

新建加气母站冬季生产运行风险识别与研究

□ 山东省天然气管道有限责任公司 (250101) 张宗超 李贻贤 乔实

摘 要: 加气母站相对于天然气分输站相比, 压力高、动设备多、操作复杂、多个设备需配合运转。加气母站的第一次冬季运营, 在设备管理和安全运行又有其特殊性, 本文以山东管道公司某新建加气母站冬季运行的注意问题进行风险识别与研究, 主要从生产运行人员管理和设备运行方面进行阐述, 为新建加气母站的第一次生产运行提供参考。

关 键 词: 加气母站 冬季运行 风险识别与研究

Risks Identification and Study on Winter Operation of New Primary Filling Station

Zhang Zongchao, Li Yixian, Qiao Shi

Abstract: Compared with natural gas station, primary filling station is high-pressure, has more pneumatic equipment, operate complicated and multiple devices need to cooperate with. The first winter production has its particularity in equipment management and safety operation. Take Shandong pipeline company new filling station as a example, recognize the problems of risks identification and study on winter operation from the production operation management and equipment operation, and provide the reference for the new primary filling station operation.

Keywords: primary filling station winter operation risks identification and study

山东管道公司某加气母站在2013年5月份单机调试并进行联合试车, 运转良好, 待到11月份办理完成全部所需营业手续后正式开业, 此时已进入冬季, 压缩机、脱水装置、仪表等动设备的运行环境与调试期间有很大不同, 加气母站生产人员认真分析冬季生产面临的困难和可能遇到的状况, 有效识别风险并制定相应措施, 确保了第一个冬季的安全可靠生产。

1 生产运行人员管理

山东管道公司长期从事天然气长输管道输送业务, 对天然气分输站的运行管理比较成熟。某加气母站是公司第一座加气母站, 运行管理和操作经验较少, 生产运行人员全部从公司各天然气分输站抽调, 经过移动式压力容器培训和取证后上岗, 对比

天然气分输站大都是静设备，加气母站的动设备在操作方法和规程上有很大不同，虽然人员去其他加气母站实习，但实际参与压缩机运行和槽车充装的实践操作少。此外，操作人员大都是近两三年新毕业的大学生，对加气母站的高压危险性认识不足，习惯于分输站静设备的运行管理，对压缩机等设备运行比较好奇，对一些高压危险区重视不够。

解决措施：聘请专业保运人员，保障加气母站的生产运行；执行特种作业上岗制度，严格遵守岗位操作规程，持证上岗，发现不按规程操作及时制止；利用每天早晨班前会、周一晚和周三晚上的学习例会及换班会总结近期问题，让生产人员认知错误，并在思想上树立安全意识。此外，鉴于人员操作的不熟练，尽量减少夜晚加气的次数，虽然夜间电费便宜，但人员处于疲劳状态，不易于安全运行。

2 设备螺栓连接松动问题

加气母站压缩机为活塞压缩机，在运行过程中，螺栓连接易松脱：

（1）活塞的周期性往复作用，会带来压缩机各部分载荷的周期性变化，具体到螺栓连接，就会造成主要螺栓副间的摩擦力的瞬间减少或消失，如螺栓副间无摩擦力作用或摩擦力很小，螺栓副运行一段时间后就会出现松脱；

（2）压缩机整体受持续载荷作用，考虑到金属材料具有蠕变的特性，随着时间的累计，构成螺栓副的两部分会出现不可恢复的塑性变形，进而出现应力松弛的问题^[1]，应力松弛的表现形式同样是螺栓副的摩擦力减小，故也会增加螺栓连接失效的几率；

（3）冬季的低温会让构成螺栓副的两部分发生肉眼无法观测到的变形，由于各种金属材料的热胀冷缩系数不尽相同，如构成螺栓副外螺纹的热胀冷缩系数更大，在温度降低后，螺栓副间的摩擦力就有可能减少，增加螺栓连接松脱的几率。

螺栓副失效将会导致压缩机各连接部位出现天然气或润滑油泄漏的问题；压缩机各部件的震动又与螺栓副的有效性有很大的关系，如地脚螺栓松动，将增加整机的振动，如活塞杆的螺栓副松动将引起活塞杆振动的增加，增加活塞及相关附件损坏的几率。振动

的增加会反过来恶化螺纹连接的受力情况，进一步增加螺栓连接失效的几率。

解决措施：在充分认识到问题严重性后，加气母站生产人员精心准备，广泛动员，按照厂家提供的设备技术资料，在入冬前完成了所有压缩机连接点的紧固工作，并在冬季的实际生产中，密切注意各压缩机的振动状况，切实保障压缩机的冬季稳定运行。

3 冰堵问题

3.1 天然气水合物形成条件分析

天然气是一种复杂的烃类混合物，主要成分是甲烷，如天然气中的水分超过一定值，在一定的压力和温度下，水能和气相或液相的烷烃生成结晶水合物 $C_mH_n \cdot xH_2O$ ^[2]。天然气水合物是一种类似于冰或雪的物质，密度值约为 $0.88g/cm^3 \sim 0.90g/cm^3$ 。低温高压是水合物形成的必要条件，在压缩机运行初期，加气柱处压缩天然气温度较低，压力相对较高，是极易形成水合物的阶段。天然气水合物形成对生产的影响主要体现在两个方面，一是天然气水合物的累计会带来管道的冰堵，使生产作业无法正常进行；二是颗粒状的水合物会损坏“科里奥利流量计”等设备。

3.2 压缩机出口管线节流分析

气体在管道中流过突然缩小的截面，产生强烈的涡流，压力下降，而又无法及时与外界进行热量交换的过程称为绝热节流。对于实际气体，绝热节流会带来温度的变化，温度变化程度可用“焦耳汤姆逊系数”来表示。对于不同介质，节流系数数值会有很大的不同，如在常温常压下氢气节流系数为正值，甲烷的节流系数为负值。对于同种物质，节流系数也会随温度及压力的变化而变化^[3]。

加气母站生产具有不连续性，压缩机运行与否与长管拖车实际到站情况为准，冬季夜间压缩机有时会停机较长时间。压缩机经过长时间停机后，在其运行初期，由于压缩过程产热少、冷却水温度低、使压缩机出口处天然气温度较低，经过现场测量，上述情况下压缩机出口温度一般在 $5^{\circ}C$ 左右。同时在运行初期，压缩机排量大，压缩机出口管道内介质流速较快，遇同心异径管、拉断阀等阻力件，会产生明显的节流效应。高速流体及阻力件的共同作用使压缩机出



图1 加气柱内的阻力件

口管线出现较大的压差,根据绝热节流理论,加气柱处介质温度会进一步降低。

由于加气现场无温度传感器,介质内温度无法准确测量,根据现场实际情况利用节流理论作如下分析:

压缩机运行初期,出口管道内介质流速较快,同时考虑到管道相对较短(约为30m),且管道埋地设置,与外界换热效率较低,故可将压缩机出口管道内天然气状态变化过程近似看成绝热节流过程。根据现场测量,压缩机运行初期,压缩机出口压力为9MPa,压缩机出口至长管拖车进口最大压降可达到3.5MPa。气体从初态 $P=9\text{MPa}$, $T=5^{\circ}\text{C}$ 至终态 $P=5.5\text{MPa}$ 的变化过程中,可利用节流系数的平均值进行计算,平均值近似可取为 $\mu=5^{\circ}\text{C}/\text{MPa}^{[4]}$ 。那么在压缩机运行初期,压缩机出口管线的温度变化值 ΔT 可近似由下公式得出

$$\Delta T = \mu \cdot \Delta P = 5 \times 3.5^{\circ}\text{C} = 17.5^{\circ}\text{C}$$

若压缩机出口温度为 5°C 时,则长管拖车进气理论温度为 -12.5°C ,用测温枪测量软管温度可以得到:夜间温度较低时,软管表面温度最低可达到 -15°C ,考虑到热传导及测量误差等影响因素影响,可以确定上述近似计算和实际情况相符。为保证在 $P=9\text{MPa}$, $T=-13^{\circ}\text{C}$ 时无天然气水合物生成,则在工况压力下天然气露点值小于 -13°C ,换算到标准情况下,常压露点值小于 -54.5°C 。

3.3 控制措施

经过上述分析,可以得出:为有效防止天然气水合物的形成,可从两方面采取措施:(1)提高天然气的进口温度,减少压缩机出口管线的阻力件;(2)降低天然气中的含水量。对于第一种办法,由于现场工艺已经安全完成,设计时并无天然气加热设备,实施难度较大,因此严格控制天然气中的含水量就成为一种比较有效的办法。具体到实际操作中,就要求生产人员在冬季生产中要密切关注脱水撬干燥后天然气露点值,保证脱水后水露点控制在 -60°C 以下^[5]。同时经常观测压缩机与加气柱之间的压差及加气柱流量计流量,做好管道冻堵的前期预警。

4 冷却水塔结冰问题

4.1 结冰原因及风险分析

加气母站压缩机方式采用水冷方式,为尽可能的减少能耗,水塔与压缩机采用一对一配置,冷却水塔样式采用密闭式冷却水塔。

冷却水塔与压缩机的一对一配置,非常有效的减少了能量的消耗,但在冬季生产中带来一个问题,即压缩机长时间停机时冷却水塔内的水就会结冰,使水塔无法正常工作,情况严重时还会损伤设备。密闭式冷却水塔分为内循环系统和外循环系统两部分,内循环系统用于直接冷却压缩机,由于与外界接触面积较小,可以近似看成在密闭系统下的循环;外循环系统用于冷却内循环系统内的介质,直接和环境接触,工作在完全开放的环境下。两套系统工作环境不尽相同,但都受温度影响很大,如不采取措施,低温下其中的水都会结冰,影响生产的正常进行。



图2 加气母站用小功率密闭式冷却水塔

4.2 控制措施

根据冷却水塔两套循环系统不同的工作环境,对于不同系统可以采取不同的解决办法。内循环系统由于与工作环境密闭,系统内介质损耗较少,可以将其中的介质由水更换为其它冷却介质,结合实际情况,在冬季来临前将内循环的水全部更换为防冻液(参数为 -35°C);外循环系统由于与外界充分接触,如采用防冻液替代品,介质的快速消耗会带来很大的经济负担,结合实际情况,加气母站采用定时点动设备的方法予以解决。如夜间压缩机运行1h以上,集水槽内水温即可达到 35°C ,再配以每小时点动一次喷淋水泵,集水槽内及喷淋水泵就不存在结冰的危险。

5 其他

结合冬季生产的特点,加气母站按公司冬季生产统一要求,积极分析识别各类安全隐患,编制了自己的冬季生产方案,更新了应急预案,并进行实际演练,确保在一旦出现问题时,每个人按职责运行。此外,加气母站生产人员在入冬前对全站进行了全面细致的自查自改,完成了电伴热系统的检测等工作,增加冬季巡检频率,加强各关键点的监测力度,缩短压力容器排污周期等。

6 总结

加气母站的第一次冬季运行是新建加气母站运行的重要阶段,重视分析可能遇到的问题并进行有效处理,为以后生产运行积累了经验。经过一个冬季的安全运行,加气母站各项参数良好,累计销售天然气 300万m^3 ,现在加气母站的售气量已达到日均 5万m^3 ,各项参数运营正常。此外,为减少冰堵,建议设计人员在工艺管道设计时尽量减少弯头、变径等;为防止冬季冷却水塔的结冰,压缩机生产厂家可以参照国外压缩机研制单独风冷压缩机。

参考文献

- 1 杨章杰. 材料与设计. 机械工业出版社, 1990: 10
- 2 田贯三, 马一太, 杨昭. 天然气节流过程水化物的生成与消除[J]. 煤气与电力, 2003; 21(10): 583-586
- 3 姚光镇. 输气管道设计与管理[M]. 北京: 石油大学出版社, 1991.
- 4 聂廷哲, 段常贵. 高压天然气绝热节流系数的确定[J]. 煤气与电力, 2004; 24(2): 61-64
- 5 GB 50156-2002(2006年版), 汽车加油加气站设计及施工规范[S]

工程信息

浙江省永康天然气综合利用规划通过评审

2014年11月7日,浙江省永康市召开天然气综合利用规划评审会。

会上,规划编制单位从永康市天然气利用现状、气源和设施的布局规划、重点项目及投资估算等10个方面,介绍了永康市天然气综合利用规划、天然气汽车加气站布点规划情况。与会专家进行了讨论和现场评审,对进一步优化规划设计提出了建设性意见。

根据规划,永康市天然气工程总投资5.57亿元,将重点推进天然气门站、高中压调压站、高中压管网及汽车加气站等天然气场站设施建设。

同时,城市中心城区、经济开发区、城西新区、芝英镇、古山镇、龙山镇等重点区域主干管网和二级干网建设将加快推进。到2020年,市级天然气管网将基本覆盖市域各乡镇。

规划至2017年,全市天然气年供应保障能力达到 3亿m^3 ,天然气消费占全市能源消费总量的12%左右。全市居民气化率达到40%以上,基本完成主城区“煤改气”工程。有序推进交通运输业的“油改气”工程,实现公交车气化率50%以上,出租车气化率80%以上。

(本刊通讯员供稿)