

住房和城乡建设部备案号: J15466-2021

海南省工程建设地方标准

HN

P

DBJ 46-057-2020

## 海南省建筑钢结构防腐技术标准

Technical standard for anticorrosion of building steel structures in Hainan Province

2020-12-30 发布

2021-03-01 实施

海南省住房和城乡建设厅 发布

海南省工程建设地方标准

海南省建筑钢结构防腐技术标准

Technical standard for anticorrosion of building steel structures in Hainan Province

**DBJ 46-057-2020**

主编部门：海南省住房和城乡建设厅

批准部门：海南省住房和城乡建设厅

实施日期：2021年3月1日

海南省住房和城乡建设厅  
信息公示浏览专用

海南省住房和城乡建设厅  
关于发布《海南省建筑钢结构防腐技术标准》  
的通知

琼建规〔2020〕14号

各市、县、自治县住房和城乡建设局,三沙市自然资源和规划建设局,洋浦经济开发区规划建设土地局,各建设、设计、施工、监理单位,各钢结构生产企业、质量检测单位,省建筑业协会,省勘察设计协会,省建设监理协会,各有关单位:

为规范建筑钢结构防腐设计、施工、验收及维护管理,加快推进我省装配式钢结构发展,我厅组织相关单位编制了《海南省建筑钢结构防腐技术标准》,并经专家审查通过,现正式发布,编号为DBJ 46-057-2020,自2021年3月1日起实施。

海南省住房和城乡建设厅  
2020年12月30日

海南省住房和城乡建设厅  
信息公示浏览专用

## 前 言

为提高我省建筑钢结构防腐技术水平,保障工程质量安全,根据海南省住房和城乡建设厅的要求,标准编制组经广泛的调查,认真总结实践经验,针对我省热带海洋岛屿气候特点开展专题研究,参考有关国家、行业标准,在充分征求意见的基础上,制定本标准。

本标准主要技术内容包括:1.总则;2.术语;3.基本规定;4.防腐设计;5.防腐施工;6.检验与验收;7.安全与环保;8.防腐维护管理。

本标准由海南省住房和城乡建设厅负责管理,由海南省建设标准定额站负责日常管理,由主编单位负责具体技术内容的解释。本标准在执行过程中如有意见或建议,请随时将有关意见和建议反馈至海南省建设标准定额站(地址:海南省海口市美兰区白龙南路77号,邮编:570203,电话:0898-65359219,电子信箱:biaozhun\_hnjs@vip.163.com),以供今后修订时参考。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

**主 编 单 位:** 中冶建筑研究总院有限公司

**参 编 单 位:** 中国钢结构协会

海南省设计研究院有限公司

海南省建设集团有限公司

海南海大建筑工程质量检测中心

中冶建筑研究总院(海南)有限公司

中国京冶工程技术有限公司

中冶建筑研究总院(深圳)有限公司

北京中联环建文建筑设计有限公司海南分公司

佐敦涂料(张家港)有限公司

海南华金钢构有限公司

四川轻化工大学  
宁波大学  
北京科技大学  
优龙国际控股有限公司  
浙江圆融科技有限公司

**主要起草人员：**侯兆新 张 剑 赵希娟 李庆伟

**参编人员(按姓氏笔画排序)：**

方瑶婧 左由兵 邢 峻 刘建卡 闫贵海 麦 浩  
严 俊 沈海华 杜治光 李艳军 李新跃 李新斌  
杨祖溢 张博威 罗 宏 所新坤 郑奇威 钟信孚  
龚 超 董 悦 韩宇栋 熊祚森 魏云波 魏 武

**主要审查人员：**郑伟国 何乔生 吴坤顺 张选民 赵建国  
楼国彪 袁时全

# 目 次

1 总 则 .....	1
2 术 语 .....	2
3 基本规定 .....	4
3.1 腐蚀体系分类 .....	4
3.2 防腐体系的耐久性 .....	4
3.3 环境腐蚀性分类 .....	5
3.4 材料及基层要求 .....	9
4 防腐设计 .....	11
4.1 一般规定 .....	11
4.2 构造要求 .....	13
4.3 表面处理 .....	15
4.4 金属涂(镀)层 .....	16
4.5 阴极保护 .....	17
4.6 室内大气环境钢结构防腐体系 .....	17
4.7 室外大气环境钢结构防腐体系 .....	20
4.8 水和土壤环境钢结构防腐体系 .....	24
4.9 特殊防腐体系 .....	27
5 防腐施工 .....	29
5.1 一般规定 .....	29
5.2 表面处理 .....	29
5.3 涂装施工 .....	30
5.4 金属涂(镀)层施工 .....	31
5.5 阴极保护施工 .....	32
5.6 特殊环境施工 .....	32



5.7 运输及仓储 .....	34
5.8 特殊施工工艺 .....	34
<b>6 检验与验收 .....</b>	<b>37</b>
6.1 一般规定 .....	37
6.2 防腐涂层质量检验与验收 .....	37
6.3 金属涂(镀)层验收 .....	39
6.4 阴极保护系统验收 .....	41
<b>7 安全与环保 .....</b>	<b>42</b>
7.1 一般规定 .....	42
7.2 安全 .....	42
7.3 环境保护 .....	43
<b>8 防腐维护管理 .....</b>	<b>44</b>
8.1 一般规定 .....	44
8.2 防腐蚀工程维护 .....	45
附录 A 海南省岛陆腐蚀体系室外大气腐蚀等级分布一览表 .....	47
附录 B 防腐涂料体系耐久性实验室测试技术要求 .....	49
附录 C 阴极保护系统运行及维护管理 .....	53
本标准用词说明 .....	55
引用标准名录 .....	56
附:条文说明 .....	59

## Contents

<b>1 General provisions</b> .....	1
<b>2 Terms</b> .....	2
<b>3 Basic Requirements</b> .....	4
3.1 Corrosion System Classification .....	4
3.2 Durability of Anticorrosion System .....	4
3.3 Environmental Corrosion Classification .....	5
3.4 Requirements of Material and Surface .....	9
<b>4 Design of Anticorrosion System</b> .....	11
4.1 General Requirements .....	11
4.2 Structural Requirements .....	13
4.3 Surface Preparation .....	15
4.4 Metallic Coating .....	16
4.5 Cathodic Protection .....	17
4.6 Anticorrosion System of Steel Structure in Indoor Atmospheric Environment .....	17
4.7 Anticorrosion System of Steel Structure in Outdoor Atmospheric Environment .....	20
4.8 Anticorrosion System of Steel Structure in Water and Soil Envi- ronment .....	24
4.9 Special Anticorrosion System .....	27
<b>5 Anticorrosion Construction</b> .....	29
5.1 General Requirements .....	29
5.2 Surface Preparation .....	29
5.3 Coating Construction .....	30

5.4 Metallic Coating .....	31
5.5 Cathodic Protection .....	32
5.6 Construction Requirements in Special Environment .....	32
5.7 Transportation and Storage .....	34
5.8 Special Construction Technology .....	34
<b>6 Inspection and Acceptance .....</b>	<b>37</b>
6.1 General Requirements .....	37
6.2 Inspection and Acceptance of Anticorrosive Coating .....	37
6.3 Acceptance of Cathodic Protection System .....	39
6.4 Acceptance of Metallic Coating .....	41
<b>7 Safety and Environmental Protection .....</b>	<b>42</b>
7.1 General Requirements .....	42
7.2 Safety .....	42
7.3 Environmental Protection .....	43
<b>8 Maintenance Management .....</b>	<b>44</b>
8.1 General Requirements .....	44
8.2 Maintenance of Anticorrosive Engineering .....	45
<b>Appendix A Distribution of Outdoor Atmospheric Corrosion Grades of Hainan Island .....</b>	<b>47</b>
<b>Appendix B Test and Evaluation Method for Durability of Anticorrosive Coating System .....</b>	<b>49</b>
<b>Appendix C Maintenance of Cathodic Protection .....</b>	<b>53</b>
<b>Explanations of Wording in This Standard .....</b>	<b>55</b>
<b>List of Quoted Standards .....</b>	<b>56</b>
<b>Addition: Explanations of Provisions .....</b>	<b>59</b>

## 1 总 则

**1.0.1** 为规范海南省建筑钢结构防腐标准的技术要求，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量，根据海南省气候和环境特征，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于海南省范围内的建筑钢结构防腐蚀工程设计、施工、验收及维护管理。

**1.0.3** 海南省建筑钢结构防腐蚀工程设计、施工、验收及维护管理，除应符合本标准规定外，尚应符合现行国家有关标准。

## 2 术 语

### 2.0.1 离岸腐蚀体系 offshore corrosion system

从海南岛本岛涨潮海岸线开始延伸至海洋的区域，该区域包含大气区、浪溅区、潮差区、全浸区和海泥区的钢结构腐蚀环境。

### 2.0.2 近岸腐蚀体系 near-shore corrosion system

从海南岛本岛涨潮海岸线开始向内陆延伸 1.5km 的区域。

### 2.0.3 岛陆腐蚀体系 island continent corrosion system

海南岛本岛除了近岸腐蚀体系以外的区域。

### 2.0.4 防腐体系 anticorrosion system

用于建筑钢结构、防止钢结构被腐蚀的材料及(或)工艺的总称。

### 2.0.5 防腐体系的耐久性 durability of anticorrosion system

防护体系从涂装后到第一次大修的预期时间。

### 2.0.6 耐久性最低年限 minimum durability life

防护体系从涂装后到第一次大修的最短时间要求。

### 2.0.7 金属涂(镀)层 metallic coating

通过一定的方法将金属或其合金涂覆于经过处理的基材表面形成的连续金属膜。

### 2.0.8 热浸镀锌 hot-dip galvanizing

将经过前处理的钢或铸铁制件浸入熔融的锌浴中，在其表面形成锌和(或)锌-铁合金镀层的工艺过程和方法。

### 2.0.9 热喷涂铝 thermal spraying aluminum

将铝或其合金加热熔化，用高速气流将其雾化成极细的颗粒，并以很高的速度喷射到工件表面形成涂层的工艺过程和方法。

### 2.0.10 冷喷涂铝 cold spraying aluminum

一种不需要将喷涂的金属粒子融化的金属喷涂工艺和方法，

喷涂基体表面产生的温度一般不会超过 150℃。

**2.0.11 金属涂(镀)层结合涂层防腐体系 metallic coating combined with paint anticorrosion system**

在金属涂(镀)层上施涂防腐蚀涂料的防腐体系。

**2.0.12 额定干膜厚度 nominal dry film thickness(NDFT)**

是指技术规格书中规定的每道涂层干膜厚度或整个涂层体系的总干膜厚度。

## 3 基本规定

### 3.1 腐蚀体系分类

3.1.1 海南省建筑钢结构腐蚀体系划分为离岸腐蚀体系、近岸腐蚀体系和岛陆腐蚀体系。划分依据如表 3.1.1 所示。

表 3.1.1 海南省建筑钢结构腐蚀体系划分

腐蚀体系	距涨潮海岸线(km)	备注
离岸腐蚀体系	< 0	包含海南岛沿岸区域以及归海南省管辖的岛、礁。
近岸腐蚀体系	0 ~ 1.5	海南岛滨海区域。
岛陆腐蚀体系	> 1.5	海南岛除滨海以外的区域。

3.1.2 岛陆建筑钢结构腐蚀体系的大气腐蚀等级以乡镇行政区为单位进行划分。

### 3.2 防腐体系的耐久性

3.2.1 防腐体系的耐久性应根据腐蚀体系、服役环境、结构设计工作年限、使用要求和维修养护条件等综合确定。

3.2.2 防腐体系的耐久性可分为中期、长期和超长期：

- 1 中期(M)为 8 年 ~ 15 年；
- 2 长期(H)为 16 年 ~ 25 年；
- 3 超长期(VH)为 26 年及以上。

3.2.3 当甲方(建设单位)对建筑钢结构防腐体系有耐久性要求时按甲方要求执行,当甲方没有要求时按表 3.2.3 中规定的耐久性最低

年限执行。

表 3.2.3 海南省建筑钢结构防腐体系耐久性最低年限

腐蚀体系	钢结构设计工作年限 (a)	防腐体系耐久性	
		易维护	不易维护
离岸腐蚀体系	$a \leq 25$	长期(H)	超长期(VH)
	$25 < a \leq 50$	长期(H)	超长期(VH)
	$50 < a \leq 100$	长期(H)	超长期(VH)
近岸腐蚀体系	$a \leq 25$	中期(M)	长期(H)
	$25 < a \leq 50$	中期(M)	长期(H)
	$50 < a \leq 100$	长期(H)	超长期(VH)
岛陆腐蚀体系	$a \leq 25$	中期(M)	长期(H)
	$25 < a \leq 50$	中期(M)	长期(H)
	$50 < a \leq 100$	长期(H)	超长期(VH)

### 3.3 环境腐蚀性分类

3.3.1 建筑钢结构的服役环境可分为大气环境、水环境和土壤环境。

3.3.2 不同大气环境对建筑钢结构长期作用下的腐蚀性可分为六个等级：

- 1 C1 很低的腐蚀性
- 2 C2 低的腐蚀性
- 3 C3 中等的腐蚀性
- 4 C4 高的腐蚀性
- 5 C5 很高的腐蚀性
- 6 CX 极高的腐蚀性

3.3.3 常温下,大气环境对钢材的腐蚀性等级可根据表 3.3.3 确定。



表 3.3.3 大气环境对钢材的腐蚀性等级

腐蚀等级	单位面积上质量和厚度损失 (经过第一年暴露后)				温和气候下的典型环境案例 (仅供参考)	
	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,空气清洁,如办公室、商店、学校和宾馆等。
C2 低	>10 且≤200	>1.3 且≤25	>0.7 且≤5	>0.1 且≤0.7	低污染水平的大气,大部分是乡村地带。	冷凝有可能发生的未加热的建筑如库房、体育馆等。
C3 中	>200 且≤400	>25 且≤50	>5 且≤15	>0.7 且≤2.1	城市和工业大气,中等的二氧化硫污染以及低盐度沿海区域。	高湿度和有些空气污染的生产厂房内,如食品加工厂、洗衣厂、酒精厂、乳制品厂等。
C4 高	>400 且≤650	>50 且≤80	>15 且≤30	>2.1 且≤4.2	中等含盐度的工业区和沿海区域。	化工厂、游泳池、沿海船舶和造船厂等。
C5 很高	>650 且≤1500	>80 且≤200	>30 且≤60	>4.2 且≤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。	冷凝和高污染持续发生和存在的建筑和区域。
CX 极高	>1500 且≤5500	>200 且≤700	>60 且≤180	>8.4 且≤25	具有高含盐度的海上区域以及具有极高湿度和侵蚀性大气的热带亚热带工业区域。	具有极高湿度和侵蚀性大气的工业区域。

3.3.4 同一形态的多种环境同时作用同一部位时,腐蚀性等级应取最高者;同一环境依据不同方法判定的腐蚀性等级不同时,应取最高者。

**3.3.5** 室外大气腐蚀等级为:离岸腐蚀体系和近岸腐蚀体系室外大气腐蚀等级为 CX,岛陆腐蚀体系室外大气腐蚀等级根据区域不同,可划分为 C2、C3、C4,详见图 3.3.5 和本标准附录 A。

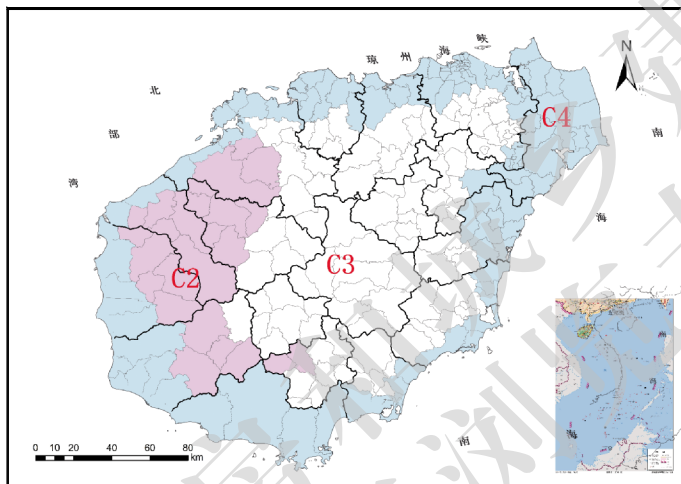


图 3.3.5 海南省岛陆腐蚀体系室外大气腐蚀等级分布图(示意图)

**3.3.6** 对于水环境和土壤环境的钢结构,腐蚀性等级可根据表 3.3.6 确定。

表 3.3.6 水环境和土壤环境对钢材的腐蚀性分类

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:Im2、Im4 包含浪溅区、潮差区、全浸区、海泥区。

**3.3.7** 离岸腐蚀体系下的建筑钢结构,在大气环境、水环境和土壤环境下的腐蚀等级及防腐蚀方案的划分按表 3.3.7 执行。

表 3.3.7 离岸腐蚀体系的腐蚀等级及防腐蚀方案的划分

腐蚀区域		腐蚀等级	防腐体系耐久性			
			M	H	VH	
			防腐蚀方案编号			
大气环境	室外	CX	-	OXH	OXVH	
	室内 <sup>1</sup>	C4	I4M	I4H	I4VH	
水环境	浪溅区,潮差区		-	STH	STVH	
	全浸区	有阴极保护	Im4	-	ICH	ICVH
		无阴极保护	Im2	-	IH	IVH
土壤环境	海泥区		Im3	-	MH	MVH
	珊瑚砂混凝土		Im3	-	CCH	CCVH

注:1 室内区域包含了有除湿、无除湿以及常年有水汽凝结情况(如厨房、卫生间、游泳池等)的钢结构腐蚀。

3.3.8 近岸腐蚀体系下的建筑钢结构,在大气和土壤环境下的腐蚀等级及防腐蚀方案的划分按表 3.3.8 执行。

表 3.3.8 近岸腐蚀体系的腐蚀等级及防腐蚀方案的划分

腐蚀区域		腐蚀等级	防腐体系耐久性		
			M	H	VH
			防腐蚀方案编号		
大气环境	室外	CX	-	OXH	OXVH
	室内 <sup>1</sup>	C4	I4M	I4H	I4VH
土壤环境		Im3	-	CMH	CMVH

注:1 室内区域包含了有除湿、无除湿以及常年有水汽凝结情况(如厨房、卫生间、游泳池等)的钢结构腐蚀。

3.3.9 岛陆腐蚀体系下的建筑钢结构,在大气环境下的腐蚀等级及防腐蚀方案的划分按表 3.3.9 执行。

表 3.3.9 岛陆腐蚀体系的腐蚀等级及防腐蚀方案的划分

腐蚀区域		腐蚀等级	防腐体系耐久性			
			M	H	VH	
			防腐蚀方案编号			
大气环境	室外	C2	O2M	O2H	O2VH	
		C3	O3M	O3H	O3VH	
		C4	O4M	O4H	O4VH	
	室内	有除湿	C2	I2M	I2H	I2VH
		无除湿	C3	I3M	I3H	I3VH
		特殊场景 <sup>1</sup>	C4	I4M	I4H	I4VH
注:1 特殊场景是指常年有水汽凝结情况的钢结构腐蚀,如厨房、卫生间、游泳池等。						

### 3.4 材料及基层要求

**3.4.1** 应用于钢结构表面的防腐材料应满足国家或行业相关规范、标准的要求。

**3.4.2** 应用于钢结构表面的保护层应满足不同防腐体系的最小设计厚度要求。

**3.4.3** 在大气环境下,应用于碳钢、低合金钢、热浸镀锌钢和热喷涂金属涂层的涂料体系应满足凝露试验、中性盐雾试验、循环老化试验的测试要求;在水和土壤环境下,应用于碳钢、低合金钢、热浸镀锌钢和热喷涂金属涂层的涂料体系应满足浸水试验、凝露试验、中性盐雾试验和耐阴极剥离试验(阴极保护体系)的测试要求;防腐涂料体系耐久性实验室测试技术要求见附录 B。

**3.4.4** 富锌涂料不挥发分中金属锌质量含量不低于 70%。

**3.4.5** 钢结构基层表面除锈质量等级应按现行国家标准《涂覆涂料

前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 1 部分:未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 执行,手工和动力工具清理的除锈质量等级应不低于 St3 级,喷射除锈质量等级应不低于 Sa2½级,腐蚀等级 C4 及以上的应不低于 Sa3 级。

**3.4.6** 钢结构基层表面除锈质量等级的检验数量应为每个检验批 100%检验。

## 4 防腐设计

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 建筑钢结构防腐体系设计应综合考虑腐蚀体系、腐蚀环境和等级、钢结构设计工作年限、结构形式、重要性、使用要求、施工条件和维护管理条件等因素,因地制宜,综合选择防腐蚀方案。

**4.1.2** 在设计文件中应列入防腐体系设计的专项内容与技术要求,其内容应包括:

- 1 腐蚀环境类别和腐蚀性等级的评价要求;
- 2 防腐体系和防腐体系耐久性的要求;
- 3 钢材基层表面处理的质量要求;
- 4 防腐蚀材料的技术要求;
- 5 对涂层道数和厚度的明确要求;
- 6 施工质量及验收应遵循的技术标准要求;
- 7 对钢结构全寿命周期内检查和维护修理的要求,建议制订防腐蚀维护修理计划。

**4.1.3** 防腐体系的最小设计干膜厚度应满足第 4.6 ~ 4.8 节的规定。

**4.1.4** 防腐体系的性能应通过本标准附录 B 的性能测试要求。

**4.1.5** 不同金属材料(包括具有导电性非金属材料或复合材料)接触的部位,应进行隔离设计。

**4.1.6** 钢构件及其连接件的防腐蚀方案应根据腐蚀环境、工况条件和使用要求等条件进行设计,宜优先选择耐久性年限长的防腐蚀方案。

**4.1.7** 可能积水的区域,宜选择耐水性好的高固体含量溶剂型或无溶剂型涂料体系,不宜采用水性涂层体系或含锌底漆(包括热喷锌)系统进行防护。

#### 4.1.8 防腐蚀方案的设计应符合下列规定：

1 处于大气腐蚀环境下的钢结构应采用涂层保护或金属涂(镀)层防腐体系,对于结构形式复杂或厚度小于 1mm 的薄壁钢结构可采用热浸镀锌加涂层保护;

2 处于海水腐蚀环境下的钢结构宜采用涂层保护或金属涂(镀)层结合涂层防腐体系,也可采用树脂砂浆(树脂细石混凝土)或包覆有机复合层、复合耐蚀金属层等保护隔离措施;

3 处于岛陆土壤腐蚀环境、近岸全浸区海水腐蚀环境下的钢结构宜采用阴极保护结合涂层的防腐蚀措施;

4 近岸腐蚀体系下的建筑钢结构,在地面以下的部分,除了按照表 3.3.8 的规定采取一定的防腐蚀措施,还应采用强度等级 C20 的混凝土包裹,包裹的混凝土高出地面不应小于 150mm,保护层厚度不应小于 50mm,且应按《钢筋混凝土阻锈剂耐蚀应用技术规范》GB/T 33803 的规定添加阻锈剂;

5 岛陆腐蚀体系下的建筑钢结构,在地面以下的部分应采用强度等级 C20 的混凝土包裹,并宜使包裹的混凝土高出地面不小于 150mm,保护层厚度不应小于 50mm。如果使用环境符合《钢筋混凝土阻锈剂耐蚀应用技术规范》GB/T 33803 的规定,则应按该标准的规定添加阻锈剂。

#### 4.1.9 设计工作年限不小于 25 年的钢结构,对危及人身安全和维修困难的部位,以及重要的承重结构和构件应加强防护,并应符合以下要求:

1 处于 C4 及以上腐蚀环境且使用期内不能重新涂装或仅靠涂装难以有效保护的主要承重钢结构构件,可采用耐候钢、外包混凝土或在结构设计时留有适当的腐蚀裕量等加强防护措施;

2 处于岛陆土壤腐蚀环境、近岸海水腐蚀环境且采用阴极保护防腐蚀措施的钢结构构件,在设计时应留有适当的腐蚀裕量;

3 建筑钢结构重要部位或维护困难的部位,可采用增加涂层厚度、增设隔离保护层或在结构设计时留有适当的腐蚀裕量等方式,

增加涂层厚度宜为  $20\mu\text{m} \sim 40\mu\text{m}$ , 增设的隔离保护层宜为细石混凝土或水泥砂浆;

4 钢结构的单面腐蚀裕量可按式 4.1.9 计算, 其中钢结构单面平均腐蚀速率、保护效率等参数的取值应根据钢结构的用途分别按照现行行业标准《建筑钢结构防腐技术规程》JGJ/T 251 的有关规定执行。

$$\Delta \delta = K[(1-P)t_1 + (t-t_1)] \quad (4.1.9)$$

式中:  $\Delta \delta$  ——钢结构单面腐蚀裕量(mm);

K ——钢结构单面平均腐蚀速率(mm/a);

P ——保护效率(%);

$t_1$  ——防腐蚀保护层的设计工作年限(a);

t ——钢结构的设计工作年限(a)。

**4.1.10** 钢结构防腐设计应兼顾防火、装饰的要求, 在满足各自性能要求的前提下, 可采用防腐蚀和防火、防腐蚀和装修、防腐蚀和防火、装修一体化设计。

**4.1.11** 在 C3 及以下的腐蚀等级下采用耐候钢, 对钢结构的外观没有特殊要求时, 可不施加表面涂装防腐措施; 在 C4 及以上的腐蚀环境下, 尤其是工业区、酸雨地带、近海区、离岸区等采用耐候钢, 应采取表面涂装防腐措施。

**4.1.12** 耐候结构钢应满足《耐候结构钢》GB/T 4171 中耐候性指数的要求, 即耐候性指数  $\geq 6.0$ 。

## 4.2 构造要求

**4.2.1** 钢结构设计在结构类型、布置和构造的选择应符合下列规定:

- 1 应有利于提高结构自身的抗腐蚀能力;
- 2 应能有效避免腐蚀介质在构件表面的积聚;
- 3 应便于防护层施工和使用过程中的检查和维护。

**4.2.2** 钢结构杆件截面的选择应符合下列规定:



1 杆件应采用实腹式或闭口截面,闭口截面端部应进行封闭;对封闭杆件进行热浸镀锌时,应采取开孔防爆措施;

2 腐蚀等级为 C3 及以上时,不宜采用双角钢组成的 T 形截面或由双槽钢组成的工形截面;

3 当采用型钢组合的构件时,型钢间的空隙宽度应符合防护层施工和维护的要求,并应符合现行国家标准《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 第 3 部分:设计依据》GB/T 30790.3 的规定。

**4.2.3** 钢结构杆件截面的厚度应符合下列规定:

1 钢板组合的截面,不应小于 6mm;

2 闭口截面杆件,不应小于 4mm;

3 角钢截面的厚度不应小于 5mm;

4 纯钢板剪力墙钢板厚度不应小于 5mm,钢板组合剪力墙钢板厚度不应小于 4mm。

**4.2.4** 钢结构的连接应符合下列规定:

1 桁架、柱、主梁等重要钢构件和闭口截面杆件的焊缝,应采用连续焊缝;当采用 T 型钢或钢板组合时,应采用双面连续焊缝;

2 角焊缝的焊脚尺寸不应小于 8mm;当杆件厚度小于 8mm 时,焊脚尺寸不应小于杆件厚度;

3 焊缝、螺栓、垫圈、节点板等连接构件的耐腐蚀性能,不应低于主体材料;螺栓直径不应小于 12mm;垫圈不应采用弹簧垫圈;螺栓、螺母和垫圈应采用热浸镀锌防护,安装后再采用与主体结构相同的防腐蚀措施;

4 高强度螺栓连接处接触面的除锈等级,不应低于 Sa2½,并宜涂无机硅酸富锌涂料;连接处的缝隙,应嵌刮耐腐蚀密封膏;

5 加劲肋应切角,切角的尺寸应满足排水、施工维修要求。

**4.2.5** 腐蚀等级为 C4 及以上时,桁架、柱、主梁等重要受力构件不应采用格构式构件和冷弯薄壁型钢。

**4.2.6** 网架结构宜采用管形截面、球型节点,并应符合下列规定:

1 腐蚀等级为 C3 及以上时,应采用焊接空心球节点;

2 当采用螺栓球节点时,杆件与螺栓球的接缝应采用密封材料填嵌严密,多余螺栓孔应封堵。

**4.2.7** 钢柱柱脚应置于混凝土基础上。经常用水冲洗地面的场地,基础顶面宜高出地面不小于 300mm。当腐蚀等级为 CX 时,除临时建筑以外,钢柱柱脚及钢柱宜采用强度等级不低于 C25 的细石混凝土包裹,混凝土厚度不小于 60mm,包裹高度不小于 800mm,顶面 30 度外坡。

### 4.3 表面处理

**4.3.1** 钢结构在防腐蚀涂装、金属涂(镀)层施工前应进行表面处理。

**4.3.2** 钢结构在除锈处理前,应处理焊缝和缺陷,清除焊渣、毛刺和飞溅等附着物,并对边角进行钝角化处理,洁净度等级应符合《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 3 部分:焊缝、边缘和其他区域的表面缺陷的处理等级》GB/T 8923.3 的有关规定。

**4.3.3** 油、油脂、盐分、污物或其它类似污染物应在表面处理前去除,表面处理应达到《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 第 4 部分:表面类型和表面处理》GB/T 30790.4 的规定。

**4.3.4** 钢结构除锈等级应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 1 部分:未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 的有关规定。

**4.3.5** 钢结构除锈质量等级的最低要求应符合下列规定:

1 热喷金属涂层、无机硅酸富锌底漆,钢材表面处理应达到 GB/T 8923 规定的 Sa3 级;

2 醇酸涂料、丙烯酸涂料、环氧涂料、聚氨酯涂料等,钢材表面处理应达到 GB/T 8923 规定的 Sa2½级;不便于喷射除锈的部位,可手工或动力工具除锈至 GB/T 8923 规定的 St3 级。

## 4.4 金属涂(镀)层

### 4.4.1 一般规定

1 金属涂(镀)层可为热浸镀锌/铝、热喷涂和冷喷涂金属锌、铝及其合金中的一种;

2 金属涂(镀)层应结合封闭层使用,其中热浸镀锌只适用于大气,不适用于水环境和土壤环境;

3 热浸镀锌涂层的一般规定和质量要求按照《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层 技术要求及试验方法》GB/T 13912 进行;

4 热喷涂金属锌、铝及其合金涂层的一般要求和质量按照《热喷涂 金属和其它无机覆盖层 锌、铝及其合金》GB/T 9793 进行;

5 热浸镀锌/铝涂层结合涂料体系使用时,表面处理方式可采用非金属磨料进行扫射喷射清理或采用动力工具打磨;C4 以上大气腐蚀环境、水和土壤腐蚀环境,宜采用非金属磨料扫射喷射的处理方式。

4.4.2 金属涂(镀)层防腐体系可按表 4.4.2 选用。

表 4.4.2 金属涂(镀)层防腐体系材料与厚度要求

腐蚀等级	防腐体系耐久性	材料体系	厚度(μm)
C2	M	热浸镀锌/铝	100/150
	H	热浸镀锌/铝	100/150
	VH	热浸镀锌/铝	100/150
C3	M	热浸镀锌/铝	100/150
	H	热浸镀锌/铝	100/150
	VH	热浸镀锌/铝	100/150
C4	M	热浸镀铝	200
	H	热浸镀铝	250
	VH	热浸镀铝	300
CX	M	冷喷涂铝	250
	H	冷喷涂铝	250
	VH	冷喷涂铝	375

腐蚀等级	防腐体系耐久性	材料体系	厚度(μm)
Im1	M	热浸镀锌/铝	100/150
	H	热浸镀锌/铝	100/150
	VH	热浸镀锌/铝	100/150
Im2	M	热浸镀铝	250
	H	热喷涂铝	250
	VH	冷喷涂铝	375
Im3	M	热浸镀铝	200
	H	热浸镀铝	200
	VH	热浸镀铝	250
Im4	M	热浸镀铝	250
	H	热喷涂铝	250
	VH	冷喷涂铝	375

## 4.5 阴极保护

**4.5.1** 岛陆土壤环境、近岸全浸区海水环境的钢结构宜采用阴极保护系统进行保护。

**4.5.2** 阴极保护系统所用材料、设备的性能应符合《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448 中的相关规定。

**4.5.3** 阴极保护系统至少应设置如下辅助设施:电隔离设施、测试装置、防雷设施。

**4.5.4** 阴极保护系统设计时应根据《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448 进行技术资料收集及现场勘查。

## 4.6 室内大气环境钢结构防腐体系

**4.6.1** 室内 C2 腐蚀环境下耐久性要求及对应的防腐体系应符合表 4.6.1 的规定。

表 4.6.1 室内 C2 腐蚀环境下耐久性要求及对应的防腐体系

耐久性	体系编号	底涂层			后道涂层	涂料体系 NDFT ( $\mu\text{m}$ )
		基料类型	底漆类型	NDFT ( $\mu\text{m}$ )	基料类型	
M	I2M1	醇酸, 丙烯酸	其它	40 ~ 100	醇酸, 丙烯酸	140
	I2M2	环氧, 聚氨酯	其它	60 ~ 80	环氧, 聚氨酯, 丙烯酸, 聚硅氧烷, 氟碳	120
	I2M3	环氧, 聚氨酯, 硅酸乙酯	富锌	80	-	80
H	I2H1	醇酸, 丙烯酸	其它	60 ~ 100	醇酸, 丙烯酸	200
	I2H2	环氧, 聚氨酯	其它	60 ~ 120	环氧, 聚氨酯, 丙烯酸, 聚硅氧烷, 氟碳	160
	I2H3	环氧, 聚氨酯, 硅酸乙酯	富锌	80	-	80
VH	I2VH1	醇酸, 丙烯酸	其它	60 ~ 80	醇酸, 丙烯酸	240
	I2VH2	环氧, 聚氨酯	其它	80 ~ 120	环氧, 聚氨酯, 丙烯酸, 聚硅氧烷, 氟碳	220
	I2VH3	环氧, 聚氨酯, 硅酸乙酯	富锌	60 ~ 80	环氧, 聚氨酯, 丙烯酸, 聚硅氧烷, 氟碳	200

4.6.2 室内 C3 腐蚀环境下耐久性要求及对应的防腐体系应符合表 4.6.2 的规定。

表 4.6.2 室内 C3 腐蚀环境下耐久性要求及对应的防腐体系

耐久性	体系编号	底涂层			后道涂层	涂料体系 NDFT ( $\mu\text{m}$ )
		基料类型	底漆类型	NDFT ( $\mu\text{m}$ )	基料类型	
M	I3M1	醇酸, 丙烯酸	其它	60 ~ 80	醇酸, 丙烯酸	200
	I3M2	环氧, 聚氨酯	其它	80 ~ 120	环氧, 聚氨酯, 丙烯酸, 聚硅氧烷, 氟碳	160
	I3M3	环氧, 聚氨酯, 硅酸乙酯	富锌	60 ~ 80	环氧, 聚氨酯, 丙烯酸, 聚硅氧烷, 氟碳	120

H	I3H1	醇酸,丙烯酸	其它	60~80	醇酸,丙烯酸	240
	I3H2	环氧,聚氨酯,硅酸乙酯	其它	80~160	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	220
	I3H3	环氧,聚氨酯,硅酸乙酯	富锌	60~80	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	200
VH	I3VH1	环氧,聚氨酯	其它	80~160	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	260
	I3VH2	环氧,聚氨酯,硅酸乙酯	富锌	60~80	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	220

4.6.3 室内 C4 腐蚀环境下耐久性要求及对应的防腐体系应符合表 4.6.3 的规定。

表 4.6.3 室内 C4 腐蚀环境下耐久性要求及对应的防腐体系

耐久性	体系编号	底涂层			后道涂层		涂料体系 NDFT ( $\mu\text{m}$ )
		基料类型	底漆类型	NDFT ( $\mu\text{m}$ )	基料类型	NDFT ( $\mu\text{m}$ )	
M	I4M1	环氧,聚氨酯	其它	80~160	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	220	
	I4M2	环氧,聚氨酯,硅酸乙酯	富锌	60~80	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	200	
H	I4H1	环氧,聚氨酯	其它	80~160	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	260	
	I4H2	环氧,聚氨酯,硅酸乙酯	富锌	60~80	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	220	
	I4H3 <sup>1</sup>	环氧,聚氨酯	其它	40~120	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	180	
	I4H4 <sup>2</sup>	环氧,聚氨酯	其它	-	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	180	
VH	I4VH1	环氧,聚氨酯	其它	80~240	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	320	
	I4VH2	环氧,聚氨酯,硅酸乙酯	富锌	60~80	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	280	
	I4VH3 <sup>1</sup>	环氧,聚氨酯	其它	40~120	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	220	
	I4VH4 <sup>2</sup>	环氧,聚氨酯	其它	-	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	220	

注:1 I4H3、I4VH3 为热浸镀锌 / 铝的涂层体系。  
2 I4H4、I4VH4 为热喷涂铝、冷喷涂铝的涂层体系,底涂层为封闭涂层,封闭涂层涂装以刚好达到封闭效果为宜,不计入总膜厚,建议以干膜厚度 25  $\mu\text{m}$  ~ 40  $\mu\text{m}$  计算用量。

## 4.7 室外大气环境钢结构防腐体系

4.7.1 室外 C2 腐蚀环境下耐久性要求及对应的防腐体系应符合表 4.7.1 的规定。

表 4.7.1 室外 C2 腐蚀环境下耐久性要求及对应的防腐体系

耐久性	体系编号	底涂层			后道涂层	涂料体系 NDFT ( $\mu\text{m}$ )
		基料类型	底漆类型	NDFT ( $\mu\text{m}$ )	基料类型	
M	O2M1	醇酸,丙烯酸	其它	40 ~ 100	醇酸,丙烯酸	160
	O2M2	环氧,聚氨酯	其它	60 ~ 80	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	140
	O2M3	环氧,聚氨酯,硅酸乙酯	富锌	60	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	100
H	O2H1	醇酸,丙烯酸	其它	60 ~ 100	醇酸,丙烯酸	220
	O2H2	环氧,聚氨酯	其它	60 ~ 120	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	180
	O2H3	环氧,聚氨酯,硅酸乙酯	富锌	60 ~ 80	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	120
VH	O2VH1	醇酸,丙烯酸	其它	60 ~ 80	醇酸,丙烯酸	260
	O2VH2	环氧,聚氨酯	其它	80 ~ 120	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	240
	O2VH3	环氧,聚氨酯,硅酸乙酯	富锌	60 ~ 80	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	220

4.7.2 室外 C3 腐蚀环境下耐久性要求及对应的防腐体系应符合表 4.7.2 的规定。

表 4.7.2 室外 C3 腐蚀环境下耐久性要求及对应的防腐体系

耐久性	体系编号	底涂层			后道涂层	涂料体系 NDFT ( $\mu\text{m}$ )
		基料类型	底漆类型	NDFT ( $\mu\text{m}$ )	基料类型	
M	O3M1	醇酸,丙烯酸	其它	60 ~ 80	醇酸,丙烯酸	220
	O3M2	环氧,聚氨酯	其它	80 ~ 120	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	180
	O3M3	环氧,聚氨酯,硅酸乙酯	富锌	60 ~ 80	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	140
H	O3H1	醇酸,丙烯酸	其它	60 ~ 80	醇酸,丙烯酸	260
	O3H2	环氧,聚氨酯	其它	80 ~ 160	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	240
	O3H3	环氧,聚氨酯,硅酸乙酯	富锌	60 ~ 80	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	220
VH	O3VH1	环氧,聚氨酯	其它	80 ~ 160	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	280
	O3VH2	环氧,聚氨酯,硅酸乙酯	富锌	60 ~ 80	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	240

4.7.3 室外 C4 腐蚀环境下耐久性要求及对应的防腐体系应符合表 4.7.3 的规定。

表 4.7.3 室外 C4 腐蚀环境下耐久性要求及对应的防腐体系

耐久性	体系编号	底涂层			后道涂层	涂料体系 NDFT ( $\mu\text{m}$ )
		基料类型	底漆类型	NDFT ( $\mu\text{m}$ )	基料类型	
M	O4M1	环氧,聚氨酯	其它	80 ~ 160	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	240
	O4M2	环氧,聚氨酯,硅酸乙酯	富锌	60 ~ 80	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	220
	O4M3	环氧,聚氨酯,硅酸乙酯	富锌	60 ~ 80	环氧,超疏水聚氨酯,超疏水聚硅氧烷,超疏水氟碳	220



H	O4H1	环氧,聚氨酯	其它	80 ~ 160	环氧,聚氨酯,聚硅氧烷,氟碳	280
	O4H2	环氧,聚氨酯,硅酸乙酯	富锌	60 ~ 80	环氧,聚氨酯,聚硅氧烷,氟碳	240
	O4H3	环氧,聚氨酯,硅酸乙酯	富锌	60 ~ 80	环氧,超疏水聚氨酯,超疏水聚硅氧烷,超疏水氟碳	240
	O4H4 <sup>1</sup>	环氧,聚氨酯	其它	40 ~ 120	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	200
	O4H5 <sup>2</sup>	环氧,聚氨酯	其它	-	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	200
	O4H6 <sup>2</sup>	环氧,聚氨酯	其它	-	环氧,超疏水聚氨酯,超疏水聚硅氧烷,超疏水氟碳	200
VH	O4VH1	环氧,聚氨酯	其它	80 ~ 240	环氧,聚氨酯,聚硅氧烷,氟碳	340
	O4VH2	环氧,聚氨酯,硅酸乙酯	富锌	60 ~ 80	环氧,聚氨酯,聚硅氧烷,氟碳	300
	O4VH3	环氧,聚氨酯,硅酸乙酯	富锌	60 ~ 80	环氧,超疏水聚氨酯,超疏水聚硅氧烷,超疏水氟碳	300
	O4VH4 <sup>1</sup>	环氧,聚氨酯	其它	40 ~ 120	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	240
	O4VH5 <sup>2</sup>	环氧,聚氨酯	其它	-	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	240
	O4VH6 <sup>2</sup>	环氧,聚氨酯	其它	-	环氧,超疏水聚氨酯,超疏水聚硅氧烷,超疏水氟碳	240
<p>注:1 O4H4、O4VH4 为热浸镀锌 / 铝的涂层体系。</p> <p>2 O4H5、O4H6、O4VH5、O4VH6 为热喷涂铝、冷喷涂铝的涂层体系,底涂层为封闭涂层,封闭涂层涂装以刚好达到封闭效果为宜,不计入总膜厚,建议以干膜厚度 25 <math>\mu\text{m}</math> ~ 40 <math>\mu\text{m}</math> 计算用量。</p>						

4.7.4 室外 CX 腐蚀环境下耐久性要求及对应的防腐体系应符合表 4.7.4 的规定。

表 4.7.4 室外 CX 腐蚀环境下耐久性要求及对应的防腐体系

耐久性	体系编号	底涂层			后道涂层	涂料体系 NDFT ( $\mu\text{m}$ )
		基料类型	底漆类型	NDFT ( $\mu\text{m}$ )	基料类型	
H	OXH1	环氧,聚氨酯	其它	80 ~ 200	环氧,聚氨酯,聚硅氧烷,氟碳	380
	OXH2	环氧,聚氨酯,硅酸乙酯	富锌	60 ~ 80	环氧,聚氨酯,聚硅氧烷,氟碳	320
	OXH3	环氧,聚氨酯,硅酸乙酯	富锌	60 ~ 80	环氧,超疏水聚氨酯,超疏水聚硅氧烷,超疏水氟碳	320
	OXH4 <sup>1</sup>	环氧,聚氨酯	其它	-	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	220
	OXH5 <sup>1</sup>	环氧,聚氨酯	其它	-	环氧,超疏水聚氨酯,超疏水聚硅氧烷,超疏水氟碳	220
VH	OXVH1	环氧,聚氨酯	其它	80 ~ 200	环氧,聚氨酯,聚硅氧烷,氟碳	420
	OXVH2	环氧,聚氨酯,硅酸乙酯	富锌	60 ~ 80	环氧,聚氨酯,聚硅氧烷,氟碳	360
	OXVH3	环氧,聚氨酯,硅酸乙酯	富锌	60 ~ 80	环氧,超疏水聚氨酯,超疏水聚硅氧烷,超疏水氟碳	360
	OXVH4 <sup>1</sup>	环氧,聚氨酯	其它	-	环氧,聚氨酯,丙烯酸,聚硅氧烷,氟碳	220
	OXVH5 <sup>1</sup>	环氧,聚氨酯	其它	-	环氧,超疏水聚氨酯,超疏水聚硅氧烷,超疏水氟碳	220

注:1 OXH4、OXH5、OXVH4、OXVH5 为冷喷涂铝的涂层体系,底涂层为封闭涂层,封闭涂层涂装以刚好达到封闭效果为宜,不计入总膜厚,建议以干膜厚度  $25\mu\text{m} \sim 40\mu\text{m}$  计算用量。

## 4.8 水和土壤环境钢结构防腐体系

4.8.1 浪溅区和潮差区(CX 和 Im4)腐蚀环境下耐久性要求及对应的防腐体系应符合表 4.8.1 的规定。

表 4.8.1 浪溅区和潮差区(CX 和 Im4)腐蚀环境下耐久性要求及对应的防腐体系

耐久性	体系编号	底涂层			后道涂层	涂料体系 NDFT ( $\mu\text{m}$ )
		基料类型	底漆类型	NDFT ( $\mu\text{m}$ )	基料类型	
H	STH1	环氧,聚氨酯	其它	$\geq 200$	环氧,聚氨酯	600
	STH2 <sup>1</sup>	环氧,聚氨酯	其它	40 ~ 200	环氧,聚氨酯	500
	STH3 <sup>2</sup>	环氧,聚氨酯	其它	-	环氧,聚氨酯	500
VH	STVH1	环氧,聚氨酯	其它	$\geq 200$	环氧,聚氨酯	800
	STVH2 <sup>1</sup>	环氧,聚氨酯	其它	40 ~ 200	环氧,聚氨酯	600
	STVH3 <sup>2</sup>	环氧,聚氨酯	其它	-	环氧,聚氨酯	600

注:1 STH2、STVH2 为热浸镀铝的涂层体系。  
2 STH3、STVH3 为热喷涂铝、冷喷涂铝的涂层体系,底涂层为封闭涂层,封闭涂层涂装以刚好达到封闭效果为宜,不计入总膜厚,建议以干膜厚度 25  $\mu\text{m}$  ~ 40  $\mu\text{m}$  计算用量。

4.8.2 全浸区(Im2 和 Im4)腐蚀环境下耐久性要求及对应的防腐体系应符合表 4.8.2 的规定。

表 4.8.2 全浸区(Im2 和 Im4)腐蚀环境下耐久性要求及对应的防腐体系

耐久性	体系编号	底涂层			后道涂层	涂料体系 NDFT ( $\mu\text{m}$ )
		基料类型	底漆类型	NDFT ( $\mu\text{m}$ )	基料类型	
H	IH1	环氧,聚氨酯	其它	$\geq 200$	环氧,聚氨酯	600
	IH2 <sup>1</sup>	环氧,聚氨酯	其它	40 ~ 200	环氧,聚氨酯	320
	IH3 <sup>2</sup>	环氧,聚氨酯	其它	-	环氧,聚氨酯	320
	ICH <sup>3</sup>	环氧,聚氨酯	其它	$\geq 150$	环氧,聚氨酯	500

VH	IVH1	环氧,聚氨酯	其它	$\geq 200$	环氧,聚氨酯	800
	IVH2 <sup>1</sup>	环氧,聚氨酯	其它	40 ~ 200	环氧,聚氨酯	400
	IVH3 <sup>2</sup>	环氧,聚氨酯	其它	-	环氧,聚氨酯	400
	ICVH <sup>3</sup>	环氧,聚氨酯	其它	$\geq 200$	环氧,聚氨酯	700

注: 1 IH2、IVH2 为热浸镀铝的涂层体系。  
 2 IH3、IVH3 为热喷涂铝、冷喷涂铝的涂层体系,底涂层为封闭涂层,封闭涂层涂装以刚好达到封闭效果为宜,不计入总膜厚,建议以干膜厚度  $25 \mu\text{m} \sim 40 \mu\text{m}$  计算用量。  
 3 有阴极保护,宜采用强制电流阴极保护系统或牺牲阳极阴极保护系统。

**4.8.3 海泥区 Im3 腐蚀环境下耐久性要求及对应的防腐体系应符合表 4.8.3 的规定。**

**表 4.8.3 海泥区 Im3 腐蚀环境下耐久性要求及对应的防腐体系**

耐久性	体系编号	底涂层			后道涂层	涂料体系 NDFT ( $\mu\text{m}$ )
		基料类型	底漆类型	NDFT ( $\mu\text{m}$ )	基料类型	
H	MH1	环氧,聚氨酯	其它	$\geq 200$	环氧,聚氨酯	600
	MH2 <sup>1</sup>	环氧,聚氨酯	其它	40 ~ 200	环氧,聚氨酯	320
	MH3 <sup>2</sup>	环氧,聚氨酯	其它	-	环氧,聚氨酯	320
VH	MVH1	环氧,聚氨酯	其它	$\geq 200$	环氧,聚氨酯	800
	MVH2 <sup>1</sup>	环氧,聚氨酯	其它	40 ~ 200	环氧,聚氨酯	400
	MVH3 <sup>2</sup>	环氧,聚氨酯	其它	-	环氧,聚氨酯	400

注: 1 MH2、MVH2 为热浸镀铝的涂层体系。  
 2 MH3、MVH3 为热喷涂铝、冷喷涂铝的涂层体系,底涂层为封闭涂层,封闭涂层涂装以刚好达到封闭效果为宜,不计入总膜厚,建议以干膜厚度  $25 \mu\text{m} \sim 40 \mu\text{m}$  计算用量。

**4.8.4 珊瑚砂混凝土 Im3 腐蚀环境下耐久性要求及对应的防腐体系应符合表 4.8.4 的规定。**

表 4.8.4 珊瑚砂混凝土 Im3 腐蚀环境下耐久性要求及对应的防腐体系

耐久性	体系编号	底涂层			后道涂层	涂料体系 NDFT ( $\mu\text{m}$ )
		基料类型	底漆类型	NDFT ( $\mu\text{m}$ )	基料类型	
H	CCH1	环氧,聚氨酯	其它	$\geq 200$	环氧,聚氨酯	600
	CCH2 <sup>1</sup>	环氧,聚氨酯	其它	40 ~ 200	环氧,聚氨酯	320
	CCH3 <sup>2</sup>	环氧,聚氨酯	其它	-	环氧,聚氨酯	320
VH	CCVH1	环氧,聚氨酯	其它	$\geq 200$	环氧,聚氨酯	800
	CCVH2 <sup>1</sup>	环氧,聚氨酯	其它	40 ~ 200	环氧,聚氨酯	400
	CCVH3 <sup>2</sup>	环氧,聚氨酯	其它	-	环氧,聚氨酯	400

注: 1 CCH2、CCVH2 为热浸镀铝的涂层体系。  
 2 CCH3、CCVH3 为热喷涂铝、冷喷涂铝的涂层体系,底涂层为封闭涂层,封闭涂层涂装以刚好达到封闭效果为宜,不计入总膜厚,建议以干膜厚度 25  $\mu\text{m}$  ~ 40  $\mu\text{m}$  计算用量。

4.8.5 近岸土壤 Im3 腐蚀环境下耐久性要求及对应的防腐体系应符合表 4.8.5 的规定。

表 4.8.5 近岸土壤 Im3 腐蚀环境下耐久性要求及对应的防腐体系

耐久性	体系编号	底涂层			后道涂层	涂料体系 NDFT ( $\mu\text{m}$ )
		基料类型	底漆类型	NDFT ( $\mu\text{m}$ )	基料类型	
H	CMH1	环氧,聚氨酯	其它	$\geq 150$	环氧,聚氨酯	400
	CMH2 <sup>1</sup>	环氧,聚氨酯	其它	40 ~ 200	环氧,聚氨酯	320
	CMH3 <sup>2</sup>	环氧,聚氨酯	其它	-	环氧,聚氨酯	320
VH	CMVH1	环氧,聚氨酯	其它	$\geq 200$	环氧,聚氨酯	600
	CMVH2 <sup>1</sup>	环氧,聚氨酯	其它	40 ~ 200	环氧,聚氨酯	400
	CMVH3 <sup>2</sup>	环氧,聚氨酯	其它	-	环氧,聚氨酯	400

注: 1 CMH2、CMVH2 为热浸镀铝的涂层体系。  
 2 CMH3、CMVH3 为热喷涂铝、冷喷涂铝的涂层体系,底涂层为封闭涂层,封闭涂层涂装以刚好达到封闭效果为宜,不计入总膜厚,建议以干膜厚度 25  $\mu\text{m}$  ~ 40  $\mu\text{m}$  计算用量。

## 4.9 特殊防腐体系

**4.9.1** 钢结构防爆防腐一体化涂层体系应满足下列规定：

1 防爆防腐材料宜采用双组份喷涂特殊防爆防腐材料、单组分涂刷特殊防爆防腐材料和双组份涂刷特殊防爆防腐材料；

2 防爆防腐涂层的厚度应根据涂层的使用部位和工作条件确定；

3 防爆防腐涂层的防爆能力及试验过程应符合现行国家标准的规定，将相当量 TNT 引爆后涂层不能出现燃烧、冒烟、粉尘等现象；

4 防爆防腐涂层耐盐雾试验达到 3000h 以上；

5 防爆防腐涂层阻燃性能达到 V0 级。

**4.9.2** 钢结构防火防腐一体化涂层体系应满足下列规定：

1 防火涂料与防腐涂料应有相容性，并对相容性进行验证；

2 防火涂料厚度取决于钢结构防火时限和防火涂料耐火性能试验报告；

3 钢结构表面先涂覆防腐底涂料、中间涂料并达到设计厚度后，再涂覆防火涂料，对外观、耐候性有要求时再在其上涂装具有相容性的面涂料；

4 当采用膨胀型防火涂料时，应考虑底涂料、面涂料的厚度不得影响防火涂料的性能；

5 CX 以及室外无遮蔽的环境下宜采用环氧基防火涂料或水泥基防火涂料或其它经认证可耐受极端腐蚀环境的防火涂料。

**4.9.3** 钢结构防水防腐一体化涂层体系应满足下列规定：

1 厨房、卫生间、游泳池等常年有水汽凝结情况的钢结构应采用防水防腐一体化涂层体系；

2 防水防腐涂层宜采用防水防腐一体化涂料或者防腐底漆加防水涂料一体化涂层体系；

3 防腐涂料的种类及其厚度应根据本标准所规定的体系要求确定；

4 采用一体化涂层体系时,防水涂料与防腐涂料应具有相容性；

5 在潮湿带锈条件下采用湿固化无溶剂环氧材料涂装时,附着力宜大于 10MPa。

## 5 防腐施工

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 钢结构防腐涂装工程的施工,应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755、《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205、《建筑防腐工程施工规范》GB 50212 和本标准的规定。

**5.1.2** 施工单位应具有符合现行国家有关标准的质量管理体系、环境管理体系和职业健康安全管理体系。施工人员应经过涂装专业培训并经考核合格后方可上岗。

**5.1.3** 结构防腐涂装工程的施工应编制施工方案或涂装专项方案,对首次进行的复合涂装作业,应先进行涂装工艺试验与评定工艺试验。

**5.1.4** 防腐涂装工程的涂装专项方案应对施工环境、施工设备、施工人员、施工程序、技术要求、工艺参数,以及质量控制与检验、安全与环保措施等内容作出规定。钢结构防腐涂装施工工艺应根据所用涂料的物理化学性能和施工环境条件进行选择,并符合产品说明书的规定。

**5.1.5** 钢结构防腐涂装施工,除隐蔽部分外,宜在钢构件组装或预拼装工程检验批的施工质量验收合格后进行。涂装完毕后,应在构件上标注构件编号等标记。

### 5.2 表面处理

**5.2.1** 钢结构的表面处理可采用手工和动力工具清理、喷射清理。

**5.2.2** 手工和动力工具清理应按现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分:未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 执行。手工和动力工具清理的除锈质量等级应不低于 St3 级。



**5.2.3** 喷射清理应按现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 1 部分:未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 执行。喷射除锈质量等级应不低于 Sa2½级。

**5.2.4** 喷射清理后的基材表面粗糙度应满足《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 13288.2 的规定。表面粗糙度宜为  $30\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ 。

**5.2.5** 处理后的基材表面清洁度应按现行国家标准《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 执行。腐蚀等级为 CX 的大气环境、水环境及土壤环境下的钢结构表面,灰尘数量小于 2 级,其余大气腐蚀环境下的钢结构表面,灰尘数量小于或等于 3 级;灰尘颗粒大小应小于或等于 2 级。

**5.2.6** 涂覆前应按《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 18570.9 做盐分检测,表面水溶性盐分含量应符合:腐蚀等级为 CX 的大气环境以及水环境和土壤环境下的钢结构表面不大于  $50\text{mg}/\text{m}^2$ ,其余大气环境下的钢结构表面不大于  $70\text{mg}/\text{m}^2$ 。

**5.2.7** 底涂层宜在表面处理完成后 4h 内施工;当所处环境的相对湿度小于 60%时,底涂层施工间隔可延长到不超过 12h;如表面出现返锈现象,应重新除锈。

**5.2.8** 全面重新涂覆的部位,应按照初次涂覆要求进行表面处理。

### 5.3 涂装施工

**5.3.1** 钢结构防腐涂装施工时的环境条件,应符合涂料产品说明书的要求。当涂料产品说明书未作要求时,环境条件应符合下列要求:

1 环境温度宜控制在  $0^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$  之间,当相对湿度大于 85% (水性涂料大于 80%) 时,应采取降低相对湿度的措施;

2 被涂装构件表面不应有凝露,涂装后 4h 内应予保护,避免淋

雨和沙尘等异物侵袭；

**3** 遇雨、雾和大风天气应停止露天涂装,宜避免在强烈阳光照射下施工,风力超过 5 级或者风速超过 8m/s 时,不宜使用无气喷涂；

**4** 封闭环境或通风不佳的环境施工时,应配置强制通风装置,保持施工过程和漆膜养护期间较低的空气相对湿度。

**5.3.2** 涂料配制和使用时间应符合下列要求：

**1** 涂料应充分搅拌均匀后方可施工,宜采用动力搅拌装置。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；

**2** 混合好的涂料按照产品说明书的规定熟化；

**3** 涂料的使用时间按产品说明书规定的适用期执行。

**5.3.3** 涂料的涂装施工,可采用刷涂、滚涂、有气喷涂或无气喷涂设备,宜采用无气喷涂。涂层厚度应均匀,并不得漏涂或误涂。

**5.3.4** 涂料、涂装道数、涂层厚度均应符合设计要求,相邻二道涂层施工应有适当的重涂间隔,最大及最小重涂间隔时间应参照涂料产品说明书确定。超过最大重涂间隔时间时,进行拉毛处理后涂装。

**5.3.5** 工地焊接部位的焊缝两侧宜采用坡口涂料临时保护,若采用其它防腐涂料时,宜在焊缝两侧留出暂不涂装区,其宽度为焊缝两侧各 100mm。

## 5.4 金属涂(镀)层施工

**5.4.1** 采用金属涂(镀)层施工的钢结构表面清洁度、表面粗糙度、热/冷喷涂材料的规格和质量指标、涂层系统的选择应符合本标准第 4.4 节和第 5.2 节的有关规定。

**5.4.2** 表面预处理与热/冷喷涂施工之间的间隔时间,晴天或湿度不大的气候条件下不得超过 12h,雨天、潮湿、有盐雾的气候条件下不得超过 2h。

**5.4.3** 工作环境的大气温度低于 5℃或钢结构表面温度低于露点 3℃时,应停止喷涂施工操作。

**5.4.4** 金属热喷涂施工应符合现行国家标准《金属和其他无机覆盖

层热喷涂操作安全》GB/T 11375 的有关规定。

**5.4.5** 金属热喷涂所用的压缩空气应干燥、洁净；喷枪与被喷射钢结构表面宜成直角，最大倾斜角度不得大于  $45^{\circ}$ ，喷枪的移动速度应均匀，各喷涂层之间的喷枪走向应互相垂直、交叉覆盖；一次喷涂厚度宜为  $25\mu\text{m} \sim 80\mu\text{m}$ ，同一层内各喷涂带之间应有  $1/3$  的重叠宽度。

**5.4.6** 金属涂（镀）层保护系统应包括金属喷涂层和封闭层，金属喷涂层的封闭剂或首道封闭涂料施工宜在喷涂层尚有余温时进行，并宜采用涂刷方式施工。

**5.4.7** 钢构件的现场焊缝两侧应预留  $100\text{mm}$  宽度涂刷车间底漆临时保护，待工地拼装焊接后，对预留部分应按相同的技术要求重新进行表面清理和喷涂施工。

**5.4.8** 在装卸、运输或其它施工作业过程中应采取措施防止金属喷涂层局部损坏。如有损坏，应按原设计要求和施工工艺进行修补。

## 5.5 阴极保护施工

**5.5.1** 强制电流阴极保护系统施工应符合《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448 中的相关规定。

**5.5.2** 牺牲阳极阴极保护系统施工应符合《石油天然气工业海底管道阴极保护》GB/T 35988 中的相关规定。

**5.5.3** 阴极保护系统用电缆间的连接或电缆与钢结构间的连接应牢固可靠，并做好防水、防腐密封。

**5.5.4** 阴极保护系统运行及维护管理应符合本标准附录 C 的有关规定。

## 5.6 特殊环境施工

**5.6.1** 下列条件之一可视为特殊环境：

- 1 工作环境超过  $40^{\circ}\text{C}$ ；
- 2 相对湿度大于  $85\%$ （水性涂料大于  $80\%$ ）；
- 3 钢材表面温度超过  $60^{\circ}\text{C}$ ；
- 4 大雨、暴雨、大暴雨、特大暴雨以及持续中雨；

- 5 当风力超过 5 级或者风速超过 8m/s 时;
- 6 频繁雷击活动;
- 7 雾或者霾,能见度极低;
- 8 近岸区或离岸区时常盐雾,或频繁飞浪;
- 9 施工场地无法直接取得淡水;
- 10 施工场地工程地质条件复杂;
- 11 深水作业;
- 12 有毒环境或者腐殖质环境。

#### 5.6.2 特殊环境下的施工注意事项:

1 严格按照第 5.3.1 对作业环境的要求。因气候原因暂停施工的,应做好半成品、产品保护;气候好转可以施工前,做好科学评估并严格按照设计要求恢复到要求的工作面或者工艺状况;

2 防腐施工方案应包含恶劣气候条件施工应急预案,应急预案宜包括组织机构、应急响应、应对措施、气候正常后恢复与评估等;

3 防腐施工所备用的各种材料特别是化工类、金属类、电极类以及辅料的,应按照专业要求,分开保管,保持合理间距,并做好恶劣气候条件下的保护或应急预案;

4 防腐施工所需的各种设备和器具应按有关规定正确使用,应在挂牌或者标识上醒目注明恶劣气候条件下的注意事项;

5 防腐施工方案应包含施工现场临时用电方案,临时用电方案需经施工单位技术负责人审批;用电设备的设置位置、线路的安全距离和防护、接地与防雷、漏电保护系统、施工现场照明以及手动电动工具等的使用应严格遵循相应规范要求;

6 高温(高于 40℃)天气施工,应避免曝晒和疲劳作业,应对施工人员进行防暑降温知识的宣传教育,并配备防暑降温药品;

7 六级以上大风天气、大雨以上或持续降雨时,应停止高处作业,各类起重设备和操作平台应处于非工作状态;

8 工程用水数量和质量应满足设计要求,施工场地无法取得淡水时,应有淡水持续供应方案;

9 施工场地工程地质条件复杂,宜对岩土进行处理以满足施工要求;各类防腐原材料储备容器或者储备池的地基应做好隔渗以

及环保措施；

**10** 深水作业环境下要求宜按有限空间施工操作规程执行；

**11** 有毒环境或者腐殖质环境施工，现场应安排应急人员和物资，应制订人员防护要求方案。

## 5.7 运输及仓储

**5.7.1** 构件运输和仓储应遵守通用钢构运输规则，事先制定好运输方案，内容包括路线设计、运输工具、起吊设备、道路宽度和转弯半径、过隧道高度要求、仓储条件以及运输和仓储过程中的安全防护措施。

**5.7.2** 海洋运输或者构件仓储近海边或离岸岛上(包括中转)，应注意最终构件安装地的气候条件与运输途径或仓储条件的差别。如果前者条件高一个级别，运输或仓储过程中应加强防水、防潮包装和适当通风；如果高两个级别及以上，宜在出厂前涂上海运防锈油；在涂层设计时，海运防锈油可作为最终的防腐涂层使用，也可作为防锈底漆使用。

**5.7.3** 经海洋运输后的构件在安装之前应清理表面水溶性盐分，表面水溶性盐分含量应不大于  $70\text{mg}/\text{m}^2$ 。

## 5.8 特殊施工工艺

**5.8.1** 采用高压水喷射处理钢结构构件表面时，对于不同的锈蚀和涂层选择不同的水射流压力应符合表 5.8.1 的规定。

表 5.8.1 不同的锈蚀和涂层应选择的水射流压力

处理方法	水压力范围(MPa)	钢构件表面状态
低压水清理	< 34	水溶性污染物
高压水清理	$\geq 34$ 且 $\leq 70$	一般锈蚀
高压水射流	$> 70$ 且 $\leq 170$	铁锈、氧化皮、污垢等
超高压水射流	$> 170$	已涂覆过的涂层和盐、油脂、海洋生物等外来杂质

5.8.2 高压水喷射清理后的表面状态应符合表 5.8.2 的规定。

表 5.8.2 高压水喷射清理后的表面状态

处理等级	涂敷涂料前钢材表面状态文字描述
Wa2	彻底的高压水喷射：在不放大的情况下观察时，表面应无可见的油、脂、疏松或有缺陷的涂层、疏松铁锈和其它外来杂质。任何残留污染物应随机分散，且可构成附着牢固的涂层、附着牢固的外来杂质和先前存在的铁锈斑点
Wa2½	非常彻底的高压水喷射：在不放大的情况下观察时，表面应无可见的油、脂、疏松或有缺陷的涂层、疏松铁锈和其它外来杂质。原始涂层去掉之处可呈现色斑，在凹坑和侵蚀的钢材上的灰色、褐色或黑色可见色斑不可能通过进一步的水喷射去除

5.8.3 高压水喷射清理后的表面闪锈等级状态应符合表 5.8.3 的规定。

表 5.8.3 高压水喷射清理后的表面闪锈等级状态

闪锈等级	处理后钢材表面闪锈等级状态文字描述
L	轻度闪锈：在不放大的情况下观察时，表面显示少量黄色或褐色锈层且通过锈层可见钢材本体，锈(作为色斑可见)均匀分布或成片呈现，且附着牢固，用布轻擦无法轻易擦掉
M	中度闪锈：在不放大的情况下观察时，表面显示使原始钢材表面发暗的黄色或褐色锈层。锈层均匀分布或成片呈现，且较好附着，用布轻擦后布上显示轻微锈迹

5.8.4 高压水喷射施工应符合下列规定：

1 操作人员身体健康，经过安全教育培训，掌握安全技术知识必要的安全操作规程；

2 超高压水操作人员应配备专用的个人防护用品，包括头盔、面罩、眼镜、手套、工作服、水鞋、耳罩等；

3 高压水射流受伤的人员应送医处理；

4 作业区域应设置警示带及警示标语，避免无关人员进入施工区域；

5 高压软管安装牢靠，对接处保险措施齐全，功能正常；管路布置避开通道以及气割棱边等有快口的位置。避免管路扭结

和过度拉伸；

**6** 正式施工之前确认安全阀、应急开关功能正常；

**7** 施工中严禁枪头对人，开泵人员缓慢升压，缓慢减压；

**8** 多人操作，间距应大于 5m；

**9** 施工中严禁带压维修管路及喷射装置，必须卸压后操作；

**10** 完工后，长时间停机的，应拆下高压水管及枪头，排干管内水，存放于干燥、阴凉区域。

**5.8.5** 高压水喷射处理后涂装应符合下列规定：

**1** 超高压水表面处理后的钢材晾干表面水分后应在 1h 内涂装底漆，避免产生严重闪锈、瞬锈；

**2** 使用可潮湿带锈涂装的湿固化无溶剂环氧重防腐涂料，可以在轻度闪锈(L)、中度闪锈(M)条件下直接涂装；

**3** 采用涂料的适用条件及使用方法按照涂料厂家技术文件执行。

## 6 检验与验收

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 钢结构防腐工程应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205、《建筑防腐工程施工规范》GB 50212、《建筑防腐工程施工质量验收标准》GB/T 50224 和本标准的规定进行验收。未经验收或验收不合格的工程,不得投入使用。

**6.1.2** 防腐工程验收应提交质量控制文件和保证资料,施工全过程控制文件应做到真实、准确。

**6.1.3** 防腐材料进入施工现场前,应检查供料方提供的产品质量合格证、质量技术指标及检测方法和质量检验报告或技术鉴定文件。进入施工现场后,应根据相关规定在监理单位或建设单位监督下,由施工单位有关人员现场取样,做见证取样检验。

### 6.2 防腐涂层质量检验与验收

**6.2.1** 钢结构防腐涂层外观应连续平整、颜色均匀,且无返锈、针孔、缩孔、气泡、流挂、起皱、开裂和剥落等缺陷。

**6.2.2** 钢结构防腐涂层的最终质量检验应在规定的涂层养护期结束后进行。

**6.2.3** 涂层的层数和厚度应符合设计规定。涂层湿膜厚度和干膜厚度的检测应按《色漆和清漆 漆膜厚度的测定》GB/T 13452.2 的有关规定执行。

**6.2.4** 涂层与钢材的附着力的检测方法可采用拉开法或划格划叉试验,并应符合下列规定:

1 拉开法试验应参照《防护涂料体系对钢结构防腐保护 涂层附着力/内聚力(破坏强度)评定和验收准则 第1部分:拉开法试验》GB/T 31586.1 的有关规定执行;



2 划格划叉试验应参照《防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护涂层附着力 / 内聚力(破坏强度)的评定和验收准则 第 2 部分:划格试验和划叉试验》GB/T 31586.2 的有关规定执行。

**6.2.5** 完成附着力测试以后,应按原涂层配套进行修复。

**6.2.6** 涂料涂装的各工序检验项目、检验方法、验收标准与检验数量应符合表 6.2.6 的规定。

表 6.2.6 各工序检验项目、检验方法、验收标准与检验数量

工序	检验项目	检验方法	验收标准	检验数量
表面预处理	表面油污和灰尘	目视检查	所有待涂表面均应清洁、干燥无污染	每个检验批 100% 检验
	结构缺陷预处理	目视检查	焊缝、自由边、锐利的边角、锐角圆弧半径必须打磨平滑	每个检验批 100% 检验
表面处理	喷射、手工或动力工具处理除锈等级	目视法,观察对比对各等级标准图片	钢结构表面处理等级,不低于 Sa2 ½ 级或 St3 级	每个检验批 100% 检验
	表面粗糙度	比较标准样块,或粗糙度仪进行测量	表面粗糙度宜为 30 μ m ~ 100 μ m	每个检验批检查 1 次,随机抽检 3 点
	清洁度	目视法,标准图谱或样板对照	涂漆前钢材表面清洁度应为灰尘数量小于等于 3 级;灰尘颗粒大小小于等于 2 级;表面无可见的返锈、潮湿或者污染	每个检验批检查 1 次,100% 检验
	水溶性盐	电导率测定法	腐蚀等级为 CX 的大气环境以及水和土壤环境下的钢结构表面不大于 50mg/m <sup>2</sup> ,其余大气环境下的钢结构表面不大于 70mg/m <sup>2</sup>	每个检验批检查 1 次,100% 检验

涂料涂装	涂装环境	温、湿度计	气温、相对湿度、表面温度、露点等应符合产品说明书要求	每个检验批检查 1 次,100%检验
	涂层外观	目视检查	涂层表面应光滑平整、色泽一致,无气泡、露底、返锈、发黏、起皱、开裂、剥落、漏涂和误涂等缺陷	每个检验批检查 1 次,100%检验
	涂层道数和厚度	干膜测厚仪或同步样板检测	涂层道数和厚度应符合设计要求;每道涂层在下道涂装前,应测试并记录涂层厚度;80%的测量值不得低于规定膜厚,其余 20%的测量值不应低于规定膜厚的 80%	每个检验批测量数不应小于设计涂装构件件数的 1%,且不应少于 3 件,每件应抽查 3 点
	涂层附着力	划格法或拉开法检查	涂层附着力应符合设计要求	每个检验批测量数不应小于设计涂装构件件数的 1%,且不应少于 3 件,每件应抽查 3 点
	标志和标记	目视检查	涂装完成后,构件的标志、标记和编号应清晰完整	每个检验批检查 1 次,100%检验

### 6.3 金属涂(镀)层验收

**6.3.1** 热浸锌镀层的验收应按《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层 技术要求及试验方法》GB/T 13912 执行,且应符合下列规定:

**1** 采用校正视力在正常的阅读环境下目测外观;目测所有热浸镀锌制件,其主要表面应平滑,无滴瘤、粗糙和锌刺,无起皮,无漏镀,无残留的溶剂渣,无锌瘤和锌灰;

**2** 在制件尺寸允许的情况下,镀层的厚度测量不应在离边缘少于 10mm 的区域、火焰切割面或边角进行;

**3** 厚度测量方法可采用无损测厚法,包括磁性法和电磁法,也可采用破坏法,包括称量法、阳极溶解库伦法和横断面显微镜法;

对使用磁性法得到的局部厚度和平均厚度的关系有争议时，其测量结果应以称量法为准；

4 用于镀层厚度试验的样本从每一检查批中随机抽取，抽样样本数量应符合表 6.3.1 的规定。

表 6.3.1 抽样样本数量

被检验批的制件数量	样品所需制件的最小数量
1 ~ 3	全部
4 ~ 500	3
501 ~ 1200	5
1201 ~ 3200	8
3201 ~ 10000	13
>10000	20

**6.3.2 热喷涂金属涂层的验收**应按《热喷涂 金属和其它无机覆盖层 锌、铝及其合金》GB/T 9793 执行，且应符合下列规定：

1 采用校正视力在正常的阅读环境下目测外观；涂层外观应均匀一致，无气泡或底材裸露的斑点，无未附着或者附着不牢固的金属熔融颗粒；

2 金属热喷涂层厚度可采用磁性法来测量，厚度值取其算数平均值，当有争议时，可用横断面显微镜法进行验证；应在涂层厚度可能最薄弱的部位测量涂层的局部厚度。测量点数量和位置分布应符合表 6.3.2 的规定。

表 6.3.2 金属热喷涂层厚度测量点数量和位置分布要求

检验面积	要求
面积为 1cm <sup>2</sup> 到 1m <sup>2</sup> 之间的涂层	任何给定点的都应当是在大约 1cm <sup>2</sup> 区域内 3 次测量结果的算数平均值
面积大于 1m <sup>2</sup> 的涂层	任何给定点的都应当是在大约 1dm <sup>2</sup> 基准面内测量 10 次，所有测量点应该均匀分布
如果工件的几何形状不允许，可在相同条件下同时制备适当的参比样品	用金相法或者物理方法来测量

## 6.4 阴极保护系统验收

**6.4.1** 阴极保护系统验收时应确认阴极保护系统所用材料、设备具有相应的资质证明文件及产品说明书。

**6.4.2** 阴极保护系统验收前应按照《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448 的相关规定进行调试,并提供交工资料。调试内容应分三步进行:

- 1 投运前检查;
- 2 阴极保护系统投运;
- 3 阴极保护有效性测试与调整。

**6.4.3** 阴极保护系统验收时应进行现场测试,测试结果应符合阴极保护电位准则的规定。

## 7 安全与环保

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 钢结构防腐蚀工程的施工应符合国家有关法律、法规对环境保护的要求,并应有妥善的劳动保护和安全防范措施。

**7.1.2** 施工单位施工组织设计、施工方案应包括安全技术措施及应急预案。

**7.1.3** 防腐蚀施工应建立重要环境因素清单,并应编制具体的环境保护技术措施。

### 7.2 安全

**7.2.1** 钢结构防腐蚀涂装施工作业安全应符合现行国家标准《涂装作业安全规程 安全管理通则》GB 7691、《涂装作业安全规程 涂漆前处理工艺安全及其通风净化》GB 7692、《涂装作业安全规程 涂漆工艺安全及其通风净化》GB 6514、《金属和其他无机覆盖层 热喷涂 操作安全》GB/T 11375 和《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法》GB/T 13912 的有关规定。施工前应制定严格的安全劳保操作规程和环境卫生措施,确保安全、文明施工。

**7.2.2** 涂料、稀释剂和清洁剂等易燃、易爆和有毒材料应进行严格的管理,应存放在通风良好的专用库房内,不得堆放在施工现场。涂料仓库及施工现场应有消防水源、灭火器和消防器具,并应定期检查。消防道路应畅通。

**7.2.3** 防腐蚀涂料和稀释剂在运输、贮存、施工及养护过程中,严禁明火,并应防尘、防暴晒,不得与酸、碱等化学介质接触。

**7.2.4** 参加涂装作业的操作和管理人员,应持证上岗,施工前必须进

行安全技术培训和考核,施工人员必须穿戴防护用品,并按规定佩戴防毒用品。

**7.2.5** 操作人员配备的劳动防护用品应符合现行国家标准《个体防护装备选用规范》GB/T 11651 的有关规定。

**7.2.6** 防腐蚀施工作业场所有害气体、蒸汽和粉尘的最高允许浓度应符合现行国家标准《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分:化学有害因素》GBZ 2.1 和《工业设备及管道防腐蚀工程施工规范》GB 50726 的有关规定。

**7.2.7** 当在密闭或有限空间施工时,必须采取强制通风。

**7.2.8** 所有电器设备应绝缘良好,密闭空间涂装作业应使用防爆灯和磨具,安装防爆报警装置,涂装作业现场严禁电焊等明火作业。

**7.2.9** 高处作业应符合现行行业标准《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80 的有关规定。

### **7.3 环境保护**

**7.3.1** 涂料产品的有机挥发物含量(VOC)和有害重金属离子含量应符合现行国家相关标准的要求。

**7.3.2** 施工现场应保持清洁,产生的垃圾等应及时收集并妥善处理。

**7.3.3** 露天作业时应采取防尘措施。

## 8 防腐维护管理

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 在钢结构设计文件的防腐蚀涂装专项内容中，应明确提出使用期内的检查与维护要求。

**8.1.2** 根据工程项目和腐蚀源状况，制定日常、定期、全面维护保养周期及计划，并编制相应维护保养程序，包括以下内容：

- 1 日常维护保养包括巡视、检查和清洁等；
- 2 定期维护保养包括性能状态检查和计划性能修理等；
- 3 全面维护保养包括对设备设施进行全面检查及维护；
- 4 维护保养程序文件应与材料或设备维护手册、技术规范书及相关标准要求一致。

**8.1.3** 钢结构的腐蚀与防腐调查可分为定期检查和特殊检查。定期检查可分为常规检查和详细检查，定期检查的项目、内容、部位和周期应符合表 8.1.3 的规定。特殊检查的检查项目和内容可根据具体情况确定，或选择定期检查项目中的一项或几项。

表 8.1.3 定期检查的项目、内容、部位和周期表

项目分类	检查项目	检查部位	检查内容	检查周期(a)
常规检查	防腐涂层外观检查	地上、水上涂装钢结构	涂层破损情况	1
	阴极保护运行检测	水中钢结构	保护电位、仪表状态	1
	阳极使用环境检查	水中钢结构	海泥面标高、阳极固定	1
详细检查	水下外观检查	水中钢结构	局部腐蚀、涂层破损	5
	涂层防腐性能检查	水上钢结构	鼓泡、剥落、锈蚀	5
	腐蚀量检测	钢结构	测定钢结构壁厚	5
	阳极外观检查	牺牲、辅助阳极	腐蚀产物表面溶解情况	5~10
	阳极消耗量检测	牺牲阳极	测定阳极实际尺寸	5~10
	电连接检测	阴极保护的钢结构	测定连接电阻	5~10

**8.1.4** 钢结构的防腐维护管理应包括下列内容：

1 根据常规检查和特殊检查情况,判断钢结构、防腐涂层和阴极保护的状态;

2 根据详细检查的结果对钢结构的防腐蚀效果作出判断,确定更新或修复的范围。

**8.1.5** 钢结构使用单位应制定相应的维护管理规定,检查维护工作应由专人负责,在执行中应做到:

1 保持结构的环境清洁,不潮湿;结构表面无积水、无结露,积灰能定期清扫;

2 受高温影响或湿度较大的结构部位,应采取有效的隔护或通风降湿措施;

3 有侵蚀性介质的生产车间内,应采取对生产工艺设备封闭或者有组织排气等措施,减少气态介质与钢结构的接触时间,防止液态介质与钢结构接触;

4 定期检查结构防腐涂层的完好情况,及时修补局部涂层出现破损、劣化的部位。根据使用条件与涂层劣化情况,经一定年限后进行防腐涂层的大修;

5 所有检查维修工作应有规范的记录。对大型钢结构建筑,可选择若干典型部位进行定点、定时检查;对有遮挡不便检查的部位,可选择一定部位设检查孔或采取挂板观测的方法进行检查。

**8.1.6** 维护保养工作不应対钢结构造成新的腐蚀或损坏风险。

## **8.2 防腐蚀工程维护**

**8.2.1** 出现以下情况时,应对已有工程的钢结构防腐体系进行维护:

1 工程应用的用途或环境改变时;

2 防腐体系已经达到耐久性设计年限后,工程继续使用的;

3 现有的钢结构防腐体系,在建造过程中出现锈蚀或防腐体系损伤时;



4 钢结构使用一段时间后,出现锈蚀或防腐体系损伤,不符合耐久性设计要求时。

**8.2.2** 防腐蚀工程维护前,应对各部分既有防腐材料状况、腐蚀环境进行检查与评估,并以此为依据,确定维修的范围及维修方案。

**8.2.3** 在局部去除原有失效防腐材料时,宜按其表面质量状况合理地确定清除范围。在重新选用防腐材料时应考虑新旧材料的相容性,并满足现场的维修条件。

## 附录 A 海南省岛陆腐蚀体系室外大气腐蚀 等级分布一览表

表 A 海南省岛陆腐蚀体系室外大气腐蚀等级分布一览表

地市名称	区县名称	乡镇名称	腐蚀等级
海口市	美兰区	大致坡镇、三江镇、演丰镇、灵山镇、新埠街道办事处、白沙街道办事处、和平南街道办事处、白龙街道办事处、人民路街道办事处、海甸街道办事处、博爱街道办事处、蓝天街道办事处、海府街道办事处	C4
		琼山区	大坡镇、凤翔街道办、滨江街道办、府城街道办、国兴街道办
	龙华区	旧州镇、甲子镇、三门坡镇、红旗镇、云龙镇、龙塘镇	C3
		龙桥镇、城西镇、金宇街道办事处、海垦街道办事处、大同街道办事处、金贸街道办事处、滨海街道办事处、中山街道办事处	C4
		龙泉镇、遵谭镇、新坡镇	C3
	秀英区	永兴镇、石山镇、海秀镇、西秀镇、长流镇、海秀街道办、秀英街道办事处	C4
		东山镇	C3
三亚市	市辖区	海棠区、天涯区、崖州区、吉阳区	C4
儋州市	市辖区	排浦镇、白马井镇、三都镇、峨蔓镇、海头镇、木棠镇、光村镇	C4
		新州镇、东成镇、中和镇、兰洋镇、南丰镇、和庆镇、那大镇	C3
		大成镇、王五镇、雅星镇	C2
省直辖县级行政区划	五指山市	水满乡、毛道乡、畅好乡、番阳镇、毛阳镇、南圣镇、通什镇	C3
	琼海市	大路镇、长坡镇、塔洋镇、潭门镇、博鳌镇、中原镇、万泉镇、嘉积镇	C4
		会山镇、龙江镇、阳江镇、石壁镇	C3
	文昌市	铺前镇、锦山镇、冯坡镇、抱罗镇、翁田镇、昌洒镇、公坡镇、龙楼镇、东郊镇、文教镇、东阁镇、潭牛镇、东路镇、会文镇、蓬莱镇、重兴镇、文城镇	C4

续表 A

地市名称	区县名称	乡镇名称	腐蚀等级
省直辖区 县级行政区划	万宁市	山根镇、礼纪镇、东澳镇、和乐镇、龙滚镇、万城镇	C4
		三更罗镇、南桥镇、北大镇、长丰镇、大茂镇、后安镇	C3
	东方市	新龙镇、四更镇、板桥镇、感城镇、八所镇	C4
		江边乡、天安乡、三家镇、东河镇、大田镇	C2
	定安县	黄竹镇	C4
		富文镇、翰林镇、岭口镇、龙河镇、龙门镇、雷鸣镇、龙湖镇、新竹镇、定城镇	C3
	屯昌县	西昌镇、坡心镇、南坤镇、南吕镇、乌坡镇、枫木镇、新兴镇、屯城镇	C3
		大丰镇、桥头镇、福山镇、老城镇	C4
	澄迈县	仁兴镇、中兴镇、文儒镇、加乐镇、永发镇、瑞溪镇、金江镇	C3
		调楼镇、新盈镇、皇桐镇、博厚镇、东英镇、波莲镇、临城镇	C4
	临高县	南宝镇、和舍镇、多文镇、加来镇	C3
		白沙黎族自治县	阜龙乡、南开乡、元门乡、细水乡、牙叉镇
	昌江黎族自治县	荣邦乡、金波乡、青松乡、邦溪镇、打安镇、七坊镇	C2
		海尾镇、昌化镇	C4
	乐东黎族自治县	乌烈镇、七叉镇、叉河镇、石碌镇、十月田镇、王下乡	C2
		莺歌海镇、尖峰镇、佛罗镇、黄流镇、利国镇、九所镇	C4
		万冲镇	C3
	陵水黎族自治县	大安镇、抱由镇、千家镇、志仲镇	C2
		黎安镇、新村镇、英州镇、光坡镇、椰林镇	C4
	保亭黎族苗族自治县	群英乡、提蒙乡、本号镇、文罗镇、隆广镇、三才镇	C3
南林乡、六弓乡、三道镇、新政镇、加茂镇、什玲镇、保城镇		C3	
毛感乡、响水镇		C2	
琼中黎族苗族自治县	什运乡、上安乡、吊罗山乡、中平镇、红毛镇、长征镇、和平镇、黎母山镇、湾岭镇、营根镇	C3	

注:1 本表依据 2018 年海南省民政厅发布的行政区划进行分区;

2 三沙市辖区室外大气腐蚀等级按本标准 3.3.5 规定为 CX。

## 附录 B 防腐涂料体系耐久性实验室测试技术要求

**B.0.1** 岛陆和近岸腐蚀体系 C2~C4 防护涂料体系耐久性实验室测试技术要求应符合下列规定：

1 在 C2~C4 腐蚀性(包括密闭和暴露)的环境下,可应用于碳钢、低合金钢、热浸镀锌/铝及两者合金钢和热冷/喷涂金属涂层的涂料体系的测试结果应满足表 B.0.1-1 要求；

表 B.0.1-1 C2 ~ C4 环境下应用于碳钢、低合金钢、热浸镀锌 / 铝钢和热喷 / 冷喷涂金属涂层涂料体系的技术要求

腐蚀等级	耐久性年限	试验模式 1		试验模式 2
		GB/T 13893 冷凝实验(h)	GB/T 10125 中性盐雾(h)	GB/T 31415 循环老化试验(h)
C2	中期 M	48	-	-
	长期 H	120	-	-
	超长期 VH	240	480	-
C3	中期 M	120	240	-
	长期 H	240	480	-
	超长期 VH	480	720	-
C4	中期 M	240	480	-
	长期 H	480	720	-
	超长期 VH	720	1440	1680

2 在 Im1~Im3 腐蚀环境下,可应用于碳钢、热浸镀锌钢和热喷涂金属涂层的涂料体系的测试结果应满足表 B.0.1-2 的要求。

表 B.0.1-2 Im1 ~ Im3 环境下应用于碳钢、低合金钢、热浸镀锌 / 铝钢和热喷 / 冷喷涂金属涂层涂料体系的技术要求

腐蚀等级	耐久性年限	GB/T30648-2 浸泡试验(h)	GB/T 13893 冷凝实验(h)	GB/T 10125 中性盐雾(h)
Im1	中期 M	2000	720	-
	长期 H	3000	1440	-
	超长期 VH	4000	2160	-
Im2	中期 M	2000	-	720
	长期 H	3000	-	1440
	超长期 VH	4000	-	2160
Im3	中期 M	2000	-	720
	长期 H	3000	-	1440
	超长期 VH	4000	-	2160

3 人工老化试验前的评价见表 B.0.1-3, 经过规定时间人工老化试验评价见表 B.0.1-4。

表 B.0.1-3 涂层体系人工老化试验前的评价

评价方法	要求	条件
GB/T 9286 划格法	0 级 ~ 2 级	当涂料体系的干膜厚度不大于 250 μm 时使用, 在光滑面上校准仪器, 测量值不经过修正
GB/T 5210 拉开法	层间附着力不低 于 2.5MPa; 不能出现第一道 涂层与钢材 / 金属 涂层之间的附着 破坏 (除非拉开强 度值不低于 5MPa)	试验过程中需保证拉力是可控和线性的; 在测试过程中, 确保环试柱周围切割 (涂层) 至碳钢底材; 每块试板至少需要 3 个数据; 当出现因胶黏剂或热喷涂金属涂层内部附着失效而导致测试结果不符合规定要求时, 应重新进行拉拔试验; 需要 2 块或 3 块试板的测试数据符合以上试验规定才能判定为合格

表 B.0.1-4 经过规定时间人工老化试验评价

评价方法	要求	评价时间	条件/备注
GB/T 1766 起泡	0 (S0)	立即	
GB/T 1766 锈蚀	0 (S0)	立即	
GB/T 1766 开裂	0 (S0)	立即	
GB/T 1766 剥落	0 (S0)	立即	
盐雾试验后划 线处腐蚀	腐蚀平均值最 大 1mm	试验结束后 8h 内尽快进行	不考虑腐蚀防护体系的类型, 只考虑钢基材划线处的锈蚀; 热浸镀锌层和热喷涂金属涂层被视为腐蚀防护体系的一部分而不是基材; 采用精确度为 0.1mm 的测量装置, 结果精确到 0.1mm
循环试验后划 线处腐蚀	腐蚀平均值最 大 3mm	试验结束后 8h 内尽快进行	不考虑腐蚀防护体系的类型, 只考虑钢基材划线处的锈蚀; 热浸镀锌层和热喷涂金属涂层被视为腐蚀防护体系的一部分而不是基材; 采用精确度为 0.1mm 的测量装置, 结果精确到 0.1mm

评价方法	要求	评价时间	条件/附注
GB/T 9286	0级 ~ 2级	在GB/T 9278定义的标准环境条件下放置7d后进行	当涂料体系的干膜厚度不大于250 μm时使用,在光滑面上校准仪器,测量值不经过修正
GB/T 5210	层间附着力不低于2.5MPa;不能出现第一道涂层与钢材/金属涂层之间的附着破坏,除非拉开强度值不低于5MPa	在GB/T 9278定义的标准环境条件下放置7d后进行	试验过程中需保证拉力是可控和线性的;在测试过程中,确保环试柱周围切割(涂层)至碳钢底材;每块试板至少需要3个数据;试板周边离板边1cm范围内发生的缺陷都不应考虑在内;若出现因胶黏剂或热喷涂金属涂层内部附着失效而导致测试结果不符合规定要求时,需要重新进行拉拔试验

### B.0.2 离岸腐蚀体系 CX~Im4 防护涂料体系耐久性实验室测试评价方法。

在离岸腐蚀体系 CX~Im4 级别下,可应用于碳钢、热浸镀锌钢和热喷涂金属涂层的涂料体系的测试结果应满足表 B.0.2-1 要求,测试结果的评定见表 B.0.2-2。

表 B.0.2-1 离岸腐蚀体系 CX ~ Im4 防护涂料体系的技术要求

测试项目	腐蚀等级 CX (离岸)环境	腐蚀等级 CX(离岸)和浸没 Im4 组合环境 (浪溅区和潮差区)	浸没 Im4 环境
GB/T 31415 循环老化试验	4200h	4200h	-
GB/T 7790 耐阴极剥离	-	4200h	4200h
GB/T 30648.2 海水浸泡试验	-	4200h	4200h

表 B.0.2-2 离岸腐蚀体系 CX ~ Im4 防护涂料体系的评定

评价方法	测试前的要求	条件
GB/T 5210 拉开法	基材(碳钢/金属化钢材)与每一道涂层之间不得出现层间破坏,除非拉开强度值不低于5MPa	试验过程中需保证拉力是可控和线性的,在测试过程中,确保环试柱周围切割(涂层)至碳钢底材;试板经两周状态调节后的测试值不低于原值的50%;基材(碳钢/金属化钢材)与每一道涂层之间不得出现层间破坏,除非拉开强度值不低于5MPa

评价方法		要求	评价时间
GB/T 1766 起泡		0(S0)	立即
GB/T 1766 锈蚀		0(S0)	立即
GB/T 1766 开裂		0(S0)	立即
GB/T 1766 剥落		0(S0)	立即
循环老化试验后划线处的腐蚀		底漆为非富锌的涂层体系, $M \leq 8.0\text{mm}$ ; 底漆为富锌的涂层体系, $M \leq 3.0\text{mm}$	
海水浸泡试验后划线处的腐蚀		$M \leq 6.0\text{mm}$	
GB/T7790(方法 A) 阴极剥离	制造一个直径 6mm 的人造圆孔 (碳钢底材完全暴露)	试验后, 用小刀划出两条贯穿涂层且于圆孔中心相交成 $45^\circ$ 夹角的放射状切痕, 切透涂层至碳钢底材, 用刀尖掀起涂层, 记录暴露的总面积 (包括圆孔的面积), 用总暴露面积和圆孔面积的差值计算剥离区域的面积, 由剥离面积计算出相应的等效直径, 该剥离面积的等效直径不应超过 20mm	

注:本附录内的引用标准,对应的 ISO 等效标准或者其它等效标准同样适用。

## 附录 C 阴极保护系统运行及维护管理

**C.0.1** 阴极保护系统的维护管理应符合《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448 的相关规定。

**C.0.2** 阴极保护系统的日常测量与检查最小频次应符合表 C.0.2 的规定。

表 C.0.2 日常测量与检查最小频次

项目	内容	检查周期
强制电流系统	1)检查阴极保护电源运行情况; 2)记录阴极保护电源设备的运行参数。	每天
	综合测试强制电流阴极保护系统的性能,宜包括: 1)阴极保护电源运行情况检测; 2)阳极地床的接地电阻测试; 3)阴极保护电源接地系统性能测试; 4)电源设备控制系统检测; 5)电源设备输出电压与输出电流校核。	≤6个月
与外部构筑物的连接 (电阻跨接或直接跨接)	设备功能的全面测试,电流大小与方向、电位	≤6个月
长效硫酸铜参比电极	测量与校准参比电极的误差	≤3个月
安装阴极保护检查片 或者极化探头的测试桩	1)检查片的 ON/OFF 电位; 2)检查片上的电流。	≤3个月
关键测试桩	测量通电电位	≤6个月
所有测试桩	测量断电电位	≤3年
牺牲阳极系统	综合测试牺牲阳极系统,宜包括: 1)输出电流; 2)管地电位; 3)接地电阻; 4)电缆连接的有效性。	≤6个月



项目	内容	检查周期
交流干扰防护系统	牺牲阳极保护设施,宜包括: 1)阳极交流排流量; 2)阳极输出电流; 3)阳极开路电位; 4)钢结构断电电位、交流电流密度。	≤1个月
	测试桩,宜包括: 1)钢结构对地交流电位(每月一次); 2)通过检查片检测:钢结构对地电位、交流电流密度。	≤12个月
	防护设备的运行和状况;交流排流量、接地极接地电阻	根据运行条件,每1月~3月一次
	防护系统全面检查;各主要原件性能检测;失效元件的更换;防护系统全面检查	≤12个月
直流干扰防护系统	常规测试应包括以下内容: 1)钢结构对地电位; 2)排流电位; 3)排流接地体的接地电阻; 4)牺牲阳极组的开、闭路电位和输出电流; 5)强制电流阴极保护系统的控制电位和输出电流。	≤1个月
	一般性检查与维护,应符合: 1)检查各元件的性能,并更换失效的元器件(每月一次); 2)检查各电气连接点的接触情况,对接触不良的连接点应进行处理并重新连接牢固(每月一次); 3)检查指示仪表的准确性,应维修或更换失效的仪表; 4)检查排流接地体的接地情况,在接地电阻过大时采取降阻措施。	≤12个月
	排流保护效果评定测试和干扰环境调查。	≤12个月
	所有的电绝缘装置	电绝缘装置的有效性
防浪涌保护器	防浪涌保护器的有效性	≤6个月

## 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1)表示很严格,非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3)表示允许有选择,在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其它有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 1 《钢筋混凝土阻锈剂耐蚀应用技术规范》GB/T 33803
- 2 《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251
- 3 《耐候结构钢》GB/T 4171
- 4 《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 第3部分:设计依据》GB/T 30790.3
- 5 《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第3部分:焊缝、边缘和其他区域的表面缺陷的处理等级》GB/T 8923.3
- 6 《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 第4部分:表面类型和表面处理》GB/T 30790.4
- 7 《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分:未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1
- 8 《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层 技术要求及试验方法》GB/T 13912
- 9 《热喷涂 金属和其它无机覆盖层 锌、铝及其合金》GB/T 9793
- 10 《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448
- 11 《钢结构工程施工规范》GB 50755
- 12 《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205
- 13 《建筑防腐蚀工程施工规范》GB 50212
- 14 《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 13288.2
- 15 《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
- 16 《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 18570.9
- 17 《金属和其他无机覆盖层 热喷涂 操作安全》GB/T 11375
  - 18 《石油天然气工业海底管道阴极保护》GB/T 35988
  - 19 《建筑防腐蚀工程施工质量验收标准》GB/T 50224
  - 20 《色漆和清漆 漆膜厚度的测定》GB/T 13452.2
  - 21 《防护涂料体系对钢结构防腐保护 涂层附着力 / 内聚力(破坏强度)评定和验收准则 第 1 部分:拉开法试验》GB/T 31586.1
  - 22 《防护涂料体系对钢结构的防腐保护 涂层附着力 / 内聚力(破坏强度)的评定和验收准则 第 2 部分:划格试验和划叉试验》GB/T 31586.2
  - 23 《涂装作业安全规程 安全管理通则》GB 7691
  - 24 《涂装作业安全规程 涂漆前处理工艺安全及其通风净化》GB 7692
  - 25 《涂装作业安全规程 涂漆工艺安全及其通风净化》GB 6514
  - 26 《个体防护装备选用规范》GB/T 11651
  - 27 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分:化学有害因素》GBZ 2.1
  - 28 《工业设备及管道防腐蚀工程施工规范》GB 50726
  - 29 《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80
  - 30 《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐保护 第 2 部分:环境分类》ISO 21944.2-2017
  - 31 《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐保护 第 2 部分:环境分类》GB/T 30790.2-2014
  - 32 《水运工程结构防腐蚀施工规范》JTS/T 209-2020
  - 33 《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐保护 第 6 部分:实验室性能测试方法》GB/T 30790.6-2014
  - 34 《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐保护 第 6 部分:实验室性能测试方法》ISO 12944.6-2018
  - 35 《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐保护 第 9 部分:海上建筑及相关结构用防护涂料体系和实验室性能测试方法》ISO 12944.9-2018

- 36 《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 第5部分：  
防护涂料体系》ISO 12944.5-2018
- 37 《工业建(构)筑物钢结构防腐蚀涂装质量检测、评定标准》YB/T  
4390
- 38 《钢结构防腐蚀涂装技术规程》CECS 343

海南省工程建设地方标准

## 海南省建筑钢结构防腐技术标准

Technical standard for anticorrosion of building steel structures in Hainan Province

DBJ 46-057-2020

条文说明

## 目 次

1 总 则 .....	61
3 基本规定 .....	62
3.1 腐蚀体系分类 .....	62
3.2 防腐体系的耐久性 .....	65
3.3 环境腐蚀性分类 .....	65
3.4 材料及基层要求 .....	68
4 防腐设计 .....	70
4.1 一般规定 .....	70
4.2 构造要求 .....	70
4.3 表面处理 .....	72
4.6 室内大气环境钢结构防腐体系 .....	72
4.7 室外大气环境钢结构防腐体系 .....	75
4.8 水和土壤环境钢结构防腐体系 .....	75
5 防腐施工 .....	76
5.1 一般规定 .....	76
5.2 表面处理 .....	76
5.3 涂装施工 .....	77
5.4 金属涂(镀)层施工 .....	77
5.6 特殊环境施工 .....	77
5.7 运输及仓储 .....	78
6 检验与验收 .....	79
6.1 一般规定 .....	79
6.2 防腐涂层质量检验与验收 .....	79
7 安全与环保 .....	80
7.1 一般规定 .....	80
7.2 安全 .....	80
8 防腐维护管理 .....	81
8.1 一般规定 .....	81
8.2 防腐蚀工程维护 .....	81
附录 B 防腐涂料体系耐久性实验室测试技术要求 .....	82

## 1 总 则

**1.0.1** 本条规定了制定本标准的目的。海南省处于南海地区,高温、高湿、高盐、多台风、多暴雨等气候环境显著区别于我国其它地区,因此针对海南省的气候环境和工程特殊要求,在已有建筑钢结构防腐蚀标准规范的基础上,结合海南省特点,通过对实际工程经验总结、现行国家规范体系的研究,编制适合海南省当地条件的建筑钢结构防腐技术标准,使得今后能更加经济、合理、有效地推进和规范海南省建筑钢结构防腐设计、施工、验收及维护管理工作。

**1.0.2** 本条规定了本标准的适用范围。本标准适用于海南全省范围内的建筑钢结构防腐蚀工程设计、施工、验收及维护管理,包括填海、岛礁等区域的建筑钢结构。



## 3 基本规定

### 3.1 腐蚀体系分类

**3.1.1** 海南省的行政管辖范围比较广阔,既包括海南岛本岛及附属岛屿,也包含南中国海的一部分岛、礁(群)。资料表明,海南省钢结构大气腐蚀环境与涨潮海岸线的距离密切相关,不同的地理位置,其大气相对湿度、大气含盐量、温度、海拔、距离涨潮海岸线距离、风向分布、降雨量等腐蚀影响因素完全不同,面临着异常迥异的腐蚀环境,腐蚀程度甚至是数量级的差别。

数据显示,当距离涨潮海岸线开始向内陆延伸 0.5km 以后,腐蚀状况大幅度降低。国家环境腐蚀平台在海南万宁观测的结果表明,距海岸线越远,海洋大气中氯离子浓度呈指数级别降低。中国兵器工业第五九研究所的研究结果也表明了这一点,该所于 2002 年 11 月~2003 年 10 月在东南沿海 66 个地点进行了钢、铝、锌、铜的户外暴露试验,试验时间为 12 个月,样品南向 45° 放置。试验表明,万宁试验站近海暴露场的腐蚀性在东南沿海是最强的。在万宁试验站不同离海距离设置了 5 个试验点,Q235 钢在这 5 个点的试验结果:近海场(距海边 170 m)为 0.3274 mm/a,内暴露场(距海边 350m)为 0.0419mm/a,距海边 1000m 处为 0.0362mm/a,距海边 3000m 处为 0.0419mm/a,距海边 8000m 处为 0.0470mm/a。近海场氯离子质量浓度比内暴露场高 1 个数量级,腐蚀率与氯离子的沉降速率随离海距离的变化规律高度一致。表 1 为距海岸线不同距离处氯离子浓度统计表,表 2 为距海岸线不同距离处碳钢的 A 值、n 值,表 3 为杨大宁等对海南岛变电站大气腐蚀调查进行研究后得出的结果。

表 1 距海岸线不同距离处氯离子浓度统计表

距海岸线(m)	氯离子浓度(1/100cm <sup>3</sup> ·d)
25	5.9988
95	1.3076
165	0.8571
235	0.2345
305	0.1608
375	0.0988

表 2 距海岸线不同距离处碳钢的 A 值、n 值

国家	地点	环境特征	距离(m)	A(mm)	n
巴西	Aracaju1	热带,海洋	100	0.548	1.16
	Aracaju2	热带,海洋	600	0.023	0.70
	Aracaju3	热带,海洋	1100	0.020	0.71

注:A 值相当于第一年的腐蚀速率,n 值表征腐蚀的发展趋势,当 n 值大于 1 时,腐蚀是不断加速的过程。

表 3 海南岛大气腐蚀性评价

地区	碳钢曝晒第一年的腐蚀速率(μm/a)	大气腐蚀等级
海口	57.73	C4
文昌	57.88	C4
琼海	65.05	C4
万宁	43.57	C3
陵水	39.66	C3
三亚	31.04	C3
乐东	25.10	C3
东方	79.75	C4
昌江	22.93	C2
白沙	28.75	C3
儋州	29.37	C3
临高	61.95	C4
澄迈	34.52	C3
保亭	29.35	C3
五指山	32.28	C3
琼中	30.45	C3
屯昌	35.88	C3

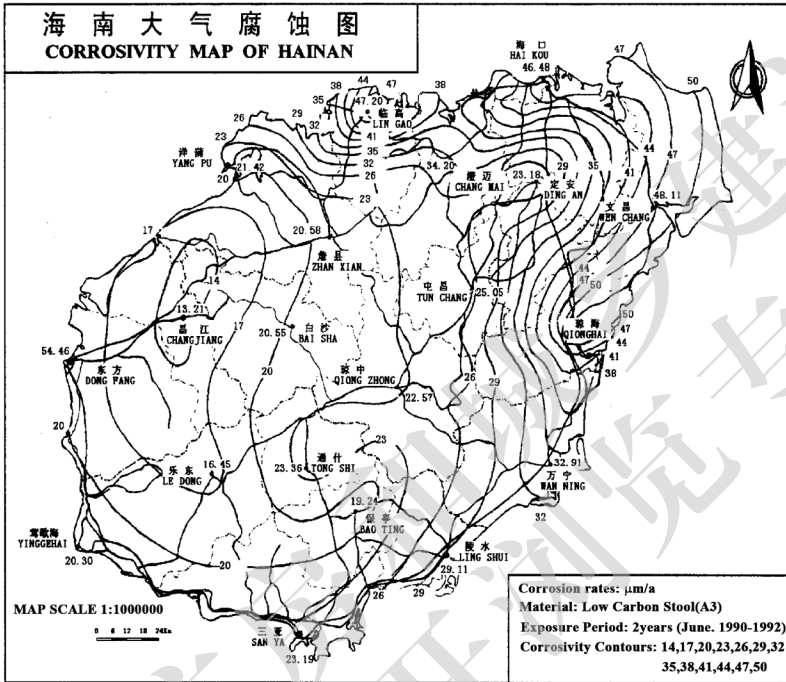


图1 海南岛本岛大气腐蚀图

为了更清晰地区分腐蚀环境，从而有针对性地设计防腐蚀方案、采取合理的施工和保护措施、制定科学的维护保养方案，本标准结合上述数据及相关标准规范，以涨潮海岸线的距离为依据，将海南省建筑钢结构腐蚀体系划分为离岸腐蚀体系、近岸腐蚀体系和岛陆腐蚀体系。

离岸腐蚀体系是指从海南岛本岛涨潮海岸线开始延伸至海洋的区域，该区域不仅包含大气腐蚀环境，同时也需要考虑浪溅区、潮差区、全浸区和海泥区的钢结构腐蚀环境。

近岸腐蚀体系是从海南岛本岛涨潮海岸线开始向内陆延伸1.5km的区域。数据显示，海南岛临海区域的近岸体系大气腐蚀环境非常苛刻，达到CX级别。当一个项目部分处于近岸腐蚀体系时，则整个项目的腐蚀体系均归属于近岸腐蚀体系，并根据本标准要

求,选择相应的防腐蚀方案。

岛陆腐蚀体系是指海南省本岛除了近岸体系以外的部分。

## 3.2 防腐体系的耐久性

**3.2.1~3.2.3** 本标准给出了 3 种耐久性范围,分别是中期(M,8 年~15 年)、长期(H,16 年~25 年)、超长期(VH,26 年及以上)。耐久性是指某防护体系从施工完成后到第一次维修的预期时间。随着涂装防腐、电化学防腐等防腐蚀科技水平的不断提高,满足较长期限的防腐蚀需要(如一些大型建筑钢结构、无人值守的海洋建筑钢结构、不易维护的建筑钢结构等)成为现实,防腐蚀体系的耐久性可以达到 25 年以上,这将有利于降低维护频率、减少维护费用、提高建筑物的长期安全运行。但并不是所有的钢结构都需要超长期的防腐耐久性要求,而是由甲方(建设单位)根据使用要求、成本、施工期限等具体因素综合考虑,对耐久性提出要求。

当甲方(建设单位)没有提出要求时,本标准结合钢结构设计使用寿命、是否容易维护、防腐效果、成本等综合因素给出了海南省建筑钢结构防腐体系耐久性最低年限。对于钢结构防腐,新建钢结构的防腐施工相对既有钢结构的防腐维护来讲施工更加容易,相同防腐方案下防腐效果更好,维护周期更长,全寿命周期成本相对更低,因此,在制定“海南省建筑钢结构防腐体系耐久性最低年限”时,以长期和超长期为优先选项。

## 3.3 环境腐蚀性分类

**3.3.1** 海南省钢结构建造和使用过程中有可能涉及到大气环境、水环境和土壤环境中的一种或几种。

**3.3.2~3.3.7** 本条在编制时参考了《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 第 2 部分:环境分类》ISO21944.2-2017、《色漆和

清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 第2部分:环境分类》GB/T 30790.2-2014、《水运工程结构防腐蚀施工规范》JTS/T 209。

**3.3.7~3.3.8** 原则上室内的腐蚀等级只比室外低一级,这样能够尽量避免钢结构制作、运输、安装过程中暴露在苛刻的室外腐蚀环境中的腐蚀问题。室内有除湿的使用场景一般是指有空调的建筑室内,室内无除湿的使用场景是指仓储、场馆等无空调或正常情况下空调不开放的情况。

**3.3.7~3.3.9** 离岸腐蚀体系对建筑钢结构的腐蚀分类可能同时需要考虑大气环境、水环境和土壤环境,如果是建设在离岸岛礁上的钢结构建筑,则需要考虑大气腐蚀和土壤腐蚀。建筑钢结构在大气腐蚀环境下,室内和室外差别明显,在有除湿条件下如办公室、卧室等,腐蚀比较轻微,无除湿情况下如仓储、场馆等则要严重一些,而特殊场景如游泳池、厨房、卫生间等则要更加严重。

当处于涉水环境下时,需要考虑海水的腐蚀,腐蚀区域包括浪溅区、潮差区、全浸区和海泥区,如果处于吹填海岛,还需要考虑珊瑚砂混凝土对钢结构的腐蚀。

近岸腐蚀体系除了主要考虑大气腐蚀外,因为沿海地区土壤可能存在较高含量的氯离子、硫酸根离子等腐蚀性介质,因此还要考虑土壤腐蚀。

岛陆腐蚀体系因为不存在腐蚀性土壤,只考虑大气腐蚀。

综合以上数据资料,本标准绘制了“海南省岛陆腐蚀体系室外大气腐蚀等级分布图”(见图 3.3.5),为方便查询,还编制了“海南省岛陆腐蚀体系室外大气腐蚀等级分布一览表”(见附录 A)。

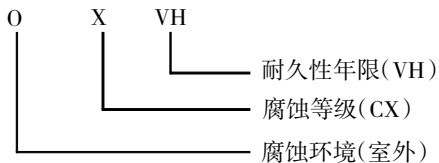
根据条文说明 3.1.1 参考资料给出的腐蚀数据,结合本标准表 3.3.3 大气环境对钢材的腐蚀性等级的规定,在海南岛陆体系中划分出 C2、C3、C4 腐蚀区域,在腐蚀区域边界线的划定中,为了方便标准的参照和执行,以乡镇一级的行政区划分界为划分边界;当腐

蚀等高线穿过乡镇时,整个乡镇划分到腐蚀等级高的区域。

表 3.3.7~3.3.10 还给出了防腐蚀方案的划分,主要是根据腐蚀区域、腐蚀等级和防腐体系耐久性来编号,对防腐蚀方案编号缩写说明如下:

- 1) 大气腐蚀环境:第一个字母为腐蚀环境,O 代表室外(outdoor), I 代表室内(indoor);第二个字母为腐蚀等级,C2、C3、C4、CX 分别以 2、3、4、X 代表;其后为耐久性要求,分别以 M、H、VH 代表中期、长期、超长期。举例说明,如 OXM 代表室外、腐蚀等级为 CX、耐久性年限为 M 的防腐蚀方案;如 OXVH 代表室外、腐蚀等级为 CX、耐久性年限为 VH 的防腐蚀方案;如 I4M 代表室内、腐蚀等级为 C4、耐久性年限为 M 的防腐蚀方案。
- 2) 浪溅区和潮差区:浪溅区以 S 表示(splash zone),潮差区以 T 表示(tide zone),其后的字母为耐久性年限。如 STH 代表浪溅区和潮差区、耐久性年限为 H 的防腐蚀方案。
- 3) 全浸区:全浸区以 I 表示(immersion zone),有阴极保护(cathodic protection)时以 C 表示,没有阴极保护时不加 C,其后的字母为耐久性年限。如 ICM 表示全浸区、有阴极保护、耐久性年限为 M 的防腐蚀方案;IH 表示全浸区、无阴极保护、耐久性年限为 H 的防腐蚀方案。
- 4) 海泥区:海泥区以 M 表示(mud),其后的字母为耐久性年限。如 MH 表示海泥区、耐久性年限为 H 的防腐蚀方案。
- 5) 珊瑚砂混凝土:珊瑚砂混凝土以 CC 表示(coral sand concrete),其后的字母为耐久性年限。如 CCM 表示珊瑚砂混凝土、耐久性年限为 M 的防腐蚀方案。

以代号为“OXVH”(室外、腐蚀等级为 CX、耐久性年限为 VH)的防腐蚀方案图示如下:



### 3.4 材料及基层要求

**3.4.3** 某种涂料体系的耐久性受到许多外在因素的影响,如环境、结构设计、表面处理及施工和干燥过程,用于某特定环境的涂料体系的选择应主要基于在相似情况下的实际工程应用经验。

耐久性也和体系的化学及物理特性相关,如基料类型、干膜厚度等。这些特性能够通过人工老化试验来评价,重要的是通过对水、潮湿、盐雾的耐受性测试以揭示涂层的湿附着力和屏蔽性能。技术要求中随后所选择的老化试验及持续时间是为了确保高性能涂料体系确实具有满足实际应用中的预期耐久性要求的特性。

人工老化毕竟不具有和自然暴露同样的作用和效果,很多因素影响老化(退化、降解)过程,在实验室不可能采用完全适合的方式加速所有这些因素。因此很难根据实验室人工老化测试结果给各种不同组合的涂料体系(性能)一个可靠的耐久性数据。

但是从涂料性能验证的技术手段发展历史、防腐体系的经验积累来看,目前所采用的手段如冷凝试验、中性盐雾试验、循环老化试验、浸泡实验、人工老化实验以及与之相结合的附着力实验等,在同等条件下的验证结果基本上能够反映防腐体系性能的优劣,同时也可以大概推断该体系在设定条件下的耐久性。

本条给出了腐蚀材料的性能指标要求以及防腐涂料体系耐久性实验室测试评价要求。本标准在制定“防腐涂料体系耐久性实验室测试评价方法”时参考了《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 第6部分:实验室性能测试方法》GB/T 30790.6-2014以及《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 第6部

分:实验室性能测试方法》ISO 12944.6-2018。

**3.4.5~3.4.6** 钢结构基层表面的除锈质量等级直接影响防腐蚀涂层和基层的结合力,防腐蚀涂层的耐久性与涂层和基层之间的结合力关系密切,不少建筑钢构件漆膜脱落的原因之一就是除锈质量不符合要求。工程实践证明基层除锈十分重要,但是在实际工程中其重要性又是最容易被忽略的。鉴于海南省腐蚀环境复杂,为保证建筑钢结构防腐蚀工程质量,对钢结构基层表面除锈质量等级和检验数量提出要求,在实际工程中应严格执行。



## 4 防腐设计

### 4.1 一般规定

**4.1.2** 防腐体系的设计是做好建筑钢结构防腐蚀工程的关键环节,针对当前建筑钢结构工程设计中此部分内容常有缺失或者过于简单的情况,本条对其内容和技术要求的大纲做成了具体规定。

**4.1.5** 不同金属材料接触时会发生电化学反应,腐蚀严重,因此要在接触部位采取防止电化学腐蚀的隔离措施。如采用硅橡胶垫做隔离层并加密封措施。

**4.1.7** 防腐涂料耐腐蚀性能与其化学、物理特性关系密切,一方面要有坚固致密的漆膜,还要有稳定的化学性能。水性涂层体系由于漆膜的致密性、含锌底漆由于其化学稳定性,在可能存在长期腐蚀介质浸泡的积水区域不宜采用。

**4.1.9** 对维修困难的构件适当增加涂层道数和厚度以提高服役寿命,减少维修频次。根据实际工程经验,提出了增加厚度宜在 $20\mu\text{m}\sim 40\mu\text{m}$ 之间的规定。

**4.1.8~4.8.12** 海南省建筑钢结构可供选择的防腐蚀措施,可以根据环境腐蚀性、设计使用要求、施工条件和维护管理条件等因素,综合选择防腐蚀方案,做到安全可靠,经济实用。

### 4.2 构造要求

**4.2.2** 闭口截面杆件端部封闭是防腐蚀要求。闭口截面的杆件采用热镀浸锌工艺防护时,杆件端部不应封闭,应采取开孔防爆措施,以保证安全。若端部封闭后再进行热浸镀锌处理,则可能会因高温引起爆炸。

**4.2.3** 为保证钢构件的耐久性,应有一定的截面厚度要求。太薄的杆件一旦腐蚀便很快丧失承载力。规程中规定的截面厚度最小限值,是根据使用经验确定的。杆件均指的是单件杆件。

**4.2.4** 焊接连接的防腐蚀性能优于螺栓连接和铆接,但焊缝缺陷会使涂层难以覆盖,且焊缝表面常夹有焊渣又不平整,易吸附腐蚀性介质,同时焊缝处一般均有残余应力存在,所以,焊缝常常先于主体材料腐蚀。焊缝是传力和保证结构整体性的关键部位,对其焊脚尺寸应有最小要求。断续焊缝容易产生缝隙蚀,若闭口截面的连接焊缝采用断续焊缝,腐蚀介质和水汽易从焊缝空隙中渗入内部。所以对重要构件和闭口截面杆件的焊接应采用连续焊缝。

加劲肋切角的目的是排水,避免积水和积灰加重腐蚀,也便于涂装。焊缝不得把切角堵死。国际标准《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的腐蚀防护》ISO 12944 中提出加劲肋切角半径应小于50mm。

构件的连接材料,如焊条、螺栓、节点板等,其防腐性能(包括防护措施)不应低于主体材料,以保证结构的完整性。弹簧垫圈(如防松垫圈、齿状垫圈)容易产生缝隙腐蚀。

**4.2.5** 钢结构构件和杆件形式,对结构或杆件的腐蚀速率有重大影响。按照材料集中原则的观点,截面的周长与面积之比愈小,则抗腐蚀性能愈高。薄壁型钢壁较薄,稍有腐蚀对承载力影响较大;格构式结构杆件的截面较小,加上级条、缀板较多,表面积大,不利于钢结构防腐。

**4.2.6** 网架结构能够实现大跨度空间且造型美观,近年发展迅速,应用于许多工业与民用建筑。钢管截面和球型节点是各类网架中杆件外表面积小、防腐蚀性能好且便于施工的空间结构形式,也是工业建筑中广泛应用的形式。

焊接连接的空心球节点虽然比较笨重,施工难度大,但其防腐蚀性能好,承载力高,连接相对灵活。在大气环境腐蚀性等级为C3及以上时不推荐螺栓球节点,因钢管与球节点螺栓连接时,接缝处

难以保持严密。

网架作为大跨度结构构件,防腐蚀非常重要,螺栓球接缝处理和多余螺栓孔封堵都是防止腐蚀性气体进入的重要措施。

**4.2.7** 钢柱柱脚均应置于混凝土基础上,不允许采用钢柱插入地下再包裹混凝土的做法。钢柱于地上、地下形成阴阳极,环境湿度高或积水时,电化学腐蚀严重。另外,室内外地坪常排水不畅而积水,规定钢柱基础顶面宜高出地面不小于 300mm 是为了避免柱脚积水锈蚀。当腐蚀等级为强时,应做加强防护措施。

### 4.3 表面处理

**4.3.1** 防腐蚀涂层的有效使用寿命有多种影响因素,如涂装前钢材表面预处理质量、涂料的品种、组成、涂膜的厚度、涂装道数、施工环境条件及涂装工艺等。根据实际工程经验统计,表面预处理质量的影响程度占 50%以上,表面预处理质量是涂层过早破坏的主要影响因素,对金属热喷涂层和其它防腐蚀覆盖层与基体的结合力,表面预处理质量也有极重要的作用。

**4.3.4** 现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理》GB 8923 对涂装前钢结构的表面状态,包括锈蚀等级和除锈等级都作出了明确的规定。

**4.3.5** 表面清洁度对涂装系统的保护效果影响很大。就保护性能而言,表面清洁度等级越高越好,但表面预处理费用会随着清洁度等级的提高而急剧增加。本条仅对不同涂层的最低表面清洁度等级作出规定。

## 4.6 室内大气环境钢结构防腐体系

### 4.6.1~4.6.3 防腐蚀涂层类型说明

#### 1) 基料类型

##### a 醇酸

醇酸涂料是单组份涂料，涂膜通过溶剂的挥发和基料与大气中的氧气反应而干燥成膜。

#### **b 丙烯酸**

丙烯酸涂料是单组份涂料，涂膜通过溶剂的挥发而干燥成膜，没有化学反应发生。有水性 and 溶剂型的。

#### **c 硅酸乙酯**

无机硅酸富锌涂料有单组份和双组份。干燥成膜依靠溶剂挥发和与空气中的潮气发生化学反应而固化。双罐装的涂料包括液体(含基料)组份和粉体(含锌粉)组份。

为避免无机硅酸富锌涂层出现开裂、龟裂等缺陷，其厚度不宜过厚，需依据涂料制造商的厚度限制执行。

无机硅酸富锌涂层为多孔涂层，涂覆后续涂层时宜选用合适的封闭涂料进行雾喷封闭，雾喷涂层以刚好达到封闭效果为宜，不计入总厚度。建议以干膜厚度  $25\ \mu\text{m}$  计算用量。

#### **d 环氧**

环氧涂料，含主剂和固化剂两个组份，干燥成膜依靠溶剂挥发及基料和固化剂组份发生化学反应而固化。

主剂组份中的基料是含环氧基的聚合物，如环氧、环氧乙烷/环氧丙烯酸、环氧组合物(如环氧碳氢树脂)。固化剂组份可以是胺、聚胺、聚酰胺或加成物。配方可以是溶剂型的、水基型(水性)的或无溶剂型的。

暴露在阳光下时，大多数环氧涂层会粉化。如果需要保光保色性能，应施工或选择合适的面涂层，如聚氨酯、氟碳、聚硅氧烷等。

#### **e 聚氨酯**

聚氨酯涂料有单组份和双组份。

单组份的聚氨酯涂料的干燥成膜依靠溶剂(如果含溶剂)挥发和与空气中的潮气发生化学反应而固化。这一过程是不可逆转的，即这种涂层在干燥后不能溶于原溶剂中。双组份的聚氨酯涂料的干燥成膜依靠溶剂挥发以及基料和固化剂组份发生化学反应而固

化。主剂组份中的基料是含活泼羟基的聚合物,如聚酯、丙烯酸、环氧、聚醚、氟树脂,它能与合适的异氰酸酯固化剂反应,它们也可以与不反应的基料(例如碳氢化合物)一起组合。固化剂组份含异氰酸酯。

聚氨酯涂料有芳香族的也有脂肪型族的。芳香族的不宜用作面涂层,因为它们有粉化倾向。

#### **f 氟碳**

氟碳涂料是基于氟聚合物的一种特殊类型涂料,其干燥成膜依靠溶剂挥发以及基料树脂与固化剂组份的化学反应固化。基料组份的树脂是含有能与合适的异氰酸酯固化剂反应的活泼羟基的含氟聚合物。

#### **g 聚硅氧烷**

聚硅氧烷涂料有单组份和双组份。聚硅氧烷树脂部分是有机(采用有机改性树脂,典型的如丙烯酸、丙烯酸酯或环氧),部分是无机的(硅树脂)。

单组份的聚硅氧烷涂料的干燥成膜最初依靠溶剂(如果含溶剂)挥发,然后与空气中的潮气发生化学反应而固化,这一过程是不可逆转的,即这种涂层在干燥后不能溶于原溶剂中。双组份的聚硅氧烷涂料的干燥成膜依靠溶剂挥发以及基料和固化剂组份发生化学反应而固化。

以上基料类型除硅酸乙酯外,其它类型的配方均可使用溶剂型或水基型(水性)。水基型(水性)涂料仅适合在大气环境下使用。

### **2)底漆类型**

#### **a 富锌**

加入锌粉作为主要颜料(填料)的富锌涂料,不挥发份中金属锌质量含量不低于 80%。

#### **b 其它**

除了锌粉以外,涂料中加入其它类型颜料(填料)的涂料。颜料(填料)类型可以是云母氧化铁(MIO)、铝粉(Alu)、玻璃鳞片(GF)

以及其它类型。其中云母氧化铁(MIO)类型仅适合在大气环境下使用。浸没环境下宜选用高固成份或者无溶剂类型的耐磨环氧漆或环氧玻璃鳞片漆。

#### 4.7 室外大气环境钢结构防腐体系

**4.7.3** 本条采用超疏水涂层,是因为相对于传统涂层,超疏水涂层有利于涂层耐久性的提高。在超疏水涂层上,水膜无法铺展,呈珠状,将腐蚀介质的接触形态从水膜的面接触变为水滴的点接触,腐蚀介质对涂层无法形成连续的渗透,同时,腐蚀介质还可以通过水滴的滚动被带走。应用于钢结构表面的超疏水涂层,与水的接触角应大于  $150^{\circ}$ ,且滚动角应小于  $10^{\circ}$ 。

**4.7.4** 参考《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 第9部分:海上建筑及相关结构用防护涂料体系和实验室性能测试方法》ISO 12944.9-2018,室外大气腐蚀环境 CX 环境下的涂层耐久性最低从长期起步,耐久性为中期的涂层厚度参照长期的涂层厚度。

#### 4.8 水和土壤环境钢结构防腐体系

**4.8.1~4.8.5** 参考《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 第9部分:海上建筑及相关结构用防护涂料体系和实验室性能测试方法》ISO 12944.9-2018,浪溅区和潮差区腐蚀环境相似,均会有严重腐蚀的 CX 环境和海水的浸没环境,因此将浪溅区和潮差区的涂层合并,同时涂层的耐久性最低从长期起步。

参考《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 第5部分:防护涂料体系》ISO 12944.5-2018,所有浸没环境下的涂层耐久性最低从长期起步,耐久性为中期的涂层厚度参照长期的涂层厚度。

## 5 防腐施工

### 5.1 一般规定

**5.1.2** 本条特别提出了施工单位和操作人员需要具备的相关资格证书的要求,主要是基于防腐蚀涂装施工是一项工艺复杂、专业技术性较强的工作,施工过程中有关工艺参数需要随着环境条件的改变而及时予以调整,操作人员必须经专业培训,并取得执业资格才能保证涂装工程质量。

**5.1.3** 防腐蚀工程的施工方案或专项方案是根据相关标准、规范、产品特点和工程项目特点对人、机、料、环境、安全、环保和环节质量控制方法进行周到详细的规划,对施工质量的控制是非常关键的。如果是首次进行的复合涂装作业,先进行涂装工艺试验与评定工艺试验,可以避免后期涂层在系统配套性方面出现问题。工艺试验与评定的内容包括:除锈工艺参数、各道涂料之间的匹配性能、防火涂料与中间涂层、面涂层的相容性能以及所使用材料的施工工艺性能参数等。

### 5.2 表面处理

**5.2.1~5.2.8** 钢结构钢材表面处理的质量保证是做好钢结构涂装防腐蚀工程的基础,国外大量的统计数据表明,涂装工程质量,大约有 50%以上由基层处理质量决定。本标准根据现行国家有关标准提出的钢材表面处理技术要求,在施工中应严格执行。

薄壁钢结构在承受较大喷射压力时,可能会产生变形,因此使用的喷射压力可以适当降低。

相关资料表明,表面处理后 4h 内进行涂装施工,可以减少钢结构表面返锈和结露的几率,降低对涂层与钢结构之间粘接强度的影响。只要表面出现返锈现象,应重新除锈。

## 5.3 涂装施工

**5.3.1** 环境温度对于涂料成膜过程中的溶剂挥发、树脂交联反应、流平性能有着非常严重的影响,环境温度过高或者过低,都可能会对施工质量造成不利影响。

**5.3.4** 重涂间隔应当按照产品说明书严格执行,否则可能造成脱层、渗色、流坠、粉化等严重的涂层质量事故。

**5.3.5** 焊缝及焊接热影响区是涂料保护的薄弱环节之一,本条为质量强化措施。

## 5.4 金属涂(镀)层施工

**5.4.1** 本部分热喷涂施工技术条文,来自相关的现行国家标准,在国内已实施多年,属于成熟的施工技术标准。

**5.4.2** 缩短表面处理与热喷涂施工之间的时间间隔,可以减少被保护钢结构表面返锈和结露的机会,从而保证金属热喷涂层的附着力。间隔时间越短越好,具体间隔时间因施工现场的空气相对湿度和粉尘含量的不同有较大的区别。

**5.4.3** 被喷涂钢结构表面在温度低于露点 $3^{\circ}\text{C}$ ,或者空气相对湿度大于85%时,容易结露形成水膜,从而造成热喷涂层的附着力显著下降。

## 5.6 特殊环境施工

**5.6.1** 本条定义了特殊环境的范围和条件。

**5.6.2** 对可能出现特殊环境的情况,应当参照本规定,在施工组织设计时对特殊环境条件下的材料保护、半成品保护、成品保护、设备器具保护、安全防护等方面从组织机构、应急响应、措施等几个方面予以综合考虑,否则可能影响施工质量、施工进度,甚至引发安全事故,造成财产损失和人员伤亡。



## 5.7 运输及仓储

**5.7.2** 海南省建筑钢结构设计使用场景腐蚀等级有可能低于施工、仓储和运输环境腐蚀等级的特殊情况,本条明确了运输和仓储过程中保证防腐质量的相关规定。

## 6 检验与验收

### 6.1 一般规定

**6.1.1~6.1.3** 防腐蚀工程的检验和验收包括材料检验、资料验收和工程质量验收。

### 6.2 防腐涂层质量检验与验收

**6.2.1~6.2.5** 防腐涂层的现场检验和验收一般包括外观质量、厚度、附着力等项目,其中,附着力检测为破坏性测试,在完成检测后应当予以复原。如果供货合同或设计说明有明确要求,也可根据供货协议对色差、光泽、平整度等其它指标进行检验。

**6.2.6** 本条详细规定了防腐涂装各工序的检验项目、检验方法、验收标准与检验数量,在防腐涂层质量检验与验收环节应当严格执行。

## 7 安全与环保

### 7.1 一般规定

**7.1.1~7.1.3** 钢结构涂装防腐蚀施工过程,涉及到大量的易燃易爆物品和对人体有害的各类挥发性气体和粉尘等,若不严格管理,就有可能造成恶性安全事故,危及人身安全。施工中应制定相应的安全操作规程并严格遵照执行。

### 7.2 安全

**7.2.1~7.2.9** 本节根据相关标准,对涂装防腐蚀施工中的安全和环保要求作出了详细的规定。

## 8 防腐维护管理

### 8.1 一般规定

**8.1.2** 钢结构防腐涂装施工所形成的防腐保护膜,由于其施工过程中可能存在未能在验收环节检出的初始缺陷,加之使用过程中涂层老化等原因,会导致防腐涂装体系功能降低和使用寿命的缩短。因此必须重视使用期内的维护管理,并将其视为整个建筑钢结构物安全管理体系中不可缺少的组成部分。

**8.1.5** 钢结构的防腐维护管理工作的责任主体是使用者本身,故使用者应有这种明确的意识,重视此项工作并在使用期内制定相应的管理措施,安排人员组织实施。

### 8.2 防腐蚀工程维护

**8.2.2** 本条提供的防腐蚀工程维护前,应依据《工业建(构)筑物钢结构防腐涂装质量检测、评定标准》YB/T 4390 有关规定进行或《钢结构防腐涂装技术规程》CECS 343 对各部分旧涂层状况程度、腐蚀环境进行检查与评估,并以此为依据,确定维修的范围及维修方案。

## 附录 B 防腐涂料体系耐久性实验室测试技术要求

本条提供了通过实验室性能测试来评价防护涂料体系耐久性的方法,以便能够选择最合适的防护涂料体系应用于实践。一般采用两种试验模式,其中根据 GB/T 31415 做的循环测试,目前仅对在 C4 ~ VH 环境中使用的涂层系统进行要求;另一种则是联合采用中性盐雾和冷凝试验的测试方法,对除 C5 ~ VH 以外的环境下,来替代循环老化试验的方案。更多的涂层实验室测试和实际防腐作用的相关性研究表明,在 C5 ~ H 和 C4 ~ VH 中采用循环老化试验取代联合中性盐雾和冷凝试验是合适的。

鉴于某些涂料涂层的耐久性受到许多外在因素,如:环境、结构设计、表面处理及施工和干燥过程状态等的影响,对某种特定环境下不能进行全面而系统的耐久性测试的涂料体系,经常采取基料类型、干膜厚度、物理化学特性接近或相似的,易获得涂层体系的试验结构或应用情况来对比论证其可行性。

本条规定的物理化学特性,一般采用人工老化试验来评价。但应该明确的是,在实验室内进行的人工老化由于不能以完全合适的方式加速所有影响因素,因此不能取得与自然暴露完全一致的效果,对于人工老化的结果应慎重采用。

在以下情况下,建议采用额外的性能测试:

- 需要了解更多防腐蚀保护性能的信息时;
- 需要耐机械损伤时;
- 采用阴极保护时。

也可采用经相关各方协商达成一致的附加测试方法。