



同济大学第二附属中学

No.2 Secondary School affiliated to Tongji University

同济二附中理工特色校本教材丛书

环境监测 技术应用

丛书主编 刘友霞

方艳 编





同济大学第二附属中学

No.2 Secondary School affiliated to Tongji University

同济二附中理工特色校本教材丛书

环境监测 技术应用

丛书主编 刘友霞

方艳 编

图书在版编目(CIP)数据

环境监测技术应用/方艳编. —上海: 上海人民出版社, 2016
(同济二附中理工特色校本教材丛书/刘友霞主编)
ISBN 978-7-208-13585-7
I. ①环… II. ①方… III. ①环境监测-中学-教材
IV. ①G634.981

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 012149 号

责任编辑 鲍 静
封面设计 汪 昊

• 同济二附中理工特色校本教材丛书 •
刘友霞 主编

环境监测技术应用

方 艳 编

世 纪 出 版 集 团

上海人民出版社出版

(200001 上海福建中路 193 号 www.ewen.co)

世纪出版集团发行中心发行 上海商务联西印刷有限公司印刷

开本 890×1240 1/16 印张 6 字数 105,000

2016 年 5 月第 1 版 2016 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-208-13585-7/G · 1774

定价 12.00 元

同济二附中理工特色校本教材丛书

主 编：刘友霞

顾 问：廖宗廷 王 群

分册编写：方 艳

编 委 会：金文娟 陆 杰 刘 洁

吴振华 李松浦

钱 君 沈红霞 方 艳

陆旻丰 薛苗苗

序

在经济高速发展的今天和未来，如何有效地保护环境、控制污染和治理污染，是一项具有挑战性的科学难题，同时也关乎全人类的生存和发展！环境教育被誉为“全民教育”和“终身教育”。每一位公民都与环境问题密切相关，并对环境保护起重要的作用。尤其是年轻的下一代，他们将是未来世界的主人，他们的意识、伦理、知识、信念，都将决定世界的未来。

同济大学第二附属中学抓住全国大力推进特色高中建设的契机，结合已有的基于“地球学”的生态课程校本化实施基础，将面向未来的学校发展定位于理工特色的培育，探索创建一所“理工特色高中”。而创建理工特色高中的重要途径是基于学生理工素养的学校课程的构建与实施。

理工特色课程包括国家课程和校本 STEM 教育课程。认真贯彻国家课程标准，在国家课程中，重视挖掘教材中的理工知识的生长点，在教学场景中对接、拓展、渗透“理工”的相关知识点，强化理科学习，拓展工科实践。校本 STEM 教育课程，聚焦“生命科学”“地球科学”“工程力学”“环境工程”“信息工程”五大领域，不断拓展德育融合、学科综合、创新实验、应用实践等板块，展开跨学科的课程整合，通过思维拓展、动手实践、问题解决，最大限度地发挥每个学生的智能和潜力，体现“人文涵养，理工为重，丰富经历，强化实践”的课程追求。

本教材从环境与可持续发展的角度，主要介绍了水和废水监测、大气和废气监测、噪声污染监测和土壤质量监测四个方面。同时本书中每部分内容后面都引入典型的环境指标监测实验，教师在教学过程中，可以围绕实验根据具体情况提出一些问题，开展一些教学活动，使教师与学生能够在互动的过程中探讨环境问题，使学生在学习环境知识的同时，提高环境意识，掌握环境保护的知识。

本教材可作为中学生环境监测相关理论课程的入门教材，希望同学们对环境保护、污染控制与治理有基本的概念和足够的兴趣，环境保护事业需要朝气蓬勃的青年学子的加盟！

同济大学环境科学与工程学院 邓慧萍

2015 年 11 月于上海

前言

环境监测是环境科学的一个重要分支学科。“监测”一词的含义可理解为监视、测定、监控等，因此，环境监测就是通过对影响环境质量因素的代表值的测定，确定环境质量（或污染程度）及其变化趋势。随着工业和科学的发展，监测包含的内容也扩展了。由对工业污染源的监测逐步发展到对大环境的监测，即监测对象不仅是影响环境质量的污染因子，还延伸到对生物、生态变化的监测；从确定环境实时质量到预测环境质量，例如：当发生突发性环境污染事故时，必须根据污染源的数量、性质和水文资料（或气象资料）估算下游（或下风向）不同地点、不同时间和不同高度污染物浓度的变化，以确定处置和应对措施。环境监测是环境科学中重要的基础学科，也是一门理论、实践并重的应用学科，只有通过实践才能掌握、应用和提高。

本教材选取水质监测、大气监测、噪声监测和土壤监测四个典型工作任务为学习情境，涉及的主要内容有环境监测基础知识，环境样本的采集、保存，监测项目的测定，监测项目的危害及防治。本教材设计的目的是让中学生掌握并巩固关于环境工程学科的基础理论知识，了解学科发展前沿，增强环境保护意识，提高科学素养，使动手实践能力和创新能力得到提高，同时，拓宽学生的知识面。通过加强实践环节，注重学生创新能力的培养；通过参观学校建立的实习基地使学生有机会深入实际，理论与实践相结合，提高学生的实践能力，从而形成理论教学、参观实习、实验成果汇报三位一体的实践教学体系。培养学生发现问题、分析问题、解决问题的能力，达到培养创新型、综合型现代中学生的目的。

本教材由方艳编写，刘友霞主审。经过多轮修改，在同济大学环境科学与工程学院邓惠萍教授的专业指导下，基本定稿。此外，本教材在编写过程中得到同济大学第二附属中学教师们的支持和关心，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免出现缺点和错误，热诚欢迎读者批评指正。

同济大学第二附属中学 方艳

2015年11月于上海

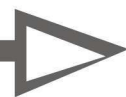
目 录

第一章 绪论.....	1
1.1 环境监测的目的.....	2
1.2 环境监测的分类.....	3
第二章 水和废水监测.....	5
2.1 水资源及其水质污染.....	6
2.2 水质监测的对象和目的.....	6
2.3 监测项目.....	7
2.3.1 地表水（江河、湖泊、渠道、水库）监测项目.....	7
2.3.2 生活饮用水监测项目.....	8
2.4 水样的采集和保存.....	8
2.4.1 水样的类型.....	8
2.4.2 地表水样的采集.....	9
2.4.3 地下水样的采集.....	9
2.4.4 采集水样注意事项.....	9
2.4.5 水样的运输与保存.....	10
2.5 水质监测实验.....	12
2.5.1 水中温度、pH 值、溶解氧、浑浊度的测定.....	12
2.5.2 水中 BOD、COD 的测定.....	19
2.5.3 总氮的测定——碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法.....	22
2.5.4 总磷的测定——钼酸铵分光光度法.....	25
2.5.5 水净化——最佳混凝条件的研究实验.....	28
第三章 大气环境污染及其治理.....	31
3.1 大气环境污染.....	32
3.2 大气污染物及其危害.....	32
3.2.1 大气污染物的种类.....	32
3.2.2 大气污染物的危害.....	34
3.3 大气污染的防治.....	35

3.4 大气监测实验	37
3.4.1 总悬浮颗粒物的测定	37
3.4.2 二氧化硫的测定——甲醛吸收副玫瑰苯胺分光光度法	39
3.4.3 氮氧化物的测定——高锰酸钾溶液氧化盐酸萘乙二胺 分光光度法	45
3.4.4 校园不同区域空气中细菌含量的调查	50
第四章 噪声污染监测	53
4.1 噪声污染	54
4.2 噪声的特征及其危害	54
4.2.1 噪声的特征	54
4.2.2 噪声的危害	54
4.3 噪声控制措施	56
4.4 校园环境噪声监测	57
第五章 土壤质量监测	59
5.1 校园土壤湿度、pH 值的测定	60
5.2 土壤有效磷含量的测定	63
5.3 土壤速效钾含量的测定	66
5.4 土壤碱解氮含量的测定	68
附录	71
附录 1 公共电脑和书籍资源使用	71
附录 2 实验室卫生制度	71
附录 3 实验室安全守则	71
附录 4 仪器使用说明	72
4.1 吸量管的使用	72
4.2 容量瓶的使用	73
4.3 移液枪的使用	74
4.4 电子天平的使用	77
4.5 生化培养箱的使用	78
附录 5 实验记录规定	78
参考资料	80

第一章

绪论



第一章 绪论

环境监测是环境科学的一个重要分支，是在环境分析的基础上发展起来的一门学科。环境监测是运用各种分析、测试手段，对影响环境质量的代表值进行测定，取得反映环境质量或环境污染程度的各种数据的过程。环境监测的目的是运用监测数据表示环境质量受损程度，探讨污染的起因和变化趋势。因此，可以将环境监测比喻为环境保护工作的“耳目”。环境监测在人类防治环境污染，解决现存的或潜在的环境问题，改善生活环境和生态环境，协调人类和环境的关系，最终实现人类的可持续发展的活动中起着举足轻重的作用。

环境监测的过程一般为：现场调查→监测计划设计→优化布点→样品采集→运送保存→分析测试→数据处理→综合评价等。环境监测的一般工作程序如图 1-1 所示。

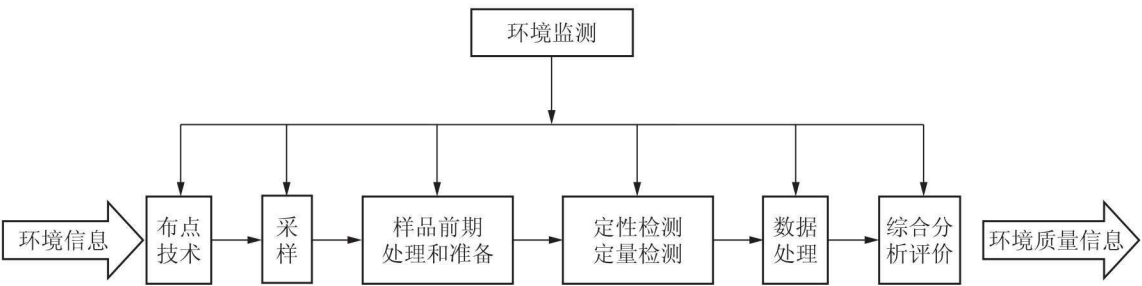


图 1-1 环境监测过程示意图

环境监测技术的发展受两方面因素的影响：（1）由于人类社会面临的环境问题日益复杂和严重，对环境监测不断提出新的要求。（2）随着科学技术的进步，环境监测技术不断得到迅速发展。这两方面的因素导致环境监测的概念不断深化，监测范围不断扩大。目前，环境监测已从单一的环境分析发展到物理监测、生物监测、生态监测、遥感、卫星监测；从间断性监测逐步过渡到连续的长期监测；从手动监测发展为在线自动监测；监测范围从一个点、一个面扩展到一个城市、一个区域乃至全球；监测项目也日益增多。环境监测技术已具备了实时性、连续性、完整性等特点，所涉及的学科范围遍及化学、物理、仪器仪表、自动化、传感、计算机、遥感遥测等。可以认为，现在环境监测技术是由多种学科和技术交汇渗透而形成的一门综合性监测技术。

1.1 环境监测的目的

环境监测的目的是准确、及时、全面地反映环境质量现状及发展趋势，为环境管理、污染

源控制、环境规划提供科学依据。具体归纳为：

（一）对污染物及其浓度（强度）作时间和空间方面的追踪，掌握污染物的来源、扩散、迁移、反应、转化，了解污染物对环境质量的影响程度，并在此基础上，对环境污染作出预测、预报和预防。

（二）了解和评价环境质量的过去、现在和将来，掌握其变化规律。

（三）收集环境背景数据、积累长期监测资料，为制订和修订各类环境标准、实施总量控制、目标管理提供依据。

（四）实施准确可靠的污染监测，为环境执法部门提供执法依据。

（五）在深入广泛开展环境监测的同时，结合环境状况的改变和监测理论及技术的发展，不断改革和更新监测方法与手段，为实现环境保护和可持续发展提供可靠的技术保障。

1.2 环境监测的分类

环境监测以监测介质（环境要素）为对象，分为大气污染监测、水质污染监测、土壤和固体废物废弃物监测、生物污染监测、生态监测、噪声振动污染监测、放射性污染监测、电磁辐射监测、热污染控制监测等。

（一）大气污染监测

大气污染监测是监测和检测大气中的污染物及其含量，目前已认识的大气污染物约 100 多种，这些污染物以分子和粒子两种形式存在于大气中。分子状污染物的监测项目主要有 SO_2 、 NO_2 、 CO 、 O_3 ，总氧化剂，卤化氢以及碳氢化合物等。粒子状污染物的监测项目有 TSP（总悬浮颗粒物）、 PM_{10} （可吸入颗粒物）、自然降尘量及尘粒的化学组成（如重金属和多环芳烃）等。此外，局部地区还可根据具体情况增加某些特有的监测项目（如酸雨和氟化物的监测）。

大气污染的浓度与气象条件有着密切的关系，在监测大气污染的同时还需测定风向、风速、气温、气压等气象参数。

（二）水质污染监测

水质污染的监测对象包括未被污染和已受污染的天然水（江、河、湖、海、地下水）、各种各样的工业废水和生活污水等。主要监测项目大体可分为两类，一类是反映水质污染的综合指标，如温度、色度、浊度、pH 值、电导率、悬浮物、溶解氧（DO）、化学耗氧量（COD）和生化需氧量（ BOD_5 ）等。另一类是一些有毒物质，如酚、氰、砷、铅、铬、镉、汞、镍和有机农药、苯并芘等。除上述监测项目外，还应测定水体的流速和流量。

（三）土壤和固体废弃物监测

土壤污染主要是由两方面因素所引起，一是工业废弃物，主要是废水和废渣浸出液污染；另一方面是化肥和农药污染。土壤污染的主要监测项目是对土壤、作物中有害的重金属如铬、铅、镉、汞及残留的有机农药等进行监测。固体废弃物包括工业、农业废物和生活垃圾，主要监测项目是固体废弃物的危险特性监测和生活垃圾特性监测。

（四）生物污染监测

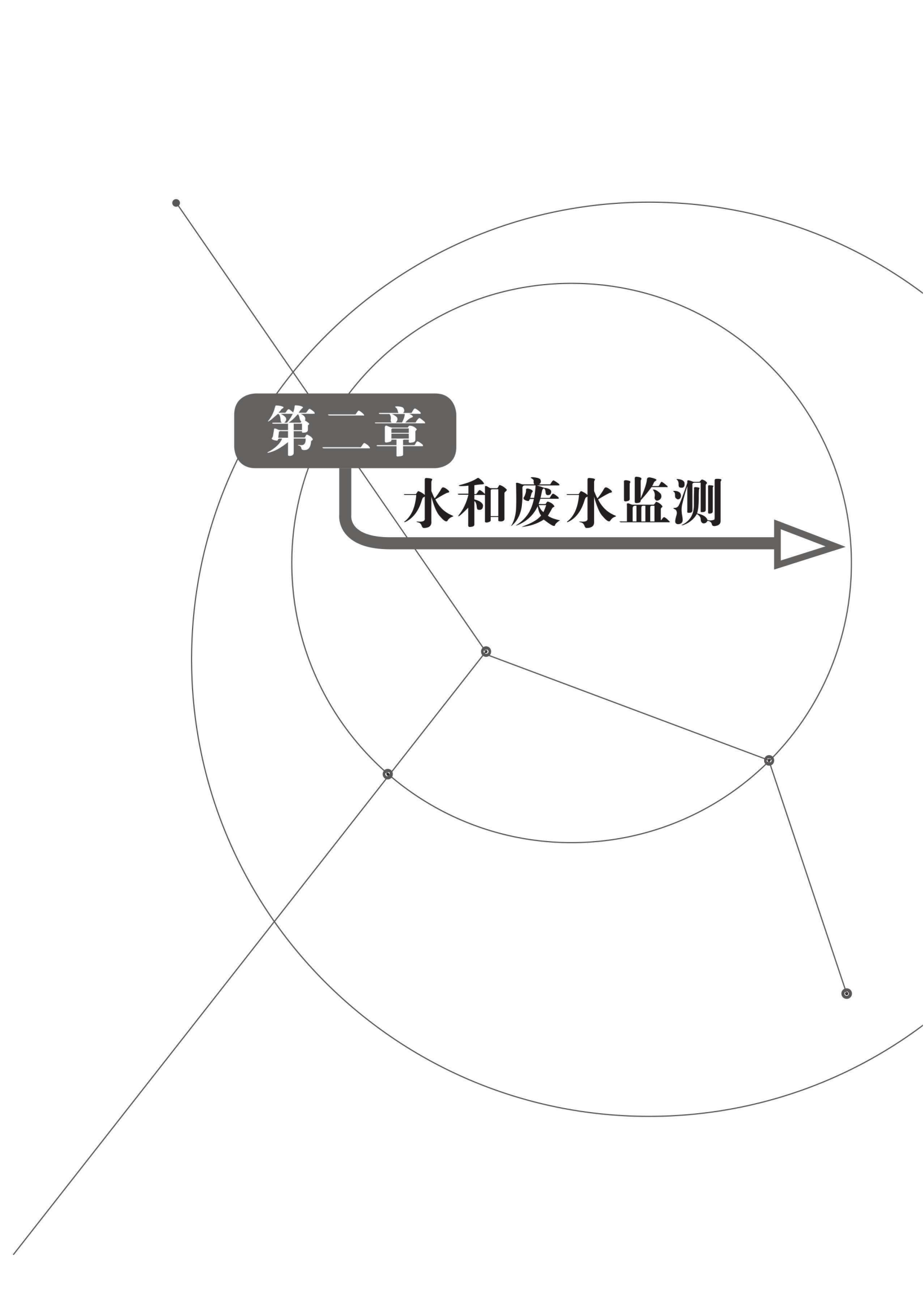
地球上的生物，无论是动物或植物，都是从大气、水体、土壤、阳光中直接或间接地吸取各自所需的营养。在它们吸取营养的同时，某些有害的污染物也会进入生物体内，有些毒物在不同的生物体中还会被富集，从而使动植物生长和繁殖受到损害，甚至死亡。环境污染物通过生物的富集和食物链的传递，最终危害人体健康。生物污染监测是对生物体内环境污染物的监测，监测项目有重金属元素、有机农药、有毒的无机和有机化合物等。

（五）生态监测

生态监测通过监测生物群落、生物种群的变化，观测与评价生态系统对自然变化及人为变化所作出的反应，是对各类生态系统结构和功能的时空格局的度量。生态监测是比生物监测更复杂、更综合的一种监测技术，是利用生命系统（无论哪一层次）为主进行环境监测的技术。

（六）物理污染监测

包括噪声、振动、电磁辐射、放射性、热辐射等物理能量的环境污染监测。噪声、振动、电磁辐射、放射性对人体的损害与化学污染物质不同，当环境中的这些物理量超过其阈值时会直接危害人的身心健康，尤其是放射性物质所放射的 α 、 β 和 γ 射线对人体损坏更大。所以物理因素的污染监测也是环境监测的重要内容，其监测项目主要是环境中各种物理量的水平。



第二章

水和废水监测

第二章 水和废水监测

2.1 水资源及其水质污染

水是人类社会的宝贵资源，分布于海洋、江、河、湖和地下水、大气水及冰川共同构成的地球水圈中。估计地球上存在的总水量约为 $1.37 \times 10^{18} \text{ m}^3$ ，其中，海水约占 97.3%，淡水仅占 2.7%，并且大部分存在于地球南北极的冰川、冰盖及深层地下水中，可利用的淡水资源只有江河、淡水湖和地下水的一部分，总计不到淡水总量的 1%。全球年降水量约为 $4 \times 10^{14} \text{ m}^3$ ，其中 1/4 降在陆地上。

水是人类赖以生存的主要物质之一，随着世界人口的增长和工农业生产的发展，用水量也在日益增加。我国属于贫水国家，人均占有淡水资源量仅为 2700 m^3 ，低于世界上多数国家。

由于人类的生活和生产活动，将大量工业废水、生活污水、农业回流水及其他废弃物往往未经处理直接排入环境水体，造成水资源污染，水质恶化，使淡水资源更加短缺。水质污染分为化学型污染、物理型污染和生物型污染三种主要类型。化学型污染是指随废水及其他废弃物排入水体的无机和有机污染物造成的水体污染。物理型污染是指排入水体的有色物质、悬浮固体、放射性物质及高于常温的物质造成的污染。生物型污染是指随生活污水、医院污水等排入水体的病原微生物造成的污染。

污染物质进入水体后，首先被稀释，随后进行一系列复杂的物理变化、化学变化和生物转化，如挥发、絮凝、水解、配合、氧化还原及微生物降解等，使污染物浓度降低，该过程称为水体自净。但是，当污染物排入量超过水体自净能力时，就会造成污染物积累，水质不断恶化。

2.2 水质监测的对象和目的

水质监测分为环境水体监测和水污染源监测。环境水体包括地表水（江、河、湖、库、海水）和地下水；水污染源包括工业废水、生活污水、医院污水等。对它们进行监测的目的可概括为以下几个方面。

（一）对江、河、水库、湖泊、海洋等地表水和地下水中的污染因子主要水质指标进行经常性的监测，以掌握水质现状及其变化趋势。

（二）对生产、生活等废（污）水排放源排放的废（污）水进行监视性监测，掌握废（污）

水排放量及其污染物浓度和排放总量，评价是否符合排放标准，为污染源管理提供依据。

（三）对水环境污染事故进行应急监测，为分析判断事故原因、危害及制订对策提供依据。

（四）为国家政府部门制定水环境保护标准、法规和规划提供有关数据和资料。

（五）为开展水环境质量评价和预测预报及进行环境科学研究提供基础数据和技术手段。

2.3 监测项目

监测项目要根据水体被污染情况、水体功能和废（污）水中所含污染物及经济条件等因素确定。随着科学技术和社会经济的发展，生产、使用化学物质品种不断增加，导致进入水体的污染物质种类繁多，特别是持久性有毒有机污染物，如艾氏剂、狄氏剂、DDT、毒条芬等农药，二噁英类、多氯联苯类、酞酸酯类等环境雌激素，以及苯并（a）芘等多环芳烃类等，它们的含量虽然低，但具有致畸、致突变、致癌、引起遗传变异等危害作用，受到世界各国的高度重视，被列为优先监测污染物。下面介绍我国水质标准中的监测项目，这些项目影响范围广，危害大，已建立可靠分析测定方法。

2.3.1 地表水（江河、湖泊、渠道、水库）监测项目

《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中规定，为满足地表水各类使用功能和生态环境质量要求，将监测项目分为基本项目、集中式生活饮用水地表水源地补充项目和集中式生活饮用水地表水源地特定项目三类。

基本项目包括：水温、pH 值、溶解氧、高锰酸盐指数、生化需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总氮（湖、库）、总磷、铜、锌、硒、砷、汞、镉、铅、铬（+6 价）、氟化物、氰化物、硫化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、粪大肠菌群。

集中式生活饮用水地表水源地补充项目包括硫酸盐、氯化物、硝酸盐、铁、锰。

集中式生活饮用水地表水源地特定项目包括：三氯甲烷、四氯化碳、三溴甲烷、二氯甲烷、1,2-二氯乙烷、环氧氯丙烷、氯乙烯、1,1-二氯乙烯、1,2-二氯乙烯、三氯乙烯、四氯乙烯、氯丁二烯、六氯丁二烯、苯乙烯、甲醛、乙醛、丙烯醛、三氯乙醛、苯、甲苯、乙苯、二甲苯、异丙苯、氯苯、1,2-二氯苯、1,4-二氯苯、三氯苯、四氯苯、六氯苯、硝基苯、二硝基苯、2,4-二硝基甲苯、2,4,6-三硝基甲苯、硝基氯苯、2,4-二硝基氯苯、2,4-二氯苯酚、2,4,6-三氯苯酚、五氯酚、苯胺、联苯胺、丙烯酰胺、丙烯腈、邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二（2-乙基己基）酯、水合肼、四乙基铅、吡啶、松节油、苦味酸、丁基黄原酸、活性氯、滴滴涕、林丹、环氧七氯、对硫磷、甲基对硫磷、马拉硫磷、乐果、敌敌畏、敌百虫、内吸磷、百

菌清、甲萘威、溴氰菊酯、阿特拉津、苯并（a）芘、甲基汞、多氯联苯、微囊藻毒素-LR、黄磷、钼、钴、铍、硼、铋、镍、钡、钒、钛、铈。

2.3.2 生活饮用水监测项目

《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）中分为常规检验项目和非常规检验项目。

常规检验项目为：总大肠菌群、耐热大肠菌群、大肠埃希氏菌、细菌总数、砷、镉、铬（+6价）、铅、汞、硒、氰化物、氟化物、硝酸盐、三氯甲烷、四氯化碳、溴酸盐、甲醛、亚氯酸盐、氯酸盐、色度、浑浊度、臭和味、肉眼可见物、pH、铝、铁、锰、铜、锌、氯化物、硫酸盐、溶解性总固体、总硬度、生化需氧量、挥发性酚类、阴离子合成洗涤剂、总 α 放射性、总 β 放射性。

非常规检验项目为：贾第鞭毛虫、隐孢子虫、铋、钡、铍、硼、钼、镍、银、铈、氯化氰、一氯二溴甲烷、二氯一溴甲烷、二氯乙酸、1,2-二氯乙烷、二氯甲烷、三卤甲烷（三氯甲烷、一氯二溴甲烷、二氯一溴甲烷、三溴甲烷的总和）、1,1,1-三氯乙烷、三氯乙酸、三氯乙醛、2,4,6-三氯酚、三溴甲烷、七氯、马拉硫磷、五氯酚、六六六、六氯苯、乐果、对硫磷、灭草松、甲基对硫磷、百菌清、呋喃丹、林丹、毒死蜱、草甘膦、敌敌畏、莠去津、溴氰菊酯、2,4-滴、滴滴涕、乙苯、二甲苯、1,1-二氯乙烯、1,2-二氯乙烯、1,2-二氯苯、1,4-二氯苯、三氯乙烯、三氯苯、六氯丁二烯、丙烯酰胺、四氯乙烯、甲苯、邻苯二甲酸二（2-乙基己基）酯、环氧氯丙烷、苯、苯乙烯、苯并（a）芘、氯乙烯、氯苯、微囊藻毒素-LR、氨氮、硫化物、钠。

2.4 水样的采集和保存

2.4.1 水样的类型

（一）瞬时水样

瞬时水样是指在某一时间和地点从水体中随机采集的分散水样。当水体水质稳定，或其组分在相当长的时间或相当大的空间范围内变化不大时，瞬时水样具有很好的代表性；当水体组分及含量随时间和空间变化时，就应隔时、多点采集瞬时样，分别进行分析，摸清水质的变化规律。

（二）混合水样

混合水样是指在同一采样点于不同时间所采集的瞬时水样的混合水样，有时称“时间混合水样”，与其他混合水样相区别。这种水样在观察平均浓度时非常有用，但不适用于被测组分在贮存过程中发生明显变化的水样。

如果水的流量随时间变化，必须采集流量比例混合样，即在不同时间依照流量大小按比例采集的混合样。可使用专用流量比例采样器采集这种水样。

（三）综合水样

把不同采样点同时采集的各个瞬时水样混合后所得到的样品称为综合水样。这种水样在某些情况下更具有实际意义。例如，当为几条排污河、渠建立综合处理厂时，以综合水样取得的水质参数作为设计的依据更为合理。

2.4.2 地表水样的采集

（一）采样前的准备

采样前，要根据监测项目的性质和采样方法的要求，选择适宜材质的盛水容器和采样器，并清洗干净。此外，还需准备好交通工具。交通工具常使用船只。对采样器具的材质要求化学性能稳定，大小和形状适宜，不吸附待测组分，容易清洗并可反复使用。

（二）采样方法和采样器（或采水器）

在河流、湖泊、水库、海洋中采样，常乘监测船或采样船、手划船等交通工具到采样点采集，也可涉水和在桥上采集。

采集表层水水样时，可用适当的容器如塑料筒等直接采取。

采集深层水水样时，可用简易采水器、深层采水器、采水泵、自动采水器等。

2.4.3 地下水样的采集

（一）井水

从监测井中采集水样常利用抽水机设备。启动后，先放水数分钟，将积留在管道内的陈旧水排出，然后用采样容器（已预先洗净）接取水样。对无抽水设备的水井，可选择适合的采水器采集水样，如深层采水器、自动采水器等。

（二）泉水、自来水

对自喷泉水，在涌水口处直接采样。对不自喷泉水，用采集井水水样的方法采样。

对自来水，先将水龙头完全打开，将积存在管道中的陈旧水排出后再采样。

地下水的水质比较稳定，一般采集瞬时水样即能有较好的代表性。

2.4.4 采集水样注意事项

（一）测定悬浮物、pH 值、溶解氧、生化需氧量、油类、硫化物、余氯、放射性、微生物等项目需要单独采样；其中，测定溶解氧、生化需氧量和有机污染物等项目的水样必须充满容