

延长油田联合站间歇性污水处理工艺改造

李杰^{1,2}, 路潇潇³, 高嘉喜², 李鹤¹, 刘立虎⁴, 张书勤¹

(1. 陕西延长石油<集团>有限责任公司研究院, 陕西 西安 710075; 2. 延长油田股份有限公司勘探开发技术研究中心, 陕西 延安 716000; 3. 西安石油大学外国语学院, 陕西 西安 710065; 4. 延长油田股份有限公司吴起采油厂, 陕西 延安 716000)

摘要: 延长油田某联合站污水处理系统上午处于停运状态, 而下午高负荷运转, 导致污水处理系统间歇运行, 处理难度大, 效果差。通过技术改造, 采用适应抗冲击力强的污水处理工艺, 解决了间歇性污水处理效果差的问题, 出水达到含油量 ≤ 3 mg/L、悬浮物 ≤ 2 mg/L、粒径中值 ≤ 2 μm 的注水水质标准, 同时污水处理费用由5.6元/ m^3 降至5.2元/ m^3 。

关键词: 油田; 污水处理; 间歇来液; 气浮

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)04-0110-04

Transformation of Intermittent Wastewater Treatment Process of a Joint Station in Yanchang Oilfield

LI Jie^{1,2}, LU Xiao-xiao³, GAO Jia-xi², LI He¹, LIU Li-hu⁴, ZHANG Shu-qin¹

(1. Research Institute of Shaanxi Yanchang Petroleum <Group> Co. Ltd., Xi'an 710075, China; 2. Exploration and Development Technology Research Center, Yanchang Oilfield Co. Ltd., Yan'an 716000, China; 3. School of Foreign Language, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China; 4. Wuyi Oil Production Plant, Yanchang Oilfield Co. Ltd., Yan'an 716000, China)

Abstract: The sewage treatment system of a joint station in Yanchang oilfield was out of service in the morning, while it was under high load in the afternoon, which led to intermittent operation of the sewage treatment system. Through technical transformation, sewage treatment process with strong impact resistance was adopted to solve the problem of poor treatment effect due to intermittent influx. The effluent could meet the injection quality standard including oil content less than 3 mg/L, suspended matter content less than 2 mg/L, median particle size less than 2 μm . Meanwhile, the sewage treatment cost was reduced from 5.6 yuan/ m^3 to 5.2 yuan/ m^3 .

Key words: oilfield; sewage treatment; intermittent influx; air floatation

1 联合站概况

延长油田地处黄土高原, 油区内沟壑纵横, 部分开发区块未建成完善的密闭集输系统, 单井产液首先进入井场储罐, 再通过汽车运至附近联合站集中处理。汽车运输方式导致联合站来液集中, 污水处理量波动大, 水质不稳定, 因此需通过技术改造提高

污水处理抗冲击能力。针对不同油田的不同情况, 有人提出了专门的解决方案^[1-4], 但未见处理油田间歇性来液, 提高污水处理水平的相关文献。为此, 专门针对间歇来液污水处理工艺进行讨论, 通过技术改造, 最终提升了污水处理水平, 满足了间歇来液处理要求。

联合站于 2005 年建成投产,具有原油加热、脱水、存储外运、污水处理、注水等功能。站内污水处理系统采用一级重力除油 + 油水分离器 + 烧结管过滤的工艺,设计处理规模为 1 200 m³/d,设 500 m³ 除油罐 1 座、100 m³ 缓冲罐 1 座、油水分离器 4 台、烧结管过滤器 8 台。设计处理后水质需达到含油量 ≤ 3 mg/L、悬浮物 ≤ 2 mg/L、粒径中值 ≤ 2 μm 的注水水质标准。

1.1 来水水质

该站污水量实际最低为 400 m³/d,最高为 1 400 m³/d,波动范围较大。污水主要为三叠系延长组产出液,水质分析见表 1。

表 1 联合站污水水质

Tab. 1 Influent quality of oilfield joint station

项 目	含 量
阳离子/ (mg · L ⁻¹)	Na ⁺
	Ca ²⁺
	Mg ²⁺
	Fe ³⁺ / Fe ²⁺
阴离子/ (mg · L ⁻¹)	Cl ⁻
	HCO ₃ ⁻
	CO ₃ ²⁻
	SO ₄ ²⁻
总硬度/(mg · L ⁻¹)	2 501.17
总碱度/(mg · L ⁻¹)	1 869.25
矿化度/(mg · L ⁻¹)	30 675.58
水温/℃	29.5
硫酸盐还原菌(SRB)/(个 · mL ⁻¹)	500
腐生菌(TGB)/(个 · mL ⁻¹)	5.0 × 10 ³
铁细菌/(个 · mL ⁻¹)	26
溶解氧/(mg · L ⁻¹)	未检出
硫化物/(mg · L ⁻¹)	68.12
pH 值	6.3

由表 1 可知,该污水属于 CaCl₂ 型水质,矿化度、Cl⁻ 和硫化物含量均较高,腐蚀性强,CaCO₃ 饱和指数为 1.52,存在明显结垢趋势。另外,来水 SRB、TGB 超标。

1.2 改造前工艺及存在的问题

改造前采用的处理工艺为一级重力除油 + 油水分离器 + 烧结管过滤,设计连续 24 h 运行,处理能力为 50 m³/h,但实际每日运行约 12 h,平均处理量为 100 m³/h,处理能力严重不足。另外,该工艺缺乏混凝沉降段,导致处理负荷全部由过滤段承担,油水分离器填料为亲油疏水性弹性材料,主要依靠填

料吸附除油,当填料失去吸附能力时,通过挤压脱油再生,恢复吸附功能。其进水含油量要求小于 10 mg/L,而改造前油水分离器进水含油量平均为 160 mg/L,导致油水分离器再生频繁且效果差,出水水质不达标。另外,该污水处理辅助系统存在问题,污泥主要依靠简单沉降后外运处理。

改造前连续投加除铁剂、絮凝剂、助凝剂、缓蚀剂、阻垢剂和杀菌剂等 6 种药剂,投加点都设在除油罐进口处,也影响药剂效果。根据水质检测数据(见表 2),处理后水样自然静置存放 2 h 后,会出现浑浊现象。

表 2 改造前各工段滤后水质

Tab. 2 Water quality after filtration of each unit before transformation mg · L⁻¹

项目	污水	除油罐	油水分离器	烧结管过滤器
含油量	158.3	116.4	48.2	27.4
悬浮物	136.6	83.7	37.6	17.7

2 工艺改造

2.1 主工艺流程改造

根据存在的问题,改造思路为完善核心工艺,优化设备选型,提升配套辅助系统。污水处理主工艺流程由以前的“一级重力除油 + 油水分离器 + 烧结管过滤”改造为“一级重力除油 + 高效气浮 + 双滤料过滤 + 多介质过滤 + 超滤”,其中高效溶气气浮采用高溶气量、蛇形管混合药剂、管道溶气、内置斜板,处理量为 30 ~ 100 m³/h。改造前、后工艺流程如图 1 所示。

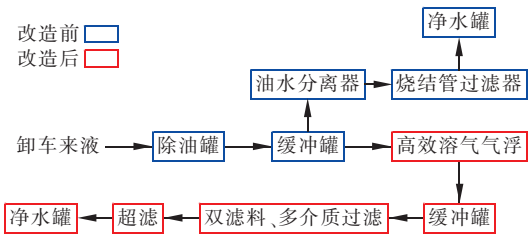


图 1 改造前、后水处理流程

Fig. 1 Comparison of wastewater treatment process before and after renovation

采用双滤料与多介质过滤器组合,进水采用微涡反应分离原理,反洗采取旋流搓洗结构,填料粒径由大至小,密度由小至大;超滤选用 PTFE 膜,具有耐污染、化学药剂耐受性,耐温、再生能力强,强度高,抗老化、使用周期长等特点。改造后滤后出水含

油量 ≤ 3 mg/L、悬浮物 ≤ 2 mg/L、粒径中值 ≤ 2 μm , 满足超低渗透率油藏注水水质要求。

2.2 辅助流程改造

增加叠螺浮渣脱水机,气浮装置的浮渣及污泥等均排至新建浮渣池内,经污泥泵增压排至浮渣脱

水机房进行处理,处理后的浮渣暂放浮渣堆存场,定期外运,处理后的污水排至已建污水池内,解决以往污泥无法及时排出而在系统中恶性循环的问题。

改造加药间,投加絮凝剂、助凝剂、杀菌剂、阻垢剂、缓蚀剂等5种药剂,投加位置及方式见表3。

表3 药剂投加位置及方式

Tab.3 Chemical dosage location and method

项 目	投加比例/%	投加位置	投加方式	备注
絮凝剂	10	气浮装置蛇行管进口	连续	液剂
助凝剂	0.3	气浮装置蛇行管进口	连续	液剂
杀菌剂	10	注水罐进口与气浮后端缓冲罐进口交替投加	每5天切换至气浮后端缓冲罐进口交替投加1次,脉冲投加	液剂
阻垢剂	10	注水罐进口	连续	液剂
缓蚀剂	8.0	注水罐进口	连续	液剂

2.3 主要设备设计参数

① 气浮装置

按最大处理能力100 m^3/h 设计,考虑到当前站内场地有限,采用整体厢房设计,尽可能减少占地空间。进水含油量 ≤ 200 mg/L、悬浮物 ≤ 100 mg/L,出水含油量 ≤ 20 mg/L、悬浮物 ≤ 20 mg/L,回流量不小于20%。厢房自带抽风排风系统、检测探头、各装置间管汇、阀门、配电控制柜、采暖设施等。

② 过滤装置

过滤装置内含双滤料和多介质两种过滤罐。双滤料和多介质过滤罐各2台,单台直径为2.2 m,处理水量为1 200 m^3/d ,进水含油量 ≤ 20 mg/L,悬浮物 ≤ 20 mg/L,出水含油量 ≤ 5 mg/L,悬浮物 ≤ 2 mg/L,粒径中值 ≤ 3 μm ,反冲洗强度为14 $\text{L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$,反冲洗时间为15 min,反洗方式为气、水反洗。正常运行时,分两组串联运行,双滤料和多介质滤罐先各自串联后再并联运行;反洗和设备检修时,单台双滤料和多介质滤罐串联运行。

主要附属设施:防爆过滤反洗泵, $Q=6$ m^3/min , $H=98$ kPa, $N=15$ kW;防爆滤前提升泵:

$Q=60$ m^3/h , $H=350$ kPa, $N=7.5$ kW;滤后缓冲水箱,钢制,玻璃钢防腐内衬。

③ 超滤膜

膜材质为PTFE,外压式膜元件,产水率为90.9%,进水含油量 ≤ 5 mg/L、悬浮物 ≤ 2 mg/L,出水含油量 ≤ 3 mg/L、悬浮物 ≤ 2 mg/L、粒径中值 ≤ 2 μm 。膜组件共分两组,正常运行时,并联运行;一组反洗、清洗和设备检修时,另外一组运行。

④ 污泥脱水

污泥脱水设备主要包括叠螺脱水机、加药装置、污水外输泵、污泥泵。叠螺污泥脱水机: $Q=3.6 \sim 9$ m^3/h , $N=0.8$ kW;无轴螺旋输送机: $Q=7.4$ m^3/h , $N=1.5$ kW;加药罐 $V=1$ m^3 ,加药泵: $Q=80$ L/h, $P=0.8$ MPa, $N=1.5$ kW;污水外输离心泵: $Q=25$ m^3/h , $H=1.2$ MPa, $N=18.5$ kW;污泥螺杆泵: $Q=15$ m^3/h , $H=600$ kPa, $N=15$ kW。

3 改造后处理效果及效益

通过改造,来液集中时高效溶气气浮可进行有效的预处理,减轻了精细过滤的负担,滤后水质满足技术要求,见表4。

表4 改造后出水水质

Tab.4 Effluent quality after transformation

项 目	缓冲罐出口	气浮出口	多介质过滤罐出口	超滤出口
含油量/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	183.79	16.98	3.38	2.03
悬浮物/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	77.55	18.43	4.08	1.89
中值粒径/ μm	—	—	—	1.7

通过检测数据看出,改造后出水达到含油量 ≤ 3 mg/L、悬浮物 ≤ 2 mg/L、粒径中值 ≤ 2 μm 的注水水质要求。

改造后污水处理成本相对减少,改造前滤料更换周期为12个月,改造后延长至30个月,污水处理费用由5.6元/ m^3 降至5.2元/ m^3 ,同时改造站场费

用约600万元,而新建一座相同规模站场需1200万元,效益明显。另外,污水处理后实现100%有效回注,减少了清水用量,同时有效降低了油田污水污染环境的风险。

4 结论

一级重力除油+高效气浮+双滤料过滤+多介质过滤+超滤处理工艺适应联合站间歇性来液、下午集中来液的生产工况,尤其是高效溶气气浮提高了处理流程的抗冲击性。将主工艺与辅助系统同时改造,实现净化水达到回注水水质标准,延长了滤料更换周期,污水处理费用由5.6元/ m^3 降至5.2元/ m^3 ,效益明显。

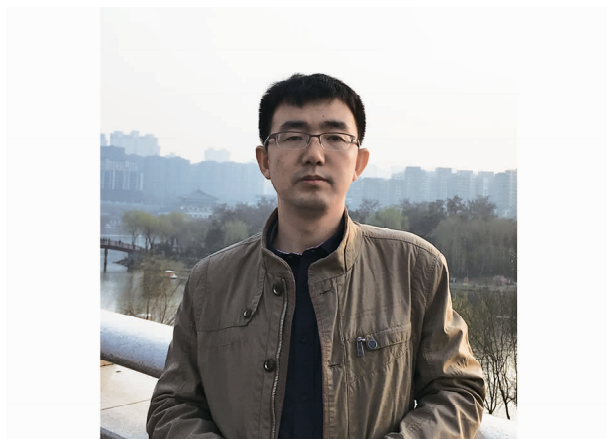
参考文献:

- [1] 曾儒永,杨扬. 海上油田生产水系统工艺改造实践[J]. 工业水处理,2014,34(5):79-80.
Zeng Ruyong, Yang Yang. Process reformation practice of offshore oilfield production water system[J]. Industrial Water Treatment, 2014, 34(5): 79-80 (in Chinese).
- [2] 游革新,王宏. 某油田污水站水质改造工程的优化设计[J]. 中国给水排水,2010,26(24):42-46.
You Gexin, Wang Hong. Optimized design of water quality reconstruction project of a wastewater treatment station in oil field[J]. China Water & Wastewater, 2010, 26(24): 42-46 (in Chinese).
- [3] 陈康,廖柯熹. 胜利油田某污水处理站工艺改造研究[J]. 当代化工,2015,44(9):2187-2189.

Chen Kang, Liao Kexi. Research on process modification of a sewage treatment station in Shengli oilfield [J]. Contemporary Chemical Industry, 2015, 44(9): 2187-2189 (in Chinese).

- [4] 李倩,骆伟,梁金强,等. 风城油田采出水处理工艺技术改造研究[J]. 给水排水,2014,40(7):48-51.

Li Qian, Luo Wei, Liang Jinqiang, et al. Research of improvement of Fengcheng Oilfield produced water disposal technology [J]. Water & Wastewater Engineering, 2014, 40(7): 48-51 (in Chinese).



作者简介:李杰(1987-),男,陕西府谷人,硕士,工程师,现主要从事油气田地面工程规划设计工作。

E-mail: 251121080@qq.com

收稿日期:2019-06-18

幸福生活靠奋斗,美丽河湖靠呵护