

探讨环境工程中的城市废水处理技术

吕敏娟

中环广源环境工程技术有限公司

DOI:10.32629/eep.v9i3.3124

[摘要] 城市废水处理对于保障水环境安全、公共健康而言是非常关键的环节。本文有条理地梳理了沉淀法、混凝法还有活性污泥法等主流处理技术的原理特点、适用范围,剖析了当前该行业所面临的技术升级方面的压力、运行成本方面的限制,探讨了达成技术优化、成本管控、监管加强、公众参与的综合应用想法,从而为城镇污水处理设施的提质增效、可持续发展给予理论方面的参考、实践方面的途径。

[关键词] 环境工程; 城市废水; 处理技术

中图分类号: D922.68 文献标识码: A

Exploring Urban Wastewater Treatment Technologies in Environmental Engineering

Minjuan Lv

Zhonghuan Guangyuan Environmental Engineering Technology Co., Ltd

[Abstract] Urban wastewater treatment is a crucial link in ensuring water environment safety and public health. This article systematically summarizes the principles, characteristics, and scope of application of mainstream treatment technologies such as sedimentation, coagulation, and activated sludge processes. It analyzes the pressure of technological upgrading and the limitations of operating costs faced by the industry, and explores the comprehensive application ideas of achieving technological optimization, cost control, strengthened supervision, and public participation. This provides theoretical references and practical approaches for improving the quality, efficiency, and sustainable development of urban sewage treatment facilities.

[Key words] environmental engineering; Urban wastewater; Processing technology

伴随城市化进程加快,城市人口密度、产业集聚程度一直在上升,随之而来的生活污水和工业废水量每年都在增加,给受纳水体的环境容量带来了压力。要是城市废水没有经过妥善处理就直接排入河流或者湖泊,会让溶解氧快速下降,使水生生态系统退化。环境工程是一门以解决实际环境问题为方向的应用学科,它的一项核心任务就是研发并优化城市废水的收集、处理、再生回用技术模式。

1 环境工程概述

环境工程是一门基于生态学和工程学交叉地带发展起来的应用学科,它主要依靠物理、化学、生物学的基础原理,搭建能够让人工干预和自然循环相互协调的技术系统,以此减轻人类活动给水环境、大气环境、土壤环境带来的负面效应。这门学科的研究范围包括污染控制工程、环境修复工程、资源循环利用工程这三个方面,既关联着城镇污水处理、工业废气净化、固体废物处置等传统的末端治理技术,还拓展到环境系统模拟、生态风险评估、清洁生产设计等前端预防领域。

2 城市废水处理现状

目前我国城市废水处理行业正处在从规模扩张向质量提高转变的关键时期。城镇污水处理厂的覆盖率、处理总量已经达到了比较高的水准,不过进水水质特性的复杂化与出水标准的严苛化形成了明显的技术压力。传统以活性污泥法作为核心的生物处理工艺依旧占据着主导位置,它在应对低碳氮比、高浓度工业废水冲击的时候暴露出脱氮除磷效率低、污泥产量大、运行能耗高等固有缺点。虽然膜生物反应器、厌氧氨氧化、反硝化滤池等新技术在新建或者提标改造项目中逐渐被应用,可是高昂的基建投资与运维成本限制了它们的普及速度。污水收集管网系统存在的先天不足,像是合流制与分流制混接、管道老化渗漏、雨污混流等问题,致使进水水量水质出现剧烈波动,严重阻碍处理单元的稳定运行。在“双碳”目标的约束之下,行业正面临着从“污染物去除”朝着“能源工厂”转型的迫切需要,污泥厌氧消化产沼气、污水源热泵余热回收、再生水多元回用等资源化路径的探索刚刚兴起,然而智能化监测预警系统的覆盖率不够、全流程能效优化模型的工程化应用滞后,仍然是制约行业高质量发展的突出瓶颈^[1]。

3 环境工程中的城市废水处理技术

3.1 沉淀法

沉淀法属于城市废水处理中应用非常广泛的物理分离技术,它的原理是借助悬浮颗粒跟水体之间存在的密度差异,在重力场发挥作用的情况下达成固液两相的自然分离。这项技术的核心设备是沉淀池,依据水流方向能够分成平流式、竖流式、辐流式这三种构型。平流式沉淀池适用于大流量的场景,其长宽比的设计能够保证水流稳定,防止出现短流的情况。竖流式沉淀池占地面积比较小,不过对上升流速的控制要求比较严格。辐流式沉淀池是通过中心进水周边出水或者周边进水中心出水的配水方式,再配合刮泥机的缓慢旋转来实现污泥的连续收集。沉淀法的效能很大程度上取决于颗粒的沉降特性。对于那些粒径大于0.1毫米、密度比水大很多的砂粒、无机颗粒而言,其去除效率能够达到95%以上。然而对于胶体状有机物和细小悬浮物来说,仅仅依靠重力沉降很难实现有效的分离,需要在前面进行混凝处理,以此来改善沉降性能。沉淀池的设计参数有表面水力负荷、沉淀时间,前者体现单位面积的处理能力,后者决定颗粒分离的充分程度,这两者需要依据进水悬浮物浓度和出水要求来进行权衡优化处理。该技术具有运行能耗非常低、操作管理简便、对水质水量波动适应性强等优势,不足之处在于占地面积较大、对溶解性污染物没有去除能力、排泥含水率高致使后续污泥处理负荷加重,在现代污水处理厂中一般作为预处理或者一级处理单元,与后续生物处理工艺形成串联组合。

3.2 混凝法

混凝法属于物化处理技术范畴,借助添加化学药剂的方式来破坏胶体稳定性,推动细小颗粒聚集变大。其作用机理是压缩双电层、吸附电中和、吸附架桥、网捕卷扫这四种模式共同叠加发挥功效。常用的混凝剂包括铝盐和铁盐,硫酸铝、聚合氯化铝适宜在pH呈中性至弱碱性的条件下使用,三氯化铁、硫酸亚铁在低温低浊水质中展现出更好的混凝效果。近些年来,高分子混凝剂像聚丙烯酰胺作为助凝剂的应用越来越普遍,它的长链分子结构能够切实强化絮体的沉降性能、脱水特性。混凝工艺完整流程涵盖药剂溶解配制、快速混合、慢速絮凝、沉淀分离这四个阶段。快速混合阶段的搅拌强度要能够使药剂均匀分散开来,时间把控在30秒到2分钟,慢速絮凝阶段需要降低搅拌速度,以此防止已形成的絮体破碎,反应时间通常设定为15至30分钟。混凝法的适用场景有去除胶体状有机物、进行脱色除浊、强化除磷、预处理难降解工业废水,对浊度的去除率能够达到90%以上,对溶解性有机物的去除率约为20%至50%,对总磷的去除效果取决于混凝剂投加量、pH条件的精准把控。该技术存在的局限性是药剂成本较高、污泥产量有比较大增加、出水可能会残留铝离子或铁离子从而带来健康风险,并且对水质变化响应比较滞后,需要配备在线监测与自动加药系统来实现精细化调控。

3.3 活性污泥法

活性污泥法作为城市污水处理中的核心生物处理技术,其

本质就是借助悬浮生长的微生物絮体,来对有机污染物实施吸附、降解、转化操作,把溶解性还有胶体状的有机物氧化分解成二氧化碳和水,同时将部分有机物同化成微生物细胞物质,最终借助沉淀分离达成净化水体与富集污泥的分离目的。此系统的关键构成有曝气池、二沉池、污泥回流、剩余污泥排放设施,曝气池内维持着一个由细菌、真菌、原生动物还有后生动物所构成的复杂微生态系统,混合液悬浮固体浓度一般控制在2000至4000毫克每升,溶解氧浓度保持在2毫克每升以上来确保好氧代谢能够顺利进行。活性污泥法有着丰富多样的工艺类型,传统推流式曝气池适合用于水质相对稳定的情形,完全混合式曝气池对于冲击负荷具备更强的缓冲能力,氧化沟工艺借助延时曝气达成污泥的稳定化,序批式活性污泥法在同一个反应器里完成进水、反应、沉淀、排水、闲置的时序操作,省去了污泥回流设施。该技术的优点是处理效率高、出水水质稳定、运行经验多,对五日生化需氧量的去除率能够达到95%以上,缺点是曝气能耗占全厂电耗的50%至60%,污泥增殖量大并且后续处置成本高,对氮磷营养盐的去除要通过工艺改良或者深度处理来达成。随着对于脱氮除磷的要求变得越来越严格,厌氧-缺氧-好氧工艺、膜生物反应器、厌氧氨氧化等新型的生物处理技术,正渐渐融入到活性污泥法的改进模式当中,促使城市废水处理朝着高效低耗、能够进行资源回收的方向不断发展^[2]。

4 环境工程中城市废水处理技术的应用思路

4.1 实现技术升级与优化

环境工程中城市废水处理技术的应用思路要基于技术迭代、经济可行、制度保障、社会协同这四个方面的框架,从而形成一条从工程实践到治理模式的完整优化路径。技术升级与优化是促使处理效能提高的关键驱动力,现在我国有很多城镇污水处理厂面临着出水标准从一级B提高到一级A甚至是地表水准IV类的刚性要求,传统工艺的生物脱氮除磷能力已经快达到极限了,急需通过精准曝气控制、外加碳源优化、后置反硝化滤池、膜分离技术的集合应用,建立多屏障深度处理模式。针对因为进水碳源不足使得反硝化脱氮效率低的普遍问题,侧流污泥发酵产酸、餐厨垃圾协同厌氧消化等内碳源开发策略显示出了明显的技术经济优势,而厌氧氨氧化技术的工程化突破为高氨氮废水的低能耗处理开创了全新的道路。智能化升级也是技术优化的重要方面,基于机器学习算法的水质预测模型、溶解氧与加药量的实时优化控制系统、数字孪生驱动故障预警与能效诊断平台,正渐渐从示范工程走向规模化应用,推动污水处理厂从依靠经验的人工操作模式向依靠数据的智慧运营模式转变。

4.2 把控运行成本

运行成本的精确控制对污水处理行业的可持续发展能力意义重大,全生命周期成本分析显示,能耗成本和污泥处置成本加起来占总运营支出的60%以上,是成本控制的关键突破点。曝气系统能效的提高可以通过用磁悬浮鼓风机、空气悬浮鼓风机等高效设备替代,配合溶解氧闭环控制、曝气头堵塞监测清洗来实

现,能使曝气电耗降低20%至30%,污泥处理单元成本的压缩则依靠厌氧消化产生沼气的资源化利用、污泥干化焚烧的减量化处置、磷资源回收的增值化途径,形成从污染物负担向能源资源转变的经济正循环^[3]。而且,药剂采购的集中采购和投加量的精准计量、设备维护的预测性维修和全寿命周期管理、人员配置的扁平化改革和技能复合化培训,都是挖掘降本潜力的有效办法,要在保障出水达标的前提下寻找技术投入与经济产出的最优平衡^[4]。

4.3 强化监管力度

强化监管力度是保障技术应用成效得以落地的制度方面的保障,当前的监管模式正从对末端排放浓度进行控制朝着全过程精细化管控不断延伸。建立进水端的管网排查、污染源追溯机制,能够有效抑制工业废水偷排、超标排放对生物处理系统造成的冲击,在过程端实现在线监测仪表全覆盖、对数据真实性进行审计,这样能及时发现工艺出现的异常情况并启动应急响应,在排放端严格执行监督性监测、排污许可制度,这便构成了守住环境底线的最后一道防线。监管手段的创新同样需要予以关注,引入卫星遥感、无人机巡查、用电监控等非常规监管方式,极大地提高环境执法的覆盖面、精准度,而将环境信息公开与信用评价制度相联动,通过市场机制促使排污主体主动承担治理责任^[5]。

4.4 倡导公众参与

公众参与机制的健全能够为城市废水处理技术获得社会认同、长期支持打下基础。传统观念里,污水处理厂被看作是邻避设施,它在选址建设的时候常常会遭到周边居民的强烈反对,要解决这一难题,关键在于普及环境教育并且保证信息公开透明。采用组织公众开放日、建立生态湿地公园式厂区、发布年度环境绩效报告等办法,能够消除公众对污水处理行业的认知障碍、心理抵触情绪,营造出理解与支持的社会气氛。更社会协同表现在公众对再生水利用、海绵城市建设的接受上,当经过高标准处理的再生水用于市政杂用、景观补水、工业冷却时,塑造其安全性认知需要持续的科普宣传、体验互动,而推广雨水花园、透水铺装等分散式源头控制设施,居民需要改变传统排水观念,主动

参与雨水的就地消纳、资源化利用^[6]。技术、经济、制度、社会这四个维度一起发挥作用,才可以推动城市废水处理技术从具备工程可行性转变为治理模式成熟化,最终达成水环境质量改善、人民福祉提高这两个目标。

5 结语

城市废水处理技术的发展一直依照污染物去除效率得到提高、资源能源回收都很重要的演进逻辑。沉淀法、混凝法还有活性污泥法作为经典的技术单元,如今依旧在现代处理工艺中起着基础支撑的作用,并且它们跟膜分离、高级氧化、厌氧氨氧化等新技术的集成融合,代表着未来的技术发展方向。达成污水处理行业的可持续发展,既要有工艺方面的持续创新,又需要运行管理精细、监管制度严格、社会参与有效,只有多维一起努力,才可以建立环境效益、经济效益和社会效益统一的城市水环境治理模式。

[参考文献]

- [1]郭群洲,王静,杜晴,等.UV254/03对水中低浓度复合新污染物的处理潜力及降解机制[J].环境化学,2026,45(02):899-910.
- [2]倪宽,李宁,王俊.自动化控制策略在城市生产废水回用和污泥处理过程中的应用[J].清洗世界,2025,41(06):183-185.
- [3]坚洪坤.城市废水处理与道路建设的协调:节能、环保与绿色建筑视角[J].石材,2024,(09):126-128.
- [4]刘佩佩,涂永成,曾兰,等.西南地区某二线城市主要医疗机构废水水质现状及处理技术展望[J].化工设计通讯,2024,50(2):144-146.
- [5]蒋裕雨,郭淑芬.基于废水减排的黄河流域城市偏向性技术进步时空演进趋势研究[J].科技管理研究,2024,44(04):184-193.
- [6]叶璞,游文丹,杨滨,等.典型药物在医院废水和城市污水处理厂中的污染特征及去除情况[J].环境科学,2021,42(6):2928-2936.

作者简介:

吕敏娟(1992--),女,汉族,河北省邢台市人,硕士,工程师,研究方向:生态环境及工程技术。