

天然气调压站安全运行实践

杨克 (金陵石化烷基苯厂, 江苏 南京 210046)

摘要: 天然气调压站连接上游供气单位与下游用户, 在天然气长距离输送、天然气供应至各级用户的过程中发挥着重要作用。本文简要介绍了某化工厂天然气调压站的功能、工艺流程及调压器的工作原理, 详细分析了天然气调压站运行过程中存在的各种风险, 并针对风险提出了具体的应对措施, 为以后该调压站的安全运行奠定了一定的基础。

关键词: 天然气; 调压器; 安全风险; 应对措施

1 前言

天然气作为一次能源, 具有清洁、低碳的优点。根据相关预测, 2020年-2030年, 中国天然气需求量将稳步上升^[1]。

在“碳达峰”、“碳中和”的背景下, 天然气在全球能源消费转型中将发挥重要作用^[2]。我国天然气资源主要分布于西北、西南地区, 而经济相对发达的东部地区天然气资源匮乏, 因此必须通过长输管道将西部的天然气输送至东部地区。

在天然气流量一定的情况下, 采用较高的输送压力可以减小管道直径, 降低运输成本^[3]。天然气调压站可以将长输管道高压的天然气减压至各工业用户、民业用户的用气压力, 并能够维持供气压力的稳定。天然气调压站的安全稳定运行对于上游供气单位、下游用户均有着重要的意义。

鉴于天然气调压站的重要作用, 本文根据某化工厂天然气调压站的实际运行经验, 结合理论分析, 着重探讨了该调压站运行中存在的安全风险, 并相应的给出了具体的应对措施, 为以后该调压站的安全运行奠定了一定的基础。

2 天然气调压站工艺流程简介

某化工厂天然气调压站的主要作用是将川气东送的高压天然气减压至 0.55-0.6MPa 供工厂内各加热炉使用, 其工艺流程简图如图 1 所示。

上游 3.0-4.5MPa 的高压常温天然气被管壳式加热器 E-508 加热至 20-50℃ 后经过滤器 FD-101A/B 进行过滤, 然后通过一级调压器 PCV-101A/B 减压至 0.9-0.95MPa, 再通过二级调压器 PCV-201/501 减压至 0.55-0.6MPa, 最后经流量控制阀 FIC1001 供装置内各在运加热炉使用。

为保证供气的安全性与稳定性, 天然气调压站共设置两路, 一路为主路, 一路为备用路, 主路、备用

路调压器及过滤器上下游阀均常开。主路的调压器出口定压值设置略高于备用路, 因此正常工况下备用路调压器处于关闭状态, 天然气仅从主路通过。

当主路调压器故障导致调压器出口压力低于备用路调压器定压值时, 备用路调压器将自动打开。天然气调压站一二级调压器均内置了紧急切断阀, 一级调压器出口压力达到 1.6MPa 时将自动切断, 二级调压器出口压力达到 0.8MPa 时将自动切断。该调压站在各个调压器出口至调压器下游阀前设置了排火炬流程。

在 E-508 管程出口、过滤器顶部、一级减压阀后、二级减压阀后设有安全阀, 安全阀出口与装置火炬总管相连。天然气加热器 E-508 为管壳式换热器, 管程介质为高压天然气, 壳程为热水。

热水自 V-451 来, 经 E-508 壳程为天然气加热后回到 V-451, 热水的流量受天然气出 E-508 的温度控制。日常使用中若热水中断, 可短时间使用低压蒸汽代替热水为天然气加热。

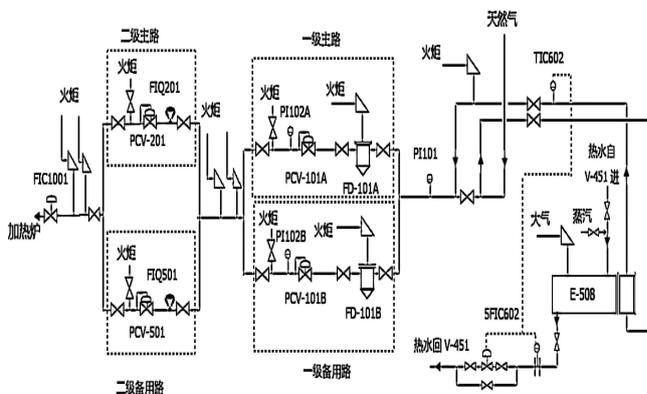


图 1 某化工厂天然气调压站工艺流程简图

3 调压器的工作原理

某化工厂天然气调压站采用的调压器为带指挥器

的自力式调压器，该型调压器的结构原理见图 2。

图中 P1 为调压器的进口压力，P2 为调压器的出口压力，P3 为指挥器的入口压力，P4 为调压器的驱动压力。调压器进口的天然气经预调器、指挥器两级减压后作用于调压器膜头下腔作为驱动气源。调压器的出口压力 P2 直接作用于指挥器与调压器膜头上腔，指挥器根据出口压力 P2 的大小控制驱动压力 P4。当输出压力 P2 低于调压器的给定压力时，指挥器开度增大，驱动压力 P4 增大，调压器阀芯开大，阀后压力 P2 上升。反之，若输出压力 P2 高于调压器的给定压力，指挥器开度将减小，驱动压力 P4 随之减小，调压器阀芯关小，阀后压力 P2 下降。为了防止天然气内的杂质堵塞驱动气源管路，在预调器内设置有过滤器。

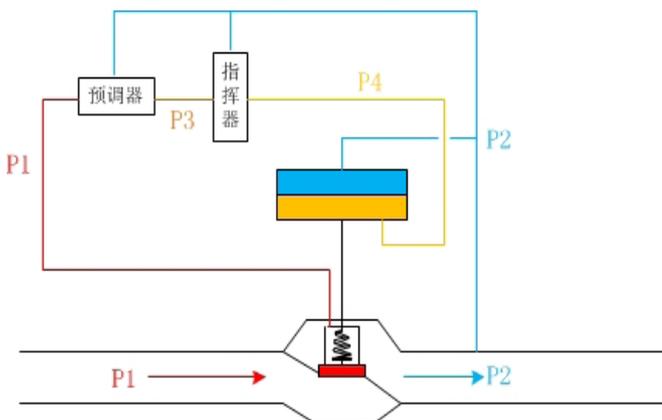


图 2 调压器工作原理示意图

4 运行安全风险及应对措施

4.1 下游压力超压

4.1.1 原因分析

①某化工厂天然气调压站所用调压器的阀芯密封件为橡胶材质，设计温度为 -10°C -50°C ，若使用温度长时间大于 50°C 或低于 -10°C ，将导致阀芯密封件损坏，调压器内漏。正常使用时，一级调压器阀芯前后压差高达 3.0MPa ，温差高达 15°C ，工作环境恶劣，在高流速的天然气及天然气中细小杂质的长期冲刷下，阀芯也容易损坏泄漏。若调压器内漏的天然气流量大于装置内加热炉的使用量，则调压器后压力将持续上升，最终可导致调压器后安全阀起跳，调压器高压连锁切断；

②在天然气调压站调压器投用时，如果直接先开启调压器下游阀再开启上游阀，而调压器控制系统恰

好存在故障，调压器调压失效，则调压器入口高压天然气将窜至出口，导致调压器下游压力超压。

4.1.2 应对措施

①在日常运行中，应严格控制天然气出加热器 E-508 温度在 $20-50^{\circ}\text{C}$ 。巡检时应密切注意备用路调压器是否存在内漏的问题，若备用路调压器内漏则应及时切出检修。日常操作中，通过流量控制阀 FIC1001 降低天然气用量时，每次降量应不大于 $100\text{m}^3/\text{h}$ ，两次降量间隔时间不低于 5min ，当降低天然气用量的过程中发现调压器后压力异常上升时应及时提高用量，优先保证下游压力不超压，再将内漏的调压器切出检修；

②在天然气调压站调压器投用时，应关闭调压器下游阀，打开调压器后排火炬阀门，缓慢开启调压器上游阀，调节调压器指挥器设定调压器出口压力至正常范围内，确定调压器出口压力稳定正常后缓慢开启调压器下游阀。待各级调压器工作正常后再关闭调压器后排火炬阀。

4.2 天然气泄漏

4.2.1 原因分析

天然气加热器 E-508 为管壳式换热器，管程介质为天然气，压力约为 4.0MPa ，壳程介质为热水，压力约为 0.5MPa ，换热管材质为碳钢。E-508 壳程安全阀定压值为 1.2MPa ，安全阀出口排向大气。天然气调压站使用的热水中溶解有部分的氧气，这可导致 E-508 换热管表面产生电化学腐蚀，再加上壳程入口处的换热管直接受到热水的冲刷，长期使用后换热管存在腐蚀穿孔的风险。若换热管腐蚀穿孔，泄漏的高压天然气将进入热水管网，将流至各热水用户，造成的风险较难控制。若天然气泄漏量较大，E-508 壳程安全阀将起跳，天然气将直接排放至大气中，可能导致火灾爆炸事故。

4.2.2 应对措施

针对天然气加热器 E-508 内漏、天然气泄漏的风险，首先应定期对 E-508 进行抽芯检查，若发现换热管减薄严重则应及时更新换热管。为了能够第一时间发现泄漏，应在热水罐 V-451 放空口处增加可燃气体报警仪，并对 E-508 热水流量 5FIC602 设置高流量报警，若可燃气体报警仪报警，热水流量 5FIC602 波动较大，则应及时将 E-508 切出，打开 E-508 壳程出口高点，观察是否有气体喷出，若有则可初步判断为 E-508 内漏。

4.3 天然气中断

4.3.1 原因分析

4.3.1.1 预调器过滤器堵塞

调压站投用初期,调压器上游管线中可能含有部分杂质,这些杂质将被天然气带至调压器,在调压器预调器过滤器内部聚集。本装置使用的天然气中含有部分细小的黑色颗粒状杂质,长时间运行后这些杂质也将在调压器预调器过滤器内积聚。过多的杂质积聚将导致预调器过滤器堵塞,调压器驱动气源中断,调压器关闭,天然气中断。

4.3.1.2 指挥器冻堵

稳定压力的气体通过阀门等过流部件,压力突然下降的过程被称为节流膨胀^[4]。天然气的主要组成为甲烷,节流减压后温度将下降^[5]。若天然气节流减压后的温度低于其水露点,天然气中的水蒸汽将凝结析出,在较低的温度下凝结水将与天然中的甲烷形成水化物,从而堵塞管线^[6]。本装置使用的调压器为带指挥器的自力式调压器,指挥器将高压的天然气节流减压后作为天然气的驱动气源。因此在指挥器内部存在较大的温降,若驱动气源的温度低于天然气的水露点,将有水析出,在较低的温度下形成水化物堵塞指挥器,造成调节阀无驱动气源,调节阀关闭,天然气中断。

4.3.2 应对措施

①针对预调器过滤器堵塞的问题,在调压站投用前,应使用氮气对系统管线进行彻底的吹扫,尽可能的将管线吹扫干净。减压站投用后,应定期清理预调器过滤器,尤其在减压站投用初期,应主动清理预调器过滤器,检查是否有过多的杂质聚集,若聚集的杂质过多应增加清理频次;

②针对指挥器冻堵的问题,最关键的控制措施是保证天然气减压前温度不低于20℃。因此E-508的正常使用的对于调压站的安全运行非常重要,若E-508热水中断应及时投用加热蒸汽;

③由于本装置调压站为两路设计,通常一路调压器故障关,另一路调压器将自动打开。但备用路调压器的备用时间较长,一般在半年以上,无法得知备用路调压器能否自动投用。因此,应每个月将天然气从主路切至备用路,对备用路进行检查,确保在主路中断的情况下备用路可以自动正常投用;

④在日常对调压站的监控中,应密切关注调压站的流程。若发现调压阀自动从主路切换至备用路,则应引起重视,及时查明调压阀自动切换的原因,确保

两路调压阀均可正常使用。

5 总结

某化工厂天然气调压站的稳定安全运行对于装置内各加热炉的正常运转具有重要意义。

通过上文分析,可以得出某化工厂天然气调压站运行过程中存在的各种风险及具体控制措施,总结如下:

①调压站运行过程中存在下游超压的风险,应严格控制天然气出加热器温度在20-50℃,降低天然气用量时缓慢进行并密切注意调压器后压力,若发现调压器后压力异常上升应及时提量,优先保证不超压。在各级调压器投用时应先保持调压器下游阀处于关闭状态,开启调压器出口排火炬阀,将天然气向火炬排放调试调压器,待调压器工作正常后再开启调压器下游阀。待各级调压器工作正常后再逐步关闭调压器出口排火炬阀;

②管壳式换热器E-508内漏可导致天然气泄漏至热水管网及大气中,应定期对E-508进行抽芯检查,并设置E-508热水高流量报警,V-451排空口处增加可燃气体报警仪,发现异常报警应及时将E-508切出检查;

③预调器过滤器堵塞及指挥器冻堵可导致调压器异常关闭,造成下游天然气中断。因此应定期检查清理调压器预调器过滤器,并保证一级调压器入口温度不低于20℃。为了确保主路调压器故障关闭时备用路调压器可自动正常开启,应定期将天然气从主路切至备用路试运行,发现备用路调压器异常应及时切出检修。

参考文献:

- [1] 李洪兵,张吉军.天然气需求影响因素分析及未来需求预测[J].运筹与管理,2021,30(09):132-138.
- [2] 马业超,杨真子,王远航.能源转型下天然气产业发展前景及启示[J].石油石化绿色低碳,2021,6(06):1-4.
- [3] 潘家华.西气东输工程[J].焊管,2000,23(3):21-25.
- [4] 天津大学物理化学教研室.物理化学(上册)第5版[M].北京:高等教育出版社,2009(83):13-15.
- [5] 聂廷哲,段常贵.高压天然气绝热节流系数的确定[J].煤气与热力,2004(02):61-64.
- [6] 陈剑新.长距离管输天然气水化物防止及天然气脱水工艺[J].海洋石油,2001(04):56-60.