

# 风城超稠油污水处理效果的影响因素与对策

刘东明 刘俊德 马良

(中国石油新疆油田公司风城油田作业区)

**摘 要** 针对风城超稠油污水乳化程度高、成分复杂,泥质含量高的问题,采用“旋流除油+重力除油+混凝反应沉降+压力过滤”工艺,通过对污水物性分析研究,优化自动加药系统、污泥脱水系统运行参数,开展采出水旋流处理试验,大幅度降低污水调储罐来水含油,实现污油减量。研发针对性强的净水型反相破乳剂,筛选适应性好的净水剂,最终形成适合于风城作业区(50℃黏度 $\leq 20\,000\text{ mPa}\cdot\text{s}$ )的超稠油污水处理技术,实现净化污水含油 $\leq 2\text{ mg/L}$ 、悬浮物 $\leq 2\text{ mg/L}$ 、净化污水处理合格率 100%、污水回用率 100%的目标。

**关键词** 超稠油污水;旋流除油;污泥脱水;净水药剂

中图分类号: X703.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3158(2013)04-0028-04

## 0 引 言

风城超稠油具有密度高、黏度高,胶质沥青质含量高等特点,采出液泥砂含量高,SAGD(蒸汽辅助重力泄油)采出液存在多重乳液形态,这些特点使采出液油水分离难度大。风城超稠油污水乳化程度高,成分复杂,泥质含量高,沉降罐出口污水含油高(10 000~30 000 mg/L),悬浮物高(500 mg/L),SAGD采出液呈稳定、多重乳状液形态,较高的油和悬浮物对采出水处理系统造成严重影响。污水处理药剂加药量大,药剂成本高,污水矿化度高,有结垢趋势,过滤器投用 3 个月就因筛管堵塞或滤料板结而停用。系统运行效率低,大量污油影响原油产量,处理成本高,影响风城超稠油经济高效开发效果。

## 1 概 况

风城特稠油联合处理站投产于 2008 年 12 月,污水处理系统设计处理能力 20 000 m<sup>3</sup>/d,承担着重 32 区块、重 43、重 18、重检三、重 32(37)SAGD 区块稠油污水处理任务;主要采用“离子调整旋流反应法处理技术”<sup>[1-2]</sup>,辅以“旋流除油+重力除油+混凝反应沉降+压力过滤”工艺处理达标后净化污水回用油田注汽锅炉。目前处理液量 17 000 m<sup>3</sup>/d,油量约 3 100 t/d,油田来液温度约 93℃,二段进净化罐原油温度 95℃,破乳剂加药浓度约 200 mg/L,污水处理水量约 16 000 m<sup>3</sup>/d,外输污水 14 000~15 000 m<sup>3</sup>/d;热洗污水 300 m<sup>3</sup>/d,污

水温度在 85℃。

风城油田超稠油属重碳酸钠水型,污水乳化程度高,且成分复杂,泥质含量高、含油及悬浮物高,温度约 85℃,油水密度差小。

## 2 超稠油污水处理影响因素

### 2.1 采出水物性对污水处理效果影响

◆ 采出液乳化严重,胶质、沥青质含量高,原油黏度高,污水具有较强的黏滞性,油水密度差较小,油水界面张力大,且乳状液结构复杂,水包油、油包水和多重乳液并存,传统的污水处理水质净化药剂体系破乳效果差,难以使油水迅速分离。

◆ 污水中油珠、悬浮固体含量高,其中的细粉颗粒砂在水中呈悬浊状,悬浮固体颗粒难以聚并,去除难度大。采出水大部分为乳化程度高的小油珠,粒径小于 10 μm 的油珠占总含油的 65.9%。污水中 50% 的悬浮物粒径在 10 μm 以下,主要以泥的形态存在,大颗粒的悬浮含量较少。

### 2.2 污泥对系统的影响<sup>[3]</sup>

重 32、重 37 SAGD 采出液经过旋流除砂器脱除大部分粒径 $\geq 74\text{ }\mu\text{m}$ 的砂后进入后续工艺,剩余泥砂在原油沉降罐及采出水调储罐内进一步被分离,并通过负压排泥排入站外 10 000 m<sup>3</sup>事故池,排放含水污泥(含水 99%)约 400 m<sup>3</sup>/d。由于来液中含有较多的泥砂,并以悬浮物的形式存在,具有较强的黏附性,与污水药剂、污油等黏附在一起,形成较为稳定的油泥,导致处理难度加大。

## 2.3 污水含油高对污水处理系统的影响

调储罐进出口采出水含油统计见表1。

表1 调储罐进出口采出水含油统计

日期	来水量/ m <sup>3</sup>	含油最高值/ (mg/L)		含油最低值/ (mg/L)	
		进口	出口	进口	出口
2010-10	9 388	43 796	359	5 460	161
2010-11	9 567	14 062	794	5 560	200
2010-12	9 964	24 540	240	8 004	129
2011-01	9 697	29 554	541	8 202	138
2011-02	9 700	26 997	264	6 573	119
2011-03	9 389	19 254	213	9 744	110
2011-04	11 186	21 769	372	9 828	135
2011-05	10 491	41 429	371	8 397	143
2011-06	10 541	47 871	647	9 060	148
2011-07	11 157	43 531	1 055	9 214	72
2011-08	10 298	22 738	598	12 178	83

自2010年10月,SAGD采出液全部进站后,调储罐进口含油,最高值达47 871 mg/L,最低值5 460 mg/L,出口含油最高值1 055 mg/L,最低值72 mg/L。污水来水含油高,调储罐顶部油污量大,缓冲空间减小,出水水质波动频繁。

## 3 工艺因素分析

污水处理工艺流程见图1。

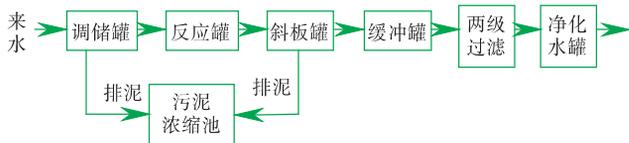


图1 超稠油污水处理工艺流程

### 3.1 污水处理系统无缓冲工艺

污水处理工艺不完善,原油处理系统来水直接进入9 000 m<sup>3</sup>调储罐,中间缺少缓冲处理单元,污水水质指标恶化时,后续指标超高,一定程度上削弱了污水系统抗冲击能力。

### 3.2 万方池污水回收工艺

万方池污水回收至原油脱水系统后,出水水质含油悬浮物高,使得污水系统加药量高。反相破乳剂、

净水剂对原油脱水有影响,净水药剂的投加降低了原油脱水效率。

### 3.3 浓缩池容量小,排出污泥沉降效果差

由于污水含油和悬浮物较高,且污泥浓缩池沉降时间不足,造成污水系统反应罐排污频次较高,最长间隔6 h,最短30 min。排泥进入污泥浓缩池,由于浓缩池容量太小,排污2 min后,排出的含泥污水直接从浓缩池翻出,造成大量污泥一直在污水处理系统中循环。浓缩池排泥时出水悬浮物含量监测情况见表2。

表2 浓缩池排泥时出水悬浮物含量监测情况

时间/min	0	2	3	4	8
悬浮物含量/(mg/L)	3	5	1 000	1 800	1 100

### 3.4 离心机出水进污水回收池工艺

污泥离心机分离出水进污水回收池,出水中含油泥约2~3 m<sup>3</sup>。上浮污泥通过污水回收泵回收至调储罐进口,系统产生较大波动。

## 4 管理因素分析

主要是对污水处理各个环节指标的合理控制、调节等,未能有效的理解并执行好。

◆ 人员素质 大部分员工为转岗、轮换、新入厂员工,熟练程度低。

◆ 技术培训 没有及时有效地进行现场技术培训。

## 5 措施及效果分析

### 5.1 优化工艺方面

◆ 增加浓缩池上层清液回收装置

通过在浓缩池上方各安装一台100 m<sup>3</sup>/h浓浆泵,将上层清水抽出至污水回收池,保持浓缩池在低位运行,增加排出污泥的沉降时间,可回收污水300~400 m<sup>3</sup>/d。通过以上措施收泥数据见图2。

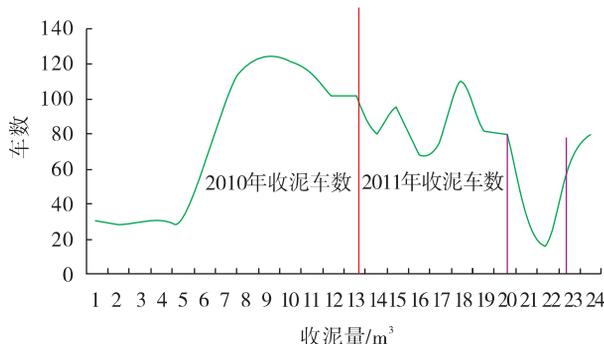


图2 2010年1月-2011年4月污泥处理情况统计

由图2可知,2011年受反应罐内部滤料层塌陷,

滤料球漏失的影响,污泥回收管线堵塞,影响收泥效果。累计回收污泥 2 361 m<sup>3</sup>。通过管理、工艺优化后,回收污泥 15~20 m<sup>3</sup>/d,水质情况有所改善,减少清理沉降池频次,节约清池费用。

◆ 优化万方池回收水工艺

针对工艺因素中,净水药剂对原油脱水系统的影响,将万方池回收污水改进污水处理系统,降低万方池污水中药剂对原油破乳效果,影响脱出水水质。万方池污水改造工艺流程见图 3。

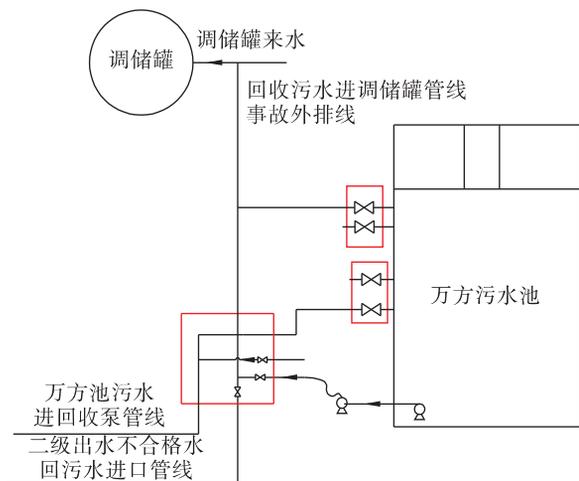


图 3 万方池污水改造工艺流程

5.2 调储罐污油回收试验

污水中含有的污油主要通过添加反相破乳剂实现水包油破乳,从而实现油、水分离。分离出的污油中含有大量的污水处理药剂,泥砂等,污油进系统无法处理,若要强行处理,极易造成处理站系统紊乱,加药

量俱增,不但加大了运行成本,而且严重影响生产正常运行。

目前,污油处理工艺主要采取的是高温破乳+水洗工艺。调储罐污油脱水工艺流程见图 4。



图 4 调储罐污油脱水工艺流程

2# 调储罐污油中主要的固体杂质为地层黏土矿物,将杂质与盐酸充分反应,无气泡产生,但有硫化氢气体的味道。选用无机酸作为辅助与破乳剂配合使用,脱去固体杂质从而实现污油破乳脱水。2011 年调储罐产生污油量 55 905 t,自行处理 29 317 t。

5.3 污水处理药剂优选

污水乳化程度高( $\leq 20 \mu\text{m}$  的油珠质量分数为 69.3%),水中含 H<sub>2</sub>S( $\geq 2 \text{ mg/L}$ ),悬浮物含量高,水温高(75~85℃),水中原油黏度高。同时该污水中含泥质砂,易与水形成亚稳定状态;污水中含油黏度大,密度与水接近,乳化油水化膜厚,且以 W/O 和 O/W 各种形式存在于水中。

◆ 污水反相破乳剂室内评价<sup>[4-5]</sup>

通过对沉降罐出水进行室内评价,试验恒温 90℃ 加热,试验药剂为:1010、307、CN-08,三种反相破乳剂分别按 40、60、80、100 mg/L 不同加药浓度加入烧杯中,搅拌后观察破乳情况,4 h 后取出水样,测含油和悬浮物。不同反相破乳剂浓度下污水含油、悬浮物数据见表 3。

表 3 不同反相破乳剂浓度下污水含油、悬浮物数据(4 h 后)

mg/L

加药浓度	破乳剂型号							
	1010		307		CN-08		空白	
	含油	悬浮物	含油	悬浮物	含油	悬浮物	含油	悬浮物
40	86.1	76	133	392	546	1 720	1 780	850
60	67.9	56	69.3	88	986	1 520	1 780	850
80	72.8	52	32.2	16	287	180	1 780	850
100	39.9	52	21.7	12	377.3	228	1 780	850

由表 3 可看出,1010 和 307 破乳效果都优于 CN-08。而且前两者呈碱性,对管线和设备腐蚀性小。1010 与 307 数据差别不大,但是由于 307 有均匀挂壁现象,所以 1010 优于 307。

◆ 污水反相破乳剂现场试验

特稠油联合站处理污水含油在 15 000~20 000 mg/L。通过大量室内试验,对反相破乳剂进行评价筛选,验证反相破乳剂配伍性,调整现场药剂,使用 1010 型反相破乳剂后效果显著。反相破乳剂应用效果见图 5。

表4 同溢流比、不同入口流量、不同反相破乳剂浓度条件下旋流除油效率(两级串联)

旋流入口流量/(m <sup>3</sup> /h)	反相加药浓度/(mg/L)	两级溢流比/%	旋流出水含油/(mg/L)	两级压降/MPa	除油效率/%
108	20	19	4 775	0.3	56
	40	19	1 645	0.3	85
	60	19	455	0.27	96
138	20	19	510	0.47	89
	40	19	475	0.46	96
	60	19	1 070	0.45	96.3

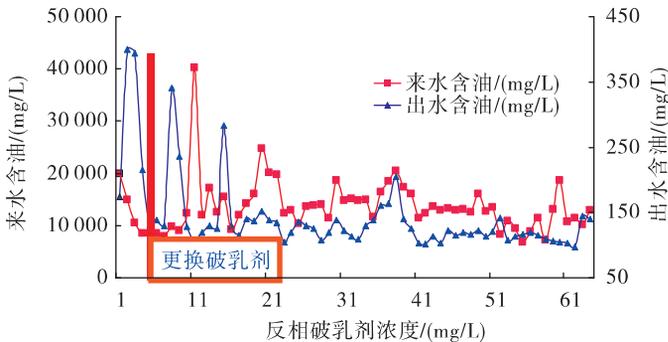


图5 反相破乳剂现场应用效果曲线

由图5可知,使用新净水型反相破乳剂后,调储罐出口污水含油由试验前的200~1 000 mg/L,降为100~300 mg/L,在污水来水含油波动较大时,调储罐出口污水含油均相对试验前更稳定,波动更小。

#### 5.4 污水旋流除油预处理工艺<sup>[6]</sup>

针对超稠油污水含油高、污油产生量大等技术难题,通过研究污水乳化程度高,呈水包油、油包水多重乳状液形态,采用“反相破乳+旋流离心反应”相结合的旋流除油技术,大大降低了沉降罐污水含油量。旋流除油进口污水含油12 000~15 000 mg/L,出口污水含油1 000~2 000 mg/L,反相破乳剂浓度48 mg/L,除油率达95%以上。降低污水处理调储罐来水含油量,减缓污水处理后续流程的处理难度。

由表4可看出,在来水流量108 m<sup>3</sup>/h,两级串联溢流比为19%,反相加药浓度60 mg/L,除油率可达96%。在来水流量138 m<sup>3</sup>/h,两级串联溢流比为19%,反相加药浓度40 mg/L,除油率可达96%,底流出水含油均在500 mg/L以下。流量越大,旋流污水中含油颗粒间的聚并更强烈,分离效果更好,反相破乳剂加药量越高,水中乳化状态油颗粒破乳后,聚并碰撞后分离效率高。

将污水处理装置每个环节划分为一个管理节点,规定了每个节点的管理指标和相应的管理要求,同时对加药、巡检、资料录取、大罐排泥和滤罐反洗等操作做了详细的规范,实现了精细化管理。在完善系统的

基础上,加强生产运行管理。2012年出台污水处理节点控制安全操作风险防控机制,运用“节点控制”管理模式,制定生产调控措施。根据参数划分正常、预警、警戒三种情况,员工可根据数据情况,参照节点控制指示牌,通过分析数据,及时采取相应措施。

## 6 结论

通过对特稠油联合站稠油污水处理系统的工艺、运行参数优化研究,进一步明确影响稠油污水处理的影响因素和应对措施,实现了净化污水含油 $\leq 2$  mg/L、悬浮物 $\leq 2$  mg/L,净化污水处理合格率100%、污水回用率100%的目标,为风城油田全生命周期开发奠定了技术基础,达到同等超稠油污水处理国内领先水平。

◆ 通过清污分流,分质处理,有效改善污水处理系统运行环境,实现系统平稳运行。

◆ 优选针对性强、适应性好的反向破乳剂,提高了污水除油效果。

◆ 应用旋流除油预处理工艺,降低了污水处理系统来水含油,减少了污油量的产生。

◆ 优化管理措施,采用污水处理系统节点预警控制,提高了系统预警能力。

### 参考文献

- [1] 王爱军,王月华,赵胜,等.新疆油田采出水处理技术[J].油气田环境保护,2003,13(2):11-14.
- [2] 孙晓岗,张学鲁,冉蜀勇,等.油田采出水离子调整旋流反应污泥吸附法处理技术研究[J].石油规划设计,2008,19(5):5-9.
- [3] 王爱军,朱泽民,孙国成,等.含油污水立式反应罐[P].中国专利:200820302184.
- [4] 周永慧,梁梦兰,杨景纯,等.原油采出液化学破乳的研究进展[J].精细化工,1999,16(增刊):40-43.
- [5] 张秀虹,冯晓敏,张瑞泉,等.高含水后期采出液原油破乳剂评价方法[J].油气田地面工程,2002,21(4):33.
- [6] 王为国,王存文,冯魏良,等.炼油厂重污油脱水[J].化工进展,2009,28(增刊):540-542.

(收稿日期 2012-09-12)

(编辑 王蕊)