

室内污染检测 与控制

周中平 赵寿堂 朱立 赵毅红 编著



化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

室内污染检测与控制

周中平 赵寿堂 编著
朱立 赵毅红

100000

化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

•北京•

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

室内污染检测与控制/周中平等编著. —北京: 化学工业出版社, 2002.5
ISBN 7-5025-3775-9

I. 室… II. 周… III. ①居住环境-环境污染-检测
②居住环境-环境污染-环境控制 IV. X506

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 018784 号

室内污染检测与控制

周中平 赵寿堂 编著
朱立 赵毅红
责任编辑: 董琳 管德存
责任校对: 顾淑云
封面设计: 刘欣

*

化学工业出版社 出版发行
环境科学与工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市彩桥印刷厂印刷
三河市前程装订厂装订
开本 850×1168 毫米 1/32 印张 12³/₄ 字数 340 千字
2002 年 5 月第 1 版 2002 年 5 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-3775-9/X·179
定 价: 30.00 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

20 世纪人类创造了前所未有的物质财富，加速推进了文明发展进程，同时又出现了环境污染、生态破坏等重大问题，从而可能威胁全人类未来的生存与发展。环境污染问题是本世纪人类关注的焦点之一，这一问题解决得好坏将直接影响到人类的生存与可持续发展。中国作为世界上最大的发展中国家，环境与可持续发展问题则显得更为重要。但一提起环境污染问题人们似乎更关注较易感觉到的室外空气和水的污染，认为只要极大地降低污染源的排放量，净化了空气和水源，重新获得“蓝天碧水”就可以高枕无忧了。

其实不然，随着人们生活水平的提高，室内空气质量对人体健康的影响已成为社会普遍关注的重要环境问题之一。世界各国政府都在努力完善有关的法律法规和管理措施，加强该领域的理论研究和技术开发，进一步提高人们的生活质量。

我国环境污染的特点是：一是污染物以对数增长方式进入环境；二是具有经济发展的特色，如粗放型经济发展方式，煤炭为主的能源结构，臭氧层破坏、温室效应，室内环境恶化趋势等；三是职业性暴露和室内环境暴露多属小剂量长期暴露。环境污染物的种类可主要划分为化学类、物理类、生物类，各具有危害作用。危害的医学后果可概括为：以致畸、致突与致癌为代表的躯体性效应与遗传性效应及各种特殊环境引起环境应激医学反应。研究环境污染物暴露与人类健康的关系，需要新思路、新方法，采用各个学科最新成就开展多层次、多水平的深入研究。

国家实行对外开放以来，一些经济发达的地区及城市建成了许多高档办公建筑物，为了节约能源，这些建筑物均采用密闭化的管理方式，由于其空调系统换气设施不完善，不能保证足够的洁净空

气量、新风量和换气次数，含有有毒有害化学物质、细菌及病毒的空气在室内重复循环使用，造成室内空气污染物大量聚集，引起室内空气质量恶化现象。同时近十年来，我国住宅的“毛坯房”大量投入使用、建材市场的环境管理存在混乱局面致使室内环境污染问题尤其严重。消费者虽然大多表现为环保意识很强，但普遍缺乏自我保护能力。

随着对室内环境保护意识的不断增强，人们迫切希望有一个安全、舒适、健康的生活空间。然而相当一部分居室和写字楼经过无序的装修、装饰后或在建设过程中疏于环境卫生管理，处于严重的室内污染之中，“以人为本”的环境保护口号目前在该领域实际上已经成为一句空话。

与此同时，一些消费者到处咨询，要求进行室内环境检测、评价。这样一个室内环境检测、评价业务市场逐步形成。然而到目前为止，该业务市场管理有些混乱，不科学的宣传在各种媒体屡屡出现。

由于室内环境污染是个新的研究课题，国家环保总局、卫生、建设、国家质监部门都无专门机构或部门负责此项工作。虽然也有一些科研机构及院校一直在进行此项研究，但国家经费投入严重不足。与国外相比，我国室内环境污染研究水平比较低。可是，室内环境污染程度反而要比国外严重得多。因此，尽早出台符合我国国情的室内环境卫生质量控制指标，有效管理室内环境质量卫生评价市场是人们热切盼望、关注的大事。

《室内污染检测与控制》一书系统介绍了室内污染的定义、研究意义和环境质量标准、规范、管理体系以及国内外研究现状；详细描述了适宜的室内环境——健康住宅特征；认真分析了室内污染物的来源；阐述了室内主要污染物对人体健康危害及防治措施；具体介绍了室内环境有害物质检测技术；探讨了室内空气污染评价方法；提出了室内污染控制技术；推荐了室内污染监测案例；介绍了我国有关室内环境及建筑材料法律法规控制标准和技术规范中的主要内容。

参加本书编写的同志还有：黄燕娣、尚兵、王桂华、赵喆、刘洋、施玮、生骏、陈乐、李林。

本书的出版，试图在室内污染检测与控制领域起到抛砖引玉的作用。由于编者学术水平有限，时间仓促，肯定存在不少错误和缺点，请读者批评指正。

编著者

2002.4

内 容 提 要

本书系统介绍了室内空气污染的定义、研究意义和环境质量标准、规范、管理体系以及国内外研究现状；详细描述了适宜的室内环境——健康住宅特征；分析了室内污染物的来源；阐述了室内主要污染物对人体健康危害及防治措施；具体介绍了室内环境有害物质检测技术；探讨了室内空气污染评价方法提出了室内污染控制技术；推荐了室内污染监测案例；介绍了国内相关的法律法规及控制标准与技术规范。

本书可供环境监测技术与管理人员，大专院校环境工程专业师生，建筑行业管理及监理人员参阅。

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 室内空气污染的定义	1
1.1.1 室内空气质量的定义	1
1.1.2 室内空气污染的特征	2
1.1.3 室内空气污染的定义	3
1.2 研究室内空气污染的意义	3
1.3 国内外室内空气研究进展	5
1.3.1 国内研究进展	5
1.3.2 国外研究进展	12
第 2 章 健康、绿色住宅	16
2.1 健康住宅的含义	16
2.2 小康住宅的新要求	17
2.3 健康住宅的要求	18
2.4 绿色建筑、建材	19
2.4.1 绿色建筑	19
2.4.2 绿色建材	20
2.5 室内空气质量	22
2.5.1 温度	23
2.5.2 湿度	24
2.5.3 气流	29
2.5.4 噪声与振动	36
2.5.4.1 噪声	36
2.5.4.2 振动	40
2.5.5 光照	44
2.5.6 色彩	47
2.6 室内空气的卫生要求	49

第 3 章 室内污染源	52
3.1 室内污染源分类	52
3.2 室内建筑材料、装修材料产生的污染	54
3.2.1 建筑材料和装饰材料	55
3.2.2 建材与室内主要污染物	59
3.3 日用化学品污染	60
3.4 厨房产生的污染	62
3.5 家用电器污染	66
3.6 室内人群活动产生的污染	68
3.7 公共场所中有害污染物	71
第 4 章 室内主要污染及对人体健康影响	73
4.1 污染与人体健康	73
4.1.1 室内主要污染物	73
4.1.2 环境中污染气体、有毒物对人体健康的影响	73
4.1.3 自然环境与人体健康	73
4.2 室内主要污染物	80
4.2.1 甲醛	80
4.2.2 氨	84
4.2.3 氡	87
4.2.4 二氧化碳	98
4.2.5 一氧化碳	100
4.2.6 颗粒物	103
4.2.7 多环芳烃	109
4.2.8 挥发性有机物	112
4.2.9 苯 (C ₆ H ₆) 及同系物甲苯、二甲苯	115
4.2.10 微生物	117
4.2.11 臭氧	119
4.2.12 氮氧化物	121
4.2.13 二氧化硫	126
4.2.14 石棉	128
4.2.15 二异氰酸甲苯酯	130
4.2.16 重金属离子	130
4.2.17 酚类物质	131

4.2.18 环氧树脂	132
第5章 室内环境有害物质监测方法	133
5.1 采样方法	133
5.1.1 采样方法及原理	133
5.1.1.1 直接采样法	133
5.1.1.2 浓缩采样法	135
5.1.2 采样设备	139
5.1.2.1 收集器	139
5.1.2.2 流量计	139
5.1.2.3 采样动力	140
5.1.2.4 个体采样器	141
5.1.3 采样条件	142
5.1.3.1 采样环境	142
5.1.3.2 采样点布置	143
5.1.3.3 采样记录	145
5.1.4 采样效率及其评价	146
5.1.4.1 采样效率的评价方法	146
5.1.4.2 影响采样效率的主要因素	148
5.2 各项污染物的监测方法	149
5.2.1 甲醛	149
5.2.1.1 酚试剂比色法	149
5.2.1.2 乙酰丙酮分光光度法	152
5.2.1.3 定电位电解法	153
5.2.1.4 气体检测管法	155
5.2.2 氨气	157
5.2.2.1 纳氏试剂分光光度法	157
5.2.2.2 次氯酸钠-水杨酸分光光度法	161
5.2.2.3 检测管法	164
5.2.3 二氧化硫	165
5.2.3.1 四氯汞钾-盐酸副玫瑰苯胺分光光度法	165
5.2.3.2 甲醛-盐酸副玫瑰苯胺分光光度法	170
5.2.4 氮氧化物	176
5.2.5 臭氧	178

5.2.5.1	硼酸碘化钾分光光度法	178
5.2.5.2	检测管法	182
5.2.6	一氧化碳	183
5.2.6.1	非分散红外吸收	183
5.2.6.2	定电位电解法	184
5.2.6.3	检测管法	186
5.2.7	二氧化碳	186
5.2.7.1	非分散红外吸收法	186
5.2.7.2	检测管法	188
5.2.8	苯及苯系物	188
5.2.8.1	气相色谱法	188
5.2.8.2	光离子化法	191
5.2.9	总挥发性有机物	195
5.2.9.1	气相色谱法	195
5.2.9.2	光离子化检测器法	199
5.2.10	可吸入颗粒物	202
5.2.11	苯并[a]芘	204
5.2.12	二异氰酸甲苯酯	207
5.2.13	细菌总数	209
5.2.14	新风量	209
5.2.15	环境条件测试方法	211
5.2.16	氦气	212
5.2.16.1	径迹蚀刻法	212
5.2.16.2	活性炭盒法	215
5.2.16.3	双滤膜法	216
5.2.16.4	气球法	221
5.2.17	室内标准采样条件	225
5.3	室内检测质量控制保证体系	225
5.3.1	实验室质量保证	225
5.3.1.1	技术人员要求	226
5.3.1.2	实验室的管理	226
5.3.1.3	样品的质量保证	227
5.3.1.4	测试数据的质量保证	227

5.3.1.5	分析数据的准确性	228
5.3.2	测试方法的选定	228
5.3.2.1	选定方法的程序	228
5.3.2.2	选定方法的要求	229
5.3.2.3	新方法的提出	229
5.3.3	标准参考物质	231
5.3.3.1	标准参考物质的条件	231
5.3.3.2	标准参考物质的作用	231
5.3.3.3	标准参考物质的使用	232
5.3.3.4	工作曲线	232
第6章	室内空气品质评价	238
6.1	评价方法	239
6.1.1	主观评价与客观评价相结合的综合评价方法	239
6.1.2	IAQ等级的模糊综合评价	240
6.1.3	应用CDF技术对室内空气品质进行评估	240
6.1.4	通风效率和换气效率评价指标	240
6.1.5	空气耗氧量	241
6.1.6	国外现有评价方法	241
6.1.7	达标评价方法	242
6.1.8	符合国际通用模式及国情评价方法	243
6.1.8.1	客观评价	243
6.1.8.2	主观评价	246
6.2	室内评价目的、评价因子及标准	247
6.2.1	室内空气质量评价目的	247
6.2.2	室内空气评价污染物种类	247
6.2.3	评价标准	248
6.3	室内空气污染的健康危险度评估	254
6.3.1	评价方法	255
6.3.1.1	危害认定	255
6.3.1.2	剂量-反应关系	256
6.3.1.3	暴露评价	257
6.3.1.4	大气质量指导值的选定	261
6.3.2	患病、死亡数的估算方法	261

6.4	室内装修中环境空气质量的预评价	262
6.5	通风、换气措施效果的评价监测	267
6.6	空气净化器性能评价监测	268
6.7	放射性氡气的评价方法	270
6.7.1	氡监测的方案的选择	270
6.7.2	放射性氡气的评价标准	275
6.7.3	需要优先进行氡浓度检测的地方	277
第7章	室内污染控制	279
7.1	污染源的控制	280
7.1.1	避免引入污染源	280
7.1.2	污染源的处理	281
7.1.3	绿色建材	281
7.1.4	绿色建筑	292
7.2	室内通风换气	298
7.3	合理使用空调	301
7.4	室内污染的治理技术	305
7.4.1	室内污染的治理技术	306
7.4.1.1	炭吸附法	306
7.4.1.2	冷凝法	307
7.4.1.3	膜分离法	308
7.4.1.4	光催化氧化法	309
7.4.1.5	组合技术	314
7.4.1.6	低温等离子体技术	314
7.4.2	室内空气净化器	317
7.5	植物净化	321
7.6	优化设计	329
7.7	合理装修	330
第8章	室内装饰装修材料中有害物质限量及测定	332
8.1	人造板及其制品中甲醛释放	332
8.1.1	限量	332
8.1.2	40L干燥器法测定饰面人造板甲醛释放量	332
8.1.3	气候箱法测定饰面人造板甲醛释放量	333
8.2	溶剂型木器涂料中有害物质	335

8.2.1	限量	335
8.2.2	苯、甲苯、二甲苯的测定（气相色谱法）	336
8.2.3	重金属（可溶性铅、可溶性镉、可溶性铬和可溶性汞）的测定	339
8.3	内墙涂料中有害物质	340
8.3.1	限量	340
8.3.2	挥发性有机化合物（VOC）的测定	341
8.3.3	游离甲醛的测定	344
8.3.4	重金属（可溶性铅、镉、铬和汞）的测定	346
8.4	胶粘剂中有害物质	347
8.4.1	限量	347
8.4.2	胶粘剂中游离甲醛含量的测定（乙酰丙酮分光光度法）	348
8.4.3	胶粘剂中苯含量的测定（气相色谱法）	351
8.4.4	胶粘剂中甲苯、二甲苯含量的测定（气相色谱法）	353
8.4.5	聚氨酯胶粘剂中游离甲苯二异氰酸酯含量的测定（气相色谱法）	355
8.4.6	胶粘剂中总挥发性有机物含量的测定方法	356
8.5	木家具中有害物质	357
8.5.1	限量	357
8.5.2	甲醛释放量的测定	357
8.5.3	可溶性重金属含量的测定	360
8.6	壁纸中有害物质	362
8.6.1	限量	362
8.6.2	试样的采取、制备和预处理	362
8.6.3	重金属（或其他）元素含量的测定	363
8.6.4	氯乙烯单体含量的测定	364
8.6.5	甲醛含量的测定	364
8.7	聚氯乙烯卷材地板中有害物质	368
8.7.1	限量	368
8.7.2	抽样	368
8.7.3	试验方法	368
8.8	地毯、地毯衬垫及地毯胶粘剂有害物质	371
8.8.1	限量	371

8.8.2	小型环境试验舱法	372
8.9	混凝土外加剂中的释放氨	374
8.9.1	限量	374
8.9.2	混凝土外加剂中释放氨的测定（蒸馏后滴定法）	375
8.10	建筑材料放射性核素	376
8.10.1	范围及术语	376
8.10.2	限量	379
8.10.3	测定方法	379
第9章	室内空气测试实例	381
9.1	测试目的	381
9.2	测试方法	381
9.3	监测步骤	381
9.3.1	测试点布置	381
9.3.2	室内环境因素检测结果	382
9.3.3	室内空气中氨气检测结果	382
9.3.4	室外空气中氨气浓度检测结果	384
9.3.5	结果汇总	384
9.3.6	结果分析	384
9.3.7	对策措施	385
主要参考文献	386

第 1 章 概 述

近年来，随着对室内环境保护意识的不断增强，人们迫切希望有一个安全、舒适、健康的生活空间。然而相当一部分居室和写字楼经过无序的装修、装饰后或在建设过程中疏于环境卫生管理，处于严重的室内污染之中，“以人为本”的环境保护口号在这领域实际上目前已经成为一句空话。

与此同时，20 世纪 80 年代以来，国外报刊杂志上频繁出现 SBS、BRI 和 MCS，它们分别代表着三种疾病的名称，即建筑物综合症 (Sick Building Syndrom)，建筑物关联症 (Building Related Illness) 和化学物质过敏症 (Multiple Chemical Sensitivity)。人类社会在进入信息时代以后，生活的转型使得人们停留在室内的时间越来越长，因此，家庭、办公室等建筑物的环境质量异常重要。室内环境空气是否有污染、室内空气质量如何是个相当引人关注的话题。

1.1 室内空气污染的定义

1.1.1 室内空气质量定义

室内空气质量 (IAQ) 的定义在近二十几年中经历了许多变化，最初，人们把 IAQ 几乎等价为一组污染物浓度的指标，近年来，人们认识到纯客观的定义并不能完全涵盖 IAQ 的内容，因此，对 IAQ 定义进行了新的诠释和发展，其定义已包含了主观感觉的内容。

在 1989 年 IAQ 讨论会上，丹麦哥本哈根大学教授 P.O.Fanger 提出：质量反映了满足人们要求的程度，如果人们对空气满意，就是高质量，反之，就是低质量，英国的 CIBSE (Chartered Institute of Building Services Engineers) 认为：少于 50% 的人能察觉到任何气味，少于 20% 的人感觉不舒服，少于

10%的人感觉到粘膜刺激，并且少于5%的人在不足2%的时间内感到烦躁，则可认为此时的 IAQ 是可接受的，这两种定义的共同点是将 IAQ 完全变成了人们的主观感受。

1996年，美国供暖、制冷和空调工程师协会（ASHRAE）在新的通风标准 62-1989R，提出了“可接受的 IAQ”和“感受到的可接受 IAQ”等概念，其中，“可接受的 IAQ”定义为：空调房间中绝大多数人没有人对室内空气表示不满意，并且空气中没有已知污染物达到了可能对人体健康产生严重威胁的浓度。“感受到的可接受 IAQ”定义为：空调空间中绝大多数人没有因为气味或刺激性而表示不满，它是达到可接受的 IAQ 的必要而非充分条件，ASHRAE 标准中对 IAQ 的定义，最明显的变化是它包括了客观指标和人的主观感受两个方面的内容，比较科学和全面。

1.1.2 室内空气污染的特征

室内空气污染与大气空气污染由于所处的环境不同，其污染特征也不同。室内空气污染具有如下特征。

(1) 累积性 室内环境是相对封闭的空间，其污染形成的特征之一是累积性。从污染物进入室内导致浓度升高，到排出室外浓度渐趋于零，大都需要经过较长的时间。室内的各种物品，包括建筑装饰材料、家具、地毯、复印机、打印机等都可能释放出一定的化学物质。如不采取有效措施，它们将在室内逐渐积累，导致污染物浓度增大，构成对人体的危害。而在通风环境较好的室内环境中污染物的浓度一般较低。

(2) 长期性 一些调查表明，大多数人大部分时间处于室内环境。即使浓度很低的污染物，在长期作用于人体后，也会影响人体健康。因此，长期性也是室内污染的重要特征之一。

(3) 多样性 室内空气污染的多样性既包括污染物种类的多样性，又包括室内污染物来源的多样性。

室内空气中存在的污染物既有生物性污染物，如细菌；化学性污染物如甲醛、氨气、苯、甲苯、一氧化碳、二氧化碳、氮氧化物、二氧化硫等；还有放射性污染物氡气及其子体。