

一般通风空调系统用静电净化器效率

同济大学建筑设计研究院 毛华雄[★]

同济大学 徐文华

摘要 在对 3 种不同类型静电净化器的大气尘分组计数效率实测及对比的基础上,指出不同类型静电净化器效率存在较大差异;对现有关于空气过滤器标准进行了对比分析,结合实际情况,认为有必要对相关标准进行细化、修订。

关键词 空气过滤器 静电净化器 效率 标准

Efficiency of electrostatic air-cleaner used in HVAC systems

By Mao Huaxiong[★] and Xu Wenhua

Abstract Based on the measurement and comparison of atmospheric dust grouping particle efficiency of three types electrostatic air-cleaners, points out that there are great difference among each type. Comparing and analysing the existing related standards and codes of air-filter, with practical situation, suggests that the standard and code should be detailed and emended.

Keywords air-filter, electrostatic air-cleaner, efficiency, standard

[★] Architectural Design & Research Institute of Tongji University, Shanghai, China

①

空气过滤器是空气过滤净化的最主要设备,但目前空气过滤器的相关标准、规范不够细化,不够严格。本文重点讨论一般通风空调系统用静电净化器的效率问题。

1 静电净化器

1.1 静电净化器的理论净化效率

早在 1919 年,Anderson 根据管式电除尘器的实验结果发现湍流情况下高压电场的净化效率存在指数规律,1922 年,Deutsch 从理论上证明了这一规律,即多依奇-安德鲁森(Deutsch-Anderson)效率公式(见式(1))^[1],而目前国内用于空气净化器的静电净化器(电压一般不超过 7 kV,超过 7 kV 时产生的臭氧一般就超标),其理论净化效率一般均采用下式计算:

$$\eta = 1 - \exp\left(-\frac{A}{Q}\omega\right) \quad (1)$$

式中 η 为净化效率; A 为集尘极面积, m^2 ; Q 为气体流量, m^3/s ; ω 为有效驱进速度, m/s 。

从式(1)中可见,当风量一定时,静电净化器理论效率与集尘极面积、有效驱进速度成正比例关

系。其中有效驱进速度 ω 为

$$\omega = \frac{qEC}{3\pi\mu d} \quad (2)$$

式中 q 为电荷电量, C ; E 为电场强度, V/m ; C 为滑动修正系数,随粒径的不同而各异,见表 1; μ 为微粒相对速度, m/s ; d 为微粒直径, m 。

表 1 滑动修正系数

	$d/\mu\text{m}$						
	0.01	0.03	0.1	0.3	0.5	1.0	>1.0
C	24.5	7.9	2.9	1.57	1.25	1.16	1

1.2 3 种不同类型静电净化器实测效率及理论净化效率

静电净化器目前广泛用于通风空调系统中,市场上的静电净化器产品类型多样,在通风空调系统中的应用也较传统空气过滤器更加灵活、多样。然

① ☆ 毛华雄,男,1982 年 11 月生,硕士,助理工程师
200092 上海市四平路 1239 号同济大学建筑设计研究院综合二所

(021) 65987788-6044

E-mail: 23mhx@tjadri.com

收稿日期:2008-12-08

一次修回:2009-06-05

二次修回:2009-07-28

而,GB/T 18801—2002《空气净化器》^[2]的各项规定是针对室内空气净化器的;对于用于通风空调系统的静电净化器,其净化效率的测定应按照 GB 12218《一般通风用空气过滤器性能试验方法》来进行,这样更加切合实际运行情况。

笔者对 3 种不同类型静电净化器(各静电净化

器的结构及性能参数见表 2)的大气尘分组计数效率进行了实验测定和计算,实验测定结果见表 3,理论净化效率计算结果见表 4。实验方法以及装置依据 GB 12218《一般通风用空气过滤器性能试验方法》,采用的粒子计数器为 BCJ-1 激光尘埃粒子计数器。

表 2 实验用净化器样品规格

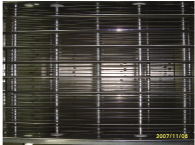
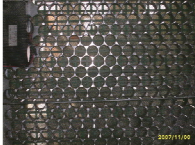
	1#	2#	3#
静电场形式	双区、线板(细线放电)	单区、均匀圆孔通道(针尖放电)	单区、板式(锯齿状针尖放电)
集尘极板	水平极板	圆孔极板	水平并列小圆管
放电电压/kV	14.0(电晕极)/7.0(集尘极)	7.0	7.0
集尘极面积/m ²	5.376	1.414	1.250
尺寸/mm	600×470×170	530×500×102	550×550×375
有效面积/m ²	0.282 0	0.280 9	0.286 0
预过滤网	前置金属预过滤网	前、后置金属丝预过滤网	无
静电场局部			

表 3 各样品净化器大气尘分组计数效率测定结果

	风量/ (m ³ /h)	面风速/ (m/s)	大气尘分组计数效率/%					
			分组粒径/ μm					
			≥ 0.3	≥ 0.5	≥ 0.7	≥ 1.0	≥ 2.0	≥ 5.0
1#样品	1360	1.3		98.3	98.6	98.8	99.1	100.0
	3400	3.3		76.8	87.8	93.5	97.0	100.0
2#样品	800	0.8	19.8	22.6	35.9	41.2	53.0	84.7
	1200	1.2	14.1	16.1	23.7	29.3	50.0	69.4
	1800	1.8	7.6	9.0	15.8	21.0	37.5	58.2
	2500	2.5	4.8	6.8	11.0	14.7	28.8	54.1
	3000	3.0	3.9	5.7	9.9	21.5	36.8	38.2
	3600	3.6	3.6	5.6	10.4	22.6	28.4	37.1
3#样品	800	0.8	38.1	41.4	48.8	54.8	68.6	75.0
	1200	1.2	23.5	25.0	33.7	35.1	48.3	65.5
	1800	1.8	16.2	17.7	21.9	26.8	35.0	43.3
	2500	2.5	13.3	15.0	18.0	21.3	28.6	33.3
	3000	3.0	9.0	10.0	11.8	13.9	16.5	28.9
	3600	3.6	7.5	8.4	10.9	12.8	20.8	30.0

实验用的 1#,2#,3# 样品集尘极面积为现场测量计算得到的,2#,3# 为本实验实测的样品,1# 为早期某公司送来检测用的样品(前期有部分数据),故其大气尘分组计数效率采用原测定的相关数据。

从表 3,4 的结果可以明显看出静电净化器的实测效率低于理论效率,随着粒径增大,这一差别逐渐变大。当静电净化器一定时,理论净化效率取决于有效分离速度 ω ,从式(2)可见,不同于工业除尘,对于舒适性空调系统过滤净化对象为室内外空气即大气尘,而大气尘的全粒径分布是难以十分准确地表达出来的^[3],那么式(2)确定有效分离速度 ω 时微粒直径以及滑动修正系数就难以确定。因

表 4 各样品各粒径理论净化效率

	面风速/ (m/s)	理论净化效率/%					
		分组粒径/ μm					
		0.3	0.5	0.7	1.0	2.0	5.0
1#样品	0.8	93.5	98.9	99.83	100.0	100.0	100.0
	1.2	83.8	95.2	98.6	99.8	100.0	100.0
	1.8	70.3	86.8	94.1	98.2	100.0	100.0
	2.5	58.3	76.7	87.0	94.6	99.7	100.0
	3.0	51.7	70.3	81.7	91.2	99.2	100.0
	3.6	45.5	63.6	75.7	86.8	98.2	100.0
2#样品	0.8	27.2	41.1	52.4	65.4	88.0	99.5
	1.2	19.1	29.8	39.0	50.7	75.7	97.1
	1.8	13.2	21.0	28.1	37.6	61.0	90.5
	2.5	9.7	15.6	21.1	28.8	49.3	81.7
	3.0	8.1	13.2	18.0	24.6	43.2	75.7
	3.6	6.8	11.1	15.2	21.0	37.6	69.2
3#样品	0.8	30.2	45.1	56.8	69.9	90.9	99.8
	1.2	21.3	32.9	42.9	55.0	79.8	98.2
	1.8	14.8	23.4	31.1	41.3	65.6	93.0
	2.5	10.9	17.5	23.6	31.9	53.6	85.3
	3.0	9.1	14.8	20.1	27.4	47.2	79.8
	3.6	7.7	12.5	17.0	23.4	41.3	73.6

注:理论净化效率据式(1)计算得到。

此,直接导致理论净化效率与实测效率的偏差,而且偏差较大。

从实验结果以及对比结果可以看出:

1) 同一类型静电净化器大气尘分组计数效率随着过滤面风速(风量)的增加而降低。

2) 同一类型静电净化器实测效率小于理论效率,随着粒径增大,这一差别逐渐变大。其效率计算可参考文献[3]。

3) 不同类型的静电净化器大气尘分组计数效

率存在较大的差异。

2 空气过滤器标准

GB/T 14295—93《空气过滤器》对空气过滤器作了 5 个类别分类,见表 5。

表 5 我国目前空气过滤器分类^[4]

	额定风量下的 效率	额定风量下的 初阻力/Pa	备注
粗效过滤器	粒径 $>5\mu\text{m}$, $80\%>\eta\geq 20\%$	≤ 50	效率为大气尘 计数效率
中效过滤器	粒径 $>1\mu\text{m}$, $70\%>\eta\geq 20\%$	≤ 80	
高中效过滤器	粒径 $>1\mu\text{m}$, $99\%>\eta\geq 70\%$	≤ 100	
亚高效过滤器	粒径 $>0.5\mu\text{m}$, $99.9\%>\eta\geq 95\%$	≤ 120	

CRAA 430(2008 版)《空气过滤器 分级与标识》对空气过滤器分级作了更加详细到位的分类,见表 6。

表 6 CRAA430 空气过滤器分类^[5](粗中效过滤器)

级别	终阻力/Pa	效率	备注
G1	250	$50\%\leq A_m<65\%$	负荷尘平均计重效率 A_m
G2	250	$65\%\leq A_m<80\%$	
G3	250	$80\%\leq A_m<90\%$	
G4	250	$90\%\leq A_m$	
F5	450	$40\%\leq E_m<60\%$	对 $0.4\mu\text{m}$ 粒子的平均 效率 E_m
F6	450	$60\%\leq E_m<80\%$	
F7	450	$80\%\leq E_m<90\%$	
F8	450	$90\%\leq E_m<95\%$	
F9	450	$95\%\leq E_m$	

对比表 5、6 的分类,可以很明显看出 CRAA 430 的空气过滤器分类要比 GB/T 14295—93《空气过滤器》详尽很多,也更便于设计选型以及运行维护管理。针对粗、中效过滤器,GB/T 14295—93《空气过滤器》的效率范围划分(20%~70%甚至 80%的效率区间)得过于宽泛,而现有的 GB 50189—2005《公共建筑节能设计标准》^[6]中第 5.3.16 条对空气过滤器的规定完全按照此分类。对比分析可以发现以下几个问题:

1) 设计时,仅仅指出需配置粗效或者中效过滤器,而这实际上起不到真正的作用,由于粗效或者中效过滤器的效率范围过于宽泛,根据业主的情

况,或者施工情况可有较大空间来选择。这样,就无法保证室内空气质量达到预期的目标。

2) 对空气过滤器的监测与控制也非强制性要求,而只是“应”设过滤器超压报警或显示。而这直接引起空气过滤器这一关键过滤装置在管理上不到位与缺失。

因此,对标准进行细化、修订,规范、引导过滤器行业跟进时代的发展,从而使设计、运行维护管理有明确的基础与依据,并且规范化是有必要的。

3 结论

3.1 目前静电净化器的应用范围较大,静电净化器厂家也很多,但不同类型的静电净化器大气尘分组计数效率存在较大的差异。可查到的相关效率一般均为根据 GB/T 18801—2002《空气净化器》以及 JG/T 22—1999《一般通风用空气过滤器性能试验方法》规定方法得到的实测值,而非计重效率。当过滤器用于通风空调系统时,应该对其效率进行检测,并建议参照 JG/T 22—1999《一般通风用空气过滤器性能试验方法》取大气尘分组计数效率。

3.2 GB/T 14295—93《空气过滤器》对粗、中效空气过滤器的分类标准过于宽泛,已经不能够很好地适应发展的要求,有必要对其进行修订,以利于设计及运行维护管理。

参考文献:

- [1] 郝吉明,马广大. 大气污染控制工程[M]. 北京:高等教育出版社,1989:186-189
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 18801—2002 空气净化器[S]. 北京:中国标准出版社,2002
- [3] 许钟麟. 空气洁净技术原理[M]. 3 版. 北京:科学出版社,2003:123
- [4] 中华人民共和国国家技术监督局. GB/T 14295—93 空气过滤器[S]. 北京:中国标准出版社,1994
- [5] 中国制冷空调工业协会. CRAA 430 空气过滤器 分级与标识(2008 版)[S]. 昆明:云南科技出版社,2008
- [6] 中国建筑科学研究院,中国建筑业协会建筑节能专业委员会. GB 50189—2005 公共建筑节能设计标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2005
- [2] 蔡放,刘惠敏,黄铁星. 地下车库冬季采暖情况的调查及有关问题的对策探讨[J]. 建筑热能通风空调,2000,19(2):47-49
- [3] 中国气象局气象信息中心气象资料室,清华大学建筑技术科学系. 中国建筑热环境分析专用气象数据集[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005
- [4] 李兆坚,江亿. 住宅空调方案生产能耗和资源消耗计算研究[J]. 暖通空调,2008,38(10):62-69

(上接第 7 页)

系统,建议对《汽车库建筑设计规范》的相关条文进行修改,对此作出明确规定。

参考文献:

- [1] 北京建筑工程学院. JGJ 100—98 汽车库建筑设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,1998