

海工平台上部模块结构设计与不合理工况规避方法研究

秦桂艳¹ 张璇蕾²

1. 天津博迈科海洋工程有限公司 天津 300456

2. 海洋石油工程股份有限公司 天津 300456

摘要: 海工平台上部模块结构设计需遵循承载安全、轻量化与经济性、可维护性与适配性原则, 关键技术涵盖刚度与稳定性、抗疲劳设计。不合理工况分结构承载、适配、环境作用类, 由设计参数偏差等引发, 危害结构安全、耐久性及运行可靠性。规避方法包括设计优化、工况校验、可行性验证。结构设计与工况规避应协同优化, 通过参数融合、多维度校验、动态调整等关键技术提升整体性能。

关键词: 海工平台; 上部模块结构设计; 不合理工况规避方法

引言: 海工平台上部模块结构设计关乎平台整体安全与运行效能, 不合理工况会对其结构安全性、耐久性及运行可靠性造成危害。为有效应对, 需在设计阶段规避不合理工况, 开展工况校验, 验证规避方法可行性。同时, 结构设计与工况规避相互支撑制约, 通过协同优化, 打破独立设计模式, 实现二者同步规划、实施与校验, 提升整体性能与工况适配性。

1 海工平台上部模块结构设计核心内容

1.1 上部模块结构设计基本原则

结构承载安全性设计原则是上部模块设计的首要前提, 需保障结构在各类荷载作用下不发生破坏性变形和失效, 维持整体结构稳固, 预留合理安全储备, 满足各类工况承载需求, 为上部模块正常运行筑牢安全基础, 规避承载不足带来的安全风险。结构轻量化与经济性设计原则需以结构安全为前提, 优化结构布局 and 材料选择, 降低结构自重与制造成本, 兼顾后续运营开销, 避免因过度轻量化导致安全隐患, 实现结构安全与经济性的合理平衡, 提升设计的实用价值。结构可维护性与适配性设计原则要求结构设计便于后续检查、维修和保养, 降低维护难度与成本, 同时适配各类设备的安装与运行需求, 保障结构与设备协同运作, 优化结构布局以方便设备调试和更换, 提升整体运营效率。

1.2 上部模块核心结构组成及设计要点

主体框架结构设计是上部模块的核心支撑, 需明确整体布局和受力传递路径, 确保框架能有效承受并均匀传递各类荷载, 保障整体刚度与稳定性, 注重框架节点连接强度, 避免局部应力集中, 防止长期使用中出现变形, 为其他结构和设备提供稳定支撑。设备支撑结构设计需结合各类设备的重量、尺寸和运行特性, 设计专用支撑结构, 确保支撑效果稳定且精准匹配设备需求, 注重支

撑结构的承载能力与稳定性, 规避设备运行振动带来的影响, 防止支撑结构变形失效, 保障设备正常运转^[1]。连接节点结构设计直接影响上部模块结构稳定性, 需重点优化各类结构连接部位, 确保节点强度和刚度达标, 能有效传递荷载, 避免节点出现应力集中, 优化节点结构形式以提升抗疲劳性能, 防止长期荷载下节点松动损坏, 保障整体结构完整。

1.3 上部模块结构设计关键技术

结构刚度与稳定性设计技术是上部模块设计的核心技术, 需通过优化结构布局和尺寸, 提升整体刚度, 避免荷载作用下出现过度变形, 同时开展稳定性验算, 针对失稳风险采取加固措施, 确保各类工况下结构保持稳定, 杜绝失稳现象, 保障安全运行。结构抗疲劳设计技术需结合上部模块长期承受复杂荷载的特性, 结合结构受力情况优化设计, 提升抗疲劳性能, 合理选择材料和结构形式, 减少局部应力集中, 延长结构疲劳寿命, 避免疲劳导致的裂纹和损坏, 保障结构长期稳定运行, 降低维护成本。

2 海工平台上部模块不合理工况识别

2.1 不合理工况的核心特征与分类

结构承载类不合理工况主要表现为工况荷载超出结构设计承载范围, 或荷载分布不均衡导致结构局部受力异常, 核心特征是结构受力状态偏离设计标准, 易引发结构应力集中、变形过大等问题, 影响结构正常承载功能, 长期处于该类工况下会逐步降低结构安全储备, 是引发结构损坏的主要工况类型之一。结构适配类不合理工况核心特征是工况条件与上部模块结构设计参数、设备运行需求不匹配, 导致结构与设备协同运作受阻, 结构无法充分发挥支撑和承载作用, 设备运行精度受影响, 同时可能加剧结构局部磨损, 降低结构与设备的运行效

率,违背结构设计的适配性原则^[2]。环境作用类不合理工况核心特征是外部环境作用超出结构设计预期,环境因素对结构产生持续不良影响,导致结构受力状态发生异常变化,破坏结构的稳定性和完整性,长期作用下会加速结构老化,降低结构的抗损伤能力,间接影响上部模块整体运行安全。

2.2 不合理工况产生的核心诱因

设计参数选取偏差诱因主要是在结构设计阶段,未充分结合上部模块运行的实际工况需求,对结构材料性能、结构尺寸、受力传递路径等核心设计参数选取不合理,参数取值偏离实际运行需求,导致设计方案与实际工况不匹配,进而引发各类不合理工况,影响结构运行效果。工况荷载计算偏差诱因是在工况分析过程中,对各类荷载的类型、大小、作用方式判断不准确,荷载计算方法不合理,未充分考虑各类荷载的协同作用,导致计算出的荷载数据与实际工况荷载存在偏差,使得结构设计无法满足实际承载需求,诱发不合理工况。结构与工况适配性设计缺失诱因是设计过程中过度关注结构自身的强度和刚度,忽视结构与各类工况的适配性设计,未充分结合不同工况的特点优化结构布局和设计形式,导致结构无法适应各类工况的变化,进而产生不合理工况,影响结构的稳定运行。

2.3 不合理工况的危害分析

对上部模块结构安全性的危害主要体现在不合理工况会导致结构受力超出设计极限,引发结构局部变形、裂纹甚至断裂,降低结构的承载能力和稳定性,破坏结构的整体完整性,若长期未得到纠正,会逐步加剧结构损坏,引发安全事故,威胁上部模块整体安全。对上部模块结构耐久性的危害表现为不合理工况会加速结构的老化和磨损,破坏结构材料的性能,导致结构抗疲劳、抗腐蚀能力下降,缩短结构的使用寿命,同时增加结构的维护频次和成本,长期处于该状态下会使结构逐步丧失正常使用功能,影响结构长期稳定运行。对上部模块运行可靠性的危害是不合理工况会导致结构与设备协同运作异常,设备运行精度和效率下降,易出现设备故障,同时结构的不稳定会间接影响各类操作的正常开展,增加运行过程中的故障风险,降低上部模块整体运行的可靠性和连续性。

3 海工平台上部模块不合理工况规避方法

3.1 设计阶段不合理工况规避方法

设计参数优化选取方法核心是结合上部模块长期运行的实际工况需求,全面分析结构受力特点、材料性能适配要求以及各类环境因素的影响,科学筛选结构材料

规格、结构尺寸参数、受力传递路径等核心设计要素,摒弃不符合实际运行场景的参数取值,确保各项设计参数精准贴合实际工况需求,从源头减少设计偏差的产生,为后续不合理工况规避工作奠定坚实基础,保障结构设计方案的科学性和可行性,有效降低后续工况异常的发生概率,提升上部模块结构运行的稳定性。工况荷载精准计算方法需全面梳理上部模块运行过程中可能面临的各类荷载类型、作用方式以及影响范围,优化荷载计算的整体流程,完善计算思路和方法,充分考虑各类荷载之间的协同作用效应,避免遗漏关键荷载因素和荷载叠加影响,提高荷载计算数据的精准度,确保计算得出的荷载数据与实际工况中的荷载情况高度契合,使结构设计能够精准匹配实际承载需求,有效规避因荷载计算偏差引发的各类不合理工况,保障结构设计的合理性和安全性^[3]。结构与工况适配性设计方法要求在结构设计全过程中,兼顾结构自身的强度、刚度等核心性能与各类工况的特点,结合不同工况下的荷载要求、环境影响以及设备运行需求,优化结构整体布局 and 具体设计形式,合理调整结构受力分布,确保结构能够灵活适应各类工况的动态变化,实现结构与工况的精准适配,避免因适配性不足导致的工况异常,保障结构与设备协同运作顺畅,提升上部模块整体运行效率和稳定性。

3.2 结构设计过程中的工况校验方法

多工况协同校验技术需结合上部模块运行过程中可能面临的各类单一工况和组合工况,构建完善的多工况协同校验体系,全面校验结构在不同工况组合作用下的受力状态、刚度性能和整体稳定性,深入分析各类工况协同作用对结构的影响程度,精准排查结构设计中可能存在的薄弱环节和潜在隐患,及时发现可能引发不合理工况的设计问题,为结构设计优化提供科学依据,确保结构在各类工况下均能保持稳定运行,有效规避工况异常风险。不合理工况预判与排查方法需建立系统完善的预判机制,结合结构设计参数、荷载计算数据以及各类工况的核心特点,提前预判可能出现的不合理工况类型、诱发因素以及潜在影响,制定针对性的排查流程和标准,对结构设计的关键环节、核心部位进行全面细致的排查,及时识别工况异常隐患,明确隐患产生的根源,避免不合理工况的形成和进一步发展,保障结构设计的科学性和安全性,为后续规避工作提供方向^[4]。

3.3 规避方法的可行性验证技术

结构强度与稳定性验证方法需通过系统规范的验证流程,全面检验结构在各类工况下的强度性能和稳定性是否满足设计要求,深入分析结构在实施规避方法后的

受力状态变化,精准排查结构可能存在的强度不足、失稳等问题,验证规避方法对提升结构强度和稳定性的实际效果,确保规避方法能够有效防范因结构强度和稳定性不足引发的不合理工况,保障结构能够长期承受各类荷载作用,维持稳定运行状态。工况适配性验证方法需结合上部模块各类工况的核心特点和运行需求,全面检验结构在实施规避方法后与各类工况的适配程度,分析结构与设备、结构与运行环境的协同运作效果,排查结构与工况之间可能存在的适配性不足问题,验证规避方法对提升结构与工况适配性的有效性,确保结构能够灵活适应各类工况的动态变化,避免因适配性问题引发的不合理工况,保障上部模块整体运行顺畅。

4 海工平台上部模块结构与工况规避的协同优化

4.1 结构与工况规避的协同关系

结构与工况规避是相互支撑、相互制约的协同关系,二者不可孤立开展。结构设计为工况规避提供基础前提,合理的结构设计能够从源头降低不合理工况的发生概率,提升工况规避的可行性和有效性;工况规避为结构设计提供优化方向,通过识别不合理工况及诱因,反哺结构设计的优化完善,弥补设计缺陷。二者协同发力,能够实现结构性能与工况适配性的双向提升,兼顾结构安全性、稳定性与运行可靠性,避免因单一环节设计不当导致的工况异常,保障上部模块长期稳定运行。

4.2 协同优化的核心思路与流程

协同优化的核心思路是打破结构与工况规避各自独立的设计模式,将工况规避要求融入结构设计全流程,实现二者的同步规划、同步实施、同步校验。其核心流程首先明确上部模块运行的核心需求和工况特点,确定协同优化的目标;其次结合目标开展结构与工况规避方案的同步规划,优化设计参数与规避方法;随后对设计方案与规避方法进行协同校验,排查协同过程中的矛盾与不足;最后根据校验结果优化完善方案,形成

“需求分析—同步设计—协同校验—优化完善”的闭环流程,确保协同优化效果^[5]。

4.3 协同优化的关键技术要点

协同优化的关键技术要点首先是协同设计参数融合技术,需将工况规避的核心要求融入结构设计参数选取过程,实现设计参数与规避需求的精准匹配,避免参数选取与规避要求脱节;其次是多维度协同校验技术,构建涵盖结构性能、工况适配性、规避效果的多维度校验体系,同步校验结构设计合理性与工况规避有效性;最后是动态协同调整技术,建立实时跟踪机制,及时捕捉结构与工况规避过程中的偏差,结合实际运行需求动态调整设计方案与规避方法,确保二者始终保持协同一致,提升整体优化效果。

结束语:海工平台上部模块结构设计需兼顾承载安全、轻量化经济、可维护适配等原则,不合理工况的识别与规避至关重要。结构与工况规避相辅相成,协同优化是关键。通过协同设计参数融合、多维度协同校验及动态协同调整等关键技术,形成闭环优化流程,可提升结构性能与工况适配性,保障上部模块长期稳定运行,为海洋工程安全高效发展奠定坚实基础。

参考文献:

- [1]张明,李强,王海洋.海洋工程上部组块结构设计关键技术研究[J].船舶工程,2022,44(S1):156-160.
- [2]刘建国,陈伟.基于BIM技术的海洋平台钢结构深化设计应用研究[J].中国海洋平台,2023,38(2):45-51.
- [3]赵鹏飞,孙明.Tekla软件在海工模块钢结构设计中的应用与实践[J].海洋工程装备与技术,2024,11(1):88-93.
- [4]焦茗,杨铁宁.海洋石油平台建造工艺改进的成本分析[J].中国修船,2022(002):035.
- [5]丁大伟.海洋浮动石油生产工厂上部模块涂装操作工资质认证程序和实施[J].中国涂料,2022(005):037.