

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.18.022

造纸法再造烟叶生产废水零排放关键技术应用研究

许江虹¹, 王浩雅², 孙旭海¹, 余红涛¹, 刘建平¹, 吉松毅¹, 黄彪³,
况志敏¹

(1. 云南中烟再造烟叶有限责任公司, 云南 昆明 650106; 2. 云南中烟新材料科技有限公司,
云南 昆明 650106; 3. 云南农业大学 水利学院, 云南 昆明 650201)

摘要: 为了实现造纸法再造烟叶生产废水零排放,开发出一套基于MBR+RO组合处理,氧化+吸附+絮凝、UF/NF脱盐,高盐浓液浓缩技术的废水处理回用系统。分析了废水处理各工艺段水质、排放达标情况、运行成本等。采用该技术实施改造后的某工程运行结果表明,MBR+RO出水(回用水)的水质较稳定,可以回用于生产车间;废水的SS、COD和pH值均满足《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)一级标准。生产回用水水质达到《烟草工业用水卫生标准》(YC 444—2012);RO回用水多数指标达到《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)。改造后处理成本为6.42元/m³,比改造前增加37.2%,但是通过净水回用,降低了清水使用量。改造后废水处理总量达到2 933 m³/d,比改造前增加11.1%;废水排放量为880 m³/d,比改造前降低66.7%;回用水达到2 120.6 m³/d,回用比例为72.3%;污泥产量为60 t/d,比改造前增加15.4%。

关键词: 造纸法再造烟叶; 废水处理; 零排放

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)18-0113-05

Research on the Application of Key Technology for Zero Discharge of Paper-making Reconstituted Tobacco Production Wastewater

XU Jiang-hong¹, WANG Hao-ya², SUN Xu-hai¹, YU Hong-tao¹, LIU Jian-ping¹,
JI Song-yi¹, HUANG Biao³, KUANG Zhi-min¹

(1. Yunnan Reconstituted Tobacco Co. Ltd., Kunming 650106, China; 2. Yunnan Industrial Tobacco Hi-tech Material Co. Ltd., Kunming 650106, China; 3. College of Water Conservancy, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: In order to achieve the zero discharge of paper-making reconstituted tobacco production wastewater, a wastewater treatment and reuse system was developed based on combined MBR and RO treatment, as well as oxidation, adsorption and flocculation, UF/NF desalination and high salt concentration technology. The water quality in wastewater treatment sections, discharge compliance, and operation costs were analyzed. The operation results showed that the quality of MBR and RO effluent (reused water) was stable and could be reused in the production workshop, the effluent SS, COD and pH met the first level A criteria of *Integrated Wastewater Discharge Standard* (GB 8978 - 1996), the quality of reclaimed water for production met *Sanitary Requirements for Tobacco Industrial Water* (YC

444-2012), most reused water quality indexes of RO concentrated water met *Standards for Drinking Water Quality* (GB 5749—2006). The treatment cost after technical transformation is 6.42 yuan/m³, 37.2% higher than that before. However, through the reuse of purified water, the amount of clean water can be reduced. Compared with that before the technical transformation, the total daily wastewater treatment capacity reached 2 933 m³/d with an increase of 11.1%, and the daily discharge was 880 m³/d with a decrease of 66.7%. The reuse water reached 2 120.6 m³/d and the reuse ratio was 72.3%. 60 t/d of sludge was produced with an increase rate of 15.4%.

Key words: paper-making reconstituted tobacco; wastewater treatment; zero discharge

造纸法再造烟叶生产由于采用了与传统造纸行业类似的抄造成形技术,每生产1 t产品约消耗几十倍的水,随之产生较多的废水和固体废弃物^[1-3]。生产废水和固体废弃物的处理将成为各生产企业的研究重点^[4-8],而且将实现从基础研究到处理应用研究的转化,通过科技成果的产业化解解决造纸法再造烟叶产生的环境问题,促进烟草行业的环境与经济可持续发展。

针对某再造烟叶生产废水处理回用系统的改造实践,分析改造前后废水处理系统运行情况,为再造烟叶生产提升清洁生产能力提供技术支撑。

1 工程概况

某再造烟叶生产企业的造纸法再造烟叶生产线通过技术改造,增加了生产废水零排放关键技术和设备。生产线改造后再造烟叶生产废水处理工艺流程见图1。

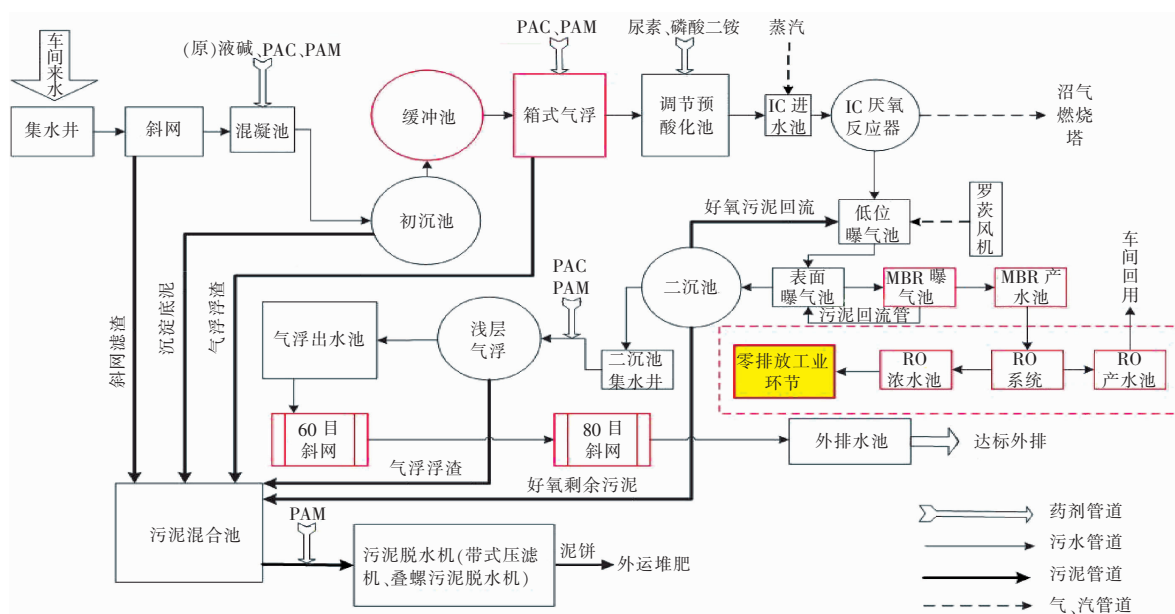


图1 生产线改造后再造烟叶生产废水处理工艺流程

Fig. 1 Technical process of reconstituted tobacco production wastewater after technical transformation of production line

再造烟叶生产废水零排放工艺流程如图2所示。由图2可知,改造后的再造烟叶生产废水工艺流程与原有处理技术相比,仅增加了膜生物反应器

(MBR) + 反渗透 (RO) 组合处理,氧化 + 吸附 + 絮凝、超滤 (UF)/纳滤 (NF) 脱盐,高盐浓液浓缩等工艺处理单元。

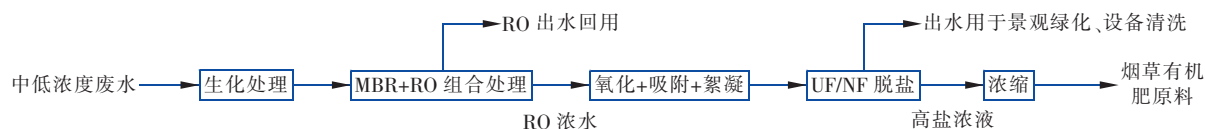


图2 再造烟叶生产废水零排放工艺流程

Fig. 2 Technical process of the zero discharge of reconstituted tobacco production wastewater

2 结果与讨论

2.1 废水处理各工艺段水质分析

MBR-RO 技术投入使用后,不同工艺段的水质分析如表 1 所示。可以看出,采用 MBR-RO 废水处理技术处理后排放水(气浮出水)的指标均能满足当地环保批复标准,MBR+RO 出水(回用水)的水质较稳定^[9-10],可以回用于生产车间。

表 1 不同工艺段废水水质

Tab. 1 Wastewater quality at different process sections

项 目	COD/ (mg · L ⁻¹)	SS/ (mg · L ⁻¹)	pH 值	Ca ²⁺ / (mg · L ⁻¹)
原水	5 500	5 000	6.5	500
絮凝处理水	2 800	≤1 000	6.5	400
前酸化出水	2 400	≤300	6.5	300
IC 出水	≤650	≤400	7.4	300
低曝出水	≤300	—	7.8	—
表曝出水	≤300	≤400	7.8	250
二沉池出水	≤300	≤400	7.8	250
气浮出水	≤100	≤70	7.0	—
MBR+RO 进水	≤300	≤400	7.8	250
MBR+RO 出水	≤10	0	6.5	≤20

2.2 废水排放达标情况

采用 MBR-RO 技术处理后,废水排放达标情况见表 2。可以看出,2015 年 8 月—2016 年 2 月废水的 SS、COD 和色度指标基本在逐渐降低,所有指标都符合当地环保批复标准。2016 年 2 月出水的 SS、COD 和 pH 值均满足《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准。

表 2 项目实施前后废水达标排放情况

Tab. 2 Emission of wastewater before and after project implementation

项 目	SS/ (mg · L ⁻¹)	色度/ 倍	pH 值	COD/ (mg · L ⁻¹)
2015 年 8 月	50	78	7.2	148
2015 年 9 月	41	76	7.2	145
2015 年 10 月	32	76	7.3	137
2015 年 11 月	30	78	7.4	140
2015 年 12 月	37	72	6.5	119
2016 年 1 月	20	66	6.3	108
2016 年 2 月	16	55	6.3	99
污水综合排放一级标准	70 (达标)	50(未 达标)	6~9 (达标)	100 (达标)
当地环保批复排放标准	150 (达标)	80 (达标)	6~9 (达标)	150 (达标)

采用零排放相关技术处理后^[11-12],生产回用水

水质达到《烟草工业用水卫生标准》(YC 444—2012);气浮出水已经达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准;RO 回用水多数指标达到《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006),可用于景观、绿化。

气浮出水水质见表 3。RO 回用水水质见表 4。

表 3 气浮出水水质

Tab. 3 Water quality of air floatation effluent

检测项目	排放标准	实际水质
COD/(mg · L ⁻¹)	50	19
BOD ₅ /(mg · L ⁻¹)	10	8.9
SS/(mg · L ⁻¹)	10	8
动植物油/(mg · L ⁻¹)	1	0.2
石油类/(mg · L ⁻¹)	1	0.04
阴离子表面活性剂/(mg · L ⁻¹)	0.5	0.05
总氮/(mg · L ⁻¹)	15	4.06
氨氮/(mg · L ⁻¹)	5	3.38
总磷/(mg · L ⁻¹)	0.5	0.06
pH 值	6~9	6.37
色度/倍	30	16
粪大肠菌群数/(个 · L ⁻¹)	1 000	840

表 4 RO 回用水水质

Tab. 4 Reclamation water quality of RO effluent

检测项目	回用标准	实际水质
耗氧量/(mg · L ⁻¹)	3	2.05
肉眼可见物	无	—
pH 值	6.5~8.5	7.58
氯化物/(mg · L ⁻¹)	250	10
锰/(mg · L ⁻¹)	0.1	0.01
硒/(mg · L ⁻¹)	0.01	0.000 3
锌/(mg · L ⁻¹)	1	0.05
总氰化物/(mg · L ⁻¹)	0.05	0.001
游离余氯/(mg · L ⁻¹)	4	0.03
挥发酚/(mg · L ⁻¹)	0.002	0.001 1
色度/度	15	0
浑浊度/NTU	3	1
臭和味	无异臭、异味	—
铝/(mg · L ⁻¹)	0.2	0.012
汞/(mg · L ⁻¹)	0.001	0.000 01
铁/(mg · L ⁻¹)	0.3	0.03
溶解性总固体/(mg · L ⁻¹)	1 000	156
铬(六价)/(mg · L ⁻¹)	0.05	0.004
总硬度/(mg · L ⁻¹)	450	42
阴离子合成洗涤剂/(mg · L ⁻¹)	0.3	0.05
砷/(mg · L ⁻¹)	0.01	0.000 2
镉/(mg · L ⁻¹)	0.005	0.000 1
氨氮/(mg · L ⁻¹)	0.5	0.392

续表4 (Continued)

检测项目	回用标准	实际水质
亚硝酸盐/(mg·L ⁻¹)	—	0.08
硫酸盐/(mg·L ⁻¹)	250	28
硝酸盐/(mg·L ⁻¹)	10	0.04
氟化物/(mg·L ⁻¹)	1	0.05
铅/(mg·L ⁻¹)	0.01	0.001
铜/(mg·L ⁻¹)	1	0.001
总大肠菌群/(个·L ⁻¹)	不得检出	<20
菌落总数/(个·mL ⁻¹)	100	492.3

2.3 运行成本分析

废水处理系统改造前后的运行成本分析见表5。可以看出,改造后成本增加主要是动力费和耗材药剂费的投入增加所致。

通过净水回用,减少清水使用量1 800 m³/d(工

业用水价格5.00元/m³),全年节省324.00万元,两年共648.00万元。

表5 实施改造前、后废水处理运行成本对比

Tab.5 Comparison of operation costs before and after technical reconstruction

项 目	改造前		改造后	
	吨水成本/ (元·m ⁻³)	吨产品成本/ (元·t ⁻¹)	吨水成本/ (元·m ⁻³)	吨产品成本/ (元·t ⁻¹)
动力	0.63	22.68	0.97	31.04
人工	0.77	27.72	0.85	27.20
耗材药剂	3.28	118.08	4.60	147.20
合计	4.68	168.48	6.42	205.44

2.4 废水处理能力

废水处理系统项目实施改造前后废水处理能力对比见表6。

表6 改造前、后废水处理系统处理能力对比

Tab.6 Comparison of treatment capacity before and after reconstruction

项目	进水		出水		回用水		污泥	
	进水量/ (m ³ ·d ⁻¹)	变化幅 度/%	排放量/ (m ³ ·d ⁻¹)	变化幅 度/%	回用量/ (m ³ ·d ⁻¹)	回用比 例/%	产量/ (t·d ⁻¹)	变化幅 度/%
改造前	2 640	—	2 640	—	0	—	52	—
改造后	2 933	+11.1	880	-66.7	2 120.6	72.3	60	+15.4

可以看出,改造后进水量增加了293 m³/d,增幅11.1%,这与实施改造的生产线运行后,产能增加有一定关系;从出水看,改造后废水排放量比改造前减少了1 760 m³/d,降幅达66.7%,这与采用再造烟叶生产废水零排放系统后净水回用于生产有关;采用再造烟叶生产废水零排放系统后,回用水比例为72.3%;从污泥产量看,改造后较改造前增加了8 t/d,增幅为15.4%。

3 结论

将研发的废水处理回用系统应用于再造烟叶生产。采用MBR+RO处理后排放水(气浮出水)的指标均能满足当地环保批复标准,MBR+RO出水(回用水)的水质较稳定,可以回用于生产车间;废水的SS、COD和色度指标一直在逐渐降低,所有指标都符合当地环保批复标准,SS、COD和pH值均满足《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)一级标准;生产回用水水质达到《烟草工业用水卫生标准》(YC 444—2012);气浮出水已经达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准;RO回用水多数指标达到《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006);废水处理回用系统处理能力

达到近3 000 m³/d;总体来说降低了生产用水费用。

参考文献:

- [1] 陈荣. 造纸法烟草薄片生产废水的处理[J]. 环境科学导刊,2010,29(1):68-70.
Chen Rong. Treatment on wastewater from production of manmade tobacco leaf with papermaking method[J]. Environmental Science Survey,2010,29(1):68-70(in Chinese).
- [2] 迟建国. 烟叶再造过程清洁生产技术研究[D]. 济南:山东轻工业学院,2012.
Chi Jianguo. Key Technology Study of Reconstituted Tobacco[D]. Jinan: Shandong Institute of Light Industry,2012(in Chinese).
- [3] 莫立焕,周志明,王玉峰. 造纸法烟草薄片废水深度处理研究[J]. 中国造纸,2012,31(10):37-40.
Mo Lihuan, Zhou Zhiming, Wang Yufeng. Advanced treatment of the effluent from reconstituted tobacco slices manufacture by papermaking process[J]. China Pulp & Paper,2012,31(10):37-40(in Chinese).
- [4] 马迅,殷艳飞,王浩雅,等. 超声波协同Fenton氧化法去除造纸法再造烟叶废水COD[J]. 环境工程学报,2014,8(11):4752-4756.

- Ma Xun, Yin Yanfei, Wang Haoya, *et al.* COD removal of paper-process reconstituted tobacco wastewater by ultrasound – Fenton oxidation [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2014, 8 (11) : 4752 – 4756 (in Chinese).
- [5] 王俊,孙莉莉,唐启,等. 混凝 – Fenton 氧化工艺深度处理造纸法烟草薄片废水[J]. 河南科学,2014(12): 2570 – 2573.
- Wang Jun, Sun Lili, Tang Qi, *et al.* Advanced treatment of the wastewater from paper-process reconstituted tobacco production by coagulation – Fenton oxidation process [J]. Henan Science, 2014(12): 2570 – 2573 (in Chinese).
- [6] 唐向阳,陆彦兵,杨斌,等. 微纳米气浮处理造纸法烟草薄片废水试验研究[J]. 新技术新工艺,2012(9): 49 – 50.
- Tang Xiangyang, Lu Yanbing, Yang Bin, *et al.* Study of micro and nano air flotation treatment of wastewater from manufacture of tobacco slice by papermaking process [J]. New Technology & New Process, 2012(9): 49 – 50 (in Chinese).
- [7] 唐自文,陈岭峰,王茜茜,等. 降低造纸法再造烟叶白水中 COD 的技术研究[J]. 云南化工,2014,41(3): 21 – 23.
- Tang Ziwen, Chen Lingfeng, Wang Qianqian, *et al.* Technique research on reducing COD in whitewater from reconstituted tobacco by papermaking method [J]. Yunnan Chemical Technology, 2014, 41(3): 21 – 23 (in Chinese).
- [8] 胡念武. 延长再造烟叶生产循环水使用周期的研究 [J]. 纸和造纸,2014,33(10): 45 – 48.
- Hu Nianwu. Research on the circulation prolongation of reconstituted tobacco production water [J]. Paper and Paper Making, 2014, 33(10): 45 – 48 (in Chinese).
- [9] 宋跃飞. 集成膜法海水淡化过程中纳滤 – 反渗透膜面结垢趋势预测及防垢研究 [D]. 青岛:中国海洋大学,2013.
- Song Yuefei. Investigation on Scaling Potential Prediction and Scale Prevention in NF – SWRO Integrated Membrane System Operation [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2013 (in Chinese).
- [10] 段建明,余红涛,朱世华,等. 膜生物反应器 + 反渗透工艺对再造烟叶废水的处理[J]. 云南化工,2016,43(4): 55 – 60, 67.
- Duan Jianming, Yu Hongtao, Zhu Shihua, *et al.* Effect of “MBR + RO” system applied in reconstituted tobacco production wastewater treatment [J]. Yunnan Chemical Technology, 2016, 43(4): 55 – 60, 67 (in Chinese).
- [11] 沈悦啸,王利政,莫颖慧,等. 微滤、超滤、纳滤和反渗透技术的最新进展 [J]. 中国给水排水,2010,26(22): 1 – 5.
- Shen Yuexiao, Wang Lizheng, Mo Yinghui, *et al.* State-of-art of microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration and reverse osmosis technologies [J]. China Water & Wastewater, 2010, 26(22): 1 – 5 (in Chinese).
- [12] 黄中华. 超滤 + 纳滤 + 反渗透工艺在皂脚酸化高含油含盐废水处理中的应用[J]. 中国油脂,2017,42(2): 155 – 158.
- Huang Zhonghua. Application of ultrafiltration, nanofiltration and reverse osmosis process in treatment of soapstock acidification wastewater with high contents of oil and salt [J]. China Oils and Fats, 2017, 42(2): 155 – 158 (in Chinese).



作者简介:许江虹(1985 –),女,河南洛阳人,硕士,工程师,主要从事再造烟叶研究。

E – mail: wanghaoya1983@163.com

收稿日期:2019 – 12 – 03