

自升式钻井平台结构设计规范与技术研究

Research on Structural Design Specification and Technology for Self Elevating Drilling Platforms

杨小兵

Xiaobing Yang

招商局重工(江苏)有限公司 中国·江苏 海门 226116

China Merchants Heavy Industry (Jiangsu) Co., Ltd., Hai MenJiangsu, 226116, China

摘要: 在过去,设计人员主要是通过经验对数值进行分析或估计,现在可以直接获取准确数据,提升了评估的合理性。论文结合平台设计开发经验,对自升式钻井平台结构设计规范与技术进行了讨论,仅供参考。

Abstract: In the past, designers mainly analyzed or estimated numerical values through experience, and now they can directly obtain accurate data, improving the rationality of evaluation. This paper discusses the structural design specifications and technologies of self elevating drilling platforms based on platform design and development experience, for reference only.

关键词: 自升式钻井; 平台结构设计; 规范; 技术

Keywords: self lifting drilling; platform structure design; standard; technology

DOI: 10.12346/etr.v5i5.8055

1 引言

自升式钻井平台的应用比较广泛,在未来的时间内需要继续创新海洋油气开发技术,成为中国技术的主要力量。随着水深的增加,新技术得到了创新与应用,自升式钻井平台将在基础结构之上,实现数字化,多功能性和环保技术的可持续发展^[1]。

2 自升式钻井平台的工作特点

自升式钻井平台的构成比较复杂,平台结构主要由主船体、上层建筑、桩腿、桩靴、升降系统结构、悬臂梁、钻台和直升机平台几大部分组成。使用自升式钻井平台时,升降机构可以同步升降平台体和桩腿。自升式钻井平台不具备自航能力,需要在平台到达指定钻井点后做到以下几点:首先,将桩腿放在海底的最佳位置,然后抬起平台体,使平台的主要物体沿桩腿与海面能够在同一高度,这种升降效果比较明显,能够有效地降低波浪对平台表面的冲击力,确保自升式钻井平台的稳定、安全。钻井的整个工作完成后,平台也要立即在钻井作业中撤离,需要将平台体降低,使其与表面位置保持一致,在水浮力的作用下,桩腿会逐渐从海底被拉出,

桩腿被拉到新的钻井位置,选择好最佳位置并开始进行钻井作业。由于油田分布在复杂化的环境中,增加了自升式平台的使用难度,经常会出现各种操作不当的问题,为了保证自升式平台的使用效率,在实际使用过程中,有关人员需要对各种操作中遇到的安全问题进行分析,并采取针对性的措施控制,以降低各种异常操作情况发生的概率。在设计自升式平台时,开发人员必须做好充足的准备工作,主要是掌握不同的操作条件。

在设计自升式钻井平台时,应考虑以下四点操作条件:

①掌握正常操作条件。为了满足各项条件要求,自升式平台与海面之间保持相应的距离,并且在这种情况下顺利完成工作。

②拖航工况。自升式平台操作方式主要包含自航、拖航、助航等,其中拖航模式在自升式钻井平台设计中的应用比较广泛,主要用于一般牵引和自升式平台操牵引,前者的拖航时间可以有效控制在12h以内,后者主要是暴风雨牵引。

③升降工况。将平台拖到最佳的井位位置后,在满足多操作条件下进行,桩送、预搅拌等工作。一旦钻井作业完成需要及时处理船舶,桩等设备。降桩作业下,桩的腿必须合

【作者简介】杨小兵(1987-),男,中国江苏如皋人,本科,从事船舶与海洋工程结构设计研究。

理放置,确保其与海底距离在几米,桩的腿是将桩的腿从海底抬起的过程,当桩在上升、下降时,钻井平台始终处于浮动状态。插入时,拖拉机需要发挥自身的优势,辅助钻井平台进行作业,使钻机能够快速找到井眼位置并进行放置,然后立即将桩腿放置在触地上。

④自存工况。这种情况下的平台环境比较恶劣,面临着多种操作问题,待钻井停止后,平台可以通过调整负载来维护海上平台的安全性和稳定性^[2]。

3 自升式平台钻井结构组成

自升式钻井平台的基本结构组成比较复杂,主要由平台主体、桩腿及桩靴、悬臂梁、生活区和直升机平台几种不同的部分组成。

①平台主体。该平台具有多样化的功能特性,因此作为自升式钻井平台的主要组成部分,尤其是组织平台支撑的特点,结构在应用过程中人员需要在平台处于浮动状态,为桩腿/桩靴设备和各种可变载荷重量提供浮动支撑作用。平台主体甲板需要多种设备布置而成,尤其是钻杆/套管堆场,生活区部分,平台主体主要由预压载舱,各类液舱设备组成,各类发电室、配电室、工作间等部分组成。

②桩腿及桩靴。桩腿及桩靴是自升式平台中具有独特性的结构,在平台中发挥着关键性的作用。现代堆栈平台使用范围比较广,主要有多个三角形堆栈和单独的堆栈靴组成。其主要功能是确保整个平台的安全性、稳定性、可靠性,为钻井作业在暴风雨条件下能够生存。

③悬臂梁,悬臂梁属于钢门结构,并在钻井平台尾部的应用比较广泛。悬臂梁可以在平台中主要用户垂直延伸和恢复工作,此外,钻井平台在悬臂梁上方需要保持水平状况,并确保其滑动性。通过垂直摆动梁和钻台,可以使钻台的使用效率最大化,而摆动梁的滑动性,能够有效提高平台装载钻机的效率和能力。此外,部分平台悬臂梁还可以通过增设单层或多层甲板,对钻井做好辅助设备,以此来提升泥浆结构,确保平台的使用空间和利用率。

④生活区。生活区主要设置于平台头部分,具体在钻井平台区域的甲板上,为平台工作人员提供生活便利,尤其是生活、休息、娱乐空间。

⑤直升机平台。直升机在平台工作中发挥着非常重要的作用,是工作人员日常交通的主要工具。需要对直升机安全和平台空间进行合理的规划,主要将直升机平台上设置在自升式钻井平台中一个单独的悬架中。

4 自升式平台钻井结构设计依据

不同结构在自升式平台中发挥的作用也不同,其使用要求也不同,存在一定的差异,例如,在桩腿结构应该过程中,对强度要求非常严格,必须符合相关的技术要求,尤其是焊接技术,装配公差等方面的应用,直接决定着平台升降作业

的质量和效率。除了桩腿结构的复杂性以外,平台主体内机器结构强度的控制也非常重要,需要合理控制平台结构的空空间,此外,重量也是最重要的考虑因素之一。因此,在设计平台结构中需要严格遵守其原则。各种自升式平台结构需要结合其承载特性、平台的作用进行设计,除了要满足强度要求以外,还有重视重量、空间和工艺方面的要求,从而提升其有效性^[3]。

5 自升式钻井平台结构设计规范与技术

5.1 建模与模型简化技术

建模与模型简化技术自升式平台的主体结构比较复杂,主要由主船体、升桩机构室、桩腿和桩靴四部分组成,每个部分在不同阶段使用的建模方法也有所不同,但是建模都需要遵循保证质量、质心和刚度的原则。在对整个阶段进行分析时,需要从自升式平台和节点两方面的强度入手,此外,还包含主轴的结构强度。

建模和简化方法如下:

①桩腿结构在设计过程中,需要根据实际尺寸和位置等参数进行合理设计,并对梁体结构进行详细建模,自升式平台桩腿通常为三角桁架结构。由于弯矩和位移,杠杆是主要的承重元件,而杠杆在结构作业过程中主要承受的是推力和压力。弦截面是带齿条的两个半圆,其形状呈现出不规则截面,在整个建模中,通常可以缩小到具有相同截面惯性矩的正方形或螺旋截面,达到最大切割宽度的效果,同时保守地考虑了齿带的最小宽度,但对于波浪载荷的计算,需要以10%的标准增加切割宽度。

②以板材形式进行建模。由于模块在作业过程中受到网格和网格数量的限制,因此需要桩腿设计来检修检查,以便可以保持在均匀的硬度范围内,对其进行全方位的模拟。同样,在检查主桩的腿时,可以通过简化桩模型的腿数来最大限度地降低最大负载。

③简化升桩机构室为等刚度梁。明确起重机械的空间设计要求,降低水平或垂直位移的限制问题,以达到起重机械的空间模拟目的。连接方式对于不同的软件其方法也不同,其基本原理是遵循模拟约束状态,而不受管道节点的检查和动态计算的影响。

④桩的靴子可以简化,以此来限制弹簧的刚度,弹簧的刚度值与SNAME规范和实际接地参数计算息息相关。在局部分析阶段,主要是对支撑室和支撑鞋的局部强度进行全面的检验,需要对结构的模型进行分析和研究,尤其是荷载分析主要来自最大节点的反应和设备的荷载,并对整体情况进行分析^[4]。

5.2 动态响应分析技术

当确保自升式钻井平台就位时,波浪的惯性载荷循环可以与提升平台的内部循环共振,共振的作用下会大大增加了波浪的惯性载荷。因此,平台在作用之前必须进行动态响应

分析,也就是说计算出平台的固有频率,以提供动态增强系数(DAF)的基础,主要用于分析平台作业中产生的惯性载荷。使用随机波理论方法,直接计算平台的动态波浪变形载荷,并将其效率降到最低。当平台固有周期/波浪周期)在 $0.8\sim 1.2\Omega$ 时,技术分析需要采用保守简化的方法进行分析,详细分析如下:架设平台是固定的,精确计算出波浪载荷,再将其乘以功率增益系数,其计算结果可视为平台的动态波浪载荷。在计算自升式平台的固有周期计算时,有必要考虑两个关键点:其一,平台的二阶重力效应。其二,确定平台刚度的地面限制。平台静态分析主要是对其重力效应进行全面分析,而平台动力反应分析的介绍,能够更准确地计算出平台的固有周期。在动力分析之前,需要根据作业要求对浮力进行分析,并结合海洋生物等因素对海水中平台的静力进行精准计算,结果用作动力载荷来明确平台固有的频率。平台底部的粘结强度直接影响着平台固有的频率,其刚度模拟需要结合桩靴与海底作用进行,可以根据规范中推荐的公式进行计算。承重截面的模量与桩井污泥有效直径直接受深度系数的桩井污泥的直径影响,也是影响桩井刚度的直接影响因素。在实际平台工程的应用中一般采用的是保守的方法,能够简单紧固件,它们在实际应用过程中的刚度应在简单的紧固件和正常刚度的计算在两者之间。在没有进行海底测量之前,具体的硬度需要丰富的经验得知。如果刚度较低,通过改变刚度来降低对平台固有周期的影响^[5]。

5.3 强度校核

自升式平台的强度校工作非常重要,需要针对强度和局部强度进行校核。此外,在具体计算压缩和/或切割部件的总强度和局部强过程中,需要进行测试电流强度校核,还应对结构的屈曲强度进行校核;尤其是容易受疲劳的部分,是校核的主要部分,以进一步测试和确认疲劳强度。

①通过建立三维有限元模型,可以对平台体和泵腿内的结构进行详细的分析,利用终端元件作用,评估主要部件的强度,以此作为参考对整体刚度的强度进行详细的分析,这些规范需要严格遵循总体强度分析的基本要求,在此过程中需要参考船舶和轮机工程师协会(SNAME)推荐的起重平台评估方法,尤其是设计负荷,水动力和风力负荷的计算,为其结构的强度分析和平衡应力的分析提供详细指导。

②抗弯强度需要根据公司的分类标准,对压缩和/或切割构件的抗弯强度进行测试。此外,行业标准还需要根据《板材抗弯强度》和《套管抗弯强度》标准,对普通框架和套管抗弯强度进行合理计算。

③其他。此外,还有一些标准尚未提出,但也是影响其平台结构的主要设计因素,需要引起工作人员的重视。需要注意的是,在甲板、斜壁、肋板和靠垫这几个结构中,需要对肋板和桁材中的孔进行校核,以确保开孔结构强度的有效性。

5.4 平台分段总段划分方案研究

分割程序是将平台结构的设计转化为产品,也是施工,装配,施工工艺,施工工艺中的关键环节,其直接影响着设计思想、方法和原理,直接决定着先进设计方法、工艺合理性和设计工艺水平的有效性,成为决定设计效率关键因素。例如,切割设备数量、加工设备的机械性能、段生产平台参数等等,以此来提升平台结构的能力,这种巨型总组方案的应用,能够有效缩短平台建造的时间,降低建造的人力、物力,同时还需要搭配合理的建造方案,实现批量化建造,与其是胶囊、主套管、计数区的划分,允许在不同整段之间进行平行施工,以此来确保船体覆盖的有效性。这种平台分段总段划分可以有效节省平台的建设时间,降低其成本,结合平面施工理念,促进大规模施工的顺利完成^[6]。

6 结语

随着自升式平台应用范围的扩大,在中等水深发展中得到了广泛的应用,在应用之前需要运用先进的计算分析技术和设计理念,对船级社进行规范,因此设计部门必须重视设计与计算能力,并结合建模方法,深入研究自升式平台的技术发展,尤其是动态分析技术和风载荷评估技术,并结合模型试验数据、流体数据以及现场测量数据来优化平台设计。

参考文献

- [1] 周佳,任铁,龚诗.自升式钻井平台设计规范与技术研究[J].船舶,2017,28(1):16-20.
- [2] 蒋晓宁.自升式海洋钻探平台开发设计研究[D].大连:大连海洋大学,2015.
- [3] 赵庆程.自升式海洋平台井架承载性能研究[D].哈尔滨:东北石油大学,2014.
- [4] 尹光荣.自升式钻井平台设计专家结构开发[D].天津:天津大学,2010.
- [5] 李海波.土壤与地震对自升式钻井平台的作用[D].大连:大连理工大学,2006.
- [6] 周煜.自升式海洋平台设计方案评价体系研究[D].大连:大连理工大学,2006.