



中华人民共和国国家标准

GB/T 39636—2020

钢质管道熔结环氧粉末外涂层技术规范

Specification of fusion-bonded epoxy external coatings for steel pipeline

(ISO 21809-2:2014, Petroleum and natural gas industries—
External coatings for buried or submerged pipelines used in pipeline
transportation systems—Part 2: Single layer fusion-bonded epoxy
coatings, NEQ)

2020-12-14 发布

2021-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

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 熔结环氧粉末外涂层结构 2

5 材料及检验 2

 5.1 一般要求 2

 5.2 熔结环氧粉末涂料的性能 3

 5.3 实验室制备涂层的性能 3

 5.4 熔结环氧粉末涂料的检验 5

6 涂敷施工及质量检验 5

 6.1 涂敷工艺规程 5

 6.2 工艺评定试验 6

 6.3 涂敷施工 7

 6.4 生产质量检验 7

 6.5 成品管取样检验 8

7 涂层的修补和重涂 9

 7.1 修补 9

 7.2 重涂 9

8 成品管的标志、贮存和装运 9

 8.1 标志 9

 8.2 贮存 9

 8.3 装运 10

9 现场补口及质量检验 10

 9.1 一般规定 10

 9.2 表面处理 10

 9.3 补口施工 10

 9.4 补口质量检验 10

10 埋地管道下沟回填 11

11 交工文件 11

附录 A (规范性) 环氧粉末的固化时间试验方法 12

附录 B (规范性) 环氧粉末及其涂层的热特性试验方法 14

附录 C (规范性) 环氧粉末的湿含量试验方法 17

附录 D (规范性) 环氧粉末的胶化时间试验方法 19

附录 E (规范性) 环氧粉末的密度试验方法 21

GB/T 39636—2020

附录 F（规范性） 涂层的抗冲击试验方法 23

附录 G（规范性） 涂层的孔隙率试验方法 25

附录 H（规范性） 涂层的附着力试验方法 27

附录 I（规范性） 弯曲后涂层的耐阴极剥离试验方法 29

附录 J（规范性） 涂层的界面杂质污染率试验方法 31

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件使用重新起草法参考 ISO 21809-2:2014《石油和天然气工业 管道运输系统用掩埋于地下或淹没于水下的管道外部覆盖层 第2部分：单层熔接环氧涂层》编制，与 ISO 21809-2:2014 的一致性程度为非等效。

本文件由全国石油天然气标准化技术委员会(SAC/TC 355)提出并归口。

本文件起草单位：中国石油天然气管道科学研究院有限公司、中国石油管道局工程有限公司、中国石油天然气股份有限公司管道分公司、中石化石油机械股份有限公司、中海油能源发展股份有限公司。

本文件主要起草人：朱琳、焦如义、白树彬、张瑛、冯少广、蔡绪明、周建彬、黄留群、李东阳、张宏、徐腊梅、赵忠刚、赵利、索琪、王超、李正敏、廖宇平、郑安升、翟星月、古彤。

钢质管道熔结环氧粉末外涂层技术规范

1 范围

本文件规定了钢质管道熔结环氧粉末外涂层的技术要求。

本文件适用于钢质管道单层、双层结构熔结环氧粉末外涂层的设计、生产、施工及检验,适用于运行温度为-30℃~80℃的埋地或水下环境钢质管道的熔结环氧粉末外涂层。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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 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 1768 色漆和清漆 耐磨性的测定 旋转橡胶砂轮法

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 13288.5 涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理后的钢材表面粗糙度特性 第5部分:表面粗糙度的测定方法 复制带法

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 21782.1 粉末涂料 第1部分:筛分法测定粒度分布

GB/T 31838.2 固体绝缘材料 介电和电阻特性 第2部分:电阻特性(DC方法)体积电阻和体积电阻率

GB 50369 油气长输管道工程施工及验收规范

GB/T 51241 管道外防腐补口技术规范

JB/T 6570 普通磨料 磁性物含量测定方法

SY/T 0063 管道防腐层检漏试验方法

SY/T 4113.1 管道防腐层性能试验方法 第1部分:耐划伤测试

SY/T 4113.3 管道防腐层性能试验方法 第3部分:阴极剥离测试

SY/T 4113.5 管道防腐层性能试验方法 第5部分:抗弯曲测试

SY/T 4113.7 管道防腐层性能试验方法 第7部分:厚度测试

SY/T 4113.9 管道防腐层性能试验方法 第9部分:耐液体介质浸泡

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

GB/T 39636—2020

3.1

熔结环氧粉末涂料 fusion-bonded epoxy powder

由固体双酚 A 环氧树脂、酚醛环氧树脂、固化剂、填料及助剂经熔融挤出粉碎制备成的粉末状防腐涂料。

3.2

双层熔结环氧粉末外涂层 external dual-layer fusion-bonded epoxy coating

由防腐蚀熔结环氧粉末涂料与耐磨熔结环氧粉末涂料顺序喷涂，一次成膜形成的底层防腐、面层保护的复合熔结环氧粉末外涂层结构。

3.3

最高运行温度 maximum operation temperature

管道或管道系统在运行过程中所达到的最高温度。

3.4

工艺评定试验 procedure qualification trial

涂敷施工前，为确认按照涂敷工艺规程（APS）能够获得规定性能的涂层而进行的涂敷及检验/试验。

3.5

批 batch

采用相同来源的同质原材料、相同配方在同一工艺及环境下连续生产的熔结环氧粉末涂料数量。

4 熔结环氧粉末外涂层结构

4.1 熔结环氧粉末外涂层分为单层熔结环氧粉末外涂层和双层熔结环氧粉末外涂层。

4.2 单层熔结环氧粉末外涂层应为熔结环氧粉末涂料一次喷涂成膜，最小厚度应符合表 1 的规定。

4.3 双层熔结环氧粉末外涂层应为底层和面层熔结环氧粉末顺序喷涂、一次成膜，最小厚度应符合表 2 的规定。

表 1 单层熔结环氧粉末外涂层厚度

序号	涂层等级	最小厚度/ μm
1	普通级	300
2	加强级	400

表 2 双层熔结环氧粉末外涂层厚度

序号	涂层等级	最小厚度/ μm		
		底层	面层	总厚度
1	普通级	250	350	600
2	加强级	300	500	800

5 材料及检验

5.1 一般要求

5.1.1 准备涂敷的钢管应具有质量证明书和合格证，并符合国家或行业现行有关标准的规定。

5.1.2 每一牌(型)号熔结环氧粉末涂料应有产品说明书、质量证明书、出厂检验合格证及具有资质的第三方检验机构出具的熔结环氧粉末涂料及涂层性能检测报告等技术资料。

5.1.3 熔结环氧粉末涂料及涂层的性能检验结果应符合本文件的要求。

5.1.4 熔结环氧粉末涂料应包装完好、密封保存,应按照熔结环氧粉末涂料生产商推荐的温度等条件储存,在装运过程中应保持干燥、清洁。

5.2 熔结环氧粉末涂料的性能

5.2.1 熔结环氧粉末涂料的性能应符合表 3 的要求。

表 3 熔结环氧粉末涂料的性能指标

序号	项目		单位	性能指标			试验方法
				单层熔结环氧粉末涂料	双层熔结环氧粉末涂料		
					底层	面层	
1	外观		—	色泽均匀,无结块	色泽均匀,无结块	色泽均匀,无结块	目测
2	固化时间 (230 ℃±3 ℃) ^a		min	≤2,且符合粉末生产商给定范围	≤2,且符合粉末生产商给定范围	≤1.5,且符合粉末生产商给定范围	附录 A
3	热特性	ΔH	J/g	≥45,且符合粉末生产商给定范围	≥45,且符合粉末生产商给定范围	≥45,且符合粉末生产商给定范围	附录 B
		T _{g2}	℃	≥最高运行温度+40,且不低于 95	≥最高运行温度+40,且不低于 95	≥最高运行温度+40,且不低于 95	
4	湿含量		%	≤0.6	≤0.6	≤0.6	附录 C
5	胶化时间 (230 ℃±3 ℃) ^a		s	≤30,且符合粉末生产商给定范围	≤30,且符合粉末生产商给定范围	≤20,且符合粉末生产商给定范围	附录 D
6	粒度分布		%	150 μm 筛上粉末≤3.0 250 μm 筛上粉末≤0.2	150 μm 筛上粉末≤3.0 250 μm 筛上粉末≤0.2	150 μm 筛上粉末≤3.0 250 μm 筛上粉末≤0.2	GB/T 21782.1
7	密度 (20 ℃±3 ℃)		g/cm ³	1.3~1.5,且符合粉末生产商给定值±0.05	1.3~1.5,且符合粉末生产商给定值±0.05	1.4~1.8,且符合粉末生产商给定值±0.05	附录 E
8	磁性物含量		%	≤0.002	≤0.002	≤0.002	JB/T 6570
^a 测试的试验温度可根据产品特性调整。							

5.2.2 双层熔结环氧粉末涂层的底、面层熔结环氧粉末涂料应使用同一生产商的配套产品,并有明显色差。

5.3 实验室制备涂层的性能

5.3.1 实验室制备的单层和双层熔结环氧粉末涂层的性能应符合表 4 的要求;双层熔结环氧粉末涂层底层性能还宜满足单层涂层的要求。

GB/T 39636—2020

表 4 实验室涂敷试件的涂层性能指标^a

序号	项目		单位	性能指标		试验方法
				单层涂层	双层涂层	
1	外观		—	平整、色泽均匀、无气泡、无开裂及缩孔,允许有轻度橘皮状花纹	平整、色泽均匀、无气泡、无开裂及缩孔,允许有轻度橘皮状花纹	目测
2	热特性	$ \Delta T_g $	℃	≤5	≤5(底层、面层)	附录 B
		固化百分率	%	≥95	≥95(底层、面层)	
3	耐阴极剥离(65℃±3℃, 48 h, -1.5 V)		mm	≤5	≤5	SY/T 4113.3
4	耐阴极剥离(65℃或最高运行温度±3℃, 28 d, -1.5 V) ^b		mm	≤15	≤15	SY/T 4113.3
5	抗弯曲(试验温度±3℃) ^c		—	3°,无裂纹	普通级:2°,无裂纹	SY/T 4113.5
					加强级:1.5°,无裂纹	
6	抗冲击		—	2 J (-30℃±3℃), 无漏点	普通级:10J (20℃±3℃),无漏点	附录 F
					加强级:15J (20℃±3℃),无漏点	
7	断面孔隙率		级	1~3	1~3	附录 G
8	粘结面孔隙率		级	1~3	1~3	附录 G
9	附着力(75℃±3℃, 24 h)		级	1~2	1~2	附录 H
10	附着力(75℃±3℃, 28d)		级	1~3	1~3	附录 H
11	耐划伤(20℃±3℃)		—	—	普通级(30 kg): ≤350 μm,无漏点	SY/T 4113.1
					加强级(50 kg): ≤500 μm,无漏点	
12	耐磨性(1 000 g/1 000 r, CS-17)		mg	≤100	—	GB/T 1768
13	电气强度		MV/m	≥30	≥30	GB/T 1408.1
14	体积电阻率		Ω·m	≥1×10 ¹³	≥1×10 ¹³	GB/T 31838.2
15	弯曲后涂层耐阴极剥离(20℃±3℃, 28 d, -1.5 V)		—	2.5°,无裂纹	1.5°,无裂纹	附录 I
16	耐化学腐蚀(20℃±3℃, 90 d)	稀盐酸(2.5~3.0)	—	无脱色、隆起、软化、起泡爆皮、开裂、剥离、附着力降低等现象	无脱色、隆起、软化、起泡爆皮、开裂、剥离、附着力降低等现象	SY/T 4113.9
		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				

表 4（续）

序号	项目	单位	性能指标		试验方法
			单层涂层	双层涂层	
<p>^a 实验室涂敷试件的制备应符合 5.3.2 和 5.3.3 的要求。</p> <p>^b 试验应在最高运行温度下测试,且不应低于 65 ℃。</p> <p>^c 测试的试验温度根据熔结环氧粉末涂料特性、施工环境及运行条件选择-30 ℃、-18 ℃或 0 ℃。</p>					

5.3.2 实验室涂敷试件的制备应符合下列规定：

- a) 试件基板宜为低碳钢,尺寸应符合相应试验方法的要求；
- b) 试件表面应进行喷射清理,除锈质量应达到 GB/T 8923.1 中要求的 Sa2½ 级,锚纹深度应在 40 μm~100 μm 范围内,灰尘度不应低于 GB/T 18570.3 规定的 2 级；
- c) 固化温度应按照熔结环氧粉末涂料生产商的推荐值确定。

5.3.3 实验室涂敷试件的涂层厚度应符合工程项目要求或下列规定：

- a) 单层熔结环氧粉末涂层及用于双层熔结环氧粉末底层性能检验的涂层厚度应为 350 μm±50 μm；
- b) 双层熔结环氧粉末涂层普通级的底层厚度应大于或等于 250 μm,面层厚度应大于或等于 350 μm,总厚度不应小于 600 μm,且不宜超过 800 μm；
- c) 双层熔结环氧粉末涂层加强级的底层厚度应大于或等于 300 μm,面层厚度应大于或等于 500 μm,总厚度不应小于 800 μm,且不宜超过 1 000 μm。

5.4 熔结环氧粉末涂料的检验

5.4.1 涂敷生产前,首批熔结环氧粉末涂料应抽取样品,按表 3 和表 4 中的项目要求进行检验,结果应符合表 3 和表 4 的要求；当熔结环氧粉末涂料的生产厂、牌(型)号和生产地点任何一项发生变化时,应重新进行检验。

5.4.2 涂敷生产过程中,每批熔结环氧粉末涂料(批量不宜超过 30 t)应抽取样品,按表 3 规定的项目对熔结环氧粉末涂料性能进行检验,检测结果应符合表 3 的要求；按表 4 中规定的热特性、耐阴极剥离(65℃±3℃,48 h,-1.5 V)、耐阴极剥离(65℃或最高运行温度±3℃,28 d,-1.5 V)、附着力(75℃±3℃,24 h)和耐划伤(20℃±3℃)的项目对实验室涂敷试件进行性能检验,检测结果应符合表 4 的要求。

6 涂敷施工及质量检验

6.1 涂敷工艺规程

6.1.1 正式生产前,应预先编制涂敷工艺预规程及检验和试验计划,并进行涂敷工艺评定试验,形成涂敷质量达到规定要求的涂敷工艺规程；涂敷作业、检验和试验应按照确认的涂敷工艺规程及检验和试验计划进行。

6.1.2 涂敷工艺规程应根据本文件 and 设计要求、材料使用说明书等进行编制,内容应涵盖涂敷各个环节及工艺参数控制,应包括以下内容：

- a) 涂敷时的环境条件；
- b) 涂敷程序、设备和工具；
- c) 材料数据单及安全数据单；

GB/T 39636—2020

- d) 钢管表面处理(预热温度、除锈等级、表面灰尘度要求、磨料特性数据单等);
- e) 涂敷温度、喷枪数量、钢管前进速度;
- f) 涂层的检验和试验;
- g) 涂层缺陷的修补和检验;
- h) 标记和可追溯性文件。

6.1.3 检验和试验计划应包括以下内容:

- a) 熔结环氧粉末涂料的检验要求;
- b) 工艺评定试验的内容及检验要求;
- c) 生产过程的检验项目及要求;
- d) 成品管的检验项目及要求;
- e) 检验结果记录要求。

6.2 工艺评定试验

6.2.1 正式生产前,应采用与防腐管正式生产时相同管径、壁厚规格的钢管进行工艺评定试验,确定工艺参数,应从涂敷的防腐管或工艺管段截取试件,应按照表 5 规定的项目进行检验,并检验涂层厚度和漏点等。

6.2.2 正式生产应在工艺评定试验防腐管或工艺管段的涂层性能符合表 5 的要求后进行。

表 5 涂层检验项目及性能指标

序号	项目	单位	性能指标		试验方法
			单层涂层	双层涂层	
1	热特性 ΔT_g	℃	≤ 5	≤ 5 (底层、面层)	附录 B
2	耐阴极剥离(65 ℃ \pm 3 ℃, 48 h, -1.5 V)	mm	≤ 5	≤ 5	SY/T 4113.3
3	耐阴极剥离(65 ℃或最高运行温度 \pm 3 ℃, 28 d, -1.5 V) ^a	mm	≤ 15	≤ 15	SY/T 4113.3
4	抗弯曲(试验温度 \pm 3 ℃) ^b	—	2.5°,无裂纹	普通级:2°,无裂纹	SY/T 4113.5
				加强级:1.5°,无裂纹	
5	抗冲击	—	2 J(-30 ℃ \pm 3 ℃), 无漏点	普通级:10 J (20 ℃ \pm 3 ℃),无漏点	附录 F
				加强级:15 J (20 ℃ \pm 3 ℃),无漏点	
6	断面孔隙率	级	1~3	1~3	附录 G
7	粘结面孔隙率	级	1~3	1~3	附录 G
8	界面杂质污染率	%	≤ 30	≤ 30	附录 J
9	附着力(75 ℃ \pm 3 ℃,24 h)	级	1~2	1~2	附录 H
10	附着力(75 ℃ \pm 3 ℃,28 d)	级	1~3	1~3	附录 H
11	耐划伤(20 ℃ \pm 3 ℃)	—	—	普通级(30 kg): $\leq 350\text{ }\mu\text{m}$ 无漏点	SY/T 4113.1
				加强级(50 kg): $\leq 500\text{ }\mu\text{m}$ 无漏点	
^a 测试的试验温度不应低于 65 ℃。					
^b 测试的试验温度可根据熔结环氧粉末涂料特性、施工环境及运行条件选择-30 ℃、-18 ℃或 0 ℃。					

6.3 涂敷施工

6.3.1 涂敷施工应按照确认的涂敷工艺规程进行。

6.3.2 钢管表面处理应符合下列要求：

- a) 喷(抛)射除锈前,应采用适当的方法将附着在钢管表面的油、油脂及其他杂质清除干净,并应去除表面潮气;
- b) 喷(抛)射除锈时,钢管表面温度应不低于露点温度以上 3 °C,并应保持干燥,钢管表面的喷(抛)射除锈等级应达到 GB/T 8923.1 中规定的 Sa2½级,表面锚纹深度应为 40 μm~100 μm;
- c) 喷(抛)射除锈后,海运管或盐渍地存储的钢管应按 GB/T 18570.9 规定的方法测定钢管表面盐分,钢管表面盐分超过 20 mg/m² 时,应采用适宜的方法处理至合格;
- d) 喷(抛)射除锈后,应将钢管表面残留的磨料颗粒和表面微尘清除干净,钢管表面的灰尘度不应低于 GB/T 18570.3 规定的 2 级;
- e) 应对可能影响涂层质量的焊渣、毛刺等表面缺陷进行修理,使表面完全满足涂敷要求;
- f) 表面处理后应避免钢管表面受潮、生锈或二次污染,表面处理后的钢管应在 4 h 内进行熔结环氧粉末喷涂,超过 4 h 或出现返锈或表面污染时,应重新进行表面处理。

6.3.3 涂敷应符合下列要求：

- a) 钢管表面应采用无污染的热源加热,涂敷时钢管温度应控制在工艺评定试验确定的范围之内,且不应超过钢管的加热温度限制。
- b) 熔结环氧粉末涂料喷涂应使用净化的压缩空气,且应保证压缩空气无油和水等杂质。喷涂系统的高压静电发生器应工作正常,熔结环氧粉末涂料应均匀涂敷在钢管表面,喷枪出粉应稳定、均匀,雾化效果良好。
- c) 涂层固化时间应符合所用熔结环氧粉末涂料的要求,双层熔结环氧粉末涂敷时,面层涂敷应在底层胶化完成前进行,且应保证面层固化要求,应分别控制底层和面层的厚度。
- d) 喷淋冷却应在涂层固化后进行。
- e) 使用回收粉末时应进行检验,检验结果应符合表 3 要求后可继续使用,且使用比例不应超过 10%;双层熔结环氧粉末涂料不宜回收使用。
- f) 单层熔结环氧粉末涂层厚度应满足表 1 的要求,双层熔结环氧粉末涂层厚度应满足表 2 的要求。

6.3.4 涂敷完成后,应除去管端部位的涂层,管端预留长度应满足焊接及检测的要求,宜为 100 mm~150 mm。

6.4 生产质量检验

6.4.1 表面处理之后,钢管外观应逐根进行目视检查,记录存在的缺陷和损伤,对发现的可能导致涂层漏点的表面缺陷或损伤应处理至满足涂敷要求。

6.4.2 钢管表面除锈质量的检测应按 GB/T 8923.1 规定的方法逐根进行,除锈等级应达到 GB/T 8923.1中规定的 Sa2½级。

6.4.3 钢管表面锚纹深度的检测应按 GB/T 13288.5 规定的方法进行,锚纹深度应达到 40 μm~100 μm,直管应每 2 h 检测 1 次表面锚纹深度,弯管应每 4 h 或每 10 根检测 1 次表面锚纹深度。

6.4.4 钢管表面的灰尘度的检测应按 GB/T 18570.3 规定的方法进行,灰尘度不应低于 2 级质量要求,直管应每 2 h 检测 1 次表面灰尘度,弯管应每 4 h 或每 10 根检测 1 次表面灰尘度。

6.4.5 海运管或盐渍地存储的钢管表面盐分含量的检测应按 GB/T 18570.9 规定的方法进行,钢管表面盐分含量应不超过 20 mg/m²,盐分含量应每班(不超过 12 h)检测 1 次。

6.4.6 涂层外观应逐根进行目视检查,涂层表面应平整、色泽均匀、无气泡、无开裂及缩孔,可有轻度橘

GB/T 39636—2020

皮状花纹。

6.4.7 涂层漏点应采用电火花检漏仪逐根对钢管涂层进行检测,检测时涂层温度宜低于 65℃,检测电压应按设计涂层厚度乘以 5 V/ μm 计算确定,检漏探头相对移动速度应不大于 0.2 m/s;检漏仪应每班校准一次。涂层无漏点为合格。

a) 漏点数量在下述范围的涂层管,宜按本文件 7.1 的规定进行修补,经过修补的涂层应对修补处进行漏点检测:

- 1) 钢管外径小于 325 mm 时,平均每米管长漏点数不超过 1.0 个;
- 2) 钢管外径大于或等于 325 mm 时,平均每平方米涂层漏点数不超过 0.7 个。

b) 漏点数量在下述范围的涂层管,应进行重涂:

- 1) 钢管外径小于 325 mm 时,平均每米管长漏点数超过 1.0 个;
- 2) 钢管外径大于或等于 325 mm 时,平均每平方米涂层漏点数超过 0.7 个;
- 3) 每根钢管涂层缺陷总面积超过外涂层面积的 0.1%;
- 4) 单个缺陷面积大于或等于 $2.5 \times 10^4 \text{ mm}^2$ 。

6.4.8 钢管两端预留段的长度应逐根进行测量,结果应满足要求。

6.4.9 单层熔结环氧粉末涂层厚度和双层熔结环氧粉末涂层总厚度检测应使用磁性涂层测厚仪进行,双层熔结环氧粉末涂层的底、面层厚度应采用多层测厚仪进行检测;单层熔结环氧粉末涂层厚度检测结果应符合表 1 的要求,双层熔结环氧粉末涂层厚度检测结果符合表 2 的要求;涂层测厚仪应每班校准 1 次。检测要求如下:

- a) 对连续涂敷的直管,每班涂敷的前 5 根钢管应逐根测量,之后每 20 根应至少测量一根涂层总厚度并记录;测量时,宜沿钢管轴向随机取 3 个位置,测量每个位置圆周方向均匀分布的任意 4 点的涂层厚度,对于焊接管,应有 1 个测量点位于焊缝处。
- b) 应逐根测量弯管涂层总厚度并记录,测量时宜在弯曲部位取 3 个位置,测量每个位置圆周方向均匀分布的任意 4 点的涂层厚度。
- c) 每班生产的第一根双层熔结环氧粉末防腐管应在端部涂层上任取 1 点测量底、面层的厚度并记录。
- d) 涂层厚度不合格、双层熔结环氧粉末涂层的底层或面层厚度小于规定的最小厚度值的钢管应重涂。

6.4.10 涂层的固化度应按本文件附录 B 的方法检测涂层玻璃化转变温度的变化值 $|\Delta T_g|$ 进行评价,每班应至少检测一次, $|\Delta T_g|$ 应不大于 5℃;双层熔结环氧粉末涂层应分别检测底层、面层的固化度;当抽检钢管的涂层固化度不合格时,应加倍抽检;仍有不合格,应对当班涂敷的钢管进行逐根检验,涂层固化度不合格的钢管应重涂。

6.5 成品管取样检验

6.5.1 连续涂敷直管时,每连续生产的第 10 km、20 km、30 km 的防腐管均应截取一个长度为 500 mm 左右的管段或同等生产工艺条件下的试验管段,之后每 50 km 应至少抽取一次,按表 5 中的项目进行检验。

6.5.2 连续涂敷弯管时,每种管径熔结环氧粉末涂层弯管,应在 50 根、100 根内各抽取一个弯管或同一生产工艺条件下的弯管样管,按表 5 中除耐阴极剥离(65℃或最高运行温度 $\pm 3^\circ\text{C}$, 28 d, -1.5 V)和附着力(75℃ $\pm 3^\circ\text{C}$, 28 d)之外的项目进行检验;每种管径弯管熔结环氧粉末外涂层应每 300 根抽取一次,按表 5 规定的全部项目进行检验。

6.5.3 检验结果不符合表 5 要求的项目时,应在该不合格检测防腐管与前一合格检测防腐管之间抽取两根防腐管进行检验,仍有不合格时,该区间的防腐管均为不合格。

7 涂层的修补和重涂

7.1 修补

7.1.1 符合修补条件的涂层缺陷应进行局部修补,直径小于或等于 25 mm 的缺陷部位,应采用粉末生产商推荐的双组分无溶剂液体环氧树脂涂料或热熔修补棒进行局部修补;直径大于 25 mm 且面积小于 $2.5\times 10^4\text{ mm}^2$ 的缺陷部位,应采用熔结环氧粉末涂料生产商推荐的双组分无溶剂液体环氧树脂涂料进行局部修补。

7.1.2 修补时,缺陷部位的所有锈斑、鳞屑、裂纹、污垢和其他杂质及松脱的涂层应清除;缺陷部位应按修补材料生产商的要求打磨成粗糙面,打磨及修复搭接宽度应不小于 10 mm。

7.1.3 修补处涂层总厚度应满足表 1 或表 2 的要求,并应以按最小涂层厚度乘以 $5\text{ V}/\mu\text{m}$ 计算的检测电压对修补处进行漏点检验。

7.1.4 修补情况应予以记录。

7.2 重涂

7.2.1 涂层厚度不合格、漏点数量超过允许修补范围或取样检验不合格的外涂层钢管,应进行重涂。

7.2.2 重涂前应将全部涂层清除掉;采用加热方式清除涂层时,加热温度不应超过钢管的加热温度限制。

7.2.3 重涂及重涂后质量检验应按本文件第 6 章的要求进行。

8 成品管的标志、贮存和装运

8.1 标志

8.1.1 质量检验合格的熔结环氧粉末外涂层钢管,宜在管外壁距管端 400 mm 处做出标志,宜标明钢管材质及规格、防腐管编号、防腐厂名称、执行标准、外涂层类型及等级、生产日期等内容。

8.1.2 弯管的标志应增加弯管的角度及曲率半径。

8.1.3 防腐管应保留钢管内壁标志。

8.2 贮存

8.2.1 成品管应按规格分开堆放,并应排列整齐、有明显标记,两端管口宜安装坡口保护器及管端封堵物。

8.2.2 多层堆放时,直管管垛底部应采用两道以上柔性支撑垫起,弯管管垛底部应采用三道以上柔性支撑垫起,支撑的最小宽度为 200 mm,支撑高度应高于自然地面 150 mm,各层之间应进行柔性隔离防护。

8.2.3 成品管的最大堆放层数应符合表 6 或表 7 的要求。

表 6 直管成品管堆放层数

管径 DN mm	DN<200	$200\leq\text{DN}<300$	$300\leq\text{DN}<400$	$400\leq\text{DN}<500$	$500\leq\text{DN}<600$	$600\leq\text{DN}<800$	$800\leq\text{DN}$
最大堆放层数	10	7	6	5	4	3	2

GB/T 39636—2020

表 7 弯管成品管堆放层数

管径 DN mm	DN<400	400≤DN<600	600≤DN<800	800≤DN
最大堆放层数	4	3	2	1

8.2.4 成品管露天堆放时间不宜超过 6 个月,超过 6 个月应采用不透明遮盖物覆盖。

8.3 装运

- 8.3.1 成品管装卸时宜使用柔性吊带,并应避免撞击。
- 8.3.2 运输时每根成品管都应加装柔性隔离,成品管间应避免直接接触。
- 8.3.3 运输时,成品管与运输车辆之间应加装柔性隔离,并应用捆绑带扎紧。
- 8.3.4 成品弯管应采用适宜的运管车运输,运管车宜采用专用支架,单管长度方向捆绑不应少于两道,并宜加带橡胶的木制垫块、楔块等防滑。

9 现场补口及质量检验

9.1 一般规定

- 9.1.1 熔结环氧粉末外涂层的补口施工应在管道试压前进行。
- 9.1.2 熔结环氧粉末外涂层钢管可采用熔结环氧粉末静电喷涂、无溶剂液体环氧涂料、热收缩带等方式进行补口施工。
- 9.1.3 采用熔结环氧粉末静电喷涂方式补口时,熔结环氧粉末材料及其性能检验应符合本文件的要求;采用其他补口方式时,应执行 GB/T 51241 的规定。
- 9.1.4 在补口施工开始前,应在试验管段上进行补口工艺评定试验,确定补口施工工艺参数,制定补口工艺操作规程。试验管段应使用与施工管线相同的钢管。

9.2 表面处理

- 9.2.1 补口区域应去除油污和各种杂质,并应采取措施去除搭接部位涂层的潮气。
- 9.2.2 当钢管表面温度低于露点温度以上 3℃时,应对补口区域进行预热。
- 9.2.3 补口区域钢管的表面处理应采用喷射除锈方式进行,除锈等级应达到 GB/T 8923.1 中规定的 Sa2½级,表面锚纹深度应在 40 μm~100 μm 范围内。
- 9.2.4 喷射除锈后应将补口处残留的钢丸(砂粒)和灰尘清除干净,灰尘度等级不应低于 GB/T 18570.3 规定的 2 级。
- 9.2.5 管端补口搭接处 15 mm 宽度范围内的涂层应处理成粗糙面。

9.3 补口施工

- 9.3.1 补口处的管体加热应采用感应式加热方式,加热温度应达到补口施工工艺规程规定的温度,然后进行熔结环氧粉末涂料喷涂。
- 9.3.2 熔结环氧粉末涂料喷涂应采用静电喷涂方式,喷涂厚度应达到管体涂层设计厚度要求。
- 9.3.3 熔结环氧粉末补口涂层与管体涂层搭接应不小于 25 mm。

9.4 补口质量检验

- 9.4.1 熔结环氧粉末涂料静电喷涂补口质量应进行外观、厚度、漏点及附着力检验。

9.4.2 外观检查应采用目视检查方式并应逐口检查,涂层表面应平整、色泽均匀、无气泡、无开裂及缩孔,可有轻度橘皮状花纹;搭接宽度应不小于 25 mm。

9.4.3 涂层厚度应采用涂层测厚仪进行测量;测量时,应在补口防腐层圆周方向上检测均匀分布的 4 点,其中一点应位于焊缝上;4 个点厚度平均值应大于或等于设计厚度,最薄点读数值应不低于设计厚度的 80%,且不宜超过一个点。

9.4.4 涂层漏点应采用电火花检漏仪对每道焊口补口处涂层进行 100%检测,检测电压应按涂层设计厚度乘以 $5\text{ V}/\mu\text{m}$ 计算确定,无漏点为合格。

9.4.5 附着力检验应为每班每天施工的第一道口;检测应在喷涂后管体温度降至环境温度后进行,可用刀尖沿钢管轴线方向在涂层上刻划两条相距 10 mm 的平行线,再刻划两条相距 10 mm 并与前两条线相交成 30° 角的平行线,形成一个平行四边形,各条刻线应划透涂层;刀尖应插入平行四边形各内角的涂层下,施加水平推力,出现碎末状剥离的涂层为合格。

10 埋地管道下沟回填

10.1 熔结环氧粉末涂层钢管回填前,应采用电火花检漏仪对钢管全部涂层进行检漏;检测电压宜按涂层设计厚度乘以 $5\text{ V}/\mu\text{m}$ 计算确定;发现漏点,应修补至合格,并填写检漏和修补记录。

10.2 熔结环氧粉末涂层钢管的下沟回填应符合 GB 50369 的规定。

11 交工文件

交工文件至少应包括:

- a) 熔结环氧粉末涂层成品管出厂合格证,内容包括:生产厂名称、涂层类型、钢管规格、涂层等级及厚度等;
- b) 熔结环氧粉末涂料的质量证明书、合格证及复检报告;
- c) 熔结环氧粉末涂层的质量检验报告;
- d) 修补记录;
- e) 补口施工及质量记录。

附 录 A
(规范性)
环氧粉末的固化时间试验方法

A.1 仪器设备

- A.1.1 电热板,控温精度为 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- A.1.2 金属板,尺寸约为 $150\text{ mm}\times 150\text{ mm}\times 25\text{ mm}$ 。
- A.1.3 接触式温度计,精度为 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- A.1.4 秒表,精度为 $\pm 0.1\text{ s}$ 。
- A.1.5 拉延板,厚度为 $1.5\text{ mm}\pm 0.5\text{ mm}$,形状如图 A.1。
- A.1.6 刮刀。
- A.1.7 通用小刀,未安装刀片时的长度为 $135\text{ mm}\pm 20\text{ mm}$,刀片厚度为 $0.65\text{ mm}\pm 0.1\text{ mm}$,尺寸见图 A.2,工作时刀片露出长度为 $25\text{ mm}\pm 5\text{ mm}$ 。
- A.1.8 带制冷设备的差式扫描量热仪(DSC)。

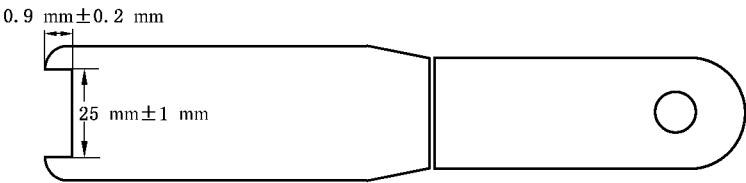


图 A.1 拉延板

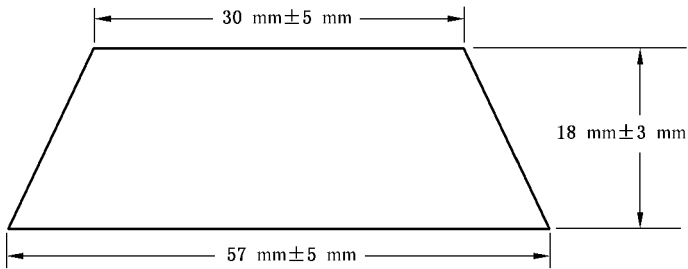


图 A.2 刀片尺寸

A.2 试验步骤

- A.2.1 加热金属板并保持在规定的试验温度。
- 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,使固化膜厚度在 $350\text{ }\mu\text{m}\sim 500\text{ }\mu\text{m}$ 之间。
- A.2.3 当金属板上的粉末开始熔化时,立即启动秒表开始计时。
- A.2.4 趁涂膜未完全胶化之前,用通用小刀或刮刀在膜上将涂膜划分为10条带状,见图 A.3。
- A.2.5 经过 $30\text{ s}\pm 1\text{ s}$ 后,用通用小刀取下一条涂膜带,并立即淬冷。
- A.2.6 每经过 $30\text{ s}\pm 1\text{ s}$,重复 A.2.5 中的操作。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.2.7 待涂转变膜干燥后使用一台“差示扫描量热仪”(DSC),应按附录 B 的要求,测定涂膜的玻璃化转变温度 T_g 值、 ΔT_g (玻璃化转变温度的变化值)或固化百分率 C 。

A.2.8 必要时,绘制时间对 ΔT_g 或时间对固化百分率的曲线。

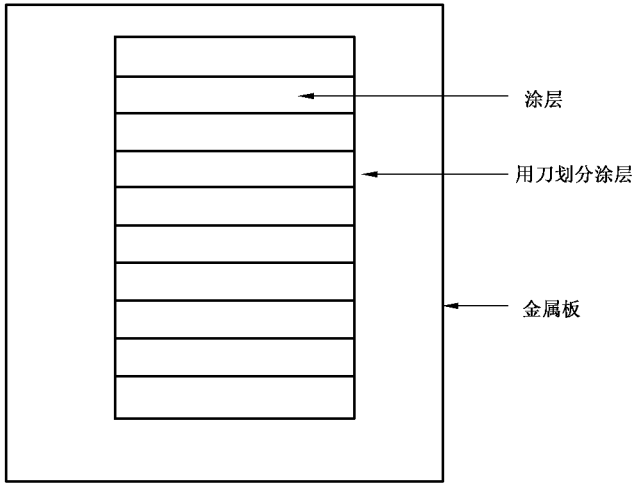


图 A.3 涂层平板划线

A.3 试验数据处理

固化时间是对应 ΔT_g 为 2 °C 的时间或对应 99% 固化百分率的时间(min),结果应保留到小数点后第一位。

A.4 试验报告

试验报告包含以下内容:

- a) 识别受试样品所必要的全部细节;
- b) 本标准编号;
- c) 差示扫描量热仪的品牌、型号;
- d) 试验温度;
- e) 取样时间间隔;
- f) 固化时间;
- g) 试验日期。

附录 B

(规范性)

环氧粉末及其涂层的热特性试验方法

B.1 仪器设备

B.1.1 带制冷设备的差示扫描量热仪(DSC)。

B.1.2 分析天平,精度为 ± 0.1 mg。

B.1.3 试样密封器。

B.1.4 带盖铝质试样皿。

B.2 样品

B.2.1 粉末样品制备

B.2.1.1 称量试样皿及盖,精确到 0.1 mg。

B.2.1.2 取 $10\text{ mg} \pm 1\text{ mg}$ 的环氧粉末,放入预先称重的试样皿中。

B.2.1.3 盖上盖子,使用试样密封器进行密封。

B.2.1.4 再次称量密封后的试样皿,得到样品质量,精确到 0.1 mg。

B.2.2 涂层样品制备

B.2.2.1 选取具有代表性的涂层样品进行测试。

B.2.2.2 试样应能够代表整个涂层厚度。

B.2.2.3 试样切取和称量前,应去除样品上的非待测物质。

B.2.2.4 当涂层样品取自储存、埋地或浸没管道时,切取前样品应预先在 $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中干燥约 1 h。

B.2.2.5 称量试样皿及盖,精确到 0.1 mg。

B.2.2.6 取 $10\text{ mg} \pm 3\text{ mg}$ 的涂层样品,放入预先称重的试样皿中。

B.2.2.7 盖上盖子,使用试样密封器进行密封。

B.2.2.8 再次称量密封后的试样皿,得到样品质量,精确到 0.1 mg。

B.3 试验步骤

B.3.1 将试样皿和参比放入 DSC 测量池中,使用分析级的干燥氮气进行保护。

B.3.2 依据 B.3.4 的测试程序进行环氧粉末的热特性测试。

B.3.3 依据 B.3.5 的测试程序进行涂层样品的热特性测试。

B.3.4 环氧粉末热特性扫描步骤如下:

- a) 以 $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率对试样加热,从 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 加热到 $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,然后将试样急冷到 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- b) 以 $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率对同一试样加热,从 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 加热到 $275\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$,然后将试样急冷到 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

c) 以 $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率对同一试样加热,从 $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 加热到 $150\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

B.3.5 环氧粉末涂层热特性扫描步骤如下:

- 以 $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率对试样加热,从 $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 加热到 $110\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,在 $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时保持 1.5 min ,然后将试样急冷到 $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 以 $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率对同一试样加热,从 $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 加热到 $275\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$,然后将试样急冷到 $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 以 $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率对同一试样加热,从 $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 加热到 $150\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

B.4 试验数据处理

B.4.1 对应于过程 B.3.4 b) 和过程 B.3.4 c) 的热扫描线,确定环氧粉末对应的玻璃化转变温度 T_g 值(中值),分别为 T_{g1} 、 T_{g2} ,以及反应放热量 ΔH ,见图 B.1。

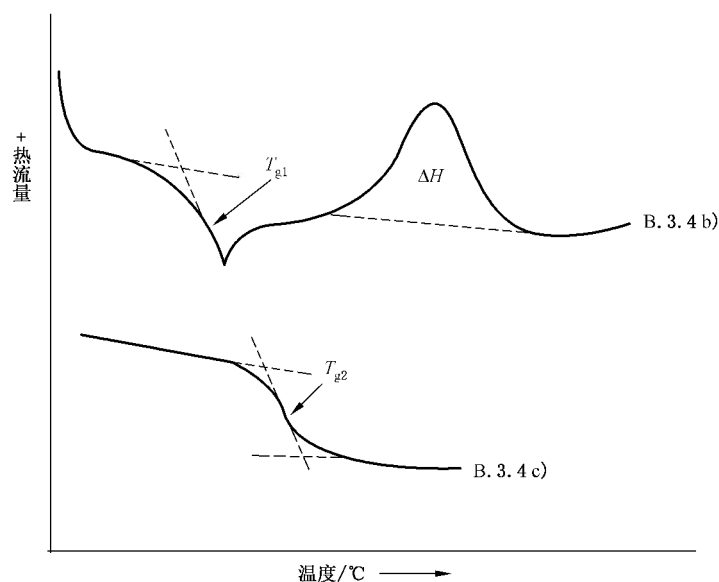


图 B.1 环氧粉末的热扫描线

B.4.2 对应于过程 B.3.5 b) 和过程 B.3.5 c) 的热扫描线,确定环氧粉末涂层对应的玻璃化转变温度 T_g 值(中值),分别为 T_{g3} 、 T_{g4} ,以及反应放热量 ΔH_1 ,见图 B.2。

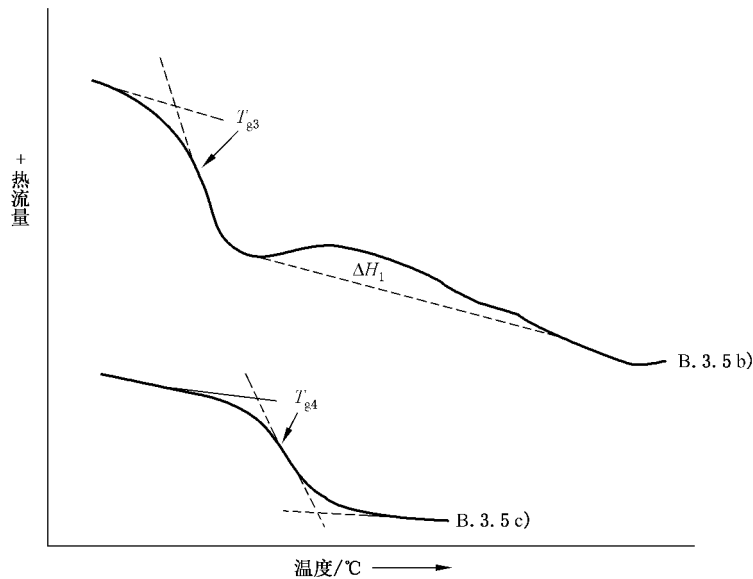


图 B.2 环氧粉末涂层的热扫描线

B.4.3 对于涂层,用式(B.1)计算出玻璃化转变温度 T_g 值的变化值:

$$\Delta T_g = T_{g4} - T_{g3} \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

ΔT_g ——玻璃化转变温度 T_g 值的变化值,单位为摄氏度(°C);

T_{g4} ——由 B.3.5 c)热扫描得到的 T_g 值,单位为摄氏度(°C);

T_{g3} ——由 B.3.5 b)热扫描得到的 T_g 值,单位为摄氏度(°C)。

B.4.4 对于涂层,用式(B.2)计算出固化百分率:

$$C = \frac{\Delta H - \Delta H_1}{\Delta H} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

C ——固化百分率;

ΔH ——由 B.3.4 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.3.5 b)热扫描得到的反应放热量,单位为焦耳每克(J/g)。

B.5 试验报告

试验报告包含以下内容:

- a) 识别受试样品所必要的全部细节;
- b) 本标准编号;
- c) 差示扫描量热仪的品牌、型号;
- d) 对于环氧粉末,报告 T_{g1} 、 T_{g2} 和 ΔH 值;
- e) 对于涂层,报告 T_{g3} 、 T_{g4} 、 ΔT_g 、 ΔH_1 和 C 的值;
- f) 试验日期。

附录 C

(规范性)

环氧粉末的湿含量试验方法

C.1 仪器设备

- C.1.1 烘箱,控温精度为 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- C.1.2 分析天平,精度为 $\pm 0.1\text{ mg}$ 。
- C.1.3 干燥器,盛有适宜的干燥剂。
- C.1.4 平底皿,直径约 75 mm。

C.2 试验步骤

- C.2.1 平行做两份试验。
- C.2.2 将平底皿在 $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中干燥 15 min,取出置于干燥器中冷却至室温,称量平底皿,精确到 0.1 mg,记录为 m_A 。
- C.2.3 在平底皿中加入 $2.0\text{ g} \pm 0.1\text{ g}$ 的粉末试样,使试样在平底皿底部均匀铺开。称量盛有粉末试样的平底皿,精确到 0.1 mg,记录为 m_B 。
- C.2.4 将盛有粉末试样的平底皿放入 $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中加热 60 min,取出置于干燥器中冷却至室温,称量,精确到 0.1 mg,记录称量数值。
- C.2.5 将盛有粉末试样的平底皿继续放入干燥器中,每间隔 60 min 后重复称量样品,直到相邻两次称量质量相差不超过 1 mg 为止,记录为 m_C 。

C.3 试验数据处理

- C.3.1 湿含量按式(C.1)计算:

$$w_m = \frac{m_B - m_C}{m_B - m_A} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

- w_m ——湿含量的质量分数的数值;
- m_B ——平底皿和样品的初始质量的数值,单位为克(g);
- m_C ——平底皿和样品的最终质量的数值,单位为克(g);
- m_A ——平底皿的质量的数值,单位为克(g)。

- C.3.2 两个平行试验结果的绝对差值大于 0.2%时,应重新进行试验。
- C.3.3 试验结果应为两次有效测定结果的算术平均值(%),保留到小数点后第二位。

C.4 试验报告

试验报告包含以下内容:

- a) 识别受试样品所必要的全部细节;

- b) 本标准编号；
- c) 加热温度；
- d) 加热时间；
- e) 湿含量；
- f) 试验日期。

附录 D

(规范性)

环氧粉末的胶化时间试验方法

D.1 仪器设备

- D.1.1 电热板,控温精度为 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- D.1.2 金属板,尺寸约为 $150\text{ mm}\times 150\text{ mm}\times 25\text{ mm}$ 。
- D.1.3 接触式温度计,精度为 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- D.1.4 秒表,精度为 $\pm 0.1\text{ s}$ 。
- D.1.5 拉延板,厚度为 $1.5\text{ mm}\pm 0.5\text{ mm}$ 。

D.2 试验步骤

- D.2.1 平行做三份试验。
- D.2.2 加热金属板并保持在规定的试验温度。
- D.2.3 把环氧粉末置于拉延板末端 25 mm 宽缺口处,手持拉延板与金属板成约 45° ,平稳移动使环氧粉末在金属板上迅速铺开,形成一条宽约 25 mm 的环氧粉末带;固化膜厚应在 $350\text{ }\mu\text{m}\sim 500\text{ }\mu\text{m}$ 之间。
- D.2.4 当金属板上的粉末开始熔化时,立即启动秒表开始计时。
- D.2.5 将拉延板与金属板呈 45° ,轻施压力使拉延板自重几乎全部作用在金属板上,用拉延板缺口处的一角间隔性重复划过熔化的环氧粉末带;当拉延板只能划透已熔化的粉末且不再接触到金属板时,停止计时,记录时间,见图 D.1。

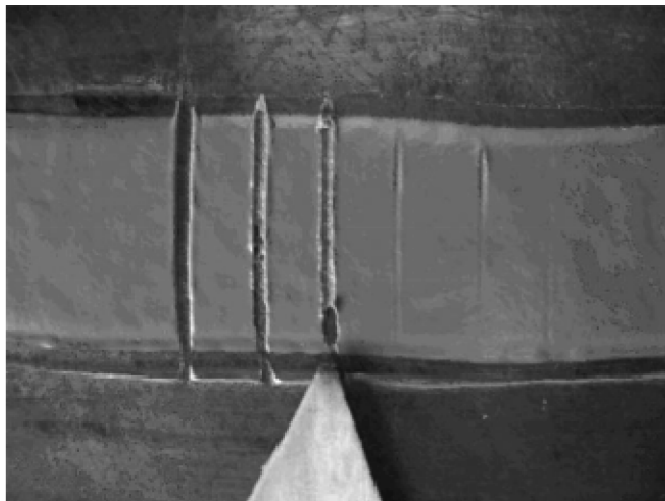


图 D.1 胶化时间测试

D.3 试验数据处理

结果为三次试验结果的算术平均值(s),精确到 1 s 。

D.4 试验报告

试验报告包含以下内容：

- a) 识别受试样品所必要的全部细节；
- b) 本标准编号；
- c) 加热温度；
- d) 胶化时间；
- e) 试验日期。

附录 E

(规范性)

环氧粉末的密度试验方法

E.1 仪器设备

E.1.1 电子天平,精度为 ± 0.01 g。

E.1.2 容量瓶或密度瓶,容积为 100 mL。

E.2 试验步骤

E.2.1 平行做两份试验。

E.2.2 置换液体介质密度的测定步骤如下:

- a) 置换液体介质应能完全润湿试样,且不应使试样溶胀或溶解。
- b) 称量干净容量瓶的质量,精确到 0.01 g,记录为 m_0 。
- c) 注入置换液体介质至容量瓶的刻度线后再称量,精确到 0.01 g,记录为 m_1 。
- d) 按式(E.1)计算测试温度下置换液体介质的密度 ρ_1 :

$$\rho_1 = \frac{m_1 - m_0}{V} \dots\dots\dots (E.1)$$

式中:

 ρ_1 ——测试温度下置换液体介质的密度的数值,单位为克每立方厘米(g/cm³); m_1 ——注入置换液体介质后容量瓶的质量的数值,单位为克(g); m_0 ——空容量瓶的质量的数值,单位为克(g); V ——容量瓶的体积的数值,单位为立方厘米(cm³)。

E.2.3 粉末密度的测定步骤如下:

- a) 称量干净容量瓶的质量,精确到 0.01 g,记录为 M_f 。
- b) 将约 20 g 环氧粉末加入容量瓶后称量,精确到 0.01 g,记录为 M_{fp} 。
- c) 在装有环氧粉末的容量瓶中注入部分置换液体介质,液位应超过粉末。盖上瓶塞,轻微振荡几分钟,试样表面和介质中不得有气泡,粉末不得有结团。
- d) 待粉末样品充分湿润后,使用置换液体介质冲洗瓶塞和瓶壁至无粉末残留,然后继续注入介质到容量瓶的刻度线,称量装有环氧粉末和置换液体介质容量瓶的质量,精确到 0.01 g,记录为 M_{fps} 。
- e) 按式(E.2)计算测试温度下粉末的密度 ρ_p :

$$\rho_p = \frac{M_{fp} - M_f}{V - (M_{fps} - M_{fp})/\rho_1} \dots\dots\dots (E.2)$$

式中:

 ρ_p ——测试温度下粉末的密度的数值,单位为克每立方厘米(g/cm³); M_{fp} ——容量瓶加试样的质量的数值,单位为克(g); M_f ——空容量瓶的质量的数值,单位为克(g); V ——容量瓶的体积的数值,单位为立方厘米(cm³); M_{fps} ——容量瓶加试样和置换液体的质量的数值,单位为克(g);

ρ_1 ——测试温度条件下置换液体介质的密度的数值,单位为克每立方厘米(g/cm^3)。

E.3 试验数据处理

E.3.1 如果两次测量结果相差大于 $0.04 \text{ g}/\text{cm}^3$,应按 E.2.3 重新测试。

E.3.2 结果为两次有效测定结果的算术平均值,保留到小数点后第两位。

E.4 试验报告

试验报告包含以下内容:

- a) 识别受试样品所必要的全部细节;
- b) 本标准编号;
- c) 测试温度;
- d) 所使用的置换液体介质类型及密度;
- e) 粉末密度;
- f) 试验日期。

附 录 F
(规范性)
涂层的抗冲击试验方法

F.1 仪器设备

F.1.1 冲击试验机:由底座、冲击锤垂直导向管、冲击锤、调节机构和试件固定装置等组成。

- a) 底座:应稳固且水平。
- b) 冲击锤垂直导向管:直径约为 48 mm,长度不少于 1 200 mm,标尺分度值为 5 mm。应垂直,管内应光滑,保证冲击锤自由下落。
- c) 冲击锤:质量为 1 kg 或 2 kg,精度为 $\pm 2\%$ 。冲头头部呈半球状,应无缺口及其他表面不规则缺陷,冲头直径为 16 mm 或 25 mm,精度为 $\pm 1\%$ 。
- d) 用于管段试件的弧面砧:半径约为 40 mm,硬度为 55 HRC ± 5 HRC。
- e) 用于平板试件的平面砧:硬度为 55 HRC ± 5 HRC。
- f) 试件固定装置:应使试件牢固固定且不损伤防腐层。
- g) 冲击试验机硬木试验台:尺寸应不小于 600 mm \times 600 mm \times 600 mm,顶部应为硬木。冲击试验机固定于试验台上。

F.1.2 磁性测厚仪,应符合 SY/T 4113.7 的相关规定。

F.1.3 电火花检漏仪或湿海绵检漏仪,应符合 SY/T 0063 的相关规定。

F.1.4 低温箱,精度为 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

F.1.5 秒表,精度为 $\pm 0.1\text{ s}$ 。

F.2 样品

F.2.1 实验室涂敷试件尺寸宜为 200 mm \times 100 mm \times 6 mm,管段裁切试件尺寸宜为 200 mm \times 100 mm \times 管壁厚度或 300 mm 长管段。

F.2.2 每组试件数量应不少于 2 个。

F.2.3 涂层表面应平整、光滑,不应有外观缺陷。

F.2.4 应按 SY/T 4113.7 的规定,使用磁性测厚仪测量试件预冲击区域涂层厚度;应在每个试件中心区域、且与各边缘大于 38 mm 的范围内均匀测量四点,其中一组试件所测各点厚度的算术平均值代表该样品的涂层厚度。

F.2.5 应按 SY/T 0063 的规定进行漏点检测,检漏电压按 5 V/ μm 计算,无漏点方可使用。

F.3 试验步骤

F.3.1 应根据熔结环氧粉末涂层类型选择冲头,单层熔结环氧粉末涂层采用直径为 16 mm 的冲头,双层熔结环氧粉末涂层采用直径为 25 mm 的冲头。

F.3.2 根据抗冲击性能的要求选择冲击锤质量,确定提升高度。

F.3.3 将试件调节至试验温度 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$,并恒温保持至少 1 h 后开始测试;低温测试时,应在低温箱内进行试件温度调节。

F.3.4 温度状态调节好的试件应快速固定在弧面砧或平面砧上,立即进行冲击性能测试,并防止二次

冲击。

F.3.5 在冲击试验机上用预定的冲击能对试件表面冲击 3 次,冲击点距离试件边缘应不小于 30 mm,且相邻冲击点之间的距离应不小于 30 mm,冲击时应避开焊缝区域;低温测试时,3 次冲击应在试件从低温箱中取出后 30s 内完成。

F.3.6 球形冲头最多冲击 10 次后应转到一个未使用过的位置,当总冲击次数达到 200 次后应更换冲头。

F.3.7 检漏应在试件温度回升至室温后进行,且符合下列要求:

- a) 对于单层熔结环氧粉末涂层,可使用电火花检漏仪,检漏电压为 $1\,750\text{ V}\pm 250\text{ V}$ 。也可使用湿海绵检漏仪,检漏电压为 $67.5\text{ V}\pm 4.5\text{ V}$ 。记录涂层漏点情况。
- b) 对于双层熔结环氧粉末涂层,使用电火花检漏仪,检漏电压按 $5\text{ V}/\mu\text{m}$ 计算。记录涂层漏点情况。

F.4 试验数据处理

对 6 个冲击点进行检漏,均无漏点时,表明该组试件的冲击强度大于预定的冲击能。

F.5 试验报告

试验报告包含以下内容:

- a) 识别受试样品所必要的全部细节;
- b) 本标准编号;
- c) 冲头直径、冲击锤质量;
- d) 试验温度;
- e) 冲击能、涂层厚度、提升高度;
- f) 涂层漏点情况;
- g) 试验日期。

附录 G
(规范性)
涂层的孔隙率试验方法

G.1 仪器设备

- G.1.1 体视显微镜。
- G.1.2 台虎钳或专用弯曲机。
- G.1.3 干冰或低温箱。
- G.1.4 通用小刀。

G.2 样品

- G.2.1 实验室涂敷试件尺寸宜为 200 mm×25 mm×6 mm,管段裁切试件尺寸宜为 200 mm×25 mm×管壁厚度,其中 200 mm 为管段轴向尺寸。
- G.2.2 试件数为 1 个。

G.3 试验步骤

- G.3.1 将试件冷却至-30 ℃或更低温度,在台虎钳或专用弯曲机上将试件快速折弯。
- G.3.2 使用通用小刀在弯曲的试件上取下一块涂层试片。
- G.3.3 使用放大倍数为 40×的体视显微镜进行观察。

G.4 试验数据处理

- G.4.1 按图 G.1 和图 G.2 中的等级图评定试件涂层的孔隙率等级。
- G.4.2 当涂层粘结面附着有大量杂质而无法准确判断粘结面孔隙率时,应说明情况。

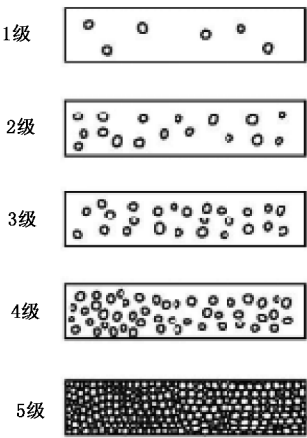


图 G.1 涂层粘结面孔隙率等级图

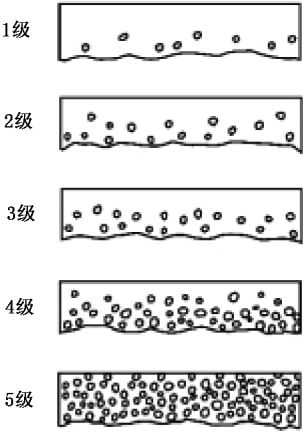


图 G.2 涂层断面孔隙率等级图

G.5 试验报告

试验报告包含以下内容：

- a) 识别受试样品所必要的全部细节；
- b) 本标准编号；
- c) 放大倍数；
- d) 断面孔隙率等级；
- e) 粘结面孔隙率等级；
- f) 必要时,说明粘结面的杂质附着情况；
- g) 试验日期。

附 录 H
(规范性)
涂层的附着力试验方法

H.1 仪器设备

- H.1.1** 电热鼓风干燥烘箱、恒温水浴或其他可准确控温的设备,控温精度为 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- H.1.2** 磁性测厚仪,应符合 SY/T 4113.7 的相关规定。
- H.1.3** 电火花检漏仪,应符合 SY/T 0063 的相关规定。
- H.1.4** 容器。
- H.1.5** 温度计,精度为 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- H.1.6** 通用小刀。
- H.1.7** 钢直尺。
- H.1.8** 切割工具,如通用小刀或电磨机等。

H.2 样品

- H.2.1** 实验室涂敷试件尺寸约为 $100\text{ mm}\times 100\text{ mm}\times 6\text{ mm}$,管段裁切试件尺寸约为 $100\text{ mm}\times 100\text{ mm}\times$ 管壁厚度或 100 mm 长管段;每组试件数量应不少于 3 个。
- H.2.2** 涂层表面应平整、光滑,不应有外观缺陷。
- H.2.3** 应按 SY/T 4113.7 的规定,使用磁性测厚仪测量试件预翘剥区域涂层厚度;应在每个试件上距离各边缘大于 38 mm 的范围内均匀测量四点,其中一组试件所测各点厚度的算术平均值代表该样品的涂层厚度。
- H.2.4** 应按 SY/T 0063 的规定进行漏点检测,检漏电压按 $5\text{ V}/\mu\text{m}$ 计算,无漏点方可使用。

H.3 试验步骤

- H.3.1** 应使用预热至规定试验温度条件下的自来水进行试件浸泡,液面高度应充分浸没试件。
- H.3.2** 试件涂层不应接触容器壁和其他试件。
- H.3.3** 试验期间,试件应保持在预定的试验温度,温度波动应控制在 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内;试验过程中应保持试件涂层始终完全浸没。
- H.3.4** 达到规定浸泡周期后,将试件取出;在试件仍温热时,立即用切割工具在厚度测试区域的涂层上划一约 $30\text{ mm}\times 15\text{ mm}$ 的长方形,应划透涂层至金属基底。
- H.3.5** 在取出后的 1 h 内将试件冷却至室温,从长方形的一角将刀尖插入涂层下面。
- H.3.6** 使用刀尖用力上挑,对涂层进行撬剥。
- H.3.7** 沿长方形,使用刀尖连续撬剥,直至长方形内的涂层被撬离或表现出明显的抗撬性为止,观察涂层剥离面积。

H.4 试验数据处理

- H.4.1** 按下列分级标准评定长方形内涂层的附着力等级,最高级为 1 级,最低级为 5 级:

- a) 1 级——涂层明显地不能被撬剥下来；
- b) 2 级——被撬离的涂层小于或等于 50%；
- c) 3 级——被撬离的涂层大于 50%，但涂层对撬剥力表现出明显的抗撬性能；
- 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。

H.4.2 以 3 个试件中级别最低的，作为该组试件的附着力级别。

H.5 试验报告

试验报告包含以下内容：

- a) 识别受试样品所必要的全部细节；
- b) 本标准编号；
- c) 浸泡温度；
- d) 浸泡周期；
- e) 涂层厚度；
- f) 附着力级别；
- g) 试验日期。

附录 I

(规范性)

弯曲后涂层的耐阴极剥离试验方法

I.1 仪器设备

I.1.1 测试圆筒内径为 $25\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$ 。

I.1.2 弯曲设备应满足 SY/T 4113.5 的要求。

I.1.3 阴极剥离测试设备应满足 SY/T 4113.3 的要求。

I.2 样品

I.2.1 试件形状、尺寸见图 I.1, 可选用带切口或不带切口的试件, 试件厚度约为 6 mm , 试件数量应不少于 2 个。

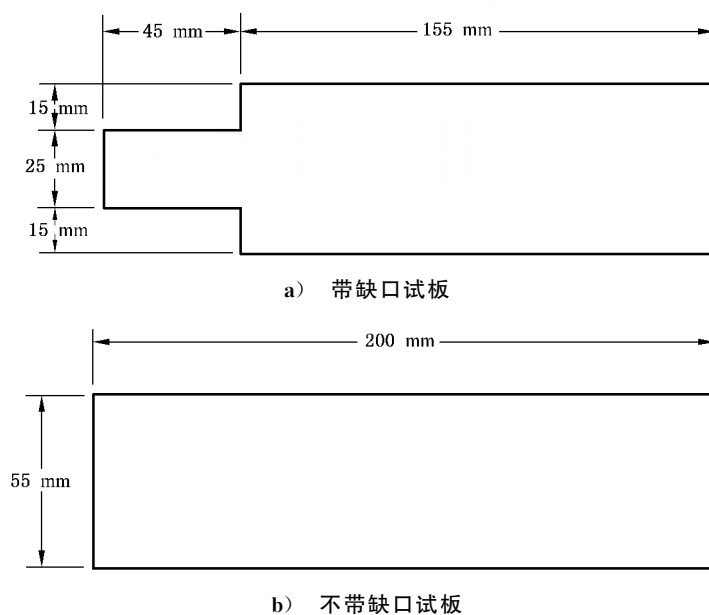


图 I.1 弯曲后涂层的耐阴极剥离试件

I.2.2 涂层表面应平整、光滑, 不应有外观缺陷。

I.2.3 应按 SY/T 4113.7 的规定, 使用磁性测厚仪测量弯曲区域的涂层厚度。

I.2.4 应按 SY/T 0063 的规定, 进行漏点检测, 无漏点方可使用。

I.3 试验步骤

I.3.1 应按 SY/T 4113.5 的规定, 在指定的温度和弯曲度数下对试件进行弯曲。

I.3.2 应按 SY/T 4113.3 的规定, 对已弯曲的试件在规定的测试条件下进行耐阴极剥离试验, 缺陷孔应位于试件弯曲后的最大应变处。

I.3.3 测试用 3% 氯化钠溶液的最小体积为 45 mL 。

I.3.4 试验结束后,在取下测试筒的 24 h 之内,进行样品观察。

I.4 试验数据处理

目测观察试件的被试部位是否有裂纹。以两个试件均无裂纹为合格。

I.5 试验报告

试验报告包含以下内容:

- a) 识别受试样品所必要的全部细节;
- b) 本标准编号;
- c) 弯曲温度、弯曲弧度、涂层厚度;
- d) 测试温度、测试电压、测试周期;
- e) 是否有裂纹。

附 录 J

(规范性)

涂层的界面杂质污染率试验方法

J.1 仪器设备

J.1.1 体视显微镜。

J.1.2 台虎钳或专用弯曲机。

J.1.3 干冰或低温箱。

J.1.4 通用小刀。

J.2 样品

J.2.1 管段裁切试件尺寸约为 200 mm×25 mm×管壁厚度,其中 200 mm 为管段轴向尺寸。

J.2.2 试件数为 1 个。

J.3 试验步骤

J.3.1 将试件冷却至 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或更低温度,在台虎钳或专用弯曲机上将试件快速折弯。

J.3.2 使用通用小刀取下尺寸约为 3 mm×20 mm 的涂层试片。

J.3.3 使用放大倍数为 40×的体视显微镜进行观察。

J.4 试验数据处理

按图 J.1 的等级图评定试件的界面杂质污染率。

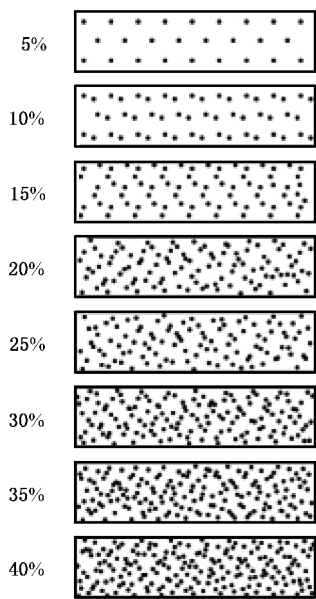


图 J.1 界面杂质污染率等级图

J.5 试验报告

- 试验报告包含以下内容：
- a) 识别受试样品所必要的全部细节；
 - b) 本标准编号；
 - c) 界面杂质污染率；
 - d) 放大倍数；
 - e) 试验日期。
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
钢质管道熔结环氧粉末外涂层技术规范
GB/T 39636—2020

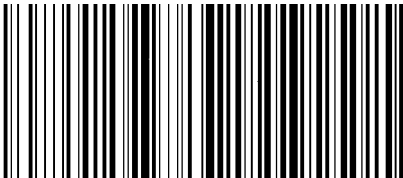
*

xx	2
xx	16

2020 年 12 月第一版

*

• 1-66560



GB/T 39636-2020