



确保“十四五”开好局 以优异成绩庆祝建党100周年

业界视点
Industry Vision

地质工程一体化： 舞动难动用储量效益开发“魔法棒”

核心
阅读

地质工程一体化是非常规及复杂油气藏效益勘探开发的必由之路,已成为业界共识。在北美,页岩气开发商推行地质工程一体化,通过跨学科、跨部门多元协作,实现产量大幅提高、成本大幅下降,打破了储层动用下限。在国内,油公司也进行了大量地质工程一体化探索,收到很好的效果。在5月22~23日举行的第五届地质工程一体化论坛上,诸多院士专家分享了地质工程一体化实践和非常规油气项目突破成本极限的成功经验。本版选择部分案例予以报道,希望可以带来启示和借鉴。

本版文字由程强整理

一体化合作开发难动用储量

截至2017年,胜利油田探明未动用储量达6.9亿吨,具有小、深、差、稠、薄、低的特征,油藏描述难度大、工艺配套要求高、工程建设投资大。

在按节点设计模式下,地质设计与工程能力结合不够,提出条件过于苛刻,实施难度大;工程设计对建产目标缺乏深入研究,针对性差;地面设计跟着地质、工程设计走,整体优化不到位。结算长期执行工程造价定额,钻井费用持续增加;工程公司不能分享建产效益。

胜利油田构建地质工程一体化运行管理架构,成立油田领导小组,工程公司成立难动用储量合作开发项目管理部,对承包项目自主开展地质研究和地质工程一体化设计,由“打工者”向“油藏经营者”转变。

胜利油田出台难动用储量合作办法,打造“风险共担、合作共赢”利益共同体,按40美元/桶、税后内部收益率8%倒算投资,超产效益四六分成,推动工程公司由追求工作量向追求价值量转变,激发了石油工程公司提速提效的内在动力,钻井周期大幅缩短。

胜利油田出台难动用储量开发运营权流转办法,打破“谁管理、谁开发”建设模式,将储量管理权与经营权分离,引入竞争机制,将运营权在各开发单位间流转,按项目单评、计划单列、产量单计、成本单核、绩效单算管理模式,激发活力,加快建产步伐,目前已流转238个区块。

4年来,通过大力推动地质工程一体化效益建产,胜利油田年产能建设规模由22万吨增至2020年的100万吨,其中2020年末未动用储量建产能61.8万吨。

义184块储量3000万吨,油藏深、油层跨度大、单层薄、物性差。工程公司承包产能建设,通过物探地质一体化深化油藏认识、通过地质钻井一体化提速提效降本、通过地质工艺一体化提高单井产能、通过“井工厂”建产降低开发成本,钻井周期由78天缩短至27天,单井钻井投资降低18.5%,新井投产初期日产量16吨,高出方案设计3.5吨。区块平衡油价46.9美元/桶,2018~2019年超产4.14万吨,工程公司在挣得工程费用的同时,效益分成5500多万元。

一体化高效开发超深油气田

位于塔克拉玛干沙漠的顺北溶解体油藏属于碳酸盐岩油藏中的“非常规”,地层结构复杂、储层埋深大,油气藏精细描述难,地层破碎、应力强、漏、堵风险大,倒逼西北油田采用地质工程一体化手段,精细描述断层、复杂层、目的层,提前规避钻遇主要复杂地层,精准配套钻井完井优化工艺。

西北油田认为,地质工程一体化就是围绕提高平均单井产能,以三维模型为核心,以地质-储层综合研究为基础,针对不同阶段遇到的关键挑战,开展具有前瞻性、针对性、预测性、指导性、实效性、时效性的动态研究和及时应用。重点是打破原有“技术条块分割,管理接力进行”的模式,真正实现地质与工程换位思考、无缝衔接、相互渗透,做到一体化研究、部署、作业、管理,实现少井高产、多控长稳目标。

方案设计一体化。围绕快速评价和高效动用,倒推最优靶点、最优轨迹、最优结构、最优工艺、最优储层保护措施,地质工程联合攻关

形成井点、条带最优实施方案。

实施过程一体化。不同阶段建模(地质)+储集体分类雕刻(物探)优化井轨迹,实现多控长稳、少井高产。VSP(垂直地震剖面测井)随钻处理,动态调整轨迹,实现看得清、描得精、打得准、产得多。机械钻速由8米/时提高至16米/时,储层钻速率100%,排气时间从30天降至7天,单井产能从65吨升至89吨。

顺北41X井,目的层为奥陶系鹰山组,存在漏、塌、斜等工程风险。通过地质工程一体化优化井眼轨迹(水平井优化为刀式直斜井)、优选井口位置(避开断裂)、优化井身结构(五级优化为四级)、优化提速工具、优化储层保护、优化增产技术,获日产量1117吨。

西北油田在该井基础上进一步优化,顺北42X井机械钻速再提高30%,再获高产。

技术不断迭代升级后,在整个顺北4号带推广。

一体化极致品尝致密气“甜点”

鄂尔多斯盆地大牛地及东胜气田,均属于低渗、低孔、低压、低丰度、低产气藏。前期采用条块化单一管理流程,物探、地质、钻井、储改、采气系统各扫门前雪,目标不统一,缺乏相互关联、互动迭代,很难高效益开发。

华北油气基于“少井高产”理念,构建扁平化一体化管理架构,明晰一体化管理流程,管理部门由接力赛变为团体赛,形成管理闭环回路;研究支撑上由分散式分段支撑变为平台化同步支撑;规范一体化工作流程,分层次确定目标。

东胜气田全员思想格式化,地上地下充分融合,各专业各系统多轮次同步优化提升,打磨提升方案质量,保障开发效益,变独奏曲为交响乐。锦58井区2021年方案通过多轮次一体化优化,方案井数从26口减至19口,内部收益率提高1.4个百分点。

华北油气以储量价值和投资效益最大化为目标,在部署及实施过程中对井位进行迭代优化。JPH-469井通过一体化优化,预测日产量

从3.1万立方米提高到4.8万立方米,实施过程中实时优化,实际达到6.8万立方米,较初期设计翻了一番。

该公司坚持管理迭代提效益,能优化的都要优化。智能应用一体化,建成“信息化井场+无人值守集气站+气田控制中心”三级平台,人均产量提高近5倍,人均管井数提高两倍,智能加注后气井生产率由77.8%提高至99.2%。

技术管理一体化,采用丛式井和小井眼技术,引入民企竞标,单井钻井投资有效降低。

地质物探一体化,精确识别甜点;地上地下一体化,极尽动用甜点;地质钻井一体化,极优连通甜点;地质压裂一体化,极限激活甜点;井筒地面一体化,极致品尝甜点,在鄂尔多斯高含水致密气藏建成首个年产15亿立方米大气田——东胜气田。2021年,气田多口新井产量较邻井翻倍,其中JPH-489井无阻日流量超百万立方米。

评论

地质工程一体化实质是管理革命

□呈弓

油气业界近年来格外倡导地质工程一体化。

这一概念的提出,与油气资源品位日益劣质化密切相关。当前,易采油时代已经结束,油气资源的特点是老(老油田)、深(深层)、非(非常规)、海(海域深水)、极(极地资源)、水(天然气水合物)。想要有效益动用这些资源,地质工程一体化是必由之路。

北美非常规油气开发近年来推行“地质工程一体化解决方案”,建立“一体化协同决策中心”,开发成本比早期降低50%以上,可动油价降为40~50美元/桶,低油价下抗风险能力显著增强。

地质工程一体化看似是技术革命,实质是管理革命。

非常规、难采,都是传统视角对资源的认知,包括老理念、老思维、老眼光、老技术、老管理、老模式等。因此,管理革命首先要革老理念的命,要树立新理念,没有难采的资源,只有不适应的技术和管理模式。勘探人员坚信地下有油才能找到油,开发人员坚信难采资源能够有效开发,才能找到对路的技术和管理手段。事实证明,非常规不代表高成本,也不代表低采收率。

管理革命,主要是革老管理流程、旧管理模式。原有的管理模式,对开发非常规资源是有效的,但不适合非常规资源开发。非常规资源有效益开发,需要以效益

为目标倒逼管理创新实行逆向决策,需要地质、工程高度融合寻找双方都认可的“甜点”,需要工厂化流水线地高效组织石油工程作业,需要专业技术人员根据现场情况实时优化和决策,这些都需要建立一套新的管理流程,并且能够支撑技术和管理不断迭代升级。

中国工程院院士刘合认为,某种程度上,管理革命比技术革命更重要、更值得关注,管理变革必须转变观念、适应形势,在竞争中进步、在学习中提高。

更重要的是,在非常规开发中形成的革命性理念、技术和管理手段,用于常规资源开发,必将带动油公司新一轮的深化改革和降本增效。

观点

甲方精细的设计和组织能力,是“一全六化”成功的关键

“甲方水平有多高,乙方水平就会提升到多高”。降成本的前提是甲方好的设计和高效组织能力,甲方采用大井丛平台化布井、工厂化施工,产建部署更加集约化、规模化,有利于保障乙方在同一地区的合同工作量,减少设备动迁,避免“钻机大游行”和“跑步上岗”,也有利于甲方工厂化施工组织。

非常规不代表低效益,非常规不代表低采收率

美国鹰滩页岩油在当前主体工艺技术条件下,通过方案优化,局部区块一次采收率可达35%,桶油完全成本30美元,效益最佳。玛131小井距立体开发示范区投产1年多,平均单井日产量23.1吨,首年采出程度9.2%,方案设计采收率11.4%,按目前生产规律计算动态采收率为27%,颠覆了固有认识。

没有不能开发的资源,只有不适应的手段

玛131示范区的布井原则为一次井网、立体动用、肥瘦搭配、共同过关,主体技术为大平台、水平井、小井距、密切割、工厂化,按两个层系100米和150米井距一个平台部署水平井12口,层距40米,段长1800米,动用储量104万吨,设计单井初期日产量30吨,建产产能11.94万吨。首年生产油当量14.54万吨,预测一次采收率从11.4%提高到27%以上。钻井取消短起下,不通井下套管,平台完井作业时间由18天缩短至7.8天。

藉“一全六化”高效动用非常规储量

“十四五”期间,中国石油页岩油、致密油产量将分别增长3.5倍、1.75倍,远超总增量。这带来技术挑战、成本挑战、管理挑战,但归根到底是理念挑战。

系统工程的目的是用最最少的人力、物力和财力在最短的时间内实现系统的目标。但传统石油行业勘探开发阶段划分、项目方案编制理念及审批制度,已不适应非常规资源开发快速反应、及时调整的需求。非常规资源更应注重前期研究,前期研究的认识程度是决定项目最终收益的关键,项目的推进过程就是系统工程实践的过程。中国石油因此提出“一全六化”理念。

一全,即全生命周期管理。对边界清晰的区块单独设置项目,采用“项目单设、投资单列、方案单审、成本单核、产量单计、效益单评”的倒逼机制,全生命周期测算项目效益,将评价部署、方案设计、产能建设、生产运行、管控优化等过程一体化管理,真正实现“事前算赢、事中干赢、事后真赢”。其追求的终极目标是全生命周期中满足合理经济指标条件下实现采收率最大化,以“点、线、面”思路组织多学科交叉和多部门协同,以数据融合和知识共享为基础,实现全要素、各阶段、全过程无缝衔接,不断迭代更新,直至项目高效卓越。

六化,一是设计上一体化统筹。一体化统筹既是一种工作组织模式,又是一种系统管理理念,围绕非常规资源掌控,建设产能和拿到产量三大业务主线,改变过去各专业“铁路警察各管一段”的思维模式,通盘考虑、换位思考,包括勘探开发一体化、地质工程一体化、地上地下一体化、科研生产一体化、生产经营一体化、设计监督一体化等。

其中,地质工程一体化提高了储层钻遇率和方案符合率。如新疆油田成立地质工程一体化专家团队,形成“重控制、精预测、勤更新、优轨迹、少调整、保甜点、提钻速”的轨迹跟踪优化工作机制,“十三五”以来单井轨迹调整次数从13次降至2.9次,油层钻遇率由82.4%提高到93.2%。

地质工程一体化还提高了施工效率。通过地质工程一体化优化,庆城页岩油示范区单平台水平井达10口以上,水平段长1700米以上,钻井周期缩短超30%,单井初产提高近1倍,预测单井EUR(估算的最终采收量)从2.1万吨提高到2.6万吨。

地上地下一体化提高了地下资源动用率和土地资源利用率。如庆城油田在合H9平台创新部署长水平段扇形井网,预计动用230平方公里林区地下资源9200万吨,用有限占地动用巨大资源。

二是实施中专业化协同。钻井上,以大平台为基础,打破一队一机模式,创新一队多机模式,通过管理架构升级、资源与保障共享,带动测、录、固井工厂化,实现大平台高效安全钻井,华H100平台人员减少25%、设备减少36%,综合提速40%。

压裂上,按照“区域大工厂”思路,通过“道路共建共享、钻试投分区规划、平台接替压裂、管网多源取水、区域串联供水、返排液

有序回用”,提高大井丛的压裂效率。

劳动架构方面,打破试油概念,将传统作业模式需要的多支队伍整合为井筒准备队(含桥射联作)、压裂作业队两支综合队伍,人员减少20%。

施工模式方面,多机组联合作业、多专业联合保障,整体效率由每天2.2段提高至8.8段。

大平台多队协同,提高了装备利用率和新井贡献率。华H100平台部署31口水平井,采用1队5机双排同向拖动钻机,水平段长2000~3000米,钻井周期16~18天,可实现大平台1年整体投产(设计6个月完钻、3个月压裂、2个月焖井),建井周期较华H60平台缩短1年。

三是组织上市场化运作。油公司作为甲方负责项目设计与现场组织。各专业公司作为承包商,只负责设备和人员管理,保障现场实施。

市场化运作提高了甲乙方整体水平。庆城油田通过倒逼测算,确定经济技术指标,采用市场化模式优选4个平台开展不同模式总包,通过资源集约管理、技术集成应用,降本增效。5年来,在水平段长度不断增加的情况下,单井并筒投资降低50%,可实现45美元/桶油价下效益开发。

油公司必须建立提产激励机制,避免“鞭打快牛、提速下岗”。吐哈油田按照45美元/桶油价、内部收益率6%硬要求,坚持“风险共担、效益共享”原则,与钻探公司建立产能建设费挂钩合作新模式,将首年提产收益的一定比例奖励给钻探公司,发挥钻探公司技术优势,加快页岩油效益动用。

四是辅助保障上社会化支持。油公司一定要树立“不搞大而全、小而全”今天的投资就是明天的成本“能用成本绝不用投资”的理念,从买设备变为买服务、从买产品变为买服务,从全自主变为尽量依托社会,把买服务变成一种理念,能不成固定资产就不形成固定资产。

后勤依托社会化,让专业人干专业事,实现共赢。如吉林萨南页岩油项目依托当地企业建立储液池,以年为单位租用,省去固定资产投资和各种协调成本,成本降低30%,地方企业也盈利。

压裂装备和主要材料全部由生产商提供,甲方直接购买泵压等服务,实现压裂液、石英砂等所有产品井口结算。泵注、高黏压裂液、低黏压裂液、支撑剂等费用均大幅降低。

射孔、下桥塞、钻塞原来由三家企业分别负责,转变为由一家企业提供完整并筒服务,成本降低44.4%。采油装备如螺杆泵也按1000天检泵周期购买服务,由服务公司提供设备。

五是生产运行上数字化管理。改变传统管理模式,让数据说话,用数据决策,实现少人高效,目标是百人百万吨。

六是全生命周期绿色化发展。做到生产过程清洁化、废弃物资源化、道路土地集约化、场站建设生态化、全产业链低碳化。