

数字化技术在海上油田的应用情况及效果分析

张 全

天津瑞洋海洋工程有限公司 天津 300000

摘 要: 海上油田数字化技术综合运用物联网、大数据、人工智能等,革新生产全流程,致力于构建智能、高效、安全的生产系统。其应用涵盖智能油田建设、生产数据实时采集、远程控制与自动化等领域,可提升生产效率、增强安全管理、降低运营成本。实施需升级基础设施,构建数据标准体系,并加强数字化人才培养,优化组织架构与工作流程,以适应数字化运营模式,推动海上油田数字化持续深入发展。

关键词: 数字化技术;海上油田;应用情况;效果分析

引言:在全球能源需求激增与海洋油气开发深化的当下,海上油田发展面临诸多挑战,数字化技术成为破局关键。该技术融合物联网、大数据、人工智能等,革新生产全流程。物联网实时采集数据,大数据高效处理,人工智能实现智能决策。其应用于智能油田建设、生产数据采集、远程控制与自动化等领域,在提升生产效率、增强安全管理、降低运营成本方面成效显著。为推动其发展,还需在基础设施升级、数据标准体系建设、人才培养与组织变革等方面发力。

1 海上油田数字化技术概述

在全球能源需求持续增长、海洋油气资源开发不断深入的背景下,海上油田数字化技术成为推动行业发展的关键力量。它综合运用物联网、大数据、人工智能等现代信息技术,对海上油田生产全流程进行全面革新。

(1) 物联网技术是海上油田数字化的基础支撑。通过在海上平台的各类生产设备、井口装置、管道系统等关键部位部署大量传感器,能够实时、精准地采集温度、压力、流量、液位等生产参数,以及设备运行状态等数据,为后续的分析 and 决策提供丰富详实的一手资料。

(2) 大数据技术负责对采集到的海量数据进行高效处理。它运用数据清洗、整合、存储和管理等技术手段,将分散、杂乱的数据转化为结构化、可分析的数据集。进而通过数据挖掘和建模分析,揭示数据背后隐藏的生产规律和潜在问题,为生产优化提供科学依据。(3) 人工智能技术则赋予系统智能决策和自主优化的能力。借助机器学习、深度学习等算法,系统可以对生产过程进行实时模拟和预测,根据实际情况自动调整生产参数,实现生产流程的智能化控制。(4) 海上油田数字化技术体系致力于构建智能、高效、安全的海上油气生产系统。智能体现在系统的自主决策和自适应调整能力;高效表现为优化生产流程、降低运营成本、提高生产效

率;安全则是通过实时监测和预警,及时发现并处理安全隐患。最终全面提升海上油田的运营管理水平,增强企业在复杂海洋环境下的竞争力^[1]。

2 主要数字化技术应用领域

2.1 智能油田建设

在智能油田建设进程中,数字孪生技术居于核心地位。借助该技术,可构建与物理油田精确对应的虚拟油田模型,其动态映射能力强大,能实时精准呈现物理油田实际运行状态,涵盖油藏动态变化、生产设备运行参数、流体流动情况等多维度信息,数据更新频率可达每秒一次,误差控制在 $\pm 0.5\%$ 以内。(1) 依托虚拟油田模型,以海量数据为驱动开展多维度分析应用。在生产优化上,对不同生产方案在虚拟模型中模拟运行,对比分析产量、能耗等生产指标。经大量模拟实验,筛选出的最优策略可使生产效率提升15% - 20%,资源利用率提高10% - 15%,指导物理油田调整参数、优化流程。(2) 在故障预测领域,利用数字孪生模型实时监测设备运行数据并深度分析。通过机器学习算法,能提前1 - 3天发现设备潜在故障隐患,精准预测故障发生时间,误差不超过 ± 2 小时,影响范围预测准确率达90%以上,为设备维护提供依据,减少非计划停机时间约30%。(3) 虚拟油田模型还可模拟不同决策场景,辅助管理人员制定科学决策,提高油田整体运营效率20%左右,经济效益提升15%以上,推动海上油田智能化、高效化发展。

2.2 生产数据实时采集

在海上油田生产中,生产数据的实时精准采集是保障高效开发与安全运营的核心环节。(1) 为达成这一目标,在海上平台及井下等关键位置大规模部署传感器网络。这些传感器精度可达 $\pm 0.1\%$,可靠性达99.9%以上,能持续实时采集油藏压力、温度、流量等核心参数。例如,油藏压力正常波动范围在20 - 50MPa,传感器可精

准捕捉其细微变化，该数据反映地下油层能量状态，为调整注采方案提供关键依据；温度数据能精确到 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，有助于了解油藏热力学特性，优化热采工艺；流量数据误差控制在 $\pm 1\%$ 以内，直接体现油气生产能力，辅助制定生产计划。（2）采集的多源数据来自不同业务系统和设备，格式与标准差异大。为此建立统一数据平台，其具备强大的数据集成与处理能力，能将地质勘探、钻井工程、采油生产等各类异构数据有效整合。通过数据清洗、转换和加载，消除数据中约 5% - 10% 的噪声和错误，形成完整、准确、一致的生产数据链，为后续分析和决策提供可靠基础，实现数据共享复用，提升海上油

田生产管理协同效率与智能化水平^[2]。

2.3 远程控制与自动化

海上油田环境复杂恶劣，远程控制与自动化技术是提升其生产安全性与效率的关键。（1）先进远程监控系统让操作人员在陆上控制中心就能全方位、实时监控操控海上平台设备与工艺流程，实现无人化操作，规避人员驻留海上风险，降低交通与时间成本。（2）自动化控制系统是远程控制核心，能精准快速响应，依预设程序自动关断危险设备，防止事故扩大；还能根据油藏等变化自动调整生产参数，减少人工干预，保障生产稳定高效。

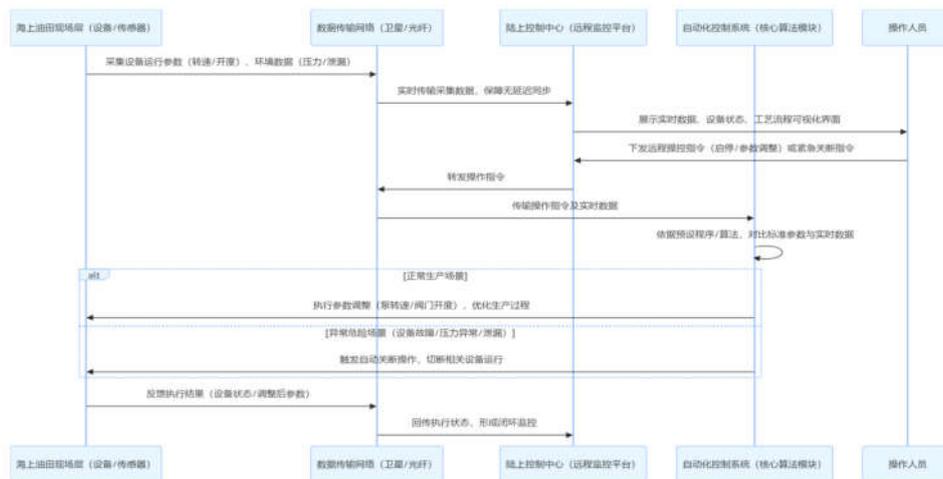


图1 海上油田远程控制与自动化系统时序图

3 数字化技术应用效果分析

3.1 生产效率提升

数字化技术在海上油田的广泛应用，为生产效率的提升带来了显著成效。（1）在生产参数优化方面，借助大数据分析的人工智能算法，能够对海量的生产数据进行深度挖掘和精准分析。根据油藏特性、设备运行状况以及生产历史数据，智能调整注采参数、泵的排量等关键生产参数，使生产过程始终处于最优状态，从而大幅提高生产效率。（2）在设备维护环节，预测性维护策略发挥了重要作用。通过在设备上部署各类传感器，实时采集设备的振动、温度、压力等运行参数，并利用机器学习模型对设备故障进行提前预测。一旦发现潜在故障隐患，及时安排维护检修，避免了设备突发故障导致的生产中断，将设备利用率提升了15%以上。（3）数字化技术还提高了产量预测的准确率。综合考虑地质因素、生产动态数据以及市场信息等多方面因素，构建精准的产量预测模型，使产量预测准确率提高20%。此外，通过对生产过程的精细管理和优化，有效控制了油田产量的

递减率，延长了油田的高产稳产期，进一步提升了海上油田的整体生产效率和经济效益。

3.2 安全管理增强

在海上油田复杂多变且危险性较高的作业环境中，数字化技术为安全管理提供了强有力的支撑，显著增强了安全保障能力。（1）实时监测系统是安全管理的重要防线。它通过在海上平台的关键设备、关键区域广泛部署各类高精度传感器，对设备的运行状态，如振动、温度、压力、转速等参数，以及环境因素，如可燃气体浓度、风速、风向等进行不间断的实时监测。一旦设备出现异常运行状况或环境中存在安全隐患，系统能够立即捕捉到这些细微变化，并及时发出警报，通知相关人员进行处理，将事故隐患扼杀在萌芽状态。（2）应急关断系统作为应对突发事件的关键手段，借助数字化技术实现了快速响应。在紧急情况下，该系统可在30秒内完成平台的全面关断，迅速切断危险源，防止事故的进一步扩大和蔓延。同时，数字化技术还使事故预警时间提前了50%，为人员疏散、设备保护和应急救援争取了宝贵时

间。通过这些数字化技术的应用,海上油田的本质安全水平得到了显著提升,有效保障了人员生命安全和设备财产安全。

3.3 运营成本降低

在海上油田运营中,数字化技术的深度应用有效推动了运营成本的显著降低。(1)数字化技术助力海上平台实现无人值守模式。借助先进的远程监控系统与自动化控制技术,操作人员可在陆上控制中心对海上平台的各类生产设备、工艺流程进行实时且精准的操控与监测。这一转变大幅减少了海上平台所需的人员数量,使得人员成本降低了30%。不仅降低了人员薪酬支出,还减少了人员往返海上的交通费用、海上生活物资供应成本等。(2)预测性维护策略依托数字化技术得以高效实施。通过在设备关键部位安装传感器,实时收集设备的运行数据,并利用大数据分析和机器学习算法对设备故障进行提前预测。据此安排精准的维护计划,避免了传统定期维护可能导致的过度维修或维修不足问题,有效减少了设备停机时间,使维修成本降低了25%。此外,生产效率的提升和故障的减少,促使整体运营流程更加顺畅,整体运营效率提升了20%以上,进一步降低了单位产量的运营成本,增强了海上油田在市场中的竞争力。

4 实施路径与保障措施

4.1 基础设施升级

海上油田数字化发展,基础设施升级是首要且关键的环节。(1)通信网络作为数据流通的“大动脉”,其性能优劣直接关乎数字化应用的效果。需积极推进海上油田通信网络升级工作,综合运用5G、卫星通信等先进技术,构建起高速、稳定且可靠的数据传输通道。这不仅能确保生产现场的海量数据实时、精准地回传至控制中心,还能保障远程控制指令及时、准确地传达至执行设备,为数字化监控与决策提供有力支撑。(2)智能传感器和控制设备是数字化感知与执行的关键载体。要及时淘汰老旧、落后的设备,选用具备高精度、高稳定性、强抗干扰能力的智能传感器,提升数据采集的质量和效率。采用先进的自动化控制设备,增强对生产过程的精准调控能力,为海上油田数字化应用筑牢坚实的硬件基础^[3]。

4.2 数据标准体系建设

在海上油田数字化进程中,数据标准体系建设是保障数据有效利用与数字化应用成功的关键要素。(1)由于海上油田数据来源广泛,涉及地质勘探、钻井工程、采油生产等多个业务领域,数据格式、精度和采集频率等存在差异。因此,需建立统一的数据采集标准,明确

各环节数据采集的具体要求,确保采集到的数据规范、准确。(2)制定统一的数据存储和管理标准,规范数据的存储格式、存储位置和访问权限,实现数据的高效存储与安全管理。此外,构建完善的数据质量管控机制至关重要。通过设置数据校验规则、开展定期数据审核等手段,对数据的准确性、完整性和一致性进行严格把控。只有高质量的数据,才能为后续的数据分析、模型构建和决策支持提供可靠支撑,推动海上油田数字化向更高水平发展。

4.3 人才培养与组织变革

在海上油田数字化发展的进程中,人才培养与组织变革是不可或缺的推动力量。数字化技术的广泛应用对员工的专业技能和数字素养提出了更高要求,因此,必须加强数字化专业人才培养。通过开展内部培训课程,邀请行业专家进行讲座,以及选派员工参加外部专业培训等方式,系统提升员工在数据分析、人工智能应用、自动化控制等数字化领域的专业知识和操作技能,使员工能够熟练运用数字化工具解决实际问题。与此同时,为适应数字化运营模式,需对现有的组织架构和工作流程进行优化。打破传统的部门壁垒,建立跨部门的数字化项目团队,加强各环节之间的沟通与协作。重新梳理工作流程,去除繁琐低效的环节,提高工作效率。构建与数字化运营相匹配的管理体系,明确各部门和岗位在数字化进程中的职责与权限,确保数字化战略能够得到有效执行,推动海上油田数字化持续深入发展。

结束语

海上油田数字化技术凭借物联网、大数据、人工智能等现代信息技术的深度融合,在智能油田建设、生产数据采集、远程控制与自动化等多领域展现出强大优势,显著提升了生产效率、增强了安全管理、降低了运营成本。而要实现数字化技术在海上油田的深度应用与持续发展,基础设施升级、数据标准体系建设以及人才培养与组织变革等实施路径与保障措施缺一不可。随着技术的不断创新与完善,海上油田数字化将迈向更高水平,进一步推动海洋油气资源开发向智能化、高效化、安全化方向迈进,为全球能源供应提供更有力的支撑。

参考文献

- [1]张莹.数字化油田建设中自动化仪表的使用与维护研究[J].中国设备工程,2021(13):34-35.
- [2]方舟.油田数字化建设中物联网技术的应用[J].化工设计通讯,2021,47(06):11-12.
- [3]朱亚凯.油气管道电磁涡流内检测技术应用研究[J].石化技术,2024,31(05):207-209.