



今年以来,胜利油田河口采油厂累计实施“气改电”高效节能电加热炉94台,年可减少碳排放数万吨。近年来,该厂大力发展光伏、地热等清洁能源,实现年节约标准煤3.14万吨、减排二氧化碳2.52万吨。因为10月8日,员工检查维护渤南油田BAE12-X18井组“气改电”高效节能电加热炉。

吴木水 丁洁 摄影报道

## 物探院与西北油田 攻关山前构造精细成像

本报讯 近日,物探院与西北油田就复杂山前带三维目标勘探处理项目达成合作意向,将共同开展山前带深层构造精细成像攻关。

山前构造是重要的油气资源富集区,但因其地表起伏较大、地下构造错综复杂,原始地震资料品质不高,常规地震处理方法无法满足勘探生产需求。

对此,物探院成像所深入分析地质结构,利用自主创新技术,提出可行的特色攻关方案,在充分挖掘山前带高密度数据优势的基础上,形成了以满足复杂山前带实际地震波传播和速度变化规律为关键、以时间域静校正与深度域建模成像突破为核心的攻关思路,支撑精细成像与圈闭落实,增强断裂成像及构造成像效果。(刘旭跃 胡守旺)

## 中原油田 首口示范井实现碳中和

本报讯 截至10月6日,中原油田濮城采油厂濮新82井采用一系列节能降碳技术后,已减排二氧化碳近36吨,成为该油田首口实现碳中和的示范井。

为打造“一流绿色生态油气田”,加快能源结构优化,中原油田优选濮新82井作为碳中和试验井。今年3月起,中原油田在该井试验应用分布式光伏发电、半直驱抽油机永磁电动机、LDAR泄漏检测与修复技术、周期掺水化盐等节能降碳技术,其中,光伏年发电减少碳排放31.7吨,节能措施降低碳排放4吨,甲烷监测逸散修复后消除碳排放0.2吨。

下一步,中原油田将持续推进碳中和井站技术标准化建设,构建油田站场光电、光热、智能微网等多能互补新型能源供给和利用模式。(徐振兰 刘霞 介迎东)

## 西南油气川西气田 重点超深水平井获高产

本报讯 近日,西南油气部署在川西气田鸭子河构造的一口重点超深水平井彭州5-3D井,应用前置投球滑套分流酸压工艺改造储层后,获日无阻流量173万立方米,成为川西气田产能建设项目第二轮次6口井中的第5口高产井,进一步证实超深海相“千层饼”式薄互层气藏能够获得高产。

彭州5-3D井具有超深、超长水平段、高温、高压、高含硫、局部地层稳定性差等特点。西南油气采取“一井一策、一步一讨论优化措施”,优化施工方案、优选施工队伍,开展地质工程一体化联合攻关,采用全电动700钻机施工,应用一系列钻井关键技术,顺利完成该井钻井施工。在完井投产测试过程中,西南油气优化分级酸压规模,加大施工排量,刷新工区最大酸压施工压力纪录,高效完成放喷求产施工。(潘积尚 冯成军)

## 江苏油田采油一厂 智能分注技术增油万吨

本报讯 日前,江苏油田采油一厂研发井下无线智能分注技术,解决了传统工艺数据传输慢、测调周期长、费用高等问题,经集团公司鉴定达国际先进水平。截至目前,该技术已在江苏油田应用45井次,对油井累计增油超万吨。

油田进入开发后期,需要依靠注水提高水驱采收率,实现效益稳产,但常规分层注水工艺受人工操作、周期测调的限制,无法满足油藏工程对注水并实时监控、精准测调的需求。

技术人员经过攻关研究,形成了井筒波码双向通信、井下无线智能分注配水、远程智能分注调控三项技术创新成果。9月20日,这些成果在注水井陈3-110井应用,对井下配水器进行远程控制,以及数据远程接收、处理、存储和共享,实现了数据监测、收发码及智能测配,实时掌握了油藏各层生产状况,满足了油田精细注水的要求。(赵海燕 杜东哲)

面对资源接替矛盾,江苏油田加大低勘探程度区块隐蔽油藏勘探力度,对三河北、崔庄北等金湖凹陷外围的储量空白区进行攻关

# 贫瘠外坡带开出“吉祥花”

□王庆辉

10月10日,江苏油田在金湖凹陷西斜坡外坡部署的预探井吉2井投产后已稳定生产一个多月,原油品质好,且不含水。继唐12井在唐港北部取得勘探突破后,金湖凹陷外甩勘探在刘庄北“再下一城”。

吉2井在1400米的浅层实现隐蔽油藏勘探再获新突破,钻遇油层1层3.3米,油干层1层2米,试油获日产8.38吨自然产能。该井所发现的吉2块是近十年金湖凹陷发现埋深最浅的区块,开采成本低,展现了金湖凹陷外围良好的效益勘探潜力,丰富了金湖凹陷隐蔽油藏勘探认识,进一步坚定了“油田之外找油田”的信心。

### 低勘探区块成“热点”

金湖凹陷是江苏油田的主力凹陷,历经40多年勘探开发历程,勘探程度高,但受客观地质条件影响,油藏分布极不均衡。金湖凹陷油藏主要集中在西斜坡和下内拐两大构造带。如今,这两大构造带的高集、崔庄、杨家坝等主力油田均已进入高含水、高采出度阶段。

面对资源接替矛盾,近年来,江苏油田加大低勘探程度区隐蔽油藏勘探力度,对三河北、崔庄北等金湖凹陷外

围的储量空白区进行攻关。

风雨多经志弥坚,关山初度路犹长。在河8、河301等西斜坡中内坡探井成功的基础上,今年以来,勘探系统将外甩勘探的目标,放在了西斜坡外坡带的低勘探程度区。

勘探人员对该区的勘探潜力进行了深入分析:从区块拓展看,金湖凹陷外围的储量空白区,不仅有中内坡,还有外坡带广阔的区域,空白预示着潜力;从勘探类型看,外坡带虽然构造欠发育,圈闭刻画难,但是复杂的沉积类型给探索滩坝砂岩、地层超覆等隐蔽油藏勘探带来了机会;从勘探效益看,整个外坡带埋藏浅,基本在1500米以内,开采成本低,一旦取得突破,具有有效开发良好潜力。

### 解开油气运移之困

对于金湖凹陷西斜坡外甩勘探,关键的难题是,远离生烃次凹能不能有好的油源条件?

之前研究认为,西斜坡油气主要沿着高集-刘庄等主要构造高带向外运移,这也是刘庄油气田得以形成的主要原因。但是几十年来,西斜坡的外围勘探止步于刘庄油气田,没有进一步发现。

对此,江苏油田勘探开发研究院金湖项目组的研究人员,从基础地质

研究做起,寻找突破口。

在研究过程中,地质主任师张路崎发现了一个以往被忽视的矛盾:同样处于高集-刘庄构造高带上的宋1块和刘庄油气田,间隔不到三公里且油藏埋深差不多,但是原油黏度相差近十倍。

“通过对比一系列地化指标,我们认为宋1块和刘庄油气田的油气可能经历了不同的运移过程。西斜坡的油气运移模式可能比原先的认识更加复杂,除了主构造高带,是否还有其他的油气运移路径?”张路崎提出疑问。她从从事科研工作13年,特别是曾经在采油二厂地研所工作11年,对金湖凹陷油藏油水关系、油水井的生产历史了然于心。

通过深入分析,他们在宋1块和刘庄油气田之间发现了一个宽度仅有300米的凹槽,但是埋深普遍超过了刘庄油气田的油水边界深度。

“把油藏解剖透是我们提出新认识的基础。我们通过细致刻画成藏期古地貌特征,认为刘庄油气田的油气,跨越这个凹槽再运移到宋1块的难度较大,应当另有其他路径给宋1块供气。”勘探开发研究院勘探一副主任李维分析。

项目组以此为突破口,深入开展古地貌研究,发现油气从刘庄油气田北部运移到宋1块的可能性最大,而除了构造高带,刘庄北也是适合油气运移的有利区。

### 探究混合沉积“前世今生”

解决了油源问题,还要寻找有利的储层。

因为该区构造圈闭不发育,探索隐蔽油藏成为唯一出路。

金湖凹陷西斜坡发育典型的混合沉积,砂岩与碳酸盐岩混杂在一起,沉积类型十分复杂。

如何探究混合沉积的“前世今生”,探索不同类型储层形成的“前因后果”?项目组借助已开展4年的“高邮-金湖凹陷早二段混合沉积环境与储层评价”课题研究成果,理清了不同沉积类型的特征和分布。

“混合沉积是近年来沉积学的研究热点之一。但是这个‘热点’属于基础理论系统,与油气勘探之间还存在一道‘鸿沟’。在勘探科研工作中,我们一直在努力打通从理论到实践的‘最后一公里’。”李维说。

根据混合沉积理论,项目组建立了金湖凹陷早二段混合沉积模式,明确了生物礁、生物碎屑滩坝、砂岩滩坝三种油气储层类型,并总结分布规律,为隐蔽圈闭落实奠基了理论基础。

### 破解“多元方程”刻画隐蔽圈闭

“由于储层组合类型多样,地震反

射包含的信息更加复杂。就好比‘多元方程’,众多解释难题交织在一起。为了弄清每种类型储层的分布特征,我们模拟不同地层组合的地震反射特征,在统计中找规律,于细微处辨差异,从而明确不同储层的描述方法。”勘探开发研究院勘探一副主任裴然说。

为了寻找地震特征的细微差异,物探人员统计了金湖凹陷西斜坡上百口井不同类型岩性的地球物理参数,设计了十余种二维地层骨架模型。

经过大量模拟研究,他们确定了储层地震相特征、有效储层分布值域,为隐蔽圈闭描述原则提供了依据,分类落实一批生物灰岩岩性圈闭和滩坝砂岩岩性圈闭有利目标,最终提交了吉2井目标。

3月,专家团队论证通过了吉2井预探方案,认为混合沉积模式认识可靠,不仅丰富了隐蔽油藏勘探认识,而且目的层埋藏浅,值得探索,以进一步打开外甩勘探空间。

经过钻探,试油,在初秋收获的时节,吉2井在金湖凹陷西斜坡外坡带开出美丽的“吉祥花”。



## “降黏驱+” 破解稠油动用难题

□张欢欢

截至9月,胜利油田现河采油厂王家岗油田深层低渗稠油油藏王152区块平均单井产能提高6倍,连续三年实现负递减。

“这得益于采油厂依靠技术创新、管理创新双轮驱动,探索出了‘降黏驱+’驱替开发方式,将深层低渗稠油从‘难动用’变为‘经济有效动用’。”现河采油厂副厂长张戈说。

### 转变思路破解“三大难题”

在胜利东部深层低渗稠油储量中,现河油区占3334万吨。2011年,现河采油厂开始开发王152区块,但其“深、低、散、稠、弱”的特点严重制约效益开发。

十年来,采油厂在该区块开展了高干注汽热采、压裂防砂、降黏吞吐等开发试验,却屡屡败下阵来。

2020年,采油厂转变“稠油只能靠热采”的开发理念,强化院厂合作深入深层稠油渗流机理研究,探索稠油开发新的驱替方式。根据王152区块存在有效驱替压差建立难、储层渗流能力改善与保持难、水驱波及系数扩大难“三大难题”,创新提出了稠油流度调控降黏驱技术,优选试验井组王152-斜6井组探索实施深层低渗稠油降黏驱开发。试验后,平均单井日产量翻了番。

### 创新探索“降黏驱+”

王152-斜6井组的成功,验证了降黏和补能是突破“难动用”的关键。技术人员不再摸着石头过河,在该区块扩大降黏驱建设规模。2020年10月,他们又在王152-斜4、王152-斜10、王152-斜21等3个井组开展差异化降黏驱压驱试验。

成功之路并不平坦,三个井组在第一轮连续压驱后没有实现建立油水间有效驱替关系的预期目标。核心技术的攻克是不断迭代的过程。在前期试验基础上,技术人员不断总结经验,设计增加迭代降黏驱,同时控制压力,实行差异化压驱,升级降黏体系。这期间,技术人员同步从油井端多轮次降黏引效,有效建立驱替压差,渗流能力得到稳步改善,平均单井日产能提升了517%。

该厂不断探索降黏驱、降黏压驱、迭代降黏驱、二氧化碳驱等多种不同的驱替方式,逐渐形成一种适合深层低渗稠油效益开发的“降黏驱+”驱替开发方式。

### 让“试验田”变“示范田”

历时两年,“降黏驱+”新驱替模式在存量中做出了增量,现河采油厂通过“方案评价-井组试验-规模建设”,让“试验田”变为“示范田”。

“管理也要跟上技术的升级,‘未动用’才能真正动起来。”刚刚加入采油厂未动用项目组的田雷雷说。该厂快马加鞭,借助院厂外资、外力、外脑合作开发模式,优选开发、工艺、地面、经营管理等技术骨干培训,培养复合型技术人才,打造强有力的管理保障团队。

同时,他们不断优化完善配套保障机制,及时解决地面加热、注水泵运行、热洗质量管理等问题,借助专班专业性强、响应速度快、人工成本低的优势,实现时间、成本、质量兼得。



### 华东油气:修井机器人上岗了

10月3日,华东油气服中心在仓西3-36井、洲17B井成功应用修井机器人实施修井作业,实现井口无人操作、井场油管自动输送并自动测量油管长度,一名司钻就能完成提下油管作业。该设备操作简单,体积小、重量轻,工作效率高,得到现场员工一致好评。图为仓西3-36井修井机器人修井作业现场。

本报记者 沈志军 通讯员 陶桂荣 摄影报道



近年来,江汉油田工程院攻关复兴侏罗系陆相页岩油气水平井增产改造技术,形成了密切割+多级暂堵转向工艺,研发了一体化变黏减阻水等,支撑规模增储

## 新工艺啃下硬骨头

□黄慧 姜建琼

“近日,兴页L1HF井压后测试收到良好效果,我们在复兴侏罗系陆相页岩油气水平井增产改造方面的成功探索。”江汉油田工程院油田储层改造专家黄亚杰说。

复兴侏罗系陆相是江汉油田重要的页岩油气开发接替阵地。近年来,江汉油田工程院攻关复兴侏罗系陆相页岩油气水平井增产改造技术取得重大进展,支撑该区块规模增储。

### 先天就是“硬骨头”

复兴侏罗系陆相,是一根“难啃的硬骨头”:自下而上发育东岳庙段、大安寨段和凉高山组三层系,其中,东岳庙段和凉高山组页岩黏土含量达50%-60%,遇裂水易膨胀,会堵住岩石孔隙,导致油气无法从孔洞里逸出,加上页岩黏土矿物岩性具有低脆性、高塑性、成缝形态简单等特点,储层主体工艺优选难度大。

此外,三层系层的流体性质处

于油气同出状态,属于凝析油气藏,开采过程中随地层温度和压力变化,气常常变成油。产出油气还富含蜡,容易堵塞流道。

侏罗系东岳庙段、凉高山组主力页岩层纵向上含有介壳灰岩夹层和砂质纹层。夹层属于硬度较高的高应力区,水平井井筒横穿主力页岩层时,介壳夹层不容易被撕裂,难以实现纵向穿层沟通,影响纵向层整体改造和产气效果。

“就好比用刀切肉很容易,但切到硬骨头就会受到阻碍。”江汉油田工程院科技部主任任付永明说。

### 形成更复杂的地下缝网

针对复兴区块侏罗系陆相页岩油气储层高黏土、低脆性、缝网简单泄气面积小,纵向多层发育裂缝扩展难度大,油气相态复杂裂缝导流能力要求高的特点,攻关团队创新建立固-液损伤全耦合三维压裂优化模型,形成密切割+多级暂堵转向工艺,促进缝网复杂化。

侏罗系陆相页岩纵向介壳夹层厚度较薄,常规压裂模型有限元描

述尺度以“米”为主,难以精确刻画介壳夹层力学性质及影响规律。为提高工程尺度压裂模型计算效率和精度,2021年3月-9月,攻关团队采用边界元法创新建立了固-液损伤全耦合三维压裂优化模型,描述尺度精细到厘米级。

“常规模型在描述目标地层时,会将其划分为无数个米级的小方格子描述,全耦合三维压裂优化模型则把小方格切成厘米级,单元格切得越细,裂缝扩展描述得越准确,类似于照相机像素越高,相片越清晰。”江汉油田工程院专家肖佳林说。

针对复兴区块侏罗系陆相页岩油气储层高黏土特性,攻关团队形成了密切割布缝工艺,即提高每百米压裂裂缝条数,同时采用球、剂多级暂堵转向工艺,投堵堵球用于堵住已改造缝便于压裂液进入未改造缝开启新裂缝,以实现多簇裂缝均衡延伸,暂堵剂用于堵住裂缝内主进液通道,促进压裂液进入分岔缝,形成更多的分支缝和微裂缝。

全耦合三维压裂优化模型和密切割+多级暂堵转向工艺在兴页

L1HF井运用,试获日产量34.5吨、日产气1.44万立方米。

### 压裂液随时变黏满足施工要求

减阻水体系在非常规油气井压裂中用于携砂造缝,黏度越高造缝携砂能力越强。传统粉剂减阻水黏度不能实时调整,无法动态变黏满足施工要求,而且配置成本高。

今年,江汉油田工程院研发了一体化变黏减阻水。“一体化减阻水与传统粉剂减阻剂相比,不需要提前配液,节约配液成本并降低了配液人员的劳动强度。同时,通过调整电机速率来调整乳液浓度,实现压裂液随时变黏,可满足不同阶段造缝携砂需求。”江汉油田工程院页岩气技术服务中心主任张凡说。

5月,攻关团队在江东集页85平台开展一体化变黏减阻水体系工艺试验,施工时间缩短30%。目前,该技术已在复兴地区兴页L1井、红星地区红页3HF等重点井应用,单井节约成本40万~60万元。