

二氧化碳压裂增产技术

邵艳梅 (大庆油田采油八厂)

1. 二氧化碳压裂增产技术机理

二氧化碳压裂液是由液态二氧化碳、原胶液和各种化学添加剂组成的混合液。该混合液向井下注入过程中温度逐渐升高,二氧化碳开始汽化,形成气液两相混合液(即二氧化碳为气相,原胶液为液相),其携砂性能取决于气泡稠密密封结构,在该结构中,各个气泡都影响其它气泡的流动性,从而使泡沫具有粘度,因而具备压裂液的特性。二氧化碳特性及其增产机理,主要表现在以下几方面:

(1) CO_2 泡沫压裂液具有低滤失性。 CO_2 压裂液能够抑制水基压裂液对地层粘土产生的膨胀作用,同时水基压裂液用量大幅度减少,能够降低压裂液对地层的污染。

(2) 具有较强的返排能力。 CO_2 泡沫界面张力是清水的 20%~30%,且在地层内汽化后膨胀,增加了压裂液返排能量。

(3) 具有解堵和抑制粘土膨胀的性能。二氧化碳溶于水形成低 pH 值的酸液,使地层液态环境呈酸性,地层粘土颗粒收缩,减少粘土颗粒的运移,具有解堵和抑制粘土膨胀的作用。

(4) 具有高溶解性。二氧化碳进入低饱和压力的油藏后,可以大量溶于原油中,使原油的粘度大幅度降低,减小渗流阻力,提高产能。

2. 现场应用情况及效果分析

在永乐油田葡萄花油层井选择含水相对较低、采油强度较低,且与水井连通较好的 3 口井进行试验。

(1) 方案设计。单井设计压裂一层,3 口井平均单井压开砂岩厚度 8.0m,平均单井压开有效厚度 5.6m,压裂液采用液态 CO_2 和低伤害胍胶混合液,用 0.45~0.9mm 石英砂作支撑剂。设计平均单井加砂 7.7m³,砂比 19.4%,基液用量 25.4m³,液态 CO_2 用量 35.2m³,泡沫质量 57.9%,支撑缝长 127m,缝宽 2~3mm。

(2) 现场施工情况。由于二氧化碳压裂井的施工压力比一般水基压裂过程的压力要高,而且二氧化碳压裂还有一个压后排液的过程,经研究后决定,井口采用改进后的 350 采油树,油管采用改进后的油管挂来悬挂,以及加装法兰盖和顶丝双保险的做法,这样可使井口更加牢固和安全。在地面管汇方面,采用了地面水力车组和二氧化碳车组相结合的方式,各关键阀门采用了灵活方便的旋塞阀来进行操作。在工艺管柱方面采用 Y344-114 封隔器+导压喷砂器压裂管柱,承压 50MPa,尽可能压开目的层。

压裂过程中,对永 112-112、永 94-56 井实施了裂缝监测。从监测结果看,永 112-112 井缝长 135m,永 94-56 井缝长 125m,达到了设计要求。

(3) 试验效果分析。3 口井平均单井压开砂岩厚度 8.0m,平均单井压开有效厚度 5.6m,压裂初期平均单井日产液由压前的 3.9t 上升为 14.5t,平均单井日产油由 3.8t 上升为 12.3t,采油强度由 0.69t/d·m 上升到 2.20t/d·m。目前,平均单井日增液 6.6t,平均单井日增油 5.3t,平均有效期 120 天,平均单井累计增油 625t,初期见到较好效果。

为了进一步分析二氧化碳压裂效果,统计了永乐油田普通压裂和多裂缝压裂效果。从对比情况看,压后初期二氧化碳压裂增油强度为 1.51t/d·m、普通压裂为 1.31t/d·m,多裂缝压裂为 1.17t/d·m。可以看出二氧化碳压裂增油强度高于普通压裂、多裂缝压裂,压后 4 个月,三者的增油强度基本相当。对比三种方式的压后递减幅度,压后 2 个月,二氧化碳压裂后递减 13.8%,普通压裂、多裂缝压裂分别为 3.9%、7.0%;压后 4 个月,二氧化碳压裂后递减 26.0%,普通压裂、多裂缝压裂分别为 15.7%、10.5%,可以看出,二氧化碳压裂后递减幅度较快。下一阶段要做好压后保护工作,观察二氧化碳压裂的有效期和累积增油量。

3. 经济效益分析

按照采油八厂油井压裂施工价格,分别计算了二氧化碳压裂、普通压裂和多裂缝压裂三种压裂方式在不同原油价格下的经济增油界限产量。单井二氧化碳压裂费用按 21.1 万元计算,吨油操作费用按 173 元/t (与增油有关的费用),原油价格按 800 元/t 计算,单井创效益 39.2 万元,3 口井合计创效益 117.6 万元。

4. 几点认识

(1) 二氧化碳压裂具有滤失量低、返排好、对地层伤害小的特点,初期压裂效果好于普通、多裂缝压裂。

(2) 二氧化碳压裂虽然初期效果好于普通、多裂缝压裂,但压后 4 个月递减幅度高于普通、多裂缝压裂,下一阶段要做好压后保护工作,观察 CO_2 压裂的有效期和累积增油量。

(3) 目前二氧化碳压裂由于受放喷过程中压力及时间的限制,一次仅能压一层,增加了选井难度,因此应尽快发展不动管柱压多层工艺。

(4) 对于薄差层、扶杨油层增产是否有效,还需进一步试验摸索。

(栏目主持 杨军)