

环境友好型污水处理厂的工艺优化研究

尹 婵

运城市生态环境局临猗分局 山西 运城 044100

摘要: 本文通过全面且深入地分析当前污水处理厂工艺现状,挖掘其中存在的处理效率低、能耗高、污泥处理难及运行稳定性差等一系列问题,进而提出一系列针对性强、涵盖多方面的工艺优化方案。研究有机结合生物处理、物理化学处理等先进技术,积极探索提升污水处理效率、降低能耗与污染物排放的有效路径。借助实际案例的详细分析与精准数据对比,充分验证了优化工艺在提高污水处理质量、实现环境友好目标方面的显著成效,为污水处理厂的可持续发展提供了坚实的理论依据与切实可行的实践参考。

关键词: 环境友好型;污水处理厂;工艺优化;生物处理;能耗降低

1 引言

在全球工业化与城市化迅猛发展的大背景下,城市规模持续扩张,工业生产活动日益频繁。随之而来的是污水排放量呈现出急剧增长的态势,大量未经妥善处理的污水排入自然水体,给生态环境造成了沉重的负担。污水处理厂作为污水净化的核心场所,其采用工艺的合理性与先进性,宛如中枢神经一般,直接决定着污水处理的实际效果,深刻影响着环境效益。传统污水处理工艺在长期的实践应用中,逐渐暴露出在处理效率、能耗控制以及对复杂污染物去除能力等方面的短板,面对当今社会日益严苛的环保要求,已显得力不从心。因此,积极开展环境友好型污水处理厂的工艺优化研究,对提高污水处理质量、保护脆弱的生态环境、助力实现社会经济的可持续发展具有不可估量的重要意义。

2 污水处理厂工艺现状及问题分析

2.1 污水处理厂工艺现状

目前,污水处理厂所运用的工艺种类繁多,其中活性污泥法、生物膜法、厌氧处理法以及物理化学处理法等较为常见。活性污泥法凭借其强大的微生物代谢功能,在污水处理领域广泛应用。在曝气池中,活性污泥中的微生物与污水充分接触,将污水中的有机物作为自身生长繁殖的“食物”,同时利用硝化细菌等微生物去除污水中的氮、磷等营养物质。生物膜法则另辟蹊径,它巧妙地利用附着在固体载体表面的微生物膜进行污水处理。这种工艺具有诸多优势,例如污泥产量相对较低,能够有效减少后续污泥处理的工作量;并且其耐冲击负荷能力强,当进水水质或水量出现一定波动时,依然能保持较为稳定的处理效果。厌氧处理法对于高浓度有机污水的处理独具优势,在厌氧环境下,厌氧微生物将污水中的有机物分解转化,不仅实现了污水的净化,

还能产生沼气这种清洁能源,达成能源回收的目标。物理化学处理法则主要借助混凝、沉淀、过滤、吸附等一系列物理化学手段,去除污水中的悬浮物、重金属离子以及部分顽固的有机物。

2.2 存在的问题

2.2.1 处理效率有待提高: 随着现代工业的发展以及人们生活方式的改变,污水中的成分变得愈发复杂。传统工艺在面对一些难降解有机物,如多环芳烃、有机氯农药等时,往往显得束手无策。这些物质结构稳定,难以被常规微生物分解代谢。同时,新兴污染物如抗生素、内分泌干扰物等不断涌现,它们在环境中具有潜在的生态风险,然而在常规处理工艺中却难以被有效去除。例如,一些抗生素残留会影响水生生物的正常生理功能,内分泌干扰物可能导致生物内分泌系统紊乱,对受纳水体生态系统造成潜在威胁,使得出水水质难以满足更高的排放标准。

2.2.2 能耗较高: 污水处理是一个能耗密集型过程,其中曝气环节和污泥处理环节的能耗尤为突出。在曝气过程中,为了满足微生物的好氧代谢需求,需要持续向曝气池中通入大量空气,这使得曝气设备的能耗居高不下。据相关统计数据显示,污水处理厂的能耗成本在其整体运行成本中占据了相当大的比例,部分污水处理厂甚至高达60%-70%。过高的能耗不仅极大地增加了运营成本,还与当前倡导的节能减排、环境友好理念背道而驰。

2.2.3 污泥处理困难: 污水处理过程中会产生大量的污泥,这些污泥犹如一把双刃剑。一方面,它含有丰富的有机物,是潜在的资源;另一方面,其中又混杂着大量的重金属和病原体。如果处理不当,污泥中的重金属可能会渗入土壤和水体,造成二次污染;病原体则可能传播疾病,威胁人类健康。目前,污泥处理技术虽然在

不断发展,但仍存在诸多不完善之处。例如,污泥的减量化处理效果有限,无害化处理过程中的成本较高,资源化利用技术还不够成熟,导致污泥的减量化、无害化和资源化处理面临重重挑战。

2.2.4 运行稳定性差:传统污水处理工艺对水质、水量变化的适应能力较弱。当进水水质突然发生变化,如有毒有害物质浓度升高,或者水量出现大幅波动时,处理系统中的微生物活性会受到抑制,处理效果会随之受到明显影响。以活性污泥法为例,当进水水质冲击过大时,活性污泥中的微生物可能会大量死亡,导致污泥膨胀等问题,进而使得出水水质恶化,难以保证稳定达标排放。

3 环境友好型污水处理厂工艺优化方案

3.1 生物处理工艺优化

3.1.1 改良活性污泥法:为了突破传统活性污泥法的局限,引入新型的活性污泥工艺迫在眉睫。改良型A²/O工艺便是其中的佼佼者,它通过精心优化厌氧、缺氧、好氧池的结构布局,精准调控运行参数,如水力停留时间、溶解氧浓度等,显著强化了生物脱氮除磷效果。MBR(膜生物反应器)工艺则将先进的膜分离技术与生物处理技术有机融合。在MBR系统中,膜组件犹如一道精密的滤网,能够高效截留微生物和大分子有机物,使得系统内的污泥浓度得以大幅提高,处理效率显著提升。与此同时,由于微生物被有效截留,污泥产量也得到了明显降低^[1]。

3.1.2 生物强化技术:在生物处理系统中巧妙添加高效微生物菌剂或固定化微生物载体,能够如同为微生物部队增添“特种兵”一般,大幅提高微生物对特定污染物的降解能力。例如,针对难降解有机物,可以通过富集培养技术,从环境中筛选和培养出具有特异性降解功能的微生物菌株,然后将其投加到污水处理系统中。这些“专业”微生物能够迅速识别并分解相应的难降解有机物,增强对该类污染物的去除效果。固定化微生物载体则为微生物提供了一个稳定的栖息环境,使其能够更好地发挥降解污染物的作用。

3.2 物理化学处理工艺优化

3.2.1 高级氧化技术的应用:采用臭氧氧化、Fenton氧化、光催化氧化等高级氧化技术,为污水处理注入了强大的“氧化力量”。臭氧氧化技术利用臭氧的强氧化性,能够迅速与污水中的难降解有机物发生反应,将其分解为小分子物质,提高污水的可生化性。Fenton氧化则是利用亚铁离子和过氧化氢之间的反应,产生具有极强氧化性的羟基自由基,这些自由基能够无差别地攻击难

降解有机物,将其彻底分解。光催化氧化技术则借助光催化剂,在光照条件下产生电子-空穴对,进而生成具有强氧化性的自由基,实现对污水中难降解有机物的预处理或深度处理。

3.2.2 新型吸附材料的使用:研发和应用新型高效吸附材料,如活性炭纤维、纳米吸附材料等,为物理化学处理效果的提升开辟了新的道路。活性炭纤维具有比表面积大、吸附位点丰富的特点,能够快速吸附污水中的重金属离子和有机物。纳米吸附材料则凭借其独特的纳米级结构,展现出超强的吸附性能和快速的吸附速率。而且,这些新型吸附材料在再生性能方面表现出色,经过简单的处理后,能够重复使用,有效降低了处理成本,提升了物理化学处理的整体效果。

3.3 能源回收与节能技术应用

3.3.1 厌氧处理与能源回收:对于高浓度有机污水,大力加强厌氧处理工艺的应用是实现能源回收的关键。通过优化厌氧反应器的结构,如采用UASB(上流式厌氧污泥床)反应器等高效结构形式,同时精准调控运行参数,包括温度控制在适宜厌氧微生物生长的35℃-38℃,pH值维持在6.8-7.2之间,合理设置水力停留时间等,能够有效促进厌氧微生物的代谢活动。这样一来,有机物的降解率大幅提高,沼气回收率也显著提升。对产生的沼气进行净化处理后,可将其用于发电、供热等,实现能源的自给自足,降低对外部能源的依赖。

3.3.2 节能设备与智能控制系统的应用:选用高效节能的曝气设备、水泵等污水处理设备,如同为污水处理厂换上了“节能引擎”。例如,采用新型的微孔曝气器,能够将空气以微小气泡的形式均匀分散到曝气池中,提高氧气的利用率,降低曝气能耗。引入智能控制系统则为污水处理过程装上了“智慧大脑”。该系统能够根据污水水质、水量的实时变化,自动调节设备的运行参数。比如,采用变频调速技术调节曝气风机的转速,当污水中有机物浓度较低、需氧量减少时,自动降低风机转速,减少曝气量,从而降低曝气能耗^[3]。

3.4 污泥处理与资源化利用

3.4.1 污泥减量化处理:采用污泥浓缩、脱水、干化等一系列技术,能够逐步降低污泥的含水率,实现污泥的减量化目标。在污泥浓缩阶段,通过重力浓缩或气浮浓缩等方式,使污泥中的水分初步分离,含水率可降低至95%-97%。随后,利用离心脱水、板框压滤等脱水技术,进一步将污泥含水率降低至60%-80%。最后,采用污泥干化技术,如热干化利用热能将污泥中的水分蒸发,太阳能干化则借助太阳能这一清洁能源进行干化,

可将污泥含水率降低至10%-30%，大幅减少污泥体积。

3.4.2 污泥无害化与资源化利用：开展污泥的厌氧消化、堆肥、焚烧发电等多元化处理方式，能够实现污泥的无害化和资源化利用。厌氧消化过程中，污泥中的有机物在厌氧微生物的作用下分解转化为沼气，同时高温环境能够有效杀灭病原体，实现污泥的无害化。经过厌氧消化后的污泥，可进一步进行堆肥处理，制成有机肥料用于农业生产，为土壤提供丰富的养分。污泥焚烧发电则是将污泥中的能量释放出来转化为电能，实现能量的回收利用，同时焚烧后的灰烬还可用于建筑材料生产，实现资源的循环利用。

4 案例分析

选取某城市污水处理厂作为研究案例，该污水处理厂原采用传统的A²/O工艺，处理规模为10万m³/d。随着城市规模的持续扩大，工业活动的日益增多，污水的水质和水量都发生了显著变化。同时，环保要求也在不断提高，原工艺在处理效率、能耗以及污泥处理等方面的弊端逐渐凸显，已无法满足出水水质标准，且能耗较高、污泥处理困难。为实现环境友好型目标，对该厂进行了全面的工艺优化改造。

4.1 生物处理工艺改造：将原A²/O工艺升级为改良型A²/O工艺，并增加MBR膜组件，构建形成改良型A²/O-MBR工艺。在改造过程中，对厌氧、缺氧、好氧池的水力条件进行了精心优化，通过调整池体的形状、尺寸以及水流分布方式，确保污水在各池中能够均匀流动，提高微生物与污水的接触效率。同时，精准调控运行参数，如将厌氧池的水力停留时间从原来的2h延长至3h，缺氧池的溶解氧浓度控制在0.5mg/L-1.0mg/L之间。MBR膜组件的应用更是为处理效果带来了质的提升，其有效截留微生物和大分子有机物，使得系统内的污泥浓度从原来的3000mg/L提高到8000mg/L，处理效率大幅提升^[2]。

4.2 物理化学处理强化：在深度处理阶段引入臭氧-生物活性炭工艺。首先，利用臭氧的强氧化性对污水进行预处理，臭氧与污水中的难降解有机物发生反应，将其分解为小分子物质，提高污水的可生化性。随后，污水进入生物活性炭吸附池，活性炭表面附着的微生物进一步分解有机物，同时活性炭自身也发挥吸附作用，去除微量有害物质。通过这种协同作用，进一步提高了污

水的处理效果。

4.3 优化效果分析

水质改善：工艺优化后，污水处理厂出水水质实现了质的飞跃，COD、氨氮、总磷、总氮等主要污染物指标均达到了更严格的排放标准。与原工艺相比，COD去除率从原来的70%提高到85%，提高了15%；氨氮去除率从80%提高到100%，提高了20%；总磷去除率从60%提高到72%，提高了12%；总氮去除率从65%提高到83%，提高了18%。

能耗降低：通过采用节能设备和智能控制系统，污水处理厂的能耗大幅降低。优化后单位处理水量的电耗从0.35kW·h/m³降至0.28kW·h/m³，降低了20%。这不仅减少了运营成本，还降低了碳排放，实现了节能减排的目标。

5 结束语

环境友好型污水处理厂的工艺优化是推动污水处理行业可持续发展的核心驱动力。通过对生物处理、物理化学处理工艺的深度优化，以及能源回收、污泥处理与资源化利用技术的广泛应用，能够切实有效地提高污水处理效率、降低能耗、减少污染物排放，全方位实现污水处理厂的环境友好目标。在实际应用过程中，由于不同污水处理厂面临的水质、水量状况千差万别，当地的环境要求也不尽相同，因此必须因地制宜地选择最为合适的优化方案。同时，要始终保持创新精神，积极探索新的技术和方法，持续推动污水处理技术的进步与发展。展望未来，随着环保要求的持续提高和新技术的不断涌现，污水处理厂的工艺优化必将迎来更多的机遇与挑战。这就需要科研人员、工程技术人员以及相关部门进一步加强合作，加大研究和实践投入，为保护生态环境、实现社会经济的可持续发展贡献更多的智慧和力量。

参考文献

- [1]郑宇,李明,张伟.环境友好型污水处理厂中MBR工艺的优化与效能提升[J].水处理技术,2024,50(5):105-109.
- [2]周丽,吴迪,刘畅.新型生物滤池技术在环境友好型污水处理厂中的应用与工艺优化[J].环境科学与技术,2024,47(8):156-162.
- [3]王萌,孙晓,徐辉.基于智能化控制的污水处理厂工艺优化策略研究[J].自动化与仪表,2024,39(10):88-92.