



教育部高职高专规划教材

室内环境监测

姚运先 冯雨峰 杨光明 编



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

室内环境监测

姚运先 冯雨峰 杨光明 编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

室内环境监测/姚运先等编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 3

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-6782-8

I. 室… II. 姚… III. 居住环境-环境监测-高等学校: 技术学院-教材 IV. X83

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 020922 号

教育部高职高专规划教材

“室内环境监测”

姚运先 冯雨峰 杨光明 编

★ 责任编辑: 王文峡

~ 文字编辑: 余纪军

责任校对: 李志岩

封面设计: 尹琳琳

化学工业出版社 出版发行

教材出版中心

(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

北京云浩印刷有限责任公司印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 8 $\frac{3}{4}$ 字数 229 千字

2005 年 5 月第 1 版 2005 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6782-8/G · 1740

定 价: 16.00 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

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论课与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教

材的有无问题；然后再用2~3年的时间，在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上，通过研究、改革和建设，推出一大批教育部高职高专规划教材，从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材，并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作，不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

室内环境质量的好坏直接关系到人体的健康。近年来，随着我国社会经济的快速发展和人民生活水平的不断提高，百姓购房、居室的装饰装修已经成为新的消费热点。但是，由于缺乏标准的控制、生产的有效监督和市场的严格管理，装修材料质量良莠不齐，有害物质含量没有得到应有的控制，给室内空气带来了一定程度的污染。建筑、装饰装修、家具和现代家电与办公器材造成室内环境污染，已成为影响人们健康的一大杀手，来自我国各地大量的监测数据表明，近年来，我国室内化学性、物理性、生物性的污染都在增加，对人们的身体健康造成威胁。继“煤烟型”、“光化学烟雾型”污染后，“室内空气污染”正成为人们关注的焦点。

已有大量研究成果表明，室内空气污染会引起“致病建筑综合征”，症状包括头痛、干咳、皮肤干燥发痒、头晕恶心以及注意力难以集中和对气味敏感等；与此相关的还有“建筑物关联病”，一般症状为咳嗽、胸部发紧、发烧寒颤和肌肉疼痛等；此外，国外许多发达国家还因室内空气污染引起军团菌爆发，导致大量人员死亡。因此，必须吸取足够的经验教训，对室内空气质量问题予以重视。

为了加强对生产、市场、装修各个环节的监督和检查，国家质检总局、国家标准委员会已经制定并发布了《室内空气质量标准》、《民用建筑工程室内环境污染控制规范》和《室内装饰装修材料有害物质限量》。室内环境系列标准的制定和实施，填补了我国室内环境领域的空白，对于在建筑、建材及室内装饰装修行业贯彻以人为本的指导方针和为人们营造安全、健康、舒适的室内环境，具有极其重要的意义。

为满足高职高专环境类专业对室内环境监测教材的要求及室内

环境检测人员的培训需要，我们编写了这本教材。本书介绍了室内主要污染物的来源与危害、室内空气监测方案的制定、室内空气监测仪器与设备及室内空气中主要污染物的样品采集与分析测定方法等。本教材不仅全面反映当前室内环境监测的发展水平，而且针对高职高专教育的特点和培养目标，根据社会对室内环境监测人才专业水平与能力的要求，注重理论和实际相结合，突出专业素质和能力的培养。

本书主要适用于高职高专环境监测专业及环境类其他各专业使用；同时，也可作为大中专院校、环境保护相关企事业单位培训及职业资格考试的培训教材。

全书共五章：第一章绪论；第二章室内空气污染物与室内环境；第三章室内空气监测技术；第四章主要室内污染物质的分析测试方法；第五章室内装饰材料中有害物质的测定方法。第一章、第二章、第四章由姚运先（长沙环境保护职业技术学院）编写，第三章由杨光明（长沙理工大学）编写，第五章由冯雨峰（中国环境管理干部学院）编写。由姚运先负责全书的统稿工作。本书的出版得到了化学工业出版社的大力支持，在此一并致谢！

由于作者的水平所限，书中难免存在不足之处，敬请各位读者给予批评指正。

编 者

2005 年元月

内 容 提 要

本书内容详细、资料新颖，介绍了室内空气污染与室内空气污染监测的概念、室内环境中主要空气污染物、室内环境中空气污染物的采样方法、室内环境中主要污染物质的分析测试方法、室内装饰材料中有害物质的测定方法。

本书适用于高职高专环境监测专业及环境类其他各专业使用，同时，也可作为大中专院校环境保护、环境卫生等相关专业的人员培训及职业资格取证考试的培训教材。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 室内空气污染	1
一、室内空气污染	1
二、室内空气污染特点	4
三、室内空气污染的危害	5
四、室内空气品质	6
第二节 室内环境监测	8
一、室内污染源监测	9
二、室内空气质量监测	12
三、特定目的监测	14
第三节 我国室内空气污染研究的进展	15
一、污染源控制	15
二、室内各种污染物的监测方法	16
三、室内空气质量评价	17
四、建筑物综合征	17
五、空气净化技术研究	18
六、污染物对健康的影响	18
七、放射性污染	19
技能训练 空气中氨的测定——靛酚蓝分光光度法	20
第二章 室内空气污染物与室内环境	25
第一节 污染物在空气中存在的状态	25
一、气态和蒸气	25
二、气溶胶	26
第二节 室内主要污染物的来源	27
一、室内建筑材料、装修材料产生的污染	28
二、日用化学品污染	33
三、厨房产生的污染	36

四、家用电器污染	40
五、室内人群活动产生的污染	41
六、公共场所中有害污染物	44
七、来自室外的污染	44
第三节 室内空气主要污染物及其危害	46
一、化学性污染物	46
二、生物性污染物	61
三、物理性污染物	62
第四节 室内环境舒适度的影响因素	64
一、声环境	65
二、光环境	67
三、热环境	69
第五节 健康与绿色住宅	72
一、健康住宅的含义	73
二、健康住宅的要求	74
三、绿色建筑	75
四、绿色建材	76
五、现代建筑相关疾病	77
技能训练 空气中甲醛的测定——AHMT 比色法	78
第三章 室内空气监测技术	84
第一节 室内空气样品的采集	84
一、气态污染物的采样方法	84
二、颗粒物的采样（气溶胶）	92
三、两种状态共存的污染物的采样方法	93
四、采样体积的计算	94
第二节 室内空气监测方案设计	96
一、采样点位的设置	96
二、采样时间和采样频率的确定	97
三、采样方式	98
四、采样记录	98
五、采样效率及其评价	99
六、空气污染物浓度的表示方法	102
技能训练 空气中苯的测定——毛细管气相色谱法	103

第四章 主要室内污染物质的分析测试方法	107
第一节 无机污染物的测定	107
一、二氧化硫的测定——甲醛溶液吸收-盐酸副玫瑰苯胺 分光光度法	107
二、二氧化氮的测定——改进的 Saltzman 法	113
三、一氧化碳的测定	117
四、二氧化碳的测定	124
五、氨的测定	128
六、臭氧的测定——紫外光度法	138
第二节 有机污染物的测定	145
一、甲醛的测定	145
二、苯、甲苯、二甲苯的测定——气相色谱法	154
三、总挥发性有机物的测定——气相色谱法	158
四、苯并[a]芘的测定——高效液相色谱法	162
第三节 可吸入颗粒物的测定——撞击式称重法	165
第四节 菌落总数的测定——撞击法	167
第五节 氡的测定方法	169
第六节 热环境参数的检验方法	176
一、温度的测定	176
二、相对湿度的测定	178
三、空气流速的测定——热球式电风速计法	181
四、新风量的测定——示踪气体法	182
技能训练一 总挥发性有机化合物 (TVOC) 的测定	184
技能训练二 氡的测定——闪烁瓶法	188
第五章 室内装饰材料中有害物质的测定方法	191
第一节 人造板中甲醛的测定	191
一、甲醛含量的测定	191
二、甲醛释放量的测定	196
第二节 油漆、涂料中有害物质的测定	201
一、挥发性有机物的测定	201
二、苯及苯系物的测定——气相色谱法	206
三、游离甲醛的测定	209
四、重金属的测定	211

第三节 混凝土外加剂中氨气释放量的测定	214
第四节 建筑材料放射性测量方法	217
一、建筑材料表面放射性测量	217
二、建筑材料中天然放射性核素物理测量方法—— γ 能谱分析方法	220
三、建筑材料中天然放射性核素化学分析方法	224
第五节 厨房油烟污染物的测定	225
一、空气中油烟雾的采样和分析方法	226
二、油烟冷凝物中多环芳烃的测定	228
技能训练 油漆、涂料中苯及苯系物的测定——气相色谱法	230
综合技能训练	233
设计实验 人造板中甲醛含量的测定	233
综合实践 学校教学楼室内空气监测	234
附录一 室内空气质量标准	237
附录二 民用建筑工程室内环境污染控制规范	241
附录三 室内装饰装修材料有害物质限量	255
参考文献	263

第一章 绪 论

学习指南：本章主要介绍室内空气污染与室内空气质量监测。学习本章时，主要了解室内空气污染的概念、特点与危害；了解室内空气质量的概念、影响因素及其评价方法；掌握室内空气质量监测的分类、方法及其意义；了解我国室内空气质量研究的现状与发展。

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，室内空气质量正在急剧下降，它已严重危及到人们的身体健康，引起了人们的普遍关注。因而彻底改善室内空气质量已成为全社会关注的焦点，已经提到了必须尽快解决的日程上来。

与此同时，20 世纪 80 年代以来，国外报刊上频繁出现 SBS、BRI 和 MCS，它们分别代表着三种疾病的名称，即建筑物综合征（Sick Building Syndrome）、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，已成为人们十分关注的话题。

第一节 室内空气质量

一、室内空气质量

空气污染可分为室外空气污染和室内空气质量。通常人们指的

空气污染是指室外的空气受到污染，我国的空气污染治理始于 20 世纪 70 年代，主要围绕着工业污染源进行治理，随着国家对环保投入的加大，国民环保意识的提高，特别是全国主要城市空气污染日报及预报的发布使各界、各阶层人士对环境重视，尤其是自身生活范围环境的重视达到从未有的程度。实际上，室内环境污染往往比室外污染的危害更为严重，空气中的微粒、细菌、病毒和其他有害物质日积月累地损害着人们的身体健康，特别是长期处于封闭室内环境的人尤其如此。

所谓的室内环境，是相对于室外环境而言的。这里所说的室内不单单是指家居住宅，还包括了工作、学习、娱乐、购物等场所的办公室、学校教室、医院、大型百货商店、写字楼和交通工具等相对封闭的各种场所。

室内环境污染是继煤烟型污染、光化学烟雾型污染之后的第三污染时期。以前人们关注的焦点主要集中在室外污染的问题上，如酸雨、温室效应、臭氧层破坏和大气光化学烟雾等，并且主要考虑着如何将这些外部污染隔绝在自己所处的环境之外。于是，人们在对于建筑物的功能方面，不仅以保持一定的温度和湿度为目的，而且也使室内场所与室外的隔离越来越严重。

这样，另一方面的问题又出现了，在装修过程中各种建筑材料和装饰材料所释放出来的污染物和一些杀虫剂、除臭剂、芳香剂等含有机溶剂的化学品的大量使用，以及吸烟和烹饪等过程中产生的大量污染物未能完全排出室外，导致了室内的污染物在通常情况下反而大大高于室外相同的污染物的浓度，甚至要高出几倍甚至几十倍。这些污染物对人体产生包括头晕、胸闷、发烧、皮肤炎症、肺炎和肺气肿等多种疾病现象，于是就形成了室内环境污染。

室内环境是人们接触最频繁、最密切的环境之一，人们约有 80% 以上的时间是在室内度过的，与室内空气污染物的接触时间多于室外，因此，室内空气质量的优劣能够直接关系到每个人的健康。尤其是老、弱、病、残、幼、孕等体弱人群，在室内活动的时间越长，室内空气质量对他们更为重要。

室内空气污染物的种类日趋增多，由于人们生活水平的提高，大量的能够挥发出有害物质的各种建筑材料、装饰材料、人造板家具等民用化工产品进入室内。因此，人们在室内接触有害物质的种类和数量比以往明显增多。

建筑物密闭程度的增加，使得室内污染物不易扩散，增加了室内人群对污染物接触的水平。随着世界能源的日趋紧张，包括发达国家在内的许多国家都十分重视节约能源，许多建筑物都被设计和建筑得非常密闭，使用空调的房间也尽量减少新风量的进入，以节省耗电量，由此，严重影响了通风换气，室内的污染不能及时排出室外，室内污染源就在室内微小的环境中产生和累积有害物质，直接作用于人群，严重影响室内人群的健康。

我国 20 世纪 80 年代以前，室内污染物主要是燃煤所产生的二氧化碳、一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物。90 年代末期，随着住宅改革和国民生活水平的提高，特别是建材业的高速发展，装修热的兴起，由装饰材料所造成的污染成了室内污染的主要来源。尤其是空调的普遍使用，要求建筑结构有良好的密闭性能，以达到节能的目的，而现行设计的空调系统多数新风量不足，在这种情况下造成室内空气质量的恶化。

因此，室内空气污染可以定义为：由于室内引入能释放有害物质的污染源或室内环境通风不佳而导致室内空气中有害物质无论是从数量上还是种类上不断增加，并引起人的一系列不适症状，称此为室内空气受到污染。

人们对室外环境污染的严重性和危害性已有深刻认识，而对室内空气污染的状况不甚了解，以为室内空气比室外空气好。事实上，由于我国城市用于居室、写字楼的建筑材料、家具制品和装修材料大多含有超标（有的是严重超标）的甲醛、苯、氨、氡、氯化烃等对人体健康极为有害的物质，这些逐渐释放出来的有机和无机污染物，未能被及时排放到室外或在室内分解，浓度逐渐提高，致使室内空气质量恶化，污染日趋严重，在对人们的身心健康造成的危害方面，已在很大程度上超过了室外空气污染。环境专家同时指

出，新装修的居室、写字楼室内空气污染情况更为普遍和严重，污染程度通常为室外的 5~10 倍，有的甚至达到 100 倍。根据调查，我国有近 4 亿人不同程度地患有气喘及过敏性鼻炎，不良的室内空气质量是主要原因之一。另据中国社会科学院最近的一项报告，我国因空气污染导致人体疾病的医疗费用估算为 171 亿元，而城市的大多数居民有 80% 以上的时间是在室内度过，由此可见，目前我国室内空气污染处于相当严重的状况，其危害性不容忽视。

二、室内空气污染特点

室内环境污染物由于其来源广泛，种类繁多，各种污染物对人体的危害程度是不同的，并且作为现代人生活工作的主要场所——室内环境，在现代的建筑设计中越来越考虑能源的有效利用，其与外界的通风换气是非常少的，在这种情况下室内和室外就变成两个相对不同的环境，因此室内环境污染有自身的特点，主要表现在以下几个方面。

(1) 影响范围广，室内环境污染不同于特定的工矿企业环境，它包括居室环境、办公室环境、交通工具内环境、娱乐场所环境和医院疗养院环境等，故所涉及的人群数量大，几乎包括了整个年龄组；

(2) 接触时间长，人的一生中至少有一半的时间是完全在室内度过的，当人们长期的暴露在有污染的室内环境中时，无疑污染物对人体的作用时间也相应的很长。

(3) 污染物浓度高，很多室内环境特别是刚刚装修完毕的环境，从各种装修材料中释放出来的污染物浓度均很大，并且在通风换气不充分的条件下污染物不能排放到室外，大量的污染物长期滞留在室内，使得室内污染物浓度很高，严重时室内污染物浓度可超过室外几十倍之多。

(4) 污染类型和污染物种类多，有物理污染、化学污染、生物污染、放射性污染等，特别是化学污染，其中不仅有无机物污染如氮氧化物、硫氧化物、碳氧化物等，还有更为复杂的有机物污染，其种类可达到上千种，并且这些污染物又可以重新发生作用产生新的污染物。

(5) 污染物排放周期长，对于从装修材料中排放出来的污染物如甲醛，尽管在通风充足的条件下，它还是能不停地从材料孔隙中释放出来。有研究表明，甲醛的释放可达十几年之久，而对于放射性污染其发生危害作用的时间可能更长。

(6) 危害表现时间不一，有的污染物在短期内就可对人体产生极大的危害，而有的则潜伏期很长，比如对于放射性污染，有的潜伏期可达到几十年之久，直到人死亡都没有表现出来。

(7) 健康危害不清，一些低浓度的室内空气污染的长期影响对人体作用机理及其阈值剂量不清楚，对人体的作用是微小的，缓慢的和迟发的。

三、室内空气污染的危害

人类进入新的世纪，保护生态环境，促进可持续发展成为人类面临的一个重要问题，可是，人们以往在重视保护蓝天碧水、治理大气、江河湖海等大环境污染的时候，都忽视了一个与人们的生活息息相关，直接涉及人身健康的室内环境污染问题。

目前越来越多的人开始关注室内环境质量，因为人们 80% 以上的时间是在室内生活、学习、工作、休息，室内环境质量的好坏直接影响着人们的身体健康。近年来与建筑相关的病态综合征越来越频繁发生，这方面的污染纠纷发生过很多起。

室内空气污染对社会产生的危害主要有以下两方面。

(1) 室内空气污染会危害人身体健康，国外大量研究结果表明，室内空气污染会引起“致病建筑综合征”(SBS)，症状包括头痛，眼、鼻和喉部不适，干咳，皮肤干燥发痒，注意力难以集中和对气味敏感等。这些症状的具体原因不详，但大多数患者在离开建筑物不久症状即行缓解。

目前由装饰材料所造成的污染成为室内污染的主要来源。市场上 80% 的装修材料都含有大量的有机有害物质，这些建材一旦进入室内，在通风环境不好的环境中浓度会很高，从而危害人的健康。例如，用作室内装饰的胶合板、细木工板、中密度纤维板和刨花板等人造板材中都含有甲醛，即使长期接触低剂量的甲醛也会引