论述与研究

生物、生态组合技术处理农村生活污水研究

唐 晶, 吕锡武, 吴琦平, 吴义锋
(东南大学 环境科学与工程系, 江苏 南京 210096)

摘 要: 采用厌氧/跌水充氧接触氧化/水生蔬菜型人工湿地组合工艺处理农村生活污水,考察了工艺的运行效果及各处理单元对去除污染物的贡献率。试验结果表明,该组合工艺对污染物具有较好的去除效果,且处理效果很稳定,其对 COD、NH_4^+ - N、TN、TP的去除率分别为 68.15%、68.15%、69.50%、86.30%。跌水充氧接触氧化池对去除 TN、TP的贡献率较小,对去除 COD的贡献率相对较大;人工湿地对去除 TN、TP的贡献率较大,对去除 COD的贡献率相对较小。跌水充氧接触氧化与人工湿地相结合可以发挥两者的优势,并提高出水水质和系统运行的稳定性。

关键词: 生活污水; 厌氧; 跌水充氧接触氧化; 人工湿地
中图分类号: X703.1 文献标识码: A 文章编号: 1000 - 4602(2008)17 - 0001 - 04

Study on Bio-ecological Combined Process for Treatment of Rural Domestic Sewage

TANG Jing, LV Xi-wu, WU Qi-ping, WU Yi-feng
(Department of Environmental Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: The combined process of anaerobic treatment, drop-aeration bio-contact oxidation and aquatic vegetable wetland was used to treat rural domestic sewage. The removal efficiency and contribution to pollutants removal by each treatment unit were investigated. The results show that the combined process has good and stable removal efficiency, and the removal rates of COD, NH_4^+ - N, TN and TP are 68.15%, 68.15%, 69.50% and 86.30% respectively. The drop-aeration bio-contact oxidation contributes little to the removal of TN and TP but contributes greatly to the removal of COD. The constructed wetland contributes greatly to the removal of TN and TP but contributes little to the removal of COD. The combination of drop-aeration bio-contact oxidation and constructed wetland process can exert the advantages of the both treatment units and improve the effluent quality and the stability of the system.

Key words: domestic sewage; anaerobic treatment; drop-aeration bio-contact oxidation; constructed wetland

近年来,太湖水体的富营养化日趋严重,对社会、经济的影响日益显现。富营养化治理的根本在于控制入湖的氮、磷营养负荷,而农村生活污水的排放对太湖氮、磷污染的贡献率分别达 25.1%、

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863)项目(2002AA601012 - 1A); 国家自然科学基金资助项目(50678035)

60.0%[1]。因此,确保农村生活污水达标排放是从源头上控制面源污染,解决太湖水体富营养化最主要、最根本的措施之一。

农村生活污水具有水量小、有机物浓度偏高、日变化系数大等特点,且相对分散,宜采用小型装置处理。生态处理工艺特别是土地处理系统因运行费用低、管理方便、脱氮除磷效果较好而被广泛用于处理农村生活污水,但其占地多、处理效果受天气的影响大,而太湖地区土地稀缺且冬季有 3个月的低温期,因此在太湖地区不宜单独采用生态工艺处理生活污水。

笔者针对农村生活污水水量较小、有机物浓度较高、日变化系数大及农村地区经济相对落后的特点,将生物和生态处理工艺相结合,以期充分发挥两者的优势,提高出水水质和系统运行的稳定性[2]。

1 试验材料与方法

1.1 试验装置

试验装置设在宜兴大浦镇漳北村,采用“厌氧/跌水充氧接触氧化/水生蔬菜型人工湿地”工艺处理农村生活污水,具体流程如图 1所示。

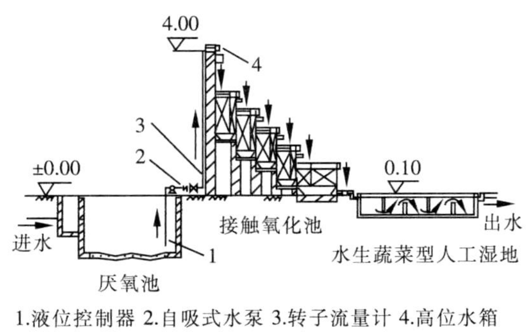

图 1 工艺流程

Fig. 1 Flow chart of treatment process

污水首先进入厌氧池,然后由泵提升进入五级跌水充氧接触氧化池。该接触氧化池采用无动力跌水方式充氧,池内装有填料;单池尺寸为 0.8 m × 0.5 m × 0.5 m,池底设泥斗,泥斗高为 0.15 m。跌水充氧接触氧化池出水进入水生蔬菜型人工湿地,床体尺寸为 3 m × 0.6 m × 0.8 m,池底坡度为 1%。该人工湿地为改进型水平潜流人工湿地,沿程分 4格,中间用隔墙分开,湿地中从下到上依次装填 20 cm厚碎砖、28 cm厚砾石、10 cm厚河沙。试验初期,人工湿地中种植茭白,11月以后改种适合冬季生长的土著植物水芹。

1.2 运行条件

试验以漳北村的生活污水为原水,连续运行 5个月,进水水质如表 1所示。由于农田排灌水以及雨水的渗入,导致实际进水浓度偏低。

表 1 污水水质

Tab. 1 Quality of sewage mg · L^{-1}

项目	COD	NH_4^+ - N	TN	TP
范围	36.94～545.89	8.07～34.83	15.01～40.28	0.50～2.40

运行初期(7月—9月)跌水充氧接触氧化池中填充组合填料,但运行中发现该组合填料易结球,这大大减小了填料的比表面积,导致填料上的生物量不高,因此在 9月以后将其更换为孔隙率较高的无纺布。

1.3 测定指标及方法

COD:重铬酸钾法[3];NH_4^+ - N:纳氏试剂分光光度法;TN:过硫酸钾消解—紫外分光光度法;TP:钼酸盐分光光度法;DO:溶氧仪;pH: pH - 3C型酸度计。

2 结果与讨论

2.1 对 COD的去除效果

组合工艺对 COD的去除效果如图 2所示。

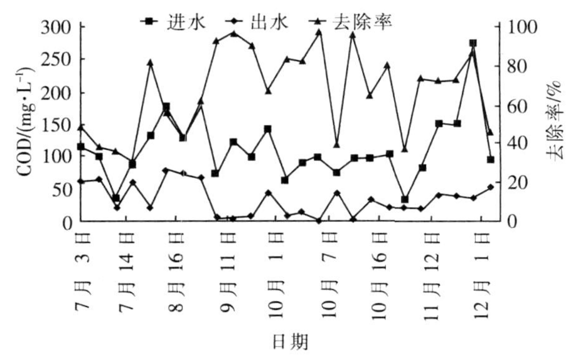

图 2 对 COD的去除效果

Fig. 2 Removal effect of COD

由图 2可知,出水 COD为 2.56～89.19 mg/L,平均为 34.39 mg/L,组合工艺对 COD的平均去除率为 68.15%。

稳定运行期间出水 COD浓度受进水浓度的影响较小,出水水质较稳定,例如 11月 15日的进水 COD高达 274 mg/L,但出水 COD仅为 35.6 mg/L。7月—9月的出水 COD浓度波动较大,这是因为湿地还未达到稳定运行状态,同时组合填料上的生物量也不高。之后出水 COD浓度较稳定,平均仅为 23.26 mg/L。

2.2　对氨氮的去除效果

组合工艺对 NH_4^+ - N的去除效果如图 3所示。

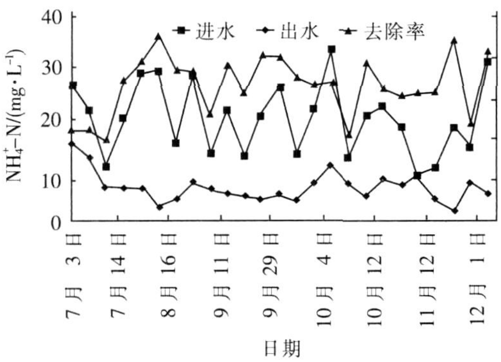

图 3　对氨氮的去除效果

Fig 3　Removal effect of NH_4^+ - N

由图 3可知,出水 NH_4^+ - N为 2.65～15.03 mg/L,平均为 6.77 mg/L,组合工艺对 NH_4^+ - N的平均去除率为 68.15%。

7月的出水 NH_4^+ - N浓度较高,原因是湿地还未达到稳定运行状态; 8月—10月的出水 NH_4^+ - N浓度比较稳定 (平均为 4.87 mg/L),平均去除率为 71.06%;进入 10月以后出水 NH_4^+ - N浓度出现轻微的波动,这是由于温度降低导致微生物的活性下降,因此处理效果出现了波动。

2.3　对总氮的去除效果

组合工艺对 TN的去除效果如图 4所示。

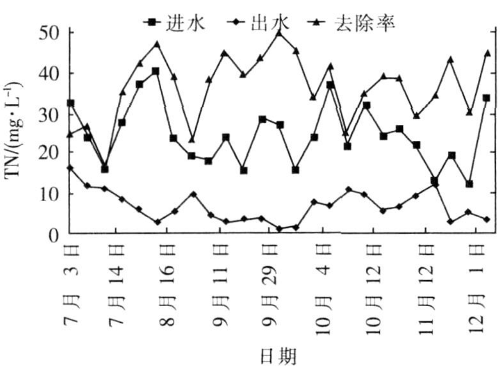

图 4　对总氮的去除效果

Fig 4　Removal effect of TN

由图 4可以看出,尽管进水 TN浓度波动较大,但出水 TN浓度保持在很低的水平 (平均为 6.86 mg/L),平均去除率为 69.50%。从总体上看,组合工艺对 TN的去除效果很好,出水总氮 <15 mg/L,可以达到一级 A标准[4]。

运行后期进入了冬季,出水 TN浓度虽有所波动,但仍能保持在很低的水平,原因是人工湿地中种植的是耐寒的水芹,这保证了其在冬季运行的稳定性。

2.4　对 TP的去除效果

组合工艺对 TP的去除效果如图 5所示。

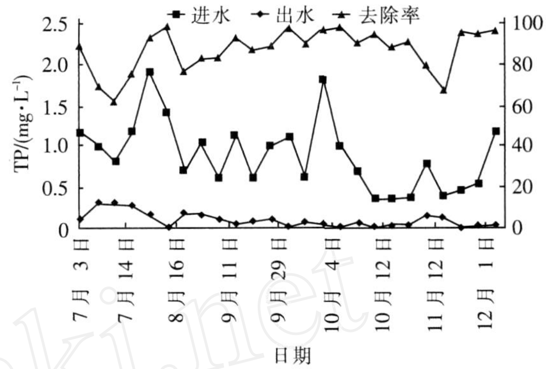

图 5　对 TP的去除效果

Fig 5　Removal effect of TP

由图 5可知,进水 TP浓度波动较大,平均为 0.96 mg/L。出水 TP浓度平均为 0.11 mg/L,远低于一级 A标准 (0.5 mg/L),组合工艺对 TP的平均去除率为 86.30%。

在 7月 15日、10月 3日和 12月 1日进水 TP浓度急剧升高,但出水 TP均稳定在 0.4 mg/L以下。进入 8月后,大部分的出水 TP均在 0.1 mg/L左右。运行前期 (7月)出水 TP浓度略高 (平均为 0.27 mg/L),原因是该阶段湿地还未达到稳定运行状态。

3　讨论

组合工艺各处理单元对去除污染物的贡献率如图 6所示。

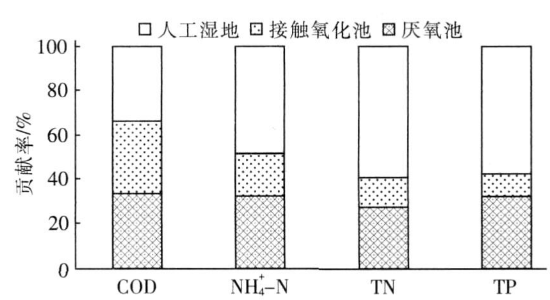

图 6　组合工艺各处理单元对去除污染物的贡献率

Fig 6　Contribution rates of each treatment unit for pollutants removal

由图 6可知,厌氧池、跌水充氧接触氧化池和人工湿地对 COD的去除率差不多,但是各单元降解有机物的途径不同。在厌氧池中异养微生物通过厌

氧发酵将不溶性的有机物和大分子的溶解性有机物分解为 CH_4 和 CO_2;在跌水充氧接触氧化池中,组合填料上的好氧微生物将部分可生物降解的小分子有机物降解为 CO_2 和 H_2O;在人工湿地中,通过异养微生物的降解作用及基质的截留作用进一步去除有机物。厌氧池和接触氧化池可以大幅度削减污水中的有机物,这减轻了湿地的负担,解决了湿地易堵塞的问题。

人工湿地对去除 NH_4^+ - N的贡献率最大,为 48.82%;接触氧化池的贡献率最小,为 19.08%,这是因为跌水充氧接触氧化池中的水流缓慢,对生物膜的冲刷力小,生物膜的活性较低,对氧的利用率不高,导致硝化效果不佳。

人工湿地对去除 TN 的贡献率也最大(59.44%),厌氧池次之(27.49%),接触氧化池的贡献率最小(13.07%)。在该组合工艺中,好氧段与厌氧段之间无回流,跌水充氧接触氧化池仅靠同步硝化反硝化以及微生物的同化作用脱氮。由于硝化菌的好氧和自养特性与反硝化菌的缺氧和异养特性明显不同,硝化与反硝化作用难以在时间和空间上统一[5],因此很难实现高效的同步硝化反硝化,故跌水充氧接触氧化池的脱氮效率很低。

人工湿地去除的 TP量占组合工艺除磷量的 57.94%,它主要是利用介质的吸附截留、植物吸收及微生物作用来完成对磷的去除。接触氧化池的贡献率最小,仅为 9.67%。这是因为跌水充氧接触氧化池主要通过生物法除磷[6],但运行中污泥的生成量少,因此以富磷污泥的形式排出的磷就较少,故跌水充氧接触氧化池对 TP的去除率不高。

综上所述,厌氧池具有预处理功能,有效地降低了污染物负荷,减轻了后续处理单元的负担;跌水充氧接触氧化池主要用于去除有机物,并具有一定的脱氮除磷功能;人工湿地具有脱氮除磷和进一步去除有机物的功能。

4 结论

① 采用厌氧/跌水充氧接触氧化/水生蔬菜型人工湿地组合工艺处理农村生活污水,对 COD、NH_4^+ - N、TN、TP 的去除率分别为 68.15%、68.15%、69.50%、86.30%。

② 跌水充氧接触氧化池对去除 TN、TP的贡献率较小,对去除 COD的贡献率相对较大;人工湿地对去除 TN、TP的贡献率较大,对去除 COD的贡献率相对较小。

③ 跌水充氧接触氧化工艺对有机物的去除效果稳定,而人工湿地则具有稳定的脱氮除磷功能,将它们结合可以发挥两者的优势并提高出水水质和系统运行的稳定性。

参考文献:

[1] 国家环境保护总局.“三河”“三湖”水污染防治计划及规划[M]. 北京:中国环境科学出版社,2000.

[2] 李先宁,吕锡武. 农村生活污水处理技术与示范工程研究[J]. 理论前沿,2006,17(4):19 - 22.

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

[4] GB 18918—2002,城镇污水处理厂污染物排放标准[S].

[5] 谢珊,李小明. 同步硝化反硝化实现途径的探讨[J]. 环境科学与技术,2004,27(2):107 - 109.

[6] 张林生. 水的深度处理与回用技术[M]. 北京:化学工业出版社,2004.

作者简介:唐晶(1983 -), 女, 江西新干人, 硕士研究生, 研究方向为水污染控制工程。

电话:13770685002

E - mail: tangjingnj@gmail.com

收稿日期:2008 - 05 - 12