

Commissioning of Jiudong Branch Pipeline in Western Crude Oil Pipeline of China

Yimeng Zhu, Huaping Fan, Hao Wang, Di Chen

PetroChina Oil & Gas Pipeline Control Center, CNPC, Beijing
Email: zhuyimeng@petrochina.com.cn

Received: Oct. 30th, 2016; accepted: Nov. 27th, 2016; published: Dec. 15th, 2016

Copyright © 2016 by authors, Yangtze University and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The construction and production of Jiudong Branch Pipeline has been an important reconstruction for the Western crude oil pipeline in recent years. It adopted method of using “oil to replace gas” in the commissioning, and several issues before the operation and its process were summarized in this paper. In allusion to the characteristics of high paraffin content and high gel point, the viscosity-temperature properties of Jiudong crude oil are tested and analyzed. The changes of its physical property with different blending ratios are studied and its safe blending ratio and operation temperature in winter days are obtained. The transformation of crude oil is implemented based on the blending ratio in the Western Pipeline of China, and it solves the problem of long-distance transporting of viscous and waxy crude oil.

Keywords

Crude Oil Pipeline, Commissioning, Waxy Crude Oil, Gel Point, Mixing

西部原油管道酒东注入支线投产实践

朱一萌, 范华平, 汪 浩, 陈 頔

中国石油北京油气调控中心, 北京

作者简介: 朱一萌(1989-), 女, 硕士, 工程师, 现主要从事液体管道调控工作。

Email: zhuyimeng@petrochina.com.cn

收稿日期: 2016年10月30日; 录用日期: 2016年11月27日; 发布日期: 2016年12月15日

摘 要

酒东注入支线的建成投产是西部原油管道近年较为重大的工程改造。酒东支线投产采用了空管投油的方式, 对投产前准备及投产过程中的主要问题进行了总结。针对酒东原油含蜡量高、凝点高的特点, 分析了酒东原油的黏温特性, 并研究了酒东原油与混合原油按不同比例掺混后的物性变化, 得出了安全的掺混比例及冬季运行温度。实现了以注入掺混的方式外输酒东原油, 解决了易凝高黏原油的长距离常温输送的问题。

关键词

原油管道, 投产, 含蜡原油, 凝点, 掺混

1. 概述

西部原油管道鄯善 - 兰州干线全长 1562 km, 设计压力为 8.0 MPa, 设计输量为 2000×10^4 t/a。2007 年投产至今已安全平稳运行 9a, 目前运行输量为 1000×10^4 t/a 左右。鄯善首站外输北疆原油、哈萨克斯坦原油(哈国原油)、塔里木原油、吐哈原油 4 种油品, 采用掺混后外输的方式常温输送。

玉门油田酒东联合站于 2014 年建成, 设有 2 座 5×10^3 m³ 内浮盘保温储罐, 储存联合站处理的原油。2016 年酒东注入支线建成投产, 开始采用密闭输送工艺由酒东联合站向西部原油管道干线注入酒东原油。酒东支线始于酒东联合站, 止于西部原油管道干线 30[#]阀室, 全长 2.48 km, 设计压力 10 MPa, 设计温度 40℃。30[#]阀室为酒东原油进入西部管道的枢纽, 经过自动化改造后, 中控可以通过远程监控进行作业。

酒东注入支线的投产有效解决了玉门油田酒东作业区产出原油外输问题, 可大幅降低酒东原油的运输费用, 提高运输安全性, 减少劳动强度, 提升运行效率。

2. 投产前准备

管道投产技术对于保障管道安全高效运行非常重要, 目前国内缺少专门针对管道投产的技术标准, 普遍的做法是各管道企业按照体系文件和以往工程实践经验, 成立投产领导小组, 制定管道投产技术方案等[1]。西部原油管道酒东注入支线的投产根据现场管道的实际条件, 结合西部原油管道的投产经验, 制定了投产方案。

2.1. 酒东原油物性分析

西部原油管道主要输送由北疆原油、吐哈原油、哈国原油、塔里木原油 4 种油品按不同比例掺混的

混合原油，酒东原油注入西部管道干线将直接影响注入段油品的质量，因此研究这 5 种油品及其掺混后的物性变化是酒东注入支线建设投产中的关键环节。

2.1.1. 单一油品物性分析

5 种单一油品的物性测试结果如表 1 所示。可以看出，在测试的 5 种油品中酒东原油的析蜡点、含蜡量、凝点最高，是典型高含蜡原油。

北疆原油黏度较大，反常点为 13℃，低于 13℃ 的温度测试范围内，北疆原油表现为非牛顿流体。哈国原油含蜡量最低，黏度最小，反常点最低，低于 5℃ 时，哈国原油为非牛顿流体。吐哈原油和塔里木原油凝点较低，流动性较好。酒东原油含蜡量最高，析蜡点很高，直接装样凝点最高为 15℃，反常点为 30℃。

由表 2 中酒东原油的流动行为指数及黏温关系可以看出，低于 30℃ 时，酒东原油为非牛顿流体，剪切黏度随温度的下降明显上升，非牛顿性流体特性明显；低于 16℃ 时，黏度急剧增大，凝点附近的原油流动性显著恶化。

2.1.2. 酒东原油与 LC 油掺混后的物性

酒东原油具有易凝高黏的特性，采用掺混后输送的方式能较好地改善其物性，降低管输风险。酒东原油通过 30# 阀室注入干线，与干线输送的油品实现掺混并向下游输送。LC 油是鄯善首站将北疆原油、吐哈原油、哈国原油、塔里木原油 4 种油品按一定比例掺混而成的混合原油中的一种，由于下游炼厂对所接收油品的不同要求，酒东原油只能注入到鄯兰干线输送的 LC 油的批次中。

根据表 3 中酒东原油与 LC 油按不同比例掺混后的凝点测试结果可以发现，在酒东原油掺入体积比不超过 25% 的条件下，掺混后的混合油凝点在 2℃ 以下；在酒东原油掺入体积比不超过 15% 的条件下，掺混后的混合油凝点在 1℃ 以下；在酒东原油掺入体积比小于 10% 的条件下，掺混后的混合油凝点在 0℃ 以下。由表 4 中不同掺混比例下(LC-酒东混合油品)的黏温关系可以看出，油温 5℃ 以上，酒东原油掺入体积比不超过 20% 时，混合油品黏度小于 100 mPa·s；当酒东原油掺入体积比不超过 10% 时，对混合油品的黏度影响较小。

冬季运行时，酒东地温常常低于酒东原油凝点，酒东支线存在凝管风险，因此进行了酒东原油的降凝剂改性试验。试验结果显示其改性效果不理想，加降凝剂 50 mg/L、55℃ 处理后凝点为 5℃。此外，热处理后的加降凝剂油在进入干线时温降过大还可能发生流动性恶化，因此酒东注入不采用降凝剂改性输送，而采用集肤效应伴热管线的加热保温功能使得支线油温高于凝点。实验室测得酒东原油的凝点为 15℃ 左右，一般设置管线保温在 20℃ 左右，具有较好的改善流动性的效果。

Table 1. The test results of properties of five crude oils

表 1. 5 种原油物性测试结果

油样名称	20℃ 密度/(kg·m ⁻³)	直接装样凝点/℃	黏度/(mPa·s)	反常点/℃	析蜡点/℃	含蜡量/%
北疆原油	905.1	-11	838.60	13	20.0	4.40
吐哈原油	871.4	-6	104.80	7	23.0	6.86
哈国原油	833.7	-8	14.17	5	26.0	5.62
塔里木原油	860.3	-9	20.89	10	23.0	4.77
酒东原油	835.9	15		19	33.2	10.63

注：黏度测试条件为温度为 10℃，剪切速率为 20 s⁻¹。

Table 2. The rheologic parameters of Jiudong crude oil
表 2. 酒东原油的流变参数

温度/°C	稠度系数/(mPa·s ⁿ)	流动行为指数 <i>n</i>	不同剪切速率下的黏度/(mPa·s)		
			20 s ⁻¹	50 s ⁻¹	100 s ⁻¹
8	7148.11	0.4114	1225.76	714.79	475.33
10	2769.02	0.5040	626.64	397.77	282.05
12	1255.12	0.5812	357.94	243.87	182.43
14	746.54	0.6211	239.93	169.56	130.39
16	410.98	0.6866	160.72	120.60	97.06
18	265.24	0.7222	115.40	89.47	73.80
20	158.47	0.7723	80.11	65.03	55.53
25	75.49	0.8298	45.33	38.79	34.47
30	33.54	0.9162	26.09	24.16	22.80
35	15.78	1	-	15.78	-
40	13.55	1	-	13.55	-
45	11.67	1	-	11.67	-
50	10.18	1	-	10.18	-

Table 3. The properties of the Jiudong mixed oil at different mixing ratios
表 3. 不同比例 LC-酒东油掺混后的物性

LC 油:酒东油(体积比)	20°C 密度/(kg·m ⁻³)	凝点/°C
100:0	860.2	-2
95:05	859.2	-1
90:10	858.2	0
85:15	857.1	1
80:20	856.1	2
75:25	855.1	2
70:30	854.1	3
65:35	853.1	3
60:40	852.0	4
50:50	850.0	5

Table 4. The viscosity-temperature relation of the Jiudong mixed oil at different mixing ratios
表 4. 不同比例 LC-酒东油掺混后的黏温关系

温度/°C	不同掺混体积比(LC 油:酒东油)下的黏度/(mPa·s)					
	100:0	90:10	80:20	70:30	60:40	50:50
5	56.12	71.08	90.17	115.76	151.03	200.92
10	30.00	37.50	46.92	59.38	76.30	99.88
15	24.71	29.06	34.15	40.39	48.19	58.12
20	18.83	21.23	23.93	27.06	30.76	35.18
25	16.32	17.83	19.48	21.32	23.40	25.77
30	14.63	15.35	16.07	16.84	17.68	18.62
35	13.72	13.73	13.67	13.63	13.63	13.69
40	11.74	11.92	12.10	12.27	12.45	12.63

2.2. 注入体积比要求

酒东原油与鄯兰干线管输的 LC 油掺混后, 在酒东原油掺入体积比不超过 15% 时, 酒东-LC 混合油凝点在 1°C 以下, 15°C 以上的黏度在 $29.06\text{ mPa}\cdot\text{s}$ 以下。在冬季, 鄯兰干线玉门 - 兰州管段沿线最低地温约为 2°C , 为确保管道的安全运行, 允许的最低输油温度控制为凝点以上 3°C , 管输原油的凝点应控制在 -1°C 以下。根据酒东原油与鄯兰干线管输的 LC 油按不同体积比掺混后的物性测试结果得到, 酒东原油的掺入比例应控制在 5% 左右。注入酒东原油前, 鄯兰干线上游来油的输量为 $1000\sim 2100\text{ m}^3/\text{h}$, 据此可得到不同干线输量下, 相应的酒东原油注入的最大输量为 $50\sim 105\text{ m}^3/\text{h}$ 。

由于鄯兰干线管输原油的来源广、物性波动较大, 酒东原油物性在开发、生产过程中也会发生一定变化, 为确保管道的安全运行, 酒东原油的注入比例一般控制在 5% 以下。

2.3. 建立水击保护系统

西部原油管道是一条长距离大落差管道, 采用密闭输送方式, 全线处于一个水力系统中, 任何一点的压力或流量变化都可能引起管道运行状态的改变, 严重时会产生水击, 造成管道破裂、设备损坏等后果。构建一套安全程度高、防御能力强的管道压力保护系统对保证输油管道的安全平稳运行具有重要意义[2]。酒东注入支线通过 30# 阀室阀门的导通与西部原油管道成为连续的水力系统。酒东注入支线的投产运行能够直接影响干线的压力流量, 因此投产前必须对西部原油管道现有的水击保护系统进行更新和完善, 建立安全有效的全线水击保护系统, 在保障干线平稳运行的同时, 保证站场的安全。

2.4. 投油方案比选

国际上管道的投产方式多种多样, 根据所输介质和管道条件的不同采取相应的投产方案, 主要有“全线或部分管段充水后投油”、“油头前加氮气保护, 油头和氮气间加球隔离, 油顶气直至末站”、“空管投油”3 种方式[3]。空管投油是指管道建成后直接进行投油试运的一种试运投产方式。美国阿拉斯加原油管道、加拿大穿山管道、欧洲原油管道、科洛尼尔成品油管道系统部分管段等均采用空管投油的投产方式。空管投油已成为发达国家管道投产方式的主流。

酒东注入支线投产采用空管投油的方式, 采用氮气隔离油层和空气。在试压、扫线后采用“油推气”方案, 在注氮结束后投酒东原油。

3. 投产过程

3.1. 充水试压及检漏

2014 年 7 月 1 日酒东联合站对外输管道进行密闭性试压, 试压管线总容积为 52 m^3 , 试压总备水量为 70 m^3 。试压起点界面为 30# 阀室, 终点为联合站外输管线出口阀门, 试压过程中确保试压管线与干线绝对隔离, 补水打压至设计压力 8 MPa 停泵试压, 观察检漏 24 h 后结束试压。

3.2. 吹扫充氮

酒东注入支线管道试压结束后, 在计划投油前 24 h, 采用压缩氮气对管道进行清扫和试压, 清除施工中管内遗留的杂质, 清理焊缝处的药皮和焊渣。充氮所需氮气由联合站制氮装置制得, 酒东原油外输管道联合站至 30# 阀室段充满氮气, 注氮量 50.84 m^3 , 将纯氮气封存在联合站 - 30# 阀室管道内。

3.3. 排气投油及注入

酒东联合站确定管线投油排量为 $30\sim 120\text{ m}^3/\text{h}$, 按照拟定排量试运行 72 h。现场倒通站内外输工艺流

程及外输管线后, 打开集肤效应伴热系统, 进行充油排气。酒东原油经给油泵增压进入外输泵, 采用压力变频控制, 保证外输泵进口压力稳定及外输流量稳定。根据泵特性曲线观察给油泵出口压力, 调节出站压力调节阀开度, 使泵的排量维持在 $15 \text{ m}^3/\text{h}$, 向干线充油, 待所有设备运行正常以后提升外输流量至 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ 。全线充满预计约 93.2 min , 充油量 50.48 m^3 。油头到达 $30^\#$ 阀室后, 前行 50 m^3 油品经热洗吹扫井接口进临时罐车。

油罐车收满 50 m^3 油后结束充油排气。现场检查设备管线运行正常后, 进行酒东原油注入试运行。导通 $30^\#$ 阀室的外输流程后, 开启酒东联合站外输泵, 并逐渐调节排量至目标注入量 $95 \text{ m}^3/\text{h}$, 完成酒东注入支线的投产。

4. 投产关键问题

输油管道投产过程中常常需要考虑气阻及压力控制等问题, 气阻会造成管道运行压力过高, 甚至导致出站压力过高、触发压力开关甩泵。与一般长距离输油管道相比, 酒东注入支线距离短, 全线走势平缓, 设计压力较高, 基本没有超压的风险。空管投油方式的采用也避免了“油推水”的投油方式可能存在压力超高的问题。酒东注入支线投产运行后需重点关注的是水击保护系统的优化以及酒东注入对干线物性的影响。

4.1. 水击保护系统测试及优化

投产完成后, 中控对优化后的水击保护系统进行了测试, 并进行了进一步的优化, 保证西部原油管道水击保护系统包括对站场的保护及管线的保护。当酒东联合站外输发生异常时, 中控关闭 $30^\#$ 阀室紧急切断阀, 连锁停止酒东外输泵, 关闭流量计出口截断阀。当干线发生异常触发全线水击保护时, 会连锁执行 $30^\#$ 阀室的紧急截断操作, 并触发酒东联合站流量计出口切断阀, 执行停泵操作。

4.2. 物性及界面跟踪

酒东原油注入干线后, 密切关注工艺运行情况, 全程实时跟踪计算注入段混油头。在确认油头达到下站后, 进行油品取样采集, 测试凝点和密度。发现凝点异常, 及时调整注入比例或者停止注入。

5. 结语

酒东注入支线采用空管投油的方式进行投产, 自动化程度高, 投产前准备充分, 投产过程顺利。全面考虑了酒东注入支线的加入对鄯兰干线运行的影响, 优化完善了西部原油管道的水击保护系统, 为管道的安全平稳运行提供了保证。以注入掺混的方式成功实现了高凝、高黏、高含蜡的酒东原油的常温长距离输送, 降低了冬季运行风险, 提高了酒东原油运输的安全性, 并极大地降低了外输成本。

参考文献 (References)

- [1] 李连星, 陆潇, 梁昌晶, 等. 国外油气管道投产技术标准先进性综述[J]. 石油规划设计, 2015, 26(4): 8-10.
- [2] 杨筱衡. 输油管道设计与管理[M]. 东营: 石油大学出版社, 2006: 377.
- [3] 高发连, 刘双双, 付强. 西部成品油管道空管投油的技术分析[J]. 油气储运, 2006, 25(11): 58-61.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：jogt@hanspub.org