

燃气场站管道调压装置冬季冰堵防控与生产运行保障技术

张少华 (中石油昆仑燃气有限公司中卫分公司, 宁夏 中卫 755100)

殷 芮 (嘉峪关中石油昆仑燃气有限公司, 甘肃 嘉峪关 735100)

贾云鹤 (中石油昆仑燃气有限公司都凯分公司, 贵州 凯里 556000)

摘要: 冬季低温环境下, 燃气场站调压装置因为燃气中残留的水分结冰会引发堵冰的情况, 使得燃气场站管道调压装置的运行稳定受到影响。为提升燃气场站管道调压装置系统运行的稳定, 文章在探讨调压装置冰堵形成原因以及风险的同时, 从源头控制、过程防护等方面提出了燃气场站管道调压装置冬季冰堵防控技术, 为燃气企业提升冬季保供能力提供技术参考。

关键词: 燃气场站; 调压装置; 冰堵; 电伴热; 运行保障

中图分类号: TE832 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 012-0166-03

Winter ice blockage prevention and production operation guarantee technology for gas station pipeline pressure regulating device

Zhang Shaohua (PetroChina Kunlun Gas Co., Ltd. Zhongwei Branch, Zhongwei Ningxia 755100, China)

Yin Rui (Jiayuguan PetroChina Kunlun Gas Co., Ltd. Jiayuguan Gansu 735100, China)

Jia Yunhe (PetroChina Kunlun Gas Co., Ltd. Dukai Branch, Kaili Guizhou 556000, China)

Abstract: Under low temperature conditions in winter, the pressure regulating device in gas stations may experience ice blockage due to residual moisture in the gas, which affects the stable operation of the pipeline pressure regulating device in gas stations. In order to improve the stability of the operation of the gas station pipeline pressure regulating device system, this article explores the causes and risks of ice blockage in the pressure regulating device, and proposes winter ice blockage prevention and control technologies for gas station pipeline pressure regulating devices from the aspects of source control and process protection, providing technical reference for gas enterprises to enhance their winter supply capacity.

Keywords: gas station; Pressure regulating device; Ice blockage; Electric heat tracing; Operational support

城市燃气系统属于重要的基础能源设施, 城市燃气系统运行的稳定与城市的正常发展以及人们的生活水平有着一定的影响。燃气场站的调压装置属于将上下高压天然气稳定调节至下游用户所需压力等级的基础设施。然而该设备在在北方或高海拔地区冬季环境温度较低环境消运行, 收到环境气候影响使得燃气场站调压系统运行无法达到要求, 甚至引发一系列安全事故。如果燃气场站天然气调压时节流效应温度骤降, 此时燃气内的微量水分在阀口、指挥器、管道低点位置结冰形成冰堵, 轻则导致燃气管道系统压力波动, 重则引发整个燃气场站供气的中断。该现象发生是多种因素共同作用形成的, 如气质条件、设备特性、气象环境以及运行模式。为保证燃气场站管道调压装置冬季正常运行, 需充分了解燃气场站管道系统冰堵原因, 再采取必要防控措施, 确保燃气场站管道运行达到可靠、安全的标准。

1 调压装置冰堵成因与风险分析

1.1 气质因素

天然气内水分的存在是导致冰堵的主要原因, 有

些天然气水分无法避免。燃气场站接收的上游天然气在管道传输中脱水处理, 但如果脱水深度不足或运行波动, 造成水露点控制不稳定, 这会引发天然气含水量超标。按照目前的行业标准, 冬季供气要求露点在 -10°C 以下。但是在燃气场站运行中, 有些气源水露点只达到 -5°C , 如果环境温度在 -20°C 以下, 即使天然气内含有水分极少, 也会在节流、降温后达到饱和状态并凝析。燃气场站 LNG 气化或煤制气等气源接入后, 导致场站内的气质波动较大, 水含量不确定性也会逐步上升。此外, 燃气场站进站管线存在低点积液或过滤分离器排污不足的现象, 这导致残存的液态水进入到燃气场站调压系统引发冰堵^[1]。

1.2 节流降温效应

燃气场站管道调压装置中节流阀是重要组成部件, 其调压的原理是利用节流阀的绝热膨胀, 并且在调压过程中形成焦耳-汤姆逊效应。该效应造成燃气场站内气体温度随压力下降, 并且降温幅度受到焦耳-汤姆逊系数决定。针对典型的天然气组分来说, 气压在 4.0 MPa 至 0.4 MPa 之间, 焦耳-汤姆逊系数为

3~5K/MPa。按照该规律进行分析,在燃气场站管道调压装置运行中,每次调压出现12~20K的温度下降。例如,燃气场站管道进口位置温度5℃、压力4.0MPa、出口压力0.4MPa,则理论出口温度下降到-15℃~-7℃。而在环境温度低于-10℃时,调压器节流阀的金属因为导热性较高快速散热,这导致系统内部温度下降,从而使天然气温度远低于0℃冰点。而燃气场站管道调压装置采用多级调压系统,虽然能避免单机温降造成的冰堵现象,而各级叠加后总温降依然较大,进而出现管道的冰堵问题。

1.3 设备与环境因素

燃气场站管道调压装置通常安装在场站工艺区,其长期处于自然环境中运行。节流阀、阀体、指挥器、引压管与碳钢或不锈钢材质为主,这些材质特点是导热系数较高,尤其是低温条件下造成热量散失速度较快。如果燃气场站管道运行环境风速在3m/s以上,此时环境对流换热速度增强,使调压装置设备温度比环境温度低5℃~8℃。如果调压装置保温系统出现损坏、老化或施工缺陷问题造成其密封性较差,其出现局部位置裸露引发“冷桥”现象。同时,调压装置电伴热系统出现故障问题或者温度调节未能及时进行,造成防冻性能急剧下降。此外,调压装置设备内部组成比较复杂,尤其是拐角、狭窄通道、死区等现象无法达到调压要求。阀芯、过滤网等精密部件无法落实各项保护措施,进而出现调压装置冰堵现象^[2]。

2 冰堵综合防控技术体系

2.1 源头控制:强化气质管理

燃气场站管道调压装置冬季冰堵防控措施中,从源头上防控就要落实气质管理措施,确保天然气含水量控制在规定范围内。燃气场站运营单位和上游供气企业构建信息沟通机制,及时了解天然气气质变化情况,并对于天然气进行全面检测,重点掌握天然气水露点、杂质含量等各项数据信息。以此作为基础,燃气场站内安装在线水露点分析仪,其采用chilled mirror或tunable diode laser(TDL)原理,能实现水露点连续、实时监测,并且每小时进行一次数据上传。在线水露点分析仪在运行过程中,技术人员根据燃气场站管道监控需求设定冬季运行阈值为-10℃。如果发现调压装置达到水露点限值,则系统立即发出二级预警,并且组织调度人员全面检查。通过了解上下游状态以便调整工艺参数,进而避免出现天然气含水量过高现象引发冰堵。而在调压装置运行中,对于进站切断阀后、调压器前主管需安装卧室高效过滤分离器、该装置内部设置多级滤芯,能够去除超过5μm的液滴或固体颗粒,使水分分离效率超过99.9%。此外,分离器的底部

安装自动排污阀,需结合调压装置压差或定时程序排除积液,避免天然气带动水分进入到调压装置中^[3]。

2.2 过程防护:电伴热与保温系统优化

燃气场站管道调压装置需落实过程保护措施,通过电伴热与保温系统优化方式避免发生冰堵问题。该装置安装的电伴热系统采用自限温型,其输出频率可根据调压装置的温度做出调整,有效预防因为温度过低引发冰堵或温度过高造成能源浪费。电伴热系统在安装阶段需将其全面覆盖到指挥器壳体、主阀体、引压管、信号管、下游汇管容易结冰位置,避免因为电伴热系统安装遗漏导致冰堵。电伴热带功率先考虑到当地气象条件,确定典型值为30~50W/m。若环境温度-30℃以下,风速超过5m/s,则应保证电伴热系统加热温度超过5℃。

此外,燃气场站管道调压装置电伴热系统安装温控装置,其采取分级控制措施如下:环境温度超过0℃,电伴热系统保持待机;环境温度在0℃以下,电伴热系统启动低功率模式,保持调压装置温度处于适宜范围内;环境温度在-10℃以下,则将其切换到高功率模式,并保证电伴热系统加热效果达到要求。温控器感温探头直接焊接,或使用导热胶固定在阀体金属表面,确保其反馈温度能及时了解设备本体状态,而不是空气温度。调压装置保温层选择厚度超过50mm的闭孔柔性橡塑材料制作,将其包裹在电伴热系统外侧,并且接缝位置达到严密度要求。保温层外部覆盖厚度0.5mm的铝箔复合玻纤布,其达到抗紫外线、防潮、防机械损伤等功能,确保所有系统连接紧密,以增强调压装置的保温效果^[4]。

2.3 设备选型与布局优化

燃气场站管道调压装置在设备选项与局部优化过程中,根据调压装置运行工况确定适宜方案,从而有效解决冰堵问题。调压装置设备采购应选择带有防冰功能的调压器,如阀体集成内置电加热枪、指挥器通道加宽或采用疏水涂层结构优化的产品。如果调压装置需要承担主供气任务,则选择使用指挥器外置调压器方式,将敏感的指挥单元独立安装在阀体之外,以便敷设电伴热和保温层,从而确保调压装置运行达到正常状态。同时,燃气场站管道调压装置设计遵循“N+1”冗余原则,常规场站至少设置一用一备两路调压装置,重要枢纽场站则使用双路互为备用模式,确保在任何一路发生故障或冰堵时及时切换。上述两路保持独立运行,防止相互影响导致调压系统受到影响。而在调压装置设置环节,需综合考虑燃气场站的内部组成以及环境特点,优先将调压装置设置在场站内背风、向阳区域,禁止将调压装置布置在低洼积

水或开口,也要和高大建筑物保持足够距离,以防影响调压装置运行状况。而在燃气场站管道设计过程中,水平段设置坡度超过3‰,从而避免因为内部存在积水导致冰堵问题。

2.4 智能监控与预警

燃气场站内部安装智能化监控平台,其能及时掌握环境温度、调压器阀体表面温度、进出口压力、瞬时流量等各项参数信息,确保调压装置实现全天候监控。在调压装置运行过程中,监控系统掌握各项数据信息,利用工业物联网传输到控制平台,数据采集间隔时间控制在10s以内。智能监控与预警平台运行设置三级联动预警机制:一级预警为黄色,其在环境温度0℃以下触发,系统自动在值班终端弹窗提示并形成巡检任务单,要求运维人员在2h内进行现场伴热以及保温系统查看;二级预警为橙色,其主要指的是调压装置设备表面温度2℃以下,或出口波动幅度超过5%,需在系统内立即标注异常点位,并给技术人员发送相关信息,由技术人员进入到现场检查电伴热系统运行状态、温控器设定参数以及保温系统完整性;三级预警为红色,如果调压装置出口压力持续10min下降,且无调度指令,或者设备温度在0℃以下激活,此时利用APP推送、短信、声光报警等方式组织应急救援小组进入到作业现场,并且联动关闭出口阀门、切换备用线路,确保冬季冰堵应急预案有效落实到位^[5]。

3 应急处置与生产运行保障

3.1 应急预案与演练

燃气场站运维管理人员根据调压装置潜在冰堵因素,通过编制《冬季冰堵专项应急预案》确定冰堵发生原因,并且制定分级措施,再加强人员培训,使冰堵防控与生产运行保障措施有效落实到位。应急预案编制完成后,组织燃气场站运行维护人员展开应急演练,使其能够充分了解应急预案的内容以及操作要领。通常来说,在每年10月底前组织专业技术人员对燃气场站管道调压装置全面检查,并落实应急演练工作,使检修人员在紧急事件发生后立即进入到抢修状态。在应急预案演练结束后进行复盘评估,针对已经存在的问题及时修正预案内容和处置流程,确保所有人员充分了解应急操作要领,以使应急处置达到快速、精准效果。

3.2 快速处置措施

燃气场站管道调压装置出现轻微冰堵现象,需及时开启备用调压装置,切断故障线路、出口阀门,并且禁止进行天然气供应。针对轻微的冰堵管路充入氮气吹扫,也可以适当提升电伴热系统温度,以达到快速解冻效果,但不能使用蒸汽、明火或高温风枪直接烘烤调压装置。如果备用调压线路更换后,出口压

力还是无法达到稳定要求,则说明调压装置存在严重冰堵或系统性故障,这时需要切换LNG储罐气化或CNG减压撬等应急气源,再启动应急预案,以防给用户使用天然气造成影响。在调压装置冰堵完全解除后,还需要对系统功能、严密性展开测试,并将损坏部件及时拆除,确保燃气场站运行不受影响。

3.3 物资与人员保障

燃气场站管道调压装置冬季冰堵现象比较普遍,需根据当地的气象条件和冰堵潜在风险因素采购应急物资,如自限温电伴热带、柔性橡塑保温棉、防爆型电吹风、干燥氮气瓶、快速密封胶以及备用温控器等。上述所有物资需落实检查工作,确保所有物资满足冬季防冰堵使用需求。同时,根据燃气场站管道调压装置冰堵现象,采取冬季24h双人值班制度。一旦调压装置发生任何冰堵危害,需保证15min内运维人员进入现场初步处置。

4 结语

燃气场站调压装置冬季冰堵防控,它不能够单单依靠一项简单的措施就能够实现的,而是需要通过不同的控制策略,才能减少燃气场站管道调压装置冰堵情况。在本文分析中提出了燃气场站管道调压装置冬季冰堵防控策略,以及相应的生产运行保障技术。然而在特殊气候环境下,燃气场站管道调压装置冰堵情况它有所不同,为了能够更好的解决此类问题,在往后研究中还需要引入智能化运维模式,采用常态化的应急方案才能够在极端严寒条件下牢牢守住供气安全生命线,切实履行燃气企业的社会责任。

参考文献:

- [1] 邹翔,余辉,张雅婕,等.天然气设备冰堵原因及改善方法[J].化工管理,2018,(11):153.
- [2] 吉乐涵,高建丰,尤逸超,等.针对天然气设备冰堵问题管理措施的讨论[J].农村经济与科技,2020,31(02):208-209.
- [3] 李健,广芮好,冯永超.天然气管道冰堵原因分析及解堵方法研究[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(23):149-150.
- [4] 于忠宁,武思雨,任远,等.典型长输天然气管道冰堵案例分析研究[J].全面腐蚀控制,2022,36(11):69-72.
- [5] 陈鑫,张彦华,谭森耀,等.新型天然气管道冰堵预测及抑制技术探讨[J].石油工业技术监督,2023,39(03):53-56.

作者简介:

张少华(1987-),男,汉族,宁夏回族自治区中卫市人,本科,中级注册安全工程师研究方向:燃气场站调压装置冬季冰堵防控与生产运行。