



套管钻井:中浅层低成本建井颠覆性技术

与常规钻杆钻井相比,套管钻井可提高
生产时效25%~30%,胜利石油工程成功实
施4口井的实践验证了该技术可行性

□王 宁 徐智华

2023年,胜利石油工程渤海钻井40619队在陈庄、胜坨区块4口井首次采用全过程套管钻井技术,完钻井深2312米、水平位移854米,验证了套管钻井技术的可行性,为推动胜利东部老区大幅提高采收率、助力油田长期稳产增效带来了曙光。

如今,胜利石油工程瞄准快速高效低成本建井目标,潜心攻关井网重构、井筒工程和自动化钻机 etc 套管钻井成套技术,全力推动工艺与装备创新。

这一切,源于工程科研人员志在突破传统工艺、追赶世界一流的初心。

极简钻井,极致攻关

套管钻井是在钻进过程中利用套管代替钻杆串完成钻井作业,实现钻进与下套管作业二合一,可一趟完钻,是常规钻井的极简版。这项技术起源于国外,兴起于低油价时期,近年来在全球范围内得到迅速发展。

数据表明,与常规钻杆钻井相比,套管钻井可提高生产时效25%~30%,具有减少井下事故、改善井控状况、保护产层等优势,是钻井工程的革命性技术。胜利石油工程院早在十几年前就开展过套管钻井相关技术研究,但受限于当时的钻井工艺和技术装备,试验效果并不理想。

2021年,为实现难动用储量有效开发、低产调整并规模开发,解决老油田断块复杂、非均质性严重、注采井网不完善等问题,胜利石油工程院钻井院再次与套管钻井较上了劲儿。

“胜利东部老区中浅层油藏地质质量31.3亿吨,由于老区中后期新建产能工程成本高,近2/3难动用、未动用储量滞留地下。”钻井院党委书记杨海波说,“我们必须依靠技术进步,突破制约低成本勘探开发的瓶颈,释放更多井位,为国家能源安全提供更好保障。”

套管钻井对于油田增储上产意义重大,首口井试验成功更是对增强整个油服行业的信心至关重要。胜利石油工程迅速成立了以公司高级专家吴仲华为首的研发团队,抽调精干力量,充分讨论方案,倒排研发计划。“全过程套管钻井要做到全过程不起钻,就像火箭发射一样,开弓没有回头箭,一旦开钻,每个环节必须一次成功。”吴仲华说。

研发团队面临的第一个难题就是如何实现二开“一趟钻”。“不但要用二开钻头钻穿一开钻头,而且要打完后面的进尺。这不是用自己的矛攻自己的盾吗?”钻井院高端装备中心主任关舒伟把疑惑咽回了肚子里,与专家团队一遍遍设计、推翻重来,终于研制出一款软硬兼具、外刚内柔的可钻式钻头和一款专打钻头的强攻击性钻头。

专家视点

技术迭代升级点燃钻完井提速引擎

□中国石化石油工程技术研究院 光新军

油气钻井技术是发现油气藏、建立油气通道、提高单井产量、降低综合成本、实现油气高效开发的重要手段。21世纪以来,随着超深井钻井、海洋深水钻井、水平井“一趟钻”等钻井技术的快速发展,拓宽了油气勘探开发领域,实现了深层、深水、非常规等油气资源的经济有效开发。

在能源转型、新一轮科技革命加速演进的大背景下,油气钻井技术的发展面临诸多挑战。一是随着油气勘探开发向深水、深层、非常规等领域深入推进,资源品质劣质化和作业环境复杂化进一步加剧,开发难度不断增大,对钻井技术提出了更高要求;二是全球能源转型推动油气产业链向低碳化发展,对钻井技术发展的方向和目标提出了新的要求;三是数字化、智能化正在引领新一轮科技及产业变革、催生重大颠覆性创新,并向油气行业不断渗透与融合,要求钻井技术抢抓数字化发展机遇。

为提高适应复杂地层和环境的能力,满足油气勘探开发增产上产、降本增效、低碳发展的需要,在信息技术、人工智能和新材料等高新技术的推动下,钻井技术正向高性能、低成本、智能化、绿色环保方向发展。

经过多年持续攻关,我国形成了系列配套油气钻井技术,基本满足了油气勘探开发的需要,但在高性能智能旋转导向系统、超高温井下测量工具、连续管钻井技术等方面与国外技术还有一定差距。在保障国家能源安全、推进油气高质量发展要求下,需要围绕“两深一非一老”、绿色低碳和数字化领域,加快关键钻井技术的攻关和推广应用,支撑打造油气上游新质生产力。

朝着同一目标,所有人都铆足了劲儿:钻井工艺研究所研发了随钻光纤陀螺仪器,用于解决套管磁力干扰问题;钻井工具研究所研发了投入式止回坐键工具,用于仪器打捞,不到一个月就完成了设计加工。同一时间,高端装备产业化中心开足马力加工高抗扭套管柱组合井下工具。整个5月,车间灯火通明。

经过紧锣密鼓的准备,2023年6月,陈23-更27井开钻。这是国内首口全过程套管钻井施工,意义非同一般。所有研究人员悉数到场,暗下决心,“只许成功,不许失败”!

钻井院井筒压力测控所宋荣荣博士是研究院团队唯一的女员工,负责收集每道工序的施工资料。当一开钻头成功打到421米、二开钻头入井,看着振动筛上跳跃着亮晶晶的钻头碎屑,她第一时间向大家报告了这个好消息:“一开钻头被成功钻穿了!”最终,陈23-更27井不孚众望历时6.25天实现了快速、安全、高效完井,钻井周期比邻井缩短了2.95天。

趁热打铁,一周后,同平台的陈23-斜更29井成功完成定向井试验,创3项全国纪录。“在此之前,国内厂商从未有过不回收底部钻具组合的套管钻井定向作业。梦想成真的感觉太棒了!”吴仲华笑着说。

四战四胜,梦想成真

套管钻井技术一旦成熟,不仅能够实现胜利东部老区二开中浅层井快速低成本建井,而且可以应用于西南页岩气、致密气的浅表层、裂缝型、溶洞型漏失地层和易破碎地层的快速穿越,甚至能在煤层气、浅层地热开发中发挥作用,为企业转型发展贡献新质生产力。

这样一项颠覆性的技术,仅仅两口井的试验还不足以进行规模化应用。

“我们要挑战更高难度的区块、更复杂的井。”胜利石油工程院钻井院院长裴学良说,“实践是检验真理的唯一标准,只有经过充分的试验,把成功的偶然性转化为必然,才能让一项新技术变成值得信赖的好技术。”

胜坨油田成为研发团队的下一个目标。作为山东境内首个探明的油田,胜坨油田经过近60年的开发,已经“垂垂老矣”。如果套管钻井技术能给老油田带来“返老还童”的曙光,那将为打造“百年胜利”注入强心剂。

与陈庄地区相比,胜坨油田井深更深、位移更大、施工难度更高,实施套管钻井面临着高造斜、大位移、井网密集、防碰绕障等技术难题,对套管接箍承压、轨迹控制、固井质量等都提出了较高要求。

技术需要进一步升级。研发团队结合陈庄套管钻井的成功经验,针对胜坨油田地质工程难题,迅速制定了2-3-斜222井一开、二开套管钻井技术改进完善方案,不到两个月的时



胜利石油工程渤海钻井40619队进行全过程套管钻井施工。

王 福 摄

间就完成了地面、井下工具的准备及钻井专用套管的设计与加工。

套管加工最能体现科研人员精益求精的工作态度。研发团队经过大量计算,将套管壁厚从10.54毫米减至9.17毫米。毫米级别的调整带来的是成本的进一步降低。为保证套管承担满足钻井要求,他们还重新设计套管接箍,研制出抗扭能力达到19000牛·米的139.7毫米高抗扭钻井型套管。同时,可钻式套管钻头经过快速迭代升级也已达到国际同类产品技术水平。

2023年10月27日,2-4-斜更300井开工。该井完钻井深1935米,成功应用了高抗扭套管等一系列新工具。同年11月9日,2-3-斜222井挑战更高难度,井深达到2312米,创国内套管钻井井深最深、水平位移最大两项纪录,充分验证了套管钻井技术的可行性。

“施工过程中,由于施工区块老井错综复杂,地下井网密如蚁穴,防碰难度很大。”钻井

院钻井工艺研究所赵洪山博士说,“我们通过轨道绕障优化、实时防碰扫描、精细化轨迹控制措施,实现了与邻井最小防碰距离10米以上,保证了轨迹控制安全。”

不仅如此,在2-3-斜222井开展的试验中,研发团队还使用了MWD(随钻测量)伽马探管,在井深1400米之后成功录取伽马数据,解决了地层岩性识别难问题。试验结束后,他们总结经验,研发了扩张式钻头,完成了进尺后液压刀翼扩张打开,为下次开钻头让出钻进通道,消除了用钻头打钻头的“内耗”,使国产套管钻井技术不断完善。

如今,胜利石油工程套管钻井技术已具备推广应用条件,但研发团队仍不满足现状,聚焦井网重构、井筒工程和自动化钻机等成套技术迈出了新的步伐。“打造老油田提高采收率的‘工程驱动样板’,让不可能钻的井变为可能,充分释放钻井工作量,是我们的光荣使命!”裴学良说。

套管钻井专用车载钻机

作为一种全新的钻井工艺,套管钻井不需要常规起下钻作业,直接用套管代替钻杆实施钻井,可大量节省钻井器材、缩短施工周期、降低作业成本,是快速高效低成本建井的重要发展方向。

动力猫道

可实现钻具在地面与钻台面之间往返输送

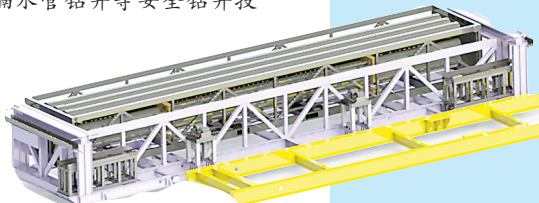
井架

车载底盘

搭载钻机电控系统、液压站及配套设备

动力排管架

用于存放套管等钻具



【施工者说】

胜利石油工程渤海钻井40619队平台经理 牛士营: 由我们承钻的2-3-斜222井全过程采用套管钻井技术完钻,井深2312米、垂深2095米、水平位移854米,创国内套管钻井井深最深、水平位移最大两项纪录。对钻井工人而言,应用全过程套管钻井技术减少了起下钻、通井、下套管等施工环节,钻完井一步到位,而且不用钻杆打井,意味着今后不再需要大型钻机,轻型型自动化钻机将取而代之。到那时,钻井施工不用再兴师动众,单井成本和员工劳动强度都将大大降低。

胜利石油工程渤海钻井40619队进行全过程套管钻井施工。王 福 摄

新闻会客厅

套管钻井技术是如何针对老区勘探开发的难题进行创新的?相比传统钻井方式有哪些显著优势?



胜利石油工程院钻井工程高级专家 吴仲华:经过60余年的勘探开发,胜利油田主力富油凹陷的石油探明程度已达50%以上。然而,在目前已开发的40多亿吨地质储量中,采收率小于20%的有14亿多吨。如果有更加经济的办法将采收率提高10个百分点,将支撑胜利油田2340万吨稳产大约20年。

老区勘探开发难题急需新技术来破解。套管钻井技术正是以问题为导向,针对老区中浅层加密钻井开展的一项重要创新课题。目前看来,由于套管钻井施工是基于单根套管进行的,不同于传统双根或三根钻杆构成的立根钻井方式,无须二层台和复杂庞大的井架结构,如果在传统钻机上实施套管钻井作业,无异于“大马拉小车”。为了实现快速建井、快速搬迁,达到进一步压缩钻井成本的目的,必须大幅缩小钻机体量。钻机小型化,防喷器、泥浆泵等配套设备也将随之缩小,操控将更加灵活便捷,功能也更加简化实用。

今年下半年,胜利石油工程研发的套管钻井专用钻机将闪亮问世。它采用车载模块化设计,集成液压站、绞车、井架、顶驱等设备便捷安装,可大幅减少非直接作业时间。可以预见,今后钻井成本将不再是制约井位部署的主要因素,日产1吨、2吨油的井也有利润,将为老区开发释放大量井位,把过去那些“食之无味、弃之可惜”的“鸡肋”断块变成新的“聚宝盆”。

套管钻井不需要起下钻,钻完井直接固井,后续完井作业时间大幅压缩,在车载钻机的加持下,以前200米的井距可以加密到几十米一口井,钻井犹如在稻田里“插秧”,真正实现“井位自由”。

套管钻井专用钻机明确了“坚持高起点立项”,把钻井全过程的自动化、程序化、智能化作为终极目标,从安全、井控、井下工具、装备、井柱等关键环节实施全方位科技创新,争取做到一部钻机只要几个人就能操控,进一步实现远程控制、钻台无人。

当然,这些设想的实现需要大量科研创新支撑,必须打破固有思维模式,建立一套全新的标准体系,这是前所未有的挑战,也是我们努力实现的目标。

在套管钻井的“最后一公里”固井施工中,面临的主要挑战有哪些?是如何破解的?



胜利石油工程固井技术服务中心副经理 徐军浩:套管钻井是以套管取代钻具钻进的一项革新技术,能简化钻完井作业流程;有效减少井下复杂事故,实现快速高效建井。虽然这项新技术的优点不少,但在“最后一公里”固井施工中,也存在井筒质量未知、井下环境不清晰等诸多施工难点。

在陈23-更27井、陈23-斜更29井的施工中,固井技术服务中心攻关小组科学诊断影响固井质量的因素,精准制定优化施工方案。考虑到施工井周围的注水井不停注、地层流体不间断对井筒造成干扰,易引发固井质量问题和井控安全风险,攻关小组通过研究论证、井下模拟计算和配方优选,创新采用低温早强水泥浆体系,全面保证了低温条件下的水泥石强度;采用抗干扰水泥浆体系,防止周边注水井或地层水等井下流体对水泥浆的侵蚀;优选控压固井技术,有效降低了注水过程中发生井涌或水浸风险,最终实现两口井固井施工过程一次成功率100%。其中,陈23-更27井固井质量达到双界面优质,得到甲方高度认可。

(王 宁 整理)