

现代化工

基于数字化技术的油田采油与集输系统一体化设计与施工技术研究

杨娜

曙光采油厂基建管理部

DOI: 10.12238/jpm.v5i12.7521

[摘要] 随着数字化技术的快速发展,油田采油与集输系统一体化设计与施工技术迎来了新的发展契机。本文系统探讨了数字化技术在油田采油与集输中的应用,特别是在系统建模、数据集成、优化算法、施工管理等方面的创新实践。通过采用物联网技术实现实时监控,利用大数据分析优化生产工艺,依托云计算提升数据处理效率,并结合人工智能技术实现预测性维护,形成了一套高效、安全、智能的一体化解决方案。同时,文章还详细分析了无人机、机器人、虚拟现实等技术在施工阶段的应用优势,有效提升了油田现场施工的质量与效率。研究结果表明,数字化技术的广泛应用不仅能提高油田的生产效能,降低风险,还为油田行业数字化转型提供了实践依据,对未来油田生产和管理的智能化发展具有深远的影响。

[关键词] 数字化技术;油田采油与集输系统;一体化设计;施工技术

Research on the integrated design and construction technology of oilfield oil production and gathering and transportation system based on digital technology

Yang Na

Infrastructure Management Department of Shuguang Oil Production Plant

[Abstract] With the rapid development of digital technology, the integrated design and construction technology of oil production and gathering and transportation system has ushered in a new development opportunity. This paper systematically discusses the application of digital technology in oil production, gathering and transportation, especially the innovative practices in system modeling, data integration, optimization algorithm, construction management and so on. By using the Internet of Things technology to achieve real-time monitoring, using big data analysis to optimize the production process, relying on cloud computing to improve the data processing efficiency, and combining with artificial intelligence technology to achieve predictive maintenance, forming a set of efficient, safe and intelligent integrated solutions. At the same time, the paper also analyzes in detail the application advantages of UAV, robot, virtual reality and other technologies in the construction stage, effectively improving the quality and efficiency of oil field construction. The results show that the wide application of digital technology can not only improve the production efficiency and reduce risks, but also provide a practical basis for the digital transformation of the oilfield industry, and have a profound impact on the intelligent development of oilfield production and management in the future.

[Key words] digital technology; oil production and transportation system; integrated design; construction technology

引言

在全球能源需求不断增长的大背景下,石油作为主要能源的地位无法替代,而油田采油与集输系统作为能源产业的重要组成部分,其设计与施工技术直接影响生产效率、经济效益与安全性^[1]。近年来,数字化技术的迅速发展为油田的各个生产环节带来了前所未有的变革。因此,基于数字化技术应用的趋势,探讨油田采油与集输系统的一体化设计与施工技术,对于实现油田生产效率的提升与管理模式的优化,以及油田企业的转型升级具有重要的技术意义。

一、数字化技术与油田采油集输工作的关系

数字化技术在油田采油集输工作中起到了显著的优化作用,并在各个层面上展示出广阔的应用前景。物联网、大数据、云计算和人工智能等先进技术共同构成了数字化管理的核心,实现了生产数据的实时采集、智能分析和预测性维护,从而在提高采油效率的同时有效降低了成本和风险^[2]。

在数字化技术中,物联网技术的应用使得井下和地面各类关键参数得以实时监控。通过安装在生产现场的传感器网络,生产系统能够连续采集压力、温度、流量等数据,形成高频、连续的监控体系。这样不仅保障了数据的及时性和完整性,还有效减少了人工干预的需求,提高了生产的自动化程度。

在油田采油集输数据分析中，数据的连续性和实时性为后续数据分析提供了丰富的数据基础，为进一步的系统优化奠定了坚实的技术支持。在大量生产数据基础上，大数据分析技术发挥了其强大的数据挖掘和模式识别能力。生产过程中的海量数据经过分析，可以揭示出生产运行中的潜在问题和潜藏的优化空间^[3]。通过数据分析，运营管理人员能够快速定位采油流程中的瓶颈和能耗较高的环节，从而针对性地调整工艺参数，精确优化生产流程。此外，大数据分析还可以帮助管理层洞察设备状态和使用效率，形成生产全局的洞察，进而制定更具前瞻性的策略。

而人工智能技术的引入进一步提升了油田生产管理的智能化水平。基于机器学习和深度学习的预测性维护算法通过对历史运行数据的分析，可以提前识别设备的潜在故障。在生产中，设备的突发故障常常会引发生产中断或造成设备损耗，甚至引发安全隐患。通过人工智能算法对设备状态的预测，能够在问题尚未发生时采取预防措施，提前安排维护和检修，大大降低了停机风险。这种预测性维护模式将传统的被动维护转变为主动预测，从而延长了设备的使用寿命，确保了采油集输工作的稳定性。

此外，云计算的支持使得上述数字化功能能够更快速地进行数据处理和存储。通过云平台的强大计算能力，油田生产系统能够在大规模数据分析中保持高效性和稳定性，同时实现数据的安全备份和多部门的协同共享^[4]。云计算不仅可以提升油田采油的协同工作效率，还可以有效解决数据管理和存储的难题，为生产系统的扩展性和灵活性提供充分的技术保障。

二、油田采油与集输系统一体化设计

油田采油与集输系统的一体化设计是一种通过将采油与集输工艺流程作为一个整体考虑的综合性设计方法，旨在实现整体资源的最优配置，达到提高生产效率、降低运营成本、以及延长设备使用寿命的目标。

1. 系统建模与仿真

系统建模与仿真作为一体化设计的基础步骤，利用数字化工具来建立采油与集输系统的动态模型，并根据油藏地质特性、流体物性及生产设备参数等信息，可以全面模拟系统在不同工况下的运行情况。建模过程通过对油藏及管网的各类参数（如井口压力、管道直径、流体流速等）进行量化，生成一体化系统的多尺度、多变量模型，从而精确预测系统性能。仿真分析基于该模型对不同设计参数的调整效果进行测试，可以反映油田不同生产状态下的系统响应。例如，仿真系统能够在调整井口压力和管道配置时，模拟生产条件变化对系统效率和能耗的影响，从而为工程人员提供可靠的数据依据，确保生产参数的合理性。为了提高仿真结果的精确性，模型校准通常需要采用历史生产数据，通过不断更新参数，使模型更贴近实际工况。系统建模与仿真为油田采油与集输系统的一体化设计提供了科学的数据支撑，确保优化方案在实际应用中具有高度可行性。

2. 数据集成

数据集成在一体化设计中负责将采油和集输过程中的各类信息资源整合到统一的数据平台上，以实现设备间的实时通信和信息共享。数据集成首先通过传感器和工业控制系统（如SCADA）采集井口、管道、储罐等关键节点的实时运行数据，包括压力、流量和温度等信息，并将数据传输至中央控制平台进行存储和处理。为实现不同设备、系统间的互联互通，数据管理系统采用标准的数据通信协议（如Modbus和OPC）将各类

多源异构数据进行格式标准化处理，统一汇总到数据平台。这种数据平台化的设计确保了各生产环节在同一信息框架下运作，支持跨设备的信息交互与联动控制。当管道内出现异常压力或设备状态波动时，数据平台可通过实时监测与报警功能，及时通知相关设备进行动态调整，以避免系统中断或生产效率下降。同时，数据集成也为生产系统的趋势分析与决策优化提供了可靠的历史数据基础，使得一体化系统在面临复杂工况时能够灵活应对。

3. 优化算法

在系统建模和数据集成的基础上，优化算法是实现采油与集输系统一体化的核心环节。优化算法通过对多变量条件下的系统参数进行全局优化，使系统在复杂生产环境中始终处于最优状态^[5]。算法选择根据油田的实际情况，可以包括线性规划、混合整数规划、遗传算法及粒子群优化等，以确保各类设备配置、管道布局和运营策略达到成本最低、效益最高的设计目标。优化算法的应用不仅限于参数优化，还包括策略优化。在参数优化过程中，算法根据实际生产需求调整井口压力、泵速和阀门开度等关键参数，以实现最优生产性能。例如，粒子群优化算法可以搜索泵速和阀门的最佳配置组合，从而保障流量稳定并最大限度降低能耗。而在策略优化层面，遗传算法通过模拟不同的管道布置方案，以迭代方式找到最优的管网结构，降低管道安装和维护成本，提升系统运行的整体效率。此外，优化算法在动态调度方面发挥了显著作用。在生产运行中，系统基于实时数据进行动态调整，例如在产油高峰期系统自动提高泵速和输送压力，以满足油气运输需求；而在低负荷状态时，系统则调整参数，降低设备运行负荷以节约能源。优化算法的实施确保了采油与集输一体化系统的自适应能力，使其能够根据实际工况进行实时优化，满足油田生产的不同阶段需求。

三、油田采油与集输系统的施工技术

在油田采油与集输系统的建设中，施工阶段是将设计方案落实为实体工程的关键过程。此阶段对精准的管理、全面的质量控制、以及有效的资源配置提出了更高的要求。数字化技术在施工中的应用，可以通过管理优化和智能设备的辅助，全面提升施工过程的安全性、效率和质量，确保设计的高效执行与项目的成功交付。

1. 数字化施工管理

在施工阶段，数字化施工管理的核心在于全面应用项目管理软件与智能移动设备，实现施工进度、质量和成本的实时跟踪与控制。在施工过程中，施工人员利用移动设备将现场的数据，如材料使用量、人员配置和进度记录等，直接上传到中央数据库，实现项目数据的实时更新和共享。项目管理软件在数据收集的基础上对施工计划进行动态调整，例如在发现资源短缺或进度滞后时，系统会自动更新排程并向相关人员发送通知，避免了传统施工中因信息滞后导致的重复施工和返工现象。此外，质量控制模块可以通过数字化管理平台对施工质量进行全面监测，施工人员在完成关键节点后将检测数据上传至平台，项目经理和质量管理能够在平台上实时查看质量数据，快速识别潜在问题并采取有效措施。通过这种实时追踪和即时反馈的管理方式，数字化施工管理提升了项目的整体质量和进度控制的精准度，降低了施工风险。

2. 无人机和机器人施工

无人机和机器人的引入，可以为油田采油与集输系统的现场勘测、设备安装和检查工作带来技术性变革。无人机可用于前期的地形测绘，特别是用于难以到达的区域拍摄高分辨率图

像,通过生成的三维地形模型,施工团队可以准确评估地形条件,并为设备选址和管道布局提供可靠的空间数据支持。在施工过程中,无人机也可定期巡检施工现场,实时获取施工进度数据和安全状况图像,为现场管理提供了客观、精准的图像信息。在设备安装和检修阶段,机器人能够进入危险、狭窄或不便于人工操作的区域,完成高精度的焊接、检测和零件安装。例如,焊接机器人可以在管道接口和设备关键连接点完成高质量焊接,减少人工焊接可能带来的误差和缺陷,确保接合部的气密性和强度。同时,检测机器人可以通过红外成像、超声波和激光测距等技术手段对安装质量进行实时监测,避免了因隐蔽工程质量问题导致的后续返修和维护工作。通过无人机和机器人辅助施工,数字化技术可以显著提高油田建设的安全性和施工效率。

3. 虚拟现实技术施工

虚拟现实技术在施工前期的规划和模拟阶段可以发挥重要作用,为识别和规避潜在施工问题提供全新的技术手段。在施工开始之前,工程团队可通过VR技术将设计方案转换为虚拟三维模型,使项目管理人员和施工人员能够身临其境地“走进”施工现场,从而提前发现设计缺陷、施工冲突和不合理的工作流程。例如,通过VR模拟,团队能够迅速识别设备布置不当、管道排布干涉等问题,并在施工正式开始前对设计进行改进和优化,避免因施工变更导致的工期延误和成本上升。在施工过程中,VR技术还可作为培训工具,为施工人员提供复杂作业的虚拟训练环境。施工人员通过佩戴VR设备,在虚拟空间中练习操作流程和紧急情况应对策略,特别是在高空、有限空间等高危作业环境中,虚拟训练有助于提高施工人员的技能

水平和安全意识,减少现场误操作风险。这种基于VR技术的实操培训可以将理论与实际操作有效结合起来,提升施工团队的整体作业水平和应急处置能力。

四、结语

数字化技术的深入应用,为油田采油与集输系统的设计、施工与管理提供了坚实的技术基础和丰富的创新手段。在物联网、大数据、云计算、人工智能的协同作用下,油田生产的自动化、智能化水平得以提升,实现了生产全过程的实时监控、智能分析和精准预测。通过将数字化技术与油田采油与集输一体化设计相结合,能够有效提升生产效益,降低生产风险,实现系统的稳定高效运行。这种一体化设计与施工模式的推广,不仅将推动油田开发领域技术与管理模式的革新,还将为全球能源行业的可持续发展做出重要贡献。

[参考文献]

[1]杨忠良.某采油厂数字化安全管理模式的建立与实施[J].劳动保护,2023,(11):95-97.

[2]刘志忠,刘晓莹.油田智能化建设的构想与实践[J].信息系统工程,2020,(08):128-129.

[3]崔平正,杜娜,崔晨,郑永利.油气田地面工艺流程设备安全管理的技术分析[J].新疆石油天然气,2020,16(01):96-100+6.

[4]崔平正,廖剑波,崔晨,王辉.油田集输管网及设备数字化管理系统设计与应用[J].新疆石油天然气,2018,14(03):71-75+5.

[5]李哲.浅析数字化油田建设中的技术途径[J].当代化工研究,2018,(02):37-38.

上接第188页

划书应详细列出各个管理环节的具体任务、时间节点、预期目标及可能遇到的挑战与应对措施。同时,计划书还应明确责任追究机制,在出现问题时能迅速定位责任主体,并采取有效的纠正措施。

(4)适时调整与优化既有方案。5S管理理念在建筑企业施工现场的应用,不仅要每一个环节进行精细化的管理,还需根据实际应用中的反馈,灵活调整管理策略,达到最佳的管理效果。5S管理理念在建筑施工现场管理的应用不是一成不变,要根据实际情况进行动态的调整。通过持续的实践,能更加清晰地认识到哪些环节存在改进的空间,哪些策略在实际操作中遇到挑战,有针对性地对方案内容进行修订与完善。例如,要调整物品的分类与标识方式,以便更加高效地找到所需物品;或者优化工作流程,减少不必要的环节,提高工作效率;抑或是对施工现场的清洁标准进行细化与升级,确保环境的整洁卫生。这些调整都旨在使5S管理理念在建筑企业施工现场的应用更加贴合实际,更加高效。

(三) 建筑工程施工质量管理的应用

5S管理理念在建筑施工现场管理实践中的应用主要目标是提升施工质量、按计划进行工程进度,并优化项目效益^[5]。具体策略需依据工程的实际情况,选择最合适的管理模式,使企业获得最佳经济效益。5S管理的应用能增强对施工人员的监管,使施工现场的工作人员行为符合规范,防止因操作不当而对施工质量产生负面影响。实施5S管理要求管理人员对施工流程进行细致规划,优化物品管理,设置清晰的标识系统,并执行定期的清洁维护。这些措施有助于创造一个高效、有序且安全的工作环境,提升施工效率,减少资源浪费,

预防施工事故的发生。5S管理的深入实施有助于塑造一种注重细节、追求卓越的企业文化。施工人员在文化氛围中,将更自觉地遵守施工规范,努力提升个人技能,为施工质量的提升贡献力量。

结论

5S管理理念在建筑施工现场管理中的应用,能显著增强管理的力度并提升管理的效果。这一理念的实施,使施工现场在多个方面实现管理的精细化,提高管理的整体水平。5S管理通过具体实践,优化施工现场的秩序、提高工作效率,合理利用资源。管理人员要对施工现场进行全面细致的管理,同时强调施工人员的行为规范与职业素养,保障施工质量的稳定提升。5S管理的应用为建筑企业带来明显的竞争优势,提升企业的施工效率,增强企业的市场信誉,使企业在竞争中更具优势。因此,建筑企业应重视5S管理理念在施工现场的应用,视5S为提升企业核心竞争力的关键。

[参考文献]

[1]焦国强.基于5s管理在建筑施工现场管理中的应用分析[J].居舍,2019,(34):154.

[2]王维全.浅谈6S理念在建筑工程施工现场管理中的应用[J].民营科技,2018,(10):175.

[3]伍广哨.建筑工程施工现场管理中5S管理理念的运用[J].技术与市场,2018,25(09):224.

[4]周诚.试论5s管理在建筑施工现场管理中的运用策略[J].科技展望,2015,25(06):21.

[5]向江兰.5s管理在建筑施工现场管理中的应用分析[J].科技与企业,2014,(20):54.