

污水处理厂尾水生态处理及综合利用技术研究

陆建勋

高邮经济开发区德润污水处理有限公司

DOI:10.12238/eep.v6i3.1781

[摘要] 随着我国经济社会的快速发展,水资源供给不足等问题日益凸显,在土地资源紧张、水资源需求量大的开发区、工业园区尤为突出。再生水作为国际公认的“第二水源”,是传统水源的重要补充。一般而言,集中式污水处理厂是污水排入受纳水体的最后一道保障,为从根源上控制污染,深入研究污水深度净化技术具有重要意义。传统的深度处理措施工程建设费用和运行维护费用均较高,国内污水处理厂的深度处理设施在建成之后,多因后期资金的缺乏导致运行维护困难而成为了摆设。人工湿地污水深度处理具有成本低,处理规模大,生态效益显著等优势,成为近年来的研究热点。

[关键词] 污水处理厂; 尾水; 处理

中图分类号: U664.9+2 文献标识码: A

Research on Ecological Treatment and Comprehensive Utilization Technology of Tailwater in Sewage Treatment Plants

Jianxun Lu

Gaoyou Economic Development Zone Derun Sewage Treatment Co., Ltd

[Abstract] With the rapid development of China's economy and society, issues such as insufficient water supply have become increasingly prominent, especially in development zones and industrial parks with tight land resources and high demand for water resources. Regenerated water, as an internationally recognized "second water source", is an important supplement to traditional water sources. Generally speaking, centralized sewage treatment plants are the last guarantee for sewage discharge into receiving water bodies. In order to control pollution from the root, it is of great significance to conduct in-depth research on sewage deep purification technology. The construction cost and operation and maintenance cost of traditional deep treatment measures are relatively high. After the completion of deep treatment facilities in domestic sewage treatment plants, the lack of funds in the later stage often leads to difficulties in operation and maintenance, which has made the deep treatment facilities become a decoration. Advanced treatment of wastewater in constructed wetlands has become a research hotspot in recent years due to its advantages of low cost, large treatment scale, and significant ecological benefits.

[Key words] sewage treatment plant; tail water; handle

引言

污水处理厂尾水作为再生水的主要来源之一,其氮和磷的超标极易引起水体富营养化,影响再生水回用安全。研究表明,人工湿地是当前污水处理厂尾水和河湖水质提升的重要工程措施。为保障水源水安全和削减废水入河污染负荷,亟需提升污水处理厂尾水水质。因此,结合城市生态文明建设需求,因地制宜构建污水处理厂尾水生态处理系统成为了尾水水质提升的关键技术环节,以及尾水综合利用的重要前提。

1 人工湿地概述

湿地是具有显著生态功能,地表过湿或经常积水,生长湿地

生物的地区。人工湿地是模拟天然湿地,人为建造用于污水处理的设施,根据水的流态可分为表面流、潜流两种形式。表面流人工湿地主要通过植物水下茎、秆和表层填料上的微生物去除污染物,植物吸收、填料吸附等亦有一定协同净水功能,接近水面部分为好氧层,较深部分为厌氧层,宜在有较大面积可利用,SS较高时采用。潜流人工湿地通过填料表面吸附阻截、植物同化吸收以及微生物降解等协同作用净化水质,分为水平潜流和垂直潜流,垂直潜流分为下行流和上行流,宜在场地受限,处理效果要求较高时采用。

2 人工湿地对污水的净化原理

2.1 基质的污水净化作用

人工湿地中会布置一些基质,包括砂砾、活性炭等传统基质,也包括沸石、陶粒等新材料基质。基质对污水的净化作用主要体现在两个方面。一方面,基质本身对部分污染物具有吸附与促沉降的作用;另一方面,基质可作为微生物群落的载体,能够滋养很多细菌与真菌等,有利于降解污染物。

2.2 植物的污水净化作用

植物对污水的净化作用主要体现在3个方面。第一,部分有机污染物质(包括酚类、石油类、芳烃类、多环芳烃类、硝基苯类等)对植物来说是营养成分,因此,植物可通过发达的根系和茎叶对这些有机物质乃至部分金属(包括铁、锰等)元素进行吸收。第二,植物可通过光合作用给湿地系统带来丰富的氧气,从而为其他生物(包括好氧微生物)提供适宜的生存环境,而且植物的根系表面也易滋生多种微生物,因此,植物能够为净化污水提供条件。第三,植物发达的根系和茎叶在水中蔓取,其中的有机污染物被分解为无机物;而细菌、真菌又可被原生动物吞食,其分解污染物时产生的无机物(如氮、磷等)作为营养盐类被藻类吸收;水中的浮游动物、鱼、虾、蜗牛、鸭等恰恰以藻类为食,可抑制藻类的过度繁殖,不致产生二次污染。同时,湿地生态系统食物链中蚌、螺、草食性浮游动物和鱼类等还可直接吸收营养盐类物质,有效控制藻类生长。

2.3 微生物的污水净化作用

微生物是包括细菌、病毒、真菌及一些小型原生生物、显微藻类等在内的一大类生物群体,其个体微小,必须借助于显微镜等设备才能被看见。在以水为主体的人工湿地中,基质、植物等通过与外部环境的相互作用可滋生出多种多样的好氧与厌氧微生物。微生物可分解多种污染物,如反硝化杆菌、氨气极毛杆菌等可将硝酸类物质或铵最终分解为氮气,解磷巨大芽孢杆菌可将含磷物质转化成磷酸盐,沟戈登氏菌可吸收和富集金属离子等。此外,部分微生物还有去除毒性的作用。此类微生物通过转化、降解、矿化、聚合等反应,可改变污染物的分子结构,从而降低或去除其毒性。例如,黄杆菌属细菌、假单胞菌等可将有机磷农药马拉硫磷水解为含有一酸或二酸的物质。延,能够降低水流速度,有利于延长污水在生态系统中的滞留时间,使其中的污染物质有足够的时间被净化。

2.4 水生动物的污水净化作用

河湖中的污染物先被细菌和真菌作为营养物质摄取,其中的有机污染物被分解为无机物;而细菌、真菌又可被原生动物吞食,其分解污染物时产生的无机物(如氮、磷等)作为营养盐类被藻类吸收;水中的浮游动物、鱼、虾、蜗牛、鸭等恰恰以藻类为食,可抑制藻类的过度繁殖,不致产生二次污染。同时,湿地生态系统食物链中蚌、螺、草食性浮游动物和鱼类等还可直接吸收营养盐类物质,有效控制藻类生长。

3 污水厂尾水深度处理技术

3.1 人工湿地系统

人工湿地是一个可以调控的生态综合系统,主要包括填料

基质、植物和微生物,通过三者之间的物理、化学和生物协同作用,实现对城市污水厂尾水的深度处理。填料基质是按照一定顺序铺设的砂、石颗粒,它们为植物生长和微生物聚集提供必要的场所,主要对尾水中的有机物、氮磷和重金属进行吸附固定;湿地植物种类较多,主要包括芦苇、香蒲、菖蒲、美人蕉等,可以直接吸收尾水中的氮磷营养物质和重金属,部分有机物和氮被微生物分解后,仍然可以依靠植物进行吸收,除此之外植物光合作用产生的氧气可以进入植物根系,形成缺氧-好氧环境,促进根区附近微生物群落的代谢;微生物根据分布位置的不同,包括根茎附近的好氧微生物和稍远位置的厌氧微生物,可以吸收分解污水中的有机物质,还可以对有毒物质和重金属进行降解。尾水中的有机物包括溶解性和颗粒性两种,颗粒性有机物可以在填料基质中截留、过滤和吸附,溶解性有机物可以被植物吸收和微生物代谢分解。氮的转化主要有矿化、基质填料吸附、硝化和反硝化、氨挥发等过程,磷的去除主要通过植物吸收、微生物同化和基质填料的物理化学吸附等,重金属的去除需要填料,植物与微生物的协同作用。

3.2 生物膜法

生物膜是生长在载体滤料表面上的生态系统,主要包括好氧菌、厌氧菌、兼性菌、真菌、原生动物以及藻类等。城市污水厂尾水在生物膜表面流动时,污水中的有机物、氮磷等物质被生物膜吸附,同时空气可以通过水层进入生物膜,有机物、氮磷被生物膜上的微生物氧化分解,得到处理净化。生物膜上的微生物分解污染物质,一部分转化进行生长繁殖,一部分进行代谢释放能量。生物膜法处理城市污水厂尾水,包括生物滤池、生物转盘和生物接触氧化法等。生物滤池是运行较早的生物膜反应器,容器内填充大量滤料,微生物在滤料颗粒表面繁殖形成生物膜,吸附和分解污水中的污染物质。生物滤池运行主要受滤料、溶解氧、水力负荷等因素的影响:滤池滤料可以截留悬浮物降低污染物浓度,为微生物生长繁殖提供场所,是生物滤池的核心部分;溶解氧含量直接影响好氧微生物对有机物和氨氮的处理效果,过低或过高的溶解氧浓度都不利于污染物的去除;水力负荷影响微生物群落与污水的作用时间,过大的水力负荷污染物得不到有效去除,过小的水力负荷无法维持微生物群落的正常繁殖。为了提高普通生物滤池的负荷和处理能力,在传统生物滤池的基础上强制通氧,发明了曝气生物滤池。曝气生物滤池充分发挥了微生物代谢、生物膜吸附、滤料过滤等作用,集微生物降解和固液分离于一体,具有占地面积小、负荷能力强、能耗低等优点。

3.3 物理化学法

不同于人工湿地和生物膜方法,物理化学方法主要通过混凝沉淀、高级氧化和过滤等方式,实现城市污水厂尾水的净化处理。混凝沉淀主要针对水中微小悬浮颗粒物和胶体物质,通过添加铝、铁等无机混凝剂或聚丙烯酰胺等有机助凝剂,利用水解后产生的带电离子通过化学吸附、电中和或粘结架桥作用等,促进微小颗粒物和胶体物的聚集,最终生成颗粒物沉淀,从而实现色

度、浊度、溶解性砷、汞和氮、磷等物质的去除。影响混凝效果的主要因素包括:水温、水力学条件、混凝剂的种类和用量等:水温较低时,混凝剂不易水解,污水粘度大不利于沉淀颗粒产生,水温较高时,絮凝颗粒较小,不利于后续处理;混凝效果好坏与混凝剂的扩散程度直接相关,常选用水力或机械搅拌方法完成混凝剂的混合,使混凝剂快速、均匀地扩散到水中;单一混凝剂用量较多,混凝效果一般,多种复合型混凝剂综合了无机与有机的优点。城市污水厂尾水含有的难降解污染物和病原微生物,可以利用高级氧化技术去除。高级氧化产生具有强氧化能力的羟基自由基,分解难降解污染物生成二氧化碳、水和无机盐等,同时杀死病原微生物。高级氧化通过不同途径产生羟基自由基,主要包括光化学氧化、臭氧氧化、电化学氧化等:光化学氧化是在光照作用下诱导产生羟基自由基,包括无催化剂和有催化剂参与两种;臭氧氧化是往污水中通入臭氧,既可以利用臭氧本身的强氧化能力,又可以利用臭氧产生的羟基自由基进行化学反应;电化学氧化是通过外加电场氧化或生成羟基自由基来降解污染物。高级氧化属于物理化学反应,反应速度快、适用范围广、操作简单,但耗能较多,操作不当易造成二次污染。实际应用中,需根据城市污水厂尾水排放的水质水量特点,结合各类高级氧化法的优缺点,选择适合有效的单独处理技术或组合工艺。

4 综合利用技术

污水厂尾水经过生态湿地净化后,尾水水质得到明显改善。持着“优质优有,低质低用”的原则,结合本地经济社会等特点将尾水合理利用于农业灌溉、工业用水以及地下水回灌等,以此提高水资源利用率,避免水资源浪费,改善生态环境,一定程度上保障区域供用水,减少区域供用水成本,缓解城市用水紧张的问题,产生经济效益,具有极佳的科普展示意义。水资源综合利用主要通过提升泵房将生态塘水抽入储水箱,再由管网输送到区域各处实现。以提高区域水资源利用率和减少供用水设施建设成本为出发点,考虑将生态塘水用于对水质要求不高的以下途径:(1)城市绿化和道路清洗。用于人工湿地水生植物养护和周边绿地浇灌,以及道路清洗,降低生态湿地系统的运行维护成本;(2)施工降尘和车辆冲洗。使用生态塘水替代市政水,用于临近建设工地清洗工程车辆和降尘;(3)冲厕和消防。用于临近小型管理用房消防及冲厕用水,以及移动厕所的冲厕用水;(4)观赏性景观环境用水。因生态塘水含有藻类和细菌,且污染物浓度较市政水高,因此仅利用生态塘水营造观赏性水景观。此外,储水箱亦可向市政洒水车提供充足的水源,用于城镇其他区域的绿化灌溉和道路清洗。

5 污水处理厂尾水人工湿地运行维护要点

5.1 调试运行

人工湿地在种植植物后应充水,植物栽种初期需要对水位

进行调控,控制较低水位可促使植物根茎向下生长,提高成活率。根据植物生长情况,进行分苗、缺苗补种、杂草清除等管理,不宜使用大量除草剂、杀虫剂等。

5.2 水质水量监测

对进出水口流量、COD、NH₃-N、TP等主要项目进行日常监测,并定期对其他水质指标进行检测,根据监测结果对处理效果、水流分布均匀性等进行分析。

5.3 运行防堵塞措施

防堵塞主要措施如下:(1)控制进水中的SS含量,减轻运行负荷;(2)定期清除填料内堵塞物质和表面植被残留物,堵塞严重时挖掘清洗或更换;(3)采用床体间歇进水和适当干床期,减缓填料中微生物的生长速度,并在干床期内使部分微生物脱落外排;(4)加强预曝气,促进湿地复氧及微生物内源呼吸消耗;(5)进出水口均设控制阀,定期清淤排泥。

5.4 冬季运行效果保障措施

(1)适当降低进水量和污染物负荷,延长水力停留时间(HRT);(2)优化植物选择、填料组配,增强低温处理能力;(3)采取植物覆盖、温室大棚、塑料薄膜等保温措施,可将冬季收割的植物覆盖于湿地表面;(4)设置预处理、人工曝气等强化工艺;(5)结冰地区冬季实施冰下运行,在冰冻即将来临前一周迅速提高水位,形成冰盖后再让污水自行流动;(6)提高人工湿地运行温度,如采用太阳能热力供暖式潜流湿地等;(7)水平潜流湿地将水位调至填料层上方约20cm,以作为保温层。

6 结束语

人工湿地作为一种典型的自然、生态净水工艺,建设运行成本低、运行管理方便,环境效益、社会效益明显,是较为适宜的污水厂尾水处理工艺。利用人工湿地处理城镇污水处理厂尾水,通过选择适宜的组合适配和填料设计,并有效运行维护,可有效净化水质、提升生态景观效果,采取适当的防堵塞、冬季运行保障等措施,可有效提高出水稳定性。

[参考文献]

- [1]孙文章.北方高效潜流人工湿地技术在污水厂尾水处理中的应用[J].工程技术研究,2021,6(22):37-38.
- [2]哈尔滨工业大学.污水自然处理工程技术规范:CJJ/T54-2017[S].北京:中国建筑工业出版社,2017.
- [3]严倩倩,张智谋.人工湿地在污水厂尾水深度净化的应用研究[J].能源与环境,2020,(6):90-91.
- [4]李美玉,李婉,魏佳明,等.人工湿地在污水处理厂尾水水质净化中的应用[J].环境生态学,2022,4(6):54-58.
- [5]张敏.多级多态湿地系统在明光污水处理厂尾水提标改造中的应用[J].环境生态学,2022,4(7):83-87.