

环境工程污水处理措施分析

赵鑫露

南阳市生态环境局桐柏分局 河南 南阳 473000

摘要: 环境工程污水处理至关重要。本文阐述污水处理技术,涵盖物理、化学、生物及膜分离技术原理与应用。分析工艺流程设计,包括预处理、主处理、后处理与回用阶段。提出提升效率策略,如工艺优化、设备材料创新、智能化控制。探讨资源化利用路径,涉及能源回收、物质回收及生态修复联动。通过全面分析,为污水处理提供技术参考,推动污水处理向高效、资源化方向发展。

关键词: 环境工程; 污水处理技术; 工艺流程; 效率提升; 资源化利用

引言: 水资源短缺与污染问题日益严峻,污水处理成为环境工程核心任务。污水来源广泛,成分复杂,含大量污染物,若未经有效处理排放,将严重破坏生态环境,威胁人类健康。传统污水处理方法存在效率低、成本高、资源浪费等问题。随着技术进步,多种新型污水处理技术涌现。深入研究污水处理措施,提升处理效率,实现资源化利用,对保护水资源、改善生态环境、促进可持续发展意义重大。

1 污水处理技术分类与原理

1.1 物理处理技术

物理处理技术主要借助物理作用分离污水中的非溶解性物质,在污水处理流程中占据基础且关键的位置。沉淀与澄清利用重力分离原理,让污水中的悬浮颗粒在重力作用下沉降到底部形成污泥,上清液则得到净化。该技术适用于处理悬浮物含量较高、颗粒较大的污水,如初期雨水、部分工业废水等。一般情况下,沉淀时间控制在2-4小时,可使大部分悬浮颗粒沉淀下来。过滤与筛分通过介质拦截与颗粒分离机制实现净化,污水流经具有孔隙的介质层,大于孔隙的颗粒被截留,小于孔隙的颗粒随水流通过,常用于进一步去除沉淀后水中的细小悬浮物^[1]。气浮与离心是针对微小颗粒与悬浮物的有效去除方法,气浮通过向污水中通入空气,使微小气泡附着在悬浮颗粒上,带动颗粒上浮至水面形成浮渣而去除,气浮时间通常为20-40分钟;离心则利用高速旋转产生的离心力,使密度不同的物质分离,适用于处理含油污水、含细小悬浮物的污水等,离心转速一般在3000-5000转/分钟。

1.2 化学处理技术

化学处理技术依靠化学反应改变污染物的性质或形态,从而实现分离与去除。中和反应针对酸碱废水,通过向酸性废水中加入碱性物质或向碱性废水中加入酸性物质,调节废水的酸碱度至中性,为后续处理创造适宜

条件。例如,对于pH值为2-3的酸性废水,可加入氢氧化钠等碱性物质,将pH值调节至6-9。氧化还原反应在降解重金属与有机物方面发挥重要作用,利用氧化剂或还原剂与污染物发生反应,改变污染物的化学价态,使其转化为无害或易于分离的物质。化学沉淀通过向污水中投加化学药剂,使溶解性污染物生成难溶性物质,然后通过沉淀或过滤等方式分离,常用于去除污水中的重金属离子、磷酸盐等。例如,向含磷污水中投加石灰乳,可使磷酸盐生成磷酸钙沉淀,投加量根据污水中磷的含量确定,一般每立方米含磷100毫克的污水,需投加石灰乳约1-2千克。

1.3 生物处理技术

生物处理技术利用微生物的新陈代谢作用分解污水中的有机物。好氧处理中,活性污泥法通过向污水中连续通入空气,使活性污泥中的好氧微生物大量繁殖,吸附、氧化分解污水中的有机物。活性污泥浓度一般控制在2000-4000毫克/升,溶解氧含量保持在2-4毫克/升。生物膜法则是让污水流经生长有生物膜的载体,生物膜上的微生物降解污水中的有机物。厌氧处理在无氧条件下,产甲烷菌等微生物将污水中的有机物降解为甲烷和二氧化碳等,适用于处理高浓度有机废水,如食品加工废水、酿造废水等,有机负荷一般控制在2-8千克COD/(立方米·天)。自然生物处理借助自然生态系统的净化能力,稳定塘通过塘内微生物、藻类等的协同作用净化污水,水力停留时间通常为10-30天;湿地系统利用湿地植物的吸收、微生物的分解等作用去除污水中的污染物,水力负荷一般控制在0.1-0.5米/天。

1.4 膜分离技术

膜分离技术根据膜孔径大小分为微滤、超滤、纳滤与反渗透,各自具有独特的分离特性。微滤可截留直径大于零点一微米的颗粒;超滤能分离分子量较大的物质;

纳滤对小分子有机物和部分盐类有较好的截留效果；反渗透则可几乎完全截留溶解性盐类和小分子物质。膜污染控制与再生方法对于维持膜分离技术的长期稳定运行至关重要，通过定期清洗、优化操作条件等方式可有效控制膜污染，延长膜的使用寿命。

2 污水处理工艺流程设计

2.1 预处理阶段

预处理阶段是整个污水处理流程的起始环节，主要任务是去除污水中较大颗粒的杂质，均衡水质水量，为后续处理创造良好条件。格栅与筛网是预处理的关键设备，格栅如同污水中的第一道防线，能拦截污水中漂浮的大块杂物，如树枝、塑料袋等，防止这些大颗粒杂质进入后续处理单元，造成设备堵塞或损坏^[2]。格栅间隙一般根据污水水质和后续处理要求确定，粗格栅间隙为20-100毫米，细格栅间隙为3-10毫米。筛网则进一步细化拦截，可去除尺寸稍小的颗粒物质。调节池的作用不容忽视，由于污水来源广泛，水质水量波动较大，调节池通过储存和调节，使进入后续处理单元的污水水质水量相对稳定，保证处理效果的稳定性。调节池的水力停留时间一般控制在8-12小时。初沉池利用重力沉降原理，让污水中的悬浮物在池中缓慢沉降，实现悬浮物的初步分离，降低后续处理单元的负荷，提高整体处理效率。初沉池的表面负荷一般控制在1.2-2.0立方米/(平方米·小时)。

2.2 主处理阶段

主处理阶段是去除污水中污染物的核心环节。物理-化学组合工艺将化学沉淀与过滤相结合，化学沉淀通过投加化学药剂，使污水中的溶解性污染物生成难溶性沉淀物，过滤则将这些沉淀物以及剩余的细小悬浮物进一步分离，有效去除污水中的多种污染物。生物处理工艺选择多样，A²/O工艺集厌氧、缺氧、好氧三种环境于一体，能同时实现脱氮、除磷和有机物降解，处理效果较为全面，水力停留时间一般控制在8-16小时；SBR工艺则通过时间上的交替运行，在一个反应器内完成进水、反应、沉淀、排水和闲置等过程，具有操作灵活、占地面积小等优点，一个周期时间一般为4-12小时。深度处理技术采用膜分离与高级氧化集成的方式，膜分离技术凭借膜的选择透过性，可进一步去除污水中的微小颗粒、胶体和大分子物质；高级氧化技术通过产生强氧化性的自由基，将污水中的难降解有机物氧化分解为小分子物质或直接矿化为二氧化碳和水，显著提升出水水质。高级氧化反应时间一般控制在1-3小时。

2.3 后处理与回用

后处理与回用阶段旨在确保出水达标并实现水资源

的循环利用。消毒与脱色环节中，紫外线消毒利用紫外线的杀菌作用，破坏微生物的DNA结构，达到杀灭细菌和病毒的目的，紫外线剂量一般控制在20-40毫焦/平方厘米；臭氧消毒则凭借强氧化性，不仅能杀菌消毒，还能有效去除污水中的色度和异味，臭氧投加量一般根据污水水质和消毒要求确定，每立方米污水投加臭氧5-20毫克。回用水标准根据不同的回用用途制定，如用于绿化灌溉、工业冷却等，需满足相应的水质要求。资源化路径多样，可将处理后的水回用于城市杂用水、工业生产用水等领域，实现水资源的节约和高效利用，缓解水资源短缺的压力。

3 污水处理效率提升策略

3.1 工艺优化方向

在污水处理工艺优化层面，混合反应器设计是提升处理效率的关键环节。通过流态优化，能够确保反应器内水流分布均匀，避免出现短流或死角现象，让污水与处理药剂充分接触反应。精准控制停留时间也至关重要，不同污染物降解所需时间不同，依据水质特点合理设定停留时间，可保证各类污染物得到有效去除，提升整体处理效果。生物群落调控同样不容忽视。筛选出适应特定污水环境、降解能力强的优势菌种，并投入反应体系中，能够显著增强对污染物的分解能力。强化菌种代谢路径，通过调节环境条件，如温度、酸碱度、营养物质等，促使菌种朝着有利于污染物降解的方向代谢，提高生物处理效率，降低出水污染物浓度。

3.2 设备与材料创新

设备与材料创新为污水处理效率提升提供有力支撑。高效填料开发是生物处理单元优化的重要方向。改进填料比表面积，可增加微生物附着面积，为更多微生物提供栖息场所，提高生物量，进而增强对污染物的去除能力。例如，将填料比表面积从原来的200平方米/立方米提高到500平方米/立方米，可使生物量增加1-2倍。提升填料亲水性，有助于微生物更好地附着生长，促进生物膜的形成与稳定，提升生物处理效果^[3]。膜材料改性在膜分离技术应用中意义重大。抗污染设计可减少膜表面污染物附着，降低膜清洗频率，延长膜使用寿命，保证膜分离过程稳定高效运行。例如，采用抗污染膜材料后，膜清洗周期可从原来的1-2周延长至3-4周。长寿命设计则从材料本身出发，选用耐腐蚀、耐磨损材料，提高膜的耐用性，降低更换成本，提升整体污水处理经济效益。一般情况下，改性后的膜使用寿命可延长1-2年。

3.3 智能化控制技术

智能化控制技术为污水处理精准运行提供保障。在

线监测系统可实时反馈污水关键指标,如pH、溶解氧(DO)、化学需氧量(COD)等,实现全过程数据透明化管理。这些数据为工艺调整提供依据,使操作人员及时掌握污水处理状态。自适应控制算法依据在线监测数据,动态调整工艺参数,如曝气量、药剂投加量等,不仅有效应对水质波动,还能确保污水处理系统始终处于最佳运行状态,实现高效稳定处理污水,提升整体处理效率与质量。

4 污水处理资源化利用路径

4.1 能源回收技术

在污水处理资源化进程中,能源回收技术占据重要地位。污泥厌氧消化产沼气是常见且有效的能源回收方式。污泥中富含大量有机物,在厌氧条件下,微生物会分解这些有机物,产生以甲烷为主的沼气^[4]。经过收集与净化处理后,沼气可作为清洁能源用于发电、供热等,不仅减少了对传统化石能源的依赖,还降低了温室气体排放,实现能源的循环利用。污水余热利用与热泵系统也是重要的能源回收手段。污水中蕴含着一定热量,通过热泵技术,可将污水中的低品位热能提取出来,提升温度后用于供暖、热水供应等。这种技术充分利用了污水中的热能资源,提高了能源利用效率,尤其在寒冷地区,能有效缓解能源紧张问题,降低能源消耗成本。例如,在北方地区,利用污水余热供暖,可满足10-20万平方米建筑的供暖需求。

4.2 物质回收途径

物质回收是污水处理资源化的另一关键方向。磷回收方面,鸟粪石结晶法是广泛应用的技术。污水中含有一定浓度的磷元素,通过调节污水pH值、添加镁源等条件,促使磷酸盐与镁离子、铵根离子反应生成鸟粪石结晶。鸟粪石是一种优质缓释磷肥,可应用于农业生产,实现磷资源的循环利用,减少磷矿开采对环境的破坏。一般情况下,每立方米含磷50毫克的污水,可回收鸟粪石约0.5-1千克。氮回收同样意义重大,氨吹脱与离子交换是常用的氮回收方法。氨吹脱利用气液传质原理,将污水中的氨氮转化为氨气逸出,再通过吸收装置回收氨

气,可用于生产化肥等。离子交换则通过特定离子交换树脂,选择性吸附污水中的铵根离子,实现氮的分离与回收,为氮资源的再利用提供可能。

4.3 生态修复联动

污水处理资源化还与生态修复紧密相连。人工湿地构建是强化水体自净能力的有效方式。通过模拟自然湿地生态系统,种植适宜的水生植物,利用植物、微生物及基质的协同作用,对污水进行深度净化。人工湿地为众多生物提供栖息场所,有助于恢复生物多样性,改善区域生态环境。污水灌溉与农业循环利用模式也是生态修复联动的重要体现^[5]。经过适当处理的污水,其水质可满足农业灌溉要求。将污水用于灌溉农田,既能补充农业用水,又能为作物提供一定养分。这种模式实现了污水资源在农业领域的循环利用,促进农业可持续发展,形成污水处理与生态农业的良性互动。

结束语

环境工程污水处理是一项复杂且长期的任务。通过对污水处理技术分类、工艺流程设计、效率提升策略及资源化利用路径的全面探讨,可知多种技术各有优势,合理组合应用可提升处理效果。工艺优化、设备材料创新与智能化控制是提升效率的关键。资源化利用不仅实现资源循环,还降低处理成本与环境压力。应持续深入研究,完善污水处理体系,推动污水处理行业高质量发展,为生态环境保护贡献力量。

参考文献

- [1]罗培.环境工程污水处理措施及新技术探析[J].黑龙江环境通报,2025,38(8):100-102.
- [2]徐蓓蓓,杨迪,刘恒.环境工程污水处理的主要技术分析[J].皮革制作与环保科技,2025,6(15):125-127.
- [3]杨小军.环境工程中的污水处理措施及新技术探究[J].皮革制作与环保科技,2025,6(15):25-27.
- [4]司玉志.环境工程污水处理措施及新技术探究[J].黑龙江环境通报,2024,37(6):157-159.
- [5]付建飞.膜生物反应技术在环境工程污水处理中的应用分析[J].生态与资源,2023(7):17-19.