

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.10.017

基于物联网的生态型农村污水处理设施研究及应用

郭露, 陈伟雄, 沈玉东, 欧阳群文, 李路野, 冯凌宇
(广东省建筑设计研究院 水处理与环保技术研发中心, 广东 广州 510000)

摘要: 针对目前农村一体化污水处理设备存在维护困难、难以长效稳定运行、选址难及臭味造成村民邻避等问题,设计开发了基于物联网管控平台的生态型一体化农村污水处理设施。实际运行结果表明,农村污水处理设施与物联网管理平台的搭建,使系统具有立体设计、占地紧凑、生态造型、景观怡人、稳定达标、经济实用、易检耐用、管理简便、远程控制、智能省心的优势。装填有聚氨酯海绵填料的生态型一体化农村污水处理设施对污染物具有较高的去除能力,对COD、氨氮和总磷的平均去除率分别为81.51%、74.81%和67.10%,且出水水质可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级B排放标准。

关键词: 农村污水; 生态型一体化设备; 物联网; 聚氨酯海绵填料; 远程监控
中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)10-0095-06

Research and Application of Ecological Rural Sewage Treatment Facilities Based on Internet of Things

GUO Lu, CHEN Wei-xiong, SHEN Yu-dong, OUYANG Qun-wen, LI Lu-ye,
FENG Ling-yu

(Water Treatment and Environmental Technology Research and Development Center, Architectural
Design and Research Institute of Guangdong Province, Guangzhou 510000, China)

Abstract: In view of the current problems existing in the rural integrated sewage treatment facilities, such as difficulty in maintenance, difficulty in long-term and stable operation, difficulty in site selection and bad smell that cause villagers' nimby, an ecological integrated rural sewage treatment facility was designed and developed based on the management and control platform of Internet of Things. The practical operation results indicated that the construction of rural sewage treatment facility and the Internet of Things management platform enabled the system to have the three-dimensional design and compact footprint, ecological shape and pleasant landscape, stable compliance, economical and practical effect, easy maintenance, remote control, intelligent and worry-free advantages. Higher pollutant removal capability was achieved by the eco-integrated rural sewage treatment facilities with polyurethane sponge filler. The average removal rates of COD, ammonia nitrogen and total phosphorus were 81.51%, 74.81% and 67.10%, respectively. In addition, the effluent quality could meet the first level B criteria in the *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918-2002).

Key words: rural sewage; eco-integrated equipment; Internet of Things; polyurethane

sponge filler; remote monitoring

农村污水处理设施具有处理规模小、数量多、运行效果差、出水水质不能稳定达标等缺点,且由于设计适应性缺陷及后期维护管理不足造成设施后期损坏、堵塞而丧失污水处理功能,很难达到农村污水治理目标^[1-5]。2015年广东省关于《加快推进粤东西北地区新一轮生活垃圾和污水处理基础设施建设实施方案》指出:到2018年底,全省80%以上的农村污水得到有效处理。到2020年底,粤东西北农村17个地区实现农村生活污水处理设施全面覆盖,显著提高农村生活污水处理率。广东省环境保护厅关于农村环境保护“十三五”的规划要求,以改善水质为目标,全面推进农村污水治理。推行雨污分流,加大村庄排污沟渠的清理和改造。因此,开发适用于广东省农村地区水质、水量特点及受纳水体要求的一体化就地污水处理设备,解决现有处理设施易堵塞、易失效、臭味大、运行不稳定的问题已经迫在眉睫。

以研发具有产泥量小、低动力、低能耗、易管理、易操作以及无臭味的生态型一体化农村污水处理设备为目标,采用介于活性污泥法和生物膜法之间的生物接触氧化法作为其主体工艺,辅以物联网平台对运行设备进行远程操作与监控,实现对农村污水的高效处理以及远程操控。以广州市某村为项目研究基地,研究生态型一体化设备对农村污水的净化效果以及物联网平台对污水处理设施的运营监控状态,为广东省农村污水处理提供一种新工艺和新设备,为现有农村污水处理设施运行管理模式研究提供可行性参考。

1 材料与方法

1.1 研究设备与基地

以广州市某村作为基于物联网的生态型一体化污水处理设备的试验基地,处理水量为50 m³/d。现场2座处理水量为25 m³/d的生态型一体化污水处理设备并联运行。

1.2 供试原水特性及排放标准

以该村生活污水作为供试原水。根据广州市对农村污水排放要求,出水水质必须稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级B标准。

供试原水水质及排放标准如表1所示。

表1 供试原水水质及排放标准

Tab.1 Raw water quality and discharge standard

mg · L⁻¹

项目	原水浓度范围	原水平均值	原水标准偏差	排放标准
SS	100.51 ~ 198.25	160.28	8.18	20
COD	201.10 ~ 297.97	251.48	29.11	60
氨氮	20.00 ~ 30.50	26.24	3.30	8(15)
TP	2.00 ~ 3.15	2.59	0.30	1
TN	25.51 ~ 40.25	35.58	5.51	20

1.3 工艺流程及主要构筑物

采用生物接触氧化作为生态型一体化农村污水处理设备的主体工艺。农村生活污水经便捷式拦网格栅进行初步隔渣,隔渣后进入多功能调节池,此后经潜污泵提升后进入生态型一体化污水处理设备。生态型一体化污水处理设备组合生物好氧、兼性缺氧、曝气及沉淀功能,污水在其内经过一定的反应时间后,进入外围填料植物区,再次利用植物和填料的吸附作用,实现对水体中污染物的快速降解以及高效去除。另外,生态型一体化污水处理设备顶部还种植了绿色植物,从而达到除臭和解决滤池蝇等目的。工艺流程如图1所示。

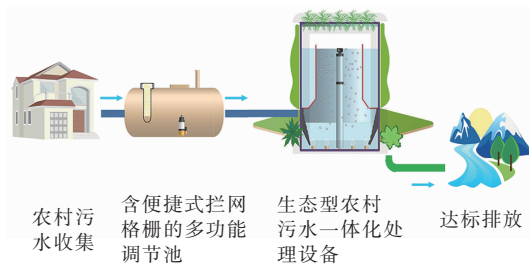


图1 污水处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of sewage treatment process

主要构筑物及参数如下:

① 多功能调节池。在原截流井中放置便捷式拦渣滤网,滤网孔隙为1~3 mm。

② 生态型一体化农村污水处理设备。单座处理规模为25 m³/d,直径为2.2 m,高为4.5 m(地上3.0 m,地下1.5 m),水力停留时间为12 h。现场采用2座并联运行。设备内装填聚氨酯海绵填料球,即将聚氨酯海绵填料(25 mm × 25 mm × 25 mm)置于直径为Ø100 mm的填料球内。

生态型一体化农村污水处理设备现场见图2。



图2 生态型一体化农村污水处理设备现场

Fig. 2 Ecological rural sewage integrated treatment equipment in site

1.4 物联网平台搭建与运营

基于物联网的农村污水处理智能管控平台以多个分散布置在任意位置的农村污水处理设施为目标,运用数据采集、网络通信、物联网、计算机应用与模型分析技术,对农村污水处理包含的设备进行远程智能管控,平台架构设计如图3所示。

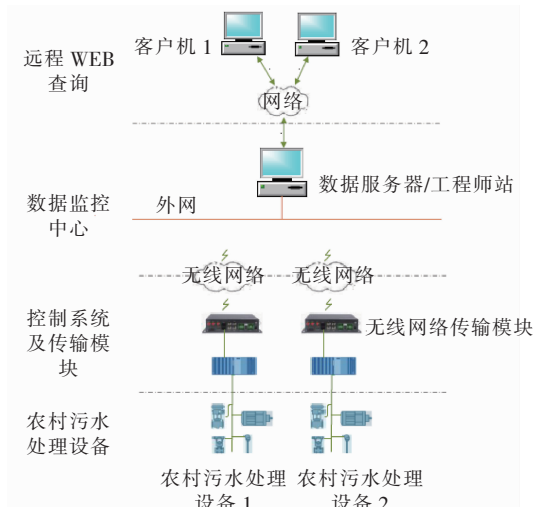


图3 平台架构拓扑图

Fig. 3 Platform architecture topology

从图3可知,该物联网管控平台系统分“数据感知-网络传输与数据存储-应用展示”三个层次,数据感知层主要负责底层设备各类运行数据的有效采集,网络传输与数据存储层主要负责感知数据同步传输和储存调用,应用展示层为平台的智能管控功能层,负责实现农村污水处理的各项功能展示以及PC网页端、微信公众号等前端窗口的开发。该平台特点如下:①每套农村污水处理设施配套电

气控制柜,实现设备的就地控制与数据采集,通过数据采集终端设备与云端服务器进行数据交互,用户通过登录权限账号可远程进行设备的监视与操作。②4G网络具有高便携性、低资费等优点,且无需固定IP,摆脱有线网络部署缺乏灵活性的束缚,具有很强的可扩展功能。③工业级数据采集终端设备支持4G(全网通)、有线及WIFI,实现网络冗余。目前该系统只用于对本试点进行数据采集和监控,后期可通过简单的添加试点控制的方式对多个试点进行控制。

1.5 检测指标和方法

COD测试采用快速密闭重铬酸钾消解法,SS测定采用称重法,氨氮测定采用纳氏试剂分光光度法,总氮测定采用过硫酸钾消解-紫外分光光度法,总磷则采用钼锑抗分光光度法,具体见《水和废水监测分析方法》(第4版)。

2 结果与讨论

2.1 活性污泥的培养与驯化

取附近某生活污水处理厂一定量的脱水污泥置于生态型一体化农村污水处理装置内,初期闷曝1~2 d,后期在足量的曝气情况下,采用进水负荷逐步提升法,培养和驯化接种污泥。

前期每日取1 L活性污泥在1 L量筒内静置30 min,观测污泥色泽以及沉淀状态,并测定污泥沉降比(SV_{30})。 SV_{30} 随监测次数的变化如图4所示。

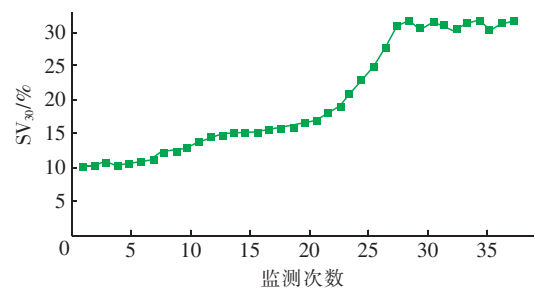
图4 不同监测次数下的 SV_{30}

Fig. 4 Variation of SV_{30} under different monitoring times

从图4可知,随着活性污泥不断的培养与驯化, SV_{30} 值处于逐步上升的状态,且存在前期增长缓慢、后期迅速增长的态势。 SV_{30} 处于10.0%~31.5%,后期随着排泥的进行, SV_{30} 一直维持在30%左右。研究表明:该阶段最终培养和驯化的活性污泥呈现黄褐色、絮绒颗粒状且存在粘滞感, SV_{30} 也维持在一个较佳的范围内,在一定程度上也可以表征该阶段

活性污泥培养和驯化成功。

2.2 对COD的去除

生态型一体化农村污水处理设备的进、出水 COD 浓度变化如图 5 所示。进水 COD 浓度为 201.17 ~ 297.97 mg/L, 出水 COD 浓度为 34.23 ~ 57.13 mg/L, 可以达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 B 标准。生态型一体化农村污水处理设备对 COD 的去除率为 79.22% ~ 84.85%, 平均去除率为 81.51%。

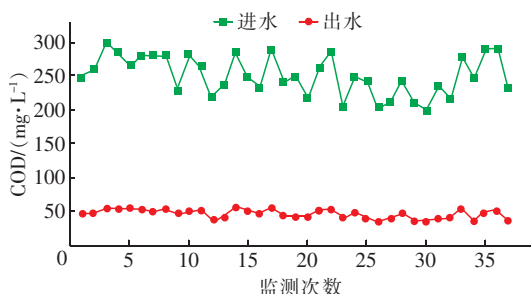


图5 生态型一体化农村污水处理设备进、出水 COD 浓度

Fig.5 COD influent and effluent concentration of ecological integrated rural sewage treatment equipment

生态型一体化农村污水处理设备对 COD 的去除主要包括两个方面:一是初期的吸附作用,二是微生物的作用。初期吸附主要包括物理吸附和生物吸附,而吸附的主体是活性污泥中的菌胶团。污泥的吸附性能、氧化分解能力及凝聚沉降等性能均与菌胶团密切相关。微生物作用主要是指活性污泥微生物对有机物的摄取、代谢与利用的过程。对有机物的去除主要包括:在厌氧条件下,大分子、难降解有机物被水解酸化为低分子、易降解的有机物。此后再经过异养菌的作用,从而实现对有机物的降解。

2.3 对氨氮的去除

生态型一体化农村污水处理设备进、出水氨氮浓度变化如图 6 所示。从图 6 可知,进水氨氮浓度为 20.00 ~ 30.50 mg/L, 出水氨氮浓度为 4.78 ~ 7.83 mg/L, 可以达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 B 排放标准。生态型一体化农村污水处理设备对氨氮的去除率为 72.33% ~ 76.80%, 平均去除率为 74.81%。生态型一体化农村污水处理设备对氨氮的去除主要依靠微生物的硝化作用。在自然界中,氨化细菌通过氨化作用将有机氮,如蛋白质、氨基酸、尿素等胺类化合物,分解、转化为氨态氮。氨氮在亚硝化细菌和硝

化细菌的作用下,进一步转化成稳定形态的硝酸盐氮,从而实现了氨氮的去除。换言之,氨氮的去除主要取决于亚硝化细菌和硝化细菌的数量,而这两者又与生态型一体化农村污水处理设备中所培养的活性污泥密切相关。该生态型一体化农村污水处理设备采用在池内添加一定量聚氨酯海绵填料的方式,加上不断地对活性污泥进行曝气,在池内形成了液、固、气三相共存体系,有利于氧的转移,溶解氧充沛,适合微生物存活繁殖。填料表面全部为生物膜所布满,形成了生物主体结构。再加上生物膜表面不断地接受曝气吹脱,这样不仅有利于保持微生物的活性,抑制厌氧膜的增殖,还可以提高氧气的利用率,从而实现对氨氮的高效去除。

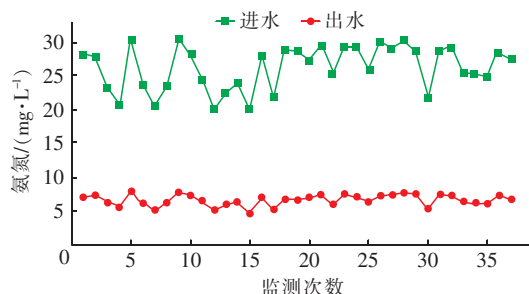


图6 生态型一体化农村污水处理设备进、出水氨氮浓度

Fig.6 Ammonia nitrogen influent and effluent concentration of ecological integrated rural sewage treatment equipment

2.4 对TP的去除

生态型一体化农村污水处理设备进、出水 TP 浓度如图 7 所示。

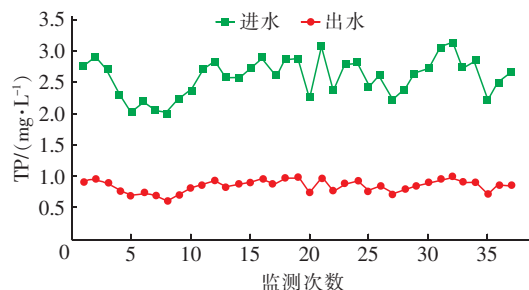


图7 生态型一体化农村污水处理设备进、出水 TP 浓度

Fig.7 TP influent and effluent concentration of ecological integrated rural sewage treatment equipment

进水 TP 浓度为 2.00 ~ 3.15 mg/L, 出水 TP 浓度为 0.64 ~ 0.98 mg/L, 平均值为 0.85 mg/L, 达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 B 排放标准。生态型一体化农村污水处

理设备对 TP 的去除率为 65.67% ~ 68.89%, 平均去除率为 67.10%。

生态型一体化农村污水处理设备对 TP 的去除主要靠活性污泥的吸附和微生物的作用。由于生态型一体化农村污水处理设备是活性污泥法和生物膜法的组合,对污水中的磷存在初期吸附以及后期微生物作用。微生物作用主要是指聚磷菌在好氧条件下对磷的过剩摄取,以及厌氧条件下对磷的释放。生态型一体化农村污水处理设备内填充具有多孔结构的聚氨酯海绵填料,为聚磷菌的附着提供了赖以生存的场所。填料表面至内部依次所具有的好氧、缺氧以及厌氧环境为聚磷菌的高效除磷提供了可能,加上曝气的存在,填料在整个系统内不断地上下浮动以及翻滚,为微生物膜的不断更新提供了有利的条件,从而实现了生态型一体化农村污水处理设备内聚磷菌对磷素的高效去除。

2.5 物联网管控平台

该试验基地基于物联网的农村污水处理智能管控平台(见图8)具有多个模块,包括大屏展示系统、在线监控、故障管理、远程控制以及操作记录管理等功能。

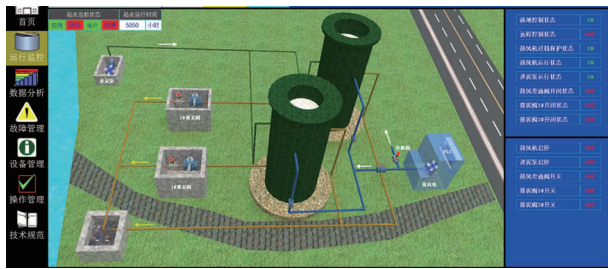


图8 物联网管控平台

Fig.8 Internet of Things control platform

① 在线监控。根据监控设备(设施)运行工艺流程图,在流程界面实时更新显示监控设备的运行状态参数、工艺参数以及污染物指标数据,实现对设备整体运行情况的概览。可远程在电脑或者手机客户端实现对风机、水泵、排泥阀等仪器和设备随时随地开关和启停,真正做到对现场设备的 24 h 全天候监控。

② 故障管理。故障管理模块包括故障报警、预警、诊断以及记录功能。当现场进水泵或离心风机等运行异常或排泥阀、旁通阀异常打开时,主控界面(见图9)将会进行故障报警,显示故障点,通过主控界面可及时察觉设备以及阀门出现故障的时间,

进而实行远程操控。

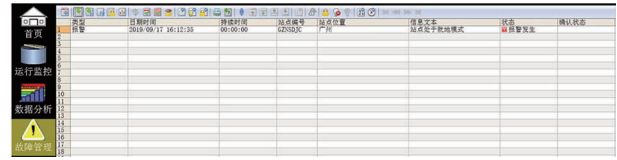


图9 故障管理主界面

Fig.9 Main interface of fault management

③ 远程控制。当物联网平台发出故障报警后,可进入主界面远程控制模式(见图10),进而按故障点发生的位置,相对应地关闭相关设备和阀门,避免事态进一步严重,及时止损。同时,可安排人员去往现场查看并汇报各设备和阀门运行状况。

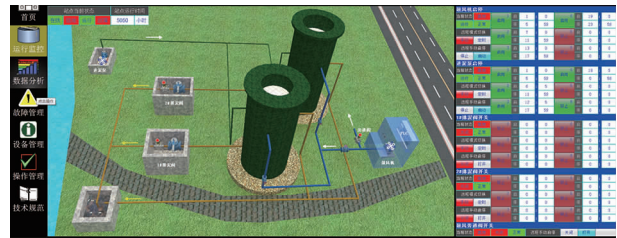


图10 远程控制主界面

Fig.10 Main interface of remote control

④ 操作记录管理功能(见图11)。平台自动记录和分析设备操作轨迹和运行状态信息,可在线追溯设备异常情况发生时间段内的责任人员,辅助认定责任归属和人为原因,规范和监督设备的运行管理。

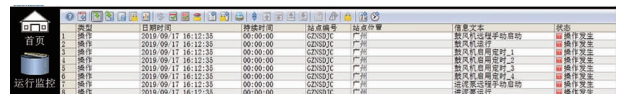


图11 操作记录管理功能主界面

Fig.11 Main interface of operation record management function

3 结论

① 生态型一体化农村污水处理设备对 COD、氨氮和 TP 的平均去除率分别为 81.51%、74.81% 和 67.10%,且出水水质可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 B 标准。

② 生态型一体化农村污水处理设备具有立体设计、占地紧凑、生态造型、景观怡人、稳定达标、经济实用等特点。

③ 农村污水处理设施与物联网管理平台的搭建,使其具有易检耐用、管理简便、远程控制、智能省

心的优势。

参考文献:

- [1] Wang T, Zhu B, Zhou M H. Ecological ditch system for nutrient removal of rural domestic sewage in the hilly area of the central Sichuan Basin, China[J]. J Hydro, 2019, 570:839 - 849.
- [2] Hong Y Y, Huang G H, An C J, et al. Enhanced nitrogen removal in the treatment of rural domestic sewage using vertical-flow multi-soil-layering systems: Experimental and modeling insights[J]. J Environ Manage, 2019, 240: 273 - 284.
- [3] Lu S B, Zhang X L, Wang J H, et al. Impacts of different media on constructed wetlands for rural household sewage treatment[J]. J Clean Prod, 2016, 127:325 - 330.
- [4] 高廷东, 韩晓利, 时登春. 农村坑塘污水治理技术研究及工程实例[J]. 中国给水排水, 2019, 35(4):109 - 112.
- Gao Tingdong, Han Xiaoli, Shi Dengchun. Research on sewage treatment technology and engineering examples of a rural pond[J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(4):109 - 112(in Chinese).
- [5] 邱俊, 陈玺茜, 郭若彬, 等. 组合式人工湿地用于处理江西地区农村污水[J]. 中国给水排水, 2018, 34(24):84 - 86.
- Qiu Jun, Chen Xixi, Guo Ruobin, et al. Combined constructed wetland for treatment of rural sewage in Jiangxi Province[J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(24):84 - 86(in Chinese).

策划中心 绩效研究中



作者简介:郭露(1990 -),男,江西吉安人,硕士,主要研究方向为水污染控制技术。

E-mail:leoaras@126.com

收稿日期:2019-09-19

· 信息 ·

新兴PSP钢塑复合管助力宜昌自来水公司二次供水工程复工

2020年4月,湖北全省逐步恢复正常的工作生活节奏,复工复产工作快速铺开。4月18日,应湖北省宜昌市自来水公司的要求,新兴铸管重庆销售分公司及时将碧桂园凤凰城、九棠府二次供水项目急需的PSP钢塑复合管送到施工现场。

二次供水是城市供水系统四大环节的最后一环,供水管材的优劣直接关系到二次供水的水质安全。相较于衬塑或涂塑钢管等传统管材,新兴扩口管件用PSP钢塑复合管采用内外均为塑层,中间为增强焊接钢管的复合结构,克服了衬塑或涂塑钢管易腐蚀、有污染、笨重、使用寿命短等缺点,具有卫生、承压高($>2.0\text{ MPa}$)、不缩径、耐腐蚀、强度高、综合成本低等优点,符合二次供水工程对管网的要求,帮助客户解决最后一公里用水安全难题。

新兴铸管是宜昌二次供水管材PSP钢塑复合管的主要供应商。4月15日,新兴铸管重庆销售分公司接到正式订单,面对货物数量大、品种繁多、时间紧、任务重等问题,销售人员与客户保持密切沟通,迅速协调生产厂备货安排物流,仅用3天时间,三车货物就被保质保量送达现场,完成管材保供任务。同时,重庆销售分公司安排驻扎武汉的业务人员到施工现场提供售后服务,以实际行动践行了“专注输水安全,承载品质生活”的服务理念。

(新兴铸管重庆销售分公司 徐晓博)