

TBO+反硝化池组合工艺冬季运行效果研究

王翔宇¹, 匡武¹, 周其胤², 徐海峰³ (1.安徽省环境科学研究院, 安徽省污水处理技术研究重点实验室, 安徽合肥 230022; 2.安徽美自然环境科技有限公司, 安徽六安 237014; 3.安徽省六安市环境信息与宣教中心, 安徽六安 232401)

摘要 [目的]研究 TBO+反硝化池组合工艺冬季运行效果。[方法]通过加热风机对深渗滤系统进行充氧, 保证微生物有足够的溶解氧和温度, 从而形成 TBO 工艺(保湿生物膜曝气技术), 并与反硝化池组合形成新的组合工艺处理农村生活污水。[结果]COD 去除效率提升了 12%, 平均去除率达到 85.0%; NH₃-N 去除效率提升了 10%左右, 平均去除率达到 79.8%。[结论]该组合工艺抗冲击负荷能力强、氮磷去除效率高、自动化程度高、节能环保, 并适应安徽省皖北地区气候环境。
关键词 农村生活污水; 微动力; TBO; 反硝化; 组合工艺; 冬季运行效果
中图分类号 X 703 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)18-0062-03

Study on the Winter Running Effect of TBO+ Denitrification Pool Combined Process
WANG Xiang-yu¹, KUANG Wu¹, ZHOU Qi-yin² et al (1. Provincial Key Lab of Resrch on Wastewater Treatment Technology, Anhui Research Academy for Environmental Science, Hefei, Anhui 230022; 2. Natural Environment in Anhui Science and Technology Co., LTD, Lu'an, Anhui 237014; 3. Lu'an Environmental Information and Education Center, Lu'an, Anhui 232401)
Abstract [Objective] The research aimed to study the winter running effect of TBO + denitrification pool combination process. [Method] The oxygen in the deep infiltration system was oxygenated by the heating fan to ensure that the microorganisms had enough dissolved oxygen and temperature, a TBO process (moisturizing biofilm aeration technology) was thus formed and combined with a denitrification tank to form a new combined process for the treatment of rural domestic sewage. [Result] The COD removal efficiency increased by 12%, the average removal rate reached 85.0%, the NH₃-N removal efficiency increased by about 10%, and the average removal rate reached 79.8%. [Conclusion] The combined technology has strong anti-shock load capability, high nitrogen and phosphorus removal efficiency, high degree of automation, energy conservation and environmental protection, and adapts to the climate and environment of northern Anhui Province.
Key words Rural domestic sewage; Micro power; TBO; Denitrification; Combination process; Winter running effect

针对农村生活污水的特点及农村经济技术现状, 微动力污水处理设施以其良好的达标性与经济性受到广泛关注^[1-3]。近年来, 微动力技术尤其是土地渗滤工艺得到快速发展^[4-9]。笔者针对传统高负荷渗滤田工艺冬季运行, 微生物活性降低, 导致污水处理效果低下的问题, 通过试验进行工艺改进, 在传统高负荷渗滤田工艺的基础上, 通过加热风机对渗滤系统进行充氧保证微生物有足够的溶解氧和温度, 从而形成 TBO 工艺(保湿生物膜曝气技术), 并与反硝化池组合成新的组合工艺, 研究在不同条件下组合工艺对 COD、NH₃-N 的处理效果。

1 项目概况

1.1 污水来源 该试验依托于安徽省皖北某集中式农村污水处理工程, 该处理站处理规模为 100 m³/d。污水主要以当地农村的生活污水为主, 混杂部分雨水, 该废水有机物浓度高。进出水水质见表 1。

表 1 污水处理站进出水水质

Table 1 Quality of influent and effluent of sewage treatment stations						
项目 Item	BOD	COD	SS	NH ₃ -N	TP	TN
进水 Influent	80~150	150~300	100~200	40~60	3~6	50~70
出水 Effluent	6	26	8	4	0.4	10
标准 Standard	10	50	10	5(8)	0.5	15

基金项目 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2015ZX07204-007); 安徽省科技创新战略与软科学研究专项(1706a02020023)。
作者简介 王翔宇(1988—), 男, 河北沧州人, 助理工程师, 硕士, 从事环境工程技术研究。
收稿日期 2018-04-19; **修回日期** 2018-05-04

1.2 工艺流程 采用 TBO+反硝化池组合工艺对安徽省某地农村生活污水进行处理, 工艺流程见图 1。

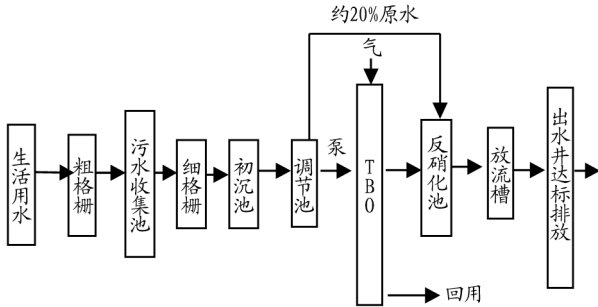


图 1 污水处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of wastewater treatment process

原污水经管网收集后进入污水处理站区, 污水首先经过格栅格网去除塑料袋、布条等垃圾杂物后进入初沉池, 沙子等一些比重较大的颗粒物会沉淀于沉淀池的底部。初沉池的出水进入调节池, 污水在调节池内进行水质水量的调节。提升泵定时定量地将污水送入 TBO 系统, 污水在 TBO 系统内通过散水管网平均分配于整个散水层, 当污水在 TBO 系统内横向迁移和向下渗滤的同时, 污水中的污染物被填料拦截、吸附并被附着于填料表面的微生物(活性菌)分解和转化而去除。同时为增加氧气供应量, 需要定时定量地对 TBO 系统进行有效充氧。TBO 系统的出水进入反硝化池, 从而进一步去除 TN。污泥被填料截留, 定期清理, 污水经放流槽达标排放。

2 工艺特点

TBO+反硝化池组合工艺具有明显优势, 抗冲击负荷能力强、氮磷去除率高、高负荷、微动力自动化程度高、运行管

理难度小。具体见表 2。

表 2 TBO 工艺特点
Table 2 Process characteristics of TBO

编号 No.	项目 Item	特点 Characteristics
1	占地	零占地。工程项目建成后,设备表面恢复为绿化
2	污泥产生量	不产生剩余污泥
3	运行费用	运行费用低
4	季节影响	不受季节影响。利用自然及系统内置调温系统装置,根据环境温度自动对曝气空气进行温度调节,保证系统出水全年稳定达标
5	运行管理	维护管理简便。系统日常运转有全自动控制系统自动调节,无需专人操作,系统维护项目仅涉及格栅垃圾的定期清理一项
6	监控	远程监控。污水处理厂可进行远程 4G 无线网络监控
7	效果	出水水质好

受农村生活水平、生活习惯、环境等的影响,农村生活污水特性与城镇污水具有明显的差异,因此不能将成熟的城镇污水处理技术直接用于农村生活污水的处理。而且我国农村生活污水处理的研究起步较晚,缺少相关的污水处理政策和法规,并缺乏相关的设计规范和标准,因此如何根据农村

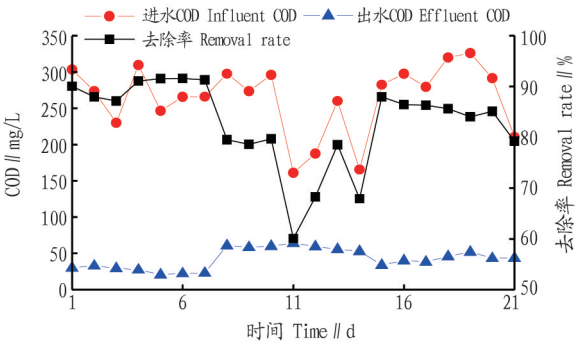
实际情况选择合适的处理技术显得尤为重要^[10]。农村污水处理工艺对比见表 3。

3 工艺改进试验分析

3.1 组合工艺对 COD 的去除效率 选择测定夏季、冬季、冬季(加热)系统 3 种情况下,系统稳定出水时连续 7 d COD 进出水浓度。结果表明(图 2),进水 COD 浓度为 161.0~309.5 mg/L。夏季:出水 COD 浓度为 20.0~32.0 mg/L,平均去除率为 90.1%,去除效果稳定,工艺抗冲击负荷能力强,出水 COD 能稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918—2002 一级 A 排放标准要求。冬季:出水 COD 浓度为 53.1~64.3 mg/L,平均去除率为 73.2%,去除效果明显低于夏季,这主要是由于皖北地区冬季气温低(-5℃),植物的新陈代谢缓慢,导致系统充氧不足,微生物活性降低导致。冬季(加热后):通过加热风机向 TBO 系统内通入热风后,工艺对 COD 的去除效率明显增加。工艺出水 COD 浓度为 34.0~50.0 mg/L, COD 去除效率提升了 12%,平均去除率达到 85.0%,去除效果稳定,工艺抗冲击负荷能力得到有效增强,出水 COD 能稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918—2002 一级 A 排放标准要求。

表 3 农村污水处理工艺对比
Table 3 Process comparison of rural sewage treatment

工艺 Process	适用规模 Applicable scale	剩余污泥 Surplus sludge	抗冲击 负荷 Shock load	出水水质 Water quality of effluent	操作管理 Operation management	专业技术 Expertise	实际运转 状况 Actual operating conditions	基建投资 Infrastructure investment	运行电费 Running electricity costs 元/t 水	综合表现 Comprehensive performance
氧化沟法 Oxidation ditch method	大型	较多	一般	一般	复杂	需要	闲置	较高	较高	不适合
改良型 SBR Modified SBR	较大型	较多	较强	一般	复杂	需要	闲置	较高	较高	不适合
人工湿地 Artificial wetland	集中式较小型	较少	差	不稳定	一般	不需要	闲置	一般	较高	不适合
MBR	大、中小型	较少	差	较好	复杂	需要	膜造价高	高	高	不适合
TBO 工艺 TBO process	大、中小型	无	强	一级 A	全自动	不需要	正常运转	低	低	适合



注:横坐标 1~7 d 为夏季;8~14 d 为冬季;15~21 d 为冬季加温
Note: The abscissa is 1~7 days for summer, 8~14 days for winter, 15~21 days for winter heating

图 2 组合工艺对 COD 的去除效率

理厂污染物排放标准》GB18918—2002 一级 A 排放标准要求。冬季:出水 NH₃-N 浓度为 8.0~10.3 mg/L,平均去除率为 69.9%,去除效果明显低于夏季,这主要是由于冬季气温低,植物的新陈代谢缓慢,导致系统充氧不足,微生物活性降低导致。温度降低对主要污染物排放指标存在一定的影响,主要对 NH₃-N 的去除影响大,造成 NH₃-N 出水不能稳定达到排放标准。冬季(加热后):通过加热风机向渗滤田内通入热风后,工艺对 NH₃-N 的去除效率明显增加。工艺出水 NH₃-N 浓度为 5.3~6.5 mg/L, NH₃-N 去除效率提升了 10% 左右,平均去除率达到 79.8%,并且去除效果稳定,工艺抗冲击负荷能力得到有效强,出水各主要污染物指标能稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918—2002 一级 A 排放标准要求。

4 效益分析

3.2 组合工艺对 NH₃-N 与 SS 的去除效率 由图 3 可知,进水 NH₃-N 浓度为 26.5~40.9 mg/L。夏季:出水 NH₃-N 浓度为 3.4~4.3 mg/L,平均去除率为 87.2%,去除效果稳定,工艺抗冲击负荷能力强,出水 NH₃-N 能稳定达到《城镇污水处

4.1 经济效益 该工艺系统全自控,无需专门的人员维护,基建投资不高,并且运营费用比较低,能很好地适应农村经济技术条件薄弱的现状。

春夏秋三季运行耗电总量约 16 (kW·h)/d,即处理电

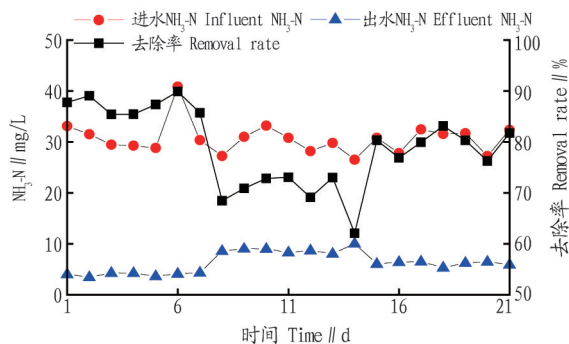


图3 组合工艺对NH₃-N的去除效率

Fig.3 Removal efficiency of the combined process on NH₃-N

耗为 0.08 (kW·h)/t, 按 0.7 元/(kW·h) 计, 电费为 0.056 元/t 水; 冬季因加热需要全天运行, 耗电总量为 60~80 kW·h, 耗电为 0.12~0.16 (kW·h)/t 水, 即冬季电费为 0.084~0.108 元/t 水, 平均运行费为非冬季 0.06 元/t 水、冬季 0.10 元/t 水。

4.2 环境效益 工程建设后, 按照污水进水水质 (COD 为 300 mg/L, NH₃-N 为 60 mg/L, TN 为 70 mg/L, TP 为 6 mg/L) 和出水水质 (COD 为 33 mg/L, NH₃-N 为 4.7 mg/L, TN 为 13.6 mg/L, TP 为 0.48 mg/L) 计算, 每年可削减 COD 57.67 t、NH₃-N 11.94 t、TN 12.18 t、TP 1.19 t, 极大地改善了周边水系的环境质量, 避免了污水的随意排放而致使村庄周边水塘和河流富营养化、发黑发臭现象。

4.3 社会效益 农村生活污水的治理对区域污染防治所起的作用是非常巨大的, 有效改善附近地表水的水质及农村的人居环境和农村生态环境, 极大地减少了疫病暴发或流行病的潜在危险, 促进了区域经济发展, 促使社会效益、环境效益和经济效益进一步协调。

5 结语

(1) 通过试验进行工艺改进, 在传统高负荷渗滤田工艺的基础上, 通过加热风机对深渗滤系统进行充氧, 保证微生物有足够的溶解氧和温度, 从而形成TBO工艺 (保湿生物膜

曝气技术), 并通过与反硝化池组合形成新的组合工艺处理农村生活污水, 该工艺抗冲击负荷能力强、氮磷去除效率高、自动化程度高、节能环保, 适应安徽省皖北地区气候环境。出水各主要污染物指标能稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918—2002 一级 A 排放标准要求。

(2) 采用高负荷微动力技术, 日常运行费用仅为 0.05~0.12 元/m³, 冬季皖南、皖中、皖北运行费用呈递增模式, 差值约为 0.02 元/m³, 有效缓解了农村污水处理站“建得起, 养不起”的矛盾, 可以纳入国家节能减排计划。

(3) 采用可编程序控制器 (PLC) 全自动控制系统, 具有运行费用低、运行管理方便、自控程度高、运行设备较少的优点, 能适应我国农村专业管理人员缺乏、技术水平相对落后的现状。并且系统为地理式, 占地面积小, 可以覆土后作为公共绿地或景观, 极大地节省了土地资源, 实施整体性好, 使用寿命长。配套景观建设也给污水处理设施提供了一个额外的观赏价值。

参考文献

- [1] 刘贵彩. 微动力一体化折流板反应器处理高浓度生活污水的试验研究[D]. 西安: 长安大学, 2011.
- [2] 孙丽. 微动力接触氧化法处理军营生活污水示范研究[J]. 环境保护科学, 2013, 39(2): 19-22.
- [3] 胡娜妮, 李立雄, 曾郴林. 太阳能动力型集成式污水处理工艺在农村的开发与应用[J]. 科技创新导报, 2011(20): 143.
- [4] 李斌, 杨继富, 樊国中. 农村分散生活污水地下渗滤系统处理技术研究[J]. 中国农村水利水电, 2013(4): 20-23.
- [5] 张荣, 杨永强, 刘劲松, 等. 分散式高负荷地下渗滤污水处理系统的设计和运行[J]. 环境工程学报, 2011, 5(8): 1755-1760.
- [6] 张洪玲, 邹俊, 陈昕. 多级土壤渗滤系统处理太湖流域农村生活污水的工程研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(9): 5178-5180.
- [7] 郑彦强, 卢会霞, 许伟, 等. 地下渗滤系统处理农村生活污水的研究[J]. 环境工程学报, 2010, 4(10): 2235-2238.
- [8] 段增强, 段婧婧, 耿晨光, 等. 园林地慢速渗滤系统处理农村分散式生活污水[J]. 农业工程学报, 2012, 28(23): 192-199.
- [9] 郭振苗. 农村生活污水土壤渗滤过程中氮素运移试验研究[D]. 北京: 清华大学, 2012.
- [10] 王云龙, 张微晨, 陶琪, 等. 四种农村生活污水处理工艺比较[J]. 水处理技术, 2011, 37(7): 133-136.

名词解释

扩展学科扩散指标: 指在统计源期刊范围内, 引用该刊的期刊数量与其所在学科全部期刊数量之比。

$$\text{扩展学科扩散指标} = \frac{\text{引用刊数}}{\text{所在学科期刊数}}$$

扩展学科扩散指标: 指期刊所在学科内, 引用该刊的期刊数占全部期刊数量的比例。

$$\text{扩展学科扩散指标} = \frac{\text{所在学科内引用被评价期刊的数量}}{\text{所在学科期刊数}}$$

扩展被引半衰期: 指该期刊在统计当年被引用的全部次数中, 较新一半是在多长一段时间内发表的。被引半衰期是测度期刊老化速度的一种指标, 通常不是针对个别文献或某一组文献, 而是对某一学科或专业领域的文献的总和而言的。

扩展 H 指数: 指该期刊在统计当年被引的论文中, 至少有 h 篇论文的被引频次不低于 h 次。

来源文献量: 指来源期刊在统计当年发表的全部论文数, 它们是统计期刊引用数据的来源。

文献选出率: 按统计源的选取原则选出的文献数与期刊的发表文献数之比。

参考文献量: 指来源期刊论文所引用的全部参考文献数, 是衡量该期刊科学交流程度和吸收外部信息能力的一个指标。