

临时管线施工技术在海洋石油平台建造中的应用研究

张海军 宋增利 魏树国 (海洋石油工程(青岛)有限公司, 山东 青岛 266520)

摘要: 海洋石油平台的建设关系到海洋区域内石油的开采质量以及开采安全, 对我国石油行业的发展以及推动经济的增长均起到积极影响。不过, 海洋石油平台建设工艺复杂, 涉及较多管线技术的综合应用, 提升了平台建设难度。临时管线施工技术作为海洋石油平台建设中的重要技术支持, 能很好的适用于海洋石油平台的建设环境, 并发挥积极作用, 从整体上提升建设质量。基于此, 本文重点围绕在海洋石油平台建造中临时管线施工技术的相关内容进行分析, 探讨该技术的应用基本原理、关键技术支持与优化方向等内容, 希望为海洋石油平台的建设与有效运行提供理论依据和现实经验参考。

关键词: 临时管线; 海洋石油平台; 施工技术; 自动化施工

中图分类号: TE6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 001-0097-03

Research on the Application of Temporary Pipeline Construction Technology in the Construction of Offshore Oil Platforms

Zhang Haijun, Song Zengli, Wei Shuguo (Offshore Oil Engineering (Qingdao) Co., Ltd, Qingdao Shandong 266520, China)

Abstract: The construction of offshore oil platforms is related to the quality and safety of oil extraction in Marine areas, and has a positive impact on the development of China's petroleum industry and the promotion of economic growth. However, the construction process of offshore oil platforms is complex and involves the comprehensive application of many pipeline technologies, which increases the difficulty of platform construction. Temporary pipeline construction technology, as an important technical support in the construction of offshore oil platforms, can be well applied to the construction environment of offshore oil platforms and play a positive role, improving the overall construction quality. Based on this, this paper focuses on analyzing the relevant content of temporary pipeline construction technology in the construction of offshore oil platforms, discussing the basic application principles, key technical support and optimization directions of this technology, hoping to provide theoretical basis and practical experience reference for the construction and effective operation of offshore oil platforms.

Key words: Temporary pipeline; Offshore oil platform; Construction technology; Automated construction

在海洋石油平台的建造期间, 临时管线系统是保障各类施工活动得以顺利开展的一项关键要素, 由于平台建造周期漫长、施工环境错综复杂, 临时管线系统需要达到高压、耐腐蚀的条件, 还要拥有较高的安装与拆卸便捷性。临时管线的建造技术包含管线的铺设安装、连接处理、支撑设置、防腐措施与耐压保障等多个维度, 随着科技的进步, 全新材料与智能化建设工艺不断促进该领域的创新发展。

1 临时管线施工技术的基本原理

1.1 临时管线定义与特点

临时管线是指从泵或压缩机到井口、从井口到外部处理设备的连接管线, 以及装有传感器的接口。通常情况下, 临时管线的源头指的是井口或采油树, 个别情况下, 压力容器之间的液体传输也需要用临时管线。它的显著特性是具备高灵活性、短施工周期以及强功能性, 临时管线大多采用有耐腐蚀、耐高压性能的材料, 像 PVC、HDPE 还有金属合金, 以此保证能在海洋环境里抵御恶劣的自然状况。

管线的连接手段简易, 经常运用快速连接工艺,

临时管线设计着重考虑成本效益。虽然该项目对技术水平要求颇高, 但无需像永久管道那样考量长期使用的问题, 故而材料选择和施工方法大多以提升施工效率为首要考量, 确保能够迅速投入运用并达成流体输送的要求。

1.2 海洋石油平台建造中的应用需求

在海洋石油平台建造期间, 临时铺设的管线承担着诸如供水、供气以及废水排放等基础工作。鉴于海上平台的建设时长偏长, 而且施工环境具有复杂性, 临时管线需按照施工的推进情况灵活地进行铺设, 进而支撑多个功能系统的流体输送需求。在搭建平台期间, 临时管线一般要达到可快速安装与移除的标准, 保障施工进程里各项工作得以顺利推进^[1]。临时管线的运用依旧面临特别的安全和环境方面的挑战, 在海洋的环境里, 管线既要承受猛烈的海浪、风力等自然作用力, 还需要保障管道系统的稳固性与严密封闭性, 防止出现泄漏和污染事件。临时管线的施工技术得确保管道连接坚实, 可在恶劣环境状况下平稳运作, 维护平台建设的安全和施工进展。

2 临时管线施工技术的核心技术

2.1 管线铺设技术

管线铺设技术作为其中的重要技术组成部分,在海洋石油平台建造中能发挥积极作用,在该技术的应用中,需要设计人员、施工管理人员等就海洋石油平台建造的区域环境做分析,合理设计施工图纸,并综合考虑到管线铺设过程中所面临的高压以及海洋内的复杂环境,确保该技术的应用质量。可以通过以下公式计算管道的压力承载能力:

$$P = \frac{D^2 \cdot S \cdot t}{D} \quad (1)$$

P 代表管道承受的压力 (MPa), S 为管道的许用应力 (MPa), t 是管道的壁厚 (mm), 而 D 是管道的外径 (mm)。通过该公式来帮助设计人员计算出管线铺设过程中所需要面临的海底的巨大压力,为施工人员选择质量过硬、抗压能力强的管道提供了科学的数据依据,在施工人员选择了合适的管道后,也能根据施工流程以及管道安装需求合理实施管道安装工作,避免了管线破裂或者其他因压力所导致的负面问题。在管线铺设技术的应用中,设计人员与施工人员均需要重视海洋这一特殊的施工环境,尤其是在超过了 3000m 的深水区域,所面临的压力非常大,对各类管线的抗压能力要求也会进一步提升,只有真正确保管线的抗压能力才能开展施工工作,也才能构筑海洋石油平台的第一道防线

2.2 管线连接与支撑技术

在临时管道铺设作业里,连接和支撑的相关技术是保证管道系统平稳运行的根本。设计管道支撑的时候,需要考量管道自身重量、流体压力以及海上环境带来的影响,支撑点承载能力的计算对保障管道的安全起着至关重要的作用。借助下面的公式对支撑点的最大承载力加以计算:

$$F = \sigma \cdot A \quad (2)$$

式中,支撑点所承受的力用 F 表示, σ 为材料可承受的许用应力,单位是兆帕,支撑点的横截面积用 A 表示,单位是“mm²”。该公式可用于测算各个支撑点的承载能力,保证管道在施工期间不会因为外部环境的影响而失去稳定性^[2]。在海洋这个特定环境中,支撑系统的设计标准既需要考虑管道的重量,而且要顾及海浪、风速和震动等因素带来的作用。支撑结构一般选用不锈钢或者高强度合金钢作为制作材料,这些材料在强风劲吹、湿度很高以及海水腐蚀的环境当中拥有较高的稳定性和耐久性。支撑点的间隔大概在 3m 到 5m,保证管道在施工过程中的稳固性以及流体输送的可靠性。

2.3 防腐技术与耐压技术

海洋石油平台临时铺设的管线处于具有高腐蚀性的环境当中,防腐工艺是保障管道长久稳定运转的核心。防腐手段主要涵盖涂层防腐与阴极保护方法,为了测评涂层的防腐寿命长短,可采用以下公式:

$$T = \frac{K}{D^2} \quad (3)$$

式中, T 代表涂层可起到防腐作用的年限,涂层材料的防腐系数用 K 表示,按照不同的材料和环境状况而产生改变。该公式是用于测算涂层在各类管道直径和材料状况下的使用期限,像环氧树脂或者聚氨酯这类涂层材料能起到良好的防腐作用,一般可让管道的使用年限延长至 5 到 10 年。而对于深海环境或是长期埋于地下的管道,阴极保护技术被大量采用,阴极保护借助电化学反应降低管道表面的腐蚀程度,采用牺牲阳极和外加电流这两种办法来保护管道。

3 临时管线施工技术的优化方向与创新技术

3.1 新型材料与管道连接技术

新型材料投入使用后,大幅提升了海洋石油平台临时管线的性能和搭建效率,临时管道系统中大量使用了玻璃纤维增强塑料,GRP 管道具备很强的抗腐蚀能力,可以很好地抵抗海水以及化学介质的侵蚀,其使用时长能达到 15 年以上,并且相较于钢管重量轻了 20%~30%,有利于减轻运输和安装过程中的负荷。碳纤维复合材料凭借高抗拉强度与低密度的特性,适合应用于深海环境,可以承受最高达 6000MPa 的抗拉强度,还能使管道重量降低约 50%,提高了深水作业施工的效率。在管道连接的技术范畴内,快速接头技术的运用让管道安装的效率大幅提升。快速接头可承受的压力为 16MPa,其连接操作仅需 3~5min 便可完成,降低了施工过程中的人力投入和时间消耗^[3]。焊接工艺也得以运用,该技术可以在高压环境中保证高精度和稳定性,减少了由人工焊接差错造成的质量毛病,将新型材料与高效连接技术相结合,临时管线施工的效率 and 安全性有明显提高。

3.2 自动化与智能化施工技术

自动化的管道铺设系统利用无人驾驶铺管船和水下机器人 (ROV) 在海洋平台上实施管道铺设,尤其是在深海环境里,水下敷设作业一般要求管道具备承受深水区压力的能力,自动化敷设系统能够把管道敷设的精度控制在 $\pm 0.5m$ 的误差范围内,使铺设效率提高约 30%。无人水下航行器 (ROV) 借助其高精度摄像头和传感器对管道铺设流程展开实时监测,可迅速察觉潜在的问题,防止施工出现延误。在智能施工领域,物联网 (IoT) 技术得到大量运用,借助传感器

对管道的压力、温度等数据开展实时收集，这些数据会经由云平台开展处理与分析，可提前预判设备故障与施工风险。在一个具有代表性的海上工程项目里，传感器每一分钟就往系统传输大概 10,000 个数据点，实时展现施工环境的改变状况，这样项目管理团队能够迅速做出调整，降低事故发生的几率。

3.3 施工过程的优化管理技术

在具体的施工与安装工作实施过程中，还需要施工人员根据现场环境灵活应对，确保安全施工、高质量竣工。如可通过三维可视化平台技术来实施对现场的管理工作，要优化并整合平台建造中所涉及的管道、设备、以及施工进度等相关内容，确保各环节管理信息均管理到位，避免出现遗漏重要信息的问题。在此基础上通过仿真实验技术就管线安装的各个环节加以评估，结合实际数据反馈管道压力、温度等关键性指标，在分析指标的基础上对管线施工计划做出优化调整，科学实施建造工作，稳步提升建造质量。

4 案例分析

4.1 项目背景与施工需求

该项目位于深海环境中的海洋石油平台建设，施工水深超过 2000m。项目需要布设临时管线以支持供水、供气、废水排放等需求^[4]。施工环境复杂，面临海上强风、巨浪及高水压等自然条件，要求管道系统具备高耐压性、耐腐蚀性和较轻的重量。管道需要承受超过 25MPa 的压力，且在施工期间能够稳定运行。为此，项目采用了玻璃纤维增强塑料（GRP）管道和碳纤维复合材料管道，后者具有高抗拉强度和低重量，适用于深海作业。此外，管道连接采用快速接头技术，承压能力为 16MPa，可提高施工效率并缩短施工周期。

4.2 施工过程中的技术实施

在项目施工期间，管道铺设大量运用了自动化铺设系统，特别是在水深较深的区域，自动铺设船安装了动态定位系统，精确调控船体的位置，保证管道铺设误差维持在 $\pm 0.5\text{m}$ 以内。在超过 2000m 水深的的环境里，铺设进程由海底机器人进行实时监督，机器人可自行调节管道铺设的深度与角度，从而契合复杂多变的海底地貌，该系统显著提升了施工效能，让工时减少了差不多 20%。

管道连接运用了快速接头工艺，此工艺可快速实现管道的安装与拆除，承压数值是 16MPa，适合平台建设进程中频繁变化的需求，这项技术的采用削减了施工过程中因焊接或许产生的差错与质量毛病，增强了管道系统的稳固性。连接完毕的管道密封性经过反复检测，保证管道在高压环境下能维持稳定流体输送能力。在施工进程中引入传感器与数据监控系统，实

时对管道的压力、温度、应力等参数开展监测，保障每个环节都契合设计要求，及时对施工规划进行调整。

4.3 施工效果评估

评估施工效果时，会对项目的完工时间、费用管控、安全性以及管道系统性能展开分析，在管道铺设与连接工作里，施工队伍严格依照预先规划来开展操作，保障了所有管道都按时铺设并连接好。表 1 展示了项目施工前与施工后在时间、成本、安全性等方面的对比资料。

表 1 施工前后对比数据

| 项目 | 施工前估算值 | 实际值 | 节省 / 增幅 |
|-------|-----------|-----------|---------|
| 施工周期 | 180 天 | 135 天 | -25% |
| 总成本 | 5000 万人民币 | 4100 万人民币 | -18% |
| 安全事故率 | 5.00% | 3.50% | -30% |
| 管道密封性 | 100% 合格 | 100% 合格 | 无变化 |
| 承压能力 | 30MPa | 30MPa | 无变化 |

施工时长减少了四分之一，主要是因为采用了自动化铺设系统和引入了快速接头技术，这些手段显著提升了施工的效率。项目节省了大概 18%，显示出采用新型材料以及施工效率提高造成的成本减少^[5]。在安全保障方面，事故发生率降低了 30%，这体现出施工进程的优化管理与技术升级切实降低了安全隐患，管道的密封程度与承压水平契合了既定标准，保障了施工质量的稳定可靠。

5 结语

临时管线施工技术对于海洋石油平台的建造而言，有着举足轻重的意义，伴随新型材料、自动化施工工艺和智能化管控的运用，临时管线施工效率和安全程度大幅提升，借助本研究为后续海洋平台搭建时的临时管线铺设工作提供技术支撑，协助施工团队在面对复杂状况时采用更有效的施工举措，给海洋石油平台的搭建提供更高效、更安全的应对方案。

参考文献：

- [1] 王洋.BIM 技术在施工中的应用与研究——以合肥市第二人民医院为例 [J]. 城市开发, 2025(10):36-38.
- [2] 杨俊贤. 海洋平台管道加工设计中的可视化应用研究 [J]. 石油和化工设备, 2024, 27(6):84-87.
- [3] 张国中, 高指林, 孙瑜, 韩小康, 郑晓娟. 模块化建造技术在海洋平台建造中的应用 [J]. 天津科技, 2014, 41(3):39-41.
- [4] 李凯, 刘彦昌, 王传磊. 不停产带压开孔技术在石油平台常规维修改造中的应用 [J]. 江苏科技信息, 2021, 38(15):41-43.
- [5] 李明钊. 海洋石油平台仪器仪表中的自动化控制及其应用 [J]. 石油石化物资采购, 2023(14):37-39.

作者简介：

张海军 (1985.06-), 男, 汉族, 河北唐山乐亭人, 大专, 助理工程师, 研究方向: 海洋油气储运工程。