

CPI-5 缓蚀剂在酸性气田的现场应用

杨晓秋¹ 李林辉^{1,2} 李 浩¹ 陈宇波¹ 上官昌淮^{1,2}

1. 中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司, 四川 成都 610017

2. 中国石油天然气集团公司石油管力学和环境行为重点实验室四川研究室, 四川 成都 610017

摘要:

根据 QHSE 体系及其安全要求, 以油气集输管道复配型缓蚀剂 CPI-5 现场应用为例, 介绍了现场缓蚀剂应用流程。首先研究目标酸性气田用缓蚀剂与气田水、消泡剂、酸、碱、盐等配伍性, 然后在模拟工况下采用高温高压釜评价缓蚀剂及配伍性对缓蚀性能的影响, 测试合格后, 才能进行现场加注和测试评估。结果表明: CPI-5 缓蚀剂对油气输送管道具有优良的防腐效果, 室内和现场测试都可将平均腐蚀速率控制在 0.076mm/a 以下, 对抑制 CO₂ 和 H₂S 腐蚀具有突出的效果, 适用于 CO₂ 和 H₂S 单一或混合的腐蚀环境的防腐, 现场加注方便, 经济合理, 实验工艺和试验方法满足 QHSE 体系文件。

关键词:

天然气; 集输管线; 缓蚀剂; 高温; 酸性

文献标识码: B

文章编号: 1006-5539(2011)04-0065-03

0 引言

天然气开采过程中由于含有 CO₂、凝析油、H₂S 和气田水等对套管、井口装置和集输管线有严重的腐蚀, 造成井口装置失灵、集输管线穿孔甚至破裂等事故, 严重影响整个气田的正常生产^[1-3]。由于油气集输管道输送的介质通常为水、气、固共存的多相流介质, 尤其是在注水或开发运行后期, 输送介质含水增大, 而且伴随着 CO₂ 和 H₂S 等腐蚀性气体, 加剧了油气田各装置及输送管道的内腐蚀。缓蚀剂作为一项经济有效的技术广泛运用于石油与天然气工业, 近几十年来, 国内外均致力于管道内防护缓蚀剂的研究和应用, 但由于高含 CO₂ 和 H₂S, 对缓蚀剂提出了更高的要求, 传统的缓蚀剂不能满足气田高效、安全、经济开采的需要^[4-6]。

根据集团公司规定, 任何一种化学试剂运用于油气田现场都必须遵循 QHSE 体系及其安全性的要求, 而 QHSE 体系要求开展适宜的试验工艺及方法测试研究, 因此本文根据油气田 QHSE 体系规定, 以 CPI-5 缓蚀剂的现场运用为例, 介绍了缓蚀剂进行现场应用评估的整个分析测试流程。首先针对目标酸性气田缓蚀剂与气田水、消泡剂、盐等配伍性测试, 然后采用高温高压釜在模拟工况下评价缓蚀剂及配伍性对缓蚀性能的影响, 通过上述测试后, 才能运用于现场, 进行现场加注和测试评估。

1 实验部分

1.1 药品及仪器

药品或材料: CPI-5 缓蚀剂, Z81 井气田水, Z81

收稿日期:

2011-03-07

基金项目:

国家“十二五”重大示范工程项目阿姆河右岸中区天然气开发示范工程资助项目(2011ZX05059); 克拉苏气田大北试验区试采工程资助项目(Z2009-5)

作者简介:

杨晓秋(1964-), 男, 四川成都人, 教授级高级工程师, 硕士, 现从事油气田地面建设设计工作。

并用消泡剂,丙酮,无水乙醇,浓 HCl,NaOH,CaCl₂,MgCl₂,NaCl,200–800 目金相砂纸,20# 钢挂片(50 mm×25 mm×2 mm、50 mm×20 mm×3 mm)。

仪器:70 MPa CORRTTEST 高压釜,精密电子分析天平(0.1 mg),游标卡尺(精度为 0.02 mm),具塞比色管。

1.2 试片处理

实验前,用 200#、400#、600#、800# 金相砂纸呈垂直方向分别打磨试片,使各个表面的光洁度一致并用游标卡尺测定试片尺寸,然后用蒸馏水冲洗、丙酮除油、无水乙醇浸泡约 1 min 后,用滤纸吸干并包好放入干燥器 30 min 后,用电子天平称重,接着放入干燥器内干燥 24 h 备用。实验后,立即取出试样用蒸馏冲洗多次,用软橡皮擦除试片表面疏松产物膜,用丙酮脱酯、无水乙醇脱水、酸洗液浸泡,并用脱脂棉轻擦试片表面的腐蚀产物膜,从酸洗液中取出后立即用蒸馏水冲去表面的残酸,然后放入无水乙醇中浸泡 5 min 清洗脱水,取出试片后用滤纸吸干,置于干燥器中放置 30 min 后用电子天平称重^[7-8]。根据以下公式计算试片的腐蚀速率:

$$v = \frac{87\,600(m_1 - m_2)}{s \rho t}$$

式中 v ——腐蚀速率,mm/a;
 m_1 ——腐蚀前质量,g;
 m_2 ——腐蚀后质量,g;
 s ——试片腐蚀总表面积,cm²;
 t ——腐蚀时间,h;
 ρ ——试片的密度,g/cm³。

1.3 缓蚀剂的性能评价

a)缓蚀剂配伍性测试:针对缓蚀剂的使用条件,把缓蚀剂分别加入到装有 Z81 井气田水、消泡剂(取自 Z81 井)、酸、碱、盐的具塞比色管中,充分摇匀,静置 48 h 观察混合后溶液是否透明、是否出现分层浑浊等现象。其中研究缓蚀剂 CPI-5 与酸(碱、盐)配伍性时,均用蒸馏水作溶剂;

b)模拟工况实验:把缓蚀剂置于模拟温度为 70 ℃,总压为 4.5 MPa,H₂S 分压为 0.4 MPa,CO₂ 分压为 0.4 MPa,Z81 井气田水的高温高压釜中试验 72 h,缓蚀剂加量为 1 g/L;

c)现场试验:对 Z81 井进行了缓蚀剂的现场加注试验,加量为 1 g/L,并在高压岗采出管线汇管处进行了挂片监测,现场腐蚀试片的处理同室内腐蚀试片处理一样。现场 Z81 井工况条件见表 1。

表1 Z81井的基本工况

套压/ MPa	油压/ MPa	H ₂ S 含 量/(%)	CO ₂ 含 量/(%)	井下温 度/℃	产气量/ 10 ⁴ m ³ ·d ⁻¹	产液量/ 10 ⁴ m ³ ·d ⁻¹
4	0.86	8	4.8	88.9	0.61	0.2

2 实验结果与分析

2.1 配伍性试验评估

如表 2 所示,缓蚀剂 CPI-5 分别于 Z81 井气田水、消泡剂(取自 Z81 井)、酸、碱、盐混合后静置存放 48h 均没有分层,无絮状沉淀物产生,与缓蚀剂混溶后,虽然其消泡剂溶液呈现乳白色,但未呈现分层仅仅只是乳化,整个过程中没有产生絮凝等现象,表明缓蚀剂与相关流体的配伍性较好。

表2 缓蚀剂CPI-5的配伍性结果

项目	与缓蚀剂混合前的 水溶液	静置 48 h 后 溶液状态
Z81 井气田水	透明均匀、稳定溶液	透明均匀、无絮凝的溶液,较为稳定
消泡剂	乳白色、均匀、稳定溶液	乳白均匀、无絮凝的溶液,较为稳定
HCl	透明均匀、稳定溶液	透明均匀、无絮凝的溶液,较为稳定
NaOH	透明均匀、稳定溶液	透明均匀、无絮凝的溶液,较为稳定
CaCl ₂ 、MgCl ₂ 、 NaCl	透明均匀、稳定溶液	透明均匀、无絮凝的溶液,较为稳定

2.2 模拟工况实验评估

试片在 70 ℃,总压为 4.5 MPa,CO₂ 分压为 0.4 MPa 的 Z81 井气田水中挂片腐蚀 72 h 结果见表 3,试片表面腐蚀形貌见图 1。表 3 中,挂片的平均腐蚀速率为 0.052 2 mm/a,达到了 GB/T 23258–2009《钢质管道内腐蚀控制规范》“管道及容器内介质腐蚀性评价指标”的中级标准。图 1 所示试片清洗前,表面有一层棕黄色膜层,并且显示较为光亮,用清洗液清洗表面后,表面没有观察到明显点蚀现象,这表明 CPI 缓蚀剂具有良好的缓蚀性能并能抑制点蚀的发生。

2.3 现场应用评估

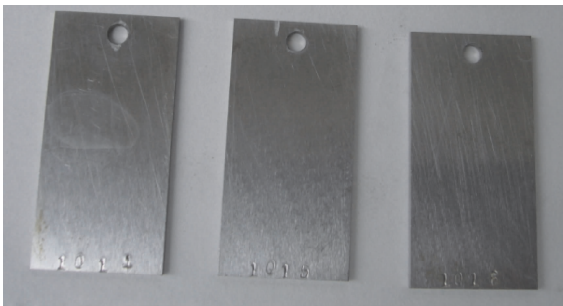
Z81 井加注缓蚀剂挂片结果见表 4,挂片平均腐蚀速率为 0.019 9mm/a,腐蚀速率均控制在 GB/T 23258–2009《钢质管道内腐蚀控制规范》“管道及容器内介质腐蚀性评价指标”的高级标准。图 2 所示经处理后的挂片,表面未出现点蚀和坑蚀等痕迹。现场应用结果表明,缓蚀剂的实际应用效果要优于模拟工况评估,有力证明了实验室模拟工况评估的有效性和必要性。

表3 高温高压实验结果

编号	长/mm	宽/mm	厚/mm	孔径/mm	前重/g	后重/g	失重/g	腐蚀速率/mm·a ⁻¹	平均腐蚀速率/mm·a ⁻¹
1014	50.42	25.02	2.12	4.22	21.216 0	21.208 9	0.007 1	0.058 0	0.052 2
1015	50.40	25.00	2.12	4.22	21.194 2	21.188 1	0.006 1	0.049 9	
1016	50.48	25.10	2.20	4.22	21.346 5	21.340 5	0.006 0	0.048 6	



a) 腐蚀试片处理前的形貌

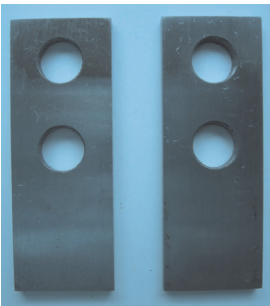


b) 腐蚀试片处理后的形貌

图 1 模拟工况下试片处理前后形貌

表4 现场试验结果

编号	长/mm	宽/mm	厚/mm	上孔径/mm	下孔径/mm	前重/g	后重/g	失重/g	腐蚀速率/mm·a ⁻¹	平均腐蚀速率/mm·a ⁻¹
1	50.60	18.62	2.80	8.10	8.14	18.428 0	18.424 5	0.003 5	0.018 56	0.019 9
2	50.44	18.56	2.76	8.10	8.12	18.403 9	18.399 9	0.004 0	0.021 39	



a) 试片腐蚀前形貌



b) 试片腐蚀后形貌

图 2 Z81 现场测试试片腐蚀前后形貌

3 小结

目前国内很多油气田都应用缓蚀剂进行防腐,不少油气田由于开采工况的变化,需要对现有的缓蚀剂品种进行调整和改进,为此需要建立一套更为完善、严格的缓蚀剂实验室测试和现场应用评估工艺和方法,以保证油气田的生产安全和防腐控制要求。本文以 CPI-5 缓蚀剂在 Z81 井的应用为例,介绍了缓蚀剂在酸性天然气田应用的实例流程,试验工艺和方法都符合 QHSE 体系及安全性要求。

参考文献:

[1] 崔 斌,臧国军,赵 锐. 油气集输管道内腐蚀及内防腐技术[J]. 石油化工设计,2007,24(1):51-54.

[2] 叶 帆,杨 伟. 塔河油田集输管道腐蚀与防腐技术[J]. 油气储运,2010,29(5):354-362.

[3] Okafor P C,Liu X,Zheng Y G. Corrosion Inhibition of Mild Steel by Ethyl-amino Imidazoline Derivative in CO₂-saturated Solution[J]. Corrosion Science, 2009,51(4):761-768.

[4] 舒作静,刘志德,谷 坛. 气液两相缓蚀剂在油气田开发中的应用[J]. 石油与天然气化工,2001,30(4):200-202.

[5] 李 娅,宋 伟,黎洪珍,等. 重庆气矿气井缓蚀剂应用效果分析[J]. 天然气与石油,2006,24(4):54-56.

[6] 彭雪飞,奉浦涌,王 贵,等. 一种曼尼希碱季铵盐缓蚀剂的合成与性能研究[J]. 腐蚀与防护,2010,31(5):345-347.

[7] 王 霞,上官昌淮,胡志强. 2-氨基十七烷基咪唑啉缓蚀剂性能评价[J]. 精细石油化工,2010,27(1):39-42.

[8] 张林霞,袁宗明,王 勇. 抑制 CO₂ 腐蚀的缓蚀剂室内筛选[J]. 石油化工腐蚀与防护,2006,23(6):3-6.