

人工湿地在污水中水回用处理中的应用分析

Application Analysis of Constructed Wetland in Wastewater Reuse Treatment

曹杰

Jie Cao

皖江江南新兴产业集中区管委会 中国·安徽 池州 247000

Management Committee of Jiangnan Emerging Industry Cluster, Chizhou, Anhui, 247000, China

摘要: 为提高江南产业园污水处理厂的尾水水质, 根据《安徽省污水处理厂尾水湿地处理技术导则》, 利用人工湿地对污水处理厂尾水做进一步处理。根据项目实际概况, 对人工湿地合理选址, 经过水下微地形调整, 创建湿地净化系统工程, 采用“浅滩湿地+氧化塘”工艺, 联合湿地动植物群落构建工程, 实现人工湿地在污水处理中的高效应用。

Abstract: In order to improve the tail water quality of the sewage treatment plant in Jiangnan Industrial Park, the Constructed wetland is used to further treat the tail water of the sewage treatment plant according to the Technical Guidelines for Tail Water Wetland Treatment of Sewage Treatment Plants in Anhui Province. According to the actual situation of the project, the Constructed wetland should be reasonably selected. After underwater micro terrain adjustment, the wetland purification system project should be created. The process of "shoal wetland+oxidation pond" should be adopted, and the wetland animal and plant community construction project should be combined to realize the efficient application of Constructed wetland in sewage treatment.

关键词: 人工湿地; 污水处理; 浅滩湿地

Keywords: constructed wetland; sewage treatment; shoal wetland

DOI: 10.12346/etr.v5i6.8235

1 引言

为了进一步贯彻国家关于环境保护的政策, 执行国家的有关法规、规范及标准, 满足园区污水减排要求, 结合园区企业需求, 增加污水处理厂尾水回用, 本项目污水再生利用采用统一规划、分步实施, 分质供水的原则。通过人工湿地建设, 将其用于污水中水回用处理, 实现水体净化, 去除污水中的污染物与有机物。

2 项目概况

项目名称为皖江江南新兴产业集中区起步区中水回用工程, 建设地点位于安徽省江南新兴产业集中区。工程规模如下: 中水回用管道总长度约 13.8km, 取水泵站 1 座, 规模为 0.5 万 t/d, 高效沉淀池一座, 规模 0.5 万 m³/d, 次氯酸钠消毒间一座, 规模 1.0 万 m³/d, 中水泵站一座, 规模 1.0 万 m³/d, 陵阳湖湿地工程。

江南产业集中区位于池州市东部, 远期待产业集中区发展到一定规模后, 适时建设江南产业集中区水厂, 规划水厂总规模为 15 万 m³/d, 厂址选择在龙腾大道与池州大道交叉口东南角, 同时考虑今后深度处理及工业水厂建设需求, 规划用地面积为 130 亩, 水厂取水水源为长江地表水, 和江口水厂共用一个取水口, 水厂建成后供水范围主要为产业集中区中部发展区。规划区内排水实行雨污分流制, 雨污水管网已随道路建设完成。江南产业集中区第一污水处理厂总建设规模为 20.0 万 m³/d, 一期工程建设规模 5 万 m³/d, 已建成第一条 2.5 万 m³/d 处理线并于 2020 年 10 月初开始运行, 第二条 2.5 万 m³/d 处理线预计 2024 年中期建设完成。

3 人工湿地污水处理技术机理

实际上, 人工湿地就是由基质、水体、动植物与微生物共同构成的生态系统。由细菌与真菌组成的微生物生活于土

【作者简介】曹杰 (1989-), 男, 中国安徽池州人, 本科, 工程师, 从事市政给水排水和污水处理研究。

壤内,它们在去除有机物的过程中起到了重要作用,湿地植物的根系会将氧气带入土壤,同时远离根部的环境处于厌氧,这样就会形成处理环境的变化带,提高湿地对污染物去除的能力。多数有机物的去除都是依靠土壤内微生物,但重金属或硫磷等污染物只能依赖土壤与植物得到处理。

人工湿地会模拟自然湿地内的人工生态系统,就像是沼泽地一样,由人工负责建造湿地,人为地将砂石、土壤、煤渣等介质按比例制作为基质,同时选择性地植入植物,创建污水处理生态系统,所以人工湿地是涵盖了物理、化学与生化反应在内的污水处理技术,也是土壤、动植物与微生物于一体的综合性生态系统。现阶段人们开始将人工湿地用于调整水源水质,比如将其用于改善北京官厅水库水质,出水基本满足地面水Ⅲ类标准。或者将人工湿地用于新兴领域,比如去除水体内的藻类生物,实现对污水的深度处理,降低水体富营养化,避免藻类在水体内的疯长。

4 人工湿地在污水中水回用处理的实践应用

4.1 人工湿地选址

湿地的选址会对区域内规划布局、污水处理厂布局、湿地工艺系统运行等方面产生重要影响,所以在湿地位置的选择时必须尽可能靠近污水处理厂,同时处于城市边缘地带,根据现有地理条件打造人工湿地,让湿地尽可能地靠近收纳水体,以便处理后快速排放污水^[1]。

经过多方参考,最终决定将本项目的人工湿地选在陵阳湖。陵阳湖位于江南产业集中区起步区东侧,陵阳湖西侧为凤鸣大道,北侧为龙腾大道,南边为淮河路,东边为江南大道。陵阳湖是在现状鱼塘的基础上扩建,水域面积约0.89km²,分两期建设,其中一期面积为0.43km²,二期为0.46km²。根据《安徽省江南产业集中区起步区防洪排涝规划报告》陵阳湖一期两个出口,北侧通往规划梅龙一站,南侧通往梅龙三站。陵阳湖为排涝干沟起点,根据排涝干沟相关水位及渠底标高,设计陵阳湖湖底最低点标高为2.0m,护岸顶标高与现状周边地面衔接。设计陵阳湖常水位5.0m,汛前腾空至4.46m,汛期最高水位5.46m,调蓄水深1.0m。总扩容159万m³,其中调蓄容积42.4万m³。

污水处理厂的尾水在压力管道的作用下排放到湿地上游地区,以陵阳湖为湿地,对处理厂的尾水水质进行提升改造。

4.2 水下微地形调整

为了更好地打造人工湿地内的水生态系统,有必要对水下微地形进行改造,尽可能地营造出适宜沉水植物生长的环境。在人工与机械方法之下,对适当驳岸坡度的位置进行人工微调整,如果驳岸坡度无法满足植物种植要求,可采取机械施工措施。采用底质消毒改良措施,利用改良剂达到预期效果,改善人工湿地内底质微环境,为土壤内水生动植物的生长提供充足的微量元素,减少水体中的有害物质。经过改良良好,底泥的有机酸被中和处理,底部酸性环境得到改善,

氨氮、亚硝酸盐等物质被降解,有机质含量减少。由此可见,底质消毒改良剂具有杀菌除害、改善底质的重要作用。本项目需要在全湖范围内使用底质改良剂与消毒剂,其中施用面积共计445500m²,用量共计44550kg。

4.3 湿地净化系统工程

4.3.1 “浅滩湿地+氧化塘”工艺

按照污水处理厂的出水水质情况,项目决定选择“浅滩湿地+氧化塘”的工艺,解决出水中有机物、总氮较高的问题,减少水体内的悬浮物。与此同时,湿地净化系统内还涵盖了微生物系统,提高系统对微生物的拦截、吸附和分解能力,实现对营养物的改良处理。

采用雨水缓流净化系统,对水下地形进行优化设计,打造“浅滩湿地+沉水植物塘”的大致框架,综合动植物与微生物创建湿地生态系统,在此处形成浅滩湿地生态结构,突出湿地所具有的生态功能。湿地利用挺水植物和水中微生物吸收污水内的氮磷物质,吸附有害物质,利用植物光合作用将氧气输送到植物的根部,为微生物的繁殖带来充足的氧气,提高水体水力传输效果,保持湿地净化系统运行的稳定性,不断净化水体。基质属于“活过滤器”,通常湿地内的各项反应都需要在基质中完成。

沉水植物塘主要以太阳能为能量,种植这类植物后产生人工生态系统,由日光辐射为植物塘提供充足的能量,再促进能量的传递与转化,对水体内污染物降解处理,在去除污染物的同时,完成对水生植物的资源回收,将污水处理与资源利用高效结合,实现污水的“资源化”处理。

4.3.2 湿地净化系统设计

对水下地形进行优化设计,根据浅滩湿地的大致框架,综合植物、微生物和滤石层创建湿地生态系统。在湿地内密植挺水植物,发挥植物对排水出口的减缓和过滤作用,完成对水体的初步净化。本区域设计面积为25000m²,水深大约0~0.5m,选择常绿鸢尾、水生美人蕉、梭鱼草、旱伞草等本地植物种类,经过大面积成片种植后形成湿地景观,为动物栖息提供良好的湿地生态环境。在种植土的上一层覆盖厚度为15cm的滤石层,为水生植物提供营养物质,方便中午的根系吸收与降解污染物,让微生物的生长获得可以依附的表面,促进微生物对污染物的降解。项目中的滤石还能够减少排口水流冲刷,避免种植土的流失。

其中氧化塘面积为53960m²,水深在0.5~1.0m范围内,通过沉水植物的作用净化排水出口,种植苦草和金鱼藻等沉水植物,按照植物的生长习性,联合湿地地形情况进行合理布局,将浅滩湿地的出水与景观相结合,从而产生景观跌水与植物过滤墙景观^[2]。

4.4 湿地动植物群落构建工程

4.4.1 沉水植物群落构建工程

根据上文所述得知,沉水植物属于将根茎叶完全浸没在水中的水生植物,具有净化水质的作用,植株可以吸附水体

内的悬浮物,提升水体透明度,增加溶解氧,吸收N和P等营养物。在吸收氮磷物质时,沉水植物利用根部吸收氮磷,或茎叶利用水中营养物合成有利于自身发育的物质,降低水体营养盐的浓度。与此同时,沉水植物可以抑制藻类生长,凝集颗粒物,使水质变得更加清澈,沉水植物的发育为水生生物带来多样化生长环境,在为微生物提供可以附着的载体同时,也会为鱼类生物提供繁衍栖息地,大范围的栽植沉水植物可以让水生生态系统能够健康稳定地发展。

由于植物的生长与繁殖会受到光照、水体透明度以及水深等方面的影响,所以沉水植物净化区在构建的时候必须考虑到不同种类植物间的竞争关系。0.5~1.2m浅水区的沉水植物多为低矮品种,1.2m以上的深水区一般种植高大型品种,项目中沉水植物的种植面积达到了313193 m²,其中矮苦草植株高度为10~60cm,具有净化水质、降低人工成本的作用;刺苦草植株高度为60~150cm,草食性鱼类喜欢食用,4月可发芽,具有净化水质的作用;马来眼子菜高度同样是60~150cm,生长于5~11月期间,净水效果较好;金鱼藻高度与刺苦草相同,叶片呈线形,长度在1.5cm以上,7~10月为花果期。初次种植沉水植物需要保证水位达到30cm,同时3~5天后植物可以继续存活,当雨季来临时水位升高,需及时采用降水处理措施^[3]。

4.4.2 浮叶植物群落构建工程

浮叶植物只在叶外表面有气孔存在,叶片蒸腾量很大,根部深深的扎入水底,而叶片会浮在水面上。浮叶植物的腔道会产生空气连通系统,沉水器官利用浮水器官的气孔和大气之间完成气体交换。在人工湿地内种植浮叶植物能够有效控制浮游植物的数量,提高水体透明度,发挥植物对水体的净化效果,抑制水藻生长。本项目选择种植睡莲,并在区域内打造“睡莲观赏区”,睡莲的花期可以达到6个月以上,具有较高的观赏价值,根部可以吸收铅汞等有毒物质。种植浮叶植物时,应适当地进行修剪,以保障苗木成活为前提,根据植株的自然生长规律来调整。

4.4.3 挺水植物群落构建工程

挺水植物就是茎叶挺出水面的植物,通常在岸边种植,比如黄菖蒲、梭鱼草等,这类植物具有过滤地表径流初步降解污染的作用,可以吸收水体碳物质,降低氮氧含量,综合驳岸景观,使湖岸线得到软化,提升水域景观效果。在人工湿地内如果水深低于30cm,可浅种挺水植物,综合考虑植物景观效果,通过对水生植物的有效搭配,提高植物观赏性,打造开阔的植物景观区。本项目内种植常绿鸢尾,植株高度在30~80cm范围内,具有抑制藻类生长的作用;种植美人蕉,以观叶为目的,植株高度在100cm左右。

4.4.4 大型底栖动物群落构建工程

底栖动物就是生活于水底的动物群,一般会固着于岩石

或埋在泥沙中,或者附着在植物体表,以悬浮物与沉积物为食。底栖动物在水生态系统中具有内部调控的作用,通过摄食营养物,降低水体营养物含量,改善水质。选择螺类与贝类等底栖动物,其中螺类密度一般在15~20kg/亩,贝类密度为10~18kg/亩。本项目螺类投放75263kg,蚌类投放25087kg。为防止有机碎屑与动物粪便产生的有机质污染水体,湖中可放养青虾,因青虾繁殖迅速,本项目青虾的投放密度为0.4~0.5kg/亩,投放量为3350kg。

4.5 水生态环境改善辅助工程

采用野杂鱼生物量控制和透明度提升的方式实现对人工湿地水生态环境的改善。野杂鱼耗氧量较大,天气条件不好时会消耗水体溶解氧,且野杂鱼多数是底层鱼类,食物不充足的时候会拱食,导致水体浑浊。建议采取多种方法控制野杂鱼数量,捞出水体内的野杂鱼。为提升水体透明度,本项目以食藻虫控藻时间段主要选择在水生态系统构建完成生态调控阶段的适温期,此时食藻虫活性较好,能够起到滤食藻类的作用。投入14600L食藻虫,将水生动植物和景观结合,投入5~7L/亩浮游动物,以此达到良好的生态净化作用。

4.6 生态系统优化调整工程

采用食物链调整措施,遵循因地制宜的原则完善区域内生物链与食物网结构,在引进顶级生物的同时,关注底栖动物和微生物的构建,加强对浮游生物的有效控制,使人工湿地内的食物网更加复杂,同时发挥鱼类与微生物的下行与上行效应,让整个生态系统更加完整。加强对生物多样性的调控,掌握生物与环境间的复杂关系,将其作为衡量生产发展能否符合客观规律的重要标准,通过植物混交提高对病虫害的抵御能力。为实现对生物量的平衡调控,等待水生植物群落恢复之后,通过生态系统稳定化调控技术对水生植物群落进行维护管理,调整人工湿地的生态功能。

5 结语

总而言之,目前江南集中区第一污水处理厂污水处理总规模2.5万m³/d,已正常运行近三年时间,污水经处理达标后排入九江河。为加强对污水的高效处理,本项目决定通过人工湿地建设优化生态系统,提升对产业区污水处理净化效果,同时提高污水资源利用率。

参考文献

- [1] 邓晨.人工湿地在农村生活污水综合治理中的应用[J].乡村科技,2023,14(5):140-143.
- [2] 杨帆,张明俊,胡晓晖.城镇化污水治理中对人工湿地的运用[J].资源节约与环保,2023(1):63-66.
- [3] 高松,周杰,郭程程,等.人工湿地对城乡污水处理净化效果研究[J].乡村科技,2023,14(1):137-142.