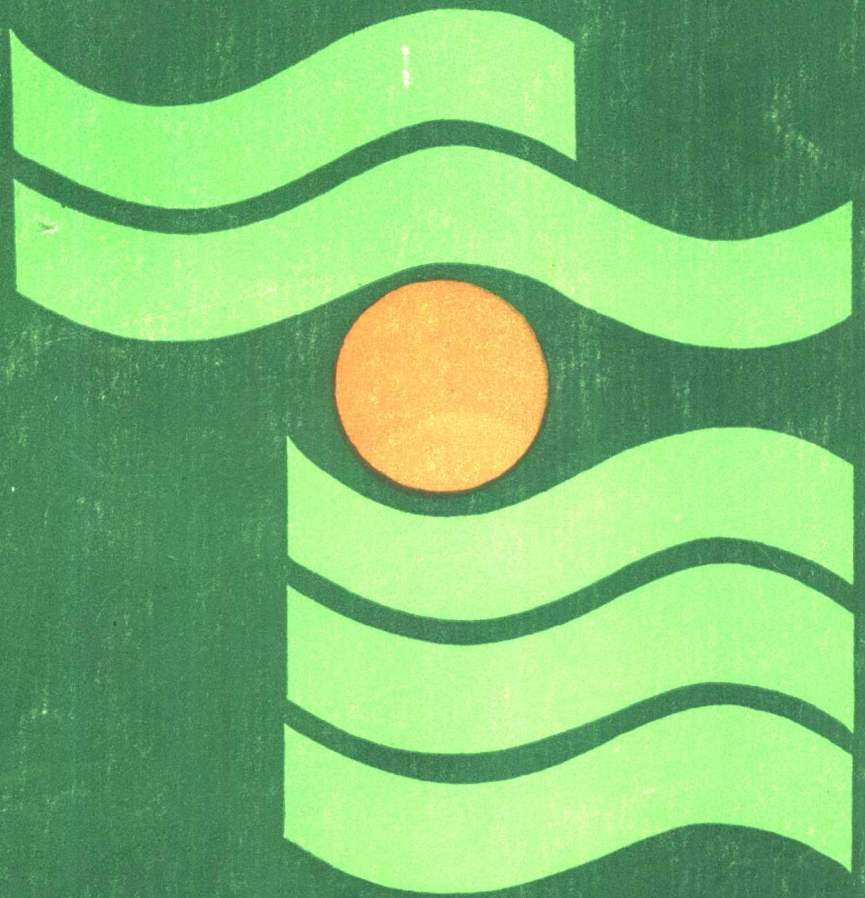
高等学校试用教材

环境监测技术

● 张世森 主编

HUANJING JIANCE JISHU

高等教育出版社



高等学校试用教材

环境监测技术

主编　张世森
编者　张世森　李培哲　金吉祥　周　卫
（成都科技大学）
朱明华　何燧源　邹景瑶
（华东化工学院）

高等教育出版社

(京)112号

内 容 提 要

环境监测技术是环境监测专业一门专业主干课，本书是根据国家教委工科环境工程类 教材委员会制订的课程基本要求编写的。全书体系以监测方法和技术为主线，各章密切结合环境监测应用，力 求体现监测方法与监测对象相结合，理论与实践相结合。全书共二十章，系统而详细地讨论了环境监测 中使用的现代分析测试方法及仪器设备的原理和技术。同时也阐述了噪声污染监测、环境放射性监测、 生物监测、自动监测技术、简易监测技术、环境污染物形态分析、环境监测试样的采取和保存、环境监测质 量保证和控制等内容。每章附有习题和参考文献，书末附有各种环境监测标准。

本书可供环境监测、环境化学、环境生物、环境工程专业本科及研究生作为教学用书。 也可供各类环境监测站和环境科学工作者参考使用。

高等学校试用教材

环境监测技术

主编 张世森

编者 张世森 李培哲

金吉祥 周 卫

（成都科技大学）

朱明华 何燧源 邹景瑶

（华东化工学院）

*

高等教育出版社 出 版

新华书店总店北京科技发行所发行

河北省香河县印刷厂印装

*

开本787×1092 1/16 印张 37.5 字数 864 000

1992年5月第1版 1992年5月第1次印刷

印数 0 001—3 440

ISBN 7-04-003683-5/Q·188

定价 11.45 元

前　言

环境监测技术是环境监测专业一门专业主干课，本书是根据国家教委工科环境工程类教材委员会制订的课程基本要求，在总结编者多年教学经验的基础上编写的。本书具有如下特点：

一、全书体系以监测方法和技术为主线，各章密切结合环境监测应用，力求体现监测方法与监测对象相结合，理论与实践相结合。

二、本书较全面系统地介绍了环境监测这门学科的概貌及其发展过程。

三、近年来环境监测有了较大的发展，不仅要对污染物进行痕量和超痕量的成分分析，也要进行形态和结构分析，为此本书增加了紫外光谱、红外光谱、质谱及形态分析等内容。

四、本书除讨论了一般的污染分析及监测方法外，还介绍了生物监测、放射性监测、化学发光分析、离子色谱、荧光X光谱等新的监测技术。还较为详细地介绍了自动监测技术。

五、目前国际上十分重视环境优先污染物的优先监测，其中特别是优先有机污染物的监测。书中加强了有机分析的有关技术的阐述。

全书共分二十章：环境监测导论、环境监测试样的采集和保存、环境监测质量保证和质量控制、紫外-可见分光光度法、红外吸收光谱法、荧光分析及化学发光分析、原子发射光谱分析法、原子吸收分光光度法、离子选择性电极法、极谱分析和溶出伏安分析法、气相色谱法、高效液相色谱和离子色谱法、色谱-质谱法、荧光X光谱分析、环境放射性监测、环境污染物形态分析、噪声污染监测、生物污染监测、自动监测技术、简易监测技术。

本书可供高等学校环境监测专业、环境化学专业、环境工程专业作教学用书，适合理论教学为100～120学时的教学。亦可供环境监测站和环境科学工作者参考使用。

本书由成都科技大学张世森（一、四、十一、十二、十三、十八章及附录）、李培哲（七、九、十四章）、金吉祥（五章）、周卫（二、三、十七章）、华东化工学院朱明华（六、八章）、何燧源（十五、十六、十九章）、邹景瑶（十、二十章）合作编写，由张世森担任主编，负责全书统稿工作。

1989年由国家教委环境工程类教材委员会主持对本书进行了评审，提供了许多宝贵意见。中国纺织大学奚旦立教授、清华大学蒋展鹏教授对此书作了悉心的审阅。高教出版社张月娥副编审、陈文同志为本书的出版作了大量工作。成都科技大学环境监测教研室提供了多方面的协助。在此一并致以衷心感谢。

限于编者水平，成稿仓促，书中错误和不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

目　录

第一章　环境监测导论 …… 1
§ 1-1　环境监测的目的和分类 …… 1
一、环境分析与环境监测 …… 1
二、环境监测的目的 …… 1
三、环境监测的分类 …… 2
§ 1-2　环境优先污染物及优先监测 …… 2
§ 1-3　环境污染特征和环境监测的特点 …… 4
一、环境污染特征 …… 4
二、环境监测的特点 …… 9
§ 1-4　环境监测技术及其发展 …… 9
一、常用环境监测方法 …… 9
二、环境监测技术发展动向 …… 10
§ 1-5　环境标准 …… 13
一、环境标准的概念和作用 …… 13
二、环境标准制订原则 …… 14
参考文献 …… 15
第二章　环境监测试样的采集和保存 …… 16
§ 2-1　采样概述 …… 16
一、采样的基本原则 …… 16
二、采样前的调查研究 …… 16
三、采样量 …… 16
四、采样时间和频率 …… 17
§ 2-2　水样的采集和保存 …… 17
一、地面水采样 …… 17
二、工业废水样的采集 …… 21
三、水样的保存 …… 22
四、水样的预处理 …… 23
§ 2-3　大气监测试样的采集 …… 25
一、采样点的布设 …… 25
二、采样方法及其原理 …… 27
三、烟道气样品的采集 …… 35
§ 2-4　土壤样品的采集、制备及保存 …… 39
一、采样点的布设 …… 39
二、采样深度 …… 40
三、土样的制备和保存 …… 41
§ 2-5　固体废弃物样品的采集和制备 …… 41
一、固体废弃物样品的采集 …… 42
二、固体废弃物样品的制备 …… 42
习题 …… 42
参考文献 …… 43
第三章　环境监测质量保证和质量控制 …… 44
§ 3-1　环境监测质量保证和质量控制的涵义 …… 44
§ 3-2　监测数据的统计处理 …… 44
一、监测数据处理中几个基本概念 …… 45
二、离群数据的统计检验 …… 49
三、直线相关和回归 …… 51
§ 3-3　实验室内部质量控制 …… 54
一、分析方法的评价指标 …… 54
二、分析方法的选择 …… 55
三、准确度检验 …… 55
四、质量控制图 …… 56
§ 3-4　实验室间质量控制 …… 63
一、实验室质量考核 …… 63
二、实验室误差测验 …… 64
§ 3-5　标准分析方法和分析方法标准化 …… 66
一、标准分析方法 …… 66
二、分析方法标准化 …… 66
§ 3-6　环境标准参考物质 …… 67
习题 …… 69
参考文献 …… 70
第四章　紫外-可见分光光度法 …… 71
§ 4-1　分子吸收光谱概述 …… 71
§ 4-2　紫外与可见吸收光谱的形成 …… 74
4-3　有机化合物的紫外吸收光谱 …… 77
一、饱和烃的紫外吸收光谱 …… 77
二、不饱和脂肪烃的紫外吸收光谱 …… 77
三、芳香烃的紫外吸收光谱 …… 79
四、溶剂对紫外吸收光谱的影响 …… 80
§ 4-4　紫外-可见分光光度法基本原理 …… 81
一、定性分析的原理 …… 81
二、定量分析原理-辐射吸收定律 …… 82
三、偏离朗伯-比尔定律的因素 …… 83
§ 4-5　紫外-可见分光光度计 …… 84
一、紫外-可见分光光度计的基本部件 …… 85

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

二、紫外-可见分光光度计的结构原理 ……86
§ 4-6 紫外-可见分光光度测定方法……89
一、常用测定方法 ……89
二、示差分光光度法 ……90
三、双波长分光光度法 ……91
§ 4-7 紫外-可见分光光度法在环境监测中的应用……93
一、水质污染监测 ……93
二、大气污染监测 …… 100
习题…… 104
参考文献 …… 105
第五章 红外吸收光谱法 …… 106
§ 5-1 红外吸收光谱的理论基础 …… 106
一、双原子分子的振动 …… 106
二、多原子分子的振动 …… 108
三、红外光谱的吸收和强度 …… 109
四、化学键和基团的特征振动频率 …… 110
§ 5-2 红外光谱与分子结构的关系 …… 111
一、基团振动和红外光谱区域的关系 …… 111
二、影响基团频率的因素 …… 113
§ 5-3 红外分光光度计和实验技术 …… 116
一、红外分光光度计 …… 116
二、样品制备 …… 118
§ 5-4 红外光谱的定性和定量分析 …… 119
一、定性分析 …… 119
二、定量分析 …… 128
§ 5-5 红外吸收光谱法在环境监测中的应用…… 131
一、不分光红外吸收监测仪器和大气中CO等污染物的测定 …… 131
二、水中油和总有机碳的测定 …… 132
三、环境中有机污染物的结构分析 …… 134
习题…… 137
参考文献 …… 140
第六章 荧光分析与化学发光分析 …… 141
§ 6-1 概述 …… 141
§ 6-2 荧光分析法 …… 142
一、基本原理 …… 142
二、荧光定性分析 …… 146
三、荧光定量分析 …… 149
四、荧光计与荧光分光光度计 …… 152
§ 6-3 荧光分析在环境监测中的应用 …… 154
一、空气中SO_2的测定 …… 155
二、饮用水和粮食中硒的测定 …… 156
三、苯并(a)芘的测定 …… 157
§ 6-4 化学发光分析法 …… 158
一、基本原理 …… 158
二、化学发光法的特点 …… 158
§ 6-5 化学发光分析在环境监测中的应用… 159
一、酰肼类化学发光体系 …… 169
二、罗丹明类化学发光体系 …… 160
三、气相化学发光 …… 161
四、火焰化学发光分析 …… 164
习题…… 164
参考文献 …… 164
第七章 原子发射光谱分析法…… 165
§ 7-1 概述 …… 165
§ 7-2 方法原理 …… 165
一、原子光谱的产生 …… 165
二、原子能级图 …… 166
三、电离 …… 167
四、谱线强度 …… 168
§ 7-3 光谱分析的仪器 …… 170
一、激发光源 …… 170
二、摄谱仪 …… 173
三、感光板 …… 176
四、测微光度计 …… 177
五、光电直读光谱仪 …… 178
§ 7-4 光谱定性分析 …… 179
一、元素的最后线与特征线 …… 179
二、识谱方法 …… 180
三、定性试样的激发 …… 181
四、含量估计 …… 181
§ 7-5 光谱半定量分析 …… 182
一、比较光谱法 …… 182
二、显线法 …… 182
§ 7-6 光谱定量分析 …… 182
一、谱线强度与试样中元素含量的关系 …… 182
二、内标法原理 …… 183
三、相对强度与黑度的关系 …… 184
四、光谱定量分析的方法… …… 184
五、光谱背景和背景的扣除 …… 185
§ 7-7 发射光谱分析在环境监测中的应用… 185
习题…… 186
参考文献 …… 187
第八章 原子吸收分光光度分析法 …… 189
§ 8-1 概述 …… 189

§ 8-2 基本原理 …… 189
一、谱线轮廓与谱线变宽 …… 189
二、积分吸收和峰值吸收 …… 192
三、基态原子数与原子吸收定量基础 …… 194
§ 8-3 仪器装置及部件 …… 195
一、光源——空心阴极灯 …… 197
二、原子化系统 …… 198
§ 8-4 定量分析方法 …… 202
一、标准曲线法 …… 202
二、标准加入法 …… 202
§ 8-5 干扰及其抑制 …… 203
一、光谱干扰 …… 203
二、物理干扰 …… 206
三、化学干扰 …… 206
§ 8-6 测定条件的选择 …… 208
§ 8-7 原子吸收分析在环境监测中的应用 … 208
一、水中铜、铅、锌、镉的测定(火焰原子化法) … 210
二、水中重金属的测定(石墨炉原子化法) …… 211
三、大气尘粒中金属元素的测定 …… 212
四、水样中砷的测定(氢化物原子化法) …… 212
五、汞的冷原子吸收测定 …… 213
习题 …… 214
参考文献 …… 214
第九章 离子选择性电极法 …… 216
§ 9-1 概述 …… 216
§ 9-2 基本原理 …… 216
一、膜电势 …… 216
二、离子选择性电极的主要特性 …… 218
§ 9-3 离子选择性电极的类型 …… 221
一、晶体膜电极 …… 221
二、非晶体膜电极 …… 223
三、气敏电极 …… 229
四、酶电极 … …… 230
§ 9-4 离子选择性电极的定量方法 …… 231
一、标准曲线法 …… 231
二、已知增量法 …… 232
三、格兰作图法 …… 232
§ 9-5 离子计 …… 234
一、离子计 …… 234
二、pH 和 pX 标准 …… 235
§ 9-6 离子选择性电极在环境监测中的应用 …… 236
习题 …… 237
参考文献 …… 237
第十章 极谱分析和溶出伏安分析法 …… 239
§ 10-1 极谱分析法 …… 239
一、基本原理 …… 239
二、扩散电流方程式 …… 241
三、半波电位-极谱定性分析原理 …… 243
四、干扰电流及其抑制 …… 245
五、定量分析方法 …… 248
§ 10-2 单扫描示波极谱法 …… 250
一、仪器的基本线路 …… 250
二、定量分析的原理 …… 250
§ 10-3 方波极谱和脉冲极谱 …… 254
一、方波极谱 …… 254
二、脉冲极谱 …… 256
§ 10-4 溶出伏安法 …… 257
一、阳极溶出伏安法 …… 259
二、阴极溶出伏安法 …… 260
三、变价离子溶出伏安法 …… 261
四、溶出伏安法中常用的电极 …… 261
五、溶出条件的选择 …… 263
§ 10-5 极谱法和溶出伏安法在环境监测中的应用 …… 263
一、阳极溶出伏安法测定水样中铜、铅、镉、锌 … 264
二、变价铬离子的价态分析 …… 265
习题 …… 266
参考文献 …… 267
第十一章 气相色谱法 …… 268
§ 11-1 色谱法概述 …… 268
一、色谱法的定义和分类 …… 268
二、色谱流出曲线及有关术语 …… 270
§ 11-2 色谱法的理论基础 …… 272
一、分配平衡 …… 272
二、保留值 …… 273
三、分配等温线 …… 275
四、塔板理论 …… 277
五、速率理论 …… 279
六、分离度 …… 283
§ 11-3 气相色谱法概述 …… 284
一、气相色谱仪及流程 …… 285
二、应用范围与限制 …… 286
§ 11-4 气相色谱的固定相 …… 286
一、固体固定相 …… 286
二、液体固定相 …… 287

三、聚合物固定相 …… 288
§ 11-5 气相色谱检测器 …… 289
一、检测器的分类 …… 289
二、对检测器的要求 …… 290
三、热导检测器 …… 293
四、氢火焰离子化检测器 …… 294
五、电子捕获检测器 …… 297
六、火焰光度检测器 …… 298
七、碱盐离子化检测器 …… 299
§ 11-6 气相色谱操作条件的选择 …… 300
一、色谱柱及其柱长 …… 300
二、载体及其粒度 …… 301
三、固定液配比 …… 301
四、柱温 …… 301
五、载气及其流速 …… 301
六、样品量 …… 302
七、气化温度 …… 302
§ 11-7 开管柱气相色谱法 …… 302
一、速率理论方程 …… 302
二、开管柱的特点 …… 303
三、开管柱的柱性能评价 …… 303
§ 11-8 定性分析 …… 304
一、利用保留值定性 …… 304
二、利用相对保留值定性 …… 304
三、加入已知物增加峰高定性 …… 305
四、利用文献保留值数据定性 …… 305
§ 11-9 定量分析 …… 306
一、峰面积的测量 …… 306
二、定量校正因子 …… 307
三、定量分析方法 …… 308
§ 11-10 气相色谱在环境监测中的应用 …… 310
习题 …… 315
参考文献 …… 316
第十二章 高效液体色谱和离子色谱 …… 317
§ 12-1 高效液体色谱概述 …… 317
一、高效液体色谱的特点 …… 317
二、高效液体色谱与气相色谱的比较 …… 317
§ 12-2 高效液体色谱的分类 …… 318
一、液液分配色谱 …… 318
二、液固吸附色谱 …… 320
三、离子交换色谱 …… 321
四、空间排斥色谱 …… 321
五、液体色谱分离类型的选择 …… 322
六、液体色谱流动相的选择 …… 323
§ 12-3 高效液体色谱仪 …… 324
一、高压泵 …… 326
二、梯度洗脱装置 …… 327
三、进样器 …… 327
四、检测器 …… 328
§ 12-4 高效液体色谱在环境监测中的应用 333
§ 12-5 离子色谱法概述 …… 335
§ 12-6 离子色谱装置 …… 336
一、淋洗剂贮罐 …… 336
二、高压泵 …… 337
三、色谱柱 …… 338
四、检测器 …… 338
§ 12-7 离子交换剂 …… 340
一、微孔型离子交换树脂 …… 340
二、大孔型离子交换树脂 …… 340
三、薄壳离子交换树脂 …… 341
§ 12-8 抑制型离子色谱法 …… 342
一、抑制柱的抑制反应原理 …… 342
二、淋洗液 …… 343
§ 12-9 非抑制型离子色谱法 …… 345
一、单柱阴离子色谱法 …… 345
二、单柱阳离子色谱法 …… 346
§ 12-10 光度检测的离子色谱法 …… 348
一、直接紫外光度检测法 …… 349
二、间接光度色谱法 …… 349
三、柱后反应衍生法 …… 349
§ 12-11 离子色谱法在环境监测中的应用 … 350
一、常见阴离子分析 …… 351
二、有机酸的分析 …… 351
三、雨水中阴离子的测定 …… 352
四、重金属的分析 …… 352
习题 …… 352
参考文献 …… 353
第十三章 色谱-质谱法 …… 354
§ 13-1 质谱分析概述 …… 354
§ 13-2 质谱的形成及质谱仪器的类型 …… 355
一、质谱的形成 …… 355
二、质谱术语 …… 356
三、质谱仪器的分类和主要技术指标 …… 358
四、有机质谱的基本原理 …… 360
§ 13-3 质谱仪器的构造和原理 …… 361
一、离子源 …… 362
二、质量分析器 …… 365
三、离子检测器 …… 369

四、进样系统 …… 369
五、真空系统 …… 370
§ 13-4 有机质谱离子的类型 …… 370
一、分子离子 …… 370
二、同位素离子 …… 373
三、碎片离子 …… 375
四、亚稳离子 …… 375
§ 13-5 色谱-质谱连接装置 …… 376
一、概述 …… 376
二、气相色谱-质谱接口 …… 377
三、高效液相色谱-质谱接口 …… 379
§ 13-6 色谱-质谱联用分析图谱 …… 382
一、质谱图和质量碎片图谱 …… 382
二、色谱图和总离子流色谱图 …… 382
三、重建离子色谱图和质量色谱图 …… 383
§ 13-7 质谱及色谱-质谱法的应用 …… 384
一、分子量的测定 …… 384
二、分子式的确定 …… 385
三、推测有机化合物的结构 …… 386
四、在环境监测中的应用 …… 388
习题 …… 390
参考文献 …… 392
第十四章 荧光 X 射线光谱分析 …… 394
§ 14-1 概述 …… 394
§ 14-2 X射线光谱的激发 …… 394
一、用电子束激发 …… 394
二、用原级X射线激发 …… 397
三、用放射性同位素激发 …… 399
§ 14-3 X射线的吸收和衍射 …… 399
一、X射线的吸收 …… 399
二、X射线的散射 …… 401
三、X射线的衍射 …… 402
§ 14-4 波长色散法与能谱分析法 …… 403
一、波长色散法 …… 404
二、能谱分析法 …… 404
§ 14-5 荧光X射线光谱仪 …… 405
一、荧光X射线光谱仪的类型 …… 405
二、X射线管 …… 406
三、分光系统 …… 406
四、探测器 …… 408
五、脉冲高度分析器 …… 411
六、多道脉冲高度分析器 …… 413
§ 14-6 计数误差 …… 414
§ 14-7 定性分析与定量分析 …… 416
一、定性分析 …… 416
二、定量分析 …… 416
§ 14-8 在环境监测中的应用举例 …… 418
一、大气飘尘中微量元素的测定 …… 418
二、水中污染元素的测定 …… 418
三、生物样品中微量元素的测定 …… 418
习题 …… 419
参考文献 …… 419
第十五章 环境放射性监测 …… 420
§ 15-1 概述 …… 420
一、放射性 …… 420
二、照射量和剂量 …… 421
三、放射性监测 …… 423
§ 15-2 环境中的放射性 …… 424
一、环境中放射性的来源 …… 424
二、放射性核素在环境和人体中的分布 …… 427
§ 15-3 环境放射性监测实验室 …… 429
一、放射化学实验室 …… 429
二、放射性计测实验室 …… 431
§ 15-4 放射性计测仪器 …… 431
一、仪器及工作原理 …… 431
二、弱放射性测量装置的稳定性检验 …… 436
三、放射性计测误差和检测限 …… 437
§ 15-5 环境放射性监测 …… 440
一、大气放射性监测 …… 440
二、水体放射性监测 …… 445
三、土壤的放射性监测 …… 448
§ 15-6 中子活化分析法及其在环境监测中的应用 …… 448
一、原理 …… 448
二、分析技术概要 …… 450
三、在环境分析中的应用 …… 451
习题 …… 451
参考文献 …… 451
第十六章 环境污染物形态分析 …… 453
§ 16-1 概述 …… 453
§ 16-2 理论计算法 …… 454
§ 16-3 直接测定法 …… 456
一、形态的各别测定法 …… 456
二、离子选择性电极法 …… 457
三、阳极溶出伏安法 …… 457
§ 16-4 分离法 …… 458
一、物理分离法 …… 458

二、化学分离法 …… 458
三、物理化学分离法 …… 459
§ 16-5 综合法 …… 461
§ 16-6 干法 …… 462
一、X射线衍射法 …… 462
二、电子探针法 …… 465
习题 …… 467
参考文献 …… 467
第十七章 噪声污染监测 …… 468
§ 17-1 环境噪声概述 …… 468
一、噪声的定义和特征 …… 468
二、噪声的分类 …… 468
三、噪声的危害 …… 469
§ 17-2 噪声的声学特性和量度 …… 470
一、声音的产生和传播 …… 470
二、声音的基本物理量 …… 470
三、声音的量度 …… 471
四、声级的叠加 …… 472
§ 17-3 噪声测量的评价方法 …… 474
一、噪声的评价量 …… 474
二、噪声频谱分析 …… 478
§ 17-4 噪声标准 …… 479
一、听力保护标准 …… 479
二、机动车辆噪声标准 …… 480
三、环境噪声标准 …… 481
§ 17-5 噪声测量仪器 …… 481
一、声级计 …… 481
二、频率分析仪 …… 483
三、磁带记录仪 …… 483
§ 17-6 城市环境噪声监测 …… 483
一、测量条件 …… 484
二、城市区域环境噪声监测 …… 485
三、城市交通噪声监测 …… 485
四、城市环境噪声长期监测 …… 486
习题 …… 486
参考文献 …… 487
第十八章 生物监测 …… 488
§ 18-1 生态监测与生物监测 …… 488
一、生态监测 …… 488
二、生物监测 …… 488
§ 18-2 水生生物监测 …… 488
一、有机污染的指示生物 …… 488
二、污水生物三角形 …… 490
三、种类多样性指数 …… 491
四、早期警报系统 …… 491
五、水体污染的生物监测方法 …… 492
六、水生生物监测示例 …… 495
§ 18-3 大气生物监测 …… 506
一、影响植物生态系统的大气污染物 …… 506
二、大气污染的植物监测方法 …… 506
三、大气污染对植物的伤害症状 …… 510
习题 …… 513
参考文献 …… 514
第十九章 自动监测技术 …… 515
§ 19-1 概述 …… 515
§ 19-2 现场和在线自动监测 …… 517
一、现场自动监测 …… 517
二、样品不需前处理的在线自动监测 …… 520
三、样品需前处理的在线自动监测 …… 520
§ 19-3 流动注射分析法 …… 523
一、工作原理 …… 523
二、系统的组成部件及其功能 …… 527
三、在环境监测中的应用 …… 531
§ 19-4 遥测技术 …… 534
一、照相摄影 …… 534
二、热红外扫描技术 …… 536
三、相关光谱技术 …… 537
四、激光雷达技术 …… 539
§ 19-5 环境监测专用自动测定仪器和装置 …… 543
一、BOD测定仪 …… 543
二、TOC测定仪 …… 543
三、TOD测定仪 …… 544
四、NO_x和O_3的自动测定装置 …… 545
习题 …… 547
参考文献 …… 547
第二十章 简易监测技术 …… 548
§ 20-1 目视比色法和试纸比色法 …… 548
一、目视比色法 …… 548
二、试纸比色法 …… 549
三、人工标准色列 …… 551
§ 20-2 检气管法 …… 551
一、载体的选择和处理 …… 551
二、检气管的制备 …… 552
三、检气管的标定 …… 552
四、影响变色柱长度的因素 …… 554
五、检气管的采样装置 …… 555
六、应用实例 …… 556

§ 20-3 环炉技术 …… 557
一、环炉技术的原理 …… 557
二、环炉仪结构 …… 558
三、环炉技术的操作 …… 559
四、环炉技术在环境分析与监测中的应用 …… 560
§ 20-4 纸层析和薄层层析 …… 561
一、纸层析法 …… 561
二、薄层层析法 …… 565
§ 20-5 化学需氧量(COD)和生化需氧量(BOD)的简易快速测定 …… 571
一、COD快速测定法 …… 571
二、BOD的简易快速测定法 …… 572
习题 …… 573
参考文献 …… 573
附录一 居民区大气中有害物质最高允许浓度(TJ 36-79) …… 574
附录二 空气污染物三级标准浓度限值(GB3095-82) …… 575
附录三 大气中十三类有害物质的排放标准(GBJ4-73) …… 575
附录四 生活饮用水水质标准(GB5749-85) …… 578
附录五 地面水环境质量标准(BG3838-88) …… 579
附录六 农田灌溉水质标准(GB5084-85) …… 580
附录七 渔业水域水质标准(TJ35-79) …… 582
附录八 海水水质标准(GB3097-82) …… 582
附录九 污水中第一类污染物最高容许排放浓度(GB8978-88) …… 584
附录十 污水中第二类污染物最高容许排放浓度(GB8978-88) …… 584
附录十一 世界卫生组织和一些国家的饮用水水质标准 …… 585
附录十二 美国环保局优先污染物表 …… 584
附录十三 地面水环境质量标准选配分析方法 …… 587
附录十四 大气中污染物测定方法 …… 589

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

第一章　环境监测导论

§ 1-1　环境监测的目的和分类

一、环境分析与环境监测

人们为了认识、评价、改造和控制环境，必须了解引起环境质量变化的原因。这就要对环境（包括原生环境和次生环境）的各组成部分，特别是对某些危害大的污染物的性质、来源、含量及其分布状态进行细致的调查和分析。为了实现这一目的，应用分析化学的方法和技术去研究环境中污染物的种类和成分，并对它们进行定性和定量分析，从而逐步形成了一门新的分支学科——环境分析化学，或简称环境分析。但是，环境分析多局限于化学分析方法，而且分析测定的项目只有一部分能在现场直接测定，大部分项目是现场采样送到实验室分析。由于分析是定时、定点的间断采样分析，因此测定的结果只能反映某一时段，某一局部地点的污染情况。显然，用这种结果定量描述整体的环境动态变化是不全面、不确切的。为了弥补环境分析的不足，分析家和环境科学工作者进一步研究和发展了许多物理和物理化学的测定方法和仪器，并实现了测定的自动化和连续化。特别是70年代以来，工业发达的国家已实现了区域性的自动连续监测站网系统，如大气质量自动连续监测系统，水质自动连续监测系统。实现了对环境质量现场的、连续的、长期的监测，并获得更多、更可靠的监测数据，使人们对环境质量有了更全面、更确切的认识和评价。但时至今日人们对环境监测的定义在认识上并未统一。作者认为环境监测是环境科学的一个分支学科，是环境科学研究的重要基础。环境监测是对环境化学污染物及物理和生物污染因素进行现场的、长期的、连续的监视和测定，并研究他们对环境质量的影响。对环境化学污染物的监测往往不只是测定其成分和含量，而且需要进行形态、结构和分布规律的监测。对物理污染因素（如噪声、振动、热、光、电磁辐射和放射性等）和生物污染因素，在必要时也应进行监测。只有这样，才能全面的、确切的说明环境污染对人群、生物的生存和生态平衡的影响程度，从而，作出正确的环境质量评价。

二、环境监测的目的

环境监测的目的可以归纳为以下四个方面：

1．评价环境质量，预测环境质量发展趋势。这包括判断环境质量是否符合国家环境质量标准，评价污染源造成的影响，追溯污染物的污染途径，评价和预测环境污染发展趋势。

2．积累大量的监测数据，建立环境监测数据库，为制订和修改切实可行的环境保护法规、环境标准、环境规划和管理提供科学依据。

3．研究污染扩散模式和规律，为预测预报环境质量、治理环境提供依据。

4．积累环境本底的长期监测数据，为确切掌握环境容量，合理使用自然资源，制订和修改环境标准服务。

三、环境监测的分类

按照监测的目的和性质，可以把环境监测分为三类：

1．监视性监测

这类监测多属例行监测或称常规监测。包括污染趋势监测和污染源控制排放监测。前者是通过建立各种监测网站（如水质监测网、大气监测网等），在设置的测点上长年累月、年复一年不间断地收集数据，用以评价环境污染的现状、污染变化趋势，以及环境改善所取得的进展等，从而确定一个区域、一个国家的污染状况。

2.研究性监测

即对某一特定环境的监测。首先要鉴定需要注意的污染物或污染因素，研究确定污染物或污染因素从污染源到受体的运动规律。包括鉴定环境污染物的组成、性质和含量，并研究污染物迁移、扩散的路线与速度，探讨污染物的降解与积累规律，研究污染物及其转化产物对环境和人体的危害性和影响程度。研究性监测因涉及的学科较多，遇到的问题较复杂，所以需要较高的科学技术知识和周密的计划，一般要多学科相互协作方能完成。

3．特定目的监测

这类监测的内容很多。如事故污染监测（石油外溢造成海洋污染，核动力事故造成放射性微粒扩散等），解决执行环境法规中发生矛盾的仲裁监测，了解土壤退化的可再生资源的监测等。它们常采用流动监测（监测车、船等）、空中监测、遥测、遥感等手段，以确定污染范围及其严重程度，以便采取措施。

除按上述分类外，环境监测还可按环境要素或污染物存在的介质分类，可分为大气监测、水质监测、土壤监测、固体废物监测、生物监测、噪声和振动监测、热、光、电磁辐射污染监测、放射性污染监测等。还可按监测部门分类，分为基线监测（气象部门）、卫生监测（卫生部门）、例行监测（环保部门）、资源监测（资源管理部门）等。

§ 1-2 环境优先污染物及优先监测

随着环境保护事业的发展，许多国家都采取了一定的防治污染措施。就有毒化学物污染控制而言，各国发展水平不同、国情不同、污染状况不同，防治污染的具体做法也各有不同。但有一点是共同的，这就是：由于有毒污染物为数众多，不管出于什么样的控制目的，都不可能对每一种污染物制订标准、限制排放和实行控制，而只能是从中选出一些重点污染物予以控制。即是必须确定一个筛选原则（尽管每个国家制订的原则可能不同），对众多有毒污染物进行分级排队，从中筛选出潜在危险大的作为控制对象，提出一份控制名单。把优先选择的有毒污染物称为环境优先污染物，简称优先污染物。对优先污染物进行监测称为优先监测。

比较各国发表的环境有毒污染物控制名单，可以发现大多有如下特点：难于降解，在环境中有一定残留水平、生物积累性、三致作用（致癌、致畸、致突变）或毒性，对人体健康和生态环

境构成潜在威胁。人们最为关注和需控制的有毒污染物正是具有这些特点的化学物质。在有毒化学物中它们只占少数，也是人们定义的优先污染物。值得指出的是，随着生产的发展和科学技术的进步，各国控制的有毒污染物名单可能发生变化。在一定阶段，受各种因素限制，优选的有毒污染物控制名单只能反映当时的生产与科学技术发展状况。

在优先污染物中，有毒有机物占的比例很大。现已查明，许多痕量有毒有机物对综合指标BOD，TOC 等贡献极小，但危害却不小，甚至有更大的潜在威胁，这说明综合指标并不能充分反映有机污染状况。医学科学已查明，80～90%的癌症与环境因素有关。而绝大多数致癌物是有毒的有机物，如多环芳烃，亚硝酸、三氯甲烷等。因此，在有毒化学物质污染防治工作中，有毒有机物的污染防治占有十分重要的地位，将它们列入重点控制的有毒化学物质名单中，才能更好的全面反映环境质量状况。

美国是最早开展优先监测的国家，早在 70 年代中期，就在“清洁水法”中明确规定了 129 种优先污染物（见附录十二）。它一方面要求排放优先污染物的厂家采用最佳处理技术，同时制订排放标准，控制点源污染；一方面制订环境标准，对各水域（河水、湖水、地下水等）实施优先监测，并要求各州政府呈报优先污染物的污染现状，把它们编入环境质量报告书中。70 年代又相继提出了另外几个防治有毒化学物质污染的控制名单，如 43 种空气优先污染物名单等。美国环保局（EPA）在 1984 年已把“有毒化学物污染与公众健康问题”列在美国几大环境问题之首，可谓十分重视。

日本政府环境厅公布了 1974～1985 年间对 600 种优先有毒化学品进行环境普查的结果，其中，检出率高的有毒污染物为 189 种。

苏联卫生部门对有毒污染物制订了严格的卫生健康标准。1985 年公布了经过修改的 561 种有机污染物在水中的极限允许浓度。

前联邦德国于 1980 年公布了 120 种水中有毒污染物名单，按毒性大小，将水中有毒化学物分为 4 类：3 类物质毒性最强，2 类、1 类次之，0 类毒性最小。

环境监测的对象繁多，工作量大，往往受人力、仪器设备和经费等各种条件的限制，因此，只能有选择地进行监测。选择监测对象一般要考虑的原则是：

（1）根据污染物的程度，选择毒性大、扩散范围广、危害严重的污染物；

（2）已有可靠的分析方法，并能保证获得准确数据的污染物；

符合上述原则的监测对象，在不能同时进行监测时，需按下列原则进行优先监测。

（1）污染影响范围大的优先。例如燃煤污染、汽车尾气污染是全世界范围的污染问题，因此二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳、臭氧、颗粒物及其所含组分（如铅、苯并（a）芘等）应优先监测。

（2）污染问题严重的优先。例如在环境中的含量已接近或超过规定标准，其污染趋势仍在上升具有潜在危险的污染物应优先监测。

（3）样品具有广泛代表性的优先。例如采集和分析河流底泥样品，比经常监测个别水样更为经济有效。又如监测树干上的地衣群落的组成和数量以了解某一地区硫氧化物和光化学烟雾的情况，比监测个别大气项目更有代表性。

§ 1-3 环境污染特征和环境监测的特点

一、环境污染特征

1．环境污染的类型

环境污染的类型按环境要素划分，可分为大气污染、水质污染和土壤污染等；按污染物性质划分，可分为生物污染、化学污染和物理污染；按污染物的形态划分，可分为废气污染、废水污染、固体废物污染、噪音污染、辐射污染、热污染等；按污染产生的原因，可分成生产污染（工业污染、农业污染、交通污染等）和生活污染；按污染物的分布范围分类，可分成全球性污染，区域性污染和局部性污染等。

2．环境污染的特点

环境污染物来源甚广，种类繁多，性质各异，且在环境中所处的时间和空间位置也各不相同，表现出如下一些特点：

（1）污染物的时间分布　污染物的分布与其排放时间有密切关系。随着污染物排放时间的不同，环境污染的状况有着显著差别。因此，在研究环境污染时，需要了解污染物的排放量和污染因素的强度随时间变化的规律。如某些工厂排放污染物的种类和浓度往往是随时间而变化的；河流由于季节的变化而有丰水期和枯水期以及潮汛的变化，使污染物浓度随时间而变化；大气污染随着气象条件的变化，同一污染物对同一地点所造成的地面污染浓度往往会造成相差数倍至数十倍；交通噪声的强度，也是随着不同时间车辆流量的变化而改变的。

（2）污染物的空间分布　污染物随大气和水流的运动而稀释扩散，不同污染物的稳定性和扩散速度与污染物的性质有关。因此，不同地理位置上污染物的浓度分布也不相同。

大气污染中一个点源（如烟囱）或线源（如交通道路）排放的污染物，可形成一个较小的污染气团，它能使地面污染浓度分布产生较大的变化。受影响的范围主要取决于污染气团扩散的具体过程，这种情况造成的是一个小尺度的空间污染，又称局地污染。大量的地面小污染源，如分散供热、供暖区的居民生活和商业炉灶或工业区的锅炉烟囱造成的面源，给一个城市或某一个地区造成的地面污染浓度，总的说来比较均匀，同时随气象条件的变化使污染区浓度的变化有较强的规律性。这样的污染造成的是一个中尺度的空间污染，又称区域污染。

污染物在水体中的浓度随污染物的扩散能力和水流运动而变化。一般，分子量小、溶解性好、不易分解、不易被有机或无机颗粒吸附的污染物可输送到较远的地方，反之则很快发生变化或被颗粒吸附沉入河底。从北京东南郊污染源调查中得出，汞在水中的扩散能力比较小，在距工厂排出口 1 公里处，其浓度已降低了 90%以上，底泥中也降低了 75—85%；在 10 公里处，在水中已不能检出。而铬、镉、砷等离子的扩散距离远比汞为大。

环境污染物的时间和空间分布是环境污染的重要特征之一。它的研究对选择适当的采样周期和具有代表性的监测点，从而获得足以代表一个地区的污染资料具有重大的意义。

（3）环境污染与污染物含量的关系　污染物对人体的危害有一定的阈值，此值的获得首先是作动物实验，从污染物在动物机体上引起的生物的、病理的、生化的指标的改变，找出有害

于实验动物的阈浓度。再通过计算和推理的方法，将其换算成有害于人体的作用浓度。在此基础上建立起环境污染与污染物含量的关系，制订出各种污染物的卫生标准。结合当前技术水平和经济状况，制订出切实可行的环境标准。它包括控制污染的排放标准，各种用途的水质标准等。这些环境标准是用来评价环境质量的重要依据。

在研究上述问题的同时，还必须考虑污染物的环境本底浓度。环境本底浓度是指污染物在环境中的自然背景值。有了环境自然背景值才能够评定该污染物是来自人工污染，还是来自自然界本身。这对于蕴藏有金属矿、石油、油母页岩等的地区尤为重要。

(4) 污染物的综合效应　在研究环境质量时，除了应用环境标准和环境自然背景值等评价污染的尺度外，还需要考虑诸污染物对机体的综合效应。因为环境污染造成的危害由单一污染物作用的结果很少，往往是多种污染物联合作用的结果。目前，对污染物综合效应的研究资料虽然还很少，但却越来越受到人们的重视。

a. 传统毒理学评价　从传统毒理学的观点出发，污染对人体或生物体的作用形式有下列几种：

(a) 单独作用：混合污染物中各组分对机体的作用部位不同，发生的影响也不同，并且互不相干。当机体中某些器官只是由于混合物中的一种组分而产生危害，没有因为污染物的共同作用而加深危害时，称为污染物的单独作用。如大气中二氧化硫和一氧化碳同时作用于人体时，前者产生呼吸道刺激，而后者则通过肺泡吸收进入血液，并与血红蛋白(H_b)结合生成碳、氧血红蛋白(COH_b)，致使血红蛋白携带氧的能力下降而中毒，二者作用部位不同，且互不相干。

(b) 相加作用：混合污染物的各组分对机体的同一器官的毒害作用彼此相似，且偏向同一方向，当这种作用等于各污染物毒害作用的总和时，称为污染物的相加作用。如苯和甲苯之间，二氧化硫和氮氧化物之间的毒性作用分别具有相加性。苏联布什土耶娃和斯嘉日金分别对大气中二氧化硫和硫酸气溶胶之间、氯和氯化氢之间的联合毒性作用进行研究，发现在低浓度时(二氧化硫浓度$<0.10mg/m^3$+硫酸气溶胶浓度$<0.30mg/m^3$；氯浓度$<0.10mg/m^3$+氯化氢浓度$<0.05mg/m^3$)，其联合毒性作用均为相加作用；当浓度高时仍为单独作用。

(c) 相乘作用：当混合污染物各组分对机体的毒性作用超过各个毒性作用的总和时，称为相乘作用。如氮氧化物和一氧化碳之间，二氧化碳和颗粒物之间的联合毒性作用具有相乘性。

(d) 拮抗作用：当两种或两种以上的污染物共存时，对机体的毒性作用彼此抵消一部分或大部分，称为拮抗作用。如大量有机汞、硒共存于金枪鱼体内时，可抑制甲基汞的毒性作用。通过对一些动物的实验证明，当食物中含甲基汞为30ppm时，若同时存在12.5ppm硒，可以抑制甲基汞的毒性，经90天喂养，未出现甲基汞中毒现象。又如，大气中同时存在氨和二氧化硫时，它们对植物叶片的危害作用比同浓度氨或二氧化硫单独对叶片的危害作用小。

用传统毒理学的观点对环境评价时，只有当污染物对机体的作用形式为单独作用时，才能用最高允许浓度来评价；相加或相乘作用的污染物不能单独的用最高允许浓度来评价时，必须考虑它们之间的联合作用。

b. 生态毒理学评价　环境污染使生态系统发生了一系列变化。不同程度地改变了某些生态系统的结构和功能，严重地影响了某些生物种类的正常生长和发育繁殖，也直接或间接地影响到人类。因此只从传统毒理学的角度来认识污染物的危害是不够的。如污染物在食物链中的富集，致癌物通过生物体的转化代谢后具有致癌活性等，均需从生态毒理学角度加以研究。其研究范围很广，凡是直接有害于各类生物，从而间接地有害于人类生存的污染物的各种效应都包括在内。其研究手段也较复杂，除环境监测外还涉及到生化、病理生理、病理解剖等方面的知识。

从生态毒理学的观点评价环境时，不仅要考虑环境中污染物的种类、数量、含量及其变化情况，而且还要考虑环境中的人群健康，动植物生长受害的情况，以及建筑、材料、物品的腐蚀情况等。

由此可见，环境监测工作者在致力于对环境监测的采样手段和分析方法进行研究的同时，还要密切注视环境污染的动态变化，并将监测数据与周围自然界的生态系统紧密地联系在一起，对环境作出合理的评价，提出相应的对策。

c. 二次污染的作用　排入环境中的污染物，受环境因素的影响发生化学反应生成比原来毒性更强的污染物，危害人体和生物，称为二次污染。世界上发生的"八大公害事件"大多是二次污染造成的。如美国洛杉矶的光化学烟雾事件、伦敦的烟雾事件、日本水俣病事件等均属此例。

通常，排放于大气中的二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳和碳氢化合物等气体有害物质，在一定环境条件下与空气中的氮、氧和水蒸气发生大气化学反应，不仅能够生成毒性更强的二次污染气体，还能生成粒径在0.01～0.1μm的二次微粒物——硫酸盐、硝酸盐、碳氢化合物等。这些微粒物携带多种有害气体，通过呼吸进入人的肺部，其危害较一次微粒物更大。

因此，在评价污染物的毒性及危害时，不仅考虑直接危害和间接危害，同时要研究二次污染作用及其危害。在人口集中、地处河谷、盆地，依山傍水的城市和工矿区，由于地形的影响，那里的大气扩散稀释比较困难，污染物易于集聚。当遇到特殊天气条件时，有可能发生二次污染。如炎热的夏季，在阳光充足、气候干燥、风速较小的中午，一些交通繁忙的街区或石油化工企业所在地的上空有可能发生光化学烟雾；在寒冬，湿度较大、静风或风速较小的清晨，一些煤烟排放量大而且集中的居住区有可能出现硫酸烟雾等。由于引起二次污染的环境因素很多，其作用又是错综复杂的，所以必须经过长时间的调查分析才能得出结论。

(5) 环境污染的社会评价　环境污染的社会评价是与社会文明程度、经济技术发展水平、民族风俗习惯、哲学、法律等一系列社会因素有关的问题。在社会生活中，有不少污染物虽经科学证明有损于人体健康，但不易被社会接受，更谈不上立法限制。如香烟烟雾、食品添加剂、烟熏食品等均属此类。一些不利于环境保护的生活习惯，如随地吐痰，焚烧树叶或垃圾等，实际上是向环境释放污染物，这些都属于环境污染的社会评价问题。

在制定和执行环境质量标准时，也有一些问题与环境污染的社会评价之间存在着矛盾。严格地讲，环境质量标准应建立在人体健康不受影响的基础上，要求污染物的浓度不超过对人体产生不良反应的范围，不允许达到不可接受的程度。但由于技术和经济的原因，往往把难以达

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com