

苏里格气田天然气集输管线运行风险分析

陈汝斌 惠宝平 周灵宝 姚 兴 朱 珠

(中国石油天然气集团有限公司长庆油田分公司第三采气厂, 内蒙古 鄂尔多斯 017300)

摘要: 我国在天然气管道安全管理方面采取了多项改进措施, 在一定程度上提升了天然气运输的效率和安全性。本文从苏里格气田天然气集输流程和工艺模式入手, 对苏里格气田天然气集输工艺风险进行分析, 提出了天然气长输管道运行风险控制措施, 包括加强天然气长输管道防腐蚀处理、加强地质灾害风险主动防控、加强高后果区管理工作、加强第三方施工管理、政府部门积极领导避免管道敷设占压、积极开展管线宣传工作、加强无人机管理与管线巡查制度建设等, 以确保天然气的安全供应和使用。

关键词: 苏里格; 天然气; 集输

苏里格气田坐落于毛乌素沙漠的核心地带, 其天然气储层覆盖面积达到 4 万平方公里, 总资源量达到了惊人的 3.8 万亿立方米。到 2023 年为止, 苏里格气田已经成功建设并投入使用超过 20 条集输管道, 总长度超过 1400 公里, 这些管道大多需要穿越沙漠、湿地、草原等复杂多变的地理环境, 加上沿线的地形复杂多变, 使得这些管道系统在运行过程中非常容易受到恶劣自然环境和第三方破坏的影响, 导致管道损坏甚至完全无法使用的事故。因此, 对现有的集输工艺流程和模式加强系统运行风险的研究, 以确保管道系统的安全稳定运行, 变得尤为迫切和重要。

1 苏里格气田天然气集输流程和工艺模式

1.1 苏里格气田天然气集输工程工艺流程

苏里格气田在天然气集输方面实施了成本效益和操作简便性优先的策略, 尽管注醇操作导致运营成本上升, 为了最小化天然气的浪费, 整个输送系统设计为密封状态, 该系统利用地下天然气自身的压力, 并适当补充外部压力, 以增加输送范围并减少在输送过程中的增压环节, 从而降低了能源消耗。在工艺设计上, 苏里格气田采用了与当地实际条件相符的简化和高效技术, 以及精选的设备, 提升整个流程的效率。鉴于苏里格气田特有的地理和天然气特性, 选择了高压集输等适宜的技术, 随着该区域的社会经济进步, 外部破坏成为一个关键风险点, 这要求制定严格的规范来防范。

1.2 苏里格气田天然气集输工程工艺模式

转换管网接口加热技术是一种常见的方法, 尤其是在老油气田中应用广泛, 这种技术主要在井场对产出的天然气进行加热处理, 可以降低天然气的粘度,

提高其流动性, 从而便于后续的集输和处理。对于那些产量大、调气功能完善的集输管网系统, 加热处理可以有效地提升整个集输流程的效率, 对于压力较高的气井, 加热处理可能需要分阶段进行, 第一次加热旨在降低天然气的初始压力, 使其适应中转站或集气站的处理能力, 第二次加热则是在天然气进入主输管网之前, 进一步降低其温度和压力, 确保其能够安全、高效地输送到最终目的地。在我国西部地区, 如靖边气田和新疆气田, 井口注醇高压集输工艺已被广泛采用, 该技术在苏里格气田同样适用, 其核心在于井口不进行加热处理, 而是利用集气站配备的注醇泵和管线, 将醇类物质注入天然气中, 以防止水合物的形成, 避免管道堵塞, 苏里格气田采用此技术时, 天然气经注醇处理后直接送往集气站, 进行集中处理和分配, 该工艺流程简洁, 管理方便, 设备和维护成本较低, 然而由于注醇过程的持续性, 导致工艺运行成本相对较高。

2 苏里格气田天然气集输工艺风险分析

2.1 第三方破坏

苏里格地区的经济蓬勃发展和人口增长带动了区域基础设施的扩建, 尤其是民用设施, 这种发展带来了陆上交通路线与新建天然气管道网络间的复杂交织, 增加了施工交叉点的数量, 在此背景下, 苏里格气田的管道标识和警示系统面临着双重挑战: 自然因素的磨损和人为因素的破坏, 现场管道管理人员在监管上的不足, 以及管道沿线社区对管道安全维护意识的缺乏, 进一步加剧了风险, 这些因素共同作用, 显著提升了第三方活动对集输管道造成潜在损害的可能性。

2.2 自然灾害破坏

苏里格气田坐落于中国毛乌素沙漠的心脏地带，该地区的地形以平坦和松散的沙质土壤为主，这里春季和冬季的风季持续时间较长，而夏季则相对短暂，降水主要集中在7月至9月，季风期间，风沙活动频繁，可能对管道造成磨损，而且，苏里格气田的天然气集输工艺采用湿气输送方式，在冬季，由于风沙活动加剧，加上夜间极端低温，风沙侵袭可能导致管道表面积聚沙尘，会增加管道冻结和水合物形成的风险，从而堵塞管道，严重影响管道的稳定运行。

2.3 员工误操作

在苏里格气田的骨架集输工艺作业中，工作人员承担着多项关键职责，包括注醇泵的启动与停止、清管作业的收发球、地下中间阀室的有限空间作业、紧急截断阀和电动球阀的维护，以及监督管道交叉施工等活动。尽管工作任务明确划分，但由于操作过程涉及多个环节和复杂步骤，工作人员可能因误操作而引发管网运行失效的风险，例如在寒冷的冬季，气温骤降会对天然气集输系统造成特殊挑战，低温条件可能导致天然气中的水分凝结，形成积液，进而影响集输管道的正常运行，如果现场工作人员未能准确判断天气和气体条件，并及时采取有效措施，管道就有可能发生堵塞或因压力激增而超压，不规范的启停泵操作会损坏设备，将因化学品泄漏而造成人员中毒。在处理压力问题时，如果解压阀门的操作不恰当，可能导致放空火炬被熄灭，会引起大量气体泄漏，威胁到环境，还可能引发火灾或爆炸。另外，在天然气集输系统中，清管作业是维护管道畅通的重要环节，这一过程存在特定的风险，如果员工在收发球作业时未能严格遵守既定的标准程序，将可能导致个人安全受到威胁，还可能引起设备损坏，清管器的异常工作或未能按预期运行，也会造成管道内部压力急剧上升，这种压力的异常增加可能会导致管道破裂，甚至引发爆炸事故。

3 天然气长输管道运行风险控制措施

3.1 加强天然气长输管道防腐蚀处理

为了保护输气管道免受腐蚀，需要采取内外结合的防腐措施，内部防腐涉及应用适宜的涂层材料以形成保护层，减少了天然气在管道内的流通阻力，还预防了因高速流动导致的发热问题。强化防腐管理，包括精确控制涂层材料的选择和喷涂工艺，以及确保涂层操作由经验丰富的技术人员执行，可以防止涂层不

均匀或缺失，提升喷涂技术也是关键，它能有效隔绝天然气对金属管道内壁的化学侵蚀，并阻止杂质侵入，管道的外部防腐工作同样关键，它涉及在管道外部施加适宜的涂层材料，来抵抗外部环境的侵蚀作用，除了涂层保护，采取阴极保护等额外的防腐措施能够进一步增强管道对抗腐蚀的能力，管道外部增设绝缘保护层，能直接保护管道本身，还能维护外部涂层的完整性，实现双重防护效果，从而全面提升输气管道的整体防腐性能。

3.2 加强地质灾害风险主动防控

为确保长输管道的安全运行，必须采取有效的水工保护措施和地质灾害预防策略，在水工保护方面，关键措施包括在管道周围建设截水保护墙等结构，以抵御自然灾害的侵蚀，在穿越高山、丛林等复杂地貌时，建立承重墙和坚硬护面是不可或缺的，管道经过水域，如水库时，应采取防水措施，以防止水流侵蚀管道或导致泄漏风险，对于无法避开的地区，应进行详细的地质分析和监测，一旦发现滑坡或崩塌迹象，立即采取行动，对于易发生地质灾害的区域，加强监测和预警，及时记录和报告任何异常情况，确保管道的安全运行，以有效地保护长输管道免受自然灾害的影响，确保天然气的安全运输和供应。

3.3 加强高后果区管理工作

由于天然气具有易燃易爆的特性，长输管道一旦发生泄漏或爆炸，可能会对周边的人员、环境、财产以及公共安全造成严重的影响，特别是在人口密集或环境敏感的高后果区，这种风险尤为突出。为了有效控制高后果区的运行风险，需要建立健全的风险管理体系，包括对管道沿线进行详细的风险识别与评估，特别是针对高后果区，要全面考虑地质条件、人口密度、环境敏感性等因素，对可能出现的风险进行科学的分析和预测，在此基础上，制定出切实可行的风险控制措施，如实施管道完整性管理计划，定期对管道进行检测、维护和修复，确保管道系统的完整性，防止因管道老化或腐蚀等原因导致的泄漏事故。利用安装先进的泄漏检测系统等现代技术手段，可以实现对管道运行状态的实时监控，及时发现并处理泄漏，减少事故发生的可能性，制定并不断完善应急预案，确保一旦发生事故，能够迅速有效地进行响应，最大限度地减少事故造成的损失，在公众教育和意识提升方面，加强对管道沿线社区和公众的安全宣传和教

紧急情况下做出正确的反应。

3.4 加强第三方施工管理

在天然气长输管道的安全管理中，第三方通常指的是非管道运营商的其他组织或个人，第三方可能在管道附近进行建设或其他活动，这些活动可能对管道的安全运行构成风险，政府部门和相关监管机构应加强对第三方活动的监管，以确保管道系统的完整性不受影响，第三方可以通过持续的监控和巡查，及时发现管道附近可能影响安全的第三方活动，一旦发现潜在的第三方活动，应立即与施工方取得联系，传达管道安全信息并讨论施工计划，在施工开始前，管道运营商应介入，提供必要的安全指导和监督，确保施工活动符合安全标准，建立一套管理体系，包括风险评估、安全规划和应急预案，以应对第三方施工可能带来的风险。

3.5 对人为因素造成管线破坏的行为进行监督

第一，生产单位需要加强对管线周边的村庄及村民进行天然气管道保护法律文件的宣传，同时设置奖励机制，对于管线周边动土作业的报告电话，一经核实就给予奖励。在接到居民报告电话之后，生产单位要第一时间按派遣人员对动土区域进行管线探测，设置警戒线的同时派人对动土现场进行监护。

第二，生产单位应加强对产建施工、油维技改、公路和铁路施工队伍的监督和管理，要实施掌握辖区的建设情况，并与施工队伍保持沟通，以对施工单位的施工作业进行有效监控。

第三，生产单位要对巡线承包商的是否履行自己的职责任务进行监督管理，巡线人员要严格按照巡线合同开始巡视工作。

第四，当前在苏里格气田未发现在管线上打孔盗取天然气的违法行为，但不可放松警惕，要加大对周边居民进行管线保护法的宣传工作，预防违法违规现象的发生。

第五，当管线在受到人为破坏之后的情况一般较为严重，造成的天然气泄露会很大，生产单位通过数字化监控平台对管线进行监控，可实时监控管线是否降压，通过监控可及时发现集输管线的压力变化，并采取抢险措施以使损失降到最低。

3.6 积极开展管线宣传工作

尽管天然气在各行各业及日常生活中得到了广泛应用，公众对天然气长输管道的保护意识却相对薄弱，这种状况对管道安全构成了潜在威胁，加强管道保护的宣传教育工作是重中之重。为了提升公众对天然气

长输管道保护的意识，政府可以采取一系列教育和宣传活动，在社区层面，组织讲座和研讨会，向居民普及天然气管道的分布、运行原理及其在现代社会中的重要性，通过在小区广告栏张贴宣传海报，提醒居民注意管道的安全事项，并鼓励居民参与到保护工作中，将宣传活动扩展到教育机构，如学校、企事业单位和医疗机构，通过征文、手抄报、知识竞赛等互动形式，将管道保护的知识与趣味性相结合，以提高年轻群体和工作人员的参与度和接受度，不仅能够传播管道保护的基本知识，还能激发公众对这一主题的兴趣。

3.7 加强无人机管理与管线巡查制度建设

为确保天然气长输管道的保护工作得到有效实施，需要完善《管道保护法》等相关的法律法规，为管道管理提供了法律依据，也确保在出现违法行为时有法可依，对违法行为进行严惩，还应不断优化巡查制度，实行三级巡护原则，日常巡查是保障管道安全的基础，每日应安排专业人士对管道经过地区进行巡查，这包括检查管道本体、附属设施以及周边环境，确保及时发现并处理潜在的安全隐患，周巡重点地区是针对高风险区域的强化监控措施，在地质灾害多发地区和城市建设施工区域等关键地带，除了日常巡查外，还应进行每周至少一次的周巡，有助于及时发现并应对因地质灾害或施工活动对管道造成的威胁，月巡领导责任则是强调领导人对管道运输安全的重视，以增强责任心，并确保对管道运行状态有全面的了解，还应加强无人机的应用，利用无人机巡查系统进行管道保护。

4 总结

在确保天然气生产和输送的安全稳定性方面，集输工艺方案扮演着至关重要的角色，对苏里格气田而言，加强天然气集输工艺的研究，提高工艺的质量和效率，具有重要的战略意义和显著的经济价值，尽管苏里格气田的天然气质量较高，但这并不意味着可以对集输管道的安全运行有所懈怠，相反，必须对可能影响管道安全的各种因素保持高度警觉，包括周边环境、自然灾害和人为操作等因素。因此，必须采取预防措施，做到防微杜渐，未雨绸缪，以最大限度地减少事故风险，保障天然气集输系统的长期稳定和安全。

参考文献：

- [1] 何颖. 天然气集输管线安全现状与风险分析 [J]. 当代化工研究, 2022(018).
- [2] 程洁雨. 天然气输气管道安全运行风险因素分析及管理措施 [J]. 石油石化物资采购, 2023(20).