

HUANJING JIANCE SHIYONG JISHU

环境监测 实用技术

齐文启 主 编

孙宗光 石金宝 副主编

中国环境科学出版社

环境监测实用技术

主 编 齐文启

副主编 孙宗光 石金宝

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

环境监测实用技术 / 齐文启主编. —北京: 中国环境科学出版社,
2006.5

ISBN 7-80209-299-X

I. 环… II. 齐… III. 环境监测 IV. X83

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 042326 号

责任编辑 吴淑岱 赵惠芬

责任校对 扣志红

封面设计 耀午书装

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2006 年 6 月第一版
印 次 2006 年 6 月第一次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 40
字 数 910 千字
定 价 98.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

主 编：齐文启

副主编：孙宗光 石金宝

参加编写人员：汪志国 黄业茹 牟世芬 邓九兰

陈 光 陈 丰 俞新华 沈叔平

董玉珍 李 冰 李瑞琴 席俊清

连 军 敬 红 宗惠娟 李 祥

鲁爱昕 范 朝 楼竞晖 杨冬雪

边归国 梁富生 冷文宣 彭刚华

序

环境保护日益受到政府和公众的关注，是我国实现可持续发展、构建和谐社会的重要内容，在我国社会经济发展进程中的重要地位和作用越来越被人们所认知。环境监测是环境保护工作的重要基础，环境监测水平的高低直接关系到环境保护工作的科学化程度，关系到环保工作依法行政和执法监管的能力水平。环境监测水平的提升必须依靠环境监测技术的不断发展和创新。

环境监测是指在一定时间和空间范围内，间断或不间断地测定环境中污染物的浓度，观察、分析、评价其变化趋势和对环境影响的程度。环境监测在如实反映环境质量状况，判断企业的污染物排放是否达标，污染纠纷仲裁和污染事故调查处理等过程中，起着关键作用。因此，环境监测必须科学、规范、及时、全面，才能适应新形势下环境管理的需要。

长期以来，我国环境监测工作者积极关注国内外环境监测技术发展动态，结合实际深入开展各种环境监测技术方法的研究，基本形成了中国环境监测技术体系，但尚不够完善，与新的环境保护形势还不相适应。特别是近几年，我国环境质量标准、污染物排放标准、环境监测仪器发展较快，对环境监测技术和能力提出了新的需求，环境监测面临着新的压力和挑战，环境监测技术能否适应新形势的需要，直接影响着环境监测为环境管理服务的质量和水平。

这本《环境监测实用技术》的主编齐文启博士毕业于日本东京大学，是我国环境监测领域的知名专家。他和共同编写本书的作者既有较深厚的理论基础，又有较丰富的实践经验。本书在提炼多年实践经验的基础上，

还收集、整理、参考了美国、日本等发达国家最新的环境监测技术，对环境分析实验室基本要求、监测分析操作基本技术、各种仪器测量技术、自动监测技术、监测质量保证和质量控制及目前我国环境标准中存在的问题等作了全面深入的阐述。

本书整体上具有如下特点：

实用性：本书紧密结合我国环境监测工作实际，分析日常监测工作中遇到的常见问题，提出解决办法，还提出了仪器分析中的干扰消除、一般故障排除等技术，非常适合基层环境监测工作者的需要；新颖性：本书将目前国内外最新的环境监测技术进行了全面的总结和整理，列出了很多新方法、新技术，可开阔环境监测工作者的视野；全面性：本书介绍了近代各种环境分析技术在环境监测中的应用，还介绍了水的监测技术和气的监测技术，不仅有实验室常规分析，还涉及自动监测技术，分析了目前环境标准中存在的一些问题，基本概括了当前环境监测技术的有关领域；实践性：本书是作者在大量实践经验的基础上，分析了基层环境监测工作者面临的各種技术问题，提出解决措施，不仅是他们多年实践经验的总结，也总结了我国基层环境监测工作的经验，将对各级环境监测技术人员具有较强的指导作用。对他们来说，这也是一本适用性较强的技术工具书。

魏复盛

2006年5月

目 录

第一章 分析实验基本要求	1
1.1 实验室环境	1
1.1.1 实验楼的选址和朝向	1
1.1.2 实验楼建筑结构和实验室设置	1
1.1.3 实验室室内布设要求	3
1.1.4 其他要求	4
1.1.5 废气、废水和废物的处置	4
1.2 实验用水	4
1.2.1 实验用水的要求	4
1.2.2 实验用水的制备	5
1.2.3 实验用水的质量要求和检验	6
1.2.4 实验用水的贮存	9
1.3 化学试剂	9
1.3.1 试剂的质量规格	9
1.3.2 试剂的选用	10
1.3.3 试剂的保管	10
1.3.4 试剂及标准溶液的配制和使用	11
1.4 气体钢瓶及其使用	14
1.4.1 概述	14
1.4.2 钢瓶使用注意事项	14
1.5 环境标准物质和质控样品的应用	15
1.5.1 环境标准物质的应用	15
1.5.2 质控样品的应用	17
第二章 监测分析操作基本技术	18
2.1 概述	18
2.2 实验室各种器皿的选用和洗涤	18
2.2.1 器皿的选用	18
2.2.2 器皿的洗涤	21
2.3 称量操作及天平的使用	23
2.3.1 天平的选择	23

2.3.2	天平及砝码的使用	25
2.3.3	称量方法	27
2.3.4	称量准确度和称量误差	28
2.4	吸量、定容和滴定操作	28
2.4.1	玻璃量器常用术语	29
2.4.2	量器的准确度等级和技术要求	30
2.4.3	操作技术要求	30
2.4.4	量器使用注意事项	33
2.5	萃取	34
2.5.1	萃取的基本原理	34
2.5.2	萃取剂的选择要求	35
2.5.3	萃取操作	36
2.5.4	关于油类和挥发酚的萃取	37
2.6	蒸馏	38
2.6.1	常压蒸馏	39
2.6.2	减压蒸馏（真空蒸馏）	40
2.6.3	水蒸气蒸馏	42
2.6.4	分馏	42
2.7	消解	43
2.7.1	消解	43
2.7.2	熔融	45
2.7.3	微波消解法	45
2.8	加热、蒸发、干燥和灼烧	46
2.8.1	加热操作	46
2.8.2	蒸发	47
2.8.3	干燥	47
2.8.4	灼烧	50
2.9	过滤	51
2.9.1	滤器	51
2.9.2	滤料	51
2.9.3	过滤操作	52
2.10	结晶	54
2.11	离子交换	55
2.11.1	离子交换树脂概述	56
2.11.2	交换和洗脱过程	58
2.11.3	离子交换树脂的使用和贮藏	58
2.11.4	离子交换的操作	59
2.12	粉碎、研磨和过筛	60
2.12.1	研钵种类	60

2.12.2 研磨操作	61
2.12.3 过筛	61
2.13 冷却	62
2.13.1 空气或水回流冷却	62
2.13.2 制冷剂的使用	62
2.13.3 冰箱的使用	63
2.14 层析分离	63
2.14.1 柱层析	63
2.14.2 薄层层析	64
2.14.3 纸上分配层析操作	66
2.15 沉淀	66
2.16 离心分离	67
第三章 紫外-可见分光光度法	69
3.1 基础知识	69
3.2 分光光度计	73
3.2.1 紫外-可见分光光度计组件	73
3.2.2 环境监测中常用的分光光度计	75
3.2.3 分光光度技术的进展	76
3.3 分光光度法测量技术	76
3.3.1 显色反应	77
3.3.2 测定条件的选择	77
3.3.3 反应条件的选择	78
3.3.4 分光光度法的准确度和精密度	78
3.3.5 分光光度法的应用技术	80
3.4 分光光度计的性能检定和维护	86
3.4.1 可见分光光度计 (JJG 178—96)	86
3.4.2 单光束紫外-可见分光光度计 (JJG 375—96)	88
3.4.3 分光光度计的日常维护	93
第四章 火焰原子吸收法	95
4.1 概述	95
4.2 最佳工作条件的选择	95
4.3 火焰原子吸收法的干扰及消除方法	102
4.3.1 物理干扰	102
4.3.2 化学干扰及消除方法	103
4.3.3 基体效应和背景吸收的检查与消除	110
4.4 仪器的正常使用与一般故障排除	111
4.5 仪器的日常维护	113

4.6 测量与避免测量误差	114
第五章 无火焰原子吸收法	117
5.1 概述	117
5.2 最佳工作条件的选择	118
5.3 石墨炉原子吸收法的干扰及消除方法	125
5.3.1 化学干扰及消除	125
5.3.2 光谱干扰	131
5.3.3 背景校正	136
5.4 测量与测量误差的原因分析	140
第六章 原子荧光法	161
6.1 概述	161
6.2 原子荧光法的基本原理	161
6.3 原子荧光测定中的影响因素	162
6.4 原子荧光测定中最佳工作参数的选择	164
6.5 干扰及消除方法	168
6.5.1 干扰的分类	168
6.5.2 判别气相和液相干扰的方法	169
6.5.3 消除干扰的办法	170
6.6 原子荧光测定中应注意的一些问题	172
6.7 原子荧光法在环境试样测定中的应用	176
第七章 电感耦合等离子体发射光谱法	180
7.1 ICP-AES 的性能特点	180
7.2 等离子体发射光谱仪结构	181
7.3 ICP 光源的形成和特征	183
7.4 ICP 光源的重要工作参数	184
7.5 ICP 光源的观察方向	185
7.6 ICP 光谱分析的干扰及校正	186
7.6.1 光谱干扰及校正	186
7.6.2 物理干扰及校正	188
7.6.3 电离干扰与基体效应干扰及校正	188
7.7 仪器的日常维护	188
7.7.1 操作环境	189
7.7.2 仪器部分	189
7.8 常见故障及处理	190
7.9 ICP-AES 中样品的分解与制备	192
7.9.1 样品的制备与分解的要求	192

7.9.2 固体样品的制备	193
7.9.3 实验室要求	193
7.9.4 无机酸的选用	194
7.9.5 分解方法	196
7.9.6 分离和预富集	197
第八章 电感耦合等离子体质谱	198
8.1 概述	198
8.2 仪器基本结构	199
8.3 ICP-MS 分析技术的特点	204
8.4 ICP-MS 分析中的干扰及解决途径	204
8.4.1 质谱干扰	205
8.4.2 解决质谱干扰的途径	206
8.4.3 非质谱干扰及其校正	208
8.5 应用	208
8.5.1 元素定量分析	209
8.5.2 元素化学形态分析	210
8.5.3 同位素比值分析	211
8.6 ICP-MS 主要性能指标	211
8.7 仪器日常维护	212
8.8 ICP-MS 仪器操作规程通则	214
8.8.1 适用范围	214
8.8.2 方法原理	214
8.8.3 试剂和材料	215
8.8.4 仪器	215
8.8.5 样品处理	215
8.8.6 空白实验	216
8.8.7 测量步骤	217
8.8.8 分析结果处理	217
8.8.9 质量保证与控制	219
8.8.10 安全注意事项	219
8.9 四极杆电感耦合等离子体质谱仪校验与检定通则	219
8.9.1 适用范围	219
8.9.2 原理和用途	219
8.9.3 仪器结构	220
8.9.4 计量单位	220
8.9.5 计量要求	221
8.9.6 技术要求	222
8.9.7 安装条件	222

8.9.8 检定环境.....	222
8.9.9 检定设备.....	222
8.9.10 检定项目和检定方法.....	223
第九章 傅立叶变换红外法	226
9.1 概述.....	226
9.2 傅立叶变换红外光谱仪的组成.....	228
9.3 傅立叶变换红外光谱仪的功能.....	231
9.4 FT-IR 光谱的定量分析	232
9.5 FT-IR 的定性分析	234
9.6 制样方法.....	235
9.7 误差来源的判断与解决	236
9.8 仪器的常见故障与解决	240
第十章 高效液相色谱法	241
10.1 概述	241
10.2 高效液相色谱法的简单介绍.....	242
10.3 样品前处理	243
10.3.1 液体样品的前处理.....	243
10.3.2 固体样品的前处理.....	245
10.4 流动相的选择	245
10.5 检测器	247
10.6 使用色谱柱的注意事项	250
10.7 HPLC 的定性和定量分析	251
10.8 反相色谱	252
10.9 仪器的日常维护	252
第十一章 气相色谱和气相色谱-质谱法	254
11.1 概述	254
11.1.1 气相色谱法	254
11.1.2 气相色谱-质谱法.....	254
11.2 气相色谱分析中的干扰和色谱性能.....	256
11.3 基线的影响	257
11.4 GC 预防性维护和纠正操作.....	257
11.5 气相色谱分析中使用的设备和消耗品.....	257
11.6 气相色谱分析和气相色谱-质谱分析中的质量控制 (QC)	259
11.7 有机物分析中的样品保存.....	265
11.8 样品的萃取、净化和分离.....	268
11.8.1 萃取.....	268

11.8.2 净化和分离	270
11.9 样品的分析过程	270
11.9.1 色谱性能	270
11.9.2 质谱性能	270
11.9.3 初期校正	272
11.9.4 保留时间窗口	276
11.9.5 校正确认	276
11.9.6 样品的色谱分离	277
11.9.7 化合物鉴定	278
11.9.8 浓度计算	279
11.10 色谱系统维护的建议	279
第十二章 离子色谱在环境分析中的应用	281
12.1 基本概念	281
12.1.1 应用范围	281
12.1.2 离子色谱仪	283
12.1.3 离子色谱的分离机理和流动相	283
12.1.4 抑制器的工作原理	289
12.2 “只用水”作流动相载体的离子色谱	293
12.2.1 关键部件及工作原理	293
12.2.2 RFIC 的突出优点	295
12.3 离子色谱在环境分析中的典型应用	297
12.3.1 离子色谱的样品前处理	297
12.3.2 常见阴、阳离子的分析	307
12.3.3 饮用水中消毒副产物溴酸盐和典型污染物高氯酸的分析	321
12.3.4 价态和形态分析	332
12.4 离子色谱分离柱和抑制器的常规维护	341
12.4.1 色谱柱常见故障	341
12.4.2 抑制器使用中的常见故障	342
12.4.3 色谱柱的保存与清洗	343
12.4.4 抑制器的保存和清洗	343
第十三章 空气和废气监测分析技术	345
13.1 空气质量自动监测系统	345
13.1.1 TH-2000 型空气质量自动监测系统	345
13.1.2 LGH-01 型空气质量自动监测系统	367
13.1.3 XH2000B 型空气质量自动监测系统	376
13.2 便携式废气监测仪器	389
13.2.1 定电位电解法烟气分析仪器	389

13.2.2 非分散红外法烟气分析仪	394
13.3 便携式烟尘（油烟）采样器	398
13.3.1 便携式烟尘（油烟）采样器仪器原理	398
13.3.2 仪器维护和常见问题及处理方法	399
13.4 烟气连续监测系统	403
13.4.1 烟尘颗粒物连续监测技术	403
13.4.2 气态污染物连续监测技术	410
13.4.3 烟气流速监测技术	413
13.4.4 烟气连续监测系统的标定校准技术	417
第十四章 质量控制和质量保证	423
14.1 概述	423
14.2 实验室质量管理的相关概念	424
14.3 认证、认可和质量管理的关系	433
14.3.1 计量认证/实验室认可	433
14.3.2 计量认证和实验室认可评审的基本内容	434
14.3.3 规范化监测的全过程	441
14.4 实验室质量控制与数据统计处理	442
14.4.1 实验室内质量控制	442
14.4.2 实验室间质量控制	445
14.4.3 数据统计处理	446
14.5 质量控制的标准化操作程序（SOPs）	454
14.6 不确定度与误差	455
14.6.1 不确定度	455
14.6.2 误差	456
14.6.3 误差与不确定度的区别	456
14.6.4 不确定度的来源	457
14.6.5 不确定度的评定方法	457
14.6.6 不确定度评定示例	460
14.7 实验室分析质控程序与质控指标体系	494
14.7.1 校准曲线及精密度、准确度检验	494
14.7.2 干扰试验	495
14.7.3 实验室分析质控程序	495
14.7.4 实验室分析质控指标体系	496
14.7.5 关于建立有机污染物监测分析质控指标体系	498
第十五章 目前环境标准中存在的一些问题	501
15.1 概述	501
15.2 污水综合排放标准（GB 8978—1996）	501

15.3 地表水环境质量标准 (GB 3838—2002)	503
15.4 城镇污水处理厂污染物排放标准 (GB 18918—2002)	505
15.5 土壤环境质量标准 (GB 15618—1995)	505
15.5.1 国内的其他土壤标准	506
15.5.2 ISO 及发达国家的相关标准	507
15.5.3 我国土壤环境质量标准制定中的问题	509
15.5.4 土壤环境标准中规定的制样方法	510
15.6 水中油类监测存在的问题与解决办法	511
15.6.1 前言	512
15.6.2 调查过程与结果	512
15.6.3 油监测中存在的问题分析及解决办法	517
15.7 水中汞监测存在的问题与解决办法研究	522
15.7.1 前言	522
15.7.2 汞的测定方法	523
15.7.3 汞监测中存在的问题和解决办法	523
15.8 COD、BOD 和 DO 测定中的技术问题和数据分析	532
15.8.1 前言	532
15.8.2 COD、BOD 和 DO 的概念	532
15.8.3 测定中的技术问题和数据分析	533
15.9 总氮、总磷监测中存在的有关问题	538
15.9.1 前言	538
15.9.2 我国关于总氮、总磷的相关标准及地表水浓度现状	539
15.9.3 “三氮”和总氮监测中存在的问题及解决办法	540
15.9.4 总磷的测定	543
15.10 大气污染物综合排放标准 (GB 16297—1996)	546
15.11 环境空气质量标准 (GB 3095—1996)	546
附录 1 标准方法系列	548
1 气	548
1.1 空气和废气	548
1.2 室内空气	554
2 水	555
2.1 水和污水	555
2.2 水中挥发性有机污染物	565
2.3 水中半挥发性有机污染物	566
2.4 水质自动监测方法	567
3 其他	568

附录 2 亚洲地区环境监测实验室精度调查	571
1 无机污染物的实验室精度调查	571
1.1 调查项目及样品情况	571
1.2 分析方法	572
1.3 数据统计检验	573
1.4 数据的解析	590
1.5 问题与分析	593
2 有机污染物的实验室精度调查	595
2.1 调查项目、样品情况及实验人员情况	595
2.2 分析方法的选用	596
2.3 直方图	597
3 结论	609
3.1 标准曲线的线性关系	609
3.2 方法的最低检出限	609
3.3 准确度和精密度	610

第一章 分析实验基本要求

1.1 实验室环境

实验室环境条件直接影响分析结果的质量、分析人员的身体健康,以及工作效率和仪器设备的使用寿命。实验室周围存在污染物质会对实验结果产生影响,而实验所产生的废气和废水亦可影响周围环境,因此,在新建实验室时,要考虑这些因素。已建成的实验室,若不能满足下述条件,则应加以改进。

1.1.1 实验楼的选址和朝向

进行分析实验的场所,首先应是清洁的、安静的,因此,实验楼最好与交通干线、产生废气和烟尘的工厂保持一定的距离。实验楼亦不宜建在人口稠密的居民区,以防止实验室产生的有害气体影响周围的环境。此外,实验楼的周围要有适当的绿化带,有利于改善局部的微小气候、减少尘埃和降低噪声。

实验楼主楼宜南北向,使实验室内避免阳光直射,如果受条件限制部分实验室为东西向时,则应设置有效的遮光措施,防止阳光对仪器和试剂产生不良影响以及妨碍实验人员的操作和观察。

1.1.2 实验楼建筑结构和实验室设置

以下所提出的要求,主要是针对一般的环境污染物和环境试样监测的理化实验室而言,并不包括放射性监测和生物、微生物检验实验室。

我国地域辽阔,东部沿海多雨湿润,西部少雨干燥,南方炎热,北方寒冷,均需要因地制宜的综合考虑。

1. 实验楼建筑结构

(1) 实验楼应能防震、防尘、防火、防潮,隔热良好,要求墙、柱、梁、楼板和屋顶均为不可燃材质。

实验室内高度应保证有足够的有效空间,地面不透水,以免积水渗漏,影响下层实验室。

走廊宽度应满足工作和安全的需要,多层建筑除主楼梯外,还应设有安全楼梯或货物搬运电梯。