

实验研究

降凝剂与减阻剂联合工业试验

曹金水*

(中国石油天然气管道局)

曹金水:降凝剂与减阻剂联合工业试验,油气储运,1997(11)16,34~36。

摘 要 为探索满输管道降低能耗的新途径,在秦京输油管道上进行了 GY 降凝剂与 CDR LP 减阻剂联合现场试验。试验结果表明,在含蜡原油管道中联合添加降凝剂与减阻剂,只有当油流的雷诺数不低于 6 000 时,减阻剂和降凝剂才能同时发挥有效作用。分析了试验过程中减阻率与摩阻损失变化之间的关系,指出了含蜡原油管道中添加减阻剂后减阻率随管道距离增加而下降,其主要原因是由于油温下降、雷诺数减小的结果。

主题词 原油管道 降凝剂 减阻剂 雷诺数 现场试验

一、试验过程

为了探索满输管道降低能耗的新途径,于 1995 年 9 月中旬在秦京输油管道(全长 362.8 km, $\phi 529 \times 7$,管道的示意图见图 1)上与马来西亚的 DIA-LOG 公司合作进行了添加 CDR LP 减阻剂的现场试验。这次试验在秦皇岛首站至昌黎站之间取得了很好的试验效果。由于加剂油头到达昌黎站并经加热炉、进站孔板、挡条后减阻剂几乎完全失效,未能得到长距离添加减阻剂的减阻效果。为了克服上述缺点,1995 年 10 月在该线的秦皇岛至宝坻站之间(长 232.9 km)进行了降凝剂与减阻剂联合添加的探索性试验。试验开始在首站先注入 45 g/t 的 GY 降凝剂,待加剂油头到达宝坻站后调节输量稳定运行 3 d,同时测取运行参数作为减阻剂试验的基础数据。然后首站开始注入浓度为 45 mg/L 的 LP 减阻剂,加剂油头到达迁安站后倒压力越站流程,直到加混合剂油头到达宝坻站,同时定时在迁安站和宝坻站测试原油流变参数,采集各站的管道运行参数至试验结束。

二、试验结果分析

1、有关参数

联合试验采用的是首站一次综合处理,一直输

送到宝坻站的工艺。试验期间地温的变化在 0.5℃ 左右,由于试验前管道处于热输状态,因此各站的进站温度、站间平均温度、雷诺数和总传热系数,都在一定的范围内变化,见表 1、图 2、图 3 和图 4,其中图 2、图 3 试验开始时间为 1995 年 10 月 18 日 16 时;图 4 试验开始时间为 1995 年 10 月 15 日。因试验前丰润站加热炉改造采用了热力越站,迁安站出站温度一直在 60℃ 左右,停炉越站离联合试验的时间短(5 d),致使迁安站至丰润间的传热系数在 0 左右,并小于丰润站至宝坻站间传热系数,而且从图 2 还可以看出迁安和丰润两站的进站温度很接近,即迁安—丰润间温降很小,说明该段管道周围温度场和运行工况没有到达稳定状态。

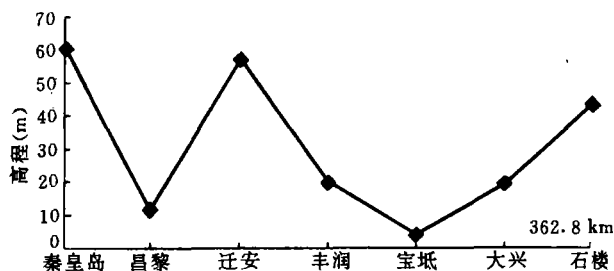


图 1 秦京输油管道断面示意图

试验段站间的雷诺数差异较大,添加减阻剂后对减阻效果的影响也很大,首站至迁安站间雷诺数均大于 6 000,迁安进站温度下雷诺数为 6 077~

* 065000,河北省廊坊市金光道 44 号;电话:(0316)2075929。

6 758,迁安站至宝坻站间雷诺数小于 6 000,并且丰润站至宝坻站间雷诺数小于 2 000,处于层流状态。从雷诺数的大小来看,迁安站以后不利于减阻剂发挥作用。

表 1 试验期间站间的平均温度、雷诺数和总传热系数

试验站间	平均温度 T(℃)	雷诺数 Re	总传热系数 K (W/(m ² ·℃))
秦皇岛—昌黎	49.7~50.7	13 838 ~15 350	2.540 ~2.568
昌黎—迁安	34.2~35.0	7 233 ~7 956	1.284 ~1.477
迁安—丰润	30.5~31.3	2 814 ~3 858	0.001 ~0.400
丰润—宝坻	29.1~28.1	1 286 ~2 043	0.909 ~0.978

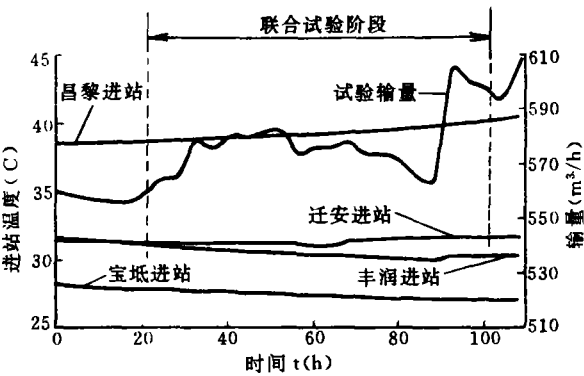


图 2 试验段间的进站温度和输量

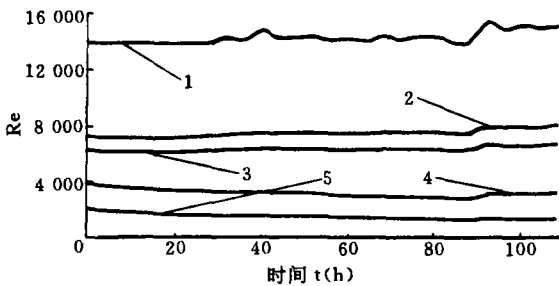


图 3 试验段间各站间雷诺数

1—首站至昌黎站; 2—昌黎站至迁安站; 3—迁安站至丰润站; 4—迁安站至宝坻站; 5—丰润站至宝坻站

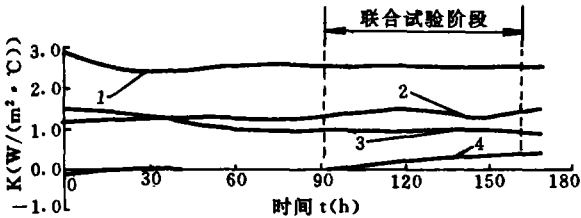


图 4 试验期间的站间传热系数

1—秦昌间; 2—昌迁间; 3—丰宝间; 4—迁丰间

2、站间的摩阻损失及减阻率

本次试验受末端收油的影响,试验是在 11 369 ~11 578 t/d 的输量下进行的。摩阻损失以减阻剂注入前的 560 m³/h 为基准输量按式(1)换算^[1],减阻率按式(2)计算。

$$P_0 = P_1 \left(\frac{Q_0}{Q_1} \right)^{2-m} \tag{1}$$

式中 Q_0 —— 基础流量, m³/h;
 P_0 —— 换算成基础流量下的压力损失, MPa;
 Q_1 —— 试验中的流量, m³/h;
 P_1 —— 试验压力损失, MPa;
 m —— 流态系数。
$$D_r = \frac{P_s - P_0}{P_s} \tag{2}$$

式中 D_r —— 减阻率, %;
 P_s —— 试验前基础流量下的压力损失, MPa。

式(1)中的流态系数 m 根据流态判断后取不同的值。本次试验根据表 1 的雷诺数可以判断出,秦皇岛至迁安站的流态处于水力光滑区,因此取 $m = 0.25$,丰润站至宝坻站处于层流,取 $m = 1$ 。按式(1)换算成基准流量下的摩阻损失和式(2)计算的减阻率见图 5 (试验开始时间为 1995 年 10 月 18 日 16 时)。

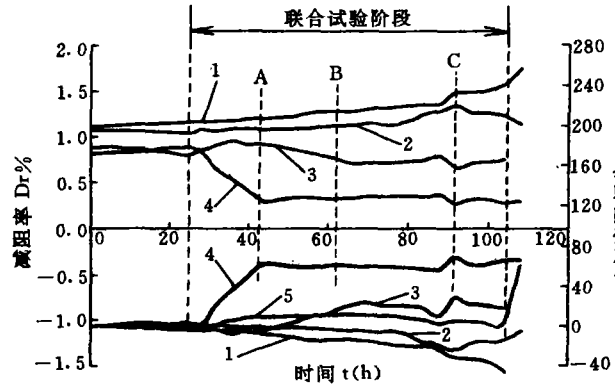


图 5 试验段站间压力损失和减阻率

1—丰宝站; 2—迁丰站; 3—昌迁站; 4—秦昌站; 5—秦宝站; A—混合剂油头到达昌黎站; B—混合剂油头到达迁安站; C—混合剂油头到达丰润站(上部为站间摩阻损失曲线,下部为站间减阻率曲线)。

从图 5 可以看出,当联合试验开始后,首站至昌黎站间摩阻损失迅速下降,当添加两种剂的油头经过昌黎站后,昌黎站至迁安站间的摩阻损失也迅速降低,添加两种剂的原油充满秦皇岛站至迁安站管

段时,两段的减阻率分别达到 68%和 28%,而且秦皇岛站至昌黎站间的减阻率超过了上一次 16 500 t/d 输量下所取得的 58%的减阻效果,这是因为联合试验时首站进行降凝剂综合处理使首站的出站温度提高,从而提高了站间的平均温度,使站间雷诺数增大的结果。说明在高含蜡原油中添加减阻剂,油温对减阻效果的影响很大。由于昌黎站至迁安站段的原油雷诺数大幅度下降,使昌黎站至迁安站段的减阻率大大低于秦皇岛站至昌黎站段,说明减阻率随管道距离延长而降低,其主要原因是雷诺数减小的缘故。当添加两种剂的油头经过迁安站(10月21日8~9时)后没有看到摩阻损失下降(图5上部曲线1、2)的情况,联合试验期间迁安进站温度下的雷诺数已接近 6 000,说明当管道的雷诺数小于 6 000 时,CDR LP 减阻剂都不能发挥作用。

3、测试的流变参数

联合试验期间,管道试验段的前半部分(秦皇岛站—迁安站)受温度场的影响较小,在迁安进站温度下(31.1~31.5℃)取样测试的粘度在 45 mPa·s 左右,未出现异常。从试验的终点宝坻站的测试结果来分析试验管道后半段摩阻升高的情况。试验期间测试结果见图6(开始试验时间为1995年10月15日5时50分)。

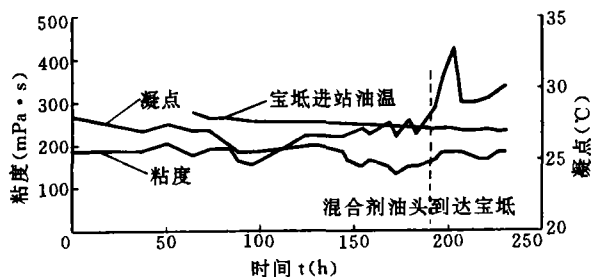


图6 宝坻站测试的原油凝点和粘度

从图6可以看出,在混合剂油头到达宝坻站以前,宝坻站的进站油温呈缓慢下降趋势,从图2还可以看出丰润站进站油温也呈同样的变化趋势,因而迁安站至宝坻站间的油温也是逐渐下降的,根据摩阻与粘温关系的特点,这将导致管道摩阻增大,所以在试验中得到的迁安站至宝坻站间的摩阻(图5曲线1和2)是逐渐增加的。随进站油温的逐渐降低测试的凝点是逐渐变好的,但受温度场未稳定的影响,相同温度下测试的粘度比消除温度场影响的大(1996年夏季秦京线降凝剂现场试验在石楼测试的

27.5℃下的粘度为 120~155 mPa·s,剪切速率为 54.29~420.3 s⁻¹)。在混合剂油头快到达宝坻站前,进站油温和测试流变参数已基本趋于稳定,并且测得的凝点和粘度基本上与1996年夏季在宝坻、石楼两站降凝剂现场试验所测得的结果相当。但是混合油头经过宝坻站后,尽管进站温度已基本稳定(见图6),原油的粘度和凝点都有不同程度的上升,并且粘度的增加幅度较大,最大的已超过100%。说明添加的减阻剂增加了管内原油低温下的粘度,从而使管内摩阻损失增大。

根据前面的分析和目前降凝剂的使用效果,对秦京线而言,根据减阻剂发挥作用的雷诺数范围,可以确定当输量为 11 500 t/d、16 500 t/d 时两种剂联合作用的站间进站油温分别不低于 32℃和 31℃,CDR LP 减阻剂才能发挥作用。

经现场联合试验,总结出以下几点结论:

(1)在含蜡原油中添加 CDR LP 减阻剂,只有在雷诺数高于 6 000 时,减阻剂才能发挥作用。

(2)在含蜡原油管道中减阻率随距离延长而降低,主要是由于雷诺数变小而造成的。

(3)在目前的降凝剂效果下,秦京线联合使用 GY 降凝剂和 CDR LP 减阻剂,当输量为 11 500 t/d 和 16 500 t/d 时,只有保证进站油温分别不低于 32℃和 31℃,联合应用才能使 GY 降凝剂和 CDR LP 减阻剂都能较好地发挥作用。

参 考 文 献

1. 严大凡:输油管道设计与管理,石油工业出版社(北京),1986。

(收稿日期:1997-06-23)

编辑:褚贵生

更 正

《油气储运》第16卷第10期浙江新昌德力石化设备厂广告中“—20~80℃”应为“—40~80℃”;电话“6129677”应为“6124967”,特此更正,并向贵厂及读者表示歉意。

油气储运杂志社广告信息部