

一体化设备处理农村生活污水的实例研究

夏斌¹, 幸响付², 李石磊¹, 李勇²

(1.安徽泓济环境科技有限公司, 安徽六安 237000; 2.上海泓济环保科技股份有限公司, 上海 200082)

摘要 为探究一体化设备在处理分散式农村生活污水实际工程中的应用效果和经济投入, 试验选择在某地级市污水处理厂进行为期 28 d 的测试。结果表明, 采用生物接触氧化工艺的一体化设备具有很好的抗冲击负荷能力, 进水 COD 容积负荷由 0.35 kg/(m³·d) 增加至 0.70 kg/(m³·d) 时, 设备对 COD 的去除率可维持在 80% 以上, 平均进水 TN 浓度为 43.31 mg/L 且 COD/TN 浓度比为 6~9 时, 设备对 TN 的去除率达到 71.77%, 出水浓度为 12.89 mg/L, 达到 GB 18918—2002 一级 A 标准, 其中运行费用 1.06 元/t。因此, 一体化设备在处理农村生活污水上具有很好的效果和较大的推广价值。

关键词 污水; 一体化设备; 脱氮

中图分类号 X 703 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)23-0191-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.23.048



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

A Case Study of Rural Domestic Sewage Treated with Integrated Equipment

XIA Bin¹, XING Xiang-fu², LI Shi-lei¹ et al (1. Anhui Hongji Environmental Technology Co., Ltd., Lu'an, Anhui 237000; 2. Shanghai Hongji Environmental Protection Technology Co., Ltd., Shanghai 200082)

Abstract In order to explore the treatment effect and economic input of integrated equipment in the actual project of treating distributed rural domestic sewage, this experiment was conducted in a municipal sewage treatment plant for 28 days. The results showed that the integrated equipment by using biological contact oxidation process had a good ability to resist the impact load. When the volume load of influent COD increased from 0.35 kg/(m³·d) to 0.70 kg/(m³·d), the COD removal rate of the equipment could be maintained above 80%. When the average influent TN concentration was 43.31 mg/L and the COD/TN concentration ratio was 6~9, the removal rate of TN by the equipment could reach 71.77%, the effluent concentration was 12.89 mg/L, which reached the first-class A standards of GB 18918-2002. The operation cost was 1.06 yuan/t. Therefore, the integrated equipment had a good effect on the treatment of rural domestic sewage and a greater value of promotion.

Key words Sewage; Integrated equipment; Denitrification

近年来,随着国民经济的发展以及农村居民生活水平的提高,农村地区对水资源的消耗逐年增加,因此农村地区的污水排放量也在不断增大。如果这些排放的污水未经处理就直接排入自然环境中,就会造成环境污染和水体富营养化,直接威胁到居民的生活健康,因此农村地区的生活污水急需收集处理,这对于提高农村居民的生活环境很有必要。

农村生活污水具有水质和水量变化大^[1-2], 进水 COD/TN 浓度比低但可生化性好, 无其他重金属。目前“厌氧-缺氧-好氧”和“缺氧-好氧”工艺处理农村生活污水^[3]得到大规模推广与应用。我国当前农村地区居民较为分散, 居住地地势高低起伏, 集体资金短缺, 因此难以建设大规模的污水处理厂^[4]。此外, 农村居民对农村的环境要求日益增加, 所以需要一种自动化程度高、维护简单和处理效果好的设备。目前, 市场上大多采用集装箱式一体化污水处理设备处理村镇污水。该设备具有安装简单、投资小、处理效果好等优点^[5-6], 在我国乡村地区得到广泛应用。

1 材料与与方法

1.1 工艺流程 此次测试所用一体化污水处理设备采用“AO”生物接触氧化处理工艺, 设计规模为 170 t/d, 设备长、宽、高分别为 11.0、3.0 和 3.0 m, 设备有效水深为 2.60 m。分别设置缺氧区、好氧区和沉淀区 3 个功能区, 缺氧区搅拌方式采用潜水搅拌机间歇搅拌, 好氧区曝气采用涡流风机曝

气充氧, 其工艺流程如图 1 所示。

此次测试场地在某地级市污水处理厂内, 进水水质与农村生活污水性质相似。此次试验接种的活性污泥取自该污水厂好氧池, 进水取自该污水厂的细格栅后段, 其中污水通过初沉池、粗格栅和细格栅去除大颗粒悬浮物, 然后利用潜污泵提升至缺氧区, 并在缺氧区和好氧区内部设置酶浮填料, 好氧区和缺氧区内部填料填充比例均为 30%。在生化区悬浮的微生物与填料充分接触, 系统稳定后生化区内的微生物会附着在内部的填料上, 再与回流的硝化液充分接触, 利用进水的有机物及添加的碳源作为电子供体, 在缺氧区进行反硝化脱氮, 然后再进入好氧区, 好氧区内部曝气采用微孔曝气方式, 通过微生物的作用进行有机物的降解和 NH₃-N 的硝化, 然后污水进入斜管沉淀池中进行泥水分离后排出。

1.2 一体化设备主要工艺参数 一体化设备材质为碳钢焊接, 设备内外均进行喷漆防腐处理, 顶部盖板为可拆卸式, 其中设备内部具体参数如表 1 所示。

1.3 水质指标测定 此次测试水样分别取缺氧池进水和沉淀池出水, 测定 COD、NH₃-N、TN 和 NO₃-N 浓度, 测定方法均按照国标法^[7]进行, 试验所用试剂均为分析纯; DO 浓度使用便携式仪器 (DKK-TOACORPORATION, DO-31P) 测定。测试水样每天 09:00 采集, 采集完毕后立即置于 4 ℃ 冰箱中冷藏, 所有指标均在 24 h 内完成检测, 其中混合液悬浮固体浓度 (MLSS) 和混合液挥发性悬浮固体浓度 (MLVSS) 采集完, 在当天完成测试。

作者简介 夏斌(1994—), 男, 安徽合肥人, 硕士, 从事水污水控制工程研究。

收稿日期 2021-10-15

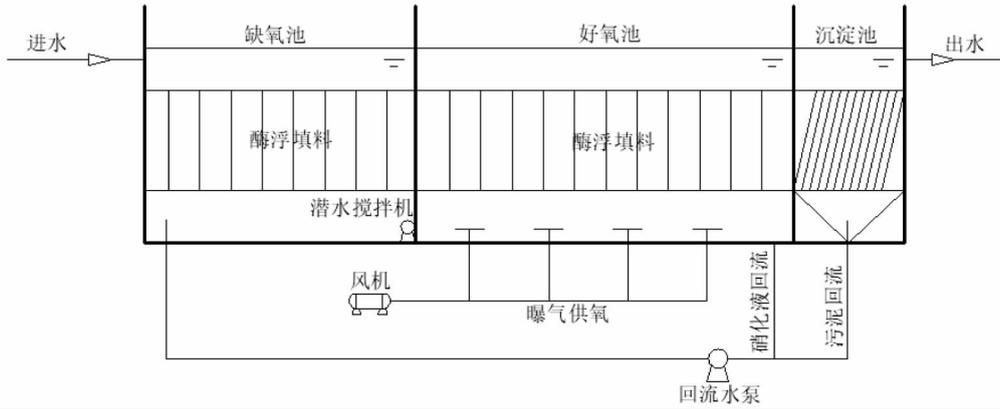


图1 一体化设备工艺流程

Fig.1 The process flow of integrated equipment

表1 一体化设备主要技术参数

Table 1 Main technical parameters of integrated equipment

| 序号 No. | 名称 Name | 参数设置 Setting of parameters |
|-----------|------------|--|
| 1 | 进水流量 | 7.0~7.2 m ³ /h |
| 2 | 缺氧池(A) | 有效容积 14.4 m ³ 、水力停留时间 2.1 h |
| 3 | 好氧池(O) | 有效容积 43.0 m ³ 、水力停留时间 6.1 h |
| 4 | 沉淀池 | 表面积 4.1 m ² 、表面负荷 1.7 m/h |
| 5 | 硝化液回流比 | 150% |
| 6 | 污泥回流比 | 75% |
| 7 | 溶解氧浓度 | 缺氧池, 低于 0.3 mg/L; 好氧池, 2.0~5.0 mg/L |

2 结果与分析

2.1 COD 的去除 一体化设备在稳定运行期间 COD 平均进水和出水浓度分别为 243.40 和 27.28 mg/L, COD 的平均去除率为 87.06%, 出水水质相对稳定, 且出水标准达到 GB 18918—2002 一级 B 标准。9~28 d, 进水 COD 容积浓度逐渐增加, 进水 COD 容积负荷由 0.35 kg/(m³·d) 增加至 0.70 kg/(m³·d) 时, 0~8 d COD 平均进水浓度为 103.25 mg/L, 平均出水浓度为 16.59 mg/L; 8~23 d 进水浓度增加至 257.54 mg/L, 出水浓度为 20.92 mg/L; 23~28 d COD 平均进水浓度为 444.06 mg/L, 平均出水 COD 浓度为 57.31 mg/L, 出水 COD 浓度高于一级 B 标准(图 2)。这表明一体化设备出水水质波动幅度不是很大, 出水水质相对稳定, 且出水 COD 浓度均在 60 mg/L 以下, 同时去除率可维持在 80% 以上, 由此可见该一体化设备具有一定的抗冲击负荷能力, 对 COD 的去除效果较好。

2.2 氨氮的去除 一体化设备在稳定运行期间 NH₃-N 进水和出水平均浓度分别为 34.64 和 4.22 mg/L, 平均去除率为 86.85%。0~20 d, 反应器内 MLSS 为 3 524 mg/L, 通过便携式 DO 仪测得好氧池内各个区域 DO 浓度均为 2.0~5.0 mg/L, 缺氧池内部 DO 浓度均在 0.3 mg/L 以下(图 3)。罗忆涵等^[8]研究表明, 当好氧池浓度为 2.9~3.1 mg/L 时, 微生物硝化完全, NH₃-N 去除效果较好。第 8 天, 由于厂区检修, 导致设备停电, 风机停止运行, 好氧池曝气供气不足, DO 浓度小于 2 mg/L 时硝化反应受阻, 导致设备出水 NH₃-N 浓度超标。21~28 d, NH₃-N 平均进水浓度由 28.95 mg/L 提高至

54.35 mg/L, 进水容积负荷由 0.06 kg/(m³·d) 提升至 0.10 kg/(m³·d) 时, 设备对 NH₃-N 的平均去除率由 88.64% 降至 80.68%, NH₃-N 去除率均在 80% 以上。这与卢楠等^[9] 研究结果相一致, 当进水 NH₃-N 容积负荷增加时 NH₃-N 的去除率会相应减小。

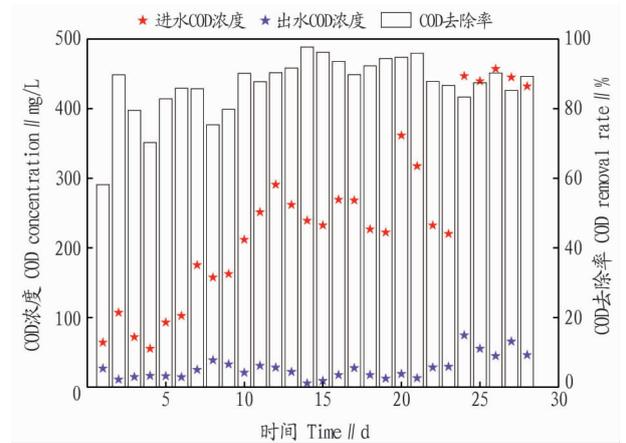
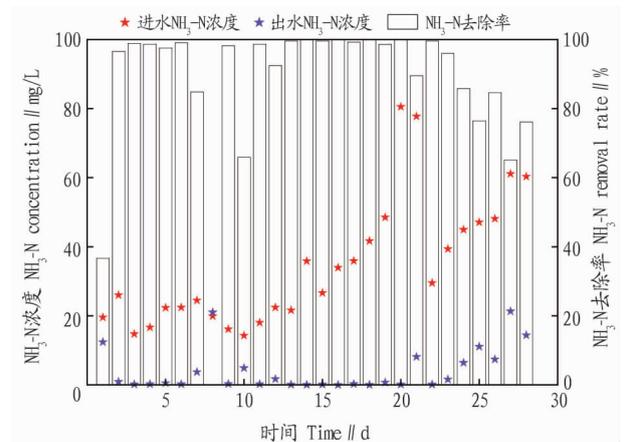


图2 一体化设备 COD 浓度和去除率的变化

Fig.2 Changes of COD concentration and removal rate of integrated equipment

图3 一体化设备 NH₃-N 浓度和去除率的变化Fig.3 Changes of NH₃-N concentration and removal rate of integrated equipment

2.3 总氮的去除 在整个试验期间 TN 平均进水和出水浓度分别为 43.31 和 12.39 mg/L, pH 为 7.1~7.5, 平均去除率达到 60.81%, 当 COD/TN 浓度比为 7~9 时, 平均出水 TN 浓度为 8.50 mg/L, 出水可达到准四类水出水标准。1~9 d, 进水 COD/TN 浓度比为 2~5 时, 进水 COD/TN 浓度比平均值为 3.96, 此时 TN 的平均去除率为 38.83%。出水 TN 和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 平均浓度分别为 19.22 和 14.83 mg/L, 出水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 占 TN 的 77.15%, 出水 TN 主要包含 $\text{NO}_3\text{-N}$, 并且出水 pH 为 (6.87±0.08) (图 4)。肖静等^[10] 报道, 反硝化不足会导致出水 pH 降低。顾学林等^[11-12] 报道, 在实际工程应用中, 当进水 COD/TN 浓度比低于 5.8 时反硝化细菌反硝化所需碳源不足, 抑制反硝化进程, 会有出水 TN 浓度超标的风险。9~28 d, 进水 COD/TN 浓度比为 6~9 时, 进水 COD/TN 浓度比平均值为 6.87 时, 设备出水 TN 和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 浓度分别为 12.89 和 8.95 mg/L, TN 平均去除率提高至 71.77%, 与 1~9 d 相比 TN 平均出水浓度下降了 6.33 mg/L, 去除率提高了 32.94 百分点。

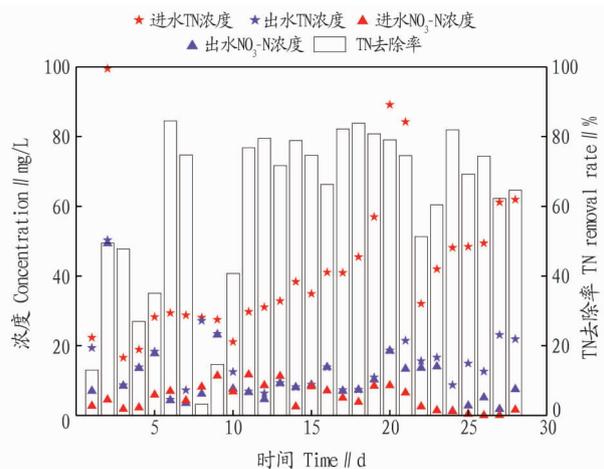


图 4 一体化设备 TN 和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 浓度和 TN 去除率的变化

Fig.4 Changes of TN, $\text{NO}_3\text{-N}$ concentration and TN removal rate of integrated equipment

3 经济效益分析

一体化设备的运行主要包括电费和碳源费用, 综合此次测试的运行参数, 运行费用为 1.06 元/t, 当进水 COD/TN 浓度比 < 5.8 时添加碳源, 碳源类型为食品级葡萄糖。其中, 主要设备装机功率与运行功率见表 2。污水处理设备运行费用如下: 电费 0.36 元/t, 碳源费用 0.70 元/t, 合计 1.06 元/t。

(上接第 169 页)

[22] 马帅, 佟继铭, 邹君, 等. 赤霄根总皂苷对 2 型糖尿病大鼠的降糖作用研究[J]. 时珍国医国药, 2014, 25(10): 2362-2364.

表 2 主要设备装机功率与运行功率

Table 2 Installed power and operation power of main equipments

| 序号 No. | 设备名称 Equipment name | 数量 Number | 装机功率 Installed power//kW | 运行时长 Running time//h | 日耗电 Daily power consumption kW·h |
|-----------|---------------------------|--------------|--------------------------------|----------------------------|---|
| 1 | 提升泵 | 1 | 0.37 | 24 | 8.80 |
| 2 | 风机 | 1 | 3.00 | 18 | 54.00 |
| 3 | 回流泵 | 2 | 0.55 | 18 | 19.80 |
| 4 | 搅拌机 | 1 | 0.37 | 18 | 6.66 |
| 合计 Total | | — | — | — | 89.26 |

4 结论

(1) 一体化设备对 COD 的去除效果较好, 去除率达到 87.06%, 且具有一定的抗冲击负荷, 出水水质能保持稳定。

(2) 一体化设备进水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 容积负荷为 0.06 $\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率为 88.64%; 当进水容积负荷为 0.10 $\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率为 80.68%。

(3) 在实际工程中应用中, 当一体化设备进水 COD/TN 浓度比为 2~5 时, TN 的平均去除率为 38.83%, 出水平均浓度为 19.22 mg/L; 当 COD/TN 浓度比 > 7 时, 一体化设备对 TN 的去除率在 70% 以上, 出水浓度为 12.89 mg/L, 出水 TN 达到一级 A 出水标准。

(4) 设备在整个运行期间, 运行费用合计 1.06 元/t, 具有较高的应用和推广价值。

参考文献

- [1] 夏斌, 盛晓琳, 许枫, 等. A^2O 与人工湿地组合工艺处理长三角平原地区农村生活污水的效果[J]. 环境工程学报, 2021, 15(1): 181-192.
- [2] 孙亚敏. 安徽省农村生活污水污染特点研究[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(19): 55-59.
- [3] 贺雷雷, 叶红玉, 刘锐. 浙江农村生活污水治理标准体系现状及发展建议[J]. 环境污染与防治, 2022, 44(9): 1261-1265, 1270.
- [4] 朱国荣, 陈林华, 蔡飞, 等. 农村生活污水处理技术及其应用进展[J]. 山西化工, 2022, 42(5): 34-38.
- [5] 翟袁楨. 农村生活污水一体化处理设备工艺研究[J]. 科技风, 2020(27): 111-112.
- [6] 张婷, 王孟珍, 曹仲. 农村一体化生活污水处理设备应用现状与发展趋势[J]. 净水技术, 2021, 40(S1): 107-111.
- [7] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [8] 罗忆涵, 陈莹, 解舒婷, 等. 温度、DO 及 C/N 值对 SBBR 工艺脱氮除磷的影响[J]. 中国给水排水, 2021, 37(9): 82-89.
- [9] 卢楠, 韩霖昌, 王欢元, 等. 曝气生物滤池系统处理含氨氮废水的试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2016, 35(8): 101-104.
- [10] 肖静, 许国仁. 低碳氮比污水对同步硝化反硝化脱氮的影响[J]. 水处理技术, 2012, 38(11): 77-80.
- [11] 顾学林. 低 C/N 值污水处理的总氮达标研究[J]. 中国给水排水, 2019, 35(9): 96-99.
- [12] 程关键. 崇明低 C/N 农村生活污水处理工艺跟踪评估与优化研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2022.

[23] 岳斌, 徐丽, 李影娜. 刺五加皂苷抗小鼠酒精性肝氧化损伤作用及机制研究[J]. 中草药, 2018, 16(9): 1221-1224.

[24] 徐博, 吴畏难, 李传甲, 等. 萱草花总黄酮对小鼠急性酒精性肝损伤保护作用及机制探讨[J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(23): 139-143.