

海油平台造船管支架的安全性及可靠性分析

韩俊强 任晓芳

海洋石油工程股份有限公司 天津 300457

摘要: 海油平台造船管支架是海洋工程中至关重要的组成部分,其安全性和可靠性直接影响着整个海油生产系统的运行。为了对海油平台造船管支架的安全性及可靠性进行深入分析,本研究主要基于实际海洋环境和工程应用情况,通过对造船管支架的结构特点、受力情况以及相关技术指标进行研究,旨在揭示其存在的安全隐患和可靠性问题,并提出相应的改进措施。

关键词: 海油平台;造船管支架;安全性;可靠性;改进措施

1 引言

海上采油平台是我国最主要的海洋工程设备之一,对我国的能源发展具有十分重要的意义。海油平台船舶支撑系统是其关键部件,其承载能力的高低直接影响着整个海洋工程的安全运营及采油效果。因此,开展海洋石油钻井平台船用管架的安全、可靠运行问题的研究,是一项非常有意义的课题。本项目拟从海洋石油平台船用管架的结构特征、受力状态及主要性能指标等方面入手,深入分析海洋石油平台船舶管架的结构特征、受力状态及主要性能指标,揭示其存在的安全隐患及可靠性问题,进而提出改善方案,为提升海洋平台船舶管架的安全可靠运行提供理论依据。

1.1 研究背景

海上石油勘探开发近年来取得了长足进展,海油平台作为石油生产的核心设施,其安全性与可靠性问题备受关注。在复杂多变的海洋环境中,海油平台造船管支架承受着复杂的力学环境,其安全性和可靠性对整个海洋工程系统的稳定运行至关重要^[1]。随着我国海上石油勘探开发活动的不断扩大,对海油平台造船管支架的安全性和可靠性提出了更高的要求。海洋环境的特殊性使得海油平台造船管支架处于复杂的受力状态,其结构设计、制造质量和材料选用等方面都对其安全性和可靠性产生重要影响。

1.2 研究目的和意义

海油平台造船管支架是海洋石油生产平台的重要组成部分,其稳定性和安全性直接关系到整个海洋工程系统的安全运行以及保障人员和财产安全。通过全面评估其在恶劣海洋环境下的受力情况和结构稳定性,可以发现其中存在的潜在安全隐患和可靠性问题。深入分析其结构特点、受力情况及相关技术指标,有助于识别潜在缺陷和薄弱环节,并提供科学依据以制定改进措施。

科学评估海油平台造船管支架的安全性及可靠性,有助于提高其抵御外界作用力的能力,确保在恶劣环境中的可靠运行^[2]。对海油平台造船管支架的安全性及可靠性进行研究,可以为相关行业提供设计、制造和维护参考依据,促进其更加安全可靠地运行。这些研究结果不仅对海洋工程领域具有重要意义,还对我国海上石油勘探开发的推动和海洋资源开发利用效率的提高具有战略意义。在全球范围内,保障海洋环境和资源的可持续开发利用以及保护海上石油生产设施的安全性方面也具有积极意义。

2 海油平台造船管支架概述

2.1 海油平台造船管支架的作用和重要性

海油平台是海洋石油开采的重要设施,其造船管支架在整个平台结构中扮演着至关重要的角色。造船管支架将沉管、浮管及其他相关设备连接成一体,用于管线的支撑和固定。它主要用于支撑、稳定和保护区管线,并且能够承受来自海洋环境和上层设施的各种外部荷载。海油平台周围需要布设大量的管线,这些管线需要稳固地支持在海底,同时也需要经受住恶劣海洋环境的考验^[3]。造船管支架通过其坚固的结构和可靠的连接方式,有效地承担起了这一重要任务,保障海底管线的安全稳定运行。

2.2 海油平台造船管支架的类型和结构

海油平台船舶管架是海洋石油管道系统中用于固定、支承管道的关键装置,其种类、结构形式各不相同,其使用场合也不尽相同。按其在工程中的作用及所处的位置,可分为两种类型:浮动式支撑和下沉式支撑。浮基一般位于水面之上,用来支撑浮于水面之上的管道,适合于浅海区域;沉式立管一般设置在水下,主要用于支撑海底管道通过深度大的水域,其稳定、抗风性能较好。船舶管架按结构型式可分为管路夹紧系统、基础支承系统及联接系统。

管道夹紧系统是用来对管道进行紧固、夹紧,确保管道的平稳运转;地基支承体系的作用是支承整体支护,并将荷载转移到海床上的土层或岩石层;联结体系将各构件联结在一起,使整体构架成为一个整体。另外,船舶管架又可按其在海上所受到的荷载状况,再分为固定与浮动两种。固定支架一般是利用桩基础或重球固定的方法,适合于对海底地质有特殊要求的地区;而漂浮式支撑结构能够在水中自由地进行定位,特别适合于水深比较深或者需要经常移动的区域。

3 海油平台造船管支架的安全性分析

3.1 强度分析

为了保证海洋石油平台船用管架的安全可靠,对其进行强度分析是十分必要的。这就要求对支撑结构的受力状况、材料性能和载荷工况等进行深入的研究。支撑体的应力分析既包括静力分析,也包括动力分析。静力分析是指在风载、水流冲击和悬管等载荷共同作用下,支撑体的受力状况。在动力分析方面,我们将综合考虑波浪、风荷载、地震等动力载荷对支架结构的影响,并对支架的动力响应进行仿真,对支架在极限状态下的稳定与安全进行评价。

通过试验研究支撑体材料的疲劳性能,并结合真实服役工况,预测其在服役过程中可能发生的疲劳损伤与裂缝扩展,从而指导支架的维修与维护^[4]。从材料角度来看,支撑体的材料应具备较好的机械性能及抗腐蚀性。鉴于海洋环境对材料的冲蚀与破坏效应,需保证其在长时间服役过程中不发生剧烈的腐蚀与疲劳失效。

3.2 稳定性分析

从结构的观点出发,对其进行稳定分析时,应充分考虑其在动、静载荷共同作用下的应力状态。在静力工况下,需对支撑结构在不同工况下的风载、水流冲击及悬管等载荷进行分析,对支撑结构的弯曲扭转稳定及整体稳定进行评价^[5]。在动力环境下,开展支撑结构动力分析,研究支撑结构在波浪、风荷载、地震等动力载荷下的动力响应特征,并对支撑结构在极限状态下的稳定与安全进行评价。

同时,考虑支撑体在长周期波浪、潮汐、风浪等因素共同作用下的稳定问题,开展支撑结构的自振频率、谐振特征、非线性动力反应特征等方面的研究,为支撑结构的动力稳定与抗风性能评价提供科学依据。

从材料角度,对支撑体进行稳定性分析时,应充分考虑支撑体材料的机械特性及抗腐蚀性。如屈服强度、拉伸强度、压缩强度等,并考虑其抗海水冲蚀、抗氧化性。在此基础上,进一步研究其塑性变形及韧性,使其

在非正常载荷下仍能保持一定的变形与能量吸收,以确保其稳定与安全^[10]。

3.3 防爆、防腐蚀、防泄漏等安全方面的要求和措施

在严酷的海洋环境下,海工船舶的管架对其防爆、防腐蚀、防渗漏等提出了严格的要求,并提出了相应的防护措施。根据海上石油平台的安全管理要求,安装在塔架上的电器要满足防爆要求,要对可能发生的易燃气体进行分级,并采取相应的防爆措施^[6]。另外,为了防止因静电引起的火灾和爆炸,在易燃易爆场所内的管线、设备、仪器等也要做好静电安全的设计。

在防腐方面,高盐环境下,海工装备极易发生腐蚀,支撑材料的选用及保护涂层的质量是关键。为减少其腐蚀风险,一般选择高强不锈钢或耐腐蚀合金,并通过抗蚀涂料或热镀锌处理,以达到延长其使用寿命的目的。同时,在进行合理的排水设计时,要尽量避免产生水洼区,降低腐蚀的危险性。

为避免泄露,安装过程中的管路、阀门、接头等设备要有很好的密封性,以防泄露。管路系统的选材、焊接过程都要严格控制,以保证其密封性。在设计、施工过程中,要对管路系统进行严密的压力测试,对管路的整体性能进行检验,安装检漏设备,以便对管路的渗漏问题进行及时的检测和处理。

4 海油平台造船管支架的安全性评估

在支撑体设计中,需要对支撑体的受力特性、结构稳定等问题进行深入的研究。本项目拟采用有限元分析、结构强度计算和振动试验相结合的方法,对其进行静、动载荷作用下的力学性能进行评价,并对其进行结构稳定分析。在此基础上,进一步研究支撑体的疲劳寿命及裂缝扩展规律,为支撑结构的安全服役奠定理论基础^[6]。

从材料角度来看,支撑体材料的机械性能、耐腐蚀性等都需要得到全面评价。通过对其屈服强度、拉伸强度、韧性、疲劳等性能的测试与分析,保证其具有高强度、高韧性,能够满足复杂海洋环境的要求。在此基础上,通过对其抗腐蚀性能的评价,筛选出合适的抗腐蚀材料,并对其进行相应的腐蚀测试与评价。

从环境角度来看,支撑结构受海洋环境的影响,包括波浪、风力和潮流等自然力量的影响。结合海上气象资料及海上工程环境等因素,研究支撑结构在不同海情条件下的动态响应特征,开展风、浪载荷的计算方法^[11]。在此基础上,综合考虑海水冲蚀、海洋生物附着等因素,建立支撑结构的保护与维修方案,保证支撑结构在海洋环境下的安全服役。

5 海油平台造船管支架的可靠性分析

5.1 可靠性评估方法

海油海上石油钻井平台船用管架的可靠性评价方法,包括结构可靠性分析、系统可靠性设计以及可靠性成长预测。在结构可靠度分析中,利用有限元等方法对其进行仿真计算,得到其在不同静、动载作用下的应力、变形及位移等参量,并对其安全可靠度进行评价^[7]。采用概率密度函数和累计分布函数等统计学手段,研究支撑体系各参数的不确定度,得到支撑体系的可靠度指标。

在此基础上,考虑支撑体系中各类设备、管线及连接件的交互作用,构建支撑体系的可靠度计算模型,并从失效概率、维护时间、维护策略等方面对支撑体系的可靠度进行评价。在此基础上,通过故障树分析、事件树分析等手段,辨识出支撑体系存在的隐患及主要故障模式,为提升支架的综合可靠度提供技术支撑^[12]。

可靠性增长预测是指通过对支架的运行数据和维修记录进行分析,预测支架未来的可靠性水平。通过对设备的故障率、维修率、寿命分布等指标进行统计分析,建立支架可靠性增长模型,预测支架在未来运行中的可靠性指标和趋势^[8]。还可以利用可靠性增长预测方法,指导支架的运行维护工作,优化维修策略,延长支架的使用寿命,提高其可靠性水平。

5.2 可靠性影响因素

海油平台船用管架的可靠性评价涉及诸多问题,涉及到结构设计、选材、环境影响和运行维护等诸多方面^[9]。在进行结构设计与设计时,应充分考虑其受力特性、受力状况及疲劳寿命,以保证其既能达到强度与刚度的要求,又能杜绝设计上的缺陷与安全隐患。支撑体系的安全储备、疲劳寿命和应力集中是支撑体系可靠度的关键因素。

在海水中应用的支撑体,需要满足一定的耐腐蚀、拉伸和韧性等性能指标。在选材时,应从其物理机械性能、耐腐蚀性能、生产成本等方面进行综合考量,选出适用于海洋环境的材料,并强化其质量监控与检验^[13]。

结论

通过对海洋石油钻井平台船用管架的安全性和可靠性进行了分析,并提出了相应的改进措施。海油平台船

舶支撑结构在严酷的海上工作条件及长期服役条件下,存在着较大的安全性及可靠性问题,亟需采取有效的技术手段进行改善。在此基础上,从结构设计、材料选择、运行维护等角度,对其进行了系统的优化设计。

为保证改善工作的顺利进行,需要制订具体的执行计划,并建立监督和评价机制,以达到预期的成效。本项目的实施将有效提升海洋石油平台船舶支撑结构的安全可靠程度,为海洋工程设备的安全、稳定运行奠定基础。

参考文献

- [1]赵庆增,张少华,夏德亮等.海洋石油平台管支架辅梁安装工艺设计优化及应用[J].石油和化工设备,2023,26(08):109-110.
- [2]迟省利.海洋平台非长直走向管线的屈曲分析[J].山东化工,2023,52(14):217-220.
- [3]王静波.石油化工管道支架设计分析[J].云南化工,2023,50(06):132-135.
- [4]迟省利.海洋平台管道支架材料的建造加工设计[J].山东化工,2023,52(11):215-217+221.
- [5]迟省利,周银生,袁林峰等.海洋天然气工艺管道冲径管支架及改进型介绍[J].山东化工,2023,52(08):220-222.
- [6]迟省利.水平管线在标准支架跨度下的形变分析[J].石油和化工设备,2023,26(03):74-76.
- [7]王志杰.液化天然气低温管道支架位移及扭转对其受力的影响[J].山西化工,2021,41(05):100-102.
- [8]潘继东,于永俊,杜光等.浅谈海洋平台建造项目配管专业现场技术[J].焊接技术,2021,50(06):99-101.
- [9]何琴琴,李传静,江静等.69 000 DWT原油船上甲板走桥及管支架设计[J].广东造船,2020,39(05):28-30.
- [10]毛玉海.超低摩擦管支架的特性及其在管道系统中的应用[J].科技资讯,2018,16(33):61-62.
- [11]李韬,刘锦伟.海洋工程管道支架布置与选型[J].天津科技,2017,44(06):84-86.
- [12]王戈战,李鹏涛,董承昊.一种新型管道支架在海洋平台的应用[J].科技创新导报,2017,14(17):60-61.
- [13]郑伟,张敬莹,张佃臣等.海上工程管道支架的设计[J].辽宁化工,2011,40(05):519-522+525.