

# 管道防腐层补伤材料密封性能检测研究

陈亚宁<sup>1\*</sup>, 刘治毅<sup>2</sup>, 侯斯腾<sup>2</sup>, 顾文才<sup>1</sup>

(1. 中国石油天然气管道工程有限公司天津滨海分公司, 天津 300457;

2. 中国石油天然气管道局, 河北 廊坊 065000)

**摘要:**介绍了管道防腐层补伤材料密封性能检测方法的建立及其在补伤技术比选研究中的应用情况。通过密封性能试验, 考察了3种不同的补伤材料(黏弹体、冷缠带和补伤片)在2种常用防腐层上(环氧粉末、3LPE)的实际密封情况, 通过详实的数据表征了补伤材料防腐性能的差异, 分析了密封不严的原因。试验结果显示, 该试验方法对补伤材料的选择具有明确的指导作用、技术可行性和可靠性强。

**关键词:**管道防腐层; 密封性能; 补伤材料

中图分类号: U177

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2016)08-0204-03

DOI: 10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2016.08.050

## Measurement of the sealing performance of patch materials for pipeline anticorrosive coating

CHEN Ya-ning<sup>1\*</sup>, LIU Zhi-yi<sup>2</sup>, HOU Si-teng<sup>2</sup>, GU Wen-cai<sup>1</sup>

(1. China Petroleum Pipeline Bureau Tianjin Design Institute, Tianjin 300457, China;

2. CNPC China Petroleum Pipeline Bureau, Langfang 065000, China)

**Abstract:** The methods for measuring sealing performance of patch materials for pipeline anticorrosive coating, and their applications in the comparison and selection of patch technologies are introduced. The actual sealing performance of three kinds of materials (viscoelastic material, polyethylene cold-applied tape, polyethylene repair patch) on two commonly used pipeline coatings (FBE and 3LPE) are studied. The difference of three patch materials in anti-corrosion performance are discussed. Their causes for sealing leakage are also analyzed. The results indicate that this test method can be used to guide the selection of patch materials for pipeline anticorrosive coating.

**Key words:** pipeline coatings; patch materials; sealing ability

油气管道防腐层防腐是管道防腐工作的重要环节,防腐层的质量,尤其是防腐层补伤材料的质量直接关系到整条管线的安全和寿命。据调查,45%的管道破坏是由管道外壁腐蚀引起的,而补伤部位的失效更是占到外壁腐蚀失效的绝大部分。当前,施工现场防腐层补伤质量检测项目主要包括外观、厚度、漏点、剥离强度等常规项目,在某种程度上不能体现补伤位置防腐层的实际质量。而SY/T 0073—2012《管道防腐层补伤材料评价试验方法》只是提供了一种确定钢管防腐层补伤材料性能的加速试验方法<sup>[1-2]</sup>,对目前应用较多的补伤材料(PE补伤片、黏弹体、冷缠带)与3LPE和双层环氧防腐层的密封性问题,目前在国内外均没有具体的试验数据<sup>[3-4]</sup>。因此,有必要通过实验完善补伤材料密封性能的检测方法,充实补伤材料密封性能数据,为管道防腐施工提供合理、科学、快速选择补伤材料以及补伤工艺

的方法和手段。

## 1 密封实验方法

在试件的防腐层(环氧粉末、3LPE)上制造人为缺陷孔,然后用不同的材料(PE补伤片、黏弹体、冷缠带)进行补伤。把带有补伤片的试件悬挂在一种低电阻率的碱性电解质溶液中,试件分别与一个镁阳极相连。除补伤片边界外,试件浸在电解质溶液中的其余部分均绝缘密封,认为电流的唯一通路是补伤材料的边界。通过测量补伤区的电流,即可对比出补伤材料的密封性能。

## 2 实验步骤

### 2.1 试件的准备

(1) 选用直径25 mm、长度300 mm左右的钢管,表面涂敷防腐层。

(2)在试件顶端下面 13 mm 处钻一直径 5 mm 的孔或螺纹孔,供螺钉连接导线。

(3)在试件顶端下面 20 mm 处钻一贯通管子两壁的直径 6 mm 的孔,其轴线垂直于连接线孔。用一直径约为 5 mm 的木定位销钉穿过销钉孔,把试件支撑在试验容器盖板上(见图 1)。

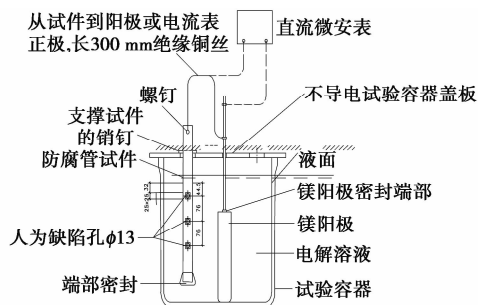


图 1 防腐层补伤材料试验装置

(4)在防腐层上制作人为缺陷孔,孔径 13 mm,并露出金属表面。1 个试件制备 3 个人为缺陷孔,并使其位于一条垂线上,钻孔位置见图 1。

(5)补伤片为 25 mm × 25 mm 的正方形。为使补伤片能均匀、对称地盖住人为缺陷孔的四周,在损伤处轻微划线,以保证补伤片与原防腐层的最小搭接宽度为 6 mm(人为缺陷孔周边到补伤片各边长中点的距离)。划线时注意使每一补伤片的上、下两边处于水平位置。

(6)试件底端采用石蜡堵塞密封,密封好的试件如图 2 所示。试件应在室温下至少进行 12 h 的状态调节,然后浸在电解质溶液中,测试端部漏失电

流,其数值应限制在 1  $\mu$ A 以内。

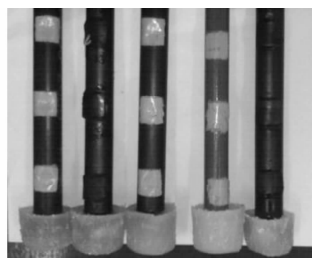


图 2 制作完成的防腐管试件

## 2.2 实验装置

镁阳极与试件的连接方式见图 3,试件补伤面应朝外。当所有试件都悬挂在容器中后,把室温下的电解质溶液倒入容器,直到高出最上边一个补伤片 32 mm 为止。在该液位做出标记。整个试验期间,通过添加蒸馏水维持这个液位。

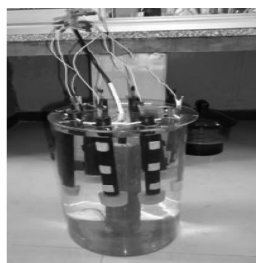


图 3 防腐层补伤材料试验照片

## 2.3 数据测试

密封性能检测测试的数据包括电流最小的试件与电解质溶液之间的电位(相对于饱和铜/硫酸铜参比电极),电解质溶液的 pH、温度、电阻率和补伤片电流(微安值)。

(上接第 203 页)

## 参考文献

- [1] Michalet X, Pinaud F F, Bentolila L A, et al. Quantum dots for live cells, in vivo imaging, and diagnostics [J]. Science, 2005, 307 (5709): 538 - 544.
- [2] Pathak S, Davidson M C, Silva G A. Frontiers/Characterization of the functional binding properties of antibody conjugated quantum dots [J]. Nano Letters, 2007, 7 (7): 1839 - 1845.
- [3] 陈娟, 孙洁芳, 郭磊, 等. 锰掺杂硫化镉量子点室温磷光检测铅离子 [J]. 分析化学, 2012, 40 (11): 1680 - 1685.
- [4] 杜保安, 刘澄, 曹雨虹, 等. ZnS:Mn 量子点作磷光探针定量检测微量汞 [J]. 光谱学与光谱分析, 2014, 34 (4): 1070 - 1074.
- [5] 任呼博, 杨成雄, 严秀平. 微波-超声波辅助合成聚乙烯胺包裹 Mn 掺杂 ZnS 量子点用于室温磷光检测三磷酸鸟苷 [J]. 分析测试学报, 2012, 31 (9): 1042 - 1050.
- [6] 崔建东, 徐子海, 张羽, 等. 奈达铂或顺铂联合氟尿嘧啶诱导化疗加同步放疗治疗局部晚期鼻咽癌近期疗效的对比研究 [J]. 重庆医学, 2013, 42 (12): 1342 - 1344.

- [7] Young R C, Von Hoff D D, Gormley P, et al. cis-Dichlorodiammine-platinum (II) for the treatment of advanced ovarian cancer [J]. Cancer Treatment Reports, 1979, 63 (9/10): 1539 - 1544.
- [8] 张冠中, 焦顺昌, 杨纪华. 培美曲塞单药或联合铂类治疗非小细胞肺癌 86 例分析 [J]. 解放军医学院学报, 2013, 34 (4): 319 - 320.
- [9] Rosenberg B. Noble metal complexes in cancer chemotherapy [J]. Advances in Experimental Medicine & Biology, 1978, 91 (91): 129 - 150.
- [10] Kizu R, Higashi S, Miyazaki M. A method for determining cis-dichlorodiammine-platinum (II) in plasma and urine by high performance liquid chromatography with direct ultraviolet detection [J]. Chem Pharm Bull (Tokyo), 1985, 33: 4614 - 4617.
- [11] 孙舒婷, 马洪敏, 陈欣, 等. 现代分析技术在药物分析中的研究与应用 [J]. 分析测试技术与仪器, 2007, 13 (4): 229 - 235.
- [12] Dan Zhao, Jiaotian Li, Tianming Yang, et al. "Turn off-on" fluorescent sensor for platinum drugs-DNA interactions based on quantum dots [J]. Biosensors and Bioelectronics, 2014, 52: 29 - 35.
- [13] 甘婷婷, 张玉钧, 赵南京, 等. 水热合成巯基乙胺稳定的 CdTe 量子点用于 Cu<sup>2+</sup> 检测 [J]. 光学学报, 2013, 33 (12): 1216003 - 1 - 1216003 - 8. ■

当某试件能测出 1  $\mu\text{A}$  或更大的电流时,从容器中取出该试件,不应碰到试件悬挂孔边沿,用室温下的蒸馏水或软化水慢慢地冲洗试件,除去导电膜,然后缓慢地把该试件重新插入电解质溶液。检测试件上每一补伤片浸入过程中电流的变化,若存在差值,则此差值即是通过该补伤片的漏失电流。

### 3 实验结果与分析

本实验中采用国内管道施工中最常用的环氧粉末和 3LPE 作为主体防腐层,选用 PE 补伤片、冷缠带和黏弹体作为补伤材料。采用含氯化钠、碳酸钠、硫酸钠质量分数各 1% 的溶液作为电解质溶液, pH 11, 镁阳极开路电位 -1.43 V (相对于饱和硫酸铜溶液), 定期测量每个防腐管上 3 个不同位置的漏失电流值。

#### 3.1 环氧粉末防腐层补伤材料的密封性能

采用加强级环氧粉末防腐层,厚度为 500  $\mu\text{m}$ ,补伤材料采用黏弹体。黏弹体本身是一种新型的高性能黏弹性聚烯烃材料,兼具固体胶黏材料和液体胶黏材料的双重特性,补伤操作时直接黏附在钢管破损处,无需底漆。其密封性能如图 4 所示,发现黏弹体与环氧粉末防腐层之间的密封效果较差,实验时间超过 5 个月后,该补伤的漏失电流达到 11  $\mu\text{A}$ , 8 个月后,漏失电流已超过 90  $\mu\text{A}$ 。

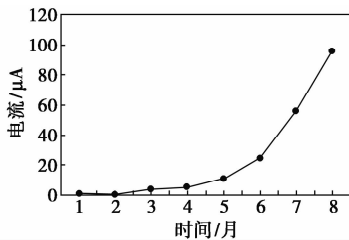


图 4 采用环氧粉末为主体防腐层,黏弹体为补伤材料的密封性能数据

#### 3.2 3LPE 防腐层补伤材料的密封性能

采用普通级 3LPE 防腐层,厚度为 1.8 mm,补伤材料分别为黏弹体、冷缠带和 PE 补伤片。其密封性能数据如图 5 ~ 图 7 所示。通过实验数据可以看出,3 种补伤材料均能很好地黏附在 3LPE 防腐层上,但黏弹体的密封效果略差于冷缠带和 PE 补伤片。

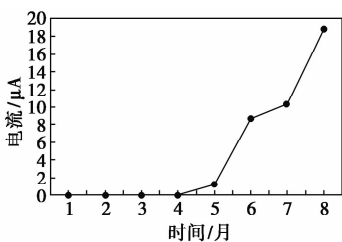


图 5 采用 3LPE 为主体防腐层,黏弹体为补伤材料的密封性能数据

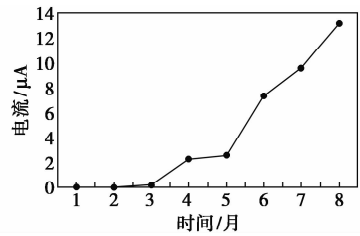


图 6 采用环氧粉末为主体防腐层,冷缠带为补伤材料的密封性能数据

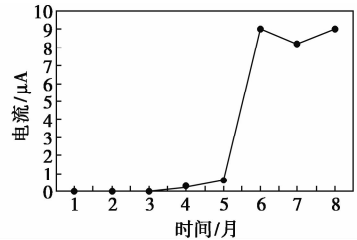


图 7 采用环氧粉末为主体防腐层,补伤片为补伤材料的密封性能数据

封性能数据如图 5 ~ 图 7 所示。通过实验数据可以看出,3 种补伤材料均能很好地黏附在 3LPE 防腐层上,但黏弹体的密封效果略差于冷缠带和 PE 补伤片。

### 4 结论

(1) 采用环氧粉末和 3LPE 作为主体防腐层,选用 PE 补伤片、冷缠带和黏弹体作为补伤材料进行密封性能检测,结果表明,3 种补伤材料均与环氧粉末防腐层、3LPE 防腐层密封良好,但黏弹体的密封效果略差于冷缠带和 PE 补伤片。

(2) 漏失电流检测法可以将不同类补伤材料在相同实验条件下进行对比实验,影响因素少,检测结果可靠性强。

(5) 该密封性能检测实验方法与其他室内管道防腐层补伤质量检测方法相比,采用管状试件,更接近现场工况,可以科学全面地为管道防腐层防腐提供选择补伤材料以及补伤工艺的方法和手段。

### 参考文献

[1] ASTM G 55—07. Standard test method for evaluating pipeline coating patch materials[S].  
 [2] SY/T 0073—2012. 管道防腐层补伤材料评价试验方法[S].  
 [3] 刘文军,梁一彪. 密封性试验方法在补口技术比选中的应用[J]. 油气储运,2003,22(5):38-42.  
 [4] 蒋爱国,杨惠谷,蒋向红. 管道防腐层现场补口及补伤工艺探索[J]. 上海煤气,2004,20(2):18-20. ■