

项目 1 绪 论

【学习目标】

本项目系统地介绍了水质分析与评价的基础知识。通过本项目的学习应达到以下目的：

- (1) 理解水体污染和水质指标的含义；
- (2) 了解常用的水质分析方法，掌握不同分析方法的特点及适用范围；
- (3) 理解水质监测过程中质量保证和质量控制的概念、作用；
- (4) 掌握水质分析的常用方法，会对水质分析数据结果进行一般性处理。

1.1 水污染与水质监测

1.1.1 水资源与水污染

1.1.1.1 水资源概述

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，地球总水量为 138.6×10^8 亿 m^3 。由于海水难以直接利用，因而我们所说的水资源主要指陆地上的淡水资源。事实上，陆地上的淡水资源总量只占地球上水体总量的 2.53%，为 3.5×10^8 亿 m^3 ，而且大部分分布在南、北两极地区的固体冰川。除此之外，地下水的淡水储量也很大，但绝大部分是深层地下水，开采利用量少。人类目前比较容易利用的淡水资源，主要是河流水、淡水湖泊水以及浅层地下水，只占淡水总储量的 0.34%，为 104.6×10^4 亿 m^3 ，还不到全球水总量的万分之一，因此地球上的淡

水资源并不丰富。全球各种水体储量见表 1-1。

表 1-1 全球各种水体储量

水的类型	分布面积/万 km ²	水储量/10 ⁴ 亿 m ³	占全球水总储量/%	占全球淡水总储量/%
海洋水	3 613	1 338 000	96.5	—
地下水	13 480	23 400	1.7	30.1 (淡水部分)
土壤水	8 200	16.5	0.001	0.05
冰川和永久雪盖	1 622.75	24 064.1	1.74	68.7
永冻土底冰	2 100	300.00	0.222	0.86
湖泊水	206.87	176.40	0.013	0.26 (淡水部分)

续表

水的类型	分布面积/万 km ²	水储量/10 ⁴ 亿 m ³	占全球水总储量/%	占全球淡水总储量/%
沼泽水	268.26	11.47	0.000 8	0.03
河床水	14 880	2.12	0.000 2	0.006
生物水	51 000	1.12	0.000 1	0.003
大气水	51 000	12.90	0.001	0.04

中国水资源总量为 2.81×10^4 亿 m³，占世界第 6 位，而人均占有量却很少，属于世界上 21 个贫水和最缺水的国家之一。中国人均淡水占有量仅为世界人均占有量的 1/4，基本状况是人多水少，水资源时空分布不均匀，南多北少，沿海多内地少，山地多平原少，耕地面积占全国 64.6% 的长江以北地区，水资源占有量仅为 20%，近 31% 的国土是干旱区（年降雨量在 250 mm 以下），生产力布局和水土资源不相匹配，供需矛盾尖锐，缺口很大。600 多座城市中有 400 多座供水不足，严重缺水城市有 110 座。随着人口增长、区域经济发展、工业化和城市化进程加快，城市用水需求不断增长，水资源供应不足、用水短缺问题必然成为制约经济社会发展的主要阻力和障碍。

1.1.1.2 水污染

水的污染最终会引起水体的污染。水体就是指自然水域，包括河流、湖泊、海洋及地下水等。水体是自然环境的重要组成部分，而且是其中最活跃的部分。水体间互相连通，如同大自然的血液，不断地在地球及生物圈间循环运行，在物质和能量迁移及转化过程中起着重要作用。

水在自然循环和社会循环过程中有多种多样的杂质混入，使其成分发生不同程度的变化。水体在一定程度上具有自净能力，即自然降低污染物的能力，当外来杂质（即污染物）超过水体的自净能力时，水质就会恶化，严重影响人类对水体的利用，水质的这种恶化称为水体污染。

水污染大致可分为自然污染和人为污染两种。火山爆发污染、矿区地下水水源污染为自然污染，生活污水和工业废水及农业生产使用的化肥、农药所造成的污染为人为污染。

我国水污染严重：流经城市河段的水体普遍受到污染，三江（辽河、海河、淮河）和三湖（太湖、滇池、巢湖）均受到严重污染，蓝藻时常暴发；在七大水系的 100 个国控省界断面中，I ~ III类、IV ~ V类和劣V类水质断面比例分别为 36%、40%和 24%。浙江中部海域、长江口外海域、渤海湾和珠江口等地赤潮频发，给沿岸鱼类和藻类养殖造成巨大经济损失。90%以上地下水遭到不同程度的污染，其中 60%污染严重，城市地下水约有 64%遭受严重污染，33%的城市地下水为轻度污染。全国污水排放总量呈逐年增加趋势。华北地下水重金属超标，局部地区地下水有机物污染严重，地下水饮用水源

安全受到巨大威胁。更为严峻的是一些地区城市污水、生活垃圾和化肥农药等相互渗漏渗透，使地下水环境更加恶化，解决水污染的难度加大。

水体遭到污染，居民健康和工、农业生产以及自然环境都极易受到危害。危害的程度取决于污染物质的浓度、特性等因素。现将各种污染物的污染效应分述如下。

1. 悬浮物污染

含有大量悬浮物和可沉固体的污水排入水体，不但增加了水体中悬浮物质的浓度，提高了水的浊度，而且会在河底形成污泥层，危害底栖生物的繁殖，影响渔业生产。河底泥层的增厚将使河床断面缩小，有碍通航。污泥层若主要由有机物组成，则可能出现厌氧情况，恶化水质。

2. 有机物污染

这里所指的是以碳水化合物、蛋白质、氨基酸和脂肪等形式存在的自然有机物，是生活污水和部分生产污水的主要污染物质。它们的性质不稳定，随时随地都在转化。水体中的有机物常在微生物的参与下进行分解、转化。由于水环境条件和参与的微生物不同，有机物有两种分解形式，即好氧分解和厌氧分解。两种形式途径不同，得到的产物不同，对水体和环境的影响也不同。

1) 好氧分解

在有游离氧存在的条件下，进入水体的有机物在好氧微生物的参与下进行氧化分解，反应的产物是 CO_2 、 H_2O 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 和 PO_4^{3-} 等。这些产物无色、无臭、无害，对水体或环境不会造成什么危害。但好氧分解过程的反应速度快，需要消耗水体或环境

中的游离氧，故有机物也称耗氧物质。若进入水体的有机物量不多，水中既含有充足的溶解氧，又能不断地从大气中补充氧气，使水体中溶解氧含量保持在一定数量以上，则氧化分解对水体影响不大；反之，有机物量多，好氧分解时会大量消耗水中的溶解氧，而从大气中补充的氧气不能满足需要，这时水体的溶解氧含量下降，长期处于 4 mg/L 以下，一般的鱼类就不能生存，而好氧分解可能转为厌氧分解。

2) 厌氧分解

当水体中缺乏游离氧时，厌氧微生物对有机物的分解起主要作用。反应的主要产物有 CO_2 、 H_2O 、 NH_3 、 H_2S 等。厌氧分解进程缓慢，逸出的产物既有毒害作用，又有恶臭。例如， H_2S 是一种溶解性的毒性气体，具有臭鸡蛋的特殊气味，当它在空气中的稀释浓度大于等于 0.002 mg/L 时，人就会感觉到。硫化氢和铁盐反应生成硫化亚铁，使水色变黑，严重危害水环境卫生，造成公害。

3. 有毒物质污染

1) 有机有毒物质

有机有毒物质主要是指酚类化合物及难以降解的蓄积性极强的有机农药和多联苯等。其主要来自农田排水和有关的工业废水，对环境危害大、时间长。有些是致癌物，如稠环芳香胺等。

2) 无机有毒物质

无机有毒物质主要是指重金属及其化合物。这类物质在水体中也能转移，但与有机物不同，其污染特征主要有以下几点。

(1) 重金属元素不易为生物所降解或完全不能为生物所降解，这方面已由众多实验结果所证实。

(2) 大多数的金属离子及其化合物，易被水中悬浮颗粒所吸附而沉淀至水底的沉淀层中，如汞。河流泥沙对砷有很强的吸附能力，往往是含沙量越高，河水的含砷量也越高。

(3) 金属离子在水中的迁移和转化与水体的酸、碱条件及氧化还原条件有关，例如河底泥沙中的汞，只有在还原条件下，才能甲基化，而甲基汞造成的危害最大；毒性强的六价铬在碱性条件下的迁移能力强于酸性条件；在酸性条件下，二价镉离子易随水迁移而被植物所吸收。

(4) 某些金属离子及其化合物能被生物吸收并通过食物链逐渐富集到相当程度。食物链是指生物群落中各种动植物由于食物的关系所形成的一种联系。例如，水体中的藻类可作为浮游动物的食物，浮游动物可作为昆虫幼虫、虾类、鱼类的食物，虾、鱼等水生动物又可作为鸟类、兽类及人类的食物，于是污染物质从水中经下列顺序富集：植物性浮游生物→动物性浮游生物→小型鱼类→大型鱼类。

富集作用是食物链的一种突出的特性。某些重金属元素或其他有毒物质在水中浓度不高，但一些微生物（如藻类）可能对它们有选择性的浓缩富集作用，通过食物链又一级级地富集起来，成为某些动物和人类的食物时，可能达到很高的浓度，产生有害于机体的作用，如 DDT 在海水中的浓度介于 0.01 ~ 0.1 mg/L，在浮游生物中约为 0.1 mg/kg，

从贝壳类动物的检出量一般为 1~10 mg/kg, 而在以鱼类为食的鸟类和海产哺乳动物体内, 能够高达 0~100 mg/kg, 即浓缩了 10^3 倍, 甚至是 10^6 倍; 又如甲基汞通过食物链在鱼体内富集, 达到 5~10 mg/kg 的含量, 这种鱼被人食用后, 在人体内富集, 会损害人体健康。

4. 放射性污染

放射性污染分为人为放射性污染和天然放射性污染。目前掌握的 1 000 多种放射性同位素中, 仅有 60 多种是天然的。天然放射性同位素及裂变产物可蓄积在食物链中, 某些放射物质如镭 (226) 和铅 (210) 可被食用植物吸收, 最后富集在哺乳动物的骨骼中。

人为放射性物质的主要来源是核爆炸试验产生的沉降物及核电站、同位素医药、同位素工业排放的污水。放射性污染对环境的影响是很大的, 对人体的危害最为严重。

5. 病菌、病毒污染

水体中含有病菌和病毒, 会影响当地居民或水源下游居民的身体健康。水常成为某些传染病的媒介。世界卫生组织将水和疾病之间的关系分为以下三类。

第一类疾病肯定是由水传播的。例如伤寒、细菌性痢疾、霍乱和血吸虫病等。

第二类疾病无肯定资料证明, 很可能是由水传播的某些病糜所致, 例如传染性肝炎、腹泄等病。

第三类疾病怀疑是由水传播的。例如胸膜病、小儿麻痹症等。因此, 对水中病菌、病毒的观察与研究是十分重要的。

污水排入水体，不但使水中原有的物质组成发生变化，而且由于污染物质也参与能量和物质的转化及循环过程，原来正常固定的食物链发生不同程度的变化，破坏了已有的生态平衡，这就是水体污染的主要危害。

1.1.2 环境监测与水质监测

1.1.2.1 环境监测

环境监测是环境科学的一个重要分支学科。环境监测，是指通过对环境有影响的各种物质的含量、排放量以及各种环境状态参数的检测，跟踪、评价环境质量及变化趋势，确定环境质量水平，为环境管理、污染治理、防灾减灾等工作提供基础信息、方法指引和质量保证。“监测”一词的含义可以理解为监视、测定、监控等。因此，环境监测的内涵也可表示为：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，环境监测的内涵也在不断扩展。由工业污染源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。

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，环境监测是以环境信息为中心建立监测计划，依次经过获取、传递、分析等阶段，最终对环境质量综合评价的过程。环境监测的对象包括反映环境质量变化的各种自然因素、对人类活动及环境有影响的各种人为因素、对环境造成污染危

害的各种成分因素。

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、环境规划等提供科学依据。具体可归纳为以下几类。

(1) 根据环境质量标准, 评价环境质量。

(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。

(3) 收集本底数据, 积累长期监测资料, 为研究环境容量、实施总量控制、目标管理、预测预报环境质量提供数据。

(4) 为保护人类健康、保护环境、合理使用自然资源, 以及制定环境保护法规、标准、规划等服务。

2. 环境监测的分类

环境监测可按监测介质对象或监测目的进行分类, 也可按专业部门进行分类, 如气象监测、卫生监测和资源监测等。

1) 按监测介质对象分类

环境监测按照监测介质对象可分为水质监测、空气监测、土壤监测、固体废弃物监测、噪声和振动监测、生物监测、放射性监测、电磁辐射监测、热监测、光监测、卫生(病源体、病毒、寄生虫等)监测等。

因此, 水质监测隶属于环境监测, 是环境监测的一个分支。

2) 按监测目的分类

(1) 监视性监测。

监视性监测也称为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。

监视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（所在地区的空气、水质、噪声、固体废物等监督监测）。

(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，可分为以下 4 种。

① 污染事故监测：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：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。例如建设新企业应进行环境影响评价，需要按评价要求进行监测。