

天然气集输管网中气体传输效率提升方法研究

马斌科

陕西博天节能环保科技有限公司 陕西西安 710000

摘要: 天然气作为一种重要的清洁能源,已成为全球能源结构中不可或缺的一部分。随着经济的发展和能源需求的增加,天然气在全球能源消费中的比重逐年上升。在天然气的生产、加工和利用过程中,集输管网起着至关重要的作用。集输管网是连接气田、处理厂和用户的关键基础设施,负责将天然气从生产地运输到消费地。其传输效率直接影响着天然气的供应可靠性、运输成本以及环境影响。本研究旨在探索提升天然气集输管网传输效率的方法,分析影响传输效率的关键因素,并提出相应的技术和管理对策,希望对相关从业人员提供参考。

关键词: 天然气;集输管网;气体传输;效率提升

引言

随着全球能源结构的转型和绿色低碳理念的推广,天然气作为一种低碳、清洁的能源,其重要性愈加突出。在我国,天然气的消费逐年增长,特别是在工业、民用和交通等领域,天然气需求持续上升。根据《中华人民共和国能源发展战略行动计划(2014-2020年)》和《“十四五”能源发展规划》,我国将加大天然气的开发和利用力度,计划到2030年,天然气在能源结构中的占比将达到15%以上。

一、天然气集输管网传输效率影响因素分析

1. 天然气集输管网的基本构成与工作原理

天然气集输管网是将天然气从气田、处理厂通过管道输送至终端用户(如工业用户、城市燃气公司等)的重要基础设施。它的基本组成由管道、压气站、分输站、调压站和监控系统组成。管道在集输系统中处于核心地位,一般采用钢材制作,其内部平整,降低了气体流动的阻力,根据输送压力、天然气输量等因素将管道划分为不同的规格、级别。压气站担负着长距离输送时保持气体压力并保证其克服管道摩擦阻力平稳流向目的地的任务。调压站的主要职责是根据用户的具体需求以及管道网络的当前状态,来调整天然气的流速和压力,以确保天然气供应的稳定和安全。监控系统对管道运行情况进行实时监控,主要包括气流速度,压力和温度等重要参数,以保证系统的安全和高效运行。天然气在管道内流动过程中,由于摩擦力及流动阻力等作用,其压力会逐渐下降,所以需要有规律地对天然气进行加压,以确保其能够连续平稳地运输。管道内气体以层流或者湍流

方式运动,其流速与管道直径、压力、流量有密切关系,它们决定着传输效率及能量损失大小。天然气集输管网经过合理设计与优化运行后,能够达到高效、经济、安全输送气体的目的。

2. 影响气体传输效率的关键因素

气体传输效率受到多种因素的影响,其中最关键的因素包括管道设计、气体流动特性、压缩机效率和管道的运行状况。管道的直径、材质和布局对气体流动的阻力起着决定性作用。较小的管道直径会增加流动阻力,导致气体输送过程中能量损失增大,影响整体传输效率。管道材质的选择也十分重要,不同材质的摩擦系数不同,高摩擦的材料会加剧气流的能量消耗,降低效率。此外,管道布局的合理性,特别是管道的坡度和弯曲程度,也会对气体流动产生影响,过度的坡度和弯曲会导致额外的阻力,影响气流的平稳性和效率。

气体的流动特性也直接决定了传输效率。气体在管道中通常呈层流或湍流状态,湍流会增加摩擦损失,因此优化管道的内表面光滑度和流速管理,对于提高传输效率具有重要作用。压缩机的性能也是影响效率的关键因素。压缩机不仅需要克服管道的摩擦阻力,还需要保持气体压力的稳定,压缩机的效率高低直接决定了气体输送的能耗和整体效率。管道的腐蚀、泄漏等问题会导致天然气的浪费,同时影响气流的稳定性和安全性,进一步降低传输效率。因此,管道的维护和监控系统的有效性也是确保传输效率的一个重要方面。

二、提升天然气集输管网传输效率的技术路径

1. 管道设计与优化

管道设计与优化对促进天然气集输管网输送效率至

关重要，而这一问题的核心是参数的合理选择与布局规划。管道直径选取直接决定气体流动阻力大小及输送能力大小、直径太小会使摩擦损失增大，直径太大会提高初期建设成本，因此，有必要将流量需求与输送距离相结合，精准计算。管道材料选择对于传输效率来说也是非常重要的，平整耐腐蚀材料能够在提高管道使用寿命的前提下有效降低气流摩擦。对输送距离远的管网而言，其物料强度及抗压能力也需要达到高压输送要求才能避免压力损失及管道变形。

管道布局优化问题涉及地形适应性、流动路径平顺性等设计问题。对于复杂地形而言，需通过适当调整弯曲半径及坡度来降低过多弯头及陡峭坡度所产生的附加阻力。采用流态控制技术可使管道中气体流动形式达到最优，从而避免湍流造成不必要的能量消耗。为了提高运行效率可以在管道内加入特殊涂层以降低管道的表面粗糙度来减少摩擦力。

实际设计时，将数值模拟技术与现场实验验证相结合，能够较为准确的预测气体流动特性及能量损失，从而为管道的优化提供科学依据。通过对管道进行综合设计优化，既可以提高传输效率又可以减少运营成本及对环境的影响。

2. 压缩机与气流调节技术

压缩机与气流调节技术在天然气集输管网中起着至关重要的作用，直接影响着气体输送的效率和稳定性。压缩机负责提高气体的压力，以克服管道的摩擦阻力，确保气体能够长距离稳定传输。压缩机的性能决定了能量消耗和设备的运行效率，因此高效能的压缩机能够在减少能耗的同时提高气体传输能力。现代压缩机采用变频调速技术，可以根据需求实时调整压缩机的运行状态，在保证气流稳定的同时，避免不必要的能量浪费。此外，压缩机组的智能化控制系统能够监测运行状态，优化压缩机的工作负荷，确保系统在最优工作条件下运行，延长设备寿命并减少维护成本。

气流调节技术则侧重于调节管网内的气体流量和压力，以适应不同时间、不同区域的需求变化。通过调压站和流量控制设备，气流调节可以精确控制气体在管道中的流动速度和压力，避免出现过高或过低的压力波动，从而确保管网的运行稳定性。在一些长距离、高压管网中，气流调节技术通过精确的压力控制，优化气体流动的效率，降低能源损耗。此外，结合先进的智能化监控系统，气流调节设备能够实时响应管网状况变化，动态调整气流参数，保障供气系统的高效、安全运行。通过

这些技术手段，天然气集输系统不仅能提高气体传输效率，还能在保证系统安全的前提下减少能耗。

3. 管网运行优化与监控

管网运行优化和监测是保障天然气集输管网有效安全运行的关键环节，关键是对管内气流状态、压力和温度进行实时监测，在数据分析基础上动态优化。管网运营商可以通过高级监控系统实时采集管内压力、流量和温度等重要信息，并及时发现设备异常波动或者故障，保证系统运行稳定。例如，管道的压力通常需要维持在设定的范围内（如压力范围为5-10MPa），若压力过高或过低，可能导致管道破裂或气流不畅，从而影响输送效率 and 安全性。该监控系统可通过传感器及数据采集设备，对上述参数进行连续监测，当发生超标情况时，该系统将自动发出警报，启动应急措施。

采用实时数据分析及智能调度的方法，使管网能够根据需求及运行状况对气流及压力进行动态调节。如根据管网对流量的要求，可自动调整压缩机运行状态以维持气体输送最佳。高峰期系统有可能会自动增加压缩机输出功率，低需求时则降低压缩机转速以降低能耗。管网的优化还包括根据气体输送路径的特点（例如管道的长度、直径、地形坡度）来优化气流分配，通过仿真模型预测不同条件下的运行状态，避免不必要的能量损失。

4. 先进技术与新材料的应用

随着管网输送距离越来越远，传统钢材管道材料受到摩擦损失、耐腐蚀性以及抗压能力等方面的挑战，为此采用了复合材料以及高性能合金等新型管道材料，既可增加管道机械强度及耐久性，又可明显降低管内气流摩擦阻力。复合材料制成的管道，例如玻璃纤维增强塑料（GRP）制成的管道，由于其轻便、高强度和抗腐蚀的特性，在某些特定的环境中已经被广泛采用，这些物质的引进极大地延长管道使用寿命和降低维护成本。

从技术角度看，通过应用智能传感器和物联网（IoT）技术，可以对管网进行更为精确的监测和管理。通过布设压力、温度和流量各种传感器，配合实时数据传输，运营商可以瞬间掌握管道运行情况，及时发现问题后迅速做出反应。另外，还可利用先进流体力学仿真技术及人工智能（AI）算法对管网设计及运行进行优化，并通过对各种工况下气流情况进行仿真来预测及规避可能出现的能量损耗或者设备故障。人工智能技术也能够通过对历史数据进行分析来对压缩机调节和气流分配进行优化运行，降低不必要能耗和提高整个系统运行效率。

三、提升传输效率的策略与实施路径

1. 系统性优化策略

系统性优化策略对提高天然气集输管网效率、降低运营成本具有关键作用，核心在于通过整体协调、综合管理促进各环节协同效应。这一战略强调要站在全局的高度，以管网设计、施工、运行及维护为目标，全面优化管网，保证各系统之间的协调与合作。通过优化管道布置与设计，合理地选择管道直径、材质与路由等措施，能有效降低摩擦损失与压力降低并保证气体高效流动。

实际运行时，对管网运行实时数据进行收集与分析是关键，通过数据分析工具可以找出系统中可能存在的瓶颈以及能耗较大的部分。通过智能化监控系统的应用，实时监控管内压力、流量、温度等重要参数，适时调节压缩机工作状态及气流分配情况，可实现更准确的气体输送。这种实时调节既可提高供气可靠性，又可在需求发生变化时迅速做出反应，从而避免了由于对某个环节进行过多压榨造成能量浪费。

同时系统性优化策略还应包括维护管理方面的策略优化、通过周期性检查与状态评估以及与预测性维护技术相结合等方式及时发现并解决管网与设备中可能存在的问题。比如，与传统的定期保养相比，实行基于工况的保养可以在减少设备故障造成停机损失的情况下更有效地分配资源。另外，对操作人员进行培训，让他们掌握相关现代技术知识与管理能力有利于促进整体管网管理水平与效率的提高。

2. 管网设计与建设中的技术集成

管网设计与施工中技术集成是天然气集输管网高效安全运行的关键，它涉及到多门学科与技术深度融合。在整个设计过程中，将计算机辅助设计（CAD）与地理信息系统（GIS）技术融合，从而使得管道网络的布局 and 规划变得更为精细。GIS能提供详尽地理数据协助工程师确定最佳管道走向以规避城市基础设施干扰并减少建设成本。同时，借助流体动力学模拟软件可以使设计团队在设计阶段就能对不同情况下流体行为进行预测，以达到优化管道直径及材质选择、降低摩擦损失及能量消耗等目的。

利用自动化施工技术及无人机监测可以显著提升施工过程的效率及安全性。自动化的施工设备能促进施工精度的提高、施工进度加快、人力成本的降低，同时无人机能对施工进度进行实时监控、保证施工质量、发

现问题、调整计划等。选材在现阶段同样具有举足轻重的地位，采用新型复合材料及快速安装预制管件不但施工效率高，而且还能减轻系统整体重量及运输成本。

进入运营阶段后，采用信息化管理系统使管网能够实时监测与管理，集成了传感器、数据分析以及智能信号处理技术，利用物联网（IoT）和云计算技术，我们可以对管道网络的工作状况进行全面的观察和监控。该集成化技术应用使压缩机及阀门运行更智能，可依据实时数据对气流及压力进行动态调节，保证供气高效平稳。另外，在维护管理措施方面，数据驱动决策支持系统采用深度学习与算法分析相结合的方式，可以优化维护周期，对设备故障进行预测并减少意外停机风险。通过这种多技术的集成与协同，天然气集输管网的设计与建设能够实现更加高效、经济和可持续发展，确保能源安全与环境保护的双重目标得以实现。

结束语

综上所述，在天然气集输管网中提升气体传输效率是一项至关重要的任务，涵盖了多个技术领域和管理策略。本研究深入探讨了影响气体传输效率的各项因素，涵盖了管道设计、材料选择、压缩机优化以及监控系统的应用等多个维度。通过优化管道的设计与布局、选用先进的新型材料，并结合智能化监控与数据分析技术，可以有效降低摩擦损失，提高气体流动的稳定性 and 经济性。

参考文献

- [1] 霍轶德, 宋金花. 天然气集输管网腐蚀类型及特征研究 [J]. 中国化工贸易, 2023: 112-114.
- [2] 沈德胜, 张博, 赵凯, 等. 天然气集输管网优化探究 [J]. 工程技术: 文摘版, 2022 (4).
- [3] 梁裕如, 何鹏, 易冬蕊. 多层次灰色关联分析在集输工艺优选评价中的应用——以YQ2-Y128井区为例 [C]// 第33届全国天然气学术年会 (2023) 论文集 (06综合). 2023.
- [4] 李祎涵, 苏诗漫, 袁志华, 等. 基于AHP-模糊综合评价法的集输增压站操作中人因可靠性的评价 [J]. 黑龙江科学, 2023, 14 (6): 43-48.
- [5] 郭文飞. 一体化思维提升海上天然气管网集输安全研究 [J]. 化工管理, 2023 (16): 95-97.