

普通高等教育规划教材

环境监测

Environmental Monitoring

蒋辽川 江 涛 杨剑萍 ◎ 主 编



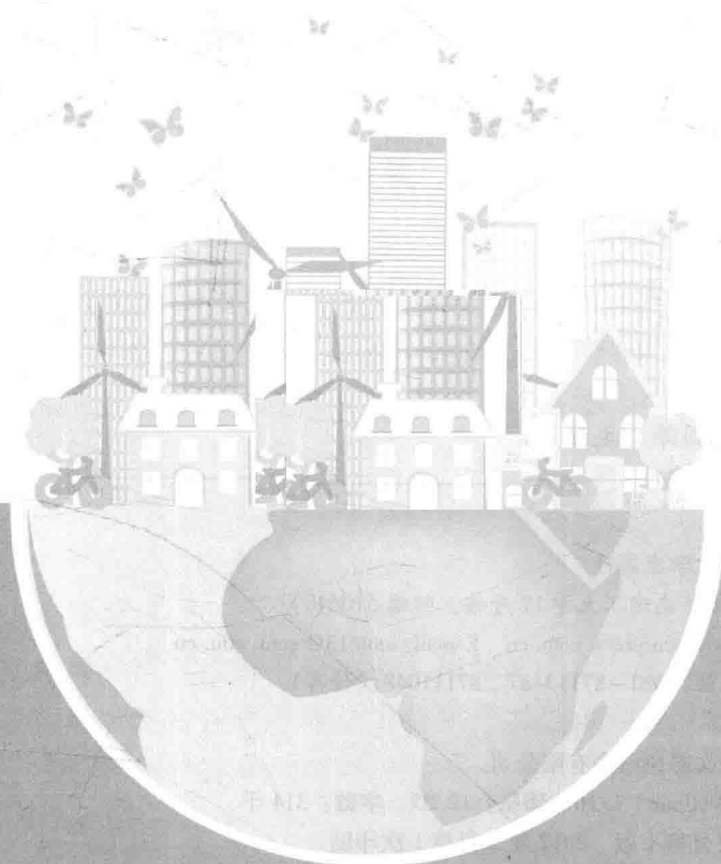
华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

本书获得广东第二师范学院“创新强校工程”项目
(应用化学专业综合改革试点)资助

环境监测

Environmental Monitoring

蒋辽川 江 涛 杨剑萍 ◎ 主 编



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·

图书在版编目(CIP)数据

环境监测/蒋辽川, 江涛, 杨剑萍主编. —广州: 华南理工大学出版社, 2017. 5
ISBN 978-7-5623-5240-2

I. ①环… II. ①蒋… ②江… ③杨… III. ①环境监测 IV. ①X83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 089663 号

环境监测

蒋辽川 江涛 杨剑萍 主编

出版人: 卢家明

出版发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

<http://www.scutpress.com.cn> E-mail:scutcl3@scut.edu.cn

营销部电话: 020-87113487 87111048 (传真)

责任编辑: 林起提

印刷者: 佛山市浩文彩色印刷有限公司

开本: 787mm×960mm 1/16 印张: 12.25 字数: 314 千

版次: 2017 年 5 月第 1 版 2017 年 5 月第 1 次印刷

定价: 36.00 元

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换

高等学校化学化工类专业实验系列教材编写指导委员会

顾问：曾小龙 陈爱葵

主任：江 涛

副主任：陈作义 蒋辽川 关高明

委员：吴映红 赵丹华 邓朝霞 杨剑萍

许伟钦 柳晓俊 邱燕璇 刘丽平

《环境监测》编写委员会

主 编：蒋辽川 江 涛 杨剑萍

编 委：赵丹华 许伟钦 史 蕾 陈作义

序 言

环境污染问题已经威胁到人类生存，环境监测在防治环境污染、解决环境问题、改善人类生活环境和生态环境、协调人类和环境的关系及对人类社会的可持续发展方面起着举足轻重的作用。环境监测的结果又是环境管理、环境评价、环境规划、环境治理的重要依据。

环境监测是环境科学的一个重要分支，通过对环境影响因素的研究来确定环境因素及其变化规律，通过进行影响环境质量的代表值的测定可以确定环境质量即污染程度及其变化趋势。

环境监测是一门理论与实践紧密结合的综合性课程。编者根据环境监测课程的特点，基于日常教学实践，从注重理论教学、强化实验教学及结合实习教学三个方面，编写了《环境监测》一书。此书内容较为丰富，注重理论知识与实践分析相结合，突出了环境监测中的实验原理、测试方法和质量保证等特点。根据环境监测技术的不断改进和完善，在采用标准分析方法的同时，增加了一些新的方法和标准。这对教学改革与发展具有良好的促进作用。

本书摒弃了艰涩难懂的公式推导过程和陈旧冗长的理论内容，对重要的环境监测项目，先阐述其原理、方法和技术要点，再安排具体的检测实验，真正做到理论与实践并重。编者以原理和实例的方式进一步诠释了环境监测教学内容，不仅有利于学生较好地掌握环境监测的基本理论和专业知识，为学生将来从事环境监测相关工作奠定理论基础，还有助于培养学生的实践能力、分析问题能力和解决问题能力，从而夯实学生的专业技能素质。

本书立足于普通高校以就业为导向的人才培养目标，结合社会企业对应用型人才的需求，优选重点特色内容和分析检测项目，适用于大中专院校的应用化学、普通化学以及环境相关专业的环境监测等课程，也可供从事环境检测工作的技术人员参考使用。



2017年3月

前 言

近年来,随着我国社会经济的快速发展,环境污染问题日益严重。为了促进经济建设和环境保护的协调发展,环境监测成为实现和谐可持续发展的重要手段。环境监测是环境保护的基础性工作,能够使人们掌握环境质量状况和变化发展趋势,能够为我们更好地实施环境管理提供支持和技术服务,同时也能为环境保护相关部门实现监督管理、控制污染源等方面提供依据,从而达到保护生态环境、保护人类生命健康的目的。

本书既包含环境监测的理论部分,又包含实验部分。其目的是不仅能够帮助读者了解环境监测的目的和意义,还能够帮助读者掌握实验设计和典型污染物的测定方法,提高读者的动手能力,同时也能够培养读者的综合思维能力和解决实际问题的能力。

全书共分为9章,分别为环境监测绪论、环境监测质量保证与质量控制、水和废水监测、固体样品污染监测、大气污染监测、微生物污染监测、噪声污染监测、综合设计实验、环境标准。其中,第1、7章由蒋辽川编写,第3、8章由江涛编写,第5、6章由杨剑萍编写,第4章由赵丹华编写,第9章由史蕾和邓朝霞编写,第2章由许伟钦编写,全书由蒋辽川和杨剑萍统稿,江涛副教授定稿。

本书是在广东第二师范学院的大力支持和资助下出版,对此表示诚挚的谢意!

由于编者能力有限,书中不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者
2016年12月

目 录

第 1 章 环境监测绪论	1
1.1 环境监测的概念	1
1.2 环境监测的主要任务和内容	1
1.3 环境监测的分类	1
1.4 环境污染和环境监测的特点	2
1.5 环境监测的基本程序	3
1.6 环境监测的基本原则和要求	3
1.7 监测技术概述	4
第 2 章 环境监测质量保证与质量控制	6
2.1 任务与目标	6
2.2 监测实验的质量保证与控制	8
第 3 章 水和废水监测	19
基础知识部分	
3.1 水质污染与监测	19
3.2 水质监测方案制订	21
3.3 水样的采集和保存	23
3.4 水样的预处理	26
3.5 物理指标检验	28
3.6 金属化合物的测定	29
3.7 非金属无机物的测定	32
3.8 有机污染物的测定	34
监测实训部分	
实验一 水样 pH 值和电导率的测定	36
实验二 水样色度的测定	39
实验三 废水悬浮物的测定	41
实验四 水样浊度的测定	43
实验五 碘量法测定水中溶解氧	45
实验六 河水中化学耗氧量(COD)的测定	48
实验七 五日生化需氧量(BOD ₅)的测定	50
实验八 水中亚硝酸盐氮的测定	54

实验九 废水中铬的测定	57
实验十 废水中总酚类的测定(4-氨基安替比林分光光度法)	61
实验十一 工业废水中酚类物质的检测(反相高效液相色谱法)	65
实验十二 水中总氮的测定	67
实验十三 阳极溶出伏安法测定水中微量铅和镉	70
第4章 固体样品污染监测	73
基础知识部分	
4.1 固体样品消解方法	73
4.2 固体样品中金属总量测定的前处理	76
监测实训部分	
实验一 土壤样品中重金属元素的测定	78
实验二 植物样品中微量锰元素的测定	80
实验三 头发中含汞量的测定	82
实验四 不同消化方法:石墨炉原子吸收法测定大米中镉的比较	84
第5章 大气污染监测	87
基础知识部分	
5.1 空气污染基本知识	87
5.2 空气污染监测方案的制定	89
5.3 空气样品的采集方法和采样仪器	91
5.4 气态和蒸气态污染物质的测定	93
5.5 颗粒物的测定	98
5.6 降水监测	100
5.7 污染源监测	101
5.8 标准气体的配制	104
监测实训部分	
实验一 环境空气 PM ₁₀ 和 PM _{2.5} 的测定(重量法)	105
实验二 大气中二氧化硫的测定	108
实验三 空气中氮氧化物的测定	113
实验四 室内空气中甲醛的测定	115
第6章 微生物污染监测	121
基础知识部分	
6.1 微生物实验操作要求	121
6.2 水体污染检测	126
监测实训部分	
实验一 水中细菌总数的检测	134
实验二 水中总大肠杆菌群的测定	137
实验三 沙门氏菌的检验	138

第 7 章 噪声污染监测	142
基础内容部分	
7.1 声级	142
7.2 声环境功能区分类	144
7.3 环境噪声限值	144
实验一 校园环境噪声监测	145
实验二 交通噪声监测	147
第 8 章 综合设计实验	150
实验一 校园空气环境监测方案	150
实验二 河流水质监测方案制定	157
第 9 章 环境标准	165
9.1 我国的环境标准体系	165
9.2 我国重要的环境标准名录	168
附录 1 污染物浓度排放标准	177
附录 2 环境保护常用标准汇编	183
参考文献	186

第1章 环境监测绪论

1.1 环境监测的概念

环境监测是指由环境监测机构按照规定的程序和有关法规的要求,对代表环境质量及发展趋势的各种环境要素进行技术性监视、测试和解释,对环境行为符合法规情况进行执法性监督、控制和评价的全过程操作。

1.2 环境监测的主要任务和内容

主要包括以下六个方面:

- (1) 监视解释代表(反映)环境质量变化的各种要素;
- (2) 测试评价对人与环境有影响的各种环境因素;
- (3) 监督控制对环境造成污染或危害的各种行为;
- (4) 督察促进有关污染防治和环保法规的贯彻执行;
- (5) 为制定及执行环境法规、标准及环境规划、环境污染防治对策等提供可靠、公正、科学的依据;
- (6) 为环境管理提供技术支持、技术监督和技术服务。

1.3 环境监测的分类

1.3.1 按其目的和性质分类

环境监测按其目的和性质,可分为以下三类:

(1) 常规监测

对指定的有关项目进行定期的、长时间的监测,以确定环境质量及污染源状况、评价控制措施的效果,衡量环境标准实施情况和环境保护工作的进展。

① 污染源例行监测和监督监测。

② 环境质量监测。

(2) 特例监测

① 污染事故监测。

在发生污染事故,特别是突发性环境污染事故时进行的应急监测,往往需要在最短的时间内确定污染物的种类;对环境和人类的危害;污染因子扩散方向、速度和危及范围;

控制的方式、方法；为控制和消除污染提供依据，供管理者决策。

②仲裁监测。

主要针对污染事故纠纷、环境法执行过程中所产生的矛盾进行监测。

③考核验证监测。

包括对环境监测技术人员和环境保护工作人员的业务考核、上岗培训考核；环境检测方法验证和污染治理项目竣工时的验收监测等。

④咨询服务监测。

为政府部门、科研机构、生产单位所提供的服务性监测。

(3) 研究监测

研究性监测是针对特定目的科学研究而进行的高层次的监测。

1.3.2 按监测介质或对象分类

环境监测按监测介质或对象可分为以下几种类型：水质监测、空气监测、土壤监测、固体废物监测、生物监测、噪声和振动监测、电磁辐射监测、放射性监测、热监测、光监测、卫生(病原体、病毒、寄生虫等)监测等。

1.4 环境污染和环境监测的特点

1.4.1 环境污染的特点

环境污染是各种污染因素本身及其相互作用的结果。同时，环境污染还受社会评价的影响而具有社会性。它的特点可归纳为：

1. 时间分布性

污染物的排放量和污染因素的强度随时间而变化。

2. 空间分布性

污染物和污染因素进入环境后，随着水和空气的流动而被稀释扩散。不同污染物的稳定性和扩散速度与污染物性质有关。因此，不同空间位置上污染物的浓度和强度分布是不同的。

3. 环境污染与污染物含量的关系

有害物质引起毒害的量与其无害的自然本底值之间存在一界限。所以，污染因素对环境的危害有一阈值。

4. 污染因素的综合效应

环境是一个由生物(动物、植物、微生物)和非生物所组成的复杂体系，必须考虑各种因素的综合效应。

5. 环境污染的社会评价

环境污染的社会评价是与社会制度、文明程度、技术经济发展水平、民族的风俗习惯、哲学、法律等问题有关。有些具有潜在危险的污染因素，因其表现为慢性危害，往往不引起人们注意，而某些现实的、直接感受到的因素容易受到社会重视。

1.4.2 环境监测的特点

- (1) 生产性环境监测数据就是环境监测的基本产品。
- (2) 综合性环境监测的对象、环境监测手段、监测数据解析评价都具有很强的综合性。
- (3) 追踪性要保证监测数据的追踪溯源。
- (4) 持续性监测数据如同水文气象数据一样具有持续性的特点。
- (5) 执法性环境监测不同于一般检验测试，它还具有执法性的特点。

1.5 环境监测的基本程序

环境监测一般工作程序主要包括以下内容：

- (1) 受领任务。任务主要来自环境保护主管部门的指令，单位、组织或个人的委托、申请和监测机构的安排三个方面。
- (2) 明确目的。确定针对性较强的监测工作具体目的。
- (3) 现场调查。根据监测目的，进行现场调查研究。
- (4) 方案设计。认真做好监测方案设计，并据此进行现场布点作业。
- (5) 采集样品。按照设计方案和规定的操作程序，实施样品采集。
- (6) 运送保存。采集的样品和记录要及时安全地送往实验室，办好交接手续。
- (7) 分析测试。按照规定程序和规定的分析方法，对样品进行分析，如实记录检测信息。
- (8) 数据处理。对测试数据进行处理和统计检验，整理入库(数据库)。
- (9) 综合评价。对监测结果做出合理解释，编写监测报告，并按规定程序报出。

1.6 环境监测的基本原则和要求

1.6.1 环境监测的原则

环境监测的原则包括优先监测原则、可靠性原则和实用性原则。

(1) 优先监测原则。

经过优先选择的污染物称为环境优先污染物，简称优先污染物。对优先污染物进行的监测称为“优先监测”。

优先污染物是指难以降解、在环境中有一定残留水平、出现频率较高、具有生物积累性、毒性较大的化学物质。

(2) 可靠性原则。

对选择的污染物必须有可靠的测试手段和有效的分析方法，保证获得准确、可靠、有代表性的数据。

(3) 实用性原则。

能对监测数据做出正确的评价，若无标准可循，又不了解其对人类健康或对生态系统的影响，就会使监测陷入盲目性的境地。

1.6.2 环境监测的要求

环境监测的要求即监测结果要具有“五性”。

(1) 代表性。

代表性指在有代表性的时间、地点采集有代表性的样品。

(2) 完整性。

完整性强调工作总体规划切实完成，即保证按预期计划取得有系统性和连续性的有效样品，而且无缺漏地获得这些样品的监测结果及有关信息。

(3) 可比性。

可比性不仅要求各实验室之间对同一样品的监测结果相互可比，也要求每个实验室为同一个样品的监测结果应该达到相关项目之间的数据可比。相同项目没有特殊情况时，历年同期的数据也应该是可比的。

(4) 准确性。

准确性指测定值与真值的符合程度。

(5) 精密性。

精密性表现为测定值有良好的重复性和再现性。

1.7 监测技术概述

监测技术包括采样技术、测试技术和数据处理技术。

1.7.1 化学、物理技术

对环境样品中污染物的成分、状态与结构的分析，一般采用化学分析方法和仪器分析方法。如重量法常用作残渣、降尘、油类、硫酸盐等物质的测定。容量分析被广泛用于水中酸度、碱度、化学需氧量、溶解氧、硫化物、氰化物的测定。

仪器分析是以物理和物理化学方法为基础的分析方法。它包括光谱分析法(可见分光光度法、紫外分光光度法、红外光谱法、原子吸收光谱法、原子发射光谱法、X-荧光射线分析法、荧光分析法、化学发光分析法等)；色谱分析法(气相色谱法、高效液相色谱法、薄层色谱法、离子色谱法、色谱质谱联用技术)；电化学分析法(极谱法、溶出伏安法、电导分析法、电位分析法、离子选择电极法、库仑分析法)；等。仪器分析方法被广泛用于对环境中的污染物进行定性和定量的测定。如分光光度法常用于大部分金属、无机非金属的测定；气相色谱法常用于有机物的测定；对于污染物状态和结构的分析常采用紫外光谱、红外光谱、质谱及核磁共振等技术。

1.7.2 生物技术

生物技术是指利用植物和动物在污染环境中所产生的各种反应信息来判断环境质量的方法。

生物监测包括生物体内污染物含量的测定；观察生物在环境中受伤害症状，生物的生化反应，生物群落结构和种类变化等手段来判断环境质量。例如，利用某些对特定污

染物敏感的植物或动物(指示生物)在环境中受伤害的症状,可以对空气或水的污染做出定性和定量的判断。

1.7.3 监测技术的发展

监测技术的发展较快,许多技术在监测过程中已得到应用。在无机污染物的监测方面,等离子体发射光谱可对多种元素进行分析;原子荧光光谱用于一切对荧光具有吸收能力的物质。在有机污染物的分析方面,GC-MS用于VOC_s和TVOC_s及氯酚类、有机氯农药、有机磷农药、PCB_s类的分析;HPLC用于分析PAH_s、苯胺类、酞酸酯类、酚类等的分析;IC法用于AOX、TOX的分析;化学发光分析对超痕量物质分析也已应用到环境监测中。

在发展大型、自动、连续监测系统的同时,研究小型便携式、简易快速的监测技术也十分重要。如在污染突发事故的现场,污染物已造成很大的伤害,但由于空气扩散和水体流动,污染物浓度的变化十分迅速,大型固定仪器无法使用,而便携式和快速测定技术就显得十分重要。

对于区域甚至全球范围的监测和管理,其监测网络及点位的研究、监测分析方法的标准化、连续自动监测系统、数据传送和处理的计算机化的研究、应用也是发展很快的。自动、连续监测系统的质量控制与质量保证工作也逐步完善。

第2章 环境监测质量保证与质量控制

2.1 任务与目标

2.1.1 监测数据质量目标的确定

1. 监测数据质量的目标

从质量保证和质量控制的角度出发,为了使监测数据能够准确地反映环境质量的现状,预测污染的发展趋势,质量保证和质量控制的目标通常确定为:准确性、精密性、代表性、完整性和可比性。准确性表示测量值与实际值的一致程度;精密性表示多次重复测定同一样品的分散程度;代表性表示在具有代表性的时间、地点,并按规定的采样要求采集能反映总体真实状况的有效样品;完整性表示取得有效监测资料的总量满足预期要求的程度或表示相关资料收集的完整性;可比性表示在环境条件、监测方法、资料表达方式等可比条件下所获资料的一致程度。在整个环境监测过程中,代表性、完整性主要体现在优化布点、样品采集、保存、运输和处理等方面;精密性和准确性主要体现在实验室分析测试方面;而可比性则是精密性、准确性、代表性、完整性的综合体现,只有前四者都具备了,才有可比性可言。可比性不仅要求各实验室之间对同一样品的监测结果相互可比,也要求同一实验室分析相同样品的监测结果可比,实现时间、空间上的可比性,并实现国际间、行业间数据的一致性。

质量保证和质量控制必须贯穿环境监测的全过程,即布点与采样、预处理与样品分析、数据处理、监测结果的综合分析与评价等环节。表2-1描述了各个环节与监测数据质量目标的影响关系。

表2-1 各环节对监测数据质量目标的影响

监测环节	主要控制因素	主要影响的目标
布点系统	1. 监测目标 2. 监测点位、点数	代表性、可比性、完整性
采样系统	1. 采样次数或采样频率 2. 采样仪器技术、方法	准确度、代表性、可比性、完整性
运贮系统	1. 样品的运输 2. 样品保存	准确度

续表 2-1

监测环节	主要控制因素	主要影响的目标
分析测试系统	1. 样品的预处理 2. 分析方法准确度、精密度、检测范围控制 3. 分析人员素质及实验室的质量控制	精密度、准确度、可比性、完整性
数据处理系统	1. 资料整理、处理及精度检验 2. 资料分布、分类管理制度的控制	准确度、可比性、完整性
综合评价系统	1. 信息量的控制 2. 结果的表述及原因分析、对策	准确度、代表性、可比性、完整性

在环境监测工作中，由于环境样品极强的空间性和时间性，要想正确了解和评估环境质量状况，必须采集具有真实性和代表性的样品。当样品不具备真实性和代表性时，任凭实验室分析工作再严密也无法弥补和改变样品失真所致的严重影响。在这种情况下，即使测试质量完全符合要求，对于了解和评估环境质量状况也是毫无意义的，所以采样是极其重要的一环。为此，必须切实重视采集样品的质量控制，使采集到的样品是符合计划要求的、真实的，具有代表性和完整性的样品。

2. 如何规范化监测工作

监测工作要按照国家环保局制定的统一技术规范、方法的要求，依照一定的程序，进行科学的组织与技术上的规范化管理。

为确保监测数据具有“五性”，监测技术规范、采样方法、分析方法、测试方法等均应首选国家方法标准，并以最新公布的版本为准。

在监测过程中要以国家现行的污染源监测管理规范性文件和技术规范等为指导，以实施污染源监测全过程的质量保证和质量控制为基础，以加强现场采样的质量控制为重点，以提高环境监测工作质量。

监测技术规范 and 监测方法标准是正确实施各项监测活动的技术依据，也是监测质量控制的技术保障。

3. 规范化监测工作的主要要求

(1)样品的时空代表性与真实性。

按规范布设监测点，取得最佳点位数和最佳点位，保证监测数据的代表性、可比性。

(2)样品的采集、保管与运输。

按规范要求，保证所采集样品的真实性和代表性，既能满足时空要求，又要保证样品在分析前不发生物理、化学性质的变化。采样方法、采样器具、样品的保存、运输及有关的记录表格都要规范化

(3)样品的测试分析与数据处理。

样品测试按规定方法进行。操作要规范化，测试结果有效位数的取舍、异常值的判断与剔除方法、误差的计算等要符合相应的标准规定。

(4)测试工作的质量保证。

样品登记、任务下达、原始记录以及数据报表等都应制定出规范化表格。其中,对可能影响测试结果的有关因素(如仪器设备、样品情况、环境条件等)要有详细的记载要求。

(5) 测试结果的审核与发出。

数据的规范管理与测试报告的审核程序:数据管理要规范,测试数据的记录、删改要按照有关规定执行;报出的测试结果要经过三级审核,各级负责人签字后,方为有效。所谓三级审核,即测试结果要经有关人员复核,质量保证负责人审核,最后报本单位技术负责人签字后才能对外发出。

各种原始记录与测试结果报告,一律要按国家规定使用法定计量单位。

2.1.2 监测数据质量控制计划的制定

(1) 监测数据的质量目标一旦确定后,便可编写详细的工作计划,计划应针对以下问题给予明确的规定:实验设计、组织机构、实验器材的准备、分析测试、数据的处理和分析评价、数据质量的评价。

(2) 质量控制指标体系。为了完善全程质量保证和质量控制的体系和制度,必须建立质量控制指标体系,即评价室内和室间质控效果的量化指标。例如,工作曲线质控指标及评价方法、空白试验质控指标及评价方法、平行双样质控指标及评价方法、标准样品和质控样品质控指标及评价方法、加标回收试验质控指标及评价方法等。

(3) 质量管理体系的建立、计量认证和实验室认可质量保证(QA)和质量控制(QC)是贯穿环境监测全过程的技术手段和管理程序,其目的也是为了出具“五性”的环境监测数据。为了更好地实现全面质量管理,使质量保证和质量控制的作用得到最大的发挥,建立相应的质量管理体系刻不容缓,同时应进行计量认证和实验室认可,从而使监测数据具有法律作用。依据《实验室资质认定评审准则》和《检测和校准实验室能力认可准则》(CNAS-CL01:2006)(等同采用 ISO/IEC 17025:2005)建立相应的质量管理体系,并以此体系进行计量认证和实验室认可,使整个环境监测工作在质量管理体系的控制下高效、规范地运作。

2.2 监测实验的质量保证与控制

2.2.1 监测人员

监测人员必须经过相应的培训,具备扎实的环境监测基础理论和专业知识;正确熟练地掌握环境监测中操作技术和质量控制程序;熟知有关环境监测管理的法规、标准和规定;学习和了解国内外环境监测新技术、新方法;并按照《环境监测人员持证上岗考核制度》的要求持证上岗。持有合格证的人员,方能从事相应的监测工作;未取得合格证者(如新调入人员、工作岗位变动人员等),只能在持证人员的指导下开展工作,监测质量由持证人员负责。