

文章编号: 1000-8241(2015)06-0604-03

基于 SPS 软件的肯尼亚 1 号线成品油管道水击分析

李欣泽

中石化石油工程设计有限公司, 山东东营 257026

摘要: 为减少管道水击危害, 需要计算管道运行过程中可能出现的水击压力, 以便采取相应的水击保护措施。采用 SPS 软件对某成品油管道泵站机组事故停运工况下的管道水击压力进行分析计算, 模拟结果表明: 在没有任何水击保护措施的情况下, 某泵站机组事故停运产生的水击压力超过了站内管网设施设计压力和站间管道设计压力。为确保输油管道安全平稳运行, 在水击泄放系统中增加水击保护措施, 经仿真系统验证, 该措施能够实现对管道瞬变过程的控制。(图 4, 表 1, 参 6)

关键词: 成品油管道; 水击; SPS 仿真软件; 水击泄压阀

中图分类号: TE832

文献标识码: A

doi: 10.6047/j.issn.1000-8241.2015.06.008

Water hammer analysis of Kenya No.1 Products Pipeline based on SPS software

LI Xinze

SINOPEC Petroleum Engineering Corporation, Dongying, Shandong, 257026

Abstract: To reduce the water hammer damages in pipelines, it is necessary to calculate the water hammer pressure that may occur in the pipeline operation for the adoption of protection measures. The water hammer pressure of a products pipeline when the pump unit in a pump station is shutdown is calculated by SPS software. The simulation results show that in the absence of any water hammer protection measures, the water hammer pressure caused by shutdown of the pump unit exceeds the design pressure of pipe network and facilities in the station and the design pressure of the pipeline between the stations. In order to ensure the safe and stable operation of the pipeline, a water hammer relief system with increased protections is proposed for prevention against water hammer. It is verified by the simulation system that this solution can achieve the control over the pipeline transient process. (4 Figures, 1 Table, 6 References)

Key words: products pipeline, water hammer, SPS software, relief valve for water hammer pressure

肯尼亚国家管道公司(KPC)1号线成品油管道, 起于港口城市蒙巴萨, 终于首都内罗毕。其设计管径 DN500, 设计压力 10 MPa, 设计输量 1 807 m³/h。全线共设给油泵泵站 1 座, 主输泵泵站 8 座, 每座泵站均有 3 台并联离心泵。应用油品输送工艺软件对该管道建立管道瞬态水力模型, 动态模拟水击源的能量传播过程, 制定水击保护方案, 并进行水击泄压阀选型。

管道的软件。在软件中建立管道系统的计算模型(图 1), 定义设计参数, 通过对输油泵的启停和阀门的开关模拟管道运行过程中由不同原因引起的不同时间、不同位置的压力、温度和介质黏度等参数的变化。同时也可模拟管道系统中的水击泄放系统, 计算不同设定泄放压力下的泄放流量值^[1]。

1 水击动态模拟

1.1 SPS 仿真系统

SPS 是由德国船级社公司开发的用于单相流长输

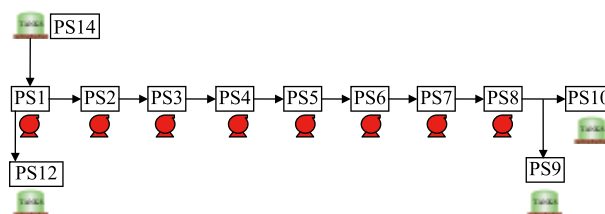


图 1 肯尼亚 1 号线成品油管道站场分布示意图

1.2 水击工况模拟

当 PS1 站事故停泵时, 泵站进口将产生一个向上游 PS14 站传播的增压波, 此压力与管道中原有的压力叠加, 可能在管道某处造成超压而导致管道破裂^[2]。以给油泵站 PS14 站至第 1 座主输泵站 PS1 站间管道为例, 选取 PS1 站事故停泵工况, 利用 SPS 软件分别进行管道无水击保护措施模拟和有水击保护措施模拟^[3]。由于 PS1 之后的中间泵站间距均在 50 km 以上, 可采用泵机组顺序停运实现管道压力保护, 因此, PS1 站事故停泵工况较中间泵站事故停泵工况有所区别, 前者对管道的危害更大。基础设计参数: PS14 站高程 30 m, PS1 站高程 60 m, 两站间距 4.3 km, 管径 DN500, 设计压力 1.9 MPa, 在 1 807 m³/h 设计输量下, PS14 站给油泵出口压力 1.7 MPa, PS1 站主输泵入口压力 1.0 MPa。两站站站内管网设施设计压力 1.9 MPa。

1.2.1 无水击保护措施

在无压力保护措施的情况下, PS1 站泵机组事故停运后, PS1 站进站压力由 1.0 MPa 立即上升, 经过约 6.4 s 达到最高压力 3.8 MPa; PS14 站出站压力 3 s 后开始上升, 经过约 10 s 达到最高压力 4.0 MPa; PS14 站出站流量在 3 s 后迅速下降, 6 s 后流量降为 0 (图 2^[4])。根据模拟结果, 在无水击保护措施的情况下, PS1 泵站泵机组事故停运产生的水击压力超过了站内管网设施设计压力和站间管道设计压力, 必须采取相应的压力保护措施。考虑到 PS1 站 400 m³ 地上储罐可以利用, 且计算出的最大水击压力超出规范允许值较多, 因此优先考虑在 PS1 站进站处设置压力泄放系统来削弱水击影响, 另外设定 PS1 站和 PS14 站泵机组连锁关断逻辑, 即在 PS1 泵站泵机组事故停运后, PS14 站给油泵立刻连锁关断, 产生一个与 PS1 站传来的增压波方向相反的扰动, 两波相遇后会抵消部分瞬变压力波, 从而避免管道超压。

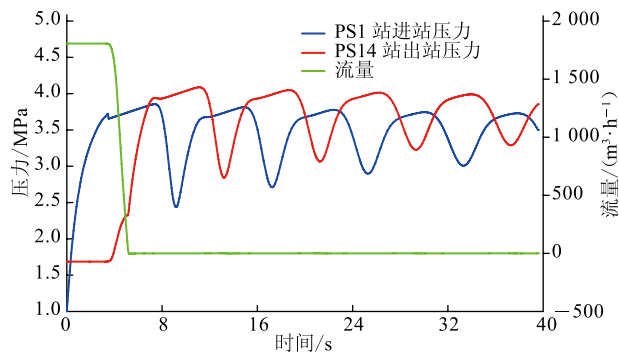


图 2 无水击措施保护的水击压力和流量变化曲线

1.2.2 有水击保护措施

在 PS1 站进站处设置水击泄放系统和设定泵机组连锁停运的压力保护措施后, PS1 泵站泵机组事故停运时, PS1 站进站压力立即上升, 几乎瞬间由 1.0 MPa 升至水击泄压阀设定泄放压力 1.4 MPa, 此后压力不再上升; PS14 站出站压力由于 3 s 后给油泵机组连锁停运, 压力在 3 s 后开始不断下降, 经过约 13 s 达到最低压力 0.4 MPa; PS14 站出站流量在 3 s 后开始迅速下降, 6 s 后流量降为 0 (图 3)。

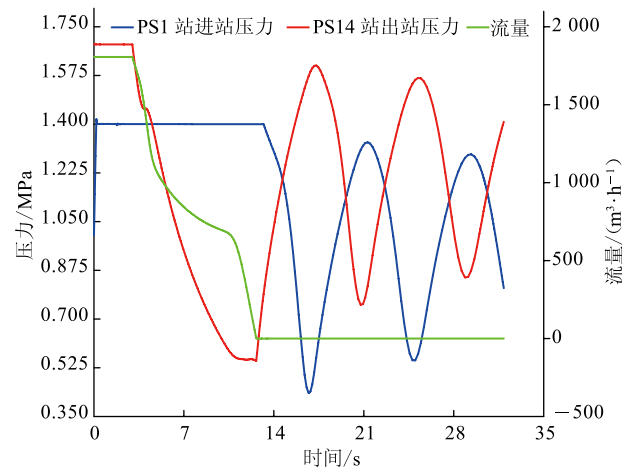


图 3 有水击措施保护的水击压力和流量变化曲线

泄压阀泄放压力与 PS1 站进站压力变化趋势相同; 泄压阀几乎在 PS1 站泵机组事故停运瞬间开始泄放, 1.7 s 后泄放流量达到最大值 1 825 m³/h, 6.5 s 后泄放流量开始逐渐减少, 泄放过程共持续 15.3 s (图 4)。

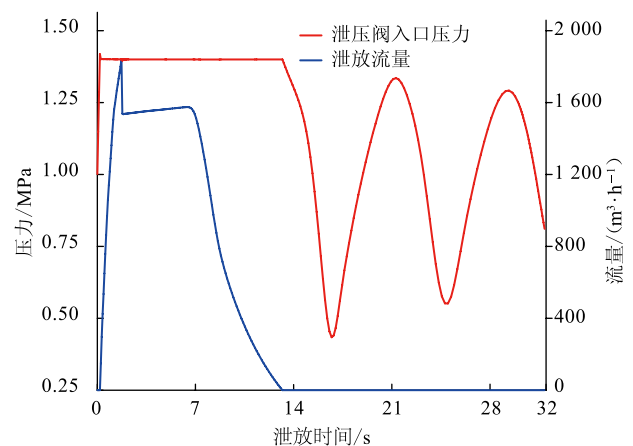


图 4 水击泄压阀压力和流量变化曲线

2 泄压阀选型

泄压阀系统的作用是在管道系统产生扰动时, 在超压点将部分甚至全部液体泄放到常压罐中, 以减轻

瞬变压力波动,避免瞬变压力对管道造成危害。泄压系统一般由泄压阀、泄压罐和连接管道组成^[5-6]。

2.1 计算公式

泄压阀口径可根据设定的泄放压力和软件模拟的最大泄放量计算确定。在初选口径后,再核算泄压阀达到最大泄放流量时的出口速度,如果出口速度小于17.5 m/s,则泄压阀选型满足要求。

泄压阀泄放流量特性公式^[3]为:

$$Q=0.0865KF\frac{\sqrt{p_s-p_1}}{\rho}$$

式中: Q 为阀门泄放流量, m^3/h ; p_s 为阀门设定压力, kPa ; p_1 为阀门背压, kPa ; ρ 为流体密度, g/cm^3 ; K 为黏度修正系数,取 0.7~0.9,黏度大时取小值; F 为流量系数,其与泄压阀构造有关,通常取超压为 10% 的流量系数。

2.2 计算结果

按照泄放流量为 1 824 m^3/h ,泄放压力为 1.4 MPa 计算,求得泄压阀流量系数为 584,依据科特公司流量系数表(表 1),泄压阀口径可选为 DN 250。经过进一步核算,当泄压阀达到最大泄放流量时,出口速度为 10.3 m/s,小于 17.5 m/s,即泄压阀口径 DN 250 选型满足要求。

表 1 科特公司泄压阀流量系数表

直径/mm	最大流量系数	超过设定压力 10%时流量系数
50	102	35
80	226	85
100	410	122
150	1 025	347
200	1 624	562
250	2 650	928
300	3 590	1 228
350	5 923	2 073
400	9 477	3 316

3 结束语

压力管道系统的水击现象难以避免,其危害性很

大,为此在设计上考虑水击作用对管道的影响很有必要。工程设计人员利用 SPS 软件进行管道水击工况模拟,必须从根本了解水击产生的机理及影响因素,并提供较为准确的计算基础参数,才能保证 SPS 仿真软件模拟计算结果的精确度。

参考文献:

[1] 李佩,赵宏涛,臧国军,等. SPS 管道仿真系统在靖边—咸阳管道的应用[J]. 油气储运,2010,29(11):832-834,838.
 [2] 蒲家宁. 复杂管道水力瞬变计算的有效方法[J]. 油气储运,1989,8(4):7-12.
 [3] 杨筱薇. 输油管道设计与管理[M]. 东营:中国石油大学出版社,2006.
 [4] 刘祎飞,李可,张琳,等. 基于 SPS 的输油管道工艺分析[J]. 油气储运,2012,30(2):11-13.
 [5] 宋建河. 秦京管道水击压力保护方案的改进[J]. 油气储运,2009,28(11):64-68.
 [6] 刘云忠,朱永辉,王志会,等. 长距离输油管道中的水击保护设计[J]. 内蒙古石油化工,2012(10):56-57.
 (收稿日期:2014-03-20; 修回日期:2015-02-24; 编辑:潘红丽)



作者简介: 李欣泽,助理工程师,1987年生,2010年毕业于中国石油大学(北京)油气储运工程专业,现主要从事长距离输油管道输送工艺的设计工作。

LI Xinze, assistant engineer, born in 1987, graduated from China University of Petroleum (Beijing), oil & gas storage

and transportation engineering, in 2010, engaged in the design of the transportation technology of long-distance oil and gas pipeline.

Tel: 18654626607, Email: slecclxz@sina.com