P

中华人民共和国石油天然气行业标准

管道防腐层高温阴极剥离试验方法标准

Standard Test Method for Cathodic Disbonding of Pipeline Coatings Subjected to Elevated Temperatures

SY 0072—93

1993·北 京

中华人民共和国石油天然气行业标准

管道防腐层高温阴极剥离试验方法标准

Standard Test Method for Cathodic Disbonding of Pipeline Coatings Subjected to Elevated Temperatures

SY 0072—93

主编单位：中国石油天然气管道局职工学院
批准部门：中国石油天然气总公司
施行日期：1994年3月1日

石 油 工 业 出 版 社

1993·北 京

中国石油天然气总公司文件

（93）中油技字第598号

关于批准发布《石油地面工程设计文件编制规程》等二十七项石油天然气行业标准的通知

各有关单位、有关石油专业标准化技术委员会：

《石油地面工程设计文件编制规程》等二十七项标准草案经审查通过，现批准为石油天然气行业标准。各项标准的编号、名称如下：

1 SY 0009—93 石油地面工程设计文件编制规程（代替SYJ 9—83）

2 SY 0055—93 长距离输油输气管道测量规范（代替SYJ 55—83）

3 SY 0072—93 管道防腐层高温阴极剥离试验方法标准

4 SY 0073—93 管道防腐层补片材料试验方法标准

5 SY 0074—93 管道防腐层补口绝缘密封性试验方法标准

6 SY/T 0076—93 天然气脱水设计规范

7 SY/T 0077—93 天然气凝液回收设计规范

8 SY/T 0523—93 油田水处理过滤器

9	SY 4024—93	石油建设工程质量检验评定标准通则（代替SYJn 4024—88）
10	SY 4025—93	石油建设工程质量检验评定标准建筑工程（代替SYJn 4025—88）
11	SY 4026—93	石油建设工程质量检验评定标准储罐工程（代替SYJn 4026—88）
12	SY 4027—93	石油建设工程质量检验评定标准站内钢质工艺管道安装工程（代替 SYJn4027—88）
13	SY 4028—93	石油建设工程质量检验评定标准设备安装工程（代替SYJn 4028—88）
14	SY 4029—93	石油建设工程质量检验评定标准长输管道线路工程（代替 SYJn 4029—88）
15	SY 4030.1—93	石油建设工程质量检验评定标准电气工程（架空电力线路工程）（代替SYJn 4030—88）
16	SY 4030.2—93	石油建设工程质量检验评定标准电气工程（电气装置安装工程）（代替SYJn 4030—88）
17	SY 4031—93	石油建设工程质量检验评定标准自动化仪表安装工程（代替SYJn 4031—88）
18	SY 4033—93	石油建设工程质量检验评定标准道路工程（代替SYJn 4033—88）
19	SY 4034—93	石油建设工程质量检验评定标准桥梁工程（代替SYJn 4034—88）
20	SY 4035—93	石油建设工程质量检验评定标准采暖、通风、给排水安装工程（代替SYJn 4035—88）
21	SY 4037—93	石油建设工程质量检验评定标准炼油厂建设工程（代替 SYJ 4037—89）

22	SY 4038—93	石油建设工程质量检验评定标准气田建设工程（代替SY 4038—92）
23	SY 4053—93	石油建设工程质量检验评定标准油田集输管道工程（代替SY 4053—92）
24	SY/T 4068—93	石油建设工程质量检验评定标准防腐保温钢管制作
25	SY/T 4069—93	石油建设工程质量检验评定标准油田钢制容器制作
26	SY 4070—93	石油天然气管道跨越工程施工及验收规范
27	SY/T 4071—93	管道下向焊接工艺规程

以上标准自1994年3月1日起施行。

中国石油天然气总公司

1993年9月9日

目　次

1　总则……（1）
2　方法概述……（2）
3　意义和用途……（3）
4　仪器和设备……（4）
5　电解质溶液和材料……（6）
6　试件……（7）
7　试验步骤……（8）
8　试验报告……（13）
9　精密度……（14）
附录A　管道防腐层高温阴极剥离试验数据表格式…（15）
附录B　用词说明……（17）
附加说明……（18）

1 总　　则

1.0.1　本试验方法是一种加速试验方法，适用于具有电绝缘性能的钢管外防腐层在热输情况下阴极剥离对比性能的测定，这些防腐层涂敷在具有阴极保护且工作温度较高的埋地管道上。

1.0.2　埋地钢质管道外防腐层高温阴极剥离试验除应执行本标准外，尚应符合国家现行有关标准（规范）的规定。

1.0.3　引用标准

SY 0066《管道防腐层厚度的无损测量方法（磁性法）》。

2 方法概述

2.0.1 试验开始前，在防腐层上钻入为缺陷孔，然后把试件浸泡在电解质溶液中，将试件与直流电源的负极相连，电源的正极与阳极相连，使试件受电解质应力作用，通过加热装置保证试验在恒定高温情况下进行。

2.0.2 试验过程中检测试验电路中的电流及试件与参比电极之间的电位，通过监测试件的电流或直观检查防腐层剥离面积对试验结果进行评价，即通过检查防腐层浸泡区与未浸泡区相对粘结能力的差异评价防腐层对金属表面的有效粘结程度。

3 意义和用途

3.0.1 管道埋地后，其周围的土壤将构成一种电解质溶液，施加阴极保护电位可使防腐层从缺陷边缘开始剥离，也可能产生新的防腐层缺陷。本试验方法提供防腐层出现阴极剥离的加速条件和防腐层抗阴极剥离能力的测试。

3.0.2 与试验结果有关的假设包括：

3.0.2.1 试件未浸泡在电解质溶液中的防腐层区域粘结力最大。

3.0.2.2 试件浸泡区上防腐层粘结力的减小是阴极剥离的结果。

3.0.3 抗阴极剥离能力是在比较基础上得出的性能指标，本试验方法的优点在于可使大多数绝缘类型的防腐层都在某种程度上发生剥离，从而提供了将一种防腐层与另一种防腐层相互比较的方法。

3.0.4 试验电路中的电流密度值大于实际埋地管道阴极保护所需值，因此试件上通过的电流值仅可做为判断防腐层剥离情况的相对指标。

3.0.5 如果试验电压高于本试验方法规定的电压时，有可能产生氯气，它对防腐层的化学作用会对试验结果产生影响。

3.0.6 试件浸泡区域内防腐层上任何相对粘结力的降低都是温度变化和电解质应力的复合作用引起的，而不是由于其他原因（如涂漆工艺）所造成的。

3.0.7 抗阴极剥离性能是防腐层的一种相对性能指标，对某些防腐层而言此性能比其他性能更重要。对于不同的防腐层即使测得的剥离情况相同，也不意味着它们失去相同的防腐能力。

4 仪器和设备

4.0.1 试验容器：采用不与电解质溶液反应的材料制作容器。该容器应能承受不低于60°C的温度，并适于电解质溶液的连续循环，为适应搅拌器的操作，容器应为平底（直径300mm、深度300mm的圆柱形玻璃容器可满足试验需要）。试验容器的尺寸应符合以下要求：

4.0.1.1 试件应在容器内垂直悬挂，其下端与容器底距离不小于25mm。

4.0.1.2 试件之间、试件与阳极之间的相互距离不小于40mm，并应等距离放置。

4.0.1.3 试件距容器壁的距离不小于15mm。

4.0.1.4 容器的高度应使试件的测试段浸入电解质溶液中，并符合本标准第6.0.6条的规定。

4.0.1.5 参比电极距试件和阳极间的距离不小于40mm。

4.0.2 试验容器盖板：可用胶合板或塑料板制做。盖板上应留有供试件、阳极等穿过的孔。

4.0.3 阳极：采用消耗率低的金属电极，应有工厂密封的绝缘铜导线，否则阳极上端应伸出试验容器的盖板外。

4.0.4 连接线：线芯标称截面不小于2mm²的绝缘铜。

4.0.5 钻孔和直观检查的工具：普通钻头，其直径应符合本标准第6.0.4条的规定，直观检查采用带安全柄的尖刀。

4.0.6 直流电压表：内阻不小于10MΩ、测量范围0.01～5V的电压表一块，内阻不小于11MΩ，能在试验电路上测出低于10μV电压的电压表一块。

4.0.7 参比电极：饱和铜/硫酸铜参比电极，其相对标准氢电极的电位为-0.316V，也可使用饱和甘汞电极或0.1当量的甘汞电

极，但所测值必须换算成相对于饱和铜/硫酸铜参比电极的数值。

注：本标准规定以标准氢电极为阴极，给定电极为阳极　　原池，此电池的电动势为该给定电极的电极电位，按此规定以上电极相对标准氢电极的电位均为负值。

4.0.8　水银温度计：量程 0～100°C，最小分度值 1°C，长度 300mm。

4.0.9　加热和搅拌装置：可以搅拌和加热电解质溶液，并能把溶液温度控制在60±1°C的设备。可使用电磁搅拌装置，加热器应是可调的。

4.0.10　直流电源：输出电压3±0.01V。

4.0.11　磁性测厚仪：测量范围1μm～20mm，精度为各档量程的±2%。

4.0.12　标准电阻：1±0.01Ω，功率不小于1W。

4.0.13　金属电极：可采用不锈钢或碳钢电极。

4.0.14　黄铜接线柱：用于端头接线板。

4.0.15　微安表：能测出10μA以下电流的低阻直流电流表。

4.0.16　兆欧表：额定电压500V，测量范围0～2000MΩ。

4.0.17　变阻器：可采用100Ω的绕线电位器，功率不小于3W。

4.0.18　平面求积仪：精度0.5%。

5 电解质溶液和材料

5.0.1 电解质溶液：用蒸馏水或软化水配制的含工业纯氯化钠、硫酸钠和碳酸钠各1%的溶液。

注：所得溶液的pH值为10或更高，室温下测得的电阻率为25～50 Ω·cm。

5.0.2 端部密封材料：可用沥青制品、环氧树脂、合成橡胶或塑料等，所用材料必须能承受住试验温度。

6 试　件

6.0.1　试件应采用能代表工业生产的防腐层管，其中一端应加以密封。

6.0.2　在制做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。

6.0.2.1　试件与金属电极浸入电解质溶液中，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MΩ表示。

6.0.2.2　两次测量得到的表观电阻值不得小于1000MΩ，但试验也可在表观电阻值低于1000MΩ的情况下进行，在评价试验结果时应考虑试验的条件。

6.0.3　按照《管道防腐层厚度的无损测量方法(磁性法)》中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，以及人为缺陷孔处的厚度值。

6.0.4　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，钻头直径不小于防腐层厚度的3倍，且不得小于6mm。管壁不应钻透，对于小口径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。

6.0.5　伸出试验容器盖板的管端可用穿过上端部孔的销钉支撑，并连有单独的连接线，所有连接线的接点应采用锡焊、铜焊或螺栓牢固连接，并用绝缘材料保护和密封。

6.0.6　从试件端部密封的上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层管，但浸没面积不应小于23200mm^2，条件许可时以92900mm^{2}的面积最为适宜。

7 试验步骤

7.0.1 按图7.0.1所示将试件与阳极浸入电解质溶液中，人为缺陷孔应朝向阳极。

7.0.2 单个试件按图7.0.1接线，多个试件按图7.0.2接线。调整直流电源或变阻器使试件与饱和铜/硫酸铜参比电极间的电位E_2保持在25°C时的-1.50 ± 0.01V，（60°C时为-1.53 ± 0.01V）。参比电极仅在测量时浸入电解质溶液中。

注：使用饱和甘汞电极，25°C时试件和参比电极间的电位为-1.43V，50°C时为-1.46V，若转换成饱和铜／硫酸铜参比电极的读数，则应在实测读数上加上-0.07V。使用0.1当量的甘汞电极，25°C时的电位为-1.52V，而温度从25°C增加到60°C所引起的电位变化可以忽略不计，若转换成饱和铜／硫酸铜参比电极的读数，则应在实测读数上减去-0.02V。

7.0.3 采用加热和搅拌装置使电解质溶液在4±1h达到试验温度。试验过程中电解质溶液从表面到底部的温度应保持在60±3°C。

7.0.4 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的沉积物堵塞，试验过程中不必进行清除。

7.0.5 在试验容器上标明浸没线的位置，每日添加预热过的蒸馏水或软化水以保持液位。

7.0.6 试验过程中应进行以下测量：

7.0.6.1 试件和参比电极间的电位E_2：测量时不断开阳极或试件的电路，用直流电压表测量。E_2值在试验过程中应保持在60°C时的-1.53V（相对于饱和铜/硫酸铜参比电极），否则应进行调整。

7.0.6.2 试件和阳极间的电流I_1：可采用直流电压表测量1Ω

准电阻上的电压降来确定I_1值，也可采用微安表来确定，即按图7.0.1所示将微安表接入开关两端，然后断开开关，当测量完成应先将开关重新接通再取下微安表。

7.0.6.3 极化电位E_1：将直流电压表一端接参比电极，一端接试件，断开阳极和试件的连线，严密注视电压表，随着读数值的下降，它在极化值处有明显的停顿，此时的电压值就是E_1。

7.0.7 试验自开始之日起宜每天进行电参数测量；或最多连续停测3d，然后必须连续测量2d；停测1d或连续停测2d后，应至少测量1d。在开始和结束阶段应分别连续测量3d和2d。

7.0.8 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，试验中间和结束的测量值应取当日和前一日测量结果的平均值。

7.0.9 试验周期为30d（720h），其中包括加热和冷却时间。试验周期也可延长。

7.0.10 试验结束时应立即做以下测试：

7.0.10.1 用接近室温的自来水缓慢清洗试件，不得损坏可见的防腐层破损处。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。

7.0.10.2 采用图7.0.10推荐的尺寸并按照本标准第6.0.4条中人为缺陷孔的钻孔方法，在防腐层上钻一个对比孔。

7.0.10.3 通过对比孔中心用锋利的小刀切透防腐层，然后用小刀的刀尖挑防腐层，根据挑起难易程度把浸泡区防腐层和钢管表面的粘结状态定为：不能挑起、难于挑起和挑起三种情况。

7.0.10.4 使用和7.0.10.3中相同的方法，在浸泡区人为缺陷孔处切透防腐层后用刀尖挑防腐层，比对比孔更易挑起或剥离的防腐层面积定为挑起面积。

7.0.10.5 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

F。

7.0.11 试验开始和结束时应测量和记录电解质溶液的电阻率和pH值。

7.0.12 试验数据的填写应符合本标准附录A的规定。

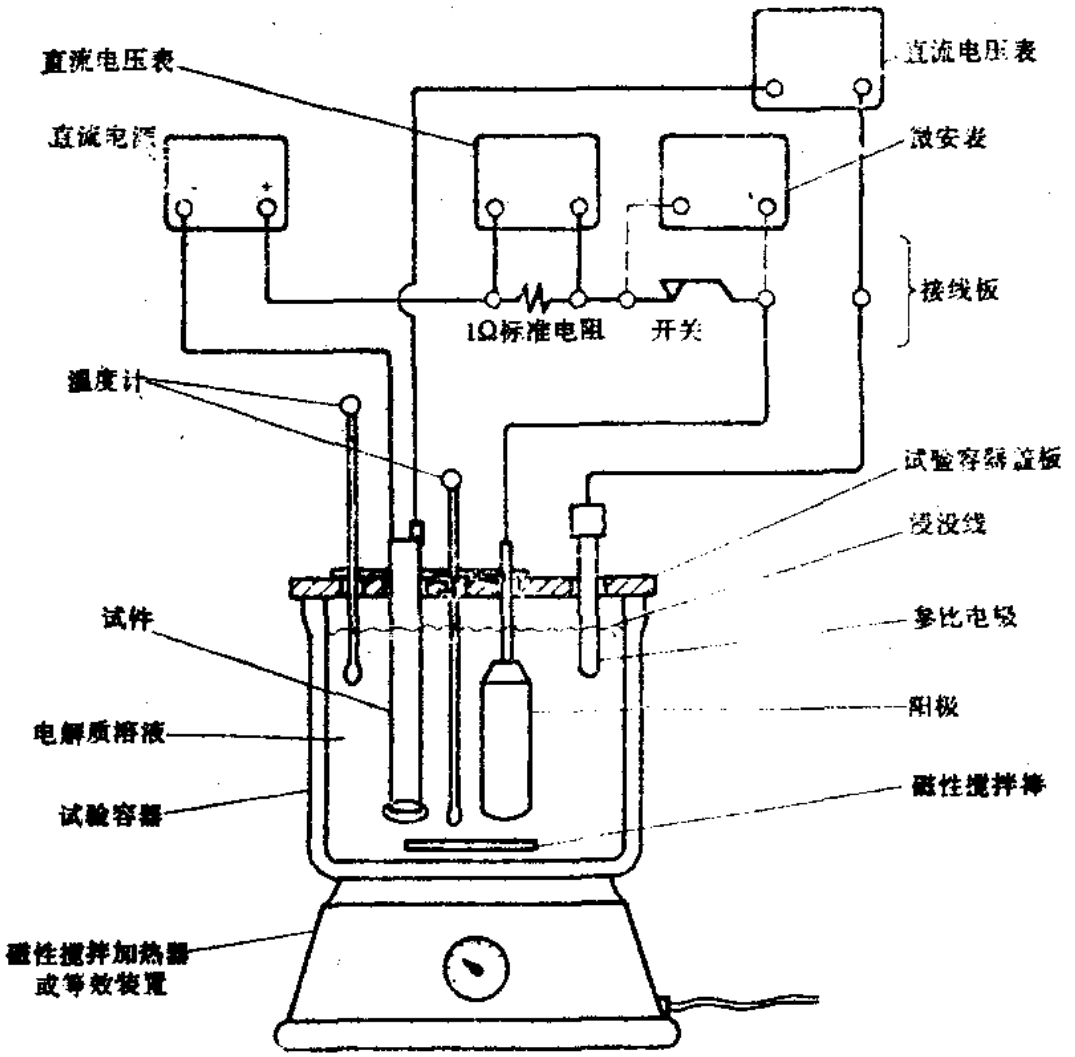


图7.0.1 单个试件的接线图

将直流电源输出电压调至3V以下，然后调整每个变阻器 使$A-C$端电压为1.5V

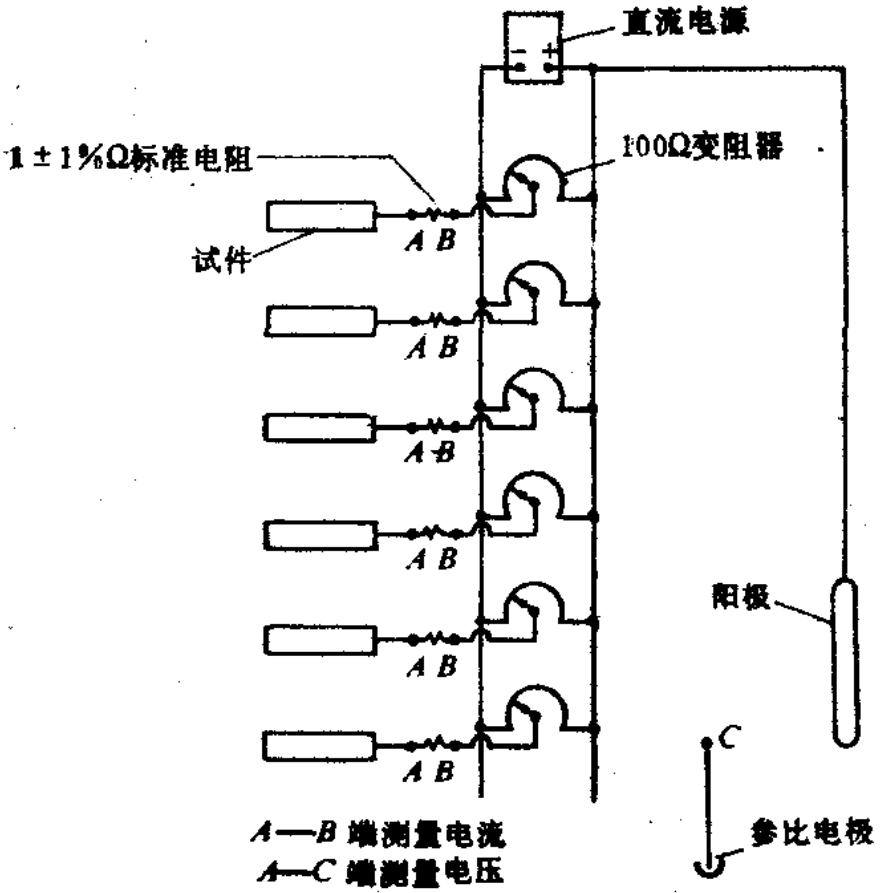


图7.0.2 多个试件的接线图

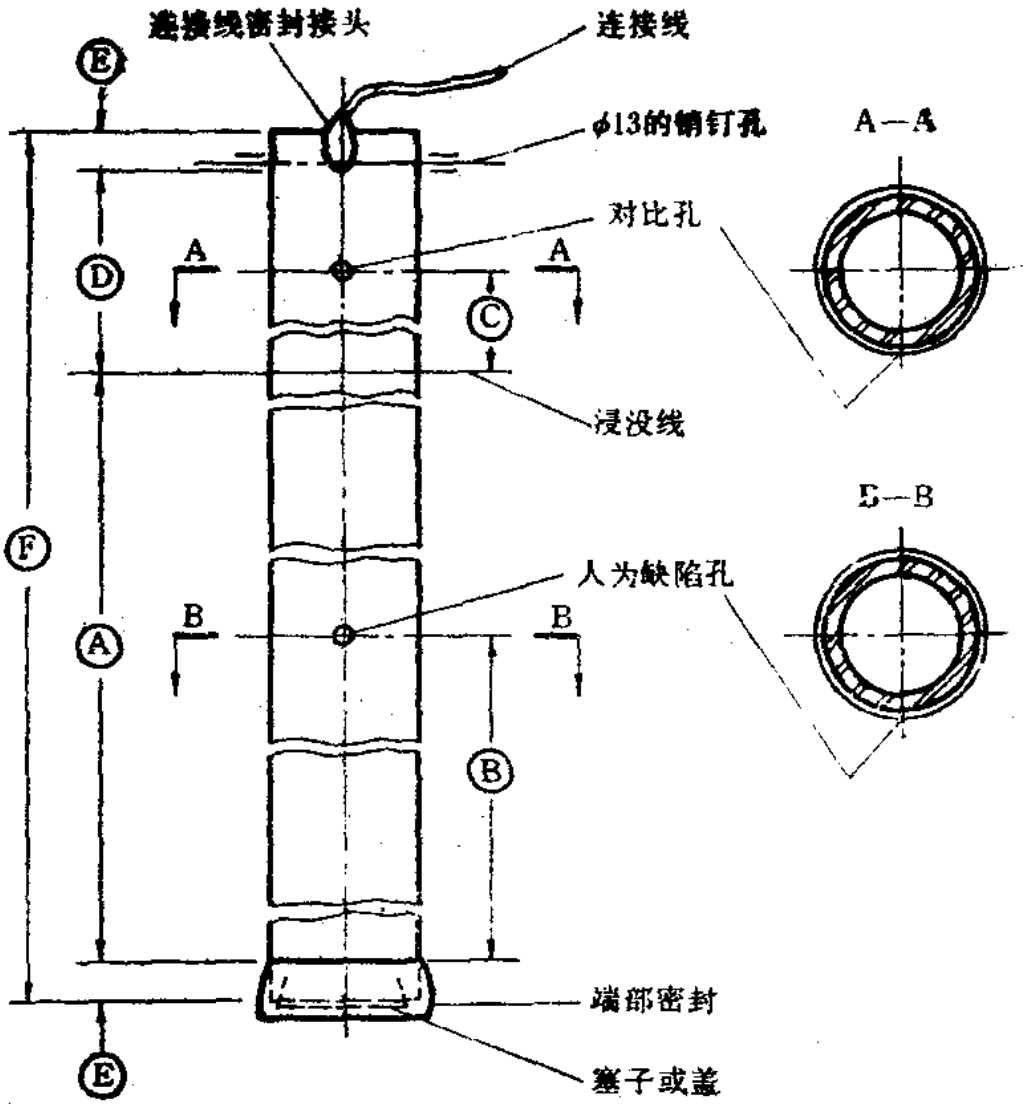


图7.0.10 推荐采用的试件尺寸

8 试验报告

8.0.1 试验的完整资料包括：

8.0.1.1 防腐层的名称、防腐等级；

8.0.1.2 钢管的外径，长度及壁厚；

8.0.1.3 防腐层管来源，生产日期及批号；

8.0.1.4 防腐层厚度的最大值，最小值及平均值，人为缺陷孔处的厚度；

8.0.1.5 测试面积；

8.0.1.6 初始人为缺陷孔的直径；

8.0.1.7 防腐层连续性和端部密封有效性的电阻测量值。

8.0.2 试验开始和结束的日期，试验天数。

8.0.3 试验开始、试验中间和试验结束时的电参数测量结果包括：

8.0.3.1 试件和阳极间的电流I_1（μA）及其负对数值$-\log I_1$（I_1以A为单位）；

8.0.3.2 电位E_2和电位E_1的差值，即$\Delta E=E_2-E_1$；

8.0.3.3 试验开始到结束时ΔE，I_1和$-\log I_1$的变化值。

8.0.4 每个试件上人为缺陷孔的剥离面积F（mm^2）及其当量圆直径D（mm）

当量圆直径D用下式计算：

$$D=(F/0.785)^{1/2} \quad \cdots\cdots (1)$$

8.0.5 每次电参数测量时电解质溶液的温度。

8.0.6 其他有关资料。

9 精 密 度

9.0.1 精密度数据应取自钢管表面热处理、涂敷工艺、防腐层材料均相同的同一根管子上相邻的两个试件。

9.0.2 重复性——由同一名试验员以（1）式计算出的当量圆直径D相差不大于25mm且得到的$-\log I_1$（I_1以A为单位）值相差不大于1。

9.0.3 再现性——不同试验室所得到的当量圆直径D相差不大于25mm或不同试验室得到的$-\log I_1$（I_1以A为单位）值相差不大于1。

附录A　管道防腐层高温阴极剥离试验数据表格式

管道防腐层高温阴极剥离试验数据表

试件编号_____钢管壁厚_____(mm)钢管长度_____(mm)

防腐层名称_____防腐等级_____防腐层管生产批号_____

试件制做或生产日期_____生产厂_____

防腐层厚度(mm)_____(最大值)_____(最小值)_____(平均值)

人为缺陷孔处防腐层厚度_____(mm)人为缺陷孔直径_____(mm)

试验开始日期_____电解质溶液pH值(25°C)_____电阻率(25°C)_____(Ω·cm)

试验结束日期_____电解质溶液pH值(25°C)_____电阻率(25°C)_____(Ω·cm)

电解质溶液_____

试验规定温度_____(°C)测试面积_____(mm^2)

初始表观电阻值：正接_____(MΩ)反接_____(MΩ)

日期和时间	试验历时(d)	电解质溶液温度(°C)	E_1 (V)	E_2 (V)	I_1 (μA)	ΔE (E_2-E_1) (V)	试验周期内的平均值		
							ΔE (V)	I_1 (μA)	$-\log I_1$ (A)
从试验开始到结束电参数测量值的变化									

续表

	(mm^2)	当量圆直径D (mm)
人为缺陷孔挑起面积		
对比孔挑起面积		
剥离面积		

试验结束时的直观检查：

附录B 用词说明

执行本标准条文时，要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待。

B.0.1 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

B.0.2 表示严格，在正常情况下应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

B.0.3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“可”或“宜”；

反面词采用“不宜”。

附 加 说 明

本标准参照采用美国材料与试验学会（ASTM G42—90）《管道防腐层高温阴极剥离的标准试验方法》制订

主编单位：中国石油天然气管道局职工学院

主要起草人：林建　陈江