

工业废水与生活污水合并处理工程的改造与应用

蒋彬, 薛岳

(重庆交通大学 水利水运工程教育部重点实验室, 重庆 400074)

摘要: 介绍了江苏省某污水处理厂的工艺改造情况。在保持处理水量不变的情况下,将原设计仅处理生活污水的工艺改为工业废水与生活污水合并处理,其中工业废水量约占60%。改造内容包括增加气浮隔油-水解酸化的预处理,将原A/O工艺改为A²/O工艺,同时将无阀滤池扩建为高密度沉淀池-无阀滤池进行深度处理。结果表明,由于强化了预处理和深度处理,改造后的工艺适合处理混合型城市污水,对COD、BOD₅、NH₃-N、TN、TP的去除率分别达到92.4%、94.9%、91.1%、80.8%、95.8%,出水水质均能达到排放要求。

关键词: 工业废水; 生活污水; 预处理; A²/O工艺; 深度处理

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)08-0092-04

Modification and Application of a Combined Industrial and Domestic Wastewater Treatment Project

JIANG Bin, XUE Yue

(Key Laboratory of Ministry of Education for Hydraulic and Water Transport Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: The technological modification of a wastewater treatment plant in Jiangsu Province was introduced. The original process designed to treat domestic wastewater only was modified to treat both industrial and domestic wastewater with the same treatment capacity, of which 60% was industrial wastewater. The modification measures included adding the pretreatment of air floatation, oil separation and hydrolysis acidification, changing the original A/O process to A²/O process, and expanding the valveless filter to include a Densadeg for advanced treatment. The results indicated that the modified process was suitable to treat mixed municipal wastewater due to the enhanced pretreatment and advanced treatment. The removal rates of COD, BOD₅, NH₃-N, TN, and TP reach 92.4%, 94.9%, 91.1%, 80.8% and 95.8%, respectively, and the effluent quality could meet the discharge requirements.

Key words: industrial wastewater; domestic wastewater; pretreatment; A²/O process; advanced treatment

江苏省某集镇污水处理厂原处理对象为该集镇、周边部分村庄及某工业集中区的生活污水,原设计规模为6 000 m³/d,实际处理量为2 000~3 000

m³/d。2015年该污水处理厂由于接入大量来自工业集中区的工业废水,污染物浓度负荷过高,导致原处理工艺难以正常运行,出水水质超标。为保证污

基金项目: 重庆交通大学省部共建水利水运工程教育部重点实验室开放基金资助项目(SLK2011B03); 重庆市教委科学技术研究项目(KJ120408)

水处理厂的正常运行,使其可同时接纳生活污水和工业废水,必须对污水处理工艺进行改造。

1 处理要求

由于该污水处理厂改造后需接纳部分工业废水,因此需对工业企业废水预处理出水水质即污水处理厂纳管水质做出一定限制,以保障污水处理厂的稳定运行。主要水质指标参考《污水排入城镇下水道水质标准》(CJ 343—2010),如表1所示。主要出水指标执行《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值》(DB 32/1072—2007),其余指标执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A排放标准。

表1 污水处理厂纳管及排放标准

Tab.1 Sewage treatment plant takeover and discharge standards

项 目	污水处理厂 纳管标准	污水处理厂 排放标准
水温/℃	35	—
色度/倍	70	30
SS/(mg·L ⁻¹)	400	10
溶解性总固体/(mg·L ⁻¹)	2 000	—
动植物油/(mg·L ⁻¹)	100	1
石油类/(mg·L ⁻¹)	20	1
pH 值	6.5~9.5	6~9
COD/(mg·L ⁻¹)	500	50
BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	350	10
氨氮/(mg·L ⁻¹)	45	5(8)
总氮/(mg·L ⁻¹)	70	15
总磷/(mg·L ⁻¹)	8	0.5

2 工程改造

2.1 改造思路与工艺流程

经现场调研,原处理工艺主要存在以下问题:

① 原设计为单纯接纳城市生活污水,处理工艺为厌氧→接触氧化池→无阀滤池→二氧化氯消毒。但目前实际污水来源主要为工业废水和生活污水,有时工业废水占比高达50%~60%,COD最高超过1 000 mg/L,原处理工艺及设计参数均不能满足现阶段处理综合污水的要求。

② 由于接入了机械加工、食品加工及餐饮废水,在预处理未达到要求时,动植物油、石油类浓度较高,二者的裹挟作用严重影响了厌氧和好氧生物处理效果。

③ 由于接入了机械加工等工业废水,综合污水的B/C值较低。当工业废水占比≥50%时,B/C

值实测为0.29~0.34,可生化性较差。

④ 排放标准尤其是脱氮除磷要求提高,原处理工艺已不适宜。

根据上述分析,在处理规模($Q=6\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$)不变的情况下,为将该污水处理厂改造为工业废水占较大比例(60%)的综合污水处理厂,拟新建污水预处理单元,改建生化处理及深度处理单元。改造思路:a.增加污水预处理单元,采用气浮工艺降低动植物油浓度,通过水解酸化工艺提高污水可生化性,提高可接纳工业废水的比例;b.将原主体A/O工艺改建为A²/O工艺,提高脱氮除磷能力;c.利用原无阀滤池,强化深度处理单元,进一步去除污染物,确保出水达标排放。

基于上述改造思路,参考国内类似污水处理的工程经验^[1-5],结合既有工程的实际情况,确定改造后的工艺流程如图1所示。

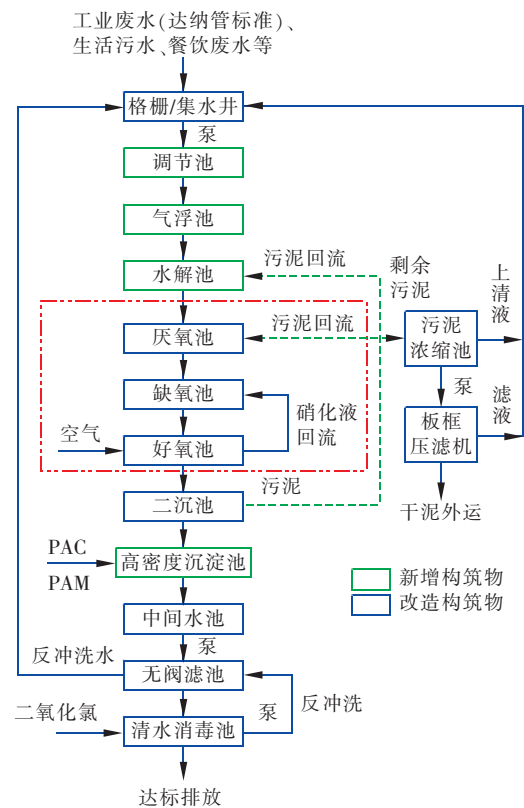


图1 改造后污水处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of wastewater treatment process after modification

2.2 改造说明

2.2.1 废水预处理单元

考虑机械及食品加工行业废水含有大量油脂、

乳化油等,本项目采用气浮隔油-水解酸化作为预处理工艺。

① 新建调节池。减少工业废水水质、水量波动对污水生化处理造成的影响,接纳经过企业预处理后的各股工业废水、生活污水、餐饮废水等,用于均匀废水水质水量,同时进行搅拌调节,确保能进行后续生化处理。

调节池尺寸($L \times B \times H$)为 $20\text{ m} \times 14\text{ m} \times 6.0\text{ m}$,有效深度 5.5 m ,新增 1 台超声波液位仪、1 套 pH 监控系统、2 台布水器和 2 台提升泵,设计水量为 $6\,000\text{ m}^3/\text{d}$,水力停留时间(HRT)取 6 h 。

② 新建气浮池。采用浅层气浮,安装 1 套高效溶气气浮设备,并投加 PAC 和 PAM,管道混合,去除机械加工、食品加工餐饮废水含有的动植物油、石油类等污染物。尺寸($D \times H$)为 $8.6\text{ m} \times 1.8\text{ m}$,有效深度 0.95 m ,设计水量 $6\,000\text{ m}^3/\text{d}$,溶气水回流比 $15\% \sim 30\%$,工作压力 $0.3 \sim 0.5\text{ MPa}$ 。

③ 新建水解酸化池。采用上流式池型,由于池深达 8.0 m ,因此不易出现跑泥现象,不必加设中间沉淀池。水解酸化池加盖,用于集气处理。HRT 是水解酸化反应器运行的主要参数之一,对于不同的水解酸化基质,要求 HRT 也不尽相同。在实际工程中,应考虑工程投资和经济效益,选择合适的 HRT,提高废水的可生化性以实现 COD 的最大去除效果。

根据同类的工程经验数据,确定水解酸化池 $\text{HRT} = 18\text{ h}$ 。水解酸化池尺寸($L \times B \times H$)为 $30\text{ m} \times 20\text{ m} \times 8.5\text{ m}$,有效深度 8.0 m ,安装 1 套 ORP 计,设计水量 $6\,000\text{ m}^3/\text{d}$,安装污泥泵 4 台,2 用 2 备。

2.2.2 生化处理单元

A^2/O 池部分新建,部分由原 A/O 池改建。 A^2/O 通过营造厌氧-缺氧-好氧的生境,利用微生物降解废水中的有机物、氨氮和磷等。厌氧池 DO 浓度一般小于 0.2 mg/L ,主要功能是厌氧释磷,二沉池回流污泥中微生物在厌氧条件下释放磷,再通过微生物在好氧段过量摄取磷、二沉池排放剩余污泥的形式去除磷,同时部分有机氮在厌氧段进行氨化。

缺氧池 DO 浓度一般为 $0.2 \sim 0.5\text{ mg/L}$,好氧池硝化液回流至此,利用缺氧池内反硝化细菌在缺氧条件下将 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 反硝化成 N_2 逸出,达到生物脱氮的目的,同时通过消耗碳源有效削减污水中有机物。

好氧池是生物处理核心构筑物,DO 浓度一般要求大于 2.0 mg/L ,主要功能是降解有机物、硝化氨氮和过量摄磷。好氧微生物降解有机污染物,可生化有机物大部分在此阶段完成降解,同时氨氮进行硝化反应,实现氨氮向硝态氮的转变,为反硝化创造条件。为实现脱氮目的,在厌氧段安装 2 台潜水搅拌机,缺氧段安装 4 台潜水搅拌机,设置内回流泵 4 台,进行内循环,将硝化液回流至缺氧池前端。设计回流比为 $200\% \sim 300\%$ 。

A^2/O 池尺寸:厌氧段($L \times B \times H$)为 $15.0\text{ m} \times 5.0\text{ m} \times 5.5\text{ m}$,有效深度 5.0 m ;缺氧段($L \times B \times H$)为 $15.0\text{ m} \times 15.0\text{ m} \times 5.5\text{ m}$;好氧段($L \times B \times H$)为 $20.0\text{ m} \times 18.0\text{ m} \times 5.5\text{ m}$ 。厌氧段、缺氧段为新建,改造原 A/O 为好氧段,设计水量 $6\,000\text{ m}^3/\text{d}$,总 HRT 为 24 h ,厌氧池、缺氧池、好氧池分别为 2.5 、 4.5 、 17 h 。

采用常规 A^2/O 的运行模式,即厌氧-缺氧-好氧的运行模式。污泥回流比(外回流)控制在 $50\% \sim 65\%$ 较为适宜。因为过高的回流比会导致大量硝酸盐随回流污泥进入厌氧池,影响聚磷菌的释磷效果,导致后续氧化阶段不能完成对磷的过量摄取;而在污泥龄不变的情况下,过低的回流比不能保证厌氧段的微生物量,同时使得污泥在二沉池停留时间过长,造成磷的释放,降低了对 TP 的去除率^[2]。经过调试, A^2/O 的内回流比宜控制在 $160\% \sim 170\%$,过大的内回流比可能使缺氧段的 DO 浓度过高,影响反硝化脱氮,从而影响 TN 的去除率。因此,应密切关注 DO 的变化,适时调整内回流比。

2.2.3 深度处理单元

采用高密度沉淀池-无阀滤池深度处理工艺作为出水水质稳定达标的保障手段。充分利用原有无阀滤池,高密度沉淀池反应区、沉淀区合建,通过投加药剂 PAC、PAM 等去除废水中的 TP、悬浮物 SS 等,进一步去除 COD,并对混凝后的絮体进行沉淀。采用斜管沉淀,确保出水 TP、SS 达标。设置混凝和絮凝搅拌机各 1 台,设计水量为 $6\,000\text{ m}^3/\text{d}$,反应时间为 20 min ,表面水力负荷为 $3.2\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,有效水深 6.5 m 。

3 改造效果及技术经济分析

该污水处理厂经改造后分别接纳生活污水约 $2\,400\text{ m}^3/\text{d}$ 、工业废水约 $3\,600\text{ m}^3/\text{d}$,部分污染物指标去除情况如表 2 所示。

表 2 部分污染物指标去除效果
Tab.2 Removal effect of some pollutants after treatment

mg · L⁻¹

项 目	COD	BOD ₅	NH ₃ - N	TN	TP	SS
调节池(综合废水)	520.3	152.7	42.7	50.4	5.42	418.5
水解酸化池	321.5	128.6	41.3	49.5	5.15	—
A ² /O 池	44.5	7.9	3.9	9.8	1.21	—
高密度沉淀池 - 无阀滤池	39.4	7.7	3.8	9.7	0.23	8.7
排放标准	50	10	5(8)	15	0.5	10

由表 2 可知,改造后出水的各项关键指标均达标,对 COD、BOD₅、NH₃ - N、TN、TP、SS 的去除率分别达到 92.4%、94.9%、91.1%、80.8%、95.8%、97.9%,TN 的去除率略低。高密度沉淀池 - 无阀滤池强化了对 TP、SS 的去除,保障了出水水质。

该工程改造总投资 950 万元,其中直接费用 850 万元,安装调试费、设计费等约 100 万元;运行成本为 0.685 元/m³。

4 结语

① 经过改造后,原仅能接纳生活污水的处理厂成为可同时接纳生活污水和工业废水的综合污水处理厂,可接纳工业废水比例提升至 60%。改造后除 TN 去除率为 80.8% 之外,COD、BOD₅、NH₃ - N、TP、SS 去除率均在 91% 以上,能够稳定达标。

② 在整体结构不做较大改动的前提下,将原有无阀滤池改造为高密度沉淀池 - 无阀滤池是完全可行的,改造后提高了滤后水质,与完全新建相比缩短了建设工期,大大降低了工程建设费用。

参考文献:

[1] 闫爱萍,李孟,张倩,等. 水解酸化工艺处理混合型城市污水的应用研究[J]. 中国给水排水,2016,32(1): 74 - 77.
Yan Aiping, Li Meng, Zhang Qian, *et al.* Application of hydrolysis-acidification process to treatment of mixed municipal wastewater[J]. China Water & Wastewater, 2016,32(1):74 - 77(in Chinese).

[2] 张莺,周瑜,何一俊,等. 城市生活污水厂处理高比例工业废水时的运行探索[J]. 中国给水排水,2013,29(10):95 - 100.
Zhang Ying, Zhou Yu, He Yijun, *et al.* Study on operation mode of urban sewage treatment plant with high proportion of industrial wastewater[J]. China Water & Wastewater, 2013,29(10):95 - 100(in Chinese).

[3] 蒋立先,肖少丹. 混凝/气浮/水解/接触氧化工艺处理

食品加工废水[J]. 广州化工,2018,46(12):122 - 123,152.

Jiang Lixian, Xiao Shaodan. Coagulation/air floatation/hydrolysis acidification/contact oxidation process for treatment of food processing wastewater[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2018, 46(12): 122 - 123, 152 (in Chinese).

[4] 陈峥,由昆,傅金祥,等. 某市第 2 污水处理厂处理工艺工程实例[J]. 水处理技术,2016,42(8):133 - 135.
Chen Zheng, You Kun, Fu Jinxiang, *et al.* The project of one city's second sewage treatment process [J]. Technology of Water Treatment, 2016, 42(8): 133 - 135 (in Chinese).

[5] 汤芳,蒋延梅,荣颖慧,等. 淄博市某城市污水处理厂运行效果分析[J]. 环境工程学报,2016,10(5): 2175 - 2183.

Tang Fang, Jiang Yanmei, Rong Yinghui, *et al.* Assessment of performance of a municipal wastewater treatment plant in Zibo, China[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2016, 10(5): 2175 - 2183 (in Chinese).



作者简介:蒋彬(1972 -),男,重庆人,博士,副教授,研究方向为水处理、生态修复、固废处置。

E - mail:jb340@163.com

收稿日期:2019 - 12 - 08