

高等院校环境科学与工程类“十二五”规划教材



环境化学实验教程

邹洪涛 朱丽珺 主编

中国林业出版社

THE EXPERIMENT OF ENVIRONMENTAL CHEMISTRY

高等院校环境科学与工程类“十二五”规划教材

环境化学实验教程

邹洪涛 朱丽珺 主编

中国林业出版社

内 容 简 介

《环境化学实验教程》作为高等院校环境科学与工程类“十二五”规划教材之一,主要面向高等学校环境科学、环境工程等资源环境类本科专业,共包括 53 个实验,内容涵盖大气环境化学、水环境化学、土壤环境化学和环境生物化学,每部分实验内容分为基础性实验、综合性实验和创新性实验,内容上由浅入深、循序渐进,既注重学生对基础知识的掌握和运用,又注重对学生创新能力的培养。在实验内容设计和研究方法选择上尽量反映当前环境科学领域最新研究进展。本教程实验内容全、可选择性强,可适应不同层次高等学校环境化学实验课的教学。本书可作为高等院校环境科学、环境工程、农业资源与环境、生态学专业本科生的专业教材,也可作为与资源环境相关专业研究生及研究人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

环境化学实验教程 / 邹洪涛, 朱丽珺主编. —北京: 中国林业出版社, 2015. 11

高等院校环境科学与工程类“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5038-8250-0

I. ①环… II. ①邹… ②朱… III. ①环境化学—化学实验—高等学校—教材

IV. ①X13—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 268701 号

中国林业出版社·教育出版分社

策划编辑: 肖基汭

责任编辑: 丰 帆 肖基汭

电话: (010)83143555 83143558

传真: (010)83143516

出版发行 中国林业出版社(100009 北京市西城区德内大街刘海胡同 7 号)

E-mail: jiaocaipublic@163.com 电话: (010)83143500

http://lycb.forestry.gov.cn

经 销 新华书店

印 刷 北京市昌平百善印刷厂

版 次 2015 年 11 月第 1 版

印 次 2015 年 11 月第 1 次印刷

开 本 850mm × 1168mm 1/16

印 张 10.5

字 数 249 千字

定 价 26.00 元

凡本书出现缺页、倒页、脱页等质量问题, 请向出版社发行部调换。

版权所有 侵权必究

《环境化学实验教程》编写人员

主 编 邹洪涛 朱丽珺

副主编 王毅力 王 展

编写人员 (按姓氏笔画排序)

王 展 (沈阳农业大学)

王文磊 (中南林业科技大学)

王毅力 (北京林业大学)

朱丽珺 (南京林业大学)

伦小秀 (北京林业大学)

许敛敏 (山西农业大学)

吴 岩 (沈阳农业大学)

邹洪涛 (沈阳农业大学)

侯 磊 (西南林业大学)

郭 锋 (山西农业大学)

前言

环境化学是利用化学学科的基础理论知识,研究有害化学物质在环境介质中的存在、特性、行为和效应及其控制的一门科学。环境化学实验是环境化学课程重要组成部分,本实验教程侧重于污染物质在各环境介质中迁移转化过程所涉及实验方法、分析技术和操作技能,对于深入研究污染物质在生态环境中的化学行为具有重要指导意义。

环境化学实验教程与环境化学教材配套使用,主要面向高等学校环境科学、环境工程等资源环境类本科专业,共包括 53 个实验,内容涵盖大气环境化学、水环境化学、土壤环境化学和环境生物化学,每部分实验内容分为基础性实验、综合性实验和创新性实验,内容上由浅入深、循序渐进,既注重学生对基础知识的掌握和运用,又注重对学生创新能力的培养。教学过程中可根据教学对象和目的,以及各学校实验条件选择合适的实验项目。

本实验教程由邹洪涛和朱丽珺提出编写大纲,具体分工如下:第 1 章由吴岩和郭锋编写,第 2 章由伦小秀和侯磊编写,第 3 章由许剑敏编写,第 4 章由邹洪涛和王展编写,第 5 章由王毅力、朱丽珺和王文磊编写。最后由邹洪涛和朱丽珺对全部书稿进行了审阅和修改。

本书编写过程中,编者参考和借鉴了相关的环境化学实验教材,在此一并向教材作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不当之处,敬请读者批评指正。

编 者
2015 年 8 月

前 言

第 1 章 样品采集原则与方法	(1)
1.1 大气环境样品的采集和保存	(1)
1.1.1 采样点的布设	(1)
1.1.2 大气样品的采集	(3)
1.1.3 大气样品的保存	(4)
1.2 水体环境样品的采集和保存	(5)
1.2.1 采样点的设置	(5)
1.2.2 水样的采集	(7)
1.2.3 水样的运输和保存	(9)
1.2.4 底质(沉积物)样品的采集和保存	(10)
1.3 土壤环境样品的采集和保存	(11)
1.3.1 采样点的设置	(11)
1.3.2 样品的采集	(13)
1.3.3 样品的制备和保存	(14)
1.4 生物样品的采集和保存	(14)
1.4.1 植物样品的采集和保存	(14)
1.4.2 水生生物采样	(16)
第 2 章 大气环境化学	(18)
2.1 基础性实验	(18)
实验 1 大气颗粒物中水溶性无机离子的浓度水平特征	(18)
实验 2 环境空气中氮氧化物(NO 和 NO ₂)的浓度日变化规律	(19)
实验 3 降水酸度测定,了解降水的酸化过程	(23)
实验 4 大气中苯系物的测定	(24)
实验 5 大气中挥发性有机物的光解	(26)
2.2 综合性实验	(28)
实验 6 环境空气中烯烃(异戊二烯)与臭氧的反应	(28)
实验 7 大气中二氧化硫液相氧化模拟	(30)

实验 8 大气细颗粒物中铵盐的测定	(32)
2.3 创新性实验	(34)
实验 9 大气气溶胶对能见度的影响	(34)
实验 10 气相色谱法分析空气中总烃和非甲烷烃	(34)
第 3 章 水环境化学	(38)
3.1 基础性实验	(38)
实验 1 苯甲腈水解速率的测定	(38)
实验 2 废水中酚类的测定	(40)
实验 3 萘在水溶液中光化学氧化的测定	(43)
实验 4 水体富营养化程度的评价	(46)
实验 5 有机物的正辛醇—水分配系数	(50)
实验 6 藻类对水中磷摄取的测定	(52)
3.2 综合性实验	(54)
实验 7 底泥对苯酚的吸附作用	(54)
实验 8 农药在鱼体内的富集分析	(58)
实验 9 鱼体中氯苯类有机污染物的分析	(60)
3.3 创新性实验	(62)
实验 10 某水域总氨氮 $T_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 测定	(62)
实验 11 某水域中重金属的分布与评价	(63)
第 4 章 土壤环境化学	(64)
4.1 基础性实验	(64)
实验 1 土壤有机碳的测定	(64)
实验 2 土壤的阳离子交换量的测定	(66)
实验 3 底质中磷酸盐的溶出速率的测定	(68)
实验 4 土壤对铜的吸附作用	(69)
实验 5 土壤脲酶活性的测定	(72)
4.2 综合性实验	(73)
实验 6 土壤中农药残留的测定	(73)
实验 7 土壤中镉的形态与生物活性评价	(76)
实验 8 土壤中砷的污染分析	(78)
4.3 创新性实验	(80)
实验 9 土壤中某些重金属元素的淋溶释放研究	(80)
实验 10 重金属在土壤—植物体系中的迁移	(81)
第 5 章 环境生物化学	(85)
5.1 基础性实验	(85)
实验 1 维生素 A 的定性测定	(85)
实验 2 总糖的测定——蒽酮比色法	(86)
实验 3 还原糖和总糖的测定——3,5-二硝基水杨酸比色法	(88)

实验 4	蛋白质的测定——考马斯亮蓝 G-250 染色法	(91)
实验 5	蛋白质的测定——紫外吸收法	(92)
实验 6	蛋白质的两性电离与等电点测定实验	(95)
实验 7	离子交换层析法分离氨基酸	(97)
实验 8	氨基氮含量的测定—甲醛滴定法	(98)
实验 9	过氧化物酶活性的测定实验	(100)
实验 10	硝酸还原酶活性的测定	(102)
实验 11	脂肪酸的 β -氧化实验	(103)
实验 12	生物样品中汞含量的测定(冷原子吸收法)	(106)
5.2	综合性实验	(107)
实验 13	碱性磷酸酶 K_m 数值的测定实验——底物浓度对酶促反应速度的影响	(107)
实验 14	叶片中叶绿素 a、b 含量的测定	(110)
实验 15	维生素 C 片中抗坏血酸含量的测定(直接碘量法)	(112)
实验 16	过氧化氢酶 K_m 数值的测定实验——底物浓度对酶促反应速度的影响	(114)
实验 17	胰蛋白酶 K_m 数值的测定实验——底物浓度对酶促反应速度的影响	(116)
实验 18	温度、pH 和抑制剂对酶促反应速率的影响	(118)
5.3	创新性实验	(121)
实验 19	维生素 C 的定量测定(磷钼酸法)	(121)
实验 20	聚丙烯酰胺凝胶电泳分析过氧化物酶同工酶	(122)
实验 21	废水中苯酚高效降解菌的筛选及其性能测定	(127)
实验 22	头发中总汞含量的测定	(130)
参考文献		(132)
附 录		(134)
附录 1	环境空气质量标准(GB 3095—2012)	(134)
附录 2	大气污染综合排放标准(GB 16297—1996)	(135)
附录 3	地表水环境质量标准(GB 3838—2002)	(146)
附录 4	污水综合排放标准(GB 8978—1996)	(148)
附录 5	土壤环境质量标准(GB 15618—1995)	(151)
附录 6	典型有机污染的主要环境参数	(152)

第 1 章

样品采集原则与方法

1.1 大气环境样品的采集和保存

1.1.1 采样点的布设

(1) 采样点的选择原则

选择采样点要遵循一定的原则，因为正确的选择采样点对于监测的准确性有至关重要的作用。大气采样点的选择应该遵循以下原则和要求：

①采样点应该设在整个监测区域高、中、低 3 种不同污染物浓度的地方。

②在污染源比较集中，主导风向比较明显的情况下，应将污染源的下风向作为主要监测范围，布设较多的采样点，上风向只布设少量采样点作为对照。

③工业较密集的城区和工矿区，人口密度及污染物超标地区，要适当增设采样点；城市郊区和农村、人口密度小及污染物浓度低的地区，可酌情减少采样点。

④采样点的周围应该开阔，采样点水平线与周围建筑物高度的夹角应不大于 30° 。测点周围应该没有局部地区污染源，并应避免表面有吸附能力的物体。所允许的间距取决于物体对有关污染物的吸附情况，通常至少应有 1m 的距离。交通密集区的采样点应该设在距离人行道边缘至少 1.5m 远处。

⑤采样高度根据监测目的来确定。研究大气污染对人体的危害，采样口应在距离地面 1.5 ~ 2m 处；研究大气污染对植物或者器物的影响，采样口高度应与植物或器物高度相近。连续采样例行监测采样口高度应距离地面 3 ~ 15m；若监测仪器置于屋顶采样，采样口应该与基础面有 1.5m 以上的相对高度，以减少扬尘的影响。特殊地区可视实际情况选择采样高度。

(2) 采样点的数目

在一个监测区域内，采样点设置数目是与经济投资和精度要求相应的一个效益函数，应根据监测范围大小、污染物的空间分布特征、人口分布及密度、气象、地形及经济条件等因素综合考虑确定。世界卫生组织 (WHO) 和世界气象组织 (WMO) 提出按照城市人口多少设置城市大气—地面自动监测站 (点) 的数目见表 1-1。我国对大气环境污染例行监测采样点规定的设置数目见表 1-2。

(3) 采样点的布点方法

大气污染监测的目的，一是进行大气污染现状的环境监测，又称常规监测；二是了解污染影响的监测，简称污染源监测。

①常规监测的布点方法

a. 功能分区布点法：将监测区域划分为工业区、商业区、居住区、工业和居住混合区、交通稠密区、文化区、清洁区、对照区等。各个功能区放置一定数量的采样点，在污染较集中的工业区和交通稠密区可以多设置采样点。对照区至少设1~2个采样点，其他区可根据实际情况确定。功能区布点便于分析污染原因与环境质量的关系。

b. 网格布点法：网格布点法是将监测区域地面划分成若干均匀网状方格，采样点设在两条直线的交点处或者方格中心(图 1-1)。每个方格为正方形，可在地图上均匀描绘。网格的大小视污染源强度，人口分布及人力、物力条件等确定。实地面积视所测区域的大小和调查精度而定，一般为100~900hm²设一方格。若主导风向明显，下风向布设点应该多一些，一般约占采样点总数的60%。这种布点法适用于在监测地区范围内有多个污染源，且污染源分布较均匀的地区，如平原城市或区域大气污染调查。

常规监测的采样点一旦定下来，就要相对稳定，一般不再改变地点。如要更换原来样点，一定要有足够的对照实验，以求得新老点之间的显著差异及相关系数，确保资料的可比性。

表 1-1 WHO 和 WMO 推荐的大气自动监测站(点)数目

市区人口/万	飘尘	SO ₂	NO _x	氧化剂	CO	风向风速
≤100	2	2	1	1	1	1
100~400	5	5	2	2	2	2
400~800	8	8	4	3	4	2
>800	10	10	5	4	5	3

表 1-2 我国大气环境污染例行监测采样点设置数目

市区人口/万	SO ₂ 、NO _x 、TSP	灰尘自然降尘量	硫酸盐化速率
≤50	3	≥3	≥6
50~100	4	4~8	6~12
100~200	5	8~11	12~18
200~400	6	12~20	18~30
>400	7	20~30	30~40

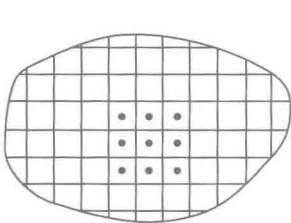


图 1-1 网格布点法

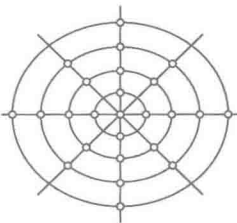


图 1-2 同心圆布点法

②污染源监测的布点方法 污染源监测的布点方法一般有同心圆布点法、扇形布点法和叶脉形布点法。

a. 同心圆布点法：此法是以污染源为原点，在小于45°夹角的射线上采样。首先确定污染群的中心，以此为圆心在周围画若干个同心圆，再从圆心引若干条放射线。将放射线与同心圆的交点作为采样点(图 1-2)。不同圆周上的采样点数目不一定相等或均匀分布，常年主

导风向的下风向比上风向多设一些点。例如,同心圆半径分别取 4km、10km、20km、40km,从里向外圆周上分别布设 4、8、8、4 个采样点。同心圆法主要用于多个污染源构成的污染群且大污染源较集中的地区。

b. 扇形布点法:此法是以污染源为顶点,主导风向为轴线,在下风向地面上划出一个扇形区作为布点范围。扇形的角度一般为 45° ,也可取 60° ,但是一般不超过 90° 。采样点设在扇形平面内距离点源不同距离的若干弧线上(图 1-3)。每条弧线上设 3~4 个采样点,相邻两点与顶点连线的夹角一般取 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$,并在上风向应该设对照点。扇形布点法适用于孤立的高架点源,且主导风向明显的地区。

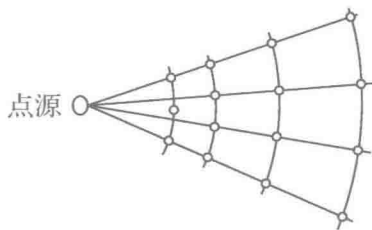


图 1-3 扇形布点法

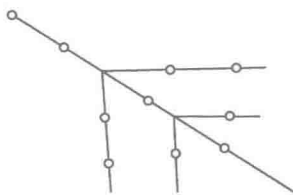


图 1-4 叶脉形布点法

c. 叶脉形布点法:此法要严格选择主导风向与主方向一致,并在污染源上风向布设 1~2 个对照点(图 1-4)。

1.1.2 大气样品的采集

(1) 采样方法

采集大气样品的方法可归纳为直接采样法和富集(浓缩)采样法两类。

①直接采样法 当大气中的被测组分浓度较高或监测方法灵敏度高时,从大气中直接采集少量气样即可满足监测分析要求。用这类方法测得的结果是瞬时或者短时间内的平均浓度,它可以较快地得到分析结果。直接采样法常用的采样容器有注射器、塑料袋和一些固定容器。这种方法具有经济和轻便的特点。

②富集(浓缩)采样法 大气中的污染物质浓度一般都比较低(ppm~ppb 数量级)需要用富集采样法对大气中的污染物进行浓缩。富集采样时间一般比较长,测得结果代表采样时的平均浓度,更能反映大气污染的真实情况。这种采样方法有溶液吸收法、固体阻留法、低温冷凝法及自然沉降法等。

(2) 采样装置

大气污染监测的采样仪器主要有:收集器、流量计和采样动力 3 部分组成。

①收集器 收集器是捕集大气中欲测物质的装置。常用收集器如下:

a. 液体吸收管:普通气泡吸收管、多孔玻璃板吸收管、小型冲击式吸收管、螺旋吸收管和泡沫填充吸收管(瓶)等,如图 1-5 所示。这些吸收管都具有较好的性能,吸收率可达 90%,它们的性能见表 1-3。

b. 填充柱采样管:将预先处理过的颗粒状或者纤维状的固体吸收剂放在管内,采样的流量一般为 $0.5 \sim 5.0 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ 。这种采样管适用于采集蒸汽与气溶胶共存物质。

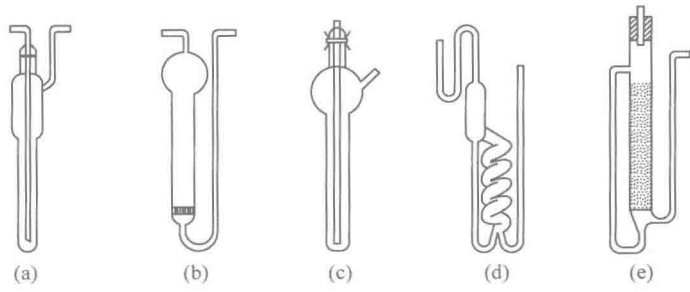


图 1-5 几种常见的吸收管

(a)普通气泡吸收管 (b)多孔玻璃板吸收管 (c)小型冲击吸收管 (d)螺旋吸收管 (e)泡沫填充吸收管

表 1-3 几种常用吸收管的性能

吸收管类型	吸收溶液体积/mL	采样流量/(L·min ⁻¹)	备注
普通气泡吸收管	5~10	0.1~1	简单,气液接触时间短
多孔玻璃板吸收管	5~10	0.2~1	易使用,气液接触好
小型冲击式吸收管	5~10	1~3	—
螺旋吸收管	5~10	0.05~0.5	低流量有效
微球填充柱吸收管	5~10	0.5~2	低流量效果好,阻力可变

c. 滤料采样夹：采样时可装上直径 40mm 的滤膜，采样流量为 5~30 L·min⁻¹。采集的空气样品适用于单项组分分析。

②流量计 流量计是测量气体流量的仪器，而流量是计算采集气体体积必须的参数。常用的流量计有孔口流量计、转子流量计和限流孔等。

孔口流量计如图 1-6 所示，有隔板式和毛细管式两种。气体通过隔板或毛细管小孔时所产生的阻力会形成压力差，气体的流量越大，压力差就越大。气体的流量由 U 形管两侧的液柱差可以读出。

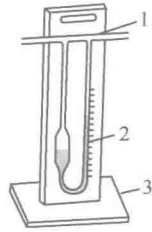


图 1-6 孔口流量计

1. 隔板; 2. 液柱; 3. 支架

③采样动力 采样动力应该根据所需采样流量、采样体积、所用收集器及采样点的条件进行选择。一般应该选择重量轻、体积小、抽气动力大、流量稳定、连续运行能力强及噪声小的采样动力。

注射器、连续抽气筒、双连球等手动采样动力适用于采气量小、无市电供给的情况。对于采样时间较长和采样速度要求较大的场合，需要使用电动抽气泵。

1.1.3 大气样品的保存

大气采样一般要求立即分析，否则将样品收入 4℃ 的冰箱保存。对于吸收在采样管中的富集样品，封闭管口，在长时期内成分可保持不变。如用活性炭采集空气中苯蒸汽，2 个月内含量稳定不变。

1.2 水体环境样品的采集和保存

1.2.1 采样点的设置

1.2.1.1 地表水采样点的设置

地表水是一个不断进行物质和能量交换的开放系统，水中溶有大量的各种各样的物质，因此，地表水是一个良好的开放性系统。由于水的不准确性、无样本性、随机性、离散性和突变性，使水的采样点的布设、采样时机、采样频率及样品处理分析变得十分复杂又困难。

应该设置监测断面的水域位置有：①有大量废水排入河流的主要居民区、工业区的上游和下游；②湖泊、水库、河流的主要入口和出口；③饮用水源区、水资源集中的水域、主要风景游览区、水上娱乐区及重大水利设施所在地等功能区；④较大支流汇合口上游和汇合后与干流充分混合处；入海河流的河口处；受潮汐影响的河段和严重水土流失区；⑤国际河流出入国境线的出入口处；⑥尽可能与水文测量断面重合，并要求交通方便，有明显河岸标志。

(1) 河流监测断面及采样点的设置

对于江、河水系或某一河段，要求设置 3 种断面，即对照断面、控制断面和削减断面。如图 1-7 是一个综合性的河段，以此为例介绍其断面设置和布点方法。

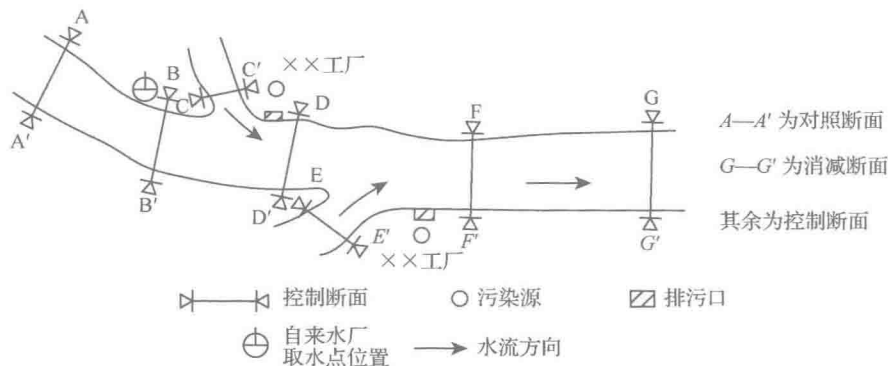


图 1-7 河流监测断面设置示意

①对照断面 对照断面也叫背景断面，是为了了解流入监测河段前的水体水质状况而设置，具有判断水体污染程度的参比和对照作用或提供本底值的断面。这种断面应设在河流进入城市或工业区之前的地方，避开各种废水、污水流入或回流处。一个河段一般只设置一个对照断面，有主要支流时可酌情增加。

②控制断面 为评价、监测河段两岸污染源对水体水质影响而设置。控制断面的数目应该根据城市的工业布局和排污口分布情况而定，断面的位置与废水排放口的距离应根据主要污染物的迁移、转化规律，以及河流流量和河道水力学特征来确定。控制断面一般设在排污口下游 500~1 000m 处，这主要是因为排污口下游 500m 横断面上的 1/2 宽度处，重金属浓度一般会出现峰值。对于有特殊要求的区域，如自然保护区、水产资源区、风景游览区、

跟水源有关的地方病发病区、严重水土流失区及地球化学异常区等河段上,也应该设置控制断面。

③削减断面 削减断面是指河流收纳废水和污水后,经稀释扩散和自净作用,使污染物浓度显著下降,其中左、中、右三点浓度差异较小的断面,一般设在城市或工业区最后一个排污口下游1500m以外的河段。水量小的小河流应视具体情况而定。

设置监测断面以后,应根据水面的宽度确定断面上的采样垂线,再根据采样垂线的深度确定采样点的位置和数目。监测断面和采样点位置选定后,应该立即设立标志物,每次采样时应该以标志物为准,在同一位置上采取,以保证样品的代表性。①对于江、河水系的每个监测断面,水面宽小于50m时,一般只设置一条中泓线;水面宽在50~100m时,应该在左右近岸1/3河宽处各设置一条垂线;水面宽在100~1000m时,在中泓、左右近岸有明显水流处设左、中、右3条垂线;水面宽大于1500m时,要设置至少5条等距离采样垂线。垂线的设置应该在过水断面内,避开岸边污染带。对于无污染或有充分数据说明断面上水质均匀的河流,可适当减少垂线数,对于较宽的河口应酌情增加垂线数。②在一条垂线上,水深不足1m时,在1/2水深处设置一个采样点;水深小于或等于5m时,只在水面下0.3~0.5m处设置一个采样点;水深在5~10m时,在水面下0.3~0.5m处和河底以上约0.5m处各设置一个采样点;水深在10~50m时,需设置3个采样点,即分别在水面下0.3~0.5m处、1/2水深处及水底下0.5m处各设置一个采样点;水深超过50m时,应该酌情增加采样点数。如果有充分数据说明某条垂线上水质均匀的河流,可适当减少采样点数。

(2) 湖泊、水库监测断面和采样点的设置

不同类型的湖泊、水库应该区别对待。首先需要判断湖泊、水库是单一水体还是复杂水体,考虑汇入湖、库的河流数量,水体的径流量、季节变化及动态变化,沿岸污染源分布及污染源扩散与自净规律、生态特点等,然后按照前面讲的设置原则来确定监测断面的位置。①在进出湖泊、水库的河流汇合处分别设置监测断面;②以各功能区(如城市和工厂的排污口、饮用水源、风景游览区、排灌站等)为中心,在其辐射线上设置弧形监测断面;③在湖、库中心,深、浅水区,滞留区,不同鱼类的回游产卵区,水生生物经济区等设置监测断面。

湖、库采样点的位置与河流是相同的。但是由于湖、库的深度与河流不同,会发生不同水温层,应先测量不同深度的水温、溶解氧等指标,确定分层情况,然后再确定垂线上采样点的数量和位置。位置确定好后要设立标志物,以确保每次采样在同一位置。

(3) 海水监测断面及采样点的设置

采样的主要站点应合理地布设在环境质量发生明显变化或者有重要功能用途的海域,如近岸河口区或重大污染源附近。海水采样的布点原则是近海岸较密,远海岸较疏。在主要入河口、大型厂矿排污口、渔场和养殖场、重点风景游览区、海上石油开发区应该较密,对照区较疏。另外,海水采样布点还应该考虑污染物进入海洋的方式、污染物进入海洋的周期以及污染物的海洋环境等。

采样点的断面尽量与岸线垂直,河口的断面与径流扩散方向一致或垂直,开阔海区纵横面呈网格状,港湾断面则视地形、潮流、航道的具体情况布设。布点方法有:①网格布点。海上污染源不是很集中,而是沿海岸均有分布,可以采用棋盘式网格布点;②扇形布点。存在入海的主要污染河流,污染呈辐射状由沿岸入海河口向近海扩散,这时可围绕一个中心,

沿着若干条辐射线作扇形布点；③重点区域布点。对有污染源入海河及港口可加密采样点，一般两点之间不超过 500 m。

1.2.1.2 地下水采样点的设置

地下水采样前须对欲采集样品的环境背景资料有所了解。在布设地下水采样井之前，应收集本地区相关资料，包括区域自然水文地质单元特征、地下水补给条件、地下水流向以及开发利用、污染源及污水排放特征、城镇及工业区分布、土地利用与水利工程状况等。地下水采样井应该布设在以地下水为主要供水水源的地区、饮用型地方病（如高氟病）高发地区、污水灌溉区；垃圾堆积处理场地区以及地下水回灌区、污染严重区域等。

采样井布设的方法要求一般水资源质量监测及污染控制井根据区域水文地质单元状况，视地下水主要补给来源，可在垂直于地下水流的上方设置一个或多个背景监测井，根据本地区地下水流向及污染源分布状况，采用网格法或者放射法布设，多级深度井应该沿不同深度设置多个采样点。

1.2.1.3 水污染源采样点的设置

水污染源包括工业废水源、生活污水源、医院污水源等。水污染源一般经管道或渠、沟排放，截面比较小，不需要设置断面，而直接确定采样点位。在调查生产工艺和废水的排放情况后，按以下原则确定采样点。

(1) 工业废水

①在车间或车间设备废水排放口设置采样点，监测一类污染物。这类污染物主要有汞、镉、砷、铅的无机化合物，六价铬的无机化合物以及有机氯化物和强致癌物质等。

②在工厂废水总排放口布设采样点，监测二类污染物。这类污染物主要有悬浮物，硫化物，挥发酚，氰化物，有机磷化合物，石油类，铜、锌、氟的无机化合物，硝基苯类，苯胺类等。

③已有废水处理设施的工厂，在处理设施的排放口布设采样点。为了了解废水的处理效果，可在进出口分别设置采样点。

④在排污渠道上，采样点应设在渠道较直、水量稳定的地方。

(2) 生活污水和医院污水

采样点设在污水总排放口。对污水处理厂，应在进、出口分别设置采样点进行监测。

1.2.2 水样的采集

1.2.2.1 水样的类型

水样的类型分为瞬时水样、连续水样、混合水样和综合水样 4 种。

(1) 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，它是不连续样品。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，就应该隔时且多点采集瞬时水样，分

别进行分析,以得到水质的变化规律。考察水域存在的污染及污染程度,均应采用瞬时样品,对于某些特定监测项目如溶解氧、溶解硫化氢等溶解气体的待测水样,也需要采集瞬时样品。

(2) 连续样品

连续样品包括在固定时间间隔周期采样(即定时采样,取决于时间)和在固定的排放量间隔下周期采样(取决于体积)。

(3) 混合水样

混合水样是指在同一采样点于不同时间采集的瞬时水样的混合水样,也称为时间混合水样。这种水样在观察平均浓度时非常有用,可以减少分析的样品数量,节约时间,降低成本,但不适用于被测组分在贮存过程中发生明显变化的水样。

(4) 综合水样

把不同采样点同时采集的各个瞬时水样混合后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,当为几条废水河、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依据更为合理。

1.2.2.2 采样器及采样方法

采样前要根据监测项目的性质和采样方法的要求选择材质适宜的采样容器和盛水容器,并且清洗干净,此外还需要准备好交通工具,通常使用船只。对采样器具的材质要求化学性能稳定,大小和形状均要适宜,不易吸附待测组分,易于清洗且能够反复使用。

(1) 容器的洗涤

采样前要将玻璃瓶及塞子用洗涤剂浸泡清洗,再用蒸馏水洗净,也可以先用碱性高锰酸钾溶液清洗,再用草酸溶液清洗。聚乙烯容器可用10%的盐酸浸泡,再用自来水清洗,最后用蒸馏水洗净。橡皮塞应该先用1% Na_2CO_3 溶液煮一段时间,再用1% HCl 煮,再在水中煮后用蒸馏水洗净。

(2) 采样器的选择与采样方法(表1-4)

表 1-4 水样采集器与采样方法

采样对象	采样器	采样方法
表层水	桶、瓶等容器	一般将其沉至水面下 0.3 ~ 0.5m 处进行采集
深层水	带重锤的采样器	将采样容器沉降至所需深度,深度可以从绳子上的标记看出。上提细绳打开瓶塞,待水样充满容器后提出
水流湍急的河段	急流采样器	将一段长管固定在铁框上,管内装一根橡胶管,其上部用夹子夹紧,下部与瓶塞上的短玻璃管相连,瓶塞上另有一长玻璃管通至采样瓶底部 采样前塞紧橡胶塞,然后沿船身垂直深入要求水深处,打开上部橡胶管夹,水样即沿长玻璃管流入样品瓶中,瓶内空气由短玻璃管沿橡胶管排出。这样采集的水样也可用于测定水中溶解性气体,因为它是与空气隔绝的
溶解气体(如溶解氧)的水样	双瓶采样器	将采样器沉入要求水深处后,打开上部的橡胶管夹,水样进入小瓶(采样瓶)并将空气驱入大瓶,从连接大瓶短玻璃管的橡胶管排出,直到大瓶中充满水样,提出水面后迅速密封

1.2.2.3 采样频率

(1) 河流采样频率

大流域主要河流干流和全国重点基本站等, 采样频次每年不少于 12 次, 每月中旬采样。一般中小河流基本站采样频次每年不少于 6 次, 丰、平、枯水期各 2 次。流经城市或工业区污染较为严重的河段, 采样频次每年不得少于 12 次, 每月采样 1 次。在污染河段有季节差异时, 采样频次与时间可按污染季节和非污染季节适当调整, 但全年监测不得少于 12 次。供水水源地等重要水域采样频次每年不得少于 12 次, 采样时间根据具体要求确定。河流水系的背景断面每年采样 3 次, 丰、平、枯水期各 1 次, 交通不便处酌情减少, 但每年必须有 1 次。

(2) 湖泊(水库)采样频率和时间

一般湖泊(水库)水质站全年采样 3 次, 丰、平、枯水期各 1 次。污染严重的湖泊(水库), 全年采样不得少于 6 次, 隔月 1 次。没有全国重点基本站或具有向城市供水功能的湖泊(水库), 每月采样 1 次, 全年 12 次。

(3) 地下水的采样时间与频次

背景井点每年采样 1 次; 全国重点基本站点每年采样 2 次, 丰、枯水期各 1 次; 地下水污染严重的控制井, 每季度采样 1 次; 在以地下水作生活饮用水源的地区每月采样 1 次。

1.2.2.4 采样注意事项

①采样前至少用所取水样洗涤盛水容器(玻璃瓶子或聚乙烯塑料瓶子等)和塞子 3 次。采样时水应缓缓注入瓶中, 不要起泡, 不要用力搅动水源, 并注意勿使砂石、浮土颗粒或植物等杂质进入瓶中。

②没有抽水机设备的井水, 应先将水桶冲洗干净, 再取出井水装入样瓶。

③采样时, 不要把瓶子完全装满, 须留有 10 ~ 20mL 空间(水样面距离瓶塞应不少于 2cm), 以防水温及气温改变时将瓶塞挤掉。

④水样取好后, 仔细塞好瓶塞, 不能有漏水现象。如将水样转送它处或不立刻进行分析时, 应用石蜡或火漆封瓶口, 再转送到实验室分析。如水样运送较远, 则应用纱布或绳子将瓶口缠紧, 然后再以石蜡或火漆封住。

⑤如欲采集平行分析水样, 则必须在同样条件下同时采样。

⑥采集高温泉水水样时, 在瓶塞上插一根内径极细的玻璃管, 待水样冷至气温后, 拔出玻璃管, 再密封瓶口。

⑦某些项目的分析水样要注意其特殊的取样要求, 如溶解氧水样要杜绝气泡, 测油水样不能注满取样瓶等。

1.2.3 水样的运输和保存

采集到的水样从采集到分析测定这段时间, 由于环境条件的改变, 微生物新陈代谢活动和化学作用的影响, 会引起水样的某些物理参数及化学组分的变化。为了使监测更加准确, 应该对水样尽快进行分析测定和采取必要的措施, 有的测定项目必须在现场进行测定。

(1) 水样的运输

对于采集的每一个水样, 都应该做好记录, 并在采样瓶上贴好标签, 尽快运送到实验室。