

供应保障

责任编辑:秦紫函
电话:59964339
邮箱:qinzhif@sinopec.com
审校:张春燕
版式设计:赵博



周“油”列国
油事精彩

揪出“藏”起来的油气藏



开发中的江苏油田回陈堡油田。

潘月斌摄

能源经纬

找准物源来向 打开隐蔽“油仓”

江苏油田高邮凹陷陡坡带隐蔽油气藏勘探喜获新发现

□潘月斌 罗红霞 何俊卿

8月9日,江苏油田在高邮凹陷肖刘庄地区部署的肖18斜井已累计生产原油近300吨,该井在压裂初期试获日产12.9立方米高产油流,进一步扩大了高邮凹陷南部陡坡带戴南组扇三角洲隐蔽油气藏的勘探场面。

该井的勘探突破,不仅找到底部隐蔽油气藏富集区,更是坚定了研究人员“老区不老”的勘探信心。

“一子落”激发“全盘活”

高邮凹陷是江苏油田勘探开发主战场之一,经过近50年勘探开发,主力层系勘探难度越来越大,资源接替矛盾日益突出,加快寻找有利勘探接替层系、拓宽新的勘探领域势在必行。

2014年11月,江苏油田在高邮凹陷肖刘庄地区预探隐蔽油气藏的肖X14井,运用有效砂体预测解释技术,打破了该区近20年的沉寂,后经对该井戴一段中上部油层试油,获初期日产近20立方米的高产油流,给老区油气勘探带来了新的生机。

“后期受地层能量等多种因素影响,肖X14井在累计产油1200多吨后停产,但这口井让大家认识到该区戴一段中上部为储层较好的扇三角洲沉积,主要是扇控型的断层+岩性复合型隐蔽油气藏,有着广阔的勘探空间。”江苏油田物探技术研究院解释研究一部主任张娟说,之后的肖X15、肖15-1、肖17斜井等也进一步证明了这一认识。

高邮凹陷自南向北发育了真1号、真2号断裂及汉留断裂,这些断裂将凹陷切割成次一级构造单元——依次为南部断阶带、中央深凹带和北部斜坡带,整体上呈断、凹、坡的构造格局,而肖X14块就处于受真2断层控制的南断阶陡坡带。

肖刘庄油田曾有多口井钻遇砂岩,储层致密、埋深大、地层陡、规模小、物性差,勘探成本高,加上肖X14井投产后就一直处于低产状态,戴一段中下部油藏受钻探投入较少、研究程度较低、尚未取得突破的局限,并没有过多地吸引人们的眼光。这也是该区8年没有取得新发现新突破的主要原因。

“新认识”展现“新魅力”

2021年10月,江苏油田针对新层系戴一三段部署的首口探井——富125侧井获得持续稳定高产油流,单块上报探明储量121万吨,展示了戴南组深层巨大的勘探潜力。在这一勘探成果的启示下,研究人员随即针对永安油田断层—岩性复合型油藏部署永33-3侧井、永103斜井,并在真武—曹庄接合部部署曹32侧井等,均在相同层系获高效发现,逐渐明确了高邮凹陷陡坡带是戴南组隐蔽油气藏拓展勘探的有利方向。

2022年8月,为升级肖X14块控制储量,油田钻探了肖101斜井,经岩屑录井发现油斑显示2层14米、荧光显示4层29米,气测全烃升高近49倍,美中不足的是仅在戴一段下部钻获1层6.8米的油层,且油层下部有断缺。而肖101斜井比肖X14井深110米,距离油藏高点

200米,该井揭示戴一段地层并非富砾而是富砂。这一认识在2022年底钻探的肖18-1井得到进一步证实,该井邻近肖X14块,同处于高邮凹陷底部,物源上与肖101斜井是“近亲”。

“肖刘庄地区位于深凹带,纵向含油层段长,多层系含油,虽已从已钻井中揭示戴一段上部为大岩性控藏,有较好储层,多段非油即干,但其中下部的物源来自哪里,一直存在来自上盘肖12富砾方向和肖17富砂方向两种认识,‘找准物源,揭示真相’是实现该区勘探突破的核心。”江苏油田物探技术研究院解释研究一部副主任范立新说。

为了彻底厘清该区物源来向,研究人员从盆地构造演化、古地貌、钻井对比等方面进行物源分析,认为戴一段中下部地层在古代沉积时期,因真2断层活动性弱,真1断层主控了该区的古地貌与沉积特征。

如果这一认识被证实,将会改变该区戴南组“物性差,难以取得商业发现”的认识。

“好技术”孕育“大发现”

虽说高邮凹陷部分主力区带的资源探明程度已超过70%,但复杂隐蔽型石油储量约占总石油储量的30%~40%,而高邮凹陷隐蔽油气藏资源量超过6000万吨。

基于此,江苏油田自1997年就开展了针对性研究,逐步形成了以沉积建模、砂体建模、成藏建模和储层预测“三模一测”为主体的完善、合理、适用的思路和技术流程,并在环邵伯地区率先发现了多种隐蔽油气藏砂体类型。

近年来,江苏油田实施“二次创业、非常并进”新战略,成立苏北盆地隐蔽油气藏勘探项目组,研究人员综合各种地质、地震方法,开展层序地层与沉积微相、圈闭发育模式、成藏分析、规模增储区带评价、构造—岩性—隐蔽多类型圈闭识别、规模增储目标识别与评价等方面的研究,推进“三新”领域油气勘探不断向“深层”“深凹”挺进。

为了证实地质上对戴一段中下部地层物源来向的新认识,项目组采取一体化运行模式,研究人员将地质认识和物探技术相结合,利用古地貌恢复技术恢复戴一段沉积时期的地貌特征,进一步证实了该区沉积物搬运路径,以及该区一段中下部地层构造演化的过程。得出结论:肖刘庄戴一段中下部地层物源来自东部,根部在肖17块一带,为储层条件较好的富砂型扇三角洲沉积。同时,他们灵活利用“宏观地震相”和“微观波形变化”技术,用地震正演、剖面相解释等手段建立地震相识别模式,并在大量沉积微相、地震属性分析的基础上,开展地震反演研究,实现有效储层定量预测。

3月5日,肖18斜井开钻,共钻遇油层7层23.9米、油干层4层11.7米、含水层1层4.3米,但缺失了戴一三段,后经对靠近戴一三上部的层段压裂试获高产油流。

“物探技术在肖18斜井上的成功运用,为进一步拓展深层隐蔽油气藏的勘探发现奠定了坚实技术基础;虽说该井戴一三段段缺失,只能说明该区块地质条件复杂,但并不代表其他的井也会缺失,只要存在,定会找到。”江苏油田物探技术研究院解释研究一部副主任罗震说。

中原油田

复杂环境寻找“蛋糕”



研究人员在新井取芯现场开展岩芯观察描述和取样分析工作。 杨栋栋 摄

□杨敏 王璇

中原油田东濮凹陷勘探开发至今已近50年,常规油气勘探难度日益增大,深埋的油气藏规模越来越小、储量越来越少,研究人员将目光瞄准隐蔽油气藏。

据东濮凹陷第三次资源评价,截至2022年底,石油探明率为47%、天然气探明率为38%,一多半的“蛋糕”还没发现,仍然具有较大的勘探潜力。如何才能高效找到这些隐蔽很深的油气藏?

“既然这部分油气藏‘藏’起来了,我们就要想办法把它‘揪’出来。”中原油田勘探开发研究院高级专家慕小水说。

以东濮凹陷为例,经研究发现,该凹陷石油地质存在“三多”的特点——多套烃源岩大面积分布、多套砂泥薄互层储层组合、多种类型油气藏,如何在如此复杂的环境下找到油气藏?

研究人员利用石油地质、地球物理、地球化学、古生物、钻井岩芯分析化验等多种资料,详细解剖东濮凹陷成藏特征,深化砂泥频繁互层沉积成藏机制研究,在富油气周边如文接合部,开展构造、储层、油气藏等全层系精细评价,在主力层系注前梨园注前东斜带,整体分层系精细评价,做到常、非兼顾,并根据油藏“薄、多、广”等特点,进行储层展布及物性分析研究,明确致密油有利目标区,落实致密油资源潜力,拓展低勘探程度领域。

“近年来,我们在中央隆起带北部、西南注陷带南何家构造等区块,隐蔽油气藏挖潜相继获得突破。”中原油田勘探开发研究院东濮勘探研究所所长高永涛说。

中原油田在富油气周边构造—岩性油气藏领域,优选出濮城构造南翼作为突破口,部署了濮158井,日产油11.76吨,该断块上报石油探明储量570多万吨;在近源薄砂体致密油气藏领域优选前梨园注陷带部署了文318井,显示油气厚度超200米,致密油预测储量1000万吨;在低勘探程度区低幅度隆起领域,优选了西南注陷带南何家构造作为突破口,部署实施了何301井,日产油超21吨、产气3000多立方米……

中国石化隐蔽油气藏勘探理论技术进展及发展方向

□杨贵丽

隐蔽油气藏的概念可以归纳为三种,第一种为广义的地层圈闭,包括地层圈闭(狭义)、不整合和古地形圈闭;第二种是为了与构造圈闭区分而提出来的非构造圈闭,指所有的非构造圈闭形成的圈闭类型;第三种是指用目前普遍采用的勘探方法难以圈定其位置的圈闭。国内广泛认同的隐蔽油气藏的概念以第三种为主,一般是指在现有理论和技术条件下,从物探和测井等资料上不能直接发现或识别出来的油气藏。

随着勘探程度的提高和新技术的发展,隐蔽油气藏在新发现油气藏中占比日益提高,尤其是我国东部大部分陆相断陷含油气盆地已进入中高勘探程度阶段,隐蔽油气藏成为重要增储方向。据预测,中国东部陆相断陷盆地老油区中,由于岩性变化和地层不整合而发育,隐蔽油气藏储量可在60%以上,如果考虑深盆油气藏、水动力封堵等其他类型隐蔽油气藏,占比有望在75%以上。

隐蔽油气藏一直是国内外地质研究和勘探探索的重要内容。在大多数陆相沉积盆地中,由于物源方向多、搬运距离较近,岩性、岩相变化大,形成各类隐蔽圈闭的因素多,隐蔽油气藏的形成机制和分布规律复杂。隐蔽油气藏大多存在“深、小、低、稠”的特点,勘探目标埋深不断加大,勘探对象储量规模越来越小,低渗透、特低渗透油气藏,以及稠油、超稠油油藏占比不断增加。隐蔽油气藏的特征决定了其勘探难度较大,勘探难点主要在于隐蔽圈闭识别描述技术与储层预测技术不适应。

多年来,中国石化大力攻关隐蔽油气藏勘探理论和方法,取得巨大进展,研究主要集中在隐蔽油气藏的分布规律、类型划分和成藏机制上。中国石化牵头的“十五”国家重大攻关课题“济阳拗陷复杂隐蔽油气藏地质评价及勘探关键技术研究”提出“断坡控砂、复式输导、相控控藏”理论体系,实现了隐蔽油气藏勘探由“碰”到“找”的重要转变,由“定性预测”到“定量评价”的飞跃,“陆相断陷盆地隐蔽油气藏形成机制与勘探理论”获2004年度国家科技进步一等奖。

近年来,持续的科研攻关和勘探实践推动隐蔽油气藏勘探理论和技术持续深化,形成了富油凹陷盆地结构及成藏要素的相似性、盆地内油气藏类型分布有序性、油气成藏及富集模式差异性的认识,实现了同类型盆地勘探经验技术的相互借鉴,指导了成熟层系勘探油藏类型的主动转移,实现了相同领域的高效勘探,“中国东部成探区新增17亿吨探明储量油气成藏新认识与勘探技术”获2011年度国家科技进步二等奖。以精细勘探理念为指导,勘探人员针对高勘探程度区,创新创立断陷盆地成化富砾、酸碱性控藏、有序成藏精细勘探理论和技术体系,支撑新增探明储量15.81亿吨,“断陷盆地油气精细勘探理论及技术示范应用——以济阳拗陷为例”获2020年度国家科技进步二等奖。

在以渤海湾盆地济阳拗陷为典型的陆相断陷盆地隐蔽油气藏勘探实践中,逐步形成了一套完整的隐蔽油气藏勘探理论技术系列,包括陡坡带砂岩体、注陷带砂岩体、滩坝砂体、缓坡带地层油藏、河道砂体等类型隐蔽油气藏地质—地球物理识别与描述技术。理论体系不断完善,配套勘探技术不断提升,推动了东部成熟探区隐蔽油气藏勘探持续深化,保障了中国石化油气储量与产量任务顺利完成,为保障国家能源安全作出重要贡献。

目前,针对隐蔽油气藏的油气成藏理论认识正逐步深化,配套勘探技术水平也将持续提升。随着中国石化自主研发的单元高密度地震、全节点高密度地震、可控震源高效高密度地震等先进地震勘探技术和五维地震资料解释技术推广应用,勘探人员可以获取地下隐蔽油气藏更清晰的“CT图像”,必将带来隐蔽油气藏的持续高效发现。

(作者单位:石油勘探开发研究院油气勘探研究所)

华北油气

精准预测气田“甜点”



研究人员在解决生产中出现的难题。 马献珍 摄

□付豫蓉 贾春晓 马献珍

截至目前,鄂尔多斯盆地北缘的东胜气田新召气区累计新建产能10.5亿立方米,占盆地北缘产能比例由15%提升至58%;2022年产气7.5亿立方米,占东胜气田总产量的38%。

“富集的‘甜点’预测难度大,一度是制约气田发展的瓶颈,我们历经多年攻关,在致密砂岩储层形成机理、处理成像、‘甜点’预测等方面取得突破,推动召气区实现规模建产。”华北油气勘探管理部副经理张威介绍。

新召气区位于盆地北部三个二级构造单元接合部,构造、沉积特征具有典型的过渡带特征,河道规模小、储层非均质性强、河道识别难度大,断裂发育、构造复杂、控藏要素多,富集目标评价难度大,严重制约勘探开发进展和效果。

2008—2017年,研究人员历经10年艰难探索,由于对储层类型认识不清、缺乏预测“甜点”的有效手段,新召气区带实施探井10口,仅2口并获得工业气流。因此,高效勘探开发必须解决“甜点”预测难题。

2017年以来,华北油气针对“甜点”储层形成机理、地震成像、“甜点”预测开展攻关,取得了三方面成果:

一是首次揭示了致密砂岩岩状河“甜点”储层的形成机制,创新提出了盆缘过渡带岩状河沉积地质模式,解决了“甜点”储层“如何找”的难题。

二是创新形成了地震处理技术,研发了地震波保真处理、地震宽频处理等技术,提高了岩状河河道成像精度,解决了“甜点”储层“看不清”的难题。

三是针对高产气层隐蔽、分散的难点,创新形成致密砂岩岩状河“甜点”储层预测等技术,解决了“甜点”储层“瞄不准”的难题。2021年以来,新召气区带勘探开发成效显著,部署探井30口,成功率由38%提高到62%;打出了一批日产10万立方米以上的高产井,最高日产达到26万立方米,支撑了新召气区日产从100万立方米快速上升至230万立方米,成为盆地北缘主力建产阵地。

河南油田

“火眼金睛”精细挖潜



研究人员在进行地层精细对比工作。 李小霞 摄

□本报记者 常换芳 通讯员 李小霞

“隐蔽油气藏很多都隐藏在像手指关节褶皱里的隐蔽处,没有一双‘火眼金睛’,很难发现。”河南油田勘探开发研究院副总地质师、勘探研究所所长岳欣形象地解释。

目前,河南油田的隐蔽油气藏主要分布在泌阳凹陷和春光探区。勘探研究所副所长黄帅博介绍,隐蔽油气藏圈闭的形态隐蔽、储集的空间隐蔽,成藏条件复杂、圈闭形态不规则,用常规技术手段很难界定它们的展布范围。比如,春光探区白垩系的隐蔽油气藏规模小,油藏单层厚度只有1~6米,还大多隐藏在在不整合面附近,小层精细划分难、沉积微相刻画难、圈闭及油水识别难,整体勘探程度较低。但该区区域有控制储量和预测储量规模大,勘探潜力较大。

今年以来,河南油田打出“组合拳”,深挖隐蔽油气藏潜力。他们开展层序地层研究,明确隐蔽油气藏的地层分布特征,再系统分析它们的构造特征及沉积特征,明确它们的演化规律,通过小层精细对比,建立砂体发育模式,明确了圈闭类型及有利圈闭发育区。

在此基础上,研究人员深化油源、油气输导体系、储层组合、成藏期次研究,明确了隐蔽油气藏的成藏条件,同时,对已发现的隐蔽油气藏开展精细解剖,明确油藏的发育规律,建立油藏成藏模式,总结成藏控制因素,找到成藏有利区带。

有的隐蔽油气藏在层序地层剥蚀比较严重的区域,有些地层由于风化等原因消失不见。研究人员根据地层超剥带砂体发育情况及储层组合特征,开展削蚀带储层预测技术攻关,叠前叠后流体检测技术攻关等,形成针对超剥带储层预测及含油气预测技术,支撑超剥带隐蔽油气藏的精细识别与刻画。

今年以来,通过认清隐蔽油气藏的展布范围、成藏特征和关键技术攻关研究,泌453、春垆17、春垆1704等井均钻遇优质油层,并在春光探区打造了东北部白垩系剥蚀带高位域三角洲增储建产阵地,以及白垩系超覆带三角洲及滩坝岩性圈闭稠油规模增储新阵地。