

白志鹏 韩旸 裘著革 编

室内空气污染与防治



Chemical Industry Press



化学工业出版社
教材出版中心

室内空气污染与防治

白志鹏 韩旸 裘著革 编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

室内空气污染防治/白志鹏, 韩旸, 裘著革编. —北京:
化学工业出版社, 2006. 3

ISBN 7-5025-8008-5

I. 室… II. ①白…②韩…③裘… III. 室内空气-空气
污染-污染防治 IV. X51

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 014209 号

室内空气污染防治

白志鹏 韩旸 裘著革 编

责任编辑: 陈 丽 满悦芝

责任校对: 陈 静

封面设计: 胡艳玮

*

化学工业出版社
教材出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷有限责任公司印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 11½ 字数 298 千字

2006 年 4 月第 1 版 2006 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8008-5

定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

空气是人类赖以生存的基本要素之一，室内空气污染与健康的关系，目前已引起各国政府和公众的极大关注。人的一生有90%以上的时间在室内度过，室内空气污染成为人体接触环境污染物、造成健康危害的主要途径之一。因此，空气质量的好坏直接关系到人类的生活、工作质量和身体健康。

随着我国人民群众物质生活水平的提高，室内装修装饰、大量电气产品、空调的普及，多种日用化学品的使用，致使室内产生大量的物理、化学、生物以及放射性污染因素，造成室内空气质量的严重下降。近年来，有关建筑和装修引发的室内空气污染投诉不断增加，室内空气污染给人们健康带来了相当程度的危害，也给国家造成了巨大的经济损失。为了有效控制和治理室内空气污染，我国有关部门先后制定了有关室内环境的一系列标准，从建筑装饰材料、民用建筑工程和室内空气质量等方面对室内环境进行控制。但是在人们生活水平不断提高、居住条件不断改善的同时，室内环境污染越来越严重。本书从污染物的来源、种类以及污染物对人体所造成的健康影响等方面进行了阐述，并对一些主要污染物的污染相关研究进行了介绍。

本书编写和出版得到许多同志的帮助，在此表示衷心的感谢。由于时间仓促，加之编者水平所限，不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

2006年3月于南开园

内 容 提 要

本书共分 11 章, 主要内容包括第 1 章室内空气污染概述、第 2 章室内主要空气污染物的危害、第 3 章室内空气质量相关标准、第 4 章室内空气监测、第 5 章室内装饰装修材料有害物质限量与测定、第 6 章室内空气质量的评价、第 7 章室内空气污染因素的暴露评价研究、第 8 章室内氡对健康的影响、第 9 章室内物理性污染与危害、第 10 章室内空气净化技术、第 11 章室内空气污染研究案例、附录室内环境相关标准(参考)等。

本书涵盖了室内空气污染的各种要素, 基本反映了国内外空气污染研究的主要问题, 对室内空气污染来源、检测、暴露以及控制技术等进行全面的阐述并附有实例分析。本书可供室内环境科研机构相关专业的研究工作者参阅, 也可供高等院校本科生、研究生作为教材使用。

目 录

第 1 章 室内空气污染概述	1
1.1 室内的定义	1
1.2 室内空气污染简介	1
1.2.1 我国室内空气质量现状	1
1.2.2 国外室内空气质量现状	2
1.3 室内空气污染源和污染物	3
1.3.1 室内空气污染物来自于室内多种污染源和室外空气	3
1.3.2 目前主要污染物的污染特点	6
1.4 我国室内空气污染的典型污染物	9
思考题	11
第 2 章 室内主要空气污染物的危害	12
2.1 室内空气污染物的危害	12
2.1.1 肺功能的急慢性改变	12
2.1.2 室内空气污染所致过敏性疾病	13
2.1.3 室内空气污染的致癌作用	13
2.1.4 室内空气污染对神经系统的毒性作用	14
2.1.5 室内空气污染对心血管系统的作用	14
2.1.6 不良建筑物综合征和刺激作用	15
2.2 甲醛	15
2.2.1 甲醛的来源和危害	15
2.2.2 甲醛对人的健康影响	16
2.3 挥发性有机化合物 (VOCs) 的来源和危害	17
2.3.1 挥发性有机化合物 (VOCs) 的来源及种类	17
2.3.2 建筑材料和装修材料	17
2.3.3 与人类活动有关的来源	18
2.4 挥发性有机化合物的危害及作用机理	18
2.4.1 苯乙烯	18
2.4.2 氯乙烯	20
2.4.3 二氯乙烯	21
2.4.4 三氯乙烯	22
2.4.5 四氯乙烯	23
2.4.6 甲苯二异氰酸酯	24
思考题	25
第 3 章 室内空气质量相关标准	26
3.1 室内空气质量定义	26
3.2 我国室内空气质量相关标准研究的三个阶段	26
3.2.1 起步阶段	27

3.2.2	发展阶段	27
3.2.3	规范管理阶段	28
3.3	国家标准及作用	30
3.3.1	国家标准在控制室内污染中的作用	30
3.3.2	控制室内空气污染的主要标准	30
3.4	国外室内空气质量标准概述	36
3.4.1	空气污染物卫生基准	36
3.4.2	职业安全标准	36
3.4.3	公共场所室内空气质量标准	36
3.4.4	居民住宅室内空气质量指导标准	36
3.4.5	暖通空调 (HVAC) 的行业标准	36
3.4.6	室内甲醛浓度标准	37
3.5	我国室内空气质量标准与国外标准的比较	37
3.5.1	发展过程	38
3.5.2	类别和强制性	38
3.5.3	指标和标准值	38
3.6	建议	38
3.6.1	加强基础研究	39
3.6.2	实行 IAQ 进行统一管理	39
3.6.3	区分不同的室内类型进行管理	39
3.6.4	从源头控制室内污染	39
3.6.5	加快研制快速监测仪器	39
3.7	展望	39
	思考题	40
第4章	室内空气监测	41
4.1	室内空气监测标准	41
4.2	室内空气监测采样	41
4.2.1	采样时间、位置的确定	42
4.2.2	几种重要室内污染物的采样	42
4.2.3	采样点布置、采样点的数量	44
4.3	室内环境有害物质监测方法	45
4.3.1	甲醛的监测方法	46
4.3.2	苯、甲苯、二甲苯的监测方法	48
4.3.3	氨	49
4.3.4	苯并 [a] 芘	50
4.3.5	总挥发性有机物的检测方法 (热解吸/气相色谱法)	52
4.3.6	VOCs 的生物监测	53
4.3.7	室内空气中的细菌总数	57
	思考题	58
第5章	室内装饰装修材料有害物质限量与测定	59
5.1	主要建筑装饰装修材料分类简介	59
5.1.1	木质装饰材料	59
5.1.2	地毯	59

5.1.3	塑料地板	59
5.1.4	金属装饰材料	60
5.1.5	石材	60
5.1.6	水泥	60
5.1.7	石膏和石膏制品	60
5.1.8	内墙涂料	60
5.1.9	建筑装饰用陶瓷制品	60
5.2	室内装饰装修材料人造板及其制品中甲醛释放限量与测定	61
5.2.1	人造板材及其制品中甲醛的来源	61
5.2.2	人造板及其制品中甲醛释放限量	61
5.2.3	甲醛含量的测定方法	61
5.3	涂料中有害物质限量与测定	62
5.3.1	室内涂料中的主要污染物	62
5.3.2	溶剂型的木器涂料限量	62
5.3.3	室内涂料中有害物质测定方法	63
5.4	胶黏剂中有害物质限量与测定	64
5.4.1	胶黏剂中有害物质限量	64
5.4.2	胶黏剂中有害物质的测定方法	64
5.5	木器家具中有害物质限量与测定	65
5.5.1	木器家具中有害物质限量	65
5.5.2	木器家具中的有害物质测定方法	65
5.6	壁纸中有害物质限量值与测定	65
5.6.1	壁纸中的有害物质限量	65
5.6.2	壁纸中的有害物质测定方法	65
5.7	聚氯乙烯卷材地板中有害物质限量与测定	66
5.7.1	聚氯乙烯卷材地板中的有害物质限量	66
5.7.2	聚氯乙烯卷材地板中的有害物质测定方法	66
5.8	地毯、地毯衬垫及地毯胶黏剂中有害物质限量和测定	67
5.8.1	地毯、地毯衬垫和地毯胶黏剂中的有害物质限量	67
5.8.2	地毯、地毯衬垫及地毯胶黏剂中的有害物质测定	68
5.9	混凝土外加剂中释放氨的限量与测定	68
5.9.1	混凝土外加剂中释放氨的限量	68
5.9.2	混凝土外加剂中释放氨的测定	68
5.10	建筑材料中天然放射性核素限量与测定	68
5.10.1	建筑材料中天然放射性核素限量	68
5.10.2	建筑材料中天然放射性核素测定	68
	思考题	69
第6章	室内空气质量的评价	70
6.1	室内空气质量评价的概念	70
6.2	室内空气质量评价的必要性	70
6.2.1	人们关心室内空气质量的最终目的	70
6.2.2	室内环境检测的局限性	71
6.2.3	人们对室内空气质量方面的要求不断提高	71

6.3	室内空气质量评价与室内环境检测的关系	71
6.4	室内空气质量评价的分类	72
6.4.1	预评价	72
6.4.2	现状评价	72
6.4.3	预评价和现状评价的关系	72
6.5	室内空气质量评价所涉及的要素	72
6.6	室内空气质量评价的一般方法	73
6.6.1	评价方法	73
6.6.2	用多区域方法进行评价的基本程序	74
6.7	评价举例——室内空气污染物对健康影响的危险度评价	75
6.7.1	健康危险度评价的基本概念	75
6.7.2	污染物理化特性和构效关系资料	76
	思考题	76
第7章	室内空气污染因素的暴露评价研究	77
7.1	暴露评价	77
7.1.1	暴露评价的基本概念	78
7.1.2	定量估算暴露量的方法	78
7.1.3	暴露与剂量的关系	79
7.1.4	潜在剂量与呼吸速率	79
7.1.5	室内外空气中甲醛浓度的测定研究	80
7.1.6	室内外空气中 CO 的暴露量和潜在剂量	81
7.2	暴露评价内容	81
7.2.1	环境污染物的暴露情况	81
7.2.2	暴露人群特征的确定	81
7.2.3	外暴露量的计算	81
7.3	内暴露的评价	82
7.3.1	内暴露、吸收量、生物有效剂量及其推算	82
7.3.2	剂量-反应关系评定	85
7.3.3	关键研究和关键效应的选择	85
7.3.4	用 NOAEL (LOAEL) 和 UF 推导参考剂量	86
7.3.5	不确定性系数的选择	86
7.3.6	修正系数的选择	87
7.3.7	基线剂量法 (Bench Mark Dose, BMD)	87
7.3.8	无阈化学物质的剂量-反应关系评价	87
7.4	危险特征分析	89
7.4.1	对前三阶段结果的综合分析	89
7.4.2	危险度分析	90
7.5	室内化学污染的控制对策	92
7.6	室内空气污染物对健康影响的危险度评价	93
7.6.1	危险度评价的内容	93
7.6.2	危害鉴定	94
7.6.3	污染物理化特性和构效关系资料	95
	思考题	95

第 8 章 室内氡对健康的影响	96
8.1 自然界的氡均来自天然放射性衰变系列	97
8.1.1 有关放射性和氡及其子体的特定单位	97
8.1.2 表示氡及其子体的特定名词和单位	98
8.2 氡的测量方法	100
8.2.1 双滤膜法	101
8.2.2 固体径迹法	101
8.2.3 驻极体电离室氡探测器	101
8.2.4 闪烁瓶法	101
8.2.5 活性炭吸附法	101
8.2.6 氡的连续测量法	102
8.3 室内、外的氡浓度水平	102
8.4 居室空气中的氡暴露与居民肺癌发病率关系研究	105
8.5 降低室内氡浓度的措施	107
思考题	110
第 9 章 室内物理性污染与危害	111
9.1 室内空气物理性因素污染研究	111
9.2 室内物理因素暴露限值存在的问题	111
9.3 室内噪声污染与健康	112
9.4 室内通气速率与健康	112
9.5 室内电磁辐射污染与健康	112
9.5.1 EMR 的热效应	113
9.5.2 EMR 的非热效应	113
9.5.3 EMR 与癌症	113
9.5.4 EMR 暴露的安全限值	114
9.5.5 心脏起搏器与 RF	114
9.6 居室内的放射性水平	116
9.6.1 居室放射性对健康的影响	116
9.6.2 氡与肺癌	117
9.6.3 有关室内放射性的标准	117
9.6.4 建筑材料放射卫生防护标准	117
9.6.5 天然石材产品放射防护分类控制标准	118
思考题	119
第 10 章 室内空气净化技术	120
10.1 室内空气污染净化的重要性	120
10.2 室内空气污染的特点	120
10.3 室内空气净化技术	121
10.3.1 室内空气净化技术分类	121
10.3.2 污染物分类净化法	124
10.3.3 纳米光催化技术的应用	126
思考题	127
第 11 章 室内空气污染研究案例	128
11.1 国内外民用建筑室内氡污染研究	128

11.1.1	我国室内氨污染调查	128
11.1.2	室内氨的来源	128
11.1.3	建筑装饰装修材料中氨释放规律	129
11.1.4	室内氨污染对人体健康影响	129
11.1.5	室内氨污染控制	129
11.1.6	室内氨污染控制技术	130
11.1.7	国外室内氨污染研究进展	130
11.1.8	国内外对室内氨研究的特点	131
11.1.9	室内氨对人体健康影响	132
11.2	应用环境舱研究室内混凝土墙体中氨的释放规律	132
11.2.1	研究意义	132
11.2.2	研究方法	133
11.2.3	结论	135
11.2.4	讨论	136
11.3	氨气暴露评价	136
11.3.1	时间活动模式调查	136
11.3.2	调查表的设计和发放	137
11.3.3	统计结果	137
11.3.4	氨气的暴露量和剂量估算	139
11.3.5	模型的建立	139
11.3.6	模型的验证	142
11.4	过氧乙酸消毒剂对人体健康影响的调查及其室内浓度变化规律研究	143
11.4.1	过氧乙酸消毒剂对人体健康影响的调查研究	143
11.4.2	室内空气中过氧乙酸消毒剂浓度变化规律研究	145
11.5	室内涂料挥发性污染物的健康影响和排放规律研究	150
11.5.1	室内涂料挥发物的室内空气质量标准和限量标准	150
11.5.2	室内涂料中挥发性污染物排放规律的研究方法	151
11.5.3	室内涂料挥发性污染物排放规律实例研究	152
11.5.4	结论	153
11.6	大学生使用电脑及受其电磁辐射污染状况的调查	153
11.6.1	调查目标和方法	154
11.6.2	大学生宿舍内使用电脑类型的调查	154
11.6.3	大学生宿舍内电脑的使用及其电磁辐射污染情况调查	155
11.6.4	统计结果分析	156
11.6.5	讨论	157
11.6.6	结论	157
	思考题	157
	附录 室内环境相关标准内容节选	158
1.	室内空气质量标准 (GB/T 18883—2002)	158
2.	居室空气中甲醛的卫生标准 (GB/T 1627—1995)	158
3.	民用建筑工程室内环境污染控制规范 (GB 50325—2001)	159
4.	住房内氨浓度检测标准 (GB/T 16146—1995)	160
5.	环境空气质量标准 (GB 3095—1996)	160

6. 室内空气中二氧化硫卫生标准 (GB/T 17097—1997)	162
7. 室内空气中氮氧化物卫生标准 (GB/T 17096—1997)	162
8. 居住区大气中臭氧卫生标准 (GB 18067—2000)	162
9. 室内空气中细菌总数卫生标准 (GB/T 17093—1997)	162
10. 室内空气中可吸入颗粒物卫生标准 (GB/T 17095—1997)	162
11. 居住区大气中甲醛卫生检验标准方法分光光度法 (GB/T 16129—1995)	163
12. 居住区大气中苯、甲苯和二甲苯卫生检验标准方法气相色谱法 (GB 11737—89)	165
13. 装饰装修材料人造板及其制品中甲醛释放限量 (GB 18580—2001)	168
14. 室内装饰装修材料内墙涂料中有害物质限量 (GB 18582—2001)	169
15. 装饰装修材料胶黏剂中有害物质限量 (GB 18583—2001)	169
16. 装饰装修材料木家具中有害物质限量 (GB 1854—2001)	169
17. 室内装饰装修材料地毯、地毯衬垫及地板胶黏剂有害物质释放限量 (GB 18587—2001)	169
18. 室内装饰装修材料聚氯乙烯卷材地板中有害物质限量 (GB 18586—2001)	170
19. 混凝土外加剂中释放氨限量 (GB 18588—2001)	170
20. 建筑材料放射性核素限量 (GB 6566—2001)	170
参考文献	172

第 1 章 室内空气污染概述

1.1 室内的定义

室内主要是指居室内，从广义上讲室内包括办公室、会议室、教室、医院等室内环境和宾馆、餐馆、影剧院、图书馆、商店、体育馆、网吧、候车室、候机室、托儿所、养老院等各种室内公共场所以及交通工具（如小汽车、公共汽车、地铁、火车、轮船和飞机）内等闭合空间。健康的室内环境主要是指无污染、无公害、有助于消费者身体健康的室内环境。室内的建筑、设计和装饰，不仅要满足人的生存、审美的需求，还要满足人的健康和安全需求。由国家质量监督检验检疫局、国家环保总局、国家卫生部制定的我国第一部《室内空气质量标准》，明确提出“室内空气应无毒、无害、无异常臭味”^①。

1.2 室内空气污染简介

近年来，随着我国经济的高速发展，工农业现代化水平的不断提高，人们生活水平也得到了很大程度的改善，特别是在居住条件方面，人均居住面积大幅度增加，室内装潢也越来越讲究。但久居室内的人却出现了头痛、咳嗽、疲倦等多种不适症状，严重者甚至产生了多种疾病，研究发现这与室内空气污染有相当大的关系。许多地方室内空气中的污染物浓度要高出室外 2~5 倍，而城市人群每天大约有 90% 的时间是在室内度过的。因此，重视室内空气质量、防范室内空气污染、检测治理室内空气污染成为大众关注的焦点。

国际上一些环保专家已将“室内空气污染”列为继“煤烟型”、“光化学烟雾型”污染之后的第三代空气污染问题。室内环境易受到各种物理、化学和生物因素的污染，污染程度比室外还要严重，尤其是位于城市交通主干道两侧的建筑物、办公楼、商场及住宅等典型场所。美国加州空气资源部（California Air Resources Board）监测发现，室内污染要比室外高 25~62 个百分点。室内空气污染已被列为影响公众健康的世界最大危害之一，世界卫生组织在《2002 年世界卫生报告》中明确将室内空气污染、高血压、高胆固醇以及肥胖症等共同列为人类健康的 10 大威胁。据统计全球近一半的人处于室内空气污染中，室内环境污染已经引起超过 1/3 的呼吸道疾病，超过 1/5 的慢性肺病和 15% 的气管炎、支气管炎和肺癌；报告中特别提到居室装饰使用含有有害物质的材料会加剧室内的污染程度，这些污染对儿童和妇女的影响更大。国际有关组织调查后发现，世界上 30% 的新建和重建的建筑物中，存在着对身体健康有害的室内空气。儿童、孕妇是室内环境污染的最大受害者，家中有孕妇、儿童以及准备怀孕的夫妇要格外重视室内环境问题。

1.2.1 我国室内空气质量现状

我国最初大规模出现室内空气污染问题是在 20 世纪 80 年代。为了改善城镇居民居住条件，各地大规模建造单元式居民楼，装空调的人也为数不少。在居住条件大幅度改善的同时，室内空气品质却不断恶化。到了 20 世纪 90 年代，随着人们生活水平的提高，引起居

^① 室内空气质量标准（GB/T 18883—2002），2002 年 11 月 19 日批准发布，自 2003 年 3 月 1 日起实施，详见附录。

室室内空气污染的最主要原因是不良装修,即人们在装修过程中使用了含有大量有害物质如甲醛、挥发性有机物(VOCs, Volatile Organic Compounds)等的一些装饰材料。而传统的室内污染物,如二氧化硫(SO_2)、一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO_2)、氮氧化物(NO_x)等由于抽油烟机的广泛采用和燃料结构的变化,对室内空气的污染程度已大大降低。

我国目前室内空气质量状况不容乐观,与城市现代化的发展不相适应,出现多起室内污染事故。根据1998年9月中央电视台“东方时空”栏目报道,青岛市某医院副院长全家搬进刚刚装修好的新居不久,本人因甲醛中毒死亡,其家人均不同程度中毒。南开大学环境科学与工程学院2000年冬季曾对天津市某新建小区新装修的家庭进行了室内空气污染物监测,结果表明,装修后的室内空气中的甲醛、苯系物等污染物浓度明显高于装修前,且出现了超标现象。1997年6月北京某写字楼爆发军团病,短时间内大楼内有108位人员患病,患病率高达34.6%,患者出现浑身疼痛等症状,部分人扁桃体发炎、腹泻、高烧。最近,北京市卫生局对北京部分住宅区和写字楼的抽检表明,新装修后的居室中甲醛含量普遍超标,最高者竟超标73倍。天津市卫生防病中心调查监测了新建及新装修的幼儿园、写字楼、家庭居室,发现室内空气质量合格率仅为34.7%。至于军团病的发生,据报道国内已有7次,其中建筑工地2起,宾馆1起,大专院校1起,集体单位2起,农村儿童1起。2003年3月,我国首例车内环境污染案件在北京市朝阳区人民法院宣判,这也是我国首例汽车消费者状告汽车经销商胜诉的民事案件。2003年8月,深圳市计量质量检测研究院的检测显示,新车甲醛超标严重,可达10倍以上。2004年2月北京劳动保护研究所室内环境检测中心对52辆新车和54辆旧车内的甲醛、苯系物和其他可挥发有机物进行了检测,结果表明汽车内空气污染严重。检测的106辆车中,甲醛、苯、甲苯和二甲苯都不超标的车辆仅有30辆,超标的车辆占72%。从以上这些数据可以看出,目前我国的车内空气污染问题是相当严重的。2003年9月6日《深圳晚报》刊登了《新房甲醛超标孕妇痛失胎儿》的报道,孕妇痛失胎儿的罪魁祸首为甲醛,法院判决新居装饰公司赔偿1.4万元。2005年5月28日《成都商报》中《白血病孩童装修污染是疑凶》报道,2003年7月,小雨轩突然变成了“玻璃人”,只要轻轻一碰,她的皮肤就会变得青紫,随后孩子被确诊为白血病。7月底,小雨轩家人请专业人士对房间全面检测后发现,儿童柜甲醛含量已超出国家标准11倍多。此外,来自混凝土、水泥、花岗岩等建筑材料中的放射性元素——氡,亦成为不容忽视的无形杀手,据不完全统计,中国每年因氡致肺癌的人数约在5万以上。目前,全国室内污染投诉显著增加,据全国消费者协会统计,装饰、装修造成室内环境污染成为消费者投诉的五大问题之一。

2001年5月,国家质量监督检验检疫总局针对消费者反映较大的木制家具污染室内环境问题,抽查了北京、上海、广东、浙江、江苏、福建、河北等7省市87家生产企业的87种木制家具产品,合格率仅为64.4%。1999~2000年,中国人类生态学会、中国预防医学科学院劳动卫生与职业病研究所和北京市卫生防疫站联合主持了对北京30家高中低档餐馆和咖啡厅室内空气质量的测试研究,结果显示所测15个项目中的绝大部分有超标现象,其中可吸入颗粒物、二氧化氮、甲醛超标严重。

1.2.2 国外室内空气质量现状

在美国、西班牙、澳大利亚、英国以及其他发达国家都曾爆发因室内污染引起的军团病(系军团菌引起,因美国退伍军人大会期间发现而命名),并导致大量人员死亡。美国120万商业建筑物中有2500万工作人员患建筑综合征,日本约有30%的住宅因为使用有害的化学物质而引发居住者的“新居综合征”。荷兰住房与建设部的报告指出,被调查的雇员中因患

与工作环境质量有关的疾病平均每年请病假两天半,估计每年造成办公或营业场所员工的工作日损失达100万个。美国一项历时5年的专题调查发现,许多民用和商用建筑室内的空气污染是室外的2~5倍,有的甚至超过100倍。《美国医学杂志》1985年调查报告估计,每年因呼吸道感染而就医的人数达7500万人次,损失1.5亿个工作日,花费的医疗费用达150亿美元,缺勤损失高达590亿美元,而室内空气是急性呼吸道疾病传染的主要传播媒介。

需要特别指出的是,控制污染由室外到室内的变化之间并没有不可逾越的界线。日本20世纪50~70年代的经济高速发展,带来了比较严重的环境污染问题。自20世纪60年代后期开始,日本政府在治理室外环境污染的同时,也着手制定有关法规,加强室内空气污染的控制并取得良好的效果,日本至今没有出现普遍和严重的室内空气污染问题。

1.3 室内空气污染源和污染物

1.3.1 室内空气污染物来自于室内多种污染源和室外空气

室内空气污染包括物理、化学和生物污染,来源分为室内和室外两部分。

室内来源主要包括:日用消费品和化学品的作用、建筑材料和个人活动。如各种燃料燃烧、烹调油烟及吸烟产生的 CO 、 NO_2 、 SO_2 、悬浮颗粒物、甲醛、多环芳烃等;室内淋浴、加湿空气产生的卤代烃等化学污染物;建筑、装饰材料、家具和家用化学品释放的甲醛和挥发性有机化合物(VOCs)等以及放射性氡及其子体;家用电器和某些办公设备导致的电磁辐射等物理污染和臭氧等;通过人体呼出气、汗液、大小便等排出的 CO_2 、氨类化合物、硫化氢等内源性化学污染物,呼出气中排出的苯、甲苯、苯乙烯、甲醇、二硫化碳、氯仿等外源性污染物;通过咳嗽、打喷嚏等喷出的流感病毒、结核杆菌、链球菌等生物污染物;室内用具产生的生物性污染,如在床褥、地毯中孳生的尘螨等。图1-1为室内污染来源示意图。

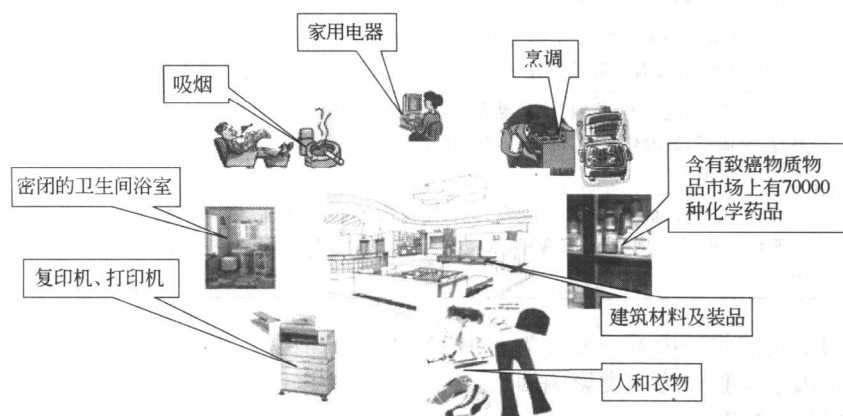


图 1-1 室内污染来源示意图

室外来源主要有:室外空气中的各种污染物包括工业废气和汽车尾气通过门窗、孔隙等进入室内;人为带入室内的污染物,如干洗后带回家的衣服,可释放出四氯乙烯等挥发性有机化合物;将工作服带回家中,可使工作环境中的苯进入室内等。

二氧化氮(NO_2)、环境烟草烟雾(Environmental Tobacco Smoke, ETS)、病原微生物、甲醛污染是室内引起呼吸系统健康效应的主要因子。在发达国家,ETS可能是导致室

内空气污染的最重要的因子。吸烟者家庭中室内空气中悬浮颗粒物浓度明显高于无人吸烟的家庭。许多研究者都研究了 ETS 对儿童呼吸系统症状和肺功能的影响，而对成人非癌症生物效应的研究还不充分。

通风和空调系统是军团菌的主要来源。此外，传染性微生物也可在其他地方繁殖，也就是说只要有符合它们生长需要的基质、温度和湿度传染性微生物即可繁殖。居室中，生物污染源更经常地形成于厨房或厕所的墙壁和地板潮湿处。室内装修采用的木质人造板和脲醛隔热泡沫材料是室内甲醛污染的主要来源；特别地，劣质材料的使用将会导致室内空气甲醛的长期污染；ETS 也是甲醛的重要来源。

表 1-1 为 1984 年世界卫生组织列出的室内常见的 VOCs 来源。

表 1-1 1984 年世界卫生组织列出的室内常见的 VOCs 来源

污 染 物	来 源
甲醛	杀虫剂、压板制成品、尿素-甲醛泡沫绝缘材料(UFFI)、硬木夹板、黏合剂、粒子板、层压制品、油漆、塑料、地毯、软塑家具套、石膏板、接合化合物、天花瓦及壁板、非乳胶嵌缝化合物、酸固化木涂层、木制壁板、塑料/三聚氰烯酰胺壁板、乙烯基(塑料)地砖、镶木地板
苯	室内燃烧烟草的烟雾、溶剂、油漆、染色剂、清漆、图文传真机、电脑终端机及打印机、接合化合物、乳胶嵌缝剂、水基黏合剂、木制壁板、地毯、地砖黏合剂、污点/纺织品清洗剂、聚苯乙烯泡沫塑料、塑料、合成纤维
四氯化碳	溶剂、制冷剂、喷雾剂、灭火器、油脂溶剂
三氯乙烯	溶剂、经干洗布料、软塑家具套、油墨、油漆、亮漆、清漆、黏合剂、图文传真机、电脑终端机及打印机、打字机改错液、油漆清除剂、污点清除剂
四氯乙烯	经干洗布料、软塑家具套、污点/纺织品清洗剂、图文传真机、电脑终端机及打印机
氯仿	溶剂、染料、除害剂、图文传真机、电脑终端机及打印机、软塑家具垫、氯仿水
1,2-二氯苯	干洗附加剂、去油污剂、杀虫剂、地毯
1,3-二氯苯	杀虫剂
1,4-二氯苯	除臭剂、防霉剂、空气清新剂、抽水马桶及废物箱除臭剂、除虫丸及除虫片
乙苯	与苯乙烯相关的制成品、合成聚合物、溶剂、图文传真机、电脑终端机及打印机、聚氨酯、家具抛光剂、接合化合物、乳胶及非乳胶嵌缝化合物、地砖黏合剂、地毯黏合剂、亮漆硬木镶木地板
甲苯	溶剂、香水、洗涤剂、染料、水基黏合剂、封边剂、模塑胶带、墙纸、接合化合物、硅酸盐薄板、乙烯基(塑料)涂层墙纸、嵌缝化合物、油漆、地毯、压木装饰、乙烯基(塑料)地砖、油漆(乳胶及溶剂基)、地毯黏合剂、油脂溶剂
二甲苯	溶剂、染料、杀虫剂、聚酯纤维、黏合剂、接合化合物、墙纸、嵌缝化合物、清漆、树脂及陶瓷漆、地毯、湿处理影印机、压板制成品、石膏板、水基黏合剂、油脂溶剂、油漆、地毯黏合剂、乙烯基(塑料)地砖、聚氨酯涂层

影响室内空气的污染因素一般分为 3 类，即化学性因素、物理性因素、生物性因素，也有人将放射性因素单独作为一类影响因素，下面分别予以简要介绍。

1.3.1.1 化学污染因素

室内空气中各种化学物质繁多，其污染及对健康的影响是当前最为活跃的研究热点。按照其来源特点，人们将室内化学污染因素分为以下几种。燃烧型污染物，如燃煤产生的碳氧化物 CO、CO₂，硫氧化物 SO₂、SO₃ 等，含氧烃类，氟化物，多环芳烃，金属和非金属氧化物，悬浮颗粒物等；另外燃煤制气、液化石油气、天然气等也产生种类繁多的气态污染物，其中以 CO、NO_x、甲醛和颗粒物为主；烹调油烟是一组混合性污染物，主要有多环芳烃、丙烯醛、颗粒物等 200 余种成分；装修型污染物主要指建筑材料和装饰材料所含

或所释放的污染物,其种类繁多,包括甲醛、苯系物、氨、氯乙烯、重金属等 500 多种化合物。

1.3.1.2 物理污染因素

除噪声和振动外,各种家用电器如冰箱、电视机、计算机、微波炉、电磁炉、电热毯、组合音响、洗衣机、手机等的普遍使用,也给家庭生活环境带来了室内污染。家庭空调的普及以及工作、公共场所中央空调的使用带来了新型的空调污染,其主要原因是室外环境的颗粒物和回风中的颗粒物在室内形成高浓度聚集。另外,空调内部还是微生物繁殖的适宜环境,大量的微生物随空调系统的启动突然释放而造成微生物污染。电磁辐射污染(又称电子雾污染),如高压线、变电站、电台、电视台、雷达站、电磁波发射塔和电子仪器、医疗设备、办公自动化设备和微波炉、收音机、电视机以及手机等家用电器工作时产生的各种不同频率的电磁波,这些电磁波充斥空间,无色、无味、无形,可以穿透包括人体在内的任何物质,当电磁波辐射的强度超过人体或环境所能承受的限度时就会对人体造成污染。图 1-2 为电磁辐射的来源示意图。一些受到较强或较久电磁波辐射的人,可能出现各种临床病症,主要表现为有以下几种。

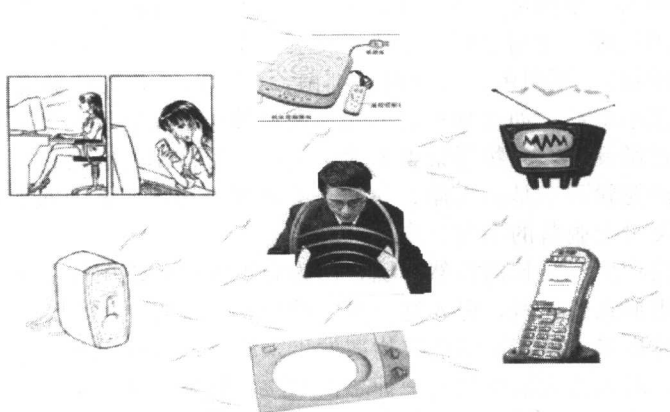


图 1-2 电磁辐射的来源示意图

① 对心血管系统的影响:表现为头痛,心悸,心动过缓,心搏血量减少,窦性心律不齐,乏力,免疫功能下降等。

② 对神经系统的影响:表现为记忆力减退,容易激动,失眠等。

③ 对视觉系统的影响:表现为使眼球晶体混浊,严重时造成白内障,是不可逆的器质性损害,影响视力。

④ 对生殖系统的影响:表现为性功能降低,男子精子质量降低,部分女性经期紊乱,孕妇发生自然流产和胎儿畸形等。

⑤ 长期处于高电磁辐射的环境中,会使血液、淋巴液和细胞原生质发生改变,白细胞和血小板减少,影响人体的循环系统、免疫、激素分泌、生殖和代谢功能,严重的还会加速人体的癌细胞增殖,诱发癌症以及糖尿病、遗传性疾病等病症,对儿童甚至还可能诱发白血病。

⑥ 装有心脏起搏器的病人处于高电磁辐射的环境中,会影响心脏起搏器的正常使用。

天然放射性核素品种很多,性质与状态也各不相同,它们在环境中的分布十分广泛。在岩石、土壤、空气、水、动植物、建筑材料、食品甚至人体内都有天然放射性核素的踪迹。地壳是天然放射性核素的重要储存库,尤其是原生放射性核素。地壳中的放射性物质主要为铀、钍系。空气中的天然放射性核素主要有地表释入大气中的核素及其子体核素,动植物食品中的天然放射性核素大多数是 $^{40}_{19}\text{K}$ 。土壤中的放射性核素,主要由岩石的浸蚀和风化作用