

高 等 学 校 教 材

环境科学与工程实验

钟文辉 / 主编

HUANJING KEXUE YU GONGCHENG SHIYAN

南京师范大学出版社

南京师范大学特色
课程建设项目资助

图 书 在 校 阅 览 (CIP)

环境科学与工程实验 / 钟文辉, 王玉萍, 周耀明, 杨小弟编. — 南京: 南京师范大学出版社, 2004.12

ISBN 7-81011-170-4

高等学校教材

环境科学与工程实验 / 钟文辉, 王玉萍, 周耀明, 杨小弟编. — 南京: 南京师范大学出版社, 2004.12

7-81011-170-4

环境科学与工程实验

主 编 钟文辉
编 者 钟文辉 王玉萍 周耀明
杨小弟 李时银

环境科学与工程实验 / 钟文辉, 王玉萍, 周耀明, 杨小弟编. — 南京: 南京师范大学出版社, 2004.12
ISBN 7-81011-170-4
http://www.njnu.edu.cn
环境科学与工程实验 / 钟文辉, 王玉萍, 周耀明, 杨小弟编. — 南京: 南京师范大学出版社, 2004.12
ISBN 7-81011-170-4
http://www.njnu.edu.cn

南京师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

环境科学与工程实验/钟文辉主编. —南京:南京师范大学出版社, 2004. 12
ISBN 7-81101-170-0/X·1

I. 环... II. 钟... III. 环境科学—实验—教材
IV. X-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 142869 号

书 名	环境科学与工程实验
主 编	钟文辉
责 编	韦 娟
出版发行	南京师范大学出版社
社 址	南京市宁海路 122 号 邮编: 210097
电 话	025-83598077(传真) 83598412(营销部) 83598297(邮购部)
网 址	http://press.njnu.edu.cn
电子邮件	nnuniprs@publicl.ptt.js.cn
照 排	江苏兰斯印务发展公司
印 刷	南京五四印刷厂
开 本	787×960 1/16
印 张	17
字 数	333 千
版 次	2004 年 12 月第 1 版 2004 年 12 月第 1 次印刷
印 数	1—3 000 册
书 号	ISBN 7-81101-170-0/X·1
定 价	25.00 元

南京师大版图书若有印装问题请与销售商调换

版权所有 侵犯必究

前 言

环境问题日益受到人们的关注和重视,国内各高校纷纷开设环境科学、环境工程专业及相关专业。作为一个新型综合性学科,环境科学及工程学科对学生的实验素质及技能要求较高,然而回眸当前的教材市场,适合环境科学、环境工程专业学生使用的实验教材却比较少。为了更好地开展教学工作,南京师范大学化学与环境科学学院环境科学系的教师基于自己多年来在第一线教学的经验,在原各门实验课程讲义的基础上,出版了这本综合性的《环境科学与工程实验》。

本书主要包括环境监测实验基础知识、环境监测实验、废水处理工程实验、废气处理工程实验、环境微生物实验等几篇,实验篇包括实验目的、实验原理、实验材料、实验方法、数据记录及思考题等。所列实验绝大多数为环境科学、环境工程专业学生需要做的实验,具有科学性、综合性和基础性的特点,适合于开设环境科学、环境工程及相关专业的高等院校作为环境科学实验教材,亦可作为环境科学工作者的参考用书。

参加本书编写工作的有钟文辉、王玉萍、周耀明、杨小弟、李时银。在编写过程中承化学与环境科学学院领导的支持,得到南京师范大学化学与环境科学学院环境科学系彭盘英、章婷曦、崔世海、张英华等老师和南京大学环境学院陈泽智博士的帮助。在编写过程中还参考了一些兄弟院校的有关教材。南京师范大学出版社的韦娟编辑为本书的出版付出了辛勤的劳动,编者在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,缺点和错误在所难免,敬请各位读者不吝赐教和指正!

编 者

2004 年 12 月

目 录

第1篇 环境监测实验基础知识	(1)
第1章 标准分析方法与环境标准物质	(1)
第1节 标准分析方法与分析方法标准化	(1)
第2节 环境标准物质	(3)
第2章 环境监测常用溶液浓度表示方法和溶液标签书写格式	(7)
第1节 常用溶液浓度表示方法	(7)
第2节 溶液标签书写格式	(8)
第3章 环境监测数据及处理	(10)
第1节 误差及数据处理基础	(10)
第2节 校准曲线及数据表格绘制	(21)
第4章 环境监测质量保证与控制	(24)
第1节 环境监测质量保证概述	(24)
第2节 环境监测准确度和精密度的评价方法	(25)
第3节 分析测定质量控制	(33)
第5章 各类样品的采集与处理	(39)
第1节 水样品的采集、保存与处理	(39)
第2节 气样品的采集、保存与处理	(45)
第3节 土壤样品的采集	(48)
第2篇 环境监测实验	(52)
实验 2.1 大气中一氧化碳的测定	(52)
实验 2.2 废水悬浮固体和浊度的测定	(55)
实验 2.3 工业废水化学耗氧量的测定	(59)
实验 2.4 工业废水生化耗氧量的测定	(66)
实验 2.5 水样中氨氮(NH ₃ -N)的测定	(73)
实验 2.6 分光光度法测定废水中挥发酚	(77)
实验 2.7 气相色谱法测定水中氯苯类化合物	(82)

实验 2.8	荧光光度法测定水中的铝	(85)
实验 2.9	原子吸收法测定土壤中的铅	(87)
实验 2.10	表面活性剂的测定	(91)
实验 2.10.1	亚甲蓝分光光度法测定水中阴离子洗涤剂	(91)
实验 2.10.2	反相高效液相色谱法测定水中十二烷基苯磺酸钠的 含量	(95)
实验 2.11	水中总有机碳的测定	(101)
实验 2.12	ICP—AES 法测定地表水中的 Ca、Mg、Pb、Al	(104)
实验 2.13	红外光度法测定水中石油和动植物油	(111)
第 3 篇	废水处理工程实验	(117)
实验 3.1	颗粒自由沉淀实验	(117)
实验 3.2	絮凝与成层沉淀实验	(121)
实验 3.3	混凝实验	(126)
实验 3.4	过滤实验	(129)
实验 3.5	曝气设备充氧性能实验	(133)
实验 3.6	加压溶气气浮实验	(140)
实验 3.7	活性炭吸附实验	(145)
实验 3.8	紫外光催化降解水中的亚甲蓝	(150)
实验 3.9	好氧生物处理(活性污泥法)	(153)
实验 3.10	厌氧消化实验	(157)
第 4 篇	废气处理工程实验	(160)
实验 4.1	碱液吸收净化气体中二氧化硫	(160)
实验 4.2	活性炭吸附气体中碳氢化合物	(164)
实验 4.3	催化净化废气中一氧化碳/碳氢化合物	(168)
实验 4.4	粉尘粒径分布测定	(171)
实验 4.5	大气中甲醛的采样和含量测定	(176)
第 5 篇	环境微生物实验	(180)
实验 5.1	显微镜的结构及使用技术	(180)
实验 5.2	细菌的形态观察	(187)

实验 5.3 酵母菌的形态观察	(192)
实验 5.4 放线菌的形态观察	(195)
实验 5.5 霉菌的形态观察	(198)
实验 5.6 活性污泥和生物膜中微生物的显微镜观察	(200)
实验 5.7 培养基的配制和灭菌	(202)
实验 5.8 环境微生物生理生化反应	(207)
实验 5.9 水质的细菌学检验	(210)
实验 5.10 空气中微生物的检测	(218)
实验 5.11 用 Ames 法测定化学物质的致癌作用	(222)
实验 5.12 PCR 检测环境微生物	(224)
附录	(227)
附录 1 环境标准及分析方法	(227)
附录 1.1 中国水中优先污染物名单及分析方法	(227)
附录 1.2 地表水环境质量标准、基本项目标准限值及分析方法 ...	(228)
附录 1.3 污染物最高浓度允许排放标准	(231)
附录 1.4 集中式生活饮用水地表水源地补充项目标准限值及 分析方法	(234)
附录 1.5 集中式生活饮用水地表水源地特定项目标准限值及 分析方法	(235)
附录 1.6 环境空气质量标准	(241)
附录 1.7 大气污染物综合排放标准	(242)
附录 2 环境监测中常用玻璃器皿的洗涤	(245)
附录 3 环境监测实验室用水	(248)
附录 4 环境监测实验室用气	(251)
附录 5 微生物实验课常用玻璃器皿清洁法	(253)
附录 6 微生物实验课常用染色液的配制	(256)
附录 7 微生物实验课常用培养基的配方	(257)
附录 8 环境科学与工程实验使用的部分实验设备外观	(259)
参考文献	(263)

第1篇 环境监测实验基础知识

第1章 标准分析方法与环境标准物质

第1节 标准分析方法与分析方法标准化

在环境监测中,对同一项目往往有多种方法可供选择,各种方法原理不同、操作程序不同、干扰因素不同,其检测结果的灵敏度、检测限也不同,故各分析方法之间存在着一定的系统误差。为使不同时间、不同实验室及不同分析人员之间的监测结果具有可比性,有必要对监测方法进行标准化。

标准是经公认的权威机构批准的一项特定标准化工作结果。

一、标准分析方法

标准分析方法又称分析方法标准,是权威机构对某项分析测定所作的统一规定的技术准则和各个方面共同遵守的技术依据,它是技术标准中的一种,必须满足以下条件:

- (1)按照规定的程序编制。
- (2)按照规定的格式编写。
- (3)方法的成熟性得到公认,通过协作试验确定了方法的误差范围。
- (4)由权威机构审批和发布。

编制和实行标准分析方法的目的是为了保证测定结果的重现性、再现性和准确性,达到不同实验室、不同分析人员对同一样品分析测定的结果具有较强的可比性。

在标准分析方法的文件中,应使用规范的术语和准确的文字对分析程序的各个环节进行规定和描述,对实验条件、测定结果的计算方法及表达方式(包括单位)进行明确的规定。标准分析方法大致可分为五级:

国际级,如国际标准化组织(ISO)颁布的标准;

国家级,如中国标准(GB)、美国标准(ANSI)、英国标准(BS)等;

行业(专业)或协会级,如我国部颁标准;

公司(企业)或地方级;

个别或特殊级。

环境科学是一门新学科,其各种监测方法的标准化工作在国际和国内开展时间不长,目前,各国在标准划分和制定方面存在着差异和不平衡。我国的标准分为:国家标准、专业(部)标准和企业标准等三级。

二、分析方法标准化

国际标准化组织给标准化的定义是:为了所有有关方面的利益,特别是为了达到最佳的经济效果,并适当考虑产品使用条件与安全要求,在所有有关方面的协作下,进行有秩序的特定活动,制定并实施各种规则的过程。该定义同样适用于方法标准化。

标准是标准化活动的结果。标准化工作是一项具有高度政策性、经济性、技术性、严密性和连续性的工作,因此,开展此项工作必须建立严格的组织机构。图 1-1 为我国标准化工作的组织管理系统。

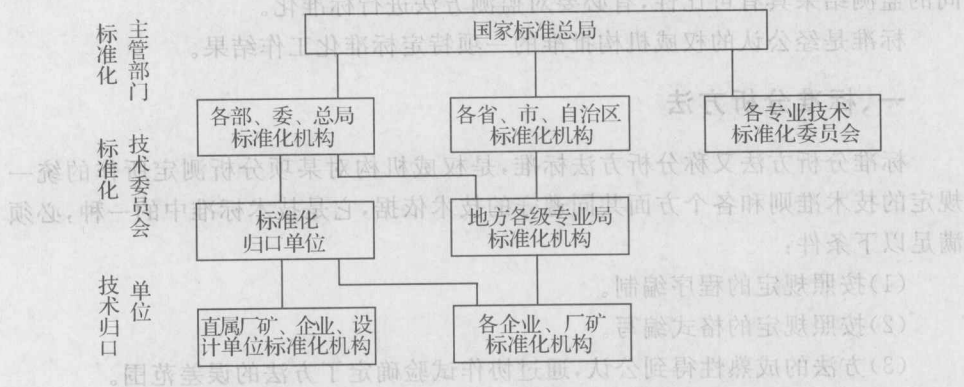


图 1-1 我国标准化工作的组织管理系统图

我国从 20 世纪 70 年代开展环境监测分析方法标准制定工作,虽然起步较晚,但成绩显著。

标准化工作的一般程序为:

(1) 由一个专家委员会根据需要选择方法,确定准确度、精密度和检测限指标。

(2) 专家委员会指定一个任务组负责设计实验方案,编写详细的实验程序,制备和分发实验样品和标准物质。

(3) 任务组负责组织 6~10 个实验室,按任务组提供的实验步骤、样品和要

求进行测定,并将测定结果写成报告,交给任务组。

(4)任务组收到各实验室的报告后,若各项指标达到设计要求,则上报权威机关公布;若达不到预定指标,则需修改实验方案,重新实验,直至达到预定目标为止。

第2节 环境标准物质

一、环境标准物质的特点

所谓环境标准物质,是指按规定的准确度和精密度确定了某些物理特性值或组分含量值,在相当长时间内具有可被接受的均匀性和稳定性,并在组成和性质上接近于环境样品的性质。

在环境监测中,试样采自开放的环境体系,基体复杂,待测污染物的含量又往往很低,加之环境监测所采用的分析方法大多是相对方法,因此,为了避免基体效应,在环境监测分析中有必要采用环境标准物质。如果仅用纯试剂配制标准样品,由于配制的标准样品与实际样品的基体不同,势必给测定结果带来误差。

标准物质又称标准参考物质、参考物质、标准样品等。国际标准化组织推荐使用“有证参考物质”(Certified Reference Material,缩写为CRM)一词。我国的标准物质以BW(“标物”的汉语拼音缩写)为代号。

环境标准物质具有以下特性:

(1)良好的基体代表性。环境标准物质是直接取环境样品或模拟环境样品制得的混合物,其基体组成与环境样品的基体组成相似。

(2)高度的均匀性。这是标准物质成为测量标准的基本条件,也是传递准确度的必要条件。

气态和液态的均匀性容易保证,但固态的均匀性则需要经过采样、干燥、研磨、筛分、混匀、辐照消毒以及分装等一系列加工程序保证。

(3)良好的稳定性和长期保存性。通常要求其稳定性在一年以上。

(4)含量准确。环境标准物质中主要成分的含量,是用两种以上相互独立且准确度已知的可靠方法,由两个以上的分析人员独立分析确定的。其待测组分或元素浓度不能过低,以免测定结果受测定方法的检测限和精密度的影响。

二、环境标准物质的分类

目前,国际上常用的标准物质分类方法主要有以下几种。

1. 国际理论与应用化学联合会的分类法。将标准物质分为原子量标准的参比物质、基准物质、一级标准物质、工作标准物质、二级标准物质以及标准参考物质等。

2. 按审批者的权限水平分类法。

将标准物质分为国际标准物质(由各国专家共同审定并在国际上通用的标准物质)、国家一级标准物质(由各国政府中的权威机构审定的标准物质)和地方标准物质(由某一地区、某一学会或某一科学团体制定的标准物质)等。

我国的标准物质等级划分为两级,即国家一级标准物质和二级标准物质(部颁标准物质)。

一级标准物质系指用绝对测量法或其他准确可靠的方法确定物质特性量,准确度达到国内最高水平并相当于国际水平,经中国计量测试学会标准物质专业委员会技术审查和国家计量局批准而颁布的、附有证书的标准物质。

二级标准物质系指各工业部门或科研单位为满足本部门及有关使用单位的需要而研制出来的工作标准物质。其特性量值通过与一级标准物质直接对比或用其他准确可靠的分析方法测试而获得,并经有关主管部门审批,报国家计量局备案。其中性能良好、准确度高、具备批量制备条件的二级标准物质,经国家计量部门审批后也可上升为一级标准物质。

一级标准物质和二级标准物质定值的不准确度分别为 $0.3\% \sim 1\%$ 和 $1\% \sim 3\%$ 。因环境标准物质基体复杂,待测组分含量低,有些准确度的要求可适当进行调整。

我国环境标准物质的研制工作始于 20 世纪 70 年代末,目前已有标准水样、河底沉积物、煤灰、土壤、头发、米粉、贻贝、树叶以及环境大气测定用标准气体和汽车排气测定用标准气体等。表 1-1 和表 1-2 列出了我国发布的部分环境标准物质。

表 1-1 我国发布的部分气体标准物质

名 称	编 号	标准浓度/($\mu\text{mol/mol}$)	不准确率/%
标准气体	氮中甲烷	BW0101	1
	氮中一氧化碳	BW0106	1
	氮中二氧化碳	BW0111	1
	氮中二氧化硫	BW0116	1.5
	空气中甲烷	BW0121	1
	氮中一氧化氮	BW0122	1
	氮中氧	BW0123	0.1
	空气中一氧化碳	BW0125	1

续表

名 称	编 号	渗透率/($\mu\text{g}/\text{min}$)	不准确率/%
渗透管	二氧化硫	BW0201	0.37~1.4
	二氧化氮	BW0202	0.3~2.0
	硫化氢	BW0203	0.10~1.0
	氯	BW0206	0.10~1.0
	氨	BW0204	0.25~2.0
	氟化氢	BW0205	0.10~1.0
臭氧发生器		体积比	
		BW0207	$60\sim 800\times 10^{-9}$
扩散管		扩散率/($\mu\text{g}/\text{min}$)	
	苯	BW0801	(30℃)16~20
	正戊烷	BW0802	(25℃)18~20

表 1-2 我国发布的部分水质、土壤样品

土壤标准样	标准号	水质标准样	标准号
土壤 ESS-1	GBSZ 500011-87	COD 标准样品	GBSZ 500001-87
土壤 ESS-2	GBSZ 500012-87	BOD 标准样品	GBSZ 500002-87
土壤 ESS-3	GBSZ 500013-87	酚标准样品	GBSZ 500003-87
土壤 ESS-4	GBSZ 500014-87	砷标准样品	GBSZ 500004-87
		氨氮标准样品	GBSZ 500005-87
		亚硝酸盐标准样品	GBSZ 500006-87
		硬度标准样品	GBSZ 500007-87
		硝酸盐标准样品	GBSZ 500008-87
		Cu、Pb、Zn、Cd、Ni、Cr 标准样品	GBSZ 500009-87
		氯、氟、硫酸根混合标准样品	GBSZ 500010-87

三、环境标准物质的制备与应用

多数环境液体和气体很不稳定,通常由人工模拟组成配制而成。固体标准物质已被选用配制标准物质的环境样品有:土壤,沉积物,植物的根、茎、叶、种子,动物的内脏、肌肉、毛发、骨骼等。环境标准物质的定值采用多种分析方法,由多个实验室协作完成。制备环境标准样品是一项技术性强、准确度高、工作量大的工作。

环境标准物质被广泛应用于环境监测中,主要用途有:

(1)评价监测分析方法的准确度和精密度,研究和验证标准方法,发展新的

第2章 环境监测常用溶液浓度表示方法和溶液标签书写格式

第1节 常用溶液浓度表示方法

一、物质B的物质的量浓度(c_B)

物质B的物质的量浓度通常称为物质B的浓度,其定义为物质B的物质的量除以混合物的体积,用符号 c_B 表示,定义式为:

$$c_B = \frac{n_B}{V}$$

式中: n_B 为物质B的物质的量,单位为mol,是反映某系统中物质基本单元多少的物理量; V 为混合物溶液的体积,单位为L; c_B 为溶液的浓度时,应指明基本单元是原子、分子、原子团、电子、光子及其他粒子,或这些粒子的特定组合(已知的或想像的),如 $c(\frac{1}{5}\text{KMnO}_4) = 0.100\,0\text{ mol/L}$ 、 $c(\frac{1}{6}\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0.250\,0\text{ mol/L}$ 、 $c(\text{Fe}^{2+}) = 0.05\text{ mol/L}$ 等。

物质B的浓度一般用来表示标准滴定液、元素标准溶液、基准溶液的浓度,也可用来表示水质分析中待测组分含量。当用表示标准溶液时,应取四位有效数字,其他溶液的有效数字位数根据实际情况确定。

二、物质B的质量浓度(ρ_B)

物质B的质量浓度定义为物质B的质量除以混合物的体积,用符号 ρ_B 表示,单位为g/L、mg/L,定义式为:

$$\rho_B = \frac{m_B}{V}$$

式中: m_B 为物质B的质量,单位为g; V 为混合物(溶液)的体积,单位为L。

用 ρ_B 表示溶液的浓度时应指明基本单元,如 $\rho(\text{Zn}^{2+}) = 2\text{ mg/mL}$ 、 $\rho(\text{Cu}) = 1.5\text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{Na}) = 50\text{ g/L}$ 等。

物质B的质量浓度一般用来表示溶质为固体的溶液,主要用于元素标准溶液、基准溶液的浓度,也可用以表示一般溶液浓度或水质分析中的待测组分含

量。用于元素标准溶液的浓度时,只写整数,或需要小数时只保留小数点后的非零数字,不受有效数字规定的限制;用于表示一般溶液浓度时,不必写出量符号。

三、质量分数浓度(w_B)

质量分数浓度是用物质 B 的质量分数(w_B)表示的溶液浓度,为溶质 B 的质量与溶液质量之比,即:

$$w_B = \frac{m_B}{m}$$

式中: m_B 为物质 B 的质量,单位为 g; m 为溶液的质量,单位为 g。

质量分数无量纲,可用“%”来计。用质量分数表示溶液的优点在于溶液的浓度不受温度影响,一般用来表示溶质为固体的溶液。如 $w(\text{NaOH})=1\%$,表示 100 g 溶液中含有 1 g 氢氧化钠,即 1 g 氢氧化钠溶于 99 g 水中。

四、体积分数浓度(φ_B)

体积分数浓度是用物质 B 的体积分数 φ_B 表示溶质为液体的溶液浓度,无量纲,可用“%”来计。如 $\varphi(\text{HCl})=5\%$,表示 100 mL HCl 溶液中含有 5 mL 浓盐酸。

五、以 V_1+V_2 表示的浓度

V_1+V_2 表示的溶液浓度是两种液体分别以 V_1 体积和 V_2 体积相混合时的溶液。如苯+醋酸乙酯(3+7)表示 3 体积的苯与 7 体积的醋酸乙酯混合成的溶液。一般前者数字表示溶质体积,后者数字表示溶剂体积。当溶剂为水时,“水”可以略去不写,如 1+3 硝酸表示 1 体积的硝酸与 3 体积的水混合成的溶液;但是,当两种及两种以上液体试剂与水混合时,“水”不能省略不写。如 $\text{H}_2\text{SO}_4+\text{H}_3\text{PO}_4+\text{H}_2\text{O}(1.5+1.5+7)$ 。

六、滴定度($T_{B/A}$)

滴定度为单位体积的标准溶液 A 相当于被测物质 B 的质量,符号为 $T_{B/A}$,常用单位为 mg/mL。

第 2 节 溶液标签书写格式

一、标准溶液标签的书写格式

标准溶液的配制、标定、校验及稀释等都应有详细记录,其重要性和要求不

亚于测定的原始记录。标准溶液的盛装容器应粘贴书写内容齐全、字迹清晰、符号准确的标签。

标准溶液标签书写内容包括:溶液名称、浓度类型、浓度值、介质、配制日期、配制温度、瓶号、校核周期和配制人等。以下列举两种书写格式,仅供参考。

2 重铬酸钾标准滴定液 $c(1/6K_2Cr_2O_7)=0.2500\text{ mol/L}$
18℃ 校核周期:半年 2004. 3. 20

2 为瓶号,18℃为配制时室温,×××为配制者姓名,2004. 3. 20 为配制时间。

3A 锌标准溶液 $\rho(Zn^{2+})=2\text{ }\mu\text{g/mL}, (5\%\text{ HNO}_3)$
18℃ 校核周期:一年 2004. 3. 20

3 为容器编号,A 为相同浓度溶液的顺序号,(5% HNO₃)为介质,5%为 HNO₃ 的体积分数浓度。

二、一般溶液标签的书写格式

一般溶液标签的书写内容包括:名称、浓度、介质、配制日期和配制人。例如:

HAc+NaAc 缓冲溶液 pH=6 ××× 2004. 3. 21

第3章 环境监测数据及处理

第1节 误差及数据处理基础

环境监测中的许多物理、化学和生物学数据,是描述和评价水质、大气、声学等环境质量的基本依据,在进行监测分析时,不仅要得到测定结果,还应了解测定结果的准确程度,以便查找误差的来源,采取相应的措施减小各种误差,使测定结果尽可能地接近其真实值。

一、误差概述

1. 误差的基本概念。

(1)真值。在某一时刻和某一状态或位置下,某量的效应体现出的客观值或实际值称为真值。实际应用的真值包括:

理论真值:例如三角形内角之和等于 180° ;

约定真值:由国际单位制所定义的真值叫约定真值;

标准器(包括标准物质)的相对真值:高级标准器的误差为低一级标准器或普通仪器误差的 $\frac{1}{5}$ ($\frac{1}{3} \sim \frac{1}{20}$)时,则可以认为前者为后者的相对真值。

(2)误差。测量结果与其真实值的差值称为误差。环境监测需要借助各种测量方法去完成。由于被测量的数值形式通常不能以有限位数表示,此外,由于认识能力的不足和科学技术水平的限制,测量值与其真值并不完全一致。误差是客观存在的,任何测量结果都会有一定的误差,误差存在于一切测量的全过程。

(3)偏差。各次测定值与平均值之差称为偏差。在实际工作中,真实值并不知道,用误差无法衡量测定结果的准确度,因此,需要对环境样品进行多次平行分析,用其算术平均值来代表该样品的测定结果,用偏差来衡量测定结果的精密度。

2. 误差的分类和来源。

误差按其性质和产生的原因可以分为系统误差、偶然误差和过失误差。

(1)系统误差。系统误差又称可测误差、恒定误差或偏倚,是指测量值的总体均值与真值之间的差别,是由测量过程中某些恒定因素造成的。在一定的测