

针织印染废水处理及回用实例

刘慧清¹, 郑蓓², 李文涛², 张国成¹, 徐慧²

(1. 常州旭荣针织印染有限公司, 江苏 常州 213017; 2. 中国科学院 生态环境研究中心, 北京 100085)

摘要: 采用水解酸化/接触氧化/气浮/砂滤+精滤/超滤/反渗透工艺处理针织印染废水, 运行结果表明该工艺对废水中 COD、色度、悬浮物等各项指标去除率达到 95% 以上, 回用水水质完全满足针织印染工艺的需求。该工艺产生的污泥很少, 且回用水的运行成本远远低于新鲜水和废水处理的费用之和, 给企业带来较好的经济效益。

关键词: 针织印染废水; 回用; 运行成本

中图分类号: TU993 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)04-0102-04

Case Study on the Knitting & Dyeing Wastewater Treatment and Recycling Project

LIU Hui-qing¹, ZHENG Bei², LI Wen-tao², ZHANG Guo-cheng¹, XU Hui²

(1. Changzhou New Wide Knitting & Dyeing Co. Ltd., Changzhou 213017, China; 2. Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China)

Abstract: The combined process of hydrolysis acidification/contact oxidation/DAF/sand filter and fine filter/UF/RO was applied to treat knitting & dyeing wastewater. The result showed that over 95% of influent COD, chromaticity, SS and other pollutants could be removed by the process. The recycled water could meet the requirements of knitting & dyeing. Besides, little sludge was produced in this process and the operation cost of recycled water was much less than the total cost of corresponding fresh water and wastewater treatment, which brought much economic benefit for the enterprise.

Key words: knitting & dyeing wastewater; recycling; operational cost

1 工程概况

印染行业是国家重点整治的高污染高能耗行业。针织印染企业用水定额与废水排放受到严格管制。考虑到水资源和废水处理费用的增长给印染企业带来的成本压力, 中水回用是一条企业节能减排的可行途径^[1,2]。某针织印染企业主要经营高档针织面料(化纤和棉分别为 50%), 使用的染料包括 50% 的分散染料、40% 的活性染料、6% 的阳离子染料、4% 的酸性染料, 助剂有元明粉、纯碱、双氧水、保

险粉、冰醋酸等。印染废水水质见表 1。

表 1 针织印染废水各项指标

Tab. 1 The indexes of knitting & dyeing wastewater

项 目	pH 值	色度/ 倍	COD/ (mg · L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg · L ⁻¹)	SS/ (mg · L ⁻¹)
指标限值	6 ~ 10	500	1 000	300	300

生产废水和生活污水量为 4 500 m³/d。生产废水有机物含量高, 色度高, 盐分高, 可生化性差, 难降解, 水质和水量变化大^[3,4]。回用标准: pH 值为 6.5

~7.4,色度为5~20倍,铁离子<0.1 mg/L,电导率<374 $\mu\text{S}/\text{cm}$,余氯<0.1 mg/L,COD<10 mg/L,硬度为18~53 mg/L。

2 工艺流程及主要构筑物

2.1 工艺流程

废水处理工艺流程见图1。

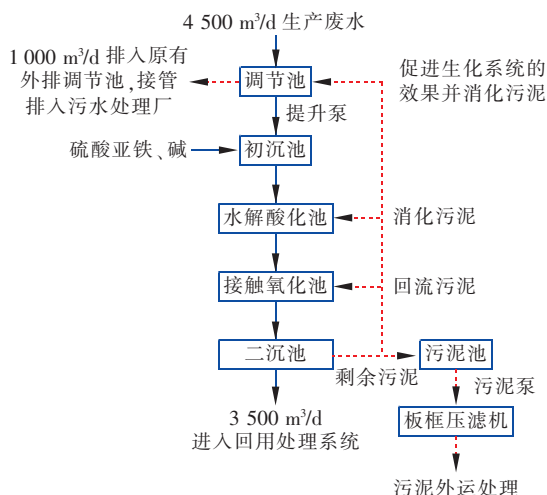


图1 废水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

污水回用工艺流程见图1。

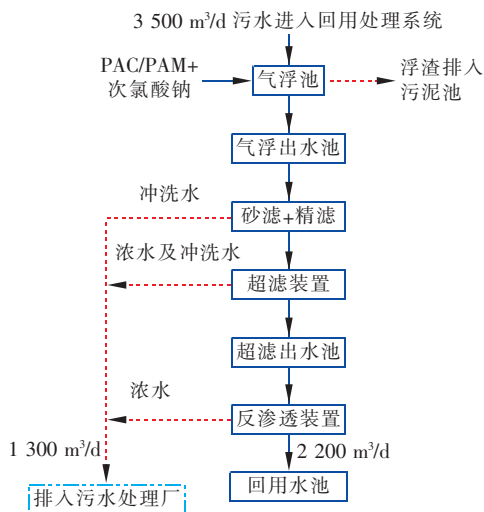


图2 污水处理回用工艺流程

Fig. 2 Wastewater recycling treatment process

2.2 主要构筑物及设备参数

① 热水池

车间排放废水平均温度为42℃,经污水余热回收设备后,温度降为35℃左右,进入热水池。热水池有效容积为420 m³,停留时间为2.2 h。预曝气量为4.2 m³/min,以有效防止池底污泥淤积。

② 机械格栅

有效拦截废水中大尺寸的悬浮物,如布条、塑料袋、饮料瓶等,保证后续处理设施的稳定运行^[5,6]。格栅间隙为10 mm,栅宽为0.7 mm。

③ 调节池

为使管渠和后续构筑物正常工作,不受废水高峰流量或浓度变化的影响,在废水处理设施之前设置调节池,通过蓄水缓冲、搅拌机均质调节、液位控制来调节水质水量,保证后续设施的稳定运行。调节池有效容积为3 200 m³,停留时间为17 h。预曝气量为32 m³/min,防止池底污泥淤积。

④ 初沉池

3 500 m³/d废水用污水泵提升至初沉池,并在反应池投加无机混凝剂(硫酸亚铁)强化除磷效果,加碱调节pH值在6~8之间,使絮凝剂处于最佳pH值环境。同时用水泵叶轮搅拌进行混凝反应,经初沉池进行固液分离^[7,8]。初沉池有效容积为690 m³,钢混结构。

⑤ 水解酸化池

将废水中一些难以生物降解的大分子物质转化成易于生物降解的小分子物质,提高B/C值,从而使废水的可生化性和降解速度大幅提高,为后续的好氧处理提供条件,使好氧生物处理在较短的水力停留时间内达到较高的COD去除率^[9,10]。

水解酸化池采用挂膜接触工艺。初期调试阶段需投加活性污泥,在池底部设置穿孔曝气管,利用空气对池底污泥进行搅动,避免沉积污泥发酵。正常运行后,水解酸化池处于厌氧状态,同时设置液下推流器,使废水反向流动,促使泥水混合。池内全方位安装组合填料,作为水解酸化微生物的载体,有效扩大微生物与污水的接触面积,提高处理能力^[11,12]。厌氧状态下水解酸化池会产生少量H₂S、NH₃。

水解酸化池有效容积为3 400 m³,停留时间为23.3 h,内置组合填料和曝气管,钢混结构。

⑥ 接触氧化池

在曝气池中设置填料,将其作为生物膜的载体。废水经充氧后以一定流速流经填料,与生物膜接触,生物膜与悬浮的活性污泥共同作用,达到净化作用。接触氧化池有效容积为3 900 m³,停留时间为26.7 h,钢混结构。

⑦ 二沉池

采用辐流式沉淀池,有效容积为900 m³,钢混

结构。生物接触氧化工艺产生的污泥量比传统的活性污泥法少,同时本项目将二沉池污泥回流至调节池、水解酸化、接触氧化池进行消化处理,减少了整个处理系统的污泥产量。二沉池的出水可外排至污水处理厂。

⑧ 污泥池

钢混结构,有效容积为 470 m^3 。二沉池产生的剩余污泥以及气浮装置产生的浮渣等排入污泥池,经板框压滤机脱水。

⑨ 气浮池

气浮池外形尺寸为 $8.5 \text{ m} \times 2.5 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$,单套处理水量为 $75 \text{ m}^3/\text{h}$,共两套,钢结构,内衬玻璃钢防腐。

⑩ 石英砂过滤器

立式圆形容,内衬胶,尺寸为 $\varnothing 2.2 \text{ m} \times 4.05 \text{ m}$,2台。主要用于进一步降低悬浮物浓度。

⑪ 活性炭过滤器

立式圆形容,内衬胶,尺寸为 $\varnothing 2.2 \text{ m} \times 4.85 \text{ m}$,2台。吸附有机物和色度,提高超滤进水水质。

⑫ 超滤保安过滤器

立式圆形容(袋式),不锈钢 304 材质,过滤精度为 $100 \mu\text{m}$,外形尺寸为 $\varnothing 0.8 \text{ m} \times 1.85 \text{ m}$,2台。利用精密过滤器去除砂滤、炭滤后的细小物质(例如微小的石英砂、活性炭颗粒等),以确保水质过滤精度及保护膜过滤元件不受大颗粒物质的损坏,保护后续超滤装置。

⑬ 超滤装置

超滤使用压力为 $0.05 \sim 0.3 \text{ MPa}$,筛分孔径为 $0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$,截留分子质量为 $(0.5 \sim 100) \times 10^4 \text{ u}$ 左右。膜元件 48 支,材质为 PVDF,外压式,膜丝内/外径为 $0.7/1.3 \text{ mm}$,有效膜面积为 55 m^2 ,组件规格为 $\varnothing 225 \text{ mm} \times 1757 \text{ mm}$,设计通量为 $30 \sim 120 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, 25°C 。

⑭ 反渗透装置

本项目使用反渗透除盐,施以比自然渗透压力更大的压力,利用孔径为 $1/10\,000 \mu\text{m}$ 的反渗透膜(RO 膜),使渗透向相反方向进行,将原水中的水分子压到膜的另一边,变成洁净的水,从而达到除去水中杂质、盐分的目的,平均脱盐效率为 99.7% 。污水进入反渗透膜前需加入还原剂(亚硫酸氢钠)进行预处理,使进水中游离氯降到 0.05 mg/L 以下,从而达到反渗透膜的要求;同时加入阻垢剂阻止结晶矿

物岩的沉淀和结垢的形成。

该反渗透装置可有效地去除水中的溶解盐类、胶体、微生物、有机物等(去除率达 $97\% \sim 98\%$)。膜壳 13 支,膜 78 支,膜材质为芳香族聚酰胺复合膜,有效膜面积为 37.2 m^2 ,平均脱盐率为 99.7% ,透过水量为 $41.6 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

3 废水处理效果及经济效益

3.1 废水处理效果

废水经过不同工艺单元处理后,逐渐变得清澈透明,色度显著下降,比如生化池内上清液呈现土黄色,下层出现底物,这与生物氧化有很大关系;过滤器内水的色度几乎全部脱除。另外,各级处理出水 COD 也有明显的变化,调节池、初沉池、接触氧化池、二沉池、气浮池、超滤膜的 COD 分别为 828、408、54、33、20、4 mg/L 。这表明,该工艺流程对废水处理效果显著,适合处理该类水质的废水。

经过中水回用工艺处理后,回用水中未检测到色度、悬浮物、铁离子、硬度,pH 值呈中性,电导率为 $38.1 \mu\text{S}/\text{cm}$,余氯与 COD 分别为 0.01、2 mg/L (见表 2),已完全达到染色使用标准。

表 2 回用水水质

Tab. 2 Recycle water indexes

项 目	检测值
pH 值	7.29
色度/倍	未检出
SS/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	未检出
铁离子/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	未检出
电导率/($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	38.1
余氯/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0.01
COD/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	2
硬度/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	未检出

该厂废水处理量为 $2\,500 \text{ m}^3/\text{d}$,污泥产生量为 0.5 t/d 。

3.2 中水回用成本

该污水回用处理站工作天数按 300 d/a 计,24 h 不间断运行。①废水处理:人工费、电费、药剂费分别为 0.11、0.8、0.48 元/ m^3 ,合计 1.39 元/ m^3 。②中水处理:由预处理设施操作人员兼职,人工费不再另计。电费、药剂费、膜更换成本费分别为 1.49、0.30、0.60 元/ m^3 ,合计 2.39 元/ m^3 。③总成本为 3.78 元/ m^3 。

该厂新鲜水取水费为 1.8 元/ m^3 ,处理费为 0.5 元/ m^3 ,合计 2.3 元/ m^3 。废水接管至园区污水处理

厂为 $4.6\text{元}/\text{m}^3$,故该厂的用水成本为 $6.9\text{元}/\text{m}^3$ 。该厂使用回用水比新鲜水节约 $3.12\text{元}/\text{m}^3$ 。

4 调试运行存在的问题及解决方案

① 废水重复回收利用,盐分累计,造成出水电导率升高。改善方案:将反渗透浓水直接接管至污水处理厂,不要反复进行回收利用。

② 车间排放废水温度 $>42\text{℃}$,细菌不易存活,生化效果差。改善方案:通过污水余热回收,降低污水温度至 35℃ 左右,再进入污水处理系统,热水直接供车间使用,既解决了污水处理的问题,又节约了能源。

③ 超滤系统反复自动清洗,造成出水率低,水损耗很大。通过反复试验,发现气浮出水的微小悬浮物较多,造成超滤堵塞。改善方案:增加二级气浮,降低悬浮物,提高进入超滤的水质,另外重新设定自动清洗时间和流程,提高出水效率。

5 结论

采用水解酸化/接触氧化/气浮/砂滤+精滤/超滤/反渗透处理工艺对针织印染废水进行深度处理后,出水水质稳定,COD、SS、色度、硬度、铁离子等几乎全部去除。经中水回用处理系统后,出水完全满足工艺生产的水质要求,经济效益可观。

参考文献:

- [1] 王楠,单明军,曹文琳,等. 煤化工废水的中水回用工艺技术改造[J]. 中国给水排水,2016,32(6):75-77.
- [2] 李亚娟,姜琪,毛进,等. 膜生物反应器在某电厂城市中水回用处理中的应用[J]. 水处理技术,2016,42(3):72-75.
- [3] Dos Santos A B, Cervantes F J, Van Lier J B. Review paper on current technologies for decolourisation of textile wastewaters; perspectives for anaerobic biotechnology [J]. Bioresour Technol,2007,98(12):2369-2385.
- [4] 马玉萍. 印染废水深度处理工艺现状及发展方向[J]. 工业用水与废水,2013,44(4):1-5.

- [5] 陈季华. 纺织染整废水处理技术及工程实例[M]. 北京:化学工业出版社,2008.
- [6] 韦朝海,黄会静,任源,等. 印染废水处理工程的新型生物流化床组合工艺技术分析[J]. 环境科学,2011,32(4):1048-1054.
- [7] 张凤娥,李飞,董良飞,等. 常州某纺织园印染废水处理工艺改造研究[J]. 环境工程学报,2011,5(3):589-592.
- [8] 郑蓓,葛小鹏,桑燕鸿. 微絮凝直接过滤用于印染尾水回用的可行性研究[J]. 给水排水,2011,37(11):143-148.
- [9] 宋梦琪,周春江,马鲁铭. 水解酸化工艺处理印染废水的机理[J]. 环境工程学报,2015,9(1):102-106.
- [10] 王学华,黄勇,王浩. 印染废水水解酸化处理中填料式反应器与UASB反应器的比较[J]. 环境工程学报,2014,8(4):1521-1525.
- [11] 张林生. 印染废水处理技术及典型工程[M]. 北京:化学工业出版社,2004.
- [12] 朱虹,孙杰,李剑超. 印染废水处理技术[M]. 北京:中国纺织工业出版社,2004.



作者简介:刘慧清(1982-),女,河北石家庄人,大学本科,工程师,主要从事环境工程设备管理工作。

E-mail:790078083@qq.com

huixu@rcees.ac.cn

收稿日期:2017-03-24