

# 大管径小输量输送高凝原油工艺研究

张燕霞<sup>1\*</sup>, 辛彪<sup>2</sup>, 张礼旭<sup>3</sup>, 陈锦芳<sup>2</sup>, 冯树元<sup>1</sup>

[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. 中国石油管道公司(管道销售公司), 河北 廊坊 065000;

3. 中国石油天然气管道局, 河北 廊坊 065000]

**摘要:**天津港—华北石化原油管道工程(简称津华线), 管道设计输量为 700 万 t/a, 根据该输量选定管径为 DN500。但根据津华线运行计划, 存在输送小输量(165 万 t/a)、高凝点冀东原油的工况。针对该工况, 对管道输送工艺进行了研究, 通过不同输送方案的分析对比, 选取最优的加降凝剂、加热输送的运行方案, 从而保证正常输送及运行安全。

**关键词:**冀东原油; 低输量; 降凝剂; 安全运行

中图分类号: TE832

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2015)12-0174-02

DOI: 10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2015.12.048

## Research on low flow working conditions of Jinhua oil transportation pipeline

ZHANG Yan-xia<sup>1\*</sup>, XIN Biao<sup>2</sup>, ZHANG Li-xu<sup>3</sup>, CHEN Jin-fang<sup>2</sup>, FENG Shu-yuan<sup>1</sup>

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

2. Petroleum Pipeline Company (Pipeline Marketing Company), Langfang 065000, China;

3. CNPC China Petroleum Pipeline Bureau, Langfang 065000, China)

**Abstract:** The design flowrate of Tianjin port-North China Petrochemical Corporation Crude Oil Pipeline Project (hereinafter referred to as the Jinhua pipeline) is  $700 \times 10^4$  t/a. According to the design flowrate, the diameter of pipeline is chosen as DN500. However, based on the operation plan, there is low flow operation ( $165 \times 10^4$  t/a) of high-pour-point Jidong crude oil. For this case, the transportation process is improved by analyzing different transportation schemes, selecting the optimal pour point reducer and heated crude transport plan, which ensures the normal production and the safety of transportation.

**Key words:** Jidong crude oil; low flow operation; pour-point-depressant; safe operation

津华线起点为天津港汇鑫油库首站, 终点为河北省任丘市任丘合建站, 线路全长约 188 km, 管道设计输量为 700 万 t/a, 设计压力 6.3 MPa, 管道规格为  $\Phi 508 \times 7.1$ 。管道建成后, 将向中石油华北石化公司输送冀东原油和进口原油, 同时具备华北石化公司检修期间, 反输华北油田原油的功能。根据运行计划, 2015 年 10 月至 2017 年 10 月, 津华线将只输送冀东原油, 其输量为 165 万 t/a (约  $230 \text{ m}^3/\text{h}$ ), 之后输量才能达到最大值 665 万 t/a。小输量期间, 输送的冀东原油为高凝点原油, 凝固点为  $21 \sim 26^\circ\text{C}$ 。如何在大管径的条件下输送小输量的高凝原油, 保证原油的正常输送, 直接关系到管道的运行安全, 是亟待解决的问题。

## 1 低输量工况及存在的问题

一般将管道输量低于加热正输允许的最低输量的管道称之为低输量管道。对加热输油管道, 正常输量时, 原油温度和摩阻会随输量的减少而降低, 但

当输量减少到一定程度后, 管道运行会出现不稳定, 即随着输量的减少, 摩阻不仅不降低反而增大, 形成输量越少摩阻越大的恶性循环<sup>[4]</sup>。津华线小输量输送冀东原油的工况即为低输量工况, 该工况下温降大, 正常加热输送已无法满足进站温度的要求, 易发生凝管事故, 因此对该工况进行研究, 提出可行的运行方案对管道生产安全至关重要。

## 2 输送工艺方案比选

低输量下主要有间歇输送、正反输送、加降凝剂输送 3 种方式。

### 2.1 间歇输送

间歇输送即通过模拟计算, 选取满足正常加热输送的输量, 并确定每个周期运行与停输的时间, 通过间歇输送满足原油的正常输送。本工程小输量输送的冀东原油凝固点为  $21 \sim 26^\circ\text{C}$ , 冬季安全停输时间约为 29 h, 即每次只能停输 1 d, 该停输时间无法满足间歇运行需求, 同时, 频繁地启输、停输也无法

保证管道安全运行,因此间歇输送方案不可行。

## 2.2 正反输送

正反输工况充分考虑汇鑫油库首站和华北石化公司可利用油罐的容积大小、管道最小启输量、冀东油来船周期及华北石化公司炼化要求,利用首站设计输量下的给油泵及输油泵,并利用末站反输华北油田原油的输油泵,不新增输油泵的原则进行正反输输量的确定。

由于反输使用反输泵(流量为 $460\text{ m}^3/\text{h}$ ),正输使用设计输量外输泵(流量为 $1\ 000\text{ m}^3/\text{h}$ )。经计算,正输输量为 $740\text{ m}^3/\text{h}$ 时,才能满足管道全线安全输送的要求。根据汇鑫油库及华北石化库容及海上来船周期,经试算,正反输推荐采用6正5反的批次。

正反输切换时,各站场的进出站处都要进行温度的冷热交替,11天发生2次温度变化,全年发生66次左右,冷热交替输送过于频繁。管道科技中心针对本工程所做的《冷热油交替输送中管道热应力及疲劳的评估报告》中表明,极端保守估算出,深度为50%壁厚,长度为0.1m的表面半椭圆形裂纹在6MPa内压循环作用下,最终发生穿透所需的载荷循环周次为510次,也就是约7.7a,管道就会发生危险。因此,正反输存在非常大的风险,且频繁的冷热交替输送使得管道内的温度场一直不能达到稳定状态,管道一直处于不稳定的输送状态,对管道的控制、安全都是非常不利的。因此,综合以上因素考虑,不推荐使用正反输工艺。

## 2.3 加降凝剂输送

根据《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》(中石油管道科技研究中心2011年12月)及《冀东油田高迁线添加降凝剂现场试验报告》(中石油管道科技研究中心2014年4月)中的相关结论,冀东原油的低温流动性对于热处理温度并不敏感,若采取单纯的热处理虽可使原油的流动性得到改善,但其所需要的热处理温度高于降凝剂处理所需的温度,且其改性效果及稳定性不如添加降凝剂处理好,加剂热处理可使冀东原油的流动性得到显著改善,添加降凝剂综合热处理温度为 $60^\circ\text{C}$ 时,凝点降低到 $14\sim 16^\circ\text{C}$ 。并通过现场试验结果,室内模拟结果与现场测试结果基本吻合<sup>[1-2]</sup>。

本工程计算软件采用德国 Germanischer Lloyd (GL)工业服务公司的 SPS9.8 (stoner pipeline simu-

lator)软件。该软件能够实现长输管道的离线实时模拟计算,是世界公认的用于长距离输油(气)管道设计、计算以及全线自动化控制模拟的高精度软件。通过模拟计算,冬季时,冀东原油需在首站进行加热、加降凝剂及增压后输往中间站,在中间站再次加热后输送至任丘合建站。夏季时,冀东原油在首站进行加热、加降凝剂及增压后输送至任丘合建站,在中间站不需要再次加热。

通过对上述3种输送方案进行分析可知,采用加降凝剂输送的方式,既可保证管道的正常生产运行,避免发生凝管事故,同时又能降低管道的热应力及疲劳应力损伤,因此本工程最终采用加降凝剂、加热输送的运行方案。

## 3 降凝剂稳定性分析

由于小输量工况下,冬季时,需要在中间站再次升温,针对再次升温后降凝剂的稳定性问题,中石油管道科技中心进行了相关实验,根据《冀东原油添加 JD1#降凝剂重复加热及稳定性实验的报告》(中石油管道科技中心,2015.3)中的实验结果,慢降温时,当温度回升至 $35^\circ\text{C}$ 时,凝点降到 $20^\circ\text{C}$ ,当温度回升至 $40^\circ\text{C}$ 时,凝点降到 $17^\circ\text{C}$ ,回升至 $45^\circ\text{C}$ ,凝点降到 $8^\circ\text{C}$ 。实际管输条件下即为慢降温工况,当温升至 $45^\circ\text{C}$ 时,加剂效果仍显著,可以恢复到升温前的凝点,从而保证原油的正常输送。

## 4 结语

根据津华线输油管道大管径小输量的工况,通过对不同输送工艺方案进行对比分析,最终选用加降凝剂输送方案,确保津华线在投运后前2年的小输量工况下平稳、安全运行,为运行单位生产运营提供技术支持。

## 参考文献

- [1] 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]. 中石油管道科技研究中心,2011.
- [2] 冀东油田高迁先添加降凝剂现场试验报告[R]. 中石油管道科技研究中心,2014.
- [4] 冀东原油添加 JD1#降凝剂重复加热机稳定性试验报告[R]. 中石油管道科技研究中心,2015.
- [4] 谢金平,许永军,张洪岐,等. 原油管道低输量运行研究[J]. 中国科技博览,2013,(8):266-266.
- [5] 冷热油交替输送中管道热应力及疲劳的评估报告[J]. 中石油管道科技研究中心,2014. ■