

浅析应力对高压燃气大口径钢管镶接质量的影响

李道然

津燃华润燃气有限公司天津市高压管网分公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i5.6839

[摘要] 本研究旨在探讨应力对高压燃气大口径钢管镶接质量的影响，并提出一系列策略来减轻这种影响，从而提高管道连接的可靠性和安全性。我们首先研究了应力在镶接过程中的生成机制，包括热应力和残余应力的产生，以及应力分布的不均匀性。然后，我们深入分析了这些应力对镶接质量的潜在影响，包括增加裂纹和缺陷的风险、应力对材料性能的影响以及疲劳寿命和断裂行为的变化。在此基础上，我们提出了一系列避免应力影响的策略，包括合适的材料选择、镶接参数的优化、热处理方法的应用、非破坏性检测和监测技术的使用，以及镶接接头的设计考虑和管道支持的优化。

[关键词] 应力；高压燃气；大口径钢管；质量

The influence of stress on the inseting quality of high pressure gas steel pipe

Li Daoran

Tianjin Ran China Resources Gas Co., LTD. Tianjin high-pressure pipe network Branch

[Abstract] The purpose of this study is to investigate the effect of stress on the bonding quality of high pressure gas large diameter steel pipe, and to propose a series of strategies to mitigate this effect, so as to improve the reliability and safety of pipeline connection. We first investigated the mechanism of stress generation during the bonding, including the generation of thermal and residual stresses, and the inhomogeneity of stress distribution. We then analyzed in depth the potential effects of these stresses on insert quality, including the increased risk of cracks and defects, the impact of stresses on material properties, and changes in fatigue life and fracture behavior. Based on this, we propose a series of strategies to avoid stress effects, including suitable material selection, optimization of inset parameters, application of heat treatment methods, use of non-destructive detection and monitoring techniques, and design considerations of insert joints and optimization of pipeline support.

[Key words] stress; high pressure gas; large diameter steel pipe; quality

引言

高压燃气管道在能源输送中扮演着关键的角色，因此管道

连接的质量至关重要。然而，在钢管镶接过程中，产生的应力可能导致严重的质量问题，如裂纹、缺陷和材料性能的下降。

热应力和残余应力是主要的应力来源，它们可以引发不均匀的应力分布，增加了裂纹和缺陷的风险。此外，这些应力还会对材料的强度和疲劳寿命产生影响，从而威胁管道连接的安全性和可靠性。

一、应力对高压燃气大口径钢管钎接质量的影响

(一) 钎接过程中的应力生成

1. 热应力和残余应力的产生机制

热应力是由于焊接过程中高温引起的，其中最高温度通常出现在焊接电弧的核心区域。这一高温会导致钎接区域的局部膨胀，而在冷却过程中，又会发生局部收缩。这种热膨胀和冷却收缩的不均匀性引发了应力。与此同时，不同区域的钢材在不同时间和速度下冷却，导致残余应力的产生。这些残余应力是长期存在于连接中的应力，可以在钎接完成后继续存在，对管道连接的质量和稳定性产生潜在威胁。

2. 应力分布的不均匀性

与应力生成机制密切相关的是应力分布的不均匀性。在钎接过程中，热应力和残余应力通常不会均匀分布在连接区域。这种不均匀性可能导致应力在接头的关键部位集中，形成高应力区域。这种应力集中不仅增加了裂纹和缺陷的形成风险，还可能对管道连接的稳定性产生严重影响。

(二) 钎接中的应力对质量的潜在影响

高应力区域在钎接连接中可能成为裂纹和缺陷的“发源地”。由于应力集中，材料更容易发生裂纹，尤其是在高应力区域。这些裂纹和缺陷可能不易被察觉，但它们在运行过程中可能扩展并最终导致管道连接的失效。这种风险对管道连接的可靠性和安全性构成了潜在威胁。其次，应力还对材料的性能产生直接影响。高应力会改变材料的力学性能，导致材料硬度的增加，从而降低了材料的韧性。这一问题在高压燃气管道中尤为重要，因为连接必须在不同温度和应力条件下工作。低韧

性可能导致材料变得脆弱，增加了断裂的风险，这在高压环境下可能会导致严重后果。此外，钎接引发的应力还显著影响了管道连接的疲劳寿命和断裂行为。高应力区域可能会导致材料更容易发生疲劳开裂，尤其是在长期高应力加载下。不均匀的应力分布可能导致断裂行为的非均匀性，使管道连接的失效更难以预测和控制。因此，深刻理解应力对材料性能和断裂行为的影响，以及采取适当的措施来减轻这些影响，对于确保高压燃气大口径钢管钎接的安全性和可靠性至关重要。

二、避免应力影响高压燃气大口径钢管钎接的策略

(一) 预防性措施

1. 合适的材料选择

在高压燃气大口径钢管的钎接中，首先需要仔细选择适合的材料。这个决定直接关系到连接的可靠性和持久性。合适的材料选择需要考虑多个因素，包括管道环境、温度和压力条件，以及预期的钎接负荷。通常情况下，高强度钢材是首选，因为它们可以承受高压和高温条件下的应力。此外，抗腐蚀性能也是一个重要考虑因素，因为管道可能处于有害环境中。确保所选材料的质量和一致性也至关重要，以避免材料的不均匀性对连接产生负面影响。

2. 钎接参数的优化与热处理方法的应用

优化钎接参数是另一个关键的预防性措施，可以显著减轻应力对连接的影响。钎接参数包括焊接电流、电压、焊接速度、电弧能量等，它们需要被精确控制以确保合适的焊接过程。通过调整这些参数，可以减少焊接区域的热应力和残余应力。例如，适度的焊接速度和适当的电弧能量可以降低焊缝中的热应力，提高连接的稳定性。此外，避免过度加热和过度焊接也是关键，因为它们可能导致不必要的应力积累。此外，热处理方法的应用也是进一步降低应力的有效手段之一。在钎接完成后，适当的热处理可以消除或减轻残余应力。例如，退火或正

火可以通过控制材料的温度和时间来改善材料的性能，减轻应力水平，提高连接的稳定性。这种热处理需要严格按照指定的参数和工艺进行，以确保其效果达到预期。

(二) 非破坏性检测和监测

1. X射线和超声波检测

X射线和超声波检测技术在管道连接质量保障中扮演着关键的角色。这些技术能够深入材料内部，察觉到连接区域的隐藏缺陷和问题，这些问题有时在肉眼无法察觉的情况下存在。

X射线具备穿透能力，可以检测到材料内部的问题，如焊接区域的微小裂纹、气泡或夹杂物。而超声波检测则通过声波的传播来识别问题的位置、大小和性质。这些技术能够提前发现潜在问题，为采取必要的维修和修复措施提供了有力支持，从而确保管道连接的高质量和安全性。

2. 应力监测技术

应力监测技术的应用可以实现对管道连接中应力水平的实时监测。这些技术包括应变计、应力传感器和监测系统的使用。通过这些系统，工程师能够随时了解连接区域的应力状态。如果应力水平超过可接受的范围，就能够立即采取纠正措施，确保管道连接的安全性和稳定性。应力监测对于长期运行的管道系统尤为关键，因为它可以帮助预防潜在的应力引起的问题，提高管道连接的可靠性。

(三) 设计和工程实践

在设计阶段，对镶接接头的结构和几何特性的合理考虑可以有效减轻应力的影响。优化接头设计能够减少应力集中，分散应力，从而降低连接区域的应力水平。这包括优化接头的形状、焊缝几何和连接方式的选择。此外，正确的填充材料和焊接方法也是确保连接质量的关键因素。通过精心设计，可以减少不必要的应力积累，提高连接的稳定性。同时，管道支持结

构的合理设计也是确保连接质量和稳定性的重要因素之一。坚固可靠的管道支持能够减少外部载荷对管道连接的影响。合理的管道支持还能够有助于分散应力，减低应力集中。此外，采用应力分散装置，如加强筋或波纹管，可以有效地减轻应力，提高连接的稳定性。这些设计和工程实践是确保管道连接质量和安全性的重要组成部分。通过这些细致的措施，能够最大程度地降低应力对高压燃气大口径钢管镶接的不利影响，确保连接的可靠性和安全性。

总结

本研究综合了应力对高压燃气大口径钢管镶接质量的影响和应对策略。通过分析镶接过程中的应力生成机制，我们揭示了热应力和残余应力的产生方式以及应力分布的不均匀性。进一步，我们阐明了这些应力可能对镶接质量造成的潜在危害，包括裂纹、缺陷和材料性能的退化，以及疲劳寿命和断裂行为的变化。在面对这些挑战时，我们提出了一系列策略，包括合适的材料选择、镶接参数的优化、热处理方法的应用、非破坏性检测和监测技术的使用，以及镶接接头的设计考虑和管道支持的优化。这些策略的综合应用将有助于提高管道连接的可靠性和安全性，确保高压燃气大口径钢管镶接质量满足工程要求，减少了潜在的安全风险。在未来，我们将继续深入研究和改进这些策略，以满足不断发展的管道工程需求。

[参考文献]

- [1]杨兴林, 何芳, 石园园.天然气高压管道焊接残余应力与变形的有限元分析[J].管道技术与设备, 2021(006): 000.
- [2]向素平, 高明旭, 陆景慧, 等.城镇埋地燃气钢管变形量控制值分析[J].煤气与热力, 2023, 43(5): V0030.
- [3]彭勃荐, 付有洪, 王章耀.残余应力对高强度钢管外压稳定性的影响[J].科技创新导报, 2022, 19(29): 140-144.