

35年攻关稠油高效开采技术,年产稠油70余万吨,滨南采油厂:

直面“老大难”,攻关“高精尖”

单113平4井新井投产现场,胜利油田滨南采油厂工艺研究所副所长赵文勋捡起一块作业过程中返出的原油,“一点也不粘手,掉地上一摔就碎”。

赵文勋介绍,这种原油在50摄氏度条件下黏度达到25万毫帕/秒,属于特超稠油,采用常规注汽热采技术开发,周期产油不到200吨,油气比小于0.1,也就是说注1吨蒸汽换不来0.1吨油。

然而,他们采用HDCS(水平井+降黏剂+二氧化碳+蒸汽)技术,使单113平4井投产初期日产油达到28吨,目前日产油4.7吨,累计生产原油2784吨,实现效益开发。

作为国内最早开发稠油的油田企业之一,滨南采油厂发扬“油稠人不愁、热情融稠油”的精神,持续攻关稠油高效开采技术,实现年产稠油70余万吨,截至今年9月底已累计生产稠油2259万余吨,占中国石化稠油年产量的近1/7。

本报记者 顾松
通讯员 许庆勇

持续攻关 使稠油成上产“顶梁柱”

滨南采油厂的稠油素有“老、大、难”之称。

所谓老,即开发时间长。1984年9月,单家寺油田第一口注蒸汽吞吐井——特稠油单2-2-1井开始注蒸汽试验,第一周期累计生产稠油1.7万吨。从此,单家寺油田全面投入开发,是胜利油田第一个热采开发的稠油油田。

大,即稠油体量大。探明和动用稠油储量均占滨南采油厂总储量的1/4以上。储量大,产量也高。1991年,该厂年产稠油96.6万吨,在全国较早建成百万吨级稠油油田,占全厂总产量的1/3以上。目前,该厂年产稠油70余万吨。

难,即开发难度大。稠、多、薄、水、敏、高,这6个特点决定滨南采油厂稠油开发的高难度。

先天不足,后天弥补。30多年来,滨南采油厂坚持把技术创新作为打开地下黑色宝藏的“金钥匙”,经过不懈探索,创新形成具有滨南特色的超稠油开发、敏感性稠油开发等系列技术。

“六五”“七五”期间,国家重点科研攻关项目“单2断块蒸汽吞吐先导试验”和“单2断块蒸汽驱先导试验”,攻克了特稠油油藏开发难关,支撑了大规模工业化开采。

随后,该厂先后开展超稠油油藏蒸汽吞吐开发先导试验、蒸汽驱先导试验,为黏度更高的超稠油油藏开发提供了技术支撑。

黏度最高的特超稠油是最难啃的“硬骨头”。技术人员通过横向集成创新,形成HDCS技术:超过300摄氏度的蒸汽和降黏剂一起,可以使黏稠的原油变得易于流动;二氧化碳,可以为蒸汽提供一个保温层,避免热量损失;水平井,可以解放油层厚度只有2-3米的边际油藏。

此外,技术人员还研发了水平井+水平井、水平井+分支水平井、水平井分层精细开发等不同稠油油藏开发技术,以及水平井均匀注汽等配套工艺,使难动用的单家寺超稠油储量得以有效乃至高效动用。

即便再黏稠,单家寺油田的稠油也还是“正常”的稠油。在王庄油田,稠油则变得极为敏感。储层就像“含羞草”,一遇水就膨胀,一膨胀就把储层里原油流动的孔道堵住了。

不仅对水敏感,王庄稠油对流速、盐、酸、碱都敏感,属于“五敏”油藏,再加上储层薄、泥质含量高,在油井作业、注汽过程中会导致储层渗透率急剧下降,最终致使油井低产甚至没有产量。由于国内外均无成功开采先例,王庄油田一度空有储量却无法



作业监督加强现场监管,确保增产增效。 通讯员 肖金禄 摄

动用。

眼看一块“肥肉”却吃不到,技术人员急在心头。他们开展油层保护、防砂工艺、提高注汽质量三项“五敏”稠油油藏技术攻关,配套应用挤压砾石充填复合防砂和压裂防砂等工艺技术,最终成功实现王庄敏感性稠油的工业化开采。截至目前,王庄油田敏感性稠油已动用地质储量3000多万吨,累计产油500余万吨。

得益于稠油开发技术不断突破,滨南厂稠油产量从1999年的32.5万吨增至2018年的73.1万吨,成为该厂连续16年稳产的“顶梁柱”。

低成本新技术 为开发效益“健体”

稠油帮助滨南采油厂连续上产,但同时也是稳产的最大风险,因为稠油自然递减率比稀油高得多。

1984年到1990年,单家寺稠油油田投入开发,滨南采油厂实现快速上产。而1991年到1999年,同样由于单家寺稠油快速递减,该厂产量跌至低谷。2000年以来,又得益于单家寺超稠油、王庄敏感性稠油相继动用,该厂又实现大幅上产。可以说,成也稠油,败也稠油。

基于此,低油价以来,滨南采油厂针对稠油产量占比偏高、效益稳产风险和难度大的问题,一方面优化稠油产量,另一方面加大低成本技术攻关力度。今年上半年,该厂稠油吨油完全成本比2015年降低89.6元。

稠油热采,主要是制蒸汽成本高,热采注汽系统成本占总成本的65%以上。提高蒸汽热效率,成为稠油效益开发的关键。

经过30多年蒸汽吞吐开发,地下仍有大量剩余油,但蒸汽流场分布不均,油井汽窜加剧,导致蒸汽热效率低。

如何堵住地层大孔道,让蒸汽改道走剩余油多的地层?技术人员创新集成稠油蒸汽流场调整技术系列。

纵向差异调剖面。他们将水

驱开发理念嫁接到稠油开发上,变笼统注汽为分层注汽。针对油层多、差异大的油井,他们采用分层注汽、分注合采和氮气泡沫调剖等技术,实现精细化、个性化注汽,把蒸汽注入剩余油富集的小层,有效解决不同层系油藏吸汽“吃大锅饭”的问题。近年来,该厂实施分层注汽、氮气泡沫调剖40井次,油气比提高0.07,阶段增油4770吨。

平面汽窜调流线。稠油老区经过多轮次蒸汽吞吐开发,油井汽窜加剧,不仅影响邻井产量,而且大幅降低蒸汽热利用率。技术人员采取组合吞吐、间歇汽驱、耐温凝胶封窜等技术,有效调整蒸汽流场,缓解井间热干扰。近年来,该厂应用组合式蒸汽吞吐技术,调整平面高耗汽条带,共实施59口井,覆盖地质储量314万吨,汽窜井次由45口降为22口,累计增油3478吨,综合含水率下降3.8个百分点,阶段油气比提高0.05。

创新应用三相泡沫体系。随着吞吐轮次增加,储层非均质性加剧,边底水入侵严重,单纯泡沫强度达不到调剖要求。技术人员研发“氮气+泡沫+凝胶”三相泡沫体系,既提高了泡沫强度,又规避了凝胶类堵剂笼统封堵伤害油层的风险。近年来,该技术在滨南厂内外推广应用10个井组,阶段油气比提高0.04,增油7950吨。

变“排砂”为“防砂”。针对王庄油田细粉砂堵塞油井、油井出砂或套损严重等难题,滨南采油厂先后在21口出砂井应用水力排砂工艺,平均单井日产油由3.8吨升至7.9吨,阶段增油2.48万吨;在6口套损井应用水力排砂工艺,恢复日产油能力27吨,阶段产油7200多吨。

“通过科技创新降低盈亏平衡点,增强企业竞争力和可持续发展能力,既是立足当前‘谋一时’,更是登高望远‘谋长远’。”在滨南采油厂厂长王跃刚看来,多下苦功夫、真功夫,多储备一些科技“备胎”,才能掌握发展主动权,从容前行,实现可持续高质量发展。

孤东厂探索“五位一体” 低成本侧钻引领高效开发

孤东油田经过30多年的开发,已进入特高含水开发阶段。面对如何运用低成本开采技术,实现效益最大化,胜利油田孤东采油厂积极优化新井靶点及投资方式,探索完善常规井、水驱井、复杂井侧钻井技术系列,实现了弥补老井产量递减和生产效益提高的双赢。

本报记者 邵芳 通讯员 尹永华 陈泽兵

侧钻技术背后的效益

侧钻技术说起来并不复杂,其主要原理就是在原有井眼轨迹的基础上,运用特殊的侧钻工具使钻头的钻进轨迹按照设计,偏离原井眼轨迹的技术。通俗来说,就是利用原有的井下井筒和管柱,嫁接上新的生产井,从而形成的开采方式。

说起这事的初衷,时任孤东采油厂副厂长兼总地质师的谭河清粗略算了一笔账:第一,利用老井采油流节省了一大部分地面投资;第二,利用老井侧钻“开窗点”以上井身结构,压减了钻井费用;第三,在钻机、钻杆及完井套管主材上,较常规新井压减三分之二的投资;第四,在建产时率上,从上钻机到完钻整个过程缩短了近半个月。总体算下来,一口侧钻井比一口新井平均节省各项投资将近300万元。

理论上的可行性,还需要在实践上得到证明。2012年,孤东采油厂就探索实施侧钻技术开发,单井初期平均日产油3.6吨,较经济极限日产油高1.5吨,侧钻井投产2.5年就能收回投资,这说明侧钻井在孤东油田有着巨大的潜力。

“五位一体”见成效

弱动用韵律层侧钻挖潜的成功实践,既坚定了技术人员的信心,也为孤东厂效益开发探索了一条新途径。

为将侧钻技术向更大范围和更深领域推进,他们在思路上由工程报废井向地质报废井转变,由水驱侧钻向稠油侧钻方向转变,由单一油藏向复杂油藏转变。具体实施上,重点瞄准构造优势区、弱动用韵律层、小砂体、分流线及稠油热采井间等五个方向,结合经济极限产量部署侧钻井,以实现低品质储量的经济有效动用。

通过不断拓宽老井侧钻应用范围,孤东采油厂在油藏构造高部位、弱动用韵律层、小砂体、分流线及稠油热采井间五个方向上,形成了集勘探、开发、钻井、工艺、采油“五位一

力。

“只有发挥好侧钻井投资少、效果好的优势,不断拓宽侧钻井位阵地,并形成具有孤东特色的老井侧钻体系,才是持续效益稳产的关键。”孤东采油厂副厂长李林祥说,经过周密分析,他们把探索的目光聚焦到采油管理七区“西52+3”东部这个典型的老井区。原因是这个区块有着符合实验侧钻井的天然特征:综合含水高达99.3%,平均单井日产油仅为0.7吨。

为了实现“开门红”,孤东厂为该区块量身订制了一整套方案。期间,他们以细分韵律层为基础,运用多种监测手段,细化井区流场驱替及剩余油研究,并在弱动用韵律层Ngs522部署侧钻井位3口。实施后,区块单井初期平均日产油3.8吨,综合含水下降到88.8%。

初战告捷并没有让技术人员得意忘形,相反,更让他们冷静地进行反思和分析。在专题总结会上,经过专家们反复论证,最终得出了“七区西‘52+3’单元侧钻挖潜弱动用韵律层成功”的结论。

体”化的侧钻模式,使孤东老区效益开发见到了曙光。

侧钻井的实施,也为低品质储量的经济有效动用提供了保障。以孤东7-平侧6井为例,该井目的层靶点位于两条断层夹持的条带砂体上,以三维地震剖面成果及地层对比为依据,圈闭未动用含油面积0.053平方千米,复算地质储量仅有5.3万吨,常规新井投资回收难度大。部署侧钻井挖潜,初期日产油15.2吨,综合含水56.8%,累积产油5698吨。

一枝独放不是春,百花齐放春满园。今年前8个月,孤东厂投产侧钻井28口,平均单井日产油4.2吨,综合含水82.9%,是设计日产油量的1.7倍,较老油区综合含水低13.8个百分点;累计产油1.49万吨,创效3618万元。