ICS 75.200
E 98

中华人民共和国国家标准

GB/T 23257—2017
代替 GB/T 23257—2009

埋地钢质管道聚乙烯防腐层

Polyethylene coating for buried steel pipeline

2017-05-12 发布　　2017-12-01 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

目　　次

前言 …… Ⅲ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 1
4　防腐层结构 …… 2
5　材料 …… 3
5.1　钢管 …… 3
5.2　防腐层材料 …… 3
5.3　工艺评定试验 …… 6
6　防腐层涂敷 …… 7
7　质量检验 …… 8
8　标志、堆放和搬运 …… 9
9　补口及补伤 …… 9
9.1　补口材料 …… 9
9.2　补口施工准备 …… 12
9.3　补口施工 …… 12
9.4　补口质量检验 …… 13
9.5　补伤 …… 13
10　下沟回填 …… 14
11　安全、卫生和环境保护 …… 14
12　交工文件 …… 14
附录A（规范性附录）　环氧粉末的固化时间试验方法 …… 15
附录B（规范性附录）　环氧粉末及其防腐层的热特性试验方法 …… 17
附录C（规范性附录）　防腐层的附着力测定方法 …… 20
附录D（规范性附录）　防腐层阴极剥离试验方法 …… 21
附录E（规范性附录）　防腐层抗弯曲试验方法 …… 23
附录F（规范性附录）　氧化诱导期测定方法 …… 25
附录G（规范性附录）　塑料含水率测定试验方法 …… 26
附录H（规范性附录）　压痕硬度测定方法 …… 27
附录I（规范性附录）　聚乙烯耐化学介质腐蚀试验方法 …… 28
附录J（规范性附录）　聚乙烯耐紫外光老化试验方法 …… 29
附录K（规范性附录）　防腐层剥离强度测定方法 …… 30
附录L（规范性附录）　防腐层冲击强度试验方法 …… 32
附录M（规范性附录）　聚乙烯防腐层耐热水浸泡试验方法 …… 33

附录 N（规范性附录） 热收缩带(套)耐热冲击试验方法 …… 34
附录 O（规范性附录） 热熔胶的脆化温度试验方法 …… 35
附录 P（规范性附录） 补口防腐层耐热水浸泡试验方法 …… 36
附录 Q（规范性附录） 补口防腐层热老化试验方法 …… 37

前　言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 23257—2009《埋地钢质管道聚乙烯防腐层》。与 GB/T 23257—2009 相比，主要技术变化如下：

——调整了范围中挤压聚乙烯防腐层分类的最高温度定义，由“最高使用温度”调整为“最高设计温度”，温度值分别由 50 ℃调整为 60 ℃，70 ℃调整为 80 ℃（见第 1 章）；

——增加了术语和定义（见第 3 章）；

——修改了环氧粉末涂料热特性指标（见表 2）；

——修改了聚乙烯专用料的拉伸性能要求（见表 5）；

——补充修改了聚乙烯防腐层的性能要求（见表 7）；

——补充修改了热收缩带补口材料的性能要求（见表 11）；

——增加了补口施工准备和补口工艺评定要求（见 9.2）；

——修订了部分附录试验方法（见附录 B、附录 K）；

——增加了附录试验方法（见附录 G、附录 M、附录 Q）。

本标准由中国石油天然气集团公司提出。

本标准由全国石油天然气标准化技术委员会（SAC/TC 355）归口。

本标准负责起草单位：中国石油集团工程技术研究院、中国石油集团海洋工程有限公司。

本标准参加起草单位：宝鸡石油钢管有限责任公司、大庆油田工程建设有限公司天宇设计院。

本标准主要起草人：张其滨、刘金霞、赫连建峰、温宏伟、陈守平、史惠辉。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 23257—2009。

埋地钢质管道聚乙烯防腐层

1 范围

本标准规定了钢质管道挤压聚乙烯防腐层及辐射交联聚乙烯热收缩带(套)补口的最低技术要求。

本标准适用于埋地钢质管道挤压聚乙烯防腐层的设计、生产和检验,及其现场补口的设计、施工和检验。其他敷设形式的管道挤压聚乙烯防腐层可参照执行。

挤压聚乙烯防腐层可分为最高设计温度不超过60 ℃的常温型(N)和最高设计温度不超过80 ℃的高温型(H)两类。

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。

GB/T 1040.2 塑料 拉伸性能的测定 第2部分:模塑和挤塑塑料的试验条件

GB/T 1408.1 绝缘材料电气强度试验方法 第1部分:工频下试验

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 1633 热塑性塑料维卡软化温度(VST)的测定

GB/T 1725 色漆、清漆和塑料 不挥发物含量的测定

GB/T 1842 塑料 聚乙烯环境应力开裂试验方法

GB/T 3682 热塑性塑料熔体质量流动速率和熔体体积流动速率的测定

GB/T 4472 化工产品密度、相对密度的测定

GB/T 5470 塑料 冲击法脆化温度的测定

GB 6514 涂装作业安全规程 涂漆工艺安全及其通风净化

GB/T 6554 电气绝缘用树脂基反应复合物 第2部分:试验方法 电气用涂敷粉末方法

GB/T 7124 胶粘剂 拉伸剪切强度的测定(刚性材料对刚性材料)

GB 7692 涂装作业安全规程 涂漆前处理工艺安全及其通风净化

GB/T 8923.1 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分:未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级

GB/T 13021 聚乙烯管材和管件炭黑含量的测定(热失重法)

GB/T 15332 热熔胶粘剂软化点的测定 环球法

GB/T 18570.3 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第3部分:涂覆涂料前钢材表面的灰尘评定(压敏粘带法)

GB/T 18570.9 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第9部分:水溶性盐的现场电导率测定法

GB/T 50087 工业企业噪声控制设计规范

GB 50369 油气长输管道工程施工及验收规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

挤压聚乙烯防腐层　extruded polyethylene coating

在挤出机中通过加热、加压使聚乙烯以流动状态连续通过挤出口模成型包覆在管道上而形成的防腐层，包覆方式包括纵向挤出包覆和侧向缠绕包覆。

3.2

最高设计温度　maximum design temperature

在管道运输、搬运、施工及运行过程中防腐层可能达到的最高温度。

3.3

最高运行温度　maximum operation temperature

管道或者管线系统在运行过程中所达到的最高温度。

注：最高运行温度不超过最高设计温度。

3.4

低温涂敷环氧粉末涂料　low temperature applied epoxy powder coating

用作本标准规定的三层结构聚乙烯防腐层底层，并可在低于200 ℃以下涂敷施工的环氧粉末涂料。

3.5

断裂标称应变　nominal tensile strain at break

与拉伸断裂应力相对应的拉伸标称应变。

3.6

内聚破坏　cohesive failure

胶粘层自身破裂，在两个被粘物表面均有胶粘剂粘结存在。

3.7

界面破坏　interfacial failure

胶粘层与被粘物界面处发生目视可见的破坏现象。

4　防腐层结构

4.1　挤压聚乙烯防腐层分二层结构和三层结构两种。二层结构的底层为胶粘剂层，外层为聚乙烯层；三层结构的底层通常为环氧粉末涂层，中间层为胶粘剂层，外层为聚乙烯层。DN500以上的管道不宜采用两层结构聚乙烯防腐层。

4.2　防腐层的最小厚度应符合表1的规定。焊缝部位的防腐层厚度不应小于表1规定值的80%。应根据管道建设环境和运行条件，选择防腐层等级。

表1　防腐层的厚度

钢管公称直径 DN	环氧涂层[a] μm	胶粘剂层 μm	防腐层最小厚度 mm	
			普通级(G)	加强级(S)
DN≤100	≥120	≥170	1.8	2.5
100<DN≤250			2.0	2.7
250<DN<500			2.2	2.9
500≤DN<800	≥150		2.5	3.2
800≤DN≤1 200			3.0	3.7
DN>1 200			3.3	4.2
[a] 不适用于二层结构聚乙烯防腐层。				

5 材料

5.1 钢管

5.1.1 钢管应符合现行有关钢管标准或订货技术条件的规定，并有出厂合格证。

5.1.2 应对钢管逐根进行外观检查。外观质量应符合现行有关标准或订货技术条件的规定，不合格的钢管不应涂敷防腐层。

5.2 防腐层材料

5.2.1 一般规定

5.2.1.1 防腐层各种原材料均应有出厂质量证明书及检验报告、使用说明书、安全数据单、出厂合格证、生产日期及有效期。环氧粉末涂料供应商应提供产品的热特性曲线等资料。

5.2.1.2 防腐层的各种原材料均应包装完好，应按产品说明书的要求存放。

5.2.1.3 每种牌(型)号的环氧粉末涂料、胶粘剂以及聚乙烯专用料，在使用前均应由通过国家计量认证的检验机构，按 5.2 规定的相应性能项目进行检测。性能检测结果达到本标准规定要求的材料方可使用。

5.2.2 环氧粉末涂料

环氧粉末涂料及其涂层的性能应符合表 2 和表 3 的规定。涂敷厂对每一生产批(不超过 20 t)环氧粉末涂料均应按表 2 和表 3(不包括 65 ℃，30 d 阴极剥离)的规定进行质量复检，表 3 第 3 项应不定期复检。钢管有低温涂敷要求时，应采用低温涂敷环氧粉末涂料，性能应符合表 2 和表 3 的规定。

表 2 环氧粉末涂料的性能指标

项目		性能指标	试验方法
粒径分布 %		150 μm 筛上粉末≤3.0 250 μm 筛上粉末≤0.2	GB/T 6554
不挥发分含量(105 ℃) %		≥99.4	GB/T 6554
密度 g/cm^3		1.30～1.50 且符合厂家给定值±0.05	GB/T 4472
胶化时间 s		≥12 且符合厂家给定值±20%	GB/T 6554
固化时间 min		≤3	附录 A
热特性	ΔH J/g	≥45	附录 B
	Tg_2 ℃	≥98	
注：环氧粉末涂料胶化时间和固化时间的测试温度为产品说明书指定的涂敷温度。未指定时，常温涂敷粉末试验温度为 200 ℃，低温涂敷粉末试验温度低于 200 ℃。			

表 3　熔结环氧涂层的性能指标

项目	性能指标	试验方法
附着力 级	1	附录 C
阴极剥离(65 ℃,48 h) mm	≤5	附录 D
阴极剥离(65 ℃,30 d) mm	≤15	附录 D
抗弯曲(−20 ℃,2.5°)	无裂纹	附录 E
注：实验室喷涂试件的涂层厚度应为 300 μm～400 μm,涂敷温度为产品说明书指定的温度。未指定时,常温涂敷粉末涂敷温度为 200 ℃,低温涂敷粉末涂敷温度低于 200 ℃。		

5.2.3　胶粘剂

胶粘剂的性能应符合表 4 的规定。涂敷厂对每一生产批(不超过 30 t)胶粘剂均应按照表 4 的规定进行质量复检。二层结构聚乙烯防腐层采用热熔胶型胶粘剂时,应根据工程要求确定适当的技术性能指标。

表 4　胶粘剂的性能指标

项目	性能指标	试验方法
密度 g/cm^3	0.920～0.950	GB/T 4472
熔体流动速率 (190 ℃,2.16 kg) g/10 min	≥0.7	GB/T 3682
维卡软化点(A_{50},9.8 N) ℃	≥90	GB/T 1633
脆化温度 ℃	≤−50	GB/T 5470
氧化诱导期(200 ℃) min	≥10	附录 F
含水率 %	≤0.1	附录 G
拉伸强度[a] MPa	≥17	GB/T 1040.2
断裂标称应变[a] %	≥600	GB/T 1040.2
[a] 拉伸速度 50 mm/min。		

5.2.4 聚乙烯

聚乙烯专用料及其压制片材的性能应符合表5和表6的规定。涂敷厂对每一生产批(不超过500 t)聚乙烯专用料,应对表5规定的前5项和表6规定的前4项性能进行质量复验,需要时,也可对其他性能进行复验。

表5 聚乙烯专用料的性能指标

项目	性能指标	试验方法
密度 g/cm^3	0.940～0.960	GB/T 4472
熔体流动速率(190 ℃,2.16 kg) g/10 min	≥0.15	GB/T 3682
碳黑含量 %	≥2.0	GB/T 13021
含水率 %	≤0.1	附录G
氧化诱导期(220 ℃) min	≥30	附录F
耐热老化[a](100 ℃,4 800 h) %	≤35	GB/T 3682
[a] 耐热老化指标为试验前与试验后的熔体流动速率变化率。		

表6 聚乙烯专用料的压制片材性能指标

项目	性能指标	试验方法
拉伸屈服强度[a] MPa	≥15	GB/T 1040.2
拉伸强度[a] MPa	≥22	GB/T 1040.2
断裂标称应变[a] %	≥600	GB/T 1040.2
维卡软化点(A_{50},9.8 N) ℃	≥110	GB/T 1633
脆化温度 ℃	≤−65	GB/T 5470
电气强度 MV/m	≥25	GB/T 1408.1
体积电阻率 Ω·m	$\geq 1\times10^{13}$	GB/T 1410
耐环境应力开裂(F_{50}) h	≥1 000	GB/T 1842

表 6（续）

项目	性能指标	试验方法
压痕硬度 mm （23 ℃） （60 ℃或 80 ℃）[b]	 ≤0.2 ≤0.3	附录 H
耐化学介质腐蚀[c]（浸泡 7 d） % 10%HCl 10%NaOH 10%NaCl	 ≥85 ≥85 ≥85	附录 I
耐紫外光老化[c]（336 h） %	≥80	附录 J

[a] 拉伸速度 50 mm/min。

[b] 常温型，试验条件为 60 ℃；高温型，试验条件为 80 ℃。

[c] 耐化学介质腐蚀及耐紫外光老化指标为试验后的拉伸强度和断裂标称应变的保持率。

5.3 工艺评定试验

5.3.1 涂敷厂应用所选定的防腐层材料在涂敷生产线上进行工艺评定试验，并对防腐层性能进行检测。当防腐层材料生产厂家或牌（型）号或钢管管径改变或壁厚增大时，应重新进行工艺评定试验。工艺评定试验合格后，涂敷厂应按照工艺评定试验确定的工艺参数进行防腐层涂敷生产。

5.3.2 聚乙烯层及防腐层性能应符合表 7 和表 8 的规定。

5.3.2.1 按确定的工艺参数涂敷聚乙烯层并进行性能检测，用于性能检测的聚乙烯层应不含胶和环氧粉末层，结果应符合表 7 的规定。

表 7 聚乙烯层的性能指标

项　　目		性能指标	试验方法
拉伸强度[a]	轴向 MPa	≥20	GB/T 1040.2
	周向 MPa	≥20	
	偏差[b] %	≤15	
断裂标称应变[a] %		≥600	GB/T 1040.2
压痕硬度 mm （23 ℃） （60 ℃或 80 ℃）[c]		 ≤0.2 ≤0.3	附录 H

表 7（续）

项　　目	性能指标	试验方法
耐环境应力开裂(F_{50}) h	≥1 000	GB/T 1842
热稳定性[d] | ΔMFR | %	≤20	GB/T 3682
[a] 拉伸速度 50 mm/min。 [b] 偏差为轴向和周向拉伸强度的差值与两者中较低者之比。 [c] 常温型，试验条件为 60 ℃；高温型，试验条件为 80 ℃。 [d] 聚乙烯挤出前后熔体流动速率变化率。		

5.3.2.2　从防腐管或在同一工艺条件下涂敷的试验管段上截取试件对防腐层整体性能进行检测，检测结果应符合表 8 的规定。

表 8　防腐层的性能指标

项　　目	性能指标		试验方法
	二层结构	三层结构	
剥离强度 N/cm (20 ℃±5 ℃) (60 ℃±5℃)	≥70 ≥35	≥100(内聚破坏) ≥70(内聚破坏)	附录 K
阴极剥离（65 ℃，48 h） mm	≤15	≤5	附录 D
阴极剥离(最高运行温度，30 d) mm	≤25	≤15	附录 D
环氧粉末底层热特性 玻璃化温度变化值 | ΔTg | ℃	—	≤5	附录 B
冲击强度 J/mm	≥8		附录 L
抗弯曲(−30 ℃，2.5°)	聚乙烯无开裂		附录 E
耐热水浸泡(80 ℃，48 h)	翘边深度平均≤2 mm 且最大≤3 mm		附录 M

6　防腐层涂敷

6.1　钢管表面处理应符合下列要求：

a）　在防腐层涂敷前，先清除钢管表面的油脂和污垢等附着物，然后进行抛(喷)射除锈。在进行抛(喷)射除锈前，钢管表面温度应不低于露点温度以上 3 ℃。除锈质量应达到 GB/T 8923.1

中规定的 Sa2½级要求，锚纹深度达到 50 μm～90 μm。钢管表面的焊渣、毛刺等应清除干净。

b) 应将钢管表面附着的灰尘及磨料清扫干净。钢管表面的灰尘度应不低于 GB/T 18570.3 规定的 2 级。

c) 抛(喷)射除锈后的钢管应按 GB/T 18570.9 规定的方法或其他适宜的方法检测钢管表面的盐分含量，钢管表面的盐分不应超过 20 mg/m²。如果钢管表面盐分含量超过 20 mg/m²，应采用适宜的方法处理至合格。

d) 钢管表面处理后应防止钢管表面受潮、生锈或二次污染。表面处理后的钢管最迟应在 4 h 内进行涂敷，超过 4 h 或当出现返锈或表面污染时，应重新进行表面处理。

6.2 开始防腐层涂敷时，先用试验管段在生产线上依次调节预热温度及防腐层各层厚度，各项参数达到要求后方可开始正式涂敷。

6.3 应用无污染的热源对钢管加热至确定的涂敷温度，最高加热温度应低于钢管加热温度限制。

6.4 环氧粉末应均匀涂敷在钢管表面。回收环氧粉末的使用及其添加比例应按表 2 和表 3 规定的性能进行检验后确认。

6.5 胶粘剂涂敷应在环氧粉末胶化过程中进行。

6.6 采用侧向缠绕工艺时，应确保搭接部分的聚乙烯及焊缝两侧的聚乙烯完全辊压密实无空洞，辊压时应避免损伤聚乙烯层表面。

6.7 聚乙烯层包覆后应用水冷却至钢管温度不高于 60 ℃，并确保熔结环氧涂层固化完全。

6.8 防腐层涂敷完成后，应除去管端部位的防腐层。管端预留长度宜为 100 mm～150 mm，并满足实际焊接和检验要求。聚乙烯层端面应形成不大于 30°的倒角，聚乙烯层端部外宜保留 10 mm～30 mm 的环氧粉末涂层。

6.9 涂敷采用热熔胶的二层结构聚乙烯防腐层时，应根据涂敷作业线的特点制定详细可行的工艺方案，并在涂敷作业中严格执行。

7 质量检验

7.1 钢管表面处理的质量检验应符合下列要求：

a) 抛(喷)射除锈后的钢管应逐根进行表面除锈等级检验，用 GB/T 8923.1 中相应的照片或标准板进行目视比较，表面除锈质量应达到 Sa2½级的要求；表面锚纹深度应每班（不超过 12 h)至少测量两次，每次测量两根钢管，宜采用粗糙度测量仪或锚纹深度测试纸测量，锚纹深度应达到 50 μm～90 μm；表面处理前的钢管表面温度应进行监测，钢管表面温度应不低于露点温度以上 3 ℃。

b) 钢管表面灰尘度应每班(不超过 12 h)至少检测两次，每次检测两根钢管。应按照 GB/T 18570.3 规定的方法进行表面灰尘度评定，表面灰尘度应不低于 2 级。

c) 每批进厂的钢管在表面处理后应至少抽测 2 根钢管表面的盐分。钢管经海运、海边堆放或涂敷施工现场处于盐碱地带时，每班(不超过 12 h)应至少检测 2 根钢管表面的盐分。按照 GB/T 18570.9 规定的方法或其他适宜的方法进行钢管表面盐分的测定，钢管表面的盐分应不超过 20 mg/m²。

7.2 除锈后，应检查钢管表面缺陷，钢管表面缺陷和不规则(重皮、损伤、划伤等)未经修复后不应涂敷。

7.3 涂敷过程中应对钢管加热温度进行连续监测，钢管的加热温度等工艺参数应符合确定的参数。

7.4 防腐层外观应逐根目测检查。聚乙烯层表面应平滑，无暗泡、无麻点、无皱折、无裂纹，色泽应均匀，防腐管端应无翘边。

7.5 防腐层的漏点应按采用在线电火花检漏仪进行连续检查，检漏电压为 25 kV，无漏点为合格。单管有两个或两个以下漏点时，可按第 9 章的规定进行修补；单管有两个以上漏点或单个漏点沿轴向尺寸

大于 300 mm 时，该防腐管为不合格。

7.6 连续生产的钢管防腐层厚度至少应检测第 1 根、第 5 根、第 10 根，之后每 10 根至少测一根。宜采用磁性测厚仪或电子测厚仪测量钢管 3 个截面圆周方向均匀分布的 4 点的防腐层厚度，同时应检测焊缝处的防腐层厚度，结果应符合 4.2 的规定。

7.7 防腐层的粘结力按附录 K 的方法通过测定剥离强度进行检验。每班（不超过 12 h）至少在两个温度条件下各抽测一次，结果应符合表 8 的规定。

7.8 每班（不超过 12 h）至少应测量一次三层结构防腐管的环氧粉末层厚度及热特性，结果应分别符合表 1 和表 8 的规定。

7.9 每连续涂敷生产的第 10 km、20 km、30 km 的防腐管均应按附录 D 的方法进行一次 48 h 的阴极剥离试验，之后每 50 km 进行一次阴极剥离试验，结果应符合表 8 的规定。如不合格，应在前一次检验合格后涂敷的防腐管中加倍取样检验。加倍检验全部合格时，该两次检测区间生产的防腐管为合格；仍有不合格时，该两次检测区间生产的批防腐管为不合格。

7.10 每连续涂敷生产 50 km 防腐管应截取聚乙烯层样品，按 GB/T 1040.2 检验其拉伸强度和断裂标称应变，结果应符合表 7 的规定。若不合格，应在前一次检验合格后涂敷的防腐管中加倍取样检验。加倍检验全部合格时，该两次检测区间生产的防腐管为合格；仍有不合格时，该两次检测区间生产的批防腐管为不合格。

8 标志、堆放和搬运

8.1 检验合格的防腐管应在距管端约 400 mm 处标有产品标志。产品标志应包括：防腐层结构、防腐层类型、防腐等级、执行标准、制造厂名（代号）、生产日期等，并将钢管标志信息移置到防腐层表面。

8.2 挤压聚乙烯防腐管的吊装，应采用尼龙吊带或其他不损坏防腐层的吊具。

8.3 堆放时，防腐管底部应采用两道（或以上）支垫垫起，支垫间距为 4 m～8 m，支垫最小宽度为 100 mm，防腐管离地面不应少于 100 mm，支垫与防腐管之间以及防腐管相互之间应垫上柔性隔离物。运输时，宜使用尼龙带等捆绑固定，装车过程中应避免硬物混入管垛。

8.4 挤压聚乙烯防腐管的允许堆放层数应符合表 9 的规定。

表 9 挤压聚乙烯防腐管的允许堆放层数

公称直径 DN	DN＜200	200≤DN＜300	300≤DN＜400	400≤DN＜600	600≤DN＜800	800≤DN≤1 200	DN＞1 200
堆放层数	≤10	≤8	≤6	≤5	≤4	≤3	≤2

8.5 挤压聚乙烯防腐管露天存放时间不宜超过 6 个月，若需存放 6 个月以上时，应用不透明的遮盖物对防腐管加以保护。

9 补口及补伤

9.1 补口材料

9.1.1 挤压聚乙烯防腐管的现场补口可采用环氧底漆/辐射交联聚乙烯热收缩带（套）方式或设计选定的其他方式。当采用环氧底漆/辐射交联聚乙烯热收缩带（套）时，应满足本标准要求。无溶剂环氧树脂底漆应由热收缩带（套）厂家配套提供或指定，底漆供应量应满足厚度大于或等于 150 μm 的涂敷要求。

9.1.2 辐射交联聚乙烯热收缩带（套）应按管径选用配套的规格，产品的基材边缘应平直，表面应平整、清洁、无气泡、裂口及分解变色。热收缩带（套）产品的厚度应符合表 10 的规定。热收缩带的周向收

缩率应不小于15%；热收缩套的周向收缩率应不小于50%。其性能应符合表11和表12的规定。

9.1.3 每一牌号的热收缩带(套)及其配套环氧底漆，使用前且每年至少应按表10、表11和表12规定的项目进行一次全面检验。使用过程中，每批(不超过5 000个)到货，应对表10、表11中耐环境应力开裂除外的项目和表12的剥离强度等性能进行复检，性能应达到规定的要求。

表10 热收缩带(套)的厚度

单位为毫米

基材类型	适用管径DN	基材	胶层
普通型	≤400	≥1.2	≥1.0
	>400	≥1.5	
高密度型		≥1.0	≥1.5

表11 热收缩带(套)的性能指标

项　　目		性能指标	试验方法
基材性能[a]			
拉伸强度 MPa	普通型	≥17	GB/T 1040.2
	高密度型	≥20	GB/T 1040.2
断裂标称应变 %		≥400	GB/T 1040.2
维卡软化点(A_{50}，9.8 N) ℃	普通型	≥90	GB/T 1633
	高密度型	≥100	GB/T 1633
脆化温度 ℃		≤−65	GB/T 5470
电气强度 MV/m		≥25	GB/T 1408.1
体积电阻率 Ω·m		≥1×10^{13}	GB/T 1410
耐环境应力开裂(F_{50}) h		≥1 000	GB/T 1842
耐化学介质腐蚀[b](浸泡7 d) % 10%HCl 10%NaOH 10%NaCl		 ≥85 ≥85 ≥85	附录I
耐热老化(150 ℃，21 d) 拉伸强度 MPa 断裂标称应变 %		 ≥14 ≥300	 GB/T 1040.2 GB/T 1040.2

表 11（续）

项　　目		性能指标	试验方法
热冲击(225 ℃,4 h)		无裂纹、无流淌、无垂滴	附录 N
胶层性能			
胶软化点(环球法) ℃		≥最高运行温度+40 且不低于 90 ℃	GB/T 15332
搭接剪切强度(钢/钢) MPa	23 ℃	≥1.0	GB/T 7124[c]
	最高运行温度	≥0.07	GB/T 7124[c]
搭接剪切强度(PE/PE) MPa	23 ℃	≥1.0	GB/T 7124[c]
	最高运行温度	≥0.07	GB/T 7124[c]
脆化温度 ℃		≤−15	附录 O
底漆性能			
不挥发物含量 %		≥95	GB/T 1725
剪切强度 MPa		≥5.0	GB/T 7124[d]
阴极剥离 (65 ℃,48 h)[e] mm		≤8	附录 D
阴极剥离(23 ℃,30 d)[e] mm		≤15	附录 D

[a] 除热冲击外,基材性能需经过 200 ℃±5 ℃,5 min 自由收缩后进行测定,拉伸试验速度为 50 mm/min。

[b] 耐化学介质腐蚀指标为试验后的拉伸强度和断裂标称应变的保持率。

[c] 拉伸速度为 10 mm/min。

[d] 拉伸速度为 2 mm/min。

[e] 底漆涂层厚度 300 μm～400 μm。

表 12　热收缩带(套)安装系统的性能指标

项　　目		性能指标	试验方法
抗冲击强度 J		≥15	附录 L
剥离强度(对管体) N/cm	23 ℃	≥50(内聚破坏)	附录 K
	最高运行温度	≥3(内聚破坏)	附录 K
剥离强度 (对搭接部位聚乙烯层) N/cm	23 ℃	≥50(内聚破坏)	附录 K
	最高运行温度	≥3(内聚破坏)	附录 K

表 12（续）

项　　目	性能指标	试验方法
阴极剥离（最高运行温度，30 d） mm	≤20	附录 D
耐热水浸泡（最高运行温度，30 d） 剥离强度保持率（对底漆钢、对管体涂层） %	≥75	附录 P 附录 K
耐热水浸泡（最高运行温度，120 d）	无鼓泡、无剥离，膜下无水	附录 P
耐热老化（最高运行温度＋20 ℃，100 d） 剥离强度保持率（P_{100}/P_{70}，对底漆钢、对管体涂层） %	≥75	附录 Q

9.2 补口施工准备

9.2.1 补口施工开工前，应编制补口施工工艺规程（APS），并按施工工艺规程进行工艺评定试验（PQT）验证。

9.2.2 补口施工工艺规程（APS）应根据设计要求、热收缩带（套）使用说明书、标准规范要求和补口施工经验等进行编制。

9.2.3 补口施工工艺规程（APS）应通过工艺评定试验（PQT）进行验证：

a） 工艺评定试验（PQT）应在具有代表性的管道上进行，宜采用与实际工程用管同管径同壁厚同防腐层的管道。

b） 工艺评定试验（PQT）应在涂敷管体防腐层的管道上至少 3 个试验口进行。试验口的长度应与实际补口长度一致。试验口没有环向焊道时，应在试验口的中间加上一个模拟现场焊缝的环形圈。

c） 工艺评定试验（PQT）使用的所有工具和设备类型应与实际补口施工中使用的相同。

d） 补口区域进行加热时，应避免对管体防腐层产生起泡或剥离等可见破坏现象。

e） 工艺评定试验（PQT）期间的热收缩带（套）安装时间应与预估的现场补口时间相当。工艺评定试验不在工程现场进行时，应考虑评定试验环境与实际施工环境和作业条件的差异。

f） 进行工艺评定试验（PQT）时的检验项目、试验方法和验收指标应符合本标准补口施工及检验中的相关规定。

g） 工艺评定试验（PQT）结束后，应提交完整的评定试验结果报告。

9.3 补口施工

9.3.1 当存在下列情况之一，且无有效措施时，不应进行露天补口施工：

a） 雨天、雪天、风沙天；

b） 风力达到 5 级以上；

c） 相对湿度大于 85%；

d） 环境温度低于 0 ℃。

9.3.2 补口施工可采用人工或机具安装方式。应采用无污染的加热方式对钢管表面补口部位进行加热，大口径管道宜采用机具加热方式。加热不应造成钢管表面污染，不应损坏管体防腐层。

9.3.3 应对焊口进行清理，环向焊缝及其附近的毛刺、焊渣、飞溅物、焊瘤等应清理干净。补口处的污物、油和杂质应清理干净；防腐层端部有翘边、生锈、开裂等缺陷时，应进行清理。

9.3.4 在进行表面磨料喷砂除锈前，应使用无污染的热源将补口部位的钢管预热至露点以上至少 5 ℃的温度。

9.3.5 补口部位的喷砂除锈应采用适宜的磨料，粒度均匀，且应干燥、清洁、无杂质。补口部位的表面除锈等级应达到 GB/T 8923.1 规定的 Sa2½级，锚纹深度应达到 40 μm～90 μm。除锈后应清除表面灰尘，表面灰尘度等级应不低于 GB/T 18570.3 规定的 3 级。

9.3.6 补口部位钢管表面处理与补口施工间隔时间不宜超过 2 h，表面返锈时，应重新进行表面处理。

9.3.7 补口搭接部位的聚乙烯层应打磨至表面粗糙，粗糙程度应符合热收缩带(套)使用说明书的要求。

9.3.8 按热收缩带(套)产品说明书的要求控制预热温度。加热后应采用接触式测温仪或经接触式测温仪校准的红外线测温仪测温，应至少分别测量补口部位钢管表面、聚乙烯防腐层表面周向均匀分布 4 个点的温度，结果均应符合产品说明书的要求。用红外测温仪测温时，应根据校准结果对测量的数据进行修正。

9.3.9 应按照产品使用说明书和补口施工工艺规程的要求调配底漆并均匀涂刷，底漆的湿膜厚度应不小于 150 μm。

9.3.10 热收缩带加热，宜控制火焰强度，缓慢加热，不应对热收缩带上任意一点长时间烘烤。收缩过程中用指压法检查胶的流动性，手指压痕应自动消失。

9.3.11 收缩后，热收缩带(套)与聚乙烯层搭接宽度应不小于 100 mm；采用热收缩带时，应采用固定片固定，周向搭接宽度应不小于 80 mm。

9.4 补口质量检验

补口质量应检验外观、漏点及剥离强度等三项内容，检验宜在补口安装 24 h 后进行：

a) 补口的外观应逐个目测检查，热收缩带(套)表面应平整、无皱折、无气泡、无空鼓、无烧焦炭化等现象；热收缩带(套)周向应有胶粘剂均匀溢出。固定片与热收缩带搭接部位的滑移量不应大于 5 mm；

b) 每一个补口均应用电火花检漏仪进行漏点检查。检漏电压为 15 kV。若有漏点，应重新补口并检漏，直至合格；

c) 补口后热收缩带(套)的剥离强度按附录 K 规定的方法进行检测。检验时的管体温度宜为 15 ℃～25 ℃，对钢管和聚乙烯防腐层的剥离强度都应不小于 50 N/cm 并 80%表面呈内聚破坏，当剥离强度超过 100 N/cm 时，可以呈界面破坏，剥离面的底漆应完整附着在钢管表面。每 100 个补口至少抽测一个口，如不合格，应加倍抽测。加倍抽测仍有不合格时，则对应的 100 个补口应全部返修。

9.5 补伤

9.5.1 补伤可采用辐射交联聚乙烯补伤片、热收缩带、聚乙烯粉末、热熔修补棒和粘弹体加外护等方式。

9.5.2 对于小于或等于 30 mm 的损伤，可采用辐射交联聚乙烯补伤片修补。补伤片的性能应达到热收缩带的规定，补伤片对聚乙烯的剥离强度应不低于 50 N/cm。

9.5.3 修补时，应先除去损伤部位的污物，并将该处的聚乙烯层打毛。然后将损伤部位的聚乙烯层修切圆滑，边缘应形成钝角，在孔内填满与补伤片配套的胶粘剂，然后贴上补伤片。补伤片的大小应保证其边缘距聚乙烯层的孔洞边缘不小于 100 mm。贴补时应边加热边用辊子滚压或戴耐热手套用手挤压，排出空气，直至补伤片四周胶粘剂均匀溢出。

9.5.4 对于大于 30 mm 的损伤，可按照 9.5.2 的规定贴补伤片，然后在修补处包覆一条热收缩带，包覆宽度应比补伤片的两边至少各大 50 mm。

9.5.5 对于直径不超过 10 mm 的漏点或损伤深度不超过管体防腐层厚度 50%的损伤，在预制厂内可用与管体防腐层配套的聚乙烯粉末或热熔修补棒修补，施工现场宜用热熔修补棒修补。

9.5.6 补伤质量应检验外观、漏点及剥离强度等三项内容：

a) 补伤后的外观应逐个检查，表面应平整、无皱折、无气泡、无烧焦碳化等现象；补伤片四周应粘结密封良好。不合格的应重补；

b) 每一个补伤处均应用电火花检漏仪进行漏点检查，检漏电压为 15 kV。若不合格，应重新修补并检漏，直至合格；

c) 采用补伤片补伤的剥离强度按附录 K 规定的方法进行检验，管体温度为 15 ℃～25 ℃时的剥离强度应不低于 50 N/cm。

9.5.7 涂敷厂生产过程的补伤，补伤应在白天进行，每天抽测不少于 1 处补伤的粘结力，不合格时，应加倍抽查。加倍抽查仍出现不合格时，当天的补伤全部返工。

9.5.8 现场施工过程的补伤，每 20 个补伤抽查一处剥离强度，不合格时，应加倍抽查。加倍抽查仍出现不合格时，则对应的 20 个补伤应全部返修。

10 下沟回填

10.1 防腐管下沟前，应用电火花检漏仪对管线全部进行检漏，检漏电压为 15 kV。如有漏点应进行修补至合格，并填写记录。

10.2 挤压聚乙烯防腐管的下沟回填应符合 GB 50369 的规定。

11 安全、卫生和环境保护

11.1 涂敷生产的安全、环保应符合 GB 7692 的要求。

11.2 钢质管道除锈、涂敷生产过程中，各种设备产生的噪声，应符合 GB/T 50087 的有关规定。

11.3 钢质管道除锈、涂敷生产过程中，空气中粉尘含量不得超过 GBZ 1 的规定。

11.4 钢质管道除锈、涂敷生产过程中，空气中有害物质浓度不应超过 8 mg/m^2。

11.5 涂敷区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，操作部分应设触电保护器。

11.6 钢质管道除锈、涂敷生产过程中，所有机械设施的转动和运动部位应设置保护。

11.7 防腐管的运输和施工过程中的安全、卫生和环境保护应符合 GB 50369 等标准的规定。

11.8 所有操作人员应按规定配戴劳动防护用品。

12 交工文件

交工文件应包括：

a) 防腐层原材料、防腐管的出厂合格证及质量检验报告；

b) 补口材料出厂合格证及质量检验报告；

c) 补口、补伤施工记录及检验报告；

d) 建设单位所需的其他有关资料。

附 录 A
（规范性附录）
环氧粉末的固化时间试验方法

A.1 仪器设备

本试验需要的设备应符合下列要求：

a） 电热板，温度精度为±3 ℃；
b） 金属板，尺寸为 150 mm×150 mm×25 mm；
c） 接触式温度计；
d） 计时器；
e） 拉延板（形状见图 A.1）；

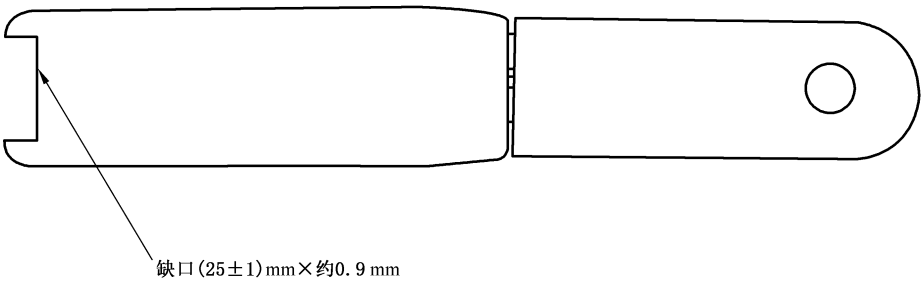


图 A.1 拉延板

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

A.2.1 加热金属板并保持温度在规定温度±3 ℃。

A.2.2 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 μm～400 μm 之间，当金属板上的粉末开始熔化时，立即起动计时器开始计时。

A.2.3 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。

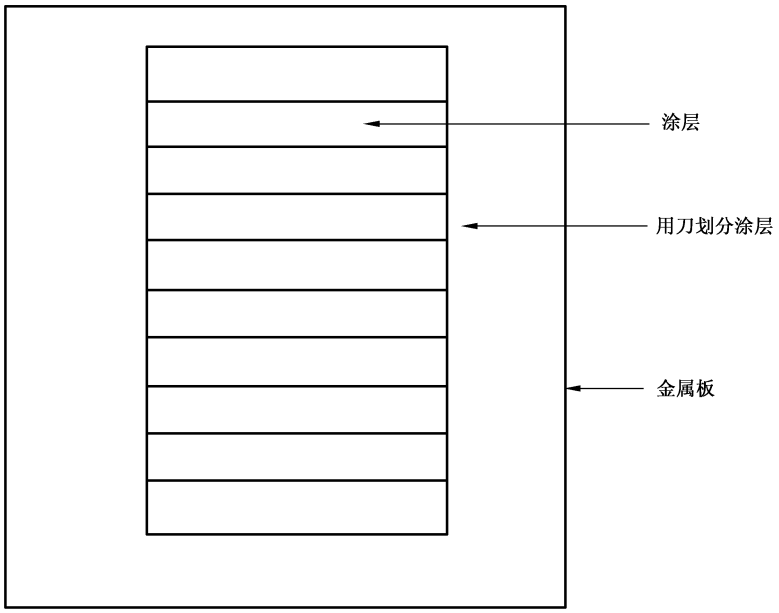


图 A.2　涂层平板划线

A.2.4　经过 30 s±3 s 以后，用通用小刀取下第 1 条涂膜带，并立即淬入冷水中。

A.2.5　每经过 30 s±3 s，重复一次 A.2.4 中的操作。注意应按从最初拉延开始的先后顺序取下、淬冷并按顺序摆放。

A.2.6　使用一台“差示扫描量热仪”(DSC)，按附录 B 的要求，测定涂膜的 ΔTg(玻璃化温度的变化值)或转化百分率 C。

A.2.7　绘出时间对 ΔTg 或时间对转化百分率的曲线。

A.3　试验结果

对应 ΔTg 为 2 ℃的时间或对应 99%转化百分率的时间(s)。

附 录 B
（规范性附录）
环氧粉末及其防腐层的热特性试验方法

B.1 范围

本试验适用于测定环氧粉末及其防腐层的玻璃化转变温度(Tg)和反应热(ΔH)。

B.2 仪器设备

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 0.1 mg；
c) 试样密封器；
d) 带盖铝制试样皿。

B.3 试验步骤

B.3.1 取 10 mg±1 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 0.1 mg。

B.3.2 将试样和参照物放入差示扫描量热仪的以干燥惰性气体保护的测量池中。

B.3.3 对环氧粉末试样，按下列程序完成其热扫描：

a) 以 20 ℃/min 的速率对试样加热，从 25 ℃±5 ℃加热到 70 ℃±5 ℃，然后将试样急冷到 25 ℃±5 ℃。
b) 以 20 ℃/min 的速率对同一试样加热，从 25 ℃±5 ℃加热到 285 ℃±10 ℃，然后将试样急冷到 25 ℃±5 ℃。
c) 以 20 ℃/min 的速率对试样加热，从 25 ℃±5 ℃加热到 150 ℃±10 ℃。

B.3.4 对防腐层试样，按下列程序完成其热扫描：

a) 以 20 ℃/min 的速率对试样加热，从 25 ℃±5 ℃加热到 110 ℃±5 ℃，在 110 ℃时保持 1.5 min，然后将试样急冷到 25 ℃±5 ℃。
b) 以 20 ℃/min 的速率对同一试样加热，从 25 ℃±5 ℃加热到 285 ℃±10 ℃，然后将试样急冷到 25 ℃±5 ℃。
c) 以 20 ℃/min 的速率对试样加热，从 25 ℃±5 ℃加热到 150 ℃±10 ℃。

B.4 试验结果

B.4.1 对应于 B.3.3 中程序 b)和程序 c)与 B.3.4 中程序 b)和程序 c)所得的每一个热扫描线，确定其相应的 Tg(midpoint)值，分别为 Tg_1、Tg_2、Tg_3、Tg_4，Tg 值是玻璃化转变过程温度范围的中值。此外，还可确定相应的反应放热量 ΔH(见图 B.1 和图 B.2)。

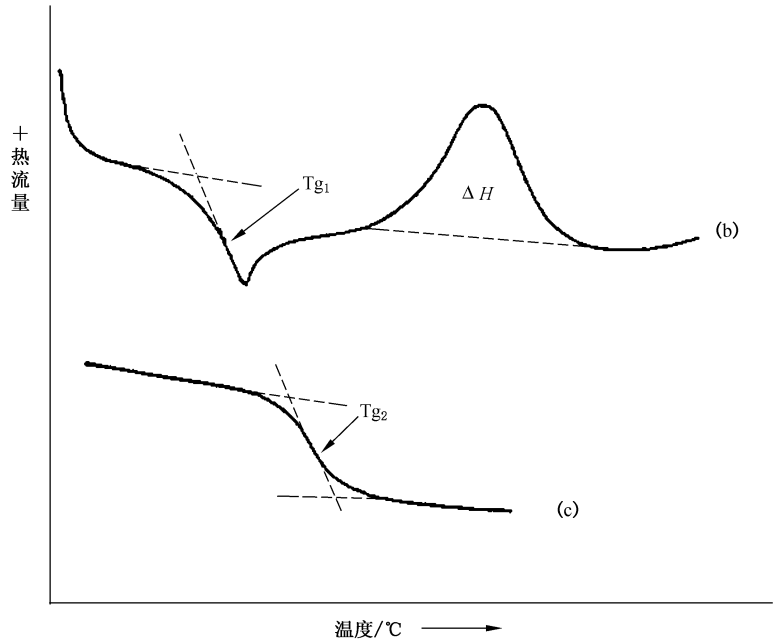


图 B.1　对环氧粉末热扫描

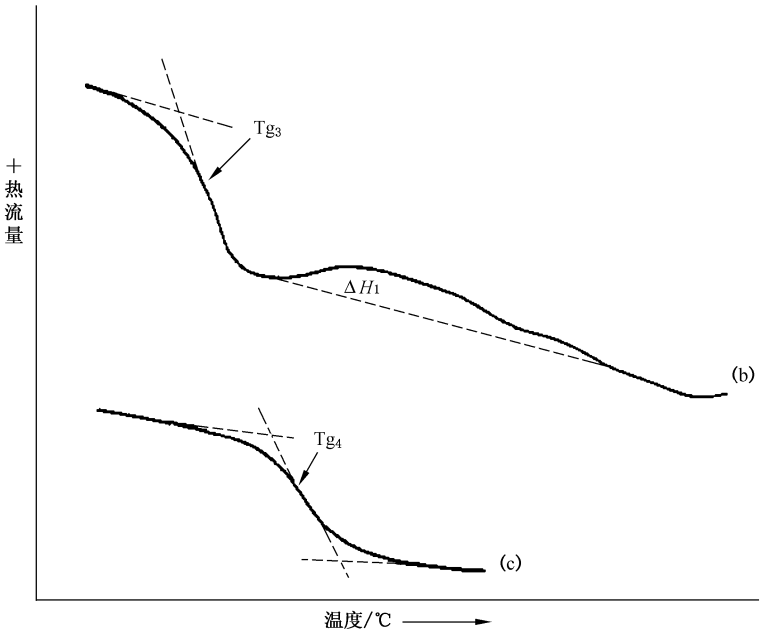


图 B.2　对涂层热扫描

B.4.2　对于防腐层，用式(B.1)计算出 Tg 值的变化：

$$\Delta Tg = Tg_4 - Tg_3 \quad \cdots\cdots (B.1)$$

式中：

ΔTg ——Tg 值的变化，单位为摄氏度(℃)；

Tg_3 ——由 B.3.4 过程 b)扫描得到的 Tg 值，单位为摄氏度(℃)；

Tg_4 ——由 B.3.4 过程 c)扫描得到的 Tg 值，单位为摄氏度(℃)。

B.4.3 对于防腐层，用式(B.2)计算出固化百分率：

$$C=\frac{\Delta H-\Delta H_1}{\Delta H}\times 100\% \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(\text{B.2})$$

式中：

C ——固化百分率；

ΔH ——由 B.3.3 过程 b)热扫描得到的反应放热量，单位为焦耳每克(J/g)；

ΔH_1——由 B.3.4 过程 b)热扫描得到的反应放热量，单位为焦耳每克(J/g)。

附 录 C
（规范性附录）
防腐层的附着力测定方法

C.1 仪器设备

本试验仪器设备应符合如下规定：

a） 烘箱或水浴，精度范围±3 ℃；
b） 电火花检漏仪：量程 0～30 kV；
c） 磁性测厚仪：量程 0.01 mm～5 mm，在 1 mm 以下的分度值为 1 μm；在 1 mm 以上的分度值为 0.01 mm；
d） 耐热容器；
e） 温度计；
f） 通用小刀。

C.2 试件

试件尺寸约为 100 mm×100 mm×6 mm，每组试件 3 件。

C.3 试验步骤

C.3.1 用电火花检漏仪对试件进行漏点检查，检漏电压按 5 V/μm 计算，无漏点的试件才可进行试验；将试件放入耐热容器内，加入足够的水，使试件充分浸没，加热至 75 ℃±3 ℃，恒温 48 h，取出试件。

C.3.2 当试件仍温热时，立即用小刀在涂层上划一约 30 mm×15 mm 的长方形，划透防腐层至基材，在 1 h 内将试件冷却至室温后，从长方形的任一角将刀尖插入防腐层下面，以水平推力撬剥涂层，连续推进刀尖至长方形内防腐层全部撬离或显出明显的抗撬性能为止。

C.4 结果评定

按下列分级标准评定防腐层的附着力等级：

a） 1 级——涂层明显的不能撬剥；
b） 2 级——被撬剥的涂层小于或等于 50%；
c） 3 级——被撬剥的涂层大于 50%，但涂层对水平力表现出明显的抗撬剥性；
d） 4 级——涂层很容易被撬剥成条状或大块碎屑；
e） 5 级——涂层成一整片被剥离下来。

以 3 个试件中级别最低的，作为该组试件的附着力级别。

附 录 D
（规范性附录）
防腐层阴极剥离试验方法

D.1 设备和材料

本试验的主要仪器设备和材料应符合如下规定：

a） 可调直流稳压电源：0 V～6 V。

b） 恒温装置：温控范围室温～100 ℃，温控精度±3 ℃。

c） 磁性测厚仪：量程 0.01 mm～5 mm，在 1 mm 以下的分度值为 1 μm；在 1 mm 以上的分度值为 0.01 mm。

d） 电火花检漏仪：量程 0～30 kV。

e） 游标卡尺：量程 0～200 mm，精度 0.02 mm。

f） 塑料圆筒：ϕ75 mm。

g） 辅助电极：可采用铂电极等惰性材料。

h） 参比电极：具有稳定的电位值且适用于试验温度条件，一般温度条件下可采用饱和甘汞电极。

i） 氯化钠：化学纯。

D.2 试件制备

D.2.1 试件的规格和数量应符合如下规定：

a） 实验室制备的平板试件尺寸为 100 mm×100 mm×6 mm；

b） 管段加工成的试件尺寸为 150 mm×150 mm×管壁厚，其中两个 150 mm 分别为沿管子轴向和圆周方向的切割宽度。热收缩带（套）补口试件可采用管状试件；

c） 每组试件应不少于 2 个。

D.2.2 按所检验防腐层的涂敷要求制备防腐层试件。单层环氧粉末防腐层厚度 300 μm～400 μm、热收缩带底漆厚度 300 μm～400 μm。

D.3 试验步骤

D.3.1 用电火花检漏仪对试件进行针孔检查，试件为单层环氧粉末或热收缩带（套）底漆时，检漏电压为 5 V/μm；试件为聚乙烯三层结构时，检漏电压为 25 kV；试件为热收缩带（套）防腐层时，检漏电压为 15 kV。无针孔的试件才可用于试验。

D.3.2 在试件中部钻一个试验孔，钻透防腐层，露出基材。试件为单层环氧粉末或热收缩带（套）底漆时，试验孔直径为 3.2 mm；试件为聚乙烯防腐层或热收缩带（套）防腐层时，试验孔直径为 6.4 mm。

D.3.3 用密封胶将预制好的塑料圆筒与试件同心粘结，形成以试件为底的试验槽，槽内加入浓度为 3%（质量分数）的氯化钠溶液，至槽高的 4/5 处，试验过程添加蒸馏水保持液位，试验过程中，保持溶液 pH 值在 6～9 范围。

D.3.4 将试件与直流稳压电源的负极相连接；将辅助电极插入溶液，并与直流稳压电源的正极连接（如图 D.1）。

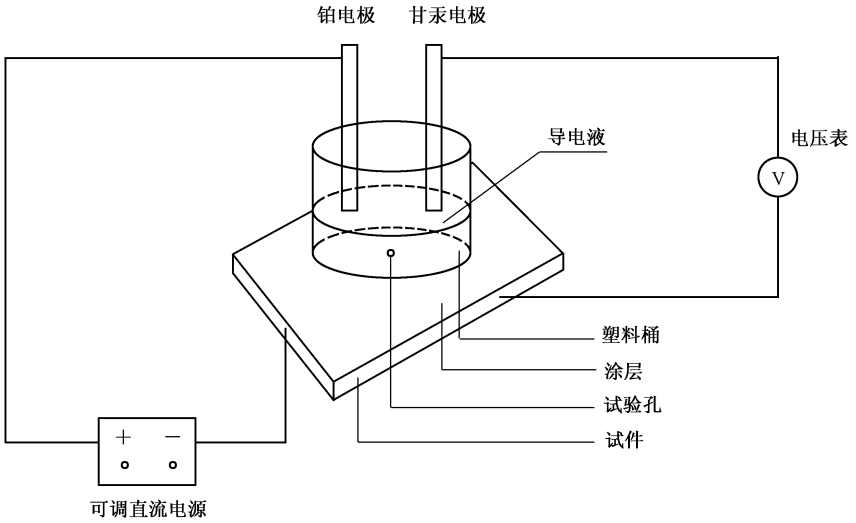


图 D.1 防腐层阴极剥离试验示意图

D.3.5 使试件电位控制在−1.5 V（相对于饱和甘汞电极）。控制试验温度为规定的温度。

D.3.6 试验周期结束，取下试件并冷却至室温，冷却时间不少于 1 h，用小刀以试验孔为中心沿 360°圆周的八个等分，向外划割涂层，要划透防腐层，露出基材，划割距离至少为 20 mm（如图 D.2）。

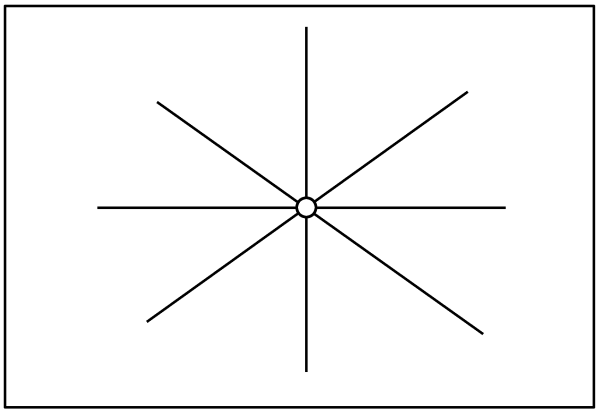


图 D.2 在试件上划透涂层的放射线

D.3.7 用小刀从试验孔处插入防腐层下面，以水平力沿划割线撬剥涂层，直至涂层表现出明显的抗撬剥性为止。

D.4 试验结果

从试验孔边缘开始，测量每条划割线的剥离距离，并求出其平均值，即为该试件的阴极剥离距离。用两个平行试验试件阴极剥离距离的算术平均值表示，精确至 0.1 mm。

附 录 E
（规范性附录）
防腐层抗弯曲试验方法

E.1 仪器设备

本试验仪器设备应符合如下规定：

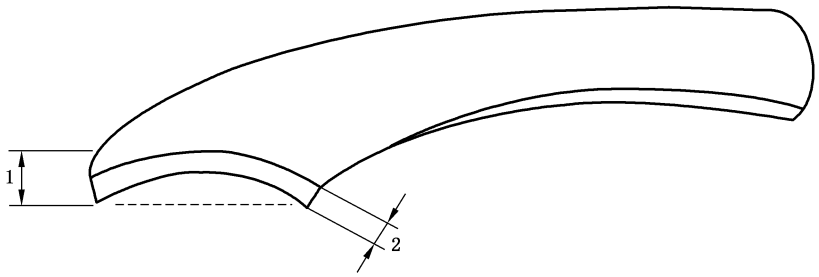
a） 弯曲试验机：主要由压力机及弯曲角为2.5°的弯曲模具（包括凸模和凹模）组成。其中凸模的曲率半径按式（E.1）确定：

$$R = 22.43t \qquad \cdots\cdots(E.1)$$

式中：

R ——凸模半径，单位为毫米（mm）；

t ——试件有效厚度，单位为毫米（mm），包括试样实际厚度以及任何的曲度（图E.1）。



说明：

1——有效厚度；

2——实际厚度。

图 E.1 试件有效厚度

b） 低温箱：最低温度为－40 ℃，控温精度±3 ℃。

E.2 试件

实验室喷涂粉末防腐层试件尺寸为200 mm×25 mm×6 mm。从试验管段或实际防腐管上截取试件，并加工成25 mm×200 mm×管壁厚，其中200 mm为沿管子轴向切割长度，试件边缘应光滑无缺陷。每组试件不少于3个。

E.3 试验步骤

E.3.1 将试件放入低温箱，冷却至规定的试验温度并保持1 h以上。

E.3.2 把试件放到弯曲试验机上进行弯曲试验，每个试件的弯曲试验应在30 s内完成。

E.3.3 将弯曲后的试件在室温下放置2 h以上，用目测法检查防腐层。

E.4 结果评定

对于环氧涂层，当3个试件的涂层均无裂纹时，该样品的弯曲性能为合格。

对于聚乙烯防腐层，当3个试件聚乙烯均无开裂时，该样品的弯曲性能为合格。

附 录 F
（规范性附录）
氧化诱导期测定方法

F.1 仪器设备

本试验仪器设备应符合如下规定：

a） 差示扫描量热仪(DSC)：能记录热流或温差随时间的变化曲线，精度 0.1 min。

b） 自动气体开关：能在 1 min 内迅速切换高纯氮气和氧气，并能控制气体流量。

c） 电子天平：精度 0.1 mg。

F.2 试验步骤

F.2.1 将聚乙烯或胶粘剂压制成约 250 μm 的薄片。

F.2.2 切取 5 mg～10 mg 样片，准确称量后放入 DSC 仪配套的无盖铝制坩埚中。

F.2.3 将盛样坩埚和参比坩埚放入 DSC 仪的测量池中。

F.2.4 按下列设定进行 DSC 扫描：

a） 室温，通氮气 5 min，氮气流量设定为 50 mL±5 mL。

b） 以 20 ℃/min 的速率对测量池加热，从室温加热到指定的测量氧化诱导期温度。加热过程中持续通氮气，流量为 50 mL±5 mL。

c） 温度达到指定温度后，恒温，同时继续通氮气 5 min。

d） 将气体切换到氧气，流量设定为 50 mL±5 mL，切换的瞬间为氧化诱导期测定的开始时间。

e） 在流量为 50 mL±5 mL 的氧气环境下，恒温至出现快速放热曲线后至少 2 min。

f） 测量结束，将气体切换到氮气，冷却测量池到室温。

F.3 试验结果

扫描曲线的 Y 轴为热流，X 轴为时间。

延长基线，与氧化反应放热曲线相交，交点对应的时间即为指定温度下的氧化诱导期，如图 F.1 所示。

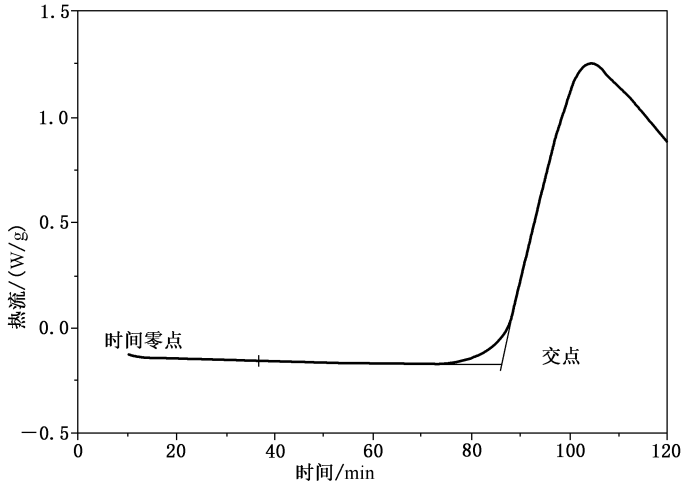


图 F.1 氧化诱导期的确定

附 录 G
（规范性附录）
塑料含水率测定试验方法

G.1 仪器设备

本试验仪器设备应符合如下规定：

a） 烘箱，精度范围±2 ℃；

b） 天平：精度 1 mg。

G.2 试验步骤

G.2.1 将培养皿在 105 ℃±2 ℃的烘箱中干燥 0.5 h，取出，在干燥器中冷却后称量。

G.2.2 在培养皿中加入约 5 g 的样品，称量。

G.2.3 将盛有样品的培养皿放入 105 ℃±2 ℃的烘箱中，烘 3 h，取出，放入干燥器中冷却后，称量。

G.2.4 每个试样进行两次测定。

G.3 结果

G.3.1 含水率按式(G.1)计算：

$$C=[(m_1-m_2)/(m_1-m_0)]\times 100\% \quad \cdots\cdots (G.1)$$

式中：

C ——含水率；

m_0——培养皿质量，单位为克(g)；

m_1——培养皿和样品质量，单位为克(g)；

m_2——干燥后培养皿和样品质量，单位为克(g)。

G.3.2 结果为两次测量的算术平均值。

附 录 H
（规范性附录）
压痕硬度测定方法

H.1 仪器设备

本试验仪器设备应符合如下规定：

a） 压痕仪：压头为底部直径 1.8 mm 或截面积 2.5 mm^2 的金属棒，加载后向下的总应力为 10 MPa。刻度指示器的读数精度为 0.01 mm。

b） 恒温装置：控温精度为±2 ℃。

H.2 试验步骤

将试件置于测定温度下 1 h 后，将压头（不带附加荷载）缓慢且小心降落在试件上，在 5 s 之内将刻度指示器设置零位值。然后将附加荷载施加在压头上，24 h 后读取刻度指示器的指示值，该值即为试件的压痕深度。

H.3 试验结果

以 3 个试件的压痕深度平均值表示该样品的压痕硬度，单位为 mm。

附 录 I
（规范性附录）
聚乙烯耐化学介质腐蚀试验方法

I.1 仪器设备及材料

本试验仪器设备和材料应符合如下规定：

a） 万能试验机或拉力试验机；

b） 恒温水浴，精度±2 ℃；

c） 天平，精度 0.01 g；

d） 化学试剂，化学纯。

I.2 溶液及试件的制备

I.2.1 盐酸溶液(10%)的配制：将相对密度为 1.19 的浓盐酸 239 mL(283 g)加入 764 mL 蒸馏水中。

I.2.2 氢氧化钠溶液(10%)的配制：将 111 g 氢氧化钠溶解于 988 mL 蒸馏水中。

I.2.3 氯化钠溶液(10%)的配制：将 107 g 氯化钠溶解于 964 mL 蒸馏水中。

I.2.4 试件制备：按 GB/T 1040.2 的规定制备拉伸试件并进行外观检查；至少应准备 4 组试件，每组不少于 5 个试件。

I.3 试验步骤

I.3.1 先按 GB/T 1040.2 的规定测定样品的初始拉伸强度和断裂标称应变。

I.3.2 采用恒温水浴调节腐蚀溶液的温度至 23 ℃±2 ℃；在 3 种溶液中分别浸入 1 组试件，试件表面不应有气泡或露出液面，各试件间及试件与容器壁间应不相互接触。

I.3.3 每天晃动一次容器；浸泡 7 d 后从腐蚀溶液中取出试件，用水冲洗试件表面，然后用滤纸吸干水分，检查试件外观是否有变化。

I.3.4 将浸泡后的 3 组试件按 GB/T 1040.2 的规定测定拉伸强度和断裂标称应变。

I.4 结果计算

耐化学介质腐蚀 7 d 后的性能保持率按式(I.1)计算：

$$C=(b/a)\times 100\% \qquad \cdots\cdots(\text{I.1})$$

式中：

C ——性能保持率；

a ——浸泡前的拉伸强度或断裂标称应变；

b ——浸泡后的拉伸强度或断裂标称应变。

附 录 J
（规范性附录）
聚乙烯耐紫外光老化试验方法

J.1 仪器设备

本试验仪器设备应符合如下规定：

a） 试验箱：由 8 根荧光紫外灯管、加热槽、试样架及控制和记录操作时间与温度的系统所构成，能进行荧光紫外和冷凝循环。

b） 灯管：采用光谱能量分布在 280 nm～350 nm 的波长范围，最大强度的波长为 340 nm 的灯管。

c） 万能试验机或拉力试验机。

J.2 试验

J.2.1 试样应按 GB/T 1040.2 的要求制作。

J.2.2 试验条件采用 60 ℃、8 h 荧光紫外照射与 50 ℃、4 h 冷凝暴露交替循环。辐照度 0.89 W/m^2 · nm

J.2.3 试验时间：336 h。

J.2.4 测试：试验后按 GB/T 1040.2 测试拉伸强度和断裂标称应变。

J.3 试验结果

光老化后的性能保持率按式(J.1)计算：

$$C=(b/a)\times 100\% \qquad \cdots\cdots(J.1)$$

式中：

C ——性能保持率；

a ——试验前的拉伸强度或断裂标称应变；

b ——试验后的拉伸强度或断裂标称应变。

附 录 K
（规范性附录）
防腐层剥离强度测定方法

K.1 实验室试验

K.1.1 试验仪器设备应符合如下规定：

a) 拉伸试验机：精度为示值±1%，可控速度 10 mm/min；
b) 便携式剥离强度测定装置：可控制剥离垂直钢管表面，可控制剥离速度在 10 mm/min，并能记录剥离力值，精度为示值±5%；
c) 测力计：精度 1 N；
d) 钢板尺：最小刻度为 1 mm；
e) 裁刀：可以划透防腐层；
f) 测温仪：精度为 1 ℃。

K.1.2 实验室剥离试件应符合如下要求：

a) 从防腐管或补口处截取，试件的尺寸约为(100 mm～150 mm)×(150 mm～200 mm)×管壁厚，试件数量应不少于 3 个；
b) DN≤168 mm 的防腐管可直接截取试验管段，长度约 300 mm；实验室制备补口防腐层试件时，应按照产品安装要求安装模拟补口管段。

K.1.3 剥离试验应按如下步骤进行：

a) 实验室试件剥离强度测试宜采用拉伸试验机，也可采用便携式剥离强度测定装置或测力计。
b) 实验室测试温度常温剥离控制±2 ℃，高温剥离控制在试验温度±5 ℃。
c) 先将防腐层沿环向划开宽度约为 20 mm、长至少为 160 mm 的长条，划开时应划透防腐层，并撬起一端，以 10 mm/min 的速率垂直试件表面匀速拉起防腐层。
d) 剥离长度约 140 mm，记录时间-力值曲线。如不能自动记录时间-力值时，每隔 2 min 读取 1 次剥离力值。若剥离过程中，防腐层拉断，记录拉断时的力值。
e) 测定高温下的剥离强度，可将按 K.1.3c)划好的防腐层试件加热到试验温度之上约 5 ℃～10 ℃，并用接触式测温仪或经接触式测温仪校准并修正过的红外测温仪监测剥离条根部温度，当温度降至测定温度上限，立即开始测量，温度降至下限前，结束测量。

K.1.4 试验结果应按如下要求计算：

测定时连续记录的平均力值除以剥离的防腐层宽度，即为剥离强度，单位为 N/cm。不能连续记录时，将 140 mm 剥离长度上的数据分成七段(每隔 2 min 读取 1 次的剥离力值)计算剥离强度，舍去第一段和最后段的数据，以中间 100 mm 长度的上 5 个剥离强度的算术平均值为试验结果。

K.2 现场试验

K.2.1 仪器设备应符合下列要求：

a) 便携式剥离强度测定装置：可控制剥离垂直钢管表面，可控制剥离速度在 10 mm/min，并能记录剥离力值，精度为示值±5%；
b) 测力计：精度 5 N；
c) 钢板尺：最小刻度为 1 mm；

d) 裁刀：可以划透防腐层；

e) 测温仪：精度为 1 ℃。

K.2.2 剥离试验应符合如下要求：

a) 3PE 防腐层的剥离强度测定，可在生产过程中，选定防腐管，待温度降至规定的温度范围时，在钢管上直接测量，剥离试验温度控制在规定温度的±5 ℃。

b) 补口防腐层剥离强度测定应在补口施工完成 24 h 后进行，剥离试验温度控制在 20 ℃±5 ℃。

c) 测量过程中应用接触式测温仪或经接触式测温仪校准并修正过的红外测温仪监测剥离条根部温度。

K.2.3 剥离试验应按如下步骤进行：

a) 现场剥离强度测试宜采用便携式剥离强度测定装置，也可采用带测力计。

b) 先将防腐层沿环向划开宽度约为 20 mm、长至少为 160 mm 的长条，划开时应划透防腐层，并撬起一端，以 10 mm/min 的速率垂直钢管表面匀速拉起防腐层。

c) 剥离长度应不低于 140 mm，记录稳定的力值（不包括起始段和末端各 20 mm 的数值）。

K.2.4 将记录的稳定力值除以剥离的防腐层宽度，即为剥离强度，单位为 N/cm。

附 录 L
（规范性附录）
防腐层冲击强度试验方法

L.1 仪器设备

本试验仪器设备应符合如下规定：

a） 冲击试验机：由底座、冲击锤垂直导向管、冲击锤和调节机构组成。

b） 冲击锤垂直导向管：直径 48 mm，长 1 200 mm，标尺分度值 5 mm。管内应光滑，保证冲击锤自由下落。

c） 冲击锤：质量 2 000 g±2 g 或 3 000 g±2 g，冲头直径为 25 mm。

d） 电火花检漏仪：检漏电压直流 25 kV。

e） 磁性测厚仪：测量范围 20 μm～5 mm。

L.2 试验步骤

L.2.1 从防腐管或补口处截取试件，补口防腐层也可按实际操作方法制作，试件的尺寸约为 350 mm×170 mm×管壁厚，其中 350 mm 沿管子轴向的切割长度。试件应不少于 2 个，用 25 kV（补口防腐层用 15 kV）的直流电压进行电火花检漏无漏点的试件才能使用。

L.2.2 用磁性测厚仪或电子测厚仪测量防腐层厚度，在每个试件上距各边缘的距离大于 38 mm 的范围内均匀测量四点，用 1 组试件所测各点厚度的平均值代表该样品的防腐层厚度（以 mm 计）。

L.2.3 试件应放置在刚性、稳定的水平支撑上，冲击是应防止冲头回弹造成的二次冲击。

L.2.4 在冲击试验机上用预定的冲击能对试件表面进行冲击，冲击点可以任意选择，但离试件边缘的距离不应小于 30 mm，相邻冲击点之间的距离不应小于 30 mm。球形冲头最多冲击 10 次后应转到一个新的位置。当总冲击次数达到 200 次以后应更换冲头。

L.2.5 防腐层冲击试验的环境温度应为 20 ℃±5 ℃。

L.2.6 用同组试件冲击 10 次，然后用 L.2.1 规定的直流电压对试件进行检漏。

L.3 试验结果

对 10 个冲击点进行检漏没有发现漏点时，表明该组试件的冲击强度大于预定的冲击能。

附 录 M
（规范性附录）
聚乙烯防腐层耐热水浸泡试验方法

M.1 仪器设备

本试验仪器设备应符合如下规定：

a） 烘箱或恒温水浴：控温精度±3；

b） 容器：带盖的容器，尺寸适合盛放试件。

M.2 试件制备

从试验管段或实际防腐管上截取试件。DN≤76 mm 的防腐管，试件冷切成 150 mm 长管环；DN＞76 mm 的防腐管，试件冷切成 150 mm×100 mm×管壁厚，其中 150 mm 为沿管子轴向切割长度，试件边缘应用水砂纸打磨至光滑无缺陷。每组试件不少于 3 个。

M.3 试验步骤

M.3.1 将试件放入已恒温至规定温度的蒸馏水或去离子水中，水浸没试样至少 50 mm。

M.3.2 保持水和试件温度在 80 ℃，48 h。取出试件，将试件擦干，冷却至室温。

M.3.3 目视检查试件。沿试件四周检查防腐层与基材界面的粘结情况。不考虑四角周围 5 mm 范围内的防腐层剥离。对出现剥离或附着力下降的区域，用锋利刀片插入防腐层与钢基材间的缝隙，翘起失去粘结的防腐层，并测量剥离深度。

M.4 结果

记录防腐层剥离最大深度和平均深度，平均深度以 3 块试件剥离深度的平均值表示。

附 录 N
（规范性附录）
热收缩带（套）耐热冲击试验方法

N.1 仪器设备

电热鼓风干燥箱：室温至 300 ℃，精度±2 ℃。

N.2 试件制备

从热收缩带（套）上切割试件，尺寸为 300 mm×25 mm，其中 300 mm 为收缩方向，试件数量每组 3 件。

N.3 试验步骤

N.3.1 将切好的试件悬挂于恒温 225 ℃的电热鼓风干燥箱中 4 h，试样不能接触干燥箱箱壁，也不能互相接触。

N.3.2 4 h 后取出试件，冷却至室温。观察试件是否有流淌、裂纹或垂滴。如有要求，用 25 mm 轴棒，将试件弯曲 360°，观察试件是否有裂纹。

N.3.3 以 3 个试件均无流淌、无裂纹、无垂滴为合格。

附 录 O
（规范性附录）
热熔胶的脆化温度试验方法

O.1 仪器设备

本试验仪器设备应符合如下规定：

a） 低温箱：精度±3 ℃；

b） 不锈钢轴棒：ϕ25 mm。

O.2 试件制备

从热收缩带（套）样品上截取 3 个试件，试件长 300 mm，宽 25 mm。

O.3 试验步骤

O.3.1 将试件及轴棒放入恒定温度的低温箱，冷却 4 h。

O.3.2 在 10 s±2 s 内，将试件沿轴棒弯曲 360°。

O.3.3 从低温箱中取出试件进行目测检查。

O.4 结果评定

以不出现裂纹的最低温度为试样的脆化温度。

附 录 P
（规范性附录）
补口防腐层耐热水浸泡试验方法

P.1 仪器设备

本试验仪器设备应符合如下规定：

a） 电热鼓风干燥箱或能恒温的试验槽：温度控制精度±2 ℃；

b） 试验槽：尺寸满足浸泡一定数量试验管段要求。

P.2 试件制备

按照热收缩带（套）的安装要求，将热收缩带（套）安装在管径 89 mm～159 mm 范围的聚乙烯防腐管段上，制成模拟补口试件。管段长约 300 mm，热收缩带（套）的边缘距管段端部应有 10 mm 左右的距离。对钢管内壁和端部的裸露钢表面，可涂刷防腐涂料进行防腐保护。

每组试验至少 2 个试件。

P.3 试验步骤

将水温调至规定的试验温度，恒温。将无破损的试件放入试验槽中，加水至完全浸没试件。

试验过程中应补充水，保持试件完全浸没水中。

P.4 试验结果

在规定的试验时间后，可取出试件，按本标准附录 K 的规定进行剥离强度性能检测。

规定的试验周期结束后，取出试件，观察防腐层，无鼓泡、无剥离、膜下无水为合格。

附 录 Q
（规范性附录）
补口防腐层热老化试验方法

Q.1 仪器设备

本试验仪器设备应符合如下规定：

电热鼓风干燥箱：温度控制精度±2 ℃；尺寸能够将试样垂直放置而不会受到任何影响。

Q.2 试样制备

Q.2.1 冷切割 300 mm 长，直径 ϕ89 mm～ϕ273 mm 的管段（带有工厂预制 3PE 防腐层），去除管段中部约 100 mm 长的 3PE 防腐层，然后采用热收缩带补口材料进行包覆，操作条件与现场施工条件一致。

Q.2.2 试件数量：3 个，每个样品分别标明为(a)、(b)、(c)，以示区分。

Q.3 试验步骤

试验前，所有试件在老化温度下预先调整 7 d。然后按照如下要求，将试样在最高运行温度＋20 ℃的温度下进行老化试验。

a) 将试件(a)在无阳光照射室温下放置 100 d；

b) 将试件(b)放置在老化温度的烘箱里 70 d，然后在无阳光照射的室内室温下放置 30 d；

c) 将试件(c)放置在老化温度的烘箱里 100 d。

老化试验之后，在 8 h 内，所有试件在相同试验条件下，按本标准附录 K 的规定进行补口防腐层对补口部位管体和对搭接部位 3PE 防腐层的剥离强度试验，试验温度为 23 ℃±2 ℃。每个试样对管体和对 PE 防腐层分别进行 3 次剥离强度试验。

Q.4 试验结果

计算每个试件三次剥离强度的算术平均值。然后计算不同热老化时间的剥离强度的比值 P_{100}/P_0 和 P_{100}/P_{70}，其中：P_0 为未经热老化试样(a)在 23 ℃测得的剥离强度值；P_{70} 为经 70 d 热老化的试样(b)在 23 ℃测得的剥离强度值；P_{100} 为热老化 100 d 的试样(c)在 23 ℃测得的剥离强度值。