

输送工艺

新疆长输管道原油流动性改进剂 的应用研究

虞坚中* 高建厂 戚国荣
(新疆石油管理局输油公司) (浙江大学)

虞坚中,高建厂,戚国荣.新疆长输管道原油流动性改进剂的应用研究.油气储运,1994,13(5):1~4

摘 要 新疆东部火烧山—北三台输油管道是我国西部一条高粘易凝原油输送管道,自投产以来一直处在超低输量下运行,1992年的输油量只有40万t(设计最小输量68.3万t/a)。由于输油量低,制约了原油外运,直接影响火烧山油田的生产,为了保证输油量,需要改变原油的低温流变性,针对火烧山原油特性,新疆石油局与浙江大学共同研制出EP原油流动性改进剂。通过室内试验及现场不同温度、不同加剂量的工业试验,对原油的主要物性进行了测试。当在管道中加入20 ppm流动性改进剂时,在同样剪切速率情况下,剪切应力比原始油样大幅度下降,其流变行为已非常接近牛顿流体(流变行为指数 $n=1$);当加入30 ppm和50 ppm时,同样有降粘效果,但不如加入20 ppm时。大量数据证明了EP系列流动性改进剂对改善新疆原油低温流变性有明显效果,解决了火烧山原油冬季超低输量运行问题。

主题词 输油管道 工艺 易凝原油 加剂处理 EP系列改进剂 流动特性

新疆东部火烧山—北三台油库输油管道(简称火三线),地处戈壁沙漠,气候条件恶劣,气温最高达42.9℃,最低-35.9℃,年降雨量168.2 mm,年蒸发量3 545 mm,是我国西部气候条件极差的一条高粘易凝原油输送管道。

该线全长85.688 km,设有中间阀室3座。管道采用多功能防锈绝缘层,聚胺酯泡沫保温层,管径 $\phi 273 \times 10(9)$ 。设计最大输量130±20万t/a,最小输量68.3万t/a。1989年10月投产以来,一直在最低启输量以下输

油,到1991年输油量只有45万t,1992年降至40万t,在这样低输量下运行,尤其是冬季,直接影响火烧山油田的生产。

为了保证火三线的输油量及安全,新疆石油局输油公司与浙江大学共同研制出针对火烧山原油油性的EP流动性改进剂。它具有用量少、工艺简单的特点。在地温最低的3月份,室内及现场工业性试验表明火烧山管输原油经EP系列产品处理后,低温流变性得到改善,达到了预期的效果,保证了火烧山油田原油冬季的生产和安全输送。

* 834002,新疆克拉玛依市。

EP 流动性改进剂的现场试验

1. 试验前管道工况

3月3日~17日进行试验准备工作,当时地温在0~1℃之间,管压4.1~4.2 MPa,日输油量1 000~1 200 t,出站油温55℃,北三台进站油温19~20℃。由于管道投产至今未进行热清洗,加上低温低排量输送,估计管壁结蜡厚度2~5 mm。采用热清洗4天,管压降至3.75 MPa,清洗效果较理想。

火烧山原油添加改进剂前各站温度变化和管压变化情况分别见图1、图2,原油特性见表1。

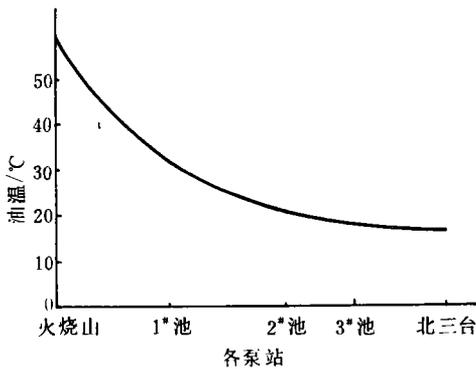


图1 添加改进剂前各站油温的变化

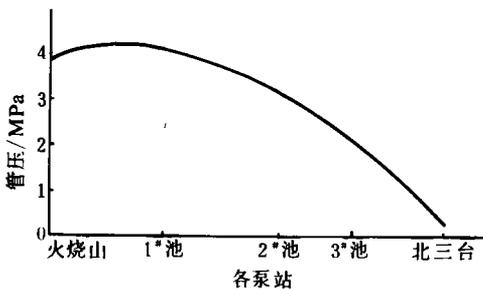


图2 添加改进剂前各站油压的变化

表1 火烧山原油样测试特性

取样点	取样压力 /MPa	取样温度 /℃	剪切速率 /s ⁻¹	凝点 /℃	测试		流变行为指数 n
					温度 /℃	粘度 /mPa·s	
北三台	0.14	20	16.0	10	5	2 660	0.571
					10	1 536	0.789
					15	532	
					20	250	

2. 注入改进剂工业试验

改进剂注入及处理过程见图3。

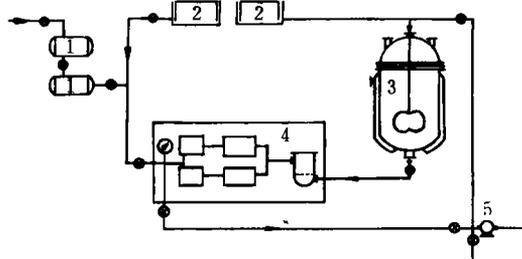


图3 改进剂注入系统示意图

1—脱水器;2—原油缸;3—搅拌缸;
4—注入泵组;5—输油泵

(1) 30 ppm 注入量试验(千剂) 1992年3月17日到3月23日,进行了7天30 ppm注入量试验(实际注入量为28.5 ppm),共输油7 015.79 t,日输油1 002.56 t,注入改进剂1 600.455 kg,第一阶段运行参数基本稳定,输5 h停7 h,试验地温为0~1℃。

综合处理(热处理和加剂处理的综合工艺)原油测试结果见表2,各站油温及管压变化分别见图4、图5。

表2 30 ppm 注入量综合处理原油测试结果

站名	取样压力 /MPa	取样温度 /℃	凝点 /℃	粘 度 /mPa·s		
				10℃	15℃	20℃
火烧山	2.65	54	11	800.0	455.0	260
1# 阀池	3.18	34	17			49 ^②
2# 阀池	2.00	22	8		360.3	216.4
3# 阀池	1.40	18	6	526.8	164.2 ^①	99.5
北三台	0.14	17	5	425.6	278.8	158.5

注 运行压力在2.5~2.8 MPa范围内;
①18℃时的粘度值; ②34℃时的粘度值。

(2) 50 ppm 注入量试验 50 ppm 注入量(实际为 49.4 ppm)试验紧接着 30 ppm 的试验进行,试验 7 天,共输油 7 252.12 t,日输油 1 036.017 t,注入改进剂 2 871.412 kg。这阶段运行基本平稳,试验期间地温 1~2 °C,输 5 h 停 7 h,输量 110~120 t/h。综合处理原油测试结果见表 3,各站油温变化及管压变化分别见图 4、图 5。

表 3 50 ppm 注入量综合处理原油测试结果

站名	取样压力 /MPa	取样温度 /°C	凝点 /°C	粘度 /mPa·s		
				10°C	15°C	20°C
火烧山	3.10	59	11	895.00	515	250
1# 阀池	3.85	35	16			51 ^②
2# 阀池	2.40	25	10			120 ^③
3# 阀池	1.60	19	7			220 ^④
北三台	0.12	17	6	579.16	284 ^④	199

注 压力均在 3.0~3.2 MPa 范围内;

①17°C 时的粘度值;②35°C 时的粘度值;

③25°C 时的粘度值;④18°C 时的粘度值。

(3) 20 ppm 注入量试验 20 ppm 的试验(实际注入量 19.4 ppm)在 1992 年 3 月 31 日开始,到 4 月 5 日结束,共输油 6 146.1 t,注入改进剂 954.5 kg,管道运行平稳,地温在 3~5 °C 之间。综合处理原油测试结果见表 4,各站油温变化及管压变化分别见图 4、图 5。

表 4 20 ppm 注入量综合处理原油测试结果

站名	取样压力 /MPa	取样温度 /°C	凝点 /°C	粘度 /mPa·s		
				10°C	15°C	20°C
火烧山	3.00	60				
1# 阀池	3.80	37				
2# 阀池	2.40	24	7			
3# 阀池	1.16	17	5		114.0 ^①	
北三台	0.10	16	4	258	118.6 ^②	101.5

注 压力均在 3.0~3.2 MPa 范围内;

①17°C 时的粘度值;②16°C 时的粘度值。

(4) 不同浓度流动改进剂对原油流变性的影响 油温 10 °C、15 °C 时,分别在管道中加入 0、20、30、50 ppm 原油流动改进剂,对原油流变性影响见表 5,其流变曲线如图 6 所示。

表 5 不同加剂量对火烧山原油流变行为的影响

项目	油温	0 ppm	20 ppm	30 ppm	50 ppm
流变行为指数 n	10°C	0.81	0.98	0.97	0.97
	15°C	0.90	1	1	1
剪切应力 /Pa	10°C	2.6	2.0	4.5	9.0
	15°C	1.5	1.4	2.6	3.2

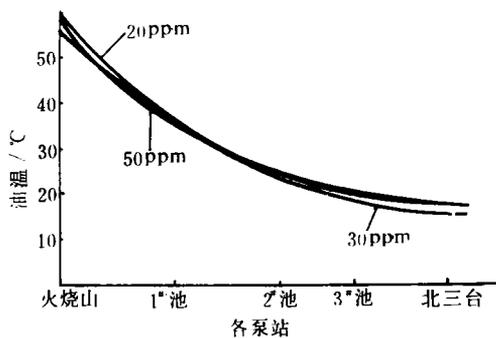


图 4 不同注入量时各站油温变化

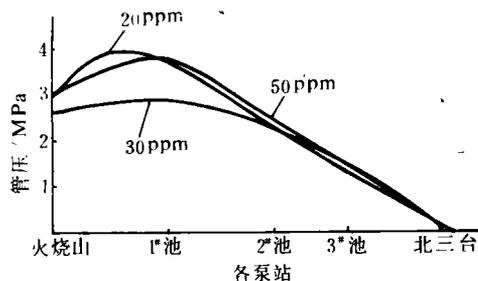


图 5 不同注入量时各站管压变化

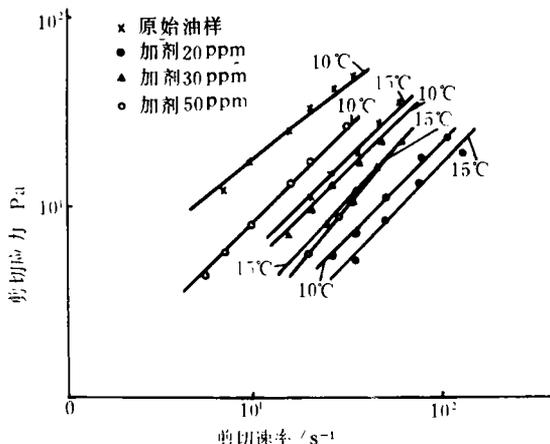


图 6 火烧山管输原油现场测试流变曲线

由图 6 可以看出,加入 20 ppm 流动改进剂,同样剪切速率下其剪切应力比原始油样大幅度下降,其流变性已非常接近牛顿流

体(流变性指数 $n=1$),加入 30 或 50 ppm,虽然也有好的降粘效果,但不如 20 ppm。

(5) 间歇停输再启动试验 用 30 ppm 注入量和 50 ppm 注入量分别作过两次停输试验,以观察停输再启动时管压的变化。两次停输再启动试验测试结果分别见表 6、表 7 及图 7、图 8。

由图 7、图 8 及表 6、表 7 可见,第一次停输 19 h(地温 0~1℃)后管压增加 0.6~0.7 MPa,1.5 h 后全线恢复正常,管压略高于停输前管压;第二次停输 24 h(地温 2~4℃)后管压增加 0.6~0.7 MPa,由于凝油层的原因,起运 6 h 后全线才恢复正常,管压略高于停输时的管压。

表 6 30 ppm 注入量停输 19 h 后测试结果

站 名	取样 压力 /MPa	取样 温度 /℃	凝点 /℃	粘 度 /mPa·s		
				10℃	15℃	20℃
火烧山	3.60	59	12	840	505	290
1# 阀池	4.05	29	15		510	
2# 阀池	3.07	22	11	76 ^①	388	116
3# 阀池	2.00	16	7	256 ^②	298	105
北三台	0.14	15	6	636	305	156

注 ①22℃时的粘度值;②16℃时的粘度值。

表 7 50 ppm 注入量停输 24 h 测试结果

站 名	取样 压力 /MPa	取样 温度 /℃	凝点 /℃	粘 度 /mPa·s		
				10℃	15℃	20℃
火烧山	4.15	54.5				
1# 阀池	4.60	27.0				
2# 阀池	3.60	21.5	7	87.6 ^①		
3# 阀池	2.35	16.0	4		124.1 ^②	
北三台	0.16	15.0	5	301.7	172.3	128.8

注 ①21.5℃时的粘度值;②16℃时的粘度值。

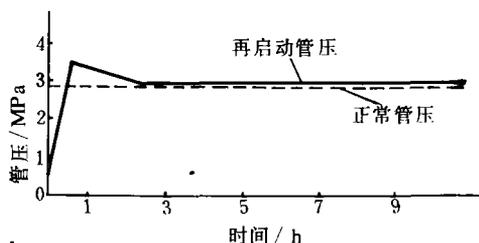


图 7 30 ppm 停输 19 h 后再启动管压随时间变化

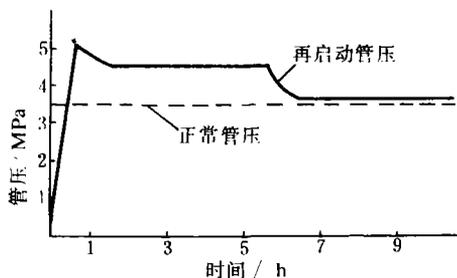


图 8 50 ppm 停输 24 h 后再启动管压随时间变化

经济效益分析

原设计采用管道加热输送工艺,在 43.319 5 km 处设有 1 744.5 kW·h 的加热炉 1 座,每天耗油 7.5 t,按每吨原油 950 元计,共耗燃料费 14.25 万元(不含设备、人工等)。加剂试验 20 天用改进剂 2.72 t,改进剂单价 1.041 5 万元/t,扣除改进剂费用 2.85 万元,节约 11.4 万元。按每年冬季运行 2 个月计,共节约 34.2 万元。

结论与建议

(1) EP 系列样品流动改进剂对火烧山管输原油降粘、降凝实际效果较明显,在火三线冬季地温极低的条件下,经过综合处理,其低温流变性得到改善,处理效果明显,工业试验数据在管输条件下优于室内效果,技术上是可行的,且用量少,可确保火烧山油田的冬季原油外运。

(2) 火烧山原油进行综合处理时,改进剂的注入量在 20~50 ppm 之间较为合适,可以达到既保证输油安全,又提高经济效益的目的。

(3) 综合处理原油的低温流变性及处理效果的稳定性受加热温度、高低速剪切、注入剂量、混合均匀程度、降温过程中的速率、急

(下转第 20 页)

如果不考虑热量的损失,则:

$$C m_{存}(t_{存} - t_{均}) = C m_{收}(t_{均} - t_{收})$$

$$t_{均} = (m_{存}t_{存} + m_{收}t_{收}) / (m_{存} + m_{收})$$

$$= [(m_{存} + m_{收})t_{收} + m_{存}t_{存} - m_{存}t_{收}] / (m_{存} + m_{收})$$

$$= t_{收} + m_{存}(t_{存} - t_{收}) / (m_{存} + m_{收})$$

$$\therefore m_{存} = \rho_{存} V_{存}$$

$$m_{存} + m_{收} = m_{安} = \rho_{高温} V_{允}$$

$$\therefore t_{均} = t_{收} + m_{存}(t_{存} - t_{收}) / m_{安}$$

$$= t_{收} + \rho_{存} V_{存}(t_{存} - t_{收}) / (\rho_{高温} V_{允})$$

计算出 $t_{均}$ 后,用 $t_{均}$ 代替 $t_{收}$,就可以用空罐收油时的计算方法计算欠装罐的安全收油容量。于是有:

(1) 方法 1

$$V_{安} = V_{允} K_{高温} / K_{均}$$

(2) 方法 2

$$V_{安} = V_{允} [1 - f(t_{高温} - 20)] / [1 - f(t_{均} - 20)]$$

(3) 方法 3

$$V_{安} = V_{允} \rho_{高温} / \rho_{均}$$

$$= V_{允} [\rho_{20} - \gamma(t_{高温} - 20)] / [\rho_{20} - \gamma(t_{均} - 20)]$$

3. 空罐与欠装罐安全收油容量计算式之间的关系

实质上空罐收油是欠装罐收油的一种特殊情况,所以欠装罐安全收油容量的计算公

式是计算安全收油容量的通式。计算空罐安全收油容量时, $V_{存} = 0, t_{均} = t_{收}$ 。

安全收油高度的计算

1. 方法 1

按前述方法计算出 $V_{安}$ 后,查该油罐的容积表即可求出 $H_{安}$ 。

2. 方法 2

若需要亦可按下述方法将安全收油高度直接作近似计算。

若忽略油罐截面积的变化,并设其截面积为 S ,则有 $V_{允} = S H_{允}$ $V_{安} = S H_{安}$

将以上两式依次代入前述 $V_{安}$ 的各个计算公式,整理后得:

(1) 方法 1

$$H_{安} = H_{允} K_{高温} / K_{均}$$

(2) 方法 2

$$H_{安} = H_{允} [1 - f(t_{高温} - 20)] / [1 - f(t_{均} - 20)]$$

(3) 方法 3

$$H_{安} = H_{允} \rho_{高温} / \rho_{均}$$

$$= H_{允} [\rho_{20} - \gamma(t_{高温} - 20)] / [\rho_{20} - \gamma(t_{均} - 20)]$$

(收稿日期:1994-01-27)。

编辑:王 沙

(上接第 4 页)

冷、最终温度等因素制约,其中火烧山原油的加热温度、注入量、注入温度、注入均匀程度是影响综合处理原油低温流变性的关键因素。

(4)采用综合处理工艺,对于长期低温、低排量输送的管道,要定期清管。

(5)火烧山综合处理原油在冬季最冷地温时,停输 24 h 间歇输送启动容易,首次实现了低温停输再启动试验,建议继续延长停

输时间,解决冬季超低输量问题。

(6)火三线采用添加改进剂进行现场工业试验表明,新疆原油对改进剂有良好的适应性,在长输管道上的应用,具有广阔的前景。为了科学解释试验中出现的问题,还需要重点对改进剂作用机理进行研究,进一步提高改进剂的适应能力,力争产品系列化,实现产业化,取得更大的效益。

(修改稿收到日期:1994-2-25)

编辑:王 沙