

# 硅酸盐复合材料施工及防砂性能研究<sup>\*</sup>

陈二丁<sup>1</sup> 郑月圆<sup>2</sup> 彭洪军<sup>1</sup> 霍广荣<sup>3</sup>

(1.中国石化胜利油田井下作业公司博士后工作站 2.涪陵师范学院 3.中国石化胜利油田有限公司)

陈二丁等.硅酸盐复合材料施工及防砂性能研究.天然气工业,2005;25(4):89~91

**摘要** 文章对用于防砂的硅酸盐复合材料体系的综合性能和防砂能力进行了试验分析研究。结果表明该硅酸盐复合材料具有良好的施工性能和较强的阻挡出砂的能力;可以将该硅酸盐复合材料在钻井和扩眼后泵注到裸眼出砂层段进行先期防砂,对于已出砂的油气井,也可以在清洗砂堵后将硅酸盐复合材料浆体挤入高渗砂层。待其凝固后形成能阻挡地层出砂的人工渗透性挡砂屏障进行后期防砂。特别是对于一些因出砂严重而出现亏空的大肚子井通过填充该渗透性硅酸盐复合材料能够使出砂层段恢复原始的地层应力和渗透性,从而为防砂提供了一种新的技术思路,既是在钻井完后,在进行固井施工时就考虑在可能出砂的层段采用硅酸盐复合材料充填以代替裸眼完井、砾石填充等常规完井工艺。这将是裸眼完井技术的一种革新,是一种有发展潜力的防砂技术。

**关键词** 气井 油井 防砂 硅酸盐复合材料 抗压强度 渗透率 钻井

应用硅酸盐复合材料防砂是将掺加一定量增渗剂的硅酸盐复合材料浆体泵注到需要防砂的层段,凝结形成高渗透性人工井壁的防止地层砂运移的方法。该硅酸盐复合材料浆体还能用挤硅酸盐复合材料作业方法,挤入已出砂地层,凝结形成一个具有一定强度和渗透性的硅酸盐复合材料—砂浆凝固体,阻止地层继续出砂。

本文根据油气井注硅酸盐复合材料施工对硅酸盐复合材料性能的基本要求,并结合硅酸盐复合材料体系的用途,主要是要求其具有可泵送性,在泵送过程中维持稳定,对硅酸盐复合材料的施工性能如流动度、稠化时间等,以及硅酸盐复合材料的防砂性能如耐腐蚀、渗透率和挡砂能力进行了探索研究,并提出了用硅酸盐复合材料进行先期和后期地层防砂的施工工艺设计思路。

## 一、实验部分

### 1.实验材料

凝固性硅酸盐材料(自制)。

ZSJ:天然油溶性有机物改性而成的增渗剂。

SXY—2:粉状油井分散剂。

HJ—C:在该硅酸盐复合材料体系中其主要作用是改善增渗剂 ZSJ 溶解后,硅酸盐复合材料凝固

体的连通性。

石英砂:SiO<sub>2</sub>含量大于95%,通过0.074~0.25 mm筛。

微硅:炼硅钢副产物,粒度极细,具有很高的火山灰反应活性。

### 2.实验方法

**抗压强度**:将配制好的硅酸盐复合材料浆体注入模具中,在指定的温度和压力下,养护所需要的时间后,取出硅酸盐复合材料石测定其抗压强度。

**渗透率**:将凝固后的硅酸盐复合材料石取出,用砂纸磨平端面,去掉其表面的油污,并经过一定的恒温加热处理后,测定渗透率。

**耐腐蚀性**:将制好的硅酸盐复合材料试样在一定的温度条件下放入模拟地层流体中,经历所需时间后,测定其抗压强度和渗透率的变化。

**挡砂能力**:将制好的硅酸盐复合材料试样放入岩心夹持器中,在进口端分别放入不同粒度的石英砂并压实,再从进口端连续注入清水或煤油,观察其流出液是否含有砂粒和流出砂粒的大小。

## 二、实验结果及分析

### 1.硅酸盐复合材料浆体的流动度

硅酸盐复合材料浆体的流动度是硅酸盐复合材

<sup>\*</sup> 本文系中国石化胜利油田公司博士后科研基金项目(编号:21)。

**作者简介**:陈二丁,1973年生,毕业于西南石油学院,获石油与天然气工程博士学位,现在胜利油田博士后科研工作站井下作业公司从事油气田开发方面的研究。地址:(257077)山东省东营市胜利油田博士后工作站。电话:(0546)8642588。E-mail:cedzy@msn.com

料浆体在地面混拌难易程度的重要指标,为保证硅酸盐复合材料浆体的综合性能,需要加入各种处理剂,其混拌性能会受到影响,常通过加入硅酸盐复合材料分散剂改善其混合配浆性能。表1是加分散剂SXY—2后硅酸盐复合材料流动性的实验结果。实验表明分散剂SXY—2的加量为0.5%即可。

表1 加分散剂SXY—2后硅酸盐复合材料流动性实验结果表

SXY—2(%)	0	0.2	0.5	1.0	1.5
流动度(cm)	14.6	19.6	24.2	26.1	29.5
析水率(%)	0.3	0.4	0.6	1.1	1.5

配方为:砂:90%,S—1:25%,HJ—C:2%,微硅:5%。所有材料加量都采用硅酸盐复合材料重量的百分比,水灰比为0.5,以下表同。

### 2. 硅酸盐复合材料浆体的水灰比(W/C)的确定

表2是水灰比对本文中硅酸盐复合材料浆的密度和析水率的影响情况。从表2可以看出在水灰比为0.44~0.6范围内析水率都小于1.4%。因此选用0.6的水灰比是比较合适的,因为对于一个硅酸盐复合材料浆配方来说,采用高水灰比,浆体在流动性和硅酸盐复合材料石的渗透率都将有所改善。表3是水灰比0.5和0.6的浆体的流动度、抗压强度、渗透率的对比实验结果。由表中数据可知,当抗压强度维持在8~9 MPa之间的范围时,0.6水灰比的浆体在其它方面都优于0.5水灰比的浆体。因此选用0.6水灰比的浆体,不但能更好地满足注硅酸盐复合材料施工对硅酸盐复合材料浆体性能的要求,而且能取得更好的防砂效果。

### 3. 硅酸盐复合材料浆体稠化时间

本文分别测定了表2中硅酸盐复合材料配方在

表2 不同水灰比下的硅酸盐复合材料浆密度及析水率

水灰比	0.44	0.50	0.6	0.7	0.8
密度(g/cm <sup>3</sup> )	1.77	1.74	1.63	1.54	1.41
析水率(%)	0.1	0.6	1.1	1.5	2.0

配方:砂:90%,ZSJ:25%,HJ—C:2%,微硅:5%,SXY—2:0.5%,温度65℃。

表3 水灰比对流动度、抗压强度和渗透率的影响

水灰比	流动度(cm)	抗压强度(MPa)	渗透率(μm <sup>2</sup> )
0.5	23.9	8.79	0.82
0.6	25.5	7.85	0.90

注:养护温度65℃,养护时间48h,热处理2h,配方同表2。

35℃、45℃、55℃、65℃温度下,水灰比分别为0.5和0.6时,浆体的稠化时间,由实验结果分析可以看出,当水灰比为0.6时,硅酸盐复合材料浆在35℃、45℃、55℃、65℃条件下,达到40 Bc的时间分别为320 min、230 min、170 min、和150 min能满足施工泵注的时间。所以本硅酸盐复合材料浆体系可适合于温度不高于65℃的油气井注硅酸盐复合材料防砂。

### 4. 硅酸盐复合材料候凝时间和最少加热处理时间的确定

以65℃的井底温度为例来确定合适候凝时间。候凝时间对硅酸盐复合材料抗压强度的影响实验结果如表4所示。由表4可以看出,随着候凝时间的增加,硅酸盐复合材料的强度在最初增加得较快,当达48h,其强度的增加趋向于平缓。所以,本文中的硅酸盐复合材料浆体系的候凝时间确定为48h比较合适。由表5的实验数据可知,在热处理2h后,硅酸盐复合材料渗透率基本保持不变,这是因为硅酸盐复合材料中含有的绝大多数ZSJ以液体形式从硅酸盐复合材料中流出。因此,热处理时间应不低于2h。

表4 候凝时间对硅酸盐复合材料石抗压强度的影响

时间(h)	24	48	72	96
抗压强度(MPa)	6.25	8.72	8.76	8.80

注:W/C=0.6,养护温度为65℃。

表5 热处理时间对硅酸盐复合材料石渗透率的影响

时间(h)	0	1	2	3	4
渗透率(μm <sup>2</sup> )	0.0003	0.35	0.87	0.87	0.90

注:硅酸盐复合材料石养护时间为48h。

### 5. 硅酸盐复合材料防砂能力评价

(1)硅酸盐复合材料的耐腐蚀性。将制好的硅酸盐复合材料凝固体浸泡在模拟地层环境的流体中。得实验数据如表6所示。

表6 介质浸泡对固结体的影响

内容	渗透率(μm <sup>2</sup> )		抗压强度(MPa)	
	前	后	前	后
柴油	0.95	0.90	7.46	7.34
饱和盐水	0.91	0.93	7.66	7.51
5% NaOH	0.92	0.99	7.31	7.32
5% HCl	0.96	不能测定	7.55	不能测定

经过柴油、饱和盐水、5% NaOH 的浸泡后,硅酸盐复合材料凝固体在抗压强度,渗透率方面无太大的变化,所以该硅酸盐复合材料体系能够耐碱、油、盐水的侵蚀。而对于 5% HCl 来说,硅酸盐复合材料凝固体被严重侵蚀,其表面呈柔软而稀乱的状态,之所以如此是因为硅酸盐复合材料水化后得到的产物主要是:Ca(OH)<sub>2</sub>、水化硅酸钙、水化铝酸钙等碱性物质,与酸进行反应而溶蚀,因而可以用酸进行解堵以便第二次、第三次施工。

(2)硅酸盐复合材料阻挡出砂的性能。由实验可以证明,在压差为 0.7 MPa 和 2 MPa 条件下,通过 48 h 和 72 h 硅酸盐复合材料清水(或柴油)的渗流实验无 0.005 cm 以上的砂粒通过。

### 6. 施工方案设计思路

(1)先期防砂:对于有可能出砂的油层,在钻井和扩眼后,在裸眼出砂层段采用注入硅酸盐复合材料形成段塞,候凝后再下入小直径钻头将其井筒内部分钻掉,这样可在油层形成一个比砾石充填完井结构更为坚实的防砂体。也可用油溶性树脂在地面封堵筛管割缝后按常规注硅酸盐复合材料施工,待硅酸盐复合材料凝固后用热油浸泡筛管和环空,硅酸盐复合材料形成泄油通道。

(2)后期防砂:对于已经出砂的油井,也可以在清洗砂堵后将硅酸盐复合材料浆(体系中不加入二氧化硅砂粒)挤入高渗砂层。待其凝固后就形成能阻挡地层出砂的人工屏障,防止地层继续出砂。特别是对于一些因出砂严重,造成地层出现亏空的大肚子井采用常规的防砂技术效果难以保证,但是通过填充该渗透性硅酸盐复合材料能够使出砂层段恢

复原始的地层应力和渗透性。

## 三、结 论

(1)确定了硅酸盐复合材料的适用温度条件为井温在 65 °C 以下的油气井防砂。同时进行了注硅酸盐复合材料施工参数的设计,并对施工过程中硅酸盐复合材料如候凝、热处理时间等给出了室内实验参数。

(2)该硅酸盐复合材料石在模拟地层环境下能很好地耐碱、油、盐水的侵蚀。能阻挡粒度在 0.005 cm 以上的砂粒通过。

(3)本文为防砂提供了一种新的技术思路,既是在钻井完后,在进行固井施工时就考虑在可能出砂的层段采用硅酸盐复合材料充填以代替裸眼完井、砾石填充等常规完井工艺。将是裸眼完井技术的一种革新。

## 参 考 文 献

- 1 陈德三. 高压中深井裸眼砾石填充先期防砂工艺. 石油钻采工艺, 1990; 21(3)
- 2 国外完井技术丛书(第3册). 防砂. 北京:石油工业出版社, 1988
- 3 沈平等编. 油层物理实验技术. 北京:石油工业出版社, 1995
- 4 张玉隆译. 油井水泥 API 技术规范手册. 四川成都:四川科学技术出版社, 1992
- 5 陈二丁, 刘崇健, 陈大钧. 渗透性水泥体系研究. 钻采工艺, 2003; 26(1): 88~90

(收稿日期 2004-10-26 编辑 钟水清)