

Q/SY

中国石油天然气股份有限公司企业标准

Q/SY XQ 9—2003

钢质管道熔结环氧粉末外防腐层 技术标准

Technological Standard of External fusion
Bonded Epoxy coating for Steel Pipe

管道西公司技术资料室				
受控号: 01-XQ-009				
页码	16	份数	2-1	类

2003—04—01发布

2003—05—01实施

中国石油天然气股份有限公司西气东输管道分公司 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
规范性引用文件	1
3 环氧粉末外防腐层结构	1
4 材料	1
4.1 钢管	1
4.2 环氧粉末涂料	1
5 环氧粉末外防腐层的涂敷	2
6 质量检验	3
6.1 涂敷前检验	3
6.2 涂敷过程质量检验	3
6.3 外防腐层钢管的出厂检验	3
6.4 外防腐层钢管的型式检验	4
7 防腐层的修补及重涂	4
7.1 修补	4
7.2 重涂	4
8 成品管的标记、装运和贮存	4
8.1 标记	4
8.2 装运	5
8.3 贮存	5
9 涂敷生产的安全、卫生和环境保护	5
10 交工资料	5
附录 A(规范性附录)环氧粉末的固化时间试验	6
附录 B(规范性附录)环氧粉末及防腐层的热特性试验	8
附录 C(规范性附录)防腐层的耐阴极剥离试验	10
附录 D(规范性附录)防腐层的耐化学腐蚀试验	12
附录 E(规范性附录)防腐层的孔隙率试验	13
附录 F(规范性附录)防腐层的抗弯曲性能试验	14
附录 G(规范性附录)防腐层的抗冲击性能试验	15
附录 H(规范性附录)防腐层的附着力测定	16

前 言

在本标准的编制过程中,对国内外现行相关标准的使用情况及国内施工现状进行了充分的调研,并针对“西气东输”工程所使用的大口径和大壁厚钢管制作了试验管段,通过室内试验进一步测试防腐层的性能指标,以作为指标制定的参考依据。

本标准的内容及技术参数的确定以石油行业标准《钢质管道熔结环氧粉末外防腐层技术标准》SY/T0315-97 为主要依据,并根据加拿大国家标准《钢管外壁熔结环氧粉末防腐层技术标准》的最新版本 CAN/CSAZ245.20-M98 对部分内容进行了更新,同时将弯管熔结环氧粉末外防腐层的设计、生产及施工要求补充到了相应的章节中,力求内容全面、可操作性强、技术指标科学、合理,并与国外先进标准接轨。

本标准代替 Q/SY XQ9-2002《钢质管道熔结环氧粉末外防腐层技术标准》,本标准自发布之日起,原标准停止使用。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F、附录 G、附录 H 均为规范性附录

本标准由中国石油西气东输管道公司提出。

本标准由中国石油西气东输管道公司质量安全与环保处归口。

本标准起草单位:中国石油天然气管道科学研究院

本标准主要起草人:张瑛、侯铜瑞。

本标准由中国石油天然气管道科学研究院负责解释

钢质管道熔结环氧粉末外防腐层技术标准

1 范围

本标准规定了以熔结环氧粉末涂料(以下简称环氧粉末)作为成膜材料的埋地钢质管道外防腐层的技术要求。

本标准适用于以单层环氧粉末涂料作为成膜材料的钢质管道外防腐层的设计、施工及验收。经过涂敷的管体可用于工作温度为-30~100℃的埋地管道或水下管道设施。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 1408.1 固体绝缘材料工频电气强度的试验方法

GB/T 1410 固体绝缘材料体积电阻率和表面电阻率试验方法

GB/T 4472 化工产品密度、相对密度测定通则

GB/T 6554 电器绝缘涂敷粉末试验方法

GB 7692 涂装作业安全规程 涂漆前处理工艺安全

GB 7693 涂装作业安全规程 涂漆前处理工艺通风净化

GB/T 8923 涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级

GBJ 87 工业企业噪声控制设计规范

TJ 36 工业企业设计卫生标准

JB/T 6570 普通磨料 磁性物含量测定方法

3 环氧粉末外防腐层结构

3.1 环氧粉末外防腐层为一次成膜结构。

3.2 环氧粉末外防腐层的厚度应符合表1的规定。

表1 环氧粉末外防腐层厚度

序号	防腐层级别	最小厚度(μm)
1	普通级	300
2	加强级	400

4 材料

4.1 钢管

4.1.1 准备涂敷的钢管应符合国家或行业现行标准的规定或买方指定的规格特性。

4.1.2 防腐厂应逐根对钢管进行外观和尺寸偏差检查,外观和尺寸偏差应符合国家现行有关钢管标准的规定。

4.2 环氧粉末涂料

4.2.1 环氧粉末涂料应有厂家提供的产品说明书、出厂检验合格证和质量证明书等有关技术资料。

4.2.2 环氧粉末涂料应密封保存,且在装运、储存过程中保持干燥、清洁。防腐厂应按照环氧粉末生产厂家推荐的温度和湿度条件储存环氧粉末涂料。环氧粉末交货时,在其外包装上应清楚地标明生产厂名、涂料的名称、型号、批号及生产日期、有效期等。

4.2.3 环氧粉末涂料的性能应符合表 2 的规定。

表 2 环氧粉末涂料的性能

试验项目	质量指标	试验方法
外观	色泽均匀,无结块	目测
固化时间(min)	230℃ 1~3	附录 A
胶化时间(s)	230℃ ≤30	GB/T6554
热特性	符合粉末生产厂给定的指标	附录 B
不挥发物含量(%)	≥99.4	GB/T6554
粒度分布(%)	150μm 筛上粉末 ≤3.0 250μm 筛上粉末 ≤0.2	GB/T6554
密度(g/cm ³)	1.3~1.5	GB/T6554
磁性物含量(%)	≤0.002	JB/T6570

4.2.4 对每一牌(型)号的环氧粉末涂料,在使用前应按照表 2 的项目进行检验,性能达到验收质量要求时,方可使用。

5 环氧粉末外防腐层的涂敷

5.1 涂敷前,应通过涂敷试件按表 3 所列项目对环氧粉末防腐层进行性能测试,结果应符合表 3 的要求。当环氧粉末生产厂、涂料配方和环氧粉末涂料生产地点三项之一或多项发生变化时,应按本标准 5.2 的规定对防腐层重新进行鉴定。

5.2 实验室涂敷试件的制备及测试应符合下列规定:

- a) 试件基板应为低碳钢,其尺寸应符合相应试验方法标准的要求。
- b) 试件表面应进行喷射清理,其除锈质量应达到 GB/T 8923 中要求的 Sa21/2 级。试件表面的锚纹深度应在 40μm ~ 100μm 范围内,并符合环氧粉末生产厂的推荐要求。
- c) 涂敷的固化温度应按照环氧粉末生产厂的推荐值确定,且不得超过 275℃。
- d) 试件上环氧粉末防腐层的厚度应为 350 ± 50μm。
- e) 对实验室涂敷试件的测试应符合表 3 的规定。

表 3 实验室试件的防腐层质量要求

实验项目	质量标准	试验方法
外观	平整、色泽均匀、无气泡、无开裂及缩孔,允许有轻度桔皮状花纹	目测
24h 或 48h 阴极剥离(mm)	≤8	附录 C
28d 阴极剥离(mm)	≤10	附录 C
抗 3°弯曲(-30℃)	无裂纹	附录 F
耐化学腐蚀	合格	附录 D
抗 1.5J 冲击(-30℃)	无漏点	附录 G
断面孔隙率(级)	1~4	附录 E
粘结面孔隙率(级)	1~4	附录 E
热特性	符合粉末生产厂给定特性	附录 B
电气强度(MV/m)	≥30	GB/T 1408
体积电阻率(Ω·m)	≥1.0 × 10 ¹³	GB/T 1410
24h 或 48h 附着力(级)	1~3	附录 H

5.3 钢管表面预处理应符合下列要求:

5.3.1 钢管外表面涂敷之前,必须采用适当的方法将附着在钢管外表面的油、油脂及任何其它杂质清除干净。

5.3.2 喷(抛)射除锈前,应预热钢管,驱除潮气,预热温度为 $40^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 。

5.3.3 钢管外表面喷(抛)射除锈应达到 GB/T 8923 中规定的 Sa21/2 级。钢管表面的锚纹深度应在 $40\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ 范围内,并符合粉末生产厂的推荐要求。

5.3.4 喷(抛)射除锈后,应将钢管外表面残留的锈粉微尘清除干净。钢管表面预处理后 8h 内应进行喷涂。当出现返锈或表面污染时,必须重新进行表面处理。

5.3.5 若买方另有要求,在涂敷前应按买方的要求进行表面预处理。

5.4 正式生产前,应通过工艺性试验确定工艺参数,直至环氧粉末防腐层的厚度达到要求为止,记录工艺参数作为正式生产的工艺参数。

5.5 涂敷和固化温度及防腐层厚度应符合下列规定:

a) 钢管外表面的涂敷温度必须符合环氧粉末涂料所要求的温度范围,但最高不宜超过 250°C 。

b) 固化时间应符合环氧粉末涂料生产厂的要求。

c) 防腐层的厚度应由买方确定,最小厚度应符合表 1 的要求。

d) 钢管两端预留段的长度宜为 $150 \pm 10\text{mm}$,若买方有要求,可自行规定。预留段表面不得有防腐层。

6 质量检验

6.1 涂敷前,每生产批(批量不超过 50t)环氧粉末涂料应至少取样一次,按照 GB/T 6554 中的方法进行胶化时间试验,其指标应符合本标准表 2 的要求。

6.2 涂敷过程质量检验

6.2.1 表面预处理之后,应对每根钢管进行目测检查。对可能导致防腐层漏点的表面缺陷,应打磨掉,且打磨后的壁厚不应小于规定值。有斑点的钢管应剔除或予以修整。

6.2.2 应采用适当的方法检测钢管表面预处理后的除锈质量和锚纹深度。表面除锈质量应达到 GB/T 8923 中规定的 Sa21/2 级,连续生产时,应至少每 2h 检测一次钢管表面除锈质量;表面锚纹深度应在 $40\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ 范围内,连续生产时,应至少每 4h 检测两根钢管表面锚纹深度。

6.2.3 涂敷前钢管表面的预热温度必须控制在环氧粉末生产厂推荐的温度范围内,每小时至少应记录一次温度值。

6.2.4 应利用电火花检漏仪在防腐层完全固化且温度低于 100°C 的状态下,对每根钢管的全部防腐层做漏点检测,检测电压为 $5\text{V}/\mu\text{m}$ 。检漏仪应至少每班校准一次。

6.3 环氧粉末外防腐层钢管的出厂检验应包括防腐层外观质量、防腐层厚度和漏点的检验,各项检验应按下列要求进行:

a) 外观检验:应逐根进行目测检查。外观要求平整、色泽均匀、无气泡、无开裂及缩孔,允许有轻度桔皮状花纹。

b) 厚度检验:应使用磁性防腐层测厚仪,沿每根钢管长度随机取三个位置,测量每个位置圆周方向均匀分布的任意四点的防腐层厚度并记录,其厚度应符合表 1 的要求,当测得的个别值不符合表 1 的厚度要求时,应对受此影响的钢管沿管长以 1m 的间隔逐段检测,若测得的平均值不符合本标准表 1 的要求或个别点的厚度值低于要求的最小厚度值 $50\mu\text{m}$ 以上时,应按 7.2 的规定重涂。防腐层测厚仪应至少每班校正一次。

c) 漏点检验:应用电火花检漏仪对外防腐层钢管进行逐根检查,漏点数量在所述范围内时,可按本标准 7.1 的规定进行修补:当钢管外径小于 325mm 时,平均每米管长漏点数不超过 1.0 个;当钢管外径等于或大于 325mm 时,平均每平方米外表面漏点数不超过 0.7 个。

d) 当漏点超过上述规定时,或个别漏点的面积大于或等于 250cm^2 时,应按本标准 7.2 的规定进行重涂。

6.4 外防腐层钢管的型式检验

6.4.1 每批连续生产的环氧粉末外防腐层直管在 10km 及以上时,投产后,应在 500m、5000m 及 10000m 处的防腐管或同一生产工艺条件下的试验管段上截取长度为 500mm 左右的管段试件,按表 4 中

的各项指标进行测试,以后每 10km 截取一次管段试件。每批连续生产 10km 以下的,可由防腐厂与买方协商确定抽样检验频率。

每批连续生产环氧粉末外防腐层弯管在 1000 个及以上时,投产后,可在 100 个、1000 个内抽取一个弯管或同等生产工艺条件下的弯管试验段作为试件。以后每 1000 个抽取一次。每批连续生产防腐层弯管不足 1000 个时,可抽取一个弯管或同等生产工艺条件下的弯管试验段作为试件。试件均应按表 4 中的各项指标进行测试。

表 4 外防腐层钢管的型式检验项目及验收指标

试验项目	验收指标	试验方法
24h 或 48h 阴极剥离	≤13mm	附录 C
24h 或 48h 附着力(级)	1~3	附录 H
抗 2.5°弯曲(-30℃)	无裂纹	附录 F
抗冲击(-30℃)	无漏点	附录 G

6.4.2 若测试结果不符合表 4 的要求,应立即调整涂敷工艺参数。同时,在该不合格试验段与前一合格试验段之间,追加两个试件,重新测试。当两个重做的试件均合格时,则该区间内涂敷过的成品管可以通过验收。若重做的两个试件中有一个不合格,则应将前一个试验合格的成品管到该不合格试验管段之间的所有产品均视做不合格。以后的生产仍按本标准 6.4.1 的要求抽取管段试件进行测试。

6.4.3 不合格产品应按本标准 7.2 的规定重涂。

7 防腐层的修补和重涂

7.1 修补

采用局部修补的方法来修补防腐层缺陷时,应符合下列要求:

- 缺陷部位的所有锈斑、鳞屑、裂纹、污垢和其他杂质及松脱的防腐层必须清除掉。
- 将缺陷部位根据修补材料供应商的要求打磨成粗糙面。
- 用干燥的布和刷子将灰尘清除干净。
- 直径小于或等于 25mm 的缺陷部位,应用环氧粉末生产厂推荐的热熔修补棒、双组分液体环氧树脂涂料或买方同意使用的同等物料进行局部修补。
- 直径大于 25mm 且面积小于 250cm² 的缺陷部位,可用环氧粉末生产厂推荐的双组分液体环氧树脂涂料或买方同意使用的同等物料进行局部修补。
- 修补材料应按照厂家推荐的方法贮存和使用。
- 所修补防腐层厚度应满足 5.5 的要求,并按 6.2 的规定进行质量检验。

7.2 重涂

出厂检验中厚度检验不合格、漏点数量超过允许修补范围或型式检验不合格的外防腐层钢管,应进行重涂。重涂时,应将钢管加热到不超过 275℃,使防腐层软化,然后将全部防腐层清除掉,再进行喷(抛)射处理。防腐层涂敷应按第 5 章的要求进行,重涂后应按第 6 章的规定重新进行质量检验。

8 成品管的标记、装运和贮存

8.1 标记

经质量检验合格的环氧粉末外防腐层钢管,直管应在外壁距管端约 400mm 处作出标记,弯管应在直管段处作出标记,标明钢管的规格、编号、材质、等级、生产厂名称、执行标准、弯管的角度及曲率半径;外防腐层的类型、等级、防腐管编号、检验员代号、涂敷厂名称、涂敷日期、执行标准等,并向用户提供出厂合格证。

8.2 装运

8.2.1 涂敷过的成品管运输时应轻吊轻运,避免损伤钢管及防腐层。成品弯管应用专用弯管托架运输,

避免相互撞击。

8.2.2 在操作过程中,防腐层被损坏,经漏点检测后,应按照本标准第7章的要求进行处理。

8.2.3 涂敷过的每根成品管都应套上隔离垫圈,避免彼此间接触。垫圈的尺寸和位置应以堆放时防腐层不受损坏为原则。

8.3 贮存

8.3.1 防腐厂应按照买方的要求提供堆放场地和储存设施、方法的详细说明。

8.3.2 涂敷过的成品管应按防腐层类型及钢管规格分开堆放,并应排列整齐、有明显标识。防腐层检验不合格的钢管不得与成品管混放。

8.3.3 在室外堆放时,防腐管底部应采用两道以上柔性支撑垫起,支撑的最小宽度为200mm,其高度应高于自然地面150mm。防腐管堆放的层数应符合表5的要求。

表5 成品管堆放层数

管径(mm)	$d < 400$	$400 \leq d < 500$	$500 \leq d < 600$	$d \geq 600$
最大堆放层数	6	5	4	3

8.3.4 成品管露天堆放时间不宜超过9个月,超过9个月应采用不透明遮盖物覆盖。

9 涂敷生产的安全、卫生 and 环境保护

9.1 涂敷生产的安全、环境保护应符合现行的国家标准 GB 7692 及 GB 7693 的要求。

9.2 除锈、喷涂过程中各种设备产生的噪音,应符合国家标准 GBJ 87 的有关规定。

9.3 除锈、喷涂车间空气中粉尘含量不得超过 TJ 36 中的有关规定。

9.4 喷涂区域的电气设备应符合国家有关爆炸危险场所电气设备的安全规定,电气设备应整体防爆,操作部分应设触电保护器。

9.5 除锈及喷涂作业中所有机械设施的旋转和运动部位均应设有防护罩等安全保护措施。

10 交工文件

出厂文件应包括:

a) 防腐管出厂合格证及质量检验报告。内容包括:生产厂名称及厂址、产品名称、产品规格、防腐层等级及厚度、检验员编号等;

b) 修补及重涂记录;

c) 用户要求的其它有关技术资料。

附录 A
(规范性附录)
环氧粉末的固化时间试验

A.1 本试验需要的设备应符合下列要求:

- a) 电热板, 温度精度为 $\pm 3^{\circ}\text{C}$;
- b) 金属板, 尺寸为 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 25\text{mm}$;
- c) 脱膜剂(甘油), 要求能耐 300°C 高温而不会与环氧粉末相粘; 接触式温度计;
- d) 计时器;
- e) 拉延板(形状见图 A.1);

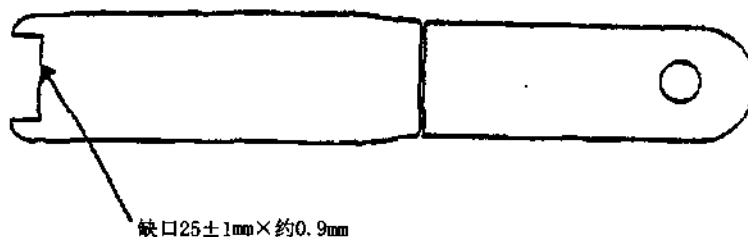


图 A.1 拉延板

- f) 镊子(小钳子);
- g) 刮刀;
- h) 通用小刀;
- i) 差示扫描量热仪(DSC)。

A.2 试验步骤如下:

- a) 在金属板的上表面喷涂两层脱膜剂。
- b) 加热金属板并保持温度在 $230 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 或 $180 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 。
- c) 在金属板上用拉延板把环氧粉末迅速铺开, 涂敷成一层薄膜, 使膜厚在 $300 \sim 400\mu\text{m}$ 之间, 当金属板上的粉末开始熔化时, 立即启动计时器开始计时。
- d) 趁涂膜未完全胶化之前, 用一把通用小刀或刮刀在膜上将涂膜划分为 10 条带状, 如图 A.2 所示。
- e) 经过 $30 \pm 3\text{s}$ 以后, 用镊子夹起第 1 条涂膜带, 并立即淬入冷水中。
- f) 每经过 $30 \pm 3\text{s}$, 重复一次上款中的操作。注意应按从上到下的先后顺序取下、淬冷并按顺序摆放。
- g) 使用一台“差示扫描量热仪”(DSC), 按本标准附录 B 的要求, 测定 ΔT_g (玻璃化温度的变化值) 或固化百分率。
- h) 按粉末生产厂的规定, 绘出时间对 ΔT_g 或时间对固化百分率的曲线。

A.3 试验报告包括以下内容:

- a) 对应 ΔT_g 为 2°C 的时间或对应 99% 固化率的时间(s);
- b) 试验日期。

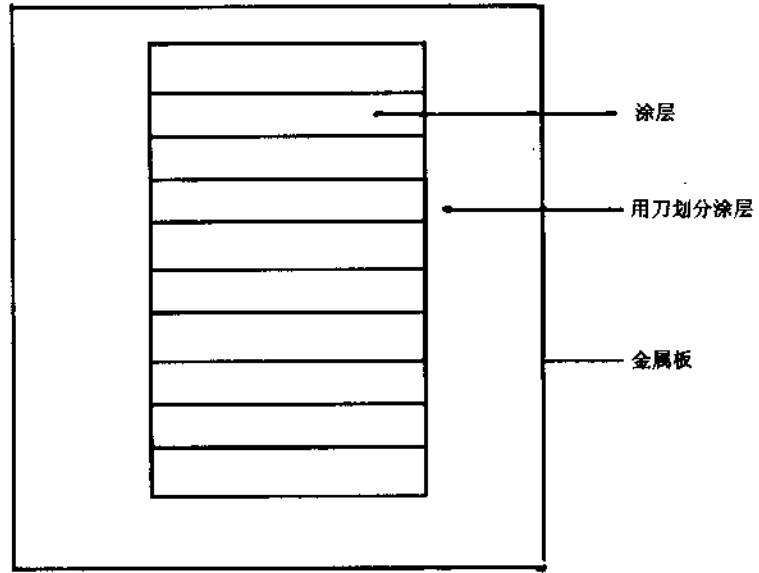


图 A.2 防腐层平板划线

附录 B

(规范性附录)

环氧粉末及其防腐层的热特性试验

B.1 本试验用于测定环氧粉末及防腐层的玻璃化温度(T_g)和反应热(ΔH)以及防腐层的固化百分率(C)。

B.2 本试验需要的设备应符合如下规定:

- a) 带制冷设备的差示扫描量热仪(DSC 仪);
- b) 分析天平,精确到 0.1mg;
- c) 试样密封器;
- d) 带盖铝制试样皿。

B.3 试验步骤如下:

- a) 取 $10 \pm 1\text{mg}$ 的环氧粉末或防腐层作试样,放入预先称好的试样皿中,盖上盖子密封试样并称量,试样的质量精确到 0.1mg。
- b) 将试样和参照物放入差示扫描量热仪的干燥惰性气体保护测量池中。
- c) 对环氧粉末试样,按下列操作程序完成其热扫描:
 - 1) 以 $20^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率对试样加热,从 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ 加热到 $70 \pm 5^\circ\text{C}$,然后将试样急冷到 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ 。
 - 2) 以 $20^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率对同一试样加热,从 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ 加热到 $285 \pm 10^\circ\text{C}$,然后将试样急冷到 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ 。
 - 3) 以 $20^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率对试样加热,从 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ 加热到 $150 \pm 10^\circ\text{C}$ 。
- d) 对防腐层试样,按下列操作程序完成其热扫描:
 - 1) 以 $20^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率对试样加热,从 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ 加热到 $110 \pm 5^\circ\text{C}$,在 110°C 时保持 1.5min,然后将试样急冷到 $25 \pm 5^\circ\text{C}$;
 - 2) 以 $20^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率对同一试样加热,从 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ 加热到 $285 \pm 10^\circ\text{C}$,然后将试样急冷到 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ 。
 - 3) 以 $20^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率对试样加热,从 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ 加热到 $150 \pm 10^\circ\text{C}$ 。

B.4 试验结果应按以下要求计算:

a) 对应于 B.3 条第 3 款中 2)、3)与 B.3 条第 4 款中 2)、3)所得的每一个热扫描线,确定其相应的 T_g 值,这些值是在低温端的外推基线与曲线转折点处的切线交点上。此外,还要确定相应的反应放热量 ΔH (见图 B.1 和图 B.2)。

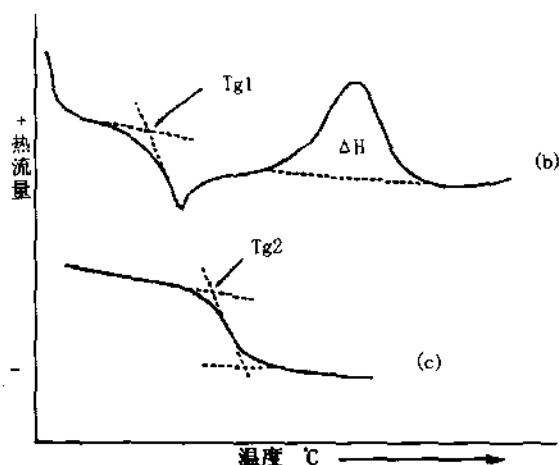


图 B.1 对环氧粉末热扫描

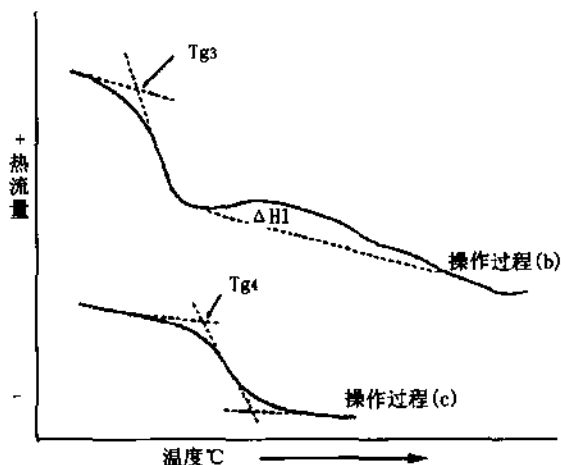


图 B.2 对防腐层热扫描

b) 对于防腐层, 用下列公式计算出 T_g 值的变化:

$$\Delta T_g = T_{g4} - T_{g3}$$

式中 ΔT_g —— T_g 值的变化(°C);

T_{g3} —— 由 B.3 中第 4 款中的 3) 热扫描得到的 T_g 值(°C);

T_{g4} —— 由 B.3 中第 4 款中的 2) 热扫描得到的 T_g 值(°C)。

c) 对于防腐层, 用下列公式计算出固化百分率:

$$C = \frac{\Delta H - \Delta H_1}{\Delta H} \times 100$$

式中: C —— 固化百分率(%);

ΔH —— 由 B.3 中第 3 款中的 2) 热扫描得到的反应放热量(J/g);

ΔH_1 —— 由 B.3 中第 4 款中的 2) 热扫描得到的反应放热量(J/g)。

B.5 试验报告包括以下内容:

- 差示扫描量热仪的型号;
- 对于环氧粉末, 报告 T_{g1} 、 T_{g2} 和 ΔH 值;
- 对于防腐层, 报告 T_{g3} 、 T_{g4} 、 ΔH_1 和 C 的值;
- 试验日期。

附录 C
(规范性附录)
防腐层的耐阴极剥离试验

C.1 本试验需要的设备应符合下列规定:

- a) 可调直流稳压电源;
- b) 热板或烘箱,温度精度为 $\pm 3^{\circ}\text{C}$;
- c) 盛有石英砂的钢制浅盘;
- d) 甘汞电极;
- e) 铂丝或碳电极;
- f) 内径 $75 \pm 3\text{mm}$ 塑料圆筒;
- g) 3% 的 NaCl 溶液;
- h) 通用小刀。

C.2 实验室涂敷试件尺寸约为 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 6\text{mm}$ 。管段试件尺寸约为 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times$ 管壁厚度。试件数为 3 件。

C.3 试验步骤

- a) 本试验应使用经确认没有漏点的试件,电火花检漏仪最低检漏电压应为 1800V。
- b) 在试件的中心钻一个直径 3.2mm 的盲孔,透过防腐层,露出钢基板。
- c) 把塑料圆筒中心对准盲孔放在试件上,并用密封胶粘好,不应漏水。
- d) 往筒内注入至少 300ml 的 NaCl 溶液,并在筒上作出液面位置标记。将电极插入溶液中与直流电源的正极连接,再将裸露盲孔的试件与负极连接。

e) 施加电压于试件(对甘汞基准电极施以电压),在下列一种或多种试验条件下,保持温度不变:

- 1) 5V, $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$, 28d;
- 2) 5V, $65 \pm 3^{\circ}\text{C}$, 48h;
- 3) 5V, $65 \pm 3^{\circ}\text{C}$, 24h。

试验过程中,按需要添加蒸馏水以保持液面高度。

f) 上述试验周期结束后,拆除电解槽,取下试件,将其在空气中冷却到 $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 。在开始移出电源起的 1h 内,对试件的耐阴极剥离性能进行测试。

g) 以盲孔为中心,用小刀划出放射线,如图 C.1 所示。线应划透防腐层达到基底,并且从盲孔算起,延伸距离至少达到 20mm。

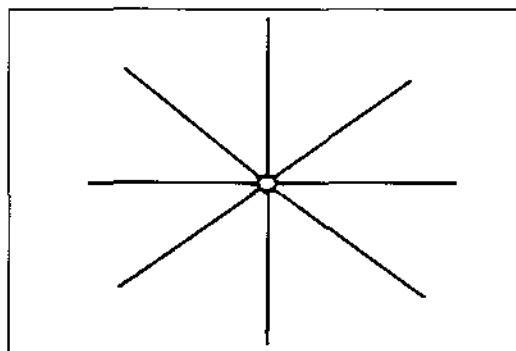


图 C.1 在试件上划透防腐层的放射线

h) 用刀尖从盲孔处开始,插入防腐层下面,以水平方向的力沿射线方向撬剥防腐层,直到防腐层表现出明显的抗撬剥性能为止。

i) 从盲孔中心开始,测量各个撬剥距离,并求其平均值,即为该试件的阴极剥离距离。

C.4 试验报告应包括以下内容

a) 平均剥离值;

b) 试验日期。

附录 D
(规范性附录)
防腐层的耐化学腐蚀试验

D.1 本试验所需浸泡介质应符合表 D.1 的规定。

表 D.1 试验使用的介质

试 剂	PH 值
稀盐酸	2.5~3.0
10%氯化钠加稀硫酸	2.5~3.0
10%氯化钠水溶液	—
蒸馏水	—
5%氢氧化钠水溶液	—
等质量的碳酸镁和碳酸钙饱和水溶液	—

D.2 实验室涂敷试件尺寸约为 200mm × 25mm × 6mm,各边缘部位都应覆盖住,不得裸露基底。每种介质浸泡试件数至少 3 件。

D.3 试验步骤应按下列要求进行:

- a) 将试件竖着放入浸泡容器内,加入足够的介质,使试件长度的一半淹没于其中。
- b) 盖好容器盖,保持温度 $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$,经过 90d,并保持原来的液面高度,如液面有所下降,应添加适量的蒸馏水。
- c) 试验周期结束后,取出试件并观察其防腐层是否有脱色、隆起、软化、起泡爆皮、开裂、剥离、附着力降低等现象。

D.4 试验报告包括以下内容:

- a) 在各种介质中浸泡 90d 以后防腐层的情况;
- b) 试验日期。

附录 E
(规范性附录)
防腐层的孔隙率测定

E.1 本试验需要的设备应符合如下规定：

- a) 体视显微镜；
- b) 台虎钳或专用弯曲机；
- c) 干冰或冷冻箱；
- d) 通用小刀。

E.2 实验室涂敷试件尺寸约为 200mm×25mm×6mm，管段试件尺寸约为 200mm×25mm×管壁厚度，其中 200mm 为管段轴向尺寸。试件数为 3 件。

E.3 试验步骤

- a) 将试件冷却到 -30℃ 以下，并在台虎钳或专用弯曲机上折弯到约 180°。
- b) 在弯曲的试件上撬下一块防腐层，并放大 40 倍观察防腐层的孔隙率。
- c) 按图 E.1(自上而下依次为 1 级~5 级)和图 E.2(自上而下依次为 1 级~5 级)中所示的等级图评定试件的孔隙率等级。

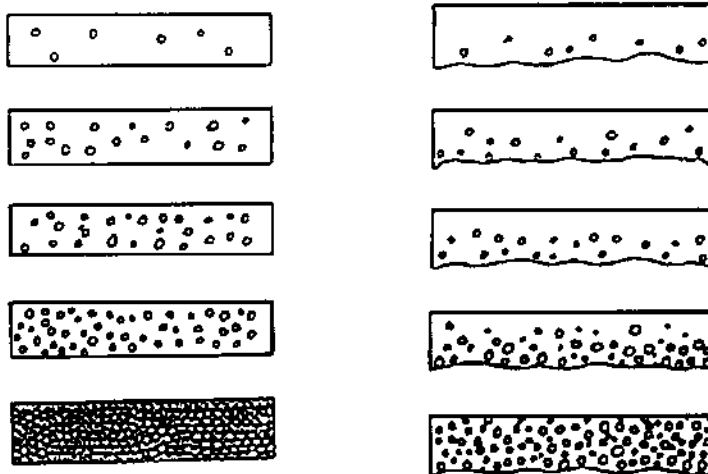


图 E.1 防腐层粘结面孔隙率等级 图 E.2 防腐层断面孔隙率等级

E.4 试验报告应包括如下内容：

- a) 断面孔隙率等级；
- b) 粘结面孔隙率等级；
- c) 试验日期。

附录 F
(规范性附录)
防腐层的抗弯曲性能试验

F.1 本试验需要的设备应符合如下规定:

- a) 压力试验机;
- b) 弯曲芯轴;
- c) 冷冻箱。

F.2 实验室涂敷试件尺寸约为 200mm×25mm×6mm,管段试件尺寸约为 200mm×25mm×管壁厚度,其中 200mm 为管段轴向尺寸。试件数为 3 件。

F.3 试验步骤应符合如下规定:

a) 防腐层边缘应光滑,以消除任何潜在的应力升高点。将试件放入冷冻箱内冷却到 $-30 \pm 3^\circ\text{C}$ 范围内,并至少保持 1h。

b) 将试件放在一平面上,测量试件厚度(t),该值为试件的钢管壁厚和内弧弦高之和。

c) 用下列公式求出芯轴半径:

芯轴对应于单位管径长度弯曲 3° 角时: $R = 18.6t$

芯轴对应于单位管径长度弯曲 2.5° 角时: $R = 22.43t$

式中: R —要求的芯轴半径(mm);

t —试件厚度(mm)。

d) 将试件放在选定曲率半径的芯轴上进行弯曲试验,每个试件的弯曲过程应该在从冷冻箱中取出的 30s 之内完成,折弯速率应保持整个过程在 10s 内。

e) 将上述试件加温到 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 并保持此温度至少 2h。在此后的 1h 内,目测试件是否有裂纹。

F.4 试验报告应包括以下内容:

- a) 规定的折弯角度;
- b) 是否有裂纹;
- c) 试验日期。

附录 G
(规范性附录)
防腐层的抗冲击性能试验

G.1 本试验需要的设备应符合如下规定:

- a) 冲击试验机:直径 16mm 的球形冲头;
- b) 用于管段试件的弧面砧,其半径为 40mm,硬度为 $55 \pm 5\text{HRC}$;
- c) 木垫块,其尺寸最小为 $600\text{mm} \times 600\text{mm} \times 600\text{mm}$,其顶面为硬木;
- d) 电火花检漏仪;
- e) 冷冻箱。

G.2 实验室涂覆试件尺寸约为 $200\text{mm} \times 25\text{mm} \times 6\text{mm}$,管段试件尺寸约为 $200\text{mm} \times 25\text{mm} \times$ 管壁厚度,其中 200mm 为管段轴向尺寸。试件数为 3 件。

G.3 试验步骤应符合下列规定:

a) 将试件放入冷冻箱,冷却到 $-30 \pm 3^\circ\text{C}$,并在这一温度范围内保持最少 1h,将冷却后的试件放入冲击试验机,并将砧块对正。

b) 以至少为 1.5J 的冲击能量冲击试件 3 次,各个冲击点相距至少为 50mm。三次冲击应在试件从冷冻箱中取出后的 30 s 之内完成。球形冲头最多冲击十次后应转到一个未使用过的位置。当总冲击次数达到 200 次以后应更换冲头。

c) 允许试件升温到 $20 \pm 5^\circ\text{C}$,若使用电火花检漏仪,则使用电压应调至 $1750 \pm 250\text{V}$,若使用湿海绵漏点探测仪,则电压应调至 $67.5 \pm 4.5\text{V}$ 。

G.4 试验报告包括以下内容:

- a) 使用的冲击能量值(J);
- b) 电火花检漏仪使用的电压值;
- c) 针孔数;
- d) 试验日期。

附录 H
(规范性附录)
防腐层的附着力测定

H.1 试验设备应符合如下规定:

- a) 烧杯;
- b) 温度计;
- c) 通用小刀。

H.2 试验室涂覆试件尺寸约为 100mm×100mm×6mm。管段试件尺寸为 100mm×100 mm×管壁厚度。试件数为 3 件。

H.3 试验步骤如下:

a) 将试样放入烧杯内,加入足够的水,使试件充分淹没,加热至 $75 \pm 3^{\circ}\text{C}$,至少 48h 或加热至 $95 \pm 3^{\circ}\text{C}$,至少 24h,然后取出试件。

b) 当试件仍温热时,立即用小刀在防腐层上划一个大约 30mm×15mm 的长方形,透过防腐层到达基板,然后在空气中自然冷却到 $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 。在取出试件后 1h 内从长方形的任一角将刀尖插入防腐层下面,以水平方向的力撬剥防腐层,连续推进刀尖直到长方形内的防腐层全部撬离或防腐层表现出明显的抗撬性能为止。

c) 下列分级标准评定长方形内防腐层的附着力等级:

- 1) 1 级——防腐层明显地不能被撬剥下来;
- 2) 2 级——被撬离的防腐层小于或等于 50%;
- 3) 3 级——被撬离的防腐层大于 50%,但防腐层表现出明显的抗撬性能;
- 4) 4 级——防腐层很容易被撬剥成条状或大块碎屑;
- 5) 5 级——防腐层成一整片被剥离下来。

H.4 试验报告包括以下内容:

- a) 附着力的级别;
 - b) 试验日期。
-