

安全、优化维护策略、延长平台使用寿命的关键环节。准确评估平台结构的疲劳损伤状态,有助于提前预测潜在的故障,合理安排检修和加固措施,从而降低海上平台的事故风险。本文旨在结合疲劳损伤理论与海洋平台的实际情况,探讨适用于海洋平台结构的疲劳损伤评估与寿命预测方法,提出一种基于数值模拟与试验数据相结合的综合预测模型,为海洋平台的健康管理与维护决策提供理论支持。

2 海洋平台疲劳损伤特性分析

2.1 海洋环境荷载的影响

海洋平台结构长期暴露于复杂多变的海洋环境中,所受的主要荷载包括波浪、风力、海流等外部动态荷载。波浪荷载是最主要的动荷载之一,具有周期性和随机性特征。波浪的大小、频率、方向等因素不断变化,使得平台结构遭受的荷载具有较强的时变性。此外,风力和海流等外部荷载也对平台结构产生重要影响,尤其在极端天气条件下,风力和海流的作用会加剧结构的疲劳损伤。

海洋平台的疲劳损伤主要源于这些动荷载的反复作用。每一次荷载的作用都可能导致微小裂纹的生成与扩展,随着时间的推移,这些微裂纹会逐渐增大,最终导致结构的失效。因此,在疲劳损伤评估中,需要考虑外部荷载的随机性与非线性特征,进行动态响应分析,合理评估平台结构在不同荷载作用下的疲劳损伤积累过程。

2.2 疲劳损伤积累机理

疲劳损伤的发生是由于材料在反复荷载作用下发生微观结构的变化,包括材料内部的微裂纹萌生、扩展以及断裂等过程。海洋平台结构的疲劳损伤积累呈现出非线性的特征,且具有较长的滞后效应。由于海洋环境荷载的随机性,平台结构的疲劳损伤积累过程具有较大的不确定性。根据疲劳损伤理论,疲劳过程可以分为三个阶段:裂纹萌生、裂纹扩展和断裂。在初期,微小裂纹在结构的高应力区域产生,并随着荷载的不断作用逐渐扩展。随着裂纹的增大,材料的强度逐渐降低,最终可能导致结构的失效。

为了准确评估海洋平台的疲劳损伤,需要建立起与荷载、材料特性和结构几何形状等因素密切相关的疲劳损伤模型。同时,采用多因素耦合分析方法,综合考虑环境荷载与材料的疲劳特性,为平台结构的健康监测提供有效的支持。

2.3 结构疲劳损伤评估方法

当前,海洋平台结构的疲劳损伤评估方法主要包括经验公式法、应力强度法、断裂力学法和数值模拟法等。经验公式法通常基于大量实验数据,通过统计分析得到简化的疲劳寿命预测公式,适用于初步的疲劳评估,但对于复杂结构的适用性较差。应力强度法通过计算结构的应力强度来估算疲劳寿命,适用于简单结构的分析。断裂力学法则重点考虑裂纹的扩展规律,适用于存在明显裂纹的结构。然而,随着海洋平台结构的复杂性增加,单一的评估方法往往无法准确

描述疲劳损伤的全过程,因此,数值模拟法成为近年来较为常用的评估方法。

3 海洋平台结构寿命预测模型

3.1 基于数值模拟的疲劳寿命预测方法

数值模拟法通过计算平台结构在海洋环境中所受的复杂荷载下的响应,结合材料的疲劳性能数据,建立起疲劳损伤与寿命预测模型。在数值模拟过程中,首先需要进行结构的有限元分析,获得平台在不同荷载作用下的应力、应变分布。然后,基于材料的 S-N 曲线或断裂力学模型,进行疲劳寿命预测。通过多次仿真与优化,可以评估平台在不同环境条件下的疲劳损伤状态,从而准确预测剩余使用寿命。

3.2 基于数据驱动的寿命预测模型

近年来,随着传感技术和大数据技术的发展,基于数据驱动的疲劳寿命预测方法逐渐成为研究热点。通过在海洋平台上安装传感器,实时采集平台结构的应力、温度、振动等数据,并结合机器学习算法,建立结构健康监测与疲劳寿命预测模型。这些方法能够根据实时数据动态更新寿命预测,具有较强的实时性和准确性。相比传统的理论方法,数据驱动的模型能够更好地应对海洋平台结构在实际运行中的复杂性和不确定性。

4 典型案例分析与结果讨论

4.1 某海洋平台疲劳损伤评估

本文选取某海洋平台为研究对象,采用数值模拟与实验数据相结合的方法,对平台的疲劳损伤进行全面评估。首先,运用有限元分析法模拟平台结构在不同海洋环境条件下的响应,考虑了波浪、风力和海流等多种外部动态荷载的影响。有限元分析结果显示,平台的不同部位在波浪荷载的作用下,产生了明显的应力集中现象,尤其是平台上部和支撑结构的交界处,承受的应力较大。接着,通过采用基于应力幅值的疲劳损伤模型,将应力数据与材料的疲劳性能(如 S-N 曲线、疲劳极限等)结合,进行寿命预测。研究表明,平台的疲劳寿命主要受波浪荷载的影响较大,风力和海流对疲劳寿命的贡献相对较小。在极端天气条件下,例如台风、强风等事件发生时,平台的疲劳损伤速度明显加快,剩余使用寿命显著降低。特别是在连续的恶劣气候条件下,平台的疲劳裂纹扩展速度大大增加,可能在较短的时间内达到结构安全性临界值。因此,定期的疲劳损伤评估是确保平台安全运营的必要措施。

在这一过程中,还考虑了材料的损伤累积效应和动态荷载的相互作用,使得模型能够更好地模拟实际使用中平台结构的疲劳损伤过程。通过这些分析,可以为平台的维护周期、加固措施等提供依据,提升平台的安全性和经济性。

4.2 基于健康监测数据的寿命预测

为了进一步验证数据驱动方法的可行性,本文通过实时健康监测数据对海洋平台的疲劳寿命进行预测。通过在平

台关键部位安装应力传感器,实时监测其受力状态及动态响应数据,结合机器学习算法,如支持向量机(SVM)和神经网络(NN),对收集到的数据进行处理和分析。这些数据包括平台结构的动态振动、应力峰值、温度变化等重要参数,这些数据能够实时反映平台结构的健康状况。

在数据分析过程中,机器学习模型通过对大量历史数据和实时监测数据的训练,能够有效识别平台结构疲劳损伤的关键特征,并预测其剩余寿命。实验结果表明,这种基于健康监测数据的预测方法,能够较为准确地反映平台结构的实际疲劳损伤过程,尤其是在载荷作用较为复杂的情况下,预测的准确性较传统理论模型更为优越。

进一步的实验还表明,通过在平台的不同部位布置传感器,可以获得更为精细的疲劳损伤预测结果,尤其是在平台的高应力区域。该方法的优势在于能够实现实时监控和动态更新,使得平台的维护策略能够更加灵活和科学。总的来说,基于健康监测数据的寿命预测为海洋平台的长期运行提供了新的思路,能够及时发现潜在的风险,并提前采取维护措施,减少可能的事故发生。

5 挑战与展望

5.1 面临的挑战

尽管现有的疲劳损伤评估和寿命预测方法取得了一定的进展,但在实际应用中仍然面临多方面的挑战。首先,海洋平台的结构复杂性较高,其受力情况不仅受到海洋环境的动态荷载影响,还与平台的建造方式、材料特性以及结构设计等密切相关。单一的评估方法往往难以全面准确地反映平台疲劳损伤的实际状态,特别是在存在局部损伤和极端载荷作用的情况下,传统的模型可能会出现较大的误差。

其次,海洋环境的复杂性和不确定性也是一个重要挑战。波浪、风力和海流等动态载荷具有强烈的时变性,并且在不同季节和地区的作用形式差异很大,这使得疲劳损伤的预测过程充满不确定性。此外,海洋平台所面临的环境腐蚀、海洋生物附着等因素,也对平台的疲劳寿命产生影响,这些因素在传统的疲劳评估中常常难以准确考虑。

5.2 未来发展方向

未来,随着技术的不断进步,海洋平台结构的疲劳损伤评估与寿命预测方法将向更加精准、实时和智能化的方向发展。首先,数值模拟技术将不断完善,采用更高效、更精细的算法进行海洋平台结构的动态响应分析,以提供更加准确的应力、应变等数据。通过结合复杂的荷载输入和材料的非线性疲劳特性,能够更准确地模拟海洋平台的疲劳损伤过程。

其次,健康监测技术和数据驱动方法将继续发展,未来的寿命预测系统将更加注重实时数据的采集与处理。随着物联网技术和人工智能的广泛应用,平台结构的健康监测将实现全面覆盖,能够实时获取并分析各类健康数据。数据驱动模型将根据实时数据动态调整预测结果,提供更为精确的寿命预测,并及时识别出潜在的疲劳损伤区域。

6 结语

海洋平台结构的疲劳损伤评估与寿命预测是保证平台安全性与可靠性的重要环节。本文通过对海洋平台疲劳损伤特性及评估方法的深入分析,提出了基于数值模拟与健康监测数据相结合的综合评估与寿命预测模型。该模型能够全面考虑海洋环境荷载、材料疲劳特性以及平台的实时健康数据,具有较高的预测精度与实用性。随着数值模拟、健康监测和数据分析技术的发展,未来的疲劳损伤评估与寿命预测方法将更加精确、动态,能够有效提高海洋平台的安全性和经济性,为海洋平台的健康管理及运营维护提供更加科学、可靠的支持。

参考文献

- [1] 闫宏生,陈森彪,贾同宇,等.大型铺管船托管架疲劳损伤实时监测应用与研究[J].船舶力学,2024,28(06):907-916.
- [2] 庞前.基于分布式光纤传感技术的海洋环境下钢管桩腐蚀监测研究[D].广西大学,2024.DOI:10.27034/d.cnki.ggxu.2024.002336.
- [3] 王洪涛.海上风电机组齿轮箱动态可靠性评估和寿命预测[D].电子科技大学,2024.DOI:10.27005/d.cnki.gdzu.2024.004587.
- [4] 赖俊荣,朱嵘华,胡穗兴,等.海上风电导管架结构受损评估与分析[J].中国海洋平台,2023,38(06):29-33.

Research on the replacement method of heavy-duty horizontal equipment in the middle layer of the frame

Fangying Yu Xin Qiao Kuan Wang Zhanchao Tian

China National Petroleum Sixth Construction Co., Ltd., Guilin, Guangxi, 541004, China

Abstract

In order to solve the problems of complex operation, difficult construction and long time cycle in the replacement process of heavy-duty horizontal equipment in the middle layer of the frame, this paper proposes a new equipment replacement method. In this method, the sliding, hoisting and replacement of the equipment are realized by making the support gantry and the sliding platform, combined with the combination of the crane and the inverted chain.

Keywords

middle layer of framework; Heavy horizontal equipment; Sliding platform; supporting door frame

框架中层重型卧式设备更换方法研究

庾芳莹 乔鑫 王宽 田展超

中国石油天然气第六建设有限公司, 中国 · 广西 桂林 541004

摘 要

本文针对框架中层重型卧式设备更换过程中存在的操作复杂、施工难度大、时间周期长等问题,提出了一种新的设备更换方法。该方法通过制作支撑门架、滑移平台,结合吊车和倒链的配合使用,实现了设备的滑移、吊装和更换。文章详细介绍了该方法的工艺原理、滑移平台及支撑门架的结构设计、施工流程以及注意事项,并以广东石化炼化一体化项目中的苯乙烯塔冷凝器更换为例,验证了该方法的可行性和有效性。实践表明,该方法不仅提高了施工效率,减少了施工风险,还节约了成本,具有较高的推广价值。

关键词

框架中层; 重型卧式设备; 滑移平台; 支撑门架

1 引言

随着工业生产规模的不断扩大,已投产装置框架内设备更换涉及运输、钢结构及旧设备拆除、新设备安装以及安装结束后恢复等作业。其中难度较大的是设备的拆旧换新。传统的设备更换方法往往存在操作复杂、施工难度大、时间周期长等问题,这些问题不仅影响了生产效率,还增加了设备更换的风险。因此,研究一种适合框架中层重型卧式设备的更换方法具有重要的现实意义。

本文旨在通过对框架中层重型卧式设备更换过程的研究,提出一种新的更换方法。该方法可以优化设备更换过程,提升作业效率,并降低施工风险。其研究成果对实际工程中设备更换作业具有一定的指导意义。

2 工程概况

广东石化炼化一体化项目 80 万吨/年苯乙烯装置,在

维保期间,苯乙烯塔冷凝器 E-4009 (图纸净重 105.3 吨)需要拆旧换新。淡蓝色的两个设备,下方为需要拆旧换新的冷凝器,上方为保留设备冷凝器集合管,该换热器处于框架 25 米层,且在框架内部,设备上方结构较多,但冷凝器和集合管所在结构层纵向间距大。经过现场的实际勘察,以往设备更换的方法不适应该设备的拆旧换新,故针对该设备提出该项创新方法^[1],如图 1。

3 工艺原理

3.1 更换设备方法原理

首先制作一个支撑门架将旧设备上方的换热器固定,切除上下换热器连接部分,结合框架内地面重型设备的更换方法,使用滑轨将处于中层框架内的重型设备滑移至临出框架的位置,使用吊车将设备一端吊起,配合倒链将设备继续抽滑出框架,在另一侧支撑即将出滑轨时,使用第二台吊车将设备该侧吊起,达到设备整体提起的状态,在两台吊车的配合下将设备吊装放至地面,完成旧设备的拆除,新设备安装反向操作即可^[2]。

【作者简介】庾芳莹(1997-),女,中国广西永福人,本科,助理工程师,从事吊装技术研究。