

文章编号: 1000-5692(2003)03-0297-05

室内环境污染的危害及其预防

刘晓红¹, 周定国²

(1. 浙江林学院 工程学院, 浙江 临安 311300; 2. 南京林业大学 木材工业学院, 江苏 南京 210037)

摘要: 介绍了我国室内环境污染问题的现状, 分析了室内环境污染对人体健康和社会生产力的危害, 归纳了室内环境中的主要污染物及其来源, 同时列举了国家最新颁布的《室内空气质量标准》的监测指标和浓度限制, 为评价室内空气质量提供了依据。根据以上所述, 认为预防和改善室内环境污染, 必须从控制源头入手, 大力开发和使用绿色建材, 倡导和建造“健康建筑”, 从根本上解决室内环境污染, 为人们创造健康舒适的生活环境。表 2 参 13

关键词: 环境工程学; 室内环境污染; 危害; 预防; 室内空气质量

中图分类号: X503 文献标识码: A

据统计, 我国每年由室内空气污染引起的超额死亡人数可达 11.1 万人, 超额门诊数 22 万人次, 超额急诊数 430 万人次。严重的室内环境污染造成了巨大的经济损失。仅 1995 年, 我国因室内环境污染危害健康所导致的经济损失就高达 107 亿美元^[1]。室内环境污染已严重地危害了人们的健康, 影响了人们的生活质量^[2]。为此, 2002 年 11 月 19 日, 国家有关部门批准了我国第一部《室内空气质量标准》, 并于 2003 年 3 月 1 日起实施, 与国家标准委已发布的《民用建筑室内环境污染控制规范》和 10 种《室内装饰装修材料有害物质限量》一起, 构成了我国比较完整的室内环境污染控制和评价体系。这些标准和规范对施工和材料等提出了严格的有害物质限量指标, 极大地保证了建材的环保型安全性, 对保护消费者健康, 发展我国室内环境事业具有重要的意义。

1 室内环境污染的危害

1.1 室内环境污染会危害人的身体健康

国外大量研究结果表明, 室内环境污染会导致“病态建筑物综合症”(sick building syndrome, SBS)^[3]。其症状包括眼喉刺激、鼻塞、头痛、头晕、恶心、胸闷、乏力、皮肤干燥、嗜睡和烦躁等, 但一般离开建筑物不久, 这些症状就自行缓解或消失。

甲醛是室内最常见的挥发性有机化合物, 对人的危害尤为突出。当室内含量为 $0.1 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 就有异味和不适感, $0.5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 可刺激眼睛引起流泪, $0.6 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 引起咽喉不适或疼痛, 浓度再高可引起恶心、呕吐、咳嗽、胸闷、气喘甚至肺气肿, 当空气中达到 $230 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 可当即导致死亡^[4]。苯化合物是另一类室内空气的主要污染物, 已经被世界卫生组织确定为强烈致癌物质。苯可以引起白血病和再生障碍性贫血。人在短时间内吸入高浓度的甲苯或二甲苯, 会出现中枢神经麻醉的症状, 轻者头晕、恶心、胸闷和乏力, 严重的出现昏迷, 甚至因呼吸循环衰竭而死亡^[5]。氨是一种碱性物质, 对接

收稿日期: 2003-02-27; 修回日期: 2003-05-29

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70273042)

作者简介: 刘晓红(1967—), 女, 新疆乌鲁木齐人, 讲师, 从事家具制造与室内环境研究。E-mail: xiliu_nj@263.net

触的皮肤组织都有腐蚀和刺激作用，轻度中毒表现为碧眼、咽炎、气管炎和支气管炎等^[6]。

除此之外，长期接触室内环境中的许多污染物，有可能导致“三致”：致癌、致畸、致突变。

1.2 室内环境污染对社会劳动生产率的影响

室内环境污染对劳动生产率的影响具体表现在：高缺勤率，较多人因病请假及工作效率降低等。据美国国家能源管理学会1994年一项主要研究显示，建筑环境可导致生产率降低1.5%~1.6%。《美国医学杂志》1995年调查报告估计，在美国每年因呼吸道感染而就医的人数达0.75亿次，每年损失1.5亿个工作日，花费的医疗费用达150亿美元，而缺勤损失高达590亿美元。此外，由于室内空气污染问题而使业主与物业产生纠纷时有发生，有的甚至对簿公堂，既浪费人力又浪费物力。

还有调查显示，建筑物使用时间越长，人们对室内空气质量的不满意率越高，生产率的下降也就越多^[7]。有些室内污染物的浓度虽然没有超过权威机构制定的上限值，但室内人员仍可以感受到这种低浓度污染。低浓度污染影响了空气的新鲜度，也影响室内空气质量的可接受程度。

2 室内环境主要污染物及其限值

2.1 室内环境主要污染物

室内空气的整体质量受热舒适程度和空气污染物所影响^[8]。其中，影响热舒适程度的因素有：温度、湿度、气流和热辐射。空气污染物包括范围甚广的多种物质和生物有机体，是由建筑材料、人类活动、办公室器材以至户外环境所产生的。室内污染源大致可分为以下5类。

2.1.1 颗粒污染物 主要指可吸入悬浮粒子(suspended particulate matter, RSP)，即指空气动力直径在 $10\mu\text{m}$ 或以下的悬浮在空气中的粒子^[9]。室内粒子的来源可分为几大类：微生物粒子、动植物粒子、矿物粒子、燃烧粒子及放射性粒子。烟草燃烧时所产生的烟雾是粒子污染的主要来源。每种粒子对健康的危害需视其微粒的大小、形状、密度和化学活性而定。

2.1.2 挥发性有机化合物 挥发性有机化合物(volatile organic compounds, VOC)，世界卫生组织将它界定为含有一个或多个碳原子，在正常室温及气压下容易挥发，沸点在50~100℃(下限)与240~260℃(上限)之间的化合物。VOC是一类重要的室内空气污染物，目前，已鉴定出300多种。除醛类以外，常见的还有苯、甲苯、二甲苯、环己酮、三氯乙烯、三氯甲烷、奈和二异氰酸醋(TDI)等。它们各自的浓度往往不高，但若干种VOC共同存在于室内时，其联合作用是不可忽视的。因此，TVOC(total volatile organic compound)常常是表征室内污染程度的一项指标^[10]。

暴露于含有高水平VOC的工业环境中，已证实了可导致人体的中枢神经系统、肝、肾和血液中毒。一些研究显示SBS与接触商业楼宇内通常存在的VOC有关。

2.1.3 生物类污染物 生物类污染物与过敏性疾病有关，由室内尘螨及动物皮毛尘屑形成的过敏源，一般被认为是过敏性疾病发作的最主要原因。英国一项研究发现80%以上的哮喘儿童对室内尘螨过敏。流行病学调查表明，室内空气污染物中的病原体可以导致流感、流脑、白喉、猩红热等疾病。室内的地毯、挂毯、窗帘和沙发套等织物中都会孳生微生物^[11]。

2.1.4 氡及其衰减子体 氡是含在土壤和岩石中的铀在衰变过程中产生的一种无色无味具有放射性的惰性气体。氡主要来源于建筑材料、地基土壤、岩石和地下深处。国际癌症机构已确认氡及其子体对人体有致癌性。氡是仅次于吸烟的第二个肺癌病因^[12]。世界上大概有10%~25%的肺癌和白血病是由氡诱发的。由于无色无味，摸不着又看不到，因此氡不像甲醛等有异味，易发觉，而且它在室内环境下是长期(15~40a)和隐性致病(癌)的。

2.1.5 人体自身污染 人体本身就是一个巨大的污染源，能散发出几百种气溶胶和化学物质，使他所在环境受到污染。同时人的头皮屑和汗液等也是潜在的污染源。

总之，室内环境污染物种类多，浓度低，作用时间长，对人体健康的影响是累积式的。有的污染物单独作用于人体，有的污染物之间可发生协同反应，从而对人体造成极大危害。

2.2 室内环境主要污染物的来源及其限值

室内主要污染物的来源见表1。为了有效控制室内环境污染，新发布的《室内空气质量标准》

(GB/T18883-2002) 首次全面规定了室内空气的物理性、化学性、生物性和放射性等 4 类共 19 个指标的限量值, 其具体指标和限值见表 2^[13]。它为评价室内空气质量提供了科学依据和法律依据。

表 1 室内环境主要污染物及其来源

Table 1 The main contamination of indoor environment and its sources

污染物	污染源
甲醛	建筑材料: 各种含脲醛树脂的建筑材料, 绝缘材料等 装饰材料: 木制家具, 墙壁涂料, 油漆, 粘合剂, 化纤地毯等
氨及其子体	生活用品: 液化石油气的燃烧, 化妆品, 清洗剂, 消毒剂, 香烟烟雾, 书刊杂志(油墨印刷)等 建材(水泥、砖、地板等), 地壳本体, 地下坑道中的冷气
挥发性有机物	涂料, 化妆品, 油漆, 清洁剂, 杀虫剂, 鞋油, 指甲油, 摩丝, 塑料制品等
臭氧	室外光化反应进入, 复印机高压产生
一氧化碳	燃料燃烧, 吸烟, 燃气热水器使用不当
二氧化碳	燃料燃烧, 吸烟, 人类呼吸代谢, 植物呼吸作用
氮氧化物	燃料燃烧, 吸烟, 使用电炉
过敏反应物	植物花粉, 孢子, 动物皮毛, 家畜(猫、狗等), 蟑螂
菌类微生物	人体, 空调器, 湿度器, 家畜, 不清洁的地毯
有机氯化物	纺织物, 杀虫剂, 集成电路半导体元件使用的有机氯清洗剂
颗粒物	石棉, 燃料燃烧, 吸烟, 发烟蚊香, 室内清扫, 日化用品(如空气清新剂、臭氧剂和化妆品等)

3 预防室内空气污染的措施

由于多因子多途径地诱发了室内空气污染, 因此预防和改善室内空气污染实际上是一个系统工程, 并不是单一的措施或方法能奏效的。其主要措施概括起来有以下几方面。

3.1 开发和使用绿色建材或低污染低毒的建材

开发和使用绿色建材或低污染低毒的建材是消除室内污染源, 改善室内空气质量, 提高舒适性的最经济最有效的途径。我们应严格立法, 对建材和家居产品实行环境标志制度, 同时大力开发环境自净材料, 健康材料。其次避免引入污染源, 尽量少使用甲醛释放量较高的人造板材料、涂料和陈设, 同时对已造成污染的家具或其他家居用品采取一些切实可行的补救措施进行治理。在消费观念上, 应追求简约、健康、舒适的消费观和生活观, 要减少装修, 自觉改善室内空气质量。

3.2 切实控制气味、尘埃和微生物污染

据北欧的调查报告, 室内的过敏物质与不良气味大多来源于微生物的代谢物。目前国外室内空气质量研究重点已转向建筑结构与通风空调系统造成的二次污染, 即指由于空调系统自身问题如盘管、凝水管、水封、加湿器和长期处于高湿度下的空气过滤器所引起的局部积尘和高湿度(一次污染), 或建筑结构与材料吸潮积尘导致细菌大量定植繁殖, 产生大量有害的代谢物, 如气味、毒素、过敏物质(如细胞膜、碎屑、分泌物)及生物尸体, 大大降低了空气品质的可接受性, 使人过敏, 危害健康(二次污染)。对人的危害不亚于活的细菌, 而且更难于控制, 甚至引起交叉污染。近年来由此引起的SBS 踏高不下, 而且有上升趋势。

微生物滋长是需要水分和营养源(如尘埃)的, 降低微生物污染的最有效手段是控制尘埃和湿度。

对室内的 VOC 以及复印机和激光打印机发生的臭氧和其他刺激性气味污染的控制, 可采用隔离控制、压差控制和过滤吸附及吸收处理。另一种气味污染是环境烟草烟雾, 其发生对室内人员的感受程度起决定性作用。美国标准已明确表明室内吸烟不可能达到可接受的室内空气质量。

另外, 住宅楼内的厨房、浴室和厕所等也是大楼的主要污染源。要求保持负压, 如采用间断排风, 排风量不小于 $48 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$; 如采用持续排风, 排量不小于 $12 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

3.3 空气净化器的使用

对于目前的污染现状, 使用室内净化技术是十分必要的。目前的空气净化器主要由 2 部分组成,

一部分是消除可吸入颗粒物的过滤段，另一部分为消除有害气体的净化段。按照作用原理不同，净化段又可分为吸附型和光催化型2种。

表2 《室内空气质量标准》的主要控制指标及其浓度限值

Table 2 The main control index and its concentration limitation of IAQ standard of China

序号	参数类别	参数	单位	标准值	
1		温度	℃	22~28 16~24	夏季空调 冬季采暖
2	物理性	相对湿度	%	40~80 30~60	夏季空调 冬季采暖
3		空气流速	$m \cdot s^{-1}$	0.3 0.2	夏季空调 冬季采暖
4		新风量	$m^3 \cdot (h \cdot \text{人})^{-1}$	30 ^a	
5		二氧化硫 SO ₂	$mg \cdot m^{-3}$	0.50	1 h 均值
6		二氧化氮 NO ₂	$mg \cdot m^{-3}$	0.24	1 h 均值
7		一氧化碳 CO	$mg \cdot m^{-3}$	10	1 h 均值
8		二氧化碳 CO ₂	%	0.10	日平均值
9		氨 NH ₃	$mg \cdot m^{-3}$	0.20	1 h 均值
10		臭氧 O ₃	$mg \cdot m^{-3}$	0.16	1 h 均值
11	化学性	甲醛 HCHO	$mg \cdot m^{-3}$	0.10	1 h 均值
12		苯 C ₆ H ₆	$mg \cdot m^{-3}$	0.11	1 h 均值
13		甲苯 C ₇ H ₈	$mg \cdot m^{-3}$	0.20	1 h 均值
14		二甲苯 C ₈ H ₁₀	$mg \cdot m^{-3}$	0.20	1 h 均值
15		苯并 [a] 芘 B (a) P	$mg \cdot m^{-3}$	1.0	日平均值
16		可吸入颗粒 PM 10	$mg \cdot m^{-3}$	0.15	日平均值
17		总挥发性有机物 TVOC	$mg \cdot m^{-3}$	0.60	8 h 均值
18	生物性	细菌总数	$cfu \cdot m^{-3}$	2 500	依据仪器定
19	放射性	氡 Rn	$Bq \cdot m^{-3}$	400	年平均值 ^b (行动水平)

说明：a. 新风量要求 \geqslant 标准值，除温度和相对湿度外的其他参数要求 \leqslant 标准值；b. 达到此水平建议采取干预行动以降低室内氡浓度

活性炭是最常用的吸附剂，它对许多 VOCs 都是很有效的，但对甲醛作用很小。浸了高锰酸钾的氧化铝（PIA）对甲醛及低浓度的醛和有机酸有很高的去除效率。所以 PIA 经常与活性炭联合起来使用以提高过滤器的效率。国内外多家厂商生产出了活性炭吸附空气净化产品。多种新型活性炭纤维过滤器、新型活性炭颗粒和浸渍了高锰酸钾的氧化铝组合的过滤器问世（Trane、York 空调公司产品上已使用美国普滤公司的这种产品）。使用光催化材料净化空气是近年来兴起的一项新技术。由于它具有能耗低、操作简便、反应条件温和、可减少二次污染以及可连续工作等优点，日益受到人们的重视。半导体光催化作用的本质是在光电转换中进行氧化还原反应。日本大金公司于 1996 年率先生产了光催化空气净化器，之后日本多家著名的家电厂商（如松下、东芝等）先后推出此类产品。近日，松下空调最新研制成功可再生克菌清健康滤网。这种滤网以源自天然绿茶精华的抑菌物质克菌清和活性炭为主要成分，不仅具有强效的过滤除尘功能，更能迅速捕捉并抑制空气中的病毒，有效防止病毒的扩散。在抑菌除尘及防臭方面，松下还开发了再生光触媒健康滤网，可以有效地将吸附在上面的异味在光触媒的作用下被太阳光分解。双重滤网可以使室内空气始终保持清新纯净。这 2 种健康滤网均可以重复使用，清洁方便省事，使用寿命长达 3 a 之久，既环保又经济。国内有多家空调厂商（如海尔、格力等）也生产出了带有光触媒滤网的家用空调。

3.4 建筑设计要遵循生态环境的设计原理

建筑设计应遵循生态环境的设计原理，积极开发“健康建筑”。它从历史的角度和可持续发展的目标提出了围绕人们居住环境与人类健康的相关问题和实施技术措施，号召我们重新审视我们的住宅建设行为，用新的居住与健康的价值观，建设人们所向往的健康、安全和舒适的居住环境，这也是解

决建筑室内空气质量的根本措施。

除了以上所讲的措施外, 对空调合理设计和合适维护运行、对新风与回风的处理与控制以及植物净化等, 都在一定程度上可以降低室内空气污染, 提高室内空气质量。

4 结语

①室内环境污染严重, 国家控制室内空气污染和建材污染的法规已陆续颁布, 使预防和改善室内环境污染有了法律依据。②室内环境污染不仅危害了人们的健康, 加重了病态建筑综合症, 还大大影响了社会生产率。③室内环境的主要污染物为颗粒污染物、挥发性有机化合物、生物类污染物、氡及其衰减子体和人体自身污染物。其来源主要为各种装饰装修材料、家具、地毯和空调等。④预防和控制室内环境污染最有效的措施是开发和使用绿色建材或低毒低污染的材料, 从源头上遏制污染的进入。⑤从建筑设计上考虑生态环境和室内空气质量, 积极开发生态建筑, 是改善室内空气质量, 创造健康舒适的人居环境的根本措施。

参考文献:

- [1] 周扬胜. 病态建筑综合症的原因与解决办法[J]. 环境保护, 1998, (5): 36—37.
- [2] 王喜元, 潘红, 熊伟, 等. 民用建筑工程室内环境污染控制规范辅导教材[M]. 北京: 中国计划出版社, 2002. 2.
- [3] Kostianinen R. Volatile organic compounds in the indoor air of normal and sick houses[J]. *Atmos Environ*, 1995, **29** (6): 693—702.
- [4] 闵惠芬. 甲醛与癌[J]. 环境保护, 1992, (2): 46.
- [5] 伊冰. 室内空气污染与健康[J]. 国外医学: 卫生分册, 2001, (18): 2.
- [6] 马良, 邓九兰, 张文君, 等. 室内氡气污染的净化实验研究[J]. 中国环境监测, 2001, **17** (4): 62—65.
- [7] 周仲平, 赵寿堂, 朱立, 等. 室内环境监测与控制[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002. 329—330.
- [8] 崔九思. 室内空气污染监测方法[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002. 649—655.
- [9] 崔九思, 王钦元, 王汉平. 大气污染监测方法[M]. 第 2 版. 北京: 化学工业出版社, 1997. 15—31.
- [10] Molhave L, Clausen G, Berglund, B, et al. Total volatile organic compounds (TVOC) in indoor air quality investigations [J]. *Indoor Air*, 1997, **7**: 225—240.
- [11] 袁中山, 张金昌, 吴迪镛, 等. 室内环境污染与进展[J]. 环境污染治理与设备, 2001, **2** (1): 10.
- [12] 仲民. 对居室内氡危害的关注[J]. 环境科学, 1989, **10** (6): 85.
- [13] GB/T 18883—2002. 室内空气质量标准[S]. 2003-03-01.

Hazards and prevention of indoor environment contamination

LIU Xiao-hong¹, ZHOU Ding-guo²

(1. School of Engineering, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. College of Wood Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: The actuality of problems of indoor environment contamination is introduced and the indoor environment pollution's harms to physical health and social productivity. The main indoor contaminations and their sources are concluded. The monitoring standards and concentration restrictions in the newly issued "Indoor Air Quality Standards" provide the foundation for evaluating indoor air quality. The prevention and improvement of indoor environment contaminations shall begin with the control of their sources. Environment-friendly building materials shall be developed and used to construct "healthy building", basically prevent indoor environment contamination and create a healthy and comfortable living environment. [Ch, 2 tab, 13 ref.]

Key words: environment engineering; indoor environment contamination; hazard; prevention; indoor air quality
?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>