

大型 FPSO 甲板模块安装分析

周胜波

(烟台打捞局救捞工程船队, 山东 烟台 264012)

摘要: 本文以“巴西 FPSO (Floating Production Storage and Offloading, 浮式生产储油装置) 安装项目”中的 P-67 船甲板模块吊装及安装为工程背景, 针对大型 FPSO 的船体和甲板模块特点, 对大型 FPSO 甲板模块安装所涉及的吊装方式、浮吊船就位方式、组块安装操作等进行分析, 总结相应经验, 为此类项目施工提供参考。

关键词: 大型 FPSO; 甲板模块; 组块安装

中图分类号: U674.38

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2025) 05—0074—03

FPSO (浮式生产储油装置) 作为海上石油开发的核心设施, 是目前海洋工程领域的高技术产品^[1], 是重要的海洋工程装备。FPSO 主要用于在海上生产、储油和卸油, 拥有较强的机动性, 常被称作“海上石油工厂”。因其生产工艺复杂、设备集成程度高、建造难度大, 又被称为海洋工程领域“皇冠上的明珠”。^[2] 目前我国已成功建造交付了一系列的 FPSO, 积累了丰富的设计建造经验。随着我国海洋石油资源开采力度的加大, 对 FPSO 的需求也在与日俱增, 并有向深远海推进的趋势。^[3] FPSO 船体具有大船长、大型宽、高型深的特点, 其甲板功能模块和附属设施具有集成化程度高、模块数量多、形式各异、排列紧凑的特点。由于 FPSO 船体和甲板模块可以采取分开和并行建造的施工工艺, 这在很大程度上缩短了其建造周期^[4], 但也为后续甲板模块在船体上的集成工作提出了较高的施工要求^[5]。本文以“巴西 FPSO 安装项目”中的 P-67 船甲板模块吊装及安装为工程背景, 对大型 FPSO 甲板模块安装的施工要点进

行分析。

1 项目简介

“巴西 FPSO 模块安装项目”P-67 船相关, 建造及安装均于中国海洋石油工程 (青岛) 有限公司青岛海工码头。先后本工程由起重能力 3600T 的双架浮吊船“德浮 3600”船进行安装作业。

2 大型 FPSO 安装要点分析

2.1 模块安装

本工程的主要工程量包括进行 M01-M16 组块安装、M17 系列管廊安装、MOPIPE ANRE 安装、火炬塔安装等 41 吊作业。

由于整船组块安装作业方式大同小异, 安装方式相似, 以 M13 组块安装进行安装方案介绍。

M13 模块安装位置在该 FPSO 的 39~59 肋位之间, 尺寸为 L27.674m × B21.675m × H21.432m; 设计重量为

研究只对单一型号的船舶主机进行了研究, 后续针对不同信号的主机废热和轴带发电系统进行研究, 根据不同的主机参数设计更加合理的发电系统, 并根据船舱尺寸对系统进行合理布置。

参考文献:

[1] 李仁科, 许婉莹, 杨勇. 绿色船舶技术在轮机设计方面的应用

与发展 [J]. 船舶工程, 2023, 45(10): 12-18.

[2] 宋文明. CO₂ 压缩机驱动汽轮机节能改造与安装 [J]. 石油化工设备技术, 2024, 45(04): 50-54.

[3] 王渡, 王志刚, 张锦坤, 等. 燃气轮机 / 超临界二氧化碳联合循环余热利用及动态特性分析 [J]. 热力发电, 2023, 52(11): 67-75.

17075.6T。具体位置如图 1:

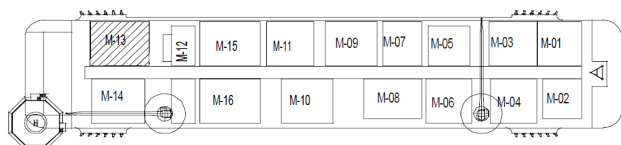


图 1 M13 模块在 FPSO 上相对位置示意图

M13 模块起吊位置计划于中国海洋石油工程(青岛)有限公司青岛海工码头 2 号滑道, 模块如图 2:

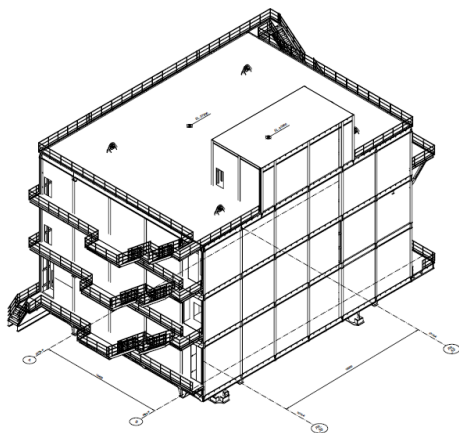


图 2 M13 模块

2.2 施工难点

2.2.1 安装间隙小

业主要求模块间距保持在 50cm 以上, 工程开始前通过 3D 模型进行校核, 后现场将可能发生碰撞的结构件拆除。施工时最小安装间隙实测 7cm。

2.2.2 安装精度要求高

本工程中的每个组块下面都有一个垫块, 每个垫块价格十万美元, 垫块供货周期半年, 且现场没有备用件。组块安装精度要求 $\leq 2\text{mm}$, 且垫块为易损件, 不能发生应力破损。每次安装都是一次挑战。

2.2.3 时间成本过高

所有组块安装均使用垂直吊点及索具进行吊装, 为此, 安装公司专门为主钩设计了两组吊梁, 吊梁之间使用钢丝绳连接, 为副钩设计吊梁一根, 几乎每次吊装均需要更换吊梁吊点位置。作业初期更换 8 个吊点需要 26 小时左右, 而安装一个组块仅需要 8 小时。后来更换索具熟练后, 吊点更换最快一个点约 1 小时, 但是涉及到移船、索具变更、吊梁放到支架上, 所需时间也要 16 小时左右。

2.3 安装方案

2.3.1 船舶就位方式

考虑到“德浮 3600”船在青岛作业码头将会连续

作业, 浮吊到达后抛锚布置兼顾整个吊装过程。设计锚位图如图 3 所示:

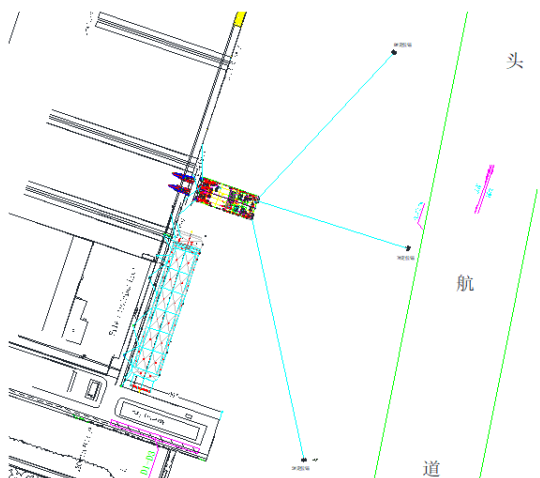


图 3 “德浮 3600”船码头抛锚示意图

拖轮拖带“德浮 3600”船到达海油青岛海工码头后, 在一条 4000HP 港作拖轮配合下, “德浮 3600”船由主拖轮配合抛锚。进港过程中, 主拖轮绑拖“德浮 3600”船控制前进、港作拖轮顶靠“德浮 3600”船控制船浮吊艏, 抛下 8# 定位锚; 两拖轮拖带浮吊移动到达 7# 定位锚位锚位后, 抛下 7# 定位锚;

4000HP 拖轮控制“德浮 3600”船船位, 主拖轮解拖离开, 协助抛 5# 定位锚;

抛 5# 定位锚过程中, “德浮 3600”船靠近码头带缆, 船舶部在码头带缆 4 根, 两根八字缆、两根交叉缆;

调整锚钢丝绳及缆绳, 使浮吊船在吊梁挂扣位置。

2.3.2 索具连接

此次吊装使用吊梁连接浮吊主钩与模块, 浮吊抛锚完毕后, 先到吊梁摆放位置连接吊梁。吊梁上连接主钩的索具需要提前使用履带吊协助, 摆放至直接挂浮吊主钩位置。浮吊调整位置后使用索具钩协助, 将吊梁挂到主钩上。

浮吊连接吊梁后移船至组块起吊位置, 吊机指挥指挥浮吊船调整位置, 使四根索具与组块吊点相对应。作业人员配合将吊装索具与组块吊点相连接, 指挥浮吊进行船位微调, 保证吊点中心基本与浮吊钩头连线中心相重合。

为保证吊梁下方卸扣与组块吊点之间的连接顺利, 避免连接过程中因单纯使用人力连接出现卸扣或钢丝绳圈端转向困难或卸扣销轴卡住的意外情况, 施工前需要准备一些手拉葫芦、短索具和吊带等辅助工具作为应急

储备。同时,要保证组块各吊点四周有 2m 范围内无明显障碍物而且平整的工作空间,以便于作业人员站立和进行索具连接。

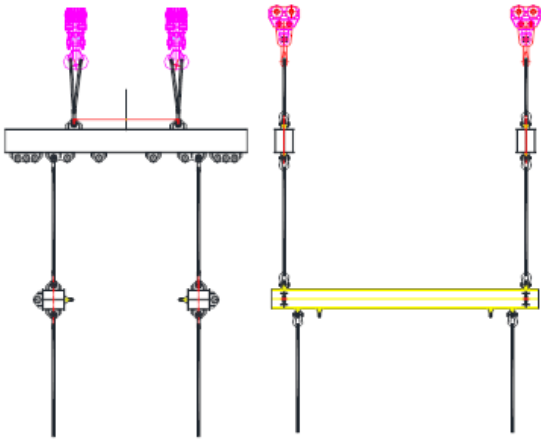


图 4 吊梁连接主钩

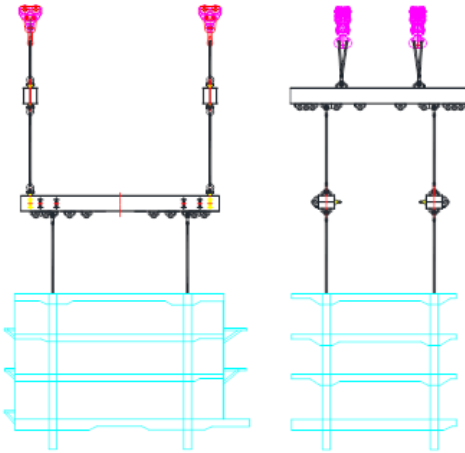


图 5 索具连接图

2.3.3 组块安装

索具挂扣后,吊机指挥通过对讲机指挥主作业船起钩,当主作业船每个钩受力达到 50T 左右时,停止起钩,检查吊点及索具没问题时再起钩。吊机操作人员注意吊机操作显示的主钩受力,保持吊力。慢慢加力,直到组块全部离地,慢慢起升高度至离地 20~50cm 时停止起升,观察 10 分钟,确保安全后继续起升到达安全高度后停止起升。

模块吊起后,浮吊船小艇协助带缆绳到 FPSO 船体带缆点上。通过改缆移船至组块安装位置,移船过程中抛下 2 号航行锚,锚链长 150m。浮吊艏部带 5 根缆绳至 FPSO 带缆点及码头缆桩,两根交叉两根八字缆,一根直缆。

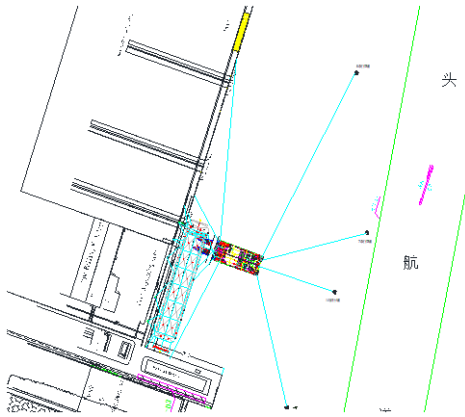


图 6 安装就位图

主作业船调整位置,到达 M13 模块安放位置后开始落钩。当下放到距离插尖顶面还有 1m 左右空隙位置时,停止落钩。吊机指挥指挥浮吊船进步一调整船位,模块四角均有作业人员观察,待组块基本没有晃动时缓慢落钩,使 M13 模块各桩腿放在设计位置。模块安装到设计位置后,浮吊继续落钩,作业人员配合将四个吊点的卸扣脱开,浮吊撤离安装位置。安装作业完成。

P67 左舷组块安装完毕后青岛项目组安排船舶转向,进行右舷组块安装,安装步骤与 M13 相同,不再复述。

3 结论

FPSO 作为目前世界上体量最大、集成化程度最高、系统最复杂的海洋石油工程装备,其设计建造能力反应了一个国家的工业化水平。FPSO 甲板组块安装作为其建造周期中的重要环节,其吊装能力、安装精度和施工效率反应了一个国家海洋工程建设配套设施配套的水平。本文以“巴西 FPSO 安装项目”中的 P-67 船甲板模块吊装及安装为工程背景,对大型 FPSO 甲板模块安装的施工要点进行分析。

参考文献:

[1] 罗晓明 .FPSO 船体结构设计特点 [J]. 船海工程, 2015,44(5):117-120,127.

[2] 孙木子 .FPSO 市场中的中国力量 [N]. 中国水运报, 2024-12-11(006).

[3] 张小辉, 孙耀刚, 马飞 .深水通用型 FPSO 标准需求分析 [J]. 船舶标准化与质量, 2022,(02):2-5.

[4] 肖建华 .FPSO 总体设计关键技术研究 [D]. 大连: 大连理工大学, 2017.

[5] 吴家鸣 .FPSO 的特点与现状 [J]. 船舶工程, 2012,34(增 2):1-4,102.