

推进中国式现代化的石油石化行动

阅读提示

近日,在西南页岩气开发“主战场”涪陵工区,复兴区块兴页L198-6-1HF井成功钻至井深5290米。该井水平段长2501米,钻井周期仅18.9天,再次刷新复兴区块钻井周期最短纪录。

江汉油田、经纬公司、工程院、江汉石油工程等单位通力协作,积极应用深度融合AI和大数据等前沿技术的RTOC(远程技术支持系统)、“Idrilling应龙”科学钻井等优化系统,给钻井植入智慧大脑,让钻井从传统的经验钻井转向科学钻井。

“最强大脑”助力经验钻井转向科学钻井

□本报记者 夏梅 通讯员 王帅 林安国

井眼轨迹、地层压力、钻头状态如何,钻井参数是否合理……7月7日,江汉油田一体化钻井决策中心办公室内,来自江汉油田、工程院、经纬公司等单位的钻井优化专家正对焦页4-Z6HF井进行跟踪,后台系统实时分析计算,并给出优化建议。

传统钻井模式正经历着一场深刻的智能化变革。随着油气勘探不断向深层和复杂构造区推进,钻井难度持续攀升,钻探对象更多的是“难啃的硬骨头”,传统依靠人工的经验钻井面临更多挑战。江汉油田积极应用深度融合AI和大数据等前沿技术的RTOC(远程技术支持系统),“Idrilling应龙”科学钻井等优化系统,给钻井植入智慧大脑,让钻井从传统的经验钻井转向科学钻井。科学钻井系统应用以来,助力机械钻速同比提升33.2%,平均钻井周期缩短18.1%,复杂故障处置时间缩短31.8%,实现安全高效钻进。

打破经验桎梏,科学钻井

兴页L198-6-1HF井钻进中,江汉油田与经纬公司合作创新采用“应龙”三维井眼清洁模型对携岩指教、摩阻系数等多维参数进行量化评估,替代传统的“短起下”清洁方法,在保护钻头、旋导仪器的同时,直接节约短起下钻时间近5天。

“之前每钻进500米就要短起下钻,是为了减少岩屑堆积,保持井眼平滑。”江汉油田一体化钻井决策中心副总工程师易争利解释,因为地下情况未知,施工人员只能通过短起下钻的方式来确认井眼通畅情况。

现在系统捕捉的钻井液流速、密度、循环压力等参数,汇入“应龙”系统后生成三维井眼清洁模型,井眼通畅度一目了然,现场施工人员可以科学减少“短起下”工序。

地下情况就像“黑匣子”,以前施工更多的是依靠技术人员的经验,经验积累周期长,不确定性强。智慧钻井更像是模拟技术人员的大脑,通过大数据分析,直接将技术人员的成熟经验、大脑思维搬到模型上,形成钻井的“最强大脑”,现场施工人员随用随取,加快经验、技术的固化,以及推

广节奏。

以强化参数为例,以前认为钻压越大打得越快,整个工区采取“蛮力破岩”的方式,即高钻速、高钻压、大排量。应用科学钻井系统后,江汉油田和工程院的技术人员对实时数据进行回顾分析,发现钻压超过临界值后,钻头磨损速度将陡增,钻头寿命大幅缩短。“超压钻进看似节省时间,但是更换钻头起下钻要花更多时间,反而影响钻井速度。”易争利说。有了新认识,涪陵工区迅速推广采用优化参数的钻井方式,减少钻头磨损,延长钻头寿命,提高单趟钻进尺。

常规钻井在一个开次结束后,要下钻具进行通井作业,确保井筒畅通后再下套管。“现在利用科学钻井系统,可以实时跟踪钻进过程中的各项数据,通过对井下摩阻、下钻速度等具体数据进行分析,能够提前预判井筒流畅情况,减少通井作业这道工序,平均单井可节约20多个小时的作业时间。”科学钻井系统优化工程师肖俊表示。

“这不仅是工具升级,更是认知跃迁。”易争利总结道。当老师傅们的经验被转化为可复制的算法,地下“黑匣子”也通过数据流变得透明可视,让钻井更加科学智慧。

智能预测风险,安全钻井

“红页16-7HF井预测3568—3623米井段存在坍塌风险,建议钻井液中封堵材料保持20%浓度。”“红页10HF井预测5769—6214米井段有坍塌风险,钻井液中封堵材料不低于20%浓度。”7月5日,工程院技术人员通过AI系统分析钻井数据,对第二天重点井的地质风险进行预测,并给出预防措施。

据产能建设管理中心油田专家秦文斌介绍,像这样的地质风险预测,今年已经做了数百次。

红星区块地质构造复杂、裂缝发育,传统井常因井壁坍塌、钻井液漏失导致复杂时效高。为攻克这一难题,该中心构建了智能化预警体系,每日录入随钻伽马、声波等63类实时参数,结合历史震颤数据,建立133个核心算法对大数据进行分析,实时跟踪井眼轨迹在地层中的位置和井周存在的潜在地质风险,超前预测前方500米目的层漏失等复杂地质风险。

“以前是人工预测,精准度低,现在运用AI手段就像是智能导航,前方哪里有坑、怎么绕开,都能精准预测。”秦文斌说。红页3-4HF井钻进至井深6734米,提前50米预测“蚂蚁体”,通过调整钻井液密度有效预防井漏复杂。

钻井液密度安全窗口控制是关键挑战。“红星区块安全窗口窄,低于下限会垮塌,超过上限则漏失。”该中心钻井专家代永波说。为此,技术人员利用已钻井的井震信息创建了坍塌压力、孔隙压力、漏失压差剖面图,指导钻井液密度安全窗口的设定。实钻中,技术人员结合排量、密度等参数实时计算井底ECD(循环当量密度),判断相关钻井参数是否在安全窗口以内,并指导钻井液密度、钻井参数的精细调整,精准管控钻井施工过程中的溢流、漏失风险。

借助智能预测,复杂处置流程从“异常



工作人员利用科学钻井系统分析优化钻井工具。宋国梁 摄

上报→多层会诊”的事后灭火模式,变为提前预控,红星区块复杂时效降低15%,平均钻井周期由2023年的120天缩短至106天。目前该系统已推广应用60余口井,出具优快钻井意见900余条,采纳率87%。

实时优化措施,高效钻井

7月4日,在红页18-2HF井钻进过程中,科学钻井系统AI发出预警,当前钻速低于区块最优水平,并给出了钻压、钻井液排量和黏度的调整建议。现场技术人员立即按照系统推荐调整参数,实施后机械钻速迅速从7米/小时提升至9米/小时。

这并非孤例。代永波介绍,他们树立“打得慢也是异常”的管理理念,AI助手在钻进过程中实时对比区块钻井标杆库,自动推送低速预警,智能推荐最优钻井参数。钻井标杆库里有区块所有钻头平均机械钻速和进尺特征,AI助手自行分析出最佳钻头,并辅助进行钻具组合选型,提高钻

井效率。

为进一步提升钻井过程的智能化水平,他们还建立三维数字孪生井筒,将几千米地下钻柱受力、钻头钻进、钻井液性能的变化转化为精准数据,如同精密仪器为钻井施工实时“体检”,形成机械钻速热力图,技术人员可以实时看到井下的工具状态和各种参数变化,并根据变化实时优化分析、调整参数,使机械钻速达到最优。

“热力图用颜色梯度标识钻井能耗效率分布,处于红色高耗能区提示输入破岩能量远大于岩石强度,钻进效率低;处于蓝色低能耗区则提示当前输入破岩能量贴合岩石强度,钻进效率较高。技术人员可以通过热力图算出当前钻头钻进效率,找出相同能耗下取得最优钻井效率的钻井参数和钻具组合。”代永波说。

在兴页L198-6-1HF井钻井施工中,技术人员通过机械钻速热力图实时分析优化钻井参数和钻井液性能,创造了区块钻井周期最短纪录。

给“钻地龙”装上“智慧脑”

□赵春国 郑志成 许墨

近日,经纬公司携手江汉油田、江汉石油工程,应用自主研发的“应龙”科学钻井系统,在涪陵页岩气田复兴区块兴页L198-6-1HF井取得技术突破。该井完钻井深5290米,钻井周期仅18.9天,水平段机械钻速达33.52米/小时,一举刷新了复兴区块钻井周期最短和水平段机械钻速最快纪录。

经纬公司自主研发的“经纬智汇”钻井优化技术将软件模拟与现场工程参数组合测试相结合,实现对井下复杂情况的精确预测和判断,用现有技术装备经济有效地提高了钻井效率。

“在现场应用中,我们找准优快钻井与测、录、定、导的最佳结合点,围绕水平井优化应用成果、核理论、应用软件、未来趋势等重点环节,发挥数据源头规范采集、实时标准传输、信息全面丰富、价值深度挖掘四大优势,在系统性平台、一体化建设及自主安全可控等方面持续推进攻关迭代升级,全力攻克涪陵页岩气超长水平井钻探难题。”攻关团队负责人、经纬公司地质测控技术研究院副院长赵志强说。

多维集成,为优快钻井打造“新引擎”

今年1月,在涪陵工区焦页9-Z2HF井施工中,经纬公司江汉测录井分公司和地质测控技术研究院联手,采用“经纬智汇”钻井优化技术,实施MSE(机械比能)

参数优选推荐,对关键参数进行了数字化优化分析,攻克了平台距离近、井下地质情况复杂且易漏失等一系列技术难题,创涪陵工区1715毫米井眼日进尺最高纪录。

经纬公司自主研发的“经纬智汇”钻井优化技术将软件模拟与现场工程参数组合测试相结合,实现对井下复杂情况的精确预测和判断,用现有技术装备经济有效地提高了钻井效率。

“在现场应用中,我们找准优快钻井与测、录、定、导的最佳结合点,围绕水平井优化应用成果、核理论、应用软件、未来趋势等重点环节,发挥数据源头规范采集、实时标准传输、信息全面丰富、价值深度挖掘四大优势,在系统性平台、一体化建设及自主安全可控等方面持续推进攻关迭代升级,全力攻克涪陵页岩气超长水平井钻探难题。”攻关团队负责人、经纬公司地质测控技术研究院副院长赵志强说。

技术升级,啃下涪陵页岩气钻探“硬骨头”

为进一步打破信息壁垒,深化信息共

享,团队围绕涪陵工区钻探实际,在综合旋转地质导向、地质录井、测井解释业务等特色技术基础上,强化三维地质建模、力学建模等地质工程技术提升,同时深度融合AI、大数据、云计算等前沿技术,促使“经纬智汇”应用收到更好效果。

在中国石化示范井焦页77-6HF井,江汉测录井分公司利用“经纬智汇”结合大数据等,助力该井刷新白涛区块三项施工纪录,水平段机械钻速较设计提高73%,钻井周期较设计节约超13天。

在复兴区块兴页L185-6-1HF井,中原测控公司创新实践“经小纬”混合智能体替代人工完成摩阻系数计算等核心工作,使二开、水平段平均机械钻速均翻番,创日进尺700米纪录,实际钻井周期不到19天,比设计周期节约17天,创区块钻井周期最短纪录。

动态优化,让智能钻井更高效

6月6日,“应龙”科学钻井系统1.0版正式发布,该系统通过构建“感知-决策-执行”三位一体的智能控制系统,实现钻井全流程智能协同、自主优化,达到国际

先进水平。

“就像给‘钻地龙’装上‘千里眼’和‘智慧脑’,使高效钻井成为现实。”经纬公司地质工程一体化专家陈禹说。面对涪陵页岩气田复杂地质条件给钻井提速带来的严峻挑战,经纬公司依托“应龙”科学钻井系统,着力打破传统作业模式中前后方、多专业间“单线作战”的壁垒。

该模式核心在于建立了高效的“动态闭环优化”流程:在正常作业时,旋导工程师依据后方钻井优化分析提供的钻压、扭矩等关键参数建议精准施工,显著提升机械钻速,有效降低井下风险;当遇遇易引发高振动等复杂情况的特殊地层时,现场工程师实时将井下动态数据反馈至后方,钻井优化工程师据此迅速调整优化参数方案,确保安全高效穿越复杂地段。这种前后方数据即时互通、科学决策、动态调整的机制,驱动了钻井效率“螺旋式”持续提升。

在焦页165-4HF井,技术人员克服邻井资料空白、地层产状变化大、靶点预测困难等多重挑战,采取分段控制策略,将旋导技术与常规随钻测井(LWD)工具优势互补,实现优质储层穿行率100%。

专家视点

推动钻井技术从“经验驱动”向“数据驱动”跃升

□中国石化工程院 魏浩光 张洪宁

智能钻井技术作为油气井工程方向数字化转型的核心驱动力,已成为行业变革的关键。中国石化发挥大兵团作战的优势,通过持续攻关,在自动化装备、随钻测控、智能决策控制等方面取得突破性进展,推动钻井技术从“经验驱动”向“数据驱动”跃升。

在自动化装备方面,研制了7000米同升式自动化钻机,配套“一键式”管柱识别系统;创新研发伺服电动控压钻井装备,控压精度达±0.25兆帕,响应时间缩短至7秒;开发了钻井液性能检测与调控系统,实现钻井液流变性、密度、离子浓度和破乳电压等性能参数在线精准测量。

在井下智能测控方面,研发了高分辨率电阻率成像仪,实现128扇区、0.1毫米精度地层成像,裂缝识别率高达92.8%;研制了耐温175摄氏度随钻井下动态工程参数测量仪,可获取钻压、振动等11类工程参数;自主研发了静态推靠式旋转导向系统,耐温165摄氏度、耐压140兆帕、最大造斜率11.5度/30米。

在智能决策控制方面,开发了智能钻井分析决策云平台,实现了钻井实时优化、风险预警、地质导航三大核心应用模块的可视化集成;形成了钻井参数智能优化技术,86种专业算法和23类AI模型支撑实现钻井参数多目标优化;开发了井筒风险预警技术,融合地震、录井、工程等多源参数,井下复杂预警准确率超93%;研发了具有全面感知、实时监测、维保提醒、预警提示的钻机装备MRO物联网管理系统;研制了钻井现场集成控制中心,实现地面设备、井下仪器和远端决策等三大系统数据指令的汇聚融合,以及地面-井下-远端平台智能闭环决策控制。

以涪陵页岩气田为例,智能钻井关键技术的突破为工区级智能化场景搭建提供了技术支撑。通过融合油田公司工作流程,强化深度数据挖掘、应用数据和理论双驱的先进算法,围绕区域钻井地质风险“天气预报”、复杂井专项分析和重点井跟钻优化等,设计AI赋能钻井优化场景,集成钻井智能决策软件,将120余个工程算法、机器学习模型与大语言模型有机融合,万米进尺损失时间减少32.4%,复杂处置效率提升46%。涪陵页岩气田的钻井决策方式由依靠传统经验逐步转变为远程智能决策。

下一步,我们将加强智能钻井基础前瞻研究,开发井筒-地层大数据地质力学大模型,搭建公开的行业数据标准和协议;研发全自动化钻机及配套系统,以实现“一键式”全自动操作和钻井智能调控;攻关多维多尺度的边、远/前探测方法与技术,开展智能井下高速传输技术,探索智能钻杆、光纤传输技术;开展地质工程一体化钻井数字孪生技术研究,强化人工智能分析方法和学习样板,集成更多智能应用场景,加快实现“全方位感知、大模型分析、智能化决策、自主化调控”智能钻井技术目标。

智能钻井技术就像“武林高手”

□王宗华 李知聪

6月18日,红页20平台江汉石油工程70366JH钻井队司钻管宏强的操作室内,环绕的屏幕数据闪烁。他指尖轻点控制面板,推动摇杆,沉重的钻柱便被二层台排管手精准送入井口,“以前是人拉肩扛,体力,现在像武林高手,四两拨千斤,摇杆一点就能操控全局。”管宏强笑着说。这是智能钻井技术对传统“脏、累、苦、险”作业模式的深刻变革。

钻台“无人化”,“蓝领”变“白领”

装备自动化是这场变革的基石。“过去钻具吊装靠人拉肩扛,气动绞车加人力,一套操作需要四五个人,大套管还得动吊车。现在两个人即可通过远程集成控制完成无接触操作。”90117JH钻井队平台经理邵将说,“更关键的是大大减少了人员在危险区域的停留。”他所带领的

队伍操作着国内顶尖的90DB全自动电动钻机征战“深地工程”顺北油气田。该钻机集成二层台自动排管、液压吊卡等九大自动化系统,堪称“一键式”人机交互典范。

以“动力猫道”“钻台机械手”“铁钻工”为核心的自动化装备,正深刻改变着井场生态。该公司大力配置自动化装置,覆盖率达53%,钻机电动化占比高达86%。这不仅大幅降低了管柱作业风险,减轻了员工劳动强度,更减少了二层台高危作业,效率显著提升,“钻台无人化、井场少人化”正加速实现。

泥浆“智能管”,实时预警守护安全

安全是钻井的生命线,智能技术为井控安全构筑了实时感知的“神经网络”。位于焦页68平台的50143JH钻井队,泥浆工忙碌的身影已成为过去式。“过去坐岗要掐着表每15分钟测量一次液面,现在

迈入“智能管理”,而且提供的泥浆泵凡尔磨损数据、柴油机精确运行时长等信息,让技术员像“外科医生”一样提前了解装备情况,非计划停机大幅减少,装备可靠性和利用率显著提升。此外,MRO系统给绞车、发动机组、顶驱等关键设备装上了传感器和射频识别(RFID)标签,实现一物一码,通过MRO系统后台,该公司能动态掌握各井队装备运行和配件库存等情况,急需某型号非常规配件时,平台能迅速锁定距离最近、有可用配件的队伍,为科学调度提供强力支撑。

从装备维护保养计划的智能提示,到跨队伍装备资源的精准统筹,MRO物联网系统正逐渐构筑起“数据驱动、预防为主、智能决策”的精益装备管理模式,不仅有力支撑该公司“深地工程”,超长水平段等重点项目在复杂条件下的安全高效钻进,也为后续作业积累了数字化装备管理经验。目前,该公司已有12支队伍完成了MRO物联网系统配置。

装备制造

责任编辑:季佳欣
电 话:59963261
邮 箱:jjx@sinopec.com
审 校:张春燕
版式设计:王强

