

Research on the Structural Corrosion Characteristics and Detection Process of Floating Production and Storage Offloading Unit

Yuanqiang Huang

CNOOC China Limited QHD32-6 Operating Company, Qinhuangdao, Hebei, 066000, China

Abstract

Floating production and storage offloading unit(FPSO) is a common large-scale equipment for offshore oil production in China, which integrates the functions of comprehensive offshore oil, gas and water management, qualified crude oil storage and export transportation, and is one of the main facilities for offshore oilfield development. With the increase of the service life of floating production storage vessels and the interaction of various loads, the corrosion of FPSO hull compartment structure has become a key factor restricting the safety production of old facilities. The consequences of the corrosion of the cabin structure will not only have a great impact on the strength of the cabin structure, but also cause oil and gas leakage, environmental incidents caused by extreme working conditions, and bring hidden dangers and challenges to the stable production of offshore platforms. In this paper, the characteristics of structural corrosion of FPSO cabins are analyzed, and the causes and effects are pointed out. Carry out research on structural detection process for structural corrosion, crack failure, etc., and then formulate special protection and treatment strategies.

Keywords

FPSO; compartment damage characteristics; testing process

浮式生产储油轮舱室结构腐蚀特征及检测工艺研究

黄元强

中海石油(中国)有限公司秦皇岛 32-6 作业公司, 中国·河北 秦皇岛 066000

摘 要

浮式生产储油轮(FPSO)是中国海洋石油生产常见大型装备,该装备集海上油气水综合治理、合格原油储存及外输功能于一体,是近海油田开发的主力设施之一。随着浮式生产储油轮服役年限的增加,及各种载荷的交互作用,FPSO船体舱室结构腐蚀成为影响老旧设施安全生产的关键因素。舱室结构腐蚀带来的后果不仅会对舱体结构强度产生较大影响,还会造成油气泄漏,极端工况造成环境事件,对海上平台的稳定生产带来隐患和挑战。论文对FPSO舱室结构腐蚀的特征进行案例剖析,指出成因类别和影响。针对结构腐蚀、裂纹失效等开展结构检测工艺的研究,进而制定专项的防护治理策略。

关键词

浮式生产储油轮;舱室损伤特征;检测工艺

1 引言

浮式生产储油轮(FPSO)是中国海洋石油生产常见大型装备,该装备集海上油气水综合治理、合格原油储存及外输功能于一体,是近海油田开发的主力设施之一。随着浮式生产储油轮服役年限的增加,及各种载荷的交互作用,FPSO船体舱室结构腐蚀成为制约老旧设施安全生产的关键因素。近年来FPSO舱室腐蚀问题在渤海地区普遍出现,因此对海洋石油FPSO舱室进行损伤分析和检测工艺探讨,是确保海上油气生产安全的重要工作之一。

2 海洋石油 FPSO 舱室结构安全运行重要性分析

首先,海洋石油FPSO舱室承担着接收、处理、存储外输油田生产的原油液体,舱室的任何损伤泄漏都会给油气生产带来损失及产生海洋环境污染,从而对海洋区域生态系统和海洋生物多样性造成严重影响,这不仅会对海洋环境造成污染破坏,还会沿海养殖业、渔业、旅游业等相关产业带来较大影响。其次,海洋石油FPSO舱室的安全运行与海洋石油安全生产息息相关。FPSO舱室的损伤可能导致油气泄漏,在相对狭小的设施空间内的油气逸散更加大了火灾风险,这不仅会给设施上的人身安全造成威胁,还会影响整个海上石油生产运行流程。另外,FPSO舱室的安全运行是保障能源供给的重要基础。海上平台是开采海洋油气资源的主

【作者简介】黄元强(1985-),男,中国陕西渭南人,本科,工程师,从事仪器仪表工程研究。

要基地,而FPSO舱室集收集、存储、输送这些生产设施开采出来的油气处理平台,如果舱室出现问题,则上下游无法形成有效的运输转驳,造成开采的原油无法储存和外输,从而影响到国家的能源安全战略。故此,保障海洋石油FPSO舱室的安全运行对于保障能源供应的稳定性和可持续性至关重要^[1]。

3 海洋石油 FPSO 舱室损伤类型

通过对大量海上舱室结构和罐体结构案例进行分析和统计发现,这些案例大体上可以分为三类,一是结构腐蚀;二是结构开裂;三是其他损伤,其中常见的问题以结构腐蚀和结构开裂为主。下文将对这几种类型的舱室结构损伤问题进行简单分析。

3.1 结构腐蚀

FPSO通常为双底双壳船体结构,舱室腐蚀主要分为货油舱内腐蚀和压载舱腐蚀,一般以压载舱腐蚀居多。根据近3年某FPSO舱室检测发现,8个压载舱均发现腐蚀超标区域,载舱腐蚀超标检出率100%,而货油舱侧仅在两个舱内发现腐蚀,且数量较少,载舱腐蚀超标检出率14%。因此压载舱腐蚀为舱室腐蚀主要特征^[2]。

压载舱腐蚀多位于与货油舱/工艺舱交界的板材及型材上,其腐蚀分布多存在于焊缝周边。舱室腐蚀特点较为明显,多发生在压载舱侧四周高应力区域,其锈腐蚀沿焊缝向两端锈蚀。

根据现有信息及分析发现,压载舱舱室腐蚀一般呈以下几个特征:①一般船头船尾侧的舱室腐蚀程度大于船中的舱室,舱室腐蚀一般发生在压载水舱区域,其腐蚀区域较多,货油舱内底板焊缝区域偶见点蚀坑。②一般沿焊缝腐蚀并向两侧拓展延伸,多形成不同厚度的锈蚀层,沿船体横向焊缝锈蚀程度明显大于纵向焊缝。③就腐蚀分布而言,货油舱底板腐蚀,底板腐蚀四周区域腐蚀位置及腐蚀程度多于底板中心区域,壁板集中在压载舱侧,主要存在于船体斜壁板与直壁板交界处及舱头舱尾处横向对接焊缝附近(三舱交界处);多数腐蚀超标区域位于焊缝两侧75mm内。④部分区域存在腐蚀减薄后开裂,船体底板部分区域存在可见变形,腐蚀初步判断多与应力和温度场有关。油舱与油舱之间壁板状况良好,压载舱舷边侧状况相对良好。压载舱存在干湿交替,在货油舱内约60℃的温度与压载海水20℃之间的温度差,在压载调节及其他环境的载荷所用下,高应力区域所代表的焊缝涂层开始破裂,在海水中氯离子和温度场的作用下焊缝开始从焊缝位置出现腐蚀,并向两侧拓展。

货油舱内腐蚀,多是因为内部介质影响,主要特征是舱底泥比较多,舱内存在硫化氢。对比分析发现的舱内腐蚀,其多存在与压载舱交界的斜壁板及底部横焊缝上,成小型团簇状。呈现垢下和细菌腐蚀特征。对比2个出现腐蚀的舱室分布,发现其为接收另外两个区块油品舱室,此两个区块为

含硫油田。故在进行舱室检测分析的过程中,应充分考虑下舱油的相关信息。

某货油舱内的腐蚀情况如图1所示,某压载舱结构板材腐蚀情况如图2所示。



图1 某货油舱内的腐蚀情况



图2 某压载舱结构板材腐蚀情况

3.2 结构开裂

根据开裂成型原因的不同可将舱室目前发现的开裂种类大致归为腐蚀减薄开裂、焊接缺陷开裂及应力作用撕裂。目前腐蚀减薄导致结构强度不足,导致在应力集中区域出现开裂。某工艺舱与泵舱交界处区域,其长约10m,裂缝距焊缝20~50mm,其检测裂缝周围最低厚度2.5mm,远不能满足其需求的结构最小厚度,导致其在薄弱区域撕裂并拓展延伸。某货油舱进油口开裂,其下方压载舱侧最小剩余壁厚1.57mm,使其在进油的冲击载荷作用下,呈现明显阶梯状撕裂。一种是在制造过程中出现的缺陷,在后期应力的作用下慢慢拓展成裂纹。某货油舱三舱交界焊缝的开裂,其开裂位置位于焊接起弧部位,原因可能为建造期间接头处出现未熔合,在后续载荷的作用下,逐渐开裂渗漏。第三种是焊接后某些区域应力集中,在一些强载荷的作用下逐渐由根部拓展,其一般在表面较为平直。某舱室底部大角焊缝检测过程中发现,其在主要承受载荷方向出现2条100mm的平直裂纹,打磨后发现,其贯穿至底部。

3.3 其他损伤

其他主要包括舱内变形,机械划痕等、阳极失效等。

舱内变形由于外力(如撞击)或自身承载的应力过高产生结构变形。在建造过程中由于工作条件造成舱室表面出现损伤,其一般损伤较小不影响其正常使用。当舱内阳极腐蚀过快或因其他因素导致其尺寸及电位不满足要求时,会造成舱内防腐系统失效,因此应定期对舱内阳极进行测量。

4 舱室检测工艺的提升

目前舱室检验存在在不停产状况下大范围进行腐蚀排查的需求与目前常规测厚工艺不匹配的问题。具体如下:①不停产排除舱室隐患需要大范围高精度的定位测量状况,为后续维修提供依据参考。这就使正常的特检法检的检测方法无法满足现有需求;②不停产舱室腐蚀隐患排查由于对整个船体及配载要求较高,为了不影响生产及船体平衡,对现场检验时间的要求相对更加苛刻;③压载舱侧腐蚀由于呈不同厚度的锈蚀层,若在压载舱内检测则存在很大不足。一是锈蚀层清理风险较高,不清楚锈蚀层状况,可能会造成泄漏等后果;二是无法精确测量且由于其表面腐蚀,造成耦合问题使超声波检测十分困难^[3]。

针对这几方面困难,目前探索出一项适用的检测工艺。其一是根据舱室损伤特征,制定以在货油舱内进行检测为主压载舱检测为辅,进行重点区域检测的方向,一方面可以随时了解原油舱内整体状况,另一方面货油舱较为平整,作业风险较低,可减少压载舱作业时间,降低人员安全风险。其二是采用底板漏磁在焊缝 200mm 范围内进行快速缺陷扫查定位,再使用搭载电磁超声测厚模块的爬行器对底板和壁板进行腐蚀检测,或使用手持式 DEU300 电磁超声进行检测。由于电磁超声测厚模块与传统压电超声相比无需耦合,且对表面状态要求不高,可实现检测结果快速响应,并且搭载的扫查模块可对缺陷进行快速扫查,实现检测作业的半机械化,降低了人员的作业风险。当压电式超声波测厚仪遇到耦合不好的时候需要长时间调整探头、表面处理及重复添加耦合剂的问题。压电超声则利用电磁转换实现由检测基体表面产生的超声波波源,可实现腐蚀的快速检测。其三是使用 ACFM 或涡流的技术对应力高的区域焊缝进行检测,此技术无需破坏涂层,可实现焊缝及热影响区缺陷的快速定位排查。其四,在货油舱检测完成之后进入压载舱进行缺陷核对,数据校核,查缺补漏。

目前使用该方法在缺陷检出率,和工作效率上都有很大的提升。目前的检测工艺同 20 年开始检测排查时将底板检测工期由往期的 15 天保质保量的压缩到 10 天,效率升 33.3%。

手持式电磁超声测厚仪如图 3 所示,搭载电磁超声检测模块的爬行器如图 4 所示。

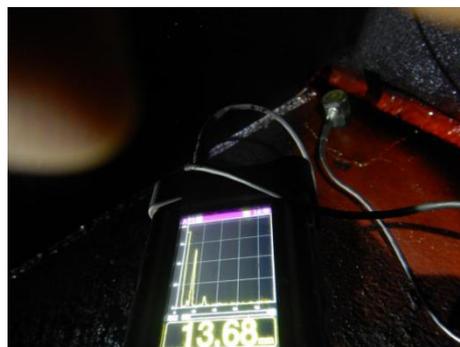


图 3 手持式电磁超声测厚仪

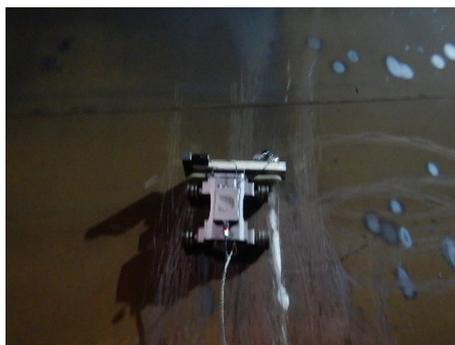


图 4 搭载电磁超声检测模块的爬行器

5 结语

随着 FPSO 服役时间的增加及各种工况环境的作用,其舱室结构很容易出现各种损伤形态,比较常见的就是结构腐蚀、结构开裂和异常变形、机械损伤、阳极失效等,一旦出现问题将会对海洋油气生产设施的平稳安全运行、能源持续供应、海洋环境等造成较大影响。基于此,论文以现场大量工程案例数据为基础,总结分析了 FPSO 舱室损伤特点,制定适用性强,检测效率高,检出精度高的工艺,从而可以最大限度地掌握 FPSO 舱室的损伤情况,制定对应的维保策略,延长其使用寿命。

参考文献

- [1] 李恒贺.船用高强度三明治板激光焊接接头的组织和海水腐蚀性能[D].兰州:兰州理工大学,2014.
- [2] 信鹏皓,杨连雯,白庭宇.基于电磁超声的核电厂在役检测技术的分析与展望[J].设备管理与维修,2015(11):94-96.
- [3] 沈功田,王宝轩,郭锴.漏磁检测技术的研究与发展现状[J].中国特种设备安全,2017,33(9):43-52.