

# 输气管道气液联动执行机构压降速率 设定值与持续时间研究

赫德明<sup>1\*</sup>, 郑洪峰<sup>2</sup>, 徐华龙<sup>3</sup>, 张博<sup>1</sup>

(1. 中国石油天然气管道工程有限公司天津滨海分公司, 天津 300457;

2. 中国石油管道公司(管道销售公司), 河北 廊坊 065000;

3. 中国石油天然气管道局, 河北 廊坊 065000)

**摘要:**通过对安徽省某输气管道1#阀室气液联动执行机构在各种极端工况(上下游站场或阀室发生爆炸、阀室本身泄漏、上下游线路截断阀误关断)下的研究, 提出1#阀室气液联动执行机构的压降速率与持续时间的推荐值。

**关键词:**气液联动执行机构; 压降速率; 持续时间; 当量管径

中图分类号: TE832

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2016)02-0194-03

DOI: 10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2016.02.051

## Setting value and duration of pressure drop rate of pneumatic-hydraulic actuator

HE De-ming<sup>1\*</sup>, ZHENG Hong-feng<sup>2</sup>, XU Hua-long<sup>3</sup>, ZHANG Bo<sup>1</sup>

(1. China Petroleum Pipeline Bureau Tianjin Design Institute, Tianjin 300457, China;

2. Petrochina Pipeline Company (Pipeline Marketing Company), Langfang 065000, China;

3. CNPC China Petroleum Pipeline Bureau, Langfang 065000, China)

**Abstract:** The pneumatic-hydraulic actuator in 1# valve station of one gas pipeline in Anhui Province is investigated under various extreme conditions, including explosion of upstream and downstream stations and valve stations, leakage of valve station, shut down of upstream & downstream block valve station by mistake. The appropriate pressure drop rate setting value and duration time for pneumatic-hydraulic actuator are recommended in this study.

**Key words:** pneumatic-hydraulic actuator; pressure drop rate; duration; equivalent diameter

随着西气东输一线、二线、三线、津华线等一批大口径、高压、长距离管道的建设, 将中国油气管道建设推向高潮, 中国正在逐步加快油气干线管道和配套设施的规划建设, 完善全国油气管线网络。在此背景下, 全国各省市油气管网建设正进入了规划大建设时期, 目前各省市在建输气管网中依据《输气管道工程设计规范》(GB 50251—2015)均设置了线路截断阀室, 其中很多线路截断阀选择了气液联动执行机构, 希望在管道发生事故时气液联动球阀能根据压降速率变化自动关闭, 保护非事故管道的安全, 减少损失。长期以来, 气液联动执行机构压降速率设定值的确定, 通常借鉴国内或国外的经验值。实际上, 由于输气管道在事故状态下管内气体的流动为非稳态流动, 流动规律复杂, 因而采用经验值往往具有很大的局限性, 可能会发生气液联动阀的误动作或事故状态下不能

及时动作的情况。这样, 就不能很好地使气液联动球阀在事故状态下迅速关闭, 最大限度地保护管道, 减少经济损失。为最大限度地降低地震、洪水、第三方破坏等灾害给输气管道及周边环境造成的经济损失和危害, 对气液联动阀动作的准确性要求将越来越高。气液联动阀压降速率设定值的正确与否, 直接关系到干线截断阀动作的准确性与及时性。因此研究拟建管道截断阀压降速率设定值与持续时间具有重要的意义。

## 1 研究工具

本研究采用的软件为国际知名软件 TGNET 软件, TGNET 软件是英国 ESI 能源集团开发出品的业界领先的 Pipeline Studio 软件, 能够对输气管道中的单相流进行稳态模拟和动态模拟; 可以模拟简单的单管输送模型, 也可以模拟包括多个气源和用户。

TGNET 软件在国内已经成功应用于西气东输一线、西气东输二线、涩宁兰、忠武线等大型工程中。本文将利用 TGNET 中的泄漏模块动态模拟气液联动执行机构在发生极端工况下的压降速率变化情况。

## 2 研究内容

结合安徽省某拟建输气管道 1# 阀室气液联动执行机构在各种工况下的动作情况,提出 1# 阀室气液联动执行机构的设定值与持续时间推荐值。安徽省某输气管道线路全长 68.5 km,管径  $\Phi 610$ ,设计压力 6.3 MPa,年输气能力为 23.8 亿  $\text{m}^3$ 。前期投产时的压力为 4.1 MPa,后期运行压力可达 5 MPa。全线共设置线路截断阀室 3 座,截断阀均采用带有气液联动执行机构的球阀。根据《输气管道工程设计规范》(GB 50251—2015) 阀室情况设置如表 1。

表 1 安徽省某输气管道线路截断阀室里程表 km

站场/阀室	首站	1# 阀室	2# 阀室	3# 阀室	末站
距离	0	23	43	53	68.5

本文中主要是对 1# 阀室在投产、上游首站出站截断阀及下游 2# 阀室截断阀误关断、1# 阀室处发生泄漏、1# 阀室上下游管道发生爆炸时检测 1# 阀室处的压降速率及持续时间。

### 2.1 投产

投产阶段上游给定压力为 4.1 MPa,输量为  $1 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$  时,初期投产可以通过首站阀门开度来控制进入管道的气量从而控制管道内缓慢升压,此过程只要保证管道升压速率小于气液联动执行机构设定值,1# 阀室气液联动阀门就不会存在误关断。

### 2.2 1# 阀室上下游线路截断阀误关断时对 1# 阀室压降速率的影响分析

鉴于不同压力、不同输量情况下的组合工况复杂,只对后期管道运行压力为 5 MPa,管道输量达到  $23.8 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$  时的工况进行研究。

(1) 1# 阀室上游首站出站阀门误关断时 1# 阀室的压降速率变化

通过图 1 计算分析,在 1# 阀室上游首站出站阀门误关断时,1# 阀室的压降速率变化值短时间内突破了 0.08 MPa/min,约有 120 s 的时间持续在

0.04 MPa/min 以上区间。由此可见,只要在 1# 阀室气液联动执行结构设定值在 0.08 MPa/min 以上且设置 120 s 的持续时间时,1# 阀室气液联动球阀不会动作。

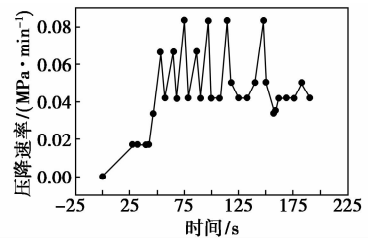


图 1 首站误关断时 1# 阀室压降速率变化曲线图

(2) 下游 2# 阀室线路截断阀误关断时 1# 阀室的压降速率变化

通过图 2 计算分析,在 1# 阀室下游的 2# 阀室阀门误关断时,1# 阀室的压降速率变化值未超过 0.07 MPa/min。由此可见,在 1# 阀室压降速率设定值在 0.08 MPa/min 时,下游 2# 阀门截断阀出现误关断不会造成 1# 阀室气液联动球阀误动作。

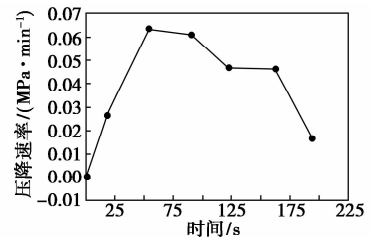


图 2 2# 阀室误关断时 1# 阀室压降速率变化曲线图

### 2.3 管道泄漏

在后期管道运行压力为 5 MPa,管道输量达到  $23.8 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$  的情况下,假定 1# 阀室处发生了当量管径为 DN150、DN200、DN250、DN300 的管道泄漏,计算 1# 阀室气液联动球阀是否动作。

(1) 1# 阀室发生当量管径为 DN150 的泄漏

从图 3 中可以看出,在 1# 阀室处发生当量管径为 DN150 的泄漏时,1# 阀室的压降速率短时间内超过 0.17 MPa/min,约有 80 s 的时间持续在 0.08 MPa/min 以上区间。由此可见,在 1# 阀室泄漏当量管径为 DN150,泄漏压降速率设定值为 0.08 MPa/min,持续时间设定大于 80 s 时,1# 阀室气液联动球阀不会动作,反之设定值小于 80 s 时,1# 阀室气液联动执行机构将会关闭阀门。

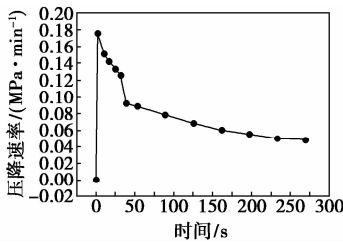


图 3 1# 阀室发生当量管径 DN150 泄漏时压降速率变化图

(2) 1# 阀室发生当量管径为 DN200 的泄漏

从图 4 中可以看出,在 1# 阀室处发生当量管径为 DN200 的泄漏时,1# 阀室的压降速率变化值短时间内超过 0.35 MPa/min,约有 220 s 的时间持续在 0.08 MPa/min 以上区间。由此可见,在 1# 阀室泄漏当量管径为 DN200,泄漏压降速率设定值为 0.08 MPa/min,持续时间设定大于 220 s 时,1# 阀室气液联动球阀不会动作,反之设定值小于 80 s 时,1# 阀室气液联动执行机构将会动作关闭阀门。

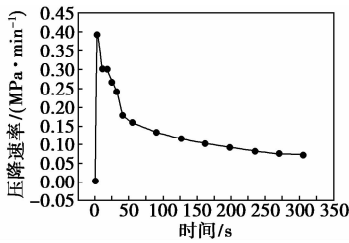


图 4 1# 阀室发生当量管径 DN200 泄漏时压降速率变化图

(3) 1# 阀室发生当量管径为 DN250 的泄漏

从图 5 中可以看出,在 1# 阀室处发生当量管径为 DN250 的泄漏时,1# 阀室的压降速率变化值短时间内已超过 0.8 MPa/min,约有 400 s 的时间持续在 0.08 MPa/min 以上区间。由此可见,在 1# 阀室泄漏当量管径为 DN250,泄漏压降速率设定值为 0.08 MPa/min,持续时间设定大于 400 s 时,1# 阀室气液联动球阀不会动作,反之设定值小于 400 s 时,1# 阀室气液联动执行机构将会动作关闭阀门。

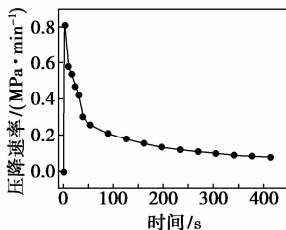


图 5 1# 阀室发生当量管径 DN250 泄漏时压降速率变化图

2.4 爆管影响

本文中只对后期管道运行压力为 5 MPa,管道输量达到  $23.8 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$  的工况下进行研究,对于爆管影响研究了以下 2 种工况。

(1) 1# 阀室上游首站出站处发生爆管

从图 6 中可以看出,在 1# 阀室上游首站处发生爆管时,1# 阀室的压降速率变化值短时间内已超过 0.25 MPa/min,约有 200 s 的时间持续在 0.08 MPa/min 以上区间。由此可见,在 1# 阀室上游首站发生爆管,1# 阀室气液联动执行机构压降速率设定值为 0.08 MPa/min,持续时间设定值小于 200 s 时,1# 阀室气液联动阀门将会关闭,若持续时间设定值大于 200 s 时,1# 阀室气液联动阀门将不会关闭。

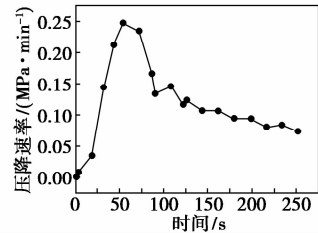


图 6 1# 阀室上游首站发生爆管时压降速率变化图

(2) 1# 阀室下游 2# 阀室处发生爆管

从图 7 中可以看出,在 1# 阀室下游 2# 阀室处发生爆管时,1# 阀室的压降速率变化值短时间内已超过 0.1 MPa/min,约有 180 s 的时间持续在 0.08 MPa/min 以上区间。由此可见,在 1# 阀室下游 2# 阀室发生爆管,1# 阀室气液联动执行机构压降速率设定值为 0.08 MPa/min,持续时间设定值小于 180 s 时,1# 阀室气液联动阀门将会关闭,若持续时间设定值大于 180 s 时,1# 阀室气液联动阀门将不会关闭。

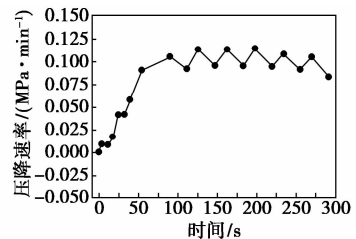


图 7 1# 阀室下游 2# 阀室发生爆管时压降速率变化图

在通常情况下钻导向孔的距离都能超过1 300 m,按照5"钻杆具有穿越1 300 m的施工能力进行反推,可以推算出结合使用5-1/2"钻杆和6-5/8"的水平定向钻杆施工能力(穿越距离)。

最终决定使用的钻导向孔的钻具组合为:9-5/8"三牙轮钻头+7"造斜节和无磁钻挺+700 m 5-1/2"钻杆+1 340 m 6-5/8"钻杆。

为保证穿越工程的安全性,扩孔和回拖使用全新的S级6-5/8"钻杆进行作业。

## 2.2 导向孔钻进

导向孔于2015年6月1日开始,当钻进至250 m后,开始下套管( $\Phi 323.9 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}$  钢管)160 m,因为套管有助于长距离定向钻导向孔钻进时钻杆推力的传递,实际施工证明,效果很好,导向孔作业于2015年6月11日成功完成。

## 2.3 扩孔、洗孔

导向孔施工结束后,将套管拆除,加上喷浆短节,全程洗孔1次,然后进行扩孔作业(如图1所示)。

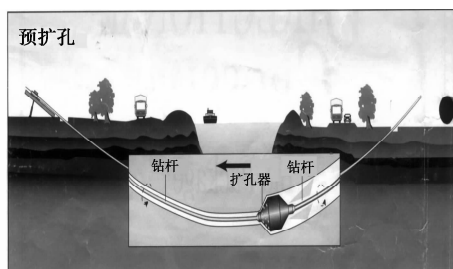


图1 预扩孔

现场进行了五级扩孔,3次洗孔,时间从2015年6月11日—7月14日,扩孔洗孔具体使用钻具如下:第一级扩孔,18桶式扩孔器;第二级扩孔,24"板桶扩孔器;第三级扩孔,36"板桶扩孔器;洗孔,32"桶式扩孔器(2次);第四级扩孔,44"刀板扩孔器;第五级扩孔,48"刀板扩孔器;洗孔,42"桶式扩孔器。

因穿越距离太长,每级扩孔加3个喷浆短节,防止缩孔,使泥浆在孔内处于流动状态,减小钻具扭矩。

## 2.4 管线回拖

回拖是定向穿越的最后一步,也是最为关键的一步(如图2所示)。回拖采用的钻具组合为:6-5/8"S-135钻杆+42"桶式扩孔器+500T万向节+ $\Phi 813$ 穿越管线。

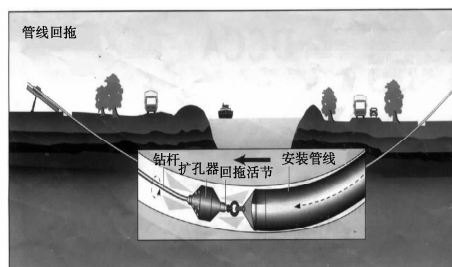


图2 管线回拖

因为回拖是连续作业,停工会造成阻力增大。因此管线回拖前仔细检查了各连接部位的牢固情况。

(上接第196页)

## 2.5 压降速率设定值推荐值

通过以上计算分析可以得出,安徽省某输气管道1#阀室气液联动执行压降速率设定值与持续时间。

(1)为减少上下游截断阀门误关断造成1#阀室气液联动阀门误关断,则要求1#阀室气液联动执行机构设定值大于0.08 MPa/min,持续时间大于5 s。

(2)为保证上下游最远端处,即首站或2#阀室发生爆管时,尽快关闭1#阀室气液联动阀门,减少损失及对环境的影响,要求气液联动执行机构设定值大于0.08 MPa/min,持续时间小于180 s。

综合以上2种情况并采取一定的计算余量情况下,推荐安徽省某输气管道1#阀室气液联动执行机构压降速率设定值为0.08 MPa/min,持续时间为120 s(2 min)。在此设置情况下,1#阀室截断阀不会因上下游截断阀的误关断而自发关断,同时还能在

管线发生爆管及1#阀室处发生当量管径DN200及以上当量管径的泄漏时,快速关断1#阀室截断阀,减少天然气损失,保护上游或下游管道的运营安全。

## 3 结语

影响压降速率的几大因素包括管道的运行压力、运行输量、管道发生爆炸或泄露的位置、泄露的当量管径、上下游截断阀门的关闭速度等因素,以DN600气液联动球阀匀速关闭时间18 s为依据,研究了几种极端工况,即达产运行时上下游距离1#阀室最远端处发生爆炸及上下游阀门误关断时1#阀室气液联动执行机构应该设置的压降速率值。在实际运营过程中,为更好发挥1#阀室气液联动球阀对管道的保护作用,建议运营单位在早期未达产的情况下根据实际运营情况适当降低1#阀室的气液联动执行机构的设定值,在后期达产运营过程中可参考本文中推荐值进行设置。■