



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

环境监测 原理与技术

孙春宝 ○ 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
21 世纪高等教育环境工程系列规划教材

环境监测原理与技术

主 编	孙春宝	
副主编	陈梅兰	刘耀弛
参 编	刘年丰	丁忠浩
	邢 奕	葛 飞
	何延青	宋 波
	周北海	
主 审	王凯雄	宋存义



· 机械工业出版社

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。本书力图体现工科教学中加强实践能力培养的特点,以环境监测技术作为教材主线,结合环境监测原理及方法进行编写,重点突出环境监测中的样品采集、处理、分析测试及质量保证等实际操作环节的内容,尽力做到理论与实践、方法与技能的统一,并体现创新性。全书共分8章,包括:绪论、水和废水监测、大气与废气监测、固体废物和土壤监测、物理污染监测、生物监测、监测过程的质量保证、连续自动监测技术与简易监测方法,书末附有20个教学试验及3个环境监测实例。本书可作为环境工程、环境科学、资源与环境及市政工程等专业本科生环境监测的教材,也可作为环境监测及相关专业技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

环境监测原理与技术/孙春宝主编. —北京:机械工业出版社, 2007. 8
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
(21世纪高等教育环境工程系列规划教材)
ISBN 978-7-111-21859-3

I. 环… II. 孙… 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103544号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:马军平 版式设计:霍永明 责任校对:申春香

封面设计:王伟光 责任印制:杨 曦

三河市宏达印刷有限公司印刷

2007年10月第1版第1次印刷

184mm×260mm·24.5印张·607千字

标准书号:ISBN 978-7-111-21859-3

定价:39.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379720

封面无防伪标均为盗版

前 言

环境监测是环境科学的一个重要分支学科，是研究环境过程及其影响，实施环境标准，制定环境法规所必不可少的手段和依据。环境监测课程是环境工程专业的核心课程之一，也是环境科学专业的一门专业主干课程，在环境科学与工程课程体系中占有重要地位，有理论、有方法、有综合技术，是理论与实践高度结合的课程。它是构成诸多后续课程的支撑平台之一，集化学、物理、生物、仪器分析等多学科知识为一身，综合性和交叉性强。

本书是机械工业出版社组织出版的全国高等工科教育环境类规划教材之一，结合北京科技大学、华中科技大学、浙江树人大学、南华大学、湘潭大学、武汉科技大学、桂林工学院及河北建工学院等院校的教学经验，并吸收同类教材特点编写而成。本书力图体现工科教学中加强实践能力培养的特点，以环境监测技术作为教材主线，结合环境监测原理及方法进行编写，重点突出环境监测中的样品采集、处理、分析测试及质量保证等实际操作环节的内容，尽力做到理论与实践、方法与技能的统一，并体现创新性。

全书共分8章，包括：绪论、水和废水监测、大气与废气监测、固体废物和土壤监测、物理污染监测、生物监测、监测过程的质量保证、连续自动监测技术与简易监测方法，书末附有20个教学试验及3个环境监测实例。选用本书时，各院校可根据各自特点对教学内容予以增删、选做有关教学实验，并可参照监测实例进行具体监测对象的试验设计与实施。

各章节编写详细情况：第1章由孙春宝、刘年丰合作编写，2.1~2.5节及实例1由陈梅兰执笔，2.6~2.8节由刘年丰执笔，3.1~3.3节由孙春宝、周北海执笔，3.4节由邢奕执笔，4.1节、5.2节及实例2由刘耀弛执笔，4.2节及第7章由葛飞执笔，5.1节由丁忠浩执笔，第6章由何延青执笔，第8章及实例3由宋波执笔。同时，上述人员分别负责了2~3个教学实验的编写工作。

本书可作为环境工程、环境科学、资源与环境及市政工程等专业环境监测课程的教材，也可作环境监测及相关专业技术人员的参考书。

王凯雄教授、宋存义教授对本书进行了认真审阅，并提出了许多宝贵的意见，在此深表感谢。

北京科技大学硕士生季彦博、郑李、蒋晶、李琴、李军、张晓晴、辛永亮、俞洋等同学参与了本书的校对，在此表示感谢。

由于编者能力和水平有限，书中难免有不妥和疏漏之处，敬请批评指正！

编 者

目 录

前言

第1章 绪论 1

1.1 环境监测的目的、分类、特点和内容 1

1.2 环境监测技术简介 14

1.3 环境标准 23

1.4 环境监测新技术及其发展趋势 40

复习题 46

第2章 水和废水监测 47

2.1 概述 47

2.2 水物理化学性状的监测 59

2.3 水的一般化学性能的监测 65

2.4 金属污染物的监测 68

2.5 非金属无机污染物的监测 73

2.6 有机污染物的监测 80

2.7 底质的监测 92

2.8 活性污泥性质的监测 95

复习题 96

第3章 大气与废气监测 98

3.1 概述 98

3.2 颗粒状污染物的测定 106

3.3 气态污染物的测定 108

3.4 室内空气污染及其监测 126

复习题 143

第4章 固体废物和土壤监测 144

4.1 固体废物污染监测 144

4.2 土壤污染监测 162

复习题 181

第5章 物理污染监测 183

5.1 噪声监测 183

5.2 环境辐射监测 204

复习题 226

第6章 生物监测 227

6.1 水体污染的生物监测 227

6.2 大气污染的生物监测 244

6.3 土壤的生物监测 252

6.4 生物污染监测 256

6.5 生态监测中遥感技术的应用 258

复习题 263

第7章 环境监测质量保证 265

7.1 质量保证的意义和内容 265

7.2 数据处理 265

7.3 环境监测质量控制 281

7.4 标准分析方法和分析方法标准化 288

复习题 291

第8章 连续自动监测技术与简易监测方法 293

8.1 大气污染连续自动监测系统 293

8.2 水污染连续自动监测系统 301

8.3 遥感监测技术 306

8.4 简易监测方法 314

复习题 317

附录 318

附录 A 环境监测实验 318

实验 1 浊度的测定 318

实验 2 色度的测定 320

实验 3 氨氮的测定——蒸馏和
滴定法 322

实验 4 水中总氮的测定 324

实验 5 水中磷酸盐和总磷的测定 325

实验 6 水中氰化物的测定 327

实验 7 水中铬的测定 330

实验 8 水中生化需氧量的测定 332

实验 9 化学需氧量的测定 337

实验 10 高锰酸盐指数的测定 340

实验 11 废水中酚类的测定（气相色谱法） 342

实验 12 大肠菌群的测定（发酵法） 343

实验 13 污水中油的测定 347

实验 14 水中总有机碳的测定——非
色散红外线吸收法 350

实验 15 离子选择电极法测量水中
氟化物的含量 352

实验 16 大气中总悬浮颗粒物的测定 353

实验 17	大气中二氧化硫的测定——盐酸副玫瑰苯胺分光光度法	355
实验 18	大气中氮氧化物的测定	358
实验 19	环境噪声监测	359
实验 20	固体废物渗漏模型实验	360

附录 B	环境监测实例	363
实例 1	湖泊水监测	363
实例 2	校园大气质量监测	367
实例 3	区域和交通噪声监测	378
参考文献		385

第 1 章

绪 论

环境问题的产生，除不可抗拒的自然原因以外，主要是由于人类自身盲目掠夺式开发自然资源，过度利用以致超过环境承载力的阈值，使资源丧失再生能力并引起环境污染、生态平衡失调乃至破坏生态系统的结构和能力使环境质量恶化所致。

环境监测是环境科学的一个分支学科，是与环境科学一样是随着全球面临日益严重的环境污染、生态破坏的挑战而发展起来的。由于环境科学的几乎所有分支学科：环境化学、环境物理学、环境地学、环境工程学、环境医学、环境管理学、环境评价学、环境经济学以及环境法学等，都需要在了解环境质量及其变化趋势的基础上，进行相关技术工作、科学研究或制定管理、经济的条例、法规、法律，因此环境监测是环境科学的一个特别重要的应用基础学科。

1.1 环境监测的目的、分类、特点和内容

1.1.1 环境监测的目的及作用

1. 环境监测的目的

环境监测的目的是为准确、及时、全面地反映环境质量现状及发展趋势，为环境管理、污染控制、环境规划、环境评价等提供监测数据，最终达到保护人类健康、保护生态环境、合理使用自然资源的目的。具体的工作有：

- 1) 了解自然环境质量背景，收集本底数据，积累长期资料；分析环境质量现状及发展趋势，研究环境质量变化的历程和原因；制定环境标准。
- 2) 追踪寻找污染源，调查污染分布，确认污染物成分，判断污染物类型，查明污染性质、数量及排放规律以控制点、面源的污染负荷，实现污染源监督管理。
- 3) 寻求治理、控制污染的途径，检查相关污染处理的效果，判断技术方法优劣和有关管理手段的有效性。
- 4) 应用相关模型研究环境容量，以实施总量控制。
- 5) 进行环境影响评价、预测预报环境质量、制定环境规划。
- 6) 科学制定环保法律、法规。

为能对上述工作提供科学依据，提供基础数据支持，需要人们在研究环境背景状况的基础上，根据污染物来源、性质、成分、含量及其分布，对影响环境、生态的基本物质进行布

点、采样并进行定性、定量的综合分析。

2. 环境监测与环境分析

环境监测与环境分析、分析化学有着密切的联系，但三者并不等同。环境监测的早期是将经典的分析化学用于对各种环境要素，包括对大气、水、土壤的不同污染因子进行环境分析；经过数十年的发展，环境分析已进一步拓展到应用多学科技术进行监视性的检测、分析，形成并发展成现代环境监测。

环境监测与一般的环境分析相比，较之具有更广泛更深刻的内涵：

- 1) 从时间上，环境监测有短暂的某一时刻的测定，也有长时间连续的测定。
- 2) 从空间上，环境监测有某一小范围的测试，也有大范围的地球不同圈层的监视性测试。
- 3) 从技术、方法上，环境监测集古今各学科有用之手段，包括化学、物理、生物、生态、遥感的多种技术与方法。
- 4) 从内容、过程上，它包括现场调查→计划设计→优化布点→样品采集→运送保存→分析测试→数据处理→综合评价等一系列的完整过程，而每一步骤都直接影响到具体的结果。
- 5) 从信息的角度上，它是环境信息的捕获→传递→解析→综合的一种技术。通过对监测信息进行解析、综合，能全面、客观、准确地揭示监测数据的内涵，对环境质量及其变化作出正确的评价。

因此，可以将环境监测定义为：以环境分析为主要基础，综合运用化学的、生物的、生态的、遥感的等现代多学科理论与方法，对环境物质及其变化进行监督、监视、检测、鉴定的重要应用技术。

“监测”一词的含义可理解为监视、测定、监控等。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）及其变化趋势的过程。

3. 环境监测的作用

环境监测对环保工作的方方面面都有着不可替代的作用：

- 1) 环境监测是环境规划、环境评价的重要数据基础。
- 2) 环境监测是环境管理、环境执法、排污收费的主要依据。
- 3) 环境监测为污染治理工程设计、环境设施运转提供技术支持。
- 4) 环境监测是环境健康、公共安全的预警和指示灯。
- 5) 环境监测是环境经济、生态补偿量化的凭据。

综上所述，环境监测是环境保护最重要的基础工作，是生态修复、环境保护的必不可少的手段。环境监测应主要是由政府主持的持久性公益性的重要环保工作之一。

1.1.2 环境监测的发展

环境监测的发展水平在不同国家差别很大，经历的阶段不尽相同。一般认为，工业发达国家主要经历了以下三个阶段：

1) 20 世纪 50 年代主要是针对污染事故和环境问题的调查所进行的污染事故和环境专题的被动性监测。20 世纪 50 年代，环境科学作为一门新学科得到了发展。由于陆续出现的环境污染事件主要是由危害较大的化学毒物所造成的，因此产生了对环境样品进行化学分析

以确定其组成和含量的迫切需求。环境污染物通常为痕量，并且基体复杂，流动变异性大，涉及空间分布及变化，对分析的灵敏度、准确度、分辨率和速度提出了更高要求，因此，在促进分析化学快速发展的同时催生了环境分析。这一阶段称之为被动监测阶段。

2) 20 世纪 70 年代为跟踪环境质量所进行的大气、水、土壤环境和污染源排放的常规性主动性监测或目的监测。到 20 世纪 70 年代，人们已认识到影响环境质量的不仅是化学因素，还有如噪声、光、热、电磁辐射、放射性等物理因素；还发现用生物（动物、植物）的受害症状及变化来判断环境质量往往更为确切可靠，于是在分析化学的基础上发展了物理测试、生物监测等。随着科学的发展，人们认识到某一化学毒物的含量仅是影响环境质量的因素之一，环境中各种污染物之间，污染物与其他物质、其他因素之间还存在着叠加和拮抗作用。环境监测逐渐从单学科发展到多学科，从点污染源监测发展到面污染以及区域性的污染监测。这一阶段称之为主动监测或目的监测阶段。

3) 20 世纪 80 年代主要是以连续自动监测污染源和大环境为特点的污染防治监测或自动监测阶段。监测手段和范围虽在扩大，但由于受采样手段、频率、数量以及分析、数据处理速度等限制，仍不能及时地监视环境质量现状、预测变化趋势，更不能根据监测发布应急措施指令。20 世纪 80 年代初，发达国家相继建立了自动连续监测系统，并使用了卫星遥感、地面遥测手段，用计算机遥控监测仪器，用有线或无线方式传输数据，经计算机处理，可在极短时间内观察到空气、水体污染的浓度变化，预测预报未来环境质量。当污染程度接近或超过环境标准时，发布紧急应对指令。这一阶段称为污染防治监测阶段或自动监测阶段。

在进入信息时代的当今，环境监测一方面在技术方法上向更先进更高层次多学科方向发展，另一方面在范围上朝更宏观和更微观两个不同方向纵深拓展。

我国的环境监测起步于 20 世纪 70 年代初，从“六五”到“十五”逐步得到较大的发展，目前已具备了组织机构网络化、监测分析技术体系化、监测能力建设标准化的雏形。但在综合水平上相对滞后于以上国际先进水平。主要表现在：监测的环境因子比发达国家少，监测手段有较大差距，污染分析方法仅 400 项左右（美国的标准分析方法已达 900 多项），实验室质控和质量保证还不够，监测科研相对落后，环境质量表达形式简单等。

1.1.3 环境监测的分类

(1) 按环境要素分类 地球环境要素分为大气、水、土壤和生物；环境监测按环境要素分为：地下水、地表水的水环境质量监测，大气环境质量监测，土壤环境质量监测，生物监测等。生物监测包括以生物体作为监测对象和以生物体作为监测手段的两种类型。

(2) 按污染性质分类 根据污染性质分为：化学毒物污染监测、卫生（包括病原体、病毒、寄生虫、霉菌、毒素等污染）监测、热污染监测、噪声和振动污染监测、电磁污染监测、放射性污染监测、水体富营养化监测、固体废物监测等。

(3) 按监测目的分类 按监测目的分为：

1) 例行监测或常规监测。例行监测或常规监测是对指定的有关项目进行定期的、长时间的监测，以确定环境质量及污染源状况，评价控制措施的效果，衡量环境标准实施情况和环境保护工作的进展。这是监测工作中量最大面最广的工作。

例行监测又分为：①环境质量的例行监测，包括定期的长时间段的对所在地区的空气、

水质、噪声、固体废物等的监督性监测；②污染源的例行监测，包括定期的长时间段的对污染源的污染物浓度、排放总量、污染趋势等的监督性监测。

2) 特定目的监测。根据特定的目的可分为以下几种：①污染事故应急监测：在发生污染事故时进行应急监测，以确定污染物扩散方向、速度和危及范围，为污染控制手段、技术提供依据。这类监测常采用跟踪监测（车、船等）、快速监测、低空航测、遥感等手段。②仲裁监测：主要针对污染事故纠纷、环境法执行过程中所产生的矛盾进行监测。仲裁监测应由国家指定的具有权威的部门进行，以提供具有法律责任的数据（公证数据），供执法部门、司法部门仲裁。③考核、验证监测：包括人员考核、方法验证和污染治理项目竣工时的验收监测。④咨询服务监测：为政府部门、科研机构、生产单位所提供的服务性监测。例如建设项目的环评，区域环评、规划环评，需要按评价要求进行监测；工程设计参数选取，需要进行现状监测等。

3) 研究性监测。研究性监测是指为发展环境监测学科本身而进行的标准分析方法研究、标准物质制定研究所进行的相关监测，以及针对某一特定的研究目的，如针对持久性有机污染物对环境和动植物的影响、危害剂量-效应而进行的探索性分析，以及其他学科与环境科学交叉发展过程中所进行的各种多学科合作的研究性监测。

(4) 按监测方式分类 按监测方式分为：手工式、自动式、连续式和间歇式。

(5) 按分析方法分类 根据分析的技术方法分为：化学法、物理法、物理化学法、生物法和遥感法等。

1.1.4 环境污染的特点

环境污染是各种污染因素本身及其相互作用的结果。同时，环境污染还受社会评价的影响而具有社会性。主要可归纳为：

(1) 污染的时间分布性特点 污染物的排放量和污染因素的强度随时间而变化。例如工厂排放污染物的种类和含量往往是随时间而变化的。由于河流的汛期和丰水期、枯水期的交替，会使污染物含量随时间而变化。随着气象条件的改变会造成同一污染物在同一地点的污染含量相差高达数十倍。交通噪声的强度随着不同时间内车辆流量的变化而变化。

(2) 污染的空间分布性特点 污染物和污染因素进入环境后，随着水和空气的流动而被稀释扩散。污染物的稳定性和扩散速度与污染物性质有关，因此，不同空间位置上污染物的含量和强度分布是不同的。

由上可见，为了正确表述一个地区的环境质量，单靠某一点监测结果是无法说明的，必须根据污染物的时间、空间分布特点，科学地制定监测计划（包括网、点设置，监测项目，采样频率等），然后对监测数据进行统计分析，才能得到较全面而客观的评述。

(3) 污染与污染物含量（或污染因素强度）的关系 有害物质引起毒害的量与其无害的自然本底值之间存在一界限（放射性和噪声的强度也有同样情况）。所以，污染因素对环境的危害有一阈值。对阈值的研究，是判断环境污染及污染程度的重要依据，也是制定环境标准的科学依据。

(4) 污染因素的综合效应 环境是一个复杂体系，必须考虑各种因素的综合效应。从传统毒理学观点看，多种污染物同时存在对人或生物体的影响有以下几种情况：

1) 单独作用。即当机体中某些器官只是由于混合物中某一组分发生危害，没有因污染

物的共同作用而加深危害时，称为污染物的单独作用。

2) 相加作用。混合污染物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。如大气中二氧化硫和硫酸气溶胶之间、氯和氯化氢之间，当它们在低含量时，其联合毒害作用即为相加作用，而在高含量时则不具备相加作用。

3) 相乘作用。当混合污染物各组分对机体的毒害作用超过个别毒害作用的总和时，称为相乘作用。如二氧化硫和颗粒物、氮氧化物与一氧化碳，就存在相乘作用。

4) 拮抗作用。当两种或两种以上污染物对机体的毒害作用彼此抵消一部分或大部分时，称为拮抗作用。如动物试验表明，当食物中有质量分数为 30×10^{-6} 的甲基汞，同时又存在质量分数为 12.5×10^{-6} 的硒时，就可能抑制甲基汞的毒性。环境污染还会不同程度地改变某些生态系统的结构和功能。

1.1.5 环境监测的特点

环境监测就其对象、手段、时间和空间的多变性、污染组分的复杂性等，其特点可归纳为：监测对象的复杂和多变、监测技术的集成和综合、污染因子的毒性和危害以及监测本身的综合、连续和追踪性。

(1) 监测对象的复杂和多变性 环境是一个复杂、综合的大体系，环境样品在自然界存在着多种形态；就元素而言，金属和非金属元素均存在着不同的氧化态、还原态、有机态、无机态、化学异构态、空间异构态。目前，测定元素的总量尚有一定的方法，但对于价态和形态的分析仍是比较困难的。

环境污染物往往附着在水、大气、土壤、生物体中的不同载体上，而且含量都很低，痕量甚至于超痕量，样品中的量值经常为毫克、微克、纳克数量级，质量分数相应为 10^{-6} 、 10^{-9} ，甚至为 10^{-12} ；复杂的基体干扰使环境样品的预处理比较繁琐，而且常常要采用多种富集手段，使监测的全过程费时、费力，而且难以实现在线连续自动监测。

由于环境因素和污染机理十分复杂，它的存在形态、含量范围以及排放方式各不相同，因此多数污染物的环境行为具有很强的不确定色彩。如核辐射、电磁波、地下水的污染，它们的来源、转化方式，污染物的迁移和变化规律常常难以把握。又如燃煤烟气中的硫氧化物以及工业废气中的铍尘、铅尘，当它们以分子状态或气溶胶状态高度分散在大气中时，往往能扩散到较大的范围，甚至于到达极地。污染物的迁移转化和载体的性质直接有关。如水体中的污染物受到水的流体力学性质的影响，分子质量小、溶解度大、不易被吸附的污染物在水体流速较大时可以输送很远的距离；而分子质量大、溶解度小、易被吸附的污染物就会沉积在比较近距离的颗粒物中。又如大气污染物在不同的气象条件下（风速、温度、湿度、气压）所导致的污染程度有很大的区别。

污染物在环境中的时空分布及其形态变化太大。俗话说，“世界上没有两滴相同的水”，在采集环境样品时确实是“找不到两口相同的空气，找不到两瓢相同的水”。样品随时都在发生着物理的、化学的、生物的变化。污染物多变的迁移转化规律和复杂的污染机理决定了保证监测数据代表性的艰难，决定了必须抓住污染特点，进行全过程的控制。因此，采样是至关重要的。在合理布点的基础上，对样品的采集要有足够的频率、次数保证，避免用瞬时值作代表均值。所以连续自动采样分析是今后发展的必然方向之一。只有这样，才能从统计

学的角度来分析、总结污染规律。

(2) 监测技术的集成和综合 环境污染物的这些特点以及人们迫切地了解污染物对人和自然的危害和影响,激发了多学科领域技术的综合和集成。在传统的化学分析(容量法、质量法)的基础上,近代仪器分析技术,如气相色谱、高压液相色谱、离子色谱、原子分光光度、分子荧光、等离子发射光谱、质谱、傅里叶变换红外等,特别是上述仪器的各种联用技术,如色谱-质谱联用、色谱-红外联用、色谱-电感耦合等离子体联用技术,已被大量用于环境监测之中。除此以外,以遥感技术为核心的“3S”技术、现代的信息技术、自动化技术以及利用生物体对环境污染物特殊的剂量-反应特性而发展的生物监测方法也正在快速地集成到环境监测中。

监测技术的综合集成,促进了环境监测向现代化迈进。因此,监测工作人员要有较高的理论功底和不断学习不断拓展自身知识的进取精神。

(3) 污染因子的毒性和危害 环境的污染因子大多是对动植物有害的物质,表现出毒性、致突变性、致畸、致癌性以及物质的腐蚀性、破坏性。这些污染物的毒性影响,有的是急性突变式的,有的则是慢性潜在性的,有的存在危害的阈值,而有的即使痕量也能导致癌变,进而危及人和生物的生命安全。

常见的典型的有毒有害污染物有:汞、铅、铬、砷、镉、铍、铊等金属类污染物;氰化物、硫氧化物、氮氧化物等无机化合物;石油类、苯系物、二恶英类、多氯联苯、有机氯农药等有机及持续性有机污染物;多环芳烃中的苯并[a]芘、苯并[a]蒽等强致癌物类及环境内分泌干扰物等。

这些污染因子的低剂量致毒性导致相应监测分析的风险性,因此除了对监测条件有较严格的要求之外,监测人员在认真学习监测原理方法基础理论的同时应该练就过硬的操作基本功,同时要了解实验废物正确的处理方法,才能一方面维护自身的安全,另一方面防止环境监测分析过程带来新的环境污染。

(4) 监测的综合、连续、追踪性 环境监测的综合性表现在监测手段的多学科、监测对象的多样及监测数据统计处理的多方面。综合分析时,需涉及该地区的自然和社会各个方面情况,因此,必须综合考虑才能正确阐明数据的内涵。

环境监测的连续性是由于环境污染具有的时空性等特点所决定的,数据越多,持续时间越长,预测的准确度就越高。因此,监测网络、监测点位的选择一定要有科学性,一旦监测点位的代表性得到确认,必须坚持长期测定,才能从大量的数据中揭示变化规律,预测变化趋势。

环境监测的追踪性是因为环境监测包括监测目的确定、监测计划的制定、采样、样品运送和保存、实验室测定到数据整理等过程,是一个复杂而又有联系的系统,任何一步的差错都将影响最终数据的质量。特别是区域性的大型监测,由于参加人员众多、实验室和仪器不同,必然会产生技术和管理水平的差异。

为使监测结果具有一定的准确性,并使数据具有可比性、代表性和完整性,需有一个量值追踪体系予以监督。为此,需要建立环境监测的质量保证体系。

1.1.6 环境监测的内容

根据我国目前监测站的工作内容,按环境介质将环境监测分为水污染监测、大气污染监

测、土壤污染监测、固体废物监测、生物监测、生态监测、物理污染监测、遥感监测等。

1. 水污染监测

水污染监测包括：地表水、地下水水体水质的监测，工业废水、生活污水的点污染源监测，暴雨径流产生的面污染源监测，降水（含雨、雪）的污染监测等。

水污染监测的监测指标一般可以分为：

- 1) 水质污染的物理指标：温度、色度、浊度、pH 值、电导率、透明度、悬浮物。
- 2) 水质污染的有机综合指标：溶解氧（DO）、化学需氧量（COD）、高锰酸盐指数、生化需氧量（BOD₅）、总有机碳（TOC）、总需氧量（TOD）。
- 3) 金属、半金属元素：铜（Cu）、铅（Pb）、锌（Zn）、镉（Cd）、铬（Cr）、六价铬（Cr⁶⁺）、汞（Hg）、砷（As）、镍（Ni）。
- 4) 营养元素：总磷（TP）、总氮（TN）、氨氮（NH₃-N）、硝氮（NO₃-N）、亚硝氮（NO₂-N）。
- 5) 一般和持久性有机、无机污染物：挥发酚、油脂类、石油类、硝基苯、苯胺、氯化物、硫化物、氟化物、氰化物和持久性有机污染物（POP_s）：有机农药、多环芳烃中的苯并[a]芘等。
- 6) 生物、卫生指标：叶绿素 a、大肠菌群、粪大肠菌群、细菌总数。
- 7) 降水的监测项目：pH 值、重金属离子及酸根离子等。

工业废水和生活污水要根据污染源的特点增、删一些项目，受其污染的地表水需增加特色项目。

根据《中国环境监测方略》（中国环境监测总站 2005 年，以下简称《方略》），我国“十一五”及未来 10 年地表水监测项目的要求是：河流的必测项目有高锰酸盐指数、BOD₅、NH₃-N、Hg、Pb、挥发酚、石油类等 11 项；湖泊必测项目增加 TP、TN、叶绿素 a、透明度共 15 项；饮用水源地增加粪大肠菌群、氟化物共 10 项；相应选测项目分别有硫化物、阴离子表面活性剂、微囊藻毒素-LR、氰化物等 13 ~ 18 项；特定项目有三氯甲烷、四氯化碳、甲醛、丙烯醛、苯、甲苯、硝基苯、苯胺、丙烯酰胺、DDT、甲基对硫磷、敌百虫等有机物 62 项，铍、铊等金属 10 项及黄磷、微囊藻毒素-LR 等 8 项，共计 80 项。参见《地表水环境质量标准》（GB 3838—2002）。

2. 大气污染监测

大气污染监测包括大气环境质量监测和大气污染源监测；大气环境质量监测包括室外和室内空气环境质量监测；大气污染源监测包括高架点源的污染监测和无组织排放的工业、生活污染监测。

主要监测指标有：

- 1) 颗粒物：包括降尘、烟尘、总悬浮微粒（TSP）和可吸入颗粒物（PM₁₀、PM₅、PM_{2.5}）。
- 2) 各种气溶胶：包括分子状的污染物、硫氧化物、氮氧化物（NO_x）、一氧化碳（CO）、碳氢化合物（甲烷、甲醛、丙烯醛）、苯系物、挥发性有机污染物（VOC）。
- 3) 尘埃中的金属（铅、镉、铍）、半金属（汞、砷）以及多环芳烃类如苯并[a]芘、持续性有机污染物（POP_s）类中的二恶英等。
- 4) 室内空气质量监测：根据建筑材料，特别是装修材料以及在装修过程中使用的涂

料、粘合剂的特点进行可能污染物的监测，如建筑材料的放射性监测、粘合剂可能释放的甲醛等物质的监测、涂料中铅的监测。

5) 高架点源的燃烧烟气主要监测项目为烟尘、二氧化碳、硫氧化物、氮氧化物、一氧化碳。

6) 无组织排放的工业废气污染监测的主要项目，要根据它使用的原材料、工艺过程、排放特点分别选用不同的项目，如电镀车间主要监测铬酸雾、硫酸雾，硫酸厂主要监测硫化物，电解铝厂主要监测氟化物等。

7) 气象要素监测是指测定影响污染物扩散的主要气象要素：风向、风速、气温、气压、降雨量以及与光化学烟雾形成有关的太阳辐射、能见度等方面的参数值。以及开展高探空、低探空、平衡球的探测，对大气逆温层和大气扩散能力进行监测。对不同地区可以根据当地大气污染的具体情况，增减监测项目。

根据《方略》，我国“十一五”及未来10年的空气监测项目要求是，所有开展空气质量例行监测的城市必须进行反映城市空气污染的典型污染物 SO_2 、 NO_2 、颗粒物的监测；重点城市为加强对日趋严重的机动车尾气污染及影响的监控，应增加 CO 、 NO 、 NMHC （非甲烷总烃）、臭氧（ O_3 ）、铅（ Pb ）的监测；部分重点城市开展有机物的监测，国家级背景站开展 CH_4 、 CO_2 监测。

3. 固体废物监测

固体废物监测包括一般工业固体废物、生活垃圾及危险废物的监测。

根据固体废物的有害成分及污染特性，分别对固体废物及其渗滤液等进行有毒有害特性的鉴别和测定，包括6个方面：

1) 急性毒性。能引起小鼠（大鼠）在48h内死亡半数以上者。

2) 易燃性。含闪点低于 60°C 的液体，经摩擦、吸湿或自发产生着火倾向的固体，着火时燃烧较剧烈并能持续，以及在管理期间会引起危险者。

3) 腐蚀性。固体废物经水浸出后，其浸出液的 pH 值 ≤ 2 或 pH 值 ≥ 12.5 者，或在最低温度 55°C 时，对钢制品的腐蚀深度 $>0.04\text{cm/年}$ 者。

4) 反应性。包含以下7种情况：①性质不稳定，在无爆震时即易发生剧烈变化；②遇水能剧烈反应；③遇水能形成爆炸性混合物；④与水混合产生有毒气体、蒸汽或烟雾；⑤在有引发源和加热时能引起爆震或爆炸；⑥在常温、常压易发生爆炸或爆炸性反应；⑦根据其他法规所定义的爆炸品。

5) 放射性。含有比活度 $>7.4 \times 10^4 \text{Bq/kg}$ 者。

6) 浸出毒性。根据标准方法，测得浸出液中任何一种危害成分的含量超过标准值，则该废物是具有浸出毒性的危险废物。

对于危险废物的鉴别，首先查看该废物是否列入国家危险废物名录，然后根据国家规定危险废物鉴别方法来认定。

根据《方略》，我国“十一五”及未来10年固体废物监测项目要求是，危险废物必测项目有易燃性、腐蚀性、反应性、急性毒性、浸出毒性、放射性等6项；选测项目为爆炸性、生物积蓄性、刺激性、遗传变异性、水生生物毒性等6项；固体废物的监测分析除固体废物的物理特性参数如密度、比表面积、恶臭、可燃成分、热值等必测项目，以及水分、灰分、挥发分等选测项目外，还需作主量元素分析、微量元素分析和有机污染成分分析，必测

项目包括：pH 值和 As、Be、Bi、Cd、Cr、Cu、Hg、Pb、Ni、Sb、Se、Sn、Ti、Zn 等 18 种金属，氯化物、氰化物、氟化物、硝酸盐、硫化物、硫酸盐等 6 种非金属，油分、卤代挥发性有机物、芳香族挥发性有机物、丙烯醛/丙烯腈、酚类、钛酸酯类、亚硝胺类、有机氯、PCBs、多环芳烃、硝基芳烃、环酮类、有机磷、二恶英类等 22 种（类）有机物。

4. 土壤监测

土壤在环境系统中占据着特有的空间地位——处于大气圈、生物圈、岩石圈和水圈的交接地带，介于生物界与非生物界的中心环节，是联结无机环境与有机环境的纽带，处于各种物理、化学、生物的过程、界面反应，物质与能量交换，迁移转化过程最为复杂、最为频繁的地带。

土壤具有肥力，且具有缓冲性，即通过物理的、化学的、物理化学的和生物学的多种过程和作用，抵抗、减弱土壤中酸性、碱性物质，土壤对大气降水及环境中释放的 CO_2 、 CH_4 、 NO_2 、 SO_2 等污染气体有调节、平衡、缓冲作用，对水污染物质有净化的功能。

土壤监测的重点是污灌的农田、堆积有害工业废渣的土地；严重富营养化的湖体、受污染的河流的底泥及被污染的海滩。

土壤监测的项目，一般有重金属（包括半金属，如铜、铅、镉、铬、汞、砷、镍、锌）以及有机农药污染物（如六六六、DDT）。底质的监测还要增加有机质、总磷、总氮。根据土壤污染的特点，有时要重点进行石油类、酚类、多氯联苯类等的监测。

根据《方略》土壤监测项目要求是：必测项目是 pH 值、阳离子交换量及上述的金属元素；选测项目有氰化物、硫化物、挥发酚类、石油类、苯并[a]芘及农药残留，或其他污染项目（如硒、氟等）。

5. 物理污染监测

物理污染监测指对造成环境污染的噪声、振动、电磁辐射、放射性等物理量的监测。分为环境的和污染源的监测。

环境噪声、工业污染源噪声、交通噪声（公路、飞机）的指标有：等效 A 声级、统计声级、昼夜等效声级、计权等效连续感觉噪声级等。

噪声监测项目要求按网格布点进行城市区域环境噪声监测、按路段布点法进行道路交通噪声监测、按分期定点连续监测法进行功能区噪声监测。

放射性污染监测，是测定环境样品中的放射性污染物，采用同位素稀释法、中子活化法等方法。主要的监测项目为 α 放射性核素（ ^{239}Pu 、 ^{226}Ra 、 ^{224}Ra 、 ^{222}Rn 、 ^{234}U 及其衰变产物）和 β 放射性核素（ ^3H 、 ^{90}Sr 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{60}Co 等）；放射性核素具体量测内容有放射源强度、半衰期、射线种类及能量，环境中放射性物质的总量，放射性强度、空间照射量或电离辐射剂量。如水样、土壤中总 α 、 β 放射性活度测定、水样中 ^{226}Ra 的测定、大气中长寿 α 放射性测定、大气中 ^{222}Rn 的测定、 ^{131}I 的测定及个人外照射剂量的测定。

根据《方略》，辐射污染监测项目要求是：空气的 γ 辐射空气吸收剂量率、氡浓度，气溶胶的总 α 、总 β 、 γ 能谱分析，降水中的 ^3H 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb ，水体中的 U、Th、 ^{226}Ra 、总 α 、除 K 总 β 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs ，土壤和底泥中的 U、Th、 ^{226}Ra 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs ，生物中的 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 。

6. 生物监测

生物监测是利用环境介质中生物体对某些污染物产生的特性反应，发出的不同信息来判断环境污染程度的一种手段。通过对水、气、土壤中的生物个体、种群或群落结构的变化、

生物体生理生化反应、生物体内污染物浓度的检测与分析,以及利用生物体对污染物的剂量-反应特性将该生物体的某些生物特征作为环境污染程度的表征,来说明环境污染对生物的直接危害以及潜在的影响,据此判断、评价生物所生存的环境质量状况。

生物监测是对生物体内的污染物质成分、含量的测定,即监测生物体内污染程度,观察生物体在环境中受伤害的症状、生物的生理生化反应、生物群落结构和种类的变化,进行生物量的测定分析,如在水和废水的监测中有水生生物群落的测定、细菌学测定、急性生物毒性测定、生物危害性测定等。

生物体内的污染物质包括重金属污染,如稻米中的镉、铅、砷的污染,水生生物中的有机汞、无机汞、总汞的污染等。生物体内的有机毒物包括持久性有机污染物、蔬菜中的农药残留及环境内分泌干扰物质等。

生物监测是一种最直接也是一种综合的方法。如污染物致突变性检测的 Ames 试验(沙门菌回复突变试验)就是一种快速、简便、敏感且能反映污染物的综合效应的方法,已普遍用于致癌物的筛选。又如微生物群落的 PFU(聚氨酯泡沫塑料块)法,由于该法是在群落水平上的,较物种水平、种群水平更高,能提供较大的环境真实性,不需要昂贵的仪器设备和各种化学试剂,因此不会产生环境监测对环境的二次污染。还有动植物微核试验,如鱼外周血有核细胞微核实验(Nucleated Erythrocytes in Peripheral Blood of Fish)、蚕豆根尖微核实验(Micronucleus Test of Vicia faba Root Tip Cells)、紫露草微核试验。它们的原理是:有毒有害物质使细胞发生异常,引起染色体畸变、断裂,造成许多断片残留于细胞胞质内,在细胞分裂生成新细胞时,形成大小不等的小核即微核;通过检测微核产生量与背景值进行比较,判断生物遗传损伤程度,进而间接证明水体的污染特性和程度。微核试验都是简便、经济实惠并具有综合效应的生物分析方法。

由于环境系统的复杂性和生物适应性变异性,使生物监测的准确性受到限制,只有与理化监测相结合,才能更准确地反映环境质量的变化。

根据《方略》,我国“十一五”生物监测项目要求为:湖泊水库必测项目是叶绿素 a、浮游植物、大肠菌群、底栖动物;河流的必测项目是大肠菌群与底栖动物,选测项目是着生生物、浮游植物;植物叶片中的硫含量是环境空气中 SO_2 污染水平的必测项目,目前主要在“两控区”内进行。

7. 生态监测

生态监测可表达为运用可比的方法在时间和空间上对特定区域范围内生态系统或生态系统组合体的类型、结构和功能及其组成要素进行系统测定及观察的过程。其目的是通过观测自然变化和人的作用关系来评价生态系统结构和功能。生态监测有对生物群落和种群的变化监测,如植被覆盖率、生物生产力变化、生物多样性检测及评价。许多外干扰对生态系统的影响都因系统的功能整体性而发生连锁反应,如大气污染可影响植物的初级生产力,采用理化方法可对此予以定量分析。而初级生产力变化使系统内一系列生态关系的改变才是大气污染影响的全部效应,也是干扰后该系统的真实的环境质量状况。生态系统对系统功能变化的反应也是敏感的。因此,通过生态监测能对宏观的复杂变化予以客观的反映。

关于生态监测与生物监测,有些不十分一致的观点。有的认为生物监测包括生态监测,可作为同一种类型的监测;有的认为生态监测是生态系统层次的生物监测,是比生物监测更复杂更综合的监测技术,它涉及的范围远比生物学广泛、综合,应独立于生物监测之外;有