

青化砭采油厂采出水处理工艺适应性分析

王 涛

(陕西延长石油<集团>有限责任公司研究院, 陕西 西安 710075)

摘 要: 青化砭采油厂采出水中90%的油为粒径 $>10\ \mu\text{m}$ 的分散油,要达到延长油田注水含油量 $\leq 3\ \text{mg/L}$ 、悬浮物含量 $\leq 2\ \text{mg/L}$ 、颗粒粒径中值 $\leq 2\ \mu\text{m}$ 的指标要求则需分离绝大部分乳化油。针对青化砭采油厂采出水水质特点,将原有污水处理工艺改造为高效溶气气浮/双滤料过滤/超滤工艺,并对高效溶气气浮预处理单元、双滤料粗滤单元、超滤膜精滤单元出水含油量、悬浮物含量、油滴数及油滴粒径分布等指标进行了分析。结果表明,高效气浮预处理单元、双滤料粗滤单元以及超滤膜精滤单元是一个有机结合的整体;各处理单元油水分离均有相对应的油滴粒径分布、含油量和悬浮物含量范围,超过该范围,各污水处理单元的处理效果将会大打折扣。

关键词: 油田采出水; 高效溶气气浮; 双滤料过滤; 超滤; 含油量; 悬浮物

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)07-0085-04

Adaptive Analysis on Treatment of Oil Field Extraction Wastewater in Qinghuabian Oil Production Plant

WANG Tao

(Research Institute of Shaanxi Yanchang Petroleum Company Ltd., Xi'an 710075, China)

Abstract: Extraction wastewater of Qinghuabian oil field is mainly dispersed oil (particle size $>10\ \mu\text{m}$) which accounts for 90%, in order to meet the water injection requirements with oil content $\leq 3\ \text{mg/L}$, SS $\leq 2\ \text{mg/L}$ and median particle size $\leq 2\ \mu\text{m}$, most of the emulsified oil also should be removed. Regarding to the wastewater quality of Qinghuabian production, the original wastewater treatment process was retrofitted to a "high efficiency dissolved air flotation/mixed media filter bed/ultrafiltration" process. The influent and effluent oil content, suspended solids content, number of oil droplets, and the distribution of droplets sizes parameters in each of the unit were analyzed. The results showed that whole treatment process was an integrated system. Each processing unit of oil-water separation had a range of suitable droplet size distribution, oil content, and suspended solids content. Beyond this range, the treatment effects of wastewater treatment units were discounted.

Key words: oil field extraction wastewater; high efficiency dissolved air flotation; mixed media filter bed; ultrafiltration; oil content; suspended solid

青化砭采油厂地处陕北黄土高原水资源短缺区域,油藏普遍具有“低渗、低压、低产”等特点,属于

特低渗透油田,经过近10年来的快速发展,已经形成年产 $50 \times 10^4\ \text{t}$ 原油的生产规模。为了弥补原油

采出后造成的地下亏空,稳定地层压力,获得较高的采收率,将油田采出水处理后回注,既解决了注水水源问题,又保护了环境,可为油田带来巨大的经济效益^[1-3]。延长油田根据油藏特点和自身污水处理效果,对注水水质指标做了相应规定,制定了《延长油田注入水水质指标暂行修订指标》(2011年),并于2012年3月份执行,其中注水水质执行“3、2、2”标准,即含油量 ≤ 3 mg/L、悬浮物含量 ≤ 2 mg/L、颗粒粒径中值 ≤ 2 μm 。

1 青化砭采油厂采出水水质分析

采油污水中一般90%左右的油是以粒径 >100 μm 的浮油(稍加静置即可浮升至水面)和 $10\sim 100$ μm 的分散油(有足够的静置时间,油珠亦可浮升至水面)形式存在,另外10%主要是 $0.1\sim 10$ μm 的乳化油(稳定性好,单纯用静置方法很难使油水得到分离), <0.1 μm 的溶解油(分散在水中,可见光透过肉眼不可见)含量很低。悬浮物按粒径大小则可分为泥质(粒径 <10 μm)、粉质(粒径为 $10\sim 100$ μm)和砂质(粒径 >100 μm)。

由高清数字成像技术测得的青化砭采油厂某污水处理站原油沉降罐出口污水中油滴分布如图1所示。可以看出,污水中油滴呈明显的高斯分布,大多数油滴粒径超过 10 μm ,即污水中绝大部分为分散油;高清数字成像镜头单位面积内约有280个油滴,油滴粒径中值约为 22.5 μm 。

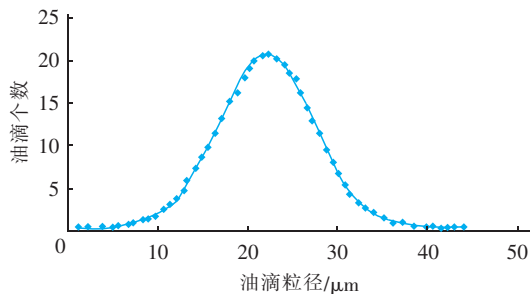


图1 原油沉降罐出口污水中油滴高斯分布曲线

Fig.1 Gauss distribution of oil droplets in crude oil settling tank exit

综上,粒径为 $10\sim 100$ μm 的分散油是青化砭采油厂采出水的主要污油形式,但要达到注水标准还需分离绝大部分乳化油,因此基于该污水处理站污水中油滴分布特点,确定污水处理工艺应包括:自然沉降、混凝沉降和气浮组成的预处理单元以及机械过滤为主的粗滤、精细过滤等3个主要处理单元。

2 改造前膜分离工艺分析

该污水处理站于2008年投产,设计处理规模为 $1\,200\text{ m}^3/\text{d}$,实际处理量为 $600\text{ m}^3/\text{d}$;处理原水为长6油层采出水,设计处理后的水质指标为A1级,即“3、2、2”标准。该站原先采用的处理工艺为一级除油/油水分离器/超滤膜过滤,见图2。

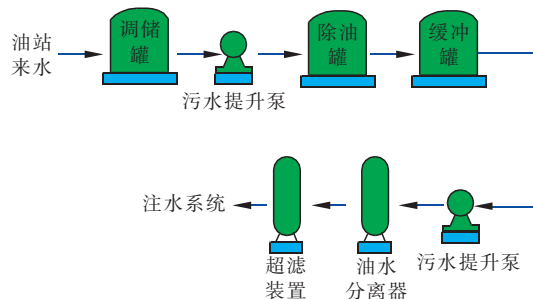


图2 改造前青化砭采油厂某污水处理站工艺流程

Fig.2 Flow chart of a sewage treatment station of Qinghuabian oil production plant before transformation

原处理工艺未设混凝沉降段和粗过滤段,导致运行中出现如下问题:

① 油水分离器进水含油量、悬浮物含量偏高,油水分离器再生频繁。油水分离器填料为亲油疏水弹性材料,靠其吸附作用除油,当填料失去吸附能力时,通过挤压脱油再生,恢复吸油功能。目前油水分离器进水含油量在 180 mg/L 左右,导致油水分离器再生频繁,加之来水水质不稳定,难以确保出水水质满足后续工艺和设备进水要求。

② 超滤膜过滤器因进水含油量和悬浮物含量偏高,不但影响了出水水质,也造成膜污染严重而影响使用寿命。从工程应用经验来看,当超滤膜进水水质满足含油量和悬浮物含量均小于 10 mg/L 时,更有利于设备性能发挥。现有处理工艺没有设置粗过滤段,导致超滤膜过滤装置进水含油量和悬浮物含量偏高(含油量为 176.7 mg/L 、SS为 62.2 mg/L),超滤膜过滤装置难以适应该运行工况,导致更换频繁。

3 改造后膜分离工艺分析

针对该污水处理站存在的问题,2016年7月对处理工艺进行了改造,在预处理单元新添高效气浮装置,并新建双滤料过滤器作为粗滤装置。改造后工艺流程见图3。

高效气浮装置选择高效溶气气浮,具有如下优势:①溶气压力可以达到 0.6 MPa ,溶气量大,分离

效率高;②耐冲击负荷,对水质和运行工况适应性强,当进水含油量为 100 ~ 500 mg/L、悬浮物含量为 50 ~ 200 mg/L 时,出水含油量为 15 ~ 30 mg/L、悬浮物含量为 10 ~ 15 mg/L;③腔内设波纹斜板,使絮体在上浮过程中发生二次絮凝,提高了分离效率;④特殊结构设计,集成化程度高,结构紧凑,占地面积小。

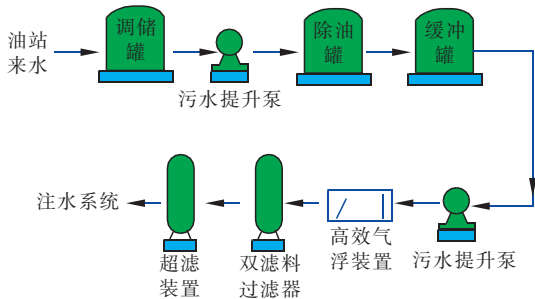


图 3 污水处理站改造后的工艺流程

Fig. 3 Flow chart of a sewage treatment station of Qinghuabian oil production plant after transformation

双滤料过滤器选用核桃壳和金刚砂组合滤料,具有耐油污、强度高、反洗效果好等特性,当进水含油量为 30 mg/L、悬浮物含量为 20 mg/L 时,出水含油量为 5 ~ 10 mg/L、悬浮物含量为 5 ~ 10 mg/L。

3.1 预处理单元运行效果

预处理单元包括除油罐和高效气浮装置。参照《碎屑岩油藏注水水质推荐指标及分析方法》,在水温为 33 ~ 35 ℃ 条件下,对预处理单元处理前后的含油量和悬浮物含量进行了测定,结果如下:7 月 16 日,预处理前后含油量分别为 91.8、39.2 mg/L,悬浮物含量分别为 44.0、16.0 mg/L;7 月 18 日,预处理前后含油量分别为 150.2、22.2 mg/L,悬浮物含量分别为 78.0、12.7 mg/L;7 月 19 日,预处理前后含油量分别为 67.2、22.6 mg/L,悬浮物含量分别为 76.0、14.8 mg/L;7 月 20 日,预处理前后含油量分别为 128.0、18.0 mg/L,悬浮物含量分别为 78.8、13.7 mg/L。可知,除 7 月 16 日预处理单元出水含油量和 SS 含量波动较大外,其余几天出水含油量和 SS 含量均较稳定,且均优于设计标准(含油量 ≤ 30 mg/L、悬浮物含量 ≤ 20 mg/L)。总体来看,预处理单元处理效果较好,出水水质稳定,说明预处理单元尤其是高效溶气气浮装置能满足设计要求。

应用在线高清数字成像技术对气浮装置出水中油滴分布进行检测,发现数字成像镜头单位面积内油滴数量明显减少,约有 150 个,油滴粒径中值约为

5.8 μm,两者均较沉降罐出口污水中油滴指标大幅降低,再次说明预处理单元尤其是高效溶气气浮装置有较强的油水分离能力,能够满足设计要求。

3.2 双滤料过滤单元运行效果

参照前文方法,对双滤料过滤单元处理前后的含油量和悬浮物含量进行了测定,结果见表 1。可知,除 7 月 16 日双滤料过滤单元出水含油量和悬浮物含量超过设计标准(≤ 10 mg/L)外,其余 4 d 的含油量和悬浮物含量均较稳定,且均达到设计指标。说明当双滤料过滤单元进水水质能满足含油量 ≤ 30 mg/L、悬浮物含量 ≤ 20 mg/L 标准时,出水水质能够达到含油量和悬浮物含量均小于 10 mg/L 的标准。如果双滤料过滤单元进水水质不能满足上述标准,出水水质会存在不达标风险。整体而言双滤料过滤单元能够满足设计要求。

表 1 双滤料过滤器出水水质

Tab. 1 Effluent quality of mixed media filter bed

mg · L⁻¹

项 目	含油量		悬浮物含量	
	处理前	处理后	处理前	处理后
7 月 16 日	39.2	11.8	16.0	8.8
7 月 17 日	21.0	5.1	15.2	7.1
7 月 18 日	22.2	7.1	12.7	5.5
7 月 19 日	22.6	7.6	14.8	8.4
7 月 20 日	18.0	7.3	13.7	7.5
设计标准	≤ 10		≤ 10	

应用在线高清数字成像技术对双滤料出水中油滴分布进行检测,发现数字成像镜头单位面积内油滴数量较气浮装置出水明显减少,约有 80 个油滴,油滴粒径中值约为 3.1 μm,但含油量、悬浮物含量、颗粒粒径中值等均未达到“3、2、2”的注水标准。

3.3 超滤膜过滤单元运行效果

该污水处理站采用聚四氟乙烯管式膜组件。超滤装置依据错流过滤原理,每个回路都有各自的循环泵,以便形成涡流,具有很高的抗污染性能和膜通量。在膜过滤压力为 0.36 MPa 下,对超滤进出水水质进行了测定,结果如下:7 月 16 日,预处理前后含油量分别为 11.8、2.9 mg/L,悬浮物含量分别为 8.8、1.7 mg/L;7 月 18 日,预处理前后含油量分别为 7.1、2.2 mg/L,悬浮物含量分别为 5.5、1.4 mg/L;7 月 19 日,预处理前后含油量分别为 7.6、2.4 mg/L,悬浮物含量分别为 8.4、1.4 mg/L;7 月 20 日,预处理前后含油量分别为 7.9、2.3 mg/L,悬浮

物含量分别为 7.5、1.5 mg/L。可知,超滤单元出水含油量和悬浮物含量均比较稳定,而且均达到设计标准。说明当超滤单元进水能满足含油量 ≤ 10 mg/L、悬浮物含量 ≤ 10 mg/L 时,出水水质能达到含油量 ≤ 3 mg/L、悬浮物含量 ≤ 2 mg/L 的标准。反之,如果进水水质达不到设计要求,出水水质就可能会有超标的风险,如 7 月 16 日进水含油量为 11.8 mg/L,出水含油量则刚好达到 2.9 mg/L。

图 4 为超滤单元出水中油滴高斯分布曲线。可以看出,数字成像镜头单位面积内油滴数量较双滤料出水明显减少,油滴不足 40 个,且油滴粒径中值约为 1.4 μm 。含油量、悬浮物含量、颗粒粒径中值均已达到延长油田注水指标要求。

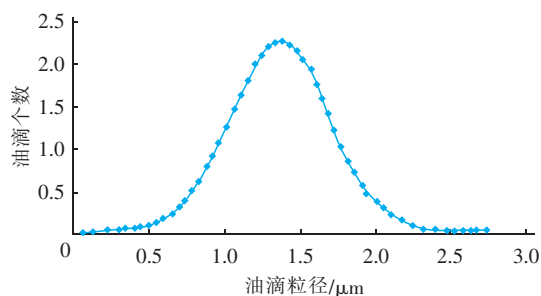


图 4 超滤出水中油滴高斯分布

Fig.4 Gauss distribution of oil droplets in UF effluent

4 结论

① 青化砭采油厂采出水中 90% 为粒径 > 10 μm 的分散油,要达到延长油田“3、2、2”的注水指标(含油量、悬浮物含量、颗粒粒径中值分别为 ≤ 3 mg/L、 ≤ 2 mg/L、 ≤ 2 μm)则需分离绝大部分乳化油,因此确定该污水处理站处理工艺应包括预处理、粗滤以及精细过滤。

② 高效气浮装置预处理效果较好,出水水质稳定,能够满足粗滤装置进水含油量 ≤ 30 mg/L、悬浮物含量 ≤ 20 mg/L 的水质要求;双滤料过滤器装置出水水质稳定,能够满足超滤进水含油量和悬浮物含量均小于 10 mg/L 的水质要求;超滤膜出水水质则能够满足延长油田注水水质要求。

③ 高效气浮预处理单元、双滤料粗滤单元以及超滤膜精滤单元是有机结合的整体,高效气浮预处理单元适合分离油滴粒径 > 10 μm 的分散油和部分油滴粒径为 5 ~ 10 μm 的乳化油,而不能分离粒径更小的乳化油和部分溶解油;双滤料粗滤单元适合分离油滴粒径 > 2 μm 的乳化油和部分分散油,而

不能分离粒径更小的乳化油和部分溶解油;超滤膜精滤单元则主要分离油滴粒径为 0.1 ~ 2 μm 的乳化油和部分溶解油,不适合分离分散油和大颗粒乳化油。因此各处理单元油水分离均有对应的油滴粒径分布以及含油量、悬浮物含量范围,超过此范围,各污水处理单元的处理效果将大打折扣。

参考文献:

- [1] 卢永斌,王涛,李俊莉,等. 气田采出污水处理工艺优化方法[J]. 腐蚀与防护,2016,37(3):220-223.
Lu Yongbin, Wang Tao, Li Junli, et al. Optimization method of sewage treatment process in a gas field[J]. Corrosion and Protection,2016,37(3):220-223(in Chinese).
- [2] 王爱军. 高铁酸钾+浸泡膜处理 SP 二元驱油田采出水[J]. 中国给水排水,2016,32(5):70-73.
Wang Aijun. Treatment of SP flooding oilfield produced water by potassium ferrate and immersed membrane[J]. China Water & Wastewater,2016,32(5):70-73(in Chinese).
- [3] 于洪敏,左景桀,任韶然. 油田采油污水回注处理技术及工艺探讨[J]. 腐蚀与防护,2008,29(12):776-779.
Yu Hongmin, Zuo Jingjue, Ren Shaoran. Treatment technology and process of produced water for reinjection in oilfield[J]. Corrosion and Protection,2008,29(12):776-779(in Chinese).



作者简介:王涛(1986-),女,陕西延长人,硕士,工程师,主要从事油气田环境保护和金属管线腐蚀与防护研究工作。

E-mail:175245473@qq.com

收稿日期:2017-08-12