深水海管铺设效率提升分析研究

甘惠良　刘　帅　蔡　铮　周　杨　孙庆辉（海洋石油工程股份有限公司，天津　300452）

摘　要：海管铺设效率直接关系到整个项目的工期和经济成本，是海洋工程公司市场竞争和生存的关键要素。本文依托南海深水项目施工经验，对深水海管铺设效率的影响因素进行分析，并提出相应的改进措施和方向。

关键词：深水海管；铺设效率

1 简述

海洋油气开发在人类油气开发史上占举足轻重的地位，从 2013 年到 2018 年的 5 年时间内新发现海洋油气田 530 个，其中深水 210 个，投产的油气田中深水占 40%。随着时间的推移，浅水油气田投产数量已在大幅减少，深水油气田数量尚保持稳定，海洋油气开发的未来在深水。我国近年来也逐步加大南海深水开发力度，先后自主开发了流花 16–2、流花 29–1、流花 29–2、陵水 17–2 等深水项目。

深水项目海管铺设目前国际主流施工方法有 S–lay 和 J–lay 两种方式，国内公司主要采用 S–lay 方式铺设海底管道。目前国内公司的整体施工效率较之国际先进海洋工程公司的同类船舶差距明显，已然成为国内公司铺管业务板块跻身国际领域的重要障碍。与此同时，随着作业水深的增加、管道设计寿命增大以及铺设工艺要求提高，也使得必须在管线铺设技术和效率方面有所突破。下面通过对影响深水铺管效率的因素进行分析，从而提出提升铺设效率的改进措施和发展方向。

2 深水海管铺设影响因素

根据公司海洋石油 201 船执行流花 16–2、流花 29–1、流花 29–2 和陵水 17–2 项目的施工经验，影响深水海管铺设效率的因素包括施工组织管理、海底管道设计、铺管装备、焊接、检验、节点防腐以及海管供货质量控制等。

2.1 施工组织管理

施工组织管理主要指海上铺管施工团队的人员配置以及施工组织模式。国际流行的现场管理模式一般是总监负责制；现场施工人员的职业素养以及岗位人员配置需要满足项目特点及需求；作业线施工班组（包括焊接、检验、节点防腐、ROV、定位、QC、工程水手和现场工程师等）、船舶设备维保班组和船舶航行班组的施工人员应该具备丰富施工经验，具备相应的专业技能和熟练度，各工种之间应该做到熟练配合。现场总监全权负责现场施工，指令能够得到贯彻执行，各版块负责人能按要求履行相应的岗位职责。

2.2 海底管道设计

海底管道设计包括基设、详设和安装设计，每个阶段都需要从现场施工的角度考虑分析，包括路由选择、焊接、检验、节点防腐以及安装工艺的设计和选取、阳极形式和数量及安装方式的选择等。以路由选择为例，优化路由选取，降低风浪流（尤其是孤立波存在的施工现场）对船舶作业艏向的影响，可以提高海管走船速度。海上施工采取的规范，应该在满足油田开发要求的前提下，选择对海上施工影响较少的规范进行使用。从安装设计角度考虑，应该优化海上施工顺序及施工方案，做好各工序的衔接安排，降低无效作业时间，从而提升作业效率。

2.3 铺管装备

深水海管铺设的装备主要载体为 DP 深水铺管船，船舶本身的装备（例如吊机、DP 系统、主机及推进器推力）以及铺管涉及到的关键装备（例如张紧器、AR 绞车、托管架、海管传输系统、PLET 舷侧安装系统、焊接、检验和节点防腐设备、定位及 ROV 设备等）都影响到现场施工效率。选择配置合理的船舶资源，确保船舶机械设备运转良好，降低设备待机率，是提升海管铺设效率的关键因素。

图 1　海洋石油 201 船托管架系统

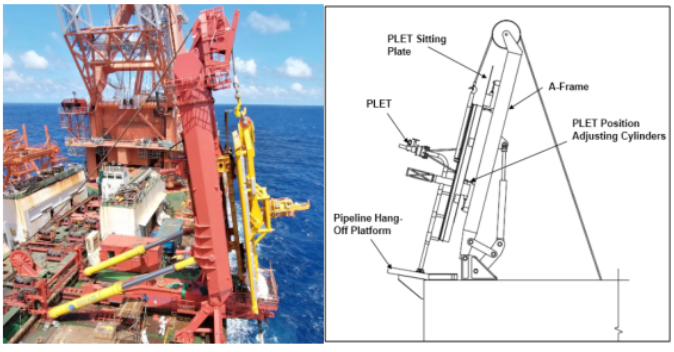

图 2　海洋石油 201 船 PLET 安装系统示意图

2.4 焊接

海管焊接是海底管道施工效率的关键因素，主要分为焊接工艺、焊接设备以及焊接施工人员三个方面。项目筹备阶段，结合项目规格书要求和特点，开发适用于自有设备和船舶能力相匹配的焊接工艺以及相应的 ECA 等，确保焊接工艺的适用性。焊接设备是海管铺设效率

的关键装备，除了设备本身升级换代之外，还需要做好设备的保养及维护，确保不能因为设备原因导致返修和待机。海上施工期间配置经验丰富的焊接队伍，包括焊工、对中操作以及坡口加工等关键操作人员，对质量要求和控制措施要有充分、正确、清楚的理解（强化自检自控）并进行必要的操作强化训练，避免由于施工人员经验或能力不足，造成组对不顺利或焊接质量差需要返修而产生的各种待机。

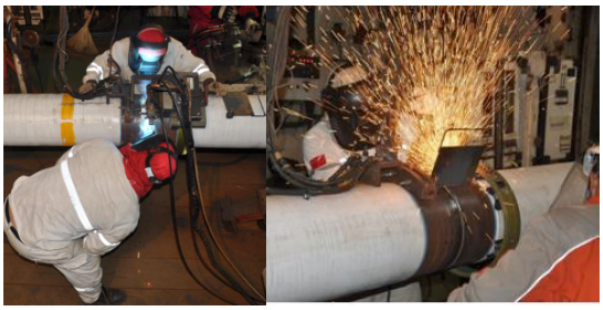

图 3 海管焊接作业示意图

2.5 检验

对于检验规范及检验接受标准的确定需要在投标阶段及项目筹备阶段进行分析和确认，避免检验工艺的设定影响现场主线施工效率。

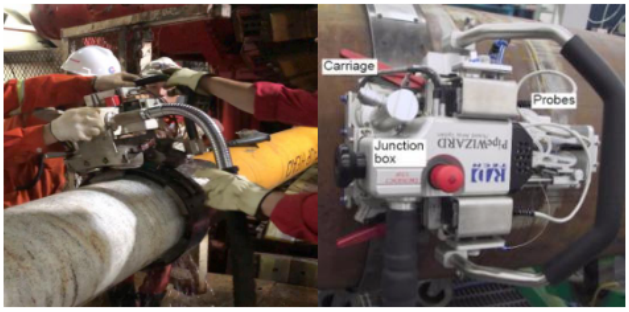

图 4 海管焊道 AUT 检验示意图

2.6 节点防腐

目前国际海底管道施工节点防腐主流工艺为喷砂 + 中频加热 + 底漆安装 + 热缩带安装，另外，深水海管由于海管防腐为 3LPE 或 3LPP，管体不带水泥配重，因此热缩带的冷却和降温会直接影响现场的走船效率。项目筹备阶段认真研读业主的规范和标准要求，PQT 试验期间参考现场实际作业条件，提前核实节点防腐工艺作业时间，评估是否影响主线施工效率。同时，根据主作业船站点布置，增加冷却装置，降低冷却时间，从而确保节点防腐工艺不影响施工效率。

图 5 海管节点防腐示意图

2.7 海管供货质量控制

对于海底管道自动焊工艺对于海管椭圆度的偏差较为严格，椭圆度较差的海管直接影响海管组对效率、容易导致焊接缺陷，从而影响铺设效率；同时 3LPE 和 3LPP 涂层的海管在管体涂敷过程中建议增加防滑颗粒，以免影响主作业船走船速度。

3 海管铺设效率提升建议

综上所述，应该从海底管道设计、对接、焊接、涂覆、铺设流程、检验、作业线设备等方面对如何提高海管铺设效率进行系统研究，提高技术、设备和操作工艺整体水平，从而达到提高整体铺管工作效率的目标，赶上国际水平。

①通过分析总结，从海管设计角度总结海管设计方法对铺管效率的制约因素，例如详设阶段，从路由选取、阳极形式及安装工艺、VIV strakes 设计、海管制管规格书要求等方面，研究优化设计方法；②结合现阶段海管制造水平，优化海管制造公差标准；加强对海管生产的质量监督；若厂家生产的海管确实达不到规格书要求，则需要在涂敷完成后对海管进行扩径或者测量分组，以保证海上组对顺利，较少对施工效率的影响；③设计研究短时间内能保证底漆粘接与固化的加热装置；研究寻求加热后热缩带快速冷却方法；根据施工船舶资源优化涂敷工作站，选择提高涂敷质量与效率的先进设备；新的节点防腐技术应用推广（FBE 喷涂等）；④对常规铺设的海管等进行深入的焊接技术研究，包括焊材的选择、坡口形式的调整、工艺参数的优化等，并完成焊接接头力学性能试验研究，形成第三方认证焊接工艺及推广应用，最终实现自动焊技术的提升，从而提升海管铺设效率；⑤通过对整个铺管过程中检测环节的分析及相应的改造，提升其整体效率，今后对公司铺管船舶的效率提升改造提供经验解决，同时为检测工艺的完善提供指导；⑥加强与国外大型海洋工程公司沟通与学习，了解国外先进深水铺管船舶、设备以及铺管技术，为了探索更深水铺管技术学习国外 J 型铺管船法技术以及相关施工工艺，并在适当时机购置或者建造适用于 J 型铺管法的新型铺管船；⑦结合国内公司船舶管理模式，实行总监负责制，配置相应的总监团队，晚上施工队伍专业人员配置，由总监负责海上施工进度、安全、质量，提升海上管理及施工效率。

参考文献：

[1] 李志刚 . 深水海底管道铺设技术 [M]. 北京 : 机械工业出版社 ,2012.

[2] 叶茂等 .S-lay 型和 J-Lay 型铺管船的功能扩展研究 [J]. 石油矿场机械 ,2014(2).

[3] 刘晓君 . 我国海底管道及焊接技术 [J]. 中国造船 ,2003(09).

作者简介：

甘惠良（1986- ），男，本科，工程师，现从事海上油气田海底管道施工设计与管理工作。