

渤海油田两腿外挂导管架海上安装精度控制研究

张 阳 田国栋 冯 刚

中海油能源发展装备技术有限公司 天津 300452

摘要：本文以设计视角为切入点，针对渤海油田两腿外挂式导管架海上安装精度控制问题进行了深入探讨。首先对两腿外挂式导管架的概念、起源、设计意图及其旨在解决的技术难题进行了详细阐述。随后对导管架的结构形态、建造流程及安装方法进行了系统性描述，并对海上安装过程中可能遭遇的多种影响因素进行了深入分析。基于前述分析进一步探讨了如何运用计算机软件与模型算法来提升安装精度，并结合数字化技术提出了提高安装精度控制的策略性建议。研究结果表明，通过综合考虑设计、施工和环境因素，并结合先进的数字技术，可以显著提高两腿外挂导管架的安装精度，为海上油田开发提供有力保障。

关键词：两腿外挂导管架；海上安装；精度控制；数字赋能；渤海油田

1 引言

1.1 研究背景与意义

海上油田开发是现代能源产业的重要组成部分，随着陆地石油资源的逐渐枯竭，海洋油气资源的开发变得尤为重要。渤海油田作为我国重要的海上油气生产基地，其开发效率和安全性直接关系到国家能源安全和经济发展。两腿外挂导管架作为一种新型的海上油气开采设施，因其独特的结构设计和高效的安装方式，在渤海油田得到了广泛应用。然而，海上安装环境复杂多变，安装精度控制一直是制约两腿外挂导管架高效应用的关键问题。因此，研究两腿外挂导管架的海上安装精度控制具有重要的理论和现实意义。

1.2 研究目的与内容概述

本文旨在从设计角度出发，系统研究渤海油田两腿外挂导管架的海上安装精度控制问题。文章首先介绍两腿外挂导管架的定义、由来、设计初衷及其所要解决的问题；接着阐述其结构形式、建造及安装方式，并分析海上安装过程中可能受到的影响因素；在此基础上，探讨如何利用计算机软件 and 模型算法提升安装精度，并结合数字赋能提出提高安装精度控制的相关设想。通过本研究，期望为渤海油田两腿外挂导管架的高效、精准安装提供技术支撑，推动海上油气开发技术的进步。

2 两腿外挂导管架概述

2.1 定义与由来

作者简介：张阳（1986.5-），男，工学学士，工程师，主要从事海洋工程项目管理和施工技术研究工作。

项目信息：中海油能源发展装备技术公司科研项目《海上小型结构模块安装工艺优化研究及应用》，项目编号：ZBKJ-SSZX-202402

两腿外挂导管架作为一种新型海上油气开采设施，其设计理念源于对传统多腿导管架的优化改进。传统多腿导管架（如四腿或六腿导管架）虽然在稳定性方面表现出色，但其复杂的结构设计导致自重较大，安装难度高，尤其在浅水区域的应用受到诸多限制。为了克服这些局限性，同时满足海上油气开采的实际需求，两腿外挂导管架应运而生。

两腿外挂导管架并非独立主体结构，而是依附于已有的四腿或六腿导管架。其安装过程包括以下关键步骤：首先，借助事先安装的套筒进行定位导向，随后安装两腿外挂导管架，并通过打桩灌浆的方式进行基础固定。当灌浆强度达到设计要求后，安装上部两腿组块。之后，两腿导管架和上部组块分别与相应的原结构进行焊接固定，从而形成一个整体结构。这种设计不仅有效降低了新建四腿导管架的总体成本，还显著缩短了施工工期。在渤海油田浅水区域的开发实践中，两腿外挂导管架凭借其独特的结构优势，展现出良好的适应性，为海上油气开采设施的创新提供了新的思路 and 方向。

2.2 设计目标

两腿外挂导管架的设计初衷是对现有导管架平台进行扩建，以增加井槽数量，扩大甲板面积扩容工艺系统实现增产目的。该设计方案具有简单可靠、投资少、见效快的特点。其设计目标是满足使用功能需求，保障结构安全与可靠性，控制成本与经济性，符合环境与可持续要求等。

3 两腿外挂导管架的结构形式、建造及安装方式

3.1 结构形式

两腿外挂导管架的结构形式主要包括两个主腿和连接主腿的横梁（详见图1）。主腿通常采用高强度钢材

制造,具有较高的抗压和抗弯能力。两腿外挂导管架,通过打桩灌浆的方式进行基础固定,并与原导管架焊接连接形成一个整体结构。这种设计不仅保留了传统多腿导管架的稳定性,还通过优化结构布局,进一步增强了整体的抗风浪能力和抗倾覆能力。横梁则用于连接两个主腿,增强结构的整体稳定性。这种结构形式不仅简化了设计和建造过程,还提高了结构的适应性和灵活性。



图1 两腿导管架结构形式

3.2 建造方式

两腿外挂导管架的建造过程包括材料选择、预制加工和组装焊接等环节。材料选择是确保结构性能的关键步骤,通常选用高强度、耐腐蚀的钢材。预制加工阶段,各部件按照设计图纸进行精确加工,确保尺寸精度。组装焊接阶段,采用先进的焊接技术和设备,确保焊接质量。由于只有两个主腿,需要设置两个假腿,用于运输过程中保持结构刚性,在海上吊装前会拆除掉。建造过程中的质量控制至关重要,直接关系到安装精度和结构的长期稳定性。

3.3 装船方式

装船是两腿外挂导管架运输过程中的关键环节,其效率和安全性直接影响整个项目的进度和成本。目前,装船形式主要有滑移上船和滚装上船两种,随着轴线车装船工艺的日渐成熟,正在成为其首选装船方式。

4 两腿外挂导管架海上安装的影响因素分析

4.1 外部环境因素

海上安装环境复杂多变,风浪、海流、潮汐等自然因素对安装精度的影响显著。风浪会导致导管架在吊装过程中产生晃动,增加安装难度。海流和潮汐则会影响导管架的定位精度。此外,气象条件如温度、湿度和气压等也会对材料性能和施工操作产生影响。

压等也会对材料性能和施工操作产生影响。

4.2 设备与工艺因素

安装设备的性能、精度和可靠性对安装结果起着关键作用。例如,浮吊船的起吊能力、定位精度以及滑移设备的稳定性都会直接影响安装精度。安装工艺参数的设定与调整也至关重要,如吊装速度、滑移距离等参数的不合理设置可能导致精度偏差。

4.3 人为因素

施工人员的操作技能、经验以及责任心对安装精度的影响不容忽视。尤其在导管架下水后,现场调平阶段,需要安装负责人会同浮吊船方在短时间内根据测平结果做出有效、合理、高效的沟通,施工管理与协调水平也直接关系到安装过程的顺利进行。因此,建立施工(调平)工艺指导手册,加强施工人员培训和管理,提高施工团队的整体素质,是确保安装精度的重要措施。

5 基于计算软件和模型算法的安装精度提升方法

5.1 计算软件在安装精度控制中的应用

在两腿外挂导管架的安装过程中,计算软件的应用可以显著提高安装精度的控制水平。通过模拟安装过程中的各种物理现象,如结构变形、受力分布等,计算软件能够提前预测可能出现的精度偏差,从而为施工方案的优化提供科学依据。

5.1.1 有限元分析软件

有限元分析软件(如ANSYS、ABAQUS等)能够对两腿外挂导管架的结构进行详细的力学分析。在安装过程中,导管架会受到多种力的作用,包括自重、风浪载荷、吊装力等。通过建立精确的有限元模型,可以模拟这些力的作用效果,分析结构在不同工况下的应力、应变分布情况。例如,在浮吊安装过程中,吊装力的分布和大小对导管架的变形有直接影响。利用有限元分析软件,可以计算出不同吊装位置和吊装方式下的导管架变形情况,从而选择最优的吊装方案,减少安装过程中的变形偏差。

5.2 模型算法的建立与优化

在两腿外挂导管架的安装精度控制中,建立合理的模型算法是提高精度的关键。通过建立数学模型,可以将安装过程中的各种因素进行量化分析,从而为安装精度的控制提供理论支持。

5.2.1 模型建立

建立两腿外挂导管架安装精度控制模型需要考虑多种因素,包括结构特性、外部环境因素、安装工艺参数等。首先,需要对导管架的结构特性进行建模,包括其几何形状、材料特性、连接方式等。其次,要将外部环

境因素纳入模型中,如风浪、海流、潮汐等。这些因素对导管架的安装精度有直接影响,需要通过数学模型进行量化分析。最后,安装工艺参数也是模型的重要组成部分,如吊装速度、滑移距离、定位精度等。通过综合考虑这些因素,建立一个全面的安装精度控制模型,可以为安装过程的优化提供理论基础。

5.2.2 算法优化

在建立了安装精度控制模型后,需要通过算法优化来提高模型的预测精度和可靠性。优化算法的选择对于模型的性能至关重要。常用的优化算法包括遗传算法、粒子群优化算法、模拟退火算法等。这些算法能够在复杂的参数空间中搜索最优解,从而提高模型的预测精度。例如,在两腿外挂导管架的安装过程中,需要优化吊装位置和吊装速度,以减少安装过程中的变形偏差。通过应用遗传算法,可以在多个可能的吊装方案中搜索出最优的吊装位置和速度组合,从而提高安装精度。

6 数字赋能提高安装精度控制的设想

结合数字技术的优势,提出以下提高两腿外挂导管架海上安装精度控制的具体设想:

6.1 基于物联网的实时监测系统

构建一个基于物联网的实时监测系统,通过在导管架和安装设备上安装高精度传感器,实时采集位置、姿态、受力等关键参数。这些数据通过无线网络传输到控制中心,施工人员可以通过监控界面实时查看数据,并根据数据反馈及时调整安装操作。例如,当监测到导管架的位置偏差超过允许范围时,系统可以自动发出警报,并提示施工人员进行调整。

6.2 大数据分析预测模型

利用大数据技术对安装过程中采集到的数据进行分析,建立预测模型。通过对历史安装数据的学习,预测可能出现的偏差,并提前采取措施进行调整。例如,通过对不同海况下导管架安装数据的分析,建立偏差预测模型,提前调整吊装参数,减少安装过程中的偏差。

6.3 人工智能辅助决策系统

开发一个人工智能辅助决策系统,利用机器学习和深度学习算法对安装过程进行智能决策和优化。系统可以根据实时监测数据和预测模型的结果,自动调整吊装设备的操作参数,优化安装工艺。例如,利用深度学习算法对安装过程中的图像和视频数据进行分析,自动检测导管架的位置偏差,并调整吊装设备的吊装速度和方向。

6.4 虚拟现实培训与远程指导系统

利用虚拟现实技术构建一个培训与远程指导系统,为施工人员提供沉浸式的安装体验。在安装前,施工人员可以通过虚拟现实设备进行模拟操作,熟悉安装流程和注意事项。在安装过程中,远程专家可以通过虚拟现实设备实时指导施工人员,提高安装效率和精度。

7 结论与展望

本文从设计角度出发,系统研究了渤海油田两腿外挂导管架的海上安装精度控制问题。通过对两腿外挂导管架的定义、由来、设计初衷及其所要解决的问题的介绍,明确了其在渤海油田开发中的重要性。进一步阐述了两腿外挂导管架的结构形式、建造及安装方式,并分析了海上安装过程中可能受到的影响因素。基于计算软件和模型算法,提出了提升安装精度的方法,并结合数字赋能提出了提高安装精度控制的相关设想。最后,结合数字技术的优势,提出了提高两腿外挂导管架海上安装精度控制的具体设想,包括基于物联网的实时监测系统、大数据分析预测模型、人工智能辅助决策系统以及虚拟现实培训与远程指导系统。

研究表明,通过综合考虑设计、施工和环境因素,并结合先进的数字技术,可以显著提高两腿外挂导管架的安装精度,为海上油田开发提供有力的技术支撑。具体而言,物联网技术能够实现安装过程的实时监测,大数据技术可以挖掘数据中的潜在规律并进行预测,人工智能技术能够提供智能决策支持,而虚拟现实技术则有助于施工人员的培训和远程指导。这些技术的综合应用,不仅能够提高安装精度,还能优化施工流程,降低施工风险,提高施工效率。

总之,两腿外挂导管架的海上安装精度控制是一个复杂的系统工程,需要综合考虑多方面的因素。通过不断的研究和实践,结合先进的数字技术,有望进一步提高两腿外挂导管架的安装精度,为海上油田开发提供更加可靠的技术保障。

参考文献

- [1]张建勇,李挺前,穆顷,等.导管架平台外挂桩腿扩建技术实践与改进[J].中国海洋平台,2012,27(06):27-31
- [2]海洋工程手册[(美)苏布拉塔·查克拉巴蒂编.《海洋工程手册》翻译组译]2012年版
- [3]QBZH 11109.10-2021中国境内海上油气田通用技术规范书 渤海导管架结构拖航与安装