

Strategic Optimization for Establishing a Comprehensive Water Pollution Prevention and Control System in Industrial Parks

Na Zhang

Xinjiang Chuangyu Water Resources and Environmental Technology Co., Ltd., Yili, Xinjiang, 835000, China

Abstract

With the rapid development of industrial parks, water pollution has become a critical challenge to regional ecological security and sustainable development. Traditional end-of-pipe treatment models struggle to address the complex composition and hidden risks of industrial wastewater. This study focuses on water pollution prevention and control in industrial parks, aiming to overcome the limitations of linear passive treatment. It proposes an optimized strategy centered on the "source-process-end-support" four-dimensional synergy, establishing an operational framework for industrial park water pollution prevention and control systems. This framework provides systematic solutions for environmental management in industrial parks. The system emphasizes reducing pollution at the source through strengthened industrial access and clean production, achieving precise process interruption via smart pipeline networks and intelligent supervision, transforming end-of-pipe facilities into "resource factories" to enhance quality and efficiency, and providing long-term support through institutional innovation and multi-stakeholder governance. This research systematically integrates technical, managerial, and institutional elements to offer theoretical foundations and practical guidance for industrial parks to achieve green, low-carbon transformation and high-quality development.

Keywords

Industrial park; water pollution; Whole-process prevention and control; Intelligent supervision; Multi-stakeholder governance

工业园区水污染全过程防控体系的构建策略优化研究

张娜

新疆创禹水利环境科技有限公司, 中国·新疆伊犁 835000

摘要

随着工业园区快速发展,其水污染已成为制约区域生态安全与可持续发展的严峻挑战。传统末端治理模式难以应对工业废水成分复杂、风险隐蔽的特性。为此,本文聚焦于工业园区水污染防控,旨在突破线性被动治理的局限,提出以“源头—过程—末端—保障”四维协同为核心的优化策略,构建可操作的工业园区水污染防控体系框架,为园区环境管理提供系统化解方案。该体系强调通过强化产业准入与清洁生产实现源头减量,依托智慧管网与智慧监管实现过程精准阻断,推动末端设施向“资源工厂”转型实现提质增效,并以制度创新与多元共治提供长效支撑。该研究旨在系统整合技术、管理与制度要素,为工业园区实现绿色低碳转型与高质量发展提供理论依据与实践指引。

关键词

工业园区;水污染;全过程防控;智慧监管;多元共治

1 引言

随着我国生态文明建设的深入推进,水污染防治攻坚战已进入系统治理、精准施策的新阶段。《中共中央国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》等国家最新政策明确要求,推动工业污染源全面达标排放,并强化工业园区环境风险管控,这为工业园区水环境管理指明了方向。传统治理模式聚焦末端,难以适应工业废水成分复杂、风险隐蔽的特点,局部水环境压力依然严峻。因此,突破线性被动治理的

局限,构建覆盖“源头—过程—末端—保障”的全过程、系统化防控体系,不仅是落实国家政策的具体体现,更是破解园区发展与环境保护矛盾、推动产业绿色转型升级、实现高质量发展的内在要求与紧迫任务。本文旨在系统分析当前工业园区水污染防控中的关键短板,探索全过程防控体系的优化路径,以期为园区水环境管理提供理论支撑与实践指导。

2 工业园区水污染防控的必要性

工业园区水污染全过程防控体系构建,因传统末端治理模式应对复杂工业污染失效,也是新发展阶段工业与环境协调发展的必然选择。工业化背景下,水环境容量制约园区可持续发展,许多园区早期规划未考量生态承载力,粗放生

【作者简介】张娜(1991—),女,中国河南人,本科,中级,从事环境工程研究。

产与碎片化管理致水资源过度消耗、污染物叠加排放,使局部流域陷入恶性循环。全过程防控可突破线性被动治理困境,将水环境保护要求融入园区规划、企业生产、运营管理及区域协同全过程,实现水环境治理从“事后补救”到“全程介入”的转变。这不仅是技术路径改变,更是发展理念革新,通过源头预防、过程控制、系统治理,促使园区向绿色、循环、低碳的生态产业共同体演进。面对水资源短缺和水质安全保障压力,构建全涵盖、精细化、智能化的全过程防控体系,是保障区域水安全、增强产业竞争力、实现高质量发展的内在需求和紧迫任务。

3 工业园区水污染的深层危害

3.1 生态系统完整性的侵蚀与瓦解

工业园区排放的废水成分复杂,其所含的持久性有机污染物、重金属离子及难降解化学物质,能在水生环境中长期存留并不断累积,对受纳水体生态系统造成渐进性、结构性的破坏。这些污染物首先通过食物链在不同营养级生物体内富集,干扰水生生物的生理代谢与生殖功能,导致生物多样性降低、种群结构失衡,最终瓦解水域生态系统的稳定与完整。污染物质沉降进入底泥后形成长期内源污染,即便外部排放得以控制,仍可能在环境条件变化时重新释放,造成持续危害(图1)。污染物随水循环进入地下水系统,将对战略水源储备构成难以逆转的威胁。此外,受污染水体用于农业灌溉,污染物通过土壤-作物系统迁移,破坏土壤微生物群落结构与功能,损害土地生态健康。



图1 工业园区水污染对生态系统的影响示意图

3.2 公共健康与社会发展的隐性威胁

工业园区水污染通过直接与间接途径,对公共健康构成严重持久威胁。污染物进入饮用水源,部分有毒有害物质难被常规工艺完全去除,长期饮用会增加患病风险,如重金属蓄积损害神经与脏器功能,某些有机物有致癌、致畸潜在危害。食用受污染的水产品与农作物,污染物经食物链富集进入人体,健康影响潜伏期长、关联复杂,危害深远却易被忽视(如图2)。在社会经济层面,水污染加剧水资源短缺与

利用矛盾,引发资源争夺,影响社会稳定。治理污染、保障供水安全需投入巨额财政资源,挤占其他民生与发展资金。受污染区域生态恶化,导致地产贬值、旅游业萎缩、投资吸引力减弱,制约地方经济可持续发展。重大水污染事件还会损害政府公信力与企业社会责任形象,削弱社会互信基础。



图2 水污染对公共健康的潜在危害路径图

4 工业园区水污染全过程防控体系的优化策略

全过程防控体系的构建是一项系统工程,其优化策略遵循“源头防控是基础,过程阻断是关键,末端治理是保障,制度创新是支撑”的逻辑,需四者协同推进,形成闭环管理的有机整体。具体优化策略如下:

4.1 源头防控强化准入与工艺革新

优化防控体系的根基在于正本清源,将污染遏止于萌发之初。建立并严格执行基于水环境承载力的园区产业准入与布局负面清单制度是这一理念的核心实践。在园区规划与项目引进的初始阶段,必须开展精细化的水资源论证与水环境影响预评估,从战略层面禁止高耗水、高污染、难治理的产业门类入驻,同时系统性鼓励发展符合生态设计、资源循环要求的绿色产业,这实质上是将环境容量作为珍贵的生产要素进行前置配置。

对于园区内现有企业,推行定期的清洁生产强制审核已成为驱动其内生变革的关键机制,通过系统性评估和标杆比对,敦促企业主动采用无毒或低毒原材料,改进生产工艺与设备,其目的在于从生产线上最大限度地减少废水产生量与污染物初始负荷。具体技术路径包括推广干法或半干法生产工艺以替代传统高耗水的湿法工艺,采用逆流清洗、多级套用等精细化的节水技术,推动实现废水的厂内循环或工序间的梯级利用,从而在源头实现“减量化”和“资源化”。

这一策略的深层逻辑在于通过制度约束与市场激励相结合,将长期被外部化的环境成本有效内化于企业的生产决策过程,引导企业从被动合规的“要我环保”转向主动寻求竞争力提升的“我要环保”,使得源头减量不再仅是环保要求,更成为具有经济理性与可持续发展视野的企业自觉选择,为整个防控体系奠定了坚实且清洁的基础。

4.2 过程阻断完善管网与智慧监管

生产过程中的跑冒滴漏、不达标预处理以及混乱的排水体系，是导致污染物无序排放和管控失效的关键薄弱环节。相应的优化策略必须聚焦于构建一套“分类收集、分质处理、清晰归趋”的园区废水收集与转输物理系统。这要求园区实施彻底且严格的雨污分流、清污分流改造工程，从基础设施上杜绝交叉污染与稀释排放。

对于含有特殊有毒有害污染物如重金属或高浓度有机物的废水，必须强制要求产生企业在车间内进行独立且有效的预处理，确保其达到特定接管标准后，再通过专设管道接入园区集中处理设施，这一措施的核心目的是严防有毒有害物质通过混合稀释规避处理，或对末端集中处理系统造成不可预测的冲击负荷。与此同时，大力建设并深度应用“智慧水环境”管理平台是提升过程监管效能的技术飞跃。通过在关键节点布设自动化监测设备并利用物联网技术实时采集数据，再借助大数据与人工智能技术进行动态分析与智能研判，这个数字化神经中枢能够实现从企业排放口到环境受纳水体的全过程透明化监控。它不仅能对异常排水行为进行即时预警，还能快速进行污染溯源，精准锁定违规排放主体，从而将传统耗时费力的人工巡查转变为高效精准的智能响应。

这种“过程阻断”模式将物理管网的清晰分割与数字监管的智能洞察紧密结合，大幅提升了园区水环境风险的可控性与管理效率，确保了污染物在迁移转化过程中得到有效拦截与控制。

4.3 末端治理提升效能与资源循环

集中式污水处理厂作为防控体系的最后一道实体工程屏障，其功能定位必须从单一的“达标排放”向综合性的“提质增效”与“资源能源回收”战略跃升。针对工业园区混合废水水质复杂、波动性大的特点，技术策略的重点在于推广采用耐冲击负荷强、处理效率高且运行稳定的先进工艺组合，例如将“厌氧-好氧”生物处理单元与高级氧化、高效膜分离等技术进行集成创新，确保出水稳定达到甚至持续优于日益严格的排放标准。

在此基础上，积极探索并实施污水的深度处理与再生利用，将达标尾水通过进一步净化，定向用于园区绿化浇灌、道路洒扫、工业冷却或生态补水，这不仅创造了新的、稳定的替代水源，也显著减少了区域对新鲜水的取用需求，实现了水资源的局部循环。更具前瞻性和变革性的方向是将传统的污水处理厂重构为面向未来的“资源工厂”，通过厌氧消化等工艺回收废水中有机物蕴含的化学能转化为沼气能源，或从处理产生的污泥中提取回收磷等稀缺营养物质，从而推动污染物治理设施从纯粹的“成本中心”向具有“价值产出”潜力的部分转变。

这一转型要求技术创新与商业模式创新并重，例如通过合同能源管理、资源产品收益分享等模式，为末端治理设

施的可持续运营与提质改造注入内生经济动力，使其在完成减排基本任务的同时，贡献于园区的资源能源安全和循环经济发展。

4.4 保障制度的创新与多元共治

技术体系与工程措施的落地与长效运行，从根本上依赖于健全的制度框架与协同的治理结构。优化策略必须着力于制度层面的创新与相关方能力的系统性建设。在立法与标准层面，推动制定或修订更具针对性且更严格的工业园区水污染防治地方性法规与技术标准，清晰界定园区管理机构、入园企业、运营单位及监管部门的法定责任与义务边界，为一切行动提供坚实的法治基础。

在经济手段方面，需要完善与污染物排放总量、排放毒性等直接挂钩的差别化污水处理收费政策，并探索建立水权交易与排污权交易等市场化机制，同时积极运用绿色信贷、环境污染责任保险等金融工具，引导市场资本流向绿色领域，从经济理性上激励企业持续减排。在管理机制上，落实园区环保基础设施的“统一规划、统一建设、统一运营”模式至关重要，这能有效避免多头管理带来的责任推诿与效率损耗，并应建立与企业环境信用评级体系紧密衔接的奖惩联动机制，使评价结果切实影响其信贷获取、项目审批等发展要素。最终，需要构建一个“政府主导、企业主体、社会组织和公众共同参与”的多元共治格局。

通过依法定期公开环境信息、畅通公众监督与举报渠道、引入第三方专业机构开展独立评估以及持续进行环保宣传教育等方式，将社会各方关注的压力有效转化为园区绿色转型与污染防治的持续推动力。

5 结语

工业园区水污染全过程防控体系的构建与优化是一项复杂的系统工程。它超越了单纯的技术升级，是发展理念、管理模式和治理结构的深刻变革。从源头预防到过程严控，从末端资源化到制度长效化，各个环节环环相扣，共同构成了一个有机整体。这一体系的成功实施，能够有效降低环境风险，提升水资源利用效率，增强园区产业竞争力，最终服务于区域生态安全与经济社会可持续发展的长远目标。展望未来，持续推动技术创新、制度创新和多元共治模式的深化，将是该体系不断成熟和完善的关键所在。

参考文献

- [1] 本刊讯.工业园区水污染物排放标准征求意见稿[J].中国石油化工, 2025(6).
- [2] 孙晶晶.六安市各工业园区土壤及地下水污染状况调查及分析[J]. 2023.
- [3] 薛山.工业园区污水处理现状与问题[J].有色冶金节能, 2023(005):039.
- [4] 齐童.石油化学工业废水中污染物可协同处理性研究[D].中国环境科学研究院,2023.