

新形势下城市污水处理及环境保护问题研究

吴 秀

江苏润生水处理产业有限公司 江苏 宿迁 223800

摘 要：新形势下，城市污水处理面临排放标准升级、技术瓶颈、资金短缺及管理滞后等挑战。传统工艺能耗高、资源化效率低，新兴污染物去除难，跨区域治理协同不足。研究提出低碳化、智慧化、生态化技术创新方向，通过低碳源脱氮、物联网监控、人工湿地构建等技术提升处理效能，同时建议完善排污许可与生态补偿机制、推广EOD模式、强化多主体协同治理，以实现污水资源化与城市生态韧性提升。

关键词：新形势；城市污水处理；环境保护问题

引言：在新发展阶段，城市污水处理作为生态环境保护的核心领域，正面临排放标准趋严、新兴污染物管控难度升级、资源循环利用率低等挑战。传统处理模式受限于高能耗、低效能及跨区域协同不足等问题，难以满足绿色发展与“双碳”目标要求。本研究聚焦技术革新、管理优化与政策协同，探索低碳化、智慧化、生态化转型路径，为破解城市水环境治理困境、推动可持续发展提供理论支撑与实践参考。

1 新形势下城市污水处理的核心挑战

1.1 政策与规划层面

(1) 排放标准升级（如准Ⅳ类水标准）对处理工艺的挑战显著。准Ⅳ类水标准在COD、氨氮、总磷等指标上要求更严苛，多数现有污水处理厂需对工艺进行升级改造，如增加深度处理单元，这不仅带来高额的改造资金投入，还可能导致处理流程延长、运维复杂度提升，部分老旧厂区甚至面临用地紧张无法扩容的困境。(2) 分散式污水治理与集中式管网的协调存在难题。分散式处理设施（如小区小型处理站）虽能解决局部污水直排问题，但与集中式管网衔接时，易出现水质水量不稳定、重复建设浪费资源等情况，且两者在运维标准、监管体系上缺乏统一规范，难以形成治理合力。(3) 跨区域流域治理的权责划分问题突出。流域污水治理涉及多个行政区域，上下游、左右岸在污染责任认定、治理资金分摊、水质达标考核等方面易产生分歧，部分地区存在“上游污染、下游买单”的现象，导致治理方案推进缓慢、协同效果不佳。

1.2 技术层面

(1) 传统活性污泥法的能耗与碳足迹问题亟待解决。该工艺需持续曝气、回流污泥，能耗占污水处理厂总能耗的60%以上，且运行过程中会产生大量温室气体，与“双碳”目标存在差距，节能降耗技术改造需求迫

切。(2) 新兴污染物的去除面临技术瓶颈。现有常规处理工艺对这类污染物的去除率不足30%，且缺乏经济高效的专项处理技术，部分污染物随出水排放或进入污泥，存在二次污染风险，相关技术研发需加速推进。(3) 资源化利用的效率与成本失衡。中水回用需建设专用输配管网，前期投入大，且回用率受用水需求、水质标准限制；污泥资源化（如制有机肥、焚烧发电）存在重金属超标、处理成本高的问题，产业化推广难度较大^[1]。

1.3 管理与运营层面

(1) 污水处理费价格机制与市场化存在矛盾。当前部分地区污水处理费标准低于实际运营成本，企业盈利空间有限，且价格调整机制僵化，难以适应市场化运营需求，影响社会资本参与积极性。(2) 公众参与度低与环保意识不足产生不利影响。公众对污水处理流程、环境效益认知有限，存在向管网偷排污水的行为，且对中水回用、污泥处置存在抵触情绪，不利于治理工作推进。(3) 极端天气对设施韧性构成考验。部分污水处理厂位于低洼区域，暴雨时易进水淹没设备，导致处理能力下降；同时，雨水混入污水管网造成水量骤增，超出处理负荷，影响出水水质。

2 新形势下城市污水处理技术创新方向

2.1 低碳化技术

(1) 低碳源脱氮除磷工艺成为重要突破方向。传统脱氮工艺需消耗大量碳源（如甲醇），且反应流程长，而短程硝化反硝化工艺通过控制溶解氧、温度等条件，将氨氮直接转化为亚硝酸氮再进行反硝化，可减少30%的碳源消耗和40%的能耗，同时缩短反应时间，降低占地面积。该工艺已在我国部分缺水地区污水处理厂应用，如深圳某污水处理厂采用该技术后，碳源投加量减少28%，运行成本显著降低，尤其适用于低碳源污水（如生活污水碳氮比失衡场景），为“双碳”目标下的污水处理提

供了高效解决方案^[2]。(2) 污泥厌氧消化与生物质能利用技术加速产业化落地。污泥中含有大量有机质,通过厌氧消化工艺可产生沼气(主要成分为甲烷),经提纯后可作为清洁能源用于发电、供暖,剩余沼渣还可进一步加工为生物炭或有机肥。例如,上海某污水处理厂建成污泥厌氧消化系统,日处理污泥800吨,年产沼气1200万立方米,满足厂区30%的用电需求,同时减少污泥填埋量90%。该技术不仅解决了污泥处置难题,还实现了“变废为宝”,但需进一步优化预处理工艺(如超声波破解污泥),提升有机质降解率,降低运行成本。

2.2 智慧化技术

(1) 物联网与大数据在运行监控中的应用实现精准运维。通过在污水处理厂的进水口、曝气池、出水口等关键节点安装传感器,实时采集水质(COD、氨氮浓度)、水量、设备运行参数(如曝气风量、水泵转速)等数据,借助大数据平台进行分析建模,可提前预警水质异常、设备故障,优化运行参数。例如,杭州某污水处理厂引入物联网监控系统后,通过数据分析调整曝气强度,使能耗降低15%,同时将出水水质达标率稳定在99.5%以上。此外,该技术还能实现远程监控与无人值守,减少人工成本,提升管理效率,但需加强数据安全防护,避免信息泄露。(2) 数字孪生技术为处理流程优化提供可视化工具。通过构建污水处理厂的数字孪生模型,模拟不同进水水质、运行参数下的处理效果,可快速验证工艺改进方案的可行性,减少实体试验成本。例如,苏州某污水处理厂运用数字孪生技术,模拟暴雨天气下的水量变化,优化管网调蓄策略,使暴雨期间处理负荷波动幅度降低40%,避免了出水水质超标。该技术还能结合AI算法,实现处理流程的动态优化,如根据实时进水浓度自动调整药剂投加量,进一步提升处理效率,但对数据精度和模型构建技术要求较高,目前在中小污水处理厂的推广应用仍需突破技术门槛^[3]。

2.3 生态化技术

(1) 人工湿地与生态缓冲带构建打造“绿色处理屏障”。人工湿地通过水生植物(如芦苇、美人蕉)、微生物、基质的协同作用,对污水中的有机物、氮磷进行吸附、降解,出水水质可达到准Ⅳ类标准,且建设成本仅为传统污水处理厂的50%。同时,在河流、湖泊沿岸构建生态缓冲带,种植本土水生植物,可拦截地表径流中的污染物,减少污水入河量。例如,武汉某湖泊周边建设1.2公里人工湿地与生态缓冲带,每年减少入湖COD排放量300吨,湖泊水质由劣Ⅴ类提升至Ⅳ类,还形成了生态景观,兼具环境效益与社会效益。(2) 自然解决方

案(Nature-based Solutions)的融合推动治理模式升级。该方案通过整合自然生态系统功能,如利用河道自然净化能力、土壤渗透作用处理污水,减少人工设施建设。例如,成都某流域治理项目采用“河道生态修复+透水铺装+坑塘湿地”组合模式,将雨水、污水通过自然系统层层净化,不仅降低了处理成本,还恢复了流域生态多样性,鸟类、水生生物数量较治理前增加50%。这种技术注重与自然共生,可有效提升污水处理的可持续性,但需结合区域生态特征进行定制化设计,避免盲目复制导致生态破坏。

3 环境保护视角下的城市污水处理综合治理策略

3.1 政策与制度优化

(1) 完善排污许可制度与生态补偿机制是强化环境监管的核心抓手。排污许可制度需进一步细化管控要求,将工业企业、餐饮机构、小区物业等各类排污主体纳入统一管理,明确污水排放浓度、总量限值及监测频次,对超许可排放行为实施按日计罚、信用惩戒等严厉措施,从源头遏制违法排污。生态补偿机制则需建立“谁受益、谁补偿,谁污染、谁付费”的量化标准,例如跨流域地区可根据水质达标情况、污染贡献度核算补偿金额,上游地区若水质优于考核标准,下游地区需支付生态补偿资金;反之,上游地区需承担污染赔偿责任。目前,该机制已在长江、黄河流域部分省份试点,如河南与山东建立黄河流域横向生态补偿协议,2024年河南因水质达标获得山东补偿资金1.2亿元,有效激发了流域污染治理积极性。(2) 推动EOD模式为污水处理注入市场化活力。EOD模式通过将污水处理与周边土地开发、文旅产业、清洁能源等收益项目捆绑,形成“环境治理+产业收益”的良性循环,破解资金短缺难题。例如,江苏某园区采用EOD模式建设污水处理厂,同步开发周边生态湿地旅游、中水回用灌溉农田等项目,污水处理厂运营成本通过旅游门票收入、农田灌溉收费补足,不仅实现污水达标排放,还带动区域经济发展。未来需进一步完善EOD项目审批流程,明确收益分配机制,吸引社会资本参与,同时加强项目全生命周期监管,避免重开发、轻治理的倾向^[4]。

3.2 多主体协同治理

(1) 明确政府-企业-公众三方责任划分是构建治理体系的关键。政府需承担监管主导责任,制定完善的政策标准、加大执法力度,同时提供财政补贴、技术指导等支持;污水处理企业需履行主体责任,确保设施正常运行、出水水质达标,主动开展技术改造与资源化利用,如北京某污水处理企业投入5000万元升级低碳处理工

艺,年减少碳排放2万吨;公众需履行监督与参与责任,通过“随手拍”举报偷排行为、参与环保公益活动,同时践行低碳生活方式,减少污水排放量。此外,可建立三方沟通协商机制,如定期召开座谈会,邀请企业、公众代表参与污水处理规划制定,提升治理方案的科学性与认可度。(2)建立跨部门数据共享与联合执法机制打破治理壁垒。目前,污水处理涉及生态环境、住建、水利、城管等多个部门,数据分散、信息不通导致监管效率低下。需搭建统一的智慧监管平台,整合各部门水质监测数据、企业排污数据、管网建设数据等,实现“一网通查、实时共享”。同时,开展跨部门联合执法行动,如每月由生态环境局牵头,联合住建局、城管委对污水处理厂、排污企业进行突击检查,对发现的违法问题联合下达整改通知书,明确整改时限与责任部门,避免推诿扯皮。例如,广东某市通过跨部门联合执法,2024年查处偷排污水案件32起,较上年减少40%,执法效率显著提升。

3.3 韧性城市建设与应急管理

(1)加强极端天气下的设施抗风险设计提升污水处理韧性。针对暴雨内涝问题,污水处理厂需优化选址,避开低洼区域;对现有厂区进行防洪改造,如加高围墙、建设排水泵站,配备防水淹的电气设备,如上海某污水处理厂投入8000万元改造防洪设施,2024年台风暴雨期间未出现设备进水故障,处理能力保持稳定。同时,对污水管网进行升级,采用抗沉降、大口径管材,在易积水路段建设溢流控制井,减少雨水混入管网,降低处理负荷压力。此外,需结合气象数据,制定不同等级极端天气的应急预案,明确应急响应流程、人员分工与物资调配方案^[5]。(2)推广应急储备池与模块化处理设备应用强化应急保障能力。应急储备池可在暴雨、企

业突发排污等情况下暂存污水,避免污水直排,如深圳在河流沿岸建设10座应急储备池,总容积达5万立方米,2024年暴雨期间暂存污水3.8万立方米,有效保护了河道水质。模块化处理设备具有体积小、安装快、机动性强的优势,可在污水处理厂故障、突发污染事件时快速投用,如江苏配备20套移动式模块化污水处理设备,单套设备日处理能力500吨,2024年某污水处理厂设备故障时,通过启用模块化设备,确保污水零直排。未来需扩大应急储备池建设规模,优化模块化设备布局,同时加强设备维护与操作人员培训,提升应急响应速度。

结束语

新形势下,城市污水处理与环境保护的协同发展已成为推动生态文明建设的核心命题。本研究表明,唯有通过技术创新实现低碳化处理、管理优化强化智慧化监管、政策协同构建跨区域治理体系,方能破解当前资源约束与效能提升的双重困境。未来需进一步深化产学研融合,推动EOD模式落地,强化公众参与机制,以实现污水处理从末端治理向全生命周期生态管理的转型,为城市可持续发展筑牢绿色根基。

参考文献

- [1]何洁.浅谈城市污水处理在环境保护工程中的重要性[J].皮革制作与环保科技,2021,(17):53-54.
- [2]窦荣鹏.城市环境保护中的污水治理问题与对策[J].清洗世界,2023,(3):170-172.
- [3]陈克非.城市污水处理技术在环境保护中的作用研究[J].造纸装备及材料,2024,53(06):139-141.
- [4]刘焱.关于环境工程中城市污水处理的分析[J].石材,2024,(06):120-122.
- [5]王宇秀,赵志远.环境工程中城市污水处理的优化对策探析[J].清洗世界,2024,40(05):111-113.