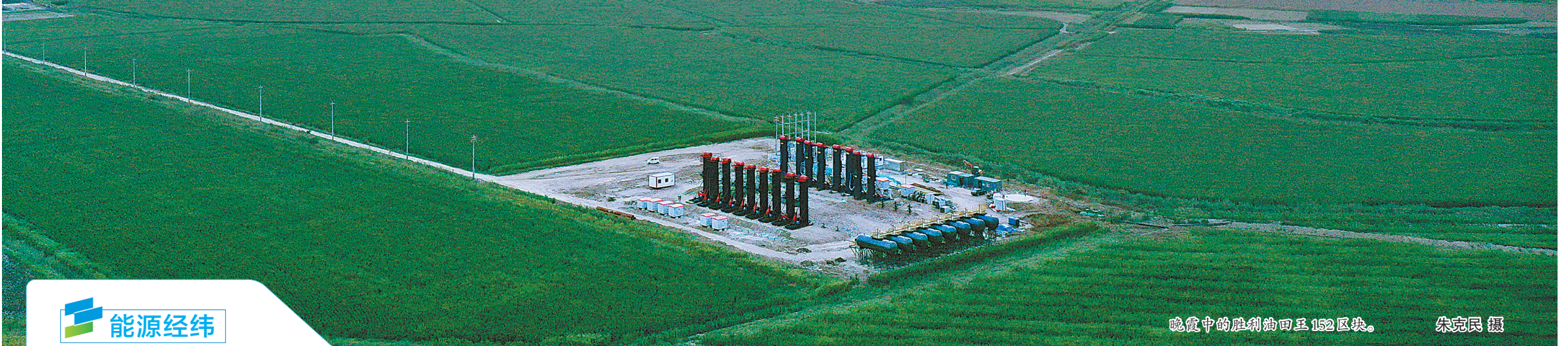




从“热蒸”到“凉拌”

胜利油田低渗稠油油藏王152区块应用化学降黏冷采技术实现产量“逆袭”



晚霞中的胜利油田王152区块。

朱克民摄

新闻会客厅

为我国稠油可持续
高效开采开辟新路嘉宾:石油勘探开发研究院采油工程研究所
稠油室主任 路熙

问:稠油油藏化学降黏冷采技术的主要机理是什么?

答:稠油的高黏度导致其在地下储层中难以流动,因此“经济高效地降低黏度,使稠油恢复流动性”是稠油开发的核心课题。20世纪60年代,稠油实现工业化生产,形成了热采和冷采两大类稠油开发技术。稠油热采通过向油藏中注入高温高压蒸汽、火烧等方式,加热油藏使稠油升温降黏,提高流动能力。目前,我国地下黏度大于1000毫帕·秒的稠油油藏均采用热采开发方式。

稠油冷采就是不加热开采稠油的技术,比如埋藏浅的采用露天开采,黏度小于1000毫帕·秒的采用水驱开采,或尝试注化学剂降黏冷采等。

石油勘探开发研究院采油工程研究所稠油室主任路熙介绍,石勘院研发的稠油油藏化学降黏冷采技术,通过向稠油油藏中注入靶向高效降黏剂,高效拆解稠油内部致黏结构,从而大幅度降低稠油本体黏度和流动阻力,提高稠油在地下油藏中的流动能力,实现不加热开采稠油的目标。

问:稠油热采的采油速度高于冷采,为什么还要攻关稠油冷采技术?这项技术有什么优势?

答:稠油热采存在碳排放高、能耗高、成本高、采收率低等问题,导致稠油热采难以持续。同时,由于高温蒸汽渗透性极强,在注汽几个轮次后,逐渐出现汽窜、边底水侵、套管损坏等问题,造成大量油井低产甚至停产。

稠油冷采技术无须注入蒸汽,大幅降低了能耗,避免了二氧化碳排放,简化了生产设施,是低能耗、低碳排放、低成本的稠油开采技术。

问:石勘院在胜利油田的稠油冷采技术攻关始于何时?效果如何?

答:2014年石勘院受集团公司科技部委托,与胜利河口采油厂联合攻关“活性分子协同降黏剂超稠油机理研究”,围绕稠油油藏化学冷采关键技术瓶颈开展攻关,历时近10年,相继攻克了稠油致黏机理、降黏剂分子设计、降黏剂合成制备、降黏剂冷采工艺和现场应用等技术难题,形成了系列创新发明和技术成果,生产现场应用取得显著成效,相关研究成果得到广泛认可。2022年,该技术被纳入自然资源部《矿产资源节约和综合利用先进适用技术目录(2022年版)》,是唯一入选的稠油开采技术。同年,“稠油化学冷采靶向降黏剂关键技术及应用”获集团公司技术发明一等奖。

目前,该技术已在胜利油田陈371、沾18、沾29、沾14、罗9、罗10、草13、坨82和王152等边底水薄层、强底水、深层低渗和敏感稠油油藏累计应用300余井次,累计增油22.5万吨,投入产出比1:3.9,节能减排效果显著。

问:稠油冷采技术面临哪些瓶颈?如何解决这些难题?

答:稠油冷采技术面临稠油地下降黏难、降黏剂输送调控难、降黏剂地下注入难三大瓶颈。

基于高分辨率质谱解析,率先提出了稠油梯次致黏机制;通过分子动力学模拟,首次量化了致黏因素的黏度贡献率;发明了多巴胺-酰胺基-苯磺酸基三元共聚双靶点降黏剂,实现了稠油本体降黏的突破,创新制定中国石化降黏剂一级企标,解决了稠油地下降黏难题。

针对“注得进、走得远、堵得住”的降黏剂靶向输送需求,创新了微粒自组装堵调机制,实现了刚性内核保持微粒强度、可交联柔性支链控制聚结组装。发明了羟甲基丙烯酸酯-顺丁烯二酸-癸基醇三元共聚自组装堵调剂,突破了现有微球堵调剂“以强度换体积”的技术瓶颈,解决了降黏剂向富集油区靶向输送的难题。

首创了冷采药剂井下注入流体力学模拟方法,实现了“解堵塞、降黏附、促扩散”的突破。发明了井下可控双向脉冲发生器,通过双向往复缓冲,防止管柱共振损伤,解决了化学冷采药剂高效注入难题。

问:该技术下一步升级迭代和未来发展方向是什么?

答:为了满足中国石化稠油冷采开发需求,不断拓展稠油化学降黏冷采技术应用范围,石勘院将持续深入研究稠油致黏机理、降黏机理,开展高效降黏剂分子靶向设计,建立稠油降黏剂结构数据库,形成多功能高效稠油降黏剂的模块化设计与合成能力;持续开展稠油-水-界面稳定性,以及稠油原位乳化、渗流调控研究,明确稠油-水界面力学特性、界面吸附降黏机制、乳化稠油渗流界面演变特征等核心机理,探索稠油降黏冷采中界面失稳、黏性指进等难题的解决途径;针对不同油藏,研发降黏工艺,制定稠油化学降黏冷采标准,推动该技术逐渐走上产品系列化、技术序列化的发展途径,为保障国家能源安全、推动能源技术革命作出更大贡献。

(程力沛 于佳 采访整理)

□本报记者 徐永国 于佳
通讯员 贾玉涛 代俭科 张欢欢

10月的黄河三角洲,碧空如洗,秋高气爽。天气渐凉,胜利油田王152区块生产热火朝天。

远离东营城区40多公里,小清河畔,王152区块,抽油机昼夜不停、油罐车来来往往、参观者络绎不绝……

从当初令人头疼的“鸡肋”到如今的“香饽饽”,开发方式的转变造就了王152区块的“逆袭”。

近亿吨储量“有救了”

现河采油厂未动用储量开发项目组的任肖宁,每天都要驱车从胜利油田现河采油厂驻地到王152区块跑一个来回。

他惦记着该区块液量、生产运行、耗电情况、倒油情况、含水变化及人员车辆运行情况,虽然通过远程系统也能看到,但人在现场才会感到踏实。

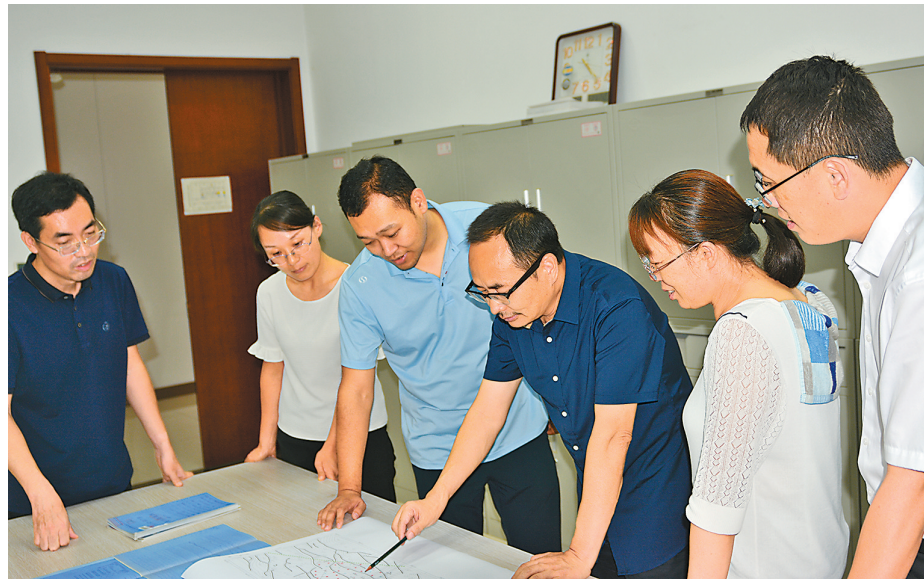
3年前,日产量不足2吨的王152一号台井场变得繁忙起来。两台钻机铆足了劲儿向着地下1500米深处钻进,巨大的轰鸣声响彻井场上空,探明储量近400万吨的王152区块正在苏醒。

“2020年3月7日开钻;2020年10月2日开第一口井;2021年4月5日第二轮压驱;2021年7月发现套管气……”任肖宁清楚地记得每一个重要节点和日期。从钻井到投产,这些年,他就像抚养孩子般无微不至地照料着王152区块。

截至2023年8月,该区块累计产油4.3万吨,盈亏平衡点降为50美元/桶以内,实现了效益开发。

2020年国庆黄金周,任肖宁是在王152区块生产现场度过的。听着管线里石油流动发出“咕咚、咕咚”的沉闷声,目睹原油堆满罐,一直蹲守在井场的任肖宁十分开心。

作为区块开发方案的设计者,胜利油田勘探开发研究院稠油热采开发研究室的王一平也是同样的心情。如今,王152这块压在王一心里的石头终于被搬开了,



科研人员讨论王152区块深层低渗稠油开发调整方向。

左广鑫摄

胜利油田近亿吨同类低渗稠油储量也“有救了”。

望“饼”兴叹

王一平对王152区块有着一份特殊的感情。作为该区块开发方案的设计者,这是他博士毕业后接手的第一个区块。

深层低渗敏感稠油油藏的王152区块,油藏厚度15.6米,有11个小层,看上去就像一块“千层饼”。该区块初期有着不错的产能,储层油性和物性较好,完全具备建产条件,但有着一个致命问题,储层敏感性极强,一旦遇水,渗透率会降低80%以上。

通常针对黏度超过1000毫帕·秒的稠油油藏,首先考虑热采方式开发。2012年,现河采油厂在王152区块完钻4口井,采用常规注蒸汽热采吞吐开发。为了增强开发效果,他们先后采用了“压裂防砂+注汽”“压裂防砂+高干度注汽”开发方式,然而开发效果始终不能令人满意,到2016年,单井平均日产量只有1.6吨。

眼看着“千层饼”却吃不到嘴里,他们又尝试了降黏剂吞吐的开采方式。虽然初期产量达5.7吨/日,但由于没有能量补充,后期递减快,产量很快又掉到1.2吨/日。

之后,他们先后尝试了储层压裂改造、压裂防砂+高干度注汽、降黏剂吞吐等办法,王152区块并没有按照单井日产量5吨的预期路线走,区块平均单井日产量始终不到2吨。费尽周折依然束手无策,开发一度陷入困境。

有储量,没有产量。当时的王152区块如鸡肋,食之无味,弃之可惜。

任肖宁记得,2019年11月24日,他第一次来到王152井场,目之所及,仅有的几口油井早已停产,井场被近半米高的荒草覆盖,满目荒芜。

推动稠油开发的“多米诺骨牌”

2019年,胜利油田出台了与胜利石油工程公司合作开发难动用储量的政策,鼓励采油厂与工程公司、科研院所加大合

作力度,共同开发未动用储量。化学降黏冷采技术的出现,也给王152区块开发带来转机。

这次转机来自中国石化石油勘探开发研究院的化学降黏冷采技术。该技术利用压驱把溶解了降黏剂的水大排量直接注入油藏,在给稠油降黏的同时,快速补充地层能量。

这项技术在河口采油厂超稠油井陈371-平14井首次应用获得成功。陈371-平14井属超稠油井,原油黏度近4万毫帕·秒,2009年3月至2015年12月,实施了7轮次注蒸汽热采,注蒸汽1.4万吨,累计产油1.03万吨,蒸汽吨汽换油率1:0.74,后因低产停井。2016年7月,在该井应用化学降黏冷采技术,实施5轮次,共注入降黏剂90吨,累计产油0.74万吨,降黏剂吨油换油率达到了1:81.5,投入产出比1:12.1。

大家的思路被打开了。

科研人员积极转变开发思路,调整开发策略,结合王152区块油藏特点,优化降黏冷采技术,在注入井和生产井同时注入化学降黏剂,通过“前拉后推”共同作用建立注采井有效驱替。

2020年4月,王152-斜6井组率先利用“一注三采”井网开展了降黏驱先导试验,单井日产量由试验前0.9吨提高到4.7吨。

一鼓作气,石勘院稠油热采开发研究室的科研人员又编制完成《王家岗油田王152区块扩扩四纯下3层低渗稠油产能建设方案》,新钻井13口,截至今年8月,累计产油4.3万吨。

从“热蒸”到“凉拌”,王152区块起死回生。

获知王152获高产的消息,王一平和同事们都很激动,他们认为,王152区块的突破,可能推动胜利油田稠油开发的“多米诺骨牌”。

在开发王152区块的鼓舞下,科研人员又把开发经验复制到其他区块。在油藏条件相近的王152扩区区块编制完成《王家岗油田王152外扩四纯下3层低渗稠油产能建设方案》,设计油井22口、水井6口,预计产能2.8万吨/年。王家岗油田1000万吨稠油储量动用将不再是难题。

西北油田

技术迭代升级 实现超稠油开发突围

□本报记者 王福全 通讯员 王丽华

10月23日,塔河油田于奇区块超稠油并于奇3-2CH生产原油104.6吨,该井投产近4个月,累计贡献超稠油13346吨。

“这是我们针对稠油油藏缝洞洞精细刻画、油气疏导、分段改造完井等技术进行迭代升级,突破超稠油开发难题,收获的又一成功案例。”西北油田勘探开发研究院塔河油田开发研究所所长张娟说,迭代升级的技术在现场推广15个月,在100余口超稠油井成功应用,累计生产超稠油32.8万吨。

原油黏度超过100毫帕·秒就是稠油,超过5万毫帕·秒则为超稠油,塔河油田部分区块的稠油黏度则高达几百万毫帕·秒。常温条件下,这种超稠油就像黑泥一样,可用铁锹铲起来,用手抓起来,常规开采工艺根本无法正常生产。

塔河油田的超稠油主要分布在塔河12区北和于奇两个区块,油藏埋深超过6000米,黏度高于100万毫帕·秒,具有超深、超稠、高密度、高黏度、高含沥青质胶质、高硫化氢、高矿化度等特点,开采属于世界级难题。

西北油田科研人员经过20多年攻关,形成了多个系列的成熟技术。2014年,“超深井超稠油高效化学降黏剂技术研发与工业应用”获得国家科技进步一等奖。

但面对塔河十二区北、于奇区块的超稠油,多项成熟开发技术的使用仍然力不从心。

“这两个区块的超稠油极具个性,受剥蚀和埋藏破坏作用,部分洞穴被砂泥质充填,储集体有效性变差。”张娟说,“随着油藏含水量上升,地层能量逐渐下降,进入中

高含水阶段,井筒流态发生变化,导致掺稀混配不均,稀稠比逐步上升,生产异常情况频发。”

西北油田围绕超稠油油藏规模储层判别难、提采难度大等问题,展开基础研究和关键应用技术攻关,先后在地层降黏剂药剂体系研发与评价、超深稠油地层流动规律研究与先导试验等方面取得突破,创新形成了超稠油区精细油气藏描述技术。新技术应用后,确定了“三带一区”中深部为有利靶区,落实探明边界之外原油储量600万吨。

科研人员还在超深难动用稠油区储集体发育规律识别理论、古岩溶缝洞系统分隔性半定量判别方法、缝洞集合体内部结构刻画表征技术等方面,取得了一系列理论认识不清等诸多难题,有效解决了超稠油开发的多项“卡脖子”难题。

2022年,于奇区块生产超稠油7.56万吨,比上年增加5.99万吨。近3年来,塔河油田累计生产超稠油606.6万吨,占油田原油总产量的30%。

虽有突破,但难题和挑战依然存在。目前,塔河油田超稠油开发仍然面临油藏品质相对较差、强剥蚀区储集体有效性认识不清等诸多难题,受生态红线影响,超稠油的经济有效开发与规模动用也面临着新挑战。

“我们将坚持深评一产建一注采一体化,不断探索新的超稠油油藏类型,力争尽快形成一套更适应现场需要、更趋成熟的超稠油开发技术体系,为塔河油田产量稳定作出新贡献。”西北油田勘探开发研究院塔河开发研究所党支部书记姜应兵说。

江汉油田

从零起步 啃下稠油开发“硬骨头”

□本报记者 石建芬 通讯员 汪睿

今年1~10月,江汉油田江汉采油厂在彰武油区开展井网转向试验,结合注水效果,动态调整水井配注27井次,减少无效注水,该区块日产量提高近20%。

彰武油区位于辽宁省阜新市彰武县境内,构造上隶属松辽盆地南部断陷群。该油区以稠油为主,凝固点31摄氏度,而冬天室外温度低至零下35摄氏度,原油举升和集输都成了大问题。

2018年,江汉油田刚接管彰武油区时,大家信心满满。但彰武稠油油藏特点与江汉、清河等地区大相径庭,可供借鉴的经验很少,加上交接时留下的资料有限,彰武稠油开发几乎从零起步。专班人员第一时间来到彰武油区,与经理部技术人员逐井核实资料,实地踏勘情况,围绕技术难题展开讨论,制定对策。他们逐步摸清各个区块和地层属性,精细开展地质基础分析,扩大滚动勘探范围,精心绘制砂岩分布图,为下一步开发提供数据支撑。

2022年4月,江汉油田将彰武油区的开发交给江汉采油厂。主管勘探开发的副厂长挂帅,抽调采油厂地质研究所骨干组成工作专班,责任到人、挂图作战。专班人员第一时间来到彰武油区,与经理部技术人员逐井核实资料,实地踏勘情况,围绕技术难题展开讨论,制定对策。他们逐步摸清各个区块和地层属性,精细开展地质基础分析,扩大滚动勘探范围,精心绘制砂岩分布图,为下一步开发提供数据支撑。同时,他们与江汉油田勘探开发研究院、江汉油田工程院等加强合作,并先后到长江大学、沈阳采油厂等单位学习交流稠油开采经验。“我们在吃透各类资料、摸清地下状况的基础上,明确了‘高产井采用同步注水+机抽,低产井采用捞油

开采’的开发思路。”江汉采油厂地质研究所所长祝俊山介绍。

彰武经理部紧盯产量任务目标,积极探索采油调整、措施挖潜的新思路、新方法,打出精细开发“组合拳”。通过动态资料分析,技术人员大胆预测ZW8-6-3井九佛堂组6砂组页岩油有勘探开发潜力。在严寒环境下,他们仅用6天就高效安全完成施工,比原计划提前8天。ZW8-6-3井完成压裂,落实有利区面积45平方公里,资源量可观;ZW3-1-3井和ZW3-3井试油成功,进一步验证二次测井解释图版,可提交探明储量约80万吨。

要稳油,先控水。在该厂地质所指导下,彰武经理部围绕核心区、重点井,在强化注采配套基础上,结合油藏监测资料、动态资料,开发特征,编制转注方案,立足现有井网,增加注采生产井点,补足水动力,深挖剩余油;在中部“甜点区”开展井网调整试验,有效提高单井产能。注水井ZW2-2-1井从2022年4月起大排量注水,对应油井ZW2-2-2井却迟迟未见效。这成了彰武经理部经理刘敬尧的“心病”,他与副经理崔亚东一起查资料、跑现场,最终判断是螺杆泵无法满足稠油冷采需求。2023年初,他们将ZW2-2-2井改为皮带式抽油机电加热生产,目前已累计增油260余吨。

同时,技术人员积极利用关停井开展捞油工作,针对捞油井液面恢复慢的实际,摸索捞油液面恢复速度,不断调整22口捞油井捞油周期;根据油井产层位置重新确定捞油深度,在不污染产层的情况下,尽可能加大深度,确保捞油产量最大化。