

氟硼酸防砂技术研究及应用

刘永山

(玉门石油管理局)

摘要 油井正常生产过程中,常伴随有粘土或粉细砂粒与粘土混合物产出,这些物质或沉积于井筒之中掩埋生产层段,或呈悬浮状悬浮于产出液中,造成深井泵卡泵和频繁修井。对此类地层出砂,用常规的防砂方法往往难以奏效,为此,根据氟硼酸酸化的特殊机理,研究了一种氟硼酸防砂技术,并在2口出砂井进行了试验,见到了较好的防砂效果,取得了显著的经济效益。

主题词 氟硼酸 酸化 防砂 技术 研究 应用

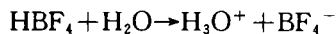
作者简介 刘永山,1963年生。1986年毕业于华东石油学院采油工程专业,1994年毕业于石油大学北京研究生院,获石油工程硕士学位,长期从事采油工艺技术研究及应用工作,曾在《石油学报》等刊物发表论文多篇,现任采油厂总工程师、高级工程师。

油田开发过程中,一些胶结强度低的砂岩油藏的油井在生产过程中,常会伴随着砂的产出。对常规油井出砂,用常规的防砂方法即可解决;但有的油井虽然产出的砂量不多,但由于产出的为粉细泥砂或粘土类物质,且这些产出物质常呈悬浮状态悬浮于产出液中,造成深井泵卡泵和修井频繁。对这种出砂,用常规的防砂方法难以成功,即使防砂成功,也会造成油井产量的大幅度下降,达不到理想的防砂目的。

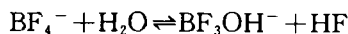
为既能达到防砂的目的,又不使油井产能下降幅度太大,针对玉门油田特殊的岩性特点和出砂规律,开展了氟硼酸酸化防砂研究工作。该项研究是以氟硼酸为主要原料,再配以其它控制添加剂。在水中溶解后泵入地层,根据地层温度的不同,确定不同的反应时间,反应结束后,下泵投产即达到防砂目的。该项技术自1997年1月以来,已先后在鸭儿峡油田、老君庙油田试验2口油井,试验成功率100%。试验后,不但完全防止地层出砂,且油井产能还有较大幅度的提高,经济效益及社会效益显著。

一、作用机理

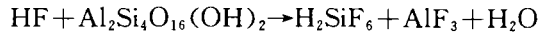
氟硼酸用于砂岩地层的酸化,不仅可达到增产的目的,而且对地层中的微粒能进行有效的稳定。氟硼酸是一种强酸,其强度与盐酸相近,反应方程式为



氟硼酸的溶解能力是由于其水解产生 HF 所致,即



BF_3OH^- 阴离子可进一步依次水解成 $\text{BF}_2(\text{OH})_2^-$ 、 $\text{BF}(\text{OH})_3^-$ 、 H_3BO_3 ,并同时水解产生 HF,当各级水解生成的 HF 消耗砂岩中的粘土和颗粒时,反应表达式为



与此同时,羟基氟硼酸和硼酸亦与地层颗粒接触,如高岭石,形成硼硅酸盐和硼酸盐,硼硅酸盐有将小片粘土先溶在一起的能力,从而有助于阻止其分解和运移,这种稳定粘土效应是氟硼酸酸化的显著优点,氟硼酸酸液体系还可稳定石英颗粒。

与其它酸化增产措施相比,氟硼酸酸化需较长的关井时间,因刚经过氟硼酸处理后的地层其粘土的稳定期不长,只有部分粘土被溶解,其余的则没有时间稳定,要使之稳定就要增加关井时间。关井期间, HBF_3OH 连续反应,但因其水解作用很小(当地层温度较低时更是如此),反应速度很慢,由此生成的氢氟酸进一步与矿物反应。在这些反应中,来自不溶粘土结构中的铝由于生成一种氟铝酸盐络离子(取决于 F^-)而在溶液中溶解,因此矿物表面富集了硅和硼。在剩余的硅酸盐和硅细粒上则形成非晶质硅和硼硅玻璃的涂层,它们“溶合”呈骨架,使颗粒运移受阻。

用氟硼酸体系处理“酸敏性”地层不但能有效地稳定地层中的不稳定粘土和颗粒,还可有效避免二次沉淀物的产生,达到深度酸化之目的。注酸和关井反应期间,氟硼酸象是一种弱氢氟酸溶液,在地层中源源不断地补给氢氟酸,任何时间生成的少量氟离子都可减少铝盐沉淀的危险。另外,在含钾的硅铝酸盐地层中,经氟硼酸处理后,生成氟硼酸钾;而单纯用土酸处理后,则生成六氟硅酸钾。这表明用氟硼酸,生成的是非损害性副产物、而用土酸处理,就会出现碱性氟硅酸盐形成的堵塞。这是氟硼酸用于某些“酸敏性”地层的另一优点。

综上所述,氟硼酸酸化既可有效地稳定地层,又能提高地层渗透率、解除油层堵塞、提高油井产能。

二、技术特点

1. 由氟硼酸及其添加剂组成的防砂剂配制简单,对施工排量无严格要求,施工工艺简单。
2. 施工前要求将入井管柱及附件清洗干净,以防把其它杂质带入地层。
3. 正式泵入防砂液前,要求用加入缓蚀剂 15%左右的盐酸溶液浸泡油管及射孔段,再用干净的加有防膨剂和活性剂的清水反循环洗井至合格。
4. 防砂剂的主要组分是 5%~8%的氟硼酸,添加剂的主要成分是高效粘土稳定剂、缓蚀剂、铁离子稳定剂、破乳助排剂、胶束溶剂等。
5. 关井反应时间要求大幅度延长,如地层温度为 30℃左右,则要求关井反应 4d 左右;若地层温度为 60℃左右,则关井反应 24h 左右。

三、选井要求

1. 油井出砂量不大,所出的砂主要为粉细砂、粘土砂或粘土类物质。
2. 地层温度低至中等,一般要求 65℃以下。
3. 储层的粘土含量较高,胶结物主要为泥质胶结,且泥质胶结物中的水敏性矿物如:蒙脱石、伊利石、高岭石等占有较高的比例。
4. 对注水开发油藏,要求油井含水低于 50%,若油井含水太高,大部分粘土矿物被溶解或随产出液带出,酸化后难以达到稳定地层的目的。

四、现场实施效果分析

氟硼酸酸化防砂技术 1997 年 1 月,先后在鸭儿峡油田和老君庙油田的第三系 L 油藏试验

2口井,均获得成功。鸭儿峡油田L油藏的胶结物为泥质和钙质。老君庙油田L油藏的胶结物为泥质。根据两油田胶结物成分的差异,对2口井采用了不同的酸液配方。针对鸭8611井地层胶结物为钙泥质,所出砂为粘土类物质的特点,对该井先用浓度为12%的盐酸预处理胶结物中的钙质成分,再用浓度为5%的氟硼酸为主体处理液稳定地层。防砂前该井因产出悬浮泥土类物质,致使深井泵无法正常生产,防砂后在1997年1月至6月,油井一直处于正常生产,产液量上升,含水有所下降。对庙136井直接用浓度为8%的氟硼酸处理出砂层段,该井防砂前,于1997年2~5月期间,先后4次采取冲砂投产措施,每次冲砂后仅能正常生产3~5d,地层产出物为含粘土的粉细砂,用常规的防砂方法困难较大。采用氟硼酸酸化防砂后,已正常生产51d,不但有效地防止了地层出砂,油井产液量提高,含水略有上升(见下表)。

鸭8611、庙136井防砂前后生产动态表

井号	施工日期	防砂前		防砂后	
		产液量(m ³ /d)	产油量(t/d)	产液量(m ³ /d)	产油量(t/d)
鸭8611	1997.1.13	15.28	10.84	17.16	13.93
庙136	1997.5.11	3.9	2.3	8.0	3.9

注:鸭8611井防砂前的油井产液量、产油量是指油层出砂前的生产数据。

由表可看出,实施氟硼酸防砂措施后,不但有效地抑制了地层出砂,且由于酸化解除了地层堵塞,提高了地层的渗透率,因而防砂后2口井的产液量均有不同程度的提高,其含水变化则是由于酸化致使近井地带的渗流阻力降低,导致近井地带的油水两相或油气水三相的渗流阻力和各相的相对渗透率发生变化所致。截至1997年6月,鸭8611井和庙136井分别累计增产原油2386t和159t。

五、结论

1. 经半年的研究和实践,摸索出一种适用于粉细砂、粘土类出砂物质的新型防砂技术。
2. 氟硼酸防砂技术对某些特殊的出砂油井,不仅技术上可行,经济效益和社会效益也很显著。
3. 由于氟硼酸特殊的水解反应机理,要求地层温度不能太高(小于65℃),关井时间要大幅度延长。
4. 氟硼酸防砂工艺要求储层有较高的泥质含量,对注水开发油田,油井的含水不能太高(小于50%),出水历史不能太长。
5. 氟硼酸酸化防砂工艺对一些特殊的出砂油井不仅能起到防砂效果,还可不同程度地提高油井产能,酸化效果和防砂效果的双重作用可导致油井产液量、产油量、含水等参数的变化。

参 考 文 献

- 1 M J 埃克诺米德斯, K J 诺尔蒂康著, 康德泉等译. 油藏增产措施. 北京: 石油工业出版社, 1991: 574~577
- 2 何百平. 油气井防砂. 石油勘探开发研究院, 1986—10

(收稿日期 1997-07-08)

〔编辑 姚晓喻〕

downhole part, long service life of surface part and being apt to turnaround, it can accomplish various kinds of systematic well testing and transient testing job, is suitable to single zone testing and multi-zone testing in vertical well, inclined well, horizontal well and viscous oil thermal recovery well, can satisfy the demands of testing in artificial lift well and flow production well without stopping production, and is more suitable to the use in offshore oilfield.

Subject heading capillary tubing inert gas downhole pressure gage pressure buildup analysis application

RESEARCH AND APPLICATION OF SAND CONTROL TECHNIQUE WITH FLUOBORIC ACID

by Liu Yongshan

Abstract During normal production of an oil well, it is often accompanied by the yielding of clay or the mixture of silt and clay, which deposits in the well bore to bury the productive interval or suspends in the yielding fluid in the form of suspension to result in the seizure of the deep well pump and the frequent well servicing. The conventional sand control method usually can not work for this kind of formation, therefore, based on the special mechanism of the fluoboric acidizing, a kind of sand control technique with fluoboric acid was studied and tested in 2 sand producing wells, and had achieved better sand control effect and obvious economic benefit.

Subject heading fluoboric acid acidizing sand control technique application

OIL PRODUCING TECHNOLOGY ADJUSTMENT FOR THE OIL-BASE POWER LIQUID OPEN SYSTEM HYDRAULIC PISTON PUMP AT LATTER DEVELOPMENT STAGE

by Jin Qichang, Zhao Yumin, Li Xiangqi, Liu Yuhua

Abstract Aimed at the problems such as the increase of the power liquid treatment amount, the insufficiency of the system's capacity, the difficulty of the aged oil treatment, the ambiguity of the underground reservoir performance monitoring and so on resulted from the uprising of the water cut, the fine delineation of the series of strata and the increase of the well numbers which occurred at the latter development stage of Erlian oilfield with the hydraulic pump production mode, under the condition of not considering water-base power liquid and close system, tested and studied many technologies of converting oil producing mode in hydraulic pump wells in the mature area. Maximally utilized the existing technology process, implemented the techniques such as hydraulic jet entering into the system in the well pumping unit well, admixing water with dual tube, hydraulic jet entering into the system in the screw pump well and so on, overcame the above problems gradually, and provided reliable technical means for the high efficient development of the oilfield.

Subject heading hydraulic piston pump oil producing high water cut stage technology adjustment

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF SIMPLE DEHYDRATING UNIT