



新一代智能技术已从非常规能源开发的“辅助工具”升级为“核心引擎”

编者按:近日,Energy China Forum(中国能源论坛,简称ECF)2025第十五届亚太非常规能源大会在上海举办,由上海联合非常规能源研究中心和上海市经济学会能源经济研究专业委员会共同主办。ECF自2011年创办以来,已逐步发展成为我国非常规能源领域跨学科、跨行业的重要交流平台。在本届大会上,来自10多个国家的300余位专家学者围绕大会主题“能源未来:智能驱动,低碳协同”展开深入探讨,涵盖地质机理、智能工程、储层改造、碳减排等多个方向,集中展示了我国非常规能源领域在智能化、数字化和低碳化方面的最新探索,并展望了智能与创新协同驱动的未来能源体系。

□本报记者 马玲

近日,在上海召开的Energy China Forum 2025第十五届亚太非常规能源大会上,多项智能化钻井、压裂和监测技术集中发布。与会专家表示,新一代智能技术已从非常规能源开发的“辅助工具”升级为“核心引擎”,没有智能化的深度赋能,就没有非常规能源的规模化、效益化开发。未来,以通用人工智能(AIG)为代表的颠覆性技术将重塑全球能源产业格局。

构建全生命周期的数智化协同

AI赋能,解锁非常规油气“高效、安全、低碳”新价值

在技术交流环节,与会专家指出,非常规油气(如页岩油气、致密油气、煤层气等)要实现规模化、效益化开发,必须“吃透”资源禀赋与地质特征,构建地质-工程-智能一体化的协同体系。

目前,随着科技的进步,世界油气产业正从常规油气领域迈向以页岩油气为代表的非常规油气领域。截至2024年底,全球非常规油气产量达24.6亿吨油当量,占当年全球油气产量的29.6%。我国共发现10个页岩气田,探明页岩气地质储量3.5万亿立方米。2024年,页岩气产量达257亿立方米;页岩油三级储量近70亿吨,产油量615万吨。

中国工程院院士郭旭升指出,我国页岩油气具有“二元”富集特征:沉积环境是富集高产的基础,保存条件是富集高产的关键。具体而言,沉积环境决定“源储耦合”关系及页岩油气富集类型,是“成烃控储”的基础;良好的保存条件是页岩油气“成藏控产”的关键。基于“二元富集”统一性新认识,要以“源-储-保”关键地质指标为依据,结合工程、经济和风险指标,贯穿资源量、储量和产量评价主线,在统一平台上开展页岩油气分类分级评价,构建数据-模型协同驱动的人工智能评价技术,开展数据治理-模型迭代-生产检验的反复优化,最终确定最优的综合价值评价模型,实施科学有序的动用策略,用最少的时间、最少的投资,将资源转化为储量和效益产量。

中国科学院院士邹才能认为,非常规油气科技创新助推了非常规油气工业革命,非常规油气已从能源补充升级为“主角担当”;

非常规油气要实现规模化效益开发,要通过多能源协同、多环节融合、智慧开发等形成高效安全的能源利用系统。

结合我国非常规能源的资源禀赋及开发实际,与会专家指出,要搭建统一的数据共享平台,推进多学科融合与建模数模一体化,通过精细化地质模型实现开发降本增效;油气田企业要依托AI算法解析海量地质数据,精准识别有利储层,让智能探测从“找资源”升级为“选优资源”;要通过智能系统实现规模储层精准雕刻,从而优化开发方案,大幅提升钻遇率和资源动用率。

智能监测让油气藏“无处藏身”

推动非常规油气开发从“经验施工”迈向“数据驱动实时调控”新质时代

在非常规能源开发中,“找对资源、摸清储层”是第一道难关。页岩油气、煤层气等资源多埋藏于复杂地质构造中,传统勘探手段依赖人工测绘与单点监测,不仅效率低,而且常因数据偏差导致开发决策失误。会上,中国石油东方地球物理勘探公司等单位介绍了光纤传感、数字孪生及高频压力波裂缝监测等最新进展。

目前,全球各大油气田将光纤传感技术应用于勘探开发领域,分布式光纤传感器与物联网(IoT)技术构建起“实时监测神经网络”。中国石油东方地球物理勘探公司高级技术顾问余刚认为,分布式光纤传感技术是一种平衡经济、工程及解决勘探开发问题的新型采集方式。“光纤+智能”构建了实时油藏管理体系,可在油气开发平台实时监控地面装备、井下多物理参数等,实现智能化高效率作业。

通过压裂构建的人造裂缝型油气藏,具有动态变化的“新指纹”特色,其产能表现与裂缝动态特征密切相关。但现有监测技术只对裂缝长度、高度及扩展范围进行监测,对关键产能参数缺乏有效监测。中国石油在浙江油田运用高频压力波裂缝监测技术,为地质-工程一体化效益开发提供了技术支持,形成了人造油气藏监测评价的新范式。该项技术也作为本届ECF能源技术创新奖十周年代表成果在会上进行了展示。

浙江省石油学会理事长梁兴认为,高频压力波裂缝监测技术借助云端将超算“搬到”井场,由井场设备压缩或解析后再发送云端,通过云端数据传输和解释分析快速传回现场,形成数据采集-传输-分析-传回-反馈一体化高频压力波智能云平台,构建云端一体化实时决策系统、油气井“监测-诊断-调控”闭环平台,

将地下不可直观的油气藏地质结构和油气藏流体行为,转化为基于工业化多参数、可量化、可预测储层模型的透明化人造气藏地质工程一体化评价决策系统,推动了非常规油气开发从“经验施工”迈向“数据驱动实时调控”新质时代。

智能钻井和智能压裂是未来趋势

推动行业范式向“数据-算法双轮驱动”智能化模式转型升级

石油工程实践表明,智能感知技术可精准捕捉低渗透储层矢量特征,为井网部署和压裂优化提供支撑。石油工程决策支持系统可整合专业模型与AI算法,接入多维度地质和工程信息,为钻完井施工提供全流程科学决策依据,从而提升开发效率。

会上,来自中国石油、中国石化的专家重点介绍了“长龙号”智能钻井系统与Idrilling(应龙)科学钻井系统的实践成果。

今年5月21日,中国石油发布“长龙号”智能钻井系统1.0,实现了钻井全流程自动化闭环控制。中国石油长城钻探工程公司副总经理罗凯认为,智能钻机重塑了钻井现场劳动场景、智能井场重塑了井场工作模式、智能决策平台推进了钻井技术革命。智能钻井系统是深井、复杂井作业的核心赋能工具,持续推进钻井技术与人工智能的深度融合,将提升现场作业的智能化决策能力,进一步解放劳动力、缩短钻井周期、降低作业成本,推动“经验钻井”向“科学钻井”转型。

为解决传统钻井现场感知弱、优化效率低、控制协同不足等问题,中国石油经伟公司自主研发了Idrilling(应龙)科学钻井系统。该系统融合人工智能大模型技术,实现了钻定测录协同、钻台无人化、井场少人化,让地下复杂变得可计算、让钻井效率变得可预见。经伟公司副总经理许利辉认为,人工智能的核心在于将钻井从一种依赖经验的“技艺”转变为一项基于数据的“科学”。智能钻井深度融合了信息技术、人工智能、自动化控制与钻井工艺,是未来发展方向。在当前钻井工艺技术体系持续演进的背景下,应推进大模型驱动的智能钻井技术协同发展,实现人工智能技术与传统钻井工艺的深度融合,推动行业范式从传统“经验驱动”模式向“数据-算法双轮驱动”智能化模式转型升级。

中国石油工程技术研究院井下作业研究所所长张杨认为,北美非常规页岩油气压裂主体技术基本定型,监测技术和人工智能将加速推动压裂产业升级,闭环压裂和智能压裂呼之欲出。我国页岩油以陆相沉积为主,地质与工程“甜点”匹配度差,要以自动化、可视化、标准化、智能化为基础,以地面装备自动化、井下数据可视化、施工控制智能化、远程决策交互化为核心,构建仿人智

能压裂工作系统,实现压裂施工信息自动化采集,智能化实时监测、预警、评价、调控,促使作业速度提升30%、井下复杂情况降低50%、产量提升10%~20%。

中国石化石油工程公司井下特种作业首席专家卢云霄认为,地质工程一体化高效压裂是非常规油气藏增产提效的重要手段。目前,北美已形成较为系统和完善的地质-工程一体化技术,并形成系列一体化软件,我国建模-数模-压模技术起步晚,需尽快形成自主知识产权的一体化技术体系及软件平台。

智能技术将重塑能源产业格局

扩大应用场景,展现“智能驱动、低碳协同”的发展趋势

从空中无人机的精准勘探到地下传感器的实时感知、从AI算法的毫米级调控到数字孪生的全流程模拟、从无人装备的极端环境作业到绿色技术的循环赋能,新一代智能技术已在非常规能源开发领域完成从单点突破到全链条渗透的质变,并不断扩大应用场景。

我国首个百万吨级CCUS(碳捕集、利用与封存)项目示范工程——齐鲁石化-胜利油田CCUS项目于2022年投产,截至目前已累计注入二氧化碳超200万吨。中国工程院院士李阳认为,CCUS技术从“示范项目”向“大规模商业化”发展,要从单一技术研究转向全链条系统集成、智能化、产业协同与成本控制研究,构建CCUS智能化、数字化平台,将“物质流、信息流、能量流、价值流”整合为一,实现CCUS全生命周期的最优化方案和智能化运行管理。

华为油气矿山军团解决方案总裁蒋旺成表示,针对油气勘探开发和生产,要加深入工智能技术合作,扩大应用场景,共促油气行业智能化发展,加速CV等成熟模型在油田的推广和应用,助力提效、增安、降本;发挥AI全栈优势,在地震、测井、钻井、压裂等更多领域探索大模型与业务的融合应用;打造云-边-端三级架构,共同建设企业/行业大模型落地架构标准。

杰瑞石油装备研究院院长吴义朋认为,随着5G、边缘计算与物联网技术的广泛应用,油田将构建“天地井”一体化的全球感知网络,实现从单井压裂的精准控制到油藏全生命周期的动态优化。压裂装备加速向自动化、智能化升级,核心是符合国内复杂地质条件,解决“极端工况下稳定运行”“多参数精准调控”等问题。智能装备的国产化不是简单替代,而是要结合我国储层特点进行原创性设计,助力行业实现“降本增效+自主可控”双重目标。

与会专家表示,非常规能源开发的核心是“技术突破+地质认识”协同深化,AI与数字油藏技术是降低决策风险、实现能源革命的关键前提。智能传感、数字孪生等技术与非常规能源开发的深度融合,正在打破资源开发与生态保护矛盾的壁垒。

未来,随着AI大模型等技术的进一步渗透,非常规能源将从“难采资源”转变为保障能源供给的“核心增量”,为全球能源安全与“双碳”目标的实现注入核心动力。智能技术将以颠覆性力量重塑非常规能源开发格局——不仅让深埋地下的页岩油气、煤层气等资源得到更高效、更安全的开采与利用,更能进一步推动智能技术与CCUS、水压裂、废水循环利用等低碳技术结合,助力开发全流程实现低碳化、精细化与智能化。

链接

ECF发布“非常规能源”定义与界定的说明

近日,《ECF关于“非常规能源”定义与界定的说明(2025版)》发布,这是我国首个以国际标准对标、智能技术赋能和系统集成为导向的非常规能源定义框架。此举标志着我国在非常规能源定义体系上的一次系统化探索,提出了兼顾自然资源属性与技术延拓的非常规能源界定框架,为行业研究、成果评价与国际合作提供了新的参照。

背景

能源变革进入“智能驱动”新阶段

过去10余年,页岩油气、致密气、煤层气等非常规能源推动了全球油气格局的深刻变革。但随着人工智能、大数据、CCUS、氢能、储能等前沿技术的迅猛发展,传统以地质特征为界的“非常规能源”定义,已难以完整涵盖当前的创新体系。在这样的背景下,上海联合非常规能源研究中心(SUI)携手ECF系统提出了非常规能源的“双主线框架”——从资源赋存到工程路径、从能源开发到系统集成,构建了一个可对接国际、支持科技创新与产业决策的参考体系。

定义亮点

双主线框架,兼容资源与技术

非常规能源是指相较传统能源体系,在资源赋存、开发路径、工程技术或系统集成上具有显著差异,且需依托前沿工程与智能技术方能实现高效识别、开发与经济利用的能源资源或利用体系。

基于这一核心定义,ECF提出两大主线——

A类·资源型非常规能源

页岩油气、致密油气、煤层气、重油、油砂、油页岩、天然气水合物等,以及地热、钍铀、地质氢、伴生氢等能源矿产资源。

B类·技术延拓型非常规能源

聚变能、先进核燃料循环、氢能全链条;CCUS、地下储气/储氢、压缩空气储能(CAES)、地下热储(UTES)等。

智能赋能

AI成为非常规能源的“关键引擎”

本次发布特别强调,人工智能(AI)、大模型与数字孪生等智能技术,正在成为非常规能源开发的核心驱动力。这些技术贯穿非常规能源“地质识别-工程设计-生产优化-储能管理”全流程,为能源体系的智能化、低碳化和协同化发展提供了基础支撑。这意味着,非常规能源已从“资源革命”迈入“智能革命”。

国际接轨

中国定义的“全球参考”

该界定体系全面对齐国际主流标准,并结合我国能源转型的实践进行了创新拓展,提出了既符合国际逻辑又体现中国经验的非常规能源“双主线框架”。这一框架将为未来的科技研究、成果评价、奖项评审与国际合作提供统一标准,为能源资本和产业决策提供新方向。

未来展望

资源为根,技术为魂,智能为驱动

ECF提出,面向新一轮能源革命,要倡导以资源为根、技术为魂、智能为驱动、创新协同为路径,共建一个兼具低/负碳能力、高韧性与国际互认的非常规能源体系。随着定义的发布,“非常规能源”的边界将不再局限于地质与资源,而成为贯穿未来能源系统重构的核心创新概念。在统一界定体系的牵引下,非常规能源产业将在智能化与工程技术协同推动下加速发展。



华东油气分公司南川页岩气田利用自动化钻机在陡崖11-2HF井钻井作业。沈志军 摄