

# 城市黑臭水体成因识别与系统化治理路径研究

梁红玉

南阳市生态环境局镇平分局 河南 南阳 474250

**摘要:** 随着城市化进程加速推进,城市黑臭水体问题愈发凸显。本文聚焦城市黑臭水体问题,深入开展成因识别与系统化治理路径研究。通过剖析相关理论基础,全面梳理城市黑臭水体成因,涵盖外源污染、内源污染、水动力条件差以及水体热污染等方面。在此基础上,针对性地提出系统化治理路径,包括精准截控外源污染、有效治理内源污染、优化改善水动力条件、修复重建水体生态以及建立健全长效监管机制等。旨在为城市黑臭水体的有效治理提供科学依据与可行方案,助力城市生态环境改善与可持续发展。

**关键词:** 城市黑臭水体;成因识别;系统化治理

引言:城市黑臭水体作为城市环境中的突出问题,严重影响居民生活质量与城市生态形象。随着城市化进程加速,大量污水排放、垃圾倾倒等行为,致使城市水体污染日益严重,黑臭现象频发。这不仅破坏了水生态系统平衡,还对城市空气质量产生负面影响,引发公众广泛关注。当前,城市黑臭水体治理迫在眉睫,然而其成因复杂多样,治理难度较大。因此,深入探究城市黑臭水体成因,并探寻系统化治理路径,对于提升城市水环境质量、打造宜居城市具有重要意义,也是当前城市环境治理领域亟待解决的关键课题。

## 1 城市黑臭水体相关理论基础

城市黑臭水体的形成与治理涉及多学科交叉的理论基础,其核心机制可归纳为以下三个方面:(1)有机污染物的耗氧分解与缺氧环境形成是黑臭水体形成的物质基础。当大量有机物(如糖类、蛋白质、脂肪等)排入水体后,好氧微生物通过分解作用将其转化为二氧化碳和水,此过程需消耗大量溶解氧。若有机物负荷超过水体自净能力,耗氧速率将远大于复氧速率,导致水体缺氧甚至厌氧。此时,厌氧微生物(如硫酸盐还原菌、产甲烷菌)主导分解过程,产生硫化氢、氨、甲烷等致臭物质,同时将水体中的铁、锰等金属元素还原为硫化亚铁、硫化锰等黑色沉淀物,最终引发水体黑臭。(2)底泥污染物的释放与二次污染是黑臭水体形成的内源驱动。底泥作为水体污染物的“汇”,长期吸附并累积大量有机物、重金属及营养盐。当水体扰动(如水流冲刷、船舶航行)或环境条件变化(如pH、氧化还原电位改变)时,底泥中的污染物可通过解吸、溶解、生物转化等过程重新释放至水体,形成“二次污染”<sup>[1]</sup>。而底泥中富集的氮、磷等营养盐释放后,可能引发水体富营养化,进一步恶化水质。(3)水动力条件不足与热污染是黑臭水

体形成的外部诱因。城市河道硬化、截弯取直等工程措施导致水流速度减缓、水体交换周期延长,污染物难以通过稀释扩散实现自净。同时,工业冷却水、生活污水等高温废水排入水体后,局部水温升高会降低溶解氧饱和度,并加速微生物分解有机物的速率,进一步消耗溶解氧。研究表明,当水温低于8℃或高于35℃时,放线菌分解有机物的活动受到抑制,水体黑臭现象减弱;而在25℃时,放线菌繁殖最活跃,水体黑臭风险显著升高。

## 2 城市黑臭水体成因识别

### 2.1 外源污染

外源污染是城市黑臭水体形成的主要外部驱动因素。工业领域,部分企业环保意识淡薄,生产废水未经有效处理或处理不达标便直接排入城市水体,其中含有的重金属、化学需氧量(COD)、氨氮等污染物严重超标,极大地破坏了水体生态。生活方面,城市人口密集,生活污水排放量大,若污水管网不完善,大量污水就会直排水体。同时,城市垃圾随意丢弃现象普遍,雨水冲刷使垃圾中的污染物进入水体。农业活动中,化肥、农药的过量使用,经地表径流携带进入城市周边水体。这些外源污染物持续输入,超出水体自净能力,导致水体中营养物质过剩,藻类等浮游生物大量繁殖,消耗水中溶解氧,使水体发黑发臭,严重影响城市水环境质量。

### 2.2 内源污染

内源污染在城市黑臭水体形成中起着关键作用。城市水体底部沉积了大量底泥,这些底泥是长期积累的结果,富含有机质、重金属及营养盐等污染物。在正常环境条件下,底泥中的污染物处于相对稳定状态,但当水体环境发生变化,如温度升高、水体受到扰动等,底泥中的污染物就会重新释放到水体中。而且,底泥中的微

生物在分解有机物时,会大量消耗水中的溶解氧,造成水体缺氧。厌氧环境下,微生物分解有机物会产生硫化氢、氨等具有恶臭气味的气体,同时还会生成一些黑色物质,导致水体发黑发臭,严重影响水体的生态功能和景观价值<sup>[2]</sup>。

### 2.3 水动力条件差

水动力条件差是城市黑臭水体形成的重要自然因素。城市中,河道被人工建筑、桥梁等阻隔,河道狭窄且弯曲,导致水流不畅,流速缓慢,甚至出现水流停滞现象。水流缓慢使得水体中的污染物难以通过水流作用扩散和稀释,无法及时被输送到下游或通过水体自净作用去除。同时,缓慢的水流不利于水体与大气进行充分的气体交换,水体复氧能力降低,溶解氧含量下降。当溶解氧含量低于一定水平时,水体中的厌氧微生物就会大量繁殖,分解有机物产生恶臭物质,进而引发水体黑臭。此外,水动力不足还会影响水生生物的生存和繁衍,破坏水体生态系统的平衡。

### 2.4 水体热污染

水体热污染对城市黑臭水体的形成也有不可忽视的影响。城市中,工业生产过程中大量的冷却水未经充分冷却或处理就直接排入自然水体,这些冷却水温度较高,会使受纳水体温度升高。生活污水的排放也会带来一定的热量,进一步加剧水体升温。水温升高会降低水中溶解氧的含量,因为气体溶解度随温度升高而降低,导致水体缺氧。而且,水温升高会加速水体中微生物的代谢活动,尤其是厌氧微生物,它们分解有机物的速度加快,会产生更多如硫化氢、氨等恶臭气体。

## 3 城市黑臭水体系统化治理路径

### 3.1 外源污染精准截控

城市黑臭水体的外源污染精准截控是系统化治理的首要任务,需多管齐下、精准发力。(1)强化污水收集系统建设与完善。对老旧城区,开展全面细致的污水管网排查,修复破损、错接、漏接的管道,确保生活污水应收尽收。在新建城区,严格按照雨污分流原则规划建设管网,从源头上避免污水混入雨水系统。同时,合理布局提升泵站,保障污水能够顺利输送至污水处理厂,防止污水在输送过程中外溢。(2)严格管控工业废水排放。加强对工业企业的环境监管,要求企业安装先进的污水处理设施,并确保其稳定运行,实现废水达标排放。建立工业废水排放动态监测体系,实时掌握企业废水排放的水质、水量等信息。对违规排放的企业,依法进行严厉处罚,形成强大威慑力。此外,鼓励企业开展清洁生产,采用低污染、低能耗的生产工艺,减少废水产生量

和污染物排放量。(3)有效控制地表径流污染。在城市道路、广场等区域,建设雨水收集与净化设施,如雨水花园、下沉式绿地等,对雨水进行初步净化后再排放。在建筑工地,设置沉淀池、洗车槽等,对施工废水进行处理,防止泥沙等污染物随雨水流入水体。同时,加强对城市垃圾的管理,减少垃圾随意丢弃现象,避免垃圾经雨水冲刷进入水体造成污染。

### 3.2 内源污染有效治理

内源污染是城市黑臭水体形成的重要内在因素,有效治理内源污染对改善水体质量至关重要,可从以下三方面着手。(1)精准实施底泥疏浚。长期积累的底泥中含有大量污染物,是内源污染的主要来源。需借助专业设备对水体底泥进行详细勘查,明确其分布、厚度与污染程度,据此制定科学合理的疏浚方案。疏浚过程中,严格控制作业范围与深度,避免过度扰动水体,造成二次污染。疏浚出的底泥要进行妥善处理,可采用无害化处置技术,如高温焚烧、化学稳定化等,降低其危害性,也可将其资源化利用,如制作建筑材料、改良土壤等。(2)合理运用原位修复技术。向底泥中投放特定的微生物菌剂,利用微生物的代谢作用分解底泥中的有机物、重金属等污染物,将其转化为无害或低毒物质。同时,添加化学改良剂,调节底泥的酸碱度和氧化还原电位,抑制有害微生物的生长繁殖,改善底泥的生态环境,增强其自净能力。(3)构建生态护岸体系。摒弃传统的硬质护岸,采用自然原型驳岸、生态袋驳岸等形式,利用植物根系、石块等天然材料增强护岸的稳定性。生态护岸不仅能减少水流对岸坡的冲刷,防止底泥再悬浮,还能为水生生物提供栖息和繁衍的场所,促进水体生态系统的恢复与平衡<sup>[3]</sup>。

### 3.3 水动力条件优化改善

水动力条件对城市水体生态健康影响显著,优化改善水动力条件是黑臭水体治理的关键环节,可从以下三方面推进。(1)打通水系连通脉络。城市中部分水体因人工建设被分割,导致水流不畅。需全面梳理水系状况,通过开挖人工河道、修建连通渠等方式,打破水体间的阻隔,构建完整、通畅的水系网络。例如,将城市内分散的湖泊、池塘与主河道相连,使水体能够自由流动,增加水体的交换频率与范围,促进水资源的合理调配与循环利用,有效改善局部水体的滞留状态。(2)科学调控水位流量。依据水体的功能定位和生态需求,制定合理的水位调控方案。在丰水期,适当提高水位,增强水体的稀释扩散能力;在枯水期,保障水体有足够的生态基流,避免断流干涸。同时,借助水利枢纽工程、闸坝等

设施,精准控制水体的流量和流速,根据不同时段、区域的水质状况,灵活调节水流,为水体生态系统的稳定运行提供适宜的水动力环境。(3)营造多样水流形态。在水体中设置跌水、喷泉、曝气装置等,增加水体的垂流流动和紊动程度,提高水体的溶解氧含量,为好氧微生物的生存和繁殖创造良好条件,加速有机污染物的分解。此外,通过模拟自然水流形态,构建蜿蜒曲折的河道,形成浅滩和深潭,增加水流的复杂性和多样性,提升水体的生态功能。

### 3.4 水体生态修复重建

水体生态修复重建是城市黑臭水体治理的核心目标,旨在恢复水体生态系统的结构与功能,实现水体的自我净化与长期稳定,可从以下三方面开展。(1)重塑水生生物群落。依据水体条件,科学引入适宜的水生植物。沉水植物扎根水底,能吸收水中氮、磷等营养物质,抑制藻类疯长;浮叶植物覆盖水面,可减少阳光直射、降低水温,为水生动物提供栖息场所。同时,投放适量的水生动物,如鲢鱼、鳙鱼等滤食性鱼类,能控制浮游生物数量;螺蛳、河蚌等贝类,可滤食水中悬浮颗粒和有机碎屑,改善水质。通过构建完整的水生生物群落,形成食物链和食物网,增强水体生态稳定性。(2)构建生态驳岸。摒弃传统硬质驳岸,采用自然原型驳岸、生态袋驳岸等形式。利用植物根系、石块等天然材料,增强驳岸抗冲刷能力,防止底泥再悬浮。生态驳岸还能促进水体与陆地间的物质交换和能量流动,为两栖动物、鸟类等提供栖息和繁衍空间,增加水体生态多样性。(3)营造生态浮岛。在水体中设置生态浮岛,种植具有净水功能的水生植物。浮岛不仅能美化水体景观,还能通过植物的吸收、吸附和微生物的降解作用,去除水中的氮、磷等污染物,改善水质,为水体生态修复重建提供有力支持。

### 3.5 长效监管机制建立健全

城市黑臭水体治理成果的巩固,离不开长效监管机制的建立健全,可从以下三方面发力。(1)搭建多元协同监测网络。整合环保、水利等多部门监测资源,同时引入第三方专业监测机构,形成全方位、多层次的监测体

系。利用先进的传感器、无人机等技术手段,对水体水质、水位、流速等指标进行实时动态监测。在重点区域设置自动监测站点,实现数据的自动采集与传输,确保及时发现水体异常变化。(2)强化企业与公众参与监督。鼓励企业建立内部环境管理机制,定期自查自纠,主动公开水体保护相关信息,接受社会监督。设立公众举报奖励制度,拓宽公众参与渠道,通过热线电话、网络平台等方式,方便公众对破坏水体环境的行为进行举报。定期组织公众开放日活动,邀请公众参与水体治理成效评估,提高公众的环保意识和责任感。(3)完善考核问责制度。制定科学合理的考核指标体系,将水体治理成效纳入地方政府绩效考核范畴。对监管不力、治理效果不佳的部门和责任人进行严肃问责。同时,建立激励机制,对在水体长效监管工作中表现突出的单位和个人给予表彰和奖励,充分调动各方积极性,形成长效监管的强大合力<sup>[4]</sup>。

### 结束语

城市黑臭水体成因复杂,外源污染输入、内源污染释放、水动力条件不佳以及生态功能退化等因素相互交织,共同导致水体恶化。通过对其成因的精准识别,我们探索出涵盖外源污染精准截控、内源污染有效治理、水动力条件优化改善、水体生态修复重建以及长效监管机制建立健全的系统化治理路径。这一路径从源头到末端、从短期到长期,全方位、多层次地对黑臭水体进行整治。未来,需持续推进治理工作,不断优化治理技术与方法,巩固治理成果,让城市水体重焕生机,实现人与自然的和谐共生。

### 参考文献

- [1]曾林雯.城市内河流域黑臭水体治理技术探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(22):184-186.
- [2]宋一泉.城市黑臭水体治理的生物生态联合策略研究[J].皮革制作与环保科技,2025,6(13):126-128.
- [3]陈世勇.城市黑臭水体治理与水质长效改善措施研究[J].清洗世界,2025,41(08):73-75.
- [4]邵妍.城市黑臭水体治理中的生态工程措施及其经济性分析[J].清洗世界,2025,41(08):39-41.