

文章编号: 1000-8241(2013)02-0162-04

油品混合输送在西部原油管道的应用

于涛

中国石油北京油气调控中心, 北京 100007

摘要: 对塔里木油、哈国油和北疆油以不同比例混合后进行凝点测试, 分析不同热处理温度与相同热处理温度下不同加剂量对油品凝点的影响, 得到不同混油比例热处理温度及加剂量对油品凝点的影响规律, 即重复热处理温度需高于 40 ℃, 加剂量控制在 25 mg/kg。基于实验室研究结果, 在西部原油管道输送混合原油的过程中, 沿线取样进行凝点测试, 获得不加剂和加剂混合原油经沿线复杂热历史和剪切历史作用后凝点的变化情况, 由此得出: 首站一站启炉即可保证管道的安全运行, 同时可结合管道特点制定安全、经济的运行方案。(表 6, 参 6)

关键词: 西部原油管道; 顺序输送; 混油; 凝点; 热处理温度; 加剂量

中图分类号: TE832

文献标识码: A

doi: 10.6047/j.issn.1000-8241.2013.02.010

Application of oil mixed transportation in Western Crude Oil Pipeline

Yu Tao

PetroChina Oil & Gas Control Center, Beijing, 100007

Abstract: This paper carries out freezing point test for Tarim Oil, Kazakhstan Oil and North Xingjiang Oil mixed in different proportions, and analyzes the impact of different additive volumes on oil freezing point at different heat treatment temperatures and the same heat treatment temperature, and obtains the influence law of different mixing proportions, heat treatment temperature and additive adding volume on the freezing point, i.e. repeating heat treatment temperature higher than 40 ℃, adding volume controlled at 25 mg/kg. Based on the results of laboratory studies, it carries out freezing point tests for the sample taken from the mixed crude oil in Western Crude Oil Pipeline, and obtains the change situation of the freezing point of crude oil after acting by complex thermal history and shear history along the pipeline with additive and without additive. The results show that at present, just heater starting operation at the initial station alone can ensure safety operation of the pipeline, and that safe and economic operation schemes can be developed based on the characteristics of the pipeline. (6 Tables, 6 References)

Key words: Western Crude Oil Pipeline, batch transportation, mixed oil, freezing point, heat treatment temperature, additive volumes

西部原油管道投产后, 鄯兰干线采用顺序输送工艺输送油品达 6 种: 塔里木油、吐哈油、哈国油、北疆油、塔里木与吐哈混合油、塔里木与北疆混合油。受到油源和炼厂转运能力的限制, 管道投产后一直以超低输量状态运行, 加之哈国油物性不稳定, 进一步加剧了冬季运行风险。同时, 由于管输油品物性相差较大, 顺序输送增加了输送工艺的复杂性, 尤其在冬季需根据不同油品的物性特点制定相应的输送方案, 使管道长期处于冷热油交替输送状态, 不利于管道安全运行和节能降耗。为此, 提出了西部原油管道大混油和吐

哈油顺序输送方案, 由之前的 6 种油品顺序输送, 改为 2 种油品顺序输送。管输混合原油需对油品的物性变化、沉降特性等进行分析^[1-2], 以确定混合原油是否具备管输要求的稳定性和安全性。

1 油品物性

西部原油管道鄯兰干线主要外输塔里木油、吐哈油、哈国油及北疆油, 现场取样获得不同取样位置的油品, 进行物性分析(表 1)。

表 1 西部原油管道外输油品物性参数

油品	取样位置	20 ℃密度 /(kg·m ⁻³)	含蜡量 %	沥青含量 %	胶质含量 %	含硫量 %	析蜡点 /℃	反常点 /℃	凝点 /℃
塔里木原油	库鄯管道进站	866.0	3.12	4.64	7.70	1.110	20.1	8	-7
吐哈原油	吐哈油库	834.0	17.29	0.46	3.71	0.053	31.1	17	7
北疆原油	乌鄯管道进站	865.1	20.69	0.95	5.57	0.050	23.4	20	11
哈国油	乌鄯管道进站	831.7	10.62	1.18	10.63	0.567	—	15	3

塔里木油含蜡量较低、物性较好。哈国油物性也较好,对管道正常输送影响较小。其余两种油品含蜡量较高、物性较差,其中北疆油含蜡量超过 20%,析蜡点 23.4 ℃;吐哈油含蜡量 17.3%,析蜡点 31.1 ℃,均为典型的高含蜡原油。输送高含蜡原油对管输工艺和油品稳定性要求较高,对管道安全运行影响较大^[3-5],因此,大混油输送方式值得探索利用。

2 混油物性变化规律

2.1 实验室研究

对不同配比的混合原油,在不同处理条件下按照相关标准测试凝点(表 2)。测试条件分别为混合后直接测量、50 ℃热处理、55 ℃热处理、加剂 25 mg/kg 后 50 ℃处理、加剂 25 mg/kg 后 55 ℃处理。

表 2 混合原油物性测量结果

混合原油中不同原油的质量分数%			20 ℃密度 /(kg·m ⁻³)	凝点/℃				
塔里木	哈国	北疆		混合后直接 测试	50 ℃ 热处理	55 ℃ 热处理	50 ℃热处理 (25 mg/kg)	55 ℃热处理 (25 mg/kg)
0	50	50	848.8	10	3	-3	-5	-8
50	50	0	849.4	3	-14	-13	-9	-13
50	0	50	866.4	6	0	-2	-11	-11
0	30	60	855.3	9	4	-1	-3	-7
10	35	55	853.6	9	3	-2	-4	-7
10	40	50	852.8	9	2	-3	-6	-9
0	45	45	851.0	9	1	-4	-6	-9
10	55	35	847.0	8	-1	-6	-8	-10
0	60	30	845.3	8	-2	-7	-8	-10
10	50	40	849.0	8	0	-5	-7	-9
20	30	50	855.9	8	0	-4	-6	-9
20	40	40	852.9	7	-1	-6	-7	-10
20	50	30	849.4	6	-3	-7	-8	-11
30	20	50	858.7	6	1	-4	-7	-10
30	30	40	855.6	5	-2	-6	-8	-11
30	40	30	853.0	3	-5	-8	-9	-12
40	20	40	859.4	4	-3	-6	-10	-12
40	25	35	857.7	3	-4	-7	-10	-12
40	30	30	856.5	2	-5	-9	-10	-13
40	40	20	853.1	0	-8	-10	-11	-13
50	20	30	858.8	2	-6	-8	-11	-13
50	25	25	857.9	0	-7	-9	-12	-13
50	30	20	855.9	-1	-8	-10	-11	-14
60	20	20	857.9	-1	-8	-10	-12	-14

塔里木、哈国及北疆原油混合后,随着塔里木油质量分数升高,混合原油凝点逐渐下降;当塔里木油的质量分数不低于 30%、40% 和 60% 时,凝点可分别降至 6 ℃、4 ℃ 和 1 ℃ 以下。混合原油的热处理效果和加剂改性效果良好:经 50 ℃热处理,各混合原油凝点均

可降至 4 ℃ 以下;经 55 ℃热处理,各混合原油凝点均可降至 0 ℃ 以下,其中当塔里木油的质量分数不低于 30% 时,凝点甚至可降至-4 ℃ 以下;加剂 25 mg/kg、经 50 ℃热处理,各混合原油的凝点均可降至-3 ℃ 以下,当处理温度提升至 55 ℃ 时,各混合原油的凝点均

可降至-7℃以下,其中当塔里木油的质量分数不低于30%时,凝点可降至-10℃以下。同时,塔里木油单独与哈国油混合,油品物性比其单独与北疆油混合好,且塔里木油与哈国油混合后经50℃热处理的物性变化与其他处理条件相差不大。

可见,将塔里木油、哈国油和北疆油混合后,物性较好的塔里木油起到稀释和改善混油物性的作用,随着塔里木油比例的增大,逐渐稀释了混油中的含蜡量,油品的物性获得改善。同时,混油中胶质、沥青质逐渐增多,而原油中的胶质、沥青质一般被认为是天然的表面活性物质,在适宜的条件下,胶质、沥青质的活性能

够改善原油中蜡晶的结构形态,从而改善原油的流变性。为此,西部原油管道采用混油输送,油品物性得到较大改善。不同配比的混合原油,在30℃附近是混合原油的热处理物性恶化温度区间,在该温度区间对其进行热处理,凝点出现一定的反弹;经35℃以上温度的热处理后,凝点显著降低,随着塔里木油比例的增加,混合原油的凝点降低幅度增大;当热处理温度高于40℃时,混合原油的凝点比较稳定(表3)。在不同的加剂量下,混合原油在50℃热处理,凝点逐渐降低,当加剂量稳定在20 mg/kg以上时,对混合原油的降凝效果比较稳定(表4)。

表 3 混合原油经不同温度热处理的凝点数据

混合原油中不同原油的质量分数%			经不同温度热处理后的凝点/℃					
塔里木	哈国	北疆	20℃	30℃	33℃	35℃	40℃	50℃
30	30	40	4	8	7	6	-2	-3
40	30	30	3	6	5	4	-3	-5
50	20	30	3	4	3	3	-4	-6

表 4 混合原油在不同加剂量下经 50℃热处理的凝点数据

混合原油中不同原油的质量分数%			不同加剂量下经 50℃热处理后的凝点/℃					
塔里木	哈国	北疆	0 mg/kg	10 mg/kg	20 mg/kg	30 mg/kg	40 mg/kg	50 mg/kg
30	30	40	-2	-2	-3	-7	-8	-8
40	30	30	-5	-6	-8	-11	-11	-12
50	20	30	-6	-8	-9	-12	-13	-14

混合原油在20~35℃温度范围内重复加热,凝点有升高趋势,重复加热至30℃时,凝点达到最高,即20~35℃为混合原油析蜡高峰期。在该温度区间重复热处理,相对分子质量小的低熔点石蜡在原油中发生溶解,从溶解蜡晶上脱离的胶质、沥青质则吸附到高熔点的石蜡晶体表面,添加的降凝剂也同样失去作用;混合原油在冷却过程中,已溶解的石蜡重新结晶,但缺少具有活性的胶质、沥青质的共晶和吸附作用,这部分蜡晶的结构形态不能得到改善,导致原油低温流变性恶化。此外,即使加热温度升高至蜡晶完全溶解的温度,但尚不能使胶质、沥青质的活性被充分激发,在冷

却过程中,胶质、沥青质难以有效改善蜡晶结构,仍将造成原油低温流变性恶化^[6]。故在实际运行中混合原油的热处理温度高于40℃,才能保证热处理效果。

2.2 现场试验

现场试验混合原油的质量分数比例为:塔里木油:哈国油:北疆原油=50:25:25,在鄯善出站、玉门进出站及兰州进站4个点进行凝点监测(表5、表6)。除了不加剂油品与加剂油品在玉门出站的取样平均温度存在6℃的偏差外,其余样品的取样平均温度基本相同,同时,各取样点的平均取样压力变化不大,因而可以排除取样点压力和温度对测试数据的影响。

表 5 混合原油不加剂时沿线凝点测试数据

取样站点	测试点数	平均取样温度/℃	平均取样压力/MPa	凝点/℃			
				最大值	最小值	平均值	标准差
鄯善出站	28	52.7	3.48	4	-6	-3.6	2.67
玉门进站	26	14.3	1.51	3	-7	-1	2.58
玉门出站	14	44.9	3.53	1	-8	-3.7	2.89
兰州进站	65	11.8	0.21	1	-3	-0.7	0.90

表 6 混合原油加剂 25 mg/kg 时沿线凝点测试数据

取样站点	测试点数	平均取样温度 /℃	平均取样压力 /MPa	凝点/℃			
				最大值	最小值	平均值	标准差
鄯善出站	97	52.7	3.42	-5	-16	-11.0	2.01
玉门进站	64	12.1	1.84	-4	-14	-8.1	3.17
玉门出站	53	50.1	3.92	-2	-14	-10.3	3.04
兰州进站	40	11.8	0.22	-5	-15	-8.9	1.89

西部原油管道所输混合原油沿线各站的平均凝点均低于 0℃, 不加剂混合原油在首站经 50℃ 热处理后, 出站凝点较低, 经沿线复杂的热历史及剪切历史到达玉门进站, 凝点反弹至 -1℃, 经玉门站热处理后凝点依然较低, 输至兰州末站凝点反弹至 -0.7℃。可见, 经过沿线复杂的热历史及剪切历史, 不加剂混合原油的凝点出现较大反弹, 但最终凝点仍远低于单独油品的外输凝点; 而加剂油的凝点明显低于未加剂油的凝点, 约低 8℃。混合原油加剂 25 mg/kg 后, 在沿线复杂的热历史及剪切历史作用下, 油品物性较稳定, 末站最终凝点约 -10℃。

目前西部原油管道冬季运行最低地温约为 3℃ (新堡站 3 月份), 混合原油可根据实际运行情况决定首站是否加剂, 如果冬季管道正常运行无需长时间停输, 只需在首站进行热处理, 无需加剂; 在中间站监视凝点反弹较大或地温异常时, 可采用中间站启炉等方式保证管道安全运行。当管道在冬季面临超低输量间歇输送时, 需在首站加剂 25 mg/kg, 以保证油品凝点及物性稳定, 满足西部原油管道冬季运行安全。

2.3 运行成果

西部原油管道鄯兰干线未采用大混油之前全线有 8 个站启炉, 整个冬季运行全线启炉时间总和为 337 d。采用大混油后, 鄯善首站一站启炉, 对于个别物性较差的原油, 中间站启保运炉, 2010—2011 年冬季, 西部原油管道全线启炉天数不到 160 d (主要为鄯善站), 燃油年消耗量减少约 5×10^4 t。此外, 因管输混合原油凝点降低, 降凝剂的添加量也大幅减少, 经济效益显著。

3 结论

西部原油管道采用大混油输送方式运行, 冬季只需首站一站启炉。混合原油的热处理温度需保证高于 40℃, 在冬季以超低输量间歇输送方式运行, 可采用

加剂 25 mg/kg 的综合热处理工艺。与以前采用的顺序输送方式相比, 目前采用的大混油输送方式降低了管道冬季运行的复杂程度和运行风险, 节约了大量的燃料油, 达到了节能降耗的目的。同时, 采用大混油输送方式提高了西部原油管道应对低输量、间歇输送、管道泄漏等异常停输工况的适应性, 对于类似多油品、长距离原油管道运行管理具有很好的指导意义。

参考文献:

- [1] 范传宝. 鲁宁管道输送混合原油的现场试验研究[J]. 油气储运, 2005, 24(10): 38-40.
 - [2] 王可中. 混合原油温度对油流变性的影响[J]. 油气储运, 2004, 23(1): 15-17.
 - [3] 赵文德. 高含蜡原油的长距离管道输送[J]. 中国高新技术企业, 2009(13): 192-193.
 - [4] 许康, 张劲军, 尚孟平, 等. 含蜡原油管道停输再启动的安全性问题[J]. 油气储运, 2004, 23(11): 12-14.
 - [5] 吕爱华, 郭文敏. 含蜡原油长距离管道输送节能技术的探讨[J]. 应用能源技术, 2008, 24(4): 4-6.
 - [6] 李传宪. 原油流变学[M]. 东营: 中国石油大学出版社, 2007: 159.
- (收稿日期: 2011-12-28; 编辑: 关中原)

作者简介: 于涛, 工程师, 1982 年生, 2009 年硕士毕业于中国石油大学 (华东) 油气储运工程专业, 现主要从事长输原油管道的调控运行工作。

电话: 010-59983777; Email: ytao82@petrochina.com.cn

Yu Tao, MS.D, engineer, born in 1982, graduated from China University of Petroleum (East China), oil & gas storage and transportation engineering, in 2009, engaged in the operation control of long-distance crude oil pipelines.

Tel: 010-59983777, Email: ytao82@petrochina.com.cn