

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.10.020

二沉池强化沉淀对污水处理系统稳定性的影响

彭喜林, 诸力维, 刘 晓, 张楷彬
(重庆市三峡鱼复排水有限责任公司, 重庆 401133)

摘 要: 针对二沉池出水悬浮物(SS)较高,下一级过滤工艺高负荷运行,出水 SS 触及指标预警值高频出现的问题,在二沉池投加聚丙烯酰胺(PAM)进行强化沉淀,提升了二沉池的处理效率和出水水质稳定性。PAM 不同投加量对聚合氯化铝(PAC)投加量、二沉池运行情况影响的分析表明,在一定范围内,用于强化沉淀的 PAM 投加量越大,出水 SS、TP 越稳定,且 PAC 投加量较低,总体药耗降低,化学产泥量减少对整体产泥率降低贡献较大。

关键词: 二沉池; 强化沉淀; 聚丙烯酰胺; 化学污泥

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)10-0111-05

Impact of Enhanced Settlement in the Secondary Sedimentation Tank on the Stability of Sewage Treatment System

PENG Xi-lin, ZHU Li-wei, LIU Xiao, ZHANG Kai-bin
(Chongqing Three Gorges Yufu Drainage Co. Ltd., Chongqing 401133, China)

Abstract: Aiming at the problems such as high effluent suspended solids (SS) in the secondary sedimentation tank, high-load operation of the next filtration process, high frequency of effluent SS reaching the indicator warning value, polyacrylamids (PAM) were added to the secondary sedimentation tank to enhance the settlement. As a result, the treatment efficiency of the secondary sedimentation tank and the stability of the effluent quality are improved. According to the analysis of the effect of different PAM dosages on poly aluminum chloride (PAC) dosage and the operation of secondary sedimentation tank, the greater the PAM dosage within a certain range for enhanced settlement resulting in the more stable the effluent SS and TP, the lower PAC dosage and overall chemical consumption. Thus the reduction of chemical sludge production has a greater contribution to the overall reduction of sludge production rate.

Key words: secondary sedimentation tank; enhanced settlement; polyacrylamids; chemical sludge

在二沉池投加聚丙烯酰胺(PAM)常作为改善二沉池沉淀效果的辅助方法之一。在二沉池连续投加 PAM 后,整个污水处理系统运行效能提升与否尚不明确。2018 年底—2019 年初重庆两江新区某污水处理厂二沉池出水 SS 高达 25~30 mg/L,通过在二沉池连续投加 PAM,二沉池出水 SS ≤ 15 mg/L。在改造前、后共两个年度统计期内,从出水指标稳定性、药耗影响、化学产泥量方面进行分析、比较,得出

在二沉池连续、长期投加 PAM 对该厂污水处理系统的影响是积极的。

1 工艺改造

该厂设计处理规模 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,2016 年 9 月投入运行,主要处理工业开发区生产、生活废水,其中工业废水占 74%,工业废水中以溶解性有机物为主,活性污泥质轻,SVI 值较高^[1],出水指标执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)

一级A标准。该厂建有2座中进周出辐流式二沉池,有效水深3.5 m,原设计在二沉池进水主要投加聚合氯化铝(PAC)进行化学除磷、辅助混凝沉淀去除SS,处理后的污水经下一级滤布滤池过滤,以实现出水SS达标。

宋士帮^[2]的研究表明,在二沉池加入PAM能促进絮凝体的生成,对在反应区形成有效的絮凝层具有较好的辅助作用,对提高出水水质有益。2019年5月,该厂实施二沉池连续投加PAM改造,将PAM溶液由配药间经泵和管路输送至二沉池进水配水井,经污泥管道内与污泥充分混合后流入两组二沉池。

改造后工艺流程如图1所示。

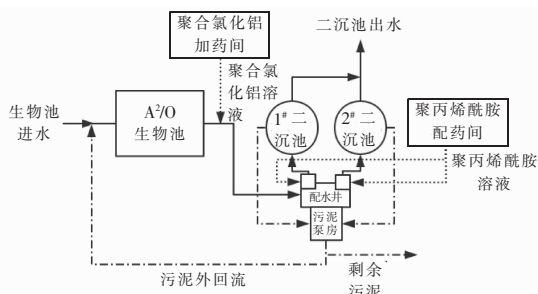


图1 改造后的污水厂工艺流程

Fig.1 Flow chart of wastewater treatment process after reconstruction

实施改造后,二沉池的上清液得到强化沉淀,SS明显减少,日常运行中二沉池泥位也稳定在0.5 m以下。

2 水质指标的变化

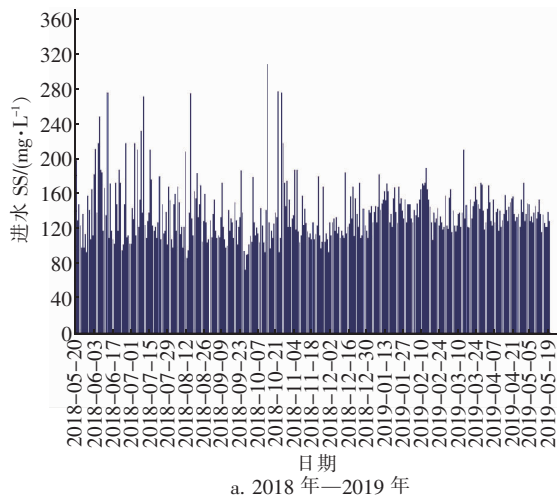
陈盈楠^[3]的研究表明,在无机-有机复配絮凝剂中,PAC-PAM除磷除浊絮凝效果较好。同时,根据该厂改造前、后两个年度内出水水质的一些局部数据可知,改造后出水SS、TP改善较为明显,其余出水指标(如COD、TN、NH₃-N等)无论是年度全部数据或者局部数据未见明显改善。因此,对改造后主要去除对象SS、TP的稳定性进行分析。

2.1 进水SS、TP

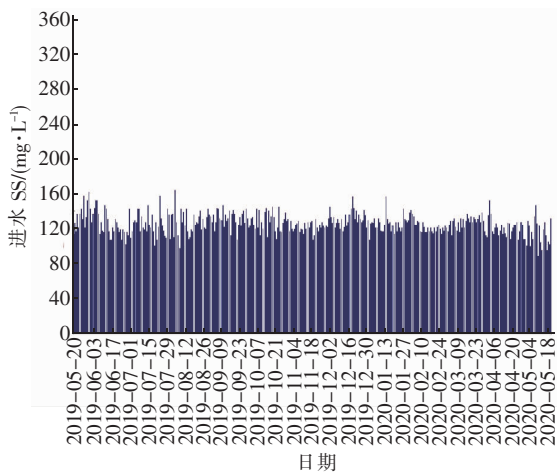
① 进水SS

该污水处理厂设计进水SS为280 mg/L,改造前、后两个年度进水SS变化如图2所示。由图2可知,2018年—2019年该厂进水SS波动变化较为明显,最大值为307 mg/L,最小值为72 mg/L,平均值为137 mg/L;2019年—2020年该厂进水SS波动变

化较小,最大值为164 mg/L,最小值为89 mg/L,平均值为126 mg/L。该厂改造前、后两个年度进水SS平均浓度在120~140 mg/L之间,均低于设计处理浓度的1/2;2018年—2019年仅存在1 d超负荷的情况,超负荷9.6%。从处理负荷上分析,改造前、后进水SS变化对出水SS稳定性的影响较小。



a. 2018年—2019年



b. 2019年—2020年

图2 2018年—2020年进水SS的变化

Fig.2 Change of influent SS in 2018-2020

② 进水TP

该污水处理厂设计进水TP为5 mg/L,改造前、后两个年度进水TP变化情况如图3所示。由图3可知,2018年—2019年该厂进水TP波动变化较为明显,最大值为18.61 mg/L,最小值为2.81 mg/L,平均值为4.76 mg/L。2019年—2020年该厂进水TP波动变化仍较为明显,最大值为18.12 mg/L,最小值为2.95 mg/L,平均值为4.23 mg/L。该厂改造前、后两个年度进水TP平均值均未超过设计值,但

是改造前一年度进水 TP 超负荷的次数占比为 26.8%,改造后一年度此项占比为 17.2%,下降 9.6 个百分点,改造前一年度 TP 处理负荷相对较大。

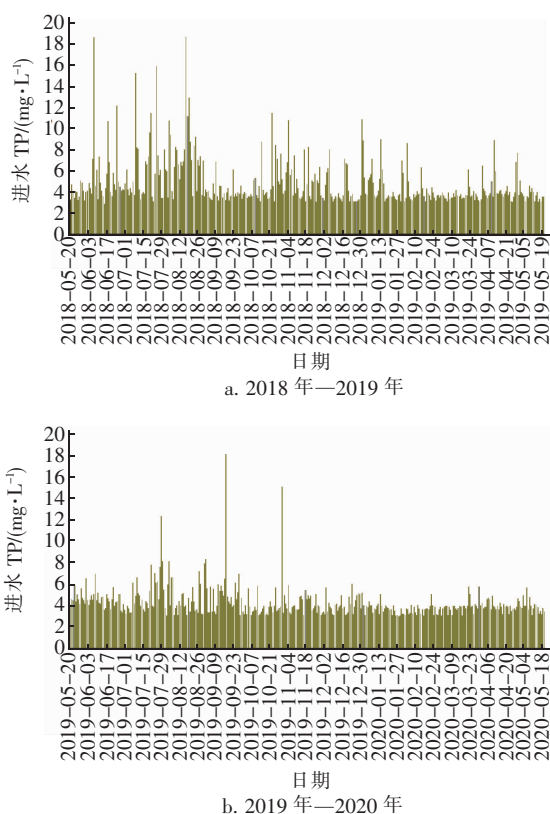


图3 2018年—2020年进水TP的变化

Fig.3 Change of influent TP in 2018 - 2020

2.2 出水SS、TP

① 出水SS

该污水处理厂出水 SS 预警值为 8.0 mg/L,改造前、后两个年度出水 SS 变化情况如图 4 所示。由图 4 可知,2018 年—2019 年该厂出水 SS 波动变化较为明显,最大值为 8 mg/L,最小值为 4 mg/L,平均值为 5.5 mg/L。2019 年—2020 年该厂出水 SS 波动变化较小,最大值为 9 mg/L,最小值为 4 mg/L,平均值为 4.9 mg/L。该厂改造前、后两个年度出水 SS 平均值变化较小,改造前一年出水 SS 超预警值的次数占比为 8.2%,改造后一年此项占比为 2.5%,下降 5.7 个百分点。

由图 2、4 的变化趋势比较得出,该厂两个年度内出水 SS 变化与进水 SS 变化未有明显的相关性,即进水 SS 变化未对出水 SS 变化造成直接影响。该厂出水 SS 稳定情况主要受污水处理系统影响,改造后出水 SS 整体均有所降低。

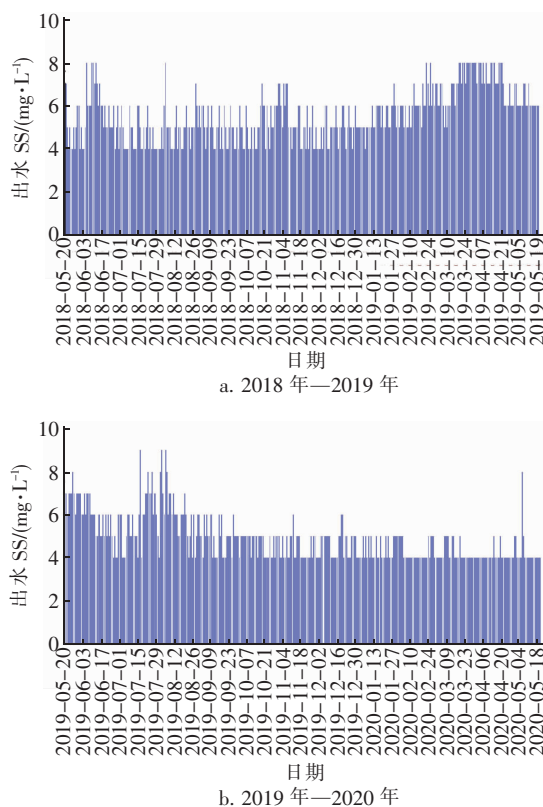
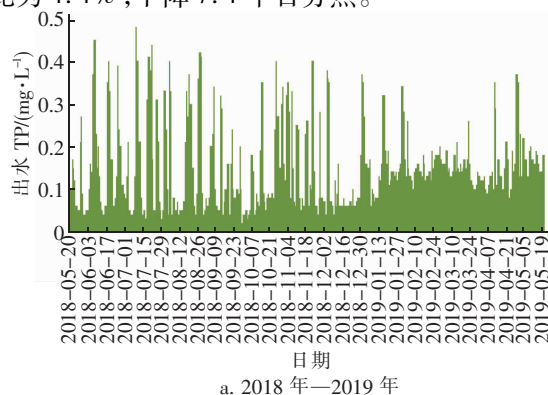


图4 2018年—2020年出水SS的变化

Fig.4 Change of effluent SS in 2018 - 2020

② 出水TP

该污水处理厂出水 TP 预警值为 0.30 mg/L,改造前、后两年出水 TP 变化情况如图 5 所示。由图 5 可知,2018 年—2019 年该厂出水 TP 波动变化较为明显,最大值为 0.48 mg/L,最小值为 0.02 mg/L,平均值为 0.14 mg/L。2019 年—2020 年该厂出水 TP 波动变化较小,最大值为 0.47 mg/L,最小值为 0.02 mg/L,平均值为 0.14 mg/L。该厂改造前、后两个年度出水 TP 平均浓度相等,但是改造前一年出水 TP 超预警值的次数占比为 11.8%,改造后一年此项占比为 4.4%,下降 7.4 个百分点。



a. 2018 年—2019 年

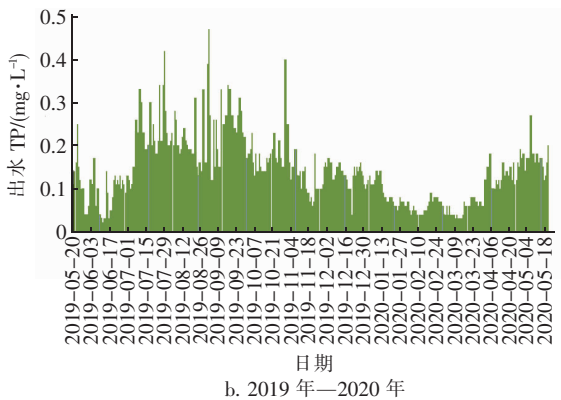


图 5 2018 年—2020 年出水 TP 的变化

Fig. 5 Change of effluent TP in 2018 – 2020

由图 3、5 的变化趋势比较得出,该厂两个年度内出水 TP 变化与进水 TP 变化存在明显的相关性,即进水 TP 变化对出水 TP 变化存在直接影响。

通过分别对两个年度进、出水 TP 数据的进一步统计分析得出,改造前一年出水 TP 超预警值的次数分别对应的进水 TP 为 4.55 ~ 18.61 mg/L,均值为 8.53 mg/L,其中超设计负荷占比 93.0%,占该年度超设计负荷总次数的 41.2%。改造后一年度出水 TP 超预警值的次数分别对应的进水 TP 为 4.20 ~ 18.12 mg/L,均值为 7.94 mg/L,其中超设计负荷占比 87.5%,占该年度超设计负荷总次数的 22.2%。因此,出水 TP 出现超预警值的情况多数是进水 TP 超设计负荷所致,但进水 TP 超设计负荷对出水 TP 的直接影响在改造后已降低近 1/2,改造后出水 TP 更趋稳定。

表 1 污水处理厂药剂耗用统计

Tab. 1 Statistics of chemical consumption in wastewater treatment plant

kg · 10³ m⁻³

项 目	2018 年—2019 年			2019 年—2020 年		
	PAC		PAM	PAC		PAM
	一级处理段	二级处理段		一级处理段	二级处理段	
单位耗用量	40.40	106.81	0	10.35	34.50	0.56
合计	147.21		0	44.85		0.56

改造前,A²/O 生物池进水 TP < 3.5 mg/L 出现的次数占总次数的 46.58%,仅采取二级处理段单点投加 PAC,单耗为 70.14 kg/10³ m³。另外,A²/O 生物池进水 TP ≥ 3.5 mg/L 出现的次数占总次数的 53.42%,该厂采取在一级处理、二级处理工艺段同时两点投加 PAC,其中一级处理段 PAC 单耗为 40.40 kg/10³ m³,二级处理段 PAC 单耗为 36.67 kg/10³ m³。按照投加点位药耗分别统计,一级处理

3 出水水质稳定性比较

周克钊等^[4]的研究表明,对于稳定运行的污水处理过程,出水水质一般服从对数正态分布规律。陈中颖等^[5]的研究表明,可在分布检验的基础上,采用等效法计算其工序能力指数,据此可得污水处理过程的等效工序能力指数(C_{pe})为:

$$C_{pe} = (\ln T_U - \mu_{\ln}) / 3\sigma_{\ln} \quad (1)$$

式中: T_U 为出水水质数据的预警值; μ_{\ln} 为出水水质数据对数的均值; σ_{\ln} 为出水水质数据对数的标准差。

改造前、后一年,该厂处于稳定运行状态,以该厂出水 SS、TP 预警值计算 C_{pe} ,改造后 2019 年—2020 年该厂出水 SS、TP 的 C_{pe} 分别为 0.86、0.52,均优于改造前 2018 年—2019 年的 0.61、0.46,改造后出水 SS、TP 稳定性更高。

4 药耗及化学产泥量分析

该厂聚合氯化铝用量变化是影响整体药耗的主要因素,而进水 TP 波动变化是影响聚合氯化铝用量变化的主要因素。进水 TP 波动变化主要是汽车制造含磷废水、印刷电路板制造含磷废水排放所致,该厂采取在一级处理、二级处理工艺段两点投加 PAC,其中一级处理段采用间歇投加方式,二级处理段采用连续投加方式,依据运行中进水 TP 波动变化关联出水 TP 波动变化这一情况可知,一级处理段投加 PAC 运行的条件在改造前后分别是 A²/O 生物池进水 TP ≥ 3.5、4.0 mg/L。改造前、后污水处理药剂消耗见表 1。

段 PAC 单耗 40.40 kg/10³ m³,二级处理段 PAC 单耗 106.81 kg/10³ m³。

改造后,A²/O 生物池进水 TP < 4.0 mg/L 出现的次数占总次数的 69.95%,仅采取二级处理段单点投加 PAC,单耗为 23.06 kg/10³ m³。另外,A²/O 生物池进水 TP ≥ 4.0 mg/L 出现的次数占总次数的 30.05%,该厂依然采取在一级处理、二级处理工艺段同时两点投加 PAC,其中一级处理段 PAC 单耗为

10.35 kg/10³ m³, 二级处理段 PAC 单耗为 11.44 kg/10³ m³。按照投加点位药耗分别统计, 一级处理段 PAC 单耗 10.35 kg/10³ m³, 二级处理段 PAC 单耗为 34.50 kg/10³ m³。

改造后 PAC 合计单位耗用量由原来的 147.21 kg/10³ m³ 降到 44.85 kg/10³ m³, 绝对下降量达 102.36 kg/10³ m³, 下降较为明显; 改造后, PAM 单耗仅为 0.56 kg/10³ m³, 该厂整体药耗降低明显。

陈中颖等^[6]的研究表明, 由于 PAM 用量较小, 对污泥产量贡献不大, 基于常规运行数据的污水处理厂 PAC 化学污泥产率系数均值为 6.31 t/tAl。该厂所用 PAC 平均含 Al 量为 15.88%, 改造前、后一年度 PAC 化学污泥量分别为 894.71、326.94 t, 改造后化学污泥减量达 567.77 t。实施改造后, 该厂湿污泥产泥率由 1.64 t/10³ m³ 降至 0.99 t/10³ m³, 化学污泥减量贡献了其中的 34.74%, 对整体产泥率降低贡献较大。

5 结论

① 在二沉池进水投加 PAM 溶液能强化二沉池的沉淀效果, 进水 TP 超设计负荷对出水 TP 的直接影响在改造后已降低近 1/2, 改造后出水 TP 更趋于稳定。

② 将出水 SS、TP 与预警值进行比较, 等效工序能力指数均优于改造前的值, 水质稳定性更高。

③ 改造后, PAC 绝对下降量明显, PAM 绝对增长量较小, 总体药耗降低明显。随着 PAC 用量的减少, 化学产泥量随之减少, 对整体产泥率降低贡献较大。

参考文献:

- [1] 张自杰, 顾夏声, 林荣忱, 等. 排水工程[M]. 4 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
- ZHANG Zijie, GU Xiasheng, LIN Rongchen, *et al.* Drainage Engineering [M]. 4th ed. Beijing: China Architecture & Building Press, 2000 (in Chinese).
- [2] 宋士帮. 二次沉淀池处理效果的优化[J]. 机电信息,

2010(3): 28-30.

SONG Shibang. Optimization of the secondary sedimentation tank treatment effect[J]. Mechanical and Electrical Information, 2010(3): 28-30 (in Chinese).

- [3] 陈盈楠. 上浮型 PAFC-(CTS-AM) 复合絮凝剂的制备及其对悬浮物和总磷去除效果的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2018.

CHEN Yingnan. The Preparation of Floatable PAFC-(CTS-AM) Hybrid Flocculant and Its Study on the Removal of Suspended Solid and Phosphate [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2018 (in Chinese).

- [4] 周克钊, 周枚. 城市污水处理厂设计进水水质确定和出水水质评价[J]. 给水排水, 2006, 32(9): 26-30.

ZHOU Kezhao, ZHOU Mi. Influent quality estimation and effluent quality evaluation of municipal wastewater treatment plants[J]. Water & Wastewater Engineering, 2006, 32(9): 26-30 (in Chinese).

- [5] 陈中颖, 刘爱萍, 许振成, 等. 污水处理厂出水稳定性的工序能力指数评价[J]. 环境工程, 2010, 28(增刊): 313-316.

CHEN Zhongying, LIU Aiping, XU Zhencheng, *et al.* Evaluation of effluent quality stability of wastewater treatment plants by process capability index [J]. Environmental Engineering, 2010, 28(S1): 313-316 (in Chinese).

- [6] 陈中颖, 许振成, 刘永, 等. 基于常规运行数据的污水处理厂污泥量核算方法[J]. 中国给水排水, 2008, 24(24): 83-86.

CHEN Zhongying, XU Zhencheng, LIU Yong, *et al.* Calculation method of sludge quantity of wastewater treatment plants based on conventional operation data [J]. China Water & Wastewater, 2008, 24(24): 83-86 (in Chinese).

作者简介: 彭喜林 (1986-), 男, 重庆人, 本科, 助理工程师, 从事污水处理技术管理工作。

E-mail: 624055330@qq.com

收稿日期: 2020-03-25

修回日期: 2020-08-13

(编辑: 衣春敏)