

# 脉冲喷吹滤筒除尘器在低尘环境中应用的可行性分析

杨军瑞, 胥海伦, 陈海焱

(西南科技大学, 四川绵阳 621010)

**摘要:** 为拓宽脉冲喷吹滤筒除尘器的应用范围, 结合目前低浓度粉尘环境中特别是在空调净化系统中除尘、净化技术的发展和滤筒式除尘技术的优点, 通过对脉冲喷吹滤筒除尘器在低浓度粉尘环境中的应用分析, 特别是在空调净化系统中的应用分析, 说明脉冲喷吹滤筒除尘器可以解决目前低浓度粉尘环境特别是空调净化系统中存在的一系列问题, 对低浓度粉尘环境具有很好的除尘净化效果, 且适合低浓度粉尘环境的特殊要求, 在低浓度粉尘环境中应用时具有可行性和可靠性, 从而进一步拓宽脉冲喷吹滤筒除尘器的应用范围。

**关键字:** 脉冲喷吹滤筒除尘器; 低浓度粉尘环境; 除尘效率; 空调净化系统

中图分类号: R124.3

文献标识码: A

文章编号: 1006-8759(2010)02-0006-04

## FEASIBILITY ANALYSIS OF THE PULSE-JET CARTRIDGE FILTER USED IN THE LOW CONSISTENCY DUST ENVIRONMENT

YANG Jun-rui, XU Hai-lun, CHEN Hai-yan

(1. School of Civil Engineering and Architecture, Southwest University of Science and Technology, Sichuan 621010, China)

**Abstract:** In order to widen application scope of pulse-jet cartridge filter. Combining the present low concentration in the air conditioning in the environment of dust, especially in the purification system, purification technology development and filter cylinder removal technology advantages, through the pulse jet cartridge filter dust in the application of low concentration in environmental analysis of air purification system, especially in the application analysis, pulse jet cartridge filter can solve the low concentration of dust in the air purification system environment, especially a series of problems existing in low concentration, dust environment has very good dust cleaning effect and suitable for low concentrations of environment, to meet the special requirements of dust in low concentration in the feasibility and reliability is applied, thus further broaden pulse jet cartridge filter application scope.

**Keywords:** pulse-jet cartridge filter; low consistency dust environment; purification efficiency; air purification system

### 0 引言

近年来, 滤筒式除尘技术在各个除尘净化领域都有长足的进步和发展, 而过去, 滤筒式除尘设备只在很少的卷烟厂或者在一些进口设备的配套设备上采用过。国内也因为刚开始研制滤筒的时候因为风速设计偏高和其他原因造成使用的时候

效果不理想,使国内环保以及各界人士对滤筒除尘器的使用效果产生了怀疑的态度。但随着这几年各界环保人员对滤筒除尘器的不断改进,解决了很多滤筒错误设计和使用的实质性问题,使其在使用过程中不断显现出自身的优势,如体积小、结构紧凑、净化效率高、过滤面积大、阻力小、日常维护所需费用少等优点<sup>[1-2]</sup>,使滤筒除尘器得到了各界用户的认可,滤筒式除尘技术得以迅猛发展,目前已在很多除尘和净化领域得到了广泛的应用<sup>[3-5]</sup>。

但是目前滤筒式除尘器的使用领域大多是在高浓度粉尘环境中,对于滤筒除尘器在低浓度的粉尘环境中如空调净化系统、洁净厂房空气净化系统中的应用研究较少,本文就针对脉冲喷吹滤筒除尘器在低浓度粉尘环境中应用研究较少这一现状,为拓宽脉冲喷吹滤筒除尘器的应用范围,结合目前低浓度粉尘环境中除尘、净化技术的发展以及滤筒式除尘技术的优点,通过对脉冲喷吹滤筒除尘器在低浓度粉尘环境中的应用分析,特别是在空调净化系统中的应用分析,说明脉冲喷吹滤筒除尘器对低浓度粉尘具有很好的除尘和净化效果,在低浓度粉尘环境中应用时具有可行性和可靠性。

## 1 目前低浓度粉尘环境中除尘净化技术的研究现状和存在的问题

滤筒式除尘器早在 20 世纪 70 年代就已经在日本和欧美一些国家出现,具有体积小、效率高、投资省、易维护等优点,但因其设备容量小,难组合成大风量设备,过滤风速偏低,应用范围窄,仅在粮食、焊接等行业应用,所以多年来未能大量推广。近年来,随着新技术、新材料不断地发展,通过对滤筒除尘器的结构和滤料的改进,是其成为解决传统除尘器对超细粉尘收集难、过滤风速高、清灰效果差、滤袋易磨损破漏、运行成本高的最佳方案,和市场上现有各种袋式、静电除尘器相比具有有效过滤面积大、压差低、低排放、体积小、使用寿命长等特点,成为工业除尘器发展的新方向,广泛地应用于水泥、钢铁、电力、食品、冶金、化工等工业领域。

但是目前滤筒除尘器的使用和研究基本上针对的是高浓度的粉尘环境,低浓度环境中的研究和应用较少,但是随着滤筒除尘器的发展特别是随着滤料的发展(唐纳森公司集数十年经验开发而成的 Ultra-WebFR 滤筒对粒径在 0.1~0.5  $\mu\text{m}$

的微粒排除达到 99.999%),使得滤筒式除尘技术在很多低浓度的粉尘环境中的应用成为了可能,并且有逐渐替代低浓度粉尘环境中其他空气净化方式的趋势。

目前低浓度粉尘环境中所采用的主要空气净化方式为多级过滤,如空调净化系统中,对于一般空调系统,常采用一级初效过滤或初效加中效二级过滤,初级过滤器过滤粒径在 10~100  $\mu\text{m}$ ,中效过滤器过滤粒径在 1~10  $\mu\text{m}$ ;对于对空气洁净度要求很高的净化空调,常采用初中高效三级过滤,但是所产生的最大问题就是阻力太大,更换滤料困难且易造成二次污染;国内空调系统的净化还有采用静电除尘器进行除尘净化的,这种空气净化方式存在的问题是设备庞大,造价昂贵,且设备运行管理复杂,此外这种净化方式对微细粉尘的除去效果很差,运用于空调系统的净化尚不是一种很好的除尘净化设备。

现在对于低浓度粉尘环境中空气净化方式的研究也主要集中在多级过滤这方面,对于滤筒除尘器在其中的应用研究较少,王刚<sup>[6]</sup>在济南卷烟厂技术改造中成功地将唐纳森滤筒式除尘器应用于中央空调系统,取得了较好的经济效益。孙一坚<sup>[7-9]</sup>分析探讨了卷烟厂空调净化系统的特点,推荐对于卷烟厂车间使用滤筒过滤的空气净化方式对空调新回风进行过滤,并肯定了这种空调净化方式的经济性和节能意义。香港一冷气公司在 1993 年首次将美国某公司生产的滤筒应用于空调器的空调过滤,该滤筒所用的复合滤料是在普通滤料表面复合一层超细玻璃纤维薄膜,其极小的筛孔可使大部分亚微米颗粒阻留在其表面,该公司根据 ASHEAR 标准 RF531 进行测定,对 0.5  $\mu\text{m}$  尘粒其计数效率达到 99%。孙一坚等曾在长沙、南昌等卷烟厂用重量法进行测定,滤筒除尘器出口粉尘浓度在 0.1  $\text{mg}/\text{m}^3$ ,过滤效率在 95% 以上。

Sandy Gomez 等人<sup>[10]</sup>采用水浴过滤器对空调系统回风进行净化,但是这种空气净化方式只能去除一些比较大的颗粒和一些具有亲水性的粉尘颗粒,对于室内空气中的浮游粉尘颗粒(粒径通常为 0.01~10  $\mu\text{m}$ )和憎水性粉尘颗粒很难去除,而且对于某些水硬性粉尘由于吸水后形成不溶于水的硬垢,会造成堵塞而导致净化系统失灵。此外这种水浴除尘的空气净化方式增加了空气湿度,会增加空调负荷;Hassovon Blucher 等人<sup>[11]</sup>的发明专

利,采用多级过滤和活性炭吸附的方式对空调系统新风进行净化,但是这种空调系统净化方式需要定期更换滤料,而更换滤料又是一大难题,且容易造成二次污染。Robert M. Allen 和 Mark Miller 等人<sup>[12]</sup>对汽车空调的净化系统作了研究,对于汽车空调净化系统,他们所采用的是膜过滤和静电除尘相结合的除尘体系,取得了很好的除尘和净化效果,但是这种空调系统净化方式造价昂贵,不适合在空调净化系统中推广使用。

## 2 脉冲喷吹滤筒式除尘器工作原理和在低浓度粉尘环境中应用的可行性分析

### 2.1 脉冲喷吹滤筒式除尘器工作原理

滤筒式除尘器为负压运行,含尘气体由进风口进入箱体,由于气流断面突然扩大及气流分布板作用,气流中一部分粗大颗粒在惯性力作用下沉降在灰斗;在折叠滤筒内负压作用下,气体由筒外透过滤料进入筒内,进入净气室,经风机从出风口排出,粒度细、密度小的尘粒进入滤尘室后,通过布朗扩散和筛滤等组合效应,使粉尘沉积在滤料表面上,当粉尘在滤料表面越积越多,滤筒式除尘器的阻力随滤料表面粉尘层厚度的增加而增大。阻力达到某一规定值时进行清灰。此时(也可设定时间)脉冲阀打开,压缩空气以极短的时间在上箱体迅速膨胀,涌入滤筒,使滤筒膨胀变形产生振动,并在逆向气流冲刷的作用下,附着在滤筒外表面上的粉尘被剥离落入灰斗。清灰完毕后,除尘器又恢复过滤状态,恢复低阻运行,如图1所示。

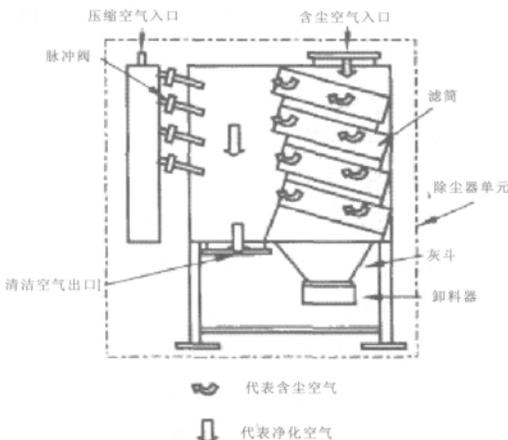


图1 滤筒式除尘器工作原理图<sup>[13]</sup>

### 2.2 滤筒除尘器在低浓度粉尘环境中应用的可行性分析

我们生活的环境空间对人体危害最大的就是

粒子状污染物,粒子状态污染物(或颗粒物)是分散在空气中的微小液体和固体颗粒,粒径多在 $0.01\sim 100\ \mu\text{m}$ 之间,是一个复杂的非均匀体系。通常根据颗粒物在重力作用下的沉降特性将其分为降尘(粒径大于 $10\ \mu\text{m}$ )和可吸入颗粒物(粒径小于 $10\ \mu\text{m}$ )。可吸入颗粒物又称为飘尘,易随呼吸进入人体肺部。直径小于 $2.5\ \mu\text{m}$ 的颗粒能通过呼吸过程深入人体肺部, $2.5\sim 10\ \mu\text{m}$ 的颗粒易沉积在上呼吸道,引发各种疾病。飘尘飘浮在大气中,与大气构成气溶胶<sup>[14]</sup>。大气中细颗粒物(直径小于 $10\ \mu\text{m}$ )和超细颗粒物(直径小于 $2.5\ \mu\text{m}$ )对人体健康最为有害,因此粒子状态污染物是空气净化的主要对象。

现在对于一般空调系统,常采用一级初效过滤或初效加中效二级过滤,初级过滤器过滤粒径在 $10\sim 100\ \mu\text{m}$ ,中效过滤器过滤粒径在 $1\sim 10\ \mu\text{m}$ ,对于对空气洁净度要求很高的净化空调,常采用初、中、高效三级过滤,但是所产生的主要问题是阻力太大,更换滤料困难且易造成二次污染。此外,目前空调净化系统还存在过滤净化效果差、多级过滤所产生的阻力大、过滤装置布置不当、滤料清洗困难等一系列问题,不能达到很好的除尘和净化效果。要解决低浓度粉尘环境中空气净化方式存在的这些问题,就需要寻找新的空气净化方式。

近年来,随着滤筒式除尘技术在主机构造,滤料性能,自动控制水平及对各种工况条件的适应性等方面所取得的进步,特别是随着滤料的发展,使得滤筒式除尘技术在很多除尘净化领域得到了广泛的应用。如唐纳森公司集数十年经验开发而成的Ultra-WebFR滤筒对粒径在 $0.1\sim 0.5\ \mu\text{m}$ 的微粒排除达到 $99.999\%$ ,且具有低压降、高强度和耐用性等优点,符合人类环境工程学的设计,而且滤筒式除尘器采用自动清灰装置,可减小二次污染,使工作环境变得更清洁、更安全。此外现在在很多除尘净化领域开始使用椭圆形滤筒,椭圆形滤筒与传统等直径滤筒相比,具有清灰性能好,有效过滤面积大等优点,具有更好的空气净化效果。综合起来,滤筒式除尘器在除尘净化方面具有:除尘器体积小、结构紧凑、净化效率高、过滤面积大、过滤风速较小、阻力小、日常维护所需费用少等优点,另外,在滤筒的价格方面,目前进口滤筒价格已有每个200美元降到人名币1000元左右,国内组装的售价在750元/左右,这也为扩大滤筒式

除尘设备在低浓度的粉尘环境中特别是在空调净化系统中的应用提供了机会。

因此,随着滤筒式除尘净化技术的不断研究和发展,这种除尘净化技术很可能会成为今后在低浓度的粉尘环境中特别是在空调净化系统中所采用的一种新的空气净化方式。

### 3 结论

(1)脉冲喷吹滤筒除尘器可以解决目前低浓度粉尘环境特别是空调净化系统中存在的一系列问题,如过滤器阻力大,滤料清洗困难,易造成二次污染等问题,对低浓度粉尘环境具有很好的除尘净化效果。

(2)脉冲喷吹滤筒式除尘净化方式可以代替目前低浓度粉尘环境特别是空调净化系统中其他的除尘净化方式,且具有这些空气净化方式所不具有的优势,如净化效率高、过滤面积大、过滤风速小、阻力小、日常维护所需费用少,采用自动清灰减少污染等。

(3)滤筒净化是一种很好的空调系统净化方式,能够使人们享受到更加健康舒适的室内环境,使真正意义上的洁净空调系统推广开来。

(4)脉冲喷吹滤筒式除尘净化方式适合低浓度粉尘环境的特殊要求,实际使用时可行、可靠,从

而进一步拓宽了滤筒式除尘器的应用范围。

### 参考文献:

- [1] 邱新标. 非织造布滤筒除尘器的结构与应用 [J]. 非织造布, 2007.1:28~30.
- [2] 唐群, 杜仁忠等. 新型高效节能滤筒式除尘器的研究[J]. 中国硅酸盐学会环境保护分会学术年会论文集, 2007.3:113~115.
- [3] 胡鉴中. 袋式收尘器手册 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1984.7:182~190.
- [4] Croom ML. Effective selection of filter dust collectors [J]. Chemical Engineering, 1993.7:86~91.
- [5] Anthony C. Select the Right Cartridge Filter [J]. Chemical Engineering, 1988.1:72~77.
- [6] 王刚. 中央空调系统的筒式过滤[J]. 节能与环保, 2001.6:47.
- [7] 孙一坚. 卷烟厂空调研究[J]. 暖通空调, 2000.5:12~14.
- [8] 孙一坚. 滤筒式除尘器及其应用[J]. 通风除尘, 1995.2:7~10.
- [9] 孙一坚, 万超举等. 长沙卷烟厂出口烟车间空调除尘系统的设计和运行[J]. 暖通空调, 1998.28:5~7.
- [10] Sandy Gomez, Rafael Gomez, Duane S. Smith. Air purification system for a central air conditioning unit [J]. U.S patents documents, 2002.23:12~16.
- [11] Hassovon Blucher, Ludovic Ouvey, Stefan Kamper, Michael Moskopp, Ernest de Ruitter, Bertram Biihringer. Air filter unit with several filter elements [J]. U.S patents documents, 2006.7:12~19.
- [12] Robert M. Allen, Mark Miller. An air purification assembly. U.S patents documents [J], 2003.8:57~62.
- [13] 姚秀华. 滤筒式除尘器的原理和选用[J]. 玻璃, 2007.5:65~67.
- [14] 崔九思. 大气污染监测方法[M]. 化学工业出版社, 2001.5:28.

(上接第 5 页)

[28] Wu S J, Uddin M A, Sasaoka E, et al. Characteristics of the removal of mercury vapor in coal derived fuel gas over iron oxide sorbents [J]. Fuel, 2006, 85:213~218.

[29] I.G. Lee, P. Biswas, E. Hedrick. Comparison of Hg<sup>0</sup> capture efficiencies of three in situ generated sorbents, AIChE J. 47(2001):954~961.

[30] 孟素丽, 段钰锋, 杨立国等. 燃煤烟气中汞脱除技术的研究进展 [J]. 锅炉技术, 2008, 39(4):77~80.

[31] 任建莉, 周劲松, 骆仲浚等. 新型吸附剂脱除烟气中气态汞的试验研究 [J]. 中国电机工程学报, 2007, 27(2):48~53.

[32] Seok Ho Jeon, Yujin Eom, Tai Gyu Lee. Photocatalytic oxidation of gas-phase elemental mercury by nanotitanosilicate fibers. Chemosphere, 2008, 71:969~974.

[33] Ying Li, Patrick Murphy, Chang-Yu Wua. Removal of elemental mercury from simulated coal-combustion fule gas ueing a SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> nanocomposite. Fuel Processing Technology, 89(2008):567~573.

[34] Ligy Philip, Marc A. Deshusses. The control of mercury vapor using biotrickling filters. Chemosphere, 2008, 70: 411~417.

[35] Evan G. The PCO Process for Photochemical Removal of Mercury from Flue Gas. DOE/NETL Mercury Control Conference. Pittsburgh PA, December 2006.

[36] 胡念武. Hg 催化氧化剂的制备及其氧化机理研究 [J]. 中国优秀

硕士学位论文全文数据库, 2007.

[37] 姚强. 洁净煤技术 [M]. 北京化学工业出版社, 2005:175~176.

[38] Zhihua Wang, Junhu Zhou, Yanqun Zhu, et al. Simultaneous removal of NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> and Hg in nitrogen flow in a narrow reactor by ozone injection: Experimental results. Fuel Processing Technology, 88(2007):817~823.

[39] XU Fei, LUO Zhongyang, CAO Wei, et al. Simultaneous oxidation of NO, SO<sub>2</sub> and Hg<sup>0</sup> from flue gas by pulsed corona discharge. Journal of Environmental Sciences, 21(2009):328~332.

[40] 段钰锋, 王运军, 杨立国. 100 MW 煤粉锅炉 NID 半干法脱硫装置的 Hg 和 SO<sub>2</sub> 联合脱除特性 [C]. 中美多种大气污染物防治国际研讨会论文集, 2008:137~142.

[41] Eberett A. Sondreal, Steven S. Benson, John H. Pavlish. Status of research on air quality: mercury, trace elements, and particulate matter. Fuel Processing Technology, 2000, 65~66:5~19.

[42] SHOU-HENG LIU, NAI-QIANG YAN, ZHAO-RONG LIU, et al. Using bromine gas to enhance mercury removal from flue gas of coal-fired power plants. Environ. Sci. Technol. 2007, 41:1405~1412.

[43] YANG Hong-min, PAN Wei-Ping. Transformation of mercury speciation through the SCR system in power plants. Journal of Environmental Sciences 2007, 19:181~184.

[44] 刘洪涛. SCR 系统中汞氧化与吸附实验研究 [D]. 中国优秀硕士学位论文全文数据库, 2007.