

场站内燃气管道调压器电伴热自适应温控技术研究

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)

张少华 (中石油昆仑燃气有限公司中卫分公司, 宁夏 中卫 755100)

摘要: 为提升燃气场站调压器电伴热系统冬季运行稳定性, 防止低温冰堵与调压失效, 本文分析调压器工作原理及电伴热温度影响因素, 旨在降低运行成本与能耗, 提升场站智能化、精细化管理水平, 优化介质输送稳定性与能效, 保障燃气输配安全可靠, 实现节能降耗、提质增效。

关键词: 燃气调压器; 电伴热; 提质增效; 自适应温控; 节能降耗

中图分类号: TU996.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 010-0136-03

Research on Electric Tracing Adaptive Temperature Control Technology for Gas Pipeline Pressure Regulators in Stations

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)

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

Abstract: In order to improve the winter operation stability of the electric tracing system of the gas station regulator, prevent low-temperature ice blockage and pressure regulation failure, this article analyzes the working principle of the regulator and the factors affecting the electric tracing temperature, aiming to reduce operating costs and energy consumption, improve the intelligent and refined management level of the station, optimize the stability and energy efficiency of medium transportation, ensure the safety and reliability of gas transmission and distribution, and achieve energy conservation, consumption reduction, quality improvement and efficiency enhancement.

Keywords: gas regulator; Electric heat tracing; Improving quality and efficiency; Adaptive temperature control; energy conservation and consumption reduction

在燃气调压器运行过程中, 电伴热系统的温控效果直接影响调压器的稳压性能与管网运行安全。目前, 调压器电伴热多采用固定阈值温控模式, 这就使得设备在运行的过程中无法适配外界环境温度的实时波动和大流量工况下介质温度的动态变化: 当外界气温骤降或骤升时, 固定温控参数易导致伴热不足引发介质冷凝, 或伴热过度造成能源浪费; 而在用气高峰等大流量工况下, 介质流速加快会带走大量热量, 现有温控系统难以及时响应温度变化, 易出现调压器阀体温度过低、调压精度下降等问题, 严重时甚至会引发信号管冰堵、压力异常等安全隐患。

1 燃气调压器工作原理

场站内燃气管道调压器通过感应下游出口压力变化驱动指挥器膜片位移, 从而精准调节主阀瓣开度, 以保证出口压力处于恒定状态。燃气管道在气流流动时, 根据焦耳—汤姆逊效应, 高压气体膨胀做功造成内能降低, 其温度会明显下降。如果燃气管道处于高流量或冬季条件下, 指挥器阀体、信号管路局部温度下降到0℃以下, 此时若天然气内含有微量水分, 低

温条件下造成水蒸气冷凝并结冰, 其堵塞信号孔或阀口通道。如果信号管出现堵塞现象, 调压器无法获取压力参数, 极易造成出口压力失控引发超压或欠压事故。因此, 燃气管道调压器的作用是保证关键位置表面温度始终在露点以上, 一般在5℃以上, 保证场站内燃气管道运行达到安全性要求。在这种背景下, 针对场站内燃气管道调压器的实际情况, 通过安装电伴热系统实现热量持续供应, 避免出现冷凝结冰现象使燃气管道正常运行^[1]。

2 电伴热温控要求

2.1 温度安全阈值要求

调压器电伴热系统作用是保证温度达到要求, 确指挥器阀体、信号管等温度处于安全范围内。根据《城镇燃气设计规范》及相关行业标准, 调压器温度必须在5℃以上, 从而避免燃气管道出现冷凝结冰现象。而调压器伴热系统温度上限控制在65℃以下, 防止温度过高导致电缆绝缘层损坏、密封件老化加速、周边可燃物引燃等。虽然5℃~65℃能满足调压器运行需求, 但这一温度范围较宽, 通常需考虑到调压器

运行情况,将温度设定为 5°C ~ 8°C 之间。如果温度过高导致能耗增加,温度过低则会接近临界值,导致伴热功能性受到限制。因此,场站内燃气管道调压器电伴热系统落实温度控制,始终保证其处于最适宜范围内。

2.2 动态响应能力要求

调压器电伴热系统具备较强的抗外部干扰能力以及快速响应能力,满足燃气厂站24h运行需求,能有效应对季节波动与昼夜变化。如果燃气管道场站受到用气高峰、寒潮来袭的影响,阀体温度能在几十分钟内快速下降。若调压器电伴热系统采用固定温度控制模式,则不能及时根据燃气管道温度变化进行调整,或者调整速度滞后影响燃气管道运行安全性。根据场站内燃气管道调压器运行需求,电伴热系统采用自适应温控技术,能结合调压器运行实际情况,确保在10min内快速响应,使调压器始终处于最适宜温度范围^[2]。

2.3 可靠性与智能化要求

场站一般设置在偏远或半无人值守区域,这时调压器电伴热系统应有可靠的远程控制能力。调压器电伴热系统采用防爆设计方式,能满足腐蚀、户外潮湿等环境要求。同时,电伴热系统满足短路、断线、超温等故障自诊断功能,并且远程发送信号,以便运维人员及时进行信号调整。而在电伴热自适应温控系统设计阶段,将系统内融入智慧燃气系统,温控装置能满足数据上传、传输需求。工作人员可及时掌握各测点温度、伴热功率、运行状态等信息,以便调度中心制定科学合理的策略。此外,自适应温控系统的操作界面简洁,能满足调压器南宁电伴热系统长期稳定运行需求。

3 调压器电伴热温度影响因素分析

3.1 外界环境温度波动的影响

燃气管道调压器处于环境中,其环境温度对于阀体散热速率有直接影响。对于北方地区来说,冬季环境温度较低,夜间温度甚至能达到 -25°C 以下,而夏季白天则能达到 40°C 以上,昼夜温差通常超过 20°C 。调压器阀体处于环境温度较低条件下,其阀体和周围空气温差越大,热量流失快,这对伴热系统的功率有较高要求。而在初春或深秋季节环境温度一般在 0°C 上下波动,即使微小气候变化也会导致阀体温度跨越结冰临界点。

此外,风速加剧对流散热,雨雪天气导致导热系数下降,进而出现热量流失加快现象。如果调压器电伴热系统采用固定温控方式,只能按照预设阈值启停,这会造成低温时段伴热不足、高温时段持续加热,无

法保证调压器正常运行。

3.2 燃气流量对介质温度的影响

燃气管道中气体流量对于节流制冷效应强度有直接影响,按照能量守恒定律,单位时间内流经调压器气体越多,膨胀吸热总量越大,阀体温度下降越明显。而在用气低谷段流量只为额定值20%~30%,节流降压较小,阀体温度相对较高;早晚高峰期用气量较大,燃气管道气体流量能达到额定值100%,甚至超负荷,这时阀体温度短时间内下降超 10°C ^[3]。

3.3 调压器运行负荷影响

燃气管道调压器运行负荷受到气体流量影响,也会受到进出口压差变化影响。如果进出口压差变化较大,气体膨胀程度越高,制冷效应也就越强。在燃气管道调压器运行时,如果管道供气压力出现较大差异,此时调压器的气体流量相同,阀体温度会有较大差异。例如,燃气管道进口压力 4.0MPa 、出口 0.4MPa 工况比进口 2.0MPa 、出口 0.4MPa 工况有更大幅度的温度下降。

此外,调压器频繁启停或处于小开度状态,燃气管道内部气体流场极为不稳定,则造成局部涡流加剧交换,进而出现调压器温度分布不均匀的现象。如果调压器长期处于高负荷状态造成阀体金属疲劳,热传导性能发生变化,进而对调压器的功能造成一定危害。

4 场站内燃气管道调压器电伴热自适应温控技术分析

4.1 环境温度自适应感知与调控技术

场站内燃气管道调压器电伴热自适应温控系统运行中,其利用百叶箱中高精度环境传感器获取环境温度参数,系统设定温度采样时间为1min。该系统运行能精准获取环境温度区间,测量气温分为常温、低温、严寒等多个等级。如果环境温度持续30min在 -10°C 以下,控制器自动将阀体目标温度从 7°C 提升到 7.5°C ;环境温度回升且稳定保持 5°C 以上,2h后目标温度调回到 6.5°C 。

同时,该系统同步计算过去60min内气温变化速率,如果气温下降幅度超过 8°C ,则立即启动预加热程序,在当前伴热功率基础上增加输出。上述温度调整采取斜坡式平滑过渡方式,调节过程持续5min以上,防止突然温度变化对调压器造成冲击。

在场站燃气管道调压器系统控制的过程中,采用该技术能够按照温控策略的方式达到节能降耗以及提质增效的目标。这主要是该系统去除了常规的固定设置的粗放式热拌管理模式,而是采用新的方式根据环境温度的等级与变化速率动态化的对其目标温度以及加热功率进行调整,如此就能够在气温缓变或者是回

暖的过程,不断的提高运行功率,减少无效电能的损耗。

此外,采用斜坡式平滑调节的方式,在可以保护调压器阀体免受热冲击的基础上,还能够进一步延长电热伴热元件的使用寿命。

4.2 燃气流量联动介质温度调控技术

调压器伴热自适应温控系统运行环节,能及时获取燃气流量参数,根据瞬时流量参数进行温度自动调节。在该系统运行阶段,计算该调压器型号在不同压差条件下标定的流量与阀体温降关系曲线库。如果经过换算得出当前气体运行流量占设备额定流量比例达60%以上,系统判定调压器进入高负荷状态,其自动激活燃气流量联动模式。

控制器结合目前流量水平,从关系曲线库中调取相应的伴热功率补偿值,再向固态继电器发送调节指令,并动态化调节电伴热的输出功率。如果气体流量占额定值超90%,则伴热功率自动提升到35%。该系统能自动监测调压器阀体的温度变化速率,如果温度变化速率超过 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$,即使流量未达到60%触发阈值,也能启动温度加热补偿程序。而气体流量监测时每隔10s进行一次数据更新,使伴热调控系统和燃气管道工况变化保持同步匹配^[4]。

燃气流量联动介质温度调控技术,能够确保调压器稳定安全运行的基础上,可以达到节能降耗以及提质增效的目标。这主要是该系统去除了常规恒功率热泵的模式,并且按照实时流量动态的匹配要求,调节热泵的输出参数能够减少低负荷时间段的加热,出现的电能浪费情况。

加上该技术在运用时能够对流量与降温关系的曲线数据作为基础,在系统运行时提供必要的提升功率,减少无效能耗的情况产生。此外,由于温度变化的速率能够触发新的机制,从而增强了系统整体的响应灵敏度,可减少由于滞后加热引起的冰堵风险,增强供气整体的稳定性。

4.3 调压器运行负荷适配型伴热调控技术

调压器电伴热自适应温控系统实时监测管道进口压力、出口压力、阀板开度、反馈信号以及连续运行时长,再综合评估调压器运行负荷状态。该系统根据监测数据信息计算出口压差与进口压力比值,如果该比值达到0.75,则判定调压器处于高负荷工况。同时,系统监测阀瓣开度在单位时间内变化频次,能精准识别阀瓣是否处于频繁调节状态。若高负荷与频繁调节同时存在,则控制其立即启动负荷增强模式,在基础伴热功率基础上增加动态补偿输出。

这一补偿量需结合综合负荷指数确定,该指数由

压差比和开度变化率共同构成。如果系统计算得出负荷指数超过预设阈值,则伴热功率根据阶梯式方式提高,并适当的延长保温维持时间。对于调压器连续高负荷运行超8h,系统将阀体温度设定值自动上调至 $7.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。低负荷状态下则处于待机状态,确保调压器正常运行且减少能源损耗^[5]。系统在负荷监测与伴热调控过程中,需设置多级负荷阈值,实现精准化、差异化调控,避免单一阈值导致的调控滞后或能源浪费。综合负荷指数的计算需引入权重系数,重点侧重压差比指标,确保负荷判定的准确性。动态补偿输出需根据环境温度进行动态修正,低温环境下适当提高补偿幅度,高温环境下合理缩减,兼顾伴热效果与节能需求。此外,系统需具备负荷状态记忆功能,对历史高负荷时段、调节频次进行记录分析,提前预判负荷变化趋势,实现伴热调控的提前介入,进一步优化调控效率,确保调压器在各类负荷工况下均能保持稳定运行,同时最大限度降低能源消耗。

5 结语

场站内燃气管道调压器电伴热自适应温控技术的应用,能够在一定范围之内改善场站内燃气管道环境的温度与燃气流量等相关负荷的情况,对提高燃气管道系统运行稳定有着一定的作用。研究中针对燃气管道调压器电伴热自适应温控技术的关键要点进行了探讨,而在往后研究中,为了能够使该技术更加具备稳定性以及精确性,还需根据实际情况以及极端天气气候与复杂工况的稳定要求,做好调压器安全的调试以及优化,确保能够减少能源消耗,提高调压器的稳定运行,为不同类型的场站内燃气管道控制提供技术参考。

参考文献:

- [1] 吴桂安,郭灵华,邓飞忠,等.温控舱对燃气热水器恒温特性的影响研究[J].家用电器,2019,(07):85-88.
- [2] 唐元锋.带电子温控回水装置零冷水燃气热水器预热恒温影响因素研究[J].家用电器,2023,(10):31-36.
- [3] 王猛,白晶.基于PLC和温控仪表的燃气热处理炉复合控温系统研究[J].河南科技,2021,40(04):38-40.
- [4] 汪辰.西门子SGT5-4000F型燃气轮机联合循环机组一次调频分析与优化[J].燃气轮机技术,2025,38(01):70-72+69.
- [5] 李广超,白永珍.除氧器底部除氧温控系统的设计研究[J].节能,2025,44(06):84-86.

作者简介:

殷芮(1988-)女,汉族,甘肃省嘉峪关市人,本科,助理工程师,研究方向:调压器电伴热随环境与流量温度动态自动调节研究。