

降凝剂在津华线管输中的应用

张燕霞^{1*}, 赵光宇², 朱波², 闫夏云³, 滕孔先¹

(1. 中国石油天然气管道工程有限公司天津滨海分公司, 天津 300457; 2. 中国石油天然气管道局, 河北廊坊 065000; 3. 中国石油大港油田天然气公司, 天津 300457)

摘要: 经过多次室内实验研究, 确定使用加降凝剂的方法可以保证津华线低输量期间运行的安全, 并对药剂类型、加剂量和热处理温度进行了研究。经过现场试验与室内实验的比对, 确定了加剂效果。

关键词: 降凝剂; 原油; 凝点

中图分类号: TE832

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2016)06-0197-03

DOI: 10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2016.06.049

Application of pour-point depressant in Jinhua pipeline transportation

ZHANG Yan-xia^{1*}, ZHAO Guang-yu², ZHU Bo², YAN Xia-yun³, TENG Kong-xian¹

(1. China Petroleum Pipeline Bureau Tianjin Design Institute, Tianjin 300457, China;

2. CNPC China Petroleum Pipeline Bureau, Langfang 065000, China;

3. Dagang Petrochina Natural gas Company, Tianjin 300457, China)

Abstract: Based on the results of many laboratory experiments, the application of pour-point depressant in Jinhua pipeline can guarantee the security operation at low flowrate. The influence of the types and dosage of pour-point depressant and the heat treatment temperature is studied. Through the comparison between the field experiment and the laboratory experiment, the effect of pour-point depressant is determined.

Key words: pour-point depressant; crude oil; condensation point

天津港-华北石化原油管道工程(以下简称“津华线”)已于2015年10月份建成投产。津华线设计输量为700万t/a, 投产初期, 津华线的输量为165万t/a, 仅输送冀东原油, 输量不足设计输量的1/4。低输量运行时, 油品流速很低, 站间温降非常大, 而输送的冀东原油又是高凝高黏原油, 有可能出现原油进站温度低于凝点导致管道凝管的风险。为保证管道的安全运行, 必须确保油品进站温度高于凝点3~5℃。采用加大输量正反输送和加降凝剂输送2种方法均可以解决此问题, 在津华线可研报告中进行了技术、经济分析, 最终确定采用填加降凝剂从而降低油品凝点的方法来保证管道的安全运行^[1]。

1 降凝剂研究

1.1 理论研究

冀东原油为高凝高黏的含蜡原油。含蜡原油降凝的重点是针对原油中的蜡, 例如通过化学、物理的方法改变已析出的蜡晶的形态, 使其不易联结成结构, 或削弱已形成结构的强度, 其结构往往是不仅降低凝点, 反常点温度下的黏度也显著下降^[2]。

含蜡原油降凝剂是高分子聚合物。降凝剂是通过改变蜡晶的形态和结构, 从而改善含蜡原油低温流动性的, 故也称蜡晶改良剂。降凝剂的降凝机理一般有3种观点: 共晶作用、吸附作用、晶核作用^[2]。

由于降凝剂的作用机理是降低蜡晶结构形成的温度, 削弱已形成的蜡晶结构的强度, 故降凝剂处理不仅降低原油凝点, 而且可以显著降低析蜡点温度以下时原油的黏度, 因而降凝剂也常称为流动性改进剂。在析蜡点温度以上, 因原油中未有蜡晶析出, 降凝剂没有降黏效果。在析蜡点温度以下, 温度越低, 降黏效果越显著, 这是由于温度越低, 原油中析出的蜡越多, 其对流变性的影响越大, 因而降凝剂改性效果越显著^[2]。

影响降凝剂改性效果的主要因素有: 原油的组成及降凝剂与原油的适配性、降凝剂添加量、改性处理温度、油品的剪切作用、温度回升、降温速率和掺入未经改性处理的“生油”等。本工程在降凝剂选择时, 充分对以上因素进行了研究。

1.2 实验研究

为保证降凝剂的安全使用, 津华线建设方多次

委托中石油管道科技研究中心进行冀东原油降凝剂的相关研究。管道科技研究中心先后完成了《天津港-华北石化管道不同输送方式下原油流动性实验报告》(2011. 12. 12)、《冀东油田陆上原油物性测试报告》(2013. 12)和《冀东原油添加 JD1#降凝剂重复加热及稳定性实验报告》(2015. 3. 18)。

《天津港-华北石化管道不同输送方式下原油流动性实验报告》从热处理、加剂热处理、加剂热处理再急冷3种方式和使用4种不同的降凝剂,对冀东原油改性进行研究。此报告最终结论为:冀东原油当采用加剂热处理方式时,热处理温度宜控制在65℃左右。若实施加剂热处理再急冷的方式,则当热处理温度选择60℃左右,急冷终温可控制在40~45℃时,可取得与加剂热处理基本相同的结果。因而,参照目前实验的结果,推荐天津港-华北石化管道采用加剂热处理再急冷的方式^[3]。根据津华线全线温降计算的情况,首站出站温度至少为65℃,因此,津华线低输量运行时,最终推荐的加剂方式为加剂热处理方式,药剂为JD1#降凝剂,加剂质量分数为 50×10^{-6} 。

2013年下半年,津华线正式开始初步设计工作,为保证降凝剂的安全使用,津华线建设方再次委托管道科技研究中心对冀东原油的降凝剂进行研究。根据《冀东油田陆上原油物性测试报告》的结论,在热处理温度为60℃,添加JD1#降凝剂质量分数为 50×10^{-6} 的条件下,冀东陆上原油的凝点可降低到16℃^[4]。其结果与2011年的报告结果基本一致。

津华线低输量期间,需要在中间站进行加热,以确保管道全线的热力系统满足输送要求。若反输冀东原油,也需要加热输送,相当于冀东原油会出现3

次温升的情况。因此,需要对加剂温度回升的影响进行研究。根据此要求,管道科技研究中心于2015年完成《冀东原油添加 JD1#降凝剂重复加热及稳定性实验报告》,报告结论为:①冀东空白油凝点为21~24℃,添加质量分数 50×10^{-6} 的JD1#降凝剂经60℃热处理后凝点为8~9℃。②对于加剂油的二次回升温度,当二次回升温度在30~40℃时,引起原油流变性恶化,加剂原油的降凝降黏效果不理想(凝点为17~20℃,趋向于空白原油);当二次回升温度大于45℃时,降凝降黏效果显著,不会引起原油流变性恶化,与60℃综合热处理的效果相当(凝点为7~8℃)。③对于加剂油的三次回升温度,冀东加剂油经首站60℃综合热处理后,中间站二次加热温度为45℃时,经历管道全程慢速降温到达任丘末站后凝点为8℃,在此基础上于20℃下静置4d后,三次回升温度50℃,然后经历从任丘末站到中间站的反输流程慢速降温后加剂效果仍然显著,凝点为9℃^[5]。从报告结论可知,冀东原油二次温升温度至少为45℃,三次温升温度至少为50℃,才能保证冀东原油加降凝剂后的稳定性。

1.3 现场试验

津华线投产前,华北石化所需的冀东原油是通过秦京线和任京线管输而来。为了验证冀东原油经历现场工业化的降凝剂注入、加热炉加热、泵的混合及经历管道全程流动剪切后流变性的变化,验证冀东油加剂热处理室内试验结果的可靠性,管道科技研究中心在高迁线(高尚堡-迁安)进行了现场试验,并于2014年4月份完成了《冀东油田高迁线添加降凝剂现场试验报告》。在高迁线首站设置注入点,并在首站、中间站和末站分别设置取样点,对加剂后的油品进行凝点等参数的测试。现场加剂试验

(上接第196页)

4 结论与展望

(1)通过仿真软件SPS对原油管道投产过程进行了模拟分析。分析表明,初始方案的预热投产过程中,预热介质抵达末端后,管线末端温度迅速上升,原油投入管道后,末端流体温度继续上升直至达到最高点后逐渐下降并趋于平缓。

(2)通过软件计算得到了原油管道预热投产的经济运行方案满足投产所需的热力工况,并且能够

比初始方案节约300 t淡水资源和一定的热能。

参考文献

- [1] 杨筱衡. 输油管道设计与管理[M]. 东营: 中国石油大学出版社, 2006: 216-223.
- [2] 孙超, 王为民, 晏金龙. 埋地热油管道正向预热过程的计算与分析[J]. 管道技术与设备, 2008, (2): 15-17.
- [3] 梁江, 于颖. 原油外输管道投产方案研究[C]. 中国油气管道安全运行与储存创新技术论坛, 2010: 574-580.
- [4] 孙超, 王为民, 晏金龙. 应用SPS软件模拟输油管道预热投产过程[J]. 油气田地面工程, 2014, 33(8): 32-33. ■

共分为3个阶段,分别为添加 100×10^{-6} JD1#降凝剂、 50×10^{-6} JD1#降凝剂和 100×10^{-6} 纳米降凝剂(NPZ)。通过高迁线添加降凝剂现场试验,可以得到以下结论。

(1)虽然冀东油田部分区块(如高尚堡区块和柳赞区块)原油凝点较高($25 \sim 27^\circ\text{C}$),但外输冀东油都是各区块原油混合处理后再进行外输,不会出现单独输送某区块原油的情况,因此冀东外输油凝点一直稳定在 22°C 左右。

(2)冀东外输油添加 100×10^{-6} JD1#、 50×10^{-6} JD1#和 100×10^{-6} 纳米降凝剂,其降凝效果相差不大,凝点为 $11 \sim 13^\circ\text{C}$ 。

(3)添加 100×10^{-6} JD1#、 50×10^{-6} JD1#和添加 100×10^{-6} 纳米降凝剂对冀东油降黏效果相当,相应温度下的平均黏度差别不大,与空白油黏度相比,在 30°C 以上,降黏效果不明显,当温度低于 30°C ,随温度降低降黏效果越明显。在 20°C 时,迁安进站冀东加剂油平均黏度约为空白油平均黏度的20%。

(4)同一站场不同加剂量(100×10^{-6} JD1#、 50×10^{-6} JD1#和 100×10^{-6} 纳米降凝剂)对原油的黏温特性影响相差不大。同一加剂量,从首站到末站原油经过管道全程流动剪切后, 20°C 以上时原油平均黏度变化不大。过泵剪切对加剂油的凝点和黏度影响不大。

(5)3种剂量(100×10^{-6} JD1#、 50×10^{-6} JD1#和 100×10^{-6} 纳米降凝剂),室内慢速降温实际管输全过程模拟结果与迁安站现场测试结果基本吻合^[6]。

2 降凝剂投用及存在问题

2.1 降凝剂投用

2016年3月27日,冀东原油正式从汇鑫油库首站进入津华线投运,3月30日,冀东原油到达管道末站任丘合建站。冀东原油进任丘合建站时,首站凝点为 11°C ,中间站凝点为 13°C ,末站凝点为 16°C 。其凝点与室内实验结果以及高迁线现场测试结果基本吻合。

2.2 运行中发现的问题

2016年4月5日,首站取样测试凝点为 18°C ,投产时测定的凝点为 $10 \sim 11^\circ\text{C}$ 。随后,首站增加了取样的频次,随时对加剂后冀东原油的凝点进行观

测。1 d时间内,加剂后冀东原油的凝点范围为 $13 \sim 20^\circ\text{C}$ 。随后,首站将加剂釜至加剂注入点之间的管道电伴热打开,为注剂管道进行加热,情况很快好转,多次取样测试后原油凝点基本稳定在 12°C 。

降凝剂为固体,在搅拌釜内与空白冀东原油搅拌成液体,其质量分数为10%,此药液的凝点和黏度比空白冀东原油要高很多。经首站测试,其凝点达到了 35°C 以上。

经分析,津华线首站加剂橇距加剂注入点间距约300 m,即从加剂橇到加剂注入点需要经过300 m保温管道,而加剂的流速很低(约 0.03 m/s),药液从加剂橇外输温度为 85°C ,到达注剂点的温度迅速降低。药剂注入主管道后,与冀东原油混合不充分,也就是起作用的药剂量小,导致加剂效果很差。在开启电伴热后,注剂点处药剂的温度升高到了 50°C 以上,加剂效果很快恢复了。

为保证最满意的加剂效果,且尽量节能的前提下,将此300 m管道的保温层进行更换,更换成60 mm厚的复合硅酸盐保温管壳。更换保温层后,可不开启电伴热,也能保证药剂到达注入点后的温度要求。

3 结论

津华线低输量工况需要进行加剂才能保证管道的热力系统安全。经过多次室内实验、现场试验和实际验证,均证明了降凝剂在津华线低输量工况的作用,为津华线的安全运行提供了保障。不同原油所需降凝剂的品种不一样,需要根据室内实验具体研究后得到。本次津华线的顺利投产运行,可为其他高凝高黏含蜡原油的安全输送提供借鉴。

参考文献

- [1] 中国石油天然气管道工程有限公司天津滨海分公司. 天津港-华北石化原油管道工程可行性研究报告[R]. 2013.
- [2] 杨筱薇. 输油管道设计与管理[M]. 东营: 中国石油大学出版社, 2006.
- [3] 中国石油管道科技研究中心. 天津港-华北石化管道不同输送方式下原油流动性实验报告[R]. 2011.
- [4] 中国石油管道科技研究中心. 冀东油田陆上原油物性测试报告[R]. 2013.
- [5] 中国石油管道科技研究中心. 冀东原油添加JD1#降凝剂重复加热及稳定性实验报告[R]. 2015.
- [6] 中国石油管道科技研究中心. 冀东油田高迁线添加降凝剂现场试验报告[R]. 2014. ■