



环境

分析与监测

HUANJING
FENXI
YU
JIANCE
HUANJING
FENXI
YU
JIANCE

邓桂春
臧树良
编著

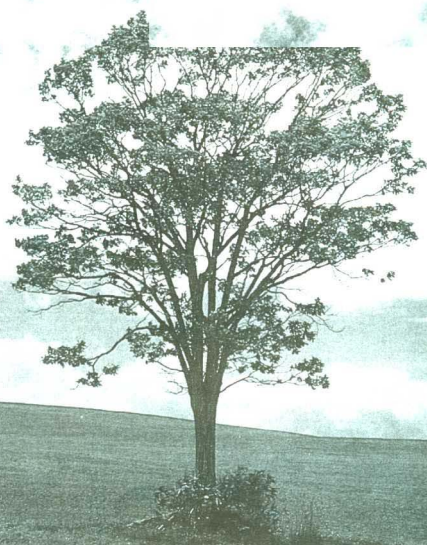


辽宁大学出版社

环境分析与监测

辽宁大学学术著作出版基金资助项目

邓桂春
臧树良
编著



辽宁大学出版社

8287.33

图书在版编目 (CIP) 数据

环境分析与监测/邓桂春,臧树良编著.-沈阳:辽宁大学出版社,
2001.3

ISBN 7-5610-4163-2

I. 环… II. ①邓…②臧… III. ①环境质量-分析(化学)
-高等学校-教材②环境监测-高等学校-教材 IV. X8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 12038 号

辽宁大学出版社出版

网址: <http://www.lnupress.com.cn>

Email: mailer@lnupress.com.cn

(沈阳市皇姑区崇山中路 66 号 邮政编码 110036)

沈阳新华印刷厂印刷

辽宁大学出版社发行

开本: 850×1168 毫米 1/32 字数: 350 千字 印张: 13.5 插页: 2

印数: 1-1000 册

2001 年 5 月第 1 版

2001 年 5 月第 1 次印刷

责任编辑: 刘 葵 家 诗
责任校对: 双 春

封面设计: 邹本忠
版式设计: 宝 新

定价: 28.00 元

内容提要

本书内容包括：环境与环境污染；环境分析与监测概述；环境质量标准，监测过程的可靠性控制；大气、水质、土壤的污染分析，生物、噪声与放射性污染监测；环境污染物的形态分离与分析。各章配有思考题与习题及分析方案设计题。

本书是化学、生物和环境科学类专业课教材，也是环境监测、管理、污染化学和环境工程技术人员参考书。

前 言

20世纪科技的迅猛发展，高度的工业化，为人类带来丰富的物质生活的同时，环境污染也日趋严重。各类资源的无序开发，有毒物质的无控排放等加剧了生态环境的恶化。保护环境，保护家园，已成为21世纪的主题之一。探明环境污染物来自何方、毒性与潜在的危害、评价环境治理效果，实施可持续发展战略，实现全球绿色化，环境分析与监测责无旁贷。

《环境分析与监测》是高等学校环境类专业本科生必修的专业基础课，也是化学、生物类学生的选修课。编者在多年使用自编讲义的基础上，收集了国内外环境污染与分析监测的实例和科学研究成果，重新加以整理补充而系统地写成此书。其基本任务是使学生在掌握了分析化学理论知识的基础上，掌握环境监测的基本概念、监测方法和分析手段，了解大气、水质和土壤等环境要素的性质、成分、环境质量标准，学会对大气、水体和土壤的污染调查、采样、消解、检测、数据处理和质量保证。通过分析方案设计，培养学生综合运用知识的能力，提高环境意识和综合监测水平。

本书在内容上注重我国环境监测现状，力求反映当前国内外发展趋势，突出环境分析监测的特点，理论联系实际，深入浅出、循序渐进。通过个例分析，协调整体内容与个体间的相互支持，保证全书的整体完整，使得全书涉及相关知识的广度和深度比较适中，既适合作为本科生教材，也适合相关实际工作者自

学。书中配有大量例题、习题和思考题，有助于学生真正掌握理论内容。此外还对化学污染物的存在形态及转化、分离与分析作为一章重点描述，可提供为分析化学专业硕士生的选读篇。

本书是辽宁大学学术著作出版基金资助项目。经博士生导师刘祁涛教授审阅，并提出宝贵的意见和建议；辽宁大学副校长刘志超教授对本书的出版给予了高度评价和关注；辽宁大学化学科学与工程学院主管教学副院长齐立权教授对本书的编写给予极大的鼓励和支持；辽宁大学出版社胡家诗、刘葵同志为本书出版做了大量的工作，才使本书得以尽快地和读者见面，在此一并致以诚挚的谢意。

由于编者水平有限，书中的疏漏和错误在所难免，敬希同行和读者批评指正。

编者

2001年3月

目 录

绪论	1
§ 0. 1 环境与环境污染	1
§ 0. 2 污染源与污染特点	6
§ 0. 3 环境分析与环境监测	17
§ 0. 4 环境分析化学发展趋势	21
第 1 章 环境分析与监测概述	24
§ 1. 1 环境分析监测的目的和任务	24
§ 1. 2 环境分析监测的对象和项目	27
§ 1. 3 环境监测分析方法及选择	30
§ 1. 4 环境标准	33
思考题与习题	46
第 2 章 监测过程的可靠性控制	47
§ 2. 1 数据与误差的分布规律	47
§ 2. 2 监测数据的统计处理	50
§ 2. 3 回归与相关分析	59
§ 2. 4 监测数据的显著性检验	67
§ 2. 5 环境监测质量保证与质量控制	74

思考题与习题	94
第3章 大气污染分析与监测	96
§ 3.1 大气及大气污染	96
§ 3.2 大气污染物试样采集	111
§ 3.3 采样体积及浓度的表示	129
§ 3.4 分子态污染物的测定	133
§ 3.5 颗粒态污染物的测定	156
§ 3.6 大气水平能见度的测定	168
§ 3.7 标准气体的配制方法	171
思考题与习题	173
第4章 水质污染分析与监测	175
§ 4.1 水体与水污染	175
§ 4.2 水样采集保存与结果表示	209
§ 4.3 物理指标的测定	219
§ 4.4 水质污染的生物监测	226
§ 4.5 水中的溶解气体和溶解氧测定	232
§ 4.6 有机污染物的测定	248
§ 4.7 非金属无机污染物的测定	275
§ 4.8 金属污染物的测定	290
思考题与习题	301
第5章 土壤污染分析与监测	303
§ 5.1 土壤污染与污染物形态	303
§ 5.2 土壤样品的采集与制备	307

§ 5. 3 土壤样品的预处理	310
§ 5. 4 土壤污染物测定	311
思考题与习题	316
第 6 章 生物污染监测	317
§ 6. 1 污染物在生物体中的分布	317
§ 6. 2 生物样品的采集与制备	318
§ 6. 3 生物样品的预处理	320
思考题与习题	326
第 7 章 噪声污染监测	327
§ 7. 1 噪声污染概述	327
§ 7. 2 噪声监测	331
思考题与习题	335
第 8 章 放射性污染监测	336
§ 8. 1 放射性污染概述	336
§ 8. 2 样品的采集与预处理	340
§ 8. 3 环境放射性监测	342
思考题与习题	345
第 9 章 环境污染物形态分析	347
§ 9. 1 化学形态分析概述	347
§ 9. 2 化学形态分析层次的划分	351
§ 9. 3 形态分离基础	362
§ 9. 4 分离中的干扰	372
§ 9. 5 形态分离技术	375

4 环境分析与监测

§ 9. 6 形态分析方法	392
§ 9. 7 形态分析应用	399
§ 9. 8 形态分析样品前处理	411
§ 9. 9 复杂样品分离分析基本过程	419
思考题与习题	420
主要参考文献	422

绪 论

§ 0.1 环境与环境污染

0.1.1 环境与环境科学

人类赖以生存的环境是指大气圈、水圈、土壤圈、岩石圈和生物圈共同组成的物质世界——自然界。人与环境,中心是人,而所有外界的影响,即以人类社会为主体的外部世界的总体称之为“环境”,它既包括未经人类改造过的自然界众多要素,如阳光、空气、陆地、水体、森林、草原、野生生物等;又包括经过人类社会加工改造过的自然界,如城市、村落、水库、港口、公路、铁路、空港、园林等;“环境”又是相对人类存在而言的,所以环境亦指环绕于人类周围的所有物理因素、化学因素、生物因素和社会因素之总和。

为了适应人类的工作需要,“环境”的定义在各国的环境保护法中有不同的含义,按照中华人民共和国环境保护法划定的环境是指大气、水、土地、矿藏、森林、野生动物、野生植物、水生植物、名胜古迹、风景游览区、温泉、疗养区、自然保护区、生活居住区等,这是一种为准确实施环境保护法而界定的工作定义。

环境是一个非常复杂的体系,环境的类型可以有不同的分类方法。

按照环境的主体分类,可分为两种体系,一种体系是以人类为主体的环境,既环境意指人类生存的环境,其它生命体和非生

命体规为环境要素。另一种体系是以生物为主体的生物环境,非生命体被视为环境要素。

按照环境范围的大小分类,可以分为聚落环境:人类的居住地,包括院落环境,村落环境,城市环境。地理环境:即人类活动的舞台和基地,是在地质环境基础上,宇宙影响因素下发生和发展起来的。星际环境或称宇宙环境:包括了整个地球直到大气圈以外的宇宙空间的大环境。

按照环境要素又可分为自然环境和社会环境。自然环境依靠自然规律发展着,构成不同的环境要素,可分为大气环境、水环境、土壤环境、生物环境、地质环境等。社会环境是人类社会在长期发展中,为了不断提高人类的物质和文化生活而创造出来的,通常依据人类对环境的利用的功能而又分为:聚落环境、生产环境、交通环境、文化环境等。

人与环境彼此相互联系,人类依靠环境及其组成部分作为资源,因而环境控制着生命;同时人类作用于环境,消耗资源,改造环境和保护环境。

环境作为一个历史自然体,经过亿万年漫长的发展过程,使它形成了一定的结构,在环境的各结构单元之间和各组成要素之间,逐渐地建立一个动态平衡的联系,人类活动打乱了它们之间的动态平衡,从而引发了环境问题,如果人为地改变某一地区的植被状况,就会引起一系列的连锁反应,可能改变该地区的气候、水文、地貌、土壤等地理地质因素,以调整它们之间物质和能量的交换过程,力求建立新的动态平衡。环境各单元、各组成要素相互影响与制约,牵一发而动全局。环境对一定的刺激有调节和缓冲能力,但当定向地刺激超出缓冲能力,就会由量变引起质变,从而改变环境的性质和质量,人类活动对自然界的影晌越大,自然界对人类的反作用也越大。以环境污染而论,当源源不断地大量向环境排放污染物,超过了环境自净能力,就会使环境质量恶化,引发环境问题,造

成社会公害和全球污染。

环境科学就是一门研究在人类活动的影响下,环境质量变化的规律及其保护和改善的综合性学科。环境科学的任务是研究如何防止由于人类社会生产活动改变了原生的自然环境,所造成的一系列威胁人类健康和生活的问题;研究人类社会活动与环境演化规律之间相互作用关系,寻求人类社会与环境的协同演化,探索可持续发展的途径与方法。环境科学是由许多分支学科所组成,可分为环境基础科学(包括环境化学、环境物理学、环境生态学和环 境地学等)、环境应用科学(包括环境工程学、环境医学和环境监测等)和环境社会学(包括环境管理学、环境经济学和环境法学等)等几类,但是不管哪一门分支学科都与描述和确定环境质量及其变化有关,这种研究测定环境质量的学科就是环境监测。

0.1.2 环境污染与公害事件

随着世界各国的经济发展,人口增长、大城市和工矿区的不断建立、能源人均消费量的不断提高,资源开发和利用的规模越来越大,全球环境或区域环境中出现了不利于人类生存和发展的现象,概括为环境问题,包括环境污染、生态破坏、人口剧增和资源的破坏与枯竭等,尤其近二、三十年来,由于科学技术的突飞猛进,工业发展的速度极剧增长,人力所及的范围,上至太空、下及海底,在这种庞大的人力作用下,对自然界的影响空前强化,环境污染和破坏也随之加剧。

就世界范围而言,工业废弃物(废气、废水、废渣)、农药、汽车尾气、石油与燃煤是造成环境污染的主要原因。据估计全世界每年人工合成的有毒化合物约五十余万种四百多万吨,这些物质几乎近一半滞留在大气和江河湖海里。此外,每年还有数十万吨的铅、汞、铬、镉等有毒重金属流入水体,上千万吨的石油流入海洋。由于燃料消耗的剧增,使燃烧后排放到大气中的烟尘、二氧化硫、氮氧化物、温室气体等污染物质的含量也迅速加大。而噪声、放射性、臭

氧层空洞、各种破坏性辐射线及海洋污染引起的浅海或半封闭海域中氮、磷等营养物质聚集、促使浮游生物过量繁殖,以致发生赤潮,海洋环境质量退化等都加剧了环境污染。

当环境中积聚起来的污染物质损害了人体的正常机能时,就会造成所谓的“公害”事件,即由于环境污染造成的在短期内人群大量发病和死亡的事件。如震惊世界的八大公害事件,大气污染而引起的英国伦敦烟雾事件,1952年12月,高浓度的烟尘和SO₂污染,使四天内比常年同期死亡人数多4000人;比利时马斯河谷事件,一周内就有60人死亡,再如横滨哮喘病事件;日本四日市哮喘病事件;洛杉矶光化学烟雾事件等。水体污染引起的,如1953~1956年发生在日本熊本县水俣市的甲基汞中毒的“水俣病”事件;日本富士山神通川流域镉污染引起的“痛痛病”事件;美国的多氯联苯(PCB)污染和日本的“米糠油”事件。工业废弃物引起的美国腊芙运河污染事件,是1978年发生的四十年前丢弃的工业垃圾氯苯、三氯苯酚等分解后污染水体,使美国纽约州尼加拉市郊居民染色体异常,畸形儿增多。八十年代以来,陆续出现的公害事件,如1983年前苏联德罗戈奇城化肥厂盐外池,污染500多公里河流,而引起的严重生态灾难;1984年印度博帕尔毒气事件,农药厂外泄异氰酸甲酯剧毒物,殃及20万人;前苏联切尔诺贝利核电站爆炸失火,造成放射性物质泄漏,使31人死亡,300人住院,放射性污染祸及丹麦、芬兰、挪威、瑞典等国的恶性公害事件。

我国是一个发展中国家,对环保认识晚,起步迟,历史遗留问题多,再加上经济力量有限,技术水平较低,因此目前还存在着比较严重的环境问题。在环境污染方面,主要表现为,大气普遍受污染。在我国的能源构成中,煤炭占70%以上,由于燃煤,造成大量的烟尘,二氧化硫等的污染。特别是北方城市在冬季采暖期间更为严重。沈阳已被认为是空气污染最为严重的省会城市之一,在产煤区域或高硫煤区污染更甚,北京已被认为是世界上空气污染最为

严重的首都之一，据对北京市大气监测数据表明，总悬浮微粒（TSP）年平均浓度比伦敦高 30 倍，据 1984 年统计全国能源耗量已超过七亿吨标准煤，废气排放量为 8.8 万亿 m^3 年，其中烟尘 2300 万吨，二氧化硫 1460 万吨，氮氧化物 400 万吨，有害物质总量达 4500 多万吨。此外兰州以南的酸雨，包头等地的大气中氟等是造成大气污染的主要原因。

水体污染从黑臭 → 富营养化 → 有机毒物，污染极为严重。目前，全国排放废水总量达 360 亿吨/年，而工业废水约占 80%，每年随废水排出的汞、镉、铅、铬等重金属及砷等约 5000 吨，酚和氰化物 2 万余吨，石油类 10 万吨，被镉、汞污染的耕地 70 万亩，涉及 15 个省、市，每年产“镉米”和“汞米”达 5 亿斤，松花江的汞污染为世人瞩目。辽河、淮河、海河严重污染，滇池、巢湖、太湖富营养化极为严重，八百里洞庭已失去往日秀丽风光。据 1997 年 12 月 23 日公布的“全国乡镇工业污染调查公报”表明，“八五”期间，乡镇工业污染物的排放总量迅速增加，废水排放量占当年全国总量的 21%，二氧化硫占总排放量的 23.9%，工业粉尘占 67.5%，烟尘占 50.3%，固体废弃物占 89%，受污染的耕地面积达 670 万公顷。

此外，每年排放的工业废渣 5 亿多吨，包括煤矸石、金属尾矿、锅炉渣、粉煤灰、冶金渣、化工渣。据 1985 年统计，全国 300 多个城市年产垃圾 5000 余万吨，且以年平均 30% 的速度增长着，据估计历年废渣堆积总量已达 60 亿吨，如此大量的废渣堆弃，不仅占去大量土地，也潜在危害着土壤、水体和大气。

环境污染日趋严重，加之森林减少、土地退化、水土流失、土壤沙化、气候变异，1997 年 4 月至 1998 年 5 月出现的热带中、东太平洋大范围（东西大约 8000km，南北大约 3000km）海水异常增暖的“厄尔尼诺”现象，“沙尘暴”的频繁发生等，不能不说是全球性的众多环境问题所致。

可喜的是，党中央和国务院正把保护环境列为我国的一项基

本国策，放到了重要的战略位置。我国宪法中明文规定了：“国家保护和改善生活和生存环境，防治污染和其他公害。”1992年8月党和政府提出了我国环境与发展的十大对策，并组织制定了《中国21世纪议程》。党的十五大提出可持续发展战略，给予环保“一票否决”的权利，公众的环境意识增强了，政府出巨资治理“三河三湖”，实施“蓝天工程”，根治“三废”，还我秀美河山。

§ 0.2 污染源与污染特点

0.2.1 污染物来源

广义上的“污染物质”一词是指改变环境自然组成的任何一种物质。这种污染物质的来源，可分为自然源和人为源两种。

来自自然界的污染物质，即自然源污染物质，主要是由于自然现象的结果引起的，如地球天然资源的释放、火山爆发、海洋有机体的分解和氧化、森林火灾等会造成大气中甲烷、一氧化碳、臭氧、二氧化硫、二氧化氮等成分含量的增加；一些地下水流经矿藏或断裂岩层时会含有较多量的金属盐类、放射性同位素和气体；天然存在的放射性元素和宇宙线会造成一定的环境辐射等等，自然源污染物质往往具有对全球规模污染的重要性。

由于环境自古以来一直是处在变化之中的，这种自然源污染物质的产生是不以人的意志为转移的，也是难于鉴定的，因此在环境科学中“污染物质”一词通常指的是那些主要是由于人类活动的结果而引起污染的物质，即人工源污染物质，而将自然源污染物质视为自然环境的本底值（背景水平）。

人工源污染物质又可区分为农业源污染物质、工业源污染物质、生活源污染物质和交通源污染物质四类。

1. 农业源污染物质

由农业源产生的污染物质主要有家畜、家禽等动物废料，植物残留物，化学肥料，化学杀虫剂，农药等。

农家动物废料虽然有很好的肥效，但能产生气味，受雨水冲淋流入河道又能污染水体。表 0-1 列出了一些家畜废料排放量的人口当量数。

表 0-1 每一家畜废料排放量的人口当量数

家 畜	五日生化需氧量 (BOD ₅)	总固体
牛	6.0	18.4
马	3.0	13.0
猪	1.8	4.4
羊	0.6	3.0
鸡	0.1	0.3

近年来，为了增加肉蛋类消费、降低饲养成本，不少国家相继建立了大饲养场。一个饲养 3 万头牲畜的饲养场在雨季时流出的污水中，其 BOD₅ 的数量相当于一个 20 万人口的城市所排泄的量。

植物残留物，包括农作物的秆、茎、根，树木的残枝落叶，森林伐木后的残留木、木段等能为病菌提供藏匿和繁殖的处所，能变质腐败而产生而不良气体污染大气，受雨水冲淋也会污染水体。

在农业上大量使用的化学肥料，如氨水、硝酸铵、硫酸铵、碳酸氢铵、尿素、过磷酸钙等会污染河流和地下水，造成地下水硝酸盐含量增加和水体的富营养化。

目前我国每年使用化肥 4000 多万吨，其中氮肥约占 3/4。长期使用的结果使水体中硝酸盐含量增加，在某些微生物的作用下，硝酸盐会还原成亚硝酸盐进而有可能转化为亚硝酸胺，这是一