

中国石化压裂工艺新变革 “井下全通径无级滑套系统”国际领先

中国石化西南石油局实施创新驱动战略的重大成果,是获取油气成果关键环节的重要创新

■ 本报记者 丁国明

3月20日,在北京召开的第十七届中国国际石油石化技术装备展览会上,中国石化西南石油局宣布:成功研发的“井下全通径无级滑套系统”,2016年10月在江沙33-19HF井实现30段精细分段加砂压裂,创油管不动管柱分段压裂级数最多世界纪录;2016年12月中国石化科技部组织中国工程院院士及有关专家鉴定认为,系统整体达到国际先进水平,两项核心技术达到国际领先水平,全面优于目前国内外水平井分段压裂工具;截至2017年3月初,较大规模工业化应用表明,该系统能大幅提高气井产量和稳产能力,显著缩短施工时间和降低成本,堪称高效开发低渗致密油气藏的“杀手铜”。

中国石化西南石油局局长、西南油气分公司总经理甘振维介绍说,“井下全通径无级滑套系统”是一套新的工艺体系,是获取油气成果关键环节的重要创新,是油气行业具有世界先进水平的“中国智造”,打破了国外油服巨头的技术垄断。目前,该技术获授权国际发明专利2件、中国国家发明专利8件、实用新型专利12件、软件著作权1件。

四大关键创新

一口油气井钻至目的层,怎样获取油气成果或开采油气?

钻头向下钻进,经过数千米地层,钻达目的油气藏。这时,很多井再使用水平井技术,让钻头在油气层中并非垂直而是水平钻进,目的是穿越更多的油气层,增大油气层的裸露面积,为下步分段压裂创造条件。

分段压裂是获取油气成果这一“临门一脚”的关键环节,可打通多个开采油气通道,释放地下油气产能,牵出油龙气龙。分段压裂施工时,就是“井下全通径无级滑套系统”上场之际了。

简单而言,“井下全通径无级滑套系统”具有四大核心特点或关键创新:

分段无级限。在实施分段压裂,牵出油龙气龙、获取油气成果这一“临门一脚”关键环节中,可根据地下油气藏情况,实施“无限级分段”,能实现无数个油气通道的打通,因此可以根据目的层油气情况实施精细分段,最大限度释放地下油气产能,从而获得更高的油气产量,实现更持久的稳产。这也是“井下全通径无级滑套系统”的最大亮点。

生产全通径。采用全通径无级滑套,开采油气的管柱实现全通径,为后期维护和作业提供了极大方便。



单段可开关。如果一些分段(即采油气通道)出水影响生产,可以针对性地关闭或开启,避免了出水对开采油气的影响;如果实施排水作业或油气井维护后,又可以重新开启再次投入生产。

管柱一体化。常规的无限级分段压裂,施工管柱与油气井生产管柱不同,要在分段压裂完成后,重新下入生产管柱,这样既增加了作业周期和作业成本,还会造成储层的二次污染,影响油气井产量。而采用全通径无级滑套分段压裂,施工管柱和油气井生产管柱一体化,施工完成后可直接投产,缩短施工时间,降低施工成本。

能实现上述四大关键创新,得益于“井下全通径无级滑套系统”的“全智能匹配”。它采用巧妙的设计和创新的机构,施工过程中,通过钥匙和滑套的编码智能匹配,不用人为干预,应该开的“绝不放过”,不该开的“一笑而过”,从而实现无限级和唯一性的完美结合。

四大显著成效

较大规模工业化应用表明,“井下全通径无级滑套系统”,全面优于目前国内外现有的水平井分段压裂工具,整体达到国际先进水平,两项核心技术达到国际领先水平。

“井下全通径无级滑套系统”,全面具备“不限级”、“管柱全通径”、“产层可关闭”、“施工连续”、“不动管柱”、“结构独特,可靠性高”、“成本较低”等特点,而其他国内外同类技术或工具,只具备其中部分特点。

概括起来系统具有四大显著成效:

大幅提高气井产量。和常规分段对比,采用“井下全通径无级滑套系统”,气井在分段压裂后,平均测试日产量为9.95万立方米,较

常规技术平均单井提高了60%。

大幅提高稳产能力。和常规分段对比,气井稳产能力大幅提高。

显著缩短施工时间。和其他无限级分段工艺相比,缩短施工时间近40%。

显著降低施工成本。较目前主流全通径压裂工艺节约施工费用50%以上。

三个应用案例

江沙203-3HF井:是位于川西气田中江-回龙构造的一口评价井,比井场的中江103D井测试产量低,未达地质预期目的。该井2017年3月采用“井下全通径无级滑套系统”技术工艺,仅用10小时快速完成202立方米陶粒、10段分段加砂压裂施工,缩短施工时间,减少入地液量,尽可能降低了储层滤失和伤害,并在井口油压16.2兆帕下,获天然气测试日产量18.1万立方米。

高庙33-10HF井:是位于川西气田高庙子构造的一口水平开发井,水平段长865米。该井采用“井下全通径无级滑套系统”技术工艺,成功实现不动管柱19级分段加砂压裂,充分释放地层产能,在油压23兆帕下,获天然气测试日产量12.6万立方米,远超地质预测效果。相比测录井油气显示更好,比采用常规7段分段压裂的邻井高庙33-7HF井,测试油压和测试产量均更高;比采用常规10段分段压裂的邻井高庙33-11HF井,高庙33-10HF井单位油压下的累积采气量(即稳产能力)是高庙33-11HF井的1.7倍。

新沙21-46HF井:是位于川西气田新场构造的一口开发井,水平段长571米,储层条件差,且处于边际含水区域,周边同层位生产井多,且生产时间久(在3至10

年),储层亏空大。该井采用“井下全通径无级滑套系统”技术工艺,实施13段分段压裂,段间距13—75米,平均28.7米,在油压12.3兆帕下,获天然气测试日产量2.6万立方米。投产后,在油压13.1兆帕下,日输气2.89万立方米,投产压力和产气量均较测试油压和产量高,且生产稳定。

技术、设备、性能全面可靠

“井下全通径无级滑套系统”由中国石化西南石油局的顶级创新团队,历时五年研发和攻关完成。项目团队负责人由中国石化西南石油局局长、西南油气分公司总经理甘振维博士领衔,成员包括一大批高级工程师、博士等,以及拥有气田开发、压裂工艺等丰富经验的专家。

五年来,研发团队已经历数百井次的实验。去年该技术取得重大突破后,又成功进行了近18井次、252只滑套的现场应用,滑套打开率、打捞成功率均为100%,重复开关功能可实现“四开三关”,可100%实现管柱全通径。

“井下全通径无级滑套系统”,已在油气开发中大显身手。中国石化西南石油局川西气田位于“成都—德阳—绵阳”这一四川省最具活力的高密度经济走廊,工业发达、人口密集,对石油工程施工的安全环保要求极高。该技术在川西气田近20口井成功运用,一大批井获得高产,其中在江沙33-19HF井实现了30级分段压裂,创造不动管柱套管封隔器分段压裂分段数世界纪录。

2016年3月,中国石化西南石油局与中国石化石油机械公司签署合作协议,由中国石化石油机械公司负责工具的加工制造。一年来,双方完成了“井下全通径无级

滑套系统”的工业化、产品化任务。下步,双方还将紧密合作,高质量生产“井下全通径无级滑套系统”装备,用一流的技术、一流的产品,为下步大规模推广应用打下好基础。

为加快“井下全通径无级滑套系统”的应用和推广,中国石化西南油气分公司将成立高水平的专业技术队伍,从工程设计、现场技术服务、压裂施工后生产评价、压裂全过程管理等方面,开展一揽子工程施工和技术服务,确保低渗致密油气藏的低成本高效压裂开发。另外,“井下全通径无级滑套系统”已启动在页岩气领域的应用研发,预计很快将有新的重要进展。

市场应用前景广阔

在全球油气行业中,“好吃的肥肉”越来越少,容易开发的油气资源早已开发,油气行业正向深海、大漠、山地等环境复杂区进军,向致密气(即低渗致密油气藏)、致密油、煤层气、页岩气等难度大的油气存储区进军。在此情况下,如何高效、低成本开发是一个现实难题。

特别是在目前全球油气行业低迷的“寒冬期”,更加需要革命性技术创新,更加需要高效、低成本开发,才会迎来新的春天。

“井下全通径无级滑套系统”成功研发,这是具有国际先进水平“中国智造”,将为众多油气田的高效、低成本开发提供一个全新选择。

在低渗致密气藏方面,“井下全通径无级滑套系统”是“杀手铜”。低渗致密气藏是全球天然气开发的重点领域,近年来,鄂尔多斯深盆含气区、松辽断陷致密含气区和淮南深埋致密含气区等地储量及产量迅猛增长。但随着开发的深入,储层物性条件越来越差,水平井需要越来越多的分段,也需要更加经济有效的分段工艺,完全可以采用“井下全通径无级滑套系统”,提高水平井动用储量及最终采收率,提高水平井开发效益。

在页岩气领域,用全通径无级滑套设计原理及方法研发的喷封压一体工具,已成功进行先导实验,可解决现有页岩气藏压裂工艺作业工序多、施工周期长、作业费用高等问题,具有工序少、分段级数不受限、管柱全通径、油套同时大排量注入、孔眼更清洁、改造更有利、改造后直接投产等特点,将带来页岩气开发新的技术革命。

另外,“井下全通径无级滑套系统”还可用于油气井生产管理,在堵水、调剖和产能测试等方面具有广阔的应用前景。