

罗家寨高含硫气田水平井酸化技术现状及 发展方向分析*

尹丛彬¹ 熊继有² 石孝志¹ 刘伟¹

(1.四川石油管理局井下作业公司 2.西南石油学院)

尹丛彬等.罗家寨高含硫气田水平井酸化技术现状及发展方向分析.天然气工业,2005,25(10):55~57

摘要 水平井酸化是罗家寨气田水平井试油工作的重大技术难点之一。四川石油管理局井下作业公司经过长期的实践和不断的研究已经形成了一套较为成熟实用的水平井酸化技术,但是仍然需要进一步的发展。文章对罗家寨高含硫气田水平井酸化技术现状进行了阐述,并针对该气田高含硫特点及水平井酸化技术难点提出了今后应研究和解决的主要技术方向,对切实提高罗家寨高含硫气田水平井酸化增产具有重要的指导作用。

关键词 水平井 酸化 现状 发展方向 罗家寨 高硫化氢 气田

罗家寨气田主产层为三叠系飞仙关组储层。储层主要岩性包括鲕粒溶孔云岩、颗粒砂屑溶孔云岩、细粉晶云岩及部分鲕粒灰岩。圈闭类型为岩性构造复合圈闭,储集类型为裂缝—孔隙型,气藏为定容消耗型气驱气藏。飞仙关组储层储集丰度高,基质渗流条件好($0.1 \times 10^{-3} \sim 360 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$),但非均质现象也较为明显。天然气中高含硫化氢(7.23%~13.74%),中含二氧化碳(5.13%~10.41%)。结合罗家寨气田水平井的钻井、完井情况,酸化前主要有如下难点:存在滤液侵入伤害、钻井液固相颗粒侵入伤害、高产气流的非达西流影响、储层垂向和水平方向渗透率差异大的难点。针对储层特点和存在矛盾,着手开展了水平井优化酸化研究。

一、罗家寨高含硫气田水平井 酸化技术现状

1.选用了笼统注酸工艺

国外曾尝试过多种施工工艺:①全井段笼统注酸技术;②连续油管注酸技术;③机械方法隔离,分段注酸技术;④利用化学暂堵剂暂堵,选择性注酸技术;⑤局部完井、注酸技术;⑥连续油管注酸与大压差笼统注酸相结合的注酸技术;⑦连续油管注酸与其它隔离技术相结合的注酸技术。在这些应用成熟的酸化工艺中,虽然连续油管酸化技术是最佳选择,但是,由于目前四川石油管理局配备的连续油管尺

寸小,而且气藏高含 H_2S 、中含 CO_2 ,连续油管作业安全风险大,有可能造成生产油管的损伤,限制了连续油管在罗家寨气藏水平井中的应用;对于机械隔离法注酸技术,国内应用于水平井的这类工具可靠性差,若从国外引进,费用高昂,加之该气藏的一次完井要求,工具留于井下,对后期投产和后期作业有影响。因此,机械隔离法目前也未能采用;化学暂堵隔离注酸技术,对于水平井长储层段布酸具有较好的效果,但是对暂堵剂和暂堵工艺的选择是关键,考虑到罗家寨气田的特殊性和复杂性,目前还未能就该技术领域做深入研究。经过多种工艺的调研和筛选,针对罗家寨气田水平井的特点,最终决定采取的适应性工艺措施是:充分利用四川石油管理局配备的先进压裂设备,利用大管径完井的优势,实施大排量油管注入、全井段酸化的工艺措施,解除部分水平井段伤害,达到增产的目的。

2.优选了酸液体系

根据罗家寨气田水平井储层改造的需要,酸液体系的优选上除具备常规性能外,还主要在缓速、降腐蚀、降滤失、易返排等方面进行优选。为此结合在该气田飞仙关组储层直井酸化中曾采用的多种酸液体系,开展了室内实验优选工作。常规酸和胶束酸具有酸—岩反应速度快,酸液有效作用距离短、流动摩阻大的特点,仅适用于近井储层或轻度污染储层的解堵;而胶凝酸则具有缓速降阻性能好、泵注摩阻

* 本文受到国家自然科学基金重大项目重大研究计划(90210022)资助。

作者简介 尹丛彬,1977年生,助理工程师;1999年毕业于西南石油学院地质专业,现从事压裂酸化研究及现场技术服务工作。地址:(610051)四川省成都市成华区瑞丰巷6号。电话:13551513611。E-mail:yxcb-zy@163.com

低、粘度高、残酸携带固体颗粒能力强的优点,能降低酸液滤失,提高酸化有效作用距离,达到储层深度改造的目的,尤其适合于天然裂缝发育的储层。乳化酸具有独特的酸—岩反应速度低的特点,尤其是在高含硫化氢的气井中,具有较好地防止二次沉淀的作用,同时该酸液还具有较好的降滤性能。最终确定乳化酸和胶凝酸两种酸液体系都能较好地适用于罗家寨高含硫气田飞仙关组储层的酸化。

3. 优化了酸化规模

酸化规模的确定通常受到多种因素的共同制约,包括酸化目的、储层情况、酸化工作液、酸化作业能力等,对于罗家寨气田的水平井酸化,由于目前基本确定了酸化工艺为全井段大排量笼统酸化,就限制了酸化目的主要是基质解堵为主,并使酸液尽可能地延长刻蚀距离;对于酸液体系也已优选出乳化酸和胶凝酸两种酸液类型,因而酸化规模的确定主要受到储层条件和作业能力的影响。先进的基质酸化模拟分析软件简化了大量不必要的人为计算,根据储层的物性特点,输入相关的参数(主要包括储层物性参数、表皮系数、伤害深度等),计算机就能模拟得出一个较为优化的酸化规模,再结合对作业能力的评估,就能得出具有针对性、适应性的酸化规模。通过对罗家寨气田两口水平井的分析评估,初步优选酸化规模为 $0.62\sim 0.75\text{ m}^3/\text{m}$ (考虑到各水平井储层物性的差异以及受伤害程度的不同,该值仅作参考)。

4. 优化了注酸排量

如果注酸排量过低,会造成大量酸液在近井消耗,并将残酸推向地层深部造成二次伤害;如果注酸排量过高,又会造成大量分支蚓孔的形成,增大了酸液的滤失,不利于提高酸蚀蚓孔的穿透深度。根据罗家寨水平井酸化特点——水平段长、吸酸剖面大,若考虑全井筒吸酸,即使大幅度提高地面泵注排量对应于水平段单位长度的吸酸速率还是不高,通过优化计算结合作业能力,得出罗家寨水平井酸化优化注酸排量在 $7\sim 10\text{ m}^3/\text{min}$,而且对于不同的酸液体系还有所变化。

5. 优选了酸化管柱

由于受到地层吸酸压力、井筒承受压力和地面限制压力的诸多影响,酸液在泵注过程中的压力损失直接与施工管串相关,采用常规酸化作业沿用的 $\varnothing 88.9\text{ mm}$ 和 $\varnothing 76\text{ mm}$ 油管进行作业,无法满足在大排量作业下的各种限制,酸液流程摩阻过高直接影响了施工的优化。为此,优选采用 $\varnothing 114.3\text{ mm}$ 油

管进行作业,有效降低酸液在井筒中的流动摩阻,减小了作业水马力的损耗,确保施工的顺利进行,又能满足水平井高产气流的采出,确保后期生产的需要。

6. 优化射孔以满足酸化

根据水平井段吸酸特点,有意识地调整水平段中各段射孔密度,采用从水平井段上部到下部逐渐增加孔密的做法,让易吸酸的井段少射孔,让不易吸酸的井段多射孔,同时又考虑到今后生产的需要,尽量在生产与酸化之间寻找切入点,这样尽力使酸液能进入更多的储层段,提高酸化改造效果,又能适应储层的最优产出为生产提供保障。

二、发展方向

根据对罗家寨气田水平井酸化技术现状进行分析发现,虽然该技术经现场应用取得了较好的增产效果,但还应重视:①长水平段均匀吸酸解堵的问题;②向高产要更高产的问题。针对这两个问题进行分析,提出下步有待发展的方向。

(1) 水基泡沫转向酸化技术研究。对于长水平井段的均匀吸酸问题,由于水平井各段的吸酸条件差异,酸液会优先进入渗流条件最好的层段实施改造,在泵注适当酸液后,阶段性泵注水基泡沫液,充分利用泡沫暂时性封堵储层基质孔喉、微裂缝以及酸蚀微缝,让后续酸液发生转向,进入渗透性略差的层段进行改造。在整个施工期间,采用交替式注入酸液和水基泡沫液,从而提高酸液对长水平井段的覆盖率,尽可能多地刻蚀多段储层,提升酸化效果。目前该工艺技术在直井中已成功应用多次,对于罗家寨气田飞仙关组裂缝—孔隙型储层,经过初步分析该工艺同样具备可操作性。因而目前来看,水基泡沫转向酸化也是针对罗家寨气田水平井酸化实现均匀解堵最值得研究与发展的工艺。

(2) 连续油管拖动酸化技术研究。将连续油管直接下入水平井段末端,在注酸的同时以优化的速度上提连续油管,从而实现对整个水平井段都均匀布酸,该工艺在磨溪气田水平井酸化中取得了较好的效果。然而对于罗家寨气田水平井酸化而言,由于天然气中高含硫化氢,会对连续油管造成严重腐蚀,带来不必要的安全隐患,再加上目前四川石油管理局的连续油管尺寸较小,注酸排量受到限制,一直让具有相当优势的连续油管酸化在罗家寨搁浅。因此有必要开展连续油管防腐研究,通过引进国外防硫连续油管和大尺寸连续油管,结合自主研究成果,将连续油管的优势充分应用到罗家寨水平井酸化中

去。

(3) 逐段酸压裂技术研究。针对罗家寨气田飞仙关组储层特征,高渗和高产已是不争的事实,通过基质酸化解堵本来就是为了恢复储层被掩盖的产能。由于钻井和完井技术的日益提高,对储层的保护也逐步取得成效,近井堵塞也在逐渐变轻,也因此使得基质解堵酸化后获得大幅度增产效果越来越难。结合罗家寨气田水平井酸化研究成果发现,飞仙关组储层垂向渗透率比水平方向渗透率低很多,针对水平井的高效开发,在目前高产的基础上还要高产,那就得在垂向渗透率上下功夫。基质酸化只能解决近井地带的伤害和低渗问题,而酸压裂通过压裂地层形成裂缝,能够切实提高一定距离内储层的导流能力。针对罗家寨气田水平井的酸压裂难度很大,可供发展研究的工艺主要有连续油管带工具逐段压裂工艺、逐段完井逐段压裂工艺。

三、结束语

罗家寨高含硫气田水平井酸化是一项复杂的工

程,四川石油管理局井下作业公司经过长期的实践和研究,已经形成了一套针对高含硫气田水平井长水平段部分解堵的笼统酸化技术,但对于水平井均匀解堵和罗家寨水平井高产更高产问题还需要更进一步的研究,以达到根本解决罗家寨水平井均匀解堵和提高单井产量的目的。

参 考 文 献

- 1 陈武等.钻井工作量及钻速分析.天然气工业,2003;23(1)
- 2 李福德等.川东地区固井技术.天然气工业,2003;23(1)
- 3 熊继有等.井下增压研究新进展.天然气工业,2003;23(6)
- 4 李航等.超正压射孔与加砂压裂联作技术研究.天然气工业,2004;24(12)

(收稿日期 2005-02-23 编辑 钟水清)