

# 海上石油平台机械设备安装探讨

王岳杰 钟伟 岑川

中海石油(中国)有限公司深圳分公司 广东 深圳 518054

**摘要:** 本文围绕海上石油平台机械设备安装这一关键主题展开深入探讨。详细阐述了海上石油平台的概念、类型、特点以及机械设备安装的重要意义。深入分析了安装前的各项准备工作,重点论述机械设备安装的关键技术要点,对安装过程中的质量控制与安全保障措施进行了全面剖析,旨在为海上石油平台机械设备高效、安全、精准安装提供全方位的理论与实践指导。

**关键词:** 海上石油平台; 机械设备; 安装技术; 质量控制; 安全保障

引言: 海上石油资源作为全球能源供应的重要组成部分,其开发利用对于满足日益增长的能源需求具有举足轻重的作用。海上石油平台作为海上石油开采的核心基础设施,承载着各类复杂且关键的机械设备,这些机械设备的安装质量与运行效果直接关系到海上石油开采作业的效率、安全性以及经济效益。随着海洋石油工业向深海、远海区域不断拓展,海上石油平台所处环境愈发恶劣,对机械设备安装的技术要求和质量把控也更为严苛。因此,深入研究海上石油平台机械设备安装技术,优化安装流程,强化质量控制与安全保障措施,具有重要的现实意义与工程应用价值。

## 1 海上石油平台概述

### 1.1 海上石油平台的概念与类型

海上石油平台是为在海上进行石油勘探、开采、生产及储存等一系列作业活动而建造的大型综合性海上设施。依据其功能用途及结构形式,可大致划分为以下几类:(1)固定式平台:通过桩基础、导管架等结构固定于海底特定位置,具有稳定性高的显著优势,能够为长期、大规模的石油生产作业提供坚实的支撑平台。常见的有导管架平台,其主体结构由众多大型钢管焊接而成的导管架以及安装在导管架顶部的甲板模块组成;重力式平台则依靠自身巨大的重量稳稳坐落在海床上,抵抗风浪流等海洋环境荷载。(2)浮式平台:这类平台并不直接固定在海底,而是借助浮力漂浮于海面,可根据作业需求灵活调整位置,适用于深海区域以及边际油田开发。典型代表如半潜式平台,由浮筒、立柱和甲板组成,通过调整浮筒的压载水量,实现平台在不同水深海域的作业;张力腿平台则利用绷紧的张力腿与海底连接,有效限制平台的垂直运动,在深海环境表现出良好的运动性能。(3)自升式平台:具备可升降的桩腿,在作业时桩腿下放插入海底,将平台主体抬升至海面一

定高度,免受海浪直接冲击,多用于浅海海域的钻井作业。平台移动时,将桩腿升起,依靠船体自身浮力航行至新的作业地点<sup>[1]</sup>。

### 1.2 海上石油平台的特点

(1)海洋环境恶劣:长期遭受狂风巨浪、潮汐变化、海流冲击以及海水腐蚀等多重恶劣自然因素影响。强风可产生巨大的侧向力,波浪冲击力能引发平台剧烈振动,潮汐变化导致水位大幅升降,海流会对平台基础产生淘刷作用,海水的高盐度特性更是加剧金属结构腐蚀速度,严重威胁平台结构及设备的耐久性与安全性。

(2)空间有限:平台甲板面积相较于陆地石油设施极为局促,却需密集安置众多大型机械设备,如钻井设备、采油树、油气分离装置、发电设备等,设备布局紧凑,安装与维修空间狭窄,增加了设备安装、调试以及后续维护操作的难度系数。(3)对设备可靠性要求极高:海上石油开采作业远离陆地,设备一旦突发故障,维修所需物资调配、专业人员支援耗时久,成本高昂,甚至可能因停产造成巨额经济损失,还可能引发海洋环境污染等次生灾害。故而,要求机械设备具备超强稳定性、耐久性以及高度自动化控制水平,降低故障发生概率。

### 1.3 海上石油平台机械设备安装的重要性

海上石油平台机械设备安装绝非普通安装工程,其重要性体现在多个维度。精准无误的安装是确保机械设备后续稳定运行的基石,直接关联到石油开采作业的连续性。安装精度若未达标,设备运行时极易产生过度振动、异常磨损等不良状况,致使设备频繁故障停机,严重干扰生产进度。高质量安装有助于充分挖掘设备性能潜力,保障油气开采、处理及输送效率,实现石油资源高效回收,提升经济效益。更为关键的是,海上环境特殊,安装作业涉及众多高风险环节,稍有差池便可能诱发安全事故,危及人员生命安全,引发海洋生态灾难。因此,

从安全生产与环境保护视角审视,严谨科学的机械设备安装是海上石油作业平稳、安全开展的根本保障。

## 2 海上石油平台机械设备安装前准备

### 2.1 技术资料审核

在着手安装机械设备前,需全方位、细致入微地审核设备相关技术资料。涵盖设备制造厂商提供的设备总图、部件装配图、安装说明书、操作手册以及设备出厂合格证、质量检验报告等关键文件。重点核查设备型号、规格、技术参数是否契合设计要求,确保设备选型精准无误;深入剖析安装图纸,明晰设备各部件连接方式、安装顺序、定位尺寸及公差范围等关键信息,为后续安装工作绘制清晰“蓝图”;对设备质量证明文件严格审查,杜绝质量缺陷设备入场,从源头把控安装质量根基<sup>[2]</sup>。

### 2.2 设备运输与验收

海上石油平台所需机械设备大多体积庞大、重量惊人,运输途中需采用专业重型运输船舶,并配备稳固绑扎、减震防护等措施,防止设备因船舶摇晃、碰撞遭受损坏。设备运抵码头或海上平台后,即刻组织专业验收团队,依据装箱清单清点设备零部件数量,逐件检查外观是否存在变形、损伤、锈蚀等瑕疵,参照设备技术标准运用专业检测工具对关键部件尺寸精度、性能参数进行抽检复测,如对泵体叶轮的动平衡、电机绝缘电阻等关键指标检测,唯有验收合格的设备方可转运至安装现场,坚实筑牢安装工程首道防线。

### 2.3 安装场地规划与整理

鉴于海上平台空间稀缺,安装前需精心规划设备存放与安装场地。结合平台总体布局、设备安装流程及后续运维便利性,合理划定各设备专属安装区域,运用三维建模等先进技术手段模拟设备就位过程,优化空间利用;同步清理场地杂物,确保场地平整度满足设备安装基准要求,对特殊设备安装区域,需提前实施加固、防潮、防腐等针对性预处理举措,为设备精准就位营造优良基础条件。

### 2.4 安装人员组织与培训

组建一支专业精湛、经验丰富、分工明确的安装团队是项目成功的人力保障。团队成员应涵盖机械工程师、电气工程师、焊接技师、起重工、钳工等多领域专业人才,依据设备安装复杂程度与技术难点,精细制定人员岗位职责与作业流程。安装前,针对特定设备安装要求,组织系统性培训,通过理论授课、现场实操指导提升人员技术素养与安全意识,促使每位成员明晰任务重点与风险规避策略,为高效安装注入专业动力。

## 3 海上石油平台机械设备安装的关键技术要点

### 3.1 基座建造

在海上石油平台的机械设备安装中,基座建造是基础环节,对机械设备的安全稳定运行至关重要。为确保机械设备的安装精度和运行可靠性,基座建造必须满足严格的调平加固要求规范。首先,基座建造前需进行精确的测量和定位,确保基座的位置和标高符合设计要求。在基座建造过程中,要注重基础的稳定性和牢固性,采用高强度、耐腐蚀的材料,并严格按照施工规范进行施工。其次,在基座安装完成后,需进行严格的调平工作。通过调整垫铁高度、使用精密水准仪等测量工具,确保基座的水平度和垂直度达到设计要求。同时,还需对基座进行加固处理,增强其承载能力和抗倾覆能力,确保机械设备在极端海洋环境下能够稳定运行<sup>[3]</sup>。

### 3.2 设备吊装

海上石油平台设备吊装作业面临海洋气象多变、作业空间局限、吊重超大等难题,堪称高风险关键工序。吊装前,综合考量设备重量、外形尺寸、安装位置及现场环境条件,缜密选定吊装设备,如大型浮吊、履带吊,精确计算吊索具规格、长度、安全系数,拟定详尽吊装方案,涵盖吊装顺序、吊点布置、起吊速度、就位路径等关键环节,并经专家严格评审论证;吊装全程密切监测天气动态,遇恶劣天气果断暂停;吊装时,由专业起重指挥人员统一调度,各岗位协同联动,精准操控吊车动作,借助实时监测系统紧盯设备空中姿态,及时微调纠偏,确保设备平稳、精准就位,杜绝碰撞事故,安全高效完成吊装使命。

### 3.3 设备定位与调整

为确保机械设备的精确安装和稳定运行,设备安装对中的精度要求极为严格。首先,需利用高精度的测量仪器,如激光测距仪、经纬仪等,对设备进行精确的定位,确保设备的安装位置准确无误。其次,在设备对的过程中,需采用中心标板和基准线等辅助工具,确保设备的中心线与基础中心线重合,且偏差在允许的微小范围内。同时,还需注重设备的水平度和垂直度调整,确保其满足设计要求,避免因安装偏差导致的设备故障或安全事故。

### 3.4 设备固定与连接

设备定位达标后,迅速实施牢固固定与可靠连接作业,使设备与基座凝成一体,抗击海洋复杂荷载。螺栓连接应用广泛,选用高强度、耐腐蚀螺栓,严格把控螺栓拧紧力矩,依序采用初拧、复拧、终拧工艺,借助扭力扳手精确施力,全过程记录力矩数据,保障连接紧固

度均匀一致；焊接连接适用于特定钢结构设备，精细把控焊接电流、电压、焊接速度等参数，确保焊缝熔深、熔宽达标，焊后进行焊缝外观、探伤检验；针对设备与管道、电气线路等衔接部位，采用柔性接头、密封垫片、防爆接线盒等专用连接件，妥善处理设备运行时的振动缓冲、密封防漏、电气安全防护等关键诉求，全方位强化设备整体稳定性与运行可靠性。

### 3.5 运转测试

在海上石油平台机械设备安装完成后，运转测试是确保设备性能达标、运行稳定的关键步骤。特别是对于那些涉及复杂工艺及多种相关设备联调测试的设备，更需严格遵守专业标准规范进行测试。在运转测试前，需确保所有设备已正确安装、调试，并符合设计要求。测试时，需按照设备操作规程及工艺要求，逐步启动设备，观察并记录设备的运行参数，如温度、压力、转速等。同时，还需注意设备间的联动情况，确保各设备间的信号传输、动作协调一致。在测试过程中，如发现设备存在异常或故障，应立即停机检查，排除故障后方可继续测试。测试完成后，需对测试结果进行综合分析，确保设备性能满足设计要求及行业标准，为海上石油平台的正常生产提供有力保障。

## 4 海上石油平台机械设备安装的质量控制与安全保障

### 4.1 质量控制体系建立

构建完备的质量控制体系是保障机械设备安装质量的制度核心。从项目伊始，结合海上石油平台工程特质与设备安装规范，量身定制涵盖质量策划、控制、检验、改进全流程的质量管理手册与程序性文件，明确各参与方质量职责，将质量管控目标层层拆解至安装各工序、各岗位；设立独立质量监督部门，赋予其现场巡检、停工整改、质量否决等实权，全程监控安装作业；引入第三方专业检测机构，定期对关键设备、关键工序质量抽检评估，多元主体协同发力，形成严密质量管控网络，确保安装质量全程受控。

### 4.2 安装过程质量监控

安装全程秉持“预防为主、过程严控”方针，严格把控各质量控制点。原材料、构配件入场时，核查质量证明文件，抽样复验关键性能指标；施工关键工序，如基座焊接、设备定位、系统调试等，设置停工待检点（H点）与见证点（W点），未经质量检查验收合格，严禁擅自跨越工序；利用信息化手段搭建质量追溯系统，为

设备及零部件赋予唯一识别码，全程记录生产、运输、安装各环节质量数据，实现质量问题精准溯源与快速处置，以过程精细管理雕琢安装整体质量精品。

### 4.3 安全风险识别与评估

鉴于海上石油平台安装作业高危属性，安全管理首重风险识别与精准评估。组织跨专业安全专家团队，深入剖析安装各流程潜在安全隐患，涵盖海洋气象灾害、起重吊装事故、高处坠落、电气触电、火灾爆炸、有限空间作业风险等多元类别；运用故障树分析（FTA）、失效模式与影响分析（FMEA）等先进工具量化评估风险发生概率、危害程度，据此对安全风险分级排序，为后续差异化管控策略制定提供科学依据，靶向发力筑牢安全防线。

### 4.4 安全防护设施设置与安全管理制度执行

依据风险评估成果，足量配备安全防护设施。在临边、洞口设置坚固防护栏杆、安全网；高处作业搭建合规脚手架，配备安全带、速差器；易燃易爆区域安装可燃气体泄漏报警、防爆电气设备；受限空间作业前严格通风置换，配备气体检测仪、呼吸器等救生装备，构筑硬件防护屏障。与此同时，狠抓安全管理制度落地执行，从人员入场安全培训、每日班前安全交底、作业现场安全监督检查到隐患排查治理、事故应急救援预案演练，全过程、全链条强化制度刚性约束，将安全理念深深烙印在每位作业人员心间，护航安装作业平安顺遂。

## 结论

海上石油平台机械设备安装是一项极具挑战与复杂性的系统工程，贯穿于海洋石油开发全程，关联生产效益、作业安全及环境保护大局。伴随海洋石油工业挺进深远海，安装技术当不断创新突破，融合数字化、智能化手段升级传统工艺，持续优化质量安全管理策略，方能契合行业发展大势，助力海上油气资源高效、绿色开发新纪元。

## 参考文献

- [1]李明,张华.海上石油平台机械设备安装关键技术解析[J].石油工程建设,2023,49(8):87-92.
- [2]王强,刘峰.海上石油平台大型设备吊装安全风险管控[J].中国安全生产科学技术,2023,19(10):168-173.
- [3]孙悦,赵刚.海上石油平台机械设备安装质量控制要点探讨[J].化工机械,2024,51(3):333-337.