

“海脉”给海底地层做高清“CT”

◎本报记者 操秀英

近日,由中国海油自主研发的我国首套海底地震勘探节点采集系统装备——“海脉”顺利完成渤海中8-3工区作业,这是“海脉”完成的首个大面积工区作业。

“海脉”集成高灵敏度检波器和超低噪音采集电路等设备,大幅提升了微弱信号的检测能力,能够捕捉到在万米地层下相当于蚊子飞行声1/150大小的地震波信号。根据这些信号,“海脉”便可获得高清油气藏数据信息。

“有了它,我国主要海域的海底精细地震勘探需求得到满足,我国海洋油气勘探开发能力将得到进一步提升。”中海油服物探装备研究所研发团队首席工程师阮福明表示。

不能走别人的老路

找油找气,物探先行。物探工作就像给海底做CT扫描,会得到一张标注着油气埋藏具体位置的地图。由于具备布放灵活、信号采集全面精细等特点,近年来,海底节点装备研究越来越多应用于海洋油气勘探领域。

“通俗来讲,此前应用较多的拖缆地震勘探系统作业速度快,适合大面积初筛,可以大概搞清楚某个地方油气藏情况怎么样。而海底节点装备则用于在此基础上进行更精细地勘探,它们之间的差异就仿佛是从1080P到4K的变化。”阮福明介绍道。

作为采集海底地质信息的关键性技术装备,我国的海底地震勘探节点采集装备长期依赖进口,严重制约了我国海洋油气勘探开发进程。

2019年,中国海油将海底地震勘探节点采集装备的研发提上日程。

当年,中海油服物探装备研究所立项研发海底节点装备。“我们不可能做一个跟别人一模一样的东西,这样既没有竞争力,还要给别人交大量专利许可费。”阮福明说,必须另辟蹊径,走一条不一样的技术路线。

海底节点装备中最核心的器件是地震检波器,即感知并接收地震波信号的零件。“拖缆设备只需水检,海底节点装备既要水检还要陆检,难度就大多了。”阮福明说。

国外成熟产品中用的是微机电系统(MEMS),但国内的MEMS技术达不到所需精度。“反复权衡摸索,我们决定使用有源力反馈技术。”阮福明说,该技术使用电子手段改造常规检波器,引入负反馈网络。在负反馈的作用下,传递函数的线性度得到改善。

时钟也是个重要零部件。一个作业区域通常要在海底布数千个节点,要实现这些节点的时间同步不是一件容易的事情。阮福明说,国外厂商使用的原子钟技术虽然精度高,但造价昂贵。“我们最终使用了双温控时钟。经过算法优化处理,双温控时钟达到了跟原



“海脉”节点收放船海阳石油771。受访单位供图

子钟同样的效果。”

就这样一点一点摸索,两年后,研发团队做出第一台样机。

此时,中国海油决定从集团层面推动海底节点装备的产业化。

阮福明深知,从样机到产品还有很长的路要走。此前,由他领衔研究的我国首套海上高精度拖缆地震勘探系统成套核心装备用了十几年才实现这一目标。

“由于有紧迫的作业需求,刚开始我们是想两条腿走路,一方面加强跟国外公司的合作,尽快出产品,一方面尽快推进我们自己的产业化进程。”阮福明坦陈。

经过几轮的谈判,团队与国外公司达成了合作意向。没想到,项目设立不久,形势突变。2021年底,对方拒绝合作。面对新形势,科研团队根据项目要求的成果倒排时间节点,加班加点。“团队成员没有休息日,每天都在和时间赛跑。”阮福明说,除了要完成集团的硬性任务,其实大家也憋着一口气。“外方在拒绝合作的同时,还趾高气扬地说,单凭我们自己不可能做出来,我们不能被人看扁了。”

已进入批量制造阶段

于是团队开启了科研攻关之路。

有一段时间,研究人员发现,被固定在电路板上的双温控时钟在强撞击时容易坏。于是,科研人员将电路悬空,并加了很多防震措施,在室内各种抛、摔,终于让它练就“金刚不坏之身”。

除了死磕,科研中还需要一些运气。

研发团队发现节点中正在工作的元器件突然变成

初始状态,罢工了。“我们各种测试、排查,分析原因,但毫无头绪。”阮福明回忆,一筹莫展时,一位研发人员无意中拿着螺丝刀在外壳上划了一下,突然发现示波器有反应,出现了脉冲,这让他们意识到元器件罢工的原因会不会是摩擦引起的静电?

“我们就拿布使劲擦外壳,发现还真是静电捣的鬼。”阮福明笑称,当时,外壳材料已经无法更改,后来他们通过优化软件算法解决了这一问题。

2022年9月底,研究团队投放320个节点进行海底测试。结果表明,其自主研发的节点装备性能良好,尤其是在低频上的勘探精度优于外方产品。

这个时候,大家才稍微松了口气。

在不断测试优化装备的过程中,海底节点装备的生产线和车间也在抓紧建设中。今年年初,历时8个月,国内首条自主海底节点生产线建设完成。

“我们仅用了14个月,就实现了从实验样机到产品技术定型,并发布海底节点装备‘海脉’。”阮福明表示。

今年4月份,“海脉”进入批量制造阶段。两个月时间内,中海油服生产出6000多个“海脉”。

7月份,“海脉”在渤海海域正式投入使用。作业人员将数千个“海脉”节点按照设计要求,通过专业收放装备有规律地布放在海床指定位置,形成一个覆盖在海床上的巨大信息采集网。这些节点就像一个一个“听诊器”,接收着来自海底地层反射的地震波信号,并以数据的形式存储记录下来。作业完成后将其收回,下载分析采集到的数据信息,处理成地震剖面,最终可生成海底地层的清晰“CT影像”。

此次在渤海投用的“海脉”设计水深500米,实际作业能力可达700米。研发团队透露,他们正在设计水深达千米级的海底节点装备。

千亿元大金矿是如何被探获的

◎本报记者 王延斌

临近“十一”黄金周,黄金价格一路飙升,突破每克600元大关。在近日举行的山东黄金战略发展交流会上,中国黄金协会党委书记、副会长兼秘书长张永涛表示,黄金价格仍处于高位,机遇与挑战并存,但机遇大于挑战。

对山东黄金集团来说,机遇在于一个月之前的重大发现。8月10日,山东黄金集团宣布该集团在山东探明国内资源量规模最大的巨型单体金矿床——西岭金矿,累计探获金属量592.186吨,伴生银590吨,预估潜在经济价值超2000亿元。

潜在价值如此巨大的金矿是如何被探获的?山东黄金集团党委副书记、董事、总经理李航向记者表示,西岭金矿的发现是一个“从无到有、从有到优”的过程。

矿产资源勘查是一项高风险投资行

为,特点是投资大、周期长、风险高、难度大、成功率偏低。

早在1998年,该集团的技术人员通过对以往地质资料进行研究分析,掌握了三山岛断裂带区域成矿地质条件和控矿因素,大胆研判三山岛成矿带沿北东侧伏方向具有重大找矿潜力,并于2000年申请登记了“西岭金矿普查”探矿权。

西岭金矿便位于山东省莱州市三山岛金矿深部。

山东黄金集团党委常委、副总经理王立君向记者介绍:“2002年—2007年,我们主要研究圈定找矿靶区,组织专业技术人员开展探矿设计,虽历经多次工程验证,但最终仅有一个钻孔见到矿化体,整体找矿效果并不理想。”

时间来到2008年,勘探人员继续寻找探索矿体,经过与类似矿床地质资料对比分析,他们坚信三山岛断裂带在本矿区仍有延伸,推测深部可能潜藏着更大的矿体。

最终,施工ZK72-1钻孔时,他们

在-980米标高见到了厚度23.98米、品位3.14克/吨的金矿体,西岭金矿重大找矿突破正式拉开序幕。

大金矿是如何被探获的?李航表示,科技是金矿探获中的一个重要因素。

我国目前大部分金属矿床开采深度在1000米以内,但西岭金矿床赋存标高在地下1000—2000米以内,这意味着他们破解了千米以下采矿的技术难题。

千米以下采矿难在何处?王立君向记者表示,其主要难点在于“三高一扰动”,三高就是压力高、温度高、水压高,扰动就是开采过程中爆破造成的扰动影响。

为解决深部勘探施工中遇到的一系列难题,该集团自主研发了适合深部勘探的“钻杆柱深度极限使用”“抗盐抗高温钻井液”“小口径绳索取向定向钻进”三合一集成关键技术,保障了深部勘探工作的成功实施。

山东黄金集团科技环保中心副主任胡松涛表示,他们承担了国家“十三五”重点研发计划项目“深部金属矿绿色开

采关键技术研发与示范”。作为科技部组织的全国首次深部金属矿开采技术攻关项目,该项目的实施推动了我国深部高效率开采技术、充填技术和绿色开采技术取得重大突破。

在承担国家研发任务以外,山东黄金集团还组织了亚洲第一深1915米深竖井建设科研攻关项目。这项科研攻关将解决我国金属矿深部资源提供重要技术保障。

胡松涛说:“我们还研发配套了国际领先水平真三轴动态压剪试验大型设备,并受山东省应急厅委托建设了山东省非煤地下矿山地压监测预警平台,从设备建设、系统集成、技术突破等多个方面引领全国黄金矿山行业向1000米以下的深部进军。”

据了解,为减少环境扰动和生态污染,该集团还开展技术和工艺创新,形成了一整套涵盖设计、施工、检查、验收、土地恢复全过程的绿色勘查模式,实现了“经济效益、社会效益、生态效益”共赢。

数字孪生技术精准再现地下千米油藏分布

◎本报记者 李丽云
通讯员 刘洋 张雪

中国石油大庆油田第一采油厂(以下简称第一采油厂)经过60多年高效开发,已累计生产原油6.5亿吨,地质储量采出程度突破50%。当前,剩余地质储量高度分散,如何精确确定剩余油,是科研人员的主要课题。

近两年,第一采油厂多个区块已经处于闲置状态,一些剩余油藏匿在“犄角旮旯”,不容易发现。对此,科研人员通过跟踪调整,精准释放封存储量,取得了增油20万吨的成绩。近日,记者走进第一采油厂科研团队,详细了解了剩余油挖掘开发过程。

这样的开发成绩,主要得益于油田

数字化转型与智能化发展战略下,数字孪生油藏技术的进步,该技术让千米地看不见的石油更加立体清晰地呈现在电脑屏幕上。

“过去,储量在哪里,怎样开采,需要科研人员根据少量的资料和专业经验确定开发方案,就是石油人常说的‘石油在地质学家的脑海里’。如今,油藏有了新的呈现方式,油藏内部清晰可见,开发矛盾精准明确,使技术人员不出门,尽知油藏地下事。”第一采油厂地质研究所多学科室主任周长啸向记者介绍。

构建油气藏系统的数字孪生体,被认为是目前进行油气藏描述的最佳方案。经过60多年的开发建设,第一采油厂油水井总数已从会战初期的几百口井增长到目前的两万口井;井点密度也从每平方公里几口井增加到每平方公里一百多口井,这些油水井高密度地“连接”

了千米岩层。如此复杂的地下情况,如何原原本本地呈现油藏分布?

面对这种情况,攻关团队对两万口井进行了逐一排查。在吃透原有海量历史数据的基础上,通过物探、钻井、录井、测井、测试和开发调整,积累了庞大的地下岩石及油层信息数据流。此外,他们还应用计算机技术,将这些数据联系起来,并率先提出应用储层三维描述和数值模拟等技术手段,让看不见的地下逐渐“形象生动”起来,把地下实体“搬”进了电脑屏幕。

周长啸介绍,利用“孪生”地质体,不仅能精准判断剩余油位置和走势,实施“模拟开发演练”,高效部署开发井网,靶向实施工艺技术,还能预测挖潜效果,避免了实操中无法挽回的损失。

利用这些技术,第一采油厂最大限度地质还原真实油藏,准确地表征油

藏全生命周期动态变化,使精细油藏描述技术不断创新,描述精度实现跨越发展。

“这将有助于我们摸索不同开发模式的挖潜效果,进而筛选出最高效、最经济的开发模式,实现最大限度提高各小油层动用程度,最大程度发挥油水井单兵战斗力。”第一采油厂地质研究所副所长张国军说道。

利用数字孪生油藏模拟开发技术,第一采油厂逐步由人工经验分析、方案手工编制,效果专项跟踪向智能推送、智能决策优化、方案一键生成、效果自动跟踪转变。在不断提升油藏开发管理智能化水平的进程中,第一采油厂全力打造多学科、全链条、一体化的开发模式,为打赢特高含水后期油藏高质量开发攻坚战提供技术支撑,助力油田勘探开发领域实现高水平科技自立自强。

成果播报

国内内容积最大的50英尺集装箱正式投用

科技日报讯(记者叶青 通讯员黎磊 方杰)9月25日记者从中国国家铁路集团有限公司(以下简称国铁集团)获悉,近日铁路部门正式开行50英尺集装箱铁路多式联运快车。快车从广州国际港站、上海闵行站、长沙北站、昆明王家营西站始发,将常态化投入铁路货物运输。这标志着国内内容积最大的50英尺集装箱首次正式投入使用。

据介绍,铁路多联快货车所采用的50英尺集装箱由国铁集团自主研发,箱体总重36吨,载重

30.85吨,容积达114.4立方米,比40英尺国际标准箱容积增加50%,是目前国内内容积最大的集装箱。此次四地始发的50英尺集装箱铁路多联快货车采用“干线铁路运输+两端快速集配”的组织模式,最高运行时速120公里,较普通货物列车运输时间均压缩一半以上。

该多联快货车具有“安全、准时、量大、节能、价优”五大亮点。投入使用后,主要服务我国内陆运输市场,将极大增强集装箱运输能力,大幅降低社会物流成本,加快我国内陆集装箱装备体系建设。



一列搭载46个50英尺集装箱的铁路多式联运快车从广州国际港站开出。荆钟摄

集大原高铁全线最大纵坡连续梁转体对接成功

科技日报讯(记者韩荣)记者9月24日从中国铁路太原局集团有限公司获悉,集大原高铁全线最大纵坡、最大跨度、最大重量的转体连续梁已于近日成功完成转体对接。

集大原高铁是我国“八纵八横”高速铁路网呼南通道的重要组成部分,此次转体连续梁位于山西省忻州市代县境内,是集大原高铁樊家庄跨韩原铁路特大桥的重难点控制性工程。

中国铁路太原局集团有限公司相关负责人表示,此次转体连续梁全长273.7米,最大纵坡达到30‰,跨度长达128米,同时转体的两组T构梁均长126米,重量分别为11000吨、10600吨,合计超过2万吨。

由于该处线路设计纵坡大,连续梁两端的水平高度差达8.2米,约3层楼高,加之跨度长、重量大,跨

越的既有韩原铁路又是能源运输、动车组、普速等列车运行的重要通道,因此此次转体施工难度大、安全风险高、工序工艺复杂。

针对连续梁转体精度高、结构重量大等特点,此次施工运用了智能称重系统、电子应力监测等新工艺、新技术,确保转体过程各项技术标准符合设计规范要求。转体过程中,两座万吨级转体连续梁采用逆时针旋转。指挥系统以秒为单位进行指挥,以毫米为间距进行操控,确保了此次转体连续梁的精准对接。

据悉,集大原高铁建成后,与太西高铁连通,并入全国高铁网,形成连接晋陕蒙的快速客运通道,对于推动黄河流域生态保护和高质量发展,满足沿线百姓美好出行需求,促进区域间文化交流和人才交流等都具有重要意义。

“玲龙一号”环吊设备具备可用条件

科技日报讯(记者王祝华)9月25日,记者从海南核电获悉,海南核电“玲龙一号”全球首堆环吊85T钩头近日完成全部载荷试验,具备可用条件。

在工程建安阶段,环吊主要用于各类大型设备吊装,包括反应堆集成式堆顶、堆内构件、假顶盖、螺栓拉伸机等。此次载荷试验的成功,将为后续设备引入奠定坚实的基础。

据悉,为确保环吊载荷试验的顺利进行,海南核电工程管理团队

组织各参建单位提前6个月规划载荷试验布置,并根据CV顶封头吊装时间制定两份载荷试验规划。在主梁就位后,海南核电工程管理团队第一时间组织现场各专业梳理环吊载荷试验前剩余尾项20余项,并制定专项施工计划,解决了设备出库、设备厂家人员协调等问题。同时,现场采用“配重和托架一体化”吊装方式,减少了试验托架引入及配重倒运的时间,最终环吊在主梁就位后36天实现了可用。



“玲龙一号”全球首堆环吊85T钩头完成载荷试验。受访单位供图