

“气浮 + 过滤 + 杀菌工艺” 在大港油田某采出水处理站的应用

郭伟^{1*}, 孔博昌², 刘远征², 宗蕾¹, 刘龙彪¹, 张丽芬¹

(1. 中国石油管道局工程有限公司天津分公司, 天津 300457;

2. 中国石油北京天然气管道有限公司, 北京 100012;

3. 中国石油管道局工程有限公司, 河北 廊坊 065000)

摘要:为提高油田采出水处理站的处理效果, 对大港油田某采出水处理站的处理工艺进行优化及研究。首先介绍了采出水处理站进出水水质, 对采出水处理的常规工艺进行了分析。确定采用以一体化集成污水处理装置(气浮 + 过滤 + 杀菌)为主体的工艺流程。简要介绍了一体化集成污水处理装置的原理及最终的处理效果。最后对该工艺投运之后会产生经济效益进行了预测, 每年可节省清水费用约 1 050 万元。

关键词: 油田采出水; 一体化集成污水处理设备; 气浮; 过滤; 杀菌; 大港油田; 注水

中图分类号: TE992.2

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2017)04-0214-03

DOI: 10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2017.04.053

The application of “gas floatation + filtration + sterilize process” in dagang oil field’s produced water treatment station

GUO Wei^{1*}, KONG Bo-chang², LIU Yuan-zheng², ZONG Lei, LIU Long-biao, ZHANG Li-fen¹

(1. China Petroleum Pipeline Engineering Company Limited Tianjin Branch, Tianjin 300457, China;

2. Petrochina Beijing Gas Pipeline Co., Ltd., Beijing 100012, China;

3. China Petroleum Pipeline Engineering Company Limited, Langfang 065000, China)

Abstract: In order to improve the treatment effect of oilfield produced water treatment station, to make some improvement and study of produced water treatment station in Dagang oilfield. First introduce the water quality at inlet and outlet of integration oily water treatment equipment, make some analyze about routine process of produced water treatment. At last adopt the process of integration oily water treatment equipment (Gas Floatation + Filtration + Sterilize) as the main treatment process. Briefly introduce the principle and treatment effect of integration oily water treatment equipment. At last make prediction about the economic effectiveness after the process been put into operation, the treatment station can save 10 500 000 yuan each year for saving clean water.

Key words: oilfield produced water; integration oily water treatment equipment; gas floatation; filtration; sterilize; dagang oil field; water injection

伴随着油田的滚动开发, 油田已进入中后期开发阶段, 油井采出液中综合含水率逐年上升, 地层的压力逐年下降, 油田注水工艺是控制原油产量递减、提高水驱采收率的关键手段, 因而为注水系统提供水源的上游采出水处理系统(油田采出水是指油田开采过程中产生的含有原油的水, 简称采出水^[1]), 具有举足轻重的作用, 采出水处理系统处理效果的好坏, 直接关系到注水的效果。为深入贯彻油田公司“注好水、注够水、精细注水、有效注水”的理念, 采油厂决定对所辖某采出水处理站进行升级改造, 以提高采出水处理系统的处理效果, 既满足了油田后期开发的要求, 又为油田的开发建设奠定了良好的基础。

1 新建采出水处理装置进水水质、出水水质指标及规模

1.1 原水水质

本次改造的采出水处理站工艺前端已建有 3 000 m³ 污水沉降罐, 污水来源主要包括采出水, 还包括采油厂生活区排出的部分生活污水。原水水质见表 1。

表 1 采出水处理系统原水水质一览表

含油/ (mg·L ⁻¹)	悬浮物/ (mg·L ⁻¹)	原油密度/ (mg·cm ⁻¹)	温度/℃
≤60	≤50	0.85	48~53

收稿日期: 2017-02-08

作者简介: 郭伟(1980-), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事污水处理等油气田地面工程建设的设计工作, 通讯联系人, 022-60901660, guowei@cppej.com。

1.2 出水水质指标

本次改造的采出水处理系统设计出水水质指标需达到《大港油田注水水质指标》Q/SYDG 2022—2013^[2]的要求,具体水质指标见表2。

表2 采出水处理系统出水水质指标

含油/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	悬浮物/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	粒径中值/ μm	SRB 菌/ ($\text{个}\cdot\text{mL}^{-1}$)
≤ 15	≤ 10	≤ 4	≤ 110

1.3 采出水处理规模

根据近几年的生产趋势,结合目前生产现状,在不考虑新区投入的情况下,地质部门对采油作业区未来10年的产液量进行了预测,详见表3。

表3 作业区未来10年的产液量预测表

年代	年产液/ 万 m^3	年产油/ 万 t	年产水/ 万 m^3	综合含 水/%
第1年	162.6761	23.1	139.5761	85.80
第2年	166.6667	22.5	144.1667	86.50
第3年	168.7023	22.1	146.6023	86.90
第4年	172.8000	21.6	151.2000	87.50
第5年	173.1092	20.6	152.5092	88.10
第6年	175.6757	19.5	156.1757	88.90
第7年	178.0952	18.7	159.3952	89.50
第8年	183.6735	18.0	165.6735	90.20
第9年	184.7826	17.0	167.7826	90.80
第10年	187.0588	15.9	171.1588	91.50

根据表3的数据,未来10年最大产水量为171.1588万 m^3/a ,同时考虑预留将来新区的发展,所以,改造的采出水处理系统的设计规模确定为6000 m^3/d 。

2 采出水处理工艺的选择

油田采出水中所含的原油,既是外排的控制指标,又是构成COD(chemical oxygen demand,是以化学方法测量水样中需要被氧化的还原性物质的量)的重要成分,因此,除油工艺是本工程的重要环节。

目前国内普遍采用的油田采出水处理工艺一般是两段式处理工艺,以除油和去除悬浮物、达到油层注入水水质标准为主要目的。第一段处理工艺分为以下几种:重力式沉降工艺,压力式沉降工艺,旋流除油工艺和浮选工艺;第二段处理工艺根据水质及处理要求选用不同的过滤工艺组合。

沉降工艺分为重力流程与压力流程2种,重力流程由于设备体积较大,适用于对占地面积限制不严的场合,而压力流程适用于对占地面积控制较严

的场合。压力流程由于采用压力容器,与重力流程的污水沉降罐相比造价高,容积不能做得太大,沉降面积小,相同条件下分离效率低于污水沉降罐。

旋流工艺优点是设备体积小,节省建设用地;缺点是对水量变化的适应性较差,去除悬浮物效果不好,能耗高,设备额定压降0.3 MPa左右,同时,除油效果受油滴粒径影响非常大,对乳化油去除效果不好。本工程原水中所含原油乳化严重,粒径中值 d_{50} 不超过5 μm ,若采用旋流工艺,预计除油效率最高不超过30%。所以本工程不宜采用旋流工艺除油。

浮选工艺适用于油水密度差小,靠重力难以去除的含油污水。气浮原理是:在叶轮式气浮装置的运行中,污水流入水箱,叶轮旋转产生的低压使水流入叶轮。叶轮旋转,把水通过叶轮周围的环形微孔板甩出,于是装叶轮的立管形成了真空,使气从水层上的气顶进入立管,同时水也进入立管,水气混合,被一起高速甩出。当混合流体通过微孔板时,剪切力将气体破碎为微细气泡。气泡在上浮过程中,附着到油珠和固体颗粒上。气泡通过水面冒出,油和固体留在水面,形成的泡沫不断地被缓慢旋转的刮板刮出槽外,气体又开始循环^[3]。

过滤原理:不同滤料层由于颗粒直径不同,层内形成不同的孔隙,污水中所含油污、悬浮杂质就被截留下来^[4]。油田采出水过滤一般是采用压力式过滤器,常用的滤料有核桃壳、无烟煤、石英砂和改性纤维球等。核桃壳表面性质与油接近,容易吸附,除油效果好。无烟煤、石英砂由于滤速慢,冲洗再生水量较大,在油田采出水处理工程中已较少使用。改性纤维球经表面处理,使其表面由非极性改为极性,除油和悬浮物效果均较好,且容易冲洗再生,但对重油,再生效果不佳且价格较高。流砂过滤器是移动床向上流连续过滤器的简称,是一种创新的过滤产品,采用升流式流动床及均质滤料,巧妙地将过滤及反洗结合起来,实现稳定连续的运行。高效流砂过滤器的运行可分为原水过滤和滤料清洗再生2个相对独立又同时进行的过程,二者在同一过滤器的不同位置完成,前者动力依靠高位差或泵的提升,而后者则通过压缩空气完成。根据对处理后水质的要求,选用不同的过滤组合。

从待升级改造的采出水处理站目前已建的核桃壳过滤器和纤维球过滤器的运行情况看,其污水含有胶质沥青较多,其过滤介质采用药剂、热水反洗均较困难,滤料再生困难。

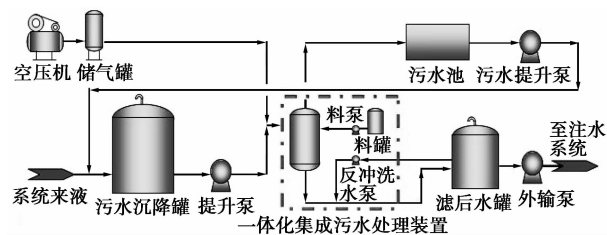
根据上述的分析,并结合本工程现场可用预留

空间有限的实际情况,拟采用一体化集成污水处理装置(将气浮+过滤+杀菌等功能集成在一具容器内),该装置是近年来新开发油田污水处理设备。一体化集成污水处理装置是将多功能油田污水过滤器及多功能防/除垢杀菌装置的功能合为一体,又在装置内增加了气浮和除油填料,还设有电极极化区;罐外设加气筒。将常规油田污水过滤器的两级过滤器合为一级过滤器;一种过滤介质变为多种过滤介质,过滤器和极化器合为一体,大大简化了污水处理流程,减少了设备的数量,有效地降低了工程投资及运行费用,便于管理。该一体化设备采用了向心气浮除油、微涡旋除污降浊以及过滤净化等原理,将气浮、混凝、破乳、除油、多介质过滤、阻垢、除垢、缓蚀、抑菌、滤料充装与循环冲洗及自动控制运行等功能集成于一体化集成污水处理装置中。

3 采出水处理站处理工艺

3.1 污水处理工艺流程

结合上述装置进水的水质、出水的水质指标及采出水处理工艺流程的分析,拟采用多功能一体化集成污水处理装置(气浮+过滤+杀菌)为主体处理设备的工艺流程,流程见图 1。



点画线范围内为一体化集成污水处理装置的供货范围

图 1 工艺流程图

3.2 工艺流程简述

来自上游的采出水首先进入 3 000 m³ 污水沉降罐,经过沉降罐的沉降后,采出水由污水提升泵提升进入一体化集成污水处理设备进行处理,在撬装设备内先经过过滤涡流构件(向心气浮除油功能),此工段可去除浮油和多数分散油^[5];污水再进入特殊的除油填料,进一步去除油类;最后污水进入多介质过滤工段,进一步去除悬浮物和油;设备内还附带有电极化防垢杀菌装置,经过本一体化装置的处理,处理合格的采出水进入 200 m³ 滤后水罐,经污水外输泵的提升,将处理合格的污水输送至注水系统,最终注入油层。

该一体化集成污水装置还具有独立的滤料循环反冲洗再生系统,当污水处理系统处理效果变差的

时候,反冲洗再生系统使得滤料在罐内外开始循环,最终使滤料得以清洗再生。

3.3 “气浮+过滤+杀菌”工艺处理效果

一体化集成污水装置建成之后,通过现场的调试,污水处理装置出口含油量平均为 9 mg/L,悬浮物平均含量为 5 mg/L,粒径中值平均为 3 μm,处理后各项污水指标均优于预期的出水水质指标。

4 “气浮+过滤+杀菌”处理工艺应用产生的经济效益和社会效益

本污水处理装置建成投产之后,每年开工天数按照 350 d 进行考虑,每天可处理采出水的量为 6 000 m³,则每年累计可处理含油污水 210 万 m³,这部分合格污水最终被用于回注至油层,提高地层的采收率,每年可节约等量的清水 210 万 m³,按照清水每吨的价格 5 元来进行估算,每年可节省清水费用 1 050 万元,经济效益非常可观。本工程投产之后,使得采出水处理站的污水处理能力和处理后的水质得以提升,这部分污水回注地层后,既可提高地层中原油的采收率,又减少了对地层的堵塞等破坏,利于油田的滚动开发,社会效益显著。

5 结语

油田开发到中后期,无论从地质、油藏还是油气田地面工程各个方面,都对工程技术人员提出了更高、更严格的要求,只有提高对现有设施的利用率,深入挖潜,才能更加有效地提高原油产量。本工程采用的一体化集成污水处理装置(气浮+过滤+杀菌工艺)占地面积小、功能全,既可满足采出水处理站老站改造过程中经常会面临的预留空间不足的问题,更加合理地利用宝贵的土地资源,又可实现污水处理水质达标的目的,对今后的采出水工程设计有很好的借鉴意义。

参考文献

- [1] 大庆油田工程有限公司(大庆油田建设设计研究院). GB 50428—2015. 油田采出水处理设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2016.
- [2] 中国石油天然气股份有限公司大港油田分公司采油工艺研究院. Q/SYDG 2022—2013. 大港油田注水水质指标[S]. 天津,2013.
- [3] 邹家庆. 工业废水处理技术[M]. 北京:化学工业出版社,2003:132.
- [4] 邹家庆. 工业废水处理技术[M]. 北京:化学工业出版社,2003:21.
- [5] 李青,杨东,谢焜,等. 径向流污水处理技术在大港南部油田的应用分析[J]. 油气田地面工程,2011,30(12):52-54. ■