

Research on Pipeline Installation Technology and Optimization of Offshore Oil Platforms

Pengfei Song

Qingdao Wuchuan McDermott Marine Engineering Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266324, China

Abstract

Pipeline installation on offshore oil platforms is a crucial step in offshore oil and gas extraction. With the advancement of deepwater development, pipeline installation is facing many challenges in terms of marine environment, equipment, and technology. This article provides an overview of common pipeline installation techniques for offshore oil platforms, including sliding installation, lifting installation, and immersed tube laying, and analyzes their respective advantages, disadvantages, and applicable ranges. By exploring the technical challenges during pipeline installation, optimization solutions such as automated welding, intelligent monitoring, and optimized scheduling have been proposed to improve installation efficiency and safety. Research has shown that the introduction of new technologies can effectively solve the problems that exist during the installation process and provide a development direction for future pipeline installation.

Keywords

offshore oil platform; Pipeline installation; Deep water environment; Automation technology

海洋石油平台管道安装技术及优化研究

宋鹏飞

青岛武船麦克德莫特海洋工程有限公司, 中国 · 山东 青岛 266324

摘 要

海洋石油平台管道安装是海洋油气开采中的关键环节。随着深水开发的推进, 管道安装面临着海洋环境、设备及技术方面的诸多挑战。本文综述了常见的海洋石油平台管道安装技术, 包括滑移式安装、吊装式安装和沉管铺设等, 分析了各自的优缺点及适用范围。通过对管道安装过程中的技术难题进行探讨, 提出了优化方案, 如自动化焊接、智能监控和优化调度等, 以提高安装效率与安全性。通过研究表明新技术的引入能够有效解决安装过程中存在的问题, 并为未来的管道安装提供了发展方向。

关键词

海洋石油平台; 管道安装; 深水环境; 自动化技术

1 引言

随着全球石油资源的逐渐枯竭, 海洋石油的开发逐步成为油气行业的重要方向。海洋平台管道系统负责将油气从平台传输到陆地, 其安装质量和效率直接影响到平台的安全性、生产效率和成本。海洋环境的特殊性, 尤其是深水区域, 给管道安装带来了极大的挑战。本文旨在分析海洋石油平台管道安装的技术现状, 探讨深水环境中的主要问题, 并提出优化方案, 以提高安装效率和安全性。

2 海洋石油平台管道安装技术概述

海洋石油平台管道安装技术随着海洋油气开采的不断深入而持续发展和完善。海洋环境的复杂性要求管道安装技

术不仅要具备高效性和稳定性, 还必须能够应对波浪、海流等各种自然条件的挑战。不同的环境条件(如水深、海底地质和海洋气候)对安装技术提出了不同的需求, 因此海洋石油平台管道的安装方法不断演化如图 1。目前常见的技术包括滑移式安装、吊装式安装和沉管铺设, 每种方法具有其特定的适用范围和技术特点。

2.1 滑移式安装

滑移式安装技术是一种简单且经济的管道安装方式, 广泛应用于浅水或中等水深的海域。其基本原理是将管道固定在滑道或滑轨上, 通过支撑结构将管道逐段滑移至目标位置。由于该技术的施工设备相对简单且成本较低, 因此在水深较浅的海域和管道较短的工程中尤为常见。该技术的优点在于施工简便、设备要求较低, 且能够在平稳的海况下快速完成管道铺设。但在水深较大的海域, 滑移式安装技术的应用受到限制。随着水深的增加, 海流、波浪等动态因素对管

【作者简介】宋鹏飞(1990-), 男, 中国山东胶州人, 本科, 工程师, 从事海洋工程研究。

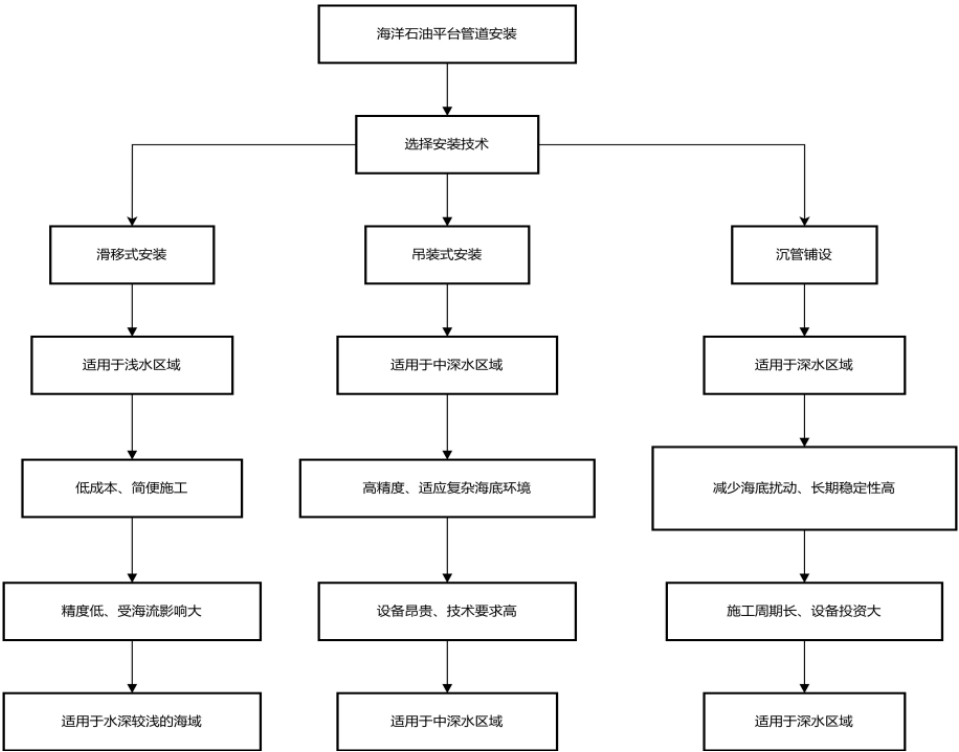


图 1 管道安装技术流程

道的安装精度产生较大影响，可能导致管道位置偏移，降低安装精度。因此，滑移式安装技术主要适用于水深较浅的环境，对于复杂的海底地形和深水环境的适应性较差^[1]。

2.2 吊装式安装

吊装式安装技术常用于中深水区域，特别适合长距离管道的铺设。该技术通过浮吊、起重船等大型设备将管道吊至预定海域，并缓慢放置于海底。吊装式安装在中深水环境中的应用较为广泛，能够提供较高的安装精度，特别适合在海底地质较复杂的区域进行操作。其主要优点是能够应对复杂海底环境，施工精度较高，适合长距离管道的精确安装。但吊装式安装所需设备较为昂贵，且对施工环境要求较高。强烈的海流、波浪等自然因素可能会影响安装进度和质量，因此在操作时需要较高的技术支持。尽管如此在实践中深水油气田开发和复杂海洋环境中，吊装式安装技术仍是实现高效、精确管道铺设的常用方法。

2.3 沉管铺设

沉管铺设技术是专门应用于深水环境的管道安装方法，特别适用于 1000 米以上的深水区域。该技术的基本原理是将预制好的管道在海面或浮动平台上预装好，通过沉放的方法

将管道准确地放置到海底。沉管铺设技术适应性强，能够应对深水区域的复杂海底地质，常用于长距离管道的铺设。沉管铺设的优点在于可以减少对海底环境的扰动，保证管道的长期稳定性和安全性，并且适用于复杂的海底地质和深水环境。然而，沉管铺设的施工周期较长，且对设备的要求较高，需要使用专门的沉管设备，设备投资较大。尽管沉管铺设技术具有较强的适应性和稳定性，但其较长的施工周期和较高的设备成本使得该技术主要应用于深水区域，而在浅水和中水区域则较少使用。以下表 1 对比了各种管道安装技术的几个关键指标。

据表 1 可以看出，海洋石油平台管道安装技术不断进化以应对不同的海洋环境和油气资源开采需求。滑移式安装适用于水深较浅的海域，具有低成本、施工速度快等优点，但在深水环境中精度较低；吊装式安装在中深水区应用广泛，适用于复杂地质，提供高精度安装，但需要较高的设备和技术支持；而沉管铺设则是深水区域的首选技术，具有较强的适应性和长期稳定性，尽管施工周期长且设备投资较大^[2]。随着技术的持续创新，未来这些安装方法将进一步提升作业效率和稳定性。

表 1 各种管道安装技术对比表

技术名称	适用水深	优点	缺点	应用场景
滑移式安装	浅水（50~200 米）	成本低、施工简便、施工速度快	精度低、受海流影响大	水深较浅、管道较短的工程
吊装式安装	中深水（300~1500 米）	高精度、适应复杂海底环境、长距离管道精确铺设	设备高昂、技术要求高、施工周期长	中深水区域，长距离管道铺设
沉管铺设	深水（> 1000 米）	适应深水、减少海底扰动、长期稳定性高	设备要求高、施工周期长、成本较高	深水区域，复杂海底地质，长距离管道铺设

3 海洋石油平台管道安装的技术分析

3.1 深水环境中的技术难题

随着海洋油气开采逐渐向更深的水域扩展,深水环境中的管道安装面临的技术挑战也愈加严峻。深水区通常指水深超过 500 米的海域,水压、温度、海流和波浪等因素对管道安装技术提出了更高的要求。在这种环境中,水压随着水深的增加逐渐增大,管道在海底的承受压力也随之增大,这可能导致管道变形或损坏。海底的低温则可能影响管道的材质,尤其是管道连接点的密封性和强度。因此,管道材料必须具备较高的耐压性、抗腐蚀性和低温适应性,以确保管道在深水环境中的稳定性和长期使用寿命。深水区域的海流和波浪对管道的铺设精度产生了显著影响。强烈的海流和浪涌不仅会导致管道在安装过程中位置偏移,甚至可能引发物理损坏。尤其在恶劣天气条件下,海流的变化可能迫使施工暂停或延迟。为了应对这些挑战,管道安装过程中需要采取一系列技术措施,例如增强管道加固设计、采用先进的自动化定位系统以及精密的安装设备,以确保安装过程中的精度和稳定性。

3.2 管道的安全性问题

海底管道作为海洋石油平台与陆地之间的关键连接通道,其安全性直接关系到油气传输的稳定性。然而,由于海洋环境中的多种自然因素,管道在长期运行过程中面临着腐蚀、磨损、沉降、地震等风险。海水腐蚀是管道面临的最大威胁之一,海水中的盐分和化学物质可加速管道金属表面的腐蚀,导致管道强度下降,甚至发生泄漏。为延长管道使用寿命,常采取防腐涂层、阴极保护等技术措施,同时管道材料必须具备较强的抗腐蚀性,常采用不锈钢、合金钢等耐腐蚀性强的材质。海流和海底地质的变化对管道的稳定性也构成了挑战。在管道敷设过程中,海流的冲击和海底地质的摩擦可能导致管道的稳定性受到影响,尤其是在转弯和复杂地形处,过大的摩擦和拉力可能引起管道的结构损坏或泄漏^[3]。

4 自动化管道安装技术与优化算法在海洋施工中的应用

4.1 自动化管道安装技术

自动化管道安装技术在管道焊接方面的应用,显著提高了施工质量与效率。在传统的管道焊接过程中,人工操作容易受到作业人员技能、环境变化等因素的影响,导致焊接质量不稳定。为了解决这一问题,自动化焊接技术通过高精度机械设备(如自动焊接机器人、焊接自动化系统)进行焊接作业,不仅提高了焊接精度,还确保了每一焊缝的一致性与可靠性,减少了人为误差。在海洋环境中,作业条件通常恶劣,强烈的风浪和波动使得人工操作极为困难。自动化技术的引入有效地解决了这一问题。采用机器人技术和计算机

控制系统,自动化设备可以在海上平台或浮动作业单位上进行作业,从而确保管道安装精度的同时,避免了因人为因素造成的施工延误或质量问题。而传感器技术的发展使得智能监控系统得以在管道安装过程中广泛应用,这些智能监控系统通过布置传感器阵列(如温度、压力、加速度传感器),实时监控管道状态、焊接过程、海洋环境等参数。通过传感器采集的数据,施工人员可以在第一时间发现潜在的施工问题,如焊接缺陷、管道受力不均等,从而进行及时的调整和修正。这种实时监控技术能够有效降低施工过程中由于环境因素或设备故障带来的风险,提高施工精度与安全性。

4.2 优化算法的应用

管道安装项目通常涉及多个作业环节和资源调配,传统的人工调度方式难以应对复杂的施工条件和环境因素。为此现代优化算法在管道安装中的应用成为提高施工效率、降低成本和减少风险的关键。优化调度技术通过先进的数学模型与算法,如遗传算法(GA)、粒子群优化算法(PSO)和模拟退火算法(SA)等,对施工流程和资源配置进行优化。通过这些优化算法,可以在多个备选方案中选择出最合适的施工方案,最大程度地提升施工效率并最小化施工成本。如在深水管道的安装过程中,海流、天气等外部因素对施工进度和施工质量的影响极大,优化算法能够根据实时的气象、海流数据,动态调整施工计划和人员调度,避免在不利条件下进行施工操作,降低环境变化对施工进度的影响。具体而言,优化算法可以帮助分析和预测作业过程中可能出现的变化,如管道铺设时的海流变化、焊接时的材料温度波动等,通过合理安排施工步骤和人员调度,避免在极端天气或强海流条件下作业。这不仅有效缩短了施工周期,也避免了因外部环境变化而导致的施工延误。此外,优化算法还能够平衡各项施工任务之间的资源分配,确保设备的高效使用,避免因资源浪费或调度不当而造成的额外成本。

5 结论

海洋石油平台管道安装技术是一个复杂的系统工程,受到环境、设备和技术等多重因素的影响。通过对现有技术分析与优化,可以有效提高管道安装的效率和安全性。随着智能化和自动化技术的发展,未来的管道安装将更加高效、精确和安全。

参考文献

- [1] 陶艳文,纪志远,朱武.海洋石油平台井口区的配管设计[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(01):108-110.
- [2] 马志刚,王玉伟,邵艳红,等.论海洋石油平台管道穿舱选型设计的隐藏需求[J].石油和化工设备,2024,27(11):168-170.
- [3] 于子健.海洋石油在役海底管道安全事故分析及对策研究[J].石化技术,2024,31(10):315-317.