

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 0037—2012

代替 SY/T 0037—1997

管道防腐层阴极剥离试验方法

Test methods for cathodic disbonding of pipeline coatings

(ASTM G8: 2003, MOD)

2012—01—04 发布

2012—03—01 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 概述	1
4 试剂和材料	2
5 仪器和设备	2
6 试件	3
7 试件准备	3
8 方法 A 的步骤	5
9 方法 B 的步骤	5
10 试验报告	8
11 精度与偏差	8
附录 A (资料性附录) 管道防腐层阴极剥离试验的数据表	9

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准代替 SY/T 0037—1997《管道防腐层阴极剥离试验方法》。与 SY/T 0037—1997 相比，除编辑性修改外，主要技术变化如下：

- 修改了前言；
- 增加了 ASTM G8: 1996 (2003 确认) 中 1.2 的内容 (见第 1 章, 1997 年版的第 1 章)；
- 标题“引用标准”改为“规范性引用文件”，引入 GB/T 1.1 的导语，增加了相关的引用标准 (见第 2 章, 1997 年版的第 2 章)；
- 合并了 1997 年版的第 3 章和第 4 章，并删除了 1997 年版的 3.5；
- 将“钻头直径应大于防腐层厚度的三倍，且不得小于 6mm”修改为“钻头直径应大于防腐层厚度的三倍，且不得小于 6.4mm” (见 6.2, 1997 年版的 7.2)；
- 将“……但浸没面积不应小于 $2.3 \times 10^4 \text{ mm}^2$ ，条件许可时，以 $9.3 \times 10^4 \text{ mm}^2$ 的面积最为适宜”改为“……但浸没面积不应小于 23227 mm^2 ，以 92900 mm^2 的面积最为适宜” (见 6.5, 1997 年版的 7.4)；
- 修改了人为缺陷孔的位置 (见图 3 和图 4, 1997 年版的图 2 和图 4)；
- 修改了电位值，将“ $-1.45 \text{ V} \sim -1.55 \text{ V}$ (CSE)”改为“ $-1.38 \text{ V} \sim -1.48 \text{ V}$ (饱和甘汞电极)” (见 5.1.2 和 8.2, 1997 年版的 6.1 和 9.2)；
- 将 1997 年版的公式 (1) 移到了 11.3 中 (见 11.3, 1997 年版第 11 章)；
- “精密度”改为“精度与偏差” (见第 11 章, 1997 年版第 12 章)；
- 1997 年版的附录 A (标准的附录) 改为附录 A (资料性的附录) (见附录 A, 1997 年版的附录 A)。

本标准是以美国材料试验学会 ASTM G8: 1996 (2003 确认)《管道防腐层阴极剥离性能试验方法》为基础形成的标准，与 ASTM G8: 1996 (2003 确认) 的一致性程度为修改。

本标准由中国石油管道学院负责解释。在执行过程中，请各单位结合工程实践，认真总结经验，注意积累资料，如发现本标准有需要修改和补充之处，请将意见和建议寄到中国石油管道学院 (地址：廊坊市爱民西道 90 号，邮编：065000)。

本标准由石油工程建设专业标准化委员会提出并归口。

本标准起草单位：中国石油管道学院。

本标准参编单位：中国石油管道科技研究中心。

本标准主要起草人：李桂芝、王营、苏丽珍、王德增、成显辉、陈建忠。

管道防腐层阴极剥离试验方法

1 范围

- 1.1 本标准规定了测定管道防腐层阴极剥离性能的加速试验方法。
- 1.2 本标准适用于施加阴极保护的埋地管道绝缘外防腐层阴极剥离对比性能的测定。
- 1.3 本标准可用于室温下检验浸泡溶液中的防腐层，若试件不能放入溶液，可采用 SY/T 0094。
- 1.4 本标准包括方法 A 和方法 B 两种试验方法，可自由选择，但应在试验报告中注明。

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。

SY/T 0066 钢管防腐层厚度的无损测量方法（磁性法）（SY/T 0066—1999，ASTM G12：1992，MOD）

SY/T 0094 管道防腐层阴极剥离试验方法（粘结电解槽法）（SY/T 0094—1999 ASTM G19X/ASTM G95：1992，MOD）

3 概述

3.1 意义和用途

3.1.1 在管道的运输和敷设过程中，几乎不可避免地会损坏防腐层。管道埋地后，由于土壤电解质的作用，管道防腐层在破损处就有可能受到腐蚀。正常的土壤电位以及施加的阴极保护电位，都会使防腐层在漏点处产生剥离。本试验方法提供了一种使防腐层产生加速剥离的条件，用来测定防腐层的抗阴极剥离性能。

3.1.2 试验结果可通过直观检查或通过监测试件的电流来得出，通常这两种方法之间没有相关性，但两种方法都很重要。传统直观检查方法是由观测到的相对黏结能力的差异，来评价防腐层和金属表面的有效黏结强度。受电应力的影响，漏点范围会扩展到试件防腐层与金属表面有效黏结的边缘而停止，与监测结果有关的假设包括：

- a) 采用剥离技术，对未浸泡的新制作对比孔处的防腐层进行松脱或剥离，该处的附着力代表测量时最大的附着力或黏结力。而在浸泡区域的检测孔上，使用同样的剥离技术，提供了一种比较防腐层抗剥离性能的方法。
- b) 在浸泡区域防腐层的检测孔上，任何相对黏结力较小的区域都是由电应力引起的，而不是由于涂敷工艺所造成的。抗阴极剥离能力是在比较的基础上得出的理想性能。但在这个试验里，剥离本身不一定就是一项不利的指标。由于目前通用的所有绝缘类型的防腐层都在某种程度上发生剥离，因此，这项试验的优点就在于提供了将一种防腐层与另一种防腐层相互比较的手段。黏结强度对某些防腐层的固有特性来说，比其他性能更重要，而两种不同的防腐层即使具有相同的剥离，也不意味着他们丧失了相同的防腐能力。
- c) 试验电路中的电流密度值是判断防腐层剥离强度的相对指标。而这种试验的电流密度值通常

要比土壤环境中阴极保护所需要的大得多。

3.2 方法概述

3.2.1 本标准的两种方法中,试件浸入高导电的碱性电解液中,防腐层受到电应力的作用。电应力可通过镁阳极或强制电流装置而获得。在开始测试前,防腐层应钻人为缺陷孔。

3.2.2 在方法 A 里,用镁阳极提供试件与阳极间的电位差,且在试验期间无需电参数监控。在试验周期结束后,其试验结果用直观检查方法确定。

3.2.3 在方法 B 里,镁阳极或强制电流装置均可使用。但应测量电路中的电流及电位,并在试验周期结束时直观检查试件。

3.2.4 无论使用哪种方法,其直观检查都是通过比较试件浸泡区域人为缺陷孔和未浸没区域的新制作的对比孔处防腐层的松脱和剥离程度来实现的。

4 试剂和材料

4.1 电解液:用自来水加入质量分数各为 1% 的工业纯无水氯化钠、无水硫酸钠、无水碳酸钠配制而成,且必须现用现配。

4.2 试件的端头密封材料:可采用沥青制品、石蜡、环氧树脂或其他材料,包括模铸的合成橡胶或塑料端帽。

4.3 试验槽盖板:可用胶合板或塑料板制作。盖板上应留有供试件、阳极等穿过的孔,穿过试件顶部孔的木制销钉应将试件悬挂在槽盖上。

5 仪器和设备

5.1 方法 A 和方法 B 共用的仪器和设备

5.1.1 试验槽:用不导电材料制作的非金属槽或内衬为不导电材料的金属槽。槽的尺寸应满足以下要求:

- 试件应在槽内垂直悬挂,其下端与槽底的距离应不小于 25mm。
- 试件之间、试件与阳极及槽壁之间以及参比电极与阳极之间的距离应不小于 38mm。
- 按 a)、b) 和 6.5 的要求确定试验槽的容积,且槽的高度应能使试件的测试段浸入电解液中。

如果按照方法 B,使用电监控,可将参比电极放置在槽内任何位置,它与试件、与阳极的距离应不小于 38mm。

5.1.2 镁阳极:由镁合金制成,在按 4.1 配制的电解液中,其电位应 $-1.38\text{V} \sim -1.48\text{V}$ (饱和甘汞电极) 之间。阳极表面积不得小于全部试件浸没面积的 $1/3$,镁阳极的端头应伸出试验槽盖板。

5.1.3 连接线:线芯标称截面不小于 2mm^2 的绝缘铜导线。

5.1.4 钻孔和直观检查的工具:钻孔用普通钻头,直径按 6.2 的规定;直观检查用带安全柄的尖刀。

5.1.5 直流电压表:测量相对于参比电极的电位,内阻大于 $10\text{M}\Omega$,量程 $0.01\text{V} \sim 5\text{V}$ 。

5.1.6 参比电极:铜/硫酸铜(饱和)电极,直径不宜超过 19mm,其相对于标准氢电极的电位为 -0.316V ,也可使用饱和甘汞电极,但必须将观测到的读数加上 -0.072V ,以换算成相对于铜/硫酸铜(饱和)电极的数值。

注:在本标准中规定:以标准氢电极作为阴极、以给定电极作为阳极组成原电池,此电池的电动势为给定电极的电极电位。按此规定,铜/硫酸铜(饱和)电极和饱和甘汞电极相对于标准氢电极的电位均为负值。

5.1.7 磁性测厚仪:测量范围为 $1\mu\text{m} \sim 20\text{mm}$,精度为量程的 $\pm 2\%$ 。

- 5.1.8 水银温度计：量程为 $0^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ ，最小分度值为 1°C ，浸没深度 76mm 。
5.1.9 平面求积仪：精确度为 0.5% 。

5.2 方法 B 中增加的仪器和设备

- 5.2.1 直流电压表：内阻大于 $10\text{M}\Omega$ ，分辨率 $10\mu\text{V}$ 。
5.2.2 标准电阻： $1\Omega\pm 0.01\Omega$ ，功率不小于 1W 。
5.2.3 兆欧表：额定输出电压小于 1000V ，量程为 $0\text{M}\Omega\sim 2000\text{M}\Omega$ 。
5.2.4 金属电极：可采用不锈钢电极。
5.2.5 黄铜接线柱：接线柱的直径不应小于 6mm 。
5.2.6 零阻电流表：该表应能测出 $10\mu\text{A}$ 以下的直流电流。
5.2.7 直流稳压电源：可提供试件和参比电极之间实测到的恒定在 $(3\pm 0.01)\text{V}$ 的电压。
5.2.8 辅助阳极：应采用低消耗率的金属阳极，用密封的绝缘铜导线连接，或将阳极上端伸出槽盖外。
5.2.9 变阻器： 100Ω ， 25W 的绕线电位器，用于如图 6 所示的多个试件的检测。

6 试件

- 6.1 试件应取可代表工业生产情况的防腐管，其中一端应封堵或使用端帽加以密封。
6.2 每个试件上应钻一个或三个人为缺陷孔，推荐采用三个孔。图 1 标明了试件的推荐尺寸。单孔试件应将孔钻在浸没段的中间；如钻三个孔，孔的方位应各相差 120° ，中孔钻在浸没段的中间，另外两个孔分别位于距离浸没线和试件底端 $1/4$ 处。每个孔要钻到使锥部完全进入钢管壁，且锥部边缘与钢管外表面齐平。钻头直径应大于防腐层厚度的三倍，且不得小于 6.4mm 。管壁不得钻透。对于小口径的试件，可先用一个标准 60° 的钻头开钻，最后用平头钻头来完成。
6.3 伸出试验槽盖板的管端可用穿上端孔的销钉支撑，并连有单独的导线供电测用。所有连接点应采用锡焊、铜焊或螺栓牢固连接，并用绝缘材料保护和密封。

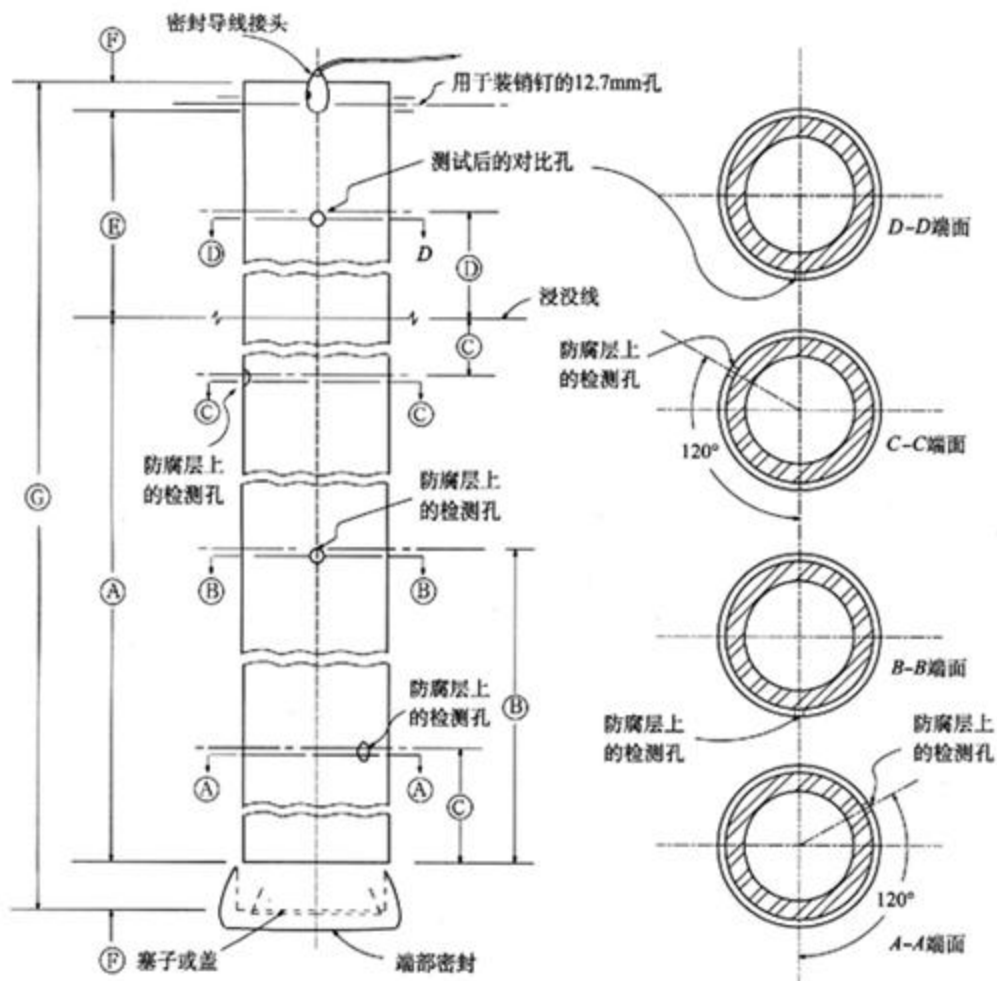
注：在制作人为缺陷孔之前，请参看 7.1 的要求。

- 6.4 如有露出液面的管段，要有合适的支撑，并连有单独的导线用于电测。所有连接点用锡或铜焊牢，或者将导线拴接到管端上。伸出槽外的管端包括支架和导线连接的伸出端。均用绝缘防腐材料保护和密封。
6.5 从试件端部密封边缘到浸没线之间的面积为测试面积，端部密封区域不应视作测试面积。试件可选用适当直径和长度的防腐管，但浸没面积不应小于 23227mm^2 ，以 92900mm^2 的面积最为适宜。

7 试件准备

- 7.1 在制作人为缺陷孔之前，应按下列做法检验防腐层的连续性和端盖密封的有效性。
7.1.1 把试件与金属电极浸没于电解液中，将兆欧表的一端与试件连接，另一端接到金属电极上，测出试件的表观电阻，然后将兆欧表的接头对调再测一次，并记录测试结果。
7.1.2 将试件与兆欧表断开，浸没 15min ，然后按 7.1.1 的要求再测试件的表观电阻。
7.1.3 若试件 15min 后的表观电阻明显减小，则表明防腐层或端部密封有漏点。如漏点在防腐层上，则试件应报废；如漏点在端部密封处，则应修补。修补完毕再按 7.1.1 和 7.1.2 的要求重新测试。
7.1.4 浸没 15min 后的最低电阻值不宜小于 $1000\text{M}\Omega$ 。如表观电阻在浸没 15min 前后的测试中均保持小于 $1000\text{M}\Omega$ 的稳定值，可以认为防腐层不存在裂缝或缺陷，试件仍可使用。试验报告中应列出

所有的电阻测试值。



图中编号	推荐尺寸 mm
Ⓐ	490.22 ± 12.70
Ⓑ	245.11 ± 12.70
Ⓒ	120.65 ± 6.35
Ⓓ	120.65 ± 6.35
Ⓔ	≥ 233.36
Ⓕ	≥ 19.05
Ⓖ	≥ 762

图1 试件的推荐尺寸

7.2 按 SY/T 0066 的规定测量试件防腐层的厚度，记录防腐层厚度的平均值、最小值和最大值以及每个人为缺陷孔处的防腐层厚度。

7.3 记录人为缺陷孔的原始直径。

8 方法 A 的步骤

8.1 按图 2 所示将试件与阳极浸入电解液中并连接起来，中间缺陷孔或单个缺陷孔应背向阳极。在试验槽上标明浸没线的位置，每天加水保持液位。电解液的温度应保持在 $21^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ 之间。

8.2 在试验开始和结束前，应测量试件和参比电极之间的电位测试时采用图 2 所示的临时接线，其电位值应在 $-1.38\text{V}\sim -1.48\text{V}$ (饱和甘汞电极) 之间。参比电极仅在测量时浸入电解液中。

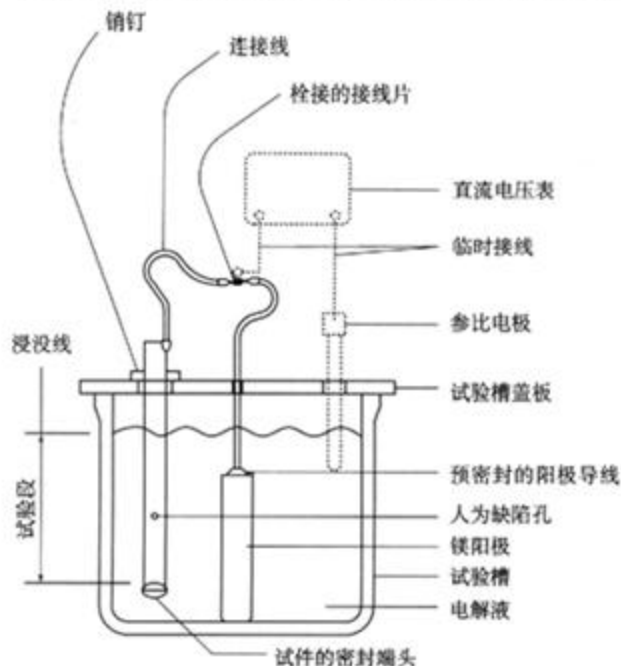


图 2 用镁阳极时方法 A 的测试装置

8.3 试验周期应为 30d，也可为 60d 或 90d。

8.4 当试验周期结束时，应立即做以下测试：

- 取出试件并用温水轻轻地冲洗浸没区，直观检查试件在浸没区是否出现新的漏点以及所有漏点（包括人为缺陷孔）边缘防腐层的松脱情况，记录防腐层的状况，如颜色、气泡、裂纹、附着物等。
- 采用图 1 推荐的位置并按 6.2 中人为缺陷孔的钻孔方法，在浸没线以上未浸没的防腐层上，距试验槽盖板和浸没线约 $1/2$ 处钻一个新的对比孔。
- 以对比孔和人为缺陷孔为原点，按图 3 在孔周围的防腐层上用锋利的小刀做一个径向 45° 的横向切口，要注意确保防腐层被完全切透到钢管表面。
- 用刀尖尝试着挑起对比孔和人为缺陷孔处的防腐层，以对比孔处防腐层的黏结程度为参考，将那些对比孔更易挑起或剥离的防腐层面积定为剥离面积。
- 将半透明坐标纸罩在人为缺陷孔上画出挑起区域的轮廓，用平面求积仪或用计算坐标纸上方格数的方法得出人为缺陷孔的挑起面积。用同样方法求得对比孔的挑起面积，两者之差即为剥离面积。

9 方法 B 的步骤

9.1 除按 8.1~8.3 的要求进行试验外，还应按以下要求进行试验。

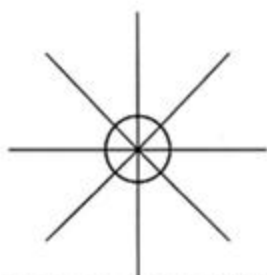
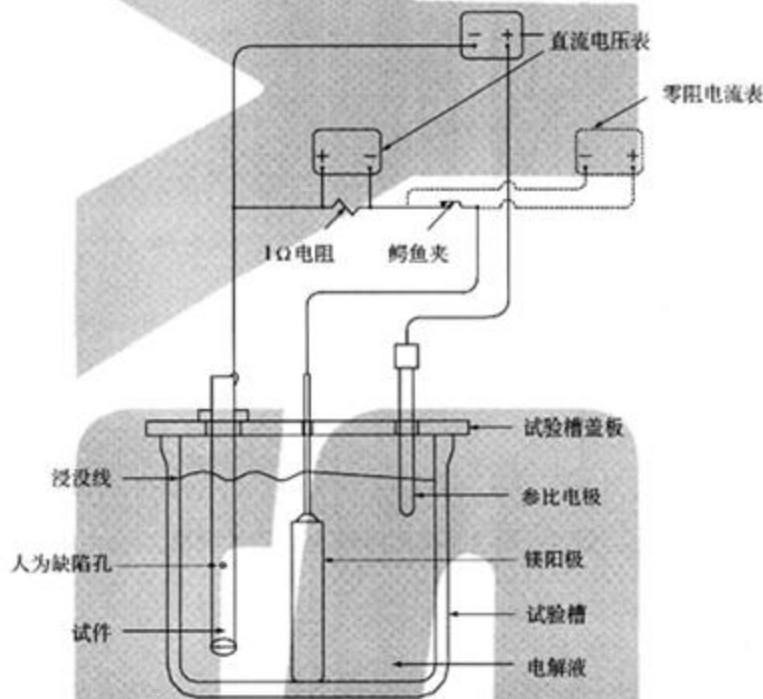


图3 对比孔和人为缺陷孔的切口形状

9.2 如果采用镁阳极,按图4进行接线。如果采用强制电流装置,对单个试件按图5进行接线,对多个试件按图6进行接线。



注:图4中虚线部分为测量用的临时接线。

图4 用镁阳极时方法B的测试装置

- 9.3 不断开阳极和试件,用直流电压表测量试件和参比电极间的电位 E_2 。
- 9.4 测量试件和阳极间的电流 I_1 。可通过用直流电压表测量标准电阻上的电压降来确定 I_1 ,也可通过零阻电流表来确定。即先将零阻电流表接入测试电路中的开关两端,然后断开开关进行测量。测量完成后应将开关重新接通后再取下电流表。
- 9.5 测量极化电位 E_1 :将直流电压表一端接参比电极,另一端接试件,断开阳极和试件的连线,严密注视电压表,随着电压表指针的下降,它在极化值处将有明显的停顿,这一停顿点的电压值就是 E_1 。
- 9.6 试验开始的测量值应取浸泡后第二天和第三天测量结果的平均值。浸泡当天的测量值不应用于计算。
- 9.7 试验期间和结束时均应进行电测量,测量值应取规定日期当天和前一天测量结果的平均值。
- 9.8 直流稳压电源的供电不得中断。若有中断,应在试验报告中注明。
- 9.9 剥离面积的确定按8.4的要求进行测试。

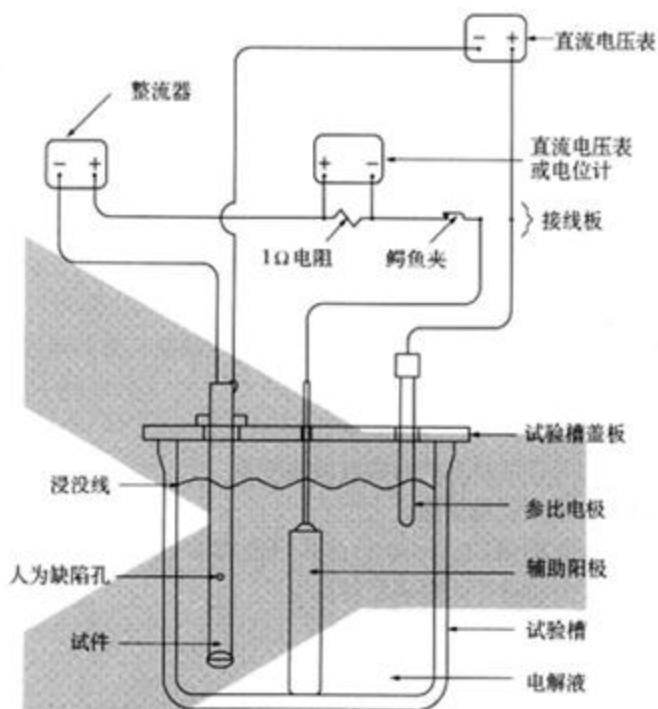
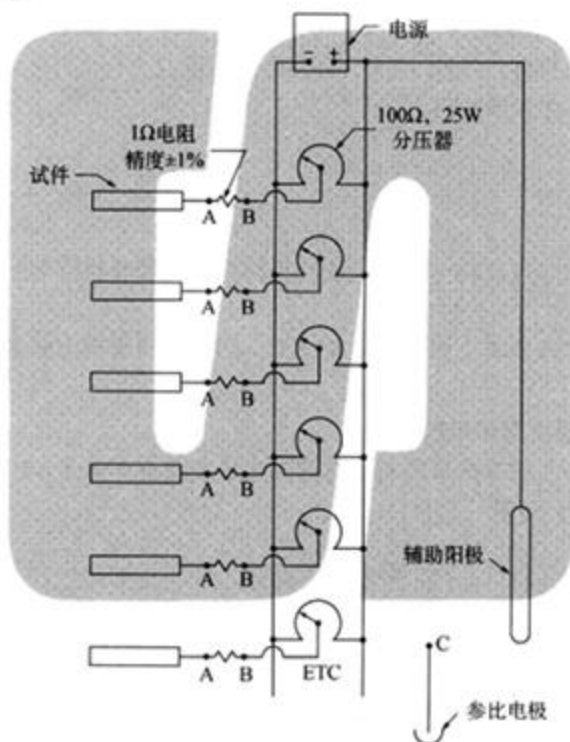


图5 用强制电流法测试单个试件时方法B测试装置



注1: 按图6测试时, 将直流电源输出电压调至3V以下, 然后调每个分压器使A-C间电压为1.5V。

注2: 图6中A-B端测量电流, A-C端测量电压。

图6 用强制电流法测试多个试件时方法B改进装置

10 试验报告

10.1 按第8章方法A的试验完整资料(见A.1)包括:

- a) 试件的完整鉴别资料:
 - 1) 防腐层的名称、防腐等级;
 - 2) 钢管的外径、长度及壁厚;
 - 3) 防腐管来源、生产日期及批号;
 - 4) 防腐层厚度的最大值、最小值和平均值以及人为缺陷孔处的厚度;
 - 5) 浸没面积;
 - 6) 初始人为缺陷孔的直径、面积及数量;
 - 7) 防腐层连续性和端部密封有效性的电阻测量值。
- b) 试验开始和结束的日期, 试验天数。
- c) 每个试件上防腐层的剥离面积(mm^2)及其当量圆直径(mm), 当量圆直径计算见第11章。若试件为多个人为缺陷孔, 则用平均值表示。

10.2 方法B的试验报告应包括以下内容:

- a) 方法A试验报告中的全部数据。
- b) 试验开始时、试验期间的规定日期和试验结束时的测量结果, 包括:
 - 1) 试件和阳极间的电流 I_1 , [I_1 以微安(μA)为单位]及其负对数值 $-\lg I_1$, [I_1 以安(A)为单位]。
 - 2) 电位 E_2 和 E_1 的差值 ΔE 。
 - 3) 从试验开始到结束时, ΔE , I_1 和 $-\lg I_1$ 的变化值。
- c) 直流稳压电源的中断次数和时间。

11 精度与偏差

11.1 精度的数据应取自管表面与处理与涂敷工艺均相同、防腐层材料均匀一致的一根管子上相邻的两个试件。

11.2 试验结果应满足重复性的要求, 否则应重做试验。当试验结果较重要或对某一试验的结果有怀疑时, 应做再现性试验。

11.3 方法A的重复性、再现性指标要求如下:

- a) 重复性要求: 由同一名试验员所得到的当量圆直径相差应不大于12.7mm。

当量圆直径 D 用公式(1)计算:

$$D = \left(\frac{A}{0.785} \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

A——1个人为缺陷孔的剥离面积, mm^2 。

- b) 再现性要求: 两个试验室所得到的当量圆直径相差应不大于25mm。

11.4 方法B的重复性、再现性指标除应满足11.3的要求外, 还应符合以下要求:

- a) 重复性要求: 由同一名试验员得到的 $-\lg I_1$ [I_1 以安(A)为单位]的值相差应不大于1。
- b) 再现性要求: 两个试验室所得到的 $-\lg I_1$ [I_1 以安(A)为单位]的值相差应不大于1。

附录 A

(资料性附录)

管道防腐层阴极剥离试验的数据表

A.1 方法 A 和方法 B 通用的数据表

- 1) 试件编号 _____ 数据表编号 _____
 日期 _____
- 2) 管子
 外径 _____ mm 壁厚 _____ mm 长度 _____ mm
 制造厂 _____ 材质 _____
- 3) 防腐层
 名称 _____ 涂敷厂 _____
 涂敷方式 _____
 防腐层厚度：
 最大 _____ mm 最小 _____ mm 平均 _____ mm
 人为缺陷孔处的防腐层厚度：
 顶部 _____ mm 中部 _____ mm 底部 _____ mm
- 4) 试验记录
 开始日期 _____ 完成日期 _____
 浸没面积 _____ mm² 试验天数 _____ d

阴极剥离试验数据表

项目	顶部	中间	底部	平均
人为缺陷孔原始直径, mm				
人为缺陷孔挑起面积, mm ²				
对比孔面积, mm ²				
剥离面积, mm ²				
当量圆直径, mm				

5) 初始检验

表观电阻检验数据表

检验时间	极性	电阻值, MΩ
开始时	正的	
	负的	
15min 后	正的	
	负的	

6) 直流稳压电源

如果直流稳压电源中断, 注明时间 (min, h) _____

A.2 管道防腐层阴极剥离性能方法 B 的试验数据表

阴极剥离试验 (方法 B) 数据表

试验历时 T_0	日期和时间	相对于参比电极的电位		实际电流 I_1 μA	$E_2 - E_1 = \Delta E$ V	在规定日期的平均值		
		V				ΔE V	I_1 μA	$-\lg I_1$ A
		E_1	E_2					
试验开始到结束, 试件的外观变化:								

➤ 下一页

中华人民共和国
石油天然气行业标准
管道防腐层阴极剥离试验方法
SY/T 0037—2012

石油工业出版社出版
(北京安定门外安华里二区一号楼)
北京中石油彩色印刷有限责任公司排版印刷
新华书店北京发行所发行

880×1230毫米 16开本 1印张 27千字 印1—3000
2012年6月北京第1版 2012年6月北京第1次印刷
书号: 155021·6763 定价: 12.00元
版权专有 不得翻印