

EPC项目撬装设备安装与试运关键点探析

李 德

中国石油管道局工程有限公司中东地区公司, 阿联酋 阿布扎比

收稿日期: 2026年4月9日; 录用日期: 2026年5月29日; 发布日期: 2026年6月15日

摘 要

撬装设备的模块化特性为EPC项目带来了效率优势, 但其复杂的界面也引入了特有的管理风险。本文以中东某原油储罐EPC项目为案例, 从总承包商视角, 系统剖析了撬装设备在交付、安装及试运阶段的管理关键点与典型问题。研究发现, 问题根源集中于技术界面模糊、供应链协同不足及传统合同模式下的责任分割。针对性地, 本文提出了从强化出厂前集成测试到优化采购模式的系列管控措施, 并创新性地探讨了“由供应商负责撬内集成与调试”的交付模式及其合同管理要点。本研究为同类项目实现撬装设备的高效、经济管理提供了实证参考与理论框架。

关键词

撬装设备, EPC总承包, 安装管理, 试运调试, 界面管理, 模块化建设

Key Points Analysis of Installation and Commissioning for Skid-Mounted Equipment in EPC Projects

De Li

Middle East of China Petroleum Pipeline Engineering Company Limited, Abu Dhabi, UAE

Received: April 9, 2026; accepted: May 29, 2026; published: June 15, 2026

Abstract

The modular nature of skid-mounted equipment brings efficiency advantages to EPC projects but also introduces unique management risks due to its complex interfaces. Taking an EPC project for an oil storage tank in Middle East Area as a case study, this paper systematically analyzes the key management points and typical problems during the delivery, installation, and commissioning phases of skid-mounted equipment from the general contractor's perspective. The study finds that

the root causes of problems are concentrated in ambiguous technical interfaces, insufficient supply chain collaboration, and responsibility fragmentation under traditional contract models. In response, this paper proposes a series of control measures ranging from strengthening pre-delivery integrated testing to optimizing procurement strategies. Furthermore, it innovatively explores a “supplier-responsible skid integration and commissioning” delivery model and its key contract management points. This research provides empirical reference and a theoretical framework for the efficient and economical management of skid-mounted equipment in similar projects.

Keywords

Skid-Mounted Equipment, EPC Contracting, Installation Management, Commissioning, Interface Management, Modular Construction

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

撬装设备作为模块化建设理念在油气、化工等领域的典型实践，通过将工艺系统、动力设备、控制单元高度集成于钢结构底座，实现了工厂化预制、整体运输与快速安装，显著减少了现场作业量与工期[1]。近年来，随着项目复杂度的提升与对工期成本控制的日趋严格，撬装设备的应用范围与规模不断扩大。

然而，与传统散装设备相比，撬装设备在 EPC 项目中呈现“双重属性”：对业主和 EPC 总包方而言，它是一个功能完整的“黑箱”系统；但其内部又包含了跨机械、管道、电气、仪表、控制等多专业的复杂界面。这种属性使得其管理重心从传统的现场安装，大幅前移至设计集成、采购协同和出厂测试阶段[2]。现有研究多集中于撬装设备的技术优势与设计优化[3]，但从 EPC 总承包商项目管理视角，系统分析其全生命周期执行风险、尤其是界面与调试管理的研究尚不充分。

本文以中东某大型原油储罐 EPC 项目(以下简称“中东项目”)中的多套关键撬装设备(包括海水淡化撬、计量撬等)为研究对象，旨在通过深度案例剖析，识别从设备交付至试运移交全过程的关键风险点，总结实践教训，并基于项目管理理论提出体系化的优化建议，以弥补该领域项目管理实证研究的不足，为行业实践提供参考。

2. 理论基础：EPC 模式下撬装设备管理的核心挑战

撬装设备的成功应用，远超单一设备的安装，其本质是预制化模块在动态项目环境中的集成与交付。从 EPC 管理角度，其核心挑战可归结为以下三点：

1. 界面管理的复杂性倍增：EPC 项目固有的设计 - 采购 - 施工界面矛盾，在撬装设备上被压缩并转移到了设备供应商内部及供应商与 EPC 的接口上。任何设计意图的传递偏差、接口标准的理解不一致，都会在撬体这个封闭空间内积累，并在后期集中爆发。

2. 调试责任的链条断裂：在“EPC 采购设备，供应商提供技术支持”的传统模式下，设备调试的责任链是断裂的。供应商的责任止于“设备功能正常”，而 EPC 的责任始于“系统联调成功”。中间的“撬内集成调试”往往成为责任真空地带，是进度延误与成本超支的主要区域。

3. 知识传递的固有损耗：撬装设备集成了供应商的专有技术(Know-how)，其内部逻辑对 EPC 团队

部分“黑盒化”。EPC 团队若不能通过有效的合同与管理手段(如强制要求参与 FAT、交付完备知识文件)穿透此黑盒,将在调试和运维阶段陷入被动。

下文将以中东项目为观察样本,具体剖析这些理论挑战是如何显现并影响项目执行的。

3. 中东项目撬装设备安装管理关键点与问题分析

3.1. 安装准备阶段：基础与开箱检验

1. 关键实践：建立“土建 - 机械”图纸联合审查机制,在基础浇筑前锁定设备底脚尺寸,是避免返工的低成本高效益措施。

2. 突出问题：设备开箱检验流于形式。

1) 案例：海水淡化撬散件到场,检验仅核对单个撬单元,未依据 P&ID 图进行“图纸 - 实物”逐项核对。

2) 分析：检验未与技术文件深度结合,导致问题(如法兰压力等级错误、特殊阀门缺失)直至安装时才被发现,错过了在厂内修正的最佳时机,引发紧急采购与工期索赔。

3) 管理提升点：开箱检验应升级为“技术符合性验证”,编制核对清单,由技术工程师主导,形成书面报告并作为付款里程碑的依据之一。

3.2. 现场安装阶段：连接与质量控制

1. 关键实践：对不同连接方式(焊接、粘接)制定专项工艺规程并严格执行。

2. 突出问题：特殊工艺质量控制失效。

1) 案例：双相钢焊口泄漏、UPVC 管粘接泄漏。

2) 分析：问题表面是施工工艺不当,根源在于对特殊材料工艺的重视不足与交底不到位。安装团队可能沿用碳钢施工经验,而忽视了双相钢对热输入控制的严苛要求;对 UPVC 胶粘剂的化学兼容性未做验证。

3) 管理提升点：对合金材料、非金属材料等特殊工艺,必须在施工前进行工艺评定与人员资质认证,并将专用耗材(如特定胶粘剂)纳入甲供或指定品牌管理。

4. 中东项目撬装设备试运调试管理关键点与问题分析

4.1. 调试准备阶段：条件与资源

1) 突出问题：备品备件规划缺失

2) 案例：调试中滤芯、膜元件、机械密封相继损坏,因无备件导致调试停滞。

3) 分析：在采购策划中,未将“调试期易损件”作为一个独立的类别进行规划和采购。调试是一个高强度的“磨损”过程,其消耗规律与正常运行期不同。

4) 管理提升点：在设备采购合同中,明确列出“调试专用备件包”,其费用和物资单独管理,确保调试连续性。

4.2. 调试执行阶段：典型问题深层剖析

1. 入口条件不匹配(案例：海水泵压力过高)

1) 根源分析：此非安装问题,而是前期设计界面管理的失败。工艺专业提供了理论设计压力,而未与管道专业协同进行详细的水力计算,也未将此作为关键参数在采购文件中清晰传递至泵供应商。

2) 系统性解决思路：建立“撬装设备接口条件表”(ICD),在设计阶段由各专业会签锁定,作为不可

更改的采购基础，并写入合同。

2. 控制逻辑缺陷与调试模式低效

1) 根源分析：这是知识黑盒化与责任分割的典型后果。设计原理描述笼统，控制系统(UCP)厂家与设备厂家在出厂前缺乏强制性的联合测试(FAT)，双方对控制逻辑的理解存在偏差。现场调试变成了“费时费钱的二次开发”。

2) 系统性解决思路：

- 合同手段：强制要求 UCP 供应商与主要设备供应商共同参与、并完成带实际 I/O 信号的工厂集成测试(FAT)，将此作为发货前提。
- 管理手段：EPC 项目组设立“智能化与调试工程师”早期介入，负责协调各厂家间的数据交换(如 I/O 清单、控制逻辑图)，监督 FAT 过程。

5. 管理优化建议：从过程管控到模式创新

基于上述分析，EPC 总承包商的管理策略应从事后补救转向事前与过程控制，并勇于探索更优的合作模式。

5.1. 过程管控强化措施

1. 前端融合设计采购：在招标前，组织设计与采购部门共同编制详尽的技术规格书与接口文件，并采用“供应商早期介入”(Early Contractor Involvement, ECI)方式，与潜在投标方澄清技术方案，减少后续变更。

2. 深化工厂测试要求：将预组装、预连接、预调试(即“撬装设备 FAT”)作为强制性合同条款。EPC 派员赴厂见证，将问题消灭在出厂前。

3. 建立调试专项管理：编制独立的《撬装设备调试管理程序》，明确备件、药剂、人力计划，并实施调试日例会制度，快速决策。

5.2. 合同与交付模式创新建议

为彻底解决责任分割问题，本文提出一种权责利对等的交付模式：“供应商负责撬内全功能交付”模式。

1. 范围界定：供应商工作范围延伸至：提供全部撬内材料、完成撬体整体安装、实现撬内所有设备与 UCP 的联动调试，直至撬体达到“所有内部功能完备、仅待接入外部水电讯即可独立运行”的状态。

2. EPC 角色转换：EPC 负责提供现场作业面、大型机具、通用劳力及系统联调。EPC 从“安装执行者”转变为“资源提供者与集成管理者”。

3. 合同要点：

1) 采用“固定总价 + 奖惩激励”合同。设定明确的功能移交里程碑和奖金，激励供应商一次成功。

2) 清晰定义移交标准，可包含“72 小时连续无故障运行测试”等可量化指标。

3) EPC 保留对关键工序(如焊接)的监督权和检验权。

此模式通过将复杂的内部界面与管理责任打包给最具专业能力的供应商，能极大减少 EPC 的管理负荷与界面纠纷，从根本上降低项目整体风险与成本[4]。

6. 结论

本研究通过中东项目的深度案例分析，揭示了 EPC 项目中撬装设备管理的内在规律：其成功绝非简单的“吊装就位”，而是对跨组织界面、知识传递与责任体系的精细化管理。传统分散管理模式已难以

适应高效项目执行的需求。

总承包商必须实现两个转变：一是在管理思想上，从关注“物理安装”转向关注“功能集成”；二是在合作模式上，探索从“分项采购”转向“功能包交付”。本文提出的“供应商负责撬内全功能交付”模式，是一种值得探索的风险共担、利益共享的解决方案。

需要指出的是，本研究基于中东地区某大型原油储罐 EPC 项目的单一案例，其结论的普适性受到行业(油气储运)、地域环境及项目规模的约束。对于化工、制药等行业，其洁净度要求与防爆等级与本案例存在差异；对于国内 EPC 项目，合同风险分配逻辑可能不同；对于小型单一功能撬，管理重心可能更偏向技术集成而非供应链协同。尽管如此，本文揭示的“界面管理模糊、责任链条断裂、知识传递损耗”三大核心挑战具有跨场景共性，所提出的管理框架可结合具体场景进行适配调整。

未来研究可从以下具体方向深入：一是对比化工与油气行业撬装设备的 FAT 验收标准，识别本模式中哪些管理条款具有行业通用性；二是针对“供应商负责撬内全功能交付”模式，设计具体的激励/惩罚合同条款(如奖金与里程碑节点的映射关系)。

参考文献

- [1] 王守清, 胡一鸣. 模块化建造在国际工程中的应用与挑战[J]. 工程管理学报, 2018, 32(4): 1-6.
- [2] Hosseini, M.R., *et al.* (2022) Integrated Management of Pre-Fabrication and On-Site Construction in Modular Projects. *Automation in Construction*, **135**, Article 104136.
- [3] 刘俊, 陈勇强. EPC 总承包项目设备采购与现场调试界面管理研究[J]. 石油化工建设, 2020, 42(3): 18-21.
- [4] Forbes, L.H. and Ahmed, S.M. (2010) *Modern Construction: Lean Project Delivery and Integrated Practices*. CRC Press.