

环境工程中污水处理技术研究

张皓昱

石嘴山市生态环境局惠农分局 宁夏 石嘴山 753200

摘要: 本文探讨了环境工程中污水处理技术。首先分析污水来源与水质特征,包括生活污水、工业废水和农业污水。接着阐述传统污水处理技术,如物理、化学和生物处理技术。随后介绍新型污水处理技术,如膜生物反应器、人工湿地和高级氧化技术。最后讨论污水处理技术的选择与优化原则及策略,为污水处理提供全面的技术参考。

关键词: 污水处理技术;水质特征;传统技术;新技术;技术优化

引言:随着工业化和城市化的快速发展,污水处理成为环境保护的关键环节。不同来源的污水具有各自独特的水质特征,需要采用针对性的处理技术。传统污水处理技术虽有一定成效,但面临处理效率、成本和环境影响等挑战。因此,探索新型污水处理技术,并优化技术选择与运行管理,对于提升污水处理效果、保护水资源具有重要意义。

1 污水来源与水质特征

1.1 污水来源分类

生活污水源于居民日常生活各类活动。家庭用水环节,烹饪、洗涤、沐浴、如厕等产生污水,涵盖厨房油污废水、洗衣含洗涤剂污水、卫生间粪便污水等。公共设施如学校、医院、商场,人员密集,用水量大,产生污水成分复杂,包括卫生间排水、餐饮区废水、清洁过程污水,这些污水最终汇集进入城市排水管网。工业废水来源广泛且因行业而异。化工行业生产过程涉及大量化学反应,排放废水含重金属离子、有机毒物,如汞、镉、苯系物等;造纸行业以木材等为原料,制浆、漂白工序产生废水,含大量木质素、纤维素和漂白剂残留;印染行业生产中染料、助剂大量使用,废水呈现高色度、高化学需氧量,含多种难以降解的偶氮染料。这些工业废水若未经处理直接排放,会对环境造成严重污染。农业污水产生与农业生产方式紧密相关。农药化肥的过量使用,使得未被植物吸收利用的部分随地表径流、土壤渗透进入水体。杀虫剂、除草剂等农药残留,以及氮、磷等化肥成分,成为水体污染物。畜禽养殖业规模扩大,养殖过程中动物粪便、冲洗废水若处理不当,高浓度的有机物、氨氮等污染物会流入周边水体,造成水体富营养化等环境问题。

1.2 各类污水水质特征

生活污水中有机物含量丰富,以碳水化合物、蛋白质、脂肪等形式存在,这些有机物易被微生物分解,消

耗水中溶解氧。氮、磷等营养物质是生活污水另一类重要污染物,氮主要以氨氮、有机氮形式存在,磷多为磷酸盐,过量排放会引发水体富营养化,导致藻类过度繁殖^[1]。生活污水还含有一定量悬浮物,如食物残渣、纤维、泥沙等,影响水体清澈度,且悬浮物表面吸附部分污染物,增加处理难度。工业废水水质因行业不同差异显著。化工废水成分复杂,除重金属和有机毒物外,酸碱度波动大,部分废水呈强酸性或强碱性,对处理设备腐蚀性强;造纸废水含大量木质素降解产物,废水颜色深、气味重,化学需氧量和生化需氧量高;印染废水因染料特性,具有高色度、高化学需氧量特点,所含染料分子结构稳定,常规处理方法难以降解,且部分染料具有毒性,对水生生物和生态系统危害大。农业污水中,农药残留物种类繁多,不同农药化学性质各异,部分具有高毒性、难降解特点,长期残留于水体和土壤中。化肥残留物主要是氮、磷元素,大量氮、磷进入水体,打破生态系统营养平衡,引发水体富营养化。农业污水还含有因土壤侵蚀、畜禽粪便混入的大量悬浮物,这些悬浮物携带病原体、有机物等污染物,加剧水体污染程度,影响水质和生态环境。

2 传统污水处理技术

2.1 物理处理技术

在污水处理过程中,物理处理技术主要用于去除污水中的较大悬浮物和漂浮物。格栅与筛网是这一过程中的重要工具。格栅分为粗格栅和细格栅,前者用于拦截较大的物体如树枝、布片等,后者则针对较小的颗粒物。固定筛和转动筛根据其运行方式区分,前者位置固定,后者通过机械运动清除附着在其上的杂物。这些设备有效减少了后续处理步骤的负荷。沉淀技术是另一关键环节,它基于重力作用分离悬浮固体。自由沉淀适用于较轻的颗粒,絮凝沉淀则需要添加化学药剂促使微小颗粒聚集成大颗粒沉降。区域沉淀发生在高浓度悬浮固

体中，而压缩沉淀进一步减少污泥体积。平流式、竖流式和辐流式沉淀池分别适合不同的应用场景，以达到最佳的固液分离效果。过滤技术进一步净化污水。原理在于利用滤料阻挡水中细小悬浮物和胶体物质。砂滤池是最常见的过滤装置之一，活性炭滤池则特别擅长吸附有机污染物。这些过滤设备提高了水质，为后续的化学或生物处理奠定了基础。

2.2 化学处理技术

调节污水pH值对于优化处理效果至关重要，这通常通过中和法实现。该方法依赖酸碱反应来调整污水的酸碱度。石灰和硫酸是常用的中和剂，它们适用于不同类型的废水处理需求。正确选择和使用中和剂能够显著改善后续处理阶段的效果^[2]。化学沉淀法是一种有效的去除溶解性污染物的方法。通过向污水中添加特定化学药剂，使有害物质形成难溶沉淀从而被移除。例如，氢氧化物沉淀法和硫化物沉淀法分别针对重金属离子和其他特定污染物。这种方法操作简单，但需精确控制投药量以避免二次污染。氧化还原法利用氧化剂或还原剂将污水中有害物质转化为无害或易于去除的形式。氯气、臭氧作为常见氧化剂，能有效破坏水中的有机物和病原微生物；亚硫酸氢钠等还原剂则用于降低某些重金属的毒性。这种方法广泛应用于工业废水处理领域，尤其是含有毒有害物质的废水。

2.3 生物处理技术

活性污泥法是污水处理的核心生物处理技术之一。通过曝气池提供充足氧气，促进活性污泥中的微生物分解有机物。二沉池随后进行固液分离，确保出水质量。工艺参数如污泥负荷和溶解氧水平对处理效率有着直接影响。合理调控这些参数可以提升处理效果，减少剩余污泥量。生物膜法则依赖于附着生长的微生物群体。载体表面形成的生物膜直接接触污水，降解其中的有机物。生物滤池、生物转盘和生物接触氧化池是生物膜法的主要形式。每种工艺都有其特点和适用范围，比如生物转盘适合处理低浓度污水，而生物接触氧化池则更适用于高负荷条件下的污水处理。厌氧生物处理技术在无氧环境中利用厌氧微生物分解有机物，产生甲烷和二氧化碳等副产品。厌氧消化池和上流式厌氧污泥床反应器是典型的厌氧处理设施。这种技术不仅有助于降低有机物含量，还能回收能源，尤其适用于高浓度有机废水的处理。

3 新型污水处理技术

3.1 膜生物反应器技术（MBR）

膜生物反应器技术（MBR）将传统的活性污泥法与

现代膜分离技术巧妙结合，形成了一种高效污水处理方式。在MBR系统中，微生物通过分解有机物净化水质，而微滤或超滤膜则用于实现固液分离。这一过程不仅保证了出水的高质量，还减少了传统沉淀池所需的占地面积。由于膜可以有效截留微生物，系统内维持较高的生物浓度成为可能，这进一步提高了处理效率，同时降低了污泥产量。这种技术特别适合土地资源紧张的城市污水处理厂，以及对水质要求严格的工业废水处理。MBR技术的应用广泛，从城市生活污水到高浓度工业废水都有涉及。未来的发展方向主要集中在提升膜材料性能和降低运行成本上。新型膜材料的研发不仅增强了膜的抗污染能力，延长了使用寿命，也使得维护更加简便。随着能源效率的提高和技术进步，MBR系统的能耗逐渐减少，使其变得更加经济可行。这些改进有望推动MBR技术在全球范围内的更广泛应用。

3.2 人工湿地污水处理技术

人工湿地污水处理技术利用土壤、植物和微生物之间的协同作用来净化污水。植物根系扎根于土壤中，在生长过程中向周边环境释放氧气，为微生物营造有氧生存环境，促使微生物对污水中有机物进行分解代谢，而土壤凭借自身的孔隙结构和吸附性能，充当过滤介质，拦截并去除污水中的悬浮物和部分污染物^[3]。根据水流路径的不同，人工湿地可分为表面流人工湿地、水平潜流人工湿地和垂直潜流人工湿地。表面流人工湿地模仿自然湿地环境，水体在植被表面缓慢流动，这种方式能直观展现湿地景观，但处理过程中污水与空气接触面积大，易产生异味；水平潜流人工湿地让水流在地下土壤层中水平移动，有效避免异味散发，且保温性能好，适合处理中小规模污水；垂直潜流人工湿地的水流上下方向流动，处理效率较高，对氨氮等污染物去除效果显著。该技术的一大优势在于投资少、运行费用低，并且能够美化环境，增加生态效益，常被应用于农村生活污水处理和城市景观水体净化。

3.3 高级氧化技术

高级氧化技术的核心在于产生羟基自由基（ $\cdot\text{OH}$ ），这是一种具有强氧化性的物质，能有效降解污水中的难降解有机物。常见的高级氧化方法包括芬顿氧化法、臭氧氧化法和光催化氧化法。芬顿氧化法利用过氧化氢和亚铁离子生成羟基自由基，直接破坏有机物结构。臭氧氧化法则使用臭氧或者在催化剂的作用下生成羟基自由基，用于分解复杂有机污染物。光催化氧化法借助紫外线照射催化剂表面，促使水中溶解氧形成羟基自由基，从而氧化污染物。在处理高浓度、难降解有机废水

方面,高级氧化技术展示了巨大的潜力。不过,这项技术同样面临挑战,比如运行成本较高、对操作条件要求严格等。为了克服这些问题,研究人员正在探索更加高效、经济的催化剂以及优化工艺参数的方法。随着环保标准日益严格,高级氧化技术凭借其强大的污染物去除能力和广泛的适用性,有望成为未来污水处理领域的重要组成部分。通过持续的技术创新和工艺优化,高级氧化技术在实际应用中的可行性和经济性将进一步提高,有助于解决更多类型的污水处理难题。

4 污水处理技术的选择与优化

4.1 污水处理技术选择原则

污水的水质水量因素是污水处理技术选择的基础。不同来源的污水,污染物种类与浓度差异显著。生活污水富含有机物,工业污水可能包含重金属、有毒化学物质等特殊污染物。同时污水水量也会因时间、季节等因素变化。只有充分考量这些特征,才能为后续处理流程选择适配技术。处理目标要求决定污水处理技术的具体方向^[4]。若污水需达到排放标准,处理工艺需确保各项指标符合相关规范;若存在回用需求,除常规污染物去除,还需进一步深度处理,去除可能影响回用的微量物质,满足特定水质要求。经济可行性贯穿污水处理技术选择始终。投资成本涵盖设备购置、场地建设等前期投入;运行费用涉及能源消耗、药剂使用等日常开支;维护成本包含设备维修、部件更换等。只有在投资、运行、维护各环节进行综合评估,才能确保所选技术在经济上具备可持续性。环境影响评估是重要考量环节。选择污水处理技术时,不仅要关注污水净化效果,还要分析处理过程中是否会产生二次污染,如废气、废渣等。优先选择对环境友好的处理工艺,减少处理过程对生态系统的负面影响。

4.2 污水处理技术优化策略

工艺组合优化是提升污水处理效果的有效途径。单一处理技术往往存在局限性,将物理、化学、生物等不同类型的污水处理技术合理搭配,可充分发挥各自优势。以处理工业混合废水为例,先通过格栅、沉淀等物理处理技术去除大颗粒杂质,降低后续处理负荷;再利

用化学沉淀法去除重金属离子;最后采用生物处理技术降解剩余有机物,最后采用深度处理技术进一步净化,能显著提高处理效果与系统稳定性。运行参数优化对提高处理效率、降低成本至关重要。曝气量直接影响微生物活性与污染物降解效率,曝气量不足微生物代谢缓慢,过量则造成能源浪费。污泥回流比关系污泥浓度与处理能力,合理的污泥回流比能维持活性污泥系统稳定。药剂投加量影响化学反应效果,过多药剂不仅增加成本,还可能产生二次污染。根据污水水质水量变化,精准调整这些运行参数,既能保证处理效果,又能避免资源浪费。自动化与智能化控制为污水处理带来革新。实时监测系统可不间断获取水质、水量、设备运行状态等数据,通过传感器实时反馈pH值、化学需氧量等关键指标。自动调节功能能够根据监测数据,及时调整处理工艺参数,当水质发生波动时,自动调节曝气量、药剂投加量。故障诊断系统可快速定位设备故障,通过数据分析判断设备异常,便于及时维修,减少停机时间。通过这些技术应用,污水处理运行管理水平得到大幅提升。

结束语

污水处理技术的选择与优化是一个复杂而系统的工程,需要综合考虑污水水质水量、处理目标、经济可行性和环境影响等多方面因素。通过合理搭配传统与新型污水处理技术,优化运行参数,并引入自动化与智能化控制,可以有效提升污水处理效果,降低处理成本,为环境保护和可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]吴宇浩.浅析环境工程中农村污水处理技术[J].皮革制作与环保科技,2023,4(05):130-132.
- [2]姜力源,赵梓绮.环境工程污水处理中膜生物反应技术研究[J].模型世界,2024(11):98-100.
- [3]冯琳玉,张颖,张璐.膜生物反应技术的要点及其在环境工程污水处理中的应用研究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(14):11-13.
- [4]刘建萍.膜生物反应技术在环境工程污水处理中的应用研究[J].造纸装备及材料,2023,52(6):167-169.