

小型污水厂 A/O + 硅藻精土工艺优化设计

雷培树, 贺珊珊, 陈才高

(中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北 武汉 430010)

摘要: 湖北省利川市凉雾乡小型污水处理厂一期工程设计规模为 $1\,000\text{ m}^3/\text{d}$, 采用 A/O + 硅藻精土工艺。在设计时对水力流程、生物池水力停留时间、混合液及污泥回流方式、硅藻精土混合方式、消毒方式等进行了优化。当调节池停留时间为 6 h, 生物池缺氧区水力停留时间为 2.5 h、好氧区为 7 h, 硅藻精土采用机械混合方式, 紫外线消毒调整为二氧化氯消毒后, 工艺对 SS、氨氮、总磷、动植物油和粪大肠菌群的去除率均达 90% 以上。该厂试运行 4 个月后, 出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 A 标准。

关键词: 硅藻精土; 小型污水厂; 工艺设计优化

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)20-0047-04

Optimization Design of A/O + Diatomite Process for Small Wastewater Treatment Plant

LEI Pei-shu, HE Shan-shan, CHEN Cai-gao

(Central and Southern China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Wuhan 430010, China)

Abstract: The A/O + diatomite process was optimal designed, and used in Liangwu wastewater treatment plant with capacity as $1\,000\text{ m}^3/\text{d}$ in Lichuan City, Hubei Province. The hydraulic process, the retention time of biological treatment tank, the reflux of mixed liquid and sludge, the mixing mode of diatom fine soil and the way of disinfection were optimized. When HRT of regulating tank and AO tank was respectively 6 h and 9.5 h (anoxic 2.5 h, aerobic 7 h), the diatomite was mixed via mechanical stirring, and ultraviolet radiation disinfection was replaced by chlorine dioxide disinfection, the removal efficiency of SS, $\text{NH}_3\text{-N}$, TP, animal and vegetable oil and Fecal Coliform were more than 90%. After operation for 4 months, the effluent reached the first level A criteria specified in the *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918-2002).

Key words: diatomite process; small wastewater treatment plant; process optimization design

1 工程概况

利川市位于湖北省西南边缘三峡库区的影响区, 凉雾乡位于利川市西南部 10 km 处。利川市凉雾乡工程设计总规模为 $2\,000\text{ m}^3/\text{d}$, 分两期建设。其中一期工程规模为 $1\,000\text{ m}^3/\text{d}$, 属于小型污水处理厂。

污水来源基本上为生活污水, 污水水质浓度低、水量变化大。在工艺设计时, 充分考虑小城镇污水

处理投资合理、运行经济、操作简单的要求, 采用优化的 A/O + 硅藻精土工艺。污水厂建成后, 其出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 A 标准。

2 工艺优化设计

常规 A/O 生物池 + 硅藻精土工艺中, 污水经过粗格栅由提升泵房至沉砂池, 通过 A/O 处理后, 再由中途提升泵房将污水提升至硅藻精土反应池, 跌

水至紫外线消毒池,最后经巴氏计量槽后排放。根据凉雾乡污水厂水质、水量,对工艺进行了优化设计。

2.1 工艺优化

① 水量调节的优化

因凉雾乡污水厂水量变化大,污水总变化系数大,因而在污水处理系统中设调节池用以调节水量和水质,减少对后续污水处理构筑物的冲击。调节池水力停留时间由4 h调整为6 h。调节池与进水粗格栅间及提升泵房合建以减少占地。

② 水力流程的节能优化

常规工艺中将几倍于设计规模的生物池出水全部提升至硅藻土反应池,再跌水至紫外线消毒池,能耗浪费较大。因此对水力流程进行了优化,取消常规流程中生物池出水提升水泵,取消二沉池至消毒池的跌水,使生物池出水全部自流至硅藻精土反应池(二沉池),减少能耗,降低运营成本,1 m³污水每天节省电量0.2 kW·h。

③ 生物池水力停留时间的优化

常规工艺中生物池的水力停留时间很短,缺氧与好氧总时间小于5 h,氨氮的去除效果较差。因此,去除大量的氨氮需靠后续硅藻精土反应池来完成。然而硅藻精土对小分子溶解性的氨氮等污染物去除很困难。为满足生化系统的生物脱氮功能,根据水质水量复核计算,将缺氧水力停留时间优化为2.5 h,好氧水力停留时间为7 h,总共9.5 h。

④ 混合液及污泥回流方式的优化

常规工艺在生物池内增设沉淀区,从沉淀区将混合液回流至好氧区,这不利于生物工艺脱氮,且回流液采用重力自流,不能控制其流量大小。本设计中,采用水泵提升将好氧区混合液回流至缺氧区且增加计量设施便于调节污泥回流量。

⑤ 硅藻精土混合方式的优化

常规工艺中直接将硅藻精土投入硅藻精土反应池的进水管上,通过水力混合后进入硅藻精土反应池。由于硅藻精土粘性大、吸附能力强,通过水力混合往往不均匀。因此,将硅藻精土的混合方式改为机械混合,混合点在生物池出水口,这样硅藻精土在水中混合完全且均匀,充分发挥其混凝及吸附性能,减少了硅藻精土的投加量。从而减少药剂费用,同时也减少了污泥产生量,减轻了污泥的处理负荷。

⑥ 消毒设施优化

常规工艺中采用紫外线消毒的方式,虽然运行管理方便,但紫外线消毒不能提供持久的消毒能力,还易受到悬浮物含量和浊度的影响,削弱消毒效果^[1]。此外,紫外线灯管清洗麻烦,更换成本高。因此,在优化设计中将消毒方式优化为二氧化氯消毒,杀菌效果好,持续时间长。

同时,将接触消毒池与出水巴氏计量槽合建,节省用地,美观大方。

优化后的工艺流程如图1所示。

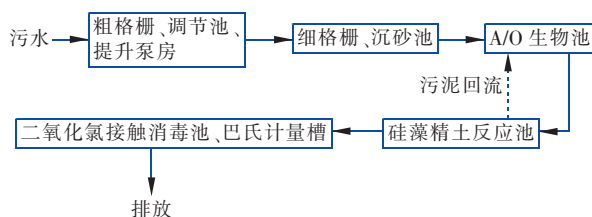


图1 优化后的工艺流程

Fig. 1 The optimized process flow chart

2.2 主要工艺设计参数及设备

① A/O生物池

设计规模为1 000 m³/d;设计流量为1 300 m³/d;污泥负荷为0.08 kgBOD₅/(kgMLSS·d);污泥浓度为3.5 g/L;好氧污泥龄为15 d;总停留时间为9.5 h;有效水深为4.5 m;有效容积为514 m³;缺氧区停留时间为2.5 h,有效容积为135 m³;好氧区停留时间为7 h,有效容积为379 m³;反硝化速率为0.03 kgNO₃⁻-N/(kgMLSS·d);标准状况下需氧量为10.7 kgO₂/h;污泥回流比为100%;设两座A/O生物池。

每座A/O池平面尺寸为16.55 m×7.65 m,沟内有效水深为4.5 m,总高度为5.3 m。缺氧区内设2台Ø500双曲面搅拌机,每台配用电机功率为1.1 kW。

好氧区供氧设备:选用2台回转式鼓风机,其中1台变频,Q=3.5 m³/min,风压为49 kPa,N=5.5 kW。

设置潜污泵2台进行内回流(1用1备),Q=55 m³/h,H=20~30 kPa,N=2.2 kW。

② 硅藻精土反应池

硅藻精土反应池采用水力循环澄清池型式,在进水管上投加硅藻精土进一步提高出水水质。根据水质的实际情况,投加量为10~20 mg/L。

设两座硅藻精土反应池,单池内径为10.8 m,

深度为 6.60 m。第一絮凝室水力停留时间为 2 min,第二絮凝池水力停留时间为 7 min,清水区水力停留时间为 2 h,上升流速为 0.3 mm/s。

设污泥回流泵 2 台(1 用 1 备), $Q=55\text{ m}^3/\text{h}$, $H=80\text{ kPa}$, $N=4\text{ kW}$ 。

3 运行效果

利川市凉雾乡污水处理厂一期工程规模为 1 000 m^3/d ,于 2012 年 10 月建成,试运行 4 个月后,请利川市环境监测站于 2013 年 1 月在污水处理厂进水口、出水口分别采样分析,监测结果见表 1。

表 1 污水水质监测结果

Tab. 1 Wastewater quality monitoring results

项 目	1 月 16 日		1 月 17 日		进口均值	出口均值	一级 A 标准	一级 B 标准
	进口	出口	进口	出口				
水温/ $^{\circ}\text{C}$	3~6	2~4	4~6	3~6	—	—	—	—
色度/倍	50	15	45	13	48	14	30	30
pH 值	7.37~7.52	7.11~7.29	7.38~7.52	7.09~7.21	—	—	6~9	6~9
SS/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	82	6	83	6	82	6	10	20
动植物油/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	7.13	0.07	7.10	0.09	7.12	0.08	1	3
$\text{NH}_3-\text{N}/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	27	0.543	28.71	0.486	27.86	0.514	8	15
COD/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	120	32	118	30	119	31	50	60
BOD ₅ / $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	52.3	9.3	49.3	9.1	50.8	9.2	10	20
总磷/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	2.958	0.177	2.873	0.173	2.916	0.175	0.5	1
$\text{Cr}^{6+}/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	0.04	0.005	0.04	0.007	0.04	0.006	0.05	0.05
阴离子表面活性剂/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	0.632	0.308	0.618	0.316	0.625	0.312	0.5	1
总镉/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01	0.01
总铅/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	0.12	ND	0.13	ND	0.12	ND	0.1	0.1
总氮/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	34.56	7.24	33.72	6.82	34.14	7.03	15	20
粪大肠菌群/ $(\text{个}\cdot\text{L}^{-1})$	92 000	460	54 000	330	73 000	395	10^3	10^4

从表 1 可见,污水设施出口各项指标均达到一级 A 标准,工艺对氨氮、动植物油、总磷、SS 和粪大肠菌群的去除率达到 90% 以上,其他指标去除率达到 70% 以上。

4 与其他工艺比较

目前常用的活性污泥法工艺有 A²/O、SBR 等,均适合用于城镇小型污水厂,现将其与硅藻精土工艺进行比较(以 1 000 m^3/d 规模为例),具体见表 2。

表 2 三种工艺比较

Tab. 2 Comparison of three processes

项 目	A ² /O 工艺	SBR 工艺	优化 A/O + 硅藻精土工艺
脱氮除磷效果	生物脱氮效果好,除磷效果有限	生物脱氮效果好,除磷效果有限	生物池脱氮及除磷效果好
抗冲击负荷能力	较弱	较强	很强
温度变化影响	较大	较大	影响小
自动控制管理	连续进水,可实现供氧量和回流比的自动调节	序批式反应,可实现供氧量和回流自动调节	连续进水,可实现供氧和回流自动调节,自动化程度高
日常维护	厂区大,设备分散,维护巡视量大	设备较多,易堵,维护量大	范围小,需重点观测加药情况
臭气影响 (对非密封水池而言)	敞开式,臭味对周围环境影响很大	部分敞开式,臭味对周围环境影响较大	加入硅藻精土水处理剂后,臭味对周围环境影响很小
占地面积/ $(\text{m}^2\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d})$	2~3	2~3	1.5~2.5
用电量/ $(\text{kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3})$	0.20~0.30	0.20~0.30	0.12~0.20
药剂费/ $(\text{元}\cdot\text{m}^{-3})$	0.18~0.20	0.18~0.20	0.12~0.15
工程投资/ $(\text{元}\cdot\text{m}^{-3})$	4 500~6 000	4 500~6 000	3 500~5 000
经营成本/ $(\text{元}\cdot\text{m}^{-3})$	0.60~0.80	0.60~0.80	0.40~0.60

注: 经营成本含外购原材料费、外购燃料及动力费、职工薪酬、修理费及其他费用。

(下转第 55 页)