

混氢天然气管道输送技术及难点研究

邵红 段清健 席建涛 (陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司, 陕西 榆林 719200)

摘要: 氢能是一种能够实现零碳排放的清洁能源, 具有广泛的应用形式, 对推动中国能源转型发挥着重要作用。通过在天然气管道中掺入氢气进行输送, 可以充分利用现有的天然气管网设施, 解决废弃电力的难题, 推动低碳经济的发展, 是实现氢气大规模、低成本和长距离有效输送的方式。本文从混氢天然气输氢技术的特点出发, 探讨混氢天然气管道输送技术及难点并提出针对性的解决建议, 以期为相关工程技术人员提供一定的参考和借鉴。

关键词: 混氢天然气; 管道输送; 技术; 难点; 建议

全球能源行业目前正在经历着第三次能源变革, 其中低碳化、无碳化和低污染是其主要方向。中国政府已明确提出在 2030 年实现碳达峰, 2060 年实现碳中和的目标。作为一种清洁能源, 氢能通过多种途径, 包括一次能源、二次能源和工业领域等获取, 因此在第三次能源变革中扮演着重要的角色。氢能一方面可以实现脱碳电力的消纳, 增加电网的弹性; 另一方面, 它可以减少对化石能源的依赖, 对于实现中国的“碳中和”目标至关重要。因此, 大力发展氢能将有助于实现碳达峰和碳中和目标的实现。在氢能利用中, 输送问题尤为重要, 尤其是混氢天然气管道的输送问题。混氢天然气是一种将氢气与天然气混合后输送的能源形式, 可以减少对天然气的使用并降低碳排放。然而, 混氢天然气管道的输送面临一些挑战, 例如氢气的渗透和管道材料的适应性等。因此, 当前的研究热点是如何解决混氢天然气管道输送中的问题。

1 混氢天然气输氢技术的特点

1.1 高效性

混氢天然气输氢技术可以通过混合氢气与天然气, 将氢气的能量与天然气的能量相结合, 提高能源的利用效率。相比于传统的氢气输送方式, 混氢天然气输氢技术无需将氢气压缩至高压或液化, 降低了能量损耗和输送成本。同时, 混氢天然气输氢技术可以利用现有的天然气管道网络进行输送, 节约了新建输氢管道的时间和成本。

1.2 安全性

混氢天然气输氢技术可以降低氢气输送过程中的安全风险。纯氢气具有高爆炸性和易燃性, 需要特殊的安全措施进行处理。而混合氢气与天然气后, 由于天然气具有较高的点火温度和爆炸极限, 可以减少氢气的爆炸风险。此外, 混合气体的稳定性也增加了整

个输送过程的安全性。

1.3 适应性

混氢天然气输氢技术具有较强的适应性, 可以适用于不同的应用场景和能源需求。混氢天然气输氢技术可以根据具体需求调整混合气体的比例, 以满足不同的能源要求。例如, 在初期推广氢能源的过程中, 可以逐步增加氢气的比例, 以减少对传统燃料的依赖; 在特定行业或应用中, 可以根据需求增加氢气的比例, 以提供更多清洁能源。

1.4 环境友好性

混氢天然气输氢技术可以减少温室气体的排放和环境污染。天然气是相对较清洁的燃料, 而混合氢气与天然气后, 氢气的燃烧产生的主要副产品是水蒸气, 不会产生二氧化碳等温室气体。通过推广混氢天然气输氢技术, 可以减少传统燃料的使用, 降低碳排放和空气污染, 促进环境可持续发展。

1.5 经济效益

混氢天然气输氢技术可以带来经济效益。通过混合氢气与天然气的输送, 可以降低氢气的压缩和液化成本, 减少输送过程中的能量损耗, 提高能源的利用效率。此外, 混氢天然气输氢技术可以利用现有的天然气管道网络, 节约了新建输氢管道的成本, 降低了整个输送系统的投资。这些因素使得混氢天然气输氢技术在经济上具有较高的竞争力和可行性。

2 混氢天然气管道输送技术

2.1 混氢气体的生产

混氢气体的生产是混氢天然气管道输送技术的第一步。混氢气体的生产主要涉及到氢气的产生和混合过程。

氢气可以通过多种方法进行生产。常见的方法包括电解水、重整天然气和其他化学反应。电解水是将

水分解成氢气和氧气的过程，通过电解水可以获得纯净的氢气。重整天然气是将天然气中的甲烷和水蒸气在高温条件下进行化学反应，产生氢气和一氧化碳。其他化学反应的方法包括部分氧化、催化裂化等，可以利用不同的原料和反应条件来产生氢气。在氢气产生后，需要将其与天然气按照一定比例进行混合。混合比例可以根据实际需要进行调整，一般可以根据燃气的用途和要求来确定。混合过程可以通过管道混合或者使用混合设备来完成。管道混合是将氢气和天然气通过管道输送至混合点，在混合点进行混合。混合设备可以采用静态混合器、动态混合器等不同的设备，通过机械或者物理方式将氢气和天然气进行混合。在混合过程中，需要注意混合气体的压力、温度和流量等参数的控制，以确保混合比例的准确性和稳定性。

2.2 混氢气体的调节和净化

混氢气体的调节主要涉及到对氢气和天然气的压力、温度和流量进行控制和调整，以确保混合气体的稳定性和准确性。首先是对混氢气体的压力进行调节。混氢气体的压力需要根据管道输送的要求进行调整，以确保在输送过程中气体的压力保持在安全和稳定的范围内。通常，混氢气体的压力会根据输送距离、管道直径和输送容量等因素进行计算和确定。调节压力可以通过安装调压阀、压力调节器等设备来实现。其次是对混氢气体的温度进行调节。温度的调节可以通过加热或冷却来实现，以确保混合气体的温度保持在合适的范围内。温度的调节可以根据气体的特性和输送条件进行确定。加热可以通过加热设备，如加热炉、加热器等来实现；冷却可以通过冷却装置、换热器等来实现。最后是对混氢气体的流量进行调节。流量的调节可以通过安装流量计、调节阀等设备来实现。流量的调节需要根据实际需要进行控制，以确保混合气体的流量满足管道输送的要求。

除了调节，混氢气体还需要进行净化处理，去除其中的杂质和不纯物质。这是为了确保混合气体的纯度和质量，以满足管道输送的要求。净化处理可以通过过滤器、吸附剂、冷凝器等设备来实现。过滤器可以去除气体中的固体颗粒；吸附剂可以去除气体中的有机物、硫化物、氧化物等不纯物质；冷凝器可以去除气体中的水蒸气。

2.3 管道设计和建设

混氢天然气管道的设计和建设涉及多个参数的考虑，其中包括输送流量、压力和温度。首先，需要确定管道的设计流量，即管道每单位时间内传输的混氢

天然气量。这一参数的确定需要考虑供气方的需求以及管道所能承受的最大流量。其次，混氢天然气在输送过程中需要保持一定的压力，以确保稳定的供气。设计压力的确定需要考虑气源压力、管道长度和输送距离等因素，并结合输送过程中的压力损失进行合理的选择。此外，混氢天然气在不同的温度下具有不同的特性，因此管道需要能够适应输送过程中的温度变化。设计温度的确定需要考虑气源温度、环境温度以及管道运行中的温度变化等因素。在管道的设计和建设过程中，还需要确保管道的强度和密封性能。一般来说，管道材料采用高强度钢材或复合材料。高强度钢材能够承受较大的压力和负荷，同时具有良好的耐腐蚀性能。复合材料由多种材料的组合而成，能够在保证强度的同时减轻管道的重量，提高管道的耐久性。

2.4 管道压力管理

设置压力调节器，压力调节器是管道系统中的一个重要组件，它能够监测和调节管道中的气体压力。通过调整压力调节器的参数，可以确保管道内的气体压力维持在一个稳定的范围内，以满足输送要求。这样可以避免因压力过高或过低而对管道系统和设备造成损坏，同时也能保证天然气的安全运输。其次，安装安全阀。安全阀是管道系统中的一种保护装置，它的作用是在管道压力超过设定值时自动打开，释放部分气体以降低压力。通过安装安全阀，可以有效地防止管道因为压力过高而爆裂，保护管道系统的安全运行。此外，监测设备也是管道压力管理的重要组成部分。监测设备可以实时监测管道中的气体压力，并将数据传输到控制中心。通过监测设备，可以及时了解管道内的压力变化情况，及时采取相应的措施来调节管道压力，确保管道系统的稳定运行。最后，定期进行压力检测和维护。定期的压力检测可以确保管道系统的正常运行，及时发现并修复压力泄漏和故障问题。维护工作包括清理管道内的污垢和沉淀物，保持管道的畅通和流动性，以及检查和更换压力调节器、安全阀等设备，确保其正常运行。

综上所述，混氢天然气管道输送技术涉及到混氢气体的生产、调节和净化，管道的设计和建设，压力管理以及管道的运营和维护等方面的内容。这些技术的应用可以实现混氢天然气的长距离输送和供应，促进氢能源的开发和利用。

3 混氢天然气管道输送技术的难点

3.1 氢气脆化问题

氢气对金属具有脆化作用，会导致管道材料容易

发生裂纹和破裂。这是由于氢气在金属中会引起氢脆现象，即氢在金属晶格中扩散并聚集，在晶界和位错等缺陷处形成氢脆，使材料的延展性和韧性降低，从而容易发生断裂。

3.2 泄漏问题

氢气具有极高的渗透性，容易从管道中渗漏出来。由于氢气是无色、无味的，泄漏问题不易被察觉，增加了安全隐患。这会导致氢气的浪费和环境污染，并且在泄漏后，氢气与空气中的氧气容易形成爆炸性混合物，增加了爆炸事故的风险。

3.3 燃烧特性问题

与天然气相比，混氢天然气具有较高的燃烧速度和较宽的可燃范围。这可能导致在管道输送过程中，发生爆炸或火灾等安全事故的风险增加。由于氢气的燃烧速度快且火焰透明，火灾很难被及时察觉和控制，增加了事故的危险性。

3.4 高压输送问题

混氢天然气作为一种能源，通常需要在高压下进行输送，以提高能源密度。高压输送增加了管道系统的设计和操作难度。高压条件下，管道和相关设备需要能够承受较大的压力，而且在管道的连接点和弯曲处容易发生泄漏。同时，高压输送还增加了系统的能耗和维护成本。

3.5 清洁化问题

在管道输送过程中可能产生一些杂质和污染物，如水分、硫化物等，这些会影响氢气的质量和使用效果。水分的存在会导致氢气腐蚀金属管道，而硫化物等污染物则会降低氢气的燃烧效率和净化要求。

4 解决建议

4.1 氢气脆化问题

选择适合的管道材料是解决氢气脆化问题的关键。高强度钢材或复合材料是常用的选择，因为它们具有较高的抗脆化能力。高强度钢材通常具有良好的韧性和耐蚀性，可以在高压下保持稳定性。复合材料则具有轻量化和耐腐蚀性能。另外，对管道材料进行特殊处理也是一种解决方案，例如表面处理、镀层等，可以减少氢气对管道材料的脆化作用。

4.2 泄漏问题

建立完善的泄漏检测系统是防止泄漏的重要措施。可以使用氢气传感器、泄漏报警装置等设备，实时监测管道系统中的氢气泄漏情况，并及时报警。此外，定期进行管道检测和维护也是必要的，以确保管道的完整性和密封性。常用的检测方法包括超声波检

测、压力测试等，通过这些方法可以及时发现和修复管道的泄漏问题。

4.3 燃烧特性问题

混氢天然气的燃烧特性与传统天然气有所不同，需要进行研究以确定合适的控制措施和安全操作规程。例如，可以控制混氢天然气的混合比例，避免过高的燃烧速度和可燃范围，减少安全风险。此外，燃烧过程中可能会产生气体爆炸、火焰传播等危险，需要采取相应的安全措施，如增加爆炸防护设施、设置防火墙等。

4.4 高压输送问题

在高压输送混氢天然气时，选择适合的管道材料和工艺非常重要。管道材料需要具有足够的强度和密封性，以抵抗高压环境的挑战。常用的高压管道材料包括高强度钢材、合金材料等。此外，加强管道的监控和检测也是必要的，以及时发现和处理管道的泄漏和破损情况。可以使用压力传感器、温度传感器等设备，监测管道系统的工作状态，并及时采取相应的措施。

4.5 清洁化问题

常用的方法包括使用吸附剂、催化剂等进行氢气的净化，去除其中的杂质和污染物。同时，加强管道的维护和保养也是必要的，防止水分、硫化物等杂质进入管道系统，对管道进行定期清洗和保养，以保持管道的清洁和正常运行。

综上所述，混氢天然气管道输送技术在能源领域具有巨大的潜力和应用前景。混氢天然气可以作为一种清洁能源替代传统石油和煤炭，对于减少温室气体排放和改善空气质量具有重要意义。然而，混氢天然气管道输送技术仍然面临一些困难和挑战，但通过不断的研究和创新，混氢天然气管道输送技术将能够取得更大的突破和进展，为可持续发展做出积极贡献。

参考文献：

- [1] 李凤,董绍华等. 掺氢天然气长距离管道输送安全关键技术与进展 [J]. 力学与实践,2023,45(02):230-244.
- [2] 张立业,邓海涛,孙桂军等. 天然气随动掺氢技术研究进展 [J]. 力学与实践,2022,44(04):755-766.
- [3] 沈丹丹,姚才华,等. 碳中和背景下天然气掺氢应用与关键技术研究 [J]. 上海节能,2022(03):277-282.
- [4] 陈俊文,汤晓勇,等. 天然气掺氢对管输工艺安全影响的探讨 [J]. 天然气与石油,2022,40(04):16-22.

作者简介：

邵红(1991-),男,汉族,陕西榆林人,大学本科,助理工程师,研究方向:多晶硅生产技术。