

室内空气污染与健康

● 裘著革 主编

● 杨旭 徐东群

副主编

3.1
4



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

室内空气污染与健康

裘著革 主编

杨 旭 徐东群 副主编

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

室内空气污染与健康/裘著革主编. —北京: 化学工业出版社, 2003. 7

ISBN 7-5025-4643-X

I. 室… II. 裘… III. 室内空气-空气污染-影响-健康 IV. X503.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 056836 号

室内空气污染与健康

裘著革 主编

杨旭 徐东群 副主编

责任编辑: 董琳

责任校对: 顾淑云

封面设计: 于兵

*

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

北京市昌平振南印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 8 字数 208 千字

2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4643-X/X · 311

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

《室内空气污染与健康》编写委员会

主 编 袁著革

副主编 杨 旭 徐东群

委 员

王玉秋 南开大学环境科学与工程学院

王作元 中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所

白志鹏 南开大学环境科学与工程学院

李劲松 军事医学科学院微生物与流行病学研究所

李官贤 军事医学科学院卫生学环境医学研究所

刘洪涛 军事医学科学院卫生学环境医学研究所

杨玉花 军事医学科学院卫生学环境医学研究所

杨 旭 华中师范大学生命科学院

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

袁著革 军事医学科学院卫生学环境医学研究所

序

空气是人类赖以生存的基本要素之一。成年人平均每天要呼入 15kg 的空气，因此，空气质量的好坏直接关系着人类的生活、工作质量和身体健康。人的一生有 80% 以上时间在室内度过，室内空气污染因而成为人体接触环境污染物、造成健康危害的主要途径之一。

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。我国国家科技部、国家自然科学基金委员会相继资助了一些攻关课题、公益基金和基础或应用基础研究，有力地推动了该领域研究的深入。一些国家标准，如《民用建筑工程室内环境污染控制规范，GB 50325—2001》、《室内装饰装修材料有害物质限量，GB 18580—18588，GB 6566—2001》、《室内空气质量标准，GB/T 18883—2002》等的相继出台，规范了民用建筑工程、室内装饰装修的验收以及相关产品的市场准入，提升了监测监督水平，使室内空气质量监测有法可依，对保障人民群众健康发挥重要作用。

但是，由于室内空气污染具有成分复杂、暴露水平低、作用时间长、协同作用多等特点，因此评价室内空气污染与健康的关系，仍是环境卫生学研究的一项长期而艰巨的任务。特别是需要借鉴现代物理、现代分析化学、分子生物学、分子流行病学等学科的一些新技术，深化基础和基础研究水平，才能阐明这种低剂量、长时间、多组分暴露的健康危害与机制，为进一步制定危险度评价标准、探讨干预措施、保护人群健康提供科学依据。

本书围绕室内空气污染对健康影响这一主题，探讨了近年来国内外室内空气中物理、化学、生物、放射性等污染因素对人体健康的影响研究进展，污染因素对人体健康产生危害的评价方法以及研

究空气污染毒性效应的一些新技术，基本反映了国内外有关室内空气污染与健康研究的最新水平，有很好的先进性和实用性，它的出版将对我国室内空气污染与健康领域的发展起到推进作用。

中 华 预 防 医 学 会 副 会 长
中华预防医学会环境卫生分会主任委员
军 事 医 学 科 学 院 研 究 员
晁福寰

前 言

自 20 世纪 90 年代以来,室内空气污染与健康成为各国政府和公众关注的重要环境问题之一。特别是在我国,随着人民群众物质生活水平的提高,室内装修装饰、大量电气产品和空调的普及、多种日用化学品的使用,建筑设计风格和中央空调使用导致的居室密闭程度增加等原因,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。这些污染因素包括有刺激作用的甲醛、氨等有害气体,有致敏作用的挥发性有机物和微生物,有致癌作用的苯、氡及其子体等。长期暴露于这些有毒有害物质下,就会对人体产生不良影响,甚至发生各种疾病。

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的危害,也给国家造成了巨大的经济损失。政府对此十分重视,从 2001 年初到 2002 年底,国家质量监督检验检疫总局、国家卫生部、国家环境保护总局、国家建设部相继制定并出台了《民用建筑工程室内环境污染控制规范, GB 50325—2001》、《室内装饰装修材料有害物质限量, GB 18580—18588, GB 6566—2001》、《室内空气质量标准, GB/T 18883—2002》等国家标准,对建筑工程、室内装饰材料、室内空气污染等进行监测评价和监督管理,对于依法保证工程、产品质量,保护人民群众健康发挥了至关重要的作用。

本书就是在这样一个“室内空气污染与健康”研究备受重视的背景和基础上产生的。主要编写人员中既有在国内室内放射性研究领域的资深教授,更多的是活跃在室内空气污染与健康研究领域的年轻专家,他们都在承担着一批国家科技部、国家自然科学基金委员会和地方政府部门资助的室内空气污染相关科研项目。因此,本书内容既是他们对国内外室内空气研究最新文献的调研,也是他们科研

工作的总结和体会。本书主要由三个部分组成，第一部分包括第一章到第八章，主要阐述了室内空气各种污染因素的健康效应，第二部分包括第九章到第十二章，主要介绍了室内空气污染对健康影响的评价方法，第三部分包括第十三章和第十四章，重点介绍了室内空气污染对健康影响研究的一些新方法和新技术。应该说这些内容基本上反映了我国在室内空气污染的人体健康效应的最新成就。

参加本书编写的有中国军事医学科学院卫生学环境医学研究所裘著革（博士后）副研究员（第一章第一节，第十一章，第十四章中第一、二节），刘洪涛研究员（第三章），李官贤副研究员（第四章），杨玉花博士生（第十四章第三节）；中国军事医学科学院微生物流行病学研究所李劲松（博士）研究员（第八章）；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（博士）副研究员（第六章，第十章），中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所王作元研究员（第二章）；华中师范大学生命科学学院杨旭（博士）教授（第一章第二、三节，第七章，第十二章，第十三章）；南开大学环境科学与工程学院白志鹏（博士后）教授（第九章）；王玉秋（博士后）副教授（第五章）。最后由裘著革副研究员对全书作了审校。军事医学科学院卫生学环境医学研究所刘焕亮助理实验师协助部分章节的打字和排版。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，加之编者水平所限，不足之处，恳请读者批评和指正。

编者

2003年5月

内 容 提 要

本书由中国军事医学科学院卫生学环境医学研究所、中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所、华中师范大学生命科学学院、南开大学环境科学与工程学院等单位从事室内空气污染监测、毒性效应与控制的专家和教授合作编写。内容包括室内空气污染与健康概论、居室放射性对健康的影响、室内空气物理性因素污染与健康研究、室内空气负离子与健康、室内空气中颗粒物对肺组织的损伤效应、室内空气化学性污染与健康、建筑及室内装饰材料释放的污染物及其健康效应、室内空气生物污染研究、室内空气质量评价与标准、室内空气污染物对健康影响的危险度评价、生物标志物的概念与应用、不良建筑综合征、控制暴露人体实验、新技术及其在空气污染与健康研究中的应用等。

本书涵盖了室内空气污染的各种要素，基本反映了国内外室内空气污染与健康研究的最新水平。可供大专院校、科研机构相关专业的师生和研究工作者参阅。

目 录

第一章 室内空气污染健康效应概述	1
第一节 影响室内空气质量的主要污染因素	1
一、化学污染因素	1
二、物理污染因素	2
三、生物因素	2
第二节 室内空气污染健康效应	3
一、室内空气污染对呼吸系统的作用	3
二、室内空气污染所致过敏疾病	4
三、室内空气污染的致癌作用	6
四、室内空气污染对神经系统的毒性作用	8
五、室内空气污染对心血管系统的作用	9
六、不良建筑物综合征和刺激作用	10
第三节 室内空气污染健康效应的研究方法	10
一、室内空气污染暴露水平的研究	10
二、研究人体健康效应的方法	11
参考文献	13
第二章 居室放射性对健康的影响	14
第一节 居室内放射性的来源	14
一、氡及其衰变子体	14
二、建筑材料中的放射性	15
第二节 居室内的放射性水平	16
一、居室内的氡浓度	16
二、室内 γ 照射剂量率	17
三、人体接受的照射剂量	17
第三节 居室放射性对健康的影响	17
一、随机效应和确定效应	17
二、氡与肺癌	18
三、小剂量刺激兴奋作用 (hormesis)	19

第四节 有关室内放射性的标准	19
一、住房内氡浓度控制标准	19
二、建筑材料放射卫生防护标准	19
三、天然石材产品放射防护分类控制标准	20
第五节 降低室内放射性措施	21
一、选择建房地点	21
二、选择建筑材料	21
三、建造排氡地基	21
四、密封裂缝	22
五、室内通风	22
参考文献	22
第三章 室内空气物理性因素污染与健康研究	24
第一节 物理因素与不良建筑综合征及建筑相关疾病	24
第二节 室内物理性因素暴露限值	25
第三节 室内物理因素暴露限值存在的问题	26
第四节 室内噪声污染与健康	27
第五节 室内通气速率与健康	28
第六节 室内电磁辐射污染与健康	28
一、EMR 的热效应	29
二、EMR 的非热效应	29
三、EMR 与癌症	30
四、EMR 暴露的安全限值	31
五、心脏起搏器与 RF	32
六、低频磁场	33
七、确定 RF 功率密度	34
八、关于个人防护的几点建议	35
第四章 室内空气负离子与健康	37
第一节 空气负离子的性质与来源	37
一、基本概念	37
二、理化特性	37
三、空气离子的来源和水平	38
第二节 空气负离子的健康效应	40
一、对中枢神经系统的影响	41

二、对心血管系统的影响	41
三、对呼吸系统的影响	43
四、对免疫系统的影响	43
五、对内分泌系统的影响	44
六、对代谢的影响	44
七、对生物氧化的影响	45
八、对听力系统的影响	45
九、消毒、杀菌作用	46
第三节 空气离子卫生评价指标	47
一、空气离子浓度	47
二、单级性系数 (q)	47
三、空气离子相对密度 (R_d)	48
四、安培评议指数 (CI)	48
参考文献	48
第五章 室内环境中可吸入颗粒物上铁介导的活性氧产生及其对肺组织的损伤效应	50
第一节 铁的存在环境及反应活性	50
第二节 炎细胞中活性氧的产生与颗粒物上铁的关系	53
第三节 上皮细胞对颗粒物的吸收及损伤	54
第四节 室内环境中可吸入颗粒物与其他环境污染物对肺损伤的复合效应	55
第五节 室内环境中可吸入颗粒物自身损伤复合作用机理推测	57
第六节 活性氧于肺内产生的可能性	59
参考文献	60
第六章 室内空气化学性污染与健康	62
第一节 室内空气污染来源和污染物	62
第二节 室内化学污染的暴露评价	67
第三节 室内化学污染的控制对策	69
一、制定空气质量标准	69
二、加强室内空气质量的监测和监督	70
三、室内污染源控制	70
四、加强通风换气, 开发室内空气净化新技术	71
参考文献	71

第七章 建筑及室内装饰材料释放的污染物及其健康效应	73
第一节 建材释放的室内有机污染物	73
一、概念和定义	73
二、室内有机污染物的主要来源	75
三、室内有机污染物对人体健康的危害	76
四、室内有机污染物的浓度指导限值	77
五、室内有机污染物的预防措施	79
第二节 建材中有机污染物的测试和评价	80
一、甲醛测试和评价	80
二、VOC 的测试和评价	81
第三节 小型环境气候舱的结构和应用	82
一、概念和使用目的	82
二、设备和装置	83
三、样品的收集和分析 (样品的采样和分析系统)	85
四、实验设计	86
五、实验程序	86
六、数据分析	88
参考文献	89
第八章 室内空气生物污染研究	91
第一节 室内空气生物污染的种类和来源	91
一、室内空气生物污染因子的种类	91
二、室内空气生物污染因子的来源	92
第二节 室内空气生物污染的危害性和特点	92
一、室内空气生物污染的危害性	92
二、室内空气生物污染的特点	93
第三节 室内空气生物污染研究现状	94
一、国外室内生物气溶胶污染的研究动态	94
二、国内室内生物气溶胶的研究状况	95
第四节 室内生物气溶胶的检测方法	97
第五节 室内生物气溶胶污染的研究和预防	99
参考文献	99
第九章 室内空气质量评价与标准	101
第一节 室内空气质量定义	101

第二节 室内空气质量评价	102
第三节 国外室内空气质量标准概述	105
第四节 我国室内空气质量标准与国外标准的比较	108
第五节 建议	110
参考文献	111
第十章 室内空气污染物对健康影响的危险度评价	113
第一节 健康危险度评价	114
一、健康危险度评价的基本概念	114
二、健康危险度评价的内容	115
第二节 危害鉴定	116
一、流行病学研究	116
二、动物实验	117
三、体外实验	117
四、污染理化特性和构效关系资料	117
第三节 暴露评价	118
一、外暴露和内暴露	118
二、暴露评价内容	119
三、内暴露的评价	121
第四节 剂量-反应关系评定	126
一、有阈化学污染物的剂量-反应关系评定	126
二、无阈化学物质的剂量-反应关系评价	131
第五节 危险特征分析	134
参考文献	140
第十一章 生物学标志物的概念与应用	141
第一节 引言	141
第二节 生物学标志物与相关研究间的关系	142
一、与化学监测的关系	142
二、与毒性测试和生物检测的关系	143
三、与分子流行病学关系	143
第三节 生物学标志物的分类	145
一、体内剂量标志	145
二、生物有效剂量标志物	146
三、早期生物学反应标志物	147

四、细胞功能/结构改变的生物学标志物	148
五、易感性标志物	149
第四节 生物学标志物的应用	150
一、生物学标志物在环境科学中的应用	150
二、生物学标志物在室内空气质量与健康的应用	151
第五节 生物学标志物应用的基本原则	152
第六节 生物学标志物应用前景以及局限性	154
第七节 几种致癌早期生物学标志物	156
一、DNA 加合物——致癌物质接触与效应的生物标志物	158
二、蛋白质加合物——致癌物质接触的标志物	164
三、癌基因、抑癌基因——致癌早期效应与易感性的标志物	167
参考文献	170
第十二章 不良建筑物综合征	172
第一节 不良建筑物综合征的概念和定义	172
第二节 不良建筑物综合征的诊断基准	173
第三节 流行水平和流行特征	174
第四节 不良建筑物综合征的危险因素	175
第五节 不良建筑物综合征的发病机理	176
一、关于刺激症状的发生机理	176
二、关于过敏和全身症状的发生机理	176
第六节 不良建筑物综合征的研究方法	177
一、流行病学研究	177
二、动物毒理学研究	177
三、控制暴露人体实验	177
参考文献	178
第十三章 控制暴露人体实验	180
一、基本实验条件	180
二、受试者的选择	180
三、环境变量的设定	181
四、污染物的暴露	182
五、协同因素	183
六、人体健康效应指标	184
七、实验设计中应注意的其他问题	188

参考文献	189
第十四章 新技术及其在空气污染与健康研究中的应用	191
第一节 DNA 氧化损伤与 8-OHdG 加合物的测定	191
一、氧化损伤与疾病	192
二、氧化损伤产物 8-OHdG 的研究	193
三、8-OHdG 的 HPLC-EC 分析方法与 8-OHdG 特性研究示例	198
第二节 单细胞凝胶电泳技术的原理、方法简介与应用	208
一、SCGE 检测原理	208
二、SCGE 实验方法	209
三、目前 SCGE 存在的主要问题	210
四、SCGE 应用示例：典型醛类污染物致核酸氧化损伤作用的实验 研究	210
第三节 蛋白质组及其研究技术在环境卫生学领域的应用	218
一、研究蛋白质组的意义	218
二、蛋白质组和蛋白质组学的概念	219
三、蛋白质组研究技术体系	220
四、蛋白质组研究技术在预防医学领域的应用	222
五、蛋白质组学技术应用示例：肺组织蛋白质组双向电泳技术的 建立与优化	224
参考文献	231
附录	232
I 室内空气质量标准	232
II 室内装饰装修材料人造板及其制品中甲醛释放限量	233
III 室内装饰装修材料溶剂型木器涂料中有害物质限量	233
IV 室内装饰装修材料内墙涂料中有害物质限量	234
V 室内装饰装修材料胶黏剂中有害物质限量	234
VI 室内装饰装修材料木器家具中有害物质限量	235
VII 室内装饰装修材料壁纸中有害物质限量	235
VIII 室内装饰装修材料聚氯乙烯卷材地板中有害物质限量	235
IX 室内装饰装修材料地毯、地毯衬垫及地毯胶黏剂中有害物质限量	236
X 混凝土外加剂中释放氨的限量	237
XI 建筑材料放射性核素限量	237
XII 民用建筑工程室内环境污染控制规范	237

第一章 室内空气污染健康效应概述

第一节 影响室内空气质量的主要污染因素

室内环境 (indoor environment) 主要是指居室。从广义上讲是人类生存和活动的重要场所, 包括办公室、会议室、教室、医院等室内环境和宾馆、饭店、图书馆、候车室等公共场所以及火车、轮船、飞机等交通工具。近年来的国内外研究资料表明, 城市居民每天约 80%~90% 的时间在上述各种室内环境中度过。即便在农村, 人们在室内停留的时间也不少于 50%, 老人和儿童等敏感人群在室内度过的时间更长, 因而室内环境空气质量对人体健康的影响十分重要。据美国 EPA 的一项调查显示, 居民经水、食品和呼吸途径日摄入的有毒化学物质及致癌物, 对于大多数被检测的污染物来说, 对人体暴露量的主要贡献是室内空气, 这充分说明室内空气质量与公众健康的关系极为密切。随着我国经济的迅速发展和人们生活水平的提高, 城市高级写字楼的大量涌现以及建筑装修水平的不断升级, 各种新型电器设备和中央空调系统的普及, 影响室内环境空气的污染因素也不断增多。因此, 研究室内空气污染的主要因素及其对人体健康的影响, 是现代环境卫生学的一项重要而紧迫的任务。

影响室内空气质量的污染因素一般分为三类, 即化学性、生物性、物理性因素, 也有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。

一、化学污染因素

室内空气中各种化学物质最为繁多, 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: 燃烧型污染物, 如燃煤产生的碳氧化物 CO 、 CO_2 , 硫