

# 海上油田大型原油储罐换装作业全流程管理研究

张 凯 占有明 (中海石油 (中国) 有限公司天津分公司, 天津 300452)

朱少鹏 (中海油安全技术服务有限公司, 天津 300450)

**摘 要:** 随着我国海洋石油大规模增储上产推进, 海上生产压力和装备负荷逐渐增大, 不少老旧平台超期服役问题显现, 在役平台的大型设备设施老化失效、腐蚀严重、能耗过高等问题也成为海上油田管理的重点。本文以国内具有代表性的某海上油田大型原油储罐换装作业为例, 通过对作业过程中多类型设施维检修联合作业、吊装高风险作业的管理, 探索一种海上多界面交叉管理模式下的储罐换装作业新思路, 探讨该作业中的风险管控与工程组织流、管理理念执行落地的流程和重要作用, 为同类型海上作业情况提供参考与借鉴。

**关键词:** 海洋石油; 联合作业; 罐体吊装; 储罐换装; 吊装方案

大型储罐的换装作业在石油化工行业中一直以来被视为高风险作业。首先, 原有储罐的拆解具有较高的危险性, 高处作业、吊装起重、热工作业重合, 风险叠加, 处理不好会极易发生重大事故; 其次, 旧罐体拆解后的运输、处置复杂, 流程较长, 难以把控全流程的各种危险因素; 再次, 新罐体的安装又需要对各种风险进行再次分析, 作业风险因素和环境发生较大变化, 作业过程不确定因素较多。对于作业位置位于海上环境的大型原油储罐, 受外部环境和地理位置局限影响, 整罐换装的难度更大。因此, 典型的海上特殊高风险作业, 应考虑到各种内外部因素的影响, 海上原油储罐整罐换装作业工程, 确定工期后, 需要整体性把控陆地新储罐建造与海上旧储罐拆除等一系列作业安全, 还要确保陆地建造及装船运输期间, 罐体陆地预制、罐体组装、防腐涂装、罐体保温、码头吊装及装船固定等作业步骤的风险可控。

## 1 整体作业规划及技术方案的制定

作为我国海洋石油行业内首个不停产不压产状态下的海上平台大型原油储罐换装工程, 在作业中, 旧储罐拆除及新储罐安装就位一体化作业过程是整个项目的关键步骤, 是确保整体作业目标是否实现、预设功能是否达成的重要环节。该环节涉及多方作业人员, 因此作业管理界面的明确、高风险技术方案的研判是本次储罐换装作业实施前的重要一步。

### 1.1 吊装管理界面的多维度划分

本工程案例中海上平台储罐吊装属于大型设备吊装范畴, 属重大危险作业项目, 需建立完善的“吊装施工安全质量保证体系”, 明确各作业节点的职责分配方案、作业详细计划与应急响应, 主要管理角色及

其职责划分为: ①吊装工程师: 管理职责主要为现场调查吊装机具的选用, 负责吊装方案和计算书的编制, 负责吊装方案的交底与实施。同时还需补充方案的提供、吊装工艺与吊装计算书的校核; ②平台技术人员: 管理职责主要为审查吊装工艺、审查吊装选用船舶/平台设备实施等空间布置的合理性、审查吊装安全技术措施、审查施工进度计划/交叉作业计划; ③作业公司技术负责人: 管理职责主要为负责吊装方案的最终确定、批准。

### 1.2 吊装技术方案要求

按照项目高风险作业管理要求, 本次具体吊装方案由项目组挑选专业工程技术人员进行设计, 以作业安全为前提确保方案符合现场要求。

#### 1.2.1 对编制说明及依据进行研究

根据我国重大作业相关法规规定, 高风险必须要有相关施工标准、规范, 要对施工组织设计、设备吊装计算书、现场施工条件等进行明确, 并对其可用性与有效性进行充分说明, 必要时需要组织专项队伍进行验证核查。因本次工程吊装作业危险性高, 规模大, 作业持续时间较长。本方案设计前, 调动大量专业技术人员对相关标准规范进行征集和辨别, 采用的是国内外最新的标准规范, 如《GB/T 3608-2008 高处作业分级》、《GB 23525-2009 座板式单人吊具悬吊作业安全技术规范》、《JGJ 80-2016 建筑施工高处作业安全技术规程》等国家标准, 严格按照要求进行方案设计, 尤其参照国外大型能源公司如杜邦公司的安全管理理念进行编制。

#### 1.2.2 明确工程特点, 计算相应工艺参数

在工程特点阐述方面, 切实按照本次项目特点和

在陆地建造场地、海上安装场地进行实地调查研究，摒弃以往吊装项目的常规惯例，按照项目实际情况进行归纳总结，如对工程量的概述、工程风险点的分布、作业管理的难点痛点以及安全环保质量管控的原则及目标等进行详细概述。在工艺设计环节，明确设备吊装工艺要求，给明吊装计算结果，详细描述起重机具安装拆除工艺要求；并对设备支/吊点位置及结构图和局部加固图、吊装平立面布置图、浮吊船舶驳船位置图予以清晰表述；对起重机具汇总表、吊装进度计划、相关专业交叉作业计划等内容给出可靠说明。

### 1.2.3 确保安全技术措施有效可靠

在安全技术措施的制定上，本项目采取理论结合具体实际的做法。结合挪威北海油田、墨西哥湾油田以及巴西的里贝拉油田具有借鉴意义的大型海上吊装作业方案，参照 OGP 国际组织的推荐性做法，结合国内海上油田的良好实践，将作业安全风险分析等要求和风险分级管控落实在明确的现场措施中。

### 1.2.4 重点设备设施的管理

在本次方案设计中，作业要求明确吊装机具安装程序/设备装卸运输施工程序与工艺要点及作业质量标准、试吊前准备要求与检查要求、正式吊装的施工程序。作为整个项目工程的作业指导书，吊装技术方案的设计要求覆盖作业所有环节，并对人员、设备、环境的安全管理上提出明确的要求，必要时按照行业规范和要求对参数进行明确要求和量化，以便于后续子项目执行过程中的质量安全过程管控和验收。

## 2 新储罐海陆联运方案的创新设计

新罐的运输是本次储罐换装的第一个环作业节。由于新罐在陆地建造厂建造，体积大、路途遥远，运输至海上设施有较高难度。主要设计包括：

### 2.1 新储罐码头吊装与装船固定法设计

新建罐在陆地建造现场完工后，由码头起重机配合通过吊装框架吊运至码头前沿；当吊装至自航驳后，再进行装船固定运至海上平台附近。并且码头吊装方案严格基于码头吊车及驳船参数进行设计制订，使用了吊装框架，避免了吊装过程中设备碰撞损坏，同时减少吊装对储罐的横向作用力，并对吊装框架的设计图纸进行精细的校验核算。

### 2.2 装船固定及储罐固定方位设计

作业罐底采用筋板焊接固定在船舶架顶上，罐顶采用缆绳拉紧固定。该环节进行校验核算，确保缆绳负载均衡，具体固定方式采用每个罐顶使用四根缆绳

固定的设计方法，较常规的两根缆绳固定法，其性能提升 100%。

### 2.3 海陆联动双轨制作业模式

为在有限的海洋作业时间窗口内完成预设的作业目标，新罐陆地装船后同时运抵海上平台并配合浮吊进行罐体安装及工艺管线的连接、试压、投产等系列工作。考虑到时间窗口、联合作业的危险性与工期要求，本流程基于尽量减少高风险作业不确定性原则进行，采用海陆联动 24h“滚动波式”作业模式，并在施工设计编制中精准规划各方资源利用率。

## 3 海上罐体吊运安装一体化流程及技术措施

新罐抵达海上后，在具体海上罐体的整罐吊装作业前，对各项工作所涉及的工具的可用性与安全性进行整体检查，并针对现场工程实际校核作业方案，形成海上罐体吊运安装一体化流程及技术措施。

### 3.1 作业前的吊运设备设施准备

#### 3.1.1 作业船舶要求的核算

吊运设备设施的选择需要按照吊运工程量的大小确定。根据前期测量的罐体信息要素，本次储罐最大外径 16.91m、罐体总高度 13m、总重量 116t，根据参数选择四艘作业船舶，主要工作内容为主作业船舶、长途拖带及守护作业船、运输驳船、拖缆绳，作业船舶的船舶尺寸、主锚机、载货重量等参数经过严格的核算满足本次储罐吊装作业工作。

#### 3.1.2 吊具/索具信息的选择

表 1 吊具及索具的选择

名称	规格	数量	备注
压制钢丝绳索具	2×φ62×18.6m+ 2×φ62×18.5m SWT=36T	4	吊装框架与吊钩连接
卡环	2×63T+2×50T	4	挂吊装框架上方吊耳
卡环	50T	4	挂吊装框架下方吊耳
压制钢丝绳索具	φ62×5m; SWT=36T	4	罐体吊耳与 吊装框架连接
卡环	50T	4	挂罐体吊耳

在储罐抵达安装目的地后，进行完好状态检查。现场各单位人员与海事保险代表确认储罐内外及附件没有变形、松动及脱落部件。由于此次罐体拆除安装属于重大危险作业，关于海上浮吊船舶停靠、船舶抛锚、系缆方式等均需编制专项方案上报审批。尤其在于吊装安全息息相关的吊具及索具的选择上，更加精心设计和载荷匹配。

#### 3.1.3 吊点无损检测及吊运路线设计

本项目对吊装框架吊点及罐体吊点进行 100%MT

检验,罐体吊耳附件有脚手架辅助设施便于人员靠近。罐底周边四个方向定位楔块上系挂牵引绳,用于就位期间人员辅助限位。平台现场按照载荷计算,布置1台15t卷扬机(卷扬机底座与甲板梁之间焊接筋板固定),卷扬机伸出钢丝绳与罐底定位楔块连接,连接位置为罐体就位后距离卷扬机最近位置,罐区周围安装12块限位挡板,辅助储罐就位。同时专业技术人员围绕吊装路线障碍物检查,确保浮吊吊装储罐路线范围内不应有超过3m的障碍物,否则临时转移。

### 3.2 新罐体安装工作设计

#### 3.2.1 确认作业海域天气

储罐装船作业前采取核对现场气象条件的方式确定最佳安装窗口期,并确定最近48h内无恶劣天气,每12h滚动监测、接收及播报当地海域气象条件,确保装船工作的正常进行。索具连接时,本项目组按照气候要求加固,如吊机单钩作业,通过吊装框架,人员将短索具与罐体吊耳扣连接,当靠近罐体顶部90°附近封固吊点与浮吊转塔2台卷扬机连接,以便起吊后控制储罐朝向。

#### 3.2.2 储罐吊装移动

储罐吊装移动过程中惯性大,无法准确掌握其定点定位。在安装过程中,对新罐体吊装中心进行确定,并确保相应船舶资源的就位。海上浮吊船舶就位、船舶抛锚、系缆方式及应急预案等系列方案均以专项方案的形式编制在项目吊装安装HSE保障体系中。

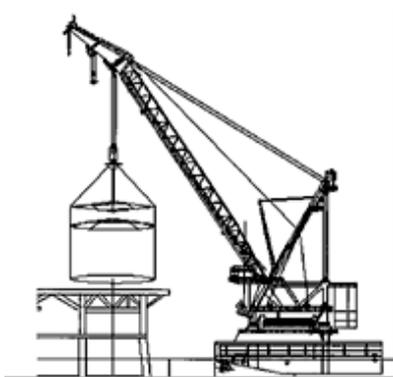


图1 储罐吊装示意图

### 3.3 新罐体安装作业的实施

#### 3.3.1 新罐体定位工作流程

完成吊装前准备工作并确认作业方案后,即开始执行具体的储罐吊装作业。首先要保证罐体受力均匀,制作吊装平衡框架,吊点通过吊装框架与吊装索具连接,然后与履带吊(海上使用浮吊)吊钩挂扣。在罐体起吊前,控制浮吊吊绳力缓慢增至50t左右,现场

确认吊点及吊装框架没有问题后,吊机再继续收紧钢丝绳,直至将罐体吊离甲板面。当罐体刚离开甲板面后,通过控制罐体可能产生的因重心位置误差带来的轻微震荡,吊装提升工作应在重物稳定后继续进行。如果新罐重物稳定后,浮吊吊臂向右转向,速度小于0.2m/s,直至吊装罐体至目标区域上方,期间控制罐底高度高于平台甲板5m以上,避免与平台设施管线等碰撞。

#### 3.3.2 吊装完成后就位安装的实施

当新罐体定位工作流程完成,新储罐到指定位置后,进入罐体精准就位环节。在平台施工人员指挥下浮吊钢丝绳缓慢下放,罐体距离甲板2m范围内后,吊机控制罐底与边档缓慢靠拢,人员通过牵引绳控制罐体避免罐底与边档碰撞。

浮吊转塔卷扬机牵引钢丝绳控制罐体方向,避免摇晃,主钩继续下放,将罐体放到甲板上,根据罐底结构图纸安装罐底板周围20块定位楔块,人员将短索具摘扣,吊机将吊装框架放至驳船甲板。最后,当新罐吊装就位后,在浮吊配合下安装走桥,走桥端部预先安装连接板,避免因现场筋板螺孔变形导致的安装困难。如新罐体的主体部位牢牢安装在既定位置后,再将其他附件、设备逐一安装并检查牢固性和可靠性。

### 4 总结与展望

本次海上油田大型原油储罐换装作业全流程管理项目,整体涉及生产、钻井、外输等多方资源调度,并同时遵循保障海上正常生产为原则,实行海陆同时协调管理,完善不同条件下技术设计、联合作业管理、临时接油等综合复杂环节的管理体系,首次成功完成整罐体换装的海上油气生产平台工程项目。本项目的成功完成,为同类型作业提供良好参考与经验,为未来的能源行业持续深度的实施大型高风险作业管控及安全环保、提质增效提供重要方向及突破点,具有行业性示范意义。

#### 参考文献:

- [1] 孙道青,边大勇,等.海上平台大型储罐整体吊装的设计与应用[J].石油工程建设,2020,46(2):20-23.
- [2] 孙爱萍,等.大型LNG储罐模块化施工吊装精度控制及分析[J].石油化工建设,2020,42(3):40-42.

#### 作者简介:

张凯(1982-),男,汉族,河北沧县人,本科,工程师,毕业于中国石油大学(北京),从事安全生管理理工作。