

管输商品天然气气质主要影响因素及管控措施

杨 雷 王 甜 (中石化西南油气分公司油气销售中心, 四川 德阳 618000)

摘要: 本文探讨了管输商品天然气气质的主要影响因素及其管控措施, 分析了影响气质的关键因素, 包括气质组分、温度与压力、管道材料与结构、输送速度与流量及操作管理等, 识别影响天然气的质量与安全的关键因素。针对这些因素提出了相应的管控措施, 包括强化气质监测与分析、优化管道设计与材料选择、精细化流量控制、加强操作人员培训与管理、完善应急响应机制等, 旨在确保天然气的高效利用和安全输送, 提升行业的整体管理水平和经济效益。

关键词: 管输商品天然气; 天然气气质; 影响因素; 管控措施

0 引言

随着全球能源结构的调整 and 环境保护意识的增强, 天然气作为一种清洁、高效的能源, 越来越受到重视。商品天然气在工业、居民和交通等领域的广泛应用, 促进了其生产与供应的快速发展。天然气的气质直接影响其经济性和安全性, 因此, 理解和控制其气质的影响因素变得尤为重要。管输商品天然气气质的稳定性受多种因素影响, 包括其组分、温度、压力、管道设计及材料选择、流量等, 操作管理和技术措施也在其中起着关键作用。因此, 本研究旨在系统分析这些影响因素, 并提出有效的管控措施, 以期为天然气行业提供科学依据, 确保其安全性和经济性, 从而促进可持续发展。

1 管输商品天然气气质的主要影响因素

1.1 气质组分

商品天然气的组分对其气质有直接影响, 天然气的主要成分是甲烷 (CH_4), 是一种无色、无味、无毒的气体, 一般占据天然气组分的 90% 以上, 其余成分包括乙烷 (C_2H_6)、丙烷 (C_3H_8)、丁烷 (C_4H_{10}) 等, 不同组分的比例决定了气体的热值、燃烧效率及安全性, 甲烷含量较高的天然气热值通常更高, 燃烧更为完全, 气质更佳。

甲烷作为天然气的主要成分, 其含量越高, 天然气在燃烧时释放的能量就越多, 从而提高其使用效能。甲烷含量低于 90% 的天然气, 其燃烧热值和燃烧性能都会有所下降, 甚至会影响到天然气的使用效果和安全性。

天然气中含有二氧化碳 (CO_2)、硫化氢 (H_2S)、氮气 (N_2) 以及水分 (H_2O) 等成分, 对气质同样产生重要影响, 二氧化碳在高浓度时会降低热值, 增加腐蚀性, 在实际应用中, CO_2 含量一般低于 3% 较为

适宜; 硫化氢是一种有毒气体, 低浓度时也会影响天然气的使用安全; 水分则会导致气体在管道中出现液相分离, 形成水合物, 影响流动性和管道安全。

根据 GB 17820-2018《天然气》国标中的规定, 天然气高位发热量不得低于 $31.4\text{MJ}/\text{m}^3$, 二氧化碳含量不得超过 4%, 硫化氢含量不得超过 $20\text{mg}/\text{m}^3$, 总硫含量不得超过 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 。

1.2 温度与压力

温度和压力是管道输送过程中影响天然气气质的关键因素, 温度升高使天然气的体积膨胀, 密度降低, 提高了气体的流动性, 但温度过高会导致部分重烃组分的蒸发或液化, 影响气体的组成和稳定性, 温度过低时, 天然气中的水分可能凝结形成冰堵, 影响气体流动。

压力同样影响管道输送过程中天然气的气质, 压力越高, 天然气的体积减小, 输送效率越高, 但高压下气体的流动速度增加可能会导致气体混合不均, 影响气质的稳定性, 同时过高的压力会增加管道破裂和泄漏的风险, 尤其是在老化或有损伤的管道中。

1.3 管道材料与结构

管道材料通常包括钢、聚乙烯、复合材料等, 管道材料直接影响其耐腐蚀性和强度, 碳钢在经济性上具有优势, 但在高硫或高湿环境中, 容易腐蚀, 导致杂质渗入气体中, 影响气质; 不锈钢则提供更好的耐腐蚀性, 适用于更苛刻的条件, 能够更好地保持气体的纯度。管道的结构设计, 如直径、壁厚和焊接工艺, 会影响气体的流动性和压力损失, 较大的管道直径能降低流动阻力, 提高输送效率, 减少气体在流动过程中的成分波动; 焊接质量和接头处理也是关键, 劣质焊接可能导致泄漏或腐蚀, 影响气体的安全性和气质。此外, 管道内壁的光滑度影响气体流动的阻力, 光滑

表 1 管输商品天然气气质主要影响因素

影响因素	主要参数	影响	范围
热值	热值 (MJ/m ³)	热值过低影响下游用户使用效果, 过高可能不符合标准气质要求。	>31.4MJ/m ³
二氧化碳含量	CO ₂ 体积分数 (%)	高 CO ₂ 含量会影响燃烧效率并增加排放, 造成环境问题。	≤ 4%
硫化物	总硫含量 (mg/m ³)	硫化物会导致管道腐蚀, 增加运行维护难度。	≤ 100mg/m ³
	硫化氢 (ppm)	高杂质含量会腐蚀管道, 增加处理成本。	硫化氢 ≤ 20mg/m ³

的内壁能减少摩擦, 降低压降, 保持气体的热值和纯度, 粗糙的内壁容易积聚杂质, 导致气体成分变化。

1.4 输送速度与流量

输送速度是指天然气在管道中的流动速率, 适当的输送速度能够保持气体的均匀性和稳定性, 过高的流速可能导致管道中的气体混合不均, 增加管道的摩擦损失, 导致气质波动, 压力下降, 影响整体输送效率和输气量。合理的流量控制能够确保气体的稳定供应, 减少因流速的波动导致的气质不稳定, 有效提升输气计量的精确和生产调度的优化。通过实时监测管道内的、压力、温度和流量变化, 并进行调整, 保其管输天然气的输送速度始终在最佳范围内, 确保输送速度和流量不会对气质质量产生负面影响。

1.5 操作管理

有效的操作管理是保障管输商品天然气气质的重要环节, 管道的定期维护和检修直接关系到气质的稳定性。定期的管道清洗、检查和更换老化部件可以有效减少腐蚀和泄漏的风险, 保持天然气的气质稳定; 建立完善的记录系统, 详细记录维护和检修的情况, 有助于跟踪管道运行情况, 发现潜在问题; 对操作人员进行系统培训, 可以提高其气质监测和管理的意识, 减少人为失误; 同时, 针对可能发生的泄漏、压力异常、气质异常等情况, 制定相应的应急预案, 确保在发生突发事件时能够迅速响应, 降低出现气质质量异常波动的风险, 详见表 1。

2 管输商品天然气管控措施

2.1 加强气质组分监测

加强气质组分监测是确保管输商品天然气气质的关键措施, 天然气的国家标准中, 主要对高位发热量、总硫含量、硫化氢含量、二氧化碳摩尔分数等指标做出了明确要求, 通过周期性的取样检测, 分析天然气中化学成分的变化情况, 结合实际输送情况及市场需求动态调整监测频率, 建立严格的质量标准, 确保

天然气在不同用途下符合国家和行业规定的标准。此外, 通过引入在线监测技术, 实现实时数据传输和异常警报, 一旦发现气质波动, 系统可以及时发出警报, 并记录相关数据, 以便进行分析和处理, 这些措施能够有效防范因气质不合格而导致的安全隐患和经济损失。

2.2 优化管道设计与材料选择

科学的管道设计需要依据实际输送条件和气体特性进行规划, 合理选择管道直径, 以确保气体流动顺畅, 避免流动阻力和压降的增加, 减少不必要的弯曲和连接部件, 显著降低流动损失, 确保气体在管道中的顺畅输送。

管道材料应具备良好的耐腐蚀性, 以防止天然气中的杂质(如硫化氢和水分)对管道造成腐蚀, 常用的材料包括聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)及涂层钢管等, 钢管是主要选择, 但对于含有腐蚀性成分的天然气, 可以考虑使用聚乙烯或复合材料, 这些材料具有优良的耐腐蚀性, 能够延长管道的使用寿命并降低维护成本, 材料需满足管道承受内外压力和外部冲击的要求, 建议使用符合国家标准的钢材, 并注重材料的机械性能。

设置埋设深度、隔离带等必要的防护措施, 以抵御外部环境因素(如土壤腐蚀和机械损伤)的影响, 在管道系统中设计安装监测装置, 实时监测气体流动状态和管道的压力、温度, 以便及时发现和处理异常情况。管道的焊接和连接工艺需符合相关标准, 确保连接处的密封性和强度, 以防止泄漏。管道的防腐处理同样重要, 涂层和阴极保护等措施可以有效减少腐蚀风险, 定期检查管道防腐层的完整性是必要的, 优化管道设计和材料选择不仅提高了管道的安全性, 也保障了天然气气质的稳定性。

2.3 强化温度与压力管理

天然气国标中没有明确规定温度和压力的数值范

围,但在天然气的生产、储存和输送过程中,保持适宜的温度和压力至关重要,温度的变化会直接影响气体的密度和流动性。建立实时监测系统,对管道内的温度和压力进行动态监控,确保它们始终保持在安全范围内,并在发现异常时能够迅速采取措施。过快的流速可能导致气体混合不均,从而影响气质,因此合理的输送速度控制至关重要,根据实际需求设置合理的流量速度,确保气体在管道中流动时能够保持均匀。通过综合管理温度和压力,有效减少气质波动,提高天然气输送的安全性和经济性。

2.4 完善流量控制与管理

选择高精度的流量计,并定期进行校准,以保证流量测量的准确性和可靠性,流量计应具备快速响应能力,以便及时反映气体流动的变化;通过智能化管理系统,分析数据并实时监测管道内的流量变化,确保气体的均匀供应。在管道系统中设置流量调节阀等设备设施,根据需要灵活调整流速和流量,确保气质稳定,降低气质波动,提高整体运行效率。

2.5 加强操作管理与培训

对天然气输送操作人员进行培训是保障管输商品天然气气质稳定的关键因素,需制定明确的操作规程和安全标准,确保所有操作人员在日常工作中遵循统一的规范,降低人为失误的可能性。针对不同岗位的员工,提供针对性的培训,尤其是在气质监测和应急处理方面,提高其专业素养和操作能力。

同时,定期进行安全演练和操作流程培训,让员工熟悉各类突发情况的处理流程,增强其应变能力;并且建立完善的反馈机制,确保操作人员能够及时报告在管道运行中发现的问题,便于相关部门进行分析和处理。

2.6 引入智能化与信息化管理

建立数字化监控系统,通过物联网技术实现对管道输送过程的全面监控,确保各项数据实时传输与分析,集中管理气质监测、流量控制、温度压力等多方面的信息,提高管理效率;应用大数据分析技术,对历史监测数据进行深入分析,为管理决策提供科学依据;构建智能化管理平台,将各类监测系统集成,实现信息共享和协同管理,及时响应气质异常问题,提升整体管理水平,为气质的稳定提供保障^[7]。

2.7 强化应急响应与危机管理

制定详细的应急预案,针对可能发生的泄漏、压力异常、硫化氢超标等突发事件,明确处理流程、责

任分工和资源调配方案,定期组织应急演练,提高全体员工的应急反应能力和实战经验,以便在突发事件中能够迅速有效地采取行动。配备监测设备和泄漏检测系统,实时监控管道的安全状态,一旦发现异常,系统能够迅速报警并记录数据,以便后续分析和处理,有效降低风险,保障天然气输送的安全性和稳定性。

3 结语

管输商品天然气的气质受到多重因素的影响,包括气质成分的组成、温度与压力的变化、管道材料与结构的设计、流量控制的精细化等,为确保天然气的安全性和稳定性,需要采取有效的管控措施,例如强化气质监测、优化管道设计与材料选择、提升流量控制能力、加强操作人员的培训与管理,以及完善应急响应机制。通过全面的管理和技术创新,天然气将在全球能源转型与环境保护中发挥更加重要的作用,推动经济和社会的协调发展。

参考文献:

- [1] 刘汗青,尹荣林,李秀林,等.国际管输天然气质量要求现状分析[J].标准科学,2022,(02):67-72.
- [2] 汤楚宁.天然气管道运输行业改革发展研究[J].企业改革与管理,2020,(17):222-224.
- [3] 岑康,刘丹.天然气管输系统输气潜力分析及精细化管理研究[J].科技促进发展,2020,16(06):721-727.
- [4] 康慧.天然气合理利用问题探讨[J].中国能源,2020,42(02):15-20.
- [5] 陈赓良,罗勤.对修订商品天然气国家标准的认识与建议[J].石油工业技术监督,2005,(11):27-29.
- [6] 陈赓良,李劲.管输天然气的质量指标及其标准化[J].石油工业技术监督,2005,(05):17-19.
- [7] 周淑慧,高峰.国际天然气输送和贸易中气质标准调研[J].油气田地面工程,2002,(05):41-42.
- [8] 刘武,纪国文,季寿宏,等.多气源混输条件下天然气互换性问题分析——以浙江省天然气管网系统为例[J].石油与天然气化工,2014(4):4.
- [9] 党晓峰,卢坤,张剑波,等.天然气净化损耗及控制措施分析[C]//低碳经济促进石化产业科技创新与发展——第六届宁夏青年科学家论坛,2024-12-12.

作者简介:

杨雷(1985-)男,汉族,陕西西安人,本科,工程师,研究方向:天然气质量管理。

王甜(1997-)女,汉族,籍贯:陕西,硕士,助理工程师,研究方向:天然气计量。