

周“油”刊国内
油气精彩

油气增产背后的新材料力量

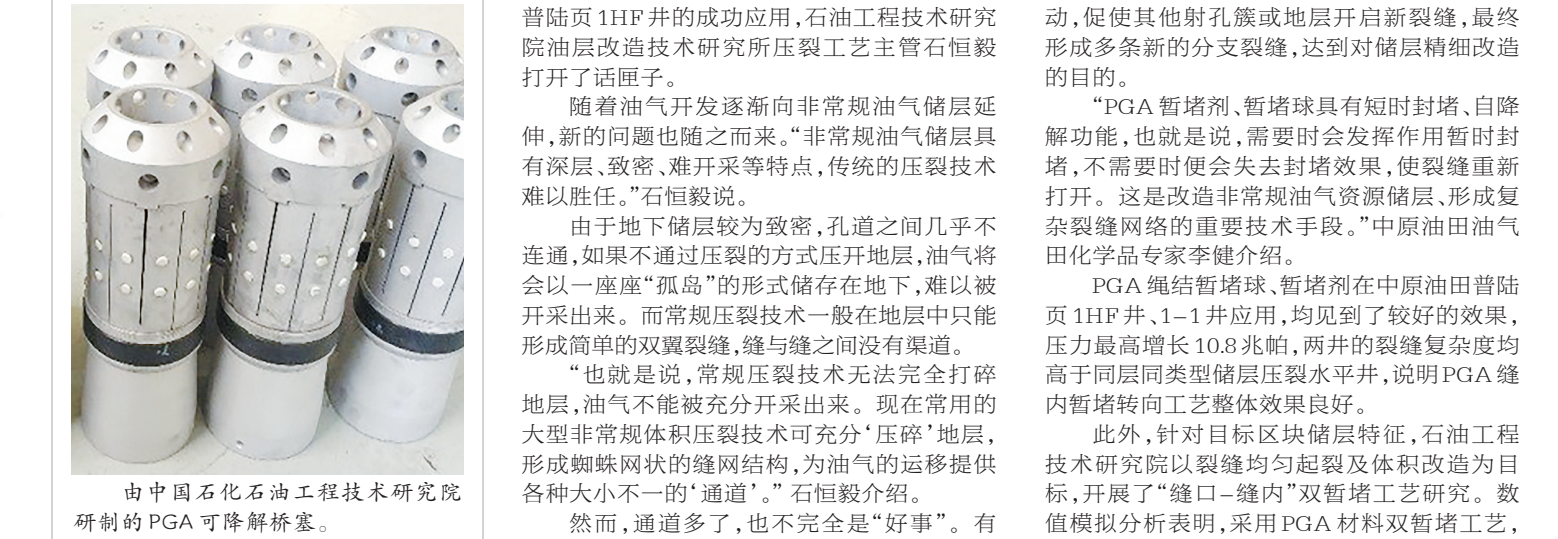
PGA

材料特性

PGA(聚乙醛酸)是一种可完全生物降解的新材料,能够在自然环境中分解为二氧化碳和水,可有效减少对地质的伤害,而且具有绝佳的气体阻隔性、优良的机械性能和耐热性,能够承受油气开采过程中高温高压等复杂的地质条件,有助于减少油气资源流失、提高开采效率。

企业应用

PGA暂堵剂、暂堵球和可溶桥塞能克服页岩油气井压裂承压、桥塞速度可控的需求,适用于非常规油气井的分段压裂和老井重复改造的暂堵转向压裂施工。目前,中国石化石油工程技术研究院生产的各类PGA压裂暂堵产品在已在江汉、西南、中原等油气田公司近百口井推广使用。



由中国石化石油工程技术研究院研制的PGA可溶桥塞。

PGA暂堵技术是通过向压裂液中添加暂堵剂(暂堵球封堵孔眼、暂堵剂随压裂液封堵裂缝端部),从而改变原有液体的流入方向。通俗地说,就是暂堵剂、暂堵球在孔眼处形成临时封堵的“南墙”,压裂液“撞”了墙,自然就改变了方向,“拐个弯儿”朝着目的层流动,促使其他孔眼或地层开启新裂缝,最终形成多支新的分支裂缝,达到对储层精细改造的目的。

“PGA暂堵剂、暂堵球具有暂时封堵、自降解功能,也就是说,需要时会发挥作用暂时封堵,不需要时便会失去封堵效果,使裂缝重新打开。这是改造非常规油气资源储备、形成复杂裂缝网络的重要手段。”中原油田田普陆油田化学专家李健介绍。

PGA暂堵剂暂堵球、暂堵剂在中原油田普陆油田1HF井1-1井应用,均见到了较好的效果,压力最高增长10.8兆帕,两井的裂缝复杂程度均高于同层同类型常规压裂水平,说明PGA缝内暂堵剂向气态整体效果良好。

此外,针对目标区块地质特征,石油工程技术研究院以裂缝均匀起裂及体积改造为目标,开展了“缝口-缝内+PGA暂堵工艺研究。数值模拟分析表明,应用PGA材料双暂堵工艺,改造体积较常规暂堵压裂提升了160%。”

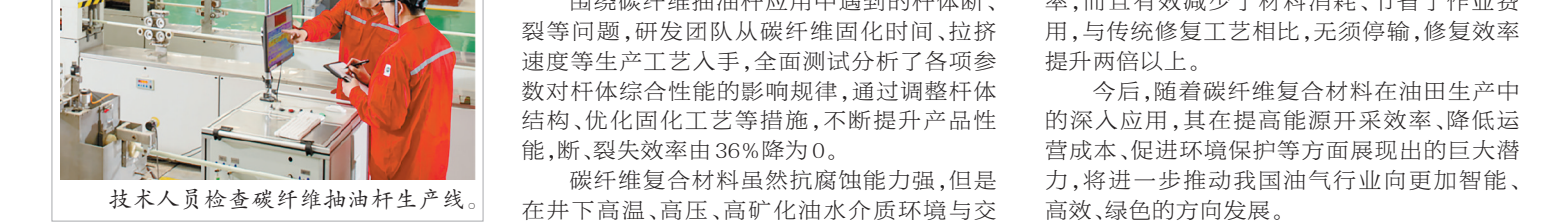
“在现场施工中,采用‘PGA缝内暂堵球+暂堵剂’的方式,配合排量提升,能有效提升净压力,确保压裂作业安全、环保、高效。随着压裂作业要求越来越高,PGA暂堵产品将会得到更广泛的应用。”李健说。

企业应用

碳纤维是一种含碳量在95%以上的高强度、高模量新型纤维材料。碳纤维力学性能优异,直径只有头发的1/15,比重不到钢的1/4,强度却是钢的7-9倍,还具有耐腐蚀、高强量的特性,被称为“新材料之王”,在各行业有着广泛的应用前景。

材料特性

碳纤维复合材料的抗拉强度高,特别是曲面、受弯构件等复杂部位的施工、作业操作简便,有助于缩短工期、降低工程造价。



技术人员检查碳纤维抽油杆生产线。

碳纤维复合材料抗腐蚀能力强,但是在井下高温、高压、高矿化水介质环境与交



众多由新材料制成的产品装备正源源不断地应用于钻井施工现场。

新闻会客厅 新材料引领油气勘探开发迈进新时代

对于油气勘探开发过程中的极端环境,如高温、高压、高腐蚀等,哪些新材料具备出色的适应性和性能表现?

吕明福:油气勘探开发经常面临高温、高压、油气混合高腐蚀等极端环境,对应用材料的耐热、耐磨、耐腐蚀及长期服役性能都有很高要求。其中,碳纤维复合材料具备优异的耐腐蚀性和高强度性,以及出色的力学性能和长期服役能力,在油田领域的应用日益广泛,不仅在油气开采、储罐、阀门等关键设备的制造和油气井筒的强化修复中发挥着重要作用,而且在抽油杆、连续油管等油气开采的核心部件制备中显示出独特的优势。特别值得一提的是,碳纤维复合材料轻质、高强度和出色的耐海水腐蚀性,使其成为海上平台和海洋油气田开发的理想选择。随着碳纤维复合材料应用技术的不断进步,石油工业应用,累计增油超17万吨,节电超1300万千瓦时,最长生产周期1526天,腐蚀仅平均下降检查周期延长15倍,直接经济效益超2亿元。

随着研究不断深入,碳纤维的应用领域也得到了进一步拓展。经过持续攻关,研发团队创新形成了碳纤维补强工艺、3D复合材料罐顶结构设计技术、原位修复增强一体化施工工艺等,突破了树脂体系在水下等潮湿环境中无法固化的技术难题,使碳纤维在集输管道及容器的修复中广泛应用。新材料的应用不仅大幅降低了“跑冒滴漏”等安全环保事件发生的概率,而且有效减少了材料消耗,节省了作业费用,与传统修复工艺相比,无须停输,修复效率提升两倍以上。

生物可降解材料聚乙醛酸(PGA),具有优异的力学性能、耐热性和可降解性。采用PGA制备的暂堵球、暂堵剂和井下工具在一定的高温环境中仍具有良好的抗压强度,且使用后可在地层环境中自行降解,无须酸化解堵,对地层结构影响小、施工成本低。

生物可降解材料聚乙醛酸(PGA),具有优异的力学性能、耐热性和可降解性。采用PGA制备的暂堵球、暂堵剂和井下工具在一定的高温环境中仍具有良好的抗压强度,且使用后可在地层环境中自行降解,无须酸化解堵,对地层结构影响小、施工成本低。

生物可降解材料聚乙醛酸(PGA),具有优异的力学性能、耐热性和可降解性。采用PGA制备的暂堵球、暂堵剂和井下工具在一定的高温环境中仍具有良好的抗压强度,且使用后可在地层环境中自行降解,无须酸化解堵,对地层结构影响小、施工成本低。

生物可降解材料聚乙醛酸(PGA),具有优异的力学性能、耐热性和可降解性。采用PGA制备的暂堵球、暂堵剂和井下工具在一定的高温环境中仍具有良好的抗压强度,且使用后可在地层环境中自行降解,无须酸化解堵,对地层结构影响小、施工成本低。

生物可降解材料聚乙醛酸(PGA),具有优异的力学性能、耐热性和可降解性。采用PGA制备的暂堵球、暂堵剂和井下工具在一定的高温环境中仍具有良好的抗压强度,且使用后可在地层环境中自行降解,无须酸化解堵,对地层结构影响小、施工成本低。

生物可降解材料聚乙醛酸(PGA),具有优异的力学性能、耐热性和可降解性。采用PGA制备的暂堵球、暂堵剂和井下工具在一定的高温环境中仍具有良好的抗压强度,且使用后可在地层环境中自行降解,无须酸化解堵,对地层结构影响小、施工成本低。

生物可降解材料聚乙醛酸(PGA),具有优异的力学性能、耐热性和可降解性。采用PGA制备的暂堵球、暂堵剂和井下工具在一定的高温环境中仍具有良好的抗压强度,且使用后可在地层环境中自行降解,无须酸化解堵,对地层结构影响小、施工成本低。

生物可降解材料聚乙醛酸(PGA),具有优异的力学性能、耐热性和可降解性。采用PGA制备的暂堵球、暂堵剂和井下工具在一定的高温环境中仍具有良好的抗压强度,且使用后可在地层环境中自行降解,无须酸化解堵,对地层结构影响小、施工成本低。

纳米材料

材料特性

纳米材料因具有独特的高分散性、特殊的表面活性、粒径及分布特性等,已逐渐成为解决油气田勘探开发各环节技术难题的关键材料,拥有巨大的应用潜力。合理使用合适的纳米材料,可有效提高各种油田化学工作液,如钻井液、固井水泥浆、压裂液等的工作效率,从而大幅提高油气产量、提高油气采收率,具有极大的社会效益和经济效益。

企业应用

纳米乳液驱油体系进入更小孔隙“洗”出更多原油。纳米乳液并非传统意义上的纳米材料,而是一种包含了表面活性剂、有机相多元组分的稳定乳液体系。2019年以来,该技术已规模应用于16个区块54个井组,累计增油3.52万吨,为江苏油田难动用储量高质量开发提供了有力支撑。

如何实现中低渗油藏的高效开发,一直是老油田增产产难的难题。江苏油田中低渗油藏储量占比超过80%,孔隙直径大多小于4微米,常规水驱注水困难,且“表面活性剂+聚合物”等传统驱油体系存在注入困难、易造成堵层堵塞等问题。

为提高老区采收率,探索适合江苏油田低渗油藏的驱油技术势在必行。江苏油田工程院科研人员从2017年起就着手开展纳米乳液驱油体系研究,经过多年攻关,研发出了一种“尺寸足够小、分散剂聚并”纳米乳液驱油体系。

相较于常规表面活性剂,纳米乳液体系活力更高,能把吸附在岩石孔隙里的原油驱出来,“就像洗衣服上的污渍,用水洗不干净,用洗衣液洗就干净了。”江苏油田工程院油化室主任钱涛说。

由于界面张力的作用,表面活性剂会有一些吸附在岩石孔隙口。因此,科研人员想方设法降低其界面张力,使驱油液能够“钻进”孔隙内部,增强洗油效果。

经过多次实验,科研人员认为,改变分子间力的作用方式,采用离子型和非离子型分子构型及组对改性等手段,可大幅降低吸附程度,将驱油体系的油水界面张力降低1-2个数量级。这就意味着,纳米乳液可快速使油膜从岩石表面剥离,驱出来更多滞留在孔隙深处的原油。

同时,科研人员还在纳米乳液中引入“锁水、携油”功能。进入地层后,纳米乳液通过亲水基团束缚水分子,给水分子穿上“沙袋”,让水跑得慢;通过亲油基团携带油,给油分子加上“引擎”,让油跑得快,从而减少水窜。

为达到更好的驱油目的,科研人员创新思路,将纳米乳液直接降到70纳米,相当于头发丝的千分之一,可进入更多纳米、微米级的孔隙中,大幅扩大驱油剂的波及体积。

石5块是典型的低孔低渗油藏,平均渗透率仅为7毫达西。石5-5井组在纳米乳液注入前,采收率仅0.38%。技术人员根据基础低渗、压裂缝水窜的工艺特点,有针对性地进行“锁+驱”的工艺设计,延长了乳液的作用时间。目前,该井组日增油2.1吨。

室内实验显示,通过大幅增强分子活力,纳米乳液洗油效率较水驱提高14个百分点以上。为方便现场使用,配伍剂通过配合、配伍工艺上开发了低成本低粘度、形成了模块化、模块化、智能化的“四化”注入模式,以及洗、驱、洗一体化全生命周期注入工艺,实现了现场快速、精准注入,有效保证了驱油效果。

近日,江苏油田工程院还在纳米乳液体系的基础上强化吸附置换原油能力,开发形成了适应页岩、非常规储层的渗吸洗油剂,已在现场推广应用取得良好效果,进一步拓宽了纳米乳液系列技术的应用范围。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

梁115-斜1井是胜利油田纯梁采油厂部署的一口油藏评价井,完钻井深3628米,钻进至2983米时发生油气侵、3375米时发生页岩层,完钻时钻井液密度1.68克/立方厘米,油气活跃,固井质量难以保证。应用高致密纳米防水泥浆浆体系后,该井比同区块的4口井应用该体系后,压裂投产至今含水率均处于超低水平,前月累计产油406吨,开发效果明显。

为进一步提高固井完整性、保护套管、延长油气井寿命,固井技术服务中心针对

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

专家观点

可溶材料为油气开采注入绿色动力

现代材料科学的不断进步,推动着石油工业向着信息化、智能化、精细化方向发展,可溶材料在油气钻井中的成功应用就是重要体现之一。可溶材料是一种在特定环境中通过物理化学反应或生物固结作用,在一定时间内可实现自行降解,直至完全消失的多相复合材料,主要包括可溶金属材料和可溶聚合物。

以铝合金为代表的可溶金属材料具有稳定的力学特性和良好的机械加工性能,能在生产结束后快速分解,在油气开采过程中起到重要作用。哈里贝纳、斯伦贝谢、威德福等油田技术服务公司纷纷投入大量资金对井下工具用可溶材料进行研究,相继研发出可溶金属压裂球、可溶桥塞等产品并成功开展了现场应用。

斯伦贝谢Frac-Ball可溶性球是一种铝合金压裂球,密度约为2.6克/立方厘米,溶解速率主要受井内浸泡液体温度影响,如在水基液体或瓜胶凝胶体系环境、120摄氏度条件下,能承受70兆帕压差,稳压至少8小时,3-5天可实现完全溶解。贝克休斯SPECTRE B可溶桥塞是一种金属材料桥塞,桥塞本体由高强度的电解纳米金属材料制成,压缩时耐压性能稳定,置于返排液后溶解性能优良,溶解速率受返排液盐度和温度影响,有针对性地进行“锁+驱”的工艺设计,延长了乳液的作用时间。目前,该井组日增油2.1吨。

室内实验显示,通过大幅增强分子活力,纳米乳液洗油效率较水驱提高14个百分点以上。为方便现场使用,配伍剂通过配合、配伍工艺上开发了低成本低粘度、形成了模块化、模块化、智能化的“四化”注入模式,以及洗、驱、洗一体化全生命周期注入工艺,实现了现场快速、精准注入,有效保证了驱油效果。

近日,江苏油田工程院还在纳米乳液体系的基础上强化吸附置换原油能力,开发形成了适应页岩、非常规储层的渗吸洗油剂,已在现场推广应用取得良好效果,进一步拓宽了纳米乳液系列技术的应用范围。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

胜胜利油田规模效益需求,采用接枝剂对二氧化硅纳米颗粒进行表面改性,并通过专业仪器对改性二氧化硅纳米颗粒的化学组成、粒径分布、分散稳定性、水乳化效果等进行表征分析,解决了纳米级增强剂的应用难题。经过水凝胶体系配伍验证,在不降低材料原始性能的前提下,该中心形成了兼具高致密性、高强度、耐腐蚀的固井水泥浆体系,可满足大型压裂、层间封隔、高压防窜等不同井况的要求,对于高压、密实型层位、薄隔层等油藏类型固井质量提升效果明显。截至目前,该体系已在胜利油田现场应用451井次,固井二界面质量提高了30.7%。

本版文图除署名外由 尹慧博 马兰荣 刘 秦 任丽丽 王鹤麟 潘亚男 柏诗哲 提供