

轮南油田污水处理系统问题分析及对策

袁镜清¹ 侯永宾¹ 韩丹丹² 苏 杰¹

1. 中国石油集团塔里木油田开发事业部轮南作业区,新疆 库尔勒 841000

2. 中国石油集团塔里木油田塔西南勘探开发公司柯克亚作业区轮南项目部,新疆 库尔勒 841000

摘要:

为降低轮一联污水处理水质悬浮物含量,对污水处理设备、沉降段、过滤段工艺的出水水质、处理状况进行了分析,找出存在的问题及解决对策,制定了可行的技术路线。通过增加连通改变工艺流程,采用自然沉降、混凝沉降、核桃壳、两级双层滤料过滤技术,同时优化药剂配方和调整工艺处理条件,将反冲洗剂更换为更高效的油乳化剂,滤罐反冲洗效果明显,使处理后的水质悬浮物指标有了很大改善,提高了水处理系统的稳定性,降低了处理费用,满足了油田开发需要。

关键词:

污水处理;水质;问题分析;工艺改进

文献标识码:A

文章编号:1006-5539(2011)05-0072-05

0 前言

油田污水成分复杂,含有原油、机械杂质、有机杂质、细菌等多种成分,污水深度处理并达到回注标准困难较大^[1]。轮南油田轮一联合站担负着整个轮南油田的污水处理和注水任务,新、老污水处理及注水站设计日处理污水量分别为 6 000 m³ 和 5 800 m³。目前轮南油田含油污水量为 6 000 m³/d, 处理后的污水约 3 500 m³/d 用于生产注水,1 500 m³/d 被无效回灌,多余的污水外排至站外晒水池。目前油田污水处理工艺有物理化学法、生物方法、物理化学与生物组合法、曝气生物滤池技术、电吸附技术(EST)等^[2],其中物理法主要包括重力分离、离心分离、过滤、粗粒化、膜分离和蒸发等方法,化学法包括混凝沉淀、化学转化和中和法,物理化学法包括气浮法和吸附法两种^[3-4],轮一联污水处理工艺流程见图 1。本文污水每 8 小时取

样化验一次,污油化验采用分光光度法,悬浮物化验采用滤纸过滤—称重法,水质监测数据表明轮一联污水水质主要是悬浮物含量超标,平均达到 6 mg/L,2010 年 1~5 月污水悬浮物含量见表 1。

1 污水水质悬浮物超标原因

轮一联含油污水采用自然沉降、强化絮凝、两级过滤工艺进行处理,其中悬浮物的沉降问题一直是影响污水水质的重要因素。由于污水本身具有密度大、高矿化度、污油酸值高、活性物质多等特性,导致有利于去除污油而不利于去除悬浮物,使悬浮物含量超标^[5]。轮南油田污水水质分析见表 2,生产注水、污水回灌的水质标准见表 3。

1.1 沉降段除油及悬浮物能力

1.1.1 自然沉降罐除油除悬浮物

收稿日期:

2011-02-05

基金项目:

中国石油天然气集团公司“轮南二次开发轮一联脱水系统改造工程”资助项目(XM2008-42)

作者简介:

袁镜清(1971-),男,四川荣县人,工程师,学士,主要从事石油开采的管理与研究工作。

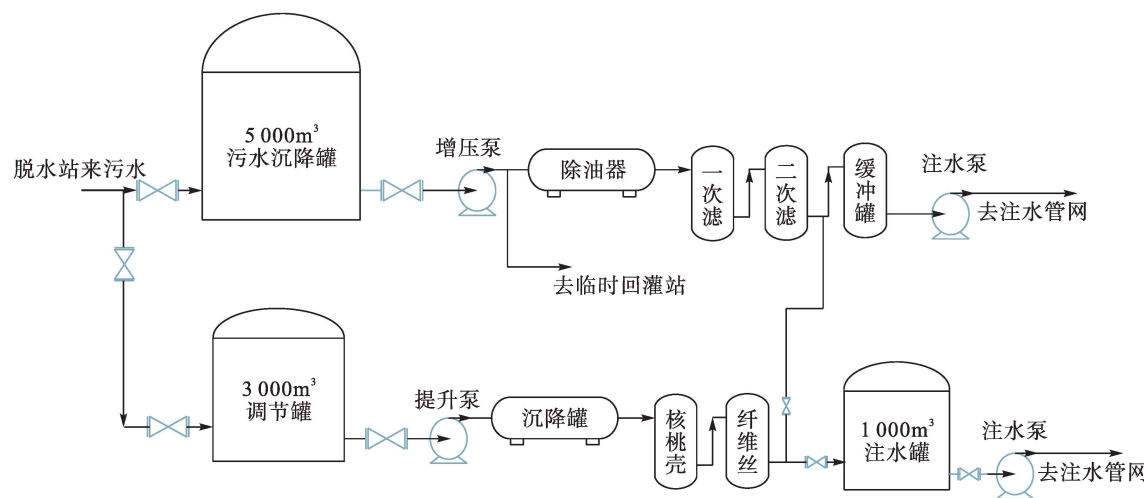


图 1 轮一联污水处理流程图

表1 轮一联2010年1~5月污水悬浮物含量

指 标	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	目标
悬浮物含量 /mg·L ⁻¹	6.1	5.9	5.4	6.1	5.3	3

表2 轮一联合站污水水质分析表

项目名称	数量
悬浮物 /mg·L ⁻¹	191 ~ 392
含油量 /mg·L ⁻¹	100 ~ 390
平均腐蚀率 /mm·a ⁻¹	0.182
腐生菌 /个·mL ⁻¹	0 ~ 0.5
SRB/个·mL ⁻¹	0
铁细菌 /个·mL ⁻¹	0 ~ 0.5
溶解氧 /mg·L ⁻¹	0
硫化物 /mg·L ⁻¹	0
侵蚀性 CO ₂ /mg·L ⁻¹	-0.61
总铁 /mg·L ⁻¹	35.1
二价铁 /mg·L ⁻¹	35.1
Cl ⁻ /mg·L ⁻¹	142 296.3
Ca ²⁺ /mg·L ⁻¹	10 821.6
HCO ₃ ⁻ /mg·L ⁻¹	131.9
SO ₄ ²⁻ /mg·L ⁻¹	946.6
K ⁺ +Na ⁺ /mg·L ⁻¹	79 945.0
总矿化度 /mg·L ⁻¹	234 384.4
水型	CaCl ₂

表3 轮南油田注水水质要求

控制指标	水质要求		备 注
	注水井	回灌井	
悬浮物 /mg·L ⁻¹	≤3.0	≤5.0	主要为控制指标，其辅助指标中的总铁、二氧化碳等在密闭水处理系统中可不加控制。流程密闭时不含溶解氧，否则溶解氧要处理至含量为 0
悬浮物粒径中值 /μm	≤2.0	≤5.0	
含油量 /mg·L ⁻¹	≤10	≤10	
平均腐蚀率 /mm·a ⁻¹	<0.076	<0.076	
SRB/个·mL ⁻¹	≤10 ²	≤10 ²	
铁细菌 /个·mL ⁻¹	=0	=0	
腐生菌 /个·mL ⁻¹	≤10 ³	≤10 ³	

通过对 2 座 3 000 m³ 调节罐的水质监测,轮一联来水经过自然沉降后,出水悬浮固体的去除率为 75 %、油去除率为 97 %,轮一联来水悬浮固体具有较好的稳定性,悬浮物通过重力沉降较难去除,油去除率较好,处理后含油即达到执行的注水水质含油量≤10 mg/L 的标准,调节罐处理效果见表 4。

1.1.2 卧式反应沉降罐除油除悬浮物

罐体分为反应室和沉降段,反应室采用微涡旋结构保证絮凝反应效果。通过精确投加助沉剂、净水剂、催化剂、絮凝剂四种净水剂,利用重核—催化—强化絮凝技术,使污水中悬浮物形成能快速沉降的絮体。沉降室利用小间距斜板沉降分离功能除去悬浮物,采用多点自动排泥,在沉降区底部设置导泥槽和多个排

表4 轮一联调节罐除油除悬浮物效果表

排泥频率	加药量 /kg·d ⁻¹				含油量			悬浮物含量		
	缓蚀剂	阻垢剂	杀菌剂	进水 /mg·L ⁻¹	出水 /mg·L ⁻¹	去除率 /(%)	进水 /mg·L ⁻¹	出水 /mg·L ⁻¹	去除率 /(%)	
1 次 /7 d	设计	200	200	200	≤500	≤100	80	≤300	≤200	33
	实际	200	200	200	100 ~ 390	3.7	97	191 ~ 392	48	75

泥口,定时自动大排量短时间排泥。出水悬浮物的去除率为35.4%,油去除率为21.6%,水质特性得到改善,提高了污水的沉降特性,说明所加沉降剂与来水的配伍较好,达到出水悬浮物含量小于50 mg/L的设计要求,卧式反应沉降罐处理效果见表5。

1.2 过滤段悬浮物及含油去除能力

目前运行的污水处理流程:脱水站来水→3 000 m³调节罐(2座、油污密闭)→污水提升泵(2台)→卧式反应沉降罐(3座并联)→一级全自动核桃壳过滤器(4座并联)→二级纤维束过滤器(3座并联)→1 000 m³注水罐(3座压力罐)→注水。过滤段污水水质化验数据见表6~7,可以看出:

表5 轮一联卧式反应沉降罐除油除悬浮物效果表

	加药量 /kg·d ⁻¹				含油量			悬浮物含量		
	催化剂	絮凝剂	净水剂	助沉剂	进水 /mg·L ⁻¹	出水 /mg·L ⁻¹	去除率 / (%)	进水 /mg·L ⁻¹	出水 /mg·L ⁻¹	去除率 / (%)
设计	200	600	800	300	≤100	≤50	50	≤200	≤50	75
实际	200	600	800	300	3.7	2.9	21.6	48	31	35.4

表6 轮一联核桃壳滤罐运行效果表

反冲洗		含油量			悬浮物含量		
		进水 / mg·L ⁻¹	出水 / mg·L ⁻¹	去除率/ (%)	进水 / mg·L ⁻¹	出水 / mg·L ⁻¹	去除率/ (%)
1次	设计	≤50	≤20	60	≤50	≤15	70
/8h	实际	2.9	0.9	70.0	31	12	61.3

1.3 压力混凝沉降除悬浮物低效分析

在用的过滤器设定进水水质要求比较低,适应范围广,但实际应用过程中由于进水水质较差,造成过滤器不能有效发挥作用,使过滤后水质波动较大,尤其是对精细过滤器的影响更大。通过对目前轮一联应用的过滤器综合分析,存在以下问题^[6]:

a) 核桃壳、纤维丝滤料运行时间长久后易受污染,出水指标达不到设计要求;

b) 核桃壳滤料具有较好的亲油性能,过滤器存在反洗不彻底,滤料恢复能力差。将罐体人孔打开后,滤料发黑,表面有一层油泥,周边滤料不能被翻腾,都有板结现象,用铁锹才能翻动,影响过滤时处理水质的效果,导致反洗周期缩短,反洗频率由3次/d到目前根据化验结果适当增加强制反冲洗次数;

c) 纤维束滤料吸附饱和,反洗不彻底,悬浮物过滤效果差。纤维过滤器控制柜上的液压调节装置无效,无法调节液压器高度。反冲洗时,内部液压装置将纤维丝压紧后,发现纤维丝仍比较稀松,也是导致水质处理不合格的原因。从纤维丝过滤器开罐检查情况

a) 过滤罐除油效果比较好,由于含油指标经过调节罐沉降后即达到执行的注水水质含油量≤10 mg/L的标准,经过核桃壳滤罐处理后,含油量继续下降;

b) 核桃壳滤罐对悬浮物的去除效果比较好,经过核桃壳滤罐处理后,其出水中的悬浮物含量为12 mg/L,比进水中的悬浮物含量平均为31 mg/L下降了19 mg/L,悬浮物含量去除率平均达到61.3%,可以看出核桃壳滤罐对悬浮物的去除效果要好;

c) 纤维丝滤罐对悬浮物的去除效果较差,经过核桃壳滤罐处理后,其出水中的悬浮物含量为7 mg/L,比进水中的悬浮物含量平均为12 mg/L下降了5 mg/L,悬浮物含量去除率平均达到41.7%,没有达到设计要求。

表7 轮一联纤维丝滤罐运行效果表

反冲洗		含油量			悬浮物含量		
		进水 / mg·L ⁻¹	出水 / mg·L ⁻¹	去除率/ (%)	进水 / mg·L ⁻¹	出水 / mg·L ⁻¹	去除率/ (%)
1次	设计	≤20	≤10	50	≤15	≤3	80
/8h	实际	0.9	0.3	67.7	12	7	41.7

看,内部的纤维丝油浸污染较严重,内部纤维丝断裂,部分纤维丝随污水流出罐体。建议根据污水化验结果定期检查内部纤维丝状况,发现污染严重及时更换,但是更换纤维丝滤料费时费力,成本也较高。

2 对策及建议

2.1 优化水处理工艺及过滤段设备

针对过滤系统纤维丝滤罐的问题,在新站核桃壳滤罐出口汇管和老站一二次磁铁矿滤罐进口增加连通管线,使核桃壳处理后的污水再经过老站一二次滤罐过滤。应用的滤料主要有磁铁矿、石英砂、无烟煤多层滤料级配,利用滤料颗粒间范德华力、库仑力和表面张力截留悬浮物和油滴,使悬浮物迁移并被吸附。其中无烟煤作为滤料具有重量轻,反洗用水少、吸附面积大、过滤速度快、酸或碱环境中均稳定,可与砂子并用为双层过滤等优点^[7]。由表8可看出,通过改造各项技术指标均达到设计要求,满足了轮南油田开发注水要求,实现了降低悬浮物含量以及系统平稳运行的目的。

两级双层过滤采用双向过滤罐,一级双向过滤罐

和二级双向过滤罐,两个罐的原理、结构相同。含油污水从上向下同时进水,分别通过一个多孔的石英砂或其他粒状物质的滤床,油珠及悬浮物被截留在这些介质的孔隙或介质上,从而进一步净化。

改造后的工艺流程见图 2:脱水站来水→3 000 m³ 调节罐(2 座、污油密闭)→污水提升泵(2 台)→卧式反应沉降罐(3 座并联)→一级全自动核桃壳过滤器(4 座并联)→一级双向过滤罐 (4 座并联)→二级双向过滤罐 (4 座并联)→700 m³ 注水罐 (3 座压力罐)→注

水。双滤料过滤装置主要对水中悬浮物、油类、铁质等进一步去除,对运行的两级双层滤料滤罐的进水、出水取样测试,表 8 的检测数据表明:

a)双层滤料滤罐来水含油很低,已经达到执行的注水水质含油量≤10 mg/L 的标准;

b)两级双层滤料对悬浮物的含量处理较好。在来水悬浮物含量为 12 mg/L 时,双层滤料出水平均悬浮物含量为 3 mg/L,悬浮物去除率为 75 %,达到执行的注水水质悬浮物≤3 mg/L 的标准。

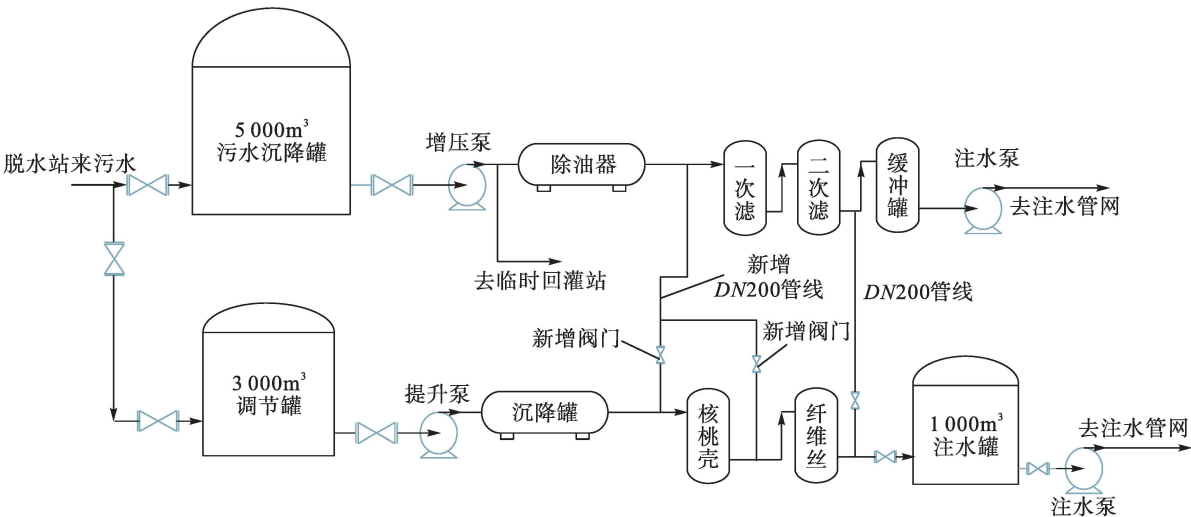


图 2 增加连通改造后的工艺流程

表 8 双层滤料滤罐运行效果表

含油量			悬浮物含量		
进水 / mg·L ⁻¹	出水 / mg·L ⁻¹	去除率 / (%)	进水 / mg·L ⁻¹	出水 / mg·L ⁻¹	去除率 / (%)
0.3	0.2	33.3	12	3	75.0

2.2 开展药剂配伍性实验确保合理加药

针对轮一联污水处理系统悬浮物含量超标、处理成本较高这一问题,调整药剂配方,完善回收工艺。通过药剂配方现场筛选试验,确定药剂最佳浓度和配比。针对滤料反冲洗不彻底,效果差,原反冲洗剂用量由 80 kg/d 增大到 300 kg/d 后效果仍不明显,将反冲洗剂更换为更高效的乳化剂,现场实验表明反洗效果较好。同时用量由 300 kg/d 减少为 40 kg/d,年节约药剂费用 170 万元。

2.3 完善处理工艺配套性及整体性

建议注水罐增设负压排泥装置。注水罐底部排泥系统不畅,污泥无法及时排出,只能靠定期的人工清理,一般是 1 年清理 1~2 次,因此造成积泥区过高,占据了清水区的容积,影响出水水质;由于水质本身悬

浮物超标,用其反冲洗滤罐,洗涤效果差,从而影响滤罐正常过滤效果。同时,过滤器反洗没有质量保障配套设施,无法检测滤罐反洗的效果。

2.4 确保及时收油和排泥

沉降罐上层收油和底部排泥一直是影响水质的关键环节,沉降罐污油回收不及时易形成老化油,油内含有大量悬浮物、硫化物、菌类等。另外沉降罐底部如果没有定期排泥,会在底部越积越多,沉降罐顶部污油和底部污泥的存在,使罐的有效容积变小,来水得不到充分沉降即进入下一级处理,出水水质变差。同时过滤罐应加强反冲洗,防止滤料污染,影响过滤质量。目前卧式反应沉降罐收油和排泥频率见表 9~10,悬浮物去除效果见表 5。调节罐每周一排泥一次。

表 9 卧式反应沉降罐收油频率

收油阀	1#	2#	3#
频率 / 次·d ⁻¹	30	20	10
每次开启时间 /s	170	80	50

表10 卧式反应沉降罐排泥频率

排泥阀	1#	2#	3#	4#
频率/次·d ⁻¹	5	4	3	2
每次开启时间/s	60	60	30	30
冲洗阀开启时间/s	20	20	20	20

3 结论

为了适应油田生产,处理好污水进行回注的需要,对主要环节自然沉降段、过滤段进行了分析,通过进行管线连通,利用现有装置,增加了一级过滤,使纤维丝滤罐和两级双层过滤罐可以相互备用,优化了现场设备;同时使用了更高效的反冲洗剂(油乳化剂),减少了药剂使用量,提高了滤料反冲洗效果,悬浮物含量降到了3 mg/L,使水质有了很大的改善。工艺优化方案的实施,从根本上改善了注水水质,保证了注水合格率。各项水质指标特别是悬浮物含量达到了有关标准。

参考文献:

- [1] 李雅楠. 油田污水处理方法研究[J]. 湖南农机, 2010, 37(4): 15-16.
- [2] 王 蕾, 李嘉英. 浅析污水回用深度处理技术与工艺[J]. 河南化工, 2010, 27(2): 57-58.
- [3] 刘 刚, 胡文胜. 油气田污染物处理方法初探[J]. 天然气与石油, 2000, 18(2): 48-49.
- [4] 王广廷. 联合站污水处理的现状与发展[J]. 科技创新导报, 2008, 30(10): 96.
- [5] 高运宗, 李光银, 单全生, 等. 塔里木油田污水处理技术研究[J]. 石油规划设计, 2007, 18(5): 30-31.
- [6] 陈建东. 油田水处理存在的主要问题与发展方向[J]. 内江科技, 2008, 29(11): 52.
- [7] 洪 斌. 冷一联污水精细处理与应用[J]. 内蒙古石油化工, 2008, 18(13): 123-124.

(上接第59页)

在井下苛刻环境中工作3 a后,管柱内外未见明显腐蚀,说明该技术的防腐效果良好。截止目前,该井生产正常,服役时间已超过4 a,管柱寿命已延长1.7倍。

3 结论

a) 双金属复合喷涂涂层的底层和面层孔隙率低,分别为0.7%和1.1%,经环氧富锌封孔剂处理后耐蚀性能优,可显著延长管柱的使用寿命。

b) 双金属复合喷涂技术可以有效防止腐蚀严重气井管柱的二次腐蚀,避免了频繁大修作业,为低产、高腐蚀气井提供了一种经济实用的防腐手段。

2000, 1-88.

- [2] 李天雷, 李春福, 姜 放, 等. 热喷涂技术研究现状及发展趋势[J]. 天然气与石油, 2007, 25(2): 25-27.
- [3] 杨 晖, 王汉功, 刘学元, 等. 超音速电弧喷涂铝涂层的耐蚀特性[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2000, 12(4): 215-217.
- [4] Planche M P, Liao H, Coddet C. Relationships between In-flight Particle Characteristics and Coating Microstructure with a Twin Wire arc Spray Process and Different Working Conditions [J]. Surface and Coatings Technology, 2004, 182(2-3): 215-226.
- [5] 李 平, 王汉功, 乔生儒. 工艺参数对超音速电弧喷涂钛-铝涂层表面粗糙度的影响[J]. 材料工程, 2006, 8(3): 11-19.
- [6] Regina M H, Ramon S C, Schreiner H, et al. Comparison of Aluminum Coatings Deposited by Flame Spray and by Electric arc Spray [J]. Surface and Coatings Technology, 2007, 202(1): 172-179.
- [7] 张晶晶, 王泽华, 林萍华, 等. 封孔处理对等离子喷涂Cr₂O₃-8TiO₂涂层耐腐蚀性能的影响[J]. 材料科学与工艺, 2010, 5(3): 22-28.

参考文献:

- [1] 王汉功. 超音速电弧喷涂技术[M]. 北京: 国防工业出版社,