

城市污水处理在环境工程中的应用研究

张 斌¹ 李春艳² 刘孟媛³

1,2. 包头市生态环境信息中心 内蒙古 包头 014000

3. 包头市生态安全屏障研究中心 内蒙古 包头 014000

摘 要：城市污水处理是环境工程的核心环节，涉及污染物去除、水质改善与资源化利用。本文系统分析了城市污水的来源、特性及处理目标，阐述了物理、化学、生物等主流技术原理，并探讨了污水处理在水环境治理、水资源循环、固体废弃物协同处置及生态系统保护中的应用。研究提出技术创新、管理优化与经济激励等策略，展望了高效节能、智能化与低碳化的发展趋势，为城市可持续发展提供理论支撑。

关键词：城市污水处理；环境工程；应用研究；优化策略；发展趋势

引言：随着城市化进程加速，城市污水排放量激增，对水环境、生态系统及水资源安全构成严重威胁。城市污水处理作为环境工程的核心环节，承担着污染物去除、水质改善与资源回用的多重使命。本文从基础理论出发，结合环境工程实践需求，分析污水处理技术体系及其在生态修复、资源循环中的协同效应，为城市水环境治理提供科学依据与技术路径。

1 城市污水处理基础理论

1.1 城市污水的来源与特性

城市污水构成复杂，主要源于生活污水、工业废水与初期雨水。生活污水由居民日常洗涤、冲刷、餐饮等活动产生，含有大量有机物、氮磷营养物质及微生物。工业废水因行业差异，成分变化极大，化工行业废水含重金属、有毒有机物，食品加工废水则以高浓度有机物为特征。初期雨水径流冲刷城市地表，裹挟道路灰尘、油污、垃圾碎屑等污染物进入排水系统。从物理特性看，城市污水呈现浑浊状态，带有悬浮物、漂浮物，存在不同程度异味。化学特性方面，污水中的化学需氧量（COD）表征可被化学氧化剂氧化的有机物含量，生化需氧量（BOD）反映微生物可分解有机物的量，两者数值高意味着污水中有机物污染严重。氨氮含量是衡量污水氮污染程度的重要指标，过高会引发水体富营养化^[1]。污水中还可能含有重金属离子、酸碱物质等。生物特性上，污水含有大量细菌、病毒、寄生虫卵等病原微生物，未经处理排放会对人体健康和生态环境构成威胁。

1.2 城市污水处理的目标与原则

城市污水处理目标聚焦污染物去除、水质改善与水资源回用。首要任务是通过处理技术，降低污水中有机物、氮磷、重金属等污染物浓度，使处理后水质达到排放标准，避免污染受纳水体。水质改善旨在提升水体生

态功能，恢复河流、湖泊自净能力，维持水生生态系统平衡。水资源回用则是将处理后的污水再生利用，用于工业冷却、城市绿化、道路冲洗等，缓解水资源短缺问题。城市污水处理遵循经济性、有效性、可持续性、安全性原则。经济性要求在满足处理效果前提下，合理选择处理工艺和设备，降低建设与运行成本。有效性强调根据污水水质特点和处理目标，精准匹配处理技术，确保污染物高效去除。可持续性注重污水处理全流程的资源节约与环境友好，减少能源消耗，实现污泥等废弃物资源化利用。安全性体现在保障处理工艺稳定运行，避免处理过程产生二次污染，确保处理后水质符合回用或排放要求。

1.3 城市污水处理的主要技术类型

物理处理技术通过物理作用分离污水中悬浮物和漂浮物。格栅由一组平行的金属栅条组成，拦截污水中较大固体杂物；筛网用于截留较小粒径悬浮物。沉淀技术利用重力作用，使污水中悬浮颗粒沉降于池底，实现固液分离；气浮技术则通过向污水中通入空气，产生微小气泡，使悬浮物附着其上上浮至水面去除，常用于处理含油废水和疏水性悬浮物。化学处理技术借助化学反应改变污染物性质或存在形态。中和处理针对酸性或碱性废水，通过投加碱性或酸性药剂调节pH值，使其达到中性。化学沉淀通过添加沉淀剂，与污水中重金属离子或溶解性盐类反应，生成难溶性沉淀物去除污染物。氧化还原技术利用强氧化剂或还原剂，将污水中有害有毒污染物转化为无害或低毒物质，常用于处理含氰、含酚废水。生物处理技术利用微生物代谢活动降解污水中有机物。活性污泥法以悬浮生长的微生物群体构成活性污泥，在曝气池中与污水充分混合接触，微生物吸附、分解有机物；生物膜法则使微生物附着生长在固体载体表

面形成生物膜，污水流经生物膜时，有机物被微生物降解。厌氧生物处理法在无氧条件下，利用厌氧微生物分解污水中有机物，产生沼气，该方法适用于处理高浓度有机废水，且运行能耗低，但处理时间较长。

2 城市污水处理在环境工程中的具体应用

2.1 在城市水环境治理中的应用

城市污水处理对改善水体水质、恢复水生态功能发挥关键作用。经处理的污水去除大部分污染物后排放，有效降低受纳水体的有机负荷与营养盐浓度，遏制水体富营养化进程，使水体透明度提升、溶解氧含量增加，为水生生物营造适宜生存环境。污水处理厂出水排放影响受纳水体水质，需采取控制措施。通过优化污水处理工艺，提升污染物去除效率，严格执行排放标准，控制氮、磷等关键污染物排放浓度；在受纳水体周边建设生态缓冲带，利用植物与土壤的过滤、吸附作用进一步净化水质，减少对水体生态系统的冲击^[2]。城市污水处理与城市水系规划、水景观建设紧密结合。在城市水系规划中，根据水体功能定位与环境容量，合理布局污水处理厂及配套管网，确保污水收集与处理全覆盖。水景观建设融入污水处理理念，将处理达标后的中水引入景观水体，通过生态湿地、人工湖等景观设施的生态净化作用，实现水资源循环利用与景观美化双重目标，形成兼具生态功能与观赏价值的城市水环境。

2.2 在城市水资源循环利用中的应用

城市污水处理后回用是缓解水资源短缺的重要途径，具有必要性与可行性。随着城市用水需求增长，水资源供需矛盾加剧，污水回用可开辟“第二水源”，减少对新鲜水资源的依赖。污水处理技术发展使污水达到回用标准成为可能，且部分回用水水质要求相对较低，进一步提升回用可行性。城市污水回用存在多种途径。工业用水领域，处理后的污水可用于对水质要求不高的工业冷却、洗涤环节，替代新鲜水资源，降低企业生产成本。农业灌溉方面，回用水为农田提供稳定水源，满足作物生长需求，但需关注回用水中盐分、重金属等物质对土壤与作物的潜在影响。城市杂用包括道路冲洗、绿化浇灌等，利用回用水既能节约水资源，又能降低城市供水压力。景观补水将回用水注入城市景观水体，维持水体景观效果，提升城市生态品质。污水回用面临技术、经济和管理问题。技术上，需解决回用水水质稳定性、微生物安全等问题，开发高效、稳定的深度处理技术；经济层面，污水处理与回用设施建设投资大、运行成本高，影响回用经济性，可通过政策补贴、优化工艺降低成本。管理方面，涉及多部门协调、水质监管等难

题，需建立统一管理机制，完善水质监测体系，保障回用水安全合理利用。

2.3 在城市固体废弃物处理处置中的协同应用

城市污水处理衍生的污泥等固体废弃物特性复杂。污泥以高含水率为显著特征，庞大的体积增加处理与运输难度，其内部成分繁杂，包含大量有机物、重金属离子以及病原微生物。若处置失当，不仅会污染土壤、水体，还可能通过微生物传播引发健康风险。目前，污泥处理处置技术丰富多元，浓缩与脱水技术通过物理手段降低污泥含水量，缩小体积，为后续深度处理创造条件；厌氧消化过程借助微生物分解，实现污泥稳定化，产生的沼气可作为清洁能源利用；堆肥技术将污泥转化为富含养分的有机肥料；焚烧处理则能大幅度削减污泥体积，高温环境下有效杀灭病原微生物。城市污水处理与城市垃圾处理、土壤修复间存在紧密协同关系。污泥与城市有机垃圾混合堆肥时，垃圾中的碳源可有效调节污泥碳氮比，促进微生物代谢，提升堆肥效率与质量。在土壤修复领域，经无害化处理的污泥可作为土壤改良剂，改善土壤孔隙结构，增加保水保肥能力，提升土壤肥力^[3]。但协同应用伴随潜在风险，污泥中重金属可能在土壤中长期累积，影响土壤生态平衡与农作物安全；混合处理过程中还可能释放硫化氢、氨气等有害气体。为此，需采取系列防控措施，通过化学药剂进行污泥重金属稳定化处理，优化混合处理工艺参数，构建完善的环境监测体系，动态监控处理过程，最大限度降低环境风险。

2.4 在城市生态系统保护与修复中的应用

城市污水处理是维系城市生态系统稳定的关键环节，对生物多样性保护起着不可替代的作用。当污水经处理达标排放，水体中过量的污染物得以清除，原本因污染受损的鱼类栖息地、水生植物生长区域得到恢复，鱼类能够正常繁衍，水生植物蓬勃生长，整个水体生态链由此保持稳定。例如，水生昆虫作为鱼类的食物来源，其种群数量与水质密切相关，水质改善后，昆虫数量回升，进而保障鱼类生存，维持生态系统的生物多样性。污水处理与城市绿地建设、湿地保护的协同合作，构建起多层次生态净化体系。在污水处理厂周边规划绿地，种植芦苇、菖蒲等耐污植物，这些植物根系不仅能够吸附污水中的有害物质，还为微生物提供附着空间，形成根际微生物群落，进一步分解污染物。人工湿地与污水处理工艺相结合，通过植物、基质和微生物的共同作用，实现污水深度净化。人工湿地营造的浅水环境与丰富植被，成为鸟类觅食、昆虫栖息的理想场所，极大地丰富了城市生物多样性。污水处理在城市微气候调节

方面同样成效显著。处理后的中水用于城市绿化灌溉,使得绿地植被生长更为茂盛,大面积的植物蒸腾作用持续调节空气湿度与温度。将回用水引入景观水体,打造城市亲水空间,水的持续蒸发散热有效降低周边区域温度,缓解城市热岛效应。

3 城市污水处理在环境工程中应用的优化策略与发展趋势

3.1 优化策略

技术创新围绕新型技术研发与现有工艺革新。探索纳米材料对微量重金属及有机污染物的吸附处理,开发微生物燃料电池实现污水处理与能源回收并行。对传统工艺,改进曝气系统、优化生物反应池结构,提升活性污泥法效率;引入智能控制系统,依水质数据动态调整处理参数。管理改进以统一管理、严格监管为抓手。设立统一管理机构整合分散职能,消除管理盲区。利用在线监测设备实时监控出水水质,对违规排放严肃处理;定期评估污水处理厂运行状况,针对性提出整改。培养专业人才,引入先进管理经验,优化运营流程。经济激励依靠政府投入与市场机制结合。加大财政投入保障污水处理设施建设与改造,完善污水处理费征收标准,确保运营成本补偿^[4]。推行特许经营、PPP模式吸引社会资本,借助市场竞争提升运营效率,减轻政府财政负担。社会参与注重宣传教育与平台搭建。通过社区讲座、媒体宣传普及污水处理知识,增强公众环保意识。开放污水处理设施参观,设立意见反馈渠道,鼓励公众参与。以税收优惠等政策吸引社会资本投资捐赠,形成全民参与格局。

3.2 发展趋势

污水处理技术朝着高效、节能、智能化方向不断迈进。研发更具针对性的处理工艺,实现对不同类型污染物的精准高效去除;优化处理流程,降低能源消耗,利用太阳能、风能等清洁能源驱动污水处理设备运行。依托物联网、大数据、人工智能技术,构建智能管理系

统,实时感知污水水质水量变化,自动调控处理设备运行参数,实现污水处理全流程自动化、精准化控制。污水处理与资源化利用、生态环保呈现深度融合趋势。将处理后的污水进一步深度净化,回用于工业生产、城市杂用等领域,实现水资源循环利用;提取污水中氮、磷等营养物质,制成有机肥料,实现废物资源化。采用生态湿地、人工生态浮岛等生态处理技术,将污水处理与生态修复相结合,在净化污水的同时,改善周边生态环境,构建良性生态系统。在全球气候变化背景下,污水处理需提升抗风险能力并推进低碳转型。优化管网设计,增强污水处理设施应对极端天气引发的水质水量波动的能力,提升设施抗灾性能。积极探索低碳处理工艺,降低污水处理过程中的碳排放;加强对污水中温室气体排放的管控,研发相关处理技术,实现污水处理与气候保护协同发展。

结束语

城市污水处理是环境工程中实现水资源可持续利用与生态保护的核心手段。通过技术创新、管理优化与资源化利用,污水处理系统在污染物去除、水质改善及生态修复中发挥了关键作用。未来需进一步推动智能化、低碳化技术应用,强化多领域协同,提升系统抗风险能力,实现污水处理与环境保护的深度融合,为城市绿色发展提供坚实保障。

参考文献

- [1] 汝晓艳.污水处理过程中自动化控制技术的研究[J].仪器仪表用户,2025,32(4):24-26.
- [2] 史文瑶.城市污水处理厂建设工程项目管理模式实践分析[J].中国科技纵横,2025(2):101-103.
- [3] 刘超,彭彩霞,郑小敏,等.关于市政给排水工程污水处理技术的思考[J].中国水运,2024,24(20):131-133.
- [4] 赵建芳,何林钰.污水处理在环境保护工程中的应用研究[J].清洗世界,2023,39(1):122-124.