



Idrilling(应龙)1.0: 探索智能钻井 破解行业难题

□王汉卿 李泰豫 李亚男 王 力

2025年6月6日,石油工程公司在青岛发布Idrilling(应龙)科学钻井系统1.0版本,这是中国石化首套自主研发的科学钻井系统。面对数据采集不全、决策依赖经验、装备联动困难等行业痛点,这套集“物联感知、科学决策、闭环控制”三大子系统于一体的智能钻井方案,不仅消除了行业顽疾,而且引领油气行业向高效、安全、绿色的未来加速转型。

七载积累 不断探索的攻坚之路

在传统钻井作业中,现场作业人员承担着巨大的压力和风险,钻井工人肩扛手抬搬运钻杆;钻井液性能监测需要泥浆工全天候驻守池边,细微偏差便可能出现卡钻、溢流等风险。当钻进遭遇高压层等复杂情况时,现场决策要依赖资深工程师的直觉判断,任何误判都可能导致巨大经济损失……为了改变这一现状,石油工程公司着眼智能化技术,探索利用科技提升钻井的安全性和效率。

2018年,随着数字化转型浪潮袭来,石油工程公司围绕智能钻井核心能力建设,前瞻性布局旋转向工具研制、装备物联网(MRO)系统开发、数据资源中心建设等重点工作,迈出了以技术破冰引领变革的坚实步伐。

2022年,依托集团公司十条龙项目,“经纬领航”旋转向钻井技术获得重大突破,并在牛页示范区打造了集团首个钻井现场一体化支持平台,开启了石油工程数字化转型的新篇章。

2024年,在中国石化智能油田快速推进的背景下,石油工程深度融入石油工程业务管控平台(IPPE)建设,先后在胜利石油工程和经纬公司成立远程支持中心,实现了数据链、技术链、决策链的融合贯通,步入了科学钻井高速发展的快车道。

“至此,石油工程实现了从‘单一工具’到‘系列集成’的技术跨越、从‘独立模块’到‘系统平台’的升级转型、从‘现场支持’到‘远程决策’的模式变革。”石油工程公司副总经理孙丙向介绍。

与此同时,公司紧跟集团“上游一体化”步伐,依托信息化技术,构建了管控前置化、资源最优化、指挥扁平化的前后方两地联动体系;实现了现场操作方、现场监督方、作业关联方、施工建设方的四方协同作战,打造了“两地四方”新模式,有效支持了集团地质工程一体化的高效、安全、精益运行。

经过多年的技术积累和数字化转型,石油工程公司终于实现了从“人工操作”到“智能决策”的跨越。从旋转向工具的自主研发,到远程支持中心的建成,再到“两地四方”协同体系的落地,每一步都为Idrilling(应龙)1.0的诞生铺平了道路。

Idrilling(应龙)亮相 打造科学钻井新样本

在科学钻井实践发展过程中,有三大难点非常突出。

一难,在数据采集方面,钻井、测井、录井、地下导向仪器和地面装备等数据尚未实现时间与空间同步的全领域覆盖;二难,在工程优化方面,虽然初步实现了从经验钻井向科学钻井的转变,但人工智能辅助下的快速识别与决策程度仍然较低;三难,在装备联动方面,施工指令与自动化装备之间仍在控制体系的壁垒,高质量联动协同的“最后一公里”仍未打通。

以问题为导向,“应龙”利刃破局。

该系统集“物联感知、科学决策、闭环控制”三大子系统于一体,通过物联感知子系统,捕捉油藏地质特征、井筒实时状态、装备运行信息,构建全域感知数据底座;联动科学决策子系统,融合AI先进技术,打造钻井工程优化、人工智能辅助、井筒风险识别三大特色功能;依托闭环控制子系统,实现以钻参自主调控、导向自动巡航、安全智慧管控为目标的集



石油工程技术人员正在研究科学钻井系统。

张 玉 摄



Idrilling(应龙)科学钻井系统1.0版示意图。

成协同。

“集三大子系统于一体,犹如给钻地龙装上了精准眼和智慧脑,让钻井作业实现‘无人驾驶’。”该系统研发主力、经纬公司安全总监杨斌形象地比喻。

1. 物联感知子系统——井场“神经中枢”

物联感知子系统由装备MRO物联网、智能录井、随钻测井、数据智汇盒4个模块组成,构筑起了整套系统的井场“神经中枢”。

MRO物联网模块可同时在线监测16类关键设备,覆盖392项运行参数、234项保养项点及280项报警提醒,实现现场装备的“智能管理”。该系统已在胜利油田、中原油田、江汉油田等的百余部钻机配套应用,装备运行由“人工值守”向“智能监测”转变。

自主研发的“数据智汇盒”攻关突破了数据低延迟多路分发、定制化续传、高稳定性微处理等技术瓶颈,实现了钻井工程、钻井液、气测、定向、固井5类1139项工程数据的汇聚,全面支撑地质工程一体化应用需求,开创了集团上游数据统采共享新模式。

2. 科学决策子系统——科学决策“大脑”

科学决策子系统涵盖钻井优化、地质导向、AI数据分析、井筒风险预警四大核心模块,构建了科学决策“大脑”。

作为科学钻井的核心关键,钻井优化模块

首创多参数实时在线计算对比和九大模块设计,决策响应速度较传统模式提升80%;构建了222个工程建图模板和六大气藏优化应用场景,形成国内最完整的钻井工程参数基准数据库;创新智能报表自动生成功能,实现基层数据填报工作量减少70%,报表生成效率提升10倍。前期试验阶段,该模块已在胜利、西南、江汉等工区完成400余口井的现场应用,实现由“经验钻井”向“科学钻井”的转变,为提速提效及井下安全保驾护航。

AI数据分析模块主要有四个智能应用场景。一是施工方案智能优化场景。创新应用检索增强生成与大模型技术,结合井史数据、邻井施工方案、多智能体系统,以及专家业务知识,构建了钻井施工方案智能生成平台,自动规划方案优化路径。二是测井数据智能解读场景。与长城大模型深度融合,突破传统数值型数据解析局限,整合结构化测井数据与非结构化解释报告、岩芯图像等多元信息,打造多模态数据驱动的测录井知识库引擎,使常规测井处理流程耗时缩短40%~60%,复杂井解释周期压缩50%以上。三是随钻诊断智能互动场景。通过植入AI大模型并进行深度赋能,对钻井工程知识库、专家案例库等向量库学习,实现单井综合情况分析、地质导向智能解读、低效事件及参数分析推荐、建图分析

建议、井眼清洁分析建议等个性化功能。四是KPI(关键绩效指标)时效智能评价场景。基于AI机器学习研发的自动工况识别,有效降低了现场工程师工作强度,提高了对于现场施工进度管理效率及数据准确性。

3. 闭环控制子系统——“自动”执行指令的关键

闭环控制子系统包含钻井参数自主调控、导向自动巡航、安全智慧管控三大控制执行模块。

钻井参数自主调控模块,可基于实时决策指令与钻机设备实现双向通信交互,依托集成控制中心与井场循环、电子控制等六大子系统协同联动,建立高效、稳定的通信机制,确保控制指令的精准下发与快速响应执行。

旋转地质导向钻井模块,通过多维度技术创新,成功突破行业技术瓶颈,形成具有自主知识产权的核心技术体系,系统整体达到国际先进水平,部分性能国际领先。

安全智慧管控,融合视频风险智能识别、声振温设备监测、井场区域安全管理、人员智能定位等核心技术,构建多维度感知与智能管控体系。通过部署AI算法模型实现危险行为监测与报警,结合“声振温一体化”传感器提升设备运行状态识别能力。

手握利器 科学钻井已呈燎原之势

走进胜利油田丰页1井施工现场,所见景象已与传统钻井大不相同:钻井液智能坐岗系统像是一个AI泥浆工程师,钻井装备物联网系统改变了现场依赖人工对设备进行巡检的工作模式……还有眼前未能看见的,数十公里外,科学钻井远程决策支持中心正运用信息化与大数据智能分析手段,推荐施工方案……

“依托旋转向、随钻测井、高速传输等硬件装备和地质建模、综合地质导向、钻井优化等软件平台,实现从钻头到地面设备的导向自动控制。井场的自动化智能化,逐步改变了井队的运行模式。”该技术研发主力、胜利石油工程智信中心经理何洪涛说,“钻井又脏又累又苦的日子离我们越来越远了。”

如此数智化的施工场景,在石油工程各工区已经成为新常态。试验应用阶段成效初显。——在胜利油田,直面陆相页岩油区块断

层裂缝高度发育、地层破碎应力差,以及海上深井长油泥岩水平段清洁困难、压力体系复杂等世界级地质难题,联动井筒风险预警、钻参自主调控等模块,成功破解高风险区块安全成井挑战,累计支撑75口井,平均提速15.05%,节约周期12.48%,助力胜利油田高效开发。

——在中国石化首个页岩气“瘦身井”示范工区涪陵页岩气田,薄互层页岩易导致轨迹偏移、高地应力泥岩段易引发井壁缩径的地质风险,叠加井筒瘦身带来的井壁承压能力弱、钻井参数难以提升、钻具振动风险高等工程难题,施工难度呈指数级增加。以信息化、智能化手段推动小尺寸井眼管柱力学、水力学、井眼环空间隙配比等传统理论研究创新发展,累计优化施工60口井,平均机械钻速提升29.42%,节约周期17.59%。

——针对西南工区酸性气、致密气、页岩气等复杂气藏类型,与西南石油工程钻井分公司技术部门成立联合作战团队,靶向施策,钻井提速实现“多点开花”,支撑66口井实现钻井提速12.59%,节约周期11.06%。尤其是2024年以来,在解决资阳第竹寺页岩气新探区复杂地质特征认识不够、新层系工程技术适应性不足等带来的机械钻速低、井壁失稳风险高、复杂井漏频发、井筒安全性难以保障等系列“卡脖子”技术难题中发挥了重要作用,“量身定制”的资页3井提速攻关方案,创水平井钻井周期最短、平均机械钻速最高等13项施工纪录,推动川西南页岩气勘探开发由龙马溪组向第竹寺组接替阵地跨越。

Idrilling(应龙)1.0版的问世,为实现智能钻井奠定了坚实基础。2.0版又将描绘怎样的智能钻井蓝图?

“智能化最突出的标志就是钻台无人化、井场少人化。”孙丙向说,“我们希望2.0版可以通过数据采集分析、大模型逻辑推理,让人工智能决策控制钻井参数、钻井液性能,实现钻井装备无人化操作。”

下一步,石油工程将以“数智赋能,智创未来”为目标愿景,统筹推进以人工智能大模型引领的决策智能化、以智能导航为路径的井下自主化、以井场智联控制为核心的地面自动化,构建以“智能决策+智联控制+全自动化钻机+钻井智能导航”为关键支撑的智慧钻井体系,重塑传统钻井模式,全面提升作业效率、安全水平与资源利用率,推动油气工程迈入更加高效、安全、绿色的新时代,打造引领能源技术革新的智能钻井新范式。

“我们将秉持现场操作自动化、决策管理智能化、运营服务扁平化、施工环境友好化、生产过程低碳化的‘五化’理念,优化资源配置、强化安全管理、深化国际合作、引领科技创新,打造新质生产力,培育发展新动能,全面推进‘数智油服’建设,为保障国家能源安全、助力油气行业高质量发展提供高效、可靠的技术支撑,为构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系贡献油服力量。”石油工程公司董事长、党委书记吴柏志表示。

专家视点

信息和数字化管理部高级专家 吴建军

“Idrilling(应龙)”科学钻井系统解决了数据采集、工程优化和装备联动难题,是人工智能技术在勘探开发领域成功应用的典型范例,为行业内相关场景应用提供了极具价值的借鉴。

下一步,石油工程将以生产组织运行模式革新为核心,把提升生产现场本质安全、缩短管理链条、降低运营成本作为关键突破点,通过强化顶层设计、深化统筹协调、创新实施路径,一体化推进现场物联网、数据资源中心、远程支持中心等七大核心体系建设,全力构建全要素感知、全流程贯通、全链条协同的数智化生态,为打造数智油服新质生产力、实现高质量发展注入强劲动能。

具体来讲,一是强化顶层设计,筑牢数智转型根基。深度融入上游一体化大平台,按照管理制度化、制度流程化、流程标准化、标准信息化、信息场景化思路,系统搭建石油工程业务应用场景,以标准化流程驱动业务协同,以场景化应用赋能决策优化,确保数智化转型方

向精准、路径清晰。二是激活数据价值,培育创新发展动能。依托大数据、人工智能等前沿技术,构建全生命周期数据资产管理体系,深度挖掘数据价值,推动数据要素与工程技术深度融合,以数据驱动工程技术迭代升级,打造技术先导型油服公司核心竞争力。三是推进智能升级,重塑生产管理范式。面向基层作业现场,全面推进操作自动化、作业无人化、管理数字化转型;面向管理层级优化,构建远程指挥、专家决策支持体系,加快实现从“三层架构、两级管理”向“企业直管基层”模式的跨越升级。同时,搭建分区域、分类型管理模型,通过人工智能、自主学习模型,推进设备、材料、技术参数等持续迭代升级优化。

油田勘探开发事业部石油工程室副经理 许礼儒

在能源行业数字化转型的浪潮中,数智化技术正重塑石油工程在勘探开发全链条的价值。“Idrilling(应龙)”科学钻井系统凭借强大的数据处理能力,实时采集、传输和深度分析地质参数、工程数据等海量信息,借助大数据

与人工智能技术,为识别地质构造、油气藏分布提供了有力的支撑,提前预判井漏、井喷等风险,让决策有“数”可依、科学高效。自动化与智能化技术助力钻井设备远程协同作业,不仅有效降低了传统作业中高强度、重复性的人力负担,而且实现了人工成本的显著压缩,同时借助自动化设备与智能系统的协同运作,作业效率呈几何级跃升,真正实现了降本增效的双重突破;通过动态监测和优化钻井参数,钻井速度与周期实现双突破,建井成本显著降低。安全层面,数智化系统构建起全方位监测网络,隐患预警分秒必达,为作业安全筑牢防线。在资源管理领域,系统输出的精准数据助力人力、物力、财力精准调配,资源利用效率节节攀升。尤为关键的是,通过优化参数与流程,能源消耗与废弃物排放持续减少,绿色低碳钻井从蓝图变为现实。这一系列变革,正驱动石油工程公司向更智能、更高效、更安全、更绿色的未来加速迈进。

石油工程要以“智能决策+智联控制+全自动化钻机+钻井智能导航”为实施路径,全面推进石油工程智能化转型升级,构建全流程

无人化作业体系,以数字技术与智能装备深度融合驱动勘探开发数智化变革,为集团公司上游高质量发展注入新动能。

石油工程科技信息部经理 毛 迪

随着新一轮科技革命和产业变革的快速演进,能源行业变革愈加显著,必须从技术升级与前瞻布局双维度发力,才能在激烈的市场竞争中求得一席之地。智能钻井方面,石油工程将持续加大对地面作业系统、井下控制工具和决策系统智能化研发投入。通过引入先进的人工智能算法、传感器技术等,不断迭代装备、工具、系统之间的融合程度与智能化水平,缩小与世界先进水平的差距。同时,着眼油气勘探开发未来挑战,提前布局前沿技术研发,加大在数字孪生井筒、智能钻完井、智慧油藏、绿色低碳钻井等领域的投入,为石油工程可持续发展储备核心技术。

数智化的价值不仅是技术的升级,更是生产运行模式和管理效能的全面革新,必须推动技术与业务的“双向奔赴”,实现从单点突破到

全面赋能的价值跃升,打造具有石油工程特色的智能化应用生态。我们将以数智化转型为契机,通过引入数字化技术,实现业务流程的数字化再造;大力推广数字孪生和物联网技术,强化远程作业与装备的高效运维;积极探索人工智能应用场景,通过AI赋能,实现石油工程公司降本创效能力的全面提升。

中原石油工程技术发展部经理 兰 凯

在西南工区,我们与中原测控共建钻井优化达州分中心,全面部署了经纬公司智能钻井系统,常态化嵌入工区重点井技术监管业务流程,在水平段井眼清洁、摩阻扭矩异常监控、管柱屈曲分析、井底ECD(钻井液循环当量密度)精细调控方面充分验证了系统的可靠性。

系统应用后,窄密度窗口的工艺优化针对性更强、钻完井异常指标反馈更及时、前后方联动更科学,成为现场技术人员喜欢用、技术专家信任的好助手,为公司“四提一降”赋能,助力油公司高质量勘探和高效开发。