

# Research on Modular Construction and Assembly Technology of Marine Platforms

Yibo Wang

Qingdao Wuchuan McDermott Marine Engineering Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266520, China

## Abstract

With the continuous growth of global energy demand, as the core facility for ocean resource development, the construction technology and efficiency of ocean platforms directly affect the economy and sustainability of the energy industry. The traditional construction method of offshore platforms often faces longer construction periods, higher costs, and greater safety risks. Modular construction and assembly technology, as an innovative construction mode, greatly improves construction efficiency, reduces costs, and enhances platform quality and safety by pre manufacturing and assembling modules on land. This article systematically studies the basic principles, implementation processes, key technologies, and applications of modular construction and assembly technology for offshore platforms in practical projects. Summarized the advantages and challenges of modular construction in offshore platforms, and proposed the direction of future technological development.

## Keywords

ocean platform; Modular construction; Assembly technology; Cost control; construction cycle

## 海洋平台模块化建设与装配技术研究

王一博

青岛武船麦克德莫特海洋工程有限公司, 中国 · 山东 青岛 266520

## 摘要

随着全球能源需求的持续增长, 海洋平台作为海洋资源开发的核心设施, 其建设技术与效率直接影响能源行业的经济性与可持续性。传统的海洋平台建设方式往往面临着较长的建设周期、较高的成本和较大的安全风险, 而模块化建设与装配技术作为一种创新的施工模式, 通过在陆地上预先制造与装配模块, 大幅提高了建设效率、降低了成本并提升了平台的质量与安全性。本文系统研究了海洋平台模块化建设与装配技术的基本原理、实施流程、关键技术及其在实际项目中的应用。总结了模块化建设在海洋平台中的优势与挑战, 并提出了未来技术发展的方向。

## 关键词

海洋平台; 模块化建设; 装配技术; 成本控制; 建设周期

## 1 引言

海洋平台作为海洋资源开发的核心设施, 其建设效率、周期、成本和安全性是关键的问题。传统海洋平台建设方式依赖于大量海上作业, 不仅建设周期较长, 而且成本高昂, 且容易受到恶劣海洋环境的影响。随着工程技术的发展, 模块化建设与装配技术逐渐得到应用, 成为海洋平台建设的新趋势。模块化建设将平台设计拆分为多个标准化模块, 在工厂内完成预制并进行质量检测, 减少了现场作业的复杂性和风险, 大幅提高了建设效率和安全性。本文旨在探讨海洋平台模块化建设与装配技术的原理、优势、实施过程、关键技术及其应用实践。

## 2 海洋平台建设的传统方式与挑战

### 2.1 传统建设的挑战分析

传统海洋平台建设方式通常分为多个阶段, 包括设计、施工、安装和调试等。在这一过程中, 平台的部分组件, 如钻井平台、支撑结构等, 通常在海上进行组装和安装<sup>[1]</sup>。该方式依赖于海上重型吊装设备(如浮式起重船、浮动平台等)进行重型设备或模块的吊装, 同时需要多次通过海上运输将物资、组件和设备运输到海上作业地点。但由于海洋环境的复杂性, 海上作业常常面临恶劣的海上施工环境, 如强风、巨浪、潮汐等自然因素的影响, 这不仅增加了施工的难度, 也延长了建设周期, 且容易导致施工事故和安全隐患。

传统海洋平台建设方式面临着诸多挑战, 第一是建设周期长通常需要 3 到 5 年才能完成, 且受到天气、海况等不可控因素的影响, 施工进度难以有效控制, 往往延误项目的完工时间。第二点高成本也是传统建设方式的一大问题。

【作者简介】王一博(1992-), 男, 中国山东青岛人, 本科, 工程师, 从事海洋工程研究。

由于海上施工需要使用大量海上重型吊装设备、运输船舶以及高强度的海上作业人员，这些都大幅增加了项目的整体费用。最后就是安全风险高也是需要应对的挑战之一，海上施工环境的复杂性和恶劣性，如强风、巨浪、潮汐等自然因素，使得施工过程面临较大的安全隐患，施工人员和设备的安全保障极具挑战。

## 2.2 传统方式与模块化建设对比

在海洋平台的建设过程中，传统建设方式和模块化建设方式各有优缺点。传统方式通常依赖于现场施工，经过多个阶段的施工、运输、吊装和调试，受到天气、海况等外部因素的影响，导致项目周期和成本较高，且施工过程中的安全隐患较多。而模块化建设则通过在工厂内完成大部分工作，采用标准化、预制化的模块单元进行运输和装配，显著提高了施工效率，缩短了建设周期，并且降低了施工现场的复杂性和风险。为了更加直观地比较这两种建设方式的优劣，以下表格对比了传统建设方式与模块化建设方式的几个关键指标：

表 1 传统建设与模块化建设的对比

建设周期	36—48 个月	25—30 个月
建设成本	高	低
安全性	较低	较高
质量控制	良好	优秀

从表 1 中可知，模块化建设较传统建设在缩短周期、降低成本、提升安全性上优势显著。通过模块化建设，既能减少现场施工时间，又能降低外部环境对施工进度与成本的影响，进而在保障质量和安全的条件下，提高项目整体效益。

## 3 海洋平台模块化建设的优势分析

### 3.1 海洋平台模块化建设的概念

模块化建设是一种将大型工程项目分解成若干标准化、预制化模块单元的建设方法。每个模块单元在工厂内完成大部分施工工作，涵盖设计、制造、装配等过程，经过预先设计的模块化设计，模块的尺寸、结构、接口等标准化，便于后期生产与组装。这种方式使得项目的施工阶段可以在相对封闭、可控的工厂环境中进行，通过预制化生产在工厂内完成零部件或模块的生产，从而提高了施工效率和质量控制的精确度<sup>[1]</sup>。与传统的现场施工相比，快速装配是模块化建设的核心优势之一，通过将预制完成的模块单元通过标准化的安装方法进行现场装配，大幅缩短了项目的建设周期。模块化建设不仅能减少现场施工的时间，还能有效降低施工过程中的不确定性。由于大部分工作在工厂内完成，能够保证模块的质量与精度，且工厂环境较为安全和可控，施工的安全性得到提升。每个模块单元在设计阶段就考虑了运输和装配的便捷性，使得现场的安装过程更加高效。在海洋平台建设中，模块化建设方式特别适用于解决传统方式中高成本、长周期和安全隐患等问题，提升了整体项目的执行效率和管理水平。

### 3.2 模块化建设的优势

模块化建设将多数作业转至工厂内完成，缩短了建设周期。在工厂里，模块可在受控条件下高效设计、制造与组装，减少现场施工复杂性与不确定性，压缩了施工时间。在实践中标准化和批量化生产的应用让每个模块生产过程高度一致，有助于降低施工不确定性与风险，进而降低成本。与传统现场施工相比，模块化建设减少现场作业工作量与高风险环节，避免运输和安装延误及额外开支。因多数工作在工厂完成，施工中外部不确定性与恶劣环境得到有效控制，提升了安全性，大幅减少海上作业风险，保障施工人员安全。其标准化生产流程使每个模块在工厂内严格检验与控制，确保质量符合设计要求，且能在现场快速安装拼接，提高质量控制效果。所以模块化建设既加速海洋平台建设进度，又通过降低成本、提升安全性与质量控制，为项目提供全面保障。

### 3.3 公式与定量分析

模块化建设通过减少现场施工时间和降低施工不确定性，在实际应用中能够显著缩短项目周期并降低建设成本。通过以下公式可以定量评估模块化建设对项目周期和成本的影响：

$$T_{\text{modular}} = T_{\text{traditional}} \times (1 - \Delta T)$$

$$C_{\text{modular}} = C_{\text{traditional}} \times (1 - \Delta C)$$

其中  $T_{\text{modular}}$  是模块化建设的周期， $T_{\text{traditional}}$  是传统建设的周期， $\Delta T$  是模块化建设相较于传统建设所节省的时间比例； $C_{\text{modular}}$  是模块化建设的成本， $C_{\text{traditional}}$  是传统建设的成本， $\Delta C$  是模块化建设相较于传统建设的成本节约比例。从这些定量分析可以看出，模块化建设不仅能显著缩短建设周期，还能有效降低项目成本。这些优势使得模块化建设在海洋平台等大型工程项目中，成为一种越来越受青睐的施工方式。通过提高施工效率和质量控制，模块化建设有效地减少了现场施工的复杂性，优化了资源配置，为项目的顺利完成提供了坚实保障。

## 4 海洋平台模块化设计原则与流程

海洋平台模块化设计是模块化建设的核心，它通过将复杂的海洋平台结构分解为若干标准化模块单元，以优化整体建设过程，减少施工时间与成本，并提高平台的可靠性与安全性。模块化设计的关键原则包括标准化设计、功能独立性、可更换性和模块互换性，以确保模块化建设的高效性、灵活性以及长期的可维护性。这些设计原则的实现不仅提升了项目的生产效率，还为后期的运行管理和技术升级提供了强有力的保障。

### 4.1 标准化与功能独立性设计

标准化设计是模块化建设成功的基石。它要求所有模块单元在尺寸、结构、接口等方面遵循统一的技术规范，从而使得模块化建设具备高度的可预制性和可装配性。通过标准化设计，每个模块可以在预制工厂内进行批量生产，确保

产品的一致性与高质量，这不仅大幅度提高了生产效率，还降低了安装时的复杂度<sup>[1]</sup>。举例来说，国际海事组织（IMO）提出的海洋平台标准（ISO 13731）就规范了平台模块的接口、尺寸、强度等技术要求，为模块化设计提供了清晰的技术指引。此外，标准化设计减少了现场对模块进行重新设计或调整的需求，有效地缩短了建设周期。根据相关研究，采用标准化设计的海洋平台项目通常能缩短 15% 至 20% 的生产周期，并减少 10% 至 12% 的资源浪费，显著提高了项目的整体经济效益。

功能独立性是指每个模块能够独立完成其特定功能，并且不依赖其他模块的正常运行。这一设计原则对提高平台整体的稳定性和可靠性至关重要，尤其是在海洋环境这种复杂且具有高风险的工作条件下。通过功能独立性设计，平台的各个功能模块如钻井平台、生活设施、能源供应模块等都能独立运作，最小化了模块之间的依赖关系，从而提高了系统的容错能力。举例来说电力供应模块可以独立于其他模块工作，这意味着即使某些模块发生故障，平台的其他部分仍能稳定运行。且功能独立性设计还提升了系统的维护性，因为出现故障时工程师只需对故障模块进行维修或更换，而不影响其他功能模块的正常工作。这种设计理念显著提升了

海洋平台在恶劣环境中的可靠性，确保了其长期安全稳定的运营。

### 4.2 模块化设计流程

模块化设计的实施需要依赖严格的科学流程，确保模块的设计、生产和安装能够高效且精确地完成。设计流程通常包括需求分析、模块划分、3D 建模与仿真分析、设计验证与优化等关键步骤如图 1。第一，在需求分析阶段，设计团队首先会对海洋平台的功能需求、海洋环境条件以及未来技术发展趋势进行全面评估，以确保设计方案能够满足长期运营的需求。第二，设计团队根据分析结果将平台分解为若干功能独立的模块，每个模块负责完成特定任务，如钻井、生活区、能源供应等。在此基础上，3D 建模与仿真分析技术被广泛应用，以模拟平台在实际使用中的性能表现，验证模块的结构强度、安装可行性以及系统兼容性。通过仿真分析，设计团队可以在实际施工前识别潜在问题并进行优化，以确保平台模块在实际部署中的稳定性和安全性。第三，在设计验证与优化阶段，进行一系列计算和实验验证，确保模块完全符合设计要求，并能够在实际海洋环境中稳定运行。通过这一流程，设计团队能够有效提高设计效率，减少设计错误和工程风险，从而确保模块化建设顺利实施。

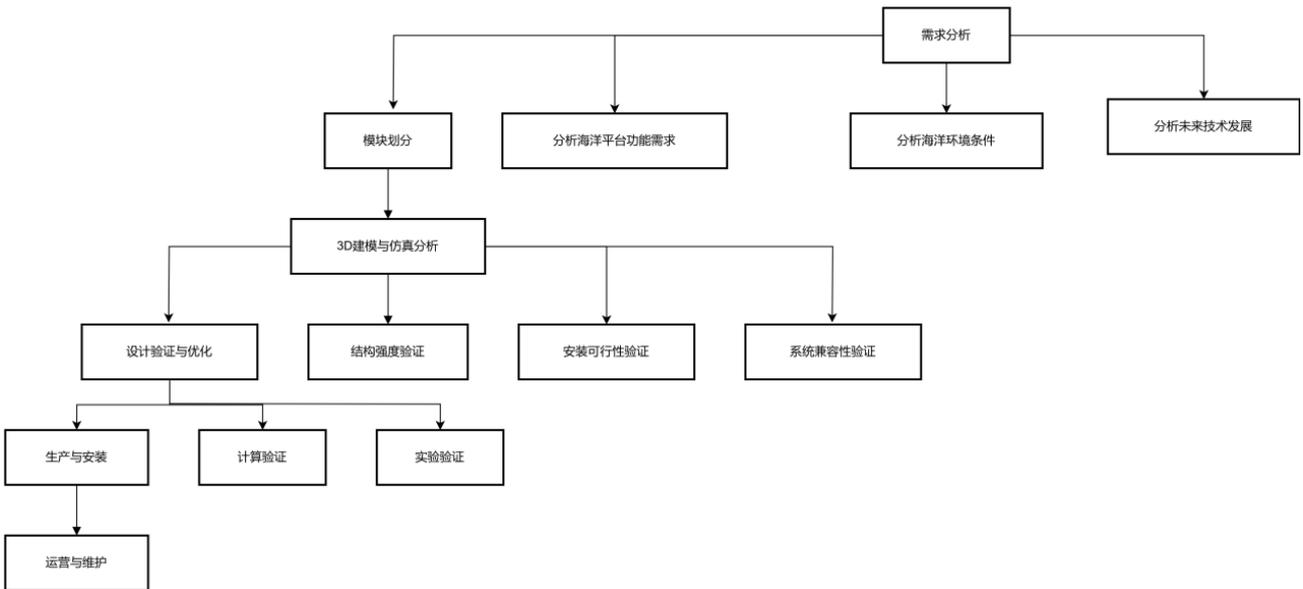


图 1 模块化设计

## 5 结论

本文通过对海洋平台模块化建设与装配技术的研究，表明模块化建设方式在缩短建设周期、降低成本和提高安全性方面具有显著优势。随着智能化技术的进步，模块化建设将在海洋平台建设中占据越来越重要的地位。但模块化建设也面临着模块运输、海上安装等技术挑战，未来应通过技术创新进一步优化模块化建设模式，推动其在海洋平台建设中的广泛应用。

## 参考文献

- [1] 宋恩稼.海洋平台建造中电缆敷设安装措施[J].大众标准化, 2024,(22):18-20.
- [2] 张晓峰.海洋平台结构标准体系的构建与完善[J].大众标准化, 2024,(20):1-3.
- [3] 陈俊,王天奕,倪艺萍,等.圆形港池造波机试验平台建设与海洋浮标水动力模型试验方案探讨[C]//中国海洋学会海洋工程分会.第二十一届中国海洋(岸)工程学术讨论会论文集(下).珠江水利委员会珠江水利科学研究院,2024:8.