

工艺与设备

上海桃浦污水处理厂提标改造设计及运行效果分析

曹 隽^{1*}, 庞一敏²

(1.上海城投污水处理有限公司天山污水处理厂,上海 200336;

2.上海城投资产管理(集团)有限公司,上海 200438)

摘要:针对污水处理厂进水 SS 浓度较高和进水生物难降解化合物较多的问题,提出将均质池部分改建成初沉池和新建催化还原池方案,可显著提高污水的可生化性,最大限度地降低后续生化处理的负荷;同时针对现有 SBR 池出水氨氮较高的问题,利用原有均质池的剩余空间,为 SBR 池设置附加曝气池。对改造前后的出水水质进行了对比分析,结果表明,改造后的出水水质指标明显降低,工艺运行稳定高效,抗冲击负荷能力强,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 B 标准,大部分指标优于一级 A 标准。

关键词:污水处理厂;SBR;催化还原池

中图分类号:X703

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2019)07-0180-03

DOI:10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2019.07.037

Upgrading and renovation design for Shanghai Taopu Wastewater Treatment Plant and analysis on renovation efficiency

CAO Jun^{1*}, PANG Yi-min²

(1.Tianshan Wastewater Treatment Plant, Shanghai Chengtou Group Wastewater Treatment Co., Ltd.,

Shanghai 200336, China; 2.Shanghai Chengtou Assets Management (Group) Co., Ltd., Shanghai 200438, China)

Abstract: Shanghai Taopu Wastewater Treatment Plant was built in 1990s. The objectives of its upgrading and renovation are to make its effluent meet the first level B criteria of GB 18918—2002. Given the problems in the plant such as high SS concentration and non-biodegradable organics in influent, a scheme is proposed that a part of homogeneous pool is reconstructed into an initial sedimentation pool and a new catalytic reduction pool is constructed, which can significantly improve the biodegradability of sewage and minimize the load of subsequent biochemical treatment. Besides, additional aeration pool is proposed for sequencing batch reactor (SBR) pool by using the remaining space of former homogeneous pool so that high concentration of nitrogen in effluent can be eliminated. The comparative analysis of the treatment effect is made before and after the upgrading and reconstruction. The results show that after renovation, the contents of pollutants in effluent drop significantly, the process runs stably and efficiently with high resistance to shock loading, and the effluent quality can meet the first level B criteria specified in Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant (GB 18918—2002) with most of the indexes superior to the first level A criteria.

Key words: wastewater treatment plant; sequencing batch reactor activated sludge process; catalytic reduction pool

随着国家对水环境要求的不断提高,尤其是对污水处理厂出水氮、磷指标要求的提高,导致部分污水处理厂出水水质已不能满足要求,必须进行脱氮除磷改造^[1-2]。桃浦工业区污水处理厂位于上海市沪嘉高速公路延长线北侧、祁连山路以东、南河浜以南范围内,占地面积 8.77 万 m²,1997 年 11 月竣工并投入试运行,近期设计规模为日处理污水 6 万 m³,其中 5 万 m³/d 是工业污水,1 万 m³/d 是生活污水,污水厂最终规模为日处理污水 8 万 m³。

桃浦工业区内工业企业主要以化工、医药行业为主,这些生产厂家的生产情况随季节性变化较大。污水厂原主体工艺采用 PAC-SBR 工艺。自 1999

年投入运行后,日处理水量由 1998 年的 2 万 m³/d 上升到 2001 年的 4.82 万 m³,基本达到原设计出水水质标准。根据桃浦工业区产业结构调整及深化环境综合整治计划,桃浦污水处理厂功能定位为地区性城市污水处理厂,需对现有工艺进行改造,使污水处理厂出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的二级标准。

1 桃浦污水处理厂改造前的情况

1.1 改造前进出水水质

桃浦污水厂改造前设计进、出水水质如表 1 所示,进水 COD 和 TP 有多次超过设计进水浓度的现象。

收稿日期:2018-10-30;修回日期:2019-05-05

作者简介:曹隽(1968-),男,工程师,主要从事污水、污泥处理设施的运行管理,通讯联系人,2980709056@qq.com

表1 实际进水水质与设计进、出水水质 mg/L

项目	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TN	TP	SS
进水水质	332~630	161~315	24.8~44.3	28~76	1.23~7.82	100~186
出水水质	87~189	36~85	5.7~42.3	11~48	1.42~3.57	29~44

1.2 改造前工艺流程

改造前污水处理厂工艺流程主要有4个部分。

(1)机械预处理:由粗格栅、细格栅和沉砂池组成。污水经粗格栅去除栅渣后由泵提升,再经细格栅进一步除栅渣后由沉砂池沉去无机砂粒。

(2)污水调制:污水中和池由均质区、中和区和稳定区组成。

污水经均质区以缓冲 pH 和污染物浓度波动,如 pH 不符合要求,在 pH 中和区内加酸或加碱,通过调节以符合后续生物处理要求,稳定区内置填料。稳定区长 90 m,宽 5 m,深 6 m,停留时间 50 min,内设 1 900 m³ 半软性填料,污水经稳定区生物膜法预

处理可减轻后续生物处理的负荷。均质区和稳定区内设穿孔曝气管,供气量为 150 m³/min。

(3)投碳-生物处理(SBR):是污水处理的主体部分,由四槽交替反应池组成。污水在反应池侧槽按程序交替进水、完成反应、固液分离。SBR 设 3 座,按日处理能力 6 万 m³/d 规模建设。每座池长 112 m,宽 30 m,深 6 m,宽度方向分 4 槽,每槽宽 7.5 m,两侧槽交替作为沉淀池,总水力停留时间为 24 h,其中曝气反应时间为 16.5 h。采用鼓风机曝气,SBR 池中间 2 槽选用微孔曝气器,每槽设 2 860 只,每槽各配 0~10 mg/L 溶氧仪 1 台,SBR 池 2 侧槽选用网状膜中微孔曝气器,每槽设 2 800 只。每座 SBR 池设水下推进器 2 台,每台流量 5 000 m³/h,功率 17.5 kW,用于保持槽内污泥浓度均匀。

(4)物化后处理:考虑到今后污水排放标准的提高,污水厂内预留 70 m×80 m 空地作为日后需要添加物化后处理用地。污水处理厂工艺流程框图如图 1 所示。

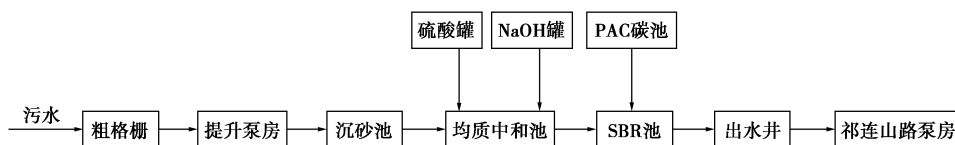


图1 改造前污水处理厂工艺流程

1.3 污水处理厂改造前存在的问题分析

工业废水含有许多生物难降解化合物,但从污染物特性来分析,影响污水厂处理效果的主要是以下原因:①有毒物质对微生物有抑制作用,影响了生物处理效果。如硝基苯是公认的抑制生物作用的物质,一般认为进入活性污泥法处理系统的最高限制浓度为 5~10 mg/L,而该厂进水远超出这一浓度。据上海市环境监测中心监测结果显示,进水硝基苯平均浓度为 21.4 mg/L。②生物降解速率较慢,在相同的工艺条件下,其他有机物已被充分降解,而难降解有机物仍有残留。③降解程度较低,生成许多中间产物。根据桃浦污水处理厂的实际进水情况,改造前污水处理厂设计水质与原设计水质有一定的差距,现状实际进水水质中有大量的有毒有害物质,如硝基苯等严重抑制后续生物处理,同时进水色度远远超过原标准的 50 倍,SS 较原设计的 100 mg/L 高,平均达到 150 mg/L 左右,氨氮也严重超标。

2 污水处理厂的升级改造

2.1 升级改造思路

污水处理厂升级改造工程主要解决水质方面的

问题。由于桃浦工业区污水处理厂作为地区性城市污水处理厂,根据上海市工业区结构调整规划,桃浦工业区已深化环境整治,全部结构调整完成,桃浦工业区工业企业排入污水处理厂出水须按照《污水排入城市下水道水质标准》(CJ 3082—1999)执行。虽然进入水中有毒物质的含量较改造前得到了一定的控制,但本工程中进水中较为突出的污染物是硝基苯类物质和色度,同时包括一些分子中具有偶氮结构的物质。硝基苯类物质的化学氧化是极其困难的,因此,本次改造考虑在生化处理前,通过还原作用可以把硝基、亚硝基、偶氮基团等还原成苯胺类化合物,而苯胺类物质是较易生化的。

与此同时,要使 COD_{Cr}、NH₃-N、TP 等多项指标达到排放要求,采用单一的生物处理方法往往不能奏效,而且会造成运行费用的不经济性,需采用生物、化学、物理等综合处理方法相结合的工艺流程,对不同的处理阶段和不同的污染物采用相应的处理方法才能达到高效、经济、合理的目的。综上所述,本次污水厂的改造重点在于减少污水进水中有毒物质的含量,同时强化生化处理前的预处理效果,提高生化池对水中 N、P 的去除。

2.2 改造方案及改造后的工艺流程

根据桃浦污水处理厂现状进水水质特点,在污水进入生物处理构筑物之前,需采取多项预处

理措施,在原有工艺的基础上对污水处理工艺进行了优化和改进。改造后污水处理厂工艺流程见图 2。

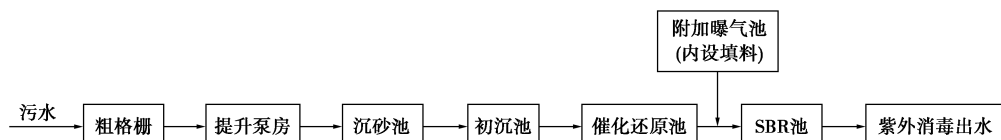


图 2 改造后污水处理厂工艺流程

设置初沉池。污水厂运行情况表明,进水中 SS 相对较高,导致在原均质池中有大量的悬浮物质沉积,一定时间后只能混合搅拌后进入 SBR 生物反应池,给后续处理构筑物增加较多的污染负荷,因此将原有均质池部分改建成初沉池,采用桥式吸泥机,将沉淀后污泥浓缩脱水,减轻后续处理构筑物的负荷。

设置催化还原内电解预处理。本工程中较为突出的是硝基苯类物质和色度,同时包括去除分子中具有偶氮结构的物质;硝基苯类物质的化学氧化是极其困难的,但通过还原作用可以把硝基、亚硝基、偶氮基团等还原成苯胺类化合物,而苯胺类物质是较易生化的。在现有技术,铁炭还原法是一种较为可行的预处理工艺,该预处理工艺是通过廉价耗材氧化将有机物还原,一些难生化的含有苯环、双键、强氧化基团、偶氮键的物质容易被还原^[3]。

改进 SBR 生物反应池。考虑到工业废水中含有对硝化、反硝化有抑制的物质,污水厂运行情况表明,现有 SBR 池出水氨氮较高,有时出水氨氮大于进水氨氮,尽管 SBR 池停留时间较长,但仍未出现硝化情况,因此 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的指标仅通过原有 SBR 处理较难达标,必须增加污水生物处理的停留时间,经方案比较,利用原有均质池的剩余空间,设置为附加曝气池。

3 改造效果分析

2017 年 1 月—12 月改造工程的实际运行数据如表 2 所示。由于进水中 SS 相对较高,设置初沉池之后,随着 SS 的大幅减少, COD 和 BOD_5 减少了约 20%,但对 TN 的去除效果不明显。污水经催化还原池处理之后,难降解的硝基苯大幅度减少,污水的可生化性显著提高,表现为 BOD_5/COD 的比值增大,为后续的生化处理创造了良好的条件。脱氮除磷效果得到加强,出水水质更稳定, COD、 BOD_5 、氨氮等指标的平均值能稳定满足 GB 18918—2002 的一级 B 标准,除 TP 外,所有指标均优于或接近一级 A 标准。即便如此,虽然进水的总磷浓度较高,但 1 年中出水浓度仅为 0.29~0.87 mg/L,大部分时间出

水仍然能满足 GB 18918—2002 的一级 A 标准。这是由于预处理构筑物催化还原池出水含有一定浓度的亚铁离子,在生化池中产生混凝作用,既利于后续生化作用,又可以促使磷酸根的化学沉淀去除,增加活性污泥的沉降性能,因此能取得优良的除磷效果。

表 2 改造工程运行效果

项目	进水	初沉池 出水	催化还原池 出水	SBR 和附加 曝气池出水
COD/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	<500	<400	<320	20.2~29.7
BOD_5 /($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	<240	<200	<180	2.3~6.0
$\text{NH}_3\text{-N}$ /($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	<35	<35	<35	1.9~5.5
TN/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	<40	<40	<40	10.8~16.1
TP/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	<5.5	<4.0	<3.0	0.29~0.87
SS/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	<150	<90	<90	9.1~10.8
硝基苯/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	<14.1	<14.1	<3.97	—

注:表中数据为 2017 年全年运行的数据。

4 结论

桃浦工业区污水处理厂升级改造工程在保持处理规模、占地面积基本不变的条件下,通过分析改造中的关键点提出针对性的措施:在原有工艺的基础上,对污水处理工艺进行了优化和改进,将原有均质池部分改建成初沉池,增设催化还原内电解预处理,改进 SBR 生物反应池等,既提高了出水水质,又降低了能耗,通过对污水处理厂改造前后运行效果的分析可知,改造后出水 BOD_5 、COD、SS、总磷和总氮浓度都明显降低。各项出水指标稳定达到了《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 B 标准,并且大部分指标优于一级 A 标准,改造效果明显。

参考文献

- [1] 薛军,王妹涵,李青青.污水处理厂升级改造中氨氮控制工艺的研究[J].环境科学与技术,2012,35(12):271-274.
- [2] 沈连峰,宋海军,胡宗泰,等.城市污水脱氮除磷工艺改造的效果研究[J].中国给水排水,2013,29(6):77-80.
- [3] 马鲁铭.废水的催化还原处理技术:原理及应用[M].北京:科学出版社,2014:15-23. ■