

# 自升式钻井平台结构设计标准和方法探讨

## Discussion on Structural Design Standards and Methods for Self Elevating Drilling Platform

熊涛

Tao Xiong

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 Men Jiangsu, 226116, China

**摘要:** 自升式钻井平台结构设计标准主要是对国内外标准进行编制和对比,根据系统框架要求对标准体系进行全面完善。合理利用标准综合体的运行模式实现标准化管理,充分利用标准的指导和辅助作用,提升自升式钻井平台设计水平和施工质量,推动自升式钻井平台的可持续化发展。论文介绍了自升式钻井平台结构设计标准和方法,仅供参考。

**Abstract:** The structural design standards for self elevating drilling platforms mainly involve the compilation and comparison of domestic and foreign standards, and the comprehensive improvement of the standard system according to the requirements of the system framework. Reasonably utilizing the operating mode of the standard complex to achieve standardized management, fully utilizing the guidance and auxiliary role of standards, improving the design level and construction quality of self elevating drilling platforms, and promoting the sustainable development of self elevating drilling platforms. This paper introduces the structural design standards and methods for self elevating drilling platforms, for reference only.

**关键词:** 自升式钻井; 平台结构; 设计标准

**Keywords:** self lifting drilling; platform structure; design standards

**DOI:** 10.12346/etr.v5i5.8070

## 1 引言

中国自升式钻井平台的使用和发展比较晚,在生产技术方面相比落后,特别是在自升式钻井的布局设计和安全管理方面,目前还存在很多不足。钻井平台是海上油气井生产的重要平台,也是钻井设备的主要承重结构,为了确保钻井作业过程的质量和安 全,需要进一步优化自升式钻井平台结构设计标准<sup>[1]</sup>。

## 2 自升式平台标准简介

自升式平台能够有效提升到海面以上的指定高度,其结构主要由主船体、桩腿、桩靴、升降结构、钻井平台、生活楼以及直升机平台等部分组成,在深海油气田勘探和开采中比较常见。自升式平台的设计因素比较多,主要包含船体、机电、钻井、岩土等多方面,需要在平台使用过程中提升其标准性,找准标准性的来源,主要由以下几类:①国际海事组织相关标准;②国际分类协会相关标准(IACS);③由

标准化系统组织制定的国际、国家和行业标准;④企业内部相关标准。企业内部结构设计的标准较多,标准之间存在交叉引用,以便于在使用当中的描述,需要根据“材料选择和焊接试验的相关标准”对“结构设计标准进行总结<sup>[2]</sup>。

## 3 自升式钻井平台结构设计标准分析

### 3.1 材料选用和焊接检验的相关标准

#### 3.1.1 材料选用

自升式平台结构构件比较复杂,主要由钢材组成,因此,在材料的选择方面需要合理选择结构钢,合适的材料是决定自升式平台结构设计的关键,应根据船级社的有关标准进行科学、合理的选择,同时,也可以根据国家标准海洋工程结构钢选择的相关标准对《材料与焊接规范》进行修订。该标准对船舶和海洋结构进行了分类并对钢类的相应标准进行了分类,为设计人员提供参考建议。根据船级社的标准,需要从结构温度、构件分类等设计要求对平台结构钢进行选

【作者简介】熊涛(1989-),男,中国湖北黄冈人,本科,工程师,从事海洋工程结构设计研究。

择。影响设计的因素也很多,主要取决于平台环境,通常在设计规范中进行确定。对于组件分类,各个国家对自升式平台构件分类基本一致。根据载荷、应力水平及模式、关键载荷传递和应力方面对故障后果进行分析,并将结构构件分为次要构件、主要构件和特殊构件三部分。需要注意的是,同样的设计温度、材料的材质会随分类等级的不同而变化。此外,自升式平台结构还需要用到钢管,如自升式平台立柱、结构支撑立柱。钢管标准需要结合船舶类别的具体要求而定,钢管 API 管等级不同管道强度也不同,因此需要进行合理选择。与钢板结构相比,管材密度的要求非常严格,在低温冲击特性方面还需要根据船级社的要求进行试验。

### 3.1.2 焊接检验

自升式平台结构焊接中,还需结合规范对分类进行标准设计,如材料和焊接规范,以及相关焊接协会的规则规定,该标准是目前国际公认的焊接标准,此外,对于自升式平台上的焊缝可以使用无损技术进行检测,分类标准主要是对部件类型的种类、方法和焊缝范围进行检测,具体工作方法可参照船级社和国际标准化组织制定焊接试验验收标准。

## 3.2 结构设计和计算的相关标准

### 3.2.1 设计载荷

自升式平台的设计载荷主要由3部分组成,分别为环境载荷、自重及功能载荷。环境载荷在自升式平台作业下直接或间接引起的,主要包含风,海浪,洋流,冰和地震等外界因素。在环境载荷的定义中,需要严格遵循 CCS、ABS 等分类标准。环境载荷还需要根据中国石油天然气工业标准中《环境条件和环境负荷规范》而定,需要结合环境条件进一步确定环境负荷技术指导,可作为外部类别协会标准的参考。自升式平台对于自重及功能载荷的分析是基于平台的重量,在静态水域中使用和操作中会产生一定的负荷,其来自空船的重量,载重量,耗材的重量等<sup>[3]</sup>。

### 3.2.2 疲劳强度

自升式平台结构的应用比较特殊,需要长期暴露于环境载荷,容易产生疲劳裂纹以及疲劳损伤等问题,需要对其结构的疲劳强度进行测试,以确保平台结构在使用过程中的疲劳度。在平台疲劳试验过程中,需要结合船级社的有相关规定,对连接腿,腿支撑结构,海水塔和腿部节点,燃烧套管等结构进行分析。疲劳强度分析过程中,主要是结合 S-N 曲线的线性损伤进行试验的,也可以使用断裂力学方法进行分析。同时,还需要结合中国石油天然气标准 SY/T10049-2004 海上钢结构疲劳强度的标准、DNV-RP-C203 海上钢结构疲劳强度标准,对平台结构的疲劳进行试验,明确断裂机理,并提出了疲劳处理对策,为后期类似分析作为参考材料。

### 3.2.3 自升式平台的结构强度分析

除了平台结构自身的重量和可变载荷外,在其工作环境的特殊性下,环境载荷也会引起平台结构出现变形和振动问题,从而导致附加载荷,最常见的主要包含:桩腿会变形、

上部平台会有较大的侧向位移,从而影响整个平台下部结构的强度,造成弯曲力矩。此外,随着平台的长期使用,在自然周期和波浪周期比较接近的过程中,平台可能会产生强烈的振动,造成动态载荷,并在环境载荷的影响下,平台可能会受到严重的疲劳受损,严重时会导致整个平台结构造成疲劳损伤。

第一,总体性能分析。

影响自升式钻井平台的整体性能因素很多,需要综合考虑平台的使用状态,整体安全性的分析,主要可以从桩腿强度,锁紧系统(升降系统)承载性能、预压载性能、桩靴承载性能及抗倾稳性等方面对整体性能进行分析,该因素主要影响着平台的运行安全和操作,因此有必要引起工作人员的关注,需要参考详细描述对其进行计算。

第二,船体强度分析。

在平台设计过程中,应在满足船体强度的基础上,对其承受的环境和功能负荷进行分析,不包含承载设备和人员。如果船体强度发生的故障主要来自船体或梁的板块,会出现下降和变形现象。受力的主要条件是状态条件和拖动条件。在固定条件下,需要做好预加载和延伸梁工作,确保船体荷载最大时进行预加载,延伸梁对船体和甲板的压力较大,确保主甲板和梁的下部壁较大,围圈结构荷载较高;拖动时腿部需要具有较高的张力。

第三,局部强度分析。

局部强度分析需要通过计算和分析确定局部荷载,并结合各种平台结构的结构特点,对局部结构进行强度分析和研究,主要从靴子、住宅楼、直升机甲板、直升机支撑、钻井平台、设备底座等方面进行。局部结构在平台结构中一般都容易受到工作载荷的影响,因此必须对其进行合理设计,以保证平台结构的强度,局部强度分析还需要通过有限元方法进行分析,合理计算结构应力,检验曲线<sup>[4]</sup>。

### 3.2.4 结构强度计算

结构设计需要对自升式平台进行分析,尤其是对每个部件的结构设计,需要掌握其控制规则。主体结构 and 上部结构与船舶产品基本相同,在平台结构强度计算过程中,主要从有限元强度分析,结构疲劳和弯曲检查几部分进行,详细计算出结构规格。

第一,有限元强度分析。

在平台结构分析过程中,需要使用专业有限元软件对其进行分析,在初步分析过程中,需要结合结构图建立主桁架和上部结构模型,在不同工况下只需要将主桁架的各种荷载加载到模型中即可,以此来确定结构强度是否符合标准要求。载荷比较复杂,主要包括设计载荷、环境载荷和重力载荷。设计载荷需要对不同工况的说明书进行详细分析,确保平台在重力载荷中的实际重量得到确定。

第二,船级社规范。

在平台结构环境荷载分析过程中,需要从风荷载,波浪

荷载和海洋荷载等方面进行,并结合各级船舶的平台规格进行计算,荷载不同,选择的公式计算也不同,尤其是在公式和系数的选择方面不同,计算结果也会有不同,因此需要合理选择荷载,以此来满足平台强度。对于甲板上的荷载,需要结合大型船级社的规范对各个零件的荷载尺寸进行明确,如果规范中的荷载尺寸与技术规格或甲板荷载图纸三者之期间发生冲突时,荷载通常是最低要求,需要加大对后者的优先选择。最后,确定最终元素的计算结果,根据船级社法规分类代码对其强度进行校准<sup>[5]</sup>。

第三,疲劳及屈曲校核。

结构疲劳及屈曲校核根据船级社规范进行相应的校核即可。

第四,结构规范计算。

对于平台结构的主体和上层结构,都属于通用部件,只需要根据分类标准直接计算出部件的规格即可。通过研究和分析各大船级社的规格,我们可以发现,在船级社计算过程中,船舶结构规格需要结合移动平台,确保零件尺寸与船舶规格使用一致,并在结合船舶性能的基础上,对平台本身,其位置,强度和船舶方面进行分析,因此需要合理选择船舶产品零部件规格,这也是我们平台上目前需要注意的问题,如果在平台使用过程中,某些零件的规格只是符合船级社的计算标准计算,是不能满足结构要求的,虽然船级社也认可我们的图纸,但双方在计算规格方面都存在不同的建议,因此,具体情况还需要在具体项目过程中协商。

### 3.3 桩靴、桩腿、升降系统结构、悬臂梁、钻台设计

自升式钻井平台比较特殊,主要由桩靴、桩腿、升降系统结构、悬臂梁、钻台结构等部分组成,具体一定的独特性,这种结构的强度与平台使用的条件紧密相关,因此,需要掌握每个平台结构上不同之处,无法在经验公式中检验强度,只能根据上一节中提到的不同荷载,对其采取有限元强度分析,并对其结构做好详细的疲劳和弯曲检查。因此,在实施这些设计时,必须明确其主要规范,并参照船级社规范、国际海事组织可移动海上钻井平台建造和装备法则、建筑用钢结构设计、制造、装配规范。

### 3.4 自升式钻井平台设备安全管理措施

#### 3.4.1 钻台设备配置

为了保证钻机生产活动的顺利进行,对自升式钻井平台的钻台设备提出了更高的要求,必须符合钻机和其他工具的使用要求。随着中国石油开采工作的可持续发展和进步,钻机在配置方面发生了多样化的变化。传统的钻井平台仅由钻机、钻具、钻头阀等组成。钻机的作用是用于净化结构部件,如转盘,钢丝和死线固定器等设备的净化。钻井工具的组成比较复杂,主要由液压猫、气动扭矩、倾斜扭矩、载人扭矩、液体气体尺寸、槽口等不同性能的零件组成。钻机板主要是由多种组件组成,如安装入口和安装杠杆,压力卸载器和泥浆和气体分离器。随着科学技术的进步,石油开采技术得到

了创新与发展,尤其是高规格的深水钻井平台在中国的应用比较广泛,这种钻井平台设备的配置比较先进,具有自动操作、可控制性的功能,这种配置主要增加了自动化钻机处理系统,并用铁钻机取代了现有的液压设备。钻机设备具有一定的先进性,精确度比较高。但钻机在使用过程中的空间是有限的,需要合理控制设备之间的位置,通过钻台面布局来提升平台应用的安全性<sup>[6]</sup>。

#### 3.4.2 钻台安全布局

第一,立根盒布置在V型门猫道侧。

如果钻台结构立根盒设计在V型门猫道位置,需要确保钻杆位于左侧箱体的右侧,并对分离室位置进行确认,左侧箱体的右侧和左侧箱体的右侧即可,宽阔员工视野,直接观察关键地点和设备。设备布局的有效性可以对钻机进行有效控制,从而大幅缩短了工艺路线。但是,V门与井口之间比较狭窄,严重影响了钻井平台设备的使用效果,并且在猫轨位置的船体结构占用了更多的空间,导致井口与尾部距离过大,导致悬臂梁的受力增大。

第二,立根盒梁布置在V型门猫道右侧。

如果立根盒设计在结构中位于猫道右侧,钻井绞车在立根盒的对面,就需要在钻头与主井的交叉处添加打开或解锁钻机功能,此外,还需要添加钻头结构连接和划分钻机盖孔,确保钻机室位于门V与猫途径的交叉处,为工作人员提供便利,工作人员只需要直接观察到主井、双孔、猫途径和外壳箱的状态、高度即可。这种布局设计具有一定的科学性、合理性,能够有效提升平台的自控效果,双鼠标孔为离线接立柱奠定基础,可以确保钻井作业的效率。但是在鼠标孔部位进行安装时,尖峰会影响操作人员的视力,需要结合需求进行合理的调整和改进。

## 4 结语

自升式平台结构设计比较复杂,尤其是标准化方面的设计,需要密切关注国际海事组织对平台的设计要求,再结合海域国家主管机关的有关法规制定自升式钻井平台结构标准。

### 参考文献

- [1] GB/T37353—2019 自升式钻井平台钻台结构设计指南[S].
- [2] 刘静.海上自升式钻井平台同步升降控制策略研究[D].兰州:兰州理工大学,2018.
- [3] 张丽.自升式钻井平台X悬臂梁结构与优化[D].青岛:中国石油大学(华东),2018.
- [4] 赵耕.自升式钻井平台升降系统设计研究[D].大庆:东北石油大学,2017.
- [5] 蒙占彬.深水自升式平台设计关键技术研究[D].青岛:中国石油大学(华东),2016.
- [6] 唐旭东.自升式钻井平台结构设计标准探讨[J].船舶标准化与质量,2015(5):15-18.