



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

环境监测

曲 东 主编



 中国农业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

环 境 监 测

曲 东 主编

中 国 农 业 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

环境监测 / 曲东主编. —北京: 中国农业出版社,
2007.8

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-109-09806-0

I. 环… II. 曲… III. 环境监测-高等学校-教材
IV. X83

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 113009 号

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)
(邮政编码 100026)
责任编辑 李国忠

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 820mm×1080mm 1/16 印张: 31.5

字数: 760 千字

定价: 43.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编 曲 东

副 主 编 张 颖 莫测辉 谢英荷

编写人员 (按姓氏笔画排序)

卫亚红 (西北农林科技大学)

曲 东 (西北农林科技大学)

李光德 (山东农业大学)

张 颖 (东北农业大学)

周跃龙 (江西农业大学)

周遗品 (仲恺农业技术学院)

莫测辉 (暨南大学)

黄懿梅 (西北农林科技大学)

谢英荷 (山西农业大学)

主 审 肖 玲 (西北农林科技大学)

白红英 (西北大学)

前 言

随着我国农林院校中环境类专业的迅速发展,环境监测课程已成为重要的专业基础或专业必(选)修课。在农(林)高校中的环境科学、环境工程、资源环境科学、生态学、农业资源与环境及水土保持与荒漠化防治等专业,对环境监测课程内容的要求与传统的环境专业有一些不同,希望进一步加强土壤、生物和生态监测方面的方法。因此,本教材在传统环境监测内容的基础上,侧重对生物学和生态监测内容的补充和完善。在章节编排上,针对农业院校生态环境类相关专业的特点,按环境监测的对象分类进行了详细讲述。

本教材分理论和实验两部分。理论部分共分12章。第一章为绪论,介绍环境污染与环境质量的关系,环境监测的概念、环境监测技术体系的产生和发展,环境监测的分类,与环境监测相关的环境标准。第二章为水和废水监测,主要介绍水质监测方案的制定,水样的采集、保存和预处理,水的感官物理性状测定,水的一般化学性能指标的测定,重金属污染物监测,非金属无机污染物监测,有机污染物监测,底质监测。第三章为环境空气和废气监测,介绍环境空气污染监测方案的制定,环境空气样品的采集,大气中污染物的测定方法,污染源监测,环境空气降水监测,农田甲烷和氧化亚氮排放测定,室内空气污染监测。第四章为土壤污染监测,主要介绍土壤样品的采集、制备和保存,土壤中污染物的测定原理和方法。第五章为生物体污染监测,介绍生物样品的采集与制备,生物样品中污染物的测定,农产品安全与监测,畜产品安全与监测。第六章为固体废物监测,主要介绍固体废物的定义和分类,固体废物样品的采集、制备与保存,固体废物有害特性鉴别,生活垃圾和其他有机废弃物的监测。第七章为生物监测技术,介绍空气污染的生物监测,水体污染生物监测,土壤污染的生物监测,生物毒理学试验,环境微生物的生物测试技术,生物传感器在环境监测中的应用。第八章为生态监测,介绍生态监测基本理论及内容,生态监测方案制定,生态监测指标,生态监测技术方法。第九章为物理污染监测,主要介绍噪声污染监测,振动污染监测,电磁辐射污染监测,放射性污染监测。

第十章为自动监测, 主要介绍自动监测系统, 自动监测仪器, 水质自动在线监测系统。第十一章为监测过程的质量保证, 介绍质量保证的意义和内容, 标准分析方法和分析方法标准化, 监测过程中的质量保证。第十二章为环境监测常用仪器简介, 主要包括环境监测中常用的化学、电化学和色谱分析仪器基本原理、仪器结构和分析方法。

实验部分包括 21 个与章节内容配套的实验。实验一为水样物理指标的测定, 实验二为水样化学需氧量的测定, 实验三为水样五日生化需氧量的测定, 实验四为水样中氨氮的测定, 实验五为水样中挥发酚的测定, 实验六为水样中氯化物的测定, 实验七为水样中总砷的测定, 实验八为水样中矿物油的测定, 实验九为大气中二氧化硫的测定, 实验十为空气中二氧化氮的测定, 实验十一为大气中总悬浮颗粒物的测定, 实验十二为室内空气中甲醛浓度的测定, 实验十三为土壤中铬的测定, 实验十四为土壤中镉和铅的测定, 实验十五为土壤中氧化亚氮的测定, 实验十六为污泥中铜、锌和镍的测定, 实验十七为蔬菜中农药残留的测定, 实验十八为蔬菜中硝酸盐含量的测定, 实验十九为毛发中汞浓度测定, 实验二十为生物微核试验, 实验二十一为环境噪声监测。在实验教学过程中可选择使用。

本教材适用于高等农林院校环境科学、环境工程、农业资源与环境等生态环境类专业本科生及相关专业研究生的教学用书, 也可供有关专业及环境保护技术人员参考。

本书编写分工如下: 第一章由曲东编写; 第二章由张颖编写; 第三章由李光德编写; 第四章由谢英荷编写; 第五章由莫测辉编写, 卫亚红对部分内容进行了整理和修改; 第六章由周遗品编写; 第七章由曲东和卫亚红共同编写; 第八章由黄懿梅编写; 第九章由周遗品编写; 第十章由黄懿梅编写; 第十一章由张颖编写; 第十二章由周跃龙编写。实验一、实验二、实验三、实验四、实验五、实验六、实验七、实验八及实验二十一由周遗品编写, 实验九、实验十、实验十一、实验十二和实验十七由李光德编写, 实验十三和实验十四由周跃龙编写, 实验十五、实验十六、实验十八、实验十九及实验二十由黄懿梅编写。考虑到对部分内容的熟悉性, 由莫测辉对第二章第八节、第三章第八节和第四章第三节部分内容进行编写和补充。全书由曲东和张颖统稿。

本书编写过程中虽经过多次修改, 但是由于编者水平所限, 书中疏漏和错误之处在所难免, 恳请广大读者批评指正。

编 者

2007 年 6 月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 环境污染与环境质量	1
第二节 环境监测的基本概念	2
一、环境监测技术体系的产生和发展	2
二、环境监测的目的与作用	3
三、环境监测的分类	4
四、环境监测的基本特点	5
五、环境优先污染物和优先监测	6
第三节 环境标准	7
一、环境标准的定义及其意义	7
二、环境标准的分级与分类	7
三、我国环境标准体系的组成与作用	8
四、制定环境保护标准的原则	11
复习思考题	13
第二章 水和废水监测	14
第一节 概述	14
一、水体中污染物的来源及种类	14
二、水质监测的对象和目的	15
三、水质监测项目及其选择	16
四、水质监测的一般过程和方法	17
五、水质标准	22
第二节 水质监测方案的制定	25
一、地面水质监测方案的制定	25
二、地下水水质监测方案的制定	29
三、水污染源监测方案的制定	30
第三节 水样的采集、保存和预处理	31
一、地面水、地下水、废水以及底质样品的采集	31
二、流量的测量	36

三、水样的运输和保存	38
四、水样的消解、富集和分离	40
第四节 水的感官物理性状测定	43
一、温度	43
二、颜色	44
三、臭	44
四、悬浮物	45
五、电导率	46
六、浊度	47
七、透明度	48
第五节 水的一般化学性能指标的测定	49
一、pH	49
二、酸度	50
三、碱度	51
四、硬度	53
五、矿化度	54
六、溶解氧	55
七、氧化还原电位	57
第六节 重金属污染物监测	58
一、汞	58
二、镉、铅、锌和铜	60
三、铬	66
四、砷	67
五、其他金属元素	70
第七节 非金属无机污染物监测	71
一、有毒无机化合物	71
二、其他无机化合物	77
第八节 有机污染物监测	89
一、有机污染综合指标	89
二、毒性有机物	96
第九节 底质监测	104
一、底质监测的意义及采样方法	104
二、底质中污染物的分析	107
复习思考题	107
 第三章 环境空气和废气监测	 110
第一节 概述	110
一、空气污染物的种类及存在状态	110
二、空气污染源和污染物的时空分布	111

三、空气质量标准体系	112
第二节 环境空气质量监测方案的制定	114
一、监测目的	114
二、有关资料的收集	114
三、监测项目	115
四、监测网点的布设	116
五、采样时间和采样频率	119
第三节 环境空气样品的采集	120
一、直接采样法	120
二、富集（浓缩）采样法	121
三、采样仪器	125
四、采样效率	129
五、采样记录	130
六、污染物浓度表示方法与气体体积换算	130
七、空气污染指数	131
第四节 大气中污染物的测定方法	132
一、二氧化硫的测定方法	132
二、二氧化氮的测定方法	134
三、一氧化碳的测定方法	136
四、光化学氧化剂和臭氧的测定方法	138
五、硫酸盐化速率的测定方法	141
六、总烃及非甲烷烃的测定方法	142
七、多环芳香烃的测定方法	143
八、总悬浮颗粒物的测定方法	144
九、可吸入尘的测定方法	144
十、总悬浮颗粒物中主要组分的测定方法	146
第五节 污染源监测	147
一、固定污染源监测	148
二、流动污染源监测	158
第六节 环境空气降水监测	159
一、布设采样点的原则	160
二、样品的采集	160
三、降水中组分的监测	161
第七节 农田甲烷和氧化亚氮排放监测	162
一、甲烷气体的监测	162
二、氧化亚氮的监测	164
第八节 室内空气污染监测	164
一、概述	164
二、室内环境质量评价标准	165
三、室内空气中主要污染物的监测	166

复习思考题	173
第四章 土壤污染监测	174
第一节 概 述	174
一、土壤背景值与土壤污染	174
二、土壤污染监测目的、特点及分类	177
三、土壤标准样及其应用	178
第二节 土壤样品的采集、制备和保存	179
一、采样点的布设	179
二、土壤样品的采集	181
三、土壤样品的制备与保存	182
第三节 土壤中污染物的测定	183
一、土壤中重金属化合物的形态及其测定	183
二、土壤中非金属无机物的测定	190
三、土壤中有机污染物的测定	191
复习思考题	194
第五章 生物体污染监测	196
第一节 概 述	196
一、污染物进入生物体的途径	196
二、污染物在生物体内的分布和蓄积	197
三、污染物在生物体内的转化与排泄	200
第二节 生物样品的采集和制备	200
一、植物样品的采集和制备	201
二、动物样品的采集和制备	203
第三节 生物样品中污染物的测定	204
一、生物样品中重金属的测定	204
二、生物样品中有机污染物的测定	205
第四节 农产品安全与监测	208
一、农产品的卫生标准	208
二、农药残留的测定	208
三、无公害农产品、绿色食品及有机食品	213
第五节 畜产品安全与监测	214
一、畜产品的卫生标准	214
二、畜产品中 2,3,7,8-四氯代二苯二噁英和氯代二苯并呋喃的测定	215
三、畜产品中病毒和细菌的测定	216
四、畜产品中药物和农药残留的测定	218
复习思考题	220

第六章 固体废物监测	221
第一节 固体废物的定义和分类	221
一、固体废物的定义	221
二、固体废物的分类	221
第二节 固体废物样品的采集、制备与保存	224
一、样品的采集	224
二、样品的制备与保存	227
第三节 固体废物有害特性鉴别	228
一、急性毒性的鉴别	229
二、易燃性的试验方法	229
三、腐蚀性的试验方法	229
四、反应性的试验方法	230
五、遇水反应性的试验方法	231
六、浸出毒性的试验方法	232
第四节 城市生活垃圾及其填埋场监测	233
一、城市生活垃圾监测	233
二、垃圾填埋场监测	238
第五节 其他废物监测	241
一、农用污泥中污染物控制与监测	241
二、城镇垃圾农用污染物控制与监测	242
三、农用粉煤灰污染物控制与监测	243
四、含多氯联苯废物污染控制与监测	243
五、医疗废物焚烧烟气及残渣监测	244
复习思考题	245
第七章 生物监测技术	246
第一节 空气污染的生物监测	246
一、指示植物及其受害症状	247
二、植物监测方法	249
三、植物监测和评价空气污染中值得注意的问题	251
四、细菌对空气的污染及微生物学检验	251
第二节 水体污染的生物监测	253
一、样品采集和监测项目	253
二、生物群落监测方法	254
三、水污染的细菌学检验	257
四、水污染的浮游生物检验法	260
第三节 土壤污染的生物监测	264
一、土壤污染的生物监测指标	264
二、土壤微生物的呼吸速率试验	266

三、土壤中细菌的检验	267
第四节 生物毒理学试验	269
一、实验动物与毒性试验	269
二、吸入毒性试验	272
三、口服毒性试验	273
第五节 环境微生物的生物测试技术	273
一、分子水平的微生物监测技术	273
二、细胞水平的微生物监测技术	279
第六节 生物传感器在环境监测中的应用	285
一、生物传感器的基本组成和工作原理	286
二、生物传感器的分类	286
三、生物传感器的特点	287
四、生物传感器在环境监测中的应用	287
复习思考题	288
 第八章 生态监测	290
第一节 生态监测概述	290
一、生态质量与生态监测	290
二、生态监测的理论与内容	291
三、生态监测的任务与特点	292
四、国内外生态监测的现状和趋势	294
第二节 生态监测方案的制定	296
一、生态监测的一般程序	296
二、生态监测类型的划分	296
三、优先监测的生态项目及生态台站的确定	299
第三节 生态监测指标	301
一、生态监测指标体系的确定原则	301
二、生态监测指标体系的研究方法	302
三、生态监测指标的分类	303
四、各项生态监测要素指标内容的选择	304
五、优先监测指标	305
第四节 生态监测技术方法	307
一、宏观遥感监测	307
二、微观或地面定位监测技术	308
复习思考题	309
 第九章 物理污染监测	310
第一节 噪声污染监测	310
一、噪声的定义及噪声来源与危害	310

二、噪声的物理度量	311
三、环境噪声的评价	314
四、噪声测量仪器	320
五、噪声标准	321
六、噪声监测方法	327
第二节 振动污染监测	332
一、有关术语	332
二、振动的危害	332
三、环境振动标准	333
四、环境振动的测量	333
第三节 电磁辐射污染监测	335
一、电磁辐射与电磁波	335
二、电磁辐射污染的来源	336
三、电磁辐射污染的传播途径	337
四、电磁辐射污染的危害	337
五、电磁辐射防护规定与环境电磁波卫生标准	338
六、电磁辐射监测	340
七、电磁辐射污染防治措施	344
第四节 放射性污染监测	345
一、有关放射性的基础知识	345
二、环境中放射性的来源	347
三、放射性污染的危害	348
四、放射性监测	350
复习思考题	356
第十章 自动在线监测	357
第一节 自动监测系统	357
一、监测系统	357
二、传输系统	358
三、数据处理系统	359
第二节 环境空气质量自动监测系统	360
一、系统的构成和运行方式	361
二、系统监测布点和监测项目的选取	363
三、自动监测仪器的分析方法	365
四、自动监测仪器	366
五、大气污染监测车	372
第三节 水质自动在线监测系统	373
一、水质自动在线监测系统的基础	373
二、地表水水质自动在线监测	375
三、污水自动监测系统	378

四、质量控制与质量保证	379
五、发展方向	380
复习思考题	380
第十一章 监测过程的质量保证	381
第一节 质量保证的意义和内容	381
一、质量保证的意义	381
二、质量保证的内容	381
第二节 标准分析方法和分析方法标准化	385
一、标准和标准分析方法	385
二、分析方法标准化	386
三、监测实验室间的协作试验	388
四、环境标准物质	389
第三节 监测过程中的质量保证	395
一、质量保证的机构和职责	395
二、质量保证的量值传递	395
三、监测实验室的基本要求与管理	395
四、质量保证的工作内容	397
五、质量保证报告制度	401
复习思考题	401
第十二章 环境监测常用仪器简介	403
第一节 光谱分析仪器	403
一、原子吸收分光光度计	403
二、等离子体发射光谱仪	406
第二节 色谱分析仪器	408
一、气相色谱仪	408
二、高效液相色谱仪	410
第三节 电化学分析仪器	412
一、极谱仪	412
二、库仑分析仪	414
复习思考题	416
环境监测实验	417
实验一 水样物理指标的测定	417
实验二 水样化学需氧量的测定	422
实验三 水样五日生化需氧量的测定	425
实验四 水样中氨氮的测定	430

实验五 水样中挥发酚的测定	433
实验六 水样中氟化物的测定	436
实验七 水样中总砷的测定	439
实验八 水样中矿物油的测定	442
实验九 大气中二氧化硫的测定	446
实验十 环境空气中二氧化氮的测定	452
实验十一 环境空气中总悬浮颗粒物的测定	455
实验十二 室内空气中甲醛浓度的测定	459
实验十三 土壤中铬的测定	463
实验十四 土壤中镉和铅的测定	466
实验十五 土壤中氧化亚氮的测定	468
实验十六 污泥中铜、锌和镍的测定	471
实验十七 蔬菜中农药残留的测定	473
实验十八 蔬菜中硝酸盐含量的测定	476
实验十九 毛发中汞浓度的测定	478
实验二十 生物微核试验	480
实验二十一 环境噪声监测	483
 主要参考文献	 486

第一章 绪 论

环境监测作为环境科学中的一个重要分支学科对于环境评价、环境管理、环境化学、环境物理学、环境生物学、环境工程学、环境法学、环境经济学等学科分支的发展具有重要作用。环境监测是环境保护工作的基础，环境监测技术的进步将推动环境保护事业的发展。环境监测的研究领域非常广泛，不仅涉及污染物的性质、污染物在环境中的转化和污染物质的分析测试，而且包括对影响环境的诸多内在因子和外部因子的分析与测试。环境监测工作不仅与污染物控制和环境质量的评价密切相关，而且与技术经济发展、人文、社会及法律紧密关联。现代的环境监测理念不仅局限于对人类的直接影响的评价，而且扩大到整个自然与社会的和谐问题。随着环境保护工作的不断扩大，环境监测工作需要技术支持的方面也越来越多，不同学科的综合越来越强。这就要求环境监测工作必须与时俱进，开拓创新，以便更好地为环境管理和经济建设服务。

第一节 环境污染与环境质量

环境与体系是相对而言的概念。环境泛指与某一特定体系直接或间接相关联的全部外界因素的集合。环境科学中的环境通常是指人类赖以生存和发展的物质条件的综合体，主要涉及地球表面与人类相关的各种自然要素及其总和。在《中华人民共和国环境保护法》中的环境概念包括：大气、水、土地、矿藏、森林、草原、野生动物、野生植物、水生生物、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。人类生存环境包括自然环境和社会环境。自然环境由空气、水、土壤、岩石、植物、动物等要素组成，社会环境是在长期的自然环境中逐渐形成的，影响着人类的行为、思维、风俗习惯、情绪、道德观念、法律意识等。

在长期的历史发展过程中，人与环境之间形成了既相互依存又相互制约的对立统一关系。人类通过生产活动，不断从环境中获得物质、能量和信息，最终又将转化后的物质排入环境，其中包含了大量对环境能够产生不利影响的物质。社会的发展不断地改变着人类需求与环境供给之间原本存在的平衡关系，这种动态平衡的破坏将对人类生存环境产生影响。在环境科学中，环境污染指有害物质或因子进入环境，并在环境中扩散、迁移、转化，使环境系统结构与功能发生变化，对人类以及其他生物的生存和发展产生不利影响的现象。

环境污染有各种不同类型。按照构成环境的要素可分为大气污染、水体污染、土壤污染等；按污染物的性质可分为化学性污染、物理性污染和生物性污染；按污染物的形态可分为废气污染、废水污染、固体废弃物污染和辐射污染；按污染物产生的原因可分为生活污染和生产污染

(工业污染、农业污染、交通污染);按污染涉及范围可分为全球性污染、区域性污染、局部污染等。

环境污染不仅具体地指有害物质或因子进入环境系统,导致其结构和功能发生不利于人类及生物正常生存和发展的变化,而且也包含各种变化所衍生的环境效应。环境效应按环境变化的性质可分为环境物理效应、环境化学效应和环境生物效应。环境物理效应是物理作用引起的环境效果,如热岛效应、温室效应、噪声、地面沉降等。环境化学效应是在多种环境条件的影 响下物质之间的化学反应所引起的环境效果,如环境的酸化、土壤盐碱化、水硬度升高、光化学烟雾的发生等。环境生物效应指各种环境因素变化而导致生态系统变异的效果,其研究内容包括污染物的毒性、毒理、吸收和积累,多种污染物的拮抗作用和协同作用,生物解毒酶的种类、数量以及解毒机理等。造成环境污染的原因是多方面的,有自然因素和人为因素。人类在日常生活及生产活动中产生的有害有毒物质进入环境,是造成环境污染的主要原因。造成环境污染的有害有毒物质称为污染物,其发生源称为污染源。污染源包括向环境排放有害物质或对环境产生有害物质的场所、设备和装置。按污染物的来源可将污染源分为天然污染源和人为污染源。天然污染源指自然界自行向环境排放有害物质或造成有害影响的场所。人为污染源指人类社会活动所形成的污染源,是研究和控制的主要对象。生产活动一方面促进人类的物质文明,另一方面也带来与日俱增的环境污染问题,使得人类对生存环境的担忧逐步加剧。为了表征和描述人类生存环境的优劣,提出了环境质量的概念。环境质量是指在一个具体的环境内,环境的总体或某些要素对人群的生存和繁衍以及社会经济发展的适宜程度。环境质量是反映人类的具体要求而形成的对环境的性质及数量进行评定的一种概念。人类活动所引起的环境质量下降,有害于人类及其他生物的正常生存和发展。因此,环境科学中以环境质量标准为评定环境是否发生污染以及受污染的程度的尺度。

第二节 环境监测的基本概念

环境监测是通过对人类活动与环境有影响的各种人为因素、反映环境质量变化的各种自然因素以及对环境造成污染危害的各种成分含量(浓度)的测定,确定环境质量(或污染程度)及其变化趋势的技术体系。环境监测包括环境背景值监测、影响环境质量因素代表值监测、污染物排放量(或浓度)监测、污染物对生物直接或潜在影响因素及效应的监测。环境监测的过程一般为:现场背景资料调查→设计监测方案→优化布点→样品采集→样品运送与保存→实验室分析测试→数据处理→综合评价等。

一、环境监测技术体系的产生和发展

(一) 环境监测技术的发展

早期的环境监测技术建立在环境样品化学分析方法的基础上,以人为排放污染物的分析测试为主,目的在于确定污染物的组成和含量,故称为污染源监测阶段。当污染物进入环境后,由于