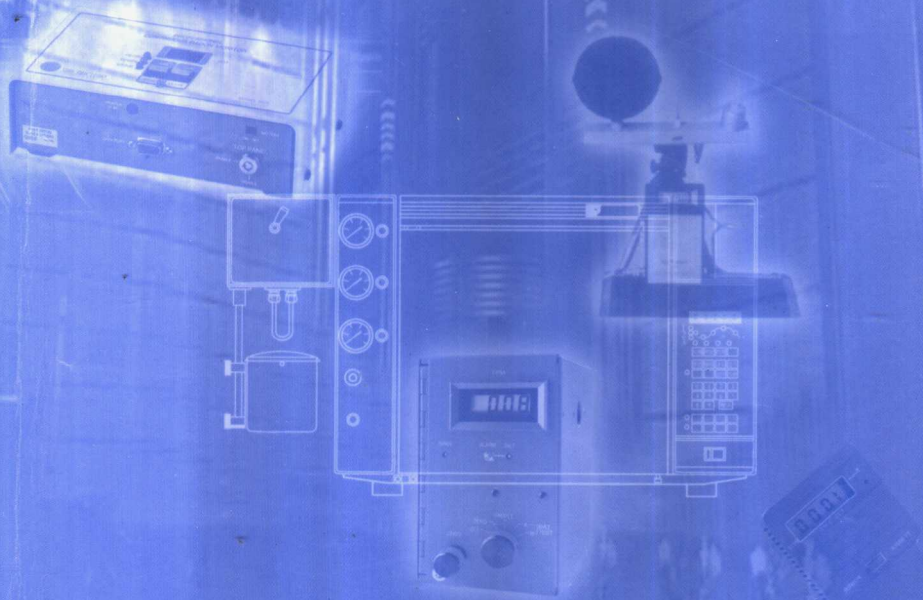


室内环境检测仪器 及应用技术

崔九思 主编



化学工业出版社
化学与应用化学出版中心

室内环境检测仪器及应用技术

崔九思 主编



化学工业出版社
化学与应用化学出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

室内环境检测仪器及应用技术/崔九思主编. —北京:
化学工业出版社, 2004. 7

ISBN 7-5025-5853-5

I. 室… II. 崔… III. 室内环境-环境检测-仪器
IV. X85

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 077310 号

室内环境检测仪器及应用技术

崔九思 主编

责任编辑: 任惠敏

责任校对: 王素芹

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
化学与应用化学出版中心

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982580

<http://www.cip.com.cn>

新华书店北京发行所经销

中国纺织出版社印刷厂印刷

三河市新装印务厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 21½ 字数 583 千字

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5853-5/X · 503

定 价: 48.00 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

序

随着我国经济发展，社会进步和人们环境意识的提高，室内环境质量越来越为公众所关注。我国政府有关部门十分重视室内环境污染问题。进入 21 世纪，卫生部首先颁布了《室内空气质量卫生规范》、《木质板材中甲醛卫生规范》和《室内用涂料卫生规范》；接着建设部颁布了《民用建筑工程室内环境污染控制规范》；国家质量监督检验检疫总局颁布了十项《室内装饰装修材料有害物质限量》标准；随后由卫生部、国家环保总局和国家质量监督检验检疫总局联合颁布了《室内空气质量标准》。从此，我国室内环境监测和管理工作走向了规范化轨道。上述标准和规范出台后，各地室内环境监测和评价机构如雨后春笋般纷纷建立起来。它们在防治室内环境污染、保障人民群众的健康中发挥着重要作用。同时也促进了我国室内环保产业和健康住宅工程的发展。

2000 年 5 月，在云南昆明召开的全国首届室内环境质量研讨会上，倡议成立的室内环境专业委员会，坚持以人为本、统一认识、整合力量、开拓创新，做了许多有益于社会、公众的事情。如何开展室内环境监测，仍是当前人们关注的热点问题。而室内环境监测工作面临的主要问题是进一步提高检测技术水平，保证检测数据质量，以及如何对室内环境污染状况做出科学的评价。我国标准中规定的检测方法多数是现场采样，然后送回实验室用化学分析方法测定。不仅耗时、费力、工作量大、成本高，而且最大的问题是不能做到实时检测，不能及时得到检测结果，测定值是污染物在采样期间的平均浓度，而且一些对健康有直接影响的污染物浓度峰值被掩盖了。

众所周知，室内环境中污染物浓度随时间和空间变化很大，情

况十分复杂。因此在使用现行的化学分析方法的同时，还应更多地使用和推广便携式直读仪器，进行现场实时检测。随着传感器技术的发展和电子计算机的应用，已有一些便携式直读仪器用于室内环境实时检测。有些仪器还具备数据处理、储存和再读功能，使用十分方便。这些仪器不仅能给出污染实时浓度，而且还能给出任一时间段的加权平均浓度。这些功能对于室内环境质量的评价是非常有用的。为了使便携式直读仪器的测定值与标准中规定的方法的测定值有可比性，开展两种方法对比研究是非常必要的。相信通过方法对比研究，会有越来越多的便携式直读仪器被标准所认可。这将会把我国室内环境监测和评价技术提高到一个新的水平。

本书是在中国科学技术协会工程学会联合会室内环境专业委员会和中国预防医学会卫生检验学分会空气理化检验学组联合倡导下，由中国疾病预防控制中心研究员、室内环境专业委员会副秘书长崔九思先生组织国内在这个学术领域有较高造诣的专家、教授和科技工作者合作完成的。它是我国第一本有关室内环境检测仪器和应用技术方面的专著，是各行各业实际工作者的重要参考书。本书资料来源多数是他们长期从事研究工作的经验和研究成果，而且也基本上反映了我国在室内环境检测仪器和应用技术的最新成就，很有实用价值。本书的出版必将进一步推动我国室内环境监测和评价工作，以及室内环境检测仪器的开发和应用。

朱钟杰

2004年5月

前 言

室内环境（包括住宅、办公室、各种公共场所）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限度会危害健康。为了控制室内环境污染，保护人体健康，对室内环境质量进行检测和评价是非常必要的。由于造成室内环境污染的污染源很多，污染物的组成复杂，且污染物浓度随时间和空间变化很大。因此，有必要用便携式直读仪器进行现场实时检测，以获得任一时间的瞬时浓度（包括浓度峰值）和任一时间段的加权平均浓度，为室内环境质量检价提供更多的信息。

随着传感器和计算机技术的不断进步和完善，自 20 世纪 80 年代以来，多种有毒、有害气体和其他污染物的便携式直读仪器得到较快的发展。有些仪器的测定范围、最小检测限、精密度、稳定性和抗干扰能力等项指标均能满足世界卫生组织和我国室内环境质量相关标准的要求。例如应用电化学传感器的一氧化碳和甲醛检测仪，光离子化的挥发性有机化合物检测仪，不分光红外吸收光谱的二氧化碳检测仪，以及光散射和压电晶体差频法的颗粒物检测仪等便携式直读仪器已广泛用于室内环境的现场实时检测。这些仪器还具有数据处理、储存和再读功能，使用非常方便。其中有些检测仪器，在与标准中规定的方法进行对比试验研究的基础上，已被列为标准方法或等效方法。随着这些仪器不断完善和应用技术不断提高，室内环境质量检测和评价将从目前传统的耗时、费力和昂贵的实验室化学分析方法走出来，更多地使用便携式直读仪器进行现场实时检测。

本书是在中国科学技术协会工程学会联合会室内环境专业委员

会和中华预防医学会卫生检验学分会空气理化检验学组联合倡导下，由长期从事室内环境污染检测和评价以及仪器的研制和应用技术领域的专家、教授和科技工作者合作编写。

本书共分十章，内容有室内环境检测仪器概论，室内空气污染物（包括气体、颗粒物和微生物）采样仪器，室内空气中无机和有机气体污染物以及颗粒物检测仪器，室内环境与建材放射性检测仪器，室内热环境参数测定仪器，室内环境噪声及空气离子测量仪器，校准检测仪器的气体标准物质，室内环境污染检测数据的分析和评价等。上述内容主要来源于编者长期从事这个领域的研究工作经验和研究成果的总结，很有实用价值。

参加本书编写工作的有中国疾病预防控制中心崔九思研究员（第一章中第二、第三、第四节和第二章中第一、第三、第五节以及第九章和第十章），朱昌寿研究员（第六章中第四节），宋瑞金研究员（第三章中第一、第二、第三、第四、第五、第六、第七节和第四章中第五节），戴自祝研究员（第七章），韩克勤主任技师（第二章中第二节和第四章中第一、第二节中二次浓缩-热解吸仪、第三、第四节），陈烈贤副研究员（第二章中第四节），甘永祥副主任技师（第八章中第一节）。还有英国 Keele 大学高级研究员、苏州斯坦福仪器有限公司董事长张思福（第一章中第一节和第三章中第八节），中国计量科学研究院电离辐射与医学处万国庆高级工程师（第六章中第一、第二、第三节），北京市科学技术研究院北京宾达绿创科技有限公司总经理朱一川研究员和副总经理张晶高级工程师（第五章），福建省漳州市东南电子技术研究所所长徐先高级工程师（第八章中第二节）以及上海大学上海科创色谱仪器有限公司总经理张天龙高级工程师〔第四章第二节中热解吸（一次）气相色谱仪〕。最后由崔九思研究员对全书进行了审校。中国疾病预防控制中心职业卫生所乔静镕副主任技师和环境与健康相关产品安全所傅斌副研究员协助部分章节打字和排版工作。本书的出版得到了化学工业出版社责任编辑任惠敏同志的大力支持。在此向所有参加和支持本书编写和出版的同

志表示衷心感谢。

由于时间仓促，编者水平有限，不足之处在所难免，恳请读者批评和指正。

编 者

2004年5月

目 录

第一章 室内环境检测仪器概论	1
第一节 现场检测仪器的的发展概况和分类	1
一、检测仪器的发展概况	1
二、检测仪器的分类	4
第二节 检测仪器的技术指标和要求	13
一、基本术语	13
二、仪器的技术指标和要求	16
第三节 检测仪器的检定和校准	17
一、检测仪器的检定	17
二、检测仪器的校准	24
第四节 检测仪器测量的质量保证	25
一、质量保证工作的内容	25
二、标准物质及其应用	26
三、实验室质量控制图及其应用	27
参考文献	31
第二章 室内空气污染物采样仪器	33
第一节 气体污染物采样器	33
一、有动力空气采样器	33
二、被动式采样器	51
第二节 颗粒物采样器	69
一、滤料采样器	69
二、高压静电沉降采样器	74
三、撞击式采样器	76
四、小旋风式采样器	80
五、向心力采样器	83
六、可吸入颗粒物采样器	86

第三节 双相多组分空气采样器	88
一、采样器结构和设计原理	88
二、采样器的安装和使用	91
三、采样器的性能评价	93
四、影响采样器使用的因素	99
第四节 空气微生物采样器	100
一、室内空气微生物污染和检测	100
二、过滤式采样器	107
三、安德森撞击式采样器	111
四、恒流撞击式采样器	121
五、缝隙式采样器	130
六、离心式采样器	133
第五节 空气采样体积的测量和流量校准	136
一、空气采样体积的测量	136
二、流量计及其校准	139
参考文献	158
第三章 室内空气中无机气体污染物检测仪器	161
第一节 二氧化硫检测仪器	161
一、紫外-荧光法	162
二、库仑滴定法	168
第二节 二氧化氮检测仪器	175
一、化学发光法	175
二、库仑原电池法	180
第三节 一氧化碳检测仪器	187
一、气体滤波相关红外线气体分析仪	187
二、电化学传感器法	191
三、汞置换法	194
四、气相色谱法(甲烷化-氢焰检测器)	200
第四节 二氧化碳检测仪器	204
一、不分光红外线气体分析仪	204
二、气相色谱法(热导检测器)	207
三、气相色谱法(热导和甲烷化-氢焰检测器)	210
第五节 臭氧检测仪器	215

一、紫外光度法	215
二、化学发光法	220
第六节 氨检测仪器	223
一、离子选择电极	224
二、现场比色测定仪	227
第七节 硫化氢检测仪器	229
第八节 电化学传感器无机气体污染物检测仪器	233
一、二氧化硫检测仪	233
二、二氧化氮、一氧化碳、硫化氢、臭氧和氨气检测仪	238
参考文献	244
第四章 室内空气中有有机气体污染物检测仪器	245
第一节 有机气体污染物分析常用检测器	245
一、氢火焰离子化检测器	245
二、光离子化检测器	248
三、微型氦离子检测器	252
第二节 挥发性有机物浓缩和热解吸仪	253
一、热解吸（一次）气相色谱仪	254
二、二次浓缩-热解吸仪	266
第三节 便携式气相色谱仪和挥发性有机物检测器	274
一、便携式气相色谱仪	274
二、便携式挥发性有机物检测器	276
第四节 苯、甲苯、二甲苯自动分析仪	280
第五节 甲醛检测仪器	285
一、电化学传感器	286
二、现场比色测定仪	289
参考文献	290
第五章 室内空气中颗粒物测定仪器	292
第一节 光散射法颗粒物测定仪器	292
一、可见光散射法	292
二、激光散射法	298
三、颗粒物的质量浓度转换系数	307
第二节 β 射线吸收法颗粒物测定仪器	309
第三节 压电晶体差频法颗粒物测定仪器	316

第六章 室内环境与建材放射性检测仪器	329
第一节 环境和建材放射性的来源与检测	330
一、环境和建材放射性的来源	330
二、环境与建材放射性检测的特点	336
第二节 环境 γ 辐射空气吸收剂量检测仪器	338
一、定义和术语	338
二、仪器的类型和性能要求	339
三、 γ 辐射空气吸收剂量检测仪器	341
四、仪器的选择和现场测量注意事项	352
五、仪器使用中的质量保证	355
第三节 环境和建材样品测量的 γ 谱仪与谱分析技术	357
一、核物理基础知识和概念	357
二、 γ 谱仪的原理与组成	360
三、 γ 谱仪的安装和调试与性能检验	370
四、样品的采集与制备	373
五、 γ 谱仪的刻度	376
六、样品的测量和修正及其不确定度分析	380
七、 γ 谱仪的检定与测量的质量保证	395
第四节 室内空气氡的测量仪器	397
一、与氡检测有关的名词和术语	397
二、室内氡的污染特征及其对检测的要求	399
三、测量的质量保证和现场测量的注意事项	408
四、双滤膜法测氡仪	410
五、闪烁室(瓶)法	413
六、半导体探测器	416
七、 α 径迹探测器	420
八、活性炭盒法	424
九、氡子体的测量	428
参考文献	433
第七章 室内热环境参数测定仪器	437
第一节 室内热环境参数	437
一、室内热环境	437
二、热舒适环境	437

三、评价热环境的方法	438
四、室内热环境参数测定要求	439
第二节 气温测量仪器	440
一、玻璃液体温度计	440
二、数显式温度计	441
第三节 空气湿度测量仪器	442
一、通风干湿表	442
二、电湿度计	443
第四节 风速测量仪器	444
一、热球式电风速计	444
二、转杯式风速表	445
第五节 辐射热测量仪器	446
一、辐射热计	446
二、黑球温度计	448
第六节 室内新风量、换气量测定方法	449
一、风口风速和风量的测定	449
二、示踪气体法	451
第七节 热环境综合参数测定方法和仪器	453
参考文献	454
第八章 室内环境噪声及空气离子测量仪器	456
第一节 室内环境噪声测量仪器	456
一、噪声物理特性及其危害	456
二、噪声测量仪器	458
三、噪声的评价与检测	463
第二节 空气离子测量仪器	468
一、空气离子测量的意义和要求	468
二、空气离子测量仪器	470
参考文献	481
第九章 校准检测仪器的气体标准物质	482
第一节 高压钢瓶装的气体标准物质	482
一、静态配气和高压钢瓶配气	482
二、CO/N ₂ 和 CO ₂ /N ₂ 气体标准物质	483
第二节 零空气和动态稀释配气装置	491

一、零空气及其发生	492
二、动态稀释配气装置	493
第三节 渗透管配气方法	499
一、渗透管及其配气原理	499
二、二氧化硫渗透管	506
三、二氧化氮渗透管	514
四、硫化氢渗透管	519
第四节 扩散管配气方法	526
一、扩散管的构成和配气原理	526
二、甲醛扩散管	529
三、苯扩散管	540
四、挥发性有机化合物扩散管	547
第五节 臭氧发生器和臭氧浓度的标定	550
一、臭氧发生器	550
二、臭氧浓度的标定	551
三、气相滴定方法	568
参考文献	579
第十章 室内环境污染检测数据的分析和评价	580
第一节 测量数据的统计分析	580
一、实验数据的统计方法	580
二、不确定度及其应用	599
第二节 测量数据的综合和处理	610
一、原始数据的格式	610
二、检测数据的处理	611
第三节 测量数据的评价	618
一、室内污染源检测数据的评价	618
二、室内空气质量检测数据的评价	628
三、特定目的检测数据的评价	632
四、人对空气污染物个体接触量的评价	635
参考文献	639
附录	641
I 分析仪器基本术语	641
II 室内空气质量标准	649

III	室内空气质量卫生规范	650
IV	木质板材中甲醛的卫生规范	651
V	室内用涂料卫生规范	651
VI	室内装饰装修材料人造板及其制品中甲醛释放限量	653
VII	室内装饰装修材料溶剂型木器涂料中有害物质限量	653
VIII	室内装饰装修材料内墙涂料中有害物质限量	654
IX	室内装饰装修材料胶黏剂中有害物质限量	655
X	室内装饰装修材料木器家具中有害物质限量	655
XI	室内装饰装修材料壁纸中有害物质限量	656
XII	室内装饰装修材料聚氯乙烯卷材地板中有害物质限量	656
XIII	室内装饰装修材料地毯、地毯衬垫及地毯胶黏剂中有害物质 限量	657
XIV	混凝土外加剂中释放氨的限量	658
XV	建筑材料放射性核素限量	658
XVI	民用建筑工程室内环境污染控制规范	658
XVII	各类公共场所卫生标准	661
XVIII	室内空气污染物卫生标准	665
XIX	不同温度下水的饱和蒸气压	666
XX	不同温度下气体的摩[尔]体积	667
XXI	ppm 与 mg/m^3 的换算	668
XXII	t 分布表	669
XXIII	采样和分析记录表格	670

第一章 室内环境检测仪器概论

第一节 现场检测仪器的的发展概况和分类

一、检测仪器的的发展概况^[1]

(一) 实验室化学分析仪器

分析仪器是用来对物质的化学成分进行定性/定量分析，物理/化学结构和状态确认的精密仪器。在 20 世纪的上半叶，经典化学分析方法对当时的科学技术发展起着巨大的作用。但一般来说，这些方法灵敏度不高，分析速度较慢，操作误差较大。

20 世纪 50 年代，分析化学开始与光学、机械、电磁学、声学等多种学科相结合，将经典化学分析方法发展成仪器分析法，因此出现了种类繁多的实验室分析仪器。它们的共同特点是大大提高了分析速度和灵敏度，操作相对简便，易于实现自动化。实验室化学分析仪器主要包括以下几大类：

(1) 基于电磁波辐射与物质相互作用机理的仪器。如分子/原子吸收分光光度计、紫外光/可见光分光光度计、荧光/磷光光度计、红外/傅里叶红外光谱仪、拉曼光谱仪、光声/光热光谱仪及激光光谱仪等。

(2) 基于层析/色谱原理的各种色谱仪。如气相/液相色谱仪、凝胶色谱仪、离子色谱仪、薄层色谱仪、逆流色谱仪、多维色谱仪及各种电泳仪等。

(3) 基于对离子质量分析的各种质谱仪。如同位素质谱仪、有机/无机质谱仪，现代计算机技术把质谱分析与其他分析技术联用

起来，形成“色谱-质谱”联用系统，“色谱-质谱-质谱”联用系统等。

(4) 基于电子束/粒子束分析技术的各种显微仪器。如透射/扫描电子显微镜、隧道扫描电镜、电子/离子探针、X射线电子能谱仪等。

(5) 基于粒子自旋-共振-吸收机理的仪器。如核磁共振波谱仪、电子自旋共振波谱仪。

(6) 基于检测放射性物质在其衰变过程中产生或形成的 α 粒子、 β 粒子、X射线、 γ 射线的各种辐射检测仪器。如射线检测仪， γ 能谱仪，氡测量仪等。

(二) 现场检测仪器

近三四十年来，分析仪器又发生了一次大的变革。由于微电子技术，微波技术，激光技术，自动化技术，特别是化学传感器技术和计算机技术的飞跃发展，不仅大大提高实验室分析仪器自身的水平和档次，使分析工作经历了从宏观到微观，从表面到内层，从静态到动态的发展过程，而且使分析仪器体积越来越小，操作越来越简便，测试速度越来越快，人为误差越来越小，测试功能越来越多样化，这相当于将整个实验室微型化，从而实现了现场采样，实时分析，当场出结果。

1. 电化学传感器

现场检测仪器中最关键的部件是传感器，它被用来对所检测的化学量或物理量产生敏感响应并转化为可识辨的电信号。在不同的技术领域，传感器可有不同的名称，如变送器（制造业），检测器（光电技术领域），探头（使用于液体中的传感器），检拾器（微型传感器）等。

现场检测分析仪器得益于小型化学传感器和光学传感器技术的逐渐成熟。传感器是现场检测分析仪器的关键部件，它应具有高灵敏、低噪声、响应快、体积小、重复性好、工作稳定等性能。20世纪50年代初，一种称之为克拉克（Clark）电极的氧传感器首次成功地用于液体中溶解氧分压的测量。该传感器由一对贵金属做成