

酸化降压增注技术在低渗透油藏的应用

王 蒙

(胜利油田石油开发中心有限公司, 山东 东营 257099)

摘 要 本文介绍了低渗透油藏开发特征, 分析了酸化过程中, 影响酸岩反应的因素。本文中我们开展研究, 进行了酸液主体液优选实验, 并对酸化用缓蚀剂、防水锁添加剂、黏土稳定剂以及铁离子稳定剂进行优选, 研究出一种适合低渗透油藏水井降压增注的酸液体系, 并将其应用于某区块的生产中, 并得到了不错的效果。

关键词 酸化 降压增注 低渗透 油藏

中图分类号: TE34

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2021)11-0017-02

1 低渗透油藏开发特征

1. 低渗透油藏储层非均质性严重, 物性差, 同时其具有较复杂的孔隙结构, 且岩心的变化比较大, 该类油藏的天然能量较低, 开发特征比较特殊。但是大多数的低渗透油藏在经过压裂改造后, 产能大幅增加。

2. 低渗透油藏前期开采主要利用天然能量, 这种方式属于衰竭式开采, 采收率会越来越低, 产量递减快, 缩短了区块稳产的时间, 降低了区块的最终采收率。

3. 开发低渗透油藏的过程中, 需要靠注水的方式来维持地层能量, 但是由于其渗透性低, 吸水能力差, 所以导致需要比较高的注水和启动压力。到后期, 随着地层含水量越来越高, 甚至会出现注不进水的情况。

4. 低渗透油藏的流体渗流能力差, 阻碍了注水过程, 导致注水井无法高效地给油井提供地层能量, 所以使得油井增产见效缓慢。

5. 低渗透油藏储层物性差, 孔隙度比较低, 再加上贾敏效应的影响, 导致大量油滴被捕捉, 聚集形成残余油, 所以采用水驱方式增产的效率不高。

2 酸岩反应的影响因素

注水井酸化增注工艺发展时间较长, 技术较为成熟。地层孔隙与裂缝中会存在岩石胶结物或者其他堵塞物, 酸化的作用机理就是利用酸液对这些物质进行溶解, 从而增加地层孔隙度和渗透性。酸化工艺的反应速度会对最后的施工效果产生影响, 而氢氟酸浓度、盐酸浓度、矿物质成分以及反应温度都会对反应速度产生影响。^[1]

1. 氢氟酸浓度: 砂岩矿物中, 除蒙脱石外, 酸化反应的速度都与酸液中的氢氟酸浓度是正比关系。

2. 盐酸浓度: 在强酸介质中, 反应速度会变快, 而同等浓度下, 余酸的反应速度比鲜酸要小。酸液中, 盐酸主要是用来将 pH 值维持在低位, 避免再次出现沉淀。

3. 反应温度: 酸化溶解矿物岩石的反应属于热活化, 所以随着温度的增加, 反应速度会显著加快。通常, 温度每升高二十五摄氏度, 石英矿物的酸化反应速度大约能加快一倍, 但是, 这是以牺牲酸液的穿透深度为代价的。

4. 压力: 环境压力加大会增加部分溶解物的压力, 会对总溶解反应速度造成一定程度的加快。

5. 矿物岩石成分及反应接触面积: 矿物岩酸化过程中, 反应接触面积和矿物岩石成分会对总反应速度有决定性的影响。其中, 反应速度与反应物接触面积成正比。而粘土、长石与石英基质的反应速度依次递减。

3 水井降压增注酸液体系优化

3.1 低渗透油藏对酸液体系的要求

低渗透储层的开发特性特殊, 为了获得良好的增注效果, 对酸液也提出了相应的要求: 第一, 酸液溶蚀孔隙的能力要高; 第二, 酸液的穿透能力要强, 作用距离要大; 第三, 酸液的敏感性不能太高, 避免在一次反应后出现二次反应而产生新的沉淀, 造成地层污染; 第四, 酸液添加剂还需要具有较好黏土防膨能力。

3.2 酸液体系优选

综上所述, 要想提高低渗透砂岩油藏酸化的效果, 应当使用反应速度缓慢、活性酸穿透深度大且对储层污染小的酸液体系。所以需要优选酸液体系, 研制一种反应速度慢一些, 能够对低渗透油藏的深部进行处理的酸液。

3.2.1 酸液主体液实验

依据要求, 实验人员对酸液进行了筛选优化。使用六种不同比例的成分结构, 配置成六种不同的酸液主体液, 在实验室进行岩屑的溶蚀实验。六种配方的主体组分如表 1 所示。

5# 与 6# 复合有机酸整体的溶蚀率比较理想, 而其反应速度相对慢, 所以可以获得比较远的穿透距离, 能够对深部地层的堵塞进行有效地解除。综合对比, 最终的主体液选择用 6#。

3.2.2 酸液添加剂优选

1. 缓蚀剂: 缓蚀剂能够对金属起到保护作用, 避免其被腐蚀性介质破坏。油井进行酸化施工时, 井下管柱和金属设备会受到酸液的侵蚀, 严重的会出现脱扣掉井等安全事故, 因此酸液中必须要加入酸化缓蚀剂来保护设备和管柱, 以免影响酸化工艺以及其他的生产任务。所以, 我们研制

表1 六种酸液配方主体组分

1#	12%HCl+3%HF	4#	12%HCl+5% 醋酸 +3%H ₃ BF ₄ +1%HF
2#	12%HCl	5#	12%HCl+8% 有机缓速酸
3#	12%HCl+3%H ₃ BF ₄ +1%HF	6#	8%HCl+8% 有机缓速酸 +1%H ₃ BF ₄

了一种低伤害的高效酸化缓蚀剂 HSJ-1。^[2] 根据实验结果可以发现,使用相同量的缓蚀剂时,盐酸以及低伤害缓速酸的动、静态腐蚀速度都较低,其体积分数在百分之一到二时,就可以实现现场施工的防腐需要。而相对盐酸来说,低伤害缓速酸的腐蚀速度更低。在实际施工过程中,对施工设备以及井下管柱的腐蚀较小,还能够避免酸化反应后再次产生酸渣沉淀。

2. 防水锁添加剂。在酸化过程中,酸液入井之后进入油气层孔道,在贾敏效应的作用下被捕集在地层孔隙中难以排除,造成水锁现象,导致流动阻力加大,对生产造成了严重的阻碍。针对这种情况,可以从酸液成分入手,在其中加入防水锁添加剂,能够在酸化过程中,对酸液的界面张力予以降低,加大酸液对地层的润湿效果,对地层缝隙阻力予以降低,加大返排效果,能够有效地预防水锁。聚合醇(JIX)是新型助排剂,能够高效地促进酸化残液返排。聚合醇是一种聚合物,主要组成成分包括乙二醇类单体以及烯醇类单体。该聚合物无毒、无刺激性气味,有较好的水溶性,使用起来便捷安全。把聚合醇与水按照不同体积分数混合,配制成不同的混合液,在室内使用 X2D-3 型界面张力仪进行实验发现,油水界面张力随着聚合醇用量的加大而渐渐变小。^[3]

3. 黏土稳定剂。酸化时,存在严重的微粒运移现象。通常,地层中的黏土矿物胶结得并不牢固,在地层原液与入井酸液的双重作用下,会慢慢散开,跟随产液向井眼方向运动,最后在近井地层中渐渐累积,导致地层渗透率降低。而有些黏土矿物含有大量铁,在酸液以及含氧水的作用下被溶解后,释放大量的铁离子,一旦遇到弱碱的地层环境,就会产生氢氧化铁沉淀,对地层孔隙造成严重堵塞。黏土稳定剂的作用机理是破坏黏土表面上化学离子的交换能力,防止黏土矿物分散迁移或水合膨胀。在常用黏土稳定剂中筛选出 QJ-II 聚季铵类黏土稳定剂,按 SY/T5971—94 标准进行了膨润土防膨稳定剂实验,根据结果可以得出:在 0.5% 的体积分数下, QJ-II 黏土稳定剂能取得较好的防膨效果。^[4] 如果要求防膨率小于 80%,那么黏土稳定剂的体积分数建议选择 0.5%~1%。

4. 铁离子稳定剂。为了减少氢氧化铁沉淀的生成,需要使用铁离子稳定剂,它的主要作用是能与地层或者酸液中的铁离子结合生成络合物,络合物可以溶于水,从而缓解沉淀对地层的堵塞。实验选用的铁离子稳定剂为 EDTA,结果表明,2% 的 EDTA 就可以将铁离子稳定住,有效地控制铁渣的生成,避免酸化反应后对地层的二次伤害。

4 现场应用效果及分析

2016 年 10 月在某区块某井的施工现场进行了本文所配置酸液的应用,降压增注效果显著,实行酸化工艺后,该井的平均压力降低了 3MPa,并且明显的效用持续了半年,目前仍然有效。该井最初的注水时间为 2008 年 11 月,注水后压力增加快,注水效果不好。在 2012 年 4 月采取了一次酸化降压增注施工,压力降低了 2MPa,但是仅维持了一个月后,又恢复到原来的压力。

2016 年 10 月又仅采用新配置的酸液进行了酸化降压增注措施。此次采用的施工工艺为先用酸预处理井筒,酸化结束后不进行返排,而是直接转注。第一步,先注入预处理液,对泡眼进行清洗,保护油层。第二步,注入前置液解除地层的各类堵塞污染。第三步,注入主体解堵液有机缓速酸,深部解除各类堵塞污染。第四步,注入后置处理液,对油层进行保护,同时将主液顶替推进,并对已处理储层进行清洗,防止之后注水时与地层发生不配伍反应。注液前该井压力 18MPa,实际注水量 30~40m³·d⁻¹,注液后,将配注量保持在 60m³·d⁻¹,一段时间后,注水压力降低到 15MPa,平均下降了 3MPa,并且注水量也已达到配注。综上所述,优化后的酸液体系对该井的降压增注起到了十分明显的效果。

5 结语

针对某低渗透区块部分注水井压力高、欠注严重等问题,在充分了解该区块的开发特征之后,总结以往酸化降压增注技术,严格制定酸液类型、浓度、用量,达到了解除地层堵塞、降低注水压力、恢复注水的目的。另外,在使用酸压解堵技术时,还需要采用科学方法避免各设施受到酸化作用的损伤,促进其开采量快速提升,使得石油企业经济发展具有良好的基础与保障。

参考文献:

- [1] 盛利. 低渗透油田酸化改造技术研究及在莫里青油田的应用 [D]. 长春: 吉林大学, 2016.
- [2] 崔长海, 李新建, 张英芝, 等. 新型活性剂体系在低渗透油田降压增注现场应用 [J]. 精细石油化工进展, 2004, 05(01): 7-9, 14.
- [3] 韩振华, 王纲, 曾久长. 深度酸化—临堵—返排残酸液综合工艺在低渗油藏增注调剖中的应用 [J]. 石油钻采工艺, 1994, 16(05): 91-95.
- [4] 洛跃雄. 酸化解堵技术在安塞油田的适应性研究 [D]. 西安: 西北大学, 2011.