

潜流人工湿地对农村生活污水氮去除探讨

张海东¹ 刘欢²

1. 陕西中轻环境科技有限公司, 中国·陕西 西安 710077

2. 西安高新技术开发区生态环境局, 中国·陕西 西安 710100

摘要: 随着中国的经济发展水平不断提升, 环境的污染速度和规模也在不断的加快扩大。依照中国当前的环境污染情况, 在大气以及地表的污染之外, 潜流的水污染问题也在逐渐的凸显。随着国家对农村环境政策的颁布, 农村生活污水的处理已经越来越受到重视。农村生活污水水量变化大, 污水排放呈不连续状态, 有机物含量高, 含一定量的氮和磷, 氮污染可引起水体富营养化, 影响水生态平衡, 并可通过食物链传递给人类健康造成危害。因此, 探索新型高效脱氮技术具有重要的理论和现实意义。

关键词: 潜流人工湿地; 农村; 生活污水; 氮去除

Exploration of Nitrogen Removal from Rural Domestic Sewage by Subsurface Flow Constructed Wetlands

Haidong Zhang¹ Huan Liu²

1. Shaanxi Zhongqing Environmental Technology Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710077, China

2. Ecological Environment Bureau of Xi'an High tech Development Zone, Xi'an, Shaanxi, 710100, China

Abstract: With the continuous improvement of China's economic development level, the speed and scale of environmental pollution are also accelerating and expanding. According to the current environmental pollution situation in China, in addition to atmospheric and surface pollution, the problem of subsurface water pollution is also gradually becoming prominent. With the promulgation of national and rural environmental policies, the treatment of rural domestic sewage has received increasing attention. The amount of rural domestic sewage varies greatly, and the discharge of sewage is discontinuous. The organic matter content is high, containing a certain amount of nitrogen and phosphorus. Nitrogen pollution can cause eutrophication of water bodies, affect water ecological balance, and can be transmitted to human health through the food chain, causing harm. Therefore, exploring new and efficient denitrification technologies has important theoretical and practical significance.

Keywords: subsurface flow constructed wetland; rural areas; domestic sewage; nitrogen removal

0 前言

潜流人工湿地是一种环境友好、经济可行的污水处理新技术, 近年来备受关注。该技术采用物理、化学、生物等多因素协同作用, 经过过滤、吸附、植物吸收、微生物降解等过程, 达到净化废水的目的。潜流式人工湿地对农村生活污水脱氮具有较好的应用前景。同时, 潜流式人工湿地能够有效去除污水中磷、有机质等其他污染物, 进一步提高其在水环境治理方面的应用价值。因此, 开展潜流式人工湿地脱氮机理及影响因素的研究, 是促进该技术应用于农村生活污水的关键。

1 潜流人工湿地对农村生活污水氮去除作用

1.1 植物吸收与同化

植物对潜流人工湿地脱氮也具有重要影响。湿地植物可直接吸收生活污水中的氨氮、硝态氮等无机氮, 并经同化转化为植物的有机组分。这样做不但可以降低废水中的氮含量, 而且可以促进植物的生长与繁殖。且不同湿地植物对氮

的吸收能力各不相同, 部分湿地植物(如美人蕉和芦苇)对氮素具有很强的吸收能力, 能在生长季节有效地从污水中吸收氮。此外, 湿地植物根系能释放氧, 增加水体中溶解氧浓度, 有利于硝化作用的发生^[1]。植物对污染物的吸收和同化效应受植物种类、生长周期、废水中含氮量和床内水力负荷等多种因素的影响。在设计潜流人工湿地时, 必须对植物种类及密度进行合理选择, 才能最大限度地发挥其脱氮功能。同时, 要加强湿地植物的管理与养护, 保证湿地植物的健康生长, 并有效地吸收氮素。

1.2 基质吸附与截留

潜流人工湿地基质层对脱氮效果的影响也很大, 该基质层由砂砾、炉渣、活性炭等多种填料构成, 具有较好的吸附、截留能力, 能有效地吸附、截留污水中的氮等污染物。基质的吸附和滞留主要是通过物理化学作用来实现的, 物理过程主要是指填料对水中悬浮物及溶解性污染物的过滤与拦截作用。化学过程是指在填料表面进行离子交换、络合等过程, 可对污水中氮、磷等养分进行吸附去除。

填料的种类、尺寸、比表面积、出水水质及流速等都会影响基质的吸附截留效果。在设计潜流人工湿地时,必须选择合适的填料类型及粒径分布,才能最大限度地发挥其对基质的吸附和截留作用,同时为使湿地床长期稳定运行,必须定期进行反洗、更换填料。

1.3 水力停留时间与水流路径

水力停留时间及流动路径对脱氮效率有较大影响,水力停留时间是指污水在湿地床内停留的时间,决定着污水与基质、植物的接触时间,也决定着微生物的新陈代谢周期。水力停留时间越长,除氮效果越好,但同时也会增大床容积及占地面积。污水在湿地床内的流动路径决定着污水与基质及植物之间的接触方式与程度,合理的水流通道设计可保证污水在湿地床内均匀分布,与基质及植物充分接触,提高脱氮效果^[2]。在设计潜流人工湿地时,要根据当地的气候条件、污水的水质、水量及处理要求,综合考虑水力停留时间及水流路径。在此基础上,对潜流人工湿地中的水力停留时间及流动路径进行优化,以进一步提高脱氮效果。同时,要加强对湿地系统运行状况的监测与管理,保证湿地系统的长期稳定运行,达到预期的治理效果。

2 农村生活污水氮去除中潜流人工湿地应用策略

2.1 选择合适的基质和植物

基体材料应具有较好的吸附性和滤失性,常用的有炉渣、砂砾等,对氮有良好的去除效果^[3]。例如,美人蕉等植物不仅能高效地从水体中吸收氮素,而且能通过根系释氧促进微生物活性,进一步强化脱氮效果。设计过程中,必须充分考虑到基质与植物的特性,使其发挥协同作用,以提高湿地整体处理效果。

例如,针对某农村生活污水处理工程,选择以炉渣、砂砾为基质,炉渣吸附能力强、滤失好,比表面积大,能提供丰富的吸附位点,可实现氮的高效吸附与截留。同时,砂砾作为填料,颗粒大小适中,能形成较好的孔结构,有利于污水渗透及微生物附着生长。在植物选择上,以美人蕉为研究对象,香蕉生长快,根系发达,能高效吸收水体中的氮,同时利用根系释放氧促进湿地微生物活性,进一步强化反硝化作用。在具体施工过程中,首先要做的是铺底工作,将炉渣、砂砾按一定比例拌匀,然后铺放于湿地床内,形成分层填料。在湿地床上设置炉渣层,利用其良好的吸附能力,对污水中的氮进行初步处理。在炉渣层下设置砂砾层,起到支撑作用,保证了湿地床的稳定与渗透性能。然后,开始种植植物。美人蕉苗木按一定间距栽植于湿地床内,保证根系能充分伸展并与基质材料接触。栽植时要注意保持植株之间的距离,以免过于稠密而影响植株的生长。通过对基质、植物的合理选择,以及严格按工艺流程铺设、种植等措施,该系统在实际运行中,脱氮效果显著,出水水质可达到相应的排放标准。

2.2 优化湿地结构

合理的湿地床结构可以保证污水按一定的次序流经各填料层,使不同基质的处理能力得到最大发挥^[4]。双向垂直潜流人工湿地能有效防止或延缓湿地淤堵,维持良好的导水率和稳定的污染物去除率,是一种有效的人工湿地结构形式。在设计中,要根据实际情况,合理确定湿地床的结构及流向,保证污水得到充分处理。

例如,以某农村生活污水处理工程为例,采用双向垂直潜流人工湿地的结构型式。湿地床由上、中、下三部分构成。进水区设于湿地床上部,用于对农村生活污水进行收集、处理。填料区设于进水区之下,由多层不同粒径填料构成,以达到污水深度处理的目的。出水区则设于填料区之下,用以收集及处理干净之水。

在具体施工过程中,先对湿地床进行开挖整形。按设计要求开挖一定深度、宽度的湿地床,并对其进行整形,使之达到设计要求。下一步就是铺设填料区,将不同粒度的填料按一定比例混合均匀,然后铺放于湿地床中部,构成了一种多级填料结构。上层填料选用大颗粒物料,有利于污水的快速渗透及预处理。为保证较大的附着面积及生物量,中层填料选用中等粒度的物料。为保证湿地床的稳定和渗透性能,下层填料选用小粒径填料。最后确定进水区与出水区。在湿地床上、下端设置进、出水管,方便污水进出。通过对湿地结构进行优化设计,并严格按照施工流程对其进行开挖、整形、铺设和安装,可实现防淤效果及污染物去除效果。

2.3 强化充氧和净水控制

在人工湿地中设置曝气装置或采用其他充氧方式,可增加溶解氧浓度,促进微生物硝化作用,提高脱氮效率^[5]。同时,要对湿地的水力及负荷状况进行严格控制,以保证系统处于最佳运行状态。负荷过大会降低处理效果,而过低的水力条件又会影响处理效果。因此,在实际操作过程中,要根据实际情况对充氧及净水的控制措施进行适当的调整。

例如,以某农村生活污水处理工程为例,采用曝气装置对潜流式人工湿地进行充氧,在湿地床进水区和填料区上方设置曝气装置,通过向湿地内通入氧气和空气,提高溶氧浓度,促进微生物硝化作用,提高反硝化效率。同时,要严格控制湿地的水力条件和负荷条件,确保系统在最佳工况下运行。在具体的施工过程中,首先要确定曝气设备的选型与安装,根据湿地床的规模及处理要求,选择适当的曝气器类型及规格,安装于适当位置。然后设定并调节充氧参数,根据污水水质及处理效果的要求,合理设置适当的曝气时间、曝气强度等参数,并定期调整、优化。同时,严格控制和管理湿地的水力负荷及有机负荷,通过对进水及出水水质的监测,及时调整湿地进水量及有机负荷,确保系统在最佳工况下运行。通过强化充氧与水净化控制,严格按施工程序进行选型、安装、调试、管理,实际运行表明,该系统脱氮效果好,运行稳定。

2.4 组合其他工艺

潜流型人工湿地可与其他污水处理工艺有机结合,形成复合工艺,提高污水的整体处理效果^[6]。其中,厌氧—人工湿地组合工艺就是其中的一个有效途径。厌氧反应器可实现对有机物、氮等元素的初步处理,从而缓解后续人工湿地的负荷。在此基础上,进一步提高脱氮效率。该工艺能充分发挥各工艺的优点,提高处理效果。

例如,以某农村生活污水处理工程为例,项目组采用厌氧—人工湿地组合工艺,该工艺由厌氧反应器与潜流式人工湿地两部分构成,前者主要处理污水中的有机物及氮,后者则负责后续人工湿地的负荷;潜流式人工湿地可进一步脱氮及其他污染物。该厌氧生物反应器的设计参数为 50m³,水力停留时间 24 小时。高效厌氧填料填充于反应器中,为厌氧微生物提供了良好的生长环境。试验结果表明,该系统具有较高 0.6m、宽 8m、深 1m 的潜流人工湿地系统。该填料由不同粒度的砂砾组成,上、中、下三层分别由细粒砂、中细砂和粗砂组成。在建设阶段,应对厌氧反应器进行安装调试。反应器安装完毕,接下来就是填料的铺设及微生物的接种。接种结束后,对反应器进行启动及稳定运行试运行,而后是建设潜流人工湿地系统。应根据设计要求开挖湿地床基坑,并对基坑边坡进行加固。然后铺上不透水薄膜、填料层,再铺上一层细砂,以供植物生长。然后将适宜的水生植物(如香蒲)种植于湿地床内。在此基础上,将厌氧生物反应器与潜流人工湿地的出水管线连接起来,进行系统的调试与调试。该工程实施后,对污水的整体处理效果有了较大的改善,厌氧生物反应器能有效地脱除污水中的有机氮,减少后续人工湿地负荷;利用潜流人工湿地系统对污水中氮等污染物进行深度脱氮处理,保证出水水质稳定达标。

2.5 定期维护和监测

湿地植物要定期收获,以免生长过快而影响处理效果,同时还需对湿地系统运行状态进行定期监测,包括水质监测和植物生长状况等。根据监测结果,及时调整系统运行参数和必要的维修保养,使其达到最佳处理效果。另外,要建立健全的维护和管理体系,以保证湿地系统的长期稳定运行。

例如,针对某农村生活污水处理厂,项目组建立一套完善的维护与监控系统,以保证湿地系统的长期稳定运行与高效处理效果。这一制度包括定期的设备收割,水质监测,以及系统运行状况的检查。在作物收割上,项目组根据作物生长周期及污水处理效果,制定详细的收割计划。美人蕉是

湿地生态系统中的主要水生植物,在收获时,用机械与人工的方法将植株从湿地床上拔起、烘干、处理。定期采收既可避免因植物过度生长而影响污水处理效果,又可使植物资源得到充分利用。在水质监控上,团队每个月都会对来水的水质做全面的监测,监测指标主要包括 COD、NH₃-N、TN、TP 等。利用监测数据对湿地处理效果进行评价,并对系统运行参数进行调整。同时,项目组还定期采样分析填料及植物根系,研究填料及植物对湿地吸附、净化能力的影响。此外,由项目组每周全面检查湿地系统运行状况。对湿地床内水流分布、植物生长情况及曝气设备运行状况进行了检测。通过定期巡视,及时发现和解决存在的问题,保证湿地系统的正常运行。

在具体实施过程中,项目组配备专业维修人员及监控设备,制订详细的操作规程及维修手册。维护人员应按规定定期做好湿地系统的维护与监测工作,并做好记录。同时,项目组还对维修人员进行定期的培训与评估,提高维修人员的专业技术水平与责任心。在此基础上,建立一套完善的维护与监控系统,使该农村生活污水处理厂达到了长期稳定、高效处理的目的。

3 结语

综上所述,潜流式人工湿地是一种既环保又经济可行的污水处理新技术,是一种极具发展前景的污水脱氮技术,可为我国农村生活污水深度处理提供理论基础和技术支撑。未来,随着该技术的不断发展与应用范围的不断扩大,潜流式人工湿地有望成为解决农村生活污水中氮污染的有效途径,对中国水环境保护、生态文明建设具有重要意义。

参考文献:

- [1] 吕倩,方宏萍,李桂贤,等.人工湿地处理农村生活污水的调查研究[J].贵州农机化,2023(4):23-26.
- [2] 商静静,袁秀泽.人工湿地对荻、菲的去除效果及其分布特征分析[J].中国资源综合利用,2023,41(12):249-251.
- [3] 王海波,张晏,李五妍,等.人工湿地在新农村建设中的应用[J].给水排水,2023,59(S2):118-121.
- [4] 陈榕.人工湿地技术在水域生态修复中的应用[J].山西建筑,2023,49(23):126-128.
- [5] 牛丽萍,刘祥,柏义生,等.人工湿地技术在农村生活污水中的应用[J].安徽农业科学,2023,51(22):224-226.
- [6] 张燕,董红云,李新华,等.人工湿地中典型基质和关键微生物的脱氮作用研究进展[J].湿地科学,2023,21(5):770-775.