



中华人民共和国国家标准

GB/T 35509—2017

油气田缓蚀剂的应用和评价

Application and evaluation of corrosion inhibitors in oil and gas fields

2017-12-29 发布

2018-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 性能指标 2

5 评价 2

6 验收 3

7 现场应用 3

8 文件资料及保存 4

附录 A（规范性附录） 实验室高温高压浸泡法静态缓蚀率测定 5

附录 B（规范性附录） 实验室高温高压浸泡法动态缓蚀率测定 8

附录 C（规范性附录） 实验室高温高压电化学法静态缓蚀率测定 11

附录 D（规范性附录） 实验室高温高压电化学法动态缓蚀率测定 13

附录 E（资料性附录） 缓蚀剂的现场应用 15

附录 F（规范性附录） 腐蚀产物清除方法 17

参考文献 19



前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国石油和化学工业联合会提出。

本标准由全国防腐蚀标准化技术委员会(SAC/TC 381)归口。

本标准起草单位:沈阳中科腐蚀控制工程技术有限公司、沈阳中科表面工程技术有限公司、中蚀国际防腐技术研究院(北京)有限公司、中国石油天然气股份有限公司塔里木油田分公司、中国石油化工股份有限公司西北油田分公司、中国石油化工股份有限公司中原油田分公司、北京碧海舟腐蚀防护工业股份有限公司、中国工业防腐蚀技术协会、新疆中重同兴防腐科技有限公司。

本标准主要起草人:臧晗宇、陈家坚、金伟、王贵明、孔伟、王凤平、常泽亮、李明志、张志宏、黄雪松、谢俊峰、宋文文、邸建军、李依璇、刘强、陈博、许吉专、刘艳、刘福云。

油气田缓蚀剂的应用和评价

1 范围

本标准规定了油气田地面集输系统用缓蚀剂的评价方法和现场应用。
本标准适用于油气田地面集输系统用缓蚀剂的筛选评价和应用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2481.1 固结磨具用磨料 粒度组成的检测和标记 第1部分:粗磨粒 F4~F220

GB/T 3535 石油产品倾点测定法

GB/T 6324.1 有机化工产品试验方法 第1部分:液体有机化工产品水混溶性试验

SY/T 5273—2014 油田采出水处理用缓蚀剂性能指标及评价方法

ASTM G170—2012 实验室中对油田和炼油厂腐蚀抑制剂的评测评价指南(Standard Guide for Evaluating and Qualifying Oilfield and Refinery Corrosion Inhibitor the Laboratory)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

油气集输系统 oil-gas gathering and transferring system

把分散的油井所产生的石油、伴生天然气和其他产品集中起来,经过必要的处理、初加工,并将合格的油和天然气分别外输到炼油厂和天然气储存站整个工艺过程中涉及到的管线、储罐、其他设备等设施的统称。

3.2

缓蚀剂 corrosion inhibitor

以适当浓度存在于腐蚀体系中且不显著改变腐蚀介质的性质、浓度,且又能显著降低腐蚀速率的化学物质。

3.3

倾点 pour point

油品在规定条件下冷却时能够流动的最低温度。

3.4

油田采出水 oil produced water

油田开采过程中产生的含有原油的水。

3.5

缓蚀率 inhibition efficiency

不加缓蚀剂时的腐蚀速度减去加缓蚀剂后的腐蚀速度所得的差值与不加缓蚀剂时的腐蚀速度的比值的百分数。

3.6

最大点蚀深度 maximum pit depth

受腐蚀的金属表面点蚀深度最大一点的坑底与其原始表面间的垂直距离。

3.7

旋转笼 rotating cylindrical cage

应用于浸泡腐蚀试验的一种挂片装置,它可以获得比简单搅拌方法更高的流速。

3.8

旋转圆盘电极 rotating disk electrode

应用于腐蚀评价试验中的一种可以模拟不同流速、不同流态(层流、涡流、湍流)的电化学测试工作电极。

4 性能指标

4.1 缓蚀剂的选择,应根据影响腐蚀的各种因素、缓蚀剂的理化性能及使用条件,并按下列各项进行确定:

- a) 引起腐蚀的原因和腐蚀类型;
- b) 金属的种类和腐蚀环境的工况;
- c) 缓蚀剂保护膜是否具有持久的保护作用;
- d) 是否易于储存、运输、使用 and 注入;
- e) 对后续工艺可能造成的有害影响。

4.2 油气集输系统用液体缓蚀剂的性能指标应符合表 1 规定。

表 1 缓蚀剂的理化性能指标

项目	指标	评价方法
外观	均匀液体	目测
倾点	$\leq -10\text{ }^{\circ}\text{C}$	GB/T 3535
溶解性	水溶油分散或油溶水分散	GB/T 6324.1
乳化倾向	无乳化倾向	SY/T 5273—2014
配伍性	不降低自身及其他药剂性能	SY/T 5273—2014
缓蚀率	浸泡法静、动态均匀缓蚀率 $\geq 70\%$ 浸泡法静、动态点蚀缓蚀率 $\geq 60\%$ 电化学法静、动态缓蚀率 $\geq 80\%$ (评价缓蚀剂效果时应以产品实际使用浓度为准)	附录 A、附录 B、 附录 C、附录 D

5 评价

5.1 基本要求

5.1.1 生产厂的缓蚀剂产品性能应符合表 1 规定,应具有产品质量证明书和质量检验报告。

5.1.2 缓蚀剂在油气田使用前需由生产厂提供样品,此样品应经有资质的第三方检验机构检验,符合要求后方可使用。

5.2 抽样规则

5.2.1 对送检的缓蚀剂样品进行随机取样,10 桶以下取 2 桶,50 桶以下取 4 桶,50 桶~100 桶取 6 桶,100 桶以上取 8 桶;对选取的样品进行混合使其均匀后分成两份,每份不少于 500 mL;一份送检,一份备查。保留期为三个月。

5.2.2 样品要用清洁的塑料瓶包装,进行密封,加贴标签且按要求标注有关信息。

5.3 评价方法

5.3.1 外观

目测。

5.3.2 倾点测定

按 GB/T 3535 的规定执行。

5.3.3 溶解性试验

按 GB/T 6324.1 的规定执行。

5.3.4 乳化倾向测定

按 SY/T 5273—2014 中 4.5 的规定执行。

5.3.5 配伍性试验

按 SY/T 5273—2014 中 4.10 的规定执行。

5.3.6 缓蚀率

室内静态高温高压浸泡法评价缓蚀剂缓蚀率的实验方法见附录 A;
室内动态高温高压浸泡法评价缓蚀剂缓蚀率的实验方法见附录 B;
室内静态高温高压电化学法评价缓蚀剂缓蚀率的实验方法见附录 C;
室内动态高温高压电化学法评价缓蚀剂缓蚀率的实验方法见附录 D;

6 验收

按以下要求进行验收:

- a) 经检验,产品完全符合表 1 的要求,即为合格产品。
- b) 检验结果中,产品如有 1 项指标不符合,可对同一产品重新检验,经检验若全符合,认为该批产品合格,若第二次检验仍有不符合项,则该批产品为不合格。
- c) 使用单位应在收到本产品 20 天之内按本标准规定的检验规则和试验方法对产品进行验收。

7 现场应用

详细内容参见附录 E。

8 文件资料及保存

缓蚀剂评价时涉及的检测报告、试验记录、试验报告以及缓蚀剂应用时涉及的加注方案等相关资料,需进行存档,并保存 3 年。



附 录 A

(规范性附录)

实验室高温高压浸泡法静态缓蚀率测定

A.1 试验原理

根据悬挂在试验水样中试片在试验前后的质量损失计算均匀腐蚀速度、点腐蚀速度及缓蚀率。

A.2 试验设备、仪器

试验设备、仪器如下所示：

- a) 高温高压反应釜,工作温度: $0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}(\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C})$;工作压力: $0\text{ MPa}\sim 20\text{ MPa}(\pm 0.1\text{ MPa})$ 。
- b) 分析天平:精确度 0.1 mg 。
- c) 游标卡尺:精确度 0.02 mm 。
- d) 溶解氧测试仪:量程 $0\text{ mg/L}\sim 19.99\text{ mg/L}$, $0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- e) 电吹风机。

A.3 化学试剂、气体

化学试剂、气体如下所示：

- a) 石油醚:分析纯,沸程: $60\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- b) 无水乙醇:分析纯。
- c) 氮气:高纯氮,纯度不小于 99.999% 。
- d) 二氧化碳气体:食品级,纯度不小于 99.99% 。
- e) 硫化氢气体:纯度不小于 99.9% 。
- f) 腐蚀产物清洗液(腐蚀产物清除方法见附录 F)。

A.4 试验介质

A.4.1 缓蚀剂评价与筛选的试验介质推荐使用新鲜的油田采出水,在不具备使用现场油田采出水的条件下使用配制的模拟油田水(根据现场实际水质和主要离子成分用符合要求的试剂以及蒸馏水配制,使自配模拟水样最大限度地模拟现场采出水)。

A.4.2 水样应在使用前配好,并且要保持充足的水样,同一批次试验只能使用同一次配制的水样。

A.4.3 配制好的水样一般采用氮气驱氧 $12\text{ h}\sim 14\text{ h}$,直到水中溶解氧含量符合现场要求。水中溶解氧含量可以使用溶解氧测试仪进行实时测试,要求浓度控制在 5×10^{-9} 以下,最好在 1×10^{-9} 以下。

A.4.4 对于二氧化碳腐蚀体系,向模拟油田水中导入二氧化碳气体;对于硫化氢腐蚀,向模拟油田水中导入硫化氢气体;对于二氧化碳和硫化氢混合的腐蚀体系,则向模拟油田水中导入二氧化碳和硫化氢混合气体。

A.5 试片

A.5.1 试片材质

试片材质应与油气田现场实际应用的钢材相同。加工试片的材料应取自出厂后未经使用过的金属管材或板材。

A.5.2 试片的制备

试片的制备应符合 SY/T 5273—2014 中 4.7.5.2 的规定。试片的形状宜采用长方体,外型尺寸为 50 mm×10 mm×3 mm。在一端距边线 5 mm 处中间位置钻一直径为 6 mm 的小孔,并打印钢号。同批试验的试片,其形状、规格及表面粗糙度均应相同,并且同一试片中心孔内环面粗糙度应与试片其他表面粗糙度一致。试片经刨、磨工序使其表面粗糙度 $Ra=1.6\ \mu\text{m}$ 。

A.6 试验条件

A.6.1 试验温度和压力:根据现场使用缓蚀剂实际温度和压力确定。

A.6.2 试验周期:油气集输用缓蚀剂的评价周期一般为 7 d。

A.6.3 试验模拟水用量:每 1 cm² 试片表面积不少于 20 mL。

A.7 试验步骤

A.7.1 将试片先用滤纸擦净,然后放入盛有石油醚的器皿中,用脱脂棉除去试片表面油脂后,再放入无水乙醇中浸泡 5 min,进一步脱脂和脱水。取出试片并放在滤纸上,冷风吹干后用滤纸将试片包好,置于干燥器中,放置 24 h 后称量,质量精确至 0.1 mg。

A.7.2 用游标卡尺测量试片的尺寸,精确至 0.02 mm,并按式(A.1)计算试片表面积。

$$S = 2(lw + lh + wh) - \frac{1}{2}\pi d^2 + \pi dh \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中: l 、 w 、 h 、 d 分别为试片的长、宽、厚、孔直径,单位 mm。

A.7.3 把准备好的试片固定在试片架上,固定试片装置应避免产生缝隙腐蚀。试片不允许与容器壁接触,试片间距应在 1 cm 以上,试片上端距液面应在 3 cm 以上,每组试验做三组平行样。

A.7.4 按照试验要求用容量瓶配制含一定浓度的缓蚀剂模拟试验溶液,并将配制好的含有缓蚀剂的试验溶液转移到高压釜中,再用氮气驱氧 1 h,同时测定试验溶液的 pH 值。

A.7.5 将高压釜釜盖按固定位置小心地放在釜体上,拧紧主螺母,应对称地分多次逐步拧紧,用力要均匀,不允许釜盖向一边倾斜,以便达到良好的密封效果。

A.7.6 安装好高压釜以后,连接好氮气钢瓶和高压釜进气阀门,并使进气阀门处于打开状态,出气阀门处于关闭状态,向高压釜中通入氮气,当釜内压力达到 2 MPa 时,停止加压,同时关闭钢瓶阀门釜体进气阀门,检查高压釜是否漏气。3 min 之后打开出气阀门,排净高压釜内的混合气体,排气完毕后关闭出气阀门。

A.7.7 打开进气阀门,向高压釜中通入氮气,当釜内压力达到 2 MPa 时停止通气,同时设定好试验温度,打开控制器上加热开关进行釜体升温。

A.7.8 待釜内溶液温度达到试验预设温度后,向釜内通入试验气体(如 H₂S、CO₂)至规定分压,稳定 10 min 后,如果压力出现降低现象,再次向高压釜内加压,如此重复直至压力不降为止,最后向高压釜中通入氮气使压力达到试验预设的总压力,试验开始。

A.7.9 试验结束后,待釜内温度降至室温后,放出釜内混合气体,待压力降至常压(压力表显示为零)后

卸下釜盖将其置于支架上,同时测量试验后溶液的 pH 值。

A.7.10 取出已达到试验周期的试片,观察、记录表面腐蚀形貌后,立即用清水冲洗并用滤纸擦干。

A.7.11 将试片放入盛有石油醚的器皿中,用脱脂棉除去试片表面油污后,将试片取出放入按附录 A 配置的腐蚀产物清洗液中浸泡 5 min,同时用脱脂棉轻拭试片表面的腐蚀产物;从清洗液中取出试片,用自来水冲去表面残留清洗液,然后放入无水乙醇中进行脱水。取出试片放在滤纸上,用冷风吹干,然后用滤纸将试片包好,贮于干燥器中,放置 12 h 后称量,精确至 0.1 mg。

A.7.12 如试片表面存在点腐蚀坑,测量其深度并记录。

A.8 试验结果的表示和计算

A.8.1 腐蚀速度的计算:利用试片试验前后失重计算均匀腐蚀速度,利用最大点蚀深度计算点腐蚀速度,以了解加药前后试验溶液对试片的腐蚀情况。具体计算过程按下列要求进行:

a) 按式(A.2)计算均匀腐蚀速度 r_c :

$$r_c = \frac{8.76 \times 10^4 \times (m - m_1)}{S \cdot t \cdot \rho} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

r_c ——均匀腐蚀速度,单位为毫米每年(mm/a);

m ——试验前的试片质量,单位为克(g);

m_1 ——试验后的试片质量,单位为克(g);

S ——试片的表面积,单位为平方厘米(cm^2);

ρ ——试片材料的密度,单位为克每立方厘米(g/cm^3);

t ——实验时间,单位为小时(h)。

b) 按式(A.3)计算点腐蚀速度 r_p :

$$r_p = \frac{8.76 \times 10^3 \times h}{t} \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

r_p ——点腐蚀速度,单位为毫米每年(mm/a);

h ——试验后试片表面最大点蚀深度,单位为毫米(mm);

t ——试验时间,单位为小时(h)。

A.8.2 按式(A.4)计算均匀腐蚀缓蚀率 η_1 :

$$\eta_1 = \frac{r_0 - r_1}{r_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

η_1 ——缓蚀率;

r_0 ——空白试验的均匀腐蚀速度,单位为毫米每年(mm/a);

r_1 ——添加缓蚀剂试验的均匀腐蚀速度,单位为毫米每年(mm/a)。

A.8.3 按式(A.5)计算点蚀缓蚀率 η_2 :

$$\eta_2 = \frac{\Delta h_0 - \Delta h_1}{\Delta h_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

η_2 ——点蚀缓蚀率;

Δh_0 ——空白试验中试片表面最深点蚀深度,单位为毫米(mm);

Δh_1 ——添加缓蚀剂试验中试片表面最深点蚀深度,单位为毫米(mm)。

附 录 B (规范性附录)

实验室高温高压浸泡法动态缓蚀率测定

B.1 试验原理

采用高转速动态腐蚀试验釜,在所要求的工况(温度、压力和流速)条件下进行腐蚀试验,根据固定在旋转笼上试片在试验前后的质量损失计算均匀腐蚀速度、点腐蚀速度及缓蚀率。

ASTM G170—2012 标准中指出,动态条件下评价缓蚀剂的实验装置应该能够抓住主导腐蚀速率的综合参数,而不是一味地力求重现现场的所有环境条件。现场介质流动条件下,主导腐蚀的综合流体动力学参数有壁面剪应力、雷诺数。根据流体相似准则,只要壁面剪切力相同,则可认为模拟实验与现场的流体水动力学状态是相同的,即实验室内测得的腐蚀速度、缓蚀剂的缓蚀效果可以代表现场动态条件下的服役效果。

现场介质流动条件下,各部件(如圆管、弯头、三通等)内流体的动力学参数壁面剪切力 τ 推荐采用已得到成熟应用的流体力学软件计算,此前需提供现场流体的运动粘度、平均流速、密度和部件规格参数等。

实验室模拟动态条件使用的固定试片的旋转笼的壁面剪切力 τ_0 按式(B.1)计算:

$$\tau_0 = 0.079 \, 1 Re^{-0.3} \rho r^2 \omega^{2.3} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

Re ——雷诺数, $Re = \omega r^2 / \nu$ (ω 为角速度, r 为旋转笼半径, ν 为运动黏度);

ρ ——介质密度,单位为克每立方厘米(g/cm^3);

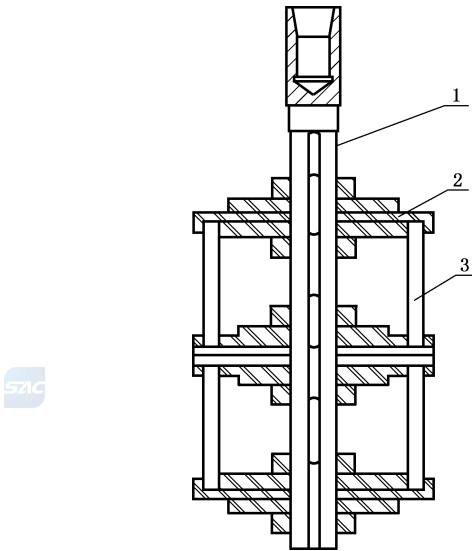
R ——旋转笼半径,单位为米(m)。

当现场流体的壁面剪切力与旋转笼的壁面剪切力相等时,即 $\tau = \tau_0$ 时,计算出旋转笼的角速度 ω ,同时结合半径 R 计算旋转笼的旋转线速度和转数。

B.2 试验设备、仪器

试验设备、仪器如下所示:

- a) 高转速动态腐蚀试验釜,挂片装置为旋转笼(见图 B.1)。工作温度: $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 200\text{ }^{\circ}\text{C} (\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C})$; 工作压力: $0\text{ MPa} \sim 20\text{ MPa} (\pm 0.1\text{ MPa})$ 。
- b) 分析天平:精确度 0.1 mg 。
- c) 游标卡尺:精确度 0.02 mm 。
- d) 溶解氧测试仪:量程 $0\text{ mg/L} \sim 19.99\text{ mg/L}$, $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- e) 电吹风机。
- f) 腐蚀产物清洗液(腐蚀产物清除方法见附录 F)。



说明：
1——旋转笼挂轴；
2——绝缘卡槽；
3——试样。

图 B.1 旋转笼挂片装置

B.3 化学试剂、气体

同 A.3。

B.4 试验介质

同 A.4。

B.5 试片

同 A.5。

B.6 试验条件

同 A.6。

B.7 试验步骤

同 A.7。

其中 A.7.8 修改为：待釜内溶液温度达到试验预设温度后，向釜内通入试验气体（如 H_2S 、 CO_2 ）至规定分压，稳定 10 min 后，如果压力出现降低现象，再次向高压釜内加压，如此重复直至压力不降为止，最后向高压釜中加入氮气使压力达到试验预设的压力，最后设置旋转笼的转数，打开电机开关记录试验

开始时间。

B.8 试验结果的表示和计算

试验结果的表示和计算同 A.8。

附录 C

(规范性附录)

实验室高温高压电化学法静态缓蚀率测定

C.1 试验原理

利用加缓蚀剂试验和空白试验测得的腐蚀电流密度计算电化学缓蚀率。

C.2 试验设备、仪器

试验设备、仪器如下所示：

- a) 四电极电化学腐蚀试验釜,主要特点是在反应釜盖上方增开了三个电极安装孔。反应釜性能要求:工作温度 $0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}(\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C})$;工作压力: $0\text{ MPa}\sim 20\text{ MPa}(\pm 0.1\text{ MPa})$ 。
- b) 电化学工作站。
- c) 工作电极,参比电极,辅助电极。
- d) 金相试样预磨机。
- e) 水砂纸。

C.3 工作电极

C.3.1 工作电极的材质应与油气田现场实际应用的材质相同。

C.3.2 工作电极推荐加工成直径为 $(10.0\pm 0.2)\text{ mm}$ 、高为 $(5.0\pm 0.2)\text{ mm}$ 的圆柱体,并采用环氧树脂进行封装,工作面积为 1 cm^2 。

C.3.3 用符合 GB/T 2481.1 规定的 120 粒度的水砂纸研磨、抛光后,用无水乙醇棉球擦拭样品表面,然后用无水乙醇冲洗,冷风吹干,测量面积后置于干燥器中待用。

C.4 化学试剂、气体

同 A.3。

C.5 试验介质

同 A.4。



C.6 试验条件

试验温度和压力根据现场使用缓蚀剂实际温度和压力确定。

C.7 试验步骤

C.7.1 将三电极接入高压反应釜电极固定架上,将试验介质及缓蚀剂加入到反应釜中,拧紧反应釜盖

后,向反应釜中通入高压氮气,检查反应釜的气密性。

C.7.2 在高压釜气密性良好的情况下进行升温加压。

C.7.3 待温度及压力达到预定值后将工作电极、辅助电极和参比电极分别连接电化学工作站。

C.7.4 打开电化学工作开关,进行仪器预热。

C.7.5 设置电化学工作站测量参数。选择动电位扫描法,扫描幅度为 $E_c \pm 150 \text{ mV}$,扫描速率为 0.166 mV/s ,延迟时间为 6 s 。

C.7.6 待体系的自然腐蚀电位稳定后(5 min 内 E_c 波动不超过 $\pm 1 \text{ mV}$),进行动电位扫描,测定体系的腐蚀电流密度 i_{c1} 。

C.7.7 扫描完成后,关闭电化学工作站。

C.7.8 在同样条件下做空白测试,测量空白条件下的腐蚀电流密度 i_{c0} 。

C.7.9 按式(C.1)计算电化学缓蚀率 η_3 。

$$\eta_3 = \frac{i_{c0} - i_{c1}}{i_{c0}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

η_3 ——电化学缓蚀率,以百分数表示;

i_{c0} ——空白体系的腐蚀电流密度,单位为安培每平方厘米(A/cm^2);

i_{c1} ——加缓蚀剂体系的腐蚀电流密度,单位为安培每平方厘米(A/cm^2)。



附录 D
(规范性附录)

实验室高温高压电化学法动态缓蚀率测定

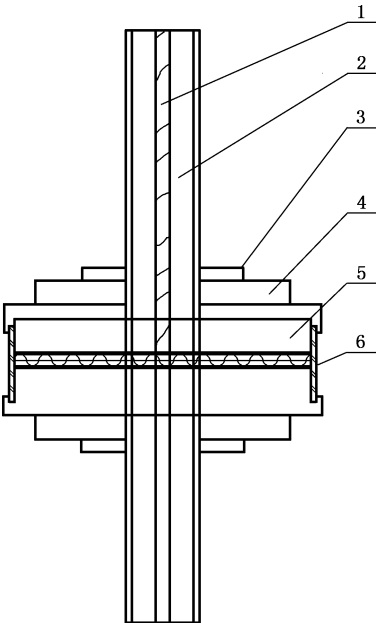
D.1 试验原理

根据 ASTM G170-06 标准得旋转圆盘电极的壁面剪切力同旋转笼的壁面剪切力计算公式相同,圆盘电极角速度、线速度、电极转数计算原理同 B.1。该评价试验是利用加缓蚀剂试验和空白试验测得的腐蚀电流密度计算电化学缓蚀率。

D.2 试验设备、仪器

试验设备、仪器如下所示:

- a) 高转速电化学腐蚀试验釜,带旋转圆盘电极(见图 D.1)。反应釜性能要求:工作温度 $0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}(\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C})$;转速 $0\text{ r/min}\sim 2\text{ }000\text{ r/min}$;工作压力: $0\text{ MPa}\sim 20\text{ MPa}(\pm 0.1\text{ MPa})$ 。
- b) 电化学工作站。
- c) 工作电极(旋转圆盘电极),参比电极,辅助电极。



说明:

- 1——电极外接线槽;
- 2——旋转圆盘电极挂轴;
- 3——电极固定螺母;
- 4——电极固定圆盘;
- 5——绝缘体;
- 6——圆盘电极。

图 D.1 旋转圆盘电极

D.3 工作电极

D.3.1 工作电极的材质应与油气田现场实际应用的材质相同。

D.3.2 工作电极推荐加工成旋转圆盘电极试样为 $\phi 106$ mm 的圆环,壁厚为 3 mm,高为 20 mm,电极工作面的表面粗糙度 $Ra=1.6\ \mu\text{m}$ 。

D.3.3 用无水乙醇棉球擦拭工作电极表面,然后用无水乙醇冲洗,冷风吹干后置于干燥器中待用。

D.4 化学试剂、气体

同 A.3。

D.5 试验介质

同 A.4。

D.6 试验条件

试验温度和压力根据现场使用缓蚀剂实际温度和压力确定。

D.7 试验步骤

D.7.1 将三电极接入高压反应釜电极固定架上,将试验介质及缓蚀剂加入到反应釜中,拧紧反应釜盖后,向反应釜中通入高压氮气,检查反应釜的气密性。

D.7.2 在高压釜气密性良好的情况下进行升温加压。

D.7.3 待温度及压力达到预定值后将工作电极、辅助电极和参比电极分别与电化学工作站上对应的接线柱相连接。

D.7.4 打开电化学工作开关,进行仪器预热。

D.7.5 设置电化学工作站测量参数。选择动电位扫描法,扫描幅度为 $E_c \pm 150\ \text{mV}$,扫描速率为 $0.166\ \text{mV/s}$,延迟时间为 6 s。

D.7.6 设置好旋转圆盘电极转数,打开电机开关。

D.7.7 待体系的自然腐蚀电位稳定后(5 min 内 E_c 波动不超过 $\pm 1\ \text{mV}$),进行动电位扫描,测定体系的腐蚀电流密度 i_{c1} 。

D.7.8 扫描完成后,关闭电化学工作站。

D.7.9 在同样条件下做空白测试,测量空白条件下的腐蚀电流密度 i_{c0} 。

D.7.10 电化学缓蚀率按式(C.1)计算。

附录 E
(资料性附录)
缓蚀剂的现场应用

E.1 缓蚀剂的现场预膜

地面集输系统缓蚀剂预膜量按式(E.1)计算

$$Q = 10^3 K \cdot \pi \cdot R_0 \cdot D \cdot L_0 + Q_1 \quad \dots\dots\dots (E.1)$$

- 式中：
- Q ——缓蚀剂使用量,单位为升(L)；
 - K ——附加量系数,一般为 1.15；
 - R₀ ——管线内径,单位为毫米(mm)；
 - D ——缓蚀剂成膜厚度,单位为毫米(mm)；
 - L₀ ——管线总长度,单位为毫米(mm)；
 - Q₁ ——管线上支管段三通、排污口等容积,单位为升(L),按式(E.2)计算。

$$Q_1 = \frac{\pi R_1}{4} \cdot L_2 + Q_{\text{其他}} \quad \dots\dots\dots (E.2)$$

- 式中：
- R₁ ——支管段内径,单位为毫米(mm)；
 - L₁ ——支管段的长度,单位为毫米(mm)；
 - Q_{其他} ——其他排污损耗量之和,单位为升(L)。

E.2 缓蚀剂的加注

油田集输用缓蚀剂通常是靠加进一定量的缓蚀剂,即要保持一定浓度,缓蚀剂分子扩散到钢材表面吸附或其他作用以达到减缓钢材表面腐蚀。加注量按照式(E.3)~式(E.5)计算。

设每日加注量为 Q_d(m³/d),则有

$$Q_d = Q_L + Q_G \quad \dots\dots\dots (E.3)$$

$$Q_L = \epsilon Q_w \quad \dots\dots\dots (E.4)$$

$$Q_G = \phi Q_{sc} \quad \dots\dots\dots (E.5)$$

- 式中：
- Q_L ——液相缓蚀剂加注量,单位为立方米(m³)；
 - Q_G ——气相缓蚀剂加注量,单位为立方米(m³)；
 - Q_w ——单井日产液量,单位为立方米每天(m³/d)；
 - Q_{sc} ——单井日产气量,单位为立方米每天(m³/d)；
 - ε ——液相中缓蚀剂浓度；
 - φ ——采出天然气中缓蚀剂残余浓度。

E.3 缓蚀剂的加注控制要求

E.3.1 对于湿气输送,缓蚀剂加注装置应满足间断加注和连续加注的要求。



E.3.2 对输送管线,宜采用一组滴管器组成清管列车,夹带缓蚀剂对管线内壁进行预膜,以减缓酸性介质对管线的腐蚀。

E.3.3 集输管线缓蚀剂加注方式应根据缓蚀剂特性、集输管线输送状况(流量、压力、温度)、腐蚀监测数据综合分析来确定加注量和加注周期。

E.3.4 对输送湿、高酸性天然气介质的腐蚀性评价指标参照 SY/T 0087.2—2012 中 8.1.1 的规定,当腐蚀挂片和探针的测试结果显示管线的平均腐蚀率超过 0.12 mm/a 或最大点蚀率超过 0.20 mm/a 时,应调整缓蚀剂加注工艺或重新选择缓蚀剂,并加大管线的清管频率。

附录 F
(规范性附录)
腐蚀产物清除方法

F.1 腐蚀产物清除化学法

腐蚀产物清除化学法见表 F.1。

表 F.1 腐蚀产物清除方法-化学法

材料	化学药品	时间	温度	备注
铁及碳钢	1 000 mL 盐酸(HCl, $\rho=1.19\text{ g/mL}$), 20 g 三氧化锑(Sb_2O_3), 50 g 氯化锡(SnCl_2)	1 min~ 25 min	20 ℃~ 25 ℃	强烈搅拌溶液或刷洗试样。 某些情况下,需要延长时间
	50 g 氢氧化钠(NaOH), 200 g 锌粒或锌屑, 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	30 min~ 40 min	80 ℃~ 90 ℃	锌粉暴露于空气中能自燃, 使用时应特别小心
	200 g 氢氧化钠(NaOH), 20 g 锌粒或锌屑, 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	30 min~ 40 min	80 ℃~ 90 ℃	锌粉暴露于空气中能自燃, 使用时应特别小心
	200 g 柠檬酸铵 $[(\text{NH}_4)_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7]$, 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	20 min	75 ℃~ 90 ℃	
	500 mL 盐酸(HCl, $\rho=1.19\text{ g/mL}$), 3.5 g 六次甲基四胺, 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	10 min	20 ℃~ 25 ℃	某些情况下,需要延长时间
不锈钢	100 mL 硝酸(HNO_3 , $\rho=1.42\text{ g/mL}$), 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	20 min	60 ℃	
	150 g 柠檬酸铵 $[(\text{NH}_4)_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7]$, 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	10 min~ 60 min	70 ℃	
	100 g 柠檬酸($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$), 50 mL 硫酸(H_2SO_4 , $\rho=1.84\text{ g/mL}$), 2 g 缓蚀剂(二原甲基苯基硫脲或喹啉乙基碘或 β -萘酚喹啉), 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	5 min	60 ℃	
	200 g 氢氧化钠(NaOH), 30 g 高锰酸钾(KMnO_4), 100 g 柠檬酸铵 $[(\text{NH}_4)_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7]$, 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	5 min	沸点	
	100 mL 硝酸(HNO_3 , $\rho=1.42\text{ g/mL}$), 20 mL 氢氟酸(HF , $\rho=1.155\text{ g/mL}$)(47%~53% HF), 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	5 min~ 20 min	20 ℃~25 ℃	
	200 g 氢氧化钠(NaOH), 50 g 锌粉, 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	20 min	沸点	锌粉暴露于空气中会自燃, 所以使用时应小心

F.2 腐蚀产物清除电化学法

腐蚀产物清除电化学法见表 F.2。

表 F.2 腐蚀产物清除方法-电化学法

材料	化学药品	时间	温度	备注
铁, 铸铁, 钢	75 g 氢氧化钠(NaOH), 25 g 硫酸钠(Na_2SO_4), 75 g 碳酸钠(Na_2CO_3), 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	20 min ~ 30 min	20 °C ~ 25 °C	阴极电流密度为 100 A/m ² ~ 200 A/m ² 。使用石墨、铂或不锈钢阳极
	28 mL 硫酸(H_2SO_4 , $\rho=1.84$ g/mL), 0.5 g 缓蚀剂(二原甲基苯基硫脲或喹啉碘或 β -萘酚喹啉), 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	3 min	75 °C	阴极电流密度为 2 000 A/m ² 。使用石墨、铂或铅阳极
	100 g 柠檬酸铵[(NH_4) ₃ C ₆ H ₅ O ₇], 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	5 min	20 °C ~ 25 °C	阴极电流密度为 100 A/m ² 。使用石墨或铂阳极

参 考 文 献

- [1] SY/T 0087.2—2012 钢质管道及储罐腐蚀评价标准埋地钢质管道内腐蚀直接评价
 - [2] ASTM G1;2003(2011)Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens
-

