

DB 4201

武 汉 市 地 方 标 准

DB 4201/T 684—2023

城市桥梁隧道防腐防污养护技术规程

Technical regulations of anti-corrosion and anti-fouling maintenance
for urban bridges and tunnels

2023-11-03 发布

2023-12-03 实施

武汉市市场监督管理局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 基本规定 3

5 老化评定 7

6 施工 9

7 验收 20

8 安全、卫生 and 环境保护 20

附录 A（资料性） 涂层技术要求和试验方法..... 22

附录 B（规范性） 混凝土结构表面涂层试验..... 27

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由武汉市城市管理执法委员会提出并归口。

本文件起草单位：武汉市城市道路桥隧事务中心、湖北省城建设计院股份有限公司、华中科技大学、国家涂料质量监督检验中心。

本文件主要起草人：李素兰、陈卫民、张忠泽、华云华、黄安国。

城市桥梁隧道防腐防污养护技术规程

1 范围

本文件规定了城市桥梁隧道防腐防污养护的基本规定，老化评定，施工，验收，安全、卫生和环境
保护。

本文件适用于武汉市竣工验收后交付使用的城市桥梁隧道防腐防污涂装工程，新建和日常维修涂装
工程可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，
仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本
文件。

GB/T 1724 色漆、清漆和印刷油墨 研磨细度的测定
GB/T 1725 色漆、清漆和塑料 不挥发物含量的测定
GB/T 1728 漆膜、腻子膜干燥时间测定法
GB/T 1732 漆膜耐冲击性测定法
GB/T 1733 漆膜耐水性测定法
GB/T 1735 色漆和清漆 耐热性的测定
GB/T 1740 漆膜耐湿热测定法
GB/T 1766 色漆和清漆 涂层老化的评级方法
GB/T 1768 色漆和清漆 耐磨性的测定 旋转橡胶砂轮法
GB/T 1771 色漆和清漆 耐中性盐雾性能的测定
GB/T 1865 色漆和清漆 人工气候老化和人工辐射暴露（滤过的氙弧辐射）
GB/T 5210 色漆和清漆 拉开法附着力试验
GB 6514 涂装作业安全规程 涂漆工艺安全及其通风净化
GB/T 6739 色漆和清漆 铅笔法测定漆膜硬度
GB/T 6742 色漆和清漆 弯曲试验（圆柱轴）
GB/T 1724 色漆、清漆和印刷油墨 研磨细度的测定
GB 7691 涂装作业安全规程 安全管理通则
GB 7692 涂装作业安全规程 涂漆前处理工艺安全及其通风净化
GB/T 8923（所有部分） 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定
GB/T 9266 建筑涂料 涂层耐洗刷性的测定
GB/T 9274 色漆和清漆 耐液体介质的测定
GB/T 9286 色漆和清漆 划格试验
GB/T 9793 热喷涂金属和其他无机覆盖层锌、铝及其合金
GB/T 11374 热喷涂涂层厚度的无损测量方法
GB/T 13452.2 色漆和清漆 漆膜厚度的测定
GB 14907 钢结构防火涂料

GB/T 23764 光催化自清洁材料性能测试方法

GB/T 23999 室内装饰装修用水性木器涂料

GB 28375 混凝土结构防火涂料

GB 30981 工业防护涂料中有害物质限量

GB/T 31815 建筑外表面用自清洁涂料

GB 50205 钢结构工程质量验收规范

GB 50212 建筑防腐蚀工程施工及验收规范

CJJ 99 城市桥梁养护技术标准

HG/T 3668 富锌底漆

HG/T 3792 交联型氟树脂涂料

JG/T 25 建筑涂料涂层耐温变性试验方法

JG/T 304 建筑用防涂鸦抗粘贴涂料

JTG/T 5122 公路缆索结构体系桥梁养护技术规范

DB4201/T 581.1 武汉市桥梁隧道养护技术规程 第1部分：桥梁

DB4201/T 581.2 武汉市桥梁隧道养护技术规程 第2部分：隧道

ISO 4628-7 色漆和清漆——漆膜粉化的评定——一般类型破坏的程度、数量和大小的评定——第7部分：天鹅绒布法粉化等级的评定

ISO 12944（所有部分）色漆和清漆 钢结构防腐涂层体系

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

腐蚀 deterioration

材料与环境发生物理、化学或电化学作用而呈现的渐进性损伤与破坏。对钢材常称为“锈蚀”（corrosion）。

3.2

表面处理 surface pretreatment

为改善涂层与基体间的附着力，在涂装前用机械方法或化学方法处理基体表面，以达到符合涂装要求的措施。

3.3

热喷涂 thermal spray

在喷涂枪内或枪外将喷涂材料加热到塑性或融化状态，然后喷射于经预处理的基底上，基底保持未熔状态形成涂层的方法。

3.4

涂层体系 coat system

应用到混凝土和钢结构表面，由底漆、中间漆和面漆构成的体系，通过涂层表面体系实现最优化的保护功能。

3.5

底漆 primer

涂层体系的第一道涂层，提高结构表面强度，为上层油漆提供牢固的基础。

3.6

中间漆 intermediate coat

底漆和面漆之间的连接涂层。

3.7

面漆 top coat

涂层体系的最后一道涂层，保护整个涂层体系免受环境破坏。

3.8

干膜厚度 dry film thickness

涂层完全固化后在基材表面形成的漆膜厚度。

3.9

相容性 compatibility

按照施工要求涂装时，各道涂层不会出现咬底、渗色、附着不良等影响涂层质量的异常现象。

3.10

附着力 adhesion

涂层与被涂物之间结合在一起的强度。

3.11

维修涂装 maintenance painting

在运营全过程中对涂层进行的维修保养。

3.12

重新涂装 repainting

彻底除去旧涂层、重新进行表面处理后，按照完整的涂装流程进行的涂装。

3.13

防腐防污功能 anti-corrosion and anti-fouling property

涂层具有良好的防腐性能，还具有易清洁、防涂鸦、抗粘贴、易除冰等防污功能。

4 基本规定

4.1 基本要求

4.1.1 基材表面涂装应在结构处于安全状态且正常使用前提下进行，处于不安全状态且无法正常使用的结构应修复后再进行防护。

4.1.2 混凝土表面涂装宜采用涂料防护；钢结构表面宜采用涂料防护或金属热喷涂防护方法；螺栓、支座、锚头、锚具等部位应采用防腐油脂密封。易脏污结构表面宜同时考虑防污需求。

4.1.3 混凝土结构涂层体系按防腐年限分为普通型（10年）和长效型（20年），钢结构涂层体系按防腐年限分为普通型（10年～15年）和长效型（15年～25年），钢结构金属热喷涂涂层体系防腐年限为30年。

4.1.4 符合下列情况的城市构造物，宜采用具有防腐防污功能的涂料进行涂装：

- 位于集会中心、繁华地区、重要生产科研区及游览地区的城市桥梁、桥台、桥墩（跨水域段除外）、栏杆、防撞护栏等部位；
- 位于城市主干道、繁华地区及游览地区的城市隧道、防撞墙等部位；
- 人行天桥、人行通道；
- 有景观要求的城市桥梁和隧道。

4.1.5 运营阶段的桥梁隧道结构涂装应结合大气环境腐蚀等级及所处区域选择对应的涂层配套体系。混凝土结构表面涂层配套体系见6.2.1，钢结构表面涂层配套体系见6.3.1。

4.1.6 混凝土结构表面的涂装分为无涂层结构新增涂装和有涂层结构表面维修涂装、重新涂装，施工

工艺流程见 6.2.3；钢结构表面的涂装分为表面涂层维修涂装和重新涂装，施工工艺流程见 6.3.3。维修涂装和重新涂装宜根据涂层老化评定结果决定。

4.1.7 专项工程宜按老化评定、施工、验收完整流程实施，零星维修工程流程宜简化处理。

4.1.8 城市隧道内表面防火涂料涂层出现破损时，选择不低于原有设计防火等级的涂料进行涂装。防火涂料涂装质量检测项目及检验方法应按 GB 14907 和 GB 28375 相关规定执行。

4.2 混凝土结构

4.2.1 钢筋混凝土及预应力混凝土梁

4.2.1.1 钢筋混凝土及预应力混凝土梁外观应保持清洁、美观。表面涂装色彩宜考虑景观效应，体现地域、文化特征。

4.2.1.2 钢筋混凝土及预应力混凝土梁发生混凝土剥落、露筋等现象，应凿除表面松动混凝土，对裸露钢筋除锈刷漆，并对破损处修补。当有表面防腐要求时，宜进行涂装防护。

4.2.1.3 预应力混凝土构件锚固端的封端混凝土出现裂缝、剥落、渗漏、穿孔、锚具暴露时，应及时对预应力锚具涂防腐油脂密封，再处理封端混凝土。

4.2.2 墩台、基础

4.2.2.1 桥梁墩台表面应保持完整、清洁。

4.2.2.2 混凝土表面发生侵蚀剥落和蜂窝麻面时，应及时将周边凿毛清洗干净并对破损处修补后进行表面防护，宜采用刷漆防护。

4.2.2.3 桥墩四周的防撞设施（防撞墙、隔离墩等）采用钢板包边时应及时除锈刷漆，无钢板包边时应混凝土病害进行处理后涂装防护。

4.2.2.4 混凝土承台、基础局部混凝土保护层破损、钢筋外露时应先处理后再涂装防护。

4.2.3 防撞护栏

4.2.3.1 防撞护栏应牢固、完好、整洁。

4.2.3.2 对表面露筋但未造成结构性破坏时，应凿除损坏部分并对钢筋进行除锈防腐后，用不低于原设计强度的混凝土进行修补。涂层出现褪色或脱落时，应及时铲除并清洗表面，待干燥后采用相近颜色的防腐防污涂料进行修复。

4.2.4 人行护栏

4.2.4.1 人行栏杆应完整、连接牢固、美观。

4.2.4.2 混凝土栏杆涂层出现褪色或脱落时，应及时铲除并清洗表面，待干燥后采用相近颜色的防腐防污涂料进行修复。

4.2.5 人行天桥

4.2.5.1 人行天桥钢筋混凝土梁宜按 4.2.1 相关规定执行。

4.2.5.2 人行天桥墩台、基础宜按 4.2.2 相关规定执行。

4.2.6 人行通道

4.2.6.1 人行通道口及通道内应保持干燥、整洁和通风良好，墙体、顶板表面不得腐蚀和剥落。

4.2.6.2 人行通道内墙上粘贴物应及时刮除，并保持表面整洁。

4.2.6.3 人行地下通道内装饰物应完好、牢固。涂装材料应采用环保、阻燃材料，对无装饰的墙身宜2~3年涂装一次。

4.2.6.4 人行通道内照明灯具、抽水站的电机、水泵等机械设备应完好有效、运转良好，并按国家机械保修规定进行定期保养，宜每年除尘，定期防腐处理。

4.2.7 城市隧道

4.2.7.1 城市隧道内应保持干燥、整洁和通风良好，墙体表面不得腐蚀和剥落。

4.2.7.2 城市隧道内墙上粘贴物应及时刮除，并保持表面整洁。

4.2.7.3 城市隧道内照明、排水、通风、监控、消防、排烟设备等应完好有效、运转良好，并按国家机械保修规定进行定期保养，宜每年除尘，定期防腐处理。隧道内宜配置防潮除湿监测设施，各设备宜密封处理，并采取加驱潮剂、配加热器、热风机等防腐措施。

4.3 钢结构

4.3.1 钢结构及钢-混凝土组合梁

4.3.1.1 钢结构梁外观应保持清洁，无锈蚀、涂层无脱落，防腐防护宜采用刷漆或金属热喷涂。

4.3.1.2 涂层局部重新涂装时，应对局部风化部位按要求进行清理，按原涂装体系进行涂装，新旧涂层间应有50mm~80mm过渡带，局部涂装的干膜总厚度不应小于原涂装干膜厚度。涂装后应检测漆膜厚度，漆膜厚度不满足设计要求时应重新涂装。

4.3.1.3 使用新品种涂料涂装时，新旧涂料须相容性良好，防护性能不低于旧涂料。

4.3.1.4 封闭钢箱室当出现渗水时，宜开孔进行检查。内表面涂装底漆和面漆时，应增加面漆厚度，为减少养护次数宜选用具有重防腐功能的防护涂料。当箱梁箱室内配备有除湿机时，除湿机应常年工作，以保证内部系统相对湿度低于50%，箱室内表面涂装宜底漆面漆合一。涂装施工前后应打开箱内空气平衡阀，加大空气对流，加快涂层干燥。

4.3.1.5 组合结构钢梁与混凝土桥面板之间的剪力连接件应完好无腐蚀，出现局部锈蚀应除锈并涂装防护。

4.3.2 拉索

4.3.2.1 应每3年对拉索护层破损状况及钢丝锈蚀情况进行全面检测，可采用无损探伤或剥开已损坏的护层检查，并测量锈蚀钢丝的实际有效面积。当一根拉索内已断裂的钢丝面积超过拉索钢丝总面积的2%，或钢丝锈蚀造成该拉索钢丝总面积损失超过10%时，必须进行换索。

4.3.2.2 斜拉桥拉索体系防腐措施应符合JTG/T 5122相关规定。

4.3.2.3 斜拉索上下锚头处、拉索出口密封处等部位，一般每年检查一次。

4.3.3 主缆、鞍座

4.3.3.1 悬索桥主鞍座、散鞍座、主缆索股锚头和吊杆锚头及钢索出口密封处，应每年检查保养一次，应及时处理漏水、积水和脱漆、锈蚀。

4.3.3.2 主缆钢丝存在锈蚀或断丝时，应对主缆内部进行特殊检查。对于裂纹扩展至50%直径以上或腐蚀已削弱截面50%以上的主缆钢丝，应进行局部钢丝拼接更换。

4.3.3.3 悬索桥主缆体系防腐措施应符合JTG/T 5122相关规定。

4.3.3.4 悬索桥索夹应每季度检查保养一次，紧固螺栓出现锈蚀、松弛应及时除锈涂油并复拧到位。

4.3.4 系杆、吊杆

4.3.4.1 吊杆以及吊杆与横梁节点区防腐油脂不得漏油、发酵、锈蚀、积水。拱座混凝土与钢管拱肋连接处应清洁干燥，拱肋的防腐蚀涂装应定期维护。

4.3.4.2 套管式吊杆或柔性系杆，钢丝或钢绞线和套管之间应灌满防腐油脂、环氧砂浆或其他防腐材料，套管表面应每年涂刷防锈材料。

4.3.4.3 吊杆锚头及吊杆与横梁节点区密封处出现脱漆、锈蚀时应及时防腐处理。

4.3.4.4 锚夹具应每季度检查保养一次，出现锈蚀时应及时除锈涂油，锚垫板预埋钢管内积水应及时排出。

4.3.4.5 柔性系杆的下承式拱桥的拱脚部分，中承式拱桥的边拱混凝土内预埋钢管和系杆拉索分束穿入预埋钢管的间隙，应根据原设计锚固构造加压注满防腐油脂、环氧砂浆或其他防腐材料。

4.3.4.6 刚性系杆的拉索外包钢管内应加注满防腐油脂或环氧砂浆等防腐材料，两端应采用不锈钢罩保护。当不锈钢罩保护或将军帽紧固螺栓松动时，应及时紧固。

4.3.5 人行天桥

4.3.5.1 人行天桥结构外表面应保持完整、清洁。

4.3.5.2 当人行天桥钢箱室内部出现渗水时，宜开孔进行检查。潮湿环境下为减少养护次数钢箱室内表面宜选用具有重防腐功能的防护涂料。

4.3.5.3 人行天桥梯道、护栏、雨篷及墩柱出现锈蚀应及时除锈，表面粘贴物应刮除后涂装。

4.3.6 盖梁、桥墩

4.3.6.1 钢结构盖梁及墩柱表面应保持完整、清洁。

4.3.6.2 钢结构盖梁及墩柱出现局部锈蚀、涂层褪色、起泡脱落时，应及时铲除损坏的涂层，打磨除锈后涂装。

4.3.7 标志、标牌

4.3.7.1 桥梁或隧道结构入口名称标牌、限载牌和限高牌等标志设施应保持完好、清晰。

4.3.7.2 标志标牌立柱、横梁及连接处钢构件应进行防腐保养，法兰连接应定期除锈喷漆，螺栓应定期涂油防护。

4.3.7.3 反光警示标志、标牌涂装宜选用具有防腐防污功能的防护涂料，透光率应大于 99%且涂装后反光警示标志、标牌反光指标不应低于原设计标准或符合 GB/T 18833 相关规定。

4.3.8 其他设施

4.3.8.1 桥梁的防护网、隔离带、遮光板、照明设施、防雷装置等设施应整洁、美观，并连接牢固。

4.3.8.2 防护网、隔离带、遮光板等钢构件出现病害应及时除锈、打磨，采用防锈漆喷涂、热喷涂等方法进行表面防护。

4.3.8.3 照明及防雷设施的接地扁钢出现锈蚀应及时处理，宜采取刷漆或金属热喷涂处理。

4.4 特殊结构

4.4.1 支座

4.4.1.1 桥梁支座各部分应完整、清洁、有效。

4.4.1.2 支座外露金属构件不得锈蚀，应定期清洁、除锈、刷防锈漆，支座金属构件除锈刷漆时应对橡胶构件采取保护措施。铰轴、辊轴、不锈钢滑动面处不得涂刷油漆，宜涂专用润滑油防护。局部出现锈蚀除锈刷漆颜色宜和原色保持一致，整体除锈刷漆颜色宜和梁体保持一致。

4.4.1.3 支座周边有积水时应及时排水，必要时做散水坡，以免积水。

4.4.2 声屏障

4.4.2.1 桥梁声屏障应保持完好、整洁，立柱与基础应连接牢固。

4.4.2.2 声屏障钢立柱出现锈蚀时应及时除锈刷漆，对松动的地脚螺母进行复拧并涂油保护。

4.4.2.3 声屏障表面有污渍或粘贴物时宜湿润后用刷子擦除或铲刀小心去除，不得使用利器反复刮铲屏体表面。

5 老化评定

5.1 表面涂层宜定期或达到使用寿命时进行涂层老化评定。定期老化评定，Ⅰ等养护的城市桥梁和Ⅰ等养护的城市隧道宜为3~5年一次；Ⅱ等~Ⅲ等养护的城市桥梁和Ⅱ等养护的城市隧道宜为6~10年一次。老化评定项目根据现场实际情况确定。

5.2 城市桥梁和隧道的养护类别、养护等级应符合CJJ 99、DB4201/T 581.1和DB4201/T 581.2相关要求。

5.3 涂层评定方法依据GB/T 1766相关规定进行。

5.4 起泡等级的评定。涂层起泡等级用涂层表面起泡的密度和起泡的大小表示，表示方法为起泡密度等级和起泡大小等级（加括号）。起泡密度等级和起泡大小等级及描述见表1。

表1 起泡密度等级和大小等级

起泡密度		起泡大小	
密度等级	密度描述	大小等级	大小（直径）描述
0	无泡	S0	10倍放大镜下无可见的泡
1	很少，几个泡	S1	10倍放大镜下才可见的泡
2	有少量泡	S2	正常视力下刚可见的泡
3	有中等数量泡	S3	<0.5mm的泡
4	有较多数量泡	S4	0.5mm~5mm的泡
5	密集型的泡	S5	>5mm的泡

5.5 锈蚀等级的评定。钢结构表面涂层锈蚀等级用涂层表面锈点数量和锈点大小表示，表示方法为锈点数量的等级和锈点大小的等级（加括号）。锈点数量等级和锈点大小等级及描述见表2。

表2 锈点数量等级和大小等级

锈点数量		锈点大小	
数量等级	数量（个）描述	大小等级	大小（最大尺寸）描述
0	无锈点	S0	10倍放大镜下无可见的锈点
1	很少，几个锈点（≤5）	S1	10倍放大镜下才可见的锈点
2	有少量锈点（6~10）	S2	正常视力下刚可见的锈点
3	有中等数量锈点（11~15）	S3	<0.5mm的锈点
4	有较多数量锈点（16~20）	S4	0.5mm~5mm的锈点
5	密集型锈点（>20）	S5	>5mm的锈点

5.6 开裂等级的评定。涂层开裂等级用涂层表面开裂数量和开裂大小表示，表示方法为开裂数量等级和开裂大小等级（加括号）。开裂数量等级和开裂大小等级及描述见表3。

表3 开裂数量等级和大小等级

开裂数量		开裂大小	
数量等级	数量描述	大小等级	大小描述
0	无可见的开裂	S0	10倍放大镜下无可见开裂
1	很少几条，几乎可以忽略的开裂	S1	10倍放大镜下才可见开裂
2	少量，可以察觉的开裂	S2	正常视力下目视刚可见开裂
3	中等数量的开裂	S3	正常视力下目视清晰可见开裂
4	较多数量的开裂	S4	基本达到1mm宽的开裂
5	密集型的开裂	S5	超过1mm宽的开裂

5.7 剥落等级的评定。涂层剥落等级用涂层剥落的相对面积和剥落暴露面积的大小来表示，表示方法为剥落面积的等级和剥落大小的等级（加括号）。剥落面积等级和剥落大小等级及描述见表 4。

表4 剥落面积等级和大小等级

剥落面积		剥落大小（最大尺寸）	
面积等级	面积（%）描述	大小等级	大小描述
0	0	S0	10倍放大镜下无可见剥落
1	≤0.1	S1	≤1mm
2	≤0.3	S2	≤3mm
3	≤1	S3	≤10mm
4	≤3	S4	≤30mm
5	>15	S5	>30mm

5.8 粉化等级的评定。涂层粉化等级用粉化程度来表示，粉化等级评定可采用天鹅绒布法或胶带纸法。天鹅绒布法粉化程度等级及描述见表 5，胶带纸法粉化程度等级按 ISO 4628-7 进行评定。

表5 粉化程度等级

程度等级	程度描述
0	无粉化
1	很轻微，试布上刚可观察到微量颜料粒子
2	轻微，试布上沾有少量颜料粒子
3	明显，试布上沾有较多颜料粒子
4	较重，试布上沾有很多颜料粒子
5	严重，试布上沾满大量颜料粒子，或样板出现露底

5.9 涂层老化性能等级评定。按老化试验过程中出现的单项破坏等级评定涂层老化等级，分“0”、“1”、“2”、“3”、“4”、“5”六个等级，分别代表涂层耐老化性能的“优”、“良”、“中”、“可”、“差”、“劣”。涂层老化性能等级评定见表 6。

表6 涂层老化性能等级评定

老化等级	单项等级				
	粉化	开裂	起泡	锈蚀	剥落
0	0	0	0	0	0
1	1	1 (S1)	1 (S1)	1 (S1)	0

表6 涂层老化性能等级评定（续）

老化等级	单项等级				
	粉化	开裂	起泡	锈蚀	剥落
2	2	3 (S1) 或2 (S2)	5 (S1) 或2 (S2) 或1 (S3)	1 (S2)	1 (S1)
3	3	3 (S2) 或2 (S3)	3 (S2) 或2 (S3)	2 (S2) 或1 (S3)	2 (S2)
4	4	3 (S3) 或2 (S4)	4 (S3) 或3 (S4)	3 (S2) 或2 (S3)	3 (S3)
5	5	3 (S4)	5 (S3) 或4 (S4)	3 (S3) 或2 (S4)	4 (S4)

5.10 装饰性涂层老化性能等级评定宜按 GB/T 1766 相关规定执行，老化评定频次宜根据具体情况确定。

6 施工

6.1 腐蚀环境等级

大气环境下的中、高腐蚀等级分为C3～C5三类，见表7。

表7 大气环境下的腐蚀等级

腐蚀等级	单位面积上质量和厚度损失				温性气候下典型环境案例	
	低碳钢		锌		外部	内部
	质量损失 (g/m ²)	厚度损失 (μm)	质量损失 (g/m ²)	厚度损失 (μm)		
C3 (中)	200~400	25~50	5~15	0.7~2.1	城市和工业大气,中等二氧化硫污染	具有高湿度和一些空气污染的生产车间
C4 (高)	400~650	50~80	15~30	2.1~4.2	中等盐度的工业区	化工厂、游泳池、沿海船舶和造船厂
C5 (很高)	650~1500	80~200	30~60	4.2~8.4	高湿度和恶劣气氛的工业区	总是有冷凝和高污染的建筑物和地区
注1: 参考ISO 12944, 根据暴露一年的低碳钢或锌标准标本的质量、厚度损失数据定义腐蚀性类别。 注2: 若钢样本获得的质量或厚度损失数据判定的腐蚀性类别和锌样本获得的质量或厚度损失数据判定的腐蚀性环境不一致时, 采用高腐蚀性级别。 注3: 若在实际应用环境中不能暴露标准样本, 腐蚀性级别可以简单通过环境案例来评估。						

6.2 混凝土结构表面涂层防护

6.2.1 涂层体系及性能要求

6.2.1.1 混凝土结构表面涂装体系一般由底漆、中间漆和面漆组成。C3～C5 腐蚀环境下，符合 4.1.4 的城市桥梁和隧道结构表面涂层配套体系宜按照表 8 执行；其他城市桥梁和隧道结构表面涂层配套体系，根据防护要求宜按照表 9、表 10 执行。干湿交替区结构表面涂层体系应按照所处腐蚀环境对应的涂层体系，并适当增加涂层厚度。

表8 混凝土结构表面涂层体系 1（长效型）

腐蚀环境	涂层	涂料品种	道数/最低干膜厚度
C3	底漆	环氧封闭底漆	1/30 μm
	中间漆	厚浆环氧漆	1/100 μm
	面漆	疏水防护涂料	2/60 μm
	干膜总厚度		190 μm
C4	底漆	环氧封闭底漆	1/30 μm
	中间漆	厚浆环氧漆	(1~2)/120 μm
	面漆	疏水防护涂料	2/60 μm
	干膜总厚度		210 μm
C5	底漆	环氧封闭底漆	1/30 μm
	中间漆	厚浆环氧漆	2/160 μm
	面漆	疏水防护涂料	2/60 μm
	干膜总厚度		250 μm

表9 混凝土结构表面涂层体系 2（长效型）

腐蚀环境	涂层	涂料品种	道数/最低干膜厚度
C3	底漆	环氧封闭底漆	1/30 μm
	中间漆	厚浆环氧漆	1/100 μm
	面漆	丙烯酸聚氨酯漆	2/70 μm
	干膜总厚度		200 μm
C4	底漆	环氧封闭底漆	1/30 μm
	中间漆	厚浆环氧漆	(1~2)/120 μm
	面漆	丙烯酸聚氨酯漆	2/80 μm
	干膜总厚度		230 μm
	底漆	环氧封闭底漆	1/30 μm
	中间漆	厚浆环氧漆	(1~2)/120 μm
	面漆	氟碳漆	2/60 μm
	干膜总厚度		210 μm
C5	底漆	环氧封闭底漆	1/30 μm
	中间漆	厚浆环氧漆	2/200 μm
	面漆	丙烯酸聚氨酯漆	2/80 μm
	干膜总厚度		310 μm
	底漆	环氧封闭底漆	1/30 μm
	中间漆	厚浆环氧漆	2/200 μm
	面漆	氟碳漆	2/60 μm
	干膜总厚度		290 μm

表10 混凝土结构表面涂层体系 3（普通型）

腐蚀环境	涂层	涂料品种	道数/最低干膜厚度
C3	底漆	环氧封闭底漆	1/30 μm
	中间漆	厚浆环氧漆	1/50 μm
	面漆	丙烯酸聚氨酯漆	2/70 μm
	干膜总厚度		150 μm
C4	底漆	环氧封闭底漆	1/30 μm
	中间漆	厚浆环氧漆	1/80 μm
	面漆	丙烯酸聚氨酯漆	2/70 μm
	干膜总厚度		180 μm
C5	底漆	环氧封闭底漆	1/30 μm
	中间漆	厚浆环氧漆	1/100 μm
	面漆	丙烯酸聚氨酯漆	2/70 μm
	干膜总厚度		200 μm

6.2.1.2 涂层技术要求和试验方法内容参见附录 A 表 A.1、表 A.4、表 A.6、表 A.7、表 A.8。

6.2.1.3 混凝土结构表面涂层体系性能指标见表 11。

表11 混凝土结构表面涂层体系性能指标

腐蚀环境	设计防腐年限	耐水性(h)	耐盐水性(h)	耐碱性(h)	耐化学品性能(h)	抗氯离子渗透性[mg/(cm ² ·d)]	附着力(MPa)	人工加速老化(h)
C3	普通型	8	—	72	—	—	≥1.5	400
	长效型	12	—	240	—	—	≥1.5	800
C4	普通型	12	—	240	—	—	≥1.5	400
	长效型	24	—	720	—	—	≥1.5	800
C5	普通型	240	240	720	168	≤1.0×10 ⁻³	≥1.5	500
	长效型	240	240	720	168	≤1.0×10 ⁻³	≥1.5	1000

试验方法：

1、耐水性按GB/T 1733的规定检测。涂层试验后应不起泡、不剥落、不粉化，允许2级变色和2级失光。

2、耐盐水性按GB/T 9274的规定检测。涂层试验后应不起泡、不剥落、不粉化，允许2级变色和2级失光。

3、耐碱性按附录B中的规定检测。涂层试验后应不起泡、不开裂、不剥落。

4、耐化学品性能按GB/T 9274的规定检测，使用溶液为5%NaOH和5%H₂SO₄水溶液。涂层试验后应不起泡、不剥落、不粉化，允许2级变色和2级失光。

5、抗氯离子渗透性按附录B中的规定检测。

6、附着力按附录B中的规定检测。

7、耐候性按GB/T 1865的规定检测。涂层试验后应不起泡、不剥落、不粉化，允许2级变色和2级失光。

6.2.2 维修涂装和重新涂装

6.2.2.1 混凝土结构表面涂层符合下列情况时，宜进行维修涂装：

- a) 因景观要求或涂层达到设计防腐年限时，全面检查涂层表观状态；
- b) 涂装前应对旧涂层表面进行处理，并试验涂层体系的相容性（划格试验不大于 1 级），否则按 6.2.2.2 要求进行重新涂装；

- c) 当涂层表面处于(0~1)级开裂(评定为“优”或“良”)、(0~1)级起泡(评定为“优”或“良”)、无严重粉化,且附着力仍不小于1MPa,可以在其表面涂装两道原面层涂料或能够配套的面层涂料,也可参照表12要求在其表面涂装封闭底漆、面漆。

表12 混凝土结构表面维修涂装涂层体系

所处区域	涂层	涂料品种	道数/最低干膜厚度
符合4.1.4的设施	底漆	环氧封闭底漆	1/30 μm
	面漆	疏水防护涂料	2/70 μm
其他设施	底漆	环氧封闭底漆	1/30 μm
	面漆	氟碳漆/丙烯酸聚氨酯漆	2/70 μm
干膜总厚度			100 μm

6.2.2.2 混凝土结构表面涂层符合下列任一情况时,宜进行重新涂装:

- 表面保护涂装起泡、裂纹或剥落面积达到10%以上;
- 涂层处于(2~5)级开裂(评定为“中”或以下)、(2~5)级起泡(评定为“中”或以下)、(2~5)级剥落(评定为“中”或以下),严重粉化或附着力低于1MPa;
- 涂层达到设计防腐年限,检查发现涂层有裂纹、起泡、严重粉化或附着力低于1MPa;
- 当开裂和剥落数量不便统计,但开裂大小>1mm或剥落大小>3mm。

6.2.2.3 混凝土结构表面涂层重新涂装前应使用适当方式彻底清理旧涂层,并经过表面清洁处理后,参照表8、表9和表10要求涂装涂料。

6.2.3 施工工艺

6.2.3.1 施工工艺包括以下工艺流程:

- a) 基材表面处理:
 - 1) 混凝土基材表面处理;
 - 2) 涂层基材表面处理;
- b) 涂刷底漆;
- c) 涂刷中间漆;
- d) 涂刷面漆;
- e) 涂层养护。

6.2.3.2 混凝土基材表面处理主要包括彻底打磨浮浆和疏松层、切除外露钢筋头、预埋件,修正错台、接缝,去除浮尘、残浆,填补蜂窝、孔洞等。混凝土无涂层基材表面处理应符合下列流程:

- a) 将混凝土表层的浮灰、水泥渣、脱模剂、原有涂装等污染物打磨干净,局部受油污污染的表面用碱液、洗涤剂或溶剂处理,并用淡水冲洗至中性(pH7~9),以保证涂层附着力;
- b) 人工剔除混凝土缝中的杂物,混凝土表面的金属焊渣、绑扎铁丝头、铁钉头等;
- c) 将模板臃痕和错台打磨平整后,较高部位形成自然坡口,以形成平滑过渡区,避免打磨出钢筋;
- d) 将钢筋头周围的混凝土凿成喇叭口或三角形,深度2cm,露出的钢筋头用电动切割机切除、预埋件用电动切割机或氧炔焰切除,使其低于混凝土表面2cm,四周朝预埋件方向切0.5cm宽,距预埋件0.5cm深度的槽;
- e) 将切除余下的钢筋头、预埋件打磨除锈达到GB/T 8923规定的St3级,涂一道环氧富锌底漆,将预埋件周围的混凝土表面清理干净,用环氧封闭漆处理,再用环氧腻子或聚合物水泥砂浆找平,找平层附着力要求不小于1.5MPa;

- f) 用腻子修补蜂窝、麻面等缺陷至平整，附着力要求不小于 1.5MPa，腻子干燥后应使用 200 目或更细的砂纸打磨，以彻底消除凹凸不平的现象，达到完全平整，表面平整度应控制在 2mm 以内；
- g) 涂装前控制混凝土表面含水率在 6% 以下，将修补完整的缺陷打磨平整，除去浮尘。

6.2.3.3 混凝土有涂层基材表面处理应符合下列流程：

- a) 处理维修涂装旧涂层：
 - 1) 对表面涂层基本完好部位，宜采用手工或动力工具对涂层表面进行打磨、拉毛处理，去除表面粗粒并除油、除污；
 - 2) 基材有粉化时需打磨掉粉化面层，局部不平处用原子灰修补，干燥后打磨平整；表面油污应采用碱液、洗涤剂或溶剂处理，并用淡水冲洗至中性（pH7~9）；
 - 3) 表面灰尘用清洁干净的压缩空气吹净，或者用洁净的淡水冲洗，有条件时宜用吸尘器吸尘；
- b) 处理重新涂装旧涂层，对旧涂层应采用电动工具打磨、涂刷脱漆剂、高压水枪冲刷或喷砂等方式彻底清除，直至露出混凝土基材表面后，参照 6.2.3.2 进行基材表面处理。

6.2.3.4 应在室外温度为 5℃~38℃，湿度 85% 以下，底材温度高于露点温度 3℃ 以上时进行涂层施工，按封闭底漆、中间漆、面漆的工序进行，各种涂料的使用应按以下规定的方法操作：

- a) 涂装封闭底漆：
 - 1) 在涂装封闭底漆之前挂上试片做最后干膜总厚度的测量；
 - 2) 在涂装封闭底漆时，调整好稀释比例后进行涂装，使封闭底漆完全浸透混凝土表面；
 - 3) 涂覆均匀，不出现露底现象；
 - 4) 若涂料组分在混合后发热，及时采用水浴降温；
 - 5) 封闭底漆干燥 24 小时后可进行中间漆涂装；
- b) 涂装中间漆：
 - 1) 中间漆涂装均匀，施工中随时用湿膜卡进行检测，涂膜厚度满足设计要求，漆膜不出现漏涂、裂纹、气泡、流挂、针孔等缺陷；
 - 2) 中间漆干燥 24 小时后可进行面漆涂装；
- c) 涂装面漆：
 - 1) 面漆涂装前，底涂层的流挂打磨平整；
 - 2) 漆膜光滑平整，颜色均匀一致，不出现漏涂、裂纹、气泡、流挂、针孔等缺陷，厚度满足设计要求。

6.2.3.5 涂层施工时应注意下列事项：

- 施工时建议采用刷涂或辊涂，如需喷涂作业应尽量避免飞喷、干喷或过多的涂料浪费；
- 中间漆宜与面漆颜色相近或一致，且有利于面漆很好的遮盖；
- 在雨、雾、雪、大风和较大灰尘的条件下不进行户外施工。

6.2.3.6 在涂层没有完全固化时（一般为 7 天），宜设置临时的防护装置，以防止踩踏、大雨、大风以及行驶车辆溅起砂砾、石子等不利因素对涂层的破坏。

6.2.4 质量检验

混凝土结构表面涂装施工质量检测项目见表 13。

表13 混凝土结构表面涂装施工质量检测项目

检测项目	检测手段	检验要求	检测数量	采用标准
膜厚	漆膜测厚仪	膜厚应符合“80-20”规则	根据涂装工程量,每 2000m ² ~5000m ² 为一个检验批次,每一批次检测单元为 10m ² ,每个检测单元随机检测 9 个测点,以 9 个测点的涂层干膜厚度算数平均值代表涂层的平均干膜厚度	GB/T 13452.2
膜厚	随炉件法	膜厚应符合“80-20”规则	在同批检验区域内,将 0.5mm×50mm×100mm 白铁皮三块粘贴于结构表面,随检验批一起施工,涂装完 7d 后用磁性测厚仪测定白铁皮上的干膜厚度	GB/T 13452.2
附着力	拉开法	要求≥1.5MPa	根据涂装工程量,每 2000m ² ~5000m ² 为一个检验批次,每一批次检测单元为 10m ² ,每个检测单元随机检测 3 处	GB/T 5210
外观	目测	均匀、平整、丰满、有光泽,不允许有咬底、裂纹、剥落、针孔等缺陷	全面	GB 50212

6.3 钢结构表面涂层防护

6.3.1 涂层体系及性能要求

6.3.1.1 钢结构表面涂装体系一般由底涂层、中间层和面层组成。C3~C5 腐蚀环境下,符合 4.1.4 的城市桥梁结构表面涂层配套体系宜按照表 14 执行;其他城市桥梁结构表面涂层配套体系,根据防护要求宜按照表 15、表 16 执行。城市桥梁钢结构封闭环境内表面涂层配套体系宜按照表 17 执行;非封闭环境内表面涂层体系可采用与外表面相同的涂层体系。干湿交替区结构表面涂层体系应按照所处腐蚀环境对应的涂层体系,并适当增加涂层厚度。

表14 钢结构表面涂层体系 1 (长效型)

腐蚀环境	涂层	涂料品种	道数/最低干膜厚度
C3	底漆	环氧富锌底漆	1/60 μm
	中间漆	环氧云铁漆	(1~2)/100 μm
	面漆	疏水防护涂料	2/70 μm
	干膜总厚度		230 μm
C4	底漆	环氧富锌底漆	1/60 μm
	中间漆	环氧云铁漆	(1~2)/150 μm
	面漆	疏水防护涂料	2/70 μm
	干膜总厚度		280 μm
C5	底漆	环氧富锌底漆	1/80 μm
	中间漆	环氧云铁漆	(1~2)/150 μm
	面漆	疏水防护涂料	2/80 μm
	干膜总厚度		310 μm

表15 钢结构表面涂层体系 2（长效型）

腐蚀环境	涂层	涂料品种	道数/最低干膜厚度
C3	底漆	环氧富锌底漆	1/60 μm
	中间漆	环氧云铁漆	1/100 μm
	面漆	丙烯酸聚氨酯漆	2/80 μm
	干膜总厚度		240 μm
C4	底漆	环氧富锌底漆	1/60 μm
	中间漆	环氧云铁漆	(1~2)/140 μm
	面漆	丙烯酸聚氨酯漆	2/80 μm
	干膜总厚度		280 μm
C5	底漆	环氧富锌底漆	1/80 μm
	中间漆	环氧云铁漆	2/150 μm
	面漆	氟碳漆	2/80 μm
	干膜总厚度		310 μm

表16 钢结构表面涂层体系 3（普通型）

腐蚀环境	涂层	涂料品种	道数/最低干膜厚度
C3	底漆	环氧富锌底漆	1/60 μm
	中间漆	环氧云铁漆	1/80 μm
	面漆	丙烯酸聚氨酯漆	2/70 μm
	干膜总厚度		210 μm
C4	底漆	环氧富锌底漆	1/60 μm
	中间漆	环氧云铁漆	(1~2)/120 μm
	面漆	丙烯酸聚氨酯漆	2/80 μm
	干膜总厚度		260 μm
C5	底漆	环氧富锌底漆	1/60 μm
	中间漆	环氧云铁漆	2/150 μm
	面漆	丙烯酸聚氨酯漆/氟碳漆	2/80 μm
	干膜总厚度		290 μm

表17 钢结构内表面涂层体系

工况条件	涂层	涂料品种	道数/最低干膜厚度
配备除湿机	底漆面漆合一	环氧厚浆漆	(1~2)/150 μm
	干膜总厚度		150 μm
未配备除湿机	底漆	环氧富锌底漆	1/50 μm
	面漆	环氧厚浆漆	200~300 μm
	干膜总厚度		250~350 μm

6.3.1.2 涂层技术要求和试验方法内容参见附录 A 表 A.2、表 A.3、表 A.5、表 A.6、表 A.7、表 A.8。

6.3.1.3 钢结构表面涂层体系性能指标见表 18。

表18 钢结构表面涂层体系性能指标

腐蚀环境	防腐年限	耐水性 (h)	耐化学品性能 (h)	附着力(MPa)	耐盐雾性能(h)	人工加速老化(h)
C3	普通型	72	—	≥5	500	500
	长效型	144	—		1000	800
C4	普通型	144	—		500	600
	长效型	240	—		1000	1000
C5	普通型	240	168		2000	1000
	长效型	240	240		3000	3000

试验方法：

1、耐水性按GB/T 1733的规定检测。涂层试验后应不起泡、不剥落、不粉化，允许2级变色和2级失光。

2、耐化学品性能按GB/T 9274的规定检测，使用溶液为5%NaOH和5%H₂SO₄水溶液。涂层试验后应不起泡、不剥落、不粉化，允许2级变色和2级失光。

3、附着力按GB/T 5210中的规定检测。

4、耐盐雾性按GB/T 1771中的规定检测。耐盐雾性涂层试验后不起泡、不剥落、不生锈、不开裂。

5、耐候性按GB/T 1865的规定检测。涂层试验后应不起泡、不剥落、不粉化，允许2级变色和2级失光。

6.3.2 维修涂装和重新涂装

6.3.2.1 钢结构表面涂层符合下列任一情况时，宜进行维修涂装：

- 当开裂和剥落数量不便统计，但开裂大小≤1mm 或剥落大小≤3mm，且底涂层完好时，参照表 14、表 15 和表 16 要求选择相应的中间漆、面漆；
- 涂层处于（2~3）级开裂（评定为“中”或“可”），或（2~3）级剥落（评定为“中”或“可”），或（2~3）级起泡（评定为“中”或“可”），但底涂层完好时，参照表 14、表 15 和表 16 要求选择相应的中间漆、面漆；
- 面漆出现 3 级以下粉化（评定为“中”或以上），且粉化减薄的厚度大于初始厚度的 50%，或由于景观要求时，彻底清洁面涂层后，参照表 19 要求涂装与原涂层相容的底漆、面漆。

表19 钢结构表面维修涂装涂层体系

所处区域	涂层	涂料品种	道数/最低干膜厚度
符合4.1.4的设施	底漆	环氧通用底漆	1/80 μm
	面漆	疏水防护涂料	2/70 μm
其他设施	底漆	环氧通用底漆	1/80 μm
	面漆	氟碳漆/丙烯酸聚氨酯漆	2/70 μm
干膜总厚度			150 μm

- 6.3.2.2 涂装前应对旧涂层表面进行处理，并试验涂层体系的相容性（划格试验不大于 1 级）。否则，按 6.3.2.2 要求进行重新涂装。
- 6.3.2.3 钢结构表面涂层符合下列任一情况时，宜进行重新涂装：
- 表面保护涂装起泡、裂纹或剥落面积达到 10%以上；
 - 当涂层处于 3 级以上开裂（评定为“差”或“劣”），或 3 级以上剥落（评定为“差”或“劣”），或 3 级以上起泡（评定为“差”或“劣”）；
 - 当开裂和剥落数量不便统计，但开裂大小>1mm 或剥落大小>3mm。
- 6.3.2.4 涂装前应对基材表面彻底处理后，参照表 14、表 15 和表 16 要求涂装底漆、中间漆、面漆。

6.3.2.5 当涂层发生(2~3)级及以上锈蚀(评定为“中”或以下)或小范围内(约 1m^2)出现5个及以上肉眼可见锈点时,应对表面彻底除锈、清洁后,参照表14、表15和表16要求涂装底漆、中间漆、面漆。

6.3.3 施工工艺

6.3.3.1 施工工艺包括以下工艺流程:

- a) 表面涂层处理;
- b) 涂刷底漆;
- c) 涂刷中间漆;
- d) 涂刷面漆;
- e) 涂层养护。

6.3.3.2 钢结构表面涂层处理应符合下列规定:

- 涂层部分有变色和失光、剥落和锈蚀时,宜用动力工具对涂层表面打磨、拉毛,除去表面粗粒、涂层粉化、老化等缺陷;
- 对局部有锈蚀的部位使用手工和动力工具打磨至GB/T 8923规定的St2~St3级,该打磨部位超出锈蚀部位5cm左右,且该5cm的范围与原有涂层间的连接处呈斜坡状,逐步从钢铁部位过度到完好的面漆,对锈蚀凹坑或穿孔处用原子灰进行修补并打磨平整;
- 涂层破损、锈蚀部位严重时,对整个结构表面旧涂层进行手工和动力工具打磨至GB/T 8923规定的St3级,将破损及锈蚀漆膜等缺陷打磨至露出新鲜表面;
- 钢结构表面涂层基本完好部位,可用细砂纸将漆膜表面打磨粗糙,直至露出新鲜的表面;
- 表面油污采用碱液、洗涤剂或溶剂处理,并用淡水冲洗至中性(pH7~9);
- 表面的灰尘用清洁干净的压缩空气吹净,或者用洁净的淡水冲洗,有条件时宜用真空吸尘器吸尘。

6.3.3.3 应在室外温度为 $5^{\circ}\text{C}\sim 38^{\circ}\text{C}$,湿度85%以下,底材温度高于露点温度 3°C 以上进行涂层施工;按底漆、中间漆、面漆的工序进行,各种涂料的使用应按下列规定的方法操作:

- a) 涂装底漆:
 - 1) 涂覆均匀,涂层均匀、色泽一致,不出现流挂、漏涂、气泡等现象;
 - 2) 底漆干燥24小时后可进行中间漆涂装;
- b) 涂装中间漆:
 - 1) 中间漆涂装均匀,涂膜厚度满足设计要求,漆膜不出现漏涂、裂纹、气泡、流挂、针孔等缺陷;
 - 2) 中间漆干燥24小时后可进行面漆涂装;
- c) 涂装面漆:
 - 1) 面漆涂装前,底涂层的流挂打磨平整;
 - 2) 漆膜光滑平整,颜色均匀一致,不出现漏涂、裂纹、气泡、流挂、针孔等缺陷,厚度满足设计要求。

6.3.3.4 涂装施工时应注意以下事项:

- 采用刷涂或辊涂,如需喷涂作业应尽量避免飞喷、干喷或过多的涂料浪费;
- 中间漆与面漆颜色相近或一致,且有利于面漆很好的遮盖;
- 锐边和复杂结构采用多次刷涂;
- 在雨、雾、雪、大风和较大灰尘的条件下不进行户外施工。

6.3.3.5 在涂层没有完全固化时(一般为7天),需设置临时的防护装置,以防止踩踏、大雨、大风以及行驶车辆溅起砂砾、石子等不利因素对涂层的破坏。

6.3.4 质量检验

钢结构表面涂装施工质量检测项目见表 20。

表20 钢结构表面涂装施工质量检测项目

检测项目	检测手段	检验要求	检测数量	采用标准
膜厚	漆膜测厚仪	主体外表面应符合“90-10”规则，其他部位膜厚应符合“85-15”规则	按构件数抽查 10%，且同类构件不少于 3 件；每个构件检测 5 处，每处的数据为 3 个相距 50mm 测定的干漆膜厚度的平均值，漆膜厚度允许偏差为 $-25\mu\text{m}$	GB 50205
附着力	拉开法	要求 $\geq 5\text{MPa}$	按构件数抽查 1%，且同类构件不少于 3 件；每个构件检测 3 处	GB/T 5210
外观	目测	均匀、平整、丰满、有光泽，不允许有咬底、裂纹、剥落、针孔等缺陷	全面	GB 50205

6.4 金属热喷涂防护

6.4.1 涂层体系

6.4.1.1 金属热喷涂防护主要有火焰喷涂和电弧喷涂。涂层材料常采用锌、铝等金属。

6.4.1.2 在 C3~C5 腐蚀环境下，钢结构表面涂层配套体系宜按表 21 执行。

表21 金属热喷涂涂层体系

腐蚀环境	涂层体系
C3	喷铝 $100\mu\text{m}$ +封闭层
	喷锌 $100\mu\text{m}$ +封闭层
	喷锌铝合金 $100\mu\text{m}$ +封闭层
C4	喷铝 $120\mu\text{m}$ +封闭层
	喷锌 $120\mu\text{m}$ +封闭层
	喷锌铝合金 $120\mu\text{m}$ +封闭层
C5	喷铝 $150\mu\text{m}$ +封闭层
	喷锌 $150\mu\text{m}$ +封闭层
	喷锌铝合金 $150\mu\text{m}$ +封闭层

6.4.2 施工工艺

6.4.2.1 施工工艺包括以下工艺流程：

- a) 钢构件预处理；
- b) 钢构件预热；
- c) 金属热喷涂；
- d) 金属涂层封闭。

6.4.2.2 钢构件预处理应符合下列规定：

- 钢结构构件表面不出现导致影响喷砂或喷涂效果的遮蔽盲区；
- 钢结构构件待喷表面能与喷枪呈 90° 夹角，不能小于 45° ；

- 任何待喷表面都与喷枪、喷嘴之间留有至少 200mm 的可操作空间；
 - 喷射清理所用的压缩空气经过冷却装置和油水分离器处理，油水分离器定期清理；
 - 喷射式喷砂机的工作压力宜为 0.50~0.70MPa，喷砂机喷口处的压力宜为 0.35~0.50MPa；
 - 喷嘴与被喷射钢结构表面的距离宜为 100~300mm，喷射方向与被喷射钢结构表面法线之间的夹角宜为 15°~30°，喷嘴孔口磨损直径增大 25%时宜更换喷嘴；
 - 喷射清理所用的磨料保持清洁、干燥，磨料的种类和粒度根据钢结构表面的原始锈蚀程度、设计或涂装规格书所要求的喷射工艺、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 0.5~1.5mm、有棱角的天然矿物磨料，壁厚小于 4mm 的钢构件选用粒度较小的磨料，磨料保持清洁、干燥，不能有油污和可溶性盐分；
 - 喷砂除锈后，构件表面用吸尘器或干燥、无油的压缩空气清除浮尘和碎屑，清理后的表面不用手触摸。
- 6.4.2.3 钢构件预热时，金属热喷涂的工作环境应满足空气相对湿度低于 85%，钢结构表面温度不低于露点以上 3℃。若工作环境不满足上述条件时，应对钢结构构件进行预热，预热温度在 100~150℃之间，以除去基体表面吸附的潮气为宜。
- 6.4.2.4 金属热喷涂作业应符合下列规定：
- 表面预处理与热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、有雾的气候条件下不超过 2h；
 - 金属热喷涂所用的压缩空气保持干燥、洁净；
 - 喷枪与被喷射钢结构表面宜成直角，最大倾斜角度不大于 45°；
 - 喷枪与被喷射钢结构表面的距离宜为 120~150mm；
 - 喷粉量通过实验确定，一次喷涂厚度宜为 25~80 μm；
 - 喷枪的移动速度均匀，各喷涂层之间的喷枪走向相互垂直、交叉覆盖；
 - 同一层内各喷涂带之间有 1/3 的重叠宽度。
- 6.4.2.5 金属涂层封闭时，金属热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，并宜采用刷涂方式施工。涂装后应对涂膜进行维护，在固化前应避免雨淋、曝晒及践踏，减少对涂层的损伤。如有损坏，应按原设计要求和施工工艺进行修补。

6.4.3 质量检验

金属热喷涂施工质量检测项目见表 22。

表22 金属热喷涂施工质量检测项目

检测项目	检测手段	检验要求	检测数量	采用标准
膜厚	磁性测厚仪	膜厚应符合“80-20”规则	每 10m ² 取 3 个基准面，每个基准面采取三点法测量，三点的平均值即为该基准面厚度的测值	GB/T 11374 GB 50205
附着力	拉开法	≥5MPa	按构件数抽查 1%，且不少于 3 件，每件测 3 处	GB/T 9793 GB 50205
外观	目测	均匀一致，无气孔或底材裸露的斑点，无附着不牢的熔融颗粒，无翘皮、脱落、鼓泡、裂纹等缺陷	全面	GB/T 9793

7 验收

7.1 完工验收要求

7.1.1 完工验收内容包括基本要求、现场检验、取样送检和质量保证资料四个部分。

7.1.2 现场检验项目及取样送检项目全部符合所列要求为合格。

7.2 完工验收内容

7.2.1 基本要求

7.2.1.1 涂层功能和质量（颜色、外观、细度、干燥时间和附着力）符合设计要求。

7.2.1.2 涂层应连续、均匀、平整、光滑，无漏涂、流挂、起泡、裂纹、气孔、剥落等缺陷。

7.2.2 现场检验

7.2.2.1 涂料涂层厚度采用漆膜测厚仪测定，检测应满足表 13 和表 20 的要求；锌、铝涂层厚度采用磁性测厚仪测定，检测应满足表 22 的要求。

7.2.2.2 采用拉脱式涂层黏结强度测定仪测定涂层附着力。涂料涂层附着力检测应满足表 13 和表 20 的要求，锌、铝涂层附着力检测应满足表 22 的要求。

7.2.3 取样送检

7.2.3.1 现场取样应使用专用的样品取样罐，抽检的产品包装完整，标志清晰。确保现场取样罐清洁，没有灰尘、水渍等。

7.2.3.2 取样送检检测项目由监理、施工方及涂料供应商从附录 A 中所列项目中选定。

7.2.4 质量保证资料

7.2.4.1 验收时承包商应提供下列资料：

- 设计文件或设计变更文件；
- 材料出厂合格证、质量检验报告、进场验收记录；
- 涂料的现场检验报告和取样送检报告，现场检验报告和取样送检报告由具有国家认可资格的第三方检测机构出具；
- 结构表面处理和检验记录；
- 施工记录；
- 修补和返工记录；
- 其他设计涂层质量的相关记录。

7.2.4.2 施工资料和图表残缺，缺乏最基本的数据，或有伪造涂改者，不予检验和验收。

8 安全、卫生 and 环境保护

8.1 安全、卫生

8.1.1 涂装作业安全、卫生应符合 GB 6514、GB 7691、GB 7692 和 GB 50212 的有关规定。

8.1.2 涂装施工前应做好亮化设施、智慧桥梁设施等附属设施及其他设施的防护，避免污染。

8.1.3 施工现场应远离火源，不应堆放易燃、易爆和有毒物品。

8.1.4 涂料仓库及施工现场应有消防水源、灭火器和消防工器具，并定期检查。消防通道应畅通。

8.1.5 施工人员应正确穿戴工作服、口罩、防护镜等劳动保护用品，应保证劳保用品为具备相应资质厂家生产的合格产品。

8.1.6 所有电气设备应绝缘良好，临时电线应选用胶皮线，工作结束后应切断电源。

8.1.7 工作平台搭建应符合有关安全规定，高空作业人员应具备高空作业资格。

8.2 环境保护

8.2.1 涂料产品的有机挥发物含量（VOC）应符合 GB 30981 的有关规定。

8.2.2 废弃的涂料不应随意丢弃或掩埋，应收集并妥善处理，防止废料污染水质。

8.2.3 施工现场产生的垃圾等应该收集并妥善处理。



附 录 A
(资料性)
涂层技术要求和试验方法

A.1 环氧封闭底漆

环氧封闭底漆技术要求和试验方法见表 A.1。

表A.1 环氧封闭底漆技术要求和试验方法

项目		技术指标	试验方法
在容器中的状态		淡黄色或其他色透明均一液体	目测
干燥时间	表干 (h)	≤4	GB/T 1728
	实干 (h)	≤24	
附着力 (拉开法) (MPa)		≥1.5	GB/T 5210
弯曲试验 (mm)		2	GB/T 6742
耐冲击性 (cm)		≥50	GB/T 1732
耐碱性 (饱和氢氧化钙溶液)		360h 无异常	GB/T 9274
耐水性		360h 无异常	GB/T 9274
VOC含量		<700g/L	GB 30981

A.2 环氧富锌底漆

环氧富锌底漆技术要求和试验方法见表 A.2。

表A.2 环氧富锌底漆技术要求和试验方法

项目		技术指标		试验方法
		A类	B类 ^a	
在容器中的状态		搅拌均匀后无硬块，呈均匀状态		目测
不挥发物含量（%）		≥70		GB/T 1725
不挥发份中的金属锌含量（%）		≥70	≥60	HG/T 3668
干燥时间	表干（h）	≤2		GB/T 1728
	实干（h）	≤24		
附着力（拉开法）（MPa）		≥6		GB/T 5210
耐冲击性（cm）		≥50		GB/T 1732
VOC含量		<500g/L		GB 30981
^a 含有石墨烯新材料的环氧富锌底漆				

A.3 环氧通用底漆

环氧通用底漆技术要求和试验方法见表A.3。

表A.3 环氧通用底漆技术要求和试验方法

项目		技术指标	试验方法
在容器中的状态		搅拌均匀后无硬块，呈均匀状态	目测
不挥发物含量（%）		≥55	GB/T 1725
干燥时间	表干（h）	≤4	GB/T 1728
	实干（h）	≤24	
划格试验（级）		≤1	GB/T 9286
弯曲试验（mm）		2	GB/T 6742
耐冲击性（cm）		≥50	GB/T 1732
耐盐水性（3%NaCl 溶液）		168h 漆膜不起泡、不脱落、不起皱	GB/T 9274
耐中性盐雾实验		120h划线处单向锈蚀≤2.0mm，未划线处无起泡、无脱落、无生锈、无开裂、无剥落等现象	GB/T 1771
VOC含量		<500g/L	GB 30981

A.4 厚浆环氧漆

厚浆环氧漆技术要求和试验方法见表 A.4。

表A.4 厚浆环氧漆技术要求和试验方法

项目		技术指标	试验方法
在容器中的状态		搅拌后无硬块，呈均匀状态	目测
不挥发物含量（%）		≥75	GB/T 1725
干燥时间	表干（h）	≤4	GB/T 1728
	实干（h）	≤24	
附着力（拉开法）（MPa）		≥5	GB/T 5210
弯曲试验（mm）		2	GB/T 6742
耐冲击性（cm）		≥50	GB/T 1732
VOC含量		<500g/L	GB 30981

A.5 环氧云铁漆

环氧云铁漆技术要求和试验方法见表 A.5。

表A.5 环氧云铁漆技术要求和试验方法

项目		技术指标	试验方法
在容器中的状态		搅拌后无硬块，呈均匀状态	目测
不挥发物含量（%）		≥70	GB/T 1725
干燥时间	表干（h）	≤3	GB/T 1728
	实干（h）	≤24	
附着力（拉开法）（MPa）		≥5	GB/T 5210
弯曲试验（mm）		2	GB/T 6742
耐冲击性（cm）		≥50	GB/T 1732
VOC含量		<500g/L	GB 30981

A. 6 疏水防护涂料

疏水防护涂料技术要求和试验方法见表 A. 6。

表A. 6 疏水防护涂料技术要求和试验方法

项目	技术指标	试验方法
容器中状态	搅拌均匀后无硬块	目测
细度 (μm)	≤ 20	GB/T 1724
不挥发物含量 (%)	≥ 40	GB/T 1725
外观	表面色调均匀一致, 漆膜平整、无流挂、开裂	目测
表干时间 (h)	≤ 1	GB/T 1728
实干时间 (h)	≤ 24	GB/T 1728
静态水接触角 (°) ^a	≥ 100	GB/T 23764
静态水接触角 (° , 5000h人工气候老化后)	≥ 50	GB/T 23764
铅笔硬度 (划破) ^a	$\geq 2\text{H}$	GB/T 6739
耐划伤性 (g)	负荷300g通过	GB/T 23999
弯曲试验 (mm)	2	GB/T 6742
耐冲击性 (cm)	≥ 50	GB/T 1732
划格试验 (级) ^a	≤ 1	GB/T 9286
耐洗刷性 (500g, 次) ^a	≥ 10000	GB/T 9266
耐水性	192h漆膜不起泡、不脱落、不起皱	GB/T 1733
耐酸性 (5% H_2SO_4 溶液) ^a	192h漆膜不起泡、不脱落、不起皱	GB/T 9274
耐碱性 (5% NaOH 溶液) ^a	192h漆膜不起泡、不脱落、不起皱	GB/T 9274
耐汽油性 (92#汽油)	24h漆膜不起泡、不脱落、不起皱	GB/T 9274
耐油性 (SE15W~40机油)	96h漆膜不起泡、不脱落、不起皱	GB/T 9274
耐热性 (200 $\pm$ 2℃)	2h漆膜无起泡、无开裂、无脱落	GB/T 1735
耐磨性 (500g/1000r) (g)	≤ 0.04	GB/T 1768
防涂鸦性	墨汁1级; 油性记号笔1级	JG/T 304
抗反复粘贴性 ^a	50次外观无剥落、无明显失光、无胶残留物, 180° 剥离强度 $\leq 0.20\text{N/mm}$	JG/T 304
耐霉菌性 (级)	0	GB/T1741
耐温变	20次通过	JG/T 25
耐湿热试验	1000h未起泡、未脱落、未生锈、未开裂、未剥落	GB/T 1740
耐中性盐雾实验	1000h划线处单向锈蚀 $\leq 2.0\text{mm}$, 未划线处无起泡、 无生锈、无开裂、无剥落等现象	GB/T 1771
户外雨水污痕试验	365d 无起泡、无开裂、无剥落, 耐沾污性 $\leq 5\%$, 无明显雨水污痕	GB/T 31815
人工气候老化	5000h 变色 ≤ 2 级, 失光 ≤ 2 级; 粉化0级; 不起泡、不开裂、不脱落、不生锈	GB/T 1865
VOC含量	$< 550\text{g/L}$	GB 30981
^a 具有防腐防污功能面漆取样送检必检项目		

A.7 氟碳漆

氟碳漆技术要求和试验方法见表 A.7。

表A.7 氟碳漆技术要求和试验方法

项目		技术指标	试验方法
颜色和外观		符合商定标准样板或色卡及其色差范围，漆膜平整	目测
不挥发物含量（%）		≥55	GB/T 1725
干燥时间	表干（h）	≤2	GB/T 1728
	实干（h）	≤24	
细度（μm）		≤30	GB/T 1724
铅笔硬度（划破）		≥H	GB/T 6739
弯曲试验（mm）		2	GB/T 6742
附着力（拉开法）（MPa）		≥6	GB/T 5210
划格试验（级）		≤1	GB/T 9286
耐冲击（cm）		≥50	GB/T 1732
耐酸性（5%H ₂ SO ₄ 溶液）		168h漆膜不起泡、不脱落、不起皱	GB/T 9274
耐碱性（5%NaOH溶液）		168h漆膜不起泡、不脱落、不起皱	GB/T 9274
耐碱性[饱和Ca(OH) ₂ 溶液]		240h漆膜不起泡、不脱落、不起皱	GB/T 9274
耐水性		168h漆膜不起泡、不脱落、不起皱	GB/T 1733
耐磨性（1000g·500r）（g）		≤0.05	GB/T 1768
溶剂可溶物氟含量，%		≥20	HG/T 3792
耐温变		10次无异常	JG/T 25
耐湿热性		1000h不起泡、不生锈、不脱落	GB/T 1740
耐中性盐雾性		1000h不起泡、不生锈、不脱落	GB/T 1771
人工加速老化（h）		3000h不起泡、不生锈、不脱落、不开裂、不粉化， ΔE≤3.0，保光率 ^a ≥80%	GB/T 1865
VOC含量		<550g/L	GB 30981
^a 试板的原始光泽≤50单位值时，不进行保光率评定			

A.8 丙烯酸聚氨酯漆

丙烯酸聚氨酯漆技术要求和试验方法见表 A.8。

表A.8 丙烯酸聚氨酯漆技术要求和试验方法

项目		技术指标	试验方法
颜色和外观		符合商定标准样板或色卡及其色差范围，漆膜平整	目测
不挥发物含量（%）		≥55	GB/T 1725
干燥时间	表干（h）	≤2	GB/T 1728
	实干（h）	≤24	
细度（μm）		≤30	GB/T 1724
铅笔硬度（划破）		≥H	GB/T 6739
弯曲试验（mm）		2	GB/T 6742

表 A.8 丙烯酸聚氨酯漆技术要求和试验方法（续）

项目	技术指标	试验方法
划格试验（级）	≤ 1	GB/T 9286
附着力（拉开法）（MPa）	≥ 5	GB/T 5210
耐冲击（cm）	≥ 50	GB/T 1732
耐酸性（5% H_2SO_4 溶液）	168h漆膜不起泡、不脱落、不起皱	GB/T 9274
耐碱性（5% NaOH 溶液）	168h漆膜不起泡、不脱落、不起皱	GB/T 9274
耐碱性[饱和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液]	240h漆膜不起泡、不脱落、不起皱	GB/T 9274
耐水性	240h漆膜不起泡、不脱落、不起皱	GB/T 1733
耐磨性（500g·500r）（g）	≤ 0.05	GB/T 1768
耐中性盐雾性	1000h不起泡、不生锈、不脱落	GB/T 1771
人工加速老化（h）	1000h不起泡、不生锈、不脱落、不开裂， 粉化 ≤ 1 级，变色 ≤ 2 级，失光 ^a ≤ 2 级	GB/T 1865
VOC含量	$< 550\text{g/L}$	GB 30981
^a 试板的原始光泽 ≤ 30 单位值时，不进行失光评定		

附 录 B
(规范性)
混凝土结构表面涂层试验

B.1 耐碱性试验

B.1.1 试验用混凝土块应采用不低于C30的混凝土,采用100mm×100mm×100mm试模成型三个混凝土块,并养护28d。

B.1.2 每个混凝土块的任一个非成型面,用砂纸打磨并清理干净。如有气孔,刷涂封闭漆后用无溶剂环氧腻子或聚合物水泥砂浆填补,24h后用砂纸打磨平整并清理干净。将试验的配套涂层,依照使用说明书要求,按封闭底漆、中间漆、面漆的顺序分别涂装,控制涂层的干膜总厚度为250 μm~300 μm。试件完成后,自然养护7d。

B.1.3 在混凝土试块涂装涂料同时,在钢板上按照每道漆的相同用量和相同工艺涂装。用磁性测厚仪测定钢板上的漆膜厚度宜视为混凝土试块上的涂层厚度。

B.1.4 将试件涂层面朝上半浸于水或饱和氢氧化钙溶液中,涂层面在液面上5mm。试验过程中,每隔2d检查涂层是否有起泡、开裂或剥离等现象。

B.2 抗氯离子渗透性试验

B.2.1 采用150mm×150mm的涂料细度纸作增强材料,将其平铺于玻璃板上,依照配套涂料使用说明书的要求,先涂封闭底漆一道,再涂中间漆两道,最后涂装面漆一道。每一道涂膜施涂后,应立即将细度纸剥离玻璃板并悬挂在绳子上,经24h再涂下一道,如此反复施涂,用湿膜规控制涂料形成的涂层干膜总厚度为250 μm~300 μm。按此方法共制作三张活动涂层片。制成后,悬挂在室内自然养护7d。

B.2.2 将制得的活动涂层片剪成直径为60mm~70mm的试件。使试件涂漆的一面朝向3%NaCl水溶液,细度纸的另一面朝向蒸馏水,共用三组装置。置于室内常温条件下进行试验,经30d试验终结后,测定蒸馏水中的氯离子含量。

B.3 附着力试验

B.3.1 制作500mm×500mm×50mm的C30混凝土试件六件,标准条件下养护28d。

B.3.2 对每件试件的500mm×500mm的非浇筑面,用砂纸打磨并清理干净。如有气孔,刷涂封闭漆后用无溶剂环氧腻子或聚合物水泥砂浆填补,24h后用砂纸打磨平整并清理干净。将试验的配套涂层,依照使用说明书要求,按封闭底漆、中间漆、面漆的顺序分别涂装,控制涂层的干膜总厚度为250 μm~300 μm。试件完成后,自然养护7d。

B.3.3 需要进行湿固化涂料附着力试验的三件表湿试件,表面处理后浸泡在清水中24h后捞出,其他三件表干试件则放置在室内阴干。

B.3.4 对处理后的500mm×500mm非浇筑面的涂装,按设计的涂层系统和涂料产品使用说明书的要求,依次按封闭底漆、中间漆和面漆涂装。对表干试件,先将涂装面的灰尘吹干净,而表湿试件从水中捞起后,用湿布抹除涂装面的水滴,在标准条件下自然停放20min,然后进行涂装。表湿试件,每涂一道涂

层，在空气中停放3h后，浸没于3%NaCl水溶液中，12h后取出，在标准条件下，停放9h，再涂下一道涂层。如此循环，直到完成整个涂装。

B.3.5 涂装完成后的试件，在标准条件下养护7d。

B.3.6 取养护好的表干或表湿试件各三件，在每一试件的涂层面上随机找三个点，每点约30mm×30mm大小的面积，用零号砂纸将每一个点的涂层轻轻打磨粗糙，并用丙酮或酒精擦拭干净。同时，也对粘结力测试仪的铝合金铆钉头型圆盘座作同样处理。最后用结构粘结剂把铝圆盘座粘到处理好的涂层上。

B.3.7 待粘结剂硬化24h后，用拉脱式涂层粘结力测定仪的配件套筒式割刀，将圆盘座周边涂层切除，使其与周边外围涂层分开。

B.3.8 将粘结力仪配件的钢环支座片套住圆盘座，然后把粘结力仪的手轮作反时针旋转，使仪器的爪具松下并嵌入铝合金铆钉头型圆盘座，使仪器三个支撑柱立在钢环支座片上，将仪器的指针拨到“0”刻度位置上。最后，顺时针方向旋紧手轮，一直持续到涂层或混凝土断裂为止，并立即记录指针的读数。按本步骤重复试验，将每一个铝合金铆钉头圆盘座拔下来，并记录每一次拉拔试验的读数。

