

氨纶废水处理工程的优化改造

刘 兴

(苏州依斯倍环保装备科技有限公司, 江苏 苏州 215122)

摘 要: 结合某氨纶企业废水处理工程的废水水质特点及出水水质和回用水质要求,新增加了浓水预处理系统,提出了预酸化/厌氧/AO/反硝化滤池/多介质过滤/活性炭过滤/RO的处理工艺,解决了废水处理以及回用的问题。详细介绍了改造方案及其实际运行效果。该工程对COD和氨氮的去除率分别达到97.5%和98%以上,出水水质稳定达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准。回用水水质优于《城市污水再生利用 工业用水水质》(GB/T 19923—2005)工业循环冷却水标准。

关键词: 氨纶废水; 预处理; 厌氧氨化; 回用; 工业循环冷却水

中图分类号: TU99 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)12-0107-05

Upgrade and Reconstruction of Spandex Production Wastewater Treatment Project

LIU Xing

(Suzhou CPS Environmental Protection Equipment Co. Ltd., Suzhou 215122, China)

Abstract: According to the quality characteristics of spandex production wastewater from a spandex enterprise and the requirements for the effluent quality and reuse water quality, a concentrated water pretreatment system was added and a combined process of pre-acidification/anaerobic/AO/denitrification filter/multi-media filtration/activated carbon filter/RO was put forward. The reconstruction scheme and the actual operation results of the wastewater treatment project were elaborated. The results showed that the removal rates of COD, ammonia nitrogen could reach 97.5% and 98% above. The final effluent could reach first level criteria of *Integrated Wastewater Discharge Standard* (GB 8978 - 1996) and the reused water was better than *The Reuse of Urban Recycling Water—Water Quality Standard for Industrial Uses* (GB/T 19923 - 2005).

Key words: spandex wastewater; pretreatment; anaerobic ammoniation; reuse; industrial recirculating cooling water

氨纶(聚氨酯纤维)是一种高弹性合成纤维,广泛应用于游泳衣、运动服、内衣、袜子、医用绷带等领域。氨纶生产废水具有水质水量波动大、成分复杂、总氮含量高、营养成分缺失、毒性大等特点。

嘉兴某氨纶公司年产氨纶丝14 000 t。企业生产废水主要来自组件清洗、精制蒸馏段、废气喷淋、地面冲洗等环节,主要污染物为二甲基乙酰胺

(DMAC),同时含有部分二甲胺、各种杂胺、油剂等。随着国家排放标准的提高,现有废水处理已系统无法满足企业的需要,故决定对废水处理站进行改造并将处理出水回用。

1 工程概况

1.1 进、出水水质

生产废水主要包含精制浓水和一般废水。经改

造后,出水水质从《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的三级标准提升为一级标准。回用水水质执行《城市污水再生利用 工业用水水质》(GB/T

19923—2005)标准,主要用作消防补水、工业循环冷却水。

进、出水水质及水量见表1。

表1 废水水质、水量及排放标准

Tab.1 Wastewater quality, quantity and discharge standards

项目	水量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	pH 值	COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	SS/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TN/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{NH}_3 - \text{N}/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TP/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	电导率/ ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)
一般废水	600	6~9	2 000~3 200	30~80	200~280	80~140	0.4~1.0	2 000~2 500
精制浓水	8	6~9	60 000~100 000	30~50	6 400~8 500	—	—	—
排放标准	—	6~9	100	70	—	15	0.5	2 000~2 500
回用标准	360	6.5~8.5	60	30	—	10	1.0	500

1.2 原系统流程及存在的问题

原废水处理系统以生化为主,处理流程如图1所示。

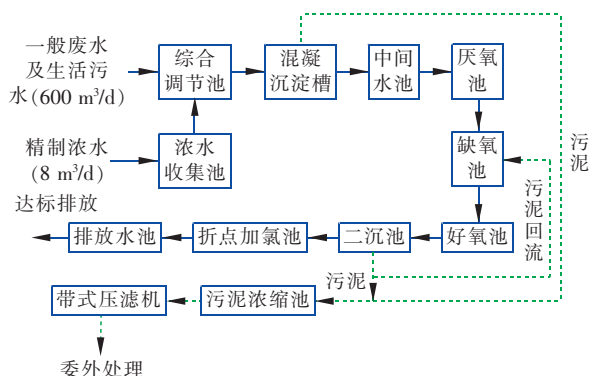


图1 原废水处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of original wastewater treatment process

改造前废水处理站主要存在以下问题:

① 精制浓水虽然水量只有 $8 \text{ m}^3/\text{d}$ 但是污染物浓度很高且排放无规律,短时间内直接排入综合调节池,导致调节池内水质波动大,对生化系统造成很大的冲击。

② 厌氧池采用水解酸化型 UASB^[1],停留时间短,高负荷进水对其冲击大,导致废水中有机氮氨化反应不完全,厌氧处理效果差。

③ 缺氧池及好氧池内采用悬浮填料,污泥附着率低,出水浑浊,出水氨氮、COD 超标。

④ 末端采用折点加氯法控制氨氮排放浓度,加药量大,运行成本高。

2 工程改造

2.1 工艺设计

系统改造尽可能地利用现场原有的设备及构筑物进行规划,使废水处理系统达到设计水质、水量的要求。

改造工艺流程如图2所示。

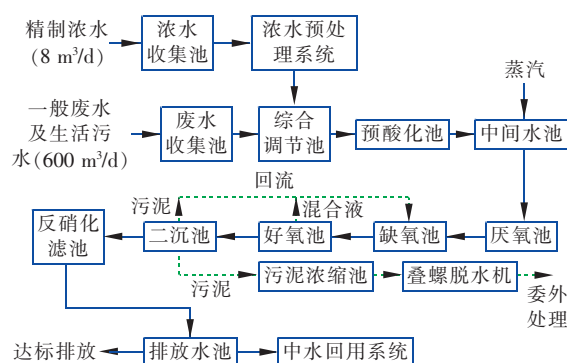


图2 改造后的工艺流程

Fig.2 Flow chart of treatment process after reconstruction

2.2 工艺改造

① 浓水预处理系统

精制废水主要污染物为 DMAC,其具有高 COD、高总氮(主要为有机氮)、成分复杂、毒性大的特点^[2],因此需对浓水进行预处理。精制浓水经泵提升至反应槽,在槽内投加足量的 NaNO_2 ,之后投加 H_2SO_4 调节废水 pH 值,在酸性条件下 NaNO_2 和废水中的 DMAC 发生氧化还原反应,将 DMAC 氧化成 N_2 排至大气中^[3],处理后的浓废水直接排入综合调节池。

② 预酸化池

水解酸化的产物主要为小分子有机物,常作为生物预处理或厌氧-好氧生化处理中的前处理工序。由于原系统厌氧容积过小且场地有限,因此将原混凝沉淀池和原缺氧池一同改造成预酸化池,以弥补厌氧系统的不足。

③ 厌氧系统

经过预酸化的废水自流进入中间水池,由于厌氧系统属于中温厌氧,其最佳运行温度为 $30 \sim 40$

℃,因此在池内设置蒸汽盘管用于废水加热控温^[4]。中间水池内废水由泵提升进入厌氧系统。系统新增加一座UASB,另外将原厌氧池进行改造,增加穿孔布水、三相分离器及内循环泵,以提高系统抗冲击负荷及处理效果。在厌氧池内,利用厌氧微生物去除大部分有机物,同时利用氨化细菌的氨化作用将有机氮转变为氨氮,以利于后续系统的去除。厌氧处理后的废水自流进入缺氧池。

④ A/O 系统

缺氧池及好氧池由原好氧池改造而成,在系统内装填生物绳填料,使得大量微生物被固定在填料层表面,形成高浓度的污泥床,从而提高系统的污泥浓度及耐冲击负荷^[5]。在A/O系统内,利用硝化与反硝化作用去除废水中的氨氮。由于废水的C/N值、碱度及回流比对脱氮有显著的影响^[6~8],而氨纶废水经过厌氧处理后,C/N值严重失衡,因此在运行时向缺氧池内投加葡萄糖,向好氧池内投加NaHCO₃,同时增加好氧池向缺氧池的混合液回流,以达到最优的脱氮效果。

⑤ 反硝化滤池

二沉池出水进入反硝化滤池。该池由原折点加氯反应池改造而成,采用固定床砂滤池,利用填料上各种厌氧、缺氧微生物的代谢活动来吸收、降解污染物,进一步确保总氮稳定达标^[9]。

⑥ 污泥脱水系统

二沉池内的剩余污泥先排入污泥浓缩槽,再由污泥泵打入叠螺脱水机进行脱水处理。

⑦ 回用系统

废水处理站的最终出水经过排放水槽进入中水回用系统。经过原水箱/多介质过滤器/活性炭过滤/一级RO处理后进入回用水箱,再由回用水泵输送至用水点。

2.3 主要构筑物及设计参数

2.3.1 废水处理系统

本工程处理设施、构筑物多为碳钢结构,构筑物尺寸及设备配置如下:

① 浓水预处理槽。3座,新增,PP结构,有效容积为0.9 m³,HRT为27 min。内设反应搅拌机3台, $n=90$ r/min, $N=0.55$ kW;H₂SO₄加药系统及NaNO₂加药系统各1套。

② 预酸化池。1座,由原混凝沉淀及缺氧池改造,碳钢结构,有效容积为250 m³,HRT为10 h。

内设潜水搅拌机4台, $N=1.5$ kW。

③ UASB。1座,碳钢结构,有效容积为277 m³,HRT为11 h,容积负荷为3.3 kgCOD/(m³·d)。内设循环泵1台, $Q=18$ m³/h, $H=150$ kPa, $N=1.5$ kW;三相分离器1套,布水系统1套,水封罐1套。

④ 厌氧池。2座,由原厌氧池改造,碳钢结构,有效容积为190 m³,HRT为15.3 h,容积负荷为1.0 kgCOD/(m³·d)。内设循环泵2台, $Q=18$ m³/h, $H=150$ kPa, $N=1.5$ kW;三相分离器2套,布水系统2套。

⑤ 缺氧池。2座,由原好氧池改造,碳钢结构,有效容积为137 m³,HRT为11 h。内设潜水搅拌机4台, $N=1.5$ kW;生物绳填料为210 m³。

⑥ 好氧池。8座,由原好氧池改造,碳钢结构,有效容积为137 m³,HRT为11 h。内设混合液回流泵2台, $Q=30$ m³/h, $H=180$ kPa, $N=3.7$ kW;生物绳填料为840 m³。

⑦ 二沉池。1座,原有,碳钢结构,表面负荷为0.7 m³/(m²·h),内设污泥回流泵3台(2用1备), $Q=18$ m³/h, $H=150$ kPa, $N=1.5$ kW;刮泥机1台, $N=0.75$ kW。

⑧ 反硝化滤池。3座(2用1备),由原折点加氯反应池改造,碳钢结构,有效容积为10 m³,HRT为1.5 h,滤速为4 m/h。内设布水系统1套、反洗系统1套、气洗系统1套;石英砂填料为9 m³;反洗泵2台(1用1备), $Q=50$ m³/h, $H=230$ kPa, $N=5.5$ kW。

⑨ 污泥浓缩槽。1座,由原有污泥浓缩槽改造,碳钢结构,有效容积为10 m³。内设螺杆泵1台, $Q=5.6$ m³/h, $H=300$ kPa, $N=2.2$ kW;叠螺脱水机1台, $Q=30$ kg干泥/h, $N=4$ kW;阳离子加药系统1套。

2.3.2 回用处理系统

① 多介质过滤器。1座,新增,碳钢结构,尺寸:Ø1.8 m×3.0 m,滤速为10 m/h。内装石英砂填料:6~10目/40~70目,9 t,无烟煤填料0.5 t。

② 活性炭过滤器。1座,新增,碳钢结构,尺寸:Ø1.8 m×3.0 m,滤速为10 m/h。内装果壳活性炭2.7 m³。

③ RO系统。1套,新增,反渗透采用抗污染膜组件32支,4芯膜壳,一级两段布置形式。内设高压泵1台, $Q=30$ m³/h, $H=1300$ kPa, $N=18.5$

kW。反渗透运行压力为 1.2 MPa,产水率为 60%。

3 调试及运行

3.1 浓水预处理系统

采用 10% 浓度的 NaNO_2 和 30% 浓度的 H_2SO_4 进行处理,废水通入反应槽,首先与足量 NaNO_2 混合后加入 H_2SO_4 ,控制 pH 值在 2~3 范围内反应,总反应时间约 1.5 h。浓水预处理效果见表 2。

表 2 浓水预处理运行效果

Tab. 2 Effluent quality of concentrated water treatment

项目	COD/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TN/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	pH 值
浓水	60 000 ~ 100 000	6 400 ~ 8 500	6 ~ 9
反应后出水	1 950 ~ 3 100	295 ~ 320	2 ~ 3

由表 2 可知,该预处理方法对精制浓水具有良好的处理效果,大大减轻了后续处理系统的压力。调试运行期间有两点需要注意:①DMAC 和 NaNO_2 反应初期会有微量氮氧化物气体产生,需加喷淋酸性吸收装置以防止大气污染;②氧化还原反应为放热反应,选用 PP 材质反应槽长时间运行会有微量变形,因此应注意槽体加强。

3.2 综合废水处理系统

3.2.1 厌氧单元

系统自 2017 年 4 月开始进入调试期,采用好氧污泥接种法。接种污泥来自某市生活污水处理厂的好氧污泥,接种污泥含水率为 80% 左右,接种量为 100 t。由于好氧污泥耐冲击性能差,系统采用低负荷启动^[10]。进入 UASB 的水质较稳定,调试期间采用提高进水流量的方式提高厌氧负荷。

3.2.2 A/O 单元

随着厌氧单元的调试,A/O 系统调试也同步进行。为了缩短培菌时间,有利于生化系统的快速启动,同样采用接种驯化的方式培养污泥^[11],接种污泥量为 50 t。调试期间采用氨氮作为提高负荷的指标。控制 A 池 DO 在 0.5 mg/L, O 池为 2~4 mg/L,逐步提高进水流量和进水氨氮浓度。根据水质、水量情况调节混合液回流及污泥回流量,并定期排放剩余污泥。由于经过厌氧处理后,废水 C/N 值失衡,运行期间根据处理效果向系统内投加葡萄糖及 NaHCO_3 以保证脱氮效果。

综合废水处理系统经过为期 8 周的调试进入稳定运行阶段,各单元处理效果见表 3。由表 3 可见,采用预酸化+厌氧处理氨纶废水,可有效去除废水中的 COD,同时将废水中的有机氮通过氨化反应转

化为氨氮,继而通过 A/O+反硝化滤池单元,有效地去除氨氮及剩余有机物。废水经处理后出水各指标明显优于综合废水排放一级标准。

表 3 稳定运行后各单元处理效果

Tab. 3 Operation results of sewage treatment system after reconstruction

项目	COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{NH}_3 - \text{N}/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	SS/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	pH 值
综合调节池	2 400 ~ 3 200	80 ~ 140	30 ~ 80	7 ~ 9
中间水池	1 760 ~ 2 480	147 ~ 186	30 ~ 50	7 ~ 8
厌氧出水	800 ~ 1 200	245 ~ 297	30 ~ 50	7 ~ 8
二沉池出水	48 ~ 96	8 ~ 12	30 ~ 50	7 ~ 8
反硝化滤池出水	32 ~ 64	0 ~ 4	10 ~ 30	7 ~ 8

3.2.3 回用处理系统

在生化出水水质稳定后,开始进行回用处理系统调试。回用系统设计规模为 600 m^3/d ,实际 RO 进水量为 450 m^3/d 。长期运行结果表明,在原水电导率为 2 000~2 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 时,系统出水电导率基本稳定在 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下,RO 脱盐率高达 99%,产水率 >60%。出水完全符合企业回用要求。

4 结论

① 采用浓水预处理系统,对精制浓水的 COD 及 TN 去除率分别达到 94.8% 和 95% 以上,不仅避免了水质波动对生化处理的冲击,降低了后续废水处理的难度,更对出水达标起到了重要作用。

② 增加 UASB 单元对废水中有机氮进行氨化是改造工艺的核心,为后续脱氮处理起到了保障作用。

③ 改造后采用预酸化+厌氧+A/O+反硝化滤池处理氨纶废水,对 COD 的去除率达到 97.5% 以上,对氨氮的去除达到 98% 以上,出水水质优于《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准。

④ 采用传统的回用水处理工艺,具有很好的稳定性和可靠性,出水优于企业要求的回用标准。

⑤ 本次改造工程紧扣废水水质特点,充分利用原有设备进行功能重组及合理布局,以较简单的处理工艺取得较好的处理效果,对类似废水的处理具有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 王白杨,刘英辉,吴星. 医药化工园区综合污水处理厂改进与优化运行[J]. 中国给水排水,2014,30

- (22):119-122.
- Wang Baiyang, Liu Yinghui, Wu Xing. Improvement and optimization operation of comprehensive sewage treatment plant in pharmaceutical and chemical industrial park [J]. China Water & Wastewater, 2014, 30(22):119-122 (in Chinese).
- [2] 李杰, 程爱华, 孙莉婷, 等. 铁炭耦合 Fenton 试剂-混凝沉淀法预处理 DMAC 废水 [J]. 环境科学研究, 2010, 23(7):902-907.
- Li Jie, Cheng Aihua, Sun Liting, *et al.* Pretreatment of DMAC wastewater by iron-carbon micro-electrolysis process combined with Fenton reagent and coagulation-sedimentation [J]. Research of Environmental Sciences, 2010, 23(7):902-907 (in Chinese).
- [3] 章毅. UASB-A/O-过滤工艺处理化纤生产废水并回用 [J]. 中国给水排水, 2014, 30(2):88-91.
- Zhang Yi. Treatment and reuse of chemical fiber wastewater with UASB, A/O and filtration process [J]. China Water & Wastewater, 2014, 30(2):88-91 (in Chinese).
- [4] 刘兴, 陈茂林, 钱为, 等. UASB 处理制革废水的酸化及其恢复研究 [J]. 中国给水排水, 2013, 29(9):1-4.
- Liu Xing, Chen Maolin, Qian Wei, *et al.* Acidification and its recovery in UASB reactor for treatment of tannery wastewater [J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(9):1-4 (in Chinese).
- [5] 任盼盼, 张寅, 王亭亭, 等. 涤纶面料印染废水处理工艺改造及调试运行 [J]. 中国给水排水, 2015, 31(24):82-87.
- Ren Panpan, Zhang Yin, Wang Tingting, *et al.* Modification and commissioning of polyester printing and dyeing wastewater treatment process [J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(24):82-87 (in Chinese).
- [6] 李贺, 袁林江. 污水中不同 COD 组分下 A/O 脱氮工艺的反硝化效率 [J]. 环境工程学报, 2015, 9(4):1613-1619.
- Li He, Yuan Linjiang. Denitrification efficiency by changing COD fractions of wastewater in a pre-denitrification reactor [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2015, 9(4):1613-1619 (in Chinese).
- [7] 张森, 彭永臻, 张建华, 等. 进水 C/N 对 A²/O-BCO 工艺反硝化除磷特性的影响 [J]. 中国环境科学, 2016, 36(5):1366-1375.
- Zhang Miao, Peng Yongzhen, Zhang Jianhua, *et al.* Effect of influent C/N ratios on denitrifying phosphorus removal characteristics in the A²/O-BCO process [J]. China Environmental Science, 2016, 36(5):1366-1375 (in Chinese).
- [8] 王德美, 王晓昌, 唐嘉陵, 等. 不同回流比和 SRT 对 A/O-MBR 脱氮除磷的影响 [J]. 工业水处理, 2016, 36(1):55-58.
- Wang Demei, Wang Xiaochang, Tang Jialing, *et al.* Influences of different reflux ratio and SRT on denitrification and dephosphorization in A/O-MBR [J]. Industrial Water Treatment, 2016, 36(1):55-58 (in Chinese).
- [9] 高守有, 刘雷斌, 钱静, 等. 三种反硝化滤池深度脱氮中试 [J]. 环境工程, 2014, (9):49-55.
- Gao Shouyou, Liu Leibin, Qian Jing, *et al.* Pilot studies of three denitrify filters on advanced nitrogen removal [J]. Environmental Engineering, 2014, (9):49-55 (in Chinese).
- [10] 秦松岩, 张芹, 解永磊, 等. 接种好氧污泥启动 UASB 及处理四环素类抗生素废水 [J]. 中国给水排水, 2016, 32(3):27-30.
- Qin Songyan, Zhang Qin, Xie Yonglei, *et al.* Study on tetracycline wastewater treatment using UASB reactor with aerobic sludge inoculation [J]. China Water & Wastewater, 2016, 32(3):27-30 (in Chinese).
- [11] 刘兴, 林振锋, 陈茂林, 等. 微电解-催化氧化-A/O 法处理医药化工废水 [J]. 工业水处理, 2013, 33(5):84-86.
- Liu Xing, Lin Zhenfeng, Chen Maolin, *et al.* Treatment of wastewater from medicine by micro-electrolysis-catalytic oxidation-A/O process [J]. Industrial Water Treatment, 2013, 33(5):84-86 (in Chinese).



作者简介:刘兴(1984-),男,河南开封人,硕士,工程师,主要从事污水处理新技术、新工艺研发以及环保工程设计施工等工作。

E-mail:liuxingszy@163.com

收稿日期:2017-10-09