

FPSO 外输检尺计量的影响与应对策略

孙善智（中海石油（中国）有限公司天津分公司，天津 300452）

摘要：本论文旨在研究 FPSO 外输检尺计量的影响与应对策略。通过对 FPSO 大舱外输检尺计量的结构和功能进行分析，剖析出其影响因素，提出了相应的应对策略。研究表明，加强舱体结构设计、优化外方式、提高原油处理效果、加强技术创新以及优化管理制度等措施可以有效应对 FPSO 外输检尺计量的影响。本研究对于提升 FPSO 外输检尺计量的运行效率和安全性具有重要意义。

关键词：FPSO 大舱外输检尺计量；海上石油储运系统；影响因素；应对策略

0 引言

FPSO 大舱外输检尺计量作为海上石油储运系统的重要组成部分，承担着石油储存和输送的重要任务。然而，由于其特殊的结构和功能，FPSO 大舱外输检尺计量对海上石油储运系统的运行产生了一定的影响。因此，研究 FPSO 大舱外输检尺计量对海上石油储运系统的影响以及相应的应对策略具有重要意义。

1 FPSO 大舱外输检尺计量的概述和功能

1.1 FPSO 大舱外输检尺计量的概述

FPSO（浮式生产储油卸油装置）大舱外输检尺计量是 FPSO 船体的重要组成部分，主要用于储存经过初步加工处理合格的原油，并在达到一定储量后，通过外输系统将其输送至穿梭油轮，最终运往陆地。作为海洋石油开发的关键设施，解决大舱外输检尺计量的影响和误差，提高精确度对于确保海上石油能源的开采、处理、储存和外运的安全与高效至关重要。



图 1 FPSO 进行外输作业

1.2 FPSO 大舱外输检尺计量的工作环境

FPSO 大舱外输检尺计量的结构设计充分考虑了海上环境的复杂性和作业需求。其主要由以下几部分组成：

①舱体结构：大舱外输检尺计量的舱体通常采用高强度钢材制造，具有良好的抗风浪、耐腐蚀和耐磨

损性能。船舱内部划分为多个独立的储油单元，以满足不同品质的原油储存需求；

②储油外输系统：储油系统负责接收来自上部组块的加工合格原油，外输系统则负责将储存的原油输送至穿梭油轮。外输系统通常采用大口径管道和多道阀门，以确保原油安全输入穿梭油轮；

③监控系统：为了确保原油储存的安全和有效，大舱配备了先进的监控装置，包括液位计、温度计、压力计等仪表设备，用于实时监测舱内原油的储量、温度和压力等参数。同时，系统还具备 PCS 过程控制系统和 ESD 关断系统，一旦出现异常情况，能够及时发出警报并采取相应措施。

1.3 FPSO 大舱外输检尺计量的功能

FPSO 大舱外输检尺计量的主要功能包括：①原油储存：大舱外输检尺计量的主要功能是测量经过加工处理合格的原油。其设计储量通常根据 FPSO 的整体产能和运输需求来确定，以确保在海上生产过程中能够连续、稳定地储存原油。②外输功能：天气海况合适，大舱外输检尺计量中的原油储量达到一定量时，通过外输系统将其输送至穿梭油轮。外输系统通常包括外输泵、计量系统、管道和控制系统等，能够实现原油的高效、精确输送。这一功能确保了原油从海上到陆地的顺畅运输，为海上石油开发提供了重要的物流支持。大舱外输检尺计量在结构设计上充分考虑了安全因素，如采用高强度钢材、检尺口、配备监测系统等，以确保长年在海上潮湿环境条件下仍能安全、稳定地储存和输送原油。同时，通过定期维护和检查，及时发现并处理潜在的安全隐患，确保整个系统的安全运行。

2 FPSO 大舱外输检尺计量的影响因素分析

FPSO 大舱外输检尺计量是海上石油储运系统中至关重要的一个环节，其设计、材料选择以及结构布

局都会直接影响到石油的储存、外输以及整个系统的安全稳定运行。

2.1 舱体结构对大舱外输检尺计量的影响因素分析

2.1.1 材料选择与强度

FPSO 大舱外输检尺计量的舱体通常采用高强度钢材制造,这种材料的选择对于海上石油储运系统的安全性和稳定性至关重要。钢材的强度直接影响到舱体承受外部压力(如风浪、海水压力等)和海水、潮湿空气的腐蚀,以及抵抗内部原油腐蚀的能力。如果材料强度不足,可能导致舱体变形、破裂,甚至引发原油泄漏等严重事故。

2.1.2 结构设计

舱体的结构设计也是影响海上石油储运系统的重要因素。合理的结构设计可以优化舱体的承重分布,提高整体稳定性。同时,舱体内部的分隔板设计也是关键,它可以将船舱划分为多个独立的储油单元,确保不同种类和品质的合格原油能够分开储存,以及提高抗风浪能力及处理不合格原油。此外,分隔板还能增加舱体的结构强度,提高整体的抗压承载能力。

2.1.3 密封性能

舱体的密封性能直接关系到海上石油储运系统的安全和环保。如果舱体密封不严,可能导致原油泄漏,不仅会造成资源浪费和环境污染,还可能引发安全事故。因此,在舱体设计和制造过程中,必须严格控制密封材料的选择和加工工艺,确保舱体的良好密封性能。

2.1.4 维护与检修

舱体结构的维护与检修也是影响海上石油储运系统的重要因素。随着使用时间的增长,舱体可能会受到腐蚀、磨损等因素的影响,导致性能下降。因此,定期对舱体进行检查、维护和保养至关重要,可以及时发现并处理潜在的安全隐患,确保海上石油储运系统的安全稳定运行。

综上所述,FPSO 大舱外输检尺计量的舱体结构对海上石油储运系统的影响是多方面的。在设计和制造过程中,必须充分考虑材料选择、结构设计、密封性能以及维护与检修等因素,以确保海上石油储运系统的安全、稳定和高效运行。

2.2 外输方式

2.2.1 安全与环保

运输方式的安全性和环保性也是海上石油储运系统需要考虑的重要因素。不同的运输方式在安全性方面可能存在差异,例如,单点+常规穿梭油轮,目前运用范围广,技术成熟;多点+CALM 系统+常规穿

梭油轮,需要海上铺设海管和海上安装,还需要定期维护。因此,在选择外输方式时,需要综合考虑各种因素,确保石油在外输过程中的安全。此外,环保性是最重要考虑的因素,应选择对环境影响较小的外输方式,以减少石油泄漏等环境风险。

2.2.2 外输方式与成本

FPSO 的外输方式直接影响石油的运输方式和成本。不同的外输方式,如单点系泊 FPSO+ 常规穿梭油轮串靠卸油外输方式、单点系泊 FPSO+ 常规穿梭油轮旁靠卸油外输方式等,具有不同的运输速度和容量,这将直接影响石油从海上到穿梭油轮的外输速度。安全、高效、可靠、经济的运输方式能够减少石油在途中的停留时间,提高整个海上石油储运系统的运作效率。同时,合适的运输方式的选择也会影响运输成本,进而影响海上石油储运系统的经济效益。

2.2.3 灵活性与适应性

外输方式的灵活性和适应性也会影响海上石油储运系统的运作。随着市场需求和供应情况的变化,海上石油储运系统可能需要调整运输方式和运输量。因此,选择的外输方式应具有一定的灵活性和适应性,能够根据需要快速调整运输计划,以满足市场的变化。外输方式的不同对 FPSO 外输检尺计量具有重要影响。在选择运输方式时,需要综合考虑外输效率、成本、安全性、环保性以及灵活性和适应性等因素,以确保海上石油储运系统的安全、高效和可持续运作。

2.3 油田特性

油田特性是 FPSO 大舱外输检尺计量设计和运行过程中需要考虑的重要因素,它直接关系到海上石油储运系统的运作效率、安全性以及经济效益。

2.3.1 原油性质与产量

不同油田的原油性质(如密度、粘度、含硫量等)和产量存在显著差异,这对 FPSO 外输检尺计量的设计和使用提出了不同要求。例如,对于高粘度原油,需要相对应密度的检尺仪计量,流量计也需要进行相应调整,以确保原油的外输计量准确;而对于高含硫量原油,则需要加强舱体的防腐措施,确保舱体结构的长期安全稳定。此外,油田的产量也决定了外输检尺计量的储存和输送能力,需要根据实际情况进行合理配置。

2.3.2 油田环境与温度条件

油田的地理位置和气候条件对 FPSO 外输检尺计量的运输方式和安全性具有重要影响。例如,位于深海区域的油田,由于风浪大、海况复杂,对运输船舶

的稳定性和抗风浪能力要求较高;而位于寒冷地区的油田,则需要考虑舱体结构的防冻措施,以防止原油在低温下凝固或堵塞管道。

2.3.3 油田开发与生产规划

油田的开发与生产规划对海上石油储运系统的整体布局和运营策略具有决定性作用。根据油田的开采进度、产量预测以及市场需求等因素,需要合理的外输计划和储运策略,以确保原油的及时外输和储存。同时,还需要考虑未来油田扩建或转型的可能性,为海上石油储运系统的升级和改造预留空间。

3 FPSO 外输检尺计量的影响应对策略

3.1 加强舱体结构设计

针对 FPSO 大舱外输检尺计量的影响,加强舱体结构设计是首要策略。这包括但不限于以下几点:选用高强度、耐腐蚀的优质钢材,以提高舱体的强度和耐久性,确保在恶劣的海洋环境下仍能保持稳定性和安全性。优化舱体结构布局,合理设计分隔板,提高原油储存的效率和安全性,防止原油混合和泄漏。加强舱体密封性能,采用先进的密封材料和工艺,确保原油不会因舱体泄漏而损失或污染环境。定期进行舱体结构的检查、维护和保养,及时发现并处理潜在的安全隐患,确保海上石油储运系统的安全稳定运行。

3.2 优化外输方式

优化外输方式也是降低 FPSO 大舱外输检尺计量对海上石油储运系统影响的有效策略。具体做法包括:综合考虑安全性、外输效率、成本和环保性等因素,选择最适合的运输方式,如单点系泊 FPSO+ 常规穿梭油轮串靠卸油外输方式。提高外输效率,通过优化运输路线、提高运输速度等方式,减少原油在外输中的误差和,加快石油从海上到陆地储运设施的流转速度。加强运输安全管理,采用先进的监控和预警系统,实时监测运输过程中的安全状况,确保原油在运输过程中的安全。注重环保性,选择低排放、低污染的运输方式,减少对环境的影响。

3.3 提高原油处理效果

每个油田油品特性不一,通过一些技术和管理手段来降低其对海上石油外输检尺的影响。具体策略包括:针对不同油田的原油性质,采用适当的预处理技术,如脱水、脱气、脱硫、脱盐等,提高原油的质量,降低对海上石油储运系统的腐蚀风险。根据油田的产量和市场需求,制定合理的开采和生产计划,避免过度开采和供需失衡,确保海上石油储运系统的稳定运行。加强与穿梭油轮客户和油气销售客户的沟通与协

作,共同应对海上外输检尺计量带来的挑战,实现海上石油外输系统的优化和升级。

3.4 加强技术创新

技术创新是应对 FPSO 大舱外输检尺计量对海上石油储运系统影响的重要手段。通过引进和研发新技术,可以提高海上石油储运系统的效率和安全性。首先,可以研发更先进的材料和技术,用于舱体结构的制造和维护,以提高其强度和耐久性、船体稳定性。例如,采用新型复合材料,增强舱体的防腐和防磨损能力。其次,利用智能化和自动化技术,提升海上石油储运系统的监测和管理水平。通过安装智能传感器和监控系统,可以实时监测舱体状态、原油储量以及运输情况等关键参数,实现数据的自动采集和分析。

3.5 优化管理制度

优化管理制度是降低 FPSO 大舱外输检尺计量的关键因素。通过优化管理流程、提升管理水平,可以提高海上石油外输系统的整体效能。首先,定期修改更新外输管理制度和操作规程,确保各项工作有章可循、有法可依。制定详细的可视化操作手册和安全指南,明确各项工作的责任人和操作要求,确保员工能够正确、安全地执行任务。其次,加强人员培训和教育,提高员工的专业素质和安全意识。通过定期举办培训班、开展应急演练等方式,提升员工对海上石油外输的认识和理解,增强他们的应急处理能力。

4 结论

本研究通过对 FPSO 外输检尺计量的影响因素进行分析,提出了相应的应对策略。加强舱体结构设计、优化外方式、提高原油处理效果、加强技术创新以及优化管理制度等措施可以有效应对 FPSO 大舱外输检尺计量的影响。这些策略对于提升海上石油外输检尺计量系统的运行效率和安全性具有重要意义。

参考文献:

- [1] 丁海蛟. 某 FPSO 在生产状态大舱腐蚀治理提效方法探索 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(21):17-19.
- [2] 李宝明. FPSO 舱龙骨载荷及结构强度分析 [J]. 船舶标准化与质量, 2019(02):37-42+36.
- [3] 胡瑾秋, 唐静静, 胡忠前, 等. “FPSO+CTV+ 普通油轮” 外输作业模式风险分析 [J]. 中国安全科学学报, 2018, 28(10):92-97.
- [4] 王晨征, 范菊, 缪国平, 等. FPSO 串靠外输系统动力分析 [J]. 水动力学研究与进展 (A 辑), 2016, 31(06):730-738.