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—1997

代替 SYJ 37—1989

批准部门：中国石油天然气总公司
批准日期：1997-12-31
实施日期：1998-07-01

1 范围

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。

本标准适用于具有电绝缘性能的钢管外防腐层阴极剥离对比性能的测定。这些防腐层涂敷在带有或不带有阴极保护的埋地管道上。

本试验方法包括 A 法和 B 法两种试验方法，可自由选择，但必须在试验报告中注明。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

SY 0066——1992 管道防腐层厚度无损测量方法(磁性法)

3 方法概述

3.1 试件浸入高导电的碱性电解液中，防腐层受电应力作用。电应力通过镁阳极或强制电流装置获得。试验前，防腐层应钻入为缺陷孔。

3.2 在方法 A 中，用镁阳极提供试件与阳极间的电位差，试验期间不进行电监控。试验结束后，通过直观检查剥离面积确定试验结果，即通过检查防腐层的相对粘接能力来评价防腐层对金属表面的有效粘接程度。

3.3 在方法 B 中，用镁阳极或强制电流装置产生电应力，试验期间通过仪表监控电路中的电流及电位。试验结果通过直观检查剥离面积或检测试件的电流来判断，或者两者兼而用之，但这两种方法之间并没有相关性。本试验中通过试件的电流密度值要比实际埋地管道阴极保护所需要的电流密度值大得多，因此检测试件上通过的电流仅可作为定性判断防腐层剥离情况的相对指标。

3.4 为保证试验结果的可靠性，本试验所考虑的防腐层上任何相对粘接力的降低都必须是由电应力引起的，而不是由于其他原因所造成的。

3.5 测量值采用法定计量单位，修约成三位有效位数。

4 意义和用途

4.1 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，都会使防腐层产生新的漏点或在漏点处产生松脱。本试验方法提供了一种使防腐层产生加速松脱的条件，用来测定防腐层的抗松脱性能。

4.2 抗阴极剥离能力是在对试件进行对比的基础上得出的性能指标。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，因此该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

进行比较的手段。粘接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，也并不意味着它们丧失了相同的防腐能力。

5 试剂和材料

5.1 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。

5.2 试件的端头密封材料：可采用沥青制品、石蜡、环氧树脂、合成橡胶或塑料等。

5.3 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。

6 仪器和设备

6.1 方法A和方法B共用的仪器和设备

6.1.1 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。槽的尺寸应符合以下要求。

6.1.1.1 试件应在槽内垂直悬挂，其下端与槽底的距离不应小于25 mm。

6.1.1.2 试件之间，试件与阳极、槽壁之间以及参比电极与阳极之间的距离不应小于40 mm。

6.1.1.3 按6.1.1.1、6.1.1.2和7.4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，

6.1.2 镁阳极：由镁合金制成，在按5.1配制的电解液中，其电位应在－1.45～－1.55 V(CSE)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。

6.1.3 连接线：线芯标称截面不小于2 mm^2 的绝缘铜线。

6.1.4 钻孔和直观检查的工具：钻孔用普通钻头，直径按7.2的规定；直观检查用带安全柄的尖刀。

6.1.5 直流电压表：内阻大于10 MΩ，量程为0.01～5 V。

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

6.1.7 磁性测厚仪：测量范围为1 μm～20 mm，精度为量程的±2%。

6.1.8 水银温度计：量程为0～100℃，最小分度值为1 ℃，长度为300 mm。

6.1.9 兆欧表：额定输出电压小于1000 V，量程为0～2 000 MΩ。

6.1.10 金属电极：可采用不锈钢电极。

6.1.11 黄铜接线柱：接线柱的直径不应小于6 mm。

6.1.12 平面求积仪：精确度为0.5%。

6.2 方法B中增加的仪器和设备

6.2.1 直流电压表：内阻大于10 MΩ，分辨率小于10 μV。

6.2.2 标准电阻：(1±0.01) Ω，功率不小于1 W。

6.2.3 零阻电流表：该表应能测出10 μA以下的直流电流。

6.2.4 直流稳压电源：输出电压为(3±0.01) V。

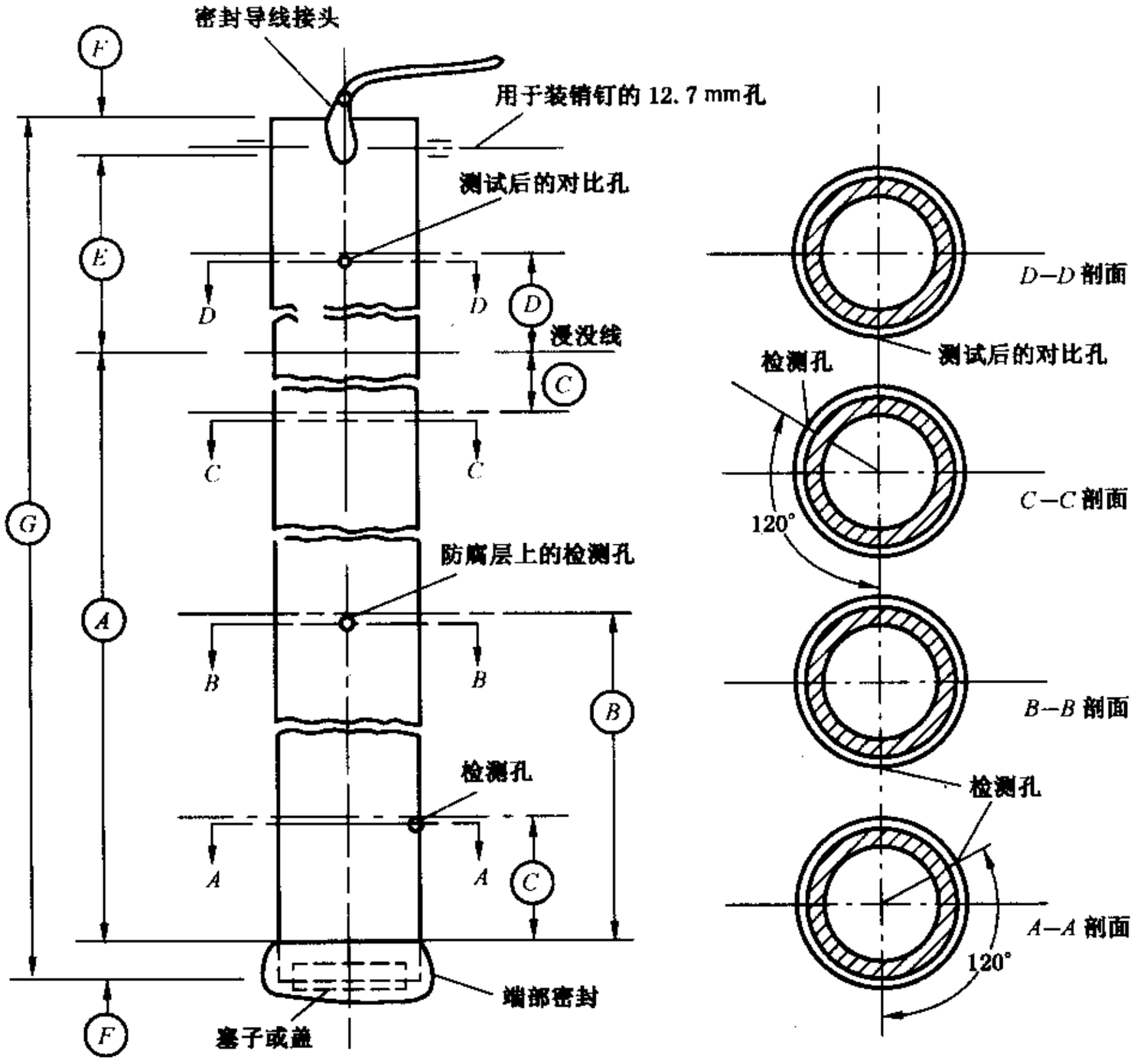
6.2.5 辅助阳极：应采用低消耗率的金属电极，用密封的绝缘铜导线连接，或将阳极上端伸出槽盖外。

6.2.6 变阻器：可采用100 Ω的绕线电位器，其功率不应小于3 W。

7 试件

7.1 试件应取自可代表工业生产情况的防腐管，其中一端应加以密封。

7.2 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 mm。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，最后用已磨掉了锥形尖的钻头来完成。



图中编号	推 荐 尺 寸 (mm)
A	490.22±12.70
B	245.11±12.70
C	120.65±6.35
D	144.30±6.35
E	≥233.36
F	≥19.05
G	≥762

图 1 推荐采用的试件尺寸

7.3 伸出试验槽盖板的管端可用穿过上端孔的销钉支撑，并连有单独的导线供电测用。所有连接接点应采用锡焊、铜焊或螺栓牢固连接，并用绝缘材料保护和密封。

7.4 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 2.3×10^4 mm^2，条件许可时，以 9.3×10^4 mm^2 的面积最为适宜。

8 试件制备

8.1 在制作人为缺陷孔前，应按下列要求检验防腐层的连续性和端部密封的有效性。

8.1.1 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，测试结果以兆欧(MΩ)表示。

8.1.2 将试件与兆欧表断开，浸没 15 min，然后按 8.1.1 的要求再测试件的表观电阻。

8.1.3 若试件 15 min 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 8.1.1 和 8.1.2 的要求重新测试。

8.1.4 浸没 15 min 后的最低电阻值不宜小于 1000 MΩ。如表观电阻在浸没 15 min 前后的测试中均保持小于 1000 MΩ 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。

8.2 按 SY 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。

8.3 记录人为缺陷孔的原始直径。

9 方法 A 的试验步骤

9.1 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 21～25 ℃之间。

9.2 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－1.44～－1.55 V (CSE)之间。参比电极仅在测量时浸入电解液中。

9.3 试验周期应为 30 d，也可为 60 d 或 90 d。

9.4 试验结束时应立即做以下测试。

9.4.1 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。

9.4.2 采用图 1 推荐的位置并按 7.2 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。

9.4.3 以对比孔和人为缺陷孔为原点，在孔周围的防腐层上用锋利的小刀按图 3 做出切口，要注意确保防腐层被完全切透到钢管表面。

9.4.4 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粘接程度为参考，将那些比对比孔更易挑起或剥离的防腐层面积定为剥离面积。

9.4.5 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。

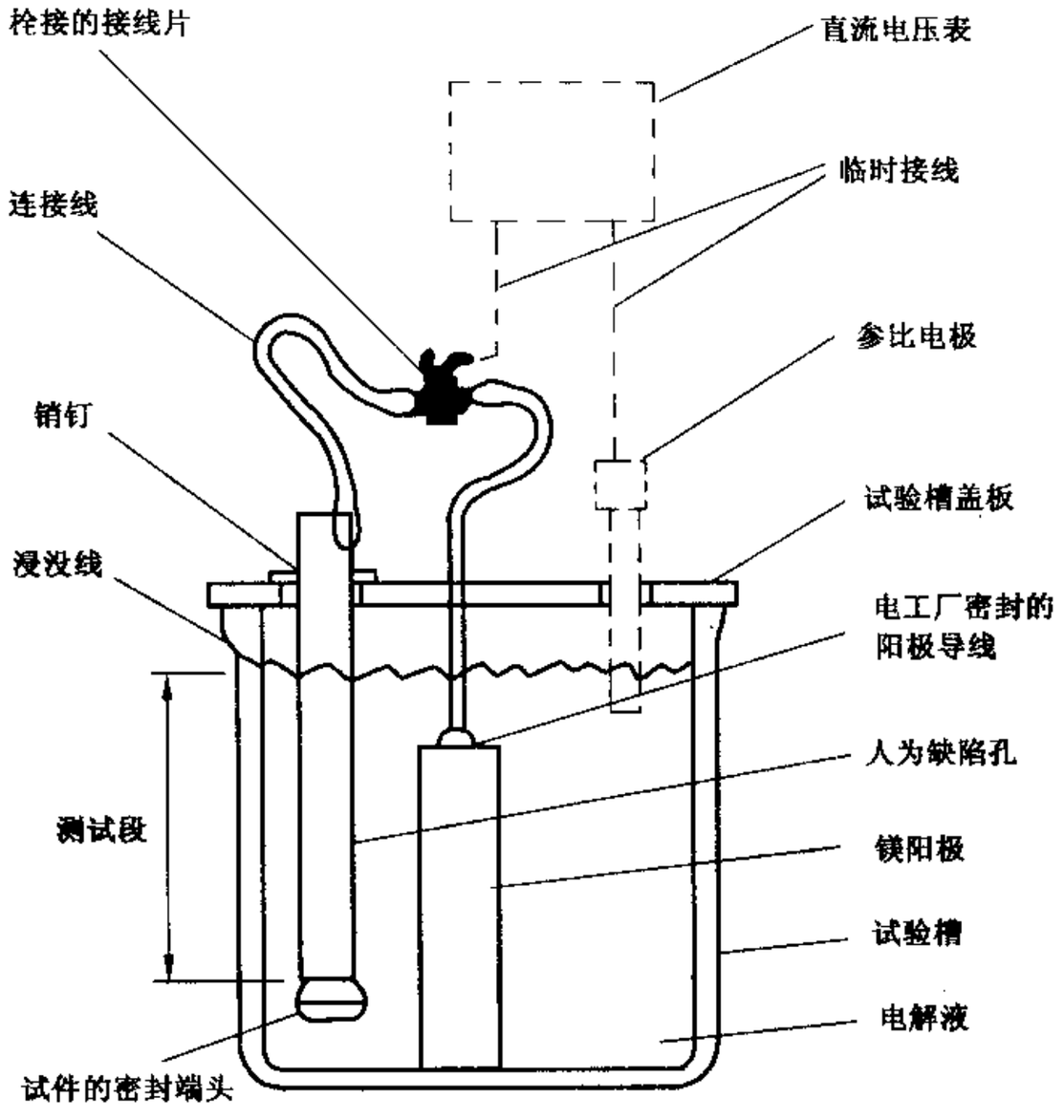


图 2　方法 A 的试验装置

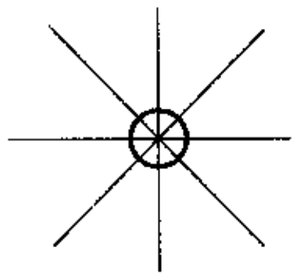


图 3　对比孔和人为缺陷孔的切口形状

10　方法 B 的试验步骤

10.1　除按 9.1～9.3 进行试验外，还应按以下要求进行试验。

10.2　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。

10.3　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。

10.4　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。

10.5　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。

10.6　试验开始的电测值应取浸泡后第二天和第三天测量结果的平均值。浸泡当天的电测值不得用于特性值的计算。

10.7　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。

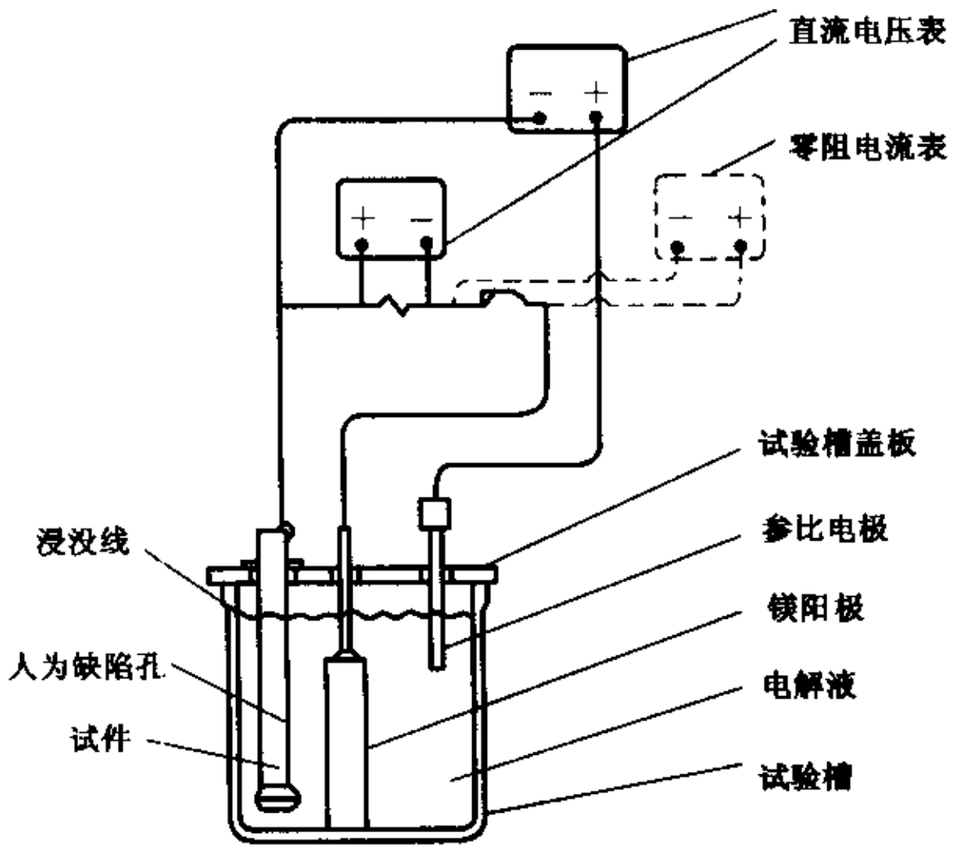


图 4　方法 B 的试验装置

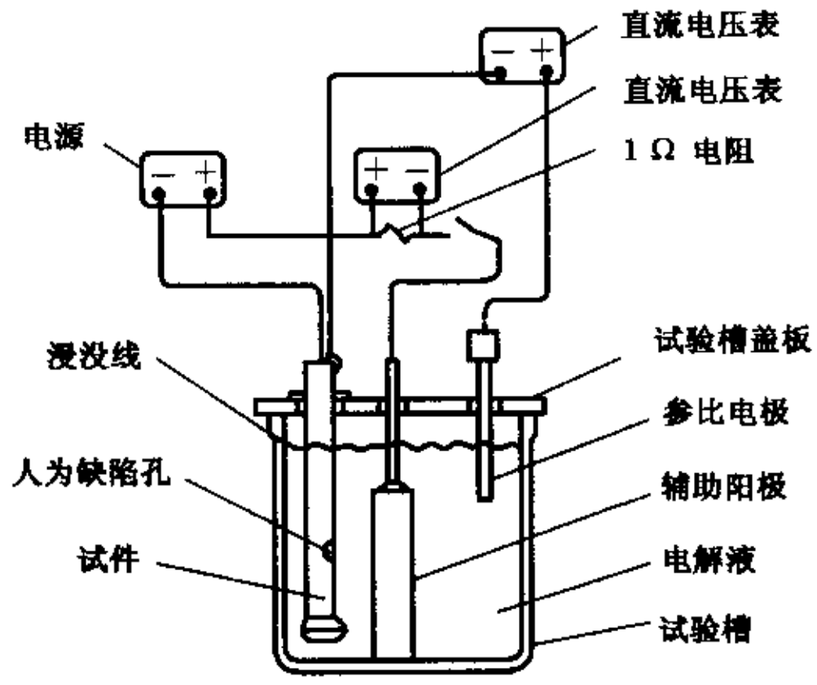


图 5　强制电流法测单个试件时方法 B 的试验装置

10.8　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。

10.9　按 9.4 进行测试。

11　试验报告

11.1　方法 A 的试验报告应包括以下内容：

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 测试面积；

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）。若试件为多个人为缺陷孔，则用平均值表示。

当量圆直径 D 用下式计算。

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

式中：A——1 个人为缺陷孔的面积，mm^2。

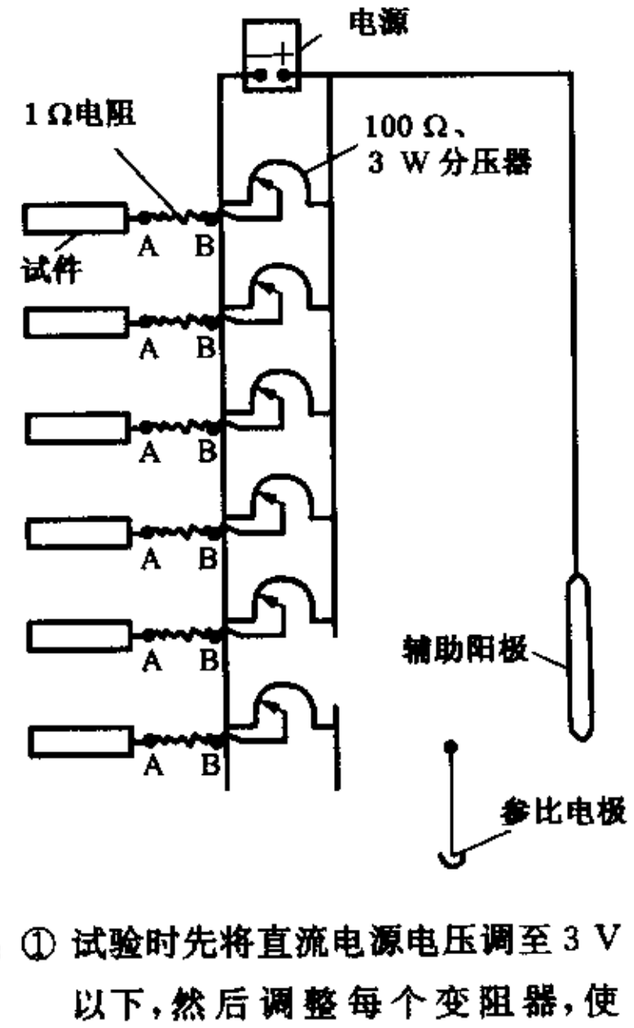
d）其他有关资料。

11.2　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电测量结果，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]；



注：① 试验时先将直流电源电压调至 3 V 以下，然后调整每个变阻器，使 A—C 端电压为 1.5 V；

② 试验中用 A—B 端测量电流，用 A—C 端测量电压。

图 6　强制电流法测多个试件时方法 B 的试验装置

② 电位 E_2 和 E_1 的差值：即 $\Delta E=E_2-E_1$；

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。

12 精密度

12.1 精密度数据应取自管表面预处理与涂敷工艺均相同、防腐层材料均匀一致的同一根管子上相邻的两个试件。

12.2 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。

12.3 方法 A 的重复性、再现性指标如下：

重复性——由同一名试验员按公式(1)计算出的当量圆直径相差不大于 12.7 mm 时，此试验结果是可信的。

再现性——两个试验室所得到的当量圆直径相差不大于 25 mm 时，此试验结果是可信的。

12.4 方法 B 的重复性、再现性指标除应满足 12.3 的要求外，还应符合以下要求：

重复性——由同一名试验员得到的 $-\lg I_1$[I_1 以安(A)为单位]的值相差不大于 1 时，此试验结果是可信的。

再现性——两个试验室所得到的 $-\lg I_1$[I_1 以安(A)为单位]的值相差不大于 1 时，此试验结果是可信的。

附 录 A

（标准的附录）

管道防腐层阴极剥离试验的数据表和报告(格式)

A1 方法 A 和方法 B 通用的数据表

1) 试件编号_____　　报告编号_____

试件首字母_____　　报告日期_____

2) 管子

外径_____ mm　　壁厚_____ mm

长度_____ mm　　制造厂家_____

3) 防腐层

名称_____　　防腐等级_____

批号_____　　生产日期_____

涂敷方式_____　　涂敷设备_____

试件的防腐层厚度：

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_____　　结束日期_____

试验天数_____ d　　测试面积_____ mm^2

表 A1　阴极剥离试验数据表

项　　目	顶　部	中　部	底　部	平 均 值
人为缺陷孔原始直径（mm）				
人为缺陷孔挑起面积（mm^2）				
对比孔挑起面积（mm^2）				
剥离面积（mm^2）				
当量圆直径（mm）				

表 A2　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	
15 min 后	正　的	
	负　的	

A2　方法 B 用数据表(见表 A3)

表 A3　阴极剥离试验数据表

试验历时（d）	日期和时间	相对于参比电极的电位（V）		实际电流 I_1（μA）	ΔE（V）	在规定日期的平均值		
		E_1	E_2			ΔE（V）	I_1（μA）	$-\lg I_1$（A）
从试验开始到结束试件的外观变化：					试　件			
					每个人为缺陷孔（平均值）			