

华东师范大学出版社

HUANJING  
FENXI  
YUJIANCE

环境分析与监测



# 环境分析与监测

方禹之、金利通、徐伯兴、徐通敏等编

华东师范大学出版社

## 环境分析与监测

方禹之、金利通、徐伯兴、徐通敏等编

---

华东师范大学出版社出版

(上海中山北路 3663 号)

新华书店上海发行所发行 宜兴南漕印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 9 字数: 210 千字

1987 年 8 月第一版 1987 年 8 月第一次印刷

印数: 1—3,000 本

---

统一书号: 13135·033 定价: 1.75 元

# 序 言

环境分析与监测是判断环境质量、评价环境污染防治效果,进行环境管理的依据。它既是环境科学研究的基本手段,又是环境科学本身的一个重要组成部分。近年来,全国一些高等学校的化学系、环境科学系、环境工程系等都相继开设了这门课程,为满足学生用书需要,我们编写了这本教材。

本书所列的分析监测方法是参考国内环保系统、工业部门和卫生部门的沿用方法及国外目前所采用的方法编写而成。内容包括大气、水、土壤、生物、噪声、放射性污染分析监测以及数据统计处理、环境分析监测实验等八个方面。

本书主要由方禹之、金利通、徐伯兴、徐通敏四位同志编写,第九章实验部分参加编写的有王筱敏、吴天龙、孙星炎、傅逸敏等同志。全书最后由方禹之、金利通负责整理定稿。

在本书编写过程中,山西大学、天津大学、南京师范大学、安徽师范大学、浙江师范大学等单位的同志,提出了许多宝贵意见;潘振声、陈传华同志参加了部分实验工作,在此表示衷心的感谢。由于我们编写的水平有限,难免存在着不完善的地方,而分析方法本身又在实践中不断改进和发展,为此希望使用本教材的单位和其他读者,随时提出意见,以便在再版中一并考虑修改。

编 者

1986年3月

# 目 录

第一章 绪论 .....	( 1 )
一、环境分析与环境监测 .....	( 1 )
二、环境分析监测的目的和分类 .....	( 2 )
1. 目的 .....	( 2 )
2. 分类 .....	( 3 )
三、分析方法及监测网 .....	( 4 )
1. 分析方法 .....	( 4 )
2. 监测网 .....	( 5 )
四、环境分析监测的发展动向 .....	( 6 )
第二章 大气污染分析与监测 .....	( 8 )
一、大气及大气污染 .....	( 8 )
1. 大气及其组成 .....	( 8 )
2. 污染源与污染物 .....	( 9 )
二、空气质量标准 .....	( 11 )
1. 空气质量标准 .....	( 11 )
2. 空气污染物浓度的表示方法 .....	( 12 )
三、标准气及其配制 .....	( 21 )
1. 气体的制取 .....	( 21 )
2. 重量法配气 .....	( 21 )
3. 低压静态法 .....	( 23 )
4. 标准渗透管及动态配气 .....	( 23 )
四、大气污染物试样采集 .....	( 25 )

1. 采集点的选择	( 25 )
2. 试样的采集方法	( 25 )
3. 污染气源的采样系统	( 28 )
4. 采样效率	( 29 )
五、气态污染物的测定方法	( 30 )
1. 溶液电导法	( 30 )
2. 库仑滴定法	( 33 )
3. 化学发光法	( 36 )
4. 非色散形红外线吸收法	( 39 )
六、气态污染物的测定	( 41 )
1. 二氧化硫	( 41 )
2. 硫化氢	( 43 )
3. 氮氧化物	( 44 )
4. 氨	( 46 )
5. 一氧化碳	( 47 )
6. 碳氢化物	( 48 )
7. 总氧化剂	( 49 )
8. 臭氧	( 49 )
七、大气中颗粒物的分析	( 50 )
1. 降尘和飘尘的采样	( 50 )
2. 降尘的测定和分析	( 53 )
3. 飘尘的测定和分析	( 55 )
八、大气水平能见度的测定	( 55 )
1. 目标物的选择	( 55 )
2. 目标物的测绘	( 56 )
3. 目标物的观察和记录	( 56 )
第三章 水质污染分析与监测	( 59 )

一、水质标准 .....	( 60 )
二、水样的采集和保存 .....	( 75 )
1. 水样的采集 .....	( 75 )
2. 水样的保存和预处理 .....	( 79 )
三、水体物理性质的测定 .....	( 84 )
1. 温度 .....	( 84 )
2. pH 值 .....	( 85 )
3. 电导率 .....	( 86 )
4. 色度 .....	( 87 )
5. 浊度 .....	( 87 )
6. 蒸发残渣和悬浮物 .....	( 89 )
四、水体中无机物的测定及其方法 .....	( 91 )
1. 测定方法的选择 .....	( 91 )
2. 常用的几种测定方法 .....	( 95 )
3. 水中无机物质的测定 .....	( 113 )
五、水体中有机物的测定及其方法 .....	( 131 )
1. 常用的几种测定方法 .....	( 133 )
2. 水中有机污染物的测定 .....	( 139 )
第四章 土壤污染分析与监测 .....	( 150 )
一、土壤的组成 .....	( 151 )
1. 土壤机械组成 .....	( 151 )
2. 土壤化学组成 .....	( 152 )
3. 土壤本底值 .....	( 153 )
二、土壤样品的采集和制备 .....	( 155 )
1. 土壤样品的采集 .....	( 155 )
2. 土壤样品的制备 .....	( 157 )
三、土壤样品的预处理 .....	( 157 )

1. 混合酸分解法——湿法消化·····	(157)
2. 碱熔法——干法熔融·····	(158)
3. 溶剂提取法·····	(158)
四、土壤污染物及其分析·····	(158)
1. 重金属和非金属无机物·····	(159)
2. 有机物·····	(159)
3. 农药·····	(160)
第五章 生物污染监测·····	(161)
一、生物体受污染的途径·····	(161)
1. 表面附着·····	(161)
2. 吸收·····	(162)
二、污染物在生物体中的分布·····	(165)
1. 污染物在植物体中的分布·····	(165)
2. 污染物在动物体中的分布·····	(168)
三、生物样品的采集和制备·····	(170)
1. 植物样品的采集·····	(170)
2. 植物样品的制备·····	(171)
3. 动物样品的收集和制备·····	(172)
四、生物样品的预处理·····	(173)
1. 灰化处理·····	(173)
2. 提取和净化·····	(174)
3. 浓缩·····	(176)
五、植物指示监测·····	(177)
1. 植物监测大气污染·····	(177)
2. 生物监测水体污染·····	(179)
第六章 噪声污染监测·····	(181)
一、噪声概述·····	(181)



1. 噪声的定义	(181)
2. 噪声污染的特征	(181)
3. 噪声的来源及危害	(182)
二、噪声的物理量和量度	(183)
1. 频率、波长和声速	(183)
2. 声功率、声强和声压	(183)
3. 分贝	(184)
4. 声功率级、声强级和声压级	(185)
5. 多声源声压级的合成	(185)
三、环境噪声的评价	(186)
1. 响度级	(186)
2. 噪声基本值——A 声级	(188)
四、噪声标准	(188)
五、噪声测量方法	(190)
1. 噪声测量仪器和测量要点	(190)
2. 噪声监测	(192)
第七章 放射性污染监测	(195)
一、放射性同位素的基本概念	(195)
1. 射线及其性质	(195)
2. 半衰期	(196)
3. 放射性强度和剂量	(196)
二、放射性污染的来源及其危害	(197)
1. 放射性污染源	(198)
2. 放射性对人体的危害	(199)
三、电离辐射的防护标准	(201)
1. 剂量当量极限	(201)
2. 摄入量极限	(203)

3. 推定空气浓度·····	(204)
四、环境放射性监测·····	(204)
1. 常规监测·····	(204)
2. 监测技术·····	(206)
3. 监测方法·····	(208)
第八章 环境分析监测数据的统计处理·····	(210)
一、基本概念·····	(210)
1. 误差·····	(210)
2. 平均值·····	(211)
3. 偏差·····	(213)
4. 标准偏差·····	(214)
5. 总体和样本·····	(217)
6. 多个样本测定时的标准偏差·····	(217)
二、偶然误差的正态分布·····	(218)
1. 频数分布·····	(218)
2. 正态分布曲线·····	(219)
3. 分析监测数据的统计处理·····	(223)
4. 平均值的置信区间·····	(226)
三、线性回归分析·····	(226)
1. 一元线性回归线的求法·····	(227)
2. 回归线的精密度和置信区间·····	(231)
3. 相关系数及显著性检验·····	(232)
第九章 实验·····	(235)
一、废水物理指标的测定·····	(235)
1. 色度、浊度的测定·····	(235)
2. 悬浮性固体的测定·····	(237)
二、恒电流库仑滴定法测定大气中的 $\text{NO}_2$ ·····	(238)

1. 原理·····	(238)
2. 仪器和药品·····	(240)
3. 实验步骤·····	(240)
4. 实验记录与数据处理·····	(242)
三、电导法测定大气中的二氧化硫·····	(243)
1. 原理·····	(243)
2. 仪器和药品·····	(243)
3. 实验步骤·····	(244)
4. 实验记录与数据处理·····	(246)
四、溶解氧的测定(DO)·····	(247)
1. 原理·····	(247)
2. 仪器和试剂·····	(248)
3. 操作步骤·····	(249)
4. 结果计算·····	(250)
五、化学耗氧量测定(COD)·····	(250)
1. 原理·····	(251)
2. 仪器和试剂·····	(251)
3. 操作步骤·····	(252)
4. 结果计算·····	(253)
六、阳极溶出伏安法测定工业废水中镉的含量·····	(253)
1. 原理·····	(254)
2. 仪器和试剂·····	(254)
3. 操作步骤·····	(254)
4. 实验记录及数据处理·····	(258)
七、氟离子选择电极测定水中的氟·····	(258)
1. 原理·····	(259)
2. 仪器和试剂·····	(259)

3. 测定步骤·····	(260)
4. 结果处理·····	(261)
八、水中的酚类测定·····	(263)
1. 原理·····	(263)
2. 仪器和试剂·····	(264)
3. 操作步骤·····	(266)
4. 结果计算·····	(267)
九、自动电位滴定法测定土壤中氯化物的含量·····	(267)
1. 原理·····	(267)
2. 仪器和试剂·····	(267)
3. 操作步骤·····	(268)
4. 实验记录与数据处理·····	(271)
十、原子吸收法测定土壤中可溶性铅·····	(272)
1. 原理·····	(272)
2. 仪器和试剂·····	(272)
3. 操作步骤·····	(272)
4. 测量方法及计算·····	(275)

# 第一章 绪 论

地球上的一切动物、植物及人类都是生活在地球的表层。地表有机体及其生存环境叫做生物圈。其活动与影响范围包括约11公里厚的地壳和大约15公里以下的大气层。这里有空气、水、土壤和岩石，为生命活动提供了必要的物质条件。人类的生活和生产活动基本上都是在这个生物圈内进行的。自然界中局部的质能转换和人类的生活、生产活动，给大气、水、土壤等环境带来各种污染物。当污染物超过了环境所能允许的极限时，人类的生存环境就会遭到破坏，人民健康就会受到影响。因此，确定环境污染物的性质、来源、含量和分布状态，掌握污染的变化规律，控制环境污染，预防环境质量的恶化，是促进人类与环境的协调发展，造福人民，贻惠子孙后代的大事。

## 一、环境分析与环境监测

环境分析与监测是环境工作必不可少的重要手段和耳目。本世纪五十年代以来，一些国家的经济急剧增长，自然界储存的资源如煤、石油和各种矿藏等被广泛开发和利用，人口密集的大城市和工矿区的建立，使空气、水、土壤等受到污染，产生了危及人类生存的公害。当时，环境污染主要起源于化学因素，为了了解环境质量变化的原因，先从污染物的性质、来源、含量水平及其分布状态的分析开始，环境分析化学也就在这时候诞生了。环境分析化学是以基本化学物质为单位，对

污染物质进行定性、定量分析,从而对影响环境质量变化的物质原因进行分析研究的一门学科。它是环境科学的一个先驱和重要组成部分。

对各个污染物的分析研究是环境科学的重要基础之一,但环境质量的好坏,涉及的范围很广,其中既包含化学物质的污染,也包含各种物理因素如噪声、振动、辐射和放射性污染等;既包含直接污染,也包含间接污染。另外,对污染物的分析,常常需要具有一定的范围和长时间的监测数据,才具有代表性,这些对于化学分析来说是难以完成的。随着环境分析科学的发展,将物理测定原理和测量工艺相结合,实行装置设备的系统化,使测定连续化自动化,这就产生了环境监测。环境监测就是将物理测定与环境结合,并有目的地对环境质量某些代表值进行较长时间的监视和测定的过程。

从某种意义来说,环境分析是化学分析与环境的结合,而环境监测是物理测定和环境的结合。由于近代化学分析中常应用物理测定的手段,而物理测定中也利用化学分析的原理,所以它们互相交错,很难截然分开。

## 二、环境分析监测的目的和分类

### 1. 目的

环境分析监测是为了及时了解污染现状,以便采取措施,制订治理计划,它是环境科学的“耳目”。就其目的而言,环境分析监测包括以下几个方面:

(1) 检验和判断环境质量是否符合国家制定的环境质量标准。

(2) 判断污染源造成的污染影响,评价防治措施的效果。

(3) 确定污染物的浓度分布的现状和趋势, 掌握污染物作用于生物体系和物理体系的规律性。

(4) 研究污染扩散模式, 为预测预报、环境治理和控制污染提供依据。

(5) 积累环境本底的长期分析监测资料, 为合理使用自然资源提出建议, 为制订和修订环境标准提供数据资料。

## 2. 分类

环境分析监测以其性质不同, 可分为三类:

(1) 研究监测。任何环境分析监测的第一步, 都是鉴定需要注意的污染物。研究监测的任务就是研究并确定污染物自排放源排出后, 其迁移转化的趋势和规律; 当收集到的数据表明存在环境问题时, 还必须确定污染物对人体、生物体和各种物质的危害性质和影响程度。这类监测比较复杂, 需要有一定技术专长的人员操作和系统周密地分析。研究监测任务要求多学科的技术人员密切配合, 相互协作。

(2) 监视监测。这类监测收集到的数据用以评价环境改善中所取得的进展, 判断超过环境标准的程度。其中包括污染源的监控和污染趋势的监测。污染趋势监测基本都采用各种监测网, 如大气监测网、水质监测网等。在设置的测点上长年累月年复一年不间断地收集数据, 这样可以确定一个城市、地区、省甚至更大区域的污染趋势。

(3) 特定目的监测。这类监测中, 有流动监测、遥测、遥感和空中监测等。以空中监测为例, 利用飞机或人造卫星装载的空中摄影测定装置, 取得地面难以获得的信息。若将污染源的空中摄影与气象参数联系起来, 就可取得定性的空气污染分布图, 能描绘出局部地形对污染空气团移动的影响, 能勾画出受污染物扩散影响的地理区域, 有助于环境区域规划

设计和建设新工业区选点工作。

### 三、分析方法及监测网

#### 1. 分析方法

环境分析与监测的对象是千变万化的自然界,基体复杂,种类繁多。对不同的基体,即使分析同一对象,由于含量不同,往往需要采用不同的方法,含量相似的同对象,因基体干扰因素的不同,也常采用不同的分析方法。因此,环境分析的方法几乎涉及到整个分析化学的各个方面。

(1) 化学分析方法在环境分析中仍占有重要的地位。化学分析中的容量分析和比色分析虽然灵敏度不高,预处理也较麻烦,但由于仪器简单、操作方便、容易掌握,因此仍然被广泛使用。根据环境分析的特点,对化学分析方法来说,需要不断改善现有分析方法和研究新的分析方法,以满足快速、多组分和高灵敏度的要求。

(2) 大气、水、土壤及生物体中污染物的本底值含量极微,一般都是属于痕量( $10^{-6} \sim 10^{-9}$ 克)和超痕量( $10^{-9} \sim 10^{-12}$ 克)分析。这类污染物的分析要求有灵敏度高、分辨率好和速度快的分析方法,因此,在环境分析中广泛地应用了仪器分析方法。

原子吸收分光光度法,被认为是环境中痕量金属分析的主柱,能测定70多种元素。气相色谱法也是必不可少的手段,很多有机物都可用色谱分析的方法进行分离测定。库仑分析在测试的自动化中被普遍应用,溶出伏安法对多种重金属元素的测定有独到之处。此外,发射光谱、X射线荧光光谱、化学发光、荧光分析、离子选择性电极、电子能谱和中子活化分析



等方法都各具特色,被愈来愈多地作为环境分析的重要手段。

(3) 为适应现场分析监测和自动监测站的需要,目前国内已设计制造了不少专用的环境分析监测仪器。用于大气分析监测的仪器有:  $\text{SO}_2$  监测仪,  $\text{CO}$  自动监测仪,  $\text{NO}_x$  监测仪,  $\text{H}_2\text{S}$  监测仪, 臭氧分析仪, 总烃分析仪等; 用于水质监测的仪器有: 溶解氧、 $\text{pH}$ 、电导率、悬浮物和湿度的水质自动综合监测仪, 氨监测器, 氯监测器等。

## 2. 监测网

利用自动监测系统可以随时和连续地判明环境污染的程度, 了解环境质量状况, 研究环境污染对人体健康和社会活动的影响, 进而弄清污染机理和污染规律, 并对污染的防治对策进行监督和评价。因此, 环境分析监测工作发展到连续化、自动化、计算机化, 建立自动化监测网站对环境保护和科研工作起着十分重要的作用。下面扼要介绍一下一些国家的大气污染监测站和水质监测站的工作情况。

(1) 大气污染监测站。目前, 各国的大气污染自动监测站的测量项目大致相同: 即  $\text{SO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{O}_3$  及烃、飘尘和一些气象参数(如风向、风速、大气湿度、太阳辐射和大气压力等)。自动监测站配备信息遥传系统, 由计算机收集成分分析的结果和气象参数, 经调制处理后传送给上一级监测中心站。

监测中心站配备的仪器设备一般有以下四方面: 实验室用污染测定仪器, 空气监测车, 空气污染遥测装置(或遥测车), 计算机控制和信息传送系统。实验室用污染测定仪器中, 主要是分析仪器和一些专用的环境分析监测仪器。监测中心站的计算机控制和信息传送系统比自动监测站的规模要大。它的主要功能是接收、处理和储存各监测站传送来的测量数