

# 高密度沉淀池在污水处理厂提标改造工程的应用

张 双<sup>1</sup>, 陈贵生<sup>1</sup>, 杨仁凯<sup>2</sup>, 张 华<sup>3</sup>

(1. 重庆市三峡水务有限责任公司, 重庆 400020; 2. 重庆水务集团股份有限公司, 重庆 400020; 3. 重庆市排水有限公司 白含污水处理厂, 重庆 400020)

**摘 要:** 三峡库区某污水处理厂设计规模为  $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 采用 SBR 处理工艺, 出水水质执行一级 B 标准。为保护三峡库区水环境, 进一步削减污染物排放量, 该污水处理厂拟进行提标改造。介绍了提标改造工艺的主要设计参数, 分析了运行成本和产生的环境效益。改造后运行结果表明, 出水水质能稳定达到一级 A 标准, 满足设计要求。

**关键词:** 污水处理厂; 提标改造; 高密度沉淀池

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)24-0080-05

## Application of Densadeg in Upgrading and Reconstruction of a WWTP

ZHANG Shuang<sup>1</sup>, CHEN Gui-sheng<sup>1</sup>, YANG Ren-kai<sup>2</sup>, ZHANG Hua<sup>3</sup>

(1. Chongqing Three Gorges Water Service Co. Ltd., Chongqing 400020, China; 2. Chongqing Water Group Co. Ltd., Chongqing 400020, China; 3. Baihan WWTP of Chongqing Drainage Co. Ltd., Chongqing 400020, China)

**Abstract:** A WWTP with design scale of  $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  in the Three Gorges reservoir area, adopted SBR treatment process to meet the first level B for effluent quality standard. In order to protect water environment in the Three Gorges reservoir area, the WWTP was upgraded and reconstructed to further reduce pollutant emissions. The main design parameters of the treatment process were introduced and the operation cost and environmental benefits after reconstruction were analyzed. The operation result shows that the effluent quality can reach the first level A criteria and meet the design requirements.

**Key words:** WWTP; upgrading and reconstruction; Densadeg

为保护三峡库区水环境, 需进一步减少库区流域污染物排放总量, 对库区污水处理厂进行提标改造。三峡库区某污水处理厂远期设计处理总规模为  $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 已建成规模为  $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 其中一期于 2002 年投产运行, 二期于 2017 年投产运行, 采用厌氧 + SBR 处理工艺, 出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 B 标准。

该污水处理厂自建成后, 系统运行稳定, 设备运

转平稳, 出水水质均能稳定达标。2018 年对该污水处理厂进行提标改造, 构筑物和设备均按远期  $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  规模预留和配置。

### 1 现状工艺流程及运行情况

#### 1.1 现状工艺流程

现状处理工艺流程如图 1 所示。污水先经过粗格栅拦截较大漂浮物和杂质, 再由污水提升泵提升至细格栅进一步去除较小悬浮物, 细格栅出水通过旋流沉砂池除砂后, 进入厌氧池、SBR 池进行脱氮除

磷和沉淀,上清液通过滗水器流入接触消毒池,经消毒后达标排放。SBR 池剩余污泥排入储泥池,通过污泥脱水机脱水后外运处置。

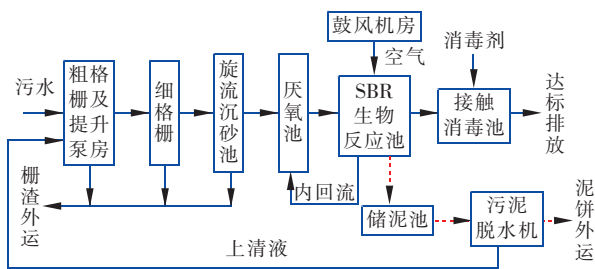


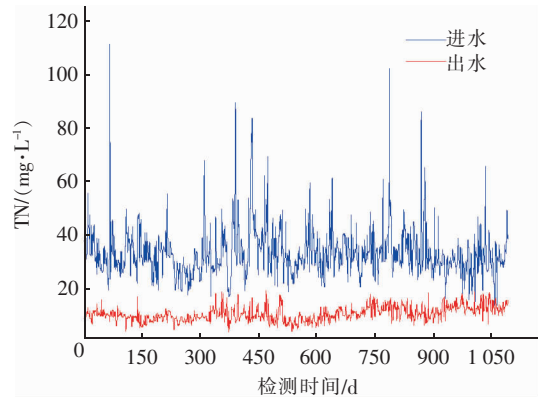
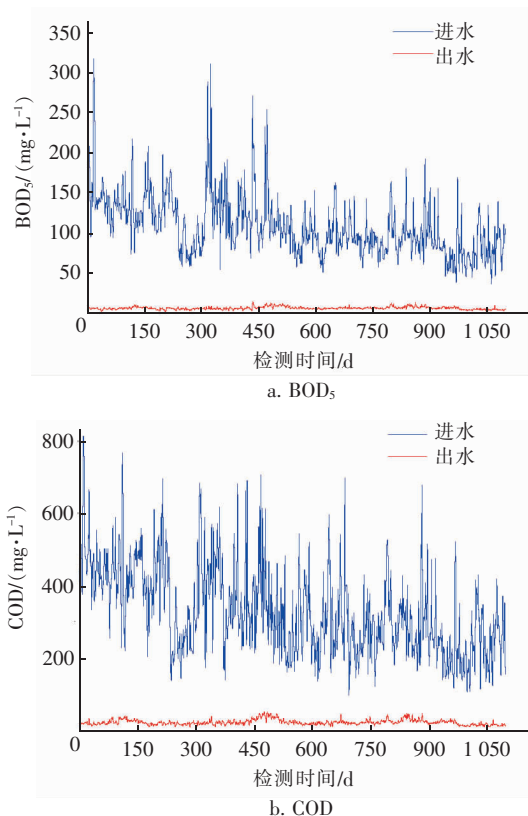
图 1 原污水处理厂工艺流程

Fig. 1 Original flow chart of wastewater treatment process

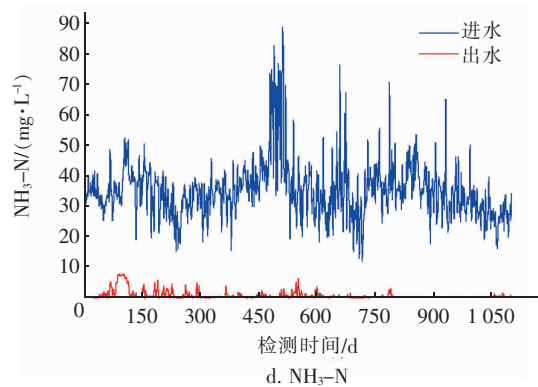
## 1.2 原进、出水水质

受园区上游垃圾渗滤液进入的影响,该污水处理厂进水各项指标波动较大,但出水  $BOD_5$ 、 $COD$ 、 $SS$ 、 $NH_3-N$ 、 $TP$  指标均能达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 B 标准,达标率为 100%。这说明原设计采用的厌氧池 + SBR 处理工艺运行稳定,具有较强的抗冲击负荷能力。

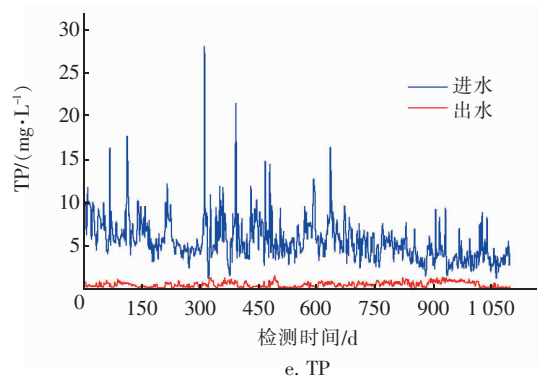
该污水处理厂 2015 年 11 月—2018 年 11 月进、出水水质监测数据如图 2 所示。



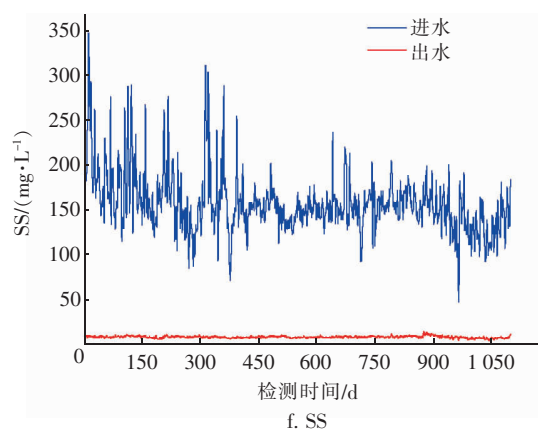
c. TN



d.  $NH_3-N$



e. TP



f. SS

图 2 2015 年 11 月—2018 年 11 月进、出水水质  
Fig. 2 Actual influent and effluent quality from Nov. 2015 to Nov. 2018

与一级 A 标准对比,除 SS 以外,其余指标均不能稳定达标,其中 COD、BOD<sub>5</sub>、TN、NH<sub>3</sub>-N、TP、粪大肠菌群数达标率分别为 99.7%、96.8%、97%、98.3%、69.1%、59.9%。通过分析,由于垃圾渗滤液进入,进水 COD、BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub>-N、TN 浓度超设计进水值,导致不达标。对于 COD、BOD<sub>5</sub> 可增加曝气时间提高去除率;TN 不达标主要集中在冬季和进水 TN 较高的情况下,对于冬季运行可通过投加碳源、增强硝化液混合时间和效果,提高反硝化效率,保证 TN 稳定达标;TP 的去除主要依靠生物除磷,要确保 TP 持续稳定达标,需增加深度处理设施,并辅助添加化学除磷剂;粪大肠菌群数达标可通过增加消毒剂用量实现。本次提标改造以去除 TN、TP 为主,同时兼顾 COD、BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub>-N、SS 指标稳定达标。设计进、出水水质见表 1。

表 1 提标改造工程设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality of upgrading project  
mg · L<sup>-1</sup>

项目	BOD <sub>5</sub>	COD	SS	TN	NH <sub>3</sub> -N	TP
设计进水水质	150	450	200	38	23	6
设计出水水质	10	50	10	15	5(8)	0.5

目前污水处理厂上游已建成垃圾渗滤液处理厂并投运,系统将不再有垃圾渗滤液排入,进水浓度将进一步降低。参照污水厂现状设计进水水质、剔除垃圾渗滤液影响因素,通过综合分析,按 80% 统计频率作为设计取值,确定提标改造工程设计进、出水指标。

## 2 提标改造的工艺设计

### 2.1 提标改造工艺的确定

提标改造重点考虑去除 TN、TP 指标,TP 去除需增加深度处理工艺,并通过辅助投加化学除磷剂提高 TP 去除率。TN 主要靠微生物的硝化反硝化作用去除,增强硝化和反硝化阶段污水与微生物的混合效果即可提高 TN 去除效果,可采取增设深度处理工艺或改造 SBR 池推流器和辅助投加碳源措施。目前国内一级 A 提标改造能实现出水稳定达标的工艺较多,如 AAO + MBR、高密度沉淀池、滤布滤池、深床反硝化、V 型滤池等。鉴于本项目建设工期紧,周边无征地、施工期间不能对原生产造成影响等特殊情况,经过综合分析,选取高密度沉淀池、V 型滤池、深床反硝化滤池三种工艺,从对原构筑物影响、占地面积、建设周期、运行费用、工程投资等方面

进行比选<sup>[1-5]</sup>。这三种深度处理工艺均能使出水达标排放,但“SBR 池改造 + 新增高密度沉淀池工艺”与其他两种工艺相比,具有对原构筑物拆除和改动较小、占地少、运行费用低、运行维护便利、工程投资少等优点,且高密度沉淀池工艺在污水处理厂应用较多。因此提标改造采用“SBR 改造 + 新增高密度沉淀池”工艺。

聚合硫酸铁(PFS)与聚合氯化铝相比,有形成絮体矾花大、沉淀速度快、成本低、沉降效果不受低温环境影响等优点,且聚合硫酸铁已在本公司 20 多座污水处理厂应用,除磷效果较好,因此仍选用聚合硫酸铁作为除磷剂。化学除磷主要分为前置沉淀、同步沉淀和后置沉淀,因前置沉淀药剂投加量大,运行管理难度高,同步沉淀产生的化学污泥较多,因此采用后置沉淀除磷方式,即除磷剂投加点为高密度沉淀池混合区,除磷剂投加量通过计量泵控制。通过改造 SBR 池搅拌器,加大混合效果、辅助投加碳源、延长停曝搅拌时间,增强冬季 TN 去除效果,保证 TN 稳定达标。

### 2.2 提标改造后的工艺流程

提标改造后的工艺流程如图 3 所示。主要改造内容有:新建中间提升水池、高密度沉淀池、污泥脱水机房、除磷剂加药间,拆除原有污水脱水机房;改造 SBR 反应池,提升原有推流器功率。改造后,SBR 池上清液进入中间提升水池,经提升泵提升至高密度沉淀池混凝沉淀后,上清液排入接触消毒池消毒,最后达标排放。

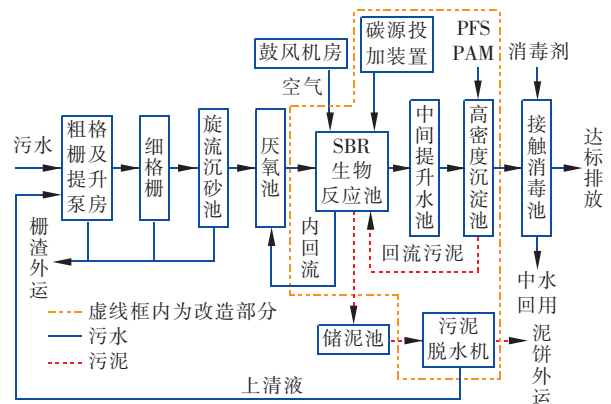


图 3 提标改造污水处理工艺流程

Fig. 3 Flow chart of wastewater treatment process after upgrading

### 2.3 主要构筑物及设备参数

① 新建中间提升水池。有效水深为 3.30 m,

有效容积为  $1\,200\text{ m}^3$ 。主要设备:潜水提升泵4台(3用1备),流量为  $784\text{ m}^3/\text{h}$ ,扬程为  $67\text{ kPa}$ ,功率为  $18.5\text{ kW}$ ,其中2台为变频控制。

② 新建污泥脱水机房(在中间提升水池上方)。污泥脱水机房包含污泥脱水加药间、碳源投加间、配电室、值班室和堆药间,建筑面积为  $325.33\text{ m}^2$ 。主要设备:带式污泥浓缩脱水一体机2台,带宽为  $2.0\text{ m}$ ,功率为  $5.5\text{ kW}$ 。水平无轴螺旋输送机1台,输送长度为  $8\text{ m}$ ,功率为  $3.0\text{ kW}$ ;倾斜无轴螺旋输送机3台,单台输送长度为  $6\text{ m}$ ,功率为  $7.5\text{ kW}$ 。污泥转子泵3台(2用1备),流量为  $20\text{ m}^3/\text{h}$ ,扬程为  $300\text{ kPa}$ ,功率为  $7.5\text{ kW}$ 。带机反冲洗泵2台,流量为  $40\text{ m}^3/\text{h}$ ,扬程为  $660\text{ kPa}$ ,功率为  $15\text{ kW}$ 。空压机1台,气量为  $21.6\text{ m}^3/\text{h}$ ,压力为  $0.7\text{ MPa}$ ,功率为  $3.0\text{ kW}$ 。PAM溶解加药装置3套,单套容积为  $2\,500\text{ L}$ ,配PAM投加计量泵7台(4用3备),单台流量为  $1\,000\text{ L/h}$ ,扬程为  $0.4\text{ MPa}$ ,功率为  $0.75\text{ kW}$ 。碳源投加装置1套,按2天投加量考虑,容积为  $2\,500\text{ L}$ ,配碳源投加计量泵3台(2用1备),单台流量为  $1\,000\text{ L/h}$ ,扬程为  $0.4\text{ MPa}$ ,功率为  $0.75\text{ kW}$ 。

③ 新建高密度沉淀池。1座(分两组),由混合区、絮凝区、沉淀区、浓缩区、污泥回流系统及剩余污泥排放系统组成,其中混合区停留时间为  $2\text{ min}$ ,絮凝区停留时间为  $10\text{ min}$ ,沉淀区负荷为  $12.0\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。高密度沉淀池采用钢筋混凝土结构,尺寸( $B \times L \times H$ )为  $22.90\text{ m} \times 17.2\text{ m} \times 6.5\text{ m}$ 。

主要设备:快速混合搅拌机4套,直径为  $500\text{ mm}$ ,轴长为  $2.1\text{ m}$ ,功率为  $3.0\text{ kW}$ ;慢速絮凝搅拌机2台(含中心搅拌筒),直径为  $1\,500\text{ mm}$ ,轴长为  $4.7\text{ m}$ ,功率为  $3.0\text{ kW}$ ;中心传动刮泥机2套,直径为  $10\text{ m}$ ,功率为  $0.55\text{ kW}$ 。污泥转子泵4台,流量为  $40\text{ m}^3/\text{h}$ ,扬程为  $300\text{ kPa}$ ,功率为  $7.5\text{ kW}$ 。

④ SBR池改造。现状污水处理厂一期SBR池两组(共4格),每格安装2台潜水推流器,单台功率为  $5.5\text{ kW}$ 。更换原有8台推流器,叶轮直径为  $1\,800\text{ mm}$ ,转速为  $62\text{ r/min}$ ,功率为  $7.5\text{ kW}$ 。

### 3 运行效果及成本效益分析

#### 3.1 运行效果

提标改造工程于2018年12月通水运行,经过3个月调试运行后,高密度沉淀池进入稳定运行期,各项出水指标均能稳定达到《城镇污水处理厂污染

物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准,满足设计要求。由2019年3月进、出水水质数据可知,在高密度沉淀池加入聚合硫酸铁和PAM,平均出水TP值  $<0.1\text{ mg/L}$ ,除磷效果明显。由于沉淀池的絮凝沉淀作用,高密度沉淀池对出水SS、TN、COD也有一定的去除作用,高密度沉淀池对SS、TN、COD的去除率分别为  $12.5\%$ 、 $21.1\%$ 、 $22.8\%$ ;高密度沉淀池进、出水  $\text{BOD}_5$  几乎没有变化,可能是因为微生物在SBR池与  $\text{BOD}_5$  进行了充分的反应,  $\text{BOD}_5$  消耗达到了极限。通过更换SBR池推流器,同时辅助投加碳源,平均出水TN为  $6.9\text{ mg/L}$ 。

#### 3.2 经济和环境效益分析

本次提标改造总投资为  $1\,891$  万元,新增运行费用  $0.081\text{ 元}/\text{m}^3$ ,其中电费新增  $0.039\text{ 元}/\text{m}^3$ ,药费新增  $0.042\text{ 元}/\text{m}^3$ 。提标改造工程建成投运后,COD、 $\text{BOD}_5$ 、TN、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、TP削减量分别为  $5.30$ 、 $1.80$ 、 $1.65$ 、 $1.20$ 、 $5.48\text{ t/a}$ 。由此可见,该提标改造工程投资少、新增运行费用较低且环境效益显著。

#### 4 结语

① 通过更换SBR池推流器,新增高密度沉淀池处理设施后,达到了设计要求。系统运行稳定,各项出水指标均能稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准。

② 提标后的运行结果表明,经过高密池沉淀池处理后,平均出水TP  $<0.1\text{ mg/L}$ ,除磷效果明显,且由于高密度沉淀池的絮凝沉淀作用,对SS、TN、COD也有一定的去除效果。

③ 本次提标改造进一步削减了污染物排放量,对当地水环境的改善和三峡库区水环境保护有积极的作用。

#### 参考文献:

- [1] 李慧. 高效沉淀池的工艺设计与应用案例[J]. 净水技术,2012,31(2):84-87.  
Li Hui. Design and application cases of technological processes for high-efficiency sedimentation tank [J]. Water Purification Technology, 2012, 31(2): 84-87 (in Chinese).
- [2] 李采芳,杨丹,王志刚. A/O+高效沉淀+深床滤池用于污水厂提标扩建[J]. 中国给水排水,2018,34(16):88-92.  
Li Caifang, Yang Dan, Wang Zhigang. Application of A/O, high efficiency sedimentation tank, denitrification deep-



bed filter process in upgrading and expansion of WWTP [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(16): 88-92 (in Chinese).

- [3] 钟昊亮. 深圳市污水处理厂提标改造生产保障措施 [J]. 中国给水排水, 2018, 34(24): 26-31.

Zhong Haoliang. Production guarantee measures for upgrading and renovation of Shenzhen sewage treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(24): 26-31 (in Chinese).

- [4] 梁仁礼, 温泽军, 谭绮娜, 等. 江门某生活污水处理厂二期工程工艺设计 [J]. 净水技术, 2018, 37(12): 103-106.

Liang Renli, Wen Zejun, Tan Qina, et al. Technical design of the second phase of a sewage treatment plant in Jiangmen [J]. Water Purification Technology, 2018, 37(12): 103-106 (in Chinese).

- [5] 宋田翼. 山东省冠县污水处理厂扩建及深度处理工程设计 [J]. 中国给水排水, 2016, 32(12): 82-84.

Song Tianyi. Extension and advanced treatment project of

sewage treatment plant in Guanxian, Shangdong Province [J]. China Water & Wastewater, 2016, 32(12): 82-84 (in Chinese).



作者简介: 张双(1988-), 男, 重庆人, 硕士, 工程师, 主要从事水污染控制理论与技术研究。

E-mail: cqdxshuangzai@163.com

收稿日期: 2019-03-14

(上接第79页)

计工艺基础上科学地开展精细化生产研究。

#### 参考文献:

- [1] 江伟民, 蒋健, 夏炜, 等. 合肥市朱砖井污水处理厂提标改造设计与研究 [J]. 中国给水排水, 2015, 31(10): 64-68.

Jiang Weimin, Jiang Jian, Xia Wei, et al. Design of upgrading reconstruction project in Hefei Zhuzhuanjing Sewage Treatment Plant [J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(10): 64-68 (in Chinese).

- [2] 甘冠雄, 彭永臻, 桂丽娟, 等. CASS 工艺改造与强化脱氮研究 [J]. 中国给水排水, 2011, 27(19): 68-71.

Gan Guanxiong, Peng Yongzhen, Gui Lijuan, et al. Reconstruction of CASS process and enhanced nitrogen removal [J]. China Water & Wastewater, 2011, 27(19): 68-71 (in Chinese).

- [3] 周雹, 周丹. 污水脱氮工艺中外部碳源投加量简易计算方法 [J]. 给水排水, 2011, 37(11): 38-41.

Zhou Bao, Zhou Dan. Simple calculation method for external carbon source dosage in sewage denitrification

process [J]. Water & Wastewater Engineering, 2011, 37(11): 38-41 (in Chinese).



作者简介: 陈孔明(1984-), 男, 安徽合肥人, 硕士, 工程师, 主要从事水处理工艺设计研究、施工建设项目组织管理与污水处理厂运维管理等工作。

E-mail: 150615781@qq.com

收稿日期: 2019-02-19