

长北气田集输干线清管研究

潘亚东¹ 李 力² 汤晓勇¹ 王 磊¹ 张志敢³

1. 中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司, 四川 成都 610041
2. 中国石油西南油气田公司地面建设部, 四川 成都 610051
3. 中国石油新疆销售库尔勒销售公司, 新疆 库尔勒 841000

摘要:

长北气田地面建设工程中气田集输采用丛式井及气液混输工艺, 集输管道内持液量较大且中央处理厂(CPF)内无段塞流捕集器, 集输干线清管操作风险较大。为保证集输系统的安全, 有必要对集输干线的清管进行研究。实际清管前采用两相流模拟软件 OLGA 进行清管段塞液量的模拟, 制定详细清管操作方案。将 2009 年 6 月长北气田集输北干线的实际清管操作数据与软件模拟结果进行对比, 对清管方法提出合理化建议。针对长北气田集输系统的实际情况, 采用非常规清管方法对集输管线进行清管有利于降低操作风险。

关键词:

长北气田; 气液混输; 清管; 段塞; 模拟; 非常规清管

文献标识码: B

文章编号: 1006-5539(2012)04-0005-06

0 前言

长北气田集输系统共有 23 座丛式井, 2 座清管站, 1 座总集气装置(列入中央处理厂(CPF)), 各井丛的原料气通过集气支线进入集气干线, 集气干线分为南、北两条干线($DN\ 450$ 南干线 12.3 km, $DN\ 600$ 北干线 43.3 km)^[1], 集气干线的末点为中央处理厂的集气装置。截止 2009 年 6 月北干线第一次清管操作时, 长北气田仅有北集气干线及相关的 8 座井丛投入生产。

1 北干线管道系统

北干线分为两期进行建设, 已投产部分从小纪汗清管站至中央处理厂(CPF), 总长度为 23.5 km 的 $DN\ 600$ 集气干线以及相关的 8 座丛式井。北干线已投产集输系统见图 1。

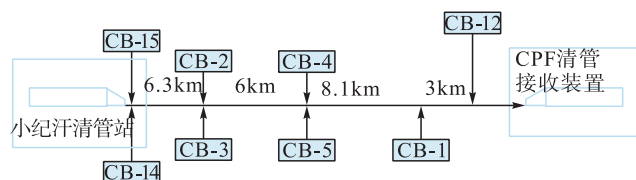


图 1 北干线已投产集输系统

截止 2009 年 6 月北干线第一次清管操作前, 集输系统内各节点的操作条件见表 1。

北干线在进行投产后第一次清管操作前, 天然气实际输量为 $9.46 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$ 。按照长北设计基础的数据, 长北原料气的水气比为 $12 \text{ m}^3/10^6 \text{ m}^3$, 油气比为 $6.8 \text{ m}^3/10^6 \text{ m}^3$, 北干线埋深处的土壤温度取 $0.5\text{ }^\circ\text{C}$ ^[1-2]。北干线内的持液量进行预测, 结果显示干线内总的持液量为 932 m^3 。北干线沿线高程统计见图 2, 北干线沿线各段持液量比例见图 3。

收稿日期:
2011-11-30

基金项目:
中国石油天然气集团公司重点工程资助项目(Z2005-3)

作者简介:
潘亚东(1982-), 男, 四川成都人, 工程师, 学士, 主要从事油气集输设计工作。

表1 北干线集输系统生产数据

各井丛T接点距北干线起点的距离/km	井丛名称	井丛距干线T接点的距离/km	井丛出站压力/MPa	井丛外输气量/(10 ⁶ m ³ ·d ⁻¹)	平均湿度/℃	北干线内总气量/(10 ⁶ m ³ ·d ⁻¹)
0.0	CB-14	2.8	5.46	1.41	19.9	1.41
	CB-15	—	5.60	0.10	20.8	1.51
6.3	CB-2	1.0	5.51	1.93	54.0	3.44
	CB-3	3.6	5.50	0.71	40.5	4.15
12.2	CB-4	1.3	5.23	0.45	37.4	4.59
	CB-5	—	5.40	1.47	52.3	6.06
20.3	CB-1	4.5	5.50	1.19	57.1	7.26
23.4	CB-12	0.6	5.20	2.21	50.8	9.46

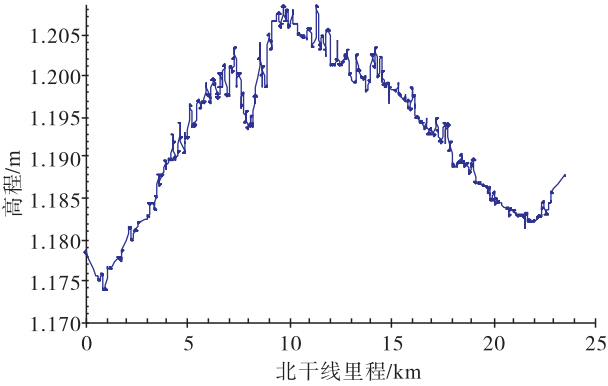


图2 北干线沿线高程统计

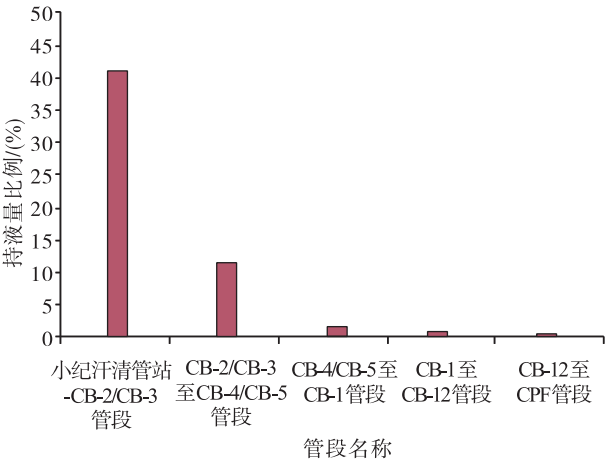


图3 北干线沿线各段持液量比例

从图3可以看出,北干线从起点开始的6 km管道内持液量占了整个北干线总持液量的73%,通过分析,主要有两点原因:

a)从图2可以看出,北干线起点端的7 km管线属于上坡段,由于管道内的流态是气液两相流,造成该部分管段内液体由于重力作用而大量积聚。

b)从表1数据看出,北干线起点至6.3 km处的管道输量仅有1.51×10⁶ m³/d(C14和C15井丛的总产量),由于输量较小,管道内气体流速缓慢,造成该部分管道内持液量非常高^[3]。

2 中央处理厂(CPF)液量处理能力

中央处理厂(CPF)内分别设有南、北集气干线清管接收装置以及2列处理量为5×10⁶ m³/d的预处理装置,2列三相分离装置,2列脱水脱烃装置,1列凝析油/水分离及凝析油稳定装置,CPF内无段塞流捕集装置,长北气田总工艺流程见图4。北干线的清管操作主要受限于CPF内的液量处理能力,而CPF内的液量处理能力受限于三方面:

a)集气装置入口分离器液相出口排液阀LCV011/LCV021(排量为10.3 m³/h)。

b)三相分离器的凝析油出口排液阀(排量为9.1 m³/h)。

c)三相分离器的甲醇富液出口排液阀(排量为11 m³/h)。

对CPF液量处理能力限制最大的是集气装置入口分离器的排液阀LCV011/LCV021,2列装置全部运行时的最大液体处理量为20 m³/h,而预测的清管最大排液量900 m³,按照清管时间为4 h进行考虑,CPF集气装置内的清管排液量为225 m³/h,远远超出了LCV的处理能力。入口分离器上游设置了液量控制阀门LCV014/LCV024,可以在清管段塞进入装置时通过调节阀芯开度,达到控制液塞量进入入口分离器的目的。

3 清管操作方法

综上分析,长北气田北干线如果采用常规的清管方法,会产生大量的清管段塞液量,中央处理厂将无法接受和处理,清管操作只能采用“非常规方法”,目的是降低清管液量的峰值,使其不超过CPF液量处理能力。根据长北气田实际情况,采用非常规清管方法时有五个风险需要考虑:

a)基于降低清管峰值液量的要求,北干线从起点开始的6 km管道内持液量非常高,清管器在这段管

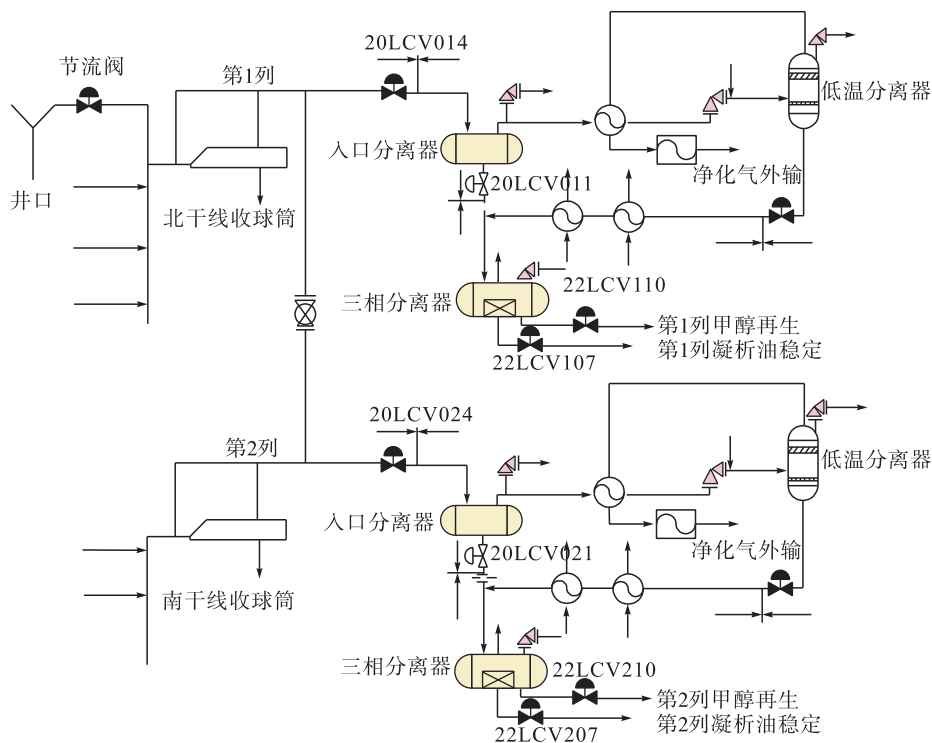


图 4 长北气田总工艺流程图

道内的速度将非常低(瞬时将接近 0),会增加清管器被卡住的风险,因此只能对清管器的速度进行控制^[4],清管器沿北干线的运行速度见图 5。

b)为降低清管器的运行速度,需要将北干线附近的井丛停产或减产,处理厂内各装置将因气量过小无法正常运行,下游用户的正常商业供气将受影响。

c)当清管液塞到达 CPF 时,整个处理厂将因大量的段塞流而进入“断气”状态。

d)清管过程中需要操作人员进行不间断监控和及时干预,增加了操作难度。

e)整个清管操作过程需要时间长。

基于以上风险分析,在采用非常规清管方法时,具有旁通量的清管器(Bypass pigs)可以起到两方面的积极作用:可以在较大气量下将清管器的速度控制到较小,不必大规模关井;由于清管器具有一部分旁通量,清管过程中所产生的总液量相对较小。采用旁通式清管的预测数据见表 2。

4 北干线实际清管操作

壳牌中国勘探与生产有限公司于 2009 年 6 月 18~23 日对长北气田北干线进行了投产运行后的首次清管操作。本次操作成功收发了 4 只清管器,包括 2 只泡沫清管器,1 只直板清管器和 1 只带钢刷及检测仪器的直板清管器。清管操作采用渐进式方法,首先发送旁通泡沫式清管器将管道内的大部分积液和残

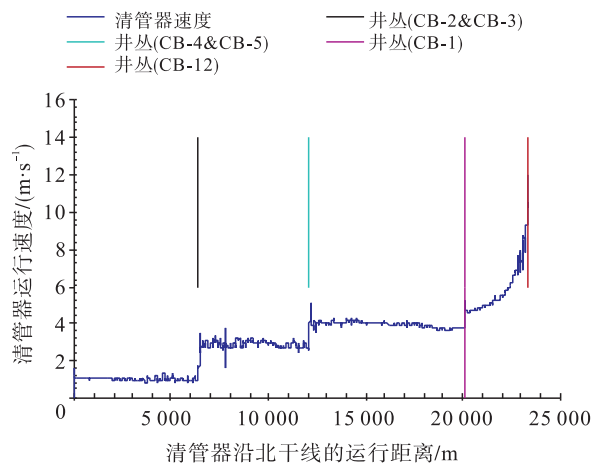


图 5 清管器沿北干线的运行速度

渣清除,管道内仍然存留一部分积液和残渣。如果泡沫清管器因为速度过低卡在管道内,操作人员可以提高北干线内的操作压力,当泡沫清管器所承受的压差超过 0.5 MPa 时会自动碎裂,不会造成管道堵塞^[5]。根据管道内的实际情况,清管收球装置内收到的泡沫清管器的状况(变形、破损等)以及清出的管道内残渣量来决定是否可以发送常规直板式清管器。当收到的泡沫清管器外形良好及清管收球装置内的沙砾残渣等污物较少时,可以发送直板式清管器。

第一只泡沫清管器的旁通比例(旁通比例指清管器截面积上旁通孔总面积与清管器截面积之比)为 4.06%,实际清管液量为 565 m³,比软件模拟的北干线持液量 932 m³ 低,这是因为清管器采用了旁通量,但

表 2 采用旁通式清管的预测

清管器类型	北干线进厂压力 /MPa	北干线输气量 / (10 ⁶ m ³ ·d ⁻¹)	北干线末端液量流 率 /(m ³ ·h ⁻¹)	北干线持 液量 /m ³	平均最大清 管速度(干线 最后 300 m)/ (m·s ⁻¹)	平均最小清 管速度(干线 最前端 6 km) /(m·s ⁻¹)	清管器运行 总时间 /h	清管排液量 超过 20 m ³ ·h ⁻¹ 的时间 /min
普通清管器	5.1	9.4	4.18	932	9.4	0.97	3.13	30
1 %旁通比例	5.1	9.4	4.18	932	9.36	0.94	3.2	34
3 %旁通比例	5.1	9.4	4.18	932	9.35	0.81	3.51	42
5 %旁通比例	5.1	9.4	4.18	932	9.11	0.6	4.28	72
6 %旁通比例	5.1	9.4	4.18	932	9.09	0.46	5.22	111
7.5 %旁通比例	5.1	9.4	4.18	932	8.5	0.09	18.9	747



图 6 第一只旁通泡沫式清管器清管前后

也不排除软件模拟的持液量较实际保守的因素。清管器运行时间为 1785 min,平均清管速度为 0.22 m/s,第一次清管操作时北干线气量为 $2\times10^6\sim2.25\times10^6\text{ m}^3/\text{d}$ 。受中央处理厂(CPF)内液量处理能力的限制,第一次清管操作时严格控制了清管器的运行速度,对北干线停气减产,使清管液塞缓慢进入 CPF,延长处理时间,防止装置内设备溢流。从清管液塞进入 CPF 至液塞完全处理完毕期间,CPF 入口分离器向下游装置的供气完全停止。第一只旁通泡沫式清管器清管前后的情况见图 6。

第二只泡沫清管器的旁通比例为 2.44 %,实际清管液量为 35 m^3 ,大于两次清管时间间隔内由于气液相平衡在管道内新增的持液量 25 m^3 。清管器运行时间为 270 min,平均清管速度为 1.45 m/s,第二次清管操作时北干线气量为 $3\times10^6\sim6\times10^6\text{ m}^3/\text{d}$ 。由于第一次清管之后北干线内的大部分持液量已被清出,在进行第二次清管操作时增大了“推球”气量,清管器的运行速度也大幅度提高。第二只旁通泡沫式清管器清管前后的情况见图 7。

第一只直板清管器的旁通比例为 0.57 %,实际清



图 7 第二只旁通泡沫式清管器清管前后

管液量为 47.3 m^3 , 小于两次清管间隔之间管道内产生的持液量 58 m^3 。清管器运行时间为 293 min , 平均清管速度为 1.34 m/s , 第三次清管操作时北干线气量为

$2 \times 10^6 \sim 7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$ 。由于是第一只直板清管器, 适当降低了清管器运行速度^[3]。第一只直板清管器清管前后的情况见图 8。



图 8 第一只直板清管器清管前后

第二只直板清管器的旁通比例为 0.416% , 实际清管液量为 47 m^3 , 小于两次清管间隔之间管道内产生的持液量 50.4 m^3 。清管器运行时间为 315 min , 平均清管速度为 1.24 m/s , 第四次清管操作时北干线气量为

$2 \times 10^6 \sim 7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$ 。第二只直板清管器上加装了智能式管道探测设备, 可记录北干线的物理参数, 作为将来运行操作的基础数据。第二只直板清管器清管前后的情况见图 9, 四次清管操作的详细记录见表 3。



图 9 第二只直板清管器清管前后

5 结论及建议

5.1 结论

a) 北干线的实际持液量为 565 m^3 , 较软件模拟的持液量 932 m^3 低。

b) 由于中央处理厂 (CPF) 液量处理能力的限制 (2 列装置运行时的最大液体处理量为 $20 \text{ m}^3/\text{h}$), 必须保证清管段塞进入中央处理厂 (CPF) 的流率不超过 CPF 的处理能力, 进行第一次清管时将北干线的气量降低到了 $2.2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$, 清管液塞从到达 CPF 到全部处理完毕总共用了 20 h 以上。进行第二~四次清管时, 由于北干线内的大部分持液量已被清出, 清管时将北干线气量提高到了 $5.5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$, 清管器运行速

度加快, 缩短了清管时间, 清管液量的流率在 CPF 的处理范围之内。

c) 采用具备旁通量的泡沫清管器可以降低清管风险。

5.2 建议

a) 清管器到达中央处理厂 (CPF) 前, 应将集气装置入口分离器的液位维持在 L 液位和 LL 液位之间。

b) 清管器接近中央处理厂 (CPF) 时, 将入口分离器上游的 LCV014/LCV024 阀调节到 50% 或以下的开度, 此阀门可以控制清管液塞进入下游设备的流率。

c) 可以考虑更换入口分离器液相出口 LCV011/LCV021 阀的阀芯, 增大流通能力。

表3 四次清管操作的详细记录

清管球 序号	清管器 类型	旁通 比例 / (%)	清管的 液量 / m ³	两次清管操作 间隔时间内干线 产生的液量 /m ³	清管产生的 固体杂质 重量 /kg	清管操作后清 管器的状况	采取措施
1	泡沫式	4.06	~ 565	N/A	50	清管器外形较完好， 外表无严重的污垢 和破损	发送第二只泡沫式清管器，固定杂质 重量超过 12 kg。
2	泡沫式	2.44	~ 35	25	6	清管器外形完好	发送直板式清管器，清管的液量 35 m ³ ， 大于管道内产生的液量 25 m ³ ，清管的 固体杂质为 6 kg
3	直板式	0.57	~ 47.3	58	20	清管器外形较完好， 密封板处有污垢	发送带钢丝刷和仪表盘直板式清管 器，清管的液量 47 m ³ ，小于管道内产 生的液量的 58 m ³ ，清管的固体杂质 为 20 kg
4	带钢丝刷 和仪表盘 的直板式	0.416	~ 47	50.4	5	清管器外形较完好， 密封板处有污垢； 仪表板完好，无可见 变形	清管结果：清管液量 47 m ³ ，小于管道 内产生的液量 50 m ³ ，清管的固体杂 质 5 kg，小于 12 kg

d)中央处理厂(CPF)内预留扩建段塞流捕集器的场地，可考虑扩建 1 套 700 m³ (实际清管液量 565 m³ 的 1.2 倍)处理能力的段塞流捕集器。避免非常规清管方法对北干线及中央处理厂(CPF)气量的影响，减小清管期间对下游用户正常供气的影响。

参考文献：

[1] 王 磊,王春瑶,汤晓勇,等. 长北气田地面建设工程总说明

书[R]. 成都:中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司,2005.

[2] 杨小龙,李战平,李富生. 长北气田地面工程技术 [J]. 天然气工业,2007,27(10):106-108.

[3] Wang Xikang. Changbei North Header First Operational Pigging Report [C]. SCEP,2009.

[4] 王 磊,文海蓉,杨春林. 气液混输管路段塞流的设计对策 [J]. 天然气与石油,2008,26(3):6-9,72.

[5] 金朝文.输气管道清管球速度控制[J]. 天然气与石油,2009,27(3):31-35,67.

声 明

本刊已许可中国学术期刊(光盘版)电子杂志社在中国知网及其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。该社著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意我社上述声明。

《天然气与石油》 编辑部