

房山西南召村脉冲流复合湿地污水处理

项目位置：房山区琉璃河镇西南召村

项目规模：设计日污水处理量30m³/d，湿地有效面积250m²。

竣工时间：2016年10月

6.1 项目基本情况

本工程位于琉璃河镇西南召村。该工程是水利部科技推广计划项目“农村生活排水土地处理技术示范与推广”的示范工程，设计处理规模30m³/d，采用“预处理单元+脉冲流复合湿地+强化生态塘”组合湿地模式，湿地有效面积约250m²，其中潜流湿地150m²，塘100m²。工程于2015年实施，2016年11月完成工程调试，并正式运行。



图1 工程位置示意图

西南召村位于房山区琉璃河镇东南部，地理位置处于房山、大兴、河北涿州交界，交通便利，距小清河约0.7km，辖区面积2.03km²，其中村庄占地398亩，农业用地2512亩。全村350余户，村内常住人口约1089人。

6.2 问题与需求分析

农村生活污水处理主要问题：

- (1) 农村生活污水点多量小，污水收集难度大。
- (2) 农村污水处理设施数量众多，地点分散、偏远，水务、环保部门对其进行全面运行监管难度较大。
- (3) 农村污水处理设施难以实现精细化运营管护。
- (4) 处理技术庞杂多样，但各有优缺点，仍需优化完善。

虽然目前北京市农村地区污水处理设施工艺形式已体现出多样化，采用MBR、生物接触氧化、厌氧生物滤池等多种工艺技术为主，但受进水水质、占地面积、维护操作难度、费用成本等多方面因素影响，设施运行效果差异较大，并导致污水处理设施建成后运行保障率低、出水水质不稳定的问题。亟需针对农村地区实际问题和需求，对处理工艺及结构型式进行进一步优化集成。

本项目综合考虑农村特点，采用“预处理单元+脉冲流复合湿地+强化生态塘”生态湿地工艺，具有以下几方面优点：

- (1) 运行管理简单，无需专业人员、无需值守；
- (2) 运行费用低，仅为传统污水处理工艺的1/8；
- (3) 处理效率高，在湿地工艺结构、运行方式、基质填料选择、水生态系统优化、冬季保温等方面形成新的突破，显著提高了人工湿地的好氧降解能力和除磷效果；
- (4) 生态环境效益高，人工潜流湿地和生物生态塘结合，系统运行无臭味，湿地生态景观优美。

6.3 工程任务与规模

6.3.1 工程任务

处理西南召村生活排水，出水满足《水污染物综合排放标准》（DB11/307-2013）村庄污水处理B标准限值要求。

6.3.2 工程规模

设计处理规模30m³/d，采用“预处理单元+脉冲流复合湿地+强化生态塘”组合湿地模式，湿地有效面积约250m²，其中潜流湿地150m²，塘100m²。

6.4 工程设计

6.4.1 工艺流程和布置

西南召村生活污水湿地净化工程的工艺流程为预处理池+脉冲流复合湿地+强化生态塘。脉冲流复合湿地采用两级湿地处理，并设回流，进水经格栅池和预处理池后，进入一级湿地、二级湿地，部分水流经水泵间歇回流至预处理池；湿地出水进入强化生态塘，塘内设置强化除磷、水生动植物等净化措施，最终出水外排。工艺流程和平面布置分别如图2和图3所示。

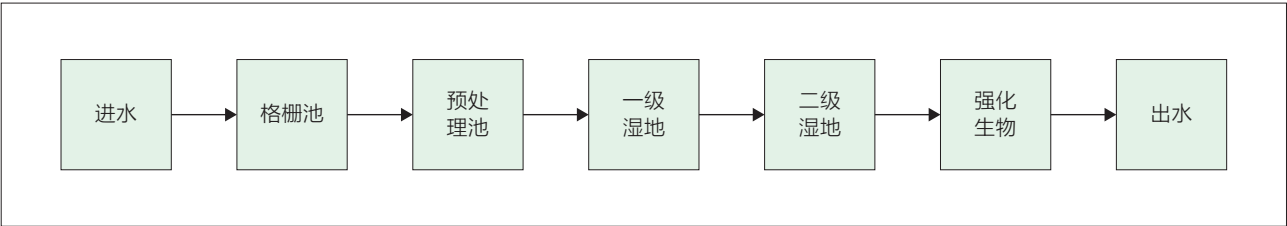


图2 生活污水湿地净化工程工艺流程图

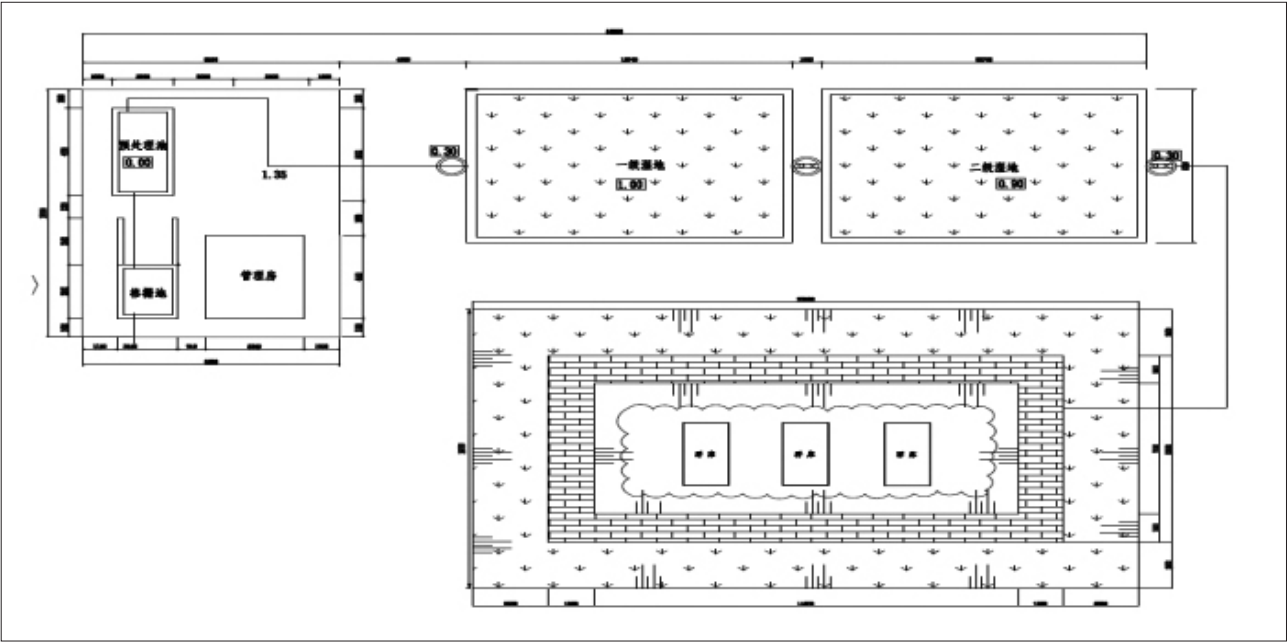


图3 生活污水湿地净化工程总平面布置图

6.4.2 工程设计及运行参数

(1) 平面尺寸

一级湿地 10 × 7.5m，填料深 1.4m；二级湿地 10 × 7.5m，填料深 1.3m；强化生态塘 14 × 7m，塘内设多功能立体浮岛，水深 1.3m。

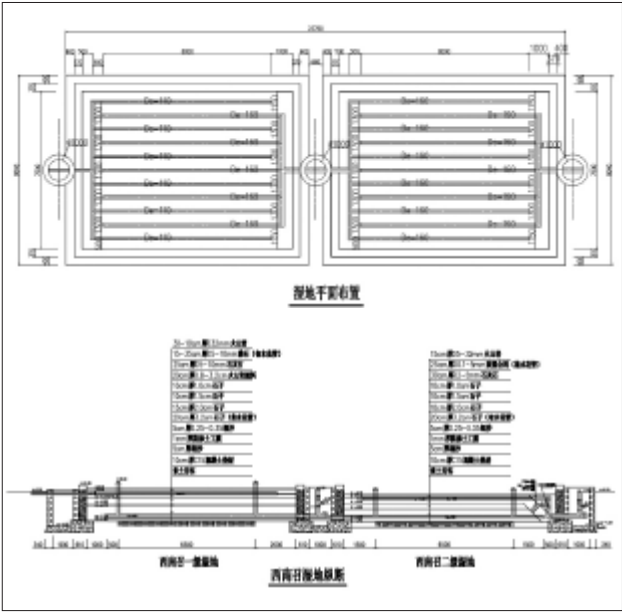


图4 脉冲流复合湿地平面剖面图

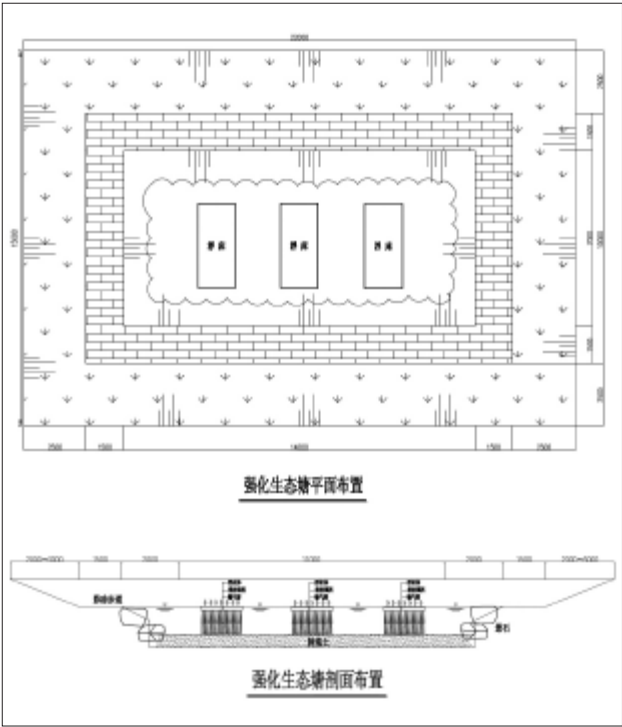


图5 强化生态塘平面剖面图

(2) 处理水量

设计值30~57m³/d，实测处理水量为30~57m³/d。

(3) 平均水力负荷

一级湿地：0.51m³/(m²·d)，二级湿地0.51m³/(m²·d)，脉冲流复合湿地总水力负荷0.25m³/(m²·d)；生态塘0.38m³/(m²·d)。湿地净化系统总水力负荷0.15m³/(m²·d)。

(4) 平均水力停留时间

一级湿地1.22d，二级湿地1.13d，脉冲流复合湿地总水力停留时间2.35d；生态塘水力停留时间3.33d。

(5) 平均有机负荷

脉冲流复合湿地平均有机负荷10.2~19.4kgBOD₅/(hm²·d)。

湿地净化系统设计具有以下特点：

- 1) 预处理单元内设曝气管，兼具来水水量调蓄和冬季增氧曝气功能。
- 2) 一级和二级湿地在传统垂直流湿地基础上通过填料、结构形式和运行方式改进，填料层设计在以石灰石为主的基础上，增加具有吸附氮磷效果的强化基质填料，并设表面保温层。
- 3) 脉冲流复合湿地采用间歇流进水及水位变动提升自然复氧效率，强化氨氮去除效果；湿地单元增设回流系统，实现二级湿地出水部分循环回流至一级湿地，强化系统净化效果。
- 4) 生态塘内通过沉水植物、挺水植物、螺、蚌、鱼等水生动植物的投配和培育，形成的良好的水生态系统，进一步改善净化效果，并提升湿地景观功能。同时，增设强化除磷措施。

6.4.3 湿地运行管理

为保障生活污水湿地净化系统稳定运行，对工程提出以下运行管理要求：

- 1) 定期清理三格池，防止污染物堵塞和淤积。
- 2) 机电设备控制系统维护要求：
 - ①湿地进水采用间歇流进水。同时，由液位浮球阀实现自动保护，当液位低于预定水位时，自动关闭潜污泵。
 - ②曝气机一般在冬季低温期运行，来水污染物浓度高

时也可开启，运行时间根据调试确定，为确保微生物正常生长，曝气期间应连续或间歇运行。

3) 潜流湿地、强化生态塘操作要求：

①植物栽种初期应确保水位淹没植物根部，促进植物根系发育。

②正常运行期，通过间歇流进水，促进自然曝气复氧。

③应加强植物管理，及时清除杂草、防控虫害。

④入冬前对植物进行清理，清除水中枯枝败叶，并收割沉水植物，尽量保留湿地挺水植物以利保温。

⑤潜流湿地应采用以下措施防止堵塞：三格池定期清淤，控制进水悬浮物浓度；定期巡查并清理进水口漂浮物；每3至5年局部清洗潜流湿地填料（具体根据湿地淤堵状况，与前端预处理设计有关）。

⑥定期清除或采用生石灰调节生态塘内的淤泥。

6.5 建成效果

6.5.1 运行费

生活污水湿地净化工程在运行成本方面，较常规处理工艺明显降低。污水处理工程运行电费仅约0.1元/ $(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

6.5.2 水质净化效果

湿地净化工程于2016年10月初开始试运行，2017年全年水质取样监测分析表明：

西南召村湿地净化工程设计处理规模为 $30\text{m}^3/\text{d}$ ，实测处理水量 $30 \sim 57\text{m}^3/\text{d}$ 。在水力负荷分别为 $0.15\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 、有机负荷 $12.9\text{kgBOD}_5/(\text{万m}^2 \cdot \text{d})$ 运行条件下， COD_{Cr} 、 BOD_5 、TN、氨氮和TP出水平均浓度分别为14.5、6.8、5.38、3.23和 0.2mg/L ；其中系统对总磷和氨氮的平均去除率分别为88.33%和82.2%。污水净化效果良好，最终出水中主要污染物浓度指标均满足本项目考核指标，即 $\text{COD}_{\text{Cr}} \leq 40\text{mg/L}$ ， $\text{BOD}_5 \leq 10\text{mg/L}$ ，总氮 $\leq 15\text{mg/L}$ ，氨氮 $\leq 5(8)\text{mg/L}$ ，总磷 $\leq 0.4\text{mg/L}$ 。

6.5.3 实景效果



图6 现场照片