

文章编号:1000-4092(2005)01-0013-03

## 盐水钻井液中 G105 钢缓蚀剂 Njff-\*

朱承飞, 黄琳, 华旻, 尤克勤

(南京工业大学材料科学与工程学院, 江苏 南京 210009)

**摘要:**江苏油田洪泽、淮阴地区井深超过 500 米,地温 80 左右,使用盐水钻井液钻井时 G105 钢钻具腐蚀严重。在盐水钻井液滤液中 G105 钢试片的动态腐蚀速度随温度升高而增大,80 时大于 0.6 mm/a。参照钻井液滤液配制模拟盐水,按  $L_{25}(5^4)$  正交表安排实验,测得无机离子对 G105 钢试片 80 静态腐蚀速率影响的排列顺序为:  $\text{Cl}^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$ , 腐蚀速率在某一  $\text{Cl}^-$  或  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  质量浓度下出现最大值。筛选出的缓蚀剂 Njff- 由硅酸钠、钼酸盐、有机胺复配而成,加量 0.2% 时在盐水钻井液滤液中对 G105 钢试片 80 动态腐蚀的缓蚀率达 88.19%。极化曲线表明 Njff- 为主要控制阳极反应的混合控制型缓蚀剂。Njff- 已投入现场应用。图 3 表 3 参 4。

**关键词:** 缓蚀剂;硅酸钠/钼酸盐/胺复配物;盐水钻井液;钻具;G105 碳钢;防腐蚀;江苏油田

**中图分类号:** TE982:TE254<sup>+</sup>4 **文献标识码:** A

近年来,江苏油田承钻了位于洪泽、淮阴一带的油井,油层深达 5000 米以上、井下温度较高(80 左右),使用盐水钻井液。该钻井液  $\text{Cl}^-$  含量高,富含  $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  等离子,电导率大,还含有多种成分复杂的添加剂,加之井内温度高,钻井液含溶解氧,地质情况比较复杂,因此钻具的腐蚀十分严重。江苏油田的一套新钻井设备投入使用不到一年半时间,由于受到腐蚀被迫降低使用等级,造成巨大的经济损失。因此,研究了盐水钻井液对钻具(材质是 G105 钢)的腐蚀规律及防护技术。

### 1 实验

#### 1.1 实验材料

所用 G105 钢试片尺寸为 72 mm × 12 mm × 2 mm,上下各有一直径为 4.5 mm 的圆孔,其主要化学成分为: C 0.3%, Mn 1.58%, Si 0.27%, Mo 0.13%, P 0.02%, Cr 0.08%, S 0.10%。

#### 1.2 实验腐蚀介质

实验中采用两种腐蚀介质,一种是盐水钻井液

(由江苏油田提供),另一种是以钻井液滤液为基准,按正交实验要求,用蒸馏水、无机盐配制的不同离子浓度的模拟盐水腐蚀介质。钻井液滤液的组成如表 1 所示。

表 1 钻井液滤液的主要离子组成

离子	质量浓度/ $\text{g L}^{-1}$	离子	质量浓度/ $\text{g L}^{-1}$
$\text{Ca}^{2+}$	1.021	$\text{SO}_4^{2-}$	3.996
$\text{Mg}^{2+}$	0.0379	$\text{HCO}_3^-$	0.750
$\text{Cl}^-$	140.134	$\text{CO}_3^{2-}$	0.246

#### 1.3 极化曲线测绘

采用三电极体系,测绘动电位极化曲线,工作电极是柱状 G105 钢,表面积为  $1 \text{ cm}^2$ ,其余部分用环氧树脂封装,辅助电极是铂电极,参比电极是饱和甘汞电极。所用仪器有 ZF-3 恒电位仪,ZF-4 电位扫描信号发生器,ZF-10 数据采集器。

#### 1.4 腐蚀速率测试

用模拟钻井现场情况的自制高温高压旋转腐蚀测试仪测定挂片动、静态腐蚀速率。

\* 收稿日期:2004-09-16;修改日期:2005-04-25。

作者简介:朱承飞(1977-),男,讲师,哈尔滨工业大学应用化学硕士(2001),南京工业大学生物电化学在职在读博士研究生(2004-),研究方向为电化学、金属腐蚀与防护,通讯地址:210009 江苏省南京市南京工业大学材料学院,电话:025-83587250,E-mail:zhucf@njut.edu.cn。

## 2 实验结果与讨论

### 2.1 温度对 G105 钢腐蚀的影响

采用动态挂片法,在转速为 168 r/min(根据钻井现场钻速确定)的情况下测定不同温度下 G105 钢试片在盐水钻井液中 72 小时动态腐蚀速率,结果见图 1 所示。从图 1 可看出:随着温度的升高,G105 钢试片在盐水钻井液中腐蚀速率增大。考虑到钻井现场在钻达盐膏层后盐水钻井液温度在 80 左右,以下选择腐蚀实验温度为 80 。

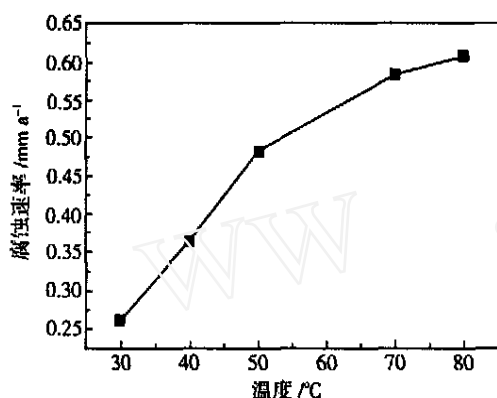


图 1 温度对 G105 钢在盐水钻井液滤液中动态腐蚀速率的影响

### 2.2 无机离子对 G105 腐蚀的影响

以钻井液滤液作为基准液,取  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  +  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  质量浓度为 4 个因素,每个因素取 5 个水平,水平 1~5 分别为基准液中各该离子质量浓度(见表 1)的 0.25、0.50、0.75、1.00、1.50 倍,选用  $L_{25}(5^4)$  正交表,配制 25 种模拟盐水腐蚀介质,测定 G105 钢试片 72 小时静态腐蚀速率,计算极差  $R$ ,结果列于表 2。

表 2 正交实验结果:80 °C、72 h 静态腐蚀速率

水平	浓度比*	静态腐蚀速率/mm a <sup>-1</sup>			
		$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+}$	$\text{Cl}^-$	$\text{HCO}_3^-$
1	0.25	0.05974	0.05130	0.05634	0.05684
2	0.50	0.07450	0.04354	0.09670	0.04171
3	0.75	0.06128	0.08632	0.07610	0.05589
4	1.00	0.03898	0.07552	0.06270	0.08044
5	1.50	0.06143	0.03914	0.02560	0.06092
		$R_{11}$	$R_{12}$	$R_{13}$	$R_{14}$
极差		0.03552	0.04718	0.07110	0.03873

\* 该水平所代表的质量浓度与钻井液滤液中该离子质量浓度的比值。

从表 2 中可看出各因素对腐蚀速率影响大小的排列顺序为  $\text{Cl}^- > \text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+} > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$ ;碳钢的腐蚀速率随着  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+}$  浓度的增大先变大而后再减少,可能是由于离子含量增大时介质的导电性增强而加快了腐蚀,离子含量增加到一定程度后介质中溶解氧减少而减轻了腐蚀<sup>[2]</sup>。

### 2.3 缓蚀剂筛选结果

通过室内失重实验从 15 种缓蚀剂中筛选出了两种效果较好的复配缓蚀剂 Njff- 和 Njff-,其成分都是两种无机盐与一种有机胺的复配物。这两种缓蚀剂都能很好地抑制 G105 碳钢的腐蚀。表 3 是室内动态模拟挂片实验结果,温度 80 °C,盐水钻井液滤液流速 1 m/s,腐蚀时间 48 小时。

表 3 缓蚀剂 Njff- 和 Njff- 在盐水钻井液滤液中  
对 G105 钢的缓蚀率(动态,80 °C,48h)

加量*/%	0.1	0.2	0.5	1.0	
缓蚀率/%	Njff-	70.83	88.19	90.50	93.75
	Njff-	68.05	77.78	84.72	86.11

\* 缓蚀剂在钻井液滤液中的质量百分数。

从表 3 可知:由硅酸钠、钼酸盐与一种有机胺复配而成的缓蚀剂 Njff- 的缓蚀效果好于 Njff-,能更好地抑制 G105 钢在盐水钻井液中的腐蚀。

### 2.4 Njff- 缓蚀机理初探

采用动电位扫描法,以 20 mV/min 的扫描速率在 80 °C 测定了不同 Njff- 加量时 G105 钢在盐水钻井液滤液中的极化曲线,结果如图 2(a)和(b)所示。

从图 2 可知:添加不同量的缓蚀剂 Njff- 后阴、阳极极化电位均显著增大,表明阴、阳极腐蚀过程都受到了抑制,阳极极化曲线的变化比阴极极化曲线大,说明此复配缓蚀剂可能是以抑制阳极为主的混合控制型缓蚀剂。另外由阳极极化曲线可知,随着缓蚀剂加量的增大,击穿电位明显正移。击穿电位越正,缓蚀剂的缓蚀能力越强。Njff- 加量为 0.2% 的击穿电位 -200 mV 较空白溶液中的击穿电位 -490 mV 已正移了 290 mV,表明 G105 钢的腐蚀受到了强烈的抑制<sup>[3,4]</sup>。

Njff- 缓蚀剂目前已在江苏油田获得了较大范围的应用。根据现场反馈的信息,使用该缓蚀剂后,钻杆、钻具的更换周期明显延长。

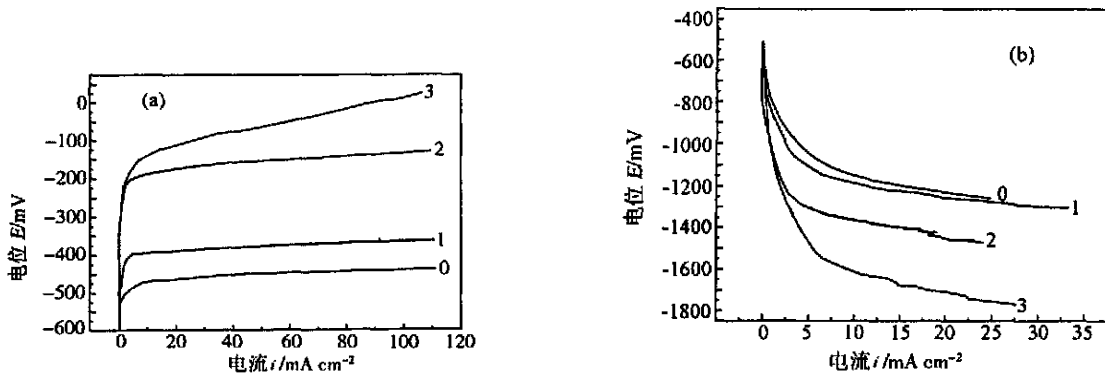


图 2 80 时 G105 钢在加入不同量缓蚀剂 Njff- 的盐水钻井液滤液中的阳极极化曲线(图 a)和阴极极化曲线(图 b)  
4Njff- 加量(质量百分数): 0—空白; 1—0.1%; 2—0.2%; 3—0.5%

#### 参考文献:

- [1] 傅朝阳, 郑家燊, 姚安林, 等. 钻井泥浆中碳钢的腐蚀与防护[J]. 石油与天然气化工, 2002, 29(5): 257.  
[2] 傅朝阳, 郑家燊, 姚安林, 等. 聚合物盐水泥浆腐蚀[J]. 材料保

护, 1999, 32(7): 3.

- [3] 曹楚南. 腐蚀电化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 1994.  
[4] 杨怀宝, 陈家坚, 曹楚南, 等. H<sub>2</sub>S 水溶液中的腐蚀与缓蚀作用机理的研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2000, 20(1): 1.

### Corrosion Inhibitor Njff- for Carbon Steel G105 in Salt Water Drilling Fluid

ZHU Cheng-Fei, HUANG Lin, HUA Ming, YOU Ke-Qin

(College of Materials Science and Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing, Jiangsu 210009, P R of China)

**Abstract:** In districts Hongze and Huaiyin of Jiangsu oil fields, where the reservoirs are > 5000 m in depth and of temperature ~ 80 °C, severe corrosion problems are encountered with G105 steel drilling tools when using salt water drilling fluids (SWDFs). The dynamic corrosion rate (CR) of G105 steel specimens in filtrate of an SWDF increases with temperature raising and is of 0.6 mm/a at 80 °C. According to the influencing power upon the static CR of G105 obtained in experiments designed with L<sub>25</sub> (5<sup>4</sup>) orthogonality table at 80 °C in aqueous salts solution simulating the SWDF filtrate in ionic composition, the inorganic ions are arranged in order Cl<sup>-</sup> > Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> > HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> > SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> and the CR value goes through a maximum at some concentration of Cl<sup>-</sup> or Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>. The corrosion inhibitor selected, Njff-, is composed of sodium silicate, a molybdate, and an amine in combination and inhibits corrosion of G105 in the SWDF filtrate at 80 °C and dynamic conditions by 88.19% at dosage 0.2%. The polarization curves show that Njff- is an inhibitor of mixed, dual action and controlling mainly the anode processes. Njff- has been put into field uses.

**Keywords:** Corrosion inhibitor; sodium silicate/ molybdate/ amine combination; salt water drilling fluid; drilling tool; carbon steel G105; Corrosion inhibition; Jiangsu oil fields

### 《油田化学》杂志对来稿的要求 ——实验体系、实验方法、实验数据

- (1) 实验研究中所用的化学、生化药剂, 菌种、菌液、配方物, 岩心应明确指出, 至少应充分界定, 其中  
化学、生化药剂: 给出化学名称、品级、生产厂家(特殊制剂)  
菌种: 给出微生物学种属或给出代号、类别(好氧、厌氧、兼性)、特性(如解烃、产表面活性剂等);  
菌液: 说明发酵菌种、菌数;  
工业化学剂: 给出化学剂功能名称、代号或牌号、有效成分含量、主要物性指标等;  
配方物: 指出剂型、主要组分名称、含量、功能添加剂、配液用水;  
岩心: 储层岩心的来源、预处理及有关的组成; 人造岩心制

作材料、方法及表面性质。

(2) 指出专用仪器的型号、生产厂家或公司。

(3) 简要介绍实验测试方法: 可指明方法名称和执行的 标准或依据的文献资料; 如该方法可在不同条件下使用, 还 须指出选用的条件。

(4) 指明实验数据的处理。注意采用测定仪器和方法得 到的数据的有效位数。

(5) 在研究论文中不论以何种方式(插图、表或在行文中 夹叙)表达实验结果(实验数据), 获得该实验结果所使用的 实验体系、实验方法及条件、数据处理均应先作说明。

在发表粘度数据时, 如实验流体为牛顿流体, 应指出测 定温度, 如为非牛顿流体, 应同时指出测定温度和剪切速率。

(6) 物理量的单位应为法定计量单位。

(7) 《油田化学》发表的研究论文中常出现化学剂应用性 能对比数据。这些数据是在该项研究的特定条件下取得的, 不能看作对该项研究中所用对比药剂(工业品或实验室样 品)的评价, 也不能用于该对比药剂的评价。