

短候凝防窜水泥浆体系作用机理与性能分析

李足平

(胜利石油工程有限公司渤海钻井总公司固井公司 山东 东营 257200)

摘要: 分析了短候凝防窜水泥浆体系作用机理与性能分析, 以期特殊环境、特殊条件、特殊地质下的固井施工提供理论与实践参考。

关键词: 水泥浆体系; 作用机理; 性能

油井水泥浆和水泥石性能与固井作业的质量有着直接的关系, 是固井设计、安全施工、保证固井质量的关键指标。短候凝防窜水泥浆体系在提高固井质量的同时, 可以有效缩短水泥浆候凝时间, 从而有利于特殊环境、特殊条件、特殊地质下的固井施工。

一、短候凝防窜水泥浆体系作用机理

短候凝防窜水泥浆体系是由分散剂(SG-JZJ)、降失水剂(SG-JSSJ)、早强剂(SG-ZQJ)、晶格膨胀剂(SG-PZJ)、增韧剂(SG-ZRJ)、低密增强剂(SG-DM)组成的泥浆体系。

分散剂(SG-JZJ)。它是由由甲醛、丙酮等原料聚合改性而成, 为桔黄色或红褐色粉末。它的作用机理是主要是吸附分散作用, 通过调节水泥颗粒表面电荷以获得合适的水泥浆流变性。当减阻剂加入后, 大部分阴离子分子就被吸附在水泥颗粒表面的正电荷位置上, 使得水泥颗粒表面带同性电荷, 于是在静电斥力的作用下抑制颗粒聚集, 使水泥水化初期形成的絮状聚集体系瓦解, 把絮状结构内包裹的水释放出来, 进而改善水泥浆的流动性。

降失水剂(SG-JSSJ)。它是水溶性高分子及其它相关助剂组成, 为灰色或浅灰色粉末。它的作用机理是在水泥浆中通过形成致密的聚合物薄膜及提高水相粘度来达到降低失水的目的。当降失水剂加入水泥浆后, 就会与水泥颗粒发生多点吸附并很快增长变大, 从而改变水泥浆体系的结构。使水在一定的压差下本身流动速度减慢, 进而减少滤失量, 当失水开始发生以后, 在渗透性地层的井壁上形成一层滤饼, 并且在滤饼和孔隙过滤介质之间界面形成不渗透膜, 阻止水的继续滤失。它不会使整个水泥浆体系变稠, 易于紊流顶替。

早强剂(SG-ZQJ)。它是由无机早强材料改性而成, 为白色或略带灰色粉末。它的作用机理是通过改变水泥水化时的离子浓度, 与水泥熟料水解出来的氢氧化钙发生化学反应, 加速了水泥中石膏体系的水化速度, 从而缩短水泥浆稠化时间。另外早强剂加速了C₃A的反应和钙矾石的生成, 使水泥石的结构致密, 达到早强的目的。在50摄氏度的条件下, 早强剂的加入可以使水泥的稠化时间由152分钟缩短至59分钟, 12小时的抗压强度由5.9MPa上升至17.9MPa。

晶格膨胀剂(SG-PZJ)。它是由镁、钙的氧化物、硫酸盐和碳酸盐以适当配比混合而成。为灰白色粉末, 易溶于水。它的作用机理是Mg²⁺和Ca²⁺扩散到大孔中结晶, 起充填孔隙的作用, 部分Mg²⁺和Ca²⁺就地形成细小的氢氧化钙晶体。这些结晶态物质在水化过程中生成水镁石、羟钙石和钙矾石(Aft), 并伴随较大的体积膨胀, 其膨胀量分别为水化反应前固体体积的2.19倍、1.98倍和2.29倍。因此可以起到提高水泥石强度和降低渗透率的作用。

增韧剂(SG-ZRJ)。增韧纤维本身具有较高的抗拉、抗折强度及延伸性。水泥在掺入纤维后, 由于表层材料中存在纤维材料, 使得失水面积减少, 水分子迁移困难, 从而使毛细管失水收缩形成的毛细张力有所下降, 纤维与水泥之间的界面的粘接力会增加水泥石抗收缩变形的能力, 降低水泥石收缩变形值^[2]。因此增韧纤维具有良好的抗渗透性, 同时降低了水泥石体积收缩。

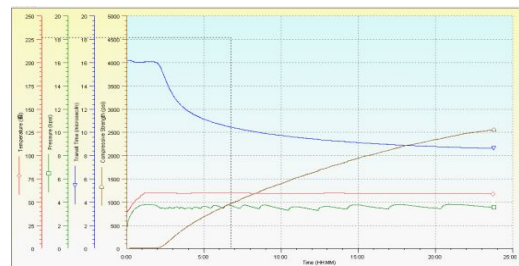
纤维水泥为1.94Pa/min、无纤维水泥为1.655Pa/min, 表明纤维水泥浆保持液态传压能力的时间长, 能够快速由液态形成具有一定承压能力的胶凝结构, 起到有效防窜作用。

低密增强剂(SG-DM)。它是以微硅为主要成分的复合增强剂, 以干混合组分不同颗粒尺寸分布, 进行合理级配, 使水泥浆体系实现良好的空隙填充, 降低水泥浆体系中的充填水和吸附水层, 增加单位水泥浆体系中的固相量, 以提高低密度水泥石的抗压强度^[3]。通过图3可以看出加入SG-DM的水泥浆浆体稳定、水泥石致密, 能够有效地降低了渗透率, 起到了防窜作用。

二、短候凝防窜水泥浆体系性能分析

短候凝防窜水泥浆体系具有较短的候凝时间

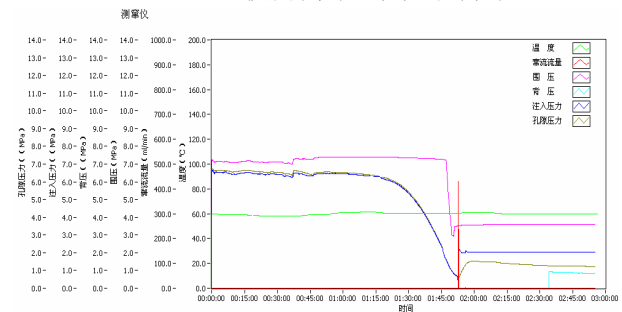
图1 短候凝防窜水泥浆静胶凝曲线



短候凝防窜水泥浆静胶凝曲线上升较快, 过渡时间较短, 具有较强防窜能力, 从图1动态强度曲线可以看出12小时强度为17.5MPa, 能很好的满足现场施工的要求。

(2) 短候凝防窜水泥浆体系具有良好的防窜性能。

图2 短候凝防窜水泥浆浆压力曲线



由图2可以看出, 短候凝防窜水泥浆浆压力曲线保持较平直, 反映水泥浆在较长时间保持液态, 从而具有良好的传压性能。当孔隙压力低于气源压力时, 仍未发生气窜, 这就说明短候凝防窜水泥浆有足够的抗窜能力, 因而能有效地防止气窜的发生。

三、结论

短候凝防窜水泥浆体系具有在低温条件下速凝、早强的特点, 稠化时间短, 水泥石早期强度大, 并具有一定塑性能力, 防止疏松地层漏失, 具有较强防窜能力, 可以很好地满足特殊环境、特殊地质条件下固井施工的要求。由于短候凝防窜水泥浆体系具有一定的微膨胀特性, 可有效控制由于水泥体积收缩带来的负面效应, 有利于有效封隔地层, 防止层间窜流。

作者简介: 李足平(1984—), 男, 江西吉安人, 大学本科, 工程师。