

北内环磨玉段清管工艺参数的计算

张琪¹ 李长俊¹ 廖柯熹¹ 吕勃蓬² 刘彦成³ 李新战¹

1 西南石油大学石油工程学院 2 中国石油大学(北京)机械与储运工程学院

3 中海油天津分公司勘探开发研究院

摘要: 北内环磨玉段输气管线是输气管理处新建管线。基于北内环磨玉段现状,选择皮碗清管器为清管器具。可采用容积法并利用供气量的大小确定其运行距离,根据《长输天然气管道清管作业规程(SY/T6383 1999)》估算总进气量,用清管器后平均压力来控制清管器运行速度,再根据速度值估算出运行时间,最后利用管输效率计算公式计算出清管后的管输效率为105%。

关键词: 磨玉段输气管道;清管;工艺参数;运行时间

doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2013.1.014

1 管线概况

北内环磨玉段输气管线是输气管理处新建管线,于2008年5月投产运行,管内天然气从磨溪站出发,途经三家场、东禅寺等9个阀室后到达玉成站。该段管线全长159.1 km,设计压力为6.3 MPa,设计输量为 $1.2 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{d}$,管材为X70,运行压力为2.0~3.2 MPa,输气量为 $2.6 \times 10^6 \sim 8 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$ 。管线途经区域的地貌以丘陵为主,海拔在215~408 m之间,沿线地形高程差小于200 m,属于平坦地区输气管道。

本段清管工程具有两大特点:输气处单段清管距离最长,达100 km以上,清管设备运行时间长;首次在运行状态下进行大口径输气管道的开放式清管^[1-2]。

2 清管器具的选择

目前长输管道常用的清管器具主要有橡胶清管球、皮碗清管器两类。橡胶清管球是一个管道内径比外径小2%的空心球,由氯丁橡胶制成,呈球状,耐磨耐油。当向其中注满液体胀大之后,其过盈量为5%~8%,它对清除管道内积液和分隔介质是可靠的,但清除块状物的效果较差。皮碗清管器由刚性骨架、皮碗、压板、导向器等组成,一般输气使用的清管器长度为管径的1.25~1.35倍,它对管道的过盈量约为4%,其密封性能良好,不仅能推出管道内积液,而且推出固体杂质效果远比清管球好^[3]。北内环磨玉段输送的天然气含硫,经过两年的稳定运行后,目前污物以FeS粉末为主。基于北内环磨玉段现状,选择皮碗清管器为清管器具。

3 工艺参数的计算

3.1 运行距离

清管器在管道内的运行距离与其后的供气量成正比,可采用容积法并利用供气量的大小确定其运行距离^[4],公式为

$$L = \frac{4p_0 T Z Q_b}{A T_0 \bar{p}} \quad (1)$$

式中 $p_0=0.101325 \text{ MPa}$; $T_0=293.15 \text{ K}$; L 为清管器运行距离(km); Q_b 为发射清管器后累计进气量(m^3); A 为管道内径横截面积(m^2); \bar{p} 为清管器后平均压力(MPa); T 为清管器后管段内气体平均温度(K); Z 为平均压力下的压缩系数,取 $Z \approx 1$ 。

用容积法确定清管器的运行距离,除考虑天然气压力计算误差外,还要考虑清管器的密封性带来的误差。清管器在运行过程中和管壁产生摩擦,可能会产生磨损而漏气,漏失量约为1%~8%。因此由上式计算的清管器运行距离误差较大,必须进行修正。清管器漏失量修正系数为0.92~0.99。

3.2 进气量

本次清管时间较长,清管作业前应估算清管所需进气量,安排好气量调度工作。根据《长输天然气管道清管作业规程(SY/T6383 1999)》估算总进气量为

$$Q_{\text{总}} = 10000AL\bar{p} \quad (2)$$

式中 $Q_{\text{总}}$ 为总进气量(m^3); A 为管道内径横截面积(m^2); L 为清管器运行距离(km)。

3.3 平均压力

为保证清管作业效果,可用清管器后平均压力



来控制清管器运行速度。清管器后的平均压力可根据输气管道压力分布公式计算,公式为

$$p_x = \sqrt{p_1^2 - \frac{(p_1^2 - p_2^2)x}{L}} \quad (3)$$

式中 p_x 为清管器任意位置时压力 (MPa); p_1 为起点压力 (MPa); p_2 为终点压力 (MPa); x 为清管器的位置 (km); L 为清管总距离 (km)。

按管线全长积分得清管器后的平均压力为

$$\bar{p} = \int_0^L \frac{p_x dx}{L} = \frac{2}{3} \left(p_1 + \frac{p_2^2}{p_1 + p_2} \right) \quad (4)$$

3.4 运行时间计算

本次清管作业在管道沿线共设置了11个监听点,每个监听点设专人监听,需对清管器到达每个监听点的时间进行预测。先求出清管器理论运行速度,再根据速度值估算出运行时间。速度计算的近似公式为

$$V = \frac{Q}{5760000A\bar{p}} \quad (5)$$

式中 V 为清管器理论运行速度 (km/h); Q 为瞬时输气流量 (m^3/h); A 为管道内径横截面积 (m^2); \bar{p} 为清管器后的平均压力 (MPa)。

由式 (5) 可得清管器运行时间为

$$t = \frac{L}{V} = \frac{5760000LA\bar{p}}{Q} \quad (6)$$

表1 北内环(磨溪 玉成)清管工艺参数计算

监测点	瞬时流量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	清管器运行距离/km	清管器运行速度/ $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	清管器运行时间/min	清管器后压力/MPa	清管器到达监测点时刻
磨溪站	0	0	0	0	2.82	23 15 00
三家场阀室	202 029.5	17.5	15.985 3	65.685 3	2.768 5	00 20 41
东禅寺阀室	237 630.8	36.7	18.802 2	126.954 6	2.710 9	01 21 57
花牌坊阀室	223 533.9	50.5	17.686 8	173.769 2	2.668 7	02 07 46
乐至阀室	240 303.9	70.5	19.013 7	236.881 5	2.606 4	03 10 53
筒乐桥阀室	279 114	90	22.084 5	289.859 9	2.544 1	04 02 52
高龙阀室	357 863	100	28.315 4	311.049 8	2.511 6	04 24 03
老君阀室	356 529.6	114.6	28.209 9	342.102 6	2.463 3	04 55 06
金星阀室	356 142.9	121.6	28.179 3	357.007 2	2.439 8	05 10 00
石板凳阀室	227 894.2	141.1	18.031 8	421.892 5	2.373 2	06 14 53
玉成站	170 223.6	159.1	13.468 7	502.078 4	2.31	07 35 04

的结果与实际人工监听的数据较为接近。清管后,由公 (7) 计算的管输效率达到105%。

4 结语

清管过程中清管器的运行速度监控是关键,在平坦地段速度容易控制;但在地形起伏较大的地段则比较困难,需要监测监控点间的水力特性,通过调节天然气的流量来控制清管器的运行速度。为确保清管器能够顺利通过老君阀室至金星阀室等地形起伏较大的管段,需对气量进行调节。

3.5 管输效率

清管结束后,在天然气流态稳定的24 h内,通过对管输效率的测算来检验清管效果,管输效率的计算公式为

$$\eta = \frac{Q\sqrt{GTZL}}{5033.12d^{\frac{8}{3}}\sqrt{p_1^2 - p_2^2}} \quad (7)$$

式中 η 为管输效率; Q 为管道实际通过气量 (m^3/d); G 为天然气相对密度, $G=0.5883$; T 为天然气平均温度 (K); L 为清管器运行距离 (km); d 为管道内径 (cm); p_1 为清管管段起点站压力 (MPa); p_2 为清管管段终点站压力 (MPa)。

3.6 计算结果分析

清管作业的发球站是磨溪站,收球站是玉成站。清管器发送的时间是当晚23 15。根据两站数据自动采集系统的记录,该时刻 $p_1=2.82$ MPa, $p_2=2.31$ MPa, $Q=5.9 \times 10^6$ m^3/d ;清管结束24 h后的数据显示结果为: $p_1=2.80$ MPa, $p_2=2.25$ MPa, $Q=6.6 \times 10^6$ m^3/d 。通过Matlab软件的模拟计算,可得出清管器通过每个监测管段时所需的时间、清管器的运行速度以及清管器后的平均压力,结果见表1。最后利用式 (7) 可计算出清管后的管输效率。

清管器到达玉成站的时间是次日07 35,与人工监听的到站时间仅相隔10 min,说明模拟计算

参考文献

- [1] 朱喜平. 天然气长输管道清管技术[J]. 石油工程建设, 2005 (6): 12-15.
- [2] 胡明, 胡建, 谭立文, 等. 北内环清管过程中清管球滞留问题研究[J]. 管道技术与设备, 2010 (5): 48-51.
- [3] 徐晓波, 马国光, 刘昕, 等. 管线清管过程中的问题及解决方法[J]. 油气田地面工程, 2011, 30 (1): 57-58.
- [4] 王靖, 王毅辉, 刘海峰, 等. 长输天然气管道清管作业规程 (SY/T 6383-1999) [S]. 北京: 国家石油和化学工业局, 1999.

(栏目主持 杨 军)

