

# 新时期生物技术在水环境监测中的应用

张义

山东省煤田地质规划勘察研究院

DOI:10.12238/eep.v7i5.2063

**[摘要]** 水体生态环境中的众多生物对水中的有害物质展现出高度的敏感反应。一旦水质遭受污染,生物的生存行为、生理指标以及种群构成呈现明显变化。因此,水环境的监测可运用生物对污染的敏感度,如选择藻类和细菌等作为研究焦点,通过分析其生理特征评估水体污染的程度和潜在毒性。随着科技进步,生物监测体系、信号处理技术以及物联网等先进技术在水生生物监测中的应用日益普及,极大提升了水质监测的精确性。本文主要分析生物技术在水环境监测中的应用。

**[关键词]** 生物技术; 水环境; 监测

中图分类号: X832 文献标识码: A

## The Application of Biotechnology in Water Environment Monitoring in the New Era

Yi Zhang

Shandong Coalfield Geological Planning and Survey Research Institute

**[Abstract]** Many organisms in the aquatic ecological environment exhibit highly sensitive reactions to harmful substances in water. Once the water quality is polluted, the survival behavior, physiological indicators, and population composition of organisms show significant changes. Therefore, the monitoring of water environment can utilize the sensitivity of organisms to pollution, such as selecting algae and bacteria as research focuses, and evaluating the degree and potential toxicity of water pollution by analyzing their physiological characteristics. With the advancement of technology, the application of advanced technologies such as biological monitoring systems, signal processing technology, and the Internet of Things in aquatic organism monitoring is becoming increasingly popular, greatly improving the accuracy of water quality monitoring. This article mainly analyzes the application of biotechnology in water environment monitoring.

**[Key words]** Biotechnology; Water environment; Monitor

### 引言

水体资源在人类生活及工业活动中发挥着重要作用,然而,随着工业化步伐的加速,废弃物排放显著增多,不仅加剧了水资源的滥用,还对水生态系统造成严重破坏,对社会的持续健康发展构成了威胁。在此背景下,运用现代生物技术,应对水环境问题十分重要。本文将扼要分析生物技术的应用,旨在通过其有效改善水环境,为社会的生态可持续发展提供坚实的技术保障<sup>[1]</sup>。

### 1 生物监测技术及其优势

#### 1.1 生物监测技术及其原理

水体污染对其中的生物产生显著影响,生物标志物随之变化。生物监测技术应用于生物分子、细胞、组织、器官以及种群层面,以标志物为依据,全面评估生物所处水环境的质量,从而得出综合性的水质判断。水生生物因生活在水中,对环境变化极其敏感。一旦水源遭受污染,它们的行为模式、生存习性和生

理特征都会发生改变。从生态行为学角度分析,环境变迁会触动生物细胞和分子功能的调整,污染物在生物体内积累,干扰其繁殖能力、信息传递、觅食和防御行为。随着时间推移,将从单个个体扩展至整个种群的分布和生长,改变生态系统内种群的生理生化指标。此外,水污染还可能导致水生物的器官发育受阻,神经系统受损,进而影响繁殖和激素分泌,干扰通讯和觅食行为。观察污染的水生物会选择迁移到清洁的水域,反而加剧了环境问题。当水体中的污染物浓度达到一定水平,生物的数量变化直观反映出污染状况<sup>[2]</sup>。

#### 1.2 生物监测技术的种类

生物监测技术基于生态层面,可细分为针对各种水生生物如细菌、藻类、水蚤和鱼类的检测。(1)细菌监测,涵盖硝化细菌、发光细菌及氧化亚铁硫杆菌的方法。硝化细菌的呼吸活动受水中有毒物质影响,故监测其呼吸速度和氨氮消耗率可用于水质评估;发光细菌法常用于检测水中的重金属污染;而氧化

亚铁硫杆菌因其对毒性物质的高敏感性,其呼吸变化能指示水质状况。(2)藻类监测,基于其光合作用,水中毒素可能导致藻类代谢异常。因此,通过观察藻类生长代谢状态,可评估水体受重金属、有机物污染的程度。(3)水蚤监测,水蚤的活力和生存状态是评价水质安全的重要指标,对多种污染物有响应。(4)鱼类监测,鱼类,尤其是斑马鱼和鲫鱼等,也是敏感的水质指标。此外,两栖动物、软体动物和海鸟等也可用于环境监测<sup>[3]</sup>。

## 2 生物技术在水环境检测中的应用优势

### 2.1 经济效益显著

相较于理化检测手段,生物监测技术在成本上更具优势。由于只需简单的设备,设备能在各种条件下运作,因此在经济实用性方面表现出色。

### 2.2 直观性明显

理化检测通常针对特定化学物质,其检测过程复杂,生物种类选择有限,需要多步骤实验。然而,生物检测技术则直观得多,直接通过生物行为揭示污染状态,甚至对未知污染物有预警功能。因此,检测人员能更直观依据生物规律解析污染源及水质的动态变化<sup>[4]</sup>。

### 2.3 持续监测能力

生物检测技术具备持续监控水质的能力,不同于理化检测的间歇性检查。通过长期的生物监测数据,工作人员可以掌握水质变化的走向,也能洞察多种污染物共存时水体质量的变化情况。

## 3 生物技术在水环境监测中的应用

### 3.1 细菌监测

#### 3.1.1 硝化细菌法

常见的硝化过程涉及亚硝酸菌和硝酸菌的参与,在水环境中执行硝化任务,将氨态氮转化为亚硝酸盐和硝酸盐。然而,如果水质受到污染,硝化过程的氧化还原反应可能会受阻,导致中间产物和最终产物在水中的浓度显著下降。因此,监测水体中亚硝酸盐和硝酸盐的浓度至关重要,因为能间接评估水体中的氮含量,进而实现对水环境质量的有效评估<sup>[5]</sup>。

#### 3.1.2 发光细菌法

发光细菌体内蕴含荧光酶等化合物,在特定的生化反应过程中,经由细胞内酶的催化,参与氧化还原过程,进而释放出蓝绿色的光。通常,当细菌在适宜的生化环境下,其生物活性和发光强度均表现出较高水平。然而,一旦发光细菌暴露于受污染的水体,其荧光强度会显著减弱。例如,农药的存在会抑制发光细菌的生物活性,而重金属则可能对细胞壁造成损伤。利用发光细菌法,通过测量其发光强度来评估污染物的浓度,并通过连续监测不同时间点的发光变化,以此推断水质的整体毒性状况。

#### 3.1.3 氧化亚铁硫杆菌法

亚铁硫杆菌能生活在酸性条件下,利用氨氮作为氮素,对水中存在的有机污染物进行监测。同时,还可抑制亚铁硫杆菌的呼吸功能,从而导致氧气消耗减少。

### 3.2 藻类监测

#### 3.2.1 原理

水生生态系统内,藻类植物构成了生态金字塔的基础,对水体内的生物多样性和分布起着决定性作用。微小生物种类丰富,当氮、磷等营养物质在水中过量时,会导致水体富营养化,进而刺激藻类吸收养分并迅速增殖。在重度污染区域,藻类种群的密度往往极高,且与水体中的氮含量显示出明显的正相关性,能吸附并转化水中的氮、磷为有机物质。然而,如果水体含有农药、石油、重金属等有害物质,藻类的生存将受到严重干扰,农药可能导致生物膜受损,有机体会妨碍光合作用和呼吸过程,而重金属则可能干扰藻类的正常代谢和蛋白质合成,导致藻类中毒死亡。同时,某些藻类本身也是污染源,比如蓝藻在特定条件下可产生有毒的蓝藻毒素,人若摄入被毒素污染的水,诱发肠胃和脾脏的严重疾病,甚至危及生命。因此,藻类的生长状况既揭示了水体污染的状态,也间接表明了水体污染的复杂性和污染物类型。此外,藻类监测仍存在局限性,因为主要存在于水体表层,难以全面评估整个水体的环境状况。另外,藻类具有强适应性,长期在污染环境中生存可能提高其耐受性,影响监测的精确性。

#### 3.2.2 方法

第一、叶绿素测量法。藻类中的叶绿素发挥着光合作用,一旦水质遭受污染,光合作用的过程将出现变动,进而影响植物的增殖速率。光合作用的状态,通过叶绿素的荧光特性展现,因此,利用叶绿素荧光分析技术,能探测叶绿素分子荧光强度的变动,并据此评估植物的光合生理健康状况,进一步推断水体遭受重金属污染的程度。除此之外,吸光法和分光光度法也是监测植物叶绿素含量的有效方法。

第二、藻类遥感监测。藻类的叶绿素含量差异影响其光谱特性,遥感技术借此差异,追踪藻类叶绿素水平的变化。通过解析叶绿素特有的光谱属性,估算其浓度,并结合光学遥感技术,识别人工无法直接观测到的藻类种类及其分布范围。随后,运用计算机技术对相关数据进行深度分析,揭示水体中藻类随时间和空间的变化模式,提升对水质状况的科学监控效率。

### 3.3 鱼类监测

#### 3.3.1 鱼类监测的应用

在生物监测领域内,鱼类监测发挥着重要作用,因其对水质污染的敏锐反应。当水质发生变化,污染物会干扰鱼类的生理代谢,引起生活习性、种群结构以及生理活动的一系列变动。鱼类的响应同样可映射出水污染对人类健康的影响。通过直接观察或利用监测系统,可以捕捉到鱼类行为模式和种群结构的转变,同时,代谢速率、呼吸频率和血糖水平等生理指标也易于测量。在环境监测实践中,某些鱼类品种对污染物特别敏感,如死亡率、逆流行为、呼吸频率、鳃的活动、逃避反应和电脉冲等指标常被纳入监测范围。例如,斑马鱼因其繁殖力强,其生长表现可类比人类的生长发育,并且对毒素高度敏感,常用于毒性测试;红鲤鱼在中国广泛分布,其种群形态会随水体性质改变;青鳉鱼则以极度敏感的水环境响应闻名,常用于急性毒性的评估。

水中污染物的存在会促使鱼类的抗氧化酶防御体系发生调整,其中,生物体内的乙酰胆碱酯酶对有机磷类农药表现出显著反应,该酶在神经传递中扮演关键角色,直接影响鱼类的行为表现。在各种污染程度的水环境中,鱼类的行为模式会发生相应的变异,通过监测系统得以观察和记录。在监测鱼类运动模式时,平均游速、速度分布、平均游动高度和相互间的距离等参数是评估行为的关键指标,鱼类的活动频率也能通过专业设备准确记录。

### 3.3.2 鱼类行为分析与信号获取

水生生物的行为模式,可通过电子信号的检测探索,以揭示其在水环境中的具体特征。电子信号检测以其即时性和精确性,与图像处理技术协同工作,能实现鱼类的行为追踪、状态解析和种群识别等功能。视觉处理技术能依据图像资料,描绘出鱼群的移动路径并实施追踪,计算机将进一步估算鱼类在水中活动的速度、体态等特性。信号捕获涉及对鱼类的生存状态、顺流性、鳃部活动以及避害反应等关键指标的监控。当鱼类因水污染死亡时,系统能即时发出警告。污染水体可能干扰鱼类的逆流习性,导致鳃部异常呼吸,并触发逃避行为,鱼类会尝试避开污染区域,聚集在清洁水域。此外,游动速度和摆动频率的异常变化也是鱼类对污染响应的信号,相关行为参数可通过电子信号获取,从而实现了对水质的有效监控和预警。

### 3.4 水蚤监测

水蚤,作为微小的浮游生物,构成水生生态系统的关键环节,以藻类为食,同时自身成为鱼类等水生动物的食物源。因此,水蚤在食物链中占据重要地位,对环境变化特别是毒素的反应极其敏锐,加上其快速繁殖和短暂的生命周期,使其成为水污染监测的理想生物指标。即使在微量的毒素水平下,如毫克级别的毒物,也能对水蚤的生存构成威胁,比如农药能干扰其DNA转录,影响正常生长;而重金属则可能引起水蚤体内蛋白酶的变性,导致中毒并最终死亡。各种水体污染物对水蚤的致命效果显著,且不同污染物的毒性效果各有差异,如水蚤对含磷农药等特定污染物特别敏感。因此,通过观察和研究水蚤的生活状态,可评估水

体污染的类型和程度。技术人员通常通过采集水蚤样本,并利用蚤类毒性仪测量其在设备中的平均活动距离和速度等参数,以此详细分析水质状况,适用于高度敏感的毒性检测需求。

### 3.5 其他生物技术

大型底栖生物群落包含一系列物种,如蜉蝣、蜻蜓、贝类和蠕虫,在水环境监测中发挥着重要作用。蜻蜓和蜉蝣倾向于在清澈的水域周围活动,而水污染会显著威胁其生存条件。相反,摇蚊幼虫往往在受污染较重的水体周边繁衍,常隐藏于污水沉积物中,对重金属和有机污染物等有害物质特别敏感。当水体出现富营养化,有机物质增加,促进了浮游生物的快速繁殖,为摇蚊幼虫提供了丰富的食物来源,导致其数量激增。通过监测底栖生物,如蜉蝣、蜻蜓和摇蚊幼虫的数量变化、空间分布和时间动态,可评估水体污染程度及腐殖质的分布状况。BI指数和Saprobic指数是常见的用来衡量相关变化的指标。

## 4 结束语

综上所述,水环境监测广泛采用生物监测技术,涉及细菌、浮游生物、鱼类、河床生物以及藻类等多种生物方法。每种水生生物对污染的敏感度各异,故此,生物监测依赖于生物生存状况的观察,评估水质的真实状况。随着科技的持续进步,生物监测技术有待整合创新技术,以减少外部因素对其影响,增强监测的可靠性和精确性。

### [参考文献]

- [1]王瑞娟.环境保护生物技术在水环境监测中的应用研究[J].皮革制作与环保科技,2022,3(24):33-35.
- [2]翟赛赛,张乃文.生物技术在水环境监测中的应用[J].中国高科技,2022(4):122-123.
- [3]张硕.试析生物技术在水环境监测中的应用[J].科学与财富,2021,13(14):99.
- [4]杨振雄.水环境监测中的生物监测技术[J].皮革制作与环保科技,2022,3(23):49-51,54.
- [5]梁智伟.生物监测在水环境监测中的应用研究[J].区域治理,2022(32):180-183.