

淄博市某市政污水处理厂工艺提标改造分析

胡月明, 宋 伟

(光大水务(淄博)有限公司, 山东 淄博 255000)

【摘要】当前国家不断加大生态环境的保护力度,污水排放标准日趋严格,落后污水处理工艺亟需提标改造。文章旨在对淄博市某市政污水处理厂污水处理工艺问题进行分析,提出提标改造思路,开展工艺设计及工程建设,进一步提升出水水质。经分析表明,该污水处理厂工艺存在出水水质超标风险大、消毒效果差、污泥含水率高等问题。采用“芬顿氧化反应+粉末活性炭吸附+磁混凝沉淀+V型滤池处理工艺”对原工艺进行提标改造。工程建成并投入运行一年的数据分析表明,相比原工艺,提标改造后的出水水质 COD、SS、总磷、总氮、氨氮、色度等指标降低 14.7%以上,出水水质达到地表水“准 IV 类”标准。该污水处理厂的工艺提标改造取得显著效益,可为类似污水处理工艺的提标改造提供参考和借鉴。

【关键词】污水处理厂;提标改造;芬顿氧化;活性炭;磁混凝沉淀;V型滤池

【中图分类号】X703

【文献标志码】A

【文章编号】1009-6159(2024)-12-0058-04

Analysis of Standards Increasing and Process Upgrading of a Municipal Sewage Treatment Plant in Zibo

HU Yueming, SONG Wei

(Everbright Water Affairs (Zibo) Co., LTD., Zibo, Shandong 255000, China)

Abstract: At present, the state continues to strengthen the protection of ecological environment, so that the sewage discharge standards are becoming increasingly strict, and the backward sewage treatment technology needs to be upgraded. This paper aims to analyze the process of sewage treatment process of a municipal sewage treatment plant in Zibo, puts forward the idea of upgrading the standard for carrying out process design and engineering construction, and further improving the effluent quality. The analysis shows that the wastewater treatment plant has some problems such as high risk of exceeding the effluent quality, poor disinfection effect and high sludge moisture content. The original process was upgraded by adopting the new technology of "Fenton oxidation reaction + powder activated carbon adsorption + magnetic coagulation precipitation + V-type filter treatment process". The data analysis for one year after the project was completed and put into operation shows that, compared with the original process, the effluent quality COD, SS, total phosphorus, total nitrogen, ammonia nitrogen, chroma and other indexes of the upgraded effluent quality are reduced by more than 14.7%, and the effluent quality reaches the "quasi-IV" standard of surface water. The process upgrading of the wastewater treatment plant has achieved remarkable benefits, and can provide reference for similar wastewater treatment process upgrading.

Key words: Sewage treatment plant; Upgrading the standard; Fenton oxidation; Activated carbon; Magnetic coagulation precipitation; V-type filter

近年来,淄博市为全面提升水生态环境质量,实现“八水统筹、水润淄博”的水生态环境目标,市内各城镇生活污水处理厂陆续开展了水质指标提升工作,排水质量得到大幅提升。本文选取了淄博市某污水处理厂的提标改造工程开展

工程案例分析,详细介绍了该污水处理厂由原一级 A 排放标准提标至地表水“准 IV 类”标准的工程实施过程,并详细分析了该厂提标改造设计方

收稿日期:2024-05-25

作者简介:胡月明(1990—),男,工程师

案、重点提标问题和运行效果,以期为类似污水处理厂的提标改造提供参考和借鉴。

1 污水处理厂概况

1.1 提标改造前进出水水质

该污水处理厂现状总规模为 6 万 m³/d,其中一期工程项目 2009 年投运,规模为 4 万 m³/d;二期工程项目 2020 年投运,规模为 2 万 m³/d。厂区占地面积 6.67 hm²。接纳污水主要为上游城市居民生活污水及城区企业工业废水,上游企业 1/2 以上为纺织、印染企业。提标改造前的 2021 年 4 月至 2022 年 4 月期间来水水质如表 1 所示,水质波动性较大。来水经处理后,达标尾水排入孝妇河。主要出水水质执行化学需氧量(COD) ≤ 40 mg·L⁻¹、氨氮 ≤ 2 mg·L⁻¹,其余悬浮物(SS)、总磷等指标执行《城镇污水处理厂污染物排放标

准》(GB 18918-2002)中的一级 A 标准^[1]。2021 年 4 月至 2022 年 4 月期间具体出水水质如表 2。

表 1 污水处理厂进水水质

指标	平均 值	最大 值	最小 值	涵盖率				
				90%	80%	70%	60%	50%
COD/ (mg·L ⁻¹)	252	1 240	77	403	303	264	233	216
SS/ (mg·L ⁻¹)	309	2 140	69	518	389	353	300	250
总磷/ (mg·L ⁻¹)	3.1	11.4	1	4.8	3.9	3.5	3.2	2.9
氨氮/ (mg·L ⁻¹)	24.6	62.6	7.3	32.8	29.8	27.7	25.9	24.5
总氮/ (mg·L ⁻¹)	31.3	68	9.7	40.8	36.5	34.4	32.5	30.8
色度/倍	45	70	15	63.6	60	50	50	40

注:数据为该污水处理厂 2021 年 4 月至 2022 年 4 月期间的来水水质数据。

表 2 提标改造前污水处理厂出水水质

指标 ⁽¹⁾	标准限 值	平均值 ⁽³⁾	最大值	最小值	涵盖率/%				
					90	80	70	60	50
COD/(mg·L ⁻¹)	40	21 (91.7%)	35	10	21	19	18	17	16.5
SS/(mg·L ⁻¹)	10 ⁽²⁾	4.5 (98.5%)	9.0	2.0	8.0	7.0	6.0	5.0	5.0
总磷/(mg·L ⁻¹)	0.5 ⁽²⁾	0.07 (97.7%)	0.30	0.02	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06
氨氮/(mg·L ⁻¹)	2	0.46 (98.1%)	1.06	0.04	0.72	0.59	0.53	0.47	0.44
总氮/(mg·L ⁻¹)	15 ⁽²⁾	11.6 (62.9%)	14.8	5.5	13.8	13.4	12.9	12.4	11.8
色度/倍	10	6.3 (86.0%)	9.0	4.0	8.0	8.0	8.0	7.0	6.0

注:(1) 数据为该污水处理厂提标改造前 2021 年 4 月至 2022 年 4 月期间的出水水质数据;(2)《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)中一级 A 标准;(3)括号内数据为出水指标相比来水的平均降低率。

1.2 提标重点问题分析

1)出水 COD、色度指标较高。该污水处理厂承接区域内轻工业较发达,上游排水企业超过半数为纺织、印染企业,进水中含有一定比例的纺织印染废水,具有成分复杂、有机物难降解、色度高、碱性大等特点。

该污水处理厂采用芬顿氧化工艺对生化系统出水进行深度处理。根据出水水质,整体处理效果较好,大部分时间段可满足出水水质要求。但如进水中有高难降解 COD、高色度冲击,实际运行时会存在出水 COD、色度超标情况,因此本次提标改造将难降解的 COD 以及色度稳定满足提标要求作为重点关注点。

2) 出水 SS、总磷指标不能稳定达到地表水“准 IV 类”标准要求。由于一期工程前期运行中

进水水质较差,纤维束滤池运行环境和出水水质不能满足达标处理的要求,同时恶劣运行环境对纤维滤料造成了较大损伤,滤料板结、老化脱落,完全失去过滤作用,已停用多年,难以修复运行。一期磁混凝沉淀池出水直接超越至出水渠。实际运行过程中,当一期磁混凝沉淀池运行不稳定,出水出现跑泥现象时,出水 SS、总磷具有较大超标风险。

3) 一期纤维滤池冲洗水池的消毒效果不稳定。一期工程自运行以来未建设单独的接触消毒池,利用纤维滤池的冲洗水池代替接触消毒池。次氯酸钠消毒剂投加后,与尾水接触时间短,消毒效果不稳定。

4)污泥含水率高,运输处置不便。提标改造前污泥采用 3 台离心脱水机脱水,脱水后污泥含

水率小于 80%。外运污泥含水率较高,污泥体积较大,运输成本较高。同时含水率 80%的污泥无法直接处置,外运后仍需进一步脱水处理后才能进行处置。

5) 处理厂可用建设用地较为紧张。污水处理厂保留了远期扩建 2 万 m^3/d 项目用地,但为确保预留三期工程有地可用、土地够用,提标改造工程总体方案应尽可能紧凑布置,合理优化构筑物空间,对一、二期工程总平面图布置进行综合考虑。

2 提标改造工艺设计及方法

2.1 提标改造工艺思路

污水处理系统的升级改造一般主要包括两种形式,分别为二级生物处理强化和增加深度处理工艺^[2]。本次提标改造工程针对重点问题进行逐一解决,同时受限于工艺比选、工期紧张、场地紧凑等情况,计划采用增加深度处理工艺方式进行提标改造。提标改造思路如下:

1) 增加 COD、色度达标保证措施。芬顿氧化工艺对污染物的去除具有广谱性,适合于工业污水性质复杂的实际情况^[3]。但也有研究表明,传统芬顿氧化工艺反应过程中会产生大量的 Fe^{3+} 离子,使出水色度升高;而且 COD 达一定去除率后,很难再有进一步提升^[4]。为有效应对进水中高难降解 COD 和高色度冲击的情况,需增加 COD 达标保证措施,确保进水水质变化冲击时,出水 COD 和色度仍然能够稳定满足提标后的出水水质要求。

由于粉末活性炭具有良好的去除有机污染物能力,能快速降低水的色度和 COD 等其他污染物^[5],是一种收效快、效果可靠的处理工艺。且粉末活性炭工艺所需用地和设备较少,可根据实际水质灵活调节运行,使得粉末活性炭在水处理领域得到广泛应用^[6]。因此本次提标工程选用粉末活性炭吸附工艺,布置于芬顿工艺之后,磁混凝絮凝沉淀工艺之前。粉末活性炭加入到芬顿反应后的污水中,持续吸附芬顿反应未能降解的 COD 和有机显色物质,然后同芬顿反应产生的铁盐沉淀絮体在凝絮凝沉淀区处沉淀。

2) 增加 SS 和总磷达标保证措施。由于一期纤维滤池已停用多年,设备老化损坏严重,已无法重新启用。另一方面,纤维滤池滤速太高,过滤

面积过小,改造为其他滤池形式难度较大。计划将纤维束滤池及其滤池反冲洗泵房拆除,新建滤池作为磁混凝沉淀池出水的后续保证措施,方便管理维护。

如前文所述,深度处理段拟采用粉末活性炭吸附作为去除 COD 附加工艺,但当粉末活性炭投加量过多时会导致磁混凝出水产生絮体析出现象^[7],提高磁混凝沉淀区出水 SS 升高的风险。因此需要在二期磁混凝沉淀池之后增加处理效果好、截污能力强的过滤工艺作为保障。比选 V 型滤池与转盘滤池,并结合二期转盘滤池运行情况,发现 V 型滤池截污能力优于转盘滤池。且 V 型滤池日常运行及冲洗流程稳定,出水效果更好,因此将 V 型滤池作为一期滤池的工艺选型。

3) 满足一期消毒工艺所需接触时间。在一期过滤工艺后新建接触消毒池,增加消毒剂次氯酸钠与污水的接触混合时间,满足消毒所需停留时间,保障稳定的消毒效果。

4) 更换污泥处理设备,将污泥含水率降低至 60% 以下。为降低污泥含水率实现污泥减量化,选取污水处理厂常用的污泥板框压滤机和污泥一体化带式压滤机进行脱水效果比选。结果发现,从出泥效果看,污泥板框压滤机和污泥一体化带式压滤机日常运行均可实现污泥含水率降低至 60% 以下。但考虑到污泥板框压滤机对安装面积、高度要求较高,现存污泥脱水机房无法满足污泥板框机安装使用。而污泥一体化带式压滤机体积小、安装简便,满足本项目提标改造需求。因此选用污泥一体化带式压滤机作为污泥脱水工艺改造选型。

2.2 提标改造工艺流程

针对污水处理厂存在的问题,开展了提标改造工程。一期处理工艺设计为“预处理+水解池+AAO 生物反应池+芬顿反应池+活性炭吸附池+磁混凝沉淀池+V 型滤池+接触消毒池”;二期处理工艺设计为“预处理+初沉池+AAO 生物反应池+芬顿反应池+活性炭吸附池+磁混凝沉淀池+转盘滤池+接触消毒池”;污泥脱水工艺设计为“污泥浓缩池+污泥一体化带式压滤机”。

2.3 提标改造工程施工内容

本项目提标改造工程建设内容主要包括:新建一、二期活性炭吸附池;拆除原有一期深度处

理单元纤维束滤池原址,新建一期V型滤池;新建一期接触消毒池;在原有污泥脱水机房中拆除原有污泥脱水离心机,新建3台污泥一体化带式压滤机。

3 运行效果及经济效益

3.1 运行效果

本工程自2022年4月建成并进入调试投产,提标改造完成后,整体运行良好,出水均稳定达到设计出水水质。2022年5月至2023年5月期间,来水水质和提标改造后出水水质分别见表3和表4。

对比表1~表4数据可发现,经提标改造后,在来水水质变化不大的情况下,各出水水质指标

表3 污水处理厂进水水质

指标	平均 值	最大 值	最小 值	涵盖率 /%				
				90	80	70	60	50
COD/ (mg·L ⁻¹)	299	1 340	50	607	407	324	263.2	229
SS/ (mg·L ⁻¹)	348	2 130	49	636	478	414	321.6	268
总磷 / (mg·L ⁻¹)	3.5	13.3	0.6	6.2	4.7	3.8	3.3	3.0
氨氮 / (mg·L ⁻¹)	20.6	59.9	2.7	30.2	26.4	24.1	21.7	20.2
总氮 / (mg·L ⁻¹)	30.0	69.3	6.8	40.9	36.4	33.5	31.0	28.6
色度 / 倍	45	70	15	61.5	58	50	46	45

注:数据为该污水处理厂2022年5月至2023年5月期间的来水水质数据。

表4 提标改造后污水处理厂出水水质

指标 ¹⁾	标准限 值	平均值 ³⁾	最大值	最小值	涵盖率 /%				
					90	80	70	60	50
COD/(mg·L ⁻¹)	30 ⁽²⁾	14 (95.3%)	26	4	19	17	16	15	13
SS/(mg·L ⁻¹)	10 ⁽²⁾	2.9 (99.2%)	9	2	5	5	2	2	2
总磷/(mg·L ⁻¹)	0.3 ⁽²⁾	0.056 (98.4%)	0.25	0.02	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05
氨氮/(mg·L ⁻¹)	1.5 ⁽²⁾	0.39 (98.1%)	1.12	0.1	0.61	0.51	0.44	0.39	0.36
总氮/(mg·L ⁻¹)	15	9.9 (67.0%)	14.8	4.2	12.1	11.4	10.9	10.4	10.1
色度 / 倍	10	4.8 (89.3%)	7	4	5.5	5	5	5	5

注:(1) 数据为该污水处理厂提标改造后2022年5月至2023年5月期间的出水水质数据;(2)《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)中IV类水体标准;(3)括号内数据为出水指标相比来水的降低率。

的均值均有显著降低,COD、SS、总磷、氨氮、总氮、色度分别降低33.3%、35.6%、20.0%、15.2%、14.7%和23.8%;COD和色度指标的降低率分别提高了3.6和3.3个百分点。提标改造后主要出水指标稳定达到《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)中IV类水体标准^[8],表明工艺的提标改造效果较好。

3.2 工程总投资及成本分析

本工程总投资约3 900万元,其中建筑工程及设备采购安装费约为2 900万元,工程建设其他费用约为1 000万元。提标改造完成后对近一年运行数据进行统计分析发现,运行成本主要包括动力电费、药剂费、人工费、污泥处置费、大修及维护费、其他费用等,污水处理运行成本约为1.77元/m³,污水处理取得显著效益。

参考文献

[1] 国家环境保护总局,国家质量监督检验检疫总局.城镇污

水处理厂污染物排放标准:GB 18918-2002[S].北京:中国环境出版社,2002.
[2] 汝小瑞,胡香,张静.我国地方水污染物排放标准现状与思考[J].中国环保产业,2022(1):16-21.
[3] 冯亚兵,孙蓉,赵静,等.芬顿氧化在印染废水深度处理中的工程设计[J].给水排水,2023,59(7):58-63.
[4] 陈彪.一种适合工业园区污水处理的工艺—芬顿反应法[J].黑龙江环境通报,2023,36(3):166-168.
[5] 谢未,任焯,陈龙菲,等.活性炭+磁混凝高效沉淀工艺参数优化的研究[J].山东化工,2020,49(24):46-47,49.
[6] 刘文朝,闫冠宇,李连香,等.粉末活性炭在农村地表水厂中的应用模式研究 [J]. 中国农村水利水电,2015,12:82-83,86.
[7] 吉青青,陈立,周文彬,等.污水厂应用活性炭+磁混凝沉淀提标中试[J].环境工程,2019,37:10-14.
[8] 国家环境保护总局,国家质量监督检验检疫总局.地表水环境质量标准:GB 3838-2002 [S].北京:中国环境出版社,2002.

(责任编辑 赵其芬)