

# 环境工程污水处理措施及新技术探究

盛文才

中昊晨光化工研究院有限公司 四川 自贡 643200

**摘要:** 在环境工程领域,污水处理是保障水资源安全与生态平衡的关键环节。当前,传统污水处理技术面临处理效率受限、成本较高、对新型污染物去除效果不佳等挑战。本文深入探究了环境工程污水处理措施,涵盖物理、化学、生物等传统方法的优化改进。同时,着重剖析了膜分离、高级氧化、微生物燃料电池等新技术,分析其原理与应用优势。旨在为提升污水处理效能、降低处理成本、实现水资源循环利用提供理论与技术参考。

**关键词:** 环境工程;污水处理措施;新技术

**引言:** 随着工业化和城市化进程的加速推进,环境工程中污水处理问题愈发凸显。大量污水若未经有效处理直接排放,会对生态环境和人类健康造成严重威胁。传统污水处理技术虽在一定程度上缓解了污水污染问题,但在处理效率、成本控制、对新型污染物处理能力等方面存在局限。在此背景下,不断探索新的污水处理措施与技术成为必然。本文旨在深入探究环境工程污水处理的有效措施,并剖析相关新技术,为污水处理提供新思路。

## 1 环境工程污水处理基础理论

### 1.1 污水来源与水质特征

(1) 工业废水因行业差异特性不同,如化工废水含大量有机污染物与有毒物质,温度波动大;生活污水以有机物为主,含氮、磷等营养元素,水量水质呈周期性变化;农业面源污染源于农田化肥农药使用、畜禽养殖等,污染物浓度较低但覆盖范围广,易造成水体富营养化。(2) COD(化学需氧量)采用重铬酸钾法等检测,评价标准依水体功能而定,如地表水Ⅲ类标准 $COD \leq 20mg/L$ ; BOD(生化需氧量)通过稀释接种法检测,生活污水BOD一般在 $100-400mg/L$ ;氨氮常用纳氏试剂分光光度法检测,集中式生活饮用水源地氨氮 $\leq 0.5mg/L$ ;重金属采用原子吸收分光光度法等检测,如地表水重金属镉 $\leq 0.005mg/L$ 。

### 1.2 污水处理技术分类与原理

(1) 物理处理技术中,沉淀利用重力使水中悬浮物下沉分离,适用于去除大颗粒杂质;过滤通过滤料截留水中悬浮物,如石英砂滤料可去除细小颗粒;气浮向水中通入气泡,使悬浮物附着上浮,用于处理含油废水等。(2) 化学处理技术里,中和通过加酸或碱调节污水pH值至中性;氧化还原利用氧化剂或还原剂改变污染物价态,如用臭氧氧化去除难降解有机物;化学沉淀向污

水加药剂,使污染物生成难溶沉淀物析出。(3) 生物处理技术中,活性污泥法利用曝气池中活性污泥吸附降解有机物;生物膜法通过生物膜上微生物分解污染物;厌氧消化在无氧环境下,微生物将有机物分解为甲烷等<sup>[1]</sup>。

### 1.3 传统处理技术的局限性分析

(1) 能耗高,传统活性污泥法曝气系统需大量电能,维持设备运行也消耗较多能源,增加处理成本。(2) 占地面积大,沉淀池、曝气池等设施需较大空间,在土地资源紧张地区难以推广。(3) 剩余污泥处理难,传统技术产生的污泥量大,含水率高,处理过程中易造成二次污染,处置成本高。(4) 对难降解有机物处理效果差,传统生物处理技术难以分解部分工业废水中的难降解污染物,处理后水质难达标。

## 2 环境工程污水处理措施优化

### 2.1 物理化学处理技术的改进

(1) 高效沉淀池通过优化池体结构(如设置斜管/斜板)、改进排泥系统,提升悬浮物沉降效率,相较于传统沉淀池,处理负荷提高30%-50%,占地面积减少40%以上;磁分离技术借助磁性颗粒吸附污水中污染物,在外加磁场作用下实现快速分离,处理时间缩短至10-20分钟,对悬浮物、磷的去除率分别可达95%、90%以上,尤其适用于应急污水处理场景<sup>[2]</sup>。(2) Fenton高级氧化技术通过调整 $Fe^{2+}$ 与 $H_2O_2$ 配比、控制pH值(最佳范围2-4),并结合紫外光或超声辅助,可将难降解有机物降解效率提升20%-30%;臭氧氧化技术通过优化臭氧发生设备(如采用低温等离子体发生器),提高臭氧产量与利用率,同时搭配催化剂(如 $MnO_2$ 、 $TiO_2$ ),实现臭氧与催化剂协同氧化,对农药废水、印染废水等工业废水的COD去除率提升至60%-80%。

### 2.2 生物处理技术的强化

(1) SBR(序批式活性污泥法)通过时序控制进

水、反应、沉淀、排水等阶段,无需单独设置沉淀池,占地面积减少30%,且可灵活调整运行参数,适应水质水量波动;MBR(膜生物反应器)将膜分离技术与活性污泥法结合,利用膜截留微生物与污染物,出水SS(悬浮物)接近零,COD去除率达90%以上,且污泥龄长,剩余污泥产量减少50%-70%。(2)生物滤池通过改良滤料(如采用陶粒、火山岩等多孔滤料),增大比表面积与孔隙率,提升微生物附着量,对氨氮去除率可达85%以上;生物转盘通过增加转盘转速、优化盘面材质(如采用轻质高强度复合材料),提高气液接触效率与微生物活性,处理负荷较传统生物转盘提升25%-40%,且运行噪音低、能耗少<sup>[3]</sup>。(3)UASB(上流式厌氧污泥床)通过优化布水系统(采用多点均匀布水)、增加三相分离器,促进污泥颗粒化,使污泥浓度提升至30-50g/L,有机负荷达8-15kgCOD/(m<sup>3</sup>·d);EGSB(膨胀颗粒污泥床)通过提高反应器高度、控制上升流速(10-20m/h),使污泥床处于膨胀状态,增强传质效率,对高浓度有机废水(如啤酒废水、食品废水)的COD去除率达90%以上,甲烷产率提升15%-20%。

### 2.3 组合工艺的协同效应

(1)A<sup>2</sup>/O(厌氧-缺氧-好氧)工艺将厌氧释磷、缺氧脱氮、好氧除碳与吸磷有机结合,通过合理控制各段水力停留时间(厌氧段1-2h、缺氧段2-3h、好氧段6-8h),实现氮、磷、COD的同步去除,对COD、氨氮、总磷的去除率分别可达85%、90%、80%以上,广泛应用于城市污水处理厂。(2)化学-生物耦合技术在实践中,如处理焦化废水时,先采用化学氧化(如臭氧氧化)预处理,将难降解有机物转化为易生物降解小分子物质,再接入生物处理单元(如生物接触氧化池),使最终出水COD降至50mg/L以下,达标排放;处理电镀废水时,先通过化学沉淀去除大部分重金属,再利用生物吸附(如采用改性微生物菌剂)去除残留重金属,重金属去除率可达99%以上,满足严格排放标准。

## 3 环境工程污水处理新技术探究

### 3.1 膜分离技术的创新应用

(1)反渗透(RO)通过研发抗污染膜材料(如石墨烯改性RO膜),降低膜污染率,延长使用寿命30%以上,在污水深度处理中,对盐类、有机物去除率达99%以上,可将市政污水处理为高品质再生水,用于工业循环冷却;纳滤(NF)优化膜孔径分布,在去除抗生素、农药残留等微量污染物方面实现突破,对小分子有机物去除率提升至85%-90%,广泛应用于饮用水深度净化。(2)膜生物反应器(MBR)集成在线膜污染监测系统

(如压力传感器与水质传感器联动),实时调整曝气强度与反洗周期,实现智能化运行;同时与高级氧化、膜分离等技术集成,形成MBR-RO/NF组合工艺,处理效率提升25%-30%,且占地面积减少20%,适用于高难度工业废水处理。

### 3.2 高级氧化技术的进展

(1)光催化氧化技术通过构建TiO<sub>2</sub>基复合光催化剂(如TiO<sub>2</sub>/石墨烯、TiO<sub>2</sub>/ZnO),拓宽光响应范围至可见光区,量子效率提升40%-50%,在处理含酚废水、染料废水时,COD去除率达80%以上,且催化剂可重复使用5-8次。(2)电化学氧化技术开发出三维电极反应器(如粒子电极填充式),增大电极比表面积,提高电流效率,在电镀废水处理中,对重金属离子去除率达99%,对氰化物降解率超95%,已实现中小型工业化应用,处理成本降低15%-20%。(3)硫酸根自由基(SO<sub>4</sub><sup>-•</sup>)高级氧化技术通过优化活化方式(如热活化、超声活化过硫酸盐),生成更多SO<sub>4</sub><sup>-•</sup>,氧化能力强于羟基自由基,对难降解有机物(如多环芳烃)降解率提升至90%以上,且在较宽pH范围(2-10)内稳定运行<sup>[4]</sup>。

### 3.3 生物处理新技术

(1)人工湿地生态处理系统优化植物-微生物-基质搭配,选用芦苇、香蒲等耐污植物,搭配沸石、陶粒复合基质,强化氮磷吸附,同时构建垂直流-水平流组合湿地,水力负荷提升30%,对COD、氨氮、总磷去除率分别可达80%、75%、70%,适用于农村分散式污水处理。(2)微生物燃料电池(MFC)通过改良电极材料(如碳纳米管修饰电极),提升电子传递效率,在处理生活污水时,COD去除率达85%以上,同时产生0.3-0.5V稳定电压,实现污水净化与产电协同,目前实验室规模下电能产率达0.8-1.2kWh/kgCOD。(3)基因工程菌通过基因编辑技术(如CRISPR-Cas9)改造微生物,增强其对难降解污染物(如氯代烃、硝基苯)的降解能力,降解效率较天然菌株提升2-3倍,且在高浓度污染物环境中仍能保持活性,为工业废水处理提供新方向。

### 3.4 资源化与能源化技术

(1)氮磷回收技术采用鸟粪石沉淀法,通过精准控制pH值(8.5-9.5)与镁磷比(1.2-1.5),使污水中磷以鸟粪石(MgNH<sub>4</sub>PO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O)形式沉淀,磷回收率达80%-85%,回收产物可作为缓释肥料,实现资源循环利用。(2)污泥厌氧消化制沼气工艺优化预处理技术(如超声破碎、热碱处理),破坏污泥细胞壁,提高有机物溶出率,沼气产量提升25%-30%;同时开发污泥热解制生物柴油技术,通过优化反应温度(350-400℃)与催化剂用

量,生物柴油产率达50%-60%,且油品指标符合国家标准<sup>[5]</sup>。(3)污水源热泵技术通过改进换热器材质(如钛合金换热器),提高传热效率,降低腐蚀风险,在冬季供暖时,COP(性能系数)达3.5-4.0,较传统燃煤供暖节能40%-50%,夏季制冷时COP达4.5-5.0,已在北方城市污水处理厂推广应用。

#### 4 环境工程污水处理技术面临的挑战与对策

##### 4.1 技术层面挑战

(1)难降解有机物(如药物、个人护理品)处理瓶颈显著,这类污染物浓度低但毒性强,传统生物处理技术难以降解,高级氧化技术虽有效果,但存在氧化剂消耗大、成本高的问题;对策上,可研发新型复合催化剂(如双金属掺杂光催化剂),强化高级氧化技术降解效率,同时结合生物强化技术(如驯化特异性降解菌),构建“高级氧化-生物协同”处理体系,提升难降解有机物去除率。(2)膜污染控制与膜材料寿命延长是膜技术应用关键难题,膜污染会导致通量下降、能耗增加,频繁更换膜材料提高成本;对策方面,一方面优化膜清洗工艺(如采用化学清洗与物理清洗结合),减少污染物附着,另一方面研发抗污染膜材料(如仿生改性膜、抗菌膜),延长膜使用寿命,降低更换频率。

##### 4.2 经济与管理挑战

(1)高成本技术(如膜分离、高级氧化)推广受限于经济性,设备购置与运行成本较高,中小污水处理厂难以承受;对策上,可通过规模化生产降低设备成本,同时开发低成本替代材料(如利用工业废渣制备催化剂),并优化工艺参数(如分阶段运行高能耗单元),减少运行能耗与药剂消耗,提升技术经济性。(2)污水处理设施运营管理智能化需求迫切,传统人工管理效率低、易出错,难以实时监控水质与设备状态;对策是构建智能化管理系统,集成传感器、大数据分析 & 远程控制技术,实现水质实时监控、设备故障预警与运行参数

自动调节,降低人工成本,提升管理效率。

##### 4.3 政策与标准挑战

(1)排放标准升级(如更严格的COD、总氮限值)对技术创新提出更高要求,部分现有技术难以满足新标;对策需加强政策引导,设立技术创新专项基金,鼓励企业与科研机构联合研发适配新技术,同时推动现有技术升级改造,确保出水达标。(2)跨区域水环境治理存在协同机制缺失问题,流域内各地区治理标准不一、联动不足,易导致污染转移;对策应建立跨区域协同治理平台,统一流域治理标准,明确各地区责任,完善联防联控机制,实现水质监测、污染治理与应急响应的协同联动。

##### 结束语

环境工程污水处理是关乎生态可持续发展与人类健康福祉的重要事业。通过对传统污水处理措施的优化以及新技术的不断探究,我们在处理效率、成本控制和污染物去除范围等方面取得了显著进展。然而,污水成分愈发复杂,处理要求日益严格,挑战依然存在。未来,需持续加大研发投入,促进多技术融合创新,完善政策标准体系,推动污水处理向高效、绿色、资源化方向迈进,为守护碧水蓝天贡献力量。

##### 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(04):24-26.
- [2]汪洋,邱洪军.新时代下环保工程中污水处理策略研究[J].中国轮胎资源综合利用,2025,(04):105-107.
- [3]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.
- [4]李洪浩.环境工程污水处理技术应用探讨[J].科技视界,2023(8):39-41.
- [5]洪小培.城市环境工程污水处理中存在的问题及解决方法分析[J].黑龙江环境通报,2023,36(5):108-110.