

某油田 FPSO 原油外输安全管理实践与探索

杨 超（中海石油（中国）有限公司深圳分公司，广东 深圳 518000）

摘 要：浮式生产储油卸油装置（FPSO）作为海上油气开发的重要设施，其原油外输作业的安全管理直接关系到作业效率，人员安全及环境保护。本文基于某 FPSO 的实际运营情况，分析了原油外输过程中面临的安全风险，总结了现行的安全管理实践，并探索了进一步提升安全管理水平的策略与措施。

关键词：FPSO；原油外输；安全管理；风险防控

0 引言

随着海洋石油开发的深入，FPSO 作为集生产、储存、外输于一体的海上油气处理中心，其重要性日益凸显。原油外输作为 FPSO 核心功能之一，涉及复杂的工艺流程和高风险的作业环境，因此，实施科学有效的安全管理是确保 FPSO 安全高效运行的关键^[1]。

某油田 FPSO 所处的海域位于中国南海珠江口盆地，受台风、季风、海流等恶劣天气严重威胁到作业安全、环境保护和人员健康，原油外输难度显著增大。因此，深入探讨 FPSO 原油外输的安全管理实践与探索，对于保障海上油气开发活动的顺利进行具有重要意义。

1 油田 FPSO 简介

该 FPSO 于 2008 年 4 月投产，总长 232.5m，型宽 46m，型深 24.1m，原油处理能力超 13000m³/天，原油储存能力达 12 万吨，伴生气处理能力达 50000m³/天，集油气处理、储存外输、生活支持及动力供应于一体，是南海东部油田首艘自营 FPSO，最大承接上游生产设施数量达 14 座，高峰期每周需要进行两次原油外输作业。

2 FPSO 原油外输作业主要步骤

FPSO 原油外输作业主要包括前期准备、作业实施和作业结束三大阶段。前期需进行风险评估，确保海况适宜，并检查设备完好性，同时对操作人员进行培训，使其熟悉作业流程和安全规程。作业实施时，通过系泊大缆和艏输软管将穿梭油轮与 FPSO 连接，启动货油泵进行原油输送，并全程监控海况、设备和原油输送情况以确保安全。作业结束后，断开连接，将设备归位并进行维护，最后评估作业效果并收集反馈，为下次作业提供参考。

3 FPSO 原油外输作业主要风险

FPSO 原油外输作业是一项技术复杂且风险高度集中的任务，其安全性直接关系到海洋环境、人员生

命及财产安全。在这一过程中，主要面临以下几大风险：首先是碰撞风险，由于 FPSO 和穿梭油轮在海上作业时频繁靠近进行原油过驳，而海洋环境复杂多变，包括极端天气、海流、潮汐等因素，都可能导致两船之间或与其他过往船舶发生碰撞。此外，操作人员的疏忽、设备故障或通讯不畅也是碰撞风险的潜在因素。其次是泄漏风险，这是原油外输作业中最直接的环境威胁。输油软管作为连接 FPSO 和穿梭油轮的关键部件，其材质、密封性能及使用寿命均需严格把控，以防破损导致原油泄漏^[2]。

同时，FPSO 和穿梭油轮的船体结构也需定期检查和维修，以应对恶劣海况可能带来的损害。稳性风险也是原油外输作业中需要特别关注的一个方面。合理的过驳计划和速度控制对于维持穿梭油轮的稳性至关重要，避免因操作不当导致的船舶倾覆事故。此外，环境风险也是不可忽视的。一旦发生原油泄漏，将对海洋生态系统造成长期且难以逆转的损害。最后，人为风险也是影响原油外输作业安全的重要因素。操作人员的技能水平、安全意识以及管理层的决策能力都将直接影响作业的安全性和效率。

4 FPSO 原油外输作业环境影响

中国南海是台风活动频繁的区域，每年夏秋季节尤为突出。台风带来的强风、巨浪和高海况对 FPSO 的系泊系统、输油管道及外输作业设备构成严重威胁。此外，南海季风季节性强，这一时期内海况恶劣，不仅增加了原油外输作业的复杂性和难度，还要求在作业窗口和制定作业计划时更加审慎细致。季风期间，风向和风速的频繁变化直接挑战着 FPSO 的稳定性，使得作业环境变得不可预测且充满挑战。因此，作业人员必须保持高度警觉，密切关注海况的实时变化，灵活调整作业计划和操作策略，以应对可能出现的各种情况。

此外，受恶劣海况影响，原油外输作业的效率往

往会受到制约，为保障作业安全与质量，可能不得不采取延长作业时间或增加人力物力资源的投入等措施。

5 该 FPSO 外输作业现行安全管理实践

5.1 建立完善的安全管理体系

鉴于所处海域独特而复杂的环境条件，包括频繁的自然灾害、多变的海流、复杂的地形以及高盐高湿的气候特点，该 FPSO 安全管理人员深入分析了这些挑战，并据此建立了一套全面而完善的安全管理体系。此体系不仅涵盖了基础的安全管理制度，明确了各级安全管理职责与权限，还细化了详尽的操作规程，确保每一项作业步骤都遵循标准化流程，减少人为错误和安全隐患。

为应对突发事件，体系内嵌入了详尽的应急预案，这些预案覆盖了从自然灾害到设备故障、人员伤害等各类可能的风险场景，并明确了应急响应的流程、责任分工及所需资源。通过定期的应急演练，不断提升团队的应急处理能力和协作效率。

特别地，针对原油外输作业这一关键环节，该 FPSO 精心制定了《外输操作程序执行任务分配表》（见表 1）。该表详细列出了外输作业中的每一项具体任务、责任人、执行时间、所需资源以及关键注意事项，确保每位参与者都能清晰了解自己的职责范围，作业过程中有章可循，有据可依。通过明确的任务分配和紧

密的协调机制，有效提升了外输作业的效率与安全性。

5.2 强化风险评估与防控

为了确保原油外输作业在所处海域复杂海况下的安全进行，该 FPSO 项目实施了一套强化的风险评估与精准防控机制，并在南海东部油田率先完成了双重预防机制建设工作，实现了“一作业一风险点”，运用作业危害分析法（JHA）辨识原油外输作业风险，运用检查表法（SCL）辨识作业相关设备设施风险等，立足 FPSO 实际情况，组织作业人员定期且系统性地对南海的海况、气象条件及作业环境进行全面评估，包括但不限于设备故障、操作失误、自然灾害（如台风、季风等）的影响等。针对识别出的风险点，讨论制定并实施一系列针对性的防控措施。这些措施不仅涵盖了技术层面的改进与加强，如设备加固、优化操作流程等，还涉及到管理层面的提升，如加强人员培训、完善应急预案等，最终制定了《提油作业风险评估表》（见表 2），为提油作业安全风险评估和防控提供了专业指引。

5.3 提升应急响应能力

该 FPSO 为了有效应对各类突发事件，确保人员安全、减少财产损失及环境风险，通过建立专业化的应急队伍，组建由具备专业技能和丰富经验的成员构成的应急小组，涵盖救援、医疗、通讯、安全、环保等多个领域。通过对应急队伍成员进行严格的选拔与

表 1 外输操作程序执行任务分配表

作业总负责人：船系监督		岗位
前提条件		
□ 要密切与船上各部门保持沟通，保持设备正常。		外输主操
□ 要密切保持与提油轮和拖轮之间的沟通，保持良好的工作环境。		外输主操
□ 确认本设施公用设备运行正常，如公用气、仪表气、液压设备、电力、消防水等。		外输主操
一、外输前	XXXXXXXXX	水手长
	XXXXXXXXX	外输主操
二、XXXXXXXXX	XXXXXXXXX	XXXXXXXXX

表 2 提油作业风险评估表

作业步骤	确认的危害及潜在的影响	控制措施	负责人
1. 工前准备	1. 舷边作业，人员坠海 2. 液压管线泄漏溢油；	1. 穿戴工作救生衣，系挂好安全带； 2. 人员安全站位；	水手长
2. 辅助拖轮靠泊 FPSO 接收系泊大缆	1. 缆绳卷入螺旋桨；	1. 恶劣天气停止作业； 2. 专人负责观察指挥；	船系监督 拖轮船长
	2. 拖轮动力设备损坏造成碰撞；	1. 检查确认侧推器、绞缆机等设备状态良好； 2. 多方保持密切沟通；	XXXXXXX
3. 提油轮靠泊； 4. XXXXXXXX；	1. XXXXXXXX	1. XXXXXXXX； 2. XXXXXXXX；	XXXXXXX

培训,确保他们熟悉应急流程、掌握救援技能,并具备高度的责任心和团队合作精神。定期对应急设备进行维护与保养,确保其处于良好状态,随时可用。建立应急物资储备库,储备足够的应急物资,包括食品、饮用水、医疗用品、照明设备等,以满足紧急情况下的基本需求。定期进行应急演练,制定详细的应急演练计划,涵盖不同类型的突发事件场景,如火灾、泄漏、船舶碰撞等。组织定期(如每季度或每年)的应急演练活动,模拟真实情境下的应急响应过程,检验应急预案的可行性和有效性^[3]。每年开展一次油田范围内的溢油应急实操演习,演练结束后进行总结评估,分析存在的问题和不足,及时修订完善应急预案和应急流程,大大提高了应对突发事件的能力。

5.4 加强人员培训与资质认证

该 FPSO 将人员培训与资质认证视为至关重要的一环。秉持“安全第一,预防为主”的原则,定期对操作人员和相关人员进行全面而深入的安全教育和技能培训。这些培训不仅涵盖了 FPSO 的基本操作知识,更重点强调了外输作业的独特性和复杂性,确保每位操作人员都能深刻理解作业特点,熟练掌握安全操作规程。同时,针对每次原油外输作业部分人员流动变化的特点,该 FPSO 制定了常态化安全培训计划,每次作业前对所有参与作业的人员进行全面的再次培训,确保所有人员了解作业风险和控制措施。

在技能培训方面,该 FPSO 注重理论与实践相结合,通过模拟演练、案例分析等多种形式,提升操作人员的实操能力和应对突发状况的能力。特别针对应急处置技能,该 FPSO 设计了一系列贴近实际的应急演练场景,让操作人员在模拟环境中得到充分的锻炼,确保在真实情况下能够迅速、准确地采取应对措施。

同时,该 FPSO 还严格执行作业人员资质认证制度,以此作为保障人员素质和操作技能的重要手段。所有操作人员必须经过严格的考核和评估,获得相应的资质证书后方可上岗。对于关键岗位人员,不仅需要参加常规的安全教育和技能培训,还必须接受专门的溢油应急培训。

通过系统的学习和实践,这些关键岗位人员掌握了溢油应急的基本原理、处置流程、设备使用以及团队协作等关键技能。经过严格的考核合格后,他们方能正式上岗,承担起溢油应急的重要职责。通过持续不断地优化培训体系、完善认证制度,打造了一支高素质、专业化的操作团队,为 FPSO 的安全稳定运行

提供坚实的人才保障^[4]。

5.5 “四方会议”良好实践探索

鉴于 FPSO 外输作业需通过储油设施、提油轮、主拖轮及辅拖轮四方共同协作完成,该 FPSO 通过总结经验,探索在作业前开展“四方会议”。每次作业前,通过“四方会议”沟通确认作业天气、海况,现场设施设备情况,对全体作业人员进行相关安全事故案例分析、作业风险分析,讨论制定有针对性的控制措施,并明确责任人,各方适时提出合理化建议等。通过进一步对作业任务细分、不断压实责任,夯实现场作业制度执行到位。同时,“四方”不定期开展交叉检查和现场考察,定期开展沟通交流,增进互相了解。“四方”还通过创新的安全举措,合理高效的控制手段更好的避免事故发生。

该 FPSO 通过开展“四方会议”加强了相互之间的沟通,成为完成协同作业、管控作业风险的良好举措,明确落实了各方属地管理责任,积极构建共商、共建、共享的安全新格局,该 FPSO 也取得了累计安全外输近 800 船的良好安全业绩。

6 结论

综上所述,通过建立完善的安全管理体系、强化风险评估与防控、提升应急响应能力,并创新应用先进技术手段以及加强人员培训与资质认证等措施,可以有效保障 FPSO 原油外输作业安全顺利进行。同时随着科技的不断进步和海洋油气开发活动的深入发展,FPSO 原油外输安全管理将面临更多新的挑战和机遇。因此我们需要持续关注南海海况变化,加强技术创新和人才培养不断提升安全管理水平和应对能力为海洋油气开发活动的可持续发展贡献力量。

参考文献:

- [1] 代齐加,肖宇.A 油田原油外输系统调整及效果评价[J]. 海洋石油,2021,41(1):44-48.
- [2] 韦涛,范旭,牛志刚.FPSO 原油外输安全保护系统集成设计技术[J]. 船海工程,2016,45(5):39-41.
- [3] 齐志光.影响绥中港船舶通航安全因素及应对措施[J]. 中国水运,2018,(03):69-71.
- [4] 关春辉,金健民,马越,等.新型原油外输泵在海上平台集输系统中的实施与应用分析[J]. 中国设备工程,2021(S1):181-184.

作者简介:

杨超(1990.6-) 汉,陕西咸阳,大学本科,工程师,研究方向:石油化工安全管理、风险控制、党建融合。