

朝阳沟油田低温破乳技术研究

王玉敏

(大庆油田第十采油厂规划设计研究所,大庆 163318)

摘 要 常规原油破乳剂的破乳温度为 55—60℃,能够满足原油脱水要求,但生产能耗较高;如果降低脱水温度,采出液破乳难度增加,油水分离速度减慢,脱水效果变差,无法满足低温脱水要求。针对该问题,开展了低温破乳技术研究。通过室内实验和朝一联合站现场试验,研制出适合朝阳沟油田的低温脱水破乳剂,降低脱水温度,实现原油低温集输处理,达到节能降耗的目的。

关键词 破乳剂 低温脱水 节能降耗 经济效益

中图法分类号 TE357.46; **文献标志码** B

朝阳沟油田朝一联合站原油处理系统采用游离水脱除和电化学脱水的两段处理工艺流程,破乳剂加在各转油站来液进站阀组处。采出液经游离水脱除器进行油、气、水三相分离后,含水油经加热炉加热至 55℃后进入电脱水器进行电化学脱水,脱后油进入净化油罐。经一段游离水脱除后,油相含水 30%,水相含油 300 mg/L;二段经加热进行电化学脱水后,油相含水 0.12%~0.15%,水相含油 150 mg/L。虽然现有脱水工艺能够满足原油正常生产,但是随着油田的后续开发,原油含水不断上升,产油量降低,吨油耗气量增加,导致采出液的处理成本也逐年递增。降低集油、脱水能耗最直接和最为有效的措施就是降低集油、脱水温度,但面临的技术难题之一就是低温条件下的破乳问题。目前,朝一联现场使用的破乳剂的破乳温度为 55℃,能够满足原油脱水要求,但生产能耗较高;如果降低脱水温度,采出液破乳难度增加,油水分离速度减慢,脱水效果变差。

目前国内外关于低温破乳技术已经进行了很多相关研究,檀国荣等^[1]稠油低温破乳剂的研制与现场评价,罗信智等^[2]综述了国内外原油破乳剂的研究进展。张煜等^[3]以长庆油田作为研究对象,对 GT 破乳剂的研制及在靖安油田的应用进行了研究。

宋军等^[4]以大庆采油六厂原油为研究对象,对原油低温破乳剂 FP330 评价。

为了实现原油低温集输处理,减少能源消耗,降低生产运行成本,本文以大庆油田采油十厂生产实际为研究出发点,开展了低温破乳技术研究。

1 朝一联原油物性研究

1.1 原油物性分析

为了研制出适合朝阳沟油田的低温脱水破乳剂,首先要了解朝一联的原油物性,分别采集了 1#~6#三相分离器的来液,由于 1#、2#、4#分离器为越站地区来液,含水高,对朝一联原油性质的评价影响不大,故选取 3#、5#、6#分离器内的来液进行分析。

表 1 原油物性分析表

原油样品	3#三相分离器	5#三相分离器	6#三相分离器
原油含水/%	64	65	33
50℃密度/ (g·cm ³)	0.851	0.842	0.847
凝固点/℃	38	38	38
胶质+沥青质/%	7.5	6.4	9.2
蜡/%	18.7	22.4	25.6
50℃黏度/ (mPa·s)	13.6	17.5	22.3
油水界面张力/ (mN·m ⁻¹)	134.6	145	126.2

表 2 原油关键组分及原油类型分析

样品名称	第一关键组分 (250—275℃)	第二关键组分 (395—425℃)	原油类型
	API ⁰	API ⁰	
3#三相分离器	37.3	24.6	中间基原油
5#三相分离器	43.1	32.8	石蜡基原油
6#三相分离器	36.5	25.3	中间基原油
电脱后混合原油	38.1	27.4	中间基原油

从表 1、表 2 原油物性分析数据可知:朝一联原油凝固点为 38℃;原油类型主要以中间基原油为主。

1.2 黏度与温度关系分析

对朝一联混合原油按含水 0%、10%、20%、25.98%、30%、40%、50%、60%、70%、74.02%、80%,从 35℃开始按 5℃的温度梯度升温到 70℃,考察黏度与温度的关系。

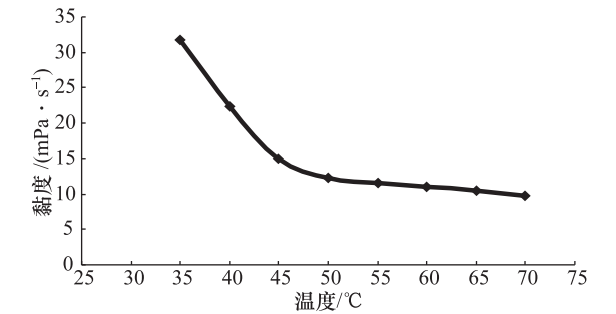


图 1 3#三相分离器原油黏温曲线

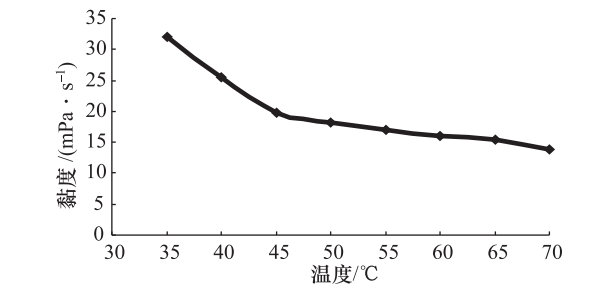


图 2 5#三相分离器原油黏温曲线

由以上黏温曲线可以看出:中间基原油的黏温数据具有双重性,既有环烷基原油的黏度随温度下降而直线上升的特点,又有石蜡基原油黏温曲线存在拐点的特点。这类原油属于高乳化性原油,在常

规脱水中对破乳剂要求很高,低温脱水十分困难。

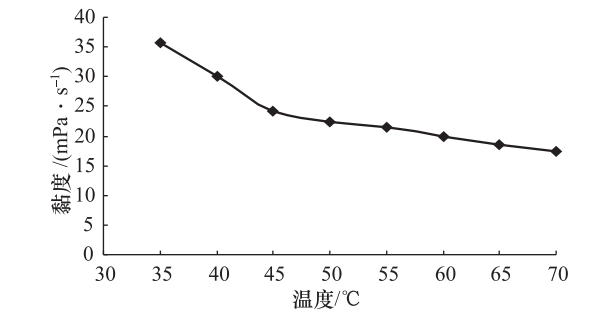


图 3 6#三相分离器原油黏温曲线

2 低温破乳剂的研制

2.1 原油低温脱水困难的主要原因分析

常规破乳剂低温脱水难度大的主要原因是:原油脱水温度降低,乳状液黏度增大,破乳剂分子在原油中较难分散,从油相向油水界面膜的迁移速度变慢;原油中原来呈溶解状态的石蜡在低于原油析蜡温度时,逐渐从原油中结晶析出,影响破乳剂扩散及其在油水界面膜上的顶替置换,从而影响乳状液的界面膜破裂;低温脱水时油水密度差变小,同样粒径的水滴沉降速度变慢,乳状液破乳后油水分离时间较长,容易形成中间过渡带。

因此,适用于原油低温脱水的破乳剂除应具备一定的表面活性、良好的润湿性能、足够的絮凝能力、很高的聚结能力外,还应具备一定的低温破乳降黏和抑制蜡晶析出的能力。

2.2 低温破乳剂的筛选和破乳剂结构的确定

室内选取了多胺、醇、树脂等作为起始剂的 SP169、DW8501、TA1031、AF3111、AR46 等 16 种破乳剂进行低温脱水试验,脱水温度为 40℃,破乳剂加药浓度为 100 mg/L,试验结果表明:具有特殊树脂和多分枝树状结构的破乳剂对朝一联原油低温时具有一定的脱水效果,在进行低温破乳剂主剂合成时应优先选树脂作为起始剂。因此,确定了低温破乳剂以非离子聚醚型原油破乳剂为主,通过结构调整和配方优化,最后再进行药剂复配,使所研制的破乳剂具有较好的低温脱水效果,并制定了破乳剂

合成路线:起始剂采用树脂,然后依次嫁接一定量的环氧乙烷、环氧丙烷,形成多嵌段环氧乙烷环氧丙烷聚醚,其次再加入改性剂进行聚醚改性封尾,最后为提高破乳剂低温时的扩散渗透能力,再复配加入具有较高渗透活性的高效渗透剂、蜡晶润湿剂、溶剂和互溶剂,从而制得低温脱水破乳剂。

2.3 低温破乳剂的脱水性能评价

根据以上制定的合成路线,在室内复配合成了36种低温破乳剂样品(编号为KT-01—KT-36),并用合成的样品对3#、5#、6#分离器含水30%的原油进行了脱水性能评价,同时对朝一联现场使用的破乳剂进行了低温脱水试验以进行对比。试验表明:酚醛树脂和酚胺树脂作为起始剂合成的多嵌段聚醚具有较好的脱水效果。将对3#、5#、6#分离器的原油脱水效果好的低温破乳剂分别命名为KT-1、KT-2、KT-3,同时用这三种破乳剂对1#、2#、4#分离器原油进行了脱水性能评价,结果见表4。

从表4可以看出,筛选出的KT系列低温破乳剂不但对3#、5#、6#分离器原油具有较好的低温脱水效果,同样适合1#、2#、4#分离器的原油,脱水温度40℃、加药浓度100 mg/L时,脱水率达到90%以上,而朝一联现场使用的破乳剂脱水率低于45%,说明KT系列低温破乳剂脱水效果明显好于现场用破乳剂。

2.4 KT系列低温破乳剂最佳脱水温度与最佳加药浓度的确定

为了确定KT系列破乳剂的最佳脱水温度和加药浓度,对朝一联混合原油按30%的含水从55℃开始按5℃的温度梯度降低到40℃及原油凝固点38℃,破乳剂加药浓度按200 mg/L、150 mg/L、100 mg/L、50 mg/L进行脱水试验,试验结果如表5。

从表5可以看出:脱水温度40℃、加药浓度低于100 mg/L时,脱水率低于40%;脱水温度38℃时,油水分离速度慢,脱水效率较低,脱出水质浑浊,油水界面不齐。因此,KT系列低温破乳剂的最佳脱水温度为40℃,最低加药浓度为100 mg/L。

2.5 低温破乳剂室内试验结论

通过室内试验及分析,筛选出的KT系列低温破乳剂主要成份是以改性醇胺树脂为起始剂的多嵌段环氧乙烷环氧丙烷改性聚醚,与具有较好低温降黏和防蜡效果的高效添加剂的复合产品,对朝一联原油具有较好的低温脱水效果。通过脱水试验评价,最佳脱水温度为40℃,最佳加药浓度为100 mg/L。

表4 新合成KT系列低温破乳剂脱水试验数据表

原油 样品	药品 名称	脱水 温度 /℃	加药浓 度/(mg · L ⁻¹)	脱水率/%						脱出 水质	油水 界面
				15 min	30 min	60 min	90 min	120 min			
1#	KT-1	40	100	35.6	70.1	90.2	94.8	95.5	清	齐	
	KT-2	40	100	35.4	70.6	91.2	94.8	95.6	清	齐	
	KT-3	40	100	36.2	70.2	90.8	94.5	95.2	清	齐	
	现场	40	100	5.1	5.9	12.4	33.7	43.1	浑浊	不齐	
2#	KT-1	40	100	39.0	73.4	91.0	94.9	95.1	清	齐	
	KT-2	40	100	44.2	76.4	90.6	94.5	95.8	清	齐	
	KT-3	40	100	43.5	75.8	91.5	94.1	95.2	清	齐	
	现场	40	100	4.8	5.7	11.8	39.2	45.4	浑浊	不齐	
3#	KT-1	40	100	42.1	77.1	92.5	94.2	95.8	清	齐	
	KT-2	40	100	44.2	77.3	89.2	92.8	95.2	清	齐	
	KT-3	40	100	43.6	76.8	91.5	93.6	94.9	清	齐	
	现场	40	100	5.3	6.8	12.6	35.2	43.1	浑浊	不齐	
4#	KT-1	40	100	39.2	71.4	89.3	93.7	95.2	清	齐	
	KT-2	40	100	40.2	73.5	89.6	93.2	95.1	清	齐	
	KT-3	40	100	40.5	72.4	88.5	92.8	95.6	清	齐	
	现场	40	100	4.1	5.2	11.9	39.3	46.8	浑浊	不齐	
5#	KT-1	40	100	40.1	74.3	90.4	94.2	96.0	清	齐	
	KT-2	40	100	40.3	75.2	90.5	93.6	95.4	清	齐	
	KT-3	40	100	41.2	75.9	89.5	92.8	96.4	清	齐	
	现场	40	100	5.8	6.1	11.6	32.8	44.2	浑浊	不齐	
6#	KT-1	40	100	43.1	78.9	89.6	94.9	95.2	清	齐	
	KT-2	40	100	43.0	78.2	90.7	94.0	95.3	清	齐	
	KT-3	40	100	42.5	77.9	91.2	93.8	94.7	清	齐	
	现场	40	100	5.9	7.4	10.6	37.4	44.9	浑浊	不齐	

表 5 KT 系列低温破乳剂最佳脱水温度 和加药浓度脱水试验数据表							
脱水 温度/℃	加药浓度/ (mg · L ⁻¹)	不同沉降时间出水量/mL				油水 界面	脱出 水质
15 min	30 min	60 min	90 min				
55	200	12.2	12.7	13.8	14.6	齐	透明
	150	11.8	12.1	12.7	14.5	齐	透明
	100	11.7	12.1	12.5	14.2	齐	透明
	50	10.7	12	12.3	14	齐	透明
50	200	12.1	12.4	13.6	14.4	齐	透明
	150	11.8	12.1	12.4	14.3	齐	透明
	100	11.6	12.0	12.3	14.4	齐	透明
	50	10.6	12.0	12.2	13.1	齐	透明
45	200	12.0	12.2	13.5	14.3	齐	透明
	150	11.5	12.1	12.7	14.1	齐	透明
	100	11.3	12.1	12.5	14.2	齐	透明
	50	10.2	12.0	12.3	13.8	齐	透明
40	200	12	12.2	13.4	14.2	齐	透明
	150	11.8	12.1	12.7	14.2	齐	透明
	100	11.7	12.1	12.5	14.3	齐	透明
	50	8.7	10.3	10.3	11.4	齐	透明
38	200	8.2	9.4	10.5	11.2	不齐	浑浊
	150	7.8	8.2	8.3	8.5	不齐	浑浊
	100	6.7	6.9	7.2	7.9	不齐	浑浊
	50	6.0	7.4	7.4	7.4	不齐	浑浊

3 朝阳沟油田低温破乳现场试验

3.1 现场试验情况

在朝一联进行了低温破乳现场试验,试验共分为四个阶段:低温破乳剂替换原药剂阶段、降低加药量阶段、降低脱水温度阶段、摸索最低脱水温度和最低加药浓度阶段。试验过程中,主要观察脱后水相含油和外输油含水指标。

3.1.1 第一阶段:低温破乳剂替换原药剂

加药点选取原工艺转油站来液进站阀组作为加药点,原加药量为 135 kg/d,加药浓度16.9 mg/L,更换低温破乳剂后,需要一个适应过程,为了不影响系统运行,将加药量提高至 180 kg/d,加药浓度 22.5 mg/L。10 月 13 日—15 日,脱水温度不变为

55 ℃,用低温破乳剂替换原破乳剂。

由表 6 数据可以看出:更换低温破乳剂后,在原脱水温度运行情况下,系统运行平稳,外输油含水和脱后水相含油合格,脱后水质清。

3.1.2 第二阶段:降低脱水温度

10 月 16 日 - 18 日,在不改变低温破乳剂加药量的情况下,按 5 ℃ 的温度梯度由 55 ℃降低进入电脱水器的温度至 45 ℃。开始降温时,白天系统运行平稳,22:00 时由于加热炉出口温度设定高的原因,1#加热炉报警停炉,系统出现略微波动,脱后水变浑浊,2 h 后恢复正常。10 月 18 日,8:00 间隙有黑水产生,取黑水样做水相含油化验为 447.6 mg/L,30 min后系统恢复正常,一直运行稳定。整个阶段外输油含水合格,水相含油最好时为 42.1 mg/L。

表 6 朝一联低温破乳剂替换阶段试验数据表脱水温度: 55 ℃ 加药量:180 kg/d											
加药量 日期/(kg · d ⁻¹)	加药 浓度/ (mg · L ⁻¹)	来液 温度 /℃	1#、2# 加热 炉温 度/℃	电脱 出口 温度 /℃	外输 含水 /%	脱后水 相含油 /(mg · L ⁻¹)	1#电 脱水 器电 压/V	1#电 脱水 器电 流/A	脱 后 水 质		
10.13	180	22.5	41	54、55	55	0.12	167.9	410	10	清	
10.14	180	22.5	41	56、54	55	0.11	85.1	410	10	清	
10.15	180	22.5	41	55、54	55	0.10	70.6	410	10	清	

表 7 朝一联加热炉降温阶段试验数据表 脱水温度: 从 55 ℃降到 45 ℃ 加药量:180 kg/d											
加药量 日期/(kg · d ⁻¹)	加药 浓度/ (mg · L ⁻¹)	来液 温度 /℃	1#、2# 加热 炉温 度/℃	电脱 出口 温度 /℃	外输 含水 /%	脱后水 相含油 /(mg · L ⁻¹)	1#电 脱水 器电 压/V	1#电 脱水 器电 流/A	脱 后 水 质	备注	
10.16	180	22.5	41	52、50	50	0.10	42.1	400	10	清	8:20 开始 降温;22:00 1#报警停炉。
10.17	180	22.5	41	50、51	50	0.10	56.8	400	10	清	全天运行 平稳。
10.18	180	22.5	41	45、46	45	0.11	75.6	410	11	清	8:00 有黑 水产生, 取样化验 447.6 mg/L, 30 min 后 系统恢复 正常,一 直运行 平稳。

表 8 朝一联降低加药量阶段试验数据表 脱水温度：
40 ℃加药量：从 180 kg/d 降到 105 kg/d

加药量 日期/(kg· d ⁻¹)	加药 浓度 /(mg· L ⁻¹)	来液 温度 /℃	1#、2# 加热 炉温 /℃	电脱 出口 温度 /℃	外输 含水 /%	脱后水 相含油 /(mg· L ⁻¹)	1#电 脱水 器电 压/V	1#电 脱水 器电 流/A	脱 后 水 质	备注
10.19	135	16.9	41	41	40	0.11	160.7	410	10	清
10.20	105	13.1	42		40	0.12	121.3	410	11	清

15:00 两
台加热
炉全部
停炉。
全天运
行平稳。

表 9 朝一联最低脱水温度和加药量阶段试验数据表 脱水
温度：从 55 ℃降到 40 ℃加药量：从 45 kg/d 升高到 60 kg/d

加药量 日期/(kg· d ⁻¹)	加药 浓度 /(mg· L ⁻¹)	来液 温度 /℃	1#、2# 加热 炉温 /℃	电脱 出口 温度 /℃	外输 含水 /%	脱后水 相含油 /(mg· L ⁻¹)	1#电 脱水 器电 压/V	1#电 脱水 器电 流/A	脱 后 水 质	备注
10.21	45	5.6	41	52,58	55	0.11	98.4	400	11	清
10.22	45	5.6	42	46,44	45	0.11	110.2	400	10	清
10.23	45	5.6	41	54,5540	550.12	102.8	400	12	清	9:30 启 炉，全 天运行 平稳。 全天运 行平稳。 8:00 全 部停炉， 电场不 稳，含水 0.35%， 930启动 加热炉。 7:45 全 部停炉， 全天运 行平稳。
10.24	60	7.5	41		40	0.13	178.2	400	11	清

3.1.3 第三阶段：降低加药量

10月19日-20日,继续按5℃的温度梯度由45℃降低进入电脱水器的温度至40℃。加药量由180 kg/d降低至105 kg/d。脱后水相含油和外输油含水均合格,水质清。

3.1.4 第四阶段：摸索最低脱水温度和最低加药量

10月21日,将脱水温度升高到55℃,加药量降低到45 kg/d,系统运行平稳。10月22日,将温度降低到45℃,加药量45 kg/d不变,系统运行正常,各项指标合格。为了确定最低加药量,10月23日,温度降低到40℃,1#、2#加热炉停炉,加药量

45 kg/d,系统出现波动,外输油含水超标(0.35%),电场不稳,电流升高,为了不影响正常原油生产,立即启动1#、2#加热炉,温度升至55℃,系统恢复平稳。10月24日,温度再次降到40℃,加药量提高到60 kg/d,系统运行稳定,脱后水相含油和外输油含水达标,水质清。

3.2 现场试验结论

通过低温破乳剂的现场应用,脱水温度最低可降至40℃,加药浓度7.5 mg/L;加药浓度最低可降至5.6 mg/L,脱水温度45℃,以上两种情况脱后水相含油和外输油含水均能达到指标要求。

4 经济效益分析

4.1 节约天然气方面

使用原破乳剂:朝一联电脱水器处理量2 500 m³/d,来液温度38—42℃,脱水温度55℃,需消耗天然气3 200 m³/d;电脱后,原油从55℃升温至70℃后外输,需耗天然气1 066 m³/d,则集输总耗气4 266 m³/d。

使用低温破乳剂:脱水温度可降至40℃,节省了脱水部分耗气;原油从40℃升温至70℃外输,则集输总耗气2 132 m³/d。

由以上对比可以看出,使用低温破乳剂比使用原破乳剂节气2 134 m³/d,天然气价格按0.99元/m³计算,年可节约天然气费用78万元。

4.2 节约药剂方面

使用原破乳剂:加药量为135 kg/d,价格为1.0×10⁴元/t,需耗药剂费1 350元/d。

使用低温破乳剂:加药量为60 kg/d,价格为1.5×10⁴元/t,需耗药剂费900元/d。

则使用低温破乳剂比使用原药剂节省450元/d,年可节约药剂费16.4万元。朝一联低温脱水总共年可节约生产运行成本94.4万元。

该技术可在其他各联合站进行应用,具有广泛的推广应用前景。目前,朝二联电脱水器处理量1 200 m³/d,脱水温度55℃,含水50%;朝六联电脱水器处理量2 000 m³/d,脱水温度55℃,含水

50 % ,将低温破乳技术推广应用到朝二联和朝六联后,预计全厂年可节约生产运行成本 175 万元。

5 结论和建议

(1) 低温破乳剂在低温状态下具有较好的破乳作用,保证了脱后水相含油和外输油含水指标达到较好水平,并且好于原破乳剂处理效果。

(2) 通过现场试验,脱水温度可从 55 ℃ 最低降至 40 ℃ ,加药浓度从 16.9 mg/L 最低降至 5.6 mg/L,减少了天然气消耗,降低了药剂成本,具有一定的经济优势。

(3) 由于冬季环境温度低,为保证正常生产运行,建议冬季时加药量 45 kg/d,加药浓度5.6 mg/L,

脱水温度控制在 45 ℃ 左右;夏季,脱水温度可降至 40 ℃ ,加药量 60 kg/d,加药浓度 7.5 mg/L,与原工艺脱水温度 55 ℃ 、加药量 135 kg/d 相比,仍可达到节能降耗的目的。

参 考 文 献

1 檀国荣,张健,王金本.稠油低温破乳剂的研制与现场评价.石油与天然气化工,2009;38(2):141—144

2 罗信智,张荣兰,王伟.原油破乳剂的研究进展.内蒙古石油化工,2009;8:17—18

3 张煜,徐永高,常彦荣.GT破乳剂的研制及在靖安油田的应用.油气田地面工程,2002;21(5):17—17

4 宋军,汪丽.原油低温破乳剂 FP330 评价.化学工程师,2001;136(1):60—62

Research on the Low-temperature Emulsion Breaking Technology in Chaoyanggou Oilfield

WANG Yu-min

(Daqing Oilfield the Tenth Oil Production Plant Planning and Design Institute, Daqing 163318, P. R. China)

[Abstract] The conventional demulsifier demulsification temperature is (55—60) ℃ ,can meet the requirements of crude oil dehydration, but the production of high energy consumption. If reduces the dehydration temperature, then the produced fluid emulsion breaking become more difficult, also slow down the oil-water separation rate and the dehydration effect become worse, that can not meet the requirements of low temperature dehydration. To solve this problem, research on the low-temperature emulsion breaking technology is carried out. Through lab experiments and chaoyilian field trials, the low temperature dehydration demulsifier is developed for the chaoyanggou oilfield which reduced the dehydration temperature, achieved processing of crude oil gathering and transportation at low temperature and also achieve the energy saving purposes.

[Key words] demulsifier low temperature dehydration energy saving economic benefits