

探究提高分输站加热炉可靠性运行措施

温庆城（中海油江苏天然气有限责任公司，江苏 盐城 224000）

摘要：某国内接收站输气管道操作压力高，天然气经输气站场调节阀后温降大，为保证向下游用户供气温度符合要求，部分站场设有加热炉，加热炉是明火设备，天然气和空气输被送到加热炉炉膛内由燃烧器引燃实现对天然气的加热功能。天然气作为加热炉燃料，具有易爆易燃特性，为保证生产安全，因此需要关注加热炉运行的可靠性。目前站内所用加热炉的设计，已采取保证加热炉安全运行的措施，但为进一步提升其运行的可靠性，通过调研及现场勘查，本文提出了几项措施，供加热炉设备使用单位相关人员的思考与借鉴，希望带来一定的启示。

关键词：加热炉；燃烧器；电磁阀；泄压

加热炉有两种加热方式，直接加热和间接加热。规范规定天然气不能直接加热，某某接收站选取间接加热方式。目前成熟的间接加热方式有有机热载体加热炉和水套炉。由于有机热载体加热炉占地面积大、能耗大、控制程序复杂、设备投资高和其所需设备比水套炉多一个换热设备。综合考虑，因此此接收站输气站场采用了水套炉。天然气作为水套炉的燃料，具有易爆易燃特性，且在有限的空间内燃烧，增大了加热炉使用的安全风险，近期国内出现了几起锅炉爆炸事件，因此对加热炉的使用必须做到精细操作。文章通过几个措施的介绍，增强加热炉使用的安全性与可靠性。

1 加热炉简介

某某接收站输气站向用户供气的调节阀前后压差大，管输天然气的温度下降最大可达 30℃左右，造成供给城市门站和电厂的天然气温度低于用户要求，因此，部分给城市门站和电厂供气的输气站需要加热设施。

根据管道系统热力计算，有些分输站由于距离接收站比较远，气体进站温度比较高，同时进站压力比较低，通过调压以后，温度满足用户用气要求，所以不设置加热炉，有些站场根据计算结果，设置相应热负荷的加热炉。

1.1 构成及功能

加热炉系统由现场炉体设备及控制系统组成，控制系统用于对现场加热炉信号的采集处理，实现对生产过程的集中监视、操作、策略控制等功能。控制系统由控制器、IO 站、触摸屏、通讯单元组成。

1.2 性能指标

现场设备效能满足正常生产需要或能达到设计能

力的 90% 以上，但不能超负荷运行；现场炉体炉管无局部过烧，裂纹、鼓包、管径胀大，炉管弯曲不超标；加热炉控制系统应完成模拟量控制、数字量控制、数据采集功能、设备保护及联锁功能，满足各种运行工况的要求，确保系统安全、高效运行。加热炉控制系统的设计应采用合理的冗余配置和诊断技术，使其具有高度的可靠性。系统内任一组件发生故障，均不影响系统其他部分的工作。加热炉控制系统应能支持市面上主流的系统设备通讯协议，如 OPC、TCP/IP、Modbus 等，可以满足第三方系统设备的通讯集成。为满足 LNG 分输站对下游连续供气的要求，加热炉控制系统应为具有高可靠性的产品，提供全冗余设置，具备在线修复故障的能力。加热炉控制系统应具有良好的接地及很好的抗干扰性能。加热炉控制系统用电负荷指标电压为 AC220V+10%，频率为 50+1%Hz。

1.3 完好条件

1.3.1 现场炉体设备完好标准

①炉体、对流段、道与基础完整，无严重倾斜和裂纹。各部位螺栓满扣、齐整、紧固；②各部件材质和回弯头、炉管的壁厚要求符合规程规定；③炉墙、衬里无严重损坏脱落现象；④进出口管线、阀门、回弯头、焊口和燃烧系统不堵不漏；⑤附属管线安装合理，所有应满扣、齐整、紧固；⑥炉体用附属设施整洁，保温、油漆完整美观。

1.3.2 控制站完好标准

①各卡件工作正常，运行指示灯正常（“R”运行灯），无故障灯显示（“F”故障灯）；②电源模块工作正常，电源风扇工作正常，24V 指示灯正常；③触摸屏实时监控工作是否正常，包括数据刷新、各功能画面的操作正常；④控制器平均总负荷低于 90%，回路

负荷低于 70%; ⑤ CPU 电池电压正常检测高于 3.6V; ⑥冗余切换功能正常。

1.3.3 通讯网络完好标准

①控制器上网络信号指示灯指示正常,交叉闪烁;
②通讯模块网络指示灯指示正常。

1.3.4 运行环境完好标准

①机柜卫生清洁,暖通运行正常,保持环境温度 20~25℃之间; ②机柜接地完好,接地电阻应小于 4 欧姆; ③机柜接线图和逻辑图完好,更新及时; ④软件修改记录应及时更新,程序修改完成后及时备份归档。

1.4 加热炉巡检与维护

为保证加热炉的完好性及安全运行,加热炉需要定期巡检及维护。

1.4.1 日常巡检

巡检周期每日至少进行 1 次巡回检查。巡检内容:
①查看现场炉体设备运行情况; ②查看加热炉控制系统的运行情况; ③检查控制站各卡件指示灯有无异常; ④检查电源模块指示灯有无异常; ⑤检查通讯模块指示灯有无异常; ⑥检查控制室温度及空调运行情况。

1.4.2 定期维护管理

制定年度维护计划,每年维护两次,对系统设备性能进行检查测试。

1.4.2.1 现场炉体设备

①定期检查各仪表及阀门(操作人员日常巡检时,检查阀杆是否缺少油脂、阀门锈蚀情况(包括注脂嘴)、阀门阀位指示器保护情况、阀门阀盖与阀体连接处锈蚀情况等,但不限于以上内容。)、炉体外部情况,保证使用状况良好,发现问题及时处理; ②如加热炉长期停用,必须将炉体内的水排放并吹扫干净,进行氮封; ③每月对加热炉内水质进行检测,如不合格,需进行更换,确保水质符合厂家规定要求; ④对热备用加热炉每月进行 15min 的启机测试; ⑤每季度对加热炉进行排污,排污量可依据情况自行决定; ⑥每年对加热炉燃烧器进行维护; ⑦加热炉投入使用后,每 2 年进行一次设备大修,并对设备内部清洗,清洗方法有机械法、碱洗和酸洗法,普遍采用是酸洗。

1.4.2.2 机柜间的维护管理

①检查 IO 站各模块工作状态; ②检查触摸屏控制面板有无报警; ③各参数设置及 PID 运行是否正常; ④机柜的风扇滤网应定期拆洗,每半年拆洗一次; ⑤

工程师站及机柜间地面应使用吸尘器定期清洁,每半年一次; ⑥机柜接地排的接地紧固检查; ⑦检查控制回路保险是否完好,如未损坏,需每 5 年定期更换。

2 提高加热炉可靠性运行措施

2.1 加热炉炉体侧部加装检测口

加热炉为分输站重要设备,按设备操作维护手册,应开展以下工作:定期检查各仪表及阀门,保证使用状况良好,发现问题及时处理;要定期对加热炉进行排污,排污量可依据情况自行决定;如加热炉长期停用,务必将炉体内的水排放并吹扫干净;要定期检测盘管腐蚀情况,特别是弯头部位厚度;用户每年至少一次对加热炉进行全面的检查维修;检修加热炉时,应从加热炉上拆下燃烧器,对其进行单独检修;对因燃烧而损坏了的耐火层应予以及时修补;检修时应应对炉体进行除垢,并及时清理烟室内的积垢;加热炉投入使用每 2 年以后,应对设备内部进行结垢及腐蚀情况的全面检测,检测周期视上次检测的情况确定(参照《在用压力容器检验规程》),然后根据检测情况确定使用专业人员进行设备的内部除垢及去除腐蚀附着物的相关作业;防爆门和检查孔等处的密封垫片如有损坏,应及时更换。

目前加热炉内部天然气盘管、火筒、烟管等核心部件位于壳程内,无法通过常规检验手段来监测该部分部件的腐蚀情况,通过炉体顶部人孔无法检测到的烟管、盘管,需要在炉体侧方开孔检测,检测完毕后将将其改为盲法兰密封,以此保障加热炉的完好性。

2.2 增加燃烧器电磁阀内漏检测功能

电磁阀是燃烧器关键部件,用于控制燃料供应,具有紧急关断和流量调节功能。如果电磁阀闸板关闭不严,那么燃料气可通过燃气管路进入炉膛,造成可燃气体聚集,点火时存在爆炸风险。管道杂质、年久老化等因素均可造成电磁阀闸板密封问题。因此,电磁阀内漏是导致炸膛的直接因素,电磁阀内漏导致的炸膛主要发生在点火阶段。

电磁阀工作原理:加热炉启动逻辑运行时,先打开燃料气管道第一电磁阀放进燃料气到第一电磁阀与第二电磁阀之间的管段内,后关闭,测压系统经过约 10s 的检漏测试,如压力无下降,说明第二电磁阀无泄漏。随后测压系统的内置泵将压力提升约 2kPa,测压元件检测压力在约 10s 的时间内不下降,说明第一电磁阀无泄漏,随后加热炉启动逻辑程序继续进行。

为提升加热炉安全运行的可靠性,防止炸膛风险

的出现,需要对无电磁阀内漏检测功能燃烧器进行改造。

2.3 加热炉燃烧器升级改造

燃烧器运行过程中,空气和燃料气同时送入燃烧器,空气和燃料气需要良好的配比,以达到良好的燃烧效果。如果风气配比失调,易造成炉膛(烟管)积碳,导致炉膛背压升高,燃烧器风机无法鼓入足够的空气,形成恶性循环。当积碳严重时,燃烧器风机鼓风量严重不足,送入炉膛的燃料气浓度升高,导致爆燃、炸膛。炉膛积碳导致的爆燃或炸膛主要发生在燃烧器运行阶段。有些站场所用燃烧器气动调节式燃烧器,风量和气量的配比是根据伺服电机为根据炉膛背压自动调节,对燃气压力、流量、炉膛背压适应性较差,因此建议尽快完成改造工作。

2.4 防爆门泄压方式改造



图1 一期加热炉防爆片式防爆门结构图

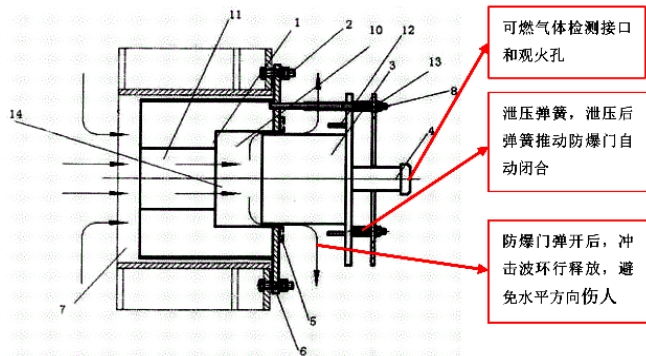


图2 弹簧式防爆门结构图

当加热炉炸膛不可避免时,加热炉炉膛防爆门可以及时将爆炸冲击波进行泄压。防爆门泄压时,容易产生冲击伤害。分输站一期和二期加热炉采用防爆片式防爆门,泄压时防爆片破裂,冲击波水平向加热炉尾部释放。如果泄压时,防爆门附近有操作人员,可能造成人员伤害。爆破片式防爆门具有轴向水平冲击

波,存在安全隐患,且为一次使用,不可重复利用。弹簧式防爆门通过特殊的结构设计,采用防爆门内置弹簧吸收冲击波,炉膛压力泄压后,弹簧恢复压力,防爆门重新闭合,可重复使用。弹簧防爆门泄压时,无水平轴向冲击波,不存在冲击伤害。弹簧式防爆门可安装炉膛可燃气体检测接口和炉膛观火孔。以下是一期加热炉防爆片式防爆门结构图(图1)及弹簧式防爆门结构图(图2)。

2.5 安装炉膛可燃气体检测接口

加热炉通过安装炉膛可燃气体检测接口,点火前可以快速检测炉膛是否有可燃气体聚集,降低炸膛风险。为提高检测可靠性,在炉膛尾部和烟囱取样口设两个检测点。

烟囱取样口由丝堵封闭,为便于快速进行可燃气体检测,可以将丝堵改装为手动球阀,燃烧器点火前开阀检测,检测后关闭球阀。

炉膛尾部检测口设置在防爆门上,安装手动球阀,点火前开阀检测,检测后关阀。目前分输站加热炉所用防爆门为爆破片式防爆门,无法安装检测接口。可将爆破片式防爆门改为弹簧式防爆门,弹簧式防爆门可以安装检测接口和观火孔。

2.6 增加燃烧器停机后吹扫功能

加热炉燃烧器停机后吹扫,即燃烧器停机后风机仍可进行一段时间鼓风,将炉膛内未完全燃烧的燃料气排出烟囱。通过燃烧器改造,可以增设停机后吹扫功能,且后吹扫时间可调。

3 结语

①加强分输站站场加热炉日常巡检,对其外观做好检查及记录,当加热炉运行时,对其各项运行参数进行监控,确保加热炉安全运行;②按厂家规定及设备操作维护手册的要求,定期开展加热炉的维护及维修,并做好记录建档,对维护及维修时发现的问题进行分析,采取措施;③为达到降本增效的目的。可对加热炉日常的设备档案进行研究,分析各项数据,减小其维护频率及备件的更换周期;④学习先进技术,对加热炉进行小改小革,确保其运行可靠性的同时,降低其维护、维修成本,减小其能耗。

参考文献:

- [1] 徐清海. 天然气加热炉腐蚀机理及影响因素[J]. 石油天然气工业, 2019, 33(05).
- [2] 顾竣文. 水浴式加热炉在天然气门站中的应用[J]. 上海煤气, 2018(03).