



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



环境监测

王怀宇 姚运先 主 编
贾劲松 副主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

要對容內

普通高等教育 “十一五” 国家级规划教材

环 境 监 测

王怀宇 姚运先 主 编
贾劲松 副主编



高等教育出版社
Higher Education Press

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书将环境监测的对象进行了明确的分类,详细讲述了各种监测技术的基础理论和手段。内容包括绪论、环境监测质量控制、水体监测、大气监测、噪声监测、土壤与固体废物监测、辐射与放射性污染监测;此外,本书还对现代环境监测技术中的在线自动监测、突发性环境污染事故的应急监测以及环境监测报告做了较为详细的介绍。

本书可作为应用性技能型人才培养各类教育环境保护类专业教材,也可作为环境保护企事业单位及职业资格考试的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

环境监测/王怀宇,姚运先主编. —北京:高等教育出版社,2007.6

ISBN 978-7-04-021685-1

I. 环... II. ①王...②姚... 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 070086 号

策划编辑 张庆波 责任编辑 谭燕 封面设计 于涛 责任绘图 朱静
版式设计 王艳红 责任校对 俞声佳 责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京未来科学技术研究所
有限责任公司印刷厂

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×1092 1/16
印 张 17.75
字 数 430 000

版 次 2007 年 6 月第 1 版
印 次 2007 年 6 月第 1 次印刷
定 价 22.40 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 21685-00

高职高专教育环境保护类专业教材 指导和编审委员会

指导委员会

教育部高等学校高职高专环保与气象类专业教学指导委员会

编审委员会

主任委员

林振山(环保与气象类专业教学指导委员会)

副主任委员

李元(环保与气象类专业教学指导委员会)

王国祥(环保与气象类专业教学指导委员会)

王立新(中国环境管理干部学院)

孙蕾(长沙环境保护职业技术学院)

委员

陈文	傅刚	高翔	关荐伊	倪才英	孙即霖	相会强
薛巧英	张宝军	陈喜红	高艳玲	耿世刚	郭正	何红升
金文	刘海春	石光辉	王晓燕	王怀宇	王金梅	姚运先
钟福生	周凤霞	朱雅兰				

前 言

环境监测是环境工程设计、环境科学研究、环境保护管理和政府决策等不可缺少的重要手段。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、环境规划、环境评价以及污染控制与治理等提供科学依据。

本书按照社会对环境监测人才专业水平与能力的要求编写。针对高职高专教育的特点和培养目标，注重理论和实际相结合，突出环境监测的专业素质和技能的培养；根据环境监测技术规范要求及环境监测工作者职业技能要求，重点介绍环境监测过程中样品的采集方法，样品的保存与处理方法，样品的监测分析方法及分析质量保证与质量控制技术等。

全书共分十章，姚运先(长沙环境保护职业技术学院)编写第一章、第七章、第八章、第九章和第十章，并负责全书的统稿工作；王怀宇(邢台职业技术学院)编写第四章；贾劲松(长沙环境保护职业技术学院)编写第三章和第六章；安刚(河南纺织高等专科学校)编写第五章；杨立全(山西工程职业技术学院)编写第二章；宫惠峰(邢台职业技术学院)参加了第四章部分内容的编写工作。长沙环境保护职业技术学院李倦生院长、南昌航空工业学院吴少林教授对本书进行了全面审阅，并提出了很多宝贵意见，在此深表谢意！

由于作者的水平所限，书中难免存在错误和不妥之处，敬请各位读者给予批评指正。

编 者

2007年2月于长沙

目 录

第一章 绪论	1	三、监测数据的回归处理与相关分析	26
第一节 环境监测	1	第五节 实验室质量保证	28
一、环境监测的主要任务和内容	1	一、实验室基础条件	28
二、环境监测的分类	2	二、实验室质量控制	35
三、环境监测的特点	2	三、实验室间质量控制	41
四、环境监测的基本程序	3	复习题	44
五、环境监测的基本原则和要求	4	第三章 水体监测	46
第二节 环境监测分析方法	5	第一节 概述	46
一、监测分析方法体系	5	一、水体与水体污染	46
二、环境监测分析方法	5	二、水质与水质指标	50
复习题	10	三、水质监测的对象和目的	51
第二章 环境监测过程中的质量 控制	11	四、水环境标准	51
第一节 环境监测质量控制的意义及内容	11	第二节 水体监测方案的制定	61
第二节 环境监测质量控制的有关名词 术语	13	一、地表水监测方案的制定	62
一、准确度	13	二、水污染源监测方案的制定	65
二、精密度	14	三、地下水监测方案的制定	67
三、灵敏度	14	四、沉积物监测方案的制定	68
四、空白试验	15	第三节 水样的采集和保存	69
五、校准曲线	15	一、采样前的准备	69
六、检测限	15	二、地表水水样的采集	71
七、方法适用范围	15	三、废水样品的采集	76
八、测定限	16	四、地下水水样的采集	77
九、最佳测定范围	16	五、沉积物样品的采集	77
第三节 误差	16	六、流量的测定	78
一、误差	16	七、水样的运输与保存	81
二、误差的分类及产生原因	17	第四节 样品的预处理	86
三、误差的表示方法	18	一、水样的预处理	86
第四节 数据处理和常用的统计检验	20	二、底质样品的预处理	91
一、有效数据和常用的统计检验	20	第五节 主要水环境监测项目的分析测定	94
二、监测结果的数值表述	24	一、物理性质的测定	94
		二、金属化合物的测定	99
		三、非金属无机化合物的测定	105



四、有机化合物的测定	113	第五章 噪声监测	187
五、生物学指标的测定	120	第一节 声学基础	187
六、底质样品中污染物的测定	122	一、声的基础知识	187
复习题	122	二、声压、声强和声功率	188
第四章 大气监测	124	三、声级和声级的运算	189
第一节 大气污染	124	四、噪声的频谱分析	192
一、大气污染的基本概念	124	第二节 噪声及其评价	194
二、大气污染的种类和存在状态	125	一、噪声及其危害	194
三、主要大气污染源及污染物	127	二、噪声标准	196
四、大气污染物的时空分布特点	128	三、噪声的评价	200
五、大气环境标准	129	第三节 噪声监测	205
第二节 大气污染监测方案的制定	131	一、噪声测量仪器	205
一、大气污染监测规划与网络设计	131	二、噪声测量方法	209
二、大气采样方法和技术	135	复习题	212
三、样品的采集	142	第六章 土壤与固体废物监测	214
第三节 大气污染物的测定	146	第一节 土壤污染监测	214
一、气态污染物的测定	146	一、土壤与土壤污染	214
二、颗粒物的测定	148	二、土壤污染样品采集与制备	217
第四节 大气污染源监测	150	三、样品预处理	221
一、大气污染源及监测内容	150	四、土壤污染物监测	222
二、污染源样品的采集	151	第二节 固体废物监测	224
三、固定污染源监测	153	一、固体废物的来源与危害	224
四、流动污染源的监测	162	二、固体废物样品采集及制备	226
第五节 室内空气监测	163	三、固体废物样品的监测分析	228
一、室内空气污染的特征	163	复习题	231
二、室内污染物的来源及危害	163	第七章 辐射与放射性污染监测	232
三、室内环境标准	167	第一节 概述	232
四、检测方案制定	168	一、放射性污染	232
第六节 酸雨监测	170	二、放射性污染的来源	232
一、大气降水与酸雨	170	三、放射性对人体的危害	234
二、酸雨的监测方法	174	四、放射性污染度量单位	235
第七节 大气污染的生物监测	177	第二节 放射性污染物样品的采集与 处理	237
一、生物监测的特点	177	一、放射性沉降物	237
二、大气污染对植物的影响	177	二、放射性气溶胶	238
三、利用植物监测大气污染	178	三、放射性气体	238
四、大气污染指示植物的选择	181	四、水样	239
五、大气污染的植物监测方法	182	五、食品、生物样品	239
复习题	185		



六、土壤	239	第二节 突发性环境污染事故的应急	
第三节 放射性监测	239	监测	257
一、放射性监测仪器	240	一、突发性环境污染事故的应急监测	257
二、总放射性强度监测	241	二、应急监测的主要内容、作用与	
三、外照射个人剂量的监测	242	要求	257
四、放射性表面污染的监测	244	三、采样方法	259
复习题	244	四、主要应急监测分析技术	259
第八章 在线自动监测系统	245	五、应急监测报告	261
第一节 空气自动监测系统	245	复习题	261
一、空气自动监测系统的构成	245	第十章 环境监测报告	263
二、空气自动监测系统子站的技术		第一节 环境监测报告的种类	263
要求	246	一、环境监测快报	263
三、空气在线自动分析仪器的分析		二、环境监测月报告	264
方法	247	三、环境监测季报	265
四、空气在线自动监测系统主要监		四、环境监测年报	266
测项目	248	五、环境质量报告书	267
第二节 水质自动监测系统	249	六、污染源监测报告	268
一、水质自动监测系统的构成	249	第二节 环境监测报告编写原则	268
二、水质自动监测的技术关键	250	一、准确性原则	269
第三节 水质在线分析仪器的分析		二、及时性原则	269
方法	251	三、科学性原则	269
复习题	253	四、可比性原则	269
第九章 应急监测	254	五、社会性原则	269
第一节 突发性环境污染事故及其类型与		第三节 环境监测报告实例	269
特征	254	一、环境监测快报	269
一、突发性环境污染事故的类型	255	二、环境监测月、季、年报	269
二、突发性环境污染事故的特征	256	复习题	273
三、突发性环境污染事故的处理与		参考文献	274
处置	257		



第一章

绪 论



知识目标：

1. 了解环境监测的主要内容和基本程序；
2. 了解环境监测的分类与特点；
3. 了解环境监测的基本原则与要求；
4. 掌握环境监测的主要分析技术。

第一节 环 境 监 测

环境监测是指由环境监测机构按照规定程序和有关法规的要求，对代表环境质量及发展趋势的各种环境要素进行技术性监视、测试和解释，对环境行为符合法规情况进行执法性监督、控制和评价的全过程操作。

一、环境监测的主要任务和内容

环境监测的任务，是对环境中各项要素进行经常性监测，掌握和评价环境质量状况及发展趋势；对各有关单位排放污染物的情况进行监视性监测；为政府部门执行各项环境法规、标准，全面开展环境管理工作提供准确、可靠的监测数据和资料；开展环境测试技术研究，促进环境监测技术的发展。

根据环境监测的定义，环境监测的主要内容应包括以下六个方面：

- (1) 监视解释代表(反映)环境质量变化的各种要素；
- (2) 测试评价对人与环境有影响的各种环境因素；
- (3) 监督控制对环境造成污染或危害的各种行为；
- (4) 督察促进有关污染防治和环保法规的贯彻执行；
- (5) 为制定及执行环境法规、标准及环境规划、环境污染防治对策等提供可靠、公正、科学的依据；
- (6) 为环境管理提供技术支持、技术监督和技术服务。



二、环境监测的分类

环境监测依据不同标准，可以划分成多种类型，按其目的和性质可分为以下三种类型：

（一）常规监测

这类监测是监测工作的主体，主要包括污染源监测和环境质量监测两个方面。

1. 污染源例行监测和监督监测

此项监测主要是掌握污染物排放浓度、排放强度、负荷总量、时空变化等，为强化环境管理，贯彻落实有关标准、法规、制度等做好技术监督和提供技术支持。

2. 环境质量监测

此项监测主要是指定期定点对指定范围的大气、水质、噪声、辐射、生态等各项环境质量因素状况进行监测分析，为环境管理和决策提供依据。

（二）特例监测

这类监测的内容、形式很多，主要包括污染事故监测、仲裁监测、考核验证监测和咨询服务监测四个方面。

1. 污染事故监测

其主要是确定各种紧急情况下发生的各类污染事故的污染程度、范围和影响等。

2. 仲裁监测

其主要是为解决环保执法过程中发生的矛盾和纠纷，为有关部门处理污染问题提供公正的监测数据。

3. 考核验证监测

其主要是指设施验收、环境评价、机构认可和应急性监督监测能力考核等监测工作。

4. 咨询服务监测

其主要是指为科研、生产部门提供有关监测数据，承担社会科研咨询工作等。

（三）研究监测

这类监测一般需要多学科协作，属于较复杂的高水平监测，主要是指污染普查，环境本底调查以及直接为建立标准、制定方法等服务的科研监测等。

按监测介质或对象分类，环境监测可分为水质监测、空气监测、土壤监测、固体废物监测、生物监测、噪声和振动监测、电磁辐射监测、放射性监测、热监测、光监测、卫生（病原体、病毒、寄生虫）监测等。

三、环境监测的特点

1. 生产性

环境监测具备生产过程的基本环节，有一个类似生产的工艺定型化、方法标准化和技术规范化的管理模式，数据就是环境监测的基本产品。

2. 综合性

环境监测的综合性主要表现在以下几个方面：

（1）监测手段包括化学、物理、生物等一切可以表征环境质量的方法。

（2）监测对象包括大气、水体（江、河、湖、海及地下水）、土壤、固体废物、生物等客体，



只有对这些客体进行综合分析，才能确切描述环境质量状况。

(3) 对监测数据进行统计处理、综合分析时，需涉及该地区的自然和社会各个方面的情况，必须综合考虑才能阐明数据的内涵。

因此，环境监测具有很强的综合性，只有综合应用各种手段，综合分析各种客体，综合评价各种信息，才能较为准确地揭示监测信息的内涵，说明环境质量状况。

3. 追踪性

要保证监测数据的准确性和可比性，就必须依靠可靠的测量值传递体系进行数据的追踪溯源。

4. 持续性

监测数据与水文气象数据类似，只有在有代表性的监测点位上持续监测，才有可能客观、准确地揭示环境质量发展变化的趋势。

5. 执法性

环境监测不同于一般检验测试，它除了需要及时、准确提供监测数据外，还要根据监测结果和综合分析结论，为主管部门提供决策建议，并受权对监测对象执行法规情况进行执法性监督控制。

四、环境监测的基本程序

环境监测就是环境信息的捕获—传递—解析—综合—控制的过程，在对监测信息进行解析综合的基础上，揭示监测数据的内涵，进而提出控制对策建议，并依法实施监督，从而达到直接有效为环境管理和环境监督服务的目的。其一般工作程序主要包括以下内容：

1. 受领任务

环境监测的任务主要来自环境保护主管部门的指令，单位、组织或个人的委托，申请和监测机构的安排三个方面。环境监测是一项政府行为和技术性、执法性活动，所以必须要有确切的任务来源依据。

2. 明确目的

根据任务下达者的要求和需求，确定针对性较强的监测工作具体目的。

3. 现场调查

根据监测目的，进行现场调查研究，摸清主要污染源的来源、性质及排放规律，污染受体的性质及污染源的相对位置，以及水文、地理、气象等环境条件和历史情况等。

4. 方案设计

根据现场调查情况和有关技术规范要求，认真做好监测方案设计，并据此进行现场布点作业，做好标识和必要准备工作。

5. 采集样品

按照设计方案和规定的操作程序，实施样品采集，对某些需现场处置的样品，应按规定进行处置包装，并如实记录采样实况和现场实况。

6. 运送保存

按照规范方法需求，将采集的样品和记录及时安全地送往实验室，办好交接手续。

7. 分析测试

按照规定程序和规定的分析方法，对样品进行分析，如实记录分析测试结果。



8. 数据处理

对测试数据进行处理和统计检验，整理入库(数据库)。

9. 综合评价

依据有关规定和标准进行综合分析，并结合现场调查资料对监测结果作出合理解释，编写监测报告，并按规定程序报出。

五、环境监测的基本原则和要求

(一) 环境监测的原则

环境监测的原则包括优先监测原则、可靠性原则和实用性原则。

1. 优先监测原则

有毒化学物质的监测和控制，无疑是环境监测的重点，世界上目前已知的化学品有1千多万种，而进入环境的化学物质已达10万种以上。人们不可能对每一种化学品都进行监测，实行控制，而只能有重点、有针对性地对部分污染物进行监测和控制。这就需要对众多有毒污染物进行分级排序，从中筛选出潜在危害性大、在环境中出现频率高的污染物作为监测和控制对象。经过优先选择的污染物称为环境优先污染物，简称优先污染物。对优先污染物进行的监测称为“优先监测”。

优先污染物一般是指难以降解、在环境中有一定残留水平、出现频率较高、具有生物积累性、毒性较大的化学物质。

美国是最早开展优先监测的国家，早在20世纪70年代中期就规定了水质中129种优先污染物，其后又提出了43种空气优先监测污染物。

“中国环境优先监测研究”亦已完成，提出了“中国环境优先污染物黑名单”，包括14种化学类别，共68种有毒化学物质，其中有机物58种，包括卤代烃、苯系物、多氯联苯、多环芳烃、酚类、硝基苯类等；无机物10种，包括砷、镉、铬、铅、汞等重金属及其化合物。

优先污染物应具有相对可靠的测试手段和分析方法，并能获得正确的测试数据，已经制定有环境标准或评价标准，能对测试数据作出正确的解释和判断。

确定优先污染物视监测对象和目的不同而异。如饮用水源应优先监测重点影响健康的项目，农田灌溉和渔业用水要优先安排毒物的监测，交通干线应优先监测汽车排出的主要有毒气体等。

2. 可靠性原则

此原则是指对选择的污染物必须有可靠的测试手段和有效的分析方法，保证获得准确、可靠、有代表性的数据。如多氯联苯、甲基汞等，其可靠的监测方法是最近几年才建立的。

3. 实用性原则

此原则是指要能对监测数据作出正确的评价，若无标准可循，又不了解对人类健康或对生态系统的影响，将使监测陷入盲目性。

(二) 环境监测的要求

环境监测是环境保护技术的一个重要组成部分，它既为了解环境质量状况，评价环境质量提供信息；也为制定管理措施，建立各项环境保护法令、法规、条例提供决策依据。因此，环境监测工作一定要保证监测结果的准确可靠，能科学地反映实际。具体地说，环境监测的要求



就是监测结果要具有“五性”。

1. 代表性

代表性指在有代表性的时间、地点并按有关要求采集有效样品，使采集的样品能够反映总体的真实状况。

2. 完整性

完整性强调工作总体规划切实完成，即保证按预期计划取得有系统性和连续性的有效样品，而且无缺漏地获得这些样品的监测结果及有关信息。

3. 可比性

可比性不仅要求各实验室之间对一样品的监测结果相互可比，也要求每个实验室对同一个样品的监测结果应该达到相关项目之间的数据可比，当相同项目没有特殊情况时，历年同期的数据也是可比的。

4. 准确性

准确性指测定值与真值之间要有良好的符合程度。

5. 精密性

精密性表现为测定值有良好的重复性和再现性。

第二节 环境监测分析方法

一、监测分析方法体系

正确选择监测分析方法，是获得准确结果的关键因素之一。选择分析方法应遵循的原则是：灵敏度能满足定量要求；方法成熟、准确；操作简便，易于普及；抗干扰能力强。根据上述原则，为使监测数据具有可比性，各国在大量实践的基础上，对环境中的不同污染物质都编制了相应的分析方法。这些方法有以下三个层次，它们互为补充，构成完整的监测分析方法体系。

（一）国家标准分析方法

标准分析方法的技术内容完整、表达规范，是分析方法的最高阶段。它是按规定的程序进行制定，按规定格式编写，并由国家环境保护总局发布的。

（二）统一分析方法

有些项目的监测方法尚不够成熟，但这些项目又急需测定，因此经过研究作为统一方法予以推广，在使用中积累经验，不断完善，为上升为国家标准方法创造条件。

（三）等效方法

与上述两类方法的灵敏度、准确度具有可比性的分析方法称为等效方法。这类方法可能采用新的技术，应鼓励有条件的单位先用起来，以推动监测技术的进步。但是，新方法必须经过方法验证和对比试验，证明其与标准方法或统一方法是等效的，才能使用。

二、环境监测分析方法

按照监测方法所依据的原理，环境监测分析常用的方法有化学法、电化学法、原子吸收分光光度法、离子色谱法、气相色谱法、等离子体发射光谱(ICP-AES)法等。



(一) 化学分析法

化学分析法是以特定的化学反应为基础的分析方法，分为重量分析法和容量分析法。

重量分析法是将待测物质以沉淀的形式析出，经过过滤、烘干、用天平称其质量，通过计算得出待测物质的含量。由于重量分析法的程序繁琐、费时费力，因而在环境监测中的应用少；但是重量分析法准确度比较高，环境监测中的硫酸盐、二氧化硅、残渣、悬浮物、油脂、可吸入颗粒物和降尘等的标准分析方法仍建立在重量分析法的基础上。随着称量工具的改进，重量分析法有可能重新得到重视，例如压电晶体的微量测重法测定大气中可吸入颗粒物和空气中的汞蒸气等。

容量分析法又称滴定分析法。它是用一种已知准确浓度的试剂溶液(标准溶液)，滴加到含有被测物质的溶液中，或者是将被测溶液滴加到标准溶液中，直到两者按化学计量关系完全反应为止。根据反应消耗标准溶液的体积和浓度，计算出被测物质的含量。滴定分析方法简便，测定结果的准确度也较高，不需贵重的仪器设备，至今仍被广泛采用，是一种重要的分析方法。

将标准溶液滴加到待测溶液中去的操作过程称为滴定。

滴加的标准溶液与待测组分恰好反应完全的这一点称为化学计量点。

达化学计量点时，反应往往没有易为人察觉的任何外部特征，因此，通常是在待测溶液中加入指示剂(如甲基橙等)，利用指示剂颜色的突变来判断化学计量点的到达。在指示剂变色时停止滴定，这一点称为滴定终点。

由于指示剂颜色转变点与理论上的化学计量点不一定恰好吻合，它们之间往往存在着很小的差别，由此引起的误差称为滴定误差。

1. 滴定分析方法的分类

根据所利用的化学反应类型不同，滴定分析可分为四种：

(1) 酸碱滴定法：以质子传递反应为基础，用来测定酸和碱。

(2) 络合滴定法：以络合反应为基础，用来测定金属离子。

(3) 沉淀滴定法：以沉淀反应为基础，可用以测定 Ag^+ 、 CN^- 、 SCN^- 及卤素离子等。

(4) 氧化还原滴定法：以氧化还原反应为基础，可用于对具有氧化还原性质的物质和某些不具备氧化还原性质的物质进行测定。

2. 滴定分析化学反应必须具备的条件

为了保证滴定分析的准确度，对于滴定分析的化学反应必须具备以下四个条件：

(1) 滴定剂和被滴定物质必须按一定的计量关系进行反应；

(2) 反应要接近完全，即反应的平衡常数要足够大；

(3) 反应速率要快，只有反应在瞬间完成，才能准确地把握滴定终点；

(4) 能用比较简单的方法确定滴定终点。

3. 基准物质和标准溶液

滴定分析中，离不开标准溶液，否则无法计算分析结果。因此，正确地配制标准溶液，准确地标定标准溶液的浓度，妥善地保存标准溶液，对于提高滴定分析的准确度具有重要的意义。

(1) 基准物质：能用于直接配制或标定标准溶液的物质，称为基准物质或标准物质。



作为基准物质应符合下列四个条件：

- ① 纯度高：杂质的含量应低于滴定分析所允许的误差限度。
- ② 组成恒定：组成与分子式完全相符，若含结晶水，其含量也应与分子式完全相同。
- ③ 性质稳定：保存时性质应保持稳定，加热干燥时不挥发、不分解，称量时不吸收空气中的水分和二氧化碳。

④ 具有较大的摩尔质量：这样称量时相对误差较小。

(2) 常用的基准物质：主要有纯金属和纯化合物。

用于酸碱滴定的有：十水合碳酸钠($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)、硼砂($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)、草酸($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、邻苯二甲酸氢钾($\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$)等；

用于络合滴定的有：金属锌、碳酸钙(CaCO_3)；

用于沉淀滴定的有：硝酸银、氯化钠；

用于氧化还原滴定的有：重铬酸钾($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)、草酸($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)或草酸钠($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$)、金属铜以及溴酸钾等。

(3) 标准溶液的配制：标准溶液的配制方法分为以下几种：

① 直接法：准确称取一定量的基准物质，用蒸馏水溶解后定量转移到容量瓶中，摇匀后即成准确浓度的标准溶液。此种方法只能用于基准物质，溶液的浓度根据所称基准物质的量和容量瓶的体积计算。

② 间接法：先用台秤、烧杯、量筒等粗略地称取一定量物质或量取一定体积的溶液，配制成接近所需浓度的溶液。然后用基准物质或另一种标准溶液来测定它的准确浓度。这种测定溶液准确浓度的操作过程称为标定。

例如配制 NaOH 标准溶液，可以先配成近似浓度，再用该溶液滴定准确称量的邻苯二甲酸氢钾，根据 NaOH 溶液的用量和邻苯二甲酸氢钾的质量，计算出 NaOH 标准溶液的准确浓度。

(4) 标准溶液浓度表示法：一般用以下两种方法表示：

① 物质的量浓度：物质的量浓度简称浓度，是指单位体积溶液中所含溶质的物质的量。物质的量浓度 c 的国际单位为 mol/m^3 ，单位名称为摩每立方米。由于该单位太大，在化学中常用的单位符号为 mol/L ，单位名称为摩每升。在使用该浓度时也必须指明基本单元，应将代表基本单元的化学符号写在圆括号内。

② 滴定度：在实际工作中，例如工厂的实验室经常需要对大量样品测定其中同一组分的含量。在这种情况下，常用滴定度来表示标准溶液的浓度，这样，计算待测组分的含量就比较方便。只要把滴定时所用标准溶液的体积(mL)乘以滴定度，就可得到被测物质的含量。

滴定度是指 1 mL 标准溶液相当于被测物质的质量(单位为 g 或 mg)，以符号 T 表示。

(二) 仪器分析法

仪器分析法是利用被测物质的物理或物理化学性质来进行分析的方法。仪器分析法具有灵敏度高、选择性强、简便快速、可以进行多组分分析、容易实现连续自动分析等优点。仪器分析法的发展非常迅速，目前各种新方法、新型仪器层出不穷，促使监测技术趋于快速、灵敏、准确。根据分析原理和仪器的不同，环境监测中常用到如下几类仪器分析法：

1. 色谱法

色谱法是一种分离分析法，包括以下几种分析方法：



(1) 气相色谱法：以气体为流动相的色谱法称气相色谱法。由所用固定相的状态不同，可分为气固色谱和气液色谱。在环境监测中，气相色谱法是各类色谱法中应用最为广泛的，是水、大气、固体废物和土壤等环境样品中各种有机污染物的主要测定方法，还可以应用于永久性气体的测定。

(2) 高效液相色谱法：相对于气相色谱，把流动相为液体的色谱法称为液相色谱。高效液相色谱是在液体柱色谱基础上，引入气相色谱的理论，采用高压泵、高效固定相和高灵敏度的检测器，实现了分析快速、分离效率高和操作自动化。

(3) 离子色谱法：它是一种分析离子的专用方法，可用于大气、水、固体废物等多种环境样品的分析。通常，可以同时测定一个样品中的多种成分，如 F^- 、 Cl^- 、 Br^- 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 SO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 、 $H_2PO_4^-$ 等阴离子和 K^+ 、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等阳离子。

(4) 薄层色谱法：又称为薄层层析，在环境监测中主要用于样品的预分离、纯化或制备标准样品。

2. 光学分析法

光学分析法是根据物质发射、吸收辐射能或物质与辐射能相互作用建立的分析方法。其种类很多，以分子光谱法和原子光谱法应用较多。

(1) 分子光谱法：包括红外光谱法、紫外-可见分光光度法、分子荧光分析法等。

① 红外光谱法：也称红外光谱法，或红外分光光度法。

红外光谱法用于环境监测中的微量污染物的定量分析，由于其具有强选择性，所以有时不作分离或稍作分离就可对待测组分进行定量测定。这一技术经常应用于大气中工业排放污染物（如 CO 、 SO_2 、 NO_x 、有机物等）的测定。

② 紫外-可见分光光度法：某些物质的分子吸收了 $200 \sim 800 \text{ nm}$ 光谱区的辐射后发生分子轨道上电子能级间的跃迁，从而产生分子吸收光谱，据此可以分析测定这些物质的含量，即为紫外-可见分光光度法。此法可测定多种无机和有机污染物质。此法所用分光光度计结构简单，价格低廉，易于操作，因此易于推广应用。现已广泛应用于大气、水体、土壤及生物污染物的监测分析，是环境监测最常用的重要方法之一。

③ 分子荧光分析法：处于基态的分子吸收适当能量后，其价电子从成键分子轨道或非成键分子轨道跃迁到反键分子轨道上去，形成激发态，激发态很不稳定，将很快返回基态，并伴随光子辐射，这种现象称为发光。某些物质（分子）受激后产生特征辐射即分子荧光，通过测量荧光强度即可对这些物质进行分析，即为分子荧光分析法。分子荧光分析法在水和大气污染监测中都有应用，例如 Be 、 Se 、油类、苯并[a]芘的测定等。

(2) 原子光谱法：包括原子发射、原子吸收和原子荧光光谱法。目前应用最多的是原子吸收分光光度法，简称为原子吸收法。它是基于蒸气相中被测元素的基态原子对其原子共振辐射的吸收强度来测定样品中被测元素含量的一种方法。

3. 电化学分析法

电化学分析法是依据物质的电学及电化学性质测定其含量的分析方法，通常是使待分析的样品试液构成化学电池，根据电池的某些物理量与化学量之间的内在联系进行定量分析。

(1) 电导分析法：通过测量溶液的电导或电阻来确定被测物质的含量，如水质监测中电导率的测定就非常简便快速。



(2) 电位法：用一个指示电极和一个参比电极与试液组成化学电池，根据电池电动势(或指示电极电位)分析待测物质。电位法广泛应用于环境监测中，例如 pH 测定和离子选择性电极测定。离子选择性电极可以快速测定环境样品中的 F^- 、 Cl^- 、 CN^- 、 S^{2-} 、 NO_2^- 、 K^+ 、 Na^+ 等。

(3) 库仑法：待测物质定量地进行某一电极反应，或者待测物质与某一电极反应产物定量地进行化学反应，根据此过程所消耗的电量(库仑数)可以定量分析待测物质浓度，即为库仑法。例如，库仑法测定化学需氧量就是据此原理实现的。

(4) 伏安和极谱法：用微电极电解被测物质的溶液，根据所得到的电流-电压(或电极)极化曲线来测定物质含量的方法。此法在环境监测中应用广泛，是测定水、大气、固体废物、土壤等样品中多种金属元素的常用方法。

4. 质谱法

质谱法的原理是通过测定有机物离子的质量和强度来进行成分和结构分析。目前已成为环境有机污染物监测的重要测试技术。

5. 其他监测分析方法

(1) 生物指示分析法：利用生物体(主要是植物)对环境某些污染物产生的反应来判断环境污染的一种手段。

(2) 结构分析法：分析污染物的物理化学状态或结构的方法。

(3) 放射化学分析法：专门测定环境样品中的放射性污染物。

(4) 酶分析法：酶是一种生物化学催化剂，酶分析法是利用酶催化反应测定污染物含量的方法。

(三) 环境监测分析技术发展动向

目前环境监测分析技术的发展较快，许多新技术在监测过程中已得到应用。当前环境监测技术的发展主要表现在：遥感技术广为采用，监测技术连续自动化，分析技术联用，深入开展污染物状态和结构分析，痕量和超痕量分析技术进展迅猛，监测分析方法标准化，监测数据处理计算机化等。

(四) 分析方法的选择

根据待测物质的含量，一般常量物质用滴定分析法。一般来说，酸碱性物质用酸碱滴定法，金属离子用络合滴定法，卤素用沉淀滴定法，有机污染物可用氧化还原法，微量或痕量物质用各类仪器分析法。有时对于一种物质，几种方法均可测定。例如 Cd 可用分光光度法，也可用原子吸收或极谱法。选用何种方法要视测定的目的要求、各种分析方法的特点和具体条件而定。

对浓度很低的待测物质，又要求得到准确度较高的分析结果，希望采用灵敏度、准确度都高的仪器，但要结合实验室条件综合考虑。对要求速度快的监测分析，如运行管理中控制分析，要根据分析结果及时采取技术措施，这时就必须选择快速简便的分析方法。对到野外现场操作的测定，就应采用便于制备、便于携带、经济实用的分析方法。

总之，选择测定方法要根据待测对象、目的要求和所具备的条件，做到既符合对灵敏度、准确度的不同要求，又经济实用。

