

基于微生物群落结构调控的水体净化技术研究

朱姝

东北电力大学

DOI:10.12238/eep.v7i12.2388

[摘要] 基于微生物群落结构调控的水体净化技术研究,探讨了微生物群落的基本概念及其影响因素。研究重点集中在通过物种选择与优化、群落多样性优化、生态位调控以及智能化控制技术等手段,来调控微生物群落结构,以提升水体净化效果。这些技术通过精准筛选优势菌种、优化群落多样性、调节生态位分配以及实时监测和调整工艺参数,有效提高了微生物对污染物的降解能力和稳定性,为水体净化提供了高效、可持续的解决方案。

[关键词] 微生物; 群落结构调控; 水体净化

中图分类号: F121.3 文献标识码: A

Research on water purification technology based on microbial community structure regulation

Shu Zhu

Northeast Dianli University

[Abstract] Based on the research of water purification technology of microbial community structure regulation, the basic concept of microbial community and its influencing factors were discussed. The research focuses on the regulation of microbial community structure through species selection and optimization, community diversity optimization, niche regulation and intelligent control technology, so as to improve the water purification effect. By accurately screening dominant strains, optimizing community diversity, adjusting niche allocation, and monitoring and adjusting process parameters in real time, these technologies effectively improve the ability and stability of microbial degradation of pollutants, and provide efficient and sustainable solutions for water purification.

[Key words] microorganism; Regulation of community structure; Water purification

水体污染主要来源于工业废水、农业排放、生活污水等,这些污染物包括有机物、重金属、氮磷等营养物质。传统的水体净化技术包括物理处理法、化学处理法和生物处理法。其中,生物处理法因其高效、环保、经济的特点而备受关注。微生物群落作为生物处理法的核心,其结构和功能的调控对于提高水体净化效果具有重要意义。

1 微生物群落结构的基本概念

微生物群落,作为自然界中一个复杂而精细的生态系统组成部分,描述的是不同种类的微生物在同一生态环境中相互依存、共同生活的状态。这种共生状态不仅体现了微生物之间复杂的相互作用关系,还深刻揭示了它们如何适应并影响所在环境。微生物群落结构,作为这一共生状态的直观体现,综合涵盖了微生物的种类、数量以及它们在空间上的分布特征。这些因素共同构成了一个复杂而精细的网络,影响着生态系统的健康与稳定。在一个具体的生态环境中,微生物群落的结构并非随意组合,而是受到多种生态因素的精细调控。其中,生态位扮演着

至关重要的角色。它指的是一个微生物在特定生态环境中所占据的特定空间位置以及所承担的功能角色。生态位的分化使得不同微生物能够在同一环境中找到适合自己的生存空间,从而避免了激烈的直接竞争,促进了群落内物种的共存与多样性。生态位的差异不仅影响了微生物的生长速度和繁殖能力,还决定了它们对环境的适应能力和对污染物的降解潜力。另外,物种丰富度和物种相对丰度是评估微生物群落结构另外两个重要维度。物种丰富度指的是群落中微生物种类的多少,它反映了群落的复杂程度和多样性水平。一个高物种丰富度的群落往往意味着更强的环境适应能力和更高效的污染物去除能力。而物种相对丰度则是指群落中各种微生物所占的比例,它揭示了群落内部的优势种群和次要种群,以及它们之间的相对关系。物种相对丰度的变化可以反映群落结构的动态调整过程,以及环境因子对群落结构的影响。

2 微生物群落结构的影响因素

微生物群落结构是一个复杂而动态的系统,它受到多种内

外因素的深刻影响。在自然环境及人工处理系统中,如污水处理过程中,这些影响因素共同作用于微生物群落,塑造其结构与功能特性。

一方面,环境因素是微生物群落结构变化的重要驱动力。温度是影响微生物生长和代谢的关键参数,不同微生物种类对温度的适应性各异,适宜的温度范围能显著促进微生物的活性与繁殖。pH值作为衡量水体酸碱度的指标,同样对微生物群落结构具有显著影响。极端的pH值环境可能抑制某些微生物的生长,而适宜的中性或微碱性环境则更有利于多数微生物的生存与活动。此外,氧气浓度是另一个不可忽视的环境因素,它在好氧与厌氧微生物的竞争中起到决定性作用,通过调整曝气量,可以优化污水中的溶解氧含量,进而调节微生物群落的好氧与厌氧比例,提高污水处理效率。另一方面,营养物质是微生物生长与繁殖不可或缺的基石。污水中有机物的种类、浓度以及无机盐的比例等,均会直接影响微生物群落的构成与功能。例如,某些特定类型的有机物可能更有利于某些微生物的生长,而缺乏必要的营养物质则会限制微生物的活性与多样性。因此,通过添加适当的营养物质或调节污水中的营养比例,可以引导微生物群落向有利于污染物降解的方向发展。

3 基于微生物群落结构调控的水体净化技术

3.1 物种选择与优化

在微生物群落结构调控的策略中,物种选择与优化扮演着至关重要的角色。这一策略的核心在于识别并培养那些对特定污染物具有高效降解或吸附能力的优势菌种。通过深入研究和科学筛选,研究人员能够精准定位到那些针对某一特定有机物或重金属具有卓越处理性能的微生物种类^[1]。这些优势菌种不仅能够有效分解或转化目标污染物,还能在复杂多变的环境条件下保持较高的活性与稳定性。

为了实现这一目标,基因工程技术被广泛应用于微生物的遗传特性改良中。借助这一先进技术,科研人员能够定向优化微生物的代谢途径,增强其对污染物的降解效率,甚至赋予它们对极端环境条件的抗逆性。例如,通过基因编辑手段,可以强化微生物降解特定污染物的酶系活性,或者构建全新的代谢通路,使其能够高效转化原本难以处理的污染物。另外,基因工程还能帮助微生物提高对环境胁迫的耐受性,如提高其对高温、低温、高盐度或强酸碱环境的适应能力,从而在更广泛的环境条件下发挥净化作用。

3.2 群落多样性优化

在微生物群落结构调控的实践中,群落多样性优化是一项至关重要的策略。这一策略的核心在于通过科学合理地调整微生物群落的多样性水平,来增强群落对环境变化的适应性和对污染物的降解能力。适当的多样性不仅能够提升群落的稳定性,还能显著提高其降解污染物的效率^[2]。

在污水处理这一具体应用场景中,群落多样性优化的作用尤为显著。通过引入具有特定降解能力的外源微生物,可以丰富群落中的物种组成,增加对特定污染物的降解途径,从而提高污

水处理的效率和质量。这些外源微生物可能具备独特的代谢机制或酶系,能够高效转化或降解传统方法难以处理的污染物,它们还能与本土微生物形成协同作用,共同提升群落的降解能力。另一方面,通过增强本土微生物的降解能力,也是优化群落多样性的有效手段。这可以通过优化环境条件、提供适宜的营养物质或采用基因工程技术等手段来实现。

3.3 生态位调控

生态位调控是微生物群落结构调控中的一项关键策略,它旨在通过精细地调节微生物所处的环境条件,以优化生态位的分配,从而避免不同微生物之间的过度竞争和抑制作用,为有益微生物的生长和代谢活动创造有利条件。这一策略的实施,不仅有助于提升微生物群落的稳定性和功能多样性,还能显著增强对目标污染物的降解能力。

表1 生态位调控的监测和测量数据

领域/参数	子参数/描述	示例数据/说明
环境科学与污水处理		
溶解氧 (DO) 控制	好氧条件下溶解氧浓度	≥ 2.0 mg/L
	厌氧条件下溶解氧浓度	≤ 0.2 mg/L
	缺氧条件下溶解氧浓度	$0.2 \sim 0.5$ mg/L
	节能效果(以DO为指标控制风量)	节电33%(据美国环境保护署调查)
曝气系统	曝气量影响	曝气量过小可能导致污泥腐化,过大则可能导致硝酸盐浓度升高
	流量控制重要性	不稳定的流量分布会扰乱溶解氧检测参数,增加能耗
微生物群落	生态位	微生物在特定生态环境中的空间和角色
	物种丰富度	如肠道微生物种类超过1000种
	物种相对丰度	如Bacteroidetes和Firmicutes占肠道微生物的70%~85%
生态系统营养物质循环		
森林生态系统	营养物质含量	如森林土壤中钾、钙、镁等元素的含量(具体数值需实地测量)
	分解速率	有机残体分解速度变化大,如北方针叶林约需10年,热带雨林只需几个月
	循环路径	营养物质在森林群落、大气、土壤和岩石之间的循环
污染场地自然衰减修复	降解速率	含水层总降解速率可达2140kg/a
	电子受体消耗	SO和NO的消耗量和消耗速率,以及在不同区域的分布特征(具体数值需实地测量)

在实际操作中,生态位调控可以通过多种手段来实现。例如,通过调整曝气量,可以控制污水中的溶解氧含量,从而影响好

氧与厌氧微生物的生态位分布。适当提高曝气量,有利于好氧微生物的生长和活动,而降低曝气量则可能促进厌氧微生物的繁殖^[3]。这种调节方式能够优化微生物群落的结构,使其更加适应特定的污水处理需求。另外,添加特定营养物质也是生态位调控的重要手段之一。不同微生物对营养物质的需求和偏好存在差异,通过精准地补充某些关键营养物质,可以定向促进目标微生物的生长和代谢活动。例如,在处理含有难降解有机物的污水时,可以添加能够刺激特定降解酶系活性的营养物质,从而提高微生物对这类污染物的降解效率。值得注意的是,生态位调控并非一成不变的过程,而是需要根据实际情况进行动态调整。随着污水成分、环境条件以及微生物群落结构的变化,生态位的分配和调控策略也需要相应地做出调整。

3.4 智能化控制技术

智能化控制在微生物群落结构调控及污水处理过程中正发挥着越来越重要的作用。这一技术通过集成先进的传感器、数据分析算法和自动化控制系统,实现了对污水处理工艺参数的实时监测与精准调整。这种智能化的调控方式,不仅提升了微生物的生长和代谢活动的优化程度,还显著增强了污水处理过程的稳定性和效率^[4]。

在实际应用中,智能化控制技术能够实时监测污水中的关键参数,如溶解氧浓度、酸碱度(pH值)、温度以及污染物浓度等。这些参数是评估微生物活性、群落结构及污水处理效果的重要指标。通过在线监测这些参数,智能化系统能够迅速捕捉到水质变化的信息,并据此自动调整工艺参数,如曝气量、进水量、回流比等,以确保微生物群落处于最佳的生长和代谢状态。例如,

当监测到溶解氧浓度下降时,智能化系统可以自动增加曝气量,以提高污水中的溶解氧含量,从而满足好氧微生物的生长需求。同样,当酸碱度偏离适宜范围时,系统可以自动调节加药量或调节进水pH值,以维持微生物群落所需的酸碱环境。这种实时的、动态的调控方式,使得污水处理过程更加灵活和高效。

4 结语

基于微生物群落结构调控的水体净化技术研究,不仅深化了我们对微生物群落结构与功能关系的理解,还为水体净化提供了新的视角和策略。通过物种选择与优化、群落多样性调整、生态位精准调控及智能化技术的应用,能够有效提升微生物对污染物的降解效率,实现水体的高效净化。这些研究成果对于保障水资源安全、促进生态环境保护具有重要意义,也为未来水体净化技术的发展指明了方向。

[参考文献]

- [1]刘岚昕,于素晗,李娜,等.内电解强化沉水植物净化城市水体过程的微生物演变[J].农业与技术,2023,43(19):75-78.
- [2]景学武,柏静,许叶伟,等.微生物菌剂净化富营养化水体的研究进展[J].清洗世界,2023,39(08):67-69.
- [3]肖全军,马远娜.微生物在环境保护中的应用研究[J].工业微生物,2023,53(02):58-60.
- [4]王阿荣,姜超.不同微生物法净化黑臭水体效果评价研究[J].陕西水利,2023,(04):82-84.

作者简介:

朱妹(2004—),女,汉族,内蒙古自治区莫力达瓦达斡尔族自治县人,本科;职务:在校生;从事的研究方向:环境工程。