



中华人民共和国国家标准

GB/T 31405—2015

管道耐蚀涂敷层高温阴极剥离试验方法

Standard test method for cathodic disbonding of pipeline
coatings subjected to elevated temperatures

2015-05-15 发布

2015-10-01 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

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则编写。

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:中国石油管道科技研究中心、中国石油管道学院、浙江永固为华涂料有限公司、中国工业防腐蚀技术协会、青岛大仓管道防腐保温器材有限公司。

本标准主要起草人:侯宇、冯少广、刘玲莉、李济克、王德增、李荣光、赵国星、林荣芳、李桂芝、金辉、高扬、张景远、张国楨。

管道耐蚀涂敷层高温阴极剥离试验方法

1 范围

本标准规定了评价管道外防腐层耐高温阴极剥离性能的加速试验方法。

本标准适用于具有阴极保护且运行温度高于常温的埋地管道绝缘外防腐层耐高温阴极剥离性能的对比测试。

本标准给出了对浸没或全部浸泡在高温溶液中的防腐层阴极剥离性能的测试方法。若试件要求在室温下测试,可采用 SY/T 0037。若试件不能浸没或浸泡时,可采用 SY/T 0094。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的引用是必不可少的。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。

SY/T 0037 管道防腐层阴极剥离试验方法

SY/T 0066 钢管防腐层厚度的无损测量方法(磁性法)

SY/T 0094 管道防腐层阴极剥离试验方法 粘接电解槽法

3 方法概述

3.1 试验开始前,在防腐层上制造人为缺陷孔,然后把试件浸入到电解质溶液中,将试件与直流电源的负极相连,电源的正极与辅助阳极相连,对试件施加一定的电压,通过加热装置保证试验在恒定高温情况下进行。

3.2 试验过程中定期测试试验回路中的电流及试件相对参比电极的电位,定期观察试件防腐层的剥离情况,试验结束后测量防腐层的剥离面积,对试验结果进行评定。

4 试验装置

4.1 测试容器

采用不与电解质溶液反应且能够承受试验温度的材料制作容器,并适应于电解质溶液的循环。通常使用直径约为 300 mm、高度约为 300 mm、容积不小于 19 L 的圆柱形玻璃容器,容器底部平坦以适应磁性搅拌棒转动。容器的尺寸应满足以下要求:

- 试件应在容器内垂直悬挂,其下端与容器底部距离不小于 25 mm;
- 试件相互之间间隔应不小于 38 mm,垂直悬挂辅助阳极与每个试件等距离放置,并且不低于试件间距;
- 试件距容器侧壁的距离不小于 13 mm;
- 电解质溶液的深度应确保试件浸入其中,并符合 6.2 的相关规定;
- 参比电极可放置在距试件和阳极间距不少于 38 mm 容器内的任意位置。

4.2 辅助阳极

应采用消耗率低的金属,且连有经工厂密封的绝缘铜导线。

4.3 导线

横截面积大于 2 mm^2 的绝缘铜导线用于连接辅助阳极与试件。应将其焊接在试件的非浸泡端,且焊接位置用绝缘材料包覆。导线上可以有接头,但应通过焊接或机械卷边的方法与焊接片连接在一起。

4.4 人为缺陷制作工具

使用普通钻头来制造人为缺陷,其直径应符合 6.4 的相关规定。制备小管径(如直径为 19 mm)试件时,为防止管道的金属壁穿孔,可使用前端被磨平的钻头。在进行物理检测时,要求使用带有安全手柄的锋利小刀。

4.5 万用表

4.5.1 万用表 1:内阻阻值不低于 $10\text{ M}\Omega$,测量范围为 $0.01\text{ V}\sim 5\text{ V}$,用于试件附加电压的测量(相对于参比电极)。

4.5.2 万用表 2:内阻阻值不低于 $11\text{ M}\Omega$,能在试验回路上测量出低至 $10\text{ }\mu\text{V}$ 的电压降。

4.5.3 万用表 3:用于对防腐层表观电阻的初步测试。

4.6 参比电极

采用饱和甘汞参比电极。

4.7 温度计

两支水银温度计,精度为 $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ 。把其中一支温度计完全浸入,用于测量容器底部附近的温度;另一支温度计部分浸入,用于测量容器顶部附近的温度。

4.8 加热器

带有内置的磁力搅拌器或类似装置,用于加热和搅拌电解质溶液。加热器可调,可将测试容器内部温度控制在设定温度 $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ 的范围内。另外一种加热试件方法是内部加热,可以使用导热材料(油、钢屑等)将管件填满。将热电偶或者温度计以及加热器放置在导热介质中,亦可有效地控制试件温度。

4.9 稳压直流电源

能够提供电压在 $1.50\text{ V}\pm 0.01\text{ V}$ 的稳压条件,该电压为试件与参比电极之间的电压。

4.10 磁性测厚仪

按 SY/T 0066 测量防腐层厚度。

4.11 标准电阻

$1\text{ }\Omega\pm 0.01\text{ }\Omega$,功率不小于 1 W ,用于电流回路分流。

4.12 变阻器

可采用 $100\text{ }\Omega$ 的绕线电位器,功率不小于 25 W 。

4.13 碳或者不锈钢电极

临时使用,配合电压-电阻表测定试件漏点处的初始状态。

4.14 附加连接线

横截面积大于 2 mm^2 , 绝缘铜导线。

4.15 铜质接线柱

用在终端配电板上, 与弹簧线夹或者闸刀开关一起使用, 作用是接通或者切断电路。弹簧线夹不能用于连接位于测试电解槽顶部位置上的电极或者试件。

4.16 平面求积仪

精度 0.5% 。

5 试剂与材料

5.1 电解质溶液: 由可供饮用的自来水或者纯净度比较高的水(蒸馏水或者去离子水均可)配制的含工业级氯化钠、硫酸钠以及碳酸钠各 1% (质量分数)的溶液。

注: 在室温条件下, 溶液的 pH 值应 ≥ 10 , 电阻率为 $25\ \Omega \cdot \text{cm} \sim 50\ \Omega \cdot \text{cm}$ 。

5.2 管件端部密封材料: 可用沥青产品、石蜡、环氧树脂或者其他材料, 包括能够长期耐受测试温度的模塑弹性体或者塑料管帽。

5.3 胶合板: 适用于制作非导电性的容器盖, 并且适合作为试件和电极的支座。木钉可用于悬挂从容器盖子通过小孔插入的试件。

6 试件

6.1 试件应取自带有防腐层的管道上具有代表性的一段, 其一端应加以密封。

6.2 试件的测试面积为底部密封的上边缘到浸没线之间的面积。底部密封面积不应视为被测面积的一部分。试件可选用适当直径和长度的防腐层管段, 但浸没面积应不少于 $23\ 200\text{ mm}^2$, 以 $92\ 900\text{ mm}^2$ 为宜。

6.3 在制造人为缺陷前, 应该依据下述方法对防腐层的漏点以及末端密封的有效性进行测试: 把试件以及碳或者不锈钢电极浸入到电解质溶液中, 将万用表的一端与试件相连, 另一端连接到碳或者不锈钢电极上, 测量试件防腐层的表观电阻, 然后将万用表的接头对调再测一次, 并记录测试结果。两次测量得到的表观电阻值不应小于 $1\ 000\text{ M}\Omega$, 但试验也可在低于 $1\ 000\text{ M}\Omega$ 的情况下进行, 在进行结果评估时应考虑试验条件。

6.4 在试件的浸泡段中部钻一个径向的人为缺陷孔并记录其直径, 钻孔时要使钻头的锥部完全进入钢管壁, 且锥部边缘与钢管外表面平齐, 钻头直径应不小于防腐层厚度的 3 倍, 且不得小于 6 mm 。管壁不应钻透。对于小口径的管道, 有可能被打穿, 应先用一个标准 60° 钻头开钻, 然后用已经磨掉锥形尖的钻头完成。

6.5 在浸没线之上的管端, 应带有正确的支撑方式和单独的导线, 以用来通电、焊接或者在管道上作记号。凸出浸没线的端部, 包括挂钩以及导线连接装置, 应用绝缘材料保护并密封。

7 试验步骤

7.1 将试件浸入电解质溶液中, 并与阳极连接, 单试件按图 1 连线, 多试件按图 2 连线。缺陷孔应正对或背对阳极。

7.2 调节直流电源或变阻器,使试件与饱和甘汞参比电极之间的电位 E_2 在测试温度条件下保持在 $-1.50\text{ V} \pm 0.01\text{ V}$ 范围内,参比电极仅在测量时浸入电解质溶液中。

7.3 采用加热和搅拌装置使电解质溶液在 $4\text{ h} \pm 1\text{ h}$ 内达到试验温度,试验过程中从电解液表面到底部的温度波动应控制在 $\pm 3\text{ }^\circ\text{C}$ 之内。

7.4 人为缺陷孔有可能全部或部分被试验期间所形成的杂质或盐类沉积物堵塞,试验过程中不需要进行清除。

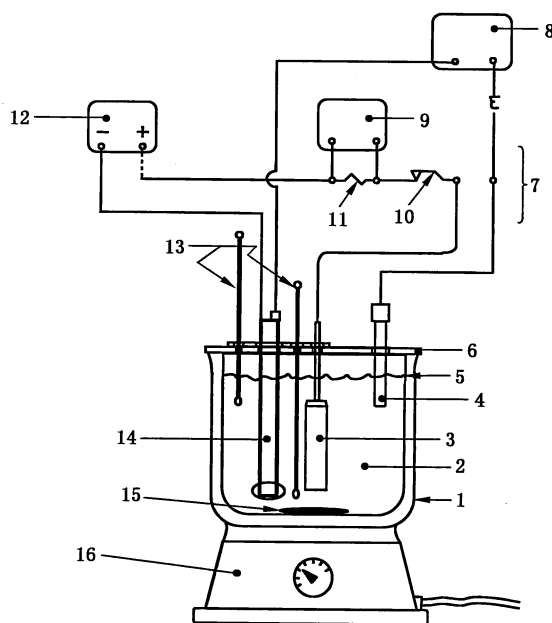
7.5 在测试容器的外部标示出浸没线的位置,每日添加经预热过的蒸馏水或者去离子水以保持液面高度。

7.6 试验自开始之日起宜每天进行电位和电流测量;最多连续停测 3 d,然后应连续监测 2 d;停测 1 d 或连续停测 2 d 后,应至少测量 1 d。在开始和结束阶段,应分别连续测量 3 d 和 2 d。

7.7 试验开始的测量值应取试件浸泡后第二天和第三天测量结果的平均值,试验中间和结束阶段的测量值应取当日和前一测量结果的平均值。

7.8 试验过程中应进行以下测量与调整:

- a) 试件与参比电极间的电位 E_2 :测量时不断开阳极或试件的电路,用万用表进行测量。 E_2 在试验过程中应始终保持在 7.2 规定的电位值,否则应进行调整。
- b) 试件和阳极间的电流 I_1 :在对 E_2 进行测量和调整之后,可通过安装在测试回路中的万用表测量 $1\text{ }\Omega$ 标准电阻上的电压降来确定 I_1 。



说明:

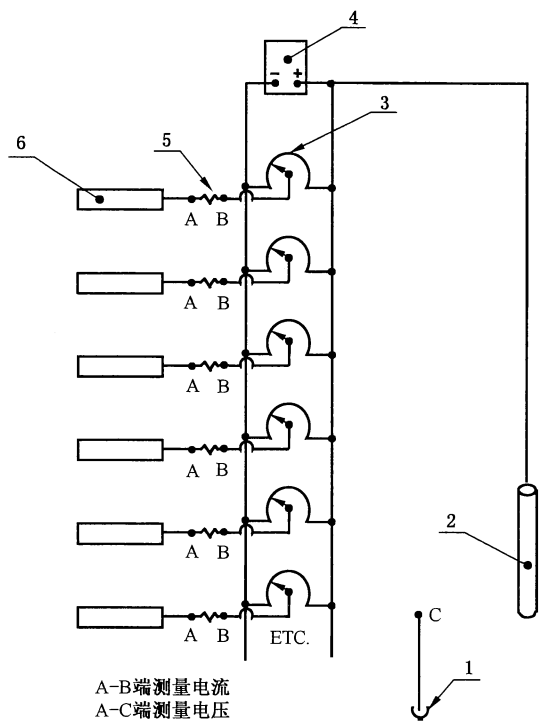
- 1——玻璃容器;
- 2——电解质溶液;
- 3——阳极;
- 4——参比电极;
- 5——浸没线;
- 6——试验容器塑料盖板;

- 7——接线板;
- 8——万用表 1;
- 9——万用表 2;
- 10——鳄鱼夹或刀闸;
- 11—— $1\text{ }\Omega$ 电阻;
- 12——直流电源;

- 13——温度计;
- 14——试件;
- 15——磁子;
- 16——磁性搅拌加热器或等效装置。

注:对于在相同测试容器中的多个试件,如图 2 所示,应使用变阻箱调节。

图 1 高温阴极剥离试验的测试装置图



说明：

1——参比电极；

2——阳极；

3——100 Ω ，25 W 变阻器(分压)；

4——直流电源；

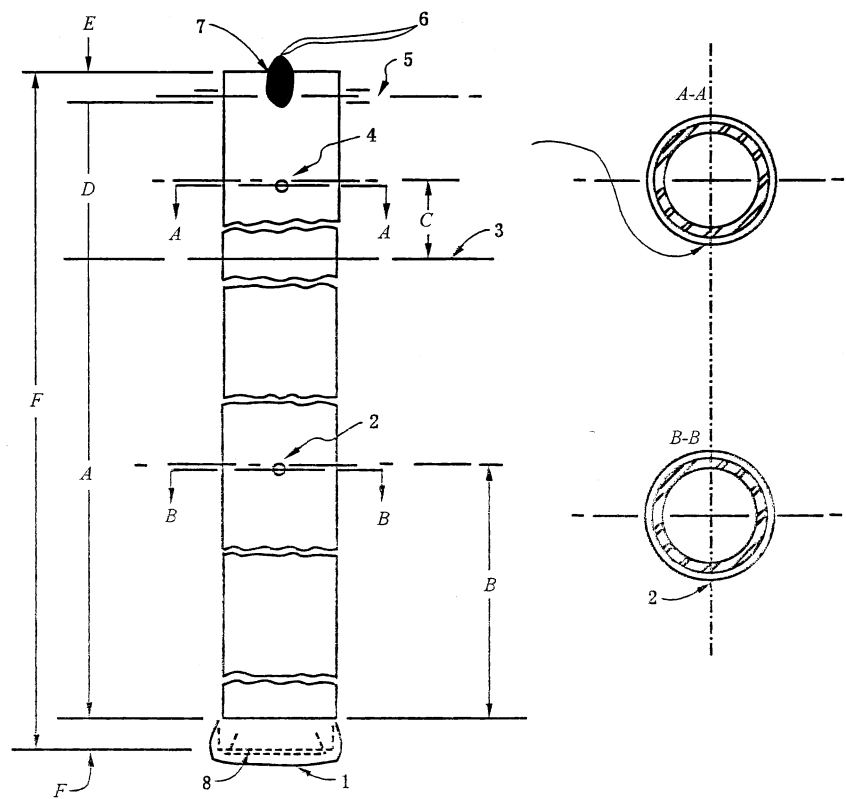
5——1 Ω 标准电阻，精度 $\pm 1\%$ ；

6——试件。

注：将直流电压调至 3 V 以下，然后调节每个分压器使 A-C 间电压为 1.5 V。

图 2 阴极剥离试验的电流图

单位为毫米



| A | E | C | D | E | F |
|--------------|--------------|-------------|----------|--------|------|
| 490.22±12.70 | 245.11±12.70 | 114.30±6.35 | ≥233.363 | ≥19.05 | ≥762 |

说明：

- 1——密封底端；
- 2——人为缺陷孔；
- 3——浸没线；
- 4——对比孔；
- 5——销钉孔；
- 6——连接线；
- 7——密封导线接头；
- 8——塞子或盖子。

图 3 试件制备及安装示意图

c) 极化电位 E_1 :将万用表一端接参比电极,另一端接试件,断开阳极和试件的连接线,严密注视电压表,随着读数的下降,它在极化处有明显的停顿,此时的电压值就是 E_1 。

7.9 测试周期一般为 30 d,包括预热和冷却时间,也可规定更长的测试周期。

7.10 试验结束后应按如下步骤,立即进行物理检查:

- a) 检查前,首先用接近室温的自来水仔细地清洗试件,不应损坏可见的防腐层破损处。
- b) 目测整个浸入区域,检查是否出现新漏点,以及所有漏点(包括人为缺陷孔)边缘防腐层的松脱情况。

- c) 采用图 3 所推荐的各部分尺寸,按照 6.4 中人为缺陷孔的钻孔方法,在防腐层上钻一个对比孔。
- d) 在对比孔中心用锋利的小刀通过缺陷孔中心米形交叉切透防腐层,然后用小刀的刀尖挑拨防腐层。根据挑起的难易程度把浸泡区防腐层与钢管表面的粘接状态分为:不能挑起、难于挑起和挑起三种情况。
- e) 使用和 d) 相同的方法,在浸泡区人为缺陷孔处通过中心米形交叉切透防腐层,然后尝试用刀尖撬起防腐层,相比对比孔更易挑起或剥离的防腐层面积即为剥离区域。
- f) 将透明坐标纸罩在人为缺陷孔上,画出挑起区域的轮廓,用平面求积仪求得人为缺陷孔的挑起面积,也可通过数坐标纸方格的方法计算出挑起面积。用同样方法求出对比孔的挑起面积,两者之差即为剥离面积。

8 报告

试验报告应该至少包括下列资料(参见附录 A):

- a) 试件的全部标识,包括:
 - 防腐层的名称与编号;
 - 钢管的尺寸;
 - 防腐管段来源、生产日期及批号;
 - 防腐层厚度的最大值和最小值;
 - 浸没区域;
 - 初始人为缺陷孔的尺寸与数量;
 - 试验开始和结束测试的日期。
- b) 试件的有关电阻,用 Ω 表示,在制造人工缺陷之前进行测量。
- c) 测试结束时的剥离面积,用 mm^2 或当量圆直径 mm 表示,或者两者同时使用。
- d) 在试验开始、中间和结束时,提供如下测量结果:
 - 电流 I_1 ,用 μA 或 $-\lg I_1$ 表示(I_1 以 A 为单位);
 - 电位 E_2 和电位 E_1 的差值, $\Delta E = E_2 - E_1$;
 - 试验开始到结束时 ΔE 、 I_1 或 $-\lg I_1$ 的变化值;
- e) 每个工作日大约同一时刻电解液的温度。
- f) 其他可能相关的资料。

9 精确度与偏差

9.1 对于从带有同一种防腐层的管道上取下的两个相邻的试件来说,精确度是有限制的。假设管道表面条件和防腐层材料在生产过程中都是一样的,在相同生产条件下的不相邻试件,或者是从管道的不同长度下取下的试件,都可以代表不同的生产过程情况。重复性和再现性可以用来评判结果的可接受性(这些精确度数据都是以有限数据为基础的近似值,但是它们为判断结果的重要性提供了合理的基础)。

9.2 重复性(r):由同一操作者在同一实验室,使用本标准试验方法,对同一种试件测得的两次结果,依据式(1)计算出的当量圆直径 D 不大于 25 mm,且得到的 $-\lg I_1$ 相差不大于 1。

$$D = (A/0.785)^{1/2} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

D ——当量圆直径,单位为毫米(mm);

A ——剥离面积,单位为平方毫米(mm^2);

0.785 ——公式推导产生的系数。

9.3 再现性(R):由不同操作者在不同实验室对同一种试件测试的结果,依据式(1)计算出的当量圆直径 D 不大于 25 mm,或不同实验室得到的 $-\lg I_1$ (I_1 以 A 为单位)相差不大于 1。

附 录 A
(资料性附录)

管道防腐层高温阴极剥离测试数据记录表

报告编号: _____ 第 ____ 页, 共 ____ 页

样品名称: _____ 生产日期: _____ 测试温度: _____ 电解质: _____

防腐层种类: _____ 生产批号: _____

委托方: _____

试验开始日期: _____ 试验结束日期: _____

人为缺陷孔处防腐层厚度(mm): 最大 _____ 最小 _____ 平均值: _____

人为缺陷孔直径(mm): _____

人为缺陷孔位置: (1) _____ (2) _____ (3) _____

测试面积(mm²): _____ 初始表观电阻值: 正接 _____ MΩ 反接 _____ MΩ

| 日期 | 测试持续时间 | 电解质溶液温度 ℃ | E_1 V | E_2 V | I_1 μA | $\Delta E = (E_2 - E_1)$ V | 平均值 | | |
|------------------|--------|--------------|-----------------------|------------|------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------------|------------------|
| | | | | | | | ΔE V | I_1 μA | $-\log I_1$ A |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 从试验开始到结束参数测量值的变化 | | | | | | | | | |
| 试验结束时物理检查 | | | | | | | | | |
| 测试结果 | | | 面积 mm ² | | | 当量圆直径 D mm | | | |
| 人为缺陷挑起面积 | | | | | | | | | |
| 对比孔挑起面积 | | | | | | | | | |
| 剥离面积 | | | | | | | | | |
| 结论 | | | | | | | | | |

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
管道耐蚀涂敷层高温阴极剥离试验方法
GB/T 31405—2015

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)
网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235
读者服务部:(010)68523946
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 19 千字
2015年3月第一版 2015年3月第一次印刷

*

书号: 155066·1-50815 定价 18.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 31405-2015