

环境工程中活性污泥法在污水处理中的应用研究

王浩¹ 张锋²

1. 台州福星环保科技有限公司 浙江 台州 318000

2. 中城院(北京)环境科技股份有限公司 北京 100000

摘要: 活性污泥法是污水处理主流技术, 基于微生物代谢去除污染物, 需构建稳定微生物生态系统。其核心应用环节包括曝气系统选型与运行控制、反应系统构建与工况适配、污泥性能调控。该法在城市、工业及低浓度污水深度处理中均有适配应用, 通过不同工艺实现高效处理。应用中关键控制与保障措施包括: 做好水质水量预处理与调控, 实时监测优化运行参数, 确保系统稳定; 妥善处置污泥, 避免二次污染; 定期维护清洗系统, 延长设备寿命, 保障活性污泥法长期稳定高效运行。

关键词: 活性污泥法; 污水处理; 环境工程; 工艺应用; 运行调控

引言: 活性污泥法作为污水处理领域应用广泛且成熟的技术, 凭借活性污泥中微生物强大的代谢与吸附能力, 可有效去除污水中的各类污染物。其涵盖曝气、反应、污泥性能调控等核心环节, 在不同污水类型处理中展现出良好的适配性, 从城市污水到工业废水, 再到低浓度污水深度处理均有应用。然而, 要实现其高效稳定运行, 需做好水质水量预处理调控、运行参数实时监测优化以及污泥处置等关键控制与保障措施, 以充分发挥该技术的优势, 满足日益严格的环保要求。

1 活性污泥法的技术原理与应用基础

活性污泥法作为环境工程领域污水处理的主流技术之一, 其核心原理基于活性污泥中丰富微生物群落的强大代谢作用, 达成对污水中各类污染物的有效去除。活性污泥作为微生物的天然载体, 成分复杂且功能多样, 主要由细菌、真菌、原生动物等众多微生物群体, 以及有机、无机杂质共同构成。这些微生物群体不仅具备出色的吸附性能, 可快速捕捉污水中的悬浮颗粒与胶体物质, 还拥有旺盛的代谢活性, 能将吸附的污染物进一步分解转化。(1) 在污水处理的实际流程中, 污水与活性污泥在曝气池内实现充分混合与密切接触。此时, 曝气系统发挥关键作用, 为整个体系源源不断地提供充足氧气, 营造出适宜微生物生存与代谢的有氧环境。在此环境下, 微生物通过有氧呼吸作用, 将污水中的溶解性有机物逐步分解为二氧化碳和水, 实现有机污染物的矿化。同时, 针对污水中的氮元素, 微生物通过硝化作用将氨氮转化为硝酸盐氮; 而对于磷元素, 则借助微生物的过量吸收机制, 使其从污水中得以去除。(2) 活性污泥法的应用基础在于精心构建并维持一个稳定的微生物生态系统。这一系统需确保活性污泥具备良好的沉降性

能, 以便在后续处理环节中实现泥水有效分离; 同时, 要保障其吸附能力与代谢活性始终处于较高水平, 从而满足不同水质、不同处理规模下污水处理的实际要求, 为活性污泥法在污水处理中的稳定、高效应用奠定坚实基础^[1]。

2 活性污泥法在污水处理中的核心应用环节

2.1 曝气系统的应用与运行控制

曝气系统堪称活性污泥法应用的核心设施, 在污水处理流程中扮演着至关重要的角色。它主要有两大功能, 一是为微生物的代谢活动源源不断地提供必需的氧气, 二是推动污水与活性污泥充分混合, 使二者得以均匀接触, 进而提升污染物的去除效率。在实际应用时, 需依据处理污水的具体水质特征, 像有机物浓度的高低、污染物类型的差异, 以及处理规模的大小, 来精准选择适配的曝气方式。常见的曝气方式有鼓风曝气和机械曝气等。鼓风曝气借助风机输送空气, 再经曝气器将空气分散至曝气池底部, 气泡与污水接触面积大, 氧利用率颇高, 尤其适用于中大型污水处理工程; 机械曝气则是通过叶轮旋转产生曝气效果, 设备安装便捷, 更适用于小型污水处理设施。在运行过程中, 要严格把控曝气量、曝气强度等关键参数, 确保曝气池中溶解氧浓度稳定维持在2 - 4mg/L的适宜区间, 既充分满足微生物代谢需求, 又能有效避免能源的不必要浪费^[2]。

2.2 反应系统的构建与工况适配

反应系统的科学合理构建对活性污泥法的应用成效起着决定性作用, 其核心要点在于曝气池的结构精心设计以及工况参数的精准调控。曝气池作为整个反应过程的核心区域, 其容积大小并非随意确定, 而是要依据污水的水量、水质负荷以及所要求的处理效率进行精确计

算。只有容积合适,才能保证微生物与污染物有充裕的反应时间,进而实现高效处理。在工况参数调控上,污泥负荷和水力停留时间是两个关键指标。污泥负荷一般需控制在 $0.2 - 0.5\text{kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ 的范围内,若负荷过高,容易引发污泥膨胀问题;负荷过低,则会导致处理效率降低。水力停留时间要根据污水污染物浓度灵活调整,通常为4 - 12小时,以此确保有机物能够充分降解。此外,反应系统还应具备良好的混合性能,有效减少死水区的产生,保障活性污泥与污水能够均匀接触,进一步提升污染物的去除效率。

2.3 污泥性能的调控与应用保障

活性污泥的性能堪称决定污水处理效果的核心要素,其应用调控工作主要聚焦于污泥浓度、沉降比、污泥龄等关键指标。污泥浓度(MLSS)是重要的调控参数之一,通常需控制在 $2000 - 4000\text{mg/L}$ 。若浓度过高,不仅会增加曝气能耗,还会加大污泥沉降的难度;而浓度过低,则会使处理能力大打折扣。污泥沉降比(SV_{30})能够直观反映污泥的沉降性能,需维持在 $15\% - 30\%$ 。一旦该数值出现异常,就要及时排查是否存在污泥膨胀、中毒等问题。污泥龄(SRT)则要根据具体的处理目标进行调整,在硝化工艺中,污泥龄需达到或超过10天,以此保证硝化细菌能够充分增殖并保持稳定。在实际应用过程中,要定期对污泥性能指标进行监测,通过合理排泥、精准调控回流污泥等方式,维持污泥菌群的稳定性与活性,从而保障污水处理系统持续高效运行^[3]。

3 活性污泥法在不同污水类型中的应用适配性

3.1 城市污水处理中的应用

城市污水作为活性污泥法应用最为广泛且成熟的领域,有着自身显著的特点。其水量庞大,每日排放量稳定且规模可观;水质相对波动较小,成分构成具有一定规律性;有机物浓度处于适中水平,既不会因浓度过高给处理带来极大压力,也不会因浓度过低导致处理效率低下。在实际应用中,针对城市污水的处理,多采用传统推流式曝气池或者氧化沟工艺。传统推流式曝气池能使污水与活性污泥在池内沿推流方向逐步反应,处理效果较为稳定;氧化沟工艺则具有流程简单、管理方便等优势。通过合理调控运行参数,如曝气量、污泥回流比等,可实现较为理想的处理效果,COD去除率能够达到 85% 以上, BOD_5 去除率可超过 90% 。而对于城市污水中含有的氮磷污染物,为满足日益严格的环保要求,需采用A/O、A²/O等改良工艺。这些改良工艺通过缺氧 - 好氧、厌氧 - 缺氧 - 好氧的工况交替运行,强化了硝化反硝化过程以及磷的吸收释放过程,有效实现了脱氮除磷的

目标^[4]。

3.2 工业废水处理中的应用适配

工业废水因其来源广泛、生产工艺复杂,呈现出水质复杂多变的特性,污染物浓度往往较高,且成分丰富多样,这给污水处理带来了极大挑战。活性污泥法在工业废水处理中的应用,必须依据废水类型的不同进行精准且针对性的调整。(1)对于高浓度有机废水,常规的活性污泥法难以有效处理,此时需采用高负荷活性污泥法。通过提高活性污泥的浓度,增加微生物与污染物的接触机会,同时强化曝气强度,为微生物提供充足的氧气,从而显著提升有机物的降解效率,使废水中的有机污染物得到高效去除。(2)对于含有有毒有害物质的工业废水,预处理环节至关重要。需采用化学沉淀、吸附等方法降低毒物浓度,减轻其对后续活性污泥系统的冲击。之后废水进入活性污泥系统,同时要驯化耐受微生物菌群,让微生物逐渐适应有毒环境,确保处理系统能够稳定运行。此外,在工业废水处理过程中,还需严格控制pH值、温度等环境参数,为微生物创造适宜的生存条件,维持其代谢活性,避免水质波动对活性污泥法的应用效果产生不利影响。

3.3 低浓度污水深度处理中的应用

在低浓度污水深度处理环节,活性污泥法发挥着关键作用,其主要目标是去除污水中残留的有机物以及氮磷等污染物,以此确保出水水质能够严格达标,满足日益严格的环保要求。(1)在实际应用中,常采用膜生物反应器(MBR)与活性污泥法相结合的工艺。膜组件凭借其精细的截留作用,能够有效拦截活性污泥,使活性污泥在反应器内大量富集,显著提高活性污泥浓度。这样一来,微生物与低浓度污染物的接触机会增多,从而强化了微生物对低浓度污染物的降解能力。(2)为进一步提升处理效能与经济性,还需对曝气方式与运行参数进行优化。通过合理调整曝气量、曝气时间等参数,降低能耗,确保处理系统在低负荷条件下依然能够保持稳定且高效的处理效果,最终满足再生水利用等深度处理需求,实现水资源的循环利用。

4 活性污泥法应用中的关键控制与保障措施

4.1 水质水量的预处理与调控

水质水量的稳定对于活性污泥法的高效应用起着基础性、前提性的关键作用。(1)在污水进入活性污泥处理系统之前,必须在前端设置科学合理的预处理系统。该系统能够有效去除污水中的大颗粒杂质,防止其堵塞后续处理设备;同时,还能去除污水中的油脂等污染物,避免这些物质对活性污泥中的微生物产生毒害作

用,进而对后续反应系统造成严重冲击。(2)对于水质波动幅度较大的污水,需建设调节池。调节池能够对污水的水质和水量进行均衡调节,使进入活性污泥系统的污水在各项指标上符合设计要求。在运行过程中,要实时监测进水的pH值、COD、BOD₅等关键指标。一旦发现指标异常,需及时通过投加酸碱调节剂来调整pH值,投加营养盐来补充微生物生长所需的营养物质,以此维持进水水质的稳定,为微生物的代谢活动提供适宜的条件,保障活性污泥法的高效运行。

4.2 运行参数的实时监测与优化

活性污泥法要实现理想的处理效果,离不开对运行参数的精准把控。(1)必须构建一套完善的监测体系,运用先进的在线监测仪器,对溶解氧、污泥浓度、污泥沉降比以及出水水质等关键参数展开实时、连续的监测。这些参数犹如活性污泥法运行的“晴雨表”,能直观反映处理系统的运行状况。(2)依据实时监测所获取的数据,及时且精准地调整曝气量、污泥回流比、排泥量等运行参数。例如,当监测到溶解氧浓度低于设定值时,意味着微生物的呼吸作用可能受到抑制,此时需迅速增加曝气量,为微生物提供充足的氧气;若发现污泥沉降比过高,这可能是污泥膨胀的前兆,应及时加大排泥量,防止污泥膨胀现象的发生。通过这种动态、灵活地优化运行参数,能够确保活性污泥处理系统始终维持在高效、稳定的运行状态,从而实现污水的高效处理^[5]。

4.3 污泥处置与系统稳定性保障

污泥处置作为活性污泥法应用不可或缺的重要配套环节,其妥善处理对于避免二次污染至关重要。(1)在活性污泥法处理污水的过程中,会产生一定量的剩余污泥,这些剩余污泥含有大量水分、有机物及微生物等,若不加以合理处置,会对环境造成严重危害。(2)剩余污泥需经过一系列科学处理流程,先进行浓缩以降低含水率,再通过脱水处理进一步减少水分,最后进行稳定化处理,降低其生物活性,防止腐败变质。处理后的污

泥,要根据其具体性质,选择填埋、焚烧或资源化利用等适宜的处置方式,确保整个处置过程严格符合环保要求。(3)为保障活性污泥系统的稳定运行,还需定期对系统进行全面维护与清洗。及时清除曝气池内的积泥,疏通堵塞的曝气器,保证反应系统的良好流通性,从而延长设备使用寿命,确保活性污泥法能够长期、稳定、高效地运行。

结束语

活性污泥法作为污水处理领域的核心技术,凭借其科学的技术原理与广泛的适用性,在城市污水、工业废水及低浓度污水深度处理中均发挥着不可替代的作用。通过精准构建反应系统、优化曝气与运行参数、调控污泥性能,并强化水质水量预处理、实时监测优化参数以及妥善处置污泥等关键控制与保障措施,可确保活性污泥法高效稳定运行。未来,随着环保要求的日益严格和水资源循环利用需求的增长,活性污泥法需不断创新优化,以适应更复杂多变的污水水质,为污水处理行业的可持续发展及生态环境保护提供更为坚实有力的技术支撑。

参考文献

- [1]吴小丽,毕红伟.城市污水处理中不同活性污泥法设计和运行效果的对比分析[J].科技资讯,2024,22(04):179-182.
- [2]吴小丽,毕红伟.城市污水处理不同序批式活性污泥法的工艺特点和功能差异分析[J].皮革制作与环保科技,2024,5(03):119-122.
- [3]白少元,黄英才,李雨桓,等.环境水体中抗病毒药物的赋存及其在污水处理厂的去留研究进展[J].桂林理工大学学报,2023,43(03):478-484.
- [4]李源,万佳杰,刘佳杰,孟祥宇.城市污水处理中活性污泥法的应用研究[J].城市筑,2020,17(27):187-188.
- [5]李好.污水处理中的活性污泥应用技术分析[J].化工设计通讯,2022,48(10):180-182.