



中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3548—2024

代替 SH/T 3548—2011、SH/T 3606—2011

石油化工涂料防腐蚀工程 施工及验收规范

Code for construction and acceptance of anticorrosion
engineering of petrochemical coatings

2024-07-05 发布

2025-01-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 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 2

4 基本规定 3

 4.1 一般规定 3

 4.2 基本要求 4

5 防腐蚀材料 4

6 钢材表面处理 5

 6.1 一般规定 5

 6.2 施工要求 5

 6.3 质量检查与验收 6

7 防腐蚀涂层 6

 7.1 一般规定 6

 7.2 地上设备、管道及其附属钢结构涂层施工要求 7

 7.3 埋地设备和管道涂层施工要求 9

 7.4 补口与补伤 14

 7.5 成品保护 14

 7.6 质量检查及验收 15

8 安全、健康及环保要求 17

9 施工过程及交工技术文件 17

附录 A（资料性附录）露点与环境温度、相对湿度之间的关系 18

附录 B（规范性附录）涂料的复验标准 19

附录 C（资料性附录）干喷射磨料种类及工艺指标 21

附录 D（资料性附录）表面清理方法 22

附录 E（资料性附录）表面处理检查记录 23

附录 F（资料性附录）涂料使用量的计算 24

附录 G（资料性附录）环氧煤沥青及改性厚浆型环氧涂料技术指标 25

附录 H（资料性附录）环氧粉末涂料的性能指标 26

附录 J（资料性附录）聚乙烯防腐层材料性能指标 27

附录 K（资料性附录）埋地防腐层增强层性能指标 28

附录 L（资料性附录）聚乙烯材料的性能指标 29

附录 M（资料性附录）聚乙烯胶黏带技术指标 30

附录 N（规范性附录）涂装作业中产生缺陷的原因及其防止措施 31

附录 P（资料性附录）地上设备、管道及其附属钢结构涂层质量检查记录 32

附录 Q（资料性附录）埋地设备、管道涂层质量检查记录 33

用词说明 34

附：条文说明 35

Contents

Foreword	III
1 Scope.....	1
2 Normative reference documents.....	1
3 Term and definitions.....	2
4 General requirements.....	3
4.1 General requirements	3
4.2 Requirement for matrices.....	4
5 Anticorrosive material	4
6 Preparation of steel substrates.....	5
6.1 General requirements	5
6.2 Construction requirement.....	5
6.3 Quality check and Acceptance	6
7 Anticorrosive coating layer.....	6
7.1 General requirements	5
7.2 Construction requirement of Aboveground Equipment, Piping and Steel Structures	7
7.3 Construction requirement of Buried Equipment and Piping	9
7.4 The anticorrosive rating grade of weld joint coat and repair coat.....	14
7.5 Protection of the Finished Product.....	14
7.6 Quality check and Acceptance	15
8 Safety, health and environmental protection requirement.....	17
9 Construction process and handover technical documentation.....	17
Annex A (Informative) Relationship among dewpoint, ambient temperature and relative humidity	19
Annex B (Normative) Reinspection standard of coatings.....	20
Annex C (Informative) Types and process indexes of dry jet abrasives.....	21
Annex D (Informative) Surface cleaning method.....	22
Annex E (Informative) Records of inspection for surface preparation.....	23
Annex F (Informative) Calculation of coating consumption.....	24
Annex G (Informative) Technical specification of Coal tar epoxy and Modified high build epoxy coating.....	25
Annex H (Informative) Performance index of epoxy powder coating.....	26
Annex J (Informative) Performance index of polyethylene anticorrosive coating material.....	27
Annex K (Informative) Performance index of reinforced layer of buried anti-corrosion coating.....	28
Annex L (Informative) Performance index of polyethylene material.....	29
Annex M (Informative) Technical index of polyethylene adhesive tape.....	30
Annex N (Normative) Causes and preventive measures of defects in coating operation....	31
Annex P (Informative) Records of coat quality inspection for aboveground equipment, piping and steel structures.....	32
Annex Q (Informative) Records of coat quality inspection for buried equipment, piping.....	33
Explanation of words.....	34
Addition: Explanation of provisions.....	35

前 言

根据国家工业和信息化部《2019 年行业标准项目计划》（工信厅科函[2019]195 号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国家标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，修订本标准。

本标准共分 9 章和 15 个附录。

本标准是在《石油化工涂料防腐蚀工程施工质量验收规范》（SH/T 3548-2011）的基础上修订而成，修订的主要内容如下：

——通过本次标准的修订，使本标准与新版国家及行业相关标准的技术要求保持协调性，同时更新标准名称；

- 增加设备、管道及其附属钢结构防腐蚀施工要求；
- 增加设备、管道及其附属钢结构防腐蚀施工量化要求；
- 增加沿海及岛上等恶劣情况下施工要求；
- 增加 Sa1 级钢材表面处理等级的有关规定；
- 细化施工工序过程质量控制要求；
- 增加国家有关安全、健康及环保等方面施工要求。

请注意本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布和管理机构不承担识别这些专利的责任。（当没有识别出专利时）

本标准由中国石油化工集团有限公司负责管理，由中国石油化工集团公司施工技术广州站负责日常管理，由中石化宁波工程有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请寄送日常管理单位和主编单位。

本标准日常管理单位：中国石油化工集团公司施工技术广州站

通讯地址：广州市荔湾区中山七路 81 号

邮政编码：510145

电 话：020-28348176

传 真：020-28348169

本标准主编单位：中石化宁波工程有限公司

通讯地址：浙江省宁波市国家高新区院士路 660 号

邮政编码：315103

本标准主要起草人员：沈美菊 於振福 于军伟 陈道霞

本标准主要审查人员：胡 伟 葛春玉 南亚林 李永红 段永锋 陈 鹏 韩新兰 朱会林
王 娟 姬 鹏 张永红 董文寰 赵小未

本标准于 2011 年首次发布，本次为第 1 次修订

石油化工涂料防腐蚀工程施工及验收规范

1 范围

本标准规定了石油化工钢制设备、管道及其附属钢结构外表面涂料防腐蚀工程施工技术和质量验收要求。

本标准适用于石油化工新建、改建、扩建工程中钢制设备、管道及其附属钢结构外表面涂料防腐蚀施工及验收。不适用于长输管道及钢质石油储罐的涂料防腐蚀工程。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本标准。不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

- GB/T 1037 塑料薄膜与薄片水蒸气透过性能测定 杯式增重与减重法
- 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 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 14100 燃气轮机 验收试验
- GB/T 1549 纤维玻璃化学分析方法
- GB/T 1633 热塑性塑料维卡软化温度(VST)的测定
- GB/T 1720 漆膜划圈试验
- GB/T 1721 清漆、清油及稀释剂外观和透明度测定法
- GB/T 1723 涂料粘度测定法
- GB/T 1724 色漆、清漆和印刷油墨 研磨细度的测定
- GB/T 1725 色漆、清漆和塑料 不挥发物含量的测定
- GB/T 1726 涂料遮盖力测定法
- GB/T 1727 漆膜一般制备法
- GB/T 1728 漆膜腻子膜干燥时间测定法
- GB/T 1730 色漆和清漆 摆杆阻尼试验
- GB/T 1731 漆膜、腻子膜柔韧性测定法
- GB/T 1732 漆膜耐冲击测定法
- GB/T 1733 漆膜耐水性测定法
- GB/T 1735 色漆和清漆 耐热性的测定
- GB/T 1740 漆膜耐湿热测定法
- GB/T 1771 色漆和清漆 耐中性盐雾性能的测定
- GB/T 1842 塑料 聚乙烯环境应力开裂试验方法
- GB/T 1865 色漆和清漆 人工气候老化和人工辐射曝露滤过的氙弧辐射
- GB/T 2792 胶粘带剥离强度的试验方法
- GB/T 3186 色漆、清漆和色漆与清漆用原材料取样
- GB/T 3682.1 塑料 热塑性塑料熔体质量流动速率(MFR)和熔体体积流动速率(MVR)的测定 第1部分：标准方法
- 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/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 6672 塑料薄膜和薄片 厚度测定 机械测量法
- GB/T 6739 色漆和清漆 铅笔法测定漆膜硬度
- GB/T 7689.2 增强材料 机织物试验方法 第2部分：经、纬密度的测定
- GB/T 7689.5 增强材料 机织物试验方法 第5部分：玻璃纤维拉伸断裂强力和断裂伸长的测定
- 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 9274 色漆和清漆 耐液体介质的测定
- 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 9914.1 增强制品试验方法 第1部分：含水率的测定
- GB/T 9914.2 增强制品试验方法 第2部分：玻璃纤维可燃物含量的测定
- GB/T 9914.3 增强制品试验方法 第3部分：单位面积质量的测定
- GB 13021 聚烯烃管材和管件 炭黑含量的测定 煅烧和热解法
- GB/T 30776 胶粘带拉伸强度与断裂伸长率的试验方法
- GB/T 13288.2 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2部分：磨料喷射清理后钢材表面粗糙度等级的测定方法 比较样块法
- 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 23257 埋地钢质管道聚乙烯防腐层
- GB/T 24218.1 纺织品 非织造布试验方法 第1部分：单位面积质量的测定
- GB/T 24218.3 纺织品 非织造布试验方法 第3部分：断裂强力和断裂伸长率的测定(条样法)
- 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 50268 给水排水管道工程施工及验收规范
- GB/T 50484 石油化工建设工程施工安全技术标准
- GB/T 51241 管道外防腐补口技术规范
- SH/T 3503 石油化工建设工程项目交工技术文件规定
- SH/T 3508 石油化工安装工程施工质量验收统一标准
- SH/T 3543 石油化工建设工程项目施工过程技术文件规定
- SH/T 3603 石油化工钢结构防腐涂料应用技术规程
- SY/T 0315 钢质管道熔结环氧粉末外涂层技术规范
- SY/T 0413 埋地钢质管道聚乙烯防腐层技术标准
- SY/T 0414 钢质管道聚烯烃胶粘带防腐层技术标准
- SY/T 0447 埋地钢质管道环氧煤沥青防腐层技术标准
- SY/T 6854 埋地钢质管道液体环氧外防腐层技术标准
- JG/T 524 高压无气喷涂机
- FZ/T 64052 短纤热轧法非织造布

3 术语和定义

3.1

涂料 coating

涂于钢材表面能形成具有腐蚀保护、装饰或特殊性能(如标识、绝缘、耐磨等)的连续

固态涂膜的一类液态或固态材料的总称。

3.2

涂装 **painting**

将涂料涂覆于钢材表面形成具有防护、装饰或特定功能涂层的过程，又叫涂料施工。

3.3

表面粗糙度 **surface lay**

钢材表面经处理后所具有的较小间距和微小峰谷不平度。

3.4

涂层 **coat**

一道涂覆所得到的连续膜层。

3.5

粘结力 **glue strength**

涂层与钢材表面或涂层之间形成的附着力和强度。

3.6

附着力 **adhesion**

涂层与钢材表面结合力的总和。

3.7

防腐层 **anti-corrosive coat**

主要用于防止钢材腐蚀的一类涂层。

3.8

涂膜 **film**

涂覆一道或多道涂层所形成的连续膜厚。

3.9

底层 **priming coat**

涂层系统中处于中间层或面层之下的涂层，或直接涂于钢材表面的涂层。

3.10

中间漆或中间层 **intermediate coat**

涂层系统中处于底层和面层之间的涂层。

3.11

面漆或面层 **top coat**

涂层系统中处于中间层和底层上的涂层。

3.12

干膜厚度 **dry film thickness**

漆膜实干后的厚度。

4 基本规定

4.1 一般规定

4.1.1 防腐蚀工程施工企业应具有相应资质，并应建立健全安全、质量管理体系。

4.1.2 防腐蚀工程施工应执行设计技术文件和本标准的规定。防腐蚀工程施工前施工单位专业工程师应核查防腐工程的设计文件，编制施工技术文件，并经审批。施工前对施工作业人员进行施工技术文件交底。

4.1.3 施工作业人员应经过技术培训和安全教育。

4.1.4 施工机具及施工设施应齐全，施工用水、电、气应能满足现场连续施工的要求。防腐蚀施工机具及防护设施应安全可靠，并满足涂装工艺要求。检测仪器仪表应经过检定合格，

并在有效期内。

4.1.5 防腐蚀工程施工前应对施工条件进行检查验收，并办理工序交接手续。

4.1.6 除设计技术文件另有规定外，下列情况不应涂漆：

- a) 不锈钢的表面；
- b) 镀锌表面；
- c) 已精加工的表面；
- d) 塑料或涂变色漆的表面；
- e) 铭牌、标志板或标签。

4.1.7 制造厂已涂漆的管件，当不符合防腐要求时，应将旧漆层除去，重新进行防腐处理。

4.1.8 涂料的选用应符合设计技术文件要求，并遵守下列原则：

- a) 与被涂物的使用环境相适应；
- b) 与被涂物表面的材质相适应；
- c) 性能指标满足使用要求；
- d) 经济合理，方便施工。

4.1.9 防腐蚀结构、各层的种类、漆膜遍数、各层干膜厚度及漆膜总厚度应符合设计技术文件要求。

4.1.10 涂料防腐施工环境应符合下列规定：

- a) 相对湿度不应大于 85%；涂装表面的温度应高于露点温度 3℃ 方可施工；露点与环境温度、相对湿度之间的关系见附录 A；
- b) 钢材表面温度不宜大于 40℃；
- c) 施工环境应通风良好，并应符合产品涂装要求；遇雨、雾、雪、风沙天气及风力超过 4 级（7.9m/s）应采取有效措施方可施工；
- d) 环境温度低于 5℃ 时，防腐蚀施工应制定相应的防护措施；在气温低于 -5℃ 时应采取加热措施；钢材表面上凝有霜露时，应先经干燥方可进行防腐蚀施工；在气温低于 -25℃ 时，不宜进行防腐蚀施工；
- e) 沿海及岛上高盐、高湿、大风等恶劣情况下防腐施工时，应制定相应的施工技术措施。

4.1.11 防腐蚀工程应按 SH/T 3508 的规定进行检验批、分项工程、分部工程的划分和验收。

4.2 基体要求

4.2.1 钢材表面应平整，钢衬的边、角、棱处须圆弧过渡，毛边及焊接飞溅等残留物应进行打磨平整。

4.2.2 钢材表面预处理完毕应进行检查，并应办理工序交接手续。方可进行防腐蚀工程的施工。

5 防腐蚀材料

5.1 防腐蚀工程所用材料应符合设计技术文件要求，当需要变更设计或材料代用时，应征得设计单位书面确认。

5.2 防腐蚀涂料应有标明产品名称、执行标准、型号、批号、净含量、生产单位及地址、生产日期、有效期等的产品质量证明文件和具有资质的第三方检验机构出具的质量检验报告，不应使用超过存放期限的涂料。对产品质量有怀疑时，现场应见证取样复验，涂料的复验标准见附录 B。

5.3 抽样检测时，若有一项指标不合格，两倍抽样，若仍不合格，则应判定该批次不合格。

5.4 防腐材料供应商应提供产品说明书，内容应包括涂料技术指标、各组分的配合比例、

涂料配制后的使用期、涂敷使用方法、参考用量、运输及储存过程的注意事项等内容。

6 钢材表面处理

6.1 一般规定

- 6.1.1 钢材表面处理前应按以下规定对表面锈蚀等级进行判定：
- a) A 级，钢材表面全面地覆盖着氧化皮且几乎没有铁锈；
 - b) B 级，钢材表面已发生锈蚀且部分氧化皮已经剥落；
 - c) C 级，钢材表面氧化皮因锈蚀而剥落或者可以刮除且有少量点蚀；
 - d) D 级，钢材表面氧化皮因锈蚀而全面剥落且已普遍发生点蚀。
- 6.1.2 钢材表面处理等级应按除锈方法和除锈程度确定，并符合下列规定：
- a) St2 级：彻底的手工和动力工具除锈。钢材表面无可见的油脂和污垢且没有附着不牢的氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物；
 - b) St3 级：非常彻底的手工和动力工具除锈。钢材表面无可见的油脂和污垢且没有附着不牢的氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物，除锈应比 St2 级更为彻底，底材显露部分的表面应具有金属光泽；
 - c) Sa1 级：轻度的喷射清理。在不放大的情况下观察时，表面应无可见的油、脂和污物，并且没有附着不牢的氧化皮、铁锈、涂层和外来杂质；
 - d) Sa2 级：彻底的喷射或抛射除锈。钢材表面无可见的油脂和污垢且氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物已基本清除，其残留物应是牢固附着的；
 - e) Sa2.5 级：非常彻底的喷射或抛射除锈。钢材表面无可见的油脂、污垢、氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物，任何残留的痕迹应仅是点状或条纹状的轻微色斑；
 - f) Sa3 级：使金属表面洁净的喷射或抛射除锈。钢材表面无可见的油脂、污垢，氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物，该表面应显示均匀的金属色泽。
- 6.1.3 钢材表面锈蚀等级及除锈等级的评定，应在良好的光线条件下，不借助于放大镜等器具，以正常视力直接进行观察，并与 GB/T 8923.1 中典型样板照片对比确定。
- 6.1.4 喷射或抛射处理后的钢材表面粗糙度等级的测定应执行 GB/T 13288.2 标准，钢材表面粗糙度等级及粗糙度参考值应符合表 6.1.4 的规定。

表 6.1.4 钢材表面粗糙度等级及粗糙度参考值

序号	级别	粗糙度参考值 Rz/μm	
		丸状磨料	棱角状磨料
1	细级	25~40	25~60
2	中级	40~70	60~100
3	粗级	70~100	100~150

注：Rz 系指轮廓峰顶线和轮廓谷底线之间的距离。

6.2 施工要求

- 6.2.1 钢材表面除锈可采用抛射除锈法、干喷射法、手动工具除锈法、动力工具除锈法，并符合下列规定：
- a) 抛射除锈法，抛射除锈使用的磨料宜为铸钢丸、铸铁丸、钢丝段、棱角钢砂等金属磨料，磨料的粒径可选用 0.5 mm~2.0 mm；
 - b) 干喷射法除锈符合下列规定：
 - 1) 干喷射使用的空气压缩机，应设有油、水分离装置，压缩空气中不应含有水分和油污，空气过滤器中的填料，应定期更换，空气缓冲罐内的积液应及时排放；
 - 2) 干喷射使用的磨料应清洁干燥，不含杂质，其种类及喷射工艺指标见附录 C。

- c) 动力工具除锈可采用手持风动或电动小型机械进行；采用手工或动力工具除锈时，不应使钢材受损或变形。
- 6.2.2 被油脂污染的金属表面宜先采用溶剂、碱洗法将油污清除，再用水或蒸汽冲洗。清除油污的方法见附录 D.1。
- 6.2.3 旧漆层处理可采用机械法、碱液清除法、有机溶剂清除法，并应符合下列规定：
- 机械法清除应执行本标准 6.2.1 条的规定，采用碱液法清除时将碱液混合物按 6%~15% 的比例加水配制成碱溶液，并加热至 90℃ 左右时，即可进行脱漆。碱液的配比见附录 D.2；
 - 采用有机溶剂清除法清除时应符合下列规定：
 - 脱漆前应将物件表面上的灰尘、油污等附着物清除掉；
 - 将物件放入脱漆槽中浸泡或将脱漆剂涂抹在物件表面上，使脱漆剂渗到旧漆膜中，并保持“潮湿”状态；
 - 浸泡 1 h~2 h 后或涂抹 10 min 左右后，用刮刀等工具轻刮，直至旧漆膜除净为止；
 - 有机溶剂的配比见附录 D.3；
 - 脱漆完毕后应用溶剂汽油清洗、擦净，干燥后方可进行涂装。
- 6.2.4 预留焊道及补伤可采用手持风动或电动小型机械等动力工具除锈，除锈等级为 St3 级。采用手工或动力工具除锈时，不应使钢材受损或变形。
- 6.2.5 设备、管道及其附属钢结构表面经喷（抛）射处理后，应用清洁、干燥、无油的压缩空气将钢材表面吹扫干净，灰尘等级应符合 GB/T 18570.3 规定的 2 级及以上等级。
- 6.3 质量检查与验收
- 6.3.1 表面处理后应及时进行检查及验收，并填写表面处理检查记录，参见表面处理检查记录参见附录 E。表面处理等级的评定，应与 GB/T 8923.1 中典型样板照片对比确定。喷射或抛射处理后的钢材表面粗糙度等级的测定应执行 GB/T 13288.2 标准，钢材表面粗糙度等级及粗糙度参考值应符合本标准表 6.1.4 的规定。
- 6.3.2 涂装前不应出现返锈和表面污染，如出现返锈或表面污染时应重新处理。
- 6.3.3 表面处理检查数量应符合下列规定：
- 设备逐台检查，每台抽查 5 处，每处检查面积为不小于 100 cm² 的正方形；
 - 管道按同管径、同一除锈等级总延长米检查，长度小于或等于 500 m 抽查 5 处；大于 500 m 时，每增 100 m 增加 1 处，每处检查面积不小于 100 cm²；
 - 每种类别钢结构按构件数抽查 10%，且不少于 3 件。

7 防腐蚀涂层

7.1 一般规定

- 7.1.1 设备、管道及其附属钢结构防腐蚀工程的底漆和中间漆宜在焊接施工前进行涂装，应将全部焊道留出，焊道两侧的涂层应做成阶梯状接头。设备、管道及其附属钢结构防腐蚀工程焊道的底漆和中间漆涂装应在焊接施工完毕、预制管段验收合格，并办理工序交接后进行。需进行敏感泄漏试验的管道，系统试验合格前不宜对焊道进行底漆涂装。
- 7.1.2 设备、管道及其附属钢结构防腐蚀工程面漆宜在焊接施工完毕、系统试验合格并办理工序交接后进行涂装，也可在焊接施工前进行涂装，但应将全部焊道留出，并将焊道两侧的涂层做成阶梯状接头，焊道验收合格后按要求补涂。超过涂装间隔时间时，应将前一道涂层打毛后进行涂装。
- 7.1.3 整体热处理的设备或管道应在验收合格并办理工序交接后进行涂装。
- 7.1.4 表面处理后涂装作业前应进行隐蔽工程验收，不宜在防腐蚀工程施工过程中应进行

中间检查。

7.2 地上设备、管道及其附属钢结构涂层施工要求

7.2.1 涂料的配制与使用应符合下列规定：

- a) 底漆、中间漆、面漆应配套使用，宜选用同一厂家；
- b) 不同厂家的防腐蚀涂料如需配套使用，应经现场试验确定；
- c) 稀释剂的使用应按涂料产品技术文件要求进行；
- d) 配制和使用防腐蚀涂料时，应采用机械搅拌，并搅拌均匀；
- e) 涂料配制搅拌后，宜用 30 目~60 目过滤网过滤后使用；
- f) 开桶后未使用的余料，应密封保存。配制完的涂料应及时使用；
- g) 涂料使用量的计算可参照附录 F。

7.2.2 涂层施工应符合以下规定：

- a) 金属表面处理后，宜在 4 h 内涂底漆，当发现返锈或污染时，应重新进行表面处理；
- b) 涂底漆前应对标识进行移植，对焊接坡口、螺纹等特殊部位加以保护；
- c) 涂装前表面应符合本标准 6.3 条的要求；
- d) 涂装前应进行试涂；
- e) 除产品涂料使用说明规定外，底漆、中间漆、面漆层间漆实干后，方可涂下一道漆。

7.2.3 涂层的施工宜采用高压无气喷涂法、空气喷涂法。小面积修补施工可采用刷涂法、滚涂法。施工应符合下列要求：

- a) 高压无气喷涂法施工：
 - 1) 喷涂介质为涂料、树脂、溶剂、胶粘剂等不含固体颗粒流体介质；
 - 2) 适用于工作压力为 8MPa~50MPa、最大流量不大于 100L/min 的常温高压无气喷涂机。高压无气喷涂机的操作应 JG/T 524 的规定；
 - 3) 喷嘴与被喷涂表面的距离宜为 300mm~500mm；宜保持喷枪与被涂表面呈直角状态并平行运行；喷幅的搭接宜为幅宽的 1/6~1/4，并应保持一致；
 - 4) 喷枪的运行速度宜为 600mm/s~1000mm/s，并应保持稳定。
- b) 空气喷涂法施工：
 - 1) 喷涂前，应根据喷枪的产品技术文件调整空气压力、并经试喷确定喷出量和喷雾幅度；
 - 2) 喷涂的距离应根据喷涂压力和喷嘴的大小确定，使用大口径喷枪时宜为 200mm~300mm，使用小口径喷枪时宜为 150mm~250mm；
 - 3) 喷涂过程中，宜保持喷枪与被涂表面呈直角状态并平行运行，喷枪的运行速度宜为 300mm/s~600mm/s，且应保持稳定；
 - 4) 喷幅搭接的宽度宜为有效喷幅宽度的 1/4~1/3，并应保持一致。
- c) 刷涂法施工：
 - 1) 漆刷应少蘸多涂，涂漆后应除去多余的涂料，以防止产生流坠或滴落；
 - 2) 对干燥较慢的涂料，应按涂敷、抹平和修饰三道工序进行操作；对干燥较快的涂料，宜从钢材表面的一边按一定的顺序快速、连续地刷平和修饰，不宜反复涂刷；
 - 3) 刷涂的顺序宜按自上而下，从左到右，先里后外，先斜后直，先难后易的原则，最后用漆刷抹边缘和棱角，使漆膜均匀、致密和平滑；
 - 4) 刷涂的走向为刷涂垂直表面时，最后一道由上向下进行；刷涂水平表面时，最后一道应按同一方向涂刷；
 - 5) 对于快干漆和分散性差的涂料，不宜使用刷涂法。
- d) 滚涂法施工：

1) 滚涂前将滚子的一半浸入涂料,使滚子全部均匀地浸透涂料,并滚压掉多余的涂料;

2) 滚子按 W 型滚动,将涂料均匀涂布于钢材表面上。

3) 滚涂法不宜用于第一道底漆的施工。

7.2.4 常用涂料的配制与涂装应符合下列规定:

a) 富锌类涂料配制与涂装:

1) 富锌类涂料包括无机富锌涂料和环氧富锌涂料,富锌类涂料应按质量比配制,并应搅拌均匀。调配后的富锌涂料宜在 8h 内用完;

2) 被涂金属表面应经喷砂或抛丸除锈至 Sa2.5 级以上,表面粗糙度 R_z 达到 $40\ \mu\text{m}$ ~ $70\ \mu\text{m}$;

3) 无机富锌涂料的涂装环境相对湿度宜大于等于 50%以上,低湿度条件下可在漆膜表面洒水加速固化;

4) 涂装应采用喷涂的施工方法,小范围修补宜采用刷涂法;

5) 富锌类涂料涂装后应用配套涂层封闭,不宜长期暴露在空气中;

6) 富锌涂层表面出现白色析出物时,应打磨除去析出物后再涂配套涂层;

7) 富锌类涂料单层漆膜厚度以 $30\ \mu\text{m}$ ~ $50\ \mu\text{m}$ 为宜。

b) 聚氨酯涂料的配制与涂装:

1) 聚氨酯涂料可分为单组分和双组分。双组分涂料应按质量比配制,并应搅拌均匀;

2) 聚氨酯底漆、面漆应按产品技术文件规定配套使用;

3) 施工可采用刷涂和喷涂,在第一道漆干后即涂刷第二道漆,每道涂装间隔时间不宜超过 48h。对已固化的涂层应用砂纸打磨后再涂刷下一道漆;

4) 聚氨酯涂料涂装粘度刷涂时宜 30s~50s;喷涂时宜为 20s~30s。调整粘度可采用专用稀释剂;

c) 环氧树脂涂料的配制与涂装:

1) 环氧树脂涂料包括环氧树脂底漆、胺固化环氧漆和胺固化环氧沥青漆。使用时应按其组分的要求以质量比准确称量,混合搅拌均匀,放置 20min 后使用,宜在 4h 内用完,为延长环氧树脂漆的使用时间,可加入 1%~2%的环己酮;

2) 环氧树脂漆涂装粘度刷涂时宜 30s~40s,喷涂时宜 18s~25s;

3) 调整粘度用专用稀释剂配制。

d) 有机硅树脂涂料的配制与涂装:

1) 有机硅树脂涂层前一层实干后,再涂后一层;

2) 涂装粘度喷涂时宜 15s~18s;刷涂时宜 23s~26s;

3) 调配时使用专用稀释剂。

e) 丙烯酸树脂及其改性涂料的配制与涂装:

1) 丙烯酸树脂及其改性涂料,宜采用环氧树脂类涂料作底层涂料;

2) 丙烯酸树脂改性聚氨酯双组份涂料应按产品技术文件规定的质量比配制,并搅拌均匀;

3) 每次涂装应在前一道涂膜实干后进行,施工间隔时间宜大于 3 h,且不宜超过 48 h;

f) 醇酸树脂耐酸涂料的配制与涂装:

1) 醇酸树脂涂料可用松节油或 200 号溶剂油调制;

2) 喷涂时粘度宜 25 s~35 s,喷涂压力宜 0.25 MPa~0.40 MPa;刷涂时粘度宜 50 s~70 s;

- 3) 每次涂装应在前一层涂膜表干后进行；
- 4) 剩余涂料表面应覆盖少量松节油或 200 号溶剂油，以防表面结皮。
- g) 酚醛树脂涂料的配制与涂装：
 - 1) 酚醛树脂涂料可采用刷涂或喷涂施工；
 - 2) 稀释剂为 200 号溶剂油或松香水，涂装粘度 40 s~50 s；
 - 3) 每层涂装时间间隔至少为 24 h。

7.3 埋地设备和管道涂层施工要求

7.3.1 防腐蚀材料应符合下列规定：

- a) 环氧煤沥青冷缠带技术指标应符合表 7.3.1 的规定。

表 7.3.1 环氧煤沥青冷缠带技术指标

序号	项目	单位	技术指标			试验方法
			普通级	加强级	特加强级	
1	外观	—	黑色、表面平整			目测
2	组合厚度	mm	≥0.4	≥0.6	≥0.8	SY/T 0447
3	电火花检漏	kV	2.5 无漏点	2.5 无漏点	2.5 无漏点	SY/T 0447
4	粘结性（撕开法）	—	不漏铁			GB 50268
5	耐冲击	cm	≥50			GB/T 1732

- b) 环氧煤沥青涂料配比应由涂料生产商确定，并应配套供货。环氧煤沥青涂料技术指标应符合附录 G.1 的规定；
- c) 改性厚浆型环氧涂料的技术指标应符合附录 G.2 的规定；
- d) 聚乙烯防腐层材料包括环氧粉末涂料、胶粘剂以及聚乙烯专用料：
 - 1) 环氧粉末涂料性能指标应符合附录 H 的规定；
 - 2) 胶粘剂的性能指标应符合附录 J.1 的规定；
 - 3) 聚乙烯专用料及其压制片材料的性能应符合附录 J.2 的规定。
- e) 采用丙纶无纺布作防腐层加强布时，宜选用 80 g/m²±7 g/m² 的材料，不同管径适宜的丙纶无纺布宽度见附录 G.1。丙纶无纺布的性能指标见附录 G.2；
- f) 采用玻璃布作防腐层加强布时，应采用无捻、平纹、单边封边、带芯轴的玻璃布卷。性能指标应符合附录 G.3 的规定，玻璃布的宽度应符合附录 G.1 的规定；
- g) 防腐蚀专用聚氯乙烯工业膜，其环境适应温度应为耐热 70 ℃、耐寒 -30 ℃，拉伸强度（纵横）不小于 14.70 MPa，断裂伸长率（纵、横）不小于 200%，厚度为 0.20mm±0.03mm，宽度与丙纶无纺布宽度相适宜；
- h) 聚乙烯材料性能指标应符合附录 L 的规定；
- i) 聚乙烯胶黏带按压敏胶特性可分为薄胶型胶黏带和厚胶型胶黏带。薄胶型聚乙烯胶黏带包括防腐胶黏带（内带）和保护胶黏带（外带）。聚乙烯胶黏带技术指标应符合附录 M 的规定。

7.3.2 环氧煤沥青冷缠带的施工

- a) 环氧煤沥青冷缠带防腐涂层是由基带与定型胶组合形成；
- b) 环氧煤沥青冷缠带防腐涂层分为普通级、加强级和特加强级。对钢材表面大于 2mm 高的焊缝和预制件，应在两侧周围补打腻子做光滑处理；常温型要在 1h 内用完，低温型要在 2h 内用完；
- c) 施工完毕的防腐层应静置存放至自干，并在 8h 内不能受到雨淋和浸水；
- d) 常温型、低温型、超低温型不能混合后使用。

e) 环氧煤沥青冷缠带结构与厚度见表 7.3.2。

表 7.3.2 环氧煤沥青冷缠带防腐等级与结构

防腐层等级	防腐层结构	防腐层总厚度 mm
普通级	定型胶—0.4 型基带	≥ 0.4
加强级	定型胶—0.6 型基带	≥ 0.6
特加强级	定型胶—0.8 型基带	≥ 0.8

7.3.3 环氧煤沥青施工

a) 环氧煤沥青防腐层分为普通级、加强级和特加强级，加强级和特加强级可在层间缠绕纤维增强材料，纤维增强材料可采用丙纶无纺布或玻璃布。涂层的技术指标应符合表 7.3.3-1 的规定，防腐层结构及厚度见表 7.3.3-2；

表 7.3.3-1 环氧煤沥青涂层技术指标

序号	项目		指标		试验方法
			无溶剂型	溶剂型	
1	粘结强度（拉开法）（MPa）		≥8	≥7	SY/T 6854-2012 的附录 A
2	热水浸泡后的粘结高度（MPa） （最高设计温度，且不超过 80℃, 28d）		≥5	≥5	SY/T 0447 的附 录 A
3	阴极剥离 （mm）	1. 5V, 65℃, 48h	≤8	≤10	SY/T 0315-2013 附录 C
		1. 5V, 23℃, 28d	≤10	≤12	
4	工频电气强度（MV/m）		≥20	≥20	GB/T 1408. 1
5	体积电阻率（Ω • m）		≥1×10 ¹⁰	≥1×10 ¹⁰	GB/T 31838. 2
6	耐化学介 质腐蚀	10%H ₂ SO ₄ (23℃±2℃, 7d)	防腐层完整、无气 泡、无脱落	防腐层完整、无气 泡、无脱落	GB 9274
		10%NaOH (23℃±2℃, 7d)	防腐层完整、无气 泡、无脱落	防腐层完整、无气 泡、无脱落	
		3%NaCl (23℃±2℃, 7d)	防腐层完整、无气 泡、无脱落	防腐层完整、无气 泡、无脱落	
7	耐沸水性（24h）		通过	通过	SY/T 0447-2014 的附录 B
8	耐冲击（23℃±2℃, 4. 9J）		无漏点	无漏点	SY/T 0315-2013 的附录 E
9	抗弯曲（23℃±2℃, 1. 5° ）		无裂纹	无裂纹	SY/T 6854-2012 的附录 C
10	吸水率（%）（23℃±2℃, 24h）		≤0. 4	≤0. 4	SY/T 0447-2014 的附录 C
注 1：防腐层厚度应为 400μm~500μm;					
注 2：当防腐层为有纤维增强材料的防腐层时，不做第 1 项粘结强度 and 第 2 项热水浸泡后的粘结强度检验项目。					

表 7.3.3-2 环氧煤沥青防腐涂层结构及厚度

防腐等级	防腐涂层结构		涂层总厚度 mm
	溶剂型	无溶剂型	
普通级	底漆+多层面漆	单层或多层	≥0.4
加强级	底漆+多层面漆	单层或多层	≥0.6
	底漆+多层面漆+纤维增强材料+多层面漆	多层涂料+纤维增强材料+单层或多层涂料	
特加强级	底漆+多层面漆+纤维增强材料+多层面漆	多层涂料+纤维增强材料+单层或多层涂料	≥0.8
注 1：环氧煤沥青的底漆和面漆可为“底面合一”型涂料； 注 2：纤维增强材料可采用玻璃布或丙纶无纺布，纤维增强材料一道，层间搭接 10%~55%； 注 3：环氧煤沥青涂料的使用温度不应超过 80℃。			

- b) 采用高压无气喷涂时，应按照产品说明书，设定喷涂机的输送比例，保持涂料喷涂雾化效果；
- c) 有纤维增强材料的防腐层结构时，应按照如下步骤进行施工：
- 1) 底漆涂装厚度大于等于 50 μm；
 - 2) 底漆实干后，宜在焊缝两侧涂抹腻子使其形成平滑过渡面；
 - 3) 腻子表干后、固化前涂敷面漆，随即缠绕纤维增强材料。缠绕纤维增强材料时，应拉紧、表面平整、无皱折和鼓包，压边宽度为 20 mm~25 mm，周向接头搭接长度为 100 mm~150 mm。缠绕后随即再次涂敷面漆，纤维增强材料所有网眼应浸满涂料。也可采用浸满涂料的纤维增强材料进行缠绕，待防腐层实干后，再次涂刷面漆；
- d) 钢管两端宜各留 100 mm~150 mm 不涂环氧煤沥青涂料；
- e) 涂敷好的防腐层未固化前应采取防护措施。
- 7.3.4 改性厚浆型环氧涂料的配制与施工
- a) 改性厚浆型环氧涂料使用时应按产品技术文件所规定的比例配制。两组分混合后，放置熟化一定时间后才能使用；
- b) 两组分涂料如果超过规定的混合时间，涂料不可再使用。改性厚浆型环氧涂料的混合使用时间按照产品说明书要求；
- c) 稀释剂采用配套环氧漆专用稀释剂，稀释剂的掺加量视环境条件而定，掺加量应控制在 5%~15%内；
- d) 改性厚浆型环氧涂料宜采用高压无气喷涂法进行喷涂，刷涂和滚涂仅适用于小面积的预涂或修补。
- e) 改性厚浆型环氧涂料防腐等级的结构与厚度见表 7.3.4。

表 7.3.4 改性厚浆型环氧涂料防腐层等级的结构及厚度 单位：mm

防腐等级	结 构	干膜最薄点厚度
普通级	底漆一面漆	≥0.30
加强级	底漆—底漆一面漆	≥0.40
特加强级	底漆—底漆一面漆一面漆	≥0.60

7.3.5 聚乙烯防腐层的施工

- a) 挤压聚乙烯防腐层施工规定：

- 1) 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) 挤压聚乙烯防腐层施工结构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。挤压聚乙烯防腐层的性能指标见表 7.3.5-1；

表 7.3.5 -1 挤压聚乙烯防腐层的性能指标

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)	GB/T 23257 附录 K
阴极剥离 (65℃, 48h) mm	≤15	≤5	GB/T 23257 附录 D
阴极剥离 (最高运行温度, 30d) mm	≤25	≤15	GB/T 23257 附录 D
环氧粉末底层热特性玻璃化温度变化值 ΔT _g °C	—	≤5	GB/T 23257 附录 B
冲击强度 J/mm	≥8		GB/T 23257 附录 L
抗弯曲 (−30℃, 2.5)	聚乙烯无开裂		GB/T 23257 附录 E
耐热水浸泡 (80℃, 48h)	翘边深度平均≤2mm 且最大≤3mm		GB/T 23257 附录 M

- 3) 环氧粉末应均匀涂覆在钢管表面。回收环氧粉末的使用及其添加比例应按附录 H 环氧粉末涂料的性能指标和表 7.3.5-2 熔结环氧涂层的性能指标进行检验后确认；

表 7.3.5-2 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	GB/T 23257 附录 C
阴极剥离 (65℃, 48h) mm	≤5	GB/T 23257 附录 D
阴极剥离 (65℃, 30d) mm	≤15	GB/T 23257 附录 D
抗弯曲 (−20℃, 2.5°)	无裂纹	GB/T 23257 附录 E
注：实验室喷涂试件的涂层厚度应为 300μm~400μm，涂敷温度为产品说明书指定的温度。未制定时，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℃。		

- 4) 胶粘剂涂敷应在环氧粉末胶化过程中进行；
- 5) 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) 聚乙烯层包裹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；
- 7) 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 100mm~150mm，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。

- b) 聚乙烯胶黏带防腐层施工规定：
- 1) 聚乙烯胶黏带防腐层可采用由底漆、内带和外带组成的复合防腐层结构。外带不应单独使用。也可采用由底漆和厚胶型胶黏带组成的防腐层结构；聚乙烯胶黏带防腐层等级和厚度见表 7.3.5-3，聚乙烯胶黏带防腐层的性能指标见表 7.3.5-4；

表 7.3.5-3 聚乙烯胶黏带防腐层等级和厚度

防腐层等级	总厚度（mm）
普通级	≥0.7
加强级	≥1.2
特加强级	≥2.0

表 7.3.5-4 聚乙烯胶黏带防腐层的性能指标

项目名称		性能指标	测试方法
抗冲击（ 23 ℃）（J/mm）		≥3	SY/T 0414
阴极剥离（23 ℃， 28d）（mm）		≤15	GB/T 23257
剥离强度（层间，23 ℃） （N/cm）	厚胶型胶黏带	≥20	GB/T 2792 (90°)
	薄胶型胶黏带	≥5	
剥离强度（对底漆钢， 23 ° C）（N/cm）	厚胶型胶黏带	≥30	GB/T 2792 (90°)
	薄胶型胶黏带	≥25	
剥离强度（对底漆钢） （N/cm）	最高运行温度	≥3	GB/T 2792 (90°)
	最低运行温度	≥10	
剥离强度（层间）（N/cm）	最高运行温度	≥2	GB/T 2792 (90°)
	最低运行温度	≥5	
注 1：剥离强度试件为管段试件；			
注 2：最低运行温度剥离强度指标只适应于低温运行条件下的胶黏带。			

- 2) 底漆使用前，应搅拌均匀。按照制造商提供的产品说明书施工。底漆应涂刷均匀，不宜有漏涂、凝块和流挂等缺陷；
- 3) 缠绕胶黏带前，应避免表面污染。胶黏带应按说明书规定的条件解卷；
- 4) 宜使用专用缠绕机或手动缠绕机进行缠绕施工。焊缝两侧宜采用胶黏带配套的填充材料进行填充。螺旋焊缝管缠绕胶黏带时，胶黏带缠绕方向应与焊缝方向一致；
- 5) 胶黏带始末端搭接长度应不小于 1/4 管子周长，且不少于 100mm、两次缠绕搭接缝宜相互错开。搭接宽度不应低于 25mm。缠绕时胶黏带搭接缝应平行，不应扭曲褶皱，带端应压贴，不翘起；
- 6) 预制场进行聚乙烯胶黏带防腐层施工时，管端应有 150mm±10mm 的焊接预留段；
- 7) 管件防腐可采用手工缠绕施工。缠绕前宜用配套材料填充。
- c) 聚乙烯专用料的压制片材性能指标见表 7.3.5-5。

表 7.3.5-5 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 MPa	≥15	GB/T 1040.2
拉伸强度 MPa	≥22	GB/T 1040.2
断裂标称应变 %	≥600	GB/T 1040.2
微卡软化点 A ₅₀ : 9.8N/℃	≥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	≥1x10 ¹³	GB/T 31838.2
耐环境应力开裂 (F ₅₀) h	≥1000	GB/T 1842
压痕硬度 Mm (23℃) (60℃或 80℃)	≤0.2 ≤0.3	GB/T 23257 附录 H
耐化学介质腐蚀 (浸泡 7d) % 10% HCl 10% NaOH 10% NaCl	≥85 ≥85 ≥85	GB/T 23257 附录 I
耐紫外光老化 (336h)	≥80	GB/T 23257 附录 J
注 1: 拉伸速度 50 mm/min; 注 2: 常温型, 试验条件为 60℃; 高温型, 试验条件为 80℃; 注 3: 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。		

7.4 补口与补伤

7.4.1 地上设备、管道及其附属钢结构补口与补伤所用的涂覆材料及涂层结构应与其原有防腐层匹配。

7.4.2 埋地管道防腐层补口、补伤施工应执行 GB/T 51241 要求。所用的涂覆材料应与管道原有防腐层匹配，补口、补伤应不低于原防腐等级。

7.4.3 埋地管道防腐层的缺陷应予修补。当损伤面长度大于等于 100 mm 时，应按该防腐涂层结构进行补伤，小于 100 mm 时可用涂料修补。

7.4.4 埋地管道聚乙烯热收缩套（带）、聚乙烯冷缠胶黏带，以及双组分环氧粉末补伤液、补伤热熔棒等补口、补伤材料按产品说明书进行施工。

7.4.5 补口、补伤处的泥土、油污、铁锈等应清除干净。

7.4.6 埋地管道补口时每层玻璃布及最后一层聚氯乙烯工业膜应在原防腐层接茬处搭接 50 mm 以上。

7.5 成品保护

7.5.1 防腐蚀后的管段堆放、装卸、运输应采取防腐层不受损伤的防护措施，管段应分类整齐堆放，每层防腐管之间应垫放软垫，最下层的管子下宜铺垫枕木或砂袋，管子距地面的距离宜大于 200mm，不得直接放在地面上。

- 7.5.2 已涂环氧煤沥青涂料的管道，在炎热天气应采取措施，避免阳光直接照射。管道周围应做好防水排水处理。埋地用聚乙烯胶黏带防腐管露天堆放时，应遮盖。
- 7.5.3 埋地防腐管运抵施工现场后，露天存放时间超过 3 个月时应采取防护措施。埋地用聚乙烯胶黏带防腐管露天堆放，存放时间不宜超过 3 个月。
- 7.5.4 搬移管段时，应采用专用吊具。宜使用宽幅尼龙带等专用吊具，防止损伤防腐层。
- 7.5.5 管道下沟及回填时，应注意避免下沟工具、石块等损伤管道防腐层。管沟沟底应平整，且没有石块或其他可能损伤防腐层的物质。

7.6 质量检查及验收

7.6.1 涂料防腐蚀施工质量标准的主控项目和一般项目的划分见表 7.6.1。

表 7.6.1 涂料防腐蚀施工质量标准的主控项目和一般项目的划分

项 目	主控项目	一般项目
表面处理	除锈等级 表面粗糙度	表面处理感官质量检查
地上设备、管道及其附属钢结构涂层	1. 涂料的品种及其匹配性 2. 涂层的厚度和遍数	涂层的感观检查
埋地设备和管道涂层	1. 涂料的品种及涂层防腐等级 2. 电火花检测 3. 粘结力或附着力	涂层的感观检查

7.6.2 地上设备、管道及其附属钢结构质量检查和验收

a) 涂层质量应符合表 7.6.2 规定。

表 7.6.2 涂层质量

检查项目	质量要求	检查方法
脱皮、漏涂、返锈、气泡、透底	不允许	目视检查
针孔	不允许	5 倍~10 倍放大镜检查
流挂、皱皮	不允许	目视检查
光亮与光滑 ¹	光亮、均匀一致	目视检查
分色界限	允许偏差为±3 mm	目视检查
颜色、刷纹	颜色一致，纹理通顺	目视检查
干燥漆膜厚	执行两个 80%的原则 ²	涂层测厚仪

注 1：设备和管道涂刷银色漆时，漆膜应均匀一致，具有光亮色泽；涂刷无光乳胶漆、无光漆，可不检查光亮。

注 2：80%的测量点达到规定的干膜厚度，余下20%的测量点要达到规定膜厚度的80%为合格。

- b) 涂层厚度检测点应随机抽检，每个检测点面积宜为 100 cm²，该检测点面积范围内任意测量 5 个数据，测量结果去除 1 个最大值和 1 个最小值后取平均值作为该测点的厚度值。
- c) 涂层厚度的检查数量应符合下列规定：
- 1) 设备防腐蚀涂层厚度的检查应逐台进行，每台抽测 3 点；
 - 2) 管道防腐蚀涂层厚度的检查应按管道总延长米进行，每 300 m 抽查 3 点（不足 300 m 时，按 300 m 计）；

- 3) 每种类别钢结构防腐蚀涂层厚度的检查按构件数抽查 10%，且不少于 3 件，每个构件抽测 5 点。
 - d) 涂装作业中产生缺陷的原因及其防止措施见附录 N；
 - e) 涂层检查后应填写记录表，参见地上设备、管道及其附属钢结构涂层质量检查记录附录 P；
- 7.6.3 埋地设备与管道质量检查和验收
- a) 埋地设备、管道防腐涂层的质量应进行下列项目检查：
 - 1) 涂料的品种及涂层防腐等级；
 - 2) 感观检查；
 - 3) 电火花检测；
 - 4) 粘结力或附着力检测；
 - 5) 厚度检测。
 - b) 感观检查涂层表面应平整，无气泡、流挂、漏涂、针孔等缺陷；
 - c) 电火花检测的检漏电压按表 7.6.3 执行，以不打火花为合格；

表 7.6.3 检漏电压 单位：kV

防腐蚀等级	环氧煤沥青涂料	聚乙烯胶粘带	改性厚浆型环氧涂料
特加强级	5	11	3
加强级	3	9	2.5
普通级	2	3	2

- d) 改性厚浆型环氧涂料防腐层应进行附着力检测，附着力检测应在涂层固化后进行：
 - 1) 检查无纤维增强材料的防腐层粘结力时，用锋利刀刃垂直划透防腐层，形成边长约 40mm、夹角约 45° 的形切口，用刀尖从切割线交点挑剥切口内的防腐层。挑剥时，很难将防腐层挑起，且挑起处的防腐层呈脆性点状断裂，不出现成片挑起或层间剥离为合格。
 - 2) 检查有纤维增强材料的防腐层粘结力时，用锋利刀刃垂直划透防腐层，形成边长约 100mm、夹角 45°~60° 的切口，从切口尖端撕开纤维增强材料，防腐层不应出现层间剥离和成片挑起；继续挑剥钢管表面防腐层，很难将防腐层挑起，且挑起处的防腐层呈脆性点状断裂，不出现成片挑起为合格。
 - 3) 改性厚浆型环氧涂料防腐层用拉开法检查，附着力应大于或等于 5 MPa 为合格。
- e) 厚度检测：
 - 1) 环氧煤沥青冷缠带、环氧煤沥青、改性厚浆型环氧涂料涂层厚度应符合本标准表 7.3.2、表 7.3.3-2、表 7.3.4 的规定为合格。
 - 2) 涂层厚度检测点应随机抽检，每个检测点面积宜为 100 cm²，检测点面积范围内任意测量 5 个数据，测量结果去除 1 个最大值和 1 个最小值后取平均值作为该测点的厚度值。
- h) 防腐层的检查数量应符合下列规定：
 - 1) 感观检查：100%；
 - 2) 设备应逐台进行 100%的电火花检测；
 - 3) 输送有毒、可燃性介质的管道应进行 100%的电火花检测；
 - 4) 输送无毒、非可燃介质的给排水及消防等管道，应为每 20 根管子抽查 1 根，且至少抽查 1 根进行电火花检测；检查应从一端测至另一端，若不合格再抽查 2

根，其中仍有 1 根不合格时，则应逐根检查；

- 5) 设备应逐台进行粘结力或附着力检查，每台检测 1 处，若不合格再抽查 2 处，如仍有 1 处不合格时为不合格；
- 6) 管道应每 20 根抽查 1 根，且至少抽查 1 根进行粘结力或附着力检查；每根检测 1 处，若不合格再抽查 2 根，如仍有 1 根不合格时，则应对全部管道逐根检查；
- 7) 设备应逐台进行涂层厚度检查，每台抽测 3 点，其中 2 点以上不合格时即为不合格；如其中 1 点不合格，再抽测 2 点，如仍有 1 点不合格时，则全部为不合格；
- 8) 管道每 20 根抽查 1 根，且至少抽查 1 根进行涂层厚度检查，每根测 3 个截面，每截面应测上、左、右三点。其中有 1 点不合格时，再抽查 2 根；如仍有不合格，应逐根检查；
- 9) 补口、补伤应不低于原防腐等级。经补口、补伤的防腐蚀涂层应进行 100% 感观检查和电火花检测。

j) 涂层检查后应填写检查记录表，埋地设备、管道涂层质量检查记录参见附录 Q。

8 安全、健康及环保要求

- 8.1 涂料防腐蚀施工中的健康、安全和环保应符合 GB/T 50484 的规定。
- 8.2 油漆涂料应分类存放在通风、干燥的库房内，库房严禁烟火，并设置警示标志和配置消防器材。
- 8.3 不应在涂装作业的同时进行明火或检测电火花作业。
- 8.4 机械方法除锈宜选用抛丸或喷丸，喷射除锈现场应设置围护或封闭作业。
- 8.5 喷砂作业用的喷砂罐、储气罐应定期进行承压试验，所用的压力表、安全阀等均应定期检验。
- 8.6 除锈、涂敷作业过程中，所有机械设施的转动和运动部位应有防护罩等保护设施。
- 8.7 集中防腐现场应设置独立的排风系统和除尘净化系统，排放至大气中的粉尘含量不应大于 150 mg/m^3 。
- 8.8 暴露在喷射除锈尘埃中的操作者应配戴与干净的压缩空气源相连接的防护面具。暴露在喷射除锈尘埃环境附近的其他作业人员应配戴口罩、耳塞。作业人员呼吸空气中的粉尘含量应小于 10 mg/m^3 。
- 8.9 作业场所应有良好的通风，作业人员应穿戴劳动保护用品，严禁吸烟和携带火种。当出现恶心、呕吐、头昏等情况时，应立即送到通风良好场所或送医院诊治。防腐作业人员应定期进行体检。
- 8.10 作业场所应保持清洁，作业完毕后，应将残存的可燃、有毒物料及杂物清理干净。废弃的防腐材料和包装物应做好收集回收处置工作。依法合规办理相关手续。

9 施工过程及交工技术文件

- 9.1 施工过程质量控制技术文件应与涂料防腐蚀工程进度同步完成，并应符合 SH/T 3543 及 SH/T 3503 的规定。
- 9.2 涂料防腐蚀工程按合同规定的内容施工完毕后，应对下列技术文件进行确认。
 - 9.2.1 防腐蚀材料的产品质量证明文件、质量检验报告或复验报告。
 - 9.2.2 隐蔽工程记录。
 - 9.2.3 设计变更、材料代用等技术文件。
 - 9.2.4 防腐绝缘层电火花检测报告。
 - 9.2.5 表面处理质量检查记录见附录 E，涂层质量检查记录见附录 P 或附录 Q。

9.2.6 防腐工程质量验收记录。

表 A 露点与环境温度、相对湿度之间的关系

A. 1 露点与环境温度、相对湿度之间的关系见表 A. 1。

表 A. 1 露点与环境温度、相对湿度之间的关系

相对湿度 (%)	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
环境温度 (℃)	露点温度 (℃)												
6	-10.00	-8.00	-6.20	-4.70	-3.20	-2.10	-1.00	-0.10	0.90	1.80	2.80	3.70	4.50
8	-8.80	-6.60	-4.80	-3.20	-1.60	-0.40	0.80	1.80	2.80	3.80	4.70	5.60	6.50
10	-6.70	-4.70	-2.90	-1.40	0.10	1.30	2.60	3.70	4.70	5.70	6.70	7.60	8.40
12	-5.00	-2.90	-1.10	0.50	1.90	3.20	4.50	5.60	6.60	7.70	8.60	9.60	10.40
14	-4.30	-1.20	0.60	2.30	3.70	5.10	6.40	7.50	8.60	9.60	10.60	11.50	12.40
16	-1.50	0.60	2.40	4.10	5.60	7.00	8.30	9.50	10.50	11.60	12.50	13.50	14.40
18	0.20	2.30	4.20	5.90	7.40	8.80	10.20	11.40	12.40	13.50	14.50	15.40	16.30
20	1.90	4.10	6.00	7.70	9.30	10.70	12.00	13.30	14.40	15.40	16.40	17.40	18.30
22	3.70	5.90	7.80	9.50	11.10	12.50	13.80	15.20	16.30	17.40	18.40	19.40	20.30
24	5.40	7.60	9.60	11.30	12.90	14.40	15.70	17.00	18.20	19.30	20.30	21.30	22.30
26	7.10	9.30	11.40	13.10	14.80	16.20	17.60	18.80	20.10	21.20	22.30	23.30	24.20
28	8.80	11.10	13.10	14.90	16.60	18.10	19.50	20.80	22.00	23.20	24.20	25.30	26.20
30	10.50	12.80	14.90	16.70	18.40	20.00	21.40	22.70	23.90	25.10	26.20	27.20	28.20
32	12.30	14.60	16.70	18.50	20.30	21.70	23.20	24.60	25.80	27.00	28.10	29.20	30.10
34	14.00	16.25	18.50	20.30	22.10	24.30	25.10	26.50	27.70	28.90	30.00	31.20	32.10
36	15.70	18.10	20.30	22.10	23.90	25.50	27.00	28.40	29.60	30.90	32.00	33.10	34.10
38	17.40	19.80	22.00	23.90	25.70	27.30	28.90	30.10	31.60	32.80	33.90	35.10	36.10
40	19.10	21.50	23.90	25.70	27.60	29.10	30.70	32.20	33.50	34.70	35.90	37.00	38.00

涂料的复验标准

- B.1 涂料的取样应按现行国家标准 GB/T 3186 的规定执行。
- B.2 漆膜的制备应符合现行国家标准 GB 1727 的规定。
- B.3 防腐蚀涂料基本性能检验项目与标准见表 B.3。

表 B.3 防腐蚀涂料基本性能检验项目与标准

检验项目	标准号	标准名称	备注
外观及颜色	GB/T 1721	清漆、清油及稀释剂外观和透明度测定法	—
粘度	GB/T 1723	涂料粘度测定法	涂-4 黏度杯测定法
细度	GB/T 1724	涂料细度测定法	刮板细度计
固体分含量	GB/T 1725	涂料固体含量测定法	—
遮盖力	GB 1726	涂料遮盖力测定法	—

- B.4 防腐蚀涂膜基本物理机械性能检验标准见表 B.4。

表 B.4 防腐蚀涂膜基本物理机械性能检验项目与标准

检验项目	标准号	标准名称	备注
硬度	GB/T 1730	漆膜硬度测定法	—
	GB/T 6739	涂膜硬度铅笔测定法	—
外观及颜色	/	/	—
干燥时间	GB/T 1728	漆膜、腻子膜干燥时间测定法	表干、实干
柔韧性	GB/T 1731	漆膜柔韧性测定法	—
附着力	GB/T 1720	漆膜划圈试验	—
	GB/T 5210	涂层附着力的测定法拉开法	—

- B.5 防腐蚀涂膜保护性能检验标准见表 B.5。

表 B.5 防腐蚀涂膜保护性能检验项目与标准

检验项目	标准号	标准名称
耐水性	GB/T 1733	漆膜耐水性测定法
耐汽油性	/	/
耐热性	GB/T 1735	漆膜耐热性测定法
耐湿热性	GB/T 1740	漆膜耐湿热测定法
耐候性	/	/
抗老化性	GB/T 1865	漆膜老化人工加速测定法
耐化学品性	/	/
耐盐雾性	GB/T 1771	漆膜耐盐雾性测定法

附 录 C
(资料性附录)
干喷射磨料种类及工艺指标

C.1 干喷射磨料种类及工艺指标见表 C.1。

表 C.1 干喷射磨料种类及工艺指标

磨料名称	磨料粒径 mm	压缩空气压力 MPa	喷嘴最小直径 mm	喷射角 (°)	喷距 mm
石英砂	3.20~0.63	0.50~0.60	6~8	35~70	100~200
金刚石	2.00~0.63	0.35~0.45	4~5	35~75	100~200
钢线粒	线粒直径 1.00, 长度 等于直径	0.50~0.60	4~5	35~75	100~200
铁丸或钢丸	1.60~0.63	0.50~0.60	4~5	35~75	100~200

附 录 D
(资料性附录)
表面清理方法

D.1 表面除油污方法见表 D.1。

表 D.1 表面除油污方法

方法	清洗液配方	质量比 %	清洗液温度 ℃	清洗时间 min	适用范围
溶剂法 I	200 号溶剂油	100	常温	洗净为止	一般油污
溶剂法 II	煤油	100			
碱洗法 I	氢氧化钠	3	90	40	含少量油污
	磷酸三钠	5			
	硅酸钠	3			
	水	89			
碱洗法 II	氢氧化钠	5	90	40	含大量油污
	碳酸钠	10			
	硅酸钠	10			
	水	75			

D.2 碱液配比见表 D.2。

表 D.2 碱液配比

原材料名称	质量比 %
氢氧化钠	77
碳酸钠	10
乳化剂 (OP-10)	3
山梨醇或甘露醇	5
甲酚钠	5

D.3 有机溶剂的配比 D.3。

表 D.3 有机溶剂配比

有机溶剂	配比
甲苯:乙酸乙酯:丙酮:石蜡	30:15:5:4
甲苯:乙酸乙酯:丙酮:石醋:苯酚:乙醇:氨水	30:15:5:4:3:6:4;

附 录 E
(资料性附录)
表面处理检查记录

E.1 表面处理记录见表 E.1

表 E.1 表面处理检查记录

表面处理检查记录		工程名称:	
		单元名称:	
工 程 类 别			
处 理 总 量			
锈 蚀 等 级			
除 锈 等 级			
检 查 项 目		检 查 情 况	检 查 结 果
外 观 检 查	漏 除 锈		
	转角或局部除锈		
	油污浮尘清除		
局 部 抽 查			
表面粗糙度 R_a			
检 查 意 见			
施 工 班 组		质 检 员	
年 月 日		年 月 日	

附 录 F
(资料性附录)
涂料使用量的计算

F.1 涂料所涂刷的面积和漆膜厚度对照见表 F.1。

表 F.1 每升 (100%固体含量) 涂料涂刷面积和漆膜厚度对照

漆膜厚度, μm	200	150	100	80	50	40	33.30	25	20	16.70	14.30	12.50	11.10	10
涂刷面积, m^2	5	6.67	10	12.50	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100

F.2 涂料的使用量可按下列公式 (F.1) 进行计算。

$$G = K\delta Pa/m \dots\dots\dots (F.1)$$

式中:

- G — 涂料的计算使用量, g;
- K — 损耗系数, 取值 1.5~1.8;
- δ — 一道漆膜厚度, μm ;
- P — 涂层遍数;
- A — 涂料的密度, g/cm^3 ;
- a — 涂覆面积, m^2 ;
- m — 涂料固体百分含量。

F.3 涂料的实际测量中也可根据涂料的理论涂布率进行计算。即涂料的使用量等于折算面积 (平方米) 除以理论涂布率乘以损耗系数。涂料的理论涂布率一般在涂料的使用说明书中已经提供, 但也可经计算得到理论涂布率 (m^2/L) 等于 10 倍的体积固体分 (%) 除以测得的干膜厚度 (μm)。

附 录 G
(资料性附录)
环氧煤沥青及改性厚浆型环氧涂料技术指标

G.1 环氧煤沥青涂料技术指标见表 G.1。

表 G.1 环氧煤沥青涂料技术指标

序号	项 目		技术指标			试验方法
			无溶剂型	溶剂型		
				底漆	面漆	
1	粘 度（s） （涂-4 杯，25℃±1℃		—	≥80	≥80	GB/T 1723
2	粘度（mPa·s） （23℃±0.2℃）		生产商规定值 ±10%	—	—	GB/T 9751.1
3	细度（μm）		≤100	≤100	≤100	GB/T 1724
4	不挥发物含量（%）		—	≥80	≥80	GB/T 1725
	固体含量（%）		≥95	—	—	—
5	干燥时间（h） （25℃±1℃）	表干	≤2	≤2	≤3	GB 1728
		实干	≤6	≤6	≤8	

G.2 改性厚浆型环氧涂料技术指标见表 G.2。

表 G.2 改性厚浆型环氧涂料技术指标

序号	项目		指标
1	颜色及外观		红色, 铝色
2	固体含量 (体积分数), %		72
3	细度		<80
4	粘度 (基料), s		300~500
5	干燥时间 (23 ℃), h	表干	4
		实干	10
6	附着力, MPa		>5
7	柔韧性, mm		2
8	耐冲击, cm		50

附 录 H
(资料性附录)
环氧粉末涂料的性能指标

H.1 环氧粉末涂料的性能指标见表 H.1。

表 H.1 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 %		150μm 筛上粉末≤3.0 250μm 筛上粉末≤0.2	GB/T 6554
不挥发分含量（105℃） %		≥99.4	GB/T 6554
密度 g/cm³		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	GB/T 23257 附录 A
热特性	ΔH J/g	≥45	GB/T 23257 附录 B
	Tgz ℃	≥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℃。			

附 录 J
(资料性附录)
聚乙烯防腐层材料性能指标

J.1 胶粘剂的性能指标见表 J.1。

表 J.1 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℃, 2.16kg) g/10min	≥0.7	GB/T 3682.1
微卡软化点 A ₉₀ (9.8N) ℃	≥90	GB/T 1633
脆化温度 ℃	≤-50	GB/T 5470
氧化诱导期 (200℃) min	≥10	GB/T 23257 附录 F
含水率 %	≤0.1	GB/T 23257 附录 G
拉伸强度 MPa	≥17	GB/T 1040.2
断裂标称应变 %	≥600	GB/T 1040.2
注：拉伸速度 50mm/min		

J.2 聚乙烯专用料的性能指标见表 J.2。

表 J.2 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℃, 2.16kg) g/10min	≥0.15	GB/T 3682.1
碳黑含量 %	≥2.0	GB 13021
含水率 %	≤0.1	GB/T 23257 附录 G
氧化诱导期 (200℃) min	≥30	GB/T 23257 附录 F
耐热老化 (100℃, 4800h) %	≤35	GB/T 3682
注：耐热老化指标为试验前与试验后的熔体流动速率变化率。		

附 录 K
(资料性附录)
埋地防腐层增强层性能指标

K.1 丙纶无纺布宽度见表 K.1。

表 K.1 丙纶无纺布宽度 (mm)

管径 DN	<250	250~500	>500
布宽	100~250	400	500

K.2 丙纶无纺布性能指标见表 K.2。

表 K.2 丙纶无纺布性能指标

序号	项目		指标	试验方法
1	单位面积质量 (g/m ²)		≥80±5	GB/T 24218. 1
2	断裂强力 (N/5cm)	纵向	≥120	GB/T 24218. 3
		横向	≥80	GB/T 24218. 3
3	耐化学介质腐蚀 (%) (常温 · 7d)	10%H ₂ SO ₄	≥80	FZ/T 64052
		10%NaOH	≥80	
		10%NaCl	≥80	
注：耐化学介质腐蚀为浸泡前后断裂强力的保持率。				

K.3 玻璃布性能指标见表 K.3。

表 K.3 玻璃布性能指标

序号	项目		指标	试验方法
1	单位面积质量 (g/m ²)		200~300	GB/T 9914.3
2	可燃物含量 (%)		≤0.20	GB/T 9914.2
3	织物密度 (根/cm)	径向	16±1	GB/T 7689.2
		纬向	12±1	
4	碱金属氧化物含量 (%)		≤0.8	GB/T 1549
5	含水率 (%)		≤0.2	GB/T 9914.1
6	拉伸断裂强力 (N/25mm)	径向	190	GB/T 7689.5
		纬向	180	

附 录 L
(资料性附录)
聚乙烯材料的性能指标

L. 1 聚乙烯材料的性能指标见表 L. 1

L. 1 聚乙烯材料的性能指标

项目		性能指标	试验方法
拉伸强度	轴向 MPa	≥ 20	GB/T 1040. 2
	周向 MPa	≥ 20	
	偏差 %	≤ 15	
断裂标称应变 %		≥ 600	GB/T 1040. 2
压痕硬度 Mm (23℃) (60℃或 80℃)		$\leq 0. 2$ $\leq 0. 3$	GB/T 23257 附录 H
耐环境应力开裂 (F ₅₀) h		≥ 1000	GB/T 1842
热稳定性 ΔMFR %		≤ 20	GB/T 3682. 1
<p>注 1: 拉伸速度 50 mm/min</p> <p>注 2: 偏差为轴向和周向拉伸强度的差值与两者中较低者之比。</p> <p>注 3: 常温型, 试验条件为 60℃;高温型, 试验条件为 80℃.</p> <p>注 4: 聚乙烯挤出前后熔体流动速率变化率。</p>			

附 录 M
(资料性附录)
聚乙烯胶黏带技术指标

M.1 聚乙烯胶粘带技术指标见表 M.1

表 M.1 聚乙烯胶黏带技术指标

序号	项目		单位	技术指标	试验方法
1	厚度		mm	符合厂家规定，厚度偏差 $\leq \pm 5\%$	GB/T 6672
2	基膜拉伸强度		MPa	≥ 18	GB/T 30776
3	基膜断裂伸长率		%	≥ 200	GB/T 30776
4	剥离强度	对底漆钢	N/cm	≥ 20	GB/T 2792
		对背材/无隔离纸		≥ 5	
		对背材/有隔离纸		≥ 20	
5	电气强度		MV/m	≥ 30	GB/T 1408.1
6	体积电阻率		$\Omega \cdot m$	$\geq 1 \times 10^{12}$	GB/T 1410
7	耐热老化		%	≥ 75	SY/T 0414
8	吸水率		%	≤ 0.2	SY/T 0414
9	水蒸汽渗透率 (24h)		mg/cm ²	≤ 0.45	GB/T 1037
10	耐紫外光老化 (600h)		%	≥ 80 (基膜拉伸强度、断裂伸长的保持率)	SY/T 0413

附 录 N
(规范性附录)

涂装作业中产生缺陷的原因及其防止措施

N.1 涂装作业中产生缺陷的原因及其防止措施见表 N.1。

表 N.1 涂装作业中产生缺陷的原因及其防止措施

缺 陷	原 因	防止措施
黏稠度升高 凝胶化	长期储存；储存温度高；容器密封性不良；储藏的容器空间过大；添加不适当的溶剂；混入异种涂料	储存于阴凉通风库内；加强库内管理；控制涂料调配
结皮	储存中温度高；容器密封不良；储存的容器空间过大；干燥剂过量；粘度过高	改善涂料的储存状况
颜料沉淀	长期储存；储存温度高；不适当的稀释剂或过量稀释	加强库内管理；改善储存状况；控制涂料调配
刷痕	长期储存；混入水分；黏度高；涂装时温度低	加强库内管理；控制涂料调配；改善涂装环境
干喷、拉丝	喷涂距离过大；喷嘴孔径小；喷涂压力过高；溶剂挥发速度过快	调整喷涂条件；使用挥发慢的稀释剂
缩边	涂料对被涂面湿润性不佳；油、水、汗等污染钢材表面；温度低、湿度大	加强钢材表面的处理；刷子和压缩空气保持清洁；改善涂装环境
流挂	涂层过厚；喷涂温度高；稀释剂过量；喷涂距离小；用刷操作不当	改善涂装工艺操作
发白	溶剂挥发温度降低；空气中的水分冷凝于涂面；水分混入涂料或涂膜内	使用防潮剂；避免在高温度环境涂装；钢材表面可适当加热
桔皮面	溶剂挥发过快；稀释剂使用不当；喷涂压力过高；喷嘴孔径不合格；涂膜过厚；粘度高；通风过度	控制涂料调配；改善涂装环境
失光	过度稀释，加入不适当稀释剂；表面粗糙度大；涂覆过薄	控制涂料调配；控制被涂表面处理
浮色	涂料中含有比重和分散度显著不同的颜料，辊磨不充分；沉淀颜料没有充分搅拌；含多量低沸点溶剂或稀释剂	控制涂料配比；涂料充分搅拌；不能过分稀释
起皱	油性和油改性涂料层过厚；钴类干燥剂用量过多；表面干燥过快	控制涂覆量；适当使用干燥剂
固化不良	被涂面受润滑油、切削油、石蜡、清洗剂等污染；被水泥粉末等污染的面上用油性涂料涂装；在未充分固化的涂膜上重涂；错用固化剂；加入不适当稀释剂；用油性涂料和油改性涂料涂层过厚；低温涂装；未固化涂膜面上受雨、露、霜等的作用	彻底清理被涂面；选用耐碱性涂料；控制涂层间隔时间；控制涂料配比；充分搅拌；控制涂层厚度；避免在不适当的气象条件下涂装
咬底、鼓泡	面层涂料中的溶剂使底层漆膜软化膨胀、缩孔、露底、起皱、裂缝和剥离产生起泡；底漆未干；曝晒	各层涂料合理配套使用、调整涂层间隔时间
针孔	高黏度涂料搅拌后含有气泡；高粘度涂料稀释时搅拌不充分；加入不适当稀释剂；无涂料喷；低温涂装	静置，加温充分搅拌；改善涂装环境；控制涂料调配

附 录 P
(资料性附录)

地上设备、管道及其附属钢结构涂层质量检查记录

P.1 地上设备、管道及其附属钢结构涂层质量检查记录格式见表 N.1。

表 P.1 地上设备、管道及其附属钢结构涂层质量检查记录

地上设备、管道及其附属钢结构 涂层质量检查记录		工程名称: 单元名称:
工 程 类 别		
涂装设计要求		
检 查 项 目	检 查 情 况	检 查 结 果
脱皮、漏涂、返锈、气泡、透底		
针 孔		
流坠、皱皮		
光亮与光滑		
分 色 界 限		
颜 色、刷 纹		
涂装道数和漆膜厚度		
检 查 意 见		
施 工 班 组		质 检 员
年 月 日		年 月 日

附 录 Q
(资料性附录)
埋地设备、管道涂层质量检查记录

Q.1 埋地设备、管道涂层质量检查记录格式见表 Q.1。

表 Q.1 埋地设备、管道涂层质量检查记录

埋地设备、管道 涂层质量检查记录		工程名称: 单元名称:	
工 程 类 别			
防腐结构及等级			
检 查 项 目		检 查 情 况	检 查 结 果
感 观 检 查	表面平整		
	气 泡		
	流 挂		
	漏 涂		
	针 孔		
电 火 花			
粘结力/附着力			
涂 层 厚 度			
检 查 意 见			
施 工 班 组		质 检 员	
年 月 日		年 月 日	

用 词 说 明

对本标准条文中要求执行严格程度用的助动词，说明如下：

- （一）表示要求很严格、非这样做不可并具有法定责任时，用的助动词为“必须”（must）。
- （二）表示要准确地符合标准而应严格遵守时，用的助动词为：
 - 正面词采用“应”（shall）；
 - 反面词采用“不应”或“不得”（shall not）。
- （三）表示在几种可能性中推荐特别合适的一种，不提及也不排除其他可能性，或表示是首选的但未必是所要求的，或表示不赞成但也不禁止某种可能性时，用的助动词为：
 - 正面词采用“宜”（should）；
 - 反面词采用“不宜”（should not）。
- （四）表示在标准的界限内所允许的行动步骤时，用的助动词为：
 - 正面词采用“可”（may）；
 - 反面词采用“不必”（need not）。

中华人民共和国石油化工行业标准

石油化工涂料防腐蚀工程 施工及验收规范

SH/T 3548—2024

条 文 说 明

2024 北京

目 次

1 范围 37

3 术语和定义 37

4 基本规定 37

5 防腐蚀材料 39

6 钢材表面处理 39

7 防腐蚀涂层 39

8 安全、健康及环保要求..... 41

9 施工过程及交工技术文件 41

石油化工涂料防腐蚀工程施工及验收规范

1 范围

在石油化工装置中,一般钢制设备、管道及其附属钢结构均需要进行防腐蚀的处理,采用涂料进行防腐蚀应用最广泛。而由于石油化工装置是设备、管道的内表面有些也需要进行防腐,但内表面防腐与外表面进行防腐的施工工艺及施工要求也不尽相同,因此本标准只规定其外表面的涂料防腐蚀,规定了石油化工钢制设备、管道及钢结构从表面处理到防腐层施工的技术要求、质量验收标准。

本标准中的“附属钢结构”是指石油化工安装设计图纸中涉及设备、管道附属的钢结构。区别于石油化工土建设计图纸中涉及的钢结构。对于土建设计图纸中涉及的钢结构防腐执行 SH/T 3603。

防腐蚀的方法有许多种,其中涂料防腐蚀由于选择性宽、可用范围广、应用施工方便、节省能源等优点,迄今为止仍是最有效、最经济和应用最普遍的方法。

根据调查,国内已有性能可靠,耐温达到 500℃ 以上的涂料产品,在 SH/T 3022 规范中未包括表面温度超过 500℃ 的设备和管道的外表面涂料防腐蚀,但经查阅相关资料,涂料的施工技术规程要求是相近的,因此本标准对表面温度超过 500℃ 的涂料也包括在内。

本标准不适用于长输管道及钢质石油储罐的涂料防腐蚀工程,是基于长输管道的防腐种类很多,且 GB 50369 对长输管道的防腐有详细的规定。

本次标准修订不适用范围增加了钢质石油储罐的涂料防腐蚀工程。是考虑到钢质石油储罐内外都需要防腐。而本标准只是针对设备、管道外表面防腐。并且钢质石油储罐防腐工程有 GB/T 50393。

3 术语和定义

本标准给出了 11 个有关涂料防腐蚀施工的特定术语和定义,这些术语都是从涂料防腐蚀施工的角度赋予的定义。其中“涂膜”、“底层”、“中间漆或中间层”、“面层或面漆”是增加术语。

3.1 涂料俗称“油漆”,由于早期大多以生漆和桐油为主要原料,故有“油漆”之称。随着石油化工和有机合成工业的发展,涂料原材料日新月异,各种合成树脂在涂料工业中得到广泛应用,涂料的性能得到了极大的提高,应用范围也得到了扩展。常在具体涂料品种名称中用“漆”字表示“涂料”,如调合漆、底漆等。以防腐为主要功能的涂料称为防腐涂料。

3.2 涂装是指将涂料涂覆到物体表面(又称“基底”、“被涂物”),经固化成膜的工艺。涂装工艺由涂前表面处理、涂覆、干燥固化三个基本工序组成。

3.3 为了获得性能良好的涂层,钢材表面经喷射处理后,不仅要达到规定的清洁度,还要具备一定的表面粗糙度,使涂层可以在钢材表面上具有更好的附着力。表面粗糙度的评定有多种方法,其中常用的比较样块 Clemtex、Kean-tator 表面轮廓对比仪以及 Rugotest No. 3 等。

3.4、3.8 涂层也称涂膜、漆膜,涂层是指一道涂覆所得到的连续膜层,而漆膜一般是由一遍或几遍涂层构成,漆膜也称“涂膜”。

3.6 附着力包括两个方面,首先是涂层与钢材表面的附着力,其次是涂层本身的内聚力,这两者对于涂层的防护作用来说是缺一不可的。涂层在钢材表面的附着力强度越大越好,涂层本身坚韧致密的漆膜,才能起到良好的阻挡外界腐蚀因子的作用。涂层不能牢固地附着于钢材表面,再完好的涂层也起不到作用;涂层本身的内聚力差,漆膜容易开裂而失去保护作用。

用。这两者共同决定涂层的附着力，构成决定保护作用的关键因素。

附着力的测试方法包括划圈法、划×法或划格法、拉开法。GB/T 1720 规定中的划圈法主要用于实验室内对试板上的涂层进行附着力测定，适用于施工现场检测附着力的方法主要有刀具划×或划格法以及拉开法。防腐蚀涂层的附着力测试时，如果划×法和划格法测试结果不理想时，拉开法可以作为主要的参考方法。

用划×法或划格法，美国材料试验协会制定的 ASTM D 3359-02 适用于干膜厚度高于 125μm 的情况，对最高漆膜厚度没有做出限制，而相对应的划格法通常适用于 250 μm 以下的干膜厚度。测试所用的工具比较简单，锋利的刀片，25 mm 的半透明压敏带，橡皮擦及照明灯源。

拉开法是评价附着力的最佳测试方法，应用的标准有以 GB 5210 及 ISO 4624: 2002，ASTM D 4514。拉开法测试仪器有机械式和液压/气压驱动两种类型。典型的测试仪器有 Eicometer 106 型（机械式）和 Eicometer 108 型（液压型）以及 PAT M01（液压型）。

3.9、3.10、3.11 底漆（也称“底层”）是整个涂层系统中极重要的基础。中间漆（也称“中间层”）的主要作用是与底漆或面漆形成良好的附着，以提高涂层的屏蔽性能。面漆（也称“面层”）的主要作用是作涂层的保护，并有装饰的作用。

3.12 增加“干膜厚度”的定义，考虑到质量检查及验收中“干膜厚度”是一个重要指标，因此增加此指标的定义。

4 基本规定

4.1.1 根据住建部 2014（159 号）第 18 项“防水防腐保温工程专业承包资质标准”，防腐蚀工程施工企业需要有相应施工资质。

4.1.6 按常规奥氏体不锈钢、镀锌表面不应涂漆，但根据国外的资料规定及外资项目的要求，对奥氏体不锈钢表面、镀锌表面也有要求涂合金底漆的，本标准不作强制性规定，但对于已精加工的表面，塑料或涂变色漆的表面，铭牌、标志板或标签就不应涂漆。

4.1.7 管件在出厂前，制造厂在管件的外壁涂刷了一层防锈油或防锈漆，短期内能有效防止管件的锈蚀，但长周期不能起到防腐蚀的效果，加上工艺温度不同，防锈油或防锈漆不能耐高温，导致防锈油会脱落，因此管件到工地后，应先将旧漆层除去，再按设计文件的规定，按管道的防腐蚀工艺要求进行除锈及配套的防腐蚀涂料涂装。

4.1.10 露点温度的确定步骤是，先用温湿度计测定环境的温度和相对湿度，查附录 A 直接得出露点温度。如果环境温度和相对湿度是小数位，可采用“内插法”计算得出露点温度；涂装施工环境的选择，直接影响涂装质量。由于目前涂料的新产品很多，性能也有了极大的改善，对施工环境温度及湿度本规程没有作出硬性规定，以符合产品技术文件的要求为宜。

4.1.11 本条是根据 SH/T 3508，并结合涂料防腐蚀施工的特点和检验项目对质量的影响划分主控项目和一般项目。

5 防腐蚀材料

5.1 造成防腐蚀涂层寿命缩短原因有很多，在选用涂料时，要对涂料的适应性、配套性、安全性和施工性能等方面进行综合考虑，才能使防腐蚀涂层对钢材表面起一有效的保护作用，并达到一定的使用寿命。增加了环氧煤沥青冷缠带结构与厚度见表 7.3.1-1。环氧煤沥青防腐等级的结构与厚度见表 7.3.2。改性厚浆型环氧涂料防腐等级的结构与厚度见表 7.3.4。

5.2 涂料在生产和使用过程中，质量检验非常重要。随着涂料品种和用途的扩大，涂料的各种检测项目也日益增多。但如果每一品种的涂料要测试全部的项目由于部分项目测试时间长，另外测试费用高，因此是不合理的。本条只提出测试项目的测试标准，在实践工程中，是否要测试该项目，由建设、设计、监理及施工等各方可根据工程实际情况在合同、设计文

件或共同商定后提出复测项目要求。

目前国内防腐蚀涂料的生产厂家很多，有的产品质量得不到保证，因产品质量不合格而导致的事故也时有发生。工程所用的防腐蚀涂料种类很多，同一种类的产品各生产企业又有众多的商业牌号，其性能也各有差异，由于新材料、新产品不断出现，很多品种目前尚无国家标准。为防止不合格材料或不符合设计文件要求的材料用于工程施工，本条规定“防腐蚀材料应具有产品质量证明文件和检验报告”。当对产品质量有怀疑时，应进行抽样复验。

6 钢材表面处理

6.1.1 钢材表面锈蚀等级判断的目的，是在钢材表面处理后，与 GB/T 8923 标准照片进行对比来判断是否达到了规定的除锈等级。

表面处理对于涂装质量是非常重要的，要使防腐蚀涂层能达到理想的防腐蚀效果，涂装前的表面处理是首要条件。表 6.1.1 是涂装界总结的涂装工艺的各个环节对涂层质量的影响和所占比例。

表 6.1.1 涂层质量的影响因素和所占的比例

影响因素	所占比例 %	影响因素	所占比例 %
表面处理质量	49	涂装方法和技术	20
涂层层次和膜厚	19	环境条件	7
选用的同类品种质量的差异	5	—	—

从上表可以看出，表面处理质量在涂装的各种因素中对涂层质量的影响占有非常重要的作用，几乎涂层质量的 50% 取决于表面处理的水平，对防腐蚀涂装而言，表面处理的作用则更为重要。

6.1.2 除锈等级的分级是依据 GB/T 8923 确定，以与钢材表面外观最接近的照片所标示的除锈等级作为评定结果。本条增加 Sa1 级：轻度的喷射清理。主要用于设计有要求时不锈钢表面的喷射清理。影响钢材表面外观除锈等级目视评定结果的因素很多，其中主要有：

- a) 喷射或抛射除锈所使用的磨料，手工和动力工具除锈所使用的工具；
- b) 不属于标准锈蚀等级的钢材表面锈蚀状态；
- c) 钢材本身的颜色；
- d) 因腐蚀程度不同造成各部位粗糙度的差异；
- e) 表面不平整，例如有凹陷；
- f) 工具划痕；
- g) 照明不匀；
- h) 喷射或抛射除锈时，因磨料冲击表面的角度不同造成的阴影；
- i) 嵌入表面的磨料。

6.1.3 涂装前表面处理质量的好坏直接影响着防腐蚀涂层施工的质量。本规程的表面锈蚀等级及除锈等级是根据 GB/T 8923 确定的，也可根据 GB/T 8923 的典型样板照片确定表面锈蚀等级和除锈等级。下面将使用方法归纳如下：

- a) 将需除锈的钢表面与表示锈蚀等级的照片作对照，按最接近钢表面锈蚀程度的照片确定钢表面的锈蚀等级；
- b) 按选用涂料的种类和设计文件规定的除锈等级确定除锈方法；
- c) 根据表面锈蚀等级，从 GB/T 8923 中查出代表该表面除锈等级的照片名称；如某设备钢表面的锈蚀等级为 C 级，除锈等级为 Sa2.5 级，就可以在 GB/T 8923 中查出

代表该钢材除锈质量的 Sa2.5 的照片, Sa2.5 就代表了该钢表面除锈后应具有的外观;

d) 将除锈后的钢表面与查找出来的照片进行对比, 评价除锈质量;

e) 也可以用合格的标准样板代替标准照片评价钢表面的除锈质量。

6.1.4 粗糙度是一个表面的特性参数。一般来说, 要保证附着力就要确保表面粗糙度, 但是粗糙度又不能过大, 如果表面过于粗糙, 就不能被涂料很好地浸润, 凹处残留的空气、水分等会对涂膜的附着产生不良影响, 另外粗糙度过大容易造成波峰处的涂膜较薄。因此综合有关资料的要求, 对常用涂料提出表面的粗糙度 R_z 宜为 $40\ \mu\text{m}\sim 75\ \mu\text{m}$ 。

R_z 表述来自德国标准 DIN 4768, 是指波峰到波谷的平均值, 上、下各取 5 个点, 求其算术平均值。

6.2.1 本标准提供了常用的四种除锈的方法, 手动工具除锈法和动力工具除锈法主要用于现场焊道及喷射除锈不易处理的边角。

手动工具除锈法是采用敲锈榔头等工具除掉表面上的厚锈和焊接飞溅物, 再用钢丝刷、铲刀等工具刷、刮或磨, 清除金属表面上松动的氧化皮、浮锈和旧涂层。

动力工具除锈法是利用压缩空气或电能为动力, 使除锈工具产生往复式或圆周式的运动, 当与钢材表面接触时, 利用其磨擦力和冲击力来清除铁锈和氧化皮等物。

除锈的方法还有很多种, 根据调查, 国内防腐蚀表面处理中最常用的是本标准提出的四种方法, 另外如湿喷射法, 由于不能产生一定的粗糙度, 会有闪锈产生, 国内施工企业几乎不采用湿喷射法, 故本标准未列入此法。

抛射除锈法是利用抛射机叶轮中心吸入磨料和叶尖抛射磨料的作用, 磨料在抛射机的叶轮内, 由于自重的作用, 经漏斗进入分料轮, 而同叶轮一起高速旋转的分料轮使磨料分散, 并从定向套口飞出。从定向套口飞出的磨料被叶轮再次加速后, 射向钢材表面, 以高速的冲击和磨擦除去钢材表面的锈和氧化皮等污物。

干喷射除锈法是利用经过油、水分离处理过压缩空气将磨料带入并通过喷嘴以高速喷向钢材表面, 利用磨料的冲击和磨擦力除去钢材表面的氧化皮、锈及污物等的过程。

6.3.1 表面处理质量在涂装的各种因素中对涂层质量的影响占有非常重要的作用, 几乎涂层质量的 50% 取决于表面处理的水平, 对防腐蚀涂装而言, 表面处理的作用则更为重要。因此在表面处理后, 应运用质量保证体系的概念, 上道工序不合格不允许进入下一道工序, 对表面处理质量的检查是总体工程质量检查的组成部分。

6.3.3 本条规定了表面处理的检查数量。钢结构按类别检查, 类别是指设备本体附属钢结构、劳动保护、管支架、塔架和管筒、框架、管廊钢架、桁架及网架。

7 防腐蚀涂层

7.1 本次标准修订增加了防腐蚀涂层施工一般规定及施工要求。石化行业标准 SH/T 3606 已经转化为中石化企标《炼化工程涂料防腐蚀工程施工技术规程》。该标准已编制完毕通过审查, 即将发布。本次标准名称已改为《石油化工涂料防腐蚀工程施工及验收规范》。这次标准修订融合了中石化一级企标《炼化工程涂料防腐蚀工程施工技术规程》中施工技术要求内容。

7.1.1、7.1.2 本标准中提到的焊接施工完毕, 包括热处理和焊道检验等施工工序。

7.1.2 将焊道两侧的涂层作成阶梯状接头便于对涂装道数的检查, 同时也有利于补涂时进行各层的配套。按照基本建设施工程序, 在工序交接时, 对上一工序的完工情况和隐蔽工程要及时进行质量的检查验收并办理中间工序交接手续。否则不得开始下一道工序的施工。

防腐蚀工程一般是整个工程中的最后一道工序。做好对上一工序的检查交接工作, 是加强系统工程的质量管理的组成部分, 在保证防腐蚀工程质量、避免返工浪费、延长工程使用

年限等方面都起着极大的作用。

设备和管道在进行焊接时，对焊接处需进行焊前预热和焊后热处理，并按要求进行焊缝检验和管道系统试验。如果先对焊道处进行涂装，将直接影响这些工作的进行，而且热处理会造成漆膜的破坏。因此，在这些工作完毕后再进行焊道涂装是合理的。

7.1.4 为了进一步提升表面处理隐蔽工程质量验收，本条增加了防腐施工过程中中间检查。

7.3 本标准修订删除了石油沥青涂料的配制与施工。考虑到石油沥青不环保，对人体健康造成危害。

7.4 由于损伤面长度小于 100 mm 时补伤，用相同的防腐层材料，施工很难，因此规定小于 100 mm 时，可用涂料修补。

7.5 成品保护

本标准修订增加了成品保护规定。设备、管线防腐后应加强成品保护。从管段堆放、装卸、运输等应采取防腐层不受损伤的防护措施，防止损伤防腐层。已涂沥青涂料的管道，在炎热天气应采取措施，避免阳光直接照射。管道周围应做好防水排水处理。埋地用聚乙烯胶黏带防腐管露天堆放时，应遮盖。

埋地防腐管运抵施工现场后，露天存放时间超过 3 个月时应采取防护措施。埋地用聚乙烯胶黏带防腐管露天堆放，存放时间不宜超过 3 个月。

管道下沟及回填时，应注意避免下沟工具、石块等损伤管道防腐层。管沟沟底应平整，且没有石块或其他可能损伤防腐层的物质。

8 安全、健康及环保要求

8.1 有关涂料防腐蚀施工作业应遵守的规定，在 GB/T 50484 中均有所要求，本标准仅对一些特别要引起重视和需要注意的操作环节、防火要求、人员劳动环境和特殊需要的重点内容加以列条规定。

8.2 规定了涂料专用仓库的防火防爆要求。经验证明，仓库管理不严、防火防爆设施不落实，是引起仓库火灾的主要原因。此外，仓库内住人，在发生火灾、爆炸事故时会造成人员伤亡扩大，故禁止把仓库当做宿舍。

8.3 涂料中均含有挥发性溶剂，且易燃易爆，因此在其作业场所，应禁止有明火或电火花作业，作业人员应穿防静电的工作服。

9 施工过程及交工技术文件

9.1 该条增加了施工过程质量控制技术文件要求。应与涂料防腐蚀工程进度同步完成，并应符合 SH/T 3543 的规定。