

中央空调通风系统空气净化装置的研究

张庆松, 王雨群, 贾祥焱, 张云龙

(江苏省建筑工程质量检测中心有限公司, 南京 210008)

[摘要] 文章分析研究了中央空调环境下室内空气主要污染物, 针对中央空调通风系统中甲醛、VOCs、细菌、病毒、粉尘颗粒物污染严重的特点, 研制新型中央空调空气净化装置; 采用纳米生态酶空气净化材料制作中央空调通风系统净化装置; 可在新风机组、送风管道、送风口、回风口等部位加装空气净化装置, 测试结果表明: 纳米生态酶空气净化装置在中央空调通风系统中可以高效净化室内空气中的甲醛、VOCs、细菌、粉尘颗粒物等污染物。

[关键词] 中央空调; 通风系统; 纳米生态酶空气净化装置; 甲醛; VOCs; 抗菌

[中图分类号] TU83 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-6270(2006)06-00073-04

Study on Air-Purification Device in Central Ventilation System

ZHANG Qing-song WANG Yu-qun JIA Xiang-yan ZHAN Yun-long

随着我国社会经济的长足发展, 新建、扩建和改建了大量酒店、商场、医院、学校、写字楼等大型建筑。这些大型建筑中基本上都采用中央空调技术来营造舒适的人工环境。根据我国现行的暖通设计规范, 从建筑节能及设备条件出发, 提高能耗的效率, 建筑物的密封性增强, 引入的新风量比例较低, 室内通风成为建筑物内部空气循环, 因此室内空气中污染物形成累积效应, 引起室内空气质量下降。另一方面, 在现代室内装饰装修时, 大量使用化学复合材料, 尤其是装饰装修材料、人造板材及其家具、复合吊顶材料、涂料等, 在室内长期散发大量对人体有毒有害的污染物, 引起室内空气质量恶化。

人们在享受现代技术带来的室内温度、湿度舒适性的同时, 中央空调所带来的室内空气质量恶化, 对人体健康的负面影响已成为人们日益关心的问题。研究表明: 继煤烟型、光化学烟雾型污染之后, 人们正处在以室内空气污染为标志的第三污染时期。统计表明, 人们80%以上的时间是在室内度过的, 室内环境品质与人们的健康息息相关。长期生活、工作在这样人工环境中, 人群中会出现疲劳、头昏、鼻塞、口干、胸闷、精神不佳等各种病症。世界卫生组织(WHO)综合了世界各国的研究资料, 明确指出在封闭式不良建筑物内, 人们会出现黏膜、呼吸、皮肤和神经等四个系统的一系列症状, 形成一个症候群。在1983年将这类病症统一称为“病态建筑综合症(SBS)”。世界卫生组织公布的《2002年世界卫生报告》中明确将室内空气污染列为人类健康的十大威胁之一; 国外大量的流行病学研究资料表明, 作为室内空气主要污染物之一的细颗粒物浓度的上升与呼吸系统疾病、心血管系统疾病的发病率和死亡率密切相关^[1-3]。美国研究人员分析了1000多幢建筑物中室内空气污染问题, 发现50%以上是建筑物空调系统过滤效果差^[4]; 加拿大环境卫生组织研究发现: 人类68%的疾病是由于室内空气污染造成

的, 而且发病率逐年上升。我国卫生部2004年2月至4月组织开展全国公共场所集中空调通风系统卫生状况监督检查^[5], 抽检结果令人吃惊: 全国共抽检了60多个城市具备集中空调设施的937家公共场所, 包括宾馆饭店、大型商场、超市, 检测样品5600件。其中属于严重污染的集中空调通风系统有441家, 占抽检总数的47.1%, 中等污染438家, 占抽检总数46.7%, 合格的58家, 占抽检总数的6.2%。北京市卫生局也于2004年分三次对北京80家左右的公共场所的中央空调卫生状况进行抽查, 检查结果90%属于严重污染。

在强调以人为本的今天, 旨在创造健康舒适的室内人工环境, 实现建筑节能与环保的协调统一, 才能实现建筑环境技术可持续发展。因此对中央空调通风系统的空气质量及其影响因素进行分析, 研究开发新型适合于中央空调通风系统中的净化装置, 显得十分迫切和重要。

文章在分析研究了中央空调通风系统中甲醛、VOCs、细菌、病毒、粉尘颗粒物作为现行室内环境首要污染物的特性, 采用纳米生态酶复合空气净化材料、用低风阻、大容量纳米生态酶空气净化材料设计了适用于中央空调送风机组、新风引入机组、送风管道、送风口、回风口等重点部位的空气净化装置, 并对净化装置进行净化功能测试。

1 中央空调通风系统空气污染物

在中央空调通风系统的空气主要污染物按其来源可以分为以下几类^[5]:

1.1 室内装饰装修材料及复合材料制作的家具的污染: 这些是造成室内空气污染的主要因素, 油漆、人造复合板材、泡沫填料、内墙涂料、塑料贴面材料等化学合成材料, 散发出甲醛、可挥发性有机污染物等对人体有毒有害物质;

[收稿日期] 2006-07-07

[作者简介] 张庆松, 男, 江苏省建筑工程质量检测中心有限公司, 工程师。

1.2 无机建筑材料的污染。主要来自建筑主体材料,例如含有放射性水泥、沙石、粉煤灰、矿渣等墙体材料中,以及从地下土壤、装修石材、墙地砖中散发到室内空气中的放射性物质——氡气,而室内空气造成污染。

1.3 来自室外污染物。室外空气污染物通过门窗渗透及通风换气等途径直接进入公共建筑内而引起室内污染。特别是居住在公路、工厂附近的建筑受到这种危害最大。室外大气中的微生物、粉尘,汽车排放尾气,各种工业排放废气中的 NO_x 、 CO_2 、 SO_2 、烟雾及可吸入颗粒物等都有可能成为室内污染的来源。汽车排放的污染物中含有多种碳氢化合物,如乙苯、邻二甲苯、三甲基苯、乙烷、苯等,在从群密集、交通繁忙的地区,汽车尾气是室外VOCs的主要来源之一^[6]。

1.4 燃烧产物造成的室内空气污染。做饭和吸烟是室内污染的又一主要污染源,厨房中的油烟和香烟中的烟雾成分极其复杂,目前已分析出300多种不同物质,它们在空气中以气态、气溶胶态存在,其中气态物质占90%,许多物质具有致癌性。

1.5 人体自身的新陈代谢及各种生活废弃物的挥发成分也是造成室内空气污染的一个原因。人在室内活动,除人体本身通过呼吸道、皮肤、汗腺可排出大量污染物外,其它日常生活,如化妆、洗涤、灭虫等也会造成空气污染。因而,当房间内人数过多,通风不畅时,会使人疲倦、头昏。此外,人在室内活动时会增加室内温度,促使细菌、病毒等微生物大量繁殖。

1.6 各种办公用品带来的污染:打字机、复印机等办公用品在使用时产生的VOCs、臭氧、粉尘颗粒物,是现代办公用品带来的新型污染。

在多年进行室内环境检测工作统计分析发现^[8]:我国现阶段室内主要空气污染是以甲醛、VOCs、细菌、病毒、粉尘颗粒物、 NO_x 、 SO_2 、 CO_2 等污染物。它们是室内装饰装修材料散发、微生物污染、机动车尾气污染、办公用品、人体代谢等污染是引起上述污染的主要来源。

2 影响中央空调通风系统空气质量的内在主要因素^[5]

2.1 中央空调通风管道 中央空调风管道中的微风速使得一些污染物容易积聚在其中,特别是弯头、接口处。由于中央空调管道中的适宜温度、湿度条件以及和聚集的尘埃,空调风道里容易孳生或繁殖一些生物,如细菌、病毒、螨虫、真菌和昆虫。当空调系统启动时,由于受到送风压及震动,管道中的灰尘和微生物以气溶胶的形式被通风气流携带到空调房间里,造成室内空气污染。

2.2 加湿器 加湿器的作用是增加空气中的湿度,以提高上呼吸道舒适性。但同时加湿器中水也是细菌、病毒等微生物繁殖的重要场所。

2.3 凝水盘 中央空调的风机盘管中凝水盘,是微生物能够大量繁殖的场所。当中央空调启动时,细菌、霉菌等微生物以及微生物繁殖时生成的气体与空气中的水滴一起分散成气溶胶,随送风气流进入空调房间,造成室内空气的微生物污染。

2.4 冷却塔 冷却塔是中央空调系统内部微生物生长繁

殖的重要场所。冷却塔中的循环水在循环过程中,会夹带起生长在冷却塔构件表面的微生物,形成微生物气溶胶。微生物气溶胶通过空调机入口、门窗和通风管道进入室内。

另外如表冷器表面、帆布布着头和法兰连接处等在空调运行过程中容易积尘、发霉给空调通风系统带来污染。

与上述中央空调使用过程中,带来的室内空气污染同时,中央空调系统使用及发展过程中对细菌、病毒等微生物、粉尘颗粒物,尤其是近来甲醛、VOCs等装修污染物净化设备及技术,一直没有引起人们的重视^[9]。其原因是多方面的,但其主要有四个方面:

(一) 是受人体感觉舒适性传统观念的束缚。舒适型空调系统在设计时要求室内温度、湿度等参数同时满足设计规范,基本没有考虑空气中甲醛、VOCs、细菌等微生物污染净化问题,使得人们利用空调系统在控制室内污染,确保室内环境健康方面要求不高。当经济发展到一定程度时,人们才开发意识到室内环境品质对健康的重要影响,但这种影响是一种后续的、非主动的。

(二) 是大量化学合成材料替代了传统材料,各种化学污染物散发致使室内环境质量下降而导致的健康问题;

(三) 由于在空调系统中增加净化措施会使得系统复杂,设备成本和使用成本增加。

(四) 中央空调净化技术不完善,功能单一,难以满足污染日益严重的中央空调通风系统,尤其是针对细菌、病毒、甲醛及VOCs等污染物,现有的净化技术还有待研究开发。

正是诸多方面的原因导致了空调系统中净化功能明显滞后。尤其是在2003年春季防范非典过程中,中央空调通风系统在新风量、气流组织、净化功能以及日常维护等方面暴露出了不足,突显出现代空调系统由单一舒适型向健康舒适型转变的重要性和迫切性。

3 中央空调空气净化技术

目前国内外室内空气污染净化技术大多是从工业尾气和废气治理技术演变而来^[6],主要分为三类:除尘技术、气体净化技术、杀菌消毒技术。现在室内空气除尘技术基本衍生于大气除尘技术,采用较多的是纤维过滤式除尘和静电式除尘。活性炭过滤法仍是主要的气体净化方式。杀菌消毒技术现在主要采用 O_3 和紫外线进行杀菌消毒。近来纳米二氧化钛光催化技术得到长足发展。以纳米二氧化钛为氧化剂,在紫外光的照射下,激发空气中的氧及水分子,通过具有强氧化性的羟基自由基氧化分解室内空气中的各种有机污染物、甲醛、细菌、 NO_x 及其臭味气体等,具有良好的应用前景。但是随着人们对光催化技术研究的深入,发现:纳米二氧化钛光催化反应器应用于室内空气中污染物的净化需要高强度紫外光的照射,污染物浓度较低时尤其如此^[10]。而且,光催化氧化分解VOCs的动力学过程需经过许多中间步骤,容易生成其它毒性更强的中间产物^[11-12]。而对中央空调通风系统的大风量、大流速的室内空气来说,其毒性更强的中间产物随着循环风带到室内各个部位,而会带来更大的污染。目前尚有许多机理性的问题需要进一步的深入研究和探讨,可以推断纳米光催化技术在中央空调通风系

统中较难进入实际应用阶段。

经过多年研究开发,在纳米生态酶空气净化技术的研发工作取得了重要进展^[13-14]。以表面具有纳米孔隙、具有多种活性基团的活性炭纤维与高分子纤维复合,负载模拟酶催化剂、纳米银杀菌剂后制作成超薄型、低风阻的空气净化材料,可针对室内空气污染的首要污染物——甲醛等有机物污染物以及病毒、细菌、粉尘颗粒物、NO_x、SO₂、CO₂等污染物及中央空调通风系统中常由细菌分解蛋白质、碳氢化合物及高级脂肪酸后产生的挥发性组分的混合物,如硫化氢、硫醇、醛、氨、胺、吡啶等臭味气体分子,均具有较强的净化能力,为解决日益严重的室内空气污染带来一种全新的净化材料和方法,是一种可广泛应用于通风系统中、净化室内空气中多种污染物的生态型纳米环境工程材料。

4 中央空调通风系统中的纳米生态酶空气净化技术

根据中央空调通风系统空气污染的特点,用纳米生态酶空气净化技术对现行中央空调系统设备进行技术改造,分别在中央空调机组的新风机组送风管道、主送风管道、主回风管道以及送风口、回风口加装空气净化单元,利用纳米生态酶空气净化技术,有效在净化室内空气中的各种污染物。

4.1 新风机组空气净化装置

新风机组是中央空调的重要部件,关系到引入新风的空气质量,现有新风机组内大部分采用纤维过滤网或活性炭过滤装置,其过滤能力、净化功能都受到一定限制。采用纳米生态酶空气净化技术,在新风机组纤维过滤网的后端加装由纳米生态酶空气净化材料制作的净化装置,从而确保新风机组及引入的空气质量。见图1

图中:1新风进口;2纤维过滤器;3纳米生态酶空气净化装置;4空气除湿装置;5新风出口。箭头所指方向为空气流通方向。

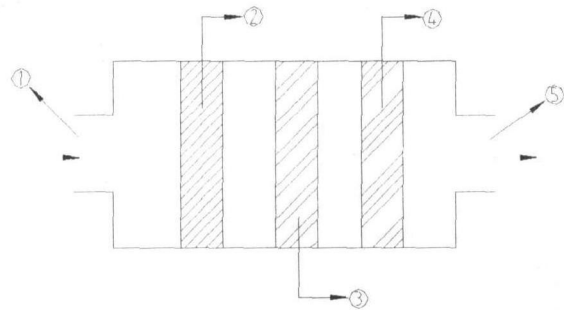


图1 新风机组结构示意图

4.2 送风、回风管道空气净化装置

在中央空调的送风、回风管道的侧端加装与主风道并联的空气净化装置,在主风道上安装截止阀,调节主风道通过的风量,使主风道通过的部分或全部空气,通过风量纳米生态酶空气净化装置,使主风道中的空气质量满足室内空气质量要求。如图2所示:

图中:1空气净化节流阀门;2纤维过滤器;3纳米生态酶空气净化装置;箭头方向为空气流通方向。

4.3 送风口空气净化装置

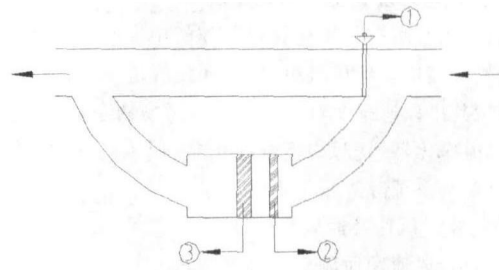


图2 送风、回风管道空气净化装置示意图

作为中央空调的末端送风口,由于送进室内的空气是通过内部循环,为避免循环空气引入的新风、回风以及送风管道、加湿器、表冷器、帆布接接头和法兰内产生的各种污染引入室内,最有效的办法是对末端端口的空气进行净化处理,确保送到室内的空气质量。在送风口的净化装置设计上考虑到如下因素:1对由于加装空气净化装置而引起的风压损失进行补偿,通常采用增大净化面积和折叠式固定床净化装置,以保证送风效率;2净化装置必须具有一定的容尘;3净化装置能够拆卸方便,便于清理和更换。

图中:1送风口框架;2纳米生态酶空气净化装置;箭头所指方向为空气流通方向。

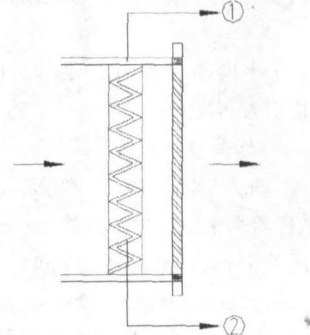


图3 送风口空气净化装置示意图

4.4 回风口空气净化装置

由于室内建筑装饰装修材料、办公用品、人体的新陈代谢等多种因素,避免交叉污染,由室内引回到回风管道的空气应该进行净化处理,在回风口加装空气净化器。与新风机组、主风道、送风口的空气净化装置相比,回风口的空气流速相对较低,这对净化装置的设计比较有利。采用平面或折叠型固定床净化装置,在低风速状态下,能获得较高的室内净化率。如图4所示。

图4中:1回风口框架;2纳米生态酶空气净化装置;箭头所指方向为空气流通方向。

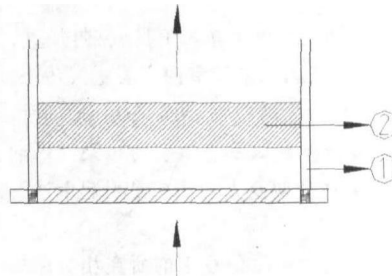


图4 回风口空气净化装置示意图

5 中央空调净化装置空气净化测试

由纳米生态酶空气净化材料制作的中央空调空气净化装置,分别加装中央新风机组内、主送风管道、送风口、回风口中,测量其出风速率及对空气中主要污染物净化能力。分别对主风道净化器、送风口空气净化器、回风口空气净化器进行出风速率及甲醛的净化测试。

5.1 净化装置风速及通风量测量

净化装置风速及通风量测量数据如表 1。

表 1 净化装置风速及通风量测量数据

净化装置	风阻	平均风速 (m/s)	通风量 (m ³ /h)
出风口	1. 平面型	3.5	378
	2. 折叠型	5.9	630
回风口	1. 平面型	1.4	151
	2. 折叠型	1.9	202

5.2 净化装置甲醛净化测试

测试方法:将送风口空气净化装置放置于 30m³ 实验室中,检测前将风口用塑料纸密封,发生一定浓度的甲醛后,开启风扇,开启净化装置,将净化装置调整开关调至高档,打开风口密封盖,测定净化室内甲醛总衰减,计算 2 小时甲醛去除率。

实际测定:2 小时甲醛净化率为 92.7%; 89.6%; 93.4%; 平均净化率为 91.9%

5.3 净化装置对自然菌净化测试

测试方法:在 45m³ 实验室中,在室内无人的情况下,先用撞击式空气采样器采集空气中的自然菌,采样时,采样器置室内中央 1.0m 高处,每次采样量为 200L。然后开启净化装置,分别于 30min、60min、90min、120min 时用同样法分别采集空气中的自然菌。每次采集量为 200L。用同批次的培养基作为阴性对照,放于 37℃ 冰箱中与测试样本一同培养 48h 后记录结果。测试数据如表 2。

表 2 净化装置对自然菌的净化数据

试验次数	净化前自然菌数 (cfu/m ³)	不同作用时间(min) 的自然菌死亡率(%)			
		30	60	90	120
1	280	71.4	82.1	82.1	89.2
2	500	68.0	74.0	76.0	78.0
3	770	75.3	75.3	90.9	92.2
平均	/	71.5	77.1	83.0	86.4

6 结束语

由于中央空调系统由于新风不足、密封加重,引起日益严重的空气污染;我国现阶段室内主要空气污染是以甲醛、VOCs、细菌、病毒、粉尘颗粒物、NO_x、SO₂、CO₂ 等污染物。它们是室内装饰装修材料散发、微生物污染、机动车尾气污染、办公用品、人体代谢及人为污染是引起上述污染的主要来源。

而由于对中央空调净化技术的研究相对滞后,纳米二氧化钛光催化技术可能会带来更大的污染的局限,应针对

中央空调通风系统空气净化技术加大研究开发力度。

采用纳米生态酶空气净化技术,可以较好解决中央空调空气污染问题,通过对纳米生态酶中央空调空气净化装置的净化测试,测试数据结果表明:纳米生态酶空气净化装置在中央空调通风系统中可以高效净化室内空气中的甲醛、VOCs、细菌、粉尘颗粒物等污染物。

参考文献

- [1] Arden PC, Randy WH, Martin GV. Particulate air pollution and daily mortality on Utah's wasatch front [J]. Environ Health Perspect, 1999, 107: 5672-573.
- [2] Hornberg C, Maciuleviciute L, Seemayer NH, et al. Induction of sister chromatid exchanges (SCE) in human tracheal epithelial cells by the fractions PM10 and PM2.5 of airborne particulates [J]. Toxicollett, 1998, 96~97: 2152-220.
- [3] Rufus D. Edwards, et al. Voc source identification from personal and residential indoor, outdoor and workplace microenvironment samples in expolis - Helsinki, Finland Atmospheric Environment, 2001, V35: 4829~4841.
- [4] 周杨胜. 病态建筑综合症的原因与解决方法 [J]. 环境保护, 1998(5): 36~37.
- [5] 李军. 我国中央空调通风系统清洗行业的现状和问题 [J]. 清洗世界, 2005, 21(7): 27~32.
- [6] 吴文继. 室内空气污染净化研究进展 [J]. 四川环境, 2005, 24(1): 109~114.
- [7] 刘一君. 公共场所集中式空调系统污染及健康危害 [J]. 公共卫生与预防医学, 2004, 15(5), 74.
- [8] 王雨群. 用于净化空气中甲醛等有机污染物的夹芯毡及制品 [P]. 中国专利, 01263139.6, 2003, 1, 15.
- [9] 介江斌. 空调系统确保室内环境健康的关键 [J]. 环境与健康杂志, 2005, 22(2): 153~154.
- [10] 张前程, 张凤宝, 张国亮, 等. 室内空气中有机污染物的光催化净化 [J]. 环境科学与技术, 2003, 26(3): 56~59.
- [11] Kamble S P, Deosarkar S P, Sawant S B, et al. Photocatalytic degradation of 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid using concentrated solar radiation: batch and continuous operation [J]. Industrial and Engineering Chemistry Research, 2004, 43: 8178~8781.
- [12] Shimi S, Kazuhiro U, Yasuhiro K, et al. In situ IR observation of surface species during the photocatalytic decomposition of acetic acid over TiO₂ films [J]. Journal of Physical Chemistry B, 2002, 106: 9054~9058.
- [13] 王雨群. ACF 酶催化空气净化材料的合成及甲醛降解机理 [J]. 南京理工大学学报(自然科学版), 2006, 30(1): 102~105.
- [14] 王雨群. 纳米生态酶空气净化材料及其在空气净化器的应用 [D]. "室内环境与健康止" 第二届上海专家论坛文集, 83~89.