

电脉冲解堵增注机理分析及应用

陆小兵¹ 王守虎¹ 隋 蕾¹ 皇甫荣²

1. 中国石油长庆油田公司超低渗透油藏研究中心, 陕西 西安 710018

2. 中国石油长庆油田公司第七采油厂, 陕西 白豹 707606

摘要:

长庆油田超低渗透油藏由于渗透率低、非均质性强,在注水开发过程中,注不进、注不够水井较多,对油田长期稳产带来很大影响,采用常规增注措施存在措施有效期短的问题,为此,在超低渗透油藏应用了电脉冲解堵增注技术。这是通过在井下电子脉冲装置,产生低频脉冲波作用于油层,液体中高压放电处理地层的一种技术,特点是利用电子脉冲装置产生的强大冲击波,解除近井地带污染,达到解堵、增注的目的。通过现场应用 10 口井,取得了较好的增注效果。

关键词:

电脉冲;解堵;水井增注;冲击波

文献标识码:A

文章编号:1006-5539(2011)06-0061-02

0 前言

长庆油田超低渗透油藏由于渗透率低、非均质性强,在注水开发过程中,注不进、注不够水井较多,对油田长期稳产带来很大影响,采用常规增注措施、有效期短、增注难度大,为此,在超低渗透油藏应用了电脉冲解堵增注技术,该技术具有施工过程简单、占井时间短、不产生二次污染等优点。

1 电脉冲解堵增注机理

电脉冲装置产生的冲击波在地层中衰减成频率小于 200 Hz 的低频脉冲波,此脉冲波由于衰减系数小,保持一定的强度传播到 200 m 的远井地带,对地层及孔隙内各种介质产生较强的冲击振动力。储层在冲击波作用下产生微裂缝。同时经多次冲击波脉冲作用,解除近井地带污染,达到解堵、增注的目的。它对油层作用机理如下^[1-2]:

1.1 造缝作用

电脉冲装置产生的冲击波压力峰值大于 100 MPa,这种高加速度冲击波冲击强度远高于储层岩石的疲劳强度,能够在储层中延伸原有裂缝和产生新的微裂缝,直到冲击力与岩石的疲劳强度相对平衡为止。

1.2 解堵作用

储层是由岩石颗粒、充填粘土矿物和饱和油气水等复杂的介质组成,它们的密度、波阻抗等物理性质大不相同。冲击波在储层中产生的速度、加速度有很大的差异,从而在这些介质中的界面处产生较强的剪切力。在剪切力作用下,岩石颗粒表面的粘土胶结物被振动脱落,孔喉充填物松动或迁移,从而解除孔喉道堵塞,扩大孔喉半径和孔隙的连通性,提高近井地层的渗透率^[3]。

1.3 清除地层污染作用

电脉冲装置产生的弹性冲击波在饱和多孔介质中传播时,会使多孔介质时而被压缩,时而被扩张,造成

收稿日期:

2011-09-23

作者简介:

陆小兵(1984-),男,贵州湄潭人,助理工程师,学士,主要从事油田注水工艺研究工作。

孔道直径大小变化,引起毛管力变化,可使固态颗粒逐步通过孔道排出。声振动在液体中传播时,可使液体形成空泡,又被强压猝灭。猝灭产生的高温和高压冲击波可以破碎声场中的固态物质、多孔岩石表面的泥饼,达到疏通水流通道,改善油层近井地带的渗透性。

2 电脉冲解堵增注技术适应条件

2.1 适用油藏地质条件

电脉冲的冲击波对油层的作用表现在冲击波的强度远大于岩石的疲劳和断裂强度,在处理变形具有脆性破坏特性的致密岩石时具有造缝作用;冲击波在油层各种介质中速度差异导致剪切作用,起到解堵作用。根据电脉冲的作用机理,电脉冲作业的地质参数选择性较大,该装置适用于任何地层堵塞的水井。对于尚未压裂的新井,先期经电脉冲装置作业后,可在油层中形成微裂缝,有效降低压裂时的破裂压力,增长地层裂缝长度,增强压裂效果。

对于纵向具有非均质性质的地层,井下放电处理效果最好的是低渗透、致密性地层。因此,该技术主要适用于油藏动用程度差、裂缝连通性差、注水水窜严重、水驱油效率低及地层堵塞严重的区块^[4]。

2.2 适用注水井条件

油层岩性为砂岩、石灰岩、砾岩或砂砾岩;油层孔隙度小于30%,渗透率大于0.1 mD;地层胶结好;不吸水或吸水能力下降的注水井;储层对水或酸敏感。

3 电脉冲增注装置组成

高聚能大功率电脉冲整套设备分地面和井下两部

分。地面设备主要是电源控制柜,井下设备由直流高压电源、高聚能储能电容器、能量控制器、能量转换器和放电电极组成。电脉冲装置的高压直流电源和储能电容器均采用了同轴结构,内导体为高电压,外壳为地电极。该设备具有设备体积小、质量轻、消耗电功率小、配合人员少、作业程序简单、作业安全性能高的特点。

具体电脉冲装置的技术参数为:

冲击波峰值压力>100 MPa,放电电压30 kV,装置储能4.5 kJ,电源功率<2 000 W,工作频率3~6次/min,供电电压220 V/50 Hz。

4 现场试验情况

4.1 选井原则

根据电脉冲装置的结构、性能以及作业机理,选井时,需遵循以下几点原则^[5]:

a)电脉冲装置直径102 mm,长度6 500 mm,对于套管严重变形、斜度较大、不利于装置下到目的层的井不能作业;

b)受电脉冲装置中的电子元器件和绝缘材料耐温限制,不适用油层温度高于80℃的井;

c)对于储层胶结疏松、出砂严重、固井质量差和距油水边界近的井不宜采用该技术。

4.2 现场应用

2008~2009年在长庆油田10口注水井应用电脉冲技术进行水井增注措施。8口有效井措施前平均单井日注水1 m³,油压12.3 MPa;措施后平均单井日注水21 m³,油压11.8 MPa,平均有效期425 d,日增注水量20.7 m³,累计增注7.31×10⁴ m³,措施效果见表1。

表1 长庆油田电脉冲作业注水井增注作业统计

井号	措施日期	措施前			措施后			措施有效期/d	日增注水量/m ³	累计增注水量/m ³
		油压/MPa	套压/MPa	实注量/m ³	油压/MPa	套压/MPa	实注量/m ³			
铁90-86	2008-10-09	10.0	9.5	2	10.5	10.5	30	586	29.1	17 078
阳38-66	2009-02-17	11.0	2.0	0	11.5	9.5	20	457	20.5	9 380
阳60-54	2009-03-14	16.0	0.0	0	6.0	0.0	15	445	16.0	7 114
学30-6	2009-03-26	11.0	12.0	0	5.0	5.0	30	431	29.9	12 874
铁84-90	2009-04-09	8.0	7.8	4	9.0	9.0	30	411	29.0	11 935
阳56-43	2009-05-26	15.0	14.5	0	8.0	8.0	20	363	20.0	7 260
阳56-64	2009-06-04	12.5	10.0	0	11.0	8.0	15	362	15.0	5 430
铁96-88	2009-06-02	11.0	11.0	0	9.0	9.0	6	343	6.0	2 054
平均		11.8	8.4	1	8.8	7.4	21	425	20.7	

5 结论

a)电子脉冲解堵作为储层解堵的一种技术,能够

有效地解除近井地带的机械堵塞物,恢复地层的渗滤能力;冲击波能够产生微裂缝,解除近井地带污染,达

(下转第79页)

(上接第 62 页)

到解堵、增注的目的。

b) 现场应用表明: 井下电脉冲解堵增注技术具有施工简便、占井时间短、对油层无污染、增注效果明显等特点。

参考文献:

[1] 杨宝君, 宗寿国. 井下低频电脉冲技术及应用[J]. 石油钻采

工艺, 1997, 19(增刊): 69-72.

[2] 孙广文, 严 萍, 彭艳昌, 等. 大功率电脉冲采油技术及原理[J]. 钻采工艺, 2001, 25(5): 53-55.

[3] 谭河清. 低频采油技术及应用效果[J]. 石油钻探技术, 2000, 28(4): 44-45.

[4] 王文霞, 李志平, 黄志文, 等. 页岩气藏压裂技术及我国适应性分析[J]. 天然气与石油, 2011, 29(1): 38-41.

[5] 刘志荣, 余忠仁, 钟小木, 等. 井口安全系统的应用[J]. 天然气与石油, 2009, 27(4): 38-40.