



练就“火眼金睛”，看清地下7000米地层

胜利油田全节点高密度地震技术精准“锁定”油气藏

“撒豆成兵” 提高资料品质

“理论研究证明，要看清中深层低信噪比的目标，最大偏移距必需在万米以上，炮道密度至少500万道/平方千米。”物探研究院压扭盆地地震资料处理首席专家芮拥军说，目前常用的地震仪采用线缆接收，难以实现这个目标，而全节点采集可完全摆脱有线传输的弊端。

科研人员制定了“并采一混采一全节点”的三步走策略，2018年在盐家地区开展有缆与节点并行采集，2019年在商河地区进行了有缆与节点大规模1:1混采，逐步验证了无缆采集的可行性、优越性；2021年在渤南地区首次完全使用节点采集，用时仅24天，平均采集日效1474炮，创造了东部老区地震采集纪录。

他们研制出重量轻、功耗低、续航能力强的节点设备，开发了具有自主知识产权的涵盖地震采集全业务流程的软件平台，采集成本（每百万道/平方千米）降低约50%，生产效率提高29%至83%，在胜利西部成1井-2022三维创造了炮道密度1290万道/平方千米的石化最高纪录。

常规的炸药震源激发，在沙漠区存在钻井及供水困难、激发能量不足等顽疾。国内外实验均显示，低频地震信号有利于改善深部成像质量。科研人员围绕“可控震源激发+节点采集”的技术思路，实现了可控震源1.5赫兹极低频稳定激发。

以征2井三维为例，采集周期仅为常规炸药震源激发的三分之一，7000米以下超深层地震资料一级品率从不足20%提高到60%以上。

目前，地球物理公司各地震采集队争相采用全节点施工，颠覆了有缆采集“人抬肩扛”的传统作业方式，在城区、露天煤矿、复杂山地等复杂地表情况下，也能实现施工。“‘可控震源激发+全节点接收’组合，大幅提高了资料品质，让‘撒豆成兵’成为可能。”梁鸿贤说。

不破“楼兰”终不还

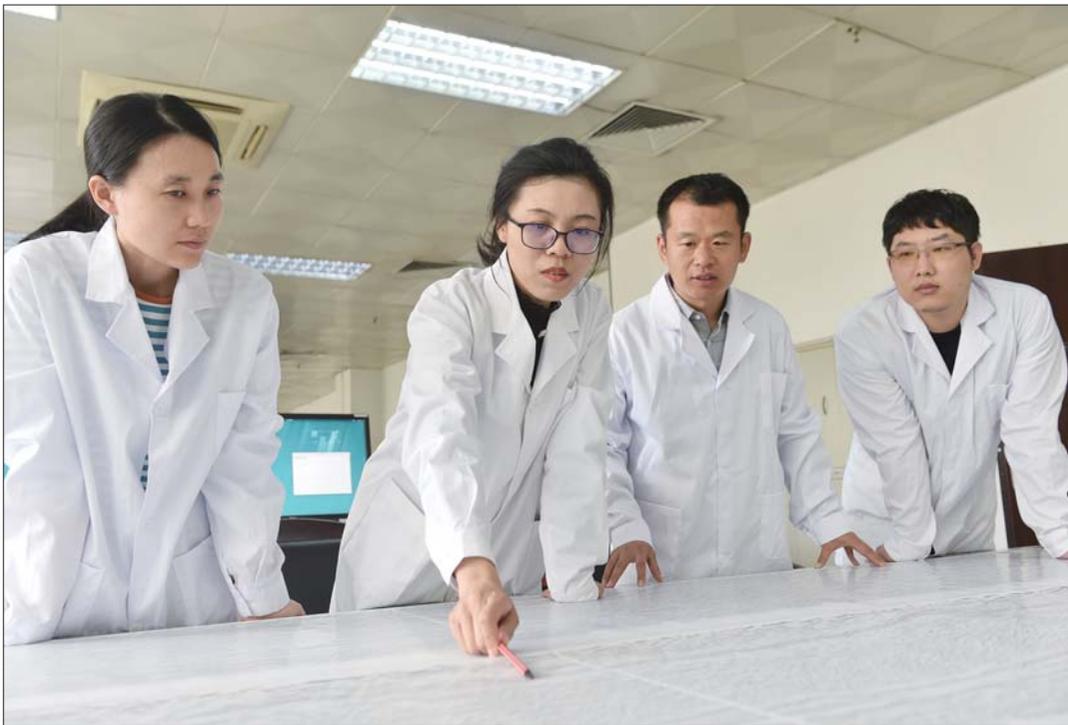
胜利油田囊括了世界2/3

三个月前，准噶尔盆地中部4区块的董斜19井试油峰值日产原油116立方米、天然气4.3万立方米，刷新了胜利油田西部探区油气日产最高纪录。“全节点高密度地震技术的进步，让看清地下7000米地层成为现实。”油田地震资料处理高级专家梁鸿贤说。

直面地震成像难题，物探研究院联合地球物理公司、勘探分公司等多家单位开展一体化集智攻关，牵头承担的中国石化“十条龙”科技攻关项目“全节点高密度地震技术研究及应用”，于2023年底通过验收，实现了地震核心技术的自主可控，确保了中国石化物探技术始终处于行业第一方阵。

2021年以来，项目研究成果在22个工区推广，覆盖面积5650平方千米，地震资料成像质量大幅改善，油藏描述精度显著提高，综合评价胜利油田东西部油气资源规模近6亿吨，为全力拓展油气资源、推动增储上产提供技术支撑。

大众新闻记者 顾松 通讯员 武天祥



科研人员开展全节点地震处理技术攻关。

的油藏类型，地质条件十分复杂。伴随着勘探开发进入中后期，勘探目标转向“薄、小、碎、深、散、隐”，现在要想抓到滑溜的“小鱼”，必须把网眼做得细密才行。

事实上，科研人员早在2003年就未雨绸缪，展开了高密度地震技术研究。“国外有两家不同的技术路线，我们分别在垦71地区和永新地区分别应用，但效果良莠不齐，而且因为技术垄断，费用高昂，无法实现大规模应用推广。”油田地震资料处理高级专家尚新民说。

他们又相继在罗家、义东、盘河等多个区块开展地震攻关，逐渐提出了“全频带、宽方位、健全波场、节点接收”的高密度地震技术研发思路，看到了破解难题的曙光。

“2013年，对花古6井实现了50天连续压裂监测，首次展



基于无人机的远程巡线。

示了节点设备在地震数据集中的独特优势。”尚新民回忆说，2017年在罗家地区实现了单炮最大偏移距2万米，为

大规模节点地震应用奠定了实验基础。

科研的道路没有捷径可走。团队在科技攻关中前进，

相继破解了软硬件装备“卡脖子”瓶颈，多项关键成果处于国际或国内领先水平，实现了国产全替代，累计申报受理国家发明专利103件，软件著作权登记21项，制定企业标准3项，出版专著4部，发表论文21篇，形成了可复制的全节点高密度地震技术，交上了一份高水平科技自立自强的时代答卷。

“火眼金睛”看破迷雾

“以往用二维地震就能找到构造油气藏，三维地震也能发现隐蔽油气藏，但是要完成储层预测和含油流体识别，地震资料就力不从心了。”从事30多年地质综合研究工作，油田断陷盆地构造解释与综合评价高级专家冯德永深知常规地震资料的缺陷。

全节点地震数据不但具有常规的空间三维坐标，理论上还包含更加丰富的方位角和炮检距信息，可以更好地分析地震波在各向异性介质中传播时的旅行时、速度、振幅、频率和相位等属性变化。

研究人员建立了骨架、裂缝、孔隙和流体耦合的跨尺度岩石物理模型，明确了断层、砂砾岩等地质体的响应特征，完善了针对复杂断块、岩性、页岩油等不同地质目标的五维数据解释技术，实现了软件的国产化替代。

“现在可以在五个维度进行资料解释，交叉验证，不再盲人摸象了。”冯德永说，有了五维解释技术的加持，低序级断层识别由10米断距提升到5米—8米，圈闭识别面积由0.03平方千米提升到0.01平方千米，储层识别精度由15—10米提高到5米—7米，有力支撑了博兴、民丰、牛庄等济阳页岩油国家级示范区建设。

全节点地震可适应于渤海湾、南方山地等复杂环境。2023年，中石化在胜利埋岛滩浅海地区部署并首次自主实施了海上OBN（海底节点地震）高密度采集项目，填补了国内滩浅海OBN勘探的空白。

根据规划，未来，全节点地震将逐步从陆地走向海洋，从规则走向随机，从地面勘探走向井地立体勘探，从单一波场走向全波场，形成勘探开发全链条技术谱系。