

TBO 技术在农村生活污水治理中的应用

周其胤^{1,2}, 赵军¹, 贺振洲¹, 高毛林¹, 高寒¹

(1. 安徽美自然环境科技有限公司, 安徽六安 237014; 2. 合肥工业大学资源与环境工程学院, 安徽合肥 230009)

摘要 研究 TBO 技术处理农村生活污水的效果。结果表明, 系统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 (GB 18918—2002) 一级 A 标准, 处理系统对 COD、氨氮、总磷和悬浮物的平均去除率分别为 83.7%、90.4%、85.0% 和 92.6%。同时 TBO 技术运行费用低、自动化程度高、管理方便, 适应我国农村生活污水治理现状。

关键词 TBO 技术; 农村生活污水; 治理; 去除率

中图分类号 X 703 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)11-0097-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.11.028

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Application of TBO Technology in Treatment of Rural Domestic Sewage

ZHOU Qi-yin^{1,2}, ZHAO Jun¹, HE Zhen-zhou¹ et al (1. Anhui Beauty Natural Environment Technology Co., Ltd., Lu'an, Anhui 237014; 2. School of Resources & Environmental Engineering, Hefei University of Technology, Hefei, Anhui 230009)

Abstract The effect of TBO technology in treatment of rural domestic sewage was studied. The research results show that the main pollutant indicators of the system effluent could steadily reach the GB18918-2002 first A emission standards in urban sewage treatment plant pollutant discharge standards. The average removal rates of COD, NH₃-N, TP and SS by the treatment system were 83.7%, 90.4%, 85.0% and 92.6%, respectively. Meanwhile, TBO technology had low operating costs, high degree of automation and convenient management, which was suitable for the status of rural domestic sewage treatment in China.

Key words TBO technology; Rural domestic sewage; Manage; Removal rate

当前农村社会经济发展迅速, 但农村水务发展滞后, 农村水污染物排放量的比例维持高位, 占全国水污染物排放量的比例超过 50%, 且处理率普遍较低。至 2018 年, 农村污水排放量约 230 亿 t, 污水处理率仅为 22.0%, 远低于城镇污水 90% 以上的处理率。未来我国污水处理的主战场将由城市转向农村。农村污水大量排放严重影响了农村地区的生态环境, 并对当地居民的饮用水安全构成威胁^[1-3]。

农村生活污水处理常用技术有生化处理技术和生态处理技术^[4-5]。然而生化处理技术及其衍生技术多采用强动力曝气, 运行费用高, 维护复杂。人工湿地占地面积大, 在低温下处理效果很差甚至失效, 夏天则会滋生蚊虫。传统的地下渗滤占地面积大, 且渗滤无充氧系统, 不能满足不同种微生物的生长需求。根据我国国情, 只有占地面积小、投资少、运行成本低、维护简便、气候适应性强的污水处理技术才能推广使用。TBO 污水处理技术 (temperature biological media oxidation treatment method, 其中 T 是保温, B 是生物, O 是曝气) 是在慢速渗滤与快速渗滤技术的基础之上研发出来的一项新型的污水处理工艺, 其增加了对生物填料的充氧曝气。该研究通过对 TBO 污水处理工艺进行研究, 分析 TBO 污水处理技术对 COD、NH₃-N、TP、SS 的去除效果, 以期 TBO 技术的实际应用提供数据支持, 也为农村生活污水处理提供指导。

1 项目概况

1.1 污水来源 该项目依托安徽省六安市某农村污水处理工程, 项目服务人口约 2 500 人, 处理规模 200 m³/d。生活污

水包括灰水和黑水两部分, 黑水指厕所冲洗粪便的高浓度生活污水, 灰水指除冲厕所以外的厨房用水、洗衣和洗浴用水等的低浓度生活污水, 其设计进水与出水主要指标见表 1。

表 1 设计进水和出水主要指标

Table 1 Main indicators of influent and effluent mg/L

项目 Item	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TP	TN
进水 Influent	200~300	80~150	100~200	23~38	2~4	30~45
出水 Effluent	50	10	10	5(8)	0.5	15

1.2 工艺流程 TBO 污水处理技术主要由提升井、隔渣沉砂池、厌氧池、调节池、TBO 生态处理系统、反硝化池和 PLC 全自动电控系统组成, 工艺流程如图 1 所示。

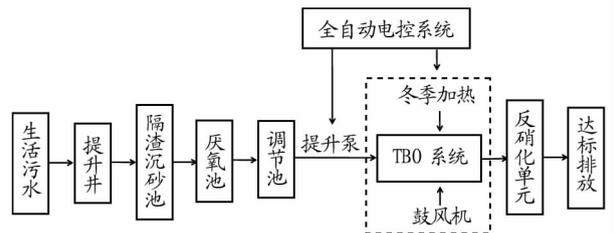


图 1 TBO 污水处理工艺流程

Fig. 1 Process of rural TBO wastewater treatment system

生活污水经过预处理后由提升泵提升进入 TBO 系统, 提升泵由液位控制器自动控制。污水通过扇形喷头均匀分布进入池体填料层 (由承托层、生物填料、阻断层、砂砾层), 污染物被吸附在不同功能结构层的填料的微生物截留、吸附, 并最终通过微生物分解转化, 达到污水净化的目的。TBO 系统的出水进入反硝化池, 从而进一步去除 TN, 污水达标排放。

1.3 污水系统运行和维护 系统运行方式为间歇式进水-

基金项目 安徽省科技重大专项 (711275724034)。

作者简介 周其胤 (1975—), 男, 安徽六安人, 工程师, 在读博士, 从事水污染防治与治理研究。

收稿日期 2019-10-25

落干-曝气,每天循环运行8次,每次进水30 min,落干耗时25~30 min,待污水落干后每隔1 h曝气15 min。

污水处理装置采用可编程序控制器(PLC)控制水泵、风机等设备的启闭和自动切换,实现设备自动化运行,不需要人工值守。同时开发了无线远程监控系统,对污水处理设备进行24 h监控,从而保证了污水处理设备的运行。

1.4 主要构筑物参数 提升井:地埋式砖混结构,有效水深3.5 m,总容积7 m³;隔渣沉砂池:地埋式碳钢结构,水力停留时间2 h,有效水深2 m,总容积17 m³;厌氧池:地埋式碳钢结构,水力停留时间4 h,有效水深2 m,总容积50 m³;调节池:地埋式碳钢结构,水力停留时间6 h,有效水深2 m,总容积67 m³;TBO系统:地埋式砖混结构,总平面面积300 m²,系统总高度1 m;反硝化池:地埋式砖混结构,水力停留时间6 h,有效水深2 m,总容积67 m³。

1.5 分析项目和方法 设备运行稳定后,前28 d每7 d取样1次,28 d后每14 d取样1次,分析进水和出水水质。进水和出水具体分析项目为COD、NH₃-N、TP、SS。采用《水和废水监测分析方法(第四版增补版)》^[6]中的方法进行

2 运行效果

2.1 对COD的去除效果 由图2可知,运行稳定后TBO工艺对COD具有较好的去除效果。监测数据表明,COD进水的平均浓度为234 mg/L,COD出水的平均浓度为38 mg/L。TBO工艺对COD的平均去除率83.7%。这说明TBO系统的抗污染负荷能力强。7次采样监测结果表明,处理水中的COD浓度均保持在《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A要求的50 mg/L以下。这是因为TBO工艺采用间歇性曝气充氧,有助于系统的富氧,从而促进附着在生物填料表面的微生物对氧的吸收和利用,同时充足的氧也保证了生物填料上好氧微生物繁殖,微生物的活性增强,有机物进入TBO系统后,首先经过填料的吸附作用被截留下来,然后通过微生物的生物氧化作用被降解。

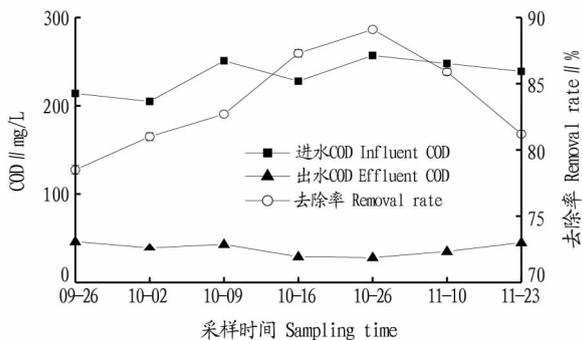


图2 TBO系统对COD的去除效果

Fig. 2 COD removal efficiency of TBO system

2.2 对NH₃-N的去除效果 由图3可知,TBO工艺对NH₃-N的平均去除率为90.4%,7次采样监测结果显示出水中氨氮的浓度均维持在一级A标准的5 mg/L。NH₃-N去除的主要原理是溶解氧充足的情况下,NH₃-N转化为硝态氮^[7],除此之外NH₃-N的去除也可能是因为介质表面对

NH₃-N的吸附作用^[8-9]。在传统的生化和生态工艺中,当环境中温度较低时,微生物的活性将会明显的降低,一般冬季污染物去除率很低。而研究结果得出在11月份,TBO工艺处理后的NH₃-N的去除率仍然在90%以上,这是因为对TBO系统里的填料进行了曝气温,从而保证了TBO系统的温度。因此,出水中NH₃-N的浓度也低于5 mg/L。

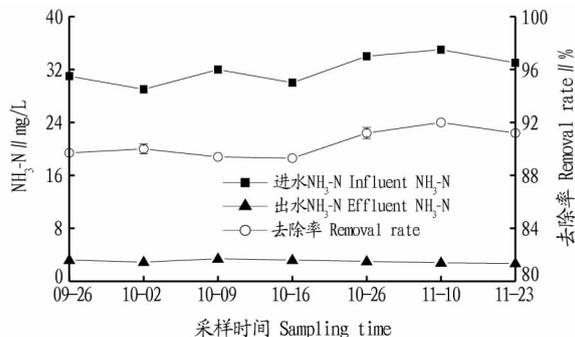


图3 TBO系统对NH₃-N的去除效果

Fig. 3 NH₃-N removal efficiency of TBO system

2.3 对TP的去除效果 由图4可知,TBO工艺对TP的平均去除率为85.0%。这是因为生物填料主要为250~500℃煅烧的褐铁矿,其为具有微纳米多孔结构特征的矿物材料,该材料具有比表面积大、孔隙率高、表面活性官能团多以及电荷可变性强等特点,使其对磷具有物理吸附作用、化学吸附与沉淀作用,并与中粗砂、黏土和辅助填料交替构成生物填料层,对污水中磷具有高效专性吸附作用^[1,10]。另外,TBO系统采用的是喷淋布水,污水与生物填料接触更加均匀,从而有利于总磷的去除^[11]。

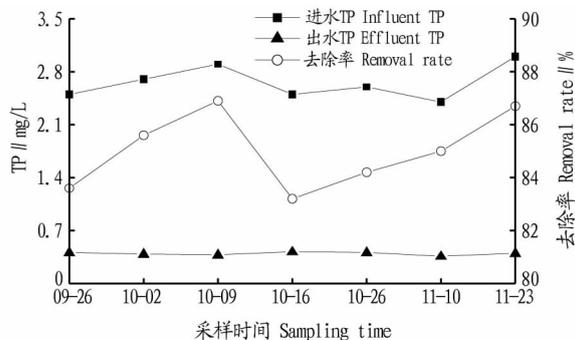


图4 TBO系统对TP的去除效果

Fig. 4 TP removal efficiency of TBO system

2.4 对SS的去除效果 由图5可知,TBO对SS的平均去除率为92.6%。这与三格化粪池、人工湿地、传统土地处理等农村污水处理技术^[12]相比,TBO对SS的去除率高,这主要是因为TBO系统采用的是间歇式进水和曝气充氧的方式,这有利于SS的高度分散。同时,间歇进水使得生物填料存在干湿交替^[13-14],其可以防止由于有机物和微生物代谢产物的积累造成TBO池体表层空隙过度堵塞,有效地提高TBO系统的性能,保持稳定的处理水量和处理效果^[15]。

3 经济技术评价

工程项目总造价60万元,占地面积400 m²,其中TBO系统的300 m²可以二次利用,用于绿化。运行费用主要是动

力费。动力费主要为提升泵、鼓风机,提升泵平均用电负荷为 22 kW/d,鼓风机平均用电负荷为 4.4 kW/d,即春夏秋 3 季平均每天耗电 26.4 kW·h,水处理费 0.08 元/t;冬季平均每天耗电 33.3 kW·h,水处理费 0.10 元/t。与传统的生化、生态污水处理技术相比,TBO 技术占地面积小,处理水质好,运行方式灵活。从推广应用的角度考虑,TBO 技术适用于当前农村生活污水治理。

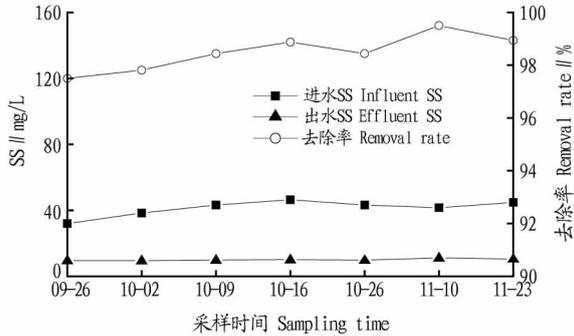


图5 TBO 系统对 SS 的去除效果

Fig. 5 SS removal efficiency of TBO system

4 结论

采用 TBO 工艺对农村生活污水进行处理,系统对 COD、NH₃-N、TP、SS 的平均去除率分别为 83.7%、90.4%、85.0%、92.6%。且处理出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)规定的一级 A 标准。

(上接第 96 页)

[3] 杨文斌,杨红艳,卢琦,等. 低覆盖度灌木群丛的水平配置格局与固沙效果的风洞试验[J]. 生态学报,2008,28(7):2998-3007.

[4] 胡良军,邵明安. 黄土高原植被恢复的水分生态环境研究[J]. 应用生态学报,2002,13(8):1045-1048.

[5] 钱洲. 毛乌素沙地飞播造林植被恢复特征及土壤性质变化[D]. 南京:南京林业大学,2013.

[6] 苗恒录. 毛乌素沙地土壤养分空间变异性初步研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2010.

[7] 刘陟,黄奇,周延林,等. 毛乌素沙地油蒿生物量估测模型研究[J]. 中国草地学报,2014,36(4):24-30.

[8] 张继,姚健,丁兰,等. 甘草的利用研究进展[J]. 草原与草坪,2000(2):12-17.

[9] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2010.

TBO 工艺的运行费用仅为 0.08 元/t,冬季 0.10 元/t。同时采用 PLC 全自动控制,无需人员值守。TBO 工艺能适应我国国情的污水处理工艺。

参考文献

[1] 王翔宇,匡武,周其胤,等. TBO+反硝化池组合工艺冬季运行效果研究[J]. 安徽农业科学,2018,46(18):62-64.

[2] 沈众,何卿,颜润,等. 生物滤池组合工艺在农村生活污水治理中的应用[J]. 安徽农业科学,2015,43(31):234-235.

[3] IEA. Energy technology analysis prospects for CO₂ capture and storage [R]. France:Paris,2004.

[4] 王永磊,李军. 我国分散式中小型污水处理技术研究及应用[J]. 水工业市场,2012(3):34-39.

[5] 谭学军,张惠锋,张辰. 农村生活污水收集与处理技术现状及进展[J]. 净水技术,2011,30(2):5-9,13.

[6] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法(增补版)[M]. 4 版. 北京:中国环境科学出版社,2002.

[7] 干钢,唐毅,郝晓伟,等. 日本净化槽技术在农村生活污水治理中的应用[J]. 环境工程学报,2013,7(5):1791-1796.

[9] 陈明利,吴晓美,陈永华,等. 蛭石人工湿地中吸附-生物转化系统脱氮能力及其机理研究[J]. 环境工程学报,2009,3(2):223-228.

[10] 潘晶,张阳,孙铁珩,等. 地下渗滤基质中微生物空间分布与污水净化效果[J]. 中国环境科学,2008,28(7):656-660.

[11] 李英华,李海波,王鑫,等. 生物填料地下渗滤系统对生活污水的脱氮[J]. 环境工程学报,2013,7(9):3369-3374.

[12] 曹群,余佳荣. 农村污水处理技术综述[J]. 环境科学与管理,2009,34(3):118-121.

[13] DE VERIES J. Soil filtration of wastewater effluent and the mechanism of pore clogging[J]. Water pollute control federation,1972,44(4):565-573.

[14] 付贵萍,吴振斌,张晟,等. 构建湿地堵塞问题的研究[J]. 环境科学,2004,25(3):144-149.

[15] 郑吉宝,周其胤,彭书传. 保温生物介质氧化处理农村生活污水的应用研究进展[J]. 环境工程,2018,36(6):22-24,46.

[10] YU Y J,LIN Q G,SHI Q H,et al. Changes of habitat and vegetation in man-made vegetation area of Shapotou section along Baotou-Lanzhou railway[J]. Acta ecologica sinica,2002,22(3):433-439.

[11] TAN M L,DUAN Z H,CHEN X H. Study on soil property evolution in recovery process of moving sand land[J]. Journal of desert research,2008,28(4):685-689.

[12] JIA X H,LI X R,ZHOU Y Y,et al. Storages and distributed patterns of soil organic carbon and total nitrogen during the succession of artificial sand-binding vegetation in arid desert ecosystem[J]. Chinese journal of environmental science,2012,33(3):938-945.

[13] LI D F,SHAO M A. Soil organic carbon and influencing factors in different landscapes in an arid region of northwestern China[J]. Catena,2014,116:95-104.

[14] 张仁陟,罗珠珠,蔡立群,等. 长期保护性耕作对黄土高原旱地土壤物理质量的影响[J]. 草业学报,2011,20(4):1-10.