

ICS 号  
中国标准文献分类号

# 团 体 标 准

T/CHTS XXXXX-XXXX

## 公路桥梁钢结构石墨烯改性 防腐涂料

Graphene Modified Protective Coating for Highway Bridge

Steel Structure

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国公路学会 发布

团体标准

公路桥梁钢结构石墨烯改性防腐涂料

Graphene Modified Protective Coating for Highway Bridge

Steel Structure

T/CHTS XXXXX-20XX

(征求意见稿)

主编单位：中交高新科技产业发展有限公司

发布单位：中国公路学会

实施日期：××××年××月××日

××××××(出版单位)

# 中国公路学会关于发布《公路桥梁钢结构 石墨烯改性防腐涂料》的

## 公 告

×××× (文号)

现发布中国公路学会标准《公路桥梁钢结构石墨烯改性防腐涂料》(T/CHTS ×××××—×××××), 自××××年××月××日起实施。

《公路桥梁钢结构石墨烯改性防腐涂料》(T/CHTS ×××××—×××××)的版权和解释权归中国公路学会所有, 并委托主编单位中交高新科技产业发展有限公司负责日常解释和管理工作。

中国公路学会

××××年××月××日

## 前 言

石墨烯改性防腐涂料具有轻薄高效、长效防腐的特点，有着良好的推广应用前景，为进一步规范石墨烯改性防腐涂料的技术质量要求，促进产品标准化和产业化，特制定本标准。

本标准按照《中国公路学会标准编写规则》(T/CHTS 10001)编写，本标准共 8 章、6 个附录，主要内容包括：范围，规范性引用文件，术语和定义，分类、规格和型号，技术要求，试验方法，检验规则，标志、包装和贮存。附录包括：腐蚀环境分类，结构防腐蚀设计要求，涂层配套体系设计，施工，质量验收，养护。

本标准实施过程中，请将发现的问题和对标准的意见、建议反馈至中交高新科技产业发展有限公司（地址：陕西省西安市高新区高新六路 60 号，联系方式：13679246977，电子邮箱：314866442@qq.com），供修订时参考。

本标准由中交高新科技产业发展有限公司提出，受中国公路学会委托，由中交高新科技产业发展有限公司负责具体解释工作。

主编单位：中交高新科技产业发展有限公司

参编单位：xxxxxx、xxxxxx、xxxxxxxxxx、xxxxxxxxxx、xxxxxx

主要起草人：xxx、xxx、xxx

主要审查人：xxx、xxx、xxx

# 目 录

1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	2
3 术语.....	5
4 分类、型号与规格.....	6
5 技术要求.....	8
6 试验方法.....	11
7 检验规则.....	14
8 包装、标志和贮存.....	17
附录 A 腐蚀环境分类（资料性附录）.....	18
附录 B 结构防腐蚀设计要求（资料性附录）.....	20
附录 C 涂层配套体系设计（规范性附录）.....	24
附录 D 施工（规范性附录）.....	26
附录 E 质量验收（规范性附录）.....	30
附录 F 养护（规范性附录）.....	32

# 公路桥梁钢结构石墨烯改性防腐涂料

## 1 范围

本标准规定了公路桥梁钢结构石墨烯改性防腐涂料产品的术语和定义，分类、规格和型号，技术要求，试验方法，检验规则，标志、包装和贮存等内容。

本标准适用于涂装公路桥梁钢结构的石墨烯改性防腐涂料产品，涂装铁路、市政等其它领域桥梁钢结构以及类似条件下的钢结构的石墨烯改性防腐涂料产品也可参照执行。

本标准适用于以环氧树脂和固化剂或碱金属硅酸盐为主要成膜物质，添加石墨烯粉体材料、锌粉（包含球状和鳞片状锌粉）、溶剂等组成的多组份涂料。该涂料用于钢铁基材的防腐涂装。

本标准适用于不挥发物中金属锌含量高于 30%的石墨烯改性防腐涂料。

中国公路学会标准征求意见稿

## 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，仅所标注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，以截至本标准颁布时间的最新版本（包括所有的修改单）应用于本文件。

GB/T 1480 金属粉末粒度组成的测定 干筛分法

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 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 1741 漆膜耐霉菌性测定法

GB/T 1766 色漆和清漆涂层老化的评级方法

GB/T 1771 色漆和清漆耐中性盐雾性能的测定

GB/T 1865 色漆和清漆人工气候老化和人工辐射暴露（滤过的氙弧辐射）

GB/T 2705 涂料产品分类和命名

GB/T 3186 色漆、清漆和色漆与清漆用原材料取样

GB/T 3521 石墨化学分析方法

HG/T 3668 富锌底漆

GB/T 4612 塑料 环氧化合物 环氧当量的测定

GB/T 5210 色漆和清漆拉开法附着力试验

GB/T 6739 色漆和清漆 铅笔法测定漆膜硬度

GB/T 6742 色漆和清漆弯曲试验（圆柱轴）

GB/T 6750 色漆和清漆密度的测定比重瓶法

GB/T 6890 锌粉

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

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锈蚀等级和处理等级

GB/T 9271 色漆和清漆标准试板

GB/T 9274 色漆和清漆耐液体介质的测定

GB/T 9278 涂料试样状态调节和试验的温湿度

GB/T 9750 涂料产品包装标志

GB/T 10610 产品几何技术规范（GPS）表面结构轮廓法评定表面的结构的规则和方法

GB/T 13288.1 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 1 部分：  
用于评定喷射清理后钢材表面粗糙度的 ISO 表面粗糙度比较样块的技术要求和定义

GB/T 13452.2 色漆和清漆漆膜厚度的测定

GB/T 13491 涂料产品包装通则

GB/T 17850.1 涂覆涂料前钢材表面处理喷射清理用非金属磨料的技术要求第 1 部分：  
导则和分类

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 18570.6 涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的评定试验第 6 部分：可溶性杂质  
的取样 Bresle 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 18838.1 涂覆涂料前钢材表面处理喷射清理用金属磨料的技术要求导则和分类

GB/T 23985 色漆和清漆挥发性有机化合物（VOC）含量的测定差值法

GB/T 31416 色漆和清漆 多组分涂料体系适用期的测定 样品制备和状态调节及试验指  
南

GB/T 50205 钢结构工程施工质量验收规范

ISO 9001 质量管理体系 要求

ISO 12944.2 色漆和清漆防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护第二部分：环境分类

ISO 12944.3 色漆和清漆防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护第三部分：设计内容

ISO 12944.7 色漆和清漆防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护第七部分：涂装工作的实  
施和监管

ISO 12944.9 色漆和清漆防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护第九部分：海上建筑



T/CGIA 001 石墨烯材料术语和代号

T/CGIA 002 含有石墨烯材料的产品命名指南

中国公路学会标准征求意见稿

### 3 术语

#### 3.1 石墨烯 graphene

每一个碳原子以  $SP^2$  杂化与三个相邻碳原子键合形成的蜂窝状结构的碳原子单层。

#### 3.2 石墨烯材料 graphene materials

由不超过 10 层的石墨烯单独或紧密堆垛构成的二维材料及其改性产物。

#### 3.3 石墨烯改性防腐涂料 graphene modified protective coating

一种加有微量石墨烯粉体材料，具有高耐腐蚀性的涂料。

中国公路学会标准征求意见稿

## 4 分类、型号与规格

### 4.1 腐蚀环境分类

见附录 A

### 4.2 使用范围分类

按涂装部位分为 5 类：

4.2.1 外表面；

4.2.2 非封闭环境内表面；

4.2.3 封闭环境内表面；

4.2.4 钢桥面；

4.2.5 附属钢构件，包括防撞护栏、扶手护栏及底座、灯座、泄水管、钢路缘石、检修车等。

### 4.3 涂装阶段分类

4.3.1 初始涂装

新建桥梁钢结构的初次涂装（包含二年缺陷责任期内的涂装）；

4.3.2 维修涂装

桥梁在其运营全过程中对涂层进行的维修保养；

4.3.3 重新涂装

彻底的除去旧涂层、重新进行表面处理后，按照完整的涂装规格进行的涂装。

#### 4.4 按防腐涂料规格和型号分类

防腐涂料规格和型号分类见表 4.1。

表 4.1 石墨烯改性防腐涂料分类

分类					
按漆基类型分类		按溶剂类型分类		按不挥发分中金属锌的含量分类	
I型	无机石墨烯改性防腐涂料	溶剂型	溶剂为有机溶剂	含锌涂料	$\geq 30\%$ , $< 60\%$
				富锌涂料	$\geq 60\%$
		水性	溶剂为水	含锌涂料	$\geq 30\%$ , $< 60\%$
				富锌涂料	$\geq 60\%$
II型	有机石墨烯改性防腐涂料	溶剂型	溶剂为有机溶剂	含锌涂料	$\geq 30\%$ , $< 60\%$
				富锌涂料	$\geq 60\%$
		水性	溶剂为水	含锌涂料	$\geq 30\%$ , $< 60\%$
				富锌涂料	$\geq 60\%$

中国公路学会标准

## 5 技术要求

### 5.1 石墨烯改性防腐涂料底漆的技术要求

石墨烯改性防腐涂料底漆的技术要求见表 5.1。

表 5.1 石墨烯改性防腐底漆的性能指标

项目	技术指标			
	I型		II型	
	含锌涂料	富锌涂料	含锌涂料	富锌涂料
在容器中状态	粉料：应呈微小的、均匀粉末状态； 液料、浆料：搅拌混合后应无硬块，呈均匀状态。			
VOC/ (g/L) <	420			
密度/ (g/ml)	商定值±0.10			
不挥发分中金属锌含量/%	≥30, <60	≥60	≥30, <60	≥60
适用期/h	5			
干燥时间/h				
表干≤	1		2	
实干≤	8		24	
施工性	施工无障碍			
涂膜外观	正常			
耐冲击性/cm	/		50	
附着力（拉开法）/MPa≥	3		6	
中性盐雾 试验	大气腐蚀性等级 (C1~C3)	720h 划痕处单向扩蚀≤1.5mm，未划痕区不起泡、不生锈、不开裂、不剥落等现象		
	大气腐蚀性等级 (C4~CX)	1440h 划痕处单向扩蚀≤1.5mm，未划痕区不起泡、不生锈、不开裂、不剥落等现象		

### 5.2 石墨烯改性防腐涂层体系的技术要求

#### 5.2.1 涂层体系防腐年限要求

1 除了附属钢构件，其它部位涂层体系保护年限设计要求分为两类：第一类，不低于 15 年；第二类，不低于 30 年。

2 在涂层体系保护年限内,涂层 95% 以上区域的锈蚀等级不大于 GB/T 1766 规定的 Ri2 级,无起泡、剥落和开裂现象。

### 5.2.2 涂层体系性能指标要求

涂层体系性能指标要求见表 5.2。

表 5.2 涂层体系性能要求

腐蚀环境	设计寿命/年	耐水性/h	耐盐水性/h	耐化学品性能/h	附着力/MPa	耐盐雾性能/h	人工加速老化/h
C3	≥15	72	—	-	≥5	500	500
	≥30	144	-	-		1000	1500
C4	≥15	144	240	72		500	600
	≥30	240	240	72		2000	3000
C5	≥15	240	240	240		2000	1000
	≥30	240	240	240		3000	4000
CX	≥15	240	240	240		3000	2000
	≥30	240	240	240		4000	4000

注 1: 耐水性、耐盐水性涂层试验后, C3、C4、C5、CX 腐蚀环境下漆膜外观无变化;  
 注 2: 耐化学品性能涂层试验后不生锈、不起泡、不开裂、不剥落, 允许 1 级变色和 1 级失光;  
 注 3: 人工加速老化性能涂层试验后不生锈、不起泡、不剥落、不开裂、不粉化, 允许 2 级变色和 2 级失光, 拉开法附着力不低于原值的 50%, 并且基材或金属涂层和第一道涂层之间不能发生任何附着失效, 除非拉开法附着力≥6MPa;  
 注 4: 耐盐雾性涂层试验后不起泡、不剥落、不生锈、不开裂, 拉开法附着力不低于原值的 50%, 并且基材或金属涂层和第一道涂层之间不能发生任何附着失效, 除非拉开法附着力≥6MPa;

### 5.2.3 涂层体系的特殊要求

#### 1 涂层体系耐弯曲性

设计涂层厚度大于 200μm 的涂层体系需测试耐弯曲性能。按实际设计膜厚测试, 当膜厚不大于 400μm 时, 耐弯曲性(2.5°)无裂纹; 当设计膜厚大于 400μm 时, 耐弯曲性(2°)无裂纹。

#### 2 涂层体系低温耐弯曲性

应用于高寒地区的涂层体系需测定低温耐弯曲性，按实际设计膜厚测试，当膜厚不大于400 $\mu\text{m}$ 时，-40 $^{\circ}\text{C}$ 耐弯曲性(2.5 $^{\circ}$ )无裂纹；当设计膜厚大于400 $\mu\text{m}$ 时，-40 $^{\circ}\text{C}$ 耐弯曲性(2 $^{\circ}$ )无裂纹。

### 3 涂层体系耐霉菌性

潮湿应用环境下用于钢箱梁内壁涂层应提供耐霉菌性指标，满足使用要求。

中国公路学会标准征求意见稿

## 6 试验方法

### 6.1 试验样板的制备

#### 6.1.1 试验样板的规格要求

- 1 试验用马口铁板、钢板应符合现行《色漆和清漆标准试板》(GB/T 9271)的要求。
- 2 马口铁板的处理按现行《色漆和清漆标准试板》(GB/T 9271)中 4.3 的规定进行。
- 3 钢板进行喷射处理,其除锈等级达到现行《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锈蚀等级和处理等》(GB/T 8923.1)中规定的 Sa2 ½级,表面粗糙度达到现行《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 1 部分:用于评定喷射清理后钢材表面粗糙度的 ISO 表面粗糙度比较样块的技术要求和定义》(GB/T 13288.1)的规定的中级,即丸状磨料 Ry(40~70) μm,棱角状磨料 Ry(60~100) μm。

#### 6.1.2 涂料取样

石墨烯改性防腐涂料按现行《色漆、清漆和色漆与清漆用原材料取样》(GB/T 3186)规定取样,也可按照商定的方法取样。取样量根据检验需要确定。

#### 6.1.3 试验样板的制备方法

- 1 样板的制备按表 6.1.3 的要求进行,采用与标准规定不同的底材、底材处理方法及样板制板方法时,应在试验报告中注明。

表 6.1.3 试验样板的制备

检测项目	底材类型	底材尺寸/mm	干膜厚度/μm	涂装要求
干燥时间	马口铁板	120×50×(0.2~0.3)	23±3	喷涂 1 道,除干燥时间外,耐冲击性在 GB/T 9278 规定条件下养护 48h
耐冲击性能				
弯曲性能				
耐盐雾性能	喷砂钢板	120×70×(3~5)	90±10	喷涂 1~2 道,每道间隔 24h,GB/T 9278 规定条件下养护



附着力				14d
-----	--	--	--	-----

2 按现行《色漆和清漆漆膜厚度的测定》(GB/T 13452.2) 8 中规定的方法测定干涂层的厚度,以  $\mu\text{m}$  计。测量喷射处理钢板上干涂层厚度时,从试板上的上部、中部和底部各取不少于两次读数,读数时距离边缘至少 10mm,去掉异常数据,取这些读数的平均值。

3 涂层体系样板制备好后,在温度  $23^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度(50±5)%的标准试验环境条件下养护 14d 后进行性能测试。

## 6.2 性能指标检测

### 6.2.1 耐水性

耐水性按现行《漆膜耐水性测定法》(GB/T 1733)的规定进行。

### 6.2.2 耐盐水性

耐盐水性按现行《色漆和清漆耐液体介质的测定》(GB/T 9274)的规定进行。

### 6.2.3 耐化学品性

耐化学品性按现行《色漆和清漆耐液体介质的测定》(GB/T 9274)的规定进行,使用溶液为 5%NaOH 和 5% $\text{H}_2\text{SO}_4$  水溶液。

### 6.2.4 附着力

附着力按现行《色漆和清漆拉开法附着力试验》(GB/T 5210)的规定进行,涂层试验后测试附着力试验后的样板均应在温度  $23^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度(50±5)%的标准试验环境条件下状态调节 14d 后测试。

### 6.2.5 耐盐雾性

耐盐雾性按现行《色漆和清漆耐中性盐雾性能的测定》(GB/T 1771)的规定进行。

#### 6.2.6 耐人工加速老化性

耐人工加速老化性按现行《色漆和清漆人工气候老化和人工辐射暴露(滤过的氙弧辐射)》(GB/T 1865)的规定进行。

#### 6.2.7 耐弯曲性

耐弯曲性按现行《色漆和清漆弯曲试验(圆柱轴)》(GB/T 6742)的规定进行。

#### 6.2.8 耐霉菌性

涂层体系耐霉菌性按现行《漆膜耐霉菌性测定法》(GB/T 1741)的规定执行。

#### 6.2.9 耐热性

涂层体系耐热性按现行《色漆和清漆 耐热性的测定》(GB/T 1735)的规定执行。

中国公路学会标准征求意见稿

## 7 检验规则

### 7.1 进厂检验

#### 7.1.1 检验项目和技术要求，如表 7.1.1 所示

表 7.1.1 原材料检验项目和技术要求

序号	检验项目	检验要求	试验方法
1	锌粉粒度	400 目	GB/T 1480
2	环氧当量	212~244g/eq	GB/T 4612
3	石墨烯含水量	<1%	GB/T 3521

#### 7.1.2 检验时间、频次、样品数量和结果判定原则

##### 1 原料入库前进行进厂检验

2 锌粉和环氧树脂以 1000Kg 为一批次，不足 1000Kg 按一批次计，石墨烯以 100Kg 为一批次，不足 100Kg 按照一批次计，每批次需要检验

3 抽样和样品数量按现行《色漆、清漆和色漆与清漆用原材料 取样》（GB/T 3186）规定进行

4 检验结果的判定按现行《数值修约规则与极限数值的表示和判定》（GB/T8170）中修约值比较法进行

#### 7.1.3 不合格项目、不合格品的处理方式

对不合格项目、不合格产品应按照现行《质量管理体系 要求》（ISO 9001）处理。

### 7.2 型式检验

#### 7.2.1 检验项目和技术要求，如表 5.1 所示

#### 7.2.2 抽样

抽样方案按照现行《质量管理体系 要求》(ISO 9001) 的规定进行。

样品数量按现行《色漆、清漆和色漆与清漆用原材料 取样》(GB/T 3186) 的规定进行。

### 7.2.3 试验方法及结果判定原则

试验方法如表 7.2.3 所示。

表 7.2.3 产品检验试验方法

序号	检验项目	试验方法
1	在容器中的状态	观察
2	施工性	观察
3	适用期	GB/T 31416
4	干燥时间	GB/T 1728
5	涂膜外观	观察
6	耐冲击性	GB/T 1732
7	附着力	GB/T 5210
8	耐中性盐雾试验	GB/T 1771

检验结果的判定按《数值修约规则与极限数值的表示和判定》(GB/T 8170) 中修约值比较法进行。

### 7.2.3 检验时机

- 1 新产品最初定型时
- 2 产品异地生产时
- 3 生产配方、工艺、关键原材料来源及产品施工配比有较大改变时
- 4 在正常生产情况下，耐盐雾性试验项目每四年检验一次，其它项目每年至少检验一次
- 5 长期停产后恢复生产时
- 6 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时
- 7 国家质量监督机构提出进行型式检验要求时

8 用户提出进行型式检验的要求时

### 7.3 出厂检验

7.3.1 检验项目和技术要求，如表 7.3.1 所示

表 7.3.1 产品检验项目和技术要求

序号	检验项目	检验要求	试验方法
1	在容器中的状态	粉料：应呈微小的、均匀粉末状态； 液料、浆料：搅拌均匀后应无硬块，呈均匀状态	观察
2	施工性	施工无障碍	观察
3	适用期	≥5h	GB/T 31416

7.3.2 检验时间、频次、样品数量和结果判定原则

1 应在产品入库前完成产品出厂检验

2 产品以 5000Kg 为一批，不足 5000Kg 仍按一批计次，每批次需要检验

3 抽样和样品数量按现行《色漆、清漆和色漆与清漆用原材料 取样》（GB/T 3186）规定进行

4 检验结果的判定按现行《数值修约规则与极限数值的表示和判定》（GB/T 8170）中修约值比较法进行

7.3.3 不合格项目、不合格品的处理方式

应检项目的检验结果均达到本标准要求时，该试验样品为符合本标准要求。

对不合格项目、不合格产品应按照现行《质量管理体系 要求》（ISO 9001）处理。

## 8 包装、标志和贮存

### 8.1 包装

包装应符合现行《涂料产品包装通则》(GB/T 13491)中的一级包装的要求。

### 8.2 标志

8.2.1 石墨烯改性防腐涂料的标志应符合现行《涂料产品包装标志》(GB/T 9750)的要求。

8.2.2 涂料包装容器应附有标签,注明产品的标准号、型号、名称、质量、批号、贮存期、生产厂名、厂址及生产日期。

### 8.3 贮存

制造商应在容器上标明涂料的贮存期。除非制造商另有说明或另有规定,涂料应存放在3~30°C温度下。涂料和稀释剂应储存在安全的地方。

涂料容器在涂料使用前应保持密封。除非制造商的产品手册另有说明,未使用完的涂料应重新密封。已用掉一部分的油漆的容器上应有清晰标记。

## 附录 A 腐蚀环境分类（资料性附录）

### A.1 大气腐蚀

大气腐蚀是在钢结构表面上一层湿膜内发生的过程。

### A.2 大气腐蚀性级别

大气腐蚀性级别见表 A.2。

表 A.2 大气腐蚀性级别

腐蚀 分级	单位面积质量损失/厚度损失（一年曝晒）				温和气候下典型环境实例	
	低碳钢		锌		外部	内部
	质量损失 g/m <sup>2</sup>	厚度损失 μm	质量损失 g/m <sup>2</sup>	厚度损失 μm		
C1 很低	≤10	≤1.3	≤0.7	≤0.1	—	加热的建筑物内部，空气洁净。如办公室、商店、学校和宾馆等。
C2 低	10~200	1.3~25	0.7~5	0.1~0.7	污染水平较低。大部分是乡村地区。	冷凝有可能发生的未加热的地方，如库房、体育馆等。
C3 中等	200~400	25~50	5~15	0.7~2.1	城市和工业大气，中等二氧化硫污染。低盐度沿海区。	具有高湿度和一些空气污染的生产车间，如食品加工厂、洗衣店、酒厂、乳品厂。
C4 高	400~650	50~80	15~30	2.1~4.2	中等盐度的工业区和沿海区。	化工厂、游泳池、沿海船舶和造船厂。
C5 很高	650~1500	80~200	30~60	4.2~8.4	高湿度和恶劣大气的工业区域和高含盐度的沿海区域。	冷凝和高污染持续存在的建筑物和地区。
CX	> 1500~5500	> 200~700	> 60~180	> 8.4~25	具有高含盐度的海上区域以及具有极高湿	具有极高湿度和侵蚀性大气的工

极端					度和侵蚀性大区的热带亚热带工业区域。	业区域。
----	--	--	--	--	--------------------	------

### A.3 在水和土壤中的腐蚀

当钢结构的一部分浸在水里或埋在土壤中时，腐蚀通常集中在腐蚀速率很高的一小部分位置。不推荐采用暴露试验来评估水和土壤环境的腐蚀性。然而，还是可以描述不同的浸水和埋土情况。水和土壤的腐蚀性级别见表 A.3。

表 A.4 水和土壤的腐蚀性级别

分类	环境	环境和结构的案例
Im1	淡水	河流上安装的设施，水力发电站
Im2	海水或微咸水	没有阴极保护的浸入式结构（例如：港口区域，如闸门、水闸或防波堤）
Im3	土壤	埋地储罐、钢桩和钢管
Im4	海水或微咸水	带有阴极保护的浸入式结构（例如海上结构）
注：注意腐蚀性类别 Im1 和 Im3，阴极保护可与涂料体系进行相应的测试。		



## 附录 B 结构防腐蚀设计要求（资料性附录）

### B.1 基材选择

B.1.1 材料的耐蚀性能要满足设备或物件在腐蚀环境下的防腐蚀性要求

B.1.2 材料的物理、机械和加工工艺性能要满足设备或零件的设计与加工要求

B.1.3 选材时力求最好的经济效益和社会效益

B.1.4 选材时应考虑的因素：

- 1 明确产品工作环境；
- 2 查阅权威手册，借鉴失效经验；
- 3 腐蚀试验；
- 4 考虑防腐措施；
- 5 考虑材料的加工性能对耐蚀性的影响；
- 6 经济性与耐用性。

### B.2 结构形式和表面形态的要求

B.2.1 结构件的形式力求简单，避免形状复杂的构件

B.2.2 无法简化时，构件设计成分体结构，使腐蚀部位易于拆卸和更换

B.2.3 构件的表面状态力求致密、光滑，通常光亮的表面比粗糙的表面更耐蚀

### B.3 防止积水和积尘

应该避免因结构表面上水滞留和外来杂质增加而加大腐蚀应力的情况。设计者应当注意流走物可能造成的影响。例如，当有一条因水流造成的锈沉积，自低碳钢表面蔓延至奥

氏体或铁素体不锈钢表面时，最终会造成不锈钢发生腐蚀。防止沉积和水滞留的适宜预防措施有：

B.3.1 带有倾斜面或斜角的设计

B.3.2 排除在顶端的开口剖面，或者在倾斜位置上它们的排列布置

B.3.3 避免造成水和污垢滞留的凹缺

B.3.4 水和腐蚀性液体的排出装置远离钢结构

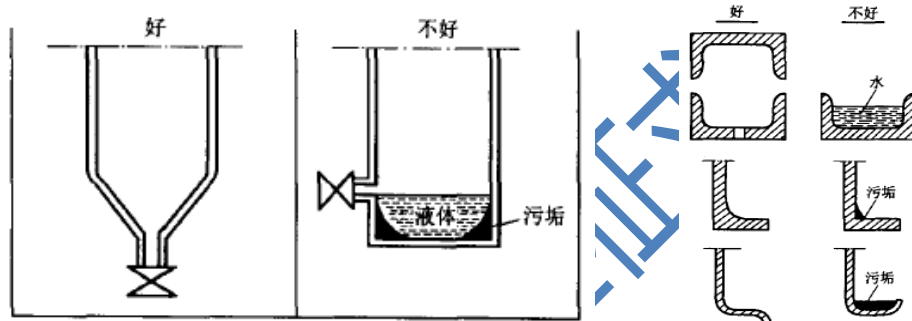


图 B.3.4 水和腐蚀性液体的排出装置设计示意图

B.4 防止缝隙腐蚀

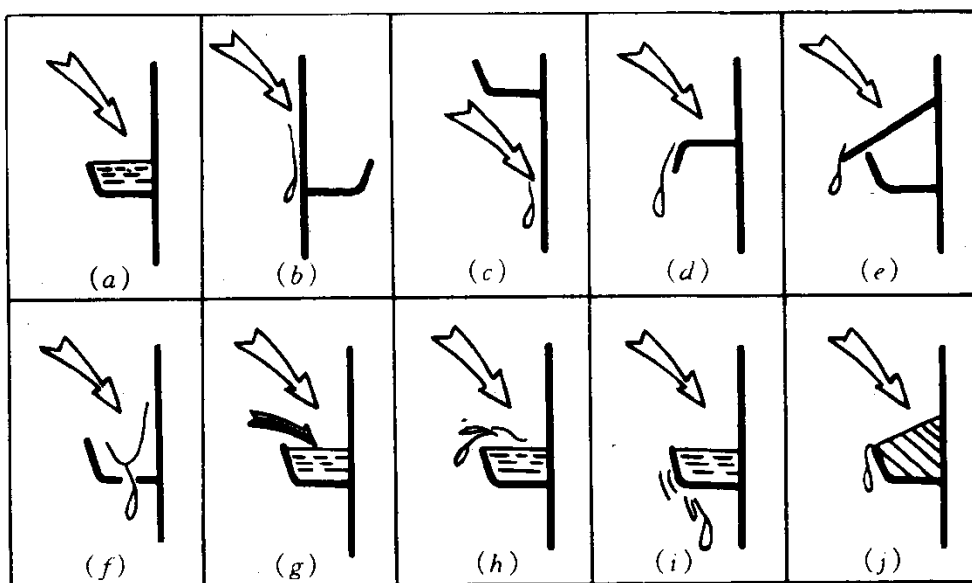


图 B.4 防止水分和尘粒积聚的结构设计示意图

(a)不好，可能积聚水分和尘粒；(b)、(c)、(d)、(e)把可能积聚水分的结构置于介质作用之外；(f)采用排水孔；(g)加入缓蚀剂；(h)保证清扫；(i)装自动清水结构；(j)可积水处用填料填充。

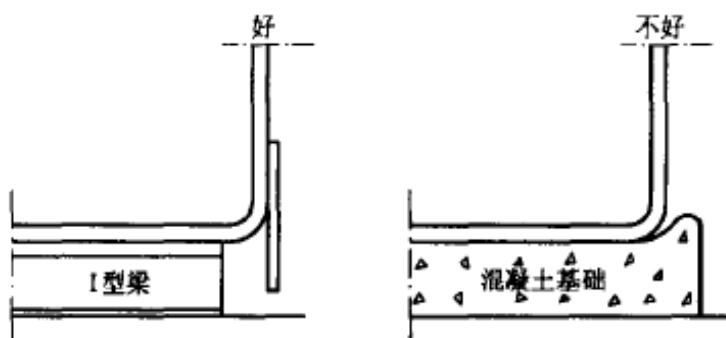


图 B.5 防止水分和尘粒积聚的结构设计示意图

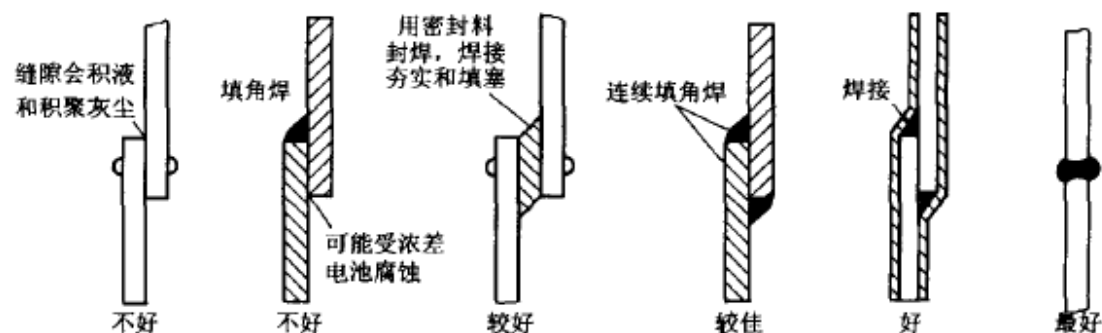


图 B.6 防止水分和尘粒积聚的结构设计示意图

## B.5 防止电偶腐蚀

B.5.1 不应把电位序相差过大的金属连接在一起

B.5.2 将异种金属相互隔开，防止金属直接接触。例如采用抗老化塑料或橡胶等隔离金属

B.5.3 在两种异类金属之间插入第三种金属材料，减少电位差

B.5.4 若不能避免异类金属接触时，一定要尽量避免大阴极/小阳极的组合

中国公路学会标准征求意见稿

## 附录 C 涂层配套体系设计（规范性附录）

表 C.1 桥梁钢结构外表面、非封闭环境内表面和附属钢构件涂层配套体系

配套编号	腐蚀环境	涂层	涂料品种	道数/最低干膜厚 $\mu\text{m}$	
				$\geq 15$ 年	$\geq 30$ 年
S01	C3	底涂层	石墨烯改性锌粉环氧涂料	(1~2)/60	2/100
		面涂层	丙烯酸脂肪族聚氨酯涂料/氟碳树脂漆	(1~2)/60	2/80
		总干膜厚		120	180
S02	C4	底涂层	石墨烯改性锌粉环氧涂料	2/80	3/120
		面涂层	丙烯酸脂肪族聚氨酯涂料/氟碳树脂漆	2/80	2/80
		总干膜厚		160	200
S03	C5	底涂层	石墨烯改性锌粉环氧涂料	2/100	4/160
		面涂层	丙烯酸脂肪族聚氨酯涂料/氟碳树脂漆	2/100	2/100
		总干膜厚		200	260
S04	CX	底涂层	石墨烯改性锌粉环氧涂料	4/160	4/180
		面涂层	丙烯酸脂肪族聚氨酯涂料/氟碳树脂漆	2/100	3/120
		总干膜厚		260	300
注 1: C1 和 C2 腐蚀环境的涂层配套设计可参考 C3 腐蚀环境； 注 2: CX 腐蚀环境的涂层配套为建议值，具体涂层体系设计需与设计单位、产品供应商、工程应用单位共同决定。					

表 C.2 封闭环境内表面涂层配套体系

配套编号	工况条件	涂层	涂料品种	道数/最低干膜厚 $\mu\text{m}$	
				$\geq 15$ 年	$\geq 30$ 年
S05	配置抽湿机 (外部 C4 及以下)	底—面合一	石墨烯改性锌粉环氧涂料	2/100	4/140
		总干膜厚		100	140
S06	配置抽湿机 (外部 C5 及 CX)	底漆	石墨烯改性锌粉环氧涂料	2/80	2/100
		面漆	环氧厚浆漆(浅色)	2/80	2/100
		总干膜厚		160	200
S07	未配置抽湿机	底漆	石墨烯改性锌粉环氧涂料	2/100	2/100
		面漆	环氧厚浆漆(浅色)	3/150	5/200
		总干膜厚		250	300
注 1: 抽湿机需常年工作, 以保持内部系统相对湿度低于 50%;					
注 2: 狭小空间的空心结构可不进行涂装, 但要保证气密性, 密封之前确保空心构件中没有水的存在。					

表 C.3 钢桥面涂层配套体系

配套编号	工况条件	涂层	涂料品种	道数/最低干膜厚 $\mu\text{m}$
S7	沥青铺装温度 $\leq 250^\circ\text{C}$	底涂层	石墨烯改性锌粉环氧涂料	2/80
		总干膜厚		80
S8	沥青铺装温度 $> 250^\circ\text{C}$	底涂层	无机石墨烯改性锌粉涂料	2/80
		总干膜厚		80

## 附录 D 施工（规范性附录）

### D.1 涂装要求

#### D.1.1 基材表面类型和表面处理要求

##### 1 结构预处理

构件在喷砂除锈前应进行必要的结构预处理，包括：

1) 粗糙焊缝打磨光滑，焊接飞溅物用刮刀或砂轮机除去。焊缝上深为 0.8mm 以上或宽度小于深度的咬边应补焊处理，并打磨光滑；

2) 锐边用砂轮打磨成曲率半径为 2mm 的圆角；

3) 切割边的峰谷差超过 1mm 时，打磨到 1mm 以下；

4) 表面层叠、裂缝、夹杂物，须打磨处理，必要时补焊。

##### 2 除盐

喷砂钢材表面可溶性氯化物含量应不大于  $7\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 。超标时应采用高压淡水冲洗。当钢材确定不接触氯离子环境时，可不进行表面可溶性盐分检测；当不能完全确定时，应进行首次检测。

##### 3 除油

表面油污应采用专用清洁剂进行低压喷洗或软刷刷洗，并用淡水枪冲洗掉所有残余物；或采用碱液、火焰等处理，并用淡水冲洗至中性。小面积油污可采用溶剂擦洗。

##### 4 除锈

###### 1) 磨料要求

① 喷射清理用金属磨料应符合现行《涂覆涂料前钢材表面处理喷射清理用金属磨料的技术要求导则和分类》（GB/T 18838.1）的要求；

② 喷射清理用非金属磨料应符合现行《涂覆涂料前钢材表面处理喷射清理用金属磨料的技术要求导则和分类》(GB/T 18838.1)的要求;

③ 根据表面粗糙度要求,选用合适粒度的磨料。

## 2) 除锈等级要求

① 无机石墨烯改性防腐涂料,钢材表面处理应达到现行《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锈蚀等级和处理等级》(GB/T 8923.1)规定的 Sa2½级~Sa3级;

② 石墨烯改性防腐涂料,钢材表面处理应达到现行《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锈蚀等级和处理等级》(GB/T 8923.1)规定的 Sa2½级;不便于喷射除锈的部位,手工和动力工具除锈至现行《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锈蚀等级和处理等级》(GB/T 8923.1)规定的 St3级;

## 3) 表面粗糙度要求

① 喷涂无机石墨烯改性防腐涂料,钢材表面粗糙度为 Rz50µm~80µm;

② 喷涂石墨烯改性防腐涂料,钢材表面粗糙度为 Rz30µm~75µm。

## 4) 除尘要求

喷砂完工后,除去喷砂残渣,使用真空吸尘器或无油、无水的压缩空气,清理表面灰尘。清洁后的喷砂表面灰尘清洁度要求不大于现行《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 18570.3)规定的3级。

## 5) 表面处理后涂装的时间限定

一般情况下,涂料最好在表面处理完成后4h内施工于准备涂装的表面上;当所处环境的相对湿度不大于60%时,可以适当延时,但最长不应超过12h;不管停留多长时间,只要表面出现返锈现象,应重新除锈。



## D.1.2 涂装工艺要求

### 1 涂装环境

施工环境温度 5℃~38℃, 空气相对湿度不大于 85%, 并且钢材表面温度大于露点 3℃; 在有雨、雾、雪、大风和较大灰尘的条件下, 禁止户外施工。

### 2 涂料配制和使用时间

涂料应充分搅拌均匀后方可施工, 推荐采用电动或气动搅拌装置。对于双组分或多组分涂料应先将各组分分别搅拌均匀, 再按比例配制并搅拌均匀。混合好的涂料按照产品说明书的规定熟化。涂料的使用时间按产品说明书规定的适用期执行。

### 3 涂覆方法

- 1) 大面积喷涂应采用高压无气喷涂施工;
- 2) 细长、小面积以及复杂形状构件可采用空气喷涂或刷涂施工;
- 3) 不易喷涂到的部位应采用刷涂法进行预涂装或第一道底漆后补涂。

### 4 涂覆间隔

按照设计要求和材料工艺进行底涂、面涂施工。每道涂层的间隔时间应符合材料供应商的有关技术要求。超过最大重涂间隔时间时, 进行拉毛处理后涂装。

### 5 二次表面处理

外表面在涂装底漆前应采用喷射方法进行二次表面处理。内表面无机硅酸锌车间底漆基本完好时, 可不进行二次表面处理, 但要除去表面盐分、油污等, 并对焊缝、锈蚀处打磨至《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锈蚀等级和处理等级》(GB/T 8923.1) 规定的 St3 级。

### 6 连接面涂装方法

焊接结构—焊接结构应预留焊接区域。预留区域外壁推荐喷砂除锈至《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锈蚀等级和处理等级》(GB/T 8923.1) 规定的 Sa2½级，底漆采用石墨烯改性防腐涂料，面涂配套同相邻部位。内壁可进行打磨处理至《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锈蚀等级和处理等级》(GB/T 8923.1) 规定的 St3 级，采用相邻部位配套进行涂装。

## D.2 涂装过程及质量监管

### D.2.1 外观质量要求

1 涂料涂层表面应平整、均匀一致，无漏涂、起泡、裂纹、气孔和返锈等现象，允许轻微桔皮和局部轻微流挂；

2 金属涂层表面均匀一致，不允许有漏涂、起皮、鼓泡、大熔滴、松散粒子、裂纹和掉块等，允许轻微结疤和起皱。

### D.2.2 涂层体系厚度要求

施工中随时检查湿膜厚度以保证干膜厚度满足设计要求。干膜厚度采用“85—15”规则判定，即允许有 15%的读数可低于规定值，但每一单独读数不得低于规定值的 85%。对于结构主体外表面可采用“90—10”规则判定。涂层厚度达不到设计要求时，应增加涂装道数，直至合格为止漆膜厚度测定点的最大值不能超过设计厚度的 3 倍。

### D.2.3 涂层体系附着力要求

附着力试验按拉开法进行，涂层体系附着力不小于 6Mpa。

## 附录 E 质量验收（规范性附录）

### E.1 基材表面处理验收

表面处理等级达到 Sa2 ½，焊缝打磨等级达到 St3；清洁度：无灰尘、盐份、油脂等。

### E.2 施工条件验收

对于施工环境的温度、湿度、天气做出具体要求，以下气候条件下不宜进行涂漆操作：

E.2.1. 雨、雪、雾天气。在漆膜干燥以前应设想到气候的可能变化；

E.2.2. 由于大风造成严重灰尘；

E.2.3. 钢板表面温度低于 5°C；

E.2.4. 相对湿度大于 85%。

### E.3 涂层厚度验收

E.3.1 每道涂料施工时，用湿膜测厚仪测定湿膜厚度；

E.3.2 施工中随时检查湿膜厚度以保证干膜厚度满足设计要求。干膜厚度采用“85—15”规则判定，即允许有 15%的读数可低于规定值，但每一单独读数不得低于规定值的 85%。

### E.4 涂层外观检验

E.4.1 涂层表面应平整、色泽应一致，并无流挂、起皱、脱皮、返锈、漏涂等缺陷。

E.4.2 检验方法：观察检查或采用 5 倍~10 倍放大镜检查。

### E.5 涂层附着力测试

E.5.1 涂层的附着力应符合设计规定，涂层与钢铁基材的附着力（拉开法）不应小于 6MPa。

E.5.2 检验方法：采用附着力（拉开法）仪器检查，每 50m<sup>2</sup>（或独立构件）检测 2~3 处，每处测点不得少于 3 个。

中国公路学会标准征求意见稿

## 附录 F 养护（规范性附录）

### F.1 运营期常规要求

涂层投入使用后，按照桥梁运行管理单位的规定定期检查，预留检测及维护工作空间。

### F.2 定期检查及要点

定期检查需对涂层进行常规检查，主要检查外观老化、锈蚀情况，重点是联接件附近，干湿交替区等。

### F.3 产品运营状况分类评价方法

根据面漆老化情况和部分缺陷锈蚀区域进行评定，评定方法依据现行《色漆和清漆涂层老化的评级方法》（GB/T 1766）。

### F.4 维护办法

#### F.4.1 老化

当面漆出现 3 级以上粉化，彻底清洁面涂层后，涂装与原涂层相容的配套面漆（1~2）道；当涂膜处于开裂，或剥落，或起泡达到 2 级以上，但底涂层完好时，选择相应的面漆进行维修涂装；

#### F.4.2 锈蚀

当涂膜发生 Ri2 以上锈蚀时，彻底清洁至基材，面积应扩大至周边 10~15cm，然后涂装原设计配套涂层；当涂膜处于开裂，或 B 剥落，或起泡达到 3 级以上时，同时损坏贯穿整个涂层，应进行彻底的表面处理至基材后，涂装原设计配套涂层。

## 用词说明

1 本标准（规范/规程/指南……）执行严格程度的用词，采用下列写法：

1) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

2) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

3) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

1) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准或行业标准时，应表述为“应符合×××××的有关规定”。(×××××为标准编号)

2) 当引用标准中的其他规定时，应表述为“按第×章的有关规定”、“应符合×.×.×节第×款的要求”、“按×.×.×的有关规定执行。”

中国公路学会标准征求意见稿