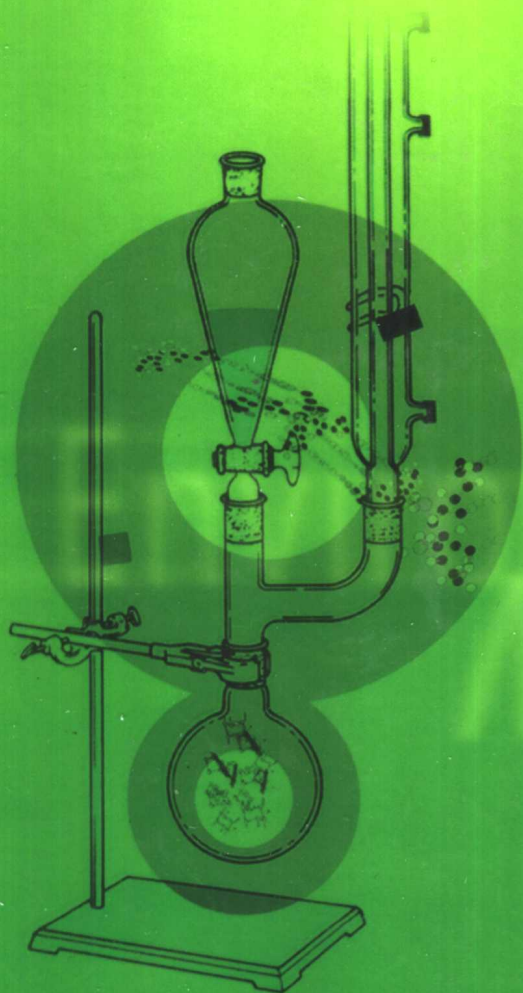


HUANJING JIANCE GUANLI HE HUANJING ZHILIANG
JIANCE FENXI FANGFA BIAOZHUN SHIWU QUANSHU

环境监测管理和 环境质量监测分析方法标准 实务全书



科学技术文献出版社

环境监测管理和环境质量监测 分析方法标准实务全书

(第二卷)



科学技术文献出版社

第四篇 水质污染生物和底质的监测

第一章 水质污染生物的监测

水环境中存在着大量的水生生物群落, 各类水生生物之间及水生生物与其赖以生存的水环境之间存在着互相依存又互相制约的密切关系。当水体受到污染而使水环境条件改变时, 各种不同的水生生物由于对环境的要求和适应能力不同而产生不同的反应, 据此了解污染对水生生物的直接危害, 判断水体污染的类型和程度。

利用水生生物来监测研究水体污染状况的方法较多, 如生物群落法、生产力测定法、残毒测定法、急性毒性试验、细菌学检验等。

我国水环境生物监测技术规范中, 对采样断面布设原则和方法、监测方法都作了规定。其中对河流、湖泊、水库等淡水环境的生物监测项目、频率等要求列于表 4-1-1。

水生生物监测断面和采样点的布设, 也应在对监测区域的自然环境和社会环境进行调查研究的基础上, 遵循断面要有代表性, 尽可能与化学监测断面相一致, 并考虑水环境的整体性、监测工作的连续性和经济性等原则。对于河流, 应根据其流经区域的长度, 至少设上(对照)、中(污染)、下游(观察)三个断面: 采样点数视水面宽、水深、生物分布特点等确定。对于湖泊、水库, 一般应在入湖(库)区、中心区、出口区、最深水区、清洁区等处设监测断面。

第一节 生物群落法

一、指示生物

生物群落中生活着各种水生生物，如浮游生物、着生生物、底栖动物、鱼类和细菌等。由于它们的群落结构、种类和数量的变化能反映水质污染状况，故称之为指示生物。

浮游生物是指悬浮在水体中的生物，它们多数个体小，游泳能力弱或完全没有游泳能力，过着随波逐流的生活。浮游生物可分为浮游动物和浮游植物两大类。在淡水中，浮游动物主要由原生动物、轮虫、枝角类和桡足类组成。浮游植物主要是藻类，它们以单细胞、群体或丝状体的形式出现。浮游生物是水生食物链的基础，在水生生态系统中占有重要地位，其中多种对环境变化反应很敏感，可作为水质的指示生物。所以，在水污染调查中，常被列为主要研究对象之一。

着生生物（即周丛生物）是指附着于长期浸没水中的各种基质（植物、动物、石头、人工）表面上的有机体群落。它包括许多生物类别，如细菌、真菌、藻类、原生动物、轮虫、甲壳动物、线虫、寡毛虫类、软体动物、昆虫幼虫，甚至鱼卵和幼鱼等。近年来，着生生物的研究日益受到重视，其中主要因素是由于其可以指示水体的污染程度，对河流水质评价效果尤佳。在监测工作中，多用人工基质法。

底栖动物是栖息在水体底部淤泥内、石块或砾石表面及其间隙中，以及附着在水生植物之间的肉眼可见的水生无脊椎动物。一般认为其体长超过2mm，不能通过40目分样筛，所以称为底栖大型无脊椎动物。它们广泛分布在江、河、湖、水库、海洋和其他各种小水体中，包括水生昆虫、大型甲壳类、软体动物、环节动物、圆形动物、扁形动物等许多动物门类。底栖动物的移动能力差，故在正常环境下比较稳定的水体中，种类比较多，每个种的个体数量适当，群落结构稳定。当水体受到污染后，其群落结构便发生变化。严重的有机污染和毒物的存在，会使多数较为敏感的种类和不适应缺氧的种类逐渐消失，而仅保留耐污染种类，成为优势种类。应用底栖动物对污染水体进行监测和评价，已被各国广泛应用。

在水生食物链中，鱼类代表着最高营养水平。凡能改变浮游和大型无脊椎动物生态平衡的水质因素，也能改变鱼类种群。同时，由于鱼类和无脊椎

动物的生理特点不同,某些污染物对低等生物可能不引起明显变化,但鱼类却可能受到影响。因此,鱼类的状况能够全面反映水体的总体质量。进行鱼类生物调查对评价水质具有重要意义。

表 4-1-1 河、湖、库淡水生物监测项目及频率

项 目		适 用 范 围	监 测 频 率
名 称	必(选)测		
浮游植物	必 测 选 测	湖泊、水库 河流	每年至少于两次 同上 同上 同上 同上
浮游动物	选测	河流、湖泊、水库	
着生生物	必 测 选 测	河流 湖泊、水库	
底栖动物	必 测	河流、湖泊、水库	
水生维管束植物	选 测	河流、湖泊、水库	
叶绿素 <i>a</i> 测定 黑白瓶测氧	必 测 选 测 选 测	湖泊、水库 河流 湖泊、水库	每年不少于两次 同上 同上
残毒	部分必测	河流、湖泊、水库、池塘等	参照《地表水监测技术规范》执行
细菌总数 总大肠菌数 粪大肠菌群 沙门氏菌 粪链球菌	必 测 必 测 选 测 选 测 选 测	饮用水、水源水、地面水、废水 饮用水、水源水、地面水、废水 同上 同上 同上	参照《地表水监测技术规范》执行
鱼类、溞类、藻类 毒性试验 Ames 试验 紫露草微核技术 蚕豆根尘微核技术 鱼类 SCE 技术	选 测 选 测 选 测 选 测 选 测	污染源 同上 同上 同上 同上	根据污染源监测需要确定 同上 同上 同上 同上 同上

二、监测方法

按照规定的采样、检验和计数方法获得各生物类群的种类和数量的数据后,如何评价水污染状况,目前尚无统一的方法,下面介绍几种比较有代表性的方法。

1. 污水生物系统 (saprobien system) 法

该方法将受有机物污染的河流按其污染程度和自净过程划分为几个互相连续的污染带，每一带生存着各自独特的生物（指示生物），据此评价水质状况。1960年，Hyness 绘制了污水排入河流后有机污染物浓度变化情况和生态模式图（见图 4-1-1）。在此基础上，经过许多专家增补和修改，使该方法得到较广泛地应用。

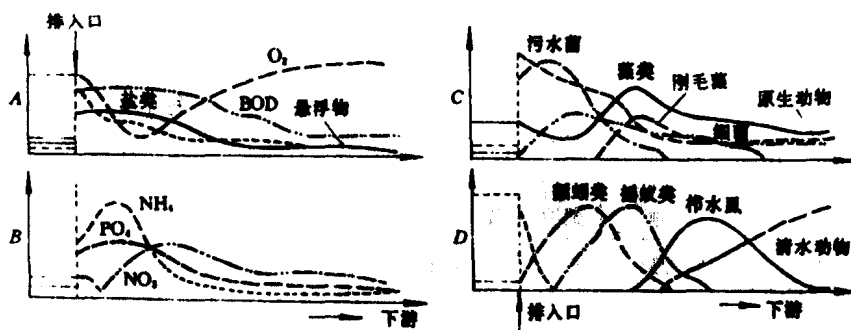


图 4-1-1 污水排进河流后有机污染物浓度变化情况及沿河生态模型变化

A、B. 物理化学的变化；C. 微生物的变化；D. 大型动物的变化

根据河流的污染程度，通常将其划分为四个污染带，即多污带， α -中污带， β -中污带和寡污带。各污染带水体存在特有的生物种群，其生物学、化学特征列于表 4-1-2。

污水生物系统法注重用某些生物种群评价水体污染状况，需要熟练的生物学分类知识，工作量大，耗时多，并且有指示生物出现异常情况的现象，故给准确判断带来一定困难。环境生物学者根据生物种群结构变化与水体污染关系的研究成果，提出了生物指数法。

2. 生物指数 (biotic index) 法

生物指数是指运用数学公式反映生物种群或群落结构的变化，以评价环境质量的数值。

贝克 (Beek) 1955 年首先提出一个简易地计算生物指数的方法。他将调查发现的底栖动物分成 A 和 B 两大类，A 为敏感种类，在污染状况下从未发现；B 为耐污种类，是在污染状况下才出现的动物。在此基础上，按下式计算生物指数：

$$\text{生物指数 (BI)} = 2nA + nB$$

式中 n ——底栖大型无脊椎动物的种类。当 BI 值为 0 时，属严重污染区域；BI 值为 1~6 时为中等有机物污染区域；BI 值为 10~40 时为清洁水区。

表 4-1-2 污水系统生物学、化学特性

项 目	多污带	α -中污带	β -中污带	寡污带
化学过程	因还原和分解显著而产生腐败现象	水和底泥里出现氧化过程	氧化过程更强烈	因氧化使无机化达到矿化阶段
溶解氧	没有或极微量	少量	较多	很多
BOD	很高	高	较低	低
硫化氢的生成	具有强烈的硫化氢臭味	没有强烈硫化氢臭味	无	无
水中有有机物	蛋白质、多肽等高分子物质大量存在	高分子化合物分解产生氨基酸、氨等	大部分有机物已完成无机化过程	有机物全分解
底泥	常有黑色硫化铁存在,呈黑色	硫化铁氧化成氢氧化铁,底泥不呈黑色	有 Fe_2O_3 存在	大部分氧化
水中细菌	大量存在,每毫升可达 100 万个以上	细菌较多,每毫升在 10 万个以上	数量减少,每毫升在 10 万个以下	数量少,每毫升在 100 个以下
栖息生态学特征	动物都是细菌摄食者且耐受 pH 强烈变化,有耐嫌气性生物,对硫化氢、氨等有强烈的抗性	摄食细菌动物占优势,肉食性动物增加,对溶氧和 pH 变化表现出高度适应性,对氨大体上有抗性,对硫化氢耐性较弱	对溶氧和 pH 变化耐性较差,并且不能长时间耐腐败性毒物	对 pH 和溶氧变化耐性很弱,特别是对腐败性毒物如硫化氢等耐性很差
植物	硅藻、绿藻、接合藻及高等植物没有出现	出现蓝藻、绿藻、接合藻、硅藻等	出现多种类的硅藻、绿藻、接合藻,是鼓藻的主要分布区	水中藻类少,但着生藻类较多
动物	以微型动物为主,原生动物居优势	仍以微型动物占大多数	多种多样	多种多样
原生动物	有变形虫、纤毛虫,但无太阳虫、双鞭毛虫、吸管虫等出现	仍然没有双鞭毛虫,但逐渐出现太阳虫、吸管虫等	太阳虫、吸管虫中耐污性差的种类出现,双鞭毛虫也出现	鞭毛虫、纤毛虫中有少量出现
后生动物	有轮虫、涡形动物、昆虫幼虫出现,水螅、淡水海绵、苔藓动物,小型甲壳,鱼类没有出现	没有淡水海绵、苔藓、动物,有贝类、甲壳类、昆虫出现	淡水海绵、苔藓、水螅、贝类、小型甲壳类、两栖类、鱼类均有出现	昆虫幼虫很多,其他各种动物逐渐出现

1974年,津田松苗在对贝克指数进行多次修改的基础上,提出不限于在采集点采集,而是在拟评价或监测的河段把各种底栖大型无脊椎动物尽量采到,再用贝克公式计算,所得数值与水质的关系为, $BI > 30$ 为清洁水区; $BI = 15 \sim 29$ 为较清洁水区, $BI = 6 \sim 14$ 为不清洁水区, $BI = 0 \sim 5$ 为极不清洁水区。

沙农—威尔姆(Shannon—Wilhm)根据对底栖大型无脊椎动物调查结果,提出用种类多样性指数评价水质。该指数的特点是能定量反映生物群落结构的种类、数量及群落中种类组成比例变化的信息。在清洁的环境中,通常生物种类极其多样,但由于竞争,各种生物又仅以有限的数量存在,且相互制约而维持着生态平衡。当水体受到污染后,不能适应的生物或者死亡淘汰,或者逃离;能够适应的生物生存下来。由于竞争生物的减少,使生存下来的少数生物种类的个体数大大增加。这种清洁水域中生物种类多,每一种的个体数少,而污染水域中生物种类少,每一种的个体数大大增加的规律是建立种类多样性指数式的基础。沙农提出的种类多样性指数计算式如下:

$$\bar{d} = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}$$

式中 $\bar{d}$ ——种类多样性指数;

N ——单位面积样品中收集到的各类动物的总个数;

n_i ——单位面积样品中第 i 种动物的个数;

S ——收集到的动物种类数。

上式表明动物种类越多, d 值越大,水质越好;反之,种类越少, d 值越小,水体污染越严重。威尔姆对美国十几条河流进行了调查,总结出 d 值与水样污染程度的关系如下:

$\bar{d}$ 值	污染状况
< 1.0	严重污染
$1.0 \sim 3.0$	中等污染
> 3.0	清洁

我国曾对蓟运河中底栖大型无脊椎动物进行调查,结果表明基本上与沙农公式的计算相符合。

用作计算生物指数的生物除底栖大型无脊椎动物外,也有用浮游藻类的,如硅藻指数:

$$\text{硅藻指数} = \frac{2A + B - 2C}{A + B - C} \times 100$$

式中 A——不耐污染的种类数；

B——对有机物耐污力强的种类数；

C——在污染水域内独有的种类数。

威尔姆对能耐受污染的 20 属藻类分别给予不同的污染指数值（见表 4-1-3）。根据水样中出现的藻类计算总污染指数。如总污染指数大于 20 为严重污染，15~19 为中污染，低于 15 为轻污染。

表 4-1-3 威尔姆给予的藻类污染指数值

属 名	污染 指数	属 名	污染 指数
组囊藻 <i>Anacystis</i>	1	微芒藻 <i>Micractinium</i>	1
纤维藻 <i>Ankistrodesmus</i>	2	舟形藻 <i>Navicula</i>	3
衣藻 <i>Chlamydomonas</i>	4	菱形藻 <i>Nitzschid</i>	3
小球藻 <i>Chlorella</i>	3	颤藻 <i>Oscillatoria</i>	5
新月藻 <i>Closterium</i>	1	实球藻 <i>Pandorina</i>	1
小环藻 <i>Cyclotella</i>	1	席藻 <i>Phormidium</i>	1
裸藻 <i>Euglena</i>	5	扁裸藻 <i>Phacus</i>	2
异极藻 <i>Comphonema</i>	1	栅藻 <i>Scenedesmus</i>	4
鳞孔藻 <i>Lepocinclis</i>	1	毛枝藻 <i>Stigeoclonium</i>	2
直链藻 <i>Melosira</i>	1	针杆藻 <i>Synedra</i>	2

第二节 细菌学检验法

细菌能在各种不同的自然环境中生长。地表水、地下水，甚至雨水和雪水都含有多种细菌。当水体受到人畜粪便、生活污水或某些工农业废水污染时，细菌大量增加。因此，水的细菌学检验，特别是肠道细菌的检验，在卫生学上具有重要的意义。但是，直接检验水中各种病原菌，方法较复杂，有的难度大，且结果也不能保证绝对安全。所以，在实际工作中，经常以检验细菌总数，特别是检验作为粪便污染的指示细菌，来间接判断水的卫生学质量。

一、水样的采集

采集细菌学检验用水样，必须严格按照无菌操作要求进行；防止在运输过程中被污染，并应迅速进行检验。一般从采样到检验不宜超过 2 小时；在 10℃ 以下冷藏保存不得超过 6 小时。采样方法如下：

(1) 采集自来水样，首先用酒精灯灼烧水龙头灭菌或用 70% 的酒精消毒，然后放水 3 分钟，再采集约为采样瓶容积的 80% 左右的水量。

(2) 采集江、河、湖、库等水样，可将采样瓶沉入水面下 10~5cm 处，瓶口朝水流上游方向，使水样灌入瓶内。需要采集一定深度的水样时，用采水器采集。

二、细菌总数的测定

细菌总数是指 1mL 水样在营养琼脂培养基中，于 37℃ 经 24 小时培养后，所生长的细菌菌落的总数。它是判断饮用水、水源水、地表水等污染程度的标志。其主要测定程序如下：

(1) 用作细菌检验的器皿、培养基等均需按方法要求进行灭菌，以保证所检出的细菌皆属被测水样所有。

(2) 制备营养琼脂培养基。

(3) 以无菌操作方法用 1mL 灭菌吸管吸取混合均匀的水样（或稀释水样）注入灭菌平皿中，倾注约 15mL 已融化并冷却到 45℃ 左右的营养琼脂培养基，并旋摇平皿使其混合均匀。每个水样应做两份，还应另用一个平皿只倾注营养琼脂培养基作空白对照。待琼脂培养基冷却凝固后，翻转平皿，置于 37℃ 恒温箱内培养 24 小时，然后进行菌落计数。

(4) 用肉眼或借助放大镜观察，对平皿中的菌落进行计数，求出 1mL 水样中的平均菌落数。报告菌落计数时，若菌落数在 100 以内，按实有数字报告；若大于 100 时，采用两位有效数字，用 10 的指数来表示。例如，菌落总数为 37 750 个/mL，记作 3.8×10^4 个/mL。

三、总大肠菌群的测定

粪便中存在有大量的大肠菌群细菌，其在水体中存活时间和对氯的抵抗力等与肠道致病菌，如沙门氏菌、志贺氏菌等相似，因此将总大肠菌群作为粪便污染的指示菌是合适的。但在某些水质条件下，大肠菌群细菌在水中能自行繁殖。

总大肠菌群是指那些能在 35℃、48 小时之内使乳糖发酵产酸、产气、需氧及兼性厌氧的、革兰氏阴性的无芽孢杆菌，以每升水样中所含有的大肠菌群的数目表示。

总大肠菌群的检验方法有发酵法和滤膜法。发酵法可用于各种水样（包括底泥），但操作较繁琐，费时间。滤膜法操作简便、快速，但不适用于浑浊水样。因为这种水样常会把滤膜堵塞，异物也可能干扰菌种生长。

1. 多管发酵法

多管发酵法是根据大肠菌群细菌能发酵乳糖、产酸产气以及具备革兰氏染色阴性、无芽胞、呈杆状等特性进行检验的。其检验程序如下：

(1) 配制培养基：检验大肠菌群需用多种培养基，有乳糖蛋白胨培养液、三倍浓缩乳糖蛋白胨培养液、品红亚硫酸钠培养基、伊红美蓝培养基。

(2) 初步发酵试验：该试验基于大肠菌群能分解乳糖生成二氧化碳等气体的特征，而水体中某些细菌不具备此特点。但是，能产酸、产气的绝非仅属于大肠菌群，故还需进行复发酵试验予以证实。初步发酵试验方法是在灭菌操作条件下，分别取不同量水样于数支装有三倍浓缩乳糖蛋白胨培养液或乳糖蛋白胨培养液的试管中（内有倒管），得到不同稀释度的水样培养液，于 37℃ 恒温培养 24 小时。

(3) 平板分离：水样经初步发酵试验培养 24 小时后，将产酸、产气及只产酸的发酵管分别接种于品红亚硫酸钠培养基或伊红美蓝培养基上，于 37℃ 恒温培养 24 小时，挑选出符合下列特征的菌落，取菌落的一小部分进行涂片、革兰氏染色、镜检。

品红亚硫酸钠培养基上的菌落：紫红色，具有金属光泽的菌落；深红色，不带或略带金属光泽的菌落；淡红色，中心色较深的菌落。

伊红美蓝培养基上的菌落：深紫黑色，具有金属光泽的菌落；紫黑色，不带或略带金属光泽的菌落；淡紫红色，中心色较深的菌落。

(4) 复发酵试验：上述涂片镜检的菌落如为革兰氏阴性无芽孢杆菌，则取该菌落的另一部分再接种于装有乳糖蛋白胨培养液的试管（内有倒管）中；每管可接种分离自同一初发酵管的最典型菌落 1~3 个，于 37℃ 恒温培养 24 小时，有产酸产气者，即证实有大肠菌群存在。

(5) 大肠菌群计数：根据证实有大肠菌群存在的阳性管数，查总大肠菌群数检数表（略），报告每升水样中的总大肠菌群数。

对不同类型的水，视其总大肠菌群数的多少，用不同稀释度的水样试验，以便获得较准确的结果。

总大肠菌群数检验流程归纳于图 4-1-3。

2. 滤膜法

将水样注入已灭菌、放有微孔滤膜（孔径 $0.45\mu\text{m}$ ）的滤器中，经抽滤，细菌被截留在膜上，将该滤膜贴于品红亚硫酸钠培养基上， 37°C 恒温培养 24 小时，对符合发酵法所述特征的菌落进行涂片、革兰氏染色和镜检。凡属革兰氏阴性无芽孢杆菌者，再接种于乳糖蛋白胨培养液或乳糖蛋白胨半固体培养基中，在 37°C 恒温条件下，前者经 24 小时培养产酸产气者，或后者经 6~8 小时培养产气者，则判定为总大肠菌群阳性。

由滤膜上生长的大肠菌群菌落总数和所取过滤水样量，按下式计算 1 升水中总大肠菌群数：

$$\text{总大肠菌群数}/\text{L} = \frac{\text{所计数的大肠杆菌菌落数} \times 1\,000}{\text{过滤水样量 (mL)}}$$

四、其他细菌的测定

为区别存在于自然环境中的大肠菌群细菌和存在于温血动物肠道内的大肠菌群细菌，可将培养温度提高到 44.5°C ，在此条件下仍能生长并发酵乳糖产酸产气者，称为粪大肠菌群。粪大肠菌群也用多管发酵法或滤膜法测定。

沙门氏菌属是常常存在于污水中的病源微生物，也是引起水传播疾病的重要来源。由于其含量很低，测定时需先用滤膜法浓缩水样，然后进行培养和平板分离，最后，再进行生物化学和血清学鉴定，确定一定体积水样中是否存在沙门氏细菌。

链球菌（通称粪链球菌）也是粪便污染的指示菌。这种菌进入水体后，在水中不再自行繁殖，这是它作为粪便污染指示菌的优点。此外，由于人类便中大肠菌群数多于粪链球菌，而动物粪便中粪链球菌多于粪大肠菌群，因此，在水质检验时，根据这两种菌菌数的比值不同，可以推测粪便污染的来源。当该比值大于 4 时，则认为污染主要来自人粪；如此比值小于或等于 0.7，则认为污染主要来自温血动物；如比值小于 4 而大于 2，则为混合污染，但以人粪为主；如比值小于或等于 2，而大于或等于 1，则难以判定污染来源。粪链球菌数的测定也采用多管发酵法或滤膜法。

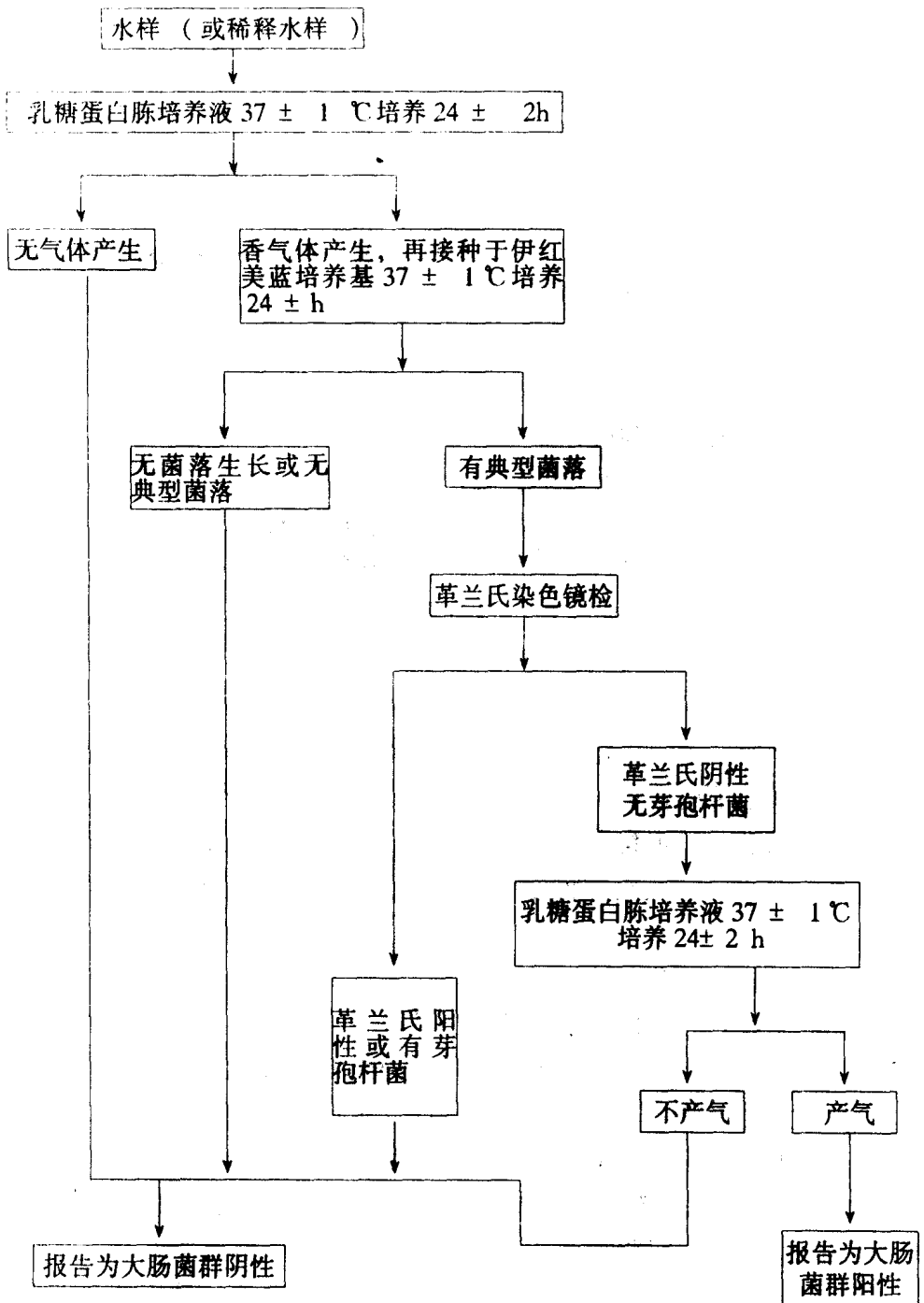


图 4-1-3 总大肠菌群检验流程

第三节 水生生物毒性试验

进行水生生物毒性试验可用鱼类、溞类、藻类等，其中以鱼类毒性试验应用较广泛。

鱼类对水环境的变化反应十分灵敏，当水体中的污染物达到一定浓度或强度时，就会引起一系列中毒反应。例如，行为异常、生理功能紊乱、组织细胞病变，直至死亡。鱼类毒性试验的主要目的是寻找某种毒物或工业废水对鱼类的半致死浓度与安全浓度，为制订水质标准和废水排放标准提供科学依据；测试水体的污染程度；检查废水处理效果和水质标准的执行情况。有时鱼类毒性试验也用于一些特殊目的，如比较不同化学物质毒性的高低，测试不同种类鱼对毒物的相对敏感性，测试环境因素对废水毒性的影响等。这种试验可以在实验室内进行，也可以在现场进行。

根据试验水所含毒物浓度的高低和暴露时间的长短，毒性试验可分为急性试验和慢性试验。急性试验是一种使受试鱼种在短时间内显示中毒反应或死亡的毒性试验。所用毒物浓度高，持续时间短，一般是4天或7~10天。其目的是在短时间内获得毒物或废水对鱼类的致死浓度范围，为进一步进行试验研究提供必要的资料。慢性试验是指在实验室中进行的低毒物浓度、长时间的毒性试验，以观察毒物与生物反应之间的关系，验证急性毒性试验结果，估算安全浓度或最大容许浓度。慢性试验更接近于自然环境的真实情况。

毒性试验方法可分为静水式试验和流水式试验两大类。前者适用于测定和评价由相对稳定、挥发性小，且不过量耗氧的物质所造成的毒性，所需设备简单，毒物及稀释水消耗量少，但鱼类的代谢产物积累在试验水内，毒物浓度会因被代谢产物、器壁吸附等而降低。实际工作中，常采取每隔一定时间换一次试验水的方法。流水式试验方法是连续不断地更新试验用水，适用于BOD负荷高、毒物挥发性大或不稳定的水样。试验过程中溶解氧含量充足，毒物浓度稳定，可将代谢产物连续排出，实验条件更接近于鱼类所习惯的自然生活条件。但是，这种方法需要较复杂的设备，试验水消耗量大。中、长期的慢性试验一般都采用流水式试验法。关于鱼类毒性试验操作及试验结果的处理和表达参阅有关章节。

四、其他方法

用生物监测水体污染程度和毒性的方法还有水生植物生产力的测定、生物体内残毒的测定、致突变试验等。

生产力的测定是通过测定水生植物中叶绿素含量、光合作用能力、固氮能力等指标的变化来反映水体的污染状况。例如，浮游植物、附表植物、大型植物等含叶绿素的植物，通过光合作用将 CO_2 转变成多种有机化合物并释放出氧气，是水生食物链上的初级生产者。当水体被污染后，水生植物的这种生产能力则会发生变化。

水生生物对污染物质具有积累和放大作用，用理化检验方法测定它们体内的有害物质（残毒）的含量和分布情况，可研究水体中污染物的积累、分布和转移规律。

致突变试验是利用生物对环境中致癌、致畸、致突变物质等诱变剂进行检测的一种方法。例如，Ames 试验是利用鼠伤寒沙门氏菌的组氨酸营养缺陷型菌株发生回复突变的性能来检测被检物质是否具有突变性。

第二章 底质的监测

底质是矿物、岩石、土壤的自然侵蚀产物，生物活动及降解有机质等过程的产物，污水排出物和河（湖）床母质等随水流迁移而沉积在水体底部的堆积物质的统称。一般不包括工厂废水沉积物及废水处理厂污泥。底质是水体的重要组成部分。

第一节 底质监测的意义及采样方法

见本编第一篇第二章“水样的采集和保存”。

第二节 底质样品的制备和分解

底质样品送交实验室后，应尽快处理和分析，如放置时间较长，应放于 $-20 \sim -40^\circ\text{C}$ 的冷冻柜中保存。在处理过程中应尽量避免沾污和污染物损

失。

一、制备

1. 脱水

底质中含有大量水分，必须用适当的方法除去，不可直接在日光下曝晒或高温烘干。常用脱水方法有：在阴凉、通风处自然风干（适于待测组分较稳定的样品）；离心分离（适于待测组分易挥发或易发生变化的样品）；真空冷冻干燥（适用于各种类型样品，特别是测定对光、热、空气不稳定组分的样品）；无水硫酸钠脱水（适于测定油类等有机污染物的样品）。

2. 筛分

将脱水干燥后的底质样品平铺于硬质白纸板上，用玻璃棒等压散（勿破坏自然粒径）。剔除砾石及动植物残体等杂物，使其通过 20 目筛。筛下样品用四分法缩分至所需量。用玛瑙研钵（或玛瑙碎样机）研磨至全部通过 80~200 目筛，装入棕色广口瓶中，贴上标签备用。但测定汞、砷等易挥发元素及低价铁、硫化物等时，不能用碎样机粉碎，且仅通过 80 目筛。测定金属元素的试样，使用尼龙材质网筛；测定有机物的试样，使用铜材质网筛。

对于用管式泥芯采样器采集的柱状样品，尽量不要使分层状态破坏，经干燥后，用不锈钢小刀刮去样柱表层，然后按上述表层底质方法处理。如欲了解各沉积阶段污染物质的成分和含量变化，可沿横断面截取不同部位样品分别处理和测定。

二、分解

底质样品的分解方法随监测目的和监测项目不同而异，常用的分解方法有以下几种。

1. 硝酸-氢氟酸-高氯酸（或王水-氢氟酸-高氯酸）分解法

该方法也称全量分解法，适用于测定底质中元素含量水平及随时间变化和空间分布的样品分解。其分解过程是称取一定量样品于聚四氟乙烯烧杯中，加硝酸（或王水）在低温电热板上加热分解有机质。取下稍冷，加适量氢氟酸煮沸（或加高氯酸继续加热分解并蒸发至约剩 0.5mL 残液）。再取下冷却，加入适量高氯酸，继续加热分解并蒸发至近干（或加氢氟酸加热挥发除硅后，再加少量高氯酸蒸发至近干）。最后，用 1% 硝酸煮沸溶解残渣，定容，备用。这样处理得到的试液可测定全量 Cu、Pb、Zn、Cd、Ni、Cr 等。

2. 硝酸分解法

该方法能溶解出由于水解和悬浮物吸附而沉淀的大部分重金属，适用于了解底质受污染的状况。其分解过程是称取一定量样品于 50mL 硼硅玻璃管中，加几粒沸石和适量浓硝酸，徐徐加热至沸并回流 15 分钟，取下冷却，定容，静置过夜，取上清液分析测定。

3. 水浸取法

称取适量样品，置于磨口锥形瓶中，加水，密塞，放在振荡器上振摇 4 小时，静置，用干滤纸过滤，滤液供分析测定。该方法适用于了解底质中重金属向水体释放情况的样品分解。

4. 有机溶剂提取法

该方法用于处理测定有机污染组分的底质样品，如测定 666、DDT 等。提取方法见有关章节。

第三节 污染物质的测定

底质中需测定的污染物质视水体污染来源而定。一般测定总汞、有机汞、铜、铅、锌、镉、镍、铬、砷化物、硫化物、有机氯农药、有机质等。

总汞常用冷原子吸收法或冷原子荧光法测定。铜、铅、锌、镉、镍、铬常用原子吸收分光光度法测定。砷化物一般用二乙氨基二硫代甲酸银 (AgDDC) 或新银盐分光光度法测定。硫化物多用对氨基二甲基苯胺分光光度法测定，当含量大于 1mg/L 时，用碘量法测定。这些方法在前面已经介绍。

底质中有机氯农药 (六六六、DDT) 一般用气相色谱法 (电子捕获检测器) 测定，测定原理和方法见有关章节。

底质中有机质含量用重铬酸钾容量法测定。其测定原理为在加热的条件下，以过量 $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$ 溶液氧化底质中的有机碳，过量的 $K_2Cr_2O_7$ ，用 $FeSO_4$ 标准溶液滴定。根据 $K_2Cr_2O_7$ 消耗量计算有机碳含量，再乘上一个经验系数，即为有机质含量。如果有机碳的氧化效率达不到 100%，还要乘上一个校正系数。计算式如下：

$$\text{有机质 (\%)} = \frac{(V_0 - V) \cdot c \times 0.003 \times 1.724 \times 1.08}{W} \times 100$$

式中 V_0 ——用灼烧过的土壤代替底质样品进行空白试验消耗的 $FeSO_4$ ，标准溶液体积 (mL)；