

室内空气污染监测方法

中国疾病预防控制中心
环境与健康相关产品安全所

崔九思 主编



化学工业出版社

室内空气污染监测方法

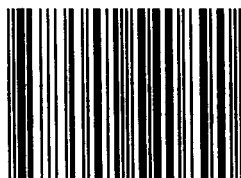
中国疾病预防控制中心
环境与健康相关产品安全所 崔九思 主编

化学工业出版社

·北京·

(京) 新登字 039 号

ISBN 7-5025-4089-X



9 787502 540890 >

图书在版编目 (CIP) 数据

室内空气污染监测方法 / 崔九思 主编. — 北京: 化学工业出版社, 2002. 10
ISBN 7-5025-4089-X

I. 室… II. 崔… III. 室内空气-空气污染监测
IV. X831

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 072224 号

室内空气污染监测方法

中国疾病预防控制中心
环境与健康相关产品安全所 崔九思 主编

责任编辑: 任惠敏 杜进祥

责任校对: 李 林

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社出版发行

(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

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 25 1/2 字数 686 千字

2002 年 11 月第 1 版 2002 年 11 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4089-X/X · 224

定 价: 58.00 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
京工商广临字 2002-21 号

前 言

人们一生中约有 80% 的时间是在室内度过，室内空气污染会直接影响到人们的身体健康。因此，为了保护人体健康，控制室内空气污染，有必要对室内空气质量进行监测和评价。

我国提出室内空气污染问题始于 20 世纪 70 年代末和 80 年代初，那时主要是针对燃料燃烧所引起的室内空气污染问题进行监测，监测项目主要是无机污染物和颗粒物。由于没有室内空气质量标准，仍依据居住区大气卫生标准进行评价。

原中国预防医学科学院环境卫生监测所（以下简称环监所，现更名为中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所）空气质量监测室，长期以来主要从事室内空气污染监测和健康影响评价方法的研究工作。早在 1987 年，该室为我国第一部室内空气质量的法规——《公共场所卫生管理条例》和各种《公共场所卫生标准》配套了公共场所空气质量卫生标准检验方法。举办了多期全国公共场所卫生检验学习班，指导我国卫生防疫部门的公共场所卫生检验工作。完成了卫生部医学重点课题——室内空气污染和个体接触量成套监测（仪）器的研制，并将所研制成的分子扩散法被动式个体采样器用于室内空气污染监测。进入 20 世纪 90 年代，随着我国国民经济的发展和人民生活水平的提高，由建筑装饰装修和空调的使用引起的室内空气污染问题日益突出。为此，空气质量监测室又开展了空气中挥发性有机污染物（VOC）的监测和评价方法的研究，提出用活性碳纤维吸附管采样/二次热解吸进样/气相色谱/质谱分析方法，测定室内空气中人的呼出气中 VOC；研制成苯和甲醛气体标准物质和动态配气装置；开展了用小型环境试验舱法测定室内装饰装修材料中甲醛和 VOC 的释放量；制定了室内空气净化器性能测试标准方法，开展了室内空气净化方法的研究。由空气质量

监测室主持的中华预防医学会卫生检验学会空气理化检验学组，每两年召开一次全国性的室内空气监测和净化技术学术会议，自1996年以来，已在扬州、上海、长沙举办过三次。1999年和2000年我们空气质量监测室承担了卫生部委托制定《室内空气质量卫生监督管理办法》和《室内空气质量卫生规范》的两项任务，对室内空气质量标准、法规和管理办法进行了大量的调研工作，在这项调研期间，曾得到丹麦 Lars Molhave 教授的帮助和指导。《室内空气质量卫生规范》、《木质板材中甲醛卫生规范》和《室内用涂料卫生规范》于2001年9月正式由卫生部颁布，为了这三项规范的实施，于同年11月在苏州市举办了《室内空气污染监测和净化新技术专题学术讲座》。本书就是在这次专题学术讲座的讲义的基础上产生的。

2001年是我国室内空气质量年。这一年，在卫生部上述三个规范出台之后，11月建设部颁布了《民用建筑工程室内环境污染控制规范》，12月国家质量监督检验检疫总局颁布了十项《室内装饰装修材料有害物质限量》标准。本书附录和有关章节对上述标准和规范作了详细的介绍。因此，本书不仅是对我们空气质量监测室十多年来研究成果的总结，而且也反映了我国在室内空气质量标准和规范的最新成就。

参加本书编写的有中国疾病预防控制中心崔九思研究员（第一、四、五、九、十九章和第十三章中第八节），宋瑞金研究员（第八、十五、十八章和第十三章中第一节），韩克勤主任技师（第七、十二、十三章），朱昌寿研究员（第十一和十四章），戴自祝研究员（第十六章），徐东群（博士）副研究员（第三章和第一章的第五节中颗粒物生物效应以及第十三章的第二、三节中TDI、第四节中氯乙烯单体和第十八章的第七节中VOC热解吸气相色谱法），陈烈贤副研究员（第十七章），张文丽博士生（第六章），付斌硕士（第十八章中第十节），董小艳实习研究员（第十章以及第十三章的第二节和第四节中总铅和可溶性金属和第十八章中第十一节），张爱军实习研究员（第十三章的第二、三、四节中VOC和甲醛）。

还有华中师范大学生命科学学院杨旭（博士）教授（第二章），军事医学科学院卫生学环境医学研究所袭著革（博士后）副研究员（第十三章中第五节和第六节）以及武汉市卫生防疫站王戎主管医师（第十三章中第七节）。最后由崔九思研究员对全书作了审校。原环监所图书情报室赵素莲主任和鲍燕同志协助部分章节的打字和排版，本书出版得到化学工业出版社任惠敏同志的支持和北京天跃环保科技有限公司赞助。在此向所有参加和支持本书编写和出版的同志表示衷心的感谢。

由于时间仓促，编者水平有限，不足之处，恳请读者批评和指正。

编者

2002 年 7 月

主 编 简 介

崔九思，1936年7月30日生，安徽芜湖县人。1961年南京大学化学系毕业。曾任中国预防医学科学院环境卫生监测所（现更名为中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所）空气质量监测室主任、研究员、博士生导师，中国预防医学科学院第四届学术委员会委员和高级职称评审委员会委员。兼任《中国环境监测》、《卫生研究》、《环境与健康》、《环境化学》等杂志编委，第二届全国环境监测技术委员会委员，中华预防医学会卫生检验学会空气理化检验学组主任委员，中国仪器仪表学会分析仪器学会第五届理事，中国环境科学学会大气环境分会第一届委员会委员，以及中国科协工程学会联合会室内环境质量专业委员会副秘书长。从事空气污染监测和对人体健康影响的评价方法研究工作四十年。曾主持卫生部系统空气质量卫生检验标准方法科研协作组和我国五城市（北京、上海、沈阳、广州、西安）参加WHO/UNEP主办的全球大气监测系统国际合作项目。室内空气污染和个体接触量成套监测仪器等多项研究成果获部级科技进步奖。室内空气净化器带电双相滤料获得国家发明专利。甲醛和苯两种扩散管和SO₂/NO₂/H₂S三种渗透管被国家质量监督检验检疫总局批准为国家一级和二级气体标准物质。主编《大气污染监测方法》、《环境空气质量监测检验方法》和《室内空气污染监测方法》等专著，发表50多篇学术论文。1988年被卫生部授予有突出贡献的中青年专家，1992年国务院发给政府特殊津贴，1999年被中国环境科学学会授予优秀科技工作者，2002年被中华环境保护基金会授予中华环境奖提名奖。

编委会成员

主编 崔九思

编委(按姓氏笔画为序)

- | | |
|-----|------------------------|
| 朱昌寿 | 中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所 |
| 宋瑞金 | 中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所 |
| 杨 旭 | 华中师范大学生命科学学院 |
| 陈烈贤 | 中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所 |
| 徐东群 | 中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所 |
| 崔九思 | 中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所 |
| 韩克勤 | 中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所 |
| 戴自祝 | 中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所 |

内 容 提 要

本书由中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所等单位从事室内空气污染监测与健康影响评价的专家和教授合作编写。本书内容包括室内空气污染监测概论、室内空气污染对健康影响和危险度评价方法、室内空气污染采样方法、气体标准物质制备、空气中有机和无机污染物以及可吸入颗粒物和生物颗粒物的测定、厨房油烟污染物的测定、室内建筑装饰装修材料中有害物质限量以及室内用品和材料中挥发性化合物释放特征的测定、室内空气中氡和建材放射性的测量、室内空气净化器及其性能的测试、室内热环境参数的测定、空气污染物个体接触量的测定、室内空气污染监测检验方法特性等。书后附录包括室内空气质量标准、公共场所卫生标准、室内建筑装饰装修材料中有害物质限量标准以及相关数据表等。

本书内容丰富、资料新颖，基本上反映了该领域国内外的最新研究水平。可供从事室内空气污染监测和健康影响评价的技术与管理人员，大专院校相关专业师生以及建筑、装饰行业相关人员参阅。

目 录

第一章 室内空气污染监测概论	1
第一节 室内空气污染	1
第二节 室内空气污染物的来源	2
一、室外来源	2
二、室内来源	3
第三节 污染物在空气中存在的状态	12
一、气态和蒸气	12
二、气溶胶	13
第四节 室内空气主要污染物	14
一、化学污染物	14
二、生物污染物	32
第五节 颗粒物的粒径和对人体健康的影响	32
一、颗粒物粒径和粒度分布	32
二、与健康有关的颗粒物名词	35
三、颗粒物生物效应	37
第六节 室内空气污染监测	42
一、室内污染源监测	42
二、室内空气质量监测	51
三、特定目的监测	53
第七节 人对空气污染物个体接触量的监测	56
一、个体接触量监测的意义	56
二、个体接触量监测仪器	56
三、个体接触量的估算方法	57
四、人体总接触量监测	59
参考文献	60
第二章 室内空气污染的健康效应和不良建筑物综合征	61
第一节 室内空气污染所致人体健康效应	61

一、研究概况	61
二、室内空气污染对呼吸系统的作用	64
三、室内空气污染所致过敏及其他免疫效应	66
四、室内空气污染的致癌作用	69
五、室内空气污染对神经系统的毒性作用	72
六、室内空气污染对心血管系统的作用	74
第二节 室内空气污染所致刺激作用和不良建筑物综合征	74
一、不良建筑物综合征的概念和定义	75
二、不良建筑物综合征的诊断基准	76
三、不良建筑物综合征的流行水平和流行特征	76
四、不良建筑物综合征的危险因素和发病机理	78
五、不良建筑物综合征的研究方法	80
六、不良建筑物综合征的健康效应指标	80
参考文献	84
第三章 室内空气污染物对健康影响的危险度评价	85
第一节 健康危险度评价的基本概念	85
一、与健康危险度评价(health risk assessment, HRA)有关的名词	85
二、健康危险度评价的内容	86
三、健康危险度评价的目的	87
第二节 危害鉴定	88
一、流行病学研究	88
二、动物实验	88
三、体外实验	89
四、污染物理化特性和构效关系资料	89
第三节 暴露评价	90
一、外暴露和内暴露	90
二、暴露评价内容	91
第四节 剂量-反应关系评定	98
一、有阈化学污染物的剂量-反应关系评定	98
二、无阈化学污染物的剂量-反应关系评定	103
第五节 危险特征分析	106
一、对前三阶段结果的综合分析	107
二、危险度分析	107

三、结果的书面总结	112
参考文献	112
第四章 室内空气污染物采样方法	113
第一节 气体污染物采样方法	113
一、直接取样法	113
二、有动力采样法	116
三、被动式采样法	135
第二节 气溶胶采样方法	149
一、沉降法	149
二、滤料法	149
第三节 两种状态污染物的综合采样方法	163
一、浸渍试剂滤料法	164
二、泡沫塑料采样法	165
三、多层滤料法	166
四、环形扩散管和滤料组合采样法	167
第四节 空气采样体积的测量和流量的校准	171
一、空气采样体积的测量	171
二、流量计及其校准	174
第五节 采样效率及其评价	195
一、采样效率的评价方法	195
二、影响采样效率的主要因素	196
第六节 现场采样技术要求	198
一、选点要求	198
二、采样时间和频率	199
三、采样方法和采样仪器	199
四、采样的质量保证措施	199
五、记录和报告	200
参考文献	200
第五章 常用气体标准物质的制备方法	201
第一节 静态配气方法	201
一、大瓶子配气	201
二、注射器配气	207
三、塑料袋配气	208

四、高压钢瓶配气	209
第二节 动态配气方法	213
一、动态稀释原理	213
二、负压喷射法	215
三、渗透膜法	216
四、气体扩散法	230
五、饱和蒸气法	237
六、电解法	238
七、气相滴定法	239
八、臭氧发生器和臭氧浓度的标定	250
参考文献	258
第六章 室内环境中生物性颗粒物对健康影响的监测	259
第一节 室内尘螨	260
一、健康影响	260
二、分布状况	261
三、采样方法	261
四、分析方法	262
五、研究方法的建议	264
六、结果的评价	265
第二节 动物皮毛尘屑	265
一、健康影响	265
二、采样方法	267
三、分析方法	267
四、研究方法的建议	268
五、结果的评价	269
第三节 真菌	269
一、健康影响	269
二、分布状况	271
三、采样方法	272
四、分析方法	275
五、研究方法的建议	276
六、结果的评价	278
第四节 细菌（包括放线菌）	279

一、健康影响	279
二、分布状况	280
三、采样方法	281
四、分析方法	282
五、研究方法的建议	283
六、结果的评价	284
第五节 军团菌属	285
一、健康影响	285
二、分布状况	286
三、采样和分析方法	287
参考文献	288
第七章 室内空气中有机污染物的测定	289
第一节 苯、甲苯、二甲苯	289
一、热解吸气相色谱法	290
二、溶剂解吸气相色谱法	292
第二节 苯乙烯	294
第三节 酚	297
一、4-氨基安替比林比色法测总酚	297
二、4-氨基安替比林比色法测挥发酚	302
第四节 甲醛	305
一、AHMT 比色法	306
二、酚试剂比色法	310
三、气相色谱法	314
四、乙酰丙酮比色法	318
五、电化学传感器法	320
第五节 醛酮化合物	322
第六节 挥发性有机化合物总量	325
第七节 尼古丁	328
第八节 苯并[a]芘	330
第九节 氯乙烯	333
第十节 三氯乙烯	336
参考文献	338
第八章 室内空气中无机污染物的测定	339

第一节 二氧化硫	339
一、甲醛溶液吸收-盐酸副玫瑰苯胺比色法	340
二、紫外荧光法	347
三、库仑滴定法	352
第二节 二氧化氮	358
一、盐酸萘乙二胺比色法	360
二、化学发光法	366
三、库仑原电池法	370
第三节 一氧化碳	375
一、不分光红外线气体分析仪法	376
二、气相色谱法	378
三、汞置换法	382
四、电化学法	386
第四节 二氧化碳	388
一、不分光红外线气体分析仪法	388
二、气相色谱法	391
三、容量滴定法	394
第五节 氨	396
一、靛酚蓝比色法	397
二、纳氏试剂比色法	400
第六节 氟化氢和氟化物	403
一、滤膜采样-离子选择电极法	403
二、滤膜采样-氟试剂比色法	410
第七节 硫化氢	414
一、聚乙烯醇磷酸铵吸收-亚甲基蓝比色法	415
二、锌氨络盐吸收-亚甲基蓝比色法	421
第八节 臭氧	422
一、化学发光法	422
二、紫外光度法	425
三、靛蓝二磺酸钠比色法	430
第九节 氯	434
第九章 室内空气中可吸入颗粒物和细菌总数的测定	439
第一节 可吸入颗粒物 (PM ₁₀)	439

一、小流量(冲击式)采样-重量法	439
二、小流量(旋风式)采样-重量法	441
三、压电晶体差频法	443
四、光散射法	448
五、 β 射线吸收法	452
第二节 石棉	455
第三节 细菌总数	458
参考文献	460
第十章 室内空气中金属的测定	461
第一节 铅及其无机化合物	461
一、原子吸收分光光度法	462
二、氢化发生原子吸收分光光度法	465
三、催化极谱法	469
第二节 镉	472
一、原子吸收分光光度法	472
二、催化极谱法	476
第三节 汞	478
一、金汞齐富集-冷原子吸收法	479
二、高锰酸钾氧化-冷原子吸收法	483
三、氢化发生原子吸收分光光度法	486
第四节 铬——原子吸收分光光度法	489
第五节 铬、锰、镉、镍、锌、铜的同时测定——原子吸收分光光度法	493
参考文献	498
第十一章 室内空气中氡的测量	499
第一节 空气中氡及其短寿命子体	499
一、天然放射性和氡的衰变	499
二、室内氡的来源	500
三、氡的危害	502
四、对氡的防护措施	503
五、有关氡控制水平的国家标准	504
第二节 氡的瞬时测量方法	505
一、双滤膜法	506

二、闪烁室(瓶)法	509
第三节 氡的连续测量方法	511
一、闪烁室(瓶)法	512
二、半导体探测器法	512
三、脉冲电离室法	513
第四节 氡的累积测量方法	513
一、 α 径迹探测器法	513
二、活性炭盒法	517
三、驻极体法	519
第五节 氡子体产物的测量方法	519
一、马尔柯夫 α 潜能法	519
二、托马斯三段法	520
三、五段法	521
第六节 测量方法的选择和质量保证	522
一、测量方法的选择	522
二、测量的质量保证	523
参考文献	524
第十二章 室内用品和材料中挥发性化合物释放特征测定	526
第一节 环境试验舱	526
一、环境试验舱的结构	526
二、环境试验舱性能要求和测试前的准备	528
三、环境试验舱操作参数对释放特征的影响	530
四、吞吐效应对释放特征的影响	531
第二节 固体材料中挥发性化合物释放特征测定	531
一、固体材料中挥发物释放模式的建立	531
二、固体材料中挥发性有机物释放特征的测定	532
三、木质板材中甲醛释放特征的测定	534
第三节 湿式材料中挥发性有机物释放特征测定	536
一、湿式材料中挥发性有机物释放模式的建立	536
二、湿式材料中挥发性有机物释放特征	537
参考文献	540
第十三章 室内装饰装修材料有害物质的测定	541
第一节 室内板材	541