

给排水工程生物处理技术应用研究

高 颖

(沈阳东北工程建设发展有限公司, 辽宁 沈阳 110000)

摘 要 本研究重点关注新型生物处理工艺及工艺强化技术在提升处理效率和拓展应用范围方面的作用, 概述了膜生物反应器 (MBR)、厌氧氨氧化 (ANAMMOX)、同步硝化反硝化 (SND) 等新型生物处理工艺的原理、优势及应用现状, 分析了其在处理不同类型污水方面的优缺点, 深入探讨了生物强化技术在难降解有机物处理中的应用, 包括高效降解菌的接种、基因工程技术及微生物群落调控等策略, 还阐述了生物电化学系统 (BES) 和高级氧化技术与生物处理耦合的优势及应用前景, 分析了这些强化技术在提升生物处理效率、降低运行成本和减少环境影响方面的积极作用, 并展望了给排水工程生物处理技术未来的发展方向, 强调了技术创新、工艺优化和智能化控制在推动该领域发展中的重要性, 旨在为构建可持续水资源管理体系提供理论参考。

关键词 给排水工程; 生物处理技术; 工艺强化技术

中图分类号: TU991; X172

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.14.035

0 引言

传统的生物处理技术在处理高浓度、复杂成分的污水时, 往往效率低下且难以满足日益严格的排放标准。因此, 探究给排水工程生物处理技术的应用路径, 对于保障水资源安全、维护生态环境具有重要意义。近年来, 随着科技的进步, 一系列新型生物处理工艺和工艺强化技术不断涌现, 为解决水污染问题提供了新的途径。这些技术不仅提高了污水处理效率, 降低了运行成本, 还增强了处理工艺的稳定性 and 适应性。本文探讨给排水工程中几种重要的生物处理技术, 包括新型生物处理工艺 (如 MBR、ANAMMOX、SND) 以及生物强化技术 (如高效降解菌的应用、BES 技术、AOPs 与生物处理耦合), 分析其原理、优势、应用现状及未来发展趋势, 旨在为推动给排水工程生物处理技术发展提供参考。

1 给排水工程中生物处理技术应用优势

第一, 生物处理技术具有显著的高效降解能力。微生物凭借其强大的代谢能力, 可以有效分解水体中的各种有机污染物, 包括难降解的复杂有机物, 将其转化为无害的二氧化碳、水和矿物质。这远超单纯的物理沉淀或化学氧化方法, 尤其在处理高浓度、成分复杂的工业废水方面优势明显^[1]。一些新型生物处理技术, 如厌氧氨氧化 (ANAMMOX) 技术, 甚至能实现对氮的深度去除, 有效解决氮污染问题, 这在传统技术中难以实现。这种高效的降解能力, 不仅保证了出水水质达标, 也为资源化利用提供了可能性, 比如将部分生物处理产物转化为生物能源或肥料。

第二, 生物处理技术具有环境友好性的显著优势。

与传统的化学处理方法相比, 生物处理技术避免了大量化学试剂的使用, 减少了二次污染的风险。它利用自然界中存在的微生物来完成污染物的降解, 更加绿色环保, 减少了对环境的负面影响, 这与当前全球可持续发展理念高度契合。此外, 生物处理技术产生的污泥量相对较少, 且污泥可通过进一步处理实现减量化、资源化或无害化处置, 最大限度地降低了对环境的负担^[2]。

第三, 生物处理技术在经济可行性方面也展现出其优势。虽然初期投资可能较高, 但生物处理技术在运行成本方面具有显著优势。它主要依赖于微生物的生长繁殖, 运行成本主要集中在能源消耗和微生物培养基的添加上, 相较于化学处理方法所需的大量化学药剂, 成本优势明显。长期来看, 生物处理技术可节约能源和减少化学试剂的使用, 能够带来显著的经济效益。尤其是在处理量较大的市政污水和部分工业废水时, 其经济优势更加突出。同时, 生物处理技术的自动化程度日益提高, 减少了人工操作的依赖, 进一步降低了运行成本。

第四, 生物处理技术在未来发展中拥有广阔的前景。随着科学技术的进步, 新型生物处理技术不断涌现, 例如利用基因工程技术改造微生物以提高其降解效率, 或者利用人工智能技术优化生物处理过程, 这些都将进一步提升生物处理技术的效率和可靠性。生物处理技术的持续改进与创新, 必将为解决全球水污染问题

提供更有效的途径,为构建和谐生态环境贡献力量。它不仅仅是一种污水处理技术,更是构建未来可持续水资源管理体系的重要基石。其在节约资源、保护环境和促进经济发展等方面的综合优势,注定将在未来的给排水工程中占据更加重要的地位^[3]。

2 给排水工程新型生物处理工艺

2.1 膜生物反应器 (MBR) 技术

膜生物反应器 (MBR) 技术通过在生物反应器中添加膜组件,实现固液分离,从而有效去除污水中的悬浮物、胶体和溶解性有机物。MBR 技术具有诸多优势:首先,其出水水质显著提高,可达到更高的净化标准,甚至满足回用水要求;其次,MBR 系统的污泥浓度高,减少了污泥产量,降低了污泥处理成本;再次,MBR 技术具有良好的抗冲击负荷能力,能够稳定运行,不易受到水质变化的影响;最后,MBR 技术占地面积小,便于工程建设和运行管理。

MBR 技术的应用范围广泛,包括市政污水处理、工业废水处理和回用水处理等领域。在市政污水处理中,MBR 技术可以有效去除污水中的病原菌和病毒,保障公共卫生安全;在工业废水处理中,MBR 技术可以根据不同工业废水的特点,选择合适的膜材料和工艺参数,实现高效的污染物去除;在回用水处理中,MBR 技术可以生产出符合特定用途要求的高品质回用水,例如景观用水、工业冷却水和冲厕用水等。然而,MBR 技术也存在一些不足之处,例如膜污染问题和高昂的运行成本。目前,研究人员正在积极探索各种方法来解决这些问题,例如改进膜材料、优化膜清洗策略和开发新型膜组件等。

2.2 厌氧氨氧化 (ANAMMOX) 技术及其应用

厌氧氨氧化 (ANAMMOX) 技术是一种新兴的生物脱氮技术,它利用特殊的厌氧氨氧化菌,在厌氧条件下将氨氮和亚硝酸氮转化为氮气,从而实现高效的脱氮效果。与传统的硝化反硝化工艺相比,ANAMMOX 技术具有明显的优势:首先,它可以显著降低能耗,因为不需要曝气提供氧气;其次,它可以减少污泥产量,降低污泥处理成本;最后,它可以有效去除污水中的氨氮和亚硝酸氮,提高出水水质。

ANAMMOX 技术的应用主要集中在高氨氮废水的处理方面,例如养殖废水、垃圾渗滤液和工业废水等。由于 ANAMMOX 菌的生长速度较慢,启动时间较长,因此需要对其进行特殊的培养和驯化。此外,ANAMMOX 技术对环境条件的要求较高,如 pH 值、温度和溶解氧浓度等,需要严格控制才能保证其稳定运行。目前,研究人员

正在积极探索各种方法来提高 ANAMMOX 技术的效率和稳定性,如开发新型生物反应器、优化工艺参数和利用基因工程技术改造 ANAMMOX 菌等^[4]。

2.3 同步硝化反硝化 (SND) 技术及其应用

同步硝化反硝化 (SND) 技术是指在同一个反应器中同时进行硝化和反硝化过程的生物脱氮技术。首先,它可以简化工艺流程,减少设备投资和运行成本;其次,它可以提高脱氮效率,降低能耗;最后,它可以减少污泥产量,降低污泥处理成本。

SND 技术的实现依赖于兼性硝化反硝化细菌的存在,这些细菌能够在缺氧和好氧条件下交替进行硝化和反硝化反应。为了实现 SND,需要在反应器中创造合适的环境条件,例如控制溶解氧浓度、pH 值和碳源供应等。SND 技术的应用范围广泛,包括市政污水处理和工业废水处理等领域。然而,SND 技术也存在一些挑战,如何有效控制反应器内的溶解氧浓度,如何选择合适的碳源,以及如何提高 SND 过程的稳定性等。近年来,随着微生物组学和代谢工程的发展,研究人员对 SND 机理的理解不断深入,为解决上述技术难题提供了新思路。通过引入新型载体材料,如改性沸石、生物炭等,可以提高微生物附着能力和活性,增强系统抗冲击负荷能力。同时,利用智能控制系统实现溶解氧的精准调控,结合间歇曝气策略,可以创造更适合 SND 过程的微环境。此外,通过添加特定酶制剂或驯化特殊功能菌群,可进一步提高氮转化效率,拓展 SND 技术在低温、高盐等极端条件下的应用潜力^[5]。

2.4 强化生物脱氮除磷技术

强化生物脱氮除磷技术是指通过优化生物处理工艺或添加其他技术手段来提高污水脱氮除磷效率的技术。常用的强化生物脱氮除磷技术包括:厌氧/好氧交替运行、预处理技术、生物强化技术和污泥回流技术等。厌氧/好氧交替运行可以促进聚磷菌的磷吸收和释放,提高除磷效率;预处理技术可以去除污水中对生物处理过程有抑制作用的物质,提高生物处理效率;生物强化技术可以提高微生物的活性,增强其对氮磷的去除能力;污泥回流技术可以调节污泥龄和微生物浓度,优化生物处理过程。

强化生物脱氮除磷技术能够显著提高污水处理厂的出水水质,满足更加严格的排放标准。同时,它还可以提高资源回收利用效率,例如将污泥中的磷资源回收利用。然而,强化生物脱氮除磷技术也存在一些挑战,需要对工艺参数进行精细控制,对微生物群落进行有效调控,以及对运行成本进行优化等。

3 给排水领域生物处理工艺强化技术

3.1 生物强化技术在难降解有机物处理中的应用

许多工业废水和城市污水中含有难降解有机物,如多环芳烃(PAHs)、卤代烃等,这些物质的生物降解性差,严重影响了传统生物处理工艺的效率。生物强化技术通过引入特定微生物或改善微生物群落结构,增强微生物对难降解有机物的降解能力,从而实现高效处理。

通过筛选和培养具有高效降解特定难降解有机物能力的微生物,将其接种到生物反应器中,从而增强对目标污染物的降解能力。这需要对目标污染物进行深入的生物降解途径研究,选择合适的菌株,并优化接种条件,以最大限度地提高其降解效率。例如:对特定PAHs的降解,可以定向筛选和培养具有相应降解基因的细菌,并将其添加到活性污泥系统中。利用基因工程技术改造微生物,赋予其降解难降解有机物的能力,或增强其降解效率。这包括通过基因克隆、基因表达调控等技术,将新的降解基因导入微生物细胞中,或优化其现有代谢途径,从而提高其对难降解有机物的降解效率。基因工程技术为处理极端难降解污染物提供了新的途径,但其应用需考虑生物安全等因素。

通过控制环境条件(如pH值、温度、溶解氧等)或添加营养物质,调控微生物群落结构,促进具有高效降解能力的微生物的生长繁殖,抑制其他微生物的生长,从而增强整体的降解效率。这需要对污水中的微生物群落组成及其功能进行深入研究,并据此调整操作参数,以优化微生物群落的结构和功能。生物强化技术的应用,显著提高了对难降解有机物的去除率,减少了环境污染风险,但同时也面临一些挑战,例如高效降解菌株的筛选和培养、基因工程技术的安全性以及微生物群落调控的复杂性等。

3.2 生物电化学系统(BES)在污水处理中的应用

生物电化学系统(BES)是一种利用微生物电化学活性来处理污水的技术。它通过构建一个包含阳极和阴极的电化学反应器,利用微生物的电子传递作用,将有机物氧化分解,同时产生电能或进行其他电化学反应。微生物在阳极上进行有机物的氧化反应,产生电子,这些电子通过外电路传递到阴极,从而提高了有机物的去除效率。BES技术可以同时去除有机物和产生电能,实现能源回收,降低运行成本。一些BES系统可以有效去除传统生物处理工艺难以处理的难降解有机物。某些BES系统可以同时进行脱氮除磷,实现多种污染物的同步去除。

3.3 高级氧化技术(AOPs)与生物处理的耦合

高级氧化技术(AOPs)是一类利用强氧化剂(如臭氧、过氧化氢、紫外线等)来降解有机污染物的技术。利用高级氧化技术预处理污水,降解部分难降解有机物,提高污水的可生化性,从而提高后续生物处理的效率。将高级氧化技术与生物处理技术集成在一个反应器中,实现同步氧化降解和生物降解,提高整体的处理效率。高级氧化技术与生物处理的耦合,能够有效克服传统生物处理在处理难降解有机物方面的局限性,并实现对多种污染物的综合去除。然而,耦合技术的优化需要考虑多种因素,包括氧化剂的选择、反应条件的控制以及成本效益等。

4 结束语

给排水工程生物处理技术正朝着高效、智能化和可持续化的方向发展。新型生物处理工艺和工艺强化技术的应用,显著提升了污水处理效率,拓展了处理范围,并有效降低了环境影响和运行成本。然而,这些技术也面临着一些挑战,例如工艺参数优化、微生物群落调控以及技术成本控制等。未来研究应重点关注以下几个方面:一是进一步研发更高效、更稳定的新型生物处理工艺,如探索更优的微生物菌群组合和更有效的生物反应器设计;二是深入研发生物强化技术的机理,开发更有效的生物强化策略,例如结合基因工程技术和人工智能技术;三是加强技术集成与优化,将高级氧化技术与生物处理技术更有效地耦合;四是推动生物处理技术的智能化和自动化发展,实现对处理过程的实时监控和优化控制。只有通过持续的技术创新和工程实践,才能不断地提高给排水工程生物处理技术的水平,为建设美丽中国、实现可持续发展目标贡献力量。

参考文献:

- [1] 范久林.市政给排水工程污水处理的技术分析[J].清洗世界,2023,39(11):124-126.
- [2] 潘瑞军.市政给排水工程污水处理技术研究[J].工程建设与设计,2023(20):87-89.
- [3] 王键.污水处理技术在市政给排水工程中的有效运用[J].工程技术研究,2022,07(24):33-35.
- [4] 李真莹.市政给排水工程污水处理技术与发展路径探析[J].新型工业化,2022,12(12):244-247.
- [5] 李平平.市政给排水工程污水处理的技术分析[J].大众标准化,2022(21):50-51.