

# 上向流反硝化深床滤池模块化标准件用于大型污水厂

伍波, 叶昌明

(深圳市清泉水业股份有限公司, 广东 深圳 518116)

**摘要:** 深圳市横岗污水处理厂一期采用上向流反硝化深床滤池模块化标准件进行提标改造。该工程从设计至调试运行共2个月,出水水质已达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)的准Ⅳ类标准,且达到设计产水规模 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。实践表明,上向流反硝化深床滤池标准件特别适用于建设工期紧的提标改造工程。同时,该项目的成功应用为大型污水处理厂采用模块化标准件现场装配的建设方式提供了经验。

**关键词:** 污水处理厂; 提标改造; 模块化水处理装备; 反硝化深床滤池

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)18-0099-03

## Application of Upflow Denitrification Deep Bed Filter Modular Standardized Equipment in Large WWTP

WU Bo, YE Chang-ming

(Shenzhen Qingquan Water Industry Co. Ltd., Shenzhen 518116, China)

**Abstract:** The modular standardized equipments of upflow denitrification deep bed filter were used for the phase I upgrading project of Shenzhen Henggang wastewater treatment plant (WWTP). The effluent quality of the project reached quasi-Ⅳ level standard of *Environmental Quality Standard for Surface Water* (GB 3838 - 2002) at the designed water production capacity of  $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  after commissioning for two months. The results showed that the upflow denitrification deep bed filter standardized equipment were especially suitable for the renovation projects with short construction period. At the same time, the successful application of the project provided valuable experience for the construction of modular water treatment equipment in large-scale WWTPs.

**Key words:** wastewater treatment plant; upgrading and reconstruction; modular water treatment equipment; denitrification deep bed filter

近些年来,随着全国范围内污水处理厂提标改造项目的加快实施,现行土建建设模式已日益不能满足当前需求<sup>[1]</sup>,主要是该建设模式环节过多,建设工期长,设备供货周期长。与土建结构模式相比,模块化水处理装备因其能够实现工厂化预制、施工现场模块化拼装组合,能够有效避免建造垃圾产生,具有建设工期短、安装维护便捷、出水稳定等特点,成为可替代传统土建结构模式的技术之一。

为了提高深圳市横岗污水处理厂出水水质,在

原有SBR工艺后端增设上向流反硝化深床滤池标准件用于深度处理,成为全市首例应用模块化水处理装备的大型污水处理厂提标改造项目。目前,一体化/模块化水处理设备在我国农村生活污水处理取得了较好的成效<sup>[2]</sup>,但在大型污水处理厂应用未见报道,尤其是 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 以上规模的项目。

### 1 工程概况

横岗污水处理厂(一期)设计处理能力为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,自2003年6月正式投入运行以来,污水

处理设备运转良好,平均处理污水量为  $9.58 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。该项目原采用的工艺为粗格栅→进水泵房→细格栅→旋流沉砂池→巴氏计量槽→SBR反应池→纤维转盘滤池→消毒接触池→排放。由于SBR工艺处理效果不稳定,容易造成纤维转盘滤池堵塞,导致实际出水水质不能稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级A标准。为此,需在一期工程基础上,将出水水质提升为《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)的准V类标准。

横岗污水处理厂(一期)进水为生活污水,近半年出水COD、BOD<sub>5</sub>、氨氮均能稳定达到地表V类标准,总氮、总磷偶尔超标。因此,需对SBR的出水TN、TP进行深度处理。近一年的出水总氮最大值为20 mg/L,考虑排水规律及稳定达标的要求,进水总氮按照最大值设计,总磷按照一级A标准设计。设计进、出水水质如表1所示。

表1 设计进、出水水质

Tab.1 Design influent and effluent quality

mg · L <sup>-1</sup>					
项 目	COD	BOD <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> - N	TN	TP
进水水质	40	10	2.0	20	0.5
出水水质	40	10	2.0	15	0.4

## 2 工艺设计

### 2.1 工艺流程

改造后工艺流程见图1。

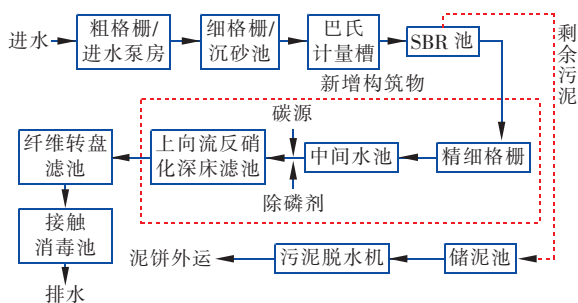


图1 改造后工艺流程

Fig.1 Flow chart of upgrading process for sewage treatment

### 2.2 主要工艺单元及设计参数

#### ① 精细格栅池

新增精细格栅池主要目的是防止SBR出水杂质较多堵塞滤床,影响上向流反硝化深床滤池处理效果。共设1座、3格精细格栅池,钢筋混凝土结构,尺寸( $L \times B \times H$ )为6.0 m × 6.0 m × 2.0 m。池

内安装转鼓式精细格栅3台(2用1备),有效过流量为3 000 m<sup>3</sup>/h,栅间距为2 mm,功率为3 kW。

#### ② 中间水池

中间水池1座,钢筋混凝土结构,尺寸( $L \times B \times H$ )为32.0 m × 19.0 m × 4.5 m,有效水深为3.5 m。池内安装潜水提升泵3台(2用1备),流量为2 800 m<sup>3</sup>/h,扬程为130 kPa,功率为160 kW。

#### ③ 上向流反硝化深床滤池

根据相关资料,需要新建上向流反硝化深床滤池模块8套,结构为碳钢防腐,设计处理规模为10 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d,单套尺寸( $L \times B \times H$ )为12.0 m × 6.0 m × 4.5 m,单套有效过滤面积为72 m<sup>2</sup>,滤速为7.2 m/h,采用石英砂滤料,粒径为2~4 mm,滤料层高为3.0 m,空床停留时间为27.0 min,反硝化负荷为0.75 kgNO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N/(m<sup>3</sup> · d)。

#### ④ 设备间

由于上向流反硝化深床滤池过滤一定周期后需要进行反冲洗,故新增1座设备间,砖砌结构,尺寸( $L \times B \times H$ )为13.5 m × 6.2 m × 6.0 m,以供安装滤池反冲洗所需设备以及空压机系统。反洗水泵流量为1 200 m<sup>3</sup>/h,扬程为150 kPa,功率为75 kW,共3台,2用1备;反洗风机风量为60 m<sup>3</sup>/min,风压为0.06 MPa,功率为90 kW,共2台,1用1备;空压机风量为1.0 m<sup>3</sup>/min,风压为1.0 MPa,功率为7.5 kW,共2台,1用1备。

#### ⑤ 加药间

新增1座砖砌加药间,尺寸( $L \times B \times H$ )为13.5 m × 8.4 m × 6.0 m,内设碳源和除磷剂投加装置。加药间安装PAC一体化溶药装置2套,1用1备,主要包括2个5.0 m<sup>3</sup> PE桶(配2.2 kW搅拌机);2台PAC投加计量泵,流量为500 L/h,压力为40 MPa,功率为0.75 kW。碳源一体化溶药装置2套,1用1备,主要包括2个20.0 m<sup>3</sup> PE桶(配2.2 kW搅拌机);2台碳源投加计量泵,流量为2 800 L/h,压力为30 MPa,功率为1.5 kW。

### 2.3 运行效果

横岗污水处理厂(一期)提标改造项目从2018年11月初开始设计,至12月27日通水调试与运行,在试运行期间其出水水质已达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)准IV类标准,并达到设计产水规模。

具体检测数据见表2。

表2 试运行期间进、出水水质

Tab.2 Influent and effluent quality during commissioning

项目	COD	BOD <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> -N	TN	TP
进水水质	30.5	7.2	0.22	20.8	0.48
出水水质	21.4	4.95	0.16	9.9	0.27

mg · L<sup>-1</sup>

## 2.4 运行费用

上向流反硝化深床滤池模块化标准件自动化程度高,能够达到现场无人值守、定时巡查的程度,故日常运行费用实际仅包括电费和药剂费两部分。

① 电费。实际运行电耗为 7 600 kW · h/d,电价按照 0.70 元/(kW · h) 计算,则电费为 0.053 元/m<sup>3</sup>。

② 药剂费。采用 PAC 为除磷剂,投加量为 658.0 kg/d,按照市场价 2.5 元/kg 计算,投加除磷剂费用为 1 645 元/d,即 0.016 元/m<sup>3</sup>。采用乙酸钠作为碳源,乙酸钠投加浓度为 30 g/m<sup>3</sup>,则乙酸钠总投加量为 3 t/d,按照乙酸钠(含量 60%)市场价 3 000 元/t 计算,药剂费用为 15 000 元/d,则碳源实际费用为 0.15 元/m<sup>3</sup>。由此,得出药剂费用为 0.166 元/m<sup>3</sup>。

综上,运行费用为 0.219 元/m<sup>3</sup>。

## 3 处理工艺和设备特点

① 处理效果稳定可靠。采用上向流反硝化深床滤池模块化标准件进行污水处理厂提标改造,从设计到试验通水仅用了 2 个月,且试运行一周左右出水水质达到地表准Ⅳ类标准,即 COD ≤ 30 mg/L, BOD<sub>5</sub> ≤ 6 mg/L,氨氮 ≤ 1.5 mg/L,总磷 ≤ 0.3 mg/L,总氮 ≤ 10 mg/L。

② 碳源省。经过调试优化,结合自适应投药控制系统,实际反硝化过程 C/N 约为 3.0,相比于传统反硝化深床滤池(C/N 不低于 3.8),上向流反硝化滤池能够节约 20% ~ 30% 的碳源。

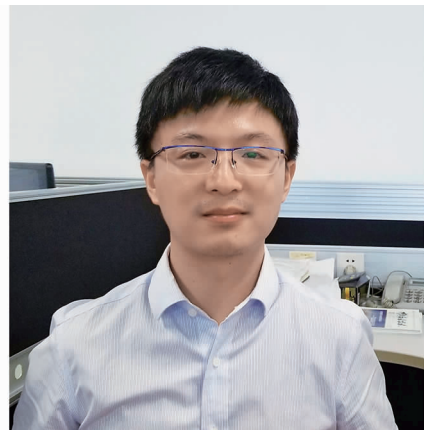
③ 同步脱氮除磷。直接在上向流反硝化深床滤池模块化标准件进水端前投加除磷剂,经快速混合装置与污水实现均匀混合,在滤床内形成微絮凝过程,通过絮凝直接过滤、滤料吸附、物理截留等作用将 SS 和 TP 去除。

## 4 结语

横岗污水处理厂(一期)提标改造工程的亮点是采用上向流反硝化深床滤池标准件,而 10 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d 规模的模块化水处理装备国内应用未见报道,本项目应属首例,且设计至调试运行的周期极短,总计 2 个月出水水质已达到地表准Ⅳ类标准。由此可见,反硝化深床滤池标准件特别适用于建设工期紧的项目。同时,该项目的建成标志着模块化水处理装备在大型污水处理厂应用的成功,可为污水处理厂提标改造工程提供经验。

## 参考文献:

- [1] 陈建平,毛云飞. 传统污水处理厂类Ⅳ类水提标改造工程实践[J]. 中国给水排水,2017,33(24):87-91.  
Chen Jianping, Mao Yunfei. Renovation of traditional wastewater treatment plant for the effluent quality similar to the fourth class[J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(24):87-91 (in Chinese).
- [2] 王睿,李亚,梅荣武. 一体化成套技术在农村生活污水处理中的应用研究[J]. 环境与可持续发展,2018(2):14-17.  
Wang Rui, Li Ya, Mei Rongwu. Research on buried integration technology for rural domestic sewage treatment [J]. Environment and Sustainable Development, 2018 (2):14-17 (in Chinese).



作者简介:伍波(1990-),男,湖南长沙人,硕士,助理工程师,从事水处理设计与研究工作。

E-mail:2850996727@qq.com

收稿日期:2018-12-02