

胜利油田污水脱盐技术现场试验研究

王英伟¹ 谷梅霞¹ 边江² 杨朋辉³

1. 中石化石油工程设计有限公司, 山东 东营 257026;
2. 中国石油大学(华东)储运与建筑工程学院, 山东 青岛 266580;
3. 山东同圆设计集团有限公司, 山东 济南 250000

摘 要:为探究胜利油田污水脱盐处理采用多效蒸发技术(MEE)和机械压缩蒸发技术(MVC)的可行性,对胜利油田高矿化度油田污水脱盐进行了现场试验研究,通过对处理后的水样进行化验,分析处理后水质是否达到注汽锅炉用水水质标准。结果表明:多效蒸发技术处理后,污水中可溶性固体(矿化度)可降至 1 000 mg/L 以下,油含量、总铁、总硬度、总碱度、矿化度能够达到注汽锅炉用水水质标准;机械压缩蒸发技术处理后,污水的矿化度可降至 20 mg/L 以下,水中盐分去除较彻底,各项指标均能达到注汽锅炉用水水质标准,该项技术适用于胜利油田污水脱盐。

关键词:油田污水;脱盐;热法;多效蒸发;机械压缩蒸发

DOI:10.3969/j.issn.1006-5539.2015.04.020

0 前言

胜利油田污水属高盐污水,其资源化回用的关键是脱盐。目前工业应用较为成熟的油田污水脱盐技术主要有膜法和热法(即膜分离法和蒸馏法)^[1-5]。膜法脱盐技术目前国内主要应用在海淡水化、医药、食品、纺织、炼油化工等领域,该方法脱盐多采用“超滤+纳滤/反渗透”为核心的双膜处理工艺,但双膜处理工艺对污水预处理要求高、膜耐油性能差、工艺运行稳定性差,目前这些缺点尚未很好地解决,限制了其在油田污水脱盐处理方面的应用。而热法脱盐技术对污水预处理要求低,国内外研究或应用比较成熟的有多效蒸发和机械压缩蒸发技术^[6-7],多效蒸发技术(MEE)多应用于石油、化工、制药、海水淡化等领域;机械压缩蒸发技术(MVC)在国外油田污水脱盐处理工程已经推广应用,但国内研究较少。本文利用热法脱盐技术对胜利油田高矿化度油田污水进行了现场试验研究,探讨了多效蒸发技术和机械压缩蒸发技术在胜利油田污水处理的可行性。

1 工作原理

多效蒸发技术的基本原理^[8-9]:蒸汽与进料污水发生热交换,经过多次蒸发和冷凝,后一效蒸发器的操作压力和溶液的沸点均较前一效蒸发器低,使前一效蒸发器引出的二次蒸汽作为后一效蒸发器的加热蒸汽,且后一效蒸发器的加热室成为前一效蒸发器的冷却器,得到多倍于蒸汽量的蒸馏水。多效蒸发技术是热法脱盐技术中最节能的方法之一,优点在于可以重复利用热能、提高造水比,但存在设备结垢严重的缺点。多效蒸发技术基本原理见图 1。

机械压缩蒸发技术的基本原理^[10]:盐水预热后引入蒸发器进行内部蒸发,蒸发过程产生的(二次)蒸汽通过压缩机压缩增压升温,形成过热蒸汽作为热源供污水蒸发装置使用,蒸汽压缩冷凝后可使冷却水中的有害成分得到浓缩排放,并使冷凝液作为循环水和锅炉补充水返回系统,同时将蒸汽从低能量转化为高能量用于后续装置的加热。系统启动后仅需消耗电能,机械压缩蒸发器

的工作过程同机械压缩式热泵。机械压缩蒸发技术基本原理见图 2。

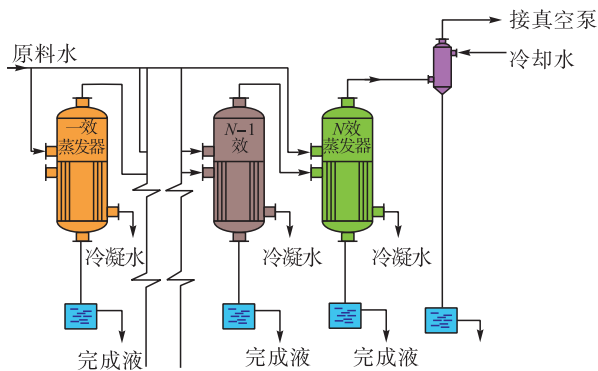


图 1 多效蒸发技术基本原理

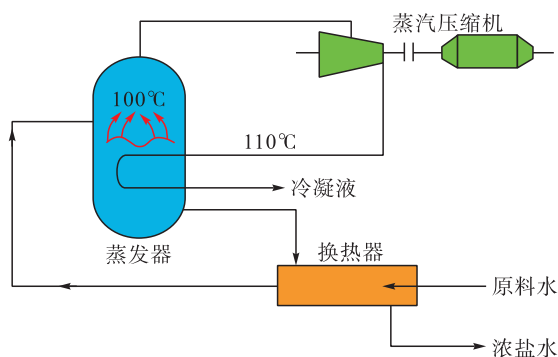


图 2 机械压缩蒸发技术基本原理

2 应用现状

多效蒸发技术在污水回用处理方面,国内曾有利用该技术对环氧丙烷皂化废水等化工废水回收化工原料以及回用蒸馏水的工程实例,但该技术油田污水处理方面的应用未曾报道过。

机械压缩蒸发技术在油田污水回用处理方面,国外研究和应用较成熟。加拿大 Alberta 油田 2003 年开始在工程中采用机械压缩蒸发技术处理油田污水;到 2005 年,处理规模已达到 $15\,000\text{ m}^3/\text{d}$;2006 年后,蒸发水进入汽包式锅炉,产生 100 % 干度的过热蒸汽直接用于油田的注汽,极大地改善了系统运行的稳定性。法国 Deer

Creek Energy Joslyn Phase 工程也采用了该项技术,处理水量 $6\,000\text{ m}^3/\text{d}$,处理后的水供给 2 台 110 t/h 锅筒锅炉,出水水质稳定,完全满足灌溉、锅炉补给水等水质要求。国内在机械压缩蒸发处理油田污水方面还处于理论研究阶段,没有工程应用实例。

通过调研可以看出,多效蒸发技术和机械压缩蒸发技术是目前较先进的脱盐技术,两种技术有各自的优点和适用条件。机械压缩蒸发技术适用于各种工况,除盐、除硬较彻底,处理后污水可直接进入锅炉,但目前国内尚无适合大规模应用的蒸汽压缩机,需要引进,投资高;多效蒸发技术成熟,但存在设备结垢问题,需要利用蒸汽热源,在有可用蒸汽源的情况下更经济可行。目前国外机械压缩蒸馏装置已推广 150 套,国内主要以多效蒸发技术为主。总体上讲,两种技术处理后均适用于油田污水脱盐,但投资和处理成本偏高。

3 现场试验

胜利油田分别对多效蒸发技术和机械压缩蒸发技术应用于高矿化度油田污水脱盐进行了现场试验研究,探究两种技术的应用可行性。

3.1 多效蒸发技术

在滨南稠油首站进行了多效蒸发技术处理油田污水现场试验,试验装置现场见图 3。整套试验装置采用四效低温多效蒸发工艺,试验装置能力 $3\sim5\text{ m}^3/\text{h}$,造水比 3.5,成水率 60 % ~ 80 %。试验处理效果见表 1。



图 3 滨南稠油首站试验现场

表 1 多效蒸发技术试验结果

分析项目	油含量	总悬浮物	总铁	溶解氧	总硬度	总碱度	矿化度
注汽锅炉用水标准	≤ 2	≤ 2	≤ 0.5	≤ 0.05	≤ 0.1	$\leq 2\,000$	$\leq 7\,000$
处理结果	0	13 ~ 30	0.03	0.5	0 ~ 0.4	8 ~ 20	< 1 000

由表 1 可知,通过多效蒸发技术处理后,污水中可溶性固体(矿化度)可降至 $1\,000\text{ mg/L}$ 以下,完全达标,其余参数除溶解氧与悬浮物含量外均能达到注汽锅炉用水水质标准。说明该技术在胜利油田污水脱盐方面有较大实用价值。

3.2 机械压缩蒸发技术

在胜利油田选取孤五、孤六和垦西具有代表性的 3 个污水水样,运往美国 RCC 实验室进行机械压缩蒸发技术实验,研究机械压缩蒸发技术在胜利油田的应用可行性。实验结果见表 2。

由表 2 可知,通过机械压缩蒸发技术处理后,污水中可溶性固体(矿化度)可降至 20 mg/L 以下,水中盐分去除较

彻底,处理后水质达到注汽锅炉用水水质标准。可见,机械压缩蒸发技术在胜利油田污水脱盐方面应用前景较大。

表 2 机械压缩蒸发技术实验结果

分析项目	油脂	总悬浮物	总铁含量	二氧化硅	总硬度	总碱度	矿化度
注汽锅炉用水标准	≤2	≤2	≤0.5	≤50	≤0.1	≤2 000	≤7 000
孤五水样分析结果	<1	<2	<0.005	0.174	0.025	60	<20
垦西水样分析结果	<1	<2	<0.005	0.420	0.132	60	<20
孤六水样分析结果	<1	<2	<0.005	<0.03	0.015	2	<20

4 结论

胜利油田率先针对油田污水脱盐开展了多效蒸发技术现场试验和机械压缩蒸发技术实验室研究,结果表明:

1)多效蒸发技术处理后,污水中可溶性固体(矿化度)可降至 1 000 mg/L 以下,油含量、总铁、总硬度、总碱度、矿化度能够达到注汽锅炉用水水质标准。

2)机械压缩蒸发技术处理后,污水的矿化度可降至 20 mg/L 以下,水中盐分去除较彻底,各项指标均能达到注汽锅炉用水水质标准,适用于胜利油田污水脱盐。

3)机械压缩蒸发技术适用于各种工况,除盐、除硬较彻底,处理后污水可直接进入锅炉,但目前国内还没有适合大规模应用的蒸汽压缩机,需要引进,投资高;多效蒸发技术成熟,但存在设备结垢问题,且需要利用蒸汽热源,因此在有可用蒸汽源的情况下更经济可行。

参考文献:

[1] 周卫东,佟德水,李罗鹏. 油田采出水处理方法研究进展[J]. 工业水处理,2008,28(12):5-8.
Zhou Weidong, Tong Deshui, Li Luopeng. Research and Development of Oilfield Produced Water Treatment Methods[J]. Industrial Water Treatment, 2008, 28(12):5-8.

[2] 丁慧. 胜利油田污水回注处理及资源化利用新技术研究[J]. 油气田环境保护,2012,22(4):37-39.
Ding Hui. New Technology Research of Waste Water Reinjection Treatment and Resource Utilization in Shengli Oilfield[J]. Environmental Protection of Oil & Gas Fields, 2012, 22(4):37-39.

[3] 刘敬敏,刘广丽,卢宇. 油田污水处理方法分析[J]. 油气田地面工程,2010,29(8):63-64.
Liu Jingmin, Liu Guangli, Lu Yu. Analysis of Sewage Treatment in the Oilfield[J]. Oil-Gasfield Surface Engineering, 2010, 29(8):63-64.

[4] 邹龙生,张依,陈德珍,等. 稠油废水降膜蒸发回收蒸馏水的试验研究[J]. 水处理技术,2012,38(12):37-41.

Zou Longsheng, Zhang Yi, Chen Dezhen, et al. Experimental Study of Falling Film Evaporation of Heavy Oil Wastewater to Recycle Distilled Water[J]. Technology of Water Treatment, 2012, 38(12):37-41.

[5] 任永忠,陈素宁,刘智金,等. 油田外排污水处理技术及研究进展[J]. 安全与环境工程,2011,18(2):45-48.
Ren Yongzhong, Chen Suning, Liu Zhijin, et al. Treatment Technology of Oilfield Discharged Wastewater and Development Tendency[J]. Safety and Environmental Engineering, 2011, 18(2):45-48.

[6] 任晓晶. 澳大利亚煤层气产出水脱盐处理方法[J]. 天然气工业,2012,32(6):78-81.
Ren Xiaojing. Desalination Options for Coalbed Methane Produced Water in Australia[J]. Natural Gas Industry, 2012, 32(6):78-81.

[7] 祝威,董健,谷梅霞. 胜利油田污水资源化处理试验研究[J]. 广东化工,2011,38(10):36-38.
Zhu Wei, Dong Jian, Gu Meixia. Experimental Research on Resource Utilization of Shengli Oilfield Waste Water[J]. Guangdong Chemical Industry, 2011, 38(10):36-38.

[8] 李清方,刘中良,韩冰,等. 基于多效蒸发技术的油田污水淡化系统及分析[J]. 热科学与技术,2011,10(3):201-208.
Li Qingfang, Liu Zhongliang, Han Bing, et al. Process Simulation and Analysis of Multiple Effect Evaporation Based Oilfield Waste Water Desalination Systems[J]. Journal of Thermal Science and Technology, 2011, 10(3):201-208.

[9] 王宇楠. 多效蒸发油田污水脱盐系统实验研究[D]. 大连:大连理工大学,2014.
Wang Yunan. Experimental Study of Multi-Effect on Distillation Oilfield Wastewater Desalination System[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2014.

[10] 李清方,刘中良,庞会中,等. 基于机械蒸汽压缩蒸发的油田污水脱盐系统及分析[J]. 化工学报,2011,62(7):1963-1969.
Li Qingfang, Liu Zhongliang, Pang Huizhong, et al. Process Simulation and Analysis of Mechanical Vapor Compression Based Oilfield Waste Water Desalination Systems[J]. CIESC Journal, 2011, 62(7):1963-1969.