

院校水利水电类精品规划教材

SHUIZHI FENXI YU JIANCE

# 水质分析与监测

主编 彭虹 张旭



黄河水利出版社

全国高等院校水利水电类精品规划教材

# 水质分析与监测

彭虹 张旭 主编

黄河水利出版社

· 郑州 ·

## 内 容 提 要

本书系统地论述了水环境保护中水质分析监测的重要内容。本书共八章,包括绪论,地表水质监测方案的制订,水样的采集、保存与数据处理,物理性质的检验,滴定分析法,重量分析法,分光光度分析法和底质监测等内容。

本书为水利类水资源保护方向的本科生教材,也可供水利类研究生学习以及从事水环境保护方面的专业技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

水质分析与监测/彭虹,张旭主编. —郑州:黄河水利出版社,2012.7

全国高等院校水利水电类精品规划教材  
ISBN 978 - 7 - 5509 - 0309 - 8

I. ①水… II. ①彭…②张… III. ①水质分析 - 高等学校 - 教材②水质监测 - 高等学校 - 教材 IV. ①O661.1②X832

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 161364 号

策划编辑:李洪良 电话:0371-66024331 邮箱:hongliang0013@163.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:11

字数:254 千字

印数:1—2 000

版次:2012 年 7 月第 1 版

印次:2012 年 7 月第 1 次印刷

定价:22.00 元

# 前 言

水质分析与监测是水资源保护的一项基础工作,也是我国社会经济可持续发展的一个重要方面。自2002年《中华人民共和国水法》正式实施以来,一系列水资源保护的法规、法规相继出台。随着我国近几年社会经济跨越式的发展,水资源作为21世纪的一项战略资源,其开发、利用以及保护工作面临巨大挑战,饮用水安全问题突显。因此,保护水资源已经成为当今面临的一项紧迫而长期的艰巨任务,要求我们在做水资源规划和管理时,必须首先了解水质现状,针对现状问题,及早采取各项措施,既促进经济快速增长,又使自然环境得以保护和改善,实现整个社会的可持续发展。

本书力图把地表水质监测方案的制订与水质指标常用方法密切结合起来,根据水资源保护的需要,系统地论述水质监测分析的基本原理和方法,为开展实践教学提供参考。

本书由武汉大学彭虹、张旭主编。全书共八章,首先讲述了水质监测的前期准备工作,包括监测点、频次的确定,样品保存及运输,数据的处理与误差分析,这些都是水质监测的重要准备工作,直接影响水质分析结果的正确性与代表性;重点讲述了滴定分析法、重量分析法、分光光度分析法的分析原理及方法;根据水资源保护的需要还增加了底质监测内容;本书附有试剂配制,酸度和碱度、COD、磷、总氮和氨氮的测定方法,结合课堂实践教学,将本专业实践教学的部分内容也一并附在书后。

本书的出版得到“十一五”水专项“流域水环境风险评估与预警技术研究”项目、“流域水环境预警技术研究与三峡库区示范”课题(2009ZX07528-003-02)的资助。

由于编者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,恳请广大教师和读者批评指正。

编 者  
2012年5月

# 目 录

前 言	
第一章 绪 论 .....	(1)
第一节 水质监测的目的和分类 .....	(3)
第二节 水质监测特点和监测技术概述 .....	(4)
第三节 水质标准 .....	(14)
第二章 地表水质监测方案的制订 .....	(20)
第一节 基础资料的收集 .....	(20)
第二节 监测断面和采样点的设置 .....	(20)
第三节 采样时间和采样频率的确定 .....	(23)
第三章 水样的采集、保存与数据处理 .....	(25)
第一节 水样的采集和保存 .....	(25)
第二节 水样的预处理 .....	(30)
第三节 定量分析中的误差 .....	(36)
第四节 分析数据的处理 .....	(40)
第五节 有效数字及其运算规则 .....	(43)
第四章 物理性质的检验 .....	(45)
第一节 定量分析方法的分类 .....	(45)
第二节 物理指标监测 .....	(46)
第五章 滴定分析法 .....	(54)
第一节 滴定分析概述 .....	(54)
第二节 标准溶液的配制和标定 .....	(57)
第三节 滴定分析的分类 .....	(59)
第六章 重量分析法 .....	(69)
第一节 影响沉淀溶解度的因素 .....	(69)
第二节 沉淀的形成 .....	(71)
第三节 影响沉淀纯度的因素 .....	(73)
第四节 沉淀条件的选择 .....	(74)
第五节 沉淀的灼烧 .....	(78)
第六节 重量分析结果的计算 .....	(80)
第七章 分光光度分析法 .....	(83)
第一节 分光光度法的特点 .....	(83)
第二节 光吸收基本定律 .....	(85)
第三节 光度分析的方法和仪器 .....	(89)

---

第四节	显色反应和显色条件 .....	(93)
第五节	仪器测量误差和测量条件的选择 .....	(95)
<b>第八章</b>	<b>底质监测 .....</b>	<b>(99)</b>
第一节	底质监测的意义、目的与任务 .....	(99)
第二节	底质采样 .....	(100)
第三节	底质样品的预处理 .....	(101)
第四节	底质样品的分解与浸提 .....	(102)
<b>实验部分</b>	.....	<b>(131)</b>
实验一	试剂配制 .....	(132)
实验二	污水中酸度和碱度的测定 .....	(133)
实验三	废水中 COD 的测定 .....	(135)
实验四	磷(总磷、可溶性正磷酸盐和可溶性总磷)的测定 .....	(139)
实验五	总氮的测定 .....	(142)
实验六	氨氮的测定 .....	(145)
<b>实验室事故的处理</b>	.....	<b>(149)</b>
<b>实践教学内容</b>	.....	<b>(152)</b>
<b>附录</b>	<b>中华人民共和国地表水环境质量标准 .....</b>	<b>(155)</b>
<b>参考文献</b>	.....	<b>(167)</b>

# 第一章 绪 论

水是人类社会的宝贵资源,分布于由海洋、江、河、湖和地下水、大气水分及冰川共同构成的地球水圈中。据估计,地球上存在的总水量大约为  $1.37 \times 10^9 \text{ km}^3$ ,其中,海水约占 97.3%,淡水仅占 2.7%。淡水不但占的比例小,而且大部分存在于地球南北极的冰川、冰盖中,可利用的淡水资源只有河流、淡水湖和地下水的一部分,总计不到总量的 1%。地表水资源分布情况见表 1-1。

表 1-1 地表水资源分布情况

总水域分布比(%)		淡水量分布比(%)	
海水	97.3	冰盖、冰川	77.2
淡水	2.7	地下水、土壤水	22.4
		湖泊、沼泽	0.35
		大气	0.04
		河流	0.01

水是人类赖以生存的主要物质之一,除饮用外,更大量地用于生活和工农业生产。随着世界人口的增长及工农业生产的发展,用水量也在日益增加。工业发达国家的用水量几乎每十年翻一番。我国属于贫水国家,人均占有量低于世界上多数国家的。此外,由于人类的生产和生活活动,将大量工业废水、生活污水、农业回流水及其他废弃物未经处理直接排入水体,造成江、河、湖、地下水等水源的污染,引起水质恶化,使水资源显得更加紧张,亦使保护水资源显得更加重要。

水质分析与监测是环境科学的一个重要分支学科。根据全国 2 222 个监测站的监测(水环境监测覆盖面达到流域面积的 80%、水体纳污量的 80%、流域工农业总产值的 80%、流域人口的 80%,例行监测河段总长已达到 34 万 km,占全国河流总长度的 80%)结果,我国七大水系污染程度依次为:海河—辽河—淮河—黄河—松花江—珠江—长江,其中海河、辽河、淮河污染最重。主要淡水湖泊的污染程度依次为:巢湖(西半湖)—滇池—南四湖—太湖—洪泽湖—洞庭湖—镜泊湖—兴凯湖—博斯腾湖—松花湖—泻海,其中巢湖、滇池、南四湖、太湖污染最重。在统计的城市河段中,有 87% 左右的河段受到不同程度的污染。其中有 16% 的城市河段属严重污染,有 11% 的城市河段属重度污染,有 15% 的城市河段属中度污染,有 33% 的城市河段属轻度污染,有 25% 的城市河段水质较好。从污染特征来看,城市河流呈有机型污染,主要污染物为石油类、氨氮和挥发酚。重金属类的污染相对较轻,但部分地区总汞的污染也比较严重。

全国湖泊和水库普遍受到总磷、总氮的污染,富营养化严重,有机物污染面广,个别湖泊水库出现重金属污染。太湖受总磷、总氮的影响,富营养化严重,全湖总磷、总氮污染达

IV ~ V类,局部区域如梅梁湖、五里湖区除富营养化外,有机污染也非常严重。多数人湖河流及流域内城镇附近的河流污染严重。滇池草海水质为V类,外海水质为III ~ IV类。草海有机物、氮、磷等污染物含量很高,水体发黑发臭,浮游植物大量繁殖,湖内水葫芦疯长,约90%的水面被水葫芦覆盖;外海的污染稍轻,但有机污染和富营养化均已到较严重的程度。巢湖的富营养化问题由来已久,历史上就经常出现各种藻类异常繁殖而浮于水面,形成密集的水华现象。近年来,由于流域内工农业的发展,未处理的废水直接排放、水土流失等人为因素的影响,更加剧了富营养化的程度,富营养化已扩展到全湖,水质日趋恶化。

大型水库中,石门水库污染最重,其次是门楼水库,新安江水库污染相对较轻,汾河水库重金属污染较重。由于地表水普遍污染,造成地下水的污染也相当严重,污染面已达50%。如海河流域和辽河、淮河流域内许多城市与农村的地下水遭受了不同程度的污染。另外,由于用水量不断增加和地表水污染越来越严重,只有靠大量抽取地下水来满足工农业生产和人民生活的需要,因此造成地下水位下降严重,如河北沧州市深层地下水位降落漏斗面积达2 225 km<sup>2</sup>。

近岸海域海水受到不同程度的污染。1996年通过全国沿海262个典型近海海域海水水质监测结果分析,近海海水水质以超III类和III类为主,年际间变化不大;无机氮、无机磷和石油类依然是影响我国近海海域海水质量的主要污染因子;部分海域化学需氧量超标率较高,重金属污染相对较轻,但铜在渤海和东海的个别海域超标率较高;pH和溶解氧指标有超标现象;四大海区以东海污染程度最重,渤海次之,南海最轻。全国近岸海域水质评价结果表明,I类海水占18.7%,II类海水占21.4%,III类海水占6.5%,超III类海水占53.4%,珠江口海域依然是中国近海污染严重的海域之一,水体中无机氮、无机磷和石油类普遍超标,pH和溶解氧也有超标现象;胶州湾海域的无机氮、无机磷和石油类也普遍超标,长江口、杭州湾、舟山渔场、浙江沿岸、辽东湾等海域的无机氮和无机磷普遍超标,大连湾、锦州湾海域的无机氮和石油类超标也较严重。

水质污染可分为化学型污染、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酸、碱、无机和有机污染物造成的水体污染。物理型污染包括色度和浊度物质污染、悬浮固体污染、热污染和放射性污染。色度和浊度物质污染来源于植物的叶与根、腐殖质、可溶性矿物质、泥沙及有色废水等;悬浮固体污染是由于生活污水、垃圾和一些工农业生产排放的废弃物排入水体或农田水土流失引起的;热污染是由于将高于常温的废水、冷却水排入水体造成的;放射性污染是由于开采、使用放射性物质,进行核试验等过程中产生的废水、沉降物排入水体造成的。生物型污染是由于将生活污水、医院污水等排入水体,随之引入某些病原微生物造成的。

当污染物进入水体后,首先被大量水稀释,随后进行一系列复杂的物理、化学变化和生物转化。这些变化包括挥发、絮凝、水解、络合、氧化还原及微生物降解等,其结果是使污染物浓度降低,并发生质的变化,该过程称为水体自净。但是,当污染物不断地排入,超过水体的自净能力时,就会造成污染物积累,导致水质日趋恶化。

监测一词的含义可理解为监视、测定、监控等,因此水环境监测就是通过对影响水环境质量因素的代表值的测定,确定水环境质量(或污染程度)及其变化趋势。随着工业和



科学的发展,监测涵盖的内容也扩展了。

判断水环境质量,仅对某一污染物进行某一地点、某一时刻的分析测定是不够的,必须对各种相关污染因素、环境因素在一定范围、时间、空间内进行测定,分析其综合测定数据,才能对环境质量作出确切评价。因此,水环境监测包括对污染物分析测试的化学监测(包括物理化学方法)。

水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。

从信息技术角度看,水环境监测是环境信息的捕获—传递—解析—综合的过程。只有在对监测信息进行解析、综合的基础上,才能全面、客观、准确地揭示监测数据的内涵,对水环境质量及其变化作出正确的评价。

水环境监测的对象包括反映水环境质量变化的各种自然因素、对人类活动与水环境有影响的各种人为因素及对水环境造成污染危害的各种成分。

## 第一节 水质监测的目的和分类

### 一、水质监测的目的

水质监测可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,水污染源包括生活污水、医院污水及各种废水。水质监测的目的是准确、及时、全面地反映水环境质量现状及发展趋势,为水环境管理、水污染源控制等提供科学依据。具体可归纳为:

(1)根据水环境质量标准,评价水环境质量。为开展水环境质量评价、预测预报及进行环境科学研究提供基础数据和手段。

(2)根据污染分布情况,追踪寻找污染源,为实现监督管理、控制污染提供依据。对进入江、河、湖泊、水库、海洋等地表水体的污染物质及渗透到地下水中的污染物质进行经常性的监测,以掌握水质现状及其发展趋势。

(3)收集本底数据,积累长期监测资料,为研究水环境容量,实施总量控制、目标管理,预测预报环境质量提供数据。对生产过程、生活设施及其他排放源排放的各类废水进行监视性监测,为污染源管理和排污收费提供依据。对水环境污染事故进行应急监测,为分析判断事故原因、危害及采取对策提供依据。

(4)为保护人类健康和环境,合理使用自然资源,制定环境保护法规、标准和规划,全面开展环境保护管理工作提供有关数据和资料。

### 二、水质监测的分类

水质监测可按监测目的或监测对象进行分类。

#### (一)按监测目的分类

按监测目的可分为监测性监测、特定目的监测和研究性监测。

### 1. 监测性监测

监测性监测又称为例行监测或常规监测,是指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。监测性监测是监测工作中量最大、面最广的工作。

监测性监测包括对污染源的监督监测(污染物浓度、排放总量、污染趋势等)和环境质量监测。

### 2. 特定目的监测

特定目的监测又称为特例监测或应急监测,根据特定的目的可分为以下四种。

#### 1) 污染事故监测

污染事故监测是指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,为控制污染提供依据。这类监测常采用流动监测(车、船等)、简易监测、低空航测、遥感等手段。

#### 2) 仲裁监测

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权威部门进行,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

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

咨询服务监测是指为政府部门、科研机构、生产单位提供的服务性监测。例如,建设新企业应进行环境影响评价,需要按评价要求进行监测。

### 3. 研究性监测

研究性监测又称科研监测,是针对特定目的的科学而进行的高层次的监测。例如,环境本底的监测及研究;有毒有害物质对从业人员的影响研究;为监测工作本身服务的科研工作的监测,如标准分析法、统一分析法、标准物质的确定等。这类研究往往要求多学科合作进行。

## (二) 按监测对象分类

按监测对象分类可分为水质监测、生物监测、放射性监测、热监测、卫生(病源体、病毒、寄生虫等)监测等。

## 第二节 水质监测特点和监测技术概述

### 一、水质监测的发展

环境污染虽然自古就有,但环境科学作为一门学科在 20 世纪 50 年代才开始发展起来。最初危害较大的环境污染事件主要是由于化学毒物所造成的,因此对环境样品进行化学分析以确定其组成和含量的环境分析就产生了。由于环境污染物通常处于痕量级( $10^{-6}$ 、 $10^{-9}$ )甚至更低,并且基体复杂,流动性、变异性大,又涉及空间分布及变化,所以

对分析的灵敏度、准确度、分辨率和分析速度等提出了很高要求。因此,环境分析实际上是分析化学的发展。这一阶段称之为污染监测阶段或被动监测阶段。

到了 20 世纪 70 年代,随着科学的发展,人们逐渐认识到影响环境质量的因素不仅有化学因素,还有物理因素,例如噪声、光、热、电磁辐射、放射性等。所以用生物(动物、植物)的生态、群落、受害症状等的变化作为判断环境质量的标准更为确切可靠。此外,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相加和拮抗作用。所以,环境分析只是环境监测的一部分。环境监测的手段除化学的,还有物理的、生物的,等等。同时,从点污染的监测发展到面污染以及区域性的监测,这一阶段称之为环境监测阶段,也称为主动监测或目的监测阶段。

监测手段和监测范围的扩大,虽然能够说明区域性的环境质量,但由于受采样手段、采样频率、采样数量、分析速度、数据处理速度等限制,仍不能及时地监视环境质量变化,预测变化趋势,更不能根据监测结果发布采取应急措施的指令。20 世纪 80 年代初,发达国家相继建立了自动连续监测系统,并使用了遥感、遥测手段,监测仪器用电子计算机遥控,数据用有线或无线传输的方式送到监测中心控制室,经电子计算机处理,可自动打印成指定的表格,画成污染态势、浓度分布图。可以在极短时间内观察到空气、水体污染浓度变化,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,可发布指令、通告并采取保护措施。该阶段称为污染防治监测阶段或自动监测阶段。

## 二、环境污染和环境监测的特点

### (一)水环境污染的特点

水环境污染是各种污染因素本身及其相互作用的结果。同时,水环境污染还受社会评价的影响而具有社会性。它的特点可归纳如下。

#### 1. 时间分布性

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浓度往往随时间而变化。由于河流的汛期和丰水期、枯水期的交替,都会使污染物浓度随时间而变化。

#### 2. 空间分布性

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。不同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浓度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,单靠某一点的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,科学地制订监测计划(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,才能得到较全面且客观的评述。

#### 3. 环境污染与污染物含量(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。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的,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,当它们在低浓度时,其联合毒害作用即为相加作用,而在高浓度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,称为污染物的相乘作用。如二氧化硫和颗粒物之间、氮氧化物与一氧化碳之间,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,称为污染物的拮抗作用。如动物试验表明,当食物中有 $3 \times 10^{-5}$ 甲基汞,同时又存在 $1.25 \times 10^{-5}$ 硒时,就可抑制甲基汞的毒性。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。

#### 5. 环境污染的社会评价

环境污染的社会评价与社会制度、文明程度、技术经济发展水平、民族的风俗习惯、哲学、法律等问题有关。有些具有潜在危险的污染因素,因其表现为慢性危害,往往引起不起人们的注意,而某些现实的、直接感受到的因素容易受到社会重视。如河流被污染程度逐渐增大,人们往往不予注意,而因噪声、烟尘等引起的社会纠纷却很普遍。

#### (二) 水质监测的特点

水质监测就其对象、手段、时间和空间的多变性、污染组分的复杂性等,其特点可归纳如下。

##### 1. 综合性

水质监测的综合性表现在以下几个方面:

(1)监测手段包括化学、物理、生物、物理化学、生物化学及生物物理等一切可以表征环境质量的方法。

(2)监测对象包括江、河、湖、海及地下水等水体,只有对这些水体进行综合分析,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,因此必须综合考虑才能正确阐明数据的内涵。

##### 2. 连续性

由于环境污染具有时空性等特点,因此只有坚持长期测定,才能从大量的数据中揭示其变化规律,预测其变化趋势,数据越多,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,而且一旦监测点位的代表性得到确认,必须长期坚持监测。

##### 3. 追踪性

水质监测包括监测目的确定、监测计划的制订、采样及样品运送和保存、实验室测

定、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、实验室和仪器的不同,必然会有技术和管理水平的不同。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,需要建立水质监测的质量保证体系。

### 三、监测技术概述

监测技术包括采样技术、测试技术和数据处理技术。关于采样技术将在后面有关章节中叙述,这里以污染物的测试技术为重点作一概述。

#### (一) 化学、物理技术

对环境样品中污染物的成分及其状态的分析,目前多采用化学分析法和仪器分析法。化学分析法包括重量分析法、容量分析法等。重量分析法常用于残渣、降尘、油类、硫酸盐等的测定。容量分析法广泛用于水中酸度、碱度、化学需氧量、溶解氧、硫化物、氰化物的测定。

仪器分析法是以物理和物理化学方法为基础的分析方法。它包括光谱分析法(可见分光光度法、紫外分光光度法、红外光谱法、原子吸收光谱法、原子发射光谱法、X射线荧光光谱法、荧光分析法、化学发光分析法等),色谱分析法(气相色谱法、高效液相色谱法、薄层色谱法、离子色谱法、色谱-质谱联用技术),电化学分析法(极谱法、溶出伏安法、电导分析法、电位分析法、库仑分析法),放射分析法(同位素稀释法、中子活化分析法)和流动注射分析法等。

目前,仪器分析法广泛用于环境中污染物的定性和定量测定。如分光光度法常用于大部分金属、无机非金属的测定;气相色谱法常用于有机物的测定;对于污染物状态和结构的分析,常采用紫外分光光度法、红外光谱法、质谱及核磁共振等技术。

#### (二) 生物技术

生物技术是利用植物和动物在污染环境中所产生的各种反应信息来判断环境质量的方法,是一种最直接的综合方法。

#### (三) 监测技术的发展

目前监测技术的发展较快,许多新技术在监测过程中已得到应用。如气相色谱-原子吸收光谱(GC-AAS)联用仪,使气相色谱、原子吸收光谱两项技术互促互补,扬长避短,在研究有机汞、有机铅、有机砷方面表现出优异性能。再如,利用遥测技术对整条河流的污染分布情况进行监测,是以往监测方法很难完成的。

对区域甚至全球范围的监测和管理,其监测网络及点位的研究、监测分析方法的标准化连续自动监测系统、数据传送和处理的计算机化的研究应用也发展得很快。

在发展大型连续自动监测系统的同时,研究小型便携式、简易快速的监测技术也十分重要。例如,在污染突发事件的现场,瞬时造成很大的伤害,但由于空气的扩散和水体的流动,污染物浓度的变化十分迅速,这时大型仪器无法使用,而便携式和快速测定技术就显得十分重要,在野外也同样如此。

#### 四、环境优先污染物和优先监测

有毒化学物质污染的监测和控制无疑是环境监测的重点。世界上已知的化学物质有 700 万种之多,而进入环境的化学物质已达 10 万种。因此,不论从人力、物力、财力,还是从化学物质的危害程度和出现频率的实际情况出发,人们不可能对每一种化学物质都进行监测、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。这就必须确定一个筛选原则,对众多污染物进行分级排队,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。这一筛选过程就是数学上的优先过程,经过优先选择的污染物称为环境优先污染物,简称为优先污染物(Priority Pollutants)。对优先污染物进行的监测称为优先监测。

在初期,人们控制的污染物是一些进入环境数量大(或浓度高)、毒性强的物质,如重金属等,其毒性多以急性毒性反映,且数据容易获得。而有机污染物则由于种类多、含量低、分析水平有限,故以综合指标化学需氧量(COD)、生化需氧量(BOD)、总有机碳(TOC)等来反映。但随着生产和科学技术的发展,人们逐渐认识到一批有毒污染物(其中绝大部分是有机物)可在极低的浓度下在生物体内累积,对人体健康和环境造成严重的甚至不可逆的影响。许多有毒有机物对综合指标、COD、BOD、TOC 等贡献甚小,但对环境的危害甚大,此时,常用的综合指标已不能反映有机物污染状况,这些有毒有机物就是需要优先控制的污染物。它们具有如下特点: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、属“三致”(致癌、致突变、致畸)物质、毒性较大以及已有检出方法等。

美国是最早开展优先监测的国家。早在 20 世纪 70 年代中期,美国环境保护局就在《清洁水法》中明确规定了 129 种优先污染物,它一方面要求排放优先污染物的工厂采用最佳可利用技术,控制点源污染物排放;另一方面制定环境质量标准,对各水域实施优先监测。其后美国又提出了 43 种空气优先污染物名单。

苏联卫生部于 1975 年公布了水体中有害物质最大允许浓度,其中无机物 73 种,后又补充了 30 种,共 103 种;有机物 378 种,后又补充了 118 种,共 496 种。实施 10 年后,又补充了 65 种有机物,共 561 种。无机物和有机物合计达 664 种之多。

欧洲经济共同体在 1975 年提出的“关于水质的排放标准”的技术报告,列出了所谓的“黑名单”和“灰名单”。

中国环境优先监测研究也已完成,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,其中有机物占 58 种,见表 1-2。

表 1-2 中国环境优先污染物黑名单

化学类型	名称
1. 卤代(烷、烯)烃类	二氯甲烷、三氯甲烷、四氯化碳、1,2-二氯乙烷、1,1,1, - 三氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷、1,1,2,2-四氯乙烷、三氯乙烯、三溴甲烷、四氯乙烯
2. 苯系物	苯、甲苯、乙苯、邻二甲苯、间二甲苯、对二甲苯

续表 1-2

化学类型	名称
3. 氯代苯类	氯苯、邻二氯苯、对二氯苯、六氯苯
4. 多氯联苯类	多氯联苯
5. 酚类	苯酚、间甲酚、2,4-二氯酚、2,4,6-三氯酚、五氯酚、对硝基酚
6. 硝基苯类	硝基苯、对硝基甲苯、2,4-二硝基甲苯、三硝基甲苯、对硝基氯苯、2,4-二硝基氯苯
7. 苯胺类	苯胺、二硝基苯胺、对硝基苯胺、2,6-二氯硝基苯胺
8. 多环芳烃	萘、荧蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-c,d)芘、苯并(ghi)芘
9. 酞酸酯类	酞酸二甲酯、酞酸二丁酯、酞酸二辛酯
10. 农药	六六六、滴滴涕、滴滴畏、乐果、对硫磷、甲基对硫磷、除草醚、敌百虫
11. 丙烯腈	丙烯腈
12. 亚硝胺类	N-亚硝基二乙胺、N-亚硝基二正丙胺
13. 氰化物	氰化物
14. 重金属及其化合物	砷及其化合物、铍及其化合物、镉及其化合物、铬及其化合物、铜及其化合物、铅及其化合物、汞及其化合物、镍及其化合物、铊及其化合物

## 五、监测项目

监测项目依据水体功能和污染源的类型不同而异,其数量繁多,但受人力、物力、经费等各种条件的限制,不可能也没有必要一一监测,而根据实际情况,选择环境中要求控制的危害大、影响范围广,并已建立可靠分析测定方法的项目。下面介绍我国《环境监测技术规范》中对地表水和工业废水规定的监测项目。

### (一) 地表水监测项目

地表水监测项目见表 1-3。

表 1-3 地表水监测项目

地点	必测项目	选测项目 <sup>①</sup>
河流	水温、pH、溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总氮、总磷、铜、锌、硒、砷、汞、镉、铬(六价)、铅、氟化物、氰化物、硫化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂和粪大肠菌群	总有机碳、甲基汞,其他项目参照《环境监测技术规范》,根据纳污情况由各级相关环境保护主管部门确定

续表 1-3

地点	必测项目	选测项目
饮用水源地	水温、pH、溶解氧、悬浮物 <sup>②</sup> 、高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷、总氮、铜、锌、氟化物、铁、锰、硒、砷、汞、镉、铬(六价)、铅、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、硫化物、硫酸盐、氯化物、硝酸盐和粪大肠菌群	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 <sup>③</sup> 、异丙苯、氯苯、1,2-二氯苯、1,4-二氯苯、三氯苯 <sup>④</sup> 、四氯苯 <sup>⑤</sup> 、六氯苯、硝基苯、二硝基苯 <sup>⑥</sup> 、2,4-二硝基甲苯、2,4,6-三硝基甲苯、硝基氯苯 <sup>⑦</sup> 、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 <sup>⑧</sup> 、微囊藻毒素-LR、黄磷、钼、钴、铍、硼、铊、镉、钡、钒、钛、铈
湖泊、水库	水温、pH、溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷、总氮、铜、锌、氟化物、硒、砷、汞、镉、铬(六价)、铅、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、硫化物和粪大肠菌群	总有机碳、甲基汞、硝酸盐、亚硝酸盐,其他项目参照《环境监测技术规范》,根据纳污情况由各级相关环境保护主管部门确定
排污河(渠)	根据纳污情况,参照表 1-4 中工业废水监测项目	
底泥	砷、汞、铬、铅、镉、铜等	硫化物、有机氯农药、有机磷农药等

注:①监测项目中,有的项目监测结果低于检出限,并确认没有新的污染源增加时可减少监测频次。根据各地经济发展情况不同,在有监测能力(配置 GC/MS)的地区每年应监测 1 次选测项目。

②悬浮物在 5 mg/L 以下时,测定浊度。

③二甲苯指邻二甲苯、间二甲苯和对二甲苯。

④三氯苯指 1,2,3-三氯苯、1,2,4-三氯苯和 1,3,5-三氯苯。

⑤四氯苯指 1,2,3,4-四氯苯、1,2,3,5-四氯苯和 1,2,4,5-四氯苯。

⑥二硝基苯指邻二硝基苯、间二硝基苯和对二硝基苯。

⑦硝基氯苯指邻硝基氯苯、间硝基氯苯和对硝基氯苯。

⑧多氯联苯指 PCB-1016、PCB-1221、PCB-1232、PCB-1242、PCB-1248、PCB-1254 和 PCB-1260。

## (二) 工业废水监测项目

工业废水监测项目见表 1-4。



表 1-4 工业废水监测项目

工业类别		监测项目
黑色金属矿业(包括磁铁矿、赤铁矿、锰矿等)		pH、悬浮物、硫化物、铜、铅、锌、镉、汞、六价铬等
黑色冶金(包括选矿、烧结、炼焦、炼铁、炼钢、轧钢等)		pH、悬浮物、化学需氧量、硫化物、氟化物、挥发酚、氰化物、石油类、铜、铅、锌、砷、镉、汞等
选矿药剂		化学需氧量、生化需氧量、悬浮物、硫化物、挥发酚等
有色金属矿业(包括选矿、烧结、冶炼、电解、精炼等)		pH、悬浮物、化学需氧量、硫化物、氟化物、挥发酚、铜、铅、锌、砷、镉、汞、六价铬等
火力发电、热电		pH、悬浮物、硫化物、砷、铅、镉、挥发酚、石油类、水温等
煤矿(包括洗煤)		pH、悬浮物、砷、硫化物等
焦化		化学需氧量、生化需氧量、悬浮物、硫化物、挥发酚、氰化物、石油类、氨氮、苯类、多环芳烃、水温等
石油开发		pH、化学需氧量、生化需氧量、悬浮物、硫化物、挥发酚、石油类等
石油炼制		pH、化学需氧量、生化需氧量、悬浮物、硫化物、挥发酚、氰化物、石油类、苯类、多环芳烃等
化学矿开采	硫铁矿	pH、悬浮物、硫化物、铜、铅、锌、镉、汞、砷、六价铬等
	雄黄矿	pH、悬浮物、硫化物、砷等
	磷矿	pH、悬浮物、氟化物、硫化物、砷、铅、磷等
	萤石矿	pH、悬浮物、氟化物等
	汞矿	pH、悬浮物、硫化物、砷、汞等
无机原料	硫酸	pH(或酸度)、悬浮物、硫化物、氟化物、铜、铅、锌、镉、砷等
	氯碱	pH(或酸、碱度)、化学需氧量、悬浮物、汞等
	铬盐	pH(或酸度)、总铬、六价铬等
有机原料		pH(或酸、碱度)、化学需氧量、生化需氧量、悬浮物、挥发酚、氰化物、苯类、硝基苯类、有机氯等
化肥	磷肥	pH(或酸度)、化学需氧量、悬浮物、氟化物、砷、磷等
	氮肥	化学需氧量、生化需氧量、挥发酚、氰化物、硫化物、砷等
橡胶	合成橡胶	pH(或酸、碱度)、化学需氧量、生化需氧量、石油类、铜、锌、六价铬、多环芳烃等
	橡胶加工	化学需氧量、生化需氧量、硫化物、六价铬、石油类、苯类、多环芳烃等
塑料		化学需氧量、生化需氧量、硫化物、氟化物、铅、砷、汞、石油类、有机氯、苯类、多环芳烃等
化纤		pH、化学需氧量、生化需氧量、悬浮物、铜、锌、石油类等
农药		pH、化学需氧量、生化需氧量、悬浮物、硫化物、挥发酚、砷、有机氯、有机磷等
制药		pH(或酸、碱度)、化学需氧量、生化需氧量、石油类、硝基苯类、硝基酚类、苯胺类等