

人工湿地在新农村 建设污水处理的应用

□ 周有 邵志元 张统

摘要 对康陵村人工湿地污水处理工程工艺流程及主要处理单元设计参数进行了介绍,并考察了工程运行效果。结果表明,在进水 CODMn、BOD5、SS、NH3-N、TP 浓度变化幅度为 282~381、124~164、156~222、40~47、4.04~5.26mg/l 时, CODMn、BOD5、SS、NH3-N、TP 平均去除率能分别达到 81.84%、87.19%、86.26%、56.97%、86.66%,且在冬季运行较为稳定。该工程良好的运行效果为北方其它地区农村生活污水处理提供实例参考。

关键词 人工湿地技术;新农村污水处理;工艺流程;运行效果

长期以来,农村生活污水得不到有效处置,严重污染农村居民生活环境。随着社会主义新农村建设的迅速

发展,农村居民生活水平的提高,对农村环境建设提出越来越高的要求。因而,农村污水处理愈来愈受到各级政府和公众广泛的重视。

人工湿地污水处理技术,是利用人工水生态系统内土壤、植物和微生物等物理、化学、生物三重协同作用来去除或削减水中污染物的方法。人工湿地系统处理村镇地区及小型社区的污水在欧美国家得到了广泛采用,取得了良好的效果。人工湿地系统处理污水具有一系列的显著优点,适合不同的处理规模,基建费用低廉,处理构筑物由各种天然生态系统或经简单修建而成,没有复杂的机械设备,易于运行维护与管理。人工湿地的主要材料如碎石、砂砾、煤渣、土壤等均可就近获得,处理系统依地势而建,污水可自流进入,无需额外动力,运行费用只有常规工艺的 10%~50%。由于具有净化效果好、工艺设备简单、运转维护管理方便、能耗低、对负荷变化适应性强、工程基建和运行费用

低、可实现废水的资源化等特点,正越来越多地得到人们的关注。

虽然绿色生态的人工湿地技术特别适合在没有市政污水管网的农村地区应用,而且污水处理设施“建得起,用得起”,并且管理操作非常简单。然而,应用人工湿地技术对农村生活污水进行处理的工程实例报道较少,结合笔者对北京市房山区西地村和康陵村、顺义区沿河村、吴雄寺和珠宝屯等地人工湿地污水处理的工程实践,选取代表性的房山区康陵村污水处理工程进行分析,试图为建设适合新农村特色的绿色生态工程和北方农村污水处理提供新的思路和途径。

1 工程概况

康陵村隶属于房山区城关镇管辖,是北京市新农村建设的重点试验村之一。该村共有人口 1000 多户,上、下水管网及改厕工作已经完成,污水量

为 120t/d，是典型的农村生活污水。康陵村水处理工程位于康陵村东，大石河堤外西侧，总占地面积 2435m²（不含人工湖），其中人工湿地占地 1344m²，植物床占地 472m²，所占土地均为河滩荒地。由北京特兰斯福生态环境科技公司设计建设，污水处理能力为 120t/d。

工程采用的人工湿地技术基于引进丹麦的根脉净化系统。根脉净化系统的介质是由特殊的有机物质、矿物质和天然材料混合组成的，其混合配比考虑了根脉中微生物的活性和水力流量控制；介质中投放特定培养的微生物菌群；系统的底部敷设防渗材料。目的是为了优化湿地水力负荷和增强特定微生物的活性，因而在湿地介质土壤胶体中得到一个集生物化学、植物作用、吸附作用的综合处理工艺，以达到去除污水中特定污染物的目的。此外，北京地区冬季较冷，气温较低，根脉净化系统还有保温措施保证冬季的正常运行，如顶部有机介质保温、水位调节等。根脉净化系统已经在北京龙道河人工湿地中得到应用，长期运行取得满意效果。

康陵村污水处理工程平面示意图见图 1。该工程把住户居民化粪池污水通过已建成的污水管网汇集到污水井内，再通过污水泵提升至污水处理工程进行

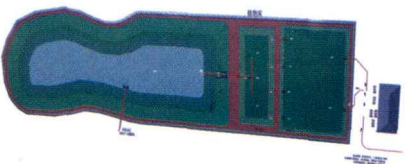


图 1 康陵村污水处理工程平面示意图

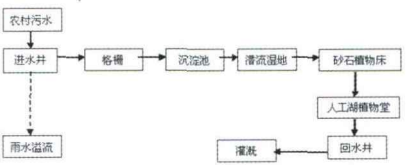


图 2 工艺流程

处理，净化后出水排入人工湖，用于周围绿化及农作物灌溉。

1.1 工艺流程

康陵村污水处理站工艺流程如图 2 所示。污水前处理单元主要包括格栅、沉淀池，属于一级处理装置。前处理的主要目的为去除颗粒悬浮污染物，均化、调节进水水质和水量，同时为污水处理系统提供安全的进水，保证处理系统的稳定运行。格栅位于进水井和沉淀池之间，格栅的作用是去除污水中大块颗粒物质、枝状物质、悬浮物，隔离的栅渣需要定期清理。管网收集的住户居民化粪池污水，经过进水井和格栅自流进入沉淀池，沉淀池内有潜水排污泵，通过水泵提升的污水进入填满丹麦根脉生物介质填料的两级潜流型人工湿地。

潜流型人工湿地是污水核心处理单元，主要包括配水、集排水系统、根脉净化系统和通气系统。配水和集排水系统保证污水进、出的畅通；通气系统保证湿地内好氧、厌氧和兼氧微生物系统的存在；根脉净化系统是主要净化处理单元，由人工介质和芦苇根组成联合系统，为微生物提供栖息场所和生长环境。人工湿地出水经过砂石植物床和人工湖（植物塘）处理后达到标准，回用于大棚农业灌溉或者排入大石河。

1.2 主要处理单元

康陵村污水处理工程总占地面积 2435m²，包括预处理（沉淀池）和人工湿地、植物床三部分。

工程的预处理为一座管理房——格栅池——沉淀池一体化建筑，整体为地上砖砌结构，长 15m、宽 3m、高 3m。格栅面积为 3m²，间隙 15mm。沉淀池有效容积 42.75m³，水力停留时间 8.5 小时。沉淀池出水通过管道自流进入人工湿地。

人工湿地处理系统如图 3 所示。人工湿地采用潜流型垂直流人工湿地，长 42m、宽 32m，四周采用堆土围堰的方式固定。人工湿地防渗措施采用

防渗膜，防渗膜上边位置均与堰顶上沿相平，整体防渗。人工湿地的布水及集水采用垂直流模式；人工湿地介

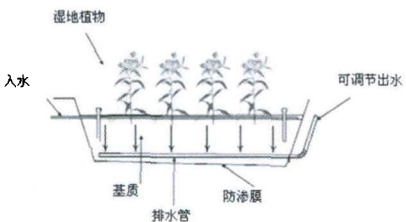


图 3 人工湿地处理系统示意图

质层厚 1.1m，介质层上种植菖蒲和水葱（10 棵/m²），人工湿地出水通过连接管道进入植物床。

植物床面积为 472m²（29.5m × 16m），四周也采用堆土围堰的方式固定；植物床防渗措施采用防渗膜，防渗膜上边位置均与堰顶上沿相平，整体防渗；植物床的布水及集水采用水平流模式；植物床介质层厚 1.7m，介质层上种植菖蒲和千屈菜（10 棵/m²），出水通过连接管道进入人工湖。人工湿地和植物床的堰顶铺设混凝土布道砖，所有边坡均采用植草砖护砌。

人工湖，常水位湖面近 1500m²，蓄水能力为 1800m³，主要起到雨洪利用和污水回用的作用，人工湖内修建有泵室，用于提升湖水浇灌农作物。

1.3 工程造价分析

房山康陵村污水处理工程核算如表 1 所示。造价约 3600~4000 元/吨，含之后的景观池塘、周边绿化。运行

表 1 人工湿地污水处理工程量费

序号	项目名称	总价（元）
1	初沉池	52647.4
2	潜流型人工湿地	138564.2
3	人工湖	45980
4	植物床	27006
5	阀门井、检查井	30844.8
6	管道及管件	61304.73
7	其它	83319
8	总计	439666.1

费 0.1 元 / 吨 (含电费 0.09 元和管理费 0.01 元), 远低于平均市政污水处理费用 0.8 元 / m³。

2 运行效果分析

选取康陵村人工湿地污水处理工程 2006 年 11 月 7 日至 2007 年 8 月 2 日的五次运行进出水浓度监测结果进行分析, 并计算了污染物处理效率。CODMn、BOD5、SS、NH3-N、TP 的进出水浓度和去除效率分析结果分别见图 4、5、6、7、8。

从进水来看, 该村进水水质较普通生活污水浓度偏大。COD 进水 300~400 mg/l 左右, NH3-N 进水 40~50mg/l, 浓度指标均高出设计进水浓度 (基于普通生活污水)。但是, 经过人工湿地处理后的大部分出水指标基本达到北京市地方标准 1 级 B 和 2 级之间。冬季处理效果也比较稳定。

CODMn 处理效率在 80% 左右, 出水浓度维持在 60mg/l 左右。随着运行时间增加, 出水浓度有下降的趋势; BOD5 处理效果明显, 去除效率达 85% 以上, 运行出水浓度低于 20mg/l, 且保持稳定; SS 在进水浓度为 170mg/l 以下时, 都能达到北京市地方标准 1 级 B (30mg/l) 以下; NH3-N 去除效率低于其他指标, 可能与溶解氧供应不足的情况下, 硝化细菌的缺乏影响硝化能力, 应该改善湿地系统供氧条件; TP 在进水浓度 5 mg/l 左右, 出水浓度维持在 0.5mg/l 左右, 且变化幅度不

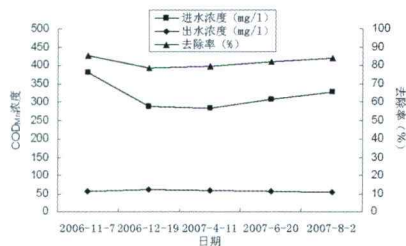


图 4 康陵村人工湿地污水处理工程 CODMn (mg/l) 监测结果

大, 表明该工程有很好的除磷效果, 这主要与根脉系统基质中含有大量的离子与磷相互作用有关。

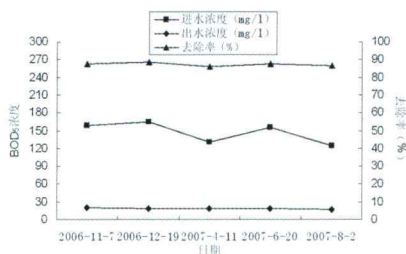


图 5 康陵村人工湿地污水处理工程 BOD5 (mg/l) 监测结果

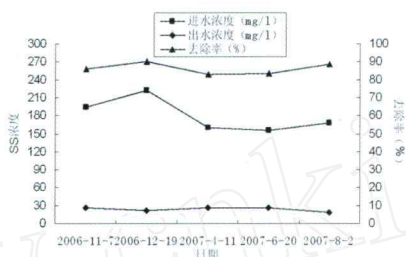


图 6 康陵村人工湿地污水处理工程 SS (mg/l) 监测结果

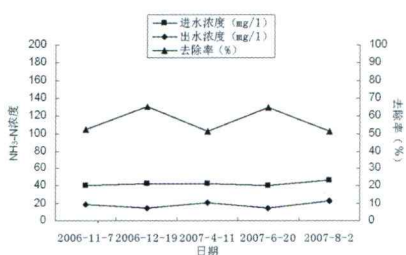


图 7 康陵村人工湿地污水处理工程 NH3-N (mg/l) 监测结果

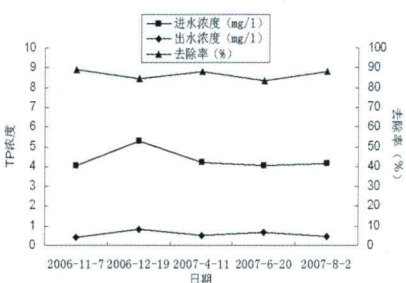


图 8 康陵村人工湿地污水处理工程 TP (mg/l) 监测结果

总的来说, 就去除效率而言, CODMn、BOD5、SS、NH3-N、TP 平均去除率分别为 81.84%、87.19%、86.26%、56.97%、86.66%, 且变化幅度不大, 说明该人工湿地处理效率较高, 出水稳定, 但氨氮去除能力有待提高。

3 结论

康陵村人工湿地污水处理工程运行近一年以来, 污染物处理效果较好, 出水浓度达到北京市水污染排放标准 (DB11/307-2005) 一级 B 到二级之间。CODMn、BOD5、SS、TP 的平均处理率均可达到 81.84%、87.19%、86.26%、86.66%, 且冬季可以稳定运行。NH3-N 处理效果有待改进。该人工湿地工程运行费用 0.1 元 / 吨, 低于其他类型的市政污水处理系统, 该系统运行是经济的。

根据目前我国广大农村地区社会发展状况、污水处理与环境保护要求, 农村污水处理可以采用经济实用、简便易行、运行稳定、维护管理方便的人工湿地作为适合农村实际的污水处理技术。

作者: 北京志峰环保集团、总装备部工程设计研究总院环保中心