碳钢与13Cr钢的电偶腐蚀及缓蚀剂防护

贺海军
大庆油田有限责任公司采油工程研究院，黑龙江大庆 163453

[摘要] 针对大庆徐深气田气井完井中套管采用P110钢和13Cr-p110钢两种钢材偶接的情况，采用挂片失重法研究两种钢材在气田产出水中的电偶腐蚀，并研究了缓蚀剂对电偶腐蚀的防护作用。实验表明：两种钢材偶接后，CO_2分压为0.6MPa，温度为60℃条件下P110钢的腐蚀速率显著升高，电偶腐蚀速率为2.07mm/a,表现显著的电偶腐蚀效应，而温度为130℃条件下P110钢的没有明显的电偶腐蚀效应；选择某种缓蚀剂对电偶腐蚀进行防护研究，60℃条件下电偶腐蚀速率为0.52mm/a,缓蚀剂对电偶腐蚀的缓蚀效果为85%，缓蚀剂也是电偶腐蚀防护的有效方法。

[关键词] 徐深气田；电偶腐蚀；腐蚀速率；缓蚀率；P110钢；13Cr-P110钢

徐深气田具有井深、高温、高压、高含 CO_2 的特点，气田开发过程中，完井管柱面临着严重的 CO_2 腐蚀 [1,2]。为达到腐蚀防护的目的并降低完井成本，采用了套管组配的完井方式。如徐深 21-2 井，封隔器座封井段及以下用 13Cr-P110 防腐套管，上部用普通碳钢 P110 套管，用 13Cr-P110 钢油管及封隔器进行完井，油套环空加入防腐液进行防腐。两种管材在相同电解质内的电偶序不同，偶接后产生电位差，加速普通碳钢的腐蚀 [3,4]。文章针对大庆徐深气田 P110 钢和 13Cr-P110 钢在腐蚀溶液中的电偶腐蚀进行了实验研究，并进行了电偶腐蚀缓蚀剂防护技术的研究。

1 腐蚀实验

1.1 实验方法

腐蚀试验方法参照中国石油天然气行业标准（SY/T5237），采用静态挂片失重法。实验前挂片分别用 360# 和 800# 砂纸逐级打磨，去离子水清洗，丙酮除油，酒精除水，干燥后称重并测量挂片的尺寸。将两种挂片进行偶接形成电偶，固定在夹具上，加入腐蚀介质，密封高压釜，通入高纯 N_2 对实验介质和高压釜进行除氧 4h。对高压釜加热，待温度升至实验要求的温度后通入 CO_2 气体至实验要求的压力，记录时间开始实验。实验时间到达实验周期后，取出试样，1 个挂片用于形貌分析，其他挂片除去腐蚀产物膜，除水、干燥、称重，计算腐蚀速率

1.2 实验材料及条件

挂片材料为徐深气田常用套管材料 P110 钢和 13Cr-P110 钢，实验介质为气田产出水模拟溶液，溶液组成见表 1。在 CO_2 分压为 0.6MPa，温度分别为 80℃和 130℃的条件下完成实验，实验周期为 7 天。

表 1 实验介质组成

HCO_3^- mg/L	Cl^- mg/L	SO_4^{2-} mg/L	Ca^{2+} mg/L	Mg^{2+} mg/L	Na^+ mg/L	TDS mg/L
2190.725	874.67	0.96	79.27	209.0375	976.72	4421.9875

2、实验结果与分析

将 P110 钢和 13Cr-P110 钢未偶接和偶接的情况下，在高温高压反应釜内完成实验，实验结果见表 2。

表 2 腐蚀实验结果

材质	偶接情况	温度 ℃	分压 MPa	腐蚀速率 mm/a	电偶腐蚀速率 mm/a
P110	未偶接	80	0.6	1.76	-
P110	未偶接	130	0.6	0.19	-
P110	偶接	80	0.6	3.83	2.07
P110	偶接	130	0.6	0.16	-0.03
13Cr-P110	偶接	80	0.6	0.02	-
13Cr-P110	偶接	130	0.6	0.01	-

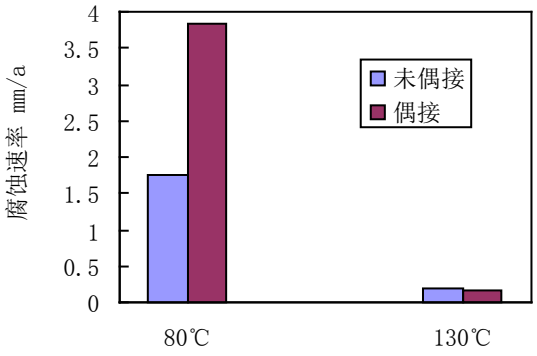

图 1　P110 偶接与未偶接腐蚀速率对比

P110 钢和 13Cr-P110 钢在未偶接的情况下，P110 钢在温度为 80℃时的腐蚀速率为 1.76mm/a，大于温度为 130℃时的腐蚀速率 0.19mm/a。从腐蚀速率来看，80℃时要比 130℃时腐蚀严重。

图 2 是 P110 钢在温度为 80℃、130℃的条件下 SEM 照片，温度为 80℃时，腐蚀产物颗粒较大，颗粒之间存在缝隙，容易引起局部腐蚀，腐蚀产物膜对P110钢基体的保护性较差；温度为130℃时，腐蚀产物颗粒较小，并且腐蚀产物膜致密，腐蚀产物膜对 P110 钢基体的保护性较好，导致 130℃的条件下 P110 钢的腐蚀速率较低。

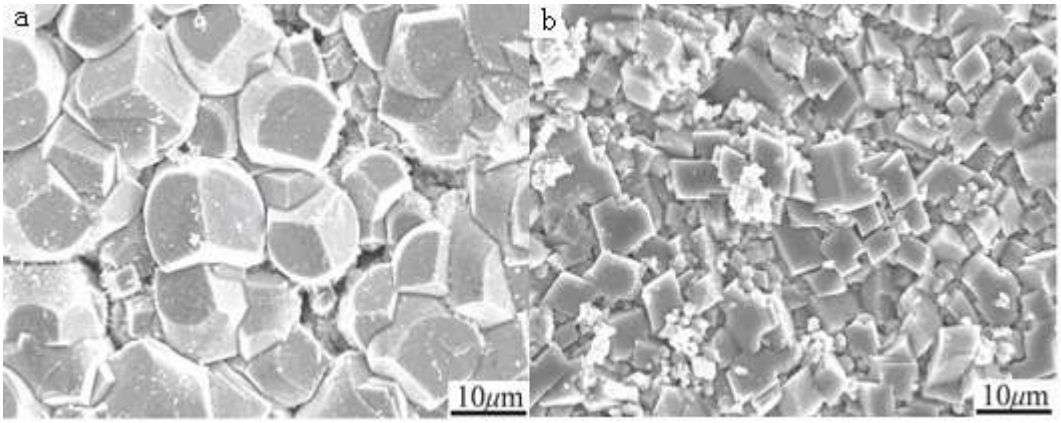

图 2 P110 微观腐蚀形貌（a:80℃，0.6Mpa；b:130℃，0.6MPa ）

P110 钢和 13Cr-P110 钢偶接的情况下，在温度为 80℃的条件下 P110 钢平均腐蚀速率为 3.83mm/a，电偶腐蚀速率为 2.07mm/a，表现出显著的电偶腐蚀效应。而温度为 130℃的条件下 P110 钢偶接前后的腐蚀速率基本一致，未表现出显著的电偶腐蚀效应。

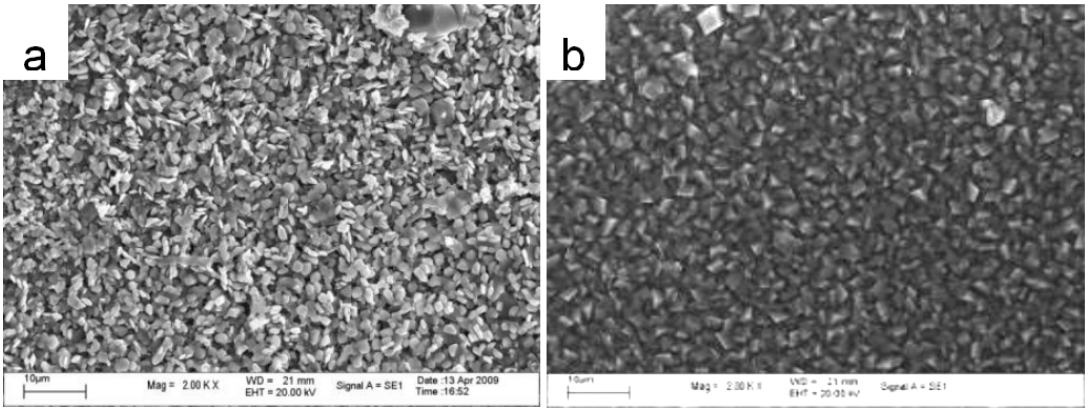

图 3 P110 电偶腐蚀微观形貌（a: 80℃，b:130℃ ）

图 3 是 P110 钢在温度为 80℃、130℃的条件下电偶腐蚀的 SEM 照片，温度为 80℃时，腐蚀产物膜疏松，对基体的保护性差；温度为 130℃时，腐蚀产物膜致密，对基体的保护性好。P110 钢表面腐蚀产物膜的致密性是导致 130℃是电偶腐蚀效应小的主要原因。

3 电偶腐蚀缓蚀剂防护

从改变金属表面状态来看，缓蚀剂分为两类：成膜型缓蚀剂和吸附性缓蚀剂。而油气田常用的缓蚀剂主要是吸附型缓蚀剂 [4,5]。金属表面状态及表面过剩电荷能显著地影响金属表面上的吸附行为，偶合金属阴阳极区的表面过剩电荷与单独金属表面过剩电荷有显著的差异，也极大地影响了缓蚀剂分子在其表面的吸附行为 [6]。

选择气田常用缓蚀剂，温度为 80℃、CO_2 为 0.6MPa 时的电偶腐蚀进行缓蚀剂防护研究。在 P110 钢与 13Cr-P110 钢

未偶接和偶接的情况下进行缓蚀剂防护实验，实验结果见表 3。

表 3　80℃，0.6MPa CO_2^+ 缓蚀剂条件下的电偶腐蚀

偶接	缓蚀剂	偶接腐蚀速率 mm/a	未偶接腐蚀速率 mm/a	电偶效应 mm/a	无电偶缓蚀效率 %	电偶腐蚀缓蚀效率 %
P110（-13Cr）	A	0.90	0.38	0.52	77%	85%
P110（-13Cr）	B	1.35	0.51	0.84	71%	65%

表 3，P110 钢与 13Cr 钢 -P110 在未偶接、偶接情况下进行的两种缓蚀防护实验，从缓蚀率来看，缓蚀剂 A 均优于缓蚀剂 B。在缓蚀剂 A 作用下，P110 钢与 13Cr-P10 钢未偶接的情况下，P110 钢的缓蚀率为 77%；P110 钢与 13Cr-P110 钢偶接后，P110 钢的缓蚀率为 85%；P110 钢与 13Cr-P110 钢偶接，电偶效应从 2.07mm/a 降到 0.52mm/a。实验表明：在缓蚀剂的作用下，电偶腐蚀作用依然存在，但有所降低，缓蚀剂 A 对点偶腐蚀有明显的缓蚀作用。

4 结论

通过对 P110 钢和 13Cr-P10 钢的电偶腐蚀实验、缓蚀实验研究表明：

P110 钢和 13Cr-P10 钢偶接，存在电偶腐蚀作用，在温度为 80℃、CO_2 为 0.6MPa 的条件电偶腐蚀作用比较严重；在温度为 130℃、CO_2 为 0.6MPa 条件下的电偶腐蚀作用比较轻微；

在缓蚀剂 A 和 B 的作用下，P110 钢与 13Cr-P110 钢偶接，依然存在电偶腐蚀作用，但缓蚀剂对电偶腐蚀有一定的抑制作用。选择恰当的缓蚀剂对点偶腐蚀有很好的抑制作用。

[参考文献]

[1] 马文海，裴晓含，高飞等 .N80 钢在模拟深层气井水溶液中的 CO2 腐蚀行为 [J]. 中国腐蚀与防护学报 . 2007,27(01):8 ～ 13

[2] 钢振宝，刘伟，卫秀芬等 . 大庆油田深层气井 CO2 腐蚀规律及防腐对策 . 大庆石油地质与开发 . 2007,26(3):95 ～ 99

[3] 舒福昌 .13Cr-L-8- 钢和 N80 钢的电偶腐蚀及缓蚀剂研究 [J]. 腐蚀与防护 . 2007,28(2):70 ～ 72

[4] 曹楚南 . 腐蚀电化学 [M]. 北京：化学工业出版社，1994:46 ～ 51

[5] 杜海燕，韩阗俐，路民旭等 . 抗 CO_2 腐蚀油气井缓蚀剂的研究与应用 [J]. 表面技术 . 2006,35(1):77 ～ 79

[6] 艾俊哲 . 二氧化碳环境中缓蚀剂抑制电偶腐蚀机理研究 [J]. 华中科技大学博士学位论文 . 2006.4

作者简介：贺海军，1978 年出生，男，高级工程师，大庆油田有限责任公司采油工程研究院，从事气井完井、CO_2 腐蚀防护工作。邮编：163453　E—mail：hehj@petrochina.com.cn