



CECS 343 : 2013

中国工程建设协会标准

钢结构防腐蚀涂装技术规程

Technical specification for painting and
anticorrosion of steel structures

2013 北 京

中国工程建设协会标准

钢结构防腐蚀涂装技术规程

Technical specification for painting and
anticorrosion of steel structures

CECS 343 : 2013

主编单位：中 国 钢 结 构 协 会
中冶建筑研究总院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2 0 1 3 年 1 0 月 1 日

中国建筑工业出版社

2013 北 京

中国工程建设标准化协会公告

第 145 号

关于发布《钢结构防腐蚀涂装技术规程》的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈中国工程建设标准化协会 2006 年第一批标准制、修订项目计划〉的通知》[(2006)建标协字第 12 号]的要求,由中国钢结构协会、中冶建筑研究总院有限公司等单位编制的《钢结构防腐蚀涂装技术规程》,经本协会防腐蚀专业委员会组织审查,现批准发布,编号为 CECS 343 : 2013,自 2013 年 10 月 1 日起施行。

中国工程建设标准化协会
二〇一三年七月二十五日

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈中国工程建设标准化协会 2006 年第一批标准制、修订项目计划〉的通知》[(2006)建标协字第 12 号]的要求,规程编制组参考有关国内外技术标准,认真总结实践经验,并在广泛征求意见的基础上,制定本规程。

近十余年来我国建筑钢结构的应用与技术发展十分迅速,与长期以来建筑钢结构防腐蚀涂装工程所表现出的技术标准缺失、设防标准过低和施工质量不高等滞后的现状形成很大反差,也导致钢结构耐久性降低的问题日益突显。为此,编制本规程,对规范和指导钢结构防腐蚀涂装工程的合理设防,提高钢结构的耐久性和保证工程质量,都有着重要的意义。

本规程的主要内容包括:总则、术语、环境条件对钢结构腐蚀作用的分类、防腐蚀涂装工程设计、防腐蚀工程材料、防腐蚀涂装工程施工、工程验收、使用期内维护管理等。

根据原国家计委计标[1986]1649 号文《关于请中国工程建设标准化委员会负责组织推荐性工程建设标准试点工作的通知》的要求,推荐给工程设计、施工、建设、监理等单位及工程技术人员采用。

本规程由中国工程建设标准化协会防腐蚀专业委员会归口管理,由中冶建筑研究总院有限公司负责解释(地址:北京市海淀区西土城路 33 号,邮政编码:100088)。在使用过程中如发现需要修改和补充之处,请将意见和资料径寄解释单位。

主 编 单 位: 中国钢结构协会

中冶建筑研究总院有限公司

参 编 单 位: 常州鸿珺聚苯胺新材料有限公司

中国京冶工程技术有限公司
南京中建化工设备制造有限公司
廊坊立邦涂料有限公司
华北电力设计研究院
沈阳航达科技有限公司
浙江东南网架股份有限公司
浙江杭萧钢构股份有限公司
中冶京诚工程技术有限公司
北京远达国际工程管理有限公司
宝钢钢构有限公司
上海宝冶集团有限公司
上海宝钢工业技术服务有限公司
辽宁鞍特钢结构集团有限公司
中冶东方工程技术有限公司
北京赛博思建筑设计有限公司

主要起草人：张大厚 柴昶(以下按姓氏笔画排列)

王凤宪 马 绅 文双玲 卞宗舒 田启良
刘迎春 刘风仙 庄继勇 李 文 张 剑
肖 谨 杨强跃 周观根 陈少昌 贺明玄
董 超 董晓辉 韩长智 蔡玉春

主要审查人：陈禄如 李国强 何进源 范 重 贺贤娟
张炎明 吴明超 郭剑云

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	环境条件对钢结构腐蚀作用的分类	(5)
4	防腐蚀涂装工程设计	(7)
4.1	一般规定	(7)
4.2	结构防腐蚀设计	(9)
4.3	构造与连接	(11)
5	防腐蚀工程材料	(13)
6	防腐蚀涂装工程施工	(15)
6.1	一般规定	(15)
6.2	钢材表面处理	(16)
6.3	涂装施工	(18)
6.4	金属热喷涂施工	(19)
6.5	安全和环境保护	(20)
6.6	施工质量检验	(21)
7	工程验收	(25)
8	使用期内维护管理	(28)
附录 A	常用防腐涂层配套	(31)
附录 B	露点换算表	(34)
附录 C	旧有涂层表面状态的检查和等级标准	(35)
	本规程用词说明	(38)
	引用标准名录	(39)
附:	条文说明	(41)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Atmospheric-corrosivity categories	(5)
4	Design of anticorrosion for steel structures	(7)
4.1	General requirement	(7)
4.2	Anticorrosion design for structure	(9)
4.3	Connection and joint	(11)
5	Anticorrosion engineering material	(13)
6	Construction for anticorrosion painting	(15)
6.1	General requirement	(15)
6.2	Surface pretreatment	(16)
6.3	Paint	(18)
6.4	Metal thermal spraying	(19)
6.5	Safety and environmental protection	(20)
6.6	Construction quality inspection	(21)
7	Acceptance	(25)
8	Maintenance management	(28)
Appendix A	Commonly used coat matching system	(31)
Appendix B	Dew-point conversion table	(34)
Appendix C	Old coating surface state inspection and grading standards	(35)
	Explanation of wording in this specification	(38)
	List of quoted standards	(39)
	Addition: Explanation of provisions	(41)

1 总 则

1.0.1 为防止或减轻大气与侵蚀性气态介质环境对建筑钢结构的腐蚀作用,使钢结构防腐蚀涂装设计与施工做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于大气环境或有侵蚀性气态介质环境中建筑物和构筑物钢结构防腐蚀涂装的设计、施工和验收。

1.0.3 本规程的防腐蚀设防原则和基本规定是根据现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046、《钢结构设计规范》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018、《建筑防腐蚀工程施工及验收规范》GB 50212 及《钢结构工程施工规范》GB 50755 等制定的。钢结构的防腐蚀涂装工程应遵循预防为主,防护结合的原则,并综合考虑介质环境的腐蚀性、建筑物的重要性和维护条件,在建筑全寿命经济分析的基础上采取长效防腐蚀涂装措施,并保证防腐蚀涂装的施工质量。

1.0.4 钢结构防腐蚀涂装的设计、施工和验收,除应符合本规程的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 腐蚀性分级 corrosiveness classification

在腐蚀性介质长期作用下,根据其对建筑材料劣化的程度,即外观变化、重量变化、强度损失以及腐蚀速度等因素,所综合评定出的腐蚀作用程度等级。

2.0.2 防护层使用年限 service life of protective layer

在合理设计、正确施工和正常使用与维护的条件下,防腐蚀涂(镀)层预估的使用年限。一般指该防护配套体系达到第一次大修前的使用年限。

2.0.3 涂装 painting

以各类涂层涂覆于钢材表面工艺的总称。

2.0.4 钢材表面锈蚀等级 rust grades of steel surfaces

按照国家现行标准《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规定的钢材初始表面锈蚀状态分级标准,共分为A、B、C、D四个等级,用于涂装前钢材锈蚀等级的评定。

2.0.5 钢材表面除锈等级 preparation grades of steel surfaces

按照国家现行标准《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规定的钢材表面进行除锈处理后的表面状态分级标准。以代表除锈方法的字母“Sa(喷射除锈)”、“St(手工及动力工具除锈)”与表示消除程

度的数字组合表示。如 Sa2 $\frac{1}{2}$ 、St3 等。

2.0.6 喷射或抛射除锈 blast preparation

利用机械设备将一定粒度的钢丸、石英砂等硬质磨料,高速喷射到钢材表面进行除锈的方法。

2.0.7 手工和动力工具除锈 hand or power tool preparation

用手工或手持动力工具,对钢材表面进行打磨除锈的方法。

2.0.8 涂料 coating

涂于物体表面能形成具有保护、装饰或特殊功能(如绝缘、防腐、标志等)固态涂膜的涂装材料之总称。

2.0.9 涂层配套 coat matching

能相容的各类涂层间在材料选用、结构搭配、涂装工艺等方面合理组合形成的复合涂层。

2.0.10 热喷涂 thermal spraying

在喷涂枪内或外将喷涂材料加热到塑性或熔化状态,然后喷射于经预处理的基体表面上,基体保持未熔状态形成涂层的方法。

2.0.11 热镀锌 hot dip galvanizing

将经过表面处理的钢构件全部浸入熔融的锌液中一定时间,使钢构件表面获得均匀金属锌镀层的工艺方法。

2.0.12 附着力 adhesion

涂层与被涂面之间通过物理和化学作用所产生的结合力的坚牢程度。被涂面可以是裸底材也可以是涂层底材。

2.0.13 表面粗糙度 surface profile

结构作表面处理后表面不平或粗糙程度的度量标准,一般表示为表面轮廓的最高峰相对于最低谷的高差。

2.0.14 耐候钢 atmospheric corrosion resisting steel

在钢中添加了铜、铬、镍等合金而具有良好耐大气腐蚀性能的低合金结构钢。

2.0.15 彩色涂层钢板 prepainted steel sheet

在经过表面预处理的基板(镀锌或锌铝钢板)上连续涂覆带色有机涂料后,进行烘烤固化而成的彩色涂层钢板。

3 环境条件对钢结构腐蚀作用的分类

3.0.1 进行钢结构防腐蚀涂装的设计与施工时,所依据的大气环境腐蚀作用分类,应符合表 3.0.1 的规定。

表 3.0.1 大气环境腐蚀作用的分类

腐蚀作用类别	腐蚀厚度损失 (第一年暴露后) (μm)		温性气候下的典型环境 (仅作参考)示例	
	低碳钢	锌	室外	室内
C1 微腐蚀性	≤ 1.3	≤ 0.1	—	空气洁净并采暖的建筑物内部,如办公室、商店、学校和宾馆
C2 弱腐蚀性	1.3~25	0.1~0.7	大气污染较低,大部分是乡村地带	未采暖,冷凝有可发生的建筑物,如库房、体育馆
C3 中等腐蚀性	25~50	0.7~2.1	城市和工业大气,有中度二氧化碳污染,或低盐度沿海区	高湿度和有污染空气的生产场所,如食品加工厂、洗衣场、酒厂、牛奶场等
C4 强腐蚀性	50~80	2.1~4.2	较重污染工业区或高盐度沿海区	化工厂、冶炼厂、游泳池、海船和船厂等

3.0.2 进行有腐蚀性气态介质作用的工业建筑和构筑物钢结构防腐蚀涂装设计与施工时,其腐蚀作用的分类应符合表 3.0.2 的规定。

表 3.0.2 气态介质对钢结构的腐蚀性作用的分类

介质名称	介质含量 (mg/m ³)	环境相对 湿度 (%)	对碳钢 腐蚀作用 分类	介质 名称	介质含量 (mg/m ³)	环境相对 湿度 (%)	对碳钢 腐蚀作用 分类
氯	1.00~ 5.00	>75	强	氟化氢	1.00~ 10.00	>75	强
		60~75	中			60~75	中
		<60	中			<60	中
	0.10~ 1.00	>75	中	二氧化 化硫	10.00~ 200.00	>75	强
		60~75	中			60~75	中
		<60	弱			<60	中
氯化 氢	1.00~ 10.00	>75	强		0.50~ 10.00	>75	中
		60~75	强			60~75	中
		<60	中			<60	弱
	0.05~ 1.00	>75	强	硫酸 酸雾	经常作用	>75	强
		60~75	中		偶尔作用	>75	强
		<60	弱			<75	中
氮氧 化物 (折合 二氧化 化氮)	5.00~ 25.00	>75	强	醋酸 酸雾	经常作用	>75	强
		60~75	中		偶尔作用	>75	强
		<60	中			<75	中
	0.10~ 5.00	>75	中	二氧化 化碳	>2000	>75	中
		60~75	中			60~75	弱
		<60	弱			<60	弱
硫化 氢	5.00~ 100.00	>75	强	氨	>20	>75	中
		60~75	中			60~75	中
		<60	中			<60	弱
	0.01~ 5.00	>75	中	碱雾	偶尔作用	—	弱
		60~75	中				
		<60	弱				

3.0.3 进行冷弯薄壁型钢结构防腐涂装的设计与施工时,所依据的大气环境腐蚀作用分类,应符合现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的规定。

4 防腐蚀涂装工程设计

4.1 一般规定

4.1.1 钢结构的防腐蚀涂装设计应遵循安全实用、经济合理的原则,在设计文件中应列入防腐蚀涂装的专项内容与技术要求,其内容应包括:

- 1 对结构环境条件、侵蚀作用程度的评价及防腐蚀涂装设计使用年限的要求;
- 2 对钢材表面锈蚀等级、除锈等级的要求;
- 3 选用的防护涂层配套体系、涂装方法及其技术要求;
- 4 所用防护材料、密封材料或特殊钢材(镀锌钢板、耐候钢等)的材质、性能要求;
- 5 对施工质量及验收应遵循的技术标准要求;
- 6 对使用阶段维护(修)的要求。

4.1.2 钢结构的布置、选型和构造应有利于增强自身的防护能力。对危及人身安全和维修困难的部位以及重要的承重构件应加强防护措施。

在强腐蚀环境中采用钢结构时,应对其必要性与可行性进行论证。

4.1.3 钢结构防腐蚀涂装工程的设计,应综合考虑结构的重要性、所处腐蚀介质环境、涂装涂层使用年限要求和维护条件等要素,并在全寿命周期成本分析的基础上,选用性价比良好的长效防腐蚀涂装措施。

4.1.4 钢结构表面初始锈蚀等级和除锈质量等级,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 从严要求。构件所用钢材的表面初始锈蚀等级不得低于 C 级；对薄壁（厚度 $t \leq 6\text{mm}$ ）构件或主要承重构件不应低于 B 级；同时钢材表面的最低除锈质量等级应符合表 4.1.4 的规定。

表 4.1.4 钢结构钢材基层的除锈等级

涂 料 品 种	最低除锈等级
富锌底涂料、乙烯磷化底涂料	Sa2 $\frac{1}{2}$
环氧或乙烯基脂玻璃鳞片底涂料	Sa2
氟碳、聚硅氧烷、聚氨酯、环氧、醇酸、丙烯酸环氧、丙烯酸聚氨酯等底涂料	Sa2 或 St3
喷铝及其合金	Sa3
喷锌及其合金	Sa2 $\frac{1}{2}$
热浸镀锌	Pi

注：1 新建工程重要构件的除锈等级不应低于 Sa2 $\frac{1}{2}$ ；

2 除锈后的表面粗糙度应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 的规定。

4.1.5 涂层系统应选用合理配套的复合涂层方案。其底涂应与基层表面有较好的附着力和长效防锈性能，中涂应具有优异屏蔽功能，面涂应具有良好的耐候、耐介质性能，从而使涂层系统具有综合的优良防腐性能。常用的防腐涂层配套可按附录 A 选用。

4.1.6 钢结构表面防护涂层的最小厚度应符合表 4.1.6 的规定。

表 4.1.6 钢结构表面防腐涂层的最小厚度

防腐蚀涂层最小厚度 (μm)			防护层使用年限(年)
强腐蚀	中腐蚀	弱腐蚀	
280	240	200	10~15
240	200	160	5~10
200	160	120	2~5

注:1 防腐蚀涂料的品种与配套,应符合本规程附录 A 的规定;

2 涂层厚度包括涂料层的厚度或金属层与涂料层复合的厚度;

3 采用喷锌、铝及其合金时,金属层厚度不宜小于 $120\mu\text{m}$;采用热镀锌时,锌的厚度不宜小于 $85\mu\text{m}$;

4 室外工程的涂层厚度宜增加 $20\mu\text{m}\sim 40\mu\text{m}$ 。

4.1.7 有条件时,重要承重构件可采用热渗锌防护措施;现场需局部补作涂层防护部位,可采用冷涂锌或无机富锌涂料补涂。

4.1.8 钢结构表面防火涂层不具有防腐效能时,不应将防火涂料作为防腐涂料使用,应按构件表面涂覆防锈底层涂料、防腐蚀中间层涂料,其上为防火涂料,再作防腐面层涂料的构造进行防护处理。

4.1.9 外露环境或中度以上侵蚀环境中的承重钢结构宜采用耐候钢制作,同时,其外表面宜再加涂层进行防护。

4.1.10 对新设计的钢结构,不宜采用带锈涂料进行除锈涂装;对既有建筑钢结构的维修需采用带锈涂料时,宜经论证后采用。

4.1.11 对潮湿环境中(相对湿度 $>75\%$)或使用中很难维修的钢结构,宜适当提高其防腐蚀涂装的设防级别,并在结构设计上增加通风换气措施。对长期有高温、高湿作用的局部环境,应采取隔护、通风、排湿等措施降温、降湿。同时,建筑围护结构的设计构造还应避免钢结构构件表面因热桥影响引起结露或积潮。

4.2 结构防腐蚀设计

4.2.1 腐蚀性介质环境中钢结构的布置应符合材料集中使用的原则,排架、框架或桁架结构宜采用较大柱距或间距,承重构件宜选用相对较厚实的实腹截面。除有特殊要求外,不应因考虑锈蚀损伤而加大钢材截面的厚度。

4.2.2 腐蚀环境中钢结构构件截面形式的选择,应符合下列规定:

1 中等腐蚀环境中的框架、梁、柱等主要承重结构,不宜采用格构式的构件或冷弯薄壁型钢构件;所用实腹组合截面板件厚度

不宜小于 6mm,闭口截面壁厚不宜小于 5mm。

2 桁架与网格结构的杆件不应采用双角钢组合的 T 形截面或双槽钢组合的 H 形截面,而宜采用钢管截面,并沿全长封闭;其节点宜采用相贯线焊接节点或焊接球节点;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,多余螺栓孔应封堵密实。

4.2.3 轻钢龙骨低层房屋的龙骨钢材应采用符合现行国家标准《连续热镀锌钢板及钢带》GB/T 2518 的热镀锌板,其双面镀锌量不宜低于 $330\text{g}/\text{m}^2$ 。

4.2.4 轻型钢结构屋面、墙面围护结构的防腐蚀设计,应符合下列规定:

1 金属屋面可选用彩涂钢板;在无氯化氢气体及碱性粉尘作用的环境中可采用镀铝锌板或铝合金板。有侵蚀性粉尘作用的环境中,压型钢板屋面的坡度不宜小于 10%。

2 腐蚀环境中屋面压型钢板的厚度不应小于 0.6mm 并宜选用咬边构造的板型;其连接宜采用紧固件不外露的隐藏式连接。当为中等腐蚀环境时,墙面压型钢板的连接亦应采用隐藏式连接。

3 门、窗包角板应采用长尺板以减少接缝,过水处的接缝应连接紧密并以防水密封胶嵌缝;中等腐蚀环境中板缝搭接处的外露切边宜以冷镀锌涂覆防护。

4 屋面排水宜避免内落水构造和防止因排水不畅而引起的渗漏;屋面非溢水天沟宜采用薄钢板制作,其容量应经计算确定,其壁厚按受力构件计算确定并不宜小于 4mm,同时应按室外构件并不低于中等腐蚀环境的要求进行防腐蚀涂装;必要时,可采用不锈钢天沟。

4.2.5 预应力钢结构的外露拉索体系应采取可靠的防腐保护措施,并符合下列规定:

1 索体防护可采用钢丝镀层加整索挤塑护套,单根钢绞线镀(涂)层加挤塑护套或加整索高密度聚乙烯护套等方法;

2 锚固区锚头采用镀层防腐,室外拉索下锚固区应设置排水孔等排水措施;

3 对可换索锚头应灌注专用防腐蚀油脂防护,其锚固区与索体应全长封闭。

4.3 构造与连接

4.3.1 钢结构杆件与节点的构造应便于涂装作业及检查维护,并避免积水和减少积尘。

4.3.2 构件截面应避免有难以检查、维护的缝隙与死角;组合构件中零件之间需维护涂装的空隙不宜小于 120mm。

4.3.3 应避免或减少易于积尘、积潮的局部封闭空间。构件设有加劲肋处,其肋板应切角。构件节点的缝隙、外包混凝土与钢构件的接缝处以及塞焊、槽焊等部位均应以耐腐蚀型密封胶封堵。

4.3.4 钢构件与铝合金构件的接触面,应以铬酸锌底涂与配套面涂隔护或绝缘层阻隔,其连接件应采用镀锌紧固件。

4.3.5 钢柱脚埋入地下部分应以强度级别不低于 C20 的密实混凝土包裹,并高出室内地面不小于 50mm;高出室外地面或可能有积水作业室内地面不应小于 150mm,顶面接缝应以耐腐蚀型密封胶封堵。

4.3.6 焊接材料、紧固件及节点板等连接材料的耐腐蚀性能不应低于主材材料。承重结构的连接焊缝应采用连续焊缝。任何情况下,构件的组合连接焊缝不应采用单侧焊缝。

4.3.7 所有现场焊缝或补焊焊缝处,均应仔细清理焊渣、污垢,并严格按照构件涂装要求进行补涂,或以冷镀锌进行补涂。

4.3.8 紧固件连接的防腐蚀构造应符合下列规定:

1 钢结构的连接不得使用有锈迹或锈斑的紧固件。连接螺栓存放处应有防止受潮生锈、潮湿和沾染赃物等措施。

2 高强度螺栓连接应符合下列要求:

1) 高强度螺栓连接的摩擦面应严格按设计要求进行处理,

其除锈等级应与主材除锈等级相同。

- 2) 连接处于露天或中等腐蚀作用环境时,其除锈后摩擦面宜采用涂覆无机富锌底涂或锌加底漆的涂层摩擦面构造,涂层厚度不应小于 $70\mu\text{m}$ 。
- 3) 终拧完毕并检查合格后的高强度螺栓周边未经涂装的摩擦面,应仔细清除污垢,并严格按主材要求进行涂装;连接处的缝隙,应嵌刮耐腐蚀型密封胶。

3 中等侵蚀性环境中的普通螺栓应采用镀锌螺栓,其直径不应小于 12mm;并于安装后以与主体结构相同的防腐蚀措施涂覆封闭;当有防松要求时应采用双螺母紧固,不应采用弹簧垫圈。

4 连接铝合金与钢构件的紧固件,应采用热浸镀锌紧固件。

5 防腐蚀工程材料

5.0.1 用于钢结构防腐蚀涂装工程的材料,必须具有产品质量证明文件,其质量和材料性能不得低于现行国家标准《建筑防腐蚀工程施工及验收规范》GB 50212 或其他相关标准的规定。镀锌钢板、彩涂钢板及耐候钢等钢材应提供质量合格证书。

5.0.2 涂料的质量、性能和检验要求,应符合现行行业标准《建筑用钢结构防腐涂料》JG/T 224 的规定。同一涂层体系中各层涂料的材料性能应能匹配互补,并相互兼容结合良好。

5.0.3 防腐底涂料的选择应符合下列规定:

1 锌、铝和含锌、铝金属层的钢材,其底涂料应采用锌黄类,不得采用红丹类;

2 在有机富锌或无机富锌底涂料上,宜选用环氧云铁或环氧铁红的涂料,不得采用醇酸涂料。

5.0.4 钢材基层上防腐面涂料的选择应符合下列规定:

1 用于酸性介质环境时,宜选用聚氨酯、环氧树脂、丙烯酸聚氨酯、氯化橡胶、聚氯乙烯萤丹、高氯化聚乙烯类涂料;用于弱酸性介质环境时,可选用醇酸涂料。

2 用于碱性介质环境时,宜选用环氧树脂涂料,也可选用本条第 1 款所列的其他涂料,但不得选用醇酸涂料。

3 用于室外环境时,可选用氟碳、聚硅氧烷、脂肪族聚氨酯、丙烯酸聚氨酯、丙烯酸环氧、氯化橡胶、聚氯乙烯萤丹、高氯化聚乙烯和醇酸等涂料,不应选用环氧、环氧沥青、聚氨酯沥青和芳香族聚氨酯等涂料及过氯乙烯涂料、氯乙烯醋酸乙烯共聚涂料、聚苯乙烯涂料与沥青涂料。

5.0.5 热喷涂锌、铝或锌铝合金所用喷涂材料的质量要求应符合

现行国家标准《热喷涂 金属和其他无机覆盖层 锌、铝及其合金》GB/T 9793 的规定。铝合金可采用符合现行国家标准《变形铝及铝合金化学成分》GB/T 3190 中的 LF5,即含镁 5%的铝合金。

5.0.6 金属热喷涂层表面所用的封闭涂层可采用磷化底涂料或双组分环氧涂料、双组分聚氨酯、双组分环氧或双组分聚氨酯等涂料。

5.0.7 所用镀锌板、镀铝锌板、彩色涂层钢板和耐候钢的质量和材料性能要求应符合下列要求:

1 镀锌板应采用符合现行国家标准《连续热镀锌钢板及钢带》GB/T 2518 规定的 S250 或 S350 结构级钢板;板面镀层量应符合设计要求,无要求时,在微侵蚀、弱侵蚀或中等侵蚀环境中,其相应双面镀锌量不应低于 $180\text{g}/\text{m}^2$ 、 $250\text{g}/\text{m}^2$ 或 $280\text{g}/\text{m}^2$;

2 热镀铝锌合金基板应采用符合现行国家标准《连续热镀铝锌合金镀层钢板及钢带》GB/T 14978 规定的 S250 或 S350 结构级钢板;板面镀层量应符合设计要求,无要求时,在微侵蚀、弱侵蚀或中等侵蚀环境中,其相应双面镀层重量不应低于 $100\text{g}/\text{m}^2$ 、 $120\text{g}/\text{m}^2$ 或 $150\text{g}/\text{m}^2$;

3 压型钢板用彩色涂层钢板的材质、性能与镀锌量等应符合现行国家标准《建筑用压型钢板》GB/T 12755 的规定;

4 耐候钢应采用符合现行国家标准《耐候结构钢》GB/T 4171 规定的焊接结构用耐候钢。

6 防腐蚀涂装工程施工

6.1 一般规定

6.1.1 钢结构防腐蚀涂装工程的施工,应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755、《钢结构施工质量验收规范》GB 50205、《建筑防腐蚀工程施工及验收规范》GB 50212 和本规程的规定。

6.1.2 施工单位应具有符合国家现行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,关键施工工序(喷射除锈、涂料喷涂、质检)的施工人員应具有《初级涂装工》以上等级的上岗证书。

6.1.3 钢结构防腐蚀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。

6.1.4 钢结构防腐蚀涂装工程所用的材料必须具有产品质量证明文件,并经验收、检验合格方可使用。产品质量证明文件应包括下列内容:

- 1 产品质量合格证及材料检测报告;
- 2 质量技术指标及检测方法;
- 3 复验报告或技术鉴定文件。

6.1.5 钢结构防腐蚀涂装工程的施工,必须按设计文件的规定进行,当需要变更设计或材料代用时,必须征得设计部门的同意。

6.1.6 钢结构防腐蚀涂装施工,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。

6.1.7 钢材表面除锈方法和除锈等级应符合设计要求。设计无要求时除锈等级应符合本规程表 4.1.4 的规定。

6.1.8 涂料、涂装道数、涂层厚度均应符合设计要求,相邻二道涂层的施工间隔时间应符合产品说明书要求。设计无要求时,普通涂层干膜总厚度和金属喷涂层厚度应符合本规程表 4.1.6 的规定。

6.1.9 钢结构防腐蚀涂装施工的环境温度宜为 $5^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$,相对湿度不应大于 85%,并且钢结构的表面温度应高于周围空气的露点温度 3°C 以上。同时,涂装作业环境条件尚应符合涂料产品说明书的要求。

6.1.10 钢结构防腐蚀涂装工程的施工应满足国家有关法律、法规对环境保护的要求,并应有妥善的安全防范措施。

6.2 钢材表面处理

6.2.1 钢材的初始表面锈蚀等级应符合设计要求和国家现行标准《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 的规定。除锈前应将钢材表面焊渣、毛刺、块锈、油污等清除干净,并保持平整、洁净。

6.2.2 钢构件表面的除锈处理方法与其质量等级,应符合设计要求和现行国家标准《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 的规定。

6.2.3 钢材边缘或局部缺陷部位及构件焊缝部位的除锈与其质量等级应符合设计要求和现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 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 的规定。

6.2.4 改建、扩建工程中腐蚀严重的钢结构,需重新涂装时应先进行表面预处理,经清理后的钢结构表面,应符合设计要求和现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定

第2部分：已涂覆过的钢材表面局部清除原有涂层后的处理等级》GB/T 8923.2 的规定。表面预处理可采用下列方法：

1 被油脂污染的钢结构表面，可采用有机溶剂、热碱或乳化剂以及烘烤等方法去除；

2 被氧化物污染或附着有旧涂层的钢结构表面，可采用铲除、烘烤等方法清理；

3 表面铁锈和原有失效涂层可采用局部手工或工具清理、局部喷射清理等方法消除。

6.2.5 采用防腐蚀涂料涂装时，构件钢材除锈后表面粗糙度宜为 $30\mu\text{m}\sim 75\mu\text{m}$ ，且最大粗糙度不宜超过 $100\mu\text{m}$ ；当采用金属热喷涂和热镀锌防腐时，表面粗糙度宜为 $30\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ 。

6.2.6 喷射清理所用的磨料必须清洁、干燥。磨料的种类和粒度应根据钢结构表面的原始锈蚀程度、设计文件或涂装专项方案所要求的喷射工艺以及清洁度和表面粗糙度进行选择。壁厚大于或等于4mm的钢构件可选用粒度为0.5mm~1.5mm的磨料，壁厚小于4mm的钢构件宜选用粒度较小的磨料。

6.2.7 表面清理后应用干燥洁净的压缩空气清除浮尘和碎屑，已经处理的钢结构表面，不得再次被污染。

6.2.8 热镀锌、热喷锌(或铝)的钢材表面宜采用酸洗除锈，并符合下列规定：

1 经酸洗处理后，钢材表面应无可见的油脂和污垢，酸洗未尽的氧化皮、铁锈和涂层的个别残留点，允许用手工或机械方法除去，最终该表面应显露金属原貌，并在酸洗后立即进行钝化处理。

2 采用酸洗除锈的钢材表面必须彻底清洗，在构件角、槽处不得有残酸存留。

3 钢材表面经酸洗除锈后应及时涂装，经酸洗并钝化后到涂装底涂的间隔时间不宜大于48h(室内作业条件)或24h(室外作业条件)。

4 酸洗后的废液应按国家有关规定采用中和液等有效方法

进行妥善处理。

6.3 涂装施工

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

6.3.2 所有进场的涂装材料,应经现场复检合格后方可使用。同一涂装配套中的底涂料、中间涂料,面涂料,宜选用同一厂家产品。

6.3.3 涂料的涂装施工,可采用刷涂、滚涂、喷涂或无气喷涂,宜采用无气喷涂。涂层厚度必须均匀,并不得漏涂或误涂。

6.3.4 钢结构防腐蚀涂装施工时的环境条件,应符合涂料产品说明书的要求和下列规定:

1 当产品说明书对涂装环境温度和相对湿度未作规定时,环境温度宜控制在 $5^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ 之间,相对湿度不应大于85%,钢材表面温度应高于周围空气露点温度 3°C 以上,且钢材表面温度不超过 40°C 。露点的换算取值见附录B。

2 被涂装构件表面不允许有凝露,涂装后4h内应予保护,避免淋雨和沙尘侵袭。

3 遇雨、雾、雪和大风天气应停止露天涂装,应尽量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。

6.3.5 钢材表面除锈后不得二次污染,并宜在4h之内进行涂装作业,在车间内作业或湿度较低的晴天作业时,间隔时间不应超过8h。同时,不同涂层间的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。涂装施工结束,涂层应在自然养护期满后方可使用。

6.3.6 工地焊接部位的焊缝两侧宜采用坡口涂料临时保护,若采用其他防腐涂料时,宜在焊缝两侧留出暂不涂装区,其宽度为焊缝

两侧各 100mm。

6.4 金属热喷涂施工

6.4.1 铝、铝合金或锌合金热喷涂工艺与质量要求,应符合现行国家标准《金属和其他无机覆盖层热喷涂锌、铝及其合金》GB/T 9793、《钢结构腐蚀防护热喷涂锌、铝及其合金涂层选择与应用导则》GB/T 8427、《金属覆盖层 钢铁制品热镀锌层技术要求》GB/T 13193 和本规程的规定。

6.4.2 进场的喷涂金属材料(锌粉、铝粉)、封闭涂料、面层涂料等应经检验合格后方可使用。

6.4.3 钢构件金属热喷涂方法宜采用无气喷涂工艺,也可采用有气喷涂或电喷涂工艺。各项热喷涂施工作业指导书应对工艺参数(热源参数、雾化参数、操作参数、基表参数等)、喷涂环境条件及间隔时限等作出规定。

6.4.4 首次进行热喷涂金属施工时,应先进行喷涂工艺试验评定,其内容应包括涂层厚度、结合强度、耐蚀性能、密度试验、扩散层检查与外观检查等。

6.4.5 构件钢材表面经喷射处理后,其表面不得二次污染,并应在规定的时间内进行热喷涂作业。在晴天或湿度不大的环境条件下,间隔时间不应超过 8h;在潮湿或含盐雾环境条件下,不应超过 2h。当大气温度低于 5℃、钢结构表面温度与周围空气露点温度之差低于 3℃或者空气相对湿度高于 85%时,应停止热喷涂操作。露点的换算可按附录 B 取值。

6.4.6 金属热喷涂采用的压缩空气应干燥、洁净;喷枪与表面宜成一定的倾角,喷枪的移动速度应均匀,各喷涂层之间的喷涂方向应相互垂直,交叉覆盖。一次喷涂厚度宜为 25 μ m~80 μ m,同一层内各喷涂带之间应有 1/3 的重叠宽度。

6.4.7 钢结构的现场焊缝两侧,应预留 100mm 宽度用坡口涂料临时保护,当工地拼装焊接后,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,或以冷镀锌、富锌底涂等进行补涂。

6.4.8 金属热喷涂层表面应以封闭涂料进行封闭。封闭涂料宜选用渗透性强,抗机械破坏性好并对湿气不敏感的构造。

6.5 安全和环境保护

6.5.1 钢结构防腐蚀涂装施工作业的安全和环境保护,应符合现行国家标准《涂装作业安全规程 涂漆工艺安全及其通风净化》GB 6514、《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、《金属和其他无机覆盖层 热喷涂 操作安全》GB 11375、《建筑防腐蚀工程施工及验收规范》GB 50212 和本规程的规定。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。

6.5.2 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,施工人员必须穿戴防护用品,并按规定佩戴防毒用品。

6.5.3 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。同时,施工现场和库房必须设置消防器材,并保证消防水源的充足供应,消防道路应畅通。

6.5.4 施工现场应有通风排气设备。现场有害气体、粉尘不得超过表 6.5.4 规定的最高允许浓度。

表 6.5.4 施工现场有害气体、粉尘的最高允许浓度

物质名称	最高允许浓度 (mg/m ³)	物质名称	最高允许浓度 (mg/m ³)
二甲苯	100	丙酮	400
甲苯	100	溶剂汽油	300
苯乙烯	40	含 50%~80%游离 二氧化硅粉尘	1.5

续表 6.5.4

物质名称	最高允许浓度 (mg/m ³)	物质名称	最高允许浓度 (mg/m ³)
乙醇	1500	含 80% 以上游离 二氧化硅粉尘	1
环己酮	50	—	—

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

6.5.6 在易燃易爆区严禁有电焊或明火操作,并严禁携带火种和易产生火花与静电的物品。

6.5.7 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。

6.5.8 高处作业时,使用的脚手架、吊架、靠梯和安全带等必须经检查合格后,方可使用。

6.6 施工质量检验

6.6.1 钢结构防腐蚀涂装施工的质量检验,应在原材料进场、配料前、除锈后与涂装后几个时段分别进行。其检验内容应包括下列各项:

- 1 原材料进场时,对其质量保证书、合格证、说明书、使用指南等进行检查验证,有疑议时应进行抽样复验;
- 2 钢材进场时,其表面初始锈蚀状态的检验;
- 3 除锈后钢材表面除锈等级的检验与粗糙度检验;
- 4 涂装前钢材表面清洁度和焊缝、钢板边缘、表面缺陷处理等级的检验;
- 5 涂层外观质量、厚度与附着力检验。

6.6.2 钢材表面和除锈处理后表面质量的检验,应符合表 6.6.2 的规定。

表 6.6.2 钢材表面质量检验要求

序号	检验项目	检验内容与质量要求	检验方法
1	钢材表面初始等级	应符合设计要求的表面初始质量等级。设计无要求时,对重要构件与冷弯薄壁型钢,不低于 B 级;对次要构件不应低于 C 级	用铲刀检查并按国家现行标准 GB/T 8923.1 规定的图片对照检查
2	钢材表面除锈质量等级	应符合设计要求的表面除锈质量等级并符合本规程附录 A 表 A 规定的与涂层匹配要求的除锈等级	按 GB/T 8923.1 规定与图片对照检查,检查数量按构件数抽查 10%,且同类构件不应少于 3 件
3	表面清洁度	加工表面应无油污、无氧化皮、无落尘并干燥,清洁后的喷砂表面灰尘清洁度要求不大于 GB/T 18570.3 的规定	水滴试验,全数观察检查
4	带缺陷的钢材表面和焊缝、板边表面缺陷处理等级	应符合设计要求的处理等级,设计无要求时应按 GB/T 8923.3 规定,处理后达到不低于 P2 级标准	用铲刀、规尺及目视,逐项检查,检查数量按构件数抽查 10%,且同类构件不应少于 3 件
5	改建工程中既有钢构件局部清除原有涂层后的处理等级	应符合设计要求的处理等级,设计无要求时应按 GB/T 8923.2 规定,处理后达到 Sa2 级标准	用铲刀及目视,对比照片检查,检查数量按构件数抽查 10%,且同类构件不应少于 3 件

续表 6.6.2

序号	检验项目	检验内容与质量要求	检验方法
6	钢材表面粗糙度	对常规涂料,涂层厚度为 $100\mu\text{m} \sim 250\mu\text{m}$ 时,宜为 $40\mu\text{m} \sim 70\mu\text{m}$; 对金属热喷涂涂层,涂层厚度为 $100\mu\text{m} \sim 300\mu\text{m}$ 时,宜为 $40\mu\text{m} \sim 85\mu\text{m}$; 不宜超过涂层总干膜厚度的 $1/3$	按 GB/T 13288.2 规定的比较样块法进行检查评定

注:表中规定引用自现行国家标准《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、《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第2部分:已涂覆过的钢材表面局部清除原有涂层后的处理等级》GB/T 8923.2、《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、《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。

6.6.3 钢结构防腐涂层的质量检验要求应符合表 6.6.3 的规定。

表 6.6.3 钢结构防腐涂层质量检验要求

序号	检验项目	检验内容与质量要求	检验方法
1	涂料品种	涂料品种、型号、规格和性能质量,应符合设计要求或现行国家标准的规定	检查产品出厂合格证、材料检测报告和现场抽样复验报告
2	外观质量	涂层表面应平整、均匀一致,无漏涂、误涂并不应有脱皮、返锈、开裂和明显的皱皮、流坠、针眼及气泡等缺陷; 金属涂层表面应均匀一致,不允许有漏涂、起皮、鼓泡、大熔滴、松散、粒子、裂纹和掉块等缺陷,允许轻微结疤和起皱	检查数量:全数检查; 检验方法:观察检查或5倍~10倍放大镜检查,针孔检测采用低压漏涂检测仪或高压火花检测仪检查

续表 6.6.3

序号	检验项目	检验内容与质量要求	检验方法
3	涂层厚度	复合涂层的构造、涂装道数和涂层厚度,应符合设计要求。设计未提出要求时涂层厚度应符合下列要求: 1 普通涂层干膜总厚度,对室内应不小于 $120\mu\text{m}$;室外应不小于 $150\mu\text{m}$,其允许偏差为 $-25\mu\text{m}$。每道涂层干膜厚度的允许偏差为 $-5\mu\text{m}$。干膜厚度检测值需达到设计要求值 90% 以上、最低值不得低于设计要求的 80%。 2 热喷涂铝(锌)的金属喷涂层厚度与其上封闭层厚度应符合本规程条文说明表 7 中使用年限(10~20)年栏内的规定	检验方法:用干涂膜测厚仪检查。每个构件检测 5 处,每处数值为 3 个相距 50mm 测点涂层干膜厚度的平均值。 检查数量:按构件数抽查 10%,且同类构件不应低于 3 件。 金属喷涂层厚度按 GB/T 11374 用磁性测厚仪检测,涂层厚度检测数量在平整表面每 10m^2 表面上测量基准面数不得少于 3 个,复杂表面可适当增加,基准面可按 100cm^2 取值
4	附着力	1 普通涂料与钢材的附着力不低于 5MPa (拉开法)或不低于 1 级(划格法)。 各道涂层和涂层体系的附着力,涂层厚度不大于 $250\mu\text{m}$ 时,当按划格法检测应不大于 1 级;涂层厚度大于 $250\mu\text{m}$ 时,按拉开法检测,不应小于 3MPa (用于外露钢结构时不应小于 5MPa)	按《色漆和清漆 拉开法附着力试验》GB/T 5210 或《色漆和清漆 漆膜的划格试验》GB/T 9286 检验; 按构件数量抽查 1% 且不少于 3 件,每件测 3 处
		2 锌、铝涂层附着力应符合现行国家标准《热喷涂 金属和其他无机覆盖层 锌、铝及其合金》GB/T 9793 附录 A 的规定	按 GB/T 9793 中的栅格试验法规定进行。钢构件每 200m^2 检测数不少于一项,且总检测数不少于 3 次

7 工程验收

7.0.1 钢结构防腐涂装工程应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205、《建筑防腐工程施工及验收规范》GB 50212、《建筑防腐工程质量检验评定标准》GB 50224 和本规程的规定进行验收。未经验收的工程,不得投入使用。

7.0.2 钢结构防腐涂装工程的验收应提交下列资料:

- 1 防腐涂装作业单位的资质证书与质量管理文件(质量管理体系、工程技术标准、技术质量控制措施等);
- 2 原材料质保书、施工方案或涂装专项方案、涂装工艺评定报告;
- 3 各项质量检验报告;
- 4 钢结构防腐涂装分项工程检验批质量验收记录;
- 5 设计变更单、材料代用单;
- 6 修补、返工记录。

7.0.3 钢结构工程施工质量验收,应在施工单位自检基础上,按照检验批、分项工程、分部(子分部)工程进行。钢结构分部(子分部)工程中分项工程划分应按现行国家标准《建筑防腐工程施工质量验收规范》GB 50224 的规定进行。钢结构分项工程应由一个或若干检验批组成,各分项工程检验批应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定进行划分。

7.0.4 防腐涂装分项工程检验批,应按钢结构加工的检验批划分。检验项目应按主控项目与一般项目分别控制、检查其质量,前者包括原材料进场检验(涂料类的品种、型号、规格和性能质量)、表面处理、涂装过程(涂装施工条件、涂装配套系统、施工工艺和涂装间隔时间)、涂层层数和厚度检验、附着力检测各项;后者包括涂

层表面质量、涂装后涂层的养护时间、损坏涂层的修复、标志检查等项。

7.0.5 分项工程检验批合格质量标准应符合下列规定：

1 主控项目应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205、《建筑防腐蚀工程施工质量验收规范》GB 50224 和本规程质量标准的要求；

2 一般项目其检验结果应有 80% 及以上的检查点(值)符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205、《建筑防腐蚀工程施工质量验收规范》GB 50224 与本规程质量标准的要求，且最大值不应超过其允许偏差值的 1.2 倍；

3 质量检查记录、质量证明文件等资料应完整。

7.0.6 分项工程合格质量标准应符合下列规定：

1 分项工程所含的各检验批均应符合本规程质量标准；

2 分项工程所含的各检验批质量验收记录应完整。

7.0.7 钢结构防腐蚀涂装工程质量的验收必须采用经计量检定、校准合格的计量器具。

7.0.8 钢结构防腐蚀涂装工程施工质量未能达到验收标准时，应进行返修处理，达标后再行验收。经返修仍未达标的工程，严禁验收。

7.0.9 钢结构防腐蚀涂装分项工程检验批质量验收，应按表 7.0.9 填写验收记录。

8 使用期内维护管理

8.0.1 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。

8.0.2 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。对大型钢结构建筑物,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。

8.0.3 经检查发现涂层有下列劣化情况时,应及时进行局部清理与涂层维修:

1 普通涂层表面有 0.2%~0.5% 出现锈迹;

2 热镀(喷)锌涂层表面有 2% 出现锈迹;

3 热镀(喷)锌再加复合涂层的表面有 5% 出现锈迹;

4 热喷涂铝再加复合涂层的表面有 1% 出现锈迹。

8.0.4 已使用钢结构在进行防腐蚀涂层的维修施工前,应对旧涂层的表面质量状态进行检查与评估,并以此为依据制定维修涂装的设计、施工方案。检查、评估的内容应包括下列各项:

- 1 旧涂层表面锈蚀等级的确定;
- 2 旧涂层附着力的测定;
- 3 旧涂层表面劣化等级(涂膜光泽度、变褪色度、劣化与涂层粉化程度)的确定。

上述三项检查与判定的方法和等级标准应按附录 C 确定。

8.0.5 对旧有涂层状态检查点应进行定期检查,其检查间隔周期可按涂层表面质量等级,按表 8.0.5 确定。

表 8.0.5 旧涂层点检的周期

应进行点检的 周期(月)	旧涂层表面处于以下任一类等级时		
	表面劣化等级	锈蚀率等级	附着力等级
12	1	1	1
6	2~1	2、3	2~1
3	2~2	4、5	2~2
立即维修	3	≥6	3

注:各类表面状态等级按附录 C 确定。

8.0.6 对旧有涂层进行清理及重新涂装时,可按旧涂层不同状态采用下列方法进行其表面处理:

- 1 较完好的涂层表面——保存完好的涂膜表面清理去除表面油污;
- 2 轻微老化的涂膜表面——对表面粉化和涂膜外表面磨损处,或有细微裂缝和气泡处进行仔细的清理、清洗,并使其干燥;
- 3 一般老化的涂膜表面——其防护层通常完好和有粘结力,可对其粉化、气泡破裂与轻微锈迹处,以刮刀或钢丝刷彻底清理、清洗并使其干燥;
- 4 严重老化的涂膜表面——其防护层已经老化到可以感知的程度,对已丧失了粘接力、有明显腐蚀和气泡处,应用动力工具

彻底清理到原金属表面。

8.0.7 在局部去除原有失效涂层时,宜按其表面质量状态合理地确定清除范围。在选用重新涂装的涂层材料时应考虑新旧涂层材料的相容性。

8.0.8 维护涂装及表面处理的施工、质量检验与验收应符合本规程第 6、7 章的规定。

附录 A 常用防腐涂层配套

表 A 常用防腐涂层配套

基 层 材 料	除锈 等 级	涂层构造										涂 层 总 厚 度 (μm)	使用年 限 (年)		
		底 层			中 间 层			面 层					强 腐 蚀	中 腐 蚀	弱 腐 蚀
		涂 料 名 称	遍 数	厚 度 (μm)	涂 料 名 称	遍 数	厚 度 (μm)	涂 料 名 称	遍 数	厚 度 (μm)					
钢 材	Sa2 或 St3	醇酸底 涂 料	2	60	—	—	醇酸面 涂 料	2	60	—	—	2~5	—	—	2~5
		与面层同 品 种 的 底 涂 料 或 环 氧 铁 红 底 涂 料	2	60	—	—	—	氯化橡胶、 高氯化聚乙烯、 氯磺化聚乙烯 等面涂料	3	100	—	2~5			
			2	60					2	60	—	—	2~5	5~10	
			3	100					3	100	2~5	10~15			
		环氧铁 红底涂 料	2	60	环氧云铁 中间涂 料	1	70	环氧、聚氨酯、 丙烯酸环氧、 丙烯酸聚氨酯 等面涂料	2	70	2~5	5~10	10~15		
			2	60		1	80		3	100	5~10	10~15	>15		

续表 A

基 层 材 料	除锈 等级	涂层构造							涂层 总厚度 (μm)	使用年限(年)				
		底层			中间层		面层			强腐蚀	中腐蚀	弱腐蚀		
		涂料 名称	遍 数	厚度 (μm)	涂料名称	遍 数	厚度 (μm)	涂料名称					遍 数	厚度 (μm)
钢 材	Sa2 $\frac{1}{2}$	环氧铁 红底涂料	2	60	环氧云铁 中间涂料	1	70	环氧、聚氨酯、 丙烯酸环氧、 丙烯酸聚氨酯等 面涂料	2	70	200	2~5	5~10	10~15
			2	60		1	80		3	100	240	5~10	10~15	>15
			2	60		2	120		3	100	280	10~15	>15	>15
		环氧铁 红底涂料	2	60	1	70	环氧、聚氨酯、 丙烯酸环氧、 丙烯酸聚氨酯等 厚膜型面涂料	2	150	280	10~15	>15	>15	
			2	60	—	—	环氧、聚氨酯等 玻璃鳞片面涂料	3	260	320	>15	>15	>15	
							乙烯基酯玻璃 鳞片面涂料	2						
涂 料 涂 层	Sa2 或 St3	聚氯乙 烯底 漆 涂 料	3	100	—	—	—	聚氯乙 烯 黄丹面涂料	2	60	160	5~10	10~15	>15
			3	100					3	100	200	10~15	>15	>15

涂 料 涂 层	Sa2-1/2	聚氯乙烯 萤丹底 涂料	2	80	—	—	—	聚氯乙烯 含氟萤丹面 涂料	2	60	140	5~10	10~15	>15
			3	110										
			3	100										
		富锌底 涂料	见 表 注		环氧云铁 中间涂料	1	60	环氧、聚氨酯、 丙烯酸环氧、 丙烯酸聚氨酯等 面涂料	2	70	200	5~10	10~15	>15
						1	70		3	100	240	10~15	>15	>15
						2	100		3	100	280	>15	>15	>15
					1	60	环氧、聚氨酯、 丙烯酸环氧、 丙烯酸聚氨酯等 厚膜型面涂料		2	150	280	>15	>15	>15
金 属 喷 涂 加 涂 料	Sa3(用于 铝层)、 Sa2-1/2 (用于锌层)	喷涂锌、铝及其合金 的金属覆盖层 120μm, 其上再涂环氧密封底 涂料 20μm	1	环氧云铁 中间涂料		40	环氧、聚氨酯、 丙烯酸环氧、 丙烯酸聚氨酯等 面涂料		2	60	240	10~15	>15	>15
			1				环氧、聚氨酯、 丙烯酸环氧、 丙烯酸聚氨酯等 厚膜型面涂料		1	100	280	>15	>15	>15

注:1 涂层厚度系指干膜的厚度;

- 2 当采用正硅酸乙酯富锌底涂料、硅酸锂富锌底涂料、硅酸钾富锌底涂料时,宜为一道;当采用环氧富锌底涂料、聚氨酯富锌底涂料、硅酸钠富锌底涂料和冷涂锌底涂料时,宜为2道;
- 3 钢结构设计宜优先选用环保、防锈、耐腐蚀、耐候性能优异的涂料。

附录 B 露点换算表

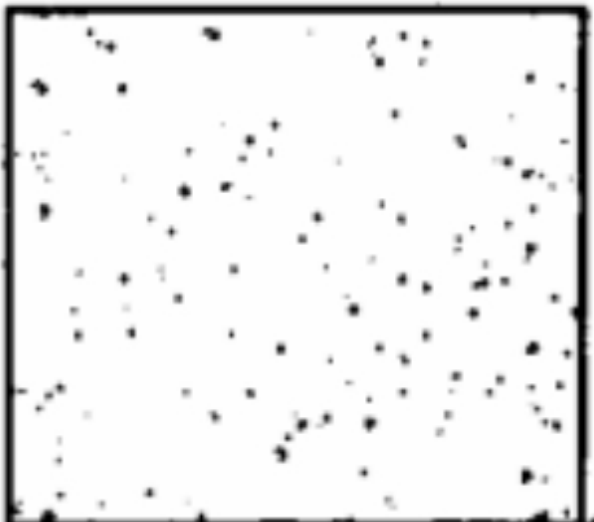
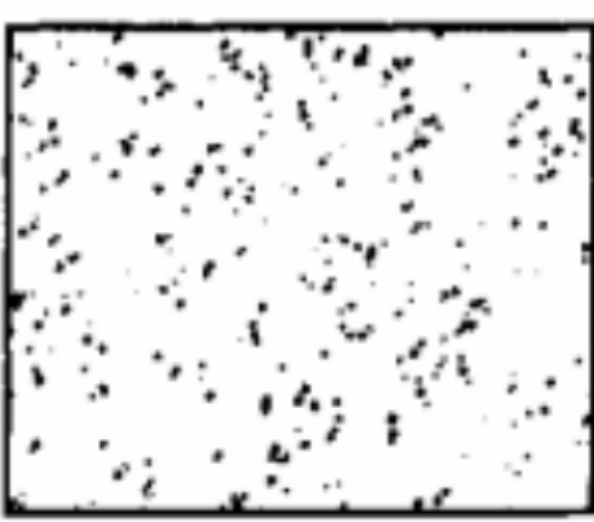
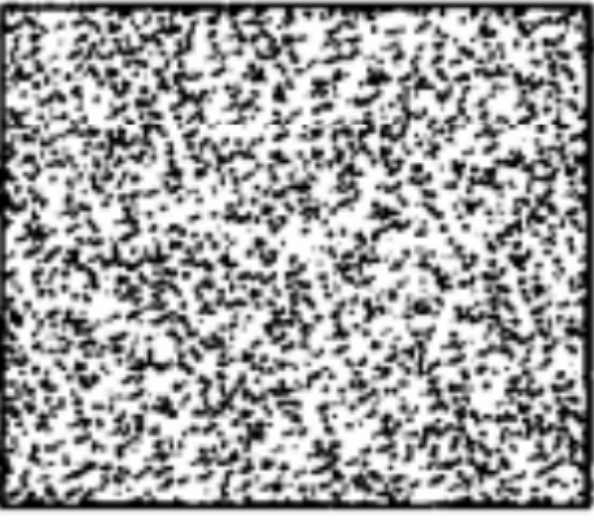
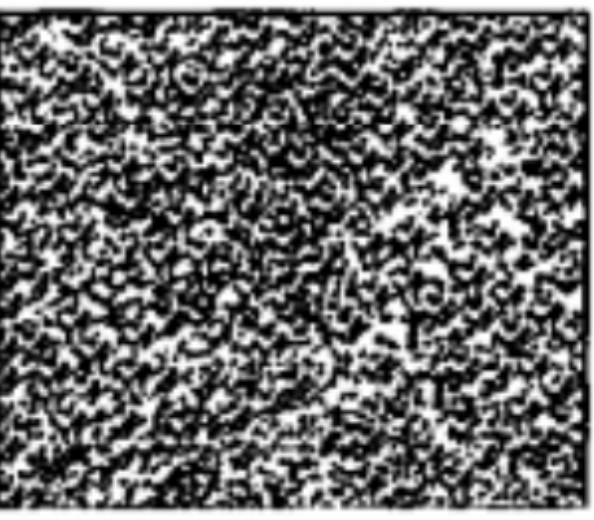
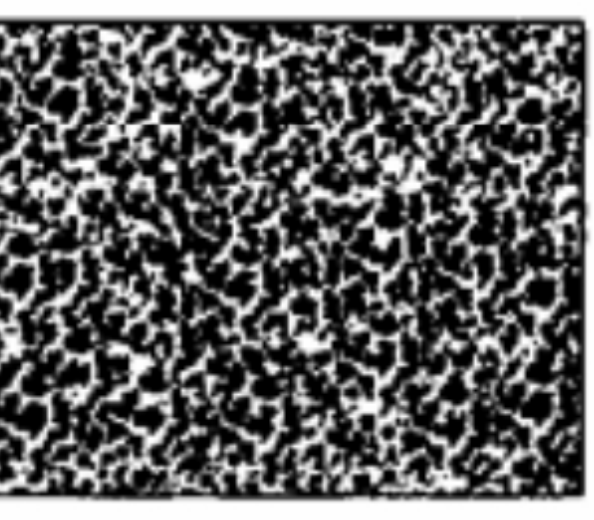
表 B 露点换算表

相对湿度 (%)	环境温度(℃)									
	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
95	-6.5	-1.3	3.5	8.2	10.3	18.3	23.2	28.0	33	38.2
85	-7.2	-2.0	2.6	7.5	12.5	17.4	22.1	27.0	32	37.1
80	-7.7	-2.8	1.9	6.5	11.5	16.5	21	25.9	31	36.2
75	-8.4	-3.6	0.9	5.6	0.4	15.4	19.9	24.7	29.6	35.0
70	-9.2	-4.5	-0.2	4.59	9.1	14.2	18.5	23.3	28.1	33.5
65	-10.0	-5.4	-1.0	3.8	8.0	13.0	17.4	22.0	26.8	32.0
60	-10.8	-6.0	-2.1	2.3	6.7	11.9	16.2	20.6	25.3	30.5
55	-11.5	-7.4	-3.2	1.0	5.6	10.4	14.8	19.1	23.0	28.0
50	-12.8	-8.4	-4.4	-0.3	4.1	8.6	13.3	17.5	22.2	27.1
45	-14.3	-9.6	-5.7	-1.5	2.6	7.0	11.7	16.0	20.2	25.2
40	-13.9	-10.3	-7.3	-3.1	0.9	5.4	9.5	14.0	18.2	23.0
35	-17.5	-12.1	-8.6	-4.0	-0.3	3.4	7.4	12.0	16.1	20.6
30	-19.9	-14.3	-10.2	-6.9	-2.9	1.3	5.2	9.2	13.7	18.0

附录 C 旧有涂层表面状态的检查与等级标准

C.0.1 旧涂层表面锈蚀率的分级应按表 C.0.1 确定。

表 C.0.1 旧涂层锈蚀率分级表及标准图

锈蚀率 标准图			
锈蚀率 (%)	<0.3	1.0	3.0
锈蚀率 等级	1	2	3
锈蚀率 标准图			
锈蚀率 (%)	10	33	50
锈蚀率 等级	4	5	6

C.0.2 旧涂层附着力等级应符合下列规定。

1 旧涂层附着力应按下列步骤测定：

- 1) 用划纸刀在涂膜上作 X 形划痕, X 形切割线交角约为 30° , 两切割线长度约为 40mm, 每道切割线应划到钢材

基体；

- 2) 再用宽 18mm~24mm、长约 50mm 透明胶带紧贴在划 X 部位(图 C. 0. 2),并用橡皮块捋压除去气泡；

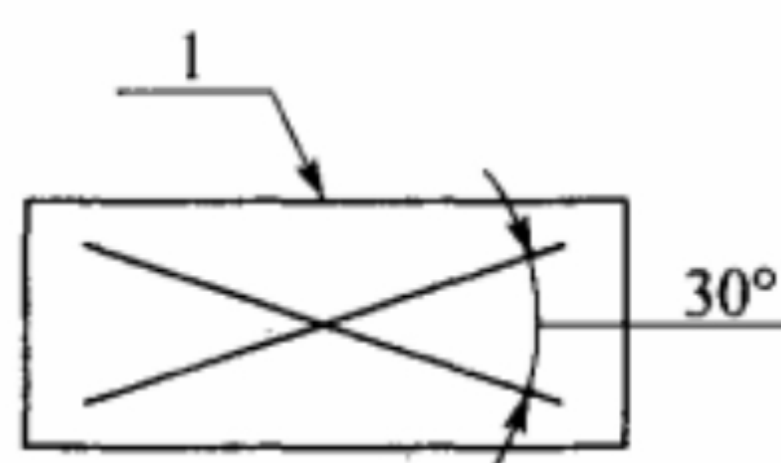


图 C. 0. 2 附着力测定法示意

1—透明胶带

- 3) 在胶带粘贴(1~2)min 后,沿与基体成 $35^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 方向迅速揭除胶带(约 0.5s)。

2 附着力等级应按表 C. 0. 2 的标准进行评定,用目视法观察划 X 部位涂膜剥落程度,按表 C. 0. 2 规定求出涂膜附着力点数、等级。

表 C. 0. 2 附着力点数及等级

附着力等级	评定点数	划 X 部位状态	示意图
1	10	无剥落	
	8	交叉无剥落,划 X 部位稍有剥落	
2-1	6	离划 X 部交点 3.8mm 内有剥落	
2-2	4	离划 X 部交点 7.6mm 内有剥落	
3	2	划 X 线处大部分有剥落	
	0	剥落面积大于 X 划痕部分	

C. 0. 3 旧涂层表面劣化(涂膜光泽度、变褪色、粉化程度)等级应

按表 C.0.3 确定。

表 C.0.3 漆膜光泽、变褪色、粉化程度等级划分

等级	光 泽	变褪色	粉化
1	光泽好,基本无变化	基本保持原色不褪色、不变色	基本不粉化
2	光泽显著减退	褪色显著或变色明显	粉化
3	无光泽	不能分原有颜色	粉化严重

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,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) 表示允许稍有选择,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 条文中指明应按其他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

- 《钢结构设计规范》GB 50017
《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018
《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046
《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205
《建筑防腐蚀工程施工及验收规范》GB 50212
《建筑防腐蚀工程施工质量验收规范》GB 50224
《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
《钢结构工程施工规范》GB 50755
《连续热镀锌钢板及钢带》GB/T 2518
《变形铝及铝合金化学成分》GB/T 3190
《耐候结构钢》GB/T 4171
《色漆和清漆 拉开法附着力试验》GB/T 5210
《涂装作业安全规程 涂漆工艺安全及其通风净化》GB 6514
《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
《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第2部分:已涂覆过的钢材表面局部清除原有涂层后的处理等级》GB/T 8923.2
《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

《色漆和清漆 漆膜的划格试验》GB/T 9286

《热喷涂 金属和其他无机覆盖层 锌、铝及其合金》GB/T 9793

《热喷涂涂层厚度的无损测量方法》GB/T 11374

《金属和其他无机覆盖层 热喷涂 操作安全》GB 11375

《建筑用压型钢板》GB/T 12755

《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

《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

《连续热镀铝锌合金镀层钢板及钢带》GB/T 14978

《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

《建筑用钢结构防腐涂料》JG/T 224

中国工程建设协会标准

钢结构防腐蚀涂装技术规程

CECS 343 : 2013

条文说明

目 次

1	总 则	(4 5)
2	术 语	(4 6)
3	环境条件对钢结构腐蚀作用的分类	(4 7)
4	防腐蚀涂装工程设计	(4 8)
4.1	一般规定	(4 8)
4.2	结构防腐蚀设计	(5 2)
4.3	构造与连接	(5 3)
5	防腐蚀工程材料	(5 4)
6	防腐蚀涂装工程施工	(5 5)
6.1	一般规定	(5 5)
6.2	钢材表面处理	(5 8)
6.3	涂装施工	(5 9)
6.4	金属热喷涂施工	(5 9)
6.5	安全和环境保护	(6 2)
6.6	施工质量检验	(6 2)
7	工程验收	(6 3)
8	使用期内维护管理	(6 4)

1 总 则

1.0.1 据中国工程院咨询项目《中国工业和自然环境腐蚀问题调查与对策》统计分析,由于不重视工程防腐,低标准设防、防腐蚀涂装措施不当或工程质量低劣以及环境污染加重腐蚀等原因,近年来我国每年腐蚀总损失约占国民生产总值(GNP)的5%,而其中钢结构建筑物、构筑物 and 桥梁等土木建筑的腐蚀损失约可占到总损失量的20%以上。十余年来我国建筑钢结构的应用与发展十分迅速,但建筑钢结构防腐蚀涂装工程却由于技术标准缺失、设计概念滞后、设防标准过低和施工质量不高等原因,长期以来与钢结构建造技术的发展形成很大反差,也导致钢结构耐久性降低的隐患问题更为突显。为此编制本规程以指导钢结构工程防腐蚀涂装的设计与施工,对保证工程质量,提高建筑钢结构的耐久性都有重要的意义。本条阐明了编制本规程的目的。

1.0.3 本条根据国家相关标准,提出了钢结构防腐蚀设防的原则和基本要求。针对当前实际工程中不重视防腐蚀设防,片面降低防腐蚀涂装费用、设防标准和施工质量低等情况,强调应以预防为主,防护结合的原则,并在进行全寿命周期经济分析的基础上从严和合理的进行设防。即应以结构施工、使用维护全周期中总费用和耐久性要求的优化关系,以及性价比的合理性来确定设防标准,并采用长效防腐蚀涂装措施。同时对除锈涂装施工和验收应从严要求,确保施工质量。

2 术 语

本规程内容涉及钢结构和防腐蚀两个专业,为方便对规程的理解与应用,本章定义了相关的主要术语。

3 环境条件对钢结构侵蚀作用的分类

3.0.1 我国现行大气环境腐蚀性分类标准《大气环境腐蚀性分类》GB/T 15957—1995 颁布较早,其分类条件需首先判定大气中腐蚀介质(二氧化硫、氯、氟化氢等)的类别与含量,在实际工程中不便应用。经分析比较,并根据专家建议与工程实用要求,本条分类标准完全引用了认可度较高的国际标准《钢结构防护涂料系统的防腐蚀保护》ISO 12944 : 1998 的分类规定。该标准概念清晰,系统性与实用性强,本条表中微腐蚀、中腐蚀、弱腐蚀与强腐蚀类别,分别对应于该标准的 C1、C2、C3、C4 四个级别。

3.0.2 本条按现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 列入了气态介质环境的侵蚀作用分类,此分类标准仅适用于生产工艺排放侵蚀性介质的,或处于侵蚀性介质气态环境中的工业建筑或构筑物钢结构的防腐蚀涂装工程设计。当钢结构处于腐蚀性液态或固态条件下时,其腐蚀性等级分类应按现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 的规定执行。

3.0.3 腐蚀损伤对冷弯薄壁型钢($t \leq 6\text{mm}$)结构的安全性有更不利的影响,其防腐蚀涂装设计与施工应按现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的专门规定执行。

4 防腐蚀涂装工程设计

4.1 一般规定

4.1.1 防腐蚀涂装设计是做好防腐蚀涂装工程的关键环节,针对当前钢结构工程设计中此部分内容常有缺失或过于简单的情况,本条对其内容和技术要求的大纲作出了具体规定。

4.1.2 当为强腐蚀环境时,钢材年锈蚀率可达 $80\mu\text{m}$ 甚至更高,显然,这样重腐蚀条件下,即使采用长效防护的钢结构也是非常不合理的,故本条提出确需采用时应进行其必要性与可行性的论证。

4.1.3 根据相关标准与工程经验,本条提出了作好钢结构防腐蚀涂装设计应综合考虑的要素和进行全寿命周期成本分析并优化选用长效防腐措施的要求。本着“预防为主,防护结合”的原则,设计人员应明确钢结构的防腐决不是简单的涂料防护,而是一个完善防护体系的设防;同时,由于对防腐蚀涂装重视不足,传统的设计概念往往是只考虑初期投资费用,片面要求经济上的低成本,而忽视了后续使用、维修的费用,直接导致钢结构工程耐久性的降低和工程最终总成本费用的增加。而全寿命周期成本分析则是考虑全寿命周期内,所有费用和设计预期性能优化的比选关系,在此分析与优化基础上确定设防标准更为科学、合理。由分析可知,对永久性承重钢结构应采用较严格的除锈标准和长效防护方案。

4.1.4 大量工程经验表明,质量好的钢材表面处理,对保证涂装防护效果至关重要,除锈效果不同的基层,其涂层使用寿命的差别达 2~3 倍。本条强调了首先在采购钢材时,对钢材初始表面质量等级应有明确的要求,对主要构件和薄壁结构不应低于 B 级;再是对钢材表面除锈质量等级也应从严要求,规定了应保证的最低除锈等级。同时从匹配的合理性考虑,承重结构一般不应再采用

手工除锈方法,因其质量和均匀度均难以保证,若必需采用时则应严格要求其除锈等级达到 St3 级的顶级要求。根据相关国家标准,钢材初始表面质量等级和各除锈等级应达到的细化标准要求见下表 1、表 2。

表 1 钢材初始表面质量等级

质量等级	锈 蚀 程 度
A 级	钢材表面完全被紧密的轧制氧化皮覆盖,几乎没有锈蚀
B 级	钢材表面已开始发生锈蚀,部分轧制氧化皮已经剥落
C 级	钢材表面已大量生锈,轧制氧化皮已因锈蚀而剥落,并有少量点蚀
D 级	钢材表面已全部生锈,轧制氧化皮已全部脱落,并普遍发生点蚀

表 2 除锈方法和除锈质量等级

除锈方法	除锈等级	除锈程度	质量要求
喷射和抛射除锈	Sa1	轻度除锈	只除去疏松轧制氧化皮、锈和附着物
	Sa2	彻底除锈	轧制氧化皮、锈和附着物几乎都被除去,至少有 2/3 面积无任何可见残留物
	Sa2 $\frac{1}{2}$	非常彻底除锈	轧制氧化皮、锈和附着物残留在钢材表面的痕迹已是点状或条状的轻微污痕,至少有 95% 面积无任何可见残留物
	Sa3	使钢板表面观 洁净的除锈	表面上轧制氧化皮、锈和附着物都完全除去,具有均匀多点光泽
手工和动力工具除锈	St2	彻底除锈	无可见油脂和污垢,无附着不牢的氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物
	St3	非常彻底除锈	无可见油脂和污垢,无附着不牢的氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物。除锈比 St2 更为彻底,底材显露部分的表面应具有金属光泽
化学除锈	Pi	非常彻底除锈	钢材表面应无可见的油脂和污垢,酸洗未尽的氧化皮、铁锈和旧涂层的个别残留点允许用于手工或机械方法除去,最终该表面应显露金属原貌,无再度锈蚀

4.1.5 现用于钢结构的防腐蚀涂层可分为普通防腐涂料类涂层和喷、镀金属涂层上加防腐蚀涂料的复合涂层两大类。为了保证涂层具有综合良好的防腐性能,设计应选用合理配套的复合涂层组合,其底涂层、中间涂层和面涂层应各具自身功能特点,同时能相互良好的结合。本条根据现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 提出了涂层配套要求并于附录 A 中列出了钢结构常用的防腐蚀涂装配套做法。选用时,应注意配套中关于除锈质量等级、涂层厚度等匹配的技术要求。

4.1.6 钢结构涂层应保证必要的厚度,本条根据现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 规定了应保证的防腐涂层(干膜)最小总厚度。表 4.1.6 应与附录 A 配套使用。

4.1.7 冷涂锌是与热镀锌相对应的一种钢结构防腐蚀涂装工艺,其特点是采用高纯度、细粒径的锌粉,经过特殊表面处理技术之后,与某些成膜有机物调配而成具有极高含锌量的富锌涂料,涂刷于符合要求的钢结构表面后,能形成含锌量高达 96% 的防腐蚀涂膜,是一种防护效果良好、施工简便的长效防腐蚀涂装措施,更适用作热镀锌或热喷涂锌层的修补层。

钢材表面渗锌技术的基本原理是将钢材表面的油污、锈迹、各类杂质彻底清除干净后,与锌粉一起放入特制容器内,加热至锌粉的蒸发温度,使得锌粉汽化成为锌蒸汽,与活化的洁净钢结构表面反应,在钢结构表面形成耐腐蚀性能非常优异,厚度约几十微米的“锌-钢合金层”,从而起到防腐蚀保护作用。国内外对渗锌处理后的钢材耐腐蚀性能测试结果表明,钢材渗锌处理后耐大气腐蚀、耐盐雾性能等明显优于热镀锌、富锌涂料和不锈钢,在环保、节能与价格方面也有明显优势。其不足之处在于,目前渗锌加工的构件长度受制于渗锌加热箱的尺寸,目前最大处理尺寸为 4.0m 左右。

4.1.8 以为防火涂料都可以起到防腐蚀的防护作用是一种误解,由于防火涂料中的薄型膨胀防火涂料所形成的涂膜具有遇热膨胀的特点;而厚型隔热防火涂料主要是由硅酸盐材料、耐火纤维及轻

质隔热材料组成,目前工程中所用的这两类防火涂料的材料组份、防腐蚀性能和密实防渗性均无法替代防腐涂料。故凡涂覆防火涂料的构件表面仍应按防腐要求进行防锈处理,并应在底涂和中间涂层的涂装后再覆盖防火涂料。还应注意防锈底涂应与防火涂料互相兼容并有良好的附着力,与防火涂料相匹配的底漆系统可参见表 3。

表 3 防火涂料匹配的底漆系统

涂料系统	涂膜厚度 (μm)	涂料系统	涂膜厚度 (μm)
醇酸磷酸锌防锈底漆 (快干型)	75	改性环氧	125
环氧磷酸锌防锈底漆	75	无机富锌底漆	75
环氧云铁防锈底漆	125	无机富锌底漆+封闭漆	75+(25~40)
环氧富锌底漆	75	无机富锌车间底漆	15
环氧富锌底漆+封闭漆	75+(25~40)	无机富锌车间底漆+封闭漆	15+(25~40)

4.1.9 耐候钢是我国早已制定标准并可批量生产的钢材产品,多年来已在铁路车厢与集装箱中有较多的应用经验。耐候钢除具有良好的耐候性能外,还同时具有适中的强度,较好的塑性、延性、韧性与焊接性能。其耐腐蚀性能可为普通钢材的 2~3 倍,涂装性能可提高 1 倍以上。故用于外露大气环境或有中度侵蚀性介质环境中较好的耐腐蚀效果。应用时,焊接结构应选用现行国家标准《耐候结构钢》GB/T 4171 所规定的焊接耐候钢。

4.1.10 带锈底涂是一种可在不彻底或已带锈的钢结构表面进行防腐蚀涂装的特种底涂,涂覆后能与钢结构表面的锈蚀物进行化学反应,从而达到消除锈蚀物的目的。但由于钢结构表面残留的锈蚀物厚度是不均匀的,在实际施工过程中,其涂刷量不可能与钢结构表面残留的锈蚀物的稳化、转化需求完全相适应,其涂刷量不足或者过量时,均会带来负面影响。宝钢钢结构厂房涂装维修工程中的经验也印证了这一点,因此,在新建钢结构工程中不应采用

带锈底涂。

4.1.11 经验表明,潮湿环境会极大地促使锈蚀的发生,特别是湿度反复变化的条件下影响更大,相关标准均规定了考虑腐蚀分级影响的限值湿度为60%。故建筑师在室内环境设计时,宜保持结构使用环境常态为湿度较小状态,必要时应采取局部强制通风、降湿排湿或防结露等防护措施。

4.2 结构防腐蚀设计

4.2.1 防腐蚀设计的结构方案和结构型式应首先考虑符合材料集中使用原则,如门式刚架、框架宜采用较大柱距,楼盖梁与檩条宜采用较大的跨度等,可以有效的集中使用材料,使构件有较厚实的截面,从而提高结构自身的防护能力。同时,防腐蚀设防的原则是应采用有效的长效防护措施与维护管理,防止构件带锈工作,更不允许承重构件在腐蚀作用并截面损伤的条件下承载工作,故原则上不应考虑为腐蚀损伤而增加钢材厚度。

4.2.2 钢结构构件的截面形式对其耐腐蚀能力有重要影响,本条根据现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 和工程经验,归纳提出了在构件选型方面的基本规定。

4.2.3 近年来轻钢龙骨低层房屋有一定的推广应用,其墙柱骨架、屋盖桁架或楼盖小梁等所用镀锌冷弯薄壁型钢厚度仅0.5mm~0.8mm,其耐腐蚀能力完全依赖于镀锌层的保护,且在使用过程中又难以维护,故这类结构材料应采用质量更为有保证的热镀锌薄板,镀锌层厚度亦应适当加厚。

4.2.4 近年来彩色涂层钢板屋面、墙面得到广泛应用,同时由于壁薄和外露使用的条件,其在选材、选型和构造方面都对防腐蚀性能有较高要求,本条根据多年来的工程经验和相关的国家现行标准对此作出了规定。

4.2.5 预应力钢结构中拉索是重要的承载部件并常处于高应力状态,在外露使用条件下应妥善进行防腐蚀保护,本条规定是参照

现行协会标准《建筑工程预应力施工规程》CECS 180 有关规定而提出的。

4.3 构造与连接

钢结构节点构造与连接具有多构(板)件交汇、夹角与间隙小和开孔开槽等特点,易积尘积潮且不易维护,往往是形成锈蚀起始的源头,故选择合理的连接构造,对提高结构的防护能力是非常必要的。构造与连接设计中应考虑节点构造避免积尘积潮,对引起电化学部位应有隔阻措施,对潮湿或积水部位应特别防护,并保证节点与连接部位的防腐设防标准不低于构件的设防标准等。本节根据相关标准和工程经验对节点与连接构造防腐要求作出了细化的规定。

对高强度螺栓的摩擦面处理,在满足承载力条件下,为简化施工,可按现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82—2011 采用有涂层的摩擦面构造做法。

5 防腐蚀工程材料

随着防腐蚀工程技术的发展,其用材也呈现多样化的特点,除普通油漆类涂料外,富锌系列与氟碳系列等高性能涂料、锌(铝)热喷涂防护以及彩色涂层钢板、锌(铝)镀层钢板等都已较广泛的应用。2010年广州新电视塔的高空(450m~610m)桅杆还采用了Q420NH高强度焊接耐候钢。本节对防腐蚀涂料的材料选用、性能要求、质量要求和应依据的标准等做出了统一规定。其中第5.0.3、5.0.4条关于面涂料和底涂料的规定是根据现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046的有关规定而提出的。

6 防腐蚀涂装工程施工

6.1 一般规定

6.1.2 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。为此国家劳动和社会保障部早在 2001 年就颁布了《涂装工国家职业标准》,并委托有关机构进行防腐蚀涂装技能培训。该标准对初级防腐蚀工的基本要求见表 4。

表 4 初级涂装工基本职业技能要求

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
涂装前工件表面预处理	机械法表面处理	1. 能用砂布、钢丝刷、铲刀、尖头锤等工具进行手工除锈、除旧漆等操作; 2. 能用风动砂轮、风动钢丝刷等手工机械工具进行除锈等操作; 3. 能使用喷砂、喷丸设备,对工件表面进行除锈等操作; 4. 能对已清理的工件表面进行防锈处理; 5. 能维护和保养喷砂设备和工具	1. 表面预处理的重要性 2. 金属脱脂、除锈、除旧漆等表面处理的主要方法 3. 手工除锈方法 4. 喷砂、喷丸除锈方法及设备维护、保养方法 5. 涂料的名称及使用方法
	化学法表面处理	1. 能用有机溶剂清洗法、碱液清洗法及表面活性剂清洗法对工件表面脱脂; 2. 能用酸洗法对黑色金属表面除锈; 3. 能对已处理的工件表面涂刷、浸底漆; 4. 能维护、保养酸洗设备	1. 有机溶剂、碱液、表面活性剂等化学脱脂方法 2. 化学除锈法的原理及常用的酸 3. 化学法表面处理工艺 4. 酸洗设备操作及维护、保养知识

续表 4

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
涂装前工件表面预处理	塑料、木材及水泥制品的表面处理	1. 能对木制品表面进行干燥处理; 2. 能对木制品表面进行除毛刺处理; 3. 能对塑料制品表面进行物理处理; 4. 能对水泥制品表面进行处理	1. 木制品表面干燥处理的知识; 2. 木制品表面除毛刺处理的知识; 3. 对塑料制品表面进行物理处理的知识; 4. 水泥制品表面处理的知识
工件及产品涂装	刷涂	1. 能正确使用各种漆刷并能维护、保养; 2. 能按指定的材料调配漆液施工黏度; 3. 能按刷涂基本操作方法涂漆,并能达到漆膜均匀等质量要求	1. 刷涂的基本操作方法; 2. 各种漆刷及其维护、保养的知识
	浸涂	1. 能用手工浸涂涂料; 2. 能用浸涂设备浸涂涂料; 3. 能正确使用、维护和保养常用浸涂设备; 4. 能调配常用涂料黏度	1. 浸涂的方法及优缺点; 2. 浸涂设备和工具的操作、维护及保养方法; 3. 涂料的分类、命名、型号及调配施工黏度等基本知识
	淋涂	1. 能进行手工淋涂和浇淋; 2. 能操作幕淋、喷淋等淋涂设备; 3. 能对淋涂设备进行维护、保养	1. 淋涂设备的操作方法; 2. 淋涂设备的维护、保养方法; 3. 淋涂涂装的优缺点
	辊涂	1. 能用辊涂工具进行手工辊涂; 2. 能操作自动辊涂设备; 3. 能对辊涂设备及工具进行维护、保养	1. 辊涂设备和工具的结构原理及其操作方法 2. 辊涂设备的维护、保养方法

续表 4

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
工件及产品涂装	喷漆修补	1. 能稀释和刮涂常规腻子; 2. 能手工或用腻子打磨机打磨腻子; 3. 能正确选用砂布、砂纸; 4. 能稀释常规涂料的黏度; 5. 能使用常用喷漆枪完成简单工件的喷漆; 6. 能维护、保养常用设备和工具	1. 常用腻子的种类、性能及调配方法; 2. 常用腻子的刮涂和打磨方法以及刮具、砂布规格、打磨机等知识; 3. 喷漆枪及喷漆设备的型号; 4. 喷漆枪的使用原理及操作方法; 5. 喷涂设备的维护、保养方法
	高压无气喷涂	1. 能操作气动式或电动式高压无气喷涂机; 2. 能维护、保养气动式或电动式高压无气喷涂机; 3. 能调配涂料黏度	1. 高压无气喷涂的优、缺点; 2. 高压无气喷机的操作使用知识; 3. 高压无气喷涂设备的维护及保养知识
	静电喷涂	1. 能正确使用手提式静电喷涂设备; 2. 能判断静电喷涂设备的常见故障; 3. 能在生产间隙中对喷具进行常规的清洁工作	1. 静电喷涂的基本原理; 2. 静电喷涂的优、缺点; 3. 手提静电喷涂设备的基本结构; 4. 自动静电喷涂设备的常见故障
	粉末涂装	1. 能操作粉末涂装设备进行涂装; 2. 能维护、保养粉末涂装设备	1. 粉末涂装的基本原理; 2. 粉末涂装的优、缺点; 3. 粉末涂装设备及其基本操作知识; 4. 粉末涂料的种类、名称、性能
	电泳涂装	1. 能检查和监视电泳工艺过程; 2. 能进行保养、维修电泳设备的配合作业	1. 电泳涂装的分类及原理; 2. 电泳涂装的优、缺点; 3. 电泳漆的种类

续表 4

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
安全生产及 技术管理	安全文明生产	1. 能遵守涂装工安全卫生规程、防毒规程和防火、防爆规程； 2. 能执行涂装工文明生产规定	1. 涂装安全知识； 2. 涂装安全措施； 3. 涂装防火； 4. 涂装防爆； 5. 个人防护； 6. 涂料的储存与保管

6.1.6、6.1.7 钢材表面处理等级与涂层厚度是保证防锈效果的重要技术要求,设计文件若未提出要求,则应在施工时保证达到本规程表 4.1.4 和表 4.1.6 规定的要求。

6.2 钢材表面处理

6.2.1~6.2.3 钢结构钢材表面处理的质量保证是做好钢结构涂装防腐工程的基础,国外大量的统计数据表明,涂装工程质量,大约有 60%以上由基层处理质量决定。本三条是根据国家现行有关标准规定而提出的钢材表面处理技术要求,在施工中应严格执行。

6.2.4 改建、扩建工程钢结构的基层处理,视具体条件,可采用电动和手动工具、喷射除锈等方法,不宜采用化学处理方法(包括带锈底涂)。

6.2.6 在各种钢结构基层处理工艺中,喷射除锈比动力工具除锈效率高、质量好,适用于一般及较高要求涂装工程的除锈,因而应用最为广泛。其工艺技术要求应符合表 5 的规定。

表 5 喷射工艺的技术要求

磨料名种	磨料粒径 (mm)	压缩空气 压力 (MPa)	喷嘴直径 (mm)	喷射角 (°)	喷距 (mm)
石英砂	0.63~3.20 0.8 筛余量不小于 40%	0.50~0.60	6~8	35~70	100~200

续表 5

磨料名种	磨料粒径 (mm)	压缩空气 压力 (MPa)	喷嘴直径 (mm)	喷射角 (°)	喷距 (mm)
硅质河砂 或海砂	0.63~3.20 0.8 筛余量不小于 40%	0.50~0.60	6~8	35~70	100~200
金钢砂	0.63~2.00 0.8 筛余量不小于 40%	0.35~0.45	4~5	35~70	100~200
钢线砂	线粒直径 1.00, 长度等于直径, 其偏差不大于直径的 40%	0.50~0.60	4~5	35~75	100~200
铁丸或 钢丸	0.63~1.60 0.8 筛余量不小于 40%	0.50~0.60	4~5	35~75	100~200

注:1 喷射除锈宜在独立的喷射房内进行,并应保证操作者具有良好的防护和保护;抛射除锈宜在密闭的抛射机内进行;

2 钢材表面经喷射或抛射除锈后应及时涂装。置于室内的钢材宜在 12h 内涂上底涂,置于室外的钢材宜在 8h 内涂上底涂。

6.2.8 对已成型的小型构、配件,当采用喷射除锈法无法保证均匀的除锈效果时,可采用酸洗除锈方法,操作时应确保不会导致钢结构的过量腐蚀、氢脆,同时应确保对废弃酸洗液的无害化处理。此外,还应注意采用酸洗除锈方法处理后的钢结构表面较光滑,其涂装的附着力会有所降低,不利于防锈底涂的粘附。

6.3 涂装施工

6.3.6 坡口涂料是一类含有较高锌粉、具有可焊接性能的特种防腐涂料,专门用于在进行厚钢板打坡口焊接部位的保护。

6.4 金属热喷涂施工

6.4.1~6.4.6 部分热喷涂施工技术条文,来自相关的国家现行有关的标准,在国内已实施多年,属于成熟的施工技术标准。

6.4.7 当采用冷涂锌涂层作修复或涂层防护时,其施工技术要求

如下:

1 常用的锌基涂镀材料应为单组分、高固体组分含量的富锌涂料。涂料中锌粉含量应大于 72%~82%,形成的镀锌干膜中锌含量应达到 92%~96%。锌基涂镀材料通用技术要求应符合现行行业标准《建筑用钢结构防腐涂料》JG/T 224 的规定。

2 冷涂锌前,钢材表面应经喷射除锈达到 $Sa2 \frac{1}{2}$ 级清洁度要求,钢材表面粗糙度应符合产品或工艺说明书要求,但不低于 $40\mu\text{m}\sim 60\mu\text{m}$ 。当仅作底层涂料时粗糙度宜大于 $60\mu\text{m}$ 。

3 冷涂锌作为复合涂层体系的底涂层应用时,其厚度不应小于 $60\mu\text{m}$;单独作为底面合一的防腐涂层应用时,干膜厚度不应小于 $80\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 。

4 冷涂锌涂层表面应以封闭层覆盖。封闭层应选用与金属涂层相容,并固化与渗透性能良好的材料。一般选用环氧涂料,厚度为 $30\mu\text{m}$ 左右。待其充分渗透固化后再进行中间层与面层涂料的涂覆。

5 冷涂锌的涂装施工应严格保证各道工序的质量标准,达到设计或相关标准规定的要求。

6 冷涂锌可在室内或室外作业,适于作业的环境温度宜在 $-5^{\circ}\text{C}\sim +50^{\circ}\text{C}$ 范围内,湿度不宜超过 85%,并不宜在雨雪与大风环境中作业。同时作业环境还应有良好的照明与通风条件与相应的劳动保护与环保、安全措施。

6.4.8 热喷涂金属适配的封闭层构造见表 6;其局部最小涂层厚度可见表 7。

表 6 热喷涂金属及其配套封闭体系

环境条件	热喷涂金属	涂层厚度 (μm)	封闭体系
农村大气	Al	100	一道乙烯树脂或环氧树脂清漆

续表 6

环境条件		热喷涂金属	涂层厚度 (μm)	封闭体系
农村大气		Zn	76	二道铝粉乙烯树脂漆,或一道乙烯树脂漆加一道乙烯树脂色漆
工业大气	腐蚀性较轻	Al	100	一道乙烯树脂或环氧树脂清漆
	腐蚀性严重	Al	150	
海洋大气	腐蚀性较轻(无盐雾)	Zn	150	二道铝粉乙烯树脂漆,或乙烯树脂色漆
	腐蚀性严重(盐雾重)	Zn	300	
	腐蚀性严重(盐雾重)	Al	150	磷化底漆,或加铝粉乙烯树脂漆
高湿大气		Zn	100	磷化底漆,或加铝粉乙烯树脂漆

表 7 热喷涂金属系统涂层最小局部厚度

设计使用年限	喷涂系统	最小局部厚度 (μm)
10~20	喷锌+封闭	160+60
	喷铝+封闭	120+60
	喷 AC 铝+封闭	100+60
	喷锌+封闭+涂装	160+30+100
	喷铝+封闭+涂装	120+30+100
	喷 AC 铝+封闭+涂装	100+30+100
≥ 20	喷锌+封闭	250+60
	喷铝+封闭	200+60
	喷 AC 铝+封闭	150+60
	喷锌+封闭+涂装	250+30+100
	喷铝+封闭+涂装	200+30+100
	喷 AC 铝+封闭+涂装	150+30+100

6.5 安全和环境保护

钢结构涂装防腐施工过程,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。本节根据相关标准,对涂装防腐施工中的安全和环保要求作出了详细的规定,施工中应制定相应的安全操作规程并严格遵照执行。

6.6 施工质量检验

除锈、涂装的质量检验是进行质量控制过程管理,保证工程质量的重要环节。本节根据相关规范,对施工质量检验的项目、内容和要求作出了细化的规定。检验的重点应是钢材(包括焊缝)表面除锈等级、粗糙度和涂层厚度。在进行涂层厚度检验时,也可采取如下判定标准:涂层的层数和厚度应符合设计要求,涂层厚度小于设计规定厚度的测点数不应大于 10%,且测点处实测厚度不应小于设计规定厚度的 90%,方可判定合格。

7 工程验收

工程验收包括施工质量检查、技术资料汇总两大类工作。工程验收阶段的施工质量检查,是确保工程质量达到设计要求的最后一道关口,直接决定着工程的耐久性和使用寿命。

在总结钢结构工程设计、施工和质量管理经验的基础上,本规程依据相关标准,对钢结构涂装防腐工程质量的验收作出了细化的规定,应作为规范工程验收的依据遵照执行。

8 使用期内维护管理

钢结构防腐蚀涂装施工所形成的防腐蚀保护膜,由于其施工原因而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,会导致防腐蚀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,并将其视为整个钢结构建筑物安全管理体系中不可缺少的组成部分。此外还应注意的是,此项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。

本章是结合中冶建筑研究总院有限公司在 1990 年承担的《宝钢钢结构涂层、铝围护结构腐蚀检查及防腐蚀维修技术措施》科研项目成果,以及为应用该项技术成果而协助宝钢有关部门编制的企业标准《钢结构涂层维修技术标准》(BCNOJT 010—2007),在宝钢数十万吨厂房钢结构涂层防腐蚀维护工程实际应用 20 余年的经验,并结合其他企业的钢结构防腐蚀涂层维护经验,总结、汇编而成。