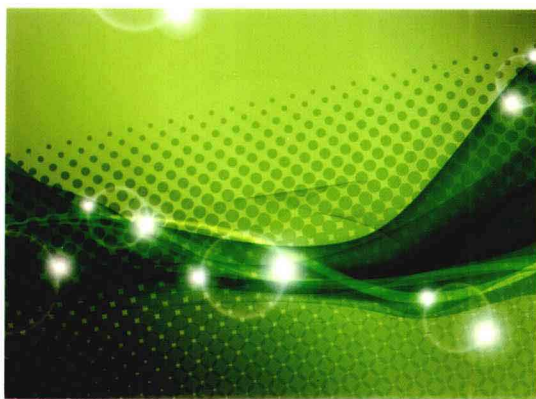


室内空气 质量检测技术

夏云生 房云阁 编著



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

室内空气质量检测技术

夏云生 房云阁 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书主要包括:室内空气检测技术概述,化学检验基础,数据处理和质量控制,室内空气检测的采样技术、采样参数的检测技术,室内空气中主要污染物的检测技术。本书多以对比的方法进行编写,突出其可读性;对每个检测项目,按最新国家标准详细列出具体操作步骤,并给出实际数据,具有较强的实用性和指导性。

本书可作为室内环境检测人员进行岗位培训的教材,可以作为化学检验(室内环境检测)国家职业资格考核的培训教材,并可作为大中专院校环境类、化学检验类专业课程参考书,也可供有关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

室内空气质量检测技术 / 夏云生, 房云阁编著.
—北京: 中国石化出版社, 2012. 12
ISBN 978 - 7 - 5114 - 1874 - 6

I. ①室… II. ①夏… ②房… III. ①室内空气 - 质量检验 IV. ①TU834. 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 292649 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 17 印张 407 千字

2013 年 3 月第 1 版 2013 年 3 月第 1 次印刷

定价:42.00 元

前 言

室内环境(包括住宅、办公室、各种室内公共场所)是人们接触时间最长、最密切的生存环境。室内环境污染超过一定程度则会危害人体健康。为了控制室内环境污染,保障人体健康,对室内环境质量进行检测和评价是非常必要的。对此,我国相继颁发和修订了《民用建筑工程室内环境污染控制规范》(GB 50325—2010)、《装饰装修材料有害物质限量》(GB 18580—2001 ~ GB 18587—2001)、《室内空气质量标准》(GB/T 18883—2002)等国家标准,对室内环境质量检测与评价、室内环境污染治理效果检测与评价提供了法律依据,同时也为室内环境检测机构开展社会服务的室内检测奠定了必要条件。

针对我国室内空气质量检测技术人员的技能水平现状,编写一本具有实用性强的室内空气质量检测技术参考书,不仅满足《化学检验》室内空气质量检测职业资格培训的需要,也是一个室内环境技术工作者义不容辞的责任。近几年,本书编者一直从事室内环境检测的技术工作及相关的培训教学工作,积累了丰富的分析化学、仪器分析化学和环境监测的教学经验,在所编写的培训教材和技术资料的基础上,进行编辑、修改、完善和整理,编写出版了这本《室内空气质量检测技术》。

全书共分十一章。介绍了室内空气检测技术、采样技术和环境参数,分析检测的基本原理和方法,数据处理和质量控制,并采用对比的方法介绍了室内空气中主要污染物(甲醛、氨、苯、TVOC、氡和可吸入颗粒物)的性质、来源以及检测方法和原理。注重理论与应用的紧密联系,突出实用性。

本书由夏云生主编、房云阁副主编,负责全书各章节内容的总体框架设计和对初稿的修改及定稿。参加编写人员还有(姓氏笔画为序):王岩、刘晶、刘滨、范晓冬、郝玉清、赵建秋和顾佳丽,全书由刘晶负责校对。在此表示衷心的感谢。本书初稿完成后得到中国石化出版社的精心编辑,在出版过程中,也得到渤海大学有关部门的鼎力支持,在此一并表示衷心的感谢。

最后恳请读者和同行不吝批评和指正,以使其进一步臻于完善。



目 录

第1章 室内空气检测技术概述	(1)
1.1 室内环境与室内空气污染	(1)
1.1.1 环境与室内环境	(1)
1.1.2 室内空气污染及室内空气污染物	(2)
1.2 室内空气检测技术	(5)
1.2.1 室内空气检测的定义、分类和作用	(5)
1.2.2 室内空气检测的项目	(6)
1.2.3 室内空气检测的检验方法	(7)
1.3 室内环境检测治理依据标准	(8)
1.3.1 室内环境标准概述	(8)
1.3.2 室内环境标准中的计量单位	(14)
1.3.3 《室内空气质量标准》GB/T 18883—2002	(21)
1.3.4 《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325—2010	(23)
1.3.5 《民用建筑工程室内环境污染控制规程》DBJ 01 - 91—2004	(25)
第2章 化学检验分析基础	(26)
2.1 化学分析基础知识	(26)
2.1.1 分析实验室用水规格及试验方法	(26)
2.1.2 化学试剂与标准物质	(28)
2.1.3 溶液浓度的表示方法和标准溶液的制备	(30)
2.2 分析天平	(32)
2.2.1 电光分析天平	(33)
2.2.2 电子分析天平	(34)
2.2.3 称量方法	(36)
2.3 滴定分析	(37)
2.3.1 滴定分析及其基本要求	(37)
2.3.2 玻璃量器的校正和操作要点	(38)
2.3.3 滴定分析滴定操作方法	(41)
2.3.4 滴定分析在室内环境检测中的应用	(43)
2.4 分光光度法	(44)
2.4.1 光学基本知识	(44)
2.4.2 光吸收的基本定律——朗伯 - 比耳定律	(45)
2.4.3 分光光度计	(46)

2.4.4	定量分析方法	(47)
2.5	气相色谱分析	(48)
2.5.1	气相色谱法简介	(48)
2.5.2	气相色谱的基本流程和原理	(48)
2.5.3	气相色谱仪组成及固定相、流动相	(53)
2.5.4	气相色谱检测器	(55)
2.5.5	气相色谱灵敏度及色谱条件	(57)
2.5.6	气相色谱分析方法	(58)
2.5.7	气相色谱法在室内环境检测中的应用	(61)
2.6	原子吸收分光光度法	(61)
2.6.1	基本概念	(61)
2.6.2	定量分析的理论基础	(62)
2.6.3	原子吸收分光光度计	(64)
2.6.4	分析方法和测定条件的选择	(66)
2.6.5	AAS在室内环境检测中的应用	(68)
第3章	数据处理和质量控制	(69)
3.1	有效数字	(69)
3.1.1	有效数字及其位数	(69)
3.1.2	有效数字的修约规则	(70)
3.1.3	有效数字的运算	(70)
3.1.4	有效数字的应用	(71)
3.2	误差、准确度及不确定度	(72)
3.2.1	误差	(72)
3.2.2	准确度与精密度	(73)
3.2.3	灵敏度、检测下限和检测上限	(74)
3.2.4	不确定度	(75)
3.2.5	提高准确度的方法	(83)
3.3	统计检验及比对试验	(84)
3.3.1	统计检验方法简介	(84)
3.3.2	可疑值及其判定方法	(85)
3.3.3	显著性检验	(86)
3.3.4	室内、室间的比对试验	(89)
3.4	实验室质量控制	(90)
3.4.1	实验室质量保证措施概述	(90)
3.4.2	检测人员的培训、取证上岗	(91)
3.4.3	质量控制图	(98)
3.4.4	实验室的能力检验及能力验证	(102)
3.4.5	检测报告	(103)

第4章 室内空气检测的采样技术	(104)
4.1 空气采样概述	(104)
4.1.1 采样方法	(104)
4.1.2 采样时间	(105)
4.1.3 采样效率	(106)
4.2 空气采样仪器及流量校准	(107)
4.2.1 采样器的组成	(107)
4.2.2 流量校准	(108)
4.2.3 采样体积换算	(110)
4.3 室内环境质量标准中的采样要求	(111)
4.3.1 室内空气采样的要求	(111)
4.3.2 甲醛、氨、苯、TVOC、氡的采样技术要求	(111)
4.3.3 《室内空气质量标准》中的室内空气质量参数的采样方法	(112)
4.3.4 质量保证措施	(115)
4.4 室内空气采样技术	(119)
4.4.1 采样前的准备	(119)
4.4.2 现场采样技术	(120)
4.4.3 现场采样的质量保证	(121)
第5章 室内空气中采样参数的检测技术	(122)
5.1 室内温度的测定方法	(122)
5.1.1 玻璃液体温度计法	(122)
5.1.2 数显式温度计法	(123)
5.2 室内大气压力的测定方法	(124)
5.2.1 概念	(124)
5.2.2 原理	(124)
5.2.3 仪器	(124)
5.2.4 测量步骤	(124)
5.2.5 仪器的校准	(124)
5.2.6 读数的校正	(125)
5.2.7 气压的计算	(125)
5.2.8 气压的测定示例	(125)
5.3 室内相对湿度的测定方法	(126)
5.3.1 概念	(126)
5.3.2 通风干湿表法	(127)
5.3.3 毛发湿度表法	(128)
5.3.4 电湿度计法	(129)
5.4 室内风速的测定方法	(129)
5.4.1 热球式电风速计法	(130)

5.4.2 数字风速表法	(130)
第6章 空气中甲醛的检测技术	(132)
6.1 甲醛的理化性质及其来源	(132)
6.1.1 甲醛的理化性质	(132)
6.1.2 甲醛的来源	(133)
6.1.3 甲醛对人体的危害	(133)
6.2 甲醛检测方法概述	(133)
6.2.1 甲醛检测的分光光度法的要点	(134)
6.2.2 分光光度法检测空气中的甲醛含量的采样要求	(134)
6.2.3 分光光度法检测空气中甲醛的标准曲线	(134)
6.2.4 分光光度计的操作要点	(136)
6.3 酚试剂分光光度法测定空气中的甲醛	(139)
6.3.1 测定原理	(139)
6.3.2 试剂及溶液配制	(139)
6.3.3 甲醛标准贮备液及硫代硫酸钠标准溶液的标定	(140)
6.3.4 酚试剂分光光度法甲醛吸收曲线	(142)
6.3.5 酚试剂分光光度法标准曲线	(142)
6.3.6 样品检测及结果计算	(143)
6.3.7 酚试剂分光光度法检测条件的选择	(144)
6.4 AHMT 分光光度法测定空气中的甲醛	(145)
6.4.1 测定原理	(145)
6.4.2 试剂和材料	(145)
6.4.3 仪器和设备	(146)
6.4.4 采样和样品保存	(146)
6.4.5 分析步骤	(146)
6.4.6 结果计算	(147)
6.4.7 方法特性	(147)
6.5 气相色谱法测定空气中的甲醛	(148)
6.5.1 方法提要	(148)
6.5.2 适用范围	(148)
6.5.3 试剂和材料	(148)
6.5.4 仪器和设备	(149)
6.5.5 采样	(149)
6.5.6 分析步骤	(149)
6.5.7 结果计算	(150)
6.5.8 方法特性	(150)
6.6 乙酰丙酮法测定空气中的甲醛	(150)
6.6.1 方法提要	(150)

6.6.2	适用范围	(151)
6.6.3	试剂和材料	(151)
6.6.4	仪器和设备	(151)
6.6.5	采样和样品保存	(152)
6.6.6	分析步骤	(152)
6.6.7	结果计算	(152)
6.6.8	方法特性	(153)
6.7	甲醛分析仪法测定空气中的甲醛	(153)
第7章	空气中氨的检测技术	(155)
7.1	氨的理化性质、来源及其危害	(155)
7.1.1	氨的理化性质	(155)
7.1.2	氨的来源	(155)
7.1.3	氨对人体健康的危害	(156)
7.2	氨检测方法概述	(156)
7.2.1	氨检测的分光光度法的要点	(156)
7.2.2	分光光度法检测空气中氨含量的采样要求	(157)
7.2.3	分光光度法检测空气中氨的标准曲线	(157)
7.2.4	分光光度计的操作要求	(160)
7.3	靛酚蓝分光光度法测定空气中氨的方法要点	(160)
7.3.1	测定原理	(160)
7.3.2	试剂及溶液配制	(161)
7.3.2	次氯酸钠溶液的标定	(161)
7.3.4	吸收光谱曲线的测定	(162)
7.3.5	标准曲线的绘制	(162)
7.3.6	样品检测及结果计算	(167)
7.3.7	检测条件选择	(168)
7.4	纳氏试剂分光光度法	(169)
7.4.1	方法提要	(169)
7.4.2	适用范围	(169)
7.4.3	试剂和材料	(169)
7.4.4	仪器和设备	(170)
7.4.5	采样和样品保存	(170)
7.4.6	分析步骤	(170)
7.4.7	结果计算	(171)
7.4.8	方法特性	(171)
7.4.9	注意事项	(172)
7.5	离子选择电极法	(172)
7.5.1	方法提要	(172)

7.5.2	适用范围	(172)
7.5.3	试剂和材料	(172)
7.5.4	仪器和设备	(173)
7.5.5	采样和样品保存	(173)
7.5.6	分析步骤	(173)
7.5.7	结果计算	(173)
7.5.8	方法特性	(174)
7.5.9	注意事项	(174)
第8章	空气中苯的检测技术	(175)
8.1	苯的理化性质、来源及危害	(175)
8.1.1	苯的性质	(175)
8.1.2	空气中苯的来源	(175)
8.1.3	空气中苯对健康的危害	(176)
8.2	苯的检测方法概述	(176)
8.2.1	气相色谱法检测空气中苯含量的要点	(176)
8.2.2	气相色谱法检测室内空气中苯含量的采样要求	(177)
8.2.3	气相色谱法检测空气中苯的标准曲线	(178)
8.2.4	气相色谱仪操作要点	(178)
8.2.5	色谱工作站使用要点	(180)
8.3	空气中苯的气相色谱法检测技术	(184)
8.3.1	检测原理	(184)
8.3.2	仪器设备、试剂和材料	(184)
8.3.3	采样管的准备与空气样品的采集	(184)
8.3.4	热解吸仪及热解吸率的测定技术	(185)
8.3.5	标准曲线的绘制	(186)
8.3.6	样品测定(热解吸进样法)	(189)
8.3.7	结果计算	(191)
8.3.8	影响标准曲线质量的因素	(191)
8.3.9	质量保证措施	(192)
第9章	室内空气中 TVOC 的检测技术	(193)
9.1	TVOC 的性质、来源及其危害	(193)
9.1.1	关于总挥发性有机化合物(TVOC)的概念	(193)
9.1.2	TVOC 的理化性质	(193)
9.1.3	室内空气中 TVOC 的主要来源	(194)
9.1.4	危害与控制	(194)
9.2	TVOC 的检测方法概述	(195)
9.2.1	空气中 TVOC 检测依据标准中的基本要点	(195)
9.2.2	室内空气中 TVOC 检测的采样	(196)

9.2.3	标准曲线	(199)
9.2.4	TP-3220 型空气源操作使用技术	(200)
9.2.5	高纯氢气发生器操作使用技术	(200)
9.2.6	气相色谱仪操作技术要点	(201)
9.3	2100 型气相色谱仪检测空气中 TVOC 的技术	(204)
9.3.1	检测原理	(204)
9.3.2	仪器及设备	(205)
9.3.3	试剂和材料	(205)
9.3.4	采样管的准备与空气样品的采集	(205)
9.3.5	TP-203 B 型热解吸仪操作技术	(205)
9.3.6	标准曲线的绘制	(206)
9.3.7	样品测定	(211)
9.3.8	结果计算	(211)
9.4	GC-112A 气相色谱仪检测空气中 TVOC 的技术	(212)
9.4.1	主要仪器及设备	(213)
9.4.2	主要试剂和材料	(213)
9.4.3	色谱条件	(213)
9.4.4	标准曲线绘制	(213)
9.4.5	检测说明	(218)
9.4.6	质量保证措施	(218)
第 10 章	空气中氡的检测技术	(219)
10.1	氡的性质、来源及其对健康的危害	(219)
10.1.1	氡及其性质	(219)
10.1.2	氡的放射性	(219)
10.1.3	氡对人体健康的影响	(221)
10.1.4	室内氡及其子体的污染源	(221)
10.2	氡的检测方法概述	(222)
10.2.1	氡的检测方法类别	(223)
10.2.2	氡的室内标准采样条件	(223)
10.2.3	适用于环境空气中氡及其子体的测量方法	(223)
10.2.4	室内环境标准中关于氡的检测规定	(224)
10.3	室内空气中氡浓度的连续检测技术	(225)
10.3.1	工作原理	(225)
10.3.2	监测仪器	(226)
10.3.3	仪器操作(步骤)技术要点	(226)
10.3.4	现场测定室内空气中氡浓度	(227)
10.3.5	仪器使用注意事项	(228)
10.4	室内空气中氡浓度的活性炭盒法测定	(228)

10.4.1	原理	(228)
10.4.2	仪器和材料	(228)
10.4.3	测定步骤	(228)
10.4.4	计算	(229)
10.4.5	检测要求	(229)
10.5	空气中氨的双向薄膜探测器的测定技术	(229)
10.5.1	仪器工作原理	(229)
10.5.2	HDC 型测氨仪的组成及操作技术	(229)
10.5.3	仪器的正常使用与日常维护	(235)
10.6	空气中氨浓度的闪烁瓶测量法	(236)
10.6.1	仪器工作原理	(236)
10.6.2	仪器测量	(236)
10.6.3	操作方法	(236)
10.6.4	现场检测	(237)
10.6.5	仪器使用注意事项	(237)
第 11 章	空气中可吸入颗粒物的检测技术	(238)
11.1	空气中可吸入颗粒物的性质、来源及其危害	(238)
11.1.1	可吸入颗粒物及其性质	(238)
11.1.2	可吸入颗粒物来源和危害	(239)
11.1.3	减少室内可吸入颗粒物的措施	(239)
11.2	可吸入颗粒物采样技术要求	(239)
11.2.1	术语和定义	(239)
11.2.2	采样器技术要求	(240)
11.2.3	采样技术要求	(241)
11.3	可吸入颗粒物检测方法	(242)
11.3.1	重量法	(242)
11.3.2	β 射线吸收法	(243)
11.3.3	激光法	(245)
附录 1	相对原子质量表	(246)
附录 2	常用化合物的相对分子质量	(247)
附录 3	分析化学中常用的量与单位	(249)
附录 4	(规范性附录)不同温度下标准滴定溶液的体积的补正值	(251)
附录 5	绿色建筑评价标准 GB/T 50378—2006(节录)	(252)
附录 6	室内环境质量检验报告格式(DBJ01-91—2004 附录 G)	(255)
附录 7	北京市部分室内环境检测单位名录	(258)
参考文献		(259)

第1章 室内空气检测技术概述

随着我国经济和社会的高速发展,人们的生活水平得到了极大改善,特别是居住面积大大增加,室内的装饰装修也越来越讲究。但久居室内却使人产生头痛、疲倦、咳嗽等不适症状,研究表明这与室内空气的污染有很大关系。因此,重视室内空气质量、防范室内空气污染、检测和治理室内空气污染成为大家关注的焦点。

1.1 室内环境与室内空气污染

人类社会离不开自己的生存环境。生存环境可以按与人类生活的密切程度,分为室外环境和室内环境。而室内环境只是环境总体的一部分。为了研究室内环境,掌握室内环境检测技术,必须从环境、室内环境和室内环境污染说起。

1.1.1 环境与室内环境

1. 环境

环境一词,最早出现在中国元史《余阙传》中。从哲学角度来说,环境是一个相对于主体而存在的客体。对于环境科学而言,环境是指以人类为主体的外部世界的总和,即人类赖以生存和发展的各种自然因素和社会因素的综合体。环境也可称为人类环境。按系统论的说法,可以称为人类环境系统。它是指由物理系统(阳光、空气、水和土壤)、生物系统(人类、动物、植物和微生物)和社会经济系统等三大范畴所组成,三者之间通过能量的流动和物质的循环而进行相互作用的大系统。而由法律明确规定的环境,仅限于以法律形式加以确定必须保护的“自然因素”。例如,我国的环境保护法中明确规定:“本法所称的环境是指影响人类生存和发展的各种天然的和人工改造的自然因素的总体,具体包括大气、水、海洋、土地、矿藏、森林、草原、野生生物、自然遗迹、人文遗迹、自然保护区、风景名胜区、城市和乡村等”。上述的14个环境的组成部分,即“构成环境整体的各个独立的、性质不同而服从整体演化规律的基本物质组分”,称为环境要素,又称环境因素。

环境按照环境要素的形成可以分为自然环境和人工环境两大类。自然环境又称自然界,是原生环境、第一环境。自然环境具体是指对人类的生存和发展产生直接或间接影响的各种天然形成的物质和能量的总体,如空气、水、土壤、岩石、阳光辐射和生物等。这些环境要素构成了相互联系、相互制约的自然环境体系。在地学上可以把自然环境称为地球环境及其空间环境的总和,可分为四个圈层,即水圈(河流、湖泊、海洋、地下水)、岩石土壤圈(土壤、山脉、矿藏)、大气圈(从地球表层上至2000km左右的大气层)、生物圈(地球上存在生命的部分)。

人工环境也称人为环境,或称人工改造过的环境,是人类为了提高物质和文化生活,在自然环境的基础上,经过人类劳动的改造或加工而制造出来的环境,因此称为次生环境。如城市、人口、工业、农业、居民区(生活小区)、乡村、交通、科学技术、水库、名胜古迹、风景游览区等。

如果按照环境范围的大小，又可分为宇宙环境、地质环境、地球环境、城乡环境和室内环境。相对于室内环境而言的所有环境，可称为室外环境。

2. 室内环境

室内环境是指人类为满足生产生活的需要，采用天然材料或人工材料构建或围隔而成的小空间，且与外界大环境相对分隔而成的小环境。对于人类来说，室内环境是提供人们进行正常学习、工作、休息和各项生活内容而免受室外自然因素干扰的人工环境。室内环境包括固定式室内环境（例如：生产厂房、车间、居民楼等）和移动式室内环境（汽车室内环境、轮船舱内环境、航天器室内环境等）。人们最为关心的室内环境（狭义的室内环境）是住宅、办公楼和公共场所的室内环境，即与人们生活密切相关的室内环境。公共场所包括医院、幼儿园、学校教室、养老院、旅馆、商店、文化娱乐室、宾馆、餐馆、影剧院、书店、图书馆、展览馆、体育馆、公共交通等候室等。健康的室内环境主要是指无污染、无公害、有助于消费者身体健康的室内环境。由国家质量监督检验检疫局、国家环境保护总局、国家卫生部制定的我国第一部《室内空气质量标准》（GB/T 18883—2002），明确提出“室内空气应无毒、无害、无异常嗅味”，本标准为消费者解决污染难题提供了有力武器。关于室内环境的严格定义，目前尚不统一，对“室内环境”进行严格界定，是目前人们所关心的热点之一。

1.1.2 室内空气污染及室内空气污染物

室内环境主要关注室内空气。无论是室内空气还是室外空气其基本组成都是一致的，而室外空气在环境保护中常称为“大气”，在《环境空气质量标准》（GB 3095—1996）中，又把大气（室外空气）称为“环境空气”。

空气是一种混合物，把不含有水蒸气的空气叫“干空气”，把含有水蒸气的空气称为“湿空气”。通常我们所说的空气，都是指湿空气。湿空气中水气的最高含量在4%左右。纯净空气的基本组成包括恒定组分（氮、氧、稀有气体等）、可变组分（二氧化碳和水）和不定组分（主要是有害气体）。纯净干空气的成分见表1-1。

表 1-1 干空气的组成

空气成分	体积分数/%	空气成分	体积分数/%	空气成分	体积分数/%
氮(N ₂)	78.09	氖(Ne)	0.0018	氢(H ₂)	0.00005
氧(O ₂)	20.95	氦(He)	0.00052	氙(Xe)	0.000008
氩(Ar)	0.93	甲烷(CH ₄)	0.00022	臭氧(O ₃)	0.000001
二氧化碳(CO ₂)	0.03	氪(Kr)	0.0001	一氧化二氮(N ₂ O)	0.000005

国际上一些环保专家已将“室内空气污染”列为继煤烟型、光化学烟雾型污染之后的第三代空气污染问题。室内环境易受各种物理、化学和生物因素的污染，污染程度比室外更严重，特别是位于城市交通主干道两侧的建筑物、办公楼、商场及住宅等典型场所。我国大规模出现室内空气污染问题是在20世纪80年代，到了20世纪90年代，随着人们生活水平的提高，引起室内空气污染的最主要原因是不良的装饰装修。

1. 室内空气质量

室内空气质量(indoor air quality, IAQ)是指定性或定量地描述室内空气状况好坏的程度，它是与室内人体健康最密切相关的一种本质属性。质量反映了满足人们需要的程度，如

果人们对空气满意,就是高质量;反之,就是低质量。空气质量具有价值,室内空气能否满足为人体供氧的需要,是其价值的第一体现。而室内空气质量的价值高低,受其主体行为意识的作用具有差异性,人的文明程度越高,室内空气质量的价值就越高,室内空气质量的定义在近二十几年中的变化,逐渐被人们所接受,是因为其中包括了客观指标和主观感受两个方面的内容。在美国颁布的标准 ASHRAE 62—1989《满足可接受室内空气质量的通风》中给出的“良好的室内空气质量”的定义中包含了其客观评价和主观评价指标,提出了可接受的 IAQ(Acceptable IAQ)和感受到的可接受 IAQ 等概念。其中可接受的 IAQ 定义如下:空调房间中绝大多数人没有因为空气表示不满意,并且空气中没有已知的污染物达到可能对人体健康产生威胁的浓度。感受到的可接受 IAQ 定义为空调空间中绝大多数人没有因为气味或刺激性气味而表示不满。这样的描述就涵盖了客观指标和主观感受两方面,就使室内空气质量的定义更加科学和全面。

2. 室内空气污染

室内空气污染,通常简称为“空气污染”。它是室内环境质量的一种不安全状态。所谓室内空气污染,主要是由于人为因素直接或间接地使某些物质进入室内,改变了室内空气的组成,造成室内空气质量下降,影响室内人员的正常学习、工作、休息和精神状态,以致对身体健康产生影响和危害的现象。

通常把排放到室内环境中,造成室内环境污染的物质称为“室内环境污染物”。把排放或释放这种污染物的源头称为“室内环境污染源”。由室内装饰装修所产生的室内环境污染,其室内装饰装修材料就是污染源,由它释放的甲醛、苯等有害物质属于室内环境污染物。《民用建筑工程室内环境污染控制规范》(GB 50325—2010)中所称“室内环境污染是指由建筑材料和装修材料产生的室内环境污染”,是从污染源的角度对室内环境污染定义的。

产生室内空气污染的因素是污染源、空气状态和受体。其中最重要的是污染源污染物的排放。要采取措施使污染源达到“零排放”,就可以从根本上杜绝空气污染的产生。通常可以用减少室内污染源的方法控制空气污染。另一方面,当污染物进入室内空气中,其空气污染程度与室内空气状态(空气的流速、相对湿度、温度)有直接关系,例如开门、开窗通风换气,就可以降低室内空气中污染物的浓度。所谓受体因素,主要是指人群对污染物接触时间长短和可感知程度的个体差异。例如“弱势群体”易受污染物的危害。

室内空气污染具有累积性、多样性、长期性等特征。室内环境的相对封闭性,决定了空气污染的累积性。室内空气污染物的来源广泛性和污染物类别的多样性,决定了空气污染的多样性。人群多数时间处于室内环境中,人体接触污染物时间的长期性决定了空气污染的长期性。

室内空气污染的危害,主要表现为危害人体健康和影响人们的工作效率两个方面。

3. 室内空气污染物

室内空气污染物种类很多,主要包括物理污染物、化学污染物和生物污染物。从室内环境检测的角度,可以把室内空气污染物分为常规检测的污染物(甲醛、氨、苯、氡、挥发性有机化合物)和特定目的检测的污染物。前者将在本书的相应章节分别介绍其理化性质、对人体健康的影响和检测方法与技术。现将《室内环境质量标准》中,除甲醛、氨、苯、氡、挥发性有机化合物等这些常规检测的污染物之外的污染物,对其性质、来源和危害作简要介绍。详见表 1-2。

表 1-2 室内空气主要污染物的性质及危害

名 称	性 质	来 源	危 害
二氧化硫(SO ₂)	无色气体,有强烈刺激性。 $M_{\text{SO}_2}^{\text{①}} = 64.06$, 沸点为 -10℃。对空气的相对密度为 2.26。易溶于水,生成亚硫酸。 是一种还原剂,可以氧化 为硫酸	燃煤取暖、炊事等排放, 含硫煤气燃烧。烟草的不完 全燃烧的排放。汽车尾气的 排放	上呼吸道损伤,眼睛伤害
二氧化氮(NO ₂)	红褐色气体,有特殊刺激 性。 $M_{\text{NO}_2} = 46.01$, 对空气 相对密度为 1.58, 溶于水, 生成亚硝酸及硝酸	燃料燃烧,气体的排放, 复印机房,臭氧对空气的 氧化	对呼吸道有强刺激作用,高 浓度 NO ₂ 易引起神经系统损 害,引起肺水肿
一氧化碳(CO)	无色无味无臭气体,无刺 激性,不溶于水, $M_{\text{CO}} =$ 28.0, 对空气密度为 0.967, 燃烧时为淡蓝色火焰	燃煤的不完全燃烧,燃气 泄漏,家庭烹饪,汽车尾气, 香烟烟雾	阻止氧与血红结合,引起组 织缺氧的伤害
二氧化碳(CO ₂)	无色无臭气体, $M_{\text{CO}_2} =$ 44.01, 沸点为 -78.5℃, 对 空气相对密度为 1.524, 溶 于水,显酸性易被碱吸收	燃烧排放废气、人身呼出 废气	含量高时空气缺氧影响身体 机能
臭氧(O ₃)	无色气体,有特殊臭味, 沸点 -112℃, 对空气相对密 度为 1.65, 易分解为氧气, 是强氧化剂,在水中溶解度 较高,消毒剂	室外化学污染物,室内臭 氧发生器,电视机、复印机、 紫外灯	呼吸系统的刺激和损伤,上 呼吸道感染
可吸入颗粒物(PM ₁₀)	悬浮在空气中,粒子状, 当量直径 ≤ 10μm, 吸附污 染物	燃料燃烧的烟气,香烟烟 雾,驱蚊器烟雾,汽车尾气	呼吸系统的刺激易引发咽 喉炎
苯并[a]芘 B[a]P	纯品为黄绿色结晶,易吸 附在空气中,分子式为 C ₂₀ H ₁₂ , 相对分子质量为 253.23, 沸点为 475℃。对 空气相对密度为 1.351, 易 溶于苯、乙醇、丙酮、浓 硫酸	含碳燃料的燃烧产物,有 机物热解产物,食品烧烤、 烟熏释放,煤气(天然气)燃 烧,厨房烹调,香烟烟雾	强致癌物质,毒性强,极微 量的 B[a]P 也会使肺功能下 降,肺癌发病率高
菌落总数(cfu)	微生物指标往往以空气中 菌落总数来衡量。cfu 值越 高,存在致病性微生物的可 能性越高	家具、地毯、窗帘、卧具, 室内潮湿、阴暗角落会加快 微生物繁殖	吸附在烟尘中的致病微生物 可引起肺炎、鼻炎、呼吸道、 皮肤过敏

注: ① M_{SO_2} 表示 SO₂ 的式量。下同。

4. 室内空气污染物的来源

室内空气污染物的来源较多,主要可分为室内和室外两个方面。

(1) 室内来源:

① 人的行为:主要是指人体的代谢,通过呼出废气、大小便,汗液等排出体外,进入室内空气中。例如:CO₂、NH₃、CO、有机物气体等。另外空气中的细菌、病菌,有的就是来源于疾病感染者的呼出气体等行为。

② 室内燃料燃烧产物:主要是燃煤、燃气的燃烧,产生的废气含CO、CO₂、悬浮颗粒物,以及碳氢化合物等有机物。另一方面,是生物燃料(木材、植物秸秆及粪便)的燃烧,产生一氧化碳和悬浮颗粒物,以及有机物(如多环芳烃、B[a]P)。

③ 烹调油烟:250℃以上高温炒菜产生的油烟,是含有多种有机物成分的混合污染物。其中含有“三致”(致癌、致畸、致突变)作用的有害物质。

④ 吸烟烟雾:香烟烟雾是吸烟产生的室内污染物,其中含有有害气体种类繁多,主要有CO、CO₂、NO_x、NH₃、HCHO以及烷烃、烯烃、芳烃等,其中的气溶胶状态物质主要成分是焦油和烟碱(尼古丁),焦油含有大量的致癌物质,如:B[a]P、As、Cd、Ni等。

⑤ 建筑材料和装饰材料:作为“不动产”,建筑材料和装饰材料是向室内空气中释放有害物质的主要污染源。室内的油漆、涂料、胶黏剂、壁纸、地板、木家具、地板革等,都可能释放各类有害物质,其中主要包括甲醛、苯系物、总挥发性有机物等污染物。

⑥ 家用化学品:洗涤剂、清洁剂、脱色剂、着色剂、抛光剂、化妆品、防虫剂、空气清新剂、花草肥料与药剂、医药品等。

(2) 室外来源:

室外空气中的污染物可进入密闭的室内环境,主要是通过门、窗缝隙等途径进入室内。

① 室外污染气体,如工厂废气、汽车尾气、餐饮业烟气等进入室内。

② 房基地的缝隙释放进入的氡气,在原工业废弃物地址上新建房屋,原地址的有害气体释放通过房基地的缝隙进入室内。

③ 生活用水中的超标有害物质,可通过淋浴、喷雾加湿空气等方式喷入空气中,如挥发性有机物、细菌等。

④ 人为带入室内,主要是服装吸附,例如:烟、尘、苯、铅等。

1.2 室内空气检测技术

室内环境检测是“环境监测”的一个新的重要组成部分,是近些年来环境检测应用的一个热点。本节对于室内空气检测的概念、作用、依据和方法分别加以介绍。

1.2.1 室内空气检测的定义、分类和作用

室内环境检测作为环境检测的一个分支学科,目前在有些高校的环境专业已经作为一门课程进行教学。对于检测机构来说是一种委托技术服务,因此它是目前方兴未艾的室内环境行业的一项前沿工作项目,具有重要的实际应用价值和广泛的发展前景。

1. 室内环境检测的定义

室内环境检测的概念目前还没有明确的定义。借助于环境监测的定义,一般来说,所谓室内空气检测是指运用现代科学技术手段,依据室内环境质量和方法标准,对影响室内空气