

Discussion on the Causes of Urban River Black and Odorous Water Pollution and Treatment Technology

Sijin Wang

Baoding Minke Environmental Testing Co., Ltd., Baoding, Hebei, 071000, China

Abstract

As urbanization advances, cities face severe challenges in water environment management. Black and odorous water bodies, as a critical issue, not only compromise river ecosystems but also degrade urban landscapes and living conditions, posing direct threats to public health and socio-economic development. Addressing this problem has thus become an urgent environmental priority. This study investigates the complex causes of water pollution, analyzes the mechanisms of point-source, non-point-source, and endogenous pollution, and proposes a comprehensive management approach based on precise diagnosis. Guided by the principles of "source control, systematic governance, and ecological restoration," the research provides theoretical references and practical solutions for tackling black and odorous water pollution.

Keywords

Urban river; Black and odorous water body; Pollution causes; treatment technologies; Management strategies

探讨城市河道黑臭水体污染原因以及治理技术

王思进

保定市民科环境检测有限公司, 中国·河北保定 071000

摘要

随着城市化进程的持续推进,城市水环境面临着严峻的挑战,黑臭水体作为重点问题,不仅影响着河流生态系统的健康,也损害城市景观以及人居环境,更加直接威胁公共健康与社会经济发展,因此该问题的治理已经成为当前急需解决的重大环境问题。本文通过分析导致水体黑臭的复杂成因,分析点源、面源和内源污染的作用机制,通过综合分析提出遵循“源头控制、系统治理、生态修复”的原则,构建基于精准诊断的综合治理技术。通过分析黑臭水体污染原因和综合治理技术,为解决该问题提供了理论参考和实践依据。

关键词

城市河道;黑臭水体;污染原因;治理技术;管理对策

1 引言

改革开放以来,中国经历了大规模、高速度的城市化发展,随着城市人口激增、产业高速聚集在创造现阶段经济与社会效益的同时,对城市水环境系统也带来了极大的压力。自《水污染防治行动计划》(水十条)将黑臭水体治理列为重要目标以来,全国范围的整治行动虽然取得阶段性成果,但其反复性、复杂性表明,这一问题仍是城市化进程中水环境系统性失衡的集中体现,其根治依然面临严峻的挑战。黑臭水体并非一个科学定义,而是一种对污染水体的感官描述,根据国家相关技术导则,城市黑臭水体通常是指由于过量接纳污染物,在缺氧或厌氧条件下,通过复杂的生物化学作用,导致水体颜色呈黑色或泛黑色,并散发刺激性、

令人不悦臭味的水体。黑臭水体的存在,导致生态系统破坏、公共健康风险、城市形成与经济发展受损,因此本研究通过深入分析城市河道黑臭水体的污染成因与治理技术,旨在为城市管理者、环境工程师提供一份关于黑臭水体的综合性治理参考意见。

2 城市河道黑臭水体的形成机理与污染成因

2.1 黑臭现象形成的生物化学机制

黑臭的本质是水体生态系统崩溃后,在缺氧/厌氧环境中发生的异常生物化学过程的感官体现。

有机污染物的好氧/厌氧分解过程。当大量的有机污染物进入水体后,微生物的分解作用是主要归宿。溶解氧充足的情况下,好氧微生物主导分解过程,将有机物最终矿化为二氧化碳、水、硝酸盐等稳定有机物,该过程耗氧但不产生恶臭。然而,当污染物负荷远超过水体复氧能力,溶解氧被迅速消耗殆尽后,环境转变为厌氧状态。此时,厌氧微生物

【作者简介】王思进(1992—),女,中国河北石家庄人,本科,工程师,从事环境检测研究。

与兼性微生物成为主力，启动发酵、酸化和产甲烷等厌氧消化过程。这一系列反应不彻底、速率慢，并且会产生大量中间代谢产物，为黑臭物质的形成提供直接前体^[1]。

致黑物质的形成。水体变黑主要与金属硫化特别是硫化亚铁(FeS)的生成有关。厌氧条件下，硫酸盐还原菌利用有机物作为电子供体，将水中的硫酸盐(SO₄²⁻)还原为硫化氢(H₂S)。同时，水体和底泥中通常含有丰富的铁元素，多以三价铁(Fe³⁺)形式存在。生成的H₂S与游离的Fe²⁺反应，生成FeS。FeS是一种极细的黑色胶体或沉淀物，能稳定悬浮在水中或吸附在颗粒物表面，导致水体呈现黑色或灰黑色。而且，悬浮的有机颗粒、腐殖质以及藻类死亡残骸的聚集，也会加深水体的颜色。

致臭物质的产生。恶臭是多种挥发性、有气味物质共同作用的结果。主要包括：(1)硫化氢类物质。由于产生了硫酸盐还原菌，因此会有臭鸡蛋味。酸性条件下，H₂S会以气体形式释放。(2)氨类物质。含氮有机物比如蛋白质、尿素在厌氧氨化作用下形成氨(NH₃)。氨溶于水产生铵根(NH₄⁺)，但在pH较高、温度较高的时候，NH₃的比例增加，容易挥发产生刺鼻的氨臭味。(3)挥发性有机硫化物。比如甲硫醇、二甲二硫等，主要来源于含硫氨基酸在厌氧条件下的微生物分解，其嗅阈值较低，即便浓度很低也能产生强烈的腐败恶臭^[2]。

2.2 主要污染源分析

黑臭是“问题”，其背后的原因是复杂、多元的。

点源污染。造成这一问题的主要原因为生活污水直排，这是城市恶臭水体最普遍、最主要的成因，部分老城区、城乡结合部存在管网空白区，生活污水直排入河。更常见的原因是由于管网老化破损、承载力不足或管理不善，导致污水在雨天通过合流制溢流口或检查井溢流到河道中，产生污染。除此以外，工业废水非法排放也是一大原因，部分企业尤其是监管薄弱的小微企业，存在偷排、漏排或不达标排放现象，工业废水可能含有难降解有机物、有毒物质或高浓度盐分，不仅加剧好氧，还可能抑制微生物生态，导致水体恢复困难。见图1。



图1 黑臭水体污染

面源污染。城市不透水地面比例较高，降雨初期形成

的径流冲刷并且携带了大量地表污染物，包括颗粒物、油脂、重金属、营养盐等，形成污染负荷巨大的“初期雨水”，通过雨水口直接排入河道，这也是雨后河道黑臭复发的原因。还有城郊结合部的农业排水问题，城市扩展区，残留的农田或散养畜禽的废水径流，含有高浓度的化肥、农药和畜禽粪便，这些进入城市水系后则是重要的污染因素。

内源污染。在外源污染长期作用下，大量污染物沉积在河底，形成富含有机物、氮、磷和重金属的污染底泥。在外源污染初步控制后，随着环境变化比如温度升高等，底泥中的污染物会向上释放，持续供养藻类、消耗氧气，成为引发水体黑臭的内因^[3]。同时，在污染治理过程中，如果种植的水生植物管理不当，季节性衰亡的残体若未及时处理，会在水中腐烂分解，短期内大量耗氧并且释放污染物，可能引发局部甚至全河段黑臭。

3 黑臭水体治理技术分析

3.1 控源截污技术

管网系统工程。这是控源截污的基础设施核心，包括：

(1)雨污分流改造。新建区域必须严格执行，新旧城区逐步改造，从源头杜绝雨污混流对水体的冲击。(2)破损管网修复与截污纳管。全面排查并且修复存在渗漏、错接、混接的管网，对沿河直排口进行截流，确保污水全部纳入收集系统。

污水处理厂提标扩容与优化运行。确保收集到的污水得到高效处理，通过体制改造使出水水质满足更高标准，并通过扩容处理能力避免污水溢流。将达标尾水作为稳定的生态补水水源，构建“污水处理厂-人工湿地-河湖”的生态循环链^[4]。

初期雨水处理与面源污染控制技术。针对难以完全收集的面源污染，结合海绵城市理念采取低影响开发技术。比如，建设雨水花园、下沉式绿地、植草沟等，渗透并初步净化初期雨水，从源头上实现削减；在雨水入河口构建植被缓冲带或前置塘，比如陵水金聪河项目构建不同层级的植被缓冲带，有效拦截了面源污染物进入河道。

3.2 内源治理技术

底泥环保疏浚技术与处理。底泥污染较严重的时候，环保疏浚是快速消除内源污染的有效手段，关键技术在于防止疏浚过程中污染物扩散和疏浚底泥的安全处理。具体包括：(1)清淤。包括干式清淤、半干式清淤、湿式机械清淤等。结合河道条件、底泥性质和环保要求选择合适的清淤技术，比如两栖式清淤机适用于浅水和硬质底泥，而绞吸式清淤船能连续作业，适合大面积清淤但需注意扩散控制。(2)底泥处置与资源化。清淤产生的高含水率泥浆经过脱水、稳定化处理，处理后的底泥可根据其污染程度与成分，用于园林绿化用土、路基回填等操作，实现了资源化利用^[5]。

底泥原位覆盖/钝化技术。不适合大规模清理或进行清

理后的辅助操作的项目,可采用原位覆盖技术。通过在污染底泥的表面铺设砂石、改性黏土或活性材料等,物理阻隔底泥的污染物释放。该技术成本低、操作简单,但无法彻底根除污染物,因此选择时需谨慎。

4 结合案例分析综合治理模式

4.1 案例分析

为了反应不同地域、不同成因下黑臭水体治理的复杂性,因此本文选择北方缺失性城市 A、南方雨源性污染严重的城市 B。城市 A 流经中心城区南部的重要

排水、行洪河道,全长 68.5 公里,服务人口密集。黑臭历史是快速城市化进程中环境问题的缩影,随着城市扩张,大量生活污水和工业废水直排入河,导致河道生态功能丧失。每到夏季,厌氧发酵产生的气体会将黑臭底泥翻搅上翻,刺鼻难闻。城市 B 是该地区流域面积最大的河涌,主涌长 18.6 公里,流经大量城中村和繁华城区,人口与产业高度密集。污染特点为:点源与面源污染交织,南方多雨的气候下,黑臭问题尤为突出。

4.2 “一河一策”综合治理模式的构建

根据上述案例分析,结合中国各地的实践经验,构建一个普适性的“一河一策”综合治理模式框架,该框架强调动态闭环管理,流程图见图 2。

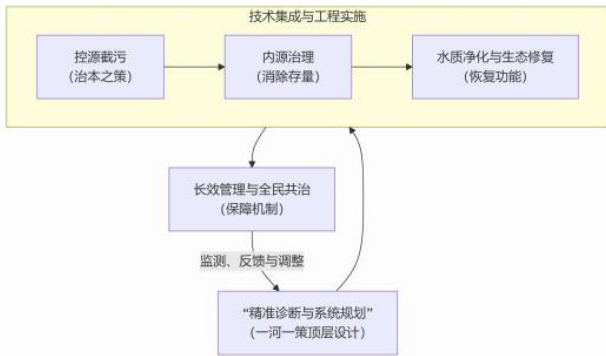


图 2 一河一策综合治理模式流程图

精准诊断与系统规划。作为综合治理模式的起点,需要采取多种方法开展全区域、地毯式排查,彻底摸清污染源、水系特点、环境容量和社会经济条件。然后进行跨部门、跨区域的系统规划,制定兼具技术可行性与经济可持续性的个性化综合治理方案。

技术集成与工程实施。严格秉承着“控源截污、内源治理、水质净化、生态修复”的原则,建设完善、高效的污水收集处理系统(厂-网-河一体化),并严格执法监管,从源头减少污染物入河;根据底泥污染程度和场地条件,科学选择环保疏浚或原位生态修复技术,消除内部污染源;综合运用人工湿地、生态浮岛、水生植物群落构建等技术,重建健康的水生态系统,恢复自净能力。

5 结语

城市黑臭水体的根治,本质在于要重视城市发展模式的转型,因此只有坚持“绿水青山就是金山银山”的理念,通过精准判断-技术集成的综合治理模式,才可以彻底根治黑臭水体并且预防黑臭问题的复发,改善河流的生态环境,提高城市居民的生活质量。城市黑臭水体治理是一项复杂工程,不仅是技术难题,也是对城市管理模式的考验,未来需要重视水生态健康的恢复,推动城市发展与水环境承载力的协调共生。

参考文献

- [1] 周天,陈舸,徐煜娇,袁婧.城市河道黑臭水体污染治理技术初探[J].广州化工,2017,45(22):117-119.
- [2] 樊亮亮.城市河道黑臭水体污染治理技术探析[J].环境与发展,2018,30(6):62-63.
- [3] 周倜,张强,梅宝中.城市河道黑臭水体污染治理技术研究[J].环境与发展,2020,32(1):83-83+85.
- [4] 林海.论城市河道黑臭水体污染治理技术[J].环境与发展,2020,32(2):72-72+74.
- [5] 冯强,易境,刘书敏,赵风斌,张杰,柴晓利.城市黑臭水体污染现状、治理技术与对策[J].环境工程,2020,38(8):82-88.