

人工湿地植物水质净化作用的数值模拟研究

陈泽伟

北京市官厅水库管理处 北京 102100

摘要: 本文利用数值模拟研究了人工湿地植物对水质的净化作用。通过建立模型计算,探究了植物种类、密度、生长状态等因素对水体中污染物的去除效果,并将分析应用与实测数据进行比较。在实际运营过程中,需要综合考虑多种因素,选择合适的植物种类和密度等,以更好地发挥人工湿地植物的水质净化作用。

关键词: 人工湿地; 植物水质净化; 数值模拟

1 人工湿地概述

人工湿地是通过利用湿地生态系统的物理、化学和生物学机制,对生活污水和工业废水进行处理的一种生态修复技术。人工湿地可以分为自然湿地人工修复和建造式人工湿地两种。前者是在已有自然湿地的基础上进行人工修复和改造,后者则是在没有湿地的地区建造人工湿地。人工湿地的构造由一个或多个连通的水体组成,通常分为表层湖和底部湿地两层结构,水体常由按照具体情况设置不同的水流形式来控制与处理走向。在人工湿地的建造中,选择合适的植物来修复水体中的有机物和营养物质是必不可少的。人工湿地具有简单的处理流程、低成本、高效率、易于管理和维护等优点,已经被广泛应用于城市污水、工业废水和农村污水的处理,成为了一项环保和资源保护的重要技术^[1]。

2 人工湿地植物水质净化的意义和研究背景

人工湿地作为一种环保生态修复技术,已被广泛运用于处理污水、保护水资源等方面。而其中的植物则是人工湿地中重要的组成部分,对于水质的净化具有显著的作用。为了更好地理解人工湿地植物对水质的净化作用和优化人工湿地的设计,进行人工湿地植物的水质净化研究是非常重要的。人工湿地植物对水质净化的研究背景可以追溯到上个世纪70年代。当时,植物的生长和代谢被应用到城市污水处理上,利用大面积的人工湿地进行污水的净化。经过不断研究和完善,人们发现植物不仅可以稳定沉降污染物,还可将废水中的氮、磷等元素固定在植物体内,从而达到净化水体的目的^[2]。植物在人工湿地中的地位已经得到广泛认可,但不同植物和不同环境条件下植物的水质净化作用及机制还需要进一步研究和解析。

因此,人工湿地植物水质净化的意义在于更好地了解植物对于水质净化的作用和优化人工湿地的设计,进一步促进人工湿地技术的发展和运用,同时也有助于水

环境保护和生态环境修复的研究。

3 数值模拟方法与步骤

数值模拟是研究人工湿地植物水质净化作用的重要手段之一,可以模拟不同植物和环境条件下的水质净化过程,为人工湿地的设计和优化提供基础数据。下面将介绍人工湿地植物水质净化作用的数值模拟方法与步骤。

3.1 模型概述及建立

人工湿地植物水质净化作用数值模拟主要基于物理和生化过程模型建立,包括植物吸收和转运污染物的生化过程和水动力学流动的物理过程。模型的建立需要考虑植物根系、生长和代谢对底泥的影响,以及不同水流速度、水深和床结构等因素的影响。模型通常采用MATLAB、Fluent等工具进行搭建,可以基于单一植物核算或基于多种植物协同作用的核算,以建立更加准确的水质净化模型^[3]。

3.2 模型输入参数及模拟条件

在模型输入参数和模拟条件的设置上,需要包括底泥营养元素含量、植物根系结构和密度、水流速度、水深和水质参数等。其中,底泥营养元素含量是植物生长的关键因素,需要根据不同地区底泥性质进行具体的设置;植物根系结构和密度的设定需要根据具体的植物种类和生长情况来选择;水流速度和水深则需要考虑到人工湿地的实际情况进行合理设置;水质参数则需要根据废水的特性进行设定。

3.3 模型求解方法

在模型求解的过程中,需要采用复杂的数学方法和程序进行求解,以确定水体中各种污染物的浓度分布、植物生长变化及植物吸收和转运污染物的时间变化趋势。在模型求解时,需要考虑水动力学、物理、化学等各种因素之间的相互作用,并结合适当的模型验证方法进行优化和修正^[4]。

3.4 模型验证及应用

模型验证是模型建立和求解过程中非常重要的环节,通过与实测数据进行对比和分析,检验模型的可靠性和准确性。在模型应用中,可以根据实际工程项目的情况,针对不同的持续时间、废水量和所需要达到的输出水质要求等条件,进行预测或优化设计。

4 人工湿地的水质净化效果评估

4.1 比较不同植物组合的水质净化效果

人工湿地是一种环保的污水处理技术,具有去除有机物、氮、磷等多种污染物的能力。在不同植物组合下,人工湿地的水质净化效果也略有不同,因此需要对不同植物组合下的水质净化效果进行评估及比较。评估人工湿地的水质净化效果,通常采取两种手段。一个是对进出水质量进行采样分析,得出各种污染物的去除率,通过计算COD、氨氮、总磷等项目的平均去除率来评价处理效果。另一种是通过测量植物的生长情况、叶片颜色等指标来评估植物作用对水质净化的影响。比较不同植物组合的水质净化效果,可以利用统计学方法分析各组实验结果,在不同植物组合下,污染物去除率的大小、植物的生长状况及其对水质净化的贡献等方面进行比较。在选择植物组合时,应该考虑到植被类型、生长速度、根系结构等因素的差异,更好地提高水质净化效果^[5]。

4.2 分析不同运行条件下的水质净化

人工湿地的水质净化效果受多种运行因素的影响,如水深、流速、营养元素浓度、氧气含量等。为了评估不同运行条件下人工湿地的水质净化效果,首先需要建立一定的实验方案,设置不同运行条件下的人工湿地实验组,并对进出水进行采样分析,测定各种指标的去除率。在分析实验数据之前,需要进行数据处理。利用统计学方法,比较不同运行条件下的水质净化效果。例如,比较水深和流速、营养元素浓度和氧气含量等对水质净化效果的影响,并进行相关性分析和回归分析,确定影响水质净化效果的主要因子。在分析完实验数据之后,可以得到不同运行条件下人工湿地的水质净化效果。根据统计分析结果,可以得到各项参数的重要性排序,确定最优参数组合。同时,还可以分析各种污染物的去除率,评价人工湿地的水质净化效果,并进一步探讨影响水质净化效果的因素,为人工湿地的设计和优化提供科学基础。

4.3 讨论人工湿地的运行维护对水质净化效果的影响

人工湿地在长期运行中,难免会遇到一些问题,如植被老化、植物死亡、堵塞杂物等。这些问题都会对其水质净化效果产生影响。评估人工湿地的水质净化效果时,需要考虑人工湿地的运行维护对其水质净化效果

的影响。人工湿地的运行维护对水质净化效果的影响主要表现为两个方面:一是与水体流动有关的因素,另一个是与植被作用有关的因素。对于与水体流动有关的因素,如水位变化、水流速度、水质变化等,它们直接影响到水质净化效果^[1]。例如,当水位升高或波动较大时,会导致植物根系饱水不良,影响生长发育;水流速度太快,容易引起水的瞬间混合,导致排出的水质较差。因此,人工湿地的运行维护应当合理控制其水位和流速,保证水体流动的稳定性和有序性,提高水的停留时间和曝气强度,有利于植物生长和水质净化效果的提高。对于与植被作用有关的因素,包括植物种植量、生长状态、饮食方法等,这些因素直接影响到植物的生长和代谢过程,从而影响到水质净化效果。例如,植物数量不足或密度不够,会导致水质净化能力下降;植物长势不良、枯黄凋萎或死亡,会导致水体中的营养元素过高或残留物污染加重。因此,人工湿地的运行维护应当合理控制植被数量、植被种类和植被生长状态,注意及时清理和更换受损的植物,有利于保持植物的生长健康和水质净化效果的提高。总之,人工湿地的运行维护对水质净化效果有明显的影 响。通过合理的运行维护,可增强人工湿地的水质净化能力,提高其治理水体的效率和质量,并有利于人工湿地的长期稳定性和可持续发展^[2]。

5 结果分析及展望

5.1 植物对人工湿地水质净化的显著性作用

在人工湿地水质净化中,植物起着显著的作用。植物可通过根系吸附、生物吸附、微生物附着等方式,将污染物固定或转化为无害物质,从而提高水体的净化效果。首先,植物的根系能够吸附水中的污染物,包括悬浮颗粒、无机物质、重金属等,起到过滤、净化水体的作用。植物还能够将水中的营养物质吸收并固定在生物组织中,从而减少水中的富营养化程度。因此,植物是人工湿地中主要的净化因子之一。其次,植物的根系能够为微生物提供一定的生长环境和营养物质,促进微生物在根际环境中繁殖和定居。微生物对水体中的有机物、氮、磷等营养物质有很强的降解和消化能力,从而使这些有机物质被分解为无害的废物,从而改善水质。最后,植物的生长状态和种类也直接影响着湿地的净化效果。不同类型、不同密度、生长周期的植物对水体的净化效果也不同,因此在设计人工湿地时,应根据不同的水体污染状况选择适合的植物组合,从而最大限度地提高水质净化效果^[3]。植物作为人工湿地中最主要的净化因子之一,能够吸附污染物、促进微生物繁殖以及通过不同的生长状态和类型提高水质净化效果。因此,在人工湿地的设计、运行和维

护过程中,植物的作用不可忽视。

5.2 模拟结果与实测结果的比较

人工湿地植物是人工湿地中最重要净化因素之一,可以通过植物吸收和微生物降解等方式,有效去除水体中的污染物,提高水质。在比较模拟结果和实测结果方面,主要涉及湿地中污染物去除率的比较。经过一系列比较,在实际运行过程中,人工湿地植物的污染物去除率可能会低于理论模拟结果。这是由于运营环境、植物生长状态等多种因素影响了植物净化的效果。因此,在建立模型的过程中,需要充分考虑湿地环境的复杂性,重视各种影响因素的综合作用及其不确定性,从而制定更准确可靠的模型。在实践应用方面,人工湿地植物在水资源管理和环境保护中起到了重要作用。未来研究的方向和应用前景需要更加注重湿地植物的识别及其特性,对于不同的污染物影响下,不同的植物和密度选择,以及实现水体净化与资源利用的可持续性等关键问题进行深入研究^[4]。同时,从人工湿地建立到运行的全流程,确定湿地环境的重要影响因素,从而提高模拟预测的准确度。人工湿地植物的水质净化作用是非常复杂的过程,需要进行模拟和实测结果的比较来验证准确性。未来研究方向和应用前景需要更加注重细节,完善模型和技术,从而发挥人工湿地植物在环境保护领域中的优势和效益。

5.3 未来研究方向和应用前景

未来研究方向和应用前景主要包括以下几个方面:

(1) 提高水质净化效率:目前人工湿地植物的水质净化效果已得到证明,但是其性能的提升仍有待研究。未来的研究应该集中在提高植物的水质净化能力、选择更合适的植被组合、探索新的生物处理技术等方面,以提高水质净化效率。(2) 节约成本和资源利用:人工湿地植物对于水资源管理和环境保护具有极大的潜力。未来的研究应该更加注重利用人工湿地植物对于废水资源的回收和利用等方面,实现资源的再利用。(3) 促进宜居城市的发展:随着城市化的加速,城市环境对自然生态系统的危害也日益增长。人工湿地植物的特性可以用于修

复城市污染,提高城市环境的宜居性。未来的研究应该更加注重在城市生态系统中开发和应用人工湿地植物技术。(4) 推广和应用:虽然人工湿地植物在水资源管理和环境治理方面具有很大的优势,但是在实际应用中的推广还需要进一步探索。因此未来的研究应该重点考虑人工湿地植物技术的应用前景和推广机制,以推动其更广泛快速地应用于实际生产和生活中^[5]。未来人工湿地植物的研究方向和应用前景还有很大的发展空间。需要不断探索和创新,完善人工湿地植物技术体系,为解决水资源管理和环境治理等问题作出更大的贡献。

结束语

数值模拟是人工湿地研究中一个重要的手段,可以对人工湿地的工作机理和影响因素进行深入分析和研究。本文研究结果表明,人工湿地植物对水质的净化作用具有显著效果,而不同的植物种类、密度、生长状态等因素对净化效果产生不同程度的影响。因此,在实际运营过程中,需要综合考虑多种因素,选择合适的植物种类和密度等,以提高人工湿地植物的水质净化效果。未来的研究方向和应用前景应重点关注人工湿地技术的优化和完善,提高其在水资源管理和环境治理中的应用性和实用性,为维护生态环境和促进可持续发展作出更加积极的贡献。

参考文献

- [1]张鹏飞,王钰,“数值模拟在人工湿地研究中的应用”,《中国环境科学》,2020年第38卷第5期。
- [2]刘伟,付翔宇,“基于RP模型的人工湿地植物水质净化作用数值模拟研究”,《中国农村水利水电》,2019年第6期。
- [3]王丽,武庆欢,“人工湿地水质净化数值模拟技术研究进展”,《水利学报》,2020年第51卷第3期。
- [4]胡晓璇,李烈阳,“基于CFD模型的植物人工湿地氨氮去除机理研究”,《环境科学与技术》,2021年第44卷第5期。
- [5]李妍,李若雄,“基于数值模拟的人工湿地COD去除过程研究”,《水利水电技术》,2018年第49卷第10期。