

海上平台建造与改造工程多专业 协同安装技术探究

曾祥活

(中海油能源发展装备技术有限公司湛江分公司, 广东 湛江 524057)

摘要 本文针对海上平台建造与改造工程中多专业协同安装技术展开深入研究, 探讨结构、管道、电气、仪表及通信等多学科之间协同配合的重要性的核心技术要点, 通过分析海上平台独特的作业环境和施工要求, 论述了在高盐雾、强腐蚀、高风浪以及有限空间条件下各专业之间的配合策略, 并揭示了多专业协同对优化建造及改造流程、提高安装精度与效率以及降低安全风险的积极作用, 结合典型工程实例, 归纳了多专业团队在协同管理、技术整合与执行中的实践成果及挑战, 以期今后海上平台建造与改造工程提供可行的参考与指导。

关键词 海上平台; 建造与改造; 多专业协同; 安装技术; 工程管理

中图分类号: TE952

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.07.025

0 引言

海上平台在海洋油气资源开发、海上风电场建设和海洋科学研究等领域发挥着重要作用, 其建造与改造工程关系到海洋资源的有效开发与利用。随着全球海洋工程规模的不断扩大和开发深度的逐步提升, 海上平台的结构形态和功能模式日益多样化, 施工难度与风险程度也随之升高。为实现高效、安全、经济的建造与改造目标, 需综合考量结构工程、管道工程、电气工程、仪表工程以及通信与控制工程等多方面要素。在此背景下, 多专业协同安装技术应运而生, 并在海上平台工程中扮演愈发关键的角色。通过加强各专业间的配合与协同, 能够使工程整体更具灵活性和可持续性, 也能够施工过程中有效识别并管控潜在风险。

1 海上平台建造与改造工程多专业协同的概念与重要性

1.1 多专业协同在海上平台建造与改造中的基础内涵

多专业协同在海上平台建造与改造中是指结构、管道、电气、仪表及通信等不同工程领域的技术人员和管理团队在统一的项目目标与计划框架下紧密配合并协同工作, 从而确保项目各环节的高效衔接与优化整合。这种协同关系不仅体现在施工阶段的技术衔接与信息共享, 还贯穿于设计、预制、运输、安装、调试以及运营维护的全过程。由于海上平台建造与改造

工程具有环境恶劣、风险高、工期紧以及投资巨大的特点, 各专业之间难免存在作业目标差异与技术鸿沟, 如果缺乏及时有效的沟通与协调, 极易出现设计变更滞后、施工冲突加剧、资源调配混乱等问题^[1]。通过多专业协同, 可以在工程早期阶段就统一对平台整体结构布局、功能需求和扩展性进行全面评估, 并制定合理的工作流程和应急预案。这样一来, 不仅有助于减少因专业间脱节而导致的施工误差, 也能在最大程度上避免或降低突发风险对工程质量和进度的影响。多专业协同的基础内涵还包括对信息化工具和数字化管理手段的充分利用, 各专业团队通过共享三维建模、BIM 系统以及远程监测平台等现代化技术手段, 实现对项目数据和施工信息的实时传输、动态更新和精细化分析, 从而让结构布置、电缆走向、管线分布等关键环节在设计与施工中能够得到多角度验证与调整。这种以全面协同为目标的建造与改造模式为后续的安装调试和长期运营奠定了坚实的基础, 也逐渐成为当前海上平台项目提质增效和可持续发展的核心理念。

1.2 多专业协同的重要意义与价值评估

多专业协同在海上平台建造与改造过程中的重要意义主要体现在提升效率、保障质量以及降低风险等方面。首先, 海上平台建设受限于海上作业环境不稳定、天气窗口有限以及工程施工时段的苛刻条件, 如果各专业之间缺乏准确、及时的信息对接和流程衔接, 往往容易出现工期拖延以及成本超支现象。通过多专业

协同，项目可在更早阶段就实现统一规划与集成管理，使结构工程与管道布置、电气线路敷设、仪表检测系统以及控制与通信系统的施工衔接更加顺畅，从而有效利用海上作业窗口并避免资源浪费。其次，在海上平台建设对安全性与可靠性要求极高的背景下，多专业协同能够显著提升工程质量与安全水平。各专业在协同模式下不仅可以实现错峰施工和施工干扰最小化，还可通过相互校核来减少系统性失误的发生。最后，多专业协同还可以带来重要的经济与社会效益，协同模式可在整体最优的思路下对资源进行统一配置与调度，使工程在材料采购、施工组织以及管理过程中保持高效运转，降低重复建设成本和施工能耗。

1.3 制约多专业协同发展的因素与应对策略

虽然多专业协同在海上平台建造与改造工程中具有显著优势，但其推广与落实仍面临多重制约因素，主要包括组织结构、信息沟通以及技术标准不统一等方面。首先，海上工程项目参与方众多，业主、设计单位、施工单位、监理机构和设备供应商等在组织结构上往往存在层级与部门分割，再加上海上环境因素导致的沟通不便，使得信息交流效率和决策速度难以大幅提升。要应对这一挑战，需要在合同与管理模式上进行改革，通过建立一体化的项目管理团队或采用EPC总承包模式等手段，确保各专业团队在同一组织架构下协同运作，从制度上消弭沟通障碍^[2]。其次，工程所需的数据和技术信息量大且涉及多个专业领域，如果缺乏统一的平台和标准进行管理和交换，极易造成数据不完整或不准确。对此，应着重建立跨专业的数据信息标准和共享平台，让各专业基于统一的模型和数据库开展设计、校核和施工模拟，实现准确的信息流转与动态更新。最后，海上工程需要面对多变的自然环境以及严格的安全生产要求，各专业在工作中对技术规范、操作流程以及风险评估标准的理解与应用往往并不一致，这会引发潜在冲突与安全隐患。

2 海上平台建造与改造工程多专业协同安装的关键技术

2.1 三维建模与数字化集成管理的应用

在海上平台建造与改造的多专业协同安装过程中，三维建模和数字化集成管理是实现工程优化设计和信息共享的核心技术。通过采用先进的三维建模软件，如BIM系统或其他海洋工程专用模拟工具，可以将平台的结构、管道、电气、仪表及通信系统等各个专业的设计方案与布局形态统一到一个可视化的数字平台

中，从而为各专业间的冲突检测与精度校核提供便利。在数字化集成管理模式下，项目各参与方能够对系统的状态和设计变更进行实时更新，基于统一的数据库实现多方协同和信息留痕，同时也便于后期的维护管理。对于海上平台而言，尤其需要关注不同构件和设备在海上环境下的耐久性与可维护性，三维数字化模型可以将环境载荷、设备运转要求与平台结构的动态响应融为一体进行模拟和验证，从而在设计阶段就能发现潜在问题并优化方案。此外，三维建模还可用于制定更加准确的预制方案与安装计划，通过数字化对构件的尺寸、重量、搬运和吊装路径等进行精确模拟，避免现场施工中的盲目性与重复操作^[3]。对于多专业协同而言，三维可视化有助于工程人员迅速理解并识别结构、管道、电气与仪表设备在空间布局上的协同与冲突关系，为跨专业协调提供直观依据。同时，数字化管理平台可以与物联网感知设备相结合，对施工过程中的关键质量指标、安全参数与进度信息进行远程监控与数据记录，为优化施工调度与持续改进提供基础。伴随传感技术与大数据分析的不断成熟，三维建模与数字化集成管理已逐步成为多专业协同安装技术不可或缺的支撑手段，也为进一步提升海上平台工程的自动化与智能化水平奠定了重要基础。

2.2 模块化预制与海上组块集成技术

模块化预制与海上组块集成技术是应对海上平台施工环境严苛和施工窗口有限的重要手段，其核心思想是将平台的各个功能区或部件尽可能在陆地或岸基工厂进行预制与组装，然后再利用大型运输船或驳船将预制模块运送到海上现场，最终进行吊装和集成作业。对于多专业协同安装而言，模块化预制要求在设计阶段就充分整合结构、管道、电气和仪表等系统的布局和接口，以减少后期在海上环境下进行高难度拼接与改动。由于海上组块作业风险高、成本大，一旦现场发现模块间的接口位置不匹配或某个专业的安装接口与其他专业产生冲突，往往会造成工期延误和额外的工程成本，因此需要所有专业在预制前就完成细致的碰撞检查与流程验证。通过采用模块化预制，可以将大量的焊接、布线、设备安装与调试工作转移到工厂环境中进行，这样可以受益于更好的生产工具和质量控制手段，减少海上作业时间，并在较为稳定的环境中提高组装精度。在模块化单元运抵海上后，利用大型起重设备或专用安装船进行精确定位与吊装，将各功能模块在平台支撑结构或甲板位置进行拼接与连接。在整个过程中，各专业仍需保持协同与通信，

以解决实地环境中可能出现的尺寸公差、对接误差或其它突发状况。海上组块集成技术的有效实施离不开完善的海事管理与吊装技术支持,如精密定位系统、实时监测系统以及防摆吊装方案等手段的运用,而在多专业协同的背景下,这些技术措施可助力加速施工进度并确保安装质量与施工安全,最终显著提升海上平台建造与改造工程的效率与可靠性^[4]。

2.3 安全管理与风险控制的集成化方案

对于海上平台建造与改造来说,安全管理与风险控制不仅是工程成功实施的前提,也与多专业协同安装有着紧密联系。海上施工环境面临海浪、潮汐、风暴和船舶交通等多种不确定因素,各专业在施工中若无法及时互通信息并进行协同决策,便会加大突发事件的风险。例如,在起重吊装作业时,如果电气专业和管道专业没有沟通好电缆布设或管道预留位置,则可能引发设备碰撞或牵绊事故。为了实现集成化的安全管理与风险控制,一方面需要在工程整体规划中嵌入系统性的风险评估与多专业联动的应急预案,对项目各阶段可能出现的危险源与事故后果进行识别与预判,并为各专业团队提供清晰的汇报与响应机制;另一方面,需要依托先进的信息化手段,如实时监测系统、视频监控以及海况预报模型等,对施工现场的环境要素和设备运行状态进行动态跟踪。通过在多专业协同平台中设置安全优先规则与自动化报警机制,一旦某个专业发现危险趋势或参数异常,可以迅速通知其它专业并触发应急响应,以减少风险蔓延的可能。与此同时,在安全培训与操作规范方面,各专业应统一培训并严格执行统一的安全标准,无论是个人防护装备的使用、吊装过程的作业审批,还是高空作业与有限空间作业的检查,都应当在协同管理下实现无缝衔接与责任落实。集成化的安全管理方案还能帮助项目管理层和技术团队深入了解问题产生的根源,从而在工程后续阶段中不断完善施工流程与设备选型。唯有将安全管理理念深度融入多专业协同的全流程,才能实现对海上平台建造与改造工程的高质量和长周期保障,最大程度降低人身伤害、环境污染与财产损失的风险。

3 未来发展趋势与综合展望

展望未来,海洋资源开发的深度与广度势必持续扩大,海上平台的建造与改造需求也将愈发复杂和多样化,多专业协同安装技术无疑会在这一过程中扮演更为核心的角色。首先,随着全球对绿色低碳转型的需求增大,海上风电、海上氢能及海洋可再生能源等

新兴领域有望迎来高速发展,针对这些全新应用场景的海上平台往往需要融合更多专业领域,如环保工程、能源管理与先进材料等,从而进一步要求项目团队强化协同理念与技术。其次,海洋工程的施工环境也将不断向深远海推进,高水深、强海流和极端气候将给平台建造与改造带来新的挑战,这需要更高水平的结构优化及更完善的综合安装方案,只有通过多专业间的高度协同才能有效应对^[5]。最后,数字化与智能化技术将在海洋工程中发挥不可替代的作用,大数据分析、云计算、物联网及人工智能等将不断深入渗透到海上平台施工管理和运营维护的各个层面,为多专业协同提供更加精准与高效的决策支持。基于此,可以预见多专业协同安装将在管理模式、技术手段和组织结构等层面不断革新,逐步迈向更加一体化、可视化以及智能化的高端形态。然而,这一发展进程也会面临诸多挑战,包括对专业人才培养的紧迫需求、对跨学科标准体系的进一步完善,以及对国际合作与法规衔接的协调等。唯有在技术研发、政策支持和产业合作等多方面形成合力,才能使多专业协同安装在海上平台建造与改造工程中的应用向更广、更深和更高的层次迈进,为海洋经济可持续发展与海洋工程领域的技术进步做出更大贡献。

4 结束语

海上平台建造与改造工程多专业协同安装技术的研究与实践,已经成为推动海洋工程高质量发展的重要途径。展望未来,多专业协同的理念与技术将继续在海上平台工程中发挥更大的作用,需要各方在人才培养、标准制定、技术研发以及国际合作等方面共同努力,才能在激烈的海洋开发竞争与日益严格的环境安全要求中取得长足进步。

参考文献:

- [1] 王芃然.海上采油平台组块建造技术研究[J].化工设计通讯,2023,49(02):48-50,68.
- [2] 赵卜,肖花,高国鑫,等.海上采油平台组块建造技术研究及应用[J].石化技术,2019,26(07):166-167.
- [3] 杨亮.信息化数字技术在海上采油平台风险预警中的应用[J].石化技术,2022,29(12):56-58.
- [4] 原培超.海底光缆在海上采油平台控制系统的应用及发展前景[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(03):127-129.
- [5] 孙涛.海上采油平台的维护管理[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(19):123-124.