

环境工程水污染处理的主要技术分析

刘 成

成都硕特科技股份有限公司 四川 成都 610000

摘 要：水污染源于工业、农业、生活及自然因素，含重金属、营养物等复杂成分，危害生态系统、人类健康及经济发展。物理处理技术通过沉淀、过滤等分离污染物；化学技术利用中和、混凝等反应去除特定污染物；生物处理依托微生物转化有机物。当前技术向智能化、高效节能、资源化及多功能协同发展，通过物联网、新型材料等提升处理效能，实现污水治理与资源循环的结合。

关键词：环境工程；水污染处理；主要技术

引言

随着工业化与城市化推进，水污染问题日益严峻，工业废水、农业面源污染及生活污水等叠加，破坏水生生态、威胁人类健康，加剧水资源紧张。环境工程中水污染处理技术是解决该问题的关键。本文先分析水污染的来源与危害，再阐述物理、化学、生物三类主要处理技术的原理与应用，最后探讨技术发展趋势，为水污染治理提供技术参考。

1 水污染的来源与危害

1.1 来源

工业生产排放的未经深度处理的废水含有复杂成分，包括重金属离子、持久性有机污染物以及高浓度的酸碱物质，这些物质通过管道直接排入水体后，会改变水体的化学性质，破坏水生动植物的生存环境，而某些特定行业产生的含油废水还会在水面形成隔绝层，阻碍水体与大气的氧气交换，加剧水体缺氧状态。农业活动中过量施用的化肥和农药，会随着雨水冲刷或土壤渗透进入周边河流、湖泊，其中氮、磷等营养元素导致水体富营养化，藻类疯狂繁殖消耗大量溶解氧，而农药中的有机磷、菊酯类化合物则会在水生生物体内累积，通过食物链逐级传递放大毒性。生活领域产生的污水包含大量有机物、洗涤剂以及人体代谢废物，其中含有的表面活性剂会降低水体表面张力，影响水生生物的正常生理功能，而未经处理的生活污水直接排放时，其中的病原微生物还会增加水体的卫生风险。自然因素如地质侵蚀过程中释放的矿物质，以及动植物腐烂分解产生的有机碎屑，在特定水文条件下也会成为水体污染物的补充来源，当这些自然污染物与人为排放物叠加时，会进一步加剧水污染的复杂性和治理难度。

1.2 危害

水污染对水生生态系统的破坏具有连锁性，当污染

物浓度超过水体自净能力时，敏感物种会首先死亡，优势种群取而代之形成单一化的生态结构，导致生态系统的稳定性下降，物质循环和能量流动受阻，而长期的污染胁迫还会改变水体底质的物理化学性质，使底栖生物栖息地遭到永久性破坏。被污染的水体通过多种途径影响人类健康，饮用含有重金属超标的水会导致人体器官慢性损伤，积累到一定程度引发神经系统或造血系统疾病，而受病原微生物污染的水则可能引发消化道传染病，某些持久性有机污染物还具有内分泌干扰作用，干扰人体激素平衡影响生殖发育。从经济层面看，水污染会增加水处理成本，工业用水需要更复杂的预处理工艺才能满足生产要求，农业灌溉使用污染水源会导致作物减产或品质下降，而以水体为依托的水产养殖业则会因养殖对象大量死亡遭受直接经济损失。水体污染还会削弱其资源功能，原本可作为饮用水源的水体因污染被迫停用，导致可用水资源总量减少，加剧区域水资源供需矛盾，同时污染水体在景观价值上的贬值，也会影响周边环境的整体品质和可持续发展潜力。

2 环境工程水污染处理的主要技术

2.1 物理处理技术

物理处理技术作为水污染处理的基础环节，通过运用物理作用，实现对废水中不溶性悬浮固体及部分污染物的高效分离。沉淀法利用悬浮颗粒与水的比重差异，在重力作用下，使颗粒沉降到底部，完成与水体的初步分离，像沉砂池、沉淀池等设施便是基于此原理，有效去除废水中的砂粒、泥渣等大颗粒物质。过滤法借助具有特定孔径的滤网、滤布或多孔介质，拦截废水中的悬浮杂质，从常见的格栅拦截粗大漂浮物，到砂滤池精细过滤微细悬浮物，保障后续处理单元的稳定运行。气浮法则通过向废水中注入微小气泡，使污染物附着于气泡表面，随之上浮至水面，实现与水的分离，尤其适用于

处理比重接近水的乳化油、纤维等污染物。离心分离技术依靠高速旋转产生的离心力,将质量不同的悬浮颗粒与废水分离,极大提升了分离效率,设备占地面积也得以缩小。这些物理处理方法操作简便、设备相对简单,且能在不改变污染物化学性质的前提下,初步净化水体,为后续深度处理创造有利条件,广泛应用于各类废水处理的前端工艺,有效降低了后续处理工序的负荷与难度^[1]。

2.2 化学处理技术

化学处理技术凭借化学反应的强大力量,对废水中污染物的化学或物理性质进行精准调控,促使其从溶解、胶体或悬浮状态转变为易于分离的沉淀、漂浮物,甚至气态物质,从而实现高效去除。中和法针对酸性或碱性废水,通过投加相应的碱性或酸性药剂,促使 H^+ 与 OH^- 发生中和反应,生成水分子,同时形成可溶或难溶盐类,有效调节废水的pH值,使其达到适宜范围,消除酸碱废水对环境的危害。混凝法向废水中添加混凝剂,如铝盐、铁盐或高分子聚合物,利用其水解产生的带电离子或高分子链,压缩胶体颗粒的双电层,降低颗粒间的排斥力,进而使胶粒相互碰撞、凝聚成较大絮体,最终通过沉淀或过滤实现分离,显著提升对废水中胶体和细微悬浮物的去除效果。化学沉淀法则是通过向废水中投加特定沉淀剂,与其中的重金属离子等污染物发生化学反应,生成难溶性沉淀物,如用石灰去除废水中的重金属离子,形成氢氧化物沉淀,从而高效去除有毒有害的重金属污染物。氧化还原法借助强氧化剂(如臭氧、过氧化氢、二氧化氯等)或还原剂,改变污染物的化合价,将其转化为无害或易于处理的物质,对于难降解的有机物、氰化物、酚类等污染物具有显著的去除效果。化学处理技术反应迅速、处理效果显著,能够针对性地去除多种特定污染物,在工业废水处理、尤其是含有剧毒和高毒污染物的废水处理中发挥着关键作用,常作为生物处理前的预处理或后续的深度处理手段,确保出水水质达标。

2.3 生物处理技术

生物处理技术巧妙利用微生物的新陈代谢活动,将废水中的有机污染物转化为无害的二氧化碳、水和微生物细胞物质,实现对废水的净化。活性污泥法构建了一个适宜微生物生存繁衍的环境,通过向曝气池中不断曝气,使活性污泥中的好氧微生物与废水充分接触,微生物利用废水中的有机物作为营养源,进行有氧呼吸代谢,将有机物分解为二氧化碳和水,同时微生物自身得以生长繁殖,混合液经过沉淀分离,实现泥水分离,清

澈的处理后水得以排出。生物膜法则是让微生物附着在固定的载体表面,形成一层具有生物活性的膜状结构,废水流经生物膜时,其中的有机物被微生物吸附、分解,与活性污泥法相比,生物膜法对水质、水量变化的适应性更强,且微生物种类更为丰富,处理效果更稳定。厌氧生物处理技术则是在无氧环境下,依靠厌氧微生物的作用,将废水中的有机物逐步分解为甲烷、二氧化碳等气体,不仅实现了污染物的降解,还能产生清洁能源沼气,特别适用于高浓度有机废水的处理。利用藻类等水生生物处理废水的技术也逐渐受到关注,藻类通过光合作用吸收废水中的氮、磷等营养物质,促进自身生长,同时净化水体。生物处理技术具有成本低、处理效果好、环境友好等优势,在城市生活污水和大部分工业废水处理中占据主导地位,能够有效降低废水中的有机物含量、氮磷营养元素等,使水质得到根本性改善,为水资源的循环利用奠定坚实基础^[2]。

3 环境工程水污染处理技术的发展趋势

3.1 智能化与自动化

(1) 依托物联网感知网络构建的实时监测系统,可对污水处理全流程的水质参数、设备运行状态进行高频采集与动态分析,通过构建污染物降解模型预判处理效果波动,自动调整曝气强度、药剂投加量等关键参数,使处理系统始终维持最优运行工况,这种自适应调控模式能有效避免人为操作滞后导致的处理效率下降,同时减少因参数失衡引发的二次污染风险。(2) 基于机器学习算法的故障预警机制,通过对历史运行数据的深度挖掘,识别设备异常振动、管路堵塞等潜在故障的早期特征,在故障发生前触发维护指令,降低非计划停机概率,而智能控制系统与数字孪生技术的结合,可在虚拟空间中模拟不同进水负荷下的处理效果,为工艺优化提供精准的决策支持,显著提升系统运行的稳定性与可靠性。(3) 远程运维平台的搭建打破了传统现场操作的时空限制,技术人员无需亲临现场,只需借助终端设备,就能随时随地实时调取各处理单元精准且全面的运行数据,依据这些数据对分散式污水处理设施展开集中管控。这种集约化管理模式不仅简化了运维流程,还能通过数据共享实现不同处理系统间的资源调配,使区域污水处理效能得到整体提升。

3.2 高效化与节能化

(1) 新型膜材料的研发与应用大幅提升了固液分离效率,其研发过程中科研人员不断探索创新,采用先进工艺制备出具有纳米级孔径的复合膜。这种复合膜可在精准截留污染物的同时有效降低过滤阻力,大大减少膜

清洗频率。膜组件的仿生结构设计借鉴生物膜的传质特性,使单位面积的处理负荷提升数倍,配合低能耗的错流过滤方式,在保证出水水质的前提下显著降低运行能耗。(2)能量回收装置的集成应用成为节能技术的重要突破,利用污水管网余压驱动涡轮发电设备,将水力势能转化为电能供处理系统自用,厌氧消化过程中产生的沼气通过高效燃气轮机转化为机械能,驱动曝气设备运转,形成能源自给的闭环系统,这种能量梯级利用模式有效降低了对外部电网的依赖。(3)工艺耦合技术通过优化单元组合顺序,使预处理阶段的重力沉淀与生化反应阶段的污泥回流形成协同效应,减少中间环节的能耗损失,而低温等离子体氧化等新型高级氧化技术,借助特定频率的电场激发活性自由基,在常温下实现难降解有机物的快速分解,相比传统高温氧化工艺大幅缩减能源消耗^[3]。

3.3 资源化与循环利用

(1)污泥热解气化技术通过控制无氧环境下的热解温度与反应时间,将有机污泥转化为富含碳氢化合物的合成气与生物炭,其中合成气可作为燃料补充系统能源需求,生物炭则因其多孔结构成为土壤改良剂,吸附土壤中的重金属与有机污染物,实现污泥从废弃物到资源的转化,避免传统填埋处理占用土地且释放温室气体的问题。(2)高浓度有机废水中的氮磷元素通过生物富集技术转化为微生物菌体蛋白,经过提纯加工成为水产养殖饲料的蛋白补充源,而处理过程中产生的富含矿物质的尾水,经深度过滤后用于营养液配制,为温室作物栽培提供必要的营养支持,这种物质循环模式使污水中的各类成分得到梯级利用,降低对天然资源的开采需求。

(3)膜分离技术与相变结晶工艺深度融合,二者优势互补、协同发力,能从高盐废水中精准定向提取氯化钠、硫酸钠等晶体物质。经纯度提升后,这些盐类可重新用于工业生产,实现资源回收再利用高级氧化产生的羟基自由基降解污染物时生成氧气,回用于曝气系统,形成物质能量循环,让污水处理厂变身资源再生枢纽。

3.4 多功能协同处理

(1)光催化氧化与生物膜技术的耦合系统中,光催

化剂在紫外光激发下产生的活性物质可破坏难降解有机物的稳定结构,生成易于微生物降解的中间产物,生物膜则通过群落代谢将这些产物彻底矿化,两种作用的协同不仅提升了污染物去除效率,还解决了单一技术对复杂成分废水处理不彻底的问题,尤其适用于含有机农药与工业助剂的混合废水处理。(2)湿地生态系统与人工强化处理单元的组合工艺,利用水生植物根系的吸附作用与微生物的降解功能,去除水中氮磷营养物质,同时通过设置在湿地底部的渗透反应墙,截留未被吸收的重金属离子,这种自然净化与人工干预的协同模式,在保证处理效果的同时维持了生态系统的完整性,兼具水质净化与生物多样性保护功能。(3)声波强化技术与混凝沉淀工艺的协同应用,通过特定频率的声波振动打破胶体颗粒的稳定状态,降低混凝剂的投加量,同时声波产生的微扰作用促使絮体快速生长并沉淀,缩短处理周期,而处理过程中释放的声波能量还能抑制藻类繁殖,减少后续处理单元的生物污染,形成物理作用与化学作用的高效协同机制^[4]。

结语

综上所述,水污染来源多元且危害深远,需通过多种技术协同治理。物理、化学、生物处理技术各有优势,分别在不同处理阶段发挥重要作用。当前技术正朝着智能化监测调控、高效节能运行、资源循环利用及多功能协同处理的方向发展,这不仅提升了水污染治理的效率与经济性,也为实现水资源可持续利用奠定了基础,未来需进一步推动技术创新与集成应用,以应对更复杂的水污染挑战。

参考文献

- [1]王立宇.环境工程水污染处理的主要技术分析[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2020(2):1092-1093.
- [2]隋畅.环境工程中的水污染处理技术[J].城市情报,2024(15):78-79.
- [3]侯芃.环境保护中水污染处理技术及其再生利用[J].水上安全,2024(9):73-75.
- [4]江静.环境保护中水污染处理技术与再生利用研究[J].资源节约与环保,2021(2):105-106.