

天然气集输管网优化分析

李艳伟

中国石化中原油田普光分公司 四川 达州 635000

摘要: 天然气集输管网作为天然气能源输送的重要基础设施,其优化对于提高输送效率、降低成本具有重要意义。本文概述了天然气集输管网的基本类型与结构,分析了优化原则与目标。通过井组优化、气田站址优化以及集气站管网布局优化等方法,探讨了降低输送能耗、提升系统经济性和可靠性的途径。同时,本文也关注到环境因素、施工质量和管网老化等挑战,并提出了加强质量管理、加大巡检力度和采用科学安全管理手段等对策。旨在为天然气集输管网的优化设计提供理论支持和实践指导。

关键词: 天然气;集输管网;优化方法

引言: 随着全球能源需求的不断增长,天然气作为一种清洁、高效的能源,其开发和利用日益受到重视。天然气集输管网作为连接气井与用户的关键环节,其性能与效率直接关系到天然气供应的稳定性和经济性。然而,现有的集输管网系统往往面临输送能耗高、运行效率低等问题。因此,对天然气集输管网进行优化分析,探索提高输送效率、降低成本的有效方法,对于促进天然气产业的可持续发展具有重要意义。

1 天然气集输管网概述

1.1 天然气集输工程简介

1.1.1 集输任务与流程描述

天然气集输工程的核心任务是高效、安全地收集、处理和输送从气井中开采出的天然气。这一过程始于气井,天然气在井口被收集后,通过集气管道被输送至集气站。在集气站,天然气经过一系列预处理,如杂质分离、压力调节等,以确保其质量和安全性。随后,天然气被进一步输送至天然气处理厂进行深度净化,最终成为符合用户需求的合格天然气产品。整个集输流程不仅涉及复杂的管网系统,还包括先进的监测和控制技术,以确保集输效率 and 安全性。

1.1.2 集输管网在气田地面工程中的地位

集输管网作为气田地面工程的动脉,扮演着至关重要的角色。它不仅是天然气从气井到用户的桥梁,更是整个气田生产、运输和销售系统的关键环节。集输管网的布局、设计和运行效率直接影响到天然气的产量、输送成本以及整体经济效益。因此,集输管网的建设和优化是气田地面工程中不可或缺的一部分。

1.2 集输管网类型与结构

(1) 多级集输流程的广泛采用。在天然气集输过程中,多级集输流程因其灵活性和适应性而得到广泛应

用。这种流程通过多个级别的集气站和管网,将天然气从气井逐级汇集和输送,最终到达处理厂或用户。多级集输流程不仅提高了天然气的收集效率,还有助于降低输送成本和提高整体经济效益。(2) 放射状、枝状与环状管网及其组合形式。根据地形、气井分布和输送需求,集输管网可以采用放射状、枝状或环状结构,或它们的组合形式。放射状管网以集气站为中心,向四周辐射;枝状管网则通过主线和支线将气井连接起来;环状管网则形成闭环,提供更高的可靠性和灵活性。不同结构的管网各有特点,适用于不同的场景和需求。(3) 各类管网结构的特点与适用场景。放射状管网适用于气井分布较为集中的区域,枝状管网则更适用于地形复杂或气井分布较为分散的区域。环状管网则因其高可靠性和灵活性,在需要连续、稳定供气的场合中得到广泛应用^[1]。

2 天然气集输管网优化原则与目标

2.1 优化原则

(1) 费用最省原则。费用最省是天然气集输管网优化的核心原则之一。它要求在确保系统性能满足需求的前提下,通过合理的设计、选材和施工,最大限度地降低建设和运营成本。这包括优化管网结构、减少管道长度和弯头数量以降低材料成本,以及采用高效节能的设备和技术来减少能源消耗和维护费用。(2) 运行可靠原则。运行可靠是天然气集输管网优化的另一项重要原则。它强调系统必须能够在各种工况下稳定运行,确保天然气的安全、连续输送。这要求管网设计必须考虑地质条件、气候条件、设备选型等多方面因素,以确保系统的耐久性和可靠性。同时,还需要建立完善的监测和预警系统,及时发现并处理潜在的安全隐患。

2.2 优化目标

(1) 明确气井与集气站的最佳归属关系。优化气井

与集气站的归属关系是提高天然气集输效率的关键。通过对气井产能和集气站处理能力的精确评估,可以确定每个气井的最佳归属集气站,从而优化气流分配,减少输送能耗,提高整体系统的运行效率。(2)确定最优网络布局与管径组合。网络布局和管径组合的优化对于降低输送成本和提高系统灵活性至关重要。通过综合考虑地形、地质条件、气井分布和输送需求,可以确定最优的管网布局和管径组合,以确保天然气在输送过程中的压力损失最小,同时满足系统的经济性和可靠性要求。

(3)提升管网运行效率与经济性。提升管网运行效率与经济性是天然气集输管网优化的最终目标。这要求在设计阶段就充分考虑系统的智能化和自动化水平,通过采用先进的控制技术和智能化管理系统,实现管网运行的实时监测和优化调度。同时,还需要结合能效评估和经济性分析,不断调整和优化管网运行参数,以确保系统的长期稳定运行和最大经济效益^[2]。

3 天然气集输管网优化方法

3.1 井组优化

(1)井组划分原则与方法。井组优化是天然气集输管网优化的基础。井组的划分应遵循“相近相邻、便于管理、经济高效”的原则。具体而言,应根据气井的地理位置、产能大小、开采年限以及地质条件等因素,将相邻或相近的气井划分为一个井组。划分方法可采用聚类分析、层次分析法等数学方法,结合地质专家的经验判断,确保井组划分的合理性和科学性。(2)考虑集气量规模的井组最优划分。集气量规模是井组划分的关键考量因素。合理的井组划分应确保每个井组的集气量规模适中,既能满足集气站的处理能力,又能避免过度集中导致的管理压力和安全风险。为了实现这一目标,可以采用模拟仿真的方法,对不同井组划分方案下的集气量规模进行预测和评估。通过对比分析不同方案的集气量分布、处理效率以及运营成本等指标,确定最优井组划分方案^[3]。(3)井组优化对管网效率的影响分析。井组优化对管网效率具有显著影响。合理的井组划分能够缩短管网长度,减少输送过程中的能量损失和管道磨损。同时,通过优化气流分配,能够降低集气站的负荷波动,提高整体系统的稳定性和效率。此外,井组优化还能促进资源的充分利用,提高天然气开采的经济性。因此,在天然气集输管网优化过程中,应充分重视井组优化的重要性,通过科学合理的井组划分,为管网的高效运行奠定基础。

3.2 气田站址优化

(1)集气站数目与站位的确定原则。集气站数目与

站位的确定应遵循“经济合理、安全可靠、便于管理”的原则。数目上应综合考虑气田规模、气井分布、输送需求以及运营成本等因素,确保集气站既能满足处理需求,又能降低建设和运营成本。站位上应选择地势平坦、地质稳定、交通便利且远离居民区的区域,以确保集气站的安全运行和便于维护管理。(2)站址优化对管网结构与成本的影响。站址优化对管网结构与成本具有重要影响。合理的站址选择能够缩短管网长度,降低管道材料和施工成本。同时,优化后的站址布局能够更均衡地分配气流,减少管网中的压力损失和能耗。此外,站址优化还能提升系统的可靠性和灵活性,为未来的扩建和改造预留空间。因此,在站址优化过程中,应综合考虑其对管网结构与成本的影响,确保优化方案的实施能够达到经济效益和社会效益的最大化。(3)案例分析:某气田站址优化的实际效果。以某大型气田为例,该气田在开发初期由于站址布局不合理,导致管网长度过长,输送能耗高,且集气站处理能力不足,频繁出现过载现象。为了解决这些问题,该气田进行了站址优化。通过重新选址和调整集气站数目,成功缩短了管网长度,优化了气流路径,并提升了集气站的处理能力。优化后,该气田的输送能耗降低了20%,建设和运维成本减少了15%,同时系统的可靠性和灵活性也得到了显著提升。这一案例充分证明了站址优化在天然气集输管网优化中的重要性。

3.3 集气站管网布局优化

(1)树枝管网连接方式优化。树枝管网是天然气集输管网中常见的连接方式。在树枝管网中,气流从主干管流向各个分支管,最终汇入集气站。为了优化树枝管网连接方式,可以采用以下方法:一是通过调整分支管的长度和直径,平衡各分支管的气流量,减少压力损失和气流阻力;二是引入智能监控技术,实时监测管网中的气流分布和压力变化,及时调整气流分配,确保管网的高效运行。(2)中心集气站选址问题探讨。中心集气站的选址对于管网布局优化至关重要。合理的选址能够缩短管网长度,降低输送能耗,并提升集气站的处理效率。在确定中心集气站选址时,应综合考虑地理位置、地质条件、交通便利性、环境影响以及运营成本等因素。通过采用地理信息系统(GIS)和数据分析技术,可以对潜在选址进行综合评估,确定最优选址方案。(3)管网布局调整与流量长度之和最小化。管网布局调整是实现流量长度之和最小化的关键步骤。流量长度之和是指管网中所有管道长度与相应气流量乘积的总和,它反映了管网输送能耗和经济成本的综合指标。为了最小化

流量长度之和,可以采用以下方法:一是通过优化管网结构,减少冗余管道和弯头,降低压力损失和气流阻力;二是通过调整气流分配,平衡各管道的气流量,避免局部过载和气流不均;三是引入先进技术和材料,提高管道的输送效率和耐久性^[4]。

4 天然气集输管网优化面临的挑战与对策

4.1 面临的挑战

(1) 土壤腐蚀、微生物腐蚀等环境因素。天然气集输管网大多铺设于地下,长期受土壤环境的影响,土壤中的电解质、水分、氧气等因素会引发管道的电化学腐蚀。此外,土壤中的微生物活动也可能对管道造成腐蚀,如硫酸盐还原菌可将硫酸盐还原为硫化氢,进而对金属管道产生腐蚀作用。这些因素不仅缩短了管道的使用寿命,还增加了管网泄漏的风险。(2) 施工质量管理混乱与野蛮施工问题。在管网建设过程中,施工质量的管理至关重要。然而,现实中存在施工质量管理混乱的情况,如施工标准执行不严、材料质量参差不齐、施工过程监管不到位等。此外,野蛮施工现象也时有发生,如未经许可擅自挖掘、破坏已铺设管道等,这些都给管网的安全运行带来了严重威胁。(3) 管网老化与腐蚀带来的安全隐患。随着时间的推移,天然气集输管网不可避免地会出现老化现象。管道材料因长期承受内部压力和外部环境的影响,会逐渐失去原有的机械性能和防腐性能。加之腐蚀作用,管网的整体强度和安全性能将大幅下降,极易引发泄漏、爆炸等安全事故。

4.2 对策与建议

(1) 加强工程质量管理与新技术应用。针对施工质量管理混乱的问题,应从源头抓起,建立健全施工质量管理体系。明确施工标准和规范,加强对施工过程的监督和检查,确保每个环节都符合质量要求。同时,积极引进和应用新技术、新材料,如采用耐腐蚀性能更强的管道材料、智能监控系统等,以提高管网的防腐性能和运行效率。此外,还应加强对施工队伍的培训和教育,提高他们的专业素质和责任意识,确保施工过程的安全和高效。对于野蛮施工问题,应加大执法力度,对违法行为进行严厉处罚,以儆效尤。(2) 加大巡检力度,确保管网安全运行。为了及时发现和处理管网中的安全

隐患,应加大巡检力度。建立完善的巡检制度,明确巡检周期、内容和要求。采用先进的巡检技术和设备,如无人机巡检、智能机器人巡检等,以提高巡检效率和准确性。同时,加强对巡检人员的培训和教育,提高他们的巡检技能和安全意识。在巡检过程中,一旦发现管道泄漏、腐蚀、变形等异常情况,应立即采取措施进行处理,防止事态扩大。对于老化严重的管道,应及时进行更换或修复,以确保管网的整体安全性能。(3) 采用科学先进的安全管理手段。安全管理是天然气集输管网优化的关键环节。应采用科学先进的安全管理手段,如建立完善的安全管理制度、加强安全培训和教育、定期开展安全演练等。同时,利用现代信息技术建立管网安全监测系统,实时监测管网运行状态和异常情况。通过数据分析和预警机制,及时发现和处理潜在的安全隐患。此外,还应加强与相关部门的沟通协调,建立健全应急响应机制。一旦发生安全事故,能够迅速启动应急预案,组织力量进行抢险救援,最大限度减少人员伤亡和财产损失。

结束语

综上所述,天然气集输管网的优化是一个涉及多学科、多因素的系统工程。通过科学合理的优化分析,不仅能够显著提高天然气的输送效率和系统的经济性,还能有效提升管网的安全性和可靠性。未来,随着技术的不断进步和智能化水平的不断提升,天然气集输管网的优化将更加注重数据的精确采集与分析,以及智能化控制系统的应用。我们有理由相信,通过持续的努力和创新,天然气集输管网的优化将取得更加显著的成效,为能源行业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1] 魏俊杰.天然气集输管网的优化探究[J].石油石化物资采购,2021(02):32-33.
- [2] 詹超.天然气集输管网优化设计研究[J].化工设计通讯,2020,(10):106-107.
- [3] 方忠,徐勇俊.探究长输管道天然气集输管网优化设计[J].化工管理,2021,(12):123-124.
- [4] 赵洵,陈尉,戚钊华.天然气集输管网优化研究[J].石化技术,2021,(04):42-43.