范围为0.5~5  $\mu\text{m}$ ,堆积密度为0.4~0.6  $\text{g}/\text{cm}^3$ 。该粉剂有较强吸湿性及粘附性,每一批农药粉体质量为750 kg。除尘器设计参数如下:滤筒数为4,滤筒材料为覆膜聚四氟乙烯(PTFE),滤筒长度为1 000 mm,滤筒直径为350 mm,过滤风速为0.7  $\text{m}/\text{min}$ ,入口粉尘质量浓度为125  $\text{g}/\text{m}^3$ ,喷吹距离为200 mm,喷吹压力为0.6 MPa,滤筒过滤面积为12  $\text{m}^2$ 。

### 3.2 实验方法

采用诱导喷嘴和孔径分别为20、25 mm的普通喷吹孔在各自选取的喷吹参数条件下运行,观察并记录除尘器运行阻力变化。同时,每15 min记录一次除尘器阻力。根据已有经验:当除尘器的运行阻力达到2 000 Pa时,说明除尘器已被粉尘堵住,此时需要及时离线清灰,而运行达到的这个时间也代表了除尘器能良好运行的最长时间。

### 3.3 结果分析

#### 3.3.1 诱导喷嘴

图3所示为采用诱导喷嘴时滤筒除尘器运行阻力随时间的变化。可以看出,在平均侧壁压力峰值为2.016 2 kPa的条件下,滤筒除尘器运行过程中阻力快速增大,运行时间约为1 h时,阻力达到2 000 Pa,此时,滤筒已被粉尘严重堵塞,无法继续运行。图4所示为滤筒的堵塞情况。可以看出,滤筒上、中、下部分已被农药粉尘堵塞。这与2.3节中表3分析结果一致:脉冲清灰气流经过诱导喷嘴后,虽然可均匀地作用在滤筒侧壁上,以确保滤筒侧壁清灰的均匀性,但滤筒平均侧壁压力峰值偏小。实验证明,对于收集这种粘附性强的农药粉尘,平均侧壁压力峰值为2.016 2 kPa的清灰压力明显不足,从而导致滤筒堵塞严重,清灰效果较差,系统无法连续运行。

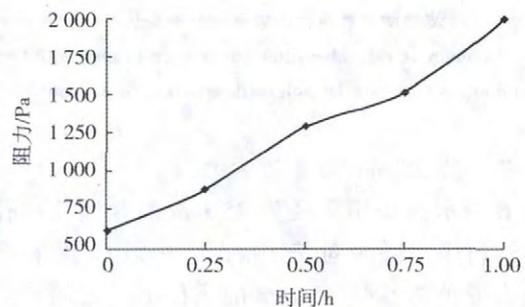


图3 采用诱导喷嘴时滤筒除尘器运行阻力随时间的变化

Fig. 3 Change of cartridge filter running resistance with time adopting induce nozzle



图4 采用诱导喷嘴时滤筒的堵塞情况

Fig. 4 Blockage of filter cartridge adopting induce nozzle

### 3.3.2 孔径为 20 mm 的普通喷吹孔

图 5 所示为采用孔径为 20 mm 的普通喷吹孔时滤筒除尘器运行阻力随时间的变化。可以看出:在平均侧壁压力峰值为 3.815 4 kPa 的条件下,滤筒除尘器在运行时间小于 1 h 时,系统阻力增大较为缓慢,滤筒表面形成较均匀的粉尘覆膜,此时滤筒清灰状况良好。运行时间为 1.5 h 时,系统运行阻力快速增大,运行时间为 2.5 h 时,除尘器阻力达到 2 000 Pa。原因是滤筒表面的粉尘不断累积,且粉尘粘附性较强,累积到一定程度时,原有的喷吹压力已无法清除滤筒表面的粉尘,滤筒表面粉尘堵塞越来越严重,使得运行阻力快速增大,最终到达离线清灰的条件。由此可知,平均侧壁压力峰值为 3.815 4 kPa 的条件下,清灰效果仍不理想,系统仍无法连续运行。

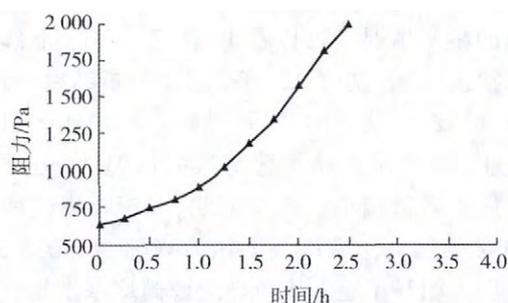


图 5 采用孔径为 20 mm 的普通喷吹孔时滤筒除尘器运行阻力随时间的变化

Fig. 5 Changes of cartridge filter running resistance with time adopting common jet hole with aperture of 20 mm

### 3.3.3 孔径为 25 mm 的普通喷吹孔

图 6 所示为采用孔径为 25 mm 的普通喷吹孔时除尘器运行阻力随时间变化情况。可以看出,在平均侧壁压力峰值为 5.480 7 kPa 的条件下,滤筒除尘器运行阻力初始增大较快,运行时间约为 1 h 时,除尘器阻力达到 1 200 Pa,之后系统运行阻力增大趋势趋于缓和,并且基本保持在 1 400 Pa 左右,直到收集完一批农

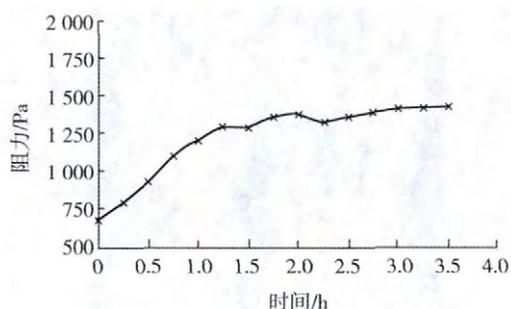


图 6 采用孔径为 25 mm 的普通喷吹孔时滤筒除尘器运行阻力随时间的变化

Fig. 6 Changes of cartridge filter running resistance with time adopting common jet hole with aperture of 25 mm

药粉尘,除尘器的运行阻力仍未达到 1 500 Pa。除尘器运行结束后,打开除尘器下部观测窗(见图 7),滤筒表面粉尘几乎能得到完全清除,清灰效果良好,并且除尘器运行进入良性循环。

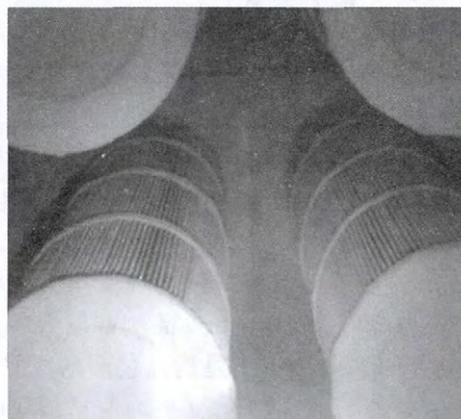


图 7 采用孔径为 25 mm 的普通喷吹孔时滤筒的堵塞情况

Fig. 7 Blockage of filter cartridge adopting common jet hole with aperture of 25 mm

## 4 结论

1)在自建的脉冲喷吹滤筒除尘器实验装置上,最佳喷吹压力应选为 0.6 MPa。采用诱导喷嘴,当喷吹距离为 60 mm 时,滤筒侧壁 3 个测点的平均侧壁压力峰值达到最大值 2.016 2 kPa;采用孔径分别为 20、25 mm 的普通喷吹孔,当喷吹距离为 200 mm 时,滤筒侧壁 3 个测点的平均侧壁压力峰值分别为 3.815 4、5.480 7 kPa。

2)当压力 0.6 MPa 时,诱导喷嘴虽然可以确保滤筒侧壁压力分布均匀,但是诱导喷嘴口径大小受限,不能调节,滤筒平均侧壁压力峰值偏小,因此无法达到预计清灰效果;而采用孔径分别为 20、25 mm 的普通喷吹孔的平均侧壁压力峰值均大于采用诱导喷嘴的平均侧壁压力峰值,清灰效果也均优于采用诱导喷嘴的清灰效果。

3)在收集农药杀菌剂 64%(质量分数)苯醚甲环唑-代森锰锌可湿性粉剂超细粉体的工业实验中,在平均侧壁压力峰值为 5.480 7 kPa 的条件下,滤筒除尘器运行阻力基本保持在 1 400 Pa 左右,滤筒清灰效果良好,系统运行稳定,可一次性顺利完成 750 kg 农药粉体的收集。

4)在普通喷吹条件下,滤筒的侧壁压力分布极不均匀,并且喷吹压力较大,这会导致滤筒较易磨损,而采用诱导喷嘴则可确保滤筒侧壁压力分布的均匀性。由此可知,对于粘附性粉尘的收集,为了减轻滤筒磨损,延长滤筒使用寿命,可对诱导喷嘴作进一步研究。

## 参考文献(References):

- [1] 汪洋. 探索农药制剂行业健康发展系列报道: 一: 环保、高效已成农药制剂持续发展关键词[J]. 中国农资, 2014(10): 25.
- [2] 葛晓陵. 药物超细粉碎技术的研究[J]. 中国粉体技术, 2002, 8(6): 19-23.
- [3] 吴利瑞. 滤筒式除尘器的性能研究及经济分析[D]. 上海: 同济大学, 2002.
- [4] SIEVERT J, LOFFLER F. Dust cake release from non-woven fabrics [J]. Filtration and Separation, 1987, 24: 424-427.
- [5] 王劲, 郭天德. 分级技术在中药超细粉体生产中的应用[J]. 中国粉体技术, 2008, 14(1): 36-38.
- [6] 沈恒根, 唐华, 邓晓飞, 等. 袋式除尘器脉冲阀耗气量与清灰效果的关系的探讨[C] // 中国环保产业协会袋式除尘委员会. 全国袋式除尘技术研讨会论文集, 2009: 547-552.
- [7] HUMPHRIES W, MADDEN J. Fabric filtration for coal-fired boilers: dust dislodgement in pulse jet filters[J]. Filtration and Separation, 1983, 2: 40-44.
- [8] LU H C, TSAI C J. Numerical and experimental study of cleaning process of a pulse-jet fabric filtration system[J]. Environmental Science and Technology, 1996, 30: 3243-3249.
- [9] LO L M, HU S C, CHEN D R, et al. Numerical study of pleated fabric cartridges during pulse-jet cleaning[J]. Powder Technology, 2010, 198(1): 75-81.
- [10] YAN Cuiping, LIU Guijian, CHEN Haiyan. Effect of induced airflow on the surface static pressure of pleated fabric filter cartridges during pulse jet cleaning[J]. Powder Technology, 2013, 249: 424-430.
- [11] CHI H, YU L, CHOI J H, et al. Optimization of nozzle design for pulse cleaning of ceramic filter[J]. Chinese Journal of Chemical Engineering, 2008, 16: 306-313.
- [12] CHOI J H, SEO Y G, CHUNG J W. Experimental study on the nozzle effect of the pulse cleaning for the ceramic filter candle[J]. Powder Technology, 2001, 114(1/2/3): 129-135.
- [13] LU H C, TSAI C J. A pilot-scale study of the design and operation parameters of a pulse-jet baghouse[J]. Aerosol Science and Technology, 1998, 29: 510-524.
- [14] LU H C, TSAI C J. Influence of different cleaning conditions on cleaning performance of pilot-scale pulse-jet baghouse[J]. Journal of Environmental Engineering, 2003, 129: 811-818.
- [15] LU H C, TSAI C J. Influence of design and operation parameters on bag-cleaning performance of pulse-jet baghouse[J]. Journal of Environmental Engineering, 1999, 125: 583-591.
- [16] 焦海青, 姬忠礼, 陈鸿海, 等. 操作参数对陶瓷过滤管脉冲反吹清灰过程的影响[J]. 化工学报, 2004, 55(7): 1155-1160.
- [17] 郑娟, 张明星, 周奇杰, 等. 覆膜滤筒侧壁压力正峰值的测试与分析[J]. 中国粉体技术, 2011, 17(1): 63-66.
- [18] 张情, 陈海焱, 巨敏, 等. 诱导喷嘴改进滤筒脉冲清灰效果的实验研究[J]. 环境工程, 2012, 30(1): 62-65.
- [19] QIAN Yunlou, BI Yuanxia, ZHANG Qing, et al. The optimized relationship between jet distance and nozzle diameter of a pulse-jet cartridge filter[J]. Powder Technology, 2014, 266: 191-195.