

# 污水处理厂对区域生态环境的长期影响分析

潘倩仪

佛山市淳悦环境科技有限公司，广东 佛山 528300

DOI: 10.61369/EAE.2025010010

**摘要：** 本文阐述了污水处理厂多方面的内容。介绍了活性污泥法和膜生物反应器等技术及其问题。探讨了不同区域生态系统对污水处理的敏感性与承载力。分析了污水处理厂尾水排放、污泥处置等对环境的影响，还涉及对生物多样性、碳平衡的影响以及相关工艺优化、运维管理、风险评估、生态补偿等方面，强调构建生态风险管理框架的重要性。

**关键词：** 污水处理厂；生态环境；技术优化

## Long Term Impact Analysis of Sewage Treatment Plants on Regional Ecological Environment

Pan Qianyi

Foshan Chunyue Environmental Technology Co., Ltd. Foshan, Guangdong 528300

**Abstract：** This article elaborates on various aspects of sewage treatment plants. Introduced technologies and issues such as activated sludge process and membrane bioreactor. Explored the sensitivity and carrying capacity of different regional ecosystems to sewage treatment. Analyzed the impact of wastewater treatment plant effluent discharge and sludge disposal on the environment, as well as their impact on biodiversity, carbon balance, and related process optimization, operation and maintenance management, risk assessment, ecological compensation, etc., emphasizing the importance of building an ecological risk management framework.

**Keywords：** sewage treatment plant; ecological environment; technical optimization

### 引言

随着城市化进程的加速，污水处理成为保障生态环境可持续发展的关键环节。2022年发布的《“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划》强调了污水处理在生态环境保护中的重要性。污水处理厂作为污水处理的核心设施，其运行对区域生态环境影响深远。从活性污泥法和膜生物反应器等技术应用的利弊，到不同区域生态系统的敏感性与承载力差异，再到尾水排放、污泥处置、污染物排放对水环境、土壤 - 地下水的影响，以及对生物多样性、温室气体排放等方面的作用，都需要深入研究。同时，基于生态安全的工艺优化、智慧化运维管理、综合风险评估框架构建、生态损益货币化计量模型建立以及三方联动治理模式和差异化生态补偿标准体系制定等措施，对科学应对污水处理厂的影响至关重要。

### 一、污水处理厂运行现状与区域生态特征

#### （一）污水处理技术发展概况

活性污泥法是污水处理中常用的方法，其通过微生物的代谢作用去除污水中的有机污染物。该方法具有处理效果好、运行成本相对较低等优点，在许多污水处理厂得到广泛应用<sup>[1]</sup>。然而，活性污泥法也存在一些技术瓶颈，如污泥膨胀问题可能导致处理效果下降，需要复杂的控制措施来维持系统稳定。膜生物反应器作为一种新兴的污水处理技术，结合了生物处理和膜分离的优势，具有出水水质好、占地面积小等特点。但膜污染问题是其面临的主要挑战，这不仅会增加运行成本，还会影响膜的使用寿命

和处理效率。

#### （二）典型区域生态环境本底分析

不同气候带、水文特征的区域生态系统具有独特的敏感性与承载力特征。在干旱地区，水资源匮乏，生态系统对水的敏感性极高，其承载力也相对较低，污水处理厂的运行可能对有限的水资源产生关键影响<sup>[2]</sup>。湿润地区水资源丰富，但可能面临水质污染对生态系统的冲击问题，其生态系统对水质变化敏感，承载力受水质影响较大。在具有特殊水文特征的区域，如河流交汇处或湿地周边，生态系统更为复杂多样，其敏感性体现在多个方面，包括对水位变化、水质成分等，承载力则取决于多种生态因子的综合作用。

## 二、长期运行对生态环境的多维度影响

### （一）水环境系统累积效应

污水处理厂长期运行尾水排放对水环境系统产生累积效应。尾水排放影响接纳水体自净能力，持续输入的尾水中含有一定量的营养物质及污染物，改变水体的化学组成和物理性质，干扰水体中原有的自净过程，降低其自净效率<sup>[9]</sup>。同时，对微生物群落结构产生渐进式改变。尾水中的成分与原水体不同，长期排放使得微生物生存环境发生变化，一些对环境变化敏感的微生物数量可能减少，而适应新环境的微生物可能逐渐成为优势种，从而改变整个微生物群落结构，影响水体生态系统的物质循环和能量流动等功能。

### （二）土壤-地下水复合污染路径

污水处理厂长期运行中，污泥处置不当是导致土壤-地下水复合污染的重要因素。污泥中含有的重金属等污染物，在雨水冲刷、地表径流等作用下，可能会迁移至土壤中。随着时间推移，这些污染物会在土壤中逐渐积累，并可能通过土壤孔隙等通道进一步下渗至地下水。其污染路径受多种因素影响，如土壤的质地、孔隙度、含水量等，这些因素会影响污染物在土壤中的迁移速度和扩散范围<sup>[4]</sup>。同时，地下水的流动也会使污染范围进一步扩大，导致地下水污染风险在时空上发生演变，对区域生态环境造成长期的潜在威胁。

## 三、生态环境影响的作用机制解析

### （一）污染物迁移转化机理

#### 1. 氮磷元素的生物地球化学循环

污水处理厂排放的污染物中，氮磷是关键成分。在生态环境中，氮磷元素存在复杂的生物地球化学循环过程。氮可通过多种形态（如氨氮、硝态氮等）在水体、土壤和生物间迁移转化。污水处理厂排放的含氮物质进入环境后，会改变原有氮循环的平衡。例如，过量的氨氮可能抑制水生生物的呼吸作用，影响水体生态系统的结构和功能<sup>[5]</sup>。磷元素在环境中主要以正磷酸盐等形式存在，其迁移转化受土壤吸附、解吸以及生物吸收等过程影响。污水处理厂排放的磷可能导致土壤和水体中磷含量升高，引发水体富营养化等问题，进而干扰区域生态系统的氮磷平衡。

#### 2. 新兴污染物的生态毒理效应

药物残留、微塑料等新兴污染物在生态系统中具有复杂的迁移转化过程和生态毒理效应。这些污染物可通过多种途径进入环境，如污水处理厂排放的出水可能含有残留的药物成分以及微塑料颗粒。它们在环境中迁移时，可能会被生物吸收，并随着食物链传递发生生物放大作用。例如，一些水生生物可能会摄取含有污染物的食物，随着营养级的升高，污染物在生物体内的浓度逐渐增加，从而对处于食物链顶端的生物产生更严重的影响，威胁生态系统的平衡和稳定<sup>[6]</sup>。同时，新兴污染物还可能具有独特的生态毒理效应，如干扰生物的内分泌系统、影响生殖能力等。

### （二）生态系统响应机制

#### 1. 水生生物多样性演变趋势

污水处理厂的运行对水生生物多样性有着复杂的影响机制。污水排放改变了水体的物理化学性质，如温度、溶解氧、营养物质含量等，这些变化直接影响水生生物的生存环境<sup>[7]</sup>。一些对环境

变化敏感的物种可能会减少甚至消失，而一些耐污物种则可能趁机大量繁殖，导致生物群落结构发生改变。从生物完整性指数角度来看，水质的变化会反映在生物多样性的多个层面，包括物种丰富度、均匀度以及优势种的变化等。长期而言，这种生物多样性的演变可能会进一步影响生态系统的功能和稳定性，如物质循环和能量流动过程可能受到干扰，最终影响整个区域的生态健康状况。

#### 2. 陆生生态系统间接影响路径

污水处理厂在运行过程中会排放温室气体，这对区域碳平衡产生长期影响。温室气体排放改变了区域内的碳通量，影响了大气中二氧化碳等气体的浓度。一方面，排放的温室气体增加了大气的温室效应，可能导致局部气温升高，进而影响陆生生态系统的气候条件。气温变化会改变植物的生长周期和分布范围，一些物种可能因不适应新的温度环境而减少或消失，影响生态系统的生物多样性。另一方面，碳平衡的改变可能影响土壤中碳的含量和循环，土壤微生物的活动也会随之改变，进一步影响植物对养分的吸收和利用，从而对整个陆生生态系统产生间接影响<sup>[8]</sup>。

## 四、生态环境管理对策与咨询服务体系

### （一）全过程污染防控技术体系

#### 1. 基于生态安全的工艺优化方案

污水处理厂应注重基于生态安全的工艺优化。深度处理技术可进一步去除污水中的污染物，提高出水水质，减少对接纳水体的潜在生态风险<sup>[9]</sup>。例如，采用高级氧化工艺可有效降解难降解有机物。同时，资源回用技术是工艺优化的重要方向。通过膜分离技术等手段，将处理后的污水进一步净化，实现水资源的回用，用于工业冷却、城市绿化等，提高水资源的利用效率，降低对新鲜水资源的依赖，从而在保障生态安全的同时，实现污水处理厂的可持续发展。

#### 2. 智慧化运维管理系统

污水处理厂的智慧化运维管理系统对于提高处理效率和降低环境风险至关重要。设计融合物联网与大数据的水质预警平台架构是关键举措之一<sup>[10]</sup>。通过物联网技术，可实时监测污水处理过程中的各项参数，如水质指标、流量、设备运行状态等。将这些数据传输至大数据平台进行分析处理，能够及时发现异常情况并发出预警。这有助于运营人员快速采取措施，避免污染事故的发生。同时，基于大数据分析结果，可以对污水处理厂的运行进行优化，提高处理效果，减少能源消耗和化学药剂的使用，实现更加可持续的污水处理运营模式。

### （二）生态环境影响评估方法

#### 1. 长期生态风险评价模型

为准确评估污水处理厂对区域生态环境的长期影响，需开发包含时空异质性的综合风险评估框架作为长期生态风险评价模型的一部分。考虑生态系统的复杂性和动态变化，时空异质性的纳入至关重要。在空间维度上，需分析污水处理厂不同区域以及周边不同地理位置的生态环境特征差异。在时间维度上，要研究长

期过程中生态环境指标的变化趋势。通过整合多源数据,包括水质、土壤、生物群落等方面的数据,结合先进的数学模型和分析方法,对污水处理厂运营过程中可能产生的生态风险进行量化评估,从而为生态环境管理对策的制定和咨询服务体系的完善提供科学依据。

## 2. 生态系统服务价值核算

污水处理厂对区域生态环境的影响涉及多个方面,在生态系统服务价值核算中,需建立污水处理设施生态损益的货币化计量模型。这一模型应综合考虑污水处理厂运行过程中对生态系统各项服务功能的影响。例如,对水资源净化服务价值的改变,原本受污染的水体经处理后水质提升,带来一定的正向价值;而在土地利用方面,污水处理厂的建设占用土地,可能导致该区域原有生态系统提供的如栖息地服务等价值降低。通过对这些不同方面的生态服务价值进行量化,并以货币形式体现,能够更直观地评估污水处理厂对区域生态环境的长期影响,为合理规划和管理工作提供科学依据。

### (三) 环境管理决策支持系统

#### 1. 多主体协同治理机制

构建政府-企业-公众三方联动的环境治理新模式是解决污水处理厂对区域生态环境长期影响的关键。政府应制定严格的环境政策和监管措施,确保污水处理厂达标排放,同时加大对环保产业的扶持力度。企业作为污水处理的主体,要积极采用先进的污水处理技术,提高污水处理效率,减少污染物排放。公众则应增强环保意识,积极参与环境监督,对污水处理厂的运行情况进行监督和反馈。通过三方协同治理,可以形成强大的合力,共同应对污水处理厂对区域生态环境的长期影响,实现区域生态环境

的可持续发展。

## 2. 生态补偿制度设计

制定基于环境容量的差异化生态补偿标准体系是生态补偿制度设计的关键。需综合考虑污水处理厂所在区域的环境容量,包括水体自净能力、土壤承载能力等。对于环境容量较大的区域,补偿标准可相对较低,而对于环境容量较小且生态脆弱的区域,应提高补偿标准。同时,要精确评估污水处理厂的排放对区域生态环境各要素的影响程度,以此为依据确定不同要素对应的补偿权重。例如,对水体生态系统造成的影响权重可能高于对局部大气环境的影响权重。通过科学合理地构建这一标准体系,能更有效地激励污水处理厂积极采取措施减少对区域生态环境的长期影响,实现生态环境的可持续发展。

## 五、总结

污水处理厂对区域生态环境存在多方面长期影响。从水质改善来看,长期稳定运行可有效净化污水,减少污染物排放,改善水体环境,对水生生态系统的稳定和生物多样性保护具有积极意义。在土壤方面,合理的污水排放和处理可避免土壤污染,保障土壤生态功能。然而,其运行过程中也可能存在潜在风险,如处理不当可能导致二次污染等。为应对这些影响,需构建包含技术革新、制度完善和公众参与的生态风险管理框架。技术革新可提高污水处理效率和质量,制度完善能确保污水处理厂规范运行,公众参与可加强监督和环保意识,从而为环境管理部门提供科学决策依据,实现区域生态环境的可持续发展。

## 参考文献

- [1] 李大. 污水处理厂提标改造技术对生态环境的改善研究 [J]. 房地产导刊, 2023(8): 3-5.
- [2] 戴毅. L市某污水处理厂一期工程设计方案及技术研究 [D]. 哈尔滨工程大学, 2018.
- [3] 冯泽. 山阳县污水处理厂二期工程工艺设计研究 [D]. 长安大学, 2017.
- [4] 张玉涛. 进水盐度波动对污水处理厂处理效果的影响 [D]. 哈尔滨工业大学, 2015.
- [5] 谷得明, 郭昌胜, 冯启言, 等. 精神活性物质在北京市某污水处理厂中的污染特征与生态风险 [J]. 环境科学研究, 2020, 33(3): 659-667.
- [6] 陈庆荣. 污水处理厂废气多层次处理方法研究 [J]. 绿色科技, 2021, 23(2): 135-136.
- [7] 刘竞春. 关于污水处理厂废气多层次处理方法的研究 [J]. 资源节约与环保, 2020(7): 126.
- [8] 张建兵. 关于污水处理厂废气多层次处理方法的研究 [J]. 中小企业管理与科技, 2014(12): 115-116.
- [9] 康敬鹏. 滨海新区城镇污水处理厂施工技术优化与投资控制措施 [J]. 城市建设理论研究(电子版), 2015, 5(14): 1919-1920.
- [10] 郑星宇, 何华, 黄康. 某区域生活污水处理厂工艺设计 [J]. 广东化工, 2019, 46(22): 114-115.