

ICS 75—010

E 10

备案号：33521—2011

**SY**

# 中华人民共和国石油天然气行业标准

**SY/T 5918—2011**

代替 SY/T 5918—2004

---

## 埋地钢质管道外防腐层修复技术规范

Specification for external coating rehabilitation of buried steel pipeline

2011—07—28 发布

2011—11—01 实施

---

国家能源局 发布

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 一般要求 .....	2
5 防腐材料选择 .....	3
6 防腐层局部修复 .....	11
7 防腐层大修 .....	12
8 工程管理 .....	19
9 数据管理 .....	19
10 HSE 要求 .....	19
11 竣工验收 .....	20
附录 A (规范性附录) 允许悬空长度计算 .....	21
附录 B (资料性附录) 热油 (液体) 管道开挖修复的允许悬空长度 .....	23
附录 C (规范性附录) 胶带防腐层剥离强度现场测试方法 .....	30
附录 D (规范性附录) 液体涂料类防腐层附着力现场测试方法 .....	31
附录 E (资料性附录) 部分现场记录表格 .....	32

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 SY/T 5918—2004《埋地钢质管道外防腐层修复技术规范》，与 SY/T 5918—2004 相比，主要技术变化如下：

- 删除了防腐层修复前的检测评价；
- 删除了附录中的检测方法；
- 针对不同类型的原防腐层，推荐防腐层修复方案；
- 给出了管道开挖过程中悬空长度的计算方法及停输时间的计算要求；
- 规定了修复用防腐材料的技术指标；
- 细化了防腐材料的施工工艺和质量控制。

本标准由石油工业油气储运专业标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：中国石油天然气股份有限公司管道分公司、中国石油天然气管道科学研究院、中国石油北京天然气管道有限公司、中国石油天然气股份有限公司西气东输管道分公司、中国石化股份有限公司管道储运分公司。

本标准起草人：赵君、罗鹏、王晓梅、陈洪源、高强、刘玲莉、张永盛、陈国群、韩钟琴、葛艾天、李英义、陈建民、杨雪梅、刘志刚、李国兴。

本标准代替 SY/T 5918—2004。

SY/T 5918—2004 的历次版本发布情况为：

- SY/T 5918—1994；
- SY/T 6063—1994。

## 埋地钢质管道外防腐层修复技术规范

### 1 范围

本标准规定了陆上埋地钢质管道外防腐层修复的技术、质量和安全保障要求。  
本标准适用于陆上非保温埋地钢质管道的外防腐层修复。

### 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 1037 塑料薄膜和片材透水蒸气性试验方法 杯式法
- 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 1040.3 塑料 拉伸性能的测定 第3部分：薄膜和薄片的试验条件
- 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 1447 纤维增强塑料拉伸性能试验方法
- GB/T 1633 热塑性塑料维卡软化温度（VST）的测定
- GB/T 1723 涂料粘度测定法
- GB/T 1724 涂料细度测定法
- GB/T 1725 色漆、清漆和塑料 不挥发物含量的测定
- GB/T 1728 漆膜、腻子膜干燥时间测定法
- GB/T 1731 漆膜柔韧性测定法
- GB/T 1732 漆膜耐冲击测定法
- GB/T 1733 漆膜耐水性测定法
- GB/T 1768 色漆和清漆 耐磨性的测定 旋转橡胶砂轮法
- GB/T 1842 塑料 聚乙烯环境应力开裂试验方法
- GB/T 2411 塑料和硬橡胶 使用硬度计测定压痕硬度（邵氏硬度）
- GB/T 2792 压敏胶粘带 180°剥离强度试验方法
- GB 4472 化工产品密度、相对密度测定通则
- GB/T 4507 沥青软化点测定法（环球法）
- GB 5470 塑料 冲击法脆化温度的测定
- GB/T 6672 塑料薄膜和薄片 厚度测定 机械测量法
- GB/T 6750 色漆和清漆 密度测定 比重瓶法
- 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 8923 涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级
- GB/T 9751.1 色漆和清漆 用旋转黏度计测定黏度 第1部分：以高剪切速率操作的锥板黏度计
- GB/T 19624—2004 在用含缺陷压力容器安全评定

GB/T 23257—2009 埋地钢质管道聚乙烯防腐层

SY/T 0030 油气田及管道腐蚀与防护工程基本词汇

SY/T 0041 管道防腐层与金属粘结的剪切强度试验方法

SY/T 0315—2005 钢质管道熔结环氧粉末外涂层技术规范

SY/T 0379 埋地钢质管道煤焦油瓷漆外防腐层技术标准

SY/T 0414—2007 钢质管道聚乙烯胶粘带防腐层技术标准

SY/T 0420 埋地钢质管道石油沥青防腐层技术标准

SY/T 0447—1996 埋地钢质管道环氧煤沥青防腐层技术标准

ISO 21809-3: 2005 石油和天然气工业 管道输送系统用埋地或水下管道外涂层 第3部分：现场补口涂层 (Petroleum and natural gas industries—External coatings for buried or submerged pipelines used in pipeline transportation systems—Part 3: Field joint coatings)

BS EN 12068—1999 与阴极保护一起对埋地或水下钢质管道外腐蚀防护的有机涂层 (External organic coatings for the corrosion protection of buried or immersed steel pipelines used in conjunction with cathodic protection)

### 3 术语和定义

SY/T 0030 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**局部修复 repair**

单点防腐层修复。

#### 3.2

**大修 rehabilitation**

连续防腐层修复。

#### 3.3

**悬空长度 span length**

挖去管道底部支撑土后的施工管段长度。管道全开挖后相邻两支撑墩之间的管道长度。

#### 3.4

**露管长度 exposed length**

开挖后管道暴露在土壤外的管段长度，包括全裸露和部分裸露管段。

#### 3.5

**站间暴露总长度 total exposed length between heating stations**

相邻两个加热站之间，累计露管长度总和。

#### 3.6

**回填长度 backfill length**

同一修复季节，相邻两个加热站之间完成修复，已经回填的管道总长度。

### 4 一般要求

4.1 经检测确认，埋地管道外防腐层发生龟裂、剥离、残缺破损，有明显的腐蚀和防腐层老化迹象，不能满足业主运行管理的安全质量要求时，应进行防腐层修复。

4.2 检测确认需修复管段的缺陷点分布零散时，应进行局部修复；需修复管段的缺陷点集中且连续时，应对整段管道进行大修。

- 4.3 防腐层的修复应在金属管体超标缺陷修复后进行。
- 4.4 管道防腐层修复应由具有相关资质的单位及人员进行施工。
- 4.5 所选用的防腐材料应互相匹配，并宜由同一生产厂家配套供应。
- 4.6 防腐材料的外包装上，应有明显的标识，并注明生产厂家的名称、厂址、产品名称、型号、批号、生产日期、保存期、保存条件等。
- 4.7 防腐材料均应有产品使用说明书、合格证、检测报告等，并宜进行抽样复验。
- 4.8 防腐材料在使用前和使用期间不应受到污染或损坏，应分类存放，并在保质期内使用。

## 5 防腐材料选择

### 5.1 一般要求

管道外防腐层修复用防腐材料的选择至少应考虑以下因素：

- 原防腐层材料的失效原因。
- 与管道原防腐层材料及等级的匹配性。
- 适于野外施工，施工简便。
- 与埋设环境及运行条件的适应性，对人员及环境无毒害。
- 液体涂料在环境温度不低于 15℃ 的条件下，实干时间不宜超过 6h。
- 对于高温管段，应使用耐高温的防腐材料（可在最高运行温度下长期工作）。当管道原有防腐层为高温型时，修复材料应与之相匹配。采用耐高温防腐材料的距离与出站温度关系见表 1。

表 1 不同出站温度下采用耐高温防腐材料的距离

出站温度, °C	出站方向采用耐高温大修材料的距离, km
≥60	15
55~59	10
50~54	5

### 5.2 常用防腐层修复材料及结构

管道外防腐层修复材料应根据原防腐层类型、修复规模及管道运行工况等条件选择，常用防腐层修复材料见表 2，也可采用经过试验验证且满足技术要求的其他防腐材料。

表 2 常用管道防腐层修复材料及结构

原防腐层类型	局部修复			大修
	缺陷直径 ≤ 30mm	缺陷直径 > 30mm	补口修复	
石油沥青、煤焦油瓷漆	石油沥青、煤焦油瓷漆、冷缠胶带 <sup>a</sup> 、黏弹体 + 外防护带 <sup>b</sup>	冷缠胶带、黏弹体 + 外防护带	黏弹体 + 外防护带、冷缠胶带	无溶剂液态环氧/聚氨酯、无溶剂环氧玻璃钢、冷缠胶带
熔结环氧、液态环氧	无溶剂液态环氧	无溶剂液态环氧	无溶剂液态环氧/聚氨酯	
三层聚乙烯/聚丙烯	热熔胶 + 补伤片、压敏胶 + 补伤片、黏弹体 + 外防护带	黏弹体 + 外防护带、压敏胶热收缩带、冷缠胶带	黏弹体 + 外防护带、无溶剂液态环氧 + 外防护带、压敏胶热收缩带	

<sup>a</sup> 天然气管道常温段宜采用聚丙烯冷缠胶带。

<sup>b</sup> 外防护带包括冷缠胶带、压敏胶热收缩带等。

## 5.3 修复材料技术指标

## 5.3.1 冷缠胶带

冷缠胶带材料及防腐层的性能应符合表 3 的规定。

表 3 冷缠胶带材料及防腐层性能要求

序号	测试项目		单位	性能指标	试验方法
材料性能					
1	聚乙烯胶带厚度 <sup>a</sup>	基膜	mm	0.35~0.4	GB/T 6672
		胶层		0.45~0.5	
		总厚度		0.8~0.9	
2	聚丙烯胶带厚度 <sup>a</sup>		mm	≥1.1	GB/T 6672
3	基膜拉伸强度		MPa	≥18	GB/T 1040.3
4	基膜断裂伸长率		%	≥200	GB/T 1040.3
5	剥离强度	23℃: 对底漆钢材	N/cm	≥30	GB/T 2792
		23℃: 对背材		≥20	
		50℃: 对底漆钢材		≥10	
		50℃: 对背材		≥5	
6	体积电阻率		Ω·m	>1×10 <sup>12</sup>	GB/T 1410
7	电气强度		MV/m	>30	GB/T 1408.1
8	耐热老化试验 <sup>b</sup>		%	≥75	SY/T 0414—2007 附录 A
9	吸水率		%	<0.2	SY/T 0414—2007 附录 B
10	水蒸气渗透率 (24h)		mg/cm <sup>2</sup>	<0.45	GB/T 1037
防腐层性能					
11	抗冲击 (23℃)		J	≥5	GB/T 23257—2009 附录 K
12	抗压痕 (10N/mm <sup>2</sup> )		—	无漏点	BS EN 12068—1999 附录 G
13	搭接剪切强度 (23℃)		N/mm <sup>2</sup>	≥0.1	BS EN 12068—1999 附录 D
14	低温柔韧性 (-5℃)		—	通过	BS EN 12068—1999 附录 N
15	低温解卷试验 (-5℃)		—	通过	BS EN 12068—1999 附录 P
16	耐阴极剥离 (65℃)		mm	48h: ≤15 30d: ≤25	GB/T 23257—2009 附录 D
底漆性能					
17	固体含量		%	≥15	GB/T 1725
18	表干时间 (25℃)		min	≤5	GB/T 1728
19	黏度 (涂-4 杯)		s	10~30	GB/T 1723
<sup>a</sup> 胶带厚度允许偏差为胶带厚度的 ±5%。 <sup>b</sup> 耐热老化试验是指在 100℃ 的条件下, 经过 800h 热老化后, 测得基膜拉伸强度、基膜断裂伸长率、剥离强度的保持率。					

## 5.3.2 无溶剂液体环氧

无溶剂液体环氧防腐层技术指标应符合表 4 规定。

表 4 无溶剂液体环氧材料及防腐层性能要求

序号	测试项目		单位	性能指标	试验方法
涂料性能					
1	颜色及外观		—	色泽均匀	目测
2	细度		$\mu\text{m}$	$\leq 85$	GB/T 1724
3	固含量		%	$\geq 95$	GB/T 1725
4	适用期 (25℃)		min	$> 15$	—
5	表干时间 (25℃)		h	$< 2$	GB/T 1728
6	实干时间 (25℃)		H	$\leq 6$	GB/T 1728
7	最大涂装间隔		h	$\leq 2.5$	—
防腐层性能					
8	厚度		$\mu\text{m}$	普通级: $500 \pm 50$ 加强级: $650 \pm 50$	—
9	附着力		级	1~2	GB/T 23257—2009 附录 C
10	电气强度		MV/m	$\geq 30$	GB/T 1408.1
11	体积电阻率		$\Omega \cdot \text{m}$	$\geq 1 \times 10^{12}$	GB/T 1410
12	耐阴极剥离 (65℃)		mm	48h: $\leq 8$ 30d: $\leq 15$	SY/T 0315—2005 附录 C
13	硬度 (邵尔 D)		—	$\geq 70$	GB/T 2411
14	抗冲击 (-30℃, 1.5J)		—	无针孔	SY/T 0315—2005 附录 G
15	抗 3°弯曲 (订货规定的最低试验温度 $\pm 3^\circ\text{C}$ )		—	无开裂或剥离	SY/T 0315—2005 附录 E
16	耐磨性能 (落砂法)		L/ $\mu\text{m}$	$\geq 3$	SY/T 0315—2005 附录 J
17	吸水率		%	$\leq 0.6$	SY/T 0447—1996 附录 C
18	耐化学介质浸泡 (20℃ $\pm$ 3℃, 90d) 检查外观、附着力	10% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	—	无起泡、无脱落, 附着力 1 级~2 级	SY/T 0315—2005 附录 I GB/T 23257—2009 附录 C
10% HCl					
5% NaOH					
10% NaCl					

## 5.3.3 无溶剂环氧玻璃钢

无溶剂环氧玻璃钢由无溶剂改性环氧涂料和增强玻璃纤维布组成, 无溶剂改性环氧涂料为双组分反应固化型, 由甲组分 (主要成膜物) 和乙组分 (固化剂) 组成, 并与玻璃纤维布配套使用。增强玻璃纤维布应选用中碱 (含碱量小于或等于 12%)、无蜡 (小于 0.2%)、无捻、平纹、两侧封边、带芯轴的玻璃布卷。无溶剂环氧玻璃钢材料及防腐层技术指标应符合表 5 的规定。



表 5 无溶剂环氧玻璃钢材料及防腐层性能要求

序号	测试项目		单位	性能指标	试验方法
甲组分					
1	颜色及外观		—	不透明黏稠液体	目测
2	固体含量		—	≥98%	GB/T 1725
3	密度		g/cm <sup>3</sup>	1.48~1.53	GB/T 6750
4	黏度		mPa·s	5000~10000	GB/T 1723
5	细度		μm	≤80	GB/T 1724
乙组分					
6	颜色及外观		—	淡黄色至黄褐色透明液体	目测
7	密度		g/cm <sup>3</sup>	1.02~1.05	GB/T 6750
8	黏度		mPa·s	1000~3000	GB/T 1723
无溶剂环氧涂层					
9	表干时间 (25℃)		h	≤1	GB/T 1728
10	实干时间 (25℃)		h	≤4	GB/T 1728
11	柔韧性		mm	1	GB/T 1731
12	抗冲击		J	≥8	GB/T 1732
13	附着力		级	1~2	GB/T 23257—2009 附录 C
14	硬度 (邵尔 D)		—	≥70	GB/T 2411
增强玻璃纤维布					
15	厚度		mm	0.2	—
16	宽度		mm	900	—
17	质量		g/m <sup>2</sup>	80	—
18	含水率		%	≤0.97	SY/T 0414—2007 附录 B
19	强度	经	N	1800	SY/T 0379
		纬		1800	SY/T 0379
	密度	经	根/cm	8	—
		纬		8	—
防腐层					
20	厚度		μm	普通级 (一布三油): 650±50 加强级 (二布四油): 950±50	—
21	附着力		级	1~2	GB/T 23257—2009 附录 C
22	耐阴极剥离 (65℃)		mm	48h: ≤8 30d: ≤15	SY/T 0315—2005 附录 C
23	抗冲击 (-30℃, 1.5J)		—	无针孔	SY/T 0315—2005 附录 G
24	电气强度		MV/m	≥30	GB/T 1408.1

表 5 (续)

序号	测试项目		单位	性能指标	试验方法
25	剪切强度		MPa	$\geq 13$	SY/T 0041
26	拉伸强度		MPa	$\geq 175$	GB/T 1447
27	吸水率		%	$\leq 0.4$	SY/T 0447—1996 附录 C
28	体积电阻率		$\Omega \cdot m$	$\geq 3.5 \times 10^{13}$	GB/T 1410
29	耐化学介质腐蚀 (20℃ ± 3℃, 90d) 检查外观、附着力	10% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	—	涂层完整, 无起泡、无脱落, 附着力 1 级~2 级	SY/T 0315—2005 附录 I GB/T 23257—2009 附录 C
		10% HCl			
		5% NaOH			
		10% NaCl			

## 5.3.4 黏弹体

黏弹体防腐材料的性能应满足表 6 的规定。

表 6 黏弹体防腐材料的性能要求

序号	测试项目		单位	性能指标	试验方法
1	厚度		mm	$\geq 1.8$	—
2	密度		g/cm <sup>3</sup>	1.4~1.6	GB 4472
3	剥离强度 (23℃ ± 2℃)	带/钢	N/cm	$\geq 5$	GB/T 2792
		带/原涂层		$\geq 5$	
4	覆盖率 <sup>a</sup> (23℃ ± 2℃)	带/钢	%	$\geq 95$	实测
		带/原涂层		$\geq 95$	
5	耐阴极剥离 (65℃)		mm	48h: 0	GB/T 23257—2009 附录 D
				30d: $\leq 5$	
6	剪切强度 (23℃ ± 2℃, 10mm/min)	带/钢	MPa	$\geq 0.05$	SY/T 0041
		带/原涂层		$\geq 0.05$	
7	断裂伸长率		%	$\geq 100$	GB/T 1040.2
8	吸水率		%	$\leq 0.03$	SY/T 0414—2007 附录 B
9	体积电阻率		$\Omega \cdot m$	$\geq 1.0 \times 10^{12}$	GB/T 1410
10	水蒸气渗透率 (24h)		mg/cm <sup>2</sup>	$< 0.04$	GB/T 1037
11	抗冲击强度 (有外带)		J	$\geq 15$	GB/T 23257—2009 附录 K
12	耐压痕 (有外带) (23℃, 10N/mm <sup>2</sup> )		—	无漏点	BS EN 12068—1999 附录 G

表 6 (续)

序号	测试项目		单位	性能指标	试验方法
13	热水浸泡 (70℃, 120d)		—	膜下无水、无剥离	GB/T 1733
14	耐化学介质浸泡 (20℃ ± 3℃, 90d) 检查外观、剥离强度	10% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	—	涂层无起泡、无脱落, 剥离强度 ≥5 N/cm	SY/T 0315—2005 附录 I GB/T 2792
		10% HCl			
		5% NaOH			
		10% NaCl			
<sup>a</sup> 参照 GB/T 2792 进行剥离试验, 以撕开胶带后基底大于 95% 为胶层所覆盖为合格。					

### 5.3.5 压敏型热收缩带

压敏型热收缩带的性能应符合表 7 的规定。

表 7 压敏型热收缩带性能要求

序号	测试项目		单位	性能指标	试验方法	
1	厚度		mm	≥0.85 × 公称厚度	—	
2	抗冲击强度		J/mm	≥5	GB/T 23257—2009 附录 K	
3	耐阴极剥离 (23℃, 30d)		mm	≤10	GB/T 23257—2009 附录 D	
4	剥离强度 (10mm/min)	对管体及防腐层 (常温)	N/cm	≥10	ISO 21809-3: 2005 附录 D 和附录 I	
		热水浸泡 (最高运行温度) 28d		对管体		≥5
				对防腐层		≥10
5	剪切强度 (10mm/min)		N/mm <sup>2</sup>	≥0.1	ISO 21809-3: 2005 附录 L	
6	耐热老化 (最高运行温度 + 20℃)	断裂伸长	—	E <sub>100</sub> /E <sub>0</sub>	≥0.75	ISO 21809-3: 2005 附录 N
				E <sub>100</sub> /E <sub>70</sub>	≥0.8	
		对管体剥离强度		A <sub>100</sub> /A <sub>0</sub>	≥0.75	
				A <sub>100</sub> /A <sub>70</sub>	≥0.8	

### 5.3.6 聚氨酯涂料

聚氨酯材料及防腐层的性能应符合表 8 的规定。

表 8 聚氨酯材料及防腐层性能要求

序号	测试项目	单位	性能指标	试验方法
涂料性能				
1	密度	g/cm <sup>3</sup>	1.0~1.3	GB/T 6750
2	黏度	mPa·s	700~1500	GB/T 9751.1
3	固含量	—	≥98%	GB/T 1725

表 8 (续)

序号	测试项目	单位	性能指标	试验方法
4	表干时间 (25℃)	min	≤30	GB/T 1728
5	实干时间 (25℃)	min	≤90	GB/T 1728
防腐层性能				
6	厚度	μm	普通级: 500 ± 50 加强级: 650 ± 50	—
7	附着力	级	1~2	GB/T 23257—2009 附录 C
8	耐阴极剥离 (65℃)	mm	48h: ≤10 30d: ≤20	GB/T 23257—2009 附录 D
9	电气强度	MV/m	≥20	GB/T 1408.1
10	体积电阻率	Ω·m	≥1 × 10 <sup>13</sup>	GB/T 1410
11	硬度 (邵尔 D)	—	≥65	GB/T 2411
12	抗冲击 (-30℃, 1.5J)	—	无针孔	SY/T 0315—2005 附录 G
13	抗 3°弯曲 (订货规定的最低试验温度 ± 3℃)	—	无开裂或剥离	SY/T 0315—2005 附录 E
14	耐磨性能 (Cs17 砂轮, 1kg, 1000r)	mg	≤100	GB/T 1768
15	吸水率	%	≤0.3	SY/T 0447—1996 附录 C
16	耐化学介质浸泡 (20℃ ± 3℃, 90d) 检查外观、附着力	—	无起泡、无脱落, 附着力 1 级~2 级	SY/T 0315—2005 附录 I GB/T 23257—2009 附录 C

### 5.3.7 聚乙烯补伤片

聚乙烯补伤片的性能应符合表 9 的规定。

表 9 聚乙烯补伤片及热熔胶性能要求

序号	测试项目	单位	性能指标	试验方法
补伤片				
1	基材厚度 <sup>a</sup>	mm	≥1.2	GB/T 6672
			≥1.5	
2	胶层厚度	mm	≥1.0	
基材				
3	拉伸强度	MPa	≥17	GB/T 1040.2
4	断裂伸长率	%	≥400	GB/T 1040.2
5	维卡软化点	℃	≥90	GB/T 1633
6	脆化温度	℃	≤-65	GB 5470

表 9 (续)

序号	测试项目		单位	性能指标	试验方法
7	电气强度		MV/m	$\geq 25$	GB/T 1408.1
8	体积电阻率		$\Omega \cdot m$	$\geq 1 \times 10^{13}$	GB/T 1410
9	耐环境应力开裂 (F50)		h	$\geq 1000$	GB/T 1842
10	耐化学介质腐蚀 (浸泡 7d, 计算拉伸强度或断裂伸长率的保持率)	10% HCl	%	$\geq 85$	GB/T 23257—2009 附录 H
		5% NaOH		$\geq 85$	
		10% NaCl		$\geq 85$	
11	耐热老化 (150℃, 21d)	拉伸强度	MPa	$\geq 14$	GB/T 1040.2
		断裂伸长率	%	$\geq 300$	
热熔胶黏剂					
12	胶软化点 (环球法)	最高设计温度 50℃	℃	$\geq 90$	GB/T 4507
		最高设计温度 70℃		$\geq 110$	
13	搭接剪切强度 <sup>b</sup> (23℃)		MPa	$\geq 1.0$	GB/T 7124
14	脆化温度		℃	$\leq -15$	GB/T 23257—2009 附录 M
15	剥离强度 (23℃)	补伤片/钢	N/cm	内聚破坏	$\geq 70$
		补伤片/聚乙烯层			$\geq 70$
		补伤片/FBE			$\geq 70$
底漆					
16	剪切强度 <sup>c</sup>		MPa	$\geq 5.0$	GB/T 7124
17	耐阴极剥离 (65℃, 48h)		mm	$\leq 10$	GB/T 23257—2009 附录 D
<sup>a</sup> 管径 $\leq 400$ mm 时, 基材厚度 $\geq 1.2$ mm; 管径 $> 400$ mm 时, 基材厚度 $\geq 1.5$ mm。 <sup>b</sup> 拉伸速度为 10mm/min。 <sup>c</sup> 拉伸速度为 2mm/min。					

### 5.3.8 石油沥青和煤焦油瓷漆

石油沥青材料及防腐层的性能应符合 SY/T 0420 的规定; 煤焦油瓷漆材料及防腐层的性能应符合 SY/T 0379 的规定。

### 5.4 修复材料的检验与验收

5.4.1 所有修复材料均应有国家计量认证的质检机构出具的检验报告。

5.4.2 所有修复材料应符合 5.3 规定的技术指标要求。

5.4.3 使用单位应对材料主要技术指标进行复检或现场进行质量确认, 复检比例为每批次抽检一次, 检验或确认合格方可使用。

5.4.4 冷缠胶带应复检表 3 规定的 1~5 项和 11~19 项; 无溶剂液体环氧应复检表 4 规定的 1~12 项; 无溶剂环氧玻璃钢应复检表 5 规定的 1~10 项和 20~22 项; 黏弹体应复检表 6 规定的 1~6 项; 压敏型热收缩带应复检表 7 规定的 1~3 项; 聚氨酯应复检表 8 规定的 1~8 项; 聚乙烯补伤片应复检表 9 规定的 1~6 和 12~17 项; 石油沥青和煤焦油瓷漆复检符合相应标准规定。

注: 验收复检时不进行 30d 阴极剥离指标测试。

## 6 防腐层局部修复

### 6.1 管道开挖

防腐层局部修复时应以缺陷点位置为中心进行人工开挖，应注意与管道同沟敷设的通信光缆的安全，不应使管道防腐层造成新的损伤。开挖悬空长度及放坡要求执行 7.3 的规定。

### 6.2 旧防腐层清除及表面处理

应彻底清除存在缺陷的防腐层，防腐层修复处的金属管体表面处理不应低于 GB 8923 规定的 St3 级，并应符合防腐材料生产商要求。缺陷四周 100mm 范围及需周向缠绕的外防腐层表面的污物应清理干净并打毛，缺陷区防腐层边缘应处理成坡面，厚涂层坡面处理角度宜为  $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 。

### 6.3 防腐层修复施工

#### 6.3.1 热熔胶+聚乙烯补伤片

贴敷聚乙烯补伤片之前，应先对处理过的管体表面和周边防腐层进行预热，热熔胶涂敷厚度应与原防腐层厚度一致。聚乙烯补伤片四角应剪成圆角，并保证其边缘覆盖原防腐层不小于 100mm。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，直至补伤片四周胶黏剂均匀溢出。

#### 6.3.2 黏弹体+外防护带

黏弹体采用贴补或缠绕方式施工，胶带搭接宽度不应小于 10mm，胶带始端与末端搭接长度应大于  $1/4$  管周长，且不小于 100mm，接口应向下，其与缺陷四周管体原防腐层的搭接宽度应大于 100mm。

外防护带施工执行本标准的相关条款规定。

外防护带为热收缩带时，热收缩带轴向宽度应与黏弹体一致。热收缩带施工按 6.3.4 执行。

#### 6.3.3 无溶剂液态环氧+外防护带

涂覆液态环氧前钢管表面处理应执行 GB 8923 的规定，表面处理等级达到 Sa2.5 级。环氧涂料施工执行 7.6.3 的规定；外防护带施工按 6.3.2 执行。

#### 6.3.4 压敏型热收缩带

安装热收缩带前钢管表面处理执行 GB 8923 的规定，表面处理等级达到 Sa2.5 级，无配套环氧底漆时，表面处理宜为 St3 级。热收缩带的施工应按照生产商的说明书进行，可采用火把或其他热源对修复部位预热。热收缩带的安装位置确保能覆盖缺陷区域，且与原防腐层有效搭接，搭接宽度应大于 50mm。将热收缩带加热到指定温度，安装过程中，宜控制火焰强度，缓慢加热，但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。

#### 6.3.5 冷缠胶带

冷缠带施工执行 7.6.2 的规定。

#### 6.3.6 无溶剂液态环氧涂料

涂覆无溶剂液态环氧前，表面处理等级应达到 GB 8923 规定的 Sa2.5 级，涂料施工执行 7.6.3 的规定。

### 6.3.7 无溶剂液态聚氨酯涂料

涂覆聚氨酯涂料前，表面处理等级应达到 GB 8923 规定的 Sa2.5 级。可采用感应线圈、火焰等适当的方式对被涂覆区域加热，应控制加热时间及温度，避免造成管体表面氧化或原防腐层损坏。涂覆过程应按照产品说明书的要求进行，测试湿膜厚度，与原防腐层的搭接宽度应大于 50mm。

### 6.3.8 石油沥青和煤焦油瓷漆

石油沥青防腐层的施工应执行 SY/T 0420 中防腐层补伤的规定；煤焦油瓷漆防腐层的施工应执行 SY/T 0379 中防腐层补伤的规定。

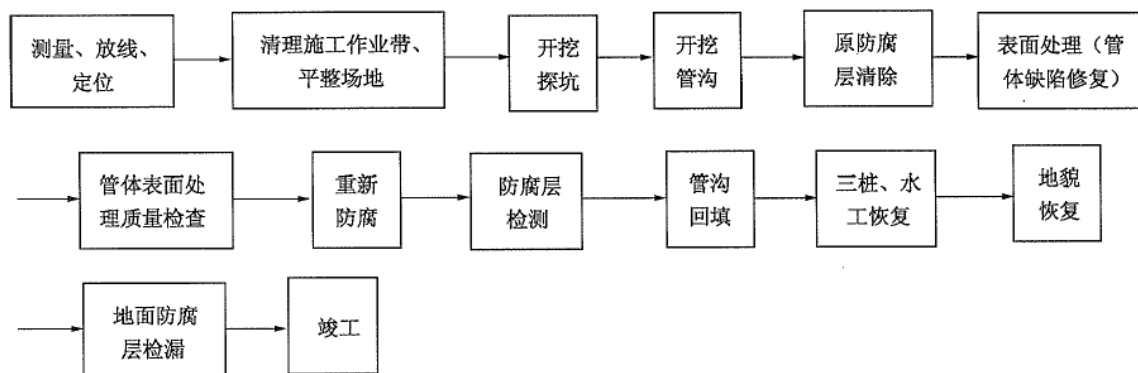
## 6.4 质量检验

每处防腐层修复都应检验外观、厚度、漏点，每 50 处至少检验一次黏结性能，不足 50 处按 50 处处理，检验程序及要求执行 7.7 的规定。检验过程中破坏的防腐层表面应进行重新修补，修补执行 7.8 的规定。

## 7 防腐层大修

### 7.1 施工流程

管道防腐层大修宜按以下流程进行：



### 7.2 前期准备

#### 7.2.1 落实管道防腐大修临时征地。

7.2.2 查明大修管段的位置、埋深、记录在案的外接物、交叉管道或光/电缆及辅助设施情况，并根据需要进行现场勘查，对可能存在不明外接物的区段制定相应的应对措施。

7.2.3 施工单位应编制详细的施工组织设计报业主审查，审查通过后方可填写开工申请报告。

### 7.3 管道开挖

#### 7.3.1 一般要求

7.3.1.1 管道防腐层大修一般采用不停输开挖、沟下作业方式。

7.3.1.2 管道开挖宜采用机械开挖与人工开挖相结合的方法。

7.3.1.3 开挖之前首先采用检测仪器探明管道实际走向和埋深。对于存在同沟敷设光电缆的管道，应沿管道每 100m 人工开挖探坑，确认同沟敷设光电缆位置，确保开挖过程不损伤光/电缆。

7.3.1.4 管顶上部 0.8m 以上、带管堤的管段管顶上部 0.5m 以上的覆土可采用机械推（挖）土作业，其余覆土和管沟内的土方应人工开挖。机械开挖应在人工监控下进行。推土机作业应垂直于管道进行，挖掘机宜沿管道轴向作业，任何情况下，不应使管道承受来自挖掘机械的压力。

7.3.1.5 机械推（挖）管沟连续作业管段长度不应超过 200m；对于坡地弹性敷设段、管沟内有积水段，连续开挖作业管段的长度不应超过 100m；在进出站、阀室和固定墩附近 200m 以内，连续开挖作业段的长度不应超过 50m。

7.3.1.6 管沟开挖时，应将挖出的土石方堆放到防腐大修施工设备对面一侧的沟边，堆土应距沟边 0.5m 以外。耕作区开挖管沟时，应将表层耕作土与下层土分层堆放。在地质较硬地段应将细土、沙、硬土块分开堆放，以利回填。

7.3.1.7 移动测试桩时不应损坏连接导线或电缆。施工完毕，应将测试桩、里程桩或标志桩及其他原有附属设施恢复原貌。

7.3.1.8 对于热油管道，根据修复施工能力安排开挖长度，管道一旦挖开，应立即进行修复施工。无论开挖长度大小，开挖管段按规定程序完成防腐层修复并满足回填要求时，应立即回填。

7.3.1.9 埋地管道开挖修复应避免雨季。热油管道在站间选定的修复段内，一般应沿油流方向从上游向下游方向顺序开挖。不应将开挖管段浸泡在水中，对易积水段应按开挖管段浸泡在水中的条件计算开挖长度。

7.3.1.10 对定期清蜡、特别是上游加热站热负荷余量不大的站间，在水力条件允许的情况下，修复期间宜适当延长清蜡周期。

### 7.3.2 管道开挖方式

埋地管道开挖应按照图 1 所示，采用间断开挖、分段修复的方式进行。首先开挖 1 段、3 段、5 段……，2 段、4 段、6 段……作为支撑墩，支撑墩长度应不小于 5m，最长不超过允许悬空长度减 3m。1 段、3 段、5 段……修复完成并回填后，再开挖修复 2 段、4 段、6 段……。

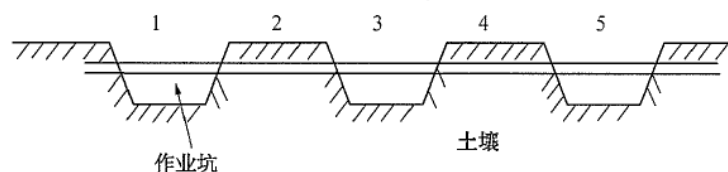


图 1 分段间隔开挖、修复示意图

### 7.3.3 悬空长度

输油管道允许悬空长度按附录 A 计算。部分热油管道（也适用于同等条件的常温液体管道）的允许悬空长度参见附录 B。

输气管道的开挖悬空长度应满足表 10 的要求。

表 10 输气管道允许悬空长度

管道直径 mm	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	650	700	800	900	≥1000
悬空长度 m	6	9	12	13	15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26

### 7.3.4 管沟尺寸及边坡坡度

管沟开挖底宽为管道直径加 1.0m（管道向下投影两侧各 0.5m），管沟深度一般开挖至管底悬空



0.5m，采用特殊机具施工时，可适当放宽管沟尺寸。管沟边坡坡度应根据土壤类别和管沟开挖深度确定。深度在5m以内（不加支撑）的管沟，最陡边坡的坡度可按表11确定。

表 11 深度在 5m 以内（不加支撑）管沟最陡边坡的坡度

土壤类别	最陡边坡坡度		
	坡顶无载荷	坡顶有静载荷	坡顶有动载荷
中密的沙土	1 : 1.00	1 : 1.25	1 : 1.50
中密的碎石类土 (填充物为砂土)	1 : 0.75	1 : 1.00	1 : 1.25
硬塑的轻亚黏土	1 : 0.67	1 : 0.75	1 : 1.00
中密的碎石类土 (填充物为黏性土)	1 : 0.50	1 : 0.67	1 : 0.75
硬塑的亚黏土	1 : 0.33	1 : 0.50	1 : 0.67
老黄土	1 : 0.10	1 : 0.25	1 : 0.33
软土（经井点降水）	1 : 1.00	—	—
硬质岩	1 : 0	1 : 0	1 : 0

沙漠地区管道或埋深超过5m的一般土壤地区的管道，管沟边坡可根据实际情况适当放缓，加支撑或采取阶梯式开挖措施。

#### 7.4 热油管道防腐层大修安全保障要求

##### 7.4.1 修复站间运行工艺要求

对于热油管道，开挖前应提高出站温度，运行2个~3个管程后再开挖。不同管道根据具体情况，升温幅度应保证管道开挖后、修复期间的进站温度高于或等于正常运行时运行规程规定的温度。升温运行只限于开挖修复的站间，修复期间管道应持续在升温后的温度下运行。开挖管段完成修复并回填后，修复站间应继续在升温后的温度下运行2个~3个管程，然后再恢复正常运行温度。

##### 7.4.2 开挖状态下的允许停输时间

管道防腐层修复应避开计划停输时段。修复开工之前，应对直接影响管道安全正常运行的设备进行检修，防止修复期间因设备故障出现意外停输情况。

管道开挖前，应根据管道所输油品性质、结蜡情况、管道参数、运行参数、所处的地理位置和施工季节等条件计算热油管道在一定露管长度下的允许停输时间。

##### 7.4.3 允许暴露总长度

一般情况下，热油管道修复站间热力允许的暴露长度以停输时间允许的露管长度为限定条件。站间允许暴露总长度根据7.4.2要求考虑的影响因素计算确定。

##### 7.4.4 站间年度允许修复总长度

宜根据允许暴露总长度的计算结果，并结合生产经验来确定站间允许年度修复总长度。

##### 7.4.5 悬空管段的运行压力

修复期间，管道应在较低的压力下运行，避免越站运行。悬空管段的内压，包括修复期间的正常

运行压力和热油管道意外停输后的再启动压力均不应使悬空管段的总应力超过在役管道材料的许用应力。

#### 7.4.6 连续修复长度

管道修复的连续长度应大于 100m。施工安排应使相互间隔的悬空段、作业段优先成为连续修复管段，站间同一季节的计划修复管段宜集中在连续管段长度内进行修复。

### 7.5 旧防腐层清除与表面处理

#### 7.5.1 旧防腐层清除

旧防腐层清除方法宜采用动力工具清除、手工工具清除、水力清除、溶剂清除等或几种方法相联合。清除后的表面应无明显的旧涂层残留，清除过程中应避免损伤管体金属。

#### 7.5.2 表面处理

##### 7.5.2.1 一般要求

管道重新防腐前，宜对表面进行喷砂处理，如不能进行喷砂处理且选用的防腐材料允许时，可采用动力工具进行表面处理。

管体表面存在的任何缺陷，包括焊渣、不合格的外接物、焊缝缺陷（错边、未融合、噉嘴等）、腐蚀损伤、机械损伤、变形等，均应按要求进行处理或修复。粗糙的焊缝和尖锐凸起均应打磨平滑。腐蚀坑内残留的旧涂层或腐蚀产物应彻底清理。

表面处理完成后宜立即进行防腐施工，间隔时间不宜超过 4h。任何出现返锈或者未涂装过夜的已处理表面，在防腐施工之前都应重新进行处理。

管壁温度低于露点 3℃以上、相对湿度超过 85%及遇扬沙、雨雪天气，应采取有效的防护措施后再进行施工。

##### 7.5.2.2 喷砂处理

喷砂处理应达到 GB 8923 规定的 Sa2.5 级，锚纹深度 50 $\mu$ m~90 $\mu$ m。每次重新装填磨料后以及每连续喷砂 4h 都应进行锚纹深度测试。

采用的磨料及压缩空气应干燥、洁净，磨料不得回收循环使用。

##### 7.5.2.3 动力工具处理

动力工具处理等级应达到 GB 8923 规定的 St3 级。

##### 7.5.2.4 表面吹扫

处理过的表面应采用干燥的空气吹扫或清洁刷除去表面上的粉尘和残留物。

### 7.6 防腐施工

#### 7.6.1 防腐施工前检查

检查管体表面，确认管体表面缺陷均已采用适当方式修复，粗糙的焊缝和尖锐凸起已打磨平滑。表面清洁度和粗糙度符合要求。

#### 7.6.2 冷缠胶带

7.6.2.1 冷缠胶带防腐层的施工宜采用人工机械缠绕或自动缠绕机械缠绕。缠绕方式和工艺应符合

材料说明书的要求。胶带的两端接头应做好防尘处理。局部防腐层缺陷修复时，宜采用无背材焊缝填充带填平缺陷，然后缠绕冷缠胶带。

**7.6.2.2** 两层结构，应采取搭接大于或等于 55% 一次成型；三层结构两次成型，前两层应采取搭接大于或等于 55% 一次成型，第三层缠绕搭接宽度应大于或等于 10%。在原防腐层与胶带搭接处，应将原防腐层处理成坡面，搭接宽度应大于 200mm。胶带始端与末端搭接长度应大于 1/4 管周长，且不小于 100mm，接口应向下。

### 7.6.3 液体涂料

**7.6.3.1** 防腐施工应严格按照产品说明书的要求进行，应避免出现涂装缺陷。可采用喷涂、刮涂、刷涂或滚涂涂装。

**7.6.3.2** 修补区域、搭接区域（与已有防腐层或非连续防腐段之间），应采用适当的喷扫或打磨措施进行打毛处理，处理范围宽度宜为 40mm~80mm。

**7.6.3.3** 超出产品说明书推荐的最大重涂间隔时，应对上道涂层进行打毛处理。

### 7.6.4 无溶剂环氧玻璃钢

**7.6.4.1** 可对管体表面凹坑及焊缝两侧刮涂环氧腻子，形成平滑过渡表面，调配好的腻子应在 1h 内用完。

**7.6.4.2** 钢管表面预处理合格后，应尽快涂底漆。底漆涂装应均匀、无漏涂、无气泡、无凝块，湿膜厚度不低于 50 $\mu$ m。

**7.6.4.3** 环氧涂料可采用刷涂、滚涂或刮涂等方式涂装；玻璃纤维布采用手工贴敷，沿管周对接包围，对接压边及两侧搭接宽度应大于或等于 50mm。

**7.6.4.4** 涂装过程中，应采用湿膜测厚仪控制防腐层厚度，除底漆外，各层湿膜厚度不应低于 150 $\mu$ m。

**7.6.4.5** 缠绕的玻璃布应表面平整、无褶皱、无鼓包，必要时用滚刷滚压或刮刀刮压排除气泡并压实，使漆料充分浸润玻璃布。

**7.6.4.6** 与已有防腐层搭接时，应对已有防腐层表面进行打毛处理并覆盖涂装至少 50mm。

## 7.7 质量检验

### 7.7.1 表面预处理质量检验

表面处理的锚纹深度、表面清洁度应符合 7.5.2 的要求。

### 7.7.2 防腐层检验

#### 7.7.2.1 干性检查

干性检查仅针对反应固化型液体涂料，且按涂料说明书指示的涂料固化时间进行固化检查：

表干——用手轻触防腐层不黏手，或虽发黏但无漆料黏在手指上。

实干——用手指用力推防腐层不移动。

固化——用手指甲用力刻防腐层不留痕迹。

#### 7.7.2.2 防腐层外观

冷缠胶带：应对防腐层 100% 进行目测检查，防腐层表面应平整、搭接均匀，无永久性气泡、无皱褶和破损。

液体涂料：目视检查防腐层表面应平整，色泽均匀，不应有褶皱、漏涂、流挂、龟裂、鼓泡和分

层等缺陷。

无溶剂环氧玻璃钢：应对防腐层 100% 进行目测检查，防腐层表面应平整、颜色均匀一致，无开裂、皱褶、空鼓、流挂、脱层、发白以及玻璃纤维外露，压边和搭接均匀且黏结紧密，玻璃布网孔为漆料所灌满。

### 7.7.2.3 防腐层厚度

液体涂料施工过程中，施工人员应采用湿膜测厚仪测量厚度，确保厚度达到要求，且均匀一致。湿膜厚度采用四象限测量方法（即时钟位置 0：00，3：00，6：00 和 9：00）。

固化或完成施工后的防腐层应采用无损测厚仪检测厚度，其要求如下：

- 四象限测量（即时钟位置 0：00，3：00，6：00 和 9：00）：作为最低要求，沿管道长度方向每个作业坑至少测量一组数据。
- 每个测点一个读数：在直径为 4cm 的圆内至少要读取三个数据的平均值，舍弃任何不具重现性的高、低读数，取可以接受的作为该测点的测量值，计算平均值。
- 厚度要求：防腐层的最小厚度应符合要求，每组测量平均值不得低于规定的最小厚度，90% 的单个测量点值不得低于规定的最小厚度，单个测量点值不得低于规定最小厚度的 90%。
- 如果任意作业坑内的干膜厚度不符合本条 c) 的要求，则应进行附加测量以确定不符合要求的区域，按照 7.8 进行修补。

### 7.7.2.4 漏点检测

防腐层漏点检测应满足下列要求：

- 所有防腐大修管段应 100% 进行电火花漏点检测。
- 冷缠胶带施工完成 24h 后，液体涂料固化后，方可进行漏点检测。
- 冷缠胶带防腐层检漏电压：10kV；液体涂料或无溶剂环氧玻璃钢防腐层检漏电压：5V/ $\mu\text{m}$ 。
- 单个作业坑：漏点小于或等于 5 个，进行修补处理；超过 5 个漏点，全面修复。
- 检测期间，应每天对电火花检漏仪输出电压进行校核。
- 回填完成后，应进行地面检漏。

### 7.7.2.5 黏结力测试

各类防腐层黏结力测试方法如下：

- 冷缠胶带：按附录 C 进行剥离强度测试，包括带/钢、带/带剥离强度测试，每 1000m 至少抽查 1 个作业段（100m），每个作业段抽查 2 处。剥离强度应满足 5.3 的要求，若 1 处不合格，应在同一作业段再抽查 2 处，如仍有不合格，该作业段全部返修；同时另外抽查一个作业段，如果不合格，该 1000m 全部返修。
- 液体涂料：按附录 D 进行附着力测试，每 1000m 大修段检查 3 处~4 处，附着力应满足 5.3 的要求，若 1 处不合格，应在同一管段再抽查 2 处，如仍有不合格，全部返修。
- 无溶剂环氧玻璃钢：用锋利刀刃垂直划透防腐层，形成边长约 40mm，夹角约 45°~60°的 V 形切口，用尖刀从切割线交点挑剥切口内的防腐层，用力撕开切口处的防腐层，符合下列条件之一认为防腐层黏结力合格：
  - 实干后的防腐层，撕开面积约 50cm<sup>2</sup>，撕开处应不露铁，底层与面层普遍黏结。
  - 固化后很难将防腐层挑起并撕裂，挑剥防腐层呈脆性点状断裂，无成片翘离或层间剥离。

按上述测试方法进行测试，每 1000m 至少抽查 1 个作业段（100m），每个作业段抽查 2 处，若 1 处不合格，应在同一作业段再抽查 2 处，如仍有不合格者，该作业段全部返修；同时另外抽查一个作

业段，如果不合格，该 1000m 全部返修。

d) 黏结力测试所破坏的防腐层，应立即修补。

## 7.8 防腐层补涂、修补及复测

7.8.1 大修完工的防腐层，若存在厚度不够、漏点等缺陷或不符合要求都应进行补涂、修补。

7.8.2 对于液体涂料，补涂前应对存在缺陷的表面（如厚度不够、漏点等）进行打毛处理，采用粗砂纸或动力磨砂机打磨，露出完好涂层或基体。为了保证层间黏结，缺陷部分周围应呈放射状多处理 40mm 左右。用干燥的压缩空气或者干布去除处理完表面的松散颗粒和粉尘，然后进行重新防腐。施工按照 7.6 所述工艺进行。新涂装的涂层和周围涂层的搭接不低于 25mm。

7.8.3 对于缠带类防腐层，修补前应清除缺陷处的防腐层，并进行打毛处理，然后用干燥的压缩空气或者干布去除处理完表面的松散颗粒和粉尘。缠带时需将缺陷覆盖并缠绕一周半，和周围涂层的搭接不低于 25mm。

7.8.4 修补涂层的漏点检测采用和原涂层相同的检测电压和相同的检测方法。

## 7.9 回填

### 7.9.1 一般要求

防腐层大修管段重涂完毕，经检查确认合格并达到规定的稳定时间后，方可进行土方回填。回填时应避免在中午太阳直射的高温状态下进行，并应从管道两边将管道底部回填土夯实。耕作土地段的管沟应分层回填，表面耕作土置于最上层。

管沟内如有积水，应抽干积水后再回填干土。管道水平中心线以下的回填土不应为湿的松软土壤。

对于弹性敷设的管段，如果管体有较大变形，回填前在应力释放侧全段用干土草袋垒实加固。

### 7.9.2 回填步骤

回填宜按以下步骤进行：

- a) 管沟底至管顶上方 200mm，用过筛细土进行小回填，细土的粒径应小于或等于 5mm。
- b) 管道水平中心线以下，必须人工分层回填并夯实，每层厚 200mm；在管道无法夯实的情况下，应采取加固措施。
- c) 小回填完成后方能采用机械大回填。
- d) 地面整形：管道水平中心线以上松填，一般应高出地面 30cm~50cm。有管堤的管道，管堤应统一整形，以管道中心线达到面、角整齐。

### 7.9.3 撼砂

连续修复管段的两端、固定墩、阀室、进出站等处回填时应自然放坡撼砂施工，放坡长度 30m。砂面斜坡以上及撼砂管段以外的其余管沟为人工夯实的回填土。

地下水位较高，且连续较长无法放坡时，连续修复管段两端各撼砂 20m，中间部分每隔 10m 撼砂 2m，不足 10m 以 10m 计。水撼砂至管道中心线处（撼砂点两侧用编织袋装沙子垒砌堆实，撼砂长度包括沙袋）。

### 7.9.4 地貌恢复

管沟回填过程中，沿线施工时破坏的地面设施应按原貌恢复，并检查测试桩的电缆引线是否良好。管道中心线以上 500mm 应设置警示带。

## 8 工程管理

8.1 工程开始前，施工单位编制的施工方案应包括但不限于以下内容：

- a) 防腐材料的接收与检验。
- b) 开挖与回填。
- c) 旧涂层的清除。
- d) 重新涂装前表面处理。
- e) 重新防腐涂装。
- f) 质量控制与检验。
- g) HSE 方案。

8.2 监理公司应编制监理计划并提交业主审批。

8.3 各施工单位最初施工的 100m 大修段作为试验段，经检测合格后方可开始施工。

8.4 管道防腐层修复时，应按照现行工程建设质量控制标准的有关规定进行质检，对不符合规定的应立即停止作业，查找原因，并进行改正完善。上道工序质检合格，方可进行下道工序的施工。

8.5 修复后的管道外防腐层质量验收，应符合 7.7 的规定。

8.6 防腐层大修时涉及的隐蔽工程，在覆土回填之前，应进行中间验收后方可进入下一道施工工序。

## 9 数据管理

### 9.1 施工记录

防腐修复过程中，施工单位除应按照业主要求及时、真实记录并保存有关资料外，宜采用附录 E 提供的表格进行记录（每标段至少 1 张数据表），特殊部位应拍照存档。

### 9.2 数据汇总

施工单位应按管道完整性数据管理技术方案的要求及时汇总相关数据，每一标段完成后，将施工记录、管道防腐层大修汇总表提交业主。

## 10 HSE 要求

### 10.1 一般要求

施工单位应编制 HSE 作业方案报业主审批后，在管道防腐层修复作业过程中执行。

### 10.2 劳动保护

施工人员应穿戴合适的防护工作服，佩戴防护手套及相应的防护用具。

### 10.3 环境保护

10.3.1 从管体上清除下来的旧防腐层，不得随意丢弃，应统一回收处理。

10.3.2 对于采用喷砂工艺的情况，宜在管沟上搭建临时防护棚，并对周围地面进行润湿处理。

### 10.4 安全事项

10.4.1 开工前，施工单位应组织施工人员进行安全教育，确保所有施工人员充分理解并严格遵守安

全操作规程。

**10.4.2** 严格按照经审批的施工方案进行施工组织。

**10.4.3** 严格遵守业主的相关安全要求。

## 11 竣工验收

**11.1** 施工单位按合同要求完成管道防腐层大修后，提出验收申请，由业主组织有关单位对工程进行验收。

**11.2** 施工单位应向业主提供以下竣工资料：

- a) 修复段位置图，应包括平面图和纵断面图。横向比例不小于 1：10000，对于纵断面图，纵向比例视修复段高差确定。位置图上标明管段的桩号、埋深、防腐层类型，防腐层等级、缺陷修复位置、新增地下隐蔽物等。位置图采用厘米坐标纸制作。
- b) 管体缺陷修复记录，包括照片、录像及文字资料，记录管体缺陷部位、类型、尺寸及修复方法。
- c) 防腐层修复的施工记录，修复区间要标明桩号。
- d) 质量检查及隐蔽工程验收记录。
- e) 防腐材料原始产品合格证，施工中的检验报告等。
- f) 开工申请报告。
- g) 施工组织设计。
- h) 工程变更申请单及批复。
- i) 实际完成工程与下达计划或合同内容的偏差及其说明。
- j) 施工总结。
- k) 合同中约定的其他资料。

**11.3** 施工单位应向业主提供开挖修复时验证管道外检测、内检测数据的符合率资料，所搜集的资料内容参见附录 E。

- a) 防腐层外观描述。
- b) 厚度、电火花检漏测试记录。
- c) 防腐层与管体黏结测试记录、剥离情况。
- d) 管体表面缺陷描述（缺陷类型、尺寸、数量、周向/环向位置）。
- e) 其他。

**11.4** 工程监理单位应向业主提供现场监理报告。

**11.5** 完成修复并全部回填后，业主应组织测量防腐层状况和阴极保护参数，将防腐层大修前后测试对比数据存档。

附录 A  
(规范性附录)  
允许悬空长度计算

液体管道，包括热油管道和常温管道悬空管段的应力安全评定宜采用 GB/T 19624—2004 附录 H 中公式 (A. 1) 进行。依据压力、弯矩双重载荷下的极限方程，综合悬空管道的各项应力、管道体积缺陷和材料性能下降等因素，得到含体积型缺陷管道的缺陷、应力与允许悬空长度之间的关系。计算中可假定体积缺陷位于悬空管段中部的最大应力点处（时钟 6 点或 12 点位置）。

$$\left(\frac{P}{P_{1S}}\right)^2 + \left(\frac{M}{M_{1S}}\right)^2 \leq 0.44 \quad \dots\dots\dots (A. 1)$$

式中：

$P$ ——悬空管段的运行压力，单位为兆帕 (MPa)；

$P_{1S}$ ——纯内压下的塑性极限内压，单位为兆帕 (MPa)；

$M$ ——一定悬空长度下管道的弯矩，单位为牛 [顿] 米 (N·m)；

$M_{1S}$ ——纯弯矩下的塑性极限弯矩，单位为牛 [顿] 米 (N·m)。

对于一定体积缺陷的悬空管段，若公式 (A. 1) 成立，则该悬空长度是安全的或可以接受的；否则，认为不能保证安全或不可接受。

其中：

$$P_{1S} = p_{1S} P_{LO}$$

$$p_{1S} = 0.95 - 0.85A_e \quad (a/b \leq 7.0)$$

$$p_{1S} = 0.95 - 1.04A_e \quad (7.0 < a/b \leq 25.0)$$

$$p_{1S} = 0.95 - 1.47A_e \quad (a/b > 25.0)$$

其中  $A_e$  定义为：

$$A_e = c^3 \sqrt{a_e bc}$$

$$a_e = \min(3.0, a)$$

式中：

$a$ ——无量纲化的缺陷相对轴向长度；

$b$ ——无量纲化的缺陷相对环向长度；

$c$ ——无量纲化的缺陷相对深度。

$$a = \frac{A}{\sqrt{R_o T}}$$

$$b = \frac{B}{\pi R_o} \quad (\text{对于外表面缺陷})$$

$$b = \frac{B}{\pi R_i} \quad (\text{对于内表面缺陷})$$

$$c = \frac{C}{T}$$

式中：

$A$ ——缺陷轴向半长，单位为毫米 (mm)；

$B$ ——缺陷环向半长，单位为毫米 (mm)；

$C$ ——缺陷深度，单位为毫米 (mm)；

$R_o$ ——管道外半径，单位为毫米 (mm)；



$R_i$ ——管道内半径，单位为毫米（mm）；

$T$ ——管道计算壁厚，单位为毫米（mm）。

$$P_{LO} = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_s \ln \frac{R_o}{R_i}$$

式中：

$\sigma_s$ ——材料的屈服强度，单位为兆帕（MPa）（残余应力、热应力、材料性能退化等可综合在  $\sigma_s$  中）。

$$M = \frac{1}{8} wx^2$$

式中：

$w$ ——悬空管道单位长度自重与管道中原油的重量之和，单位为牛 [顿] 每米（N/m）；

$x$ ——管道悬空长度，单位为米（m）。

$$M_{LS} = m_{LS} M_{LO}$$

$$m_{LS} = \cos\left(\frac{c\pi b}{2}\right) - \frac{c\sin(\pi b)}{2} \quad (c < \frac{1-b}{b})$$

$$m_{LS} = (1-c) \sin\left[\frac{\pi(1-bc)}{2(1-c)}\right] + \frac{c\sin(\pi b)}{2} \quad (c \geq \frac{1-b}{b})$$

$$M_{LO} = 4\sigma_s \frac{R_o^3 - R_i^3}{3}$$

附 录 B  
(资料性附录)

热油 (液体) 管道开挖修复的允许悬空长度

本附录给出了部分液体 (热油) 管道在不同情况下的允许悬空长度。其中, 表 B. 1 是以缺陷面积为限定条件的悬空长度, 表 B. 2~表 B. 18 是以缺陷三维尺寸 (轴向长度、环向长度、深度) 和内压为限定条件的悬空长度, 使用时可根据方便的条件选择应用。其他热油管道和常温液体管道, 可根据具体情况参照应用, 或根据管道的具体条件按附录 A 介绍的方法计算允许悬空长度。

对壁厚减薄大于或等于 50% 的缺陷, 无论缺陷尺寸、面积大小均应采用局部开挖方式, 先行修复管体。待管体修复后, 再按下列相应表中的条件开挖修复防腐层。局部开挖长度不应过大, 一般在修复点两侧各挖出 1m~2m 的长度, 满足管体修复所需作业空间即可。

选择应用本附录的任意一张表, 当管道的具体条件不满足相应表中的限定条件时, 均应局部开挖管道, 修复管体。

表 B. 1~B. 18 给出的允许悬空长度计算中, 管道残余应力统一取 15MPa, 开挖前后的温差均为 4℃。

表 B. 1 热油管道允许悬空长度推荐表

管道规格 (材质)	运行压力 MPa	缺陷面积最大值 m <sup>2</sup>				悬空长度 m
		壁厚减薄 <1mm	壁厚减薄 1mm~<2mm	壁厚减薄 <25%	壁厚减薄 25%~<50%	
φ720×8 (16Mn)	≤2	—	—	1.612900	0.100806	≤20
	>2~3	—	—	0.242556	0.015159	
	>3~3.3	—	—	0.067210	0.004200	
φ529×7 (16Mn)	≤2	—	—	1.588629	0.099289	≤18
	>2~3	—	—	0.422235	0.026390	
	>3~3.5	—	—	0.118673	0.007417	
φ377×6.4 (L290)	≤4	0.739600	0.046225	—	—	≤15
	>4~5	0.002500	0.000156	—	—	
φ377×7 (A3F)	≤3	—	—	0.393052	0.024566	≤9
	>3~3.4	—	—	0.179084	0.011193	
φ325×7 (A3F)	≤3	—	—	0.516052	0.032253	≤8
	>3~3.8	—	—	0.163942	0.010246	

表 B.2  $\phi 720 \times 8$  (16Mn) 管道悬空长度随内压、缺陷深度的变化  
(缺陷轴向长度 100mm, 环向长度 100mm)

缺陷深度 mm	悬空管段的内压, MPa								
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.3
	悬空长度, m								
0.8	31.5	31.2	30.6	29.8	28.6	26.9	24.4	20.0	13.2
1.6	31.4	31.0	30.4	29.5	28.2	26.3	23.4	17.3	0.0
2.4	31.2	30.9	30.2	29.2	27.7	25.5	21.8	0.0	0.0
3.2	31.1	30.7	29.9	28.8	27.0	24.3	19.1	0.0	0.0
4.0	31.0	30.5	29.6	28.3	26.2	22.6	11.1	0.0	0.0

表 B.3  $\phi 720 \times 8$  (16Mn) 管道悬空长度随缺陷轴向长度、环向长度的变化  
(内压 2MPa, 缺陷深度 4mm)

缺陷轴向长度 mm	缺陷环向长度, mm								
	40.0	80.0	120.0	160.0	200.0	240.0	280.0	320.0	
	悬空长度, m								
40.0	29.2	28.9	28.5	28.2	27.8	27.5	27.2	26.9	
80.0	29.1	28.6	28.2	27.8	27.4	27.0	26.7	26.3	
120.0	28.9	28.4	27.9	27.4	27.0	26.6	26.2	25.7	
160.0	28.8	28.2	27.7	27.1	26.6	26.1	25.6	25.1	
200.0	28.7	28.0	27.4	26.8	26.3	25.7	25.1	24.5	
240.0	28.6	27.9	27.2	26.5	25.9	25.2	24.6	23.9	
280.0	28.5	27.7	27.0	26.2	25.5	24.8	24.0	23.2	
320.0	28.4	27.5	26.7	25.9	25.1	24.3	23.3	22.3	

表 B.4  $\phi 720 \times 8$  (16Mn) 管道悬空长度随缺陷轴向长度、环向长度的变化  
(内压 3MPa, 缺陷深度 4mm)

缺陷轴向长度 mm	缺陷环向长度, mm								
	40.0	80.0	120.0	160.0	200.0	240.0	280.0	320.0	
	悬空长度, m								
40.0	25.4	24.6	23.9	23.3	22.7	22.1	21.5	20.9	
80.0	24.8	23.6	22.6	21.6	20.6	19.5	18.4	17.2	
120.0	24.3	22.8	21.3	19.8	18.2	16.1	13.1	0.0	
160.0	23.8	21.9	20.0	17.7	14.5	0.0	0.0	0.0	
200.0	23.4	21.1	18.4	14.6	0.0	0.0	0.0	0.0	
240.0	22.9	20.1	16.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
280.0	22.5	19.1	13.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
320.0	22.1	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

表 B.5  $\phi 720 \times 8$  (16Mn) 管道悬空长度随缺陷轴向长度、环向长度的变化  
(内压 3.3MPa, 缺陷深度 4mm)

缺陷轴向长度 mm	缺陷环向长度, mm							
	40.0	80.0	120.0	160.0	200.0	240.0	280.0	320.0
	悬空长度, m							
40.0	23.4	22.2	21.2	20.2	19.3	18.3	17.2	16.0
80.0	22.4	20.5	18.7	16.5	13.6	0.0	0.0	0.0
120.0	21.5	18.8	15.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160.0	20.7	16.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200.0	19.8	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240.0	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280.0	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
320.0	16.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表 B.6  $\phi 529 \times 7$  (16Mn) 管道悬空长度随内压、缺陷深度的变化  
(缺陷轴向长度 100mm, 环向长度 100mm)

缺陷深度 mm	悬空管段的内压, MPa									
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
	悬空长度, m									
0.7	28.2	28.0	27.6	27.1	26.3	25.3	24.0	22.1	19.0	10.6
1.4	28.0	27.8	27.4	26.8	26.0	24.9	23.3	21.0	16.8	0.0
2.1	27.9	27.6	27.2	26.5	25.6	24.2	22.3	19.2	10.0	0.0
2.8	27.7	27.4	26.9	26.1	25.0	23.4	20.8	15.8	0.0	0.0
3.5	27.6	27.2	26.6	25.6	24.2	22.1	18.3	0.0	0.0	0.0

表 B.7  $\phi 529 \times 7$  (16Mn) 管道悬空长度随缺陷轴向长度、环向长度的变化  
(内压 2MPa, 缺陷深度 3.5mm)

缺陷轴向长度 mm	缺陷环向长度, mm						
	40.0	80.0	120.0	160.0	200.0	240.0	280.0
	悬空长度, m						
40.0	26.6	26.2	25.8	25.4	25.1	24.7	24.4
80.0	26.5	26.0	25.5	25.1	24.7	24.3	23.9
120.0	26.3	25.8	25.3	24.8	24.3	23.9	23.4
160.0	26.2	25.6	25.1	24.5	24.0	23.4	22.9
200.0	26.1	25.5	24.9	24.2	23.6	23.0	22.3
240.0	26.1	25.3	24.6	23.9	23.2	22.5	21.7
280.0	26.0	25.3	24.5	23.8	23.1	22.3	21.4

表 B.8  $\phi 529 \times 7$  (16Mn) 管道悬空长度随缺陷轴向长度、环向长度的变化  
(内压 3MPa, 缺陷深度 3.5mm)

缺陷轴向长度 mm	缺陷环向长度, mm						
	40.0	80.0	120.0	160.0	200.0	240.0	280.0
	悬空长度, m						
40.0	24.2	23.6	23.0	22.4	21.9	21.4	20.8
80.0	23.8	22.9	22.0	21.2	20.4	19.6	18.8
120.0	23.4	22.3	21.2	20.1	18.9	17.6	16.1
160.0	23.1	21.7	20.3	18.7	16.9	14.6	10.2
200.0	22.8	21.1	19.3	17.1	14.0	0.0	0.0
240.0	22.5	20.5	18.2	14.9	0.0	0.0	0.0
280.0	22.4	20.2	17.6	13.4	0.0	0.0	0.0

表 B.9  $\phi 529 \times 7$  (16Mn) 管道悬空长度随缺陷轴向长度、环向长度的变化  
(内压 3.5MPa, 缺陷深度 3.5mm)

缺陷轴向长度 mm	缺陷环向长度, mm						
	40.0	80.0	120.0	160.0	200.0	240.0	280.0
	悬空长度, m						
40.0	22.2	21.2	20.3	19.5	18.6	17.8	16.9
80.0	21.4	19.9	18.4	16.7	14.7	11.8	0.0
120.0	20.7	18.5	16.0	12.0	0.0	0.0	0.0
160.0	20.1	17.0	12.1	0.0	0.0	0.0	0.0
200.0	19.4	15.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240.0	18.7	12.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280.0	18.4	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表 B.10  $\phi 377 \times 6.4$  (L290) 管道悬空长度随内压、缺陷深度的变化  
(缺陷轴向长度 100mm, 环向长度 100mm)

缺陷深度 mm	悬空管段的内压, MPa									
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
	悬空长度, m									
0.64	24.1	23.9	23.7	23.3	22.9	22.2	21.4	20.4	18.9	16.7
1.28	23.9	23.7	23.5	23.1	22.5	21.8	20.9	19.6	17.7	14.6
1.92	23.7	23.5	23.2	22.8	22.1	21.3	20.1	18.4	15.7	2.7

表 B.11  $\phi 377 \times 6.4$  (L290) 管道悬空长度随缺陷轴向长度、环向长度的变化  
(内压 4MPa, 缺陷深度 2mm)

缺陷轴向长度 mm	缺陷环向长度, mm					
	40.0	80.0	120.0	160.0	200.0	240.0
	悬空长度, m					
40.0	19.7	19.2	18.8	18.4	18.1	17.7
80.0	19.4	18.7	18.2	17.7	17.2	16.8
120.0	19.1	18.4	17.7	17.1	16.5	15.9
160.0	18.9	18.0	17.2	16.5	15.7	14.9
200.0	18.7	17.7	16.8	15.8	14.9	13.9
240.0	18.7	17.6	16.7	15.7	14.7	13.6

表 B.12  $\phi 377 \times 6.4$  (L290) 管道悬空长度随缺陷轴向长度、环向长度的变化  
(内压 5MPa, 缺陷深度 2mm)

缺陷轴向长度 mm	缺陷环向长度, mm				
	40.0	80.0	120.0	160.0	200.0
	悬空长度, m				
40.0	14.7	13.2	11.7	9.9	6.8
80.0	13.3	10.1	0.0	0.0	0.0
120.0	11.9	0.0	0.0	0.0	0.0
160.0	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0
200.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240.0	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0

表 B.13  $\phi 377 \times 7$  (A3F) 管道悬空长度随内压、缺陷深度的变化  
(缺陷轴向长度 100mm, 环向长度 100mm)

缺陷深度 mm	悬空管段的内压, MPa									
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	4.8
	悬空长度, m									
0.7	22.0	21.8	21.5	21.1	20.5	19.6	18.5	16.9	14.1	10.6
1.4	21.8	21.6	21.3	20.8	20.1	19.1	17.8	15.7	11.2	0.0
2.1	21.7	21.4	21.1	20.5	19.6	18.5	16.7	13.5	0.0	0.0
2.8	21.5	21.2	20.8	20.1	19.0	17.5	14.9	0.0	0.0	0.0
3.5	21.3	21.0	20.4	19.5	18.1	15.8	9.8	0.0	0.0	0.0

表 B.14  $\phi 377 \times 7$  (A3F) 管道悬空长度随缺陷轴向长度、环向长度的变化  
(内压 3MPa, 缺陷深度 3.5mm)

缺陷轴向长度 mm	缺陷环向长度, mm					
	40.0	80.0	120.0	160.0	200.0	240.0
	悬空长度, m					
40.0	18.5	17.7	17.0	16.4	15.7	15.1
80.0	18.0	16.9	15.8	14.7	13.5	12.1
120.0	17.5	16.0	14.4	12.5	9.2	0.0
160.0	17.1	15.2	12.7	6.7	0.0	0.0
200.0	16.7	14.1	9.5	0.0	0.0	0.0
240.0	16.5	13.6	3.6	0.0	0.0	0.0

表 B.15  $\phi 377 \times 7$  (A3F) 管道悬空长度随缺陷轴向长度、环向长度的变化  
(内压 3.4MPa, 缺陷深度 3.5mm)

缺陷轴向长度 mm	缺陷环向长度, mm					
	40.0	80.0	120.0	160.0	200.0	240.0
	悬空长度, m					
40.0	17.1	16.0	15.0	13.9	12.9	11.7
80.0	16.2	14.4	12.2	8.6	0.0	0.0
120.0	15.4	12.4	0.0	0.0	0.0	0.0
160.0	14.6	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0
200.0	13.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240.0	13.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表 B.16  $\phi 325 \times 7$  (A3F) 管道悬空长度随内压、缺陷深度的变化  
(缺陷轴向长度 100mm, 环向长度 100mm)

缺陷 深度 mm	悬空管段的内压, MPa										
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
	悬空长度, m										
0.7	21.3	21.1	20.9	20.6	20.2	19.6	18.9	18.0	16.7	14.9	11.2
1.4	21.1	20.9	20.7	20.4	19.9	19.2	18.4	17.3	15.6	12.9	0.0
2.1	20.9	20.7	20.5	20.0	19.5	18.7	17.7	16.2	13.7	0.0	0.0
2.8	20.7	20.5	20.2	19.7	19.0	18.0	16.5	14.2	6.5	0.0	0.0
3.5	20.5	20.3	19.8	19.2	18.2	16.8	14.5	7.1	0.0	0.0	0.0

表 B.17  $\phi 325 \times 7$  (A3F) 管道悬空长度随缺陷轴向长度、环向长度的变化  
(内压 3MPa, 缺陷深度 3.5mm)

缺陷轴向长度 mm	缺陷环向长度, mm					
	40.0	80.0	120.0	160.0	200.0	240.0
	悬空长度, m					
40.0	18.8	18.1	17.5	17.0	16.4	15.9
80.0	18.4	17.6	16.7	15.9	15.1	14.2
120.0	18.1	17.0	15.9	14.7	13.4	11.6
160.0	17.9	16.5	15.0	13.1	10.3	0.0
200.0	17.6	15.9	13.8	10.5	0.0	0.0
240.0	17.6	15.9	13.8	10.3	0.0	0.0

表 B.18  $\phi 325 \times 7$  (A3F) 管道悬空长度随缺陷轴向长度、环向长度的变化  
(内压 3.8MPa, 缺陷深度 3.5mm)

缺陷轴向长度 mm	缺陷环向长度, mm					
	40.0	80.0	120.0	160.0	200.0	240.0
	悬空长度, m					
40.0	16.8	15.7	14.7	13.7	12.6	11.4
80.0	16.0	14.2	12.1	8.5	0.0	0.0
120.0	15.2	12.3	0.0	0.0	0.0	0.0
160.0	14.4	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0
200.0	13.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240.0	13.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



附录 C  
(规范性附录)

胶带防腐层剥离强度现场测试方法

C.1 总则

本方法用于现场检验胶带防腐层的剥离强度，包括胶带与钢表面剥离强度测试和胶带与胶带之间的层间剥离强度测试。

C.2 仪器

防腐层现场剥离强度测试所需仪器如下：

- a) 管形测力计（弹簧秤）：最小刻度为 1N。
- b) 钢板尺：最小刻度为 1mm。
- c) 裁刀：可以划透防腐层。

C.3 测试步骤

用刀环向划开 10mm 宽、长度大于 100mm 的胶带层，直至管体。然后用测力计（弹簧秤）与管壁成 90° 拉开，如图 C.1 所示，拉开速度应不大于 300mm/min，记录测力计（弹簧秤）读数。该测试应在缠好胶黏带 4h 以后进行。

C.4 结果表述

以 N/cm 为单位，以三次测定结果的平均值作为测定结果。

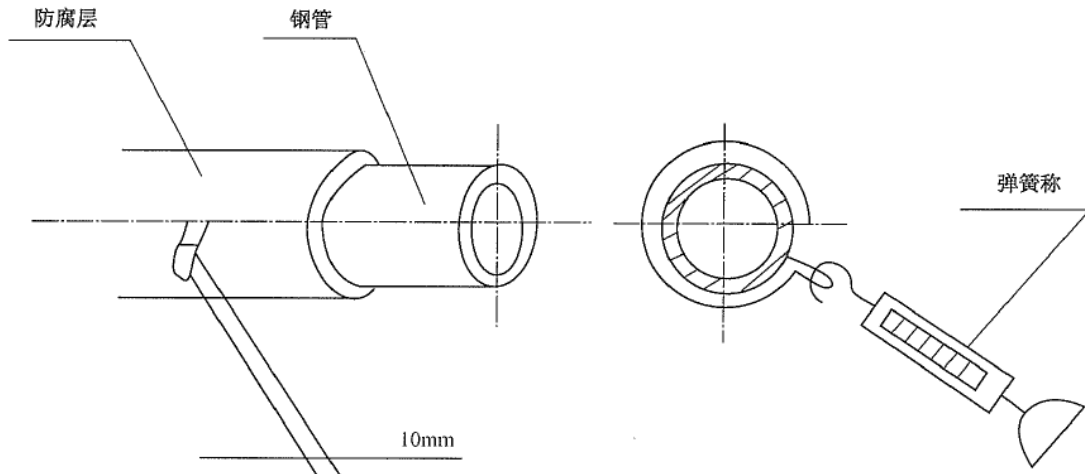


图 C.1 现场剥离强度测试示意图

**附 录 D**  
(规范性附录)  
**液体涂料类防腐层附着力现场测试方法**

**D.1 总则**

本方法适用于现场检测液体涂料类防腐层对钢表面的附着力。

**D.2 测试工具**

小刀。

**D.3 测试步骤**

待防腐层完全固化后，用刀尖沿钢管轴线方向在涂层上刻划两条相距 10mm 的平行线，再刻划两条相距 10mm 并与前两条线相交成 30°角的平行线，形成一个平行四边形，要求各条刻线必须划透涂层。然后，把刀尖插入平行四边形各内角的涂层下，施加水平推力直至平行四边形内的防腐层全部撬离或防腐层表现出明显的抗撬剥性能为止。观察并记录防腐层撬剥情况。

**D.4 结果表述**

按下列分级标准评定防腐层的附着力等级：

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

每处测量三点，以级别最低的测试结果代表该处防腐层的附着力级别。

附 录 E  
(资料性附录)  
部分现场记录表格

部分现场记录表格见表 E.1 和表 E.2。

表 E.1 管道开挖后、防腐层修复前现场记录

管道名称		工程编号		标段编号		标段长度	
上游阴保站 里程桩号		下游阴保站 里程桩号		开工时间		竣工时间	
起点位置	# 桩	m	业 主	施 工 单 位		监 理 公 司	
终点位置	# 桩	m					
开挖段情况							
开挖段起始位置							
旧防腐层外观描述							
厚度, mm	0: 00						
	3: 00						
	6: 00						
	9: 00						
黏结情况描述 (清除难易程度、剥离 部位及程度、剥离面积 百分比等)							
电火花检漏 (检漏电压及结果)							
管体表面缺陷描述 (缺陷类型、位置及尺 寸等)							
管地电位, V							
图片编号							
备 注							

记录人:

记录时间:

表 E.2 管道防腐层大修现场记录

管道名称		工程编号		标段编号		标段长度		
上游站场		下游站场		开工时间		竣工时间		
起点位置	# 桩 m	GPS 经度		GPS 纬度		GPS 高程		
终点位置	# 桩 m	GPS 经度		GPS 纬度		GPS 高程		
穿跨越				外接物				
名称	位置	方式	备注	名称	位置	处理措施	备注	
	# 桩 m				# 桩 m			
	# 桩 m				# 桩 m			
管沟开挖质量检查记录								
土质		管沟尺寸				检查结论		
地下水	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无	检查人				检查日期		
水撼砂、细土夯填质量检查								
检查结论		检查人		检查日期				
旧防腐层清除与表面处理质量检查								
旧防腐层清除方法		表面处理方法		表面处理等级		表面锚纹深度, $\mu\text{m}$		
检查结论		检查人		检查日期				
防腐层施工及质量检查记录								
类型及结构				涂装方式				
施工时环境温度				材料厂商				
项目		技术要求	实测结果			结论	备注	
检测位置		随机抽查						
环氧或聚氨酯	外观	平整无缺陷						
	厚度, $\mu\text{m}$	$500\mu\text{m} \pm 50\mu\text{m}$						
	附着力	1 级~2 级						
	电火花检漏	$5\text{V}/\mu\text{m}$						
胶带	外观	平整无褶皱						
	厚度, mm	$\geq 2.2\text{mm}$					PP 胶带	
		$\geq 1.4\text{mm}$					PE 胶带	
	压边搭接	$\geq 55\%$						
	剥离强度	带/钢	$\geq 30\text{N}/\text{cm}$					常温输送
		带/带	$\geq 20\text{N}/\text{cm}$					
		带/钢	$\geq 18\text{N}/\text{cm}$					加热输送
带/带		$\geq 10\text{N}/\text{cm}$						
电火花检漏	10kV 无漏点							
测试人				检测日期				
业主:		施工单位:		监理单位:				
年 月 日		年 月 日		年 月 日		年 月 日		

中华人民共和国  
石油天然气行业标准  
埋地钢质管道外防腐层修复技术规范  
SY/T 5918—2011

\*

石油工业出版社出版  
(北京安定门外安华里二区一号楼)  
石油工业出版社印刷厂排版印刷  
新华书店北京发行所发行

\*

880×1230 毫米 16 开本 2.5 印张 70 千字 印 1—4000  
2011 年 11 月北京第 1 版 2011 年 11 月北京第 1 次印刷  
书号：155021·6656 定价：30.00 元

版权专有 不得翻印