

FPSO改装船的建造关键技术与应用

于志广

上海中远海运重工有限公司 上海 202162

摘要: FPSO改装船的建造关键技术涵盖船体改造、上部模块安装、系泊系统升级及数字化智能化应用等多方面。通过精确的结构检测与评估,确保船体适应深海作业;模块化建造技术提高建造效率;先进的系泊系统保障稳定性;数字化智能化技术则实现精准管理。这些关键技术的综合应用,为FPSO改装船的成功建造提供有力支撑。

关键词: FPSO; 改装船; 建造技术

1 FPSO 概述

1.1 FPSO的基本概念

FPSO (Floating Production Storage and Offloading) 即浮式生产储卸油装置,是一种集生产、储油、卸油为一体的海上浮式生产设施。它被称为“海上石油工厂”,能够对开采的石油进行油气分离、处理含油污水、动力发电、供热、原油产品的储存和运输,并集人员居住与生产指挥系统于一体,形成综合性的大型海上石油生产基地。FPSO通过海底输油管线接收来自海底油井的油、气、水等混合物,然后在船上进行分离处理,将原油加工成合格产品并储存在船舱中,最后通过原油外输系统(如穿梭油轮)将原油输送至陆地。

1.2 FPSO的分类与应用

根据系泊方式的不同, FPSO主要分为两大类: (1) 多点系泊: 通过多个固定点用锚链将FPSO固定,能够阻止FPSO横向移动。但这种方式主要适用于海况较好的海域。(2) 单点系泊: 将FPSO固定在海上单个系泊点处,在风、浪和海流的作用下, FPSO会以单点系泊为中心进行360°旋转,从而大大减少海流对船体的冲击。单点系泊系统应用广泛,又可分为转塔系泊系统和软钢臂系泊系统。其中,转塔系泊系统又分为内转塔和外转塔两种^[1]。FPSO具有抗风浪能力强、适应水深范围广、储油卸油能力大、机动性和运移性好等优点,广泛适用于远离海岸的深海、浅海海域及边际油田的开发。它不仅可以与海上平台配合,还可以与水下生产系统组合,形成完整的全海式开发体系,已成为海上油气田开发的主流生产方式。

1.3 FPSO改装船的发展历程

FPSO的发展始于20世纪70年代中期。1977年,壳牌公司将一艘油轮改装成世界上第一艘FPSO,并用于地中海卡斯特伦(Castellon)油田的开发,标志着FPSO技术的诞生。在随后的8年里(1986-1994年), FPSO技术得到了更广范围的认可和应用,全球范围内总共布置了20

艘FPSO。进入20世纪90年代后, FPSO技术在海上油田领域的应用范围持续扩大。截至2011年12月1日,全球已有187艘FPSO投入运营。一艘新的FPSO通常可以通过两种方式建成;第一、旧油轮改装: 这种方式成本较低,适用于浅海和边际油田的开发。在全球运营的FPSO中,有高达60%的比例是通过改造旧油轮的方式获得的。第二、新建: 根据油田的具体需求进行定制设计,虽然需要较长的时间和大量的资金投入,但能够更好地适应深海及超深海油田的开发需求。随着技术的不断进步, FPSO的设计和建造能力也在不断提升。韩国、新加坡、中国和巴西等国已经形成了“FPSO四强”的格局,在全球FPSO市场上占据重要地位。中国FPSO的设计主要由船舶工业集团708研究所承担,虽然国内有一批建造能力较强的船厂,但FPSO的核心部件(如主发电机、大型流量计、中央控制系统设备等)仍然依赖进口。

2 FPSO 改装船的建造关键技术

2.1 船体改造技术

FPSO改装船的船体改造是整个项目的基础,其技术难度和复杂性不容小觑。首先,需要对原始油轮或驳船进行详细的船体结构检测,这一步骤至关重要,因为船体结构的安全性直接关系到FPSO改装后的运营安全和使用寿命。检测内容包括但不限于钢板、型材的厚度检测,船体梁总纵强度评估,以及船体结构的腐蚀情况评估。基于检测结果,可以确定维修换板的整体工程量,为后续改造工作提供数据支持。接下来,是旧设备的拆除与翻新工作,原始油轮或驳船上可能装有大量不再需要的设备,如油船的主锚及锚机、甲板旧吊机、焚烧炉、排油监控设备等。这些设备需要被逐一拆除,并对部分可再利用的设备进行翻新和更换。在翻新过程中,需要对船上原有的各类泵进行解体检查、修理加工及试验,同时对所有仪表、阀门和管路等进行翻新与修理。还需要对船体进行必要的加强和改造,以适应新增的上

部模块和系泊系统的重量和载荷^[2]。在船体改造过程中,还需要特别注意焊接技术和防腐处理。焊接质量直接影响到船体的结构强度和密封性,因此必须严格控制焊接工艺和焊材质量。由于FPSO长期在海洋环境中作业,受到海水和海洋生物的侵蚀,防腐处理也是不可忽视的一环。通常采用涂层防腐和阴极保护相结合的方法来提高船体的防腐性能。

2.2 上部模块安装技术

上部模块的安装通常采用模块化建造和整体吊装的方法。在陆地建造厂内,按照设计要求将各个功能模块(如原油处理模块、油气水分离模块、生产水处理模块、伴生气处理模块、化学药剂注入模块、配电模块等)进行预制和组装。在预制过程中,需要严格控制模块的尺寸精度和安装接口的质量,以确保后续的整体吊装和安装工作顺利进行。整体吊装时,需要使用大型浮吊或船吊将预制好的上部模块吊装至船体上。吊装过程中需要精确控制吊装的角度和位置,以避免对船体结构造成损坏。吊装完成后,还需要对上部模块进行精确的调整和对中工作,以确保各个功能模块之间的连接紧密可靠。在上部模块安装过程中,还需要特别注意模块之间的连接方式和密封性。通常采用球形支座和弹性支座等连接件来实现模块之间的柔性连接和缓冲作用。

2.3 系泊系统改造技术

系泊系统的改造通常包括单点系泊系统和多点系泊系统的设计和安装。单点系泊系统具有结构紧凑、操作方便、适应性强等优点,在FPSO改装项目中得到广泛应用。单点系泊系统主要由转塔、锚链、浮筒等部件组成,其设计和安装需要充分考虑海洋环境、水深、风浪流等因素对系泊系统的影响。多点系泊系统则通过多个固定点用锚链将FPSO固定,适用于海况较好的海域。多点系泊系统的设计和安装需要充分考虑锚链的布局、张紧度、锚链与海底地形的相互作用等因素对系泊系统的影响。在系泊系统改造过程中,还需要特别注意系泊系统的动态响应特性。由于FPSO在海上作业时受到风浪流等多种因素的影响,系泊系统需要具备良好的动态响应特性来保持FPSO的稳定性和安全性。因此在设计和安装系泊系统时需要进行详细的动态响应分析和试验验证。

2.4 油气处理系统改造技术

油气处理系统是FPSO的核心部分之一,其改造技术也是FPSO改装船项目中的关键环节。在油气处理系统改造过程中,需要根据油田的实际情况和FPSO的设计要求选择合适的处理工艺和设备。另外,还需要对油气处理系统的工艺流程进行优化和改进。通过合理的工艺流程

设计和设备选型,可以提高油气处理系统的处理效率和产品质量,降低能耗和运营成本。在油气处理系统改造过程中,还需要特别注意系统的安全性和可靠性,由于油气处理系统涉及易燃易爆的介质和高温高压的设备,因此必须采取严格的安全措施和防护措施来确保系统的安全运行。例如,在设备选型时需要考虑其防爆、防火性能;在工艺流程设计中需要设置必要的安全阀、紧急切断阀等安全装置。

2.5 数字化与智能化技术应用

随着科技的不断发展,数字化与智能化技术在FPSO改装船项目中的应用越来越广泛。数字化与智能化技术不仅可以提高FPSO的生产效率和运营安全,还可以降低能耗和运营成本。在数字化技术应用方面,可以通过建立FPSO的三维数字模型来实现对船体结构、上部模块、系泊系统等精确模拟和分析。这有助于提前发现潜在的设计问题和施工风险,提高项目的成功率和可靠性^[3]。还可以利用数字化技术对FPSO的运营数据进行实时监控和分析,以便及时发现和解决生产过程中的问题。在智能化技术应用方面,可以通过引入自动化控制系统、智能监测系统和远程操控系统等手段来提高FPSO的自动化水平和智能化程度。例如,通过引入自动化控制系统可以实现对油气处理系统的远程控制和自动调节;通过引入智能监测系统可以实时监测FPSO的运行状态和关键设备的运行状态,及时发现并处理异常情况;通过引入远程操控系统可以实现对FPSO的远程操控和故障诊断,提高应急响应速度和故障处理效率。数字化与智能化技术还可以应用于FPSO的维护和管理方面。

3 FPSO 改装船建造技术的风险评估与管理

3.1 风险评估方法

在FPSO改装船建造过程中,风险评估是确保项目顺利进行的关键环节。为了全面、准确地识别潜在风险,采用了多种风险评估方法。首先,进行了详细的风险识别工作,通过组织专家会议、查阅相关文献资料、分析类似项目的经验教训等方式,系统地梳理了FPSO改装船建造过程中可能遇到的风险因素。这些风险既包括技术风险,如船体改造过程中的结构安全问题、上部模块安装过程中的精度控制问题等;也包括管理风险,如项目进度延误、成本超支等。其次,对识别出的风险进行了量化评估,通过运用概率论和统计学的方法,对每个风险事件的发生概率和可能造成的损失进行了估算。这一步骤有助于我们更加直观地了解风险的大小和严重程度,为后续的风险管理提供数据支持。另外,还进行风险等级划分。根据风险事件的发生概率和损失程度,将

风险划分为不同等级,如高风险、中风险和低风险。这有助于我们优先处理那些对项目影响较大的风险,确保资源的合理分配。

3.2 风险管理策略

在FPSO改装船建造过程中,风险管理策略的制定和实施是确保项目成功的关键。对于高风险事件,采取了风险规避策略,通过优化设计方案、加强施工过程中的质量控制和安全管理等措施,尽量降低这些风险事件的发生概率。同时还制定了应急预案,以便在风险事件发生时能够迅速、有效地应对。对于中风险事件,采取了风险减轻策略。通过采取一些预防措施或调整施工方案,努力降低这些风险事件可能造成的损失。对于低风险事件,采取风险接受策略。在确认这些风险事件对项目影响较小且可控的前提下,决定接受这些风险,并采取相应的监控措施以确保其不会演变为更大的风险。除了针对具体风险事件的管理策略外,还加强整体的风险管理体系建设。通过建立健全的风险管理制度和流程,确保了风险管理的规范化和系统化。同时还加强风险管理的培训和宣传,提高全体员工的风险意识和风险管理能力。

4 FPSO 改装船建造技术应用案例

在某深海油田开发项目中,为了高效利用现有资源并快速部署生产设施,决定对一艘老旧油轮进行FPSO改装。在改装过程中,充分应用先进的建造技术。首先,通过精确的船体结构检测与评估,确定船体改造的范围和重点,确保改造后的船体结构强度满足深海作业要求。接着,采用模块化建造技术,在陆地上预制上部模块,包括油气处理、储存和外输等关键系统,大大提高建造效率和质量。在系泊系统改造方面,根据深海海况特点,设计先进的单点系泊系统,确保了FPSO在恶劣海况下的稳定性和安全性。同时数字化与智能化技术也被广泛应用,通过建立三维数字模型和引入自动化控制系统,实现对FPSO建造过程的精准管理和智能控制^[4]。最终,这艘FPSO改装船成功交付并投入运营,不仅大幅提

高油田的开发效率,还降低运营成本和环境污染,成为了FPSO改装船建造技术应用的一个成功案例。

5 FPSO 改装船建造技术的未来发展趋势

5FPSO改装船建造技术的未来发展趋势将紧密围绕提高建造效率、增强安全性与稳定性、推动绿色环保以及促进智能化升级等核心方向展开。随着全球海洋油气资源开发的不断深入,对FPSO改装船的需求将持续增长,技术的不断进步和创新也将为FPSO改装船建造带来前所未有的机遇。未来,模块化建造技术将得到更广泛的应用,实现更高效的建造流程和更灵活的部署能力;数字化与智能化技术将深度融合,提高建造过程中的精度控制和远程管理能力;绿色环保理念将贯穿整个建造过程,推动低碳排放技术的研发与应用;同时针对深海复杂海况的适应性设计也将成为FPSO改装船建造技术的重要发展方向,以确保其在极端环境下的稳定运营。

结束语

FPSO改装船的建造是一个复杂而系统的工程,关键技术的应用至关重要。通过不断探索和实践,成功掌握了这些技术,并将其应用于实际项目中,取得了显著成效。未来,将继续深化技术研究,推动FPSO改装船建造技术的不断创新和发展,为海洋油气开发事业做出更大贡献。

参考文献

- [1]杨柳民,王文伟.深水海洋石油工程EPCI项目管理机制探讨[J].化工管理,2023(12):1-3.
- [2]邢同超,石振华,赵西磊,等.机械完工尾项管理系统在FPSO建造项目的应用[J].现代计算机,2024,30(4):58-61,82.
- [3]李晓光,张勇青,王志龙,等.可视化界面管理在深海FPSO建造过程中的应用[J].项目管理技术,2022,20(8):115-118.
- [4]李云,徐志华.内河船舶船体建造检验节点分析及质量控制措施研究[J].中国水运,2024(01):68-70.