



天山脚下 科研铸剑写就能源新华章

——新疆吉木萨尔国家级陆相页岩油示范区建设纪实与启示

▲新疆吉木萨尔国家级陆相页岩油示范区生产现场。张珏 摄



▲吉庆油田作业区(吉木萨尔页岩油项目)压裂场景。张珏 摄

▲勘探开发研究院科研人员接受表彰合影。张珏 摄

▲勘探开发研究院科研人员与功勋井合影。张珏 摄

克拉玛依融媒记者 田华英
实习生 李雨芯
通讯员 苏昶 艾启月 邓远
何吉祥 王凌

成排的抽油机与钻机,自金灿灿的麦田向天山脚下绵延铺展。那跃动的石油红,正以坚定步伐丈量新时代能源版图——这里,正是我国首个国家级陆相页岩油示范区:新疆吉木萨尔国家级陆相页岩油示范区。

2020年,国家能源局与自然资源部联合批复,批准设立新疆吉木萨尔国家级陆相页岩油示范区,要求引领带动我国页岩油产业发展,形成页岩油高效勘探与开发模式。2025年6月30日,新疆油田统计显示,该示范区上半年累计生产原油88万吨,同比增长82.2%。这看似简单的数字,却昭示着非凡意义,每一滴原油都在宣告:到2025年底,产量突破170万吨,高质量建成我国首个国家级陆相页岩油示范区的目标近在咫尺。作为我国非常规油气开发的里程碑,该示范区的建成不仅标志着我国非常规油气开发迈入新阶段,为国家能源自主保障体系增添战略支点,更彰显了新时代新疆石油人“为国找油”的赤子情怀。

战略抉择: 锚定能源安全的关键落子

复杂多变的国际形势下,能源

安全已成为国家安全的核心基石。我国作为全球最大能源消费国之一,原油对外依存度长期超70%,这一数据如达摩克利斯之剑,持续警示能源安全的严峻挑战。

习近平总书记“能源的饭碗必须端在自己手里”的重要指示,为我国能源发展指明方向,也将页岩油这一潜力巨大的“非常规”能源推向战略前沿。页岩油因渗透率低、流动性差,堪称全球最难开采的原油类型之一——其赋存状态恰似“泼出去又渗到泥土和石头缝里的水”,是典型的“看得见、拿不出”的石油资源。

2010年起,美国率先攻关页岩油开采技术,实现规模效益开发,引发“页岩油革命”。这场革命不仅巩固了美元在全球货币体系中的地位,更使美国从石油进口国转变为全球最大石油生产国,深刻重塑了世界经济格局。

我国陆相页岩油资源丰富,储量位居世界第三,地质资源量超300亿吨。新疆页岩油主要分布于吉木萨尔、玛湖、五彩湾—石树沟三大凹陷区,总资源量超30亿吨,成为新疆油田增储上产的核心接替领域,更是保障国家能源安全的新路径。

作为新中国第一个大油田,新疆油田始终肩负“为祖国献石油”的使命,率先开启了我国陆相页岩油勘探开发征程。勘探开发研究院作为新疆油田公司的技术研发中心,面对页岩油这一“勘探开发禁区”与“技术空白区”,毫无惧色、责无旁贷地承担起页岩油勘探开

发技术攻关重任,向吉木萨尔页岩油效益开发难题发起冲锋。

“每一滴页岩油,都是国家能源安全的砝码。”新疆油田勘探开发研究院负责人常以此勉励团队。彼时,吉木萨尔页岩油研究尚处实验室分析阶段,科研人员在数千份岩心标本中探寻突破线索。如今身为勘探开发研究院院长、党委副书记的齐洪岩坦言:在国际能源市场风云变幻之际,吉木萨尔页岩油的勘探开发蓝图,既是对地下资源的探索,更是对国家能源安全战略的践行——“研究人员在地图上圈定的,是保障国家能源安全的责任田。”

2011年,新疆油田吉25井获工业油流,一举宣告国内首个亿吨级页岩油田——吉木萨尔页岩油田正式诞生。新疆石油人也由此踏上了从陆相页岩夹缝“找”油到高效“产”油的漫长征程。同年,刚参加工作的李映艳投身该领域,亲历页岩油勘探开发“三起二落”的坎坷历程。

“三起二落”: 保障能源安全的伟大征程

“一起”:首战告捷

为探索页岩油的效益开发模式,新疆油田公司引进北美海相页岩油开发技术,开展水平井提产试验。2012年9月,吉172-H井实施水平井分段改造,应用“万方液、千方砂”体积压裂技术改造

后,最高日产量达69.5吨,首年产量突破8000吨,成为我国首口成功开发的页岩油水平井。此井的高产,标志着页岩油开发取得重大突破,再度坚定了新疆油田勘探开发页岩油的信心。

据李映艳回忆,吉172-H井的突破不仅验证了吉木萨尔页岩油的勘探开发潜力,更积累了宝贵的技术经验。攻关团队满怀憧憬,推动吉木萨尔页岩油开发先导试验区设立,攻关规模开发配套工程工艺技术,使吉木萨尔页岩油开发迈入建产试验阶段。

“一落”:陷入低谷

然而,“冷水”突然泼来。2013年至2014年,页岩油先导试验区实施的10口水平井首年产量仅达到方案设计的30%。时任吉木萨尔页岩油开发技术研究中心主任的李映艳表示,这次打击让不少人开始对页岩油开发的前景产生动摇,地质攻关团队仅剩下5人。

先导试验的失败促使开发团队沉下心来,开展为期三年的“溯源”工作。攻关团队也逐渐意识到,北美海相页岩油开发技术在陆相页岩油开发中存在“水土不服”。新疆的陆相页岩油储层薄(平均仅1.5米)、埋藏深(超3500米)、渗透率低(仅为常规油藏的万分之一),开发难度远超海相页岩油。

面对难题,李映艳坚定表示:“没有现成经验可借鉴,必须闯出自己的路。”团队成员一头扎进岩心库,开展了长期的基础认识攻关。他们用毛刷蘸水仔仔细细清洗上百斤岩心,捕捉每一处细微特

征。李映艳形象比喻:“页岩中的石油如同被水泥封存在岩石缝隙中,我们要做的就是找到开启宝库的钥匙。”页岩岩心中密布发丝千分之一粗细的孔隙,这些肉眼难辨的空间,正是页岩油的赋存之地,亦是亟须攻克的技术堡垒。

“三起”:终成正果
2020年,团队综合直井评价与水平井开发效果,创新以“可动油”为核心的页岩油甜点评价体系,构建页岩油甜点分区新标准,推动开发层系由上甜点向下甜点的转变。同时,建立薄互层页岩油水平井轨迹精细设计与跟踪方法,确保水平井轨迹在优质油层内穿行,逐步完善页岩油高效开发配套技术体系。这些突破推动吉木萨尔页岩油进入整体开发阶段:2024年底,年产量突破百万吨,桶油成本降至常规油藏水平,实现规模化经济效益开发。

“二起”:峰回路转

2016年,团队优选上甜点东南部,部署JHW023、JHW025两口水平井。轨迹跟踪人员进驻钻井现场全程监测,钻进过程中,综合应用三维地震、随钻测录井资料实时调整方案,确保轨迹穿行于有利油层,最终两口井的油层钻遇率均突破95%,攻克了先导试验的首个瓶颈。同时,团队试验水平井“高强度+密切割”体积压裂技术,针对性解决改造规模不足的问题。实施后,两井平均日产突破百吨,再度点燃吉木萨尔页岩油开发的希望。

“二落”:再陷困境

2018年至2019年,团队围绕JHW023、JHW025井,在上甜点区东南部开展规模化建产试验,累计部署实施勘探评价直井77口、开发水平井75口,完成井型、井距及储层改造等多项开发试验,定型开发部署参数。但75口水平井首年产量差异显著(700吨—

14000吨不等),开发面临地质条件认知不清、分区不明的困境,再度进入瓶颈期。

“三起”:终成正果
2020年,团队综合直井评价与水平井开发效果,创新以“可动油”为核心的页岩油甜点评价体系,构建页岩油甜点分区新标准,推动开发层系由上甜点向下甜点的转变。同时,建立薄互层页岩油水平井轨迹精细设计与跟踪方法,确保水平井轨迹在优质油层内穿行,逐步完善页岩油高效开发配套技术体系。这些突破推动吉木萨尔页岩油进入整体开发阶段:2024年底,年产量突破百万吨,桶油成本降至常规油藏水平,实现规模化经济效益开发。

创新驱动: 从技术攻坚到标准引领

随着吉木萨尔陆相页岩油开发受阻原因的逐步明晰及后续技术攻关的持续推进,其开发前景日益受到国家层面高度重视。2020年,国家能源局、自然资源部联合设立我国首个国家级陆相页岩油示范区——新疆吉木萨尔国家级陆相页岩油示范区:2021年1月27日,国家能源局在页岩油勘探开发推进会上明确将加强页岩油勘探开发列入“十四五”能源与油气发展规划,标志着页岩油勘探开发成为中石油重点工作领域。

从国家级示范区的设立到纳

入国家规划,新疆油田勘探开发研究院及相关兄弟单位科研人员深感使命艰巨,吉木萨尔国家级陆相页岩油示范区的“示范”二字,承载着技术突破与行业引领的双重使命。怀揣这份责任,科研人员踏上了更艰巨的攻坚之路,历经五年,将吉木萨尔页岩油示范区打造成了我国陆相页岩油开发原创技术策源地。

在技术攻坚方面,自2020年示范区建立以来,勘探开发研究院科研人员针对制约页岩油效益开发的资源高效利用、开发技术优化以及提产提效等关键难题开展系统攻关,取得一系列突破性成果。针对页岩油纵向油层薄而散的特点,团队通过深入研究纵向多套甜点层与工程特征,结合对水力压裂后裂缝形态的精准刻画,在原有“上、下甜点”两套开发层系基础上,进一步细化为四套开发层系,构建起薄互层页岩油立体开发模式。水平井在空间上立体交错,形成页岩油流动的高效井网,成功开采出深埋地下3500米的黑色油流,资源动用程度从50%提升至89%。

相较于国内其他原油,吉木萨尔页岩油存在一项显著短板——油质偏稠,其粘度最高可达上千厘泊,开采至地表的油样呈凝固果冻状,流动性极差。科研团队通过精心设计室内实验,从机理层面攻克高粘页岩油动用难题,创新提出二氧化碳前置压裂技术以降低原油粘度,并持续优化配套参数。该技术现场应用成

效显著,过去被认为难以动用的高粘区域,水平井实现高产油流,显著拓宽了效益生产范围。

2023年,现场开发遭遇“套变”技术瓶颈,导致建产进度显著放缓,年度生产目标面临落空风险。危急时刻,勘探开发研究院紧急调动地震、地质、测井等专业精英强将,联合攻关精准刻画出横亘凹陷南北的7条走滑断裂带,明确其为水平井套变的核心诱因,并进一步形成整套套变防控与治理技术体系,创新建立融合地质、工程、断裂、轨迹等多因素的综合改造设计方法,成功突破这一难关,推动产量跃升至新台阶。

科研团队始终践行“科研以解决生产难题为核心目标”的理念。在示范区建设的一千余个日夜中,无论是堆满方案的案头,还是钻井、压裂现场,都活跃着他们的日常工作,夜晚便伏案复盘水平井轨迹;数不清多少个深夜,他们被“井轨迹出现问题,急需支援”的电话惊醒,来不及洗漱匆匆披上外套赶赴办公室——这已成为驻场人员的工作常态。

在团队群策群力与协同创新驱动下,数据显示,截至目前,围绕页岩油开发已取得多项理论创新

与技术突破,形成陆相页岩油开发技术体系,整体达到国际领先水平。2020年至2022年,吉木萨尔页岩油产量以年均10万吨的增速递增,2024年达到了115.7万吨。

作为我国首个国家级陆相页岩油示范区,标准化建设是实现引领的核心抓手。在集团公司统筹下,新疆油田公司以吉木萨尔页岩油的勘探开发实践与技术发展成果为基准,首次系统梳理并构建我国陆相页岩油行业标准框架体系,牵头编制《页岩油开发方案编制技术规范》等多项行业标准,填补了我国陆相页岩油标准化领域的空白,为行业高效开发提供“标准模板”,推动其向科学化、规范化、标准化方向高质量发展。

家国情怀: 扎根戈壁深处的忠诚书写

2024年,吉木萨尔国家级陆相页岩油示范区建设进入关键“攻坚战”,首战任务是编制吉木萨尔页岩油整体开发方案。李映艳介绍,作为近两百万吨产能的“顶配”方案,其产能规模与投资数额均创新疆油田历史纪录。页岩油开发团队系统梳理十余年来数千份分析报告与生产数据,核实每项数据的科学性与严谨性,斟酌方案章节段落的合理性与规范性。历经半年,往返北京十余趟,反复修改上百稿后,2024年8月,页岩油产能建设项目开发方案顺利通过股

份公司董事会审批。方案通过仅是开端,如何落实方案部署的每一口水平井,才是建成建好示范区的核心。面对现场前所未有的钻、压、产“三个一百”的艰巨挑战,项目长邓远博士带领团队扎根一线。盛夏的戈壁滩烈日如炙,近20部钻机同步作业,邓远和团队成员轮班跟踪。通过持续迭代模型、精细轨迹调控,水平井轨迹符合率、油层钻遇率均超预期;创新形成的水平井“一井一策”差异化压裂设计方法,推动页岩油产量快速增长,提前2个月实现“三个一百”年度产建目标,成功建成国内首个百万吨级页岩大油田。

如今,站在即将全面建成的示范区远眺,数百个井架在戈壁滩整齐排列,输油管道如银色巨龙蜿蜒向远方。从实验室对岩心岩样的微观研究到戈壁滩上气势恢宏的勘探工程,科研人员用智慧与汗水在祖国西北边疆铸就能源报国的丰碑。碑上铭刻:“每一滴页岩油,都是大地献给祖国的深情诗篇;每一次突破,都是赤子报效时代的精彩答卷。”

吉木萨尔国家级页岩油示范区的建设,既是我国非常规油气开发的重大突破,更是保障国家能源安全的生动实践。未来,随着页岩油开发技术的成熟与推广,立志将我国陆相“页岩油革命”进行到底写传奇,为我国能源事业注入不竭动力,为中华民族伟大复兴的中国梦提供坚实能源保障。