

工程实例

后置反硝化生物滤池用于某市政污水厂提标改造

刘建威, 叶昌明

(深圳市清泉水业股份有限公司, 广东 深圳 518116)

摘要: 四川省眉山市城市污水处理厂(一期)提标改造工程采用了后置反硝化生物滤池工艺,将原有两级曝气生物滤池中第二级其中一半改造成反硝化生物滤池。主要介绍了该改造工程的参数、挂膜启动以及运行效果。实际运行表明,后置反硝化生物滤池具有明显的脱氮除磷效果,调试时TN最高去除率达95%,出水TN为1.3 mg/L。改造后出水水质稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级A标准。

关键词: 后置反硝化生物滤池; 提标改造; 挂膜启动; 脱氮除磷

中图分类号: TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)08-0076-04

Application of Post Denitrification Biofilter for the Upgrade of a Municipal Wastewater Treatment Plant

LIU Jian-wei, YE Chang-ming

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

Abstract: The first phase of Meishan Municipal Wastewater Treatment Plant in Sichuan was upgraded by using post denitrification biofilters to replace half of the original biological aerated filters in the second stage. The parameters of the transformation project, the startup of film formation and the operation effect were introduced. The actual operation showed that the post denitrification biofilter had obvious effect of denitrification and phosphorus removal. The maximum removal rate of TN is as high as 95%, and the effluent TN is as low as 1.3 mg/L during commissioning. The effluent quality after transformation could reach first class A criteria specified in *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918-2002).

Key words: post denitrification biofilter; upgrading and reconstruction; film formation; nitrogen and phosphorus removal

四川省眉山市城市污水处理厂一期工程主要处理该市区生活污水。该污水厂于2006年建成运行,设计处理规模为 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。根据国家环保要求,城镇生活污水处理厂出水排入国家和省确定的重点流域及湖泊的应执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级A标准,为此须对污水厂进行升级改造。改造工程于2016年8月开始施工,2017年1月进入调试。经过6个月试

运行,2017年8月通过了环保和竣工验收,且运行至今一直很稳定。

1 改造前后工艺对比

改造前污水处理厂实际平均进水量为 $3.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,主体工艺为初沉池加并列四组两级曝气生物滤池,总出水TN和TP超标,其他指标基本能达到一级B标准。

工艺流程见图1。

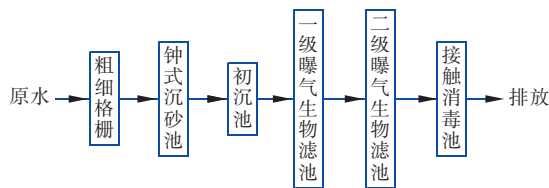


图1 改造前工艺流程

Fig. 1 Flow chart of treatment process before upgrading

改造前污水厂实际进、出水水质如表1所示。

表1 改造前实际进、出水水质

Tab. 1 Actual influent and effluent quality before upgrading
mg · L⁻¹

项 目	COD	NH ₄ ⁺ - N	TN	TP
进水水质	300	25	40	4
出水水质	30	0.7	30	3.2

改造前存在以下问题:

① 沉淀池刮吸泥机设备陈旧,吸泥泵经常堵塞,需要手动冲洗疏通,刮泥不顺畅。

② 生物滤池生物除磷效果差,导致出水 TP 经常超标。

③ 原设计对总氮未做要求,采用二级曝气生物滤池工艺,未考虑总氮去除,因此对总氮基本上没有去除效果。

④ 曝气生物滤池采用单孔膜,曝气不均匀。

通过现场调查以及根据生物滤池的设计和运行经验,在不增加主体构筑物 and 保证排放量为 4×10^4 m³/d 的基础上,最终采用以下改造方案:

① 初沉池增加投药系统、曝气系统、污泥回流系统,更换刮吸泥机(设备外露材质全部为 304 不锈钢),采用混凝工艺结合 AO 生物澄清池技术,除磷效果好,除磷剂 PFS 用量少(平均为 20 mg/L)。

表2 生物滤池工艺参数

Tab. 2 Process parameters of biofilters

项 目	最大进水量/ (m ³ · h ⁻¹)	单格面积/m ²	滤料高度/m	滤料体积/m ³	滤料规格	最大滤速/ (m · h ⁻¹)	空床停留 时间/min
一级 1#/2#	588	72.96	4.0	291.8	3 ~ 5 mm 陶粒	8.1	29.8
一级 3#/4#	462	72.96	4.0	291.8	3 ~ 5 mm 火山岩	6.3	37.9
二级 1#/2#	588	72.96	4.5	328.3	3 ~ 5 mm 陶粒	8.1	33.5
反硝化滤池	1 050	72.96	4.5	328.3	3 ~ 5 mm 陶粒	14.4	18.8

2.2 反冲洗

反冲洗风机和反冲洗水泵各 3 台(2 用 1 备),单台反冲洗风机风量为 52.8 m³/min,单台反冲洗水泵水量为 1 200 m³/h。单台反冲洗风机气洗强度

② 原有液氯接触消毒池改为紫外线消毒器,增加两组转鼓过滤器。

③ 将 3#和 4#二级曝气滤池改为反硝化生物滤池,同时在 1#和 2#二级曝气滤池出水渠各增加一台提升泵,将其出水提升至 3#和 4#一级曝气滤池出水渠,该两级滤池出水汇渠后均匀分布进入两组反硝化滤池。

④ 采用清泉公司发明专利“用于上向流滤池的滤头”(专利号:ZL200710124272.2),该滤头同时具有布水布气功能,不需要单孔膜曝气器。为了节省造价,反硝化滤池采用原滤池滤料。

改造后的工艺流程见图2。

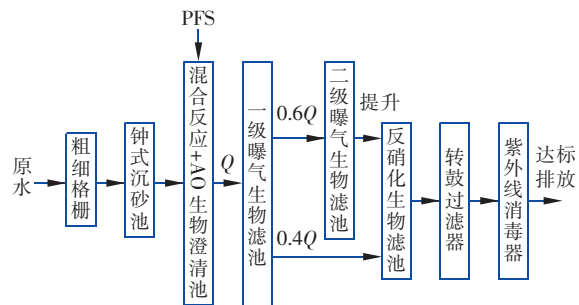


图2 改造后工艺流程

Fig. 2 Flow chart of treatment process after upgrading

2 反硝化生物滤池

2.1 反硝化滤池基本参数

反硝化生物滤池共两格,设计最高进水 TN 为 40 mg/L、出水 TN 取 10 mg/L,单格工艺参数如表2所示,对比《曝气生物滤池工程技术规程》中后置反硝化生物滤池设计参数,其中本工程滤速为 12.3 m/h,略偏大,但反硝化负荷和空床停留时间都完全满足设计要求。

为 12.1 L/(s · m²),单台反冲洗水泵水洗强度为 4.6 L/(s · m²);气洗时开启两台反冲洗风机,强度为 24.2 L/(s · m²),水洗时开启两台反冲洗水泵,强度为 9.2 L/(s · m²),反冲洗废水排入废水池后

再提升至混凝沉淀池。滤池反冲洗周期为24 h。

反冲洗步骤:底部排污→气洗(3 min)→气水联洗(10 min)→水洗(5 min)→初滤排水(根据情况确定)。

2.3 碳源控制

反硝化滤池投加碳源为稀释37%的甲醇,通过机械隔膜泵投加,泵最大流量为700 L/h,采用变频自动控制,具体投加量根据反硝化滤池进水硝态氮浓度和出水流量这两个变量自动调整。

① 反硝化生物滤池需要增加的COD量

$$C_d = Q \times n \times (N_e - N_s) \times 0.001 \quad (1)$$

式中 C_d ——需要增加COD的量,kg/h

Q ——反硝化池进水流量, m^3/h

n ——碳氮比,取4(一般设置为3~5)

N_e ——进水TN,取硝氮仪检测值,mg/L

N_s ——出水TN,控制值为10 mg/L(0~15 mg/L均可)

② 加药泵流量

$$Q_1 = \frac{C_d \times I}{K_v} \quad (2)$$

式中 Q_1 ——稀释后的碳源药液加药流量,L/h

K_v ——碳源原液COD当量,kg/L

I ——稀释后碳源溶液浓度,‰

③ 加药泵频率

$$H = \frac{Q_1 \times 50}{Q_{\max} \times A} \quad (3)$$

式中 H ——计量加药泵频率,20~50 Hz

Q_{\max} ——计量加药泵的最大流量,L/h

A ——计量加药泵冲程,‰

自动加药步骤:

① 设定好固定参数如碳氮比、出水TN等,通过式(1)计算出需要增加的COD量(C_d);

② 将计算出的 C_d 代入式(2)计算出稀释后的碳源加药量(Q_1);

③ 通过式(3)计算出碳源计量加药泵的频率,通过频率变化来改变加药量。

3 挂膜启动

3.1 后置反硝化生物滤池进水水质

统计调试与试运行期间检测数据,在没有投加碳源时,反硝化生物滤池进水COD为13~28 mg/L、BOD₅为5~8 mg/L、NH₄⁺-N为0.1~3.6 mg/L、TP为0.2~0.5 mg/L、TN为10~36 mg/L、SS为10

~15 mg/L,其中TN值季节性变化差异较大。

3.2 挂膜启动

挂膜启动于2月中旬开始,当时水温较低(15~17℃),反硝化生物滤池进水TN浓度较高,采用直接进水自然挂膜,整个挂膜启动过程共7天。开始以满水量1800 m³/h同时进入两格反硝化滤池并少量投加碳源,连续进水至第七天,通过出水TN和COD值大致判断碳源利用率和反硝化生物膜的生长情况,逐步增大碳源投加量。经过7天左右的培养,随着碳源投加量的提高,TN去除率也逐渐增加,出水COD浓度逐渐降低,说明增加的碳源逐渐被反硝化微生物利用,反硝化滤池挂膜启动时碳源投加与水质变化情况见图3,至甲醇投量增至60 mg/L(C/N为4)时,TN去除率达到67.5%,反硝化生物滤池挂膜成功。

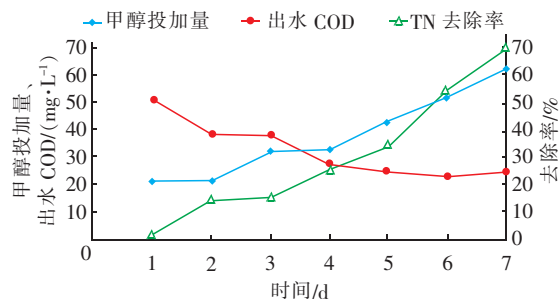


图3 反硝化滤池挂膜启动时碳源投加与水质变化

Fig.3 Carbon source addition and water quality change during start-up of denitrification biofilter

挂膜启动过程数据见表3。

表3 反硝化滤池挂膜过程的主要数据

Tab.3 Main data of film formation process for denitrification biofilter

时间/d	甲醇投加量/(mg·L ⁻¹)	进水TN/(mg·L ⁻¹)	出水TN/(mg·L ⁻¹)	TN去除率/%	出水COD/(mg·L ⁻¹)
1	20	35.5	35.3	0.6	50.1
2	20	34.0	29.6	12.9	36.6
3	30	35.1	30.2	14.0	36.4
4	30	35.4	27.4	22.6	24.5
5	40	34.3	23.6	31.2	22.5
6	50	33.4	16.1	51.8	20.3
7	60	33.8	11.0	67.5	22.1

4 运行效果

反硝化生物滤池主要去除硝态氮,同时对TP也有明显的去除效果。该污水厂投加的碳源为甲醇,在反硝化滤池进水管内安装硝氮仪检测进水硝

态氮浓度以自动控制加药量,设置出水 TN 为 10 mg/L,C/N 为 4,甲醇投加量为 20~70 mg/L,通常投加 30 mg/L 的甲醇可以去除 10 mg/L 的总氮,与理论计算的结果基本一致。统计 2017 年 4 月—7 月污水厂出水在线监测数据以及实验室数据,反硝化滤池平均进水 TN 为 22.6 mg/L,出水 TN 为 9.1 mg/L,去除率为 59.7%;反硝化滤池平均进水 TP 为 0.42 mg/L,出水 TP 为 0.24 mg/L,TP 平均去除率为 42.9%。调试时,增加碳源投加量,TN 去除率高达 95%,出水 TN 为 1.3 mg/L。反硝化生物滤池进、出水水质见表 4。

表 4 反硝化滤池进、出水水质

Tab. 4 Influent and effluent quality of denitrification biofilter

项 目	COD	BOD ₅	NH ₄ ⁺ - N	TP	TN	SS
进水/(mg·L ⁻¹)	21.0	7.2	2.1	0.42	22.6	12.2
出水/(mg·L ⁻¹)	20.1	6.9	1.3	0.24	9.1	5.8
一级 A 标准/ (mg·L ⁻¹)	50	10	5	0.5	15	10
去除率/%	4.3	4.2	38.1	42.9	59.7	52.5

滤池反冲洗周期主要根据滤池底部压力大小来决定。该反硝化生物滤池滤速高达 12.3 m/h 时的反冲洗周期为 24 h 左右,反冲洗前后压差为 15 kPa。

5 主要经济指标

该厂升级改造工程总投资为 1 259.4 万元,改造前 2015 年的处理成本为 0.25 元/m³,改造后 2017 年 8 月—12 月的处理成本为 0.37 元/m³,改造后单位水量增加总成本 0.12 元/m³。

6 结论

眉山市污水处理厂提标升级改造,在不新增加用地、不改造原来两级曝气生物滤池主体结构的基础上,初沉池部分改为混凝沉淀+AO 生物澄清池,生物滤池部分通过更换滤头、增加碳源自动投加系统及将部分滤池改为反硝化滤池等,充分发挥了后置反硝化生物滤池的脱氧除磷和截留悬浮物的功能,运行稳定,效果良好,总出水水质由改造前的《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 B 标准提升至一级 A 标准。该改造工艺切实可行,可为类似污水厂提标改造提供借鉴。

参考文献:

- [1] 林好斌,张莺. 传统污水处理厂升级改造工程实例[J]. 中国给水排水,2015,31(4):83-87.
Lin Haobin,Zhang Ying. Case study: upgrading and modification of a conventional wastewater treatment plant[J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(4): 83-87 (in Chinese).
- [2] 王兴戡,李宏斌,袁铁夫,等. 温州南片污水处理厂曝气生物滤池工艺调试[J]. 中国给水排水,2017,33(8):112-115.
Wang Xingjian, Li Hongbin, Xi Tiefu, et al. Commissioning of biological aerated filter (BAF) in Wenzhou South Wastewater Treatment Plant [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(8): 112-115 (in Chinese).
- [3] 周丹,周雹. 污水脱氮工艺中外部碳源投加量简单计算方法[J]. 给水排水,2011,37(11):38-41.
Zhou Dan, Zhou Bao. Simple calculation method for adding amount of external carbon source in wastewater denitrification process [J]. Water & Wastewater Engineering, 2011, 37(11): 38-41 (in Chinese).
- [4] 王良均,吴孟周. 污水处理技术与工程实例[M]. 北京:中国石化出版社,2007.
Wang Liangjun, Wu Mengzhou. Sewage Treatment Technology and Engineering Example [M]. Beijing: China Petrochemical Press, 2007 (in Chinese).



作者简介:刘建威(1987—),男,湖北荆州人,本科,工程师,主要从事污水处理设计及调试工作。

E-mail: 282121402@qq.com

收稿日期:2018-02-06