

# 生物—化学工艺处理粪便污水的生产性试验研究

何强<sup>1</sup>, 韩乔<sup>2</sup>, 孙倩<sup>1</sup>, 周健<sup>1</sup>, 石小飞<sup>3</sup>

(1. 重庆大学 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400045; 2. 林同国际 <重庆 > 工程咨询有限公司, 重庆 401121; 3. 中国建筑标准设计研究院, 北京 100044)

**摘要:** 针对粪便污水的氮、磷和有机物浓度高的特点, 开展了生物—化学工艺处理粪便污水的生产性试验研究。结果表明, 当进水的 COD、NH<sub>3</sub>-N、TP 分别为 (20 000 ~ 40 000)、(500 ~ 700)、(30 ~ 60) mg/L 时, 其出水的 COD、NH<sub>3</sub>-N、TP 可分别降至 (60 ~ 100)、(7 ~ 15)、(0.3 ~ 0.5) mg/L, 色度降为 20 ~ 30 倍, 出水水质满足《污水综合排放标准》(GB 8978—1996) 的一级标准。

**关键词:** 粪便污水; 厌氧工艺; 好氧工艺; 絮凝沉淀; 活性炭吸附

**中图分类号:** X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2008)21-0064-03

## Study on Treatment of Fecal Sewage by Biological/Chemical Process

HE Qiang<sup>1</sup>, HAN Qiao<sup>2</sup>, SUN Qian<sup>1</sup>, ZHOU Jian<sup>1</sup>, SHI Xiaofei<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory of Three Gorges Reservoir Region's Eco-Environment <Ministry of Education>, Chongqing University, Chongqing 400045, China; 2. T. Y. Lin International <Chongqing > Engineering Consultative Co. Ltd., Chongqing 401121, China; 3. China Institute of Building Standard Design and Research, Beijing 100044, China)

**Abstract:** Regarding to the high concentrations of nitrogen, phosphorus and organic matters in fecal sewage, the productive research on treatment of fecal sewage by biological/chemical process was performed. The results show that when the influent concentrations of COD, NH<sub>3</sub>-N and TP are 20 000 to 40 000 mg/L, 500 to 700 mg/L and 30 to 60 mg/L, the effluent concentrations of COD, NH<sub>3</sub>-N and TP can be decreased to 60 to 100 mg/L, 7 to 15 mg/L and 0.3 to 0.5 mg/L respectively. The effluent color is 20 to 30 times. The effluent quality meets the first class criteria specified in the *Integrated Wastewater Discharge Standard* (GB 8978 - 1996).

**Key words:** fecal sewage; anaerobic process; aerobic process; flocculation and sedimentation; activated carbon adsorption

粪便污水处理技术通常分为两类<sup>[1]</sup>:一类是以厌氧处理为主的技术,另一类是厌氧和好氧联用技术。前者对污染物的生物降解不完全,处理后的粪便污水无害化后可用作肥料;后者则可使出水水质达到排放或回用标准。

笔者结合重庆市某粪便污水处理站的运行调试,针对粪便污水中有机物和氮、磷浓度高的特点,

考察了生物—化学工艺对粪便污水中有机物、氮、磷等营养物质的去除效果,为开发简易、高效、低能耗、低成本的粪便污水处理技术提供参考。

### 1 试验部分

#### 1.1 试验用水

处理站所接纳的污水为公共厕所(均为水冲厕所)以及化粪池中的粪便污水,进水水质和分析方

法如表 1 所示。

表 1 粪便污水水质与分析方法

Tab 1 Quality of fecal sewage and analysis methods

项目	范围	分析方法
COD/(g·L <sup>-1</sup> )	20~40	重铬酸钾法
NH <sub>3</sub> -N/(g·L <sup>-1</sup> )	0.5~0.7	纳氏试剂分光光度法
TP/(mg·L <sup>-1</sup> )	30~60	钼锑抗分光光度法
SS/(g·L <sup>-1</sup> )	10~12	重量法
pH	7.5~8.2	HACH精密酸度计

## 1.2 工艺流程

该处理站设计规模为 150 m<sup>3</sup>/d,最大设计流量为 50 m<sup>3</sup>/h,间歇运行,采用全自动控制系统进行管理。粪便污水处理工艺分为四个单元,其工艺流程如图 1 所示,各构筑物的主要设计参数见表 2。

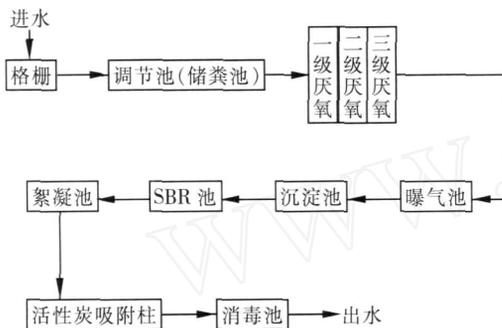


图 1 粪便污水处理工艺流程

Fig 1 Flow chart of fecal sewage treatment process

表 2 主要工艺的设计参数

Tab 2 Main process design parameters

项目	规格(L×B×H)/(m×m×m)	备注
格栅间	7.0×4.2×4.5	
调节池(储粪池)	15.0×7.0×7.0	HRT=3.5 d,有效容积为 525 m <sup>3</sup>
一级厌氧池	15.0×6.0×7.0	HRT=3 d,有效容积为 450 m <sup>3</sup>
二级厌氧池	9.0×4.0×5.9	HRT=1 d,有效容积为 150 m <sup>3</sup>
三级厌氧池	9.0×4.0×5.9	HRT=1 d,有效容积为 150 m <sup>3</sup>
一级好氧池	曝气池:6.3×4.2×4.8;沉淀池:6.3×1.8×5.0	曝气池与沉淀池共壁
SBR反应池	4.5×4.5×4.8	两座,运行周期为 12 h,潜污泵排水
絮凝池	4.5×4.5×4.8	两座,采用潜污泵排水
消毒池	5.0×5.0×3.0	

工艺中的好氧生物处理单元采用二级好氧工艺,SBR池主要用于脱氮;在后续化学处理单元加入絮凝剂,实现对磷和难生物降解有机物的去除;利用活性炭去除色度和病原微生物,消毒后排放。

## 1.3 工艺的启动

### 1.3.1 厌氧工艺的启动

接种污泥取自重庆市某污水处理厂的厌氧消化池,采用低负荷启动法,通过调节池控制进水 COD 在 20 000 mg/L 左右,起始负荷为 0.5 kgCOD/(m<sup>3</sup>·d)、污泥浓度在 25 gVSS/L 左右,当对 COD 的去除率达到 80%、挥发性脂肪酸(VFA) < 800 mg/L 时提高负荷,每次提高 0.4~0.6 kgCOD/(m<sup>3</sup>·d),直至负荷达到 5.0 kgCOD/(m<sup>3</sup>·d)。

在厌氧工艺启动初期(1~5 d),厌氧段对 COD 的去除率由 91.1% 增至 96.9%;当运行至第 15 天时,COD 平均浓度由 15 237 mg/L 降至 437 mg/L,去除率为 97.1%;第 30 天时,COD 平均浓度由 23 600 mg/L 降至 565 mg/L,去除率达到 97.6%,这说明随着运行时间的增加,厌氧段中的微生物逐渐适应了新环境,微生物活性增强,从而使厌氧段对粪便污水的处理效果逐渐提高。至此,厌氧工艺启动阶段结束。

### 1.3.2 好氧工艺的启动

活性污泥取自重庆市某污水处理厂的回流泵房,曝气池和 SBR 池均采用高负荷启动法,曝气池负荷控制在 0.3 kgCOD/(m<sup>3</sup>·d),污泥浓度为 4 gVSS/L 左右;SBR 池负荷控制在 0.2 kgCOD/(m<sup>3</sup>·d),污泥浓度为 6 gVSS/L 左右。

## 2 结果与讨论

### 2.1 对 COD 的去除效果

在稳定运行阶段,夏季时各工艺单元出水 COD 浓度的变化见图 2。

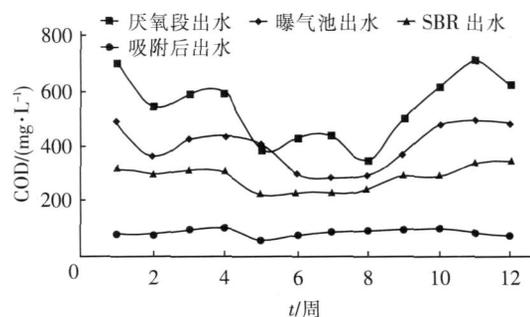


图 2 夏季时对 COD 的去除效果

Fig 2 Removal efficiency of COD in summer

从图 2 可以看出,当进水 COD 浓度稳定在 20 000 mg/L 左右时,厌氧段出水的 COD 浓度为 400~800 mg/L,对 COD 的去除率稳定在 95% 以上;曝气池出水的 COD 浓度为 300~500 mg/L,对 COD

的平均去除率为 26.5%; SBR 池出水的 COD 浓度为 200~350 mg/L, 对 COD 的平均去除率为 25.9%。由此可见, 好氧段对 COD 的去除率较低, 出水的 COD 浓度仍较高, 这主要是由于厌氧段出水的可生化性较差 ( $BOD_5/COD = 0.1$ ), 且其中的有机物大多为难生物降解的有机物。

在冬季低温期, 厌氧段出水的 COD 浓度为 500~900 mg/L, 好氧段出水的 COD 浓度为 300~500 mg/L。可见在冬季低温期工艺对 COD 的去除效果略有下降, 但温度的影响不大, 该工艺在冬、夏两季均可保持高效运行。

好氧段出水经絮凝池和活性炭吸附柱进一步处理后 COD 可降至 60~100 mg/L, 达到了《污水综合排放标准》(GB 8978—1996) 的一级标准。

## 2.2 对 $NH_3-N$ 的去除效果

稳定运行过程中, 厌氧段对  $NH_3-N$  几乎没有去除效果, 主要是在好氧段进行对  $NH_3-N$  的去除。冬季时对  $NH_3-N$  的去除效果如图 3 所示。

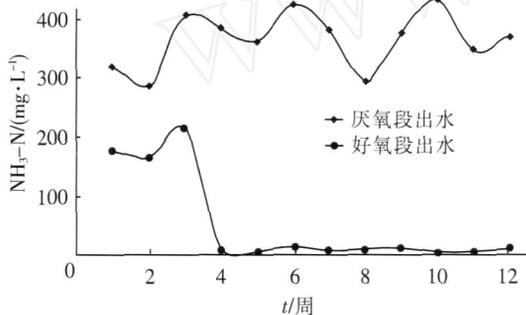


图 3 冬季时对  $NH_3-N$  的去除效果

Fig 3 Removal efficiency of  $NH_3-N$  in winter

由图 3 可知, 在稳定运行的前期, 好氧段对  $NH_3-N$  的去除效果较差, 出水的  $NH_3-N$  浓度  $> 100$  mg/L, 对  $NH_3-N$  的去除率  $< 50\%$ , 这主要是由于进水 (即厌氧段出水) 的 pH 值较低 ( $pH = 6.0 \sim 7.1$ ), 硝化菌的活性受到一定程度的抑制。为提高好氧段的硝化效果, 采用向 SBR 池中投加  $NaHCO_3$  的方式补充碱度, 调节 pH 值至  $7.5 \sim 8.0$ , 经过 6 h 的连续曝气, 好氧段的硝化效果显著提高, 对  $NH_3-N$  的去除率  $> 90\%$ , 好氧段出水的  $NH_3-N$  浓度为  $10 \sim 15$  mg/L。经过后续絮凝和吸附处理后,  $NH_3-N$  浓度基本没有变化。

在夏季好氧段出水的  $NH_3-N$  浓度为  $7 \sim 10$  mg/L, 由此可以看出温度对去除  $NH_3-N$  有一定的影响, 但并不显著。这是由于生物系统酶促反应的

最佳温度为  $20 \sim 30$ , 在该温度范围内微生物的生理活动最旺盛; 当水温  $< 20$  时, 微生物的代谢功能则会受到影响<sup>[2]</sup>。

## 2.3 对 TP 的去除效果

厌氧和好氧段对粪便污水中的磷基本无去除效果, 主要是在絮凝池中实现对磷的去除。通过小试比较发现, 选用  $Ca(OH)_2$  作为絮凝剂进行化学除磷较为经济, 其最佳投量为  $300 \sim 400$  mg/L。在实际运行中, 当进水 TP 为  $30 \sim 60$  mg/L 时, 在絮凝池中投加  $400$  mg/L 的  $Ca(OH)_2$ , 经絮凝沉淀后出水的 TP 浓度可降至  $0.3 \sim 0.5$  mg/L, 达到了《污水综合排放标准》(GB 8978—1996) 的一级标准。

## 2.4 对色度的去除效果

粪便污水经生化处理后色度仍很高, 好氧段出水的色度约为 150 倍, 在消毒池前端设置活性炭吸附柱来去除色度, 吸附 1 h 后色度降至  $20 \sim 30$  倍, 可达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996) 的一级标准。

## 3 结论

生物—化学工艺对粪便污水的处理效果较好, 当进水的 COD、 $NH_3-N$ 、TP 分别为 ( $20\ 000 \sim 40\ 000$ )、( $500 \sim 700$ )、( $30 \sim 60$ ) mg/L 时, 出水的 COD、 $NH_3-N$ 、TP 可分别降至 ( $60 \sim 100$ )、( $7 \sim 15$ )、( $0.3 \sim 0.5$ ) mg/L, 色度降至  $20 \sim 30$  倍, 出水水质达到了《污水综合排放标准》(GB 8978—1996) 的一级标准。

在该生物—化学工艺中, 厌氧段主要用于去除 COD, 好氧段主要用于去除  $NH_3-N$ , 絮凝池主要用于去除 TP [絮凝剂为  $Ca(OH)_2$ , 投量为  $400$  mg/L], 活性炭吸附柱主要用于去除色度。

## 参考文献:

- [1] 徐慧芳, 樊耀波. 膜生物反应器在粪便污水处理中的研究与应用 [J]. 环境污染治理技术与设备, 2002, 3 (6): 75 - 81.
- [2] 王欲鹏, 陈坚, 华兆哲, 等. 硝化菌群在不同条件下的增殖速率和硝化活性 [J]. 应用与环境生物学报, 1999, 5 (1): 64 - 68.

电话: 13896147694

E-mail: hanqiao296@163.com

收稿日期: 2008-05-04