

生态湿地技术用于城市污水处理厂尾水深度处理

张 云

(江苏省水文水资源勘测局 南通分局, 江苏 南通 226006)

摘 要: 将生态湿地技术用于处理城市污水处理厂的尾水, 详细介绍了工艺流程和设计参数, 并对主要技术指标进行了分析。运行结果表明, 生态湿地技术对城市污水处理厂尾水具有较好的净化效果, 对 COD、BOD₅、NH₃-N 和 TP 的平均去除率分别达到 60.1%、55.3%、76.6% 和 57.8% 以上, 出水水质达到了《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) 中Ⅲ类水的要求, 有效削减了污染物的入河排放量, 改善了区域水环境质量。

关键词: 生态湿地; 尾水; 深度处理

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)04-0087-03

Application of Ecological Wetland Technology to Advanced Treatment of Effluent from Municipal Sewage Treatment Plant

ZHANG Yun

(Nantong Substation, Jiangsu Hydrology and Water Resources Investigation Bureau, Nantong 226006, China)

Abstract: The ecological wetland technology was used for advanced treatment of effluent from municipal sewage plant. The process flow and design parameters were introduced, and the main technical indices were analyzed. The operation results showed that the ecological wetland technology had a better purification efficiency of effluent from municipal sewage plant. The average removal rates of COD, BOD₅, NH₃-N and TP were more than 60.1%, 55.3%, 76.6% and 57.8%, respectively, and the effluent quality could meet the class Ⅲ criteria specified in the *Environmental Quality Standards for Surface Water* (GB 3838-2002). The pollutant emissions into the river were effectively reduced, and the regional water environment quality was improved.

Key words: ecological wetland; effluent; advanced treatment

城市污水厂达标尾水深度处理方法主要有生物滤池、膜分离、人工湿地等^[1]。人工湿地具有处理效率高、投资和运行成本低等优点, 被广泛应用于城镇污水处理、面源污染控制、湖泊水体修复、河道水体恢复、景观水质改善及工业废水处理等方面^[2,3]。

1 污水处理厂基本情况

以南通市某污水处理厂为例, 分析生态湿地技

术对污水处理厂达标尾水深度处理的效果。该污水处理厂设计规模为 $4.8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 采用“预处理(曝气沉砂+初沉)+生物处理主体工艺(A²/O生物反应池)+深度处理工艺(混凝沉淀过滤)”组合式污水处理工艺, 确保最终出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 A 标准。对污水处理厂达到一级 A 标准的尾水(简

称“达标尾水”)采用湿地净化技术再次深度处理后排放,以进一步削减水污染物入河量,降低尾水排放对纳污水域周边水生态环境的影响。

2 生态湿地处理工艺

2.1 生态湿地作用机理

人工湿地净化主要利用土壤、人工介质、植物、微生物的物理、化学、生物三重协同作用,通过过滤、吸附、共沉、离子交换、植物吸收和微生物的降解等来实现对污水的深度净化和处理^[4~6]。

2.2 生态湿地处理工艺的确定

该污水处理厂以处理城区的生活污水和工业废水为主,废水中不含有毒有害物质,尾水生态湿地工程重点关注 COD 和 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 的有效去除。湿地系统的工艺设计根据进水水质特点、建筑面积大小、必要的水体景观和水质净化功能等综合确定,湿地净水工艺应高效稳定、维护简便和功能分区明确。

由于周边的土地面积有限,湿地工程要综合考虑水质净化、水体流动与复氧和植物群落的构成等,且净水工艺应能适用去除 COD、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 等污染物所要求的生物生态条件;根据污水厂进水质质的特点,在湿地工程的净水工艺中设置兼氧区、好氧区,完成有机物的转化与去除,同时创建氨氮硝化以及硝酸盐反硝化的生化反应功能区,提高水体的自净能力和自我修复能力。因此,整个湿地系统应包括强化净化单元、水质自净单元及其相应的流场优化,使得污染物在流动中净化、在净化中流动,保持生态工程的生态性、自然性、景观性和一定的经济性。

综合考虑处理效果、施工难度、工程投资及运行费用,经过方案比选分析,最终确定采用“兼氧塘/好氧植物塘/表流湿地/沉水植物区组合”工艺。

2.3 生态湿地方案

2.3.1 生态湿地工艺流程

工艺流程如图 1 所示。

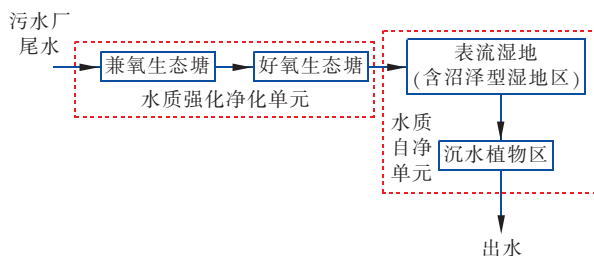


图1 生态湿地工艺流程

Fig. 1 Flow chart of ecological wetland process

经过处理达到一级 A 标准的污水处理厂达标尾水,通过布水渠依次进入兼氧生态塘、好氧生态塘、表流湿地以及沉水植物区,湿地出水经尾端集水渠收集后入河排放。

2.3.2 主要处理单元及设计参数

① 兼氧塘。设计有效水深为 4.5 ~ 5.0 m,超高为 0.5 m。为优化塘内流场,设三道植物带软围隔导流形成三个廊道,每个廊道宽约 15 m;每个廊道内填充弹性填料,填充密度为 15%,均匀敷设于塘内。兼氧塘水力停留时间控制在 8 ~ 10 h,其主要功能是实现反硝化作用,脱除部分氮,同时提高水中有机物的可生化性。

② 好氧植物塘。设计有效水深为 0.8 ~ 1.5 m,塘内采用软围隔将塘体分割成 11 个廊道。水面设植物浮岛,覆盖率为 25%。采用多孔混凝土生态护坡,边坡由上而下一配置耐湿陆生植物、挺水植物、沉水植物等。好氧植物塘水力停留时间控制在 12 ~ 15 h。

③ 挺水植物表流湿地。设计平均水深为 0.8 m,挺水植物表流湿地分为前段、中段和后段设计,各占湿地面积的 1/3,其中中段模拟天然沼泽湿地运行,植物自行完成生长、枯萎、沤渍残体等过程,依赖于基质中的腐殖质和植物残体释放的有机物作为碳源完成反硝化脱氮过程;前段和后段以普通表流湿地运行,做到植物有序管理、及时换茬。

④ 沉水植物区表流湿地。有效水深约 1.5 m,构建湿地内沉水植物群落和水力控制设施。

2.3.3 植物的选择

根据因地制宜、经济效益、生物多样性和景观协调的原则选择湿地植物,依托现有地形,在地势较高的台田处种植芦竹、芦苇等经济价值较高的挺水植物;在地势略低的台田间水面处种植美人蕉、香蒲等挺水植物;在塘内水深较浅处栽种莲藕、菱角、芡实等本土浮叶植物,水深较深处配置金鱼藻、菹草和黑藻等沉水植物,并在塘内放养鱼、泥鳅、青蛙等动物^[7~9]。

通过挺水植物带、浮叶植物带和沉水植物带的优化配置,构建了一个具有生物多样性、水质净化能力和景观效果的人工湿地生态系统;采用水生植物与水产生物相结合的水环境净化模式,以“鱼草养水”,完善食物网,使人工湿地的水生生物种群结构合理稳定,并具备良好的景观观赏性。

3 运行效果与效益分析

3.1 运行效果

生态湿地工程运行期间,在污水处理厂出水口、生态湿地系统出水口分别采样监测,分析生态湿地对污水中主要污染物的净化效果(见表 1)。

表 1 生态湿地系统对主要污染物的去除效果

Tab.1 Removal effect of main pollutants by ecological wetland system

项 目	COD	BOD ₅	NH ₃ - N	TP
进水浓度/ (mg · L ⁻¹)	45.4 ~ 48.9	8.5 ~ 9.3	4.2 ~ 4.6	0.42 ~ 0.45
出水浓度/ (mg · L ⁻¹)	16.8 ~ 19.5	3.8 ~ 3.9	0.97 ~ 0.98	0.16 ~ 0.19
去除率/%	60.1 ~ 62.9	55.3 ~ 58.1	76.6 ~ 78.9	57.8 ~ 61.9

从表 1 可见,人工湿地对城市污水厂尾水中主要污染物的降解成效明显,对 COD、BOD₅、NH₃ - N、TP 的去除率分别达到 60.1%、55.3%、76.6%、57.8% 以上,出水水质达到了《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)的Ⅲ类水标准,有效削减了污染物的入河排放量。

3.2 效益分析

该工程总投资为 4 200 万元,基建成本为 2 600 元/m³,处理量按 1.752 × 10⁶ m³/a 计,则运行成本为 0.91 元/m³。工程出水可代替自来水用于绿化浇灌、河道补水等。根据调查,南通地区绿化用水价格为 2.90 元/m³,回用率按 50% 计,则由此产生的经济效益为 1 743 万元/a。该工程的实施,可减少 COD 排放量为 525.6 t/a,减少 BOD₅ 排放量为 96.4 t/a,减少 NH₃ - N 排放量为 50.8 t/a,减少 TP 排放量为 5.06 t/a,具有良好的环境效益。

4 结论与建议

采用生态湿地技术处理城镇污水处理厂的达标尾水,既可以满足削减污染物的需要,又可以最大程度地美化环境,具有投资运行成本低廉、净化效果好等优点;生态湿地工程的实施可达到节约水资源、减少污染物排放量的双重目的,实现水资源可持续利用,促进水环境的良性循环;同时人工湿地的建立为城市提供了新的水源,改善了城市环境,丰富了城市生态景观,保护了城市生物多样性。湿地构建的生态系统,具有独特的污染物净化机制,在点源和面源污染控制方面具有良好的应用前景。但要加强人工湿地的后期运行维护与管理,确保人工湿地的处理

效果;定期安排工作人员对水生植物、湿地植物进行维护和管理,在植物生长过旺时要进行收割和换茬,冬季需及时清理动植物残体。

参考文献:

[1] 项学敏,唐皓. 人工湿地在我国城市生态建设中的应用[J]. 环境科学与技术,2005,(6):91-92.

[2] 刘春常,夏汉平,简曙光,等. 人工湿地处理生活污水研究——以深圳石岩河人工湿地为例[J]. 生态环境,2005,(4):536-539.

[3] 宋晨,项学敏,周集体,等. 人工湿地对北方城市污水深度处理效果的研究[J]. 环境污染与防治,2007,(6):433-436.

[4] 王世和. 人工湿地污水处理理论与技术[M]. 北京:科学出版社,2007.

[5] 吴晓磊. 人工湿地废水处理机理[J]. 环境科学,1995,16(3):83-86.

[6] 梁威,胡洪营. 人工湿地净化污水过程中的生物作用[J]. 中国给水排水,2003,19(10):82-85.

[7] 王正芳,张继彪,郑正,等. 物理强化复合人工湿地处理污水厂尾水实例[J]. 中国给水排水,2013,29(2):75-77.

[8] 赵建,朱伟,赵联芳,等. 人工湿地对城市污染河水的净化效果及机理[J]. 湖泊科学,2007,19(1):32-38.

[9] 贺锋,吴振斌,陶菁,等. 复合垂直流人工湿地污水处理系统硝化与反硝化作用[J]. 环境科学,2005,26(1):47-50.



作者简介:张云(1983 -), 女, 江苏南通人, 高级工程师, 主要从事环境化学与水资源保护方面的研究。

E-mail:zhangyun_1983924@163.com

收稿日期:2016-05-10