

图书在版编目 (CIP) 数据

中国室内环境污染控制理论与实务/宋广生主编. —北京:
化学工业出版社, 2006. 6

ISBN 7-5025-9028-5

I. 中… II. 宋… III. 室内空气污染-空气污染-控制-
中国 IV. X510. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 071097 号

中国室内环境污染控制理论与实务

宋广生 主编

责任编辑: 陈 蕾 郭乃铎

责任校对: 王素芹

封面设计: 韩 飞

*

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)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

<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

三河市延风装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 22 字数 675 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-9028-5

定 价: 49.00 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

《中国室内环境污染控制理论与实务》

编委会名单

名誉主编

傅立民 全国政协委员，中国室内装饰协会理事长

李保国 中国质量检验协会会长，原国家质量技术监督局副局长

主 编

宋广生 中国室内装饰协会室内环境监测工作委员会秘书长

中国室内装饰协会室内环境监测中心主任

副主编

戴自祝 中国疾病预防控制中心环境检测所研究员，博士生导师，中国疾病预防控制中心学位委员会委员

编 委 (按姓氏笔画)

于玺华 全军医院感染学会空气微生物监控中心主任，全军医院感染专业委员会委员，空气微生物学专家，研究员

王作元 中国预防医学控制中心研究员，健康住宅专家委员会副主任委员，原卫生部工业卫生所所长

王前虎 中国消费者协会消费指导部主任

刘美荣 天津科技大学副教授

杜振霞 北京化工大学副教授

李文龙 国家认证认可监督管理委员会实验室与检测监管部处长

张 宏 中国室内环境监测工作委员会网编部主任

陈烈贤 中国疾病预防控制中心副研究员

孟 冰 全国律协民事业务委员会委员，北京京都律师事务所律师

赵云葵 中国室内环境监测工作委员会副秘书长兼培训部主任

赵玉峰 国家环保总局电磁辐射影响审评专家委员会委员，中国电工技术学会电磁专家委员，中国电子学会电磁专业委员，北京科技研究院安全委员会委员

郝 纯 中国环保产业协会秘书长

曹港生 香港室内空气质素协会会长

梁真元 中国室内装饰协会室内环境监测中心工程师

彭 澜 中国室内环境监测工作委员会工程师

韩克勤 中国疾病预防控制中心主任技师

韩爱兴 中华人民共和国建设部科技发展促进中心主任

前 言

在国内室内环境保护事业的领导、专家、同行的关心、支持和帮助下，伴随着我国室内环境保护行业发展的步伐，经过几年的精心准备、积累和总结，集合了我国新时期室内环境污染检测治理行业问题、研究、成果和发展趋势，我国第一部室内环境保护行业的系统专著终于和大家见面了。

从2001年我们为了保护消费者在室内环境方面的权益而出版的《室内环境检测与评价手册》，到《中国室内环境污染控制理论与实务》一书的出版，在五年的时间里，我国有关室内环境保护的图书编写工作伴随着行业的不断发展而前进。这些宣传贯彻国家室内环境相关标准、推广室内环境污染检测治理技术与经验、介绍消费者室内环境权益保护案例和知识、普及室内环境污染净化治理常识的室内环境系列书籍，起到了推动行业发展的作用。

目前，随着本书的出版，标志我国以室内环境污染净化治理为主要内容的室内环境保护行业已经形成，同时也表明，室内环境污染净化治理已经在我国形成了一个具有独立特点的学科和研究体系。特别是最近国家提出了建立环境友好社会和建设社会主义新农村的目标，为我国的室内环境提出了新的发展和研究方向，使我国的室内环境保护事业的体系更加完善，也为本书补充了新的内容，形成了具有中国特色的室内环境保护行业发展体系。

本书出版之际，正值我国室内环境事业发展的一个值得纪念的日子——温家宝总理关于室内环境污染问题的重要批示发布五周年。2001年6月，中国新闻社刘长忠经过调查采访，发表了《室内装修污染严重，规范市场刻不容缓》一文，文中以大量的事实反映了目前室内环境污染问题的严重性。6月7日，时任国务院副总理的温家宝同志阅读以后十分重视，在文章上做了“此事关系居民身体健康，应引起重视。请建设部、卫生部、质检总局研酌”的重要批示。从温总理的重要批示开始，我国开始了室内环境标准的制定工作。这一批示成为我国室内环境保护行业发展的标志，也是我们坚持不懈、不断努力发展我国的室内环境保护事业的动力。

另外，2006年6月1日我国第一部《绿色建筑评价标准》GB/T 50378—2006正式实施。标准中确定了我国目前绿色建筑的六大指标，同时对住宅建筑和公共建筑的室内环境质量分别提出了要求，特别是在住宅建筑标准中突出强调了室内环境的采光、隔声、通风、室内空气质量的四个方面。这是我国建筑工程向高层次、高质量、全方位的室内环境转变的标志，有利于推动我国室内环境净化治理行业的发展。

本书编写分工如下，第一章由宋广生、戴自祝、曹港生编写，第二章由杜振霞、彭

澜编写，第三章由于玺华编写，第四章由王作元编写，第五章由赵玉峰编写，第六章由韩克勤编写，第七章、第八章由宋广生编写，第九章由刘美荣、彭澜编写，第十章由宋广生编写，第十一章由彭澜编写，第十二章、第十三章由宋广生编写，第十四章由戴自祝编写，第十五章由陈烈贤编写，第十六章由张宏编写，第十七章由戴自祝编写，第十八章由李文龙、梁真元编写，第十九章由宋广生、张宏编写，第二十章由赵云葵编写，第二十一章由王前虎编写，第二十二章由孟冰编写。

在我国室内环境保护行业发展过程中，全国政协委员、中国室内装饰协会傅立民理事长，原国家质量技术监督局副局长、中国质量检验协会李保国会长给予了积极支持，对本书的编纂给予肯定并且提出了很好的建议，借此机会，我向傅立民理事长、李保国会长以及所有关心、支持、参与我国室内环境保护事业发展的部门、领导、专家、同仁和朋友们，表示衷心的感谢！

由于室内环境保护事业在我国是一个全新的行业，室内环境污染净化治理的理论研究在实践的指导下不断发展和丰富。由于时间关系和作者水平所限，难免有疏漏之处，衷心希望得到大家指正。我们也将不断总结完善我国的室内环境保护的理论和实践，不断发展我国的室内环境保理论 and 科学研究。

编 者

2006 年 6 月

目 录

第一章 概论	1
第一节 室内环境污染概述	1
第二节 我国室内环境污染检测控制标准	7
第三节 中国香港地区室内环境污染问题	17
思考题	21
参考文献	21
第二章 室内环境中的化学污染检测与控制	22
第一节 室内环境化学污染的来源与危害	22
第二节 室内环境化学污染的控制标准	25
第三节 室内环境化学污染的检测	28
第四节 室内环境化学污染的控制	44
思考题	48
参考文献	48
第三章 室内环境中的生物污染检测与控制	49
第一节 室内环境生物污染的来源及危害	49
第二节 室内环境生物污染的控制标准	55
第三节 室内环境生物污染的检测	59
第四节 室内环境生物污染的预防控制	67
思考题	70
参考文献	70
第四章 室内空气中氡污染的检测与控制	71
第一节 氡污染的危害与来源	71
第二节 空气中的氡暴露与居民肺癌关系研究	74
第三节 室内氡浓度的控制标准	78
第四节 通用氡的测量方法	84
第五节 降低室内氡浓度的措施	85
思考题	88
参考文献	88
第五章 室内环境电磁及物理污染检测与防护技术	89
第一节 电磁污染的潜在危险性与危害	89
第二节 室内环境电磁污染的主要来源	93
第三节 电磁污染的安全卫生控制标准	96
第四节 电磁污染的测量技术	97
第五节 室内环境电磁污染的危害性评价、控制与预防	100
第六节 城市区域与室内环境噪声的影响与测量	104
第七节 室内环境温湿度的影响与测量	108
思考题	109
参考文献	110

第六章 室内环境检测仪器选择	111
第一节 室内环境检测实验室常用仪器	111
第二节 室内环境检测实验室仪器的管理	124
第三节 选择和配备室内环境检测仪器的基本原则	125
思考题	130
参考文献	131
第七章 建筑工程室内环境污染检测与控制	132
第一节 病态建筑物综合征和我国的建筑工程室内环境污染问题	132
第二节 《民用建筑工程室内环境污染控制规范》的制定及实施要点	133
第三节 绿色建筑的发展和室内环境控制要求	138
思考题	140
参考文献	141
第八章 室内装饰装修污染与控制	142
第一节 装饰装修污染是我国室内环境污染的主要问题	142
第二节 装饰装修造成的室内环境污染的预防和控制	143
第三节 绿色装饰装修工程的要点和推广	146
思考题	149
参考文献	149
第九章 室内装饰装修材料污染与检测	150
第一节 室内装饰装修材料与室内环境污染	150
第二节 室内装饰装修材料中主要污染物质检测与控制	152
思考题	173
参考文献	173
第十章 室内环境家具污染的检测与控制	174
第一节 家具造成的室内环境污染问题概述	174
第二节 由于家具造成的室内环境污染问题的检测和评价方法	179
第三节 控制家具污染室内环境的原则和途径	181
思考题	183
参考文献	183
第十一章 室内环境气味污染与检测	184
第一节 室内环境气味污染的来源、危害及评价标准	184
第二节 室内环境气味污染的检测分析方法	187
第三节 检验气味污染的新职业——嗅辨员	194
思考题	195
参考文献	195
第十二章 车内环境污染检测与防治	196
第一节 车内环境污染问题的提出及其危害	196
第二节 车内环境污染的标准与检测	198
第三节 车内环境污染的控制与治理	200
思考题	202
第十三章 我国农村室内环境污染与控制	203
第一节 农村室内环境污染问题的提出	203
第二节 我国农村室内环境污染的主要问题和来源	204
第三节 农村室内环境污染的管理与控制	206
思考题	209
参考文献	210

第十四章	室内环境质量的评价与预评价	211
第一节	室内空气质量评价的目的和要素	211
第二节	室内空气质量评价标准及法律依据	212
第三节	室内空气质量评价的分类和预评价	213
第四节	室内空气质量评价调查和常用评价方法	220
第五节	室内空气污染的健康危险度评价	224
思考题		227
参考文献		227
第十五章	室内环境污染的净化治理	228
第一节	室内环境净化治理产品和技术概述	228
第二节	净化治理产品和技术检测与评价	234
第三节	室内环境净化治理产品——空气净化器	239
第四节	室内环境净化治理材料与技术	243
思考题		248
参考文献		248
第十六章	植物与室内环境污染净化	249
第一节	植物对空气污染物浓度的监测功能	249
第二节	植物与室内环境污染净化治理	252
思考题		256
参考文献		256
第十七章	通风空调与室内空气质量	257
第一节	室内空气质量与通风概述	257
第二节	空调与室内空气质量问题	262
第三节	解决空调房室内环境污染问题的要点	266
思考题		268
参考文献		268
第十八章	室内环境检验机构的计量认证	269
第一节	室内环境检测机构认证认可概述	269
第二节	室内环境检测单位计量认证的管理	271
思考题		272
参考文献		272
第十九章	我国室内环境保护行业的发展趋势	273
第一节	我国室内环境净化治理行业的发展历史与现状	273
第二节	国内室内环境净化治理行业市场状况	276
第三节	我国室内环境保护行业发展的有利条件	279
第四节	我国室内环境净化治理行业的发展趋势及预测	281
思考题		282
参考文献		282
第二十章	室内环境检测治理人员的培训与资格管理	283
第一节	国家职业培训及证书制度的推广和作用	283
第二节	室内环境、室内装饰装修材料有害物质检测和治理人员的基本要求	285
第三节	室内环境、室内装饰装修材料有害物质检测与治理人员的培训与管理	286
思考题		290
参考文献		290
第二十一章	消费者室内环境权益保护	291
第一节	消费者的室内环境权益保护问题概述	291

第二节	保护消费者室内环境权益的基本原则、方法和步骤	291
第三节	保护消费者室内环境权益的基本法律法规	293
思考题		295
参考文献		295
第二十二章	室内环境案件适用法律与典型案例分析	296
第一节	室内环境污染案件适用法律	296
第二节	我国目前室内环境污染案件的特点	298
第三节	室内环境污染典型案例分析	299
思考题		308
附录一	室内空气质量标准（节选）（GB/T 18883—2002）	309
附录二	民用建筑工程室内环境污染控制规范（节选）（GB 50325—2001）	313
附录三	室内装饰装修材料中有害物质限量（节选）	316
附录四	室内空气净化器国家标准（GB/T 18801—2002）	320
附录五	空气净化产品与材料净化效果评价测定方法	330
附录六	绿色建筑评价标准（节选）（GB/T 50378—2006）	333
附录七	我国室内环境检测治理单位名录（部分）	340
附录八	室内环境相关机构互联网网址	342

第一章 概 论

近年来，随着我国经济建设的飞速发展，人民的生活条件特别是居住条件得到了极大的改善，促进了我国的室内装饰装修和装饰材料市场的飞速发展。据统计，2005 年全国的室内装修和建材需求突破了 6500 亿元人民币，预计到 2010 年，我国的室内装饰建材工业产值预计达到 12126 亿元人民币。与此同时，由此带来的室内环境污染问题也相伴而生，由于建筑、装饰和家具造成的室内环境污染问题日益成为我国城乡比较普遍的问题，成为影响人们健康的一大杀手，日益引起人们的关注。国内外专家研究证明，继“煤烟型”、“光化学烟雾型”污染后，最近一代人正进入以“室内空气污染”为标志的第三污染时期，包括大型百货商店、学校教室、办公室、居民现代住宅等在内的室内空气质量成了环境专家们研讨的焦点。

第一节 室内环境污染概述

一、室内环境污染概述

（一）室内空气质量的概念

室内空气质量（Indoor Air Quality, IAQ）的概念是 20 世纪 70 年代后期在一些西方国家出现的。当时出于节约能源的考虑，建筑物的密闭性大大提高，由此带来室内通风率不足，致使室内空气污染事件频频发生。一些人出现头痛、干咳、皮肤干燥发痒、头晕恶心、注意力难以集中和对气味敏感等症状，被称为“致病建筑综合征”，这种状况在很多国家都有发生，各发达国家在这方面都有惨痛的教训，使人们开始深入研究和探讨室内空气质量对人类健康的影响、污染物及其来源以及可行的解决途径。

室内空气质量的定义经过了多次演变。最初，人们把室内空气质量几乎完全等价为一系列污染物浓度的指标。近年来，人们认识到这种纯客观的定义已经不能完全涵盖 IAQ 的内容。于是，对室内空气质量的定义进行了不断发展，在 1989 年召开的国际室内空气质量讨论会上，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) 认为：如果室内少于 50% 的人能察觉到任何气味，少于 20% 的人感觉不舒服，少于 10% 的人感觉到黏膜刺激，并且少于 5% 的人在不足 2% 的时间内感到烦躁，可认为此时的室内空气质量是可接受的。这两种定义的共同点都是将室内空气质量完全变成了人们的主观感受，这是达到可接受的室内空气质量的必要而非充分条件。由于有些气体，如氨、一氧化碳（CO）等没有气味，对人也没有刺激作用，不会被人感受到，但却对人危害很大，因而仅用感受到的室内空气质量是不够的，必须同时引入可接受的室内空气质量。

（二）正确认识室内环境质量

人们对室内环境的认识经历了一个很长的时间，虽然人们在研究 workplace、预防职业病方面就已经开始对室内环境质量有了初步了解，并且知道了特定污染物与疾病的关系，但那时候主要

针对工厂车间，随着建筑结构的封闭化和室内办公人员的增多，所暴露出的室内环境污染问题也越来越严重，在这种情况下人们才逐渐开始认识室内环境质量的重要性。

世界卫生组织公布的《2002 年世界卫生报告》中专门用一章的篇幅阐述了室内空气污染与人们健康的关系：“尽管空气污染物主要存在于室外，但人们长期生活在室内，因此人们受到的污染主要源于室内空气污染。居室环境对人的日常生活有着重大影响，居室的选址、设计、建设及传统的烹调和取暖造成的室内环境污染都会对人类健康产生重大影响。据统计，全球近一半的人处于室内空气污染中，室内环境污染已引起 35.7% 的呼吸道疾病、22% 的慢性肺炎和 15% 的气管炎、支气管炎和肺癌。”报告中特别提到居室装饰使用含有有害物质的材料会加剧室内污染程度。这些污染尤其会对儿童和妇女产生不利影响。目前发展中国家有近 200 万例超额死亡可能由室内空气污染所致，全球约 4% 的疾病与室内环境相关。

室内环境质量的恶化可以产生许多不良后果，对人体健康造成危害，使人们感觉身体不适等，同时又会影响工作效率，使整个社会经济受到损失。据美国职业安全及健康管理局估计，因室内环境质量恶劣而导致每个员工每天损失 14~15 分钟的工作时间，除了许多商业因损失生产力使成本上升外，恶劣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，由于恶劣室内环境质量而导致总经济成本的损失每年高达 47 亿~54 亿美元，这还未包括对建筑材料及各种器材的损失。

来自我国的监测数据也表明，近年来我国室内化学性、物理性、生物性污染都在增加。据世界银行统计，我国每年由于室内空气污染引起的超额死亡数可达 11.1 万人，超额门诊数可达 22 万人次，超额急诊数可达 430 万人次。仅 1995 年我国因室内环境污染健康危害所导致的经济损失即高达 107 亿美元。

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一个迫切需要解决的问题。研究室内环境中各种污染物的毒理作用，如何对室内环境质量进行合理的评估，对室内环境污染采取何种有效的治理措施等问题成为近几十年来有关专家研究的热点。

（三）室内环境污染物的分类、来源及特点

1. 室内环境污染物的分类

随着我国人们生活水平的提高，家用燃料的消耗和菜肴烹调不断增加，大量能够挥发出有毒有害物质的建筑、装饰材料和家用化学品、消费品进入家庭，使室内有害物质的种类和数量明显增多，加重了室内空气污染。现代建筑物多为密闭型，室内空调系统中恒定的湿度、温度益于微生物繁殖。为节省能源，有的楼宇和家庭降低通风量，导致含有毒有害的化学物质、细菌及病毒的空气在室内循环，进一步增加了人体对污染物的接触量。

根据国家《室内空气质量标准》，室内空气污染物质按照其性质区分，大致可以划分为以下四类。

（1）化学污染物 主要来自包括建筑、装饰装修和家具、化妆用品、厨房燃烧和室内化学用品释放或排放出来的包括氨、氮氧化物、硫氧化物、碳氧化物等无机污染物及甲醛、苯、二甲苯等在内的有机污染物。目前人类使用的化学物质多达数 10 万种，并不断有新的合成化学物质的出现。因此，这类污染物是环境的主要污染来源，对人体健康的威胁最大，影响面最广。目前我国城乡公共场所和家庭中的主要污染是化学性污染，常见的有化学性有害气体包括甲醛、苯、氨和挥发性有机物等污染物。

（2）放射性污染 主要来自从建筑和装饰装修材料中释放出来的氡气及衰变子体，还有由石材制成的成品，如大理石、洁具、地板等释放的 γ 射线。放射性物质氡污染目前是我国建筑污染的主要问题，一些家庭装饰装修也可以产生，已经被列入国家民用建筑工程室内环境污染控制指标。

（3）物理污染 主要包括噪声污染、室内灯光照明不足或过亮、电磁辐射（紫外线、微波）、电离辐射（各种放射性物质）等造成对人体健康的危害。室内环境中的物理污染来自于两个方面：一方面是室外环境进入室内的污染；另一方面是室内环境自身的污染。如室内环境的装饰、陈设、家具、照明、色彩等，如果设计和安装不合理，人们长时间在室内生活和工作，都可能造成对人体健康的伤害，成为危害健康的室内环境物理污染。

另外，一些室内环境中的物理性指标，不应该称之为污染，但是，也是与人们健康息息相关。比如室内温度、湿度、新风量等。

(4) 生物污染 室内空气生物污染是影响室内空气品质的一个重要因素，主要包括细菌、真菌（包括真菌孢子）、花粉、病毒、生物体有机成分等。室内生物污染对人类的健康有着很大危害，能引起各种疾病，如各种呼吸道传染病、哮喘、建筑物综合征等。加拿大一项调查表明，室内空气质量问题有 21% 是微生物污染造成的。室内环境监测中心调查，由于室内空气中螨虫引起的过敏性皮炎患者平均竟占 50% 左右。2003 年发生的“非典”再一次提醒人们：室内生物污染正在吞噬你的健康！目前国外一些发达国家和地区，人们的生活质量提高以后，对室内环境的生物性污染更加重视。

目前也有的专家把物理污染与放射性污染合并为一类，统称为物理性污染。把室内环境污染分为化学性污染物、物理性污染物和生物性污染物三个大类。

2. 室内环境污染物质的来源

① 建筑和装饰材料，家具释放的氡、甲醛和挥发性有机化合物等。

② 各种燃料燃烧、烹调油烟及吸烟产生的 CO、NO₂、SO₂、可吸入颗粒物、甲醛、多环芳烃等。

③ 家用化学品产生的各种化学性污染，各种杀虫剂、空气清新剂、清洗剂等。

④ 家用电器和某些办公用品产生的电磁辐射和臭氧等。

⑤ 中央空调和家用空调器带来的室内军团菌、霉菌和其他生物污染。

⑥ 人体呼出的废气，汗液，由呼气排出的苯、甲苯、苯乙烯、甲醇、二硫化碳、氯仿等外源性污染物，通过咳嗽、打喷嚏等喷出的病毒、细菌等生物污染物。

⑦ 室内用具产生的化学和生物性污染，如在被褥、地毯中滋生的尘螨等，塑料制品等产生的化学污染物。

⑧ 从室外进入到室内的污染，主要是大气中的工业废气、汽车尾气等，垃圾场的气味污染，恶劣天气的沙尘污染、花粉污染等，通过门窗和换气装置进入室内。

3. 室内环境污染的特点

室内环境污染物不仅来源广泛、种类繁多和对人体的危害程度大，而且作为现代人生活工作的主要场所的室内环境，在现代的建筑设计中越来越考虑能源的有效利用，使其与外界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，所以其影响范围就相当广泛。

(2) 接触时间长 人一生中至少 80% 的时间是在室内度过的，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就相应的增加了。它们各有不同的生物学效应，对机体的危害是多种多样的，既可能有局部作用（局部刺激），又可能有全身毒害（全身性中毒）；即可有特异作用，又可有非特异作用，甚至可产生远期危害（遗传性影响）。

(3) 污染物浓度高 很多室内环境特别是刚刚装修完毕的室内环境，污染物从各种装修材料中释放出来的量较大，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的几十倍之多。

(4) 污染物种类多 室内环境污染有物理性污染、化学性污染、生物性污染、放射性污染等，特别是化学性污染，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。它们常常是同时综合作用于人体。因此，在研究环境与人群健康的关系时，应考虑多种污染物的联合作用以及污染物和环境因素的联合作用，它们可呈现相加作用，协同作用或拮抗作用。

(5) 污染物排放周期长 对于从装修材料中释放出来的污染物如甲醛，尽管在通风充足的条件下，它还是能不停的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危害的时间则更长。接触者多数长时间不断暴露于污染环境中，甚至终生接触。低浓度短时间接触不易对人体健康产生明显影响，但长时间接触对人体健康的潜在危害，则不容忽视。

(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,如放射性污染,有的潜伏期可达到几十年之久。尤其是老、弱、病、残、幼,甚至胎儿,他们是抵抗力最弱,最容易受到有害因子伤害的人群,称为敏感人群(susceptible population)。有些人群接触某有害因子的机会比其他人群多,强度也大,因此,摄入量比普通人群要高得多,这种人群称高危险人群(high risk population)。也可以把敏感人群和高危险人群统称为高危险人群。

二、我国室内环境污染检测与治理的研究

(一) 我国室内环境检测治理概念的提出和定义

1. 我国室内环境检测治理概念的提出

1999年中国室内装饰协会率先在国内成立第一家专业的室内环境污染监测中心,第一次提出了“室内环境污染”的概念,并且专业从事面向社会的室内环境检测治理服务。

几年来,在党和政府的重视和领导下,在国家质量监督、环境保护、卫生监督、等相关部门的指导下,室内环境的行业不断发展,室内环境污染检测治理的定义不断完善,目前可以得到大家共识的观点是:室内环境污染是指人们为了在室内生活和工作需要,引入了能释放有害物质并且会导致室内空气中化学、生物和物理等有害物质增加的污染源,从而使室内环境(包括飞机、汽车、船等内部空间)中的污染物无论是从数量上还是种类上不断增加,并引起在室内环境中工作和生活的人们的引起的一系列不适症状的现象。

2. 我国室内环境检测治理概念的定义

室内环境污染检测:按照国家标准规定的检测方法,利用科学、标准和规范的检测方法和仪器,对室内环境中的污染物进行测试、分析、评价和判断,并且准确记录。

室内环境污染治理:针对不同的室内环境污染问题,运用各种物质手段,对室内及飞机、汽车、船等内部空间进行处理,使有害物质浓度降低、减少和完全消除。

(二) 我国的室内环境污染检测和治理发展现状

随着国民经济的发展和国家对室内环境污染危害宣传力度的加大,国民的环保意识得到了很大提高,使社会各界对环境的重视,尤其是对自身生活环境的重视达到了从前未有的程度。但是,大家知道,以前提到环境污染一般指室外的空气和江河湖海受到的污染,其治理始于20世纪70年代,主要围绕着工业污染造成的废气、废水和废渣进行治理。实际上,室内环境污染往往比室外环境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。

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年代初期,由于室内吸烟、燃煤、烹调以及人体呼出的二氧化碳等149种有害物质对室内的污染,引发了室内空气换气机的销售热潮,但因室外空气污染的日益严重,这种对室内空气污染的初级治理,不久就渐渐退潮。

20世纪90年代末,随着我国经济建设的飞速发展,特别是住房制度的改革和人民生活水平的提高,以及由此带来的室内装饰装修行业的高速发展,由于建筑、装饰装修和家具所造成的污染成了室内环境污染的主要来源。

同时近年来我国中央空调和家庭空调的普遍使用,为了达到节能的目的,要求建筑结构有良好的密闭性能,而现行设计的空调系统多数新风量不足,在这种情况下更加剧了室内空气质量的恶化。

发生在我国2003年春夏的“非典”事件给予我们强烈的警示和启示,人们应该对室内环境污染有新的认识了。关注室内空气污染,特别是高密度人群场所的室内空气污染已刻不容缓。所以,随着我国政府对“非典”的重视,说明室内环境中的又一种污染物质——生物污染对人们健康危害的严重性,同时也引起了人们对室内环境中生物污染的关注。

特别是近年来国家有关室内空气质量标准的发布与实施,更加提高了消费者的室内环境意识,推动了室内环境污染治理工作。因此,我国目前室内环境污染的定义是:由于室内引入能释放有害物质(特别是建筑、装饰装修和家具等)污染源而导致室内空气中化学、生物和物理等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。而室内环境污染治理就是

针对目前我国目前存在的严重的污染问题，通过不同的技术和设备降低、减少和消除的方法。

三、国外室内环境污染控制的研究

多数人在室内度过其大部分时光，这就使得在讨论空气污染的危险度时，室内空间成为一个重要的微环境。一个人每天接受多种空气污染物的侵袭，大部分是通过吸入室内空气，这是因为人在室内度过时间最长，且室内污染水平较高。建筑物内的空气质量受多种因素影响，为了节约能源，现代建筑设计倾向于结构紧密，通风率低。因而对健康和建筑舒适度产生负面影响的因素范围很广，从化学污染到生物污染都有，温度、湿度、人工光源、噪声和振动，都会使居者感到特殊压力。

(一) 发达国家的室内空气污染

1. 重要室内空气污染物及其来源

室内空气污染源，以及按室内和室外来源划分的主要污染物见表 1-1。这里并没有列出室内空气污染物的全部来源，因为室内和室外有持续的空气交换，在室外空气中出现的大部分污染物也会在室内发现。且室内来源可能导致一些污染物在室内积累，而在环境空气中却很少。室内空气环境中的最重要污染物有 SO₂、NO_x、CO、光化学氧化物和铅。在发达国家，室内污染浓度基本与室外相同，室内与室外浓度之比在 0.7~1.3 之间。当使用取暖和做饭设备时，室内的燃烧产物浓度会远高于室外。在发展中国家这种情况更为突出，因为他们使用炉灶和火盆，并且厨房和炉灶的设计不尽合理。

表 1-1 按来源划分，室内空气污染物的来源及主要污染物

主要 污 染 物	主要是室外来源
二氧化硫、悬浮颗粒/可吸入悬浮颗粒 臭氧 花粉 铅、锰 铅、镉 挥发有机成分、多环芳香烃	燃料燃烧、冶炼 光化学反应 树、草地、杂草、植物 汽车 工业排放 石油化学溶剂、未燃燃料的挥发
主要 污 染 物	室内和室外来源
氮氧化物、一氧化碳 二氧化碳 悬浮颗粒及可吸入悬浮颗粒 水蒸气 挥发有机成分 孢子	燃料燃烧 燃料燃烧、新陈代谢 吸烟环境、再悬浮、挥发物凝结、燃烧产物 生物活动、燃烧、蒸发 挥发、燃料燃烧、油漆、代谢作用、农药、杀虫剂、杀菌剂 真菌、霉菌
主要 污 染 物	主要是室内来源
氡 甲醛 石棉 氨 多环芳香烃、砷、尼古丁、丙烯醛 挥发有机成分 汞 气溶胶 过敏物 微生物	土壤、建筑结构材料、水 隔音隔热材料、家具、吸烟环境 阻燃剂、隔温隔热材料 清洁剂、新陈代谢活动 吸烟环境 胶黏剂、溶剂、做饭、化妆品 杀菌剂、油漆、含汞产品的洒出和泄漏 燃烧产物、室内灰尘 室内灰尘、动物毛、屑 感染

1979~1985 年美国 EPA 进行了总暴露量评价方法学研究 (TEAM)，测定了 650 个家庭 11~19 种 VOC 的室内的室内外空气、个体接触量、呼出气浓度，研究表明，室内 VOC 浓度高于室外，呼出气中 VOC 的浓度与个体接触量具有很好的相关性，而与室外空气中 VOC 的浓度没有相关性。TEAM 的研究成果被德国 (500 个家庭，75 种 VOC) 和芬兰 (300 多个家庭，45 种 VOC) 的调查所证实。世界卫生组织的一个工作小组利用这些研究数据得出了 VOC 对人类危害的实验结果，其中要求单个化学物的质量浓度不超过所属分类的 50%，也不超过 VOC 总量的

10%；不适用于致癌化合物的评价，醛类中不包括甲醛。根据这些实验结果德国学者推荐了室内空气中 VOC 浓度限值（见表 1-2）。

表 1-2 德国学者推荐的室内空气中 VOC 浓度限值/($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

烷烃	芳香烃	萜烯类	卤代烃	酯类	醛酮类	其他化合物	VOC 总量
100	50	30	30	20	20	50	300

日本、意大利、德国、加拿大、美国和澳大利亚等国家首先对室内一些无机污染物进行控制，随着人们对生活质量要求的不断提高，室内空气质量标准中又增加了甲醛等有机污染项。

2. 室内空气污染物的浓度

室内空气污染物的浓度要受多种因素影响，其中有室外水平、室内来源、室内外空气交换率以及建筑物的特点和陈设。室内空气污染物的浓度要随地域、季节变化，并且有每日变化。

在室内空气质量评价中，吸烟环境暴露是一个重要因素。吸烟环境中的颗粒和雾态物质是几千种化学物质的复杂混合物，其中包括苯及苯并芘这样已知的致癌物质。表示吸烟污染环境最常用的指标之一是 PM_{10} 浓度。吸烟者房间的 PM_{10} 浓度，要比其他房间高出 2~3 倍。

3. 健康影响和症状

大部分室内空气污染物直接影响呼吸和心血管系统。室内空气污染对人类呼吸系统的直接健康效应，随暴露强度和持续时间而改变，随暴露人群的健康状态而变化。像婴儿和老人、已经有呼吸疾病的人、过敏反应者以及正在锻炼的人，这样的人群有较高的危险度。

主动和被动吸入香烟烟雾，会导致肺功能降低，呼吸症状和感染增加，以及肺癌发病增加。吸入人与动物排放的传染性微生物，会引起大部分急性呼吸道感染。通风量降低，增加使用未经处理的循环空气，会使室内环境中的微生物浓度增加。室外过敏源、室内尘螨，以及高湿度室内环境中的霉菌，都会引起过敏性哮喘（下气道可逆性狭窄），儿童和青年的过敏性鼻炎，以及肺炎的周期发作或气喘的温和发作。已报道的挥发性有机成分健康效应范围，从感官刺激一直到行为影响、神经中毒、肝中毒和遗传中毒等效应。公认可出现健康效应的浓度，通常都远高于在室内空气中的测量值。混合 VOC 的暴露可能是引起不良建筑综合征（SBS）的一个重要原因。石棉和其他矿物纤维可能是引起肺癌发病增加的一个原因。石棉和玻璃纤维的急性暴露会产生严重的皮肤刺激。更为复杂的健康效应是 SBS 和建筑相关疾病（BR1）。SBS 是病因学尚未归类的一种特殊症状，当工作或生活在特定建筑物中时，人们会出现这种症状，但一旦离开，症状就会消失。症状包括黏膜、皮肤和眼睛刺激，胸闷，疲劳，头痛，抑郁，嗜睡，注意力不集中，气味烦恼和流行性感冒症状。SBS 通常不能归因于已知污染物的过量暴露，或归因于通风系统缺陷。可能要涉及多种因素：物理因素，包括温度、相对湿度、通风率、人工光源、噪声和振动；化学因素，包括吸烟环境、HCHO、VOC、农药、气味、CO、CO₂、NO₂ 和 O₃；生物和心理因素。

（二）发展中国家的室内空气质量

发展中国家的建筑物内空气质量，特别是在现代化大城市地区，遇到了与发达国家同样的问题。因为在发展中国家的吸烟率增加，所以吸烟环境暴露预计也会增加。此外，一些有害物质，特别是农药，在发展中国家应用日益广泛，这可能导致比发达国家更高的室内污染量。

另外，像二氧化硫、颗粒物、一氧化碳和二氧化氮这样多种传统空气污染物，在发展中国家的室内暴露问题可能更明显、广泛。发展中国家的一个特殊问题是烧饭和取暖排放造成的暴露，这种暴露是多种污染物造成的最高空气污染暴露。今天，世界还有一半人口在继续使用简单的家庭炉灶，使用未加工的固体燃料做饭并取暖，这种燃料以很高的排放因子产生多种对健康有害的空气污染物。

自从第一次实现可控用火以来，尽管人类积累了一定的经验，但对生物燃料简单明火燃烧造成的空气污染，只在过去 20 年才有了科学描述，这主要是因为发达国家对木烟污染的关注日益增长。研究表明，许多重要污染物有很高的排放系数，包括可吸入颗粒物、一氧化碳、以苯并[a]芘为代表的多环芳香烃，以及像甲醛和苯这样的挥发有机成分。生物燃料在小范围燃烧（如家庭烧饭和取暖炉灶）时会释放出数百种化学物质。

与煤油和天然气相比，使用未加工的固体燃料，每顿饭产生的可吸入颗粒物会高出 10~100

倍，这是由于燃烧和热传输效率低造成的。虽然生物燃料仅占人类所用燃料的 10%~15%，但与现代燃料相比，有很大部分是在室内燃烧，因为有近一半的人做饭和/或取暖，是在简单炉灶中燃烧传统生物燃料（WHO 1997a）。

在发展中国家，甲醛、多环芳香烃、苯和 1,3-丁二烯等重要非传统污染物，也达到了较高水平。在中国和印度的一些地区，家庭用煤导致室内氟和砷的浓度增高，并带来一定的健康危害。

（三）国外室内建筑、装饰材料和家庭用品管理的相关法律

1973 年日本制定了《关于限制有害物质的家庭用品的法律》，由厚生省制定含有此类物质的家庭用品的控制标准，负责家庭用品安全性的监督指导。1960 年美国国会通过了《联邦有害物质法》，规定所有家用有害产品都必须带有“警告标签”。1966 年对该法规的修订案，增加了在“警告标签”还不足以保护消费者安全情况下，可以颁布禁用。1972 年通过了《消费品安全法》，1973 年成立消费品委员会，对除食品、化妆品、烟草及其产品、农药、机动车、飞机、船以外的家用产品进行管理。另外，美国 EPA、ASTM（美国测试和材料协会）对如何健康地使用建筑装饰材料和室内产品都有明确规定。

为了加强对污染源的监控，1990 年 ASTM 提出了测试室内源释放有机物的指导程度，推荐了用小型人工气候舱测定室内材料/制品中挥发性有机物的测试条件。欧盟也于同年提出了相似的指导程序。随后 EPA 提出了影响室内材料释放的因素和源释放模型，利用释放数据，可提出 IAQ（室内空气质量）模型，预测室内释放的污染物的浓度，并根据源的释放特性和暴露量评价提出室内材料的评价方法。

德国在建筑装饰和室内产品的管理方面最为成功，自 1978 年德国发布了第一个环境标志——“蓝色天使”以来，世界上已有 20 多个国家和地区对建筑、装饰材料实行了环境标志，丹麦、挪威制定了“健康建材标准”，规定涂料产品在使用说明上除标明性能指标外，还必须标明健康指标。德国制定的胶合板材料释放甲醛评价标准，目前已成为欧盟成员国的共同标准。

正是由于制定了大量较完备的法律规范，使得国外目前可以较好地从源头控制室内空气污染，室内单纯由于装饰材料如油漆、涂料、人造板材等引起的室内空气严重污染现象，近几年已逐渐得到改善。

但国外对室内空气污染依然很关注。这主要因为 20 世纪 70 年代以后，能源危机使人们为了节能而进一步提高建筑物的密闭性和绝热性，降低了最小新风量标准，且建筑物透气性变差、换气量减少，使得室内空气中的微生物和可吸入颗粒物大大超标，商业区中的大型商厦、写字楼普遍采用封闭的中央空调系统，在封闭环境中，污染物很难扩散，而在这些环境中人员较密集，极易发生建筑物综合征。如何改善空调系统以解决室内空气污染，成为目前国外室内空气污染研究的热点问题。只有从室外大量引入新鲜空气才能降低室内空气污染物的浓度，澳大利亚制冷空调、供暖研究所为可接受的室内空气质量提供了机械通风标准（AS 1668-2—1991R），美国也制定了可接受的室内空气通风标准（ANSI/ASHRE62—1989R），对影响室内空气质量的各个环节做出了新的更明确而严格的规定，主要涉及增加新风量、保证新品质和送风效率、重视湿度控制、减少微生物污染、提高空气过滤效率等。

第二节 我国室内环境污染检测控制标准

一、室内环境污染控制标准概述

现代人 90% 以上的时间在室内度过，老弱病残和孕妇、婴幼儿在室内活动的时间更长，室内环境质量问题越来越引起人们的重视。而且从程度上看，室内污染甚至严重于室外污染。从 20 世纪 70 年代开始，发达国家对环境污染治理的重心也已经开始从室外转向室内。美国、欧盟、日本、世界卫生组织以及我国都已经或正着手组织制定相应的室内环境质量方面的标准，尤其是室内空气质量方面的标准。

然而“室内”范围很广，它涵盖住宅、办公室、医院、学校、餐厅、交通工具内等。涉及的环境问题，一方面是以室内热环境参数（温湿度、风速、新风量）为代表的适量值，另一方面

是各种污染物的限量值，污染的类型可以分为化学污染、物理污染和生物污染。室内空气中的污染物种类也多，包括颗粒物、CO、NO_x、SO_x等常规污染物，此外，随着现代生活水平的提高，又出现了挥发性有机物、甲醛等有机污染物等，还有电磁、辐射、噪声和光等污染。目前，对室内空气品质的研究，包括污染物种类、规律、健康影响、评价方法、标准制定等，已经相当广泛，但由于其复杂性，研究都还有待进一步深入。我国已建立的一批室内环境质量标准为发展室内环境质量控制策略提供了统一的基准，并在一些国家公众健康改善中有重要的指导意义。

随着现代化建设的加快，人民生活水平的提高和改善，室内舒适性的要求在不断的提高。然而在舒适性提高的同时，室内环境尤其是空气质量却向相反的方向发展即不断恶化并危害着人们的身体健康。目前，尽管总体水平仍然不容乐观，但大多数居住者们对室内环境污染及其健康影响的意识在不断提高，刻不容缓地要求加强治理。对于任何关心自己所处环境的人，都希望污染物（尤其是对人体健康影响较大的）能尽可能降低。许多国家，包括我国都已经颁发了环境方面的规范（指南）或标准，限制污染物的排放，而且一般都有短期暴露和长期暴露的考虑。尽管我们可能会希望这些标准能够在任何条件下，建立在保护人类、动物、植物的纯科学考虑的基础上，但现实中的标准通常都会是科学经济的产物，可能还会考虑其他的相关因素。像室外环境一样，在大多数工作场合的室内空气一般也有规范或标准进行约束，设定了可以保护环境对人体健康的阈值，这种阈值可能是不同时间区间的某个平均值。

室内环境质量已成为当前环境领域内的一个研究热点。目前我国及世界各国都对于住宅和办公建筑的室内空气品质缺乏系统的标准。室内环境与室外或工作区的环境不同，目前我国涉及室内环境的管理机构包括国家质量技术监督局、卫生部、国家环境保护总局和建设部等部门，分别或联合制定颁布了一系列室内环境质量标准。还有建材、轻工等部门也就建材、净化器等制定颁布了一系列标准。此外，建设部制定颁布的一些规范、标准也涉及到室内环境问题。

二、我国现行的与室内环境污染相关的标准、规范

（一）卫生标准

环境卫生标准是对生活环境中与人群健康有关的各种物理、化学和生物因素的限值及相关技术行为做出的技术规定。卫生部根据《公共场所卫生管理条例》、《生活饮用水卫生监督管理办法》制定的现行环境卫生标准有 165 项。其中国家标准 159 项，行业标准 6 项。涉及生活饮用水、公共场所、室内空气、农村环境卫生、家用化学品等方面的卫生与安全要求。环境卫生标准对我国疾病预防控制和卫生监督起着重要的作用。

目前，大气和室内空气污染已经成为政府、公众和媒体关注的热点。卫生部制定了“大气或居住区大气中空气污染物的卫生标准”、“卫生防护距离标准”以及“室内空气中污染物的卫生标准”三类标准。特别是与国家环境保护总局联合制定的 GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》，规定了与人体健康有关的物理、化学、生物和放射性指标，对改善人民群众的生活环境质量，预防和控制空气传播性疾病具有十分重要的作用。

此外，在学校卫生标准方面也有一些标准涉及教室内的空气质量问题。卫生部还制定颁布了《公共场所集中空调系统卫生规范》等规范。与室内环境相关的卫生标准目录列在表 1-3 和表 1-4。

表 1-3 与室内环境相关的环境卫生标准目录

序号	国家标准编号	标 准 名 称	代替标准号	批准日期	实 施
强制性国家标准					
1	GB 7355—1987	大气中铅及其无机化合物的卫生标准		1987-2-14	1987-12-1
2	GB 9175—1988	环境电磁波卫生标准		1987-12-22	1989-1-1
3	GB 9663—1996	旅店业卫生标准	GB 9663—1988	1996-1-29	1996-9-1
4	GB 9664—1996	文化娱乐场所卫生标准	GB 9664—1988	1996-1-29	1996-9-1
5	GB 9665—1996	公共浴室卫生标准	GB 9665—1988	1996-1-29	1996-9-1

续表

序号	国家标准编号	标 准 名 称	代替标准号	批准日期	实 施
6	GB 9666—1996	理发店、美容店卫生标准	GB 9666—1988	1996-1-29	1996-9-1
7	GB 9667—1996	游泳场所卫生标准	GB 9667—1988	1996-1-29	1996-9-1
8	GB 9668—1996	体育馆卫生标准	GB 9668—1988	1996-1-29	1996-9-1
9	GB 9669—1996	图书馆、博物馆、美术馆、展览馆卫生标准	GB 9669—1988	1996-1-29	1996-9-1
10	GB 9670—1996	商场(店)、书店卫生标准	GB 9670—1988	1996-1-29	1996-9-1
11	GB 9671—1996	医院候诊室卫生标准	GB 9671—1988	1996-1-29	1996-9-1
12	GB 9672—1996	公共交通等候室卫生标准	GB 9672—1988	1996-1-29	1996-9-1
13	GB 9673—1996	公共交通工具卫生标准	GB 9673—1988	1996-1-29	1996-9-1
14	GB 9981—1988	农村住宅卫生标准		1988-10-8	1989-8-1
15	GB 11667—1989	居住区大气中可吸入颗粒物卫生标准		1989-7-24	1990-6-1
16	GB 11727—1989	住宅居室容积卫生标准		1989-2-10	1990-7-1
17	GB 16153—1996	饭馆(餐厅)卫生标准		1996-1-29	1996-9-1
18	GB 18054—2000	居住区大气中苯并[a]芘卫生标准		2000-4-10	2001-1-1
19	GB 18055—2000	村镇规划卫生标准		2000-4-10	2001-1-1
20	GB 18056—2000	居住区大气中甲硫醇卫生标准		2000-4-10	2001-1-1
21	GB 18057—2000	居住区大气中正己烷卫生标准		2000-4-10	2001-1-1
22	GB 18058—2000	居住区大气中一甲基肼卫生标准		2000-4-10	2001-1-1
23	GB 18059—2000	居住区大气中偏二甲基肼卫生标准		2000-4-10	2001-1-1
24	GB 18060—2000	居住区大气中胂卫生标准		2000-4-10	2001-1-1
25	GB 18066—2000	居住区大气中臭氧卫生标准		2000-4-10	2001-1-1
26	GB 18067—2000	居住区大气中酚卫生标准		2000-4-10	2001-1-1
27	GB 18468—2001	室内空气中对二氯苯卫生标准		2001-10-22	2002-3-1

推荐性国家标准

1	GB/T 8911—1988	居住区大气中一氧化碳卫生标准检验方法 汞置换法		1988-2-23	1988-12-1
2	GB/T 8912—1988	居住区大气中砷化物卫生标准检验方法 二乙氨基二硫代甲酸银分光光度法		1988-2-23	1988-12-1
3	GB/T 8913—1988	居住区大气中二氧化硫卫生标准检验方法 四氯汞盐盐酸副玫瑰苯胺分光光度法		1988-2-23	1988-12-1
4	GB/T 8914—1988	居住区大气中汞卫生标准检验方法金汞齐富集——原子吸收法		1988-2-23	1988-12-1
5	GB/T 11731—1989	居住区大气中硝基苯卫生检验标准方法——气相色谱法		1989-9-21	1990-7-1
6	GB/T 11732—1989	居住区大气中吡啶卫生检验标准方法——氯化氰-巴比妥分光光度法		1989-9-21	1990-7-1
7	GB/T 11733—1989	居住区大气中硫酸盐卫生检验标准方法——离子色谱法		1989-9-21	1990-7-1
8	GB/T 11734—1989	居住区大气中甲基-1605卫生检验标准——方法相色谱法		1989-9-21	1990-7-1
9	GB/T 11735—1989	居住区大气中铍卫生检验标准方法——桑色素荧光分光光度法		1989-9-21	1990-7-1

续表

序号	国家标准编号	标 准 名 称	代替标准号	批准日期	实 施
10	GB/T 11736—1989	居住区大气中氯卫生检验标准方法——甲基橙分光光度法		1989-9-21	1990-7-1
11	GB/T 11737—1989	居住区大气中苯、甲苯、二甲苯卫生检验标准方法——气相色谱法		1989-9-21	1990-7-1
12	GB/T 11738—1989	居住区大气中甲醇、丙酮卫生检验标准方法——气相色谱法		1989-9-21	1990-7-1
13	GB/T 11739—1989	居住区大气中铅卫生检验标准方法——原子吸收分光光度法		1989-9-21	1990-7-1
14	GB/T 11740—1989	居住区大气中镉卫生检验标准方法——原子吸收分光光度法		1989-9-21	1990-7-1
15	GB/T 11741—1989	居住区大气中二硫化碳卫生检验标准方法——气相色谱法		1989-9-21	1990-7-1
16	GB/T 11742—1989	居住区大气中硫化氢卫生检验标准方法——亚甲基蓝分光光度法		1989-9-21	1990-7-1
17	GB/T 12372—1990	居住区大气中 NO ₂ 检验标准方法——改进的 Saltzman 法		1990-3-22	1991-3-1
18	GB/T 12373—1990	居住区大气中气态污染物——液体吸收法的标准采样装置		1990-3-22	1991-3-1
19	GB/T 12374—1990	居住区大气中硝酸盐检验标准方法——镉柱还原 盐酸萘乙胺分光光度法		1990-3-22	1991-3-1
20	GB/T 16127—1995	居室空气中甲醛的卫生标准		1995-12-15	1996-7-1
21	GB/T 16128—1995	居住区大气中二氧化硫卫生检验标准方法 甲醛溶液收——盐酸副玫瑰苯胺分光光度法		1995-12-15	1996-7-1
22	GB/T 16129—1995	居住区大气中甲醛卫生检验标准方法 AH-MT 分光光度法		1995-12-15	1996-7-1
23	GB/T 16130—1995	居住区大气中苯胺卫生检验标准方法 气相色谱法		1995-12-15	1996-7-1
24	GB/T 16131—1995	居住区大气中正己烷卫生检验标准方法		1995-12-15	1996-7-1
25	GB/T 16132—1995	居住区大气中三氯甲烷、四氯化碳卫生标准检验方法 气相色谱法		1995-12-15	1996-7-1
26	GB/T 17093—1997	室内空气中细菌总数卫生标准		1997-11-11	1998-12-1
27	GB/T 17094—1997	室内空气中二氧化碳卫生标准		1997-11-11	1998-12-1
28	GB/T 17095—1997	室内空气中可吸入颗粒物卫生标准		1997-11-11	1998-12-1
29	GB/T 17096—1997	室内空气中氮氧化物卫生标准		1997-11-11	1998-12-1
30	GB/T 17097—1997	室内空气中二氧化硫卫生标准		1997-11-11	1998-12-1
31	GB/T 17098—1997	居住区大气中酚类化合物卫生检验标准方法——4-氨基安替比林分光光度法		1997-11-11	1998-12-1
32	GB/T 17216—1998	人防工程平时使用环境卫生标准		1998-1-21	1998-10-1
33	GB/T 17220—1998	公共场所卫生监测技术规范		1998-1-21	1998-10-1
34	GB/T 18202—2000	室内空气中臭氧卫生标准		2000-9-30	2001-1-1
35	GB/T 18203—2000	室内空气中溶血性链球菌卫生标准		2000-9-30	2001-1-1
36	GB/T 18204.1—2000	公共场所空气微生物检验方法 细菌总数测定		2000-9-30	2001-1-1

续表

序号	国家标准编号	标 准 名 称	代替标准号	批准日期	实 施
37	GB/T 18204.2—2000	公共场所茶具微生物检验方法 细菌总数测定		2000-9-30	2001-1-1
38	GB/T 18204.3—2000	公共场所空气微生物检验方法 大肠菌群测定		2000-9-30	2001-1-1
39	GB/T 18204.4—2000	公共场所毛巾、床上卧具微生物检验方法 细菌总数测定		2000-9-30	2001-1-1
40	GB/T 18204.5—2000	公共场所毛巾、床上卧具微生物检验方法 大肠菌群测定		2000-9-30	2001-1-1
41	GB/T 18204.6—2000	理发用具微生物检验方法 大肠菌群测定		2000-9-30	2001-1-1
42	GB/T 18204.7—2000	理发用具微生物检验方法 金黄色葡萄球菌测定		2000-9-30	2001-1-1
43	GB/T 18204.8—2000	公共场所拖鞋微生物检验方法 霉菌和酵母菌测定		2000-9-30	2001-1-1
44	GB/T 18204.9—2000	游泳池水微生物检验方法 细菌总数测定		2000-9-30	2001-1-1
45	GB/T 18204.10—2000	游泳池水微生物检验方法 大肠菌群测定		2000-9-30	2001-1-1
46	GB/T 18204.11—2000	公共场所浴盆、脸(脚)盆微生物检验方法 细菌总数测定		2000-9-30	2001-1-1
47	GB/T 18204.12—2000	公共场所浴盆、脸(脚)盆微生物检验方法 大肠菌群测定		2000-9-30	2001-1-1
48	GB/T 18204.13—2000	公共场所气温测定方法		2000-9-30	2001-1-1
49	GB/T 18204.14—2000	公共场所气湿测定方法		2000-9-30	2001-1-1
50	GB/T 18204.15—2000	公共场所风速测定方法		2000-9-30	2001-1-1
51	GB/T 18204.16—2000	公共场所气压测定方法		2000-9-30	2001-1-1
52	GB/T 18204.17—2000	公共场所辐射热测定方法		2000-9-30	2001-1-1
53	GB/T 18204.18—2000	公共场所室内新风量测定方法		2000-9-30	2001-1-1
54	GB/T 18204.19—2000	公共场所室内换气率测定标准方法		2000-9-30	2001-1-1
55	GB/T 18204.20—2000	公共场所采光系数测定方法		2000-9-30	2001-1-1
56	GB/T 18204.21—2000	公共场所照度测定方法		2000-9-30	2001-1-1
57	GB/T 18204.22—2000	公共场所噪声测定方法		2000-9-30	2001-1-1
58	GB/T 18204.23—2000	公共场所空气中一氧化碳测定方法		2000-9-30	2001-1-1
59	GB/T 18204.24—2000	公共场所空气中二氧化碳测定方法		2000-9-30	2001-1-1
60	GB/T 18204.25—2000	公共场所空气中氨测定方法		2000-9-30	2001-1-1
61	GB/T 18204.26—2000	公共场所空气中甲醛测定方法		2000-9-30	2001-1-1
62	GB/T 18204.27—2000	公共场所空气中臭氧测定方法		2000-9-30	2001-1-1
63	GB/T 18883—2002	室内空气质量标准		2002-11-19	2003-3-1
推荐性卫生部标准					
1	WS/T 182—1999	室内空气中苯并[a]芘卫生标准		1999-12-9	2000-5-1
2	WS/T 199—2001	公共场所卫生综合评价方法		2001-7-20	2002-1-1
3	WS/T 206—2001	公共场所空气中可吸入颗粒物(PM ₁₀)测定方法——光散射法		2001-11-14	2002-5-1

表 1-4 室内环境相关的学校卫生标准目录

序号	标准编号	标准名称	代替标准号	批准日期	实施
强制性国家标准					
1	GB 7793—1987	中小学校教室采光和照明卫生标准		1987-5-12	1988-3-1
2	GB 8772—1988	电视教室座位布置范围和照度卫生标准		1988-2-22	1988-12-1
推荐性国家标准					
1	GB/T 17225—1998	中小学教室采暖温度标准		1998-1-21	1998-10-1
2	GB/T 17226—1998	中小学教室换气卫生标准		1998-1-21	1998-10-1
3	GB/T 18205—2000	学校卫生监督综合评价		2000-9-30	2001-1-1
4	GB/T 18206—2000	中、小学生健康教育规范		2000-9-30	2001-1-1
5	GB/T 18741—2002	盲校建筑设计卫生标准		2002-5-29	2003-1-1

（二）环境保护标准

我国的环境保护标准是与国家的环境保护事业同时发展起来的。经过三十多年的发展，国家环境保护标准体系现已初具规模。目前，国家环境保护标准体系由国家和地方两级构成。国家级环境保护标准包括环境质量标准、污染物排放（控制）标准、环境标准样品、环境保护（行业）标准及其他国家环境保护标准，地方级环境保护标准包括环境质量标准和污染物排放标准。

国家环境质量标准涉及空气、水、土壤、噪声和振动等方面，共 16 项标准。国家污染物排放（控制）标准包括水污染物、空气污染物和噪声排放标准以及固体废物污染控制标准，共 84 项。国家环境保护（行业）标准和其他国家环境保护标准共 490 项。包括内容核辐射和电磁辐射污染防治标准、环境污染物与有害因素监测方法标准、环境保护基础标准、建设项目监督管理标准、清洁生产标准、环境标志产品标准、环保产品标准、污染防治技术政策等。

由于环境保护标准主要针对室外环境，因此专门的室内环境标准有与卫生部联合制定的 GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》和环境保护行业标准 HJ/T 167—2004《室内环境空气质量监测技术规范》。国家标准《大气质量标准》、环境影响评价标准及其相应的测试方法标准，环境保护行业标准 HJ/T 193—2005《环境空气质量自动监测技术规范》和 HJ/T 194—2005《环境空气质量手工监测技术规范》以及一系列的环境标志产品标准，这些对室内环境也是有用的参考材料。

（三）建设部标准

由建设部制定颁布的工程建设体系的国家标准涉及城乡规划、城镇建设、房屋建筑等方面。房屋建筑部分的建筑室内环境（包括暖通、空调、净化、建筑物理）方面的标准发展于 20 世纪 80 年代，目前有国家标准 28 项、行业标准 9 项，在编国家标准 2 项、行业标准 4 项。其中 GB 50019—2003《采暖通风和空气调节设计规范》；GB 50243—2002《通风与空调工程施工及验收规范》；《空调通风系统运行管理规范》（与卫生部联合编制，已报批）；GB 50243—2002《通风与空调工程施工质量验收规程》；JGJ 26—95《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》；JGJ 134—2001《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》；GB 50189—93《旅游旅馆建筑热工与空气调节节能设计标准》；JGJ 129—2000《既有采暖居住建筑节能改造技术规程》；JGJ 132—2001《采暖居住建筑节能检验标准》；GB 50096—1999《住宅设计规范》等标准都规定了室内环境参数指标。由建设部组织制定的于 2002 年 1 月 1 日起正式实施的 GB 50325—2001《民用建筑工程室内环境污染控制规范》规定了民用建筑工程在竣工验收是室内环境污染的控制指标及其测试方法。

（四）室内装饰装修材料有害物质限量标准

10 项室内装饰装修材料有害物质限量国家标准于 2001 年 12 月 10 日批准发布，包括：GB 18580—2001《室内装饰装修材料 人造板及其制品中甲醛释放限量》；GB 18581—2001《室内装饰装修材料 溶剂型木器涂料中有害物质限量》；GB 18582—2001《室内装饰装修材料 内墙涂料中有害物质限量》；GB 18583—2001《室内装饰装修材料 胶粘剂中有害物质限量》；GB

18584—2001《室内装饰装修材料 木家具中有害物质限量》；GB 18585—2001《室内装饰装修材料 壁纸中有害物质限量》；GB 18586—2001《室内装饰装修材料 聚氯乙烯卷材地板中有害物质限量》；GB 18587—2001《室内装饰装修材料地毯、地毯衬垫及地毯用胶粘剂中有害物质限量》；GB 18588—2001《混凝土外加剂中释放氨限量》；GB 6566—2001《建筑材料放射性核素限量》。

这些标准规定了室内的装饰装修材料（包括家具）的有害物质限量，对保证室内的装饰装修材料的质量，从源头上控制室内空气污染起了很大的作用。

（五）其他标准

其他行业和军队系统也颁布了一些涉及室内环境质量的标准，如 GB 50157—2003《地铁设计规范》和一些军用标准。国家质量监督检验检疫总局已经颁布了 GB 19210—2003《空调通风系统清洗规范》。还有一些空调器和净化器的标准。此外有关部门近年还推出了《健康住宅建设技术要点》和《绿色建筑评价体系》等文件，也都涉及室内环境参数指标。

三、我国室内空气质量方面标准制定的依据和原则

（一）标准制定的基本依据及基本原则

1. 标准制定的基本依据

世界卫生组织（WHO）关于空气质量的四级容许水平应作为制定室内空气质量标准的基本依据：

① 第一级，在小于此种浓度和接触时间内，根据现有的知识，不会观察到直接或间接的反应（包括反射性或保护性反应）。

② 第二级，在大于此种浓度和接触时间时，对人的感觉器官有刺激，对某些植物有损害，或对环境产生其他有害作用。

③ 第三级，在大于此种浓度和接触时间时，可使人的生理功能发生障碍或衰退，引起慢性疾病和缩短寿命。

④ 第四级，在大于此种浓度和接触时间时，可使对污染物敏感者发生急性中毒或死亡。

我国室内环境标准的制定应根据上述四级水平，进行动、植物试验和人群健康状况的动态观察，同时对我国环境污染状况进行典型调查，并结合我国的经济技术水平，提出有害物质在环境中的最高容许浓度值。目前我国制定的室内环境标准基本上是以第一级水平作为依据，只有少部分标准的依据是介于第一级和第二级之间。

2. 基本原则

（1）适宜我国法律、法规要求的原则 标准应满足我国相应卫生和环境法律、法规等实施的需要。目前与室内空气质量标准相关的现行法律、法规、部门规章有 2004 年 8 月颁布的《传染病防治法》、1987 年颁布的国务院《公共场所卫生管理条例》。

（2）强制性和推荐性原则 室内空气质量标准是保护人群健康和保证人民生活环境安全的标准，其卫生限值标准应是强制性标准，其配套的检验检测方法标准和环境卫生基础标准为推荐性标准。

（3）卫生安全性原则

① 对人体健康无直接危害。室内空气质量标准应该防止疾病传播，使人群不发生急性和慢性中毒或潜在的远期危害（包括致癌、致畸、致突变）。

② 对人的主观感觉无不良影响。室内空气质量标准应低于引起眼睛、口腔、上呼吸道黏膜刺激的作用阈（色、嗅、味），或对皮肤的感觉阈。

③ 对人体健康无间接危害。室内空气质量标准应不影响人群生活的卫生条件，不妨碍植物生长和对环境的自净作用，保护环境维持生态平衡。

（4）选用最敏感指标原则 室内空气质量标准应从有害物质对人体多方面的有害作用中，选择对人群最敏感或特异性的指标作为标准的限制指标，根据剂量-效应关系确定的阈值或阈值下值作为最高容许浓度。

（5）可行性原则 室内空气质量标准的制定在经济上要合理、在技术上要可行，应该在考虑保证人群健康为主体的前提下，综合考虑我国经济和技术能够达到的水平，即费用—效应关系和

技术发展水平的协调性和合理性。

(6) 等同、等效、参照采用国际标准和国外先进标准原则 根据我国室内空气污染和人口学特征、社会经济发展水平、检验技术能力等条件,在制定室内空气质量标准时可等同、等效、参照采用国际标准和国外先进标准。

(7) 与国内其他标准协调性原则 室内空气质量标准应与相关的其他国家标准、行业标准协调一致,其协调性主要体现如下。

① 对于同一对象、同一内容的多个不同标准应整合为一个统一的标准。

② 对于同一对象不同内容应分别制定不同标准。

③ 对于同一对象的不同过程阶段应分别制定标准。

(二) 制定室内空气质量方面标准的主要方法

1. 制定室内空气中污染物卫生限值标准的方法

制定室内空气中污染物质卫生标准时,首先应收集该物质的理化性质及其在环境中存在的状态、含量、价态稳定性、迁移性、降解产物和分析方法等资料。然后根据制定原则从多方面进行研究,以探求其对人体健康危害的容许限量。为此,常采用实验研究方法包括对环境感官性状的研究方法,一般卫生状况影响研究方法和卫生毒理学研究等方法以及现场环境流行病学调查相结合的方法。

(1) 感官性状的研究方法 空气中的污染物对人体感官影响的研究,是在确保受试者安全的条件下,在实验室内直接对志愿者进行试验,以确定该物质在空气或水环境中的刺激作用阈、嗅觉阈、味觉阈或色觉浓度,选择最低的阈值作为感官性状的限制浓度。

(2) 污染物在环境中自净过程影响的研究方法 有机污染物在环境中的自净主要是在需氧微生物参与下进行的生物氧化过程,当某些污染物污染地面水或土壤后,可抑制微生物的生长繁殖,从而阻碍了自净过程的正常进行,使地面水或土壤的卫生状况恶化。因此,可通过实验方法研究不同浓度的污染物在地面水(或土壤)中对生化需氧及氨化、硝化过程的影响,从而得出不影响上述自净过程的阈浓度,作为防止自净过程受抑制的限制浓度。

(3) 卫生毒理学研究方法 卫生毒理学研究一般包括急性毒性、亚急性毒性和慢性毒性试验,对疑有特殊毒性的物质,还需进行致突变、致畸、致癌试验。通过动物实验,研究环境污染物对温血动物的毒性特征及所呈现的剂量-效应关系,将最大无作用浓度缩小一定的倍数(即安全系数)而得出该物质毒性作用方面的限制浓度。

(4) 环境流行病学调查方法 环境流行病学调查方法是研究环境污染物与居民的健康状况,生长发育,疾病的发病率、患病率以及某些生理、生化反应指标之间的关系,查明环境中污染物对居民健康有轻微损害的浓度和对健康影响的浓度,为制定或修订环境卫生标准提供直接依据。特别是对环境中稳定而具有特异作用的物质,现场调查可获得较满意的剂量-效应关系。

(5) 危险度评价方法 近年来,为了定量研究与暴露环境毒物有关的健康危险性的需要,发展形成了一门跨学科的方法学危险度评估(Risk Assessment),即在已知的暴露条件下,通过危险度评估,可以提供在空气、饮水中某种污染物的可接受浓度。在进行危险度评估中,一个最重要的方面是区别两类毒物,即一类是已知或假设具有反应阈值的毒物(有时称为有阈值毒物),一类是已知或假设无反应阈值的毒物(有时称为无阈值毒物)。根据两类毒物引起健康效应的不同,可以通过计算公式确定某种有害物质在空气、饮水中的可接受浓度。

2. 制定检验方法标准的方法

(1) 实验研究法 通过实验研究,确定方法的准确性、精密性、再现性,确定实验条件、环境参数、干扰因素对检验结果的影响程度,确定操作程序和步骤。

(2) 参照类比法 广泛收集国内外同类标准的技术资料、编制依据,结合我国环境卫生领域检验技术水平和能力,制定方法标准。

3. 方法验证

无论通过哪种方法制定的环境卫生标准检验检测方法均应经过国内其他单位的方法验证。

(三) GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》的编制

GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》于2003年3月1日起实施,已经三年。可以看到

宣传和贯彻该标准。对于不断提高人们的室内环境意识，促进与室内环境有关的行业和企业从室内环境方面规范自己的行为，保障人民的身体健康，具有十分重要的意义。

1. 标准的主要内容

该标准适用于住宅和办公建筑物的室内空气质量，该标准 4.1 条“室内空气应无毒、无害、无异常臭味。”是对于室内空气质量总的要求。4.2 条的“室内空气质量标准”表（见表 1-5）是该标准的主要内容。室内空气中各种参数的监测技术和检验方法都列在标准的附录中。

表 1-5 室内空气质量标准

序号	参数类别	参 数	单 位	标准值	备 注
1	物理性	温度	℃	22~28	夏季空调
				16~24	冬季空调
相对湿度		%	40~80	夏季空调	
			30~60	冬季空调	
空气流速		m/s	0.3	夏季空调	
			0.2	冬季空调	
4		新风量	m ³ /(h·人)	30 ^①	
5	化学性	二氧化硫 SO ₂	mg/m ³	0.50	1h 均值
6		二氧化氮 NO ₂	mg/m ³	0.24	1h 均值
7		一氧化碳 CO	mg/m ³	10	1h 均值
8		二氧化碳 CO ₂	‰	0.10	日平均值
9		氨 NH ₃	mg/m ³	0.20	1h 均值
10		臭氧 O ₃	mg/m ³	0.16	1h 均值
11		甲醛 HCHO	mg/m ³	0.10	1h 均值
12		苯 C ₆ H ₆	mg/m ³	0.11	1h 均值
13		甲苯 C ₇ H ₈	mg/m ³	0.20	1h 均值
14		二甲苯 C ₈ H ₁₀	mg/m ³	0.20	1h 均值
15		苯并[<i>a</i>]芘 B[<i>a</i>]P	ng/m ³	1.0	日平均值
16		可吸入颗粒 PM ₁₀	mg/m ³	0.15	日平均值
17		总挥发性有机物 TVOC	mg/m ³	0.60	8h 均值
18	生物性	菌落总数	cfu/m ³	2500	依据仪器定
19	放射性	氡 ²²² Rn	Bq/m ³	400	年平均值(行动水平 ^②)

① 新风量要求不小于标准值，除温度、相对湿度外的其他参数要求不大于标准值。

② 行动水平即达到此水平建议采取干预行动以降低室内氡浓度。

2. 标准的依据

为了控制室内空气污染，切实提高我国的室内空气质量，在借鉴国外相关指标、标准的基础上，结合我国的实际情况，参考国内现有的标准，确定《室内空气质量标准》中的参数限值。

(1) 室内空气中污染物限值的依据 表 1-6 列举了室内空气中污染物限值的依据。

(2) 室内空气中氡浓度的行动水平的依据 多数国家室内空气中氡浓度行动水平在 200~600Bq/m³ 范围内，有关国际标准（ICRP 第 65 号出版物“住宅和工作场所氡-222 的防护”和 IAEA 等六个国际组织的 115 号安全丛书“国际电离辐射与辐射源安全基本标准”）中给出的氡浓度行动水平为 200~600Bq/m³。

根据调查，各种类型住房中绝大多数室内氡浓度小于 400Bq/m³。本标准规定室内空气中氡浓度的行动水平为 400Bq/m³（年平均），与世界多数国家一致，又适应我国情况。鉴于新建和已

表 1-6 GB/T 18883 《室内空气质量标准》 污染物限值的依据

污染物名称	标准 值		依 据
二氧化硫 SO ₂	0.50mg/m ³	1h	GB 3095—1996《环境空气质量标准》
二氧化氮 NO ₂	0.24mg/m ³	1h	GB 3095—1996《环境空气质量标准》
一氧化碳 CO	10mg/m ³	1h	GB 3095—1996《环境空气质量标准》
二氧化碳 CO ₂	室外浓度以上 1260mg/m ³	8h	ASHREA 62—1999
氨 NH ₃	0.20mg/m ³	1h	前苏联工业企业设计卫生标准(CH245-71)
臭氧 O ₃	0.16mg/m ³	1h	GB 3095—1996《环境空气质量标准》
醛 HCHO	0.10mg/m ³	1h	香港地区办公室及公共场所室内空气质量管理指南—2000
苯 C ₆ H ₆	0.11mg/m ³	1h	香港地区办公室及公共场所室内空气质量管理指南—2000
甲苯	0.20mg/m ³	1h	结合我国具体情况,等效采用前苏联工业企业设计卫生标准(CH245-71)中二甲苯的标准
二甲苯	0.20mg/m ³	1h	前苏联工业企业设计卫生标准(CH245-71)
苯并[a]芘 B[a]P	1ng/m ³	24h	WS/T 182—1999《室内空气中苯并[a]芘卫生标准》
可吸入颗粒物	0.15mg/m ³	24h	GB/T 17095—1997《室内空气中可吸入颗粒物卫生标准》; GB 3095—1996《环境空气质量标准》
总挥发性有机物 TVOC	0.60mg/m ³	8h	香港地区办公室及公共场所室内空气质量管理指南—2000
细菌	2500cfu/m ³	依据仪器定	参照前苏联、我国公共场所卫生标准、我国人防工事空气中细菌卫生标准制定

建、地面和地下建筑都是人居住，从对人体健康影响出发，标准给出统一的室内空气氡浓度行动水平。

(3) 室内热环境参数的依据 标准规定的热环境参数基本上与《公共场所卫生标准》的要求相一致。既保证了一定的热舒适性，又考虑到节约能源。

目前室内新风量不足，换气次数不够是普遍现象。室内新风量根据 CO₂ 的浓度来确定是大多数国家使用的基本方法。CO₂ 虽然无色无味，但是与人的新陈代谢有关，因此可以作为室内空气新鲜程度的一个指标。计算新风量的基础是质量平衡。人每天呼吸的空气量约为 10m³，其中 21%是氧气，0.032%是二氧化碳。在人的呼出气中，二氧化碳占 4%~5%，氧气占 15%~16%。一间房子中，要使二氧化碳的浓度限制在 0.1%，必须保证每人每小时有 30m³ 的新鲜空气。

3. GB/T 18883 《室内空气质量标准》与相关标准的联系和区别

为了保护人民的身体健康，国家相应制定了一系列室内空气污染物浓度限值标准、公共场所卫生标准。近年来，又制定了 GB 50235—2001 《民用建筑工程室内环境污染控制规范》、十种《室内装饰装修材料有害物质限量》和 GB/T 18883—2002 《室内空气质量标准》。

这些标准的出发点和依据基本上是一致的，但也有一些差别。主要有以下几个方面。

(1) 控制时段和对象不同

①《室内空气质量标准》控制的是人们在正常活动情况下的室内环境质量。

②《民用建筑工程室内环境污染控制规范》控制的是新建、扩建和改建的民用建筑装饰工程室内环境质量。

③国家质量监督检验检疫局制定的十种《室内装饰装修材料有害物质限量》标准控制的是造成室内环境污染的室内装饰装修材料中的有害物质。

(2) 不同标准控制污染的项目不同

①《室内空气质量标准》标准对室内空气中的物理性、化学性、生物性和放射性指标进行全面控制。

②《民用建筑工程室内环境污染控制规范》主要对氨、游离甲醛、苯、氨、总挥发性有机物 5 项污染物指标的浓度限制。

③《室内装饰装修材料有害物质限量》控制的十种室内装饰装修材料有害物质限量。

(3) 由于控制对象不同检测条件不同

①《室内空气质量标准》是要求评价在人们正常活动情况下室内空气质量对人体健康影响时，要求日平均，至少监测一日，每日早晨和傍晚采样，早晨不开窗通风。

②《民用建筑工程室内环境污染控制规范》规定：对采用自然通风的民用建筑工程，检测应在通风后门窗关闭 1h 后进行。

(4) 标准的强制力不同（但是都具有法规的性质）

①《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》是国家的强制性标准，必须强制执行。

②《室内空气质量标准》是国家的推荐性标准，相当于一些非强制的法律法规，一方面在国家的法律法规引用了以后就具有了强制力。另一方面，双方当事人合同中协议中约定要求达到的标准要求才具有强制性作用。另外，根据《合同法》，当事人对产品质量有争议的，如果国家有强制性标准的从国家标准，如果国家没有强制性标准的从国家推荐性标准。

第三节 中国香港地区室内环境污染问题

一、中国香港室内环境污染主要问题

(一) 中国香港室内环境污染概况

香港特区政府环保署公布的首份室内空气质量调查表明，香港的室内空气污染情况跟其他发达国家十分相似。办公室一般是上班族逗留时间最长的地方，空气质量的优劣，直接影响上班人的健康。他们普遍存在“病态楼宇综合征”，常表现为头痛、眼部不适等。在接受调查的人当中，约 1/3 对有关大厦的室内空气质量感到不满。根据调查，他们对室内空气质量的主观感受与实际量得的结果很有关联，包括温度、湿度、每小时更换空气量，以及空气中部分污染物的水平。文员、经理及行政人员等因室内空气污染引致不适所导致的生产力损失每年达到 145 亿港元。处理此类病症所需的医疗费用，每年亦达 1.6 亿港元。加上为调节室内空气所耗费的电力一年的总损失高达 176 亿港元。

以往，人们把资源和注意力均集中在如何控制户外环境的空气污染问题。20 世纪 70 年代末期，当在工业工作间所预防职业病的工作经已发展了一段时期后，室内空气质量的研究工作方才逐渐开展。自此以后，公众对非工业楼宇室内污染物的影响愈来愈关注。随着楼宇兴建技术和设计不断变革，公众人士受办公室内空气污染的机会增加，关于“病态楼宇综合征”的报道，人们的关注亦有增无减。

20 世纪 70 年代末期发生石油危机后，节省能源的新方法应运而生，目的在于减少室外空气的供应量。这些新动态，加上更密封的楼宇和建筑物几乎全部普遍采用空调，使在现代办公室工作的人愈来愈跟室外环境隔绝，特别是这些措施使能够从外界进入室内的空气变得有限，不足以稀释在室内积聚的空气污染物。

(二) 室内空气质量素的定义及影响因素

1. 室内空气质量素的定义

根据美国采暖、制冷及空气调节工程师协会（ASHRAE）62—2001 及世界卫生组织（WHO）标准，《达致可接受室内空气质量素的通风要求》的定义如下。

(1) 美国采暖、制冷及空气调节工程师协会（ASHRAE）在经审理当局测定的空气中存在的已知污染物的含量未达有害水平，而暴露在此空气中的极大比率（80%或以上）的人士并未对其质素表示不满。

(2) 世界卫生组织（WHO）输送到楼宇占用人的呼吸区的室内空气的物理及化学性质，可促使占用人无论精神和身体方面均处于最佳健康状态，同时享有愉快的群体生活，而不单是没生病或不感到虚弱。

2. 影响室内空气质量素的因素及来源

① 室内空气的整体质素受热量可接受程度和空气污染物所影响。包括温度；湿度；空气流量。

② 较常见的空气污染物，包括空气中的粒子；挥发性有机化合物；二手烟；石棉；甲醛；氨；燃烧气体；臭氧；呼吸产物和体味；微生物。
常见室内挥发性有机化合物及其来源见表 1-7。

表 1-7 常见室内挥发性有机化合物及其来源

污 染 物	室 内 来 源
甲醛	杀菌剂、压板制成品、尿素-甲醛泡沫绝缘材料(UFFI)、硬木夹板、黏合剂、粒子板、层压制品、油漆、塑料、地毯、软塑家具套、石膏板、接合化合物、天花瓦及壁板、非乳胶嵌缝化合物、酸固化木涂层、木制壁板、塑料/三聚氰酰胺壁板、乙烯基(塑料)地砖、镶木地板
苯	二手烟、溶剂、油漆、染色剂、清漆、图文传真机、计算机终端机及打印机、胶黏剂、乳胶嵌缝剂、水基黏合剂、木制壁板、地毯、地砖黏合剂、污点/纺织品清洗剂、聚苯乙烯泡沫塑料、塑料、合成纤维
四氯化碳	溶剂、制冷剂、喷雾剂、灭火器、油脂溶剂
三氯乙烯	溶剂、经干洗布料、软塑家具套、油墨、油漆、亮漆、清漆、黏合剂、图文传真机、计算机终端机及打印机、打字机改错液、油漆清除剂、污点清除剂
四氯乙烯	经干洗布料、软塑家具套、污点/纺织品清洗剂、图文传真机、计算机终端机及打印机
氯仿(三氯甲烷)	溶剂、染料、除害剂、图文传真机、计算机终端机及打印机、软塑家具垫子、氯化水
1,2-二氯苯	干洗剂、去油污剂、杀虫剂、地毯清洁剂
1,4-二氯苯	除臭剂、防霉剂、空气清新剂/除臭剂、抽水马桶及废物箱除臭剂、除虫丸及除虫片
乙苯	与苯乙烯相关的制成品、合成聚合物、溶剂、图文传真机、计算机终端机及打印机、聚氨酯、家具抛光剂、胶黏剂、乳胶及非乳胶嵌缝化合物、地板黏合剂、地毯黏合剂、亮漆硬木镶木地板
甲苯	溶剂、香水、洗涤剂、染料、水基黏合剂、封边剂、模塑料带、墙纸、胶黏剂、硅酸盐薄板、乙烯基(塑料)涂层墙纸、嵌缝化合物、油漆、地毯、压木装饰、乙烯基(塑料)地砖、油漆(乳胶及溶剂基)、地毯黏合剂、油脂溶剂
二甲苯	溶剂、染料、杀虫剂、聚酯纤维、黏合剂、胶黏剂、墙纸、嵌缝化合物、清漆、树脂及搪瓷漆、地毯、湿处理复印机、压板制成品、石膏板、水基黏合剂、油脂溶剂、油漆、地毯黏合剂、乙烯基(塑料)地板、聚氨酯涂层

二、香港室内环境污染控制标准

(一) 香港法例中有关通风设施规例及指引

- ① 《公众卫生及市政条例》(第 132 章)
- ② 《附表所列处所通风设施规例》(第 132 章)
- ③ 《公众娱乐场所条例》(第 172 章)
- ④ 《空气污染管制条例》(第 311 章)
- ⑤ 《空气污染管制(火炉、烘炉及烟囱)(安装及更改)规例》(第 311 章)
- ⑥ 《空气污染管制(尘埃及砂砾排放)规例》(第 311 章)
- ⑦ 《空气污染管制(烟雾)规例》(第 311 章)
- ⑧ 《空气污染管制(指明工序)规例》(第 311 章)
- ⑨ 《空气污染管制(指明工序)(所需详情及资料的指明)令》1993 年,(第 311 章)
- ⑩ 《空气污染管制(指明工序)(所需详情及资料的指明)令》1994 年,(第 311 章)
- ⑪ 《噪音管制条例》(第 400 章)
- ⑫ 《噪音管制(一般)规例》(第 400 章)
- ⑬ 《建筑物(规划)规例》(第 123 章)
- ⑭ 《建筑物(通风系统)规例》(第 123 章)
- ⑮ 《吸烟(公众卫生)条例》(第 371 章)

(二) 室内空气质素指标与职业健康标准的比较

现代化楼宇的占用人不仅关心自己的健康，而且关注舒适感觉，因此相对于工业楼宇来说，在为办公室制定环境和卫生政策时，出发点会有所不同。传统的职业健康标准的重点在于保障工人，避免染上职业病，而本指标中提供的室内空气质素指标的目的则除了尽量减低患病的机会

外，更促进所有楼宇占用人的舒适感和福祉。室内空气质素指针较传统职业卫生作业守则中的相关职业安全标准更为严格，原因如下。

① 公众场所的室内空气质素指标旨在保障较广泛的目标社群，包括幼儿及长者。

② 用于高级办公室的室内空气质素指标亦适用于较容易受影响的群体，如对化学品过敏的，免疫能力有问题的，以致特别容易受某些微生物感染的个别人士。

③ 室内空气质素指标是根据以保健为基础的空气质素标准而制定，如世界卫生组织（WHO）所订立的标准，而其中一些标准已考虑若干常见空气污染物的协同作用。

④ 室内空气质素指标既考虑舒适度（气味和感官刺激），亦同时注重对健康的影响香港的法规和规例，包括《建筑物（规划）规例》（第 123 章），《公众娱乐场所条例》（第 172 章）及《公众卫生及市政条例》（第 132 章）等，已列明须在某些情况下为某些楼宇提供通风系统及/或鲜风供应量的规定。若本指引所载的指标与法例规定的标准出现歧异，楼宇的业主/管理公司应以遵守法例条文作为最低标准，而本指引所载内容应用作良好作业的依据。

（三）办公楼宇及公众场所的室内空气质素指标

室内空气质素指标可分如下两级。

① 卓越级。代表一幢高级而舒适的楼宇应有的最佳室内空气质素。

② 良好级。代表可保障一般公众人士，包括幼童及长者的室内空气质素。

这两级指标主要采用以健康为基础的空气质素标准，如世界卫生组织（WHO）所采用的标准来保护较广泛的人，如幼童及长者。

室内空气质素指标是为整幢楼宇内的室内空气质素而订立的（见表 1-8），适用于楼宇内的所有占用人。提供不同指标，旨在尽量减低实行计划的成本，务求在不同程度达致期望的“最佳健康水平”。符合室内空气质素指标并不代表可完全避免所有室内空气质素问题。不过，若楼宇能够符合所有参数，室内空气污染可能引致健康问题或令占用人感到不适的机会会减至最低。因此，楼宇业主及雇主在切实可行的情况下，应尽力达致室内空气质素指标。

表 1-8 办公楼宇及公众场所的室内空气质素指标

参 数	单 位	8 小时平均 ^①	
		卓 越 级	良 好 级
室内温度	℃	20 至 <25.5 ^②	<25.5 ^②
相对湿度	%	40 至 <70 ^③	<70
空气流动速度	m/s	<0.2	<0.3
一氧化碳(CO)	μg/m ³	<2000 ^④	<10000 ^⑤
可吸入颗粒物(PM ₁₀)	μg/m ³	<20 ^④	<180 ^⑥
二氧化氮(NO ₂)	μg/m ³	<40 ^⑤	<150 ^⑥
臭氧(O ₃)	μg/m ³	<50 ^④	<120 ^⑤
甲醛(HCHO)	μg/m ³	<30 ^④	<100 ^{④⑤}
总挥发性有机化合物(TVOC)	μg/m ³	<200 ^④	<600 ^④
氡(Rn)	Bq/m ³	<150 ^⑦	<200 ^④
空气中细菌	cfu/m ³	<500 ^{⑧⑨}	<1000 ^{⑧⑨}

① 在某些情况下，进行连续 8h 的测量工作未必可行。因此，亦可接受替代测量方案（即采用间歇式测量方法，在 4 个不同时段进行每次为半小时的测量，然后取平均数）。

② 机电工程署 1998 年发出的《空调装置能源效益指引》。

③ 室内空气质素指标：日本（Law of Maintenance of Sanitation in Building）及韩国（Public Sanitary Law）。

④ 芬兰室内空气质素及气候协会 2001 年发出的 Classification of Indoor Climate 2000：Target Values, Design Guidance and Product Requirements。

⑤ 世界卫生组织 2000 年发出的 Guidelines for Air Quality。

⑥ 环境保护署 1987 年根据《空气污染管制条例》（第 311 章）所订的香港空气质素指标。

⑦ 美国环保局 1987 年发出的“US EPA Guideline for Radon in Homes due to Natural Radiation Sources”（注：4pCi/L 或 150Bq/m³ 为美国环保局所订的行动水平）。

⑧ 美国政府工业卫生专家协会 1986 年，活动及报告“生物喷雾剂：办公室环境中存活于空气的微生物：采样准则及分析程序”。

⑨ 细菌含量超标并不表示会构成健康风险，但可作为需要进一步调查的提示。

三、香港室内环境污染控制方法

(一) 香港室内环境污染控制方法概述

为了使室内空气质量达到标准，应从楼宇的设计、制造阶段开始，注意考虑室内空气质量问题。从下列各方面制定及实施策略，防止室内空气污染问题的发生。

- ① 楼宇设计及建造。包括建筑设计；建筑及装修材料的选择；办公室设备的选择。
- ② 楼宇用途和布局。
- ③ 机械通风及空调（MVAC）系统。包括机械通风及空调系统的设计；机械通风及空调系统的操作和保养。
- ④ 翻新工程。
- ⑤ 除虫措施。
- ⑥ 内务管理和清洁。
- ⑦ 吸烟管制。

室内空气质量将由上述所有因素结合的影响所决定，因此我们决不能忽略任何一个因素。如果在某方面的室内空气质量未能妥善控制，如在楼宇本身和家具装饰中使用大量释放污染物的材料，很难有时甚至不可能透过改善通风等来完全补救。

(二) 如何选定缓解室内空气质量策略

缓解措施一般可分为四个范畴：控制源头；改善通风；净化空气；行政手段。

1. 控制源头

改善室内空气质量最直接和最有效的方法，是先考虑控制源头的方案。在某些个案中，这甚至可能是唯一可供选择的有效方案。下列是一些有效控制源头的方法。

- ① 完全消除污染物源头。
- ② 用低排放率或排放危害性较低的污染物的物料作为代替品。
- ③ 将源头密封或堵塞污染物的传播通道。
- ④ 改动源头位置，使远离有人占用的地方。

2. 改善通风

安装新通风系统或更改现有通风系统是控制污染的一项重要方法。倘若二氧化碳或其他污染物的水平达到异常高水平时，便显示通风系统运作可能已出现故障。可用以下方式改善现有通风系统的有效性能。

- ① 因应室内占用人及热能和污染物源头的情况，调校及重新调整通风系统。
- ② 增加室外空气供应。
- ③ 移去阻塞回风口的障碍物。
- ④ 控制产生污染物的范围与其他范围之间的压力关系。
- ⑤ 在进行排放高毒性或高浓度污染物的活动地点，如使用气体器具煮食、照相冲印、焊接等范围安装（暂时性或永久性）局部排气系统。
- ⑥ 改变空气供应及回风散布器的配置，或调较供应及回风散布器，以改善空气来源及空气分配之间的关系。
- ⑦ 改良空气分配系统，如提高空气供应或回风系统内的风扇的功率办公室及公众场所室内空气质素管理指引。

3. 净化空气

另一可行方案是提升空气过滤系统的功能，以便更彻底净化空气中的污染物。安装具有高尘点效率（85%或以上）的微粒过滤器及静电沉淀器可以舒缓因微粒污染或真菌孢子所引起的污染问题。气体过滤器除具上述功能外，更可以减低在空气中的常见挥发性有机化合物、臭氧、硫化氢及活性气体。正如通风系统一样，空气净化器的效能视乎有否定期清洁及保养。应先寻求专业意见，以便能够选择最适合处理问题而同时与现有机机械通风及空调系统兼容的装置，以达到最佳的成效。

4. 行政手段

一些室内空气质量问题只需采用如下行政手段便可轻易解决。

- ① 重新安排活动，例如在办公时间以外的时段进行翻新工程或除虫工作等。
- ② 限制个人操作可产生污染物器材的时间。
- ③ 重新安置较容易受影响的人士，使远离曾令他们出现病征的范围。

即使以上的行政手段不能解决问题，它们亦可以在找到长期解决方法前提供一定程度的暂时舒缓效果。这种方法的好处是能够以最低成本在出现问题时立即实施有关措施。楼宇管理人员应监察该等行政措施是否获得遵守，以确保能够达致设想的效果。

即使如此，鉴于空气污染物浓度的正常变动，要对事前及事后情况作任何有意义的比较仍然会存在一定的困难。其他出错机会是所测量的污染物不一定是导致问题的污染物。

若在连续实施多项缓解措施后仍然存在严重问题，可能适宜寻求外间协助。



思考题

1. 室内环境污染的定义是什么？
2. 怎样正确认识室内环境质量？
3. 我国室内环境污染检测与治理的研究进展如何？
4. 香港室内环境污染问题有哪些？
5. 香港室内环境污染标准有哪些？
6. 室内环境质量标准是对哪些因素作的技术规定？
7. 制定室内空气质量标准的基本依据是什么？
8. GB/T 18883—2002 室内空气质量标准的主要内容包括哪几方面？与其他相关标准的联系和差别是什么？

参考文献

- 1 中国室内装饰协会室内环境监测工作委员会．室内环境污染治理技术与应用．北京：机械工业出版社，2005
- 2 王作元译．空气质量准则．北京：人民卫生出版社，2003
- 3 卫生部卫生法制与监督司，中国疾控中心编．GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》实施指南．北京：中国标准出版社，2003
- 4 陈学敏．环境卫生学．北京：人民卫生出版社，2004
- 5 石保权．室内装饰装修材料有害物质限量国家标准实施指南．北京：中国标准出版社，2002
- 6 金银龙．GB/T 18883—2002 室内空气质量标准实施指南．北京：中国标准出版社，2003

第二章

室内环境中的化学污染检测与控制

第一节 室内环境化学污染的来源与危害

一、室内环境的化学污染概述

影响室内空气质量的不良因素包括物理、化学、生物和放射性等因素。室内空气污染主要是人为污染，其中又以化学性污染最为突出。随着人们生活水平的不断提高，各种装饰装修材料、家具和日用化学品等纷纷进入室内，使室内污染物的来源和种类不断增多，致使空气中存在的化学污染物多达数百种。这些污染存在于室内空气中，每一种污染物的浓度不一、毒性各异，它们对人体健康产生着各种不同的危害，造成各种不良综合征。

化学污染物质进入环境后，使室内空气的正常组成和性质发生了直接或间接有害于人类健康的变化，其污染的特点如下。

- (1) 低浓度长期效应 许多化学污染物，如苯并[a]芘(B[a]P)，在空气中的浓度非常低，以 ng/m^3 表示，其危害常常要经过很长的潜伏期才能体现。
- (2) 多因素协同作用 不同的化学污染物质，在不同的室内温度、湿度、气流速度和热辐射等诸多条件下，协同作用于人体，导致对人体健康危害效应十分复杂。

二、室内环境化学污染的来源

根据社会发展状况和现代化程度的不同，各地的室内污染状况有所不同。在发达国家，居室环境的污染以烟草、烟雾、氡造成的放射性污染以及尘螨、霉菌等生物性污染为主。而在大多数发展中国家，则以燃煤和生物性燃料燃烧以及建筑装饰材料造成的化学性污染为主。

化学污染是室内环境的主要污染，据统计，至今已发现的室内化学污染物约有 500 多种，其中挥发性有机化合物(VOC)达 300 多种。

1. 燃料燃烧产生的室内化学污染。

目前，我国常用的生活燃料有煤、天然气、煤制气和液化石油。在农村地区，还有生物燃料，如木材、植物秸秆及粪便等。这些燃料在燃烧中产生多种污染物质，各种污染物在室内不断聚集，构成了室内空气化学污染的主要污染源之一。根据燃料的种类不同，燃烧产物也不相同。燃烧产生的化学污染物主要有碳氧化物，如 CO 和 CO_2 ；含氧类烃，如醛类芳香烃等；氮氧化物 NO_x ；多环芳烃，如苯并[a]芘；硫氧化合物，如 SO_2 等。金属和非金属氧化物，如砷、铅、镉及其氧化物等。此外，还有悬浮颗粒物(其中可吸入颗粒物含量较高)，这些粒径很小的颗粒物质可以直接沉积在人的呼吸道，危害人体健康。

2. 烹调油烟产生的室内化学污染

我国的烹调方法主要采用高温油炸烹炒等，烹调使用的食用油和食物在高温条件下，发生一系列复杂的反应变化，其中部分分解产物以烟雾形式散发到空气中，形成油烟雾。据检测，这种油烟雾中包含着多达 200 多种化合物，主要有醛、酮、烃、脂肪酸、醇、芳香烃、酯和杂环化合物等。这些化合物中就包括致癌物以及导致心脑血管疾病的脂肪氧化物等多种危害人体健康的污染物。

3. 吸烟产生的室内化学污染

吸烟是产生室内化学污染的主要来源之一。香烟烟雾中的成分复杂，目前已鉴定出的烟雾中的化学物质有数千种。它们以气态或颗粒物的形式散发在室内空气中，主要有 NO₂、CO₂、CO、挥发性硫化物、亚硝基化合物、醛类以及尼古丁等。这些化学物质造成室内环境的严重污染可使人致病或致癌。

4. 日用化学品产生的室内化学污染

在现代生活中，几乎不可避免地使用各种日用化学品。这些日用化学品种类繁多，所含化学物质各异，在使用过程中可能污染室内空气，影响人的身体健康。如各种洗涤产品、清洁产品、化妆品、皮鞋保护剂、空气清新剂、卫生杀虫剂、除臭剂、都会有挥发性有机化合物（见表 2-1），其中的有害物质散发到空气中，危害人体健康。

表 2-1 一些化学品的组成

化 学 品 名 称	组 成
液体清洁剂	磷酸盐、VOC、芳香烃（甲苯、对二甲苯、氯苯）
固体清洁剂	氯化烃、醇、酮酯
杀虫剂	硫、氯化钙、VOC、脂肪烃、芳香烃（二甲苯、对二氯苯）
除臭剂	丙烯基乙二醇、乙醇

5. 建筑材料和室内装饰装修材料产生的室内化学污染

随着建筑业的发展以及人们审美观的提高，各种新型的建筑材料和装饰装修材料不断涌现。这些材料中向室内空气中释放着许多挥发性有机物，如甲醛、苯、甲苯、二甲苯、醚、酯类等，是造成室内环境化学污染的重要来源。据国家卫生建筑和环保部门进行的室内装饰装修材料抽查发现，有 68% 的装饰材料可产生有毒有害气体，特别是新装修的住宅、宾馆等场所室内甲醛浓度都有不同程度的超标。

目前，已在室内空气中检测出 500 多种有机化学物质，其中有 20 多种有致癌或致突变作用。这些物质的浓度有时虽不是很高，但装饰装修中的污染物释放是一个持续、缓慢的过程。它们在长期综合作用下，可使居住在被这些挥发性有机物污染的室内人群出现不良建筑物综合征，建筑物相关疾患等疾病。尤其是在通风不良的建筑物内，由于室内污染物得不到及时地清除，就更容易使人出现不良反应及疾病。

6. 其他化学污染

除上述因素产生的室内化学污染外，人体的活动，如呼吸产生的 CO₂、代谢产物产生的 NH₃、办公室用复印机产生 O₃，以及室内种植的花卉可能产生的有毒气体等，这些都是造成室内化学污染的因素。

三、室内环境化学污染的危害

人类各种活动，如燃烧取暖烹调、使用各种日用化学品办公设备、进行各种室内装饰装修、种植花卉，以及人类本身的代谢都会产生诸多化学物质，造成了室内环境的化学污染，给人体的健康带来不同程度的危害。

室内空气中的化学污染物对人体健康的影响具有长期、慢性 and 多系统危害的特点。可从以下几方面进行探讨。

（一）室内空气中化学污染物中无机化合物对人体健康的危害

1. 二氧化硫（SO₂）对人体健康的危害

（1）对呼吸系统的危害 SO₂ 在一定浓度下对呼吸道，特别是对上呼吸道具有强烈刺激作用，并可影响呼吸功能。其浓度在 0.9mg/m³ 或大于此浓度就能被大多数人嗅到，吸入后，主要对呼吸器官造成损伤，可诱发各种炎症和慢性鼻炎、慢性支气管炎等。吸入高浓度的 SO₂ 时，可引起急性支气管炎、肺水肿，其症状为咳嗽、胸闷、胸痛、呼吸困难，极高浓度时可引起窒息死亡。

（2）对大脑皮质机能及人体内维生素代谢的危害 低浓度 SO₂ 可使脑电波阻断，光敏感度增加，暗视应受抑制。SO₂ 可与血液中维生素 B₁ 结合，使体内维生素平衡失调，从而影响机体

新陈代谢。

(3) SO_2 与其他污染物的联合作用对人体的危害 SO_2 与其他污染物联合作用时，危害远远大于单独作用。 SO_2 吸附在颗粒物上，可进入肺深部，引起支气管哮喘发作；与 CO 或 NO_x 的联合作用可降低 SO_2 的毒性作用阈值； SO_2 与 B[a]P 联合作用时可增强 B[a]P 的致癌作用。

除上述对健康影响外， SO_2 对树木、谷物及蔬菜等均可造成损害，对牛、马、猪、羊、狗等动物均可引起疾病或死亡。此外， SO_2 对于建筑物、桥梁及其他物体均有腐蚀作用。

2. 二氧化氮 (NO_2) 对人体健康的危害

(1) NO_2 对呼吸系统的危害 吸入高浓度的 NO_2 可直接引起肺水肿，长期吸入低浓度的 NO_2 可引起肺泡表面活性物质的过氧化，损害细支气管的纤毛上皮细胞和肺泡细胞，破坏肺泡组织的胶原纤维，并可发生肺气肿样症状。它尚能缓慢地溶于肺泡表面的水分中，形成亚硝酸、硝酸，对肺组织产生强烈的刺激及腐蚀作用，引起肺水肿。

(2) 对血液及全身的影响 NO_2 通过人体的呼吸，通过肺部以亚硝酸根和硝酸根离子的形式进入血液，与血红蛋白结合生成高铁血红蛋白（即变性血红蛋白），减低了血红蛋白带氧能力，引起组织缺氧。 NO_2 进入血液后，在全身分布，对心、肝、肾，以及造血组织等均有影响。

(3) NO_2 与其他污染物联合作用对人体的危害 NO_2 与 SO_2 共存时对健康成人肺功能的损伤有相加作用。 NO_2 与 SO_2 共存时可显著降低人体对呼吸道感染的抵抗力， NO_2 与多环芳烃 (PAH) 共存时，可使多环发生硝基化作用，形成硝基 PHA，很多种类的硝基 PHA 化合物有致突变、致癌作用。

3. 一氧化碳 (CO) 和二氧化碳 (CO_2) 对人体健康的危害

(1) CO 对人体健康的危害 可引起神经系统的病变。当空气中 CO 浓度轻微升高时，可引起行为改变和工作能力下降；高浓度的 CO 可引起脑缺氧和脑水肿，继而发生脑血循环障碍，导致脑组织病变。 CO 阻碍血液中的血红蛋白与氧的结合，妨碍机体各组织的输氧功能，造成缺氧症， CO 中毒严重时可出现昏睡、痉挛而造成死亡。 CO 可经胎盘进入胎儿体内，正常胎儿血液中 CO 浓度比母亲高。胎儿对 CO 的毒性比母亲敏感，孕妇患急性 CO 中毒幸存者，其胎儿可以致死或出生后遗留神经障碍。长期低浓度接触 CO 对健康也有危害，特别是对神经系统和心血管系统有一定损害。

(2) CO_2 对人体健康的危害 室内空气中 CO_2 浓度超出一定范围后会对人体产生危害，且存在协同作用。 CO_2 浓度增加与室内细菌总数、 CO 、甲醛浓度呈正相关，使室内空气污染更加严重。 CO_2 污染严重时，人体会出现头痛、耳鸣、全身无力等症状，甚至出现急性中毒而导致死亡。

4. 氨 (NH_3) 对人体健康的危害

NH_3 对眼睛鼻黏膜及上呼吸道有强烈的刺激作用，可使接触者出现咽炎、咳嗽、头痛等症状，严重时可出现支气管痉挛及肺气肿。 NH_3 的溶解度极高，极易被吸附在皮肤黏膜和结膜上。 NH_3 对接触的皮肤组织有腐蚀和刺激作用，可使组织蛋白变性，并使组织脂皂化，破坏细胞膜结构，减弱人体对疾病的抵抗力。浓度过高时除腐蚀作用外，还可以通过三叉神经末梢的反射作用而引起心脏停搏和呼吸停止。

5. 臭氧 (O_3) 对人体健康的危害

O_3 有较高的化学反应性，具有强烈的刺激性，对人体健康有一定危害，它主要是刺激和损害深部呼吸道，并损害中枢神经系统，对眼睛也有轻度损害作用。此外， O_3 还能阻碍血液输氧功能，造成组织缺氧，使甲状腺功能受损，骨骼早期钙化，还可以引起潜伏在的全身影响，如诱发淋巴细胞染色体畸变，损害某些酶的活性和产生溶血反应等。

(二) 室内空气中化学污染物中有机化合物对人体健康的危害

1. 甲醛 (HCHO) 对人体健康的危害

目前我国城市室内空气化学污染物中超标最严重的是甲醛和苯。由于装饰装修材料的大量使用，致使居室内的甲醛污染日益严重。调查表明，新装修的住宅、宾馆等场所室内的甲醛浓度都有不同程度的超标。并且由于装修材料中甲醛的释放是一个缓慢的过程，所以许多装修过很长时间的居室也存在甲醛浓度超标的问题。甲醛对人体健康的危害主要表现在以下几个方面。

(1) 刺激作用 甲醛的主要危害表现为对皮肤黏膜的刺激作用。在室内达到一定浓度时，人就有不适感，大于 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ 的甲醛浓度可引起眼红、眼痒、咽喉不适或疼痛、声音嘶哑、喷

嚏、胸闷、气喘、皮炎等。

(2) 急性中毒反应 甲醛浓度过高会引起急性中毒, 表现为咽喉烧灼痛、呼吸困难、肺水肿、过敏性紫癜、过敏性皮炎、肝转氨酶升高、黄疸等。

(3) 慢性危害 甲醛有刺激性气味, 低浓度即可嗅到, 人对甲醛的嗅觉阈通常是 $0.06 \sim 0.07 \text{ mg/m}^3$ 。但有较大的个体差异性, 有人可达 2.66 mg/m^3 。长期、低浓度接触甲醛会引起头痛、头晕、乏力、感觉障碍、免疫力降低, 并可出现瞌睡、记忆力减退或神经衰弱、精神抑郁; 慢性中毒对呼吸系统的危害也是巨大的, 长期接触甲醛可引发呼吸功能障碍和肝中毒性病变, 表现为肝细胞损伤、肝辐射能异常等。

(4) 遗传毒性 近年来发现, 甲醛能引起哺乳动物细胞核的基因突变、染色体损伤、DNA 断裂。甲醛与其他多环芳烃有联合作用, 如与苯并[a]芘的联合作用使毒性增强。

(5) 致癌 甲醛致癌性研究主要在近三十年, 多是动物研究方面。现已发现, 大鼠暴露于 15 mg/m^3 浓度的甲醛中 11 个月, 可致鼻癌。另外, 甲醛可使实验室微生物发生基因突变。目前, 美国职业安全与卫生研究所 (NIOSH) 已将甲醛列入人类可疑致癌物, 认为甲醛可以增加胃癌、鼻咽癌和肺癌的危险性。

2. 苯及苯系物对人体健康的危害

苯被国际癌症研究机构确认为有毒的致癌物质。苯属于中等毒类物质, 急性中毒主要对中枢神经系统有毒害, 慢性中毒主要对造血组织及神经系统有损害。甲苯属低毒类, 高浓度中毒时可发生肾、肝和脑细胞坏死和退行性变, 慢性中毒主要是对中枢神经系统的损害, 纯甲苯对血液系统基本无毒作用。二甲苯的三种异构体的毒性略有差异, 以间位最大, 但均属低毒类物质, 其毒性主要是对中枢神经和植物神经系统的麻醉和刺激作用, 慢性中毒则比苯为弱, 对造血组织的损害尚无确实证据, 可能引起轻度的、暂时性的末梢血象改变。

甲苯、二甲苯对生殖功能亦有一定影响, 并导致胎儿先天性缺陷 (即畸形)。甲苯、二甲苯对皮肤和黏膜刺激性大, 对神经系统损伤比苯强, 长期接触有引起膀胱癌的可能。

3. 苯并[a]芘 (B[a]P)

对人类和动物具有很强的致癌性。在人们的生活和生产活动中, 各种燃料都要产生一定量的 B[a]P, 香烟烟雾以及熏制食品中均含有 B[a]P。B[a]P 是代表多环芳烃类的化学致癌物在环境中存在的指标。流行病学调查者认为的肺癌与环境 B[a]P 的含量之间有着极为密切的关系。

4. 总挥发性有机物 (TVOC) 对人体健康的危害

根据世界卫生组织 (WHO) 的定义, 沸点在 $50 \sim 260^\circ\text{C}$ 的有机化合物称为挥发性有机化合物。随着化学品和各种装饰材料的广泛使用, 室内其他污染物尤其是挥发性化合物 (VOCs) 的种类不断增加, 因此提出用总挥发性有机物 (TVOC) 作为室内空气质量评价的一个指标。

总挥发性有机物对人体健康的影响主要表现在感官效应和超敏感效应, 但由于目前受控制的人体暴露研究还很缺乏, 且其结果尚未得到证实, 而且流行病学调查的结果也不一致, 因此制定室内精确的总挥发性有机物的评价标准是很难的。

(三) 室内空气中可吸入颗粒物对人体健康的危害

颗粒物是指大气中除气体之外的物质, 包括各种各样的固体、液体和气溶胶。颗粒物按其性质可分为化学性颗粒物和生物性尘螨、动物毛皮屑、室内通风、空调系统产生的细菌等。

颗粒物中粒径小于 $10 \mu\text{m}$ 的称为飘尘, 因其可以进入人体呼吸道, 也称为可吸入颗粒物。随着研究工作的深入, 人们逐渐认识到: 导致人群患病率增加的主要是这些可吸入颗粒物, 因为这些细小的粒子易于富集空气中的有毒重金属、酸性氧化物、有机污染物、细菌和病毒, 它们被吸入人体后, 随血液在全身循环, 对人体的健康有很大的危害, 可导致与心肺功能障碍有关的疾病等。大量的可吸入颗粒物进入肺部对局部组织有堵塞作用, 可使局部的支气管的通气功能下降, 或使细支气管和肺泡的换气功能丧失。

第二节 室内环境化学污染的控制标准

环境卫生标准是从保护人群健康和生活条件的角度出发, 对环境中有有害物质 (或因素) 给予

定量限制，一般是以最高容许浓度或剂量来表示。最高容许浓度的含义是指环境中的有害化学物质，在这种浓度下，无论是对人体的短期还是长期，直接或间接，当代或后代的作用下，均不会产生任何身体上或精神上的损伤或用先进的基础医学、临床医学、预防医学和生态学方法从多方面观察人体健康对污染物质无任何反应。

室内空气质量检测是以室内空气质量卫生标准为依据，检测的对象不是污染源，而是某一特定的房间或场所内的环境空气。其目的是了解和掌握室内环境空气污染状况（种类、水平、变化规律），对室内空气质量是否超过卫生标准和是否有损人体健康进行评价。通过长期检测，积累资料也为制定和修改国家卫生标准及相关法规提供依据。

我国室内空气质量标准和规范中有关室内普遍存在对健康危害较大的化学污染物的控制指标如下。

一、《室内空气质量标准》

2003 年国家质量监督检验检疫总局、卫生部、国家环保局颁布的《室内空气质量标准》见表 2-2。

表 2-2 《室内空气质量标准》

化学污染物名称	标准值	时间	依据
二氧化硫 SO ₂	≤0.50mg/m ³	1h	GB 3095—1996《环境空气质量标准》
二氧化氮 NO ₂	≤0.24mg/m ³	1h	GB 3095—1996《环境空气质量标准》
一氧化碳 CO	≤10mg/m ³	1h	GB 3095—1996《环境空气质量标准》
二氧化碳 CO ₂	≤0.10%	24h	GB/T 17094—1997《室内空气中二氧化碳卫生标准》
氨 NH ₃	≤0.20mg/m ³	1h	前苏联工业企业设计卫生标准(CH 245—71)
臭氧 O ₃	≤0.20mg/m ³	1h	GB 3095—1996《环境空气质量标准》
甲醛 HCHO	≤0.10mg/m ³	1h	香港环境保护署 Interim Indoor Air Quality Guideline 1994
苯 C ₆ H ₆	≤0.11mg/m ³	1h	香港环境保护署 Interim Indoor Air Quality Guideline 1994
甲苯 C ₇ H ₈	≤0.20mg/m ³	1h	结合我国具体情况,等效采用前苏联工业企业设计卫生标准(CH 245—71)
二甲苯 C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	≤0.20mg/m ³	1h	前苏联工业企业设计卫生标准(CH 245—71)
苯并[a]芘 B[a]P	≤1ng/m ³	24h	WS/T 182—1999《室内空气中苯并[a]芘卫生标准》
可吸入颗粒物 PM ₁₀	≤0.15mg/m ³	24h	GB/T 17095—1997《室内空气中吸入颗粒物卫生标准》;GB 3095—1996《环境空气质量标准》
总挥发性有机物 TVOC	≤0.60mg/m ³	8h	香港地区办公室及公共场所室内空气质量指南(2000)

二、《民用建筑工程室内环境污染控制规范》

2001 年国家建设部颁布的《民用建筑工程室内环境污染控制规范》见表 2-3。

表 2-3 《民用建筑工程室内环境污染控制规范》

化学污染物名称	I 类民用建筑工程	II 类民用建筑工程	化学污染物名称	I 类民用建筑工程	II 类民用建筑工程
游离甲醛/(mg/m ³)	≤0.08	≤0.12	氨/(mg/m ³)	≤0.2	≤0.5
苯/(mg/m ³)	≤0.09	≤0.09	TVOC/(mg/m ³)	≤0.5	≤0.6

注：1. 表中污染物浓度限量，除氨外均以同步测定的室外空气相应值为空白值。
2. I 类民用建筑工程，如住宅、老年公寓、托儿所、幼儿园、医院和学校教室等民用建筑工程。
3. II 类民用建筑工程，如商场、体育馆、书店、旅馆、办公室、图书馆、文化娱乐场所、展览馆和公共交通等候室、餐厅、理发店等民用建筑工程。

三、《室内空气质量卫生标准》

2001 年卫生部颁布的《室内空气质量卫生标准》见表 2-4。

表 2-4 《室内空气质量卫生标准》

化 学 污 染 物 名 称		单 位	浓 度 限 值	备 注
二氧化硫	SO ₂	mg/m ³	0.15	小时平均 小时平均 小时平均
二氧化氮	NO ₂	mg/m ³	0.10	
一氧化碳	CO	mg/m ³	5.0	
二氧化碳	CO ₂	%	0.10	
氨	NH ₃	mg/m ³	0.2	
臭氧	O ₃	mg/m ³	0.1	
甲醛	HCHO	mg/m ³	0.12	
苯	C ₆ H ₆	μg/m ³	90	
苯并[a]芘	B[a]P	μg/100m ³	0.1	
可吸入颗粒物	PM10	mg/m ³	0.15	
总挥发性有机物	TVOC	mg/m ³	0.60	

注：1. 除特殊指出外，均为日平均浓度。
2. 居室内甲醛的浓度限值为 0.08mg/m³。
3. 小时平均浓度指任何一小时的平均浓度，每小时至少有 45min 以上的测量数。

四、《室内环境质量评价标准》

国家环保局颁布的《室内环境质量评价标准》见表 2-5。

表 2-5 《室内环境质量评价标准》

化 学 污 染 物		级 别			备 注
名 称	单 位	一 级	二 级	三 级	
甲醛	mg/m ³	0.04	0.08	0.12	8h 平均
苯	μg/m ³	10	20	30	8h 平均
二甲苯	mg/m ³	0.30	0.60	0.90	8h 平均
总挥发性有机物	μg/m ³	200	300	600	8h 平均
苯并[a]芘	mg/m ³	不得检出	1	2	日平均
氨	mg/m ³	0.1	0.2	0.5	
二氧化碳	ppm	600	1000	1500	
一氧化碳	mg/m ³	3	5	10	8h 平均
臭氧	mg/m ³	0.10	0.12	0.16	8h 平均
二氧化硫	mg/m ³	0.15	0.15	0.25	日平均
二氧化氮	mg/m ³	0.10	0.10	0.15	日平均
可吸入颗粒物	μm/m ³	50	150	250	日平均

注：1. 一级指舒适、良好的室内环境。
2. 二级指能保护大众（包括老人和儿童）健康的室内环境。
3. 三级指能保护员工健康、基本能居住或办公的室内环境。

五、公共场所卫生标准

国家卫生部于 20 世纪 80～90 年代颁布的各类公共场所（包括旅店客房、文化娱乐场所、公共浴室、理发店、美容院、游泳馆、体育馆、图书馆、博物馆、美术馆、展览馆、商场、书店、医院候诊室、公共交通候客室、公共交通工具、饭馆、餐厅等）卫生标准见表 2-6。

表 2-6 公共场所卫生标准

公 共 场 所 类 型		化 学 污 染 物 名 称				
		甲醛 /(mg/m ³)	二氧化碳 /%	一氧化碳 /(mg/m ³)	可吸入颗粒物 /(mg/m ³)	氨 /(mg/m ³)
旅店客房	3~5 星级饭店、宾馆	≤0.12	≤0.07	≤5	≤0.15	
	1~2 星级饭店、宾馆和非星级带 空调的饭店、宾馆		≤0.10	≤5	≤0.15	
	普通旅店、招待所		≤0.10	≤10	≤0.20	
文化娱乐场所	影剧院、音乐厅、录像厅(室)	≤0.12	≤0.15	—	≤0.20	
	游艺厅、舞厅			—		
	酒吧、茶座、咖啡厅			≤10		
公共浴室	更衣室		≤0.15	≤10		
	浴室(淋、池、盆浴)		≤0.10	—		
	桑那浴室		—	—		
理发店、美容店		≤0.12	≤0.1	≤10		≤0.5
游泳馆			≤0.15			
体育馆		≤0.12	≤0.15		≤0.25	
图书馆、博物馆、 美术馆和展览馆	图书馆、博物馆、美术馆	≤0.12	≤0.1		≤0.15	
	展览馆	≤0.12	≤0.15		≤0.25	
商场(店)书店		≤0.12	≤0.15		≤0.25	
医院候诊室		≤0.12	≤0.15	≤5	≤0.25	
公共交通等候室	候车室和候船室	≤0.12	≤0.15	≤10	≤0.25	
	候机室				≤0.15	
公共交通工具	旅客列车车厢		≤0.15	≤10	≤0.25	
	轮船客舱				≤0.25	
	飞机客舱				≤0.15	
饭馆(餐厅)		≤0.12	≤0.15	≤10	≤0.15	

第三节 室内环境化学污染的检测

一、二氧化硫的检测方法

(一) 二氧化硫 (SO₂) 的理化性质

二氧化硫为有强烈辛辣刺激气味的无色气体。相对分子质量 64.06，熔点 -76.1℃，沸点 -10℃，液态时的相对密度为 1.434，气态相对密度约为空气的 2.92 倍。在 20℃、0.1MPa 下能液化，溶于水，微溶于醇及醚。在水中的溶解度为 8.5%（25℃），易溶于甲醇和乙醇，可溶于硫酸、醋酸、氯仿和乙醚。

(二) 二氧化硫 (SO₂) 的来源

室内环境中的二氧化硫主要来源于含硫燃料（煤、石油）的燃烧。二氧化硫对室内的污染与家庭炊事模式、通风换气情况、污染源强度、燃料种类、室内结构以及室外二氧化硫浓度等因素有关。此外，室内烟草不完全燃烧也是室内二氧化硫的重要来源。

(三) 二氧化硫的检测方法——盐酸副玫瑰苯胺分光光度法

测定二氧化硫的方法很多，如荧光法、库仑滴定法、四氯汞盐溶液吸收-盐酸副玫瑰苯胺比色法、甲醛溶液吸收-盐酸副玫瑰苯胺分光光度法等。其中四氯汞盐溶液吸收-盐酸副玫瑰苯胺比色法是 WHO 指定标准方法，但由于吸收液用量大，不仅对操作人员的健康产生影响，而且分析后的含汞废液会造成环境污染，故另外一种较为实用的用以取代汞盐的方法甲醛溶液吸收-盐

酸副玫瑰苯胺分光光度法发展很快，目前已成为国家标准。

1. 相关标准和依据

本方法依据 GB/T 16128—1995《居住区大气中二氧化硫卫生检验标准方法 甲醛溶液吸收-盐酸副玫瑰苯胺分光光度法》。

2. 原理

空气中的二氧化硫被甲醛缓冲溶液吸收后，生成稳定的羟基甲基磺酸，加碱后，与盐酸副玫瑰苯胺作用，生成紫红色化合物，以比色定量。

3. 测定范围与适用场所

测定范围为 10ml 样品溶液中含 0.3~20 μg 二氧化硫。若采样体积为 20L 时，则可测浓度范围为 0.015~1 mg/m^3 。本方法适用于居住区大气中二氧化硫浓度的测定，也适用于室内和公共场所空气中二氧化硫浓度的测定。

4. 仪器与设备

(1) 吸收管 普通型多孔玻板吸收管，可装 10ml 吸收液，用于 30~60min 采样；大型多孔玻板吸收管可装 50ml 吸收液，用于 24h 采样。

(2) 空气采样器 流量范围 0.1~1L/min，流量稳定。使用时，用皂膜流量计校准采样系列在采样前和采样后的流量，流量误差应小于 5%。

(3) 具塞比色管 25ml。

(4) 分光光度计 用 10mm 比色皿，在波长 570nm 处测吸光度。

(5) 恒温水浴 0~40℃ 要求可控制温度误差 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

(6) 可调定量加液器 5ml，加液管口内径 $\phi 1.5\sim 2\text{mm}$ 。

5. 采样

(1) 30~60min 样品 用普通型多孔玻板吸收管，内装 8ml 吸收液，以 0.5L/min 流量，采样 30~60min。

(2) 24h 样品 用大型多孔玻板吸收管内装 50ml 吸收液，以 0.2~0.3L/min 流量，采样 24h。采样时吸收液温度应保持在 30℃ 以下；采样、运输、储存过程中要避免日光直接照射样品。及时记录采样点气温和大气压力。当气温高于 30℃ 时，样品若不能当天分析，应储于冰箱。

6. 分析步骤

按标准规定进行。

7. 结果计算

(1) 将采样体积按式换算成标准状况下的采样体积

$$V_0 = V_t \times \frac{P}{P_0} \times \frac{T_0}{t + 273}$$

式中 V_0 ——标准状况下的采样体积，L；

V_t ——采样体积，由采气流量乘以采样时间而得，L；

T_0 ——标准状况的热力学温度（273K）；

P_0 ——标准状况的大气压力（101.3kPa）；

P ——采样时的大气压力，kPa；

t ——采样时的空气温度，℃。

(2) 空气中的二氧化硫浓度计算 用二氧化硫标准溶液制备标准曲线时，用下式计算样品含量。

$$c = \frac{(A - A_0) \times B_s}{V_0} \times D$$

式中 c ——二氧化硫的浓度， mg/m^3 ；

A ——样品的吸光度；

A_0 ——试剂空白吸光度；

B_s ——计算因子， $\mu\text{g}/\text{吸光度}$ ；

D ——稀释倍数（30~60min 样品为 1，24h 样品为 5）。

8. 精密度与准确度

(1) 方法的重现性 用标准溶液制备标准曲线时,各含量点测定的平均相对标准偏差为 4.5%; $5\mu\text{g}/10\text{ml}$ 的标准样品,重复测定的相对标准偏差小于 5%;标准气的含量为 $100\sim 200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时,测定值与标准值的相对误差小于 20%。

(2) 样品加标回收率 $101\%(n=13)$ 。

(3) 灵敏度 10ml 吸收液中含有 $1\mu\text{g}$ 二氧化硫应有 (0.035 ± 0.003) 吸光度。

(4) 检出下限 $0.3\mu\text{g}/10\text{ml}$ (按与吸光度 0.01 相对应的含量计)。若采样体积为 20L 时,则最低检出含量为 $0.015\text{mg}/\text{m}^3$;当用 50ml 吸收液, 24h 采样体积为 300L ,取 10ml 样品溶液测定时,最低检出含量 $0.005\text{mg}/\text{m}^3$ 。

二、二氧化氮的检测方法

(一) 二氧化氮 (NO_2) 的理化性质

二氧化氮是红褐色有特殊刺激臭味的气体,相对分子质量为 46.01。对空气的相对密度 1.58,气态时以二氧化氮形式存在,固态时以四氧化二氮 (N_2O_4) 形式存在,并具有腐蚀性和较强的氧化性,易溶于水。大气中二氧化氮被水雾吸收,会形成气溶胶状的硝酸和亚硝酸的酸性雾滴。

(二) 二氧化氮 (NO_2) 的来源

室内环境中的二氧化氮主要来自烹调或取暖所用燃料在空气中的燃烧产物。近来,在一些经常使用复印机的地方,氮氧化物浓度较高,这主要是由于复印机室内有大量强氧化性的臭氧,空气中的氮被氧化而形成的。

(三) 二氧化氮的检测方法——改进的 Saltzman 法

1. 相关标准和依据

GB/T 12372—1990 《居住区大气中二氧化氮检验标准方法 改进的 Saltzman 法》。

2. 原理

空气中的二氧化氮,在采样吸收过程中生成的亚硝酸,与对氨基苯磺酰胺进行重氮化反应,再与 N -(1-萘基)乙二胺盐酸盐作用,生成紫红色的偶氮染料。根据其颜色的深浅,比色定量。

3. 测定范围与适用场所

本法适用于居住区大气中二氧化氮含量的测定,也适用于室内和公共场所空气中二氧化氮含量的测定。方法的检出下限为 $0.01\mu\text{g NO}_2^-/\text{ml}$ 。若采样体积 10L 时,可测浓度范围为 $0.03\sim 1.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

4. 仪器与设备

(1) 采样装置

① 吸收管。根据采样周期不同,采用两种不同体积的吸收管。应按标准 (GB/T 12372—1990) 附录 A 检查吸收管的气泡分散是否均匀。在采样条件下,吸收效率不应小于 98%。多孔玻板吸收管,在测定范围内 $\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_2^-$ 的经验转换系数为 0.89。若采用新设计的采样管,必须用已知含量的标准气体测定其 $\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_2^-$ 的经验转换系数。

a. 多孔玻板吸收管。用于在 60min 之内样品采集,可装 10ml 吸收液。在流量 $0.4\text{L}/\text{min}$ 时,吸收管的滤板阻力应为 $4\sim 5\text{kPa}$,通过滤板后的气泡应分散均匀。

b. 大塑多孔玻板吸收管。用于 $1\sim 24\text{h}$ 样品采集,可装吸收液 50ml ,在流量 $0.2\text{L}/\text{min}$ 时,吸收管的滤板阻力为 $3\sim 5\text{kPa}$,通过滤板后的气泡应分散均匀。

② 空气采样器。流量范围为 $0.2\sim 0.5\text{L}/\text{min}$,流量稳定。使用时,用皂膜计校准采样系列在采样前和采样后的流量,误差应小于 5%。

(2) 分光光度计 用 10mm 比色皿,在波长 $540\sim 550\text{nm}$ 处测吸光度。

(3) 渗透管配气装置 配气系统中流量误差应小于 2%。

5. 采样

(1) 短时间采样 (如 30min) 用多孔玻板吸收管,内装 10ml 吸收液。标记吸收液的液面位置,以 $0.4\text{L}/\text{min}$ 流量,采气 $5\sim 25\text{L}$ 。

(2) 长时间采样 (如 24h) 用大型多孔玻板吸收管,内装 50ml 吸收液。标记吸收液的液面位置,以 $0.2\text{L}/\text{min}$ 流量,采气 288L 。

采样期间吸收管应避免阳光照射。样品溶液呈粉红色，表明已吸收了 NO_2 。采样期间，可根据吸收液颜色程度，确定是否终止采样。

6. 分析步骤

按标准规定进行。

7. 计算

(1) 采样体积 换算成标准状态下的采样体积。

(2) 空气中的二氧化氮含量计算

① 用亚硝酸钠标准液制备标准曲线时，空气中二氧化氮含量用下式计算。

$$C = \frac{(A - A_0) B_s V_1 D}{V_0 K}$$

式中 C ——空气中的二氧化氮含量， mg/m^3 ；

K —— $\text{NO}_2 \longrightarrow \text{NO}_2^-$ 的经验转换系数， $K = 0.89$ ；

B_s ——由上法测得的计算因子， $\mu\text{g}/(\text{ml} \cdot \text{吸光度})$ ；

A ——样品溶液的吸光度；

A_0 ——试剂空白吸光度；

V_1 ——采样用的吸收液的体积（如短时间采样为 10ml ， 24h 采样为 50ml ）；

D ——分析时样品溶液的稀释倍数。

② 用二氧化氮标准气制备标准曲线时，空气中的二氧化氮含量用下式计算。

$$C = (A - A_0) B_g D$$

式中 C ——空气中二氧化氮含量， mg/m^3 ；

A ——样品溶液吸光度；

A_0 ——试剂空白的吸光度；

B_g ——由上法得到的计算因子， $\text{mg}/(\text{m}^3 \cdot \text{吸光度})$ 。

8. 精密度和准确度

(1) 精密度 在 $0.07 \sim 0.7 \mu\text{g}/\text{ml}$ 范围内，用亚硝酸钠标准溶液制备的标准曲线的斜率，五个实验室重复测定的合并变异系数为 5% ；标准气的含量为 $0.1 \sim 0.75 \text{mg}/\text{m}^3$ ，重复测定的变异系数小于 2% 。

(2) 准确度 流量误差不超过 5% ，吸收管采样效率不得低于 98% ， $\text{NO}_2 \longrightarrow \text{NO}_2^-$ 的经验转换系数在测定范围同 95% 置信区间为 (0.89 ± 0.01) 。

三、一氧化碳的检测方法

(一) 一氧化碳 (CO) 的理化性质

一氧化碳是一种无色、无味、无臭、无刺激性的有害气体。几乎不溶于水，在空气中不易与其他物质产生化学反应，因而能在大气中停留 $2 \sim 3$ 年之久。一氧化碳相对分子质量为 28.0 ，对空气相对密度为 0.967 ， 100ml 水中可溶解 0.0249mg (20°C)。燃烧时为淡蓝色火焰。

(二) 一氧化碳 (CO) 的来源

室内环境中的一氧化碳主要来源于人群吸烟、取暖设备及厨房中使用的燃料的不完全燃烧。

(三) 一氧化碳的检测方法——不分光和非分散红外法

1. 相关标准和依据

GB/T 18204.23—2000《公共场所空气中一氧化碳测定方法》和 GB/T 9801—1988《空气质量 一氧化碳的测定 非分散红外法》。

2. 原理

一氧化碳对不分光红外线具有选择性的吸收。在一定范围内，吸收值与一氧化碳浓度呈线性关系。根据吸收值确定样品中一氧化碳的含量。

3. 测定范围与适用场所

测定范围 $0 \sim 50 \text{mg}/\text{m}^3$ ，浓度超出最大值，应选择测定范围较大的仪器量程。本法适用于室内外环境空气中和公共场所空气中一氧化碳浓度的测定。

4. 仪器和设备

(1) 一氧化碳不分光红外线气体分析仪

仪器主要性能指标：测量范围 $0 \sim 37.5 \text{ mg/m}^3$ ； $0 \sim 125 \text{ mg/m}^3$ 两挡；重现性 $\leq 0.5\%$ （满刻度）；零点漂移 $\leq \pm 2\%$ 满刻度 4h；跨度漂移 $\leq \pm 2\%$ 满刻度 4h；线性偏差 $\leq \pm 1.5\%$ 满刻度；启动时间 $30 \text{ min} \sim 1 \text{ h}$ ；抽气流量 0.5 L/min 左右；响应时间，指针指示或数字显示到满刻的 90% 的时间 $< 15 \text{ s}$ ；

(2) 记录仪 $0 \sim 10 \text{ mV}$ 。

5. 采样

用聚乙烯薄膜采气袋，抽取现场空气冲洗 $3 \sim 4$ 次，采气 0.5 L 或 1.0 L ，密封进气口，带回实验室分析。也可以将仪器带到现场间歇进样，或连续测定空气中一氧化碳含量。

6. 分析步骤

按标准规定进行。

7. 结果计算

一氧化碳体积含量 $\text{mg/kg}(\text{ppm})$ ，可按以下公式换算成标准状态下质量含量 mg/m^3 。

$$c_1 = \frac{c_2}{B} \times 28$$

式中 c_1 ——标准状态下质量浓度， mg/m^3 ；

c_2 ——氧化碳体积浓度， $\text{mg/kg}(\text{ppm})$ ；

B ——标准状态下的气体摩尔体积，当 0°C (101 kPa) 时， $B = 22.41$ ，当 25°C (101 kPa) 时， $B = 24.46$ ；

28——一氧化碳相对分子质量。

8. 精密度和准确度

(1) 检出下限 最低检出含量为 0.125 mg/m^3 。

(2) 干扰和排除 环境空气中非待测组分，如甲烷、二氧化碳、水蒸气等能影响测定结果。但是采用串联式红外线检测器，可以大部分消除以上非待测组分的干扰。

(3) 重现性 小于 1% ，漂移 4h 小于 4% 。

(4) 准确度 取决于标准气的不确定度（小于 2% ）和仪器的稳定性误差（小于 4% ）。

四、二氧化碳的检测方法

(一) 二氧化碳的理化性质

二氧化碳 (CO_2) 为无色无臭的气体，相对分子质量 44.01 ，沸点 -78.5°C ，凝固点 -56.6°C ($5.2 \times 10^6 \text{ Pa}$ 时)，对空气的相对密度 1.524 ， CO_2 能被液化，液化的 CO_2 能凝结成雪状固体称为干冰， CO_2 易溶于水，1 体积水能溶解 1.7 体积的 CO_2 ，它也极易被碱液吸收。

(二) 二氧化碳的来源

室内二氧化碳主要来自人体及动植物的呼出气、燃料燃烧和生物发酵。室内二氧化碳水平受人均占有面积、吸烟和燃料燃烧等因素影响。正常情况下，室内二氧化碳浓度较低 ($\leq 0.07\%$)。由于人群聚集、燃料燃烧等因素，可使室内二氧化碳水平升高。

(三) 二氧化碳的检测方法——不分光红外法

1. 相关标准和依据

依据 GB/T 18204.24—2000《公共场所空气中二氧化碳测定方法》

2. 原理

样品气体进入仪器，根据比耳定律和二氧化碳对红外线有选择性吸收的原理，在一定浓度范围内，吸收值与二氧化碳浓度呈线性关系。根据吸收值变化直接显示二氧化碳浓度。

3. 测定范围与适用场所

测定范围为 $0 \sim 0.5\%$ ，浓度超出最大值，应选择测定范围较大的仪器量程。本方法适用于室内外环境空气中和公共场所空气中二氧化碳浓度的测定。

4. 仪器和设备

(1) 二氧化碳不分光红外线气体分析仪 主要性能指标为测量范围 $0 \sim 0.5\%$ ； $0 \sim 1.5\%$ 两挡；重现性 $\leq \pm 1\%$ 满刻度；零点漂移 $\leq \pm 3\%$ 满刻度/4h；跨度漂移 $\leq \pm 3\%$ 满刻度/4h；温度附

加误差 (在 $10\sim 80^{\circ}\text{C}$) $\leq \pm 2\%$ 满刻度/ 10°C ; 一氧化碳干扰 $1000\text{ml}/\text{m}^3\text{CO}$, $\leq \pm 2\%$ 满刻度; 启动时间 30min ; 抽气流量 $>0.5\text{L}/\text{min}$; 响应时间, 指针指示到满刻度的 90% 的时间 $<15\text{s}$ 。

(2) 记录仪 $0\sim 10\text{mV}$ 。

5. 采样

用塑料铝箔复合薄膜采气袋, 抽取现场空气, 冲洗 $3\sim 4$ 次, 采气 0.5L 或 0.1L , 密封进气口, 带回实验室分析。也可以将仪器带到现场间歇进样, 或连续测定空气中二氧化碳含量。

6. 分析步骤

按标准规定进行。

7. 结果计算

仪器的刻度指示经过标准气体校准过的, 样品中二氧化碳的浓度, 由表头直接读出。

8. 精密度和准确度

(1) 检出下限 最低检出含量为 0.01% 。

(2) 干扰和排除 环境空气中非待测组分, 如甲烷、一氧化碳、水蒸气等能影响测定结果。由于在透过红外线的窗口, 安装了红外线滤光片, 它的波长 $4.26\mu\text{m}$, 二氧化碳对该波长有强烈的吸收; 而一氧化碳和甲烷等气体不吸收。因此, 一氧化碳和甲烷的干扰可以忽略不计。但水蒸气对测定二氧化碳有干扰, 它可以使气室反射率下降, 从而使仪器灵敏度降低, 影响测定结果的准确性, 因此, 必须使空气样品经干燥后, 再进入仪器。

(3) 重现性 小于 2% , 漂移小时小于 6% 。

(4) 准确度 取决于标准气的不确定度 (小于 2%) 和仪器的确定性误差 (小于 6%)。

五、氨的检测方法

(一) 氨的理化性质

氨 (NH_3) 为无色而有强烈刺激气味的气体。相对分子质量 17.03 , 沸点 -33.5°C , 熔点 -77.7°C , 对空气的相对密度 0.5962 , 室温时在 $600\sim 700\text{kPa}$ 下可以液化, 也易被固化成雪状的固体, 液态氨的相对 (0°C) 为 0.638 。氨极易溶于水、乙醇和乙醚。氨的水溶液由于形成氢氧化铵而呈碱性。氨可燃, 燃烧时其火焰稍带绿色; 与空气混合氨含量在 $16.5\%\sim 26.8\%$ (体积分数) 时, 能形成爆炸性气体。氨在高温时会分解成氮和氢, 有还原作用, 有催化剂存在时可被氧化成一氧化氮。

(二) 氨的主要来源

在建筑施工中为了加快混凝土的凝固速度和冬季施工防冻, 在混凝土中加入了高碱混凝土膨胀剂和含尿素与氨水的混凝土防冻剂等外加剂。这类含有大量氨类物质的外加剂在墙体中随着温度、湿度等环境因素的变化而还原成氨气从墙体中缓慢释放出来, 造成室内空气中氨的浓度大量增加, 特别是夏季气温较高, 氨从墙体中释放速度较快, 造成室内空气中氨浓度严重超标。

室内空气中的氨来自于木制板材。家具使用的加工木制板材在加压成型过程中使用了大量黏合剂, 这种黏合剂主要由甲醛和尿素加工聚合而成, 它们在室温下易释放出气态甲醛和氨, 造成室内空气中氨的污染。

室内空气中的氨也可来自室内装饰材料, 如家具涂饰时所用的添加剂和增白剂大部分都用氨水, 氨水已成为建材市场中必备的商品, 它们在室温下易释放出气态氨, 造成室内空气中氨的污染。

(三) 氨的检测方法——靛酚蓝分光光度法

测定氨的方法有: 靛酚蓝比色法、纳氏试剂比色法、亚硝酸盐比色法、离子选择电极法等。靛酚蓝比色法灵敏度高, 成色稳定, 且干扰少, 但对试剂要求严格; 纳氏试剂比色法操作简便, 但成色不稳定, 易受醛类及硫化物干扰; 亚硝酸盐比色法灵敏度高、干扰少, 但操作复杂; 离子选择电极法易操作, 但分析样品时间长。

1. 相关标准和依据

GB/T 18204.25—2000 《公共场所空气中氨测定方法》。

2. 原理

空气中氨吸收在稀硫酸中, 在亚硝基铁氰化钠及次氯酸钠存在下, 与水杨酸生成蓝绿色的靛

酚蓝染料，根据着色深浅，比色定量。

3. 测定范围与适用场所

本法检出限为 $0.5\mu\text{g}/10\text{ml}$ 。若采样体积为 20L 时，可测浓度范围为 $0.01\sim 0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 。适用于公共场所空气中氨的测定，也适用于居住区大气及室内空气中氨的测定。

4. 仪器设备

(1) 大型气泡吸收管 有 10ml 刻度线，出气口内径为 1mm ，与管底距离应为 $3\sim 5\text{mm}$ 。

(2) 空气采样器 流量范围 $0\sim 2\text{L}/\text{min}$ ，流量稳定。使用前后，用皂膜流量计校准采样系统的流量，误差应小于 $\pm 5\%$ 。

(3) 具塞比色管 10ml 。

(4) 分光光度计 可测波长为 697.5nm ，狭缝小于 20nm 。

5. 采样

用一个内装 10ml 吸收液的大型气泡吸收管，以 $0.5\text{L}/\text{min}$ 流量，采气 5L ，及时记录采样点的温度及大气压力。采样后，样品在室温下保存，于 24h 内分析。

6. 分析步骤

按标准规定进行。

7. 结果计算

(1) 采样体积 换算成标准状态下的采样体积。

(2) 空气中氨含量按下式计算。

$$c(\text{NH}_3) = \frac{(A - A_0)B_s}{V_0}$$

式中 c ——空气中氨含量， mg/m^3 ；

A ——样品溶液的吸光度；

A_0 ——空白溶液的吸光度；

B_s ——计算因子， $\mu\text{g}/\text{吸光度}$ ；

V_0 ——标准状态下的采样体积， L 。

8. 精密度和准确度

(1) 干扰和排除 对已知的各种干扰物，本法已采取有效措施进行排除，常见的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Mn^{2+} 、 Al^{3+} 等多种阳离子已被柠檬酸络合； $2\mu\text{g}$ 以上的苯胺有干扰， H_2S 允许量为 $30\mu\text{g}$ 。

(2) 方法的精密度 当样品中氨含量为 $1.0\mu\text{g}/10\text{ml}$ ， $5.0\mu\text{g}/10\text{ml}$ ， $10.0\mu\text{g}/10\text{ml}$ 时，其变异系数分别为 3.1% 、 2.9% 、 1.0% ，平均相对偏差为 2.5% 。

(3) 方法的准确度 样品溶液加入 $1.0\mu\text{g}$ ， $3.0\mu\text{g}$ ， $5.0\mu\text{g}$ ， $7.0\mu\text{g}$ 的氨时，其回收率为 $95\%\sim 109\%$ ，平均回收率为 100.0% 。

六、臭氧的检测方法

(一) 臭氧的理化性质

臭氧是氧的同素异形体，相对分子质量 48 ，臭氧为无色气体，有特殊臭味。沸点 -112°C ，熔点 -251°C ，相对密度 1.65 。在常温、常压下，液态臭氧容易爆炸。在常温下分解缓慢，在高温下分解迅速，形成氧气。臭氧是已知的最强的氧化剂之一。臭氧可以把二氧化硫氧化成三氧化硫或硫酸，把二氧化氮氧化成五氧化氮或硝酸。但因大气中臭氧的浓度很低，这些反应进行得很慢。臭氧和烯烃反应生成醛是臭氧的特性反应，臭氧在水中的溶解度比较高是一种广谱高效消毒剂，可作为生活饮用水和空气的消毒剂使用。

(二) 臭氧的来源

室内臭氧的主要来源是室外光化学污染产物，室内臭氧浓度与本地区室外臭氧的浓度密切相关。室内臭氧消毒器、室内的电视机、复印机、负离子发生器、紫外灯、电子消毒柜等在使用过程中也都能产生臭氧，可导致臭氧的污染。

(三) 臭氧的检测方法——靛蓝二磺酸钠分光光度法

1. 相关标准和依据

GB/T 18204.27—2000《公共场所空气中臭氧测定方法》和 GB/T 15437—1995《环境空气 臭氧的测定 靛蓝二磺酸钠分光光度法》。

2. 原理

空气中的臭氧，在磷酸盐缓冲剂存在下，使吸收液中蓝色的靛蓝二磺酸钠褪色，生成靛红二磺酸钠。根据颜色减弱的程度比色定量。

3. 测定范围与适用场所

测定范围为 $0.18\sim 10\mu\text{g}/10\text{ml}$ ，当采气体积为 20L ，可测浓度范围 $0.009\sim 0.500\text{mg}/\text{m}^3$ 。本方法适用于室内和公共场所空气中臭氧浓度的测定。

4. 仪器

(1) 多孔玻板吸收管 普通型，内装 9ml 吸收液，在流量 $0.3\text{L}/\text{min}$ 时，玻板阻力应为 $4\sim 5\text{kPa}$ ，气泡分散均匀。

(2) 空气采样器 流量范围 $0.2\sim 1.0\text{L}/\text{min}$ ，流量稳定。使用时，用皂膜流量计校准采样系统在采样前和采样后的流量，误差应小于 5% 。

(3) 具塞比色管 10ml 。

(4) 水浴 恒温水浴。

(5) 水银温度计 精度为 ± 0.5 。

(6) 分光光度计 用 20mm 比色皿，在波长 610nm 处测吸光度。

5. 采样

用硅橡胶管连扫两个内装 9.00ml 吸收液的多孔玻板吸收管，配有黑色避光套，以 $0.3\text{L}/\text{min}$ 流量采气 $5\sim 20\text{L}$ 。当第一支管中的吸收液颜色明显减退时立即停止采样。如不退色，采气最少应不小于 20L 。采样后的样品 20°C 以下暗处存放至少可稳定一周。记录采样时的温度和大气压。

6. 分析步骤

按标准规定进行。

7. 结果计算

$$C = \frac{[(A_0 - A_1) + (A_0 - A_2)] B_s}{V_0}$$

式中 C ——空气中臭氧含量， mg/m^3 ；

A_0 ——试剂空白溶液的吸光度；

A_1 ——第一支样品管溶液的吸光度；

A_2 ——第二支样品管溶液的吸光度；

B_s ——用标准溶液绘制标准曲线得到的计算因子， $\mu\text{g}/\text{ml}$ ；

V_0 ——换算成标准状况下的采样体积， L 。

8. 精密度、准确度

① 当臭氧含量 $2\sim 10\mu\text{g}/10\text{ml}$ 范围内，五个实验室的平均相对标准偏差为 4.7% ；平均回收率为 $95\%\sim 108\%$ 。

② 本法检出限为 $0.18\mu\text{g}/10\text{ml}$ ；方法灵敏度： 10ml 溶液含 $1.0\mu\text{g}$ 臭氧，产生的吸光度为 0.832 。

七、甲醛的检测方法

(一) 甲醛的理化性质

甲醛 (HCHO) 又称蚁醛，是无色有强烈刺激性气味的气体，对空气的相对密度为 1.067 ，略重于空气，易溶于水、醇和醚，其 $30\%\sim 40\%$ 的水溶液为福尔马林液。甲醛易聚合成多聚甲醛，受热易发生解聚作用，并在室温下可缓慢释放甲醛。

(二) 甲醛的来源

来自室外空气的污染：工业废气、汽车尾气、光化学烟雾等在一定程度上均可排放或产生一定量的甲醛，但是这一部分含量很少。这部分气体在一些时候可进入室内，是构成室内甲醛污染的一个来源。

来自室内本身的污染：主要以建筑材料、装修物品及生活用品等化工产品 indoors 的使用为

主，同时也包括燃料及烟叶的不完全燃烧等一些次要因素。甲醛具有较强的黏合性，同时可加强板材的硬度和防虫、防腐能力，因此目前市场上的各种刨花板、中密度纤维板、胶合板均使用以甲醛为主要成分的脲醛树脂作为胶黏剂，因而不可避免地会含有甲醛。另外新式家具、墙面、地面的装修辅助设备中都要使用胶黏剂，因此凡是有用到胶黏剂的地方总会有甲醛气体的释放，对室内环境造成危害。此外，甲醛还可来自化妆品、清洁剂、杀虫剂、消毒剂、防腐剂、印刷油墨、纸张等。

经研究表明甲醛在室内环境中的含量和房屋的使用时间、温度、湿度及房屋的通风状况有密切的关系。在一般情况下，房屋的使用时间越长，室内环境中甲醛的残留量越少；温度越高，湿度越大，越有利于甲醛的释放；通风条件越好，建筑、装修材料中甲醛的释放也相应的越快。

（三）甲醛的检测方法

甲醛的检测方法有很多，《室内空气质量标准》选择 AHMT 比色法、酚试剂比色法、乙酰丙酮比色法和气相色谱法作为配套的测定方法。AHMT 比色法在室温下就能显色，抗干扰能力强，且灵敏度比较高，但试剂毒性较大；酚试剂比色法在常温下显色，且灵敏度比其他比色法都好，但试剂不易长时间保存；乙酰丙酮比色法对共存的酚和乙醛等无干扰，操作简易、重现性好，但灵敏度较低，需在沸水浴中加热显色。

1. AHMT 分光光度法

（1）相关标准和依据 GB/T 16129—1995《居住区大气中甲醛卫生检验标准方法》。

（2）原理 空气中甲醛与 4-氨基-3-联氨-5-巯基-1,2,4-三氮杂茂在碱性条件下缩合，然后经高碘酸钾氧化成 6-巯基-5-三氮杂茂 [4,3-b]-S-四氮杂苯紫红色化合物，其色泽深浅与甲醛含量成正比。

（3）测定范围与适用场所 本法测定范围为 2ml 样品溶液中含 0.2~3.2 μg 甲醛污染物。若采样流量为 1L/min，采样体积为 20L，则测定含量范围为 0.01~0.06 mg/m^3 。乙醛、丙醛、正丁醛、丙烯醛、丁烯醛、乙二醛、苯（甲）醛、甲醇、乙醇、正丙醇、正丁醇、仲丁醇、异丁醇、异戊醇、乙酸乙酯对本法无影响；大气中共存的二氧化氮和二氧化硫对测定无干扰。本法规定了用分光光度法测定居住区大气中甲醛含量的方法。也适用于公共场所空气中甲醛含量的测定。

（4）仪器和设备 气泡吸收管，有 5ml 和 10ml 刻度线；空气采样器，流量范围 0~2L/min；10ml 具塞比色管；分光光度计，具有 550nm 波长，并配有 10mm 光程的比色皿。

（5）采样 用一个内装 5ml 吸收液的气泡吸收管，以 1.0L/min 流量，采气 20L。并记录采样时的温度和大气压力。

（6）分析步骤 按标准规定进行。

（7）结果计算

① 将采样体积换算成标准状况下的采样体积。

② 空气中甲醛含量按下式计算。

$$C = \frac{(A - A_0) B_s}{V_0} \times \frac{V_1}{V_2}$$

式中 C——空气中甲醛浓度， mg/m^3 ；

A——样品溶液的吸光度；

A_0 ——试剂空白溶液的吸光度；

B_s ——计算因子，由绘制的标准曲线求得，单位 $\mu\text{g}/\text{吸光度值}$ ；

V_0 ——标准状况下的采样体积，L；

V_1 ——采样时吸收液体积，ml；

V_2 ——分析时取样品体积，ml。

（8）方法特性

① 灵敏度。本法标准曲线的直线回归后的斜率（b）为 0.175 吸光度。

② 检出限。3 个实验室测定本法检出限平均值为 0.13 μg 。

③ 重现性。当甲醛含量为 1.0 $\mu\text{g}/2\text{ml}$ 、2.0 $\mu\text{g}/2\text{ml}$ 、3.0 $\mu\text{g}/2\text{ml}$ 时，3 个实验室重复测定的变异系数的平均值分别为 3.3%、3.0%、2.6%。

④ 回收率。4 个实验室加标量在 $0.5\sim 3.0\mu\text{g}$ 范围时，其回收率范围为 $93\%\sim 99\%$ ，平均回收率为 97% 。

2. 乙酰丙酮分光光度法

(1) 相关标准和依据 GB/T 15516—1995《空气质量 甲醛的测定》。

(2) 原理 甲醛气体经水吸收后，在 $\text{pH}=6$ 的乙酸-乙酸铵缓冲溶液中，与乙酰丙酮作用，在沸水浴条件下，迅速生成稳定的黄色化合物，在波长 413nm 处测定。

(3) 测定范围与适用场所 在采样体积为 $0.5\sim 10.0\text{L}$ 时，测定范围为 $0.5\sim 800\text{mg}/\text{m}^3$ 。本方法适用于室内和公共场所环境空气中甲醛浓度的测定。

(4) 仪器 采样器，流量范围为 $0.2\sim 1.0\text{L}/\text{min}$ 的空气采样器（备有流量测量装置）；皂膜流量计；气泡吸收管 10ml ，单管吸收效率大于 99% ；具塞比色管 10ml ；分光光度计，附 1cm 吸收池；空盒气压表；水银温度计 $0\sim 100^\circ\text{C}$ ； pH 酸度计；水浴锅。

(5) 样品

① 样品的采集。采样系统由采样引气管，采样吸收管和空气采样器串联组成。吸收管体积为 10ml ，吸收液装液量为 10ml 以 $0.5\sim 1.0\text{L}/\text{min}$ 的流量，采气 $5\sim 20\text{min}$ 。

② 样品的保存。采集好的样品于 $2\sim 5^\circ\text{C}$ 温度下储存，2 天内分析完毕，以防止甲醛被氧化。

③ 采样体积的校准。流量校准，在采样时用皂膜流量计对空气采样器进行流量校准；压力测量，空气采样用空盒气压表进行气压读数，空气压力以 kPa 表示；温度测量，用水银温度计测量管道废气或空气温度，以 $t_m(^{\circ}\text{C})$ 表示。

(6) 分析步骤 按标准规定进行。

(7) 结果表示 计算公式同 AHMT 法。

(8) 精密度和准确度 经 6 个实验室分析含甲醛 $2.96\text{mg}/\text{L}$ 和 $3.55\text{mg}/\text{L}$ 的两个统一样品，重复性标准偏差为 $0.035\text{mg}/\text{L}$ 和 $0.028\text{mg}/\text{L}$ ，重复性相对标准偏差为 1.2% 和 0.79% ，再现性标准偏差为 $0.068\text{mg}/\text{L}$ 和 $0.13\text{mg}/\text{L}$ ，再现性相对标准偏差为 2.3% 和 3.6% ，加标回收率为 $100.3\%\sim 100.8\%$ 。

3. 酚试剂分光光度法

(1) 相关标准和依据 GB/T 18204.26—2000《公共场所空气中甲醛测定方法》。

(2) 原理 空气中的甲醛与酚试剂反应生成嗪，嗪在酸性溶液中被高价铁离子氧化形成蓝绿色化合物。根据颜色深浅，比色定量。

(3) 测定范围与适用场所 若用 5ml 样品溶液，其测定范围为 $0.1\sim 1.5\mu\text{g}$ 甲醛。当采样体积为 10L 时，则可测浓度范围为 $0.01\sim 0.15\text{mg}/\text{m}^3$ 。本方法适用于室内和公共场所空气中甲醛浓度的测定。

(4) 仪器和设备 大型气泡吸收管，出气口内径为 1mm ，出气口至管底距离等于或小于 5mm ；恒流采样器，流量范围 $0\sim 1\text{L}/\text{min}$ ；流量稳定可调，恒流误差小于 2% ，采样前和采样后应用皂沫流量计校准采样系列流量，误差小于 5% ；具塞比色管 10ml ；分光光度计，在 630nm 测定吸光度。

(5) 采样 用一个内装 5ml 吸收液的大型气泡吸收管，以 $0.5\text{L}/\text{min}$ 流量，采气 10L ；并记录采样点的温度和大气压力；采样后样品在室温下应在 24h 内分析。

(6) 分析步骤 按标准规定进行。

(7) 结果计算 将采样体积按公式换算成标准状态下采样体积（同 AHMT 法）；空气中甲醛含量按公式计算（同 AHMT 法）。

(8) 方法特性

① 灵敏度。本法灵敏度为 $2.8\mu\text{g}/\text{吸光度}$ 。

② 检出下限。本法检出下限为 $0.056\mu\text{g}$ 甲醛。

③ 干扰及排除。 $20\mu\text{g}$ 酚、 $2\mu\text{g}$ 醛以及二氧化氮对本法无干扰。二氧化硫共存时，使测定结果偏低。因此对二氧化硫干扰不可忽视，可将气样先通过硫酸锰滤纸过滤器，予以排除。

④ 再现性。当甲醛含量为 $0.1\mu\text{g}/5\text{ml}$ ， $0.6\mu\text{g}/5\text{ml}$ ， $1.5\mu\text{g}/5\text{ml}$ 时，重复测定的变异系数为 5% 、 5% 、 3% 。

⑤ 回收率。当甲醛含量 $0.4\sim 1.0\mu\text{g}/5\text{ml}$ 时，样品加标准的回收率为 $93\%\sim 101\%$ 。

八、苯及苯系物的检测方法

(一) 苯及苯系物的理化性质

苯及同系物甲苯和二甲苯都为无色、有芳香气味、具有挥发性、易燃、燃点低的液体。这些化合物的主要理化性质见表 2-7。

表 2-7 苯及同系物的主要理化性质

化合物名称	化学式	相对分子质量	密度(20℃)/(g/ml)	熔点/℃	沸点/℃	蒸气相对密度(对空气)
苯	C ₆ H ₆	78.11	0.879	5.5	80.1	2.71
甲苯	C ₆ H ₅ CH ₃	92.15	0.866	94.5	110.6	3.14
二甲苯	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	106.16				
邻二甲苯			0.890	-27.1	144.4	3.7
间二甲苯			0.864	-27.4	139.1	
对二甲苯			0.861	-13.2	138.3	

这些化合物微溶于水，易溶于乙醚、乙醇、氯仿和二氧化碳等有机溶剂。二甲苯有邻、间、对位三个异构体。一般间位占 45%~70%，对位占 15%~25%，邻位占 10%~15%，三种异构体的理化特性极相似。

(二) 苯及苯系物的来源

苯在工农业中，主要用作脂肪、油墨、涂料及橡胶的溶剂，用作种子油和坚果的提取；在印刷业和皮革工业中用作溶剂；也用于制造洗涤剂、农业杀虫剂；精密光学仪器 and 电子工业用作溶剂和洗涤剂；在日常生活中，苯也用作装饰材料、人造板家具中的胶黏剂和油漆、涂料、空气消毒剂和杀虫剂的溶剂。

甲苯主要来源于一些溶剂、香水、洗涤剂、墙纸、胶黏剂、油漆等，在室内环境中吸烟产生的甲苯量也是十分可观的。

二甲苯来源于溶剂、杀虫剂、聚酯纤维、胶带、胶黏剂、墙纸、油漆、湿处理影印机、压板制成品和地毯等。

(三) 苯及苯系物的检测方法——气相色谱法

1. 相关标准和依据

GB/T 11737—1989《居住区大气中苯、甲苯和二甲苯卫生检验标准方法 气相色谱法》。

2. 原理

空气中苯、甲苯和二甲苯用活性炭管采集，然后经热解析或用二硫化碳提取出来，再经色谱柱分离，用氢火焰离子经检测器检测，以保留时间定性，峰高定量。

3. 测定范围与适用场所

采样量为 10L 时，用 1ml 二硫化碳提取，进样 1μl，测定范围苯为 0.025~20mg/m³，甲苯为 0.05~20mg/m³，二甲苯 0.16~20mg/m³。热解吸为 100ml 气体样品，进样 1ml 时，测量范围苯为 0.005~10mg/m³，甲苯为 0.01~10mg/m³，二甲苯为 0.02~10mg/m³。适用于室内空气和居住区大气中苯、甲苯、二甲苯浓度的测定。

4. 仪器和设备

(1) 活性炭采样管 用长 150mm，内径 3.5~4.0mm，外径 6mm 的玻璃管，装入 100mg 椰子壳活性炭，两端用少量玻璃棉固定。装好管后再用纯氮气于 300~350℃ 温度条件下吹 5~10min，然后套上塑料帽封紧管的两端。此管放于干燥器中可保存 5 天。若将玻璃管熔封，此管可稳定三个月。

(2) 空气采样器 流量范围 0.2~1L/min，流量稳定。使用时用皂膜流量计校准采样系列在采样前和采样后的流量，流量误差应小于 5%。

(3) 注射器 1ml，100ml。体积刻度误差校正。

(4) 微量注射器 1μl，10μl。体积刻度误差应校正。

(5) 热解吸装置 热解吸装置主要由加热器、控温器、测温表及气体流量控制器等部分组成。调温范围为 100~400℃，控温精度±1℃，热解吸气体为氮气，流量调节范围为 50~100ml/min，读数误差±1ml/min。所用的热解装置的结构应使活性炭管能方便地插入加热器中，并且各部

分受热均匀。

(6) 具塞刻度试管 2ml。

(7) 气相色谱仪 附氢火焰离子化检测器。

(8) 色谱柱 长 2m、内径 4mm 不锈钢柱，内填充聚乙二醇 6000~6201 担体 (5 : 100) 固定相。

5. 采样

在采样地点打开活性炭管，两端孔径至少 2mm，与空气采样器入气口垂直连接，以 0.5L/min 的速度，抽取 10L 空气。采样后，将管的两端套上塑料帽，并记录采样时的温度和大气压力。样品可保存 5 天。

6. 分析步骤

按标准规定进行。

7. 结果计算

(1) 采样体积 换算成标准状态下的采样体积。

(2) 用热解吸法时 空气中苯、甲苯和二甲苯含量按下式计算。

$$C = \frac{(h - h_0) B_g}{V_0 E_g} \times 100$$

式中 C ——空气中苯或甲苯、二甲苯的含量， mg/m^3 ；

h ——样品峰高的平均值， mm ；

h_0 ——空白管的峰高， mm ；

B_g ——由混合标准气体的标准曲线得到的计算因子， $\mu\text{g}/(\text{ml} \cdot \text{mm})$ ；

E_g ——由实验确定的热解吸效率。

(3) 用二硫化碳提取法时 空气中苯、甲苯和二甲苯含量按下式计算。

$$C = \frac{(h - h_0) B_s}{V_0 E_s} \times 100$$

式中 C ——苯或甲苯、二甲苯的含量， mg/m^3 ；

B_s ——由标准溶液所绘的标准曲线得到的校正因子， $\mu\text{g}/(\mu\text{l} \cdot \text{mm})$ ；

E_s ——由实验确定的二硫化碳提取的效率。

(4) 用校正因子时空气中苯、甲苯、二甲苯含量按下式计算。

$$C = \frac{(h - h_0) f}{V_0 E_g} \times 100 \quad \text{或} \quad C = \frac{(h - h_0) f}{V_0 E_s} \times 100$$

式中 f ——得到的校正因子， $\text{mg}/(\text{ml} \cdot \text{mm})$ (对热解吸气样) 或 $\mu\text{g}/(\mu\text{l} \cdot \text{mm})$ (对二硫化碳提取液样)。

8. 精密度和准确度

(1) 精密度

① 用热解吸法苯含量为 0.1 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ，0.5 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 和 2.0 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 的气样，重复测定的变异系数分别为 7%，6% 和 4%，甲苯含量为 0.1 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ，0.5 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 和 2.0 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 气样，重复测定的变异系数为 9%，7% 和 4%，二甲苯的含量为 0.1 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ，0.5 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 和 2.0 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 气样，重复测定的变异系数为 9%，6% 和 5%。

② 用二硫化碳提取法苯的含量为 8.78 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 和 21.9 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 的液体样品，重复测定的变异系数为 7% 和 5%，甲苯含量为 17.3 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 和 43.3 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 液体样品，重复测定的变异系数分别为 5% 和 4%，二甲苯含量为 35.2 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 和 87.9 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 液体样品，重复测定的变异系数为 5% 和 7%。

(2) 准确度 用热解吸法对苯含量为 5 μg ，50 μg 和 500 μg 的回收率分别为 96%，97% 和 97%；甲苯含量为 10 μg ，100 μg 和 1000 μg 的回收率分别为 90%，91% 和 94%；二甲苯含量 95.5 μg 的回收率为 82%；二硫化碳提取法，对苯含量为 0.5 μg ，21.1 μg 和 200 μg 的回收率分别为 95%，94% 和 91%；甲苯含量为 0.5 μg ，41.6 μg 和 500 μg 的回收率分别为 99%，99% 和 93%；二甲苯含量为 0.5 μg ，34.4 μg 和 500 μg 的回收率分别为 101%，100% 和 90%。

九、苯并[a]芘(B[a]P)的检测方法

(一) 苯并[a]芘的理化性质

苯并[a]芘分子式 $C_{20}H_{12}$ ，是多环芳香烃类化合物。相对分子质量 253.23，沸点 475°C ，熔点 170°C ，相对密度 1.351。纯品为无色或微黄色针状结晶，在水中溶解度较小，易溶于苯、乙醚、丙酮、环己烷、二甲苯等有机溶剂。在苯中溶解呈蓝色或紫色荧光，在浓硫酸中呈橘红色并伴有绿色荧光。

(二) 苯并[a]芘的来源

苯并[a]芘是环境中普遍存在的很强的一种污染物，主要来源于含碳燃料及有机物热解过程中的产物。在人们的生活和生产活动中，各种燃料都会产生一定量的多环芳烃（包括苯并[a]芘）。苯并[a]芘进入空气中大多被吸附在烟、尘等固体微粒上，有的亦以气态形式存在于空气中。熏制食品和香烟烟雾中均含有苯并[a]芘。

(三) 苯并[a]芘的检测方法——高效液相色谱法

1. 相关标准和依据

GB/T 15439—1995《环境空气苯并[a]芘测定 高效液相色谱法》。

2. 原理

空气中颗粒物的多环芳烃被采集在玻璃纤维滤纸上，经索氏提取或真空升华后，用高效液相色谱分离测定，以保留时间定性，峰高或峰面积定量。

3. 测定范围与适用场所

测定范围：用大流量采样器（流量为 $1.13\text{m}^3/\text{min}$ ）连续采集 24h，乙腈/水做流动相，B[a]P 最低检出含量为 $6\times 10^{-5}\mu\text{g}/(\text{N}\cdot\text{m}^3)$ ；甲醇/水做流动相，B[a]P 最低检出含量为 $1.8\times 10^{-4}\mu\text{g}/(\text{N}\cdot\text{m}^3)$ 。

本方适用于环境空气中苯并[a]芘含量的测定。

4. 仪器

- (1) 超声波发生器 250W。
- (2) 采样器 符合 GB 6921 要求的大流量采样器 $1.1\sim 1.7\text{m}^3/\text{min}$ 。
- (3) 离心机 $6000\text{r}/\text{min}$ 。
- (4) 具塞玻璃刻度离心管 5ml。
- (5) 高效液相色谱仪 备有紫外检测器。
- (6) 色谱柱
 - ① 色谱柱类型。反相，C18 柱，柱子的理论塔板数 >5000 。
 - ② 柱效计算公式，用半峰宽法计算。

$$N=5.54\frac{T_r^2}{W_{1/2}}$$

式中 N ——柱效，理论塔板数；

T_r^2 ——被测组分保留时间，s；

$W_{1/2}$ ——半峰宽，s。

5. 操作步骤

按标准规定进行。

6. 计算结果

- ① 用外标法定量。
- ② 色谱峰的测量。连接峰的起点与终点之间的直线作为峰底，以峰最大值到峰底的垂线为峰高，垂线在时间坐标上的对应值为保留时间，通过峰高的中点作平行峰底的直线，此直线与峰两侧相交，两点之间的距离为半峰宽。
- ③ 计算

$$\rho=\frac{WV_i\times 10^{-3}}{(1/n)V_iV_s}$$

式中 ρ ——环境空气可吸入颗粒物中 B[a]P 含量， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

W ——注入色谱仪样品中 $B[a]P$ 量, ng;

V_t ——提取液总体积, μl ;

V_i ——进样体积, μl ;

V_s ——标准状况下采气体积, m^3 ;

$1/n$ ——分析用滤膜在整张滤膜中所占比例。

7. 结果的表示

(1) 定性结果 根据标准溶液色谱图保留时间进行样品中 $B[a]P$ 的鉴定。

(2) 定量结果

① 含量的表示方法。按公式算出环境空气可吸入颗粒物中 $B[a]P$ 的含量, 以 $\mu\text{g}/(\text{N} \cdot \text{m}^3)$ 表示。

② 精密度

a. 重复性。乙腈/水流动相, 飘尘样品 5 次测定, 测定值为 $0.0098 \sim 0.0108 \mu\text{g}/(\text{N} \cdot \text{m}^3)$, $B[a]P$ 变异系数为 4.3%。甲醇/水流动相, 飘尘样品 5 次测定, 测定值为 $0.0034 \sim 0.0039 \mu\text{g}/(\text{N} \cdot \text{m}^3)$, $B[a]P$ 变异系数为 5.2%。

b. 再现性。乙腈/水流动相, 飘尘样品 5 个实验室测定, 测定值为 $0.0032 \sim 0.0037 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $B[a]P$ 变异系数为 6.2%。甲醇/水流动相, 飘尘样品 5 个实验室测定, 测定值为 $0.0027 \sim 0.003 \mu\text{g}/(\text{N} \cdot \text{m}^3)$ 时, $B[a]P$ 变异系数为 9.7%。

③ 准确度。乙腈/水流动相, 加标飘尘样品回收率为 93%~99%; 甲醇/水流动相, 加标飘尘样品回收率 94%~99%。

④ 检测限。乙腈/水流动相, 按检测值在 2 倍噪声值以上为有效值计算, $B[a]P$ 最小检测限为 10^{-10}g ; 甲醇/水流动相, 按检测值在 2 倍噪声值以上为有效值计算, $B[a]P$ 最小检测限为 $3 \times 10^{-10} \text{g}$ 。

8. 注意事项

苯并 $[a]$ 芘是致癌物, 操作时应保持最低限度接触, 必要时可戴防有机溶剂手套。废液应收集起来, 统一处理。实验所用玻璃仪器用重铬酸钾洗液浸泡洗涤。

十、总挥发性有机化合物 (TVOC) 的检测方法

(一) 总挥发性有机化合物 (TVOC) 的定义

在诸多的文献报道中, 不同的作者采用不同的吸附剂采样、分离和检测, 用不同的方法计算 TVOC 的值, 结果差异很大, 缺乏可比性。鉴于此, 欧盟室内空气质量联合行动委员会从以下四个方面对 TVOC 进行定义。

1. 仪器设备

① 用 Tenax GC 或 Tenax TA 采样, 热解吸/GC/FID 或 MSD 分析。

② 用非极性色谱柱 (极性指数小于 10) 进行分析, 系统对甲苯和 2-丁氧基乙醇的检出限 (3 倍噪声水平) 分别为 $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

③ 分析程序应包括对室内空气中常见的化合物定性和定量。

2. 分析窗

① 应对保留时间在正己烷到正十六烷之间所有化合物进行分析。

② 考虑在色谱图中从正己烷到正十六烷之间所有感兴趣的化合物, 计算 TVOC。

3. 定量

根据单一的校正曲线, 对尽可能多的 VOCs 定量, 至少应对十个最高峰进行定量, 最后与 TVOC 一起列出这些化合物的名称和浓度。

4. TVOC 的计算

① 计算已鉴定和定量的挥发性有机化合物的浓度 S_{id} 。

② 用甲苯的响应系数计算未鉴定的挥发性有机化合物的浓度 S_{un} 。

③ S_{id} 与 S_{un} 之和为 TVOC 的浓度或 TVOC 的值。

(二) TVOC 的检测方法——热解吸/毛细管气相色谱法

1. 相关标准和依据

GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》附录 E。

2. 原理

选择合适的吸附剂 (Tenax GC 或 Tenax TA), 用吸附管采集一定体积的空气样品, 气流中的挥发性有机化合物保留在吸附管中。采样后, 将吸附管加热, 解吸挥发性有机化合物, 待测样品随惰性载气进入毛细管气相色谱仪。用保留时间定性, 峰高或峰面积定量。

采样前处理和活化采样管和吸附剂, 使干扰减到最小; 选择合适的色谱柱和分析条件, 本法能将多种挥发性有机物分离, 使共存物干扰问题得以解决。

3. 测定范围与适用场所

(1) 测定范围 本法适用于含量范围为 $0.5\mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 100\text{mg}/\text{m}^3$ 之间的空气中 VOCs 的测定。

(2) 适用场所 本法适用于室内、环境和工作场所空气, 也适用于评价小型或大型测试舱室内材料的释放。

4. 仪器和设备

(1) 吸附管 是外径 6.3mm、内径 5mm、长 90mm 内壁抛光的不锈钢管, 吸附管的采样入口一端有标记。吸附管可以装填一种或多种吸附剂, 应使吸附层处于解吸仪的加热区。根据吸附剂的密度, 吸附管中可装填 200~1000mg 的吸附剂, 管的两端用不锈钢网或玻璃纤维毛堵住。如果在一支吸附管中使用多种吸附剂。吸附剂应按吸附能力增加的顺序排列, 并用玻璃纤维毛隔开, 吸附能力最弱的装填在吸附管的采样入口端。

(2) 注射器 $10\mu\text{l}$ 液体注射器; $10\mu\text{l}$ 气体注射器; 1ml 气体注射器。

(3) 采样泵 恒流空气个体采样泵, 流量范围 $0.02 \sim 0.5\text{L}/\text{min}$, 流量稳定。使用时用皂膜流量计校准采样系统在采样前和采样后的流量。流量误差应小于 5%。

(4) 气相色谱仪 配备氢火焰离子化检测器、质谱检测器或其他合适的检测器。色谱柱, 非极性 (极性指数小于 10) 石英毛细管柱。

(5) 热解吸仪 能对吸附管进行二次热解吸, 并将解吸气用惰性气体载带进入气相色谱仪。解吸温度、时间和载气流速是可调的。冷阱可将解吸样品进行浓缩。

(6) 液体外标法制备标准系列的注射装置 常规气相色谱进样口, 可以在线使用也可以独立装配, 保留进样口载气连线, 进样口下端可与吸附管相连。

5. 采样和样品保存

将吸附管与采样泵用塑料或硅橡胶管连接。个体采样时, 采样管垂直安装在呼吸带; 固定位置采样时, 选择合适的采样位置。打开采样泵, 调节流量, 以保证在适当的时间内获得所需的采样体积 1~10L。如果总样品量超过 1mg, 采样体积应相应减少。记录采样开始和结束时的时间、采样流量、温度和大气压力。采样后将管取下, 密封管的两端或将其放入可密封的金属或玻璃管中。样品可保存 14 天。

6. 分析步骤

按标准规定进行。

7. 结果计算

(1) 采样体积 换算成标准状态下的采样体积。

(2) 空气样品中待测组分的含量按公式计算

$$C = \frac{F - B}{V_0} \times 1000$$

式中 C ——空气样品中待测组分的含量, $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

F ——样品管中组分的质量, μg ;

B ——空白管中组分的质量, μg ;

V_0 ——标准状态下的采样体积, L。

(3) TVOC 的计算

① 应对保留时间在正己烷和正十六烷之间所有化合物进行分析。

② 计算 TVOC, 包括色谱图中从正己烷到正十六烷之间的所有化合物。

③ 根据单一的校正曲线, 对尽可能多的 VOCs 定量, 至少应对十个最高峰进行定量, 最后与 TVOC 一起列出这些化合物的名称和浓度。

- ④ 计算已鉴定和定量的挥发性有机化合物的浓度 S_{id} 。
- ⑤ 用甲苯的响应系数计算未鉴定的挥发性有机化合物的浓度 S_{un} 。
- ⑥ S_{id} 与 S_{un} 之和为 TVOC 的浓度或 TVOC 的值。
- ⑦ 如果检测到的化合物超出了 VOC 定义的范围, 那么这些信息应该添加到 TVOC 值中。

8. 方法特性

- (1) 检测下限 采样量为 10L 时, 检测下限为 $0.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。
- (2) 线性范围 10^6 。
- (3) 精密度 在吸附管上加入 $10\mu\text{g}$ 的混合标准溶液, Tenax TA 的相对标准差范围为 $0.4\%\sim 2.8\%$ 。
- (4) 准确度 20°C 、相对湿度为 50% 的条件下, 在吸附管上加入 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 的正己烷, Tenax TA、Tenax GR (5 次测定的平均值) 的总不确定度为 8.9% 。

十一、可吸入颗粒物 (PM_{10}) 的检测方法

(一) 可吸入颗粒物 (PM_{10}) 的性质

可吸入颗粒物是指能进入呼吸道, 粒径用空气动力学当量直径表示, 其直径小于 $10\mu\text{m}$ 的颗粒物。可吸入颗粒物是空气污染物中的主体。因其多形、多孔和可吸附性, 可成为各种污染物的载体, 故它是一种成分复杂、可以较长时间悬浮于空气中的一种以气溶胶状态存在的污染物。

(二) 可吸入颗粒物 (PM_{10}) 的来源

我国大气污染属于煤炭型污染, 多年来的大气监测结果表明, 与 WHO 指导值相比较, 我国城市大气中总悬浮颗粒物的浓度几乎全部超过 WHO 指导值的要求。由于室外浓度高于室内, 当通风换气时, 颗粒物由室外进入室内, 使室内空气受到污染。居民生活燃料用于做饭和取暖的炉灶是室内颗粒物污染的主要来源。由于燃烧不完全, 燃烧效率低, 燃烧时产生大量颗粒物, 污染室内环境。同时吸烟也是造成室内颗粒物污染的重要来源, 吸烟主要产生 $1.1\mu\text{m}$ 以下的细小颗粒。调查表明, 在密闭的房间里, 吸一支烟造成的污染超过国家环境空气质量二级标准的 2.5 倍。

(三) 可吸入颗粒物 (PM_{10}) 的检测方法——撞击式称重法

1. 相关标准和依据

GB/T 17095—1997 《室内空气中可吸入颗粒物卫生标准》。

2. 原理

利用二段可吸入颗粒物采样器 $D_{50}=(10\pm 1)\mu\text{m}$, $\delta_g=1.5$, 以 $13\text{L}/\text{min}$ 的流量分别将粒径 $\geq 10\mu\text{m}$ 的颗粒采集在冲击板的玻璃纤维滤纸上, 粒径小于或等于 $10\mu\text{m}$ 的颗粒采集在预先恒重的玻璃纤维滤纸上, 取下再称量其重量, 以采样标准体积除以粒径 $10\mu\text{m}$ 颗粒物的量, 即得出可吸入颗粒物的浓度。

3. 测定范围与适用场所

- (1) 测定范围 $0.05\sim 0.75\text{mg}/\text{m}^3$ 。检测下限为 0.05mg 。
- (2) 适用场所 居住区大气和室内空气中可吸入颗粒物的检测。

4. 仪器设备和材料

可吸入颗粒物采样器, $D_{50}\leq (10\pm 1)\mu\text{m}$, 几何标准差 $\delta_g=(1.5\pm 0.1)$; 天平, 感量 0.1mg 或 0.01mg ; 皂膜流量计; 秒表; 玻璃纤维滤纸, 直径 $\phi 50\text{mm}$; 外周直径 $\phi 53\text{mm}$, 内周直径 $\phi 40\text{mm}$ 两种; 干燥器; 镊子。

5. 采样

用皂膜流量计校准采样器的流量。将校准过流量的采样器入口取下, 旋开采样头, 将已恒重过的 $\phi 50\text{mm}$ 的滤纸安放于冲击环下, 同时于冲击环上放置环形滤纸, 再将采样头旋紧, 装上采样头入口, 放于室内有代表性的位置, 打开开关旋钮计时, 将流量调至 $13\text{L}/\text{min}$, 采样 24h , 记录室内温度、压力及采样时间, 注意随时调节流量, 使保持 $13\text{L}/\text{min}$ 。

6. 分析步骤

取下采完样的滤纸, 带回实验室, 在与采样前相同的环境下放置 24h , 称量至恒重 (mg),

以此重量减去空白滤纸重得出可吸入颗粒的质量 $W(\text{mg})$ 。将滤纸保存好，以备成分分析用。

7. 计算

将采样体积换算成标准状态下的采样体积。按下式计算出空气中可吸入颗粒物浓度 (mg/m^3) 。

$$C = \frac{W}{V_0}$$
$$V_s = 13T$$

式中 C ——可吸入颗粒物浓度， mg/m^3 ；
 W ——颗粒物的质量， mg ；
 V_0 —— V_s 换算成标准状况下的体积， m^3 ；
 V_s ——采样体积， L ；
 13 ——流量， L/min ；
 T ——采样时间， min 。

8. 注意事项

- ① 采样前，必须先将流量计进行校准。采样时准确保持 $(13\text{L}/\text{min})$ 流量。
- ② 称量空白及采过样的滤纸时，环境及操作步骤必须相同。
- ③ 采样时必须将采样器部件旋紧，以免样品空气从旁侧进入采样器。

第四节 室内环境化学污染的控制

室内空气中化学污染对人体健康的危害极大，因此，一旦在室内发现了化学污染问题就应采取各种控制和治理措施。我国现已公布实施的有关室内环境标准也为控制和治理室内空气污染提出了方向和目标。

控制和治理措施的选取主要是看污染或污染物的性质，扩散源的强度（是连续性的还是间歇性的），所需的控制程度，当然还有成本等方面的考虑。从技术的观点上来看，最好的治理方法是致力于减少污染物的释放而不是等污染物进入室内空气后再进行排除。

改善和提高室内空气质量应从室内污染源的控制、通风换气、合理使用空调、采用空气净化装置以及室内绿化、优化设计、完善法规等诸多方面综合考虑。

一、控制污染源

消除和减少室内污染源，才能从根本上减少室内空气中化学污染物的释放，这是改善室内空气质量提高舒适性的最经济有效的途径。

室内空气中化学污染物的来源是多方面的，吸烟、室内燃烧、气雾剂、化妆品等都造成了污染，而建筑材料和家具释放的有害气体则是当前人们关心的室内空气污染的热点。为了从源头上控制室内污染，主要是选择和开发低污染的建筑装饰、装修材料。我国已在 2001 年底出台 10 种室内装饰装修材料的控制标准。这 10 种装饰装修材料有：人造板、内墙涂料、木器涂料、胶黏剂、地毯、壁纸、家具、地板革、混凝土外加剂和有放射性的建筑装饰材料。这些标准综合了多方面的因素，规定了材料中有害物质含量的“限量值”，达到标准的产品才允许上市销售。消费者必须明白，这些被允许上市的产品中仍然含有一定量的有害物质，并非是完全安全无害的产品。

所谓绿色环保产品就是生产和使用过程中，对环境无污染、对人体健康没有危害、可回收利用的产品，是有害物质含量低于国家标准规定的产品。选用这样的产品会相对安全，而且对环境中释放有害气体是一个缓慢而持久的过程。虽然环保产品就个体来讲，有害物质的释放量低于国家标准，但是如果用量太大，室内温度湿度较高，通风效果不好，致使各种材料中释放出的有害气体叠加，就可能会使居室空气中的有害气体浓度高于国家标准。对人体健康造成危害。这也就是说使用达到国家标准材料装修，并不意味着就一定能达到国家有关空气质量的标准，室内空气中有害物质的含量是由全部装修材料（包括家具）中有害物质的总量决定的。不控制装修材料的总量，就无法保证空气质量达标。

实际装修中，空气被污染的轻重程度与许多因素有关，想要控制污染，必须谨慎地从设计施

工到建材家具选用各个环节加以考虑。在目前的条件下，消费者一定要尽量避免过度装修，在装修之后要加强通风意识。

二、加强通风换气

国内外的许多调查实例表明，产生“病态建筑物综合征”的一个重要原因就是新风量不足。因此，消除室内化学污染物最经济最有效的方法也是采用通风换气。就一般情况而言，新风量越多，对人的健康越有利。使用新鲜空气进行通风的目的是提供呼吸所需要的空气；除去过量的湿气；稀释室内污染物；提供燃烧所需空气；调节室温。这里所说的通风一般是指将“新鲜”空气导入人所停留的空间，以除去任何讨厌的污染物、余热或余湿。通风的某些主要功能也可以用除湿机或空气净化器之类的其他装置代替。此外，新风还起到补充排风排出的空气和维持室内必要的正压的功能。

现代居室普遍采用的空调系统对于室内空气质量是一把双刃剑，一方面具有积极意义，在于可以排除或稀释各种空气污染物；另一方面，消极作用在于它可以产生、诱导和加重空气污染物的形成和发展，造成不良的室内空气质量。从卫生学角度来讲，空调系统不仅要保证热舒适，更重要的是保证人体健康，以牺牲健康为代价的热舒适是不足取的。因此保证良好的通风条件，加强通风换气，是控制室内化学污染的最直接有效的方法之一。

三、采用空气净化器

使用空气净化器，是改善室内空气质量、创造健康舒适的办公室和住宅环境十分有效的方法。在居室、办公室等许多场所都可以使用空气净化器。这也是最节约能源的空气净化方法之一，因为采用增加新风量来改善室内空气质量：需将室外进入的空气加热或冷却至室温而耗费大量能源。因此在欧美一些发达国家具有暖通空调系统的建筑物内，也使用空气净化器进一步提高室内空气质量。一般而言，室内空气净化器是由壳体、净化部分、风机、电控四个部分组成。起主要作用的有净化部分和风机部分。

目前市场上可以看到数十种依据不同的机理、手段对空气进行净化处理的室内空气净化器，一般可分为机械式、静电式、负氧离子式、物理吸附式、化学吸附式或前几种中的两种或两种以上形式的组合。

空气净化器的发展，大概经历了以下几个阶段。

(1) 第一代产品 即最早出现的空气加湿器。这些加湿器不但可以调节室内空气的湿度，其所具有的过滤功能也可以吸附室内空气中的悬浮物和少部分有害物质。

(2) 第二代产品 滤网式空气净化器。这些以物理性能设计的净化器，具有过滤、吸附处理杂质等功能，可以有效净化室内空气中的悬浮物和少部分有害物质。但是，对室内空气中的异常臭味、病原菌、病毒、微生物以及装饰装修造成的空气污染根本无法消除。同时，这些采用物理方法对室内环境污染进行净化治理的产品，在过滤和吸附过程中慢慢地就会饱和至失去功效。这类产品的缺点是要定期清洗过滤网，以免造成二次污染。

(3) 第三代产品 复合式空气净化器。这类净化器是在第二代产品的物理性能的基础上，增加了静电除尘、电子集尘、负离子发生器、臭氧发生器灭菌等功能。这种多功能净化器不仅可以消烟除尘，而且具有消毒、杀菌、去除异味和一氧化碳等有害气体的功能。第三代净化器仍然存在着不能有效分解有机污染物的弊病，而且像臭氧发生器等这样的产品不能人机同室，所以使用起来很不方便。

(4) 第四代产品 采用分子络合技术的空气净化器。它是将有毒气体注入水中，通过络合剂，促使有毒气体分子络合后溶于水，达到空气净化目的。分子络合技术已经达到了产品市场化的要求，且经过净化后的产物是二氧化碳和水，与活性炭相比，环保效果更为突出。分子络合技术是目前投入市场的空气净化技术中最为领先的技术，但对那些有毒气体释放量大、释放速度快以及装饰装修造成的室内环境污染的处理来说，还显得有些力不从心。

(5) 第五代产品 广泛使用冷触媒、光催化等新技术的新一代净化器。这种净化器的技术目前还不够成熟，尚处在理论研究过程中。这类产品可以在常温常压下使多种有害及异味气体分解成无害无味物质，由单纯的物理吸附转变为化学吸附，边吸附边分解，增加了吸附污染物的种类，提高了吸附效率和饱和容量，不产生二次污染，大大延长了吸附材料的使用寿命，是理想的

全方位空气净化器。

目前，世界各国都已开发和生产室内空气净化器，用于去除室内空气中的生物和化学污染物，以改善和提高室内空气质量。

四、使用空气净化材料

室内空气净化材料（见表 2-8）是近年来适应室内环境污染市场需要发展起来的。日本的一些专家和企业从 1997 年开始进行研制，起步比我们早。目前我国市场上的室内空气净化材料名目繁多，按照净化材料的净化原理和所用材料区分，基本上可以分为物理类净化材料、化学类净化材料和生物类净化材料三大类。物理类净化材料包括采用活性炭、硅胶和分子筛进行过滤、吸附的净化材料；化学类净化材料主要指采用氧化、还原、中和、离子交换、光催化等技术生产的净化材料；生物类净化材料包括用微生物、酶进行生物氧化、分解的净化材料。

表 2-8 各类净化材料的作用和特点

净化材料类型	作用	特点	代表产品
物理类	过滤、吸附	使用安全、简便,但效果较慢	吸附宝、吸附剂
化学类	络合、氧化分解	见效快,但使用时应注意安全	甲醛消除剂、光触媒
生物类	生物氧化、分解	安全,不会造成二次污染,使用有条件	生物酶

在净化材料的物理类中的活性炭、化学类中的光触媒、生物类中的生物酶，使用最为普遍，也最具代表性。按照净化材料的使用方法来区分，我们可以把目前我国市场上的室内环境净化材料大致分为以下几种形式。

1. 封闭型材料

要求产品具有超强的渗透能力和封闭能力，一方面渗透到板材中聚合醛类物质；另一方面在任何材料表面形成一层具有一定硬度和耐候性的膜，具有刷剂不能渗透到或无法治理的部分起到强大的封闭作用。其耐候性强是其一大特点，采用天然材料聚合，无毒、无污染。可在板材表面形成一层坚固的薄膜，原液渗透进去中和甲醛，阻挡板材中剩余的游离甲醛向空气中释放。

2. 熏蒸型材料

产品是由承载液、反应液和激发剂组成的。激发剂激发承载液的挥发，载着反应液渗透到室内的每一个角落。几乎能和所有的有机挥发物等各类有害气体反应。使用时将该除味剂稀释后分装在容器内，置于封闭的空间里使用，2~4 天后再通风，即可消除各种异味，包括氨、苯、甲醛等有机挥发物。其渗透力相当强，可直达其他产品不易治理的地方，直接消除污染源和挥发在空气中的各种有机挥发物，达到全面的标本兼治效果。本产品在使用时会产生刺激性气味，尽量不要在该封闭空间内久驻。另外该产品最好在入住前使用，入住后主要在家具内使用，使用时要关闭柜门和抽屉，而房间门和窗户要打开。

3. 雾态喷剂型材料

这类产品是配合高效无毒的天然试剂直接分解空气中的各类有害气体和异味，生成无毒无害的物质。在室内空间使用此类产品后，可有针对性的祛除装修后装修材料及建筑本身所产生的甲醛、苯、氨气等有毒气体，并对烟味、霉味、臭味等刺激性气味有全面消除作用。该喷剂使用方便一喷即可，特别适用于通风差的场所（酒吧、歌舞厅、咖啡厅、饭店等）的日常净化处理。

4. 薰香型材料

该产品是采用纯天然精油配合温和的燃烧剂和负氧剂，配合特制的燃烧器皿。特定设备和天然萃取原料，通过 500℃ 高温产生含负离子的芳香气体，以消除空气中的各种有机挥发物、细菌、螨虫、二手烟等对人体的危害，达到净化空气，美化环境的目的。使人心情愉快，提神醒脑，强健心智。

5. 液态刷剂喷剂型材料

这类产品利用具有较强渗透能力的物质作为承载体，将能够使甲醛稳定的有机物输送至板材中。使不稳定的醛类聚合物稳定下来以达到中和的目的。使用时将中和型喷刷剂直接喷刷在家具

中裸露的板材表面，直接渗透进入板材内部，主动捕捉中和板材中的游离甲醛，具有强大的消除甲醛能力。

6. 固体吸附型材料

以活性炭和分子筛为主要材料，此类产品具有无毒、无味、无腐蚀、无公害的特点。由于所用材料的孔径与空气中异味有极强的亲和力，纯物理吸附，无化学反应。放入需要净化的房间、家具橱柜中或者冰箱内，能驱除家庭、办公室、新购置家具带来的有害气体和异味。

7. 涂料添加型材料

目前一些专家和企业研制开发了一种具有净化功能的涂料添加剂，市场上销售的各种涂料伴侣、离子宝等。这类添加剂适用于水性涂料和内墙乳胶漆，可用于家庭、宾馆、学校、会议室、医院以及娱乐场所等地的内墙，将其添加在内墙乳胶漆中涂刷，即能有效祛除家庭装饰材料，家具中释放的甲醛、苯类、氨等有毒有害气体。以治理由于装饰装修而造成室内空气污染的问题，据介绍，它不仅可有效地祛除室内空气中最为有害的苯、甲醛、氨等毒性气体，而且还可祛除由于吸烟、烹调、空调环境等造成的各种异味。此类产品具有使用方便的特点，可以在涂料的生产过程中添加，也可以直接添加到市场上出售的成品涂料中，只需搅拌均匀即可。选择此类产品要注意选择对涂料本身的物理和化学性能不应有任何影响。

五、植物净化法

绿色植物对居室的污染空气具有很好的净化作用。美国宇航局工作的一位科学家威廉·沃维尔用了几年的时间，测试了几十种不同的绿色植物对几十种化学复合物的吸收能力，并把重点移到可在任何苗圃都能买到的观赏植物上，结果发现各种绿色植物都能有效地降低空气中的化学物质并将它们转化为自己的养料。其量之大令人吃惊。从他公布的一份抗污染的绿色植物清单中看，在 24h 照明的条件下，芦荟消灭了 1m^3 空气中所含的 90% 的甲醛；90% 的苯在常青藤中消失；龙舌兰可吞食 70% 的苯、50% 的甲醛和 24% 的三氯乙烯，垂挂兰能吞食 96% 的一氧化碳，86% 的甲醛。绿色植物的光合作用已成为常识，但植物吸入其他物质作为养料而且某种植物偏爱某种化合物的这类有趣的怪事，人们确实还未弄清楚其中的奥秘。威廉做了大量的实验，证实绿色植物吸入化学物质的能力大部分来自于盆栽土壤中的微生物，而不主要是叶子。与植物同时生长于土壤里的微生物在经历了代代遗传繁殖后，其吸收化学物质的能力还会增加。近年来，中国室内装饰协会室内环境监测工作委员会监测中心也不断宣传绿色植物这种有益于人类健康的特征，告知人们通过绿色植物来净化室内装饰装修造成的室内环境污染。

植物具有能够吸附空气污染物的功能。龟背竹有很强的吸收二氧化碳的能力，石榴可以吸收空气中的铅，月季、蔷薇能吸收硫化氢、氟化氢、苯酚、乙醚等有害气体，雏菊、万年青可有效清除三氯乙烯的污染，吊兰、芦荟可吸收甲醛，铁树、菊花、常青藤可吸收苯的挥发气体，美人蕉可吸收二氧化硫、氟；石竹可以吸收二氧化硫、氯化物，七里香能吸收光化学烟雾和防尘隔音，香豌豆能除氟化氢，腊梅、桂松、玉兰、樱花能降低空气中的汞含量等。

植物在进行光合作用时可以吸收二氧化碳早已为人所知，但除此之外，许多植物还有吸收其他含碳物质的作用，其中包括对人体有害的挥发性有机化合物。利用植物的生物特性吸收空气中的污染物应该是个非常好的选择。中国室内装饰协会室内环境监测中心发现，某些观赏植物不但能够美化居室，而且能够净化室内空气。监测人员曾经在 1.5m^3 的环境舱里进行甲醛净化效果的实验，结果发现 48h 以后，与对比舱的甲醛浓度相差 4 倍。研究发现，如在室内每 10m^3 放置一盆 1.2~1.5m 高的有生命的绿色植物，就能有效地吸附二氧化碳、一氧化碳、甲醛、苯等有害气体，有利于身体健康。

同时，专家研究发现，有的植物还能将有害化学物质转化为植物养料，如观叶植物冷水花、常春藤、吊兰、喜林等都能吸收有害气体和抗污染。有些植物如仙人掌、仙人球、令箭荷花、兰花，在夜间不仅不呼出二氧化碳，反而还会吸收二氧化碳，在净化室内空气时，有制造氧气、杀菌的效果。所以合理利用植物进行室内环境污染的净化，不仅美化、净化和香化了居室环境，而且还达到了陶冶情操和心情的作用。

但是，用植物净化室内空气也是有条件的，新装修的居室内环境污染不是特别严重的可行，但在污染物严重超标的房间里，植物可能就成为反映污染的“标本”了。一些因为室内环境污染而对簿公堂的消费者，常把由于室内环境污染死掉的植物作为法庭上的证据。



思考题

1. 室内环境中的化学污染物质有哪些？
2. 室内环境中的化学污染物质的来源有哪些？
3. 室内环境中的化学污染物质对人体健康的危害有哪些？
4. 有关室内环境中的化学污染物质控制的国家标准有哪些？
5. 室内空气中甲醛的检测方法有哪些？
6. 室内空气中苯及苯系物的检测方法是什么？
7. 室内空气中 TVOC 的检测方法是什么？
8. 室内空气中氨的检测方法是什么？
9. 控制室内空气中的化学污染物质的方法有哪些？

参考文献

- 1 卫生部卫生法制与监督司，中国疾病预防控制中心编. GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》实施指南. 北京：中国标准出版社，2003
- 2 关忠标，赵伟荣编. 室内空气污染及净化技术. 北京：化学工业出版社，2005
- 3 宋广生编. 室内环境质量评价及检测手册. 北京：机械工业出版社，2003
- 4 王炳强编. 室内环境检测技术. 北京：化学工业出版社，2005
- 5 姚运先，冯雨峰，杨光明编. 室内环境监测. 北京：化学工业出版社，2005
- 6 周中平，赵寿堂，朱立，赵毅红编. 室内污染检测与控制. 北京：化学工业出版社，2002
- 7 史德，苏广和编. 室内空气质量对人体健康的影响. 北京：中国环境科学出版社，2005
- 8 中国室内装饰协会室内环境监测工作委员会编. 室内环境污染治理技术与应用. 北京：机械工业出版社，2005
- 9 徐顺清主编. 环境健康科学. 北京：化学工业出版社，2005
- 10 崔九思主编. 室内环境检测仪器及应用技术. 北京：化学工业出版社，2004

第三章

室内环境中的生物污染检测与控制

第一节 室内环境生物污染的来源及危害

一、室内环境生物污染的概念

室内环境污染总体上讲分为物理污染、化学污染和生物污染三大类。生物污染又分为动物、植物和微生物污染。生物污染包括生命体本身，它们的脱落、代谢、排泄物及所携带微生物等。如居室内蚊、蝇、跳蚤白蚁等都属生物污染。它们的卵、便、唾液、碎片及所携带微生物也属生物污染。当然室内环境生物污染主要是空气微生物，本章也以此为主体，兼顾其他。

二、室内环境生物污染的特性

生物污染与理化污染不同，它有自身明显的特性。

(1) 活性 生物的特点就是活性，生物污染物或污染源也是有活性的。因此有人把生物污染定义为一大类活性机体的污染。

(2) 隐蔽性 既有污染物的隐蔽性又有污染源的隐蔽性。物理污染有声、光、电，化学污染有各种各样的气味等。它们大多可被人类的感官探知。像刺耳的噪声、刺眼的紫外线、刺鼻的气味等。然而生物污染物特别是微生物污染却是无色、无味、无光，看不到摸不着的。因而生物武器采用微生物气溶胶的方式释放就是利用这一特征。而污染源也有隐蔽性，有些条件病原菌在他身上不发病，对抵抗力弱的人就发病。这种隐性感染者，污染更严重，隐蔽性更强。还有微生物在动物体中不发病，传给人就发病，像肆虐一时的 SARS 病毒。

(3) 持久性 污染源和污染体的长期存在使生物污染具有持久性。人类本身及动、植物，人畜、人禽共患的病原体，都可以不断向环境散发污染物。只要人、宠物及花草在，污染源就存在，污染就在所难免。有些室内生物可长期存在，像真菌孢子，细菌的芽孢，抵抗力相当强，一般是不会死掉。只要孢子及芽孢不死，这些被称为污染体的微生物就可长期存在，因而污染就持久不消。

(4) 广泛性 生物污染的广泛性包含两个含义：一是生物污染的种类广泛；二是污染的环境广泛。生物污染有动、植物和微生物，光动物、植物就有几万种，至于微生物种类更多。可以讲，在地球的大气层中，哪里有空气、建筑物哪里也有微生物。在地球上，自然状态下可以找到无辐射无化学污染的环境，然而你却找不到一立方米无微生物的空间，何况尚未包含动、植物及它们的代谢物。由此看来，广泛性确实是生物污染的又一个突出特性。

(5) 可变性 据上海疾控中心报道：空气微生物污染的时空分布比大气更加复杂，原因是室内的环境，各种干扰因素，都会对空气微生物发生影响。从环境上讲，室内与大气相比是个小环境；从差别上讲，人员活动和卫生条件差异也很大；从种类上讲，室内空气微生物的种类也是多种多样的；从浓度上讲，有几十至几万个/ m^3 ，这就是室内空气微生物污染的可变性。

(6) 可控性 正因为室内环境小，因而对室内生物污染的控制就容易些。自 1987 年国务院颁发《公共场所卫生管理条例》以来，空气微生物的控制就有了明确目标，各行各业室内空气质量有了改进，预防各种疾病的传播，在控制室内空气生物污染方面取得较好效果。

(7) 累积性 只要生物污染源存在, 生长繁殖不断, 数量不断增加, 加重污染。饲养的宠物越多污染的程度就越严重。何况他们之间有时还会有协同作用, 使污染更加严重。

(8) 远距离传输性 专家们检测到, 在南极及海拔 2000 多米的阿尔卑斯山上都有微生物存在, 那里微生物是很难繁殖的, 但在那里也有微生物污染存在。然而那里的生物污染体并非全是当地产生的, 也有从几千到数万公里的地方传输过去的。有些候鸟所带病原体通过跨洋过洲远距离迁徙带到异地, 如禽流感。有些传染病带菌者, 可以通过飞机等交通工具传输。在流行病学中称作为输入性病例。

三、室内环境生物污染的来源

综合各类分析, 室内环境生物污染主要来源于动物, 植物, 人体, 水, 土和大气。

(一) 来源于动物

为便于阐述, 现把动物分为哺乳类、禽类、昆虫类。

1. 哺乳类

目前很多人家中养起了宠物, 少数民族地区还有在家中养猪、小牛和羊羔的习惯, 它们给主人带来了愉悦和经济收入, 但也可能带来麻烦。如猫、狗、兔、猪、牛、羊等, 极易给人类带来传染病, 爱丁堡大学科学家统计共有 1407 种病原体使人生病, 包括细菌、病毒、真菌、衣原体、原生动物、寄生虫等 58% 来自动物。动物带菌和排菌比人类更严重。71% 的狗带金葡萄菌。烟曲霉孢子户外空气中只有 $7\text{cfu}/\text{m}^3$, 而牛棚内却高达 $1.0 \times 10^8 \text{cfu}/\text{m}^3$ 。猫、狗还是传播贾第虫的根源。据报道, 德国每年 400 多万只狗会排出约 40 万吨粪便污染城市。粪便风干后, 其中的贾第虫胞随同尘埃一起被人呼吸或吞食到体内。还有一种寄生虫棘球绦虫, 在人与狗接触的时候, 吸入或吞下了这种虫卵, 在肝脏形成充满蠕虫和液体的囊肿。猫体内常见的寄生虫, 有链状带绦虫、中绦虫、双殖孔绦虫、犬豆状带绦虫、曼氏双槽绦虫、弓形虫 (Toxoplasmosis) 等, 它们在危害猫体的同时, 也会传染给人, 尤其是孕妇可能造成孩子畸形和大脑的缺陷。在热带地区, 几乎有 50% 的居民受到一种微小的梨形鞭毛虫的侵袭。

2. 禽类

鸟类携带的衣原体, 可引起砂眼、肺炎、鹦鹉热和泌尿生殖系统疾病。它又是鸟禽类和低等哺乳动物的条件致病菌, 属于人禽共患病原体。虎皮鹦鹉、金丝雀和鸽子等都会带有这种衣原体。衣原体、细菌随粪便排出, 随着鸟笼里飞扬起来的灰尘吸入人体, 使人发病。国外报道还有在禽舍内外空气中采到新城鸡瘟病毒。鸭场上空细菌浓度可达数万个菌/ m^3 。据统计由宠物或家畜传播的疾病常见已有 200 多种。

3. 昆虫类

凡能传播疾病或危害人类健康的节肢动物, 统称医学昆虫。已知各种医学昆虫在自然情况下可传播的疾病如下。

蚊: 疟疾、乙型脑炎、丝虫病、黄热病等; 蟑螂: 肠道病、念珠棘虫病、美丽筒线虫病; 蝇: 痢疾肝炎、脊髓灰质炎、炭疽、蝇蛆病; 白蛉: 黑热病、东方疖、白蛉热; 蚤: 鼠疫、地方性斑疹伤寒; 蠓: 乙型脑炎、蠓尾丝虫病; 虱: 流行性斑疹伤寒、回归热等; 虻: 炭疽、野兔热、罗阿丝虫病。

目前国内外, 使用地毯木板的较多, 其实它是昆虫类最安全的庇护所, 特别外出旅游, 养宠物引来蜱螨机会相当大。因此在这里对医学昆虫蜱、螨详细说明。

蜱、螨对人类的危害分两大类: 一是源性疾病; 一是媒性疾病。

(1) 寄生 由于螨类本身作为病原体寄生于人体而致病, 如疥螨侵入人体皮内, 引起疥疮; 蠕形螨寄生于毛囊或皮脂腺, 引起感染; 粉螨侵入肺部、肠道或尿路, 引起肺螨病、肠螨病、或尿路螨症。

(2) 致敏 由蜱螨本身及其分泌物、蜕皮和尸体为过敏原引起的过敏反应, 如尘螨、粉螨引起的哮喘、鼻炎等; 尘螨、跗线螨等引起的螨性皮炎。

(3) 刺螫和毒害 由于蜱螨的叮刺及分泌的毒素注入人体而受害, 如恙螨幼虫叮咬后局部皮肤引起焦痂和溃疡; 有些硬蜱叮咬后, 偶有因其涎液的毒素出现蜱瘫痪。

(4) 传播疾病 蜱螨对人的最重要危害是传播疾病, 它们不仅成为一些人兽共患病和某些人

类疾病的传播媒介，而且是某些疾病原体的储存宿主。

 蜱螨与病原体的关系大多为生物性关系，病原体在媒介体内进行繁殖，并能经期（变态）传递和经卵传递（见表 3-1、表 3-2）。

表 3-1 蜱螨源性疾病

疾 病	病 原	分 布
蜱瘫痪	蜱瘫痪素	美国、加拿大、澳大利亚、非洲各国、英国、法国、前苏联、中国
疥疮	疥螨	世界性
蠕形螨病	毛囊蠕形螨、皮脂蠕形螨	世界性
螨性酒渣鼻	毛囊蠕形螨、皮脂蠕形螨	世界性
肺螨病	粉螨、跗线螨、革螨、肉食螨、尘螨	日本、中国
螨性哮喘	尘螨、粉螨	低、湿地区
螨性皮炎	蜱、恙螨、革螨、蒲螨、粉螨、尘螨、肉食螨、跗线螨	世界各地
过敏性鼻炎	尘螨、粉螨	广泛
肠螨症	粉螨、尘螨	广泛
尿路螨症	粉螨、蒲螨、跗线螨	比利时、中国等

- （1）繁殖式 病原体（如回归热）在蜱内繁殖，再通过蜱的叮咬进行传播。
- （2）发育式 病原体在蜱螨体内有生活史形态的变化，但不繁殖。发革螨传播动物丝虫。
- （3）发育繁殖式 病原体在媒介体内，不但经过生活史的变化，而且可繁殖个体，如巴贝虫。
- （4）经卵传递式 病原体在蜱螨体内繁殖，并通过卵传给下一代进行传播。例如恙螨幼虫吸入恙虫病的病原体后，经卵传给下一代幼虫，幼虫叮咬人体时使人感染。

 蜱螨媒介传播方式是经过涎液、粪便、体液。

 医学昆虫可以传播疾病，战时还可利用它进行生物战。详加了解，平时、战时都可使用。

（二）来源于植物

 空气中的花粉、孢子、细菌、病毒都可来源于植物。Lindmann 报道，在围场小麦上空，细菌浓度可达 6500cfu/m³。许多植物有专门途径释放孢子到空气中，一个马勃（Lycoperdon）可放出 7×10¹²个孢子。植物表面当其腐烂时可产生许多细菌、霉菌和病毒进入大气，农民肺就是吸入大量霉菌产生的“霉肺”。有的植物性装饰材料生霉使病人得“霉肺”。还有许多植物体死后即可产生大量枯草芽孢或霉菌孢子。有一种枯草热病就是吸入了这种菌而造成的。木材、棉织品、秸秆等属于植物性，像这种污染应归为植物源性。人们喜欢在室内种养花木美化环境，其实有的花木可以释放出一种刺激的气味，污染室内环境。另有一些植物有小碎片或脱落一些毛、刺的东西，或产生大量花粉，这些都可以引起过敏。植物、也可放出有害气体（如 NH₃、CO₂ 等）污染环境。由于大量生物污染也加重了化学污染，化学污染严重，破坏了呼吸道细胞，加重了生物污染，这就是所谓的协同作用。

（三）来源于人体

 人体对室内的污染分释放普通菌和病菌两个方面。

1. 释放普通微生物

 人体不仅是微生物的储存体，还是它的繁殖体。人体中的微生物远远超过人体本身的细胞数。一个成年人大约有 10¹³个细胞，然而人体所带的微生物却高达 10¹⁴个。人体所带的微生物分两种：一种是正常菌群，它是人体所必须；另一种是病菌。这两种菌都可造成室内环境污染，只不过后者更厉害，又叫传染。一个人在静止条件下平均每分钟可向环境散发 1000 个菌粒。它在洁净室、手术室都是严重超标的。然而在家中，人也是造成室内空气微生物超标的重要污染源。因此要强调洗手、洗澡、搞好个人卫生。作者在几十个病房中测得，当病房中 0~1 人时，空气

表 3-2 蜱螨媒性疾病

传播的疾病	病 原 体	媒 介	节肢动物与病原体、人之间的关系
森林脑炎	森林脑炎病毒	全沟硬蜱等	病原体在蜱肠细胞和其他组织内繁殖,并经期传递,经卵传递,人兽因被蜱叮刺而感染
波瓦桑脑炎	波瓦桑病毒	革蜱、硬蜱、血蜱属的一些种	病原体在蜱组织中繁殖,并经期传递,人因被蜱叮刺而感染
苏格兰脑炎	羊跳跃病毒	蓖子硬蜱等	病原体在蜱体内繁殖,人因被蜱叮刺而感染
克里米亚-刚果出血热	克里米亚-刚果出血热病毒	璃眼蜱属的一些种	病原体在蜱肠细胞和其他组织内繁殖,并经期传递,经卵传递,人兽因被蜱叮刺而感染,蜱为媒介并兼储存宿主
鄂木斯克出血热	鄂木斯克出血热病毒	硬蜱、血蜱、革蜱属的一些种	
流行性出血热	汉坦病毒	格氏血厉螨、柏氏禽刺螨等革螨、小盾纤恙螨	本病为多途径传播,病原体在螨体内繁殖,并经期传递,经卵传递,可叮刺传播,恙螨经卵传递,有媒介和储存宿主的作用,为传播途径之一
凯萨努尔森林病	凯萨努尔森林病毒	距刺血蜱等	病原体在蜱体内繁殖,并经期传递,经卵传递,可叮刺传播,为媒介和储存宿主
克洛拉多热	克洛拉多热病毒	安氏革蜱等	人因被蜱叮咬而感染
内罗毕绵羊病	内罗毕绵羊病病毒	缤纷花蜱、跗突扇头蜱	人被带毒硬蜱叮咬引起感染,并能经变态传递,经卵传递
伊塞克湖热	伊塞克湖病毒	蝙蝠硬蜱、蝙蝠锐缘蜱	经叮咬传播
Q 热	贝氏立克次体(贝氏柯克斯体)	各属硬蜱及软蜱、血厉螨、血革螨属等革螨	病原体在肠细胞及其他组织内繁殖,并经期传递,经卵传递,人因被蜱叮咬、蜱粪污染而感染,但一般多因接触感染性动物而感染,蜱、革螨为媒介和储存宿主
北亚蜱媒斑点热	北亚立克次体	各属硬、软蜱及革螨的一些种	
落基山斑点热	立氏立克次体	各属硬蜱及软蜱	病原体在蜱肠细胞及其他组织内繁殖,并经期传递,经卵传递,人因被蜱叮咬而感染
纽扣热(马赛热)	柯氏立克次体	各属硬蜱及钝缘蜱	
立克次体痘	螨型立克次体	革螨	病原体在螨肠细胞及其他组织内繁殖,并经期传递,经卵传递,人因被螨或若螨叮咬而感染
北昆士兰蜱媒斑疹伤寒	澳大利亚立克次体	紫环硬蜱	人被带菌硬蜱叮咬而感染
南非蜱媒立克次体病	皮珀立克次体	花蜱、扇头蜱、血蜱	病原体在蜱体内繁殖,并经期传递,经卵传递,人因被蜱叮咬而感染
阵发立克次体病	鲁氏立克次体	蓖子硬蜱	人因被蜱叮咬而感染
人欧利希体病	立克次体科欧利希体	血红扇头蜱	
兔热病	土拉弗杆菌	花蜱、革蜱、血蜱、硬蜱等属	病原体在蜱肠和马氏管内繁殖,垂直传播,人经叮咬或蜱粪污染伤口而感染
巴贝虫病	巴贝虫	硬蜱	病原体在蜱肠细胞、卵巢等组织中繁殖,垂直传播,人经未成熟蜱的叮咬而感染
蜱媒回归热	伊朗疏螺旋体	钝缘蜱	病原体在蜱肠外(卵巢、涎腺、基节腺等)多种器官组织中繁殖,经卵传递多代,人经蜱叮咬或经基节液污染而感染,蜱并为储存宿主
莱姆病	伯氏包柔氏螺旋体(伯氏疏螺旋体)	硬蜱(丹敏硬蜱、全沟硬蜱、蓖子硬蜱等)	病原体在蜱肠内繁殖,人被蜱叮咬而感染
恙虫病	恙虫立克次体	纤恙螨(地里纤恙螨、小盾纤恙螨、高湖纤恙螨等)	病原体在螨肠细胞等组织中繁殖,经卵传递,人经恙螨幼虫叮咬而感染

注：表 3-1，表 3-2 引自孟阳春主编的《蜱螨与人类疾病》。

菌浓度为 2679cfu/m³；真菌为 338cfu/m³，当有 4～6 人时，空气菌浓度则上升为 5498cfu/m³；真菌为 619cfu/m³，这与国内外许多结果完全一致。人在室内的活动更能使空气微生物浓度增加，见表 3-3。

表 3-3 人员活动时对病房空气菌浓度的影响

病 房 号	菌浓度/(cfu/m ³)	人 员 活 动	病 房 号	菌浓度/(cfu/m ³)	人 员 活 动
1	350	空病房	4	3125	一般活动
2	2175	静坐	5	8900	看电视
3	2575	静卧	6	9625	8 人围观下棋

人在室内扬起微生物最严重的是铺床、扫地，其次是咳嗽、打喷嚏。每次咳嗽或打喷嚏可向环境散发 10⁴～10⁶ 个带菌粒子。说话也可排放大量微生物，大便和冲厕排放的细菌会更多。

2. 释放病原菌

人的呼吸道病变，会有大量病原菌繁殖，若咳嗽、打喷嚏就会把大量病菌喷发在空气中感染他人。非典期间有一种所谓“毒王”一个人可以感染几十到上百人，以后研究发现，所谓“毒王”并不是他们所带的病毒毒力厉害 100 倍，而是他们咳嗽向空气中散发的病毒浓度很高，使许多人感染。不仅呼吸道就是消化道、皮肤、泌尿道的病原体，同样可以污染环境感染他人。

(四) 来源于水体

水是微生物的重要生存环境，有的可在其中繁殖，自然水体中广泛存在着微生物。室内水体（液体）可能会有雨、雪、雾等天然水、饮用水、废水、污水及生物代谢排出的各种液体等。它们中都含有大量微生物，污水中含菌量可达 10⁸cfu/m³，甚至含致病菌，污染环境。如雨、雪、冰雹等降水，含有细菌、放线菌及霉菌。饮用水中的二次储水槽常被污染。在污水中普通菌及致病菌会更多。在水体污染中主要的致病菌包括志贺氏菌、沙门氏菌、空肠弯曲菌、大肠埃希氏菌、霍乱弧菌、副溶血性弧菌、河弧菌、类志贺邻单胞菌、军团杆菌、结核杆菌、钩端螺旋体、土拉杆菌等。有时由于污水中的致病菌污染了饮用水可造成疾病流行。由微生物引起的水传播疾病爆发见表 3-4。

表 3-4 由微生物引起的水传播疾病爆发^①

疾 病	有 机 体	爆发 ^② /%	病例 ^③ /%
细菌:伤寒	伤寒沙门菌	10	0.1
志贺菌病	志贺菌属	9	2.6
沙门菌病	副伤寒沙门菌和其他沙门菌	3	3.5
胃肠炎		0.3	0.7
胃肠炎	大肠杆菌	0.3	0.7
病毒:传染性肝炎	弯曲杆菌属	11	0.5
腹泻	肝炎病毒 A	1.5	0.6
原生动动物:贾第虫病	Norwalk 病毒	7	3.8
	Giardia Lamblia	0.2	71
Cryptosporidiosis ^④	Cryptosporidium parvum	57	16.7
未知病原学:腹泻			

① 表中数据是由美国亚特兰大疾控中心提供。
② 近十年爆发次数超过 650。
③ 在同一时期有 520000 病例。
④ 在美国威斯康星州的密尔沃基市，1993 年在 370000 人中有一次 cryptosporidiosis 病的单独爆发，这是历史上，水传染疾病的最大一次爆发记录。

室内水体还可有病毒及真菌。特别当心家中的病人，他们的排泄物中有大量病菌污染了水体。再用这种水洗墩布、抹布可把这些病菌带到室内各个角落，也可以产生气溶胶污染空气。

(五) 来源于土壤

土壤不仅是微生物的储存体，也是它的繁殖体，主要有细菌、放线菌、霉菌、藻类、原生动物和病毒等，还可能含有致病菌，也有一部分是动、植物的病原菌。1g 表层土可分离出细菌

$10^8 \sim 10^9$ 个, 个放线菌 $10^7 \sim 10^8$ 个, 霉菌 $10^5 \sim 10^6$ 个。土中的微生物有三个途径污染室内: 一是养花、种草用的土; 二是进出房间带进的土; 三是土壤微生物由于风等各种作用将它悬浮于空气中, 再随通风进入室内。土壤中的致病菌主要来源于人、畜排泄物、垃圾、污水和污泥的污染, 再通过各种方式进入室内污染环境。土壤中的致病菌主要有肠道传染病、食物中毒病、霉菌毒素中毒病及人、畜共患病病原体。

(六) 来源于大气

室内环境的污染一个重要的途径是来源于室外大气。不论动、植物, 物体表面, 及江河湖海中的微生物都可以通过各种力的作用, 来到空气中, 再通过室内外空气的交换, 进入室内。空气不是微生物的繁殖体, 但可以是储存体。不管是普通菌还是各种致病菌, 都可以通过空气传播疾病。因此保持空气的清洁比任何措施都重要, 空气中含菌的粒子, 随空气在室内无孔不入。因此防止室外污染的大气对室内的污染是个重大科研课题。

四、室内环境生物污染的危害

室内环境污染给人类造成巨大的损害, 主要是人类的生命健康及经济方面。随着人类物质生活的极大提高及社会的进步, 人类对环境的要求越来越高。室内环境的污染不仅影响居住的舒适度, 而且严重影响工作效率及生命健康。正如 M. T. 马迪根报道: 在世界许多发达国家里, 微生物疾病仍然是死亡的主要原因。美国环保署 (EPA) 报告民用及商用建筑室内的污染程度是室外的数倍至数十倍到百倍。室内空气品质低劣造成的直接经济损失高达 400 亿美元, 全世界每年有 2400 万人的死亡与此有关。

与发达国家相比, 我国室内空气污染更为严重。据统计每年由室内空气污染引起的超额死亡数已达 11.1 万人, 超额门诊数 22 万人次, 超额急诊数 430 万人次。室内环境污染也造成了巨大经济损失, 仅 1995 年所导致的经济损失高达 107 亿美元。因此, 室内空气污染对健康影响非常严重。室内空气污染 21% 是生物污染造成的。目前加拿大卫生组织调查显示, 人们 68% 的疾病都是与室内空气污染有关。空气微生物也是造成病态建筑综合征的主要原因之一。2005 年 3 月 1 日我国实施的第一部《室内空气质量标准》把室内生物污染与化学及放射污染同时确定为室内空气中三大污染控制指标, 一方面说明生物污染对人体健康的严重性, 也说明国家对室内生物污染的重视。

室内环境生物污染的危害主要是传播疾病、损害物品, 造成重大经济损失。

(一) 传播疾病

(1) 呼吸道感染 由于呼吸道的易感性, 感染的爆发性 and 临床表现的复杂性, 决定了呼吸道感染的广泛性。呼吸道感染是人类最常见也是最主要的疾病, 全球因空气微生物污染导致的呼吸道感染占各种传染病之首。据报道每年仅儿童就有 400 万人死亡。

呼吸道传染病的病原体主要有: 链球菌属, 脑膜炎奈瑟氏菌, 百日咳, 白喉杆菌, 金黄色葡萄球菌, 流感杆菌; 流行性感病毒, 麻疹病毒, 腮腺炎病毒, 风疹病毒, 水痘-带状疱疹病毒, 烟曲霉, 新型隐球菌等。目前与室内传染性病原微生物关系最密切的是军团菌、结核菌、非典型肺炎病毒、禽流感病毒、支原体和衣原体等。

(2) 生物性过敏原 主要有动物的皮、毛、碎片及代谢、排泄物, 植物的花粉、毛刺、霉菌孢子及昆虫和它们的代谢物等。特别是尘螨污染相当严重, 据江佳佳报道: 江淮地区尘螨滋生率高达 41%, 有的每克样品螨含量高达 80 只之多。

(3) 不良建筑综合征 (SBS) 及建筑相关疾病 (RBI) 这两种病症也可由微生物污染造成。而化学及物理污染对生物污染又起到协同作用。

(4) 遗传性疾病 据郭晓强报道, 空气中大量微生物的颗粒, 可引起遗传基因突变。

(5) 食物中毒 由于空气微生物污染了食物, 可引起人类食物中毒。如金黄色葡萄球菌、肉毒杆菌、大肠杆菌、黄曲霉等。

(二) 损坏物品及设施

地球上能把各种植物分解消化主要靠霉菌。然而许多国宝及珍贵书刊和文物却因保存不当, 损坏惨重。据陈浩文报道: 古城敦煌石窟中的国宝雕像及绘画主要是空气微生物的污染, 一些硫酸还原菌三化产物腐蚀金属、石头及国画的色彩。有些国宝是丝绵或动、植物纤维制品, 高温高湿季节霉菌泛滥, 因而许多世界性文化遗产遭到损坏。还有些历史书籍也因生霉而破坏。这些都

应加强空气污染的控制及治理。更有甚者，南方有些寺院庙宇为木质结构，被白蚁侵害，掏空而倒塌。这些历史教训都应永远铭记。由于生物污染造成人的生命健康及物品损坏，其经济损失就更大。据估算，1995 年仅一年就造成 963 多亿元的经济损失。因此我们要积极响应国家领导人的号召，深入研究有效的控制环境生物污染。

第二节 室内环境生物污染的控制标准

一、制定环境生物污染控制标准的意义

各种室内环境生物污染控制标准的制定，是室内环境卫生学的重要研究内容，通过这些标准，可以判断空气、水、土壤、食品、物体表面及各种场所的卫生状况，防止病菌通过这些环境感染人群，防止室内污染给生物、产品及制品造成感染或污染。虽然这些标准的制定有许多困难，但国内外学者一直在探讨、尝试和加强研究，以期制定出具有科学性、代表性、权威性、实用性的污染控制标准。

二、指标菌的选择

指标菌系用以指示检品卫生状况及安全性的指示性微生物。按照国标对饮、食、使用的检品的安全性做出评价。选择指示菌应具有检出方便、简单、有代表性。

三、空气微生物作为指标菌的意义

空气微生物系指悬浮于空气中的微生物，加上包被它的空气介质又称微生物气溶胶。由于它来源的多相性、种类的多样性、播散的三维性、沉积的再生性和感染的广泛性，决定了环境污染以空气微生物为指示菌的科学性。因为不管水体、土质还是物体表面的卫生状况都可由空气微生物反映出来。因此空气微生物确为室内环境生物污染指示菌最符合的条件，也是各行各业用得最多的指示菌。各类检样指示微生物使用情况见表 3-5。

表 3-5 各类检样指标菌

样 品 名 称	一般卫生指示菌		粪便污染指示菌			其他指示微生物
	细菌总数、霉菌和酵母菌数		大肠杆菌、大肠菌群、肠球菌、亚硝酸盐、还原梭菌			
饮用水	+	—	—	+	±	病毒指示微生物 甲、乙型溶血性链球菌
空气	+	±	—	±	—	
土壤	+	—		—		沙门菌、志贺菌、葡萄球菌、溶血性链球菌
食品	+	+	—	+	—	
药品	+	+	—	+	±	特定菌
化妆品	+	+		±		特定菌
物体表面	+	—				嗜热脂肪杆菌芽孢
压力蒸汽灭菌	—	—	+	—	—	
电离辐射灭菌	—	—	—	—	—	短小芽孢杆菌 枯草杆菌黑色变种
环氧乙烷灭菌	—	—	—	+(耐热)	—	
			—	+	—	芽孢
			—	—	—	
			—	—	—	
			—	—	—	
			—	—	—	
			—	—	—	

注：+ 为国家标准要求作为常规检查项目；± 为有特殊需要时检验；耐热代表耐热大肠菌群（或粪大肠菌群）。

四、各种环境的卫生学标准

（一）医院卫生学推荐的细菌卫生学标准

医院卫生学推荐的环境空气、物体表面、医务人员手的细菌菌落总数卫生学标准见表 3-6。

表 3-6 各类环境空气、物体表面、医务人员手的细菌菌落总数卫生学标准

环境类别	范 围	标准/(cfu/m³)			
		空气	物体表面	医务人员手	
I 类	层流洁净手术室 层流洁净病房	≤10	≤5	≤5	
II 类	普通手术室、产房、婴儿室、早产儿室、普通保护性隔离室、供应室无菌区、烧伤病房、重症监护病房	≤200	≤5	≤5	
III 类	儿科病房、妇产科检查室、注射室、换药室、治疗室、供应室清洁区、急诊抢救室、化验室、各类普通病房	≤500	≤10	≤10	
IV 类	传染科及病房	静态	动态		
		清洁区	≤750	≤1500	
		半污染区	≤1000	≤2000	≤15
		污染区	≤1250	≤2500	≤15

注：此表填补了 WHO 推荐的空气细菌标准中传染科及病房空气菌浓度的空白。

（二）医院卫生学推荐的医院空气洁净度标准

医院卫生学推荐的医院空气洁净度标准见表 3-7。

表 3-7 医院空气洁净度标准的建立

项 目	特殊部位	传 染 病 院			普通医 院病房	平 均
		清洁区	半污染区	污染区		
实测结果 A						
1~5μm 粒子数/(cfu/L)	6685	6267	6089	7130	—	6543
细菌总数/(cfu/m³)	2210	3460	2890	3280	3960	3160
推荐标准 B						
1~5μm 粒子数/(cfu/L)	4000	5000	6000	7000	7000	5800
细菌总数/(cfu/m³)	500	1000~1500	1500~2000	2000~2500	2000~2500	1625~2125
A、B 之间符合率/%						
1~5μm 粒子数符合率/(cfu/L)	59.83	79.78	98.53	98.17	—	84.08
细菌总数符合率/%	22.62	43.35	69.20	76.22	63.10	54.90
代表部位 病区	血透室、 血疗室、超 滤室等	学习室、办 公室、夜班房等	治疗室、办 公室、值班室、配餐 室、整理室等	病房、杂品室、 餐具室、消毒处 理室、外走廊等	病房	
门诊		学习室、办 公室、保健室等	治疗室、办 公室、值班室、收费 室、挂号室等	抢救室、急 诊室、肠道及呼吸 道诊室、B 超、心 电图室等	诊室	
供应室	无菌室	学习室、办 公室、夜班房等	处置室、加 工间、更衣室、内走 廊等	污物高压间、 污物储藏室、外 走廊等	学习室、 外走廊	
辅诊室		学习室、办 公室、夜班房等	洗手间、值 班室、更衣室、内走 廊等	标本室、化 验室、各科 室等	各科室	

（三）我国公共场所空气微生物标准

我国公共场所空气微生物标准（GB 9673—88）见表 3-8。

表 3-8 公共场所空气微生物标准 (GB 9673—88)

公 共 场 所 类 别	撞击法/(cfu/m³)	沉降法/(cfu/皿)
旅店业:3~5 星级饭店、宾馆	≤1000	≤10
1~2 星级饭店、宾馆、非星级带空调的饭店、宾馆	≤1500	≤10
普通旅店、招待所	≤2500	≤30
文化娱乐场所:影剧院、音乐厅、录像厅(室)	≤4000	≤40
游艺厅、舞厅	≤4000	≤40
酒吧、茶座、咖啡厅	≤2500	≤30
理发店、美容院(店)	≤4000	≤40
游泳馆	≤4000	≤40
体育馆	≤4000	≤40
图书馆、博物馆、美术馆	≤2500	≤30
展览馆	≤7000	≤75
商场(店)、书店	≤7000	≤75
医院候诊室	≤4000	≤40
候车室、候船室	≤7000	≤75
候机室	≤4000	≤40
旅客列车车厢	≤4000	≤40
软卧客舱	≤4000	≤40
飞机客舱	≤2500	≤30
饭馆(餐厅)	≤4000	≤40

(四) 军队医院洁净手术部有关标准

军队医院洁净手术部有关标准见表 3-9。

表 3-9 洁净手术部的空气洁净度和细菌浓度

等级	空 气 洁 净 度 级 别			细 菌 浓 度	
	相 应 级 别		≥0.5μm 微粒数 /(个/m³ 或个/L)	浮游菌 /(个/m³)	沉降菌 /(个/φ90 平皿 30min)
	国 际 单 位	英 制 单 位			
I	M3.5	100	≤3.5×10³(3.5)	≤5	≤1
II	M4.5	1000	≤35×10³(35)	≤75	≤2
III	M5.5	10000	≤350×10³(350)	≤150	≤5
IV	M6.5	100000	≤3500×10³(3500)	≤400	≤10

(五) 国家医药工业洁净厂房空气洁净度等级

国家医药工业洁净室(区)空气洁净度等级见表 3-10。

表 3-10 药品生产洁净室(区)空气洁净度等级

洁 净 度 级 别	尘粒最大允许数/m³		微生物最大允许数	
	≥0.5μm	≥5μm	浮游菌/m³	沉降菌/皿
100 级	3500	0	5	1
10000 级	350000	2000	100	3
100000 级	3500000	20000	500	10
300000 级	10500000	60000	—	15

(六) WHO 推荐的空气细菌标准

WHO 推荐的空气细菌标准见表 3-11。

表 3-11 WHO 推荐的空气细菌标准

级 别	标准/(cfu/m ³)	适 用 范 围
I 级区	<10	器官移植、心血管、矫形等外科手术室保护性隔离等、灌注或配制注射液实验室
II 级区	<200	无菌或手术室、供应室、婴儿室、中心灭菌单位、术后恢复室、早产儿及产房、石膏室(如在手术区内)、重症监护病房
III 级区	200~500	一般病房、治疗室、放射室、衣帽室、小手术室、浴室、按摩室、盥洗室
IV 级区		传染病科及病房、同位素室
V 级区		卫生间、储藏室、太平间等

(七) 美国宇航局标准

美国宇航局标准见表 3-12。

表 3-12 美国宇航局 (NASA) 标准 (NHB5340. 2)

生物洁净室标准	尘 埃 粒 子 数				生 物 粒 子 数					
	≥0. 5μm		≥5. 0μm		悬 浮 生 物 粒 子			落 下 生 物 粒 子		
	个/ft ³	个/L	个/ft ³	个/L	个/ft ³	个/L	个/m ³	个/(ft ³ ·周)	个/(m ² ·周)	个/(φ90·h)
100	100	3. 5	—	—	0. 1	0. 0035	3. 5	1200	12900	0. 488
10000	10000	350	65	2. 5	0. 5	0. 0176	17. 6	600	64600	2. 450
100000	100000	3500	700	2. 5	2. 5	0. 0884	88. 4	30000	323000	12. 200

(八) 荷兰、瑞士、英国无菌手术室的菌落标准

荷兰、瑞士、英国无菌手术室的菌落标准见表 3-13。

表 3-13 荷兰、瑞士、英国无菌手术室的菌落标准

手术室级别	荷兰 VCCN2001 浮游菌 允许浓度/(cfu/m ³)	瑞士标准 SKI(1987)浮游菌 允许浓度/(cfu/m ³)	英国标准 DHSS(1986)浮游菌 允许浓度/(cfu/m ³)
I	≤10(超净手术室)	10(高效无菌手术室)	20
II	≤200(一般手术室)	200(急救手术室,产房)	180
III	—	500(小手术室,ICU)	—

(九) 《公共场所集中空调通风系统卫生规范》

空调系统的冷却水、冷凝水及送风的卫生要求见表 3-14。

表 3-14 空调系统的冷却水、冷凝水及送风的卫生要求

系 统 部 位	项 目	要 求
冷却、冷凝	冷却水、冷凝水中军团菌(采样量 200ml)	不得检出
空调送风	可吸入颗粒物(PM10)	≤0. 15mg/m ³
	细菌总数	≤500cfu/m ³
	真菌总数 ^①	≤500cfu/m ³
		≤1000cfu/m ³
	溶血性链球菌等致病微生物	不得检出

① 相对湿度 80%RH 的天气全年少于 100 天的地区取 500，相对湿度 80%RH 的天气全年多于 100 天的地区取 1000。

(十) 我国近期室内空气质量标准

我国近期室内空气质量标准见表 3-15。

表 3-15 我国近期室内空气质量标准（GB/T 18883—2002）

参数类别	参 数	单 位	标 准 值	备 注
生物性	菌落总数	cfu/m ³	2500	依据仪器定 ^①

① 见 GB/T 18883—2002 附录 D。

第三节 室内环境生物污染的检测

室内环境包括空气、物体表面、水体等。检验分为卫生检验、临床检验和防疫检验。临床检验的对象是人，目的是诊断、用药和判断药效。防疫检验对象是带菌者、人及动物的抗体、各种易引起传染病的物品、设施及交通工具等。而卫生检验主要是对水、食品、空气环境作出卫生评价。

本节主要介绍卫生检验，结合实际的需要增添了临床检验和防疫检验的内容。各类病原体的初步检验程序见图 3-1。

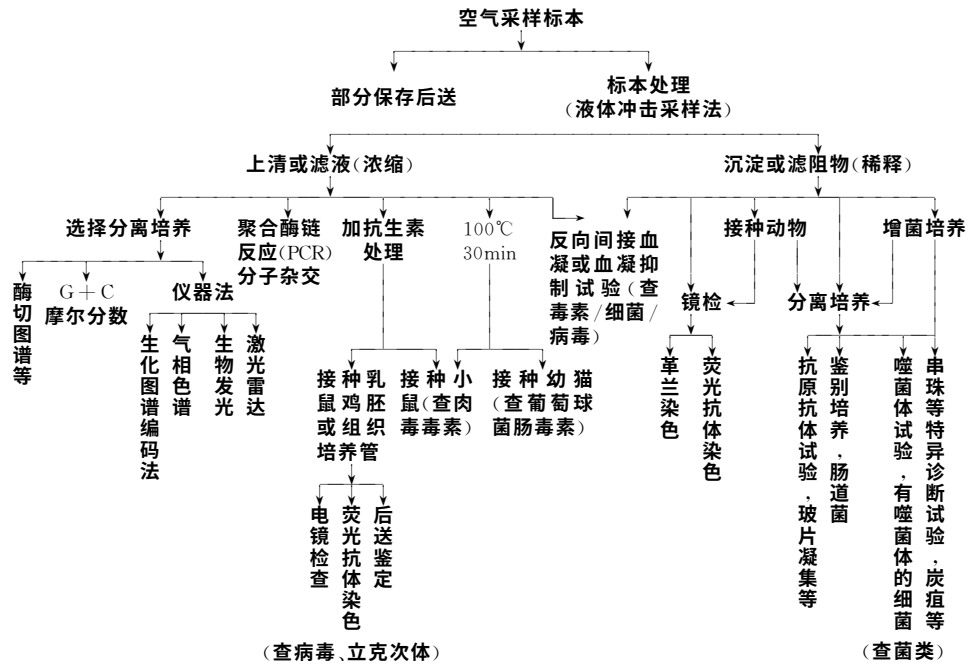


图 3-1 各类病原体的初步检验程序

各类检验目的、对象及程序不同，但对微生物的检验鉴定方法基本相同。都离不开形态、生理生化、生物学特性、毒力、血清学和特殊诊断，只不过根据要求不同检验的程序和深度不同，有的只数菌落数，有的不仅要鉴定到种、亚种，还要分型。生物污染的检测分述如下。

一、微生物源性生物污染的检测

(一) 菌类的采样、检验和鉴定（简称采检鉴）

细菌类病原体的采检鉴定程序见图 3-2。

1. 空气菌落总数的采检鉴定

(1) 采样 关于室内空气菌落总数的采样，按（GB/T 18883—2002）国标中规定用撞击式采样器。根据实际经验，我们推荐使用 Andersen 国际标准采样器，JWL 型采样器，LWC-I 型离心式采样器，Porton 液体撞击式采样器，及自然沉降法。所用培养基国标中规定见（GB/T 18883—2002 附录 D），但在其中加入含有 10% 的土豆水的菌落更多。制法如下：蛋白胨 15g，干酪素 2g，酵母粉 2.8g，葡萄糖 1g，氯化钠 5.6g，氢氧化钠 0.35g，琼脂粉 16g，加入 1000ml 10%

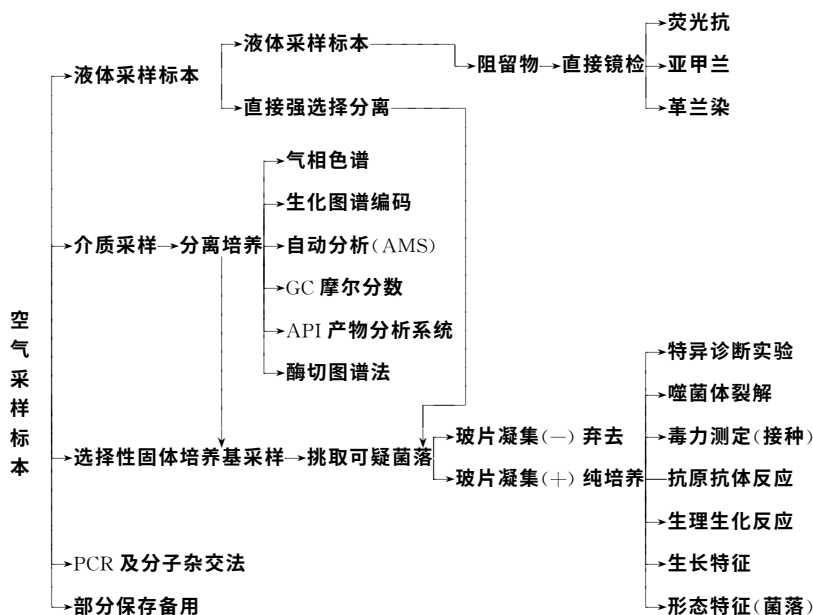


图 3-2 细菌类病原体的采检鉴定程序

的土豆水，68.95kPa，20min 高压灭菌即可。具体采样根据要求。

最少采样点数按公式计算：当面积为 S ，采样点数为 A ，即 $A = \sqrt{S}$ 。这是 1999 年 ISO 14646—1 的标准；最小采样容量按下式计算最小采样容积 = $\frac{3 \text{ 粒}}{\text{级别浓度下限}}$ 。

(2) 检验 菌落总数的检验最简单，只要认识菌落并数出来即可。但这里有一个概念上的问题，在国际或国内的标准中，空气微生物有的写为细菌总数，菌落总数，浮游菌、还有的写悬浮生物粒子。菌落总数最恰当，因为菌数即包括细菌也包括真菌，只写细菌总数，把一大类真菌数忽略了（见图 3-3）。

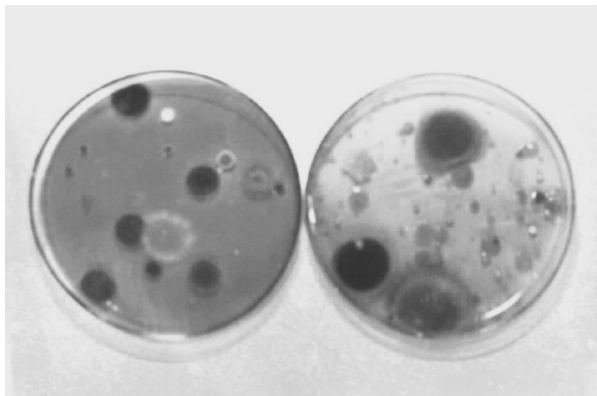


图 3-3 真菌菌落总数（左）和菌落总数（右细菌加真菌）

(3) 鉴定 细菌菌落一般光滑、有色、较小。而真菌菌落一般有毛状，有色素、较大。

(4) 报告 按第二节中各种场所的空气微生物标准，鉴定评价、写出报告。

2. 空气真菌菌落总数的采检鉴

(1) 采样 同空气菌落总数的采检鉴中采样。

(2) 检验 同空气菌落总数的采检鉴中检验。

(3) 鉴定 真菌菌落一般有毛状，有色素、较大。

(4) 报告 按第二节中各种场所的空气真菌标准。写出报告。

美国政府工业卫生学家协会（ACGIH）指出：真菌浓度 $\geq 500\text{cfu}/\text{m}^3$ 时表明室内可能存在真菌污染源。当真菌浓度 $\geq 10000\text{cfu}/\text{m}^3$ 时，就必须采取措施清除室内污染源。

3. 军团菌的采检鉴（重点）

军团菌抵抗力较强，因而在自然界中分布广泛。不论空气、水、土壤和物体表面，还是室内外都有存在。特别空调冷却塔处是该菌产生的气溶胶感染人类的主要传播方式。奇怪的是军团菌在人与人之间直接传播的证据仍未获得。

(1) 采样

① 空气。虽然本菌在自然界分布很广，因营养要求严格，培养分离却难度较大，因此空气采样分离培养却很少有报道。用带抗生素的选择培养基和用液体撞击式采样器，将空气中的带菌粒子采下，然后分离培养。这是目前很有实际意义的课题，应深入研究。

② 水。取室内水样 200ml，用 $0.2\mu\text{m}$ 的滤膜过滤，取阻留物放 10ml 水样中， 56°C 加热 12 分钟，再分离培养或接种动物。

③ 土壤。取土 15g 加水 150ml 充分震荡，静置沉淀取上清分离培养。

④ 物表。物体表面取样按《消毒技术规范》中的擦拭法进行。即将灭菌的棉拭子用无菌蒸馏水沾湿涂抹采样，其面积视污染程度而定。采后再在选择培养基上分离培养。也可放 10ml 无菌水洗脱，再集菌并分离培养。

⑤ 呼吸道。清晨取水漱口后，咳痰于无菌平皿中，供细菌分离培养、荧光抗体染色或 PCR 检测。也可用支气管镜采其内的分泌物待检。

(2) 检验

① 检验程序见图 3-4。

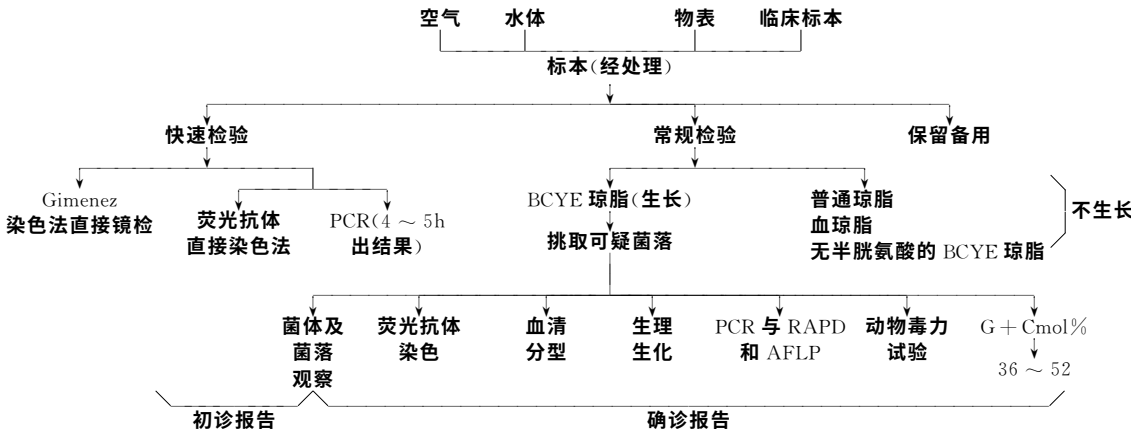


图 3-4 检验程序

② 检验方法

a. 常规检验。主要有镜检、培养、生理生化、荧光抗体、血清分型、PCR、RAPD、AFLP、G+Cmol%测定等。

b. 镜检。将水、空气或血、尿、痰等临床标本用 Gimenez 染色法直接镜检，或用荧光抗体染色法检出此菌。电镜可查到体内有 1 个或多个空泡见图 3-5。

c. 分离培养。水、空气、土及临床标本杂菌多者用 BCYE 选择性培养基（方法按卫生部公布的《公共场所集中空调通风系统卫生规范》进行）。杂菌少的标本可在 BCYE 上直接分离培养。同时接种 BCYE 和普通琼脂，如二者都生长，可排除本菌属。如只在 BCYE 选择培养基上生长可诊断为本属细菌。

d. 生化试验。按常规法进行氧化酶及过氧化氢、硝



图 3-5 军团菌电镜图
(嗜肺军团杆菌透射电镜图，细胞直径约为 $0.6\mu\text{m}$)

酸盐还原、淀粉酶、尿素分解等试验，但以 BCYE 培养基为基础，除去活性炭，按固体或半固体加入琼脂，再加入供试底物和指示剂。

同时接种含和不含 *L*-半胱氨酸及焦性磷酸铁的 BCYE 琼脂平板（9cm）为试验培养基，前者生长后者不生长为军团菌。这是空调系统卫生规范中最简单的鉴定。

e. *L*-半胱氨酸需求试验。以不含 *L*-半胱氨酸及焦性磷酸铁的 BCYE 琼脂平板（9cm）为试验培养基，滴加 2 滴（约 0.1ml）含菌量 ≥ 5000 cfu/ml 的菌液，用 L 棒涂抹均匀，再加上含有上述两种物质的 5mm 圆形纸片。如在纸片下及边缘长菌者为军团菌。

f. 荧光抗体染色。直接法用于检出抗原，间接法多用于检出抗体。BCYE 琼脂上生长的菌用无菌蒸馏水洗下，再用微量滴管滴在载玻片上用玻璃铅笔划成 8~10mm 的圆圈内，干燥后用丙酮固定 20min，然后滴加 pH=7.2 的 PBS 倍数稀释的待检血清，血清稀释度从 32 倍开始，用 6 个滴度，放湿盒中 37℃ 作用 30min，用同上 PBS 充分洗净再加标记的第二抗体，再作用 30min，用 pH=9.0 的甘油缓冲液加盖玻片待检，有特异荧光的为阳性，单价血清效价在 ≥ 256 为阳性。双份血清的恢复期效价在 128 以上，且较急性期的效价增长 4 倍的为阳性。

g. PCR 试验。此试验可检出水、土、空气及痰中嗜肺军团菌特异 DNA，以确定该菌的存在否。

h. 动物试验。豚鼠腹腔接种 3ml 含菌量 10^8 cfu/ml 的军团菌，4 天剖杀，可见肝、脾肿大，表面有脓肿。如测致死量可按 10 倍菌量差名接种 2 只，观察 2 周即可。

（3）鉴定

① 形态。军团菌 *G*-杆菌，一般 $0.6\mu\text{m}$ ，无芽孢和荚膜，有鞭毛和菌毛。电镜可见体内有 1 个或多个空泡。菌落为圆形，乳白间蓝灰，粗糙黏稠。

② 培养特性。该菌需要半胱氨酸和铁盐，钠对其生长不利，因此培养基中用 KOH 代替 NaCl，对 pH 值要求严格。

③ 生理生化。军团菌属硝酸盐还原阴性，脲酶阴性，不发酵糖，过氧化氢酶阳性。

④ 血清学。用分型特异抗血清可鉴定血清型，用直接或间接荧光染色法可查抗原抗体，荧光原位染色法（FISH）也可检出水中军团菌。

⑤ 分子生物学。从水环境检出军团菌用分子生物学分型对军团菌流行病学病因诊断与治疗有重要意义，主要有核糖分型、DNA 片段随机扩增多态性分析（RAPD）、扩增段长度多态性分析（AFLP）等。用 DNA $G+C$ mol% 进行鉴定，军团菌属的含量为 36%~52%，而种内的杂交率都高于 70%。

⑥ 其他。用固相细胞仪法检出水中军团菌效果也很好。

（4）报告 通过上述方法对军团菌可以作出准确鉴定，最后写出报告。

4. 链球菌属的采检鉴

该属有 40 个种和亚种，是人和家畜、家禽等的寄生菌，毒力强的成为致病菌，有些则作为正常菌群栖居于宿主的呼吸道、消化道、泌尿生殖道。还有些是皮肤上的过路菌和黏膜口腔上的定居菌。广泛分布于空气、水、物表、人与动物中。对人致病力较强的有化脓性和肺炎链球菌。该属分类复杂，但多以溶血否分成 3 类：即 α 溶血链球菌，也称草绿色链球菌（多为条件致病菌）； β 溶血链球菌，又称溶血链球菌（因致病力强常引起疾病）； γ 型链球菌，不产生溶血，无致病性。公共卫生空气质量标准中常把该菌作为污染的指标菌。

（1）采样 空气采样可用 Andersen、JWL 及 LWC 型采样器，物表、咽拭标本、痰、脓和血等标本采后 2h 内送检，对 B 群菌的检查，用无菌棉签采集第 35~37 周妊娠妇女阴道分泌物，置含多黏菌素 $10\mu\text{g/ml}$ ，萘啶酸 $15\mu\text{g/ml}$ 选择培养基肉汤中孵育 18~24h，再分离培养。

（2）检验

① 检验程序见图 3-6。

② 检验方法见表 3-16。

a. 镜检。标本涂片革兰氏染色，可见链状 *G*+球菌，菌体呈圆形或椭圆形，一般直径 $0.5\sim 1.0\mu\text{m}$ 。长者有 30 个菌体连在一起。荚膜肿胀试验用于查肺炎链球菌。

b. 培养特性。本菌对营养要求较高，普通琼脂培养基不能或生长不好，在加血、血清、腹水生长良好，血琼脂平板上可长成灰白色，不透明，光滑圆形菌落，大小为 $0.5\sim 1.0\text{mm}$ 。溶血

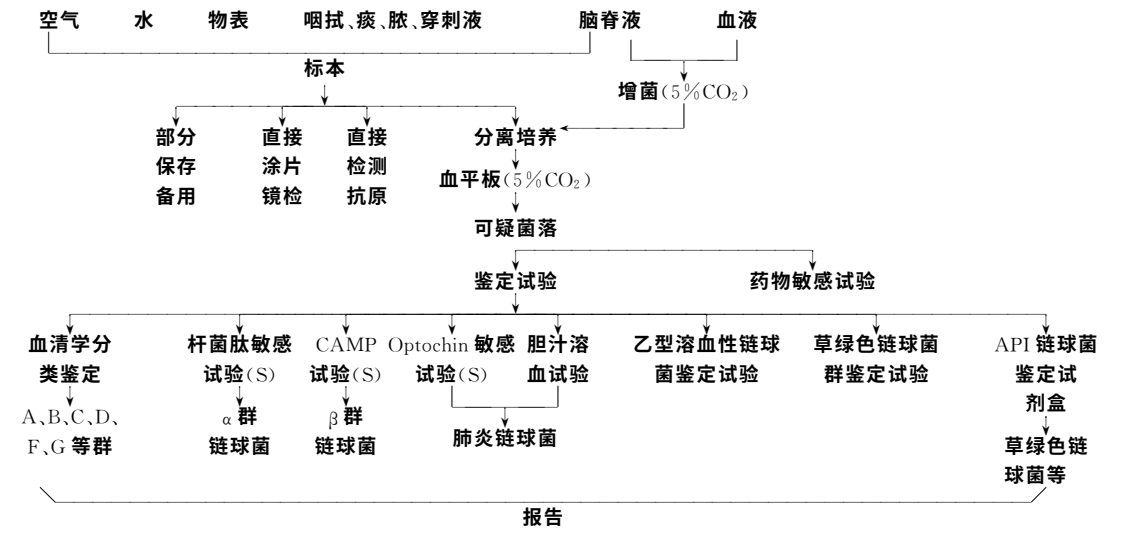


图 3-6 检验程序

表 3-16 链球菌属种内生生化鉴别试验

试 验	化脓群 化脓链球菌	咽峡群 肺炎链球菌	唾液群 唾液链球菌	试 验	化脓群 化脓链球菌	咽峡群 肺炎链球菌	唾液群 唾液链球菌
需氧生长	+	+	+	乳糖	+	+	(+)
加 5% 二氧化碳	+	+	+	甘露醇	-	(-)	-
6.5% 氯化钠	-	-	-	绵子糖	-	+	+
40% 胆汁	-	-	d	水杨苷	+	-	+
0.25% 奥普托欣	+	-	d	蕈糖	+	+	(+)
α 溶血	-	+	d	碱性磷酸酶	+	-	d
β 溶血	+	(-)	-	α-半乳糖苷酶	-	(+)	-
精氨酸水解	+	(-)	-	β-半乳糖苷酶	(-)	-	d
马尿酸钠	-	-	-	β-半乳糖苷酶	-	d	-
七叶苷	(-)	d	+	V-P 试验	-	-	(+)
菊糖	-	d	+	山梨醇	-	-	-

注：“+”为 90% 以上阳性，“(+)”为 80%~90% 阳性，“d”为 21~79% 阳性，“(-)”为 11%~20% 阳性，“-”为 90% 以上阴性。

不同，甲型（α 溶血），乙型（β 溶血）和丙型无溶血。

- c. 生化反应。分解葡萄糖，产酸不产气，菊糖（-），明胶（-），胆汁溶菌（-）。
 - d. 触酶试验。用 3% 双氧水作触酶试验，触酶（-），再配合 G 染色，可作初步判断。
 - e. PYR 试验。化脓链球菌产生的吡咯烷酮芳基酰胺酶能水解吡咯烷酮 B-萘基酰胺加入 N,N-二甲基肉桂醛可产生桃红色。
 - f. 杆菌肽试验。0.04U 杆菌肽药敏纸片贴在布有待测菌的羊血琼脂平板上，35℃ 24h 后，看抑菌环判断是否敏感。化脓链球菌为阳性。
 - g. CAMP 试验。无乳链球菌可产生 CAMP 因子，它可促进金葡菌溶血能力，将金葡菌沿直径划线接种，再沿垂直方向接种无乳链球菌，35℃ 24h 后，两种划线交界处出现箭头状溶血为阳性。本法作为无乳链球菌的初步诊断。
 - h. 免疫血清试验。有两种免疫学技术可检出此菌。第一是通过乳胶凝集检测溶血链球菌表面特异的蛋白或直接对来自病人喉部的拭子进行荧光标记的抗体染色。另一种是用核酸探针检测宿主组织中溶血性链球菌的特异 DNA 序列。
- 用抗体检测抗链球菌溶血素 O 试验，常用于风湿热的辅助诊断，活动性风湿热患者的抗体效价一般超过 400 单位。

另外用商品化鉴定系统多应用糖发酵，传统鉴定及酶底物产色试验。最后确诊还得看从喉咙（化脓链球菌）或痰中（肺炎链球菌）是否有阳性菌株。

(3) 鉴定 链球菌属由于种类型别多，性状复杂，因此鉴定也较烦琐。主要依据为生化 and 血清分型。化脓、肺炎链球菌致病力最强。因此重点鉴别和鉴定，从形态及直接检测抗原只能作初步鉴定。通过血清分类可鉴定出 A、B、C、D、F、G 等群，杆菌肽敏感试验鉴定出 A 群，CAMP 鉴定的 B 群（敏感），optochin 和胆汁试验可鉴定出肺炎链球菌，通过 PYR、杆菌肽、CAMP、API 及血清分型，即可鉴定出甲、乙、丙等型链球菌。

(4) 报告 进行综合鉴定，写出报告。

(二) 流感病毒的采检鉴

流行性感感冒病毒可引起急性呼吸道传染病流感的流行。该病毒易变异，引起爆发流行，并在动物中引起流感流行，它属正黏病毒科，分甲、乙、丙三型。甲型流感可造成世界大流行，乙型只引起局部爆发。甲型在动物中广泛存在，猪、马、鸭、鸟都可分离到。禽与人流感病毒不能直接相互传播，但禽流感变异就可传给人，一旦人与人之间再可因变异引起传播，那将是一场重大灾难，因此要引起全人类的关注。

(1) 采样 流感病毒的传染源是感染者及动物，传播途径是空气，因此空气采样，患者的含漱液及咽拭子皆可。

① 空气采样。所用采样器同军团菌。但采样介质不同，一是可在普通琼脂平皿上涂布一层甘油、明胶或牛血清等。采样时间根据患者病情和散发的病毒气溶胶的多少而粗略确定。当用 Porton 采样器时采样液（普通肉汤）中加入抗生素对防止细菌污染更有利。

② 物表采样。在被病人严重污染的物体表面，也可用带抗生素的 pH=7.0~7.2 的牛肉浸液盐水等量混合液或 0.5% 水解乳蛋白的 Hanks 液 10~15ml。再用灭菌棉拭子涂布后，放入大试管中低温保存，并立即送检。也可将采样液用 0.2μm 滤膜过滤，除杂菌，滤液再作分离培养。

③ 咽拭子采样。采患者的咽拭子或让患者咳嗽数声，再将采样液倒入口中，换气含漱 2~3 次，吐入大试管中，最好在 4h 内分离，如超过时间，需放 -25℃ 以下保存。

④ 血清。采患者急性期（发病 3 天内）和恢复期（发病 2~4 周）血清，无菌操作，从肘静脉采 3~5ml，待血凝固分离血清送检，或用大肚采血管采耳血，作微量血清学试验用。

(2) 检验

① 检验程序见图 3-7。

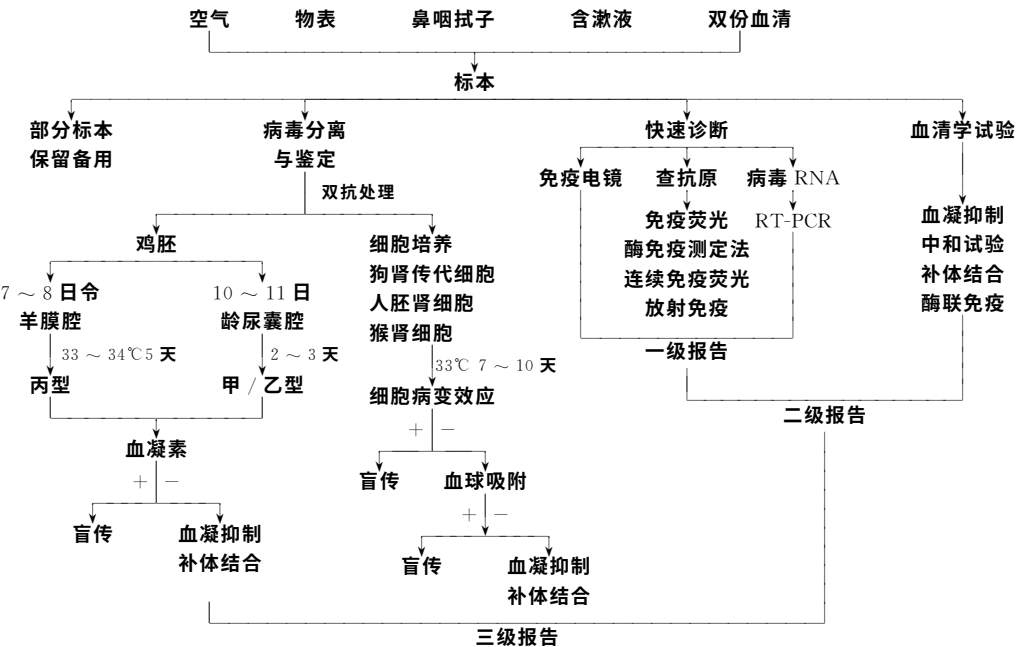


图 3-7 检验程序

② 检验方法

a. 鸡胚培养法。将采样标本接种鸡胚，先选 9~11 日龄鸡胚，消毒后在胚胎处打孔，用注射器吸取处理过的标本，在羊膜腔内接种 0.2ml，每份标本接种 3~5 个鸡胚，用胶布封口，于 33~35℃ 培养 3 天。用毛细吸管吸取尿囊液，将羊膜提起吸取羊水，在 20 孔有机板上每份尿囊液和羊水各加 2 滴等量 1% 鸡血球，摇匀，置室温 45min 后出现凝集为阳性，如不凝则再盲传 2 代，仍为阴性报告结果。

b. 细胞培养。用狗肾传代细胞按常规方法消化后，1:3 稀释，分装小试管，37℃ 培养，当长成单层的细胞管后，倒掉原液，用 Hanks 液洗 2 遍，每管接种 0.1ml 标本，37℃ 接触 2h，加入维持液（含胰酶，不含小牛血清）0.9ml，每份标本 3~5 管，同时作正常细胞对照。标本于 33~35℃ 培养 8 天，细胞颗粒增加，变圆，脱落，呈网状，用毛细吸管吸 2~3 滴于有机板中，加入 1% 鸡红细胞，凝为阳性，不凝再盲传 2 代，仍为阴性报告结果。

c. 血凝试验。流感病毒可与人、鸡、豚鼠等动物红细胞产生凝集，可用血凝及其抑制试验测病毒滴度及鉴定病毒型别。其方法按常规法，先用生理盐水按 1:5 稀释病毒，再根据凝集程度分—、±、+、++、+++、++++ 判断结果，以++为终点，即为一个凝集单位。再查表（黄祯祥等，医学病毒学基础及实验技术一书中血凝滴度检索表）检索血凝滴度。

d. 血凝抑制试验。流感病毒的血凝素是一种抗原，当人体感染后，可以对它产生抗体，流感病毒与此种抗体结合，血凝素被它的特异抗体封闭了，就失去了再与人及动物红细胞产生凝集的能力，用此法可查血清中的抗体效价。并可用标准血清对新分离的病毒进行型及亚型鉴定，特异型抗体与相应的血凝素抗原结合，抑制病毒引起的血凝即为该型病毒。血凝及其抑制试验也可用微量方法进行，应用 WHO 流感诊断试剂盒鉴定病毒。

按常规法再进行补体结合、酶联免疫、固相免疫试验，进行鉴定。

(3) 鉴定 流感病毒通过免疫电镜观察形态，用免疫荧光、酶联免疫测定和放免查抗原。再用逆转录酶 (RT)，合成与病毒 RNA 互补的 DNA，再进行 PCR 扩增查特异抗原。即可写出一级报告，再加上血凝、补体结合及酶联的血清学试验，可写出二级报告，最后拿到菌株，写出三级报告也就是确诊报告。分离到菌株永远是确诊的“金”指标。

(4) 报告 通过上述一系列分离、检验和鉴定，写出报告。

(三) 立克次体的采检鉴

立克次体是一类微小的杆状或球杆状、革兰阴性微生物。立克次体目又分立克次体、巴通体和无形体三个科。对人致病的有五个属。近年来根据 16S、rRNA 序列又可分为 α 、 γ 亚群，日本立克次体和菲埃立克体。立克次体大多是人畜共患病原体，以节肢动物为媒介和为储宿主，大小介于细菌和病毒之间，专性活细胞寄生（少数除外），体内同时含有 DNA 和 RNA，以二分裂繁殖，对抗生素敏感。分类学上归入广义细菌范畴。另外蜱螨叮、猫抓狗咬以及气溶胶都可传播疾病。

(1) 采样

① 空气。既然立克次体可经气溶胶传播，因此空气和物表采样都有意义。所用采样器最好用 porton 液体采样器，采样液为防止空气杂菌可加入含青霉素 100~1000 单位/ml 的无菌稀释液 5~10ml。如空气采样标本很浓可低速离心取上清接种。

② 物表。用棉拭子涂抹法采物表。所用采样液及处理同上法。

③ 病人标本。于病程第一周，并争取在用抗生素前采 5~10ml 血，如在用抗生素后采血，影响分离结果，可将血块研磨加生理盐水或肉汤制 20%~50% 悬液低速离心取上清接种。

④ 骨髓液、脑脊液可根据临床表现采集。尿及痰应在每毫升接种物中加入 500 单位青霉素。

⑤ 家畜脏器。取肝、脾、肾装入容器中剪成小块分组，制成 20%~30% 悬液，低速离心取上清。

⑥ 野生小动物。取心血致死，或取脏器与血一同研磨制成 20% 悬液低速离心取上清接种动物。

⑦ 节肢动物。将蜱螨等小昆虫，用无菌盐水洗净，加青霉素处理后，同空气采样标本。

(2) 检验

① 检验程序见图 3-8。

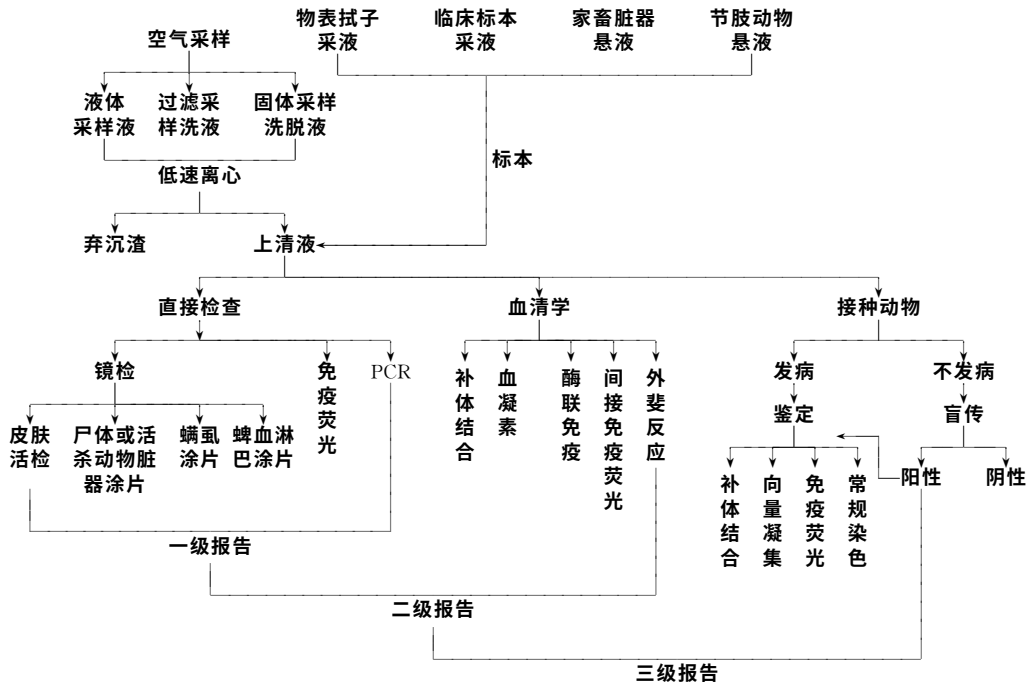


图 3-8 检验程序

② 检验方法

a. 镜检。立克次体为革兰氏阴性菌，宽 $0.3 \sim 0.7 \mu\text{m}$ ，长 $1 \sim 3 \mu\text{m}$ 。可以用 Gimenez 染色，菌体红色，背景蓝色，再用 1000 倍显微镜镜检可见球形，杆状和长杆状或长丝状菌体，电镜切片表明该菌细胞具有一般细菌的形态特征。

b. 分离培养。人类致病立克次体用动物分离，常用豚鼠分离 Q 热、斑疹伤寒组及斑疹热组的病原体，小鼠分离恙虫病立克次体。豚鼠感染后可见腹股沟淋巴结肿大充血，有阴囊反应的辜丸鞘充血。感染脏器涂片如用荧光抗体染色，不仅检出率高，还可达到快速鉴定的目的。由于采样标本多有杂菌，因此一般不用细胞分离法。

c. 血清学试验。有补体结合与凝集反应。要更深入的验证，还要进行免疫保护试验，毒素中和及间接荧光抗体试验。

(3) 鉴定 要鉴定立克次体，先要进行形态的直接镜检，再加上免疫荧光和 PCR 作出一级报告。在此基础上再加上血清学试验为二级报告，最后从动物或细胞培养分离到菌株为最准确的金指标，也就是三级或最终报告。

综上所述，在微生物源性生物污染的检测中，重点放在呼吸道传播的微生物检测其理由有五：①由于人类呼吸道的易感性，加上空气微生物感染的广泛性，更多的实践需要促使我们重点就放在呼吸道传播的微生物检测上。实际少见的微生物就不详细介绍。②空气微生物感染的途径相当广，当它降落到伤口上就可化脓，当它降落到水中就可通过消化道感染，当它经过呼吸道就会使呼吸道发病。特别有些昆虫所带病原体，当昆虫死后或随粪便排出体外又变成气溶胶，当呼吸到这种空气就会在呼吸道感染。③空气微生物最能反映室内卫生状况，不管室内怎样干净，物表、水体、人及宠物所带微生物皆可因受到某种力的作用都可进入空气。相反，当空气菌浓度很高，也可降到水、物表、人和动物的身体上，通过再生气溶胶而发生感染。④由于科普知识和资料的不足，对微生物气溶胶传播疾病的知识了解的甚少，像百年不遇的非典型肺炎（SARS）病毒，一时造成大流行。人们只知道 SARS 病毒可以近距离传播，不知道远距离仍可传播。人们只知道经消化道、泌尿道、生殖道传播疾病，而不知道这些系统的疾病都可经呼吸道传播，甚至虫媒和经血传播的疾病也可经呼吸道传

播。美国就报道了肝炎和梅毒经气溶胶传播的病例。⑤呼吸道传染病很难控制，很多呼吸道疾病是由病毒引起的，抗生素及药物无效。大多数呼吸道疾病都是急性的，在症状出现之前已完成了传播，防不胜防。有些呼吸道疾病还未获得有效疫苗，抗原就发生了漂变，每隔几年就产生一个新种。另外很多呼吸道传染病都是从正常携带者传给易感宿主。介于上述五种原因病原体检测主要选择了以空气传播为主。对经水、消化道、虫媒及动物传播的微生物可逐步加以了解。

二、植物源性生物污染的检测

植物源性生物污染主要有花粉、有毒藻类、植物性原材料的腐烂霉变产生的气味和再生气溶胶。居室内放些花卉对点缀生活，美化环境有益，但有些花卉就不适合，花粉多了会使人过敏、哮喘，甚至有的花的气味久闻会产生昏睡、憋气、瘙痒、失眠等。有些藻类如微囊藻属可产生毒素。关于花粉的检测，主要看形态，不同种的植物都有一定的形态，只要用采样器将花粉及藻类采到透明玻片上，在显微镜下观察，看属于何科何种一看便知。至于大植物及其材料的检测鉴定属于植物学范畴。

三、动物源性污染的检测

动物源性污染主要有医学昆虫类、虫卵类、动物体及它们所带寄生虫、病原体和本体的毛、皮屑及排泄物。它对人类健康的威胁主要是传播疾病及引起过敏、哮喘。当浓度太大，产生有害气体，也同样损害健康。关于医学昆虫和原生动物的检验仍然靠形态，小者用显微镜观察，大的目检，更大的则属于动物学范畴。

第四节 室内环境生物污染的预防控制

室内环境生物污染是多途径的复杂过程，预防控制也是全方位，全过程和综合性的系统工程。总体来讲分为软件和硬件两大部分，前者主要是理论、理念、规划、组织、管理等系统，后者主要是具体的设备、设施、方法等。

一、第一部分 软件部分

（一）污染控制与建筑学

目前建筑学开始追逐“健康建筑”，就是对大自然无污染，对人无害。特别提倡生态建筑和绿色建筑，避免病态建筑综合征（SBS）。采用自然光，智能通风，先进的呼吸式通风墙，美丽的生态，使人与自然非常和谐，有一个好心情，定会健康平安。

（二）污染控制与预测学

掌握污染的现状是监控的前提，也是预测发展的基础，准确的预测效果是确定控制目标的根据，应用GM(1,1)灰色模型来控制污染，进行对策干预，收到十分明显的控制效果。特别如“非典”、禽流感等有预测与无预测、有准备与无准备大不一样。

（三）污染控制与行为科学

大多数污染、感染与行为有直接关系。这些行为往往很简单，但很重要，如天天开门窗，不乱放垃圾，天天打扫卫生等。这些行为都可直接影响室内空气微生物含量，可见污染控制中应用行为科学是至关重要的。

（四）污染或感染控制与卫生法规

卫生法是推动污染或感染管理的有力武器和可靠保证，强化相关人员的法规意识对控制污染有重要意义，因此要加大卫生法的教育力度和对策，依法控制污染，加强监督管理，像不许乱扔垃圾，确保社区环境安全。这不仅是居民，就是工程设计人员同样适用。由于设计不合理，造成大批居民感染是非典留给人类永恒的教训。

（五）污染控制与管理学

管理学参与污染控制收到十分显著的效果，怎样用管理学来统筹污染控制，以下分为五方面的管理：①行政管理。②社区管理。③环境管理。④物品管理。⑤卫生管理。有人在楼内养大批野鸟，不加强管理周围居民污染肯定严重。无法达标。

二、第二部分 硬件部分

(一) 物理法

污染控制与除菌消毒,在污染或感染控制中,很重要的内容是除菌消毒。空气净化是要除掉空气微粒。工业净化注重的是产品保护;生物净化注重的是空气中活的微生物,求得的不仅有产品保护,还有人体、动物及植物体保护。因此要求全方位、全过程和综合性措施,难度更大。本节重点讲述室内用物理、化学、生物法去除微生物气溶胶粒子及其活性。

1. 过滤除菌

形形色色的空气净化器除菌的主要措施靠空气过滤。

(1) 结构 过滤法的组合即为各种型号的过滤器。

(2) 原理 滤材能把微生物气溶胶过滤掉,主要靠机械阻截、静电、吸附、扩散和惯性作用。

(3) 评价

① 可在有人条件下,迅速持续提供大量无毒气体。这是本法最突出的优点。因为在无人条件下杀灭微生物方法很多。但在有人条件下就寥寥无几了。所有化学消毒剂所谓无害都是相对而言。

② 微生物不能在过滤器上大量繁殖。

③ 细菌及病毒很少能穿透滤器。另一个原因是过滤器孔隙不是直接内外相通,它像长的弯曲隧道。即使病毒进了孔隙也会拦截下来。

④ 滤器的使用价值:如1万~10万级洁净厂房,预滤器选用F8末端高效过滤器的寿命可达5年,从价值价格上看都是相当可观的。

缺点是条件适宜过滤器也可能长菌。因此研究杀菌滤器是方向。

2. 静电除菌法

典型的仪器是MKJ静电空气消毒器。

(1) 结构 该仪器由电离区,过滤区两部分组成。

(2) 原理

① 正离子浸润灭菌,该仪器能产生高浓度正离子。穿透多孔的细胞壁导致细菌死亡。

② 镜像力荷电,使其克服惯性阻力与粒滞阻力进至纤维层表面而被吸附下来。

(3) 评价

① 细线放电极形成的电离区使微粒荷电与凝并,使纤维层过滤器提高了除尘(菌)的效率。

② 经过静电凝聚后的大直径粒子不容易堵塞纤维层的空隙,大增过滤段的容尘量。

③ 过滤段不必使用高效过滤器,从而大大减少了阻力损失。

④ 由于取消了具有大量收尘面积的电除尘器的收尘段,而代之以价格低廉的纤维层滤材,因而除尘(菌)器造价大大降低。清洗、更换简便得多。

⑤ 臭氧浓度低。

⑥ 能作为非建筑型空气消毒设备。使用灵活。

⑦ 应用范围广

缺点是气流常发生短路流型。以前因为臭氧浓度高,效率低,现经改造重新发展起来。

3. 紫外辐照消毒法(Ultraviolet Germicidal Irradiation, UVGI)

(1) 原理 紫外按波长分A、B、C三波段和真空紫外,杀菌力最强的是C波段,即波长为200~275nm。细菌经照射后核酸和蛋白质及酶类的分子键破坏,失去复制和活化,因而可杀灭细菌。

(2) 改进 紫外消毒是古老方法,而现有了重大改进。近来对紫外场强的计算比以前精确,降低了一次性投资。目前还有一种新型反射式紫外灭菌灯,可在有人房间内消毒。这是新的可喜动向。

(3) 评价 优点是它可用于风道、过滤器、冷却盘管及其他空气处理部件。UVGI与过滤器合用是互补作用,而不是替代。另外,UVGI消毒技术具有高效、广谱。无二次污染、节约能耗、投资小和应用灵活等优点。国内制出的紫外输出功率小,臭氧量大。也有气流流向发生短路情况,亟待提高。

(4) UVGI技术 在国外空气消毒领域应用范围正在迅速拓展,形式多样化,越来越多的人引起重视,呈现出大好的发展趋势。

4. 纳米光催化技术

(1) 原理 在光照下, 如果光子的能量大于半导体禁带宽度, 其价带上的电子会被激发, 越过禁带, 进入导带, 同时在价带上产生相应的空穴。光生空穴有很强的氧化能力, 而光生电子具有很强的还原能力。从而可以使有害气体和微生物氧化还原而解体死亡。

(2) 制法 为解决 TiO_2 光催化剂与气流的分离困难, 在不锈钢金属网上制备纳米介孔。 TiO_2 光催化薄膜其孔径 10nm 左右。由于孔径小, 光催化剂的比表面积大, 因而效率高。通过光催化评价装置对金属丝网负载纳米介孔光光催化活性及降解产物进行研究发现, 对甲醛的降解很彻底, 对细菌的杀灭也很满意。结果表明, 在 4~8klm 的荧光照射下光催化剂纸可 100% 杀死葡萄球菌和大肠杆菌。

(3) 评价 光催化无毒, 人体和环境无害, 效率高。对微生物也具有广谱杀菌性。

(4) 展望 该法初步开发研究, 但已上报专利, 相信今后会有较大效益。

5. 电离辐射灭菌法

有丙种射线和高能电子束两种。

(1) 原理

① 引起细菌诱发辐射, 特别是 DNA, 干扰微生物代谢。

② 水分子被高速粒子打入, 产生 H_2O_2 。

③ 破坏细胞膜, 引起酶混乱。

(2) 装置

① 丙种射线的产生可用反射性同位素 CO_{60} , 但要放在一个很厚的水泥墙的防护房间。最适合液体和固体消毒。因为装置庞大。

② 高能电子束可用电子加速器产生, 能量大于 5MeV 时, 可产生诱导辐射, 但穿透力差, 只能消毒小物品。此法由于消毒空气微生物不够灵活。装置庞大, 又不安全, 详情从略。

6. 其他灭菌法

(1) 液体冲洗除菌 将空气通过水或消毒液除菌。此法除菌效率低, 而多被过滤法代替。

(2) 空气火烧器 在以石棉保温的金属管道中, 盘以电炉丝, 通电加热 300~600℃, 通风时空气可在此滞留 1~3s, 可达到超高效滤材除菌的效果。缺点是风量小时难以保持温度, 且耗电大。只适用于污染严重的小量空气, 如动物房等。

(二) 化学法

居室内如空调污染或因有病人要消毒空气, 或生物医学洁净室、生物安全实验室、手术室等, 不论空态还是静态, 整个系统及空间都需要消毒空气微生物, 主要方法见表 3-17。

表 3-17 空气消毒的主要方法

消毒方法	主要设备与药品	处理剂量	处理条件	人能否在	适宜用途
消毒剂对空喷洒	普通喷雾器与适宜消毒液, 如过氧乙酸、煤酚皂溶液、高锰酸钾	0.2%~1%, 10~30min 5%, 0.5~2h 0.1%, 0.5~1h	喷洒有气味消毒剂, 事后应能通风排除	否	室内空气消毒
消毒剂气溶胶喷洒	气溶胶喷雾器与适宜消毒液, 如过氧乙酸、煤酚皂溶液、高锰酸钾			否	
熏蒸消毒	甲醛、乙型丙内酯、过氧乙酸、醛氯合剂、乳酸、臭氧、碘	10~20g/m ³ , 12~24h 2~5g/m ³ , 2h 3g/m ³ , 1~1.5h 3g/m ³ , 1h 4mg/m ³ , 10mg/m ³ , 5min 3.5mg/m ³	房屋密闭性较好; 使用有气味消毒剂, 事后应能通风排除; 温湿度适宜	否 否 否 否 否 否 否	

(三) 生物法

生物体及其代谢产物能够杀灭空气微生物者为生物法, 由于生物体的化学成分很复杂, 把已搞清楚的单体(如抗生素)归为化学法, 把生物整体归为生物法。

1. 植物熏蒸消毒
常用植物熏蒸消毒剂见表 3-18。

表 3-18 常用植物熏蒸消毒剂

熏蒸剂名称	主 要 成 分	剂 型	用 量	用 途
锯末烟雾剂	(1)杉木锯末、氯酸钾， (2)红松锯末、氯酸钾	烟雾筒	10g/m ³	表面消毒 空气消毒
华芥宁油烟雾剂	杉木粉、白硝、华芥宁油		60g/42m ³	
苍艾香	苍术、艾叶、黏木粉、氯酸钾	盘香,每盘重 15g	一盘/45m ³	空气消毒 表面消毒
野菊花艾叶香	野菊花、艾叶、黏木粉			空气消毒
防感冒醋香	无盐食醋、苍术、艾叶、榆树皮粉、黏木粉、硝酸钾	盘香,每盘重 28g	0.6g/m ³	

2. 绿色植物净化空气

水是生命之源，绿是生命之本，室内适当的绿化不仅可美化环境，活跃气氛，除尘杀菌和吸收有害气体，还符合生物防治的原则。据报道，柑橘、迷迭香、吊兰就可以大大地降低室内空气中微生物浓度，这是不产生二次污染、省钱、省力达到杀死空气微生物的目的，真乃是最理想的控制室内生物污染的方法。但任何事情都是一分为二的，还要注意花草产生的负面影响，要适当、适合、适量。放花草时，要有针对性，根据室内污染的种类，有针对性的适当放些可起到明显的效果，还要根据污染程度来放些适合的花卉，另外要适量，因为绿色植物白天吸收二氧化碳，晚上又吸氧。卧室摆放过多不利夜间睡眠。据报道 10m² 的房间放 1.5m 高的植物两盆比较适合。



思考题

1. 室内环境污染总的分几大类？生物污染又分哪几种？
2. 生物污染的特性是什么？
3. 室内环境生物污染的来源是什么？
4. 室内环境生物污染都能传播哪些疾病？
5. 哪些微生物能引起水传播疾病的爆发流行？
6. 制定卫生指标菌的标准有什么意义？
7. 为什么用空气微生物浓度作为生物污染指标最合适？
8. 同是空气微生物标准，有的用空气微生物，有的用细菌总数，有的用菌落总数，有的用浮游菌，有的用生物粒子，哪种最简单、最科学？为什么？
9. 军团菌在自然界分布相当普遍，但为什么人工分离培养却不易？
10. 控制室内环境生物污染分哪两大部分？

参考文献

1 于玺华，车凤翔．现代空气微生物学及采检监技术．北京：军事医学科学院出版社，1998
2 孟阳春，李朝品，梁国光．螨与人类疾病．合肥：中国科学技术大学出版社，1995
3 王晓钟等．现代医院卫生学．北京：人民军医出版社，2002
4 于玺华．现代空气微生物学．北京：人民军医出版社，2002
5 涂光备．医院建筑空气净化与设备．北京：中国建筑工业出版社，2005
6 许仲麟．空气洁净技术原理．上海：同济大学出版社，1998
7 朱立海．嗜肺军团菌在水体环境中的传播特征研究进展．环境与健康杂志，2005，22（3）：234～236
8 王秀茹．预防医学微生物学及检验技术．北京：人民卫生出版社，2002
9 许仲麟．空气洁净技术原理．第三版．北京：中国建筑工业出版社，2003
10 高树德．防疫检验手册．北京：人民卫生出版社，1982

第四章

室内空气中氡污染的检测与控制

氡是人类生存环境中天然存在的一种惰性放射性气体。近年来发现这种放射性气体及其衰变产物，被人体吸入后，会引起肺癌发病率的增加，因此引起了人们的广泛关注，竞相开始了对氡及其子体对健康影响的研究。这里将对氡及其子体的基本知识、对人类健康的影响做简要介绍。

第一节 氡污染的危害与来源

一、人类接受的辐射剂量有一半来自氡及其子体

空气中的氡是一种天然存在的放射性气体。要了解吸入氡对人类健康产生的影响，首先要对放射性对健康的影响做一简单介绍。人类接受的辐射一般可分为两大类：电离辐射与非电离辐射。电离辐射，顾名思义是指可以引起物质电离的辐射，这包括各种各样的放射性物质产生的辐射以及各种射线装置产生的辐射，一般称为线或粒子，如 X 射线、 γ 射线（也有的称为丙种射线）、宇宙线、 β 射线（也称 β 粒子）、 α 射线（也称 α 粒子）、中子及其他重粒子。非电离辐射是指不能引起物质电离的辐射，一般称为波，如电磁波、超声波、微波等。从对人体的危害，电离辐射要大于非电离辐射。本书只讨论电离辐射方面的问题。

产生电离辐射的放射性一般有两大类：一为天然放射性；另一为人工放射性。天然放射性是指自然存在的放射性，自地球诞生时起就存在，广泛存在于包括人体在内的各种环境介质之中。人工放射性是指由于科学技术的进步，由人类活动而产生的放射性，其中具有不同半衰期的放射性核素就有 2000 多种，还有不同类型的射线装置。核爆炸产生的多种放射性核素，反应堆（包括核电站）生成的各种裂变产物等都属于人工放射性。在正常情况下，人体接受的来自电离辐射的剂量大部分都来自天然放射性。见表 4-1。

表 4-1 2000 年世界范围人体接受的年有效剂量

来 源	有效剂量/mSv	范 围 或 趋 势
天然本底	2.4	范围是 1~10mSv,部分人群会达 10~20mSv
医疗诊断	0.4	范围是 0.04~1.0mSv
大气核核试验	0.005	1963 年最高为 0.15mSv,北半球高于南半球
切尔诺贝利事故	0.002	1986 年最高为 0.04mSv,邻近地区较高
核电站	0.0002	随核电站数目的增加会升高,随改进设计会降低

由表 4-1 可以看出，人类接受的天然辐射剂量约占总接受总剂量的 85%。这其中来自氡的暴露又占相当一部分，见表 4-2。

从表 4-2 可以看出，在人类接受的来自天然辐射的 2.4mSv 有效剂量当中，约有一半来自吸入氡及其短寿命子体。可见氡及其短寿命子体对人类的健康是多么重要了。因此有必要对空气中的氡及其子体来源、进入身体的途径、可能对人体造成的危害等方面做进一步的研究和讨论。

表 4-2 平均天然辐射剂量

来 源	世界平均年有效剂量/mSv	范 围
外暴露		
宇宙线	0.4	0.3~1.0,海拔高度越高,数值越大
地球 γ 射线	0.5	0.3~0.6,由土壤和建材中放射性核素含量决定
内暴露		
吸入(主要是氡)	1.2	0.2~10,由室内氡累积程度决定
食入	0.3	0.2~0.8,由食物和饮水中放射性核素含量决定
总计	2.4	

放射性对健康的影响可分为确定性效应和随机性效应两大类。顾名思义，确定性效应就是肯定会发生的效应。即当人体接受的辐射剂量超过一定量值（剂量阈值）时，人体肯定会发生的反应。反应的严重程度与接受的剂量有关。临床症状有乏力、脱发、牙龈出血、性欲降低、白细胞数降低、皮肤红斑，直至不同程度的放射病、死亡。受照个人的随机效应是随机发生的。个人接受的辐射剂量虽然没有达到阈值，但对健康也会产生影响，这种影响主要表现为人体不同部位癌症发病率的增加。对随机性效应而言，在辐射剂量没有达到阈值的情况下，效应概率随接受剂量的增加而升高，但效应的严重程度与初始剂量无关。日本放射线影响研究所根据对日本原子弹受害者的调查结果，给出了核爆炸时受到 2Sv 辐射剂量的个体与没有受到辐射剂量个体的调查结果比较（见图 4-1）。

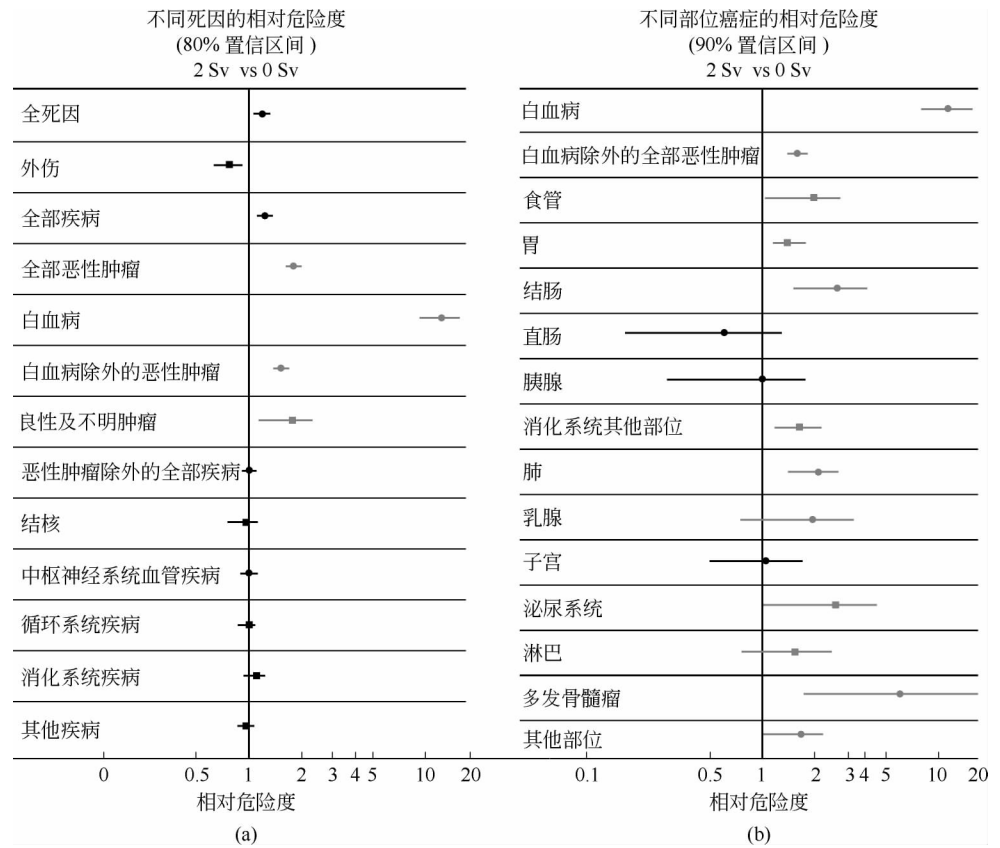


图 4-1 电离辐射引起人体癌症危险度增加情况

由图 4-1 可以看出，人体接受电离辐射剂量后，确实可以引起恶性肿瘤和良性肿瘤发病率的增加，其中尤以白血病发病率增加得最多，约增加 15 倍。在恶性肿瘤中，直肠癌、胰腺癌与子宫癌基本与电离辐射无关，但其他部位的癌症都与电离辐射有关，尤其是白血病和多发骨

髓瘤。

所以应该认为，放射性对人类健康的影响，在随机效应方面，主要是引起各种癌症发病率的增加。从现代辐射防护的观点来看，任何小剂量的电离辐射，对人体都是有害的。所以人体接受电离辐射应该保持在可以合理做到的最低水平。

二、对氡危害认识的历史

人类对空气中的氡及其子体会对健康产生危害的认识，来源于对矿工的调查。欧洲的采矿史大约开始于 15 世纪。16 世纪初在德国萨克森州斯尼伯格（Schneeberger）地区，发现年轻矿工中肺部疾病死亡率很高。在 18 和 19 世纪，随着银、钴、铜等开采量的增加，这种肺部疾病的死亡率也逐渐增加。当时称这种病为“斯尼伯格肺病”，1879 年确认为肺癌。当时，斯尼伯格地区的矿工，75% 死于肺癌。

最初认为，“斯尼伯格肺病”是由吸入金属粉尘引起的。1898 年，居里夫妇从亚西莫夫矿石（Jachymov ores）中提炼出镭（ ^{226}Ra ）和钋（ ^{210}Po ）。随后氡（ ^{222}Rn ）被确认为镭衰变产生的惰性放射性气体。测量证实斯尼伯格和亚西莫夫矿井空气中氡浓度很高。20 世纪初，报道了首批镭辐射引起的癌症（特别是皮肤癌）病例。由此假定肺癌与矿井中的高氡浓度有关。随后在斯尼伯格和亚希莫夫矿井中进行的较为准确的氡测量，支持了这一假说。然而，氡是引起肺癌的病因，在当时并没有被普遍接受。有人认为，肺癌是由于吸入有毒粉尘引起的。有人认为，砷和其他污染物及健康状况不良是引起肺癌的主要原因。这种情况与 20 世纪 80 年代，对我国云南锡矿矿工研究结果的解释有类似之处。

20 世纪 40 年代以后，出于军事目的，开始在刚果（扎伊尔）、加拿大、美国科罗拉多、德国东部、法国等地大规模开采和加工铀。当时的铀矿开采很少注意工人的防护问题。也很少有氡的监测数据。在此期间，氡的剂量学研究和吸入氡可能产生的生物效应研究仍在继续。但是，仅用吸入氡来解释肺癌发病情况的所有尝试都没有成功。直到 1951 年，贝乐（William F. Bale）提出氡的衰变产物可能是致病因素的想法，情况才有了改变。贝乐指出：在与氡有关的危害评价中，看来完全忽略了一个极其重要的事实——在氡存在的大多数情况下，空气中还存在着氡衰变产生的子体产物，而其产生的辐射剂量，可能远远超过氡本身和在支气管内衰变形成的子体产物的辐射剂量。哈雷（John Harley）用测量证实了矿井空气中存在着高浓度氡衰变子体产物。在随后年代的研究中，给出了吸入氡子体所致支气管上皮细胞平均 α 剂量的定量估计，提出了肺剂量学模型。

1957 年美国提出了空气中氡子体 α 潜能浓度的概念，并以工作水平（WL）来表示。用此概念适于对矿工的氡子体暴露进行监测和评价。同时美国完成了科罗拉多铀矿工健康状况与氡及其子体暴露关系的研究。初步结果表明这些工人中的肺癌病例显著增加。进入 20 世纪 70、80 年代，各国相继开展了矿井中高浓度氡及其子体暴露，与矿工肺癌关系的流行病学研究。90 年代初，矿工研究基本告一段落。通过大量流行病学资料证实，矿井中的高浓度氡及其子体暴露，确实可以引起矿工肺癌发病率的显著增加。

在对矿工进行的肺癌与氡暴露关系的流行病学调查后期，已开始了居室水平氡与肺癌关系的流行病学调查。因为居室高浓度氡水平已与矿井的低浓度氡水平一致。况且居室水平氡浓度暴露涉及的人群更大，更为人们所关心。但由于居室水平氡浓度相对较低，混杂因素多，研究起来困难更大。现在这一领域的调查研究已基本完成，已进入汇总分析阶段。初步研究结果证明，居室水平氡浓度与肺癌之间正相关，这将在后面详细谈到。

三、氡的来源

氡的原子序数是 86，有三种同位素： ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 、 ^{219}Rn ，它们均来自三个天然放射性衰变系列（铀系中还有另外一种氡的同位素 ^{218}Rn ，因其衰变分支比不到 2%，且半衰期极短，只有 0.035s，故忽略不计）。氡是一种惰性气体，在实验室条件下，具有形成化合物的微弱能力。在 0℃ 时氡的密度为 9.37g/L，在水中的溶解度为 510cm³/L。通常室内空气中每 10¹⁸ 个原子中才有一个氡原子，所以它不能形成层。

自然界中的氡来自三个天然放射性衰变系列：铀系、钍系和锕系。每个衰变系列中都涉及多种放射性核素，它们分别发出 α 、 β 或 γ 射线。铀系中半衰期最长的核素是铀-238，半衰期 45 亿

年。如果地球的年龄为 46 亿年，则铀-238 只经过了一个半衰期多一点。所以地壳中还广泛存在着铀-238。钍系中半衰期最长的核素是钍-232，半衰期 140 亿年。从地球诞生到现在，钍-232 只经过了不到 1/3 个半衰期，所以地壳中也广泛存在着钍-232。镭系中寿命最长的核素是铀-235，半衰期 7.04 亿年。从地球诞生到现在，已经经过了 6.5 个半衰期，所以地壳中铀-235 的含量已经很少，仅为铀-238 的 0.7%。所以可以说，自地球诞生时起大气中的氡就存在了。

有关氡及其子体的衰变类型、能量、分支比和半衰期等参数的资料见表 4-3。

表 4-3 氡及其子体的衰变参数

核 素	半衰期/h ⁻¹	α		β		γ	
		能量/Mev	分支比/%	能量/Mev	分支比/%	能量/Mev	分支比/%
²²² Rn	3.82d	5.49	100	—	—	—	—
²¹⁸ Po	3.05m	6.00	100	—	—	—	—
²¹⁴ Pb	26.8m	—	—	1.02	6	0.35	37
				0.70	42	0.30	19
				0.65	48	0.24	8
²¹⁴ Bi	19.9m	—	—	3.27	18	1.77	16
				1.54	18	1.12	15
				1.51	18	0.61	46
²¹⁴ Po	164μs	7.69	100	—	—	—	—

第二节 空气中的氡暴露与居民肺癌关系研究

一、矿井空气中的氡暴露与矿工肺癌关系研究

根据现有的研究资料，一般认为氡及其子体的暴露对人类健康的影响，主要是引起肺癌危险度的增加。至于说氡暴露可以引起白血病等其他病症，现在还没有科学依据。因为氡及其子体对人体的危害主要是 α 粒子引起的。众所周知，α 粒子虽然能量很大，但是穿透本领很低，一层纸就可把其挡住。吸入肺中的氡及其子体发射的 α 粒子，不可能到达造血器官，从而诱发白血病。进行氡及其子体对健康影响的研究可以有多种方法，主要可分为三类：一种是动物实验。此种方法剂量容易掌握，效应容易观察。但是如何把不同种类动物身上得到的结果，应用到人的身上，转移系数是个问题。因为人与动物毕竟有很大的不同，在动物身上不会发生的事，在人身上就可能发生，反之亦然。第二种方法是离体细胞实验。离体细胞可以采用人的细胞，也容易控制剂量，观察效应。但是，离体细胞毕竟与人体中的细胞还存在差异。不能把离体细胞的研究结果直接应用到人。第三种是人的流行病学方法。由于这种方法是通过流行病学调查，直接由人群获得资料，所以可直接应用到人类。近年来，由于计算机技术、统计软件技术的迅猛发展，使得进行大规模的流行病学调查成为可能。应用已越来越广泛。

进行氡及其子体对人类肺癌影响的研究，现在主要是采用流行病学中的病例——对照调查方法。这种方法要求病例数和对照数要足够多，以保证统计把握度；氡的暴露量估算要尽可能准确，以减少肺癌危险度的估算误差；尽量减少除氡外其他致肺癌因素的干扰。为了较准确估算氡的暴露量，要求研究人群的迁移率要低，尽可能对研究前 30 年的所有氡暴露进行测量。为了研究氡对人类肺癌危险度的影响，当然从高氡浓度暴露开始，较为容易。得到高氡浓度暴露导致的肺癌危险度，就可根据辐射效应研究中的“线性无阈”假设，推导出低氡浓度暴露导致的肺癌危险度。这就是为什么研究氡与肺癌危险度的关系，先从矿工开始的原因。

到目前为止，高氡浓度暴露导致肺癌危险度的增加，通过流行病学研究，已经有了肯定性的结论。这主要是通过通过对 11 项流行病学研究的总和分析得到的。

表 4-4 的数据表明，总计 11 项矿工研究，涉及 6746 名受照工人，平均调查年数为 17.2 年，

平均氡暴露量为 161.6WLM，观察到 2736 名肺癌病例。通过对 11 项研究数据的分析，可以得到，在氡的暴露量为 1 个工作水平月（WLM）情况下，导致的肺癌附加相对危险度（ERR）值为 0.0049。95%置信度为 0.002~0.01。

表 4-4 用于氡与肺癌关系汇总分析的矿工流行病学研究

	调查人数	调查年数	平均暴露量(WLM)	肺癌数	(ERR/WLM)/%	95% CI
中国云南锡矿	17142	10.2	277.4	980	0.16	0.1~0.2
捷克铀矿	4284	25.2	198.7	661	0.34	0.2~0.6
美国科罗拉多铀矿	3347	24.6	807.2	329	0.42	0.3~0.7
加拿大安大略铀矿	21346	17.8	30.8	291	0.89	0.5~1.5
加拿大萤石矿	2088	23.3	367.3	118	0.76	0.4~1.3
瑞典北部铁矿	1294	25.7	80.6	79	0.95	0.1~4.1
美国新墨西哥铀矿	3469	17.0	110.3	69	1.72	0.6~6.7
加拿大铀矿	8450	14.0	17.2	65	2.21	0.9~5.6
加拿大西北铀矿	2103	25.2	242.8	57	0.19	0.1~0.6
澳大利亚铀矿	2516	21.9	7.6	54	5.06	1.0~12.2
法国铀矿	1785	24.7	68.7	45	0.36	0.0~1.3
总计(平均)	67746	17.2	161.6	2736	0.49	0.2~1.0

为了使大家了解 1WLM 的氡暴露量与空气中氡浓度（Bq/m³）之间的关系，举例说明如下，前面已经提到，1WLM 的氡暴露量，相当于一个人在氡的平衡当量浓度为 72Bq/m³ 的环境中，生活一年所接受的来自氡的暴露量。也可以认为是在氡浓度为 34 Bq/m³（一般的室内氡浓度值）的居室中生活 4 年，所接受的氡的累积暴露量。图 4-2 和图 4-3 表示出了从矿工研究中得到的氡的暴露量与肺癌相对危险度之间的关系。在氡的暴露量低于 2500WLM 范围内，氡的累积暴露量与肺癌相对危险度的关系基本上是单调上升的直线关系，但当累积暴露量大于 500WLM 情况下，斜率有所下降，但仍是上升趋势。人们最关心的是居室水平的氡浓度暴露，是否也会引起肺癌相对危险度的增加，因为这是关系到千百万人民群众健康的大问题。为此把矿工研究中，累积暴露量低于 400WLM 的数据拿来分析，结果显示于图 4-2 中。由图可以看出，研究得到的数据点基本上落在回归直线上。也就是说，根据辐射防护“线性无阈”的假设，可以把对矿工的研究结果，外推到普通人群，即居室水平的氡浓度，也会使人群的肺癌危险度增加。

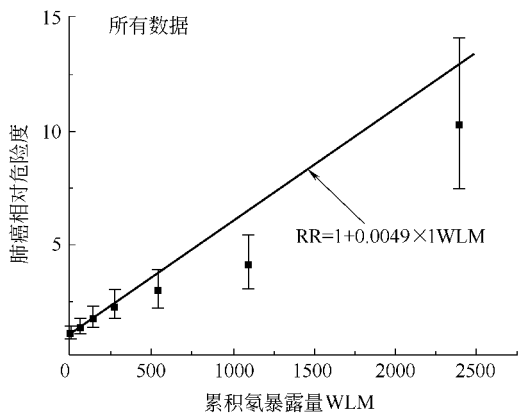


图 4-2 从 11 项矿工研究数据得到的氡的累积暴露量与肺癌相对危险度的关系

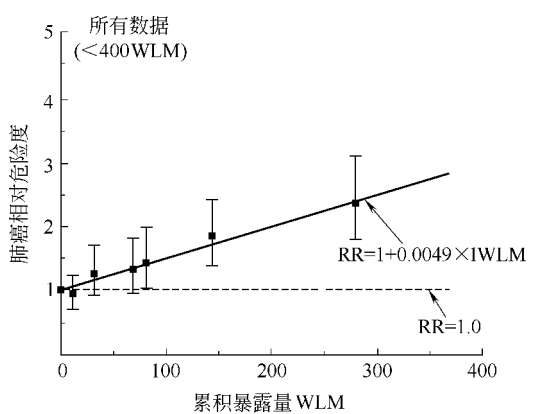


图 4-3 在累积暴露量低于 400WLM 情况下，矿工的累积暴露量与肺癌相对危险度的关系

二、居室空气中的氡暴露与居民肺癌关系研究

通过对受到高浓度氡暴露矿工的研究，已经证实氡可以引起肺癌。那么普通居室水平的氡浓度，是否也会引起肺癌危险度的增加呢？根据辐射防护“线性无阈”假设的外推，可以得到肯定的答案。但这问题太大，涉及千千万万的普通人群，必须小心求证。不能只根据普遍承认的“假

设”外推，还必须找到室内水平的氡浓度暴露，导致肺癌危险度增加的直接证据。这就要进行普通人群的流行病学调查。

通过流行病学调查方法，证实居室水平的氡浓度与人类肺癌危险度的关系，难度很大。主要因为居室水平的氡浓度要比矿井中的氡浓度低得多，所引起的肺癌危险度的增量，也应该小得多。为了保证统计把握度，就要求有大的样本量，这就给调查的质量控制和质量保证增加了难度。为了得到可靠的调查结果，首先应该考虑在室内氡浓度较高（低于矿井中的氡浓度，但高于一般住房的室内氡浓度）的地区进行调查，这样可以使室内氡暴露导致的附加肺癌危险度值更大一些，便于观察。为了保证调查结果准确性，一是要求肺癌病例诊断可靠；二是要求氡的累积暴露量估算准确。在肺癌病例的诊断方面，最好有组织学诊断证据（发达国家组织学诊断率达70%~80%，我国农村地区为40%~50%）。在没有组织学诊断证据的情况下，要由专家根据临床症状、胸部X光片、病历并结合活存状况，综合判断加以确诊。在氡的累积暴露量估算方面，为了减少换算误差，现在一般采用氡的年平均浓度作为氡的累积暴露量指标。氡的暴露引起肺癌有一定潜伏期，一般认为在肺癌诊断前的5~30年中，接受的氡暴露都会对肺癌危险度有影响。因此要测量肺癌诊断前30年（对照为调查前30年）内的室内氡浓度年平均值。为了减少氡浓度年平均值的估算误差，还要求调查对象居住稳定，迁移率低。调查地区应无其他污染，以减少干扰因素。

现在各国已进行或正在进行多项这样的研究，现把已完成的项目结果简要介绍如下。

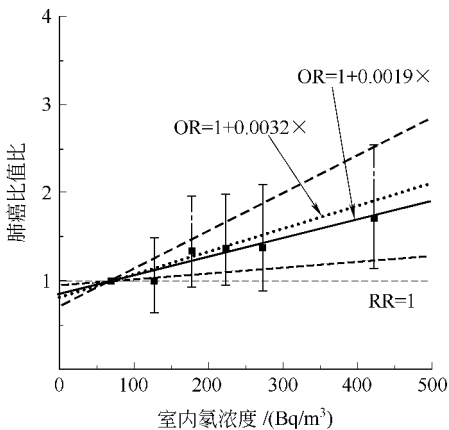


图 4-4 甘肃研究室内氡浓度与肺癌危险度的关系

(1) 甘肃研究 在中国甘肃省平凉、庆阳两地区进行，涉及的男性肺癌病例 563 人，对照 1232 人；女性肺癌病例 205 人，对照 427 人。合计肺癌病例 768 人，对照 1659 人。年平均室内氡浓度为 225Bq/m^3 。在 100Bq/m^3 情况下，得到的附加肺癌比值比（OR，相当于附加肺癌危险度）值为 0.19，95%置信度（95% CI）为 0.05 和 0.48，如图 4-4 所示。

(2) 沈阳研究 在中国辽宁省沈阳市进行，涉及女性肺癌病例 308 名，对照 356 名。年平均室内氡浓度为 85Bq/m^3 。在 100Bq/m^3 情况下，得到的附加肺癌 OR 值为 -0.04，95%CI 为 -0.23，0.19。

把甘肃、沈阳两项研究的数据，放在一起进行分析。共有肺癌病例 1053 名，对照 1997 名。两项研究的汇总分析结果为：在 100Bq/m^3 情况下，附加肺癌 OR 值为 0.133，95% CI 为 0.01，0.36。

(3) 新泽西研究 在美国新泽西州进行，涉及女性肺癌病例 433 名，对照 402 名。年平均室内氡浓度为 29Bq/m^3 。在 100Bq/m^3 情况下，得到的附加肺癌 OR 值为 0.50，95% CI 为 0.10，1.10。

(4) 温尼伯格研究 在加拿大温尼伯格进行，涉及女性肺癌病例 250 名，对照 250 名；男性肺癌病例 488 名，对照 488 名。共调查肺癌病例 738 名，对照 738 名。年平均室内氡浓度为 141Bq/m^3 。在 100Bq/m^3 情况下，得到的附加肺癌 OR 值为 -0.03，95%CI 为 -0.10，0.10。

(5) 密苏里研究

① 密苏里研究-1。在美国密苏里州进行，涉及女性肺癌病例 538 名，对照 1183 名。年平均室内氡浓度为 63Bq/m^3 。在 100Bq/m^3 情况下，附加肺癌 OR 值为 0.08，95% CI 为 -0.10，0.30。

② 密苏里研究-2。在美国密苏里州进行，涉及女性肺癌病例 512 名，对照 553 名。年平均室内氡浓度为 55Bq/m^3 。在 100Bq/m^3 情况下，得到的附加肺癌 OR 值为 0.74，95% CI 为 0.40，1.10。

(6) 依阿华研究 在美国依阿华州进行，涉及女性肺癌病例 413 名，对照 614 名。年平均室内氡浓度为 129Bq/m^3 。在 100Bq/m^3 情况下，得到的附加肺癌 OR 值为 0.27，95% CI

为0.20, 0.40。

(7) 斯德哥尔摩研究 在瑞典斯德哥尔摩地区进行, 涉及女性肺癌病例 198 名, 对照 379 名。年平均室内氡浓度为 133Bq/m^3 。在 100Bq/m^3 情况下, 得到的附加肺癌 OR 值为 0.50, 95%CI 为 0.20, 0.80。

(8) 瑞典研究 在瑞典进行, 涉及肺癌病例 969 名, 对照 2054 名。年平均室内氡浓度为 96Bq/m^3 。在 100Bq/m^3 情况下, 得到的附加肺癌 OR 值为 0.13, 95%CI 为 0.10, 0.20。

(9) 芬兰研究

① 芬兰研究-1。在芬兰进行, 涉及男性肺癌病例 161 名, 对照 328 名。年平均室内氡浓度为 213Bq/m^3 。在 100Bq/m^3 情况下, 得到的附加肺癌 OR 值为 0.19, 95%CI 为 0.10, 0.40。

② 芬兰研究-2。在芬兰进行, 涉及肺癌病例 863 名, 对照 1166 名。年平均室内氡浓度为 102Bq/m^3 。在 100Bq/m^3 情况下, 得到的附加肺癌 OR 值为 0.17, 95%CI 为 0.10, 0.40。

(10) 西南英格兰研究 在英国进行, 涉及肺癌病例 960 名, 对照 3126 名。年平均室内氡浓度为 55q/m^3 。在 100Bq/m^3 情况下, 得到的附加肺癌 OR 值为 0.12, 95%CI 为 0.00, 0.30。

(11) 东部德国研究 在德国东部进行, 涉及肺癌病例 1053 名, 对照 1667 名。年平均室内氡浓度为 75Bq/m^3 。在 100Bq/m^3 情况下, 得到的附加肺癌 OR 值为 0.10, 95%CI 为 0.10, 0.30。

(12) 西部德国研究 在德国西部进行, 涉及肺癌病例 1449 名, 对照 3746 名。年平均室内氡浓度为 50Bq/m^3 。在 100Bq/m^3 情况下, 得到的附加肺癌 OR 值为 0.03, 95%CI 为 -0.10, 0.20。

上面列举了 14 项已经完成的居室水平氡浓度与肺癌关系的调查研究。可以看出, 在已完成的 14 项研究结果中, 绝大部分 (12 项) 研究的附加肺癌相对危险度都为正值, 表明居室水平的氡浓度暴露, 会引起肺癌危险度的增高。只有两项研究的附加肺癌相对危险度为负值, 分别为 -0.04 和 -0.03。产生这种结果的原因是多方面的, 恐怕室内氡浓度测量有较大误差应是主要原因。但是如果把在中国甘肃和沈阳进行的两项研究的数据放在一起进行分析, 则总的附加肺癌相对危险度为 0.133, 95%CI 为 0.01, 0.36; 这就淹没了沈阳研究的氡暴露与肺癌危险度负相关的结果。如果把在北美洲 (美国、加拿大) 进行的七项研究的数据, 放在一起进行分析, 则其总的附加肺癌相对危险度为 0.116。这也淹没了加拿大温尼伯格研究的负相关结果。中国、北美、欧洲已完成的研究, 共涉及 12379 名肺癌病例和 23172 名对照。如果把这些数据放在一起, 进行总和分析, 得到在室内氡浓度为 100Bq/m^3 时, 肺癌的附加比值比 (近似于相对危险度) 为 0.15, 95%置信度为 1.0~1.3。这就以直接证据证明了室内水平的氡浓度暴露, 确实会引起居民肺癌危险度的增加。

在第五节中已经谈到, 在矿工研究中, 在氡的暴露量为 1 个工作水平月 (WLM) 情况下, 导致的肺癌附加相对危险度 (ERR) 值为 0.49%。95%置信度为 0.002~0.01。由此可推算出, 在室内氡浓度为 100Bq/m^3 时, 肺癌的附加相对危险度为 0.12。从矿工研究结果的外推, 基本与

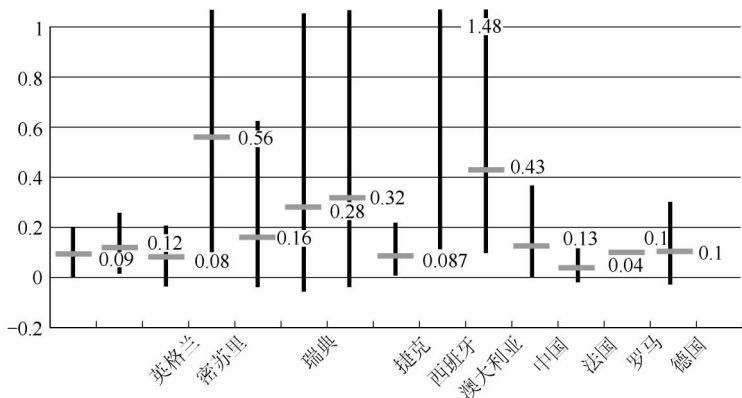


图 4-5 各国有关室内氡水平与肺癌关系研究的重要成果
(横坐标为进行研究的国家或地区, 纵坐标为每 100Bq/m^3 的室内氡浓度引起的附加肺癌相对危险度)

居民的流行病学调查结果一致。

居室水平氡浓度暴露与肺癌危险度的关系研究，下一步的工作主要是把各国进行的这类研究数据汇总起来，进行总和分析。预计 2004 年可累积 12400 个肺癌病例。2005 年可得到更为可靠的准确结果。目前这项总和分析工作正在进行。现把世界各国在这方面的研究结果汇总于图 4-5 中。由图可以看出：各项研究都表明，居室水平的氡浓度确实可以使居民的附加肺癌危险度增加。

第三节 室内氡浓度的控制标准

一、常用辐射剂量单位和描述氡及其子体的特定单位

在描述氡及其子体的特性和对人类影响的过程中，要用到一些特定的概念和单位，而且这些特定的概念和单位还是有变化的。现把这些做一简要介绍。

（一）放射性及剂量单位

我国的法定计量单位中，包括国际单位制中具有专门名称的导出单位。其中涉及放射性的单位如下。

1. 放射性活度

是表明放射性强度的值，单位为贝可（Bq）。放射性物质每秒中有一次衰变，其放射性活度就为 1Bq。它与基本单位的关系为 $1\text{Bq}=1\text{s}^{-1}$ 。以前用的表示活度的非法定单位是居里（Ci），现在已逐渐被贝可取代。它们的关系是：

$$1\text{Ci}=3.7\times 10^{10}\text{Bq}; 1\text{Bq}=2.70\times 10^{-11}\text{Ci} \\ 1\text{pCi}=0.037\text{Bq}; 1\text{Bq}=27\text{pCi}$$

2. 克镭当量（gRa）

在过去的辐射防护文献中，也有用克镭当量来描述放射性强度的。意思是 γ 辐射活度相当于多少克镭。但由于数值与 γ 能量有关，现在已弃置不用。具体定义是：任何发出 γ 射线的放射性物质，在距它 1cm 的地方产生的照射量率等于 8.25R/h，其放射性强度就相当于 1mg 镭当量。由于 γ 射线能量不同，即使相同活度的放射源，也会有不同的克镭当量数。

3. 卢瑟福（Rd）

在过去的文献中，也有用卢瑟福为单位表示放射性活度的，这是为了纪念卢瑟福而命名的，现在已很少用。1Rd 相当于 10^6 衰变/s。即

$$1\text{Rd}=10^6\text{Bq}=0.027\text{mCi}$$

4. 照射量与照射量率

照射量表示 X 射线或 γ 射线在单位质量空气中，释放出的全部电子（正、负）被空气完全阻止时，在空气中形成的一种符号的离子总电荷的绝对值（库伦，C）。照射量的单位为伦琴（R）：

$$1\text{R}=2.58\times 10^{-4}\text{C/kg}$$

过去伦琴既作为照射量的单位，也作为吸收剂量的单位。1956 年决定伦琴只作为照射量的单位，而以拉德（rad）作为吸收剂量单位。现在又以戈瑞（Gy）取代了拉德。

照射量率为单位时间内的照射量，单位为伦琴/秒（R/s），即

$$1\text{R/s}=2.58\times 10^{-4}\text{C}/(\text{kg}\cdot\text{s})$$

5. 吸收剂量

表示单位质量吸收的能量。单位为焦耳每千克（J/kg）吸收剂量专用单位名称是戈瑞（Gy）。质量 1kg 的物质吸收 1J 的辐射能量，相应的吸收剂量即为 1Gy。

吸收剂量曾用拉德（rad）为单位。1kg 物质吸收了 0.01J 的辐射能量，表示该物质接受的吸收剂量为 1rad。1R 的射线照射空气，大约吸收 0.0088J/kg 空气的能量；照射机体组织，大约吸收 0.0093J/kg 机体组织的能量，所以空气和机体组织的吸收剂量分别为 0.88rad 和 0.93rad。

1Gy=1J/kg=100rad；1rad=10⁻²Gy

6. 当量剂量

一定吸收剂量产生的生物效应，与射线种类和照射条件有关。换句话说，在知道了人体接受的吸收剂量后，还不能说明人体受到了多大伤害。还需要引入当量剂量。组织或器官 T 的剂量当量 H_T 的定义为：

$H_T = \sum \omega_R D_{T,R}$

式中， $D_{T,R}$ 为组织或器官 T 接受来自辐射 R 的吸收剂量，J/kg； ω_R 为辐射 R 的权重因子（具体数值见表 4-5）。剂量当量的专用单位为希沃特（Sv）。剂量当量还有一个非法定单位雷姆（rem），与希沃特的关系是

1Sv=100rem

表 4-5 辐射权重因子

种 类 与 能 量 范 围	辐射权重因子 ω_R	种 类 与 能 量 范 围	辐射权重因子 ω_R
所有能量光子	1	2~20MeV	10
所有能量电子及介子	1	>20Mev	5
中子能量<10keV	5	质子,反冲质子除外,能量>2MeV	5
10~100keV	10	α 粒子,裂变碎片,重核	20
100keV~2MeV	20		

由上面介绍可以看出，照射量、吸收剂量和剂量当量虽然概念不同，但数值上有一定联系。某点的照射量 1R，近似等于该点机体组织的吸收剂量 1rad(0.01Gy)（对软组织，实际应为 0.93rad），对 X， γ 照射而言，剂量当量相当于 1rem(0.01Sv)。这样近似比较保守，但实际应用起来很方便。

（二）表示氡及其子体的特定名词和单位

1. 空气中氡的浓度

空气中氡浓度以每立方米空气中氡的 α 衰变数表示（Bq/m³）。过去用皮居/升（pCi/L）表示也很普遍。它们的关系是：

1pCi/L=37Bq/m³；1Bq/m³=0.027pCi/L

在过去的文献中，也有用爱曼（E）表示氡的浓度的，1E=10⁻¹⁰Ci/L=3700Bq/m³。

2. 氡子体的 α 潜能

一个氡子体原子的 α 潜能（ ϵ_p ）等于其衰变到²¹⁰Pb 之前，发射的 α 能量之和。每 Bq 放射性核素的总 α 潜能由 ϵ_p/λ_r 给出，这里 λ_r 为衰变常数，以 s 表示。氡衰变链的 ϵ_p 值和 ϵ_p/λ_r 值在的表 4-6 中给出。

表 4-6 每原子和每贝可（Bq）氡及其子体的 α 潜能

项 目	每原子的 α 潜能(ϵ_p)		每贝可的 α 潜能(ϵ_p/λ_r)	
	单位:MeV	单位:10 ⁻¹² J	单位:MeV	单位:10 ⁻¹⁰ J
²²² Rn(Rn)	19. 2	3. 07	9. 15×10 ⁶	14700
²¹⁸ Po(RaA)	13. 7	2. 19	3620	5. 79
²¹⁴ Pb(RaB)	7. 69	1. 23	17800	28. 6
²¹⁴ Bi(RaC)	7. 69	1. 23	13100	21. 0
²¹⁴ Po(RaC')	7. 69	1. 23	2. 0×10 ⁻³	3. 0×10 ⁻⁶

3. 空气中氡子体的 α 潜能浓度

定义为单位体积空气中所有氡子体原子 α 潜能的总和，以每立方米空气中的焦耳数（J/m³）表示，即：

1J/m³=6. 24×10¹²MeV/m³=6. 24×10⁹MeV/L

在知道了空气中氡的放射性浓度（单位为 Bq/m³）后，要把其转换为氡子体的 α 潜能浓度，要用到表 4-7 给出的转换系数。

表 4-7 当氡的浓度为 1Bq/m³ 时，与此相应的氡子体 α 潜能浓度

氡的子体核素	α 潜能浓度, C _p		
	MeV/L	10 ⁻¹⁰ J/m³	10 ⁻⁶ /WL
²¹⁸ Po(RaA)	3.62	5.79	27.8
²¹⁴ Pb(RaB)	17.8	28.6	137
²¹⁴ Bi(RaC)	13.1	21.0	101
²¹⁴ Po(RaC')	2.0×10 ⁻⁶	3.0×10 ⁻⁶	1.6×10 ⁻⁵

4. 工作水平 (WL)

空气中氡子体的 α 潜能浓度，也可用工作水平 (Working Level) 来表示。定义是：1L 空气中按任何比例混合的氡子体，最终可释放出的 α 潜能数为 1.3×10⁵ MeV，则此氡子体的 α 潜能浓度定为 1 个工作水平。即

$1WL = 1.3 \times 10^5 \text{ MeV/L} = 2.08 \times 10^{-5} \text{ J/m}^3$

在氡与其子体处于平衡状态下，1WL 的氡子体 α 潜能浓度，近似相当于空气中 100pCi/L 的氡浓度。也即 1WL 空气中氡子体的 α 潜能浓度，相当于 100pCi/L=3.7Bq/L=3700Bq/m³ 的空气中的氡浓度。

5. 氡暴露量和氡子体的 α 潜能暴露量

氡暴露量是指个体在一定时间内，受到氡浓度暴露的时间积分，单位为 Bq/(h/m³)。氡子体的 α 潜能暴露量是指个体在一定时间内，受到氡子体 α 潜能浓度暴露的时间积分。对氡子体的 α 潜能暴露量而言，不同单位之间有如下关系：

$1J/(h/m^3) = 6.24 \times 10^5 \text{ MeV}/(h/L) = 4.80 \times 10^4 \text{ WL}/h$
 $1WL/h = 1.3 \times 10^5 \text{ MeV}/(h/L) = 2.08 \times 10^{-5} \text{ J}/(h/m^3)$

6. 工作水平月 (WLM)

矿工的氡子体 α 潜能暴露量，美国通常以工作水平月 (WLM) 表示。1WLM 表示矿工在 1WL 的环境中工作一个月，受到的氡子体暴露量（一年工作 2000h，一年有 12 个月，每月约合 170h）。WLM 与 MeV/(h/L)，J/(h/m³) 之间有如下关系：

$1WLM = 170WL/h = 2.2 \times 10^7 \text{ MeV}/(h/L) = 3.5 \times 10^{-3} \text{ J}/(h/m^3)$
 $1J/(h/m^3) = 285WLM$

7. 平衡当量浓度与平衡因子

这是描述氡及其子体的特定概念。如果母体的衰变常数与子体的衰变常数相比，可以忽略不计，经过一定时间后，就会达到一种恒定的放射性平衡状态。达到平衡所需的时间，取决于半衰期最长的子体的半衰期。实际上，这个时间等于半衰期最长子体半衰期的十倍。氡及其子体就是这种情况。但是在一般情况下，由于客观条件的变化，空气中的氡与其短寿命衰变子体都是处于非平衡状态中。因此要考虑氡及其子体对健康的影响，就要用平衡当量浓度来描述空气中的氡浓度。具体定义是：空气中与子体处于非平衡状态中的氡的平衡当量浓度，等于与子体处于平衡状态下的氡的浓度，但是两种情况下的氡子体 α 潜能浓度必须相同。这样一般来讲，氡的平衡当量浓度都要低于氡的实测浓度。

氡子体的 α 潜能浓度 C_p，可以分别以 MeV/L，J/m³ 或 WL 为单位表示。氡的平衡当量浓度，EC_{Rn}，以 Bq/m³ 为单位，它们之间有如下关系。

$EC_{Rn}(\text{Bq/m}^3) = 2.85 \times 10^{-2} C_p(\text{MeV/L}) = 1.78 \times 10^8 C_p(\text{J/m}^3) = 3700 C_p(\text{WL})$
也就是说， $EC_{Rn}(\text{pCi/L}) = 100 C_p(\text{WL})$

前面已经提到，在氡与其子体处于平衡状态下，1WL 的氡子体 α 潜能浓度，近似相当于空气中 100pCi/L 的氡浓度。也即 1WL 空气中氡子体的 α 潜能浓度，相当于 100pCi/L=3.7Bq/L=3700Bq/m³ 的空气中的氡浓度。按照 WLM 的定义，1WLM=1WL×170h=3700×170Bq/(h/m³)=629000Bq/(h/m³)。一年有 8760h。则 1WLM 的氡子体暴露量相当于一个人在氡的平衡当量浓度为 72Bq/m³ 的环境中生活一年接受的来自氡的暴露量。

平衡因子表明空气中氡与其子体平衡的程度，通常以 F 表示。氡与其子体处于平衡状态时，F=1。F 值越小，不平衡状态越严重。具体定义为 $F = EC_{Rn}/C_{Rn}$ ，C_{Rn} 为空气中氡的浓度。在环境

中，联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）推荐的平衡因子值是 0.4。

（三）概念的区别

空气中氡的浓度和空气中的氡子体浓度在概念上是不一样的。空气中的氡子体浓度是指空气中氡子体的 α 潜能浓度。氡的平衡当量浓度是考虑了与子体平衡状态的氡的浓度。我们可以说“氡的平衡当量浓度”，而不能说“氡子体的平衡当量浓度”。工作水平是描述氡子体 α 潜能浓度的量，工作水平月是描述氡子体暴露量的单位。平衡因子是描述氡及其子体平衡状态的量。这些基本概念之间是有差别的。

1. 氡子体的未吸附份额

氡-222 衰变，顺序生成其短寿命子体产物钋-218 (RaA)，铅-214 (RaB)，铋-214 (RaC) 和钋-214 (RaC')。在钋-218 刚形成的时候，它是气体中未被吸附的原子，带正电。但经过极短时间即被气溶胶粒子吸附。这些被吸附氡子体粒子的沉降特性与其物理性质和气溶胶的物理性质有关。未被吸附的氡子体移动速率明显高于被吸附的氡子体。因此呼吸系统不同部位接受的来自氡子体的辐射剂量，与空气中未被吸附的氡子体份额有关。在气溶胶浓度较高的空气中，氡子体几乎全被吸附，而在较清洁的空气中，未被气溶胶吸附的氡子体就会占一定份额。为了清楚了解吸入氡子体造成的剂量分布，就要知道空气中氡子体的未吸附份额，其定义为：空气中未被吸附的氡子体浓度除以空气中氡子体的总浓度（吸附的和未吸附的）。

2. 居留因子

在一般情况下，室内氡浓度要高于室外。为了清楚了解个体接受的来自氡及其子体的暴露剂量，就要了解个体在室内和室外的停留时间比例。个体在室内的停留时间占总的时间比例，就定义为居留因子。这是在估算个体或群体接受来自氡及其子体辐射剂量过程中常用到的量。在不同的国家和地区，居留因子的值会有差别：在英国，有 90% 以上的时间是在室内度过，75% 的时间在住宅内度过；在瑞典，有 85%~90% 的时间是在室内度过，65% 的时间在住宅内度过；在法国，妇女在家中的停留因子为 90%。中国城市地区的情况也与此差不多。农村地区，根据我们在甘肃的调查，居留因子为 67%。联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）推荐的居留因子值是 0.8。

二、室内氡浓度标准的演变

室内空气的氡浓度对健康的影响，早已引起了人们的关注。从防护广大群众，免受氡危害的需要出发，需要制定室内空气中氡浓度的控制标准。在这方面，国际放射防护委员会（ICRP）起了主导作用。许多国家都参照 ICRP 的推荐值，并结合自己国家的特点，制定了自己国家的标准，我国亦如此。由于对氡危害研究的深入，ICRP 的推荐数值和一些基本概念也在变化。各国的标准相应也有所改动。为了使广大群众更好地理解、应用氡的防护标准，有必要把居室内氡浓度的控制标准的演变做一简要介绍。

（一）国际标准的演变

1. 国际放射防护委员会（ICRP）第 24 号出版物（1977）

由 ICRP 第四委员会起草的这份出版物，提出的年平均氡浓度限值是 30pCi/L ，约合 1110Bq/m^3 。与此同时，对氡子体暴露，美国提出了工作水平（WL）的概念。定义为在一升空气中，氡-222 及其子体以任何比例混合，在衰变到铅-210 之前，释放的 α 潜能为 $1.3 \times 10^5 \text{MeV}$ ，则 α 潜能浓度就定义为一个工作水平。在这样的 α 潜能浓度下暴露一个月（170h），其暴露量就称为一个工作水平月（WLM）。美国制定的年暴露量限值为 4WLM，相当于在 0.3WL 下，暴露一年的量。

2. ICRP 第 32 号出版物（1981）

在这份出版物中，ICRP 把年平均氡浓度限值改为年摄入限值（ALI_p），即对氡子体的职业暴露而言，年摄入限值为 0.02J。如果平均呼吸率为 $1.2\text{m}^3/\text{h}$ ，则 α 潜能浓度暴露的年限值（ALE_p）为 0.017Jh/m^3 ，或 4.8WLM。如果一年工作 2000h，则导出空气 α 潜能浓度为 $8.3 \times 10^{-6} \text{J/m}^3$ ，或 0.4WL。

3. ICRP 第 37 号出版物（1983）

在这份出版物中，ICRP 给出了氡浓度及氡子体的 α 潜能浓度与剂量的转换系数：

对职业照射有 $3.5 \times 10^{-5} (\text{Sv/y})/(\text{Bq/m}^3)$ ，或 $120 (\text{mSv/y})/\text{WL}$ (10mSv/WLM)

对居民照射有 3.5×10^{-5} (Sv/y)/(Bq/m³), 或 120(mSv/y)/WL(10mSv/WLM)

4. ICRP 第 39 号出版物 (1984)

给出了居室中氡浓度的控制水平。把居室分为已有居室和待建居室。对前者而言, 居室已经存在, 要控制室内氡水平只是采取补救行动的问题。对后者, 要控制室内氡水平, 是对新建筑提出要求的问题。对已有居室, 室内氡浓度的行动水平年平均为 200Bq/m³ 平衡当量浓度。对待建居室, 室内氡浓度的行动水平年平均为 100Bq/m³ 平衡当量浓度。许多国家在指定本国标准时, 采用了 ICRP 第 39 号出版物的建议。

但是这个标准在执行中遇到了困难, 一是使用平衡当量浓度不如使用实测浓度方便; 二是不好区分何谓已有居室, 何谓待建居室。因为居室在设计和建造过程中, 不可能测量室内的氡浓度。一旦房屋建成, 待建居室就变成了已有居室。这些困难必须在以后的出版物中给以解决。

5. ICRP 第 60 号出版物 (1990)

在这份国际放射防护委员会 1990 建议书中, ICRP 称注意到了居室内氡浓度行动水平的问题。在新的建议没出来之前, 仍维持第 39 号出版物的观点。

6. ICRP 第 65 号出版物 (1993)

在第 65 号出版物中, 给出了新的室内氡浓度行动水平建议值, 用实测氡浓度取代了氡的平衡当量浓度, 取消了已有居室和待建居室的划分。新的建议值是: 居室内氡浓度的行动水平为年平均 200~600Bq/m³。具体数值由各国自己选定。

(二) 国家标准——住房内氡浓度控制标准 GB/T 16146—1995 (1995)

在这份国家标准中, 我们国家基本上采用了 ICRP 第 39 号出版物的建议值。标准规定: 对已建住房, 可考虑采取简单补救行动来控制氡极其子体照射, 使住房内的平衡当量氡浓度年平均浓度不超过 200Bq/m³。对新建住房, 应在设计和建造时加以控制, 使住房内的平衡当量氡浓度年平均浓度不超过 100Bq/m³。这里有两个关键之点必须引起注意: 一个是标准中用的是年平均浓度, 而不是瞬时测量浓度。因为居室内氡浓度随时间变化非常之大, 1h 后就可有十几倍的差别, 所以不能用瞬时浓度来估算人体接受的剂量。随便拿一个测量数据与上述行动水平对比是不行的。第二, 标准中用的是氡的平衡当量浓度, 而不是氡的实测浓度。如果氡的平衡因子取 0.5, 则氡的实测浓度是氡的平衡当量浓度的二倍; 如果氡的平衡因子取 0.4, 则氡的实测浓度是氡的平衡当量浓度的 2.5 倍。有人测量了一个氡的浓度数据, 就拿来与标准中的值进行比较, 这就完全错了。必须要取得氡的年平均浓度, 并把它换算成平衡当量浓度, 才能与标准中的行动水平进行比较。

(三) 国际电离辐射防护和辐射源的基本安全标准 IAEA 安全丛书 No. 115 (1996)

在这本名为“国际电离辐射防护和辐射源的基本安全标准”丛书中, 在附件 3: 慢性照射情况的行动水平一节中写到: 在大多数情况下, 有关涉及居室中氡的慢性照射的优化行动水平应在空气中²²²Rn 平均年浓度为 200~600Bq/m³ 的范围内。我们国家决定等效采用 IAEA 安全丛书 115。

(四) 电离辐射防护与辐射源安全基本标准 GB 18871—2002 (2002)

这是由国家质量监督检验检疫总局于 2002 年 10 月 8 日发布的国家标准。并已于 2003 年 4 月 1 日起开始实施。在该标准的附录 H 持续照射情况下的行动水平中, 有如下的规定。

住宅中的氡。在大多数情况下, 住宅中氡持续照射的优化行动水平在年平均活度浓度为 200~400(²²²Rn)/m³ (平衡因子 0.4) 范围内。其上限值用于已建住宅氡持续照射的干预, 其下限值用于对待建住宅氡持续照射的控制。

这个新标准实际上维持了前一个国内标准的取值, 只是把前标准所用的氡的“平衡当量浓度”换成了氡的“测量浓度”。住宅中氡的年平均浓度控制在 400Bq/m³ 以下, 比较好掌握, 但如果要把室内的²²²Rn 年平均浓度控制在 400Bq/m³ 以下, 难度就增加了。对于待建住宅室内氡浓度的控制, 就更不可能了。因为房屋没建好之前, 是不可能知道室内氡浓度值的。等房屋建好之后再测量, 则“待建住宅”已经变成“已建住宅”, 控制值就变了。所以这个新标准执行起来会遇到困难。

三、室内、外空气中的氡浓度水平

前面已经提到, 氡及其衰变子体是天然存在的放射性物质, 广泛分布于地球表面空气中。

无论在室内还是在室外，人类要避免空气中氡的暴露是不可能的。因为氡是一种放射性气体，它在空气中的浓度要受多种气象条件、地理条件、地质条件的重要影响。空气中的氡浓度会随海拔高度、温度、湿度、风速的变化而改变，存在着小时变化、日变化、月变化，甚至年变化。有时间隔一小时测量的两个数据，会有十几倍的变化。所以为了表示氡暴露与健康的关系，一般用空气中氡浓度的年平均值作为指标。这样也可避免用其他参数做指标引入不必要的换算误差。

一般来讲，室外空气中的氡浓度值都低于室内。不同建筑物室内氡浓度的分布近似对数正态分布，可用几何均值（GM）和几何标准偏差（GSD）来描述该分布。用算术平均值（AM）来估算健康效应的平均概率。根据 UNSCEAR 2000 年报告提供的数据，在世界范围，室内氡浓度人口加权平均值为：AM=39Bq/m³，GM=30Bq/m³，GSD=2.3。世界上，室内氡浓度算术平均值超过 100Bq/m³ 的国家有：亚美尼亚、拉托维亚、芬兰、瑞典、卢森堡、捷克、匈牙利、阿尔巴尼亚等国家。我国所在的东亚地区，各国的室内氡浓度值都不高。具体情况可见表 4-8。应该指出，由于地质、气候、建筑材料和技术，以及居住习惯的差别，往往会使不同国家间的室内空气中的氡浓度值有很大差别。即使在同一国家，不同地区间的室内氡浓度值也会有几倍的变化。芬兰和瑞典都测到过氡浓度为几千 Bq/m³ 的房屋。我们在我国西北地区也测到过高达 1500Bq/m³ 的窑洞。

表 4-8 东亚地区和其他一些国家的室内氡浓度水平

国家(地区)	1996 年的人口/10 ⁶	室内氡浓度(Bq/m ³)			几何标准偏差
		算 术 均 值	几 何 均 值	最 大 值	
中国	1232	24	20	380	2.2
中国香港	6.19	41		140	
印度	944.6	57	42	210	2.2
印度尼西亚	200.45	12		120	
日本	125.4	16	13	310	1.8
哈萨克斯坦	16.82	10		6000	
马来西亚	20.58	14		20	
巴基斯坦	140.0	30		83	
泰国	58.7	23	16	480	1.2
埃及	63.27	9		24	
加拿大	29.68	34	14	1720	3.6
美国	269.4	46	25		3.1
阿根廷	35.22	37	26	211	2.2
智利	14.42	25		86	
芬兰	5.13	120	84	20000	2.1
瑞典	8.82	108	56	85000	
法国	58.33	62	41	4690	2.7
德国	81.92	50	40	10000	1.9
英国	58.14	20		10000	
澳大利亚	18.06	11	8	420	2.1

在 20 世纪 80 年代，卫生部已组织力量对我国室内空气中的氡浓度分布进行了调查。结果表明，与其他国家相比，我国室内氡浓度的平均值属于中等偏低水平。表 4-9 列出了一些省、市、自治区的测量算术平均值，可供参考。

应该指出，我们在 1994~1998 年期间，曾在甘肃省平凉、庆阳两地区，用 7502 个固体径迹探测器，对 3188 间房屋进行了为期一年的室内氡浓度测量。探测器由美国 Techops-Landauer 公司提供。测量的结果是：算术平均值为 222.9Bq/m³，几何平均值为 176.2Bq/m³，几何标准偏差 2.08。测量到的两个最高室内氡浓度值分别为 1554 和 1676Bq/m³。由此可以看出，位于黄土高原的这两个地区，室内氡浓度平均值远远高于全国平均水平，也高于甘肃省的平均水平。全

表 4-9 我国部分省、市、自治区的室内氡浓度平均值

省、市、区	调查年份	测量方法	测量房屋数	室内氡浓度/(Bq/m ³)	
				平 均	范 围
北京	1984~1985		537	28	2~259
河北	1984~1985	双滤膜	73	22	
山西		闪烁法	204	28	1~388
内蒙古	1987	双滤膜	277	32	4~335
辽宁	1984~1987	双滤膜、闪烁法	34	30	2~244
吉林	1987	双滤膜	53	12	2~86
黑龙江		闪烁法	298	24	3~173
陕西	1985~1987	闪烁法	837	43	3~190
甘肃	1986~1988	活性炭	1213	39	2~274
宁夏	1987~1988	闪烁法	149	21	3~91
青海	1986~1989	闪烁法	162	21	2~105
上海	1987~1990	双滤膜	148	12	
山东	1986~1988	闪烁法	46	19	9~37
江苏	1997~1989	双滤膜	486	16	3~80
安徽		闪烁法	856	16	1~152
浙江	1987	双滤膜	209	17	4~92
江西		闪烁法	343	21	5~78
福建	1988~1989	双滤膜	338	52	4~318
河南	1987~1988	闪烁法	350	44	3~196
湖北		双滤膜	380	23	2~378
湖南		双滤膜	78	43	
广东	1984~1986	双滤膜	220	21	
海南		双滤膜、径迹法	62	40	
四川	1987~1991	双滤膜、闪烁法	2686	21	1~374
贵州	1989~1993	径迹法		26	
云南	1987~1988	双滤膜	347	47	6~377
西藏	1989~1991	闪烁法	160	10	1~75

国、全省的室内氡浓度平均值往往会掩盖局部地区的高水平氡浓度。所以这些平均值只能用做参考。具体室内空气中的氡浓度水平如何，要通过实际测量才能知道。

第四节 通用氡的测量方法

测量空气中氡浓度的方法按动力划分可分为主动方法和被动方法。前者的典型例子是双滤膜法，后者的典型例子是固体径迹法。按测量时间划分可分为瞬时测量（抓取）法和累计测量法。前者的例子还是双滤膜法，后者的例子还是固体径迹法。因为室内空气中氡的浓度时刻都在变化，所以采用瞬时测量法不能准确估算人体接受的来自氡及其子体的暴露。所以这种方法在研究中已用的不多。累积测量法在研究中普遍使用，但因其测量时间长，不易为公众所接受。公众还是喜欢瞬时测量法，以为它能及时给出结果。下面对各种方法做一简要介绍。

一、双滤膜法

这是一种最经典的主动瞬时空气中氡浓度的测量方法。主要设备是氡的取样筒（俗称炮筒）和 α 计数器。取样筒的入口和出口都用滤膜封闭。取样时以 10L/min 的流速抽动空气通过取样筒。入口滤膜将滤掉所有的固态氡子体粒子，而只让纯氡气进入取样筒。氡气经由取样筒到达出口滤膜时，又会有一部分衰变成氡子体（主要是钋-218），从而被出口滤膜挡住。出口滤膜上氡子体的量取决于过滤效率，流速和取样筒长度。取样后 1min 和取样后 16min，分别测量出口滤膜上的 α 计数 15min，把数值代入给定公式中，即可算出空气中的氡浓度。

采用改进双滤膜法，可测出氡子体中的钋-218，铅-218 和铋-218。在取样后 2~5min 测量第

一个 α 计数 $I(2, 5)$ ，取样后 6~20min，测量第二个 α 计数 $I(6, 20)$ ，取样后第 21~30min，测量第二个 α 计数 $I(21, 30)$ 。然后把 $I(2, 5)$ ， $I(6, 20)$ 和 $I(21, 30)$ 分别代入公式中，即可计算出空气中的钋-218，铅-218 和铋-218。如果采用较大的取样筒，此方法的探测下限可为 0.4Bq/m^3 。

二、固体径迹法

此法亦称固体径迹探测器法 (SSNDT)，是一种累积被动测量方法。在探测盒中放置一小块塑料体 (通常为 CR-39) 作为探测器。探测盒空气入口处用滤膜封住，以防空气中的氡子体进入。测量时把固体径迹探测器放进待测房间，一般可放置几个月到一年。结束暴露后，把 CR-39 取回实验室，放入苛性溶液中蚀刻 1~2h，在此过程中，CR-39 表面被 α 粒子撞击形成的径迹将被放大。最后用显微镜或自动测量装置数出 CR-39 表面单位面积内的径迹数，即可换算出被测量室内空气中的氡浓度。这个方法的最大优点是简单，几乎人人皆可操作，能够给出测量时间内的平均值。在探测器暴露一个月的情况下，探测下限为 7Bq/m^3 。市场中有美国 Landauer 公司产品。

三、驻极体电离室氡探测器

驻极体电离室氡探测器 (EICs) 是另外一种累积被动氡探测器。探测器包括一个长期充电驻极体、一个聚四氟乙烯静电充电盘。暴露时，空气中的氡气经过滤膜进入驻极体室，衰变形成氡子体，发射 α 粒子引起空气电离。驻极体将吸附这些离子，引起驻极体表面电压下降。测量电压下降数，就可直接知道空气中形成的离子数，进而导出空气中的氡浓度。现在市场上有美国 RadElec 公司产品，分为短期测量 (2~10 天) 和长期测量 (1~12 个月) 两种。探测下限为 10Bq/m^3 。

四、闪烁瓶法

这是一种瞬时被动测氡方法，历史悠久、使用简单、方法可靠，被广泛用于实验室和现场测量。主要设备是闪烁瓶和 α 计数装置。闪烁瓶由有机玻璃制成，内涂硫化锌粉。最主要的要求是闪烁瓶不能漏气。平时要把闪烁瓶保存在暗袋中。使用时，先把闪烁瓶抽成真空，在测量现场打开瓶嘴阀门，让待测空气进入闪烁瓶，然后关紧瓶嘴阀门，于背光处放置 4h，使瓶内的氡及其子体达到平衡。然后把闪烁瓶放入 α 计数器内进行测量。通过刻度曲线，就可把 α 计数转换成被测量空间的氡浓度值。国内曾有这种产品，型号为 ZYW8501，探测下限为 1Bq/m^3 。

五、活性炭吸附法

活性炭吸附法测氡也是一个被动测氡方法，不需动力。主要设备是活性炭盒与碘化钠探头 γ 多道能谱仪。测量之前，先把活性炭盒打开，放入高温烤箱中使已被吸附的氡及其子体释放出来。取出活性炭盒密封待用。测量时把活性炭盒密封条打开，放入待测房间进行，使其吸附房间内空气中的氡气。一般放置 2~7 天。取样结束后，要再把活性炭盒密封，送入 γ 谱仪测量。待测出铅-214 和铋-214 的量后，就可推出空气中氡的浓度。必须注意的是，活性炭法测出的是活性炭盒取样中点时刻的平均氡浓度，如果取样前期的氡浓度过高或过低，势必带来很大的测量误差。此方法探测下限约为 18Bq/m^3 。

六、氡的连续测量法

连续测氡方法主要有三种类型：一为闪烁瓶法，以一定速率抽动空气通过滤纸进入闪烁瓶，滤纸会过滤掉空气中的氡子体和尘埃。氡在闪烁瓶中衰变，生成氡子体时和氡子体衰变时生成的 α 粒子撞击闪烁瓶中的硫化锌层，发出荧光，从而被光电倍增管探头探测到。隔一定时间测量一次，达到连续测量的目的。二为电离室法，空气中的氡经过滤膜扩散进入电离室。虽然有些滞后，但电离室中的氡浓度与空气中的氡浓度是一致的。记录电离室的数据就知道了空气中的氡浓度，达到连续测量的目的。第三种方法是探测室法，室内空气通过滤膜进入探测室，然后用固体硅探测器直接测量氡子体衰变生成的 α 粒子。一般连续法测氡探测下限为 18Bq/m^3 。

第五节 降低室内氡浓度的措施

根据最新的研究结果，远较矿井中的氡浓度为低的居室中的氡浓度暴露，确实会引起肺癌危

险度的增加。这涉及整个人类，因为人类有 70%~90% 的时间是在室内度过的。这样，我们就必须十分重视室内氡的污染问题了。要完全避免环境中氡的暴露是不可能的，因为地球表面到处都分布有来自地壳的氡气。我们只能想办法降低工作环境、居住环境中的氡浓度水平。可以从以下几个方面考虑。

一、选择建房地地点

选择建房地地点对降低室内氡浓度水平很重要，因为绝大部分室内空气的氡都来自地基土壤。建房地区土壤中的放射性核素含量，特别是铀和镭的含量，应在正常水平。不要在地质断裂带附近建房。这件事说起来容易，做起来难。一般人无法知道哪里放射性水平高，哪里低？哪里是断裂带？况且有祖祖辈辈都生活在这里。有可能的话，还是要选择建房地地点。在建房之前，要向有关部门了解一下建房地地点的放射性水平，附近有没有地质断裂带。不要把房建在尾矿坝上。不要把房建在空气不流通的地方。尽量不要在经常发生逆温现象的地区建房。

二、选择建筑材料

建筑材料中的放射性核素含量应符合有关规定，否则会使室内辐射剂量率升高，使室内氡浓度升高。国家标准规定了建筑材料中放射性核素的限值。这就是 2001 年 12 月 10 日发布，2002 年 1 月 1 日实施的国家标准《建筑材料放射性核素限量》，编号 GB 6566—2001，由国家质量监督检验检疫总局发布，用以代替 GB 6566—2000 和 JC 518—1996。本标准与原标准相比，基本概念方面是相同的，取值方面略有变化，测量方面有很大改动。

在基本概念方面仍然采用内照射指数和外照射指数的概念：

内照射指数为
$$I_{Ra} = \frac{C_{Ra}}{200},$$

外照射指数为
$$I_{\gamma} = \frac{C_{Ra}}{370} + \frac{C_{Th}}{260} + \frac{C_K}{4200}$$

只是在外照射指数公式中，用 4200 取代了 4000，其余全相同。

但新标准把建筑材料分为建筑主体材料和装修材料两大类。取消了把建筑主体材料分为 A、B、C 三类的划分。只要建筑主体材料的 $I_{Ra} \leq 1$ ， $I_{\gamma} \leq 1$ （相当于原来的 A 类建筑材料），其生产、销售和使用都不受限制。用建筑材料的空心率代替了原来建筑材料的质量厚度。空心率的定义是建材制品的空心体积与建材制品的总体积之比。当空心率大于 25% 时，在满足 $I_{Ra} \leq 1$ ， $I_{\gamma} \leq 1.3$ 的情况下，其产销与使用范围不受限制。对装修材料却要求划分为 A、B、C 三类：A 类装修材料需满足 $I_{Ra} \leq 1$ ， $I_{\gamma} \leq 1.3$ ，产销与使用范围不受限制；B 类装修材料须满足 $I_{Ra} \leq 1.3$ ， $I_{\gamma} \leq 1.9$ ，不能用于 I 类民用建筑的内饰面，但可用于其他内外装修；C 类装修材料为不能 A、B 类要求，但是需 $I_{\gamma} \leq 2.8$ ，只能用于外饰面和其他用途。把花岗岩列为装修材料，但当 $I_{\gamma} > 2.8$ 时，只可用于碑石、海堤、桥墩等人类很少涉及的地方要尽量选用本地产的建筑材料。对于外地产的建筑材料要看其是否经过了放射性检验，是属于 A 类，B 类，还是 C 类产品，然后决定其用途。建筑材料在出厂前就应进行放射性检验。一般来讲，江西、浙江、安徽一些地方生产的煤渣砖或石煤砖，其中的铀、镭、钍含量较高，使用时要特别注意。

天然石材的选用也要注意。并不是所有天然石材放射性核素含量都高，不能用做建筑材料，而是有些天然石材选用是要注意。一般来讲，岩浆岩中的酸性侵入岩，如花岗岩，放射性含量较高。沉积岩中的碎屑沉积岩，如页岩，放射性含量也比其他石材高。花岗岩和页岩都不适宜用做居室的建筑材料，特别不适宜用做居室的内装修材料。

三、建造排氡地基

这是最有效的减低室内氡的方法。居室内的氡有 80%~90% 来自地基下的土壤。如果在建房之初就注意到降低室内氡的问题，在地基方面采取一些措施，就可以起到事半功倍的效果。没有地下室的住宅，可在屋内水泥地板的下方建一个 $1m \times 1m \times 0.5m$ 的聚氡室（见图 4-6），由管道通到室外。聚氡室四壁应由松透的空心砖建成，砖与砖之间要留有较大缝隙。在聚氡室四周要回填一些小的碎石，以利于土壤中的氡气扩散到聚氡室。如果条件允许的话，最好在排气管道上装一个风机，以增加排氡效果。通到室外的管道（见图 4-7）排放口要高于窗户，避免排放出的氡气通过门和窗户再进入室内。要降低平房的室内氡，采用这种方法十分有效。采用这种方法降低室内氡，效果好，代价不高，建议以后在设计和建造房屋中予以采用。

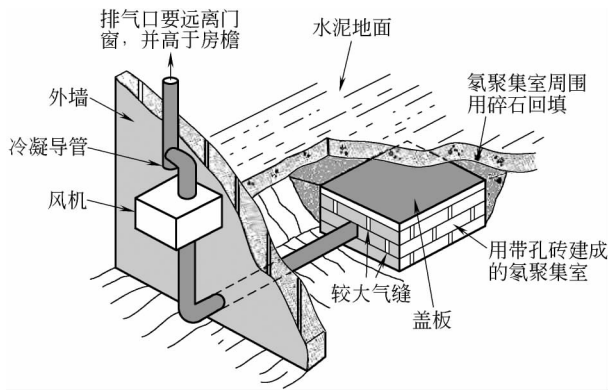


图 4-6 地下聚氡室的结构

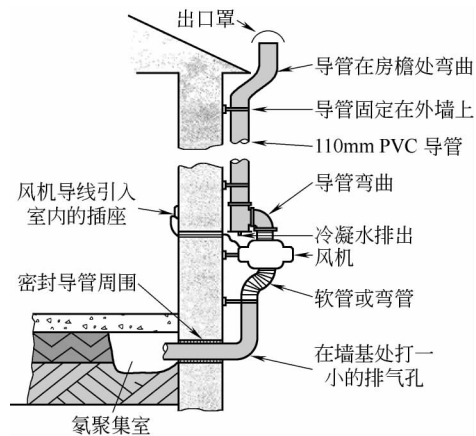


图 4-7 氡气引导管道结构

四、注意施工质量——密封裂缝

房子建好之后，一般都有很多的裂缝和缝隙，这是氡气进入室内的重要途径。特别是经过装修的房子，地面、天花板、卫生间、厨房等处的缝隙被遮盖更不易发觉，这对降低室内氡很不利。从降低室内氡的角度来看，密封室内的缝隙是一件十分重要的工作（见图 4-8）。除天花板、墙面、地面可能存在缝隙外，在墙脚处、水管和天然气管与地板和墙壁的结合部都会出现裂缝和缝隙。在装修过程中，应该把这些裂缝和缝隙全部堵死。具体方法视缝隙的大小而定。一般小的缝隙通过刷油漆就可堵住。较大的裂缝要用适当的密封剂，避免使用硬质材料。也有的裂缝可能与季节有关，这在密封时都要给以考虑。要注意下水管道的密封。水封弯管要能真正起作用，避免把地下的有害气体进入室内。

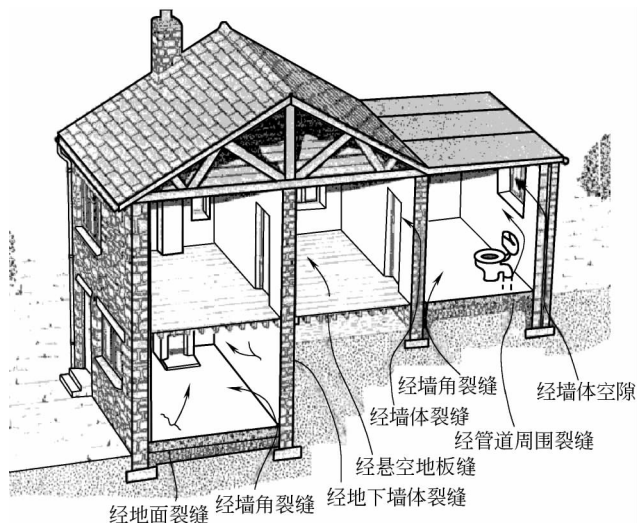


图 4-8 注意居室缝隙的密封

五、保证室内通风

通风是降低室内氡浓度的一个重要而有效方法。因为室外空气中的氡浓度一般比室内低。室外新鲜空气进入室内，把室内的污浊空气置换出去，可有效降低室内空气中的氡浓度。当然这样做会损失一些室内热量，在北方冬季不太适宜。但是为了健康，还应该这样做。自然通风最好，可以节省能源。机械通风也可以使用。安装风机把室外新鲜空气送入室内，增加了换气率，从而稀释了室内空气中的氡浓度。增加送风还会增加室内的气压，从而抑制了氡自地面向室内的扩散。在室内空气中的氡浓度超过行动水平 2~3 倍的情况下，使用增压风机降氡特别有效。

要注意到，因为氡气的比重较大，一般聚集在地面附近。在开窗通风时，如果只开屋内上方的窗户，降氡效果不会很大。要打开居室内最接近地面的窗，进行通风。国外的一些建筑，在门的下方开有百叶窗，就是这个道理。

经常通风不但可以降低室内空气中的氡浓度，还可排出室内的其他污染物、水蒸气，避免发霉。这对身体健康和建筑物都有好处。

在室内不要进行吸烟、点蚊香、烧佛香、烧纸等使用明火的活动。因为这样的活动会产生大量的颗粒悬浮在空气中。这些悬浮颗粒有的本身对人体就极为有害，有的会吸附氡子体等有害物质，被人体吸入后造成危害。要封闭暂时不用的烟道。相信采用上述几种措施后，定能有效降低室内空气中的氡浓度和室内的照射剂量率。



思考题

1. 放射性对人体产生的剂量，对人体健康是否有害？
2. 居室空气中的氡及其衰变子体是从哪里来的？吸入后是否会影响身体健康？
3. 室内氡浓度的控制水平是多少？
4. 试述几种常用的空气中氡浓度的监测方法。
5. 通过何种途径可降低室内空气中的氡浓度水平？

参考文献

- 1 IAEA Safety Series No. 115; International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. ISBN 92-0-104295-7, ISSN 0074-1892. 1996
- 2 BEIR report VI; Health Effects of Exposure to Radon. ISBN 0-309-05645-4. National Academy Press. 1999
- 3 Zuoyuan Wang, et al. Epidemiologic Study of Lung Cancer. ISBN 7-117-05746-7. People's Medical Publishing House, 2003
- 4 国家质量监督检验检疫总局. 电离辐射防护与源安全基本标准 GB 18871—2002. 中国标准出版社, 2003
- 5 IAEA Safety Reports Series No. 33; Radiation protection against Radon in Workplaces other than Mines. ISBN 92-0-11XX02-Y, ISSN 1020-6450. 2003

第五章

室内环境电磁及物理污染检测与防护技术

随着科学技术的进步和电气电子工业的高速度发展，电子技术与电磁能应用技术已遍及工业、农业、交通运输、文化教育、科学研究、国防军工、宇宙飞行、医疗卫生、信息技术等各个领域，并已经迈进广大人民的日常生活领域，大量的家用电器产品已广泛进入千家万户，对人类的社会生活和国民经济的发展起到了巨大的作用。然而，由于电磁能量密度大幅度增加，由此形成的电磁污染愈来愈严重，要求减少电磁污染，保护环境的呼声愈来愈高。如何减少电子、电气设备的电磁泄漏和有效地防止环境电磁污染，保护环境，保障作业人员和广大人民群众的身体健

康，防止干扰，已经提到议事日程，急需研究和解决。

室内及公共场所由于其周围结构的作用，形成了与外界自然环境不同的室内气候，这种室内气候包括温度、湿度、风速与辐射等，对人体的热平衡影响很大，是机体维持热平衡的基础和保障人体健康的重要环境因素。

噪声、温度、湿度、振动、微波、磁场、光照、通风等物理因素，在室内环境中既相互排斥、制约，又相互联系与依存。这些因素如达不到要求，就会造成室内环境物理因素的污染，进而会对人体造成不适。室内温湿度是表征宜居环境的重要条件。为此，对这些物理因素的合理控制，成为营造舒适、绿色室内环境的重要课题。

为了保障人民的健康，创造一个良好舒适的环境，我国根据不同条件对各类公共场所规定了小气候的卫生要求。监测公共场所的室内环境，是贯彻国务院《公共场所卫生管理条例》和卫生部《室内空气质量卫生规范》，评价公共场所及居室内卫生质量的重要内容。

第一节 电磁污染的潜在危险性与危害

一、环境电磁污染问题的提出

当代科学技术的迅速发展，物质文化生活的不断提高，不仅给工农业、国防军工、医疗卫生、通信电子、铁路交通等国民经济各系统提供了利用电磁能的设备与技术。同时，各种家用电器，如彩电、录像机、家用电脑、电热毯等多种产品也相继进入千家万户。通信事业的崛起，又使手机等成为这个时代的“宠物”，给人们学习、经济发展带来极大的方便。

当人们看电视或使用计算机时，这些家用电器、电子设备在使用过程中都会不同程度地产生不同波长和强度的电磁辐射。这些电磁辐射波看不见、摸不着，充斥着整个人类生活的空间，令人防不胜防，成为继水、气、噪声之外的又一污染源，即人们通称的第四污染源。电磁辐射正悄悄地影响着人们的身体健康，引发各种社会文明病。根据发达国家的资料显示，电磁辐射已成为当今危害人类健康的致病源之一。调查表明，在2毫高斯（mG， $1\text{mG}=10^{-4}\text{T}$ ）以上磁场环境中，人群患白血病的为正常值的2.93倍；肿瘤发生率为正常值的3.26倍。

由于电磁波及其辐射无形无色无味的特点，往往引不起人们足够的警觉，加之电磁辐射形成污染的时间尚短，对电磁污染的宣传力度还远远不够，辐射污染水平有增无减，这已是一个十分重要的问题。因此，研究如何更合理地利用电磁并防止它对环境造成污染危害，是摆在我们面前

的迫切任务。

二、电磁辐射基本概念

(一) 电磁场

电磁场的正确含义是：任何交流电路都会向周围的空间里放射电磁能，形成有一定强度的电力与磁力作用的空间，这个有场作用的空间称为电磁场。

根据电磁学原理，任何一个带有电荷的物体均能在其周围产生电场，而任何一个载流导体又能在其周围产生磁场。当带电系统的电荷或电流随时间做周期性变化时，该系统所产生的电场与磁场也随时间发生周期性变化。这种交变的磁场又能在其周围激发电场，说明了电磁感应场能在空间里运动，脱离场源系统而进行传播的原理。于是这种变化的电场与磁场交替产生，由近及远，互相垂直，并与自己的运动方向垂直的以一定速度在空间里传播的过程，称为电磁辐射。

电磁辐射可类比于水波，当我们向河中扔一块石子，就会在石子入水处形成中心，以此中心向周围传播，若没有损耗可无限远地传播下去。就水的某一点来看，该点将随时间变化做上下往复振动，成为一周期性的正弦波。电磁辐射在空间的传播，若无损耗也可以无限远地传播开来，但因空气及空间物体的吸收与屏蔽作用，同样也只能传播到有限范围内。

应该指出，一同存在于某一空间里的静电场和磁场，彼此之间并不发生任何关系，而只是各自独立变化。这种彼此不相关的电场与磁场共同存在的空间不能叫电磁场。

(二) 射频电磁场

任何交流电路都会向其周围的空间放射电磁能、形成交变电磁场。当交流电的频率达到每秒数十万次以上时，交流电路的周围便形成了射频电磁场。

射频电磁场为非电离辐射，任何射频电磁场的发生源周围均有两个作用场存在着，即以感应为主的近区场（又称感应场）和以辐射为主的远区场（又称辐射场）。它们的相对化分界限为一个波长。

近区场与远区场的划分，只是在电荷电流交变的情况下才能成立。一方面，这种分布在电荷和电流附近的场依然存在，即感应场；另一方面，又出现了一种新的电磁场成分，它脱离了电荷电流并以波的形式向外传播。换言之，在交变情况下，电磁场可以看作有两个成分：一个是存在在电荷和电流的周围，当距离 R 增大时，它至少以 $\frac{1}{R^2}$ 衰减，这一部分场是依附着电荷电流而存在的，这就是近区场，又称感应场；另一成分是脱离了电荷电流而以波的形式向外传播的场，它一经从场源发射出以后，即按自己的规律运动，而与场源无关了，它按 $\frac{1}{R}$ 衰减，这就是远区场，又称辐射场。

1. 场区分类及其特点

(1) 近场区 以场源为零点或中心，在一个波长范围之内的区域，统称作近区场。由于作用方式为电磁感应，所以又称感应场，感应场受场源距离的限制，在感应场内，电磁能量将随着离开场源距离的增大而比较快的衰减。其特点如下。

① 在近场区内，电场强度 E 与磁场强度 H 的大小没有确定的比例关系。一般情况下，电场强度值比较大，而磁场强度值比较小，有时很小；只是在槽路线圈等部位的附近磁场强度值很大，而电场强度值则很小。总的来看，电压高电流小的场源（如天线、馈线等）电场强度比磁场强度大得多，电压低电流大的场源（如电流线圈）磁场强度又远大于电场强度。

② 近区场电磁场强度要比远区场电磁场强度大得多，而且近区场电磁场强度比远区电磁场强度衰减速度快。

③ 近区场电磁场感应现象与场源密切相关，近区场不能脱离场源而独立存在。

(2) 远区场 相对于近区场而言，在一个波长之外的区域称远区场。它以辐射状态出现，所以也称辐射场。远区场电磁辐射强度衰减比近区要缓慢。其特点如下。

① 远区场以辐射形式存在，电场强度与磁场之间具有固定关系，即 $E = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} H = 120\pi H \approx 377 H$

② E 与 H 互相垂直，而且又都与传播方向垂直。

2. 表征单位与公式

(1) 频率 在实践中，电磁波可用波长——毫米、厘米、分米、米等来表示；也可用振荡频

率——周、千周、兆周或赫兹、千赫兹、兆赫兹等来表示。

$$\lambda=\frac{c}{f} \text{ (m)}$$

式中 c ——电磁波传播的速度， $3\times10^8\text{ m/s}$ ；

λ ——波长，m；

f ——频率，Hz。

(2) 场强（实用制单位） 电场：V/m、mV/m、 $\mu\text{V/m}$ ；磁场：A/m、mA/m、 $\mu\text{A/m}$ 。

(三) 电磁辐射场源

虽然环境电磁人工杂波及其产生场源很多，但是在社会的环境空间，一般经常遇到并且感到十分棘手的还是大量的射频设备不断地投入使用，而且功率愈来愈大。如普遍应用的高频加热设备（包括高频焊接机、调频淬火设备、高频熔炼设备等）；介质干燥设备（包括塑料热合机、木材纸张干燥设备等）；无线电广播通信设备；微波发射系统；高压、超高压、输电线路以及家用电器等，均在一定程度上造成污染。由强电磁场所造成的对有用信号（如电视信号、通讯信号、遥控信号等）的干扰与破坏；对一定空间范围内的生物体、人体所产生的负面影响和危害，则通称为电磁污染。

1. 污染源种类

电磁污染源主要包括两大类，即自然型电磁污染源与人工型电磁污染源。

(1) 自然型电磁污染源 来自于自然界，由于自然界某些自然现象所引起的。在自然型电磁污染源中，以天体放电所产生的电磁污染最为突出。由于自然界发生某些变化。常常在大气层中引起电荷的电离，发生电荷的蓄积，当达到一定程度后引起火花放电，火花放电频带很宽，它可从几千周（或几千赫）一直到几百兆周（或几百兆赫），乃至更高频率。

(2) 人工型电磁污染 产生于人工制造的若干系统、电子设备与电气装置。人工型电磁污染源按频率不同又可分为工频场源与射频场源。工频杂波场源以大功率输电线路所产生的污染为重。射频场源主要指由于无线电设备或射频设备工作过程中所产生的电磁感应与电磁辐射。电磁污染源可用表 5-1 与表 5-2 说明。

表 5-1 自然型电磁污染源分类

分 类	来 源
大气与空电污染源	自然界的火花放电、雷电、台风、寒处雪飘、火山喷烟等
太阳电磁场源	太阳的黑点活动与黑体放射等
宇宙电磁场源	银河系恒星的爆发、宇宙间电子移动等

表 5-2 人工型电磁污染源分类

分 类		设 备 名 称	污 染 来 源 与 部 件
放电所致污染源	电晕放电	电力线(送配电线)	由于高电压、大电流而引起静电感应、电磁感应、大地漏泄电流所造成
	辉光放电	放电管	白光灯、高压水银灯及其他放电管
	弧光放电	开关、电气铁道、放电管	点火系统、发电机、整流装置等
	火花放电	电气设备、发动机、冷藏车、汽车等	整流器、发电机、放电管、点火系统等
工频感应场源		大功率输电线、电气设备、电气铁道	污染来处高电压、大电流的电力线场电气设备
射频辐射场源		无线电发射机、雷达等	广播、电视与通信设备的振荡与发射系统
		高频加热设备、热合机、微波干燥机等	工业用射频利用设备的工作电路与振荡系统等
		理疗机、治疗机	医学用射频利用设备的工作电路与振荡系统等
家用电器		微波炉、电脑、电磁灶、电热毯等	功率源为主
移动通信设备		手机、二哥大、对讲机	天线为主
建筑物反射		高层楼群以及大的金属构件	墙壁、钢筋、吊车等

对于室内环境而言，其主要感应场源或辐射场源有：家用电器类、电脑、手机、通信发射台站、广播电视发射台站、工频高压送电线与变配电设施等，由上述设备所造成的电磁污染是人们关注的重点。

2. 电磁污染的传播途径

电磁辐射所造成的环境污染途径大体上可分为空间辐射、导线传播和复合污染三种。

(1) 空间辐射 当电子设备或电气装置工作时，会不断地向空间辐射电磁能量，设备本身就是一个多型发射天线。

(2) 导线传播 当射频设备与其他设备共用一个电源供电时，或者它们之间有电气连接时，那么电磁能量（信号）就会通过导线进行传播。此外，信号的输出输入电路、控制电路等也能在强电磁场之中“拾取”信号，并将所“拾取”的信号再进行传播。

(3) 复合污染 它是当同时存在空间辐射与导线传播时所造成的电磁污染。

自第二次世界大战以来，微波已经蔓延到整个地球的大气层中，微波源的数字在惊人地增长着。在我们生活的环境空间中，电话、电视中继站、计算机、通信系统、微波炉、微波治疗机、高压与超高压输送电网、工程、科学、医疗设备以及军事上广泛采用的监督、控制、警报、干扰系统，卫星、导弹与宇宙航行等系统几倍至几十倍的剧增。

由于电子电气设备的广泛应用，人们在污染的大气层中已经没有藏身之地。对于生活在现代环境中的人们，要想避免电磁波的辐射是很困难的。

三、电磁污染的潜在危险性及对机体健康的影响与危害

电磁辐射除对生活环境造成污染，构成对生物体的一定危害之外，最严重的就是干扰危害和巨大的潜在危险性。

(一) 对通信、电视等信号的干扰与破坏

射频强辐射可以造成通信信息失误或中断；使电子仪器、精密仪表不能正常工作；铁路自控信号失误；还可以使飞机飞行指示信号失误，引起误航；甚至造成导弹与人造卫星的失控。另外，令人十分恼火的是，电视机受到射频辐射的干扰后，将会引起图像产生波纹、雪花等，很不清楚，甚至根本不能收看。射频设备，特别是大功率的高频设备的能量输出，即使是高次谐波也是非常强的，大功率的高频设备在整个工作期间所形成的高频辐射将对通信、电视等造成严重干扰。

(二) 对易燃易爆物品、火箭导弹等的潜在危险性

射频强辐射也会对一些可燃性油类或可燃气造成危险，这主要是由于强场之中，某些金属器材接触或碰撞时出现打火现象而引起可燃性油类或气体燃烧，甚至爆炸。虽然这种事故不易发生，但一旦发生，对生命财产造成的损失是十分巨大的。

(三) 不同频段的电磁辐射对人体的不良影响

研究和实践表明，一定强度的电磁场，无论是工频高压电感应场，还是射频辐射场，都可能对生物体，特别是人体健康产生不良影响与危害，尤其是那些对电磁场作用非常敏感的人群。

1. 中、短波频段（俗称高频电磁场）

在高频电磁场作用下，经过一定强度和一定时间的辐射，作业人员及高场强作用范围内的其他人员均会产生不适反应。高频辐射对机体的主要作用是引起神经衰弱症候群和反映在心血管系统的植物神经功能失调。主要症状为神经衰弱症候群，如普遍感到头痛头晕、周身不适、疲倦无力、失眠多梦、记忆力减退、口干舌燥；部分人员则发生嗜睡、发热多汗、麻木、胸闷、心悸等症状，女性人员有月经周期紊乱现象发生。体检发现，部分人员血压下降或升高、皮肤感觉低下、心动过缓或过速、心电图窦性心律不齐等；且发现少数人员有脱发现象。

通过研究发现高频电磁场对机体的作用是可逆的。脱离高频作用后，经过一段时期的休息或治疗后，症状可以消失，一般不会产生永久性损伤。通过大量的调查研究发现，性别不同、年龄不同，高频电磁场对人体影响的程度也不一样，一般女性人员和儿童敏感性比较大些。

2. 超短波与微波

由于超短波与微波的频率很高，特别是微波频率更高，均在 3×10^8 Hz 以上，在这样的高频率微波辐射作用下，人体会将一部分电磁能反射，一部分被吸收。被吸收的微波辐射能量使组织

内的分子和电介质的偶极子产生射频振动，媒质的摩擦把动能变热为能，从而引起温升。微波辐射的功率、频率、波形、环境温度和湿度以及被照射的部位等，对伤害的深度和程度产生一定的影响。

3. 微波辐射的危害

(1) 微波辐射的热作用 微波对人体的影响，除引起比较严重的神经衰弱症状外，最突出的是植物神经机能紊乱。主要反应在心血管系统及交感紧张反应占优势的为多，如心动过缓、血压下降或心动过速、高血压等。心电图检查可见窦性心律不齐，窦性心动过缓，T波下降等变化。

在血像方面，呈现白细胞数下降或增高的趋势，变化极不稳定。

微波可引起眼睛损伤。眼睛是人体对微波辐射比较敏感和易受伤害的器官。眼睛的晶状体含有较多的水分，能吸收较多的微波能量，另一方面血管又较少，不易带走过量的热。在微波照射下可能角膜等眼的表层组织还没有出现伤害，而晶状体已出现水肿，在大强度长时间作用会造成晶体浑浊，严重的导致白内障。更强的照射会使角膜、虹膜，前房和晶状体同时受到伤害，以致视力完全丧失。

微波对睾丸的损害是比较大的。睾丸也是人体对微波辐射热效应比较敏感的器官，在微波辐射的作用下，可使睾丸升温达 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。微波辐射只抑制精子的生长过程，并不损害睾丸的间质细胞，也不影响血液中的睾酮含量。受微波辐射的损害后，通常仅产生暂时性不育现象。但辐射过大，可能会引起永久性的不育。

(2) 微波辐射对机体的非热效应 微波辐射对人体的作用主要是热效应，除了热效应外还有非热效应的存在。人体暴露在强度不大的微波辐射时，体温没有明显的升高，但往往出现一些生理反应，主要表现为如下。

① 对神经系统的作用。长时间的微波辐射可破坏脑细胞，使大脑皮质细胞活动能力减弱，已形成的条件反射受到抑制，反复经受微波辐射可能引起神经系统机能紊乱。一些长时间在较高微波辐射强度环境下工作的人员，出现疲劳、头痛、嗜睡、记忆力减退、工作效率低、食欲不振，眼内疼痛、手发抖、心电图和脑电图变化、甲状腺活动性增强、血清蛋白增加、脱发、嗅觉迟钝、性功能衰退等症状。但是这些症状一般都不严重，经过一定时间的休息后可复原。

② 微波辐射对血液的作用。长期的微小辐射可引起血液内白细胞和红细胞数的减少，并使血凝时间缩短。

③ 微波辐射的累积效应。微波辐射对生物体的危害，另一特点是累积效应。一般一次低功率照射之后会受到某些不明显的伤害。经过 $4\sim 7$ 天后可以恢复。如果在恢复前受到第二次照射，伤害将积累，这样多次之后就会形成明显伤害。而长期从事微波工作，受到低功率照射的，在停止微波工作后 $4\sim 6$ 周才能恢复。

第二节 室内环境电磁污染的主要来源

一、超高压输送电线与变电站的电磁污染

对于来自高压、超高压输电线路与变配电站的工频污染，早在第二次世界大战之前，人们就已经开始发觉并有所认识，但一直没引起充分关注。时至今日，事实已使人们不得不相信，高压输电线路和配电装置等形成的工频电磁场可以对人体健康造成危害。在工业电频率电磁场的长时间作用下，人容易疲劳、诱发心脏病、导致中枢神经系统和内分泌系统失调。专家们特别警告，高压电磁场对于儿童尤为有害。

1. 输电线路下的工频场强分布特点

高压、超高压输电线、高压变电站和电气设备，以及导线周围都存在着频率为 50Hz 的交流电场，即工频电场。

一般而言，由于空间工频电场很容易由进入工频场内的物体引起畸变，变得更为复杂。因此，测量时人体必须远离测量天线 1.5m 以上。应用这种方法，使用工频场强测量仪对 500kV 输电线路下的工频场强进行了测量，其结果见表 5-3。

表 5-3 500kV 输电线路下的场强分布

输电线路与地面 垂直距离/m	输电线路与测点的 水平距离/m	实测场强 /(kV/m)	输电线路与地面 垂直距离/m	输电线路与测点的 水平距离/m	实测场强 /(kV/m)
19	1	10.8	19	4	5.2
19	2	8.2	19	10	4.1
19	3	6.5			

注：我国国标《作业场所工频电场卫生标准》（GB 16203—1996）规定标准限值为 5kV/m。

2. 高压输电线及变电站电磁污染对人体健康的危害

国外医学研究结果表明，超高压输电线的电磁场会对人体组织产生有害影响。据德国医学杂志报道，住在超高压输电线附近的居民，由于强电场的长时间作用，血液和神经系统发生变化，使一些居民受电污染而死亡。一位德国妇女也曾向法院起诉，自从电力总局在她的农场附近架设高压输电线以后，她家奶牛的产奶量开始减少，因此要求赔偿损失。后经鉴定，高压输电线附近的电场确实能影响家畜乳腺的正常功能。

科研人员对变电站、变压器、铁路输电线和高压输电线周围 150m 以内的建筑物的电磁场强进行测试，发现其中 46 户居民住房周围的电磁场强度超过 0.3 μ T（微特斯拉），这些居民患癌症和白血病增高症要比正常地域的正常人患病高出 1 倍多。

3. 关于工频强场安全距离的研究

为了分析工频强场长期作用于人体的影响，国外近年来还曾对鼠类进行了观察研究。实验中将老鼠分成两群，其中一群直接接受电磁场影响，而另一群则事先加以保护，从而观察两群老鼠的生活状况，进行对比，以分析攻击工频强场对它们的影响。通过观察，发现工频电场对雌鼠影响较大，在饮水量、生长速度、体重及白细胞指标等方面都出现了明显变化。

需要说明的是，关于工频强场对人体影响的机理，现有文献均认为工频强场对人体有明显的不良影响，但也有一些国家认为工频电站周围电磁影响严重，而线网附近的环境污染较轻。国际电网会议 36.01 工作组 1980 年的文件也认为工频电场影响轻微。尽管如此，各国均在继续进行这方面的科学试验。这是因为某些生态效应依靠短时间少数试验，很难做出结论，而对人体长期影响的评估则尤为困难。这一问题尚有待进一步探索研究。至于由超高压输电线引起的工频场电场强度则可用镜像法加以确定。通过计算，如规定地面以上 1.8m 处场强不得超过 5kV/m，对于 330kV 的工频输电线而言，人体与输电线路中心线的距离应在 22m 以上，而与边线的距离应在 10m 以上；对 750kV 的输电线而言，人体与输电线中心线的距离应在 33m 以上，而与边线的距离应分别在 27m、35m、50m 以上。

二、计算机的辐射污染

（一）辐射机理与辐射强度

视频终端显示器和家用电视机的工作机理是电子扫描的结果，鉴于 VDT 的彩色显示器阴极射线管的电子枪需要在 30kV 的高压作用下，将电子流射向荧光屏，电子在高压作用下迅速射击，碰撞荧光屏，从而产生电磁辐射。

我国北京劳动保护科学研究所和某系统医学工程研究所曾多次对有关部门的计算机辐射进行了实际测量。结果如下。

由于计算机的工作频率范围在 150kHz~500MHz，这是一段包括中波、短波、超短波与微波等频段的宽带辐射，按标准评价，电脑的上部与两侧等部位均超标，一般超标几倍到几十倍，最高达 45 倍。

（二）电脑辐射对付体健康的危害

关于视频终端显示器电磁辐射对人体健康的影响与危害，美国、法国、英国、德国、加拿大、日本、瑞典、新加坡、挪威、澳大利亚等许多发达国家组织力量，进行了大量的研究，研究发现：电脑主要对眼睛、头部、骨骼肌、皮肤等第三器官和部位产生危害作用；此外，对妊娠也产生有害影响。

有关劳动卫生职业病科研单位对 288 位作业人员的身体健康状况进行了调查，发现被调查者均有眼睛疲劳、视力下降、头痛头昏等症状，且明显高于对照组。体检发现晶状体浑浊人员比例为 56%；电脑辐射对人的视力产生不良影响，并存在积累效应，作业工龄越长，所出现的症状越显著。电磁场强测量结果见表 5-4。

表 5-4 电磁场强测量结果

楼 层	计 算 机 型 号	测 试 部 位	测量场强/(μ W/cm ²)	备 注
一层大厅	A 机(13)	显示屏近区 电脑上端 电脑侧边	13~15 86~126 524~647	控制开关旁(终端近区)
	A 机(8)		12.9~13.8 126~214 68~89	
	A 机(10)		14.5 99 128.4	
	A 机(12)		14 42 244	
	A 机(23)		3.6 2300 2100	
三楼	A 机(26)		7.2 234 228	近区
	地面		(工频) $E_{\max}$ 34V/m	
	DEC486	显示屏前 电脑上端	8 222	
	B 机 C 机 LLX-PAP (液晶显示)	终端上端 终端上端 显示终端上端 显示屏前	15 124 25 13	

三、手机辐射污染

使用手机有没有辐射危害？这个问题一直争论了多年，有人认为手机功率小，不存在辐射污染；而另一些人则认为手机使用过程中紧紧贴在耳边，辐射强度肯定不小。对这个问题，就连相关研究机构与手机生产企业之间也存在着不同意见。一般而言，通信系统与移动通信制造企业多数倾向无害论；而环保部门、卫生防疫部门等则主张预防为主，防患于未然。

（一）手机的通话机理与辐射污染

手机的工作原理是通过向空间发射电波的结果。用手机通话时，持机者的音频信号，经过手机转换为高频率的电信号，通过天线以电磁波的形式发射出去。这时，手机在天线附近会产生较强的电磁辐射。由于手机工作频率一般在 920~980MHz 和 1800~2000MHz 频段，为发射微波波段。持机者在使用时，分为发话与收话两种状态。发话时，由于手机振荡产生一定功率的辐射，通过天线发射出去。本来手机工作功率仅几瓦，其辐射强度在一定范围内也是较小的，如距发射天线半米之外，其辐射强度均在 50μ W/cm² 以下；只是由于手机的使用方法特殊，必须将天线与受话器等紧贴在人头部耳朵附近，处在手机辐射的近区场范围，因而受到了超量的电磁辐射；而手机收话时，接收来自基地站的微波信号，然后再将此微小信号转变为音频信号。此时，由于信号来自基站，距离较远，人体所受的辐射强度较小，不会超量。

通过对手机电磁辐射部位的分析，可以认为其电磁辐射与泄露的大体部位为手机工作天线，收、发话器，工作电路等。但通过场强测试分析，确定手机的主要辐射源为天线。换句话说，只要将天线辐射强度降低（当然不能影响通话质量）或将天线远离人体头部，就可以确保使用手机者的安全与健康。一些人认为手机辐射主要是由于工作电路的辐射所造成的，更有些人把受话器作为强辐射源，这些观点都是不正确的。

有关单位对手机的辐射场强进行了实测，测量结果见表 5-5。实测结果表明：不同厂家生产的不同类型手提电话，其辐射场强有一定差别，一般而言手机的电磁辐射场强约为几百 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ；无绳电话电磁辐射场强约在几千 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ；对讲机的辐射强度在 $(1\sim4)\times10^3\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。

表 5-5 手提电话微波辐射场强测试结果

类 别	编 号	等效测量距离/m	实测部位场强/ ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
手机	1	5~8	136~200
	2	5~8	238.8
	3	5~8	124~210
	4	5~8	238.8
	5	5~8	223.2
	6	5~8	215.6
	7	5~8	209.6
无绳电话	1	5~8	5970
	1	5~8	1000~1350
	2	5~8	1000~1300
	3	5~8	2100~4100
对讲机	4	5~8	1500~2600

一些人使用手机时不注意，将手机紧紧贴在耳边，所测辐射场强可高达 $600\sim1100\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。

(二) 手机辐射对人体的危害

考虑到手机发射体天线与人体头部距离过近的特殊性（仅 2~5cm），近区场中的辐射与耦合、直接波与反射波、吸收与折射等作用极为复杂；又因手机天线辐射直接作用在头脑部，而不同于其他微波辐射作用于整体，所以手机的电磁辐射所带来的不良影响与危害还是客观存在的，大致可归纳为：长期使用辐射场强超过国标限值的手机，敏感人群可引起紧张、头疼、头胀、失眠、多梦、反应迟钝、四肢无力、心血管系统紊乱、食欲不振、头面部起红斑、红肿、刺痒等症状，国外还有报道说可引发脑瘤。

(三) 手机辐射干扰引发严重事故

众所周知，乘飞机或在加油站、医疗区等场所严禁接打手机，这是因为手机辐射干扰的存在。若乘飞机时使用手机，会干扰飞机导航系统的正常工作，致使通信联络中断，严重的甚至导致飞机失事。在医院里使用手机会干扰医院心电监护仪、血液透析机、自动注射仪、心电图与脑电图机、心脏起搏器等医疗器械的正常工作。在加油站使用手机可干扰计数系统的正常工作，甚至诱发火灾。为杜绝此类事故的发生，许多国家颁布法令禁止在上述地区与环境中使用手机。

第三节 电磁污染的安全卫生控制标准

一、作业环境安全卫生标准

有关办公环境的人员防护，我国专门制定了国家职业卫生标准，即 GBZ1-2002《工业企业设计卫生标准》，其中规定。

(一) 工频作业标准（频率 50Hz）

标准限值：电场强度不应超过 5kV/m。

(二) 射频作业标准

1. 高频作业

频率 100kHz~30MHz，其标准限值见表 5-6。

表 5-6 高频作业电磁辐射标准限值

频率/MHz	电场强度/(V/m)	磁场强度/(A/m)
0.1~3.0	50	5
3.0~30	25	不规定

2. 甚高频作业

频率 30～300MHz，其标准限值见表 5-7。

表 5-7 甚高频作业电磁辐射标准限值（30～300MHz 卫生标准）

波 形	日接触时间/h	功 率 密 度	
		$\mu\text{W}/\text{cm}^2$	V/m
连续波	8	0.05	14
	4	0.10	19
脉冲波	8	0.25	10
	4	0.05	14

3. 微波作业

频率 300MHz～300GHz，其标准限值见表 5-8。

表 5-8 微波作业电磁辐射标准限值（300MHz～300GHz 卫生标准）

波 形		平均功率密度/($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	日总计量/($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
连续波		50	400
脉冲波	固定辐射	25	200
	非固定辐射	500	4000

二、居民环境安全卫生标准

（一）工频居住环境标准

① 国家职业卫生标准，即 GBZ 1—2002《工业企业设计卫生标准》规定：工频环境电场强度不应超过 1kV/m。

② 国家环保总局在《500kV 超高压送电线电磁辐射环境影响评价技术规范》中推荐值为：电场强度不应超过 4kV/m；磁场强度为 100 μT (0.1mT)。

（二）射频居住环境限值

《电磁辐射防护规定》(GB 8702—88) 见表 5-9。

表 5-9 公众照射导出限值

频率范围/MHz	电场强度/(V/m)	磁场强度/(A/m)	功率密度/(W/cm ²)
0.1～3	40	0.1	40 ^①
3～30	$67/\sqrt{f}$	$0.17/\sqrt{f}$	$(12/f)$ ^①
30～3000	(12) ^②	(0.032) ^②	0.4
3000～15000	$(0.22\sqrt{f})$ ^②	$0.001\sqrt{f}$ ^②	$f/7500$
15000～30000	(27) ^②	(0.073) ^②	2

① 为平面波等效值，供对照参考。

② 供对照参考，不作为限值；表中 f 为频率（MHz）；表中数据作了取整处理。

第四节 电磁污染的测量技术

一、场强测量特点

为了有效地保护作业人员和居住环境人们的身体健康，国家标准规定：必须对产生电磁辐射与泄漏的近区场场强进行测量。

（一）场强度的度量

长波到超短波，一般用电场与磁场两个物理量来表示，而对于微波，则采用能通量密度来表示。

1. 电场强度 (E)

电场强度的定义是：单位电荷在电场中某点所受到的电场作用力。实际上，在电场力的作用下，电荷运动的过程，也就是电场对电荷做功的过程。电场强度在数量上等于一米有效高度的接收天线上的端电压，其关系式为：

$$E = F/g$$

式中 F ——电场作用力， $N \cdot J/m$ ；

g ——单位电荷， C ；

E ——电场强度， V/m 。

由此可知，电场强度是表示一种电场属性的物理量，这种属性可以简称为电场的力的属性。由于具有这种属性，电场才能对电荷起力的作用。

电场强度是一个矢量，它具有明显的方向性。电场强度单位为伏/米、毫伏/米、微伏/米，或分贝 (dB)。

2. 磁场强度 (H)

磁场强度在本质上是磁场作用于运动电荷的力，它的定义是，在任何磁介质中，磁场中某点处的磁感应强度 B 与同一点上的磁导率 μ 的比值称为该点的磁场强度，其关系式为：

$$H = B/\mu$$

式中 B ——磁感强度，Gs， Wb/m^2 或 $(V \cdot s)/m^2$ ；

μ ——磁导率， $(\Omega \cdot s)/m$ ；

H ——磁场强度， A/m 。

磁场强度 H 也是一个向量。它的方向与磁场方向相同。

3. 能通量密度 [P_0]

也可称作功率通量密度，它是指在单位时间内，通过与波传播方向相垂直的单位面积的微波能量，其关系式为：

$$P_0 = P/A$$

式中 P_0 ——空间某点的微波功率密度， W/cm^2 ；

P ——在该处微波辐射总功率， W ；

A ——与波传播方向相垂直的单位面积， cm^2 或用电场强度 E 来衡量微波辐射强度。

$$P_0 = EH = E \times E/120\pi = E^2/120\pi \approx E^2/377$$

即

$$E = \sqrt{377P_0}$$

(二) 场强度测量特点

1. 电场与磁场必须分别测定

电场用偶极子天线；磁场用环状天线。

2. 测定量程范围一定要足够大，能测很强的场强

基于近区场场强很高，均在几伏/米至几百伏/米或几安/米至几十安/米，所以测定量程范围一定要足够大。

3. 场强仪天线尺寸要尽可能地小

因为近区场随空间的变化极快，所以只有天线的尺寸足够地小，才能使得在天线范围内的场强值保持为一常数。这样，所测试的结果才能代表天线所在处的电磁场感应场强度；同时，天线尺寸小，亦可避免由于天线的置入而带来的感应效应。

二、场强度测量仪器

1. 高频场强仪

专门用来测定中短波范围 (100kHz~30MHz) 近区场的电场和磁场强度，用于劳动保护与环境保护、开展电磁污染监测的专用仪器，能分别测量电场强度与磁场强度。

2. 甚高频近场仪

是在视频段 (30~300MHz) 用于劳动保护、环境保护，进行电磁辐射场强测量的专用仪器，它可以进行空间电场强度的测量。

3. 三维场强仪

可以测量 10MHz~10GHz 频率范围内的电磁场强或功率密度。主要用于各种中、短波与微波辐射的测量,如手机基站、医疗设备、广播发射、雷达、卫星通信、热合机、电视、电脑等辐射强度的测量。

4. 场强显示器

定性测试仪器,只显示有无电磁辐射和辐射场强的大小,原则上不能给出定量值。

一般可用在电磁防护措施的优秀程度比较上,比如防护服防辐射效果的大小,好坏比较。

5. 工频场强仪

频率范围 30~100Hz,量程 0~2000000V/m;用途为主要用于测量高压输电线、变电站、配电室、感应炉、地铁、电车、电气化铁道、电热毯等作业场所、公共场所与室内环境的电场强度。

三、测量技术

(一) 测量的一般要求

① 测量时的环境条件应符合仪器的使用条件,测量记录应注明环境条件。

② 测量点位置的选取应具有代表性。不同的测量目的应采取不同的测量方案。

③ 测量前应估计最大场强值,以便选择测量设备。测量设备应与所测对象在频率、量程、响应时间等方面相符合。

④ 测量时必须获得足够的数据量,以保证测量结果准确可靠。

⑤ 测量中异常数据的取舍以及测量结果的数据处理应按统计学原则处理。

⑥ 测量应建立完整的文件以备复查,文件包括测量设备的校准证书、测量方案、测量布点图、原始测量数据、统计处理方法等。

⑦ 进行场参数测量时,若用宽带测量设备进行测量,测量值没有超出限值,则不需使用其他设备进行测量,否则应使用窄带测量设备进行测量,并找出影响测量结果的主要辐射源。

⑧ 对固定辐射源(如电视发射塔)进行场参数测量,应设法避免或尽量减少周边偶发的其他辐射源的干扰,对不可避免的干扰应估计其对测量结果可能产生的最大误差。

⑨ 测量设备应定期校准。

(二) 场参数测量方法

1. 测试前评估

在对电磁场辐射测量前,应尽可能了解发射源的特性以及可能的传播特性。以便更好地评估辐射场强并能适当地选择测量仪表和测量程序。发射源的主要特性以及需了解的传播特性如下。

① 发射源的类型和发射功率。

② 调制特性:即相关的时域和频域特性。

③ 载波频率。

④ 极化方向。

⑤ 发射源数目,如果不止一个发射源存在,则应确定这些发射源量否属于一类,其功率是否可进行叠加。

⑥ 发射源到测量点的距离。

⑦ 天线的类型以及性能,如增益、辐射角、方向、波束宽度和物理尺寸等。

⑧ 存在的吸收或反射物,这些会影响发射源到测量点的传播。

2. 测量设备

(1) 宽带测量设备 此类设备具有各向同性或有方向性响应的带宽足以接收和处理特定发射的所有频谱分量的场强测量,如场强计、微波辐射与漏能测量仪等。宽带测量设备应用于宽频段电磁辐射的测量,用有方向性的探头测量时,应调整探头的方向以测出最大辐射电平。

测量设备的频率范围和量程应满足测量需要,测量设备的准确度应不超过 $\pm 2\text{dB}$ 。

(2) 窄带辐射测量设备 此类设备能够对带宽内某一特定发射的部分频谱分量进行接收和处理的场强测量,如符合 GB/T 6113.1—1995《无线电干扰和抗干扰测量设备规范》要求的测量接收机、频谱仪和天线组合的场强测量装置等。窄带测量设备用于单个频率或某种已知频率的电磁辐射的测量。

3. 场参数测量原则

根据不同的电磁辐射频率，分别测量不同的场参数。

① 30MHz 以下频段，对于作业场强应分别测量其电场参数和磁场参数，对于其他场所测量电场参数或磁场参数。

② 30~300MHz 频段，对于作业场所测量其电场参数或磁场参数，对于其他场所测量电场参数；

③ 300MHz~300GHz 频段，对于所有场所测量其电场参数。

4. 作业场所的电磁辐射测量方法

(1) 测量时间 在辐射正常工作时间内进行测量。每个测量点连续测量 5 次，每次测量时间不应小于 15s，并读取稳定状态的最大值。若测量读数起伏较大，则应适当延长测量时间直至 6min。

(2) 测量位置

① 作业人员操作位置，坐姿：距离地面 0.5m（腰部）、1m（胸部）、1.5m（头部）；立姿距离地面 0.5m、1m、1.7m 三个部位（应根据工作体位）。

② 辐射源各辅助设施（计算机房、供电室等）作业人员经常操作的位置，距离地面 0.5m、1m、1.7m。

③ 辐射源附近的固定哨位、值班位等。

5. 一般环境电磁辐射测量方法

(1) 测量时间 根据测量目的在相应的电磁辐射高峰期确定测量时间；对于 24 昼夜测量，次数不小于 10 次，测量间隔不小于 1h。

每次测量时间不应小于 15s，若测量读数起伏较大，则应适当延长测量时间直至 6min。

(2) 测量高度 一般取距地面 1.5~2m 高，也可根据不同目的选择测量高度。

(3) 窄带测量时的测量频率 典型辐射体取其发射频率为测量频率；一般环境测量取电场强度大于 $60\mu\text{V/m}$ 的频率作为测量频率。

(4) 布点方法 对典型辐射体周围环境进行测量时，以辐射体为中心，在一定间隔方位的延长线上，选取距辐射体中心不同距离的点作为测量点，起始点的距离和测量点的距离间隔根据实际情况确定。

如电视发射塔的起始点距离为 30m，移动通信基站的起始点距离为 15m，其他典型辐射体的起始点距离根据本条原则确定。

对于环境敏感建筑物应在阳台或窗口处选点测量。

第五节 室内环境电磁污染的危害性评价、控制与预防

国家制定的有关电磁辐射标准，是在科学与管理相结合的基础上提出的服务于管理的一种量化值。达标不等于安全，只是相对比较而言，原则上不会对人体健康构成显著影响。若测量结果，与国家标准限值进行比较，工作环境或居住环境空间场强超标，即表示有可能产生负面影响。则必须采取有效的防护技术措施降低工作环境或居住环境空间场强的电磁场强度，使之符合国家标准的规定要求。

一、电磁辐射防护

为了减小电子设备的电磁泄漏，防止电磁辐射污染与危害，必须从产品设计、屏蔽与吸收等角度入手，采取治本与治表相结合的方案。

制定防护技术措施的基本原则如下。

① 屏蔽辐射源或辐射单元。

② 屏蔽工作地点。

③ 采用吸收材料，减少辐射源的直接辐射。

④ 消除工作现场的二次辐射源或减少二次辐射强度。

⑤ 屏蔽措施必须良好接地。

- ⑥ 个人防护。
- ⑦ 设计合理的线路与滤波结构。

（一）屏蔽

电磁屏蔽的目的在于防止射频电磁场的影响，使其辐射强度被抑制在允许范围之内。

屏蔽一般分为主动屏蔽与被动屏蔽两大类。屏蔽可采用金属材料，做成板状或网状的屏蔽结构。此外，也可采用金属与非金属构成复合材料进行防护，二者均可获得良好的屏蔽效果。

1. 主动场屏蔽

指场源位于屏蔽体之内，主要是用来防止场源对外的影响，使其不对限定范围之外的任何生物机体或仪器设备发生影响。主动场屏蔽，场源与屏蔽体的间距很小，屏蔽体要具有衰减量值很大的功能。因此，要求屏蔽结构设计要合理，电气性能良好，并具有妥善的射频接地。如高频振荡回路的屏蔽；高频输出变压器的屏蔽以及射频设备屏蔽室等。

2. 被动场屏蔽

指场源位于屏蔽体之外，主要是用来防止外界电磁场对屏蔽体内的影响，使其不对限定范围之内的空间构成干扰与污染。被动场屏蔽体的间距很大，且往往呈现未知场特点，其屏蔽室要求一点接地，例如，操作控制屏蔽室等。

无论是主动场屏蔽，还是被动场屏蔽，均是利用屏蔽材料的反射效应与吸收效应。当电磁波从空气介质射入到金属屏蔽体表面时，在空气与金属体两种介质的接触面，将由波阻抗的突然变化而引起波的反射。一般而言，频率越高，金属材料的导电性越好，则反射效应越明显，电磁波通过金属表层进入其内部时，在金属体中衰减得越快。照常规况分析，金属材料铜的导电率大于铁，因而铜的反射效能高于铁，而铁吸收效能则又大于铜。因此，究竟是采用铜屏蔽还是铁屏蔽，要依据具体条件与要求决定。

（二）射频接地

射频接地的原理就是将屏蔽体内由于感应生成的射频电流迅速导入大地，以使屏蔽体同大地成为等位体，不会形成二次辐射源，从而使屏蔽体屏蔽获得高效能。射频接地情况的好坏，直接关系到防护效果的好坏。

随着频率的升高，射频接地效能相对下降到微波频段，射频接地作用则不明显了。因此，要强调中波、短波与超短波屏蔽接地的重要性。

射频接地，原则上要求整体接地系统阻抗要小，一般控制在 1Ω 以下。接地系统表面积要大，可在 $10\sim 20\text{cm}^2$ ，接地极埋置要深。

（三）吸收防护

对于电磁辐射，特别是微波辐射，采用能量吸收材料进行吸收防护，是很有成效的措施。目前，应用在微波防护上的吸收材料主要有两大类：

（1）第一类 谐振型吸收材料 它是利用材料与自由空间的谐振特性，特别是某些材料本身所具有的谐振特性制成的，这一类材料的厚度薄，主要是对频率范围很窄的微波辐射能量起吸收作用。

（2）第二类 匹配型吸收材料 它是利用材料与自由空间的阻抗匹配特性，达到吸收微波能量的目的。这类材料适用于对频率范围很宽的微波能量超吸收作用。

在实际工程中，微波吸收材料的应用主要分为两种。

（1）第一种 阻止微波辐射出去。为防止微波辐射，可设立微波吸收防护室，即用吸收材料构造一个六面体的防护室，它不仅可以阻止微波能量透射出去，又可避免微波在室内的多重反向所带来的驻波效应。

（2）第二种 防止波能辐射进来。这是一种与上述第一种相反的另一种防止干扰的措施，就是采用微波吸收材料建造六面体防护室，用来保护人员及电磁敏感设备免遭污染干扰，人员或敏感设备置于防护室内。

（四）设备的合理设计

1. 提高槽路的滤波度

滤波度不好的设备，不仅造成很强的谐波辐射，产生串频现象，影响设备的正常工作，而且

也会带来过大能量损失。因此,在进行设备的槽路设计时,必须精确计算,采取妥善的技术措施,努力提高其滤波度,达到抑制谐波的目的。

2. 元件与布线要合理

元件与布线不合理,比如高、低频布线混杂在一起,元件距离机壳过近等,均是造成电磁辐射与泄漏的原因之一。为此,在进行线路设计时,元件与布线必须合理。例如,元件与布线均应高、低频分开,条件允许时宜在高频中间实行屏蔽。

目前,在布线上多采用垂直交叉布线或高、低频线路远距离布设并进行屏蔽等技术方案,效果良好。

3. 屏蔽体的结构设计要合理

一般要求设备的屏蔽壳设计要合理。如机壳的边框不能采取直角过渡,而应当采用小圆弧过渡。各屏蔽部件之间尽量采用焊接,特殊情况下采用螺钉固定连接时,应当在两屏蔽材料之间垫入弹片后再拧紧,以保证它们之间的电气性能良好。

(五) 设备的正确使用

当设备投入使用前,必须结合工艺与加工负载,正确调整各项参数,最大限度保证设备的输出匹配,使设备处于优良的工作状态。同时,还要加强对设备的维护与保养。

(六) 加强城市规划与管理,实行区域控制

根据日本及其他国家的实践,应当强调工程、科学、医疗设备的布局合理。凡是射频设备集中使用的单位,应划定一个确定的范围,给出有效的保护半径,其他无关建筑与居民住宅应在此范围之外建造。大功率的发射设备则应当设在非居民区和居民活动场所之外的地点,实行区域控制以及距离防护。

如加强对无线电发射装置的管理,对电台、电视台、雷达站等的布局及新设台址的选择问题,必须严格执行我国制定的《关于划分大中城市无线电收发信区域和选择电台场址暂行规定》。新建电台不宜建筑在高层建筑物的顶部。

只有合理的布局,妥善地治理,加强城市规划与管理,努力实现电磁兼容,才是搞好电磁防治的关键。

二、防护新材料与新产品

(一) 屏蔽新材料

科研人员已研制出一种集抗静电、防电磁辐射、杀菌保洁等多种功能于一身的特殊结构,这种织物采用可产生远红外辐射的材料与具有屏蔽作用的铜、镍、不锈钢纤维和纺织纤维混纺而成,可制成衬衫、内衣、西服、马甲、围裙等服装。

用这种特殊织物制作的服装具有如下许多特点:

① 具有足够的屏蔽效能,防电磁辐射,确保人体健康。由这种特殊织物制作的服装,其屏蔽效能达到 $20\sim 30\text{dB}$ ($99\%\sim 99.9\%$),完全可以达到防止电磁辐射对人体的危害作用,保证身体健康,特别是操作电子电气设备,使用电脑等家用电器时,穿上由这种织物制成的服装具有突出的防护作用。

② 防静电效果好。据国家专门鉴定机构测试,这种织物的电荷密度为 $1.60\mu\text{C}/\text{cm}^2$,最大值为 $2.32\mu\text{C}/\text{cm}^2$,抗静电效果达到国际领先水平。

③ 具有优良的服饰效果。由这种织物制成的服装同普通布料服装一样,具有良好的服饰性能和一般织物的柔软、轻薄、耐磨等外观效果。

④ 透气性能好。其透气性同一般布料服装一样。

⑤ 耐洗涤,耐腐蚀。

⑥ 杀菌保洁。由于应用了可以产生远红外辐射的特种纤维,因而它具有杀菌功能。同时,由于不存在静电现象,因此不吸尘可保持服装干净卫生,不带菌,具有优良的保洁功能。

(二) 屏蔽新产品

1. 新型轻体屏蔽室

新型轻体屏蔽室结构合理,能最大限度地有效利用空间,并可以加工成任意形状,这是以往任何屏蔽室所不能比拟的。它成型简单、施工方便、装饰美观、制造成本低,牢固可靠,使用寿

命长，且损坏处易修补，具有很强的耐用性，可供 10kHz~10GHz 频率范围内有效地防止电磁干扰，保证系统和设备的正常工作，保证测试数据的安全性、可靠性与保密性，起到保护工作环境，保证人员的安全与健康的作用。

2. 屏蔽帐篷

新型屏蔽帐篷采用高效屏蔽织物制作，用金属杆作支架，将用屏蔽布缝制好的帐篷支撑在金属支架上，组装成活动型屏蔽室。它可以广泛地用于多种移动性保密通信、指挥、控制系统或移动电话专用屏蔽室。

3. 屏蔽幕帘

屏蔽幕帘可用于卫星测试系统参数测试场所，医疗卫生系统理疗室和公用、民用屏蔽窗帘以及广播电台、电视台、卫星地面站、微波通信、短波通信、雷达、微波干燥、微波加热、射频溅射、高频淬火、电力机车、舰船、核电站、输配电站、大型计算机站、高频熔炼、高频焊接、塑料热合、微波治癌、射频理疗、微波破碎等设备防电磁辐射专用。

三、家用电器的一般防护

（一）手提电话的正确使用与防护

每一位手机的使用者都面临着电磁波的侵害，加强自我保护是必要的。其具体的防护措施是：

① 尽量选择电磁辐射低的手机。

② 正确使用手机，在使用时天线尽量远离头部。

③ 改变天线结构设计，对于制造商而言，应当在改变天线结构形式，研制低辐射手持电话方面下大力气。这方面主要考虑以下几点。

a. 将天线与通话部分分开，放在身体非敏感部位。

b. 采用折叠天线，通话时将天线折向与头部侧面的垂直方向，远离头部。

c. 天线置于机壳内并采用电波吸收材料做成，机壳盖要起到防护作用。

④ 采用高效防辐射材料，制作防护用具。新型高效防辐射复合材料可以使电磁辐射衰减 70~80dB。采用这种复合防辐射材料做成防护屏或手机天线防护帽，可以确保将手机持机者头部微波辐射场强控制在国家标准限值以下。

⑤ 使用分离式耳机。通话中的发话与收话系统分开，使发话系统远离人的头部等敏感部位，即将天线远离人的头部。

（二）计算机防辐射

① 计算机视频显示终端防辐射措施。

a. 镀膜型玻璃防辐射屏。在光学玻璃上采用高新技术均匀施镀上一层导电膜，起到良好的屏蔽作用。

b. 多种金属混织网型防辐射屏。采用由多种金属混炼抽丝织成细网，使之具有抗静电、防辐射、防强光等作用。

② 对于计算机主机等零部件并机体，其电磁辐射场强大多数均超标。对此，可采用由电磁屏蔽材料制作的防辐射罩，在 10kHz~6GHz 频段具有 20~50dB 的衰减量。

③ 计算机操作人员穿个体防护服

个体防护服包括：屏蔽围裙、护胎宝、衬衣、马甲、孕妇装、西装裤、“三紧式”职业装等多种，均由不锈钢软化纤维混织而成。其手感、透气性、服饰性、洗涤性等都与普通衣服一样，可有效地防护电磁辐射对人体的危害。

（三）微波炉与电磁灶防辐射

为防止微波炉、电磁灶的辐射危害，通常采取的有效措施如下。

① 选购合格的正规产品，不要使用伪劣产品。

② 必须及时清除炉灶内的油污脏物。

③ 开机后人员远离炉灶半米，不要滞留在微波炉附近。

④ 加强个体防护。为防止微波炉、电磁灶等对人体危害，应穿用合适的个体防护用品。

⑤ 微波炉顶部与前部可加盖防护罩。

（四）电热毯防辐射办法

防止电热毯、电褥子对人体危害，最根本的办法是不用老式电热毯、电褥子，可以选用低辐射的电褥子、电热毯。使用老式电热用品时，使用者可以买一块屏蔽布，铺在老式电热用品上面，包严并接地，也可以防止过量电磁辐射。

四、人体头部与面部防护产品

1. 防护眼镜

防护眼镜用于保护操作人员的眼睛免遭电磁辐射的伤害。对于防护眼镜的要求是：透视力要足够高，不影响视线；屏蔽效果要好；（原则上要保证屏蔽后场强应控制在安全卫生标准之下）质量轻，使用方便，镜面启动灵活。

防护眼镜的基本材料是金属网或金属膜。金属网防护镜，最初研制的是将金属网，例如铜网，设置在可以启闭的镜框上。但是，这种网镜使用不便，透视力低，影响操作。之后研制的新型防护镜，镜面是由化学处理工艺加工的，在金属薄片上均匀密布微孔，装在活动启闭的金属轻型镜框上。工作时，镜面放于工作位置。工作结束后，可将镜面旋开 90° 。这种防护镜具有较高的屏蔽效率，透视力比较好，可以作为初步的防护措施。金属膜防护眼镜是在光学玻璃的外表面上喷镀一层极薄的金属薄膜。金属膜是选用铜、铝、银等金属粉加工制成。这种防护镜具有较好的防护作用。

2. 防护头盔

防护头盔用网眼极小的铜网制成，类似于焊工所戴的焊接防护头盔。可以做成封闭型的，将工作人员的头部整个罩上，也可以做成半边型的，只将头的前后和面部罩上。

除铜网材料外，封闭型头盔的后半部也可采用金属布做成。

3. 防护帽

用金属纤维织物或化学镀膜布制成的电磁辐射防护帽，款式多种多样，式样典雅大方，具有良好的防护作用。

第六节 城市区域与室内环境噪声的影响与测量

噪声是指人们不需要的和令人厌烦的声音。它不仅包括杂乱无章不协调的声音，而且包括影响他人工作、休息的各种音乐、脚步声及飞行、行驶、马达、机械撞击声等。从影响范围来看，最广泛与最为严重的当属交通运输所造成的噪声污染与建筑噪声和生活噪声等污染。由于人类的日常生活以及社会活动等因素所产生的噪声污染也占有很大比例。所有这些，都给人类的生活与生产造成很大影响，给人们的身体健康造成危害。因此，开展室内噪声检测与室内噪声污染的控制与防护是十分必要的，它是保护人们身体健康、净化室内环境的重要环节。

在物理学中噪声是指声强和频率变化都无规律、杂乱无章的声音，我国把噪声污染定为环境污染四害之一。世界卫生组织认为噪声不同程度地影响人们的精神状态，干扰人们的工作、学习和日常生活。噪声是感觉公害，取决于有受害人的生理与心理因素。噪声环境标准是根据不同时间（昼、夜）不同功能区等来制定的。

一、环境噪声的特征

环境噪声是局限性和分散性的公害，即影响范围有局限性和环境噪声源分散性，噪声污染是暂时的，噪声源停止发生，危害即消除。

二、噪声的来源

噪声来源于物体的振动，按其产生的机理可分为气体动力噪声、机械噪声和电磁性噪声。室内噪声主要来源于室内、外的噪声源。电视机、收音机、音响、家庭影院、洗衣机、电冰箱、空调器、除尘器、抽油烟机等的轰鸣及门窗的撞击声、卫生间的上下水声等都是室内噪声源。临街的交通噪声、不适时间的邻里装修声、给水设备、泵房、电梯及工地施工噪声等为室外噪声源。

三、噪声对人体健康的影响

噪声给人带来了嘈杂、喧闹和不宁，长期接触噪声使人情绪烦躁与惊恐。当噪声达到一定程度时可引起耳鸣、耳聋和听力损伤，对人体的生理、心理产生有害影响，可引起中枢神经系统、心血管系统和消化、内分泌系统的各种疾病，危害人的身心健康。

① 听力损伤。人在强噪声环境中，会引起听觉疲劳，长时间处于强噪声环境中，听觉疲劳难以恢复，甚至造成耳聋和听力障碍。长期接触 85dB 的噪声，耳聋的发病率为 21%。

② 干扰睡眠。保证睡眠是人体健康的重要因素，噪声会影响睡眠质量和数量，断续的噪声比连续的噪声影响大，夜间噪声比白天噪声影响大。老人和病人对噪声干扰更敏感，当睡眠受到噪声干扰后，工作效率和健康都受到影响。

③ 干扰工作。当噪声超过 55dB(A)，使人感到吵闹，50dB(A) 时，还有 6% 的人觉得很吵，这严重影响人的工作学习质量，只有在 45dB(A) 以下，一般人会感到安静。

④ 心理影响。噪声使人烦恼，激动、易怒，有时甚至会失去理智，使人疲劳、精力不集中、工作效率低。

⑤ 影响生理机能。噪声妨碍儿童智力发育，吵闹环境中儿童智力发育比安静环境中低 20%。噪声对胎儿会产生有害影响，可致胎儿畸形。

⑥ 噪声对神经系统的影响。对神经系统的危害是声波通过听觉器官，即通过振动耳的鼓膜，逐级传递到丘脑、下丘脑，再传送到大脑的新皮质区，致使大脑皮层的兴奋和抑制这一基本生理调节过程失调，而造成脑血管功能紊乱，产生神经衰弱，出现头痛、头晕、心区痛、耳鸣、易疲劳以及产生烦躁和愤怒等情绪。当噪声超过 50dB (A) 时，就会使学生学习的注意力分散，心情不愉快，影响作业能力，噪声刺激引起交感神经紧张，而导致心跳加快，心律不齐，血压升高。

四、噪声标准限值

(一) 城市区域环境噪声标准限值

《城市区域环境噪声标准》GB 3096—93。

① 适用范围。标准规定了城市五类区域的环境噪声最高限值。适用于城市区域。乡村生活区域可参照执行。

② 标准值。城市 5 类环境噪声标准值列于下表 5-10。

③ 各类标准的适用区域

- a. 0 类标准适用于疗养区、高级别墅区、高级宾馆区等特别需要安静的区域。位于城郊和乡村的这一类区域分别按严于 0 类标准 5dB 执行。
- b. 1 类标准适用于以居住、文教机关为主的区域。乡村居住环境可参照执行该类标准。
- c. 2 类标准适用于居住、工业混杂区。
- d. 3 类标准适用于工业区。
- e. 4 类标准适用于城市中的道路交通干线道路两侧区域，穿越城区的内河航道两侧区域。穿越城区的铁路主、次干线两侧区域的背景噪声（指不通过列车时的噪声水平）限值也执行该类标准。

对于夜间突发的噪声，其最大值不准超过标准值 15dB。

(二) 室内环境噪声标准限值

在区域环境噪声标准限值上各减 10dB，见表 5-11。

表 5-10 城市 5 类环境噪声标准值
(等效声级 L_{Aeq}/dB)

类 别	昼 间	夜 间
0	50	40
1	55	45
2	60	50
3	65	55
4	70	55

表 5-11 室内环境噪声标准限值
(等效声级 L_{Aeq}/dB)

类 别	昼 间	夜 间
0	40	30
1	45	35
2	50	40
3	55	45
4	60	45

五、噪声测量方法

(一) 噪声强度

1. 声压

声波是一种疏密波，在其传播过程中，可以使空气时而变密，时而变稀。空气变密，压强增大；空气变稀，压强降低。由于声波的作用，造成了空气的快速起伏，这个起伏部分被称为声压。声压愈大，声音愈响；反之，声音愈弱。人们用声压的大小表示声音的强弱，一般用 P 表示声压。

2. 声压级

从刚刚可以听到的声音到人耳不能忍受的声音，声压相差数百万倍，显然，用声压表达各种不同大小的声音太不方便了。因此，用对数法将声压分为十个级，称为声压级。类似 10 级风一样。

声压级单位为贝尔，为使用方便，引入贝尔的十分之一，称为分贝，dB。

3. A 声级

用 A 计权网络测到的声级，用 L_A 表示，单位 dB。

A 计权网络就是在声级计中安装一个滤波器，使它对频率的判别与人耳相似，这个滤波器被称为 A 计权网络。

对于噪声，从低频到高频（可听声频率为 20~20000Hz）进入人耳，就失真了，也就是被滤除去一部分低频声，这就叫人耳计权。

4. 等效声级

在声场中一个固定点位置上，用某一段时间内能量平均的方法，将此时段内暴露的几个不同的 A 声级，以一个 A 声级表示该时段内噪声的大小。这个声级即为等效声级，记作 L_{eq} 。

等效声级计算公式为：

$$L_{eq} = 10 \tan \frac{1}{T} \int_0^T 10^{0.1 L_A} dt \quad (\text{dB})$$

式中 T ——规定的测量时间；

L_A —— T 时段的瞬时值。

(二) 一般的噪声测量

1. 通用测量仪器

为了研究和控制噪声，首先要对噪声进行测量与分析。由于测量的目的和要求不同，可以选择不同的测量仪器，并遵循一定的方法对噪声进行测量分析。

噪声测量常用的仪器有声级计、频率分析仪、自动记录仪。

声级计是噪声测量中最常用、也是最简便的测试仪器。它体积小、重量轻，一般用电池供电，便于携带。它不仅可以直接使用声级测量，而且还可以和相应的仪器配套进行频谱分析、振动测量等。

声级计的结构由传声器、放大器、衰减器、频率计权网络以及有效值指示表头等部分组成。

声级计的工作原理是：声压信号通过传声器转换成电压信号，经放大器放大，再通过计权网络，则可在表头上显示出分贝值。

2. 一般测量方法

简单的现场测量：

进行噪声测量时，应将传声器尽量接近噪声源的辐射面。因为这样测得的噪声源的直达声场足够大，其他噪声干扰小。但也不可离声源辐射面太近，以免因声场不稳定而测不准。传声器可距噪声源 10~50cm。

(三) 公共场所的测量

1. 测量仪器

测量仪器主要为精密声级计或普通声级计，其性能应符合 GB 3785 的要求。声级计每年应校

检 1~2 次。在测量前，要对使用的传声器进行校准，并检查声级计的电池电压是否充足。测量后要求复校一次，测量前后传声器的灵敏度相差应不大于 2dB，否则测量数据无效。

2. 仪器设置位置

测量时声级计或传声器可以手持，也可以固定在三角架上，使传声器指向被测声源，为了尽可能减少反射影响，要求传声器离地面高 1.2m，与操作者距离 0.5m 左右，距墙面和其他主要反射面距离不小于 1m。

3. 测量方法

(1) 布点要求 较大的公共场所（大于 100m²）距声源（或一侧墙壁）中心划一直线至对侧墙壁中心，在此直线上取均匀分布的三点为监测点；较小的公共场所（小于 100m²）在室中央取一点为监测点。

(2) 读数方法 稳态与似稳态噪声用快挡读取指示值或平均值；周期性变化噪声用慢挡读取最大值并同时记录其时间变化特性；脉冲噪声读取峰值和脉冲保持值；无规则变化噪声用慢挡。每隔 5s 读一个瞬时 A 声级，每个测量点要连续读取 100 个数据代表该测点的噪声分布。

(3) 测量时间 文化娱乐场所、商场（店），测定营业前 30min、营业后 30min，营业结束前 30min 的噪声 A 声级。旅店业、图书馆、博物馆、美术馆、展览馆、医院候诊室、公共交通等候室、公共交通工具均在营业后 60min 测量。

(4) 数据记录与处理 按规定应当读取噪声指示值、平均值，计算求出等效声级 L_{Aeq} (dB)，再进行评价。

（四）居室内环境噪声的测量

1. 测量仪器

测量仪器主要为精密声级计或一般普通声级计，其性能要符合 GB 3785 的要求。声级计应每年校验 1~2 次。

2. 测量方法

室内测量要求测点距墙面不小于 1m，距地面 1.2~1.5m，距窗户 1.5m。

如声源在室外的（如测交通噪声对室内影响时）应开窗测量；声源在室内的（如空调，净化机等）应关窗测量。

（五）测量注意事项

精确的测量数据决定于两个方面：一个是仪器的准确可靠，二是考虑外界因素对测量的影响。外界因素有以下几方面：

(1) 大气压力 大气压力能影响仪器的校准工作，活塞发声器在 760mmHg 时产生的声压级是 124dB，而在 677mmHg 时则为 123dB。

(2) 温度 在现场的测量系统中，典型的热敏元件是电池与传声器，如温度降低时，电池的寿命也随之降低。

(3) 湿度 当潮气进入电容器传声器并且凝结时，就会使电容传声器的极板与膜片之间发生放电现象，而产生“破裂”与“爆炸”的噪声，罗式盐的晶体传声器在较高的湿度下将会溶解。

(4) 指向性 所有的传声器在高频时都有指向性（膜片越大，指向性越从较低的频率开始）。在测量时，必须要考虑到这一特性，如果在自由场中测量稳态噪声时，应将传声器放在自由场影响最佳的位置。例如，若传声器自由场响应在设计时是 0°声入射最好（即声波垂直于膜片），则传声器膜片要面向声源；如果自由场响应设计得是 90°声入射最好，则声波应平行入射于膜片。而如果噪声源是活动的，应将传声器始终指向声源，则指向性效应可以忽略。

(5) 反射 通常在现场测量环境中有很多物体。如果某一物体大小与被测波长可相比拟时，则这一物体将会反射声波影响测量，这时将传声器尽量靠近声源，减少物体反射的影响，或者可在反射噪声的物质上旋转放置吸声材料。

(6) 本底噪声。应将被测噪声源关闭或移开，测定本底噪声级。本底噪声级与测量得到的声源声级的差值大于 10dB 时，则本底噪声不影响测量。

(7) 强电磁场。在强场作用下，对测试仪器的有很大影响，应避免强场环境的影响。

六、室内环境噪声的控制

- ① 建造有隔声作用的楼房，分户墙采用轻质填充墙，以使楼板的隔声性能符合标准。
- ② 在卫生间选用低噪声洁具。
- ③ 电梯靠近用户时，要考虑防震与隔声。
- ④ 邻街的门、窗应安装性能好的双层窗。
- ⑤ 邻楼的立交桥等交通要道要安装隔声设施。

第七节 室内环境温湿度的影响与测量

一、室内温度

室内温度是指室内环境空气的温度，温度对人体热平衡的调节起着重要作用，对人体的健康和舒适影响极大。近年来，因室内温度不能达到国家标准而造成的业主与物业的争议越来越多。对室内温度的监测也越来越引起人们的重视。

(一) 影响室内温度高低的因素

影响室内温度高低的因素有：一是室内温度高低决定于室外来源于太阳辐射的大气温度；二是室内的各种热源，如冬季取暖、供暖源（暖气、电暖器、热空调）等及烹饪的热源、各种家用电器散发的热量等，还有人体的散热。

(二) 温度与人体健康

1. 适宜的室内温度

人体具有调节体温的功能，即通过产生热量和散发热量，能把体温调节在 $(37 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 动态平衡状的人体正常温度范围内。

有效温度：是人体在不同的温度、湿度、风速的综合作用下所感觉到的实际温度。一般以空气静止（风速为 0），相对湿度为 100% 时人感觉到的温度为基准。适宜的室内温度：在冬季国家规定不低于 $12 \sim 16^{\circ}\text{C}$ ，夏季不超过 $28 \sim 30^{\circ}\text{C}$ ，人体的适宜温度为 $(23.5 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 。

2. 温度对人体健康的影响

(1) 高温 当室内温度高于 30°C ，相对湿度 $> 80\%$ 时，环境温度高于体表温度，人体皮肤温度很快升高，此时人的体温调节系统处于高负荷状，人体通过出汗、蒸发散热来调节体温，大量出汗体内水分、盐分流失，代谢失调，引发循环、消化、泌尿、神经系统功能改变而诱发中暑、皮肤病等热病。同时，使心脑血管、糖尿病的发病率和死亡率上升。人的工作效率明显下降，在 35°C 时，体力劳动者劳动效率下降 70%，脑力劳动者的反应速度、运算力、敏感度等下降 30%。

(2) 低温 人体在冷的环境下，皮肤、血管收缩，体内热量减少，需肝脏、内脏增大负担，血流量增加，新陈代谢加强来维持体温，因此会导致心率加速，呼吸急促而引起哮喘和循环系统疾病。

(三) 室内温度标准与测量方法

1. 标准值

《公共场所空气温度测定方法》GB/T 18204.13—2000，夏季空调 $22 \sim 28^{\circ}\text{C}$ ，冬季采暖 $16 \sim 24^{\circ}\text{C}$ 。

2. 测量方法（布点要求）

① 室内面积小于 16m^2 ，测室内中间一点。室内面积大于 16m^2 ，但小于 30m^2 ，测两点，取居室对角线三等分，取二个等分点作为测点；室内面积大于 30m^2 ，小于 60m^2 测三点，居室对角线四等分，取三个等分点为测点；室内面积大于 60m^2 ，居室两对角线梅花设点。

② 测点离地面高度为 $0.8 \sim 1.6\text{m}$ ；离开墙壁与热源不小于 0.5m 。

3. 测量仪器

温度计（玻璃液体温度计），通风干湿表。

二、室内湿度

湿度为空气中水分的含量。湿度对热平衡和温度、热感有重要作用。高温高湿使人烦闷，低温高湿使人寒冷，湿度过低使人口干舌燥，唇、肤干裂。

1. 室内湿度对人体健康的影响

高温高湿时，影响人体散发热量，妨碍汗液蒸发而使脉搏加快，心脏、血液循环系统受影响，当高湿且相对湿度 $>70\%$ 时，人感觉闷热，易中暑。

低湿低温时可加速机体散热，此时人体中的热辐射被空气中的水蒸气吸收，人感到寒冷，血管收缩，人体代谢降低。当湿度 $<10\% \sim 15\%$ 时，皮肤黏膜干燥，易患皮肤病，鼻出血易被感染。

当温度适中时，相对湿度变化对温度的影响小，当温度为 15.5°C 时，相对湿度改变 50% ，相当于温度改变 1°C 。

当高气湿、低气温时，水蒸气以大气中细微粒为凝结核形成雾，妨碍了有害物质的扩散，使居室内环境空气质量下降， SO_2 形成酸雾在水的协同下生成毒性更大的 H_2SO_4 。高气湿时，细菌、霉菌易于滋生。

当低气湿时，空气干燥，除人体有种种不适反应外，还促使尘土飞扬，使物质干裂，生活条件恶化。尤其在冬、春季节湿度太低，人们往往出现嘴唇干裂，鼻孔出血、喉头燥痒等不适症状。

一年中相对湿度最小是在冬季，而在冬季的一天之中温度又各有所异，中午气温高，相对湿度最低，如遇有风天气，相对湿度在 10% 左右。冬天的房间里，一般供暖温度不低于 16°C ，但相对湿度只有 20% 左右，离标准湿度还差得远，故人感到干燥不适。

2. 室内湿度标准与测量方法

(1) 标准值 《公共场所空气湿度测定方法》(GB/T 18204.14—2000)，夏季空调 $40\% \sim 80\%$ ，冬季空调 $30\% \sim 60\%$ ，

(2) 测量方法 湿度的检测方法采用《公共场所空气湿度测定方法》GB/T 18204.14—2000。

① 定义。绝对湿度 (absolute humidity)，单位体积空气中所含水汽的质量，称为绝对湿度，单位用 g/m^3 来表示。相对湿度 (relative humidity)，空气中实际水汽压与同一温度条件下饱和水汽压之比值，称为相对湿度 (RH)，用 $\%$ 表示。

② 监测点的确定和要求。

a. 布点要求。室内面积不足 16m^2 ，测定中央一点；大于 16m^2 但不足 30m^2 测二点（居室对角线三等分，其二个等分点作为测点）； 30m^2 以上但不足 60m^2 测三点（居室对角线四等分，其三个等分点作为测点）； 60m^2 以上测五点（对角线上梅花设点）。测点离地面高度 $0.8 \sim 1.6\text{m}$ ，应离开墙壁和热源不小于 0.5m 。

b. 测量方法。第一法为通风干湿表法；第二法为毛发湿度表法；第三法为氯化锂湿度计法。



思考题

1. 构成对室内环境污染的电磁场源有哪些？
2. 电磁辐射对人体健康都有些什么影响与危害？
3. 在居住区，电磁辐射安全控制标准限值有哪些？
4. 测量工频感应场强用什么仪器？
5. 测量射频辐射场强用什么仪器？
6. 一般的环境电磁辐射场强测量方法是为何规定的？
7. 室内环境噪声对人体有哪些影响？
8. 测量室内环境噪声有哪些方法？
9. 室内环境温湿度人体有哪些影响？

10. 测量室内温湿度有哪些方法？

参考文献

- 1 赵玉峰等．电磁辐射的抑制技术．北京：中国铁道出版社，1990
- 2 赵玉峰等．环境电磁工程学．北京：化学工业出版社，1982
- 3 赵玉峰等．电磁干扰抑制大全．乌鲁木齐：新疆人民出版社，1988
- 4 赵玉峰等．现代环境中的电磁污染．北京：中国电子出版社，2003

第六章

室内环境检测仪器选择

室内环境中化学污染物存在特点是浓度很低，除二氧化碳外，都低于 $1\text{mg}/\text{m}^3$ ，且化合物种类很多，有无机化合物和有机化合物，仅有机化合物就有几十种。理想的检测仪器是便携式的，能在现场准确测量出污染物浓度。虽然目前直读式检测仪不断出现。基于电化学原理、光吸收原理、荧光原理、化学发光原理等检测器都有商品出现，但是能够做到准确测量室内污染物的低浓度，并且能克服共存物干扰的便携式仪器是很少的。多数污染物还是在现场采样后带回实验室进行分析。本章将介绍室内环境检测常用的实验室仪器和现场直读仪器的原理、适用范围、使用时需要注意的问题及其选用原则。并提出了实验室仪器的管理措施。

第一节 室内环境检测实验室常用仪器

目前，在室内环境检测项目中检测频率高的是甲醛、氨、苯、挥发性有机化合物等，最常用的实验室仪器有分光光度计、气相色谱仪、红外线一氧化碳测定仪和二氧化碳测定仪。

一、分光光度计

分光光度计是利用物质分子对某一波长特征光有强吸收，其吸收程度与溶液中物质浓度有定量关系，由此可以定量测定溶液中该物质的含量。空气中甲醛、氨、二氧化硫、二氧化氮测定方法普遍采用可见光分光光度法，即利用这些物质在溶液中与显色剂形成有色分子，吸收与溶液颜色互补的可见光进行测定。

（一）原理

1. 朗伯-比耳（Lamber-Beer）定律

当一束平行的单色光透过均匀的溶液时，一部分光被溶液吸收，一部分被吸收池表面反射，一部分则透过溶液射出，设入射光强度为 I_o ，吸收光强度为 I_a ，反射光强度为 I_b ，透射光强度为 I ，则

$$I_o = I_a + I_b + I$$

分光光度计的吸收池材料和厚度都是相同的，在相同条件下测定空白管和试样管的透光强度时， I_b 可以相互抵消（见图 6-1）。

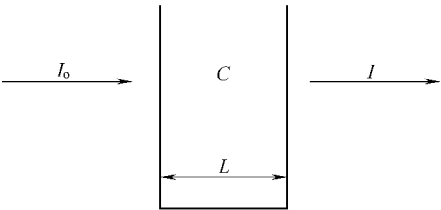


图 6-1 比色原理

$$I_0 = I_a + I$$

光线透过溶液后的衰减关系如下：

$$I = I_0 \times 10^{-KCL}$$

$$\frac{I}{I_0} = T = 10^{-KCL}$$

$$\lg \frac{I}{I_0} = \lg T = -KCL$$

$$\lg \frac{I_0}{I} = \lg \frac{1}{T} = A = KCL$$

式中 I ——透射光强度；
 I_0 ——入射光强度；
 K ——比例系数；
 C ——溶液浓度；
 L ——溶液光路长度；
 T ——透光度；
 A ——吸光度。

式 $\lg \frac{I_0}{I} = \lg \frac{1}{T} = A = KCL$ 表明，吸光度与溶液光路长度成正比（朗伯定律），与溶液浓度成正比（比耳定律），两者合称朗伯-比耳定律。

把溶液光路长度为 1cm，溶液浓度为 1mol/L 时的吸光度称作摩尔吸光系数，摩尔吸光系数只与入射光波长和被测分子结构有关，与测试条件无关，它可以作为衡量分光光度法灵敏度的指标。分光光度法不能直接测量 1mol/L 这样的高浓度，摩尔吸光系数是用稀溶液测量后推算出的。

2. 朗伯-比耳定律的应用条件

- ① 入射光必须是平行光。
- ② 入射光应该是单色光，实际上分光光度计是用单色器从连续光谱中分离出的一小段波长范围的混色光，其波长范围越窄干扰越少，朗伯-比耳定律的符合程度越高。
- ③ 测定空白液和样品液以及样品液之间用的吸收池必须完全一样。
- ④ 溶液浓度小于 0.01mol/L，比耳定律才成立，这是因为溶液浓度大于 0.01mol/L 时，吸光分子平均距离缩小，邻近分子电荷分布相互影响，从而改变了对特征光的吸收，使比耳定律偏离，当浓度小于 0.01mol/L，分子间的相互影响忽略不计。

（二）分光光度计组成

分光光度计的光线由光源射出，经过透镜形成平行光，由单色器选择出的单色光照射在吸收池上，单色光部分被样品吸收，透射光由检测器测量，经过测量显示装置获得透光度、吸光度、样品含量等参数（见图 6-2）。

1. 光源

分光光度计可见光区的光源选用钨丝灯泡，它发出光的波长范围是 320~2500nm，为了保持灯泡发光强度稳定，供电要用稳压电源。紫外线区的光源选用氢灯或氘灯，它的波长范围是 180~375nm。

2. 透镜

透镜的作用是将光线变为平行光。

3. 单色器

灯泡发出的光是一定波长范围的混色光，而测量需要单色光才能符合比耳定律，故需要单色器完成此项任务。分光光度计的单色器由色散器和狭缝组成，色散器多用棱镜或光栅，光线透过棱镜或照在光栅上，由于棱镜或光栅的折射作用使混合光发生散射成连续光谱。利用狭缝使某一波长的单色光透过，便获得需要的单色光。移动棱镜或狭缝，通过狭缝从连续光谱中选择各种波长的单色光。但是，它并非是单一波长，其波长范围与狭缝宽度有关，狭缝越窄单色光越纯，测得吸收峰越尖锐，透光量也相应减少。减少狭缝宽度应以样品的吸光度不再增加为限度，一般仪

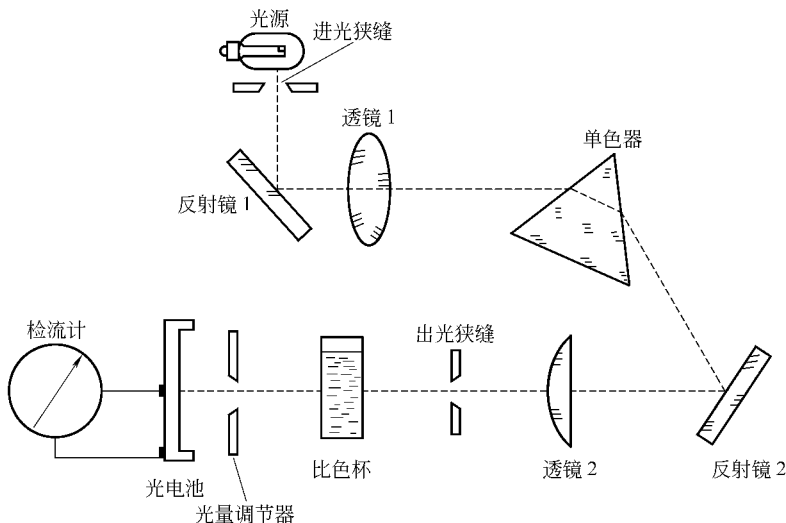


图 6-2 分光光度计组成

器的狭缝宽度应该使光谱带宽小于 6nm，精密仪器的光谱带宽更窄。

4. 吸收池

吸收池也称比色杯，有石英和玻璃两种，紫外线不能透过玻璃，所以玻璃比色杯只能用于可见光，石英比色杯可以用于可见光也可以用于紫外线，但是石英比色杯价格高于玻璃比色杯。吸收池两个透光面必须洁净，并保持平行，吸收池之间要保证光学一致，透光度相差不能大于 0.5%。

5. 检测器及测量显示

可见光分光光度计的检测器是光电池，紫外-可见光分光光度计的检测器是光电管或光电倍增管。光电池是利用硒或硅等光敏材料将光强度定量转换成电动势，感光波长在可见光范围。连续使用时间过长或受强光照射易产生疲劳现象，测量产生较大误差。长时间放在暗处，疲劳可以恢复。

光电管是抽真空的石英管，光敏材料涂在管内呈半圆筒形金属阴极的凹面上，阳极施加正电压，当光线照在光敏材料上，阴极表面放出电子，被阳极吸收形成光电流，光照强度越强，产生的光电流越大。光电管产生的光电流较弱，要经过放大后才可以测量。选用不同的光敏材料适用于不同的波长范围。

光电倍增管比光电管灵敏度高几百倍，其原因是光电倍增管内增加数个电子倍增极，光线照射到阴极，光敏材料放出电子，打在第一个倍增极上，该极产生更多的电子打在第二个倍增极上，如此经过多个倍增极的放大，产生了电流的放大作用，最后被阳极收集。

分光光度计的测量显示系统是将检测器产生的电流信号经过电学处理显示出透光度、吸光度、样品中浓度等信息。

在可见光波段测量，可以根据溶液颜色选择波长；在紫外波段，溶液是无色的，必须做出光谱吸收曲线才能找到灵敏的吸收波长，无论是紫外波段还是可见光段，做光谱扫描时，不同波长下空白管的吸光度不同，操作者要耗费很长时间调整不同波长时的空白管值。选用双光束分光光度计可以解决这个问题，将光源发出的光用光学系统分为两路，一路通过空白管，另一路通过样品管，把两路信号相减，便扣除了空白管在不同波长下的影响。

（三）分光光度计的性能指标及检定

分光光度计的性能指标包括光学系统和电学系统两部分，根据仪器使用的波长、结构及等级规定了不同性能指标、检定指标和检定方法，检定规程如下。

① JJG 178—1996 可见分光光度计检定规程。

② JJG 179—1990 滤光光电比色计检定规程。

- ③ JJG 375—1996 单光束紫外-可见分光光度计检定规程。
- ④ JJG 682—1990 双光束紫外-可见分光光度计检定规程。
- ⑤ JJG689—1990 紫外-可见-近红外分光光度计检定规程。

在检定规程中，包括有以下指标，其数值各不相同，下面列出的值是最低值仅供参考。

- ① 波长范围：可见光 350~800nm；紫外线 200~400nm。
- ② 波长准确性 $<\pm 2\text{nm}$ 。
- ③ 波长重复性 $<1\text{nm}$ 。
- ④ 光谱带宽 $<6\text{nm}$ 。
- ⑤ 杂散光 $<0.8\%$ 。
- ⑥ 透光度准确度 $<\pm 1\%$ 。
- ⑦ 透光度重复性 $<0.5\%$ 。
- ⑧ 噪声 $<0.3\%$ (500nm 0%T)。
- ⑨ 漂移 $<0.5\%/30\text{min}$ (500nm 100%T)。

(四) 分光光度计操作步骤

分光光度计只测量透射光强度，入射光强度和反射损失不能测量，所以不能直接测量出一个样品液的吸光度，采用与空白管对比的相对方法可进行测量，以测量空白管的透光强度作为100%透光，即 $T=100$ ；在相同条件下，置入样品管，此时的透光强度降低只是由样品液吸收造成的，其他因素的光损失由空白管抵消了，因此空白管不能用纯水，应该用不含被测物质，而含其他所有试剂的试剂空白。

- ① 插上电源插头，接通电源开关；选择挡置于“T”（透光度）挡。
- ② 接通灯电源，预热 30min。
- ③ 根据样品颜色选择测量波长，样品颜色与测量波长为互补色，一种简单的判断如图 6-3，

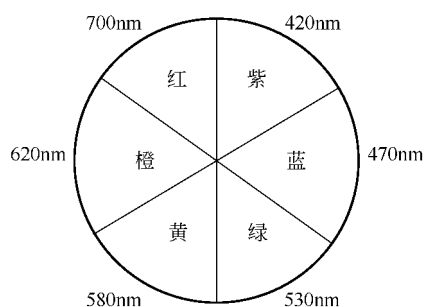


图 6-3 波长选择

在一个圆内 6 种颜色，相对的两颜色是互补色。根据样品的颜色，从对角位置找到测量波长。

- ④ 打开测量室盖，调节 $T=0$ 。
- ⑤ 关闭测量室盖，将参比池置于光路，调节 $T=100$ 。
- ⑥ 选择挡置于“A”（吸光度）挡，读数应是 0。
- ⑦ 将样品池置于光路，读出吸光度 A 值，样品的

吸光度值最好落在 0.2~0.7 之间，在这个区间的相对误差最小，这是因为透光度与吸光度是负对数关系所致，假如测量透光度的绝对误差一定时 ($T=0.005$)，吸光度的绝对误差随吸光度的增加而增加，而相对误差在 0.2~0.7 之间为 1.5% 左右，在 0.1~1.1 之间为 2.5% 左右。

- ⑧ 如果仪器能直接测量浓度，输入校准曲线的斜率，便可显示出溶液中被测物浓度值。

(五) 日常维护

1. 更换光源灯泡

钨丝灯泡使用时间长了会发黑，亮度减弱且不稳，应及时更换，按照说明书提供的步骤操作，更换后要调整好灯丝的位置。

2. 波长校准

单色器是光学部件的核心，不得随意打开，要经常更换干燥剂，以防霉变。使用时间长了，波长指示与透过狭缝的实际波长会产生偏差，用仪器配备的标准滤光片（锗钹玻璃）及提供的特征波长校准波长读数。

3. 吸收池配对

吸收池的透光度相互要一致，新的吸收池使用前要经过挑选，将数个吸收池倒入水或其他溶液，以一个吸收池作参比，测量其他吸收池吸光度，或者是 0 或者有一个小读数，挑选吸光度一致的吸收池使用。

4. 吸收池使用

比色时，手指绝对不能触及吸收池窗面，倾倒溶液应尽量避免沾污外壁，如有沾污，要用擦镜纸擦净。吸收池使用后立即清洗，用蒸馏水淋洗内外壁，自然干燥后无水痕迹。有色物质附在壁上，要用适当溶剂浸泡洗净，不能用粗糙的纸或布擦窗面，以防窗面划伤。

5. 避免强光照射光电元件要避免强光直接照射，同时，要防止受潮和积尘。

二、气相色谱仪

气相色谱仪是将色谱分离技术与气体检测器结合在一起的仪器，色谱技术具有优异的分离能力，气体检测器具有极高的灵敏度，两者结合在一起，以其优越的性能应用于各个分析领域。室内空气污染物中，挥发性有机物种类多且浓度低，只有用气相色谱仪才能解决分别测定的问题。应用不同领域的仪器配置不同，分析室内空气挥发性有机污染物的仪器应该装备有浓缩样品解吸装置的，带有氢火焰离子化检测器的气相色谱仪，本节只介绍这种配置的气相色谱仪。

（一）分离原理

混合物在色谱柱中有效分离是利用不同物质在流动相（载气）和固定相间平衡时分配系数不同，当载气流经色谱柱内固定相表面期间，与固定相亲和能力弱的化合物容易随载气流出，在柱中停留时间短，反之，与固定相亲和能力强的化合物不容易随载气流出，在柱中停留时间长，由此，混物流经色谱柱时，由于各组分的分配系数差别，按照时间先后次序分别随载气流出而达到分离的效果。

分配系数是由被分离组分的沸点及与固定相分子极性相似性决定的，被分离组分的沸点越高，挥发性则低，在柱中保留时间越长；与固定相分子极性越相近，亲和能力则强，保留时间越长。此外，温度也是影响分配系数的关键因素，温度越低，保留时间越长。

（二）气相色谱仪组成

气相色谱仪由电源、气源、气流控制系统、进样口、色谱柱、柱温控制箱、检测器、信号测量和显示系统、色谱工作站，另外还要配备浓缩样品气体解吸装置（见图 6-4）。

1. 气源

气源不包括在仪器中，而是实验室另行配备的。使用氢火焰离子化检测器的气相色谱仪要准备载气（氮气）、氢气、空气三种气源，可以使用钢瓶气，也可以使用各种气体发生装置。气相色谱仪要求气体纯度很高，纯度越高仪器性能越好，一般要大于 99.99%。为了提高气体纯度，常用吸附剂去除杂质，用硅胶、分子筛去除水分，用活性炭去除有机物。将吸附剂装在金属管内，气体流经吸附剂管便得到净化。吸附剂使用时间长了，效果降低，需要再生，硅胶经 105~120℃ 烘烤、分子筛经 300~350℃ 烘烤去除水分，活性炭经 150~160℃ 烘烤去除有机物。

使用钢瓶气要配有减压阀，使流出气压力降低至适应仪器进气口的要求。每次更换钢瓶重装减压阀后必须用检漏液检查，确保不漏气。钢瓶气不能完全用光，保持瓶内剩余压力为 0.2~0.5MP。

2. 气流控制系统

气相色谱仪对载气的要求是稳定的小流量，才能保证仪器良好的性能和定性定量测量的准确性，而气源的压力是比较大的并且不十分稳定，需要加装压力、流量控制系统，包括稳压阀、稳流阀或针形阀，稳压阀的作用是稳定进入色谱柱载气的压力，只有气流压力稳定才能获得稳定的流量，当稳压阀的输入压力大于输出压力 0.5kg/cm² 以上时，其输入压力波动对输出压力影响很小，从而达到稳压的目的。压力稳定后，流量的调节是由稳流阀或针形阀完成的，当气路在分析过程阻力不变时，可以用针形阀调节流量；当气路在分析过程阻力变化时，必须用稳流阀调节流量才能同时保证流量稳定，当稳流阀的输入压力稳定时，其输出流量可调，并不受系统阻力变化的影响。

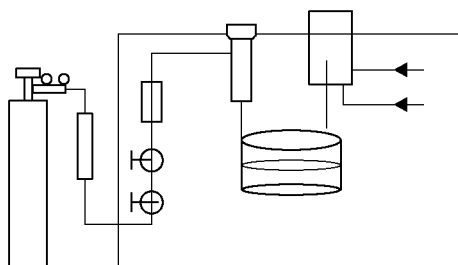


图 6-4 气相色谱仪组成

现代气相色谱仪气流控制系统完全由计算机根据操作者的指令，通过压力传感器实现自动化控制压力和流量。

3. 色谱柱

色谱柱是气相色谱分离的核心，有填充柱和毛细管柱两种形式，填充柱是将细颗粒状固定相装入直径 3~5mm，长 2~3m 的柱管内，这种色谱柱直径较粗，柱效率较低，流出峰的峰形宽，并且气流阻力也大，但是，它的容量也大，样品进样体积可以大些，液体进样体积为 2~3 μ l。毛细管柱是在石英光纤内壁上均匀涂上一层固定相，光纤中心是空心的，因此这种色谱柱气流阻力小，柱子长度可以长达 60m 以上，一般常用 30~60m，分离效果远远高于填充柱；柱直径为 0.25mm、0.32mm、0.53mm 几种形式，如此细的直径，柱效率自然很高，但是，柱容量也减少很多，样品进样体积不能大，液体进样体积仅为 0.1 μ l。柱内固定相按照其极性分为非极性、弱极性、极性多种，供操作者选择用于分离不同性质的样品。

4. 进样口

这是将样品引入色谱柱的装置，配合两种色谱柱有两种形式的进样口（见图 6-5）。

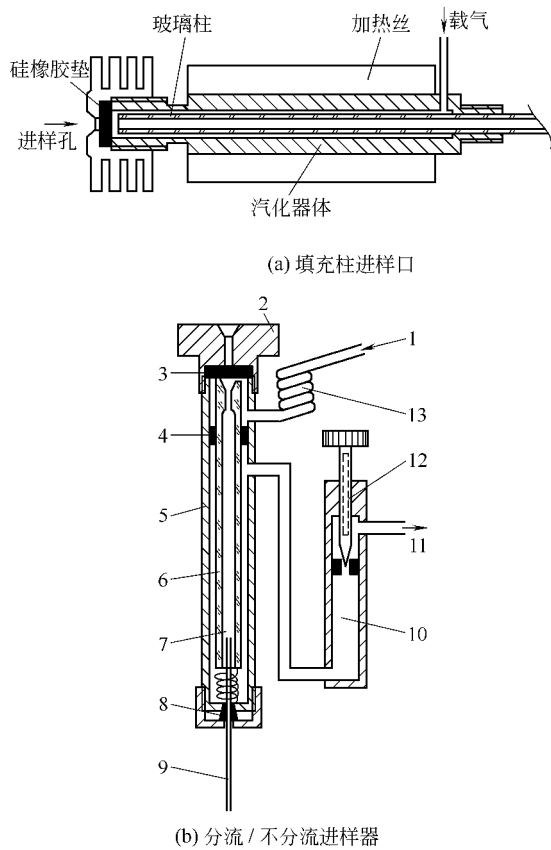


图 6-5 进样口

- 1—载气入口；2—进样口帽；3—硅橡胶垫；
4—密封环；5—进样器体；6—石英管；7—分流口；
8—密封环；9—毛细柱；10—缓冲腔；11—放空口；
12—针阀；13—预热线

填充柱进样口结构较简单，载气流经进样口进入色谱柱，用注射器将样品从顶端的硅橡胶隔垫注入进样口，进样口预先加热到一定温度，样品汽化后随载气进入色谱柱分析；毛细管柱进样口比填充柱进样口多一个分流口，因为毛细管柱进样体积太小（0.1 μ l），手工进样不准确，只能在确保进样准确条件下（最少 1 μ l）将样品注入进样口，汽化后让其中一小部分进入色谱柱，剩

余大部分由分流口放空。样品则不能全部利用，分析检测下限升高。进样口加热温度要保证样品中全部组分瞬间完全汽化。操作者进样的重复性对分析结果判断非常关键。

5. 柱温控制箱

色谱柱温度对分离效果影响很大，为了确保良好的分离效果和每次分析的重复性，色谱柱温度必须是恒定的，柱温控制箱的温度波动为 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。当样品中包含的组分很多，而且沸点范围很宽时，恒温操作不能兼顾高沸点或低沸点组分获得满意分离，采用一定升温速率的程序升温操作，使低沸点组分在低温下分离先流出，高沸点组分在高温下分离后流出。

6. 氢火焰离子化检测器

图 6-6 是该检测器的示意，由色谱柱流出的载气与氢气混合从喷嘴喷出并燃烧，同时吹入空气助燃，形成稳定的火焰。当色谱柱有可电离的组分流，进入火焰后便有极小部分分子发生电离，产生正、负离子，在火焰上方施加一个定向电场，离子便形成定向离子流，测量离子流的大小就可以测出该组分的含量。分子在火焰中电离效率受火焰温度影响，控制合理的燃气-助燃气-载气的比例可以获得较高的灵敏度，多数检测器的气体比例是氮气-氢气-空气比为 30 : 30 : 300 (ml/min)。但是毛细管柱的载气流量只有 1~3ml/min，为了满足检测器有合适的气体比例，要在色谱柱出口进入检测器之前补充一股氮气，流量在 30ml/min 左右。

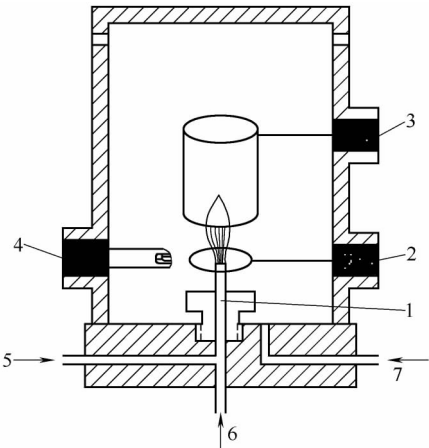


图 6-6 氢火焰离子化检测器

- 1—喷嘴；2—极化极；3—收集极；
- 4—点火圈 5—氢气入口；6—接色谱柱；
- 7—空气入口

7. 电离电流放大器

检测器的电离电流是很弱的，只有 $10^{-10} \sim 10^{-13} \text{ A}$ ，为了防止外界静电或电磁场的干扰，检测器必须有良好的屏蔽。这样小的电流直接无法测量，经过一只高值电阻取得毫伏级信号后，再做处理，完成弱电流放大的是高输入阻抗放大器（见图 6-7），这种放大器输入阻抗非常高，大约为 $10^{13} \Omega$ ，因此要求放大器输入端绝缘性很高，也就是检测器的电极绝缘性很高，否则检测器灵敏度降低，检测器长时间使用或保养不好致使检测器污染，可以造成电极绝缘性降低，所以使用过程要注意有无污染问题出现，发现问题要清洗维护检测器。

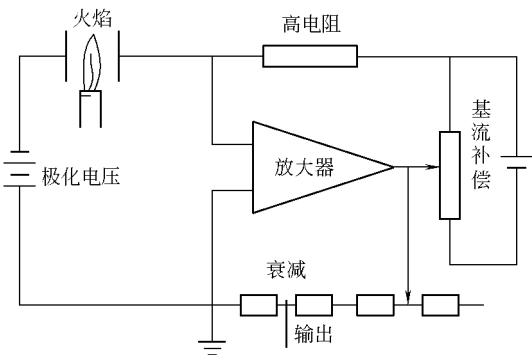


图 6-7 高输入阻抗放大器

8. 色谱工作站

早期气相色谱仪是将信号放大器输出的信号自动记录在纸上，人工做判断和计算。现代气相色谱仪是用计算机装有色谱工作站软件按照操作者的指令控制分析条件、判断被测组分、计算测定数据、分析测量结果，直至打印实验报告。

9. 浓缩样品气体解吸装置

室内空气中有有机污染物浓度很低，往往在仪器检测下限以下，直接测量困难，需要将空气进行浓缩，常用的方法是用装有吸附剂的采样管在现场采样，然后带回实验室，用气体解吸装置把采样管加热，用载气将被

吸附的组分解吸在小体积载气中，进入气相色谱分析。气相色谱有填充柱和毛细管柱之分，与之配合使用的热解吸仪也有两种形式：一次热解吸和二次热解吸。一次热解吸是将采有样品的吸附剂管迅速加热，通入载气将被测物质吹进色谱柱，这种方式即使升温速率很快，由于吸附剂量在 0.2~0.5g，挥发性被测物质由载气吹出所占的空间也有几毫升，恰好与填充柱进样体积匹配；二次热解吸是连接毛细管柱使用，毛细管柱在分流状态下所能承受的气体进样体积也只有

目前已有商品热解吸仪配套实验室常规气相色谱仪，这种热解吸仪二次浓缩多采用液氮制冷或半导体制冷，半导体制冷最低温度为 -30°C ，液氮制冷最低温度可达 -190°C ，用于挥发性很强的化合物。用于固定监测点或车载自动测量空气中挥发性有机物的气相色谱仪，也伴有浓缩和热解吸单元。

见图 6-8, 浓缩和热解吸过程可分为三个阶段。

(a) 准备阶段

(b) 一次热解吸阶段

(c) 二次热解吸阶段

1—解吸气入口；2—解吸气出口；3—载气入口；
4—烘烤气出口；5—冷阱；6—样品管；7—检测器；
8—色谱柱；9—气路转换阀

(3) 二次热解吸阶段 [见图 6-8 (c)] 样品管再升温, 样品解吸气将样品管净化。冷阱加热, 载气将冷阱解吸出的二次浓缩被测物吹入色谱柱进行分离测定。

采样管中常用吸附剂是 Tenax、Porapak、石墨化炭黑、碳分子筛等。冷阱中常用 Tenax、Porapak、玻璃微球等填料。Tenax 是一种多孔高分子聚合物，化学名为聚 2,6-二苯基对苯醚。它对低碳烃类的吸附能力比活性炭小，对六个碳以上烃类不仅有良好的吸附性，而且有良好的热解吸性。它的另一个优点是憎水性，采样时不会因为湿度影响穿透体积，加热解吸时不会因为有过量水分流出而干扰气相色谱分析。

吸附剂和冷阱填料应根据被测化合物的性质选用，解吸条件用加标回收率实验确定（一次热解吸温度、解吸时间、解吸流量和二次致冷温度、二次热解吸温度等）。在优化的浓缩和解吸条件下，用加不同量标准物的吸附剂管做出校准曲线。

(1) 吸附剂的选择 选择合适的吸附剂就是保证浓缩完全和解吸充分两个方面。固体吸附剂浓缩和解吸过程类似色谱法中的前沿分析（见图6-9）。空气作为一个混合样品穿过吸附柱，空气中氧、氮和二氧化碳由于它们的吸附性弱且含量高首先流出，一些吸附性强些的组分留在吸附剂上。采样开始时，空气中多数组分都阻留在吸附柱进气端一小段上。随着抽过空气体积的增加，空气中浓度与吸附剂表面浓度平衡，浓度前沿向前推进。由于各组分的吸附性存在差异，各自的浓度前沿也拉开距离，一些吸附性小的组分先流出。由此看出任何吸附剂的采样容量都是有限的，用“穿透体积”表示吸附剂采样管对某种化合物出现“漏出”时的最大允许采样体积。用以下方法确定漏出和穿透体积：在采样管采样过程中，当流出气中某组分浓度是流入气浓度的5%时，则认为有漏出。实际测量时，流入气浓度都是很低的，流出气浓度是无法直接测量的。实用的一种检验漏出的方法是将标准气以常用的流量

流过吸附柱。一定时间后，按照吸附剂用量的前 2/3 和后 1/3 分别分析吸附剂上标准气组分的含量。如果后 1/3 上的含量是采样总量的 10% 以下，则认为无漏出，把后 1/3 上的含量占采样总量 10% 时的抽气体积称为“穿透体积”。现场采样时，对某一组分的采样体积应该控制在穿透体积之内，各个组分的穿透体积是不相同的，若要采集多个组分时，最大采样体积应该控制在吸附能力最弱组分的穿透体积之内。

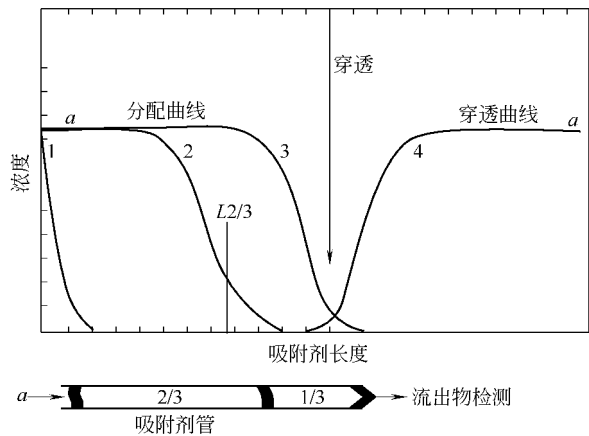


图 6-9 吸附剂上的浓度剖面

200mg Tenax 管在 20℃ 时对几种化合物的穿透体积见表 6-1，把穿透体积的一半作为安全采样体积。

表 6-1 几种化合物在 200mg Tenax 管上的穿透体积和安全采样体积（20℃）

化 合 物	沸点/℃	穿透体积/L	安全采样体积/L	化 合 物	沸点/℃	穿透体积/L	安全采样体积/L
己烷	69	6.4	3.2	四氯乙烯	146	340	170
庚烷	98	34	17	乙酸丙酯	102	36	18
苯	80	12.4	6.2	甲基异丁酮	118	52	26
二甲苯	140	600	300	苯酚	182	480	240
四氯化碳	76	12.4	6.2	苯胺	184	440	220

(2) 影响穿透体积的操作因素

- ① 吸附剂与被吸附组分的亲和力越强，穿透体积越大。增加吸附剂用量、减小吸附剂颗粒直径，有利于提高穿透体积。吸附剂的予以处理方法也将影响穿透体积的大小。
- ② 一般情况下，随着流量降低，气-固接触时间延长，穿透体积增加。当流量降低到一定程度，气-固界面达到平衡，穿透体积达到一恒定值。
- ③ 温度影响气-固间的平衡常数，降低温度有利于提高穿透体积，升高温度穿透体积减少。
- ④ 空气中水分含量大于被测组分的含量，并且相对湿度的变化范围很广，对于亲水性吸附剂或极性化合物，特别是低浓度条件下，湿度对穿透体积的影响显著。
- ⑤ 浓度对穿透体积的影响比较复杂，这是因为吸附剂的吸附等温线不是单纯直线关系。从 Langmuir 吸附理论得知，当被吸附组分的浓度很低或吸附性很弱时，达到吸附平衡点时的吸附表面远未被占满，吸附剂表面浓度与气相浓度呈正比，位于吸附等温线的直线区，穿透体积受浓度的影响很小，这与色谱过程保留时间不受浓度影响相似。当被吸附组分的浓度很高或吸附性很强时，吸附剂表面已占满，吸附剂表面浓度趋于饱和，位于吸附等温线的饱和区，气相浓度增加，穿透体积随之减小。所以，在较高浓度试验测出的穿透体积，不能简单的推算到低浓度，要经过低浓度验证。
- ⑥ 空气中存在的共存物与被测组分有竞争吸附作用，当共存物含量较高或与吸附剂亲和能力较强时，要考虑对穿透体积的影响。

(3) Tenax 型吸附剂的净化与样品管预处理方法 Tenax TA 和 Tenax GC 常用于空气采样。

新买的吸附剂使用前要经过清洗：将吸附剂放入圆筒形多孔容器内，连同容器一起放入索氏提取器。分别用正戊烷和甲醇在索氏提取器中各提取 24~48h，每小时循环 5~6 次。容器的小孔既能使溶剂充分交换，又不泄漏吸附剂颗粒。提取后取出容器，将吸附剂倒在培养皿内，然后放入真空干燥器中抽空干燥。待颗粒松散后，向干燥器内充入高纯氮气。取出吸附剂装入玻璃处理柱中，通入高纯氮气并加热至 290~300℃ 吹洗 5h，然后在氮气保护下降至室温。在清洁环境中倒出吸附剂过筛，取需要筛目的吸附剂装成采样管。采样管在采样前还要通高纯氮气在 290~300℃ 吹洗 10~20min，经检查本底合格后可用于采样。

(4) 冷阱填充物和冷阱温度 冷阱填充物和冷阱温度是匹配的，用半导体制冷的冷阱最低温度是 -30℃ 左右。要选用有一定吸附性的填充物，选择填充物与制冷温度还要考虑被测物的沸点和极性，既要做到浓缩完全，也要做到解吸充分。填充物多选用 Tenax 型或 Porapak 型吸附剂，用量在 20~50mg。用液氮制冷的冷阱温度低，选用吸附性小的填充物，像玻璃微球、素陶瓷等，即使液氮可以达到 -190℃，一些被测物已经液化，但是冷阱内仍要有填充物，目的是阻留部分被测物形成气溶胶从冷阱漏出。制冷温度并非越低越好，以做到浓缩完全为限。温度过低，升温解吸时间加长，不利于瞬间解吸。

(5) 进样分流 二次热解吸是用载气解吸，直接用 1~2ml/min 流量解吸冷阱内被测物。有些化合物需要的解吸时间长些，对瞬间进样是不利的。在冷阱出口设定一定比例的分流，可以用 10~20ml/min 的流量解吸，加快二次热解吸时间，色谱柱流量仍维持在正常的 1~2ml/min。但是，分流的办法会损失一部分样品，由增加采样量来解决。

(6) 样品除水 吸附剂采样时，空气中水分是必须考虑的。在气温 30℃，相对湿度 90% 时，1L 空气含有 28mg 水。二次浓缩是在远小于 0℃ 的低温条件下，这部分水就会冻结。有的浓缩热解吸仪最终将被测物低温浓缩在毛细管柱头上，样品中的水分就会将毛细管柱头堵塞。为此，要选用憎水性吸附剂采样，装有填充物的冷阱选用直径为 2~3mm 的柱管，或者样品热解吸后经过除湿再二次浓缩。

(三) 气相色谱仪的性能指标及检定

气相色谱仪的性能指标包括气体流量、温度控制、检测器响应及系统稳定性等方面，检定指标和检定方法请参照检定规程：JJG 700—1999 气相色谱仪检定规程。

在检定规程中，包括有以下指标及数值：载气流量稳定性 $\leq 1\%$ ；柱温箱控温精度 $\leq 0.5\%$ ；程序升温重复性 $\leq 2\%$ ；基线噪声 $\leq 1 \times 10^{-12}$ A；基线漂移 $\leq 1 \times 10^{-11}$ A/30min；检测限 $\leq 5 \times 10^{-10}$ g/s；定量重复性 3%

(四) 气相色谱仪操作步骤

1. 开机

① 开启载气，调节气体调节阀使气体压力和流量达到设定值。

② 开启仪器总电源开关，使仪器通电，（必须先通气再通电）带自检功能的仪器便开始自检。

③ 自检正常后，按照分析方法给出的条件，设置柱箱温度（或恒温或程序升温）、进样口温度、检测器温度，开始升温。

④ 打开计算机工作站电源，调整工作站参数，使屏幕出现划基线页。

⑤ 待温度达到设定值后，开启氢气和空气并调节气流量，使气体流量比例为载气（包括补充气）：氢气：空气 = 1：1：10 左右。按点火钮，仪器指示基线值上升或屏幕基线升高。

设置检测器灵敏度和衰减挡，进入空程序运转或恒温运转，待基线平直后便可以进样分析。

2. 分析

① 按照分析方法给定的操作参数（包括定性、定量计算参数）调整仪器工作状态，仪器稳定后，可进行标准品测定。

② 分析未知样品。

3. 关机

① 关闭输入氢气和空气的阀门，使火焰熄灭。

② 降低柱箱、进样口、检测器温度，待柱温冷却后关闭载气和仪器电源。

③ 将分析文件存盘，关闭计算机工作站电源。

④ 待系统压力恢复至常压后，将调节器复原。

（五）气相色谱仪日常维护

1. 检漏

用检漏液检查管道接头和色谱柱接头有无漏气，发现漏气排除。

2. 更换进样垫

多次进样使进样垫漏气，打开进样口帽，取下原进样垫，换上新的清洁的进样垫，拧上进样口帽。

3. 清洗进样口衬管

样品中难挥发成分会积在衬管内，造成基线不稳或出现鬼峰。将进样口打开取出衬管，用有机溶剂浸泡或超声洗涤干净。吹干后，按原样装回去。

4. 清洗检测器

检测器温度较低易造成污染，致使灵敏度降低。按照说明书将检测器打开，把收集极和绝缘体、喷嘴、极化极和绝缘体等浸泡在有机溶剂中，超声清洗，取出吹干，按原样装回。

三、便携式红外线二氧化碳测定仪

便携式红外线二氧化碳测定仪是利用光吸收原理专门为直接测量环境二氧化碳而设计的便携式仪器。便携式专用仪器不可能也没有必要采用分光光度法测量，二氧化碳吸收峰为 $4.3\mu\text{m}$ ，虽然附近有 $4.6\mu\text{m}$ 的一氧化碳吸收峰，但是，环境中二氧化碳浓度较高，最低为 0.03% ，一氧化碳的干扰可忽略不计，选用滤光片的光学处理技术可以满足测量的要求。分别用中心波长为 $4.3\mu\text{m}$ 和 $3.9\mu\text{m}$ 的滤光片获得测量光和参比光，将参比光与测量光交替通过测量室，形成时间双光路，用差示测量方法便可测出二氧化碳的吸光度。这种设计也解决了仪器长时间工作的漂移和空气本底干扰成分的补偿问题，从而使仪器可以连续抽取环境空气通过测量室，得到环境空气中二氧化碳浓度随时间的变化。

（一）原理

二氧化碳对波长 $4.3\mu\text{m}$ 的红外线有强的吸收，选用 $4.3\mu\text{m}$ 滤光片获得测量光，选用 $3.9\mu\text{m}$ 滤光片获得参比光，两者测量结果之差即为二氧化碳的吸光度。吸光度的大小与测量室内二氧化碳的质量浓度成正比，吸光度的变化随流经测量室二氧化碳的浓度而变化。

（二）红外线二氧化碳测定仪组成

便携式红外线二氧化碳测定仪由红外光源、带滤光片的切光轮、滤波室和测量室、铟化钢红外线光敏元件、电源及电测量控制系统等组成，见图 6-10。

① 红外光源是用通电发红的螺旋镍铬丝，位于凹型反射器的中心，产生连续红外波长射出。

② 带滤光片的切光轮是一个可以旋转的圆片，由同步电机带动旋转，在切光轮上镶有中心波长分别为 $4.3\mu\text{m}$ 和 $3.9\mu\text{m}$ 的滤光片，两种滤光片位于切光轮同一直径的两侧对称位置，当切光轮旋转起来，光源光依次透过这两种滤光片进入测量室。

③ 滤波室和测量室是串接在一起的，透光窗是宝石材料的，对红外线透过率高，环境空气中二氧化碳浓度较高，光路长度只要几厘米就够了，滤波室是密封的，里面充满无二氧化碳空气（干扰气体），目的是滤掉可能部分通过滤光片而被空气中本底气体吸收的波长，消除空气中本底气体的干扰。测量室两端分别设有进气口或出气口，环境空气可以连续流过测量室，测量环境浓度的连续变化。

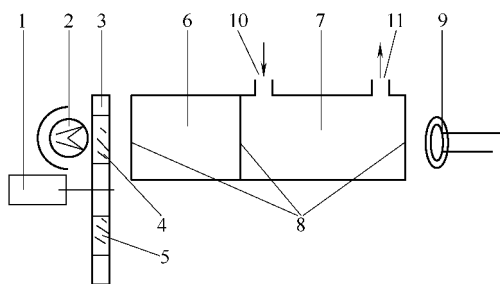


图 6-10 便携式红外线二氧化碳测定仪

- 1—同步电机；2—红外光源；3—切光轮；
4— $4.3\mu\text{m}$ 滤光片；5— $3.9\mu\text{m}$ 滤光片；
6—滤波室；7—测量室；8—光窗；
9—光敏元件；10—进气口；11—出气口

④ 红外线光敏元件是铟化铟光敏电阻，其敏感波长是 $3\sim 5\mu\text{m}$ ，适用于二氧化碳的测量。

⑤ 铟化铟光敏元件的电阻变化通过电测量和放大，当切光轮旋转时，测量波长和参比波长交替透过测量室，从光敏元件上交替得到测量信号和参比信号，波长与电信号是同步的。一只测量室通过切光轮改变两种波长，起到了参比和测量两种功能。将测量信号与参比信号相减便得出空气中二氧化碳对红外线吸收的强度。

（三）红外线二氧化碳测定仪性能指标和检定

便携式红外线二氧化碳测定仪根据仪器的结构及等级规定了不同性能指标，检定指标和检定方法请参照：JJG 635—1999《一氧化碳、二氧化碳红外线气体分析器检定规程》。

在检定规程中，等级不同其性能指标不同，下面列出的是参考值：测量范围 $0\sim 1.5\%$ ；检测下限 0.005% ；噪声 $\leq 0.5\%$ 满量程；零点漂移 $\leq \pm 3\%$ 满量程（4h）；量程漂移 $\leq \pm 3\%$ 满量程（4h）；测量重复性 $\leq \pm 1\%$ 满量程；线性误差 $\leq \pm 2\%$ 满量程；干扰误差对 $1250\text{mg}/\text{m}^3$ CO 产生的干扰信号 $\leq 1\%$ 满量程；响应滞后时间 $\leq 15\text{s}$ ；预热时间 15min ；抽气流量 $0.5\text{L}/\text{min}$ 。

（四）红外线二氧化碳测定仪操作步骤

（1）接通仪器电源 预热 15min 以上。

（2）校准零点 开启抽气泵，将零点校准气接到进气口，零点校准气可用室内空气依次通过氯化钙去除水分，钠石灰去除 CO_2 获得，有的仪器将这种过滤管装在仪器内部，只要把调节钮拨至“调零”挡，便将净化后的零空气通入测量室，待零点读数稳定后，调整零点调节旋钮，使读数为 0。

（3）校准量程 将零点校准气取下，接上 CO_2 标准气源， CO_2 浓度在满量程的 80% 左右，通入标准气，流量不能大于测量时流量，以保证测量室内压力为常压，待读数稳定后，调整量程调节旋钮，使读数成为标准气的浓度值。

（4）重复零点和量程 校准 $2\sim 3$ 次，直至读数稳定不变。

（5）测量 现场测量时，进气口接上除尘滤膜和氯化钙干燥管（阻力很小），开启抽气泵，仪器读数是当时温度和测量室内压力下的浓度，结果要换算成标准状况下的浓度。如果读数是 PPM，要换算成标准状况下质量浓度。

（6）关机 测量完毕，通入零点校准气调零，待仪器读数回到零点，关闭抽气泵电源和总电源。取下零点校准气，（或把净化管用软管连接，使净化管密闭，外界空气不能进入管内），封闭进气口。

（五）红外线二氧化碳测定仪日常维护

① 更换干燥剂，调零点干燥剂氯化钙失效或硅胶变红，应及时更换。除二氧化碳的钠石灰定期更换。

② 采样探头中过滤膜或棉花积有灰尘要更换。

③ 检查标准气有效期，超过有效期要更换。

四、便携式红外线一氧化碳测定仪

便携式红外线一氧化碳测定仪是利用光吸收原理专门为直接测量环境一氧化碳而设计的便携式仪器。环境中一氧化碳浓度较低，检测下限要求 $1\text{mg}/\text{m}^3$ ，光路长度就得几十厘米，为了做成便携式，采用光路在测量室内多次反射的形式提高灵敏度。便携式专用仪器不可能也没有必要采用分光光度法测量。但是，在一氧化碳吸收峰 $4.6\mu\text{m}$ 附近有二氧化碳 $4.3\mu\text{m}$ 的吸收峰干扰，并且空气中二氧化碳的浓度远大于一氧化碳，单独用滤光片的光学处理方法是无能为力的，本仪器采用了气体滤波相关技术，这项技术是研究气体与共存的其他气体的红外线吸收光谱间的精细比较问题，用参比光与测量光差示方法测量一氧化碳的吸光度，这种参比光与测量光交替通过测量室的设计，解决了仪器长时间工作的漂移和空气本底干扰成分的补偿问题，从而使仪器可以连续抽取环境空气通过测量室，得到环境空气中一氧化碳浓度随时间的变化。

（一）原理

一氧化碳对波长 $4.6\mu\text{m}$ 的红外线现有强的吸收，采用气体滤波相关技术，用纯一氧化碳吸收红外光源的连续波长红外线后，得到无一氧化碳吸收波长的参比光，再与测量光依次通过测量室，形成时间上的双光路，两者测量结果之差即为一氧化碳的吸光度。吸光度的大小与测量室内

一氧化碳的质量浓度成正比，吸光度的变化随流经测量室一氧化碳的浓度而变化。

（二）红外线一氧化碳测定仪组成

便携式红外线一氧化碳测定仪由红外光源、带气体滤波池的切光轮、多次反射测量室、铈化钡红外线光敏元件、电源及电测量控制系统等组成，见图 6-11。

① 红外光源是用通电发红的螺旋镍铬丝，位于凹型反射器的中心，产生连续红外波长射出。

② 切光轮是一个可以旋转的圆片，由同步电机带动旋转，在切光轮上有两个可以透光的密封气室，分别充入高浓度一氧化碳和氮气，当光源光透过氮气室，射出连续波长的红外线，称测量光。当光源光透过一氧化碳气体滤波室，高浓度一氧化碳将光波中 $4.6\mu\text{m}$ 成分完全吸收，射出的光无 $4.6\mu\text{m}$ 成分，称参比光。切光轮旋转起来，测量光与参比光交替通过测量室。

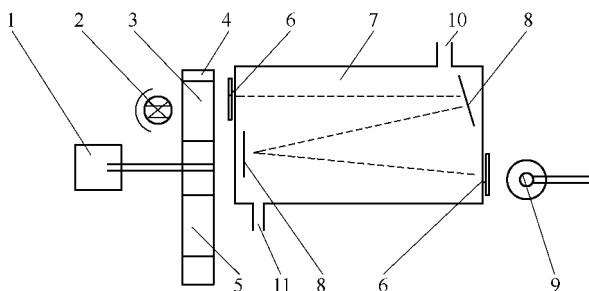


图 6-11 便携式红外线一氧化碳测定仪

1—同步电机；2—红外光源；3—CO 气体滤波室；4—切光轮；
5—氮气室；6—光窗；7—测量室；8—反射镜；9—光敏元件；
10—进气口；11—出气口

③ 测量室内红外线是多次反射的，

透光窗是宝石材料的，对红外线透过率高，环境空气中一氧化碳浓度较低，最低 $1\text{mg}/\text{m}^3$ ，只有用光线多次反射来增加灵敏度，否则测量室要做得很长。两端分别设有进气口或出气口，环境空气可以连续流过测量室，测量环境浓度的连续变化。

④ 光敏元件是铈化钡光敏电阻，其敏感波长是 $3\sim 5\mu\text{m}$ ，适用于一氧化碳的测量。

⑤ 铈化钡光敏元件的电阻变化通过电测量和放大，当切光轮旋转时，测量波长和参比波长交替透过测量室，从光敏元件上交替得到测量信号和参比信号，波长与电信号是同步的。一只测量室通过切光轮改变两种波长，起到了参比和测量两种功能。将测量信号与参比信号相减便得出空气中一氧化碳对红外线吸收的强度。

（三）红外线一氧化碳测定仪性能指标和检定

便携式红外线一氧化碳测定仪根据仪器的结构及等级规定了不同性能指标，检定指标和检定方法请参照：JJG 635—1999《一氧化碳、二氧化碳红外线气体分析器检定规程》。

在检定规程中，等级不同其性能指标不同，下面列出的是参考值：测量范围 $0\sim 62.5\text{mg}/\text{m}^3$ (50ppm)；检测下限 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ ；噪声 $\leq 0.5\%$ 满量程；零点漂移 $\leq \pm 2\%$ 满量程 (4h)；量程漂移 $\leq \pm 2\%$ 满量程 (4h)；测量重复性 $\leq 1\%$ 满量程；线性误差 $\leq \pm 2\%$ 满量程；干扰误差对 0.05% CO_2 ，或室温下饱和水蒸气产生的干扰信号 $\leq \pm 2\%$ 满量程；响应滞后时间 $\leq 60\text{s}$ ；预热时间 15min 。

（四）红外线一氧化碳测定仪操作步骤

（1）接通仪器电源 预热 15min 以上。

（2）校准零点 开启抽气泵，将零点校准气接到进气口（零点校准气可将室内空气依次通过氯化钙去除水分，霍加拉特催化剂去除 CO 获得）待零点读数稳定后，调整零点调节旋钮，使读数为 0。

（3）校准量程 将零点校准气取下，接上 CO 标准气源，CO 浓度在满量程 80% 左右，通入标准气，流量不能大于测量时流量，以保证测量室内压力为常压，待读数稳定后，调整量程调节旋钮，使读数成为标准气的浓度值。

（4）重复零点和量程 校准 $2\sim 3$ 次，直至读数稳定不变。

（5）测量 现场测量时，进气口接上除尘滤膜和氯化钙干燥管（阻力很小），开启抽气泵，仪器读数是当时温度和测量室内压力下的浓度，结果要换算成标准状况下的浓度。如果读数是 ppm，要换算成标准状况下质量浓度。

（6）关机 测量完毕，通入零点校准气，待仪器读数回到零点，关闭抽气泵电源和总电源，

取下零点校准气，封闭进气口。

（五）红外线一氧化碳测定仪日常维护

- ① 更换催化剂，调零点的霍加拉特催化剂使用时间长了失效，仪器回零很慢，应定期更换。
- ② 采样探头中过滤膜或棉花积有灰尘要更换。
- ③ 检查标准气有效期，超过有效期要更换。

第二节 室内环境检测实验室仪器的管理

实验室仪器管理的宗旨是要充分发挥仪器的效率，提供准确的测试结果。它涉及人员素质、环境与运行条件，及其仪器本身性能。一切管理措施都要做到既保证操作人员方便，又要保证仪器运转所需要的各项条件和措施。最终达到操作人员胜任工作，仪器运转正常，测量结果准确。实验室仪器管理从仪器选购直至报废贯穿整个全过程。

一、仪器选购

选购仪器必须是专业人员，选购仪器前首先明确工作内容和要求，如测试项目、测试目的、要求仪器灵敏度等，熟悉仪器的原理、应用范围和性能指标，做到心中有数。仪器价格也是要考虑的，能够达到使用要求即可，不必一定选功能全、价格高的型号。对欲选购的仪器不太熟悉时，应该征求确有经验人的意见，千万不能到听途说。初步选定后，报告上级主管批准。

二、仪器安装和使用环境

安装和使用环境是保证仪器正常工作的必要条件，在正常工作条件下，仪器能达到最佳状态，减少故障发生，延长使用寿命。安装和使用环境如下。

- ① 电源 $220\text{V} \pm 10\%$ ，50Hz，这是一般仪器允许的波动范围。
- ② 温度 $10 \sim 35^{\circ}\text{C}$ ，室内环境在此范围内。
- ③ 相对湿度 $< 80\%$ ，长期置于相对湿度过大的环境，易引起电器系统绝缘降低，光学系统发霉，机械系统锈蚀。
- ④ 空气环境保持室内一定换气量，室内不能含有有毒害气体或腐蚀性气体，仪器排出的有害或腐蚀性气体要直接导出室外，不能排在室内。
- ⑤ 放置仪器的工作台要稳定，一般实验室仪器无防震装置，工作台振动会影响仪器的性能。
- ⑥ 实验室内无外界电磁干扰，实验室仪器无防强电磁干扰措施，强电磁信号对电器系统有干扰。

三、仪器安装与验收

安装过程多数由供货商来做，安装前，仪器操作人员要准备好合格的安装使用环境，熟悉仪器使用方法、性能指标、验收测试条件及验收内容和指标。安装调试要有详细记录，特别是原始数据记录，验收记录作为档案长久保存。验收测试的指标将作为仪器初始的性能指标，作为以后维护、维修、报废的衡量依据。

四、仪器使用

- ① 操作人员需经过培训后持证上岗，操作人员要了解仪器原理、结构、性能，能按照正确的操作步骤开机、运行、关机、分析后清理。
- ② 编写简明的操作规程，放在易取的地方，供操作者使用。
- ③ 仪器操作说明文件要放在仪器附近，便于随时取出阅读。时间长久，仪器说明书会破损，将常用章节备份使用。光盘式说明书要有备份。在工作站软件“帮助”栏有操作仪器的信息，要充分利用。

④ 每次开机使用都要有使用记录，使用记录本首页标出仪器名称、序列号、生产厂商、购置日期、主要附件等。使用记录包括使用时间、使用人、仪器运转情况等，见表 6-2。

五、仪器日常维护

仪器使用过程中，有些部件发生污染、失效、磨损和损坏，出现这种现象是正常的，需要进行日常维护，如更换干燥剂；清洗色谱进样口、检测器；更换分光光度计灯泡等。每次维护都要

表 6-2 仪器使用登记表

日 期	时 间 起始—结束	测试内容	测试条件	仪器使 用状态	使用人	备注	保管人

先了解操作过程、拆装方法和技术要求，确保维护后仪器能恢复正常工作状态。做日常维护要有保管人在场，或由保管人操作。每次维护后都要有记录，包括维护时间、操作人、做了哪些检查、采取哪些措施、更换了哪些部件及维护后仪器运转情况。

六、检定

计量仪器要定期按照检定规程进行检定，检定程序必须具有溯源性，经检定后，各项性能指标合格的仪器方可使用。经过计量部门检定的要保存鉴定报告，自己检定的要保存检定记录，每次检定时间要相互衔接，中间不能有空挡。除了保存检定报告外，要填写检定登记表，包括日期、检定书号、检定项目、检定性能数值。可以一目了然地了解仪器的历史和现状。

七、维修

仪器发生故障要及时向保管人报告，实验室人员有能力的可以自己维修，全过程有保管人参加，首先通过检查确定故障位置，再采取措施排除，千万不能在不了解仪器结构的情况下，任意拆卸部件。维修后必须检查仪器性能指标是否恢复原来值，如果确是由于某个非维修操作原因造成性能降低，要提供必要证明，并作为档案保存。维修后要有记录，包括维修时间、维修人、故障现象、检查方法、确定故障位置、排除措施及维修后性能测试结果等。如果实验室人员能力有限不要自己维修，应请生产厂的维修工程师维修，维修记录作为档案保存，严重事故要向上级主管报告。

八、保管人

每台仪器都有固定保管人，保管人应该具有较强的责任心。应该熟悉仪器的原理、结构及使用维护操作。他的责任是掌握仪器的历史和现在状况。定期检查仪器运转情况，检查使用记录，统计实际工作量。并参与进行维护和维修，定期联系检定事宜。保管仪器备件和易耗部件，保管档案资料等。有责任培养新的使用人。

九、附件保管

仪器附件和易耗品由保管人保管，每台仪器之间的附件和易耗品分别放置，不可混在一起，并且建立详细清单，包括名称、订货分类号、规格、数量等，便于维护维修时取用。

十、建立仪器档案

仪器档案包括购买合同、仪器说明书、安装验收记录、使用记录、历次检定书、维护记录、维修记录，这些记录都要有原始数据和经办人签字。

十一、工具

维修仪器的工具要做到专用，不宜做他用，每台仪器的工具要集中存放在一起，放在仪器附近，便于随时取用。

十二、仪器报废

保管人根据仪器现行的性能降低程度，参考历次维修次数和维修后状态，以及实际工作时间，结合现在工作量，提出报废原有仪器购买新型仪器的计划，注明理由，报告给上级主管或部门审批。

第三节 选择和配备室内环境检测仪器的基本原则

每种污染物有几种不同原理的分析方法或仪器，提供不同现场条件（浓度高低、共存干扰物多少）和不同测量目的（寻找污染源、仲裁、普查）选择。选择分析方法或仪器主要考虑现场浓度与仪器检测限相匹配，共存干扰物种类、浓度与仪器抗干扰能力相匹配，仪器的准确度是否满足测量目的的要求等因素。另外，价格也是不能回避的，仪器的功能、选用的元件、制造工艺精

度都是与价格有关的，有的仪器虽然性能不差，但是，故障率和使用寿命会受影响。这并不意味着只有昂贵的仪器才是适用的，除了仪器本身的因素外，操作人员解决问题的能力也是重要的。目前分析仪器的质量不断提高，性能满足测试要求就是适用的。

一、选择检测方法或仪器的依据

（一）根据测量目的选择使用的方法或仪器

虽然都是测量空气中污染物浓度，但是测量的目的各不相同。

① 作为室内空气质量的仲裁，判断室内污染源对空气污染物浓度的贡献，室内污染物浓度是否符合某项国家标准时，测量必须选择准确度高、能排除共存物干扰的实验室方法或仪器，并且，要控制现场条件，这是因为空气中污染物浓度是由污染源释放和在空气中稀释排放两个因素造成的，同一个房间，如果排放条件不同，测量出的空气浓度将会出现很大差别，这将无法判断是否符合该项标准。室内空气换气量是非常重要的因素，为此在判断建筑物室内空气质量是否符合某项标准时，应该在测试方法限定的固定排放条件下进行测量。

② 评价室内污染对人体健康影响，要做大量的现场普查，样本量很大，应选用现场仪器或简便的测试方法。同时，要测量时间加权平均浓度，这是因为污染物对人体的影响是与污染物进入人体的量直接相关的。由于空气中污染物浓度波动大，用某一时刻的浓度表示人体接触值显然是不合理的，应该测量一段时间的加权平均值。

③ 如果出现污染物泄漏或其他突发事件，及时得到污染的信息是至关重要的，要对事故进行侦察性测量，尽快寻找污染源、了解污染物污染范围等，选用快速的半定量方法或仪器即可。用测试舱评价空气净化器效果时，要及时测出舱内浓度的衰减过程，快速的直读仪器是首选的。

（二）根据现场浓度选择使用的方法或仪器

不同污染物的最高浓度限值相差很大，现场实际存在的浓度有高有低，如果仪器的检测上限和下限能够满足最高浓度限值的要求和一般存在的实际浓度，可以用这种仪器直接测量，否则要经过浓缩富集后再测量，浓缩倍数视仪器检测限和现场浓度而定。有的现场仪器设计有浓缩部件，富集和测量一并完成。

（三）根据现场共存干扰物的种类和含量选择使用的方法或仪器

气相色谱仪具有优异的分离能力，共存物干扰问题好像不成问题，要知道任何色谱柱都有对某两个或几个组分分不开的情况，在制定分析条件时要考虑到这点。除了气相色谱仪能将共存物与被测物分开外，其他方法或仪器是在测量的步骤中加入了去除干扰物的试剂或措施，将共存物掩蔽，其抗干扰能力有限。只有方法或仪器除干扰量大于现场存在量，干扰物才不会带来干扰。选择使用方法或仪器时，要了解方法或仪器的抗干扰能力。

二、实验室仪器的选择

（一）分光光度计

室内空气中许多污染物能与某些试剂反应形成有色溶液，可见光波段分光光度计可以满足测量要求。分光光度计是测量湿式化学法反应形成的有色物质，凡是在溶液中能发生有色化学反应的污染物都可以用分光光度计测量，如二氧化氮、二氧化硫、甲醛、氨等。分光光度计测量的是吸光度，对化合物的检测限还和化合物与显色剂反应有关，一般在 mg/L 范围。空气中浓度低时，采用溶液吸收来富集。

（二）气相色谱仪

气相色谱仪具有优异的分离功能，能够克服共存物干扰和分别测定问题，特别是空心石英毛细管柱可以大大提高分离效果。氢火焰离子化检测器对绝大多数有机物响应灵敏，配用氢火焰离子化检测器的气相色谱仪可以分析室内挥发性有机化合物中某些成分或挥发性有机化合物总量。气相色谱仪对多数有机化合物的最低检测浓度为 1mg/m^3 左右。空气中浓度低于检测限时，可以配用热解吸浓缩进样器将吸附剂管采到的样品用热载气解吸进样。

三、便携式测定仪的选择

（一）红外线一氧化碳、二氧化碳测定仪

红外线一氧化碳、二氧化碳测定仪是便携式测定仪中应用较广的，它们的检测限足以直接测

量室内空气中一氧化碳、二氧化碳含量，一氧化碳测定仪的检测限为 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 。二氧化碳测定仪的检测限为 0.005% 。除了水蒸气外，室内其他常见气体不干扰一氧化碳、二氧化碳测定。该仪器不仅能测量瞬时的浓度值，也能连续测量长时间浓度的变化。

（二）光离子化检测器现场色谱仪

这类仪器常用于固定监测站或流动监测车上，测定苯、甲苯、乙苯、二甲苯和某些特定的沸点较低的挥发性有机物。它采用气相色谱的原理，选用光离子化检测器，结合空气浓缩技术而设计的。用内置抽气泵吸取环境空气通过一定体积进样管或者浓缩和热解吸进样单元进样，用较短的色谱柱在较低的温度下分离，用光离子化检测器测量。这类仪器自动化程度很强，连接计算机工作软件按照预先设定好的程序自动采样、浓缩、分析、计算数据、储存结果。

光离子化检测器的原理是利用某些分子在高能紫外线照射下发生电离，产生正离子和电子而设计的检测器（见图 6-12）。紫外光源透过光窗照在电离室内，当被测物质进入电离室后，电离电位小于紫外光源能量的物质分子便会发生电离，产生正离子和电子。在正负电场作用下，形成电离电流，电流的增量与进入电离室内该物质的量有定量关系。光离子化检测器不仅对多数有机物有响应，而且对一些无机物也有响应。化合物在光离子化检测器上响应取决于化合物的电离电位和紫外光源的能量，对电离电位小于紫外光源能量的物质都有响应。光离子化检测器可用的光源有 Xe 灯、Kr 灯和 Ar 灯三种，表 6-3 列出了常见化合物在不同紫外光源下的响应。多数光离子化检测器选用 10.6eV 的 Kr 灯作紫外光源。它对乙烷、乙烯、乙炔、丙烷、甲醇、甲醛、甲酸、氯仿、氯乙烯、氯乙烷、甲酸甲酯等电离电位大于氪灯光源能量的物质无响应。对氮、氧、二氧化碳、水、一氧化碳、二氧化碳等空气中常见气体无响应。

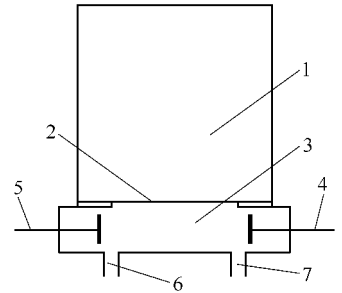


图 6-12 光离子化检测器

1—紫外灯；2—光窗；3—电离室；
4—收集极；5—极化极；6—气体入口；7—气体出口

常用光离子化检测器检测限 $<0.1\text{mg}/\text{m}^3$ ，线性范围 $>10^4$ 。检测器本底电流 10^{-10}A ，噪声 10^{-13}A ，检测器死体积 $<0.1\text{ml}$ ，响应时间 $<1\text{s}$ 。

（三）便携式光离子化检测器有机物测定仪

便携式光离子化检测器有机物测定仪多数是直接抽取空气，用光离子化检测器测量有机气体浓度，制成掌上测量仪。用它可以即时测量空气中微量有机气体，由于单独使用光离子化检测器不具有气相色谱的功能，不能鉴别化合物种类，所以，显示的响应值是化合物混合响应值。用光离子化检测器制成的便携式测定仪具有灵敏度高、响应快、可以握在手掌中直接读数等优点，用于现场侦察发现无嗅污染源、确定污染范围、跟踪空气浓度的变化、测量污染物浓度衰减、对无嗅有毒污染物作业场所安全监控、危险品储运监测、输气管道检漏等方面显示出无比的优越性。

由于便携式光离子化检测器有机物测定仪无分离柱，测量值是有机化合物总响应，光离子化检测器对各种常见化合物的响应值不同（见表 6-4），而不同现场空气中混合物的种类和比例相差很大，因此，很难用混合响应值推算某种或某些被测物含量。光离子化检测器与氢火焰离子化检测器的响应机理不同，它们对各个化合物的响应校正系数不同，当空气中有机物组分变化时，两者测量结果间无法找到定量校正关系。用便携式光离子化检测器有机物测定仪与用气相色谱仪氢火焰离子化检测器测出的总挥发性有机化合物含量之间无法换算。便携式光离子化检测器有机物测定仪用于执行 GB/T 18883—2002 和 GB 50325—2001 测定总挥发性有机化合物（TVOC）会受到限制。只有当已知化合物浓度远高于其他化合物时（已知污染物泄漏），选择该化合物的响应校正因子，可较准确测出该化合物污染强度。

（四）便携式电化学法甲醛测定仪

便携式电化学法甲醛测定仪是利用电化学原理制的测定仪，外界空气透过多孔气体扩散膜进入电解池，电解池内的电解液不能透过气体扩散膜漏出，电解池是恒电位三电极结构，气体扩散

表 6-3 常见化合物在不同紫外光源下的响应

化 合 物	光 离 子 化 检 测 器 无 响 应 (> 11. 7eV)	Ar 灯 有 响 应, 而 Kr 和 Xe 灯 无 响 应 (11. 7~10. 6eV)	Ar 灯 和 Kr 灯 有 响 应, 而 Xe 灯 无 响 应 (10. 6~9. 6eV)	三 种 检 测 器 都 有 响 应 (< 9. 6eV)
脂肪烃	甲烷	乙 烷, 丙 烷, 乙 烯, 乙 炔	环丙烷, 二甲基丙烷, 丁烷, 异丁 烷, 环丁烷, 二甲基丁烷, 正戊烷, 异戊烷, 环戊烷, 甲基戊烷, 正己 烷, 环己烷, 正庚烷, 丙烯, 丙二烯, 丙炔, 丁炔	二甲基丁烷, 正辛烷, 正丁 烯, 异丁烯, 甲基丁烯, 丁二 烯, 甲基丁二烯, 正戊烯, 异 戊烯, 环戊烯, 戊二烯, 异戊 二烯, 环戊二烯, 己烯, 环己 烯, 甲基环己烯, 辛烯
卤代烃	氟里昂	氯 甲 烷, 二 氯 甲 烷, 氯 仿, 四 氯 化 碳, 三 氟 乙 烷, 氯 乙 烷, 二 氯 乙 烷, 三 氯 乙 烷, 三 氟 乙 烯, 二 氯 乙 烯, 氯 丙 烷, 二 氯 丙 烷, 氯 丁 烷, 二 氯 丁 烯	溴 甲 烷, 二 溴 甲 烷, 溴 仿, 溴 乙 烷, 二 溴 乙 烷, 氟 乙 烯, 二 氟 乙 烯, 氯 乙 烯, 溴 乙 烯, 二 溴 乙 烯, 四 溴 乙 烯, 溴 丙 烷, 二 溴 丙 烷, 氯 丙 烯, 二 氯 丙 烯, 溴 丙 烯, 溴 丁 烷	碘 甲 烷, 四 溴 乙 烷, 碘 乙 烷, 三 氯 乙 烯, 四 氯 乙 烯, 三 溴 乙 烯, 碘 丙 烷, 碘 丁 烷, 溴 戊 烷, 碘 戊 烷
醇		甲醇	乙醇, 正丙醇, 异丙醇, 正丁醇, 异丁醇, 特丁醇, 环己醇	乙二醇, 甲硫醇, 丙硫醇, 丙烯醇
醛、酮		甲醛	乙醛, 氯乙醛, 正丙醛, 丙烯醛, 正丁醛, 正戊醛, 异戊醛, 异丁酮	异丁醛, 丁烯醛, 糠醛, 丙 酮, 甲基异丙酮, 丁酮, 甲基 异丁酮, 戊酮, 戊二酮, 己酮, 环己酮, 甲基环己酮, 溴己 酮, 庚酮
酸		甲酸	乙酸, 乙酸酐, 丙酸, 丙烯酸, 正 丁酸, 异丁酸	戊酸
酯		甲酸甲酯, 甲酸乙 酯, 丙烯酸甲酯, 异氰 酸甲酯, 乙酰氯	甲酸丙酯, 甲酸异丁酯, 乙酸甲 酯, 乙酸乙酯, 乙酸丙酯, 乙酸异丙 酯, 乙酸丁酯, 乙酸异戊酯, 乙酸戊 酯, 丙酸甲酯, 丙酸乙酯, 丙烯酸乙 酯, 甲基丙烯酸甲酯, 丙烯酸丁酯, 丁酸甲酯, 乙酰胺, 乙酰溴	甲酸苯酯, 乙酸乙烯酯, 甲 苯二异氰酸酯
胺				甲胺, 二甲胺, 三甲胺, 乙 胺, 二乙胺, 三乙胺, 丙胺, 异 丙胺, 三丙胺, 丁胺, 异丁胺, 联氨
芳香烃		硝基甲苯	硝基苯	苯, 甲苯, 乙苯, 丙苯, 异丙 苯, 丁苯, 二甲苯, 三氟苯, 氯 苯, 二氯苯, 三氯苯, 溴苯, 碘 苯, 苯甲醇, 苯甲醛, 苯甲醚, 苯乙醚, 二苯醚, 苯乙酮, 苯 胺, 甲苯胺, 苯基氰, 苯酚, 甲 酚, 苯乙烯, 联苯
其他有机物	光 气, 乙 腈, 丙腈	硝基甲烷, 硝基乙 烷, 硝基丙烷, 丙烯腈	环氧乙烷, 环氧丙烷, 氯甲基甲醚, 氯甲基乙醚, 溴甲基乙醚, 乙醇胺	甲醚, 乙醚, 丙醚, 蔡, 甲基 蔡, 吡啶, 甲基吡啶, 氨基吡 啶, 呋喃, 四氢呋喃, 茚, 吡 咯, 四氢吡喃, 吗啉, 樟脑, 蒽 烯, 重氮甲烷, 二噁烷
无机物	臭 氧, 氢, 氯化 氢, 一氧化碳, 二 氧化碳, 二氧化硫	氯, 五氯化磷	溴, 氨, 砷, 硒化氢, 硫化氢, 碲化 氢, 二硫化碳, 一氧化氮, 三氯化磷	碘, 二氧化氮, 磷化氢

表 6-4 光离子化检测器对常见化合物响应校正系数

化 合 物	10. 6eV	11. 7eV	化 合 物	10. 6eV	11. 7eV	化 合 物	10. 6eV	11. 7eV
乙醛	6. 00	3. 30	环戊烷		0. 62	甲醇	NR	2. 50
丙酮	1. 10	1. 40	二溴乙烷	1. 70	0. 64	溴代甲烷	1. 70	1. 30
乙炔	NR	2. 00	二氯丙烯	1. 30	0. 67	氯甲烷	NR	0. 74
丙烯醛	3. 90	1. 40	二氯乙烯	0. 45	0. 34	三氯乙烷	NR	0. 98
丙烯酸	12. 00	2. 00	二乙基醚	1. 10		甲基乙基酮	0. 86	1. 10
丙烯腈	NR	1. 20	二乙胺	0. 97		甲胛	1. 20	1. 30
氨	9. 70	5. 70	二乙烯酮	2. 00	1. 40	甲硫醇	0. 60	
乙酸戊酯	2. 30	0. 95	二甲基乙胺	1. 00	0. 90	甲基丙烯		
苯胺	0. 48	0. 47	二甲基甲酰胺	0. 80		酸甲酯	1. 50	1. 20
苯甲醚	0. 80		甲基胛	0. 78	0. 83	甲基环己烷	0. 97	0. 53
苯甲醛	0. 50	0. 95	联苯	0. 70		二氯甲烷	NR	0. 89
苯	0. 53	0. 60	二噻烷	1. 10		萘	0. 42	0. 40
苯甲醇	1. 10	0. 90	乙烯	10. 00	3. 00	一氧化氮	5. 20	2. 80
甲酸苯酯	0. 73	0. 66	乙酸乙酯	4. 60	1. 50	硝基苯	1. 90	1. 60
溴	1. 30	0. 74	丙烯酸乙酯	2. 40	1. 00	二氧化氮	16. 00	6. 00
溴苯	0. 60	0. 46	乙醇	12. 00	8. 00	硝基甲烷	NR	4. 00
溴仿	2. 50	0. 50	乙苯	0. 52	0. 51	戊烷	8. 40	0. 70
溴丙烷	1. 50	0. 60	氯乙烷	NR	1. 10	四氯乙烯	0. 57	0. 30
丁二烯	0. 85	1. 10	甲酸乙酯		1. 90	苯酚	1. 00	0. 90
丁烯	0. 90		二氯乙烷	NR	0. 60	磷化氢	3. 90	1. 10
乙二醇丁醚	1. 20	0. 62	乙二醇	16. 00	6. 00	丙烷	NR	1. 80
乙酸丁酯	2. 60		环氧乙烷	13. 00	3. 50	丙烯	1. 40	1. 60
丙烯酸丁酯	1. 60	0. 61	甲醛	NR	0. 60	乙酸丙酯	3. 50	2. 00
正丁醇	4. 70	1. 40	辛烷	1. 00	0. 47	二氯丙烷		0. 70
丁硫醇	0. 60		联氨	3. 00	2. 10	沙磷	4. 60	1. 00
正丁胺	1. 10	0. 70	硫化氢	3. 30	1. 50	苯乙烯	0. 40	0. 42
二硫化碳	1. 20	0. 44	碘	0. 10	0. 10	甲苯	0. 50	0. 51
四氯化碳	NR	1. 70	丙烯酸异丁酯	1. 50	0. 60	甲苯二异	1. 40	2. 00
氯	NR	1. 00	异丁醇	3. 80	1. 50	氰酸酯		
氯苯	0. 40	0. 39	异丁烯	1. 00	1. 00	三氯乙烷	NR	0. 90
氯仿	NR	3. 50	异戊烷	8. 20	0. 70	三氯乙烯	0. 64	0. 43
环己烷	1. 40	0. 64	异丙醇	6. 00	2. 70	三乙胺	0. 90	0. 65
环己酮	0. 90	0. 70	甲氧基乙醇	2. 40	1. 40	氯乙烯	2. 00	0. 64
环己烯	0. 80		乙酸甲酯	6. 60	1. 40	二甲苯	0. 49	0. 57

膜为工作电极，另外有参比电极和辅助电极（也称对电极），参比极与工作极之间施加一恒定电压，甲醛在气体扩散电极上发生氧化反应放出电子，电极反应如下。



接入放大器，在工作电极与对电极间产生与甲醛浓度成正比的电流，进行测量。

这种仪器具有灵敏度高、结构简单、使用方便、可以直接读数，检测下限为 $0.01\text{mg}/\text{m}^3$ 。适于现场测量用。使用时应注意，这种电解池内部电解质是不可逆消耗性的，有一定使用寿命，

一般为1~2年。电化学法测量受环境影响,相对湿度在35%~65%影响较小,湿度再低电解池内水分子会逸出,产生负干扰;湿度再高,空气中水分子进入电解池产生正干扰。也受共存物干扰影响,硫化氢、苯酚、乙醛、二氧化硫、乙醇都有不同程度的干扰,电解池本身的选择性不强,要在进气口加装选择性过滤器来解决。

(五) 直读式可吸入颗粒物测定仪

常见的直读式可吸入颗粒物测定仪有压电晶体差频法、光散射法、 β 射线吸收法等不同原理的。

① 压电晶体差频法颗粒物测定仪的原理是将室内空气吸入测定仪,首先通过预分离器,把大颗粒截留,可吸入颗粒物用静电采样采集在石英谐振器的电极表面上,石英谐振器振荡频率受表面压力影响,谐振器表面颗粒质量增加引起振荡频率改变,测量振荡频率的变化可以计算出谐振器表面上颗粒物质量。这种仪器可以直接测量颗粒物质量浓度,具有灵敏高(检测限约为 $0.01\text{mg}/\text{m}^3$)、响应快、便于携带等特点,使用时应注意,石英谐振器的线性范围是很宽的,但是,当颗粒物堆积过多,上层颗粒物可能不随着振动,造成质量与频率的线性关系偏离,仪器测量线性范围变窄,最大负荷量约为 0.01mg 。累计测量多次,特别是颗粒物浓度高时,要及时清洗谐振器表面。 PM_{10} 预分离器也要经常清洗。此外,湿度高对振荡频率有影响,特别是亲水性的镀铂石英谐振器影响更大,相对湿度大于80%,这种影响更显著。采取加热谐振器的办法克服。测量亲水性颗粒物在高湿度下误差较大。

② 光散射法颗粒物测定仪的原理是将室内空气吸入测定仪,首先通过 PM_{10} 预分离器,把大颗粒截留,可吸入颗粒物进入测量暗室,颗粒物遇光便产生散射现象,在与光线成 90° 角的位置用光电倍增管测量散射光强度,散射光强度与颗粒物量有关系。由于颗粒之间的光学特征不同,这种关系较复杂,仪器读数不是质量浓度。当颗粒间光学特征相似(或以某种颗粒为主),或在某个领域范围使用,可以用实验校准的办法求出散射光强度与颗粒物质量浓度的关系,1CPM相当于 $0.01\text{mg}/\text{m}^3$ 。由于可吸入颗粒物的标准是质量浓度(mg/m^3),它以重量法为基础,基于光散射原理的颗粒物测定仪应该与重量法进行规范化比对,如果这类测定仪不能直接等效重量法,用于执行室内空气质量标准会受到限制。但是,用于评价空气净化器和其他相关产品的测量、比较两处的污染程度、颗粒物浓度的变化还是有效的,因为这种测量是相对测量值。

③ β 射线吸收法颗粒物测定仪的原理是将空气吸入测定仪,首先通过 PM_{10} 预分离器,把大颗粒截留,可吸入颗粒物用专用滤膜采集,将采过样的滤膜和未采样的质地相同的滤膜依次通过 β 射线源,测量 β 射线透过空白滤膜和采样滤膜后的强度,两者之差即为颗粒物对 β 射线的吸收,与颗粒物质量成正比。这类仪器类似光密度计,对滤膜的质量要求很高,颗粒物的性能要相似,仪器显示的是颗粒物质量浓度,检测下限为 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$,不如压电晶体法和光散射法灵敏。常用于固定监测点自动连续监测,用于室内环境尚需进一步比对验证和考察。



思考题

1. 分光光度计单色器由哪两部分组成?它们的作用是什么?
2. 可见光分光光度计的波长范围及对应的颜色是什么?
3. 比色杯使用前为什么要挑选光学特性一致的?它们的透光度误差应该小于多少?
4. 分光光度法测量样品溶液吸光度最佳范围是多少?为什么选在这个范围?
5. 气相色谱仪常用的两种类型色谱柱是什么?各有什么特点?
6. 氢火焰离子化检测器的测量原理是什么?最佳的气体比例是多少?
7. 配合气相色谱法浓缩进样常用加热解吸方法,何谓一次热解吸和二次热解吸?
8. 为什么毛细管柱用分流进样?
9. 光离子化检测器的原理是什么?光离子化检测器有机物测定仪最适合用于哪些场合?
10. 便携式红外线一氧化碳、二氧化碳测定仪的浓度测量范围是多少?

11. 便携式红外线一氧化碳、二氧化碳测定仪测量室内空气时，存在哪些干扰？
12. 测量空气中可吸入颗粒物的便携式仪器中，常见有几种原理？评述各自的特点？

参考文献

- 1 中国预防医学中心卫生研究所. 大气污染监测方法. 北京: 化学工业出版社, 1984
- 2 崔九思. 室内环境检测仪器及应用技术. 北京: 化学工业出版社, 2004
- 3 JJG 178—1996 可见分光光度计检定规程
- 4 JJG 700—1999 气相色谱仪检定规程
- 5 JJG 635—1999 一氧化碳、二氧化碳红外线气体分析器检定规程

第七章

建筑工程室内环境污染检测与控制

第一节 病态建筑物综合征和我国的 建筑工程室内环境污染问题

建筑是城市财富的主要组成部分，是现代社会现代化发展的标志。建筑应当有益于使用者的健康，有益于侵害人类的各种传染病和疾病的防治。但是，现在的城市建筑，不但有相当一部分达不到这个要求，而且有一部分建筑还会危及人的健康，甚至会使在建筑里面工作的人员染上疾病。特别是随着工业化、城市化水平的不断提高，曾在工业发达国家造成严重社会危害的室内空气质量问题在我国也受到越来越普遍的关注。

一、什么是病态建筑物综合征

“病态建筑综合征”（Sick Building Syndrome, SBS）是指发生在生活或工作在病态建筑里面的人员的急性的不舒服感觉等病症，这种病症的出现，同人员滞留在病态建筑里面的时间有关。病态建筑物综合征源自 20 世纪 70 年代，在一些发达国家，某些办公室的工作人员出现了一些非特异症状，这些症状在离开该建筑物之后能得到改善，由于这些症状大都与建筑物或写字楼的室内环境污染有关，世界卫生组织将此种现象称为“不良建筑物综合征”或“建筑物综合征”，到目前为止，医生也查不出究竟是哪一种具体的疾病以及造成病症的原因。这种病症可能仅局限于发生在一栋建筑的一个房间或一个区域，也可能整栋建筑里面都有。根据国际卫生组织估计，在新建和改建的建筑物中，约有 30% 是致病建筑。同时，由于建筑室内环境污染从而引发的“建筑物综合征”是目前国内外比较关心的话题，在世界卫生组织 2002 年公布的《世界卫生报告》中将室内环境污染与高血压、胆固醇过高症、及肥胖症等共同作为人类健康的 10 大威胁，列入人类健康的 10 大杀手黑名单。

二、病态建筑综合征的特征和产生的主要因素

（一）病态建筑综合征的特征

国际上通常所说的“与建筑有关的疾病”（Building Related Illness, BRI）是医生可以查出来的疾病，而且这种病态同建筑内部的污染情况直接有关。它的特征如下。

- ① 建筑内的人员出现的症状有：咳嗽、胸闷、发热、发冷，以及肌肉疼痛等。
- ② 疾病可以明确诊断，而且可以清楚地查出病因。
- ③ 病人离开建筑后，需要一段时间才能康复。

1984 年世界卫生组织委员会的报告指出，世界上大约有 30% 的新建筑和更新改造的建筑会使内部人员发生同“室内空气质量”（Indoor Air Quality, IAQ）有关的病症。

如果员工疑似患有与建筑有关的传染病或疾病，则需要立即到医院。如与建筑有关的气喘，如果不及治疗，可能会对身体产生永久的、不可逆的伤害。根据健康专家们的意见，要注意检查受微生物污染的水体和加湿器，因为他们可能引起与工作有关的哮喘和过敏性肺炎。研究人员还应当调查可能致病的具体毒素，如恶心和头疼提示，一氧化碳可能通过空气管道系统潜入房屋。神秘的瘙痒可能是管道外包层玻璃纤维暴露所引起。严重的咳嗽和喉咙发炎可能是不正确地

使用地毯吸尘器的最终结果。

（二）产生病态建筑综合征的主要因素

- ① 不合适的通风。
- ② 空气和污染物的再循环。
- ③ 室内源化学污染物。
- ④ 室外源化学污染物。
- ⑤ 生物污染物。

三、解决病态建筑综合征问题的方法

1. 除去或限制污染源

当污染已知且能够控制时，这是一种解决室内空气质量的有效办法。具体方法如下。

- ① 定期维护供热、通风和空调系统，即定期清理或更换过滤层。
- ② 更换聚集污水的排水管道和地毯。
- ③ 设置吸烟区。
- ④ 把污染源散发物排到室外。
- ⑤ 把油漆、黏合剂、溶剂和杀虫剂储藏在通风良好的地方，并在通风良好的地方和无人的时候使用这些污染源物品。
- ⑥ 在人员入住之前，有足够时间使新建或改建区的建筑材料废气散发。

2. 增加通风率

增加通风率和空气分布常是降低室内污染程度经济有效的措施。供热、通风和空调系统设计必须满足当地建筑规范通风标准的最低要求。但是，很多系统的运行和维护并不能保证达到设计的通风率。在有严重污染源的场所，可采用局部通风把污染的废气直接排到室外。在厕所、复印间和印刷设备间，局部通风是排除污染物的最有效的措施。

3. 清洁空气

清洁空气是污染源控制和通风的一项辅助措施，有一定的局限性。典型的炉过滤器等微颗粒控制设备，虽然并不昂贵，但却不能有效捕捉微颗粒；高性能的过滤器虽然能捕捉更微小的可吸入颗粒物，但安装和运行费用都比较高。机械过滤器又不能去除气态污染物。有些特定的气态污染物可以用吸附层除去，但是，这些设备很贵，而且需要经常更换吸附材料。总之，空气清洁剂可能是有效的，但使用有局限性。

4. 教育和沟通

从防御和治理室内空气质量管理计划来说，教育和沟通都是重要的措施。当房屋的使用人员、管理人员和维护人员全面沟通，并了解室内空气质量问题的产生原因和后果时，他们就可以更有效地合作去预防问题的发生，或者在问题发生以后，共同去解决。

5. 尽可能采用自然通风

自然通风技术就是古代技术和现有技术的整合。同机械通风相比，在同等室内空气质量的情况下，自然通风不但能减少基建投资和运行费用，而且可降低能耗，减少对环境的污染，有利于使用者的健康和疾病的预防，从而可提高劳动生产率，减少医疗费用。正是由于自然通风有这么好处，自然通风建筑在欧洲和美国越来越普遍，自然通风技术日益受到“绿色建筑”或“可持续建筑”界的重视，正在研究解决诸如室外空气通风率的可靠性，室外空气进入室内后的分布，室内空气流动和质量分析，自然通风建筑湿气的控制，室内增压，以及室外污染空气进入等问题。

第二节 《民用建筑工程室内环境污染控制规范》的制定及实施要点

一、《民用建筑工程室内环境污染控制规范》的制定

1. 建设部召开建筑工程环境质量研讨会

2001年7月中旬,建设部标准定额司、建筑管理司在大连召开了“建筑工程环境质量研讨会”。国家建筑工程质监中心、中国建研院、中国建材院、国家建材工业标准所、河南省建研院等单位的专家学者,部分中心城市建设行政主管部门,质监站及大型企业代表出席了研讨会。研讨会围绕即将出台的《民用建筑工程室内环境污染控制规范》(简称《规范》)、《关于加强建筑工程环境质量的指导意见》(简称《意见》)和《家庭居室装修管理规定》相关部分进行了研讨。与会代表纷纷反映各地室内环境污染问题投诉多、反映大,已成了“社会关注的热点”。

2. 国家发布实施《民用建筑工程室内环境污染控制规范》

为了解决越来越受到大家的关注民用建筑室内空气质量问题,2001年底国家质量技术监督检验检疫总局发布了由建设部起草的《民用建筑工程室内环境污染控制规范》,为建筑工程室内环境污染控制提供了法律依据,也切实维护了广大消费者的利益。

在拟定《民用建筑工程室内环境污染控制规范》的过程中,专家们进行了大量验证性测试。测试结果表明,在我国目前的发展水平下,工程建设阶段对氡、甲醛、氨、苯及总挥发性有机化合物(TVOC)、游离甲苯二异氰酸酯(TDI,在材料中)等环境污染物进行控制是适宜的,因为这几种污染物对身体危害较大。如甲醛、氨对人有强烈刺激性,对人的肺功能、肝功能及免疫功能等都会产生一定的影响;游离甲苯二异氰酸酯会引起肺损伤;氨、苯及挥发性有机化合物中的多种成分都具有一定的致癌性等。

二、《民用建筑工程室内环境污染控制规范》实施要点

(一) 正确设计——民用建筑工程室内环境污染控制的前提

1. 工程设计环节在民用建筑工程室内环境污染控制中的重要性

《民用建筑工程室内环境污染控制规范》贯彻了工程建设全过程控制的原则。工程设计是工程建设的第一步,在工程设计中较好的贯彻执行规范提出的要求,将有利于其后工作的进行。如果在设计阶段不进行严格控制,后面的很多工作就难以做好。因此,工程设计阶段的工作做得如何,关系到贯彻实施《民用建筑工程室内环境污染控制规范》的全过程。

我国建筑业发展史中,从未把控制民用建筑工程室内环境污染作为工程设计的一项要求。与过去的设计概念相比,规范给设计内容中增加了许多新东西,如设计人员要关注工程地点土壤中氡的浓度情况,如果土壤中氡的浓度高,要采取降氡工程措施;要根据民用建筑的分类,选用符合环境要求的建筑材料和装饰材料,超过环境指标要求的材料不允许使用;工程竣工验收要进行室内现场检测,指标超过标准,不允许投入使用等。所以,对于设计人员来说,提出民用建筑控制环境污染要求是个新问题。

2. 设计应包含工程污染控制内容

设计人员应按照工程地点土壤中氡浓度高低程度,并参照工程的民用建筑类别分级,依据《民用建筑工程室内环境污染控制规范》中的有关规定,进行控制污染的工程设计。

民用建筑工程设计中,涉及室内氡污染控制的设计要求,是按照三方面情况考虑决定的:一是按照该工程地点土壤中氡浓度高低程度,二是参照该工程的民用建筑类别分级,三是依据《民用建筑工程室内环境污染控制规范》中的有关规定。

3. 民用建筑室内装修设计注意事项

作为装修设计人员,在接受室内装修设计任务后,首先要明确将要进行室内装修设计的建筑物属于什么类型,因为,Ⅰ类民用建筑和Ⅱ类民用建筑各有不同的要求。

作为装修设计人员,在开始设计前,还要熟悉将要进行室内装修设计的建筑物的既有状况,特别是对已使用过的建筑物。它的通风情况如何?现有的室内环境污染状况如何(哪怕是直观感觉)?有无必要对现有情况进行测试?在了解情况的基础上,考虑如何着手工作,以便在新装修中去除原有污染,并避免新的污染。

通风是消除室内环境污染的有效方法,因此,装修设计中,一定要按照建筑设计通风的规范要求。特别是在大开间改为小开间的装修设计中,对小开间的通风状况要进行重新计算,凡达不到建筑设计通风要求的,应采取必要措施,保证小开间的通风需要。

选用既适合于工程需要又符合有关要求的建筑材料和装修材料,是工程设计的任务之一。选

材也是室内装修设计控制室内环境污染的中心环节。在明确了建筑物的类别后，应根据建筑物的类别要求进行选材。无论是无机建筑材料和装修材料，还是板材、涂料等，都要按照《民用建筑工程室内环境污染控制规范》中对该种材料的限值要求，在设计文件中注明其级别和性能指标，以便工程施工时施工单位遵照执行。要注意，只有Ⅱ类民用建筑才允许混合使用无机的A类装修材料和B类装修材料，但要控制使用B类装修材料的数量，具体数量要通过计算确定。《民用建筑工程室内环境污染控制规范》中对有机材料，或Ⅰ类民用建筑的装修，均不允许混合使用不同级别的材料。

（二）合理施工——民用建筑工程室内环境污染控制的条件

1. 关于工程施工“一般规定”的5项内容

（1）第一项 第5.1.1条规定：施工单位应按设计要求及本规范的有关规定，对所有建筑材料和装修材料进行进场检验。本条规定是保证施工质量的习惯做法。为保证工程质量，我国《建设工程质量管理条例》规定，建筑材料进场必须进行验收，按照工程设计要求对建筑材料的性能指标要求进行对照。本规范发布执行前，以往的建筑材料和装修材料性能指标中没有环境性能指标要求，因此，在进行材料性能指标验收时，也就没有进行环境性能指标验收的要求。现在，《民用建筑工程室内环境污染控制规范》国家标准已经发布时，环境性能指标已经成为建筑材料和装修材料性能指标的一部分，因此，当对建筑材料和装修材料进行进场验收时，要注意验收其环境性能指标，看是否符合设计要求。

（2）第二项 第5.1.2条规定：当建筑材料和装修材料进行检验，发现不符合设计要求及本规范的有关规定时，严禁使用。本条规定是强制性的，作为施工单位，理应做到。当然，如果进场建筑材料和装修材料的环境性能指标比设计要求的还要好，建设单位、设计单位均认为合适，自然可以使用。

（3）第三项 第5.1.3条规定：施工单位应按设计要求及本规范的有关规定进行施工，不得擅自更改设计文件要求。当需要更改时，应经原设计单位同意。民用建筑工程室内环境污染控制的首要环节是工程设计，工程设计文件是该工程设计要求的集中体现，也是工程室内环境污染控制措施的全面体现，它综合了对建筑物的多方面要求。因此，不按设计要求及本规范的有关规定进行施工或擅自更改设计，都会造成难以挽回的不良后果。按照设计要求及本规范的有关规定进行施工，是施工单位应当做到的。当然，如果施工中发现有问题，施工单位应及时与设计单位取得联系，根据具体情况，并经原设计单位同意，更改设计。切不可擅自更改设计文件要求，随意施工。

（4）第四项 第5.1.4条规定：民用建筑工程室内装修，当多次重复使用同一设计时，宜先做样板间，并对其室内环境污染物浓度进行检测。这一条首先是对施工的规定，同时也是对设计的规定。

（5）第五项 第5.1.5条规定：样板间室内环境污染物浓度的检测方法，应符合本规范第6章的有关规定。当检测结果不符合本规范的规定时，应查找原因并采取相应措施进行处理。本条意思是说，样板间室内环境污染物浓度的检测方法与工程验收时室内环境污染物浓度检测方法一样。自然，如果检测结果不符合本规范的规定，应查找原因并采取相应措施进行处理，这正是制作样板间的主要目的。工程实践中，不乏这种情况，即制作样板间是一回事，正式装修又是一回事。这就失去了制作样板间的意义，样板间的测试结果也不能代表工程正式装修后的情况。

2. 防止化学污染施工要求

（1）第5.3.4条规定 民用建筑工程室内装修施工时，不应使用苯、二甲苯和汽油进行除油和清除旧油漆作业。本条是《民用建筑工程室内环境污染控制规范》中对于施工过程本身的安全（现场人员及工程环境）提出要求的三项条款之一。

（2）第5.3.7条规定 采暖地区的民用建筑工程，室内装修施工不宜在采暖期内进行。从民用建筑工程室内环境污染控制的角度来，建筑装修所使用的建筑材料和装修材料，除无机材料外，板材、涂料、胶黏剂等挥发污染物均随时间变化。一般开始时挥发较多，以后逐渐减少，这一过程可能要拖一段时间，从几天到几个月，甚至几年。选用环境性能较好的材料，过程会快一些；材质不好，过程就可能拖得很长。即使是好材料，装修施工后，也应当留出一段时间，打开

门窗通风换气，放散挥发的有毒有害物质，然后入住或做其他使用。如果室内装修施工在采暖期内进行，装修施工后，经常打开门窗通风换气会发生困难（室内温度过低不仅会冻坏室内设备，也会影响涂装表面质量），不利于消除污染。为了避免发生这种情况，因此建议，室内装修施工不宜在采暖期内进行。

（3）第 5.3.8 条规定 民用建筑工程室内装修中，进行饰面人造木板拼接施工时，除芯板为 E₁ 类外，应对其断面及无饰面部位进行密封处理。本条规定有两层含义：①饰面人造木板的无饰面部位散发甲醛的量要比饰面部位高（这是不言而喻的），因此，在施工中，应对其无饰面部位进行密封，以减少甲醛散发。②进行饰面人造木板拼接施工时，除芯板为 E₁ 类外，应对其断面进行密封处理。人造木板的端（断）面是释放甲醛的主要部位。有专家专门为此进行过刨花板研究测试，研究结果表明，端面散发甲醛的能力起码是其平面的 2 倍。因此，对饰面人造木板的断面部位进行密封处理，将可以有效减少散发甲醛的数量。

（三）材料选择——民用建筑工程室内环境污染控制的基础

关于“材料进场检验”规范中的 6 项内容

（1）第一项 第 5.2.1 条规定：民用建筑工程中所采用的无机非金属建筑材料和装修材料必须有放射性指标检测报告，并应符合设计要求和本规范的规定。本条要求民用建筑工程中所采用的无机非金属建筑材料和装修材料，必须有放射性指标检测报告，而不仅仅是产品合格证书。这是因为，《民用建筑工程室内环境污染控制规范》国家标准属于新事物，它对建筑材料和装修材料的性能提出了许多新的要求，一开始，执行会有一定的难度。

（2）第二项 第 5.2.2 条规定：民用建筑工程室内饰面采用的天然花岗岩石材，当总面积大于 200m² 时，应对不同产品分别进行放射性指标的复验。

（3）第三项 第 5.2.3 条规定：民用建筑工程室内装修中所采用的人造木板及饰面人造木板，必须有游离甲醛含量或游离甲醛释放量检测报告，并应符合设计要求和本规范的规定。

（4）第四项 第 5.2.4 条规定：民用建筑工程室内装修中采用的某一种人造木板或饰面人造木板面积大于 500m² 时，应对不同产品分别进行游离甲醛含量或游离甲醛释放量的复验。

（5）第五项 第 5.2.5 条规定：民用建筑工程室内装修中所采用的水性涂料、水性胶黏剂、水性处理剂必须有总挥发性有机化合物（TVOC）和游离甲醛含量检测报告；溶剂型涂料、溶剂型胶黏剂必须有总挥发性有机化合物（TVOC）、苯、游离甲苯二异氰酸酯（TDI）（聚氨酯类）含量检测报告，并应符合设计要求和本规范的规定。

（6）第六项 第 5.2.6 条规定：建筑材料和装修材料的检测项目不全或对检测结果有疑问时，必须将材料送有资格的检测机构进行检验，检验合格后方可使用。本条规定是对工程实践中可能经常发生的一种情况（发生疑问、争议）的处理方法。工程实践中，建设单位、施工单位、材料生产厂家之间就材料的某些事情发生疑问或争议是常有的事，这种情况发生后，往往单凭材料出厂时的检测报告已无法解决问题，只能求助于有检测资格的检测机构进行检验，并按照检验结果说话。

民用建筑工程主要控制的建筑和装饰材料有害物质指标限量见附录二。

表 7-1 民用建筑工程室内环境污染物浓度限量

污 染 物	I 类民用建筑工程	II 类民用建筑工程
氡	≤200	≤400
游离甲醛	≤0.08	≤0.12
苯	≤0.09	≤0.09
氨	≤0.2	≤0.5
TVOC	≤0.5	≤0.6

注：表中污染物浓度限值，除氨外均应以同步测定的室外空气相应值为空白值。

表 7-2 《民用建筑工程室内污染控制规范》要点与《室内空气质量标准》比较				
标 准 号		GB 50325—2001		GB/T 18883—2002
标准名称		民用建筑工程室内污染控制规范		室内空气质量标准
标准性质		强制性标准		推荐标准
发布日期		2001-11-26		2002-11-19
实施日期		2002-01-01		2003-03-01
发布单位		中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 中华人民共和国建设部		国家质量监督检验检疫总局 卫生部、国家环境保护总局
适用对象		民用建筑工程		住宅和办公建筑物
侧重点		工程验收、明确开发方、装饰装修方的责任		从保护人体健康的要求出发,将影响健康的物理参数和主要污染物全部纳入检测范围
标准内容		对建筑材料和装修材料的选择、勘察、设计、施工、验收等的工作任务及工程检测提出了具体的技术要求		对涉及人体健康的物理、化学、生物和放射性参数共 19 项指标制定了标准值和配套的检验方法
室内空气检测项目		甲醛、氨、氡、苯、TVOC		物理参数 4 个、化学参数 13 个、生物参数 1 个、放射性参数 1 个
各参数限量值	污染物	I 类	II 类	
	氡(Bq/m ³)	≤200	≤400	≤400(年平均值)
	游离甲醛(mg/m ³)	≤0.08	≤0.12	≤0.10(1h 均值)
	苯(mg/m ³)	≤0.09	≤0.09	≤0.11(1h 均值)
	氨(mg/m ³)	≤0.2	≤0.5	≤0.2(1h 均值)
	TVOC(mg/m ³)	≤0.5	≤0.6	≤0.6(8h 均值)
抽检数量		抽检数量不得少于 5%,不得少于 3 间		无规定
检测点的设置		房间使用面积小于 50m ² 设 1 个点 使用面积 50~100m ² 设 2 个点 使用面积大于 100m ² 设 3~5 个点		小于 50m ² 的房间设 1~3 个点 50~100m ² 设 3~5 个点 100m ² 以上至少设 5 个点
采样时间		应在工程完工至少 7 天以后,工程交付使用前进行。对采用集中空调的民用建筑工程,应在空调正常运转的条件下进行。对采用自然通风的民用建筑工程甲醛、苯、氨、TVOC 的采样应在对外门窗关闭 1h 后进行;氡的检测应在对外门窗关闭 24h 后进行		筛选法采样,采样前关闭门窗 12h,采样时关闭门窗,至少采样 45min
合格评定		五个参数全部检测合格时,可判定该工程室内环境质量合格。当有一项不合格时,应查找原因,采取措施,进行再次检测,再次检测时,抽检数量加倍,五个参数全部检测合格时,可判定该工程室内环境质量合格		测试结果以平均值表示,化学性、生物性和放射性指标平均值符合标准值要求时,为符合本标准。有一项不符合即为不符合。可先做筛选采样检验,若检验结果符合标准值即为符合本标准,否则必须按年平均、日平均、8h 平均值的要求,用累积采样检验结果评价
空白检验		同时做室外空白,最后检测结果是室内浓度减去室外空白		在一批现场采样中,留两个采样管不采样,作为采样过程中的空白检验
TVOC 的定义		在指定的实验条件下,所测得材料或空气中挥发性有机化合物的总量。将甲醛、苯、甲苯、对(间)二甲苯、邻二甲苯、苯乙烯、乙苯、乙酸丁酯、十一烷作为应识别组分,其他未识别组分均以甲苯计		利用 Tenax GC 或 Tenax TA 采样,非极性色谱柱(极性指数小于 10)进行分析,保留时间在正己烷和正十六烷之间的挥发性有机化合物

（四）竣工验收——民用建筑工程室内环境污染控制的保证

工程竣工验收是《建设工程质量管理条例》的一项重要要求，是保证工程质量的重要一环，也是保证《民用建筑工程室内环境污染控制规范》得以贯彻的最后把关。因此，做好工程竣工验收中的室内环境污染控制工作是建设单位、施工单位、监理单位的共同责任。

国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》关于工程竣工验收做了 20 条规定，内容包括工程竣工验收的具体标准、检测方法、取样方法、现场环境要求，以及验收不合格的判定和处理等。具体内容如下。

（1）第 6.0.1 条规定 民用建筑工程及室内装修工程的室内环境质量验收，应在工程完工至少 7 天以后、工程交付使用前进行。因为，使用大量人造木板、涂料、胶黏剂等材料装修后的房间，各种挥发出来的污染物此时正是浓度最高的时候（前面的模拟测试研究已有大量的数据可以说明这一点）。如果此时进行验收，室内环境污染控制指标很难达到，况且，此时的室内环境污染状况正在迅速改变，一般 7 天以后将降低到稳定状态，而只有降低到稳定状态以后的室内环境污染状况，才是工程交付使用后的实际情况，因此，规范规定，验收在工程完工至少 7 天以后、工程交付使用前进行是适宜的。从保证涂料施工质量的角度看，涂料的保养期（成膜期）一般为 7 天左右，因此，总要等到涂料的保养期（成膜期）过后再行验收较为合适。当然，如果使用的涂料等材料环境品质不好，就是另一回事。

（2）第 6.0.4 条规定 民用建筑工程验收时，必须进行室内环境污染浓度检测。检测结果应符合表 7-1 的规定。

本条是《民用建筑工程室内环境污染控制规范》的核心所在，是民用建筑工程室内环境污染控制的最终目标，也是工程竣工验收的基本标准。

三、《民用建筑工程室内污染控制规范》要点与《室内空气质量标准》的比较

《民用建筑工程室内污染控制规范》要点与《室内空气质量标准》的比较见表 7-2。

第三节 绿色建筑的发展和室内环境控制要求

一、“绿色建筑”的定义

回顾人类建筑的发展史，从新石器时代直到工业革命前夕，尽管出现过许多著名的建筑，但其本质上还属于人类遮风避雨和御寒的掩蔽所。那时除了人们为御寒、烹饪和照明消耗少量的天然能源之外，基本上是不耗能的。天然能源再生的速度远远高于人类消耗的速度。工业革命之后，由于有了动力机械和电力，实现了规模生产，使大量新材料、新设备源源不断地进入建筑业。锅炉、电气照明、电梯、空调等标志现代文明的设施使西方国家富裕起来的人们有条件去追求建筑的舒适性，进入所谓“舒适建筑”阶段。

到 20 世纪中，都市里大量兴建高层和超高层建筑，出现了全封闭、完全靠空调和人工照明来维持室内环境而与自然界隔绝的人造生物圈。人类与自然界之间的和谐被打破了。人类由于掌握了现代技术，有恃无恐地试图征服自然、扭转乾坤。而现代技术是建立在大量消耗矿物燃料的基础之上的。特别是发生在 20 世纪 70 年代的石油危机，使得发达国家不得不以牺牲生活质量、降低生活水准为代价，节制使用能源。由此带来的直接影响是建筑室内空气品质的劣化，员工工作效率的降低和各种“现代病”（如建筑病综合征 SBS，大楼并发病 BRI 和多种化学物过敏症等）的出现。于是，室内空气品质成为学者们研究的热点。

进入 20 世纪 90 年代，人们发现，酸雨的出现频率和覆盖范围在增加，地球臭氧层空洞在不断扩大，全球温暖化进程在加速，异常气候出现的周期在缩短。严酷的现实使人们认识到，工业革命之后短短一二百年间的建筑发展历程，实际上是人类在以不可再生的能源作为武器试图征服大自然的过程。其结果是人与自然两败俱伤。对于人类来说，自然界所给予的报复和惩罚是毁灭性的。于是，学者们提出“绿色建筑”（或曰“生态建筑”、“可持续建筑”）的概念。“绿色建筑”概念的提出，说明人类的建设活动进入理性阶段，从“人定胜天”、“征服自然”回归到“天人合一”与自然和谐相处。

绿色建筑就是“资源有效利用（Resource Efficient Buildings）”的建筑。有人把绿色建筑归结为具备 4R 的建筑。即“Reduce”，减少建筑材料、各种资源和不可再生能源的使用；“Renewable”，利用可再生能源和材料；“Recycle”，利用回收材料和“中水”，设置废弃物回收系统；“Reuse”，在结构允许的条件下重新使用旧材料。

绿色建筑对室内环境品质给予特别的重视。室内环境品质包括声、光、热等诸多环境物理因素以及室内空气品质中的诸多物理的和化学的因素。绿色建筑的室内环境应与地球生物圈的生态环境协调、融合。“以人为本”的室内环境首先要满足人的生物特性，不是以影响居住者的健康和降低居住者的工作效率为代价。因此，绿色建筑是资源和能源有效利用、保护环境、亲和自然、舒适、健康、安全的建筑。

二、《绿色建筑评价标准》（GB/T 50378—2006）

为了更好地贯彻执行节约资源和保护环境的国家技术经济政策，推进可持续发展，规范绿色建筑的评价，国家建设部和质量监督检验检疫总局联合发布了《绿色建筑评价标准》（GB/T 50378—2006），用于评价住宅建筑和公共建筑中的办公建筑、商场建筑和旅馆建筑。

该标准规定评价绿色建筑时，应统筹考虑建筑全寿命周期内，节能、节地、节水、节材、保护环境、满足建筑功能之间的辩证关系；应依据因地制宜的原则，结合建筑所在地域的气候、资源、自然环境、经济、文化等特点进行评价。

该标准明确规定：绿色建筑（green building）指在建筑的全寿命周期内，最大限度地节约资源（节能、节地、节水、节材）、保护环境和减少污染，为人们提供健康、适用和高效的使用空间，与自然和谐共生的建筑。

该标准将绿色建筑评价指标体系分为节地与室外环境、节能与能源利用、节水与水资源利用、节材与材料资源利用、室内环境质量和运营管理六类指标。每类指标包括控制项、一般项与优选项。规定绿色建筑应满足住宅建筑或公共建筑中所有控制项的要求，并按满足一般项数和优选项数的程度，划分为三个等级，等级划分按表 7-3、表 7-4 确定。

表 7-3 划分绿色建筑等级的项数要求（住宅建筑）

等 级	一般项数(共 40 项)						优选项数 (共 9 项)
	节地与室外环境 (共 8 项)	节能与 能源利用 (共 6 项)	节水与水 资源利用 (共 6 项)	节材与材料 资源利用 (共 7 项)	室内环 境质量 (共 6 项)	运营管理 (共 7 项)	
★	4	2	3	3	2	4	—
★★	5	3	4	4	3	5	3
★★★	6	4	5	5	4	6	5

表 7-4 划分绿色建筑等级的项数要求（公共建筑）

等 级	一般项数(共 43 项)						优选项数 (共 14 项)
	节地与室外环境 (共 6 项)	节能与 能源利用 (共 10 项)	节水与水 资源利用 (共 6 项)	节材与材料 资源利用 (共 8 项)	室内环 境质量 (共 6 项)	运营管理 (共 7 项)	
★	3	4	3	5	3	4	—
★★	4	6	4	6	4	5	6
★★★	5	8	5	7	5	6	10

三、《绿色建筑技术导则》中的室内环境问题

推进绿色建筑是发展节能省地型住宅和公共建筑的具体实践。党的十六大报告指出我国要实现“可持续发展能力不断增强，生态环境得到改善，资源利用效率显著提高，促进人与自然的和谐，推动整个社会走上生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路”。发展绿色建筑必须牢固树立和认真落实科学发展观，必须从建筑全寿命周期的角度，全面审视建筑活动对生态环境和住区环境的影响，采取综合措施，实现建筑业的可持续发展（见表 7-5）。

表 7-5 绿色建筑的室内环境质量规划设计技术要点

项 目	分 项 指 标	重 点 应 用 阶 段
室内环境质量	光环境	规划、设计
	热环境	设计、运营管理
	声环境	设计、运营管理
	室内空气品质	设计、运营管理

1. 光环境

① 设计采光性能最佳的建筑朝向，发挥天井、庭院、中庭的采光作用，使天然光线能照亮人员经常停留的室内空间。

② 采用自然光调控设施，如采用反光板、反光镜、集光装置等，改善室内的自然光分布。

③ 办公和居住空间，开窗能有良好的视野。

④ 室内照明尽量利用自然光，如不具备自然采光条件，可利用光导纤维引导照明，以充分利用阳光，减少白天对人工照明的依赖。

⑤ 照明系统采用分区控制、场景设置等技术措施，有效避免过度使用和浪费。

⑥ 分级设计一般照明和局部照明，满足低标准的一般照明与符合工作面照度要求的局部照明相结合。

⑦ 局部照明可调节，以有利使用者的健康和照明节能。

⑧ 采用高效、节能的光源、灯具和电器附件。

2. 热环境

① 优化建筑外围护结构的热工性能，防止因外围护结构内表面温度过高过低、透过玻璃进入室内的太阳辐射热等引起的不舒适感。

② 设置室内温度和湿度调控系统，使室内的热舒适度能得到有效的调控，建筑物内的加湿和除湿系统能得到有效调节。

③ 根据使用要求合理设计温度可调区域的大小，满足不同个体对热舒适性的要求。

3. 声环境

① 采取动静分区的原则进行建筑的平面布置和空间划分，如办公、居住空间不与空调机房、电梯间等设备用房相邻，减少对有安静要求房间的噪声干扰。

② 合理选用建筑围护结构构件，采取有效的隔声、减噪措施，保证室内噪声级和隔声性能符合《民用建筑隔声设计规范》(GBJ 118)的要求。

③ 综合控制机电系统和设备的运行噪声，如选用低噪声设备，在系统、设备、管道(风道)和机房采用有效的减震、减噪、消声措施，控制噪声的产生和传播。

4. 室内空气品质

① 对有自然通风要求的建筑，人员经常停留的工作和居住空间应能自然通风。可结合建筑设计提高自然通风效率，如采用可开启窗扇自然通风、利用穿堂风、竖向拔风作用通风等。

② 合理设置风口位置，有效组织气流，采取有效措施防止串气、泛味，采用全部和局部换气相结合，避免厨房、卫生间、吸烟室等处的受污染空气循环使用。

③ 室内装饰、装修材料对空气质量的影响应符合《民用建筑室内环境污染控制规范》GB 50325—2001 的要求。

④ 使用可改善室内空气质量的新型装饰装修材料。

⑤ 设集中空调的建筑，宜设置室内空气质量监测系统，维护用户的健康和舒适。

⑥ 采取有效措施防止结露和滋生霉菌。



思考题

1. 病态建筑综合征的特征和产生的主要因素是什么?

2. 我国的建筑物室内环境污染问题?
- 3.《民用建筑工程室内环境污染控制规范》的实施要点有哪些?
4. 什么是“绿色建筑”?

参考文献

- 1 金磊. 建筑科学与文化. 北京: 科学技术文献出版社, 1999
- 2 中华人民共和国建设部民用建筑工程室内环境污染控制规范. 北京: 中国计划出版社, 2002
- 3 王喜元. 民用建筑工程室内环境污染控制规范辅导教材. 北京: 中国计划出版社, 2002
- 4 中国室内装饰协会室内环境监测中心、中国标准出版社第二编辑室. 室内环境质量及检测标准编. 北京: 标准出版社

第八章

室内装饰装修污染与控制

进入 21 世纪,中国的经济持续发展,人民生活面貌日新月异,人们越来越关注自己的居住环境。对居住环境的要求,已不满足于传统意义上的遮风挡雨、避暑防寒,代之以现代个性观念的舒适、审美、环保、个性化。新楼落成,人们普遍要装修,而且装修率与装修档次逐年提升。目前,全国新建住房装修率已达 98%,每年新装修房屋超过九千万户,至于二手房装修已达 100%。到 2005 年全国室内装饰工程市场需求量达到 6000 亿元,所带动的装饰材料和用品也将超过 4000 亿元。

与此同时,由于建筑、装饰装修、家具和现代家电与办公器材造成的室内环境污染,已成为影响人们健康的一大杀手。据北京市有关部门最近一次统计。装饰装修造成的室内环境污染已成为人们的热点投诉问题之一。由于装饰材料和家具涂料有害物质的释放而引起的中毒现象越来越普遍。由此而引发民事纠纷案件也越来越多,室内环境污染的问题已不简单表现为一个家居装修的市场问题,而是一个直接关系到人民生命健康的大问题。事关人民生活质量“两个文明”建设的国计民生的政治问题、社会问题。

第一节 装饰装修污染是我国室内环境污染的主要问题

一、室内装饰装修引发的室内环境污染

在装修过程中,由装饰材料本身散发的,在施工过程中使用的各种黏合剂、油漆、涂料等散发的以及竣工后继续挥发的各种有毒、有害气体造成的室内空气污染统称为室内空气污染。这些主要气体是甲醛、苯、甲苯、二甲苯、挥发性有机化合物和氡等。

1. 甲醛污染

甲醛对人体健康的影响主要表现为嗅觉异常,刺激过敏,肺功能、肝功能及免疫功能异常,临床表现为个体差异性很大(过敏和抗甲醛型)。国际癌症研究机构(IARC)于 2004 年 6 月在其 153 号出版物中,将甲醛上升为第 1 类对人致癌物质。2005 年 1 月 31 日,美国健康和公共事业部及公共卫生局发布的致癌物质的报告中,也将甲醛列入在内。

室内空气中甲醛的主要来源是由建筑装饰人造板——胶合板、纤维板、刨花板、细木工板,胶黏剂(107 胶、酚醛胶、脲醛胶、三聚氰胺胶)、木地板以及家具中挥发出来的。

2. 苯污染

1993 年世界卫生组织确定苯为致癌物。苯对人的健康主要表现在血液毒性、遗传毒性和致癌性三个方面。空气中苯的含量超标、人易患白血病。苯存在于各种各样建筑材料的有机溶剂中。各种油漆、添加剂、稀释剂,防水材料添加剂中也都有苯的存在。

3. 甲苯、二甲苯污染

甲苯、二甲苯常被用作建筑装饰材料,人造板家具的溶剂和黏合剂、新装修的房间能测出高含量的甲苯、二甲苯。

4. 挥发性有机物污染

主要包括卤化物溶剂、芳香烃化合物等，在室温下能产生蒸气，它们存在于建筑涂料、墙面装饰材料、地面覆盖材料以及胶黏剂中，在居室装修过程中大量挥发，在使用过程中缓缓释放，甲苯、二甲苯芳香烃化合物，已被现代医学确认为对人体有害，并能诱发癌症的物质。

新装修房间室内环境中的挥发性有机化合物主要来自于装修使用的油漆、涂料、胶黏剂、防水材料等材料。

5. 氡污染

氡(Rn)原子系数86，为天然放射性元素。广泛存在于自然界中，如土壤、硅酸盐、花岗石、大理石等。氡可通过地层断裂带沿着地的裂缝扩散到室内，从北京地区的地质断裂带上检测表明，三层以下的住房室内氡含量较高。花岗石、砖砂、水泥及石膏之类，特别是放射性元素含量较高的天然石材易释放出氡。

氡及氡子体在衰变过程中放射出高能量的 α 粒子，一旦氡及其衰变子体被人体吸收，便会沉积在气管、支气管等部位，不断地发射 α 粒子，这些高能量的粒子会破坏和杀死肺细胞，被杀死的肺细胞通过人体正常的新陈代谢可得到补充，但被杀伤的肺细胞则会发生变异，从而导致肺癌。

二、我国各地新装修家庭室内环境污染情况

随着人们居住条件的改善，新房进行室内装修越来越普遍，而且因装修规模的扩大，由此带来的室内环境污染问题也越来越突出，引起了人们广泛的关注。中国室内装饰协会室内环境监测工作委员会调查显示：目前，我国新装的房屋室内环境有害物质浓度普遍超标，以甲醛污染为例。

① 北京。中国室内装饰协会室内环境监测工作委员会2004年检测的千户新装修家庭中，甲醛超标的占60%，甲醛浓度平均超过国家标准4倍。

② 青岛。青岛市产品质量监督检验所对85处住房进行空气质量检测，结果有70%的房子空气质量不合格，主要是甲醛超标引起空气污染。

③ 南京。南京市室内环境监测中心对365户家庭室内空气所作的抽样监测显示，南京近2/3居民家中空气环境存在污染问题，以甲醛和苯为最主要的污染源，实测居室空气中甲醛的7.5倍。

④ 银川。银川市环境监测中心站在对市区174套住宅室内环境空气进行检测中发现，有60%住宅的甲醛超标，特别是新装修房屋内空气甲醛污染严重。

⑤ 重庆。重庆市环保部门了解到，近几年，重庆市首次大规模对室内空气质量进行了调查、监测，发现全市60%的新房甲醛超标，不宜立即居住。

⑥ 深圳。深圳市计量质量检测研究院2004年1~7月份，共对全市400多套房子进行了室内环境检测。检测结果表明，400多套房子中，90%甲醛超标。

第二节 装饰装修造成的室内环境污染的预防和控制

一、控制装饰装修污染第一步——合理设计

2005年，家住上海的朱小姐遇到了一件烦心事，被媒体称之为：满屋“绿色标签”难换绿色居室。朱小姐为了家人的身体健康，装修一个没有污染的健康居室，在装修中所用的所有装饰装修材料都是自己亲自购买的，且都是符合国家装饰装修材料有害物质限量标准的材料。在朱小姐的新居里的所有材料都贴满了大大小小的“绿色标签”。满以为刚刚结束的装修百分之百是个“绿色合格产品”，可一份室内环境检测部门的室内空气检测报告却将这份自信吹得一千二净：经过按照国家室内环境污染控制标准进行的室内环境有害物质检测，新装修的房间空气中甲醛超标6~7倍，苯超标3倍多。身为一名普通消费者，朱小姐有些不明白，为什么一张张价格不菲的“绿色标签”换来的还是“污染”二字？

实际上，有与朱小姐类似遭遇的消费者还有很多。为什么很多消费者装修全是选的环保材料，装修以后室内空气还是有污染？这里有一个要合理选择装修的设计方案的问题。当然这里所说的设计方案不是具体的装饰公司的设计师的设计，指的是消费者在对房间整体的结构材料和布

局的设计。如地面铺什么材料,墙面是刷漆还是贴壁纸,家具体积的大小和选用材料等。

在我们对装修污染的概念有了较明晰的认识后,控制装饰装修造成的室内环境污染,需要完成的第一件工作即是在进行装修设计时就树立室内环境意识。

(一) 家庭装修的环保设计

应该包括以下几个方面的内容。

① 家庭装修应按照简捷、实用的原则进行设计。不应该设计一些华而不实,既浪费资源,又影响日常生活舒适程度的项目。

② 在装修设计时,应充分利用最新的科技成果,降低能源的消耗量。家庭装修设计应该是节能型设计,要尽可能的选用节能型材料,如节能型门窗、节水型坐便器、节能型灯具,要尽量利用自然光进行室内采光;利用装饰提高室内空气对流速度;利用绿色植物、装修装饰造景提高室内空气质量和干湿度等,都会降低装修后的能源消耗量。

③ 在装修设计时,应考虑到资源的综合利用问题。如把水的二次利用固定化、专业化,设计出能够二次利用的设备、设施;要设计出分类回收各种废弃物的存储地点,如回收废旧电池、回收废旧金属、回收废纸等器具的设计、制作;在照明控制、家电控制上,也要便于居住者控制,能够做到随手关灯、合理使用家用电器等。

④ 在装修选材方面,应尽量选用对资源依赖性小的材料。应选用资源利用率高的材料,如用复合木地板代替实木地板;选用可再生利用的材料,如玻璃、铁艺件、铝扣板等;要选用低资源消耗的复合型材料,如塑料管材、密度板等,尽量避免使用资源高消耗的原木、石材等。

⑤ 在装修选材方面,应严格选用环保安全型材料。应以国家环保无毒认证、环境标志产品认证和 ISO 14000 认证为选材依据。在无认证的材料中,选用不含甲醛的胶黏剂,不含苯的稀料,不含纤维的石膏板材,不含甲醛的大芯板、贴面板等,都可以提高装修后的室内空气质量水平。

⑥ 抓好施工现场的资源控制与管理。要制定切实可行的措施,降低水、电的消耗,避免浪费,要及时回收一切可以回收的物资,废旧的钉子、用过的刷子、散乱的纸张、木型材的料头、旧包装的箱具等,都应该由施工操作及时回收、统一收集。

⑦ 加强施工现场管理,降低施工中粉尘、噪声、废气、废水对环境的污染和破坏;做好施工人员生活垃圾、工程垃圾的及时、科学的消纳工作。

(二) 装饰装修工程设计方面控制污染的要点

在确定家庭装修方案时,为了控制室内环境污染,防止由于不同材料和家具等室内装饰装修材料有害物质的叠加造成的污染,消费者在进行装修方案的设计时要注意空间承载量、材料的使用量、室内新风量和留好提前量四个方面。

(1) 合理的计算房屋空间承载量 由于目前市场上的各种装饰材料都会释放出一些有害气体,即使是符合国家室内装饰装修材料有害物质限量标准的材料,在一定的室内空间中也会造成室内空气中有害物质超标的情况。

(2) 搭配各种装饰材料的使用量 地面材料最好不要使用单一的材料,因为地面材料在室内装饰材料中使用比例比较大,如果选择单一材料会造成室内空气中某种有害物质超标。

(3) 保证室内有一定的新风量 按照《室内空气质量标准》室内新风量应该保证在每人每小时不少于 30m^3 ,如厨房、卫生间的通风,不要人为地阻挡室内的通风,有条件的家庭可以安装室内通风机或有通风功能的空调器,一些通风状况不好的住宅楼更要注意。

(4) 为室内购买家具和其他装饰用品的污染留好提前量 因为室内空气污染是各种污染物质在室内空气中累加的,如果再购买家具和其他装饰用品,这些物品中也会释放有害气体,这样,就会造成室内污染物质超标。

二、控制装饰装修污染的第二步——注意施工工艺

在室内装修中,要注意选择符合室内环境要求不会造成室内环境污染的施工工艺,这也是防止造成室内环境污染的一个重要方面。室内环境检测中心近几年检测发现,由于施工工艺不合理造成的室内环境污染问题也比较突出。目前在装饰装修工程中问题比较大的工艺问题主要有两个方面。

(1) 地板铺装方面的问题 实木地板和复合地板下面铺装衬板是一种传统施工工艺,但是现

在由于采用这个工艺造成室内环境污染的情况十分普遍，原因主要是铺装在地面下面的大芯板和其他人造板都含有甲醛，无法进行封闭处理和通风处理，而且使用面积比较大，另外有的施工人员采用低档材料，更加加剧了室内有害物质的含量，造成了不易清除的室内甲醛污染。

(2) 墙面涂饰方面的问题 按照国家规范要求，进行墙面涂饰工程时，要进行基层处理，涂刷界面剂，以防止墙面脱皮或者裂缝，可是一些施工人员采用涂刷清漆进行基层处理的工艺，而且大多选用了低档清漆，在涂刷时又加入了大量的稀释剂，无意中造成了室内严重的苯污染，由于被封闭在腻子与墙漆内，所以会很长时间在室内挥发，不易清除。

三、控制室内装饰装修污染第三步——材料选择

1. 国家关于室内装饰装修材料有害物质限量标准

为了防止有毒的建筑材料对人体健康的损害，国家质检总局、国家标准委负责修订了《室内装饰装修材料有害物质限量》标准。这 10 项标准已于 2002 年 7 月 1 日正式实施（见附录三）。

2. 重点选择好三类室内装饰装修材料

装修材料五花八门，种类繁多，令人眼花缭乱，消费者感觉难以选择，国家已经出台了十种室内装饰装修材料有害物质控制标准，为保护消费者的利益、规范室内装饰材料市场提供了依据。大家在选择时一定要严格按照国家标准进行选择。同时重点应该注意以下三类装饰材料的选择。

(1) 第一类是含有放射性污染物质的石材瓷砖类材料 这类材料要注意它们的放射性污染，特别是一些花岗岩等天然石材，放射性物质含量比较高，应该严格按照国家规定标准进行选择，如果经销商没有检测报告或者消费者自己不放心的，也可以拿一块样品到室内环境检测单位进行放射性检测。

(2) 第二类是含有苯、甲苯、二甲苯和挥发性有机化合物污染的胶漆涂料类 比如家具漆、墙面漆和装修中使用的各种黏合剂等。这类材料是造成室内空气中苯污染的主要来源，市场上问题比较多，广大消费者不易选择，购买时千万注意不要买到假冒产品。消费者要注意选择正规厂家生产的产品，最好到厂家设立的专卖店去购买或者选择不含苯的水性材料。

(3) 第三类是人造板材类，比如各种复合地板、大芯板、贴面板以及密度板等 这是造成室内甲醛污染的主要来源，而且消费者不好把握。大家在选择时要注意品牌的选择和外在选择外，最好在装修前利用甲醛消除剂对板材进行有害物质的消除工作，可以大大降低人造板的甲醛释放量。

3. 选择室内装饰装修材料的常用方法

(1) 望 望即看外观。一看其说明书是否标明了主要成分，其中是否含有毒物质，毒害物质种类和数量；还要看是否有生产厂的商标、生产地址、防伪标志、绿色环保标志，以及有关部门出具的检测报告。二看实物质量。如石材，表面均匀的细料结构的石材具有细腻的质感，则污染性小，粗粒及不等粒结构的石材不仅其外观效果较差，且污染性也大。再如大芯板，如果表面看上去平整、无翘曲、芯条均匀整齐、缝隙小就是质量高、污染小的板材。但有时眼见不一定为实，如前一段时期，一些商家为了推销涂料，将涂料涂于鱼缸内壁，用金鱼游动来证明涂料的无害，其实此举也不可信，因为涂料中的有机物不溶于水，对水中金鱼不存在影响。

(2) 闻 闻有两种含义，一种就是闻气味，另一种就是听声音。闻气味就是闻其是否有刺激性。如选择家具时，打开柜门、拉开抽屉，若闻到有浓烈刺激气味，足以使人流泪，说明甲醛含量已严重超标，不可买；购买涂料时，同样也要闻一下是否有刺激气味。一些商家为了推销涂料，用喝涂料来证明有刺激气味的涂料是“无害”的做法，也不可信。因为涂料的有害物质是在气体挥发后能通过呼吸道进入血液的，进入消化道则难以显现危害性。购买大芯板时，也要认真闻一下，如果大芯板散发出清香的木材气味，说明甲醛释放较少；如果气味刺鼻，说明甲醛释放量较多，最好不要购买。闻的另一个含义，就是听声音。如选择油漆时，将油漆桶提起来，晃一晃，如果有稀里哗啦的声音，说明数量严重不足或黏度过低，有害成分多。正规大厂的环保型油漆真材实料，晃一晃是几乎听不到声音的。还有，大理石、花岗石等天然石材，有害的放射性物质是肉眼看不出来的，但通过声音往往能识别有害放射性物质的多少。敲击声清脆悦耳，证明石材内部均匀且无显微裂隙，所含的镭等有害物质相对就少；敲击声粗哑，说明石材内部存在显微裂隙或细脉或风化导致颗粒间接触变松，石材中的镭在衰变过程中产生的有害物质氡就会快而多地释放，对人体有一定的伤害。

(3) 问 一是要问其产品是否经有关权威机构控制, 是否安全。由于室内装饰材料是造成污染的主要来源, 国家已经颁布了 10 种室内装饰材料有害物质限量材料有害物质限量标准, 并于 2002 年 7 月 1 日起正式实施, 因此购买时要询问是否经过权威机构检测。据统计, 市场上真正的环保材料不足 5%, 有些厂家、商家为了推销产品, 往往找一些毫无资质的行业协会检测, 堂而皇之地出示行业协会的检测证书, 鱼目混珠, 欺骗消费者; 更有甚者是仿制名牌产品或畅销产品, 冒用检测报告和产品说明书, 冠诸自己的产品, 大力推销根本未经检测过的产品。

二要问建材的使用方法。俗话说隔行如隔山, 消费者在购买建材时, 要敢于询问建材如何使用, 哪怕是最简单的问题, 也要敢于开口, 因为即使选择高质、环保建材, 如果使用不当, 也会造成设计和施工工艺的污染, 从而造成不必要的损失。如在实木地板和复合地板下面铺装人造板, 过一段时期就会有引起人造板腐烂、生虫, 造成室内空气污染等问题; 再如油漆的使用, 涂刷的次数和涂刷面积很有讲究, 多刷一次既浪费钱财, 又可能增加了污染度。因此, 在选择时, 对建材的用法应问个清楚。

(4) 切 切就是用手摸。对含有化学成分的建材, 不妨用手感觉一下, 是否有烧灼感, 手摸部位是否有红斑。如果有烧灼感、手摸部位有红斑, 则说明建材中甲醛等有害物质超标; 如果触摸处的皮肤发痒, 则说明建材的有害物质会引起皮肤过敏, 均不宜购买。

(5) 试 就是用简单的试验方法来检验建材的质量好坏和环保性能。如在石材的背面滴上一小滴墨水, 如果墨水很快四处分散浸入, 即表明石材内部颗粒松动或存在缝隙, 质量不好, 所含放射性元素可能较多; 反之, 若墨水滴在原地不动, 说明石材质地好, 所含放射性元素可能较少。购买瓷砖时, 也可试以硬物刮擦瓷砖表面, 若出现刮痕, 则表示施釉不足, 这种瓷砖的表面釉磨光后, 砖面便容易藏污, 较难清理。

四、装修后新房入住要讲究科学

很多消费者在入住新房时存在几大误区: 第一, 新装修的房子竣工后立即入住; 第二, 装修完的房间感觉不到气味就是安全的; 第三, 新装修的房子和新买的家具有气味是正常的; 第四, 只要买了空气净化器, 室内环境污染就能够解决了; 第五, 采用空气清新剂或菠萝皮就可以净化室内有害气体。

新房入住要讲究科学, 应做到以下几点。

(1) 要注意做好室内空气的检测 冬季装修的房间可能装修完感觉气味不大, 这与几方面原因有关: 一是冬季有害气体释放量相应较低; 二是冬季由于呼吸系统的刺激, 人的嗅觉器官相对迟钝。另外还有的室内有害气体如二氧化碳、一氧化碳、苯系物和放射物质是人感觉不到的。所以, 有条件的情况下, 最好进行检测以后再入住。

(2) 装修后的居室不宜立即迁入 应当有一定时间让材料中的有害气体充分散发, 同时保持室内空气流通, 有利于有害气体的排出。冬季气候寒冷, 施工时窗紧闭, 这样极易造成室内空气污染中毒, 所以一定要开窗通气, 保证室内空气的新鲜和流通。同时提醒消费者尽量不要在通风不好的新装修房间里过夜。

(3) 装修后要科学的选购家具 有强烈刺激气味的家具不要买; 人造板制成的家具未做全部封边处理的不要买; 价格比价低, 砍价特别容易的不要买; 不是正规厂家生产或没有出厂检验, 没有合格证的不要买。同时, 新买的家具一定要注意甲醛和苯的释放量, 最好通风一段时间再用, 让家具里的有害气体尽快释放。

(4) 消费者应根据检测后的不同污染物选用不同的空气净化和治理措施 目前市场上有各种空气净化和治理的产品, 有的已经通过室内环境监测中心的检测认证, 消费者可以根据不同情况选用。千万不要选用空气清新剂或菠萝皮来去除有害物质, 这些只能起到遮盖作用, 往往会加重对消费者的伤害。

第三节 绿色装饰装修工程的要点和推广

一、什么是绿色装修

当前, 消费市场上, 绿色消费已成为一种时尚, 许多产品都纷纷冠以“绿色”二字以招徕顾

客。五花八门的绿色食品、绿色药品、绿色材料、绿色住宅等令人真假难辨。绿色装修，作为一种新兴的消费理念，已经和正在为越来越多的消费者们所接受。那么，究竟怎样的装修才算是真正意义上的“绿色装修”？

绿色装修是以人为本，在环保和生态平衡的基础上，追求高品质生存、生活空间的活动。要保证装修过的生活空间不受污染，在使用过程中不对人体和外界造成污染，这里所说的污染是指空气污染、光污染、视觉污染、噪声污染、饮水污染、排放污染等。简言之，绿色装修应符合下列标准：环保、健康、舒适、美化。

1. 室内环境怎样才算“绿色”？

人们期待绿色室内环境，那么，什么才是真正意义上的绿色呢？根据绿色消费的含义，绿色室内环境主要是指无污染、无公害、可持续、有助于消费者健康的室内环境，在室内环境的建筑、设计和装饰中，不仅要满足消费者的生存和审美需求，还要满足消费者的安全和健康需求。

第一，在设计上，力求简洁、实用，尽可能地选用节能型材料，特别是注意室内环境因素，合理搭配装饰材料，充分考虑室内空间的承载量和通风量，提高空气质量。

第二，在工艺上，尽量选用无毒、少毒或无污染、少污染的施工工艺，降低施工中粉尘、噪声、废气、废水对环境的污染和破坏，并重视对垃圾的处置。

第三，在装修材料的选择上，严格选用环保安全型材料，选用不含甲醛的胶黏剂，不含苯的稀料，不含苯的石膏板材，不含甲醛的大芯板、贴面板等，都可以提高装修后的空气质量；要尽量选用资源利用率高的材料，如用复合材料代替实木；选用可再生利用的材料，如玻璃、铁艺件、铝扣板等；选用低资源消耗的复合型材料，如塑料管材、密度板等。

2. 绿色装修的特点

绿色装修是以人为本，在环保和生态平衡的基础上，追求高品质生存、生活空间的活动。要保证装修过的生活空间不受污染，在使用过程中不对人体和外界造成污染，这里所说的污染是指空气污染、光污染、视觉污染、噪声污染、饮水污染、排放污染等。简言之，绿色装修应符合环保、健康的标准。

(1) 环保是第一性的 随着科学技术的发展，人们对于周围边环境的密切关注以及环保意识的提高而产生了一种崭新家装消费活动的理念。在这个理念指导下，环保是第一性的。因为没有环保，人们的健康就没有保障。再豪华美观的居室，如果是一个被污染的环境，那么任何消费者也不会满意的。所以说，在绿色家庭装修的理念下，环保是作为首先要达到的第一标准。

目前，我国已制定了有关家装方面的许多法规、标准。这使得我们装饰市场愈来愈正规、有序。自 2002 年 7 月 1 日起由国家强制执行《室内装饰装修材料有害物质限量标准》，依据本法，自 2002 年 7 月 1 日起，在市场将停止销售不符合该 10 项国家标准的产品。

由国家质量监督检验检疫局、卫生部和国家环保局联合制定并发布的《室内空气质量标准》是我国第一部室内空气质量标准于 2002 年 11 月发布 2003 年 3 月 1 日实施。此外制定的《民用建筑室内环境污染控制规范（GB 50325）》，《理发店、美容店卫生标准》、《工业企业设计卫生标准》等一系相关方面的法规，初步形成了一个较为完整的法律体系，使家装市场上经营者和消费者都能有法可依，有章可序。过去那种因装修而引发的民事纠纷，将会得到控制。

需要指出的是，这是所说的法律、法规所规定的数字、指标，都是装修公司、生产厂家所必须遵循的下限，即最低标准，如这一点还达不到就视为违法或不合格产品。对于厂家和装饰公司不足以达到法规所定的目标为目的，而是应在此基础上，努力做得更好，以保障消费者的安全、健康不受侵害。

综上所述，所谓环保，不是一句空话，它是有法可依、有章可循的，即装饰材料必须符合国家标准，装修后居室经检验必须达到室内空气质量的标准，由此才称得上环保。

(2) 健康的理念 我们这里所说的健康，是指那些可以使人生活在真正健康的环境，而不是那种可能发生疾病的环境。营造健康的生活环境，可以弥补装修过程中诸如涂料、石材、黏合剂等遗留下来的不利于健康的因素。要达到这样的健康环境必须同时符合以下 7 个标准。

① 阳光充足。太阳光可以杀灭空气中有害微生物，提高机体免疫力。为了维护人体健康和正常发育，居室日照时间每天必须保证在 2h 以上。因此居室装修就要尽量使室内外通透，让居住者享受更多的阳光。

② 采光便利。采光是指住宅内能够得到的自然光线，一般窗户的有效面积和房间地面面积之比应大于 1:15。居室的采光与窗户和外门（与阳台相同）的位置和大小，以及房间的朝向、楼层及遮挡情况等因素相关，在居室装修设计与家用设施的布置都应加以考虑。

③ 合适的净高。我国住宅的室内净高大多在 2.6~2.8m 之间，而有些人在装修时将顶棚全部或部分压低 30~40cm，以达到丰富空间造型的目的，这样就减少了室内容积，容易使室内二氧化碳的浓度增加，一般二氧化碳浓度超过空气总量的 0.1%，就会影响人的健康。

④ 能营造微小气候。要使居室卫生保持良好的状况，一般要求冬天室温不低于 12℃，夏天不高于 30℃；室内相对湿度不大于 65%；夏天风速不小于 0.15m/s，冬天不大于 0.3m/s。室内微小气候的舒适度在很大程度上依赖于室内的温、湿度以及空气流动的情况。空调虽然能解决室内的通风问题，并能调节温、湿度、但同时也会带来空调病。自然通风不仅能够生产良好的空气流动效果，而且能降低运行空调所带来的能源消耗，及向外部空间排放氟里昂破坏环境的可能性，还能调节室内温、湿度，从而建立有利于健康的微循环空间。有些人在装修时人为地将自然对流的门洞堵住，切断了自然风的来源；有的将气窗堵上或改为整块玻璃的固定窗，割断了自然通风；更有人将卫生间的门封得严严实实（不做百叶门），又不加强机械换气，使得洗澡用的煤气热水器成为致命“杀手”，这些都是不可取的做法。

⑤ 保持居室的空气清新。装修后要求居室内的空气清新，某些有害气体如二氧化碳、二氧化硫、氨气、甲醛、挥发性苯等不能超过一定的含量。

⑥ 舒适的理念。舒适是人们对居住环境形成的一种主观评价，因其带有很强的主观色彩、因而很难科学界定。如同样是 25℃ 的室温，有人说很舒适，有人却感到有些凉意，还有人感觉热得不舒服。但是，对不舒适的感觉，人们却能获得一致的认同，如室温超过 30℃ 或低于 10℃，人们都会感到不舒服。因此，界定舒适，应找出人们普遍感到不舒适的诸因素。在室内环境中，通常影响人舒适的因素主要有：温热环境、声音与振动环境、光环境等。

⑦ 美化的理念。人的一生有相当一部分时间是在居室中度过的。家庭既是人们休息的地方，也是学习、交往的场所。居室的美化，不仅体现主人的个性、文化素养、人文品位，而且反映整个社会的进步。居室美化作为一种文化现象，直接表现着人们的审美观念和审美情趣，同时反映着社会的、时代的精神风貌。美化理念的艺术实现，体现人文、崇尚品位。因此，正确引导审美情趣，应综合多种效应产生自然熏陶作用：力求造型、材质、色彩的情趣化；力求技术上“淡化装修，强化装饰”，做到“装修三分之一，家具三分之一，艺术三分之一”；力求“自然、清爽、舒适与个性化”的风格。

二、绿色装修的内容

绿色装修是一个完整的过程，包括绿色环保设计、绿色环保施工、绿色饰材使用这三个方面的内容。

1. 绿色环保设计

力求简洁、实用，尽可能地选用节能型材料，特别是注意室内环境因素，合理搭配装饰材料，充分考虑室内空间的承载量和通风量，提高空气质量。人们对居室环境的身心感受主要包括对视觉环境、听觉环境、触觉环境等生理和心理上的感受。在钢筋水泥构建的都市中，人们往往感觉冰冷、机械、缺少人情味。人们渴望温暖，渴望回归自然，渴望自由、舒适、健康的生活。对于居室设计来说，人是服务的主体，这就提出了绿色设计的理念。居室设计是在房型的客观条件下进行装修的全盘谋划，这是实现装修目标的关键一环。在这一阶段将环保、生态要求作为设计考虑的基础，才能保证装修过程和装修结果都实现“绿色环保”。进行绿色环保设计，首先要注意空气流通，尽量使各个角落都能进入新鲜空气，千万不要在门窗附近设置隔断物，以免阻隔空气流通。对于厨房、卫生间等，要设计排风的强制换气。再就是采光、布灯、色彩等等的搭配。最后是家具、装饰品等的组合。精明的设计师还会在最恰当的位置设计“室内庭园”，山水花竹尽显姿色，给人一种轻松和谐的感受，体现情趣和品位，烘托出家庭的亲情氛围。

2. 绿色环保施工

在施工工艺上，尽量选用无毒、少毒，无污染、少污染的施工工艺，降低施工中粉尘、噪声、废气、废水对环境的污染和破坏，并重视对垃圾的处置。

3. 绿色饰材的使用

在装修材料的选择上，严格选用环保安全型材料，选用不含甲醛的黏胶剂，不含苯的稀料，不含苯的石膏板材，不含甲醛的大芯板、贴面板等，都可以提高装修后的空气质量；要尽量选用资源利用率高的材料，如用复合材料代替实木；选用可再生利用的材料，如玻璃、铁艺件、铝扣板等；选用低资源消耗的复合型材料，如塑料管材、密度板等。

绿色饰材指其在生产制造和使用过程中，既不会损害人体健康安全，又不会导致环境污染和生态破坏的健康型、环保型、安全型的室内装饰材料。一般来说，装饰材料中的大部分无机材料是安全 and 无害的，如龙骨及配件、普通型材、地砖、玻璃等传统饰材，而有机材料中部分化学合成物则对人体有一定的危害，它们大多为苯、酚、萘、醛及其衍生物，具有浓重的刺激性气味，可导致各种生理和心理病变。目前市场上不少调节板、刨花板、胶合板及复合地板使用了含有甲醛的胶黏剂；油性多彩涂料中甲苯和二甲苯的含量要占 20%~50%。这些物质会在室内不断挥发，如果空气流通不畅，其浓度就会不断增高，会给人的健康造成严重损害。为此在选择饰材时，最好选择通过 ISO 9000 系列质量体系认证企业生产的饰材产品，这些企业生产较规范，质量有保证，对绿色饰材的开发研制较重视。

除了以上三个方面之外，还要强调绿色环保施工，即在室内装修的过程中，时时牢记现代绿色环保意识，各个工序均考虑环境保护和对人体健康的影响，而不是一味考虑豪华。这样，自己 and 家人的健康才会有很好的保障。



思考题

1. 为什么说室内装饰装修污染问题是我国室内环境污染的主要问题？
2. 怎样预防和控制装饰装修造成的室内环境污染？
3. 什么是绿色装修？
4. 绿色装修的特点包括什么？

参考文献

- 1 宋广生. 绿色装修实用手册. 北京: 中国物资出版社, 2003
- 2 宋广生. 绿色家装全攻略. 北京: 机械工业出版社, 2004
- 3 伊长荣. 家庭装修健康指南. 北京: 人民军医出版社, 2004

第九章

室内装饰装修材料污染与检测

第一节 室内装饰装修材料与室内环境污染

一、造成室内环境污染的主要因素

1. 由于建筑工程使用材料造成的室内环境污染

目前，房地产消费已经成为我国人们消费的热点，当前由于建筑材料对室内环境的污染已直接危害人类健康。确实，不论人处在现代化办公大楼或是在自己装饰一新的居室里，这些材料释放的有害物质成为人们工作、生活中潜在的公害。消费者在购买房子的时候，就带来了室内环境污染问题。目前我国由于建筑物本身产生的污染有如下几种。

(1) 混凝土外加剂中的氨气污染 氨污染是由建筑造成的室内空气污染。写字楼和家庭室内空气氨主要来自北方冬季施工过程中，在混凝土墙体中加入的防冻剂。这些含有大量氨类物质的外加剂在墙体中随着温湿度等环境因素的变化而还原成氨气从墙体中缓慢释放出来，造成室内空气中氨的浓度不断增高。

(2) 建筑材料中的放射性氡污染 主要来自于建筑施工时使用的花岗石、大理石、矿渣砖、炉渣砖、陶瓷建材和水泥。氡是由镭衰变产生的自然界唯一的天然放射性惰性气体。它没有颜色，也没有任何气味。氡原子在空气中的衰变产物被称为氡子体，为金属离子。常温下氡及子体在空气中能形成放射性气溶胶而污染空气。氡的分布很广，每天都在人们的周围，存在于家家户户的房子里。

(3) 其他建筑材料挥发的有毒气体污染 建筑材料里的胶黏剂、防水材料、涂料油漆中经常被使用的溶剂苯可使人感到头昏脑涨、胸闷，甚至流鼻血或引发哮喘，超过一定的浓度也会成为致癌物。随着空调在家庭之中日益普及，导致室内空气不流通，这又使得这些挥发性有毒气体的浓度大大提高，成为看不见的健康杀手。

民用建筑室内环境污染越来越受到国家重视，专家们进行了大量验证性测试。测试结果表明，在我国目前的发展水平下，工程建设阶段对氡、甲醛、氨、苯及总挥发性有机化合物（TVOC）等环境污染物进行控制是适宜的，因为这几种污染物对身体危害较大。如甲醛、氨对人有强烈刺激性，对人的肝、肺功能及免疫功能等都会产生一定的影响；氨、苯及挥发性有机化合物中的多种成分都具有一定的致癌性等。因此，2001年底国家颁布实施了《民用建筑工程室内环境污染控制规范》（简称《规范》）。《规范》适用于民用建筑工程（土建或装修）的室内环境污染控制。在房子建成后未交付给业主使用前必须经过国家有关方面的室内环境质量检测，不但为建筑工程室内环境污染控制提供了法律依据，也切实维护了广大消费者的利益。民用建筑工程控制室内环境污染的不同要求分类及室内环境污染物浓度限量见表 9-1。

2. 由于室内装饰装修造成的室内环境污染

随着人们居住条件的改善，新房进行室内装修越来越普遍，而且装修规模扩大，由此带来的室内环境污染问题也越来越突出，引起了人们广泛的关注。中国室内装饰协会室内环境监测工作

表 9-1 民用建筑工程控制室内环境污染的不同要求分类及室内环境污染物浓度限量

控制污染物	I 类民用建筑工程	II 类民用建筑工程
氡/(Bq/m ³)	≤200	≤400
游离甲醛/(mg/m ³)	≤0.08	≤0.12
苯/(mg/m ³)	≤0.09	≤0.09
氨/(mg/m ³)	≤0.2	≤0.5
TVOC/(mg/m ³)	≤0.5	≤0.6
主要包括工程项目	住宅、医院、老年建筑、幼儿园、学校教室等	办公楼、商店、旅馆、文化娱乐场所、书店、图书馆、展览馆、体育馆、公共交通等候室、餐厅、理发店等

委员会调查显示，目前我国新装修的房屋室内环境有害物质浓度普遍超标。以甲醛污染为例，我国各地新装修家庭室内环境甲醛污染情况如图 9-1 所示。

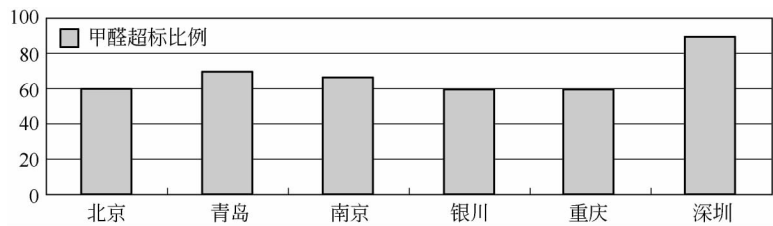


图 9-1 我国各地新装修家庭室内环境甲醛污染情况

多年来，据中国室内装饰协会室内环境监测中心检测数据分析，目前我国城乡居民家庭中的装饰装修污染主要来源有以下三个方面。

- (1) 人造板材料 不符合环保标准的人造装修板材，内含超标的甲醛，如大芯板（细木工板）、胶合板、纤维板、刨花板及用这些板材制作的复合地板、家具等。
- (2) 石材瓷砖类 石材类装修材料如花岗岩、大理石、石膏、瓷砖等中含有一种叫做氡的有害物质。氡是世界卫生组织公布的 19 种环境致癌物之一，它是仅次于吸烟的第二个肺癌致病因。氡的放射性还可引发白血病。近年小儿的白血病发病率增高，与家庭装修有很大关系。
- (3) 油漆、涂料、胶黏剂类 装修中使用的油漆、涂料、防水材料及各种油漆涂料的添加剂、稀释剂中常含有有害物质苯。

3. 由于室内各种家具造成的室内环境污染

近几年，随着人们家庭装饰装修观念的变化和生活水平的提高，人们更换家具的频率也越来越快，与此同时，由于不合格家具造成的室内环境污染问题也越来越突出，很多家庭和写字楼都遇到了家具造成的室内环境污染问题。

中国室内装饰协会室内环境监测中心多年研究发现：家具造成的室内环境污染已经成为继建筑、装饰污染之后的第三大室内环境污染源。

二、室内装饰装修材料与室内环境污染的关系

从以上论述中可以看到，目前我国城市写字楼和家庭室内环境污染的三大来源，除了部分放射性的氡气主要来自于地下土壤外，其他污染主要是由建筑材料和装修材料及家具产生的，主要来源于各种人造木板、涂料、胶黏剂、处理剂等化学建材类建筑材料产品，我们以污染比较普遍的甲醛为例，可以看到室内装饰装修材料在室内环境污染方面的比例。

经过中国室内装饰协会室内环境监测中心的调查分析，室内环境中的甲醛主要来源有以下四个方面。

- ① 来自于用作室内装饰的胶合板、细木工板、中密度纤维板、刨花板和复合地板等人造板材。因为甲醛具有较强的黏合性，还具有加强板材的硬度及防虫、防腐的功能，所以目前生产人

造板使用的胶黏剂是以甲醛为主要成分的脲醛树脂，板材中残留的和未参与反应的甲醛会逐渐向周围环境释放，从而导致室内空气中甲醛含量超标。目前国家已经制定出了严格的控制标准，但是，由于施工的设计不合理，单位面积使用材料比较多，以及市场上还有不符合国家标准的材料等原因，目前这方面原因造成的室内环境甲醛污染占污染比例的 50% 以上。

② 来自于用人造板制造的家具。由于中国城市家庭装修逐渐趋于理性，人们改变了几年前盲目装修的观念，轻装修、重装饰的观念已经被大家接受。人们在进行简单装修后选择比较好的家具，这样使得个别家具生产厂家为了追求利润，使用不合格的板材，以及制造工艺不规范，使家具成了甲醛的“排放站”。

③ 来自于含有甲醛成分的其他各类装饰材料，如白乳胶、泡沫塑料、油漆和涂料等。

④ 来自于室内装饰纺织品，包括床上用品、墙布、墙纸，化纤地毯、窗帘和布艺家具。

另外，室内环境中也有来自室外空气、室内燃烧和吸烟的污染，这部分气体在某些时候可进入室内，也是构成室内甲醛污染的一个来源。

三、国家关于室内装饰装修材料有害物质限量的标准

为落实国务院领导的重要批示，国家质检总局国家标准化管理委员会负责组织制定了《室内装饰装修材料有害物质限量标准》，于 2001 年 12 月发布，2002 年 1 月实施。要求室内装饰装修材料生产企业自 2002 年 1 月 1 日起，生产的产品应执行该 10 项国家标准，自 2002 年 7 月 1 日起，市场上停止销售不符合该 10 项国家标准的产品。

同时，鉴于室内装饰装修材料含有的有害物质超过限量，对人体健康和人身安全造成严重影响。为保障人体健康和人身安全，加强室内装饰装修材料污染的控制，根据《中华人民共和国标准化法》的有关规定，国家的 10 项《室内装饰装修材料有害物质限量》为强制性国家标准。标准主要包括：

① 《室内装饰装修材料 人造板及其制品中甲醛释放限量》（GB 18580—2001）。

② 《室内装饰装修材料 溶剂型木器涂料中有害物质限量》（GB 18581—2001）。

③ 《室内装饰装修材料 内墙涂料中有害物质限量》（GB 18582—2001）。

④ 《室内装饰装修材料 胶黏剂中有害物质限量》（GB 18583—2001）。

⑤ 《室内装饰装修材料 木家具中有害物质限量》（GB 18584—2001）。

⑥ 《室内装饰装修材料 壁纸中有害物质限量》（GB 18585—2001）。

⑦ 《室内装饰装修材料 聚氯乙烯卷材地板中有害物质限量》（GB 18586—2001）。

⑧ 《室内装饰装修材料 地毯、地毯衬垫及地毯用胶黏剂中有害物质释放限量》（GB 18587—2001）。

⑨ 《混凝土外加剂中释放氨限量》（GB 18588—2001）。

⑩ 《建筑材料放射性核素限量》（GB 6566—2001）。

第二节 室内装饰装修材料中主要污染物质检测与控制

一、人造板中污染物质检测与控制

（一）人造板的用途与分类

木材是室内装饰装修工程的必备材料。目前装修工程使用的木材按材质分类可分为：实木板和人造板两大类。目前除了地板和门扇会使用实木板外，一般我们所使用的板材都是人工加工出来的人造木板，简称人造板。人造板是指以木材或其他纤维材料（如甘蔗秆）为原料，经机械加工分离成各种形状的单元材料，再经组合并加入胶黏剂压制而成的室内装饰装修板材。人造板与天然木材相比，不但具有节约和充分利用人类资源的特点，而且具有板材幅面大、变形小、表面平整光滑、无各向异性等优点。因此成为一种被大众普遍认同的好材料。目前市场上常用的人造板材由于其作用和制作方式的不同，主要分为以下几种类型。

1. 细木工板

俗称大芯板。是由上下两层夹板和中间小块木条黏压拼接而成的人造板材。细木工板的中间

是以天然木条黏合而成的芯，两面黏上很薄的木皮，顾名思义称作大芯板，是装修中最主要的材料之一。可以做家具、包木门及门套、做暖气罩、窗帘盒等，其防水防潮性能优于刨花板和中密度板。

2. 胶合板

是将原木经蒸煮软化沿年轮切成大张薄片，通过干燥、整理、涂胶、组坯、热压、锯边而成的人造板。胶合板木片层数应为奇数，一般为3~13层，胶合时应使相邻木片的纤维互相垂直。

3. 刨花板

又称碎料板，是将木材加工剩余物、小径木、木屑等物切削成一定规格的碎片，经过干燥，拌以胶料、硬化剂、防水剂等，在一定温度、压力下压制成的一种人造板。

4. 纤维板

是将树皮、刨花、树枝干、果实等废料，经破碎浸泡、研磨成软木浆，使其植物纤维重新交织，再经湿压成型、干燥处理而成的人造板。

5. 复合木地板

也称强化木地板。市场上一些企业出于不同的目的，往往会给复合木地板起其他一些名字，如超强木地板、钻石型木地板等，但不管其名称多么的复杂、多么不同，这些板材都属于复合地板。

6. 饰面板

全称为装饰单板贴面胶合板，它是将天然木材或科技木刨切成一定厚度的薄片，黏附于胶合板表面，然后热压而成的一种用于室内装修或家具制造的表面材料。

（二）人造板中的主要有害物质及危害

由于人造板材是人们利用天然木材和其加工中的边角废料，经过机械加工而成的板材。所以在其加工过程中，要使用脲醛树脂胶。这种胶具有胶接强度高、不易开胶的特点，是目前生产各种人造板普遍使用的黏合剂。但是板中残留的和未参与反应的甲醛会游离出并逐渐向周围环境释放，最长释放期可达十几年，是形成室内空气中甲醛的主体，也是人造板中的主要污染物质。

甲醛是具有强烈刺激性的气体，是一种挥发性有机化合物，对人体健康影响表现在刺激眼睛和呼吸道、造成肺、肝、免疫功能异常。国外报道，浓度为 $0.12\text{mg}/\text{m}^3$ 的甲醛，使儿童易发生气喘。在1995年，甲醛被国际癌症研究机构（IARC）确定为可疑致癌物。

（三）人造板有害物质国家控制标准

《室内装饰装修材料人造板及其制品中甲醛释放限量》（GB 18580—2001）。

1. 定义

（1）**甲醛释放量** 穿孔法测定值，用穿孔萃取法测定的从100g绝干人造板萃取出的甲醛量。

（2）**甲醛释放量** 干燥器法测定值，用干燥器法测定的试件释放于吸收液（蒸馏水）中的甲醛量。

（3）**甲醛释放量** 气候箱法测定值，以本标准规定的气候箱测定的试件向空气中释放达稳定状态时的甲醛量。

2. **分类** 按试验方法分：穿孔萃取法甲醛释放量（简称穿孔值）；干燥器法甲醛释放量（简称干燥器值）；气候箱法甲醛释放量（简称气候箱值）。

3. 甲醛释放限量

室内装饰装修用人造板及其制品中甲醛释放量应符合表9-2的规定。

（四）人造板及其制品中甲醛释放量的检测方法

1. 穿孔萃取法

（1）**原理** 穿孔法测定甲醛释放量，基于下面两个步骤。

① **穿孔萃取法**。把游离甲醛从板材中全部分离出来，它分为两个过程。首先将溶剂甲醛与试件共热，通过液-固萃取使甲醛从板材中溶解出来，然后将溶有甲醛的甲苯通过穿孔器与水进行液-液萃取，把甲醛转溶于水。

② **测定甲醛水溶液的含量**。

a. **用碘量法测定**。在氢氧化钠溶液中，游离甲醛被氧化成甲醛，进一步再生成甲酸钠，过

表 9-2 人造板及其制品甲醛释放量试验方法及限量值

产 品 名 称	试验方法	限 量 值	使用 范 围	限量标志 ^②
中密度纤维板、高密度纤维板、刨花板、定向刨花板等	穿孔萃取法	≤9mg/100g	可直接用于室内	E ₁
		≤30mg/100g	必须饰面处理后 可允许用于室内	E ₂
胶合板、装饰单板贴面胶合板、细木工板等	干燥器法	≤1.5mg/L	可直接用于室内	E ₁
		≤5.0mg/L	必须饰面处理后 可允许用于室内	E ₂
饰面人造板 (包括浸渍纸层压木质地板、实木复合地板、竹地板、浸渍胶膜纸饰面人造板等)	气候箱法 ^①	≤0.12mg/m ³	可直接用于室内	E ₁
	干燥器法	≤1.5mg/L		

① 仲裁时采用气候箱法。

② E₁ 为可直接用于室内的人造板，E₂ 为必须饰面处理后允许用于室内的人造板。

量的碘生成次碘酸钠和碘化钠，在酸性溶液中又还原成碘，用硫代硫酸钠滴定剩余的碘，测得游离甲醛含量。

b. 用光度法测定。在乙酰丙酮和乙酸铵混合溶液中，甲醛与乙酰丙酮反应生成二乙酰基二氢卢剔啶，在波长为 412nm 时，它的吸光度最大。

对低甲醛释放量的人造板，应优先采用光度法测定。

(2) 试件尺寸 长 $l=20\text{mm}$ ；宽 $b=20\text{mm}$ 。

(3) 试验方法 按 GB 18580—2001 中的规定进行。

2. 干燥器法

(1) 原理 利用干燥器法测定甲醛释放量基于下面两个步骤。

① 第一步 收集甲醛。在干燥器底部放置盛有蒸馏水的结晶皿，在其上方固定的金属支架上放置试样，释放出的甲醛被蒸馏水吸收作为试样溶液。

② 第二步 测定甲醛浓度。用分光光度计测定试样溶液的吸光度，由预先绘制的标准曲线求得甲醛的含量。

(2) 试件尺寸 长 $l=(150\pm2)\text{mm}$ ；宽 $b=(50\pm1)\text{mm}$ 。

(3) 试验方法 按 GB 18580—2001 中的规定进行。

3. 气候箱法

(1) 原理 将 1m^2 表面积样品放入温度、相对湿度、空气流速和空气置换率控制在一定值的气候箱内。甲醛从样品中释放出来，与箱内空气混合，定期抽取箱内空气，将抽出的空气通过盛有蒸馏水的吸收瓶，空气中的甲醛全部溶入水中；测定吸收液中的甲醛量及抽取的空气体积，计算出每立方米空气中的甲醛量，以毫克每立方米 (mg/m^3) 表示，抽气是周期性的，直到气候箱内空气中的甲醛浓度达到稳定状态为止。

(2) 试样尺寸 试样表面积为 1m^2 [双面计，长 $= (1000\pm2)\text{mm}$ ，宽 $= (5\pm2)\text{mm}$ ，1 块；或长 $= (500\pm2)\text{mm}$ ，宽 $= (500\pm2)\text{mm}$ ，2 块]，有带榫舌的突出部分应去掉，四边用不含甲醛的铝胶带密封。

(3) 试验方法 按 GB 18580—2001 中的规定进行。

(五) 人造板中有害物质的控制

1. 人造板产生甲醛的原因

造成人造板甲醛释放的原因主要有以下四个方面。

(1) 胶黏剂自身含有游离的甲醛 生产人造板时使用的胶黏剂尿醛树脂在一定条件下分离出甲醛。

① 树脂合成时余留未反应的游离甲醛。

② 树脂合成时参与反应生成不稳定基团的甲醛，在热压过程中又会释放出来。

③ 在树脂合成时吸附在胶体粒子周围已质子化的甲醛分子，在电解质的作用下也会释放出来。

(2) 生产人造板使用原料的影响 木材的穿孔值为 $1\sim 3\text{mg}/100\text{g}$ ，木材在干燥时会部分分解，生成醋酸与蚁酸，木素中甲氧基断链从而释放出甲醛。

(3) 人造板制板工艺的影响 板材芯层甲醛散发潜势较高，原因是芯层为固化“薄弱区”，温度较低，含水率较高，pH 值也较低，固化程度差，容易水解而产生甲醛。随着施胶后原料含水率的下降，生产中的和产品中的甲醛释放量下降，产品的其他性能有所降低，不利于热量的传递，反而会使产品中的甲醛释放量增加。随着施胶量的增加，人造板在热压和使用甲醛释放量直线上升。

随着热压温度的升高，热压时板材甲醛释放量直线增加，合成板中由于增加了胶的交联度，从而激活甲醛释放量（但温度不能超过 220°C ）；延长热压时间会激活板中甲醛的释放量，但从经济性出发，此法不可取，高热压压力可减少板中的甲醛释放量，但板的密度较大。

(4) 结构降解释放出甲醛 温度、湿度、酸碱、风化、光照等环境条件使板内未完全固化的树脂发生降解而释放出甲醛。完全固化的树脂也会因外部环境条件的变化而不稳定地释放甲醛。水分和酸性物质（尤其是在较高温度下的水分和化学腐蚀物质）对板材结构的危害更甚，甲醛的释放量会随之增大。

另外，储存温度和湿度也有明显的作用，板材在 80°C 时甲醛释放量比 50°C 时增加 10% ，湿度从 35% 升至 80% ，释放量增加 50% ，人造板中释放甲醛是持久的。

2. 国内外甲醛治理的方向

从国外治理室内甲醛污染来看，均可归结为源头治理和后期治理两大类。但单纯的源头治理或单纯的后期治理均不能使室内的甲醛污染降到最低的程度，所以我们应该提倡综合治理。

2002 年 7 月 1 日，国家强制执行十种《室内装饰装修材料有害物质限量》。对人造板的甲醛释放限量分为 E_1 级（不大于 $1.5\text{mg}/\text{L}$ 干燥器法）和 E_2 级（不大于 $5.0\text{mg}/\text{L}$ ，干燥器法）， E_1 级板可直接用于室内， E_2 级板必须饰面处理后可允许用于室内。使用 E_2 或 E_1 标准的木板，并不意味着不含甲醛，只是甲醛的含量低而已。由于技术、工艺上的难题，在 10 年内还无法生产不含甲醛的人造板材，这个问题不仅在我国存在，在发达国家如日本、美国以及欧洲都普遍存在。

(1) 我国相关控制技术 近年来，随着装饰业和家具业的发展，我国政府和科技人员愈来愈重视室内甲醛污染问题，在政策上加强了管理，也采取了一些有效的措施，技术上也取得了一些进展。人造板材中甲醛主要来源于甲醛系树脂胶料，其中又以原料易得、价格低廉、性能较好且产量最大的脲醛胶为主。我国脲醛树脂的年产量为 40 万吨。约占有所有人造板（胶合板、刨花板和纤维板）用胶的 80% 。其释放甲醛的原因大致为：树脂合成时，余留未反应的游离甲醛；树脂合成时，已参与反应生成不稳定基团的甲醛在热压过程中又会释放出来；在树脂合成时，吸附在胶体粒子周围已质子化的甲醛分子，在电解质的作用下也会释放出来。

针对上述各方面的原因，我国科技人员紧紧围绕脲醛树脂的合成工艺，积极寻找和研究降低甲醛含量和释放量的方法，大致可分如下几种。

① 降低甲醛/尿素 (F/U) 比，分批分次加入尿素。是运用化学平衡的原理，依靠增大反应物尿素的量，从而提高甲醛的转化率，达到减少胶液中游离甲醛的含量。由于降低了 F/U 比，分批加尿素的同时往往会引起树脂的储存期短，粘接性能、耐水性下降等问题，因而此法一般不会单独被使用，往往与后续的各种方法并用。

② 降低脲醛缩聚段的 pH 值。实验证明，游离甲醛含量低的树脂是造板甲醛释放量低的必要条件，而不是充分条件。如果树脂微观键结构的不合理，不稳定的二亚甲基醚键和游离羟甲基太多，在热压时就会大量释放甲醛。故可在缩聚段适当降低 pH 值，提高反应体系的 H^+ 浓度。

③ 在脲醛树脂中添加甲醛捕捉剂。由于单纯依靠降低 F/U，分批加入尿素的方法会带来上述一些问题，所以大多数人在此基础上，再向脲醛树脂中添加甲醛捕捉剂，从而达到降低甲醛含量和释放量的目的。这些捕捉剂往往与甲醛有较高的反应活性。如尿素、硫脲、淀粉、三聚氰胺、聚乙烯醇、低级醇（含 $\text{C}_3\sim\text{C}_5$ ）等，而且它们对脲醛树脂还有改性作用。

④ 对脲醛树脂进行浓缩处理。在脲醛树脂合成尾期，可适当采取浓缩脱水的方法抽提胶液中的部分水，从而达到去除部分游离甲醛的目的。当把 F/U 定为 1.28，在分 3 次投加尿素的基础上，对胶液进行适当浓缩。当固含量由 47.13% 提高到 62.09% 时，游离甲醛由 0.76% 降低至

0.29%。可见此法作用较显著。但其需缩脱水设备,能耗和时耗相对较大,而且还会排放有害的含醛废水。

⑤ 对脲醛树脂木制品进行后续处理。对用甲醛系树脂胶制得的木制品,可用氨水、氯化铵或尿素的水溶液进行清洗或浸渍,以在加工或使用的过程中减少甲醛的释放量。对热压纤维板,可将其放置于真空容器中,在 $25\sim 45^{\circ}\text{C}$ 和 $6.27\times 10^4\sim 6.93\times 10^4\text{ Pa}$ 条件下,处理 $30\sim 40\text{ min}$,可减少 20% 的甲醛释放量。

除了对脲醛树脂进行低毒改性外,也有少量文献报道对酚醛树脂进行低毒改性,但这些方法都不能从根本上解决甲醛的释放问题。因此有人努力寻找非醛替代品。由于异氰酸酯树脂具有优良的性能,所以首先受到人们的重视,但其价格昂贵,故又影响了它的应用和推广。总的来说,寻找价格适宜、性能良好的非醛胶才是解决甲醛污染问题的最佳途径。

(2) 国外相关控制技术 国外室内甲醛污染控制技术方面起步早、发展快,范围广已涉及到发展低释放甲醛材料、捕捉甲醛材料以及非甲醛材料等各个方面。

① 含电气石微粒的低醛木材黏合剂。把电气石细粉加入甲醛系树脂中,其水解生成的氢气和游离甲醛反应,把毒性强、气味大的甲醛转变为毒性较弱的甲醇,从而减少了甲醛的含量和释放量。

② 具有甲醛捕捉剂的装饰板。采用直接向甲醛系树脂中添加有机化合物作为甲醛捕捉剂会影响黏合强度,特别是初期的黏合强度,所以有人采用在纸质基材上制造甲醛捕捉层,以及在其表面保护层中加甲醛捕捉剂的方法,用来有效地捕捉从其内层材料(胶合板、刨花板和中密度纤维板)中释放的甲醛,同时也可捕捉从室内其他物品中释放出来的甲醛。

③ 在人造板上贴含水溶性甲醛捕捉剂的纸。纸上附着的水溶性亚硫酸氢钠与空气中的甲醛和乙醛反应,生成羟甲基和羟乙基钠,从而达到捕捉甲醛的目的。

④ 从天然植物中提取的捕醛材料、含萜烯的香精油捕捉剂。实验结果表明,从枫树叶、柳杉叶、松树叶和扁柏叶中提炼的香精油对甲醛的捕捉率较高,其中柳杉为 91.4%、扁柏为 65%。这些香精油可混入甲醛系树脂黏合剂中使用。

⑤ 非醛树脂木材黏合剂。目前,人造板材大都使用脲醛树脂、酚醛树脂和三聚氰胺甲醛树脂等黏合剂,所以在其制造、储存、使用以及人造板材的加工使用过程中都存在甲醛的污染问题。因此只有使用非醛黏合剂才能从根本上解决该问题。

3. 利用室内环境净化治理产品进行有害物质的控制

目前,国内外采取了多种方法来治理人造板释放在室内空气甲醛污染,目前使用比较广泛的是化学反应法,根据有害气体甲醛的化学性质特性,利用某些物质与有害气体产生反应或分解有害气体,从而降低有害气体的浓度,分别有氧化还原反应、加成缩合反应、中和反应和催化氧化法。因此各类有针对性治理某种有害气体的产品,对某些有害气体,采取化学反应非常有效与快速,如甲醛消除剂等此类产品,其原理是使用某些专用的化学试剂来消除、捕捉甲醛。

二、溶剂型木器涂料的污染物质检测与控制

(一) 溶剂型木器涂料的用途与分类

溶剂型木器涂料是由石油溶剂、甲苯、二甲苯、醋酸丁酯、环己酮等作为溶剂,以合成树脂为基料,配合助剂、颜料等经分散、研磨而成的,是建筑装饰装修中常用的一类材料。

溶剂型木器涂料是指涂敷于物体表面能与基体材料很好黏结并形成完整而坚韧保护膜的材料。在现代家居装修中,溶剂型木器涂料主要用在木质材料与墙面上,既达到装饰目的,又保护了板材的表面。

溶剂型木器涂料大致分为两类:一类是含羟基聚酯与含异氰酸酯预聚物的双组分聚氨酯树脂涂料,具有代表性的“685”聚氨酯树脂涂料在国内家具涂料品种中属生产量最大、生产厂最多、应用面最广泛的品种;另一类是含羟基的丙烯酸酯共聚物为组分,甲基二异氰酯与三羟甲基丙烷的加成物为另一组分的双组分聚氨酯树脂涂料,俗称“PU”聚酯漆。

溶剂型木器涂料种类繁多,常用的有:醇酸、酚醛、硝基、聚氨酯(PU 聚酯)漆。目前家庭装饰装修中最常用的是聚氨酯树脂漆。在我国的中西部地区,尤其是农村,醇酸调和漆的使用仍占重要的地位。

（二）溶剂型木器涂料的主要有害物质及危害

综合考虑木器涂料的类型、组成及性质，在施工以及使用过程中能够造成室内空气质量下降，以及有可能影响人体健康的有害物质主要为挥发性有机化合物、苯、甲苯和二甲苯、游离甲苯二异氰酸酯，以及可溶性铅、镉、铬和汞等重金属。

1. 挥发性有机化合物

挥发性有机化合物（VOC）会对环境产生污染并加大了室内有机污染物的负荷。严重时使人引起头痛、咽喉痛等症状，危害人体健康。

2. 苯、甲苯和二甲苯

苯被国际癌症研究中心确认为高毒致癌物质，主要影响造血系统、神经系统，对皮肤也有刺激作用，故对其含量应严加控制。甲苯和二甲苯对人体的危害主要是影响中枢神经系统，对呼吸道和皮肤产生刺激作用，二者化学性质相似，在涂料中常相互取代使用，对人体的危害呈相加作用，故对涂料中的甲苯和二甲苯含量可做总量控制。

目前涂料生产企业已很少用苯作为溶剂使用，木器涂料中的苯主要是作为杂质由甲苯和二甲苯带入的，苯含量的高低与甲苯和二甲苯的生产工艺有关，从石油中提炼的甲苯和二甲苯中苯含量较低，而从煤焦油中提炼的则较高。

3. 游离甲苯二异氰酸酯

甲苯二异氰酸酯（TDI）是一种毒性很强的吸入性毒物，在人体中具有积聚性和潜伏性，又是一种黏膜刺激性物质，对眼和呼吸系统具有很强的刺激作用，会引起过敏性哮喘，严重者会引起窒息等，因此对其含量应严加控制。

聚氨酯涂料在施工及涂抹养护过程中会逐渐释放出游离 TDI，对人体健康造成危害，因此，对于室内装修用的聚氨酯涂料应严格控制其游离 TDI 含量。

4. 可溶性铅、镉、铬、汞等重金属

铅、镉、铬、汞是常见有毒污染物，其可溶物对人体有明显危害，过量的铅能损害神经、造血和生殖系统，尤其对儿童的危害更大，可影响儿童生长发育和智力发展，因此铅污染的控制已成为世界性关注热点和发展趋势。长期吸入镉尘可损害肾或肺功能。皮肤长期接触铬化合物可引起接触性皮炎或湿疹。汞慢性中毒主要影响中枢神经系统等。

涂料中的重金属主要来自于着色颜料，如红丹、铅铬黄、铅白等。此外，由于无机颜料通常是从天然矿物质中提炼并经过一系列化学物理反应制成，因此难免夹带微量的重金属杂质。

木器涂料中有毒重金属对人体的影响主要是通过木器在使用过程中干漆膜与人体长期接触，如误入口中，其可溶物将对人体造成危害。

（三）溶剂型木器涂料有害物质国家控制标准

根据《溶剂型木器涂料中有害物质限量》（GB 18581—2001）的要求，溶剂型木器涂料产品中的有害物质限量应符合表 9-3 的技术要求。

（四）溶剂型木器涂料有害物质检测方法

1. 溶剂型木器涂料中苯、甲苯、二甲苯的测定——气相色谱法

（1）原理 样品经稀释后，在色谱柱中将苯、甲苯、二甲苯与其他组分分离，用氢火焰离子化检测器检测，以内标法定量。

（2）试验仪器及方法 按《溶剂型木器涂料中有害物质限量》（GB 18581—2001）中的规定进行。

（3）结果的计算 苯、甲苯、二甲苯各自的质量分数（%）分别按下式计算：

$$X_i = f_i \frac{m_{c5} A_i}{m A_{c5}} \times 100\%$$

式中 X_i ——试样中苯、甲苯、二甲苯各自的质量分数；

f_i ——苯、甲苯、二甲苯各自对正戊烷的相对校正因子；

m_{c5} ——正戊烷的质量，g；

A_i ——试样中苯、甲苯、二甲苯各自的峰面积；

m ——试样的质量，g；

A_{c5} ——正戊烷的峰面积。

表 9-3 有害物质限量技术要求

项 目		限 量 值		
		硝 基 漆 类	聚 氨 酯 漆 类	醇 酸 漆 类
挥发性有机化合物(VOC) ^① /(g/L)	≤	750	光泽 60°≥80600 光泽 60°<80700	550
苯 ^② /%	≤	0.5		
甲苯和二甲苯总和 ^② /%	≤	45	40	10
游离甲苯二异氰酸酯(TDI) ^③ /%	≤	—	0.7	—
重金属(限色漆)/(mg/kg)	可溶性铅	90		
	可溶性镉	75		
重金属(限色漆)/(mg/kg)	可溶性铬	60		
	可溶性汞	60		

① 按产品规定的配比和稀释比例混合后测定。如稀释剂的使用量为某一范围时，应按照推荐的最大稀释量稀释后进行测定。

② 如产品规定了稀释比例或产品由双组分或多组分组成时，应分别测定稀释剂和各组分中的含量，再按产品规定的配比计算混合后涂料中的总量。如稀释剂的使用量为某一范围时，应按照推荐的最大稀释量进行计算。

③ 如聚氨酯漆类规定了稀释比例或由双组分或多组分组成时，应先测定固化剂（含甲苯二异氰酸酯预聚物）中的含量，再按产品规定的配比计算混合后涂料中的含量。如稀释剂的使用量为某一范围时，应按照推荐的最小稀释量进行计算。

取平行测定两次结果的算术平均值作为试样中苯、甲苯、二甲苯的测定结果。

2. 溶剂型木器涂料中重金属（可溶性铅、镉、铬和汞）的测定

(1) 原理 用 0.07mol/L 稀盐酸处理制成的涂膜，用火焰原子吸收光谱法或无焰原子吸收光谱法测定溶液中的金属元素含量。

(2) 试验仪器及方法 按《溶剂型木器涂料中有害物质限量》（GB 18581—2001）中的规定进行。

(3) 结果的计算 可溶性重金属的含量用下式计算：

$$c=\frac{(a_1-a_0)\times 25\times f}{m}$$

式中 c——可溶性金属（铅、镉、铬、汞）含量，mg/kg；

a₀——0.07mol 或 1mol 盐酸溶液空白含量，μg/ml；

a₁——从标准曲线上测得的试验溶液（铅、镉、铬、汞）的含量，μg/ml；

f——稀释因子；

25——萃取的盐酸体积，ml；

m——称取的样品量，g。

3. 溶剂型木器涂料中挥发性有机化合物（VOC）的测定

(1) 涂料中挥发物质量分数的测定 将样品搅拌均匀后在（105±2）℃条件下，保持 3h。按 GB/T 6751—1986 所规定的方法测定涂料中挥发物质量分数 V。

(2) 涂料密度的测定 将样品搅拌均匀后，在试验温度为（23±2）℃情况下，按前述色漆和清漆密度的测定（GB/T 6750—1986）中所规定的方法，测定涂料密度。

(3) 有机化合物（VOC）的计算 挥发性有机化合物含量按下式计算：

$$VOC=V\rho\times 10^3$$

式中 VOC——涂料中挥发性有机化合物含量，g/L；

V——涂料中挥发物质量分数；

ρ——涂料在（23±2）℃时的密度，g/ml。

4. 气相色谱法测定涂料溶液中未反应的甲苯二异氰酸酯（TDI）单体（GB/T 18446—2001）

(1) 原理 试样经汽化后通过色谱柱，使被测的游离甲苯二异氰酸酯与其他组分分离，用氢火焰离子化检测器检测，采用内标法定量。

(2) 影响因素

① 为了防止试样分解, 必须严格控制汽化温度和柱室温度。

② 由于树脂样品会在注射口留下不挥发残留物, 所以建议使用玻璃衬套, 并且玻璃衬套应每天清洗。甲苯二异氰酸酯与水易反应, 所以应在载气管路中使用合适的干燥载体。

(3) 试验仪器及方法 按《溶剂型木器涂料中有害物质限量》(GB 18581—2001) 中的规定进行。

(4) 结果计算 按下式计算甲苯二异氰酸酯 (TDI) 质量分数 (%) :

$$W_{\text{TDI}} = \frac{M_s A_i f_w}{M_i A_s} \times 100\%$$

式中 W_{TDI} ——样品中游离甲苯二异氰酸酯的质量分数, %;

M_s ——内标物 1,2,4-三氯代苯的质量, g;

A_i ——游离甲苯二异氰酸酯的峰面积;

f_w ——甲苯二异氰酸酯的相对质量校正因子;

M_i ——样品的质量, g;

A_s ——内标物 1,2,4-三氯代苯的峰面积。

(五) 溶剂型木器涂料中有害物质的控制

主要依靠国家政策上的宏观调控, 从源头上加以控制。溶剂型木器涂料的危害非同一般, 目前市场上销售的涂料主要分为水性涂料和溶剂型涂料。大多数涂刷门、窗、家具的木器漆则是硝基漆、聚酯漆等油性涂料, 属于溶剂型漆, 其本身含有毒成分, 稀释过程中还需加入大量的香蕉水、天那水等有毒有机溶剂, 它们所含有的甲醛、苯、二甲苯都是有毒致癌物质, 有毒致癌物质往往长留于室内, 对人体健康造成极大的隐患, 因而被称为“隐形杀手”。而且, 硝基漆、聚酯漆大都是以溶液聚合的高分子树脂作为主要基料, 在生产与施工中极易造成环境污染。为了从源头上控制装修污染, 也为了与国际标准接轨, 国家质量监督检验检疫总局已经出台 10 种室内装饰装修材料有害物质限量的控制标准。自 2002 年 7 月 1 日起, 市场上禁止销售不符合国家标准的产品。这样一来, 大部分溶剂型漆将不能符合新的严格的国家标准。据专家介绍, 从 2004 年起, 欧共体国家将全面禁止溶剂型漆的生产和销售, 只允许生产和销售水性环保漆。

目前市场上销售的溶剂型木器涂料品种很多, 由于组成涂料原材料的价格和性能不一, 其产品的内在质量和价格差异很大。如何选择价格便宜、综合性能好的溶剂型木器涂料, 消费者要根据自己的爱好与不同装饰的需要选购。选购溶剂型木器涂料时应注意必须要符合国家强制标准 GB 18581—2001《室内装饰装修材料溶剂型木器涂料中有害物质限量》中的各项指标要求。购买产品时尽量选购含 TDI 低的产品。

三、内墙涂料中的污染物质检测与控制

(一) 内墙涂料的用途与分类

合成树脂乳液内墙涂料 (俗称内墙乳胶漆, 以下简称内墙涂料) 是以合成树脂乳液为基料, 与颜料、填料研磨分散后, 加入各种助剂配制而成的涂料。具有色彩丰富、施工方便、易于翻新、干燥快、耐擦洗、安全无毒等特点, 因此受到广大消费者的普遍青睐, 现已成为千家万户居室装修的主体材料之一。目前我国内墙涂料的总体水平与先进国家行业水平相比仍有不少差距, 特别是众多小型企业, 生产设备简陋, 技术力量薄弱, 质量体系不健全, 产品质量存在问题较多。

建筑涂料的分类目前没有国家标准, 一般按习惯称呼分类。按不同的分类依据, 可以有各种分类方法。建筑涂料的分类目前没有国家标准, 一般按习惯称呼分类。按不同的分类依据, 可以有各种分类方法。按构成涂膜主要成膜物质的化学成分, 可将建筑涂料分为有机涂料、无机涂料、无机和有机复合涂料三类。常用的有机涂料有三种类型: 溶剂型涂料、水溶性涂料、乳胶漆 (又称乳胶漆)。

(二) 内墙涂料中的主要有害物质及危害

在施工以及使用内墙涂料的过程中能够造成室内空气质量下降以及有可能影响人体健康的有害物质主要为: 挥发性有机化合物、游离甲醛、可溶性铅、镉、铬和汞等重金属, 以及苯、甲苯

和二甲苯。

涂料所挥发出来的有机物经呼吸道吸入能引起人眩晕、头痛和恶心等症状，对眼和鼻有刺激作用，严重时可引起气喘、神志不清、呕吐和支气管炎等。儿童误服可引起胃炎，症状为胃痛和呕吐，肠道有刺激痛和腹泻。吸入涂料烟气可引起咽炎、支气管炎。幼儿误服含铅涂料，会导致慢性铅中毒。内墙涂料中有毒重金属主要通过内墙涂料在使用过程中的干涂膜与人体接触，如误入口中，其可溶物将对人体造成危害。水性内墙涂料不用苯作为原料，有时有可能以杂质的形式带入。在内墙水性涂料中，无论是苯还是甲苯、二甲苯，含量都极其微小，相对于其他装饰材料来说，水性内墙涂料中苯、甲苯和二甲苯对人体造成的危害可忽略不计。

（三）内墙涂料中有害物质国家控制标准

一些建筑内墙涂料中的有害成分对人体健康的影响早就引起了国家有关部门的重视。国家标准《室内装饰装修材料内墙涂料中有害物质限量》（GB 18582—2001）具体规定了内墙涂料中有害物质限量，并作为强制性要求在全国实施（见表 9-4）。

（四）内墙涂料中有害物质检测方法

1. 挥发性有机化合物（VOC）的测定

（1）原理 涂料中总挥发物含量扣除水分含量，即为涂料中挥发性有机化合物含量。

（2）试验仪器方法 按《室内装饰装修材料内墙涂料中有害物质限量》（GB 18582—2001）的规定进行。

（3）挥发性有机化合物含量（VOC）的计算

$$VOC = (V - V_{H_2O}) \rho \times 1000$$

式中 VOC——涂料中挥发性有机化合物含量，g/L；

V——涂料中总挥发物的质量分数；

V_{H_2O} ——涂料中水的质量分数；

ρ ——涂料在（23±2）℃时的密度，g/ml。

表 9-4 内墙涂料技术限量要求			
项 目			限 量 值
挥发性有机化合物（VOC）/(g/L)			≤ 200
游离甲醛/(g/kg)			≤ 0.1
重金属/(mg/kg)	可溶性铅	≤	90
	可溶性镉	≤	75
	可溶性铬	≤	60
	可溶性汞	≤	60

2. 内墙涂料中游离甲醛的测定

（1）原理 取一定量的试样（2.0g），经过蒸馏，取得的馏分按一定比例稀释后，用乙酰丙酮显色。显色后的溶液用分光光度计比色测定甲醛含量。

（2）适用范围 本方法适用于游离甲醛含量为 $5 \times 10^{-3} \sim 0.5$ g/kg 的涂料。超过此含量的涂料经适量稀释后可按此方法测定。

（3）试验仪器方法 按《室内装饰装修材料内墙涂料中有害物质限量》（GB 18582—2001）的规定进行。

（4）结果的计算 游离甲醛含量按下式计算

$$W = \frac{0.05 \times B_s (A - A_0)}{m}$$

式中 W——游离甲醛含量，g/kg；

A——样品溶液的吸光度；

A_0 ——空白溶液的吸光度；

B_s ——计算因子；

m——样品量，g；

0.05——换算系数。

3. 重金属（可溶性铅、可溶性镉、可溶性铬和可溶性汞）的测定

（1）原理 用 0.07mol/L 稀盐酸处理制成的涂膜，用火焰原子吸收光谱或无焰原子吸收光谱法测定溶液中的金属元素含量。

（2）试验仪器方法 按《室内装饰装修材料内墙涂料中有害物质限量》（GB 18582—2001）的规定进行。

(3) 结果的计算 可溶性重金属的含量用下式计算

$$c = \frac{(A_1 - A_0) \times 25 \times F}{m}$$

式中 c ——可溶性金属（铅、镉、铬、汞）含量，mg/kg；

A_0 ——0.07mol 或 1mol 盐酸溶液空白浓度， $\mu\text{g}/\text{ml}$ ；

A_1 ——从标准曲线上测得的试验溶液（铅、镉、铬、汞）的浓度， $\mu\text{g}/\text{ml}$ ；

F ——稀释因子；

25 ——萃取的盐酸体积，ml；

m ——称取的样品量，g。

(五) 内墙涂料中有害物质的控制

① 当今涂料技术发展处于转型过程之中，从涂料技术发展的进程来看，早在 20 世纪 60 年代初，随着美国关于控制 VOC 排放的空气清洁法的颁布，及此后欧美许多国家环保局强制推行的类似规章，促使减少 VOC 已摆上这些国家的涂料制造商的主要议事日程，这种推动的结果就促进了 4 项替代技术的开发，即工业用溶剂型高固体涂料、水性涂料、粉末涂料和辐射固化涂料。在 21 世纪，除了环境方面的因素之外，对涂料产品的要求是性能优异和高使用寿命，这就导致对各种涂料技术所需使用的聚合物有了根本性改变。有机-无机杂化技术、氟聚合物及树枝状聚合物、纳米技术不断出现，环保压力促使涂料制造商们在选用涂料原材料时更注重环保要求。

② 使用绿色涂料。什么样的涂料才“绿色”，绿色涂料是指节能、低污染的水性涂料、粉末涂料、高固体含量涂料（低溶剂涂料）和辐射固化涂料等。20 世纪 70 年代以前，几乎所有的涂料都是溶剂型的；70 年代以后，由于溶剂价格昂贵以及挥发性有机物排放量大，低含量有机溶剂和不含有有机溶剂的涂料得到了较快发展。如水有无毒无臭和不燃的特点，将水引进到涂料中，不仅降低涂料的成本，避免因有机溶剂而引起的火灾，而且也大大降低了挥发性有机化合物的排放量。因此水基涂料得到了迅速发展。

涂料的研究和发展，就是要求挥发性有机化合物不断降低直至为零，使用范围尽可能宽，性能优越、设备投资适当的涂料。水基涂料、粉末涂料、无溶剂涂料等都有可能成为将来涂料发展的方向。

③ 用涂料添加型材料进行治理。目前一些专家和企业研制开发了一种具有净化功能的涂料添加剂，如市场上销售的各种涂料伴侣、离子宝等。这类添加剂适用于水性涂料和内墙乳胶漆，可用于家庭、宾馆、学校、会议室、医院以及娱乐场所等地的内墙，将其添加在内墙乳胶漆中涂刷，即能有效祛除家庭装饰材料、家具中释放的甲醛、苯类、氨等有毒有害气体，用以治理由于装饰装修而造成室内空气污染的问题。据介绍，它不仅可有效地祛除室内空气中最为有害的苯、甲醛、氨等毒性气体，而且还可祛除由于吸烟、烹调、空调环境等造成的各种异味。此类产品具有使用方便的特点，可以在涂料的生产过程中添加，也可以直接添加到市场上出售的成品涂料中，只需搅拌均匀即可。选择此类产品要注意选择，对涂料本身的物理和化学性能不应有任何影响。

四、胶黏剂中的污染物质检测与控制

(一) 胶黏剂的用途与分类

胶接（黏合、粘接、胶结、胶黏）是指同质或异质物体表面用胶黏剂连接在一起的技术，具有应力分布连续、质量小、密封、多数工艺温度低等特点。胶黏剂特别适用于不同材质、不同厚度、超薄规格和复杂构件的连接。广泛应用在室内装饰装修的各个环节中，是室内装饰装修工程必不可少的材料。

胶黏剂的分类方法很多，按应用方法可分为热固型、热熔型、室温固化型、压敏型等；按应用对象分为结构型、非结构型或特种胶；按形态可分为水溶型、水乳型、溶剂型以及各种固态型等。

按照不同用途来区分，室内装饰装修工程常用黏合剂有：

(1) 墙纸用黏合剂 107 胶、801 胶。

(2) 墙布用黏合剂 白乳胶、108 胶、801 胶。

- (3) 木地板黏合剂 聚氯乙烯胶黏剂、4115 建筑胶黏剂、5001 脲醛树脂胶。
- (4) 塑料地板黏合剂 聚氯乙烯胶黏剂、401 或 404 橡胶黏合剂及环氧树脂类、聚氨酯类黏合剂。
- (5) 瓷砖黏合剂 SG8407 内墙瓷砖黏合剂、TAM 通用瓷砖黏合剂、TAM 高强度耐水瓷砖黏合剂、TCM-303 型建筑装饰高级干胶粉。

(二) 胶黏剂中的主要有害物质及危害

胶黏剂在使用过程中有游离甲醛，挥发性有机溶剂（苯、甲苯二甲苯等）、游离甲苯二异氰酸酯挥发出来。装修过程中，超量释放的有害气体影响施工人员的健康。而缓慢释放出的有害气体将给新装修居室的人们带来长期的影响。如不对胶黏剂中的挥发出的有害物质加以限制，必将对人们的健康带来极大的危害。

(三) 胶黏剂中有害物质国家控制标准

《室内装饰装修材料胶黏剂中有害物质限量》（GB 18583—2001）。

1. 溶剂型胶黏剂中有害物质限量值应符合一定规定见表 9-5。

表 9-5 溶剂型胶黏剂中有害物质限量值

项 目	指 标		
	橡胶胶黏剂	聚氨酯类胶黏剂	其他胶黏剂
游离甲醛/(g/kg)	≤ 0.5	—	—
苯 ^① /(g/kg)	≤ 5		
甲苯+二甲苯/(g/kg)	≤ 200		
甲苯二异氰酸酯/(g/kg)	—	10	—
总挥发性有机物/(g/L)	≤ 750		

① 苯不能作为溶剂使用，作为杂质其最高含量不得大于该表的规定。

2. 水基型胶黏剂中有害物质限量值应符合的规定见表 9-6。

表 9-6 水基型胶黏剂中有害物质限量值

项 目	指 标				
	缩甲醛类胶黏剂	聚乙酸乙烯酯胶黏剂	橡胶类胶黏剂	聚氨酯类胶黏剂	其他胶黏剂
游离甲醛/(g/kg)	≤ 1	1	1	—	1
苯/(g/kg)	≤ 0.2				
甲苯+二甲苯/(g/kg)	≤ 10				
总挥发性有机物/(g/L)	≤ 50				

(四) 胶黏剂中有害物质的检测方法

1. 胶黏剂中游离甲醛含量的测定——乙酰丙酮分光光度法

(1) 范围 方法适用于游离甲醛含量大于 0.005% 的室内建筑装饰装修用胶黏剂。

(2) 原理 水基型胶黏剂用水溶解，而溶剂型胶黏剂先用乙酸乙酯溶解后，再加水溶解。在酸性条件下将溶解于水中的游离甲醛随水蒸出。在 pH=6 的乙酸-乙酸铵缓冲溶液中，馏出液中甲醛与乙酰丙酮作用，在沸水浴条件下迅速生成稳定的黄色化合物，冷却后在 415.40nm 处测其吸光度。根据标准曲线，计算试样中游离甲醛含量。

(3) 试验仪器及方法 按《室内装饰装修材料胶黏剂中有害物质限量》（GB 18583—2001）的规定进行。

(4) 结果表述 试样中游离甲醛含量 X，计算公式为

$$X=\frac{(c_t-c_b)Vf}{1000m}$$

式中 X ——游离甲醛含量, g/kg;

c_t ——从标准曲线上读取的试样溶液中甲醛浓度, $\mu\text{g/ml}$;

c_b ——从标准曲线上读取的空白溶液中甲醛浓度, $\mu\text{g/ml}$;

V ——馏出液定容后的体积, ml;

m ——试样的质量, g;

f ——试样溶液的稀释因子。

2. 胶黏剂中苯含量的测定——气相色谱法

(1) 范围 方法适用于苯含量在 0.02g/kg 以上的室内建筑装饰装修用胶黏剂。

(2) 原理 试样用适当的溶剂稀释后, 直接用微量注射器将稀释后的试样溶液注入进样装置, 并被载气带入色谱柱, 在色谱柱内被分离成相应的组分, 用氢火焰离子化检测器检测并记录色谱图, 用外标法计算试样溶液中苯的含量。

(3) 试验仪器及方法 按《室内装饰装修材料胶黏剂中有害物质限量》(GB 18583—2001) 的规定进行。

(4) 结果表述 试样中苯含量 X , 计算公式为

$$X = \frac{c_t V f}{1000 m}$$

式中 X ——试样中甲苯含量, g/kg;

c_t ——从标准曲线上读取的试样溶液中苯浓度, $\mu\text{g/ml}$;

V ——试样溶液的体积, ml;

m ——试样的质量, g;

f ——稀释因子。

3. 胶黏剂中甲苯、二甲苯含量的测定——气相色谱法

(1) 范围 方法适用于甲苯含量在 0.02g/kg 以上的室内建筑装饰装修用胶黏剂, 二甲苯含量在 0.02g/kg 上的室内建筑装饰装修用胶黏剂。

(2) 原理 试样用适当的溶剂稀释后, 直接用微量注射器将稀释后的试样溶液注入进样装置, 并被载气带入色谱柱, 在色谱柱内被分离成相应的组分, 用氢火焰离子化检测器检测并记录色谱图, 用外标法计算试样溶液中的甲苯和二甲苯的含量。

(3) 试验仪器及方法 按《室内装饰装修材料胶黏剂中有害物质限量》(GB 18583—2001) 的规定进行。

(4) 结果表述 试样中甲苯或二甲苯含量 X , 计算公式为

$$X = \frac{c_t V f}{1000 m}$$

式中 X ——试样中甲苯或二甲苯含量, g/kg;

c_t ——从标准曲线上读取的试样溶液中甲苯或二甲苯浓度, $\mu\text{g/ml}$;

V ——试样溶液的体积, ml;

m ——试样的质量, g;

f ——稀释因子。

4. 聚氨酯胶黏剂中游离甲苯二异氰酸酯含量的测定——气相色谱法

(1) 范围 方法能测定游离甲苯二异氰酸酯含量在 0.1g/kg 以上的室内建筑装饰装修用聚氨酯胶黏剂。

(2) 原理 试样用适当的溶剂稀释后, 加入正十四烷作内标物。将稀释后的试样溶液注入进样装置, 并被载气带入色谱柱。在色谱柱内被分离成相应的组分, 用氢火焰离子化检测器检测并记录色谱图, 用内标法计算试样溶液中甲苯二异氰酸酯的含量。

(3) 试验仪器及方法 按《室内装饰装修材料 胶黏剂中有害物质限量》(GB 18583—2001) 的规定进行。

(4) 结果表述 试样中游离甲苯二异氰酸酯含量 X , 计算公式为

$$X = f' \frac{A_i}{A_s} \cdot \frac{W_s}{W_i} \times 1000$$

式中 X ——试样中甲苯二异氰酸酯含量, g/kg;

f' ——相对质量校正因子;

W_i ——待测试样的质量, g;

W_s ——所加内标物的质量, g。

A_i ——待测试样的峰面积;

A_s ——所加内标物的峰面积;

5. 胶黏剂中总挥发性有机物 (TVOC) 含量的测定方法

(1) 范围 方法适用于室内建筑装饰装修用胶黏剂中总挥发性有机物含量的测定。

(2) 原理 将适量的胶黏剂置于恒定温度的鼓风干燥箱中, 在规定的时间内, 测定胶黏剂总挥发物含量。用卡尔·费休法测定其中水分的含量。胶黏剂总挥发物含量扣除其中水分的量, 即得胶黏剂中总挥发性有机物的含量。

(3) 试验仪器及方法 按《室内装饰装修材料胶黏剂中有害物质限量》(GB 18583—2001) 的规定进行。

(4) 结果表述 试样中总有机挥发物含量 X , 计算公式为

$$X = (W_{\text{总}} - W_{\text{水}}) \rho \times 100$$

式中 X ——试样中总有机挥发物含量, g/L;

$W_{\text{总}}$ ——总挥发分含量质量分数;

$W_{\text{水}}$ ——水分含量质量分数;

ρ ——试样的密度, g/ml。

(五) 胶黏剂中有害物质的控制

目前国内外普遍的观点认为溶剂型的装饰装修材料对环境是有害的、危险的, 欧美已立法限制溶剂型胶黏剂的使用量。特别是对 VOC (有机挥发物) 含量进行严格规定。与此同时, 溶剂型黏合剂的替代产品也不断被开发出来, 另一方面人们仍面临着“替代”的难度和阻力。

目前国内胶黏剂绝大部分是溶剂型, 因此存在着大量溶剂对环境的污染和安全问题, 并且耗用大量能源。溶剂型黏合剂在生产过程中排放的溶剂不仅会污染空气, 而且会直接危害操作工人的健康, 最终仍会有小部分溶剂无法排除。

预计未来几年的欧美市场, 水性黏合剂或无溶剂型黏合剂将最终取代溶剂型黏合剂。溶剂型黏合剂的替代品, 目前主要有 3 大系统产品: 水性黏合剂、醇溶型黏合剂、无溶剂黏合剂。

我国溶剂型黏合剂替代还存在一些障碍。如热熔胶、无溶剂型产品在生产和使用过程中需要更多量的热能, 水性产品在生产和使用过程中也需要大量的热能; 同时这种转移还意味着先前的工艺及设备的放弃和新的工艺设备的要求, 这又形成大量的资源浪费。尤其是无溶剂型黏合剂需要专用的无溶剂复合机设备投资大, 大范围推广还需要一个较长的时间。但从长远的角度来看, 随着环保法规的日益严格和经济的不断发展, 无溶剂和醇溶型产品的比例必将不断上升。

五、壁纸中的污染物质检测与控制

(一) 壁纸的用途与分类

装饰壁纸是目前国内外使用最为广泛的墙面装饰材料。它图案多样、色彩丰富、制作灵活, 可仿制许多传统材料的外观, 因而备受人们的喜爱。壁纸由于印花、压花、发泡等工艺可以仿制出许多传统材料的质感和花纹, 如木纹、石纹、黏土砖、面砖等, 给室内装饰提供了极大的方便。壁纸还具有吸声、隔热、防霉、防菌、耐水、耐擦洗、易糊裱等优点。

近年来, 在内墙涂料畅行天下的同时, 壁纸也一直在被使用。据了解, 壁纸在欧美家庭装修中使用非常普遍, 广泛程度类似国内内墙涂料的使用情况。

制造壁纸的材料很多, 大体上可分为四大类: 纸类、纺织物类、玻璃纤维类以及塑料类。

(二) 壁纸中的主要有害物质及危害

壁纸在美化了居住环境的同时也对居室内的空气质量造成不良影响。壁纸装饰对室内空气的影响主要是来自两方面: 一是壁纸本身的有害物质造成的影响; 施工时由于使用的胶黏剂和施工工艺造成的室内环境污染。

壁纸在生产加工过程中由于原材料、工艺配方等原因而可能残留铅、钡、氯乙烯、甲醛等有

害物质，这些有害物质不能有效控制，将造成室内空气污染，严重威胁着我们身体健康。其中甲醛、氯乙烯单体等挥发性有机化合物刺激人的眼睛和呼吸道，造成肝、肺、免疫功能异常；壁纸上残留的铅、镉、钡等金属元素其可溶性将对人体皮肤、神经、内脏造成危害，尤其是对儿童身体和智力发育有较大影响。壁纸胶黏剂在生产过程中为了使产品有好的浸透力，通常采用了大量的挥发性有机溶剂，因此在施工固化期中有可能释放出甲醛、苯、甲苯、二甲苯、挥发性有机物等有害物质。由于壁纸的成分不同，其影响也是不同的。天然纺织物墙纸尤其是纯羊毛壁纸中的织物碎片是一种致敏源，可导致人体过敏。一些化纤纺织物型壁纸可释放出甲醛等有害气体，污染室内空气。

（三）壁纸有害物质国家控制标准

《室内装饰装修材料 壁纸中有害物质限量》（GB 18585—2001）。

1. 定义

壁纸：主要以纸为基材，通过胶黏剂贴于墙面或天花板上的装饰材料，不包括墙毡及其他类似的墙挂。

2. 壁纸中的有害物质限量值

应符合见表 9-7 的规定。

表 9-7 壁纸中的有害物质限量值/(mg/kg)

有害物质名称		限 量 值	有害物质名称		限 量 值
重金属(或其他)元素	钡	≤100	重金属(或其他)元素	汞	≤20
	镉	≤25		硒	≤165
	铬	≤60		锑	≤20
	铅	≤90	氯乙烯单体		≤1.0
	砷	≤8	甲醛		≤120

（四）壁纸中有害物质的检测方法

1. 试样的采取、制备和预处理

① 以同一品种、同一配方、同一工艺的壁纸为一批，每批量不多于 5000m²。

② 以批为单位进行随机抽样，每批至少抽取 5 卷壁纸，并保持非聚氯乙烯塑料薄膜的密封包装，放于阴暗处待检。

③ 距壁纸端部 1m 以外每隔 1m 切取 1m 长、全幅宽的样品若干张。

④ 在样品上均匀切取 (30±1)mm 宽，(50±1)mm 长的试样若干，试样的宽度方向应与卷筒壁纸的纵向相一致。从所有样品上切取至少 150 个长方形试样。

⑤ 通过目测法选取 70 个涂层最多或者颜色最深的长方形试样，按 GB/T 10739 进行试样处理。处理后，其中的 50 个试样用于测定甲醛含量；另 20 个试样分为两组，每组各 10 个，分别切成约 6mm×6mm 的正方形，一组用于测定重金属（或其他）元素，另一组用于测定氯乙烯单体的含量。

2. 壁纸中重金属（或其他）元素含量的测定

（1）原理 在规定的条件下，将试样中的可溶性有害元素萃取出来，测定萃取液中重金属（或其他）元素的含量。

（2）仪器及试验方法 按《室内装饰装修材料 壁纸中有害物质限量》（GB 18585—2001）中的规定进行。

（3）结果计算 按下式计算出每种重金属（或其他）元素在试样中的含量，以 mg/kg 表示。

$$R=\frac{C}{m}\times 50$$

式中 R——被测试样的重金属（或其他）元素的含量，mg/kg；

C——重金属（或其他）元素在萃取液中的含量，mg/L；

m——试样的质量，g。

测试结果需经下式修正后作为分析结果报出，并修约至小数点后第 3 位。

$$R_1 = R(1 - T)$$

式中 R_1 ——修正后被测试样的重金属（或其他）元素含量，mg/kg；
 R ——被测试样的重金属（或其他）元素含量，mg/kg；
 T ——修正因子（见表 9-8）。

表 9-8 修正因子

元素	锑	砷	钡	镉	铬	铅	汞	硒
修正因子 T	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6

3. 壁纸中甲醛含量的测定

(1) 原理 将试样悬挂于装有 40℃ 蒸馏水的密封容器中，经过 24h 被水吸收，测定蒸馏水中的甲醛含量。在 24h 内，被水吸收的甲醛用乙酰丙酮为试剂的空白溶液作参照，进行光度测定。

(2) 仪器及试验方法 按《室内装饰装修材料 壁纸中有害物质限量》（GB 18585—2001）中的规定进行。

(3) 结果计算 用曲线图上读取的样品的甲醛含量值减去平行空白试验中甲醛的含量值，即为光谱测量结果 C 。按下式计算试样在 24h 内释放出的甲醛量，以 mg/kg 表示，修约至整数。

$$G = 50 \times \frac{C}{m}$$

式中 G ——从壁纸中释放出的甲醛量，mg/kg；
 C ——经空白试验校正的光谱测量结， $\mu\text{g/ml}$ ；
 m ——挂在吊钩上的试样质量，g。

4. 聚氯乙烯树脂中残留氯乙烯单体含量测定方法

(1) 方法原理 将试样溶解在合适的溶剂中，用液上气相取样的气相色谱法测定氯乙烯的含量。

(2) 仪器及试验方法 按《室内装饰装修材料 壁纸中有害物质限量》（GB 18585—2001）中的规定进行。

(3) 试样中残留氯乙烯单体（RVCM）含量（mg/kg），按下式计算：

$$\text{RVCM} = \frac{A_1 C_1 V}{A_2 W}$$

式中 A_1 ——试样中氯乙烯的峰面积（或峰高）， cm^2 （或 mm）；
 A_2 ——与试样含量相近的标准样的峰面积（或峰高）， cm^2 （或 mm）；
 C_1 ——标准气的含量， $\mu\text{g/ml}$ ；
 V ——与试样含量相近的标准样的体积，ml；
 W ——试样重量，g。

两个平行试验的结果的算术平均值作为本试验的结果。

六、聚氯乙烯卷材地板中的污染物质检测与控制

（一）氯乙烯卷材地板的用途与分类

聚氯乙烯卷材地板（俗称地板革）不仅具有木制地板的丰富弹性、保暖舒适的特点，又有石材、地砖的防潮防湿的优点，而且还有拼装简单、花色新颖、价格低等特点，受到消费者的欢迎。

目前市场上各种塑料地板按工艺分类有压延法、热压法和注射法。我国塑料地板的生产大多数采用压延法，热压法较少，注射法更少。按地板外形分类可分为块状地板和卷材地板。从材性上分类可分为硬质、半硬质、软质和弹性塑料地板等。目前塑料地板的生产大多采用 PVC 树脂，其优点是易清扫保养、耐磨、成本低、耐燃性好，烟头不会破坏表面，仅略有发黄。PVC 地板类型有：硬质 PVC 地板砖、软质 PVC 卷材、印花发泡塑料地板和覆膜彩印 PVC 塑料卷材地板等。

(二) 聚氯乙烯卷材地板的主要有害物质及危害

聚氯乙烯卷材地板的主要有害物质为氯乙烯单体、可溶性重金属铅、镉和挥发性有机化合物。目前市场上的同类产品包括有无基材聚氯乙烯卷材地板、聚氯乙烯无纺布基地板革、带基材的聚氯乙烯卷材地板等多种卷材地板。在这些产品的生产过程中均不同程度地加入添加剂，而有的生产企业为降低成本使用一些价格较低但对人体有害的增塑剂、发泡剂、油墨及有毒的有机溶剂，这些添加剂中所含的铅、镉等重金属及氯乙烯单体、挥发物等有害的物质对人体健康存在较大的危害。地板革产品的有害物质主要是指重金属的含量和限量物质的挥发量。重金属主要是镉、铅等，限量挥发物主要是指醇类、甲苯等物质。有些规模较小、不注意产品质量的企业生产的产品大都含有这些物质，并且含量超标。

氯乙烯在常温下是无色、有芳香气味的气体，是一种活性较低的高分子化合物，可向室内释放氯乙烯有害物质，可造成室内人员闻到不舒服的气味，出现眼结膜刺激、接触性皮炎、过敏等症状，甚至更加严重的后果。铅主要通过呼吸道和消化道摄入人体，可溶性铅含量高的聚氯乙烯卷材地板对人体神经系统、内脏等易造成损害，特别是对儿童生长发育和智力发育影响较大。

由此可见，聚氯乙烯装饰材料都含有种类不同、数量不等的各种污染物，其中大多数是具有挥发性的，可造成较为严重的室内空气污染，通过呼吸道、皮肤、眼睛等对室内人群的健康产生很大的危害。

(三) 聚氯乙烯卷材地板中的有害物质国家控制标准

《室内装饰装修材料 聚氯乙烯卷材地板中有害物质限量》(GB 18586—2001)。

标准适用于以聚氯乙烯树脂为主要原料并加入适当助剂，用涂敷、压延、复合工艺生产的发泡或不发泡的、有基材或无基材的聚氯乙烯卷材地板（以下简称为卷材地板），也适用于聚氯乙烯复合铺炕革、聚氯乙烯车用地板。

- (1) 氯乙烯单体限量 卷材地板聚氯乙烯层中氯乙烯单体含量应不大于 5mg/kg。
- (2) 可溶性重金属限量 卷材地板中不得使用铅盐助剂；作为杂质，卷材地板中可溶性铅含量应不大于 20mg/m²。卷材地板中可溶性镉含量应不大于 20mg/m²。
- (3) 挥发物的限量 卷材地板中挥发物的限量见表 9-9。

表 9-9 挥发物的限量

发泡类卷材地板中挥发物的限量/(g/m ²)		非发泡类卷材地板中挥发物的限量/(g/m ²)	
玻璃纤维基材	其他基材	玻璃纤维基材	其他基材
≤75	≤35	≤40	≤10

(四) 聚氯乙烯卷材地板的有害物质检测方法

1. 可溶性重金属含量的测定

(1) 试样的制备 使干净的卷材地板处于平展状态，沿产品宽度方向均匀裁取 10mm×100mm 的长方形试样 2 块，将其分别为 10mm×10mm 10 块，分别加入 25ml 1mol/L 盐酸溶液，浸泡 24h 后，用去离子水定容至 50ml，将浸泡液过滤，待测。同时制备空白溶液。

(2) 仪器及试验方法 按《室内装饰装修材料 聚氯乙烯卷材地板中有害物质限量》(GB 18586—2001) 中的规定进行。

(3) 计算按下式进行

$$x_1=1000\times (a_1-a_0)\times \frac{V_2}{V_1}$$

式中 x_1 ——试样中重金属含量，mg/m²；
 a_1 ——从标准曲线上查得的试样浸泡液重金属含量，mg/ml；
 a_0 ——空白液重金属含量，mg/ml；
 V_1 ——试样浸泡液实际进样体积，ml；
 V_2 ——试样浸泡液总体积，ml。

2. 挥发物含量的测定

(1) 试件的准备 使卷材地板处于平展状态，沿产品宽度方向均匀截取形状为 100mm×100mm 的试样 3 块，试样按 GB/T 2918—1998 中 23/50 2 级环境条件进行 24h 状态调节。

(2) 仪器及试验方法 按《室内装饰装修材料 聚氯乙烯卷材地板中有害物质限量》(GB 18586—2001) 中的规定进行。

(3) 挥发物的含量按下式计算

$$x_2=\frac{m_1-m_2}{S}$$

式中 x_2 ——挥发物的含量，g/m²；
 m_1 ——试样试验前的质量，g；
 m_2 ——试样试验后的质量，g；
 S ——试样的面积，m²。

3. 氯乙烯单体含量的测定

(1) 样品的准备 从试样的聚氯乙烯层切取 0.3~0.5g，按 GB/T 4615—1984 规定测定氯乙烯单体含量。

(2) 仪器及试验方法 按《室内装饰装修材料 聚氯乙烯卷材地板中有害物质限量》(GB 18586—2001) 中的规定进行。

(五) 聚氯乙烯卷材地板的有害物质控制

消费者在购买各类聚氯乙烯卷材地板时应根据购买不同的产品，以下为不同产品的优缺点见表 9-10。

表 9-10 不同产品的优缺点

产 品 名 称		产 品 厚 度 (脚感)	价 格	聚 氯 乙 烯 单 体 限 量/(mg/kg)	重 金 属 可 溶 性 铅 镉 限 量 /(mg/kg)	挥 发 性 有 机 物 的 含 量 /(g/m ²)	使 用 地 点
发 泡 类	玻璃纤维基材	舒适	较贵	≤5	≤20	≤75	高档住宅
	其他基材(包括 无纺布)		适中	≤5	≤20	≤35	普通住宅
	无基材	偏硬	较低	≤5	≤20	≤35	
非 发 泡 类	玻璃纤维基材			≤5	≤20	≤40	
	其他基材(包括 无纺布)			≤5	≤20	≤10	车厢地面
	无基材			≤5	≤20	≤10	车厢地面

打开卷材地板，嗅其是否有刺激性气味，优质卷材地板打开后会有轻微的气味，劣质产品的气味强烈；发泡类的卷材地板由于工艺的原因，它散发的气味比非发泡类产品强烈。打开卷材地板后可用面巾纸等擦拭地板表面，观察纸上是否有油渍，如有油渍，则表明产品质量不过关。

七、地毯、地毯衬垫及地毯胶黏剂中的污染物质与控制

(一) 地毯、地毯衬垫及地毯胶黏剂的用途与分类

地毯分为羊毛毯、混纺地毯、麻毯、丝毯、化纤毯、塑料毯等品种；又分为宫廷式、古典式、北京式、美术式等多种样式。尽管地毯的品种、样式有所不同，却都有着良好的吸音、隔声、防潮的作用。居住楼房的家庭铺上地毯之后，可以减轻楼上楼下的噪声干扰。地毯还有防寒、保温的作用，特别适宜风湿病人的居室使用。羊毛地毯是地毯中的上品，被人们称为室内装饰艺术的“皇后”。这种地毯弹性好，耐脏、耐磨、不怕踩、不退色、不变形。特别是它具有储尘的能力，当灰尘落到地毯之后，就不再飞扬，因而它又可以净化室内空气，美化室内环境。

(二) 地毯、地毯衬垫及地毯胶黏剂的主要有害物质及危害

1. 释放和滋生有害气体及物质

化纤地毯可向空气中释放甲醛以及其他一些有机化学物质如丙烯腈、丙烯等。地毯的另外一种危害是其吸附能力很强，能吸附许多有害气体如甲醛、灰尘以及病原微生物，尤其纯毛地毯是

尘螨的理想滋生和隐藏场所。国外的一位学者发现，室内铺设地毯与居民癌瘤的发生有一定的关系，后经调查证实这主要是与地毯吸附了由胶底鞋带入的致癌性多环芳烃有关。

2. 地毯引起皮肤过敏

纯羊毛地毯的细毛绒是一种致敏源，在使用过程中由于不断摩擦使细毛绒达到了一定程度的破坏，释放出的细毛绒可引起皮肤过敏，甚至引起哮喘。

3. 地毯胶黏剂

地毯背衬材料是采用胶结力很强的丁苯胶乳、天然乳胶等水溶性橡胶作胶黏剂黏合而成的，合成黏合剂对周围空气的污染是比较严重的。这些黏合剂在使用时可以挥发出大量有机污染物，主要种类有：酚、甲酚、甲醛、乙醛、苯乙烯、甲苯、乙苯、丙酮、二异氰酸盐、乙烯醋酸酯、环氧氯丙烷等。其中以苯、苯系物污染为主。

（三）地毯、地毯衬垫及地毯胶黏剂中的主要有害物质国家标准

《室内装饰装修材料 地毯、地毯衬垫及地毯胶黏剂有害物质释放限量》（GB 18587—2001）限量及分级规定，地毯、地毯衬垫及地毯胶黏剂有害物质释放限量应分别符合见表 9-11、表 9-12、表 9-13 的规定。A 级为环保型产品、B 级为有害物质释放限量合格产品。

表 9-11 地毯有害物质释放限量

序 号	有害物质测试项目		限量/[mg/(m ² ·h)]	
			A 级	B 级
1	总挥发性有机化合物(TVOC)	≤	0.500	0.600
2	甲醛	≤	0.050	0.050
3	苯乙烯	≤	0.400	0.500
4	4-苯基环己烯	≤	0.050	0.050

表 9-12 地毯衬垫有害物质释放限量

序 号	有害物质测试项目		限量/[mg/(m ² ·h)]	
			A 级	B 级
1	总挥发性有机化合物(TVOC)	≤	1.000	1.200
2	甲醛	≤	0.050	0.050
3	丁基羟基甲苯	≤	0.030	0.030
4	4-苯基环己烯	≤	0.050	0.050

表 9-13 地毯胶黏剂有害物质释放限量

序 号	有害物质测试项目		限量/[mg/(m ² ·h)]	
			A 级	B 级
1	总挥发性有机化合物(TVOC)	≤	10.000	12.000
2	甲醛	≤	0.050	0.050
3	2-乙基己醇	≤	3.000	3.500

（四）地毯、地毯衬垫和地毯胶黏剂有害物质检测方法

地毯、地毯衬垫和地毯胶黏剂有害物质检测方法见表 9-14。

表 9-14 地毯、地毯衬垫和地毯胶黏剂有害物质检测方法

有 害 物 质	分 析 方 法
总挥发有机化合物(TVOC)	ISO/DIS 16000-6 : 1999 ISO 16017-1 : 2000 气相色谱法
4-苯基环己烯(4-PCH)	
丁基羟基甲苯(BHT)	
2-乙基乙醇	
甲醛(HCHO)	GB/T 15516—1995 乙酰丙酮分光光度法 GB/T 18204.26—2000 酚试剂分光光度法
苯乙烯	GB/T 16052—1995 气相色谱法

（五）地毯、地毯衬垫和地毯胶黏剂有害物质控制

1. 怎样防止室内空气中苯系物的危害

地毯及地毯衬垫中使用的各种胶黏剂，特别是溶剂型胶黏剂在装饰行业中仍有一定的市场，而使用的溶剂多数为甲苯，其中含有 30% 以上的苯，因为价格、溶解性、粘接性等原因，还被一些企业采用。它会放出大量的苯，对室内的空气造成污染。装修中尽量采用符合国家标准和污染少的装修材料，这是降低室内空气中苯含量的根本。各种胶黏剂，特别是溶剂型胶黏剂在装饰行业中仍有一定的市场，而使用的溶剂多数为甲苯，其中含有 30% 以上的苯，因为价格、溶解性、粘接性等原因，还被一些企业采用。提醒大家要注意对胶黏剂的选择，因为目前建筑装饰行业各种规定中，没有对使用胶黏剂的规定，普通百姓又没有经验，装饰公司想用什么就用什么，容易被忽视。

2. 保持室内空气的净化

这是清除室内有害气体行之有效的办法，可选用确有效果的室内空气净化器和空气换气装置。或者在室外空气好的时候打开窗户通风，有利于室内有害气体散发和排出。

八、混凝土外加剂的污染物质检测与控制

（一）混凝土外加剂的用途及分类

混凝土外加剂也称为外掺剂或附加剂。它是指除组成混凝土的各种原材料或混合材料之外，另行加入的材料，即在拌制混凝土过程中掺入的用以改善混凝土各种性能的化学物质。混凝土外加剂原料构成以化工原料为主，属于化工产品，技术含量高，可谓混凝土组成中的“味粉”。

混凝土外加剂技术是近年来在我国发展较快的一项混凝土新技术，是混凝土发展史上继钢筋混凝土、预应力混凝土后的第三次飞跃。应用它可改善混凝土的性能，节省水泥和能源，提高施工速度和施工质量，改善工艺和劳动条件，具有投资少、见效快、经济效益和社会效益显著，在现有施工条件下就可推广应用的特点。使用外加剂后，可取得节省水泥、节省能源、提高强度、缩短工期、加快模板及预制场地周转、改善混凝土性质和改善施工操作条件等多种技术经济效益。

混凝土科学技术发展的主要方向是节约、耐久、高强、轻质、快硬和高流动度。这些目标的实现，往往都与应用外加剂密切相关。混凝土外加剂的推广应用是水泥应用科学发展史上的一次重大突破。混凝土外加剂按其主要功能分为四类。

- ① 改善混凝土拌合物流变性能的外加剂。包括各种减水剂、引气剂和泵送剂等。
- ② 调节混凝土凝结时间、硬化性能的外加剂。包括缓凝剂、早强剂和速凝剂等。
- ③ 改善混凝土耐久性的外加剂。包括引气剂、防水剂和阻锈剂等。
- ④ 改善混凝土其他性能的外加剂。包括加气剂、膨胀剂、防冻剂、着色剂、黏结剂和碱-骨粉反应抑制剂等。

（二）混凝土外加剂的主要有害物质及危害

由于防冻剂产品的研究发展，使得在寒冷气候下的混凝土的制备、浇注、养护等取得显著的效果，从而使得冬季施工不必暂停，由此给建筑业创造了可观的经济效益。早期的防冻剂多以氯化钠为主，在人们认识到氯离子对钢筋的锈蚀作用后，改以尿素作为防冻剂的有效成分。尿素在混凝土中水解，生成 NH_3 和 CO_2 ，氨气的挥发造成了建筑物室内的氨污染。

氨 (NH_3) 是一种无色而具有强烈刺激性臭味的气体，是一种碱性物质，比空气轻（相对密度 0.5971），可感觉最低浓度为 $5.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。氨气的溶解度极高，所以常被吸附在皮肤黏膜和眼结膜上，从而产生刺激和炎症。氨可麻痹呼吸道纤毛和损害黏膜上皮组织，使病原微生物易于侵入，减弱人体对疾病的抵抗力。氨被吸入肺后容易通过肺泡进入血液，与血红蛋白结合，破坏运氧功能。短期内吸入大量氨气后可出现流泪、咽痛、声音嘶哑、咳嗽、痰可带血丝、胸闷、呼吸困难，可伴有头晕、头痛、恶心、呕吐、乏力等，严重者可发生肺水肿、成人呼吸窘迫综合征，同时可能发生呼吸道刺激症状。

（三）混凝土外加剂的国家控制标准

《混凝土外加剂中释放氨的限量》(GB 18588—2001)。

标准适用于各类具有室内使用功能的建筑用、能释放氨的混凝土外加剂，不适用于桥梁、公

路及其他室外工程用混凝土外加剂。混凝土外加剂中释放氨的量 $\leq 0.10\%$ （质量分数）。

（四）混凝土外加剂有害物质检测方法

混凝土外加剂中释放氨的测定——蒸馏后滴定法。

（1）原理 从碱性溶液中蒸馏出氨，用过硫酸标准溶液吸收，以甲基红-亚甲基蓝混合指示剂为指示剂，用氢氧化钠标准溶液滴定过量的硫酸。

（2）仪器及试验方法 按《混凝土外加剂中释放氨的限量》（GB 18588—2001）中的规定进行。

（3）计算 混凝土外加剂样品中释放氨的量，以氨（ NH_3 ）质量分数表示，按下式计算：

$$X_{\text{氨}} = [(V_2 - V_1)c \times 0.01703/m] \times 100$$

式中 $X_{\text{氨}}$ ——混凝土外加剂中释放氨的量，%；

c ——氢氧化钠标准溶液浓度的准确数值，mol/L；

V_1 ——滴定试料溶液消耗氢氧化钠标准溶液体积的数值，ml；

V_2 ——空白试验消耗氢氧化钠标准溶液体积的数值，ml；

0.01703——与 1.00ml 氢氧化钠标准溶液 [$c(\text{NaOH}) = 1.000\text{mol/L}$] 相当的以克表示的氨的质量；

m ——试料质量的数值，g。

取两次平行测定结果的算术平均值为测定结果。两次平行测定结果的绝对值大于 0.01% 时，需重新测定。

（五）混凝土外加剂中的有害物质控制

为减少室内氨污染对健康的影响应采取的措施如下。

① 冬季施工时，应严格限制使用含尿素的防冻剂。针对室内氨污染，北京市建委专门下文，从 2000 年 3 月 1 日起严格限制含尿素防冻剂的使用。

② 了解室内氨污染的情况。由于氨气是从墙体中释放出来的，室内主体墙的面积会影响室内氨的含量，所以，不同结构的房间，室内空气中氨污染的程度也不同。居住者应该了解房间里情况，根据房间污染情况合理安排使用功能。如污染严重的房间尽量不要用做卧室，或者尽量不要让儿童、病人和老人居住。

③ 条件允许时，可多开窗通风，以尽量减少室内空气的污染程度。现在专家们已经研究出一种空气新风机，可以在不影响室内温度和不受室外天气影响的情况下，进行室内有害气体的清除。

④ 选用有效的空气净化器。一些室内空气净化器在宣传中说对室内有害气体有清除作用，注意一定要进行实地检验，选用有效果的品牌，也可以向室内环境专家咨询。

⑤ 采用光催化和冷触媒技术，运用封闭、氧化处理、空气吸附等方法，可以有效的降低室内氨污染。

⑥ 吸附净化法。常用吸附剂有分子筛、硅胶、沸石、活性炭和活性炭毡等材料，考虑到室内氨污染的特点、对氨污染净化的效果、技术可行性以及费用等综合原因，可采用价格低廉的活性炭作原料。

九、天然石材中的污染物质检测与控制

（一）天然石材的用途与分类

天然石材的使用从远古至今已有几千年的历史了，随着人民生活水平的提高，天然石材的应用越来越广泛，越来越普及，已经从公共建筑领域走进千家万户，其价值和功用已从简单的建筑材料转变为高档华丽的装饰材料。

从地质学的角度看，目前市场上销售的天然石材种类繁多。但从商业的角度来说，我们把所接触的天然石材归纳为大理石、花岗石、板石和砂岩石四种。其中，花岗石来源于火山的喷发，因此其颗粒、结晶状态、花色等均比较均匀，也比较坚硬，具有较高的抗压、抗弯强度，常用于室外装饰；大理石来源于沉积岩和变质岩，故其具有密度高、色泽纯正等特点，加上其具有不同色彩的条纹和图案，使大理石尽显高雅、靓丽的本色，常为高档建筑及酒店的大堂、电梯间所采用。大理石的强度相对花岗石要低一些，故常用于室内装饰。

陶瓷制品的原料是天然黏土。黏土是由天然岩石经长期风化而成的，它是多种矿物的混合物。组成黏土的矿物，称黏土矿物。常见的黏土矿物有高岭石、蒙脱石、水云母等，它们都是具有层状结晶结构的含水硅铝酸盐（ $x\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot y\text{SiO}_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ ）。此外，黏土中还含有石英、长石、铁矿物、碳酸盐、碱及有机物等多种杂质。因此，组成陶瓷制品的原料也含有放射性元素。目前，陶瓷墙地砖作为装饰材料的一种，已运用十分广泛。墙地砖是指建筑物外墙用砖和室内外地面装饰用砖，因为此类陶瓷砖通常可以墙地两用所以称为墙地砖。

（二）天然石材中的主要有害物质及危害

天然石材放射性核素对人体的危害有内照射与外照射之分。体内辐射主要来自于放射性辐射在空气中的衰变，是核放射出电离辐射以后，以食物、水、大气为媒介，摄入人体后自发衰变，形成的一种放射性物质氡及其子体，被人吸入肺中，对人的呼吸系统造成伤害。体外辐射主要是指天然石材中的放射性核素在衰变过程中，放射出电离辐射 α 射线、 β 射线、 γ 射线直接照射人体，然后在人体内产生一种生物效果，对人体内的造血器官、神经系统、生殖系统和消化系统造成损伤。

建筑装饰装修材料中的放射性污染主要是氡的污染，是国家目前室内环境标准中主要控制污染物质之一。氡（ Rn ）是世界卫生组织确认的主要环境致癌物之一。氡是天然存在的无色无味气体，不易被觉察地存在于人们的生活和工作的环境空气中。科学研究表明，氡诱发肺癌的潜伏期大多都在 15 年以上，世界上有 1/5 的肺癌患者与氡有关。所以说，氡是除吸烟以外导致人类肺癌的第二大“杀手”，世界卫生组织把它列为使人致癌的 19 种物质之一。氡及其子体在衰变时还会同时产生穿透力极强的 γ 射线，对人体造成外照射。长期生活在 γ 辐射场的环境中，就有可能对人的血液循环系统造成危害，如白细胞和血小板减少，严重的还会导致白血病。

（三）天然石材有害物质国家控制标准

《建筑材料放射性核素限量》（GB 6566—2001）。

（1）建筑主体材料 当建筑主体材料中天然放射性核素镭-226、钍-232、钾-40 的放射性比活度同时满足 $I_{\text{Ra}} \leq 1.0$ 和 $I_{\text{r}} \leq 1.0$ 时，其产销与适用范围不受限制。

对于空心率大于 25% 的建筑主体材料，其天然放射性核素镭-226、钍-232、钾-40 的放射性比活度同时满足 $I_{\text{Ra}} \leq 1.0$ 和 $I_{\text{r}} \leq 1.3$ 时，其产销与适用范围不受限制。

（2）装修材料 标准根据装修材料放射性水平大小划分为以下三类。

① A 类装修材料。装修材料中天然放射性核素镭-226、钍-232、钾-40 放射性比活度同时满足 $I_{\text{Ra}} \leq 1.0$ 和 $I_{\text{r}} \leq 1.3$ 要求的为 A 类装修材料。A 类装修材料其产销与适用范围不受限制。

② B 类装修材料。不满足 A 类装修材料要求但同时满足 $I_{\text{Ra}} \leq 1.3$ 和 $I_{\text{r}} \leq 1.9$ 要求的为 B 类装修材料。B 类装修材料不可用于 I 类民用建筑的内饰面，但可用于 I 类民用建筑的外饰面及其他一切建筑物的内、外饰面。

③ C 类装修材料。不满足 A、B 类装修材料要求但同时满足 $I_{\text{r}} \leq 2.8$ 要求的为 C 类装修材料。C 类装修材料只可用于建筑物的外饰面及室外其他用途。

④ $I_{\text{r}} > 2.8$ 的花岗石只可用于碑石、海堤、桥墩等人类很少涉及到的地方。

（四）天然石材有害物质检测方法

（1）仪器 低本底多道 γ 能谱仪。

（2）取样与制样

① 取样。随机抽取样品两份，每份不少于 3kg。一份密封保存，另一份作为检验样品。

② 制样。将检验样品破碎，磨细至粒径不大于 0.16mm。将其放入与标准样品几何形态一致的样品盒中，称重（精确至 1g）、密封、待测。

（3）测量。当检验样品中天然放射性衰变链基本达到平衡后，在与标准样品测量条件相同情况下，采用低本底多道 γ 能谱仪对其进行镭-226、钍-232、钾-40 比活度测量。

（4）测量不确定度的要求。当样品中镭-226、钍-232、钾-40 放射性比活度之和大于 37Bq/kg 时，本标准规定的试验方法要求测量不确定度（扩展因子 $K=1$ ）不大于 20%。

（五）天然石材有害物质控制

1. 室内环境中放射性氡的净化治理

① 在城市规划和建筑选址时应注意避开高氡地质背景区，如构造带和放射性元素含量高的地段，应加强地基处理和室内通风，减少地基土壤对室内的影响。

② 加强室内通风。室内通风是室内降氡的主要方法之一，室内通风方式有自然通风和人工通风（如排风扇、空调等）。通过几种通风方式降氡效果的实验，结果证明自然通风的效果最好。

③ 采用装有降氡装置的室内空气交换器，在空气交换过程中，将空气中的氡子体过滤掉。目前，这种空气交换器市场上已经出现。

④ 建材在使用前最好能先检测，不要使用放射性元素含量高的建筑材料。

2. 天然石材有害物质的控制措施

合理利用天然石材在确定装修方案时，要合理选用石材，最好不要在居室内大面积使用一种建筑材料。在到石材市场选购石材时，要向经销商索要产品放射性合格证，根据石材的放射等级进行选择。如果对市场上的石材放射性指标不放心，最科学有效的方法是请专家用先进仪器进行石材的放射性检测，各地的室内环境检测部门和单位可为大家提供这种服务，可以把样品送到室内环境检测中心检测，已经装修完的房间，可请专家到现场进行氡污染检测。



思考题

1. 造成室内环境污染的主要因素有哪些？
2. 室内装饰装修材料与室内环境污染的关系如何？
3. 人造板中污染物质检测与控制方法是什么？
4. 溶剂型木器涂料的污染物质检测与控制是什么？
5. 内墙涂料中的污染物质检测与控制是什么？
6. 胶黏剂中的污染物质检测与控制是什么？
7. 壁纸中的污染物质检测与控制是什么？
8. 聚氯乙烯卷材地板中的污染物质检测与控制是什么？
9. 地毯、地毯衬垫及地毯胶黏剂中的污染物质与控制是什么？
10. 混凝土外加剂的污染物质检测与控制是什么？
11. 天然石材中的污染物质检测与控制是什么？

参考文献

- 1 中国室内装饰协会室内环境监测中心、中国标准出版社第二编辑室. 室内环境质量及检测标准汇编. 北京：中国标准出版社，2003
- 2 宋广生. 室内环境污染防治指南. 北京：机械工业出版社，2003
- 3 宋广生. 室内空气质量标准解读. 北京：机械工业出版社，2003
- 4 伊长荣，宋广生. 家庭装修健康指南. 北京：人民军医出版社，2004
- 5 周中平等. 室内污染检测与控制. 北京：化学工业出版社，2002
- 6 李国华. 建筑装饰材料. 北京：中国建材工业出版社，2004
- 7 高佩群. 家庭装饰、装修质量鉴别 271 例. 北京：中国计量出版社，2001
- 8 宋广生. 室内环境质量评价及检测手册. 北京：机械工业出版社，2002

第十章

室内环境家具污染的检测与控制

近几年,随着我国经济建设的发展和人民生活水平的提高,人们的室内装饰装修观念也在不断的转变,特别是近年来国家室内环境系列标准的发布和实施,使人们的室内环境意识大大提升,对写字楼和家庭装修污染日益关注。科学装修、理性装修、“轻装修、重装饰”的观念深入人心,日益成为一种新的时尚。与此同时,作为室内装饰不可分割的一个重要组成部分,家具成为人们进行室内装饰的主要选择,但同时很多家庭和写字楼都遇到了家具造成的室内环境污染问题。中国室内装饰协会室内环境监测中心从2000年10月发现北京的第一例布艺沙发造成的苯污染以后,多次接到消费者关于家具污染环境的咨询和投诉。消费者对有关家具污染室内空气的投诉和相关咨询越来越多,涉及的范围逐渐扩大,根据家具产生的污染物分析,不仅有甲醛污染、苯污染,还有家具油漆造成的重金属污染;根据造成污染的家具品种分析,不仅有各种木制家具造成的污染,而且还有各种布艺沙发床垫造成的污染;根据造成污染的家具功能分析,不仅有家庭的卧室家具、客厅家具、写字楼里面的办公家具污染,甚至还发现了造成厨房空气污染的整体厨房家具。家具造成的室内空气污染已经成为目前我国继建筑污染、装饰装修污染后的第三大室内环境污染源。

第一节 家具造成的室内环境污染问题概述

一、家具污染室内环境问题越来越严重

据中国室内装饰协会室内环境监测工作委员会调查统计,随着人们生活条件的改善和装修观念的变化,家具污染室内环境已经成为继建筑污染、装修污染以后的室内环境污染新问题,成为室内环境污染的三大来源之一。为此国家制定了有关室内环境和家具污染的标准,但是由于家具污染室内环境问题是涉及材料、工艺、后期处理和空间承载量等多方面的问题,同时随着新型材料的出现和家具行业的发展,各种布艺家具、铁艺家具、厨房家具、办公家具不断出现,家具污染室内环境问题仍然是个需要全社会关注的突出问题。

据中国室内装饰协会室内环境监测中心调查,随着消费者对室内装饰装修造成的污染的重视,家庭装修中在室内制做家具的越来越少了,人们都选择购买成品家具来布置新房,家具的质量问题成为目前消费者关心的一个主要问题。室内环境监测中心多次接到消费者关于家具污染环境的咨询和投诉,纷纷反映自从家里新添置了家具后,常常感到头昏、恶心、流眼泪,夏天不能开空调享受清凉,冬天不能闭窗保暖。据室内环境监测中心调查,这一切都与家具中释放的有害气体有直接关系,而这些有害气体主要来自于木制家具使用的人造木板、油漆和软家具中使用的含苯胶黏剂。

2003年,国家质检总局抽查了涉及北京、上海、广东、浙江等七个地区87家生产企业的木制家具产品,并重点对家具材料的游离甲醛释放量进行了专项检验,合格率仅为61%!

家具释放有害气体污染环境不仅影响到消费者的使用,而且影响到家具城的环境质量。北京市疾病预防控制中心1999~2002年,对北京市朝阳区和海淀区的6个家具城进行了3年多

的跟踪检测。结果发现家具城里的空气均受到严重污染,远远高于我国公共场所卫生标准,而甲醛为主要污染物。造成污染的原因主要是家具所用的木质板材本身的质量有问题,另外分析表明:室内通风不良、夏季温度过高以及家具摆放密度过大,也是造成家具城空气污染的因素。

目前,随着人们的室内环境意识的提高和消费观念的转变,健康家具成为 21 世纪家具业发展的主流,健康家具的首要条件就是“家具用料是倾向自然的,本身不含有害物质”。能够满足使用者的特定需要,有益于使用者的健康,没有对人体毒害和伤害的隐患。

二、家具释放的主要有害物质及对人体健康的危害

家具产生的有害物质主要来自于家具生产过程中使用的各种材料,其中包括生产木制家具使用的各种实木板和人造木板、家具表面涂饰使用的各种油漆和涂料、生产软性家具使用的各种塑料制品,另外还有家具制作过程中使用的胶黏剂等材料释放的有害物质,目前反映问题比较多的主要是人造木板中的甲醛、家具油漆和胶黏剂里面的苯和重金属。

重金属主要存在于色漆中,主要来源于家具油漆涂料中的着色物质颜料。人体摄入重金属过多,会造成慢性中毒。特别是重金属影响儿童的生长发育,部分重金属可在脑部及内脏器官中残留,对肝、肾等造成永久性伤害,对儿童智力发育造成不良影响。家具中的重金属主要危害物质有铬、镉、铅、汞等。

1. 铬

广泛存在于自然界。铬是人体必需的微量元素之一,是正常人体的组成成分之一,是维持人体糖和脂肪代谢的必要物质。

铬除了误服引起急性中毒外,不存在引起人急性中毒的危险。吸入空气中的含铬气溶胶,对呼吸道有刺激和腐蚀作用,可引起鼻炎、咽炎、支气管炎等。当吸入铬酸雾或粉尘时,可导致鼻部的严重病变,最终可出现溃疡、鼻中隔糜烂、甚至穿孔。铬化合物还能引起支气管哮喘。铬为皮肤变态反应原,可引起接触性皮炎或湿疹。同时,在严重缺铬地区,又会致使居民糖尿病的发病率增高,且易罹患其他致死性疾患,研究证明动脉硬化症多发地区人群的机体和主动脉铬的含量明显低。

2. 铅

由于铅在环境中广泛存在,因此,人体可通过饮水、空气、食物和吸烟等途径摄入铅。环境中的铅主要从消化道,其次从呼吸道和皮肤进入人体。在正常情况下,摄入的铅仅有 5%~10% 被吸收,90% 以上从粪便排出。当人体铅的摄入量大于排出量时,便出现铅的蓄积,对人体生理功能产生影响,甚至引起各种病理变化。铅主要通过尿和粪便排出,尿铅是反应近期铅接触水平的敏感指标之一。

铅中毒主要损伤造血、神经系统和肾脏等。幼红细胞和血红蛋白过少性贫血是急性或慢性铅中毒的一个早期表现,而且是慢性低水平铅接触的主要临床表现。铅中毒时可出现非对称性腕下垂。对中枢神经系统的影响主要表现为脑肿胀或脑水肿。急性铅中毒可发生明显的中毒性肾病。慢性铅中毒可引起高血压和肾脏的损伤。小儿铅中毒时在 X 线照片上可见骨骺密度增加带。铅可引起女性月经异常,新生儿低体重和婴儿发育迟缓及智力低下的发生频率增高,男性的精子数减少、畸形率增高和活动能力减弱等症状。

3. 汞

汞(Hg)俗称水银(因其如银似水而得名)。无机汞及其化合物主要经呼吸道吸入。在意外事故中也有经消化道摄入的现象。有机汞则多由食入被污染的食品经消化道摄入,而且吸收很完全。金属汞易于通过血脑屏障,有机汞易于通过胎盘。当人体吸入或摄入汞及其化合物达到一定浓度时,会导致中毒,主要表现为急性中毒和慢性中毒两种,其具体症状如下:急性中毒,表现为头痛、头晕、乏力、发热等全身症状,可有明显的口腔炎和胃肠症状。部分病人于发病数小时出现斑疹、丘疹。吸入高浓度时可引起汞毒性肺炎,严重者因呼吸困难导致死亡。误服汞盐则会造成急性腐蚀性胃肠炎和坏死性肾病。慢性中毒以精神神经障碍和口腔炎为最明显的症候群。早期以神经衰弱综合征为主,多梦及记忆力减退较明显,然后出现兴奋性增高,情绪不稳定,失眠和淡漠等表现。伴有植物性神经系统紊乱,表现流涎多汗,有严重明显的皮肤划痕。肌震颤是慢性汞中毒的典型症状,早期以手指震颤最为典型,严重时可发展为粗大的意向性震颤,并波及全身,少数患者可出现口腔炎和肝肾损害。汞及其化合物还会对人体的生殖发育系统造成损害。甲

基汞可通过胎盘影响后代。先天性甲基汞中毒的婴儿，主要表现为中枢神经系统发育迟缓，严重者有脑畸形和精神异常，以及语言障碍，行为和智力缺陷等。同时，研究还表明汞会使妇女月经异常的发生率增加。月经异常主要表现为月经周期紊乱，经期改变，量增多或减少，经前紧张症和痛经发生率增多。

4. 镉

居住环境所发生的镉中毒多是长期通过空气、饮水、食物进入人体所致的慢性中毒。慢性中毒患者可出现尿镉浓度升高，贫血，蛋白尿，嗅觉缺失，牙齿颈部出现釉质黄色镉环等。随之可出现肾功能减退、肺气肿等。生育次数多的妇女吃了镉米所致的慢性镉中毒称为“痛痛病”，在初发时有腰疼、膝关节痛，以后是遍及全身的刺痛，止痛药无效。另外，慢性镉中毒可引起钙代谢失调，导致骨软化，骨质疏松，易发生骨折，甚至咳嗽、打喷嚏也能引起骨折。

急性中毒主要是大量吸入含镉烟尘、蒸气或误服所致，吸入引起的急性镉中毒一般发生在吸入后4~6h，最初表现为口干、头痛、呼吸困难、恶心、呕吐、腹泻等症状。中毒初期常被误诊为流感而延误治疗。经口引起的急性中毒主要表现为急性发作的恶心、呕吐和腹泻，严重时可持续发心功能，呼吸功能紊乱，心室震颤并可致死。

三、国家关于家具有害物质检测标准和相关标准

由于室内装饰装修材料或家具产品中有毒有害物质的释放量和含量问题十分突出，严重影响人民的身心健康，已经引起国务院领导的高度重视，为了保护广大消费者的利益，防止不合格家具造成的室内环境污染，在国务院有关领导关心和领导下，2001年7月国家质量监督检验检疫总局制定了《室内建筑装饰装修材料有害物质限量》国家强制性标准包括家具有害物质控制标准，内容主要包括：人造板、内墙涂料、木器涂料、胶黏剂、地毯、壁纸、家具、地板等、混凝土外加剂和建筑材料放射性物质10个方面，国家家具质量检验中心承担了家具有害物质限量标准的起草工作。2001年12月国家质量技术监督检验检疫局正式颁布的《室内建筑装饰装修材料有害物质限量》标准中专门制定了木制家具的有害物质限量，同时对表面涂刷了色漆的木制家具中的重金属含量也进行了严格规定。

1. 木制家具的有害物质限量标准

为了保护广大消费者的利益，防止不合格家具造成的室内环境污染，国家质量技术监督检验检疫总局在2001年12月在制定的《室内建筑装饰装修材料有害物质限量》标准中专门制定了木制家具的有害物质限量，规定制作家具用的人造木板的游离甲醛释放量（干燥器法）不得超过1.5mg/L，同时对表面涂刷了色漆的木制家具中的重金属含量也进行了严格规定。

(1) 家具甲醛释放量规定要求 标准对家具的甲醛释放量做出了规定，要求甲醛释放量为 $\leq 5\text{mg/L}$ 。这里的技术指标是针对家具（包括厨房家具）产品的甲醛释放量，标准的主要指标是参照了《人造板甲醛释放量》国家标准中部分技术要求，也参照了日本工业标准中的有关指标，结合家具产品的现状而做出的规定。

① 标准试验方法是采用 GB/T 17657—1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》4.12 中 24h 干燥器法。

② 目前国家林科院正在制定的人造板甲醛释放量采用干燥器法规定，A 类为 $\leq 4\text{mg/L}$ ，B 类 $> 4\text{mg/L}$ 且 $\leq 10\text{mg/L}$ 。

③ 日本工业标准（JIS-A-5908-1986）人造板甲醛释放量采取规定（mg/L）：F1 级 ≤ 0.5 、F2 级 $\leq 0.5 \sim 5$ 、F3 级 $30 \sim 60$ 。

(2) 家具涂层挥发性有机化合物（VOC）限量规定要求 VOC（不含甲醛）测定和控制，主要是控制家具表面涂料的有害物质限量的控制，目前，我国的家具涂料总体与国外先进国家还有差距，为了防止不符合标准要求的涂料在家具涂饰中使用，因此本标准主要是通过对面家具产品的检验，来衡量家具使用的涂料及工艺中的质量水平。

① 标准规定家具挥发性有机化合物总量（不含甲醛） $\leq 300\mu\text{g/m}^3$ 。

② 标准规定的试验方法主要通过试件制备、气体采集，采用气相色谱仪测定。

③ 家具涂层可溶性金属限量规定。家具中绝大多数采用木器涂料作为表面装饰，其涂料中部分可溶性重金属元素超过标准规定的含量，对使用者来说，可能通过触摸家具而被人体所吸收，造成损害引起某些疾病诱发。因此本标准对可溶性重金属所做的限量规定如下。

① 家具产品中所用的色漆、清漆、硝基漆或类似物质中可溶性铅、镉、铬、汞的重金属元素不超过表 10-1 的规定。

② 试验方法为通过家具表面涂层膜采集样品和制备，采用原子吸收光谱仪测定。随着科学的发展和厨房家具行业标准和家具有害物质限量标准的先后制定实施，为当前国家正在开展整顿和规范市场经济秩序工作，整顿和规范家具市场提供了重要的基础技术标准，为厨房家具的生产、经销和装修单位和广大消费者提供了一个标准检验依据，随着标准的实施和市场监管抽查力度的加强，未来的厨房家具将会朝着充分展现个性文化，环保智能化方向发展。

2. 国家《室内装饰装修材料有害物质限量》标准中木制家具有害物质控制标准

(1) 木制家具用板材主要有实木和人造板两种 人造板材则有刨花板、中密度板、细木工板（大芯板）、胶合板、复合板等，用人造板材制作的家具又称板式家具。虽然板式家具具有不易变形、样式多变的特点，但是人造板材可能对居室环境造成的污染也不容忽视。为了保护广大消费者的利益，防止不合格家具造成的室内环境污染，国家质量技术监督检验检疫局在 2001 年 12 月制定的《室内装饰装修材料有害物质限量》标准中专门制定了木制家具的有害物质限量（见表 10-1），规定制作家具用的人造木板的游离甲醛释放量（干燥器法）不得超过 1.5mg/L，与新标准的人造木板的甲醛释放量相同，同时对表面涂刷了色漆的木制家具中的重金属含量也进行了严格规定。

表 10-1 室内装饰装修材料木制家具中有害物质限量

标准名称	项 目		限 量 值
《室内装饰装修材料木家具中有害物质限量》GB 18584—2001	甲醛释放量/(mg/L)		≤1.5
	重金属含量(限色漆) /(mg/kg)	可溶性铅	≤90
		可溶性镉	≤75
		可溶性铬	≤60
		可溶性汞	≤60

(2) 弹簧软床垫的污染和卫生控制标准 为了规范和提高软床垫的质量，防止由于软床垫有害物质造成的室内环境污染，全国家具标准化中心新修订的 QB 1952.2—2004《软体家具弹簧软床垫》轻工行业标准已于 2005 年 6 月 1 日起实施，以替代原 QB 1952.2—1999 标准。

1999 年制定的《弹簧软床垫》QB/T 1952.2 轻工行业标准自实施以来，在规范和整顿市场，打击伪劣产品，保护消费者合法权益方面发挥了重要的作用。但是，根据近年来床垫市场的实际情况来看，该标准技术内容已经明显滞后。主要体现在：标准中缺乏明确的卫生要求，特别是影响室内环境质量的床垫的甲醛释放量等有害物质限量都没有涉及。标准中关于床垫使用的铺垫料要求比较笼统，不够具体和详细。一些企业采用废旧材料制作铺垫料，或者在铺垫料中夹杂塑料编织带、植物秸秆、刨花、石粉等材料，严重影响了消费者的健康，也使检测机构很难根据标准对此做出判定。另外，由于该标准是行业推荐性标准，在市场整治和提高产品质量方面执法力度上还不够。近年来，床垫中采用“黑心棉”铺垫料问题多次被中央电视台等媒体曝光，引起了中央领导同志的高度重视，批示要求严厉查处“黑心棉”的生产和销售。因此，全国家具标准化中心修订了 QB/T 1952.2—1999《弹簧软床垫》行业标准。

新的软床垫标准明确提出了床垫（包括铺垫料在内的整体）的甲醛释放量要求；同时还明确提出了关于铺垫料的卫生要求。增加了“所用絮用纤维不应漂白”和“不应检出绿脓杆菌、金黄色葡萄球菌和溶血性链球菌等致病菌”的卫生要求。规定不应采用废旧衣物，不应霉变，所用絮用纤维不得漂白和不得检出致病菌（限仲裁检验）等；标准中规定了床垫（包括铺垫料在内的整体）的甲醛释放量要求及试验方法，规定床垫甲醛释放量≤0.05mg/m²。因为床垫中的甲醛释放虽主要来自面料和铺垫料，因此试验取样时选取面料和铺垫料整体取样。

作为强制性标准，重点突出了有关床垫铺垫料的卫生要求，规定床垫的甲醛释放量，充分体现了强制性标准对人体健康，卫生和环保的要求，标准中有关消费者身体健康、安全的要求可得以及强制性实施，提高了标准执行的力度。标准的试验方法更加完善。

上海市消保委在 2005 年发布的上海弹簧软床垫比较试验结果显示，抽查的 47 件样品中有

20%多样品不符合国家标准,其中“3种产品的甲醛释放量超标严重。消保委从该市的13家家具商场随机购买47件样品,产地涉及上海、北京、广东等地,委托上海家具质量监督检验站依据国家标准对卫生要求、甲醛释放量、安全要求、弹簧要求和耐久性等12个指标进行检测。经检验,47件样品中有10件样品部分指标实测值不符合国家标准,符合率仅为78.22%。不合格产品中问题最大的就是甲醛释放量超标。比较试验还发现,部分样品的铺垫料不符合要求。本次比较试验中发现8件样品使用了未经高温成型(热熔)的铺垫料,经上海市工业微生物研究所检测中心进行致病菌检测,结果显示,8件样品都检出了绿脓杆菌、金黄色葡萄球菌和溶血性链球菌等致病菌。”

3. 国家发布的其他与家具有关的室内装饰装修材料有害物质控制标准

由于家庭装修和家具制作需要使用大量的人造板,所以各种人造板材料中的甲醛释放量超标的问题日益引起人们关注,针对这些问题,国家质量技术监督检验检疫总局在2001年12月制定的《室内装饰装修材料有害物质限量》标准中不但专门制定了木制家具的有害物质限量,而且还严格规定了人造木板及其制品的甲醛释放量标准。

人造板及其制品中甲醛释放量试验方法及限量值标准规定:符合E₁限量标志的可以直接用于室内,符合E₂限量标志的是必须经过饰面处理后才允许用于室内。不符合E₁、E₂限量标志要求的,不能用于室内。

溶剂型木器涂料中有害物质限量值按GB 18581—2001《胶黏剂中的有害物质限量标准》进行控制。但是,由于家具作为一种生产产品,其产品质量涉及到所用材料、生产工艺和后期处理等方面,特别是在生产工艺方面,如果处理不好,或者偷工减料,都会造成材料中的有害物质的大量释放。

4. 木家具质量检验的要求

家具质量的要求标准是生产企业组织生产和检验产品质量的主要技术依据,也是家具经销单位进行商品质量把关和消费者在选购家具时判别质量优劣的主要技术依据。木家具标准目前有国家标准GB/T 8324—1995《木家具通用技术条件》、行业标准QB/T 1951.1—94《木家具质量检验及质量评定》。主要质量要求如下。

(1) 用料要求 是指实木家具和双包镶家具使用材种的要求。实木家具用料要求、双包镶框架式家具用料要求、刨花板、中密度纤维板为基材及其表面装饰用料材质要求:虫蛀材、腐朽材、斜纹材、节子材、贯通裂缝的木材和有树脂囊的木材不得使用;有局部裂缝和钝棱等缺陷的木材未经修补不得使用。

(2) 木材含水率要求 用在家具上的木材,含水率过高或过低,随着空气中温度、相对湿度的变化,就会引起木制品的收缩或膨胀、弯曲变形或开裂。

(3) 刨花板、中密度纤维板技术要求 GB 4897—85 刨花板技术要求规定,每100g刨花板的甲醛释放量不得超过50mg。GB 11718.2—89 中密度纤维板技术要求规定,其物理性能指标为出厂含水率应为4%~18%;每张板的平均密度不得超过公称密度的±10%;吸水厚度膨胀率不得超过12%;板内甲醛释放量,每100g重的总可抽出甲醛量不得超过70mg。

(4) 家具尺寸要求 家具尺寸分设计尺寸、极限偏差尺寸、形状和位置公差尺寸3种。设计尺寸是指产品图样上标注的尺寸。如产品高、宽、深的外形尺寸。

(5) 产品外观要求 产品外观要求是对木加工、涂饰加工、五金配件安装后的技术要求。木加工完成后的产品,不允许存在以下缺陷:人造板制成的部件应经封边处理而未封边处理的。

(6) 涂膜层理化性能要求 漆膜涂饰理化性能测定项目有:耐液、耐湿热、耐干热、附着力、耐磨性、耐冷热温差、抗冲击和光泽度8项。

(7) 产品力学性能要求 家具力学性能试验项目有桌类、椅凳类、柜类、床类强度、稳定性和耐久性试验。

(8) 产品标志 是指出厂的产品应有持久性的商标或厂标的铭牌。

四、国外关于绿色家具的标准

关于绿色家具的标准,目前我国还没有明确的规定。早在1994年,北欧就颁布了第一个绿色家具标准《木制家具和家具设置生态标志》,北欧的这个标准,重点是对家具原材料中可能出现的对环境有害的化学成分加以限制。其次,对保护森林生态资源也提出了初步要求。主要控制

项目如下。

(1) 木材 木材本身对环境没有任何负面影响,但制材时可能采用灭菌处理,灭菌剂用后能放出有害气体。用干燥法也能避免细菌侵蚀。标准规定,标志产品不许使用经灭菌剂处理过的木制材料。

(2) 人造板 现在用薄木或塑料、金属等片材贴面或不贴面的人造板在家具材料中占有的比重日益增加。北欧建筑纤维板和人造板的环境标志标准,也被北欧生态标志计划所接受,该标准对甲醛释放量做了规定。

(3) 塑料 塑料在家具中常以构件的形式出现,如抽屉、拉手、铰链等。使用最多的是尼龙和ABS塑料,PVC也用。塑料对环境的影响主要是由它的添加剂决定的。其添加剂包括一系列的稳定剂、软化剂、颜料和防火剂。标准禁止使用以下三类化学品为基础的添加剂:镉、铬、铅或汞等重金属或它们的化合物;氯化/卤化烷烃或溴化二苯醚等有机物;具有甲基、乙基、丙基、丁基、辛基等烷基族的酞。重金属和上述卤化有机物被归类为有害,或推断为有害,因为它们可溶解于脂肪,被带入食物链,并存储于脂肪组织中。

(4) 金属 钢和铝常用来生产铰链、滑道和其他构件。其表面处理有电镀或涂饰两种方法。电镀可产生镉、铬、镍或锌的化合物,它们以排放入水的形式造成较大的环境危害。脱脂等工艺可能使用有毒的氯化有机溶剂。当前,金属涂饰的无溶剂工艺或水性涂料使用日益增多,它们对环境少有危害。标准规定金属加工和表面处理不许使用卤化有机溶剂;除了如螺钉、铰链、饰件等小部件外,金属不应使用镉、铬、镍和它们的化合物进行电镀;金属涂料不应含有以铅、铬、镉、汞和它们的化合物为基础的颜料和添加剂;涂料中的有机溶剂量不能超过5%。

(5) 玻璃 玻璃本身对环境没有危害,但铅装玻璃在标准中是禁止使用的。铅装玻璃是指玻璃嵌入铅制金属框架而成的构件。它的生产与生产废料对环境都有害。铅能积聚于植物、积聚于生物链中。

(6) 胶黏剂与涂料 标准规定,在胶黏剂和涂料中,凡含有被北欧任何国家标准、法规归类为对环境有害的化学成分,每种量都不应超过1%,而且它们的总量也不应超过2%。并规定化学品不应含有锡的有机化合物、卤化有机物或芳香族溶剂,也不应含有上述塑料材料中所列的酞、重金属及其化合物。

(7) 包装材料 标准规定不许使用含氯的塑料作包装材料。

(8) 对保护森林资源的要求 标准提出两点原则要求:①在原材料中,要求标明生产中所用木材的树种、原产地和采伐森林的类型;②在生产中,要求对来自锯刨、成型、砂光、刮光等工序的木质废料与切屑进行再利用,如作为新的原材料,或与其他物质构成组合材,或做能源,目的是减少对森林资源的榨取。

实际上,所谓健康家具就是能够满足使用者的特定需要,有益于使用者的健康,没有对人体毒害和伤害的隐患,在生产过程中有严格的尺寸标准,按人体工程学原理设计的家具。这种家具应该具备如下特点。

① 家具用料是倾向自然的,本身不含有害物质。

② 产品按人体工程学设计,以人为本,不但重视人体在静态条件下生理状况,而且研究人体在动态条件下生理状况。在正常使用和偶尔误用情况下不会对人产生不利影响和伤害。

③ 设计生产中尽可能延长产品使用周期,让其更为耐用,减少再加工中的能源消耗。

第二节 由于家具造成的室内环境污染问题的检测和评价方法

家具材料需要检测两种有害物质:甲醛和重金属。

一、甲醛释放量测定试验方法

(1) 原理 利用干燥器法测定甲醛释放量基于下面两个步骤。

① 第一步 收集甲醛。在干燥器底部放置盛有蒸馏水的结晶皿,在其上方固定的金属支架上放置试件,释放出的甲醛被蒸馏水吸收,作为试样溶液。

② 第二步 测定甲醛浓度。用分光光度计测定试样溶液的吸光度，由预先绘制的标准曲线求得甲醛的浓度。

(2) 甲醛的收集 在直径为 240mm、容积为 9~11L 的干燥器底部放置直径为 120mm、高度为 60mm 的结晶皿，在结晶皿内加入 300ml 蒸馏水。在干燥器上部放置金属支架。金属支架上固定试件，试件之间互不接触。测定装置在 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下放置 24h，蒸馏水吸收从试件释放出的甲醛，此溶液作为待测液。

(3) 甲醛浓度的定量方法 量取 10ml 乙酰丙酮（体积分数为 0.4%）和 10ml 乙酸铵溶液（质量分数为 20%）于 50ml 带塞三角烧瓶中，再从结晶皿中移取 10ml 待测液到该烧瓶中。塞上瓶塞，摇匀，再放到 $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的水槽中加热 15min，然后把这种黄绿色的反应溶液静置暗处，冷却至室温（18~28℃，约 1h）。在分光光度计上 412nm 处，以蒸馏水作为对比溶液，调零。用厚度为 5mm 的比色皿测定该反应溶液的吸光度 A_s 。同时用蒸馏水代替反应溶液做空白试验，确定空白值为 A_b 。

(4) 标准曲线的绘制 按 GB/T 17657—1999 中的规定进行。

(5) 结果表示 甲醛溶液的浓度按下式计算，精确至 0.1mg/L。

$$c = f(A_s - A_b)$$

式中 c —— 甲醛浓度，mg/L；

f —— 标准曲线斜率，mg/L；

A_s —— 反应溶液的吸光度；

A_b —— 蒸馏水的吸光度。

二、重金属的检测方法——原子吸收法

1. 可溶性重金属含量的测定原理

采用一定浓度的稀盐酸溶液处理制成涂层粉末，用火焰原子吸收光谱法或无焰原子吸收光谱法测定该溶液中的重金属元素。

2. 涂层粉末的制备

在家具产品的涂层表面上用刮刀刮取适量涂层，在室温下通过磁力搅拌器粉碎，使其能通过 0.5mm 的金属筛网待处理。

3. 试验步骤

(1) 样品处理 将过筛的粉末样品称取 0.5g（精确至 0.0001g），放入白色容量瓶中，加入 25ml 0.07mol/L 盐酸溶液，搅拌 1min，测定其酸度，如果 $\text{pH} > 1.5$ ，应一面摇动一面滴入浓度为 2mol/L 的盐酸溶液直到 $\text{pH} = 1.0 \sim 1.5$ 为止。在室温下连续搅拌该混合液 1h 后，再静置 1h，然后立刻用滤膜器过滤后避光保存。应在 4h 内完成样品处理。若 4h 内无法完成，则需加入 1mol/L 的盐酸溶液 25ml 对样品处理，处理方法同上。

(2) 可溶性重金属含量测定

① 可溶性铅含量的测定按 GB/T 9758.1—1988 中第 3 章的要求进行。

② 可溶性镉含量的测定按 GB/T 9758.4—1988 中第 3 章的要求进行。

③ 可溶性铬含量的测定按 GB/T 9758.6—1988 进行。

④ 可溶性汞含量的测定按 GB/T 9758.7—1988 进行。

(3) 结果计算 可溶性重金属的含量用下式计算，精确至 0.1mg/kg。

$$c = \frac{(a_1 - a_0) \times 25 \times F}{m}$$

式中 c ——（铅、镉、铬、汞）可溶性含量，mg/kg；

a_0 —— 0.07mol 或 1mol 盐酸溶液空白浓度， $\mu\text{g/ml}$ ；

a_1 —— 从标准曲线上测得的试验溶液（铅、镉、铬、汞）的溶度， $\mu\text{g/ml}$ ；

F —— 稀释因子；

25 —— 萃取的盐酸溶液，ml；

m —— 称取的样品量，g。

进行这种检测必须对家具进行破坏性取样，而且检测费用较高，消费者往往难以接受。室内

环境监测中心经过多年试验,按照国家关于室内空气质量的标准和检验方法,采用对比检测的方法,即在同等条件下,对有家具和无家具的室内空气分别进行检测,如果由于家具的存在而造成室内空气中有害气体明显超标,就说明这套家具显然是不符合国家标准的没法使用的。近年来,室内环境监测中心通过这种方法帮助很多消费者解决了家具造成的室内环境污染检测难题。

第三节 控制家具污染室内环境的原则和途径

消费者怎样才能防止家具造成的室内环境污染呢?中国室内装饰协会室内环境监测中心的宋广生主任提醒广大消费者,根据家具的制作材料和使用功能把家具分为板式家具和软体家具,它们的质量又有不同的鉴别方法。

一、各类家具在生产中控制污染的注意要点

1. 第一类 实木家具的污染控制要点

① 油漆和胶黏剂污染问题。要选择符合国家标准的木器漆和胶黏剂,混油家具要注意国家标准要求的重金属含量。新家具要注意油漆的挥发期,最好放置一段时间再用。

② 实木家具的处理剂气味污染问题。有的实木家具进行防腐处理或者定型处理时使用防腐剂等化工材料,如果表面封闭不完全,甚至不封闭,也会释放气味和有害气体。

③ 部分实木家具里的人造板配板污染问题。一些实木家具不完全是实木,特别是一些衣柜、书柜里面要用一些人造板,要注意甲醛释放的问题,选择符合国家标准的人造板,同时应该进行表面的封闭和处理。

2. 第二类 人造板家具的污染控制要点

① 包括各种办公家具和家庭家具在内的人造板家具目前比较流行,生产厂家使用的材料必须符合国家标准有关家具有害物质限量标准要求,甲醛释放量 $\leq 1.5\text{mg/L}$ 。

② 为了减少污染,家具所用的人造板应该全部封边处理,包括抽屉板、隔板和隐蔽的所有端面,应该在工厂加工时就要进行。

③ 家具背板、衬板和抽屉底板一定要用双面板,同时要求双面板是正规生产厂家生产的,甲醛释放量要符合国家标准要求。目前大部分人造板的家具背板、衬板和抽屉底板使用的都是低档的单面板,是甲醛释放的主要来源。

3. 第三类 布艺家具的污染控制要点

① 布艺家具特别是布艺沙发的填充物是造成室内环境污染的主要问题,特别是要注意填充物的质量和胶黏剂,可以当场打开检查,看是不是小块拼粘的,闻一下是否有气味。

② 注意布艺家具的木制框架污染,看是不是劣质的会造成室内环境甲醛污染的大芯板或者低档的人造板。

③ 布艺家具的面料污染也要引起生产厂家和消费者的注意,国家目前实施的纺织品安全标准有严格的甲醛含量要求。

4. 第四类 厨房家具的污染控制要点

目前厨房家具作为室内家具装饰领域的一枝新秀,随着新材料和新工艺的不断涌现,产品的升级换代速度明显加快。但是,由于这几年厨房家具发展很快,家具产品的质量良莠不全,消费者投诉产品质量日益增多,厨房家具的污染问题也应该引起大家的注意。

① 注意橱柜所用的人造板的质量。目前市场上整体厨房的板材主要是密度板,必须要符合国家关于家具人造板质量的标准。

② 注意橱柜的背板和抽屉底板的污染。通常使用的是单面板,这种板材的等级一般都比较低,容易造成甲醛污染。应该使用双面板,也可以在保证橱柜质量的情况下,不装背板,这样不但减少了环境污染,而且还不容易积存污物,容易进行清洁。

③ 注意橱柜的台面污染。天然石材的台面会有放射性污染,人造石和天然大理石相比少了放射性的隐患,但是有的人造石是化学原料制成的,含有胶黏剂,而且有气味,容易影响室内的空气质量。

④ 由于大部分橱柜是在现场进行裁切组装的,容易被忽略的是现场加工的人造板不封边和

封边不严密，这样有害物质容易挥发出来，而且裸露的人造板端面会因为受潮而膨胀变形，不但会影响室内环境质量，还会影响橱柜的使用寿命。所以在安装过程中必须进行封边处理。

二、消费者和经销商在购买和经销家具时要注意的控制要点

在购买家具时要注意认品牌、去大店、看价格、签合同。消费者在购买家具时注意选择一些名牌产品，并要注意到正规的家具商店购买，或到正规的家具场馆去购买。不要选择价格特别低的，因为一般价格越低，使用的材料质量越差，有害物质的释放量越高。同时在购买时签订符合国家有害物质限量标准的合同。这既是厂家对消费者的承诺，也是为消费者保护自己的利益提供了依据。根据《北京市家具产品三包管理规定》，只要在三包有效期范围内，出现的问题，由厂家和商家共同负责解决。

三、购买家具坚持五不买

① 有强烈刺激气味的家具不要买。买时可拉开抽屉、打开柜门，体验是否刺激得让人流泪，如果有这样的感觉，就表明这套家具的甲醛含量严重超标。

② 人造板制成的家具未做全部封边处理的不要买。不要忽视家具的封边质量，封边的好坏，不仅仅影响外观，更影响着家具的使用寿命。

③ 价格比较低、特别容易砍价的不要买。

④ 发现家具内在质量有明显问题的不要买。

⑤ 不是正规厂家生产的，或者没有出厂检验或质检合格证的不要买。

四、购买木制板式家具的五点注意

① 表面使用木皮的家具，具有自然、纯和的风格，表面呈现树木生长中自然形成的印记和差异；使用木纹装饰纸的家具，具有亮丽、完美的特点。

② 家具的表面应平整、光洁、无起泡、起皮、翻边等现象。

③ 高品质的油漆，手感柔和，细腻，更好地凸现家具品味。

④ 不要忽视家具的封边质量，封边的好坏，不仅仅影响外观，更影响着家具的使用寿命。

⑤ 家具的合页、滑轨、拉手等五金件的质量直接影响着家具的使用寿命和外观质量，高档家具普遍采用进口五金件。

五、购买软体家具（一般指沙发、床垫、软床）等的五点注意

① 高档皮沙发一般使用进口黄牛皮制作，手感细腻、舒适、色泽均匀、柔和。

② 高档布艺沙发一般使用进口双面提花布（沙发专用）制作，立体感强、不易变形、防污、阻燃。

③ 除了选择沙发的款式风格、面料质量以外，要亲自感受沙发的坐感，尤其是沙发对腰和脊椎的支撑是否恰当。

④ 高品质的床垫，能长期保证睡眠质量，一张合适的床垫，在躺卧时应使脊椎成正常S形，有益于身心健康。

⑤ 软体家具的内在质量尤为重要，比如沙发的内木架必须经过干燥、防蛀处理，否则会在使用一段时间后出现变形、霉变、虫蛀等问题。

此外，还要一查看家具选型、尺寸规格，观察家具造型是否端正，尺寸规格是否符合标准，工艺水平是否到位。二查看板面强度，可用手按压，检查板的牢固性。表面材料应该用井字形骨架来固定。三查结构，按规定组合家具的支撑立柱和隔栅底座立柱宽度不低于40~50mm，厚度应为20~22mm，柜子三周的横条宽度应为25~30mm，厚度在20~22mm即可。

购买布艺沙发不但要注意面料，内填充物更有讲究，填充材料用料要实在，弹性均匀，无论压、靠、挤，释放压力后能迅速回弹，特别是要注意填充物和胶黏剂有没有污染物质。

特别要提醒大家注意的是，在购买家具时，一定要在购买合同中加上一条，如果发现有室内空气污染问题，必须退货并负责检测费用，这样一旦发生污染问题，可以尽快得到解决。

六、家具在使用中控制污染的注意要点

① 新买的家具不要急于放进居室，有条件最好让家具里的有害气体尽快释放一段时间再用。

② 新买的人造木板制作的衣柜使用时尽量不要把内衣、睡衣和儿童的服装放在里面。因为甲醛是一种过敏源，当从纤维上游离到皮肤的甲醛量超过一定限度时，就会使人产生变态反应皮

炎，多分布在人体的胸、背、肩、肘弯、大腿及脚部等。夏天放在衣柜里的被子也要注意，里面会吸附大量甲醛，一定要充分晾晒后再用。

③ 在室内和家具内采取一些有效的净化措施及材料，可以降低家具释放出的有害气体。



思考题

1. 家具造成的室内环境污染问题有哪些？
2. 家具中的有害物质对人体的危害有哪些？
3. 木家具的检测方法有哪些？
4. 国家有关家具的检测标准是什么？
5. 家具在使用中应注意哪些问题？

参考文献

- 1 中国室内装饰协会室内环境监测中心、中国标准出版社第二编辑室. 室内环境质量及检测标准汇编. 北京：中国标准出版社，2003
- 2 宋广生. 室内环境污染防治指南. 北京：机械工业出版社，2003
- 3 宋广生. 室内空气质量标准解读. 北京：机械工业出版社，2003
- 4 伊长荣，宋广生. 家庭装修健康指南. 北京：人民军医出版社，2004
- 5 周中平等. 室内污染检测与控制. 北京：化学工业出版社，2002
- 6 李国华. 建筑装饰材料. 北京：中国建材工业出版社，2004
- 7 高佩群. 家庭装饰、装修质量鉴别 271 例. 北京：中国计量出版社，2001
- 8 宋广生. 室内环境质量评价及检测手册. 北京：机械工业出版社，2002

第十一章

室内环境气味污染与检测

当今一个重要的环境问题——气味（恶臭）污染已引起人们的注意。在一些发达国家中，人们对气味（恶臭）污染投诉的比例已越来越高。如在澳大利亚，对气味（恶臭）污染的投诉占环境污染总投诉的 91.3%；在美国，占全部空气污染投诉的 50% 以上；在日本为仅次于噪声的第二位。在我国，气味（恶臭）污染事故也时有发生，已引起有关部门的重视。

第一节 室内环境气味污染的来源、危害及评价标准

一、气味污染——恶臭的概念及特性

1. 气味污染——恶臭的概念

一切刺激嗅觉器官，引起人们不愉快感觉及损害生活环境的气味统称为恶臭，具有恶臭气味的物质被称为恶臭污染物。恶臭是空气污染的一种形式，但由于它的特殊性，很多国家将它作为单列公害对待。恶臭已成为当今世界七种典型公害（大气污染、水质污染、土壤污染、噪声污染、振动、地面下沉、恶臭）中的一种。恶臭与噪声一样均属感觉公害，噪声直接作用于人的听觉，而恶臭直接作用于人的嗅觉，给人造成危害。

迄今为止，地球上存在约二百多万种化合物，其中大约 1/5 具有各种气味，具有恶臭气味的物质约有近一万种，凭人的嗅觉即可感觉到的恶臭物质有 4000 多种，其中有几十种对人的危害较大。纵观这些恶臭物质，除了氨、硫化氢等少数无机化合物外，绝大多数是有机物。有机恶臭物质中，除了有机物必有的碳（C）及绝大多数有的氢（H）以外，硫（S）、氮（N）、氧（O）和氯（Cl）是恶臭物质中常见的组成元素，有机恶臭物质常含有羟基（—OH）、羰基（=CO）、羧基（—COOH）、氨基（—NH₂）、巯基（—SH）等官能团，组成酚、醇、醛、酮、羧酸、胺、硫醇、硫醚等化合物。表 11-1 是常见恶臭物质的分类及其气味性质。

2. 恶臭污染的特性

作为大气污染的一种形式，恶臭具有相同于大气污染的一些特性，如以空气作为恶臭的传播介质、通过呼吸系统对人体产生影响等。同时，恶臭又具有以人的嗅觉感知为判断标准的特殊性，因而恶臭污染具有不同于其他污染的许多特性。

① 恶臭物质的嗅阈值往往很低。使人感觉到某种气味存在的最小臭气物质浓度称为嗅阈值，表 11-2 列举了一些典型恶臭物质用三点比较式臭袋法确定的嗅阈值。从表中可知，大多数恶臭物质的嗅阈值的体积分数达到 10^{-9} 。由于恶臭物质的浓度一旦超过嗅阈值，大都会使人觉察并感到不快，因此，恶臭污染事故中，恶臭物质的浓度往往很低，给分析测试带来一定的难度。

② 恶臭污染程度与人的感觉强度并不是成线性关系。人对恶臭的感觉强度与恶臭物质浓度的关系可用 Weber-Fechner 法则描述，即人类的嗅觉强度与恶臭物质浓度的对数成比例（一定范围内）。也就是说，当某种场合的恶臭物质浓度降低 90% 时，人的感觉仅仅降低了一半。所以，即使大部分恶臭成分被除去，在人的嗅觉中并不会感到相应程度的减少或减轻。因此，对于恶臭

表 11-1 常见恶臭物质的分类及其气味性质

分 类		主 要 物 质	气 味 性 质
无 机 物	含硫化合物	硫化氢、二氧化硫、二硫化碳	腐蛋臭、刺激臭
	含氮化合物	二氧化氮、氨、碳酸氢铵、硫化铵	刺激臭、尿臭
	卤素及其化合物	氯、溴、氯化氢	刺激臭
	其他	臭氧、磷化氢	刺激臭
有 机 物	烃类	丁烯、乙炔、丁二烯、苯乙烯、苯、甲苯、二甲苯、萘	刺激臭、电石臭、卫生球臭
	含硫化合物	硫醇类 甲硫醇、乙硫醇、丙硫醇、丁硫醇、戊硫醇、己硫醇、庚硫醇、二异丙硫醇、十二碳硫醇	烂洋葱臭、烂甘蓝臭
		硫醚类 二甲二硫、甲硫醚、二乙硫、二丙硫、二丁硫、二硫苯	烂甘蓝臭、蒜臭
	含氮化合物	胺类 甲胺、二甲胺、三甲胺、乙二胺、二乙胺	烂鱼臭、腐肉臭、尿臭
		酰胺类 二甲基甲酰胺、二甲基乙酰胺、酪酸酰胺	汗臭、尿臭
		吲哚类 吲哚、 β -甲基吲哚	粪臭
		其他 吡啶、丙烯腈、硝基苯	芥子气臭
	含氧化合物	酚和醇 甲醇、乙醇、丁醇、苯酚、甲酚	刺激臭
		醛 甲醛、乙醛、丙烯醛	刺激臭
		酮和醚 丙酮、丁酮、己酮、乙醚、二苯醚	汗臭、刺激臭、尿臭
		酸 甲酸、乙酸、酪酸	刺激臭
		酯 丙烯酸乙酯、异丁烯酸甲酯	香水臭、刺激臭
	卤素化合物	卤代烃 甲基氯、二氯甲烷、三氯乙烷、四氯化碳、氯乙烯	刺激臭
		氯醛 三氯乙醛	刺激臭

表 11-2 某些恶臭物质的嗅阈值/ 10^{-9}

物 质 名 称	检 知 阈 值	物 质 名 称	检 知 阈 值
甲硫醇	0.07	三甲胺	0.027
甲硫醚	3.0	异戊醛	0.069
二甲二硫	2.2	硫化氢	0.41

防治效果来说，受害者并不是要求减少恶臭，而是要求没有恶臭，从这点来看，气味的彻底消除及恶臭尾气净化技术、设备的开发相对困难一些。

③ 恶臭污染往往不是单一组分，而是多种成分组成的复合臭。除了一些工厂企业原材料泄漏外，在很多情况下，我们所闻到的臭味往往是由多种低浓度恶臭物质组成的复合臭度（如垃圾焚烧、下水道污水、养殖加工、石油、化工等排放的恶臭）。这种复合臭度并不是各种单一物质气味的简单叠加，而是各种气味相抵、相加、促进等多重作用结果的反映。正是这一特殊性，对一种或几种污染组分进行恶臭评价，往往无法体现恶臭污染的真正程度。

④ 恶臭污染具有时段性和区域性。恶臭物质往往为有机化合物的不完全氧化、分解的中间体，散发至大气中后，受到温度、阳光和湿度的影响，有时氧化、分解过程仍在继续，使污染得以加强或削弱，同时，受大气扩散等的影响，恶臭衰减也很快，因此，人们只是在一段时间和一定区域内感觉到恶臭的影响，具有局部性。

⑤ 恶臭污染与气象条件密切相关。恶臭物质在扩散迁移过程中，因受风向、风速等气象条件的影响，处于下风向向某一位置的人会产生气味时有时无的感觉。而受到恶臭污染的人一般只要到清洁区换一换气就可以解除其影响。

除了上述五种特性外，某些恶臭污染还具有明显的季节性。人们都深有体会的是，一些生活设施如垃圾箱、厕所、下水道、养殖场等，夏天的臭味明显大于冬天，这是因为随着温度的升

高，细菌的繁殖及其对有机物的分解也加快，同时气温高也有利于恶臭物质的挥发和扩散。

二、气味污染——恶臭的来源

以往有人将恶臭污染源分为与人的衣食住行有关的生活设施源和工业生产过程中的恶臭排放源，但由于社会的发展和进步，生活设施及其管理也逐步工业化，使上述划分的界限越来越不明显。

从恶臭物质的生成特性来看，一种是属于天然形成的动植物在生态环境系统中自然腐败分解或在加工过程中产生、释放的气体。众所周知，生物体由蛋白质、脂肪、碳水化合物组成。脂肪和碳水化合物分解的最终产物是二氧化碳和水，但其中间体都是有恶臭气味的醇、醛、酯、脂肪酸类物质。蛋白质分解出含有气味强烈的胺、酮、硫醇、硫醚类等典型的恶臭物质。

另一种为工业型恶臭污染源排放的气体，主要是指各种天然材料或工业合成的产品在加工、生产或储存、运输过程中的跑冒滴漏、正常的排放或意外突发性事故造成大量恶臭的排放。

同时随着人们的生活水平日益提高，现代家庭装潢的日益普及，室内恶臭来源于大量如涂料、板材等装潢材料中的甲醛、苯、甲苯、二甲苯、氨、二氧化硫等，甲醛、苯等有毒气体具有持续释放的特征，有的长达3~15年，是危害人体健康的“无形杀手”。

此外，一种恶臭物质可以来自多个不同的污染源，具有污染源比较广泛的特点。

三、气味污染——恶臭的危害

恶臭的危害主要表现在对人体的影响，给人们带来不愉快的感觉。常见的症状有恶心、头痛、食欲不振、嗅觉失调、情绪不稳定、失眠、诱发哮喘等。高浓度恶臭可引起人体重要的生理机理发生障碍和病变，使人产生慢性病并缩短寿命，甚至使受污染的人群发生急性病并引起死亡，如吸入高浓度的硫化氢气体，可造成人体短时间神志不清、呼吸停止而死亡。恶臭对人体健康的影响可以概括为以下几个方面。

1. 危害呼吸系统

突然闻到恶臭，就会产生反射性的抑制吸气，使呼吸次数减少、深度变浅，甚至完全停止吸气，妨碍正常的呼吸功能。

2. 危害循环系统

随着呼吸的变化，会出现脉搏和血压的变化。如氨等刺激性臭气会出现血压先下降后上升、脉搏先减慢后加快的现象。硫化氢还能阻碍氧的输送，造成体内缺氧。

3. 危害消化系统

经常接触恶臭，会使人厌食、恶心甚至呕吐，进而发展为消化功能减退。

4. 危害内分泌系统

经常受恶臭刺激，会使内分泌系统的分泌功能紊乱，影响机体的代谢活动。

5. 危害神经系统

长期受到一种或几种低浓度恶臭物质的刺激，会引起嗅觉缺失、嗅觉疲劳等障碍。进而导致大脑皮质兴奋和抑制过程的调节功能失调。硫化氢会对神经系统产生毒副作用。

6. 其他影响

恶臭使人精神烦躁不安、思想不集中、工作效率降低、判断力和记忆力下降、影响大脑的思维活动。恶臭刺激眼、鼻，会引起流泪、疼痛、结膜炎、角膜水肿等。

恶臭除了对人体产生危害外，不少恶臭源还会滋生蚊蝇，造成疾病传播。另外恶臭污染会导致地域评价受损，其他地区向该地区投资减少，阻碍该区域的经济的发展。如某居民小区周围被多处垃圾堆放点包围，而原本作为景观水体的河流因各种原因使其污染没有得到根治，加上附近的水产批发市场一到天气炎热时臭气熏天，人们只能以帕掩鼻出入小区，最后开发商只得降低房价出售，蒙受了巨大的经济损失。

四、气味污染——恶臭的评价标准

近年来，国家和地方政府针对控制恶臭污染出台了一系列的法律法规和控制标准。如《中华人民共和国大气污染防治法》第四十条、第四十一条已对恶臭污染防治做出了规定。国内涉及恶臭污染的标准还有如下几个。

① 国家标准。《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—1993)；

② 行业标准。《畜禽场环境质量标准》(NY/T 388—1999, 1999 年 7 月 1 日实施)、《饮食业油烟排放标准(试行)》(GWPB5—2000, 2000 年 7 月 1 日实施)、《生活垃圾焚烧污染控制标准》(2000 年 6 月 1 日实施)、《城镇污水处理厂污染物排放标准》。

③ 地方标准。天津市《恶臭污染物排放标准》(DB 12-059—95) 以及台湾省《固定污染源空气污染物排放标准》等。

第二节 室内环境气味污染的检测分析方法

一、气味检测基础知识

气味由化学物质组成, 经过化学家的研究, 已经掌握了百万种天然和合成化合物的性质和结构。了解、掌握气味物质的某些性质以及人类嗅觉的特性, 对开展恶臭的感官分析是十分必要的。应该认识到, 气味是由生物体的嗅觉器官感觉并由大脑接受的。没有生物体的嗅觉存在, 就不能体验气味的性质, 而气味物质本身的固有性质是不以人们的意志为转移的。

1. 物质的气味与其结构、性质的关系

无机化合物中除了 SO_2 、 NO_2 、 NH_3 、 H_2S 等少数几种有强烈的气味外, 大多数是没有气味的。而目前知道的 200 多万种有机化合物中, 约有 40 万种是有气味的。经研究, 它们的气味与其分子组成和结构之间存在密切关系, 见表 11-3。

表 11-3 有机化合物的气味与其分子的组成和结构之间的关系

化 合 物	分子组成和结构的特征	气 味
烃类	含 C—C 键、C—H 键	具有石油气味, 较弱, 对恶臭影响不大
有机硫化物如硫醇、硫醚	含 硫基—SH 或 硫醚键—S—	强烈的臭味, 一般阈值很小, 即使含量极微, 也能对气味有影响
醇类	含羟基—OH	C_{10} 以内的醇随相对分子质量增大气味增强, C_{10} 以上的醇气味逐渐减弱至无气味; 不饱和醇比对应的饱和醇气味强, 多元醇无气味
醛类	含醛基—CHO	低级脂肪醛具有强烈的刺鼻气味, 随着相对分子质量增加刺激性减弱
酮类	含羰基 $\text{C}=\text{O}$	大多数有较强的气味
羧酸类	含羧基—CHO	低分子羧酸气味显著, C_5 以上一般无气味, 如甲酸、乙酸有强烈的刺激性气味, 丁酸有腐败气味
酯类和内酯类	酯类含有—COOH	一般都有很好的香气, 低级饱和脂肪酸和脂肪醇形成的酯具有各种水果香味
芳香族	含芳香环	大多数具有芳香气味
含氮化合物	含氮原子或杂环	甲胺、二甲胺、三甲胺、吡啶、甲基吡啶等含氮化合物都有恶臭而且有毒

如前所述, 气味物质一般具有一定的挥发性 (有的常温下就呈气态), 且既有水溶性又有脂溶性。化合物的脂溶性太小, 不能通过嗅觉细胞膜的脂层; 相对分子质量太大, 蒸气压太小, 则不能扩散到鼻黏膜, 这样的化合物都不能被嗅觉细胞感受, 因而没有气味。因此有人提出相对分子质量在 50~300 之间的有机化合物才有气味, 的确, 至今还没有发现相对分子质量大于 294 的气味物质。

2. 人的嗅觉阈值和嗅觉疲劳

嗅觉阈值包括感觉阈值 (也称检知阈值) 和识别阈值 (也称认知阈值)。感觉阈值对嗅辨员个体来说是其能感觉气味物质存在的最低浓度 (个体阈), 而对一组嗅辨员来说是规定一定比例的嗅辨员能感觉气味物质存在的最低浓度 (组阈)。识别阈值是人的嗅觉对气味物质所能识别的最低浓度, 也有个体阈和组阈之分, 其定义会因具体的方法 (过程) 不同而不同。一般讲, 人的嗅觉对多数气味物质的感觉阈值都在 10^{-9} 以下, 而通常的化学分析、仪器分析对气味物质的最

低检出浓度在 $10^{-9} \sim 10^{-6}$ 数量级范围内，这也是感官分析的方法在恶臭分析中的优势所在。

必须注意，同一物质的嗅阈（组阈和个体阈）的数值会因采用不同的测定方法及条件（实验者、地域、时间等）和不同的定义而不同。

众所周知，嗅觉可以产生疲劳，通常称之为嗅觉疲劳现象或嗅觉适应现象。这一现象可以用于研究气味物质的相关性，同时对恶臭的感官分析具有指导意义。研究发现，一次吸入浓度为阈值的 64 倍的有气味的空气，就会降低受试者对相同气味的嗅觉敏感性达 15s 之久，这种效应称为自适应。古之所谓“入芝兰之室久而不闻其香，入鲍鱼之肆久而不闻其臭”就是对嗅觉疲劳（嗅觉适应）现象的生动描述。对于没有相互关系的气味，嗅觉敏感性一般不受影响。嗅觉疲劳是气味检测技术中的重要现象之一。人们长期接触某种气味，不论是香味还是臭味，都会使感受该气味的嗅觉敏感性不断减弱。一旦远离这种适应了的气味，呼吸于新鲜空气中，则对所适应气味的嗅觉敏感性就会得到恢复。恶臭感官分析方法中的一些具体规定都是基于这一现象而做出的。

3. 气味特征的描述

至今已经发现的 40 余万种气味物质中，有一大类物质能够刺激人们的嗅觉并引起不愉快，这些恶臭物质就是我们的研究对象。在大多数情况下人们所感受到的恶臭是多种恶臭物质的混合气体，其对人们嗅觉器官的刺激是各种恶臭成分复合叠加的结果。要评价恶臭首先要了解恶臭的特征，我们可以通过感官分析和心理感受，从下面几个方面来描述气味（包括恶臭）的特征。

（1）浓度 我们知道，脱离具体的物质来讲，浓度似乎没有意义。恶臭（臭气）的浓度往往和嗅觉阈值的概念联系在一起，它是根据感官分析的方法对恶臭气味的大小予以数量化的指标，用无臭的清洁空气对恶臭样品连续稀释至实验者（嗅辨员）的阈值时的稀释倍数称作恶臭的浓度。在这里应注意恶臭的浓度与以往化学分析中某某物质的浓度之间的区别，而且恶臭的浓度要与测定的方法结合起来。后面将要介绍，在我国的“三点比较式臭袋法”中，恶臭的浓度是一个有特定意义的稀释倍数，所以是没有量纲的。而在欧洲执行的“空气质量——动态嗅觉计法测定臭气浓度”中，由于规定以正丁醇作为标准物质，臭气的浓度单位是有量纲的。

（2）强度 所谓强度是人的嗅觉对气味的心理感受的程度，是对气味强弱程度的一种描述。气味的强度一般分成若干等级。因国家、地区的不同，恶臭强度的分级也有所不同。一般的恶臭多为复合恶臭，其强度与恶臭物质的种类和浓度有关，两者符合韦伯-费希纳定律，关系式是

$$I = k \lg C$$

式中 I ——恶臭强度；
 k ——常数；
 C ——恶臭物质在空气中的浓度（用稀释倍数表示，无量纲）。

（3）持久性 气味的持久性与强度相关联，气味的强度随其浓度而变化，但这一强度对浓度的变化率相对各种气味（包括恶臭）来说是不一样的，我们把这个变化率称为持久性。气味的持久性表现为“剂量响应”函数，这个函数可通过分别测定不加稀释的恶臭样品和逐个稀释点直至嗅觉阈值的嗅觉强度而得到。

取两者的对数值作图可得到一条直线，直线的斜率说明了该恶臭的持久性，直线越平坦，恶臭的持久性越强。如图 11-1 所示，恶臭 A 的持久性强于恶臭 B，恶臭 A 在空气中“逗留”的时间更长。

（4）愉快、不愉快度（hedonic tone） 是表示某个恶臭样品令人愉快或不愉快的程度。愉快、不愉快度是一个独立的气味特征，一般用 20 级或 10 级分度表示：

-10, -9, -8, -7, -6, -5, -4, -3, -2, -1, 0,
+1, +2, +3, +4, +5, +6, +7, +8, +9, +10

不愉快程度—中性—愉快程度

嗅辨员对某个恶臭样品愉快、不愉快度的赋值是主观的，嗅辨员根据其经验和对恶臭的记忆作为参考尺度来定愉快、不愉快度。经过训练的嗅辨员对自己的经验和记忆是有意识的。最终以

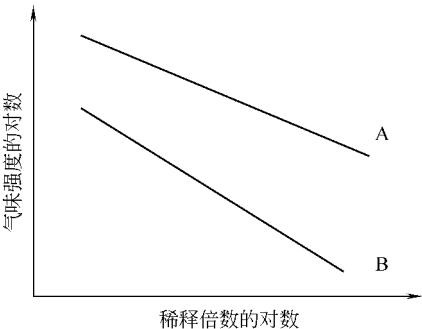


图 11-1 表示气味持久性的“剂量响应”函数图线

嗅辨组的平均值报告恶臭样品的愉快、不愉快度。由于缺乏标准的量度约定以及嗅辨员个体之间的差异，从不同实验室得到的愉快、不愉快度不能相比较，但是同一实验室的嗅辨组得出的愉快、不愉快度能够对气味随时间的变化做出比较正确的评价。

(5) 气味品质

气味品质的描述不像人们对颜色的描述那样直观和统一，由于气味以及感觉气味的嗅觉机理的特殊性，现在只能以“借物喻物”的办法来描述气味品质。

由于人们生活的地域、习俗、经历等的多样性，对同一恶臭的气味描述也会不一样，人们会用不同的词汇来描述这种恶臭。看来建立一个“标准”的词汇表来描述气味品质是十分必要的，在这方面国外有许多使用参考词汇的“标准”气味描述应用于各种行业，如饮用水、啤酒、葡萄酒等的气味评价，在评价中常用蔬菜植物、水果、花类植物、药品、化学品、腥臭、令人生厌的、泥土这八类已经被人们所认识的气味类别来进行描述或表达气味的品质。

(6) 气味的味觉和感觉 另外对于一个气味还有味觉和感觉上的描述。味觉的描述有咸、甜、苦、酸 4 种，而感觉的描述有痒、麻、暖、灼烧、刺激、锋利、凉、金属感 8 种。

二、恶臭的感官分析方法

恶臭的感官分析方法就是根据人的嗅觉对恶臭气味的嗅觉响应而建立起来的，通过人的嗅觉对恶臭给出有关上述几个方面特征的数值或文字的描述。这是一种非常实用、非常有效的分析方法，通常我们测定的是恶臭的强度和浓度。

(一) 臭气强度法

恶臭强度法是根据恶臭气味的强弱分成若干等级，然后由训练有素的嗅辨员闻嗅后进行分级的。因国家、地区的不同，恶臭强度的分级也有所不同，目前逐渐倾向于 5 级分级制：

- 0 级——无臭；
- 1 级——勉强嗅出臭味（感觉阈值）；
- 2 级——刚能辨别出恶臭的特征气味（识别阈值）；
- 3 级——明显感觉；
- 4 级——强烈感觉；
- 5 级——无法忍受。

这种测评方法具有实施简便、反映直观等优点，但是在进行等级判定时，易受嗅辨员嗅觉状态和主观性的影响，结果误差较大。

(二) 臭气浓度法

臭气浓度法的原理是：无论恶臭的强度有多大，如果用无臭空气连续稀释，终究能得到一个达到感觉阈值的稀释倍数，这个稀释倍数即是臭气的浓度。这种方法只需嗅辨员对经过稀释的样品辨别有还是没有气味，不需分等级，这样就大大降低了嗅辨员的主观性，测定误差得以降低。臭气浓度法分为静态稀释法和动态稀释法两大类。

1. 静态稀释法

静态稀释法主要包括无臭室法、注射器法和三点比较式臭袋法。

(1) 无臭室法

以由玻璃或不锈钢制成的气密型小屋作为稀释臭气的容器，让嗅辨员进入室内或通过窗口闻嗅，辨别有无气味。这种方法测定精度高，但存在设备造价高、无法搬运的缺点。

(2) 注射器法

采用 100ml 玻璃注射器作为臭气稀释的容器，推压注射器让气体进入嗅辨员鼻孔，令其辨别有无臭气。该方法测定迅速、操作方便，可在现场测得数据，其缺点是注射器推压时有摩擦吸附，嗅辨员有气体压力感，鉴别不自然，另外注射器容量小，难以配制高稀释倍数的试样，而且注射器法测定的误差也比较大。

(3) 三点比较式臭袋法

让多个嗅辨员闻嗅 3 袋为一组的专用臭袋中气体，每组中只有一袋是用无臭空气按适当比例稀释的臭气，另外两袋为无臭空气，嗅辨员通过三点比较，从中辨别出一个有臭气的袋子。再逐级稀释，直至所有的嗅辨员闻不出臭气为止，然后按各个嗅辨员在各级稀释倍数的正解率，统计

求得臭气浓度。三点比较式臭袋法具有相对较高的测定精度，测定的重复性和再现性好，嗅辨员个体之间误差小。此方法最早由日本开发，并列为标准方法。我国在 1993 年 10 月 27 日发布的 GB/T 14675—93《空气质量·恶臭的测定》也是基于三点比较式臭袋法制定的。

2. 动态稀释法

动态稀释法主要有气味计法和动态嗅觉计法。

(1) 气味计法 该方法在 20 世纪 50 年代后期开发，可用于现场测量环境空气中臭气的浓度(阈值)。气味计是一个手持仪器，呈矩形，带有两个出气孔及许多臭气进气孔，另有两个装活性炭的腔室与空气进气孔相通。使用时两个出气孔与嗅辨员的鼻孔相连，最初臭气进气孔是关闭的，吸气时空气被活性炭过滤而除臭，成为无臭空气，也相当于一个空白测定。开始测定，打开最少的臭气进气孔，臭气和无臭空气混合让嗅辨员辨别，然后逐渐增加臭气进气孔，直至嗅辨员刚能闻到臭气为止。于是，通过开放的臭气进气孔的总数就可计算稀释比，从而测得臭气稀释至阈值的浓度。便于携带和成本低是气味计的显著优点，但它的测定精度不高，嗅辨员在现场工作将忍受嗅觉疲劳的困惑。

(2) 动态嗅觉计法 动态嗅觉计外型似一个工作台，可向嗅辨员提供三个气流出口(嗅杯)，其中只有一个气流是无臭空气和来自样品袋臭气样品的混合物(稀释比例由主考人控制，稀释过程由嗅觉计自动进行)，另外两个都是无臭空气。嗅辨员依次吸入每个嗅杯的气流，必须辨别出哪一个气流与其他两个不同，即哪一个气流有气味。每次嗅辨后，嗅辨员通过按相应的按钮把自己的嗅辨结果告诉嗅觉计。起初稀释比例很高，因而低于感觉阈值，嗅辨员不得不通过猜测来做出选择。接下来每一轮的嗅辨中，臭气样品的流量成倍增加，即嗅辨员闻到的臭气的浓度成倍增加，直至嗅辨员能够正确地辨别出哪一个气流有气味为止，此时样品的流量除以无臭空气的流量所得值即为感觉阈值。在每一轮的嗅辨中混有样品的气流从哪一个嗅杯流出是随机变化的。通常要由 8 个嗅辨员组成的嗅辨组来分析每一个臭气样品，通过统计计算的嗅辨组的平均值作为最终结果报告。动态嗅觉计法采用被测臭气的浓度由低到高的上行法可以避免嗅辨员发生嗅觉疲劳，同时也克服了静态稀释法中稀释定容容器(如注射器、臭袋)对臭气物质的吸附而引起浓度不正确的弊病。

(三) 三点比较式臭袋法

该方法采用静态稀释法，对臭气浓度、嗅觉阈值和嗅辨员做出了定义，对方法的材料、装置、嗅辨员事项、进行步骤、统计方法等做出了规定。

1. 相关定义

(1) 臭气浓度 臭气浓度是根据嗅觉器官试验法对臭气气味自大小予以数量化的指标，用无臭的清洁空气对臭气样品连续稀释至嗅辨员阈值时的稀释倍数叫做臭气浓度。

(2) 嗅觉阈值 嗅觉阈值包括可以嗅出气味存在的感觉阈值和能够定出气味特征的识别阈值。该标准中规定使用的是感觉阈值。

(3) 嗅辨员 经专门考试挑选和培训，其嗅觉合格者为该标准方法测定所需要的嗅辨员。

2. 主要试剂和材料

(1) 标准臭液 见表 11-4，液体石蜡作为无臭液和标准臭液的溶剂，宽 10mm、长 120mm 的色谱用滤纸条作为无臭纸。

(2) 无臭空气 钢瓶空气或无油空气压缩机，经活性炭过滤。

(3) 无臭袋 聚酯材料，3L、10L 容积，带玻璃管和塞子。

(4) 配气用注射器 100ml、50ml、10ml、5ml、1ml、100μl。

表 11-4 标准臭液的组成与性质

种 类	标 准 臭 液	质 量 分 数	气 味 性 质
A	β-苯乙醇	10 ^{-4.0}	花香
B	异戊酸	10 ^{-5.0}	汗臭气味
C	甲基环戊酮	10 ^{-4.5}	甜锅巴气味
D	γ-十一碳(烷)酸内酯	10 ^{-4.5}	成熟水果香
E	β-甲基吲哚	10 ^{-5.0}	粪臭气味

3. 有关规定

① 嗅辨室和嗅辨员。嗅辨室要远离恶臭散发源，室内通风条件良好并保持 17~25℃，至少可供 6~7 名嗅辨员同时工作。嗅辨员应为 18~45 岁，不吸烟，嗅觉器官无疾病的男性或女性。经嗅觉检测合格者，如无特殊情况，可连续 3 年担任嗅辨员。嗅辨员当天不能携带和使用有气味的香料和化妆品，不能食用有刺激气味的食品，患上呼吸道感染或嗅觉器官不适者，不能参加当天的测定。

② 嗅觉检测。嗅觉检测必须在嗅辨室内进行，主考人将 5 条无臭纸中的 3 条浸入无臭液 1cm，另外 2 条浸入一种标准臭液 1cm，然后将 5 条浸液纸间隔一定距离平行放置，让被测者嗅辨。当被测者能正确辨别出沾有臭液的纸条，再按上述方法嗅辨其他四种臭液，能嗅辨出五种臭液纸条者可作为嗅辨员。

③ 排气管道（筒）排放的恶臭气体采用真空箱负压的方式采集。当排气温度较高时，应对采样导管予以水冷却和空气冷却，使进入采样袋气体的温度接近常温。正式采样前，用被测气体冲洗采样袋 3 次。

④ 环境气体采用预先在实验室抽至负压（ $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ）的采样瓶。采样时打开活塞，使样品气体充入瓶内，至常压后关闭活塞，避光运至实验室，24h 内测定。

⑤ 为使样品气体顺利地 从采样瓶中抽出，在抽取样品前，取下采样瓶的大塞，迅速从该瓶口装入带活塞通气管的无臭薄膜袋（可采用市售食品保鲜袋）。用注射器抽取样品时，空气会进入薄膜袋而保持采样瓶内压力不变（这一步骤是抽取气样成败的关键）。

4. 排放源臭气样品的稀释、测定和计算

（1）稀释倍数和测定步骤 排放源臭气样品的浓度一般较高，采取 3 倍系列的倍数进行稀释（见表 11-5）。

表 11-5 排放源臭气样品的稀释梯度

3L 袋中注入样品的量/ml	100	30	10	3	1	0.3	0.03	0.01	...
稀释倍数	30	100	300	1000	3000	1 万	10 万	30 万	...

配气员（必须是嗅觉测试合格者）作为主考人，首先确定一个既能明显嗅出气味又不强烈刺激的稀释倍数作为嗅辨的初始稀释倍数。配气员将 18 只 3L 聚酯薄膜袋分成 6 组，做好相应的标记，每组取 1 只按初始稀释倍数定量注入样品后充满清洁空气，其余 2 只仅充满清洁空气。

6 名嗅辨员各取 1 组（含 3 只气袋），分别取下塞子，对袋中的气体进行嗅辨比较，挑出有气味的，将标记的编号告知配气员。接下去进行下一级稀释倍数的嗅辨。当有人回答错误，即终止其嗅辨。当有 5 名嗅辨员回答错误时实验全部终止。

（2）结果计算 将嗅辨员每次嗅辨汇总至测定结果登记表（见表 11-6），在每轮嗅辨中正确以“○”表示，不正确以“×”表示。

表 11-6 测定结果登记表

稀释倍数 a		30	100	300	1000	3000	1 万	10 万	个人嗅 阈值 X_i	个人阈值最 大或最小值
对数值 $\lg a$		1.48	2.00	2.48	3.00	3.48	4.00	4.48		
嗅辨员	A	○	○	○	×				2.74	舍去
	B	○	○	○	○				3.74	
	C	○	○	○	○	×			3.24	
	D	○	○	○	○	○			4.24	舍去
	E	○	○	○	×		○	×	2.74	
	F	○	○	○	○	×			3.24	

$$X = 1/4(3.74 + 3.24 + 2.74 + 3.24) = 3.24$$
$$y = 10^{3.24} = 1738$$

计算各嗅辨员个人阈值 X_i ：

$$X_i = \frac{1}{2}(\lg a_1 + \lg a_2)$$

式中 a_1 ——个人正解的最大稀释倍数；

a_2 ——个人误解的稀释倍数。

舍去个人阈值的最大值和最小值，计算小组算术平均阈值 X 。

计算样品臭气浓度 y ：

$$y=10^x$$

式中 y —— 样品臭气浓度；

x —— 小组算术平均阈值。

5. 环境臭气样品的稀释、测定和计算

(1) 稀释倍数和测定步骤 环境臭气样品的浓度一般比较低，逐级稀释倍数选为 10 倍，配气操作与排放源臭气样品的配气相同，6 名嗅辨员各取 1 组（含 3 只气袋），分别取下塞子，对袋中的气体进行嗅辨比较。挑出有气味的，将标记的编号告知主考人。嗅辨员如无法辨别出哪一袋有气味，主考人则以答案不明对待。同一稀释倍数需重复进行 3 次嗅辨。主考人将 6 人 18 次嗅辨结果填入表 11-7。正确以“○”表示，不正确以“×”表示，答案不明以“△”表示。

表 11-7 环境臭气测定结果登记表

稀 释 倍 数		10			100		
实 验 次 数		1	2	3	1	2	3
嗅辨结果	A	○	○	○	○	×	○
	B	○	△	×	×	○	×
	C	○	○	△	×	△	×
	D	×	△	○	○	×	×
	E	△	○	○	×	×	△
	F	×	○	△	○	△	○
小组平均正解率 M		$a=10;b=5;c=3$			$a=6;b=3;c=9$		

(2) 正解率的计算和分析

$$M=\frac{1}{n}(1.00a+0.33b+0c)$$

式中

M —— 小组平均正解率；

a —— 答案正确的人次数；

b —— 答案为不明的人次数；

c —— 答案错误的人次数；

n —— 答案总数（18）；

1.00、0.33、0 —— 统计权重系数。

当 M 值大于 0.58 时，则继续按 10 倍梯度对臭气样品进行稀释，重复进行 3 次嗅辨，直至计算出 M_1 和 M_2 。 M_1 为某一稀释倍数的平均正解率，小于 1 且大于 0.58 的数值。 M_2 为某一稀释倍数的平均正解率，小于 0.58 的数值。

当第一级 10 倍稀释样品的平均正解率小于（或等于）0.58 时，不再继续对样品进行稀释嗅辨，其样品的臭气浓度表示为“<10”或“=10”。

(3) 环境臭气样品的浓度

$$Y=t_1 \times 10^{\alpha\beta}$$

$$\alpha=(M_1-0.58)/(M_1-M_2)$$

$$\beta=\lg(t_1/t_2)$$

式中 Y —— 臭气浓度；

t_1 —— 小组平均正解率为 M_1 时的稀释倍数；

t_2 —— 小组平均正解率为 M_2 时的稀释倍数。

表 11-7 的例子中， $M_1=0.65$ ， $M_2=0.39$ ， $Y=18$ 。

三、恶臭的仪器分析方法

对恶臭的感官分析仅仅是对恶臭的特征如浓度、强度、持久性、愉快度、不愉快度和气味品质等进行表面化的描述，要进一步评估恶臭对人类、环境的危害，就必须解决恶臭的成分分析问

题。只有掌握了恶臭的组成成分,才能从中寻找出危害物质,分析这些物质的浓度、分布、扩散等特性,从而明确恶臭对环境、人类的危害,才能对恶臭污染的控制和治理提出科学合理的对策。

由于恶臭成分的复杂性和多样性,恶臭在空间、时间上的宽广分布,影响因素众多,对它的成分分析就成为一个非常复杂的问题,必须借助各种化学分析仪器。在恶臭的研究历程中,仪器分析和感官分析是同时发展的两个分支,仪器分析在恶臭的研究、控制和治理中一直起着极其重要的作用。其中气相色谱法、高效液相色谱法、分光光度法等方法已经成为我国恶臭污染物检测的标准方法。

1. 气相色谱法

恶臭物质中除了硫化氢、二硫化碳、氨等少数是无机物之外,绝大多数是有机物,而且分布的门类较广,醇、酚、醚、醛、酸、酮、酯、胺等都有,这些物质都可在气相色谱仪上进行分析。如环境空气中的三甲胺、甲硫醇、甲硫醚、二甲二硫、乙醛、苯胺、吡啶、吡咯等的测定。

2. 气相色谱-质谱法

在恶臭仪器分析中,最主要、最有效的手段是气相色谱-质谱法。这种气质联用的方法在分析成分定性过程中,比气相色谱法更为准确和可靠。

3. 高效液相色谱法

高效液相色谱法是恶臭物质的辅助分析手段,如空气中的酚类、醛酮类化合物都可用高效液相色谱法进行分析,而且具有一次进样即可分析多个组分的优越性。

4. 分光光度法

紫外和可见光分光光度法是目前广泛应用的定性定量分析方法之一。环境空气中的恶臭物质很多,可以用分光光度法进行测定。我国的标准分析方法中,氨、硫化氢、二氧化硫、甲醛、酚、丙烯醛、吡啶等都采用分光光度法进行测定。

5. 便携式检测器、电子鼻

特别适合现场监测,也可在专门的气味(恶臭)研究和检测中应用。

四、恶臭分析质量保证措施

由于经济发展进程的加快,伴随而来的恶臭事故和投诉日渐增加。恶臭可以在大气、河流、湖泊、室内等生态环境中造成严重影响,各地区之间不可避免地发生诸多有关环境污染和生活质量方面的污染纠纷和争端,许多案例通常需要联合多个实验室协作检测才能获得正确结论。无论是空气、水和土壤中的恶臭检测,还是食品中的恶臭检测,其检测结果是风险评价管理的重要依据,质量保证和质量控制是检测结果的准确性的保证。所以在恶臭研究评价和监控过程中,成分分析检测结果的可比性和准确性显得尤为重要。

由于国际上至今仍未有被各国认可的统一的恶臭分析标准方法,加上恶臭污染具有多方面的特殊性,恶臭分析的质量控制和质量保证存在一系列的特殊要求和技术难度,这就需要参照部分国家标准,结合有关文献,对实验室建设、人员培训、分析精度等有关技术措施进行探讨。

1. 恶臭实验室和实验器材的筹备

根据国家标准方法的规定和实际监测的需要,实验室首先应着手臭气浓度嗅辨实验室和恶臭成分分析色谱实验室的建设。实验仪器和器材的筹备主要包括色谱(色谱-质谱)仪器、采样设备、样品处理设备三方面。

臭气浓度分析实验室通常应设立嗅辨室、配气室和器材准备室三个各自独立的房间。嗅辨室严格要求清洁无味并且不受外界环境条件的影响,该操作室必须做到闲人免进并禁止任何气味物质的携入,嗅辨后的气袋要及时转移以防止在室内泄漏。由于嗅觉测定与实验室的温度、湿度有关,曾有报道,6名嗅辨实验人员以三点比较式臭袋法受试者的嗅觉与实验室的温度、湿度的关系,分别在15℃、25℃、35℃三个温度,湿度从40%~80%上升,重复两次试验结果。在15℃、25℃时,随室内湿度增加,臭袋内水分增加,水分中恶臭使受试者的吸入量增加,而且这个温度下人的嗅觉敏锐,因此臭气强度增加2~2.7。而35℃相当于夏天温度,与15℃、25℃相反,随室内湿度增加,测得的臭气强度降低,这可能是温度升高使人不愉快,妨碍人的嗅觉,测得的臭气强度降低。因此嗅辨室必须保持适宜的温度和湿度,配备换气和空气净化设备。

配气室主要用于嗅辨样品的稀释配制和制备配气所需的无臭气体,所以配气室也要有良好的设施,保证清洁无味。采集的有气味的样品不能存放在配气室内,嗅辨后的气袋和剩余样品的处

理也不能在配气室内进行。

器材准备室主要用于采样器材的调试、检验和采样前的预处理，准备室也可用于仪器分析的样品前处理。

恶臭成分分析要分别设立样品前处理和仪器分析两个实验室，其实实验室除应达到常规要求外，还要根据恶臭分析项目配套色谱、色谱-质谱仪器和器材，特别要配备良好的恒温恒湿和通风换气的设备以及标准样品的低温保存冰箱。

初次筹备恶臭分析的各类器材和设备会遇到各种问题。其一，专用要求必备器材较多，表 11-8 列出必备的器材。其二，市售国产的专用器材太少。就现阶段的现实情况看，需要通过外加工和自行加工弥补实验器材来源不足的问题。

表 11-8 恶臭分析必备的器材

器材分类	嗅觉气体样品采集	嗅 辨 实 验	样品采集和前处理	仪 器 分 析
器材名称	采样瓶	标准臭液	采样瓶(罐)	标准样品
	采样袋	嗅辨气袋	各类采样管、吸收品瓶	标准试剂
	负压箱系统	气体净化装置	冷阱装置	制冷剂
	高真空泵等	空气供给泵	加热解吸的装置	色谱-质谱仪

2. 恶臭成分分析中的质量控制要点

与大气中有毒有害气体分析一样，恶臭成分分析中质量控制的主要目的是使分析误差在可允许的范围内。

在计算分析误差时应考虑待测样本总体、待测的恶臭目标化合物及预计的浓度范围。反常的分析结果可能由多种因素引起，如实验室和试剂的污染、分析人员在操作和数据处理过程中的差错等。根据误差来源，大部分的误差可用标准样品、适当的空白加以控制和校正。

第三节 检验气味污染的新职业——嗅辨员

一、检验气味污染的新职业产生的背景

恶臭广泛产生于工农业生产、市政污水、污泥处理以及垃圾处置过程。恶臭不仅使人产生不快，而且许多恶臭物质还危害人们的健康甚至生命。近年来，随着人们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。为此，针对环境中存在的异味污染及因排污、垃圾消纳等造成的环境恶臭污染监测已成为人们生活中不可缺少的一项重要行业。由于恶臭物质的种类多，特别是由多种气味掺杂在一起，使有些仪器也不能识别，而需要通过人的嗅觉感官来加以判断，判断其环境的影响和污染程度。对恶臭的辨别催生了一种新职业——嗅辨员。

嗅辨在我国虽产生于 20 世纪 80 年代末和 90 年代初，但目前因经济发展、人口增长、城市规模的扩大造成的恶臭污染对人们的健康已造成了直接的危害。为此，嗅辨作为一项新职业也需要加以培训，需要进一步进行规范。培养一支能够进行异味嗅辨，辨别异味及恶臭污染源程度的职业人员，以使进行有效的空气净化治理、控制环境污染、不断提高环境质量、为人类提供健康的生活环境，是当前职业培训的一项重要任务。

国外方面，日本政府现行的“异味防止法”主要针对以工厂排出的氨为首的 22 种化学物质，对于业主处理废料时所进行的露天焚烧，原则上通过机械方式测定浓度，超过限度就要被责令整改。环境省官员便从被投诉的门店取样，交由职业气味鉴定师做异味指数鉴定，为人们对异味的感受程度做出合理界定。

法国环境与能源控制署认为，不良气味构成的污染令人难以长时间忍受，甚至引发呕吐、头疼等问题。在近日结束的一个气味污染专家研讨会上指出，不良气味主要来自屠宰场、炼油厂、养殖场以及化工厂等厂家。环境与能源控制署认为，一家企业如果制造出不良气味，就应该进行环境评估，从而保证这些气味不致影响周围居民的生活。法国每年有数万个企业或机构会排放出不良气味，去年 5 月，巴黎郊区一家屠宰场因气味污染被投诉，并被法院罚款 10 万欧元，这成

为法国首个因气味污染问题而被罚款的案例。

对于异味问题，法国屠宰场环境协调协会主席安妮·赖罗认为，可以以实验室气味分子分析结果为主，并以气味专家现场用鼻子判断为辅。气味专家这两年在法国发挥的作用越来越大，法国诺曼底、里昂等几年前已经出现了这种气味专家。

室内空气质量中明确规定：室内空气应“无毒、无害、无异常嗅味”。异味的检测对于大环境来说并不新鲜，但对于室内空气中异味的检测是一个新的要求。随着人们生活水平的提高，百姓对自己居住的环境条件要求也越来越高，除了要进行污染物的检测，对于一些来源不明的异味的检测也日渐增加。

二、恶臭监测分析人员——嗅辨员的培训

对恶臭监测分析人员的培训包括对嗅辨员、采样人员和仪器分析人员的培训。这三方面的人员中，采样人员和仪器分析人员一般为专职人员，而嗅辨员有相当部分为兼职。对嗅辨员的挑选和操作注意事项在检测标准中已做出明确的规定，只要做到按标准的规定挑选合格的嗅辨员并由组织者安排培训，即可完成嗅辨任务。

1. 人员培训分三个部分

① 嗅辨员应了解恶臭物质的化学常识和感官体会，运用感官评价的基本原理将恶臭样品配成水溶液。

② 训练嗅辨员对不同恶臭的描述能力。

③ 嗅辨的正确性根据由几个不同嗅辨人员的独立报告的恶臭事件实例与存储的气象数据吻合程度来确定。

2. 培训中应掌握的内容

由专职嗅辨员组织和实施的嗅辨测试是嗅辨实验成败的关键，因此在专职嗅辨员的培训中还应强调掌握以下几点。

① 掌握实验的总体安排、事前的准备工作和实验后数据统计工作。

② 确定实验室样品的初始和终端的稀释倍数，在实验过程中注意掌握实验的节奏，防止嗅觉疲劳和“中毒”现象。克服疲劳和“中毒”现象的有效办法就是组织者掌握高浓度样品的最初稀释倍数以及掌握及时中止实验和嗅辨员休息的时间，确保嗅辨员在实验期间的嗅觉灵敏度。



思考题

1. 什么是气味（恶臭）污染？
2. 气味（恶臭）污染对人体有哪些危害？
3. 气味（恶臭）污染的检测标准有哪些？
4. 气味（恶臭）污染的分析方法有哪些？
5. 气味（恶臭）污染分析应注意什么？

参考文献

- 1 蒋开云. 全国首届恶臭污染测试与控制技术研讨会论文集. 2003
- 2 沈培明等. 恶臭的评价与分析. 北京：化学工业出版社，2005

第十二章

车内环境污染检测与防治

第一节 车内环境污染问题的提出及其危害

一、车内环境污染问题的提出

随着人们生活水平的不断提高，汽车进入家庭的步伐日益加快。据交通部门统计，目前我国汽车保有量已达 1400 多万辆，其中私家车约 1000 万辆。人们在充分享受驾车乐趣的同时，却不知道自己正长期与车内空气污染这个“无形杀手”相伴，车内空气污染问题逐步显现。

2003 年，大连程某从保税区购买了一辆新轿车，在高速公路上行驶两个多小时后偏离方向，驶入其他车道，与同方向行驶的一辆丰田车相撞，发生了严重的交通事故。后经调查发现，“肇事元凶”竟是新车内高浓度的有害气体。此后，中国室内装饰协会室内环境监测中心也不断接到有关车内空气污染的咨询电话，一位旅行社的司机因为乘客反映车内污染问题，甚至把汽车开到检测中心院内，请检测中心帮助检测治理车内空气污染问题。

2004 年我国第一例有关车内环境污染的“奥拓车苯中毒案”可谓“一石激起千层浪”。2004 年 8 月 5 日，李先生的妻子购买了一辆小轿车；9 月 30 日，在购车一个多月后，李先生的妻子发现身上有大量的出血点；10 月 10 日，医院确诊李先生的妻子为重症再生障碍性贫血，急性病症。买车后不到一年，李先生的妻子因治疗无效于 2005 年 3 月 25 日病逝。2005 年 7 月 20 日，李先生偶然在社区宣传栏看到一篇介绍苯中毒的文章，才得知苯中毒可以导致重症再生障碍性贫血，急性发作。7 月 21 日，李先生马上把购置了不到一年的小轿车送检，经有关部门检测，证明车内空气苯含量超标。经与销售商就赔偿事宜协商无效后，李先生把销售商告上法庭。李先生认为其妻购买的小轿车，新车车内有异味，8 月 5 日购车时正值夏季，其妻每天开车上下班，因为天气炎热一直使用冷气，导致车内空气不流通，而车内苯污染更加严重，苯含量严重超标，必然导致其妻苯中毒。

随着这场因车内苯含量超标引发的人命官司的开庭审理，车内空气质量问题逐渐成为媒体和广大车友关注的焦点，有关车内空气质量的种种说法也纷至沓来。虽然最近有消息称原告因为证据不足而输了这场官司，但毫无疑问的是，车内空气环境质量已经越来越引起车主的关注，人们的健康意识也随之不断增强。

2004 年中国科协工程学会联合会汽车环境专业委员会，借用房屋室内空气标准，首次对汽车内环境污染情况调查的结果显示，93.82% 的新车车内环境存在不同程度污染，甲苯、二甲苯、总挥发性有机物（TVOC）、苯、甲醛、二氧化碳、一氧化碳最高值分别超出标准值 80.2 倍、17.34 倍、17 倍、14.45 倍、6.56 倍、6.8 倍、3.14 倍。调查结果一公布，立刻在社会上引起广泛关注。

北京市劳动保护科学研究所室内环境检测中心进行的京城百辆车车内空气质量检测，获得了关于车内空气质量问题的第一手资料。检测结果同样显示，绝大部分新车车内空气不合格：检测的新车共 52 辆，合格的仅 9 辆。

新车内的空气质量不容乐观，我们再来看看旧车的车内污染情况又是如何。2004 年有关部

门进行了一次测试调查，共有 54 辆国产旧车参加了检测，结果表明：未达标车辆高达 32 辆，合格率仅为 40.7%。

针对不断发生的车内污染事件，中国室内装饰协会室内环境监测中心已正式发布了 2004 年第一号室内环境消费警示：警惕新车车内空气污染。看来治理车内污染这个隐形杀手，迫在眉睫。

二、车内环境污染的来源及危害

1. 车内环境污染的来源

室内环境专家根据多年检测分析认为，车内空气污染主要来源于以下几个方面。

① 新车内装饰材料中含有的有毒气体，主要包括甲醛、苯、甲苯、二甲苯等，这些有害物质在不知不觉中使人中毒，渐渐出现头痛、乏力等症状。

② 汽车发动机产生的一氧化碳、汽油气味以及乘客吸烟产生的烟雾，均会使车厢内的空气质量下降。

③ 车用空调蒸发器若长时间不进行清洗护理，就会在其内部附着大量污垢，所产生的胺、烟碱、细菌等有害物质弥漫在车内狭小的空间里，导致车内空气质量差甚至缺氧。

④ 人体自身的污染。医学研究表明，人体中有近百种随呼吸气体排出的代谢物，其中以二氧化碳排出量最多。当空气中二氧化碳浓度达到 0.5% 时，人就会出现头痛、头晕等不适感。车内空间比较小，更容易造成污染。

⑤ 公共交通工具中乘客的交叉污染。比如出租车和公共汽车中如有呼吸道疾病患者，他们可通过谈话（飞沫）、打喷嚏、咳嗽等将细菌或病毒传染给他人。另外，专家们在车厢内的拉手、背扶手、车窗等部位，均检出有乙型肝炎表面抗原阳性的唾液、汗液等。加之有的乘客随地吐痰、吸烟更增加了传播疾病的机会。

另外，车内空气在静止条件下的污染状况与车在行进中不尽相同。车辆在行驶状态时，道路上汽车排放出的燃烧废气如一氧化碳、二氧化碳、可吸入颗粒物、多种挥发性有机物等也成为车内空气的主要污染源。同时，根据车辆设计原理，即使不打开车窗，车辆在行驶过程中车内外空气仍会发生流动和交换，如果车外空气是清洁的，车内有害物质的含量也会随之降低，如果车外空气中含有大量的有害物质，缺乏过滤装置的车内空气质量将进一步恶化。而在洼地、车库等相对封闭的环境下让发动机长时间保持运转则非常危险，高浓度的有害气体会积聚在车厢周围，通过空调系统或车厢缝隙回流到车内，造成严重的污染。

2. 车内环境污染物质对人体的危害

综上所述我们知道，车内的污染物主要有两大来源：一种是外来的，包括汽车尾气等；另一种则是在汽车内部产生的，包括汽车零部件和车内装饰材料、油漆、胶水、黏合剂，汽车的坐垫、方向盘套等。汽车零部件和车内装饰材料释放的污染物主要有苯、甲苯、甲醛、烯烃、芳香烃等；从外部进入汽车的有害物质污染物主要有碳氢化合物、一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等。

澳大利亚专家证实，新车出厂后，车内有毒气体浓度很高，挥发时间可持续 6 个月以上，能够引发驾驶员或乘车人出现头晕、恶心、困倦、咳喘、打喷嚏等不适症状，甚至导致白血病等严重疾病。

司乘人员往往在驾乘汽车后，特别是长途行驶后感觉不适。一些欢喜的新车购买者也常常不堪忍受车内异味，变得心情沮丧。极少数车辆车内污染严重，给车主造成了严重后果，车主被迫诉诸法律。有关调查表明，按照室内环境的检测标准，我国 90% 的新车车内空气都不合格，部分新车污染物严重超标。因此，如何有效防止车内污染成了当今人们关心的话题。

一般来说，车内污染的形成原因是多方面的。车舱（驾驶室）的污染一部分是由进入的发动机尾气造成的，成分主要是 CO 、 NO_x 以及 CH 。这些污染物对人的正常机体反应有破坏，极大地影响着那些掌握汽车行驶安全的司机的健康，因此决不能等闲视之。

实验表明，这些污染物把司机的注意力及思考能力降低了 10%，把司机紧握方向盘的双手肌肉的耐久性降低了 26%。

如果您看了表 12-1 中汽车专家言之凿凿的实验数据，相信您会对车内污染更加忧虑。

表 12-1 进入车内的污染物的危害、特征及机理

污 染 物	在车内空气中的 浓度/(mg/m ³)	持续作用时间 /min	特 征	机 理
CO	6	25	降低眼睛对颜色的敏感性	具有血液毒性,夺取血红蛋白中的氧
CO	30	180	降低对空间的感受能力及夜晚的视觉	
CO	50~60	120	降低听力及改变心电图	
CO ₂	0.14	5	改变眼睛的对光线的敏感性	刺激呼吸道
CO ₂ +NO	12	25	刺激眼鼻,减少肺泡 CO ₂ 与 O ₂ 的交换	
甲烷类	300	长时间	具有麻醉作用,使人精神失常	较强的麻醉作用

另外，燃油蒸气、大气中的污染物、内饰材料释放的甲醛、苯、甲苯、二甲苯等有害气体也时刻危害着人们的健康。甲醛、氨、苯、二甲苯和其他挥发性有机物除可引起急性刺激效应外，人若长期处于高浓度环境中，还可引起呼吸系统、肝、肾及造血器官的损伤，免疫功能的改变，甚至存在诱发癌症的危险。

目前衡量车内空气质量的主要指标是苯、甲苯、二甲苯、甲醛和 TVOC（总有机挥发物）等。

甲苯是一种无色透明易挥发性物质，主要通过呼吸道被人体吸收，通过皮肤也有少量的吸收。在浓度达到一定程度就会引起眩晕、头晕眼花、难以保持平衡并伴有头痛，对行车造成巨大的安全隐患。有关部门进行的调查结果表明，目前国内新车车内的甲苯含量均严重超标，已经成为新车车内空气污染的“第一杀手”。

有关调查表明，旧车车内的首要污染物是二甲苯。与苯类似，二甲苯具有麻醉作用，可导致造血器官的损坏并扰乱神经系统。其急性中毒的临床症状类似于苯中毒，症状有疲乏、头晕眼花、醉酒、颤抖、呼吸困难，有时还会恶心并呕吐，更严重时可能失去知觉。二甲苯浓度过高同样会对行车安全造成隐患。

此外，经专家调查证实，在车厢内还存在着大量的细菌以及胺、烟碱等有害物质。这些有害物质会导致乘车人头晕、恶心、打喷嚏，甚至引起更严重的疾病。特别是由于开空调的时候车窗紧闭，大约有 65% 的司机驾车时会出现头晕、困倦、咳嗽的现象，致使司机感到压抑烦躁、注意力无法集中，专家们把这些症状统称为驾车综合征。据统计，由驾车综合征所引发的交通事故远比长时间疲劳驾驶、酒后驾驶要高得多。

3. 车内环境污染对儿童的危害

随着汽车在城市的日益普及，购车早已不是某一部分人的潮流了，越来越多的儿童在上学、放学时都是父母以汽车代步，这给正在成长中的儿童带来了巨大的风险，汽车污染正在威逼儿童的健康！

事实上有多少成人注意到新车内的气体是否对幼儿身体有害？作为未成年的儿童更容易受到这些有害气体的危害，因为儿童的身体正在成长中，呼吸量按体重比，比成人高 50%。成人是有一定的抵抗力和免疫力的，而对于那些牙牙学语，蹒跚学步的小孩子来说，这种危害本身是无法抵挡的。

第二节 车内环境污染的标准与检测

一、国外有关车内环境的检测标准

有资料显示，从 20 世纪 80~90 年代开始，欧洲不少国家就已经注意到了车内空气污染的问题。如德国环保机构与汽车制造公司协调制定了汽车车内环境的标准，使得车内各种有害气体的浓度与含量有了明确的限制，这样不仅让消费者放心，也让汽车制造企业有章可循。美、日、韩等国也随后跟进。

在防止车内污染方面，俄罗斯一方面大力吸收西方的一些好的做法，另一方面也提出了自己

独到的应对策略，在 1999 年制定并实施了 P 51206-98 号《车辆车内污染物评价标准及方法》的国家标准，以防止汽车驾驶室（车舱）的空气被污染。

表 12-2 俄国标所规定的车内污染最高浓度限值及一次浓度限值/(mg/m³)

污 染 物	最高浓度限值	一次浓度限值	燃 料 种 类
CO	20	5	所有
NO	5	0.4	所有
NO ₂	2	0.085	所有
限定的 HC			
C ₁ ~C ₁₀	300	—	所有
C ₁ ~C ₅	—	50	所有
C ₆ ~C ₁₀	—	30	所有
C ₃ H ₄ O	0.2	0.03	柴油
CH ₄	7000	50.0	压缩天然气

表 12-2 列出了 P 51206-98 号俄罗斯国家“车内污染标准”所规定的车辆工作区空气污染物最高浓度限值以及一次浓度限值，但这些限值是仅仅以司机把驾驶室作为工作区（而不是日常生活区）为前提制定的。换言之，表中列出的仅仅是车辆工作区的空气污染物限值，事实上一些司机和乘客同时长时间地待在驾驶室（车舱）内。因此，还要考虑到长途汽车司机卧铺位置的空气污染等。对此，新的俄罗斯国家“车内污染标准”的制定者们认为有必要实施更为严厉的限值，把车舱（驾驶室）的 HC（C₁~C₁₀）限制定为 50mg/m³。此外，汽油发动机和柴油发动机在使用压缩天然气时，尾气成分有所改变（90% 的 HC 为甲烷），因此新的俄罗斯国家“车内污染标准”的制定者们建议只限定车舱（驾驶室）内的甲烷浓度，最大浓度限值为 50mg/m³。

现行的俄罗斯国家“车内污染标准”把丙烯醛作为嗅觉上判别车内污染的指标，现在俄罗斯专家也建议改为甲醛，因为甲醛的危险等级与丙烯醛一样，但是甲醛还具有致癌性，而且它在废气中的含量几乎为丙烯醛的两倍。另外还应注意，一些新车的车舱（驾驶室）蒙皮采用了聚氯乙烯材料，释放出了大量的甲醛。因此针对新车所制定的验收、修正、认证试验中的车内污染检测，明显与针对在用车辆所制定的车内污染实验方法不同。俄罗斯专家也建议针对新车及在用车辆分别制定车内污染监测标准。

美国是世界上典型的法制化国家之一，政府从维护整个社会和公众的利益出发，对汽车产品的设计和制造专门立法，授权汽车安全、环保和节能的主管部门制定汽车技术法规，并按照汽车技术法规对汽车产品实施自我认证管理制度，实现政府对汽车产品在安全、环保、节能方面的有效控制。美国联邦政府根据国会通过的有关法律，如《国家交通及机动车安全法》、《机动运载车法》、《机动车情报和成本节约法》、《噪声控制法》及《清洁空气法》等为依据，分别授权美国运输部（DOT）和美国环境保护署（EPA）制定并实施有关汽车安全、环保和节能方面的汽车法规。其中美国环境保护署（EPA）在美国《噪声控制法》及《清洁空气法》的授权下，主要负责汽车环保方面的控制和管理，对新生产的车辆制定并实施汽车排放和噪声方面的汽车技术法规（即 EPA 法规）。除美国联邦政府对新车实施统一的环保管理外，对于在用车的管理则主要由美国各州政府中负责环境、资源保护的部门实施 I/M（检验和保养）制度。

二、我国有关车内环境的检测标准

目前，针对车内空气质量检测，我国还没有统一的标准。一般汽车公司在车出厂时，都不会针对车内空气质量是否达标进行检测，这种状况致使检测人员无法可依。不少轿车生产厂家也就揣着明白装糊涂，乐得不把车内空气污染问题列入产品出厂时的检测范围，致使不少产品是带着污染出厂的，在出现纠纷时，职能部门和司法机关要处罚也没有依据。据有关报道，广州车内甲醛和苯超标现象目前就处于失控状态，而车内的空气检测还只能沿用室内空气质量的标准，但广州市环保局机动车与固废污染控制处却坦白地表示对这种状况“无可奈何”。同时一些汽车生产企业或装饰企业为降低成本，使用了一些质量不高甚至对人体健康有害的劣质材料，由于国内没有适用的车内空气污染物限量标准，有关部门在处理由车内空气污染所引发的纠纷时，均感到非常棘手。看来，汽车制造在车内环境污染的背后，是相关政府部门的失职和厂家的优势地位及消费者弱势地位的综合反映。要解决这个问题，没有什么捷径，只能期待国家有关职能部门尽快制

定汽车车内空气环境标准，并将车内空气污染作为汽车质量的一个重要标准来进行考核，将严重超标车阻挡在消费市场之外。

正是出于这个意愿，国家环保总局在 2004 年 7 月启动了《车内空气污染物浓度限值及测量方法》的制定工作，但是预计在当年完成制定并出台的相关标准一度被推迟。标准出台推迟的主要原因是：在制定中存在着一定的争议，因为车内空气污染物标准并不等同于室内空气质量标准，其制定工作存在较多的技术难题，因而至今国内外尚没有一部类似的标准。其中的主要原因是汽车的使用环境和条件变化太大，很难有一个具有可比性的内外部检测环境。如车在阳光下暴晒两个小时后，与在地下车库存放两个小时后，测试出的结果会大不一样，因为高温会导致更多的污染物释放。所以要想测试，首先要有统一的测试条件，而这样的条件必须非常细化，如测试时发动机是启动还是不启动？测试仪器放进车内时是用 1 秒钟开车门还是 1 分钟等。更复杂的问题是：汽车内到底存在哪些有害物质，在现有的技术条件下，很多有害物质还不能避免，那么它们的浓度达到多少就可以被定义为有害健康？这些问题都有待于解决。

虽然困难重重，但是标准的实施是大势所趋。2005 年国家环保局启动了《国家环境友好汽车实施方案》的评定工作，将车内空气污染作为一个主要的衡量指标，旨在提升汽车内空气污染控制水平，推动汽车工业的健康发展，解决目前广泛存在的车内空气污染难题，提高生活水平，从此汽车厂商将不得不重视针对车内空气污染的治理。在《国家环境友好汽车实施方案》（见表 12-3）征求意见稿中，对车内包括甲醛（HCHO）、苯（C₆H₆）、甲苯（C₇H₈）、二甲苯（C₈H₁₀）和总挥发性有机物（TVOC）等污染物的限值进行了明确规定。相关人士表示，国家标准很可能跟这个限值比较接近。

表 12-3 车内空气污染物浓度限制/(mg/m³)

污 染 物 名 称	浓度限制	限制条件	污 染 物 名 称	浓度限制	限制条件
甲醛(HCHO)	0.12	1h 均值	二甲苯(C ₈ H ₁₀)	0.2	1h 均值
苯(C ₆ H ₆)	0.11	1h 均值	总挥发性有机物(TVOC)	0.6	1h 均值
甲苯(C ₇ H ₈)	0.2	1h 均值			

这一方案虽然也对车内空气污染的一些指标作出了规定，但这并非车内空气质量标准。真正的国家标准对车内空气污染物的说明应更加详细，相应检测手段也不一样。更重要的是，这个“实施方案”不是国家标准化管理委员会授权制定的，所以并不具备强制性。比较《国家环境友好汽车实施方案》与《室内空气质量标准》规定的污染物限值就可以发现，前者与后者规定的苯、甲苯、二甲苯、TVOC 基本相同，只有甲醛限值比后者略高。由于汽车的使用条件复杂，车内配件多、空间小，采用与室内几乎相同的标准是不公平的。真正的车内空气污染物浓度限值及测量方法仍在制定过程当中。

在我国私车时代到来的今天，如何限定车内污染标准，避免损害司乘人员的健康，减少因车内污染引起的纠纷，已经成为国家有关部门的当务之急。2004 年 6 月，《汽车内环境质量标准》起草专家小组成立，政府、企业界及专家学者联合发布了组建“汽车内环境污染控制联合试验中心”的倡议书，尽管当时有些企业代表对此颇有异议，但鉴于目前车内环境质量面临的严重问题，制定一个专门针对车内空气质量的标准势在必行。经过两年的论证和征求意见，《汽车内环境质量标准》将于 2006 年 10 月出台，汽车生产厂家和消费者对汽车内空气质量的检测、监督将做到有法可依。

可以预计，制定车内污染标准必将极大地促使汽车生产企业采用环保材料、研制清除车内污染的先进技术，给有车族创造一个良好的用车环境，从而更好地推动我国进入私车时代。

第三节 车内环境污染的控制与治理

一、车内环境污染应注意的问题

因车内环境污染而引发的纠纷在全国屡屡发生，要解决好这类问题应注意以下几方面。

① 消费者在购买新车时，最好进行车内环境质量检测。在车内环境控制标准还没有出台之

前,可以参照室内空气质量标准进行车内环境的检测。因为目前我国有70%的汽车车内环境污染严重,因为没有相关标准,一方面使得有关部门在处理因车内空气污染所引发的纠纷时感到非常棘手,不能有效地维护消费者的权利;另一方面也会阻碍汽车生产企业和汽车装饰企业的发展。

② 消费者一定要增强自我保护意识。在选择车内装饰材料时,要防止一些含有有害物质的地胶、坐套垫、胶黏剂进入车内。

③ 驾驶新车要注意通风,使车内环境中的有害物质尽快挥发。如果新车内气味在三个月甚至六个月内都不能完全散发,或者驾车人有不良反应,如发现熏眼睛、呼吸刺激甚至头晕的感觉,也应该对车内空气质量进行检测,以尽快发现和清除车内污染源。

④ 驾驶员在开新车的前六个月内一定要加强通风,定期清洗车内空调,尽量保持车内空气新鲜。在驾驶新车的半年内,切勿在行驶长时间紧闭车窗,应该尽量少用空调,以加强车内有害物质的释放,如果车主有自家车库,可以在不开车的时候经常开窗通风。

⑤ 体弱者、妊娠期妇女、儿童和有过敏性体质的人尽量避免在密封的条件下长时间驾驶和乘坐新车。妇女对苯、甲醛的吸入反应格外敏感,特别是妊娠期妇女长期吸入苯会导致胎儿发育畸形和流产。

⑥ 许多车主喜欢在自己的车内放香水以改善室内气味,这是治标不治本,表面上异味消除了,但是因为目前许多香水并非天然提取物,而是化学合成品,本身就具有一定的污染,实际上空气质量没有任何改善,反而会破坏车内的空气质量。

⑦ 司机在行车时不仅要注意正常的养护,也要注意空调蒸发器和通风管的清洁护理,以保障驾车人、乘车人的身体健康。一些汽车厂商已经关注起车用空调对人体健康的危害,新投产的车型有许多预留了空调蒸发器洗孔。

⑧ 可以采用有效的净化车内空气污染的措。目前一些厂家生产了一些净化车内空气的产品,能够降低车内污染,但是一定要注意选择效果显著的。

二、车内环境污染的治理

1. 汽车生产厂家应从源头杜绝污染

虽然国家统一的强制性标准一直缺位,但车内空气污染严重却是一个客观事实,厂家不能因为没有强制性标准就可以对此不负责任。

国外的情况是,虽然没有车内空气质量标准,但是各厂家在原材料和零配件的采购、使用过程中,有严格的环保标准,从源头上控制了空气污染物的来源。如有的日本汽车厂就有企业内部规定,从原材料环节控制车内异味的产生,在新车定型时还有专人针对“车内味道”进行感官评判。欧盟制定了《有关化学品注册评估授权与限制制度》,对汽车相关材料做了部分规定。德国环保机构与汽车制造公司协调制定了车内环境空气污染控制的条例,使得车内各种有害气体含量有了限制。

2002年9月开始,欧盟出资477万欧元启动了“清洁车厢工程”项目,该项目总耗时36个月,项目的目标是:研究出一种有效的、可以量化的车内空气质量检测管理系统,从而为驾驶员和乘客的健康提供保障。“清洁车厢工程”的几个具体目标是:定义车内空气健康、舒适和安全的标准;开发捕捉车内微颗粒悬浮物的技术;探索初级的分解空气污染物的方法;开发车内空气质量提示系统。这些技术将首先考虑在轿车上使用,随后将在卡车和公共汽车上推广,多家汽车制造商都参与其中。相比之下,国内的汽车厂家在这方面至少没有给外界以足够的信息,而且为了降低成本,在车内使用劣质材料的汽车厂家,为数并不少。

环保和质监部门的相关人士都表示,在国家强制性标准没有正式出台之前,汽车厂家应该本着对消费者负责的态度,从材料和零配件采购源头控制住污染源。

2. 车内空气消毒净化

造成车内环境污染的因素除了新车装饰所残留的各种气体外,车内的灰尘、细菌、病毒也是引起污染的重要因素,同时由于乘坐者的不固定性,乘坐者身上的细菌和病毒也可能带来车内环境的污染。而作为在路上行驶的汽车,如果车窗不关,则要遭受来自其他车辆尾气的污染;如果车窗紧闭又要造成车内密闭空间;一旦开了空调,则车内环境更可能造成再次污染。

目前,作为治理汽车车内空气污染的汽车氧吧产品也是缤纷多样,其所用的核心技术也各不

相同，净化空气污染的效果也有所区别。比较普遍的车内消毒方法有臭氧消毒、离子杀毒和光触媒消毒等三种。

① 臭氧是广谱、高效、快速的消毒剂，借用臭氧是最近兴起的杀菌方法之一，它可迅速杀灭使人和动物致病的各种细菌、病毒等微生物。与化学消毒不同，臭氧杀菌消毒后很快就分解成氧气，利用臭氧消毒杀菌最大的好处是一般不残存有害物质，也不会对汽车造成第二次污染，对人体无害。臭氧消毒价格也比较便宜，但消毒一次只能维持1到2个月。不可忽视的一点是，人们往往会忘记关掉发生臭氧的开关，若氧吧没有自动关掉发生臭氧的功能，就会造成车内臭氧的浓度过高，众所周知，高浓度的臭氧会对人体产生伤害。虽然现在许多厂商都在改善这一功能，如增设定时设置功能，但作为汽车氧吧的一项技术，臭氧开始慢慢地淡出市场。

② 负离子有抑制细菌、病毒生长，清除空气异味，清洁空气等作用，被誉为“空气维生素”。具备这种技术的汽车氧吧产品一大特点就是可以通过增加空气中负离子含量来改善车内空气质量。目前市场上大多数汽车氧吧每秒可以释放300万个负氧离子，其中技术实力最领先的奥得奥704太阳能汽车氧吧则可以达到每秒500万个氧离子群，是目前同类产品中的佼佼者。但单一地从负离子入手，也不能彻底解决车内空气问题。虽然增加负离子可以让司机头脑清醒，但对于彻底消除空气中原有的污染物质作用不大，这是目前大部分汽车氧吧厂商比较单纯的突破点。

③ 光触媒是新近兴起的一种新杀毒方法，它是利用二氧化钛这种光催化剂，产生正、负电子，其中正电子与空气中的水分子结合产生具有氧化分解能力的氢氧自由基，而负电子则与空气中的氧结合成活性氧，二者均具有强大的杀毒杀菌能力，对于汽车车厢内常见的甲醛氨、苯等有机化合物具有分解作用，同时还可以清除车厢内的浮游细菌，从根源上清除异味，达到传统技术手段难以达到的效果。光触媒消毒一次维持的时间长、效果好，可达1~2年，不过价格较高。

值得一提的是，目前市场上的汽车氧吧产品，已经并非是产品导入前期的那种单纯从某个技术入手，而是融合多方面的技术，进而达到更高的车内空气净化化的功效。如市场上最新出现的太阳能汽车氧吧就融合了多项世界顶尖技术，既具有全球首创太阳能光聚变技术和中草药杀菌网，又具备五层超强净化功能，并且内置氧离子发生器，每秒可形成氧离子群达500万个，同时它还综合采用全球领先的高性能光触媒航空钛净化、活性炭净化及法国加香等技术，是目前我国市场上科技含量最高、杀菌最为彻底的汽车空气净化产品。

伴随着科学技术的日新月异，攻克车内空气污染已经不是一件令人头痛的顽疾，相信技术的发展将能够为我们提供更多的可供选择的多功能汽车氧吧，为我们创造一个彻底清新、自然、健康的行车环境。



思考题

1. 车内环境污染对人体有哪些危害？
2. 预防车内环境污染应注意哪些事项？
3. 车内环境污染治理有哪些方法？

第十三章

我国农村室内环境污染与控制

第一节 农村室内环境污染问题的提出

一、世界卫生组织发出农村室内环境污染警示

2004年10月15日,在“世界农村妇女日”到来之际,世卫组织与联合国开发计划署发表了一份联合声明,呼吁人们特别关注农家炊烟造成的室内空气污染,因为这已成为不发达国家中危害人们健康的主要原因之一。

据最近联合国环境规划署的报告,农民做饭、取暖烧柴是造成“亚洲棕云”的重要原因,导致南亚地区严重自然灾害,危害当地居民的健康。这片巨大的棕色云团现正向其他地区移动和蔓延,可能威胁到全球。农民烧柴问题已引起全世界的高度关注。

据世界卫生组织报告,世界上有大约一半的家庭仍然使用像畜粪、木柴、农业残余物和煤这样的固体燃料来做饭,这些燃料燃烧所生成的烟尘会散发出一种有毒的混合物,这种混合物里夹杂着微粒和化学物质能够绕过人体的自身防线而造成危害。以木柴为燃料的烹饪炉灶所散发出的污染物有害于健康,而它所造成的室内污染使得一氧化碳和其他有害气体含量大约比容许极限浓度多出了7~500倍。这些烟尘使人们染上像支气管炎和肺炎这样的呼吸道疾病的危险性增加了不止一倍。从房子里的炉火中升起的刺鼻浓烟,每年导致160万发展中国家人民死于非命,这就意味着每20s就有一个人被夺去生命。

报告介绍,农村妇女和她们的家庭同样也为了让炉火能够继续着下去,付出了很大的经济代价。每周有三个早晨要用于捡些像木柴那样的燃料,这种长久的苦力工作使贫穷的农村妇女失去创造更多价值的机会,她们可以干那些有报酬的工作来增加家庭收入、提高生活水平,以及促进家人的营养和健康状况。

报告中特别强调,尤其是农村的妇女儿童,每次都要有数个小时处于层层烟尘的围绕中,而这些烟尘的毒气含量远远超过国际安全标准。世界能源评估中心估测,吸入这些炉火产生的烟尘相当于每天抽两包烟。然而,这些家庭却别无选择地吸入这些烟尘,因为要是不用那些燃料做饭,他们就没有饭可以吃。

二、农村现代化进程中的环境保护问题

1990年以来,随着我国经济建设的发展,环境保护事业呈现出新面貌。重点地区企业的工业污染得到较好地遏制,47个环保重点城市的环境质量在经济高速增长的同时也普遍呈现恢复态势。但也应该看到,在城市环境日益改善的同时,农村环境问题却越来越突出,各种污染与生态问题交织在一起,不仅影响了数亿农村人口的生活,而且威胁到他们的健康,甚至通过水、大气污染和食品污染等渠道最终影响到城市。目前我国造成农村环境问题的来源:①是农业生产造成的水源污染及土壤污染。②是由于小城镇和农村聚居点的基础设施建设滞后产生的生活污染。③是乡镇企业布局不当、治理不够和城市污染企业转移产生的工业污染。

三、加强农村室内环境管理和控制是建设新农村的基本要求

党的十六届五中全会通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十一个五年规划的建

议》，提出了建设社会主义新农村的重大历史任务，特别是《中共中央国务院关于推进社会主义新农村建设的若干意见》中提出加强村庄规划和人居环境治理，加快乡村基础设施建设，加强农民最急需的生活基础设施建设，加快农村能源建设步伐和改善农村生活环境和村容村貌的要求。这一战略目标的提出，无疑有着重要的现实意义和深远的历史意义。

随着国家室内环境标准的贯彻实施，人们的室内环境意识得到不断提高，我国的室内环境事业在不断发展。但是，在城市室内环境受到重视并日益改善的同时，农村室内环境问题却越来越突出，而且生产污染和生活污染问题交织在一起，影响了9亿农民的正常生产和生活。长期以来，一些农民的生活居住环境一直不尽如人意，居住质量差，取暖和做饭采用污染环境的燃烧方式，室内环境污染危害农民健康，成为一种恶性循环。在国家建设新农村的统一规划下，是应该大力改善农民的生活居住环境了。加强村庄规划整治、改善农村人居环境、加强对农民的生活和生产环境污染的控制和管理，是新农村建设的一项重要内容，也是社会主义新农村的特征之一，而文明生态村建设正是以改善农村人居环境为切入点，通过加强农村基础设施建设，改善农民生活条件，逐步缩小城乡室内环境质量的差距。

第二节 我国农村室内环境污染的主要问题和来源

根据中国室内环境监测工作委员会研究，我国目前造成农村室内环境问题主要来自于以下四个方面。

一、经济发达的农村地区的建筑、装饰和家具造成的室内环境污染

近年来，在党的富民政策的指导下，我国农民生活水平日益得到改善，中国农民的传统习惯就是一旦手头富裕以后，先要建造好住房，城市居民的住宅装饰装修热潮也逐步波及到了农村。在一些经济比较发达的农村，有钱盖新房和装饰房屋已经成为农民的新时尚。从东部沿海到中西部地区，从城市郊区到偏远乡镇，星罗棋布的装饰装修建材市场也都活跃起来，这原本是件好事，但令人担忧的是，全国各地农村装修建材市场的消费投诉却越来越多。从各地消协所受理的农民装修中出现的投诉情况，以及农村装修建材市场所存在的问题来看，以下几类现象在农村出现较多。

① 一些城市住宅“精装修”一次到位，或消费者直接与有资质、有信誉的正规装修公司签合同，为住宅进行装修。“马路游击”装修基本已退出城市装修市场，纷纷到农村寻求发展，这些没有经过正式培训的装修队，干活质量没保证不说，往往挣了钱就跑，“打一枪换一个地方”，出了装修问题无人负责。

② 大多数农民既没有装修经验又缺乏这方面的知识，因此很难把握装修质量不说，还给装修队提供了偷工减料、工料费超支、使用假冒伪劣建材等机会，上当受骗。

③ 农民请装修队施工，往往都是人托人介绍关系，碍于情面连“装修协议”都不签订。出了质量问题有口无凭，有理没法说，使他们花出去血汗钱，换来的却是质量糟糕、污染严重的装修。

④ 随着国家对城市建筑装饰材料市场的管理和控制，有一些不法装修公司和建材生产企业及商家钻了农村建筑装饰市场的空子，把大量在城市里已没有生存空间的假冒伪劣建材产品低价倾销到农村，农村装修建材市场缺乏管理，大量城市里销不出去伪劣产品充斥，建材市场多是棚户式、摊贩式或街巷式、规模小、进口渠道复杂、价格混乱、随意性强。

⑤ 农村装修工程队往往与农村建材市场商贩相互勾结，推销假冒伪劣产品以赚取回扣，坑害农民消费者。2004年，广东汕头市溪南镇就发生了因为购买劣质家具，污染引发气胸的案件。

⑥ 不少农民对环保装修的意识还比较淡薄，偏重使用环保不达标但价格却便宜的装修材料，致使室内空气质量极差又缺乏检测，待身体受到侵害为时已晚。

综上所述，目前我国农村装饰装修建材市场问题很多，实在令人忧虑不安。

据有关部门统计，全国各地农村装修建材市场的消费投诉越来越多。尤其让人不安的是，由于大多数农民文化水平偏低，建材消费经验缺乏，自我维护正当合法权益意识不强，让一些不法

装修建材生产企业及商家钻了空子，把大量在城市里已没有生存空间的假冒伪劣建材产品低价倾销到农村，诱惑、欺骗农民消费群体，使他们花出去血汗钱换来的却是质量没有保证的糟糕装修，身心健康受到危害和摧残。目前在城市已经引起广大消费者警惕和控制的建筑、装饰装修和家具污染悲剧又在农村上演。

二、落后的农村传统的生活方式造成的室内环境污染

随着国家加大环境保护工作力度和城市化进程的加快，集中供热等在我国得到大面积的推广普及，对于广大农村地区而言，造成室内环境污染的主要原因仍然是室内燃料的燃烧等。千百年来，农家炊烟一直是农村田园生活的象征，充满诗情画意。但在越来越关注环境、关注健康的今天，炊烟已被看作是我国农村室内环境的重要污染源，亟待引起人们的重视。专家表示，炊烟作为一种典型的农家室内燃料污染，关系农村地区的千家万户，不可忽视。

目前在我国农村，由于经济条件的限制，我国许多农村家庭还在使用柴草、秸秆和含硫量高的低质煤作为生活燃料，许多地方还是靠燃烧秸秆等煮饭炒菜。据统计，全国每年以秸秆、稻草、果壳等形式所产生的生物质燃料约 7.05 亿吨，其中大部分为农村家庭所使用，并且多以直接燃烧的方式转换成热能。

据分析，农家炊烟的主要成分是可吸入颗粒物、二氧化氮、二氧化硫、一氧化碳等有毒有害物质，其中部分还是致癌物质。二氧化氮可导致呼吸道阻塞，出现呼吸困难，甚至因为窒息而死亡。特别是我国个别落后地区农村还存在锅连炕的现象，室内环境污染十分严重。另外，在傍晚和有雾时，农村地区往往存在地面温度低、高空温度高的逆温现象，导致村庄和农家的炊烟无法迅速扩散，使污染加剧。以木柴为燃料的烹饪炉灶所散发出的污染物有害于健康，而它所造成的室内污染使得一氧化碳和其他有害气体含量大约比容许极限浓度多出了 7~500 倍（见表 13-1）。

表 13-1 每小时燃烧 1kg 木柴散发出的污染物含量

污染物质	排放量/(mg/m ³)	容许标准/(mg/m ³)	污染物质	排放量/(mg/m ³)	容许标准/(mg/m ³)
一氧化碳	150	10	1,3-丁二烯	0.15	0.0003
微粒	3.3	0.1	甲醛	0.7	0.1
苯	0.8	0.002			

注：表中数据测定条件为 40m³ 的厨房，其中还含有其他污染物。

三、发展农村特种养殖业和种植业造成的室内环境污染

在城市室内环境日益改善的同时，农村室内环境问题正变得越来越突出，而且生产污染和生活污染问题交织在一起，成为我国农村室内环境污染问题的又一个特点。近年来，随着农业产业结构调整的不断深入，农村的特种养殖业、种植业的快速发展成为广大农民生产致富的新途径，为城市市民提供了生活商品和必需食品。但是，发展农村特种养殖业和种植业造成的室内环境污染正在使农民得上职业病，这些病症发病率高、对农民生产生活影响大。目前，虽然不少农民得了职业病，但鉴定起来很困难，农民自己也难以搞清楚，再加上农民找活儿难，只要能挣点钱，再苦再脏的活儿也愿意干，导致农民得职业病数量和类型呈逐年上升趋势。

从调查情况看，由于农业生产和种植、养殖引发的农民职业病类型主要包括五大类八种病。

（1）第一类是肺类病 包括发霉肺病和蘑菇肺病。发霉肺病主要是长期从事晾晒、翻动、运输和加工发霉柴草、粮食、饲料等物料过程中，由于反复吸入散发在空气中的芽孢霉菌或热放线菌而感染的一种过敏性肺炎，一般接触 4~8h 就可发病。而蘑菇肺病是指长期在潮湿的地下室或密封大棚内从事蘑菇栽培，因空气不流通，而吸入大量真菌孢子而诱发的一种肺病。这两种肺类职业病的发病症状主要是发热、咳嗽、气短、胸闷、无力，到晚期会出现心慌、水肿和肺组织纤维化等心衰体征，甚至导致心力衰竭而死亡。

近年来，我国蘑菇生产已发展为大棚生产，培养技术大有改进，蘑菇产量大增，从事蘑菇生产的农民也不断增加，蘑菇肺也随之成为农民最常见的疾病。

（2）第二类是大棚病 近年来，种植大棚菜让不少菜农致了富、发了家，但与此同时，长期在高温湿热的环境中劳作，部分农民因此患上了白血病、关节炎、肺病中毒后遗症等与大棚有关的疾病。大棚病主要是指长期在温度高、湿度大、空气流通性差、闷热难耐的塑料大棚内劳作而

出现的头痛、恶心、呕吐、全身乏力、食欲不振等典型症状。这类病在大棚种植蔬菜、草莓等作物的地方发病率较高。

此外据骨科医生介绍，到医院来看关节炎的菜农也有不少，因为大棚内潮湿的环境损坏了关节。棚里温度高达 30°C 左右，闷热难耐，一些菜农还反映劳动时间一长，常出现头痛、恶心、呕吐、全身乏力、食欲不振等情况，医生说这些都属于“大棚反应”，应该引起菜农的注意。

(3) 第三类是生产环境中毒 包括养殖场的螨虫类病和钩虫类病。螨虫类病主要指从事养鸡、养鸭等养殖业的农民，因感染鸡鸭身上的螨虫等微生物而引起的皮肤过敏、瘙痒，导致速发性哮喘，严重的肺功能受到损害，丧失劳动力。而钩虫病是钩虫幼虫钻入人体皮肤引起的病症，特别是农民给田地浇水，赤脚在刚施过肥的水里走动，还有农村砖瓦窑厂雇用的员工，长期和泥土打交道，很容易引起这种病，病发后出现丘疹、疱疹，奇痒无比，导致严重贫血、肝脾肿大等。

(4) 第四类是药类白血病 最近几年，农村白血病患者增多，多与使用剧毒农药有关。医院白血病患者中，农村患者较多，其中从事过大棚种植的人占很大一部分。医生分析，有50%左右的这类患者是直接由大棚中喷洒农药而中毒引起的，主要病因是很多农药、杀虫剂、除草剂中，苯类衍生物会抑制人体脱氧核糖核酸的合成，从而导致染色体突变，破坏造血系统，引起白血病。大棚内空气流通性差，有毒物质在空气中的浓度含量较高，对人体危害很大。其主要原因：①是受生产条件限制，农民在生产中的防护意识淡薄，自我防护欠缺，如在温度高、空气流通不畅的大棚内停留时间过长，喷洒农药时防护不彻底等都是他们职业病发生的诱因。②是农村卫生条件差，缺医少药得不到及时的治疗。

(5) 第五类是类丹毒病。这种病主要发生在农村的畜类养殖场，是指饲养猪、牛的农民感染动物身上的丹毒杆菌引起的急性传染病，多发生在手和臀部，除皮肤病变外，体温会升高到 40°C ，反复发热，很难治愈。

四、农村工业企业和城市农民工恶劣工作环境的室内环境污染

1. 农村工业企业的工作环境污染

在一些地方，为了发展农村工业经济，为了单纯追求经济效益，一些在城市不容上马的对生产工人和环境污染严重的落后工业却在农村落了户，还有一些利用农村当地资源的矿场、石场，由于生产条件简陋，生产环境污染严重，又缺乏劳动防护，使很多农民不明不白得了职业病，不仅自己苦不堪言，还常常拖累全家陷入经济困境，前几年发生的轰动全国的河北白沟苯中毒案就是一个典型。

2. 一些在城市打工的农民由于室内环境污染造成的伤害也是一个严重问题

农民工对于我国经济社会发展作出了突出贡献。据农业部调查统计，2003年全国农村劳动力在家乡以外地方流动就业的人数近亿人，其中绝大部分为跨省、跨县流动。农民工吃苦耐劳，承担着城市最累、最苦、最脏、最险的工作，特别是一些污染严重的企业利用农民工的防护意识差、在城市找工作难、劳动力便宜的特点，大量使用农民工，得了病就一脚踢开。占城市90%以上的装饰装修工人就是其中的一部分，他们是室内装饰装修污染的直接受害者。

第三节 农村室内环境污染的管理与控制

百事农为先，现在“三农”问题已成为我们国家的重中之重，农村的室内环境污染问题也应该引起全社会的关注和重视。没有农村的室内环境改善、农民的居住和生活生产环境的改善，建设社会主义新农村也就失去了意义，因此应该把改善农民生产和生活的室内环境与保持农业生产率稳定增长、改变农村贫困落后状况、保护和改善农业生态环境作为同样重要的问题，共同抓紧抓好，千万不能让农民靠党的政策和自己勤劳的双手摘掉了贫穷的帽子，又遭受室内环境污染的危害。为了实现党的“十六大”提出的“生产发展、生活富裕、生态良好”的可持续发展目标，关系九亿农民健康质量的农村室内环境问题必须引起全社会的关注。那么我们应该做些什么来解决农村的室内环境污染问题呢？应该努力做好以下工作。

一、在新农村建设中推动农村燃料革命

目前,由于我国农村一些农民烧柴问题仍然没有解决,农村居民烧柴取暖做饭是造成森林植被破坏的重要因素之一。2001年全国农村居民实际消耗薪柴 $1.71 \times 10^8 \text{ t}$,约 $2.28 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。目前农村居民生活用能消耗成为森林资源消耗的主要方面,是造成森林植被破坏的重要因素。农村居民烧柴砍树破坏林草植被,加剧水土流失、洪水泛滥和土地荒漠化,不仅造成中西部地区生态恶化和长期贫困落后,而且对东部地区的防洪减灾、生态安全和社会经济发展构成威胁。

《中共中央国务院关于推进社会主义新农村建设的若干意见》中要求:加快乡村基础设施建设,要着力加强农民最急需的生活基础设施建设。在巩固人畜饮水解困成果基础上,加快农村饮水安全工程建设,优先解决高氟、高砷、苦咸、污染水及血吸虫病区的饮水安全问题。有条件的地方,可发展集中式供水,提倡饮用水和其他生活用水分质供水。要加快农村能源建设步伐,在适宜地区积极推广沼气、秸秆气化、小水电、太阳能、风力发电等清洁能源技术。从2006年起,大幅度增加农村沼气建设投资规模,有条件的地方要加快普及用沼气,支持养殖场建设大中型沼气池。以沼气池建设带动农村改圈、改厕、改厨。尽快完成农村电网改造的续建配套工程,加强小水电开发规划和管理,扩大小水电代燃料试点规模。

为了解决农村的燃料污染和破坏生态平衡问题,我国早在20世纪60年代已经开始在农村大力发展沼气,目前中国仍然是世界上使用沼气最多的国家。随着经济的发展,中国的燃料革命已经从沼气扩大到煤气、石油液化气、太阳能和近几年新发展起来的秸秆气。现在,从中国的西部青藏高原到东部沿海,从北部的草原到南方的水乡,农村到处可见燃料革命带来的喜人景象。因为正在中国兴起的燃料革命使越来越多的农民告别了传统的以燃烧农作物秸秆做饭的历史,用上了新一代的能源。

1. 利用液化气

一些发达地区的农村农民已经和城市居民一样用上了液化气。现在已经76岁的村民张娥香可以说是这一变化的见证人,她一边做饭一边说:“我们江心洲是长江中的一个小岛,从我记事起,各家各户都是烧麦秸、烧稻草做饭。那时做饭是件既脏又累的活,一到做饭时家家炊烟四起,户户烟熏火燎,眼睛被熏得流泪,身上沾满了尘土。现在家家用上了液化气,打开开关就烧饭,无烟无味,火头猛烈得快。从前做顿饭少说要一个多小时,现在半个小时就行了。过去做饭是怕烟熏,现在是怕油呛。这不,我们家还装了台抽油烟机呢。”

2. 发展沼气

地处长江下游的姜堰市河横村的农民家家都有一座沼气池,所有农户均用沼气烧饭。沼气是利用农作物的秸秆与人畜粪便、杂草、树叶和污水、垃圾放入沼气池内经发酵产生可燃性的气体甲烷。这样不仅解决了燃烧秸秆时的空气污染问题,经发酵后的沼气池剩余物还是极好的有机肥料,能够增加土壤有机质,提高农作物产量。现在,这个村由于环境保护工作出色,被联合国环境规划署授予“世界五百佳”的称号。这个村生产的大米、蔬菜、禽蛋、水产品均注册了“河横”商标,成为市场上抢手绿色食品。据农业部公布的资料表明,目前中国农村有1000多万座沼气池,也就是说有1000多万农户使用沼气作为燃料。

3. 发展秸秆气

在这些新燃料中,秸秆气特别受农民的欢迎。江苏省吴江市八坼镇农创村前几年投资达60万元办了个秸秆气供应站,将农作物秸秆粉碎后,放入一个特制的设备内,加入少量空气,进行燃烧,从而产生氢气与甲烷等可燃气,再通过2km长的管道通到各家各户。现在,这套设备只要一人操作,两人轮流值班,每小时生产秸秆气 300 m^3 ,可充分满足全村286户村民的生活需要。一人烧火供气,全村家家都用秸秆气做饭,村民倪文观说:“现在农民平时的饭菜比过去过年还丰盛,可以说是虽然不见家家炊烟袅绕,但能闻到户户香味四溢。”

4. 小水电代燃料

小水电是国际上大力提倡、积极扶持发展的清洁可再生绿色能源,实施小水电代燃料生态保护工程是解决山区农民生活燃料的有效途径。我国小水电资源非常丰富,居世界第一,主要分布在山区和丘陵地区,与需要代燃料的重点地区基本一致,可开发小水电资源量及其区位分布完全可以满足我国大部分山区农村居民烧柴问题。小水电具有分散开发、就地供电、发供电成本低的

优势，只要国家适当扶持，小水电代燃料，电费农民能够承受。小水电与其他能源相比具有明显的区位优势、生态优势和综合优势。小水电代燃料是以保护生态为目标的非盈利性公益工程，是重点支持的农村中小型基础设施工程，应当早日实施。国家编制了《全国小水电代燃料生态保护工程规划纲要》，这个规划的总体任务是：从现在开始到2010年，长期稳定地解决生态特别脆弱、当前急需解决的970万户、3730万农村居民的生活燃料，保护和改善生态环境，促进农民增收和长远致富，加快地方经济发展。随着国力的增强，最终解决2830万户、1.04亿农村居民的生活燃料问题。

5. 利用太阳能

太阳能应用的范围非常广泛，在农村能源这个领域内就有供农户生活用能的太阳灶、被动式太阳房、太阳能热水器、小型家用光伏发电等；农民生产用的日光温棚、太阳能暖圈等设施。太阳能技术和产品在农村地区非常实用，它具有投资少、建造技术易掌握、易操作、受益面广、适合农村特有的生活习惯和经济水平等优势。尤其是太阳房技术，一次性建造成本仅比普通住房增加15%~20%，其保暖性好、室内温差变化小、居住舒适、节省采暖燃料。日光温棚和太阳能暖圈让农民在冬季也能生产、也有收益。

农村能源的太阳能技术成熟，已在宁夏农村地区推广、示范多年，收效显著。宁夏的太阳能资源非常丰富，适合发展太阳能，农村地区更适合用太阳能技术来改变农民的生产生活条件，可节约资源、保护环境、改善生态环境，太阳能应该在新农村建设中发挥不可替代的作用。

当前，我国被动式太阳房已进入规模普及阶段，主要表现在以提高室内舒适度为目标，由群体太阳能建筑向太阳能住宅小区、太阳村、太阳城发展，特别是常规能源相对缺乏、经济相对落后、环境污染比较严重的西部地区，发展速度更为迅速，有的地区年平均递增率达15%。各地还制定了包括推广太阳能建筑的阳光计划，比如投资额达4.28亿元的兰州市“阳光计划”，计划在郊区兴建73.3万平方米的太阳能住宅小区，其中以2500m²小康型太阳能二层住宅楼为主的白石乡青石湾太阳村试点项目已实施完成。甘肃省临夏市建成了占地9.8公顷、建筑面积9.2万平方米的太阳能小区，以及到2000年西藏计划投资900万元，资助新建太阳房27万平方米等大型工程项目。

二、加强对农村建筑装饰装修材料市场的监督和管理

近年来，随着生活水平提高和全面建设小康社会的推进，农民迫切要求改善农村生活环境和村容村貌，农村建筑和装饰装修消费市场呈现不断繁荣的局面。但是，目前我国农村装饰装修建材市场现状，远远不能满足农民的消费需求。为了保障农民刚刚获得国家给予的应得利益不受损失，国家质检、环保、建材、工商等部门以及当地政府应尽快制定有效措施，切实加强对农村装修建材市场的清理、整顿和管理，使之正常有序地运作。也希望农民消费者对当前混乱的建材市场提高警惕，加强自我保护意识，坚持购买质量可靠的建材产品。装修时还应签合同，工程完工后检验合格满意后再付全款。今后亟待解决的问题包括以下三方面。

① 政府整合监管资源，提高农村装饰装修施工和材料市场的行政执法力度，从源头上控制假冒伪劣商品流入农村市场。同时，工商、质检、卫生等管理机关应协调动作，形成执法合力，改变农村执法力量相对薄弱的现状。

② 克服体制弊端，构建农村装饰装修施工和材料市场消费品流通主渠道。尽快打造农村流通领域的“国家队”，构建农村商品流通主渠道。采取政府投资参股的方式扶持、制定相应的优惠政策，在农村建立一批股份制商业企业是当前构建农村商品流通主渠道的最佳选择。

③ 提高农民的室内装饰装修污染的防护意识。各级部门也应通过培训和加强宣传，提高农民对商品的认知能力，定期公开有关商品信息，提高农民抵御风险的能力。

三、加大农村环境保护的力度

室内环境污染问题与农村的大环境污染息息相关，室外空气污染是室内环境污染的一个主要来源。党的“十六大”提出了全面建设小康社会的宏伟目标，随着我国农村现代化进程的加快和小城镇建设的普及，如果不重视环境问题，势必出现农村环境污染的规模和影响不断扩大的局面，这与党的十六大提出的“生产发展、生活富裕、生态良好”的可持续发展目标是不吻合的。具体表现在以下几方面。

① 是制定有关政策,保护农村环境。长期以来,我国的环境政策及研究对农村的生态环境关注不够,尽管从宏观上已经明确环境污染是影响社会发展乃至产生社会动荡的重要因素,但具体影响程度、作用机制情况不明,难以形成具有可操作性的政策。

② 是将农村环境保护体现在国家和地方的有关计划和规划中,提出农村环境问题解决的资金渠道或资金来源。有必要根据不同类型的农村环境问题,有针对性地提出预防和治理的政策和方案。

③ 是重视农村环境保护基础体系建设问题。农村环境的保护是我国保护环境最重要的领域,也是当前国家环境保护当中的一个薄弱环节。最近几年,为了促进城乡协调发展,国家加大了农村环境的保护力度,在《全国生态环境保护纲要》中规定的“三区战略”,就是为了解决农村当前突出的环境问题。

四、加强务工农民的职业安全和室内环境卫生保护

农民工问题事关我国经济和社会发展全局。农民工分布在国民经济各个行业,在加工制造业、建筑业、采掘业及环卫、家政、餐饮等服务业中已占从业人员半数以上,是推动我国经济社会发展的重要力量。进一步做好农民工工作,对于改革发展稳定的全局和顺利推进工业化、城镇化、现代化都具有重大意义。

要按照国家要求,依法保障农民工职业安全卫生权益。各地要严格执行国家职业安全和劳动保护规程及标准,企业必须按规定配备安全生产和职业病防护设施。强化用人单位职业安全卫生的主体责任,要向新招用的农民工告知劳动安全、职业危害事项,发放符合要求的劳动防护用品,对从事可能产生职业危害作业的人员定期进行健康检查。加强农民工职业安全、劳动保护教育,增强农民工自我保护能力。

五、加强对农业工人的职业病防护

面对农民职业病患者逐步增多的态势,有关部门在给予农民更多的就业指导和必要帮助的同时,更应注重使农民在增收的同时拥有健康的身体。与此同时,对那些已经患了职业病的农民,更应该给予及时救助,为他们撑起依法维权的“保护伞”。防护工作主要内容如下。

① 是要对农民工进行就业指导,让他们在规范操作中增加收入,避免身体受伤害。

② 是要给农民工创造有病可治、保障健康的救助制度,让他们得了病能及时治疗,不要因没钱而延误治疗。

③ 是要给农民工创造依法保护切身利益的法律环境,使他们通过快捷、有效的渠道得到必要救助和补偿。

④ 是宣传农民职业病防治知识。

六、发展农村室内环境污染检测控制体系

目前我国的室内环境污染检测治理主要还集中在城市,农村是室内环境污染检测控制的薄弱环节,新农村建设应该包括5个方面,即新房舍、新设施、新环境、新农民、新风尚。其中,“新房舍、新设施、新环境”就是要完善农民的生活和生产条件,为了建设新农村,保护农民的身体健康,创造和谐、健康、可持续发展的我国农村环境,应该发展农村的室内环境污染检测控制体系,从根本上解决农民的生活和生产中的室内环境污染问题。主要应做好以下工作。

① 大力宣传国家有关室内环境保护和室内装饰装修材料有害物质的控制标准,提高农民的室内环境保护意识。

② 逐步发展农村室内环境检测实验室,可以从有条件的农村试点,逐步推广和普及。

③ 进行农村生活和生产环境污染的净化治理研究,推广有效消除和净化室内环境的产品。



思考题

1. 农村室内环境污染问题提出的背景是什么?
2. 我国农村室内环境污染的主要问题和来源有哪些?

3. 农村室内环境污染的控制方法有哪些？

参考文献

- 1 中共中央国务院关于推进社会主义新农村建设的若干意见. 北京：人民出版社，2005
- 2 王君一等. 农村太阳能实用技术. 北京：金盾出版社，2004
- 3 聂君等. 农村能源实用技术. 北京：金盾出版社，2006

第十四章

室内环境质量的评价与预评价

第一节 室内空气质量评价的目的和要素

一、室内空气质量评价的目的

有关室内空气质量的研究，可以追溯到 20 世纪初，当时人们已经开始采用通风的方法来改善室内空气环境，此后制冷空调系统的出现，为人们创造了更为舒适的环境。20 世纪 70 年代的全球能源危机，使制冷空调系统这一能源消耗大户面临严重考验，节能降耗成为空调系统设计的关键环节，节能措施之一就是减少入室新风量，同时因为大量新型建筑、装修材料的使用，引起了室内空气环境恶化，出现了“病态建筑综合征”。室内空气质量问题已成为现代建筑科学的前沿研究课题，它涉及医学卫生、建筑环境工程、建筑设计等诸方面，研究的目的是创造一种卫生、健康、舒适的室内空气环境。

1. 室内空气质量评价的概念

粗略地说，室内空气质量评价就是针对具体的对象，运用科学的评价方法，分析其室内空气质量的主要影响因素，预测其在一定时期内的变化趋势，确定其可能造成的危害程度，并提出经济可行的控制治理措施。室内空气质量评价是人们认识室内环境的一种科学方法，它是随着人们对室内环境重要性认识不断加深而提出的新概念。由于室内空气质量评价涉及许多学科的知识，应由集中建筑技术、建筑设备工程、医学、环境监测、卫生学、社会心理学等多学科的综合研究小组联合作业来完成。

当前，室内空气质量评价一般采用量化监测和主观调查结合的手段进行，其中的量化监测是指直接测量室内污染物浓度来进行客观了解、评价室内空气质量，而主观评价是指利用人的感觉器官进行描述与评判工作。客观评价的依据是人们受到的影响跟各种污染物浓度、种类、作用时间之间的关系，同时还利用了空气龄、换气效率、通风效能系数等概念和方法。

2. 室内空气质量评价的必要性

室内空气质量评价是认识室内环境的一种科学方法，是随着人们对室内环境重要性认识的不断加深所提出的新概念，它反映在某个具体的环境内，环境要素对人群的工作、生活的适宜程度，而不是简单的合格不合格的判断。

人们关心室内空气质量，最终目的是想彻底预防和控制室内污染，从根本上改善室内空气质量，创造一个舒适的生活环境，必须将检测与评价很好结合起来才可能达到上述目的。在工程中，设计是根本，选材是基础，施工是关键，测试是检查，评价则是诊断。随着人们对室内空气质量重要性认识程度的加深，人们不仅希望知道是什么污染物在作怪，更希望知道自身的暴露水平如何，这种暴露会对健康造成什么长期和短期危害？对存在的污染应该如何控制治理？在当前具备一定经济实力的情况下，人们愿意投入一定的资金，换取一个良好的室内环境。检测和评价的有机结合、共同推广，将有助于尽快为人们创造良好的室内环境。

二、室内空气质量评价所涉及的要素

1. 建筑结构

房间的大小、布局决定了评价范围内各房间的流通情况，即污染物在整个系统内的运移途径。

2. 污染源（释放源）

主要是能够释放多种污染物的建筑材料、装饰装修材料和家具，还包括燃烧产物造成的室内环境污染、人体散发的污染物质以及家用化学品和空气清新剂等产生的污染。

3. 吸附汇

室内所有的固体表面在一定条件下都可以作为吸附汇。在多数情况下，吸附汇所吸附的污染物在一定条件下又会重新释放到室内空气中。各种空气净化器也可以看作吸附汇。

4. 通风空调系统及其运行参数

通风空调系统对于室内空气质量来说是一把双刃剑，一方面它可以改善室内空气质量，为人们提供比较舒适的环境，另一方面如果运行不当又可能引入新的污染物，管理不当的通风空调系统有可能是藏污纳垢的污染源。通风空调参数包括房间与外界环境之间的通风换气情况和各房间之间的空气流通情况，流入各房间的气流可能带来新的污染物，而流出各房间的气流则可能带走部分污染物。通风空调参数对室内污染物浓度水平及其变化趋势影响很大。

5. 人员活动情况

人员每天哪个时间段停留在哪个位置（在室内还是室外；如在室内，究竟在哪个房间），决定了人员在一定污染浓度的房间内的停留时间，从而直接影响着人员的瞬时和累积暴露水平，也部分决定了室内污染对人员造成的健康风险大小。

6. 个体敏感程度

不同个体对同一暴露水平的敏感程度不同，因而可能带来的健康风险也不同，所以个体敏感程度也是室内空气质量评价所涉及的主要因素之一。

第二节 室内空气质量评价标准及法律依据

一、室内空气质量评价法律依据

虽然目前还没有像《环境影响评价法》那样针对性很强的法律适用于室内空气质量的评价，但是还是有些文件可以作为室内空气质量评价的法律依据。

中华人民共和国第十届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议于 2004 年 8 月 28 日修订通过的《中华人民共和国传染病防治法》第二十八条规定：“在国家确定的自然疫源地计划兴建水利、交通、旅游、能源等大型建设项目的，应当事先由省级疾病预防控制机构对施工环境进行卫生调查。建设单位应当根据疾病预防控制机构的意见，采取必要的预防、控制措施。施工期间，建设单位应当设立专人负责工地的卫生防疫工作。工程竣工后，疾病预防控制机构应当对可能发生的传染病进行监测。”国务院在 1987 年 4 月发布了《公共场所卫生管理条例》，在《公共场所卫生管理条例实施细则》第二十一条中规定“凡《条例》第二条所列公共场所的新建、改建、扩建工程的选址、设计应符合有关卫生标准和要求，设计说明书中必须有卫生篇章，其内容包括设计依据、主要卫生问题、卫生保健设施、措施及其预期效果等。凡受周围环境质量和有职业危害以及对周围人群健康有影响的公共场所建设项目必须执行建设项目卫生评价报告书制度。卫生评价报告书应在建设项目可行性研究阶段进行，施工设计前完成。”上述两项法规是卫生部门开展公共场所预防性卫生监督和评价的主要依据，公共场所的室内环境是评价的主要内容，因此这些法规当然也可以作为室内空气质量评价的依据。

卫生部颁布的《公共场所集中空调通风系统卫生管理办法》（2006 年 3 月 1 日起实施）对于公共场所的空调通风系统的卫生评价工作起到指导作用，提供了评价的依据。《消费者权益保护法》以及各地发布的一些管理办法，如北京市工商局制定的《北京市家庭居室装饰装修工程施工合同（规范文本）》明确提出：“在设计方案中，必须提供室内环境污染控制预评价计算书，且必须符合《民用建筑工程室内环境污染控制规范》的要求。”对家庭居室装饰装修工程的室内空气质量评价工作起到指导作用，提供了评价的依据。

二、室内空气质量评价相关标准

室内空气质量涉及卫生、环境保护、工程建设等多方面的标准。标准从保护人群健康、保证生活质量出发,对与健康有关的各种(物理、化学和生物)因素以法律形式作出量值规定以及为实现量值所作的有关技术行为规范的规定,经国家标准化主管部门批准并发布。各类相关标准是进行室内空气质量评价的依据,本书第三章已经对与室内空气质量相关的标准作了介绍,这里仅对与室内空气质量评价有关的标准再做些补充。

1. 环境卫生标准

环境卫生(包括部分学校卫生标准)中有许多关于室内空气质量的单项标准;公共场所卫生标准及其检测方法标准;卫生部与国家环境保护总局联合颁布的 GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》等都可以应用到室内空气质量评价。

2. 环境保护标准

环境保护标准主要针对室外环境,如国家标准《大气质量标准》、环境影响评价标准及其相应的测试方法标准。卫生部与国家环境保护总局联合颁布的 GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》;环境保护行业标准 HJ/T 167—2004《室内环境空气质量监测技术规范》、HJ/T 193—2005《环境空气质量自动监测技术规范》和 HJ/T 194—2005《环境空气质量手工监测技术规范》,以及一系列的环境标志产品标准,都是对室内空气质量评价有用的依据。

3. 工程建设体系国家标准

由建设部制定颁布的工程建设体系的国家标准涉及城乡规划、城镇建设、房屋建筑等方面。房屋建筑部分的建筑室内环境(包括暖通、空调、净化、建筑物理)方面的标准发展于 20 世纪 80 年代,目前有国家标准 28 项、行业标准 9 项,在编国家标准 2 项、行业标准 4 项。

GB 50019—2003《采暖通风和空气调节设计规范》、GB 50243—2002《通风与空调工程施工及验收规范》、GB 50365—2005《空调通风系统运行管理规范》(与卫生部联合编制)、JGJ 26—95《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》、JGJ 134—2001《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》、GB 50189—93《旅游旅馆建筑热工与空气调节节能设计标准》、JGJ 129—2000《既有采暖居住建筑节能改造技术规程》、JGJ 132—2001《采暖居住建筑节能检验标准》、GB 50096—1999《住宅设计规范》等标准都规定了室内环境参数指标。GB 50325—2001《民用建筑工程室内环境污染控制规范》规定了民用建筑工程在竣工验收时室内环境污染的控制指标及其测试方法。

4. 室内装饰装修材料有害物质限量标准

见附录三。

5. 其他标准

放射性防护标准 GB/T 16146—1995《住房内氡浓度控制标准》、GB 16536—1996《地下建筑氡及其子体控制标准》,其他部门的相关标准、规范、文件(如《健康建筑技术要点》、《绿色建筑评价规范》)等,也都规定了室内空气质量的要求指标。

第三节 室内空气质量评价的分类和预评价

一、室内空气质量评价的三个层次

室内空气质量评价可以分成三个层次:第一层 浓度指标评价;第二层 暴露水平评价;第三层 健康危险评价。

浓度指标评价是根据源模型、汇模型和气流模型,计算室内污染物浓度随时间的变化;暴露水平评价则根据室内污染物浓度变化规律和人员在室内的活动情况,评估室内人员的瞬间和累积暴露水平;而健康风险评价则依据暴露水平评估结果、室内人员的敏感程度、特定污染物的剂量-反应关系评估这种暴露(瞬间或长期)可能对人员健康造成的各种危害。健康危险性分析是国际上比较成熟的健康威胁评价体系,对环境中的有害因素和对人体健康可能造成的不良作用进行评估,如制定有卫生基准,此评价结果适用于任何国家和社会。

二、室内空气质量评价的分类

1. 室内空气质量预评价

对室内空气质量进行预评价是根据建筑物的设计方案,分析、预测该建筑物建成后存在的危害室内空气质量的因素和危害程度,以及室内空气产生的化学性和物理性影响变化情况,提出科学、合理的室内空气中有害因素的特性参数和可行的技术对策措施,作为该工程项目建筑材料供应和项目改善设计方案的主要依据。

预评价是保证工程建成后具有良好的室内空气质量的一个重要步骤,其优点是便于事先发现问题,防患于未然,可以节省大量人力和财力。预测时应尽量选用通用、成熟、简便并能满足准确度要求的方法,目前使用较多的预测方法有数学模式法、物理模型法、类比调查法和专业判断法。数学模式法能给出定量的预测结果,但需一定的计算条件和输入必要的参数、数据。一般情况下此方法比较简便,应首先考虑。选用数学模式时要注意模式的应用条件,如实际情况不能很好满足模式的应用条件而又拟采用时,要对模式进行修正并验证。物理模型法定量化程度较高,再现性好,能反映比较复杂的环境特征,但需要有合适的试验条件和必要的基础数据,且制作复杂的环境模型需要较多的人力、物力和时间。在无法利用数学模式法预测而又要求预测结果定量精度较高时,应选用此方法。类比调查法的预测结果属于半定量性质。如由于评价工作时间较短等原因,无法取得足够的参数、数据,不能采用前述两种方法进行预测时,可选用此方法。专业判断法则是定性地判断建筑物的室内空气质量。有时建筑物中的某些影响因素很难定量估测,或由于评价时间过短等原因无法采用上述三种方法时,可选用此方法。但是由于多种原因可能造成预评价结果与实际情况有较大的差距,包括:设计方案改动、施工管理疏漏、实验室小尺寸测试所得的释放源模型与实际情况有较大出入(释放速率偏快,持续时间偏短)等。

2. 室内空气质量现状评价

现状评价与预评价相对应,是根据建筑物现有的情况,应用科学的方法,分析当前危害室内环境空气质量的因素和危害程度,以及室内环境空气质量产生的化学性和物理性影响变化情况,提出科学、合理、可行的技术对策措施。进行现状评价时,所涉及的各个要素已经客观存在,因而对所存在的问题能够比较准确地进行评价。

进行室内空气质量现状评价时,必须对室内空气环境进行现状调查。现状调查的方法主要有两种,即:收集资料法、现场测试调查法。

收集资料法应用范围广、收效大,比较节省人力、物力和时间,应首先通过此方法获得现有的各种有关资料,但此方法只能获得第二手资料,而且往往不全面,不能完全符合要求,需要其他方法补充。

现场测试调查法可以针对使用者的需要,通过对居住者的问卷调查、室内环境和空气参数的实际测试,必要时还可以加上对居住者的生理和神经行为等方面的实测,直接获得第一手的数据和资料,以弥补收集资料法的不足。这种方法工作量大,需占用较多的人力、物力和时间,有时还可能受季节、仪器设备条件的限制。

但是,现状评价有时可能难以提出经济可行的控制治理措施。一般说来,现状评价和预评价相比,在控制治理措施方面,现状评价要涉及较大的资金投入,而预评价的控制措施则更多的是设计方案和管理手段的变更。有时也可以对建筑物的某一部分(如空调系统、净化设备)进行现状评价。

3. 预评价和现状评价的关系

现状评价相当于体检、诊断;预评价相当于预测、估计工程所允许使用的材料用量。

两者的区别在于:目的不同,实施阶段也不同。预评价是事前评价,能够未雨绸缪,防患于未然;现状评价是事后评价,能够对症下药,亡羊补牢。

两者的联系在于:预评价往往参考类似建筑物的现状评价,进行类比分析,现状评价也可积累数据。预评价进行得好,便可以减轻现状评价的压力,预评和现状评价结合起来,才能以最小的投入创造一个舒适的室内环境。

4. 室内空气质量评价与检测的关系

检测为室内空气质量评价铺路,检测费用更低、速度更快、易于推广,已为人们所普遍接受,现在相关的法规标准也正逐步完善。单纯的检测不能满足高端用户的需求,不能提供经济可行的定量控制措施,需要依靠评价为检测提供后续支持。

检测推广的范围越大,开展的时间越长,越能开发这种评价需求,这时若不能进行评价,便

会阻碍检测工作的进一步推广，而有了评价作为检测的后续支持，检测工作便可以更深入持久地开展下去，从而形成一个良性循环，检测和评价的有机结合共同推广，有助于尽快为人们创造良好的室内环境。

室内空气质量评价分为现状评价和影响评价（预评价）两类，影响评价是指对拟建项目的评价。

三、室内空气质量评价调查方法

室内空气质量问题涉及的领域是多方面的，应该集中医学、建筑技术、环境监测、建筑设备工程、环境心理学、居住心理学等多学科的综合研究模式和科学的方法，才能得到真正有用的信息。

（一）现场观察

工作人员到现场通过视觉、嗅觉、听觉等实地观察是调查室内污染状况最基本的方法。一方面可以对室内空气质量有直接的感觉；另一方面也可以初步判断室内污染的严重程度和主要的影响因素。表 14-1 和表 14-2 列举了室内环境中暖通空调系统和住宅的潜在污染源位置与相关因素，在现场观察时可以作为参考。

表 14-1 暖通空调系统潜在污染源位置与相关因素

污 染 源	相 关 因 素
室外空气吸入口	卫生状况较差； 附近微生物源(即植被残骸、羽毛和鸟粪、昆虫、啮齿动物、卫生间的通风管道、冷却塔、蒸发冷凝设备以及雨水管等)
过滤器	潮湿；过滤器上微生物生长；过滤器的裂缝；低效过滤器
热交换器	供热、冷却盘管脏； 冷凝盘有存水、积水盘排污不充分； 盘管下部表面有水滴滴落； 消声器潮湿且有微生物生长； 性能较差的空气加湿器，加湿器中有水积存
送风风道	内表面积尘过多、潮湿与表面微生物生长
散流器	天窗上表面积灰、生锈或微生物生长； 天花板和墙壁污垢积存； 空气混合不均

表 14-2 住宅潜在污染源位置与相关因素

污 染 源	相 关 因 素
水源	屋顶漏雨，有水溢出； 室内湿度大(70%)； 对地毯和建筑材料进行清洗或消毒时有多余水产生，引起真菌和霉菌产生
缓慢冷凝	由于保温设施不充分，室外空气在窗户、周边墙壁以及其他冷表面上产生冷凝水
窗式空调器和蒸发式空气冷却器	安装位置不便维护； 空调器铁架生污； 冷凝盘或排污池有水滴； 机组附近潮湿并有表面微生物生长
风机盘管和电动机	冷热盘管或过滤器积灰； 冷凝盘有多余的水、积水盘排污不充分； 机组附近潮湿并有表面微生物生长
地毯	地毯长期积灰、有微生物生长
建筑物隔板、墙体涂料、窗帘；装潢家具	建筑涂料表面积灰、有微生物生长
加湿器	储水箱有微生物生长
回风箱	表面积灰较多，潮湿并有微生物生长

（二）直接测量——客观感知评价

该法依赖于室内空气中有害气体的成分和菌落直接测量。由于 VOCs 属多种组分且浓度低，难于测量，且低浓度的 VOCs 对人体的综合作用机制目前还不详。一些无法测量的成分又有可能对 IAQ 有重要影响。

具体的测试方法及其使用的仪器、测试的布点、数据的处理等内容在本书的前面章节和相应的标准、规范中都有详细的规定，这里就不再赘述。

（三）问卷投票——主观感知评价

该法以受试对象的主观反应投票为依据来评价室内空气质量。人体感知的差别较大，只能在样本足够大时经统计才能确定其相关性。对劳动生产率或神经行为功能的测试等都带有主观因素的影响。表 14-3 是室内空气品质问卷调查表的一个实例，在具体操作时可以根据情况对其中的项目进行增删。

一般而言，观测结果仅能反映现状。只有通过评价之后，才能对现状的意义加以判断。

四、室内空气质量的预评价

（一）室内空气质量预评价概述

室内环境是一个相对独立的环境系统，系统内部各个污染源释放出各种有毒有害气体。根据“总量控制”原则，分析每一个污染源的污染特征，计算其有毒有害气体排放量，再将室内所有污染源的有毒有害气体排放量求和，即可控制整个室内环境系统的有毒有害气体总量以使其低于室内环境空气质量标准，保证身体健康，实现绿色健康装修。

通过调查，造成室内环境空气污染的主要有毒有害气体主要是通过装饰装修工程中使用的建筑材料、装饰材料、家具等释放出的。其中机拼细木工板（大芯板）、三合板、复合木地板、密度板等板材类，内墙涂料、油漆等涂料类，各种黏合剂均不同程度地释放出甲醛气体、非甲烷类挥发性有机气体，是造成室内环境空气污染的主要污染源。人的活动、烹调、通风空调系统、家用化学品等也都会产生不同的化学污染物。此外还有微生物、电磁波、放射性等污染。

室内空气质量预评价技术可广泛应用在各种室内建筑装饰装修工程中。不仅能够应用于住宅装修工程，也可应用于公共建筑装修工程，还可应用于家具等室内装饰物品。

室内环境空气质量预评价程序主要包括：工程分析、物料计算、建筑材料有毒有害气体释放量的测定、有毒有害气体的定量计算、对策措施建议、评价结论。如果业主已确定了建筑材料，还应进行建筑材料的评价与测试。

（二）工程分析

室内空气质量预评价的主要依据是室内装饰装修工程设计方案，因此做好工程分析是保证评价结果科学、合理的基础。

1. 工程设计

工程设计是工程建设的第一步，在工程设计中较好的贯彻执行规范提出的要求，将有利于其后工作的进行。如果在设计阶段不进行严格控制，后面的很多工作就难以做好。设计人员要关注工程地点土壤中氡的浓度情况，如果土壤中氡的浓度高，要采取降氡工程措施；要根据民用建筑的分类，选用符合环境要求的建筑材料和装饰材料，超过环境指标要求的材料不允许使用；工程竣工验收要进行室内现场检测，指标超过标准的，不允许投入使用。

（1）设计应包含工程污染控制内容 民用建筑工程设计中，涉及室内氡污染控制的设计要求，是按照三方面情况考虑决定的：一是按照该工程地点土壤中氡浓度高低程度；二是参照该工程的民用建筑类别分级；三是依据《民用建筑工程室内环境污染控制规范》中的有关规定。

（2）民用建筑室内装修设计注意事项 作为装修设计人员，在接受室内装修设计任务后，首先要明确将要进行室内装修设计的建筑物属于什么类型，因为Ⅰ类民用建筑工程和Ⅱ类民用建筑工程各有不同的要求。

在开始设计前，还要熟悉将要进行室内装修设计的建筑物的现有状况，特别是对已使用过的建筑物。它的通风情况如何？现有的室内环境污染状况如何（哪怕是直观感觉）？有无必要对现有情况进行测试？在了解情况的基础上，考虑如何着手工作，以便在新装修中去除原有污染，并避免新的污染。

表 14-3 室内空气品质问卷调查表

建筑物/位置	
居住者姓名	
电话号码	
调查员	
日期	

第一 居住者问卷调查表

1. 室内空气品质问题的实质即不适感的表现是什么？请尽可能详细说明。

2. 居住者是否有过病史记录？

3. 室内空气品质问题加剧在

时间

日期

_____ 清晨

_____ 星期一

_____ 上午

_____ 星期二

_____ 下午

_____ 星期三

_____ 黄昏

_____ 星期四

_____ 夜晚

_____ 星期五

_____ 周末

4. 何时室内空气品质问题减轻或消失？

5. 建筑物条件是否引起这些问题出现(如温度、湿度、滞留空气、臭气)？

6. 室内空气品质问题出现时是否有其他事件发生(如季节、天气、温度、湿度或居住者活动发生变化)？

7. 您的不舒适感是否可归属于以下因素？

_____ 光线不充足、较弱

_____ 周围环境嘈杂

_____ 疲劳或其他与您的工作性质相关的因素

_____ 压力过大

_____ 周围植被

_____ 其他(具体叙述)

8. 您是否还有其他意见想法？

9. 您是否有何新发现与倡议？

10. 跟踪调查情况(初次调查后一个月内)

第二 暖通空调系统管理人员问卷调查表

1. 是否有建筑暖通空调系统的维护记录？

2. 暖通空调系统是恒风量系统还是变风量系统？暖通空调系统总容量是多少？

3. 建筑内有多少个单独的暖通空调单元？哪一个送风区域引起了室内空气品质抱怨？

4. 整栋建筑的用途是什么？哪个区引起室内空气品质抱怨？

5. 建筑物附近是否有室外污染源？室外新风引入口是否在建筑的排风口或停车场附近？

6. 室外新风百分比是多少？是否满足暖通空调系统设计标准？

7. 建筑物内是否有潜在污染源？如果有,是否安装有局部排气装置？或是否对此污染物进行了处理？如果是,处理方式是什么？使用了什么型号的空气过滤器？过滤装置的频率是多少？

8. 是否有暖通空调的集水装置？建筑内的集水装置是否遭破坏？

9. 空气处理系统最后平衡时间为多少？

10. 在上班时间里暖通空调系统是否持续运行？暖通空调系统运行时间的确定是否正确以保证每天居住者接受良好的新风？

217

2. 分析所涉及的要素

在工程分析中,根据工程设计方案,分析工程的室内微小气候条件、主要危害因素,确定主要污染物,合理划分评价单元。

(1) 室内微小气候条件分析 室内微小气候包括温度、相对湿度、气流风速等,它们除了直接作用于机体外,还作用于人体周围的生活环境,影响室内环境空气质量。因此,进行建筑物的室内微小气候条件分析,是保证良好的室内环境空气质量的重要一环。

(2) 主要危害因素分析 通常在建筑物本底浓度不形成室内空气污染情况下,造成室内环境空气污染的因素是室内装饰材料释放出的有毒有害气体。因此,依据工程设计方案,确定使用的各种建筑材料种类,即可确定该工程中的主要危害因素。根据测试数据统计,造成室内空气污染的主要危害因素是室内装饰材料释放出的有毒有害气体,主要污染物是甲醛、苯、甲苯、氨及二氧化碳。

(3) 评价单元的划分 随着节能技术在建筑物中的不断应用,建筑物密封性日益提高,室内与外界的自然空气交换水平显著降低,室内环境成为一个相对独立的环境系统,受外界空气的干扰影响变得很小。因此我们可以认为,室内环境是一个独立的封闭系统,将这一封闭系统作为一个独立的环境系统去考虑,使之成为一个评价系统。

在这一封闭系统中,为了较方便地进行评价工作,可将整个系统划分为相对独立的评价单元进行评价和计算。通常,以每一个相对封闭的房间作为一个评价单元,可将整个系统划分成若干个评价单元,简化了评价工作。由于每个房间关闭门窗后均是一个封闭系统,其空气交换量很小,可忽略不计,因此可将每个房间作为一个评价单元独立评价。

如果房间中设有相对封闭的空间时,应将该空间的封闭状态作为一个评价单元进行评价,并对其开放状态对其他评价单元的影响进行评价。

(三) 物料计算

根据工程设计方案,按照已划分的评价单元,对工程所用的建筑材料使用量进行统计计算,其结果是该评价单元中的各种建筑材料的使用量:机拼细木工板面积(m^2)、三合板面积(m^2)、复合木地板面积(m^2)、内墙涂料质量(kg)、油漆质量(kg)、黏合剂质量(kg)、石材面积(m^2)。

1. 石材使用面积

《民用建筑工程室内环境污染控制规范》中要求,当民用建筑工程室内饰面采用的天然花岗岩石材总面积大于 200m^2 时,应对不同产品分别进行放射性指标的复验。一般情况下,装修使用的天然花岗岩石材数量达不到 200m^2 ,使小规模装修管理有许多方面的困难,暂不放在管理范围内是适宜的,但也应该有生产厂家提供的产品测试数据。至于不同产地、不同厂家的石材产品,性能指标可能相差很大,因此应分别进行放射性指标的复验。这里所说的复验,不是一般的验收,而是要进行实测检验,以确保准确无误。规定只提出天然花岗岩石材的复验要求而对于大理石材料未提出要求,主要是因为国内各地的大量检测结果表明,天然花岗岩石材超标准的时有发生,大理石材料超标准的极少(也有个别超标准的),为减少工作量,只对天然花岗岩石材提出复验要求。

2. 人造板材使用面积

《民用建筑工程室内环境污染控制规范》中还要求,民用建筑工程室内装修中采用的某一种人造木板或饰面人造木板面积大于 500m^2 时,应对不同产品分别进行游离甲醛含量或游离甲醛释放量的复验。由于不同板材在出厂前进行级别分类的方法不同,检测分析方法也不同,所以在进行板材分级复验时,最好使用的方法与板材在出厂前进行级别分类的方法相同,检测分析方法也最好相同,以免因为使用的方法不同而发生纠纷。由于多种原因,不同方法所确定的分级之间存在有不一致的现象,在今后一个时期内,估计我国对于板材分级仍会是几种方法并存。

3. 其他装饰材料使用量

《民用建筑工程室内环境污染控制规范》中没有对室内其他装饰材料的用量进行限制,但要求民用建筑工程室内装修中所采用的水性涂料、水性胶黏剂、水性处理剂必须有总挥发性有机化合物(TVOC)和游离甲醛含量检测报告;溶剂型涂料、溶剂型胶黏剂必须有总挥发性有机化合物(TVOC)、苯、游离甲苯二异氰酸酯(TDI)(聚氨酯类)含量检测报告,并应符合设计要求和本规范的规定。相当一段时间以来,各种假冒伪劣产品充斥市场,一般消费者不辨真假,许多

污染严重的涂料类产品进入装修市场，给人民群众的工作生活环境造成极大危害。因此，在装饰装修工程设计时应该考虑此类材料的合理用量。

（四）建筑材料有毒有害气体释放量的测定

测定建筑材料的有毒有害气体释放量是测定单位面积（单位质量）的建筑材料的极端情况和正常情况下自然释放出的各种有毒有害气体的质量。一般以面积为计量单位的建筑材料（如机拼细木工板、三合板、复合木地板、石材等）的有毒有害气体释放量单位是 mg/m^2 ；以质量为计量单位的建筑材料（如内墙涂料、油漆、黏合剂等）的有毒有害气体释放量单位是 mg/kg 。

建筑材料有毒有害气体释放量的测定方法一般采用“人工环境模拟实验箱”法，即将所需测试的建筑材料按照一定的使用量放入人工环境模拟实验箱中，保持恒定的环境条件，当箱内有毒有害气体达到平衡浓度时将测定出的有毒有害气体浓度值换算为质量，再除以其使用量即为该建筑材料在该环境条件下的该种有毒有害气体释放量。

（五）有毒有害气体的定量计算

1. 建筑装饰材料使用量的定量计算

当室内装饰装修工程依据工程设计方案已经确定使用建筑材料的种类时，需首先测定所使用的建筑材料的有毒有害气体释放量，再根据工程物料计算结果的建筑材料使用量计算出评价单元中有毒有害气体浓度，与标准浓度值比较，即可得到计算结果 K' 。也可根据居室空气中有毒有害气体标准浓度计算出每百立方米空间中建筑装饰材料的最高允许使用面积或使用量，然后换算成该评价单元中建筑装饰材料的最高允许使用面积或使用量。有毒有害气体释放量的高低，在一定程度上影响建筑装饰材料的最高允许使用面积或使用量，有毒有害气体释放量越高，该建筑装饰材料的最高允许使用面积或使用量就越小。

2. 有毒有害气体总量控制的定量计算

当室内装饰装修工程需依据工程设计方案确定所使用的建筑材料的种类时，首先要进行评价单元的总量控制计算。总量控制计算即是依据工程设计方案计算出有毒有害气体最高容许释放量，利用最优化理论进行线性约束方程计算（也可将各种性能与价格因素一同进行优化计算），其结果即是以该评价单元中应使用的各种建筑材料的有毒有害气体释放量确定使用品种，再根据工程物料计算结果的建筑材料使用量计算出评价单元中有毒有害气体浓度，与标准浓度值比较，即可得到计算结果 K' 。

3. 定量计算的评价结果

根据定量计算结果 K' 判定，当 $K' \leq 1$ 时，表明该种建筑材料选择合理，能够保证使用后室内环境中有毒有害气体浓度符合标准要求；当 $K' > 1$ 时，表明该种建筑材料选择不合理，不能够保证使用后室内环境中有毒有害气体浓度符合标准的要求。

（六）对策措施建议

根据上述评价结果，针对该室内装饰装修工程设计方案存在的不合理性提出建设性意见，改善设计方案，以保证工程建成后具有良好的室内环境空气质量。

对策措施建议内容包括以下几方面。

1. 创造室内微小气候条件

一般应完善室内通风系统，合理安排送风口、回风口位置，避免造成通风死角；加强自然通风；中央空调系统应注意生物污染问题；北方干旱地区应设计足够的加湿系统；空调系统应保持合理的补充新风量等。

2. 绿色建筑装饰材料的选择

选择建筑装饰材料的依据是该种材料的有毒有害气体释放量符合定量计算的结果，每个评价单元实施“总量控制”，保证评价范围内的室内环境空气质量符合标准。如果材料释放量不能满足计算结果要求，应改变工程设计方案。

3. 工程设计方案的完善

当不能找到可满足评价结果的建筑装饰材料时，为了保证良好的室内环境空气质量，应考虑改变设计方案。一个方法是减少材料的使用量，以达到减少有毒有害气体释放量的目的；另一个方法是采用空气净化措施消除空气污染，以达到减少有毒有害气体浓度的目的。

4. 施工工艺的选择

施工工艺不规范,可使室内空气中苯含量大大增高。有的居民反映,一家装修,全楼都是气味,而且这种空气中的高浓度苯十分危险,不但使人中毒,还很容易发生爆炸和火灾。在施工过程中,可通过工艺手段对建筑材料进行处理,以减少污染。例如:对木制板材表面及端面采取有效覆盖处理措施,控制室内木制板材在空气中的暴露面积,从而可以减少板材中残留的和未参与反应的挥发性有机物向周围环境的释放等。

① 防止化学污染施工要求。《民用建筑工程室内环境污染控制规范》要求,在进行室内装修施工时,不应使用苯、二甲苯和汽油进行除油和清除旧油漆作业。严格来讲,施工过程中室内施工现场的污染问题属于生产场所的污染控制管理问题,不在《民用建筑工程室内环境污染控制规范》管理范围以内,但考虑到工程过程的连续性,考虑到施工人员往往吃住在施工现场的实际情况,再考虑到防火安全等原因,才将极易挥发、毒性又大、易引起火灾,且往往容易发生的用苯、甲苯、二甲苯和汽油等进行除油和清除旧油漆作业列入,并严格禁止。

② 采暖地区的民用建筑工程,室内装修施工不宜在采暖期内进行。从民用建筑工程室内环境污染控制的角度来讲,建筑装修所使用的建筑材料和装修材料,除无机材料外,板材、涂料、胶黏剂等挥发污染物均随时间变化。一般开始时挥发较多,以后逐渐减少,这一过程可能要拖一段时间,从几天到几个月甚至几年。选用环境性能较好的材料,过程会快一些;材质不好,过程就可能拖得很长。即使是好材料,装修施工后也应当留出一段时间,打开门窗通风换气,放散挥发的有毒有害物质,然后入住或做其他使用,这样做对建筑物和人体健康都有好处。但是,如果室内装修施工在采暖期内进行,装修施工后,经常打开门窗通风换气会发生困难(室内温度过低不仅会冻坏室内设备,也会影响涂装表面质量),不利于消除污染。为了避免发生这种情况,因此建议室内装修施工不宜在采暖期内进行。

③ 民用建筑工程室内装修中,进行饰面人造木板拼接施工时,除芯板为 E₁ 类外,应对其断面及无饰面部位进行密封处理。这有两层含义:第一,饰面人造木板的无饰面部位散发甲醛的量要比饰面部位高(这是不言而喻的),因此在施工中,应对其无饰面部位进行密封,以减少甲醛散发;第二,进行饰面人造木板拼接施工时,除芯板为 E₁ 类外,应对其断面进行密封处理。人造木板的端(断)面是释放甲醛的主要部位。有专家专门为此进行过刨花板研究测试,研究结果表明,端面散发甲醛的能力是其平面的 2 倍。因此,对饰面人造木板的断面部位进行密封处理,将可以有效减少散发甲醛的数量。

第四节 室内空气质量评价调查和常用评价方法

目前国内对室内空气质量评价方法尚未建立统一标准和规范。现将国内外评价室内空气质量一些较为成熟的单项和综合评价方法及其评价指标做一简要介绍。

一、单因素评价

通过对照某些标准来判断观察和测试结果,并赋予这结果以一定的意义和价值。“达标评价”采用的就是单因素评价方法。依据室内空气中各污染物浓度的上限值,对照标准判断是否合格,这是目前最常使用的方法。现有一系列空气中一些单项污染物的卫生标准,GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》中规定了室内空气的各项参数的适量值(温度、相对湿度、风速、新风量)和污染物浓度的限量值指标。因为从卫生学观点看,往往是“一票否决”,因此这种方法有时不能完全解决目前存在的问题。

二、主观评价

通过人对室内空气质量的主观感觉的调查结果进行评价,也有几种方法。

1. 美国供暖、制冷和空调工程师学会规定

美国供暖、制冷和空调工程师学会对主观评价做了具体规定,要求有一组至少包括 20 位未经训练的评述者,在有代表性的环境下,有 80% 的人认为室内空气完全可以接受,这种空气才被认为是合格的。

2. olf-decipoI 定量空气污染指标

丹麦技术大学 Fanger 教授提出用感官法定量描述污染程度。该方法定义：1 olf 表示一个“标准人”的污染物散发量，其他污染源也可用它来定量；1 decipoI 表示用 10L/s 未污染的空气稀释 1 olf 污染后所获得的室内空气质量。即 olf 是污染源强度的单位，而 decipoI 是空气污染程度的单位。同时，Fanger 教授又提出“室内空气质量是人们满意程度的反应”这一定义，也进一步突出了主观评价的重要性。

3. 线性可视模拟比例尺

线性可视模拟比例尺 (LVARS, linear visual analogous rating scales) 是一类定量测量人体感觉器官对外界环境因素反应强度的测量手段或方法，近几年来常被国际学者用于评价因室内装饰材料产生的甲醛及挥发性有机物 (VOCs) 污染，是一类较为灵敏的人体健康指标。

4. 用 decibel 概念评价室内空气质量

捷克布拉格技术大学 Jokl 提出采用 decibel 概念来评价室内空气质量。分贝是声音强度单位，将人对声音的感觉与刺激强度之间的定量关系用一对数函数来表达，这同样可用于对建筑物室内空气质量中异味强度和感觉的评价方法。Jokl 用一种新的 dB (odor) 单位衡量对室内总挥发性有机物 (TVOC) 的浓度改变引起的人体感觉的变化。

三、综合评价

综合评价是对一个复杂系统的多个指标进行总评价，排出优劣顺序的特殊方法。现在有许多学者研究这种方法，如 EEI 当量评价就是其中的一种。

EEI 为当量评价指标，是评价室内环境的综合指标。最佳的室内环境并非是由一个环境参数和某个确定的设计或控制点决定的。狭义的室内空气质量意味着免受空气中烟、灰尘和化学物质污染的程度。广义地说，它还包括空气温度、湿度和空气流速，而热环境一词还需包括视觉因素，如亮度、色彩、空间感。这种方法在卫生部门评价公共场所、绿色建筑评价等方面都有应用。

四、室内空气质量等级的模糊综合评价

室内空气品质目前就是一个模糊概念，至今尚无一个统一的、权威性的定义。因此有许多人尝试用模糊数学方法加以研究，由于该方法考虑到了包括室内空气质量等级的分级界限的内在模糊性，评价结果可显示出对不同等级的隶属程度，故更符合人们的思维习惯，这是现有的指数评价方法所不能及的。

该方法的关键是建立室内空气质量等级评价的模糊数学模型，确定各类健康影响因素对可能出现的评判结果的隶属度。目前有不少学者在进行这方面的研究工作。

五、主观与客观相结合的综合评价

室内空气质量对人体的影响除了室内污染物浓度外，还取决于暴露时间、个人生理条件及经济观点。从实用的观点来看，最佳的环境决定于室内空气质量推荐值（标准值）加上居住者的期望值。

评价的程序主要有三条路径，即客观评价、主观评价和个人背景资料。客观评价就是直接用室内污染物指标来评价室内空气质量的方法。选择具有代表性的污染物作为评价指标，来全面、公正地反映室内空气质量状况。

其中的客观评价是指直接测量室内的各种物理参数，如温湿度、各种固体和气体污染物浓度等客观参数来客观了解、评价室内空气质量，由于涉及室内空气质量的污染物太多，需要选择具有代表性的污染物作为评价指标，来全面、公正地反映室内空气质量状况。对于室内烟雾污染为主的场合，其评价指标有一氧化碳、可吸入性微粒 (IP)、氮氧化合物。对于以人为主要污染源的场合，二氧化碳可作为室内人的生物散发物的污染程度评价指标，也可作为反映室内通风情况的评价指标。甲醛浓度是评价建筑材料有机性释放物 (VOC) 对室内空气污染的主要指标。室内细菌总数作为室内空气细菌学的评价指标，反映了室内人员密度、活动强度和通风状况。再加上温度、相对湿度、风速、照度以及噪声作为背景测定指标，一共用 13 个指标来全面地、定量地反映室内环境质量。这些评价指标可以根据具体评价对象适当增减。

采用室内空气质量指数法可以评价室内空气质量现状，即直接测量室内污染物浓度，然后把

测定数据经过整理、分析并归纳成指数值。
污染物的分指数是用来表示某个污染物浓度与其最高标准浓度的比值。

$$R=\frac{c_1}{s_1}$$

算术叠加指数是各种污染物分指数之和，作为客观评价的叠加指数。

$$p=\sum_{i=1}^n\frac{c_i}{s_i}$$

算术平均指数是各种污染物分指数的平均值，作为客观评价的平均指数。

$$Q=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n\frac{c_i}{s_i}$$

综合指数是综合考虑最高分指数和平均分指数，作为客观评价的综合指数。

$$I=\sqrt{\left(\max_{s_1}\frac{c_1}{s_1}\cdot\frac{c_1}{s_1}\cdots\frac{c_n}{s_n}\right)\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n\frac{c_i}{s_i}\right)}$$

式中 c_i ——实测污染物浓度平均值，作为客观评价指标；
 s_i ——该污染物的室内标准最高限值，作为权重系数。

可根据客观评价综合指数按表 14-4 对室内空气质量进行分级和评价。

表 14-4 客观评价综合指数的分级和评价

客观评价综合指数	室内空气质量等级	等级评语	特 点
≤0.49	I	清洁	适宜于人类生活
0.50~0.99	II	未污染	各环境要素的污染物均不超标,人类生活正常
1.00~1.49	III	轻污染	至少有 1 个环境要素的污染物超标,人群健康明显受害,敏感者受害严重
1.50~1.99	IV	中污染	一般有 2~3 个环境要素的污染物超标,人群健康明显受害,敏感者受害严重
≥2.00	V	重污染	一般有 2~3 个环境要素的污染物超标,人群健康明显受害,敏感者可能死亡

由于室内往往是低浓度污染，这些污染物长期作用时对人的危害还不太清楚，它们影响人体舒适与健康的阈值和剂量也不清楚。大量的测试数据表明，室内这些长期低浓度的污染即使在室内空气质量状况恶化、室内人员抱怨频繁时也很少有超标的。室内有成千上万种空气污染同时作用于人体，选用哪些污染物作为客观评价的标准还需进行大量的研究，所以室内空气质量的客观评价有其局限性。

综上分析，还需要采用主观评价与客观评价相结合的方法，主观评价大多采用问卷调查的形式。问卷调查的内容一般包括：①周围环境状况。如温度、湿度、灯光、噪声、吹风感、异味、灰尘、静电等。②职业状况。如工作满意程度、工作压力、工作环境等。③病态建筑综合征状况。如困倦、头痛、眼睛发红、流鼻涕、嗓子疼、恶心、头晕、皮肤瘙痒、过敏等。④个人资料。如性别、年龄、是否抽烟、是否有过敏史等。

人们对室内空气质量的反应跟其个体特征密切相关，即使在相同的室内环境中，人们也会因所处的心理状况、精神状态、对外界的反应敏感度、工作压力、性别等因素不同而产生不同的反应。而且人的感觉往往受环境、感情、利益等多方面影响，这会使主观评价出现倾向性。因此只有把二者结合起来才能更好地评价室内空气质量，但现阶段仍缺乏实质性的研究和权威性的评价方法。

六、通风效率和换气效率评价指标

通风效率是表示送风排除热和污染物的能力指标，就排热性能而言也称温度效率，对排除污染物来说也叫排污效率。有些污染物温度与室温相同，有些污染物诸如人体散发的 CO₂、臭味则高于室温。对相同的污染物，在相同的送风量时能维持较低的室内稳态浓度或者能较快地将室内初始浓度降下来（非稳态）的气流组织，其排污效率就是高的。在衡量室内污染浓度变化时，常用稳态的工作区相对效率来反映最终能达到的浓度水平，用非稳态（瞬态）效率来反应浓度变化

的快慢。

影响通风效率的主要因素是送排风口的位置（气流组织形式）和污染源所处位置与散发特性。一般来说，送风方式主要有上送下排、上送上排、下送上排（置换通风）和下送下排这四种，不同的送风方式其通风效率是不同的。

换气效率是衡量室内某点或全室空气更换效果优劣的指标。换气效率愈高意味着入室空气停留时间愈短，表明它的清洁度愈高，是气流本身的特性参数，它不代表排除污染物的能力。

七、应用计算流体力学 CFD 方法

近 20 年来，随着计算机技术的发展，利用计算流体力学 CFD（Computational Fluid Dynamics）对室内空气流动进行数值模拟的方法应运而生。CFD 方法已被应用于建筑通风空调领域。

利用室内空气流动的质量、动量和能量守恒原理，采用合适的湍流模型，给出适当的边界条件和初始条件，求出室内各点的气流速度、温度和相对湿度，并根据室内各点的发热量及边界条件，考虑辐射及对流换热，得到室内各点的辐射温度，结合人体的衣着和活动量，求得室内各点的污染物浓度。

数值模拟方法具有周期短、费用低等特点，并且能够预先进行，因此近 10 年来得到了长足的发展。随着计算机运算速度的提高、计算流体模型的完善，数值模拟方法将会成为室内空气品质客观评价的有效工具。

八、多区域模型（Multi-Zone）评价

多区域模型（Multi-Zone）法也是以计算机作为工具，利用源/汇的释放/吸附规律的一种客观评价方法。多区域模型的特点与 CFD 方法恰恰相反，它擅长宏观的粗线条模拟，不能揭示单个区域内部的浓度空间分布情况，却可以充分考虑复杂系统内污染源、吸附汇、不同区域之间以及室内与室外之间的气流等多种因素的相互作用，适于预测各个区域污染物浓度的长期变化趋势和人员暴露水平，另外也比较容易掌握和使用。

用多区域方法进行评价的基本程序如图 14-1 所示。

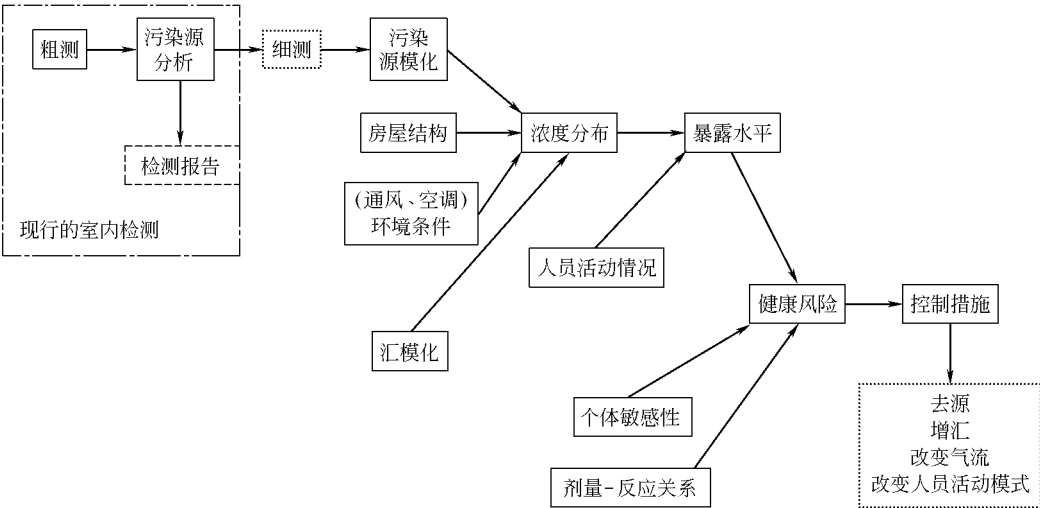


图 14-1 多区域方法进行评价的基本程序

九、空气耗氧量

空气耗氧量（COD）是通过反应方法测定室内 VOC 被氧化的空气耗氧量，以表征室内 VOC 的总浓度。其原理是基于空气污染物中的有机物可被重铬酸钾-硫酸液完全氧化，根据有机物被氧化时消耗的氧气量推算出空气耗氧量的含量。COD 与室内空气品质的其他指标如二氧化碳、一氧化碳、空气负离子、甲醛浓度、微生物等有显著的相关性，说明它是综合性较强的室内空气污染指标。

国家技术监督局和卫生部颁布的国家标准 GB/T 17216—1998《人防工程平时使用环境卫生标准》中，采用空气耗氧量作为其中一个指标。

第五节 室内空气污染的健康危险度评价

进行室内空气污染的健康危险度评价采用国际上通用的危险度定量评价方法，其内容如下。

一、危害的认定

1. 明确室内污染物的主要来源

室内空气污染主要来源于房屋地基及周围土壤、燃煤、燃气、室内建筑材料、装修材料、家用电器及人为活动等释放出的有毒有害气体和氡及其子体等。

2. 室内的主要污染物及其危害

参见本书第二章第一节。

3. 健康效应终点

室内污染对人体的危害已引起人们的关注。针对室内的主要污染物（甲醛、氨、苯、VOC、氡等）来进行室内污染对健康危险度评价时采用的健康效应终点应包括以下 3 个。

- ① 呼吸道、心血管、脑血管疾病的死亡率。
- ② 内科、呼吸科、皮肤科、儿科门诊人次及急诊人次的增多。
- ③ 呼吸系统疾病及肺功能的改变。

二、剂量-反应关系

如果忽视建筑物的通风和使用不合格的建筑、装修材料致使室内污染加重，使人群中患呼吸道疾病、肺部疾病、皮肤病等的人数增加，就出现了一定的剂量-反应关系。

1. 剂量

即人体吸入污染物的量，计算式为

D=CVt

式中 D——人体吸入污染物的量，mg；
C——污染物的浓度，mg/m³；
V——呼吸速率 m³/h，随年龄、活动方式、所处环境不同而有差异，见表 14-5；
t——暴露时间，h。

表 14-5 不同年龄人群、不同活动方式的呼吸速率

长 期 暴 露		短 期 暴 露	
人 群	平均/(m³/d)	人 群	平均/(m³/h)
婴 儿 <1 岁	4.5	成 人	
		休 息	0.4
儿 童		坐	0.5
1~2 岁	6.8	轻微活动	1.0
3~5 岁	8.3	中等活动	1.6
6~8 岁	10	重活动	3.2
9~11 岁			
男 性	14	儿 童	
女 性	13	休 息	0.3
12~14 岁		坐	0.4
男 性	15	轻微活动	1.0
女 性	12	中等活动	1.2
15~18 岁		重活动	1.9
男 性	17		
女 性	12	室外工人 小时平均	1.3(高限 3.3)
成人(19~65 岁以上)		慢活动	1.1
男 性	15.2	中等活动	1.5
女 性	11.3	重活动	2.5

其他常用的剂量概念如下。

① 有效剂量 (Applied Dose)。接触初次吸收界面 (如皮肤、肺、胃肠道) 并被吸收的化学品的量。

② 内部剂量 (Internal/Absorbed Dose)。经物理或生物过程穿透吸收屏障或交换界面的化学品的量。

③ 送达剂量 (Delivered Dose)。与特定器官或细胞作用的化学品的量。

2. 人群对污染的反应

① 健康人群对大气污染的反应是相近的。

② 高危人群：老人，儿童，呼吸道、心脑血管疾病患者对污染承受能力低。

三、室内空气质量评价应用示例

(一) 公共场所卫生综合评价

中华人民共和国卫生行业标准 WS/T 199—2001《公共场所卫生综合评价方法》规定了卫生综合评价的数理模型，包括有“模糊综合评价法”和“指数综合评价法”，指数综合评价法的基本步骤框图如图 14-2 所示。

(二) 利用 CFD 程序计算室内甲醛的浓度场

研究人员利用 CFD 商用程序，对通风空调系统两种常用气流组织方式的室内复合型木制装饰材料所释放的甲醛的浓度场进行了计算，根据设定的边界条件和源项，利用 CFD 程序可以计算房间任意一点的污染物浓度，从而确定室内污染物的浓度场。如图 14-3、图 14-4 所示，给出了两种气流组织方式下高度 1.2m 处 (坐姿呼吸区) 甲醛浓度分布。

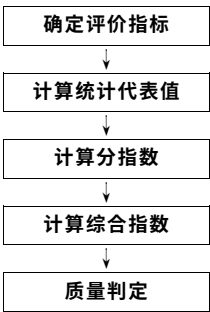


图 14-2 指数综合评价法的基本步骤框图

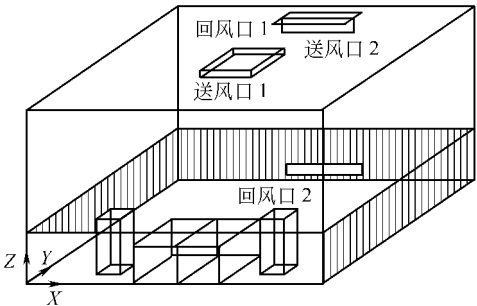


图 14-3 房间气流组织模型

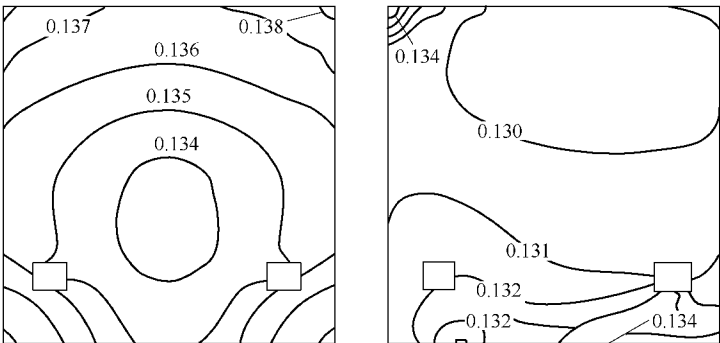


图 14-4 室内甲醛浓度分布 (mg/m³)

对计算结果进行分析，不同气流组织方式下室内污染物的分布特性、空气交换效率相差较大。上送下回气流组织方式优于上送上回气流组织方式，其工作区污染物浓度和空气交换效率较高。

(三) 房间装修允许使用复合木地板的面积

在常温 25℃ 时实测 16 种强化单位面积的复合木地板甲醛气体释放量，经测试复合地板甲醛

气体释放量均在 $0.056 \sim 0.226 \text{mg/m}^2$ 之间。

根据国标《居室空气中甲醛的卫生标准》规定的甲醛最高允许浓度为 0.08mg/m^3 ，可以算出该 16 种强化复合木地板产品，在 100m^3 的居室体积中，最高允许使用地板面积是 $35.4 \sim 142.9 \text{m}^2$ 不等。其结果提示我们复合木地板应适量铺设。

（四）建筑物室内空气质量问题的诊断（起因调查）

1. 调查内容

采用问卷调查与现场测试相结合的方法。问卷调查一般包括以下内容。

① 周围环境状况。温度、湿度、灯光、噪声、吹风感、异味、灰尘、静电等。

② 职业情况。如工作满意程度、工作压力、工作环境等。

③ 病态建筑综合征状况。如困倦、头痛、眼睛发红、流鼻涕、嗓子疼、恶心、头晕、皮肤瘙痒、过敏等。

④ 个人资料。如性别、年龄、是否抽烟、是否有过敏史等。

现场测试一般包括： CO 、 CO_2 、甲醛、颗粒物、温湿度、风速、噪声、照度等。

2. 调查结果

引起的原因分成两大类：一类是各类污染源产生的污染物作用；另一类是暖通空调系统设计或运行不当，两者并非完全独立。如某些气体污染有时可以解释为通风不足，而有时暖通空调系统本身往往有是藏污纳垢的地方。

第一类原因中包括室内污染，如室内办公设备、装潢、家具、人员等产生的污染物；微生物污染常由空调冷凝水或漏水造成；放射性污染常由地基或石材等造成。除建筑装饰引起的污染之外，还包括由于室外大气环境恶化，由新风吸入口或门窗等进入的污染物；由于设计时各房间的压力分布不当引起的交叉污染，导致地下停车场、打印室、吸烟区、餐厅等处散发的污染物流入建筑其他区域。

第二类的原因包括通风和气流组织问题，如新风量不足，室内气流组织不好等。空调通风系统本身的污染以及运行维护不好，造成室内空气质量问题。室内湿度控制不好，造成微生物滋生。

此外还有热舒适问题。当室内未达到希望的温度和湿度时，由于对热状况的不满，人们也会对室内空气质量产生抱怨。大多数调查还发现：女性对室内空气质量的反应比男性更敏感。不同工作环境、工作压力下的受调查者反应也不同，如靠近视频显示设备或复印设备的人员受到更多的不良建筑综合征的困扰。室内空气质量问题由主观和客观两方面因素造成。客观方面包括室内各种物理因素、各种气体或固体污染物、微生物等。主观方面包括人们的心理状态、对外界的反应敏感度、性别等。根据综合分析的结果，找出室内空气质量问题的原因，就可以从主观和客观两方面提出针对性的改善解决措施。

（五）普通居室内空气质量的简单识别方法

普通居民一般不可能用专业仪器对自己的居室进行检测，也不可能都具有室内空气质量方面的专业知识，只能通过一些简单的常识判断居室内的空气质量状况。由于居室是人主要的生活环境，室内空气质量的好坏直接关系到人的舒适和健康状况，所以人身体的某些感觉、反应症状和健康状况都可作为室内空气质量问题的指示器，特别是这些症状如果是在迁入新居，或者重新装修了房子，或者在家里使用了杀虫剂产品后出现的。如果认为某种疾病可能与家居环境有关，可以找当地的医生或者有关的健康部门进行咨询，看看这些症状是否是由于室内空气污染引起的。如果出现某种症状随着人离开房间而减弱或消失，随着人返回房间而又出现，应该可以判断室内空气污染是产生这种症状最直接、最有可能的原因。

另一种判断居室是否已经出现或者可能会出现空气质量问题的方法，是识别潜在的室内空气污染源。尽管这些污染源的存在并不一定意味着就会出现室内空气质量问题，但知道潜在污染源种类和数量，却是评价室内空气质量的重要的步骤。

第三种判断室内空气质量是否较差的方法，是看一看人的生活方式和活动情况。因为人类的活动也是室内空气污染的来源之一。最后找一找居室内通风不良的征兆，如窗户或墙体上潮湿、空气有异味或发臭、放书或鞋子的地方发霉等。为了辨别家里的气味，可到室外呆一会儿，然后

再进入室内，看看两者是否有明显的差别。
美国肺癌协会给出了普通居民室内空气质量评价检验表（见表 14-6）。

表 14-6 室内空气质量评价检验表

居室内是否存在不通风的燃烧设备？
居室内是否有人吸烟？
室内是否存在毛皮宠物？
室内是否存在草木？
居室内是否使用过杀虫剂？
在车库中是否有车辆？
居室内是否进行过木材加工、胶黏、珠宝制造、陶器制造、涂漆、焊接、照相或建模？
您是否使用过加压装置？
您生活的空间在地下室吗？
您家中的保温材料是否采用尿素·甲醛（安装有 2~3 年）或石棉？
暖气风口是否腐蚀？
烹饪设施及燃气炉的火焰是否呈黄色而不是蓝色？
地下室是否有水泄漏？
居室内是否有不寻常的异味？
居室内湿度是否很高、窗户或其他表面有水？
居室内空气是否不新鲜？
您在居室内是否存在下列症状：头痛、眼睛发痒或水肿、鼻喉干涩感染、眩晕、恶心等？
居室内是否出现不寻常的寒冷或温暖？
居室内是否缺乏空气流动？
居室内家具上是否积灰？
居室内墙壁、天花板是否积灰？
最近是否取缔了现有燃炉，而采用高效燃炉？
家庭内是否有小于 4 岁或大于 60 岁的成员？
每天是否有人在居室内 12h 以上？
是否有人患有哮喘、支气管炎、过敏症、心脏病或肺炎等？
是否有人早上醒来时头痛？

如果以上有 10 项或更多答案为是，这就表明室内空气质量低劣。



思考题

- 1. 室内空气污染物的特点是什么？
- 2. 室内空气质量标准主要有哪两项？
- 3. 室内空气质量评价分哪两种，它们的区别和联系是什么？

参考文献

1 中国室内装饰协会室内环境检测工作委员会. 室内环境污染治理技术与应用. 北京：机械工业出版社，2005
2 吴忠标等. 室内空气污染及净化技术. 北京：化学工业出版社，2005
3 卫生部卫生法制与监督司等. GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》实施指南. 北京：中国标准出版社，2003

第十五章

室内环境污染的净化治理

第一节 室内环境净化治理产品和技术概述

一、治理技术的原则及分类

(一) 治理原则

室内环境污染的净化治理技术和产品的发展，完全取决于室内空气污染的状况及其对健康影响的程度。换句话说，由于室内空气出现污染，严重危及人体健康，就有治理的必要性。探索如何有效地治理室内环境污染，降低室内空气污染物的浓度，试图改善室内空气质量，创造健康、舒适的住宅和办公室内空气环境，在近 20 年来，一直成为当今世界上环境卫生学研究的热点课题之一。

当世界各国的领袖和民众终于意识到控制环境污染的重要性时，污染问题已经从室外转入室内。20 世纪 70 年代爆发能源危机以后，欧美各发达国家从节约能源考虑，建造新的办公大楼、商业大厦和住宅时，普遍增加了建筑物的隔热性和密闭性，减少了通风量，并因新建筑材料的大量使用，由此却带来了许多问题。在一些办公室的工作人员、教室里的学生和住宅内生活的居民，出现一些非特异性症状，如眼/鼻/咽喉刺激感、有异味/异臭感、皮肤刺激、甚至感到疲劳乏力、记忆减退、头痛、发烧、哮喘、过敏性肺炎和传染性疾病等 20 余种症状。将其分门别类，可归纳为三种疾病，就是 20 世纪 80 年代以后，美国、日本、加拿大和欧洲各国的报刊杂志上频繁出现 SBS、BRI 和 MCS 三个英文缩写，分别代表三种疾病名称：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）。

欧美各国和日本的科学家，对此进行了广泛而深入的调查研究，结果表明这些建筑物综合征等疾病似乎都与建筑物有关，或者说与建筑和装饰材料等引起的室内空气污染有关。在我们生活的室内空间里，存在着许许多多空气污染物。在通常状况下，室内空气中的污染物多达数十种乃至数百种以上。这些空气污染物大体上可分为 3 大类：悬浮颗粒物、空气微生物和气体污染物。室内环境污染已经成为当今世界上环境卫生学方面的热点课题之一，在我国也不例外。

将这些室内空气污染物浓度降低的净化治理方法，来源是多元化的。有的净化治理方法是针对室内空气污染直接研究开发出来，有的则是将工业净化方法移植过来。到目前为止，研究开发出去除室内环境中污染物的净化材料和净化方法各种各样、种类繁多。然而，每一种治理方法都有一定的局限性，不可能采用一种治理方法，能够把室内空气污染物统统去除掉。况且在室内空气中的悬浮颗粒物、空气微生物和气体污染物，由于污染物的属性不同，形态与性质各异，在治理方法上当然也有许多不同的地方。

为了有效地控制室内空气污染，可根据室内外环境空气污染类型、污染物发生源发生的污染物种类和浓度，采取相应的控制措施、选用适合的治理方法。可用一种或多种治理方法，诸如同时采用通风换气、空气净化和污染物发生源控制三类治理方式进行综合治理。表 15-1 列出一般住宅内的污染物发生源和可供使用的治理方法。总之，治理的目的是使室内空气污染物浓度降

低，达到国家标准 GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》规定的要求，创造健康、舒适的住宅和办公室内空气环境。

应该强调的是，用于治理室内环境污染的净化治理产品，包括空气净化器和空气净化材料，不仅要求具有能够有效地控制室内空气污染的功能，而且应该符合国家标准 GB/T 18801—2002《空气净化器》规定的要求：安全、无害、无异味、不造成二次污染。

表 15-1 住宅内的污染物发生源和治理方法

使用场所	发生源	换气	吸 附		喷雾吸收	催化反应	芳香遮盖	生物学		其 他
			静态	通风				酵母	抗菌	
门口	鞋箱	○	○				○		○	
居室 办公室	体臭	○		○ ⁵		○ ⁵			○ ⁹	静电 集尘器
	香烟	○		○ ⁵		○ ⁵	○		○ ⁹	
	空调器	○		○		○	○		○	
厨房	烹调	○	○	○ ⁵						
	垃圾	○		○ ⁵			○			
	餐具柜	○	○		○				○	
	冰箱		○	○ ⁵		○	○			
浴室	排水口	○ ¹								
厕所	马桶	○	○	○ ⁵	○	○ ⁶	○	○ ⁷	○ ⁷	
搬入家具	板材、衣物汗臭	○ ¹	○				○		○	
人体及用品	鞋袜裤		○			○			○ ¹⁰	
	卫生品 口腔		○ ²		○	○	○	○ ⁸	○	
汽车	香烟 体臭	○	○ ³	○ ⁵	○		○	○ ⁸	○ ⁹	
其他	涂料	○	○	○ ⁵	○		○		○	
	建材	○		○ ⁵			○		○ ¹¹	
	下水道		○ ⁴		○					

注：1 为去湿度效果；2 为活性炭吸附材料；3 为其他净化材料；4 为内墙喷涂净化性材料；5 为空气净化器；6 为臭
氧除臭；7 为环流型；8 为喷涂人工酵母；9 为空气过滤器；10 为抗菌防臭纤维；11 为有催化氧化作用的活性炭。

(二) 治理技术的种类

1. 按产品形式分类

为了便于评价净化能力，以产品形式分类将其归纳为通风换气设备、空气净化器和净化性涂料三大类。

① 通风换气设备。即通常所说的中央空调设备，在国外称之为暖通空调（HVAC）设备，包括供暖、制冷和通风功能。利用通风功能将室内空气污染物排出室外，或者过滤除去室内空气污染物。

② 空气净化器是从空气中分离和去除一种或多种污染物的设备，可用于去除室内空气中悬浮颗粒物、空气微生物和气体污染物，是改善室内空气质量十分有效的方法之一。室内空气净化器在这里是指：用于家庭、办公室和公共场所等使用的家用或类似用途的、其内设送风机的、额定电压在 300V 以下、额定频率为 50~60Hz 的空气净化器。

③ 净化性涂料是具有降低室内空气中污染物浓度的功能性涂料，一是具有直接去除室内空气中污染物的作用，如吸附或者氧化分解。二是具有控制室内污染物发生源，减少空气污染物发生量的作用。具有净化功能的水性涂料用银、铜、铂和钯以及二氧化钛作催化剂，与含铝、镁、硅的无机黏合剂制成涂料，具有良好的耐候性和自洁性能，净化效力持续时间比较长。含银、铜催化剂的涂料具有良好的抗细菌、真菌和藻类的效果，催化分解氨和硫化氢等臭气物质。将二氧化钛光催化涂料用于住宅和办公室内，在太阳光中含的紫外线和荧光灯发出微弱的紫外线照射下，具有除臭、防污、抗菌作用。

2. 按除去对象分类

以除去对象的类别分类, 实际上是分别采用什么样的净化治理技术, 控制室内空气中悬浮颗粒物、空气微生物和气体污染物的污染问题。在去除不同类别的污染物上, 采用的治理技术虽然有相同的地方, 如通风换气都能够达到降低这三类室内空气污染物的污染, 但是往往也有许多不同之处。例如, 悬浮颗粒物和空气微生物可采用高效空气过滤器去除, 而气体污染物则不能使用它去除; 利用紫外线照射可有效地杀死微生物, 而用它去除悬浮颗粒物和气体污染物则难于达到显著效果。

3. 按净化技术分类

按采用不同净化原理的净化技术分类, 种类比较多, 如通风、吸收、吸附、催化氧化、生物学方法、等离子体法、光催化方法、遮盖法、静电方法和过滤方法。每一种净化技术或净化方法都有一定的独到之处, 但是也有局限性。

4. 按治理方法分类

按照治理室内空气污染的方式, 可分为污染物发生源的控制、通风换气和空气净化三大类。

① 控制污染物发生源的目的是减少污染物的发生量。在通常情况下, 室内环境中污染物发生源比较复杂, 对不同的污染物发生源控制方法不同。对微生物发生源的控制, 采用抑制或者杀灭的方法; 气体污染物发生源, 往往采用遮盖发生源方法, 以减少污染物的释放量。

② 通风换气是利用自然通风和强制通风, 将室内空气污染物排出室外, 并用室外新鲜空气来稀释室内空气污染物, 使浓度降低, 改善室内空气质量。

③ 空气净化是利用各种净化技术或净化方法, 去除室内空气中一种或多种污染物, 达到净化室内空气的目的。

依据不同净化方式, 去除室内空气中的生物污染物和气体污染物的室内空气净化器, 按除尘方式可分为静电式除尘和过滤式除尘; 按去除对象又可分为除尘式和除尘除有害气体式。

二、微生物的治理技术

空气微生物属于生物污染物, 来源于活的或者死的有机体。空气微生物如细菌、真菌、病毒、花粉和尘螨等, 是室内空气质量的重要参数之一。国内外大量的调查研究证实, 空气微生物污染是直接引发各种中毒、感染和过敏疾病的主要原因之一。在住宅、办公室和医院内, 细菌和真菌滋生繁殖而污染空气, 已成为公共环境卫生问题。

室内空气被真菌污染, 可引起过敏性鼻炎、哮喘、慢性支气管炎、过敏性肺炎和中毒症状等多种呼吸系统疾病以及传染性疾病。为了减少空气微生物的污染对人体健康可能造成直接或者间接的危害, 就必须控制室内环境中的空气微生物污染水平。

在通常情况下, 室内空气微生物污染的控制, 采用治理技术和方法分四大类: 通风换气、空气净化、污染源的清除和抗菌技术。依据室内外环境空气微生物的污染类型, 室内空气微生物污染的状况, 可选用一种或一种以上的治理技术和方法。

1. 通风换气

室内保持良好的通风, 就是利用自然通风和强制通风 (HVAC 设备), 迅速将细菌和真菌等微生物排出室外, 降低室内空气中微生物的浓度, 改善室内空气质量, 是最简单、最方便快捷的方法。但是应该考虑到的是, 通风换气将涉及增加能源消耗的问题。

通风换气也可降低室内空气中的湿度, 起到控制微生物污染源的作用。细菌和真菌等微生物喜欢潮湿, 在湿度高的环境中容易滋生繁殖。在厨房、浴室和卫生间等室内潮湿、结露的地方或受水损害的地方, 保持良好的通风, 迅速将室内的湿气排出室外, 使湿气不能长时间滞留, 防止结露, 破坏细菌和真菌的良好生长环境, 可抑制细菌和真菌等微生物滋生繁殖, 控制微生物污染源, 有效地减少室内空气微生物污染。

从另外一个角度来看, 墙体和窗户隔热良好, 保持这些地方的墙体内表面温度高于露点温度 (约高于 12°C 左右), 防止结露; 室内潮湿的地方经常擦拭, 保持干燥, 同样可以达到抑制细菌和真菌滋生繁殖、减少室内环境中细菌和真菌等微生物的潜在污染源的作用。

2. 净化空气

(1) 净化器净化 净化空气的方法: 使用除尘用的静电式和过滤式两种空气净化器, 能够有效地去除空气中的微生物。最近还开发出二氧化钛 (TiO_2) 光催化空气净化器, 探索利用 TiO_2

在波长小于 387.5nm 近紫外线照射下,生成具有极强氧化还原能力的电子-空穴对,试图杀死大肠菌、绿脓菌等。TiO₂ 光催化技术将在本节的“抗菌技术”中比较详细介绍。

(2) 紫外线照射 自 20 世纪 30 年代开始将紫外线 (UV) 应用于室内,照射杀死室内空气中的微生物、降低空气微生物污染、减少疾病的传播,已经有半个多世纪。使用紫外线照射也可以杀灭和抑制真菌滋生繁殖,控制污染源。灭菌紫外线使用低压汞放电灯产生辐射能量 85% 的紫外线,波长为 253.7nm。此波长紫外线有很强杀灭真菌等微生物的能力,是一种引人关注的对策。使用紫外线照射灭菌,优点是显而易见的:紫外线照射灭菌方法无噪声、无运动部件、无空气阻力和不明显增加额外能源的耗费。

使用紫外线照射灭菌时,应该注意眼睛和皮肤的安全保护。美国政府工业卫生学家协会 (ACGIH) 提出,8h 暴露在灭菌紫外线辐照的安全剂量为 6000μJ/cm²,相当于紫外线平均照射强度为 0.2μW/cm²。

另外应该注意的是,使用紫外线照射灭菌时,往往伴随有臭氧 (O₃) 产生,应该随时检测,1h 平均浓度不得超过 GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》中规定的容许浓度 0.16mg/m³。室内使用紫外线照射灭菌,需等待臭氧浓度降低后再进入室内。紫外线照射灭菌伴随产生的臭氧污染,可能给人体健康带来不利影响,比如发生呼吸道过敏反应,出现刺激性咳嗽、呼吸困难、心率加快等症状。

3. 污染源的清除

室内环境中不应该有细菌和真菌等微生物污染源存在。一旦室内有细菌和真菌污染源,采取彻底清除污染源,如拆除污染的建筑材料,是最积极、最有效的方法,但是在实际生活场所里,实施比较困难。

另外还可采用涂料封闭的方法,与“臭气遮盖方法”相类似,但是它没有根本上解决微生物污染问题。

4. 抗菌技术

抗菌技术主要是用于控制室内环境微生物污染源。将有机抗菌剂和无机抗菌剂用于建筑材料、家用电器、家庭用品,抑制和杀死微生物,减少室内环境中潜在的微生物污染源,达到控制室内空气微生物污染、改善和提高室内空气质量的目的。这些抗菌剂用于抑制和杀灭微生物,有着广阔的应用前景。随着人们要求清洁、舒适和健康的生活环境,抗菌制品市场迅速发展,但是要对实际生活的室内环境中所有的微生物污染源进行消毒,也并非容易的事情。

三、气体污染物的治理技术

气体污染物包括有害气体和臭气物质。气体污染物有甲醛、苯、甲苯、二甲苯、氨气、硫化氢、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳和臭氧等。在通常情况下,住宅和办公室等室内环境空气中存在甲醛、氨气和挥发性有机化合物 (VOC) 多达数十种乃至数百种,这些气体污染物主要来源于:建筑和装修时使用的建筑材料、装饰材料、涂料和黏合剂;入居后室内的家用燃具、家用电器、办公设备、家具等用品;人的活动,诸如家用化学品的使用、吸烟和人体的新陈代谢;室外工业废气、汽车尾气带入室内。

(一) 气体污染物发生源的控制

① 彻底清除发生源的方法。如拆除释放出空气污染物的建筑材料和装饰材料,这是最有效的方法,但是在人们实际生活场所里,实施比较困难。

② 用涂料遮盖发生源的方法,以减少污染物的释放量,但是它没有根本上解决有害气体和臭气物质污染问题。

(二) 通风换气法

通风换气是将室内空气污染物排出室外,并用室外新鲜空气来稀释室内空气污染物,使浓度降低。依据污染物发生源的大小、污染物种类及其量多少,决定采用全面通风还是局部通风,以及通风量大小。采用通风换气增加新风量的方法来改善室内空气质量是最有效、最方便快捷的方法。通风量不足,会使室内空气中的污染物浓度增高,对人体健康带来不利影响。据报道,在美国出现建筑物综合征 (SBS) 的建筑物中,有 50% 以上是由于新风量不足引起的。在一般家庭居室内,按国家标准 GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》规定所需的新风量

应 $\geq 30\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$ 。

通风换气可分为自然通风和强制通风两种。如果室内空气中的污染物浓度比室外空气中的污染物浓度高得多时，利用自然通风进行通风换气，就能够迅速地将室内空气中的污染物排出室外，达到有效地净化室内空气的效果。利用自然通风进行通风换气，改善室内空气质量，主要取决于室外空气质量的水平。当在一定的自然通风风量下，室内空气污染物的浓度达到稳定状态时，室内污染物发生量和室外进入量的和就等于排出量，即

$$\begin{aligned} & \text{设} & C_0 Q_{\lambda} + M &= C Q_{\text{出}} \\ & & Q_{\lambda} &= Q_{\text{出}} = Q \\ & \text{则} & C &= C_0 + \frac{M}{Q} \end{aligned}$$

式中 C ——室内空气污染物的浓度；
 C_0 ——室外空气污染物的浓度；
 M ——室内污染物发生量；
 Q ——自然通风风量；
 Q_{λ} ——室外进入风量；
 $Q_{\text{出}}$ ——室内排出风量。

由上式可见，室内空气污染物的浓度与发生量成正比，与通风量成反比。但是，自然通风量不管怎么增加，室内污染物浓度也不会低于室外污染物的浓度。

利用强制通风改善室内空气质量，需要用通风换气设备，即通常所说的中央空调设备，在国外称之为暖通空调（HVAC）设备，包括供暖、制冷和通风功能。HVAC 设备除了循环室内空气外，还补充 20% 以上的室外新鲜空气。HVAC 设备往往装配有除尘空气过滤器，去除空气中的颗粒物和室外进入室内的空气中的颗粒物，有的 HVAC 设备还装配有去除室内空气中气体污染物的空气过滤器。

这里应该提到的是，采用通风换气改善室内空气质量存在增加能源损耗的问题，特别在夏天制冷或冬天供暖时，需要冷却或加热室外进入的空气达到室内温度，耗费大量能源。

（三）物理吸附法

用多孔性的材料如活性炭、硅胶、分子筛和氧化铝等作为气体污染物吸附剂，去除空气中挥发性有机化合物（VOC）和臭气物质。吸附剂的表面特征是有大量致密毛细管，比表面积大。吸附剂表面与气体污染物之间依靠范德瓦尔斯力结合，但是吸引力比较弱，吸附与脱附作用是可逆的。优点：气体污染物浓度高、低的场合均可适用，吸附剂易再生；缺点：易吸附饱和，已吸附的污染物在条件发生变化时会释放出来。

吸附剂的选用原则，主要依据被吸附的气体污染物分子直径的大小、极性等。如果是非极性、分子量大的气体污染物，选用活性炭吸附剂，可获得比较好的吸附效果。

（四）化学吸附法

1. 吸附原理

化学吸附是利用气体污染物与化学试剂发生化学反应，去除空气中的气体污染物，如 VOC 和含氮、硫化合物等，达到净化空气的目的。化学吸附法去除空气中的气体污染物，可采用中和反应、氧化还原反应和催化氧化反应。

吸附剂吸附气体污染物的特征是依靠气体污染物与化学试剂之间的化学亲和力结合，结合牢固，吸附反应是不可逆的，环境温度变化不会引起已经吸附的污染物脱附现象。气体污染物浓度比较低时，去除效果也很好。

2. 中和法

利用吸附剂与气体污染物发生中和反应而去除。优点是吸附牢固，不可逆；缺点是消耗试剂多，使用寿命受限制。所用吸附剂分为：

① 用碱性试剂，如氢氧化钠作吸附剂，去除空气中的酸性气体污染物。

② 用酸性吸附剂如硫酸、磷酸和盐酸，吸附碱性气体污染物。

盐酸有挥发性，容易产生二次污染，在净化室内空气时，一般不宜推荐使用。

3. 氧化还原法

利用臭氧、次氯酸钠、高氯酸钾等化学试剂，将空气中的甲硫醇、硫化氢、二氧化硫、氮氧化物进行氧化，从而将这些空气污染物去除。优点是氧化还原反应不可逆，去除效率高；缺点是消耗试剂多，多余的氧化还原剂容易造成二次污染。

4. 催化氧化法

化学催化氧化方法利用金属、金属氧化物和硫化物等作为催化剂，将空气中的气体污染物的氧化反应速率加快，迅速反应生成对人体无害或者危害小的物质。催化剂具有改变一个化学反应速率的作用，而其质量在反应前后不变，因此消耗试剂少，使用寿命长。催化氧化技术广泛用于室内空气净化，去除空气中的 VOC 和臭气物质。空气中的气体污染物浓度在比较低的情况下，催化氧化的效果也很好。

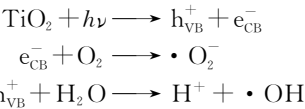
(五) 光催化法

近年，光催化氧化应用于室内空气净化，已成为备受关注的研究课题。所谓“光催化”是化学物质在催化剂上发生光化学作用的过程。光和催化剂是引发和促进光催化反应的必要条件，二者缺一不可。光催化剂是一类在紫外线照射下具有很高的光活性的化学物质，如 TiO₂、ZnO、Fe₂O₃、SnO₂、CeO₂、WO₃、CdS 和 ZnS 等。

1. 二氧化钛 (TiO₂) 是有广阔应用前景的催化剂

TiO₂ 在近紫外线区吸光系数大，光催化活性高、催化作用持久，而且化学性质稳定、硬度高、耐磨耗性好、对人体和环境无害、资源丰富、价格低。

TiO₂ 的能带并不像金属钛那样是连续的，价带和导带由带隙（禁带）分隔开，带宽约 3.2eV。当 TiO₂ 受到波长约小于 387.5nm 的近紫外线照射时，在其内部的价带电子被激发跨过禁带跃迁到导带，生成电子-空穴对。电子-空穴对扩散到 TiO₂ 表面上，并能穿过界面与吸附在 TiO₂ 表面上的物质发生氧化还原反应。空穴能量 7.5eV，氧化电位 +3.0V，具有极强的氧化能力，能够氧化有机化合物，达到完全矿化的程度，生成二氧化碳 (CO₂)、水和无机物；电子具有还原性，能与 O₂ 分子发生还原反应生成过氧自由基 (·O₂⁻) 这些自由基又能够氧化有机化合物。



TiO₂ 在近紫外线照射下生成的空穴，具有极强的氧化分解能力，氧化电位比氯气和臭氧的都高，如图 15-1 所示。

2. 二氧化钛光催化对 VOC 的去除

TiO₂ 在近紫外线照射下生成的空穴，具有极强的氧化分解能力，在清除空气污染物上具有独到之处，适用于低浓度污染物的清除，具有较好普适性，许多污染物均可通过光催化过程得到降解，包括许多难于用其他方法降解的污染物。光催化氧化作用可分解破坏大多数挥发性有机污染物，最终达到完全矿化的程度，一般生成 CO₂ 和 H₂O，以及相应的无机化合物，如 HCl、HBr、SO₄²⁻、NO₃⁻ 等，而不形成中间产物。光催化氧化分解空气中的 VOC，见表 15-2 所示。

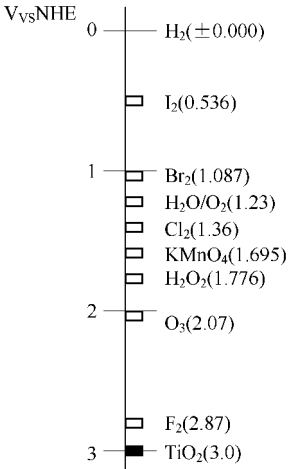


图 15-1 氧化电位

表 15-2 可分解的 VOC

种 类	例 子	种 类	例 子
烃类: 烷烃	C ₂ H ₆ 、C ₆ H ₁₂	酸类	CH ₃ COOH
芳香烃	C ₆ H ₆ 、C ₆ H ₅ CH ₃	酚类	C ₆ H ₅ OH
醇类	CH ₃ OH、C ₂ H ₅ OH	卤代烃	CHCl ₃ 、TEC、PEC
醚类	CH ₃ OCH ₃	卤代芳烃	氯苯
醛类	HCHO、C ₂ H ₄ O	含氮化合物	吡啶
酮类	C ₃ H ₆ O		

3. 二氧化钛光催化对甲醛的分解

光催化氧化分解空气中甲醛的应用研究比较多。Obee 等使用 TiO_2 烧结膜，晶体粒径为 20nm ，比表面积为 $50\text{m}^2/\text{g}$ ，膜厚度约为 $1.7\mu\text{m}$ ，面积为 $3\text{cm}\times 3\text{cm}$ ，置于反应器的底部。用 Hg-Xe 灯作为光源，紫外线波长 365nm ，光强度为 $1.0\text{mW}/\text{cm}^2$ 。反应装置如图 15-2 所示。当甲醛浓度低于 $100\text{mg}/\text{kg}$ 以下，将被 TiO_2 光催化剂反应完全分解，生成 CO_2 和 H_2O 。甲醛分解浓度衰减变化及生成产物浓度变化，如图 15-3 所示。

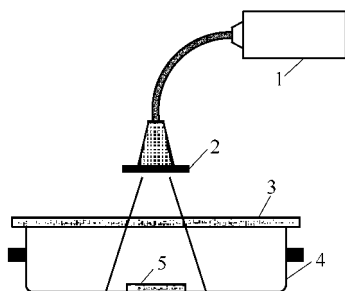


图 15-2 光催化反应装置

1—Hg-Xe 灯；2—波长 365nm 滤波器；3—石英板；4—玻璃反应器；5—二氧化钛膜

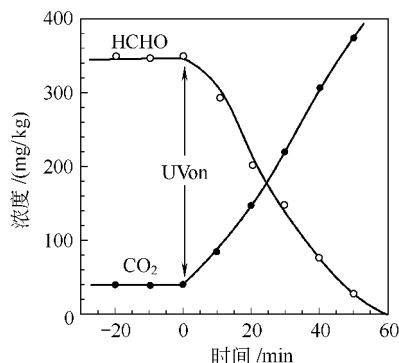


图 15-3 甲醛光催化分解

4. 二氧化钛光催化对臭气物质的去除

室内的臭气物质，其成分多种多样，浓度极低，但这些臭气物质的臭气却令人感到非常不适。当空气中有 $0.1\mu\text{g}/\text{kg}$ (10^{-10}) 三甲胺时，人们就可嗅到。 TiO_2 与 O_3 或其他催化剂组合去除臭气物质效果更佳。也可将 TiO_2 担体在活性炭纤维或蜂窝状板材上，作为空气净化器的光催化材料，去除 H_2S 、 NH_3 等臭气物质。

利用超细粒子粒径为 7nm 的 TiO_2 作为光催化剂，再用 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 进行表面处理，吸附甲硫醇的能力明显改善，在紫外线照射下发生光催化氧化分解甲硫醇的效率获得大幅度提高。

5. 二氧化钛光催化对无机气体的去除

二氧化硫 (SO_2) 和氮氧化物 (NO_x) 是城市大气的主要污染物质之一，这些污染物对人体健康危害大，可直接引起呼吸系统疾患。 TiO_2 光催化也能够氧化空气中较低浓度的 SO_2 、 NO_x 、 H_2S 和 NH_3 。

TiO_2 光催化氧化去除 NO_x 效果比较理想的浓度范围在 $0.01\sim 10\text{mg}/\text{kg}$ ($10^{-8}\sim 10^{-6}$)， NO_x 浓度高达 $100\text{mg}/\text{kg}$ (10^{-4}) 以上，则难于去除。

综上所述， TiO_2 光催化氧化空气中的甲醛、VOC、无机气体（如 SO_2 、 NO_x ）臭气物质（如 H_2S 、 NH_3 ）实验的特点：一是必须有近紫外线照射；二是反应容器容积小，一般在几十毫升至 $1\sim 2\text{L}$ ；三是被氧化的污染物的量是很微量的。如果要将 TiO_2 光催化用于室内空气净化，那么一般实际空间的容积要比反应容器的容积大数万倍以上，室内空气中的甲醛等污染物氧化分解难以达到显著的程度，一些复杂的问题尚有待研究解决。

第二节 净化治理产品和技术的检测与评价

空气净化器和空气净化材料产品，主要用于人们生活环境中空气污染的净化治理，去除室内空气污染物，改善室内空气质量。那么，就要求空气净化产品必须具有去除空气污染物的功能。因此，对每一种产品采用科学的性能试验方法进行检测与评价，将是必不可少的。

对家用或类似用途的空气净化器产品而言，所谓科学的性能评价方法，就是按照这个性能评价方法测定出的空气净化器性能的结果，应该能够客观准确地反映出其本身固有的性能、可去除

哪些空气污染物、去除每一种污染物的能力大小。这样用户就可以依据住宅或办公室的使用面积大小、污染物的种类和污染程度，选购具有去除悬浮颗粒物或气体污染物功能的、净化能力适合的空气净化器。使用空气净化器后，室内空气污染物的浓度应显著降低，达到国家标准 GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》规定的要求。

要做到科学的性能评价，必须要求性能指标和检测方法科学。即使性能指标科学，而检测方法不科学，测定结果也很难具有科学性。例如，用去除率指标来表示空气净化器去除空气微生物的能力，暂且不说性能指标是否科学，如果采用自然沉降法采样，测试空气净化器开启前后的空气微生物菌落数，计算去除空气微生物的净化效果，显然是不准确、不科学的。自然沉降法采样效率受风速、风向等影响的程度很大，在有风时，较小的微生物粒子沉降显著减少。空气净化器在运行时有风与空气净化器不运行时无风的状态下，空气微生物的采样结果就必然会产生很大的误差。空气净化器去除空气微生物性能的测定，比较科学的采样方法是使用有动力的恒流撞击式空气微生物采样器采集空气微生物。

目前我国，家用或类似用途的空气净化器产品的性能评价，已经有了国家标准 GB/T 18801—2002《空气净化器》作为评价的科学依据，标准中规定了空气净化器的“洁净空气量”（CADR）性能指标及其试验方法。洁净空气量是一项涉及空气净化器产品使用的重要性能，并能够反映出其净化能力的性能指标，具有再现性和可比性，为比较和评价现有的各种空气净化技术的空气净化器提供了科学依据。对于空气净化材料产品，测定去除某一空气污染物的净化能力，可以取一定数量的净化材料，将这部分净化材料视为没有送风机的空气净化器，参照国家标准 GB/T 18801—2002 中规定的试验方法进行试验。

空气净化器产品的性能，还可采用其他方法进行评价。最常采用的性能指标是“去除率”或“净化效率”。但是去除率和净化效率性能指标，不能准确地反映空气净化器净化能力的大小，如果推荐作为空气净化器产品的性能指标，并不十分可取，但是可用于空气净化器或空气净化材料，在同一个试验装置内、在相同试验条件下进行相对比较的性能指标。

一、洁净空气量

（一）方法提要

1. 相关的标准和依据

空气净化器去除某一空气污染物的洁净空气量，依据国家标准 GB/T 18801—2002《空气净化器》中规定的试验方法进行测定。

空气净化材料可视为没有安装送风机的被动式空气净化器，其性能评价可参照 GB/T 18801 中规定的试验方法进行，即测定一定数量空气净化材料去除某一空气污染物的洁净空气量。

2. 原理

在 30m^3 试验室内，某一种空气污染物将分别进行自然衰减试验和室内空气净化器在运行时的总衰减试验。依据指数方程：

$$C_t = C_0 \exp(-kt)$$

式中 C_t ——在时间 t 时的浓度，香烟烟雾：脉冲/min；气体： mg/m^3 ；

C_0 ——在 $t=0$ 时的初始浓度，香烟烟雾：脉冲/min；气体： mg/m^3 ；

k ——衰减常数， min^{-1} ；

t ——时间，min。

将上式两边取对数，得方程式：

$$\ln C_t = \ln C_0 - kt$$

对该污染物的自然衰减和总衰减的 $\ln C_t$ 和 t 分别作线性回归处理，按下式计算，可求出该污染物的自然衰减常数 k_n 和总衰减常数 k_e ：

$$k = \frac{\left(\sum_1^n t_i \ln C_{t_i} \right) - \frac{1}{n} \left(\sum_1^n t_i \right) \left(\sum_1^n \ln C_{t_i} \right)}{\sum_1^n t_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_1^n t_i \right)^2}$$

式中 t_i ——时间，min；

$\ln C_i$ ——浓度对数。

空气净化器去除该种空气污染物的洁净空气量（clean air delivery rate, CADR），用该污染物的总衰减常数和自然衰减常数之差与试验室容积的乘积来表示，即：

$$CADR = V(k_e - k_n)$$

式中 CADR——洁净空气量， m^3/min ；
 V ——试验室的容积， m^3 ；
 k_e ——总衰减常数， min^{-1} ；
 k_n ——自然衰减常数， min^{-1} 。

空气净化器去除空气污染物的洁净空气量的试验装置示意图如图 15-4 所示。

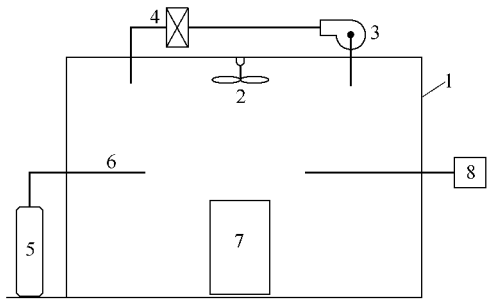


图 15-4 试验室及试验装置

1—试验室；2—搅拌风扇；3—送风机；4—高效空气过滤器；5—污染物发生器；6—导管；7—空气净化器；8—分析仪器

（二）适用范围

适于家用和类似用途的空气净化器，包括用于公共场所使用的空气净化器，也适用于空气净化材料的性能评价。

空气净化器去除空气污染物的洁净空气量的测定范围，香烟烟雾为 $0.3 \sim 9 m^3/min$ 。

空气净化器的试验数据可靠程度的评估，要求每一次试验的总衰减相关系数的平方大于 0.98；每一次试验的洁净空气量的 2 倍标准偏差（置信概率 95%）小于 $0.3 m^3/min$ 或 10%。

（三）材料和设备

① 香烟（红塔山牌）：用于发生颗粒物（香烟烟雾）。

② 气体污染物用试剂：如甲醛（分析纯）、苯（分析纯）。

③ 分析仪器：数字式粉尘仪（测定颗粒物）、甲醛分析仪（测定甲醛）等。

④ 试验室：容积 $30 m^3$ ，空气泄漏率应小于 $0.05 m^3/h$ 。

二、去除率

1. 原理依据

在一定容积的试验小室内，放置一定量的空气净化材料，试验一段时间后，小室内空气中某一污染物减少的相对量称之为去除率，用 % 来表示。

$$\eta = (C_0 - C_t) / C_0$$

式中 η ——去除率，%；

C_0 ——在 $t=0$ 时的初始浓度，香烟烟雾：脉冲/min；气体： mg/m^3 ；

C_t ——在时间 t 时的浓度，香烟烟雾：脉冲/min；气体： mg/m^3 ；

空气净化材料去除空气污染物的去除率试验装置示意图，如图 15-5 所示。

空气净化器去除空气污染物的去除率试验装置示意图，如图 15-6 所示。

2. 适用范围

适用于空气净化材料和空气净化器在同一个试验小室内、在相同试验条件下进行相对比较。

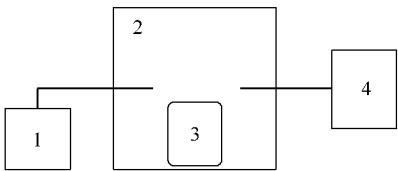


图 15-5 净化材料试验装置

1—污染物发生器；2—试验小室；3—净化材料；4—分析仪器

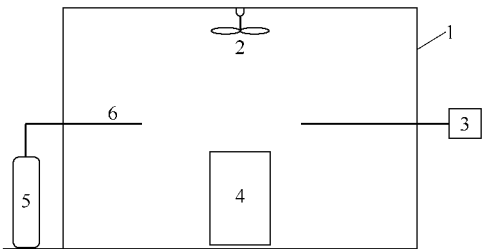


图 15-6 净化器试验装置

1—试验室；2—搅拌风扇；3—分析仪器；4—空气净化器；5—污染物发生器；6—导管

3. 材料和设备

- ① 香烟（红塔山牌）：用于发生颗粒物（香烟烟雾）。
- ② 气体污染物用试剂：如甲醛（分析纯）、苯（分析纯）。
- ③ 分析仪器：数字式粉尘仪（测定颗粒物）、甲醛分析仪（测定甲醛）等。
- ④ 试验小室：容积可为几十毫升级至数十立方米级。

4. 结果计算

空气净化材料和空气净化器去除某一种污染物的去除率，按 $y = (C_0 - C_t) / C_0$ 式计算。去除率的结果有时也可用曲线表示，如图 15-7 所示。

5. 方法特征

空气净化器或空气净化材料，去除某一空气污染物的去除率，不仅取决于它们本身固有的性能，还取决于试验室容积、试验时间和污染物的自然衰减等因素。从方程式 $\eta = (C_0 - C_t) / C_0$ 给出的去除率，包含着自然衰减等因素的影响在内。

自然衰减等因素的影响绝对不可忽视，例如，当空气净化器额定风量较小，但是运行时间较长时，去除率也会很高。计算去除率，无多少实际使用价值的空气净化器或空气净化材料，也可能计算出很高的去除率来。换句话说，去除率试验方法似乎像先有答案的实验，欲使去除率达到几个 9，只要缩小试验室容积，延长运行时间即可。例如，在容积为 1m^3 试验小室内，空气净化器开机运行 1h 后，去除率达 99.9%，去除率很高，但是粗略地计算一下便知道，其去除该污染物的洁净空气量非常小，仅为 $0.1\text{m}^3/\text{min}$ 。从宏观的角度看，净化能力如此之低，在生活的室内空间里没有多大的实际使用价值。去除某一空气污染物的去除率越高，并不意味着适用房间的使用面积就越大、去除该种污染物的速度就越快。可见，从去除率的高低无法判断空气净化器净化能力的大小。为了粗略地表示空气净化器净化能力的大小，起码要同时标出去除率、容积、运行时间、自然衰减等指标。因此，不给出实验条件而只给出去除率是毫无意义的。

如果用去除率作为评价空气净化器产品的性能指标，则缺乏可比性。如下列试验结果：空气净化器 A（额定风量 $6\text{m}^3/\text{min}$ ）运行 30min 后的去除率 80%，空气净化器 B（额定风量 $3\text{m}^3/\text{min}$ ）运行 60min 后的去除率 95%，哪一台空气净化器净化能力强是不明确的，在去除率中自然衰减占多少比例也不清楚。如果在给定的房间内使用，去除同一种空气污染物，哪一台使室内空气污染物浓度降低得最快，很难判断。很显然，在不同的实验室里，用此试验方法进行试验，其去除率的试验结果也很难再现。

因此，去除率不宜作为空气净化器 and 空气净化材料产品的性能指标，仅适用于空气净化器或空气净化材料在同一个试验小室内、在相同试验条件下进行相对比较。尤其是空气净化材料的试验，可以在容积很小的试验小室内进行，净化材料用量和空气污染物用量少。

三、净化效率

（一）原理依据

1. 净化材料

一定浓度的某一空气污染物，以恒定的流量流过空气净化材料后，该污染物浓度减少的相对量称为“净化效率”，用百分含量来表示。

$$\eta = \frac{C_{\lambda} - C_{\text{出}}}{C_{\lambda}}$$

式中 η ——净化效率，%；

C_{λ} ——进风口浓度；

$C_{\text{出}}$ ——出风口浓度。

空气净化材料的净化效率试验装置示意图，如图 15-8 所示。在进、出气口处同时测定污染物浓度，就可按上式求出空气净化材料的净化效率。

2. 空气净化器

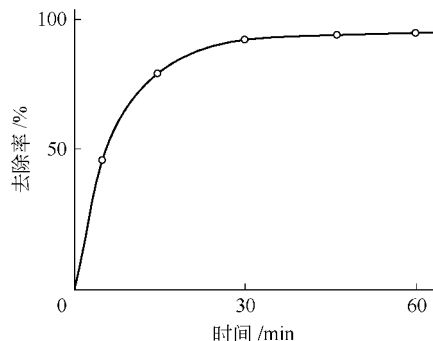


图 15-7 去除率的曲线

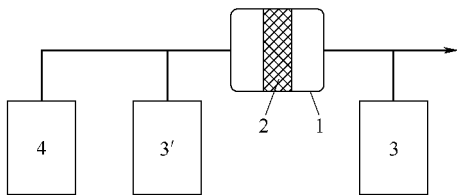


图 15-8 净化材料的试验装置

1—滤料盒；2—净化材料；
3, 3'—分析仪器；4—污染物发生器

实质上，“净化效率”是用于测定空气净化材料过滤效率的试验方法。将此方法移植用于测定空气净化器的净化效率时，试验条件就会变得相当复杂和苛刻。必须将空气净化器视为大滤料盒，在其进、出风口分别加装相应的进风口侧气体管路装置和出风口侧气体管路装置。气体污染物试验室规格如图 15-9 所示。空气净化器去除悬浮颗粒物的净化效率的试验装置更加复杂（见图 15-10），为了确保空气净化器在额定风量下运行，还需在气体管路内安装整流格子使气流均匀分布，安装辅助风机补偿

气体管路内气阻增加所造成的流量损失（参见 JISC 9615—1995《空气清净机》）。

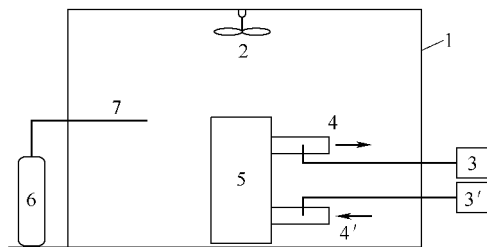


图 15-9 气体污染物的试验室

1—试验室；2—搅拌扇；3, 3'—分析仪器；
4, 4'—进风口侧管路和出风口侧管路；5—空气
净化器；6—污染物发生器；7—导管

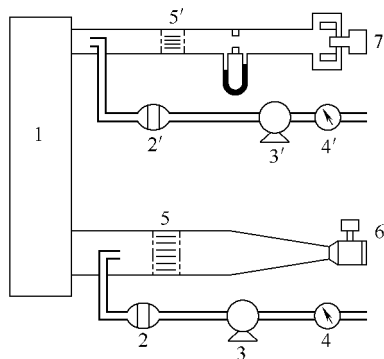


图 15-10 颗粒物的试验装置

1—空气净化器；2, 2'—采样器；
3, 3'—采样泵；4, 4'—流量计；
5, 5'—管路及整流格栅；6—颗粒
物发生器；7—辅助风机

然后参照净化材料的试验方法进行“净化效率”试验：空气净化器在额定风量下运行，使用分析仪器设备，在进、出风口侧的气体流路内，同时测定空气污染物浓度，求出空气净化器去除该空气污染物的净化效率。

显而易见，试验时，试验用的空气污染物的样品用量非常大，尤其是空气净化器的额定风量比较大而且性能又比较好时，用量就更大。这时要维持试验室内空气污染物的浓度恒定也将十分困难。

（二）适用范围

适用于空气净化材料在同一个试验装置内、在相同试验条件下进行相对比较。

适用于内装有送风机的空气净化器在同一个试验装置内、在相同试验条件下进行相对比较。

（三）材料和设备

- ① 香烟（红塔山牌）：用于发生颗粒物（香烟烟雾）。
- ② 气体污染物用试剂：如甲醛（分析纯）、苯（分析纯）。
- ③ 分析仪器：数字式粉尘仪（测定颗粒物）、甲醛分析仪（测定甲醛）等。
- ④ 滤料夹：容积可为几十毫升级至数十升级。
- ⑤ 试验小室：容积可为数立方米级至数十立方米级。

（四）方法特征

1. 材料的评价

“净化效率”实际上是用于测定空气净化材料去除空气污染物的过滤效率的试验方法。将一定数量的空气净化材料装填于滤料盒内，测定其在一定流量下去除某一污染物的过滤效率。将净化效率作为空气净化材料的性能指标，它不仅取决于净化材料的性能和用量，还受空气流量大小的影响，其本身并不能反映出空气净化材料的净化能力大小，即使净化效率很高，达到 99.9%，也未必说明该空气净化材料的性能就非常的优良。净化效率仅适用于空气净化材料在同一个试验

装置内、在相同试验条件下进行相对比较的性能指标。

特别应该提到的是，利用净化效率作为性能指标，对空气净化材料进行试验具有非常显著的优点，可以在容积很小的试验小室内进行，这样净化材料用量少，空气污染物用量也少。

为了使空气净化材料去除某一空气污染物的净化效率，能够反映出空气净化材料的净化能力大小、说明该空气净化材料的性能优劣、具有一定的再现性和可比性，用净化效率作为性能指标时，往往采用空气净化材料在一定的空间速度（space velocity）下，去除某一空气污染物的净化效率来表示。空间速度是指单位体积空气净化材料通过的空气流量。

2. 净化器的评价

空气净化器去除某一空气污染物的净化效率，实际上只说明在给定的风量下净化材料层去除空气污染物的净化效果，与空气净化材料的净化效率一样，其本身并不能反映出空气净化器净化能力的大小。对于不同的空气净化器，去除某一给定的污染物的净化效率越高的空气净化器，并不意味着其适用房间的使用面积就越大、去除该种污染物的速度越快。去除房间内某一空气污染物，室内浓度降低得快慢，不仅取决于空气净化器滤层的净化效率高，还取决于空气净化器风量大小及进出风口设计的合理程度。为了粗略地表示空气净化器净化能力的大小，仅明示出净化效率是看不出来的，还必须同时明示出额定风量。

另外，试验用的空气污染物的样品用量大时，保持污染物浓度稳定也比较困难。测定空气净化器的净化效率时，需要在其进、出风口分别加装相应的气体管路装置，试验条件比较复杂。因此，如果推荐作为空气净化器产品的试验方法，并不十分可取。净化效率仅适用于内装配有送风机的空气净化器，在同一个试验装置内、在相同试验条件下进行相对比较的性能指标。

第三节 室内环境净化治理产品——空气净化器

在室内环境空气中，存在着固态物质微粒和液态物质微粒两大类悬浮颗粒物。固态物质微粒包括：一般粉尘，如建筑材料微细粒子；有机纤维微粒，动物纤维如动物的毛、植物纤维如棉、人造化学纤维；无机纤维微粒，如石棉天然纤维和玻璃纤维；生物微粒，细菌、真菌、病毒、花粉和尘螨碎片；液态微粒包括人们呼出的液滴；烟雾，如香烟烟雾以及其他燃烧生成的颗粒物。这些悬浮颗粒物俗称为“尘”，一般采用静电除尘方法、过滤除尘方法去除。用于去除室内空气中的悬浮颗粒物的静电除尘装置和过滤除尘装置，分别称为静电式除尘空气净化器和过滤式除尘空气净化器。

使用空气净化器是去除这些悬浮颗粒物，改善室内空气质量十分有效的方法，在冬季供暖、夏季使用空调期间效果更为显著，这也是最节约能源的空气净化方法之一，因为采用增加新风量来改善室内空气质量，需要耗费大量能源。因此，在欧美日的一些发达国家，具有 HVAC 设备的建筑物内，也使用空气净化器补充风量的不足，以进一步改善和提高室内空气质量。

一、静电式除尘空气净化器

1. 静电除尘原理

静电式除尘空气净化器是利用阳极电晕放电产生正离子，使气流中的颗粒物粒子带足够的正电荷，然后在电场中流动时，借助库仑力的作用，使带电颗粒物粒子作与气流流动相垂直的方向移动，沉降在带负电荷的静电集尘装置的电极板上，而被从气流中分离出来，如图 15-11 所示。

静电式除尘空气净化器去除气流中的颗粒物的除尘效率：

$$\eta = 1 - \exp\left(-\frac{kwl}{vD}\right)$$

式中 η ——除尘效率；
 w ——粉尘粒子的驱进速度；
 l ——集尘极板长度；
 D ——两极板间距；

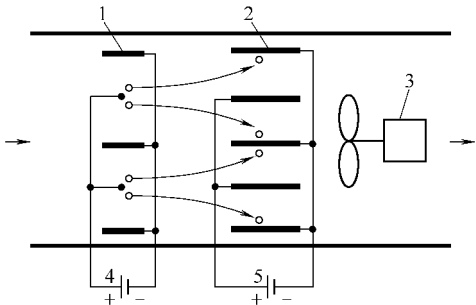


图 15-11 静电式除尘空气净化器
1—离子化装置；2—静电集尘装置；
3—送风机；4、5—电源

v ——两极板间的平均气流速度，一般取 $v=1\text{m/s}$ ；

k ——系数，平板极板取 $k=1$ ，圆筒极板取 $k=2$ 。

从上式看出，除尘效率的影响因素大致为：①是空气参数，包括空气的温度、湿度、流量和流速。除尘效率与两极板间的平均气流速度成反比，速度增加使除尘效率降低；②是颗粒物的特征，包括粒子的形状、大小、密度、电阻率和浓度。粒子带电量与粒子的电阻率有关，一般状况下，仅适宜收集 $10^5\sim 10^{10}\Omega\cdot\text{cm}$ 的颗粒物；③是结构因素，颗粒物粒子荷电量的大小与电晕放电形式有关，还与集尘极板的长度、面积、两极板间距和供电方式等有关；④是操作条件，如与工作电压等因素有关。

静电式除尘空气净化器去除空气中颗粒物的效率很高，除尘效率可高达90%以上，能够捕集小至 $0.01\sim 0.1\mu\text{m}$ 左右的微粒，压力损失小。但是需要高压电源，集尘量小，一般1~2周需将集尘装置清洗一次。依据国家标准GB 4706.45—1999《家用和类似用途电器的安全 空气净化器的特殊要求 (idt IEC 60335-2-65:1993)》中的规定，要求出风口臭氧浓度不得大于 0.1mg/m^3 。

2. 静电除尘结构

静电式除尘空气净化器主要由离子化装置、静电集尘装置、送风机和电源等部件构成。一般静电式除尘室内空气净化器，采用离子化电极和集尘电极分别设置的结构形式，也就是使用两对电极，一对用于颗粒物粒子荷电，另外一对用于捕集分离颗粒物粒子，通常称之为双级静电式空气净化器。

(1) 离子化装置 离子化装置的功能是采用正脉冲电晕放电，产生正离子，依靠高压电场，使吸入空气净化器内的悬浮颗粒物粒子迅速而有效地带正电荷。在电晕电场中使颗粒物带正电荷有两种过程：①是靠离子碰撞荷电，也称电场荷电，即在电场中，由于离子吸附于颗粒物而带颗粒物粒子荷电；②是扩散荷电，即在电场中靠离子的浓度梯度产生的扩散作用而把电荷加在颗粒物粒子上。一般对大于 0.5mm 颗粒物粒子，电场荷电起主要作用，而小于 0.2mm 则是扩散荷电起主要作用。

电晕放电的离子化装置的电极结构，有下述几种类型。

① 同轴型电极。在圆筒的中心位置拉一根金属导线作为电晕极的电极线，金属导线和圆筒组成同轴型电晕放电结构的一对电极，圆筒接地，金属导线连接电源的阳极，加正脉冲电后发生电晕放电产生正离子。结构如图15-12(a)所示。金属导线直径 $\leq 0.2\text{mm}$ 为宜。金属导线细，产生臭氧少，但是太细，强度又不够，易出现断线现象。

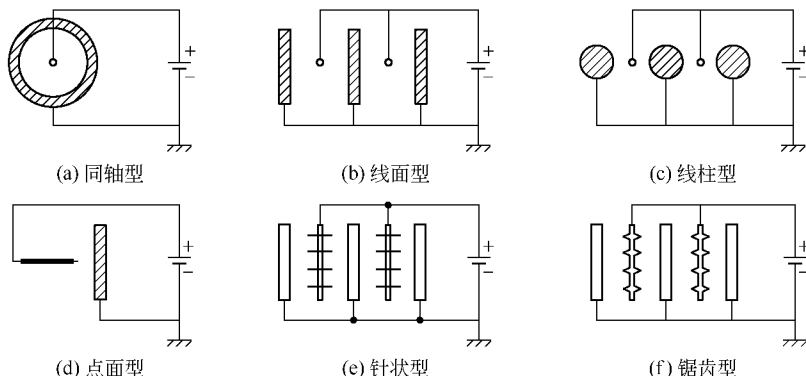


图 15-12 离子化电极结构

② 线面型电极。在两极板的中心位置拉一根金属导线作为电晕极的电极线，金属导线和极板组成线面型离子化电极。结构如图15-12(b)所示。

③ 线柱型电极。在两金属圆柱或圆筒电极的中心位置，拉一根金属导线，组成线柱型离子化电极，金属导线连接电源的阳极，圆柱接地。结构如图15-12(c)所示。金属导线与圆柱的直径之比大约1:300左右为宜。

④ 点面型电极。一根金属导线的尖端与电极板相对应并保持一定距离，组成点面型电晕放

电离子化装置。金属导线连接电源的阳极，极板接地。结构如图 15-12（d）所示。

⑤ 针状型电极。在一根金属杆或金属板上，固定一排针状金属丝作为电晕放电的电晕极（即阳极），安装在两极板的中心位置，针尖分别对着极板。结构如图 15-12（e）所示。需克服电晕放电电极断线现象。

⑥ 锯齿型电极。将一块金属板制作成为锯齿状，作为电晕放电的阳极，安装在两极板的中心位置，锯齿对着两极板，极板接地。结构如图 15-12（f）所示。

（2）静电集尘装置 在住宅、办公室和公共场所使用的家用空气净化器的静电集尘装置，采用同轴型集尘器、平板型集尘器和带状集尘器等。集尘器为自成一体的独立单元，容易拆卸，便于洗涤。一般 1~2 周需要拆卸下来洗涤一次。

① 同轴型集尘器。在圆筒的中心位置拉一根导线，金属导线和圆筒组成对电极，圆筒接地作为收集极。为了增加空气净化器的净化能力，往往将多个同轴型集尘器并列组合在一起，按蜂窝状结构组合。如图 15-13（a）所示。

② 平板型集尘器。将两个两极板组合在一起，接地极板作为收集极。如图 15-13（b）所示。

③ 带状集尘器。将两条带状组成一对电极，如图 15-13（c）所示的卷绕形状，或图 15-13（d）所示的折叠形状。

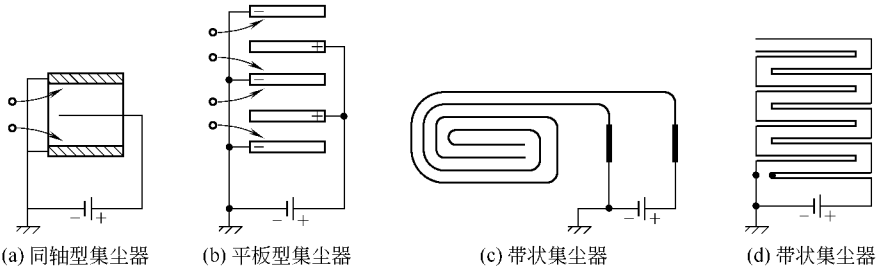


图 15-13 静电集尘装置

二、过滤式除尘空气净化器

1. 过滤除尘原理

过滤式除尘空气净化器是将空气吸引进入空气净化器，把气流中的颗粒物截留在多孔性过滤材料表面上而收集下来，使空气净化。将颗粒物截留在多孔性过滤材料表面上，主要依靠直接阻挡、惯性沉降、扩散沉降和静电吸引等作用。

（1）直接阻挡 当气流中的颗粒物粒子随着气流到达过滤材料表面时，动力学直径大于过滤材料微孔孔径的粒子就被阻挡在过滤材料表面上而收集下来。颗粒物粒子的动力学直径大、除尘效率高。

（2）惯性沉降 气流中的颗粒物粒子的惯性沉降作用，理论依据是微粒惯性撞击原理，即 Stokes 方程式：

$$stk=\frac{\rho V_0 CD^2}{18\mu d}$$

式中 stk——惯性撞击参数；

D——微粒直径；

d——喷孔直径；

V₀——气体流速；

ρ——微粒密度；

μ——气体黏度；

C——Cunningham 滑溜修正因子，在常温常压下，C=1+0.16×10⁻⁴/D。

从 Stokes 方程式来看，惯性撞击参数（stk）与微粒直径（D）的平方成正比。由于颗粒物粒径比空气分子直径要大得多，当空气流过多孔性过滤材料改变方向时，获得足够大惯性的颗粒物粒子就做惯性运动，离开气流撞击到过滤材料弯曲的孔隙中而被收集下来。

（3）扩散沉降 当空气流速比较低时，空气流过多孔性过滤材料，气流中的颗粒物粒子依靠

浓度梯度产生的扩散作用，把颗粒物扩散到浓度低的过滤材料上而被收集下来。

(4) 静电吸引 许多过滤材料带有电荷，如尼龙带正电荷、聚丙烯带负电荷，或者当颗粒物粒子带有电荷时，这些静电吸引力可提高空气净化器去除气流中颗粒物的效率。

综上所述，过滤式除尘空气净化器的除尘效率主要影响因素：①是空气参数，包括空气的温度、湿度和流量。②是颗粒物的特征，包括粒子的形状、大小、密度和浓度。③是过滤材料的特征，过滤材料的面积、厚度、微孔大小、带电状况等。由于存在惯性沉降、扩散沉降和静电吸引等作用，动力学直径远小于过滤材料微孔孔径的颗粒物粒子，也能够被收集在过滤材料上。

过滤式除尘空气净化器的特点是：除尘效率高、容尘量大、使用寿命长。一般家庭、办公室内空气中的颗粒物浓度较低，长时间运行不用更换过滤材料。

2. 过滤除尘结构

过滤式除尘空气净化器，主要由过滤集尘装置和送风机等部件构成，如图 15-14 所示。

过滤集尘装置采用无纺布、滤纸、玻璃纤维和有机合成纤维等材料制作，这些过滤材料是多孔性的，孔的结构弯曲。孔径 $5\mu\text{m}$ 多孔性纤维滤纸去除 $0.3\mu\text{m}$ 的颗粒物时，能够获得除尘效率 $\geq 95\%$ 。

过滤集尘装置有平面状、圆筒状、波纹状、蜂窝状和袋式等结构。

三、复合式除尘空气净化器

1. 除尘原理

所谓“复合式除尘空气净化器”是指静电过滤式除尘空气净化器。它是利用阳极电晕放电产生正离子，使气流中的颗粒物粒子带足够的正电荷，然后将带电颗粒物收集在具有静电和过滤作用组合的集尘装置上，如图 15-15 所示。

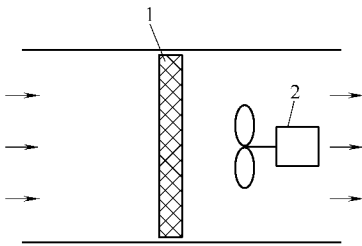


图 15-14 过滤式除尘空气净化器
1—过滤集尘装置；2—送风机

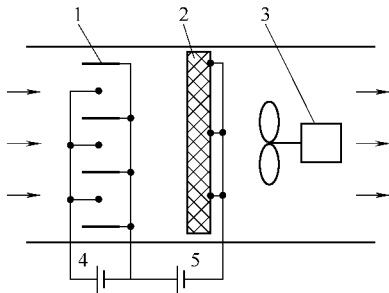


图 15-15 复合式除尘空气净化器
1—离子化装置；2—静电过滤集尘装置；3—送风机；4、5—电源

除尘效率的影响因素，不仅涉及空气参数、颗粒物的特征，还涉及过滤材料的特征、电晕放电形式和集尘器的结构等因素。

复合式除尘空气净化器利用静电与过滤协同作用收集气流中的颗粒物，具有去除空气中颗粒物的效率高、能够捕集小于 $0.01\sim 0.1\mu\text{m}$ 左右的微粒、压力损失小、容尘量大、使用寿命长的特点。

2. 净化器的结构

复合式除尘空气净化器由离子化装置、静电过滤集尘装置、送风机和电源等部件构成。采用静电式除尘空气净化器中的离子化装置，将吸入空气净化器内的空气中的悬浮颗粒物粒子荷电。静电过滤集尘装置是一个利用静电与过滤协同作用来收集气流中的颗粒物的装置，有如下几种型式。

(1) 带电滤料型 采用带电的多孔性过滤材料制作成平面状结构。当空气流过带电过滤材料时，就把气流中带正电荷的颗粒物直接收集在带电过滤材料表面上，相类似的结构还有波纹状结构带电多孔性过滤材料集尘装置等。波纹状集尘装置如图 15-16 所示。

(2) 滤料并用型 过滤材料并用的静电集尘装置，如图 15-17 所示。当空气净化器在运行的

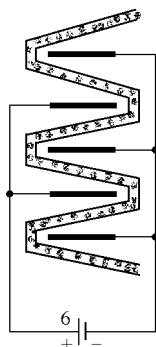


图 15-16 波纹状集尘装置

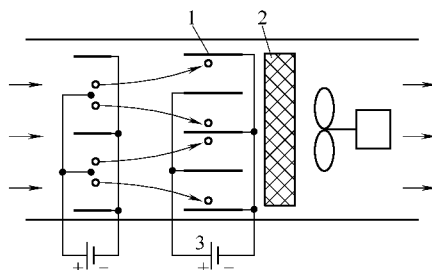


图 15-17 过滤材料并用的静电集尘装置
1—静电集尘装置；2—过滤材料集尘装置；3—电源

初始阶段，气流中带正电荷的颗粒物粒子，沉降在带负电荷的静电集尘装置的极板上。随着时间的推移，不断沉降在静电集尘装置的极板上的颗粒物粒子越来越多，相互聚集在一起，颗粒物粒径逐渐变大。这时颗粒物粒子就好像二次扬尘现象一样，离开极板，随着气流到达过滤材料上而被收集下来。颗粒物的粒径变大后，压力损失小，可延长过滤材料的使用寿命。相类似的结构，还有袋式过滤材料并用型集尘装置等。

第四节 室内环境净化治理材料与技术

室内空气净化材料是近年来适应室内环境污染市场需要发展起来的。日本的一些专家和企业从1997年开始进行研制，起步比我们早。2000年8月，《中国轻工信息》率先报道了日本研制出吸收甲醛的地板蜡的消息：新装修的屋子里常常弥漫着一股刺鼻辣眼的气味，其成分之一来自胶合板和贴墙纸用黏剂中的甲醛。这种化合物相对密度比空气大，常常积聚在地板表面上。日本Pinrei蜡公司推出了一种新的地板蜡，它可吸收甲醛并改变其化学结构。该公司于1997年开始研究吸收甲醛的产品，最终发明了一种称为AHP的丙烯酸树脂，原考虑用于空气清新剂中，但最后发现把它与地板蜡混合效果更佳。

“用一块海绵把这种地板蜡涂在地板表面，以后无需擦去。其功效可维持6个月之久。”同时，日本专家还研制出了一些消除室内环境中甲醛的其他产品。2000年后室内环境净化材料发展速度却很快，日本的一些产品陆续进入我国市场，国内的一些专家、企业、检测单位也纷纷开展研制工作。在短短的几年里，开发出了空气清新剂、异味清除剂、甲醛捕捉剂、苯清除剂等多种产品。目前，各种新型的光触媒、冷触媒材料成为新产品开发的热点，不断有新产品投入市场，成为我国目前室内环境污染治理的主要产品。

一、室内环境净化材料的类别

目前我国市场上的室内空气净化材料名目繁多，按照净化材料的净化原理和所用材料来区分，基本上可以分为物理类净化材料、化学类净化材料和生物类净化材料三大类。物理类净化材料包括采用活性炭、硅胶和分子筛进行过滤、吸附的净化材料；化学类净化材料主要指采用氧化、还原、中和、离子交换、光催化等技术生产的净化材料；生物类净化材料包括用微生物、酶进行生物氧化、分解的净化材料。各类净化材料的作用和特点见表15-3。

表 15-3 各类净化材料的作用和特点

净化材料类型	作用	特点	代表产品
物理类	过滤、吸附	使用安全、简便，但效果较慢	吸附宝
化学类	络合、氧化分解	见效快，但使用时应注意安全	甲醛消除剂、光触媒
生物类	生物氧化、分解	安全，不会造成二次污染，使用有条件	酶可邦

在净化材料物理类中的活性炭、化学类中的光触媒、生物类中的生物酶，使用最为普遍，也最具代表性，下面我们分别进行介绍。

按照净化材料的使用方法来区分，我们可以把目前我国市场上的室内环境净化材料大致分为以下七种形式：

1. 封闭型材料

要求产品具有超强的渗透能力和封闭能力，一方面渗透到板材中聚合醛类物质；一方面在任何材料表面形成一层具有一定硬度和耐候性的膜，能对刷剂不能渗透到或无法治理的部分起到强大的封闭作用。耐候性强是其一大特点，采用天然材料聚合，无毒、无污染，可在板材表面形成一层坚固的薄膜，原液渗透进去中和甲醛，阻挡板材中剩余的游离甲醛向空气中释放。

2. 熏蒸型材料

产品是由承载液、反应液和激发剂组成的。激发剂激发承载液的挥发，载着反应液渗透到室内的每一个角落，几乎能和所有的有机挥发物等各类有害气体反应。使用时将该除味剂稀释后分装在容器内，置于封闭的空间里使用，2~4 天后再通风，即可消除各种异味，包括氨、苯、甲醛等有机挥发物。其渗透力相当强，可直达其他产品不易治理的地方，直接消除污染源和挥发在空气中的各种有机挥发物，达到全面的标本兼治效果。产品在使用时会产生刺激性气味，在该封闭空间内不要久驻。另外该产品最好在入住前使用，入住后主要在家具内使用，使用时要关闭柜门和抽屉，而房间门和窗户要打开。

3. 雾态喷剂型材料

这类产品是配合高效无毒的天然试剂直接分解空气中的各类有害气体和异味，生成无毒无害的物质。在室内空间使用此类产品后，可有针对性的祛除装修后装修材料及建筑本身所产生的甲醛、苯、氨气等有毒气体，并对居家产生的异味，如烟酒味、霉味、臭味等刺激性气味有全面消除作用。该喷剂使用方便一喷即可，特别适用于通风差的场所（酒吧、歌舞厅、咖啡厅、饭店等）的日常净化处理。

4. 薰香型材料

该产品采用纯天然精油配合温和的燃烧剂和负氧剂，使用特制的燃烧器皿。特定设备和天然萃取原料，通过 500℃ 高温产生含负离子的芳香气体，以消除空气中的各种有机挥发物、细菌、螨虫、二手烟等对人体的危害，达到净化空气、美化环境的目的，使人心情愉快、提神醒脑、强健心智。

5. 液态刷剂喷剂型材料

这类产品利用具有较强渗透能力的物质作为承载体，将能够使甲醛稳定的有机物输送至板材中，使不稳定的醛类聚合物稳定下来以达到中和的目的。使用时将中和型喷刷剂直接喷刷在家具中裸露的板材表面，直接渗透进入板材内部，主动捕捉中和板材中的游离甲醛，具有强大的消除甲醛能力。

6. 固体吸附型材料

以活性炭和分子筛为主要材料，此类产品具有无毒、无味、无腐蚀、无公害的特点。由于所用材料的孔径与空气中异味有极强的亲和力，纯物理吸附，无化学反应。放入需要净化的房间、家具、橱柜中或者冰箱内，能驱除家庭、办公室、新购置家具带来的有害气体和异味。

7. 涂料添加型材料

目前一些专家和企业研制开发了一种具有净化功能的涂料添加剂，如市场上销售的各种涂料伴侣、离子宝等。这类添加剂适用于水性涂料和内墙乳胶漆，可用于家庭、宾馆、学校、会议室、医院以及娱乐场所等地的内墙，将其添加在内墙乳胶漆中涂刷，即能有效祛除家庭装饰材料、家具中释放的甲醛、苯类、氨等有毒有害气体，以治理由于装饰装修而造成室内空气污染的问题。据介绍，它不仅可有效地祛除室内空气中最为有害的苯、甲醛、氨等毒性气体，而且还可祛除由于吸烟、烹调、空调环境等造成的各种异味。此类产品具有使用方便的特点，可以在涂料的生产过程中添加，也可以直接添加到市场上出售的成品涂料中，只需搅拌均匀即可。选择此类产品要注意对涂料本身的物理和化学性能不应有任何影响。

二、活性炭

1. 活性炭的吸附原理

在其颗粒表面形成一层平衡的表面浓度，再把有机物质杂质吸附到活性炭颗粒内，使用初期的吸附效果很高，但时间一长，活性炭的吸附能力会不同程度地减弱，吸附效果也随之下降。

活性炭是具有发达孔隙结构、比表面积大和吸附能力强的炭。每克活性炭的总表面积可达 1500m^2 以上。但活性炭颗粒的大小对吸附能力也有影响，一般来说，活性炭颗粒越小，过滤面积就越大。所以，粉末状的活性炭总面积最大，吸附效果最佳，但粉末状的活性炭应用范围较窄。颗粒状的活性炭的吸附能力强，因颗粒不易流动、更换方便，因此使用范围更广。

活性炭的种类很多，按原料不同可分为植物原料炭、煤质炭、石油质炭、骨炭、血炭等；按制造方法可分为气体活化法炭，即物理活化法炭；化学活化法炭，即化学药品活化法炭；化学-物理法活性炭；按外观形状可分为粉状活性炭、不定型颗粒活性炭、定型颗粒活性炭、球形炭、纤维状炭、织物状炭等；按用途可分为气相吸附炭、液相吸附炭等。

活性炭具有吸附性能、催化性能，它不溶于水和其他溶剂，具有物理和化学上的稳定性。除了高温下同臭氧、氯、重铬酸盐等强氧化剂反应外，在实际使用条件下都极为稳定。由于活性炭作为吸附剂的优异特性，所以用途非常广泛。

2. 活性炭的特点

活性炭与其他吸附剂如硅胶、沸石、活性白土等相比较，具有许多特点。

① 有较发达的孔隙结构，比表面积大。

② 活性炭具有的表面化学性质、孔径分布和孔隙形状不同，是活性炭具有选择性吸附的主要原因。

③ 催化性质。活性炭作为接触催化剂用于各种异构化、聚合、氧化和卤化反应中。它的催化活性是由于炭的表面和表面化合物以及灰分等的作用。

④ 化学性质稳定、容易再生。

三、光触媒

1. 光触媒的特点

① 杀菌、防霉的特点。光触媒表面的氢氧自由基能破坏细胞膜使细胞质流失，从而造成细菌死亡和抑制病毒的活性，故能杀灭各种细菌、病毒，有效分解霉菌。

② 除臭的特点。通过氢氧自由基分解空气中的有机气体，可除去空气中的臭味。

③ 净化空气的特点。对空气中的甲醛、苯、氨及其他挥发性有机化合物有强大的氧化分解作用，使之变为二氧化碳和水，从而达到净化空气的效果。另外，光触媒还能释放负氧离子，还人们一个真正绿色的生存环境。

④ 亲水防污的特点。由于光触媒涂层的高亲水性，可形成防雾涂层，同时由于其强大的氧化作用，可氧化掉表面的油污，保持自身清洁。

⑤ 防紫外线的特点。二氧化钛光触媒具有吸收紫外线的特性，可使被涂面免遭紫外线的老化作用，大大延长被涂面的使用寿命。

2. 光触媒的优点

① 安全。常温条件下就可反应、能耗小、不易着火。最终产物是二氧化碳和水等无机小分子，对人体无害。但张敬畅教授告诉我们，由于二氧化钛的强氧化性，可能会对针织饰物、油漆家具表面产生一些破坏，消费者在使用光触媒时，应该多了解这方面的知识。

② 彻底。光触媒分解空气中各种有害有机物，解决了传统空气净化方法存在的二次污染问题。

③ 高效。光触媒虽然在分解空气中的各种有害物质的速度上不尽相同，但可最终将其全部消灭。

④ 持久。因为二氧化钛很稳定，只起催化作用，本身不损失，所以从理论上讲光触媒可以永远发挥作用。但专家强调在现实应用上还存在条件问题，其使用寿命长短跟两个因素直接相关：一是灰尘，我们可以通过定期清洗、风吹的办法来处理；二是空气中的某些气体如 SO_2 可能被氧化成硫酸根离子，从而影响光触媒的使用寿命和效果。

3. 光触媒的缺点

光照条件的限制、反应速度相对较慢、生产成本低、市场价格比较昂贵、产品加工工艺还不算成熟。另外，近年来一些专家对光触媒的安全性提出疑问，有待于进行深入的研究。

4. 目前光触媒产品的种类

目前光触媒产品的种类可大致分为两类。

(1) 主动净化产品 光触媒空气净化机(家用、商用)、汽车专用空气净化器等。

(2) 被动净化产品 各种品牌的光触媒喷剂、光触媒饰物、自洁净玻璃、光触媒陶瓷、光触媒地砖等。

光触媒被动净化产品的净化效果并不十分理想,因为光触媒的催化作用发挥得如何跟风速有很大的关系。二氧化钛涂层只能分解与其表面接触的有机物,若气体流动过快,接触时间过短,产生效果甚微;但若气体流动过慢,还不如利用经常的通风换气改善室内空气质量来得快。而主动净化产品可以通过人为地控制风速来调整光触媒的净化效果。

目前市场上利用光触媒喷涂剂治理室内空气污染主要有几种途径,包括室内各个角落的光触媒处理、室内墙壁光触媒涂层、房间玻璃上的光触媒涂层等。但无论经过了怎样的光触媒处理,都必须在紫外线的照射下才能够达到净化空气的目的。

居室中的光照量直接决定了其是否适合,以及适合哪种光触媒空气净化方案。诸如房间中的窗户很小而且是里外双层,玻璃是防紫外线的,房间背阴或者有密封阳台阻隔室内采光等问题的,都不适合作光触媒处理。只有室内采光时间长,而且光照强度相对较大的长期密闭房间才比较适合。所以我们首先要对自己的住所有个明确的了解。

两种房间不适合做光触媒处理:一种是在采光方面不符合要求的;一种是经常开窗通风的房间也没有必要。

不需要将房间中所有物品的表面都做光触媒处理。一方面家里的不同物品由于其特定的摆放位置决定了在接受光照时的不同待遇,有些做了处理不但没什么效果,而且还浪费了大量金钱;另一方面由于二氧化钛的强氧化性可能损坏针织品、家具,所以喷涂在玻璃、陶瓷、石灰墙表面没有问题,但若喷涂在壁纸等物品上就应该小心些。

光触媒喷涂在玻璃上的效果相对好些,因为它得到的光照最多。室内的空气是流动的,空气慢慢接触二氧化钛的表面而逐渐被净化,最终完成净化空气的任务。

四、生物酶

迄今为止已知的环境污染物达十万之多,其中大量的是有机物。所有的有机污染物,可根据微生物对它们的降解性,分成可生物降解、难生物降解和不可生物降解三大类。

作为一个整体,微生物分解有机物的能力是惊人的。可以说,凡自然界存在的有机物,几乎都能被微生物所分解。半个世纪以来,人工合成的有机物大量问世,有些具有很好的化学稳定性。因此,微生物一接触这些陌生的物质,开始时难以降解也是不足为怪的。但由于微生物具有极多样的代谢型和很强的变异性,变异后的微生物一部分消亡,一部分将适应新的环境,使那些难降解的有机物得到降解,因此通过驯化和特选,可以找到能降解这些人工合成有机物的微生物,利用它们来净化我们的环境。

1. 微生物处理污染具有以下几个主要特性:

① 具有很强的吸附能力。微生物进入被污染的环境后,由于形体微小、表面积大,从而可以大量吸附有机物。

② 具有很强的分解、氧化有机物的能力。

③ 适用范围广。由于微生物具有代谢类型多样和生长繁殖快、易变异等特性,使许多种被污染的环境能用生物方法来净化,并且进一步开发利用的潜力还相当大。

2. 酶的特点

酶的来源是活细胞产生的,它的化学本质是一种特殊蛋白质。最主要的是酶具有催化作用的功能,但这一功能需要适宜的温度才能很好地发挥。酶的催化活性除了受温度的影响外,还受到酸碱度等条件的影响。酶作为生物催化剂,除了具有上述一般催化剂的性质外,还具有以下重要特性:

(1) 具有高效性 催化反应的速度比一般的无机催化剂高 10^7 倍左右,有的酶催化反应速度极快,如碳酸酐酶催化二氧化碳与水合成碳酸的反应是已知最快的酶催化反应之一。每一个酶分子在 $1s$ 内可以使 10^5 个二氧化碳分子发生水合反应。

(2) 具有专一性 一种酶只能作用于某一类或某一种特定的物质使其发生反应。如麦芽糖酶

只能催化麦芽糖分解成葡萄糖，胃蛋白酶只能催化食物中蛋白质的分解。

(3) 酶的种类具有多样性 酶的种类繁多，目前已知的约有 2 千多种。正是由于酶对反应的专一性，成千上万的化学反应就需要许多的酶分别在各自代谢途径的特定位置上发挥作用，保证新陈代谢有条不紊地进行。

每一种酶都具有高效性和专一性，从酶的家族整体上看呈现出多样性。但酶都是在活细胞的核糖体上合成的，并且酶的基本组成单位都是氨基酸。

3. 生物酶是微生物和酶的有机结合

生物酶就是将微生物，针对不同的用途，经过优选、驯化并进行提取，并有针对性地添加了酶制剂以及营养物质和矿物质的一种生物工程复合产品。由于酶的加入，极大地提高了产品的性能。酶所起的两个关键作用就是：酶本身对有机物就有极大的降解能力；酶还是一种能力巨大的生物化学催化剂。

生物酶产品有许多是制剂，当按一定比例遇水稀释后，生物活性被激活。产品经喷雾器喷洒成雾状液滴，均匀地分布在污染物的表面，一方面由于特选生物菌和酶的结合，有益菌群数量呈指数级增长，庞大的微生物菌及酶会极快的降解和分解掉有机物；另一方面还可加入营养物质和矿物盐，这样就能够帮助和维持微生物的营养平衡，使微生物一进入治理系统，就能有一个良好的生存环境，使其在治理系统中始终保持旺盛的活力。

生物酶用于室内环境污染的净化治理，具有以下的特点：

(1) 无二次污染 生物酶产品所含特选微生物以污染物中的有机营养物质为食物，当污染物得到净化后，这些微生物会随着污染物的降低而逐渐减少直至消亡，转化成为无害的二氧化碳、水等简单化合物，不会造成任何二次污染。使用生物酶产品，可以较迅速的去除臭味，降解有机物。

(2) 适应范围广泛 生物酶通过微生物和酶的结合，增加了微生物对环境的适应性，使其适应温度和 pH 值的范围较原来有所扩大。同时，在低氧的环境中也能较好的发挥作用。

(3) 使用简便 生物酶产品一般情况下用稀释剂稀释后便可以直接喷洒，操作使用简便。

(4) 治理成本低 生物酶产品一般不用额外购买庞大设备，综合治理成本和动态投资成本较低，而治理效果较显著，具有标本兼治的特点。

(5) 纯绿色环保产品 生物酶产品采用天然菌种和酶复合而成，不含任何化学药品或转基因产品成分，无毒、无腐蚀性，更无污染性，代表着生物环保产业发展的未来方向。

使用生物酶进行室内环境的净化治理，既可以有效降解对人体有害的有机物（甲醛、苯等），又可以起到抑菌的作用，一般也不会造成二次污染。所以生物酶不仅可以用于居民家里，还可用于医院、宾馆、饭店、学校等公共场所。

五、甲醛消除剂

1. 甲醛消除剂的分类

近两年来，由于甲醛对人体的危害日渐被消费者关注和重视，于是甲醛消除剂便应运而生。目前市面上的甲醛消除剂消除室内环境和人造板中的甲醛原理有三类：

① 采用化学物质和甲醛进行化学反应，达到消除甲醛的目的，但质量低劣的产品有可能在使用以后生成新的有毒物质，形成二次污染。

② 在不改变化学成分的基础上吸收甲醛，降低空气中的甲醛含量，但这样的方式治标不治本，甲醛容易再一次释放出来。

③ 采用溶剂物质喷涂到装饰材料上形成致密保护膜以后，使甲醛、苯类等有害物质不能挥发出来，尽管这种方式不能消灭甲醛，但它却是最有效的方法。因此，消费者在选购时一定要认真阅读产品说明书。

2. 甲醛消除剂的主要用途

① 用于消除胶合板、中密度板、大芯板、刨花板等人造板材中的游离甲醛。

② 消除装修后家具、衣柜、复合地板、汽车衬垫、地毯等中的游离甲醛。

③ 对已装修装饰的居室，喷雾在空气中，消除室内空气中的游离甲醛，净化装修后的室内空气。

3. 甲醛消除剂的使用方法与注意事项

购买的甲醛消除剂最好是能把甲醛彻底分解的产品，而不是仅有吸收功能，最好还具有形成致密保护膜的功能。选择的消除剂最好是无色或浅色，以免使用后在家具、板材上留下痕迹。购买时一定要看清它是否通过国家有关部门的质量检测。使用甲醛消除剂最好在装修之初，这样的效果比装修完毕以后再使用好得多。



思考题

1. 简述去除气体污染物的四种主要方法原理和特点。
2. 简述静电式和过滤式空气净化器的原理依据，影响去尘效率的因素。
3. 物质能够发生光催化反应的两个必要条件， TiO_2 光催化原理。
4. 洁净空气量、去除率和净化效率性能指标的定义及其主要特点。
5. 在 30m^3 试验室内，测试一台空气净化器去除香烟烟雾的性能，自然衰减常数 k_n 和总衰减常数 k_e 分别为 -0.00258min^{-1} 和 -0.10358min^{-1} ，试求出这台空气净化器去除香烟烟雾的洁净空气量是多少 m^3/min （取小数点后一位）？可适用于多大 m^2 的房间（按洁净空气量为 $1.5\text{m}^3/\text{min}$ 时，可用于 10m^2 房间计算）？

参考文献

- 1 大迫政浩. 室内居住环境における防脱臭法适用上の留意点. 臭気の研究, 1999, 30 (2): 91
- 2 齐藤纯夫. 抗菌制品における抗菌剤と塗料の評価基準について. 塗装技术, 1998, 11: 55
- 3 Chang CY, Tsai WT, Cheng L et al. Catalytic decomposition of ozone in air. J Environ Sci Health, 1997, A32 (6): 1837
- 4 井木则和他. ハニカム担持酸化チタン光触媒による室内有机ガス状汚染物質の除去. 空气清浄, 1998, 36 (4): 267
- 5 安保正一他. イオン注入による酸化チタン光触媒の可视光化. 表面科学, 1999, 20 (2): 60
- 6 M'endez-Rom'an R, Cardona-Mart'inez N. Relationship between the formation of surface species and catalyst deactivation during the gas-phase photocatalytic oxidation of toluene. Catal Today, 1998, 40: 353
- 7 Muradov NZ, T-Raissi A, Muzzey D, et al. Selective photocatalytic destruction of airborne VOCs. Solar Energy, 1996, 56 (5): 445
- 8 中国室内装饰协会室内环境监测工作委员会编. 室内环境污染治理技术与应用. 北京: 机械工业出版社, 2005

第十六章

植物与室内环境污染净化

植物是地球生物圈中的唯一生产者，万物生命与循环都依赖植物的存在与丰富。建筑是人类生存的居所，拥有一个良好的生态环境，是人类拥有一个安全、健康、优美之家的前提条件。无论是人类祖先的穴居、巢居，还是现代人的生态建筑、绿色建筑都无一例外的与生态系统以及植物环境发生着密切的联系。植物可以让城市呼吸、让建筑呼吸、让居住者拥有舒适的呼吸；植物可以把空气净化得清新；植物可以为建筑提供天然的避风遮阳能力；植物可以帮助人们分解、吸收环境中的有害物质。通过植物系统降噪、除尘、杀菌、放氧、固氮等生物功能，可以为我们净化生存环境，为建筑提供良好的新风供给条件；通过植物的固土、保水、过滤、蒸腾作用，可以起到降低扬尘、净化和调节空气湿度的作用。

第一节 植物对空气污染物浓度的监测功能

这是发生在北京的一个室内环境污染案例：周一早晨，在北京市宣武门的某高档写字楼里办公的一家公司的员工们兴冲冲的走进新装修的办公室，可是一打开办公室的门，大家被眼前的景象惊呆了，只见 300m² 的办公室里，周末下班时还枝繁叶茂的各种花木叶子全部枯萎，就连员工们自己案头的插花也不例外。一时间，大家议论纷纷，联想到搬进新装修的办公室一周来，大家都感到室内气味异常，一些员工甚至出现了呼吸刺激、胸闷气短和头昏脑涨等症状，一个个忧心忡忡，公司领导急忙找到了中国室内装饰协会室内环境监测中心，及时沟通了情况。监测中心对该公司的办公室室内空气进行检测，真是不测不知道，一测吓一跳。所检测的室内空气 5 个项目中，有 3 个项目不符合国家有关标准，其中甲醛超过国家标准 8 倍！

室内环境监测中心根据多年来进行室内环境检测和治理的实践，归纳和总结出了室内环境污染造成危害的 12 种主要表现。

- ① 每天清晨起床时，感到憋闷、恶心、甚至头晕目眩。
- ② 家里人经常容易患感冒。
- ③ 虽然不吸烟，也很少接触吸烟环境，但是经常感到嗓子不舒服、有异物感、呼吸不畅。
- ④ 家里小孩常咳嗽、打喷嚏、免疫力下降，新装修的房子孩子不愿意回家。
- ⑤ 家人常有皮肤过敏等毛病，而且是群发性的。
- ⑥ 家人共有一种疾病，而且离开这个环境后，症状就有明显变化和好转。
- ⑦ 新婚夫妇长时间不怀孕，查不出原因。
- ⑧ 孕妇在正常怀孕情况下发现胎儿畸形。
- ⑨ 新搬家或者新装修后，室内植物不易成活，叶子容易发黄、枯萎，特别是一些生命力最强的植物也难以正常生长。
- ⑩ 新搬家后，家养的宠物猫、狗甚至热带鱼莫名其妙的死掉，而且邻居家也是这样。
- ⑪ 一上班就感觉喉疼、呼吸道发干，时间长了脑袋蒙，容易疲劳，下班后就没有上述问题。而且同楼其他工作人员也有这种感觉。

⑫ 新装修的家庭和写字楼的房间或者新买的家具具有刺眼、刺鼻等刺激性异味，而且超过一年仍然气味不散。

其中的第九条就是在总结了一些室内环境污染案件提出的，发现室内绿化不仅有美化室内环境的功能，而且具有一定程度的监测室内空气质量的功能。实际上，植物监测污染物的功能首先是从室外空气污染发现的。

一、空气污染对植物生长的负面影响

植物是生物圈生态系统的重要成员，为了生存，植物需要不断地从环境中吸收所需要的水分和矿物质，与空气进行大量的气体交换，以吸收二氧化碳和放出氧气与蒸腾出水分。空气污染物使植物赖以生存的环境起了广泛而又复杂的变化，存在于空气中的可溶性化合物（可溶性气态和固态污染物）污染通过干、湿沉降于植物表面，然后通过渗透、扩散为植物细胞所吸收。空气中的气态物则在植物产生气体交换时扩散入植物体内，在细胞表面溶解而被吸收。污染物可在植物体内逐渐积累，当达到一定浓度后将对植物产生有害影响，甚至引起植物死亡。另外，由于植物对污染物的富集作用使污染物进入动物食物链的浓度大大提高，对人类和动物产生更大的危害，从而使空气污染物的生态影响更为复杂。

同时，植物同动物、人类一样，是生活的有机体，不断与外界环境进行新陈代谢活动，与外界环境构成一个不可分割的整体。外界任何因子，包括有害气体的变化都会对植物产生影响，这些影响会在植物各个部位以各种形式反映出来，而且植物对某些因子的反映比人更敏锐。如二氧化硫要达到 $(1\sim5)\times10^{-6}$ 时人才能闻到味道， $(10\sim20)\times10^{-6}$ 时才引起咳嗽、流泪，然而对紫花苜蓿其浓度只要超过 0.3×10^{-6} ，接触一定时期就会产生受害症状。贴梗海棠在 0.5×10^{-6} 的臭氧下暴露半小时就会有伤害反应。有些植物对氟更敏感，只要 0.0001×10^{-6} 浓度就可引起伤害症状。香石竹、番茄在浓度为 $(0.05\sim0.1)\times10^{-6}$ 的乙烯下几小时，花萼就会发生异常现象。

1. 污染物影响植物的症状

由于植物具有以上特点，我们可以根据植物的反应或污染的累积情况，发现有何种污染物存在，甚至还能估测出污染物的数量和污染范围。由于不同污染物危害的机理不同，出现不同的典型症状，因而可以根据症状来鉴别污染物的种类。近年来，国外已经出版了多种症状彩色图谱，我国也已出版《大气污染植物症状彩色图谱》。下面简述其中一些和室内环境指标有关污染物的植物症状。

（1）二氧化硫危害的叶部症状

① 阔叶植物的叶缘和叶脉间出现不规则的坏死小班，叶子变成白色到淡黄色，以及出现不同程度的缺失叶绿素症，叶面呈现花斑状。低浓度时表现为细胞受损，但不发生组织坏死。长时间作用时，老叶表现缺失叶绿素，但随植物不同而有差异。

② 禾本科植物中肋两侧出现不规则坏死，呈淡棕色到白色，尖端易受影响，通常不表现出缺失叶绿素症状。

③ 针叶树的针叶顶端坏死，相邻组织缺失叶绿素，有时在针叶中部出现棕色坏死的环带。

（2）臭氧危害的叶部症状

① 阔叶植物叶片出现下陷的不规则小点或小班，小点可呈红棕色，小班往往褪成白色。随受害加重，密集的小斑可连成较大的斑点，慢性中毒老叶可出现缺绿。

② 禾本科植物叶的最初坏死斑不连接，随后可发展成较大的坏死区。

③ 针叶树针叶顶部发生棕色枯尖，与二氧化硫危害相似，但棕色与绿色组织分布不规则。

（3）氟化物危害的叶部症状

① 阔叶植物叶尖和叶缘发生坏死，偶尔在叶脉间产生小班，在死组织和活组织间分界明显，常具有窄的暗棕色带。有时在靠坏死组织边有窄而轻微缺绿带。有的植物坏死组织很易与其他组织脱离，形成类似昆虫啃食的叶子。

② 禾本科植物出现棕色的坏死叶尖，与健康组织间也有棕色带。

③ 针叶树针叶出现棕色坏死的叶尖，严重时整个叶片都可坏死。

2. 植物对污染物的抗性

我们将一些植物对环境污染物的感知程度分为敏感、中等和抗性三类。敏感是指这类植物在较低的浓度下即出现严重的可见症状或不能存活；中等是在低浓度情况通常不出现可见症状，在

稍高的浓度出现可见症状；抗性是指在较高的浓度下，不出现可见症状或只出现轻度的可见症状。

二、植物监测法在空气污染物监测方面的应用

1. 植物监测法的优点

利用植物监测法监测环境空气污染同化学、理化仪器监测相比有一些特有的优点。

(1) 省钱、省人力 采用化学分析或仪器测定都要购置必要的分析器皿、仪器和药品。有些精密仪器特别耗费资金，如一台臭氧测定仪大约需要 5000 美元，买一台二氧化硫监测仪至少也需要相同的资金。有的监测仪器更昂贵，而且维修和保养还要花钱，同时还要有一批专业操作人员。如果监测点达几十、几百或更多，那就需要组织几百甚至上千人员参加工作，而植物监测只需要一些敏感植物就成了。如果监测植物是监测区内的现存植物，则根本不花钱。所需人员也不多，只要有交通工具，少数几人到监测点去观察、记录或收集样品，短期内就能完成几十、几百甚至更多人员的工作。分析样品也不受时间的限制。

(2) 方法简便、容易掌握 如果对植物伤害症状做监测指标，只需在监测点上种植或放置一些监测植物，然后监测人员对着监测图谱，检查确定污染物的种类就成了，不像仪器分析要求监测人员必须具有一定的数理化基础，要经过严格的专业培训，方能进行监测。

(3) 个别植物对特定污染物的监测灵敏度高 如雪松与浓度为 0.19×10^{-6} 的氟化氢接触 1.5h，新梢的受害面积可达 55%。更有甚者，一种名叫白雪公主的唐菖蒲品种，在 0.01×10^{-6} 浓度的氧化氢下 20h 就会出现症状，现在最精密的监测仪器都还达不到这样的监测水平。

(4) 能够综合评价环境空气质量 环境问题是极其复杂的问题，它与生物、人类共同组成一个复杂的生态系统。大气污染物并不是简单地存在于生态系统中，如果有多种污染物，问题就变得更为复杂，每种污染物并不都是各自单独起作用，有的可能是协同作用，有的可能起抵抗作用，都不大可能是每种污染物简单地加减关系，理化仪器常常反映不出这些复杂的综合效应，而植物却能反映出大气环境的实际质量状况。

(5) 具有监测的多功能性 一般理化方法专一性较强，如测定臭氧的仪器就不能测氧化物、测二氧化硫的就不能测定乙烯。但有些植物通过不同的症状反应能分别监测出多种污染物。如植物受二氧化硫污染时，叶片脉间区出现漂白或退色斑点；受氟化物污染时植物叶的伤害处在叶尖和叶缘，并且在正常组织与受伤组织之间出现一条明显的分界线；过氧乙酰硝酸酯（PAN）则使植物叶背发釉光或显古铜色。

(6) 能连续进行监测 反映一个地区受污染的累积量和受污染的历史状况，这点是任何理化监测方法难以取代的最大优点。因为植物生长在环境中，日夜都在接受环境的作用，对空气污染就像一个不下岗位的监测哨兵，忠实记录污染的全过程和承受污染的累积量。而理化仪器监测是非连续性的瞬间监测。事实证明，植物连续监测低水平污染的效果比非连续性仪器监测的结果要准确。

2. 植物监测法的局限性

用植物来做空气污染的监测器也有它的局限性和缺陷，主要有以下几点。

(1) 外界各种因子容易影响植物的监测性能 如斑豆暴露在臭氧下，当光强度为 2600m 烛光时，受伤面积为 89%；光强度为 100m 烛光时，受伤面积为 10%；低浓度的 SO_2 在有露、雾或小雨时比干燥时易受伤害；给葡萄施正常肥料时不易受氟化氢伤害，但额外增加微量元素硼时则会出现严重的氟化氢伤害症状。

(2) 受植物体生物状况的影响 植物体的健康状况、所处发育时期都会影响对污染的反应能力，如健康的植物易受污染，有病害的植物受害较轻；植物略微萎蔫时比正常时不易为二氧化硫所伤害；气孔开放与关闭也影响植物的敏感性，故白天上午 10 时至下午 2 时之间和晚上气孔关闭时，植物对污染反应不敏感；幼龄植物抵抗力强，中龄植物易受伤害；水稻在抽穗、扬花、灌浆时期对污染反应最敏感，危害最大，而老熟时期敏感性下降；植物在夏天最不敏感，到秋天最敏感。

(3) 易与其他伤害的症状相混淆 干热风、霜冻、无机盐缺乏、病虫害等都能引起植物体的伤害，而且有些还类似于大气污染引起的症状。如干热风引起谷类作物顶端发白；霜冻或无机盐缺乏、类似于二氧化硫的伤害症状；病毒引起的症状相似于臭氧引起的症状；低浓度的除草剂与

氟化物效应一样，都能引起植物落叶、矮态、卷转、僵直和扭曲。

(4) 同仪器监测相比较 不能像理化仪器那样迅速做出反应，在较短的时间内就能获得监测结果；也不能像仪器监测出大气中污染物的含量，它反映的只是各个监测点的相对污染水平。

以上这些缺陷还是可以通过监测植物的规范化、监测条件的严格控制或辅之以一定装置、编制准确精美的标准图谱和监测人员技术的熟练等来加以弥补。总之，植物监测技术利大于弊，不失为一种监测大气污染的重要手段，同时也值得在室内环境污染物的监测控制方面推荐推广。

3. 植物监测器的选择标准

不是任何一种植物都能作为监测用的指示植物，而是有一定要求。

(1) 必须是对空气污染敏感的植物 大自然中植物种类繁多，不同植物甚至同种植物不同品种对各类气体的反应都不一样，就是同种植物对不同气体的反应也不一样。如唐菖蒲雪青色花品种被氟化氢气熏 40 天，会有 60% 的叶片叶尖出现 1~1.5cm 长的伤斑，吸氟量比对照增加 5.25×10^{-6} ；而粉红色花品种则是大部分叶片受伤，叶尖出现 5~15cm 长的伤斑，吸氟量增加 118.00×10^{-6} 。唐菖蒲对氟化物无疑非常敏感，但对 SO_2 则有较强的抗性，可是紫花苜蓿刚好相反。为此选择监测植物一定要根据监测对象，挑选相应的敏感植物。

(2) 必须是健壮的植株 只有健壮植物体上出现的伤害症状或生长受阻才能令人信服。如果植物体本身就长势很弱，叶片上有病斑或有虫害痕迹，就很难说清大气污染的影响效果。故此要求选择做监测器用的植物个体一定要发育正常、健壮、叶无斑痕，植株间较为均匀一致。

(3) 应该为常见品种 保证有足够种子或繁殖体来源，并在正常栽培条件下容易种植和管理；要求生长季节较长，不断发出新叶，保证监测器有较长的使用期。如果选用自然生长的植物来作活的聚集器，更要用常见植物，否则满足不了大面积监测的布点。如我国选择的行道树杨树、悬铃木等以及在南方用水稻来监测氟污染就很符合这项要求。

(4) 监测水平应该较高并且最好选用无性系植物 因为无性系植物各植株间在遗传性上差异甚小，较能使不同监测器在各个监测位置上获得较为一致的监测结果。有的人采用杨树等无性系来监测臭氧获得了较好的效果。

(5) 尽量选择除监测功能外兼有其他功能的植物可一举多得如有经济价值、有绿化或观赏价值等。

(6) 一些常用的具有监测空气污染的植物 唐菖蒲、玉簪可监测空气中的氟化物含量；秋海棠可监测空气中的二氧化硫含量；贴梗海棠、牡丹可监测空气中臭氧含量；兰花、玫瑰可监测空气中的乙烯含量；千日红、大波斯菊可监测空气中的氯化物的含量。

第二节 植物与室内环境污染净化治理

一、植物对空气及人体的有益功能

1. 植物对人体的有益功能

大自然中的植物，主要靠光合作用存在，而复杂的光合作用让植物体内产生了一连串的生化反应，这种生化反应除了养活植物外，也让植物产生许多抵御外侵的药用化合物，其中有配糖体、生物碱、芳香油、酚类、有机酸，可以抗病毒、驱虫、防腐。

2. 植物具有吸收空气中的污染物的功能

植物在进行光合作用时可以吸收二氧化碳早已为人所知，但除此之外，许多植物还有吸收其他含碳物质的作用，其中包括对人体有害的挥发性有机化合物，利用植物的生物特性吸收空气中的污染物应该是个非常好的选择。中国室内装饰协会室内环境监测中心发现，某些观赏植物不但能够美化居室，而且能够净化室内空气。监测人员曾经在 1.5m^3 的环境舱里进行甲醛净化效果的实验，结果发现 48h 以后，与对比舱的甲醛浓度相差 4 倍。研究发现，如在室内每 10m^2 放置一盆 1.2~1.5m 高的有生命的绿色植物，就能有效地吸附二氧化碳、一氧化碳、甲醛、苯等有害气体，有利于身体健康。

同时，专家研究发现，有的植物还能将有害化学物质转化为植物养料，如观叶植物冷水花、常春藤、吊兰、喜林等都能吸收有害气体和抗污染。有些植物如仙人掌、仙人球、令箭荷花、兰

花等，在夜间不仅不呼出二氧化碳，反而还会吸收二氧化碳，在净化室内空气时，有制造氧气、杀菌的效果。所以合理利用植物进行室内环境污染的净化，不仅美化、净化和香化了居室环境，而且还达到了陶冶情操和心情的作用。

但是，用植物净化室内空气也是有条件的，新装修的居室内环境污染不是特别严重的可行，但在污染物严重超标的房间里，植物可能就成为反映污染的“标本”了。一些因为室内环境污染而对簿公堂的消费者，常把由于室内环境污染死掉的植物作为法庭上的证据。

针对我国目前广泛存在的办公室、学校教室和家庭的甲醛、苯、挥发性有机物和氨气污染，到底哪些植物可以用来净化、哪些植物的净化效果比较好、房间里的植物摆放数量如何计算等问题，在我国还是研究的空白。

为了安全有效地消除室内环境污染，保护消费者的身体健康，为广大消费者提供健康的室内环境，中国室内环境监测工作委员会与北京市最大花卉植物市场玉泉营花卉市场合作，利用玉泉营花卉市场的大量花卉和植物资源，进行了植物净化室内环境有害物质的课题研究，研究中参考和选择国家室内环境有害物质测试的有关标准，对植物净化室内环境中的甲醛、苯和氨气污染进行了测试，结果发现，目前市场上销售的常见花卉大部分对甲醛、苯、氨气等室内环境中的有害物质有净化效果。

为合理评价花卉植物的净化效果，专家们在实验中首次采用了园林绿化中的绿量、绿容率等概念和理论，进行植物室内环境净化效率的评价。一方面可以合理、科学的评价各种植物的净化效果，另外也便于科学的指导消费者在面临室内环境污染时合理地进行净化和污染治理。

经过测试和评价，按照每平方植物叶面积 24h 净化空气中的有害物质计算，目前市场上部分常见花卉植物的净化效果见表 16-1。

表 16-1 部分常见花卉植物净化室内环境中有害物质效果/(mg/m²)

序号	植物名称	甲醛	苯	氨	序号	植物名称	甲醛	苯	氨
1	常春藤	1.48	0.91	2.48	6	非洲茉莉	0.86		1.29
2	绿萝	0.59			7	黄金葛			4.11
3	元宝树				8	孔雀竹芋			2.91
4	发财树	0.48	0.4	2.37	9	一帆风顺	1.09		3.53
5	黑美人	0.93		2.49	10	散尾葵	0.38		1.57

二、具有净化空气污染功能的植物

美国科学家对十种普通观赏类植物做研究，观察他们对室内空气的净化能力，结果显示，植物通常是利用叶子的微细舒张来吸取物质的，而根及土壤里的细菌亦有助清除有害气体。其中，一些植物对于吸收污染物反应良好，并容易养殖。

从植物的生理上讲，植物白天吸收二氧化碳排出氧气，而夜间则是放出二氧化碳吸收氧气，一般叶子大、生长快的植物排放量是由植物的吸收作用决定的。掌类植物则不同，其特点是呼吸量小，因为它的叶片本来就是浑身布满针状的刺，如果用透光的塑料袋罩住几天，仍然生长正常。掌类植物夜间也会放氧，不会与人争氧，对人体健康有利。检测实验结果表明，蓬莱蕉、紫露草、金绿萝在消除甲醛分子方面效果明显；而开花植物如扶郎花、菊花则能消除空气中的苯，另一些表现良好的是几种龙血树属植物、百合以及金绿萝。常青的观叶植物以及绿色开花植物可以消除建筑物内好几种有毒的化学物质。耳蕨、常春藤、吊兰等蔓类、蕨类植物，会发挥海绵一样的功能，把室内诸如一氧化碳、甲醛等危害人体健康的气体吸掉。这些植物即使在没有光照的情况下也能很好地发挥作用。

具体分析一些植物的净化功能主要有：

吊兰、芦荟、虎美兰这三种观赏植物能吸收室内大量的甲醛，数据显示，在二十四小时照明的条件下，芦荟能把 1m³ 空气中的甲醛过滤 90%；虎美兰则能消化约 50%~70% 的甲醛，吊兰则能过滤约 80% 的甲醛。

扶郎花、菊花、百合和铁树则能消除空气中的苯。

龟背竹有很强的吸收二氧化碳的能力。

梔子花和石榴花、美人蕉可吸收二氧化硫。

蒲葵、鱼尾葵、菊花等对氯化氢有很好的净化作用。

柑橘、海桐花、无花果等花卉抗氟和吸氟能力很好。

女贞子花的吸氟能力比一般花木高 160 倍。

洋绣球、秋海棠、文竹等在夜间能吸收二氧化硫、二氧化碳等有害气体。

茉莉花、牵牛花、金银花、夜来香等能昼夜释放香精油和负离子，它们分泌的液体有助空气杀菌、洁净空气，能起到抑制空气中肺结核、痢疾和伤寒等病原体的效果；能调节精神，使人消除疲劳，对减轻神经衰弱效果较好。

仙人掌能在夜间吸入二氧化碳、制造氧气、增加空气中负离子的浓度，对患有高血压及精神不振的人大有好处。它还有助吸收辐射，适宜放在电脑和家用电器附近，或者放置在家装使用石材（尤其是花岗岩石）的地方，可以吸收天然石材散发出的氡。

月季能吸收氟化氢、苯、硫化氢、乙苯酚、乙醚等气体。

杜鹃是抗二氧化硫等污染较理想的花木。

木槿能吸收二氧化硫、氯气、氯化氢等有毒气体。

紫薇对二氧化硫、氯气、氟化氢等有害气体有吸收作用。

石竹可以吸收二氧化硫、氯化物。

七里香能吸收光化学烟雾和防尘隔音。

香豌豆能除氟化氢。

雏菊、万年青可有效清除三氯乙烯的污染。

腊梅、桂松、玉兰、樱花能降低空气中的汞含量等。

三、绿色植物在室内摆放的要求

苯、甲醛和氡在空气中的含量，是目前装修环保主要监测项目，有害化学物像无形杀手隐藏在我们周围，而一般的常绿观赏植物及绿色开花植物可以帮助我们消除建筑物内部多种有害的化学物质，室内科学的种养摆放植物，不仅美化环境还能净化空气，有助健康。

在居室摆放绿色植物时，不但要考虑到它的空气净化能力，也要考虑到室内条件光线的强弱、窗户的大小、通风好坏。因为植物有着不同的发育期，对环境有不同的要求，需要确实掌握了解它的生态习性。像仙人掌类植物更喜光、耐旱，不用常浇水，宜放置在能照到阳光的窗台上。

楼房与平房之间、地栽与盆栽之间也有很大差异，土壤、风向、朝阳必须考虑品种的必要性，如卧室选择吊兰、文竹；门厅选择大些的观叶或观花植物；阳台最好培养一些攀枝植物，配合花鸟虫鱼形成一个新天地；沿着顶部可养一些半寒的藤本植物如球兰，或观花观叶的常春藤垂吊。抗寒四季长绿叶片非常好看，给人以近似大自然的感觉。绿萝牵牛等作为短期花草，可以混合养殖。

1. 办公室内适宜种植的花卉

随着办公自动化的普及，打印机、复印机等设备的应用，加上地毯、壁纸、黏合剂等，不同程度地污染了室内空气。要有效治理办公室污染，最简单有效的方法就是摆放盆栽花卉，因为绿色植物是办公室内有害物质的“吞噬者”。办公室的污染物质，可通过观赏植物叶片背面的微孔道被吸入植物体内，而且花卉根部共生的微生物也能自动分解污染物，并被根部吸收。

为了有效清除办公室内多种污染物，应同时摆放不同种类的花木，每 10m^2 的面积至少摆放治污花木 1~2 种。适宜在办公室内种植的观赏植物有：

① 吊兰、非洲菊、无花观赏类，它们主要吸收甲醛，也能分解复印机、打印机排放出的苯，并能吸收尼古丁。

② 耳蕨、常春藤、铁树、菊花能分解 3 种有害物质，即存在于地毯、绝缘材料、胶合板中的甲醛，隐匿于壁纸、印刷油墨溶剂中对肾脏有害的二甲苯；藏身于染色剂和洗涤剂中的甲苯等。

③ 红颧花能吸收二甲苯、甲苯和存在于化纤、溶剂及油漆中的氨。

④ 龙血树（巴西铁类）、雏菊、万年青可清除来源于复印机、激光打印机和存在于洗涤剂 and 黏合剂中的三氯乙烯。

2. 室内养殖盆栽植物注意要点

(1) 选种适宜 选择植物种类,要根据房间大小、采光条件及个人爱好而定,有主有次。要充分考虑室内较弱的自然光照条件,多选择具喜阴、耐阴性质的种类。一般说,房间大的客厅、大门厅可以选择枝叶舒展、姿态潇洒的大型观叶植物,如棕竹、橡皮树、南洋杉、散尾葵等,也可选用绿萝、发财树、巴西铁等,同时吊数盆悬挂植物,使房间显得明快,富有自然气息。大房间和厅内绿化装饰要以大型观叶植物和吊盆为主,在某些特定位置,如桌面、柜顶和花架等处点缀小型盆栽植物;若房间面积较小,则宜选择娇小玲珑、姿态优美的小型观叶植物,如文竹、袖珍椰子等,或置于案头,或摆放窗前,这样布置既不拥挤又不空虚,与房间大小和谐协调,充分显示出室内观叶植物装饰的艺术魅力。

(2) 合理配置 室内植物配饰中心要选择最佳视线的第一流位置,即任何角度看来都顺眼的位置。一般最佳视觉效果是在离地面 2.1~2.3m 的视线位置。同时要讲究植物的排列、组合,如“前低后高”、“前叶小色明、后叶大浓绿”等。为增加房间凉意,可在角落采用密集式布置,产生丛林的气氛。

(3) 色彩和谐 观叶植物的色彩、形态和气质要与房间功能相协调。客厅布置应力求典雅古朴、美观大方,使人感到丰盈美满、盛情迎客。因此,要选择庄重幽雅的观叶植物,墙角放置苏铁、棕竹等大中型盆栽植物,或席地而放、或置于花架上,可具有四季常青的效果。沙发旁宜选用较大的散尾葵、鱼尾葵等,人坐在沙发上犹如置身于大自然怀抱之中。茶几和桌面上可放 1~2 盆小型盆栽植物,以欣赏植物的自然美。在较大的客厅里,可在墙边和窗户旁悬挂 1~2 盆绿萝、常青藤以形成丰富的层次,使客厅更添情趣盎然的优美景色。书房要突出宁静、清新、幽雅的气氛,在写字台放置一盆叶形秀丽、体态轻盈、格调高雅的文竹,书架顶端可放一盆悬垂的常青藤或绿萝,再在适当位置点缀一盆精巧的微型盆景或一瓶清雅绝俗的插花,使整个书房显得文雅洁净。卧室要突出温馨和谐、宁静舒适的特点,所以宜选择色彩柔和、形态优美的观叶植物作为装饰材料,使人进入卧室顿感精神舒畅、轻松,有利于休息睡眠。叶色选择应使之与墙壁及家具色彩相和谐,如绿色或茶色墙壁不要配饰深绿色植物,否则阴气沉沉。此外,不同功能的居室在叶色选择上也应有所区别,书房要创造宁静感,以白、黄(或斑纹)、淡粉等为主;而卧室要增加轻松感,叶色淡绿者为佳。

(4) 位置得当 布置要考虑到房间的光照条件,枝叶过密的花卉若放置不当,可能给室内造成大片阴影,所以一般高大的木本观叶植物宜放在墙角、橱柜边或沙发后面,让家具挡住植物的下部,使它们的上部伸出来,以改变空间的形态和气氛。

(5) 宜少而精 室内摆饰植物宜少而精,不要摆得太多、太乱、不留余地,同时,花卉造型的选择还要考虑到家具的造型,如长沙发后侧放一盆较高、较直的植物,就可以打破沙发的僵直感,产生一种高低变化的节奏美。

3. 室内不宜放置的植物

在居室中摆上几盆植物,不仅起到了美化环境的作用,也能让人身心愉悦。然而,有不少花卉、草本植物外形色彩非常美观,却不适宜放进居室内。

利用花卉植物净化室内空气的健康安全四忌:

(1) 忌香 一些花草香味过于浓烈,会让人难受,甚至产生不良反应。

如夜来香、郁金香、五色梅等花。夜来香在晚上会散发出大量刺激嗅觉的微粒,闻之过久,会使高血压和心脏病患者感到头晕目眩、郁闷不适,甚至病情加重;松柏类植物分泌脂类物质,会散发出较浓的香味,长时间处于这种香味下,对人体的肠胃有刺激作用,使人感到厌恶和恶心而影响食欲,而且会使孕妇感到心烦意乱、头晕目眩;此外还有玉丁香的香味会引起喘息困难、胸闷烦躁;百合花、兰花所散发出来的香味如闻之过久,会使人的中枢神经过度兴奋而引失眠。

(2) 忌敏 一些花卉,会让人产生过敏反应。

报春叶片的毛会造成有些人的皮肤过敏;虎刺梅的刺碰到皮肤上使人感到发痒;月季、玉丁香、五色梅、洋绣球、天竺葵、紫荆花等,人碰触抚摸它们往往也会引起皮肤过敏,甚至出现红疹,奇痒难忍;郁金香的花有毒碱,过多接触引起毛发脱落;紫荆花所散发出来的花粉如与人接触过久,会诱发哮喘症或使咳嗽症状加重。

(3) 忌毒 有的观赏花草带有毒性,摆放应注意。

如含羞草、一品红、夹竹桃、黄杜鹃和状元红等，特别是五色梅的汁液有毒，误食会引发腹泻和发烧，儿童尤其要避免接触；圣诞节摆放的一品红（圣诞花）和北方春节的水仙也都有毒，一品红的汁液接触可使皮肤红肿，而水仙的汁液中含有一种叫‘拉克丁’的物质，接触会引发皮炎，误食水仙的花和叶，会出现呕吐、腹泻等肠胃炎的症状。有关调查证实，除了上述有毒植物以外，还发现部分植物的花粉和种植土壤会诱发癌症，如铁海棠等三十四种植物能激活细胞，促使正常细胞变成癌细胞；夹竹桃可以分泌出一种乳白色液体，接触时间长会使人中毒，其花香容易引起昏睡、影响少儿智力发育等症状；黄花杜鹃的花朵含有一种毒素，一旦误食，轻者会引起中毒，重者会引起休克，严重危害身体健康。

（4）忌伤害 比如仙人掌类的植物有尖刺，有儿童的家庭或者儿童房尽量不要摆放。另外为了安全，儿童房里的植物不要太高大，不要选择稳定性差的花盆架，以免对儿童造成伤害。

此外，耗氧量大的花卉和植物也不适宜摆放在室内。我们都清楚植物在白天的光合作用下生成氧气，夜间会排出大量对人体不利的废气，如丁香、夜来香等，在夜间停止光合作用时就会开始耗费氧气，加重有高血压和心脏病患者的胸闷和呼吸困难等症状。

四、植物净化室内环境污染时要注意

（1）根据室内环境污染有针对性的选择植物 有的植物对某种有害物质的净化吸附效果比较强，如果在室内有针对性的选择和养殖，可以起到明显的效果。

（2）根据室内环境污染程度选择植物 一般室内环境在轻度和中度污染、污染值超过国家标准3倍以下的环境，采用植物净化可以收到比较好的效果。

（3）根据房间的不同功能选择和摆放植物 夜间植物呼吸作用旺盛，放出二氧化碳，卧室内摆放过多植物不利于夜间睡眠。卫生间、书房、客厅、厨房装修材料不同污染物质也不同，可以选择不同净化功能的植物。

（4）根据房间面积的大小选择和摆放植物 植物净化室内环境与植物的叶面表面积有直接关系，所以植株的高低、冠径的大小、绿量的大小都会影响到净化效果。一般情况下， 10m^2 左右的房间， 1.5m 高的植物放两盆比较合适。



思考题

1. 空气污染对植物生长有哪些影响？
2. 植物在空气污染监测中有哪些优缺点？
3. 植物对人体及空气有哪些有益的功能？
4. 室内摆放植物应注意什么？
5. 哪些植物不适宜放置在室内？

参考文献

中国室内装饰协会室内环境监测工作委员会. 室内环境污染治理技术与应用. 机械工业出版社, 2005

第十七章

通风空调与室内空气质量

第一节 室内空气质量与通风概述

一、室内空气质量

1. 室内环境存在的问题

人的一生有四分之三的时间生活在室内，室内环境质量与人体健康的关系很大。随着时代的发展，人们越来越重视其工作、生活的建筑物内的环境质量。室内空气污染的程度、环境的质量与建筑物的结构、设计、选材、施工等因素密切相关，因此，“以人为本”、建造“健康”、“绿色”的人居建筑物也就成为当今国际科技界的一个研究热点。

进入信息时代以后，相当多的人长期生活、学习与工作在大厦中，对办公环境与物质文明的追求达到了空前的程度。除了要求具备现代化的办公与通信环境条件外，也要求舒适宜人的生活环境。

面对着信息时代带来的种种便利和好处，人们也感到室内的环境存在不少的问题，许多人抱怨长期在室内环境（包括空调房间与非空调房间）中工作、生活感觉不适。室内存在着许多的污染物，甚至比室外的问题更严重，因此产生了不少的疑惑。以“空调”为标志的舒适环境到底对人体是否有影响？众多的通信设备、“电脑”、办公机械和家用电器的大量使用，到底对室内的环境有怎样的影响？

室内环境问题是多方面的，空气质量是其中重要的一方面。美国堪萨斯大学的学者曾用权重系数来表示这些因素的作用（见表 17-1）。

表 17-1 影响室内环境因素的权重系数

室内环境	总的权重系数	影响因素	分项权重系数	室内环境	总的权重系数	影响因素	分项权重系数
热湿环境	30.2	温度	15.9	空气质量	23.9	臭味	7.5
		相对湿度	7.1			尘埃	6.5
		空气流速	7.2			烟草烟雾	9.9
视觉环境	24.0	亮度	11.0	听觉环境	21.9	噪声强度	8.7
		辉度	8.0			高低周期	4.6
		阴影	5.0			杂音	8.6

表 17-1 中提到的热湿环境、视觉环境、空气质量和听觉环境因素大致各占四分之一，此外还有电磁、辐射等因素。人与室内环境的关系极为复杂、微妙，室内环境涉及的面也很广，而我们的知识又太有限了。

2. 室内空气质量及“病态建筑综合征”

建筑卫生学是从医学和卫生学的观点出发，将有关医学、卫生学研究成果运用于建筑设计的各个阶段，从而使最终完成的建筑环境能达到符合相应的医学、卫生学要求，以保障人们有健康卫生的生产、生活、工作环境，避免造成“病态建筑”或引起人们患“建筑病”。具体到各种建

筑类型，又有各自突出的建筑卫生学问题。公共建筑的卫生学问题以防止细菌、病毒流行、交叉感染为重。住宅是人一生 2/3 时间停留的场所，如何保证空气清新、日照充足、微小气候适宜、内外环境安静整洁、生活舒适方便，也有相应的建筑卫生学要求。

随着经济发展和生活水平的提高，人居建筑室内空气质量问题摆到了我们的面前。以居室的冷暖为主要标志的热环境问题，感觉比较直观。对于室内空气质量，则由于空气看不见摸不着而往往被忽视。许多人抱怨长期在室内环境（包括空调房间与非空调房间）中工作、生活感觉不适，得了“病态建筑物综合征”。

为保证室内空气质量，一方面世界各国都制定了一些室内环境中常见污染物浓度标准，另一方面研究人员试图通过化学分析的方法找到引起病态建筑现象的原因。他们发现，空气中各种污染物的浓度都大大低于规定值，送风量也符合有关标准的规定。尽管如此，仍有 20%~60% 的人抱怨空气不新鲜、有刺激性。有的学者提出病态建筑现象是由尘粒和微生物引起的，最新的研究结果表明：这是由于仍存在着被忽视了隐藏污染源。分别控制各种污染物浓度是不够的，多组分空气污染物综合作用所产生的臭味污染已成为此种室内环境中空气主要污染之一，臭味、颗粒物、热、噪声及电磁波等因素的联合作用直接影响室内环境质量。

这一建筑卫生学领域的问题，在我国直至 20 世纪 80 年代才引起人们的关注。常年空调调温的房间，由于气流组织不合理，导致气溶胶类污染物（微粒、细菌、病毒）在局部死角滞留、积累，引起工作人员胸闷、呼吸困难与嗜睡等症状已屡有发现。在大楼空调设计中单纯追求低能耗、不按卫生标准和设计规范配置新风量、缺乏综合效益分析，也是诱发工作人员在“舒适”大楼的人工小气候环境中患病的主要原因。

建筑材料、室内装饰材料、家具等都可能散发某些污染物，人体本身散发的生物气体以及吸烟等活动也散发了各种有害气体，家用电器和办公机械也会产生有害健康的气体。虽然这些污染物的浓度通常都低于有关标准的要求，但是在这些因素长期低浓度的综合作用下，人生活在此种建筑物内会表现出呼吸道系统和眼受刺激，困倦、乏力、胸闷、精神恍惚、过敏等症状，世界卫生组织 WHO 将此类症状称为“病态建筑综合征”（SBS）（也称为“不良建筑综合征”，以前有人称为“致病建筑综合征”，以下均称为“病态建筑综合征”）。使用性能差的空调器或管理不善，则加重加快了室内空气质量的恶化。

美国全国职业安全与卫生研究所对政府及商业办公楼、学校、卫生设施进行调查表明，对健康危害的原因见表 17-2。

表 17-2 对健康危害的原因

因 素	构成比例	因 素	构成比例	因 素	构成比例
通风不良	48%	建筑物构件产生的污染物	3.5%	肺炎	3%
室内空气污染	18%	湿度	4%	其他	1.5%
室外污染物进入	10%	吸烟	2%	原因不明	10%

目前认为，病态建筑综合征是多因素综合作用而成。除污染和通风以外，还包括由于温度、湿度、采光、声响等舒适因素的失调，以及情绪等心理反应。我国许多地方的一些办公楼由于不同的原因，已经出现了病态建筑物综合征问题，它虽不至于危及生命，但直接影响了人体健康及工作效率。

3. 与建筑相关的健康问题

（1）病态建筑物综合征（Sick building syndrome, SBS）是近年来国外有关专家提出的。在国际上，和病态建筑综合征类似的术语还有：建筑物相关病（Building-related illness, BRI）、密闭建筑物综合征（Tight-related Syndrome, TRS）、办公室病（Office illness）、多种化学物过敏症（MCU）等。它们常常在不同的文献中表达同一概念。

（2）建筑相关疾病 建筑大楼内空调系统中滞留的凝结水蒸发而形成的局部较高温度和湿度条件，成为适合微生物繁殖生长的环境，易滋生一些生物体病原体，如螨、真菌、病菌、霉菌、病毒和其他昆虫。“军团菌病”是急性传染性疾病，自从 1976 年美国发现军团病，并在其后分离到该病的病原体以来，迄今世界多数国家已发现有该病存在。1984 年我国学者从建筑大楼空调

系统冷却水塔中分离到嗜肺军团菌，之后，天津、沈阳、北京的流行病与微生物专家也相继从建筑物空调系统水中分离出军团菌，这些菌株在一定条件下对人有致病性。霉菌等过敏源也会引起过敏性疾病。

(3) 其他 空气中负离子数少、正负离子比例失调，可能使人体免疫功能减弱。冬夏两季，空调室和普通办公室之间的空气温差大，人们进出房间受到较大的热冲击，人的体温调节功能往往不能适应，就容易造成感冒。

二、创造良好的室内小气候

(一) 室内小气候

室内小气候，顾名思义是指砖墙、屋顶、地板和门窗等维护结构围成的空间场所，构成的与室外环境完全不同的室内工作的特殊气象条件即室内小气候。室内小气候既受室外气候的影响而又有本身的调控功能，并与人体体温调节关系密切。适宜的室内热环境不仅能保持人体正常的热平衡，保持主观的舒适感，而且能确保人的健康和正常的工作效率。室内小气候不仅影响人体与环境的热交换，同时也影响室内一些污染物（如人造板材中甲醛）的释放和人对污染物的感觉。

室内是人类生活的主要场所，室内小气候的好坏和人类对其适应的程度决定了人体健康状况的水平。良好而温馨的生活环境和适宜的室内小气候对于机体的休息、保养和健康状况的改善具有重要作用。很难想像一个空气污浊、高气温、高气湿和空气流动性差的环境中会有一个良好的精神状态和健康的体魄。事实上，几乎每一个人都脱离不了室内小气候的影响。

GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》规定的物理性指标有空气温度、空气湿度、空气流速和新风量。规定这些指标既要保证一定的热舒适性，又考虑到节约能源的要求。

(二) 室内热环境气象条件参数

GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》和一系列公共场所卫生标准都规定了室内热环境气象条件的指标，GB 50019—2003《采暖通风和空气调节设计规范》也采用了卫生标准的指标。现行的卫生标准是根据人员的生理需要，同时考虑我国的实际情况和节能的要求而确定的。

室内热环境质量的高低，对建筑的位置、结构、供配电和采暖空调设备的投资、能耗、运行费用都有显著影响，需要相应的社会经济与能源的支撑及个人要有承受能力。在确定热环境质量参数时，必须考虑到不同地区社会经济发展存在差异，按技术、经济两方面来考虑。

达到小康水平的地区执行舒适性热环境质量标准（见表 17-3）；考虑到贫困地区不久将脱贫进入到温饱阶段，故贫困地区和温饱地区执行同一标准——可居住性热环境质量标准。可居住性标准虽然室内达不到热舒适，夏季仍感到热、冬季仍感到冷，但它保证了起码的居住条件，夏季室内不至于热得睡不好觉，冬季在室内不至于受冻生病。

表 17-3 舒适性空调室内计算参数

季 节	温 度	相 对 湿 度	风 速
夏季	24~28℃	40%~65%	≤0.3m/s
冬季	18~22℃	40%~60%	≤0.2m/s

1. 空气温度

最重要的小气候因素是空气温度。在人体代谢过程中和生活过程中要不断与周围环境进行能量交换，即与室内外环境进行热的交换。而人体对于温度较为敏感，且只能在生理条件下借助于神经系统进行有限的调节。由于小气候中的气温可以随着环境气温的变化而变化，而机体也可以通过复杂的体温调节机制来增减产热量和散热量，以达到身体内部的恒定和稳定性。当机体体温调节系统长期处于紧张工作状态时往往会影响神经、消化、呼吸和循环等多系统的稳定，降低机体各系统的抵抗力，而使患病率增高。

最宜人的室内温湿度是：冬天温度为 18~25℃，湿度为 30%~80%；夏天温度为 23~28℃，湿度为 30%~60%，在此范围内感到舒适的人占 95% 以上。在装有空调的室内，室温为 19~24℃，湿度为 40%~50% 时，人感到最舒适。另一方面，温度的高低也与室内甲醛、VOC 和氨等污染物的散发量和对污染物的感觉有关。舒适的室内温度因季节不同而异，标准考虑到人体的生理需要同时也兼顾设备和能源的投入，规定夏季有空调的场所为 22~28℃，冬季有采暖的

场所为 16~24℃。由于我国幅员辽阔,南北方气温相差很大,情况复杂,因此本标准只对夏季有空调和冬季有采暖场所的室内温度做了规定,其他场所原则上不做规定。

2. 空气湿度

空气湿度对人体健康的影响,一方面是通过湿度影响人体热平衡;另一方面是湿度可以间接影响室内微生物的生长从而对人体健康产生影响。室内湿度过低或过高时都会影响人的舒适感,湿度较大时还有利于室内环境中的细菌和其他微生物的生长繁殖,导致室内微生物的污染加剧。室内空气中微生物通过呼吸进入体内从而导致呼吸系统或消化系统多种疾病的发生。集中空调设施中有加湿和去湿装置可以调节室内的相对湿度,由于湿度的调整能耗较大,宜避免过多地依靠调整湿度来改善热环境。标准规定了夏季为(40~80)%和冬季为(30~60)%的要求。其他场所的室内湿度直接受大气湿度的影响,所以不做规定。

3. 空气流速

室内空气的流动对人体有着不同的影响。夏季空气流动可以促进人体散热,冬季空气流动会使人体感到寒冷。目前室内常常有空调设施,为了节约电能保持室内气温相对恒定,室内门窗一般处于关闭状态,室内气流较小。当室内空气流动性较低时,室内环境中的空气得不到有效的通风换气,人类室内生活中的各种有害化学物质不能及时排出到室外环境,污染物大量聚集于室内,造成室内空气质量恶化。而且由于室内气流小,室内生活中所排出的各种微生物可相对聚集于空气中或某些角落大量增殖,致使室内空气质量进一步恶化。化学性污染物和有害微生物共同作用于机体导致人体健康受到损害,同时因为室内环境得不到有效通风,还可导致室内生活的婴、幼儿和老龄人等高危人群各种疾病的发病率增高。夏季提高风速比降低温度所需的能耗和费用少得多。风速大有利于人体散热、散湿,提高热舒适度。但风速过大也会有害健康,特别是睡眠时,而且老弱病人怕风。风速过大还会吹起桌面纸张、扬起灰尘,给生活、工作、学习造成不便。因此,夏季室内空气流速应小于 0.3m/s,冬季室内空气流速应小于 0.2m/s。

(三) 新风量及其确定原则

一般而言,新风量越多,对人们的健康越有利。国内外许多实例表明,产生“病态建筑物综合征”的一个重要原因就是新风量不足。目前室内新风量不足、换气次数不够是普遍现象。新鲜空气可以提供呼吸和燃烧所需要的氧气、调节室温、除去过量的湿气并可稀释室内污染物。新风虽然不存在过量的问题,但是超过一定限度,必然伴随着冷、热负荷的过多消耗,带来不利的后果。

1. 新风量的确定

(1) 按室内 CO₂ 的浓度 室内新风量根据 CO₂ 的浓度来确定是大多数国家使用的基本方法。CO₂ 虽然无色无味,但是与人的新陈代谢有关,因此可以作为室内空气新鲜程度的一个指标。计算新风量的基础是质量平衡。人每天呼吸的空气量约为 10m³,其中 21%是氧气,0.032%是二氧化碳。在人的呼出气中,二氧化碳占 4%~5%,氧气占 15%~16%。一间房子中,要使二氧化碳的浓度限制在 0.1%,必须保证每人每小时有 30m³ 的新鲜空气。

(2) 按房间体积 按房间体积计算新风量是一种很常见的方法,其计算公式如下。

$$\text{新风量} = \text{房间体积} \times \text{换气次数}$$

(3) 其他方法

此外还应考虑室内污染物的浓度和设备等因素来确定新风量。

① 按房间面积附加的新风量。考虑室内污染物的浓度时,通常考虑房间面积或内表面面积来确定附加的新风量。

② 按设备附加的新风量。该方法通常适用于装有机机械设备的房间、厨房和生产线。新风量同下列的一个或几个因素有关:设备的外形尺寸、能耗、能量输出、燃料燃烧需要的空气、消防条例、安全要求、建筑物结构、设备排出的湿气等。

2. 新风量的标准

GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》和一系列公共场所卫生标准都规定了室内新风量的指标,GB 50019—2003《采暖通风和空气调节设计规范》也采用了卫生标准的指标。现行的新风量卫生标准是根据人员的生理需要,根据人的呼吸量和室内 CO₂ 的允许指标确定的,应为 30m³/(h·人)。这是最基本的确定原则,空调系统应该根据卫生标准的要求设计和设定新风量。此外,还应考虑室内污染物的浓度和人员、设备等因素,在此基础上适当增加新风量。现在还有

采用室内 CO₂ 传感器结合应用计算机等新技术根据需要控制新风量。

（四）自然通风技术

自然通风同机械通风相比，在同等室内空气质量的情况下，自然通风不但能减少基建投资和运行费用，而且可降低能耗、减少对环境的污染、有利于使用者的健康和疾病的预防，从而可提高劳动生产率、减少医疗费用。自然通风技术日益受到“绿色建筑”或“可持续建筑”界的重视。美国 J. Roben 对采用不同通风系统房屋做了调查，结果如图 17-1 所示。从图可见，总的说来，自然通风效果最好，机械通风次之，全空调效果最差。

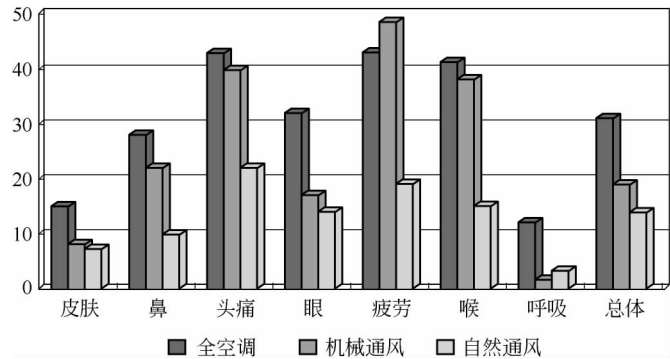


图 17-1 不同通风情况下发现病态建筑综合症的房屋栋数

自然通风主要有三种方式：

（1）穿越式通风（见图 17-2） 室外空气从房屋一侧的窗流入，另一侧的窗流出。此时，房屋在通风方向的进深不能太大，否则就会通风不畅。进气窗和出气窗之间的风压差大，房屋内部空气流动阻力小，才能保证通风流畅。

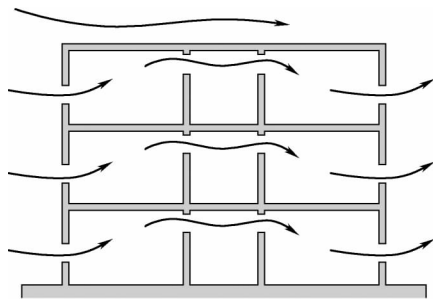


图 17-2 穿越式通风

（2）浮力烟囱式通风（见图 17-3） 主要依靠密度差异使室外冷空气从高度低的窗处进入室内，室内的暖空气则从高位窗处排出。通常用烟囱或天井来产生足够的浮力，促进通风。即使微

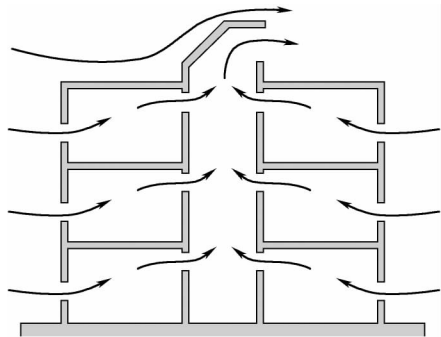


图 17-3 浮力烟囱式通风

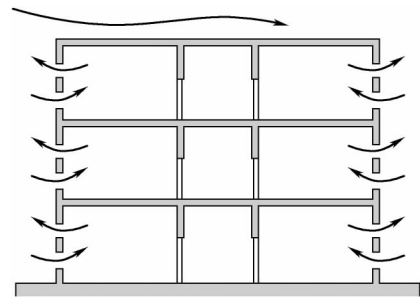


图 17-4 单侧式局部通风

弱的风也会在房屋的外表面产生压力，也能促进空气流通。

(3) 单侧式局部通风（见图 17-4） 局限于房间的通风，此时空气的流动是由于房间内的浮力效应与微小的风压差和湍流。因此，单侧式局部通风的驱动力甚小，而且变化大。

在建筑设计中，通常是混合采用上述三种通风方式以满足房屋通风要求，如图 17-5 所示。使新鲜空气通过楼盖形成通风是另一个常用的方法。如图 17-6 所示为有副楼板的烟囱式通风。

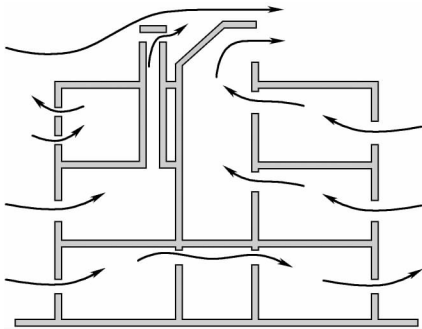


图 17-5 混合式通风

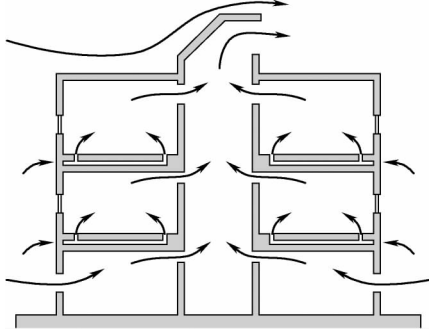


图 17-6 有副楼板的烟囱式通风

自然通风技术是可持续的技术、是节能和减少建筑运行开支的技术、是有利于疾病防治和有益于人体健康的技术，我们应当加强研究，重视它的推广和应用。

第二节 空调与室内空气质量问题

一、室内空调环境与人体健康

1. 由“空调”引出的问题

空调是以人工方法制造出室内适宜的微小气候，夏季为人们降温除湿，冬季则加热。我国目前房间空调器年产量超过世界总产量的一半。夏季空调用电成为夏季电力负荷过大的主要来源，在长江中下游地区夏季空调用电已占到总供电量的 $1/3$ 以上。

民用空调的大量发展除占用大量基建投资、消耗大量常规能源外，还引起一系列的环境问题。如此的资金投入及能源与污染环境的代价并没有为居住者带来令人满意的、舒适的、健康的环境。无论国内外，随着建筑空调的安装率和标准的不断提高，居住者的投诉和不满现象也越来越多。

由于集中式空调制冷设备造成的对人体健康的危害或疾病，种类达几十种。根据其对人体的危害、疾病的性质、致病的病源等，空调病大致可分为三大类：即急性传染病、过敏性疾病（包括过敏性肺炎、加湿器热病等）以及“病态建筑物综合征”。在一些发达国家，“病态建筑物”（Sick building）约占办公建筑物的 30% ，并随国家和地区有所不同。

造成“病态建筑物综合征”的主要因素由污染源和空调系统两方面组成。空调建筑的室内是封闭空间，影响室内空气质量的往往不是空调器本身的质量问题，而是由于空调系统在设计、施工安装与运行管理上存在的卫生问题，对室内空气品质造成不良的影响。测试表明，换气次数低、新风量不足以及气流组织不合理是空调系统的通病。管理不善的空调系统的管道内积尘和冷凝器的水污染等，也会对室内空气质量带来严重的影响。

空调系统对于室内空气品质来说是一把双刃剑，一方面具有积极意义，在于可以排除或稀释各种空气污染物；另一方面，消极作用在于它可以产生、诱导和加重空气污染物的形成和发展，造成不良的室内空气质量。从卫生学角度来讲，空调系统不仅要保证热舒适，更重要的是保证人体健康，以牺牲健康为代价的热舒适是不足取的。

另外，还有空调病之外的不良反应。家庭用的空调器主要在夏季用于室内降温，如果室内外温差太大，便会对人体产生不良后果，如感冒、疲劳感、头痛、腹痛、神经痛，使风湿病和心脏疾患加重，女性还会出现生理障碍等，这也就提出了合理设置空调场所的温度、湿度等气象参数

的问题。

2. 空调环境对人体生理的影响

(1) 体温调节系统 人体在冷热环境中, 依靠体温调节系统调节产热和散热以维持体温恒定。例如周身血管收缩, 甚至肌肉收缩产生寒战可以增加产热量, 同时减少散热。反之, 周身血管扩张, 血液重新分配, 加速体内到体表的传热量, 加大散热量。当这种手段还不能解除热负荷时, 全身汗腺活动, 出汗蒸发散热是一种强大的散热手段。体温调节系统的器官和组织, 越用越发达, 越用功能越强。如果长期停留在不冷不热的舒适环境内, 体温调节系统的器官和组织利用率不高, 功能将逐渐变弱, 尤其是汗腺受影响较大。

老年人体温调节系统的功能下降, 如果汗腺感受不到热刺激它就兴奋不起来, 时间长了汗腺就会退化、萎缩, 以后再到热气候环境去, 热调节功能很差, 容易发生热射病。婴幼儿的体温调节系统处于成长发育阶段, 需要冷刺激促进其成长发育, 长期停留在不冷不热的温室中, 影响婴幼儿的体温调节器官生长发育, 尤其是汗腺受影响较大。汗腺发育不全的人, 热调节能力很差, 在热气候环境中也容易发生热射病。

(2) 心血管调节系统 血液循环系统在中枢神经系统的统一控制下参与体温调节, 即减少和加速热能的传递。人在不冷不热的环境中, 心血管系统的紧张性降低, 时间长了以后, 调节功能就会下降。

空调系统维持的相对“低温”环境使皮肤汗腺和皮脂腺收缩、腺口闭塞, 导致血流不畅, 发生神经功能紊乱等症候群。同时, 由于缺少适当刺激, 人体的适应能力下降, 抵御疾病的能力降低, 或者由于室内外存在较大的“热冲击”, 使人易患感冒或中暑。如果从空调房间过渡到较冷的环境, 血管收缩功能不足, 不能调节产热和散热, 更觉寒冷, 体温下降较快。反之, 由温室进入较热的环境, 可能出现血管舒张功能不足, 心率和心收缩力调节不上来, 可能出现脑供血不足, 发生晕厥或冠状动脉缺血而发生心绞痛。长期在空调房间生活对老年人和婴幼儿的心血管系统危害更大。从空调房间到室外一般温差太大, 如相差 10°C 左右, 易使人体引起感冒, 一般认为低温还容易引起妇女的神经调节紊乱。

因此, 必须根据不同季节、地区选择大多数人可接受并且感到舒适的温度范围。

3. 空调环境对环境的影响

(1) 有害气体 空调房间的门窗关闭, 如果室内人较多或房间小, 可能导致氧气不够, CO_2 浓度增加, 还有建筑材料、电子设备产生的高分子挥发物和人体排出的有机气体 (体臭), 上述有害气体都可以使人不舒适。

(2) 微生物生长繁殖 不冷不热的温度环境和适宜的相对湿度给人带来了舒适的享受, 同时也给微生物 (细菌、病毒、霉菌等) 带来了良好的生长、繁殖条件, 这是危害人体健康的。

(3) 对流行病的影响 人们在各种环境下活动, 是疾病的传播者和带菌者。在封闭式的空调房间中, 各种病原体都可能被人带入, 尤其是空气中的细菌、病毒都可以通过呼吸道进入人体。流感病毒、脑膜炎双球菌、结核杆菌、咽喉炎链球菌、葡萄球菌、红眼病毒等都是冬春季容易流行的疾病。空调房间四季如春, 有利于疾病流行。

4. 空调环境对人的心理影响

① 孤寂感。一间空调房间, 如果只有 1~2 个人, 似乎与世隔绝, 使人产生孤单、寂寞感觉, 造成心理压力。

② 单调、静寂的工作环境。

③ 单调的空调机噪声。

以上心理学因素都可能使人的工作效率降低、思睡、乏力、晚上不能入睡。

二、空调室内空气质量的控制

(一) 空调室内空气污染的引发因素

1. 多种引发因素

引发空调室内空气质量问题的因素归纳起来有五个方面, 同时起作用的不只有一种, 一般有多种因素共同作用导致室内环境问题。这五方面的因素如下。

① 通风不良。

- ② 室内存在污染源和建筑内人的活动。
- ③ 由于湿度控制不好导致的生物污染。
- ④ 室外污染物进入。
- ⑤ 空调系统设备维护不当和清洗不够。

所有这些原因能够加强或者增加居住者遭受由于温度、湿度、采光和噪声所带来的不良反应。暴露于空气污染物中的居住者，会增加他们对工作的不满意度和对适用环境的能力减弱，使人变得烦躁不安。

2. 通风不良

首先是新风量不足，建筑设计时往往是尽量考虑节能，只考虑了温度的舒适感，忽视了人对新鲜空气的需求。而且许多的通风系统并不能有效地把空气送到人所需要的地方，不良的空气分布和不足的新风促使污染加剧、污染物浓度升高，从而人们对环境的抱怨也就越来越多。

通风不良有时是由于空气过滤装置上面严重积灰，所以要定期清洗和更换过滤器。烹调 and 吸烟产生的大量油烟和烟雾也要清除掉，不要等到这些油烟积聚到产生异味、腐蚀金属程度，甚至使某些地方还达到能致癌的浓度。

室外产生的灰尘经常被吹到室内，而这些灰尘只有通过经常的清洗和良好的室内卫生维护才能把它们基本排除掉。

3. 室内污染源和人的活动

大多数的污染物都来源于室内，包括建筑装修材料、家具、室内的设备以及人的活动都可能对室内空气质量造成影响。其他的污染物部分来自室外空气和室外的泥土。

4. 室内生物污染

引起室内疾病的一个重要的原因是室内的微生物污染，它所引起的问题可能比某些化学污染物更严重。它来源于生物器官如细菌、霉（菌）蛋白酶、病毒、碎屑和其他的一些生物材料如建筑内外昆虫的尸体等。

造成生物污染的主要原因是没有控制好湿度以及没有及时处理微生物所需要的一些食物来源。另外，机械通风系统本身也成为微生物污染源。像真菌和细菌这两种微生物一般在有水的地方繁殖，并且会附着在除湿剂和冷却盘管的内外表面。

它们还会在集水器和纤维素材料如屋顶板、墙纸、地毯、绝缘材料和内管道上面进行繁殖。众所周知的军团病菌就是一种致命的病菌，它就是在水分丰富的地方如冷却塔上面繁殖。除了传染性之外，人还会对一些细菌产生过敏性反应，如曲霉菌、青霉菌等。过敏性反应主要体现在刺激皮肤、眼睛和上下呼吸道等。

（二）空调室内空气质量控制策略

1. 控制原则

随着人类社会的发展，人们逐渐意识到创造良好的室内空气品质的重要性。尽管人类自身行为恶化了室内空气环境，但人也能够采取相应的环境控制策略来控制和改善室内空气品质。总的来说，环境管理就是使污染源远离人们或者通过稀释方法降低污染物浓度。室内环境管理策略最基本的目标是：通过该策略尽量减少污染物浓度、创造舒适健康的室内环境。目前，常用的环境控制方法主要分为如下几种。

- ① 消除污染源或者改变污染源。
- ② 加强建筑内部物流、人流管理。
- ③ 改善设计。
- ④ 采取相应的后期补救措施（包括通风稀释和清洁）。

2. 消除污染源

这些方法中，控制污染源是最好的方法，没有了污染物质，室内空气质量当然就会好。如果污染源没有控制好，一旦散发到室内就很难追踪并把它收集到一个合适的地方进行处理，并且需要花费更多的资源来控制已经散发到室内的污染物，因此如果能在散发之前就能把它控制好，就要方便省事多了。所以，控制污染源的关键在于尽量在污染物散发到空间之前就采用有效的方法消除它。

最理想的一劳永逸的方法就是消除污染源，但是有时并不能将所有的污染源消除，因为几乎所有环境污染物都是化学方面的物质，要全部移走是不可能的，而且代价昂贵。但作为环境控

制方法中一个可选择方法，对于那些严重危害人体健康和极大破坏环境的污染物，必须要把它消除掉。改变污染物的性质是环境控制方法中一个可选的好方法，设法用一种没有污染和污染轻的过程来代替污染严重的过程，这样就能把重污染转变成轻污染。

另外一种控制污染物的方法就是利用机械装置在污染物散发到空气中之前捕获它，不让它扩散到室内环境中去。污染源控制是一种“技术弥补”的方法，在污染物进入周围环境之前控制它们。在这种情况下，污染物没有被移出环境，而只是暂时把它控制在一个封闭空间内。

只要控制技术没有失败，污染源控制是处理污染物的一种有效的方法，但是如果控制失败，室内污染物的浓度就会急剧上升，而且这种方法要求设备安装精度比较高。其他还有一些控制污染物进入建筑室内的方法有改善设计、活动管理和补救措施，在使用这些技术时，要充分考虑如下一些因素：

- ① 怎样设计良好的建筑环境。
- ② 哪些活动影响建筑环境。
- ③ 采取什么样的方法才能降低建筑环境中污染物的浓度。
- ④ 如何找到建筑环境问题发生的原因和发生的部位。

3. 加强建筑内人流、物流管理

任何一幢建筑都是为特定的人类活动服务的，在每个特定环境下活动的人们，都会产生不同的污染物质且污染物的浓度也会随着环境的变化而变化。通常，建筑在使用过程中会产生许多的副产物，如果处理不好，这些物质就会对我们的建筑产生很大的影响。建筑内人流、物流管理主要是用来给大楼居住者提供正常生活、工作所需的室内环境。

例如，在实验室做实验时会使用大量的化学物质，在使用过程中，这些化学物质会散发到室内，给室内造成比较大的环境污染，所以在设计实验室时，必须设计良好的通风系统对这些污染物质进行处理。如果在家里使用相同的化学物质，那就会更危险。同样，办公室空间也只适用办公人员，如果用于其他场所也会存在安全隐患，因为办公室只是提供办公人员放置办公桌、文件、电话和传真机等，如果人们在办公室内生产、做饭、在办公桌上吃饭或使用有挥发性的化学药品等，就会严重污染办公室的空气环境，而在进行设计时，设计人员并没有考虑要处理这些污染物，因为它最初只是设计用来办公的。

建筑物内的污染物并不是在建筑建造时就产生的，而是建成后人们在建筑物内活动时所产生的，那么处理这些污染物的最好方法就是对在室内人员的活动进行管理。

4. 改善建筑设计

改善建筑设计的目的是使建筑在满足人们使用条件的前提下，尽量使建筑内的污染物降低到最低水平。改善设计包括使用特殊的通风系统把室内有害的副产物带走，或者根本就不让污染物在室内产生。

改善设计同时可以使用特殊的环保建筑材料，其材料本身不会释放污染物。这些材料包括使用木制家具，而这些家具本身不会产生甲醛，或使用一些不释放大量挥发性有机物的油漆。改善设计还体现在设计一些易于清洗的建筑结构，用坚硬的、扁平的结构代替有纹理的、蓬松的、难于清洁的建筑表面结构。设计一个易于清洗的建筑有时是必要的，特别是对于医院和学校没有足够的资金用于定期进行清洁建筑的情况下。改善设计在建造新的建筑和改造旧的建筑时是非常必要的。

5. 后期补救措施

在设计新建筑物的时候，尽管设计人员千方百计设计如何减少室内污染物浓度水平，但是每次都会有不尽如人意的地方。这主要是由于设计计算的误差和设计人员的疏忽大意所造成的，这时我们只能采取相应的补救措施了。这些措施包括提高通风空调系统管道内部的风速、加装除湿器，或提高定期清洗的频率等。补救措施还包括更改建筑的使用方向和重新设计部分建筑通风空调系统。

(1) 通风稀释 稀释主要是降低室内污染物的浓度，使其在低浓度下不会对人产生危害。稀释有三种可供选择的方法：一是增大通风量；二是消除部分污染物质；三是把污染物重新分配到一个更大的空间里面。

使用稀释方法来降低室内污染物的浓度总是存在一定的危险性，因为有些污染物在低浓度下仍然有可能对人体有害。而如果把污染物随时移走，它就不会引起其他的环境问题。稀释方法

最多只能是把污染物降到对人体尽可能危害小的程度，所以目前只有控制污染源是最好的方法，对污染源进行处理或是移走部分污染物是应该优先选择的。

(2) 清洁 清洁的方法是将污染物从室内移走后再把它们放到一个合适的地方就是我们所说的清洁。清洁是在污染物散发到室内环境之后所采取的措施。这个过程包括：发现、确认、收集、装入容积、移走和处理污染物。清洁不同于稀释，清洁就是把污染物带走并把它处理掉，有时还要喷洒消毒剂等。

第三节 解决空调房室内环境污染问题的要点

一、加强空调系统的运行管理

(一) 空调系统运行管理的基本内容

空调系统能否正常运行并保证供冷(热)质量，主要取决于工程设计质量、施工安装质量、设备制造质量和运行管理质量四个方面的质量因素，任何一个方面的质量达不到要求都会影响系统的正常运行和空调质量。从运行管理者的角度来看，前三方面的因素是先天性的，如果他们都符合相应的规范要求，就为运行管理打下了良好的基础。但也可能它们都存在或部分存在一些问题和缺陷，这就有可能会给运行管理带来很多麻烦。不管面对的是何种情况，空调系统的管理都要做好运行操作、维护保养、计划检修事故处理、更新改造、技术培训、技术资料管理等七项工作，而运行管理主要是做好运行操作、维护保养、事故处理和技术资料管理四项工作。

以上几节已经分析了空调室内空气质量的问题和控制策略。设计一个符合健康要求的建筑并通过有效的运行和维护管理来创造一个良好的室内环境，要比出现了问题再去评估、修正或是对生病人员进行医疗赔偿要容易且更节省费用。因此空调通风系统的有效运行和维护管理是非常重要的而往往又是被忽视一个环节。空调通风系统的运行包括空调系统的室内空气、冷冻水、制冷剂 and 冷却水四个循环的许多方面，这些对系统的性能都密切相关，都直接或间接影响室内空气的质量。但对室内空气质量关系最直接的是空调系统运行参数的设定、空气处理、分配和输送系统及空调冷却水系统。因此，空调系统的卫生管理也主要是针对这几个方面。

(二) 空调系统运行的卫生要求

空调工程竣工验收时应该有完善的图纸和技术资料、建立必要的规章制度、掌握系统的操作和管理，保证室内空气质量达到标准的要求，令使用者满意。

空调系统安装的地点不同，对系统的要求也有所不同。

1. 高温高湿区域

高温高湿区域是指空气潜热量高的地方，这些地方的外界露点温度普遍高于待冷却空间所要求的露点温度。这意味着新风必须先除湿，而唯一的方法是凝聚空气中的湿气以降低空气的露点温度，也就是说空气必须被冷却，任何一种制冷循环均可用于空气冷却，循环系统的规模和技术要求决定于空气中的含湿量、气体流量、空气的初始干球温度及冷却循环的形式等。每一种循环冷却的除湿效率各不相同。

采用回风可以作为一种节能技术用于空调系统的除湿过程。例如，当待冷却空间的潜热增量较小时，回风中含湿量比新风含湿量低，因此只有部分空气需要除湿，采用回风就能减少能耗。但当室内潜热增量超过新风中含湿量时，则必须除去更多的湿气，此时如果采用回风，就会增加能量消耗。

由于室外空气的露点温度在一天 24h 内会发生变化，使得新风的条件随着变化，而室内人员的数量变化又引起潜热增量的变化。因此，空调系统仅仅只有冷却和加热空气的装置是不够的，还应根据需要增加除湿和加湿装置，当然这会给空调系统增加大量投资，系统的维修量也会随之大大增加。为了保证空调系统的连续运转，每年应对系统按计划进行全面维修。

2. 低温高湿区域

高湿区域的另一种情况是高湿低温气候，由于外界干球温度比较低，相对湿度较高，其露点温度可以低于房间内所要求的露点温度，因此必须对空气进行加湿。对空气加湿实际上是加热空

气，因为空气的潜热量增加了。当空气吸湿时，由于蒸发冷却效应，空气的干球温度降低。低露点温度也可能与高干球温度同时存在，如果干球温度非常高，空气加湿比空气去湿所耗的能量要低，因为空气吸湿有利于降低干球温度。

如上所述，空气冷却或空气调节包括湿度控制问题，控制湿度有利于节约能耗。热交换也能用于冷却过程，最佳的热交换是回风利用，但是这往往与卫生要求相矛盾。我们应该根据卫生标准的要求设置新风量。

为了节能的需要也可以设置必要的新风换气机等设备。

3. 定风量和变风量系统

在现代化建筑中用得最普遍的两种空调系统设计就是定风量和变风量系统。定风量系统向各空间输送恒定的风量，通过对空气进行加热或冷却，或改变空气处理机的运行台数来改变空间温度，而不是通过调节送风量来改变空间温度。定风量系统通常以固定的新风比运行，但是可以随室外温度和湿度变化进行手动或自动调节。

变风量系统的送风温度恒定，而通过改变输送到工作区的风量来保证热舒适。然而，许多变风量系统也根据季节对温度进行重新设置。如果系统根据热负荷调节时不合适，可能使相应区域产生过冷或过热，影响室内空气质量。当系统以部分负荷运行时，如果系统没有保证最小新风量或者送风温度设置得太低，那么通风不足的情况就会时常发生。

良好的设计、安装、测试和平衡对各类空调系统的正确运行都非常重要。尤其是变风量系统，要进行例行检查和维护。

二、空调系统对室内污染的控制

空调系统对于室内空气质量来说是一把双刃剑，它既可以稀释减轻室内空气污染物，也可能诱导和加重室内空气的污染。如果管理不当，空调系统本身也可能成为污染源。

空调系统对控制室内污染物和气味有三种方法：一是用新风进行稀释；二是通过空调系统控制各房间的压力关系；三是用局部排风系统隔离和消除污染物。

1. 用新风进行稀释

只有恒定和适量的送风气流与室内空气有效混合时才能充分地稀释。“通风效率”这一术语就是用于描述系统分布送风和消除内部污染的能力。

2. 控制各房间的压力关系

通过合理设计空调系统及其运行，调节各个房间的空气进出，控制各房间的压力关系。如果送风量大于排风量，那么就会有一部分空气从围护结构渗出，房间就处于正压状态；如果送风量少于排风量，那么外界环境空气就会渗入空调房间，房间就处于负压状态。

对于多用途建筑或有特殊使用区域的建筑，压力控制非常重要。大厅以及建筑的大部分区域的设计和运行都处于正压状态，防止无组织渗风以及穿堂风干扰空调房间温湿度或破坏室内洁净度。只有运行维护良好时，才可能保持原始设计的压差。

3. 局部排风系统

通过使污染源附近区域保持负压，应使用局部排风系统来隔离和消除污染物。局部排风可针对某特殊设备如厨房炉灶，也可以处理整个房间如吸烟室或者储藏室。如果房间产生大量气味和高浓度的污染物如复印室、浴室、厨房和美容院等，其排风应当直接排到室外，不能进入再循环。必须对使用局部排风的房间补充空气，且局部排风必须与通风系统的其他部分结合起来使用。在某些情况下，将空气从建筑中相对清洁的房间转送到污染相对严重的房间，并用它作为局部排风系统的补充空气是可以接受的，这样可以节省很多能量。

用来控制空气污染物的洁净和过滤的装置，如管道中的过滤箱是空调系统的组成部分，也可以作为独立的机组安装。对空气进行有效洁净取决于正确的设备选择、安装、运行和维护。

三、空调系统本身的污染及其控制

1. 空调系统是污染源

空调系统及其分布本身可能就是污染源。空调通风系统所吸进去的空气，包括新风与回风都带有一定的尘埃，其中大部分尘埃不是沉降在风管内，就是会被阻留在过滤器上，因此作为正常的运行管理必须对风管进行定期清扫，对过滤器要定期更换或清洗，在表冷器段与加湿段常常有

积水、凝结水及污垢，也必须定期清洗。但是，实际运行中这些日常清洗清扫保养工作由于种种原因往往被“忽略了”或“精简了”，任何空调通风系统如果不进行定期清扫与清洗就可能成为滋长病菌与霉菌的温床。

尤其是对空气进行冷却时更容易产生污染，空调建筑比非空调建筑和自然通风建筑的室内空气质量问题多。空气冷却到露点时会产生冷凝水，而湿气又会导致微生物在有机材料上生长，致使室内空气品质不良。

空调通风系统中的许多区域有利于微生物滋生，包括含有死水的加湿器、诱导器、过滤器、多孔绝缘材料和新风口，而其空气分布系统又为微生物在空气中传播提供了良好的条件。美国NIOSH曾对上千所学校调查评估的49份报告得出了如下结论（见表17-4）。

表 17-4 空调系统的问题			
原 因	百分比	原 因	百分比
新风量不足	84 %	新风入口位置不当	20 %
建筑围护结构漏水	57 %	送风风道和空气处理机脏污	18 %
空气分布无效	45 %	过滤器效率低下	22 %
空调系统维护不良	39 %	冷凝水排放不利	12 %

因此在设计空调系统时应该考虑将来的维护，包括设置检查口以便到关键部位进行检查和清洁。空调系统的日常卫生管理则更是必要的了。

2003 年 SARS 流行期间，建设部、卫生部和科技部三个部委发布的“应急管理措施”，对空调系统的运行管理提出了一系列的卫生要求。这些措施虽然不很完善，但在当时还是起了很大的作用。但是应急措施只是适用于“应急”状况，不能简单地将它变为预防控制空调通风系统传播传染病的长期措施。卫生部在 2004 年 2~4 月组织开展了全国公共场所集中空调系统卫生状况的监督检查。共抽检了全国 60 多个城市具备集中空调设施的 937 家公共场所，检测了空调风管的积尘量及积尘中的细菌和真菌的含量。空调风管的积尘量不大于 $1\text{g}/\text{m}^2$ 为合格，合格率仅为 6.2%，最高的竟达 $486\text{g}/\text{m}^2$ ，由此可见空调系统本身的卫生问题是不容忽视的。

2. 空调系统的管理

卫生部制定了《公共场所集中空调通风系统卫生规范》（卫法监发 [2003] 225 号文）；国家质量监督检验检疫总局颁布了《空调通风系统清洗规范》（GB 19210—2003）；建设部和卫生部也已编制了《空调通风系统运行管理规范》（正在报批）。同一个问题得到三个政府部门的重视，说明了这个问题的重要性，但是在贯彻和检查监督上还存在一些问题，卫生部也正在组织制定有关的管理办法和实施细则文件。

应加强对公共场所的空调系统卫生状况的监督和检查，同时也要规范空调系统清洗市场。对于新建公共场所，在预防性审查时，应将《卫生规范》有关内容及今后管道清洗工作纳入审查范围。对于从事空调系统清洗工作的单位和人员也应该进行培训和考核。



思考题

- 1. 影响室内空气质量的主要因素有哪些？
- 2. 病态建筑物综合征的主要表现什么？其产生原因可能有哪几方面？
- 3. 空调环境对人体健康可能产生什么影响？
- 4. 空调系统的运行管理包括哪些方面？

参考文献

1 GB/T 18883—2002 《室内空气质量标准》
2 GB 19210—2003 《空调通风系统清洗规范》
3 公共场所集中空调通风系统卫生规范（卫法监发 [2003] 225 号文）

第十八章

室内环境检验机构的计量认证

第一节 室内环境检测机构认证认可概述

一、计量认证——我国检测市场准入的基本资质

1. 计量认证的产生

计量认证是我们国家规范检测市场、管理检测机构的一项最基本的资质要求，它是具有法律依据的一项行政许可制度。根据 1985 年 9 月发布的《中华人民共和国计量法》第二十二条规定：“为社会提供公证数据的产品质检机构，必须经省级以上人民政府计量行政部门对其计量检定、测试的能力和可靠性考核合格”。

1987 年颁布的《中华人民共和国计量法实施细则》第三十二条中首次提出了计量认证，并对计量认证做了明确规定：“为社会提供公证数据的产品质检机构，必须经省级以上人民政府计量行政部门计量认证”，“省级以上人民政府计量行政部门应指定所属的计量检定机构或者被授权的技术机构进行考核，合格后，由接受申请的省级以上人民政府计量行政部门颁发计量认证合格证书。未取得计量认证合格证书的，不得开展产品质量检测工作。”《产品质量检验机构计量认证管理办法》第四条对计量认证工作进一步做出规定：“经计量认证合格的产品质量检验机构所提供的数据，用于贸易出证、产品质量评价、成果鉴定作为公证数据，具有法律效力。”

为社会提供公证数据的产品质量检验机构必须通过计量认证考核合格，这是我国法律、法规的强制性要求。

2. 计量认证的实施模式

根据《产品质量检验机构计量认证管理办法》的有关规定，计量认证分两级实施，属于全国性的产品质检机构，由国务院计量行政主管部门会同有关行业主管部门组织实施；属于地方性的产品质检机构，由省级计量行政主管部门负责并会同有关主管部门组织实施。

国家计量认证依托于行业评审组具体组织实施对行业质检机构的计量认证评审。为发挥行业主管部门的作用，原国家质量技术监督局从 20 世纪 90 年代初开始，先后通过与部委联合发文的形式，批准组建了 36 个行业计量认证评审组。1999 年 7 月，根据政府机构改革情况，质量技术监督局将其调整为 31 个。2004 年 4 月，国家认监委发文，再次将行业评审组调整为 26 个。重新确认的 26 个国家计量认证行业评审组是：农业、石油、卫生、环保、机械汽车、供排水水质、铁道、国防、电力、海洋、交通、水利、轻工、中科院、分析测试与冶金、商贸、信息产业、高校、化工、国土资源、节能监测、建材、安全生产、有色、供销、军用油料。

省级计量认证由各省级质量技术监督局按照国家的统一要求具体组织实施。

3. 计量认证工作主管机构

计量认证工作最早（1985～1987 年）是由原国家计量局在组织专家起草《计量法》时考虑写进法律的一项工作。《计量法》颁布后，由于《计量法实施细则》到 1997 年 1 月才发布，这期间，计量认证处于准备阶段。1987 年 9 月，国家计量局和国家标准局合并，加上国家经委质量局，组成了国家技术监督局，计量认证工作由国家技术监督局计量司负责。1994 年，国家技术

监督局成立实验室评审管理办公室，这项职能转到新成立的实验室评审办公室。1998年7月，国家政府机构精简改革，国家技术监督局改为国家质量技术监督局，成立了认证与实验室评审管理司，负责包括计量认证、审查认可和实验室认可在内的所有实验室资质评审和管理工作。2001年4月质检总局成立，同时成立国家认监委，原国家质量技术监督局认评司整建制划入认监委，计量认证工作划归认监委（实验室与检测监管部）管理。

4. 计量认证标志

计量认证标志由 CMA 的变形组成，为英文 China Metrology Accreditation 的字头缩写。1990年，国家技术监督局发布《产品质量检验机构的计量认证标志和标志的使用说明》，规定了计量认证标志的标准图例，并规定：获得计量认证的检验机构，在其计量认证证书有效期内，允许其检验报告封面的左上方印制或加盖 CMA 标志章；凡未获得计量认证或超过计量认证有效期的检验机构一律不得在其检验报告上使用 CMA 标志。

5. 计量认证的评审依据

1987年7月，原国家计量局发布了《产品质量检验机构计量认证管理办法》，计量认证工作开始正式规范实施，当时评审依据主要是参考了 ISO/IEC 导则 25—1982，1990年，经过三年实践，原国家技术监督局正式发布了《产品质量检验机构计量认证技术考核规范》（JJG 1021—90），以此作为全国统一的计量认证评审考核依据。该评审准则从组织机构、仪器设备、检测工作、人员、环境、工作制度六大方面制定了 50 条考核要求。2000年10月，在 JJG 1021 执行了 10 年之后，原国家质量技术监督局为解决重复考核和与国际惯例接轨问题，同时兼顾我国的法律要求和具体国情，制定并发布了计量认证、审查认可“二合一”评审准则《产品质量检验机构计量认证/审查认可（验收）评审准则》（试行），规定从 2001 年 12 月 1 日起实施。该《评审准则》不仅涵盖了 GB/T 15481—1995《校准和检测实验室能力的通用要求》（等同采用 ISO/IEC 导则 25—1990）全部内容，同时满足了《计量法》对检验机构计量认证分的要求和《标准化法》对检验机构审查认可（验收）的特殊要求，也参照了 ISO/IEC 17025—1999《检测和校准实验室能力的通用要求》的有关规定。

2002年6月，国家认监委发文再次强调，全国计量认证依据的评审准则执行原国家质量技术监督局发布的“二合一”评审准则：《产品质量检验机构计量认证/审查认可（验收）评审准则》（试行）。

6. 计量认证的成就

计量认证在我国实施已经近 20 年，计量认证的标志 CMA 已广为包括政府、企业、消费者在内的社会各界所接受。

截止 2005 年年底，国家计量认证证书发放 2300 多张，获证实验室 2100 多家，省级质量技术监督局颁发计量认证证书 18000 多张，获证实验室 17000 多家，计量认证证书累计颁发已经超过 20000 张，获证实验室 19000 多家（有的实验室以多个名称获得多张计量认证证书）。

计量认证工作的开展对规范我国实验室管理和实验室行为做出了突出的贡献。计量认证已经深入人心，广为社会各界所接受，它已经成为评价实验室检测能力的首要手段；获得计量认证的实验室已经近 2 万家，基本满足了社会对检测业务的需求，形成了一定意义上的检测市场；计量认证已经成为国家认监委（质量技术监督部门）连接各行业实验室的纽带、服务和监督社会各行业实验室的一个重要途径；通过开展计量认证，为社会培养了一大批既熟悉实验室管理又具有评审员知识的评审员队伍，这支队伍是实验室的宝贵财富，也是计量认证工作的依托，是规范检测市场的宝贵人才资源。

7. 计量认证的监督

根据国家认监委 2002 年发布的《计量认证获证实验室监督管理办法》的有关规定，计量认证获证实验室在证书 5 年有效期内必须接受发证部门 2 次监督评审。

为加强对计量认证实验室和计量认证工作机构的监督，国家认监委于 2004 年下半年组织开展了全国范围的计量认证专项监督检查活动。全国共随机抽取 147 家计量认证实验室进行飞行检查，并对 26 个国家计量认证行业评审组和 31 个省质量技术监督局的计量认证工作机构进行监督检查。2005 年 4 月，国家认监委印发了《关于 2004 年计量认证专项监督检查情况的通报》，暂停了 11 家检查不合格的实验室的计量认证资质。

二、室内空气检测机构计量认证（原文抄录）

国家质检总局、卫生部、国家环保总局发布的《室内空气质量标准》（GB/T 18883—2002）将于 2003 年 3 月 1 日实施。室内空气污染不仅影响人们的工作和生活，而且直接威胁人们的身体健康。随着生活水平的提高，人们对室内空气质量的要求越来越高。

为了配合有关部门做好标准实施工作，使有条件的检测机构能正确理解标准，配备合适的检测设备和检测人员，提高检测水平，准确开展室内空气质量检测工作，经研究，国家认监委决定对从事室内空气质量检测的机构实行计量认证。由于《室内空气质量标准》（GB/T 18883—2002）规定的控制项目包括物理、化学、生物和放射性四个方面共有 19 项指标，很多检测机构没有从事这方面检测的经验，有的不具备条件，因此，在对检测机构进行计量认证时，要严格把关，防止不具备条件的检测机构进入室内空气质量检测市场。

各省、自治区、直辖市质量技术监督局，各有关国家计量认证行业评审组，中国实验室国家认可委员会秘书处要各负其责，做好室内空气质量检测机构的计量认证评价工作，并将经计量认证评价，符合要求的检测机构报送认监委实验室与检测监管部，经审核后，由认监委统一向社会公布。

第二节 室内环境检测单位计量认证的管理

为规范室内空气检测市场，国家认监委发出了《关于对室内空气质量检测机构开展计量认证的通知》[国认实（2003）14 号]，通知明确规定：从事室内空气检测机构应通过计量认证，并由国家认监委统一向社会进行公布。室内空气检测机构进行计量认证应按以下步骤进行。

一、室内空气质量检测机构初次申请计量认证

对于过去没有计量认证资格的社会各界投资兴办的从事室内空气检测业务的机构，原则上应首先完成工商注册，成为独立法人，通过省级质量技术监督局的计量认证考核合格后方可正式对社会开展检测业务。

一些属于国家有关部委（国家局）管理的科研教育机构中没有计量认证资格的实验室，暂不能完成独立法人注册的，在获得有关部委（国家局）命名的情况下，由有关部委（国家局）向国家认监委提出申请，国家认监委根据实际情况，酌情处理。地方科研教育机构中的类似情况，由各省级质量技术监督局根据上述原则酌情处理。

二、已通过计量认证的实验室申请室内空气质量检测项目扩项

已通过计量认证的实验室，可申请室内空气质量检测项目的扩项。属于国家计量认证合格实验室，由国家认监委按规定办理。属省级计量认证合格实验室，向当地省级质量技术监督局申请办理扩项。具体要求见第三条规定。

三、对从事室内空气检测机构申请计量认证（扩项）的具体要求

从事室内空气检测的实验室，除了应满足原国家质量技术监督局发布的有关计量认证考核的评审准则的相关要求外，还应当具备以下条件。

新进入这一领域开展检测服务的实验室，应具有独立法人资格，实验室检测仪器设备和技术人员应满足所申请检测项目的需要。

1. 实验室

① 具有与所从事的检测项目相符合的实验室。实验室分为物理因素测试实验室、化学实验室（无机分析实验室、有机分析实验室）、微生物实验室、放射性实验室。

② 实验室的设施和环境条件必须保证检测工作正常运行，并确保检测结果的有效性和准确性。

2. 仪器设备

申请从事室内空气质量检测的实验室的仪器设备应满足所申请的检测项目要求。分为：

① 采样设备。包括：气体污染物采样泵、气泡吸收管、多孔玻板吸收管、颗粒物采样器、滤膜、流量计、撞击式空气微生物采样器。

② 现场测试仪器。包括：温度计、湿度计、风速计、便携式一氧化碳分析仪、便携式二氧化碳分析仪。

③ 实验室分析仪器和设备。包括：分析天平、分光光度计、气相色谱仪、液相色谱仪、热解吸/气相色谱/质谱联用仪、高压蒸汽灭菌器、干热灭菌器、恒温培养箱、冰箱、氢分析仪。

3. 人员

① 申请检测机构应有与检测项目相适应的管理、技术和质量控制人员。

② 有关管理和检测人员应熟悉相关法规文件、标准、方法以及本单位质量手册的有关规定。

③ 检测人员的专业应与申请的检测项目相符合，检测人员应具有中级以上专业技术职称或大专以上学历并具有两年以上专业经验。检测人员应经过国家认监委或国家环保总局、卫生部、建设部以及省级以上质量技术监督部门等部门组织或授权组织的专业技术培训后方可上岗。

④ 技术负责人应精通本专业业务，具备副高级以上技术职称，并有 5 年以上专业经验。

⑤ 具有中级以上技术职称的人数应不少于检测机构总人数的 50%。

4. 采样

采样前所有采样仪器需进行流量校正。选择的采样点要有代表性、要合理，如居室应选择卧室或停留时间长的房间。现场实验记录要完整。检测方法采用《室内空气质量标准》中规定的方法。实验室要制定相应的操作规程和数据处理方法。执行《民用建筑工程室内环境污染控制规范》标准的，按该标准有关规定执行。申请扩项的实验室要求如下。

申请按照 GB 50325 标准和（或）GB/T 18883—2002 标准进行计量认证扩项的实验室，其原业务范围应与室内空气质量检测涉及的物理因素测试、化学污染物采样和测试、微生物采样和测试、放射性测量业务相关，有关仪器设备和人员的要求同前款规定。实验室原业务与室内空气质量检测业务完全不相关的，不允许以原来获得计量认证的实验室名义进行扩项，实验室（或其法人单位）可以投资兴建独立的室内空气质量检测机构，按规定办理计量认证。

以室内空气质量专门检测机构名义从事室内空气质量检测的机构应具有按照《室内空气质量标准》（GB/T 18883—2002）全部 19 项指标的检测能力，按照该标准的有关要求对社会开展室内空气质量检测服务。环保、卫生、质检系统的综合性实验室可以根据实验室的具体情况，按照相关检测项目（参数）进行计量认证（扩项）。国家计量认证环保评审组、卫生评审组具体负责本系统副省级以上省市相关实验室的计量认证（扩项）评审工作。

对民用建筑新工程验收考核时进行室内环境污染检测的机构，建设部门应查验该机构是否按照《民用建筑工程室内环境污染控制规范》（GB 50325—2001）进行了计量认证（扩项），没有进行计量认证（扩项）的机构，不具有进行民用建筑工程验收中的室内空气质量检测资格，建设部门使用未经计量认证的机构进行民用建筑工程室内空气质量检测的，质量技术监督部门可依法进行查处。

四、公布室内空气质量检测机构

① 通过计量认证（扩项）的室内空气质量检测机构由国家认监委统一向社会公布，公布内容包括检测机构具体能够检测的参数和检测机构的规模、法人性质等情况，以供消费者择优选取。

② 各省级质量技术监督局、各有关国家计量认证行业评审组在向国家认监委报送室内空气质量检测机构名单时应填写《室内空气质量检测机构基本信息一览表》一并报送。

③ 各省级质量技术监督局和卫生部、国家环保总局、建设部等部门可以在相关网站和媒体上发布本地区、本系统经过计量认证考核合格、经过国家认监委批准的室内空气质量检测机构的信息。



思考题

1. 室内空气质量检测机构计量认证的重要性及程序是什么？
2. 质量体系的建立有哪些步骤？
3. 质量体系的运行应注意什么？

参考文献

国家质量技术监督局认证与实验室评审管理司编，计量认证/审查认可（验收）评审准则贯彻指南，北京：中国计量出版社，2001

第十九章

我国室内环境保护行业的发展趋势

第一节 我国室内环境净化治理行业的发展历史与现状

随着我国经济的迅速发展,人们在享受现代文明和社会繁荣的同时,也饱受室内空气污染之苦:建筑、装修、家具和现代化的家电、办公器材等造成的室内环境污染问题相伴而生,成为影响人们健康的一大杀手。而现代人的一生有 60% 的时间是在室内度过,在城市这个数字更是高达 80%~90%。室内环境对于人们身体健康、生活质量的影响越来越大,引起了社会的广泛关注。因此,各种室内环境净化治理产品也应运而生,出现了许多研制和生产此类产品的单位,经过十几年的发展,现在已经形成了一个新兴的行业——室内环境净化治理行业。但迄今为止,仍然没有一份该行业的研究报告,这在一定程度上影响和阻碍了室内环境净化治理行业的发展。

迄今为止,我国室内环境净化治理行业已经经历了十几年的发展,但社会各界对这个行业的状况仍然缺乏足够的认识。中国室内装饰协会室内环境监测工作委员会作为一个行业组织,长期致力于室内环境保护的宣传及实践工作。为了全面了解当前室内环境治理的手段,进一步推动室内环境保护工作的深入开展,需要对当前国内室内环境净化治理行业的现状进行摸底。为此,中国发展战略研究会和中国室内装饰协会室内环境监测工作委员会有关部门委托专业市场研究公司对室内环境净化产品生产行业进行行业调查,以便能够更有效的开展室内环境保护工作。

一、我国室内环境净化治理行业的发展历史

1. 行业发展历程

我国的室内环境净化治理行业始于 20 世纪 80 年代。1987 年,北京亚都科技股份有限公司成立,成为国内第一家专业从事优化室内空气质量的高新技术企业。最早进入市场的净化治理产品是空气加湿器。在最初的几年里,空气湿度的概念对普通百姓来说非常陌生,执著的亚都人用了近十年的时间、近亿元的投入完成了市场的早期培育,在这段时间里“亚都”成了空气加湿器的代名词。

在 1997 年之前,进入室内环境净化治理行业的企业数量很少,这些企业的产品大多面向洁净度要求比较高的医院、厂房和一些公共场所,而用在家庭和办公场所的净化治理产品的品种和数量都非常少。在 1997 年后,随着人们的室内环境质量意识逐步提高,许多精明的厂家认识到室内净化治理行业蕴含的巨大商机,纷纷投身于室内空气净化治理产品的研制、生产和引进工作,在东部沿海的一些省份(主要集中在北京、上海、浙江、广东、福建、江苏等地)出现了数十家从事室内净化治理产品生产或代理的企业如图 19-1 所示。此时的空气净化治理产品的品种也更加丰富,不仅包括各种类型的空气加湿器,而且室内空气净化器、新风换气机等产品也获得了快速发展。

2000 年后,在室内净化器类产品迅速发展的同时,另一大类室内空气净化产品——室内空气净化材料开始投入市场,并获得了迅速的发展。

2003 年初,一场突如其来的“非典”极大地推动了人们室内环境质量意识的提高,推动着室内环境净化治理产业进入了新一轮快速发展阶段。

2004 年初，民政部批准的室内环境监测工作委员会正式成立，室内环境治理行业有了自己的行业组织，室内环境治理行业逐渐步入规范发展的新里程。

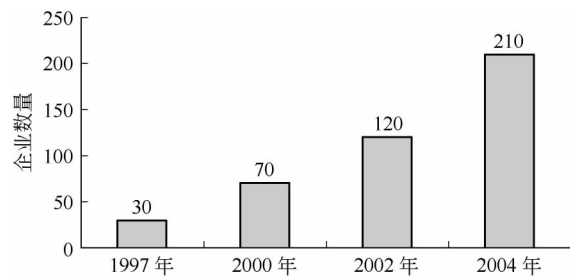


图 19-1 净化产品生产企业的数量增长情况

2. 产品的更新换代

伴随着整个行业的发展，室内空气净化治理产品也经历了不断更新换代的过程。

在空气净化器方面，产品的发展经历了以下几个阶段。

第一代产品：即最早出现的空气加湿器，这些加湿器不但可以调节室内空气的湿度，其所具有的过滤功能也可以吸附室内空气中的悬浮物和少部分有害物质。

第二代产品：滤网式空气净化器，这些以物理性能设计的净化器，具有过滤、吸附处理杂质等功能，可以有效地净化室内空气中的悬浮物和少部分有害物质。但是，对室内空气中的臭味异味、病原菌、病毒、微生物以及装饰装修造成的空气污染根本无法消除，同时这些采用物理方法实施净化的产品，在过滤和吸附过程中慢慢地就会饱和直至失去功效。这类产品的缺点是要定期清洗过滤网，以免造成二次污染。

第三代产品：复合式空气净化器，在第二代产品的物理性能的基础上，增加了静电除尘/电子集尘、负离子发生器、臭氧发生器灭菌等功能。这种多功能净化器不仅可以消烟除尘，而且具有消毒、杀菌、除臭去味和去颜色色素以及消除一氧化碳等有害气体的功能。第三代净化器仍然存在着不能分解有机污染物的弊病，而且臭氧发生器不能人机同室，所以使用起来不太方便。

第四代产品：采用分子络合技术的空气净化器，它将有毒气体通入水中，通过络合剂，促使有毒气体分子络合后溶于水，达到空气净化目的。分子络合技术已经达到了产品市场化的要求，且经过净化后的产物是二氧化碳和水，与活性炭相比，环保效果更为突出。分子络合技术是目前投入市场的空气净化技术中最为领先的技术，但对那些有毒气体释放大、释放速度快、装修质量较差的室内污染空气的处理来说，还显得有些力不从心。

第五代产品：广泛使用冷触媒、光催化等新技术的新一代净化器，这种产品目前还不够成熟，尚处于积极研制过程中。这类产品可以在常温常压下使多种有害有味气体分解成无害无味物质，由单纯的物理吸附转变为化学吸附，边吸附边分解，提高了吸附污染颗粒物种类，提高了吸附效率和饱和容量，不产生二次污染，大大延长了吸附材料的使用寿命，是理想的全方位的空气净化器。

在新风换气机方面，也从最初的具有简单过滤功能的新风换气机发展到最新的光触媒、负氧离子、转轮式等新风换气机新产品。

在净化材料方面起步虽然较晚，但发展速度却很快。在短短的几年里，开发出了空气清新剂、异味清除剂、甲醛捕捉剂、苯清除剂等多种产品。目前，各种新型的光触媒、冷触媒材料成为新产品开发的热点，不断有新产品投入市场。

二、我国室内环境净化治理行业的发展现状

1. 当前空气净化治理产品的主要类型

当前空气净化治理产品的主要类型如图 19-2 所示。

2. 生产和代理企业地区分布情况

在 200 多家室内环境净化治理产品生产和代理企业中，约 90% 的企业位于东部沿海地区，其中广东所拥有的企业数量占有绝对优势，浙江、北京、上海、江苏、福建等省份所拥有的企业数量也较多，如图 19-3 所示。

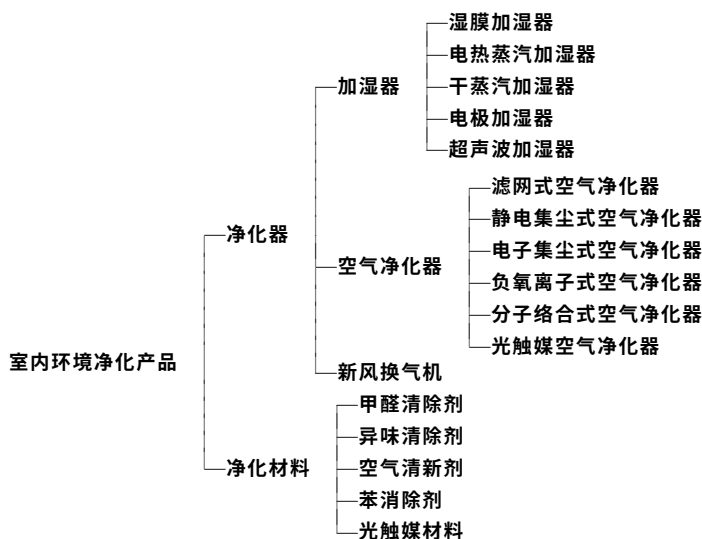


图 19-2 当前空气净化治理产品的主要类型

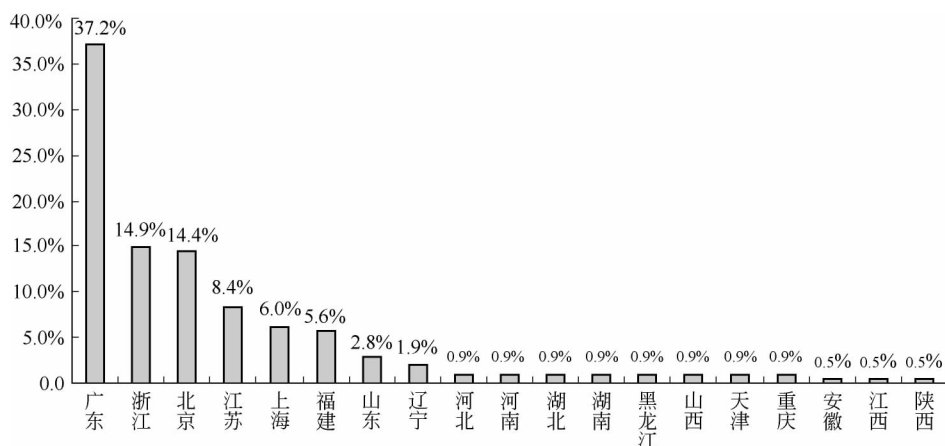


图 19-3 室内环境净化治理产品生产企业和代理企业的区域分布

3. 生产和代理企业规模分布情况

在 200 多家从事空气净化治理产品生产和代理的企业中，从企业的人员规模来看，人数在 30 人以下的小企业约占 4 成，中等规模的企业（30~100 人）约占 1/3，其他为规模在百人以上的较大企业。在这些企业的人员构成中，技术人员的平均比例为 34%，在生产型企业中，不同规模的企业中技术人员的比例没有显著差异，而代理型企业中技术人员的比例较低，如图 19-4 所示。

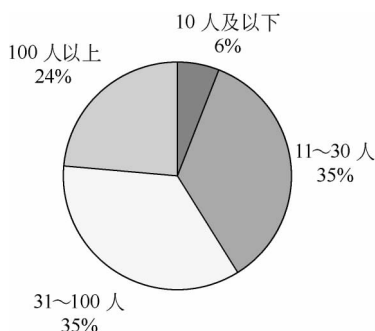


图 19-4 生产和代理企业的人员规模分布

第二节 国内室内环境净化治理行业市场状况

一、市场规模及市场结构

1. 市场规模

根据初步统计，目前中国内地共有室内空气净化治理产品生产和代理企业 200 余家，平均每个企业的年营业额约为 3800 万元，由此可以估算，2003 年国内室内环境净化治理产品生产和代理行业的总市场规模约为 80 亿元人民币。

2. 主要产品细分市场的市场规模

根据产品用途的不同，目前的空气净化治理产品可以分为几种类型。

(1) 普通空气净化器 这类产品主要包括空气加湿器、空气净化器、新风换气机，其主要用途为家庭、办公室、室内公共场所等处。该类产品在目前的空气净化产品生产行业中占据主导地位，年销售额约 70 亿元。

(2) 便携式空气净化装置 这类产品主要包括便携式氧吧、车载净化器等，主要用于改善小的室内空间的空气质量。该类产品在目前的空气净化产品生产行业中所占份额不大，年销售额约 3 亿元。

(3) 净化材料 产品主要包括各类空气清新剂、甲醛捕捉剂、苯清除剂、各种过滤材料、光触媒材料等，该类产品近几年发展速度非常快，目前的年销售额约 7 亿元。

各种产品所占市场比例如图 19-5 所示。

3. 空气净化治理产品生产和代理企业的营业额分布状况

在室内环境净化治理产品生产和代理行业中，中小企业的数量较多，约占到行业内企业总数的 64%，这些企业的年营业额普遍低于 1 千万元人民币。另一方面，经过多年的市场快速发展，该行业也涌现出了一些大型骨干企业，有 5%（约 10 家）的企业年营业额超过了一亿元人民币，其中作为行业领头羊的北京亚都科技开发有限公司，近两年的年营业额都超过 10 亿元人民币。

生产企业营业额分布如图 19-6 所示。

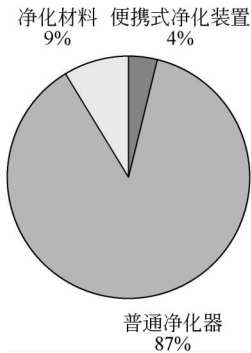


图 19-5 主要产品细分市场占有率

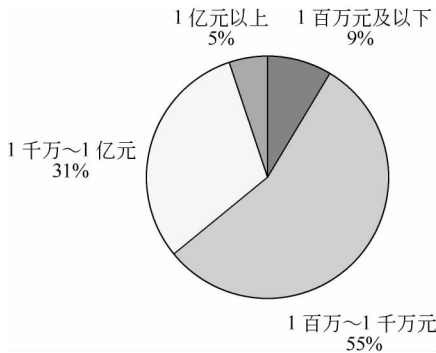


图 19-6 生产企业的营业额分布

4. 行业的集中度

由于空气净化治理产品生产和代理行业涉及的产品类型非常多，不能简单地根据企业的营业额分布来确定行业的集中度，还需要根据不同类型产品的特点进行细分。

在营业额超过 1 千万元的企业中，多数企业主要生产空气净化器、新风换气机和空气加湿器等产品。在这一领域中，行业的集中度比较高，其中北京亚都科技股份有限公司的主力产品市场占有率超过 70%。对于年营业额只有几百万元甚至十几万元的小企业，其所生产的产品多为体积较小、功能简单的净化产品，如便携式空气净化器、车用氧吧等。这种类型的企业数量众多，主要分布在广东、浙江、福建等地区，企业规模非常接近，行业集中度很低。

国内目前生产空气净化材料的企业数量也比较多,这些企业的营业额都不高,其年产值多集中在 500 万~1000 万元,最多也不超过 2000 万元,目前还没有出现强势企业,行业集中度比较低。

二、行业的经营状况

1. 当前的盈利状况

目前,空气净化治理产品生产和代理行业的盈利状况非常理想。2003 年,空气净化治理产品生产和代理行业的平均利润率为 28%,盈利水平很高,远高于社会平均利润水平。

2. 行业发展速度

目前,室内环境净化治理行业正处于新一轮的快速发展时期,不仅表现在企业数量方面的快速增长,而且平均每个企业的年营业额也以 28% 的速度递增,截止到 2004 年 6 月为止,我国已有 200 多家较具规模的室内空气净化治理产品生产和销售(主要代理销售境外产品)企业,市场上可供选择的空气净化产品非常丰富。

从行业的生命周期来看,我国的室内空气净化治理行业经过了十几年的导入期,现在已步入成长期,有望在未来的几年内保持快速的发展态势。

3. 市场竞争状况

鉴于我国的室内环境净化治理产品行业目前尚处于快速成长期,从总体来看,该市场的竞争还不是很激烈,但具体到每一个细分市场,竞争程度则略有差别。

① 对于普通净化器市场,目前生产和销售复合式净化器的企业比较多,产品同质化程度稍高一些。而在高端产品方面,如采用分子络合技术和光触媒技术的空气净化器方面,产品类型较少,竞争程度要低一些。

② 对于便携式净化器市场,由于生产厂家众多、产品同质化程度很高、市场集中度较低,市场的竞争比较激烈。

③ 对于净化材料市场,有相当数量的产品属于中间产品,其客户是其他的企业。在行业规模迅速增长的情况下,这些产品之间尚未出现充分竞争。对于那些直接面向广大消费者的净化材料,由于市场刚刚起步,竞争也不激烈。

三、主要销售渠道

目前,市场上的室内环境净化治理产品的销售渠道主要有以下几种:生产企业直接销售、代理销售,同时网上销售也正逐渐被用户接受。

1. 企业直销

企业直销一般只存在于规模较大的企业中,这些企业的产品类型多,具有相对完善的销售网络,可以把自己的产品集中起来,以专卖店的形式进行产品销售。另一方面,对于那些生产大型空气净化设备的厂家来说,通常会提供设计、生产、安装、售后服务一条龙服务,这种情况下一般也采用企业直销方式。还有另外一种情况,对于那些生产中间产品(如一些光触媒材料)的厂家,其客户为生产最终产品的企业,他们通常也会采用直销方式。

2. 代理销售

代理销售是当前室内环境净化治理产品最普遍的销售方式,为行业中的绝大多数厂家所采用。在代理销售模式中,室内环境净化治理生产厂家通常会在目标市场区域选择一家或多家代理单位,由这些代理单位负责在其所属区域内进行产品销售。根据产品用途的不同,代理商也会采取不同的销售途径:

① 对于应用在企事业单位的净化产品,代理商通常会直接面向企事业单位进行销售。

② 对于应用于家庭的净化器类产品,代理商通常会在百货商场、电器专卖店、小商品市场等经营场所进行零售。

③ 对于空气净化材料类产品,代理商一般会通过建材或家具家装市场进行销售。

3. 网上销售

目前,很多小型的空气净化治理产品已经成为一类时尚的礼品,如一些能够随身携带的小型净化器、车内氧吧等,这些产品在網上销售得很红火,发展速度很快。

四、行业的进出口情况

目前,从总体上看,我国的室内环境净化治理产品与西方发达国家相比在标准、工艺、技

术、设计等方面还存在较大差距。具体到各个细分市场，我们只是在加湿器方面比较有竞争力，而在空气净化器和净化材料方面差距较大。鉴于这种情况，我国的室内环境净化治理产品目前的出口量还很小，主要集中在一些实力企业的个别类产品以及一些小型净化器方面；在进口方面，则主要集中在高档空气净化器和光触媒材料方面。

目前，进口的室内净化治理产品在国内市场上所占的比重并不高，据粗略统计，在空气净化器方面，进口产品在国内市场所占份额约在 10%~20% 之间，这些产品主要来自德国、美国、日本、瑞士等国家；在空气净化材料方面，进口产品所占份额约在 30% 左右，其中来自日本的产品最多，其他多来自中国台湾等地区。

五、影响室内环境净化治理行业发展的主要因素

1. 国家的净化治理行业政策及相关法规

国家的产业政策支持室内净化行业发展，相关政策和法规的推出对行业的发展起到了良好的推动作用。2004 年 3 月 1 日，由国家质量监督总局、国家环保总局、卫生部联合制定的首部《室内空气质量标准》正式实施，有助于室内净化行业进一步向规范化方向发展。

2. 行业相关评价标准亟须出台

目前，市场上净化技术、方法和净化治理产品很多，对它们的实际效果，国家还没有一个统一的评价标准，产品的效果不能确定，消费者很难选出适合自己的产品。因此，空气净化治理产品效果评价标准亟待尽快出台。国家目前只对空气净化器出台了相应标准，对其他空气净化材料尚没有检测标准和净化效果的评价标准，使得产品的净化效果无法认定，给消费者选择产品带来很大困难。

3. 行业协会的监管作用不容忽视

经国家民政部于 2003 年 12 月批准成立的中国室内装饰协会室内环境监测工作委员会，现在已有理事单位和会员单位一百多家。委员会的宗旨是：“团结、合作、交流、服务”，并立足行业，在会员单位、政府部门与消费者之间起桥梁和纽带作用，同时组织会员单位开展学术交流活动，宣传贯彻国家有关室内环境的标准和技术法规，创造条件加强与国外同行业的联系。这为推动全国的室内环境检测治理工作、规范室内环境净化治理行业有很好的监管作用。

4. 消费者的需求

(1) 消费者健康需求初步显露出较强增长势头 如今，居民对住房的需求已从生存型转变为舒适型。健康成为百姓家居的第一要素，家庭环保装修问题成为社会各界普遍关注的话题。据调查，刚装修的居室有 90% 的室内环境污染超标，污染值最高的超出标准值 50 倍。而且室内空气污染对人体危害呈现出持续性、不易觉察和无选择的特点，检测结果中反映出的消费者家装污染状况不容乐观。

(2) 装修污染所带来的巨大危害已引起消费者对室内环境意识的逐步提高 人们对室内环境保护的认知度由 1999 年的 29.5% 上升到现在的 81.5%；消费者对室内装饰装修造成的污染有了足够的认识，目前的消费者已普遍认识到家装材料的危害性；消费者维护室内环境的权利意识得到了提高，在一定程度上可以转化为对室内净化产品的需求。

5. 价格因素

消费者的整体消费水平低，价格承受能力有限。而目前效果较好的净化产品的成本难以大幅下降，像前不久刚上市的亚都 KJF2801 净化器单台售价就近 4000 元。据了解，科研成本较高、关键的传感器件需要进口以及生产规模不大，是这类高技术领先产品售价高的根本原因。较高的价格抑制了部分消费需求。

6. 产品功能因素

空气净化治理产品的功能还有待提高，不能有效满足消费者的需求。目前市场上存在的空气净化治理设备在处理能力上还待提高。以亚都“装修卫士”KJF2801 型净化器为例，这种目前唯一采用分子络合技术的空气净化产品，一台净化器每个昼夜能处理的有毒气体在 300~400mg/m² 之间，对那些有毒气体释放量大、释放速度快、装修质量较差的室内污染空气的处理来说，还显得有些力不从心。而其他技术以及手段在净化处理上与分子络合技术相比，还不在于一个级别上。

第三节 我国室内环境保护行业发展的有利条件

我国室内环境检测治理行业，经过了几年的起步和发展，在党和政府的领导和关心关怀下，已经形成一个新兴的行业，行业面临快速发展的契机。特别是随着我国社会主义经济建设的发展和人民生活水平的提高，室内环境保护事业成为一个有着广阔发展空间的新兴行业。目前，行业发展的有利条件有以下方面：

一、消费者的室内环境保护意识不断增强

消费者健康需求初步显露出较强增长势头。如今，居民对住房的需求已从生存型转变为舒适型。健康成为百姓家居的第一要素，家庭环保装修问题成为社会各界普遍关注的话题。据调查，刚装修的居室有 90% 的室内环境污染超标，污染值最高的超出标准限值的 50 倍。而且室内空气污染对人体危害呈现出持续性、不易觉察和无选择的特点，检测结果中反映出的消费者家装污染状况不容乐观。

装修污染所带来的巨大危害已引起消费者对室内环境意识的逐步提高。人们对室内环境保护的认知度由 1999 年的 29.5% 上升到现在的 81.5%；消费者对室内装饰装修造成的污染有了足够的认识，目前的消费者已普遍认识到家装材料的危害性；消费者维护室内环境的权利意识得到了提高，在一定程度上可以转化为对室内净化产品的需求。

为了纪念 2005 年 10 月 3 日世界人居日，中国室内装饰协会室内环境监测工作委员会委托北京勺海调查公司在北京地区进行了公众安全意识调查，就目前广大城市消费者最关心、与自己身体健康关系最密切的安全问题进行调查（见图 19-7）。结果发现，在调查列出的和消费者生活相关的十个安全问题中，食品安全与室内环境安全成为大家关心、与消费者健康关系最密切的两大安全问题。同时，在调查消费者关注的十大安全问题中，室内环境安全与食品安全、交通安全列为公众关注的三大健康安全问

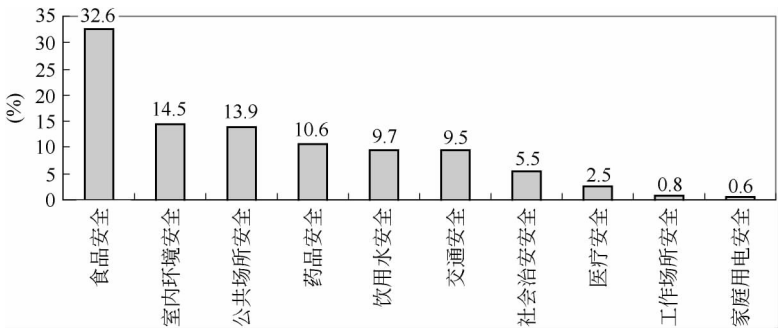


图 19-7 对消费者健康影响最大的安全问题

从图中不仅可以看出我国室内环境污染问题的突出，同时也可以看到广大消费者室内环境安全意识的不断提高，室内环境污染问题越来越引起公众的关注。目前影响我国城市居民的室内环境污染问题主要是来自于建筑、装饰装修和家具三大污染源造成的污染，成为室内环境的不安全隐患。

由于国家有关室内环境的相关标准的发布和实施，消费者的室内环境意识不断增强，目前我国室内环境安全的新问题如下。

1. 消费者对室内环境污染的关注范围从家庭延伸到社会

近一段时间，由于一些学校利用假期进行装修引发的学校教室室内环境污染问题的爆发，从学生家长投诉的学校检测情况分析，学校假期装饰装修污染是比较普遍的问题，这也为学校的管理者敲响了室内环境安全的警钟。

2. 消费者对造成室内环境污染的材料由装修和家具扩展到其他室内装饰用品

前一段时间发生在北京的婚纱照污染案件；中秋节前夕发生在广东的过度月饼包装污染环境

伤害事件，说明消费者的室内环境安全意识的提高。

3. 消费者需要选择安全科学的室内环境污染净化治理方法

随着室内环境污染问题的出现，目前室内环境净化治理行业发展迅速，各种产品和材料不断出现，各种净化治理的方法不断的被消费者选用。中国室内环境监测工作委员会进行的植物净化室内环境污染实验和国内首家植物净化治理室内环境污染的花卉市场开业，为消费者提供了安全有效的净化措施。

4. 室内环境的安全问题涉及的范围不断扩大

消费者不但关注室内环境污染的安全问题，同时还注意建筑和装饰装修的工程质量安全问题，还有装饰装修的节约能源、减少装饰装修的资源和资金浪费问题。

二、国家的环境保护行业政策及相关法规对行业发展的推动作用

1. 国家的产业政策支持室内净化行业发展

相关政策和法规的推出对行业的发展起到了良好的推动作用。

2003年3月1日，由国家质量监督检验检疫总局组织制定发布的我国第一部《室内空气质量标准》，2002年国家发布实施的《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标准》的正式实施，有助于室内净化行业进一步向规范化方向发展。

2. 民用建筑工程室内环境验收检测强制性标准的实施推动了室内环境检测行业的发展

为了贯彻国家《民用建筑室内环境污染控制规范》，室内环境检测的行业管理问题引起了全社会的重视。从2004年12月24日起，北京市建设委员率先将对在本市行政区域内从事建筑工程竣工验收的、已经通过质量技术监督部门计量认证的室内环境质量检测单位进行备案管理。取消以前北京市建设委员要求已经获得有关部门计量认证的建筑工程室内环境质量检测单位还必须取得市建委的资质认可，方能从事建筑工程室内环境检测活动的要求。

每一件商品在投放市场前都会被要求进行质量检验。而商品房的验收却因房屋属性特殊，一直未能做到逐一检验，质量保证无法落实到每一户的头上。为了提升住宅建设工程中的房屋质量，目前北京、上海等地正在试行民用建筑工程“一户一验”制度，即以“每一户”为单位，对房屋中的设施、设备逐项进行验收、整改，从而达到全面提升整个住宅质量的目的。对工程进行“一户一验”的验收，不仅能使工程质量提高、买房者感到放心，更能为建筑业服务提供新的深化点，验收完全可以搞市场化。

3. 家庭装饰装修工程的室内环境污染检测与验收

近年来，因装修而导致室内空气污染、损害人体健康的事件屡有发生，但业主在签订装修合同时却常常忽视环保指标。根据国家室内环境相关标准和建设部《住宅室内装饰装修管理办法》29条规定，装修人委托企业对住宅室内进行装饰装修工程竣工后，空气质量应当符合国家有关标准。装修人可委托有资质的检测单位对空气质量进行检测。检测不合格的，装饰装修企业应当返工，并由责任人承担相应的损失。

北京市工商局统一监制的2004年3月修订的合同文本中明确约定了违约责任：“室内空气质量经治理不达标且确属乙方（施工方）责任的，乙方应当向甲方返还工程款”。一旦装修后出现室内空气污染问题，消费者可以依据合同条款维护自己的合法权益。上海正式发布2006版《家庭居室装饰装修施工合同》示范文本，首次将室内空气质量列入工程验收范围，明确规定装修工程的验收必须强制执行《住宅装饰装修验收标准》，并对装饰后的室内空气质量进行检测，空气质量不符合要求的房屋，不准交付使用。室内空气质量检测的费用如何支付，则可由装饰装修企业与业主协商解决。

三、室内环境行业协会的推动和监管作用不容忽视

为了加强对室内环境检测治理行业的管理，经国家民政部于2003年12月批准成立中国室内装饰协会室内环境监测工作委员会，现在已有理事单位和会员单位一百多家。委员会的宗旨是：“团结、合作、交流、服务”，并立足行业，在会员单位、政府部门与消费者之间起桥梁和纽带作用，同时组织会员单位开展学术交流活动，宣传贯彻国家有关室内环境的标准和技术法规，创造条件加强与国外同行业的联系。这为发展和规范全国的室内环境检测，室内环境净化治理行业起到了监管作用。

随着我国室内环境净化治理行业的迅速发展,由于没有规范的行业管理,市场出现了一些混乱的现象。如有的单位利用免费室内环境检测为幌子,招揽业务;一些单位采用不规范的检测方法和虚假数据欺骗消费者,然后推销净化产品或进行所谓的净化治理服务;一些人利用假冒伪劣产品或者用没有经过严格检测实验的产品欺骗消费者。更有甚者,个别单位自身没有检测资质,却以检测治理加盟的形式在全国发展加盟业务,使一些不明真相的加盟者上当。中国室内环境委员会制定发布了《室内环境净化治理单位资质管理办法》,要求凡在国内承担室内环境污染净化治理工程的单位,应持有中国室内环境监测工作委员会颁发的《室内环境污染净化治理证书》,申请《证书》的单位应当具备下列基本条件:

① 有3名以上具有国家职业资格、适应从事室内环境污染净化治理工程的高、中级技术人员和管理人员。

② 掌握两项以上有关室内环境净化治理实用技术,或独立发明创造经过省级以上主管部门鉴定的技术。

③ 独立承担过至少5项室内环境污染净化治理工程,并经过室内环境检测单位检测达到国家室内环境标准要求。

④ 必须具有独立法人资格,有一定的注册资本、固定的工作场所和完善的质量保证体系等要求。

第四节 我国室内环境净化治理行业的发展趋势及预测

一、该行业国际、国内市场发展潜力及分析预测

根据调查结果,有70%以上的业内人士认为室内环境净化治理行业有非常好的发展前景,随着人们的生活水平逐渐提高,健康意识逐渐增强,同时国家对该行业扶植,大力宣传,因此十分看好该行业的发展机遇。

对于新技术的发展方向,专家指出,纳米光催化技术还是一项实验室技术,由于要达到一定的空气净化处理水平,所制造的设备体积还很大,无法产业化;而分子络合技术已经达到了产品市场化的要求,且经过净化后的产物是二氧化碳和水,与活性炭相比,环保效果更为突出。可以说,分子络合技术是目前空气净化领域最为领先的技术。因此,由装修消费热点和消费者健康意识增强催生的空气净化治理领先技术产品市场,未来将朝着提高处理能力和普及率的趋势发展。

日本是“光触媒”技术领先的国家,近年已在防污、抗菌、除臭、空气净化、亲水材料、可降解塑料及环保等许多方面达到了实用化水平,并形成相当规模的产业。据三菱综合研究所和日本经济新闻社等机构预测,2005年日本国内的“光触媒”及相关制品的市场规模将达到120亿美元,未来的市场潜力将达到1000亿美元,形成一个全新的新型材料产业。相比我们的邻居日本,“光触媒”技术在我国的发展还有待进一步开发,中国市场还没有到大规模投入阶段和大批量生产阶段。

1. 近几年业务量的发展趋势

目前,室内净化治理行业正面临着良好的发展机遇,几乎所有的被访厂家的业务量都在不断增长,平均年增长速度达到28%;从行业的发展周期来看,仍然处于快速成长期,预计未来几年将逐渐步入行业发展的成熟期。由此可以判断,我国的室内环境净化治理产品生产(代理)行业在未来的几年中仍将保持良好的发展势头。

2. 未来几年的行业发展趋势

由于城市化进程的加快、消费者环保意识的逐渐提高和生活水平的不断改善,室内环境净化治理产品的需求量将会稳步提高,尤其在未来的3~5年内,产品需求将会延续较快的增速;而在产品供给方面,纳米科技等新兴技术的广泛应用,将会大大提高空气净化产品的功效,更好地满足消费者的需求。因此,综合供给和需求量的因素,室内环境净化产品生产行业在未来的几年内将保持快速增长态势。

去年全球净化器销售量是1000多万台,最大的市场在北美,欧洲销量是300万台,亚洲也是300万台,中国去年是70万台,占全球销量的5%。从以上数据可以看出,我国的净化器市场

还有巨大的发展空间。

据专家预估,“光触媒”在中国应该至少有 200 亿元人民币以上的市场规模。同时预测“光触媒”的经济效益在环境产业中占到 10% 的市场,到 2010 年每年平均以 13% 的速度增长发展,预计 5~10 年后的市场规模能达到数百亿。随着人们越来越重视健康消费,汽车等行业也将大量使用“光触媒”技术。

“光触媒”应用领域及市场前景十分广阔,不仅可用于净化空气,还可应用于汽车及交通设施、陶瓷、建筑材料、餐饮用具、医疗器械、家用电器环境保护、可降解塑料、水净化处理、日用品等领域。

二、国内市场发展定量预测 (2004~2008 年)

室内环境净化治理产业进入了新一轮快速发展阶段:

我国室内空气净化治理行业经过十几年的导入期后,现已步入成长期,目前行业内的平均利润率为 28%,远高于社会平均利润水平。未来几年内,室内环境净化治理行业将面临难得的发展机遇,2008 年全行业销售额将达到 278 亿元人民币。

国内目前生产空气净化材料的企业数量比较多,但这些企业的营业额都不高,目前还没有出现强势企业,行业集中度比较低。由于城市化进程的加快、消费者环保意识的逐渐提高和生活水平的不断改善,中国室内环境净化治理产品的需求量将会稳步提高,尤其在未来的 35 年内,产品需求将会延续较快的增速;而在产品供给方面,纳米科技等新兴技术的广泛应用,将会大大提高空气净化产品的功效,更好地满足消费者的需求。根据调查结果,未来几年内,室内环境净化治理行业仍处于快速成长期,预计将保持每年 28% 的复合增长率,由此推算,2004 年的销售额达 104 亿元,2008 年将达到 278 亿元 (见图 19-8)。

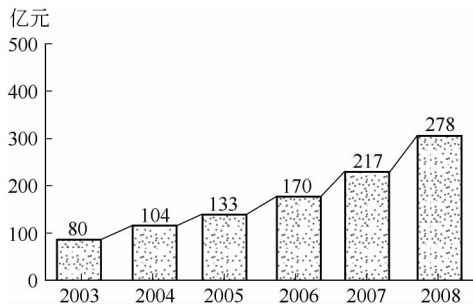


图 19-8 室内环境净化治理行业增长趋势图



思考题

1. 推动我国室内环境检测和净化治理行业发展的因素有哪些?
2. 我国室内环境净化治理行业的发展历史与现状如何?
3. 影响室内环境净化治理行业发展的主要因素有哪些?

参考文献

1 中国室内装饰协会室内环境监测工作委员会编. 室内环境污染治理技术与应用. 北京: 机械工业出版社, 2005
2 中国室内装饰协会室内环境监测工作委员会编. 中国首届室内环境净化治理行业发展研讨会资料汇编. 2004

第二十章

室内环境检测治理人员的培训与资格管理

室内环境关系着人们的身体健康，关系着构建社会主义和谐社会。十届三次人大会议上，温家宝总理在工作报告中提出“让人民群众呼吸清新空气，有更好的工作和生活环境”。随着改革开放的深入和人们生活水平的提高，室内环境、室内装饰装修材料有害物质检测与室内环境污染治理作为我国环保事业的一项重要补充，在为广大消费者提供健康舒适居住环境的同时，已经成为每年创造100亿产值的新兴行业，为国家创造出了良好的经济效益和社会效益。室内环境检测、室内装饰装修材料有害物质检测与室内环境污染治理也已成为人们新的就业岗位。室内环境、室内装饰装修材料有害物质检测和治理涉及到化学、物理、生物、放射性和电磁等多学科。对室内环境、室内装饰装修有害物质检测和室内环境污染治理的从业人员要经过本岗位专业培训，实行职业资格管理。

第一节 国家职业培训及证书制度的推广和作用

一、职业技能培训及职业资格证书制度

1994年，《中共中央关于建立社会主义市场经济体制若干问题的决定》中提出在我国实行学历文凭和职业资格两种证书制度。此后，我国职业技能鉴定制度发生了历史性转折，改变了在计划经济条件下由企事业单位自行组织职工技能等级考试的方式，建立了从中央到地方的职业技能鉴定体系，推行职业技能鉴定社会化管理模式。

1. 职业技能鉴定的概念

职业技能鉴定的本质是一种考试，具有考试所应有的共性特征，但是职业技能鉴定是专门以职业技能为着眼点的考试，因此它又是一种具有特定内容、特定手段和特定目的的考试。与一般考试不同，它是以社会劳动者的职业技能为对象，以规定的职业标准为参照系统，通过相关知识和实际操作考核作为综合手段，为劳动者持证上岗和用人单位就业准入提供资格认证的活动。

根据我国的具体情况，可以将职业技能鉴定定义为：它是按照国家规定的职业标准，通过政府授权的考核鉴定机构，对劳动者的专门知识和技能水平进行客观公正、科学规范地评价与认证的活动。职业技能鉴定包括职业资格一级（高级技师）、职业资格二级（技师）、职业资格三级（高级）、职业资格四级（中级）和职业资格五级（初级）的资格考评。

2. 国家职业资格证书制度

国家职业资格证书制度是伴随着国家技能鉴定制度建立而建立的一项制度，是劳动就业制度的一项重要内容，也是一种特殊形式的国家考试制度。它是指按照国家制定的职业技能标准或任职资格条件，通过政府认定的考核鉴定机构，对劳动者的技能水平或职业资格进行客观公正、科学规范的评价和鉴定，对合格者授予相应的国家职业资格证书。

二、CETTIC 职业培训认证合格证书制度的推广和作用

随着职业技能鉴定制度、职业资格证书制度的实行和国家经济及科学技术日益飞速发展的新形势，为了进一步满足新形势下对新就业岗位培训的要求，1998年，劳动和社会保障部中国就

业培训技术指导中心推出了 CETTIC 职业培训,并向培训合格者颁发 CETTIC 职业培训认证合格证书(以下简称 CETTIC 职业培训合格证书)。CETTIC 培训是为就业和经济发展服务的,是国家职业资格证书最重要的延伸和补充。

1. CETTIC 职业培训合格证书

CETTIC 是中国就业培训技术指导中心的简称,中国就业培训技术指导中心是人力资源和社会保障部的直属单位。CETTIC 职业培训是指由人力资源和社会保障部中国就业培训技术指导中心组织开展的远程培训、创业培训、师资培训、农民工转移培训以及新职业、新知识、新技能等示范性培训项目。参加培训合格者颁发 CETTIC 职业培训合格证书。

2. CETTIC 职业培训及其证书的特点

(1) 职业培训目标与职业岗位需求零距离 CETTIC 职业培训合格证书的培训瞄准岗位人才缺口,制定职业岗位培训计划。针对职业岗位对知识、技能的要求设置课程,指导就业与跟进服务相结合,真正实现“职业培训目标与就业岗位需求零距离”。

(2) CETTIC 职业培训是为就业和经济发展服务的 这种培训,一是直接指向新行业、新岗位,做到领域化、行业化、专业化、职业化、岗位化、模块化;二是培训内容是全新的,学什么干什么、干什么学什么、知识模块化,而且是市场需求学什么,培训内容就设什么;三是培训方法是灵活的,可以边学边干,也可以边干边学,不拘泥于固定模式;四是培训方式是多样的。理论知识和通用知识部分可通过搭建远程教育平台,利用现代化技术资源逐步实现理论知识和通用知识教学远程化。技能技巧的务实环节,可充分利用各地区、各企事业单位、大中专院校和科研院所先进的现代技术设备,建立地面辅导站和实习基地,利用辅导站雄厚的师资力量和实习基地导师逐步实现项目案例实践教学地面化,学员现场亲自动手操作,学会了即可上岗工作。通过政府政策资源和社会资源的有机整合,达到了最小成本与最大效果的统一。

就业是民生之本,解决就业问题是政府的一项重要工程。为此,CETTIC 职业培训是直接为就业和经济发展服务的,是引领新领域、新职业、新岗位培训模式的试验田,是缩短培养阶段与上岗距离的加速器。

这种培训直接指向岗位,培训内容是全新的,培训方法是灵活的,培训方式是多样的,达到最小成本和最大效果的统一。CETTIC 培训充分体现了岗位需求和岗位技能要求,真正实现了培训目标与就业岗位需求的零距离。

(3) CETTIC 职业培训证书是职业资格证书的延伸和补充 2005 年 5 月 16 日,人力资源和社会保障部正式发文指出:CETTIC 职业培训合格证书“可作为培训学员从业的凭证,同时也可作为申请职业技能鉴定时,接受过相关职业资格培训的证明”。为此,由人力资源和社会保障部中国就业培训技术指导中心统一颁发的 CETTIC 职业培训合格证书是国家对从业、在岗人员岗位的专业知识、技术、能力的认可,是从业人员就业岗位技能水平的证明,是求职、任职、单位录用的重要依据之一。CETTIC 职业培训合格证书是过程化、程序化、环节化、事件化、模块化、岗位化、职业化的证书体系,是国家职业资格证书的最重要的延伸和补充。

3. 推行 CETTIC 职业培训合格证书的现实意义

就业是民生之本,是政府的首要工程。CETTIC 职业培训是针对岗位特点和模块要求来设置课程、开展培训的,是对新行业、新领域、新技术、新知识的培训。培训目标与就业岗位零距离,对于求职者来说,无论是高学历高学位或低学历低学位还是新生劳动力初次就业或是下岗失业人员再就业,都可以通过职业岗位培训,获得更高的岗位技能,提高适应岗位变化能力、激发创新能力、增强就业的稳定性、获得更高的经济收益。对于那些具有潜在创业素质的人员来说,提高创业的成功率,形成以岗位培训促进创业,以创业带动就业的良性机制。因此,推行 CETTIC 职业培训证书是落实党中央、国务院提出的“科教兴国”战略方针的重要举措,是实施“人才强国”战略的重要内容,在提高劳动者素质,促进劳动力的建设以及深化国有企业改革,促进经济发展都具有重要的现实意义和深远的历史意义。

4. CETTIC 职业培训合格证书与学历学位证书的关系

多年来,我国学历学位教育培育了大批高精尖人才和高素质的劳动者,他们在我国社会主义建设的各条战线上发挥了不可替代的作用。然而,由于多年来的计划经济的束缚,教育体制改革难度很大,致使大中专毕业生还要经过毕业后培训才能基本胜任岗位工作。CETTIC 职业培训,

正是弥补了学历学位教育的不足，培养大中专学生的就业能力和创业能力。在经过几年的学历学位教育的基础上，针对学生未来从事的工作进行岗位培训，特别是要在实践环节上下功夫，让学生在毕业前就掌握一两种技能，得到学历学位证书的同时，又拿到岗位培训合格证书，使学生毕业之日就是上岗之时。学历学位证书是就业的基础，CETTIC 职业培训合格证书是就业的捷径，是缩短养成教育与就业之间距离的加速器。

5. CETTIC 职业培训合格证书与职业资格证书的关系

职业资格证书是表明劳动者具有从事某一职业所必备的学识和技能的证明，它反映特定职业的实际工作标准和规范，以及劳动者从事这种职业所达到的实际能力水平。我国实行职业资格证书制度以来，大大地提高了劳动者的素质及其社会地位，促进了职业教育的发展和就业培训计划的实施。随着全球经济一体化的进展，一是新产业、新领域、新知识、新技术、新技能层出不穷；二是职业分类、岗位分工越发细化。如何在千变万化的过程中培养劳动者的就业能力和创新精神，这是在市场经济不断发展新形势下的新课题。劳动者获得了职业资格证书，这意味着他具备了这个职业所要求的学识和能力。但职业资格证书是国家统一制定的认证标准，这个标准一旦确定下来，就具有相对稳定性。随着科学技术的发展，一方面本岗位的新知识需要更新、新技能需要提高，另一方面新产业、新领域、新岗位的培训要随之跟上。职业资格证书的这种相对稳定性就已远远满足不了市场和科学技术发展对人才的需求。而 CETTIC 职业培训是针对新产业、新领域、新岗位的培训，是原岗位新知识、新技术、新技能提高的培训。为此，CETTIC 职业培训恰恰能满足市场的瞬息万变和科学技术的飞速发展，为市场和科学技术的发展提供了广阔的空间和平台。因此，CETTIC 职业培训合格证书是职业资格证书的延伸和补充。

第二节 室内环境、室内装饰装修材料有害物质检测和治理人员的基本要求

随着人民生活水平的提高，室内环境污染检测与净化治理已成为我国一个新兴的朝阳行业。目前，我国室内环境污染检测与净化治理行业面临着新的发展机遇：技术升级——检测水平不断提高，净化治理技术不断完善；形成规模——净化治理产品的研发和生产渐成规模；正在兴起——净化治理产品销售与治理服务正在兴起；行业发展——室内环境检测、室内装饰装修材料有害物质检测、净化治理产品的研发、销售与服务已成为配套的系统工程不断发展。室内环境污染检测与净化治理行业的形成和发展，还带动了检测仪器设备的研发、销售，建筑工程验收、产品的检验等多行业的发展，不仅为国家创造出良好的经济效益，还为人们提供了数以万计的劳动就业岗位。作为拉动经济发展的一项新兴行业，要求从业人员符合以下基本条件。

1. 有一定的专业技术知识和复合型知识

国家室内空气质量标准涉及到四大类 19 项参数。四大类包括化学、生物、物理和放射性。室内环境净化治理技术从原理上可分为：化学净化技术、物理净化技术、生物净化技术等。因此，室内环境检测与治理是一门交叉学科，涉及到化学、分析化学、生物、物理、电磁、放射性、环境工程、医药卫生等多门学科。所以从事室内环境（室内装饰装修材料有害物质）检测与治理工作的人员必须具备一定的专业知识和复合型的知识。

2. 有较强的接受新知识、新技术的能力

我国室内环境（室内装饰装修材料有害物质）检测与治理业是随着经济的飞速发展而发展起来的。20 世纪 80 年代前，我国室内空气污染物主要是可吸入颗粒物、一氧化碳、二氧化碳、一氧化氮、二氧化氮、硫化物、微生物等。但随着我国住房制度的改革和经济的发展，装饰装修已经进入百姓家，但也造成了室内空气中甲醛、氨、苯、氡、TVOC 等的化学污染，对人们身体健康造成了伤害。室内空气中的生物污染的种类也比 80 年代前要复杂得多，如 SARS、军团菌、禽流感等，其中有许多是病毒的变异，其传染性之强、危害之大是有目共睹的。从事室内环境（室内装饰装修材料有害物质）检测和治理的人员要善于学习，具有接受新知识、新技术的能力。

3. 有娴熟的操作技能

室内环境（室内装饰装修材料有害物质）检测是一项技术性较强的工作，不仅需要一定的理论知识，还要有较强的化学分析、仪器分析的能力。这就要求从业人员还要具有较强的实际操作能力，能严格地按照操作规程娴熟地配备各种溶液、试剂，同时要求既能娴熟地使用各种仪器，还能维修和保养仪器设备，为顺利地开展工作奠定坚实的基础。

4. 有较强的法律法规意识

室内环境（室内装饰装修有害物质）检测和治理不仅是一项技术性较强的行业，还是一项政策性较强的行业。要求从事室内环境（室内装饰装修材料有害物质）检测和治理的人员要了解掌握我国室内环境、室内装饰装修材料的有关标准及其相关的法律法规，并在工作中严格执行国家的标准和法律法规，为此要求从业人员要具有较强的法律法规意识。

5. 有良好的沟通能力

室内环境（室内装饰装修材料有害物质）检测和治理工作与人们的健康密不可分，与人们的生活息息相关，使人们的室内环境意识大大提高。室内环境、室内装饰装修材料有害物质检测与治理已成为为广大消费者服务的行业。作为从事室内环境（室内装饰装修材料有害物质）检测与治理的工作人员要能够正确回答消费者提出的各种问题，要能与消费者进行面对面的沟通与交流。通过交流既能取得消费者的信任，又能更好地提高服务水平。

6. 有良好的职业道德

室内环境、室内装饰装修材料有害物质检测与治理人员是直接为消费者服务的，工作中直接代表工作单位的形象。为此，检测人员与治理人员要具有良好的职业道德。表现在：一是爱岗敬业，尽职尽责。要热爱检测事业、业务精通、技能熟练、优质高效；二是科学监测，诚实守信。要科学严谨、数据准确、杜绝虚假、规范程序；三是遵纪守法，廉洁自律。要纪律严明、工作有序、秉公办事、不徇私情；四是团结协作，互助友爱。

7. 做到持证上岗

现我国实行的是学历证书、培训证书和职业资格证书制度，要求“先培训，后上岗”。室内环境检测与治理是技术性较强的技术工作，根据劳动和社会保障部《招用技术工种从业人员规定》，必须经过专业培训取得培训证书或职业资格证书后才能在本岗位工作。

第三节 室内环境、室内装饰装修材料有害物质检测与治理人员的培训与管理

室内环境是多种学科相交叉的科学，室内环境、室内装饰装修材料有害物质检测与室内环境污染治理属于技术工种，从事室内环境、室内装饰装修有害物质检测与室内环境污染治理人员需要掌握一定的化学分析、仪器分析技术，并要求具有化学、物理、生物、放射、电磁辐射、建筑装饰材料等方面的知识。根据国家职业资格证书、CETTIC 职业培训认证合格证书制度和学历证书、培训证书与职业资格证书相结合的要求，从事室内环境、室内装饰装修材料有害物质检测与室内环境污染治理的人员必须做到先培训后上岗，实现持证上岗。

一、室内环境、室内装饰装修材料有害物质检测与治理人员培训的现状

室内环境检测与治理行业是自 20 世纪 90 年代末期逐步兴起和形成的，并逐步得到了全社会和广大消费者的认可。现从事室内环境检测和室内装饰装修材料有害物质检测大致涉及到六大行业：环境监测、疾病卫生监督控制、建筑工程质量监督检测、气象、产品质量监督检验、环境检测公司。室内环境污染治理涉及：室内环境污染治理产品的研发、销售及治理服务。随着市场经济的发展，国家各项政策的放开，现室内环境、室内装饰装修材料有害物质检测与治理单位除国有体制外，股份制、股份合作制、私有经营等机制的有限责任公司大量涌现。

室内环境、材料检测与室内环境污染治理是新兴的行业，根据国家的要求，从业人员需要持证上岗。由于这一行业涉及多学科，而且根据国家《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325—2001 和《室内空气质量标准》GB/T 18883—2002 规定的室内空气污染控制的指标大部分为化学指标，故国家规定参照化学检测工的要求对室内环境、室内装饰装修材料有害物质检测

及室内环境污染治理人员进行职业岗位培训,培训合格者分别颁发化学检验(室内环境检测)、化学检验(室内装饰装修材料有害物质检测)和化学检验(室内环境污染鉴别)职业资格证书。根据这一规定,自2002年下半年,国内成立的首家并承担社会室内环境检测业务的机构——中国室内装饰协会室内环境检测中心受国家质监总局的委托开始对室内环境、材料检测和室内环境污染治理人员进行职业资格培训。到目前为止,除西藏地区外全国大陆的各个省份均有人员参加此项培训。

但室内环境检测不仅限于化学检验,而且涉及到物理、生物等,室内环境污染治理也不能仅局限于室内环境的污染鉴别,为此,仅停留在化学检验(室内环境检测)、化学检验(室内装饰装修材料有害物质检测)和化学检验(室内环境污染鉴别)培训是远远不能满足室内环境、材料检测和室内环境污染治理人员上岗要求的。但CETTIC职业培训为室内环境、装饰装修材料有害物质检测和室内环境污染治理职业培训为从事室内环境检测、室内装饰装修材料有害物质检测人员培训提供了新的天地。自2005年5月,中国室内装饰协会室内环境监测工作委员会(室内环境监测中心)受劳动和社会保障部中国就业技术培训指导中心的委托对室内环境检测、室内环境装饰装修材料有害物质检测和室内环境治理从业人员进行CETTIC培训,并向培训合格者颁发劳动和社会保障部中国就业技术培训指导中心统一印制的室内环境(化学、物理、生物)检测、室内装饰装修材料有害物质检测和室内环境污染治理与评价职业培训合格证书。培训中增加了物理、生物、电磁检测与防治、室内环境预评价和评价内容,使培训更能适应市场发展的要求、更加结合工作的实际、更加有的放矢。

至2005年4月份近3000余名学员接受了培训,并分别取得了相应的职业资格证书。

经3年多的努力,中国室内装饰协会室内环境监测工作委员会(室内环境监测中心)培训的人员已达3000余人,并取得了职业资格证书或CETTIC职业培训合格证书。凡经过培训取得证书的学员均可在中国室内环境网(www.cietc.com)与劳动和社会保障部中国就业技术培训指导中心(www.cettic.com)对所取证书进行查询。经过培训,这些学员对室内环境检测与治理行业的形成、现状、发展有了更全面的了解,提高了业务能力,同时掌握了一定的化学、物理、生物检测技能和室内环境污染控制、治理和评价的能力。他们中还涌现出一批创业人员,成立了各自的室内环境检测、室内装饰装修材料有害物质检测、室内环境污染治理、室内环境污染治理产品生产或销售的公司,每年为国家创造出100亿产值。室内环境、室内装饰装修材料有害物质检测和治理这一新的岗位也成为越来越多创业人的创业目标和为之奋斗一生的事业。

但目前的室内环境、室内装饰装修材料有害物质检测和室内环境污染治理培训还远远达不到市场发展的要求,与劳动和社会保障部《招用技术工种从业人员规定》的要求相差甚远,因此培训任务仍十分艰巨。

二、室内环境、室内装饰装修材料有害物质检测与治理人员申报条件和培训内容

目前室内环境、室内装饰装修材料有害物质检测的职业资格证书和CETTIC职业培训合格证书都各分为三级,即化学检验(室内环境检测)、化学检验(室内装饰装修材料有害物质检测)初、中、高级和室内环境(化学、物理、生物)检测、室内装饰装修材料有害物质检测初、中、高级。室内环境污染治理人员职业资格证书和CETTIC职业培训合格证书都各分为两级:中级和初级。今后,室内环境、室内装饰装修材料有害物质检测培训证书还将设有技师和高级技师两级,室内环境污染治理培训证书将设高级。

(一) 申报各等级的条件

1. 申报初级须具备以下条件之一

- ① 本职业初级正规培训达规定学时数,并取得毕(结业)证书。
- ② 在本职业连续见习工作两年以上。
- ③ 本职业学徒期满。

2. 申报中级需具备以下条件之一

- ① 取得经劳动保障行政部门审核认定的,以中级技能为培训目标的中等以上职业学校本职业毕业证书。
- ② 取得本职业初级职业资格证书后,连续从事本职业3年以上,经本职业中级正规培训达

规定标准学时数，并取得毕（业）证书，或连续从事本职业 5 年以上。

③ 连续从事本职业工作 7 年以上。

3. 申报高级须具备以下条件之一

① 取得本职业中级职业资格证书后，连续从事本职业工作三年以上，经本职业高级正规培训达规定学时数，并取得毕（结）业证书。

② 取得本职业中级职业资格证书后，连续从事本职业工作 5 年以上。

③ 取得经劳动保障行政部门审核认定的、以高级技能为培养目标的高等职业学校本职业（专业）毕业证书。

④ 取得本职业中级职业资格证书的本专业大专以上或相关专业毕业生，连续从事本职业工作 2 年以上。

(二) 培训的主要内容

室内环境（化学、物理、生物）检测、室内装饰装修材料有害物质检测和室内环境污染治理与评价培训的主要内容见表 20-1。

表 20-1 培训主要内容

基 础 知 识	核 心 课 程	相 关 知 识
(一)国家有关室内空气质量标准、装饰装修材料标准和电磁辐射有关标准	1.《室内空气质量标准》GB/T 18883—2002 2.《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325—2001 3.10 种室内装饰装修有害物质限量	国家有关标准的分级分类
(二)化学基础知识	1. 化学实验室的安全守则 2. 溶液配制的基础知识 3. 试验数据的处理	1. 无机化学基础知识 2. 有机化学基础知识 3. 数理统计基础知识
(三)室内空气采样基础知识	1. 采样的原理 2. 采样技术和仪器 3. 采样效率及质量保证	1. 化学基础知识 2. 质量管理知识
(四)分析化学知识	1. 化学仪器分析方法 2. 化学分析法	化学分析仪器的基本知识
(五)室内空气中物理参数基础知识	物理性参数的检测技术	1. 物理参数测量仪的原理及作用 2. 相关国家标准
(六)电磁辐射基础知识	1. 电磁辐射的原理 2. 电磁辐射的危害 3. 电磁辐射各项参数的检测方法	电磁辐射相关仪器
(七)室内空气中微生物基础知识	室内空气中微生物的检测技术	1. 微生物采样器的原理及使用 2. 培养基的制作及原理
(八)室内装饰装修材料基础知识	1. 材料中化学污染物存在的形式 2. 材料中化学污染物萃取方法 3. 仪器分析方法	气候箱、萃取仪、烘干箱、恒温恒湿箱的构造、原理等知识
(九)计量认证与审查认可基础知识	1. 实验室建立和健全质量体系的必要性 2. 计量认证/审查认可(验收)评审准则	质量控制知识
(十)室内空气质量与人体健康	室内空气质量主要污染物来源及对人体的危害	1. 国家室内空气质量相关标准知识 2. 化学基础知识 3. 物理参数知识 4. 电磁辐射知识
(十一)室内环境污染治理技术	1. 各类室内空气治理技术原理 2. 各类治理技术的综合应用	1. 化学基础知识 2. 物理参数基础知识 3. 电磁辐射基础知识 4. 生物基础知识 5. 计量单位的换算
(十二)室内环境预评价与评价	1. 室内环境污染来源 2. 科学计算各种装饰装修材料用量 3. 制定科学的施工工艺 4. 室内环境的评价	1. 高等数学基础知识 2. 室内装饰装修基础知识

上述课程为核心课程，应占培训内容的90%，职业道德知识占培训内容的10%。除此之外，CETTIC职业培训还要根据需要，增加针对新形势下本行业遇到的新情况、新知识、新技能、新问题的内容，使培训更具针对性和实用性。在理论知识培训的同时，还要有技能实际操作练习。

（三）能力要求

1. 室内环境（化学、物理、生物）检测与室内装饰装修有害物质检测能力要求（注：有材料检测注释的为材料检测能力要求）

（1）初级

- ① 接待客户，正确回答检测中的常识性问题并做好记录。
- ② 能详尽填写检测样品登记表的有关信息，检查样品状况，做好记录，加贴样品标识，并按规定储存样品（材料检测）。
- ③ 简单的化学分析，掌握物理、生物检测方法标准和操作规范；能正确识别、选用玻璃仪器、洗涤液等，进行简单的基本操作，并按检验装置示意图进行安装；能准备实验用水，熟练掌握采样技术、化学及仪器分析；能熟练使用物理指标检测各种仪器设备，并做好原始记录。
- ④ 能正确进行滴定分析的基本操作，识别标准滴定溶液和其有效期，能正确进行标准溶液体积的温度校正；能正确进行试样的汽化分析、沉淀分析操作；正确使用酸碱指示剂。
- ⑤ 按照国家标准规定的方法进行室内环境19项参数的检测。
- ⑥ 能做好测后数据的处理及仪器设备的保养。
- ⑦ 详细了解、掌握实验室的安全制度。

（2）中级

- ① 能提出样品检验合理化建议，解答样品交接中提出的一般问题，能读懂、明确较复杂的化学分析、物理性能、生物检测方案（材料检测）。
- ② 能制备仪器分析用的标准溶液、试剂、一级实验用水及相关试液。
- ③ 根据检测方案准备实验用水及溶液，并能按标准或规范要求检验实验用水的质量。
- ④ 能按有关规程选用实验用器皿、仪器及设备，并对器皿、仪器和设备进行校正。
- ⑤ 能按照检测需求制定及实施采样方案。
- ⑥ 能按标准或规程要求，用化学分析、仪器分析等方法进行室内环境各参数的检测。
- ⑦ 能由对照试验结果计算出校正系数，并据此校正测定结果消除系统误差，正确处理检验结果中的可疑值，进行数据处理。
- ⑧ 能校核其他检测人员的检验原始记录，分析一般检验误差产生的原因，正确填写检验报告单。
- ⑨ 能够排除仪器设备的简单故障。
- ⑩ 对突发的安全事故采取适当措施，进行人员急救和事故处理。
- ⑪ 能独立使用气候箱、萃取仪、干燥器等仪器设备（材料检测）。

（3）高级

- ① 能全面了解检测项目的相关知识，解答疑难问题。
- ② 能按照标准要求制备气相色谱填充柱、选用毛细管柱、高压液相色谱柱、选用符合分光光度法分析要求的空心阴极灯；能熟练操作与分析仪器配套使用的计算机；能根据不同检验项目需要设计相应的原始记录表格。
- ③ 能按照操作规程操作分光光度计、气相色谱仪、液相色谱仪（材料检测）、高温灭菌仪、FD-216多道 γ 能谱仪、场强仪及其配套等设备，掌握检验室内环境要求的各项参数。
- ④ 能解决检验过程中遇到的一般技术性问题，并能验证其方法的合理性。
- ⑤ 能对其他检验人员制作的检验报告按管理规定进行审核；能帮助委托单位对室内环境中出现的问题进行科学分析，找出原因。
- ⑥ 能看懂新购置的一般仪器设备的说明书，并按规程安装、调试，并能验证其技术参数是否达到规定要求；能独立设计简章的检修仪器设备的程序框图，并按程序检查出常用仪器设备的故障，能正确更换仪器设备的易耗件。
- ⑦ 能制定一般检验仪器设备的操作规程，编写检测参数的作业指导书，改进检验方法需要改进的试验装置，提高检验效率和检验结果的准确度。

⑧ 能向初、中级检测工传授与其工作相关的专业知识，并能较系统地示范化学分析、物理参数、生物参数检测等实际操作技术。

2. 室内环境污染治理与评价能力要求

(1) 初级

① 能详尽填写委托登记表的有关信息，做好记录。

② 能根据委托单位介绍的情况对室内环境污染原因进行简单的分析。

③ 掌握室内空气检测布点知识，根据实际情况进行布点采样，同时能正确使用空气采样器，做好采样的原始记录；同时还能熟练掌握国家室内环境检测标准判断室内环境污染程度。

④ 掌握化学基础知识，能正确识别、选用玻璃仪器、洗涤液等，进行简单的基本操作，能准备实验用水。

⑤ 熟练使用皂膜流量计，对空气采样器进行校准。

⑥ 能使用国家规定的便携式仪器检测室内空气中的化学参数。

⑦ 能看懂治理方案，了解各种室内环境污染净化治理产品的性能，掌握其使用方法。

(2) 中级

① 能熟练地掌握分光光度计的使用方法，按有关室内空气标准规定的 AHMT 和酚试剂法检测甲醛、氨；能提出样品检验合理化建议，解答样品交接中提出的一般问题。

② 根据检测方案准备实验用水及溶液，并能按标准或规范要求检验实验用水的质量。

③ 能按有关规程选用实验用器皿、仪器及设备，并对器皿、仪器和设备进行校正。

④ 能解答预防室内污染治理的有关问题，按照检测需求制定及实施采样方案。

⑤ 能按标准或规程要求，用化学分析、仪器分析等方法进行室内环境甲醛、氨的检测。

⑥ 能熟练地掌握装饰装修室内环境预评价方法，提出室内装饰装修方案，指导消费者进行科学合理的装饰装修，努力将室内环境污染控制到最低限度。

⑦ 能根据室内装饰装修实际找出造成室内环境污染的原因，确定污染源。

⑧ 能根据室内环境污染的实际情况制定综合的治理方案，并进行净化治理，使室内环境达到国家标准的要求，并撰写评估报告。



思考题

1. 室内环境检测、室内装饰装修材料有害物质检测和室内环境污染治理从业人员应具备的条件是什么？
2. 什么是国家职业技能鉴定制度？其主要内容是什么？
3. 什么是国家职业资格证书制度？其主要内容是什么？
4. 什么是 CETTIC 职业培训认证合格证书制度？
5. 职业资格证书、CETTIC 职业培训合格证书和学历证书的联系与区别？
6. 参加室内环境、室内装饰装修材料有害物质检测和室内环境污染治理培训人员申报的条件？
7. 室内环境、室内装饰装修材料有害物质检测和室内环境污染治理培训的主要内容？
8. 室内环境、室内装饰装修材料有害物质检测和室内环境污染治理的各级人员应有的能力？

参考文献

劳动和社会保障部. 国家职业技能鉴定教程. 北京: 北京广播学院出版社, 2003. 7

第二十一章

消费者室内环境权益保护

第一节 消费者的室内环境权益保护问题概述

近二十年来，随着国家改革开放政策的稳步实施，经济持续增长，国民收入水平不断提高，物质文化生活日益丰富。据国家统计局统计显示，1997年，城镇居民人均可支配收入为5160元，农村居民人均纯收入为2090元。到2001年，这两个数字分别增加到6860元和2336元。继2003年我国人均GDP超过1000美元后，2004年增长到1200美元，达到总体小康水平。我国城乡居民恩格尔系数由1997年的46.4%和55%下降到2004年的37.9%和47.7%。城镇居民的恩格尔系数已经由2000年的39.4%，下降到2004年的37.7%。这一数字显示我国城镇居民正处于以住房、交通、通信等消费为标志的消费结构升级的临界点，消费结构逐步升级，消费质量年年提高。事实上，随着住房制度改革、国家鼓励住房消费、拉动经济增长的政策，给中国广大人民群众带来了实惠，居住条件更为宽松、舒适、方便，大量的新建筑不仅推进了市政建设更加美化，而且使人均绿地面积增加，公共环境更为幽雅。在经济高速发展的同时，国家的法治建设日新月异，与这配套的法规、国家强制标准先后出台，一方面与中国加入WTO相适应，同时也对保障良好的经济秩序、保护宪法赋予广大人民群众的各项权利、让消费者实实在在地享受改革开放和经济发展的成果发挥了重要作用。

为准确掌握消费者权益保护事业发展的真实状况，2003年，中国消费者协会用3个月时间，联合北京、天津、内蒙古自治区、黑龙江、上海、江苏、安徽、山东、河南、湖北、湖南、广东、重庆、甘肃、厦门、成都16个城市消协组织开展了《消法》十年中国城镇消费者权益保护状况调查，当问及消费者九项权利中哪项最重要时，24.4%的被访者选择了“安全权”其次是“公平交易权”和“受尊重权”。

当问到被访者最关心的消费领域时，排在前十位的依次是：食品和保健食品、药品和医疗器械、商品房、水电气等公用行业、教育、电信服务、物业管理、建材和装修、保险及其他金融服务、汽车及相关服务。

调查结果与中国消费者协会和各地消费者协会历年受理投诉的情况十分吻合。近十年来，家庭装修市场一直处于升温状态，2003~2005年三年的家庭装修投诉总量近两万件，引发投诉的原因既有质量不合约定、虚假报价、用材以次充好、施工偷工减料等问题，更为严重的问题就是危及消费者生命安全的有毒有害物质超标。据媒体报道，2005年底，南京市消费者协会刚刚装修完工的办公室空气污染元凶之一的甲醛竟然超过国家标准五倍多。同样的报道我听到的、见到的并不鲜见。据某项调查显示，在医院就诊的儿童白血病小患者，半数以上的居住环境属于新装修半年以内的房屋。

第二节 保护消费者室内环境权益的基本原则、方法和步骤

一、保护消费者室内环境权益的基本原则

作为人类活动时间最多的场所——居室，应当将其安全性作为最为重要的前提条件，绝不能

以自己的健康甚至生命当成换取低廉造价、繁华装饰的交换条件。因此，在装修之时，我们应当知道几个基本原则。

① 要选择具有资质、社会信誉较好的装修公司。最好到其装修完工或是正处于装修施工现场做些调查了解，特别要知道消费者在验收检测后的评价。

② 避免过多、过繁的装修设计。目前市场上的装修材料尽管都标称符合国家标准，有的甚至获得了绿色“十环”标志，但其或多或少地含有一定的有害物质，装修用材越多，这类物质的累加值越高，因此，合格的原材料装修出的房屋可能仍使空气质量不达标。

③ 关注辅助材料的选购。比如黏合剂（胶水）、清漆、勾缝胶、网布等，不能因为占用的钱不多就因此而不闻不问。

④ 雇请专业施工监理人员。一个合格、负责任的监理师不仅可以帮你挤出施工报价上的“水分”，还可以把握好购买材料和施工工艺关，有效避免花“冤枉钱”和返工导致的损失。

⑤ 认真签合同。对装修公司提供的合同中的条款要认真看、仔细推敲，并请业内人士帮忙把关。对权利义务明显不对等、模棱两可的文字、可能产生歧义的话语要坚决加以修改。

⑥ 合理确定付费条款。一定要预留质量担保款项，以免发生争议时，因为消费者没有主动权，不良经营者可以放心大胆地故意拖延推诿。

⑦ 注意行政部门关于“下架商品名单”和消费者协会发布的“商品比较试验”信息。近几年，为了加大消费者权益保护力度，政府有关部门经常对市场上销售的消费品进行抽检，并公开发布公告。中国消费者协会和各地消费者组织也借鉴国际上的先进经验，以消费者的身份，从不同市场购买同类商品送国家权威机构检测，并将检测结果公布，向广大消费者提供客观、详实、准确、实用的信息和重要提示，为消费者合理选购、科学使用提供方便。如果我们掌握了这些信息，不仅能够最大限度地保护我们的安全权、知情权、公平交易权等各项权利，还可以让我们选到最适合自己、性能价格比最好的商品，从而避免被商家的虚假广告所误导，也可以合理节省装修成本。

二、保护消费者室内环境权益的方法和步骤

事前预防是维护消费者合法权益的最好方法。只有重视并采取有效的措施，才能避免发生或者少发生“憋屈事”。一旦产生了争议或矛盾，要依法维权。具体说有以下几点：

1. 保留好证据

以事实为依据、法律为准绳，是消费者维权的前提和基点。从考察一个装修公司开始，就应当保留好相关证据，比如：企业的宣传资料、承诺条款、装修样板房的照片或录像带、合同原件、购买装修材料的发票、监理人员或施工人员的文字证明、与装修公司负责人交涉的记录等。必要时，要通过权威机构的检测，以获取有力证据。

2. 掌握相应的法律知识

市场经济既是“法制经济”，同时具有“契约经济”、“信誉经济”的特点。在目前的市场环境下，消费者掌握一些法律、法规、国家强制标准方面的知识是十分必要的。特别要对《消费者权益保护法》、《合同法》、《室内空气质量标准》等相关内容有一定的了解。只有这样，当我们遇到权益受损的时候，才会有理有据地主张自己的权利。

3. 合理选择维权途径和方法

《消费者权益保护法》规定消费者权利受到损害时，可有五条维权途径可选择：

（1）与经营者直接交涉 这是一条最为直接、维权成本最低的渠道。如果是一个讲信誉、讲公平、讲商业道德的企业，一般会与消费者达成公平的处理方案。

（2）到消费者协会投诉 作为一个社会个体的消费者，与经营者相比，无论是真实信息的掌握、经济实力和业内社会资源、还是专业知识都处于弱势地位。为此，国家专门通过立法的形式明确了消费者协会的性质、宗旨、任务、行为规范、生存保障及利于帮助消费者维护权益的七项职能。由于消费者协会是一个公益性的组织，通过二十多年的艰苦奋斗，在社会上已具有良好形象和影响力，加上多年受理消费者投诉的工作经验，往往可以起到及时化解矛盾的作用。

（3）到有关行政管理部门申诉 比如到分管质量的质监局、分管消费者权益保护和监管交易合同的工商行政管理部门申诉，通过行政的力量维护自己的权益。

（4）进行仲裁 根据我国的《仲裁法》规定，消费争议仲裁必须事先约定当双方不能直接和

解时到某一仲裁机构进行仲裁。这里面有几个问题应当注意：一是双方可以选择任意一个仲裁机构，不受地域限制；二是一旦选择了仲裁，只要仲裁程序不违法，人民法院就不再受理争议双方任何一方的起诉；三是仲裁费用比较高；四是仲裁采用的是一裁终局制度，不像人民法院的二审制度。

(5) 到人民法院起诉 由于通过司法途径相对费时、费力、费钱，维权成本高，所以不到万不得已不提倡选择这条渠道。

第三节 保护消费者室内环境权益的基本法律法规

要想依法维护好自己的权益，就要知道当自己的权益受到侵害时，依据哪部法律、法规、国家标准中的哪些条款、数据。比如《消费者权益保护法》中第二章——消费者的权利，明确了消费者拥有的安全权（第七条）、知情权（第八条）、自主选择权（第九条）、公平交易权（第十条）、获得赔偿权（第十一条）、结社权（第十二条）、获得知识权（第十三条）、受尊重权（第十四条）、监督权（第十五条）；相对应的是第三章——经营者的义务，比如告知真实客观情况的义务、质量担保义务、损害赔偿义务、提示义务、缺陷产品召回义务等；第四章——国家对消费者合法权益的保护，则十分明确地规定了立法、司法、行政机关的责任和应当行使的权力；第六章——争议的解决，明确了消费者的权益受到损害时可以通过哪些渠道主张自己的利益；第七章——法律责任，则十分清楚地规定了经营者提供的产品或服务给消费者权益造成损害时，应当承担哪些义务。

由于社会主义市场经济具有的特点，与计划经济时代具有很多不同之处，一个非常重要的特征就是政府不再直接干预交易行为，而是通过立法制定“游戏规则”，通过司法、行政、社会团体、新闻媒体、广大消费者监督市场，行业协会规范自律。除了宏观调控外，更多的靠法律、靠市场中消费者的投票，而一个个的交易靠的是经济合同商定各自的责任、权利与义务。为此，全国人民代表大会于1999年10月1日起颁布实施了新的《合同法》，该部法共计二十三章、428条。其中的第一章——“一般性规定”是《合同法》最基本的原则；第二章是合同组成的要素；第三章是签订的合同具有何种法律效力及何种情况下合同无效；第四章、第五章、第六章规定了合同如何履行、如何变更和转让、何种情况下合同的权利义务终止；第七章讲的是“违约责任”；第八章的内容是“其他规定”；从第九章起，对各种不同的合同做出了分类的规定，与装修有关的主要是第九章——买卖合同；第十五章——承揽合同；第十六章——建设工程合同。希望没有经验的消费者在与装修公司签订合同前将《合同法》的有关内容看一看，遇到争议时，可以对照法律有关条款，明确自己的权利受到哪方面的损害，对方应当承担什么样的责任、履行什么义务。

在装修方面，国家行政机关先后出台了许多相关规章，如《建筑装饰装修管理规定》（1995年9月1日，建设部第46号令）、《家庭居室装饰装修管理试行办法》（建设部1997年4月15日发布实施）、《住宅室内装饰装修管理办法》（建设部令第110号，2002年3月5日发布，2002年5月1日起施行）。一些禁止性条款、行政处罚条款都规定的比较明确，也有必要加以了解。

《室内空气质量检测标准》、《民用建筑工程室内环境污染控制规范》是已实施的国家标准。

各地消费者协会近期发布的关于装修消费警示（提示）如下。

一、江苏省消费者协会发布消费警示：慎重选购乳胶漆

涂料是一种涂装在物体表面，提供保护和装饰作用的产品。它的用途广泛，品种繁多，一般分为水性和油性两大类。其中，水性涂料就是我们常说的乳胶漆。与油性涂料相比，乳胶漆具有很多优异的性能，如环保、容易涂装、干燥速度快、易清洁、无毒等。现在市场上绝大部分的内、外墙涂料都是乳胶漆。

内墙乳胶漆以色彩丰富、效果自然以及便于施工、易于翻新等良好特性，成为广大消费者装饰居室内墙的首选材料。到梅雨季节之前是装修的高峰，然而面对市场上品种繁多、名称各异、价格悬殊、包装艳丽的内墙乳胶漆，如何才能选择到满意而且价格合适的产品呢？从全省投诉咨询情况统计分析看，装修乳胶漆的问题是广大消费者比较关注的问题。为了正确地指导消费者安

全、合理消费，省消协在此提醒消费者购买乳胶漆时不妨从以下几个方面入手：

① 量入为出，选定品牌。即根据自己的经济实力，确定选购信得过的进口或国产知名品牌。目前市场上不论是国外或国内的品牌，一般均为系列产品。不同的品牌，不同企业生产的产品，其价格与质量的可比性较差，而同一企业生产的产品，价格越高，则产品质量越好。国外与国内的产品相比，产品性能差异不大，但装饰效果优于国内产品，当然价格也相对较高。

② 如选择国内品牌，则务必购买知名企业的产品或有声誉的品牌产品。目前国内生产内墙乳胶漆的企业生产能力也存在较大差异，直接影响到产品的质量。应该相信知名企业品牌，其质量稳定、可靠，认品牌不会错。

③ 把握产品的质量与价格，谨防上当。现从国内生产内墙乳胶漆的成本来分析，最低销售价格应在 4~5 元/kg，市场上出售的价格仅为 1~2 元/kg 的所谓“乳胶漆”实际上是水溶性的内墙涂料，消费者必须分清。

④ 从产品的明示说明中判断质量。不论国产、进口或合资产品，只要是合格产品，它的包装必须具备下列条件：注册商标、产品型号、生产单位、执行标准、出厂日期、质保期限、储存说明、包装规格等。

⑤ 从感官和手感上鉴别真伪。真正的乳胶漆无刺激性气味，而低档的水溶性涂料擦几下子就会掉粉、露底。

⑥ 在选择时要看一下成分。优质涂料的成分应是共聚树脂或纯丙烯酸树脂。

掌握了上述要点，相信您在购买时，一定会选择到适合您的乳胶漆，营造一个赏心悦目的居住环境。

对乳胶漆到底有没有毒的质疑，业内人士提示，由于采用水作为涂料的溶剂，所以可以说乳胶漆是涂料家族中比较安全的材料。乳胶漆中的主要成分，如水、颜料、乳液、填充剂和各种助剂，基本上不含对人体有害的物质。国内外一些知名品牌的产品，使用的安全系数更高，是完全可以放心使用的。

二、湖南省消费者委员会消费警示：装修安全三要素

最近，湖南省消费者委员会和湖南省室内装饰协会联合开展了“室内装饰材料（企业）品质调查活动”，共抽查了溶剂型木器涂料、内墙涂料、溶剂型胶黏剂、水基型胶黏剂、复合木地板、细木工板、夹板等产品。同时还组织了有关专家、工程技术人员、设计人员深入到 5 个社区的 38 个新装修家居就装饰装修质量状况进行了现场调研。调查数据表明：造成装饰装修质量存在问题的主要原因来源于三个方面：一是材料选择不当；二是工艺不规范；三是相关责任不明确。因此，我们认为：家居装修使用合格的板材、涂料（含油漆）是环境安全的保证，而选择一个好的装修施工单位则是质量安全的保证。为此，湖南省消费者委员会提醒消费者，在装饰新居时注意以下几点：

① 在选择装饰装修材料时应注意选择有产品质量认证的品牌，并注意索要本批次的产品检测合格证书。特别是污染源较大的板材和涂料（包括油漆），最好是选择知名品牌。

② 选择正规的施工队伍，最好是有一定实力和规模较大的正规装饰装修公司。

③ 小心装修陷阱。目前装修市场在五个方面存在着陷阱，有的是环环相套，有的是独立成章。它们分别是：

a. 设计陷阱：很多公司在接待时都会说设计是免费的。但当你设计不满意或对工程造价不满意而不想委托其施工时，就会要你出一笔昂贵的设计费。

b. 合同陷阱：主要表现在虚构主体资格、资质，以及在使用材料、工艺要求、施工期限、验收方法、质量保修、违约责任、争议的解决办法等方面做文章，为日后摆脱责任埋下伏笔。

c. 预付款陷阱：合同签订后施工方会要求你预付 30%~40% 的备料款和进场费，但有少数业务员甚至老板，利用这种机会“釜底抽薪”而卷款走人。

d. 购料陷阱：装修时如果是自购材料，少数施工方会通过介绍你去购买材料而收取回扣；开“大处方”，少用多买，多的陆续拿走。如果是包工包料，他会在用料数量、用料品牌上做文章。

e. 质量陷阱：主要表现在隐蔽工程、水电、门窗等项目上，这些地方只要有质量问题，往住是多次返工都不能解决问题，最后只能不了了之。

三、宁波市鄞州区消费者协会消费警示：游击队装修问题多

近日，消费者张某来到鄞州区消协投诉，反映其于2004年7月28日委托宁波某装饰工程有限公司装修的商品房，当年10月28日竣工交付，并已向对方支付了6万元工程款，但工程到现在为止还没有通过验收交付，而且装修工程质量也存在许多问题，要求消费者协会解决。

鄞州区消协当天上午立即到张某装修的商品房现场进行调查，发现反映的情况属实。根据约定，2005年1月11日上午，当事人双方来到鄞州区消协接受调解。经调查，被投诉方宁波某装饰工程有限公司负责人对消费者张某反映的情况基本认可，同时强调当初与消费者签订的家庭装饰合同书上的公章是他们公司的，真正参与工程装修的人员并不属于他们公司。他不过是看在朋友的情面上，帮助在合同书上盖了公章，而工程装修人员是消费者自己请的熟人，临时凑起来的工程队。而现在工程出了问题，工程队的人却找不到了，消费者就只能找到在合同上盖章的公司头上了，他也愿意承担由此产生的全部责任。为慎重起见，鄞州区消协委托宁波市装饰工程质检站对装修工程进行鉴定，认定结论为不合格工程。于是，当事人双方在鄞州区消协多次调解下，最后在1月18日达成协议，由宁波某装饰工程有限公司一次性赔偿给消费者张某1万元。

在此，鄞州区消协提醒广大消费者，装修新房选择装修公司时要注意以下几点：

- ① 要选择一家诚信的家庭装修公司。尽可能要选择有资质的、正规的家装企业，或者要找那些信誉度高、社会评价好的装修班子。千万不要有认为是熟人介绍的、一定没问题的想法。
- ② 务必要签订书面装修合同。在家庭装修前，应及时签订书面装修合同，规定当事人双方的权利和义务，以便为今后在装修过程中和装修后的服务中可以相互约束。
- ③ 一旦自身合法权益受到侵害，应及时到工商等行政管理部门或消费者协会进行申诉、举报或投诉。



思考题

1. 保护消费者室内环境权益的基本原则有哪些？
2. 保护消费者室内环境权益的方法和步骤是什么？
3. 保护消费者室内环境权益的基本法律法规有哪些？

参考文献

- 1 消费者权益保护法，2005
- 2 合同法，2004
- 3 住宅室内装饰装修管理办法，2002

第二十二章

室内环境案件适用法律与典型案例分析

第一节 室内环境污染案件适用法律

一、室内环境污染案件适用法律的渊源

室内环境污染案件适用的法律主要涉及民法、建筑法、房地产管理法、环境保护法、消费者权益保护法等法律，尤其还涉及大量的国家有关专业控制标准。如果纠纷进入司法程序或者仲裁程序，还涉及民事诉讼法和仲裁法。从法律层级上看，有全国人大及其常委会通过的法律，国务院颁布的条例、办法等行政法规以及地方人大制定颁布的地方法规等，还可以参照适用国家部委以及地方人民政府制定颁布的行政规章和规范性文件。具体来说，民法中的侵权行为法、合同法是室内环境污染案件应当适用的主要法律。应该指出，在有关环境保护的数千件法律法规规范性文件中，只有少部分规定了室内环境保护防止室内环境污染，而且主要是集中在国家环保部门的规章以及一些地方法规和规章中，尤其是绝大部分室内环境保护法规只涉及防止噪声污染问题，而当前室内环境污染案件多发自装修建筑引起的空气污染问题。

现把室内环境污染案件适用的主要法律法规规章规范性文件列举如下。

- ①《中华人民共和国民事诉讼法》。
- ②《中华人民共和国合同法》。
- ③《中华人民共和国民事诉讼法》。
- ④《中华人民共和国仲裁法》。
- ⑤《中华人民共和国环境保护法》。
- ⑥《中华人民共和国环境噪声污染防治法》。
- ⑦《最高人民法院关于贯彻执行〈民法通则〉若干问题的意见》。
- ⑧《最高人民法院关于适用〈中华人民共和国民事诉讼法〉若干问题的意见》。
- ⑨《最高人民法院关于民事诉讼证据的若干规定》。
- ⑩《民事案件案由规定（试行）》。
- ⑪《最高人民法院关于审理商品房买卖合同纠纷案件适用法律若干问题的解释》。
- ⑫《最高人民法院关于审理人身损害赔偿案件适用法律若干问题的解释》。
- ⑬《最高人民法院关于确定民事侵权精神损害赔偿责任若干问题的解释》。
- ⑭《黑龙江省环境保护条例》。
- ⑮《哈尔滨市城市居民居住环境保护条例》。
- ⑯《福建省福州市环境保护条例》。
- ⑰《厦门市环境保护条例》。
- ⑱《国家环保总局关于发布五项环境保护行业标准的公告》（HJ/T 167—2004 室内环境空气质量监测技术规范）。
- ⑲《关于推荐室内环境空气质量监督管理试点单位的通知》。
- ⑳《国家环保总局办公厅关于开展室内环境空气质量监督管理试点工作的通知》。

- ②①《室内空气质量标准》(GB/T 18883—2002)。
- ②②《民用建筑工程室内环境污染控制规范》(GB 50325—2001)。
- ②③《住宅设计规范》(GB 50096—1999)。
- ②④《国家环保总局关于机场周围区域噪声环境标准有关条目解释的复函》。
- ②⑤《国家环保总局关于发布四项环境标志产品认证技术要求的公告》。
- ②⑥《国家环保总局关于防治“非典”期间加强公共场所室内空气质量监督管理的通知》。
- ②⑦《国家环保总局关于开展创建安静居住小区活动的通知》。
- ②⑧《建设部关于征求国家标准〈住宅性能评定技术标准〉(征求意见稿)意见的函》。
- ②⑨《国家环保总局关于对〈室内环境质量评价标准〉征求意见的函》。
- ③⑩《居室空气中甲醛的卫生标准》(GB/T 16127—1995)。

二、室内环境污染案件适用法律分析

1. 国家关于室内空气中氨和甲醛的标准和规定

为了保护人们的室内环境,国家技术监督管理局和卫生部 1996 年发布了《中华人民共和国国家标准居室空气中甲醛的卫生标准 (GB/T 16127—1995)》对居室空气中甲醛浓度的限值作了严格规定,室内空气允许甲醛浓度最高值不得超过 $0.08\text{mg}/\text{m}^3$ 。

而对于氨,由于室内氨污染是一个新问题,在国家原来还没有关于写字楼和家庭室内空气中氨的明确标准之前,室内环境检测部门是以什么标准进行标定的呢?主要有以下两个参考标准:一个是国家卫生部门 1996 年制定的公共场所卫生标准中的《理发店、美容店卫生标准》,因为理发店操作中经常使用氨水,国家规定每立方米空气中氨气不超过 0.5mg 。另一个是国家发布的《工业企业设计卫生标准》(TJ 36—79)规定了化工企业排放在居住区大气中氨的标准,每立方米空气中氨气的控制浓度为不超过 0.2g 。实际上,室内空气中因为没有污染源,空气中氨的浓度应该低于上述两个标准。

关于居室甲醛和氨的标准执行问题,1988 年国务院颁布的《中华人民共和国标准化法》中有明确规定,其中第二章第七条规定:“国家标准、行业标准分为强制性标准和推荐性标准。保障人体健康,人身、财产安全的标准和法律、行政法规规定强制执行的标准是强制性标准”;同时在第三章第十四条中规定:“强制性标准,必须执行。不符合强制性标准的产品禁止生产、销售和进口”。《中华人民共和国标准化法实施细则》的第三章第十八条中把“工程建设的质量、安全、卫生标准及国家需要控制的其他工程建设标准和环境保护的污染物排放标准和环境质量标准”列为强制性标准范围,并要求从事科研、生产、经营的单位和个人,必须严格执行强制性标准。不符合强制性标准的产品,禁止生产、销售和进口。

2. 室内环境污染案件的举证责任原则

一般民事诉讼当中举证原则是谁主张、谁举证。对于环境污染案件,因为它的专业化程度比较高,所以再按照谁主张、谁举证去分配举证责任,就会造成一些不合理的现象出现。比如说,一个工厂因排污造成农民鱼塘里的鱼死亡,这个农民要告这个工厂,可他并举不出相关的证据来,因为:第一,他的专业知识使他不可能举出这种证据来;第二,即使他想到工厂去搜集相关证据,工厂也不可能让他去搜集。所以在这种情况下,把这个举证责任让农民去负责,这是不公平的。工厂就要举出证据,来证明自己的排放行为与农民鱼塘里的鱼死亡没有直接关系,所以举证责任就转移到工厂身上。因此,特殊侵权案件举证责任原则也特殊,是我主张,如果你反对,则你要举证证明你的反对能够成立,否则我的主张就成立,这通常称之为举证责任倒置原则。对于室内环境污染案件,在举证上即应适用这一举证原则。

3. 室内环境污染案件的因果关系推导

比如在本书中所举的一个案例,被害人因装修噪声引发心脏病而去世,被害人死于心脏病发作,有一个诱因即装修噪声。加害人产生的噪声刺激了被害人,被害人情绪激动导致心脏病发作,从而产生危害,所以噪声与被害人死亡有因果关系。这就是目前在诉讼中通常采取的因果关系推定的方式,按这种方式如果能得出行为人行为造成了妨害或者产生了损害的话,行为人就应该承担赔偿责任。

4. 经济损失和精神损失方面的计算

在国家原来的法律尚未对装修公司应对装修后的室内空气质量承担责任做出规定,而合同亦

未对此做出约定的情况下,在没有证据证明当事人患病肯定是由于室内空气污染所致的情况下,装修公司是否予以赔偿,是否应赔偿精神损失,赔偿多少,一直是争议较大的问题。

现在随着立法的完善,情况虽已有明显好转,但仍存在一些分歧和司法实践上的不确定性。这种不确定性在经济损失的赔偿上表现为对间接损失是否要赔偿、如何区分直接损失和间接损失、直接损失又如何确定等。对间接损失是否需要赔偿到现有亦存很大争议,比如原告买的房子是作为投资准备出租的,但由于室内空气污染未能租出去,则原告未能实现的租金收益即为他的间接损失,对此在实践中被支持的就比较少。由于对间接损失的赔偿被支持的较少,所以对于原告的支出哪些是直接损失哪些是间接损失,原被告双方就更是各执一词,原告希望把所有支出都认定成直接损失,被告希望把所有支出都认定成间接损失,这时就需要人民法院对此进行公正、公平的评判。而对于直接损失的确定,看似容易,只要原告提供真实票据就能认定了,但在实践中却一样存在分歧。比如原告被迫搬出污染房屋后在外租房的租金问题,如果很便宜还罢,否则被告肯定不予承认,如果原告在找到房之前住了几天宾馆的话,那几天的住宿费被告就更不承认了,但客观地看待这个问题,只要是这笔费用是原告维持与原有生活水平相近的生活所有理由支出的,就应视为其直接损失,由被告予以赔偿。

关于是否应进行精神损害赔偿的问题,根据《最高人民法院关于确定民事侵权精神损害赔偿责任若干问题的解释》的规定,答案当然是肯定的,但到底赔偿多少才算公平合理,在实践中又是一个很难判定的事情。相信随着社会公众、执法机关对人的生命健康权益的关注程度、重视程度是益加强,这方面的赔偿数额将会逐渐提高。

5. 案由的确定

室内空气污染案件,通常被认为是一种侵权案件,但消费者在购买商品、接受服务时,通常会和商品或服务的提供者签订合同,法律意识较强的消费者还会和对方约定比较详细的违约责任条款,在这种情况下,消费者除了按侵权之诉提起诉讼外,其实消费者还有另外一种选择,即提起违约之诉。当侵权之诉和违约之诉竞合的时候,根据《合同法》的规定,消费者有权选择其中之一进行诉讼。应该提请消费者注意的是,在实践中常发生的问题是消费者由于对法律知识的欠缺,经常会把两种诉讼请求都在诉讼中提出来,这是不能被法院或仲裁庭所接受的,开庭时原告将会被问及到底是选择何种诉讼请求,届时如果原告没有准备,仓促间做出的选择可能并不是自己最大利益的体现,所以原告应在起诉前即做好选择。

至于到底是选择侵权之诉还是选择违约之诉,并无一定之规,要视案件具体情况及原告的损失情况而定。一般而言,如果诉讼的主要目的是退房、退家具,则通常选择违约之诉;如果诉讼的主要目的是索赔,则通常选择侵权之诉。当然,两种诉讼都会涉及赔偿问题,区别是违约之诉赔偿可以包括期待利益损失,但这种损失以对方在签约时能够预见到的为限,而侵权之诉并无可以获得期待利益损失赔偿的法律依据。但侵权之诉可以要求赔偿精神损害,而违约之诉一般无法获得这方面的赔偿。所以原告应根据自己的实际情况,在法律专业人士的帮助下,做出最有利于自己利益的选择。

第二节 我国目前室内环境污染案件的特点

一、室内环境污染案件的概念

广义的室内环境污染案件,是指在人们生活工作学习活动的、与外界相对隔离封闭的建筑物空间内,由于行为人的污染行为,造成他人人身或者财产损害的后果,而引起的民事、行政、刑事纠纷案件。狭义的室内环境污染案件,主要是指在广义的室内环境污染案件中的民事侵权或违约的民事纠纷案件。发生室内环境污染纠纷的当事人之间,为着解决纠纷、消除危害、赔偿损失,可以自行协商或者请求中间人调解,以达成解决纠纷的办法,也可以将纠纷提交到人民法院或者仲裁机构来解决纠纷。后面一种解决纠纷的办法就形成了室内环境污染案件。

“室内”的含义包括供人们工作生活学习活动以及与外界相对隔离封闭两个方面的特征,前者为功能特征,后者为场所特征。从种类看室内可以是居民住房、宾馆、集体宿舍、办公场所、生产车间、仓库、健身娱乐场所的室内,具有使用的长期性和频繁性的特点,既包括私人场所也

包括公共场所,如教室、浴室、图书馆、展览馆、博物馆、健身房、体育馆、游泳馆、影剧院、歌舞厅等。从现实发生的案件情况看,已经出现因为私家轿车装饰造成的空气污染案件,所以“室内”的范围又延伸到了空间环境相对狭小封闭的小轿车内。污染行为是他人人为因素引起室内环境的物理化学构成或状态发生变化,对人们身体健康或者财产造成直接或间接的或潜在的危害的情况。

目前,发生较多的且广受社会关注的是狭义的室内环境污染案件,本书所探讨的就是此类案件。由于案件本质是一种民事纠纷,所以室内环境污染案件排除生活工作在室内环境之中的人自身所造成的,以及因受到外界自然因素的影响而引起的污染。因为这些污染要么并不产生明显危害,要么没有相应的责任主体,不能成为法律上的纠纷案件。

二、我国目前室内环境污染案件的特点

从室内环境污染源看,室内环境污染主要包括室内空气污染、水污染、光污染、噪声污染、电磁波污染等几种。造成环境污染原因很多,主要包括三个方面:化学的、物理的和生物的。像施工过程中产生噪声、振动和各种粉尘废气;电磁波通信设备所产生的微波和其他电磁波;原子能和同位素机构所排放的放射性废弃物和飘尘等。

从目前发生的一些室内环境污染案件来看,主要有以下一些特点,而这些特点,往往也正是室内环境污染案件在审理时存在的难点。

① 造成他人合法民事权益的损害。社会生活中公民享有多方面由法律规范、受法律保护的民事权益,涉及公民的人身、财产安全。

② 加害主体不确定性。由于造成人体伤害的因素比较复杂,也不能排除除了室内环境污染造成伤害以外,其他一些因素造成人体伤害的可能性;由于因素多样,也不能排除存在二次污染的可能性,因此很难确定造成污染伤害的责任者。

③ 造成人体伤害的因果关系复杂性。人生活在复杂的室内环境中,其健康损害往往由多种因素促成,如果缺乏必要的科学依据,则难以证实某种建筑装饰材料与某种健康损害结果之间的必然关系。

④ 受害个体的差异性。由于每个人的体质、遗传因素、过敏史和家族病史的不同,使得在相同室内环境污染情况下,受伤害情况出现较大差异。

⑤ 室内环境污染对人体伤害的潜伏性。据医学专家研究证明,癌症在人体内的潜伏期长达20年以上。

⑥ 室内环境造成伤害的广泛性。这更增加了认定和衡量某种建筑和装饰材料中的有害物质对人体损害程度的困难。

另外,由于有害物质的放射程度及用量、接触时间长短不同,造成的伤害亦是不同的。

所以应该科学的分析室内环境污染物质对人体造成的伤害,提高人们的自我保护意识和室内环境意识,尽量减少和防止室内环境中的有害物质对人体的伤害。同时,对室内污染造成的伤害要进行具体分析,进行科学的评断。

第三节 室内环境污染典型案例分析

当前室内环境污染案件主要发生于居民住宅建筑、装修过程,由于使用的材料、工艺不符合国家制定的行业标准和规范,导致主要空气污染物指标严重超标,超过了人体健康的相关医学标准,而对人体生命健康造成损害,及由此引致公民、企业财产的损失,其中部分案件也包括小汽车内装饰引起的空气污染。此类案件主要是氨气及甲醛空气污染,少部分案件是居民住宅装修发生的噪声污染,及放射性、化学物质污染,如装修使用花岗岩发生的放射性污染。这些案件经过诉讼或者仲裁程序,经人民法院判决、调解,或者仲裁机构的裁决之后,侵害人往往要承担退房、换房、赔偿经济损失的民事责任。

一、室内环境空气污染典型案件分析

随着居民生活水平质量的提高,购买商品房居住成为普遍现象。商品房在建筑装修的过程

中，由于使用的建材、工艺不达标，都有可能发生空气质量污染问题。例如，在建筑主体结构的过程中，建筑商为了冬季防冻的工艺需要，往往要在建筑混凝土中加入化学有机物尿素。而尿素中含有大量可挥发性物质氨气。如果加入尿素过多、处理不当，就会造成房间氨气超标，给居住者生命健康带来隐患。又比如在装修过程中，如果装修公司做底层使用的大芯板不符合国家环保质量标准，有可能会造成房间甲醛超标。还有居民自购的家具也会出现甲醛超标的情况。上述室内空气质量污染的情况除了会发生在居民住宅中，也有可能发生在公司购买或者租用的写字楼里。还有汽车内装饰使用的材料也有可能出现不达标而产生污染的问题。

室内空气质量污染案件的污染物一般是氨气、甲醛、苯。根据《民用建筑工程室内环境污染控制规范》(GB 50325—2001)的要求，民用建筑工程室内环境质量需要检验的项目包括甲醛、氨气、苯、总挥发性有机物 TVOC、氡等 5 项指标。这 5 项指标有一项超标，即为室内空气质量不符合标准，从医学角度看就会给人体生命健康造成损害，从法律角度衡量即有损害后果，如果其他要件具备即构成侵权或者违约，由此引起损害赔偿的法律关系，也就是可能发生室内环境污染案件。

在已经发生的室内环境空气污染的典型案件中，以氨气污染和甲醛污染为最多见，基本上各占一半。这些案件在损害后果上有一个共同点，就是造成受害者人体免疫力的下降，进而引起呼吸系统、循环系统的病变，绝大部分是因为新房建筑、装修造成有害物质超标引起的污染，也有因购买的家具有害物质超标引起的污染。

(一) 氨气污染典型案件

1. 案件一 国内首例室内空气污染退房及索赔案

〔案件情况〕本案是全国首例购房人因所购房屋室内空气污染要求退房及索赔案。当事人刘先生，1997 年 10 月 21 日与北京华德房产有限公司签订购买华德公寓 1 座 702 室的房屋买卖合同，总价款 182 万。当事人于 1997 年年底入住，因室内有强烈刺激性气味无法居住。刘先生全家人均感到身体不适，刘先生原有过敏性鼻炎，入住后更加严重，他儿子也经医院诊断为咽炎。后经多次交涉，1999 年开发商为其调至 2 座 202 室，并为其装修，但入住后发现仍然有味，经北京市化学物质毒性鉴定检测中心检测，该房室内空气中甲醛及氨气均超过国家卫生标准，其中甲醛超标达 51.75 倍，氨气超标达 14.2 倍，严重危害人体健康。当事人于 2000 年 6 月 26 日起诉至崇文区法院，要求解除合同，退还全部房款，并赔偿精神损失人民币 5 万元及在外租房费用 3.6 万元。法院审理认为，该房屋已于 1995 年 12 月 11 日经工程质量检验合格，虽然经检测氨气及甲醛浓度超标，但居室内空气质量并非工程竣工核验质量标准之一，故不存在质量问题。原告诉讼请求及其理由缺乏相应的法律依据，不予支持。2000 年 12 月 19 日一审判决驳回原告的诉讼请求。刘先生不服提起上诉，并委托京都律师事务所代理二审。鉴于该案在当时影响很大，社会各界十分关注，后来发生的现代城室内空气污染案等也在看着该案的處理结果，所以二审法院亦比较慎重，迟迟未做终审判决。经过两年的不懈努力，最终在法院主持下达成和解，当事人虽未达到退房目的，但得到了较高额的赔偿。案件所涉及的法律问题对其他类似案件的处理，以及国家室内空气质量的立法均起到了积极示范和推动作用。

〔案件分析〕本案涉及到两个重大的合同法律问题：一是由房屋建造本身引起的空气质量不合格是否属于房屋质量不合格；二是存在空气质量缺陷情形下要求退房，是否有充分的法律依据。居室内的空气质量直接关系到使用者的身体健康和生命安全。室内空气污染物超标，意味着空气质量不合格，即意味着房屋的使用功能存在巨大的安全缺陷，严重影响正常居住使用，这在本质上就是房屋质量不合格。虽然当时的法律法规对此没有明文规定，但是从产品质量法及合同法的规定来理解，却是有法律依据的。商品房是一种商品，即为房地产开发商提供给消费者的产品，其质量应当符合产品质量法及消费者权益保护法的规定，不得存在影响人身安全的隐患和缺陷。从合同法的规定来看，履行合同不符合约定的应承担违约责任。提供能够正常、安全居住和使用的房屋是房屋买卖合同中隐含的质量保证义务，开发商不得违反，否则合同目的将不能够安全实现。问题在于，无论从解除合同的条件还是从违约责任的角度看，此种情形的房屋质量缺陷，是否足以构成解除房屋买卖合同的理由，在当时却是没有充分法律依据的。合同法规定了解除合同的七种情形，但在缺乏司法解释的情况下，本案情况在形式上都与这七种情形不相符。本案及后来一段时间内类似案件的解决难点即在与此，这是立法的滞后性造成的无法可依。正是由

于本案及类似案件的出现,2001年11月26日我国出台了首部关于室内环境污染控制的技术法规——《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325—2001,2003年4月28日最高人民法院颁布《关于审理商品房买卖合同案件适用法律若干问题的解释》,这两部重要法律法规填补了本案出现的法律空白。按照《规范》的要求,今后室内空气质量不合格即为房屋质量不合格。《解释》第13条明确规定“因房屋质量问题严重影响正常居住使用,买受人请求解除合同和赔偿损失的,应予支持”。因此,本案所涉及的法律问题对其他类似案件的处理,以及国家有关商品房以及室内空气质量的立法均起到了积极示范和推动作用。

本案难点在于法律的适用,当事人要求退房,却并无房地产法律方面的支持,而室内空气质量属于卫生方面的法律管辖,当事人提出适用消费者权益保护法有关条文,但购买商品房是否可以适用消法,在当时亦存在很大争议,且尚无适用判例。针对以上情况,承办律师首先将甲醛、氨气对人体危害的证据进行进一步充实,然后邀请国内著名法学家召开了专家论证会,就法律适用提出专家意见。针对房屋质量标准与室内空气质量标准的关系、消费者权益保护法在购房合同中的适用等焦点问题,进行了合法、合理的论证,取得了较好的效果。

2. 案件二 世纪城室内氨气超标退房款并赔偿损失案

[案情情况] 2001年3月底,冯、张在世纪城订购一套商品房,并缴纳了订金20000元,4月4日签订了商品房买卖合同,4月9日一次性地付清房屋总价款1070459元,9月底缴纳了物业管理费3197元、供暖费5328元、水电储备金500元、有线电视开通费480元。办理入住手续后,冯、张发现房屋内有刺鼻的气味,开发商解释说打开窗户就没事。后来他们打开窗户很长一段时间,却还是有气味,他们一直没敢装修。2002年3月,冯、张发现经过5个月的通风后,屋内气味仍难以忍受,就提出要求退房,但一直没有得到明确答复。同年8月,冯、张委托国家环境分析测试中心对该房屋进行了氨气浓度测试,8月21日得到测试结果报告,房屋内氨气浓度超过国家有关标准90倍。在多次协商未果的情况下,本身是一名房产律师的冯与张将开发商起诉到法院,要求开发商退还房款及利息、双倍订金、已缴纳各项税费及利息、赔偿经济损失4万元、承担检测费并负担本案诉讼费用。在法庭上,开发商提出业主在交付房屋后,并未提出房屋内空气质量一事,直到2002年8月左右提出室内氨气的问题,且检测报告是单方面检测,开发商事先不知道,也没有参与,在收到该报告后会要求业主配合进行氨气浓度检测,但业主不同意。因而开发商认为自己出售房屋未违反国家规定,故不同意退赔。在法庭审理中,浓度检测报告成了本案争议的焦点。法院要求双方推荐三家室内环境检测单位,从中选定一家,在2002年11月对本案诉争房屋内的氨气浓度进行了检测。检测前敞开门窗2个小时,房屋中尚未供暖。检测结果显示:依据国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325—2001,室内1[#]点、2[#]点、3[#]点,4[#]点的氨气浓度值高于标准值,不符合GB 50325—2001的规定。海淀法院经审理认为,经检测房屋内的氨气浓度值明显高于国家标准值,冯、张居住后必将会影响其身心健康。法院判决解除商品房买卖合同,开发商退还购房款1070459元,并从2001年4月10日开始按中国人民银行同期贷款利率支付利息至给付时止。返还物业管理费、水电储备金等业主已缴费用及赔偿印花税损失费535元、检测费840元,驳回要求退还双倍订金4万元及赔偿其经济损失4万元的诉讼请求。

[案件分析] 本案是当时国内最大的一起室内氨气超标案,同时也是国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325—2001(简称《规范》)于2002年1月1日实施后法院处理的首例室内空气污染案件,购房者的合法权益得到了法律的充分保护。《规范》出台后,法院处理类似案件终于有了明确的法律依据,凡是不符合《规范》对空气质量要求商品房,均可认定为质量不合格产品,当事人有权要求解除合同,退还房款。根据合同法第62条的规定,合同有关质量要求的内容约定不明确的,按照国家标准、行业标准履行。所以,即便购房合同中未约定空气质量问题,也可以按照合同法的规定依国家标准履行合同。如果开发商交付的房屋室内空气质量经检验不合格,即为根本性违约,可解除合同、退房。

3. 案件三 现代城室内氨气污染案

[案情情况] 2004年2月,受到社会关注的现代城业主状告开发商房屋氨气超标案终于有了结果,北京市朝阳法院判决被告一次性补偿业主孙某、张某各5万元,并负担案件受理费、鉴定费。

1999 年业主孙某、张某购买了位于朝阳区现代城公寓 2 号楼房屋，并依约支付了全部房款，当年年底入住后，两位业主感觉房间内气味难闻，具有强烈刺激性。后经检测发现：室内空气中氨浓度高出国家参考标准。因此，两位业主以开发公司违约为由，要求对自己购买的房屋进行修补，同时提供在此期间相同品质的周转房，并赔偿原告已发生的房租、检测费、体检费、医疗费、律师费等各项损失。可是，被告认为原告房屋内氨气的存在和产生，是由于国家对于建筑材料标准制定的滞后性所导致的，自己对此没有过错。

法院经审理后认为，原告所购房屋内存在氨气，对人体有一定损害，确实不利于居住。应按照公平原则对原告给予适当补偿。因此，法院判决被告一次性补偿原告孙某、张某各 5 万元。

（二）甲醛污染典型案件

1. 案件一 全国首例装修室内有害气体污染伤害索赔案

〔案件情况〕1998 年陈先生购买了某小区的一套住宅，随后以 95716 元的总价请北京工美天成装饰公司进行装修。工程竣工入住后，陈先生感觉室内气味刺鼻，致人咽痛咳嗽、辣眼流泪，无法居住。对此，天成公司强调必须经常开窗通风。“开窗通风”了几个月，气味并未见丝毫减弱，于是天成公司又告诫陈先生“必须天天住人，以增加人气儿来抵消室内装修遗留的气味”，陈先生便率全家住进了别墅。可是，人气儿还没斗过刺鼻气味，陈先生的喉疾反而加剧。

陈先生于是向北京市建筑装饰协会投诉。装饰协会委托室内环境检测部门进行了实地检测发现，居室内的刺鼻气味乃装修材料所挥发出的游离甲醛所致，甲醛浓度平均超标 25 倍。陈先生要求天成公司清除其造成的污染，可该公司虽然认可“木质装修部位可能是污染源”，却以“无先例”为由，拒绝了陈先生提出的要求，并重申解决办法只能“常住人”。

此时陈先生喉头不适加剧，经医院检查，查出患“喉乳头状瘤”，并在协和医院进行了手术。术后陈先生经了解得知，空气中甲醛超标对人体的危害非常严重，这种损害具有长期性、潜伏性、隐蔽性，轻则刺激人的眼睛、皮肤和呼吸系统，重则会引起鼻腔癌、咽喉癌、肺癌和消化系统癌症，而咽喉乳头状瘤就是癌症的先兆之一。陈先生再请中国室内装饰协会室内环境监测中心单位对其住所进行室内环境检测。在按规定房间封闭 24 小时后，室内空气检测结果，卧室中甲醛含量高达 $1.56\text{mg}/\text{m}^3$ ，超过国家标准 19.5 倍。陈先生一家被迫租房居住，同时还要按期交纳别墅的物业管理费。陈先生在近两年的时间里，多次请求装饰公司“停止侵害、恢复原状、赔偿损失”，但始终未得到答复。至此陈先生将装饰公司告上法庭，要求判令被告清除自己居室的污染源，赔偿房租、物业管理费、房屋折旧费、装修材料损失费以及身体损害损失费等项共 27 万余元。法院于 2000 年 8 月 10 日开庭审理。

2001 年 6 月 19 日，审理法院开庭宣判陈某室内环境污染伤害案，判决北京工美天成装饰公司赔偿原告拆除损失费、检测费、医疗补偿费、房租费共计 8 万 9 千元，并在十日内清除污染的装饰材料。2001 年 12 月 30 日，北京市第一中级人民法院对陈先生室内环境甲醛污染案做出终审判决，维持原判。这是我国第一例由于室内空气污染引发的装饰工程质量案例。

〔案件分析〕本案在审理时有如下几个焦点。

焦点一：原告室内空气中甲醛超标的事实是否存在。案件审理中经法庭指定中国预防医学科学院对居室空气中的甲醛含量实施具有司法鉴定性质的技术检测，证实室内空气中确实存在“游离甲醛”平均超标 20 余倍的客观事实。对现场取样板材的技术检测显示，一平方米的板材表面积一昼夜间可向周围空气释放游离甲醛 23.6mg，比国家标准超出近 300 倍（最高不超过 $0.08\text{mg}/\text{m}^3$ ），表明装饰工程中使用的木质板材可以成为室内空气中游离甲醛的来源。这是被告使用不符合相应的国家标准的装饰木材所致。

焦点二：原告身体损害事实是否存在，以及损害后果与被告行为之间是否具有因果关系。从医学角度看，甲醛是一种致癌物质，而“乳头状肿瘤”是喉癌的先期征兆之一。法庭委托法医对原告身体损害及其成因进行了司法鉴定，证实了原告已患有“喉乳头状肿瘤”与“慢性咽炎”的疾病，身体已受到损害，甲醛对导致原告身体损害具有可能性。并且由于被告拖延解决问题，对侵害扩大导致身体损害的形成与发展负有责任。

焦点三：被告是否有过错。原告认为被告是长期专门从事室内装饰、装修服务的经营性企业，应当具有向客户提供专业质量保证服务的能力。被告行为是引致室内空气甲醛含量超标的原因，具有在服务中违反保证义务的过错，应承担侵害生命健康权的民事责任。

焦点四：被告行为是否违法。原告认为被告行为违反消费者权益保护法第七条之规定，具有违法性（而在目前司法实践中，在没有司法解释指导判案的情况下，室内空气污染案件的处理能否直接适用消费者权益保护法的規定，还没有统一的认识）。

焦点五：“装饰合同”中未约定空气质量检测问题是否影响被告的民事责任。消费者权益保护法规定，经营者应当保证其所提供的商品或服务符合保障人身、财产安全的要求。

焦点六：案件赔偿依据何种标准。民事赔偿责任以“等价赔偿”为原则。原告在检测得知装修污染后自行租房居住，由此发生的费用适用何种标准赔偿，是否有权选择租住不低于自己原条件的住房。

国内首例室内空气污染伤害案尘埃落定，在社会上引起了强烈反响，被评为北京市 2001 年十大案件之一。该案对我国的维护消费者权益和规范室内装饰行业、建筑装饰材料行业和室内环境检测业以及室内环境法律法规的健全与完善产生了很大影响，其意义远远大于案件本身。

2. 案件二 秦女士装修室内空气污染索赔案

[案件情况] 1999 年秦女士在北京广安门外购买了一套使用面积 60 多平方米两室一厅期房。收房后 2000 年 4 月 15 日秦女士与某装修公司签订装修合同，装修费 6 万元。6 月 30 日房屋装修竣工，但由于室内有味，秦女士一家人到 11 月份才入住。入住不久，全家四口人即相继患病。其丈夫连续不断的感冒、发烧，免疫力下降，经住院检查治疗亦不见效，并且查不出原因，秦女士全家只能搬出新居。2001 年 6 月 19 日，有关媒体报道了八仙别墅陈颖甲醛超标污染案件的情况，秦女士才意识到问题所在。2001 年 6 月 23 日，秦女士找到中国室内装饰协会室内环境检测中心对装修后的居室进行室内空气质量检测，室内空气中甲醛达到了 0.71mg，在装修已经一年之后空气中甲醛超过国家标准 9 倍。一个月后，7 月 25 日又进行了第二次检测，在通风的情况下，仍然达到了 0.6mg，超过国家标准 7 倍以上。两次检测室内空气中甲醛含量均超过国家标准数倍。据专家现场分析，造成秦某室内空气中甲醛超标的主要原因是室内人造板材甲醛严重超标，成为室内甲醛超标的主要污染源。秦女士在多次与装饰公司交涉未果，装修公司不予解决的情况下，委托律师诉至宣武区法院，要求被告赔偿装修费、医疗费、误工费等直接损失 15 万余元及精神损失费 15 万元。

为了确定甲醛污染与身体伤害的关系，经代理律师申请，法院委托北京市法庭科学技术鉴定研究所对秦女士全家进行了法医鉴定，鉴定结果证明：秦女士一家目前的临床表现病症的发生均不能排除甲醛的刺激作用，甲醛的持续刺激也使其慢性咽炎难以痊愈。经过一年零四个月审理，2002 年 12 月 31 日，宣武区法院一审判决当事人获得近十万元的直接损失赔偿，及两万元的精神损害赔偿，共计 119891 元。2003 年，北京市中级人民法院对案件进行了终审判决，维持原判。

[案件分析] 本案的焦点有三个：一是在国家法律尚未对装修公司应对装修后的室内空气质量承担责任做出规定、而合同亦未对此做出约定的情况下，当事人的诉求应否得到法律支持；二是在没有证据证明当事人患病肯定是由于室内空气污染所致的情况下，装修公司是否予以赔偿；三是否应赔偿精神损失，赔偿多少。

针对以上问题，首先在法律适用上做了充分准备，明确了侵权之诉的诉讼思路，再就装修公司的行为与当事人的损害结果之间的因果关系进行了充分证据准备，并申请法院对当事人一家进行了法医鉴定，得出了患病不排除甲醛污染原因的结论，最后就直接损失和精神损失方面的证据进行了充分准备。

该案在当时亦引起媒体的广泛关注，中央电视台午间半小时曾做专题报道。虽然在此之前发生过陈女士八仙别墅装修污染案，陈女士虽获赔偿，但数额基本上在其所支付的装修费之内，当事人并不满意。所以此案能否比陈女士案有所突破，是社会各界普遍关注的一个焦点。判决结果使当事人获赔数额首次超过了其实际支出费用，并在类似案件中首次获得了精神损害赔偿，这一结果又把装修污染案件中对装修服务接受人的保护推进了一步。

3. 案件三 美国律师办事处首例涉外室内环境装修合同甲醛污染案

[案件情况] 2000 年 7 月，美国一家律师事务所北京办事处与某装饰公司签订了一份装修合同，由装饰公司为其装修在北京的办公室。同年 9 月装饰公司交工使用后，律师事务所律师员工普遍有头疼、气闷、流泪等不适症状。2001 年 6 月 28 日，律师事务所委托室内环境监测中心进行室内空气质量检测，结果发现室内空气中甲醛超过国家卫生标准。因此，律师事务所要求装饰公司

按照合同约定，退还20%装修款，赔偿利息及其他经济损失，并消除室内环境污染。在多次协商不成的情况下，律师事务所向中国国际经济贸易仲裁委员会提出仲裁申请。仲裁委员会经过开庭调查和双方答辩，于2001年12月下达仲裁，裁决被告退还原告20%的装修款和利息合计人民币23万元，并承担全部仲裁费和律师费，消除律师事务所北京办事处办公室的甲醛污染。

〔案件分析〕这是首例涉外室内环境装修甲醛污染案，同时也是首例当事人依据装修合同中约定的违约责任通过仲裁程序成功索赔装修款的案件，有着非常重要的指导意义。本案有两个焦点，焦点一是订立装修合同的双方是否订立了有效的仲裁协议。根据《中华人民共和国仲裁法》的规定，平等主体的公民、法人和其他组织之间发生的合同纠纷和其他财产权益纠纷，可以仲裁。当事人采用仲裁方式解决纠纷，应当双方自愿，达成仲裁协议。没有仲裁协议，一方申请仲裁的，仲裁委员会不予受理。《中华人民共和国合同法》第128条规定：当事人可以通过和解或者调解解决合同争议。当事人不愿和解、调解或者和解、调解不成的，可以根据仲裁协议向仲裁机构申请仲裁，当事人没有订立仲裁协议或者仲裁协议无效的，可以向人民法院起诉。所以，当事人如果想在发生纠纷时通过一裁终局的仲裁方式解决纠纷，订立有效的仲裁协议具有十分重要的意义。

焦点二是装修合同中是否订立有装修方确保空气质量合乎国家标准的违约责任，这是消费者维权的基础。我们看到，在消费者败诉的所有室内空气污染案件中，都是因为法律无明文规定的情况下，根据谁主张谁举证的原则，消费者必须通过举证来证明装修公司应当承担侵权责任，而这种侵权责任的举证是比较困难的，但是如果在装修合同中直接订立了质量违约责任，事情就好办了。根据《中华人民共和国合同法》第111条规定：质量不符合约定的，应当按照当事人的约定承担违约责任，受损害方可以要求对方承担减少价款的违约责任，本案的情况正是如此。由于律师事务所北京办事处在签订装修合同时订立了明确的空气质量违约责任，即室内空气中有害物质如果超过国家卫生标准的，装饰公司退还20%装修款。虽然室内空气质量污染本质上是一种侵权责任，但是依照法律的规定，在当事人之间有合同约定违约责任的情况下，当事人可以在侵权或者违约二者之间选择有利于己的方式来维权，这样就大大便利了受害方的举证。

4. 案件四 国内首例木制家具污染室内环境消费者胜诉案

〔案件情况〕2001年3月20日，杨老师在北京某家具商场订购一套价值6400元的卧室家具，4月2日木器厂把家具运到家中，当时就闻着家具内散发一股股强烈辣眼刺鼻的异气味。工人说：新家具都是这样，过一段时间就会好了。杨老师一家只得耐着性子散味，虽然当时天气还比较凉，但是房间的门窗都是大开着，希望让家具的异味尽快散去。可是时间一天天过去，家具释放的气味反而随着气温的升高越来越大，尤其是存放这套家具的卧室，开着窗子都没法呆人。杨老师从五月初起眼睛充血、疼痛，用药未停，常感头痛、心烦、肝区不适、睡不好觉、白天也无法正常上班，全家人都有身体不适的感觉。到后来甚至在卧室里没法睡觉，只好每天在客厅里打地铺，把卧室门关的严严的，这样气味还是从门缝中出来，没办法只好用胶带把门缝给粘上，卧室成了“毒气室”。此后杨老师多次找厂家要求解决处理，厂家答复新家具是正常的，他们已生产三年多了全是这样的。因为杨老师在家具商场买家具时签订了正式的《北京市家具买卖合同》，所以杨老师多次找商场要求解决处理，商场又推找厂家，厂家又推说室内气味是杨老师装修造成的。

经过消费者协会推荐，6月12日杨老师请中国室内装饰协会室内环境监测中心对室内空气进行检测。经检测发现，存放家具的房间，空气中甲醛超出国家标准6倍多！经多次与厂家和家具市场协商没有结果，6月22日杨老师一纸诉状把家具公司和木器厂告到北京市朝阳区法院，要求退货并赔付检测费、交通通信费、误工费、医疗费、营养补助费等各项经济损失。法庭根据室内环境监测中心的检测结果进行调解，2001年9月3日，杨老师状告木器厂木制家具污染一案终于有了结果，木器厂为杨老师办理退货并一次性付给货款及连带损失共计7000元。

〔案件分析〕这是消费者运用法律成功保护自己合法权益的又一典型案例。本案特点在于，家具污染室内空气环境的后果经过科学技术鉴定可以得到明确的证明，责任的承担者也比较容易确定，消费者的主张在法律上也可以直接适用产品质量法及消费者权益保护法的规定。无论消费者基于质量问题的违约或者侵权进行起诉都易于获得法院的支持。消费者的举证责任只要是能够证明家具的销售者或者生产者即可。并且根据法律规定，此类案件消费者可以主张产品的销售者

与生产者负连带赔偿责任。所以，上述这些特点都不同于住宅因建筑或者装修引起的室内空气污染案件。此外，消费者在签订买卖合同时，如果能在合同中加入适当的违约金，则在索赔时对自己更为有利。

5. 案件五 国内首例新车内甲醛污染案

〔案件情况〕卢先生于2002年3月23日从北京某汽车交易市场中的某汽车贸易公司购买了一辆经过改装的进口汽车，价款为69万元，卢先生购车后先后支付了各种费用共计6万多元。后来，卢先生发觉车内气味刺鼻难忍，卢先生和司机都发生头顶小片脱发、掉眼泪、头昏脑涨、晚上睡不好觉等症状。同年8月份，两人先后因为身体不适进医院治疗。为卢先生接诊的医生检查发现患者的尿和血都有问题，诊断为“甲醛接触反应”。卢先生怀疑车内空气质量有问题，遂驱车来到中国室内环境监测中心做检查。经检测，结果令人吃惊：车内甲醛含量高达3.3%，而国家规定室内空气甲醛含量不能超过0.8%。显然，车内空气甲醛含量超出正常值26倍多。卢先生同汽车贸易公司协商无效后，将对方告到朝阳区人民法院，要求退回购车款及各种费用。12月，法院开庭审理了这起国内首例新车气味污染案。2003年3月29日，法院判决被告返还卢先生购车价款、车辆购置费、养路损失费、保险损失费共计75万元。

〔案件分析〕这是国内首例汽车消费者因车内空气污染状告汽车经销商胜诉的民事案件。案件焦点在于目前国家没有车内空气质量标准的情况下，汽车内部空间是否属于“室内”的概念而直接适用国家关于室内空气污染的标准和规范。由于目前国家没有专门制定车内空气质量标准，这就给本案的处理带来了法律上的障碍。室内环境监测中心的专家们根据国家关于装饰工程规定中“室内装饰活动是指对人们活动的成型空间的再加工、再创造，指房屋、车船、飞机等所有建筑物、成型体的内部空间”的规定，按照国家关于建筑装饰工程质量的室内环境要求对车内空气进行了检测，消费者的车内甲醛超高26倍，属于严重超标。法院采纳了这一检测结果，并以此为证据做出了维护消费者权益的判决，在认定案件事实以及适用法律上是正确的。

6. 案件六 南京首例家装甲醛污染母子同患血液性疾病索赔胜诉案

〔案件情况〕2001年10月，栗某通过在南京市某房地产综合开发总公司任职的姐姐介绍，找到总公司下属的南京某国有二级建筑装饰工程公司，请该装饰公司装修一套60m²的住宅作结婚的新房。于是装饰公司给栗某介绍了装修工，装修费用2.49万元。因为是熟人介绍，栗某和装修工见过面之后，仅仅做了一个简单的预算就开始施工，既没有和装饰公司签合同，也没有和装修工签合同。2002年1月中旬，栗某与家人搬进了新房。同年4月，栗某出现头晕、全身乏力的症状，后其母也出现类似症状，于是到医院检查，被诊断为再生障碍性贫血。同年8月，经南京市环境检测中心对其住房内空气质量进行检测，结果为甲醛超标21倍，氨超标12.6倍，挥发性有机物（TVOC）超标3.3倍。同年11月，南京市产品质量监督检验所对栗某送样的两块细木工板（大芯板）进行检测，结果甲醛释放量的实测数据为13.9mg/m³，而国家规定的标准为1.5mg/m³。于是，栗某认为装修公司使用劣质材料对其新房进行装修，造成其住房内充斥了大量有害气体而直接导致其母子患上血液病。在与装修公司多次协商未果的情况下，2002年10月22日栗某诉至法院，请求判令被告停止污染，赔偿医疗费、继续治疗费、护理费、交通费、搬家费、营养费、误工费、室内空气检测费、板材检测费等费用，以及精神抚慰赔偿金共计379534.88元。该案件经过9个月的审理，2003年7月18日法院做出一审判决，法庭认为，栗某住房装修中的材料是由被告建筑工程公司负责购买的，也就是该装修工程是包工包料的，而且初步证明了原告患上血液病是住房内空气被污染所致可能性，而被告公司不能举出有利证据，故被告应当承担污染损害赔偿的责任。同时法庭认为，栗先生一家在新房装修后仅10天左右就匆匆入住，没让新房在一段合理期间内通风、通气，考虑这一因素，认为栗先生应自己承担10%的责任。最终，法院判决被告赔偿栗某医疗费、护理费、营养费、误工费、财产损失费等各项费用50065元，并支付原告精神损害抚慰金9000元，拆除在栗某家实施的装修。

〔案件分析〕本案是江苏省首例室内装修污染赔偿案件。本案有几个焦点：焦点一是栗某与被告装饰公司之间没有签订合同，被告认为只要没有合同就不是公司的工程，而且装修工与公司也没有签订劳动合同，因此装修行为不是公司行为，装饰公司与案件没有任何关系。没有签合同，栗某就缺少了最直接的证据。虽然栗某的姐姐作为介绍人是案件的重要证人，但栗某姐姐拒绝出庭作证。最后栗某给法院提供了一张防盗门的保修单，证明防盗门是通过支票购买的。通过

法院调查，支票是由装饰公司的账户转到销售商账户的，由此证明主要材料是装饰公司购买的，间接证明了栗某与装饰公司之间有事实上的装修关系。因此法院认为，虽然原、被告没有签订书面的装修合同，但通过间接的证据足以证明实施装修行为的主体是装饰公司。

焦点二是栗某的病是否装修引起的？这一重要问题是栗某无法回避的。被告主张，工人做装修工程的时候，要睡在细木板上作为他们的临时床铺，并且一个个工程连续进行，但公司十几年来还没有得血液病的；如果说有得病的可能，最应该得的是接触最多的装修工人，而且栗某爱人孩子也没这个病。为此，栗某向法院提交了一份重要证据：办理结婚登记手续时进行的婚前医学检查，记载血液指标的诊断是血常规检测均在正常值范围，证明自己得病的时间是在住进新房之后。但这只是证明了得病的时间，究竟栗某得病是不是一定因为装修，还是无法证明。因为就目前的医疗水平，只能做出装修可能导致栗某得病的结果，而无法做出肯定的结论。由于本案是作为侵权案件起诉的，根据最高人民法院《关于民事诉讼证据的若干规定》的规定，因环境污染引起的损害赔偿诉讼，由加害人就法律规定的免责事由及其行为与损害结果之间不存在因果关系承担举证责任。因此栗某得病和装修公司装修两者之间有没有因果关系，举证责任由被告承担。法院认为，栗某提供的证据已经证明了装修污染与自己身体受到损害的事实之间存在因果关系的可能性，而装饰公司没有举出能免责的证据，所以装饰公司应当承担环境污染损害赔偿责任。

焦点三是如果栗某患病是因为装修材料不环保引起，而装修材料是由生产商和销售商提供的，装饰公司是否应当承担责任。被告主张，装饰公司也是一个受害人，污染问题并非施工引起的。

焦点四是栗某过早入住新房，对自己得病是否应承担责任。新房子装修好之后应该有一段空置期，通风换气之后再入住，而栗某在装完房子仅十几天就住进去。被告认为，即便栗某得病是因为装修引起，也应当对自己得病承担全部的责任。法院认为，装修结束后栗某没有让新房在一段合理期间内通风、透气后再入住，这对他自身损害后果的发生具有一定影响，根据法律规定，受害人自身有过错的，应当适当减轻致害人的赔偿责任。

焦点五是被告是否承担栗某后期的治疗费用。法院认为，因为病情发展目前还不明朗，将来可能有变化，为了充分保护原告的权利，使他今后的病情能够得到及时的治疗，因此本案对今后的治疗费用没有进行判决，而保留他在费用实际发生或者病情稳定的情况下另行起诉的权利。

7. 案件七 广东新居装修污染导致孕妇流产赔偿案

〔案件情况〕2003年初，广东省佛山市谭某夫妇委托当地某装修公司对其住房进行包工包料装修，后搬进新装修的新房居住，3个多月后苏某突然流产。经室内空气检测机构测定，新房客厅卧室空气中甲醛浓度均超标，其中主卧室超过国家标准4倍多。谭某夫妇认为胎儿流产系装修污染造成，双方经多次协商未果，2003年6月将佛山某装修公司告上法庭，要求赔偿已付的装修费、拆除施工费、医疗费、误工费、检测费、租房费、精神损害抚慰金等共86000多元。佛山市禅城区法院经过两次开庭审理，最后于2003年12月3日做出一审判决：被告装修公司对原告室内装修材料予以拆除，一次性返回原告装修费用1.9万元，支付原告医疗费、误工费、检测费、租房费8791元，并支付原告2万元精神损害赔偿金。

〔案件分析〕本案的一个特点是法院判决支持了受害人提出来的精神损害赔偿金。在全国发生的装修污染室内空气案件当中，北京市的秦某装修新房甲醛超标污染案件是首例获得法院判决支持的精神损害赔偿金案件，获赔金额也是两万元，一审判决时间是2002年12月31日，比本案早。从本案以及秦某案件来看，精神损害赔偿在室内空气污染案件中得到了越来越多的运用，这对于有效制裁“污染”装修行为，充分补偿受害人的身心和财产损失，具有非常重要的意义。精神损害赔偿在我国法律中得到体现的时间并不长，在1987年生效的民法通则中只是规定侵权的民事责任是“赔偿损失”，还没有规定精神损害赔偿。而最早系统规定侵权精神损害赔偿的法律是最高人民法院2001年2月26日颁布实施的《关于确定民事侵权精神损害赔偿责任若干问题的解释》。本案发生的时间是在该司法解释之后，所以法院判决被告支付原告2万元精神损害赔偿金是有法可依的。

二、其他室内环境污染案件分析

1. 案件一 南京施老太太装修噪声污染损害赔偿案

〔案件情况〕2001年10月，南京施老太太家楼上的邻居开始装修，施老太太家就被刺耳的

噪声吵得再也没有平静过，中午无法休息，晚上也要持续很长时间。老两口开始只是忍耐，在实在难以忍受的情况下曾经与装修工人交涉过 5、6 次，但是都没起任何作用。2001 年 12 月 18 日晚 7 点钟开始，施老太太家楼上又响起了尖锐的电钻声，一直到晚上近 10 点钟，老两口实在难以忍受，于是就上楼去说理。老爷子按了按门铃，却半天没有开门。老人急了，忍不住啪啪地拍起门来。这时，施老太太听到这种急促的敲门声知道要出事，便急忙跑上楼。因为施老太太的老伴曾经得过心肌梗死，是个严重的心脏病患者，是不能激动的，可是她还是看到了最不愿意看到的一幕，老伴已经瘫软在了地上。医院开具的死亡报告单上鉴定死亡原因为心肌梗死。施老太太认为如果装修时间不是那么长、噪声不是那么大，她的老伴也不会突然离去，所以装修公司有不可推卸的责任，她认为老伴就是被噪声害死的，于是便把装修公司告上了法庭。南京市鼓楼区人民法院受理此案后，进行了公开审理。庭审中，被告装饰公司提出噪声只是一种偶然因素，不能证明它与死者的死因有关系。2002 年 9 月 28 日，法院对案件作出了一审判决。法院认为，装修公司要对施老太太老伴的死承担一定的责任。老人死亡的直接原因应当是自己的心肌梗塞的发作，噪声只是一个偶然的因素，只是这个偶然因素在介入了老人自身的健康因素之后，才发生了这样的损害结果。因此，法院判决被告装饰公司赔偿施老太太丧葬费 1000 元，精神损害赔偿金 30000 元，总计 31000 元。被告表示接受判决，并在今后的施工中严格依法合规操作。

〔案件分析〕噪声污染也是一种环境污染，国家制定有专门的噪声控制立法，比如《环境噪声污染防治法》以及相关的噪声标准，还有各地方制定的大量的防止噪声污染的条例，从行政管理制的角度对噪声的排放、噪声源的使用时间、强度都做出了规定。违反了国家防止和控制噪声污染的法律，造成他人人身财产损害的，应当承担民事责任。本案就是一起因室内装修噪声污染引起的混合致害因素人身伤害案件。尽管装修公司噪声污染并非导致老人死亡的直接原因，但依然构成侵权并要承担一定的民事责任。法律规定侵权责任构成需要具备的一个要件就是侵权行为与人身或者财产损害的后果之间要有因果关系。在纷繁复杂的现实生活中，导致公民权益受到损害的因素多种多样，行为与后果之间的关系也就表现为多种多样，有些是一因一果，有些是一果多因，即多种混合致害因素引起一个损害结果的发生。发生多个致害原因时，根据它们的致害力不同，又有直接原因与间接原因之分，间接原因通过直接原因起作用。本案情况正是如此，老先生死亡的直接原因是心脏病发作，但间接的原因却是装修噪声污染。从医学角度看，在心脏病发作的这个过程当中有一个诱因，那就是加害人的装修行为。加害人产生的噪声刺激了被害人，引起被害人情绪激动导致心脏病发作，所以装修行为这一间接原因是通过心脏病发作这一直接原因而起致害作用的。其因果关系的逻辑顺序是装修噪声污染刺激心脏病发作引起死亡结果的发生。正因为间接原因的致害力弱于直接原因，所以在责任的承担上就会减轻间接原因致害人的责任。因此法院判决装修公司要对施老太太老伴的死承担一定的责任。此外，根据国家法规和规章以及政府有关主管部门的规定，中午、晚上禁止装修施工，就是要保证老百姓的生活不会受到干扰和影响，否则属于违规操作，政府主管部门可以依法行政处罚。

2. 案件二 放射超标畸儿案

〔案件情况〕孙女士原系冶金部某研究所职工，1980 年 5 月 21 日进行化学实验时，高温强碱熔物洒在手背上，造成 3 度烫伤。1981 年 4 月 5 日孙女士生下一畸形女婴小芳。小芳目前已经 19 岁，仍大脑发育不全、多发性畸形、生活不能自理，整天呆在家里。2000 年 8 月，经过核工业地质分析测试中心分析，孙女士与小芳体内的放射性元素铀、钍等，比常人要高出数倍。孙女士经过向天津市中心妇产科医院遗传室、北京医科大学公共卫生学院妇幼卫生教研室等专家咨询后认为，她当时受有害物质烫伤是导致其女儿小芳残疾的直接原因。一审法院认为，从事含有放射性物质的检测作业造成损害，作业单位应承担民事责任，被告某研究所应赔偿孙女士精神损失费 4 万元，赔偿小芳精神损失费 2 万元。某研究所不服，提出上诉，二审法院判决驳回上诉，维持原判。

〔案件分析〕本案有两种法律关系：一是孙女士烫伤形成与单位的工伤保险待遇的劳动保护关系；二是孙女士被烫伤后，因受有害放射性物质的伤害，造成生育畸儿的损害后果，形成与单位的人身伤害侵权法律关系。虽然伤害的原因并不是一种严格意义上的环境污染，但与工作环境中存在有害放射性物质有直接的关系，因此在法律适用与举证责任规则上可以适用环境污染案件的处理原则。



思考题

1. 消费者权益保护法能否适用于室内环境污染案件的处理？
2. 室内环境污染案件是否属于特殊侵权，能否适用举证倒置原则？为什么要适用举证倒置原则？
3. 装修公司不是装修材料的生产商，是否要为材料环保质量承担责任？顾客的要求和意见是否能减轻装修公司的责任？
4. 室内环境污染案件的司法鉴定问题？
5. 怎样加快室内环境污染的全面控制立法？

室内空气质量标准（节选）

(GB/T 18883—2002)

1. 范围

本标准规定了室内空气质量参数及检验方法。

本标准适用于住宅和办公建筑物，其他室内环境可参照本标准执行。

2. 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 9801 《空气质量 一氧化碳的测定 非分散红外法》
GB/T 11737 《居住区大气中苯、甲苯和二甲苯卫生检验标准方法 气相色谱法》
GB/T 12372 《居住区大气中二氧化氮检验标准方法 改进的 Saltzman 法》
GB/T 14582 《环境空气中氧的标准测量方法》
GB/T 14668 《空气质量 氨的测定 纳氏试剂比色法》
GB/T 14669 《空气质量 氨的测定 离子选择电极法》
GB 14677 《空气质量 甲苯、二甲苯、苯乙烯的测定 气相色谱法》
GB/T 14679 《空气质量 氨的测定 次氯酸钠-水杨酸分光光度法》
GB/T 15262 《环境空气 二氧化硫的测定 甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法》
GB/T 15435 《环境空气 二氧化氮的测定 Saltzman 法》
GB/T 15437 《环境空气 臭氧的测定 靛蓝二磺酸钠分光光度法》
GB/T 15438 《环境空气 臭氧的测定 紫外光度法》
GB/T 15439 《环境空气 苯并[a]芘测定 高效液相色谱法》
GB/T 15516 《空气质量 甲醛的测定 乙酰丙酮分光光度法》
GB/T 16128 《居住区大气中二氧化硫卫生检验标准方法 甲醛溶液吸收-盐酸副玫瑰苯胺分光光度法》
GB/T 16129 《居住区大气中甲醛卫生检验标准方法 分光光度法》
GB/T 16147 《空气中氨浓度的闪烁瓶测量方法》
GB/T 17095 《室内空气中可吸入颗粒物卫生标准》
GB/T 18204.13 《公共场所空气温度测定方法》
GB/T 18204.14 《公共场所空气湿度测定方法》
GB/T 18204.15 《公共场所风速测定方法》
GB/T 18204.18 《公共场所室内新风量测定方法》
GB/T 18204.23 《公共场所空气中一氧化碳测定方法》
GB/T 18204.24 《公共场所空气中二氧化碳测定方法》
GB/T 18204.25 《公共场所空气中氨测定方法》
GB/T 18204.26 《公共场所空气中甲醛测定方法》
GB/T 18204.27 《公共场所空气中臭氧测定方法》

3. 术语和定义

① 室内空气质量参数 (indoor air quality parameter) 指室内空气中与人体健康有关的物理、化学、生物和放射性参数。

② 可吸入颗粒物 (particles with diameters of 10 μm or less, PM₁₀) 指悬浮在空气中，空气动力学当量直径小于等于 10 μm 的颗粒物。

③ 总挥发性有机化合物 (total volatile organic compounds, TVOC) 利用 Tenax GC 或 Tenax TA 采

样，非极性色谱柱（极性指数小于 10）进行分析，保留时间在正己烷和正十六烷之间的挥发性有机化合物。

④ 标准状态（normal state）指温度为 273K，压力为 101.325kPa 时的干物质状态。

4. 室内空气质量

① 室内空气应无毒、无害、无异常嗅味。

② 室内空气质量标准见附表 1-1。

附表 1-1 室内空气质量标准

序 号	参 数 类 别	参 数	单 位	标 准 值	备 注
1	物理性	温度	℃	22~28	夏季空调
				16~24	冬季采暖
2		相对湿度	%	40~80	夏季空调
				30~60	冬季采暖
3		空气流速	m/s	0.3	夏季空调
				0.2	冬季采暖
4		新风量	m³/(h·人)	30 ^①	
5	化学性	二氧化硫 SO ₂	mg/m³	0.50	1h 均值
6		二氧化氮 NO ₂	mg/m³	0.24	1h 均值
7		一氧化碳 CO	mg/m³	10	1h 均值
8		二氧化碳 CO ₂	%	0.10	日平均值
9		氨 NH ₃	mg/m³	0.20	1h 均值
10		臭氧 O ₃	mg/m³	0.16	1h 均值
11		甲醛 HCHO	mg/m³	0.10	1h 均值
12		苯 C ₆ H ₆	mg/m³	0.11	1h 均值
13		甲苯 C ₇ H ₈	mg/m³	0.20	1h 均值
14		二甲苯 C ₈ H ₁₀	mg/m³	0.20	日平均值
15		苯并[<i>a</i>]芘 B[<i>a</i>]P	ng/m³	1.0	日平均值
16		可吸入颗粒物 PM ₁₀	mg/m³	0.15	1h 均值
17		总挥发性有机物 TVOC	mg/m³	0.60	8h 均值
18	生物性	菌落总数	cfu/m³	2500	依据仪器定 ^②
19	放射性	氡 ²²² Rn	Bq/m³	400	年平均值(行动水平 ^③)

① 新风量要求不小于标准值，除温度、相对湿度外的其他参数要求不大于标准值。

② 见附录 D。

③ 行动水平即达到此水平建议采取干预行动以降低室内氡浓度。

5. 室内空气质量检验

① 室内空气中各种参数的监测技术见附录 A

② 室内空气中苯的检验方法见附录 B

③ 室内空气中总挥发性有机物（TVOC）的检验方法见附录 C

④ 室内空气中菌落总数检验方法见附录 D

附录一 A

(规范性附录)

室内空气监测技术

1. 范围

本附录规定了室内空气监测时的选点要求、采样时间和频率、采样方法和仪器、室内空气中各种参数的检验方法、质量保证措施、测试结果和评价。

2. 选点要求

① 采样点的数量。采样点的数量根据监测室内面积大小和现场情况而确定，以期能正确反映室内空气污染物的水平。原则上小于 50m² 的房间应设 1~3 个点；50~100m² 设 3~5 个点；100m² 以上至少设 5 个点。在对角线上或梅花式均匀分布。

② 采样点应避开通风口，离墙壁距离应大于 0.5m。

③ 采样点的高度。原则上与人的呼吸带高度相一致。相对高度 0.5~1.5m 之间。

3. 采样时间和频率

年平均浓度至少采样 3 个月，日平均浓度至少采样 18h，8h 平均浓度至少采样 6h，1h 平均浓度至少采样 45min，采样的时间应涵盖通风最差的时间段。

4. 采样方法和采样仪器

根据污染物在室内空气中存在状态，选用合适的采样方法和仪器，用于室内的采样器的噪声应小于 50dB (A)。具体采样方法应按各个污染物检验方法中规定的方法和操作步骤进行。

① 筛选法采样。采样前关闭门窗 12h，采样时关闭门窗，至少采样 45min。

② 累积法采样。当采用筛选法采样达不到本标准要求时，必须采用累积法（按年平均、日平均、8h 平均值）的要求采样。

5. 质量保证措施

① 气密性检查。有动力采样器在采样前应对采样系统气密性进行检查，不得漏气。

② 流量校准。采样系统流量要能保持恒定，采样前和采样后要用一级皂膜计校准采样系统进气流量，误差不超过 5%。

采样器流量校准：在采样器正常使用状态下，用一级皂膜计校准采样器流量计的刻度，校准 5 个点，绘制流量标准曲线。记录校准时的大气压力和温度。

③ 空白检验。在一批现场采样中，应留有两个采样管不采样，并按其他样品管一样对待，作为采样过程中空白检验，若空白检验超过控制范围，则这批样品作废。

④ 仪器使用前。仪器使用前应按仪器说明书对仪器进行检验和标定。

⑤ 在计算浓度时应用下式将采样体积换算成标准状态下的体积

$$V_0 = V \frac{T_0}{T} \cdot \frac{P}{P_0}$$

式中 V_0 ——换算成标准状态下的采样体积，L；

V ——采样体积，L；

T_0 ——标准状态的热力学温度，273K；

T ——采样时采样点现场的温度（ t ）与标准状态的热力学温度之和，（ $t/^\circ\text{C} + 273$ ）K；

P_0 ——标准状态下的大气压力，101.3kPa；

P ——采样时采样点的大气压力，kPa。

⑥ 每次平行采样。测定之差与平均值比较的相对偏差不超过 20%。

6. 检验方法

室内空气中各种参数的检验方法见附表 1-2。

7. 记录

采样时要对现场情况、各种污染源、采样日期、时间、地点、数量、布点方式、大气压力、气温、相对湿度、空气流速以及采样者签字等做出详细记录，随样品一同报到实验室。

检验时应应对检验日期、实验室、仪器和编号、分析方法、检验依据、实验条件、原始数据、测试人、校核人等做出详细记录。

8. 测试结果和评价

测试结果以平均值表示，化学性、生物性和放射性指标平均值符合标准值要求时，为符合本标准。如

有一项检验结果未达到本标准要求时，为不符合本标准。

要求年平均、日平均、8h 平均值的参数，可以先做筛选采样检验。若检验结果符合标准值要求，为符合本标准。若筛选采样检验结果不符合标准值要求，必须按年平均、日平均、8h 平均值的要求，用累积采样检验结果评价。

附表 1-2 室内空气中各种参数的检验方法

序 号	参 数	检 验 方 法	来 源
1	二氧化硫 SO ₂	甲醛溶液吸收 盐酸副玫瑰苯胺分光光度法	GB/T 16128 GB/T 15262
2	二氧化氮 NO ₂	改进的 Saltzman 法	GB 12372 GB/T 15435
3	一氧化碳 CO	①非分散红外法 ②不分光红外线气体分析法 气相色谱法 汞置换法	①GB/T 9801 ②GB/T 18204. 23
4	二氧化碳 CO ₂	①不分光红外线气体分析法 ②气相色谱法 ③容量滴定法	GB/T 18204. 24
5	氨 NH ₃	①靛酚蓝分光光度法 纳氏试剂分光光度法 ②离子选择电极法 ③次氯酸钠-水杨酸分光光度法	①GB/T 18204. 25 GB/T 14668 ②GB/T 14669 ③GB/T 14679
6	臭氧 O ₃	①紫外光度法 ②靛蓝二磺酸钠分光光度法	①GB/T 15438 ②GB/T 18204. 27 GB/T 15437
7	甲醛 HCHO	①AHMT 分光光度法 ②酚试剂分光光度法、气相色谱法 ③乙酰丙酮分光光度法	①GB/T 16129 ②GB/T 18204. 26 ③GB/T 15516
8	苯 C ₆ H ₆	气相色谱法	①GB/T 18883 附录 B ②GB 11737
9	甲苯 C ₇ H ₈ 二甲苯 C ₈ H ₁₀	气相色谱法	①GB 11737 ②GB 14677
10	苯并[a]芘 B[a]P	高效液相色谱法	GB/T 15439
11	可吸入颗粒物 PM ₁₀	撞击式-称重法	GB/T 17095
12	总挥发性有机化合物 TVOC	气相色谱法	GB/T 18883 附录 C
13	菌落总数	撞击法	GB/T 18883 附录 D
14	温度	①玻璃液体温度计法 ②数显式温度计法	GB/T 18204. 13
15	相对湿度	①通风干湿表法 ②氯化锂湿度计法 ③电容式数字湿度计法	GB/T 18204. 14
16	空气流速	①热球式电风速计法 ②数字式风速表法	GB/T 18204. 15
17	新风量	示踪气体法	GB/T 18204. 18
18	氡 ²²² Rn	①空气中氡浓度的闪烁瓶测量方法 ②径迹蚀刻法 ③双滤膜法 ④活性炭盒法	①GB/T 14582 ②GB/T 16147 ③GB/T 14582 ④GB/T 14582

民用建筑工程室内环境污染控制规范（节选）

(GB 50325—2001)

1. 总则

① 为了预防和控制民用建筑工程中建筑材料和装修材料产生的室内环境污染，保障公众健康，维护公共利益，做到技术先进、经济合理，制定本规范。

② 本规范适用于新建、扩建和改建的民用建筑工程室内环境污染控制，不适用于工业建筑工程、仓储性建筑工程、构筑物和有特殊净化卫生要求的房间。

注：本规范所称室内环境污染系指由建筑材料和装修材料产生的室内环境污染。民用建筑工程交付使用后，非建筑装修材料产生的室内环境污染，不属于本规范控制范围。

③ 本规范控制的室内环境污染物有氡（Rn-222）、甲醛、氨、苯和总挥发性有机化合物（TVOC）。

④ 民用建筑工程根据控制室内环境污染的不同要求，划分为以下两类。

a. I类民用建筑工程：住宅、医院、老年建筑、幼儿园、学校教室等民用建筑工程。

b. II类民用建筑工程：办公楼、商店、旅馆、文化娱乐场所、书店、图书馆、展览馆、体育馆、公共交通等候室、餐厅、理发店等民用建筑工程。

⑤ 民用建筑工程所选用的建筑材料和装修材料必须符合本规范的规定。

⑥ 民用建筑工程室内环境污染控制除应符合本规范规定外，尚应符合国家现行的有关强制性标准的规定。

2. 术语（略）

3. 材料

（1）无机非金属建筑材料和装修材料

① 民用建筑工程所使用的无机非金属建筑材料包括砂、石、砖、水泥、商品混凝土、预制构件和新型墙体材料等，其放射性指标限量应符合附表 2-1 的规定。

② 民用建筑工程所使用的无机非金属装修材料包括石材、建筑卫生陶瓷、石膏板、吊顶材料等，进行分类时，其放射性指标限量应符合附表 2-2 的规定。

③ 空心率大于 25% 的建筑材料，其天然放射性核素镭-226、钍-232、钾-40 的放射性比活度应同时满足内照射指数（ I_{Ra} ）不大于 1.0、外照射指数（ I_{γ} ）不大于 1.3。

④ 建筑材料和装修材料放射性指标的测试方法应符合现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》的规定。

（2）人造木板及饰面人造木板

① 民用建筑工程室内用人造木板及饰面人造木板，必须测定游离甲醛含量或游离甲醛释放量。

② 人造木板及饰面人造木板，应根据游离甲醛含量或游离甲醛释放量限量划分为 E₁ 类和 E₂ 类。

③ 当采用环境测试舱法测定游离甲醛释放量，并依此对人造木板进行分类时，其限量应符合附表 2-3 的规定。

④ 当采用穿孔法测定游离甲醛含量，并依此对人造木板进行分类时，其限量应符合附表 2-4 的规定。

⑤ 当采用干燥器法测定游离甲醛释放量，并依此对人造木板进行分类时，其限量应符合附表 2-5 的规定。

附表 2-1 无机非金属建筑材料放射性指标限量

测定项目	限 量
内照射指数 I_{Ra}	≤ 1.0
外照射指数 I_{γ}	≤ 1.0

附表 2-2 无机非金属装修材料放射性指标限量

测定项目	限 量	
	A	B
内照射指数 I_{Ra}	≤ 1.0	≤ 1.3
外照射指数 I_{γ}	≤ 1.3	≤ 1.9

附表 2-3 环境测试舱法测定游离
甲醛释放量限量

类 别	限量/(mg/m ³)
E ₁	≤ 0.12

⑥ 饰面人造木板可采用环境测试舱法或干燥器法测定游离甲醛释放量，当发生争议时应以环境测试舱法的测定结果为准；胶合板、细木工板宜采用干燥器法测定游离甲醛释放量；刨花板、中密度纤维板等宜采用穿孔法测定游离甲醛含量。

⑦ 环境测试舱法，宜按本规范附录 A 进行。

⑧ 穿孔法及干燥器法，应符合国家标准《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》GB/T 17657—1999 的规定。

(3) 涂料

① 民用建筑工程室内用水性涂料，应测定总挥发性有机化合物（TVOC）和游离甲醛的含量，其限量应符合附表 2-6 的规定。

② 民用建筑工程室内用溶剂型涂料，应按其规定的最大稀释比例混合后，测定总挥发性有机化合物（TVOC）和苯的含量，其限量应符合附表 2-7 的规定。

③ 聚氨酯漆测定固化剂中游离甲苯二异氰酸酯（TDI）的含量后，应按其规定的最小稀释比例计算出的聚氨酯漆中游离甲苯二异氰酸酯（TDI）含量，且不应大于 7g/kg。测定方法应符合国家标准《气相色谱测定氨基甲酸酯预聚物和涂料溶液中未反应的甲苯二异氰酸酯（TDI）单体》GB/T 18446—2001 的规定。

④ 水性涂料中总挥发性有机化合物（TVOC）、游离甲醛含量的测定方法，宜按本规范附录 B 进行。

⑤ 溶剂型涂料中总挥发性有机化合物（TVOC）、苯含量测定方法，宜按本规范附录 C 进行。

(4) 胶黏剂

① 民用建筑工程室内用水性胶黏剂，应测定其总挥发性有机化合物（TVOC）和游离甲醛的含量，其限量应符合附表 2-8 的规定。

② 民用建筑工程室内用溶剂型胶黏剂，应测定其总挥发性有机化合物（TVOC）和苯的含量，其限量应符合附表 2-9 的规定。

③ 聚氨酯胶黏剂应测定游离甲苯二异氰酸酯（TDI）的含量，并不应大于 10g/kg，测定方法可按国家标准《气相色谱测定氨基甲酸酯预聚物和涂料溶液中未反应的甲苯二异氰酸酯（TDI）单体》GB/T 18446—2001 进行。

④ 水性胶黏剂中总挥发性有机化合物（TVOC）、游离甲醛含量的测定方法，应符合本规范附录 B 的规定。

⑤ 溶剂型胶黏剂中总挥发性有机化合物（TVOC）、苯含量测定方法，应符合本规范附录 C 的规定。

(5) 水性处理剂

① 民用建筑工程室内用水性阻燃剂、防水剂、防腐剂等水性处理剂，应测定总挥发性有机化合物（TVOC）和游离甲醛的含量，其限量应符合附表 2-10 的规定。

② 水性处理剂中挥发性有机化合物（TVOC）、游离甲醛含量的测定方法，应符合本规范附录 B 的规定。

4.（节略）

5.（节略）

附表 2-4 穿孔法测定游离甲醛含量分类限量

类 别	限量/(mg/100g,干材料)
E ₁	≤9.0
E ₂	>9.0,≤30.0

附表 2-5 干燥器法测定游离甲醛释放量分类限量

类 别	限量/(mg/L)
E ₁	≤1.5
E ₂	>1.5,≤5.0

附表 2-6 室内用水性涂料中总挥发性有机化合物（TVOC）和游离甲醛限量

测 定 项 目	限 量
TVOC/(g/L)	≤200
游离甲醛/(g/kg)	≤0.1

附表 2-7 室内用溶剂型涂料中总挥发性有机化合物（TVOC）和苯限量

涂 料 名 称	TVOC/(g/L)	苯/(g/kg)
醇酸漆	≤550	≤5
硝基清漆	≤750	≤5
聚氨酯漆	≤700	≤5
酚醛清漆	≤500	≤5
酚醛磁漆	≤380	≤5
酚醛防锈漆	≤270	≤5
其他溶剂型涂料	≤600	≤5

附表 2-8 室内用水性胶黏剂中总挥发性有机化合物（TVOC）和游离甲醛限量

测 定 项 目	限 量
TVOC/(g/L)	≤50
游离甲醛/(g/kg)	≤1

附表 2-9 室内用溶剂型胶黏剂中总挥发性有机化合物（TVOC）和苯限量

测 定 项 目	限 量
TVOC/(g/L)	≤750
苯/(g/kg)	≤5

附表 2-10 室内用水性处理剂中总挥发性有机化合物（TVOC）和游离甲醛限量

测 定 项 目	限 量
TVOC/(g/L)	≤200
游离甲醛/(g/kg)	≤0.5

6. 验收

① 民用建筑工程及室内装修工程的室内环境质量验收，应在工程完工至少 7 天以后、工程交付使用前进行。

② 民用建筑工程及其室内装修工程验收时，应检查下列资料。

a. 工程地质勘察报告、工程地点土壤中氡浓度检测报告、工程地点土壤天然放射性核素镭-226、钍-232、钾-40 含量检测报告。

b. 涉及室内环境污染控制的施工图设计文件及工程设计变更文件。

c. 建筑材料和装修材料的污染物含量检测报告、材料进场检验记录、复验报告。

d. 与室内环境污染控制有关的隐蔽工程验收记录、施工记录。

e. 样板间室内环境污染物浓度检测记录（不做样板间的除外）。

③ 民用建筑工程所用建筑材料和装修材料的类别、数量和施工工艺等，应符合设计要求和本规范的有关规定。

④ 民用建筑工程验收时，必须进行室内环境污染物浓度检测。检测结果应符合附表 2-11 的规定。

⑤ 民用建筑工程室内空气中氡的检测，所选用方法的测量结果不确定度不应大于 25%（置信度 95%），方法的探测下限不应大于 10Bq/m³。

⑥ 民用建筑工程室内空气中甲醛的检测方法，应符合国家标准《公共场所空气中甲醛测定方法》GB/T 18204.26—2000 的规定。

⑦ 民用建筑工程室内空气中甲醛检测，也可采用现场检测方法，所使用的仪器在 0~0.60mg/m³ 测定范围内的不确定度应小于 5%。

⑧ 民用建筑工程室内空气中苯的检测方法，应符合国家标准《居住区大气中苯、甲苯和二甲苯卫生检验标准方法——气相色谱法》GB 11737—89 的规定。

⑨ 民用建筑工程室内空气中氡的检测，可采用国家标准《公共场所空气中氡测定方法》GB/T 18204.25—2000 或国家标准《空气质量 氡的测定 离子选择电极法》GB/T 14669—93 进行测定。当发生争议时应以国家标准《公共场所空气中氡测定方法——靛酚蓝分光光度法》GB/T 18204.25—2000 的测定结果为准。

⑩ 民用建筑工程室内空气中总挥发性有机化合物（TVOC）的检测方法，应符合本规范附录 E 的规定。

⑪ 民用建筑工程验收时，应抽检有代表性的房间室内环境污染物浓度，抽检数量不得少于 5%，并不得少于 3 间；房间总数少于 3 间时，应全数检测。

⑫ 民用建筑工程验收时，凡进行了样板间室内环境污染物浓度检测且检测结果合格的，抽检数量减半，并不得少于 3 间。

⑬ 民用建筑工程验收时，室内环境污染物浓度检测点应按房间面积设置。

a. 房间使用面积小于 50m² 时，设 1 个检测点。

b. 房间使用面积 50~100m² 时，设 2 个检测点。

c. 房间使用面积大于 100m² 时，设 3~5 个检测点。

⑭ 当房间内有 2 个及以上检测点时，应取各点检测结果的平均值作为该房间的检测值。

⑮ 民用建筑工程验收时，环境污染物浓度现场检测点应距内墙面不小于 0.5m、距楼地面高度 0.8~1.5m。检测点应均匀分布，避开通风道和通风口。

⑯ 民用建筑工程室内环境中游离甲醛、苯、氨、总挥发性有机物（TVOC）浓度检测时，对采用集中空调的民用建筑工程，应在空调正常运转的条件下进行；对采用自然通风的民用建筑工程，检测应在对外门窗关闭 1h 后进行。

⑰ 民用建筑工程室内环境中氡浓度检测时，对采用集中空调的民用建筑工程，应在空调正常运转的条件下进行；对采用自然通风的民用建筑工程，应在房间的对外门窗关闭 24h 以后进行。

⑱ 当室内环境污染物浓度的全部检测结果符合本规范的规定时，可判定该工程室内环境质量合格。

⑲ 当室内环境污染物浓度检测结果不符合本规范的规定时，应查找原因并采取措施进行处理，并可进行再次检测。再次检测时，抽检数量应增加 1 倍。室内环境污染物浓度再次检测结果全部符合本规范的规定时，可判定为室内环境质量合格。

⑳ 室内环境质量验收不合格的民用建筑工程，严禁投入使用。

附表 2-11 民用建筑工程室内
环境污染物浓度限量

污 染 物	I 类民用 建筑工程	II 类民用 建筑工程
氡/(Bq/m ³)	≤200	≤400
游离甲醛/(mg/m ³)	≤0.08	≤0.12
苯/(mg/m ³)	≤0.09	≤0.09
氨/(mg/m ³)	≤0.2	≤0.5
TVOC/(mg/m ³)	≤0.5	≤0.6

注：表中污染物浓度限量，除氨外均应以同步测定的室外空气相应值为空白值。

室内装饰装修材料中有害物质限量（节选）

1. 室内装饰装修材料人造板及其制品中甲醛释放限量（GB 18580—2001）见附表 3-1

附表 3-1 人造板及其制品中甲醛释放量限量

产 品 名 称	试 验 方 法	限 量 值	使 用 范 围	限量标志 ^②
中密度纤维板、高密度纤维板、刨花板、定向刨花板等	穿孔萃取法	≤9mg/100g	可直接用于室内	E ₁
		≤30mg/100g	必须饰面处理后 可允许用于室内	E ₂
胶合板、装饰单板贴面胶合板、细木工板等	干燥器法	≤1.5mg/L	可直接用于室内	E ₁
		≤5.0mg/L	必须饰面处理后 可允许用于室内	E ₂
饰面人造板（包括浸渍纸层压木质地板、实木复合地板、竹地板、浸渍胶膜纸饰面人造板等）	气候箱法 ^①	≤0.12mg/m ³	可直接用于室内	E ₁
	干燥器法	≤1.5mg/L		

① 仲裁时采用气候箱法。

② E₁ 为可直接用于室内的人造板，E₂ 为必须饰面处理后允许用于室内的人造板。

2. 室内装饰装修材料溶剂型木器涂料中有害物质限量（GB 18581—2001）见附表 3-2

附表 3-2 溶剂型木器涂料中有害物质限量

项 目		限 量 值		
		硝 基 漆 类	聚氨酯漆类	醇 酸 漆 类
挥发性有机化合物(VOC) ^① /(g/L)	≤	750	光泽(60°)≥80,600 光泽(60°)<80,700	550
苯含量 ^② /%	≤	0.5		
甲苯和二甲苯总和 ^③ /%	≤	45	40	10
游离甲苯二异氰酸酯(TDI) ^③ /%	≤	—	0.7	—
重金属(限色漆)/(mg/kg)	可溶性铅	90		
	可溶性镉	75		
	可溶性铬	60		
	可溶性汞	60		

① 按产品规定的配比和稀释比例混合后测定。如稀释剂的使用量为某一范围时，应按照推荐的最大稀释量稀释后进行测定。

② 如产品规定了稀释比例或产品由双组分或多组分组成时，应分别测定稀释剂和各组分中的含量，再按产品规定的配比计算混合后涂料中的总量。如稀释剂的使用量为某一范围时，应按照推荐的最大稀释量进行计算。

③ 如聚氨酯漆类规定了稀释比例或由双组分或多组分组成时，应先测定固化剂（含甲苯二异氰酸酯预聚物）中的含量，再按产品规定的配比计算混合后涂料中的含量，如稀释剂的使用量为某一范围时，应按照推荐的最小稀释量进行计算。

3. 室内装饰装修材料内墙涂料中有害物质限量（GB 18582—2001）见附表 3-3

附表 3-3 内墙涂料中有害物质限量

项 目		限 量 值
挥发性有机化合物(VOC)/(g/L)	≤	200
游离甲醛/(g/kg)	≤	0.1
重金属/(mg/kg)	可溶性铅	≤90
	可溶性镉	≤75
	可溶性铬	≤60
	可溶性汞	≤60

4. 室内装饰装修材料胶黏剂中有害物质限量（GB 18583—2001）

① 溶剂型胶黏剂中有害物质限量应符合附表 3-4 的规定。

附表 3-4 溶剂型胶黏剂中有害物质限量

项 目	指 标		
	橡胶胶黏剂	聚氨酯类胶黏剂	其他胶黏剂
游离甲醛/(g/kg)	≤0.5	—	—
苯 ^① /(g/kg)	≤5		
甲苯+二甲苯/(g/kg)	≤200		
甲苯二异氰酸酯/(g/kg)	≤—	10	—
总挥发性有机物/(g/L)	≤750		

① 苯不能作为溶剂使用，作为杂质其最高含量不得大于表中的规定。

② 水基型胶黏剂中有害物质限量应符合附表 3-5 的规定。

附表 3-5 水基型胶黏剂中有害物质限量

项 目	指 标				
	缩甲醛类 胶黏剂	聚乙酸乙烯酯 胶黏剂	橡胶类 胶黏剂	聚氨酯类 胶黏剂	其他 胶黏剂
游离甲醛/(g/kg)	≤1	1	1	—	1
苯/(g/kg)	≤0.2				
甲苯+二甲苯/(g/kg)	≤10				
总挥发性有机物/(g/L)	≤50				

5. 木家具中有害物质限量（GB 18584—2001）见附表 3-6

附表 3-6 木家具中有害物质限量

项 目		限 量 值
甲醛释放量/(mg/L)		≤1.5
重金属含量(限色漆)/(mg/kg)	可溶性铅	≤90
	可溶性镉	≤75
	可溶性铬	≤60
	可溶性汞	≤60

6. 壁纸中有害物质限量 GB 18585—2001 见附表 3-7

附表 3-7 壁纸中的有害物质限量/(mg/kg)

有害物质名称		限量值
重金属(或其他)元素	钡	≤1000
	镉	≤25
	铬	≤60
	铅	≤90
	砷	≤8
	汞	≤20
	硒	≤165
	锑	≤20
氯乙烯单体		≤1.0
甲醛		≤120

7. 聚氯乙烯卷材地板中有害物质限量（GB 18586—2001）

- (1) 氯乙烯单体限量 卷材地板聚氯乙烯层中氯乙烯单体含量应不大于 5mg/kg。
- (2) 可溶性重金属限量 卷材地板中不得使用铅盐助剂。作为杂质，卷材地板中可溶性铅含量应不大于 20mg/m²；卷材地板中可溶性镉含量应不大于 20mg/m²。
- (3) 挥发物的限量 卷材地板中挥发物的限量见附表 3-8

附表 3-8 挥发物的限量/(g/m²)

发泡类卷材地板中挥发物的限量		非发泡类卷材地板中挥发物的限量	
玻璃纤维基材	其他基材	玻璃纤维基材	其他基材
≤75	≤35	≤40	≤10

8. 地毯、地毯衬垫及地毯胶黏剂有害物质释放限量（GB 18587—2001）

地毯、地毯衬垫及地毯胶黏剂有害物质释放限量应分别符合附表 3-9、附表 3-10、附表 3-11 的规定。
A 级为环保型产品，B 级为有害物质释放限量合格产品。

附表 3-9 地毯有害物质释放限量/[mg/(m²·h)]

序 号	有害物质测试项目	限 量	
		A 级	B 级
1	总挥发性有机化合物(TVOC) ≤	0.500	0.600
2	甲醛(Formaldehyde) ≤	0.050	0.050
3	苯乙烯(Styrene) ≤	0.400	0.500
4	4-苯基环己烯(4-Phenylcyclohexene) ≤	0.050	0.050

附表 3-10 地毯衬垫有害物质释放限量/[mg/(m²·h)]

序 号	有害物质测试项目	限 量	
		A 级	B 级
1	总挥发性有机化合物(TVOC) ≤	1.000	1.200
2	甲醛(Formaldehyde) ≤	0.050	0.050
3	丁基羟基甲苯(BHT-butylated hydroxytoluene) ≤	0.030	0.030
4	4-苯基环己烯(4-Phenylcyclohexene) ≤	0.050	0.050

附表 3-11 地毯胶黏剂有害物质释放限量/[mg/(m²·h)]

序 号	有害物质测试项目	限 量	
		A 级	B 级
1	总挥发性有机化合物(TVOC)	≤1.000	≤12.000
2	甲醛(Formaldehyde)	≤0.050	≤0.050
3	2-乙基己醇(2-ethyl-1-hexanol)	≤3.000	≤3.500

9. 混凝土外加剂中释放氨的限量（GB 18588—2001）

混凝土外加剂中释放氨的量≤0.10%（质量分数）

10. 装修材料放射性核素限量

装修材料放射性水平大小划分为以下三类。

（1）A 类装修材料 装修材料中天然放射性核素镭-226、钍-232、钾-40 的放射性比活度同时满足 $I_{Ra} \leq 1.0$ 和 $I_r \leq 1.3$ 要求的为 A 类装修材料。A 类装修材料产销与使用范围不受限制。

（2）B 类装修材料 不满足 A 类装修材料要求但同时满足 $I_{Ra} \leq 1.3$ 和 $I_r \leq 1.9$ 要求的为 B 类装修材料。B 类装修材料不可用于 I 类民用建筑的内饰面，但可用于 I 类民用建筑的外饰面及其他一切建筑物的内、外饰面。

（3）C 类装修材料 不满足 A、B 类装修材料要求但满足 $I_r \leq 2.8$ 要求的为 C 类装修材料。C 类装修材料只可用于建筑物的外饰面及室外其他用途。

$I_r > 2.8$ 的花岗石只可用于碑石、海堤、桥墩等人类很少涉及的地方。

室内空气净化器国家标准

(GB/T 18801—2002)

1 主要内容与适用范围

本标准规定了空气净化器的型式、基本参数、技术要求、试验方法、检验细则、标志、包装和储存。

本标准适用于家用和类似用途的空气净化器。

本标准也适用于在公共场所使用的空气净化器。

本标准不适用于：

——专门为工业设计的空气净化器。

——在有腐蚀性和爆炸性气体（粉尘、蒸汽和气体）的地方使用的空气净化器。

——具有医疗用途的空气净化器。

2 引用标准

下列标准包含的条文，通过在本标准中引用而构成本标准的条文。在标准出版时，所示版本均为有效。

所有标准都会被修正，使用本标准的各方应探讨、使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 191—2000 《包装储运图示标志》

GB/T 1019—1989 《家用电器包装通则》

GB/T 2828—1987 《逐批检查计数抽样程序及抽样表》

GB/T 2829—2002 《周期检查计数抽样程序及抽样表》

GB/T 4214.1—2000 《声学 家用电器及类似用途器具噪声测试方法 第一部分：通用要求》（eqv IEC 60704-1：1997）

GB 4706.1—1998 《家用和类似用途电器的安全 第一部分：通用要求》（eqv IEC 335 -1：1991）

GB 4706.45—1999 《家用和类似用途电器的安全 空气净化器的特殊要求》（idt IEC 60335-2-65：1993）

GB5296.2—87 《消费品使用说明 家用和类似用途电器的使用说明》

GB/T 13306 《标牌》

3 定义

本标准引用下列定义

3.1 空气净化器（air cleaner）

从空气中分离和去除一种或多种污染物的设备。

3.2 静电式除尘空气净化器（electrostatic air cleaner）

利用静电原理，使气流中的微粒带电荷后，借助库仑力的作用将其捕集在集尘装置上。它由离子化集尘装置、送风机和电源的部件构成。

3.3 过滤式除尘空气净化器（air filter）

用多孔性过滤材料把悬浮在气流中的固体微粒或液体微粒截留而收集下来。

3.4 空气试验室（test chamber）

空气净化器去除空气中污染物的性能试验的专用试验室，其规格见附录 A。

3.5 洁净空气量（clean air delivery rate）

按本标准试验方法测定空气净化器的性能，按附录 B5 节计算，即污染物的总衰减常数和自然衰减常数之差与试验室容积的乘积，用 m^3/min 或 m^3/h 表示。

3.6 自然衰减（natural decay）

在试验室内，由于沉降、附聚和表面沉积等自然现象，导致空气中的颗粒物浓度的降低。

3.7 总衰减（total decay）

在试验室内，启动空气净化器运行，使空气中的颗粒物浓度降低。

3.8 额定风量 (nominal airflow rate)

空气净化器在额定频率和额定电压条件下运行的处理风量，用 m^3/min 或 m^3/h 表示。

3.9 净化效率 (cleaning efficiency or removal efficiency)

空气净化器去除某一种空气污染物的洁净空气量与空气净化器的额定风量的比值，定为空气净化器去除该污染物的净化效率，用 % 来表示。

3.10 净化寿命 (cleaning life span)

当空气净化器运行到去除某一种空气污染物的洁净空气量降低至初始值 50% 时所使用的时间，定为空气净化器去除该污染物的净化寿命，用 h 或 d 表示。

4 产品分类

4.1 型式

按捕集型式分：

① 静电式（以汉语拼音字母 J 表示）。

② 过滤式（以汉语拼音字母 G 表示）。

③ 复合式（以汉语拼音字母 F 表示）。

4.2 规格

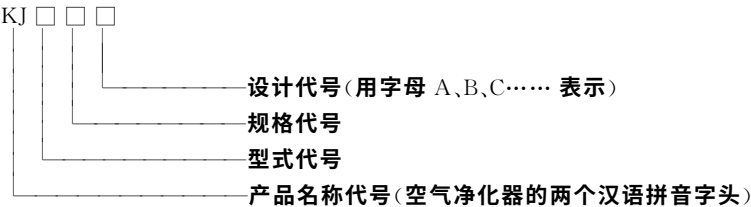
4.2.1 带风机的空气净化器的规格为电风机的额定风量值。

4.2.2 无风机的空气净化器的规格一栏不用标注。

注：1. 无风机的空气净化器，无风量可言。

2. 复合式表示在一台空气净化器中既有静电集尘装置，又有过滤集尘装置。

4.3 空气净化器型号及其含义如下：



型号示例：

KJG350-A：即过滤式除尘空气净化器，额定风量为 $350\text{m}^3/\text{h}$ ，第一次设计。

KJJ500-B：即静电式除尘空气净化器，额定风量为 $500\text{m}^3/\text{h}$ ，第二次设计。

KJJC：即无风机单独静电式除尘空气净化器，额定风量为零，第三次设计。

5 基本参数

空气净化器性能参数应符合附表 4-1 规定。

附表 4-1 空气净化器性能参数

额定风量/ (m^3/h)	净化效率/%	洁净空气量/ (m^3/h)	噪声/ $\text{dB}(\text{A})$
60~300	≥ 50	$\geq 30\sim 150$	≤ 55
301~800		$\geq 151\sim 400$	≤ 60
801 以上		≥ 401	≤ 65

注：如果空气净化器的额定风量标称值不属于表 1 中所规定的值，那么其洁净空气量判定值采用向前内插法计算得出。没有装配送风机的空气净化器的洁净空气量应大于 $30\text{m}^3/\text{h}$ 。

6 技术要求

6.1 空气净化器应符合本标准的规定，并按规定程序批准的图样及技术文件制造。

6.2 空气净化器的额定电压为 220V，额定频率为 50Hz。

6.3 空气净化器的安全性能，应符合 GB 4706.1 和 GB 4706.45 的规定。

6.4 空气净化器的外观不应该留有指纹、划痕、气泡和缩孔等缺陷。主要部件应用安全、无害、无异昧、不造成二次污染、阻燃材料制作，并保证坚固性和耐久性。

6.5 当电源电压在 198~242V 范围内波动时，空气净化应能启动并正常工作。

6.6 冷态电阻值不小于：Ⅰ类器具 $2\text{M}\Omega$ ；Ⅱ类器具 $7\text{M}\Omega$ 。

6.7 冷态电气强度：Ⅰ类 1250V1min；Ⅱ类 3750V 1min。

6.8 冷态泄漏电流不大于：Ⅰ类 0.75mA；Ⅱ类 0.25mA。

6.9 接地电阻不大于 0.1Ω。

6.10 空气净化器的风量按本标准试验时，其允许误差为额定风量的—10%。

6.11 空气净化器的 A 计权声功率级噪声要求见表 1。

6.12 滤材的净化寿命应不小于 1000h。

6.13 空气净化器对于可去除的每一种空气污染物都有一个对应的洁净空气量。如果空气净化器可去除多种空气污染物时，要求最少有一种污染物的洁净空气量符合表 1 规定，净化效率不小于 50%。每一次试验，需求出洁净空气量的标准偏差估计量，用于确定试验的可靠程度，其值按附录 B 第 8 章规定的方法进行计算，用 2 倍标准偏差（置信概率 95%）来估计应小于 0.3m³/min 或 10%，哪一个大用哪一个来确定试验的可靠程度。

7 试验方法

7.1 测试的一般条件。测试空气净化器去除香烟烟雾和气体污染物的性能，试验室（见附录 A）内温度保持在 21℃±2.5℃，相对湿度 40%±5%。其他测试可在下列条件下进行：温度 20℃±5℃；相对湿度 30%~80%。

7.2 试验设备的准备工作。检查污染物发生、测定和记录仪器，按厂家的使用说明准备好数据处理设备。试验用仪器仪表的性能、精度、量程应满足被测量的要求。将检测装置按厂家的使用说明安装好，并检查运转状况。如果室内空气净化器的风量是多挡可调的，应调节至最大。

7.3 安全检验项目按 GB 4706.1 和 GB 4706.45 进行检验。

7.4 空气净化器的外观质量，视检其是否符合六中 4 条的要求。

7.5 启动试验。在 198V 和 242V 下分别启动空气净化器三次，两次启动之间应留有足够的间歇时间，以便空气净化器完全停止工作。

7.6 带电部件与空气净化器的外壳（Ⅰ类）或金属箔（Ⅱ类）之间的绝缘电阻应该分别符合第六中 6 条的规定。

7.7 带电部件与空气净化器的外壳（Ⅰ类）或金属箔（Ⅱ类）之间的电气强度应不发生闪络或击穿现象。在生产线上的电气强度试验允许采用减少试验时间，相对提高试验电压方法进行。

7.8 电源任一级对空气净化器的外壳（Ⅰ类）或金属箔（Ⅱ类）之间的泄漏电流应符合第六中 8 条的规定。

7.9 Ⅰ类空气净化器的接地端子与金属外壳之间的接地电阻应不大于 0.1Ω。

7.10 去除香烟烟雾的试验

测试空气净化器去除香烟烟雾的性能，需按自然衰减试验和总衰减试验所叙述的试验程序，在同一天内进行 [附录 C 中的 3 (1)]。洁净空气量需测定 2 次，取 2 次的平均值表示；如果平均值与测定值（绝对值）之差大于 2% 时，再测定 3 次，取 5 次的平均值表示。

7.10.1 自然衰减试验

① 将待检验的空气净化器放置于附录 A 所述试验室中心的桌子上（立柜式除外）。把空气净化器调节到试验的工作状态，检验运转正常，然后关闭设在试验室外面的开关。

② 确定试验的记录文件。

③ 开启高效空气过滤器，净化试验室内空气，使背景颗粒物粒径在 0.09~1.0μm 的粒子浓度小于仪器的检测下限，同时启动温湿度控制装置，使室内温度和相对湿度达到规定状态。

④ 待颗粒物背景浓度降低到适合水平（在③中已规定），记录颗粒物背景浓度，关闭高效空气过滤器和湿度控制装置，启动循环风扇。将两支标准香烟放入香烟燃烧器内，燃烧器与低压空气源连接，燃烧器香烟烟雾出口连接一根穿过试验室壁的管子，排出的烟雾可被卷入循环风扇搅拌所形成的空气涡流中去。点燃香烟，盖好燃烧器。用低压空气吹送燃烧器中的香烟烟雾持续 5min。

关闭低压空气源和穿过试验室壁的管子，循环风扇再搅拌 1min，使香烟烟雾混合均匀后关闭。

⑤ 稍后 1min，待循环风扇停止转动，使用测尘仪测定香烟烟雾的浓度。一般试验开始时的粒子浓度为 500~1500 脉冲/min。该测试点的数值作为试验室内的初始浓度（t=0）。

⑥ 香烟烟雾浓度的数据，是每 2min 测定一次，连续测定 20min 获得的。要求最少有 9 个数据点的浓度大于仪器测定下限的 2 倍。

⑦ 记录试验时试验室内的平均温度和相对湿度。

⑧ 香烟烟雾的衰减常数按附录 B 第 2 章规定的方法进行计算。

⑨ 确定试验的可靠程度，用标准偏差来评价，其值按附录 B 第 4 章规定的方法进行计算。

7.10.2 香烟烟雾的总衰减试验

① 按自然衰减试验中②~④项的步骤进行试验。

② 稍后 1min，待循环风扇停止转动。开启待检验的空气净化器，用香烟烟雾测定仪测定粒子浓度。一般试验开始时的粒子浓度为 500~1500 脉冲/min。该测试点的数值作为试验室内的初始浓度 ($t=0$)。

③ 香烟烟雾的浓度数据，是每 2min 测定一次，连续测定 20min 获得的。要求最少有 9 个数据点的粒子浓度大于仪器测定下限 2 倍。

④ 关闭空气净化器。记录试验时试验室内的平均温度和相对湿度。

⑤ 按附录 B 第 2 章规定的方法计算香烟烟雾的衰减常数。

⑥ 确定试验的可靠程度，用总衰减的相关系数和标准偏差来评价，其值按附录 B 第 3 章和第 4 章规定的方法进行计算。相关系数的平方应大于 0.98，标准偏差应小于 10%（置信概率 95%）来确定试验的可靠程度。

⑦ 按附录 B 第 5 章规定的方法计算空气净化器的洁净空气量。

⑧ 每一次试验，需求出洁净空气量的标准偏差估计量，用于确定试验的可靠程度，其值按附录 B 第 6 章规定的方法进行计算。用 2 倍标准偏差（置信概率 95%）来估计应小于 0.3m³/min 或 10%，哪一个大用哪一个来确定试验的可靠程度。

7.11 去除气体污染物的试验

测试空气净化器去除某一种气体污染物的性能，需按下述（1）和（2）所叙述的试验程序，在同一天内进行 [附录 C 中的 3(2)]。洁净空气量需测定 2 次，取 2 次的平均值表示；如果平均值与测定值（绝对值）之差大于 2% 时，再测定 3 次，取 5 次的平均值表示。

7.11.1 自然衰减试验

① 将待检验的空气净化器放置于附录 A 所述试验室中心的桌子上（立柜式除外）。把空气净化器调节到试验的工作状态，检验运转正常，然后关闭设在试验室外面的开关。

② 确定试验的记录文件。

③ 开启空气净化系统，净化试验室内空气，使待试验用的气体污染物和可能的干扰物质背景浓度小于气体分析仪的检测下限，同时启动温湿度控制装置，使室内温度和相对湿度达到规定状态。

④ 待试验的气体污染物和干扰物质背景浓度降低到适合水平（在③中已规定），记录背景浓度，关闭空气系统和温湿度控制装置，开启循环风扇。将待试验的气体污染物发生器连接一根穿过试验室壁的管子，发生的污染物可被卷入循环风扇搅拌所形成的空气涡流中去。用气体分析仪检测污染物的浓度，浓度应在相关标准的 5~10 倍范围内，关闭发生器和穿过试验室壁的管子。循环风扇再搅拌 1min，使气体污染物混合均匀后关闭。

⑤ 稍后 1min，待循环风扇停止转动，用气体分析仪测定污染物的浓度。该测试点的数值作为试验室内的初始浓度 ($t=0$)。

⑥ 气体污染物浓度的数据，是每 2min 测定一次，连续测定 20min 获得的。要求最少有 9 个数据点的浓度大于仪器的检测下限的 2 倍。

⑦ 记录试验时试验室内平均相对湿度和温度。

⑧ 气体污染物的衰减常数按附录 B 第 2 章规定的方法进行计算。

⑨ 确定试验的可靠程度，用标准偏差来评价，其值按附录 B 第 4 章规定的方法进行计算。

7.11.2 气体污染物的总衰减试验

① 按自然衰减试验中②~④项的步骤进行试验。

② 稍后 1min，待循环风扇停止转动。开启待检验的空气净化器，用气体分析仪测定污染物的浓度。该测试点的数值作为试验室内的初始浓度 ($t=0$)。

③ 气体污染物的浓度数据，是每 2min 测定一次，连续测定 20min 获得的。要求最少有 9 个数据点的粒子浓度大于仪器的检测下限 2 倍。

④ 关闭空气净化器。记录试验时试验室内的平均温度和相对湿度。

⑤ 按附录 B 第 2 章规定的方法计算气体污染物的衰减常数。

⑥ 确定试验的可靠程度，用总衰减的相关系数和标准偏差来评价，其值按附录 B 第 3 章和第 4 章规定的方法进行计算。相关系数的平方应大于 0.98，标准偏差应小于 10%（置信概率 95%）来确定试验的可靠程度。

⑦ 按附录 B 第 5 章规定的方法计算空气净化器的洁净空气量。

⑧ 每一次试验，需求出洁净空气量的标准偏差估计量，用于确定试验的可靠程度，其值按附录 B 第 6 章规定的方法进行计算。用 2 倍标准偏差（置信概率 95%）来估计应小于 $0.3\text{m}^3/\text{min}$ 或 10%，哪一个大用哪一个来确定试验的可靠程度。

7.12 净化寿命的试验

7.12.1 确定试验的记录文件。

7.12.2 将待检验的空气净化器放置于附录 A 所述试验室中心的桌子上（立柜式除外）。把空气净化器调节到试验的工作状态，检验运转正常，然后关闭设在试验室外面的开关。

7.12.3 按去除香烟烟雾或去除气体污染物的试验步骤测定空气净化器去除香烟烟雾或气体污染物的洁净空气量，记录下来作为初始值。

7.12.4 启动温湿度控制装置，使室内温度和相对湿度达到规定状态后关闭。启动循环风扇，将待试验气体污染物的发生器连接一根穿过试验室壁的管子，发生的污染物可被卷入循环风扇搅拌所形成的空气涡流中去。用气体分析仪检测污染物的浓度，浓度应在相关标准的 30~130 倍范围内。在净化寿命的试验过程中，浓度变化应维持在平均值的 10% 以内。

7.12.5 开启待检验的空气净化器，记录时间作为起始时间（ $t=0$ ）。空气净化器继续运行适当的时间间隔，再按去除香烟烟雾或去除气体污染物的试验测定空气净化器去除香烟烟雾或气体污染物的洁净空气量，一直进行到去除污染物的洁净空气量降低至初始值的 50% 为止。

7.12.6 关闭空气净化器。记录试验时试验室内的平均温度和相对湿度。

7.12.7 按附录 B 第 8 章规定的方法计算净化寿命。

7.13 采用热球式风速计在空气净化器的出风口处，均布五个测量点（见附录 D），分别测量，取其平均值 Q ，乘以出风口截面积所得乘积值符合 6.10 的规定。

7.14 噪声试验按 GB/T 4214.1 的有关规定进行。

空气净化器放在距地面 0.4m 的支架上，以 1m 为测量半径，采用半球包络面测量，在此包络面上均布 10 个测量点。

注：在试验中允许按产品说明书的规定，定期更换过滤材料。

8 检验规则

空气净化器出厂条件

8.1 每台空气净化器应经制造厂的检验部门按本标准检验合格后方可出厂。

8.2 空气净化器的检验分出厂检验、型式检验和抽查检验

8.2.1 在下列情况之一时应进行型式检验

- ① 经鉴定定型后制造的第一批产品或转厂生产的老产品。
- ② 正式生产后，当结构、工艺和材料有较大改变可能影响产品性能时。
- ③ 产品停产 3 年后再次生产时。
- ④ 国家质量监督机构提出进行型式检验要求时。

8.2.2 出厂抽检按 GB/T 2828 规定进行

以每百台单位产品不合格品数计算，采用正常检查一次抽样方案，检查水平为 S-1，合格质量水平 AQL：A 类为 1.0；B 类为 2.5；C 类为 4.0。检验项目见附表 4-2。

附表 4-2 出厂检验项目

检 验 项 目	不合格分类	技 术 要 求	试 验 方 法	检 验 项 目	不合格分类	技 术 要 求	试 验 方 法
绝缘电阻	A	6.6	7.6	接地电阻	A	6.9	7.9
电气强度	A	6.7	7.7	启动	B	6.5	7.5
泄漏电流	A	6.8	7.8	外观质量	C	6.4	7.4

8.2.3 型式检验和抽查按 GB/T 2829 规定进行

检验用的样本应从出厂检验合格批中抽取二台，寿命试验另抽一台，共计三台。按每百台单位产品不合格品数计算，采用判别水平 I 的一次抽样方案。检验项目见附表 4-3，不合格分类、不合格质量水平判定和判定数组见附表 4-4。

附表 4-3 型式检验和抽查检验项目

检 验 项 目	不合格分类	技 术 要 求	试 验 方 法	检 验 项 目	不合格分类	技 术 要 求	试 验 方 法
安全项目 ^①	A	GB 4706.1 GB 4706.45	GB 4706.1 GB 4706.45	寿命	B	6.12	7.12
				启动	B	6.5	7.5
净化效率	B	6.13	7.10	外观质量	C	6.4	7.4
风量	B	6.10	7.13	包装检查	C	9	9
噪声	B	6.11	7.14				

① 为 GB 4706.1 和 GB 4706.45—1999 中所规定的所有安全检验项目。本标准应与上述两个标准配合使用，在进行性能检验前，应首先进行安全性检验并符合标准要求。

附表 4-4 不合格分类与判定数组

不合格分类		A	B	C
不合格质量水平(RQL)		30	65	100
判定数组	Ac	0	1	2
	Rc	1	2	3

9 标志、包装及储存

① 每台空气净化器应在明显位置固定标牌，标牌按 GB/T 13306 和 GB 4706.1 第 7 章的有关规定，并标有下列内容。

- a. 制造厂名称、商标或代理商名称。
- b. 产品型号及名称。
- c. 主要技术参数：额定风量、洁净空气量、净化效率、噪声、额定电压、额定频率、额定输入功率。
- d. 制造日期。
- e. 产品编号。

② 每台空气净化器应在明显的部位贴有商标。

③ 空气净化器应按 GB/T 191 和 GB/T 1019 的有关规定进行包装。

④ 空气净化器应储存于干燥、通风的库房内，并防止产品受磕碰。

⑤ 包装箱内应附有合格证、装箱单和产品使用说明书。

⑥ 产品使用说明书内容应详尽，应符合 GB 4706.1 和 GB 5296.2 的规定。

附录四 A

试验室的结构详图及设备

A1 试验室的结构

A1.1 试验室容积 3.5m×3.4m×2.5m=30m³。

A1.2 框架 76mm×44mm 铝型材，安装在地板上。

A1.3 壁 用厚度为 5mm 浮法平板玻璃。

A1.4 地板 用厚度为 0.8mm 不锈钢板。

A1.5 顶板 金属复合板。

A1.6 密封材料 用硅橡胶条及玻璃密封胶。

A1.7 吊扇 家用吊扇，直径为 1.4m。

A1.8 过滤器 高效空气过滤器 630mm×630mm 两个，效率为 99.9%；中效过滤器一个，效率为 60%。

A1.9 送风机 通风量 1800m³/h。

A1.10 气密性 试验室内的空气泄漏率应小于 0.05m³/h。

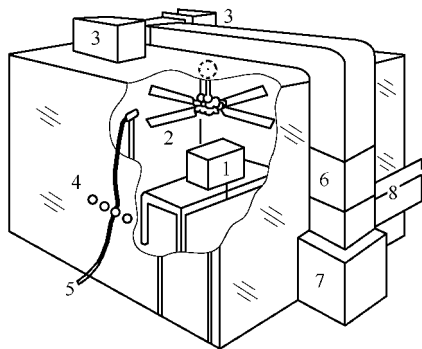
A2 试验室详图

如附图 4-1 所示。

A3 仪器

装配的分析仪器：数字式粉尘仪等。

A4 颗粒物



附图 4A-1 试验室设计详细图示

1—空气净化器；2—搅拌风扇；3—高效空气过滤器；4—采样孔；
5—导样管；6—中效空气过滤器；7—送风机；8—排气管道

用香烟（红塔山牌）发生颗粒物。

附录四 B 计算方法

B1 试验数据点取舍规则

本标准试验方法数据点的取舍有两条规则。首先基于来自操作或仪器引起的误差，其次基于浓度下限。

规则一：记录不正确的数据。操作或仪器引起的误差。有两类操作误差：一类是记时误差，在这种情况下下的污染物数据会出现记录错位的数据；第二类磁盘有缺陷或磁盘已满、计算机操作有误出现记录不正确的数据。仪器可能受到干扰后输出的数据，前后数据的数据级不一致。这样的数据应舍去。

规则二：超出测定范围的数据点。

B2 衰减常数的计算

B2.1 污染物的衰减常数 k ，依据下式求出。

$$C_t = C_0 e^{-kt}$$

式中 C_t ——在时间 t 时的浓度，香烟烟雾：脉冲/min；气体：mg/m³；

C_0 ——在 $t=0$ 时的初始浓度，香烟烟雾：脉冲/min；气体：mg/m³；

k ——衰减常数，min⁻¹；

t ——时间，min。

B2.2 衰减常数 k ，可对 $\ln C_t$ 和 t 作线性回归处理求得，按下式计算。

$$k = \frac{\left(\sum_{i=1}^n t_i \ln C_{t_i} \right) - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n t_i \right) \left(\sum_{i=1}^n \ln C_{t_i} \right)}{\sum_{i=1}^n t_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n t_i \right)^2}$$

式中 t_i ——时间，min；

$\ln C_{t_i}$ ——浓度对数。

在自然衰减试验中，用本计算方法进行计算得出的结果，表示室内空气中的颗粒物或气体污染物的自然衰减的回归直线的斜率，即自然衰减常数 k_n 。

在 7.10.2 和 7.11.2 的颗粒物或气体污染物去除试验中，用本计算方法进行计算得出的结果，表示室内空气中的颗粒物或气体污染物的自然衰减和被空气净化器去除效果的总和的回归直线的斜率，即总衰减常数 k_e 。

B3 相关系数的计算

相关系数表示自变量与因变量之间的离散程度，说明线性回归的相关关系的显著程度。按下式计算：

$$r^2 = \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i y_i \right)^2}{\left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 \right)}$$

$$\begin{aligned} \left(\sum_1^n x_i y_i\right)^2 &= \sum_1^n t_i \ln C_{t_i} - \frac{1}{n} \left(\sum_1^n x_i\right) \left(\sum_1^n y_i\right)^2 \\ \sum_1^n x_i^2 &= \sum_1^n t_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_1^n t_i\right)^2 \\ \sum_1^n y_i^2 &= \sum_1^n \ln C_{t_i}^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_1^n \ln C_{t_i}\right)^2 \end{aligned}$$

式中 r^2 ——相关系数的平方；

t_i ——时间；

$\ln C_t$ ——浓度对数；

n ——数据对的数目。

B4 回归直线斜率标准偏差估计量的计算

步骤 1：回归直线标准偏差的计算

回归直线标准偏差估计量按下式计算：

$$S_{\text{line}} = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum [y(i) - b - mx(i)]^2}$$

式中 S_{line} ——总标准偏差的估计值， δ ，无量纲；

n ——回归时数据点选用的数目，无量纲；

$y(i)$ ——每个测定浓度的自然对数，香烟烟雾：脉冲/min；气体：mg/m³；

b ——回归直线的截距（相当于初始浓度的估计量），香烟烟雾：脉冲/min；气体：mg/m³；

m ——回归直线的斜率，min⁻¹；

$x(i)$ ——测定浓度值时的时间，min。

步骤 2：回归直线斜率标准偏差估计量的计算

回归直线斜率标准偏差，即衰减的标准偏差的估计量，按下式计算：

$$S_{\text{slope}} = \sqrt{\frac{S_{\text{line}}^2}{\sum [X(i) - X]^2}}$$

式中 S_{slope} ——衰减标准偏差；

S_{line} ——步骤 1 的结果；

$X(i)$ ——测定数据时的时间，min；

X ——平均时间，min，即 $\frac{1}{n} \sum X(i)$ ；

n ——数据点的数目。

作进一步推导为：

$$S_{\text{slope}} = \sqrt{\frac{(1-r^2) S_y^2}{(n-2) S_x^2}}$$

式中 S_{slope} ——衰减标准偏差；

S_y —— $\ln C_t$ 的样本标准偏差；

S_x —— t 的样本标准偏差。

B5 性能指标的计算

空气净化器的性能用洁净空气量（CADR）来表示。洁净空气量的计算方法如下：

$$\text{CADR} = V(k_e - k_n)$$

式中 CADR——洁净空气量，m³/min；

V ——试验室的容积，m³；

k_e ——总衰减常数，min⁻¹；

k_n ——自然衰减常数，min⁻¹。

B6 CADR 标准偏差估计量的计算

在按本附录第 B.5 章规定方法计算 CADR 方程式的基础上，采用误差传递分析方法，合并上面所述的自然衰减和总衰减回归直线斜率的标准偏差估计量，可求出 CADR 的标准偏差估计量。

在这误差分析中，把试验室容积作为常数项，按下式来估计由一对回归直线所求得 CADR 的标准偏差。

$$S_{\text{CADR}} = 30 \sqrt{S_{(\text{slope}, k_e)}^2 + S_{(\text{slope}, k_n)}^2}$$

式中 S_{CADR} ——CADR 的标准偏差估计量；

$S_{(\text{slope}, k_e)}$ ——总衰减常数的标准偏差估计量；

$S_{(\text{slope}, k_n)}$ ——自然衰减常数的标准偏差估计量；

30——试验室容积，作为计算 CADR 标准偏差估计量的常数。

B7 净化效率的计算

空气净化器去除某一种污染物的净化效率，用该污染物的洁净空气量与空气净化器的额定风量的比值来表示：

$$y = \text{CADR} / Q$$

式中 y ——净化效率，%；

CADR——洁净空气量， m^3/min ；

Q ——额定风量， m^3/min 。

B8 净化寿命的计算

净化寿命采用空气净化器在净化寿命的试验过程中待试验污染物的平均浓度和运行时间的乘积，再与该污染物的室内空气卫生标准容许浓度的比值来表示：

$$t_m = C_a t_a / C_s$$

式中 t_m ——净化寿命，h；

C_a ——试验浓度，香烟烟雾：cpm；气体： mg/m^3 ；

C_s ——标准容许浓度，香烟烟雾：cpm；气体： mg/m^3 ；

t_a ——试验时间，h。

B9 标准化计算方法

数据和计算的有效数字的取舍

① 原始数据——取 4 位有效数字。

香烟烟雾：1022.1=1022

气体污染物：111.12=111.1

② 直线衰减斜率——小数点后取 5 位。

0.05674323=0.05674

0.01326781=0.01327

③ CADR 和 2 倍标准偏差的估计量值。

a. 制表和计算——小数点后取 1 位。

150.3245=150.3

b. 证明书、验证报告或其他正式报告——取整数。

150.3=150

c. 计算 2 倍标准偏差的估计量之前，回归直线斜率的标准偏差——取 4 位有效数字。

附录四 C

标准实验室操作程序——检验空气净化器

C1 试验设备的验收

C1.1 收到检验用的设备，需检查验收有无装运损坏或其他明显缺陷。如果有问题，立即通知设备供应商，说明设备缺陷或损坏的程度和部位。

C1.2 如果无问题，将设备记录在案，搬至试验的地方。

C2 试验室的准备

试验室应按本附录 C5 的规定进行彻底清洁。

C3 污染物的制备

C3.1 香烟烟雾

C3.1.1 准备足够的标准香烟。每一次试验最少需 3 支。

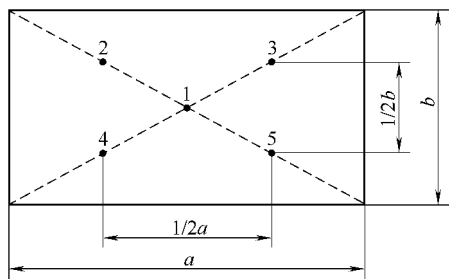
C3.1.2 清洁香烟烟雾发生器。

C3.2 气体污染物

C3.2.1 需专门制备污染物。

- C3.2.2 设定吹送气体污染物的气压，检查干燥器。
- C4 关机程序
 - C4.1 待机操作（在一系列试验之间暂时停机）
 - C4.1.1 关闭测量仪器（见测尘仪、气体测定仪和温度-湿度记录仪使用说明书）。
 - C4.1.2 关闭高效空气过滤器、气源和湿度计的水源。
 - C4.1.3 将去湿器盆中的水倒掉。
 - C4.1.4 开启空气净化器，保持室内清洁。
 - C4.1.5 关闭循环风扇。
 - C4.1.6 定期进行清洁（见 C5）。
 - C4.2 长期关闭
 - C4.2.1 完成待机操作中①、②和③操作。
 - C4.2.2 关闭全部电源。
 - C4.2.3 关闭热泵的水源。
 - C4.2.4 按规定时间进行清洁（见 C5）。
- C5 试验室和设备的清洁方法
 - C5.1 如果需要，每天或经常清洁光学仪器。
 - C5.2 每天清洁所有水平表面。
 - C5.3 使用 5 天后，用湿拖把拖地板。
 - C5.4 使用 20 天后，需清洗墙面。
 - C5.5 如果有必要，使用每 5 天后经常喷洒抗静电剂，保证传感器接地良好和数据记录。

附录四 D
空气净化器额定风量的测量



附图 4D-1 出风口平均风速测量位置示意

空气净化产品与材料净化效果评价测定方法

1. 范围

本标准规定了室内环境净化产品去除室内污染物质效果的测试方法。

本标准适用于各种室内环境被动式净化材料对污染物去除效率的测定。主动式净化器按 GB 18801—2002《空气净化器》标准规定进行。

关于微生物污染的净化产品的测定，按照卫生部有关标准执行。

2. 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。

GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》

GB/T 16129—19995《居住区大气中甲醛卫生检验标准方法 分光光度法》

GB/T 18204.26—2000《公共场所空气中甲醛测定方法》

GB 11737—1989《居住区大气中苯、甲苯和二甲苯卫生检验标准方法 气相色谱法》

GB/T 18801—2002《空气净化器》

GB 18580—2002《室内装饰装修材料 人造板及其制品中甲醛释放限量》

3. 定义

本标准采用下列定义

- (1) 试验舱 模拟在室内环境中对净化产品的净化效果进行测试的设备。
- (2) 净化产品 净化产品系指主动式净化器及被动式净化材料。
- (3) 主动式净化器 以外力为动力的净化装置。
- (4) 被动式净化材料 不带有机机械通风装置的净化材料或净化装置。
- (5) 去除率 净化产品投入使用后舱内污染物浓度下降的百分数。
- (6) 释放源 能够把有害成分或能量释放挥发出来的物质。

4. 仪器和设备

- ① 气泡吸收管。有 5ml 和 10ml 刻度线。
- ② 空气采样器。流量范围 (0~2)L/min，流量稳定。
- ③ 10ml 具塞比色管。
- ④ 活性炭采样管。
- ⑤ 分光光度计。具有 500nm 波长，配有 10mm 光程的比色皿。
- ⑥ 气相色谱仪。附氢焰离子化检测器。
- ⑦ 便携式甲醛检测仪。
- ⑧ 1.5m³ 空气试验舱（见附录 A）。

5. 样品的准备

被动式净化材料：

- ① 按产品说明书制作适量的受试样品。
- ② 无产品说明书的产品，在 3 张 1m² 的基纸上（要求为惰性材料），分别将净化材料喷（涂）三遍（用小型喷雾泵尽量喷涂成细雾状）。喷涂第一遍晾干后再喷第二遍，第二遍干后再喷涂第三遍（涂刷式材料用量：200g；喷涂式材料用量：100g）。

6. 试验方法

(1) 试验的一般条件

用两个空气试验舱（A 为空白舱，B 为样品舱）进行测试净化产品去除气体污染物质的浓度。试验条件在常温常压下进行。

(2) 试验舱的要求

见附录五 A。

(3) 试验舱预处理

- ① 空气试验舱内应清除干净，最大限度地净化舱中的空气质量，保证无污染物。
- ② 试验前需将两舱分别做出释放源的释放曲线，基本平行后，再进行例行试验。

(4) 释放源的准备

将 (17×40)cm 的医用脱脂纱布 5 层卷在 2 支直径 5mm 长 30cm 的玻璃棒上，用棉线固定并将其直立放在 500ml 的试剂瓶中，装入 200ml 的污染物，浓度分别为：溶液甲醛 0.2%、氨 1%、苯 0.06%、甲苯 0.1%、二甲苯 0.4%。TVOC 按苯、甲苯、二甲苯的规定比例配制，各种试剂为分析纯。容器贴有 A₁、B₁ 标识，待纱布完全湿润后，即可投入使用。

(5) 实验步骤

- ① 将未经处理的基纸悬挂于空白试验舱 A 中，再将经过喷涂净化材料的基纸悬挂于试验舱 B 中，或将待测净化器样机放置于试验舱 B 中间部位。
- ② 将装有配好的污染物释放源 A₁ 和 B₁ 分别放置于空白试验舱 A 和样品试验舱 B 中，立即关闭舱门。
- ③ 开启空白试验舱 A 及样品试验舱 B 的风扇，搅拌 1min，使舱内空气与释放源释放的污染物混匀后，同时关闭风扇，对空白舱内进行空气采样，测定空白舱内空气中污染物浓度值为初始浓度，记作 C₀。
- ④ 24 小时后对两舱内空气污染物的浓度进行采样，分析测试，即为某一时间段内 A、B 舱的浓度值，记作 C_A 与 C_B。

7. 采样方法

出气口与舱外空气采样器或测试仪器的进样口相连接，以一定流量通过吸收管、采样管或测试仪器采集舱内空气样品。采样和分析按照 GB/T 18883《室内空气质量标准》中规定的方法。有条件时最好选用自动分析仪器，连续测量舱内污染物浓度随时间的变化值。分析仪器应符合室内环境检测的技术要求，定期进行校准。

(1) 吸收液采样

根据不同污染物的要求，用一个内装 5mL 或 10mL 吸收液的气泡吸收管，与试验舱壁上的采样管口连接，以 0.5L/min 或 1.0L/min 的流量，分别采气 10L 或 20L。采样完成后，立即用胶帽封闭试验舱的采样管口，记录采样时的温度和大气压力，采样后样品在室温下应在 24h 内分析。

(2) 活性炭采样

在采样点打开活性炭管，一端与试验舱采样管口连接，另一端与空气采样器入气口连接（连接时注意采样管的箭头方向），以 0.5L/min 的速度，抽取 10L 空气。采样后，将采样管的两端套上塑料帽，并立即将试验舱的采样管口封闭，记录采样时的温度和大气压力。

(3) 分析采样结果

污染物甲醛的检测方法参照国家标准 GB/T 16129—1995《居住区大气中甲醛卫生检验标准方法 分光光度法》或 GB/T 18204.26—2000《公共场所空气中甲醛测定方法》进行；苯及苯系物的检测方法参照国家标准 GB 11737—1989《居住区大气中苯、甲苯、二甲苯卫生检验标准方法 气相色谱法》进行；其他污染物可参照 GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》的规定进行。

8. 被动式净化材料对污染物去除率的计算

- ① 可按下式计算被动式净化材料对该污染物的去除效率 (%)。

$$y = \frac{C_A - C_B}{C_A} \times 100\%$$

式中 y——去除率，%；

C_A——空白试验舱污染物浓度值，mg/m³；

C_B——样品试验舱污染物浓度值，mg/m³。

- ② 进行第三次、第四次采样，也可依此公式计算不同时间的污染物去除效率，加以比较，得出随时间的推移，被动式净化材料对污染物去除效率的变化趋势图。

附录五 A
空气试验舱的结构及设备

1. 空气试验舱的结构

- (1) 空气试验舱容积 0.9m×0.9m×1.85m=1.5m³。
- (2) 框架 76mm×44mm 铝型材。

(3) 壁 用厚度为 5mm 浮法平板玻璃。

(4) 地板 同 (3)。

(5) 顶板 同 (3)。

(6) 密封材料及气密性 试验舱体材料应无吸附性，化学反应惰性（如玻璃或不锈钢），试验舱体内表面应光滑，所有连接处应使用具有气密性能的材料（如硅橡胶）密封，保证试验舱的漏气率小于 $0.05\text{m}^3/\text{h}$ 。

(7) 风扇 选用合适的可调式低速风扇，控制开关在舱外。

(8) 采样孔 位于舱壁距舱底高 1.3m 处，采样管为金属管，连接舱内外空气，采样管舱外端用橡胶帽密封。

2. 释放源放置容器

玻璃容器。

3. 试验舱的要求

试验舱内空气应无毒、无害、无异常臭味。

绿色建筑评价标准（节选）

（GB/T 50378—2006）

1 总则

1.1 为贯彻执行节约资源和保护环境的国家技术经济政策，推进可持续发展，规范绿色建筑的评价，制定本标准。

1.2 本标准用于评价住宅建筑和公共建筑中的办公建筑、商场建筑和旅馆建筑。

1.3 评价绿色建筑时，应统筹考虑建筑全生命周期内，节能、节地、节水、节材、保护环境、满足建筑功能之间的辩证关系。

1.4 评价绿色建筑时，应依据因地制宜的原则，结合建筑所在地域的气候、资源、自然环境、经济、文化等特点进行评价。

1.5 绿色建筑的评价除应符合本标准外，尚应符合国家的法律法规和相关的标准，体现经济效益、社会效益和环境效益的统一。

2 术语

2.1 绿色建筑 green building

在建筑的全生命周期内，最大限度地节约资源（节能、节地、节水、节材）、保护环境和减少污染，为人们提供健康、适用和高效的使用空间，与自然和谐共生的建筑。

2.2 热岛强度 heat island index

城市内一个区域的气温与郊区气象测点温度的差值，为热岛效应的表征参数。

2.3 可再生能源 renewable energy

从自然界获取的、可以再生的非化石能源，包括风能、太阳能、水能、生物质能、地热能 and 海洋能等。

2.4 非传统水源 montraditional water source

不同于传统地表水供水和地下水供水的水源，包括再生水、雨水、海水。

2.5 可再利用材料 reusable material

在不改变所回收物质形态的前提下进行材料的直接再利用，或经过再组合、再修复后再利用的材料。

2.6 可再循环材料 recyclable material

对无法进行再利用的材料通过改变物质形态，生成另一种材料，实现多次循环利用的材料。

3 基本规定

3.1 基本要求

3.1.1 绿色建筑的评价以建筑群或建筑单体为对象。评价单栋建筑时，凡涉及室外环境的指标，以该栋建筑所处环境的评价结果为准。

3.1.2 对新建、扩建与改建的住宅建筑或公共建筑的评价，应在其投入使用一年后进行。

3.1.3 申请评价方应进行建筑全生命周期技术和经济分析，合理确定建筑规模，选用适当的建筑设计、设备和材料，并提交相应分析报告。

3.1.4 申请评价方应按本标准的有关要求，对规划、设计与施工阶段进行过程控制，并提交相关文档。

3.2 评价与等级划分

3.2.1 绿色建筑评价指标体系由节地与室外环境、节能与能源利用、节水与水资源利用、节材与材料资源利用、室内环境质量和运营管理六类指标组成。每类指标包括控制项、一般项与优选项。

3.2.2 绿色建筑应满足本标准第4章住宅建筑或第5章公共建筑中所有控制项的要求，并按满足一般项数和优选项数的程度，划分为三个等级，等级划分按附表6-1、附表6-2确定。

当本标准中某条文不适应建筑所在地区、气候与建筑类型等条件时，该条文可不参与评价，参评的总项数相应减少，等级划分时对项数的要求可按原比例调整确定。

附表 6-1 划分绿色建筑等级的项数要求（住宅建筑）

等 级	一般项数(共 40 项)						优选项数 (共 9 项)
	节地与室外环境 (共 8 项)	节能与能源利用 (共 6 项)	节水与水资源 利用(共 6 项)	节材与材料资源 利用(共 7 项)	室内环境质量 (共 6 项)	运营管理 (共 7 项)	
★	4	2	3	3	2	4	—
★★	5	3	4	4	3	5	3
★★★	6	4	5	5	4	6	5

附表 6-2 划分绿色建筑等级的项数要求（公共建筑）

等级	一般项数(共 43 页)						优选项数 (共 14 项)
	节地与室外环境 (共 6 项)	节能与能源利用 (共 10 项)	节水与水资源 利用(共 6 项)	节材与材料资源 利用(8 项)	室内环境质量 (共 6 项)	运营管理 (共 7 项)	
★	3	4	3	5	3	4	—
★★	4	6	4	6	4	5	6
★★★	5	8	5	7	5	6	10

3.2.3 本标准中定性条款的评价结论为通过或不通过；对有多项要求的条款，各项要求均满足要求时方能评为通过。

4 住宅建筑

4.1 节地与室外环境

控制项

4.1.1 场地建设不破坏当地文物、自然水系、湿地、基本农田、森林和其他保护区。

4.1.2 建筑场地选址无洪灾灾害、泥石流及含氢土壤的威胁。建筑场地安全范围内无电磁辐射危害和火、爆、有毒物质等危险源。

4.1.3 人均居住用地指标：低层不高于 43m²、多层不高于 28m²、中高层不高于 24m²、高层不高于 15m²。

4.1.4 住区建筑布局保证室内外的日照环境、采光和通风的要求，满足现行国家标准《城市居住区规划设计规范》GB 50180 中有关住宅建筑日照标准的要求。

4.1.5 种植适应当地气候和土壤条件的乡土植物，选用少维护、耐候性强、病虫害少，对人体无害的植物。

4.1.6 住区的绿地率不低于 30%，人均公共绿地面积不低于 1m²。

4.1.7 住宅内部无排放超标的污染源。

4.1.8 施工过程中制定并实施保护环境的具体措施，控制由于施工引起的大气污染、土壤污染、噪声影响、水污染、光污染以及对场地周边区域的影响。

一般项

4.1.9 住区公共服务设施按规划配建，合理采用综合建筑并与周边地区共享。

4.1.10 充分利用尚可使用的旧建筑。

4.1.11 住区环境噪声符合现行国家标准《城市区域环境噪声标准》GB 3096 的规定。

4.1.12 住区室外日平均热岛强度不高于 1.5℃。

4.1.13 住区风环境有利于冬季室外行走舒适及过渡季、夏季的自然通风。

4.1.14 根据当地的气候条件和植物自然分布特点，栽植多种类型植物，乔、灌结合构成多层次的植物群落，每 100m² 绿地上不少于 3 株乔木。

4.1.15 选址和住区出入口的设置方便居民充分利用公共交通网络。住宅出入口到达公共交通站点的步行距离不超过 500m。

4.1.16 住区非机动车道路、地面停车场和其他硬质铺地采用透水地面，并利用园林绿化提供遮荫。室外透水地面面积比不小于 45%。

优选项

4.1.17 合理开发利用地下空间。

4.1.18 合理选用废弃场地进行建设。对已被污染的废弃地，进行处理并达到有关标准。

4.2 节能与能源利用

控制项

4.2.1 住宅建筑热工设计和暖通空调设计符合国家批准或备案的居住建筑节能标准的规定。

4.2.2 当采用集中空调系统时,所选用的冷水机组或单元式空调机组的性能系数、能效比应符合现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189 中的有关规定值。

4.2.3 采用集中采暖或集中空调系统的住宅,设置室温调节和热量计量设施。

一般项

4.2.4 利用场地自然条件,合理设计建筑体形、朝向、楼距和窗墙面积比,使住宅获得良好的日照、通风和采光,并根据需要设遮阳设施。

4.2.5 选用效率高的用能设备和系统。集中采暖系统热水循环水泵的耗电输热比,集中空调系统风机单位风量耗功率和冷热水输送能效比符合现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189 的规定。

4.2.6 当采用集中空调系统时,所选用的冷水机组或单元式空调机组的性能系数、能效比比现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189 中的有关规定值高一个等级。

4.2.7 公共场所和部位的照明采用高效光源、高效灯具和低损耗镇流器等附件,并采取其他节能控制措施,在有自然采光的区域设定时或光电控制。

4.2.8 采用集中采暖或集中空调系统的住宅,采用能量回收系统(装置)。

4.2.9 根据当地气候和自然资源条件,充分利用太阳能、地热能等可再生能源。可再生能源的使用量占建筑总能耗的比例大于 5%。

优选项

4.2.10 采暖或空调能耗不高于国家批准或备案的建筑节能标准规定值的 80%。

4.2.11 可再生能源的使用量占建筑总能耗的比例大于 10%。

4.3 节水与水资源利用

控制项

4.3.1 在方案、规划阶段制定水系统规划方案,统筹、综合利用各种水资源。

4.3.2 采取有效措施避免管网漏损。

4.3.3 采用节水器具和设备,节水率不低于 8%。

4.3.4 景观用水不采用市政供水和自备地下水井供水。

4.3.5 使用非传统水源时,采取用水安全保障措施,且不对人体健康与周围环境产生不良影响。

一般项

4.3.6 合理规划地表与屋面雨水径流途径,降低地表径流,采用多种渗透措施增加雨水渗透量。

4.3.7 绿化用水、洗车用水等非饮用水采用再生水、雨水等非传统水源。

4.3.8 绿化灌溉采取喷灌、微灌等高效节水灌溉方式。

4.3.9 非饮用水采用再生水时,优先利用附近集中再生水厂的再生水;附近没有集中再生水厂时,通过技术经济比较,合理选择其他再生水水源和处理技术。

4.3.10 降雨量大的缺水地区,通过技术经济比较,合理确定雨水集蓄及利用方案。

4.3.11 非传统水源利用率不小于 10%。

优选项

4.3.12 非传统水源利用率不低于 30%。

4.4 节材与材料资源利用

控制项

4.4.1 建筑材料中有害物质含量符合现行国家标准 GB 18580~GB 18588 和《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 的要求。

4.4.2 建筑造型要素简约,无大量装饰性构件。

一般项

4.4.3 施工现场 500km 以内生产的建筑材料重量占建筑材料总重量的 70% 以上。

4.4.4 现浇混凝土采用预拌混凝土。

4.4.5 建筑结构材料合理采用高性能混凝土、高强度钢。

4.4.6 将建筑施工、旧建筑拆除和场地清理时产生的固体废弃物分类处理,并将其中可再生利用的材料、可再循环材料回收和再利用。

4.4.7 在建筑设计选材时考虑使用材料的可再循环使用性能。在保证安全和不污染环境的情况下,可再循环材料使用重量占所用建筑材料总重量的 10% 以上。

4.4.8 土建与装修工程一体化设计施工,不破坏和拆除已有的建筑构件及设施。

4.4.9 在保证性能的前提下,使用以废弃物为原料生产的建筑材料,其用量占同类建筑材料的比例不

低于 30%。

优选项

4.4.10 采用资源消耗和环境影响小的建筑结构体系。

4.4.11 可再利用建筑材料的使用率大于 50%。

4.5 室内环境质量

控制项

4.5.1 每套住宅至少有 1 个居住空间满足日照标准的要求。当有 4 个及 4 个以上居住空间时，至少有 2 个居住空间满足日照标准的要求。

4.5.2 卧室、起居室（厅）、书房、厨房设置外窗，房间的采光系数不低于现行国家标准《建筑采光设计标准》GB/T 50033 的规定。

4.5.3 对建筑围护结构采取有效的隔声、减噪措施，卧室、起居室的允许噪声级在关窗状态下白天不大于 45 dB(A)，夜间不大于 35 dB(A)。楼板和分户墙的空气声计权隔声量不小于 45 dB，楼板的计权标准化撞击声声压级不大于 70 dB。户门的空气声计权隔声量不小于 30 dB；外窗的空气计权隔声量不小于 25 dB，沿街时不小于 30 dB。

4.5.4 居住空间能自然通风，通风开口面积在夏热冬暖和夏热冬冷地区不小于该房间地板面积的 8%，在其他地区不小于 5%。

4.5.5 室内游离甲醛、苯、氨、氡和 TVOC 等空气污染物浓度符合现行国家标准《民用建筑室内环境污染控制规范》GB 50325 的规定。

一般项

4.5.6 居住空间开窗具有良好的视野，且避免户居住空间的视线干扰。当 1 套住宅设有 2 个及 2 个以上卫生间时，至少有 1 个卫生间设有外窗。

4.5.7 屋面、地面、外墙和外窗的内表面在室内温、湿度设计条件下无结露现象。

4.5.8 在自然通风条件下，房屋的屋顶和东、西外墙内表面的最高温度满足现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176 的规定。

4.5.9 设采暖或空调系统（设备）的住宅，运行时用户可根据需要对室温进行调控。

4.5.10 采用可调节外遮阳装置，防止夏季太阳辐射透过窗户玻璃直接进入室内。

4.5.11 设置通风换气装置或室内空气质量监测装置。

优选项

4.5.12 卧室、起居室（厅）使用蓄能、调湿或改善室内空气质量的功能材料。

4.6 运营管理

控制项

4.6.1 制定并实施节能、节水、节材与绿化管理制度。

4.6.2 住宅水、电、燃气分户、分类计量与收费。

4.6.3 制定垃圾管理的制度，对垃圾物流进行有效控制，对废品进行分类收集，防止垃圾无序倾倒和二次污染。

4.6.4 设置密闭的垃圾容器，并有严格的保洁清洗措施，生活垃圾袋装化存放。

一般项

4.6.5 垃圾站（间）设冲洗和排水设施，存放垃圾能及时清运、不污染环境、不散发臭味。

4.6.6 智能化系统定位正确、采用的技术先进、实用、可靠，达到安全防范子系统、管理与设备监控子系统与信息网络子系统的基本配置要求。

4.6.7 采用无公害病虫害防治技术，规范杀虫剂、除草剂、化肥、农药等化学药品的使用，有效避免对土壤和地下水环境的损害。

4.6.8 栽种和移植的树木成活率大于 90%，植物生长状态良好。

4.6.9 物业管理通过 ISO 14001 环境管理体系认证。

4.6.10 垃圾分类收集率（实行垃圾分类收集的住户占总住户数的比例）达 90% 以上。

4.6.11 设备、管道的设置便于维修、改造和更换。

优选项

4.6.12 对可生物降解垃圾进行单独收集或设置可生物降解垃圾处理房。垃圾收集或垃圾处理房设有风道或排风、冲洗和排水设施，处理过程无二次污染。

5 公共建筑

5.1 节地与室外环境

控制项

- 5.1.1 场地建设不破坏当地文物、自然水系、湿地、基本农田、森林和其他保护区。
- 5.1.2 建筑场地选址无洪灾、泥石流及含氡土壤的威胁，建筑场地安全范围内无电磁辐射危害和火、爆、有毒物质等危险源。
- 5.1.3 不对周边建筑物带来光污染，不影响周围居住建筑的日照要求。
- 5.1.4 场地内无排放超标的污染源。
- 5.1.5 施工过程中制定并实施保护环境的具体措施，控制由于施工引起的各种污染以及对场地周边区域的影响。

一般项

- 5.1.6 场地环境噪声符合现行国家标准《城市区域环境噪声标准》GB 3096 的规定。
- 5.1.7 建筑物周围人行区风速低于 5m/s，不影响室外活动的舒适性和建筑通风。
- 5.1.8 合理采用屋顶绿化、垂直绿化等方式。
- 5.1.9 绿化物种选择适宜当地气候和土壤条件的乡土植物，且采用包含乔、灌木的复层绿化。
- 5.1.10 场地交通组织合理，到达公共交通站点的步行距离不超过 500m。
- 5.1.11 合理开发利用地下空间。

优选项

- 5.1.12 合理选用废弃场地进行建设。对已被污染的废弃地，进行处理并达到有关标准。
- 5.1.13 充分利用尚可使用的旧建筑，并纳入规划项目。
- 5.1.14 室外透水地面面积比大于等于 40%。

5.2 节能与能源利用

控制项

- 5.2.1 围护结构热工性能指标符合国家批准或备案的公共建筑节能标准的规定。
- 5.2.2 空调采暖系统的冷热源机组能效比符合现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189—2005 第 5.4.5、5.4.8 及 5.4.9 条规定，锅炉热效率符合第 5.4.3 条规定。
- 5.2.3 不采用电热锅炉、电热水器作为直接采暖和空气调节系统的热源。
- 5.2.4 各房间或场所的照明功率密度值不高于现行国家标准《建筑照明设计标准》GB 50034 规定的现行值。
- 5.2.5 新建的公共建筑，冷热源、输配系统和照明等各部分能耗进行独立分项计量。

一般项

- 5.2.6 建筑总平面设计有利于冬季日照并避开主导风向，夏季利于自然通风。
- 5.2.7 建筑外窗可开启面积不小于外窗总面积的 30%，建筑幕墙具有可开启部分或设有通风换气装置。
- 5.2.8 建筑外窗的气密性不低于现行国家标准《建筑外窗气密性能分级及其检测方法》GB 7107 规定的 4 级要求。
- 5.2.9 合理采用蓄冷蓄热技术。
- 5.2.10 利用排风对新风进行预热（或预冷）处理，降低新风负荷。
- 5.2.11 全空气空调系统采取实现全新风运行或可新风比的措施。
- 5.2.12 建筑物处于部分冷热负荷时和仅部分空间使用时，采取有效措施节约通风空调系统能耗。
- 5.2.13 采用节能设备与系统。通风空调系统风机的单位风量耗功率和冷热水系统的输送能效比符合现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189—2005 第 5.3.26、5.3.27 条的规定。

- 5.2.14 选用余热或废热利用等方式提供建筑所需蒸汽或生活热水。

- 5.2.15 改建和扩建的公共建筑，冷热源、输配系统和照明等各部分能耗进行独立分项计量。

优选项

- 5.2.16 建筑设计总能耗低于国家批准或备案的节能标准规定值的 80%。
- 5.2.17 采用分布式热电冷联供技术，提高能源的综合利用率。
- 5.2.18 根据当地气候和自然资源条件，充分利用太阳能、地热能等可再生能源，可再生能源产生的热量不低于建筑生活热水消耗量的 10%，或可再生能源发电量不低于建筑用电量的 2%。
- 5.2.19 各房间或场所的照明功率密度值不高于现行国家《建筑照明设计标准》GB 50034 规定的目标值。

5.3 节水与水资源利用

控制项

- 5.3.1 在方案、规划阶段制定水系统规划方案，统筹、综合利用各种水资源。

- 5.3.2 设置合理、完善的供水系统、排水系统。
- 5.3.3 采取有效措施避免管网漏损。
- 5.3.4 建筑内卫生器具合理选用节水器具。
- 5.3.5 使用非传统水源时，采取用水安全保障措施，且不对人体健康与周围环境产生不良影响。

一般项

- 5.3.6 通过技术经济比较，合理确定雨水积蓄、处理及利用方案。
- 5.3.7 绿化、景观、洗车等用水采用非传统水源。
- 5.3.8 绿化灌溉采用喷灌、微灌等高效节水灌溉方式。
- 5.3.9 非饮用水采用再生水时，利用附近集中再生水厂的再生水，或通过技术经济比较，合理选择其他再生水水源和处理技术。

- 5.3.10 按用途设置用水计量水表。

- 5.3.11 办公楼、商场类建筑非传统水源利用率不低于 20%，旅馆类建筑不低于 15%。

优选项

- 5.3.12 办公楼、商场类建筑非传统水源利用率不低于 40%，旅馆类建筑不低于 25%。

5.4 节材与材料资源利用

控制项

5.4.1 建筑材料中有害物质含量符合现行国家标准 GB 18580～GB 18588 和《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 的要求。

- 5.4.2 建筑造型要素简约，无大量装饰性构件。

一般项

- 5.4.3 施工现场 500km 以内生产的建筑材料重量占建筑材料总重量 60% 以上。

- 5.4.4 现浇混凝土采用预拌混凝土。

- 5.4.5 建筑结构材料合理采用高性能混凝土、高强度钢。

5.4.6 将建筑施工、旧建筑拆除和场地清理时产生的固体废弃物分类处理并将其中可再利用材料、可再循环材料回收和再利用。

5.4.7 在建筑设计选材时考虑材料的可循环使用性能。在保证安全和不污染环境的情况下，可再循环材料使用重量占所用建筑材料中重量的 10% 以上。

- 5.4.8 土建与装修工程一体化设计施工，不破坏和拆除已有的建筑构件及设施，避免重复装修。

- 5.4.9 办公、商场类建筑室内采用灵活隔断，减少重新装修时的材料浪费和垃圾产生。

5.4.10 在保证性能的前提下，使用以废弃物为原料生产的建筑材料，其用量占同类建筑材料的比例不低于 30%。

优选项

- 5.4.11 采用资源消耗和环境影响小的建筑结构体系。

- 5.4.12 可再利用建筑材料的使用率大于 5%。

5.5 室内环境质量

控制项

5.5.1 采用集中空调的建筑，房间内的温度、湿度、风速等符合现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189 中的设计计算要求。

- 5.5.2 建筑围护结构内部和表面无结露、发霉现象。

- 5.5.3 采用集中空调的建筑，新风量符合现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189 的设计要求。

5.5.4 室内游离甲醛、苯、氨、氡和 TVOC 等空气污染物浓度符合现行国家标准《民用建筑室内环境污染控制规范》GB 50325 中的有关规定。

5.5.5 宾馆和办公建筑室内背景噪声符合现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GBJ 118 中室内允许噪声标准中的二级要求；商场类建筑室内背景噪声水平满足现行国家标准《商场（店）、书店卫生标准》GB 9670 的相关要求。

5.5.6 建筑室内照明、统一眩光值、一般显色指数等指标满足现行国家标准《建筑照明设计标准》GB 50034 中的有关要求。

一般项

- 5.5.7 建筑设计和结构设计有促进自然通风的措施。

- 5.5.8 室内采用调节方便、可提高人员舒适性的空调末端。

5.5.9 宾馆类建筑围护结构构件空气隔声性能满足现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GBJ 118中的一级要求。

5.5.10 建筑平面布局 and 空间功能安排合理，减少相邻空间的噪声干扰以及外界噪声对室内的影响。

5.5.11 办公、宾馆类建筑 75% 以上的主要功能空间室内采光系数满足现行国家标准《建筑采光设计标准》GB/T 50033 的要求。

5.5.12 建筑入口和主要活动空间设有无障碍设施。

优选项

5.5.13 采用可调节外遮阳，改善室内热环境。

5.5.14 设置室内空气质量监控系统，保证健康舒适的室内环境。

5.5.15 采用合理措施改善室内或地下空间的自然采光效果。

5.6 运营管理

控制项

5.6.1 制定并实施节能、节水等资源节约与绿化管理制度。

5.6.2 建筑运行过程中无不达标废气、废水排放。

5.6.3 分类收集和处理废弃物，且收集和处理过程中无二次污染。

一般项

5.6.4 建筑施工兼顾土方平衡和施工道路等设施在运营过程中的使用。

5.6.5 物业管理部 门通过 ISO 14001 环境管理体系认证。

5.6.6 设备、管道的设置便于维修、改造和更换。

5.6.7 对空调通风系统按照国家标准《空调通风系统清洗规范》GB 19210 规定进行定期检查和清洗。

5.6.8 建筑智能化系统定位合理，信息网络系统功能完善。

5.6.9 建筑通风、空调、照明等设备自动监控系统技术合理，系统高效运营。

5.6.10 办公、商场类建筑耗电、冷热量等实行计量收费。

优选项

5.6.11 具有并实施资源管理激励机制，管理业绩与节约资源、提高经济效益挂钩。

室内空气质量标准见附表 6-3。

附表 6-3 室内空气质量标准

序 号	参数类别	参 数	单 位	标准值	备 注
1	物理性	温度	℃	22～28	夏季空调
				16～24	冬季采暖
2		相对湿度	%	40～80	夏季空调
				30～60	冬季采暖
3		空气流速	m/s	0.3	夏季空调
				0.2	冬季采暖
4		新风量	m ³ /(h·人)	30 ^①	
5	化学性	二氧化硫 SO ₂	mg/m ³	0.50	1h 均值
6		二氧化氮 NO ₂	mg/m ³	0.24	1h 均值
7		一氧化碳 CO	mg/m ³	10	1h 均值
8		二氧化碳 CO ₂	%	0.10	日平均值
9		氨 NH ₃	mg/m ³	0.20	1h 均值
10		臭氧 O ₃	mg/m ³	0.16	1h 均值
11		甲醛 HCHO	mg/m ³	0.10	1h 均值
12		苯 C ₆ H ₆	mg/m ³	0.11	1h 均值
13		甲苯 C ₇ H ₈	mg/m ³	0.20	1h 均值
14		二甲苯 C ₈ H ₁₀	mg/m ³	0.20	1h 均值
15		苯并[a]芘 B[a]P	ng/m ³	1.0	日平均值
16		可吸入颗粒物 PM ₁₀	mg/m ³	0.15	日平均值
17		总挥发性有机物 TVOC	mg/m ³	0.60	8h 均值
18	生物性	菌落总数	cfu/m ³	2500	依据仪器定 ^②
19	放射性	氡 ²²² Rn	Bq/m ³	400	年平均值(行动水平) ^③

① 新风量要求不小于标准值，除温度、相对湿度外的其他参数要求不大于标准值。

② 见附录 D。

③ 行动水平即达到此水平建议采取干预行动以降低室内氡浓度。

我国室内环境检测治理单位名录（部分）
（中国室内装饰协会室内环境监测工作委员会会员单位名录）

序号	单位名称	联系人	联系电话	地址	邮编	经营项目
1	北京爱尔球室内装饰环境监测中心	宋广生	010-63132865 010-63132868	北京市宣武区广安门内 广义街4号	100053	检测
2	威海市清大康居环境科技有限公司	毕云英	0631-5316266 0631-5323009	山东威海市渔港路76 号市运管处	264200	检测
3	宁波市产品质量监督检验所	凌永军	0574-88239988 0574-87889216（传）	宁波江东区王隘路 28号	315041	检测
4	江苏省苏环室内环境监测技术有限公司	丁洪洋	0512-65157188 0512-62020807 0512-65157288（传）	苏州市民治路20号 4层	215006	检测
5	广西玉林市疾病预防控制中心	邹志刚	0775-2823276 0775-2815990（传）	广西玉林市教育中路 504号	537000	检测
6	黑龙江哈尔滨室康环境技术有限公司	赵宏峰	0451-86241336 0451-86241337 0451-87553577（传）	哈尔滨市南岗区文库街 16号智力大厦	150040	检测
7	镇江市鑫宇室内环境监测技术有限公司	戴金洪	0511-5890246 0511-2115200 0511-5247468（传）	镇江市中山东路381号 中心大厦9楼	212001	检测
8	江苏石油勘探局环境监测中心站	陈健	0514-7762126（传）	江苏扬州文汇西路1号	225009	检测
9	河南安阳市环境保护监测中心站	张建林	0372-3695119 0372-3695108（传）	安阳市光辉路26号	455001	检测
10	常州市蓝天山水环境保护研究所	蒋菊英	0519-6900178 0519-6900139（传）	常州市劳动西路47-1	213001	检测
11	南京恒泰环境科技有限公司	陈玉	025-83751151 025-83751131（传）	南京市鼓楼虎距关1号 综合楼6楼	210024	检测
12	广西北海市疾病预防控制中心	谭海雯	0779-3909236 0779-3905196（传）	广西北海市云南路	536000	检测
13	盘锦建环室内环境检测中心	孙敏	0427-3814128（传）	辽宁盘锦市双台子区红 旗大街17号	124000	检测
14	上海静安区环境监测站	李晓勤	021-62259654 021-62254796（传）	上海市静安区武定西路 1480号	200042	检测
15	新疆乌鲁木齐监测中心站	田小玲	0991-4823720 0991-4838131（传）	乌鲁木齐市北艺公园街 8号	820000	检测
16	福建省中心检验所	朱一军	0591-83751998 0591-83710872（传）	福州市杨桥西路山头角 121号	350002	检测
17	无锡市锡环室内环境监测有限公司	赵志浩	0510-82795390 0510-82703196（传）	无锡市解放东路748号	214002	检测
18	深圳市高迪科技有限公司（美国GDAIR Festing深圳高迪室内空气检测中心）	吴玉兰	0755-26993179 0755-26993253 0755-26993773（传）	深圳市南山区科技园南 区12路方大大厦304室	518057	检测

续表

序号	单位名称	联系人	联系电话	地址	邮编	经营项目
19	海南蓝清环保科技有限公司	王 岚	0898-66730973 0898-66516373（传）	海口市坡博路2号榆海银苑1401	570206	检测
20	日照海澜室内环境检测有限公司	辛本军	0633-8802518 0633-8802508（传）	日照市烟台路518信箱	276826	检测
21	太原铁路建设有限公司检测中心室内环境检测室	程 虹	0351-2621673	太原市建设北路570号	300130	检测
22	长沙普照生化科技有限公司	周绍军	0731-5529539 0731-5382877 0731-5522419（传）	湖南省长沙普照生化科技有限公司	410007	检测
23	青岛中和环保洁净技术有限公司	王叶青	0532-87660202 0532-89700202 0532-87697899（传）	山东省青岛市李沧区夏庄路166-7号	266100	检测
24	廊坊市产品质量监督检验所	刘建国	0316-2053528（传）	河北省廊坊市爱民东道34号	65000	检测
25	福建力普建筑工程室内环境检测有限公司	严 松	0591-87277916	福建省福州市仓山区金山碧水榕城广场7号楼14-19号店	350000	检测
26	太原市房地产室内环境检测中心	陶建光	0351-3531227 0351-3530661（传）	山西省太原市新建路98号房产中介市场8313房地局住宅设计室	300020	检测
27	江苏省盐城市永业室内环境检测技术有限公司	陈建冈	0515-8156118 0515-8156928（传）	江苏省盐城市旭日路22号	224002	检测
28	六安市天一康居室内净化有限公司	张 勇	0564-3631882 （传）	安徽省六安市解放南路豪门花园7号楼401	237004	治理
29	天津格林利浦科技发展有限公司	谢文军	022-28244998	天津市南开区宜宾道6号401房		治理
30	西双版纳新劲工贸有限公司	李健霖	0691-2122303	云南省景洪市景洪西路延长线		治理
31	海南旺居室内环境科技有限公司	毛 园	0898-68529489 0898-66777166	海南省海口市玉沙路16号富豪花园C座北楼808	570102	治理
32	绿野环保科技发展（河南）有限公司	刘大伟	0371-62829833	河南省郑州市黄河路43号	452400	治理
33	大庆市登发科技服务有限公司	邱向峰	0459-5853300	大庆采油三厂17巷10号	163113	治理
34	北京清华大华研科技发展有限公司	张贵洲	010-62770649 010-62770032 010-62780222（传）	北京清华大学同方大厦A座409室	100084	治理
35	广州绿创环保科技有限公司	周绮婷	020-85555801 020-85555802 020-85555600（传）	广州天河区建业路华翠街68号	510665	治理
36	上海威洁士光触媒有限公司	冯展华	021-65674811 021-5530919 021-65700621（传）	上海市杨浦区垂阳路2467号3楼	200090	治理
37	烟台正大清泉室内环境监测治理有限公司	包 涌	0535-2112122	烟台市府山区法院接待处	264001	治理
38	北京酶可邦生物工程有 限公司	徐良忠	010-64380843 010-64380843-82（传）	北京朝阳区酒仙桥路2号格兰维森商务楼226室	100015	治理
39	深圳市格瑞卫康环保科技有限公司	吕兰彦	0755-26670898 0755-26832399-804（传）	深圳蛇口工业区海景广场9E	518067	治理
40	深圳市居和环保技术部	于文贵	0755-84156341 0755-28702304（传）	深圳市龙岗区深惠路汇福花园福明阁27楼	518100	治理

注：排名不分先后。

室内环境相关机构互联网网址

序号	机 构 名 称	互 联 网 网 址
1	中国室内环境网	http://www.cietc.com
2	中国室内装饰协会	http://www.cida.gov.cn
3	中国环保产业协会	http://www.cepi.com.cn
4	中国消费者协会	http://www.cca.org.cn
5	中国疾病预防控制中心	http://www.chinacdc.net.cn/
6	国家质量监督检验检疫总局	http://www.aqsiq.gov.cn/
7	国家环境保护总局	http://www.sepa.gov.cn/
8	中华人民共和国劳动和社会保障部	http://www.molss.gov.cn/
9	世界卫生组织(World Health Organization)	http://www.who.int/
10	中国实验室国家认可委员会	http://www.cnal.org.cn
11	室内空气质素及气候国际协会(ISIAQ)[International Society of Indoor Air Quality and Climate (ISIAQ)]	http://www.ie.dtu.dk/isiaq/
12	国际能源组织(International Energy Agency)	http://www.iea.org/
13	美国室内空气质素协会[Indoor Air Quality Association (IAQA)-US]	http://www.iaqa.org/
14	香港室内空气质素信息中心(Indoor Air Quality Information Centre- Hong Kong)	http://www.iaq.gov.hk/
15	国际癌病研究组织[The International Agency for Research on Cancer (IARC)]	http://www.iarc.fr/
16	香港吸烟与健康委员会[Hong Kong Council on Smoking and Health (COSH)]	http://www.info.gov.hk/hkcosh/
17	环境保护局(EPA)——美国[Environmental Protection Agency (EPA) - US]	http://www.epa.gov/iaq/
18	国家职业安全及健康协会(NIOSH)——美国[National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) - U. S.]	http://www.cdc.gov/niosh/homepage.html
19	英国建筑科学研究院 British Research Establishment-U. K.	http://www.bre.co.uk/
20	丹麦室内气候学会(Danish Society of Indoor Climate)	http://www.dsic.org/dsic.htm