□责任编辑:秦紫函 □电话:59964339 □邮箱:qinzih@sinopec.com □审 校:史雅莉 □版式设计:赵 博

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

近日,西北油田塔河油田海相碳酸盐岩油藏累计生产原油突破1亿吨。在多年的勘探开发过程中,西北油田创立一系列理论,多项技术达到世界领先和世界先进水平,填补了多项国内外空白,两获国家科技进步一等奖

# 敢为人先创新不止建成大油田

□张 俊 延俊宝 曹 俊

近日,西北油田主产阵地塔河油田海相碳酸盐岩油藏累计生产原油突破1亿吨,占西北油田原油总产量的77%。

多年来,西北油田秉承"敢为人先、创新不止"理念,创立了海相碳酸盐岩油气藏成藏和岩溶型油藏开发理论,集成创新形成适合塔里木盆地复杂地质条件的开发油藏配套技术,获得国家专利70余项,多项技术达到世界领先和世界先进水平,填补了多项国内外空白,两次荣获国家科技进步一等奖。

## 点亮理论之光

1984年9月22日凌晨3点,正在钻进的沙参2井突然发生井涌,油气流携带着大量泥浆、流沙从井口喷出,高达30多米。紧接着便是56个日夜的压井抢险。

当时已知的碳酸盐地质条件下石油成藏理论在这里陷入困境,油藏超深带来的高压高温让之前的经验失效,科研人员甚至都不知道地下的原油黏度竟是国内之最。

1996年,西北油田科研团队深入研究,在阿克库勒凸起上部署了沙46、沙48井。1997年,这两口探井相继获高产油气流,宣告中国首个海相碳酸盐岩大油田——塔河油田的诞生。

他们提出"整体控制、择优探明"的勘探规划,围绕"精细速度建模,优化偏移参数"的思路,获得合格的地震成像资料,解开了地下溶洞系统储层预测的"地下方程式",为井位部署提供了依据。

同时,在勘探评价中,科研团队提出"海西期岩溶""加里东中期岩溶"等多项关键性地质认识,探明了中国最大的海相油气田,储量规模超过10亿吨,并建立了塔里木盆地海相碳酸盐岩油气勘探新理论。

## 攻克世界级难题

1997年,塔河油田碳酸盐岩油藏开发进入建设阶段。

研究人员建立了以碳酸岩"缝洞"型油藏理论为基础的超深层缝洞体储层识别及预测技术、缝洞单元划分与评价技术、"整体评价定规模、分期动用建产能"的滚动开发技术等,实现了塔河油田的高效开发。

地下平均160摄氏度高温和60兆帕压力,连同特殊的高含硫、高含盐、高硫化度、稠油超稠黏度等特征,都让油气开发举步维艰。

在钻井现场,高温高压会让钻头变钝、钻杆变软、井下仪器失灵、化学制剂失效。在储层改造措施中,成千上万立方米的酸压液,会因地下温度的升高而中途失效。其他油田的技术和经验,到了这里必须优化提升,甚至推倒重来。

石油工程领域受井况影响较大,所以要开展范围更广、更具体的创新研究。在钻井工程方面,大到井身优化小到钻井液研发、钻具组合,技术和工具不断优化提升,保证正常钻进;在缝洞型油藏储层改造上,研究人员形成五大酸液体系、六大酸压工艺等,实现有效改造。

## 精雕细刻地下溶洞

开发初期,塔河碳酸盐岩油气井几乎口口自喷,日产百吨井屡见不鲜。然而,惊人的递减率却成了"阿喀琉斯之踵",2016年递减率达17.3%。经过几年努力,西北油田把递减率控制在15%以内。

这场控制递减提高采收率之战,是从最基础的工作开始的。

近年来,西北油田科研团队通过加强单元综合治理,新增经济可采储量200万吨/年;加强北部稠油、西部小缝洞、南部油水关系复杂区和中深部4个领域的甜点储量识别与地质工程一体化动用,新增动用储量2000万吨/年。科研团队在塔河油田建成国内首个超5亿立方米规模的注氮气采油示范区,实现采收率稳步提升。

为了打开未动用储量的大门,科研人员完成塔河全工区3400平方公里2273口井分区分类精细标定,精细刻画1.2万个溶洞、描述5000个小缝洞集合体。

科研团队探索中小缝洞"一井多靶"效益动用技术。在探索阶段,他们研究"擦头皮"设计轨迹,将井位靶点不再设计在储集体中心,而是在小储集体的边缘。通过反复迭代升级,逐步形成了一套轨迹设计和配套工艺。今年,西北油田在塔河油田实施新井30口,采用降密度钻进、分段酸压的方式,现已投产20口,成井率由此前的50%提高到75%,多控多动率由30%提高至50%,单井日产油量由16.4吨提高至22.5吨。

在井位部署方面,上半年,西北油田在塔河油田碳酸盐岩油藏优化部署井位124口。2021年以来,厂院融合团队迭代形成井位部署"三优先四不打"原则,单井能力保持在20吨/日以上,新建年产能64万吨。

在提高采收率方面,西北油田聚焦缝洞集合体内幕结构识别精度低、水驱气驱效率低、工艺配套不完善三方面问题,实施综合治理,采收率由每年提高0.2个百分点升至0.4个百分点。

通过"大兵团"作战模式,科研团队推进缝洞油藏建模数模一体化技术应用,新建地质模型17个、升级12个,实现39个大单元建模覆盖率100%、数模覆盖率77%,结合生产动态资料多次迭代修正,提高模型准确性。以AD4单元为例,科研团队通过源头排水调流、油气富集区气驱提效,单元产量提高40%。

今年以来,华东油气泰州采油厂完善新区注采井网,提高老区分注率、加强注采调整,动态监测21口井,在吉沟、仓西3、帅垛等重点注水开发单元14口井完成油水井措施,日增油11.7吨;在陈2、陶思庄等天然水驱单元4口井完成层内挖潜,日增油5.2吨。图为修井作业施工现场。

本报记者 沈志军 通讯员 韩 超 摄影报道

油气经纬 Head Line

## 江汉油田过渡相区新类型储层获突破

**本报讯** 近日,江汉油田对潭口地区老井潭71斜-7-5C井潜三段4油组过渡相区混积岩实施压裂,喜获工业油流,实现潭口地区新类型储层勘探突破,目前初步落实4个主力层目标区资源量4400多万吨。

今年以来,江汉油田加大老区过渡相区混积岩勘探力度,针对潭口地区潜江组过渡相区建立了测井解释模型,深化沉积、储集、成藏等研究。他们研究明确:潜江凹陷盐湖沉积页岩分布稳定,页岩夹层顺物源由北往南依次发育砂泥岩—混积岩—硫酸盐岩—盐岩分布区,在碳酸盐岩过渡相区形成勘探新领域;过渡相区发育混积岩储层,储集空间发育、孔径大、物性较好,初步明确两种成藏模式。

技术人员从物性、埋藏深度等方面综合优选,对2014年部署的潭71斜-7-5C井复查试油获成功,为潭口地区过渡相区混积岩新类型储层油藏勘探提供了基础资料。

(张会川)

## 西南油气元坝陆相压裂挖潜再获高产

**本报讯** 近日,西南油气元陆173井实施体积压裂改造挖潜后,获日产天然气10.4万立方米高产。

该井是西南油气部署在四川省巴中市元坝东部岩性圈闭的一口老井,2014年6月完钻,2015年10月封井。在老井复查论证工作中,技术人员从构造、断层、裂缝发育、物性、含气性等方面进行综合分析,判断该井须四段有潜力。他们采用"超高压、大强度、大排量、变黏液"体积压裂技术,纵向细分段,横向构建复杂裂缝网络,实现高效挖潜。

(尹 琅 杨衍东)

## 江苏油田页岩油井刷新两项钻井纪录

**本报讯** 日前,江苏油田花页4-1HF井顺利完钻,刷新江苏油田311毫米井眼平均机械钻速最快(48.74米/小时)、页岩油水平井5000米以上钻井周期最短(28.2天)两项施工纪录。

该井是集团公司第二批"示范井工程"首口完钻的页岩油水平井,也是江苏油田在高邮凹陷花庄构造部署的第6口页岩油井。

江苏油田工程院钻井技术团队持续优化花页4-1HF井身结构,在规避漏失风险的前提下缩短一开下深,实现降本提速;一体化研究优选钻头、螺杆、测井仪器,延长设备使用寿命,提高一趟钻进尺,减少二开总趟次;采用"定测录导一体化"、振荡螺杆、负压振动筛等新技术新工艺,实现甜点追踪、缓解钻具托压、降低运行成本。钻井过程中,技术人员针对水平段跨断层穿行,制定轨迹调整预案;实时计算该井与邻井防碰距离,分析压窜风险,加强风险段钻井液性能检查,把压窜影响降到最低。

(张 骥 林 刚)

## 华北油气东胜气田立体开发喜获高产

**本报讯** 近日,华北油气东胜气田新召气区上古生界立体开发井组获高产,井组日产气突破16万立方米,其中J30-4-P6井日产气7.6万立方米。

新召气区为致密砂岩储层,有效砂体横向变化快、非均质性强,纵向上发育多套含气砂体,单一井型难以实现储量高效动用。技术人员加强地质物探一体化精细描述储层,明确了8种不同砂体叠置类型的地震响应模式,精细刻画了盒1气藏3个小层和山2气藏两个小层的河道展布特征。针对不同储层结构,形成"水平井井组""直井+定向井""直井/定向井+水平井"3类混合井网部署模式。

在上述思路的指导下,华北油气部署了J30-4-6井组。该井组由2口水平井和1口定向井组成,设计目的是对盒1段和山2段气藏进行立体开发。该井组的高产实现了复杂类型气藏储量动用率的提升,为东胜气田持续上产奠定了基础。

(李雪晴)

**胜利油田打造致密油藏高效开发精品工程**

义184区块因储层致密无法效益动用。对此,胜利油田河口采油厂与胜利石油工程公司合作,实施地质工艺钻井一体化运行,创新应用多级长水平段压裂、压驱补能等新技术,打造致密油藏高效开发精品工程。截至目前,义184区块累计投产油井54口,生产原油近40万吨,其中BAE193-X17井保持日产油15吨近一年。图为9月16日,地质人员对该井进行跟踪分析。

吴木水 王林涛 摄影报道

长城润滑油杯 新闻摄影竞赛

## 奏响准噶尔勘探"大合唱"

**本报讯** 记者**程力沛** 通讯员**王 斌 王再锋**报道:7月以来,准噶尔盆地勘探热度持续高涨:哈山地区重点井哈山5井即将完钻选层、石炭系领域将部署风险探井、要为下步选区布井提供理论依据……石油勘探开发研究院发挥"大兵团"优势,持续深化基础研究、推进靠前支撑。

准噶尔盆地勘探潜力巨大,4500米以下的深层油气探明率不到5%。但中国石化矿权大多分布在盆地边、洼、角等地带,勘探涉及超剥带、深洼带、石炭系、山前带、页岩油等多个领域,含油层位多,油藏类型多,地质条件复杂,多年来未有大的勘探突破。

为此,石勘院迅速成立准噶尔盆地高质量勘探支撑工作领导小组,组织无锡所、地球物理中心、测井所、勘探所等单位,设立地质、实验、地球物理、风险勘探4个专业项目组。同时,他们建立院企合作、院内合作的协同运行机制,实现资源共享,围绕处理解释一体化、地质实验一体化、研究部署一体化统筹管理。

准噶尔盆地腹部下组合是中国石化探区最重要的风险勘探领域,但近年来实施的风险井钻探效果不佳,20余口深井的测井资料精细解释和复查是开展风险井回顾性评价的第一步。征6井三维区是石勘院评价优选的重点突破目标区,主要勘探目的层埋深7000多米,前期地震资料品质差,难以满足薄砂体预测和地层岩性圈闭刻画的需要,亟待采用新的地震处理技术重新处理资料。400多平方公里的三维地震资料需要在3个月内完成解释工作。

"以前地质人员不够了解地震剖面能处理成什么样,地震处理人员也不够了解地质人员对资料的具体要求。"无锡所准噶尔室主任王斌说。现在,地质人员和地震处理人员跨专业、跨地域协同工作,针对断裂刻画、薄砂体预测等不同对象"私人订制"处理方案,实现目标精细处理、逐步优化处理、同步目标解释。

目前,地球物理中心已经处理完成两套成果数据体,无锡所准噶尔室正在紧锣密鼓开展解释工作。下一步,他们将与勘探所风险勘探团队紧密结合,共同推进风险井论证工作。

中原油田开创性运维文96储气库,累计注采天然气28亿立方米,为华北地区绿色能源保供和国家能源战略实施作出卓越贡献,为中原储气库群建设蹚出新路

# 中国石化首座储气库运行10年安全高效

□本报记者 张松才
通讯员 范永光 常爱萍

截至9月6日,中国石化首座储气库文96储气库已安全高效运行10年,累计注气16.57亿立方米、采气11.57亿立方米。

10年来,文96储气库不仅有效缓解了华北地区用气紧张局面,为黄河流域生态保护与高质量发展注入强劲的绿色动能,更为中原储气库群建设、运行提供了"教科书式"范本和硬核支撑。

## 开"胃口",大吞大吐

文96储气库是利用中原油田枯竭砂岩气藏建设而成。中原油田精心设计钻井工艺,将15口注采井全部钻成大斜度定向井,以便发挥其"大吞大吐"优势。

设计库容为5.88亿立方米,但巨大的地下空间被巨量的边水占据,投产初期每个采气季只能采出0.7亿立方米天然气。

"我们优选若干注采井,确定最佳注气压力,连续向井中注入天然气,强力把边水从高部位驱到低部位,最大限度腾出充裕空间,储存更多的天然气,让储气库'胃口'大开,实现大吞大吐。"中原油田天然气产销厂开发研究所所长雷俊杰说。他们巧用驱水储气工艺技术把工作气量提高到2.6亿立方米,实现了应储尽储、满仓运行。

10年来,文96储气库注气季单井日均注气20万立方米左右,采气季单井日均采气30多万立方米,大斜度定向井的"大吞大吐"优势得以充分展现。

## 伏"双虎",水盐同治

水淹和盐堵是威胁注采井运行的两条拦路虎。

伴随着储气库多周期快速注采,井下的边水越聚越多。巨量的边水常常一股脑地侵入储层内部,它们不是将储层中天然气牢牢压死,就是在井筒中形成积液,导致注采井"窒息"。

技术人员在采气生产中,向井筒注入特种固体泡排剂,降低井筒积液的密度,提高携液能力,排出积液,同时合理控制采气速度,防止边水侵入气藏高部位,避免淹井。

边水的矿化度极高,大量边水进入井筒,很容易结盐,造成盐堵塞注采井。此外,强劲的气流携带着盐粒出井,还可能冲击管线造成泄漏。

项目部注采站中心控制室员工密切关注井内压力、温度、产液量的变化,适时抽取水样,化验产液中的氯根含量,研判井中结盐状况。采气生产前,他们往井筒中注入清水,降低井筒积液的盐度,预防盐堵;或向井筒注入抑盐剂,加速溶解边水中盐分。

## 捉"蚂蚁",守望安全

千里长堤,毁于蚁穴,抓安全必须消灭想在堤坝上安家的"蚂蚁"。

文96储气库共有116个验漏点,其中许多是法兰连接处、仪表接头处。项目部坚持执行小班员工、值班干部、项目部领导"三级验漏"制度,每日验漏不少于3次。注气季里,当压缩机出口压力超过20兆帕时,以上验漏各增加两遍。

"今年前8个月,我们共发现漏点144处,全部及时整改。"项目部副经理李彬说。

工艺流程中的阀门一旦关闭不严,天然气就会在管线中发生内漏,导致管线压力异常。为此,项目部不定期为阀门注入密封脂、更换盘根。项目部坚持每日巡检47口封堵老井,每隔半个月,项目部领导就带领员工开展一次设备隐患排查、诊断和整改。

"文96储气库设计运行寿命为50个注采周期,目前已进入第10个注采周期。我们将坚持科学注采,确保气藏构造完整,精心维护井口装置,保证储气库全生命周期健康运行。"项目部经理刘国超说。

# "尖刀"班组守护"深地工程"

□唐德旨

从新疆阿克苏地区沙雅县城出发不久,就进入沙漠石油公路,前行100多公里到达漫漫黄沙中的顺北油气田基地,再向沙漠深处行驶100多公里,石油公路戛然而止,这里就是最偏远的4-2班组。

近日,"深地工程"获得重大突破,该班组再添一口"千吨井"。从最初的5人4口井到目前的30余人24口井,日产量由最初的几十吨到占西北油田采油四厂的"半壁江山","尖刀"班组实至名归。

班长白鸿海的笔记本上,密密麻麻地记录着每口井的参数。"'一井一策'才能把油井管理到最佳状态。这些油井高温、高压、高含硫化氢,进入井场就是进入阵地。"他说。上半年,班组针对顺北油气田4号、8号断裂带高压油气井存在的各类风险,系统梳理了218项管控措施并一一落实。

每天上午10点,班组的另一名班长董双开始带领员工巡线。虽然有了无人机等先进设备,但还不能完全取代人工,烈日当空,走在沙丘上异常艰难。班组建设之初,全部靠罐车拉运,随着产能建设不断推进,油田铺设了原油输送管线。主干管线加单井管线总计180公里,一年365日的巡线路,可以从乌鲁木齐到北京拐个弯再回来。

为应对突发情况,百公里之外顺北基地的突击队也随时待命。"我们定期开展管线穿孔、气体泄漏等突发情况应急演练。只要有我们在,突击队就没有机会出动。"董双说。

大风三天一刮,一刮刮三天;一年就下几滴雨,半年吃下半块砖。常年奋战在这里的员工,就像顶风冒沙的沙漠胡杨。顺北油气田主任技师刘守朝大学毕业后来到4-2班组工作,把做一名最好的采油工作为职业目标。如今,尽管已经调动工作,他依旧每周在4-2班组开办"守朝夜校","师带徒"培养出了多名西北油田采油工技能竞赛金牌获得者和骨干员工。

采油四厂党委书记罗荣说:"4-2班组是一块'磨刀石',每名员工都能锻造成'尖刀'上的'刀尖'。"一批批员工接力奋斗在这里百炼成钢,也让这条石油之路不断向塔克拉玛干沙漠深处延伸。