

智能时代，催生钻井颠覆性创新

阅读
提示

随着油气勘探开发逐渐转向非常规、深水、深层、极地，资源品质劣质化和作业环境恶劣化进一步加剧，通过智能钻井技术实现油气勘探开发持续提质降本增效已成为能源行业的广泛共识。将大数据、人工智能、物联网、云计算、信息工程、控制工程等理论与技术应用于钻井过程，使其具有感知、学习、传输、操作和反馈等功能，科技感“拉满”的智能钻井技术不仅能大大降低工人劳动强度，而且可促进钻井效率提升，具有良好的发展前景，对于提升石油天然气的钻探水平具有重要意义。目前，我国智能钻井技术处于开发攻关前期阶段。预计国外2025年能初步实现半自主控制作业模式的智能钻井，2050年有望实现无人化全自主控制钻井作业施工模式。

胜利石油工程“智能监护”打造AI泥浆工程师

□王宁 李琰

日前，在胜利油田国家级页岩油示范区井场，我国首套基于人工智能技术的“胜利天工”钻井液监护系统在胜利石油工程公司黄河钻井两支钻井队试点应用。“智能化+自动化”的先进设备，让捉摸不定的钻井液变得服服帖帖。

“胜利天工”钻井液智能监护系统，是中国石化“十条龙”科技攻关项目“页岩油开发全自动钻井装备研制及示范应用”子课题“环保型自动化循环系统”的智能担当。”胜利石油工程公司信息中心经理何洪涛介绍，“该系统已部分实现钻井液智能分析处理及施工过程的自动化作业，可大幅降低工程师劳动强度、提高工作效率、提升现场施工安全水平，是实现钻井现代化的一项重要突破。”

钻井液俗称泥浆，外观看上去像是泥巴兑水，一向被石油人奉为钻井的“血液”。在入井出井的循环过程中，钻井液发挥了清洁井底、携带岩屑、平衡井下压力和润滑钻具等关键作用。及时有效地维护钻井液性能，对钻井提速、钻井安全至关重要。

长期以来，钻井液处理以人工为主，不管是检测钻井液性能、判断钻井液是否溢漏，还是现场配制钻井液，都十分依赖泥浆工程师的丰富经验和娴熟操作，也无可避免存在效率低、响应时间长、安全风险高等问题，在一定程度上影响了

钻井效率。

自20世纪80年代起，国外开始探索信息技术、人工智能技术等在钻井行业的应用，经过几十年的发展，已在钻井液加料、预警、固控、存储、输送，以及废弃物处理等全过程形成了成熟产品。而我国在这一领域则起步较晚。

党的十九大以来，胜利石油工程公司加快建设创新型企业，紧跟数字化转型步伐，依托钻井工艺研究院组建了智能信息技术研究所，瞄准钻井液监护人工智能技术，向世界前前沿起挑战。

“研发钻井液智能监护系统就像为钻井现场打造了一个AI泥浆工程师，它不知疲倦，能24小时精准无误地工作，随时解决钻井液出现的难题，助力钻井‘四提’。”项目负责人、胜利工程钻井院智能信息技术研究所副所长高杨说。

为加快研发脚步，胜利工程钻井院制定项目化管理办法，积极吸纳专业人员，并采取周例会制、节点汇报制等管理模式，倒排计划、压实责任，经过5年潜心攻关，相继研制出钻屑识别、智能坐岗等系统样机。

钻井振动筛返出的钻屑是反映井下状况最直接的证据。钻屑识别系统就像是工程师的“眼睛”，依托视觉感知技术，能准确识别岩屑的数量和形状，通过与钻井参数相融合，实现井下工况预警。“钻屑识别系统搭建了钻屑形状分类神经网络计算模型，通过对大量岩屑进行特征标记和机器学习，识别准确率达95.45%，采集钻屑轮廓分辨率

达亚毫米级别。”项目骨干成冠琪介绍，“胜利工程钻井院早先成功研制的钻井液在线监测系统，可实时在线测量10项钻井液参数，未来二者融合，我国钻井液智能分析技术将达到国际领先水平。”

“胜利天工”钻井液智能监护系统各子系统已具备配套井队使用、独立解决问题的能力，但在智能联动上还要进一步完善“数据+平台+应用”模式，才能真正实现人工智能与科研生产深度融合。

2022年，胜利石油工程公司加大胜利油田国家级页岩油示范区建设力度，在钻井现场集成了大批自主研发的“胜利天工”技术产品，为钻井液智能监护技术发展开辟了宝贵的“试验田”。

同年，胜利石油工程公司建设完成石油工程数据资源中心，搭建起人工智能的底层数据支撑。下一步，钻井液智能监护系统各子系统将登录井筒业务一体平台，在面临井下突发情况时，可智能联动、快速响应，有力保障施工安全，促进高效开发。

聚焦高质量完成中国石化“十条龙”科技攻关项目，胜利工程钻井院研发团队在不断升级完善钻井液智能监护系统的同时，也着手研发钻井液性能自动调控系统及自动倒浆系统，通过远程控制一键式完成物料的定量添加，自动控制泥浆罐区域各闸、阀、泵的开关，并实时展示闸阀状态及钻井液流向，不断推动智能监护技术向智能循环技术延伸。

华北石油工程“智能提速”助刷新钻井纪录

□张均 王军

“这感觉和坐在办公室上班一样，真好。”4月9日，80133HB钻井队司钻张越峰坐在温暖干净的操作间内，娴熟地使用设备集成控制和无线遥杆控制等自动化设备，安全高效地完成了接单根作业。

近年来，华北石油工程公司按照集团公司“四提”“五化”要求，加快推进钻井施工现场设备迭代升级，相继配备龙卷风自动配浆系统、网电、燃气动力机组，推动现场安全环保水平进一步提升。2022年以来，该公司为加快装备电动化、自动化、智能化发展，又分别在鄂北、新疆工区投用50DB、80D两台自动化智能钻机，组建50841、

80133两支钻井队，并配备国内先进的动力猫道、铁钻工、二层台机械臂、液动卡瓦、液动吊卡等设备设施。

在现场施工中，该公司进一步强化自动化智能钻机现场管理，组织设备厂商技术人员驻井指导，缩短设备调试时间，并按照“一井一案、一段一策”模式，安全高效地推进钻井施工。他们根据实际施工情况，绘制“四表一图”（施工周期节点计划表、生产运行节点控制对比表、施工节点保障措施表、生产动态表和钻井施工进度图），强化生产组织衔接，钻井施工提速提效明显。2022年，50841HB钻井队承钻的华北工区首口“示范井工程”J30-6-P2井，以28.93天、全井平均机械

钻速15.67米/小时的成绩，刷新东胜气田新召气区水平井钻、完井周期最短和机械钻速最快纪录，为鄂北工区效益开发作出了积极贡献。

“钻机自动化程度高了，对员工综合素质也提出了更高要求。”80133井队长李红伟介绍，该公司组织安全、技术、生产、设备专家，开办“智能钻机大讲堂”，利用生产间隙进行专题授课，并组织设备厂商技术人员现场指导，进一步提升员工标准化操作水平。

投产近一年来，50841HB钻井队使用50DB钻机，相继刷新东胜气田四项钻井施工纪录，并在华北油气2022年度钻井工程施工队伍业绩考核评价中名列第一。

机械化钻井

钻井技术
发展历程

- ▶ 牙轮钻头
- ▶ 旋转钻井
- ▶ 多点测斜仪
- ▶ 电驱动钻机
- ▶ 大功率钻井设备

自动化钻井

- ▶ PDC钻头
- ▶ 螺杆钻具
- ▶ 多点测斜仪
- ▶ 电驱动钻机
- ▶ 大功率钻井设备
- ▶ 旋转导向工具
- ▶ 随钻测试技术

智能化钻井

- ▶ 智能钻机
- ▶ 智能钻头
- ▶ 智能钻杆
- ▶ 智能钻井液
- ▶ 智能导向钻井工具
- ▶ 智能钻井控制系统

无人化钻井

- ▶ 无人钻机
- ▶ 深海钻机
- ▶ 钻井机器人
- ▶ 无人钻探车

石化机械四机公司 自动化装备圆“以机代人”梦

□刘爽

坐在装有空调的司钻操作房里，只需点击触摸屏、操作按钮手柄，就可以完成复杂的钻井施工任务——这个把石油钻井工人从高频率高强度劳动中解放出来的神兵利器，正是钻机上安装的管柱自动化处理装备。

石油钻机是打通地下油气通道的核心装备，其技术先进性直接决定着我国油气资源勘探开

发的能力和水平。近年来，随着科技的迅速发展，越来越多的自动化设备在石油钻机上登台亮相。中石化四机石油机械有限公司自2012年开始研制钻机自动化装备，经过多年技术攻关，已掌握了钻机管柱自动化处理、自动化钻机集成配套等核心技术，开发的系列钻机管柱自动化处理设备成功应用于川渝工区、塔里木油田等区块，为我国油气高效勘探开发提供了有力的设备支撑。

该公司开发的钻机管柱自动化处理装备由管柱自动输送系统、钻柱自动排放系统、井口机架工具、单/双司钻集成控制系统等四部分组成，可通过司钻集成控制系统，控制动力猫道、缓冲机械手、铁钻工、动力吊卡和动力卡瓦等多个自动化设备，实现钻柱输送、建立根、立根排放等作业的自动化，形成了自动安全的钻柱自动处理模式，能有效改善工作环境、减轻劳动强度，圆了石油钻井人的“以机代人”梦。

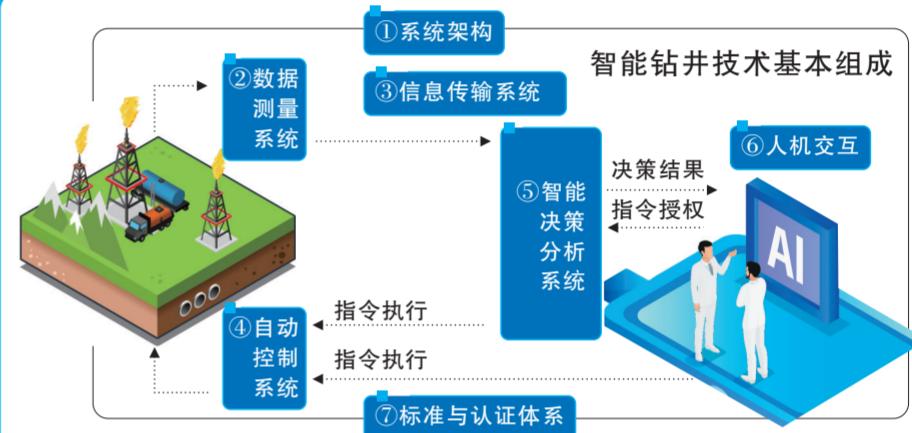


周“油”列国

油 事 精 彩

专家视点

继水平井和水力压裂技术之后 智能钻井有望成为下一个颠覆性技术



□王敏生 光新军

智能化是世界科技发展的大趋势，正引领新一轮科技及产业变革、催生重大颠覆性创新。随着自动化钻井技术不断完善，以及与大数据、人工智能等数字化技术融合发展，钻井技术正在由自动化转向智能化。智能钻井技术具备具有学习、记忆和判断功能的人工智能机器人，集成智能化、精细化、小型化的智能地面钻井系统和井下控制系统，以及高精度传感器和高速传输系统，能实现部分钻井作业的自主决策和控制，减少现场作业人员，大幅提高作业效率和安全性。

国外在智能钻井技术研究方面组建了联合研发机构，搭建了智能钻井架构体系，研发的部分关键技术已实现现场应用，预计2025年能初步实现半自主控制作业模式的智能钻井，2050年有望实现无人化全自主控制钻井作业施工模式。工程师可在远程作业中心控制和管理多台钻机，将钻井设计加载到钻井装备上，再将工具放入井下，让钻机自动钻进。

我国智能钻井技术目前仍处于开发攻关前期阶段，个别单项技术处于商业应用或现场验证阶段，但整体上与国外还有较大差距。地面装备方面，管柱自动化处理系统、钻机集成控制系统、自动控压系统已现场应用。井下系统方面，系列井下测量系统等已现场应用，地质导向系统实现工业应用；自动垂直钻井、旋转导向系统实现突破，有缆钻杆等正处于试验阶段。软件平台方面，远程钻井作业支持系统实现现场应用，并不断完善；钻井过程仿真软件正在开发，人工智能、大数据应用技术还处于起步阶段。

智能钻井技术以大量数据的实时获取、高速传输和有效挖掘为基础。我国智能钻井目前主要存在四方面的问题。一是缺乏智能化钻井技术的总体规划设计。智能钻井技术需整合行业力量，由企业牵头，联合科研院所构建统一的系统架构、数据标准和协议，实现智能钻井各系统之间的通用性和可操作性，国内还没有建立相关组织来协调各方共同推动智能钻井技术的发展。二是随钻数据实时获取、高速大容量传输和控制系统等核心技术研发不系统，井下传感器、芯片的耐温性及工具的可靠性难以满足要求，还没有打通“地层—井筒—地面”数据高速获取与传输链路，不能实现软硬件协同的自动化闭环控制钻进。三是对目前钻井过程中已采集的历史数据和能够实时采集传输的地上地下数据流，还不能通过智能化手段进行有效融合、快速处理和高效分析，需要深入挖掘这些数据蕴含的价值以优化钻井和生产过程。四是地面作业系统、井下控制工具和决策软件系统的智能化程度低，各装备、工具、系统之间的融合程度低，还没有产生集成效应。

钻井智能化代表了下一代钻井技术发展方向，有望成为继水平井和水力压裂技术之后具有颠覆效应的技术。企业应充分利用数字、数据相关技术，提高钻井仪器、设备和操作的智能化水平，通过传统专业技术与现代数字技术的结合，实现钻井技术的智能化。结合智能钻井关键技术创新发展现状，我国智能钻井技术应围绕云-边协同的智能化分析决策平台，对钻井过程中钻头破岩机理、钻柱力学、井筒环空水力学等进行仿真模拟；采用人工智能技术进行钻井参数优化、故障智能诊断、风险识别与预测；采用大数据技术进行钻井参数优化、KPI优劣，建立学习曲线等。通过智能化钻机操控系统将司钻部分职责交给智能系统自动完成，同时智能系统协助司钻做出基于实时数据分析的决策。

六是智能钻井技术集成与工程应用。通过研发部门和应用单位的协作，集成钻井装备、井下工具仪器和软件平台，形成智能钻井技术集成与控制系统解决方案，开展智能钻井技术集成地面联调测试、智能钻井试验井联调测试，实施智能钻井技术的示范应用，通过现场应用实现规模效益，产生集成效应。

（作者单位：中石化石油工程技术服务研究院有限公司）