



奋进新征程 建功新时代 | 牢记嘱托 再立新功 再创佳绩 喜迎二十大

华北油气空中、地面、地下立体发力

# 黄土塬地震采集发生颠覆性变革

核心阅读

鄂尔多斯盆地南部黄土塬地区地表沟壑纵横、表层结构复杂多变、黄土厚度达250米,在此实施三维地震,犹如榔头砸在海绵上,地震波吸收衰减较大,地震勘探成为世界级难题。随着智能化、数字化技术不断进步,华北油气在空中、地面、地下均采用先进装备与仪器,黄土塬三维地震采集技术实现颠覆性变革。

□本报记者 马献珍  
通讯员 鲁和平 赵 震

日前,由地球物理华北分公司SGC2116队承担施工的华北油气彬长区块和盛三维地震采集项目,最高采集日效达3306炮,创中国石化鄂尔多斯盆地地震采集日效最高纪录。“在黄土塬地区实施三维地震采集,日效能突破3000炮,真没想到。”来甘肃庆阳市参加研讨会的物探专家们,对这个成绩赞叹不已。

“这是我们上年度项目最高日效的3倍多。”华北油气勘探管理部经理王付斌说。

智能化、数字化技术的进步,空中、地面、地下先进装备与仪器的应用,物探理念的更新,使黄土塬三维地震采集技术实现颠覆性变革,也加快了盆地油气勘探开发的步伐。

高清航拍擦亮定位“眼睛”

过去,黄土塬地区三维地震采集项目施工多采用“人海战术”,通常要部署上万个激发放炮点、几十万个检波器接收点,因地形、地貌的特殊性,在这沟壑纵横且河流、道路、管线、村庄等共存的复杂地区,依靠人工实地踏勘,效率低、效果难以保证。

“往年,像这种几百平方公里的地震采集项目,前期踏勘就至少需要1个月,有时设计好的炮点位置,到现场却因坡度较大无法布设,只能返工。”华北油气勘探开发研究院质控组李新说。

在和盛三维地震采集项目上,华北油气首次运用无人机航拍,对620平方公里施工区域实施了高清航拍摄影测量,高精度的高程、影像数据,使3D模式下的设计效果更加逼真、精确。这就好比将实地的地形图搬到了室内,村庄、陡坡等无法布点的

位置一清二楚,在室内精准完成激发炮点、检波点的设计,保证了高密度技术方案有效实施。

高清航空摄影测量还使设计效率有了质的飞跃。“现在我们根据设计的点位,野外能直接找到实际位置,符合率可达96%以上,设计工作比原来提前10天完成。”李新说。

同时,他们还建立起一套全方位、全流程、信息化的质控体系,面对海量数据信息,采用地震采集实时信息系统,减轻了人工反复查询核实与设计数据是否符合的工作负担,保证各工序上传信息真实、准确,实现了对关键工序全方位监控。

“激发炮点打井下炸药时,完井后测量井深的视频和下炸药的視頻都要实时上传,让我们可以及时发现不规范操作,消除井深不够、下药深度不够等造成的安全隐患,确保收到效果,推动项目提质、提速、提效。”华北油气监督中心现场监督严岗说。

全节点采集甩掉“长尾巴”

“它在这里,找到了。”华北油气勘探管理部物探高级专家金东民按照手机的提示音找到了埋在地面的节点仪。节点仪仅有手掌大小、体重还不到1公斤。“它可是个神通宝贝,集多种功能于一体,具备检波器接收、数据存储等功能,通过蓝牙与手机连接,它的应用是三维地震采集技术的革命性变革。”金东民说。

传统的地震采集要通过炮点的激发,使用笨重的电缆线布置检波器接收信号,还需要有配套的电源、发电机、仪器车等,每名放线工要背着五六十斤的设备前行,一天也就能布设4~6个接收点。现在,放线工工具包一背,可以装上20多个节点仪,一天就可以完成布设。

“过去,一个项目要用的电缆线

就可以摆满一个篮球场。”华北油气勘探开发研究院工程师蒋红志说,“现在现场看不到放线工背着电缆线工作的场景了。”

全节点仪的运用,也给巡线工带来极大便利。通过无人机携带手机低空飞行,在100米范围内就可以接收到节点仪发出的信号,可以查询节点仪的电量是否充足、状态是否正常、位置是否偏离等信息,一旦发现异常,可以及时处理。

“我们经过反复试验论证,最终确定使用该设备,目的就是为甩掉有缆施工这条‘长尾巴’。”金东民介绍。

井震联合插上提速“翅膀”

“往年采用单一的井炮激发,不少公路、铁路等障碍区就无法实施,地震资料就会缺失。”金东民说。

地震激发通常使用打井放炮和大型可控震源车,两种激发方式各有优势。在和盛三维地震项目采集中,华北油气首次采用“井震联合”激发方式,在提高深层资料成像精度的同时,有效提高障碍区点位均匀性,避免资料缺失,降低了障碍区空炮率。

在深沟、斜坡,车辆不易进入的地方打井放炮;在相对平坦的公路、宽河道,采用可控震源车施工。“大型可控震源车速度快、效率高,在河道宽的地方,我们采用推土机尽量让道路平整,采用震源车施工。”蒋红志说。

在和盛三维项目施工中,可控震源激发占比达34.3%。

“井震联合大幅提高了施工效率,现在一天就能施工3000多个激发点,这在过去想都不敢想。十几年前,一支物探队一年的工作量才5000多炮,现在两天就干完了。”蒋红志说。

源驱动放炮系统精准“排号”

和盛三维地震项目首次全面应用源驱动激发技术,有效提高实际激发坐标与设计坐标的符合率。全面应用井口坐标源驱动激发技术后,黄土塬地形、山区地形采集施工实现了稳定时效200炮左右。

在传统的放炮过程中,指挥人员与炮手通常采用无线电喊话联系。在野外复杂环境下,一旦听不清楚激发点标号,很容易发生重炮、废炮现象。

源驱动激发系统利用蓝牙功能,将现场采集的信息按照次序传输到指挥中心,指挥中心按照电脑屏幕上显示的激发点标号坐标有序排列发出指令,炮手再激发放炮,采集效率提升一倍。

在井炮作业激发现场,炮手在完成炮点坐标抓取、线路连接通畅后,等待指挥中心人员叫号指令,排到自己的激发点标号时,随即完成放炮任务,接着赶到下一个炮点位置。

“采用这种方式,50多名炮手可以同时作业,相互之间不影响,效率大幅提升。”严岗说。

系统采集还原地层“原貌”

和盛工区地表黄土厚度达250米,炮点激发后,地震波传输接收犹如榔头砸在棉花上,衰减很快,地震采集资料信噪比低、保真度低、分辨率低。

2021年以来,华北油气总结往年黄土塬地震采集的经验做法,在和盛工区首次开展炮点拆分、可控震源、单点低频检波器接收等系统试验,树立宽方位、宽频激发、高密度均匀采集的“两宽一高”采集理念,进一步提高资料成像精度和资料分辨率,满足

△由地球物理华北分公司承担的和盛三维地震采集项目,运用“井震联合”全节点采集技术施工。 马献珍 摄

▽物探项目组员工将节点仪摆放在充电柜,进行充电和数据下载。 董骥瑜 摄



油气田开发地质研究需求。

同时,单井炸药采用小组合激发、井炮激发与可控震源混采激发等方式,地震波叠加次数由原来的200次增加到900次,炮道密度从每平方公里33万道增加到和盛项目的95万道,实现了黄土塬地区高密度采集,资料品质不断提升。

为解决小组合激发单井能量弱、信噪比低、难以收取到准确的第一个地震传输波的问题,华北油气在全区均匀布设了151个种子炮,加大激发能量提高种子炮的信噪比,人工智能收取第一个准确到达的地震波并作为经验样本,保证了后期室内精细处理地震资料品质效果。

了积极贡献。科研人员通过全方位角度域偏移成像,在顺北8号主干断裂带能够识别纵向断距大于15米的断裂;通过角度域成像道集的波场分离和散射增强技术,突出小尺度、弱能量串珠异常反射特征,在顺北8号断裂带提高了次级断裂、隐蔽型断裂的成像精度。

“地震相分析+裂缝预测+地震波阻抗反演”,建立上覆复杂地层风险预测技术

按照地质工程一体化思路,科研人员通过“地震相分析+裂缝预测+地震波阻抗反演”预测二叠系火成岩、志留系漏失及侵入岩,初步建立了顺北地区上覆复杂地层风险预测技术。

科研人员通过钻井标定和上覆地层风险分析,明确了二叠系火成岩漏失的原因和地震响应特征,以及泥盆系—志留系漏失和盐水侵的主要原因,形成了二叠系火成岩漏失、志留系漏失及侵入岩的深度、倾角和厚度预测技术,总结出二叠系几种漏失风险和志留系漏失段规律,为优快钻井提供了技术支持。

(本文作者系石油勘探开发研究院高级专家、教授级高工)

胜利油田春风油田

投产首口超浅层水平井

本报讯 日前,位于准噶尔盆地西缘的胜利油田春风油田首口超浅层短半径水平井排609-平2井顺利投产,截至目前,蒸汽吞吐开采两个周期,阶段产油721吨。

排609区块油藏埋深浅、油层薄、非均质性强,储层垂深仅200米左右,增斜井段穿越水层、泥岩层及灰质层井段,定向造斜困难,水平井靶向钻井难度大。

胜利油田新春公司与胜利石油工程公司钻井院技术人员通过开展超短半径水平井地质钻井一体化攻关,明确局部隔夹层控制油水分布、扇中砂岩储层为主要优势相带的“甜点”分布规律,提出打水水平井提高单井产能。通过钻井模拟分析和工艺优化,创造了水平井垂深最浅、优质储层钻遇率100%的纪录。该技术可在类似区块推广应用。

(王学忠 秦 柯)

河南油田4口油井

首用爆燃冲击解堵工艺

本报讯 日前,河南油田在4口油井首次应用爆燃冲击解堵工艺,均获得成功,累计增油1634.5吨。

河南油田已经开发近50年,部分油井出现含聚堵塞物,导致产能下降。

今年以来,为提高油水井解堵措施效果效益,河南油田采油一厂开展了物理解堵技术及物理化学复合解堵技术适应性研究应用,利用火药在井筒内燃烧产生大量高温、高压气体,形成气体脉动冲击波和热效应,同时酸性气体产生化学反应,能迅速解除近井堵塞,甚至产生微裂缝,提高地层导流能力。

相比化学方法解堵,该工艺施工简单、工期短且更清洁。

(张伟英 陈永保 杨学文)

华北油气东胜气田首个

长水平段井组获得突破

本报讯 截至4月12日,华北油气东胜气田首个长水平段试验井组J30-4-P1投产180天,日产天然气31万立方米,累计生产天然气达5600万立方米。

该井组利用一个井场反向部署了两口水平井J30-4-P1、J30-4-P2井,目的层均为下石盒子组盒1气藏,水平段长度分别为1800米、2000米。技术人员通过地震地质一体化精细储层刻画,采用长水平段提高单井控制储量,较常规单井井控制储量提高40%;通过地质工程一体化,应用多簇密切割和混合水体体积压裂沟通多个心准储层提高气井产能,打造出东胜气田首口日产气量突破20万立方米气井。

去年以来,技术人员在东胜气田锦30井区开展长水平段水平井、弓形井等多种井型试验,通过“混合井型+丛式井组”滚动建产,一次性井网储量动用程度由67%提高至83%,平均单井钻采投资降低10%,为东胜气田持续上产奠定了基础。

(路建欣 贾春晓)

□秦伟军

从2015年顺北油气田的发现实现了从古隆起—古斜坡—低部位“禁区”的空间拓展,到如今顺北4号断裂带、8号断裂带等取得一系列新的突破发现,地球物理新技术起到了强力支撑作用。未来,地球物理技术进步必将推进中国石化在中西部盆地、东部新区带新领域不断取得新突破新发现。

断控储集体三维空间雕刻与井轨迹优化设计技术,高效支撑井位部署

科研人员创新研发了断溶体储层反射特征增强技术,将原始数据分解成背景地层反射数据和储层异常反射数据,再对异常反射数据进行数学运算,得到异常增强数据体,结合背景地层反射数据体,得到最终的反射特征增强解释性处理数据。通过反射特征增强解释性处理数据。通过顺北1号断裂带、7号断裂带大量测试,该技术在提高缝洞型储层成像质量方面效果显著,显著提高了储层识别精度,支撑了顺北72H井井位部署。

断溶体储层反射特征增强技术

## 地球物理新技术支撑顺北新发现

主要是针对侵入岩发育区奥陶系多次波极为发育,严重影响奥陶系构造、断裂及储集体准确成像而研发的。科研人员开展多次波识别与压制技术攻关,初步形成了“两步法”层间多次波叠后压制技术,提升了地震资料成像质量。

基于地表调查、井震标定及模型正演,科研人员总结形成了“通源断裂+主断面+强异常”高产稳产井地震识别模式,在此基础上,通过目的层断裂立体解析与储集体“洞穴、孔洞、裂缝”分类雕刻,立体三维优化井身轨迹,大大提高了钻遇规模储层的中靶率。顺北41X井轨迹调整后,收到日产油当量千吨的好效果。

随钻VSP地质导向采集处理技术,提高井位目标空间靶点准确性

随钻VSP地震地质导向技术是

在地面地震资料基础上,利用VSP速度和井资料,在原始深度偏移速度场基础上,通过VSP匹配与地质约束,快速更新地面地震空间速度场和各向异性参数场,建立高精度深度偏移速度场,提高缝洞体空间成像精度、提高钻井入靶率。

该技术在盆地地表较平坦、近地表结构相对简单区域应用效果显著。顺北41X井应用该技术后,多次波压制较明显,处理资料串珠及断裂面成像效果有所增强,井点漏失处与地震资料断裂特征吻合较好,在该井南构造相对高部位优选侧钻靶点两个。

近年来,顺北11X、顺北16X、顺北42X、顺北9X、顺北44X等井经过速度模型优化更新及各项异性速度场更新后,地震资料串珠收敛成像有所增强,断裂断点更为干脆,断裂带内部细节和断裂带周缘小规模储层反映更加清晰,为钻井轨迹设计方

案优化及目标靶点优选提供了依据。

叠前裂缝预测技术,提高不同尺度目标的成像精度和识别能力

近年来,科研人员不断完善以全方位网格层析速度建模、全方位角度域偏移成像、角度域成像道集处理为核心的角度域处理技术系列,明确了关键参数,探索了基于角度域共反射角道集的叠前裂缝预测技术,提高了不同尺度目标的成像精度和识别能力,为不同尺度目标进行全方位、多维度综合处理解释评价奠定了技术基础,为断裂带解释评价、断溶体圈闭描述、井位目标优选提供了可靠资料。

该技术为提升顺北8号断裂带及次级断裂带、奥陶系断溶体内幕缝洞储层及小尺度地质体成像精度作出

石化员工团购网

百万石化员工专属优惠购物平台

石化员工团购网 石化员工团购网 石化美旗微店  
公众号 商城 (京东)

中国石化供应商

锡安达防爆电机  
与世界同进步

电话:0510-83591888 83591777  
网址:http://www.xianda.com  
单位:江苏锡安达防爆股份有限公司