

室内空气污染危害及其净化技术研究进展

伍正君

(深圳中检联检测有限公司, 广东 深圳 518055)

摘要: 随着中国居民居住条件的不断改善, 室内空气污染已成为重要的环境问题得到越来越多的关注。分析了室内空气污染物的主要来源、种类及其对人体健康的主要危害, 对国内外室内空气污染净化技术按照作用原理进行了归纳, 分析了不同方法的优缺点。最后展望了室内空气污染净化技术的发展前景。

关键词: 室内污染; 净化技术; 健康危害

中图分类号: X50

文献标识码: A

文章编号: 1674-6732(2011)-06-0042-04

Research Process on Health Hazard and Purification Technology of Indoor Air Pollution

WU Zheng-jun

(Shenzhen Sino Assessment Group Co. Ltd, Shenzhen, Guangdong 518055, China)

ABSTRACT: With the improvement of living conditions, indoor air pollution has become one of the most important environmental problems in China. The main source, type and hazard of indoor air pollutants were analyzed. The purification technologies of indoor air pollution were compared and discussed. Finally, the perspective of purification technology of indoor air pollution was presented.

KEY WORDS: indoor air pollution; purification technology; health harm

室内环境是与人类生存关系最为密切的环境之一。中国标准化协会的调查显示, 现代人平均90%的时间生活在室内, 68%的疾病与室内空气污染有关, 因此, 室内空气污染问题备受关注。中国于2002年11月19日批准了由国家质量监督检验检疫局、国家环保总局、卫生部制定的《室内空气质量标准》, 并于2003年3月1日开始实施。这部标准明确提出“室内空气应无毒、无害、无异常臭味”的基本要求, 并对室内环境质量提出了具体的标准和要求。

1 室内空气污染的来源及种类

1.1 室内空气污染的主要来源

室内空气污染物主要有3个方面的来源: (1) 室外空气污染物, 包括来自工厂、餐馆、交通工具等的烟、尘、废气和可吸入颗粒物等。其中, 室外污染固体粉尘是室内粉尘的主要来源。(2) 建筑装饰材料和室内设备等释放的污染物, 如甲醛、苯系物、放射性物质、辐射等, 它们是室内空气污染的主要来源。(3) 通过人体呼吸排出的CO₂等, 随汗液等排出的氨类化合物, 通过咳嗽、打喷嚏等排出

的流感病毒、结核杆菌和链球菌等生物污染物, 通过烹饪或取暖排出的NO_x和CO等, 以及其他活动引起的可吸入颗粒物, 等等^[1-3]。

1.2 室内空气污染的主要种类

室内空气污染物按照污染源和污染类型可分为: (1) 化学污染物: 包括甲醛、苯、甲苯、二甲苯、氨、醚、酯等有机物, 硫、砷、镉、铅、汞等可溶性重金属和粉尘颗粒物, 等等。(2) 放射性污染: 包括氡、钍、镭等放射性物质。(3) 生物污染物: 军团菌、放线菌、曲霉菌、葡萄状穗霉菌、病菌等。(4) 电磁辐射: 来源于计算机、电视机、微波炉、电磁炉等^[4]。

2 室内空气污染对人体健康危害

室内空气污染对人体健康的危害表现为多系统、多脏器、多细胞、多基因损害。表1列出了室内主要污染物的控制标准及其对人体健康的危害^[5,6]。世界卫生组织将室内空气污染列为第八

收稿日期: 2011-05-12; 修订日期: 2011-05-21

作者简介: 伍正君(1982—), 女, 本科, 从事室内环境检测工作。

位的人体健康危害因素。

表1 室内空气主要污染物的控制标准及其人体健康危害

污染物种类	控制标准	人体健康危害
甲醛	0.10 mg/m ³	急性中毒可引起咽喉灼痛、呼吸困难、肺水肿;慢性中毒可引起慢性呼吸道疾病、神经衰弱、记忆力减退、机体免疫功能下降,并可诱发白血病等癌症。
苯	0.11 mg/m ³	急性中毒可麻痹中枢神经系统,引起头痛、神志模糊、知觉丧失等现象;慢性中毒会破坏造血功能,引发白血病。另外,苯可导致胎儿的先天性缺陷。
甲苯	0.20 mg/m ³	对皮肤和黏膜有刺激性,对中枢神经系统有麻痹作用,长期暴露可引发
二甲苯	0.20 mg/m ³	神经衰弱综合征、女性月经异常、肝肿大等。
氨	0.20 mg/m ³	急性吸入可引起咽痛、声音嘶哑、咳嗽、头痛、乏力等症状,严重者可导致肺水肿和成人呼吸窘迫综合征;长期吸入可引起呼吸系统疾病。
氡	400 Bq/m ³	会对人体内的造血器官、神经系统、生殖系统和消化系统造成损伤。低剂量、长期的氡照射会诱发癌症。
可吸入颗粒物	0.15 mg/m ³	粗颗粒可沉积在支气管中;细颗粒可沉积在肺叶中,并可进入血液循环,导致与心肺功能障碍有关的疾病。颗粒物上还易富集污染物和微生物,引起相关疾病。
微生物	2 500 cfu/m ³	室内病原微生物可引发昆士兰热、肺结核等呼吸道传染病,降低人体呼吸道免疫功能,并可导致头痛、干咳、胸疼、腹泻等症状的发生。

注:控制标准来源于《室内空气质量标准》(GB/T 18883—2002)。其中,甲醛、苯、甲苯、二甲苯、氨的控制标准为1h均值;可吸入颗粒物控制标准为日均值。

3 室内空气污染净化技术

室内空气污染的净化技术近年发展较快,出现了许多新方法。目前,室内空气净化技术按作用原理可大致分为物理法、化学法、生物法三大类^[7-10]。

3.1 物理法净化技术

3.1.1 遮蔽法

遮蔽法是利用掩蔽手段来抑制污染源从家具及装修材料中释放出来,主要产品有漆、蜡和面板等。使用时将其覆盖在污染源表面,可有效抑制甲醛、苯等污染物的扩散,在家庭、办公室及公共场所中经常采用,但不能从根本上去除污染物。

3.1.2 吸附法

吸附法是通过吸附剂吸附空气中的污染物,以达到净化空气的目的,常用的吸附剂有活性炭、沸石、分子筛、硅胶等。吸附净化技术所用设备简单,操作方便,对甲醛、氨气、二氧化硫、一氧化碳、氮氧化物等的净化效率高、选择性好。目前使用最为广泛的吸附材料是活性炭。活性炭的吸附能力强、化学稳定性好、机械强度高,对有机气体的吸附性能较好,用适当的化合物浸渍活性炭后,可使它具有相当强的化学吸附和催化效应。但活性炭对无机气体的吸附能力较差,对湿度较为敏感,且酮、醛和酯等污染物会阻塞活性炭气孔,降低吸附效率。

3.1.3 过滤法

该法应用不同类型的过滤材料滤去空气中的可吸入颗粒物、烟雾、灰尘、细菌等,以达到净化空气的目的。用玻璃纤维制成的高效空气过滤器(HEPA)是国际上公认的高效过滤材料,它对直径0.3 μm以上微粒的去除效率达到99.99%,是烟雾、灰尘及细菌等污染物最有效的过滤媒介^[11,12]。

膜分离技术是一项简单、快速、高效的新型过滤技术。室内空气净化中多采用无机膜,它具有稳定性好、机械强度高、不易被微生物降解等特点,是一种有着巨大潜力的室内空气净化主体或载体。目前已有采用无机陶瓷膜净化室内空气中低浓度正己烷、甲醛和苯等污染物的报道,但膜分离方法在室内空气净化中仍有许多技术难题有待突破。

3.1.4 静电法

静电技术是通过强电场对空气进行高压电离,当电子和正离子向电极运动时与气体中的尘粒碰撞使尘粒带电从而被电极吸附,使含尘浓度降低。静电技术有正电晕放电和负电晕放电两种。负电晕虽然电流大,击穿电压高,利于电除尘器的工作,但会产生臭氧和氮氧化合物,对人体健康不利,因此,室内空气净化多采用正电晕放电。静电法可对

小环境空气进行持续动态的净化,除尘效率在90%以上,同时具有除菌作用,但该方法不能有效去除室内空气中的甲醛、氨气等有害污染物。

3.2 化学法净化技术

3.2.1 光催化法

光催化技术是通过紫外线照射激发催化剂产生高能电荷-电子-空穴,分解催化剂表面吸附的水产生氢氧自由基,还原周围的氧为活性离子氧,将吸附在催化剂表面的污染物氧化或还原成无害物(如 CO_2 、 H_2O 、 H_2),以达到净化空气的目的。可用于光催化技术的催化剂包括 TiO_2 、 SnO_2 、 ZnO 、 CdS 、 WO_3 等,其中 TiO_2 因其氧化还原能力强、化学稳定性高及无毒的特性而被广泛研究^[13,14]。光催化技术是最具发展前景的室内空气净化技术之一,对空气中甲醛、氨气等污染物的去除降解效率很高,用于光催化的纳米 TiO_2 同时还具有杀灭微生物的功能。但该技术不能净化空气中的悬浮物及细颗粒物,催化剂微孔易被颗粒物堵塞而失活,且成本较高,难以和常规环保技术竞争。

3.2.2 离子法

离子化净化技术可分为非平衡等离子净化法和负离子法两种。等离子体是由电子、离子、自由基和中性粒子组成的电中性的导电液体。非平衡等离子体内的电子温度远高于离子温度,且电子含量高,可产生 OH 等自由基和 O_3 ,能够净化空气中低浓度的挥发性有机物及微生物,同时能从气流中分离出微粒。但此法过程复杂,影响因素多,尚需深入研究。

负离子法的作用原理是电中性的气体分子得到电子成为负离子,通过凝结和吸附作用,与空气中污染颗粒相吸附,成为带电的大离子而沉降去除。此外,负离子还具有消毒与灭菌的作用,其除菌效果超过过氧乙酸。但负离子法不能清除污染物,且负离子在空气中寿命短,净化功效有限。

3.2.3 化学试剂法

化学试剂法主要是通过氯制剂、过氧乙酸和臭氧等化学试剂的强氧化能力杀灭致病微生物。过氧乙酸分解产生的羟基自由基可破坏菌体的蛋白质;臭氧可氧化细菌的细胞壁,或直接穿透细胞壁与胞内不饱和键化合。因此,化学试剂法的灭菌能力很强。例如,过氧乙酸比紫外消毒的灭菌效果更高,细菌清除率达99%,且副作用少。但化学试剂对空气中的有机污染物没有去除效果,且使用过程

中有诸多限制。如当二氧化氯局部体积分数大于8%时会引起爆燃;氯制剂在水环境下会分解成次氯酸,易与其他有机物反应生成三氯甲烷、四氯化碳等致癌物质;臭氧体积分数 $>1.5 \times 10^{-7}$ 时会发出浓烈的恶臭,且高温下可产生致癌物质。

3.3 生物法净化技术

3.3.1 生物过滤法

生物过滤法是基于微生物在好氧条件下能将空气中有机污染物转化为 H_2O 、 CO_2 和生物质而发展起来的,它通常由一个结构简单的具有固定微生物群落的填料层组成,具有一定的机械强度、物理特性(结构、孔隙度、比表面积、保水性容量等)和生物特性(提供无机营养和特殊的生物活性)^[15]。该法对低浓度臭味和有毒气体的处理效果明显,已成为去除空气中有机污染物有效而廉价的方法。但该法过程缓慢,微生物对有机物分解有选择性,运行和维护过程需要一定的微生物知识。

3.3.2 植物法

植物法是室内空气净化化的常用方法,它能有效吸收空气中的化学物质并将之转化为养料^[16,17]。例如月季、玫瑰可吸收二氧化硫,桂花有吸尘作用,薄荷有杀菌作用,长春藤、龙舌兰、铁树可吸收苯,万年青和雏菊可清除三氯乙烯,银苞芋、吊兰、芦荟、虎尾兰可吸收甲醛,垂吊兰能吸收一氧化碳。

4 展望

室内空气净化方法种类繁多,但各有优缺点。因此,在实际的应用过程中常将不同的技术组合使用,以达到有效净化空气的效果。如采用高效空气过滤技术和浸渍活性炭吸附技术相结合的方法净化污染程度较重的室内场所,有害气体先通过粗滤层去除较大的灰尘杂物,再通过HEPA过滤层去除较小的颗粒物、细菌等,最后进入浸渍活性炭吸附层去除有机污染物,最终达到净化的目的。

现在,已有许多采用不同组合技术的室内空气净化器投入生产,它们大致可按照净化技术的不同分为过滤式空气净化器、电子式空气净化器、离子发生器空气净化器、纳米光化学空气净化器、化学吸附或化学分解空气净化器等几大类。但总体而言,中国的室内空气污染治理是一个新兴行业,具有开拓发展的广阔空间。

[参考文献]

- [1] SAMET J M, MARBURY M C, SPENGLER J D. Health-effects and source of indoor air pollution-1 [J]. American Review of Respiratory Disease, 1988, 136(6):1486-1508.
- [2] SAMET J M, MARBURY M C, SPENGLER J D. Health-effects and source of indoor air pollution-2 [J]. American Review of Respiratory Disease, 1988, 137(1):221-242.
- [3] 肖贺非. 室内污染的主要来源分析——室内空气污染[J]. 黑龙江冶金, 2010, 30(1):42-43.
- [4] 朱立, 裴志刚, 张辉. 室内污染监测和评价[J]. 实验技术与管理, 2006, 23(6):122-127.
- [5] PEREZ P R, SCHILMANN A, RIOJAS R H. Respiratory health effects of indoor air pollution[J]. International Journal of Tuberculosis and Lung Disease, 2010, 14(9):1079-1086.
- [6] BRUCE N, PEREZ P R, ALBALAK R. Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health [J]. Bulletin of the World Health Organization, 2000, 78(9):1078-1092.
- [7] 陈俐佩, 李励, 王玲. 国内消毒与净化室内污染空气的新方法概述[J]. 公共卫生与预防医学, 2006, 17(6):109-111.
- [8] 章骅, 周述琼, 但德忠. 室内污染控制技术研究进展[J]. 中国测试技术, 2005, 31(6):130-135.
- [9] 马福党, 范红娟. 室内空气污染净化技术的研究进展[J]. 广东化工, 2008, 35(3):36-39.
- [10] 王莹, 李光浩. 室内空气污染与防治研究进展[J]. 环境科学动态, 2005(4):35-37.
- [11] XU Y, RAJA S, FERRO A R, et al. Effective of heating, ventilation and air conditioning system with HEPA filter unit on indoor air quality and asthmatic children's health [J]. Building and Environment, 2010, 45(2):330-337.
- [12] ABRHAM M E. Microanalysis of indoor aerosols and the impact of a compact high-efficiency particulate air (HEPA) filter system [J]. Indoor Air-International Journal of Indoor Air Quality and Climate, 1999, 9(1):33-40.
- [13] DONG Y C, BAI Z P, LIU R H, et al. Decomposition of indoor ammonia with TiO₂-Loaded cotton woven fabrics prepared by different textile finishing methods [J]. Atmospheric Environment, 2007, 41(15):3182-3192.
- [14] TSAI C W, CHANG C T, CHIOU C S, et al. Study on the indoor volatile organic compound treatment and performance assessment with TiO₂/MCM-41 and TiO₂/Quartz Photoreactor under ultraviolet irradiation [J]. Journal of the Air & Waste Management Association, 2008, 58(10):1266-1273.
- [15] ONDARTS M, HORT C, PLATEL V, et al. Indoor air purification by compost packed biofilter [J]. International Journal of Chemical Reactor Engineering, 2010(8).
- [16] ORWELL R L, WOOD R L, TARRAN J, et al. Removal of benzene by the indoor plant/substrate microcosm and implications[J]. Water Air and Soil Pollution, 2004, 157(1-4):193-207.
- [17] 张淑娟, 黄耀棠. 利用植物净化室内甲醛污染的研究进展[J]. 生态环境学报, 2010, 19(12):3006-3013.

(上接第41页)

- [12] 何春华, 丁海燕, 张振克, 等. 淮河中下游洪泽湖湖泊沉积物粒度特征与其沉积环境意义[J]. 地理科学, 2005, 25(5):590-596.
- [13] HISASHI J. Fractionation of phosphorus and releasable fraction in S-Ediment Mud of Osaka Bay[J]. Bulletin of the Japanese of Scientific Fisheries, 1983, 49(3):447-454.
- [14] 国家自然科学基金委员会地球科学部. 国家自然科学基金委员会地球科学基金项目研究进展[M]. 北京:地震出版社, 1994.
- [15] 扈传显, 潘建明, 刘小涯. 珠江口沉积物中磷的赋存形态[J]. 海洋环境科学, 2001, 20(4):21-25.
- [16] 王春雨, 万国江, 王仕禄, 等. 红枫湖、百花湖沉积物中磷的存在形态研究[J]. 矿物学报, 2000, 20(3):273-278.
- [17] RUTTENBERG K C. Development of a sequential extraction method for different forms of phosphorus in marine sediments [J]. Limnol Oceanogr, 1992, 37:1460-1482.
- [18] 王庆, 陈吉余. 洪泽湖和淮河水洪泽湖河口的形成与演化[J]. 湖泊科学, 1999, 11(3):237-244.
- [19] 马钦, 李北罡, 焦小宝. 黄河表层沉积物中磷的分布特征及磷的生物可利用性[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(11):2379-2384.
- [20] INGALL E D, SCHROEDER P A, BERNER R A. The nature of organic phosphorus in marine sediments: new insights from ³²P-NMR[J]. Geochim Cosmochim Acta, 1990, 54:2617-2620.
- [21] 付永清, 周易勇. 沉积物磷形态的分级分离及其生态学意义[J]. 湖泊科学, 1999, 11(4):379.
- [22] 毛建忠, 王雨春, 赵琼美, 等. 滇池沉积物内源P释放初步研究[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2005, 3(3):35-38.

(本栏目编辑 陆敏)