

海上自升式钻井船精就位定位技术分析

孙 齐

天浩工程技术服务(天津)有限公司 天津 300457

摘要: 针对海上自升式钻井船精就位作业, 本文深入分析了卫星差分定位、全站仪高精度测量、多传感器数据融合及动力定位系统协同控制等关键技术的应用现状。结合实际作业需求, 提出了包括定位误差补偿与修正策略、先进定位设备升级优化、智能化定位控制算法引入以及提升定位技术可靠性与安全性等改进措施。通过综合运用与持续优化上述技术手段, 能够有效提高钻井船的就位精度与作业效率, 为海上油气资源的安全、高效开发提供坚实的技术保障。

关键词: 海上自升式钻井船; 精就位; 定位技术

引言: 在海洋石油资源开发进程中, 海上自升式钻井船发挥着关键作用。其精就位定位技术的精准度直接影响着钻井和修井作业的效率与安全。海上环境复杂多变, 风浪、海流等因素增加了定位难度, 一旦定位出现偏差, 可能导致钻井船与采油平台碰撞等严重事故, 造成巨大经济损失。因此, 深入分析海上自升式钻井船精就位定位技术, 提高定位的准确性和可靠性, 对保障海洋石油开发的顺利进行具有重要的现实意义。

1 海上自升式钻井船精就位定位概述

在海洋石油资源的勘探与开发进程中, 海上自升式钻井船扮演着举足轻重的角色, 而其精就位定位技术更是保障高效、安全作业的核心要素。海上自升式钻井船具备独特的结构与显著特点, 它主要由桩腿、船体和悬臂梁等部分构成。桩腿能够自由升降, 在作业时插入海底, 托起船体, 使船壳底部离开海面一定距离, 形成气隙, 从而有效减少涌浪和大风对船的影响, 确保作业的稳定性。相比其他类型的钻井平台, 自升式钻井船造价较低、运移性好, 对海底地形的适应性强, 因而在海上钻井作业中得到广泛应用。精就位定位对于海上自升式钻井船的作业至关重要, 在钻井和修井作业中, 精确的就位能够确保井口覆盖范围满足要求, 提高作业效率, 降低成本。同时, 精就位还能减少对海底环境的影响, 保障作业的安全性。然而, 实现精就位定位面临诸多挑战^[1]。海上环境复杂多变, 风浪、海流等因素会对钻井船的位置产生影响; 海底地质条件的不确定性也增加了定位的难度。为了实现精就位定位, 需要采用一系列先进的技术和方法。初就位时, 通常会利用基于全球参考台站网络的Starfix.G2差分信号进行定位, 这种方法能够提供较高的实时精度。而在精就位阶段, 则会运用全站仪测量定位技术, 通过距离方位法反算钻井船的位置, 实

现毫米级的高精度定位。同时, 还需要对定位过程中的误差进行严格控制, 如全站仪架站点的偏移距离取误差、对中误差、置零方向误差等。

2 海上自升式钻井船精就位定位关键技术分析

2.1 卫星差分定位技术应用

卫星差分定位技术是海上自升式钻井船精就位定位的重要基石, 有效提升了定位的准确性与可靠性。(1) 初始定位引导: 在钻井船驶向目标位置的初始阶段, 卫星差分定位技术能快速提供较为精确的位置信息, 引导钻井船大致靠近作业区域, 为后续精确定位做好铺垫。(2) 实时动态监控: 在整个就位过程中, 该技术可对钻井船的位置进行实时动态监控, 及时察觉船身的微小移动或偏移, 以便操作人员迅速做出反应和调整。(3) 复杂环境适配: 面对海上复杂多变的气象条件和海况, 如强风、巨浪等, 卫星差分定位技术凭借其强大的抗干扰能力, 依然能够稳定地提供定位数据, 保障定位的准确性。(4) 多系统协同: 可与船上的其他导航和定位系统协同工作, 实现数据共享和互补, 进一步提高定位的精度和可靠性, 确保钻井船精准就位。(5) 数据精准反馈: 通过高效的数据处理和传输机制, 卫星差分定位技术能将定位数据精准地反馈给控制中心, 为决策提供有力依据, 使就位操作更加科学、高效。

2.2 全站仪高精度测量技术

全站仪高精度测量技术是海上自升式钻井船实现精就位定位的核心手段之一, 为精准作业提供了有力保障。(1) 精准目标锁定: 全站仪可凭借其高分辨率的光学系统和先进的测角测距功能, 快速且准确地锁定导管架上的预设目标, 为后续测量奠定基础。(2) 三维数据采集: 能够精确采集目标点的三维坐标数据, 全面反映钻井船与导管架之间在空间上的位置关系, 为精就位提供详细

信息。(3) 动态误差修正: 在测量过程中, 实时监测环境因素(如温度、气压等)对测量精度的影响, 并自动进行误差修正, 确保测量结果的准确性。(4) 高效数据处理: 配备专业的数据处理软件, 可快速对采集到的大量数据进行分析和计算, 及时给出钻井船的位置偏差和调整建议。(5) 协同作业支持: 可与船上的其他系统(如动力定位系统)进行数据交互和协同工作, 实现自动化的精就位操作, 提高作业效率和安全性。

2.3 多传感器数据融合定位技术

海上自升式钻井船精就位定位是海洋石油开发中的关键环节, 其精度直接影响作业的安全与效率。在实际操作中, 单一传感器往往难以胜任高精度定位需求。这是因为, 环境的复杂性以及传感器自身性能的局限性, 会极大地影响定位的准确性。比如卫星定位虽能覆盖全球, 但信号易受遮挡和干扰; 水声定位可在水下实现高精度定位, 却受制于水声传播特性; 惯性导航短期内精度较高, 然而累积误差会随着时间推移而增大。为解决这一难题, 多传感器数据融合定位技术应运而生。该技术将卫星定位、水声定位、惯性导航等多种传感器的数据进行整合, 通过扩展卡尔曼滤波、粒子滤波等数据融合算法对其进行处理。这些算法能巧妙地发挥各传感器的优势, 实现优势互补, 有效抑制噪声和误差^[2]。以卫星信号受阻的情况为例, 此时水声定位和惯性导航数据就能及时接力, 继续为钻井船提供定位信息, 确保精就位作业不受影响。多传感器数据融合定位技术凭借其强大的功能, 为海上钻井作业的安全与高效提供了坚实的支撑, 在海洋石油开发领域具有广阔的应用前景。

2.4 动力定位系统协同控制技术

在海上自升式钻井船精就位定位作业中, 动力定位系统协同控制技术是保障作业顺利开展的关键所在。其核心目标是协调钻井船上的多个推进器, 使其合力抵抗风、浪、流等环境外力, 确保船舶精准稳定在目标位置。要实现高效协同控制, 精准感知船舶所受外力及运动状态是首要任务。通过风速仪、测波仪、运动参考单元等各类传感器, 能实时收集环境与船舶运动数据, 并及时传输至控制系统。控制系统则依据这些数据, 运用自适应控制、智能优化算法等先进算法, 快速且精准地计算出各推进器所需的推力大小与方向。凭借合理的推力分配, 船舶即便在复杂海况下, 也能迅速响应并灵活调整姿态, 实现稳定定位。协同控制过程中还需充分考虑推进器之间的相互影响, 避免出现推力冲突的情况。只有这样, 才能确保整个动力定位系统高效、稳定运行。动力定位系统协同控制技术为自升式钻井船精就位提供了

可靠保障, 极大地提升了海上钻井作业的安全性和效率, 为海洋石油资源的开发奠定了坚实基础。

3 海上自升式钻井船精就位定位技术改进措施

3.1 定位误差补偿与修正策略

定位误差补偿与修正策略是提升海上自升式钻井船精就位定位技术准确性的关键。(1) 误差源精准识别: 对全站仪架站点偏移量取、对中、置零方向、观测点瞄准以及不水平等误差源进行全面且精准的识别, 明确不同误差产生的原因和影响程度, 为后续补偿与修正提供依据。(2) 多方法交叉检核: 采用全站仪和皮尺两种方法测量架站点偏移距、在不同方向放置归零标准进行双重检核、两台全站仪同时观测目标等多方法交叉检核手段, 及时发现误差并进行修正, 提高测量数据的可靠性。(3) 实时动态调整: 在就位过程中, 钻井船处于实时运动状态, 定位误差也会随之动态变化。通过实时监测误差情况, 利用先进的算法和控制系统对定位数据进行动态调整, 确保定位的准确性。(4) 环境因素修正: 充分考虑海上环境因素(如风浪、潮汐、温度等)对定位误差的影响, 建立相应的误差修正模型, 根据实际环境参数对定位结果进行修正, 减少环境因素带来的误差。(5) 数据反馈与优化: 将每次就位作业的误差数据进行收集和分析, 反馈到误差补偿与修正策略中, 不断优化策略和方法, 提高定位误差补偿与修正的效果。

3.2 先进定位设备的升级与优化

在海上自升式钻井船精就位定位技术改进中, 先进定位设备的升级与优化是关键环节。可引入高精度惯性导航系统, 结合多传感器数据融合技术, 提升平台在复杂海况下的动态定位精度。该系统通过实时监测平台的加速度、角速度等参数, 结合北斗卫星导航系统的定位数据, 有效补偿传统定位方式在波浪、潮流影响下的误差, 使定位精度提升至厘米级。同时, 优化激光雷达扫描系统, 采用多线束激光雷达与高分辨率摄像头协同作业, 实现对导管架等固定设施的三维建模与实时监测^[3]。通过算法优化, 系统可自动识别导管架上的特征点, 结合全站仪的测量数据, 动态修正平台位置, 确保精就位过程中横向、纵向偏差控制在 ± 0.5 米以内。此外, 升级水下声学定位系统, 采用长基线定位技术, 在导管架底部布置声学信标, 通过测量平台底部换能器与信标之间的声波传播时间, 实现水下精确定位。该系统可有效穿透海水浑浊层, 在能见度低的环境下仍能保持高精度定位, 为精就位作业提供可靠保障。

3.3 智能化定位控制算法的引入

智能化定位控制算法的引入为海上自升式钻井船精

就位定位技术带来了新的突破。(1) 自适应模型构建: 通过收集大量的历史定位数据和实时环境数据, 构建自适应的定位控制模型。该模型能够根据不同的海况、气象条件和钻井船状态, 自动调整控制参数, 实现精准定位。(2) 实时数据融合分析: 智能化算法可对多传感器采集的实时数据进行快速融合和深度分析, 提取关键信息, 准确判断钻井船的位置和姿态偏差, 为控制决策提供科学依据。(3) 智能路径规划: 结合目标位置和当前环境信息, 算法能够智能规划钻井船的就位路径, 避开障碍物和危险区域, 同时优化路径以提高就位效率。(4) 故障预测与处理: 具备故障预测功能, 能够提前发现定位系统可能出现的故障, 并自动采取相应的处理措施, 如切换备用传感器或调整控制策略, 确保定位的可靠性。(5) 学习与优化机制: 算法具有学习能力, 能够在不断的作业过程中积累经验, 对自身进行优化和改进, 以适应日益复杂的海上作业环境, 持续提升精就位定位的精度和稳定性。

3.4 定位技术的可靠性与安全性提升

为提升海上自升式钻井船精就位定位技术的可靠性与安全性, 需从多方面着手改进。在硬件层面, 强化定位设备的冗余设计。为关键定位传感器配备备用装置, 当主传感器出现故障时, 备用传感器能立即投入使用, 避免因单一设备故障导致定位中断, 保障定位数据的持续稳定输出。同时, 选用高可靠性、抗干扰能力强的设备, 提升其在恶劣海洋环境下的适应能力, 减少因环境因素引发的设备故障。软件算法上, 完善故障诊断与容错机制。通过实时监测定位系统的运行状态, 利用智能算法快速识别潜在故障, 并及时发出预警^[4]。在故障发生时, 容错机

制能自动调整算法参数, 降低故障对定位精度的影响, 确保定位结果依然可靠。建立严格的安全评估体系, 定期对定位系统进行全面检测与评估, 依据检测结果制定针对性的维护与升级计划。同时, 加强操作人员的培训, 使其熟悉定位系统的操作规范与应急处理流程, 在遇到突发情况时能够迅速、准确地采取措施, 保障钻井船精就位定位作业的安全可靠进行。

结语:

随着科技的不断进步, 海上自升式钻井船的精就位定位技术将迎来更加智能化和自动化的未来。多传感器数据融合技术将进一步提升定位的精准度和效率, 而智能化定位控制算法也将不断完善, 以适应复杂多变的海洋环境。同时, 加强对定位误差补偿与修正策略的研究, 以及对定位设备的升级与优化, 将有助于提高定位的准确性和可靠性。此外, 提升定位技术的可靠性和安全性, 将为深海、远海等更复杂的作业环境提供有力保障。通过这些努力, 海洋石油开发事业将能够持续发展, 为人类社会的能源需求提供更加稳定的供应。

参考文献:

- [1] 郑军. 倒置型长基线技术在自升式钻井平台精确就位中的应用[J]. 中国海洋平台, 2020, 35(4): 81-85.
- [2] 霍宏博, 岳明, 刘静辰, 王晓雷, 齐琳. 自升式钻井船就位前风险识别及应用[J]. 石油工业技术监督, 2022, 38(8): 51-55.
- [3] 陈炳赫. 海上自升式钻井平台在有爆炸物或水雷井位的航行就位实践和应用研究[J]. 石化技术, 2023, 30(8): 53-55.
- [4] 张宝平, 龚明. 基于数字化海图和大数据的自升式钻井平台就位技术[J]. 海洋石油, 2024, 44(1): 88-91+101.