

# 乡镇污水处理厂人工湿地工艺设计

刘朝辉<sup>1</sup>, 李慧<sup>1,2</sup>, 李威<sup>1</sup>, 刘艳<sup>1</sup>, 黄华军<sup>1</sup>, 欧阳赛<sup>1</sup>

(1. 湖南现代环境科技股份有限公司, 湖南长沙 410000; 2. 湖南农业大学资源环境学院, 湖南长沙 410128)

**摘要** 阐述了人工湿地污水处理的基本原理、污水水量、水质及排放标准, 着重介绍了工艺流程及主要构筑物, 分析了投资及运行成本, 最后评价了处理效果。

**关键词** 乡镇污水; 微动力生物膜; 人工湿地

中图分类号 X52 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)08-0048-02

## Process Design of Artificial Wetland in Township Sewage Treatment Plant

LIU Zhao-hui<sup>1</sup>, LI Hui<sup>1,2</sup>, LI Wei<sup>1</sup> et al (1. Modern Environmental Technology Co., Ltd., Changsha, Hunan 410000; 2. College of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128)

**Abstract** Basic principle, sewage water, water quality and emission standards of constructed wetland wastewater treatment were explored, process flow and main structure were mainly introduced, the investment and running cost were analyzed, finally, the treatment effect was evaluated.

**Key words** Township sewage; Microbial biofilm; Artificial wetland

近年来, 湖南省宁乡县各乡镇加快了生活污水处理设施的建设速度, 污水处理能力不断加大, 治污减排效益日益明显, 基本实现了全县乡镇污水处理全覆盖, 有效地改善了全县范围内的水质, 提升了生态环境建设水平。2009—2013年宁乡县建设的乡镇污水处理厂共14座, 其中采用人工湿地处理工艺的污水处理厂12座, 处理规模为1 000~2 000 m<sup>3</sup>/d。乡镇污水处理厂一般污水量较小, 进水水质和水量波动较大, 直接套用大型污水处理厂的处理工艺难以满足要求, 且造价高, 管理复杂。采用微动力生物膜+垂直潜流人工湿地工艺处理乡镇生活污水, 出水水质可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中一级B标准。该工艺基建费用低、出水水质好、运行费用低、运行可靠、管理方便。笔者研究了乡镇污水处理厂人工湿地工艺设计, 分析了投资及运行成本, 并评价了处理效果, 以期提升乡镇污水处理水平及改善水质提供借鉴。

### 1 人工湿地污水处理的基本原理

人工湿地污水处理系统是人工建造的类似于沼泽的湿地, 主要由填料床和湿地植物组成<sup>[1]</sup>, 是利用自然生态系统中的物理、化学和生物的三重协同作用, 通过基质过滤、吸附、沉淀、离子交换、植物吸收和微生物分解来实现对污水的高效净化<sup>[2]</sup>。

### 2 污水水量、水质及排放标准

(1) 某乡镇污水处理厂生活污水量为1 000 m<sup>3</sup>/d。

(2) 进水 COD<sub>Cr</sub> ≤ 300 mg/L, 五日生化需氧量(BOD<sub>5</sub>) ≤ 150 mg/L, 悬浮物(SS) ≤ 200 mg/L, 氨氮(NH<sub>3</sub>-N) ≤ 25 mg/L, 总磷(TP) ≤ 3 mg/L。

(3) 出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中一级B标准, 即 COD<sub>Cr</sub> ≤ 60 mg/L, BOD<sub>5</sub> ≤ 20 mg/L, SS ≤ 20 mg/L, NH<sub>3</sub>-N ≤ 8 mg/L, TP ≤ 1 mg/L。

### 3 工艺流程及主要构筑物

污水处理工艺的选择直接关系到污水处理效果及运行成本和总投资, 选择时应根据进水水质、处理程度要求、占地面积、工程规模等多种因素进行综合考虑。人工湿地污水处理工艺具有“一高三低”的显著优势, 即对污水处理效果高, 基建费用低、运行费用低和维护技术低<sup>[3-4]</sup>, 还可与景观绿化相结合, 在实现污水净化的同时起到改善景观的功能。但人工湿地是一种较低负荷的污水处理系统, 如果进水浓度高则处理效果不理想<sup>[5]</sup>。宁乡县某乡镇污水处理厂采用“预处理+垂直潜流人工湿地”的污水处理工艺(图1), 预处理工艺采用微动力生物膜法。

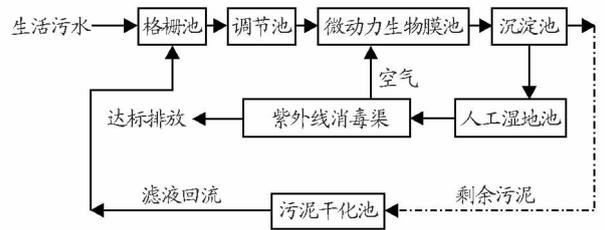


图1 污水处理工艺流程

Fig. 1 Wastewater treatment process

(1) 格栅池。用于拦截污水中如原生污水中类似布片、木棍、塑料制品等杂物的漂浮物和悬浮物。设计尺寸5.0 m × 1.5 m × 3.0 m, 钢混结构, 分2条渠道, 1条安装机械格栅, 另安装1条人工格栅, 栅条间隙为10 mm, 不锈钢材质。

(2) 调节池。调节池主要作用是调节水质水量, 保证后续工艺设备的连续稳定运行。与粗格栅渠合建, 提升泵采用带自动耦合装置的潜水泵。采用集中和就地2种控制方式。主要设计参数: 有效容积400 m<sup>3</sup>, 潜污泵2台, 1用1备, 单台流量(Q)为50 m<sup>3</sup>/h, 扬程10 m, 功率3.0 kW, 并配有液位控制系统及空气搅拌系统。

(3) 微动力生物膜池。调节池出水经提升泵进入微动力生物膜池。设1座微动力生物膜池, 分2格, 停留时间为6.0 h, 平面尺寸为6.00 m × 9.00 m, 池深为5.00 m, 有效容

基金项目 环保公益性行业科研专项(201509032)。

作者简介 刘朝辉(1983—), 女, 湖南长沙人, 中级工程师, 硕士, 从事水污染处理和重金属污染治理研究。

收稿日期 2017-01-25

积为 250 m<sup>3</sup>,半地上式钢混结构。

(4) 沉淀池。微动力生物膜池出水自流进入沉淀池。设 1 座斜板沉淀池,表面负荷为 1.20 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h),平面尺寸为 6.00 m×6.00 m,池深为 5.00 m,半地上式钢混结构。

(5) 人工湿地池。对沉淀池出水进行深度处理,进一步降低有机污染物、氮、磷及悬浮物的含量,使出水达标排放。设置 2 座并联的垂直潜流人工湿地池,每座分 2 格。总湿地面积为 1 200 m<sup>2</sup>,湿地填料厚度为 1.30~1.60 m,湿地填料孔隙率为 0.40%,BOD<sub>5</sub> 表面负荷为 108 kg/(hm<sup>2</sup>·d)。

(6) 紫外线消毒渠。对人工湿地出水进行消毒处理,设置 1 座紫外线消毒渠,分 2 条渠道。平面尺寸为 10.00 m×3.00 m,渠道深为 1.35 m,半地上式钢混结构,采用 2 组紫外线灯模块。

(7) 污泥干化池。污泥干化池布置在沉淀池附近,为地上式钢筋砼池,平面尺寸 12.00 m×4.00 m,池内装过滤填

料,以加快污泥干化脱水,使脱水效果稳定。

#### 4 投资及运行成本分析

**4.1 工程投资费用** 土建费 95.23 万元,设备材料费 72.18 万元,设计与调试费 19.80 万元,运输及安装费 12.27 万元,合计 199.48 万元。

**4.2 工程运行费用** 工程运行费用主要包括电费、人工费。工程正常连续运行时设备功率为 21.10 kW,平均工业电价为 0.91 元/(kW·h),电费为 0.369 元/m<sup>3</sup>。日常安排 4 名运行管理人员,为当地农民兼任,每月工资 1 500 元/人,人工费约 0.197 元/m<sup>3</sup>。合计运行费用为 0.566 元/m<sup>3</sup>,与同类污水的其他处理工艺相比较为经济。

#### 5 处理效果

人工湿地处理污水的效果优于传统的处理工艺<sup>[6]</sup>,系统出水水质达到了《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中一级 B 标准(表 1)。

表 1 监测进出水水质及排放标准

Table 1 Monitoring water quality and effluent discharge standards

项目 Item	COD <sub>Cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	SS	NH <sub>3</sub> -N	TP	mg/L
进水水质 Influent water quality	300	150	200	25	3.0	
出水水质 Effluent water quality	28~45	9~16	5~11	4~6	0.5~0.8	
排放标准 Emission standard	60	20	20	8	1.0	

#### 6 结语

(1) 采用微动力生物膜+人工湿地工艺处理乡镇生活污水,对 COD<sub>Cr</sub> 的去除率 >85%,对 BOD<sub>5</sub> 的去除率 >89%,对 SS 的去除率 >95%,对 NH<sub>3</sub>-N 的去除率 >76%,对 TP 的去除率 >73%,出水水质优于《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中一级 B 标准。

(2) 工程正式投入使用后,运行良好,操作简便,出水水质稳定,剩余污泥量少,处理费用为 0.566 元/m<sup>3</sup>。对于乡镇生活污水处理厂,经济基础比较薄弱,运行管理技术人员相对水平较低,采用该工艺有利于系统长期稳定运行。

#### 参考文献

- [1] 李文奇,曾平,孙东亚.人工湿地污水处理技术[M].北京:中国水利水电出版社,2009.
- [2] 沈耀良,王宝贞.人工湿地系统的除污机理[J].江苏环境科技,1997(3):1-6.
- [3] 王中华,项学敏,周集体.人工湿地污水处理技术及其在我国中小城镇的应用[J].工业水处理,2009,29(12):1-4.
- [4] DRIZO A, FROST C A, GRACE J, et al. Physico-chemical screening of phosphate-removing substrates for use in constructed wetland systems [J]. Water research, 1999, 33(17): 3595-3602.
- [5] 余杰,田宁宁,钱清华,等.人工湿地在污水深度处理中的应用与工程设计[J].中国给水排水,2009,25(4):53-55.
- [6] 丁疆华,舒强.人工湿地在处理污水中的应用[J].农业环境保护,2000,19(5):320-封三.

(上接第 27 页)

间各地产量表现良好,在山西、甘肃、河南等地都表现高产,并且经国家谷物品质检查中心检查,基本符合弱筋优质小麦标准,适合制作蛋糕、酥饼等糕点类食品。长 7080 的高产广适性及优异品质为其大面积推广奠定了坚实的基础。

#### 参考文献

- [1] 魏益民.中国优质小麦生产的现状与问题分析[J].麦类作物学报,2004,24(1):95-96.
- [2] 牟秋焕,钱兆国,王瑞霞,等.优质弱筋小麦泰山 27 的选育及其特征特性[J].山东农业科学,2016,48(8):19-22.
- [3] 王晓曦,陈颖,徐荣敏,等.小麦加工工艺与小麦粉品质[J].粮食与饲料工业,2006(10):9-12.

- [4] 孙美荣,李岩华,张俊灵,等.水旱交叉选育抗旱高产小麦新品种的研究[J].华北农学报,1999,14(4):7-11.
- [5] 李岩华,孙美荣,张俊灵,等.抗旱优质高产小麦新品种晋麦 63 号的选育[J].小麦研究,2002,23(4):12-14.
- [6] 张俊灵,孙美荣,张东旭,等.抗旱丰产稳产广适小麦新品种长 8744 的选育[J].山西农业科学,2012,40(6):596-598,623.
- [7] 高海涛,张灿军,吴少辉,等.水旱协调选择混合育种中冬小麦性状遗传相关分析及其早代性状选择[J].麦类作物学报,2006,26(5):33-37.
- [8] 常磊,韩凡香,柴守玺,等.我国旱地小麦区域试验精确度及其环境综合评价[J].应用生态学报,2013,24(10):2814-2820.
- [9] 倪胜利,张国宏,李兴茂.旱地小麦育种的研究机理与进展[J].现代农业科技,2007(4):102-105.
- [10] 姚金保,马鸿翔,张平平,等.中国弱筋小麦品质研究进展[J].江苏农业学报,2009,25(4):919-924.