

采油工程数字化施工管理体系构建实践

杨乾涛 阿不都卡德尔·麦麦提 王强 文武 韩大鹏

准东采油厂公司准东采油厂 新疆 阜康 831511

【摘要】：我国当前的经济发展迅速，因此，对于石油等不可再生资源的需求量也越来越大，而不可再生资源的使用还无法完全替代。因此，石油采油工程在当下的发展背景下，仍然在以逐渐增多的趋势在发展。准东采油厂还存在施工点多面广、数据传递滞后等问题，因此，建立符合准东采油厂实际的数字化施工管理系统，明确构建原则、总体架构、模块设计和实施路径，并以准东采油厂为例进行实证研究。研究显示，该方法能有效提高施工效率，减少安全风险，和准东油田特点适配，具有较好的区域适应性和推广应用前景。

【关键词】：采油工程；数字化施工；管理体系；构建实践

DOI:10.12417/3083-5526.26.02.031

准东采油厂是中国西部地区的主要石油和天然气开采基地，其中准东采油厂井场分布分散，施工过程复杂，目前主要依靠人工巡查和线下协同的施工方式，面临着数据传递滞后等问题，很难满足高质量发展的需要。随着工业数字化和智能化技术在石油天然气工业领域的广泛应用，建立石油采油工程数字化施工管理系统，是解决油田现场管理难点，提高管控效能，保证安全稳产的关键途径。

1 数字化施工管理体系构建重要性

为解决准东采油厂传统管理效率低的实际问题，建立基于数字化技术的施工管理系统，是突破管理瓶颈、实现质的提升，是实现油田高质量发展的重要手段，具有十分重要的现实意义。从工作状态适应的视角出发，通过物联网、云平台等多种手段，将准东采油厂分散的作业点、设备、物资等各方面融入统一的控制平台中，从而达到对施工全过程、全过程的可视化、实时监控，从而完全破解准东采油厂远程分散作业的管理问题。从管理提升的观点来看，该数字化系统可以让数据自动收集和实时分享，抛弃过去手工填写的缺点，保证数据的准确和有效的流动。通过对安全风险和质量隐患的预测，实现对安全风险和质量隐患的提前预警，使控制方式由“事后处理”转向“事前防范”，大大减少安全事故和质量缺陷的发生^[1]。

2 采油工程数字化施工管理体系总体构建

2.1 体系构建原则

针对准东采油厂施工的特点和管理难点，建立了石油开采项目的数字施工管理系统，保证了系统的落地实用和高效适用。抛弃传统的大型数字控制模块，针对性设计轻型、抗强干扰的数字控制装置，并考虑到在没有信号的地区进行脱机操作，保证数字化设备和管控方式能适应准东采油厂的施工，避免“水土不服”。闭环设计理念突破了以往的“分片”管理模式，建立“任务发布-现场实施-全程监控-问题整改-归档”的闭环体系，控制各施工流程，及时发现问题，杜绝管理的死角。基于“数据驱动”的理念，以区域内的信息收集为基础，通过

对工程进度、安全隐患等多个维度的信息进行融合，打破以往的“经验”模式，达到实时可视化，风险隐患精准预警、科学调配资源、决策有据可依，全面提升管控精度^[2]。

2.2 体系总体架构

采油工程数字化施工管理体系利用“云-边-端”三级协作架构模式，明确层级分工，贯通上下游，形成全链路的数字管控，从源头上解决准东采油厂的生产管控问题。底层是现场终端层，是系统的信息采集来源，其配备有物联网传感器、智能高清监控设备等多种硬件设备，分布准东采油厂各施工井场和作业环节，对施工参数、人员位置、现场环境等进行实时采集和在线同步，保证不中断的采集工作。系统的管控层是系统的中心控制中心，负责从基层上传数据，对进度管理、物资调配、跨部门协同办公、闭环处理等主要模块进行整合，打通各部门之间的信息屏障，达到对施工过程的实时监控，对物资的精确调度，对整个工地的业务进行标准化、闭环化的管理，从而承担起上到下一级的数据流动和业务调度^[3]。

2.3 主要功能模块设计

利用GIS地理信息系统，实现准东采油厂井场位置和工序进度的即时标注，并将进度与实际进度进行比较，并能实现进度偏离的报警；支持工序分解、进度上报等功能，能够在施工方案发布、进度追踪到竣工验收等过程中进行数字化管理，使管理层能利用大屏幕，对准东采油厂的施工情况进行及时的了解，并为落后的工序进行迅速的调配。对智能监控系统和移动巡检终端进行集成，对工地上的违章行为、设备异常和环境风险进行实时监控；内部设置危险库和危险检查列表，由一线员工将危险信息提交到手机上，由系统对其进行处理与追踪，从而建立“调查-报告-下发-整改-销号”的闭环管理体系，并将安全技术交底和作业票审批在线进行。构建石油开采工程的质量标准体系，包括完井、举升等关键过程的质量验收规范；质检员将验收资料和现场照片上传到手机上，由系统根据是否符合条件进行判断，不符合条件的情况会启动修复程序；对产品的质量验收记录、整改录像和复查结果进行保存，使产品出现质

量问题可追溯^[4]。

3 准东采油厂采油工程数字化施工管理体系实施路径

3.1 前期筹备阶段

项目的前期筹备阶段是项目实施过程中重要的一步，需要根据准东采油厂的特点和具体情况，对项目进行全面的调研、物资和培训等准备工作。对准东采油厂施工的整个过程和过程进行系统整理，包括完井、提升、维护等核心工作，确定施工、安全、监理等各部门的管理责任和数字化要求，并制定岗位数字化操作清单和业务流程图，保证体系设计贴合准东采油厂实际情况。成立跨学科的特殊执行小组，吸收准东采油厂技术中心主要骨干，负责系统的设计、部署和调试。为了解决基层工作人员的数字操作基础薄弱等问题，设计图文结合的操作指南，进行分层实践训练，着重讲解终端的使用、数据上报和隐患闭环等关键操作；另外，还配备脱机运行终端，并对离线的数据进行预先测试，确保在没有网络和弱网络的情况下，能够在不存在网络的情况下进行工作，为系统的施工打下坚实的硬件和软件基础^[5]。

3.2 试点先行阶段

试点先行以“小规模试验-针对性优化”为思路，选择准东采油厂2~3个具有代表性的生产作业区块，覆盖戈壁常规井和偏远地区从式井等多种条件，综合验证该方法的可行性和可靠性。在试验阶段，对三项关键技术进行检验。物联网设备和移动终端的数据收集的稳定性，并对脱机数据的上传和传输的准确性进行检验。对作业过程的适应性，包括进度控制、质量验收等以及与工地施工相匹配的检查；对隐患排查和质量追溯的闭环管理效能进行追踪，实现整个过程的高效运行。同时，根据当地天气等特定环境条件，对各模块进行性能改进，增强终端的抗高温抗风沙、抗干扰能力，实现离线数据的实时同步，并根据现场风险特征进行预警阈值的设置。在完成对问题整改清单、经验做法和改进计划进行系统的整理，并将其转化为规范化的试验结果，并在实践中得到应用。

3.3 全面推广阶段

以试验的最优结果为基础，以准东采油厂全局采油施工场景为例，分期分区域全面推行数字施工系统，达到全厂施工井场、作业班组全覆盖的目标。在推广之前，制定标准化推广计划，对各环节的推广时间、验收准则进行详细说明，保证推广工作的顺利进行。同时，健全数字化的管理系统，建立各工作人员的数字化操作规范、闭环处置时限及数据归档要求，避免操作不规范、处理不及时。为了提高全体人员的应用热情，制定专门的考核和激励措施，将数字化终端的使用率、数据上报的及时性、施工效率的提高程度等都列入准东采油厂员工和作业区的月度和年度绩效考核中，对应用滞后、操作不规范的班

组督促整改。并构建定点指导工作，由试点工作人员分工负责，及时破解技术推广中遇到的问题，促进整个系统由“被动使用”转变为“主动应用”，保证制度充分落实^[6]。

3.4 持续优化阶段

连续优化是保证数字施工系统长期运行和适配准东采油厂发展的关键，构建“数据采集-缺陷解析-迭代更新”的标准化优化机制。每月汇总施工进度、材料消耗等完整的数据，并利用大数据对系统的运作进行全面分析，对系统的运作进行了全面的梳理，着重对流程的卡顿等方面进行着重的检查，并对其进行优化。根据新技术的推广，结合准东采油厂新增情况，制定新的规范，对各系统的功能模块进行适时的更新和更新，增加了特殊工序的控制和智能分析，以保证该系统能够满足石油生产的需要。深化大数据等智能分析方法的运用，优化风险预警和成本分析模型，提高预警准确性和支持决策的水平。推进准东采油厂生产指挥系统、安全环保等系统进行数据对接，实现施工、生产、安全等多个领域的互联和共享，解决“信息孤岛”问题。对一线员工和技术人员进行了多次的优化讨论，听取实际操作的意见，并对操作流程进行了改进，提高了系统的稳定性，使系统的控制效率和现场适应性得到了进一步的提高。

4 实践应用成效

以准东采油厂企业信息化施工管理的实际情况为例，选择40个典型油田，涵盖戈壁常规开采等典型工作条件，通过对实施过程中核心管控指标等进行纵向比较，充分检验了该管理制度的实际运用价值，全部数据来源于实际操作和系统后台，体现了该体系的落地成效。

4.1 核心管控指标对比

通过选择施工平均周期、施工质量一次合格率、数据上报及时率等核心控制标准，通过与系统应用前后的实测数据，直观体现体系对采油施工关键环节的改善作用，直观体现体系对采油施工关键环节的改善作用（见表1）。从数据变化来看，该数字化体系通过对整个过程的在线管控和闭环处理，全面提高施工效率、安全质量，所有的数据都得到了明显的提高，这充分证明了数字化技术相对于常规的手工方式的优越性，以及与准东采油厂生产条件的高适应性。

表1 体系应用前后核心管控指标对比

评价指标	应用前	应用后	改善幅度
施工平均周期	28.5 天/井	22.3 天/井	缩短 21.8%
安全隐患整改闭环率	72.3%	98.7%	提升 26.4 个百分点

施工质量一次合格率	89.5%	97.8%	提升 8.3 个百分点
施工物资损耗率	8.7%	4.2%	降低 51.7%
数据上报及时率	68.2%	99.1%	提升 30.9 个百分点

4.2 提高管理效能效果

数字化施工管理体系的建立，使准东采油厂传统施工管理方式发生翻天覆地的变化，使生产经营效率有了质的飞跃。大大提高了施工工作的效率，用电子审批代替线下的纸质审批和人工传递，大大减少了工作衔接和跨部门交流的时间，平均缩短了 21.8%，信息报送的及时性由 68.2% 提高到 99.1%，彻底解决偏准东采油厂信息滞后的难点。安全控制达到了闭环化，安全隐患排查和整改销号闭环覆盖率达到 98.7%，无一起重大安全事件，安全工作由事后整改向事前预警转变。工程施工的

品质不断提高，通过数字化固化的品质标准和规范化的验收流程，使工程一次验收的合格率达到 97.8%，对问题的追踪率提高 90%，消除工程中的各种问题。实现了建筑费用的高效削减，通过对物资的精确调配和对设备生命周期的控制，使材料的损失率下降 51.7%，单井施工费用减少 12.3%。决策更具科学性和有效性，实现了全局施工情况在屏幕上一目了然，通过实时的信息，实现对各种资源的精确调配，大大提高了决策的准确性和有效性。

5 结论

总之，建立和实施采油工程数字化施工管理体系，是解决准东采油厂现有施工管理中存在的问题，提高管理效率的重要途径。该信息数据为核心、以区域适应性为特点，对缩短施工周期、提高质量效益和降低成本损失具有明显效果，充分契合准东采油厂作业情况，具有较高的应用价值和广阔的应用前景。实践表明，数字化转型作为采油工程施工管理的发展方向，是采油工程安全、高效和绿色发展的必由之路。

参考文献:

- [1] 付晓磊,张永鹏.关于完善定边采油厂钻井监督管理促进施工质量提升探究[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(07):14-16.
- [2] 董绍刚,周鹰.采油生产过程中智能化安全管理措施的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(18):53-55.
- [3] 安丽梅.采油站场建设施工过程中存在的安全问题及应对治理措施[J].化工安全与环境,2023,36(06):5-6.
- [4] 杨勇楠.采油工程检泵施工常见问题及对策[J].化学工程与装备,2023,(02):142-143.
- [5] 齐菁华.采油工程的检泵施工[J].化学工程与装备,2022,(09):167-168.
- [6] 何洁.采油工程检泵施工常见问题及对策[J].化学工程与装备,2022,(05):152-153.