

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.12.029

脱盐车站浓水反渗透系统的节水改造

孙江虎

(中国石油四川石化有限责任公司 公用工程部, 四川 成都 611930)

摘 要: 对某炼化企业脱盐车站浓水反渗透系统的节水改造进行技术可行性分析,设计新的工艺改造方案,选用高性能反渗透膜和高效膜阻垢剂,调节浓水进水 pH 值,实时优化系统回收率,改造后的浓水反渗透系统运行平稳,并取得了一定的经济效益。

关键词: 反渗透; pH 值; 优化设计; 产水量

中图分类号: TU992.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)12-0156-04

Water Saving Retrofit of Concentrated Water RO System in a Desalted Water Station

SUN Jiang-hu

(Utility Engineering Department, Chinese Petroleum Sichuan Petrochemical Co. Ltd., Chengdu 611930, China)

Abstract: The technical feasibility of water saving retrofit of concentrated water reverse osmosis (RO) system in a refining and chemical enterprise desalted water station is analyzed and a new process reconstruction scheme is designed. The high-performance RO membrane and efficient membrane scale inhibitor are selected, the pH value of the concentrated water influent is adjusted, and the recovery rate of the system is optimized in real time. After the reconstruction, the concentrated water RO system ran smoothly and obtained remarkable economic benefits.

Key words: RO; pH value; optimal design; productivity

随着国民经济的飞速发展,炼化企业在扩大加工规模的同时,生产用水量、排污量也在大幅增长,如何降低水耗、提高水资源利用率已成为一项重要的工作任务。曹震等^[1]的研究表明,反渗透膜分离工艺已在我国工业水处理中得到广泛的应用,因此,如何优化设计,提高反渗透系统回收率,已成为工艺路线选择时考虑的重要因素。在反渗透系统设计时,主要围绕废水减量化、无害化、资源化等方面提高水资源利用率,目前有两个方法可以提高系统的回收率:①增加水流经过反渗透膜组件的长度;②浓

水分段,水流经的膜元件越长,则淡水的产量越大,回收率越高。因此,在保证出水水质和系统稳定的前提下,进行浓水分段,适当增加反渗透段数,可以提高反渗透系统的回收率。

1 脱盐车站简介

某炼化企业脱盐车站反渗透系统设计进水量为 $1\,560\text{ m}^3/\text{h}$,产水量为 $1\,422\text{ m}^3/\text{h}$,回收率为 90%,工艺流程如图 1 所示。该脱盐车站采用双膜法处理工艺,使用 DOW 化学公司生产的膜元件,分原水和浓水两个反渗透系统,并联运行,设计参数如表 1 所

示。但因脱盐水系统整体规模较大,即使在 90% 回收率的情况下,反渗透系统浓水排放量仍高达 138 m³/h,造成水资源浪费,也给后续污水处理系统造成很大的运行负担。

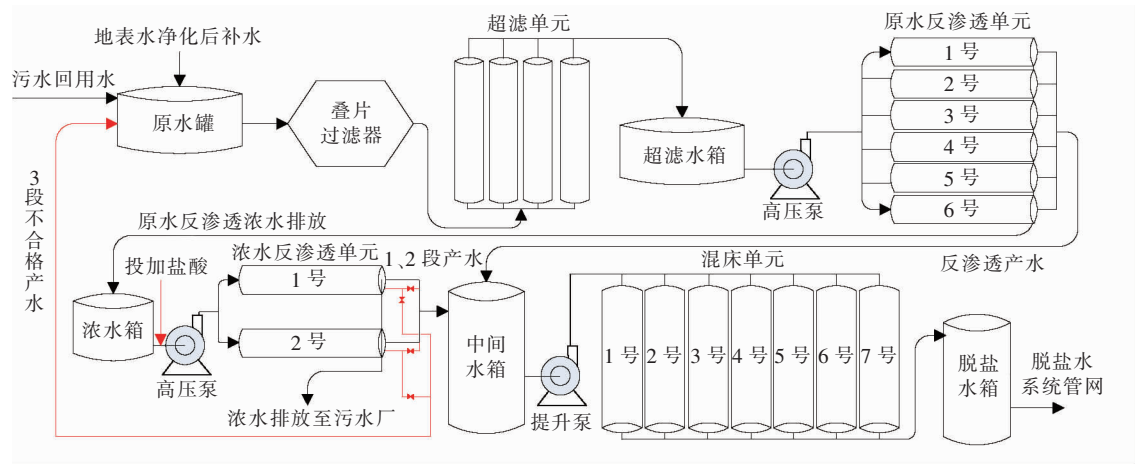


图 1 脱盐车站工艺流程

Fig. 1 Flow chart of desalted water station

表 1 反渗透系统工艺设计参数

Tab. 1 Process design parameters of RO system

项 目	单套原水反渗透	单套浓水反渗透
排列方式	1 级 2 段 (24 : 12)	1 级 2 段 (18 : 9)
反渗透套数	6	2
膜元件型号	BW30 - 400, 单膜壳 6 支	BW30 - 400/34i, 单膜壳 6 支
回收率/%	75	65
进 水	压力/MPa	1.0 ~ 1.55
	流量/(m ³ · h ⁻¹)	260
	TDS/(mg · L ⁻¹)	≤160
产 水	流量/(m ³ · h ⁻¹)	195
	TDS/(mg · L ⁻¹)	<6
浓水排放	流量/(m ³ · h ⁻¹)	65

2 技术可行性分析

反渗透膜很容易被无机盐类、胶体、微生物、金属氧化物等污染,这些物质容易沉积在膜表面引起膜通量下降或脱盐率下降,导致段间压差升高,甚至对膜造成不可恢复的损伤。国内科研机构和生产企业先后开发出在物理化学稳定性、脱盐率、产水量等方面表现出高性能的反渗透膜元件,并成功应用,说明目前的反渗透膜技术已经相当成熟^[2]。

2018 年 6 月—10 月浓水反渗透系统进水水质见表 2。由表 2 可知,浓水反渗透系统进水以碳酸盐为主,pH 值约 8.6。根据周本省^[3]对水垢析出饱和、稳定、结垢指数的判断,该进水属于结垢型水质;将进水 pH 值控制在 6.8 ~ 7.0 可以抑制 CaCO₃ 的

析出^[4]。若在现有的基础上将单套浓水反渗透再分段,即再增加一段反渗透膜组件,对进水母管进行加酸改造,能有效阻止碳酸盐在膜表面形成水垢。唐彦强^[5]和姚吉等^[6]的研究表明,选用高性能膜阻垢剂,优化化学清洗工艺,在提高回收率的情况下,可以确保反渗透系统的长期稳定运行。

表 2 浓水反渗透系统进水水质

Tab. 2 Influent quality of concentrated water RO system

项 目	取样时间				
	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
温度/℃	29.20	31.30	31.50	25.40	24.60
pH 值 (25℃)	8.11	8.75	8.60	8.61	8.61
TDS/(mg · L ⁻¹)	491.5	405.5	508.5	537.0	475.5
总碱度/(mg · L ⁻¹)	187	182	224	305	299
总硬度/(mg · L ⁻¹)	144.3	147.5	209.5	378.0	348.4
饱和指数 (L.S.I)	1.81	1.45	1.52	2.39	2.36
稳定指数 (R.S.I)	5.49	5.83	5.56	3.83	3.88
结垢指数 (P.S.I)	6.73	6.73	6.18	4.26	4.32

3 工艺改造方案

反渗透系统原设计采用地表水净化后的水,2016 年改造后,将污水处理厂反渗透产水回用至脱盐车站,回用水与净化后的地表水在原水箱混合后作为反渗透系统给水,刘丞等^[7]的研究也表明该方案可行有效。改造后的水质有很大提高,进水污染指数 (SDI) 为 1.19 ~ 1.85, TDS 比设计值降低约 20%,而且进水水质稳定,为浓水反渗透系统改造提供了优质的水源。

根据浓水反渗透系统设计参数和系统脱盐率的

5.4 元/m³, 节约水费 207.36 万元/a。

③ 阻垢剂消耗量为 0.5 t/月, 价格为 3 万元/t; 盐酸消耗量为 4 t/月, 价格为 0.13 万元/t。化工原材料消耗费用为 24.24 万元/a。

④ 因混床进水电导率有所增加, 混床周期制水量降低, 每年要多再生 40 次, 消耗的酸、碱、脱盐水量分别为 1.1、2.2、200 t/次, 其中, 硫酸为 2 500 元/t, 20% 氢氧化钠溶液为 2 000 元/t, 脱盐水制水成本为 7.44 元/t, 再生增加费用为 34.55 万元/a。

⑤ 综合考虑因提高反渗透系统回收率少排放的污水量和增加混床再生次数产生的污水量, 污水处理成本按 7.49 元/m³ 计, 可减少污水处理费用为 233.59 万元/a。

⑥ 浓水反渗透系统因增加一段而需要提高浓水反渗透高压泵扬程所多消耗的电量可忽略不计。

⑦ 每年净增效益为 318.16 万元。

6 结论

通过对脱盐浓水反渗透系统优化改造, 选用物理化学稳定性、脱盐率、产水量、抗污染优异的反渗透膜元件和高效膜阻垢剂, 根据进水水质和水量, 通过调节浓水反渗透进水 pH 值, 实时调整回收率, 提高了脱盐浓水的产水量, 减少了耗水量, 降低了生产成本, 取得了显著的经济效益, 为企业节能减排作出积极贡献。

参考文献:

- [1] 曹震, 魏杨扬, 赵曼, 等. 反渗透复合膜研究进展与展望[J]. 水处理技术, 2016, 42(9): 10-16, 21.
CAO Zhen, WEI Yangyang, ZHAO Man, *et al.* Progress and prospect in the development of reverse osmosis composite membrane technology[J]. Technology of Water Treatment, 2016, 42(9): 10-16, 21 (in Chinese).
- [2] 张子潇, 魏屹, 张宏宇, 等. 不同生物污染控制条件下对反渗透污染的控制效果[J]. 中国给水排水, 2019, 35(23): 96-99.
ZHANG Zixiao, WEI Yi, ZHANG Hongyu, *et al.* Control effect of RO membrane fouling under different biofouling control conditions[J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(23): 96-99 (in Chinese).
- [3] 周本省. 工业水处理技术[M]. 2 版. 北京: 化学工业出版社, 2017.
ZHOU Bensheng. Industrial Water Treatment Technology [M]. 2nd ed. Beijing: Chemical Industry Press, 2017 (in Chinese).
- [4] 宋杰, 于慧, 吴非洋, 等. 测试液 pH 值对 RO 膜元件渗透性能测试结果的影响[J]. 中国给水排水, 2017, 33(21): 44-47.
SONG Jie, YU Hui, WU Feiyang, *et al.* Impact of feed pH on permeation and separation of reverse osmosis membrane element [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(21): 44-47 (in Chinese).
- [5] 唐彦强. 大唐华东电厂反渗透膜常见问题及解决措施[J]. 中国给水排水, 2019, 35(24): 108-114.
TANG Yanqiang. Common problems and solutions to reverse osmosis in Datang East China Power Plant [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(24): 108-114 (in Chinese).
- [6] 姚吉, 张稳妥, 滕良方, 等. “双膜工艺”在工业区污水处理厂再生水工程中的应用[J]. 中国给水排水, 2019, 35(20): 37-41.
YAO Ji, ZHANG Wentuo, TENG Liangfang, *et al.* Application of double membrane process in reuse water project of industrial wastewater treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(20): 37-41 (in Chinese).
- [7] 刘丞, 张国宇. 石油化工厂含盐废水处理研究与工程实践[J]. 中国给水排水, 2019, 35(4): 96-99.
LIU Cheng, ZHANG Guoyu. Research and engineering practice of a salt-containing wastewater treatment project in a petrochemical plant [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(4): 96-99 (in Chinese).
- [8] 任六一, 赵颂, 王志, 等. 抗污染芳香聚酰胺反渗透膜研究进展[J]. 化工学报, 2020, 71(2): 475-486.
REN Liuyi, ZHAO Song, WANG Zhi, *et al.* Research progress of antifouling aromatic polyamide reverse osmosis membrane [J]. CIESC Journal, 2020, 71(2): 475-486 (in Chinese).
- [9] 张子潇, 魏屹, 王京涛, 等. 反渗透膜元件污染分析方法的应用[J]. 水处理技术, 2018, 44(12): 129-133.
ZHANG Zixiao, WEI Yi, WANG Jingtao, *et al.* Application of analytical method for RO membrane fouling [J]. Technology of Water Treatment, 2018, 44(12): 129-133 (in Chinese).

作者简介: 孙江虎 (1981 -), 男, 河北宁晋人, 硕士, 工程师, 从事水处理技术和生产管理工作。

E-mail: sjh2@petrochina.com.cn

收稿日期: 2020-03-24

修回日期: 2020-04-04

(编辑: 衣春敏)