

掺氢天然气长距离管道输送安全关键技术及其进展研究

庞杉飒（贵州燃气集团股份有限公司，贵州 贵阳 550000）

摘要：本文的主要目的就是分析掺氢天然气长距离管道输送过程中如何进一步提高输送过程中的安全性，确保在输送时输送质量以及效果均能够得到改善，满足实际输送的需求，提高管材的使用寿命，确保掺氢天然气在天然气管道中实现长距离输送，输送效果和质量等均可以得到有效的改善。

关键词：掺氢天然气；长距离管道输送；安全关键技术

中图分类号：TE832 文献标识码：A 文章编号：1674-5167 (2025) 021-0133-03

Research on Key Safety Technologies and Progress of Long Distance Pipeline Transportation of Hydrogen Blended Natural Gas

Pang Shansa(Guizhou Gas Group Co., Ltd., Guiyang Guizhou 550000, China)

Abstract: The main purpose of this article is to analyze how to further improve the safety of long-distance pipeline transportation of hydrogen blended natural gas, ensure that the transportation quality and effect can be improved during transportation, meet the actual transportation needs, improve the service life of pipes, and ensure that hydrogen blended natural gas can be transported over long distances in natural gas pipelines, and the transportation effect and quality can be effectively improved.

Keywords: hydrogen doped natural gas; Long distance pipeline transportation; Safety critical technology

近几年随着我国科学发展速度越来越快，氢能产业作为能源发展和建设过程转型的核心力量，为我国碳中和目标发展做出极大的贡献，更进一步地推动了我国社会和谐稳定地向前发展。利用天然气管道输送系统进行氢气混输，即可以确保经济运输过程中实现了大规模、低成本、长距离的输送，与此同时，也为我国能源安全以及可持续发展带来了正面影响。但是在氢气输送的过程中，当前也存在着一系列的问题，其中最为明显的就是安全挑战。

1 掺氢天然气长距离管道输送现状以及意义

1.1 掺氢天然气长距离管道输送的现状

近几年随着全球能源结构的转型，当前需要不断地去减少温室气体的排放，这对我国环境发展而言带来了极大的影响，当下的社会发展中需要选择具有高能量密度的清洁能源，而氢气作为这样一种能源，在长期的能源发展过程中受到了广泛的关注。长距离管道输氢技术作为在氢气管理过程中最为常见的应用环节，在输送的过程中需要充分地考虑到其输送的效率以及如何进一步提高输送的安全性，这也成了掺氢天然气长距离管道运输过程中的重点内容，而在进行管道输送的过程中，该技术具有一定的优势，同样也面临着一定的挑战。长距离管道天然气掺氢运输的过程中，其具有极高的社会价值，特别是在我国，随着气候变暖，这一现象愈发明显。随着气候压力越来越大，当前在能源使用过程中需要不断降低碳排放，缓解气候变化。长距离管道掺氢天然气在运输过程中，其重

点则在于解决氢气运输的安全问题，确保采用严格的安全措施，充分地发挥出掺氢运输的优势，长距离掺氢管道运输过程中可以制备可再生的掺氢天然气进行充分的混合，将其运输到用户终端，既可以改善天然气的品质，同时也能够实现节能降碳，让氢气这种清洁能源被得到有效地应用，实现大规模的可再生能源消纳，也可以保证燃气在供应时供应的安全性。

1.2 掺氢天然气长距离管道输送的意义

氢气是我国二次能源，其来源具有多样性的特点，用途十分广泛，在当前的社会发展中具有极大的优势。氢能的出现不仅仅保证我国能源发展质量在不断提升，同时也能够提高能源使用的安全性。面对全球气候变暖这一大环境下，当前做好氢能源的储存运输对社会发展以及能源应用而言具有非常重要的影响，氢能源的高效储运也成了国际能源战略竞争的焦点，更成为我国当前能源技术以及新兴产业发展过程中的重要战略。目前我国在进行氢能源运输过程中，其存在着明显的供给侧结构不平衡、市场不稳定等现象，需要做好大规模的储运调配，提高其经济发展速度的同时也能够确保氢能运输过程中的安全性以及可靠性。

2 掺氢天然气长距离管道输送安全关键技术及其进展研究

当下我国对于能源的需求在日益增加，基于此应明确掺氢天然气管道运输对我国氢能的使用而言具有决定性的作用，通过长距离管道天然气掺氢输送技术

可以有效地降低能源的浪费，同时提高能源的整体使用效率，对我国能源使用以及经济发展而言具有非常正面的影响。天然气管道运输过程中需要了解其掺氢输送的要点以及重点、明确技术要点，以提高其运输过程中的安全性。在开展天然气长输管道运输过程中，考虑到长距离管道天然气掺氢运输技术在使用时的使用具体方法，提高安全性。

2.1 风险防范

由于氢本身属于一种易燃易爆的气体，在进行运输过程中需要针对其特点进行风险防范，这也是安全输送的技术要点之一，提前做好长距离管道天然气掺氢输送技术的安全防范工作，充分地了解到天然气掺氢在输送过程中其输送的安全性以及如何进一步提高输送质量，避免由于外界因素而导致在天然气输送过程中出现大量的安全事故。在进行长距离管道天然气掺氢输送过程中安全风险防范主要包括了以下几点：

①掺氢设备的安全防范。对掺氢设备做好安全风险防范是指在进行设备的处理过程中，做好设备的质量控制工作，在开展设备使用之前，对设备进行监测和维护，确保设备在运行过程中始终处于正常状态，同时还需要定期对设备进行检修维护，避免设备出现隐患，却没有被发现这种情况的出现。长距离天然气掺氢运输过程中，如果设备存在异常情况，需要在第一时间内排除其中存在的故障，以此来有效地提高其安全防范质量，避免安全防范效果不佳这种情况的出现。

②管道系统的安全防范。在长距离天然气掺氢运输过程中，了解到管道的安全防范同样格外重要，如果管道内部存在清洁性不足或是完整性不好的情况，就会导致在进行运输过程中运输质量无法得到提升，应定期对管道内部进行维修保护工作，如果发现管道内部存在缺损现象，第一时间内进行修补，同时还需要考虑到管道的清洁性。在进行天然气管道长距离运输过程中需要考虑到其管道使用的安全性需要定制，制定应急管理预案。

③氢气的安全防范。在进行氢气的安全防范过程中，在进行长距离管道天然气掺氢运输的过程中，还需要做好氢气本身的安全防范工作，考虑到在进行检测过程中氢气本身的热容以及氢气的密度等系列的参数，有助于检测天然气管道是否存在泄漏这种情况，还需要考虑到氢气运输过程中其运输的安全性能否得到有效地保障。由于不同地区其地理环境不同，在进行天然气掺氢长距离管道运输的过程中，对管道进行适当的升级与改造，确保氢气所选择的管道运输方式、质量能够提高，还需要对管道性能进行优化，做好清

洁运输管理，提高运输整体的安全性。

2.2 控制掺氢天然气和天然气的混合比例

为提高天然气长距离管道运输的安全性，还需要对天然气与氢气的混合比例进行分析，掺氢天然气的混合比例一直以来都是影响长距离管道运输过程中的最重要因素，如果在管道的处理过程中，混合比例过高或者是过低都会导致在进行管道运输时，管道输送的安全系数会不断地下降，管道输送难以达到本次运输标准，氢气和天然气的混合比例适当也能在这一阶段也能够实现高效率的运输。随着掺氢天然气在实际应用时，应用范围越来越广泛，为此可以根据不同的掺氢天然气比例的要求明确其混合比例，想要有效地控制掺氢天然气的混合比例，需要从以下几方面进行入手，确保其混合比例能够满足运输的质量，提高运输的安全性。①明确掺氢天然气的特性。明确掺氢天然气这一能源的特点，在掺氢天然气中，无论是化学性质或是物理性质、密度等多方面的内容都与纯氢存在一定的区别，根据掺氢天然气的含量多少考虑到燃烧条件，并且对整个技术进行调整。随着掺氢比例的增加，掺氢天然气无论是黏度和密度都可能会出现降低这一情况，为此，做好掺氢天然气的混合比例选择最佳的比例，才能够提高在长输管道运行过程中的输送质量。②规范混合安全使用标准。在实际进行掺氢天然气的输送过程中需要考虑到其所输送的位置、地域等问题来明确其混合比例，确保掺氢的比例可以达成在实际运输时的运输要求，选择气相色谱法对已经完成混合的天然气掺氢样品进行分析，利用相应的数据模型进行计算，确保混合样品的使用效率能够满足掺氢天然气的实际需求，根据样品的特性，做好管道安全或者是运输安全。在掺氢天然气运输过程中做好结合合理的控制，将混合比例控制在安全范围内，根据我国已有的相关标准做好比例限制工作，严格控制天然气中氢气的比例。

2.3 明确输送系统的构成

在长距离进行天然气掺氢运输的过程中，考虑到整个运输依赖于完善的输送结构，基于此进行思考确保在输送过程中其输送本身具有科学性和流畅性等一系列特点。长距离管道输送过程中也需要考虑到整个输送系统的构成包括以下几点：①做好输送管道。输送管道是整个输送系统过程中的最核心内容，在整个输送过程中其主要的作用是将掺有天然气的氢气从出发地运送到目的地，整个系统在设计时选择最为科学的管道材料，做好管道直径和压力等多方面的不同内容。在进行天然气掺氢管道处理过程中，压力调控以及安全监测系统管理，目的是确保天然气在经营运输

过程中其运输的稳定性。通过对配比压力进行调控，做好安全监测处理，能够对整个长输管道在运输过程中气体的流量以及压力等一些参数进行实时的监测，实时管理，在发现异常时第一时间内进行调整^[1]。②控制系统部分。控制系统可以对整个系统起到更为完善的作用，在进行控制的过程中需要构建信息化平台，并且在该平台内根据本次输送的地理位置不同，设计相应的控制标准。随着在实际开展输送过程中构建智能化管理的目的是在实际输送时提高输送的整体质量，能够做好远程监控以及后续的智能分析，确保在进行输送时输送的管理效率以及输送的质量均能够得到改善。

2.4 技术经济性分析

在掺氢天然气长距离管道输送的过程中，为了提高其输送质量，还需要对输送的经济效益进行分析，技术的经济性也直接影响到了技术的安全性，为了确保该技术的使用效果得以提升，需要根据科技的不断进步有效地去降低技术所需要消耗的成本。长距离管道在进行天然气掺氢运输过程中，考虑到其运输的经济性，其包括了以下几个不同方面：①基于成本角度去分析成本。基于运行成本角度进行分析，选择长距离天然气运输技术在运行时所需要消耗的运行成本较高，为此，需要对本次运输过程中的经济效益进行分析，提供可靠的数据，确保其对原料运输和能耗等多方面进行分析，选择最为适合的技术材料可以降低运行过程中所消耗的经济成本，保证运行质量。投资时也需要考虑到其投资成本，在长距离天然气管道运输过程中需要做好其管道的设备维护，由于长距离管道天然气掺氢技术在输送过程中，其所涉及的技术环节相对较多，在进行实际技术投资时，也需要结合现阶段的法律法规以及我国政府对于清洁能源的支持等多项不同方面进行综合性的成本评估以及成本管理，做好投资管理同样也能够提高其设备在使用时的安全性^[2]。②社会效益。在天然气掺氢管道长距离运输过程中，社会效益也是极为重要的一部分，通过对社会效益的分析，能够降低其本身存在的空气污染率，并且对所在的环境质量进行优化。选择长距离管道天然气掺氢输送技术能够带动相关的产业发展，不断进行新的掺氢设备的制作设计，并且提高掺氢的比例以及输送效率，进一步推动我国经济增长速度越来越快。基于社会效益这一角度进行探索新能源的安全性，考虑到新能源的安全性以及环境保护等多方面，提高管道运输的安全性。

2.5 建设标准体系

目前我国需要构建更为完善的掺氢天然气长距离

管道运输标准体系，需要构建混氢管道设计、管网掺氢运行，并且做好安全性的评价等多方面不同的标准来确保在进行掺氢管理过程中管道检测质量得以提升，能够降低动态风险，同时也需要做好消纳以及易爆自燃安全防范规程，可以确保在掺氢天然气运输的过程中，其运输的整体性以及运输质量可以得到提升，也能够实时做好安全预警工作，明确整个掺氢管理过程中相应的标准，构建标准化的试验方法，确保在进行掺氢天然气长距离管道运输过程中，其运输质量可以得到提升的同时，运输效果可以得到改善，并且该实验方法也能够得到长期的验证，做好统筹规划，改进掺氢天然气混合工艺，能够加强管材氢相容性的研究，并且对输送过程中可能存在的泄漏状况进行实时的监测、规范。利用大数据决策平台加快对整个掺氢天然气管道运输标准规范的制定，确保输送安全性得以提升的同时，也能够满足我国能源高效的使用需求。

2.6 掺氢与天然气供应的融合发展试点研究

当天然气单价超过4元/m³，氢气价格降低至15元/kg以内时，掺混氢气将会有助于降低天然气供应企业的供气成本，从而降低用户的用能成本。随着未来氢气成本的逐步走低，碳汇碳税政策的逐步推进，天然气掺氢为用户和供气企业带来的收益将逐步提升。

笔者所在燃气公司正在开展天然气管道掺氢科创试点，旨在为后续天然气管道掺氢提供技术保障、积累设备设施安全稳定运行的经验，在将来实现以氢气的低成本替代部分高成本天然气的目的、同时为有碳排放需求的用户提供降碳减排服务，最终在碳中和目标的相关要求下由天然气供应转向掺氢或纯氢供应。

3 结语

综上所述，在天然气掺氢长输管道运输过程中，需要对该运输安全关键技术进行分析，找到如何进一步提高其运输的整体质量的方法，将氢能这一个具有可持续性发展的清洁能源作为我国未来社会发展以及能源应用过程中的最主要领域，充分地发挥出氢能所蕴含的独特市场价值，提高其战略意义。

参考文献：

- [1] 黄瑀.长距离管道纯氢与天然气掺氢输送技术分析[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(16):159-161.
- [2] 赵建福,董绍华.长距离管道纯氢与天然气掺氢输送技术专题序[J].力学与实践,2023,45(02):227-229.

作者简介：

庞杉飒(1991-),男,汉族,贵州安龙人,本科,工程师,研究方向:城燃业务,天然气管道输送。