

# Research on the modular construction technology in the ground construction of oil and gas field

Wei Fan Wei Tang

Changqing Oilfield Sixth Oil Production Plant, Xi'an, Shaanxi, 710000, China

## Abstract

Modular construction technology is of great significance in the ground construction of oil and gas fields. This paper studies the technology in depth, expounds its basic principle, compares the advantages of traditional construction methods, and discusses the key technologies such as module division, prefabrication, site installation and debugging. At the same time, the promotion strategy is put forward, including strengthening the technology research and development and innovation, improving the standard system, cultivating the professional talent team and strengthening the project demonstration and promotion. The research shows that the modular construction technology can effectively solve many problems faced by the ground construction of oil and gas fields, promote its wide application and development, and provide better engineering construction scheme for the development of oil and gas fields.

## Keywords

ground construction of oil and gas field; modular construction technology; key technology

## 油气田地面建设中的模块化施工技术研究

范玮 唐伟

长庆油田第六采油厂，中国·陕西 西安 710000

## 摘 要

模块化施工技术在油气田地面建设中具有重要意义。本文深入研究该技术，阐述其基本原理，对比传统施工方式分析优势，探讨模块划分、预制、现场安装与调试等关键技术。同时提出推广策略，包括加强技术研发与创新、完善标准规范体系、培养专业人才队伍和加强项目示范与推广。研究表明，模块化施工技术能有效解决油气田地面建设面临的诸多问题，推动其广泛应用和发展，为油气田开发提供更优质的工程建设方案。

## 关键词

油气田地面建设；模块化施工技术；关键技术

## 1 引言

随着油气田开发规模的不断扩大和工程技术的不断进步，油气田地面建设面临着诸多挑战，如施工周期长、成本高、现场作业风险大等。模块化施工技术作为一种先进的建造方式，为解决这些问题提供了有效的途径。它通过将油气田地面工程的各个部分划分为多个可预制的模块，在工厂内进行标准化、批量化生产，然后运输到现场进行快速组装和调试，从而实现工程建设的高效、优质和安全。

## 2 模块化施工技术概述

### 2.1 基本原理

模块化施工技术基于系统工程和现代工业生产模式，将油气田地面工程按功能和工艺流程分解为独立模块单元。

这些模块在工厂详细设计和精确制造，确保质量和性能。施工现场通过吊装、连接和调试工序，将模块组合成完整工程系统，实现建设目标。

### 2.2 优势分析

相比传统施工，模块化施工优势显著。在施工效率上，工厂预制借助先进设备和流水线作业，提高生产速度和精度，现场安装工作量减少，以模块拼接为主，能快速完成工程，缩短周期<sup>[1]</sup>。成本控制方面，工厂预制利于规模化生产，降低单位成本，现场作业时间缩短，减少设备租赁和人工费用。施工质量上，工厂稳定环境和严格质量管控体系保障模块加工质量和装配精度，减少现场施工质量波动。施工安全方面，大量高风险作业环节减少，如动火、高处作业等，降低安全事故发生概率。

## 3 模块化施工关键技术分析

### 3.1 模块划分技术

模块划分是模块化施工的基石，直接关乎后续预制与

【作者简介】范玮（1983-），男，中国陕西华县人，本科，工程师，从事地面建设与油气储运工程管理与研究。

安装的可行性和效率。在划分模块时，需综合考虑工艺流程合理性、模块运输便捷性、现场安装便利性以及设备材料通用性等多重因素。通过科学的模块划分，能够为后续施工环节奠定良好基础，确保整个施工过程的顺利进行。

### 3.2 模块化预制技术

模块化预制技术是模块化施工的核心环节，要求在工厂内按照设计要求和质量标准，精确地完成模块的组装、焊接、检测等工序。预制过程中，需要运用先进的制造工艺和设备，如自动化焊接机器人、高精度切割设备等，以确保模块的制造质量和生产效率<sup>[2]</sup>。同时，为保证模块在现场安装时的匹配性和兼容性，预制过程中还需要严格控制模块的尺寸、接口形式等关键参数。

### 3.3 现场安装与调试技术

现场安装与调试是模块化施工的最后阶段，也是确保整个工程系统正常运行的关键环节。安装过程中，需要运用大型起重设备和专业的吊装技术，将模块准确地吊装到指定位置，并通过精确的连接和固定，保证模块之间的紧密配合和整体稳定性（见表 1）。调试阶段，需要对整个工程系统的工艺流程、设备运行、控制系统等进行全面的检测和调试，确保各系统功能正常，满足生产要求。

表 1：模块化施工关键技术参数表

| 技术环节 | 关键参数            | 参数值           |
|------|-----------------|---------------|
| 模块划分 | 模块尺寸（长 × 宽 × 高） | 12m × 4m × 3m |
|      | 接口形式            | 标准化法兰接口       |
| 模块预制 | 预制精度（mm）        | ± 2           |
|      | 焊接合格率（%）        | 98            |
| 现场安装 | 吊装精度（mm）        | ± 5           |
|      | 连接稳定性（%）        | 99            |

## 4 模块化施工技术的推广策略与建议

### 4.1 加强技术研发与创新

模块化施工技术的深化发展需依托持续的技术研发与创新。当前，大型模块的运输与吊装技术、复杂工艺模块的预制与组装技术等，是制约模块化施工技术广泛应用的关键因素<sup>[3]</sup>。在大型模块的运输与吊装技术方面，以渤海湾某大型油气田开发项目为例，其部分采油平台模块体积巨大。在运输过程中，项目团队开发了具有自适应减震功能的海上运输支架，有效降低了模块在运输过程中的晃动和碰撞风险。在吊装环节，采用了两台大型浮吊船协同作业模式，通过激光定位和计算机自动化控制系统，实现了模块在海上平台上的精准吊装，确保了施工质量和安全。

复杂工艺模块的预制与组装技术同样需要创新。在油气田地面建设中，一些模块涉及复杂的管道系统、电气系统和自动化控制系统等。为了确保这些模块在预制和组装过程中的质量和性能，需要研发新的制造工艺和设备。例如，采用先进的激光切割技术、自动化焊接机器人等，提高管道切

割和焊接的精度与效率。在陕北某油气田的地面集输系统模块化建设项目中，通过引入自动化焊接机器人，显著提高了施工质量和效率，同时减少了人工焊接的劳动强度和误差。除了积极探索与数字化、智能化技术的融合也是技术研发与创新的重要方向。利用建筑信息模型（BIM）技术进行模块化设计和施工管理，能够实现工程建设的信息化和精细化。在塔里木盆地某大型气田的模块化建设中，设计团队利用 BIM 技术建立了详细的三维模块模型，不仅标注了每个模块的尺寸、接口、材料属性等信息，还进行了碰撞检测和优化设计。在施工阶段，现场管理人员通过移动终端设备扫描二维码，快速获取模块的安装位置、连接方式、施工顺序等详细信息，使施工效率显著提高，同时也减少了因信息沟通不畅导致的施工错误和返工。

### 4.2 完善标准规范体系

建立健全模块化施工技术的标准规范体系是保障模块化施工质量、提高施工效率、促进技术推广的基础。目前，模块化施工在油气田地面建设中的应用还缺乏系统、完善的标准规范，导致不同项目之间模块的设计、制造、安装等环节存在较大差异，增加了施工难度和成本，也不利于技术的规模化推广。在标准规范体系的建设中，应涵盖模块划分、设计、预制、安装、验收等各个环节。以模块划分为例，在西南某页岩气田的开发中，根据气田的地质特点、开采工艺和运输条件等因素，制定了统一的模块划分原则。将井场、集气站、处理厂等不同区域的功能模块按照标准化尺寸和接口进行划分，使得各模块之间具有良好的通用性和互换性。在设计环节，明确规定了模块的设计要求、计算方法、材料选用标准等，确保模块在满足工程性能的前提下，具有良好的通用性和互换性。在预制环节，详细规定了预制工艺、质量控制标准、检验方法等，保证模块在工厂预制过程中的质量和精度。在安装环节，制定了详细的安装技术规范，包括吊装、连接、固定等方面的操作要求和质量验收标准，确保模块在现场安装时能够顺利对接和稳定运行。在验收环节，建立了完善的验收标准和程序，对模块化施工的最终成果进行全面检查和评估，确保其符合设计要求和安全规范<sup>[4]</sup>。

为了推动标准规范的统一和完善，加强行业内的技术交流与合作至关重要。石油天然气行业协会、标准化组织等应发挥主导作用，组织相关企业、设计单位、科研机构等共同参与标准规范的制定工作。例如，中国石油天然气集团公司组织旗下各油气田企业、设计院和科研机构，共同编制了《油气田地面工程模块化施工技术规范》，该规范结合了国内多个油气田的建设经验和实际需求，涵盖了模块化施工的各个环节，为油气田地面工程模块化建设提供了统一的技术标准和操作指南，促进了模块化施工技术在不同油气田地面建设项目中的广泛应用和协同发展。

### 4.3 培养专业人才队伍

模块化施工技术涉及多个专业领域，如机械工程、电

气工程、管道工程、自动化控制等,需要具备跨专业知识和技能复合型人才。然而,目前我国在模块化施工领域的专业人才相对匮乏,这在一定程度上限制了技术的推广和应用。因此,加强相关专业人才的培养力度,通过多种途径构建完善的人才培养体系,是推动模块化施工技术发展的重要保障。在高校教育方面,以中国石油大学(北京)为例,该校在石油工程、机械设计制造及其自动化等专业中增设了模块化施工技术相关课程,包括《模块化设计与制造》《模块化施工项目管理》等。通过理论教学与实践教学相结合的方式,使学生系统地掌握模块化施工的基本原理、设计方法、制造工艺、安装技术等方面的知识和技能。同时,学校与多家油气田企业合作建立实习基地,让学生在工程实际项目中参与模块化施工的各个环节,如模块的划分、设计、预制、安装和调试等,积累实践经验,提高解决实际问题的能力。

职业培训和企业内部培训也是培养专业队伍的重要途径。例如,中国石化集团针对在职的工程技术人员和施工管理人员,组织开展了模块化施工技术专题培训。邀请行业专家、技术骨干进行授课,内容包括模块化施工的最新技术发展、应用案例分析、实际操作技能培训等。通过培训,使他们能够快速掌握模块化施工的核心技术和关键要点,提升其在实际工作中应用和推广模块化施工技术的能力。企业还可以根据自身项目需求和特点,制定内部培训计划,针对特定的模块化施工项目进行专项培训,培养一批熟悉本企业施工工艺和管理流程的专业人才。

#### 4.4 加强项目示范与推广

选择典型油气田地面建设项目开展模块化施工技术的示范应用,是展示技术优势和效益、积累实践经验、推动技术推广的有效方式。在示范项目的选择上,应综合考虑项目的规模、复杂程度、施工环境等因素,确保示范项目具有代表性和说服力。以长庆油田某致密气田的地面建设工程为例,该项目具有规模大、施工周期长、施工难度高等特点。在项目实施过程中,全面引入模块化施工技术,从项目的前期规划、设计阶段开始,就组建了专业的模块化施工团队,制定了详细的模块化施工方案。在施工过程中,严格遵循标准规范和质量控制要求,做好每个环节的工作记录和数据统计<sup>[5]</sup>。项目完成后,对示范项目的实施效果进行全面评估,

结果显示,施工周期显著缩短,成本有效降低,质量一次验收合格率高,安全事故发生率低。这些成功经验不仅为其他项目提供了宝贵的借鉴和参考,也为进一步完善模块化施工技术的标准规范和推广应用策略提供了实践依据。

同时,积极组织行业内的技术交流活动,分享模块化施工的成功案例和经验。石油天然气行业协会、企业集团等可以定期举办技术研讨会、现场观摩会、经验交流会等活动,邀请行业内的专家学者、企业代表、施工技术人员等参加。在这些活动中,通过项目负责人现场讲解、视频展示、实地参观等方式,详细介绍示范项目的模块化施工技术应用情况、取得的成效以及遇到的问题和解决方法。通过广泛的交流和传播,提高行业内对模块化施工技术的认知度和接受度,激发更多企业和项目采用模块化施工技术的意愿,从而推动模块化施工技术在油气田地面建设领域的全面推广。

## 5 结论

模块化施工技术在油气田地面建设中具有显著的优势和广阔的应用前景。通过深入研究其基本原理、优势、关键技术以及实际应用案例,可以充分认识到该技术在提高施工效率、降低成本、保障施工质量与安全等方面的重要作用。同时,通过加强技术研发与创新、完善标准规范体系、培养专业队伍以及加强项目示范与推广等策略,能够有效推动模块化施工技术在油气田地面建设领域的广泛应用和发展,为油气田开发提供更加高效、优质、安全的工程建设解决方案。

## 参考文献

- [1] 刘方.石油地面工程推广模块化建设的策略探析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(1):068-071
- [2] 谢雪庆,张琦,李朝阳,谢力铭,章锦涛.模块化施工技术在光伏电站建设中的实践与优化研究[J].工程设计与施工,2024(20):109-111
- [3] 马腾.油气田地面建设工程合理化工期计算及数字化对工期影响分析[J].石油化工建设,2024,46(7):149-153
- [4] 马腾.油气田地面建设工程合理化工期计算及数字化对工期影响[J].石油化工建设,2024,46(12):22-24
- [5] 周乐璞.油气地面工程施工建设中的问题及对策探讨[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(4):0170-0173