

文章编号: 1000-8241(2012)05-0366-03

# 独乌成品油管道增输节能实践

陈志华 沈主平 朱培明 高锦伟 马建朝 马建和

中国石油西部管道公司乌鲁木齐输油气分公司, 新疆乌鲁木齐 830011

陈志华等. 独乌成品油管道增输节能实践. 油气储运, 2012, 31(5): 366-368, 375.

**摘要:**独乌成品油管道在设计输量  $520 \times 10^4$  t/a 的工况条件下运行, 应用在线工业性增输减阻试验成果, 首站加注 5 mg/kg 减阻剂, 可以实现“一泵到底”的运行方式, 平均流量增加  $200 \text{ m}^3/\text{h}$ ; 首站加注 10 mg/kg 减阻剂, 在同样的工况下平均流量增加  $260 \text{ m}^3/\text{h}$ , 同时节约了大丰泵站的运行费用。经过测算, 首站加注超过 15 mg/kg 减阻剂运行不经济, 仅通过增大减阻剂加注量的方式将输量提升至  $520 \times 10^4$  t/a 以上的潜力有限。在首站启 2 台给油泵+2 台输油主泵, 在大丰站启 2 台输油主泵, 同时在两站加注减阻剂, 可将独乌管道输量提升至  $630 \times 10^4$  t/a。

**关键词:**独乌管道; 增输; 节能; 实践

中图分类号: TE89

文献标识码: A

doi: 10.6047/j.issn.1000-8241.2012.05.011

管道的输送能力主要受管径、材质、输油设备额定负荷等因素影响, 可调整的范围小。现役输油管道为了适应上下游用户不断提升的输量需求, 需要采取切实可行的技术措施, 使其在预期输量下安全、高效运行。西部管道公司新疆独山子—乌鲁木齐成品油管道(独乌管道)在实际运行中通过加注减阻剂和匹配使用输油设备<sup>[1-2]</sup>较好地解决了这一问题。

## 1 管道概况

独乌管道设计输量为  $520 \times 10^4$  t/a, 设计工作压力为 6.4 MPa, 全长 222.66 km。一般敷设地段, 管材

选用 L360(X52) 直缝电阻焊钢管, 规格  $\phi 426 \times 7$ ; 穿越、跨越地段, 管材选用 L450(X65) 直缝电阻焊钢管, 规格  $\phi 426 \times 8/8.75$ 。全线设独山子首站、大丰中间泵站和王家沟末站, 各站均安装 1 台 ESD 紧急截断阀, 全线采用密闭顺序输送工艺。首站—大丰站间距为 151.13 km, 高程差为 79.4 m, 大丰站—末站间距为 71.53 km, 高程差为 -206.4 m。首站和大丰站均采用并联泵输油的运行方式(表 1), 各站设 1 台双声道超声波流量计, 采集输量数据。

独乌管道扩建工程 2008 年 10 月投产, 首站和中间站共采用 4 种泵机组匹配方式输油, 未加注减阻剂时, 通常采用第 1 种和第 3 种泵机组匹配方式(表 2)。

表 1 独乌管道各站输油泵技术参数

场站	泵型号	额定扬程/m	额定流量/( $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ )	额定功率/kW	泵安装形式
首站	600WUC-4M-2-Ind	40	550	90	3 台给油泵, 并联
	6X13 DMXAA	758(6 级) 633(5 级)	550	1 200/1 400	1 台 5 级叶轮泵、2 台 6 级叶轮泵, 并联
大丰站	6X13 DMXAA	630	550	1 200	3 台 5 级叶轮泵, 并联

表 2 首站和大丰站泵机组匹配方式

管输油品	首站启泵台数	大丰站启泵台数	流量/( $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ )
0# 柴油	1 台给油泵+1 台输油主泵(6 级叶轮)	开 1 台主泵	$690 \pm 5$
0# 柴油	1 台给油泵+1 台输油主泵(6 级叶轮)	停泵, 计划越站	$495 \pm 5$
0# 柴油	1 台给油泵+1 台输油主泵(5 级叶轮)	开 1 台主泵	$650 \pm 5$
0# 柴油	1 台给油泵+1 台输油主泵(5 级叶轮)	停泵, 计划越站	$470 \pm 5$

## 2 加注减阻剂试验

### 2.1 试验过程

2010年5—6月、10—11月,在独乌管道分别开展了FLO MXC减阻剂和RPII减阻剂在线工业性减阻增输试验<sup>[3-5]</sup>,并分别考察5 mg/kg和10 mg/kg两种减阻剂加注量的减阻增输效果。

在试验过程中,管道采用“一泵到底”的运行方式,即:首站开1台给油泵和1台输油主泵(6级叶轮),大丰站采用越站流程,并尽量避免沿线弯头、阀门和输油泵对减阻剂形成剪切作用<sup>[6]</sup>。试验开始前,进行6 h的基础数据采集,平均基础流量为503 m<sup>3</sup>/h,平均首站出

站压力为5.91 MPa,平均末站进站压力为0.15 MPa。

### 2.2 效果评价

对比两种减阻剂的试验结果,RPII型减阻剂10 mg/kg加剂量的效果相当于FLO MXC型减阻剂5 mg/kg加剂量的效果,因此,在试验条件下,FLO MXC型减阻剂相对较优。试验之后,继续在线使用FLO MXC型减阻剂,其减阻率和增输率始终与试验结果吻合。当首站加剂量为5 mg/kg时,即可使大丰站停输油泵而实现计划越站<sup>[7]</sup>,并且平均流量保持在700 m<sup>3</sup>/h以上,与不加减阻剂运行相比,流量增加了200 m<sup>3</sup>/h。当首站加剂量为10 mg/kg时,同样工况下平均流量又增加了60 m<sup>3</sup>/h(表3)。

表3 独乌管道加注减阻剂在线工业性试验结果

减阻剂	首站出站压力 /MPa		末站进站压力 /MPa		流量 / (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )		减阻率 %		增输率 %	
	加剂量 5 mg/kg	加剂量 10 mg/kg	加剂量 5 mg/kg	加剂量 10 mg/kg	加剂量 5 mg/kg	加剂量 10 mg/kg	加剂量 5 mg/kg	加剂量 10 mg/kg	加剂量 5 mg/kg	加剂量 10 mg/kg
RPII	5.13	5.1	0.11	0.24	670	705	43	55	33	40
FLO MXC	5.53	4.84	0.16	0.16	705	755	51	63	40	51

在试验过程中发现:当整条管道充满某一添加量的减阻剂时,达到稳态运行以后,减阻率不再发生变化。以10 mg/kg减阻剂加注试验为例,随着减阻剂的持续加注,管道沿程摩擦降低,减阻率相应提高,管道流量平稳上升,整条管道充满加剂油品后,管道流量达到稳定状态,减阻率即不再发生变化(图1)。

### 2.3 节能效果分析

对比“首站开1台给油泵+1台输油主泵(6级叶轮)+大丰站开单泵”和“一泵到底+5 mg/kg减阻剂”两种运行方式的耗电量,后种方式每日可节约用电24 000 kW·h,按工业电价为1元/(kW·h)计算,节约电费约2.4×10<sup>4</sup>元(表4);减阻剂价格按合同价计算,以5 mg/kg和10 mg/kg减阻剂加注量加剂运行,年节约费用分别为479.443×10<sup>4</sup>元和277.196×10<sup>4</sup>元(表5)。

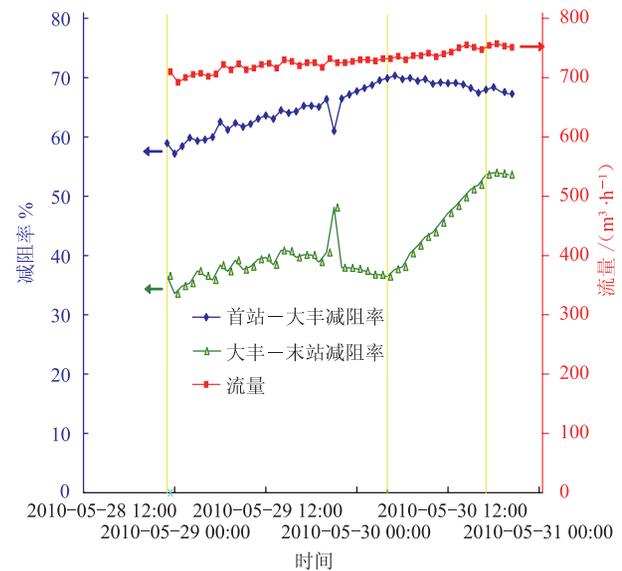


图1 首站开六级泵加注10 mg/kg减阻剂的试验结果

表4 不加减阻剂和加剂5 mg/kg运行耗电量对比表

添加减阻剂情况	泵组合方式	进口压力 /MPa	电流 /A	出站压力 /MPa	平均流量 / (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	日耗电量 / (kW·h)
不加减阻剂	首站单泵、大丰站单泵	0.075	133~136	5.5	690	64 000
		0.301				
加剂5 mg/kg	首站单泵、大丰站停泵	0.075	135~138	5.4	700	39 987
		0.301				

表5 不加减阻剂与加剂5 mg/kg或10 mg/kg运行稳态工况节电预测对比表

添加减阻剂情况	电单耗 / (kW·h·t <sup>-1</sup> ·km <sup>-1</sup> )	减阻剂单耗 / (L·t <sup>-1</sup> ·km <sup>-1</sup> )	电费 / (10 <sup>4</sup> 元·a <sup>-1</sup> )	减阻剂费用 / (10 <sup>4</sup> 元·a <sup>-1</sup> )	年节约费用 / (10 <sup>4</sup> 元·a <sup>-1</sup> )
不加减阻剂	0.020 32	0	2 197.616	0	0
加剂5 mg/kg	0.012 58	3.1×10 <sup>-5</sup>	1 360.532	357.641	479.443
加剂10 mg/kg	0.012 13	5.3×10 <sup>-5</sup>	1 311.670	608.750	277.196

现阶段独乌管道全年大部分时间以 5 mg/kg 加剂量运行,节能效果较为显著。根据输油月度计划,以 10 mg/kg 间歇性加注减阻剂,使管道平均流量保持在 750 m<sup>3</sup>/h 以上,能够适时满足上游用户降低库存和下游用户用油高峰时的需求<sup>[8-9]</sup>。

对于在役输油管道,减阻剂的增输效果不可能无限大,在一定的运行工况下,当增输率达到一定值后,即使再增加减阻剂加注量也不会获得更好的增输效果,此时如果盲目增大减阻剂加注量在经济上是不合理的。独乌管道全线采用“一泵到底”的运行方式时,根据实际运行数据绘制增输率和减阻剂加注量的关系

曲线,当加剂量达到 15 mg/kg 时,曲线出现拐点并进入平滑区,因此,该管道采用加剂运行时,减阻剂加剂量不应超过 15 mg/kg。

### 3 输量高于 520 × 10<sup>4</sup> t/a 的运行措施

随着独山子石化公司原油加工能力的不断提升,预计独乌管道 2015 年计划输量将达到 629 × 10<sup>4</sup> t/a,超过设计年输量。依托独山子成品油站和大丰站现有的输油设备,在不加注减阻剂的情况下,难以满足成品油的管输需求(表 6)。

表 6 独乌管道输油泵启泵水力计算结果

泵机组匹配方式	管段	年输量 (10 <sup>4</sup> t·a <sup>-1</sup> )	管道系统需要扬程 /MPa	泵提供扬程 /MPa	需节流 /MPa	进下站剩余压力 /MPa
首站 1 台 5 级泵 大丰站 1 台 5 级泵	首站—大丰站	440	4.35	4.75	0.00	0.73
	大丰站—末站	440	5.18	4.75	0.00	0.30
首站 1 台 5 级泵 大丰站 1 台 5 级泵	首站—大丰站	440	4.35	5.76	0.00	1.75
	大丰站—末站	440	5.18	4.75	0.30	1.02
首站 1 台 5 级泵 大丰站 1 台 5 级泵	首站—大丰站	520	6.00	7.46	1.60	0.21
	大丰站—末站	520	5.96	6.19	0.19	0.24

根据测算,当输量不超过 630 × 10<sup>4</sup> t/a 时,管道按“首站启 1 台给油泵和 1 台输油主泵+大丰站启 1 台输油主泵+在两站加注减阻剂”方式运行,当输量超过 630 × 10<sup>4</sup> t/a 时,管道按“首站启 2 台给油泵和 2 台输油主泵+大丰站启 2 台输油主泵+在两站加注减阻剂”方式运行,整条管道分两段加注不同体积分数或相同体积分数的减阻剂,可将独乌管道的年输量逐渐提升至 630 × 10<sup>4</sup> t/a 及以上,从而满足独山子石化公司逐年递增的成品油管输需求(表 7、表 8)。

表 7 独乌管道首站、大丰站  
各启单台泵加注减阻剂运行参数预测表

管段	输量 (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	加剂量 (mg·kg <sup>-1</sup> )	出站压力 /MPa	剩余压力 /MPa
首站—大丰站 (单台泵)	750	5	3.40	0.5
	800	5	3.80	0.5
	850	10	3.54	0.5
	900	15	3.00	0.5
大丰站—末站 (单台泵)	750	5	3.24	0.2
	800	5	3.40	0.2
	850	10	3.10	0.2
	900	15	3.10	0.2

表 8 独乌管道首站、大丰站  
各启双台泵加注减阻剂运行参数预测表

管段	输量 (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	加剂量 (mg·kg <sup>-1</sup> )	出站压力 /MPa	剩余压力 /MPa
首站—大丰站 (双台泵)	950	5	5.0	0.5
	1 000	5	5.4	0.5
	1 050	10	5.0	0.5
	1 100	10	5.3	0.5
	1 150	15	4.7	0.5
	1 200	15	5.0	0.5
大丰站—末站 (双台泵)	950	5	4.0	0.2
	1 000	5	4.2	0.2
	1 050	10	4.4	0.2
	1 100	10	4.6	0.2
	1 150	15	5.0	0.2
	1 200	15	4.6	0.2

## 4 结论

(1)在设计输量范围内,适量加注减阻剂,独乌管道在停运一座中间泵站的情况下,可以进一步提高输量,且使管道运行压力低于设计压力超过 1.0 MPa。

(2)在独乌管道设计工作压力范围内,按月度小时平均流量,适时、适量加注减阻剂,既可完成月度输油计划,又可节省减阻剂的用量,实现优化运行的目标。

(下转第 375 页)

## 4 结论

管道中心线位置参数是管道数字化的基础,管道惯性测绘内检测利用惯性导航与 GPS 技术,实现了管道中心线的三维精确测绘。利用惯性测绘内检测技术获得管道中心线的曲率变化,识别出沉降、滑坡等环境因素导致的管道弯曲变形区域。将管道中心线数据与遥感影像等数据结合起来,实现了管道的可视化管理,可以方便地辅助实施管道高后果区的识别,为风险评估提供支持。以惯性测绘内检测获得的管道中心线为参考,将不同来源的管道数据进行整合排比,实现这些信息沿管道线路的可视化排列,极大地方便了维修计划的制定以及缺陷的定位,提高了维修效率,节省了维修费用。

### 参考文献:

- [1] 张其敏,孟江. 油气管道输送技术[M]. 北京:中国石化出版社, 2008: 1-7.
- [2] Bruce Dupuis, Jason Humber. The evolution of data management to empower integrity management decisions: a case study of an enterprise implementation [C]. IPC2002-27415, 2002.
- [3] 岳步江,唐雅琴,张永江,等. 组合导航技术在油气管道测绘系统中的应用[J]. 中国惯性技术学报, 2010, 16(6): 712-716.

(上接第 368 页)

(3) 管输需求高于设计输量时,应将充分挖掘输油设备设施的潜能与适时、适量加注减阻剂的措施相结合,实现最大流量的输送,从而提升管道的年输量。

### 参考文献:

- [1] 关中原. 我国油气储运相关技术研究新进展[J]. 油气储运, 2012, 31(1): 1-7.
- [2] 成旭霞,林森,张宁,等. 甬沪宁管道添加减阻剂增输试验[J]. 油气储运, 2011, 30(10): 764-765, 774.
- [3] 关中原,税碧垣,朱峰,等. 兰成渝管道减阻剂工业应用实验研究[J]. 油气储运, 2008, 27(2): 31-36.
- [4] 关中原,税碧垣,梁静华,等. 新型成品油减阻剂的研制及现场应用试验[J]. 油气储运, 2006, 25(9): 40-44.

- [4] Jaroslaw A Czyz, John R Adams. Computations of pipeline—bending strains based on geopig measurements [C]. Pipeline Pigging and Integrity Monitoring Conference, Houston, Texas, USA, February 14-17, 1994.
- [5] Jaroslaw A Czyz, Constantino Fraccaroli, Alan P Sergeant. Measuring pipeline movement in geotechnically unstable areas using an inertial geometry pipeline inspection pig[C]. ASME 1st International Pipeline Conference, Calgary, Alberta, Canada, June 9-14, 1996.
- [6] 李振. 惯性导航定位系统数据处理技术的研究[D]. 沈阳:沈阳工业大学, 2007: 1-14.
- [7] Todd R Porter. Pipe centerline—the critical integrity element[C]. 13th Annual GIS for Oil & Gas Conference and Exhibition, Houston, Texas, USA, September 20-22, 2005.
- [8] 余艳阳. 惯性管道测绘仪(IPSS)设计与实现[J]. 电子测量技术, 2009, 34(3): 75-78.

(收稿日期:2011-06-22;编辑:关中原)

**作者简介:**王富祥,工程师,1980年生,2006年硕士毕业于清华大学材料科学与工程专业,现主要从事管道检测与评价技术的相关研究工作。

电话:0316-2073876;Email:kjwfx@petrochina.com.cn

- [5] 关中原,税碧垣,李春漫,等. PIPEWAY-S 成品油减阻剂的研制与应用[J]. 油气储运, 2004, 23(12): 29-32.
- [6] 邵禹铭,管民,李慧萍. 管输油品减阻剂性能评价的研究[J]. 油气储运, 2005, 24(5): 27-30.
- [7] 戴福俊,鲍旭晨,张志恒,等. 成品油管道应用减阻剂研究[J]. 油气储运, 2009, 28(1): 19-23.
- [8] 刘先涛. 增大输油管线输送能力的技术经济分析[J]. 油气田地面工程, 1998, 17(1): 15-17.
- [9] 蒲家宁. 成品油管道应用减阻增输剂效果分析[J]. 油气储运, 2001, 20(11): 5-9.

(收稿日期:2011-08-30;编辑:谷英翠)

**作者简介:**陈志华,工程师,1967年生,1990年毕业于西南石油学院油气储运专业,现主要从事油气管道运行调度管理工作。

电话:0991-7683901;Email:chenzhuhua66@petrochina.com.cn