

精细化学品生产技术专业（群）重点建设教材

国家骨干高职院校项目建设成果

室内环境检测

干雅平 主编



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

精细化学品生产技术专业(群)重点建设教材
国家骨干高职院校项目建设成果

室内环境检测

主 编	干雅平	杭州职业技术学院
副主编	姚超英	杭州职业技术学院
	马占青	杭州职业技术学院
	何连军	杭州职业技术学院
参 编	汤玉训	浙江省家具与五金研究所
	陈 果	杭州风铃草环保科技有限公司
	徐明	杭州职业技术学院



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

室内环境检测 / 干雅平主编. —杭州:浙江大学出版社, 2015.6

ISBN 978-7-308-14269-4

I. ①室… II. ①干… III. ①室内环境—环境监测—教材 IV. ①X83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 306662 号

室内环境检测

干雅平 主编

责任编辑 石国华

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州星云光电图文制作有限公司

印 刷 富阳市育才印刷有限公司

开 本 710mm×1000mm 1/16

印 张 9

字 数 174 千

版 次 2015 年 6 月第 1 版 2015 年 6 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-14269-4

定 价 25.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部联系方式:0571-88925591; <http://zjdxcb.tmall.com>

丛书编委会

主 任 谢萍华 何 艺

成 员 (按姓氏笔画排序)

干雅平 马占青 朱海东

吴 健 吴 霜 张永昭

张惠燕 陈 郁 林忠华

俞卫阳 俞铁铭 饶君凤

徐明仙 童国通 童鲁海

总 序

2008年,杭州职业技术学院提出了“重构课堂、联通岗位、双师共育、校企联动”的教改思路,拉开了教学改革的序幕。2010年,学校成功申报为国家骨干高职院校建设单位,倡导课堂教学形态改革与创新,大力推行项目导向、任务驱动、教学做合一的教学模式改革与相应课程建设,与行业企业合作共同开发紧密结合生产实际的优质核心课程和校本教材、活页教材,取得了一定成效。精细化学品生产技术专业(群)是骨干校重点建设专业之一,也是浙江省优势专业建设项目之一。在近几年实施课程建设与教学改革的基础上,组织骨干教师和行业企业技术人员共同编写了与专业课程配套的校本教材,几经试用与修改,现正式编印出版,是学校国家骨干校建设项目和浙江省优势专业建设项目的教研成果之一。

教材是学生学习的主要工具,也是教师教学的主要载体。好的教材能够提纲挈领,举一反三,授人以渔。而工学结合的项目化教材则要求更高,不仅要有广深的理论,更要有鲜活的案例、科学的课题设计以及可行的教学方法与手段。编写者在编写的过程中以自身教学实践为基础,吸取了相关教材的经验并结合时代特征而有所创新,使教材内容与经济社会发展需求的动态相一致。

本套教材在内容取舍上摈弃求全、求系统的传统,在结构序化上,首先明确学习目标,随之是任务描述、任务实施步骤,再是结合任务需要进行知识拓展,体现了知识、技能、素质有机融合的设计思路。

本套教材涉及精细化学品生产技术、生物制药技术、环境监测与治理技术3个专业共9门课程,由浙江大学出版社出版发行。在此,对参与本套教材的编审人员及提供帮助的企业表示衷心的感谢。

限于专业类型、课程性质、教学条件以及编者的经验与能力,难免存在不妥之处,敬请专家、同仁提出宝贵意见。

谢萍华

2014年12月

前 言

继“煤烟型”、“光化学烟雾型”污染后,我国已进入以“室内空气污染”为标志的第三代污染时期。室内环境的质量直接关系到人体的健康。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、头晕恶心等;与此相关的还有“建筑物关联病”;此外,国外曾报道因室内空气污染引起军团菌爆发,导致大量人员死亡。因此,我们必须对室内空气质量问题予以重视。

本教材就是为了满足高职高专环境类专业对室内环境监测教材的要求及根据当前我国职业教育改革与发展的方向——校企合作、工学结合的需要而编写的。在教材内容的编排上,以工学结合为切入点,以工作过程为导向,以职业岗位的真实任务为载体,设计教学项目,再围绕教学项目组织教学内容,按照国家标准和行业规范强调监测实训效果,突出了工学结合人才培养模式,为学生顶岗实习打下坚实的基础,增强学生上岗就业的竞争力。

本教材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、环境保护相关企业事业单位培训及职业资格考试的培训教材。

本教材是与从事环境检测的企业专家——浙江省家具与五金研究所汤工和杭州风铃草环保科技有限公司陈总一起编写的,得到了两位专家的大力支持,在此深表谢意!此外,还参考了《室内环境监测》、《室内环境污染控制》、《居住环境与健康》、《居室环境与人体健康》、《室内环境检测实训指导》等教材,也得到了浙江大学出版社的大力支持和帮助,在此谨向出版社和文献原作者一并表示衷心的感谢!

由于编者水平所限,书中难免存在不足之处,敬请各位读者给予批评指正。

编者

2014年12月

目 录

绪 论	(1)
技能训练 评价室内空气质量	(8)
模块一 寻找室内污染源和污染物	(10)
任务一 寻找室内污染源	(10)
知识链接 室内主要污染物的来源	(10)
任务二 判断室内主要污染物	(21)
知识链接 室内主要污染物及其危害	(21)
任务三 室内环境舒适度的判定	(24)
知识链接 室内环境舒适度的影响因素	(24)
技能训练一 热球式电风速计法测定空气流速	(29)
技能训练二 示踪气体法测定新风量	(30)
阅读材料 健康与绿色住宅	(32)
模块二 室内装修材料中有害物质的测定	(35)
任务一 干燥器法测定人造板中甲醛含量	(35)
知识链接 人造板中甲醛的测定标准	(35)
技能训练 干燥器法测定人造板中甲醛含量	(36)
技能拓展 穿孔萃取法测定人造板中甲醛含量	(38)
阅读材料 气候箱法测定人造板中甲醛含量	(41)
任务二 油漆、涂料中的有害物质的测定	(43)
知识链接 油漆、涂料中的有害物质	(43)
技能训练一 游离甲醛的测定	(43)
技能训练二 挥发性有机物的测定	(45)
技能训练三 苯及苯系物的测定	(49)
技能训练四 重金属的测定	(52)
模块三 室内主要污染物的测定	(55)
任务一 室内空气监测方案的制订	(55)
知识链接 室内空气监测方案的设计	(55)

绪 论

空气污染可分为室外空气污染和室内空气污染。由于不同原因造成的较大范围空气污染主要经历了三个阶段,也可称为三代:第一代污染是 18 世纪工业革命带来的煤烟污染;第二代污染是 19 世纪石油和汽车工业的发展带来的光化学烟雾污染;第三代污染以室内污染为标志,污染物可能达数千种之多,被称为现代城市的特殊灾害。前两代污染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、臭氧层破坏和光化学烟雾污染等,并且主要考虑着如何将这些外部污染隔绝在自己所处的室内环境之外。于是,人们想尽办法将居住的室内场所与室外隔离。随之而来的问题是,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。这些污染物使人体产生包括头晕、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。

一、室内空气污染的特点

人的一生至少 70% 以上的时间在室内度过,而城市人口在室内度过的时间更是超过了 90%,尤其是婴幼儿和老弱残疾者在室内的时间更长。但是室内空气污染物的浓度一般是室外污染物浓度的 2~5 倍,在某些情况下是室外污染物的几十甚至上百倍。因此,室内空气质量的优劣直接关系到每个人的健康。70 年代以来,在发达国家出现了所谓的“不良建筑综合征(Sick Building Syndrome, SBS)”,就是室内空气污染潜在问题的表现。

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,在广义上还包括了各种室内公共场所和室内办公场所,如工作、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,大量的能够挥发有害物质的建筑材料、装饰材料、人造板家具等民用化工产品进入室内。因此,人们在室内接触到的有害物质的种类和数量比以往明显增多。

2 室内环境检测

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。

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数量上还是种类上不断增加,并引起人的一系列不适症状。

室内环境污染物由于来源广泛,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,当人们长期暴露在有污染的室内环境中时,污染物对人体的作用时间也无疑相应很长。

(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。

二、室内空气污染的危害

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,目前我国有近 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,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自行缓解。

目前装饰材料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起慢性呼吸道疾病,高浓度的甲醛对神经系统、肝脏等都有毒害,长期接触较高浓度的甲醛会出现急性精神抑郁症,国际癌症研究所已建议将其作为可致癌物对待。其他如苯、甲苯、二甲苯等都是已证明毒性极强的物质。

(2)室内空气污染会影响人们的工作效率,室内空气质量与劳动效率和出勤率有着密切关系,由此造成了缺勤和医疗费用的巨大损失。《美国医学杂志》1985 年调查报告估计,在美国,每年因呼吸道感染而就医的人数达 7500 万次,每年损失 1.5 亿个工作日,花费的医疗费用达 150 亿美元,而缺勤损失高达 590 亿美元。由于室内空气质量而使业主与物业产生的纠纷时有发生,有的甚至对簿公堂,既浪费人力又浪费物力。国际经验表明,加强室内空气质量的控制,通常情况下所增加的费用并不多,但可以达到提高劳动生产率的目的。

三、室内空气质量的研究进展

(一)国外室内空气质量的研究进展

国外室内空气质量问题最早可追溯到 20 世纪 30 年代,但从 60 年代开始才有

4 室内环境检测

了关于室内空气污染健康效应的研究,主要集中在各种人类活动引起的呼吸性健康疾病。此时,欧美等国开始大量使用甲醛制品,其中,甲醛泡沫树脂隔热材料在那时曾被大量用于构建房屋,致使大量甲醛释放到室内,引起居住者急性中毒,甚至引起中毒性肝炎或过敏性紫斑。这些问题在当时引起很大的震动,于是,工业卫生、环境保护、化学化工和建筑装潢等专业的工作人员都围绕着甲醛污染问题,相继开展了环境监测、流行病学调查、临床观察、毒理试验、工艺改革及相应的实际工作和科学研究。

1983年,世界卫生组织开展大规模调查,初步掌握了室内空气质量问题的成因、现状和危害。1974—1990年,世界卫生组织召开了8次关于“室内空气质量与健康的会议”,此外北大西洋公约组织在1989—1993年进行了包括14个国家的200名专家参与的有关室内空气方面的调查研究,在相关研究成果的基础上,世界卫生组织于1989年提出空气有机污染物的分类,得出挥发性有机物对人类危害的试验性结果。1991年,美国采暖、制冷与空调工程师学会与国际建筑研究学会联合召开了首次健康建筑与室内空气质量国际会议。期间,许多学者进行了很多相关的研究,室内环境污染研究也逐渐发展成为比较科学完备的研究体系,从污染物检测、流行病学调查、污染分析模拟,到质量风险评价、风险管理、污染物卫生标准等各方面都比较深入。

与此同时,室内环境管理机构也开始在发达国家或地区形成,如美国环保局于1988年在其空气与辐射司下设了室内空气质量程序办公室,1995年又与较早设立的氡分部合并成立了室内环境处,并附设了两个与室内环境相关的国家实验室,在相关部门设立了室内环境的监管、执法机构;从1993年到现在,美国还将每年10月份的第3周作为国家氡活动周,使室内环境质量控制成为全民行为,在学校里都设有室内环境协调员,管理和督导室内环境质量的监测和控制。法国政府也于1999年底成立了国家室内空气检测站,并从2001年开始,每年在全国选择1000个监测点,对典型室内场所的氡、铅、霉菌、过敏源、人造矿物纤维、杀虫剂及烟草烟雾等10多种有害物质进行检测,并向公众通报检测结果。

日本、意大利、德国、加拿大、美国和澳大利亚等国家对室内环境空气质量进行了控制,分别制定了本国的室内环境质量标准。美国一般引用美国环保局已有的环境空气监测分析方法和采样方法,或制定适用于室内空气质量监测的分析方法,如美国新泽西州环保局2003年4月颁布的程序文件《室内空气中VOC采样及分析规范》、威斯康新州公众健康局的专业导则《化学蒸汽入侵下居室室内空气》、科罗拉多州公众健康与环境有害材料管理局的《室内空气样品分析导则》等。

目前,国外研究的几个主要方面有:室内生物性污染物的研究、室内污染对未成年人的影响、污染物暴露评价、计算机模拟技术、室内空气污染模型建立研究、室内污染控制方法研究以及室内二次污染的研究。

(二)国内室内空气污染的研究进展

我国最初大规模出现室内空气污染是在20世纪80年代,随着室内空气质量

的不断恶化,人们开始关注室内环境污染问题,国家开始重视室内环境污染的防治工作。

在 20 世纪 80 年代,我国预防医学工作者开展的有关室内空气质量研究,主要集中于燃料燃烧、烟草烟雾和烹调油烟的研究。90 年代初期,由于抽油烟机的广泛采用和燃料结构的变化,一些传统的室内污染物,如 SO_2 、 CO 、 CO_2 、 NO_2 等对室内空气的污染程度已大大降低。但随着房屋装修日益普遍豪华化,室内空气污染物的来源也越来越复杂,在这样的背景下,人们对室内空气质量的重要性有了更深刻的认识,并且从国家层次开始着手室内空气污染的控制工作。政府和科研人员对室内建筑装饰引起的室内污染研究更是关注,在继续早期污染物研究的同时,科研工作者又进行了甲醛、氨、挥发性有机化合物以及多环芳香烃等污染物的研究。

卫生部于 1999 年开始组织室内空气卫生监督管理方法的调研工作,并委托中国预防医学科学院、环境卫生监测所牵头进行了有关文献调研及专家走访,主持召开了由全国 25 个单位参加的起草工作会,形成了“室内空气卫生监督管理办法(征求意见稿)”,并加紧制定配套的卫生标准及检验方法,继续研究国内外相关法律、法规和标准,收集我国室内空气污染的背景资料,最终完成了《室内空气卫生监督管理办法》。

国家技术监督局、国家标准化管理委员会于 2001 年 7 月启动了人造板、涂料、壁纸等 10 项室内装饰装修材料有害物质限量标准的起草工作,并于当年 12 月正式颁布。这 10 项强制性国家标准对室内装修所使用的原料和辅料、加工工艺、使用过程等各个环节中甲醛、挥发性有机化合物、苯、甲苯、二甲苯、氨、游离甲苯二异氰酸酯、氯乙烯单体、苯乙烯单体、可溶性的铅、镉、铬、汞、砷等有害元素以及建筑材料放射性核素的限量值都做了明确的规定。

2001 年 11 月 26 日,建设部颁布了《民用建筑工程室内环境污染控制规范》,分别对新建、扩建和改建的民用建筑在建筑和装修材料的选择、工程勘察设计、工程施工中有害物质的限量提出了具体要求,并提出验收时必须进行室内环境污染物浓度检测。

卫生部卫生法制与监督司、中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所、中国疾病预防控制中心辐射防护与核医学安全所于 2003 年联合出版《室内空气质量标准》一书,这对室内空气质量的全面评价提供了科学依据,对控制室内空气质量,切实提高我国的室内空气质量,保护人民健康具有十分重大的作用。

目前我国建筑、环保、卫生等部门都在开展室内环境质量监测,各部门均制定了国家标准或行业标准,包括《民用建筑工程室内环境污染控制规范》、《室内空气质量标准》、《居室空气中甲醛的卫生标准》、《住房内氡浓度控制标准》以及《室内空气质量卫生规范》(卫生部文件卫法监发[2001]255 号)等。崔九思主编的《室内空气质量监测方法》、《室内环境检测仪器及应用技术》,周中平等编著的《室内污染检测与控制》等著作对室内空气监测的采样方法、分析方法进行了研究分析,并介绍

6 室内环境检测

了国内外最新的仪器分析手段。

我国研究工作刚刚起步,相继开展了一些工作,主要包括以下几个方面。

(一)污染源控制

大量文献表明,在国内引起室内空气污染的最主要原因是装修过程中使用的各种各样的不良建材,这些建材成为污染室内空气的污染源。例如,装修过程中使用的人造木质板材中的甲醛、油漆、涂料中释放的有机物,某些石材中的放射性污染等。室内空气污染的污染源还有某些建筑主体,如能释放出氨气的混凝土块等。消除污染的根本方法是消灭污染源,如对能产生甲醛的脲醛泡沫塑料和产生石棉粉尘的石棉等建筑材料停止使用等措施,但这无疑是不现实的,还需要通过实施《限量》法规和改进生产工艺来进行;此外少数单位利用环境舱室对材料的释放量和材料的毒害、毒性进行模拟研究,污染控制技术的开发研究,例如严彦等利用小型环境室测定和探讨了国产木制板材的甲醛释放规律;白志鹏等进行了室内混凝土墙体中氨释放规律的模拟研究;韩克勤对室内材料和用品中挥发性有机化合物释放速率和规律进行了试验研究。但是这些研究大多集中在一些大城市或在试验条件相对稳定的实验室进行,可利用的数据资料有限。

(二)室内各种污染物的监测方法

目前,一些常见的室内空气污染物大部分都已有成熟的监测方法,但对于某些污染物,如可挥发性有机物,还存在着一些问题。由于许多室内用品(如室内建筑装饰材料、家具、地毯、化妆品、清洁剂等)中都含有挥发性有机物,而且不同材料含有的有机物种类也不同,同时各种材料中有机物的挥发过程也不同,这就造成了不同材料对室内空气污染无论是污染物种类,还是时间或空间上都有很大差异,这就为准确监测某一些室内环境中的挥发性有机物造成了难题。目前国内对挥发性有机物的定性、定量主要是采用仪器法,如色谱仪或更高级的色谱-质谱联用仪,还有以传感器技术为基础的各种测定仪,还有些污染物可用直读仪直接读取数据,这些仪器要么操作复杂,检测过程较繁琐,要么操作虽简便但检测数据误差较大。

因此,如何更方便、快捷又准确地监测室内空气污染物,建立适合室内环境监测的方法还在进一步的研究过程中。

(三)各种污染物的毒理学试验

有文献报道,室内空气中甲醛浓度达 $0.05 \sim 1.50 \text{ ppm} (\times 10^{-6})$ 时,可引起神经生理反应; $0.05 \sim 1.50 \text{ ppm}$ 时有异味; $0.01 \sim 2.00 \text{ ppm}$ 时对眼睛有刺激作用; $0.10 \sim 25.00 \text{ ppm}$ 时,产生上呼吸道刺激作用; $5.00 \sim 30.0 \text{ ppm}$ 时,产生下呼吸道和肺部效应; $50.00 \sim 100.00 \text{ ppm}$ 时,引起肺水肿、肺炎;大于 100.00 ppm 时可导致死亡(0.05 ppm 约等于 0.0625 mg/m^3)。以昆明雄性小鼠为实验材料,40 只小鼠随机分为 4 组,1 组对照组,其他 3 组分别为 25%、50%、75% 的甲醛溶液试剂组(小鼠全天暴露在甲醛环境中),自由饮食,四周后对照组小鼠体重增长,肺组织结构清晰,有较少的纤维化现象,肺泡壁正常;实验组小鼠均出现不同程度的肺纤维化损

伤、肺泡壁增厚、毛细血管破裂、肺泡腔内出现血细胞、小鼠体重不断下降;随着甲醛浓度的增高,肺组织病变越严重,小鼠死亡率也相对越高。甲醛吸入会引起小鼠体重减轻和肺组织纤维化,且与甲醛浓度成正相关。

甲醛具有基因毒性,可引起细胞转化、DNA-蛋白交联和细胞增殖。动物实验表明,15.00~16.00ppm可引起大鼠鼻咽癌并呈剂量效应关系。甲醛被世界卫生组织(WHO)确定为致癌物。甲醛也是变态反应原,有研究表明:暴露于70~140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 甲醛浓度水平下的儿童哮喘发病率增高。

甲醛与其他污染物的联合毒性也有研究报道。将孕鼠进行不同浓度的甲醛和苯联合染毒后,流产孕鼠数增高,高剂量组孕鼠产仔数及24h存活仔鼠数也低于其他剂量组,并引起仔鼠肝细胞中细胞周期调控异常。甲醛和乙苯均可对小鼠脑组织造成DNA的损伤,联合染毒组的脑组织损伤程度重于单独染毒组,二者的联合效应表现为协同作用。通过对小鼠进行苯、甲苯、二甲苯及甲醛联合吸入染毒,测定其骨髓嗜多染红细胞微核率及精子畸形率,结果显示,苯、甲苯、二甲苯及甲醛联合吸入染毒可引起小鼠骨髓细胞微核率和精子畸形率增高,各试验组与阴性对照组比较,差异有统计学意义,且随着染毒剂量的增加骨髓细胞微核率和精子畸形率上升,提示苯、甲苯、二甲苯及甲醛联合染毒对小鼠骨髓细胞具有遗传损伤效应,且对雄性小鼠的精子有致畸变作用。

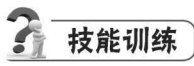
(四)污染物对人体健康的影响

人们对室内空气质量的感知与许多因素有关,个人身体状况、心理因素、经历使得结果差异很大。在美国,由室内空气质量问题引起的纠纷已上升为主要案件之一。生物标示物将更准确有效地反映出有关人员的暴露水平,可以更科学地评价污染物的危害。

常规的方法包括选取一些典型环境,如复印室、计算机房等,对已有明显症状的工作人员进行问卷调查,采集他们的血液、尿液等进行分析,确定合适的生物标示物,建立科学的预警系统。

(五)室内空气污染治理技术

室内空气污染控制的途径有三大类,即源控制、通风和空气净化。通风是改善室内空气质量,减少病态建筑综合征的重要途径,但是增加通风所带来的能耗增加也不可忽视。因此,我国研究人员一直致力于如何合理进行室内通风的研究,如马仁民、沈晋明、吴果等人研究了通风的有效性与室内空气品质的关系等。近年来国内采取了催化转化、活性炭吸附、光催化氧化及其组合技术等治理室内污染物,以期降低室内空气污染物的浓度,给人们创造健康的生活空间。如杨瑞等用光催化氧化法处理甲苯的静态试验;陶跃武等使用光催化氧化法处理丙酮和乙醛,肖劲松等在4 m^3 的测试室中利用纳米 TiO_2 涂料光催化降解甲醛,以及用纳米催化剂降解室内污染物等。



评价室内空气品质

一、室内空气品质的概念

室内空气品质(Indoor Air Quality, IAQ),是指居室空间的空气质量,包括空气的温度、湿度、洁净度、新鲜度,这其中又以洁净度为最需重视的指标,洁净度是指空气中有害物质的含量,如 CO₂、可吸入颗粒、VOC、细菌等。

对于 IAQ 的理解包含多个层面,从最狭义的定义上说,提高室内空气品质,应该保证室内各污染物浓度对人体不构成危害,其基本方法是加强通风换气。其次,达到了上述要求,室内空气品质未必对人体没有伤害,这就是第二个层次的内容,即室内污染物对人体的影响不是独立的,不同浓度符合标准的污染物可能联合起来,从而对人体健康产生危害。最后,室内空气品质的好坏,还与室内空气参数、人在室内滞留时间的长短、人的生理条件等因素有关。

目前我国公认的关于室内空气品质的定义来自美国 ASHRAE(美国供暖制冷和空调工程师协会)标准 62—1999“Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality”,即可接受的室内空气品质应该是“空气中没有已知的污染物达到公认的权威机构所确定的有害浓度,且处于该环境中的绝大多数人($\geq 80\%$)没有表示不满”。

二、影响室内空气品质的因素

影响室内空气品质的因素很多,也很复杂,主要包括两个方面。

(一)空气状态参数

影响室内空气品质的空气参数主要是空气的温度、湿度和风速。

(二)室内污染物

影响室内空气品质的污染物有很多,主要包括空气中的气溶胶颗粒、挥发性有机化合物、香烟、石棉、甲醛、氡、烟气、燃烧产物、人体新陈代谢产物以及微生物等。

影响室内空气质量的因素很多也很复杂,美国 EPA 通过对 SBS 调查分析了引起不良室内环境的因素,见表 0-1。

表 0-1 室内环境影响因素

影响因素	占比(%)	影响因素	占比(%)
通风不足	53	建筑材料污染	4
室外污染	10	未知	13
生物污染	5		

三、室内空气品质的评价方法

室内空气品质的评价方法有两种:客观评价和主观评价。

(一)客观评价

客观评价通过仪器来检测空气中已知的有害物浓度是否超标,直接用室内污染物浓度指标来评价室内空气品质。由于涉及室内空气品质的低浓度污染物太多,而且不可能对每种污染物浓度都进行测量,因此需要选择具有代表性的污染物作为评价指标,来全面、公正地评价室内空气品质状况。目前各国都有对各种污染物的允许浓度进行规定的卫生标准,但这些标准只是针对单一有害物,不能对多种污染物的综合效应进行规定。

(二)主观评价

主观评价即利用人自身的感觉器官对空气品质进行描述和评判,一般都依靠某方面具有敏感器官及长年经验积累的专家,通过对一定背景和场合的人员进行问卷调查,并采用统计分析等方法对所处空气环境进行评价。由于均不超标的众多微量有害物与其他环境因素共同作用仍会使人感觉不适,甚至导致疾病,而目前各国尚无综合多种低浓度有害物共同作用的卫生标准,同时由于人的嗅觉和综合感觉能力要比任何测试仪器灵敏,所以采用主观评价仍是必要的。

恶劣的室内环境质量也导致医疗费用的增多。根据美国的另一项调查显示,由于恶劣的室内环境质量而导致的经济损失每年高达 47 亿~54 亿美元,当然还没有包括建筑材料及各种器材的损失。

根据香港环保署的首份室内空气质量调查表明,香港办公室和公共场所的室内空气质量不佳,造成医疗费、生产力和机电费的损失,每年高达 176 亿元。

正是由于室内环境污染对员工和整个社会经济均会造成如此重大的损失,因此对室内环境质量的改善就成了眼前一个十分迫切的问题。室内环境中各种污染物的毒理作用,如何对室内环境质量做一个合理的评估,对室内环境污染采取有效的治理等问题成为近几十年来有关专家研究的热点。



自主练习

选择一间寝室或教室,主观评价其室内空气品质。