

产品介绍

Liquid PowerTM减阻剂在马广线上的应用

罗时金*

(华德石化有限公司)

罗时金: Liquid PowerTM减阻剂在马广线上的应用, 油气储运, 1998, 17(8) 60~63。

摘 要 介绍了新一代减阻剂(Liquid PowerTM)在马广线上的应用情况。通过采用两台主泵并联,并注入适量的 Liquid PowerTM减阻剂,使该线实现 10×10^6 t 的年输量在技术上、经济上均可行,与不加减阻剂的改造方案相比,可节约一次性投资和一定的运行费用,效益十分显著。

主题词 降阻剂 管道 应用

减阻剂的历史始于 20 世纪 40 年代。1946 年,在伦敦进行了第一次注入聚合物减阻的尝试。1947 年,英国化学家 B. A. 汤姆斯在研究紊流状态下液体溶液的特性时,偶然发现了减阻现象。到 60 年代和 70 年代,这一发现才得到广泛重视,70 年代后期,纵贯阿拉斯加的管道的经营者们,开始评价在直径为 1 219 mm 管道上用减阻剂提高输量的效果。1979 年,在纵贯阿拉斯加管道上,首次大批量应用美国 CONOCO(康诺克)公司的 CDR 减阻剂^[1]。这不仅使日输量增加了 15 898.7~31 797.4 m³,并且避免了增设两个泵站。

减阻剂的作用原理是,当烃类液体流动为紊流时,减阻剂内的长链、高分子量聚合物一旦溶于烃类流层内,立即分散于近壁涡流层内,从而减少紊流摩擦阻力。

自 1979 年减阻剂首次工业性应用以来,减阻技术发展迅猛,它以投资少、操作简便等优势逐渐取代了增设泵站、建复线和增加泵功率等技术措施,是重点推广应用的一项新技术。

国内减阻剂应用研究始于 1982 年。1985 年,中国石油天然气管道科学研究院建立了减阻剂环道试验室,并进行了大量筛选试验和条件试验。1986 年使用美国 CONOCO 公司的 CDR 减阻剂,在铁大线上进行了国内首例减阻剂工业试验,并在熊岳泵站附近的“卡脖子”管段的小范围内得到应用^[2]。最近几年,CONOCO 公司开发的新一代、具有更高减阻

性能的、牌号为液体动力(Liquid PowerTM)的减阻剂,在中国海洋石油总公司南海东部和西部公司的管道上得到了应用,在中国石油天然气管道局所属的管道上也进行了工业试验^[3]。

马鞭洲—广州(以下简称马广线)的原油输送管道,全长 170.5 km,首段为海底管道,二段为陆上管道,管径为 610×9(14.3) mm。一期工程年输量为 520×10^4 t,二期工程年输量为 10×10^6 t。为实现增输目标,原计划在二期工程中,在首站增添设备、中间增建泵站两座、投资逾亿元。开展减阻剂应用研究是试图在基本不增加设备的条件下满足增输要求,提高管理水平,减少一次性投资,降低综合运行费用,创造经济效益和社会效益。

1997 年 7 月,华德石化有限公司在马广线上进行了 Liquid PowerTM减阻剂的试验。试验结果表明,通过采用两台主泵并联,在马鞭洲泵站注入适量的 Liquid PowerTM减阻剂,马广线加减阻剂实现 10×10^6 t 的年输量在技术上是可行的。在经济上可大大节约一次性投资和运行费用。

一、减阻剂及其注入系统

1、减阻剂的特性及影响减阻效果的因素

现场试验使用的减阻剂为常规级的 Liquid PowerTM减阻剂。它是美国 CONOCO 特殊化学品公司 1994 年投产的新一代减阻剂。

* 516211,广东省惠州市淡水土湖金辉花园 5-1;电话:(0752)5572389。

老一代减阻剂的工业品为粘稠胶状物,具有高达 $20\,000\text{ mm}^2/\text{s}$ 的粘度,它是由 α 烯烃高聚物为主要成分和烃类溶剂形成的液体。

常规级的 Liquid Power™减阻剂的工业品则呈水样浆液状,粘度为 $200\text{ mm}^2/\text{s}$ 左右,密度为 $970\text{ kg}/\text{m}^3$,它是由 α 烯烃高聚物为主要成分和水形成的浆液。对炼制过程无不良影响。

影响减阻剂减阻效果的主要因素有以下几点:

(1)紊流程度或雷诺数。紊流程度越高、雷诺数越大,减阻效果越显著。因此,流速越高、粘度越小(温度越高),减阻率越高。

(2)对原油含水量、含蜡量的大小及对多相流体含气量的大小也是影响减阻效果的重要因素。

(3)减阻剂中的主成分 α 烯烃高聚物,对剪切十分敏感。当它们通过管道系统中的高剪切区域,如三通、弯头、未全开的阀门及离心泵时,减阻效果会受到影响。因此,减阻剂的注入点,必须在离心泵或其它可能受剪点的下游。

2、注入系统

老一代减阻剂注入系统药剂储罐为压力容器,需氮气加压和使用专用注入头。

常规级的 Liquid Power™减阻剂的注入则没有这些特殊要求,使用常压容器和管道上压力表的接口即可。注入系统流程见图1所示。它由药剂罐、注入装置的连接软管构成。注入装置包括电机驱动的一台齿轮泵、一台计量注入泵和一台质量流量计及连接管路。连接软管包括供剂软管、回流软管和注剂软管。通常,为保证有足够的位差供注入泵吸入减阻剂,注入系统药剂罐应置于比注入装置摆放处高出约 1 m 的平台或注入支架上。

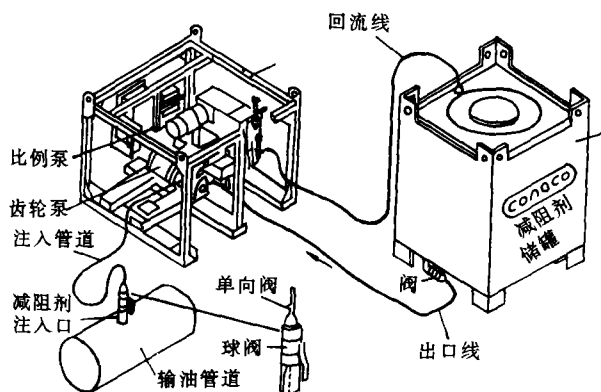


图1 Liquid Power™减阻剂注入系统流程图

现场试验使用的注入设备如下:

系统型号:Milton Roy B-单缸;

编号:LP-201;

电压:380 V/三相/60 Hz;

装载罐号:82318。

二、输油工艺

1、输油设备

华德石化有限公司马鞭洲泵站的泵组见表1。采用这些泵组的不同组合,把原油从位于马鞭洲岛的终端输往广州石化总厂所属的炼油厂。

表1 马鞭洲泵站可用泵

泵号	泵的种类	电动机功率 (kW)	额定流量 (m^3/h)	额定扬程 (m)
1	主泵	680	750	280
2	主泵	680	750	280
3	补给泵	75	230	79
4	补给泵	75	230	79
5	补给泵	200	770	76
6	补给泵	200	770	76

2、原油性质

华德石化有限公司输送的各种进口原油及其基本物性见表2所示。

表2 原油性质

试验日期	油样 产地	20℃时 密度 (kg/m^3)	凝点 ($^{\circ}\text{C}$)	粘度 (mm^2/s)
1997-03-08	伊朗	854.7	-2.0	3.305(40℃)
1997-05-14	阿曼	853.3	-32.0	8.163(50℃)
1997-03-30	马希拉	863.7	-5.0	8.625(40℃)
1997-05-24	捷诺	887.6	-4.0	28.98(50℃)
1997-07-13	克沙克	788.8	-12.0	1.592(40℃)

3、输油工艺

泵1和泵2串联,泵3~泵7并联。试验过程中,两台补给泵(泵4和泵6)供油给泵2。

三、试验条件与结果

1、试验条件

试验选择马希拉原油作减阻试验,其物理性能尤其是粘度代表该公司所输各种原油的平均值。试验条件如下:

原油类型:马希拉原油;

试验日期:1997年7月24~30日;

试验产品:Liquid Power™减阻剂;

最大操作压力(MAOP):6.4 MPa;

流量:916 m³/h;

马鞭洲出站压力:2.55 MPa;

广州进站压力:0.15 MPa。

2、 试验内容

试验 1 号:5 mg/L (重量比, 以下同) Liquid PowerTM减阻剂;

试验 2 号:35 mg/L Liquid PowerTM减阻剂。

确定 Liquid PowerTM在马希拉原油中的减阻性能。

确定采用 Liquid PowerTM能否将管输流量提高到 1 500 m³/h, 即年输量 10.8×10⁶ t。

3、 试验结果与讨论

(1) 计算公式 如果在同一个流量下至少有两个注入浓度的减阻百分数已知, 那么在减阻剂注入浓度的倒数和减阻率的倒数(1/DR)之间存在着线性关系。通过确定该线性关系的数学方程, 减阻性能和减阻剂注入浓度之间的关系就可以作图, 图 2 为本次现场试验得到的减阻率与注入浓度的关系曲线。如果已知两个流量及其对应的压力损失, 可写出以下方程:

$$\left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^n = \left(\frac{\Delta P_{f1}}{\Delta P_{f2}}\right)$$

n 可用下式计算:

$$n = \ln \frac{\Delta P_{f1}}{\Delta P_{f2}} / \ln \frac{Q_1}{Q_2}$$

式中 Q_1 、 Q_2 —— 流量;

ΔP_{f1} 、 ΔP_{f2} —— 沿程压降。

减阻百分率(%D. R.) 可用下式计算:

$$\%D. R. = \frac{\Delta P_{f3} - \Delta P_{f4}}{\Delta P_{f3}}$$

式中 ΔP_{f3} —— 未处理情况下的压降;

ΔP_{f4} —— 处理情况下的压降。

当计算减阻百分率时, 未处理和处理情况下的压降必须是同一流量下的。如果流量不同, 那么, 处理情况下的压降必须用以下公式校正成基础流量下的压降:

$$\Delta P'_f = \left(\frac{Q_b}{Q_4}\right)^n \times \Delta P_{f4}$$

式中 $\Delta P'_f$ —— 校正后的压降;

Q_b —— 基础流量;

n —— 流动修正数(原油一般为 1:8);

Q_4 —— 处理情况下流量。

校正后的减阻百分率(%D. R.) 可用下式计算:

$$\%D. R. = \frac{\Delta P_{f3} - \Delta P'_f}{\Delta P_{f3}}$$

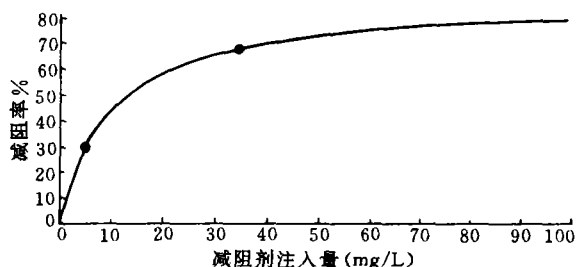


图 2 Liquid PowerTM性能曲线

(2) 试验结果 试验结果和增输测算结果见表 3 和表 4。

表 3 减阻性能

流量 (m ³ /h)	主泵运行台数	减阻剂注入浓度 (mg/L)	流动修正后有压降 (kPa)	控制阀开度 %	减阻率 %
916	1	0.0	2 257.0	100	0.0
1 010	1	5.1	1 571.6	55	30.4
1 239	1	34.4	734.3	30	67.5

表 4 预期增输性能

流量 (m ³ /h)	主泵运行台数	减阻剂注入浓度 (mg/L)	减阻剂注入速率 (L/d)	减阻率 %
1 500	两个泵并联	15.4	488	54.0

从表 3 和表 4 可看出, 对马希拉原油进行的试验结果, 实际性能比原来预计的要好: 注入 5.1 mg/L Liquid PowerTM 时减阻 30.4%, 注入 34.4 mg/L 减阻 67.5%。

在两台主要泵串联的工况下, 限制马广线输量增加的是主泵的电动机电流限制问题。两台主泵电动机各自的最高电流警告设置为 75 A, 自动切断电流为 77 A。故在试验中严密监控电动机电流强度。主泵串联时, 流量不可能达到 1 500 m³/h, 因为在流量为 1 030 m³/h 时电动机电流超过了 75 A。为此, 马广线要达到 10×10⁶ t 的年输量, 应尝试两台主泵并联运行。经测算, 两台主泵由串联改为并联, 采用减阻剂注入浓度为 15.4 mg/L 或减阻剂注入速率为 488 L/d, 运行两台并联泵, 流量很容易达到 1 500 m³/h, 即 1 080×10⁴ t 的年输量(见图 3)。这一设想在以后的增输效果验证试验中得到了证实。

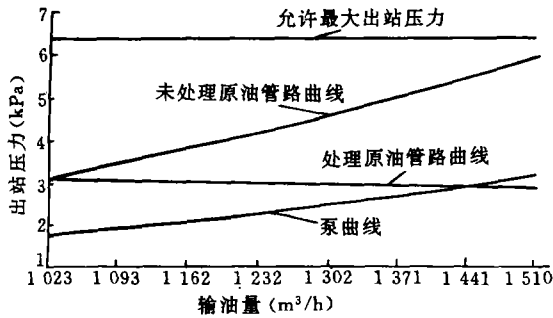


图 3 系统曲线(马希拉原油,两个主泵并联)

四、技术经济分析

1、不加减阻剂的改造方案

为实现马广线 10×10^6 t 的年输量,马鞭洲首站需增加 3 台输油主泵及原油发电机组 1 台,同时完成配套系统。在下游的园州和新圩增建两座泵站。

2、加减阻剂方案

马广线加减阻剂运行时,要求马鞭洲站的两台主泵增加并联流程,同时增加 1 台同一型号的主泵。

马广线加减阻剂运行时,需要以下注入设备。

系统型号:Milton Roy B-单缸;

编号:LP-E040;

电压:380 V/三相/60 Hz。

3、经济效益分析

年输量 10×10^6 t 不加减阻剂运行和加减阻剂运行的一次性投资费用分别约为 $11\ 100 \times 10^4$ 元和 300×10^4 元。由此可见,加减阻剂方案可节约一次性投资约 $10\ 800 \times 10^4$ 元。

仅与不加减阻剂运行时新增泵的电费相比,加减阻剂运行每年可节约费用约 600×10^4 元。若再考虑人工、维护和管理等费用,则经济效益更为可观。

一般情况下,一条管道的寿命按 20 年计算,而折旧按 15 年考虑。不采用加减阻剂运行与采用加减阻剂运行方案相比,其多花费一次性投资的年平均折旧约为 700×10^4 元,再加上节约的 600×10^4 元的年运行费用,则加减阻剂运行的年综合经济效益至少为 $1\ 300 \times 10^4$ 元。

参 考 文 献

1. Luc Nijs. New Generation Drag Reducer. In: R. Denys. Proceedings of the seconded International Pipeline Technology Conference, 1995 Elsevier Science B. V., 143~149.
2. 孟庆欣,减阻剂在铁大线上的试验与应用,油气储运,1987,6(1).
3. 曹金水,降凝剂和减阻剂联合工业试验,油气储运,1997,16(11).

(修改稿收到日期:1998-03-16)

编辑:吕 彦

敬告著读者

美国《石油文摘》(PA)收录本刊文章题录(六)

文章题目	作者	卷(期)	页	文摘号
油气管道的风险分析(续完).....	潘家华	14(5)	3	638819
立式罐底量增量研究及应用.....	刘焕桥	14(5)	11	638823-
原油储罐清淤用射流器.....	王传曾等	14(5)	19	638822
防腐卷材生产装置的设计.....	杨印臣等	14(5)	22	638818
测试温度对密度测定结果的影响.....	姜卫东	14(5)	29	638804
输油管道强度试压最高应力研究.....	张宏等	14(5)	33	638807
论两佛线长江穿越复线管道工程.....	王毓民等	14(5)	37	638812
降低输油成本之我见.....	高 涛	14(5)	53	638824
长输管道外防腐补口技术.....	陈向新	14(5)	59	638792
加热泵站采用控制粘度加热输送工艺的必要性.....	熊 筱等	14(6)	1	640256
铝浮盘失效分析及寿命预测.....	孔昭瑞	14(6)	4	640242
设计装配式内浮顶应注意的问题.....	赵广森等	14(6)	8	640241
输油泵站架空管道抗震分析及预防措施.....	盛 凤等	14(6)	12	640240
最小滞后流量的优化关阀方式.....	李永德	14(6)	16	640264
管壁特性与摩阻关系.....	蒋绿林等	14(6)	21	640239
10 000 m³ 拱顶油罐顶板应力与腐蚀分析.....	刘巨保等	14(6)	24	640259
轮库沿线土壤环境腐蚀性研究.....	翁永基等	14(6)	28	640253
油罐计量技术发展回顾与展望.....	蓝康玉等	14(6)	34	640262
雷达液位计在压力容器上的开发与应用.....	郑洪林	14(6)	40	640248
输油管道事故统计与分析.....	常大海等	14(6)	48	640227
轮一库输油管道自控系统介绍.....	任凤翔	14(6)	52	640250
大型环梁式基础油罐边缘板腐蚀的防护.....	钱建华等	14(6)	60	640243

柳广乐 摘