

中国钢结构协会标准

CSCS

T/CSCS 013-2021

桥梁钢结构防腐蚀设计及保护 技术标准

Technical standard for anti-corrosion protection of
bridge steel structure

2021-07-09 发布

2021-10-01 实施

中国钢结构协会 发布

前 言

根据中国钢结构协会《关于发布中国钢结构协会 2019 年第一批团体标准编制计划的通知》(中钢构协〔2019〕第 14 号)文件的要求,编制组经过深入广泛地调查研究,认真总结我国桥梁钢结构工程防腐蚀实践经验,参考国内外先进标准和应用成果,积极推广新型涂装材料和技术的应用,在广泛征求意见的基础上编制并经审查后形成本标准。

本标准针对桥梁钢结构防腐蚀保护的涂层体系,主要技术内容是:总则,规范性引用文件,术语,防腐蚀保护分类,防腐蚀涂层体系设计,防腐蚀保护对桥梁钢结构设计的一般要求,桥梁构件,桥面系构件,附属构件,细部构造,涂装施工工艺,质量检测试验方法,质量验收规则,质量验收标准,标志或标签、包装、运输和贮存、构件标识,涂装环保要求。

本标准由中国钢结构协会归口,由中国钢结构协会桥梁钢结构分会负责具体技术内容的解释。应用执行过程中如有意见或建议,请寄送中国钢结构协会桥梁钢结构分会(地址:北京市海淀区大柳树路 2 号铁科院院内,邮政编码:100081),供今后修订时参考。

本标准起草单位:中国钢结构协会桥梁钢结构分会。

本标准参编单位:中国铁道科学研究院集团有限公司、北京市市政工程设计研究总院有限公司、交通运输部公路科学研究院、中冶建筑研究总院有限公司、中国人民解放军陆军工程大学、中航百慕新材料技术工程股份有限公司、中国船舶重工集团应急预警与救援装备股份有限公司、重庆艾普防腐技术有限公司、北京利福隆科技有限公司、济南北方泰和新材料有限公司、北京力龙涂料有限公司、信和新材料股份有限公司

本标准主要起草人:刘晓光 张玉玲 陶晓燕 杜存山 程冠之 王 涛 郭 辉 曾志斌
鞠晓臣 关文勋 杨 冰 杨文忠 王 磊 常好诵 李 亮 詹贺添
高 磊 杨振波 屈 帅 张 亮 曹伟强 李开琼 邹 斌 刘 静
谭春尧 杨利军 韩 清 徐勤福 赵云鹏 黄哲龙 王 欢 任广义
梁上海

本标准主要审查人:雷俊卿 高 策 高静青 徐 伟 赵君黎 宋松林 程 营 郭 芳
戴润达

目 次

1 总则 1

2 规范性引用文件 1

3 术语 4

4 防腐蚀保护分类 7

5 防腐蚀涂层体系设计 8

6 防腐蚀保护对桥梁钢结构设计的一般要求..... 12

7 桥梁构件..... 13

8 桥面系构件..... 19

9 附属构件..... 21

10 细部构造 22

11 涂装施工工艺 24

12 质量检测试验方法 29

13 质量验收规则 31

14 质量验收标准 33

15 标志或标签、包装、运输和贮存、构件标识 34

16 涂装环保要求 34

附录 A （规范性）腐蚀环境分类 35

附录 B （规范性）桥梁钢结构常用涂料技术要求和试验方法 36

附录 C （规范性）露点温度换算表..... 51

附录 D （资料性）桥梁钢管桩结构阴极保护设计要求 52

1 总则

- 1.0.1 为贯彻国家相关法规和桥梁建造相关技术政策，统一桥梁钢结构防腐设计 & 保护技术标准，使桥梁钢结构的防腐保护符合经济耐久和保护环境的要求，制定本标准。
- 1.0.2 本标准适用于公路、铁路、市政和临时性桥梁钢结构及其附属构件的初始涂装、维护性涂装、涂层劣化后的重新涂装，以及针对局部损坏的修补涂装。其他类型钢结构桥梁可参照使用。
- 1.0.3 桥梁钢结构的防腐保护应根据腐蚀环境和结构用途采用适宜的防腐方法与应对措施。
- 1.0.4 桥梁钢结构的防腐涂层体系应采用适宜的材料、必要的厚度、合理的防腐涂层配套体系、有针对性的施工工艺，以及其他适用的措施。
- 1.0.5 桥梁钢结构涂层体系的保护年限，可在充分考虑维护性涂装和重新涂装的环境要求以及施工成本基础上合理确定，并选择与之匹配耐久性年限的涂层体系。也可根据区域环境选择合适的涂层体系，并根据其耐久性年限确定桥梁钢结构涂层体系的保护年限。
- 1.0.6 桥梁钢结构的维护性涂装周期应在防腐涂层保护年限内，根据所选用涂层体系的耐久性年限，并结合实际面涂层劣化的程度确定。
- 1.0.7 桥梁钢结构设计应满足防腐涂装施工、维护性涂装和重新涂装施工的可达性和可实施性要求，以及易腐蚀部位的可监测要求。
- 1.0.8 当采用特殊选定的涂层体系时，应进行必要的性能验证，研究制定专门的涂装施工工艺方案，并严格执行，确保涂层体系施工质量。
- 1.0.9 应加强对桥梁钢结构防腐保护易劣化部位的维护，确保桥梁钢结构的耐久性。
- 1.0.10 对于受海洋性气候等特殊环境影响的桥梁钢结构，应增加采用或辅助采用特殊防腐措施，水下或土壤中可参照本标准附录 D 的规定采用加阴极保护等的措施。
- 1.0.11 桥梁钢结构防腐设计 & 保护技术除应符合本标准外，尚应符合国家和行业现行的有关强制性标准的规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

- GB 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 20201 涂装作业安全规程 有机废气净化装置安全技术规定
- GB 30981 工业防护涂料中有害物质限量
- GB 50205 钢结构工程施工质量验收标准
- GB/T 269 润滑脂和石油脂锥入度测定法
- GB/T 528 硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定
- GB/T 529 硫化橡胶或热塑性橡胶 撕裂强度的测定（裤形、直角形和新月形试样）
- GB/T 533 硫化橡胶或热塑性橡胶 密度的测定
- GB/T 1720 漆膜划圈试验
- GB/T 1724 色漆、清漆和印刷油墨 研磨细度的测定
- GB/T 1725 色漆、清漆和塑料 不挥发物含量的测定
- GB/T 1726 涂料遮盖力测定法
- GB/T 1728 漆膜、腻子膜干燥时间测定法

- GB/T 1730 色漆和清漆 摆杆阻尼试验
- GB/T 1731 漆膜柔韧性测定法
- GB/T 1732 漆膜耐冲击测定法
- GB/T 1733 漆膜耐水性测定法
- GB/T 1735 色漆和清漆 耐热性的测定
- GB/T 1740 漆膜耐湿热测定法
- GB/T 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 2793 胶粘剂不挥发物含量的测定
- GB/T 4948 铝-锌-钢系合金牺牲阳极
- GB/T 4950 锌-铝-镉合金牺牲阳极
- GB/T 5210 色漆和清漆 拉开法附着力试验
- GB/T 6739 色漆和清漆 铅笔法测定漆膜硬度
- GB/T 6742 色漆和清漆 弯曲试验（圆柱轴）
- GB/T 6747 船用车间底漆
- GB/T 6750 色漆和清漆 密度的测定比重瓶法
- GB/T 6753.3 涂料贮存稳定性试验方法
- GB/T 6753.4 包漆和清漆 用流出杯测定流出时间
- GB/T 8264 涂装技术术语
- GB/T 8923.1 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级
- GB/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 8923.3 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 9268 乳胶漆耐冻融性的测定
- GB/T 9274 色漆和清漆 耐液体介质的测定
- GB/T 9286 色漆和清漆 漆膜的划格试验
- GB/T 9753 色漆和清漆 杯突试验
- GB/T 9754 色漆和清漆 不含金属颜料的色漆漆膜的 20°、60°和 85°镜面光泽的测定
- GB/T 9761 色漆和清漆 色漆的目视比色
- GB/T 9793 热喷涂 金属和其他无机覆盖层 锌、铝及其合金
- GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
- GB/T 11373 热喷涂 金属零部件表面的预处理
- GB/T 13288.2 涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理后的钢材表面粗糙度特性 第2部分：磨料喷射清理后钢材表面粗糙度等级的测定方法 比较样块法
- GB/T 13288.4 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4部分：ISO 表面粗糙度比较样块的校准和表面粗糙度的测定方法 触针法
- GB/T 13452.2 色漆和清漆 漆膜厚度的测定
- GB/T 13477.3 建筑密封材料试验方法 第3部分：使用标准器具测定密封材料挤出性的方法
- GB/T 13477.5 建筑密封材料试验方法 第5部分：表干时间的测定

- GB/T 13477.6 建筑密封材料试验方法 第6部分：流动性的测定
- GB/T 13477.8 建筑密封材料试验方法 第8部分：拉伸粘结性的测定
- GB/T 13477.17 建筑密封材料试验方法 第17部分：弹性恢复率的测定
- GB/T 13477.19 建筑密封材料试验方法 第19部分：质量与体积变化的测定
- GB/T 13491 涂料产品包装通则
- GB/T 13893 色漆和清漆 耐湿性的测定连续冷凝法
- GB/T 14522 机械工业产品用塑料、涂料、橡胶材料人工气候老化试验方法 荧光紫外灯
- GB/T 16777 建筑防水涂料试验方法
- GB/T 15608 中国颜色体系
- GB/T 17101 桥梁缆索用热镀锌或锌铝合金钢丝
- GB/T 17731 镁合金牺牲阳极
- GB/T 17850.1 涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理用非金属磨料的技术要求 第1部分：导则和分类
- GB/T 18226 公路交通工程钢构件防腐技术条件
- GB/T 18365 斜拉桥用热挤聚乙烯高强钢丝拉索
- GB/T 18570.3 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第3部分：涂覆涂料前钢材表面的灰尘评定（压敏粘带法）
- GB/T 18570.6 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第6部分：可溶性杂质的取样 Bresle 法
- GB/T 18570.9 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第9部分：水溶性盐的现场电导率测定法
- GB/T 18838.1 涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理用金属磨料的技术要求 导则和分类
- GB/T 19355.3 锌覆盖层 钢铁结构防腐蚀的指南和建议 第3部分：粉末浸锌
- GB/T 21073 环氧涂层七丝预应力钢绞线
- GB/T 21782.3 粉末涂料 第3部分：液体置换比重瓶法测定密度
- GB/T 21782.5 粉末涂料 第5部分：粉末空气混合物流动性的测定
- GB/T 21782.13 粉末涂料 第13部分：激光衍射法分析粒度
- GB/T 23985 色漆和清漆 挥发性有机化合物(VOC)含量的测定 差值法
- GB/T 23986 色漆和清漆 挥发性有机化合物(VOC)含量的测定 气相色谱法
- GB/T 23987 色漆和清漆 涂层的人工老化曝露 曝露于荧光紫外线和水
- GB/T 25823 单丝涂覆环氧涂层预应力钢绞线
- GB/T 25835 缆索用环氧涂层钢丝
- GB/T 28699 钢结构防护涂装通用技术条件
- GB/T 35602 绿色产品评价 涂料
- TB/T 2137 铁路钢桥栓接板面抗滑移系数试验方法
- JC/T 483 聚硫建筑密封胶
- JGJ/T 251 建筑钢结构防腐蚀技术规程
- CJJ/T 235 城镇桥梁钢结构防腐蚀涂装工程技术规程
- JTS/T 209 水运工程结构防腐蚀施工规范
- JT/T 694 悬索桥主缆系统防腐涂装技术条件
- JT/T 722 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件
- JT/T 728 装配式公路钢桥 制造
- JT/T 775 大跨度斜拉桥平行钢丝拉索

- JT/T 876 填充型环氧涂层钢绞线体外预应力束
- GJB 7928 伪装涂料通用要求
- HB 5242 室温硫化密封剂不粘期试验方法
- HB 5243 室温硫化密封剂流淌性试验方法
- HB 5246 室温硫化密封剂标准试片制备方法
- HB 5247 室温硫化密封剂热空气加速老化试验方法
- HB 5249 室温硫化密封剂 180°剥离强度试验方法
- HB 5273 室温硫化密封剂腐蚀性试验方法
- HB 6743 室温硫化密封剂不挥发份含量测定试验方法
- HG/T 2458 涂料产品检验、运输和贮存通则
- HG/T 3668 富锌底漆
- HG/T 3792 交联型氟树脂涂料
- HG/T 4564 低表面处理容忍性环氧涂料
- HG/T 4755 聚硅氧烷涂料
- HG/T 4758 水性丙烯酸树脂涂料
- HG/T 5176 钢结构用水性防腐涂料
- HG/T 5573 石墨烯锌粉涂料
- ISO 4624 色漆和清漆 拉开法附着力试验
- ISO 4628-1 色漆和清漆 涂层老化的评定——缺陷的变化程度、数量和大小的规定 第 1 部分：概述和等级说明
- ISO 4628-2 色漆和清漆 涂层老化的评定——缺陷的变化程度、数量和大小的规定 第 2 部分：起泡等级的评定
- ISO 4628-3 色漆和清漆 涂层老化的评定——缺陷的变化程度、数量和大小的规定 第 3 部分：生锈等级的评定
- ISO 4628-4 色漆和清漆 涂层老化的评定——缺陷的变化程度、数量和大小的规定 第 4 部分：开裂等级评定
- ISO 4628-5 色漆和清漆 涂层老化的评定——缺陷的变化程度、数量和大小的规定 第 5 部分：剥落等级评定
- ISO 12944-2 色漆和清漆 钢结构防腐涂层体系 第 2 部分：环境分类
- ISO 12944-5 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 19840 色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 粗糙表面干膜厚度的测量和验收准则

3 术语

GB/T 8264 界定的术语和下列术语适用于本标准。

3.1 外防腐蚀涂层体系 protective coating system outside

在受到紫外线辐射影响的钢桥结构外表面上使用的防腐蚀涂层体系。

3.2 内防腐蚀涂层体系 protective coating system inside

在不受紫外线辐射影响的钢桥结构内表面上使用的防腐蚀涂层体系。钢桥结构内表面分为封闭内表面和非封闭内表面。

3.3 封闭环境内表面 inner surface of closure member

完全封闭、没有与外界大气接触、通常只发生轻微腐蚀的钢桥结构内部表面。

3.4 非封闭环境内表面 inner surface of non-closure member

与外界大气有接触的钢桥结构内部表面。

3.5 保护年限 protection period between first coating and renovation coating

在合理设计、正确施工、正常使用和维护的条件下，涂层体系从涂装完工后到第一次重新涂装前的预期使用期限。可根据环境、施工、经济等综合因素确定。

3.6 涂层体系耐久性年限 protection period for coating system

当涂层 95% 以上区域的腐蚀等级不大于 ISO 4628-3 规定的 Ri2 级，且无气泡、剥落和开裂现象时所能够使用的期限。应根据涂层体系本身的性能确定。

3.7 桥梁构件 component or member of bridge superstructure

组成桥跨结构的主要承重构件，包括由钢板或钢管组成的主梁承重构件、索结构及其锚固构件等。

3.8 基本构件 component or member composed by steel plate or steel tube in bridge

由钢板或钢管组成的桥梁承重构件，包括板梁构件、桁架杆件及钢箱梁构件、拱肋及主梁构件、斜拉桥主梁构件、悬索桥加劲梁构件、钢塔构件、钢桥墩构件、钢桩构件等。

3.9 缆索体系 cable system in bridge

各种索结构类型桥梁构件的统称，包括斜拉桥拉索、悬索桥主缆和吊索等。

3.10 桥面系 structural system of bridge deck

为提供铁路列车、公路车辆、轻轨列车、行人等通行条件设置的桥面及其支承桥面的结构体系。

3.11 临时性桥梁 temporary bridge

以保证承载能力为主、使用期限较短、便于架拆的简易桥梁，包括临时交通导改的栈桥、战备和抢修桥梁、方便施工车辆使用的支架等。

3.12 附属构件 accessory member

桥上为保证车辆、行人通行和正常使用而设置的辅助结构。

3.13 表面处理 surface preparation

在涂装之前用机械方法、化学方法或物理方法处理基材表面，以达到符合涂装要求的过程。

3.14 初始涂装 initial coating

新建桥梁钢结构的初次涂装，其包含 5 年缺陷责任期内的涂装。

3.15 维护性涂装 maintenance coating

桥梁运营过程中，根据大修计划对钢构件面涂层进行的整体维修保养性的涂装。

3.16 重新涂装 renovation coating

当桥梁结构防腐蚀涂层达到保护年限，或者涂层锈蚀等级超过相关规定时，重新设计涂装体系，清除劣化涂层，对整个梁体结构进行表面处理、施作涂装体系的过程。

3.17 修补涂装 repairing coating

桥梁钢结构在施工或使用过程中，出现防腐蚀涂层局部破坏或劣化现象时，对局部破坏区域进行表面处理、修复涂装的过程。

3.18 腐蚀环境 corrosion environment

桥梁钢结构与周围物质之间界面的环境，包括大气腐蚀环境、水腐蚀环境、土壤腐蚀环境、局部环境、微环境等。

3.19 阴极保护 cathodic protection

采用牺牲阳极或外加阴极电流技术对金属基材表面施加影响，使其产生阴极极化来保护结构的防腐蚀工艺的总称。

3.20 电弧喷涂 electric arc spraying

利用燃烧于两根连续送进的金属丝之间产生的电弧熔化丝，用高速气流将熔融金属雾化同时喷射到工件基体表面形成涂层的过程。金属丝材质可为锌、铝、锌铝合金等。

3.21 石墨烯改性涂料 graphene modified coatings

一种添加微量石墨烯粉体材料产生或增强涂层某种性能的涂料产品。

3.22 气密防腐蚀 anticorrosion method by inert gas full of inside

一种对封闭环境内表面通过将内部空气用氮气或其他惰性气体代替，以降低内部空间氧气及水分含量，从而降低腐蚀氧化速率的防腐蚀措施。

3.23 低表面处理涂料 surface-tolerant coating

一种允许带锈涂刷，或者可直接涂覆于其他种类旧涂层上的涂料。

3.24 交联型氟碳粉末涂料 crosslinked fluorocarbon powder coating

一种以含氟乙烯和乙烯基醚的共聚物为基料，在加热条件下与固化剂发生交联反应，从而形成致密含氟涂层的高性能涂料。其可以全部采用氟碳粉末树脂，也可以适当混配聚酯或聚氨酯等其他树脂。混配其他树脂的涂层在加热过程中将发生树脂层迁移分离的现象，即加热后氟树脂会富集到涂层表面，从而达到良好的耐候效果。

3.25 VOC 限量 limit of volatile organic compound content

涂装施工时，在将每种涂料产品调到最佳施工黏度条件下测得的 VOC（挥发性有机化合物）质量的限值。

4 防腐蚀保护分类

4.1 按涂层体系耐久性分类

防腐蚀涂层体系的耐久性可按如下分类：

——较低（L）：防腐蚀效果较低，耐久性年限小于等于 7 年，适用于临时性桥梁、易重新涂装的桥梁附属设施等；

——中等（M）：防腐蚀效果中等，耐久性年限大于 7 年但小于等于 15 年，适用于小桥、交通工程钢构件等；

——较高（H）：防腐蚀效果较高，耐久性年限大于 15 年但小于等于 25 年，适用于大、中型桥梁及特大型桥梁等；

——很高（VH）：防腐蚀效果很高，耐久性年限大于 25 年，适用于环境敏感区桥梁、重新涂装实施难度大的复杂结构桥梁等。

4.2 按桥梁钢结构涂层体系保护年限分类

桥梁钢结构防腐蚀涂层体系的保护年限可按如下分类：

——普通型：小于等于 15 年；

——长效型：大于 15 年但小于等于 25 年；

——超长效型：大于 25 年。

4.3 按使用环境分类

4.3.1 按照大气环境对钢结构腐蚀的严重程度由低到高分为 C1、C2、C3、C4、C5 和 CX 共计 6 种级别。

4.3.2 钢结构在浸水和土壤环境中使用，将淡水、海水（无保护措施）、土壤环境、海水（有保护措施）分列为 Im1、Im2、Im3 和 Im4 共计 4 种级别。

4.3.3 大气环境、浸水和土壤环境具体分类及其描述见本标准附录 A。

4.3.4 对于公路车行道两侧可能会受到车轮飞溅的除冰盐、砂粒等作用产生更加严重腐蚀的钢桥结构、跨路桥梁有可能受到下层公路车轮飞溅的部位、贴近地表受湿气影响的螺栓、桥梁雨水收集口和排水管附近容易积水和雨水渗漏的区域等可能导致腐蚀加重的结构或构件，应作为特殊使用环境。特殊使用环境的防腐蚀涂装方案，应根据本标准第 7.1.4 条关于在易劣化部位采取强化措施的规定，按照易劣化部位处理。亦可专门研究或综合采取其他的强化防腐蚀措施。

4.4 按涂装部位分类

按照桥梁涂装部位不同分为六类：

——外表面；

——非封闭环境内表面；

——封闭环境内表面；

——干湿交替区和浸水区；

——钢桥面；

——防滑摩擦面。

4.5 按桥梁构件特征分类

按照桥梁结构和构件特征分为四类：

- 桥梁基本构件；
- 桥梁缆索体系；
- 桥面系构件；
- 桥梁附属构件。

4.6 按涂装范围和涂装阶段分类

4.6.1 整体涂装

按涂装阶段分为三类：

- 初始涂装；
- 维护性涂装；
- 重新涂装。

4.6.2 局部涂装

指修补涂装。

5 防腐蚀涂层体系设计

5.1 设计基本原则

5.1.1 典型的防腐蚀涂层配套体系由底涂层、中间涂层和面涂层组成，见图 5.1.1。

5.1.2 桥梁钢结构的防腐蚀涂层体系应根据桥梁设计使用年限、涂装部位、环境地区和涂层体系耐久性等统筹设计。设计防腐蚀涂层体系应在保证防腐蚀性能前提下，以减少桥梁设计使用年限内的维护性涂装工作、延长重新涂装的防腐蚀保护年限为目标。

5.1.3 应针对桥梁钢结构各涂装部位特点分别设计合适的涂层体系，以满足不同的使用需要。设计中尚应充分考虑全桥涂装体系之间的兼容性，为修补涂装和维护性涂装提供方便。

5.1.4 涂层体系设计应考虑涂装工艺各环节对桥梁钢结构涂层使用寿命的影响，充分评估实际操作过程中能够实现的钢结构表面处理工艺、施工环境、涂层施工方式、材料主要的检测控制指标、施工管理要求等因素，选择合适的涂层体系。并应提出具体明确的实施要求，确保能够达到涂层体系预期的耐久性年限。

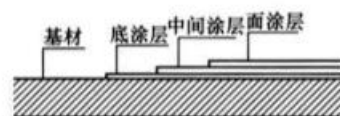


图 5.1.1 典型防腐蚀涂层配套体系

5.2 涂层材料

5.2.1 涂层应按照底涂层、中间涂层和面涂层分别选择适宜的涂料。底涂层宜选用磷酸锌、富锌、烯锌等类型的涂料。中间涂层宜选用环氧云铁涂料。面涂层宜选用聚氨酯、丙烯酸树脂、聚硅氧烷树脂、氟碳树脂等类型的面漆涂料。

5.2.2 底涂层、中间涂层和面涂层宜选用同一厂家的涂料。当选用不同厂家涂料时，应注意涂层之间的匹配性，并应按照本标准第 13.1 节进行检验。

5.2.3 桥梁钢结构常用涂料品种的技术要求应符合本标准附录 B 第 B.1~B.15 节的规定。

5.2.4 当使用新型涂料时，相应性能指标不应低于本标准附录 B 第 B.1~B.15 节对应的涂料，必要时应进行有关性能试验。

5.3 涂层体系设计

5.3.1 桥梁钢结构应按不同施工条件的涂装部位、腐蚀环境（见本标准附录 A）、耐久性年限（见

本标准第 4.1 节) 来选择涂层配套体系, 包括涂料品种、各种涂料配套的相容性、涂层道数、涂层厚度和基层表面处理要求等。

5.3.2 较低腐蚀环境等级涂层体系的设计, 可采用较高腐蚀环境等级的涂层配套体系和结构所处较低腐蚀环境等级的涂层厚度。严重腐蚀环境下使用的涂层配套体系可在低于该等级腐蚀环境下使用。

5.3.3 有伪装需求的临时性桥梁, 表层的迷彩涂料应符合 GJB 7928 的规定, 这时的防腐蚀面涂层应选择与迷彩涂层相容的涂层体系, 必要时可按照本标准第 13.1 节进行检验。

5.3.4 桥梁钢结构防腐蚀涂层体系设计可根据表 5.3.4 选用。其中的涂层体系不含车间底漆。

表 5.3.4 桥梁钢结构防腐蚀涂层体系

腐蚀环境类别			防腐蚀涂层体系 ^{注1}			涂层耐久性年限							
						L（小于等于7年）		M（大于7年但小于等于15年）		H（大于15年但小于等于25年）		VH（大于25年）	
						MNOC ^{注2}	NDFT ^{注3} (μm)	MNOC ^{注2}	NDFT ^{注3} (μm)	MNOC ^{注2}	NDFT ^{注3} (μm)	MNOC ^{注2}	NDFT ^{注3} (μm)
C1	1	底涂层	醇酸底漆 ¹ 、酚醛底漆 ¹	1	60	1	80	—	—	—	—		
		面涂层	醇酸面漆 ¹	1~2	60	1~2	80	—	—	—	—		
	2	底涂层	单组分水性底漆 ²	1	60	1	80	—	—	—	—		
		面涂层	单组分水性面漆 ²	1~2	60	1~2	80	—	—	—	—		
C2	1	底涂层	水性环氧磷酸锌底漆 ³	—	—	2	60	2~3	120	3~4	160		
		面涂层	水性丙烯酸脂肪族聚氨酯面漆（H） ¹⁰ 、水性氟碳面漆（VH） ¹¹	—	—	2	80	1~2	80	1~2	80		
	2	底涂层	环氧磷酸锌底漆 ⁴ 、低表面处理环氧底漆 ⁵	—	—	1	60	1~2	120	1~2	160		
		面涂层	丙烯酸脂肪族聚氨酯面漆（VH） ¹⁰ 、氟碳面漆（VH） ¹² 、聚硅氧烷面漆（VH） ¹³	—	—	1~2	80	1~2	80	1~2	80		
C3	底涂层 ^{注4}		水性环氧富锌底漆 ⁶ 、水性环氧磷酸锌底漆 ⁴ 、水性无机富锌底漆 ⁶	—	—	1	60	1~2	80	1~2	80		
	中间涂层		水性环氧云铁中间漆 ⁸	—	—	1~2	100	2~3	120	2~3	160		
	面涂层		水性丙烯酸脂肪族聚氨酯面漆（H） ¹⁰ 、水性氟碳面漆（VH） ¹¹	—	—	1~2	80	1~2	80	1~2	80		

表 5.3.4 (续)

腐蚀环境类别	防腐涂层体系 ^{注1}		涂层耐久性年限							
			L (小于等于 7 年)		M (大于 7 年但小于等于 15 年)		H (大于 15 年但小于等于 25 年)		VH (大于 25 年)	
			MNOC ^{注2}	NDFT ^{注3} (μm)	MNOC ^{注2}	NDFT ^{注3} (μm)	MNOC ^{注2}	NDFT ^{注3} (μm)	MNOC ^{注2}	NDFT ^{注3} (μm)
C4	底涂层 ^{注4}	环氧富锌底漆 ³ 、环氧磷酸锌底漆 ⁴ 、低表面处理环氧底漆 ⁵ 、水性无机富锌底漆 ^{6*} 、水性环氧富锌底漆 ^{6*}	—	—	1	80	1	80	1	80
	中间涂层	水性环氧云铁中间漆 ^{8*} 、环氧云铁中间漆 ⁹	—	—	1	80	1~2	120	1~2	160
	面涂层	水性丙烯酸脂肪族聚氨酯面漆 (H) ^{10*} 、丙烯酸脂肪族聚氨酯面漆 (VH) ¹⁰ 、水性氟碳面漆 (VH) ^{11*} 、氟碳面漆 (VH) ¹² 、聚硅氧烷面漆 (VH) ¹³	—	—	1~2	80	1~2	80	1~2	80
C5 CX	底涂层 ^{注4}	环氧富锌底漆 ³ 、水性无机富锌底漆 ^{6*} 、 <u>环氧石墨烯锌粉涂料⁷</u>	—	—	—	—	1	60	1	80
	中间涂层	环氧云铁中间漆 ⁹	—	—	—	—	1	80	1~2	120
	面涂层	丙烯酸脂肪族聚氨酯面漆 (VH) ¹⁰ 、氟碳面漆 (VH) ¹² 、聚硅氧烷面漆 (VH) ¹³	—	—	—	—	2	80	2	80
CX	底涂层 ^{注5}	电弧喷锌或电弧喷铝或电弧喷锌铝合金	—	—	—	—	—	—	1	100
	中间涂层	环氧云铁中间漆 ⁹	—	—	—	—	—	—	1~2	120
	面涂层	氟碳面漆 (VH) ¹² 、聚硅氧烷面漆 (VH) ¹³	—	—	—	—	—	—	2	100
Im1	底涂层	环氧磷酸锌底漆 ⁴ 、低表面处理环氧底漆 ⁵ 、环氧石墨烯锌粉涂料 ⁷	1	60	1	80	—	—	—	—
	中间涂层	环氧玻璃鳞片漆 ⁹ 、超强耐磨环氧漆 ⁹	—	—	—	—	2~3	600	3~4	900

表 5.3.4 (续)

腐蚀环境类别	防腐涂层体系 ^{注1}		涂层耐久性年限							
			L (小于等于 7 年)		M (大于 7 年但小于等于 15 年)		H (大于 15 年但小于等于 25 年)		VH (大于 25 年)	
			MNOC ^{注2}	NDFT ^{注3} (μm)	MNOC ^{注2}	NDFT ^{注3} (μm)	MNOC ^{注2}	NDFT ^{注3} (μm)	MNOC ^{注2}	NDFT ^{注3} (μm)
Im1	中间涂层	环氧云铁中间漆 ⁹	2	200	2	240	—	—	—	—
	面涂层	丙烯酸脂肪族聚氨酯面漆 (VH) ¹⁰ 、氟碳面漆 (VH) ¹² 、聚硅氧烷面漆 (VH) ¹³	2	80	2	80	2	80	2	80
Im2 Im4	底涂层	环氧磷酸锌底漆 ⁴ 、低表面处理环氧底漆 ⁵ 、 <u>环氧石墨烯锌粉涂料⁷</u>	1	60	1	80	—	—	—	—
	中间涂层	环氧玻璃鳞片漆 ⁹ 、超强耐磨环氧漆 ⁹	—	—	—	—	3	900	4	1200
	中间涂层	环氧云铁中间漆 ⁹	2	240	2	280	—	—	—	—
	面涂层	丙烯酸脂肪族聚氨酯面漆 (VH) ¹⁰ 、氟碳面漆 (VH) ¹² 、聚硅氧烷面漆 (VH) ¹³	2	80	2	80	2	80	2	80
Im3	底涂层	环氧磷酸锌底漆 ⁴ 、低表面处理环氧底漆 ⁵ 、 <u>环氧石墨烯锌粉涂料⁷</u>	1	80	1	80	1	80	1	80
	中间涂层	环氧玻璃鳞片漆 ⁹ 、超强耐磨环氧漆 ⁹	2	400	2	500	3	700	4	900
	底、面合一涂层	环氧玻璃鳞片漆 ⁹ 、超强耐磨环氧漆 ⁹	2	500	3	600	3~4	800	4	1000

注 1：序号为选用方案，涂层材料上角标的数字为本标准附录 B 对应技术要求和试验方法的编号，顿号为可选项；

注 2：MNOC=最小涂装道数；

注 3：NDFT=额定干膜厚度；

注 4：当该底涂层采用水性无机富锌底漆时，上面须增涂 1 道封闭漆¹⁴，干膜最小厚度 25 μm ，封闭漆不计入涂层的额定干膜厚度；

注 5：在该涂层之上须增涂 2 道封闭漆¹⁴，干膜最小厚度 50 μm 。封闭漆不计入涂层的额定干膜厚度；

注*：用于 C4 以上等级环境的水性涂料配套体系，应提供完整的型式检测报告、抽检报告和相关案例说明，并经相关涂料和涂装领域专家在具体项目中评审，以确认其能够满足实际施工性和产品使用的稳定性。

6 防腐蚀保护对桥梁钢结构设计的一般要求

6.1 结构设计

6.1.1 封闭环境的钢桥构件，应使结构四周所有焊缝连续，或者在不连续的缝隙处采取专门的封闭措施。

6.1.2 需要人工进入封闭环境内表面检查养护的部位，应根据需要增设换气或新风系统。

6.1.3 伸缩装置应具备防水功能，避免雨水渗漏。

6.1.4 对于存在腐蚀风险且装配安装完成后不能进入检修维护的桥梁局部空间和构件，应采用耐腐蚀材料制造，或者采用能在整个服役期内提供有效防腐蚀保护的涂装体系，必要时也可增加中间涂层厚度以满足防腐蚀要求。

6.1.5 严重腐蚀环境等级条件下，钢结构设计应符合 JTS/T 209 的规定，宜减少钢结构在大气区、浪溅区等的表面积，并应易于进行防腐蚀施工。

6.1.6 桥梁钢结构防腐蚀结构设计除应符合本标准外，尚应符合钢桥行业现行的有关标准的规定。

6.2 结构排水

6.2.1 桥梁钢结构构件应设置排水孔或其他排水构造，避免施工和使用期间雨水进入钢结构内部或积滞于构件表面。

6.2.2 桥面结构应设置排水构造，避免雨水等积滞桥面。

6.2.3 对双层公铁路桥梁，上方公路排水宜采用衔接可靠、耐久性良好的排水管，经集中后引至下方铁路范围以外排放或导出。

6.3 结构防腐蚀涂装体系的可维护性

6.3.1 桥梁钢结构主体和相关的附属设施结构设计，除应满足必要的使用功能、结构安全、稳定性、耐久性、经济性以及美观的要求外，还应充分考虑和满足钢结构进行表面处理、防腐蚀涂装、涂层检测和维修、复涂等作业的可实施性。

6.3.2 结构设计应简化局部构造，便于防腐蚀涂装体系的施工、检查和维修。

6.3.3 设计过程中应最大限度缩小易受到腐蚀侵害的钢结构表面积，减少钢板重叠、角落、边缘等不规则结构的数量。

6.3.4 桥梁钢结构不得采用不连续焊缝、点焊。特殊需要时可用在腐蚀风险发生比较小的部位。

6.3.5 在涂装施工前应对桥梁杆件自由边缘双侧棱边采用磨圆角的处理方法，以保证涂装效果，倒弧半径宜大于 2.0mm。

6.4 结构维护的可达性

6.4.1 设计阶段应在结构中设置防腐蚀涂装维修通道，或明确给出将来可行的防腐蚀涂装维修通道设置方案。

6.4.2 应设置确保维护人员进入箱体和舱室的通道。通道应具有足够的尺寸，方便涂装施工人员和施工设备（包括安全设备）进入。有条件的结构构造应设置辅助通风口，辅助通风口的大小、位置应符合所选用防腐蚀涂料体系施工要求。

6.4.3 设计阶段应考虑设置桥梁在运营期间可能开展的涂装体系维护工作所需的附件，包括吊钩、脚手架拉杆及其固定构造、喷涂涂料清理防护和施工安全护栏等。

6.4.4 所有需要涂覆的钢结构表面应在施工操作人员肉眼可见且能安全接触的范围内，并应能够

自由进入、移动和施工。

6.5 需要进行涂装的耐候钢桥梁

- 6.5.1 选用耐候钢的桥梁结构应考虑排水构造细节和需要涂装保护的部位。
- 6.5.2 采用免涂装耐候钢的桥梁钢结构存在以下情况时，应实施整体或局部涂装：
- 1 运营期间将使用融雪剂、可能会渗入到钢桥面或接触到钢结构部件时。
 - 2 桥梁主体或局部构件长期处于潮湿环境且无通风条件时。
 - 3 当桥址空气的含盐量超过 $0.05\text{mg}/(\text{d}, \text{dm}^2)$ (0.05mdd) 时。
 - 4 桥梁构件有鸟类或其他动物排泄物污染时。
 - 5 拱桥拱脚部位采用耐候钢时。
 - 6 耐候钢与混凝土结合时耐候钢侧 500mm 范围内。
 - 7 桥梁处于近海区域、所选耐候钢为非海洋气候专用钢材时。
 - 8 在其他不适宜耐候钢使用的环境条件时。
- 6.5.3 桥梁结构采用耐候钢、需要进行涂装时，表面处理应符合本标准第 11.1 节的规定。

7 桥梁构件

7.1 一般规定

- 7.1.1 桥梁钢结构进行防腐蚀涂层体系设计时，应注明引用标准的名称及其标准号。防腐蚀涂层体系对基底表面处理、涂装材料、涂装工艺、环保要求、验收标准、维护要求等技术指标和要求应满足本标准的相关规定。
- 7.1.2 桥梁基本构件的防腐蚀配套体系应符合本标准第 7.2 节的规定。
- 7.1.3 桥梁缆索体系的防腐蚀配套体系应符合本标准第 7.3 节的规定。
- 7.1.4 桥梁钢结构防腐蚀涂层的保护年限可根据所选防腐蚀涂层相应的耐久性年限确定，当对其易劣化部位采取强化措施后，保护年限可在耐久性年限基础上延长，且应结合现场防腐蚀涂层劣化程度确定。强化措施可根据需要选用以下措施中的一种：
- 1 在所选定涂层配套体系基础上，增加底涂层一道、中间涂层一道。
 - 2 在桥梁维护性涂装周期之间增加一次或一次以上的维护性涂装。
- 7.1.5 桥梁钢结构在运营过程中，应对防腐蚀涂层定期进行维护性涂装。维护周期应结合现场防腐蚀涂层劣化的程度确定。
- 7.1.6 浪溅区、水位变动区部位宜采用重防腐蚀涂层、金属热喷涂层加封闭涂层保护等措施，也可采用包覆有机复合层、树脂砂浆、复合耐蚀金属层等措施。

7.2 基本构件

7.2.1 桁梁桥/板梁桥/箱梁桥

- 1 对封闭环境内表面涂层应采用非封闭环境内表面的底涂层方案。
- 2 对非封闭环境内表面和构件外表面的涂层配套体系可按表 7.2.1 进行选用，亦可根据本标准第 5.3.4 条另行设计涂层配套体系。
- 3 桁架箱形杆件采用两端封闭时，内表面可按照封闭环境内表面处理。桁架箱形杆件两端不封闭时，以及钢箱梁内表面应采用非封闭环境内表面的涂装方案。
- 4 对 U 形肋内部、装饰板内部等空间狭小，涂装设备和人员无法进入的部件，该封闭空间内表面可不进行涂装。条件允许且必要时，可采用气密防腐蚀方案。

表 7.2.1 桥梁钢结构基本构件表面涂层配套体系

保护年限	涂料（涂层）名称	每道干膜最小厚度（ μm ）	涂装道数	总干膜最小厚度（ μm ）	适用部位及环境	耐久性
普通型	水性环氧富锌底漆 （或）水性无机富锌底漆 ¹	50	2	100	非封闭环境内表面：C1、C2 环境	7 年及以下
	水性环氧富锌底漆 （或）水性无机富锌底漆 ¹	50	2	100	构件外表面：C1、C2 环境	
	水性环氧云铁中间漆	40	1	40		
	水性聚氨酯面漆	40	2	80		
	环氧富锌底漆 （或）环氧石墨烯锌粉涂料 （或）无机石墨烯锌粉涂料	80	1	80	非封闭环境内表面：C1~C4 环境	大于 7 年但小于等于 15 年
	环氧富锌底漆 （或）环氧石墨烯锌粉涂料 （或）无机石墨烯锌粉涂料	80	1	80	构件外表面：C1~C4 环境	
	环氧云铁中间漆 （或）水性环氧云铁中间漆	40	1	40		
	丙烯酸脂肪族聚氨酯面漆 （或）灰铝粉石墨醇酸面漆	40	2	80		
长效型	环氧富锌底漆 （或）无机富锌底漆 ¹ （或） <u>环氧石墨烯锌粉涂料</u>	80	1	80	非封闭环境内表面：C1~C5 环境	大于 15 年但小于等于 25 年
	（或）环氧厚浆涂料	120	2	240	构件外表面：C1~C5 环境	
	环氧富锌底漆 （或）水性无机富锌底漆 ¹	40	2	80		
	环氧云铁中间漆 （或）水性环氧云铁中间漆	80	1	80		
	氟碳面漆 ² （或）水性氟碳面漆	40	2	80		
超长效型	环氧富锌底漆 （或） <u>环氧石墨烯锌粉涂料</u>	40	2	80	非封闭环境内表面：C1 ~ C5、CX 环境	25 年以上
	环氧云铁中间漆	80	1	80		
	环氧厚浆面漆	80	2	160		
	环氧富锌底漆 （或）环氧石墨烯锌粉涂料 （或）无机石墨烯锌粉涂料	40	2	80	构件外表面：C1~C5、CX 环境	
	环氧云铁中间漆	80	1	80		
	氟碳面漆 ³ （或）聚硅氧烷面漆 （或）石墨烯氟碳面漆	40	2	80		

注¹：采用无机富锌底漆时，上面须增涂 1 道封闭漆，干膜最小厚度 25 μm 。封闭漆不计入总干膜最小厚度；

注²：采用本标准附录 B 中表 B.12 序号 12 的技术指标；

注³：可采用本标准附录 B 中表 B.12 序号 12 或序号 13 的技术指标。当采用序号 12 的技术指标时，耐久性年限为 25 年，当采用序号 13 的技术指标时，耐久性年限为 50 年。

5 桥梁钢结构基本构件的防腐蚀保护尚应符合本标准第 7.1.4 条关于在易劣化部位应采取强化措施的规定。

6 桥梁钢结构基本构件的易劣化部位包括：钢桁梁、拱桥主梁、斜拉桥主梁、悬索桥加劲梁等桁架结构下弦节点周边的下弦杆和外侧腹杆 500mm 范围；钢板梁和拱桥主梁、斜拉桥主梁、悬索桥加劲梁等箱形结构靠近支承部位的外侧板件 500mm 周边范围；桥下有水时增加钢梁的底部。

7 在封闭的箱形主梁、箱形钢塔内部，可根据需要设置除湿系统。

7.2.2 拱桥

1 拱桥 H 形、箱形、钢管拱肋和系梁的防腐蚀涂装应符合本标准第 7.2.1 条的规定。

2 拱桥钢丝绳吊杆的涂装应符合本标准第 7.3.1 条第 2、3 款和第 7.3.2 条第 3 款的相关规定。拱桥圆钢吊杆等刚性吊杆的涂装应符合本标准第 7.2.1 条的相关规定。

3 拱脚是拱桥结构的易劣化部位。其防腐蚀涂装除应符合本标准第 7.2.1 条外表面、封闭环境内表面涂层配套体系的规定外，尚应满足表 7.2.2 的强化措施要求。

表 7.2.2 拱桥拱脚钢结构涂层强化措施

保护年限	涂料（涂层）名称	每道干膜最小厚度（ μm ）	涂装道数	总干膜最小厚度（ μm ）	适用部位及环境	耐久性
长效型	水性环氧富锌底漆（或）环氧富锌底漆	90	1	90	封闭环境内表面：C1~C5、CX 环境	大于 15 年但小于等于 25 年
	无机富锌底漆 ¹	90	1	90	非封闭环境内表面和构件外表面：C1~C4 环境	
	环氧云铁中间漆（或）环氧封闭漆	120	2	240		
	氟碳面漆	40	2	80		
超长效型	<u>环氧石墨烯锌粉涂料</u>	70	1	70	封闭环境内表面：C1~C5、CX、Im1、Im3 环境	25 年以上
	<u>无机石墨烯锌粉涂料</u>	80	1	80	非封闭环境外表面和构件外表面：C1~C5、CX、Im1、Im3 环境	
	环氧厚浆漆	160	2	320		
	石墨烯氟碳面漆	40	2	80		

注¹：采用无机富锌底漆时，上面须增涂 1 道封闭漆，干膜最小厚度 25 μm 。封闭漆不计入总干膜最小厚度。

7.2.3 临时性桥梁

1 临时性桥梁钢结构的防腐蚀涂层可按(5~15)年的保护年限设计。

2 临时性桥梁用涂层品种的技术要求可参见本标准附录 B 第 B.1~B.15 节。

3 临时性桥梁钢结构的涂层配套体系可按照表 7.2.3 的配套体系选用。

4 临时性桥梁钢部件包括主要结构构件、零部件、紧固件等。在装配之前，应在车间内分别单独完成主要结构构件、零部件等的防腐蚀涂装作业。

5 临时性桥梁在使用期间和储存期应进行必要的维护，避免吊装、磕碰等造成对涂层的损伤，储存期应避免淋雨或者直接浸水以及接触强溶解性或其他腐蚀性介质。必要时应采取修补重涂等措施。

表 7.2.3 临时性桥梁钢结构防腐涂层配套体系

保护年限	涂料（涂层）名称			每道干膜最小厚度（μm）	涂装道数	总干膜最小厚度（μm）	适用环境	耐久性
普通型	1	底涂层	环氧磷酸锌底漆 ⁴ （或）水性丙烯酸底漆 ¹⁵	70	1	140	C3	7 年及以下
		面涂层	丙烯酸面漆 ¹⁰ （或）水性丙烯酸面漆 ¹⁵	70	1			
	2	底涂层	环氧富锌底漆 ⁶ （或）水性环氧富锌底漆 ³	60	1	140	C4	
		面涂层	聚氨酯面漆 ¹⁰ （或）水性聚氨酯面漆 ⁸	40	2			
	3	底涂层	环氧磷酸锌底漆 ⁴ （或）水性环氧富锌底漆 ³	60	1	180	C5	
		中间涂层	环氧云铁漆 ⁹ （或）水性环氧云铁漆 ⁸	60	1			
		面涂层	聚氨酯面漆 ¹⁰ （或）水性聚氨酯面漆 ⁸	60	1			
	4	底涂层	环氧磷酸锌底漆 ⁴ （或）水性环氧富锌底漆 ³	60	1	200	C3	大于 7 年但小于等于 15 年
		中间涂层	环氧云铁漆 ⁹ （或）水性环氧云铁漆 ⁸	80	1			
		面涂层	聚氨酯面漆 ¹⁰ （或）水性聚氨酯面漆 ⁸	30	2			
	5	底涂层	环氧富锌底漆 ⁴ （或）水性环氧富锌底漆 ³	80	1	180	C4	
		中间涂层	环氧云铁漆 ⁹ （或）水性环氧云铁漆 ⁸	40	1			
		面涂层	聚氨酯面漆 ¹⁰ （或）水性氟碳面漆 ¹¹	30	2			
	6	底涂层	环氧富锌底漆 ⁴ （或）水性环氧富锌底漆 ³	80	1	240 （或）220	C5	
		中间涂层	环氧云铁漆 ⁹ （或）水性环氧云铁漆 ⁸	80	1			
			聚氨酯面漆 ¹⁰	40	2			
		面涂层	（或）水性氟碳面漆 ¹¹	30	2			

注：涂料名称上角标的数字为本标准附录 B 对应技术要求和试验方法的编号。

6 主要结构构件采用非金属涂层防腐蚀工艺的临时性桥梁,出现以下情况应对局部实施修补涂装:

- a) 桥梁使用前,在工厂内或现场装配中涂层局部出现机械性损伤时;
- b) 根据使用维护要求定期维护中,局部需要补漆时;
- c) 达到一定使用年限或外表面涂层出现锈蚀、鼓泡、龟裂及剥落等老化现象时;
- d) 桥梁防腐蚀涂层遇到运输、安装、事故等造成涂层受磕碰,局部涂层被破坏时;
- e) 涂层体系耐久性年限内的临时性维修(临时性焊接、打孔、切除、部分更换等)导致涂层破坏时。

7 临时性桥梁完成作业功能后,应在回厂后进行钢部件的防腐蚀涂装状态检查。当达到涂装保护年限或者出现明显涂装劣化时,应进行重新涂装。

8 当临时性桥梁使用年限超过设计保护年限时,防腐蚀涂装应符合本标准第 7.2.1 条规定。

7.3 缆索体系

7.3.1 斜拉桥

1 斜拉桥的拉索体系应根据结构受力、养护要求、使用环境等因素,按照可更换构件,选择合适的平行钢丝或钢绞线、拉索防腐蚀和锚具防腐蚀体系。根据拉索体系设计使用年限确定更换周期。拉索体系设计使用年限一般不小于 20 年。

2 斜拉桥钢丝拉索应符合 GB/T 18365、GB/T 17101、GB/T 25835 和 JT/T 775 的相关规定。

3 斜拉桥钢绞线拉索应符合 GB/T 25823、GB/T 21073 和 JT/T 876 的相关规定。

4 拉索外防腐蚀材料应与拉索耐久性要求相匹配。可采用高密度聚乙烯护套料、钢质材料或其他合适的金属材料。当选用高密度聚乙烯护套料时,外护套管可制成单层、双层或多层。

5 拉索锚具的防腐蚀性能应与拉索耐久性要求相匹配。

6 桥面处拉索外套管或护套应在一定高度范围设置防护措施。

7 斜拉桥钢索塔塔身、加劲梁钢结构的防腐蚀保护应符合本标准第 7.2.1 条规定。

8 斜拉桥钢混混合索塔结合部位应位于桥梁设计基准期水位变动区的上限水位或洪水位以上。

9 斜拉索与主梁锚固结构的设置应便于检修养护,并避免出现积水。

10 斜拉桥的防腐蚀保护尚应符合本标准第 7.1.4 条关于在易劣化部位应采取强化措施的规定,其易劣化部位包括拉索锚具、索鞍顶口等的结构缝隙处。

11 斜拉桥钢索塔底部应配置供施工过程中使用的排水设施,待施工结束后予以封闭。

7.3.2 悬索桥

1 悬索桥主缆系统包括主缆、吊索、索夹、索鞍及辅助结构。

2 主缆结构应作为永久性结构根据使用环境设计选择合适的防腐蚀体系和措施;并应选用对腐蚀敏感度低、防腐蚀性能好的锚固系统。

3 吊索应按照可更换构件选择合适的钢丝和索夹防腐蚀体系,并根据吊索防腐蚀体系的设计使用年限确定更换周期。吊索体系设计使用年限一般不低于 20 年。

4 悬索桥主缆系统的初始涂装、维护性涂装和涂装劣化后的重新涂装,应采用相同的防腐蚀涂层体系。

5 悬索桥主缆系统的涂层应按照底涂层、密封剂和面涂层分别选择涂装材料。底涂层宜选用磷化底漆、环氧底漆、非硫化型橡胶密封腻子等材料。密封剂宜选用非硫化型橡胶密封膏、硫化型橡胶密封剂、高强度玻璃布、橡胶涂胶布等材料。面涂层宜选用丙烯酸聚氨酯面漆、氟碳面漆等涂料。悬索桥用涂层品种的技术要求见本标准附录 B 第 B.16~B.21 节。

6 悬索桥主缆系统涂装配套体系、工作顺序和技术要求应符合表 7.3.2 的规定。

表 7.3.2 主缆系统涂装配套体系、工作顺序和技术要求

保护年限	涂料 ^[注1] 及其工作顺序	涂层厚度 (μm)	适用部位及环境		耐久性	
超长效型	1) 磷化底漆 ¹⁶	均匀着色	S 形钢丝主缆、 内部加装通干燥空气系统的主缆 ^[注2]	主缆缠 丝区： C1~C5、 CX 环境	25 年 以上	
	2) 非硫化型丁基橡胶密封膏 ¹⁷	2000~3500 (以填满结构缝隙为准)				
	1) 缠绕钢丝	圆形镀锌钢丝或 S 形镀锌钢丝	主 缆（无除湿 系统）			
	2) 磷化底漆 ¹⁶	均匀着色				
	3) 环氧底漆 ¹⁶	≥80				
	4) 硫化型丁基橡胶密封剂 ¹⁸	1500~2500				
	5) 丙烯酸聚氨酯面漆或氟碳面漆 ¹⁹	80~120 或 60~90 (根据结构及环境条件调整)				
长效型	1) 磷化底漆 ¹⁶	均匀着色	主缆非缠丝区 (索鞍出口至第一个紧固索夹之间)： C1~C5 环境		大于 15 年但小 于等于 25 年	
	2) 环氧底漆 ¹⁶	≥80				
	3) 硫化型丁基橡胶密封剂 ¹⁸	3500~6000				
	4) 高强度玻璃布或橡胶涂胶布	500~2000				
	5) 丙烯酸聚氨酯面漆或氟碳面漆 ¹⁹	80~120 或 60~90 (根据结构及环境条件调整)				
	1) 磷化底漆 ¹⁶	均匀着色	公称直径 ＜40mm 时	钢丝绳 吊索： C1~C5 环境		
	2) 环氧底漆 ¹⁶ 或硫化型丁基橡胶密封剂 ¹⁸	≥160 或 500~2000 (根据结构及环境条件调整)				
	1) 磷化底漆 ¹⁶	均匀着色	公称直径 ≥40mm 时 (推荐使用)			
	2) 硫化型丁基橡胶密封剂 ¹⁸ ；高强度玻璃布； (或) 橡胶涂胶布+硫化型丁基橡胶密封剂 ¹⁸	1000~2000 (或) (500~2000) + (2000~5000)				
	3) 丙烯酸聚氨酯面漆 (或) 氟碳面漆 ¹⁹	80~120 或 60~90 (根据结构及环境条件调整)				
	非硫化型丁基橡胶密封腻子 ¹⁷	结构缝内密封	结构缝隙 (索夹环缝、对接缝、骑跨式钢丝绳吊索索夹槽缝、钢丝绳吊索夹具、钢丝绳吊索减振器、索鞍顶口处等)： C1~C5 环境			
	1) 硫化型丁基橡胶密封剂 ¹⁸ 2) 聚硫型橡胶密封剂 ²⁰ 3) 板缝高耐久密封胶 ²¹	结构缝外密封				

表 7.3.2 (续)

保护年限	涂料 ^[1] 及其工作顺序	涂层厚度 (μm)	适用部位及环境	耐久性
长效型	1) 磷化底漆 ¹⁶	均匀着色	辅助结构 (索夹、索鞍、缆套、鞍罩、索股锚具、耳板、检查走道、主缆散索段等): C1~C5 环境	大于 15 年但小于等于 25 年
	2) 环氧底漆 ¹⁶	≥ 120		
	3) 丙烯酸聚氨酯面漆 (或) 氟碳面漆 ¹⁹	80~120 或 60~90 (根据结构及环境条件调整)		

注 1: 涂料上角标的数字为本标准附录 B 对应技术要求和试验方法的编号;

注 2: 为推荐使用。

7 悬索桥索夹、索鞍、锚碇等部位的钢构件防腐蚀涂装可参考本标准第 7.2.1 条的规定执行。

8 悬索桥的防腐蚀保护尚应符合本标准第 7.1.4 条关于在易劣化部位应采取强化措施的规定, 其易劣化部位包括索夹环缝、对接缝、骑跨式钢丝绳吊索索夹槽缝、钢丝绳吊索夹具、索鞍顶口等的结构缝隙处。

9 悬索桥主缆宜在本标准规定的主缆外层严格密封基础上设置除湿系统。

8 桥面系构件

8.1 一般规定

8.1.1 桥面系构件防腐蚀涂层的保护年限应符合本标准第 7.1.4 条规定。

8.1.2 桥面系构件涂层配套体系可在与桥梁基本构件相一致的前提下, 分别针对直接承受活荷载的桥面结构上表面、侧面及底部进行防腐蚀涂层设计。

8.1.3 桥面不得敷设污水管、有腐蚀性的液体和气体管道。

8.1.4 靠近桥面的主梁结构容易受到车轮飞溅的除冰盐、砂粒、遗撒等影响的钢构件部位, 应提高腐蚀环境等级, 或在涂装中加倍中涂层干膜厚度。对结构的边、角、螺栓等部位局部采用聚硫密封胶等封闭处理。

8.1.5 临时性桥梁的桥面系构件应根据使用环境和荷载条件, 设计适合的涂层配套体系。

8.2 公路和市政道路钢桥面

8.2.1 公路和市政道路钢桥面的防腐蚀涂层均指底涂层。

8.2.2 公路和市政道路钢桥面防腐蚀涂层应与钢桥桥面的铺装方案统筹考虑, 确保桥面结构防腐蚀要求和钢桥桥面铺装体系各项性能要求。

8.2.3 当钢桥面局部预留有专门的雨水通道时, 雨水通道区域的底板、腹板、盖板应设计专门的防腐蚀涂层体系。必要时应在防腐蚀涂层体系基础上另外增设专门的防水层, 并根据需要考虑对防水层增加防止紫外线老化的要求。

8.2.4 钢桥面的涂层施工应在沥青铺装之前、钢桥面喷丸之后进行。

8.2.5 钢桥面的涂层维护周期应与沥青铺装的维护周期相协调。

8.2.6 公路和市政道路钢桥面采用浇筑式沥青时的涂层配套体系可参照表 8.2.6 选用, 其中的环氧类涂料上面沥青的铺装温度应小于 250°C , 无机类涂料上面沥青的铺装温度可大于 250°C 。

8.2.7 公路和市政道路钢桥面系构件的防腐蚀保护尚应符合本标准第 7.1.4 条关于在易劣化部位应采取强化措施的规定。桥下有水和跨线桥的易劣化部位为外侧腹板自底板以上 500mm 范围和底部部位; 桥下无水的易劣化部位为外侧腹板自底板以上 500mm 范围。外侧腹板易劣化部位见图

8.2.7 中箭头所示意的部位。

表 8.2.6 公路和市政道路钢桥面涂层配套体系

序号	涂料品种	道数	每道干膜最小厚度 (μm)	总干膜最小厚度 (μm)	耐久性
1	水性环氧富锌底漆 (或) 环氧石墨烯锌粉涂料	1	80	80	7 年及以下 (四级公路)
2	水性无机富锌底漆 ¹ (或) 无机石墨烯锌粉涂料	1	80	80	大于 7 年但小于等于 15 年 (二级、三级公路, 城市支路)
3	环氧富锌底漆 (或) <u>环氧石墨烯锌粉涂料</u>	2	60	120	大于 7 年但小于等于 15 年 (二级公路)
4	无机富锌底漆 ¹ (或) <u>无机石墨烯锌粉涂料</u> (或) 环氧磷酸锌底漆	2	70	140	等于 15 年 (高速公路、一级公路, 城市快速路、主干路、次干路)

注¹：采用无机富锌底漆时，上面须增涂 1 道封闭漆，干膜最小厚度 25μm。封闭漆不计入总干膜最小厚度。

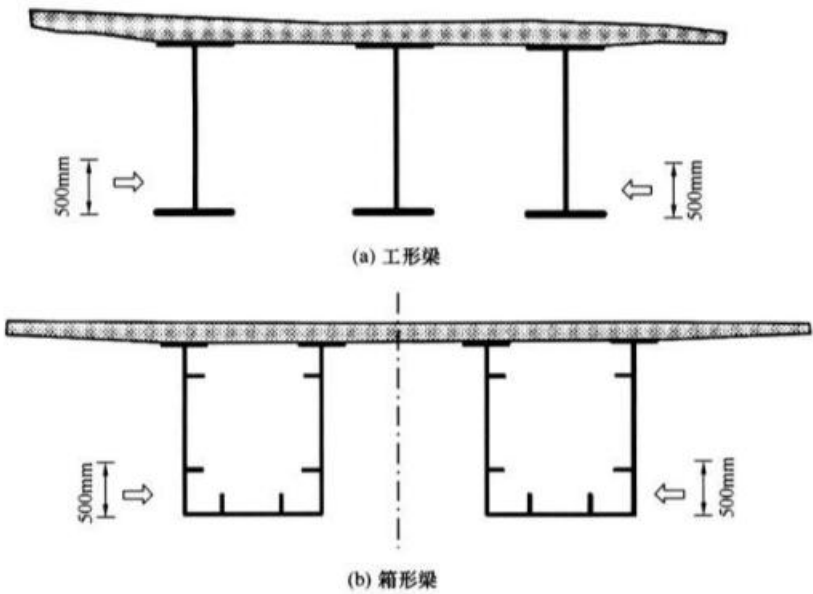


图 8.2.7 钢桥面系外侧腹板易劣化部位示意图

8.3 铁路桥面系

8.3.1 铁路明桥面的涂层配套体系宜选择与桥梁基本构件相同的涂层体系。明桥面纵梁上翼缘应加涂耐磨性好、耐久性高的面涂层。

8.3.2 铁路正交异性板钢桥面系的侧面、底部以及道砟槽应选择与桥梁基本构件相同的涂层体系。正交异性板钢桥面系的面板应强化其防水和耐磨性能。

8.3.3 铁路明桥面纵梁上翼缘加涂的面涂层和正交异性钢桥面板的涂层配套体系可参照表 8.3.3 选用。

表 8.3.3 铁路钢桥面的涂层配套体系

保护年限	涂料品种	每道干膜最小厚度 (μm)	道数	总干膜最小厚度 (μm)	适用部位	适用环境	耐久性
长效型	灰聚氨酯面漆 ¹	40	4	160	明桥面纵梁上翼缘	C1~C5	大于 15 年但 小于等于 25 年
	环氧富锌底漆	60	2	120	钢桥面板、道砟槽		
超长 长效型	超强耐磨环氧厚浆漆 ¹	80	1	80	明桥面纵梁上翼缘	C1~C5、 CX	25 年以上
	环氧富锌底漆 (或) 无机富锌底漆 ²	60	2	120	钢桥面板、道砟槽		
	(或) <u>环氧石墨烯锌粉涂料</u> (或) 无机石墨烯锌粉涂料	90	1	90			

注¹：本面涂层是在首先完成与桥梁基本构件相同涂层体系之后的加涂；

注²：采用无机富锌底漆时，上面须增涂 1 道封闭漆，干膜最小厚度 25μm。封闭漆不计入总干膜最小厚度。

8.3.4 铁路钢桥面系构件的防腐蚀保护应符合本标准第 7.1.4 条关于在易劣化部位应采取强化措施的规定。桥下无水时易劣化部位为外侧自底板以上 500mm 范围；桥下有水时和跨线桥易劣化部位应增加正交异性板箱梁底面、明桥面纵梁下翼缘底面、横梁下翼缘底面、纵横梁下翼缘及腹板高强度螺栓连接部位。外侧易劣化部位示意图见本标准图 8.2.7。

8.4 人行天桥钢桥面

8.4.1 人行天桥钢桥面的防腐蚀涂层选择应与桥面铺装方案统筹考虑，确保桥面结构防腐蚀要求及与桥面铺装层的连接性能。

8.4.2 人行天桥桥面防腐蚀涂层设计要充分考虑桥面结构和铺装层局部积水、冬季使用除冰盐、局部干湿交替等使用和环境因素，合理确定使用环境分类，充分评估以上因素对防腐蚀涂层的性能要求和影响。

8.4.3 当人行天桥桥面的防腐蚀涂层直接供行人行走时，应强化其面涂层的防水和防滑性能。

9 附属构件

9.1 一般规定

9.1.1 桥梁钢结构的附属构件包括钢支座、伸缩装置、防撞护栏、人行扶手护栏、人行道支架、检修梯道及护栏、交通标志及设施、灯杆、雨水口及排水管、钢制路缘石、梁底检修车、检测及监控设备立柱等，以及相应的固定、连接构造。

9.1.2 桥梁附属构件的防腐蚀保护应符合本标准第 7.1.4 条采取强化措施的规定，其易劣化部位为雨水自由落体到构件自底部以上的 100mm 范围。

9.1.3 附属构件应严格按照相关养护要求规定及时进行必要的维护性涂装。

9.1.4 附属构件的重新涂装应根据所选涂层配套体系的耐久性，结合实际涂层劣化情况，并参考构件设计使用年限及已使用年限，及时组织实施。

9.1.5 附属构件宜与桥梁基本构件的维修性涂装和重新涂装同步进行。

9.2 涂料涂层

9.2.1 应根据附属构件设计使用年限、使用环境和维护或更换的便易程度，参照本标准表 5.3.4

选择适合的防腐蚀涂层配套方案。与桥梁结构联系密切的附属构件可选用与桥梁基本构件相同的防腐蚀涂层体系。当采用与桥梁基本构件不同的防腐蚀涂层体系时，应确保该体系不得侵蚀基本构件的涂层。

9.2.2 桥梁附属构件的涂层配套体系可参照表 9.2.2 选用。

表 9.2.2 桥梁附属构件的涂层配套体系

保护年限	涂料品种	每道干膜最小厚度 (μm)	道数	总干膜最小厚度 (μm)	适用环境	耐久性
普通型	酚醛（醇酸）底漆	35	2	70	C1~C5	大于 7 年但小于等于 15 年
	灰铝粉石墨或灰云铁醇酸面漆	35	2	70		
长效型	环氧富锌底漆	40	2	80		大于 15 年但小于等于 25 年
	氟碳面漆或聚硅氧烷面漆	40	2	80		

9.3 粉末涂层

9.3.1 钢支座、伸缩装置、防撞护栏、混凝土 T 形梁人行道支架、交通标志及设施、灯杆、声屏障、风屏障等金属构件可采用适合工厂涂装流水线生产的静电粉末涂料涂装。

9.3.2 处于海洋环境等腐蚀环境苛刻地域的桥梁附属构件宜在采用锌或铝等牺牲金属进行防腐蚀处理后，实施静电粉末涂料涂装。钢材的牺牲金属防腐蚀处理包括镀锌或镀铝之后进行磷化处理，或者热喷锌处理，或者热喷铝处理。铝合金基材的牺牲金属防腐蚀处理包括镀镍铬处理，或者阳极氧化处理。

9.3.3 静电粉末涂料的技术要求应符合本标准附录 B 第 B.22、B.23 节的规定。

9.3.4 静电粉末涂料涂层配套体系应符合表 9.3.4 的规定。

表 9.3.4 桥梁附属构件的静电粉末涂层配套体系

保护年限	涂料品种	每道涂层厚度 (μm)	道数	总涂层厚度 (μm)	适用环境	耐久性
长效型	环氧粉末底涂层	180~200	1	180~200	C1~C5,	大于 15 年但小于等于 25 年
	交联型氟碳粉末面涂层 ¹	≥60	1	≥60	CX	

注¹：当混配其他树脂时，树脂份氟树脂加入量不得低于 50%。

10 细部构造

10.1 焊接部位的涂装

10.1.1 焊缝区域在大面积涂装前应进行预涂装。

10.1.2 工厂内焊接时，外表面焊缝区域可喷砂除锈至 GB/T 8923.1 规定的 Sa2½ 级，底涂层可采用环氧富锌涂料，中涂层和面涂层采用相邻钢材涂层体系进行涂装。内表面焊缝区域可打磨处理至 GB/T 8923.1 规定的 St3 级，采用相邻钢材涂层体系进行涂装。

10.1.3 桥位现场进行焊接或焊缝局部修补，应在焊缝两侧预先涂刷不影响焊接性能的车间底漆。焊接完成后，对焊缝热影响区进行二次表面处理。二次表面处理和后续的涂装应与工厂内要求一致。

10.2 高强度螺栓连接部位的涂装

10.2.1 高强度螺栓连接部位的防腐蚀涂料耐久性应与桥梁基本构件一致。

10.2.2 高强度螺栓连接部位的摩擦面可采用无机富锌防锈防滑涂料或电弧喷铝进行底涂层的涂装，并应符合以下规定：

1 采用无机富锌防锈防滑涂料时，涂层厚度为 $(120 \pm 40) \mu\text{m}$ 。

2 采用电弧喷铝时，涂层厚度为 $(150 \pm 50) \mu\text{m}$ 。

10.2.3 高强度螺栓连接部位的摩擦面桥梁应依据 TB/T 2137 进行抗滑移系数试验，在出厂时抗滑移系数最小值不应小于 0.55，在工地架梁安装时抗滑移系数最小值不应小于 0.45。

10.2.4 高强度螺栓连接部位摩擦面抗滑移系数测定的保质期为 6 个月。如超过 6 个月，架梁前应重新做抗滑移系数试验，抗滑移系数应满足工地架梁安装时抗滑移系数最小值要求。

10.2.5 高强度螺栓连接完成施拧后，应及时对栓接板束的板缝采用钢结构连接板缝高耐久密封胶进行密封处理，并应按照以下步骤对螺栓部位外露底涂层、螺栓及相邻部位进行防腐蚀涂装：

1 涂装前应首先用有机溶剂清除螺栓油污、用水洗清除螺母和垫片的皂化膜。

2 对螺栓头部进行打磨。

3 在栓接区域先刷涂(1~2)道环氧富锌底漆或环氧磷酸锌底涂层，总膜厚 $(50 \sim 60) \mu\text{m}$ 。

4 对栓接区域涂装环氧云铁中间漆(1~2)道，总膜厚 $80 \mu\text{m}$ 。

5 按相邻部位配套体系整体对栓接及相邻衔接部位进行中涂层和面涂层涂装，中涂层亦可采用弹性环氧或弹性聚氨酯涂料。

10.2.6 栓接板的搭接缝隙小于 0.5mm 时，可采用油漆调制腻子进行密封处理。缝隙大于 0.5mm 时，应采用聚硫等密封胶处理。

10.2.7 高强度螺栓连接部位的外涂层维护周期应与主体钢结构相同。维护涂装前应检查外涂层的损坏情况，必要时先进行硫化型橡胶密封胶的补涂处理。

10.3 钢混结合部位的涂装

10.3.1 钢混结合梁中钢梁与混凝土板结合的周边边缘钢梁侧 50mm 范围内应在钢梁原涂装方案基础上加涂面涂层，内部结合面可不进行涂装。

10.3.2 叠合或混合的钢混结合部位、混凝土塔索锚固区的钢结构部分的底漆和中间漆可采用主结构的配套体系。在混凝土结构部分应首先进行必要的清洁处理，之后刷涂(1~2)道环氧封闭底漆，膜厚 $60 \mu\text{m}$ ，并采用硫化型橡胶密封剂或聚硫密封剂。灌入混凝土的钢混结构部位的缝隙、结合处应进行密封处理，最后按照相邻部位配套体系设计的面漆整体对结合部位进行表面涂装。

10.3.3 钢塔索锚区或钢锚梁（钢锚箱）的结合部位，应在分别符合本标准第 7.2 节和第 7.3.1 条及第 7.3.2 条规定基础上做密封处理，最后按照相邻板材部件配套体系设计的面漆整体对结合部位进行表面涂装。

10.3.4 钢混连接件应在混凝土浇筑前，清除连接件表面的锈蚀、氧化皮、油脂和毛刺等缺陷。

10.4 缝隙部位的维护

10.4.1 狭窄通道、看不见的缝隙处和重叠连接处都会因为潮气和污垢的滞留（包括表面处理时的磨料）成为腐蚀发生的潜在部位，应加以密封处理。

10.4.2 非疲劳控制部件可采用从部件伸出钢垫板的方法来填补空隙，并在四周用连续焊缝封闭。

10.4.3 疲劳控制部件可采用密封剂等方式进行封闭处理。

10.5 搭接缝隙、封端板部位的涂装

10.5.1 搭接缝隙部位涂装时，应首先采用相邻部位配套体系的涂料进行封闭。对大于 0.5mm 的

缝隙须将缝内污垢和铁锈清理干净，在第一道底涂层干燥后，采用石膏腻子填塞封堵，或采用与底涂层配套的密封剂密封，封堵或密封材料以不被吸收为止。待腻子或密封剂表面干燥后，方可继续进行涂料的涂装；并应符合 JC/T 483 的规定。

10.5.2 封闭箱形构件的封端板，可采用连续焊缝密封，也可采用硫化型橡胶密封剂或聚硫型橡胶密封剂密封处理。最后按相邻部位配套体系整体对封闭部位进行涂装。

10.6 不同钢种结合部位的维护

10.6.1 设计阶段在结构中宜选择自腐蚀电位接近的钢材。

10.6.2 当无法避免、确实需要采用自腐蚀电位差较大、易产生电偶腐蚀的不同钢种时，应按照本标准第 7.1.4 条的规定，将不同钢种结合部位作为易劣化部位采取强化措施。

10.6.3 不同钢种之间的结合方式可为铆接连接、焊接连接和高强度螺栓连接。其不同钢种包括低合金桥梁结构钢与耐候钢之间，低合金桥梁结构钢与不锈钢之间，耐候钢与不锈钢之间，附属构件、设施、设备采用铝合金材料时与桥梁主体钢结构之间等。

10.7 不同溶剂涂层的涂装

10.7.1 进行涂料涂层的涂装时，应注意不同溶剂涂层间的搭配。

10.7.2 在节点和上盖板交界处，封孔涂层、中涂层及聚氨酯面涂层等强溶剂不应与其他类型涂层相搭接。当进行维护性涂装或修补涂装、不可避免存在相互搭接时，应采取措施妥善处理。

11 涂装施工工艺

11.1 涂装前的表面处理

11.1.1 桥梁用钢板在车间入场后，首先进行预处理，包括喷砂、滚平、喷涂车间底漆等，车间底漆的技术要求应符合本标准附录 B 第 B.24 节的规定。

11.1.2 桥梁钢结构制作完成后，外表面在涂装底涂层之前应进行表面处理。可分别采用喷砂、喷丸、手工清理和溶剂擦洗等方法清除钢材表面的污泥、油垢、焊接飞溅物、铁锈、毛刺、车间底漆皮、氧化皮、粗糙焊缝以及喷砂残渣等。表面喷砂后应采用洁净的压缩空气吹扫，清理后的表面不得用手触摸。严禁使用腐蚀性物质清理钢表面。

11.1.3 桥梁钢结构内表面的车间底漆基本完好时，可不进行表面处理，但要除去表面油污、焊接飞溅物等。

11.1.4 桥梁钢结构表面处理用金属磨料应符合 GB/T 18838.1 的规定。非金属磨料应符合 GB/T 17850.1 的规定。

11.1.5 在工厂内施工条件下，表面处理等级应符合 GB/T 8923.1 的规定。新建桥梁构件的除锈等级应根据使用的涂料品种满足以下要求：

- 1 电弧喷铝、喷锌或涂装无机富锌底涂层时，钢表面处理应达到 Sa3 级或 P Sa3 级。
- 2 涂装酚醛、聚氨酯、环氧富锌底涂层时，钢表面处理应达到 Sa2½ 级或 P Sa2½ 级。
- 3 涂装环氧或乙烯基酯玻璃鳞片、醇酸、丙烯酸聚氨酯等底涂层时，钢表面处理应达到 Sa2 级或 P Sa2 级。

11.1.6 现场施工条件下的表面处理应达到 GB/T 8923.1 规定的 Sa2½ 级或 St3 级。处理方法应符合以下规定：

- 1 清除旧涂层表面油污、灰尘、盐分等一切污物。对于油污，可采用溶剂清洗。清除灰尘和盐分，可采用高压清洁淡水冲洗。

2 去除松动的旧漆层,可以采用铲刀去除,或者采用钢丝刷或动力工具打磨去除。对完好的旧涂膜边缘打磨光滑。

3 对已生锈部位,采用低表面处理涂料时,宜采用钢丝刷或动力工具打磨处理达到 St2 级;采用其他涂料时,达到 St3 级。

4 对旧的完好热固性涂层应进行表面轻微砂磨,以获得良好的附着力。

11.1.7 在雨、雪、凝露、相对湿度大于 80% 或风沙天气室外环境下,严禁进行桥梁钢结构的表面处理作业。

11.1.8 桥梁钢结构涂装前应对表面进行粗糙度处理。表面粗糙度评级应符合 GB/T 13288.2 的规定,并根据使用的涂料品种和构件部位满足以下要求:

1 采用无机富锌涂料时,表面粗糙度 R_z 应为 $(40 \sim 70) \mu\text{m}$ 。

2 采用其他涂料时,表面粗糙度 R_z 应为 $(30 \sim 70) \mu\text{m}$ 。

3 采用电弧喷铝时,表面粗糙度 R_z 应达到 $(60 \sim 100) \mu\text{m}$ 。当表面粗糙度超过 $100 \mu\text{m}$ 时,涂层应至少超过轮廓峰点 $(125 \sim 150) \mu\text{m}$ 。

4 表面粗糙度不应超过涂层体系总干膜厚度的 $1/3$ 。超过要求时,应加涂一道中间涂层。

11.1.9 应加强对除锈施工难度大的结构边、角部位的除锈清理工作。处理后的钢材表面不应有焊渣、焊疤、灰尘、油污、水和毛刺等。若发现焊缝缺陷,应首先对焊缝进行返工或修补,相关焊缝质量应满足 GB/T 8923.3 规定的等级要求。

11.1.10 桥梁钢结构维护性涂装和修补涂装,应充分考虑涂装工作地点的具体涂装工作条件,尽量创造达到工厂喷射清理、动力工具除锈等表面处理方式的工作条件。若确实达不到,可降低表面处理质量标准,并与采用的底漆类型的基底处理要求相匹配。不得使用低表面处理涂料代替除锈。

11.2 初始涂装

11.2.1 涂料配制和使用时间应符合下列规定:

1 涂料应充分搅拌均匀后方可施工。对于多组分涂料,应先将各组分分别搅拌均匀,再按规定比例配制并搅拌均匀。

2 混合好的涂料应按照产品说明书规定的时间进行熟化。

3 涂料的使用时间应符合产品说明书规定的适用期。

4 涂料中可加稀释剂调整施工黏度,稀释剂的品种应与所用涂料相适应,涂装中根据涂料说明书实施。

11.2.2 涂覆方法可参照以下规定执行:

1 大面积喷涂应采用高压无气喷涂方法施工。

2 细长、小面积以及复杂形状构件或部位可采用空气喷涂或刷涂方法施工。

3 不易喷涂到的部位应采用刷涂方法进行预涂装,或在第一道底涂层完成后补涂。

11.2.3 桥梁钢结构应在车间内完成底涂层、中间涂层和第一道面涂层的涂装作业,其中节点或拼接部位只进行喷铝或涂无机富锌漆。有条件或现场条件差(大风等)时,所有面涂层宜在出厂前完成。

11.2.4 涂装作业环境应符合下列规定:

1 涂层金属表面应为干燥状态,且基材表面温度应高于露点温度 3°C 以上。露点温度可按本标准附录 C 进行换算。

2 环氧类涂料施工环境温度不应小于 10°C ,水性无机富锌底涂层和酚醛、醇酸、聚氨酯、氟碳面涂层的施工环境温度不应小于 5°C ,且不应大于 35°C 。施工环境温度低于上述规定值时应采用相应低温涂料产品,或采取其他措施。

3 溶剂型涂料施工环境相对湿度不应大于 85%,水性涂料不应大于 70%。

4 作业环境风力不应大于 5 级，否则应采取适宜的防护措施。

5 露天作业应采取防尘措施。

6 当出现扬沙、下雨、雾天、雪天等天气时应停止施工。有较大灰尘和强烈阳光照射下不宜施工。已涂装后 4h 内应采取防护措施免受沙尘、雨淋。继续施工时应进行检查，如有起泡、起皱、剥落等现象，应清除后再行施工。

11.2.5 涂装间隔时间应符合下列规定：

1 桥梁钢结构表面处理后应在 4h 内完成第一道底涂层的涂装。

2 下一道涂装应在上一道涂层实干后进行。

3 底涂层、中间涂层最长暴露时间不应超过 7d。当两道面漆涂装间隔超过 7d 时，需用细砂纸打磨成细微毛面后涂装。

4 在冬季寒冷地区现场施工时，应对涂装间隔时间予以特殊规定。

11.2.6 电弧喷铝用铝丝材质应符合 GB/T 9793 的规定。相应施工作业应符合以下要求：

1 电弧喷涂铝涂层作业时，作业环境要求与电弧喷涂作业的间隔时间要求应符合 GB/T 11373 的规定。

2 用于防腐蚀底涂层的电弧喷铝涂层应在表面处理后 4h 内完成，之后应立即覆盖封孔剂。覆盖封孔剂或涂层前，应对铝涂层表面进行清洁处理。

11.2.7 粉末涂料涂装工艺须按粉末涂料供应商的具体要求执行。

11.3 维护性涂装

11.3.1 对既有桥梁钢结构涂层劣化可按 ISO 4628-1、ISO 4628-2、ISO 4628-3、ISO 4628-4 和 ISO 4628-5 的规定进行评定，根据漆膜劣化状态进行维护性涂装。

11.3.2 实施维护性涂装时，应根据旧涂层存在的情况，选择与旧涂层相容性好的涂料品种，并进行相容性试验。环氧类低表面处理涂料可以复涂在环氧类、聚氨酯类和醇酸类旧涂层上。对于在氯化橡胶、丙烯酸等物理干燥型的旧涂层上采用环氧类低表面处理涂料，应预先进行小样板试验，确定新涂层的相容性。

11.3.3 维护性涂装亦可参考表 11.3.3 确定新涂层的相容性。

表 11.3.3 新涂层与旧涂层涂料的相容性

旧涂层 涂料	新涂层涂料											
	长曝型磷 化底漆	无机富 锌涂料	有机富 锌涂料	油性防 锈涂料	醇酸树 脂涂料	酚醛树 脂涂料	氯化橡 胶涂料	乙烯树 脂涂料	环氧树 脂涂料	环氧焦 油涂料	聚氨酯 涂料	沥青防 水涂料
长曝型磷 化底漆	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	△	△	△	△
无机富 锌涂料	✓	✓	✓	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	△
有机富 锌涂料	✓	×	✓	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓
油性防 锈涂料	×	×	×	✓	✓	✓	×	×	×	×	×	×
醇酸树 脂涂料	×	×	×	✓	✓	✓	×	×	×	×	×	✓

表 11.3.3 (续)

旧涂层 涂料	新涂层涂料											
	长曝型磷 化底漆	无机富 锌涂料	有机富 锌涂料	油性防 锈涂料	醇酸树 脂涂料	酚醛树 脂涂料	氯化橡 胶涂料	乙烯树 脂涂料	环氧树 脂涂料	环氧焦 油涂料	聚氨酯 涂料	沥青防 水涂料
酚醛树 脂涂料	×	×	×	✓	✓	✓	✓	△	△	×	△	✓
氯化橡 胶涂料	×	×	×	×	✓	✓	✓	×	×	×	×	×
乙烯树 脂涂料	×	×	×	×	×	×	×	✓	×	×	✓	△
环氧树 脂涂料	×	×	×	×	△	△	△	✓	✓	×	✓	✓
环氧焦 油涂料	×	×	×	×	×	×	✓	×	△	×	✓	✓

注：✓—相容性好；△—相容性尚可；×—相容性差。

11.3.4 按 ISO 4628-5 评估，劣化类型为 3 级粉化，且粉化减薄的面涂层厚度大于初始厚度的 50% 时，或由于景观要求时，应清洁涂层表面污渍，用细砂纸除去粉化物，必要时可对旧涂层表面进行拉毛，然后涂装 2 道与原涂层相容的相应配套面涂层。

11.3.5 按 ISO 4628-2、ISO 4628-4 评估，劣化类型为(2~3)级开裂，或剥落，或起泡，但底涂层完好时，用机具清理劣化区域周围疏松的涂层，并延伸至未劣化的区域，形成(50~80)mm 坡口，然后涂装相应的中间涂层和面涂层。如要保持涂层表面一致，可在涂装面涂层后，再全部涂装面涂层。

11.3.6 按 ISO 4628-3 评估，涂膜劣化类型为(2~3)级生锈，且有约 10% 的表面面积达到了 ISO 4628-3 中定义的 Ri3 级（锈蚀等级）时，应清除松散的涂层至表面处理达到 GB/T 8923.2 规定的 P Sa2½ 级，未损坏的涂层区域边缘按本标准第 11.3.5 条要求处理。然后涂装相应的底涂层、中间涂层和面涂层。如要保持涂层表面一致，可在涂装面涂层后，再全部涂装面涂层。

11.3.7 按 ISO 4628-3 评估，旧喷锌或铝涂层发生劣化类型为(2~3)级生锈，且有约 10% 的表面面积达到了 ISO 4628-3 中定义的 Ri3 级（锈蚀等级）时，应除去松动的锌或铝涂层至良好结合的锌或铝涂层区域为止，钢表面处理达到 GB/T 8923.2 规定的 Sa2½ 级或 P Sa2½ 级，未损坏的锌或铝涂层区域边缘按本标准第 11.3.5 条要求处理。对于电弧喷锌或铝涂层清理部位，也可改涂环氧富锌底涂层 2 道，然后涂装相应的中间涂层和面涂层。

11.4 重新涂装

11.4.1 重新涂装工作之前，应根据 ISO 4628-1、ISO 4628-2、ISO 4628-3、ISO 4628-4 和 ISO 4628-5 的规定对整个桥梁结构或构件涂层失效程度进行调查评估和确认。

11.4.2 对旧涂层调查评估的内容包括：

1 钢结构桥梁各部位旧涂装体系采用的涂层材料和配套方案，原设计防腐蚀涂层体系的耐久性年限、涂层体系实际使用年限等。

2 按照本标准第 5.3.4 条和附录 A 判定桥梁结构各部位腐蚀环境分类情况，调查该桥梁是否有特殊的腐蚀应力或涂层功能要求，本次涂装对防腐蚀涂层体系预期的耐久性年限要求。

3 对涂层体系进行劣化和病害部位调查和面积估算，掌握旧涂层表面锈蚀、开裂、起泡、粉

化的程度。应重点调查各种紧固件（螺栓、螺母）、焊缝、切割边等腐蚀最严重的部位；详细记录桥梁钢结构机械损伤部位；调查因桥面漏水和局部积水引起的钢桥部件发霉、锈蚀位置。

4 对桥梁各部位旧涂层体系漆膜附着力进行测试。漆膜附着力测试应采用 ISO 4624 拉开法，了解各涂层附着力及破坏形式。

5 对旧涂层漆膜厚度进行检测。依据 ISO 19840，检测前应去掉涂层表面的灰尘、粉化层等，用标准膜片校正 elcometer 345 等设备与仪表，确定对角线取样等办法。检测完成后，应采用数理统计法计算各部位膜厚检测数据的平均值 $\bar{X}$ 、最大值 $X_{\max}$ 、最小值 $X_{\min}$ 和标准偏差 S 。根据实际涂层材料和膜厚情况，参照 ISO 12944-5 评估涂层的剩余使用寿命。

11.4.3 对涂层的劣化应按 ISO 4628-3 进行评定。当劣化类型达到 4 级且底涂层已失效，或起泡或裂纹或脱落面积达到 33%，或生锈面积达到 16%，或参照 ISO 4624 标准进行拉开法测试，旧涂层与钢材基面的附着力小于 3MPa 时，应进行重新涂装。

11.4.4 重新涂装前钢表面处理应满足本标准第 11.1.6 条现场施工的要求，并应达到 GB/T 8923.2 规定的 P Sa2½ 级。

11.4.5 重新涂装宜采用原涂装体系。必要时可根据腐蚀环境级别和耐久性要求选择更适宜的防腐涂料和涂层体系。

11.4.6 钢结构非封闭内表面的重新涂装底漆宜采用适用于低表面处理的环氧底漆，并宜采用浅色高固体分或无溶剂环氧涂料。

11.5 修补涂装

11.5.1 当涂层因意外造成局部破坏或生锈部位应进行局部修补涂装。局部涂层严重损坏应及时清理后进行修补涂装。

11.5.2 修补涂装不应简单地选择采用旧涂层体系进行。应考虑涂层材料对施工条件、表面处理工艺等方面的影响，以及修补涂装与新建结构的差异，必要时可选用低表面处理涂料。并应符合本标准第 11.3.3 条有关相容性的规定。

11.5.3 修补涂装的涂料亦可参照表 11.5.3 选用。

表 11.5.3 修补涂装推荐表

涂料（涂层）名称	每道干膜最小厚度（ μm ）	涂装道数	总干膜最小厚度（ μm ）	适用环境
水性环氧富锌底漆	80	1	80	C1、C2 环境
水性环氧云铁中间漆	80	1	80	
水性聚氨酯面漆	40	2	80	
水性环氧富锌底漆	80	1	80	C1~C4 环境
水性环氧云铁中间漆	80	1	80	
水性氟碳面漆	30	2	60	

11.5.4 当桥梁钢结构表面出现局部损坏时，应先清理损坏区域周围松散的涂层，延伸至未损坏区域（50~80）mm，并修成坡口。然后根据 HG/T 4564 确定相应损坏面积的修补涂装方案，按原涂装体系逐层进行涂装：

1 当采用面积小于 2m² 小面积修补涂装方案时，表面处理应达到 Sa2½ 级或 St3 级。修补涂装方案宜采用低表面处理环氧涂料+面涂层。

2 当采用（2~5）m² 中等面积修补涂装方案时，表面处理应达到 Sa2½ 级。修补涂装方案可采用环氧富锌底漆+环氧云铁中间漆+面漆。

3 对于一般表面损坏的漆膜，如表面涂层老化但无锈蚀的部位，或碰撞部位，可施以轻微扫

砂、砂轮片打磨、钢丝刷拉毛处理,再修补涂层。修补涂层与周边涂层应充分重叠,重叠范围不应小于 50mm,并保持 45°左右斜度过渡。

4 因焊接、切割破坏的涂层部位,应在烧伤部位向外延伸(100~150)mm 施以喷砂处理至 Sa2½级,或动力打磨至 St3 级,再修补涂层。

5 对现场难以采用喷射清理达到 Sa2½级的除锈程度的局部损坏部位,宜采用低表面处理底漆。

11.5.5 修补涂装部位的干膜总厚度不应小于原涂装干膜的厚度。

11.6 其他

11.6.1 海洋大气腐蚀环境和工业大气腐蚀环境下的旧涂层须采用高压淡水清洁后,再喷砂除锈。

11.6.2 处于干湿交替区的桥梁钢结构构件,在水位变动情况下涂装时,应选择表面容忍性好、并能适应潮湿涂装环境的涂层体系。

11.6.3 处于水下区的桥梁钢结构构件在浸水状态下施工时应选择可水下施工、水下固化的涂层体系。

12 质量检测试验方法

12.1 表面处理

12.1.1 桥梁钢结构的初始涂装和重新涂装前,钢表面处理等级及粗糙度应达到以下标准:

1 表面处理等级应符合 GB/T 8923.1 的规定,用清洁度图谱对照检查。

2 表面粗糙度应符合 GB/T 13288.2 或 GB/T 13288.4 的规定,采用表面粗糙度比较样板或粗糙度测量仪检查。

3 表面灰尘清洁度应符合 GB/T 18570.3 的规定。

4 表面可溶性氯化物应符合 GB/T 18570.6 和 GB/T 18570.9 的规定。

12.1.2 钢表面油污检查可采用以下两种方法:

1 对非光滑的钢结构表面可采用粉笔试验法。在怀疑有油污污染的区域,用粉笔划一条直线贯穿油污区域。如果在该区域内,粉笔线条变细或变浅,说明该区域可能被油污污染。

2 对其他钢结构表面可采用醇溶液试验法。在怀疑有油污污染的部位,用蘸有异丙醇的脱脂棉球擦拭,并将异丙醇挤入透明的玻璃管中。加入(2~3)倍的蒸馏水,振荡混合约 20min。以相同体积的异丙醇蒸馏水溶液为参照,如果溶液呈混浊状,表明钢结构表面有油污污染。

12.1.3 桥梁钢结构杆件自由边缘应采取双侧倒弧的均匀涂装措施,可采用观察检查的方法,倒弧半径不应小于 2.0mm。

12.2 涂料和涂层配套体系

12.2.1 桥梁钢结构涂装前应对涂料的颜色、外观、性能以及涂层配套体系等主要技术指标进行试涂和检测。

12.2.2 涂料性能(除氟含量、贮存稳定性外)检测前应将多组分涂料按产品要求比例调制均匀。

12.2.3 涂料性能检测应符合下列要求:

1 涂料不挥发物含量测定应符合 GB/T 1725 的规定。

2 涂料不挥发物中金属锌含量测定应符合 HG/T 3668 的规定。

3 水性涂料挥发性有机化合物含量(VOC)测定应符合 GB/T 23986 的规定。

4 耐冻融性测定应符合 GB/T 9268—2008 A 法规定中的仅对含水组分的内容。

- 5 涂料细度测定应符合 GB/T 1724 的规定。
 - 6 涂料遮盖力测定应符合 GB/T 1726 的规定。
 - 7 涂料密度测定应符合 GB/T 6750 的规定。
 - 8 氟碳面漆主剂溶剂可溶物氟含量测定应符合 HG/T 3792 的规定。
 - 9 涂料贮存稳定性（沉降程度）测定仅对涂料主剂，并应符合 GB/T 6753.3 的规定。
 - 10 多组分涂料的适用期应按以下步骤，观察无凝胶现象的时间：
 - a) 采用至少 200g 的涂料主剂和其他组分按产品要求比例调制均匀；
 - b) 放入直径不小于 50mm、容积不小于 300ml 的容器中；
 - c) 在温度 $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $(50 \pm 5)\%$ 的条件下放置。
- 12.2.4 涂层配套体系主要技术指标检测应符合下列要求：
- 1 耐水性应符合 GB/T 1733 的规定。
 - 2 耐盐水性应符合 GB/T 9274 的规定。
 - 3 耐化学品性能应符合 GB/T 9274 的规定，使用 5%NaOH 和 5% H_2SO_4 水溶液。
 - 4 附着力应符合 GB/T 5210 的规定。
 - 5 耐盐雾性能应符合 GB/T 1771 的规定。
 - 6 人工加速老化性能应符合 GB/T 1865 或 GB/T 14522 的规定。
 - 7 涂层体系试验后，漆膜表面老化评判标准应符合 GB/T 1766 的规定。
- 12.3 涂层质量
- 12.3.1 桥梁钢结构在涂装施工中，应对各涂层的主要技术指标进行检测。
- 12.3.2 涂层主要技术指标检测方法和规定应满足以下要求：
- 1 涂层表面干燥时间应符合 GB/T 1728 甲法的规定。实干时间应符合 GB/T 1728 乙法的规定。
 - 2 涂层湿膜厚度应符合 GB/T 13452.2 方法 1 的规定。
 - 3 涂层干膜厚度用干漆膜测厚仪检测，应符合 GB/T 13452.2 磁性法的规定。
 - 4 涂层附着力可根据涂层特点选择下列适合的方法检测：
 - a) 石墨烯锌粉涂料或富锌底漆与钢板基体之间、涂层之间应采用拉开试验检测法：挑选一个表面没有缺陷或较少缺陷的区域，按 GB/T 5210 的规定进行。
 - b) 不适宜采用拉开试验检测法时，可采用胶带试验检测法：挑选一个表面没有缺陷或较少缺陷的区域，用锋利的刀片将涂层切割一个“X”切口，切口夹角为 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ ，然后把粘结强度为 $(10 \pm 1)\text{N}/25\text{mm}$ 胶带的中心点放在切口的交点上，并沿着较小的角向同一方向延伸，用手指将切口区域内的胶带压平，将胶带没有粘着的一端翻转到尽可能接近 180° 角的位置上，迅速地将胶带撕下。检查“X”切口区域涂层的剥落或分离情况。
 - c) 划格试验检测法：挑选一个表面没有缺陷或较少缺陷的区域，按 GB/T 9286 的规定进行。
 - 5 锌、铝涂层附着力应符合 GB/T 9793 中栅格试验法或拉伸试验法的规定。
 - 6 涂层颜色及外观质量采用目视法检测。
 - 7 涂层闪锈抑制性测定应符合 HG/T 5176 的规定。
 - 8 涂层弯曲性能测定应符合 GB/T 6742 的规定。
 - 9 涂层耐冲击性测定应符合 GB/T 1732 的规定。
 - 10 涂层硬度测定应符合 GB/T 6739 的规定。
 - 11 涂层早期耐水性测定应符合 HG/T 5176 的规定。
 - 12 涂层耐磨性测定应符合 GB/T 1768 的规定。
 - 13 摩擦面涂层抗滑移系数测定应符合 TB/T 2137 的规定。
 - 14 涂层耐湿热性测定应符合 GB/T 1740 的规定，检测时应按其中表 1 的涂装体系制备样板。

15 涂层耐碱性、耐酸性测定应符合 GB/T 9274 甲法（浸泡法）的规定，涂层应涂装 2 道，涂层厚度应符合 GB/T 9274 的规定。

16 涂层断裂伸长率测定应符合 GB/T 529 的规定。涂层要求制成自由膜，厚度 $(150 \pm 50) \mu\text{m}$ ，在温度 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $(50 \pm 5)\%$ 的条件下养护 7d，将涂层裁成 GB/T 529 规定的哑铃状 I 型试样，在 $(250 \pm 50) \text{ mm/min}$ 移动速度的试验机上进行测定。

17 涂层耐盐雾性测定应符合 GB/T 1771 的规定，涂层应涂装 2 道，涂层厚度应符合 GB/T 1771 的规定。试验结束后环氧富锌底漆样板表面可以有轻微起泡，见图 12.3.2A（轻微）。

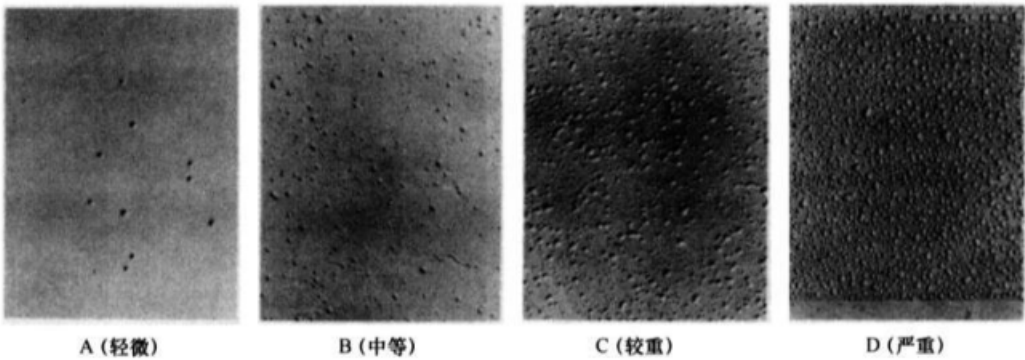


图 12.3.2 盐雾试验后样板表面漆膜起泡图例

18 涂层耐人工加速老化性能应采用以下方法检测：

- a) 灰铝粉石墨醇酸面漆涂层、水性聚氨酯面漆应符合 GB/T 1865 的规定。
- b) 水性氟碳面漆、氟碳面漆、石墨烯氟碳面漆、聚硅氧烷面漆、灰色丙烯酸脂肪族聚氨酯面漆的涂层应符合 GB/T 14522 - 2008 表 C.1 中第 7 暴露周期类型的规定。
- c) 试验结束后，涂层老化破坏按 GB/T 1766 保护性涂层综合老化性能等级进行评定。涂层综合老化性能包括：粉化、开裂、起泡、生锈和剥落。

13 质量验收规则

13.1 涂料

13.1.1 涂料应逐批进行进场检测。

13.1.2 涂料应对涂层性能进行型式检测。

13.1.3 涂料检测项目与检测频次应符合表 13.1.3 的规定。

表 13.1.3 检测项目与检测频次

序号	项目	进场检测		型式检测	
		内容	频次	内容	频次
1	容器中状态	✓	(1) 每批不大于 20t； (2) 批次仅限于同厂家、同品种	✓	(1) 任何新选厂家； (2) 转厂生产； (3) 生产材料和工艺有变化； (4) 正常生产每 3 年； (5) 各涂层来自不同厂家； (6) 用户对产品有要求
2	不挥发物含量	✓		✓	
3	不挥发物中金属锌含量	—		✓	
4	VOC 限量	—		✓	
5	基料中氟含量	✓		✓	
6	细度	✓		✓	

表 13.1.3 (续)

序号	项目	进场检测		型式检测	
		内容	频次	内容	频次
7	干燥时间	✓	(1) 每批不大于 20t; (2) 批次仅限于同厂家、同品种	✓	(1) 任何新选厂家; (2) 转厂生产; (3) 生产材料和工艺有变化; (4) 正常生产每 3 年; (5) 各涂层来自不同厂家; (6) 用户对产品有要求
8	硬度	✓		✓	
9	焊接与切割	—		✓	
10	弯曲与成型	—		✓	
11	耐冲击性	✓		✓	
12	弯曲试验	✓		✓	
13	附着力	✓		✓	
14	耐热性	—		✓	
15	闪锈抑制性	—		✓	
16	早期耐水性	—		✓	
17	耐盐雾性能	—		✓	
18	耐水性	—		✓	
19	耐磨性	—		✓	
20	耐人工加速老化	—		✓	
21	抗滑移系数	—		✓	
22	石墨烯材料的定性	—		✓	
23	施工性	—		✓	

13.1.4 闪锈抑制性、早期耐水性、耐水性、耐磨性、施工性等进场检测项目应为供应商保证项目。

13.1.5 防锈底漆耐盐雾性能和储存期、中间漆配套性能和储存稳定性、面漆耐人工老化性能和储存期、防锈防滑涂料耐盐雾性能、6 个月时的抗滑移系数和储存期等型式检测项目应为供应商保证项目。

13.2 涂装

13.2.1 涂装质量应以测量单元为单位进行验收。

13.2.2 测量单元可根据构件涂装面积按照以下规则予以划分：

- 1 10m²以下构件为一个测量单元。
- 2 10m²~30m²的构件以面积 10m²或长度 10m 为一个测量单元，不足部分单独为一个测量单元。
- 3 30m²~100m²的构件任意挑选三个 10m²作为三个测量单元。
- 4 100m²以上的构件按上述方法测量第一个 100m²，对于其余的每一个 100m²，任意选一个 10m²作为一个测量单元。

13.2.3 在涂装前应对钢表面除锈等级和粗糙度进行检测。每一个测量单元至少应随机均匀选取 5 个检测点。

13.2.4 在涂装过程中应对涂装作业环境的温度、相对湿度进行检测。

13.2.5 在涂装过程中应对每道涂层的厚度以及完整的涂装体系涂层厚度进行检测。每一个测量单

元应选取相距 50cm 以上的 3 个 10cm² 的基准表面。每一个基准表面随机均匀选取 5 处，每处的数值为 3 个相距 50mm 测点的算术平均值。

13.2.6 在涂装过程中，应根据本标准表 13.1.3 进场检测批的规定采用抽样方法对涂料完整涂装体系与钢板之间的附着力和涂层之间的附着力进行检测。每一个检验批随机选取 3 个检测点。

14 质量验收标准

14.1 涂料

14.1.1 涂料质量应满足本标准表 13.1.3 进场检测和型式检测规定项目所对应本标准附录 B 的性能指标要求。

14.1.2 涂料进场检测结果全部合格，则判整批涂料质量合格。检测结果有一项技术指标不合格时，应双倍抽样检测该项目，若仍不合格，则判该批不合格。

14.1.3 涂料供应厂家应提供国家认可检测机构出具的涂层性能合格的检测报告。

14.1.4 当各涂层采用不同厂家涂料时，应专门进行涂层性能的检测，并提供国家认可检测机构出具的相应涂层性能合格的检测报告。

14.1.5 检测结果中如有某项指标存在争议时，可在该批涂料中再随机抽取一个样品，重新进行检测。

14.2 涂装

14.2.1 涂装表面质量可采用观察检查的方法。杆件漆膜颜色应达到业主规定的色卡要求，不应误涂、漏涂。金属涂层表面应平整均匀，无明显色差，不应有起皮、剥落、鼓泡、流坠、大熔滴、松散粒子、裂纹、气孔、掉块、返锈等缺陷，允许有不影响防腐性能的轻微起皱、流挂、刷痕、结疤和少量杂质颗粒。

14.2.2 涂装过程检测时，根据桥梁构件特征分类，涂层厚度应满足本标准相应构件的规定，或达到设计要求。当检测结果全部合格时，则判整个测量单元合格。当涂层厚度检测结果不合格时，应双倍抽样重新检测，若仍不合格，则判该测量单元不合格。其中：

1 涂层厚度检测每 3 处基准表面、3 个测点中有 2 处（个）分别符合本标准规定或达到设计要求，另 1 处（个）不低于规定或设计要求的 80%，且最大厚度不超过本标准规定或设计要求的 3 倍，可判定该测量单元的涂层厚度为合格。

2 当每道干膜厚度达不到本标准规定或设计厚度要求时，应增加涂装道数；对不满足干膜厚度要求的杆件边棱和难以涂装的部位应加厚或加涂一道。

14.2.3 涂装过程检测时，涂层附着力检测结果全部合格，则判整批合格。当涂层附着力的检测结果不合格时，应双倍抽样重新检测，若仍不合格，则判该批不合格。检测结果应符合下列规定：

1 富锌底漆与钢板基体之间的附着力按照 GB/T 5210 采用拉开法检测法试验时，环氧富锌底漆检测结果不应小于 5MPa，无机富锌底漆检测结果不应小于 4MPa。

2 锌、铝涂层与钢板基体之间的附着力采用拉开法检测时，检测结果不应小于 6MPa。

3 附着力涂层之间附着力采用拉开试验检测法时，附着力不应小于 3MPa。当采用胶带划“X”试验检测法时，附着力应满足 1 级要求，试验后涂层的剥落或分离宽度在任一边上不应大于 2mm。

4 当附着力检测的 3 个检测点中有 2 个达到上述规定，另 1 个不低于规定的 80% 时，判定本检验批合格。

14.2.4 检测结果有一项指标不符合要求时，都应在现场处理至合格后方可进入下道工序。

14.2.5 维护性涂装的表面外观、涂层厚度和附着力检测等质量验收标准应与初始涂装一致。

15 标志或标签、包装、运输和贮存、构件标识

15.0.1 涂料产品应附有标志或标签，上面标明产品的标准号、型号、名称、净重量或净体积量、质量合格标记、生产厂厂名、厂址、生产日期、批号、配比、使用说明、安全标识等。

15.0.2 涂料的包装应符合 GB/T 13491 的规定。

15.0.3 涂料的运输和贮存应符合 HG/T 2458 的规定。贮存期由生产商根据产品要求制定，并在标志或标签上标明。

15.0.4 涂装完成后构件的标识和编号应清晰完整。标识可采用观察检查的方法。

15.0.5 构件的包装应在涂层干燥后进行。

16 涂装环保要求

16.0.1 涂装方案制定中应考虑实施的健康、安全和环境保护，保证在不危及自身和其他人员健康和安全的方式进行防腐蚀相关工作，确保工作过程符合所在国家（地区）关于健康、安全和环境保护方面的所有法定要求。

16.0.2 涂料产品的挥发性有机化合物含量（VOC）及其他有害物质含量的限量值要求应符合 GB 30981 标准的规定，并满足国家、地区的其他有关法律法规要求。

16.0.3 桥梁钢结构的防腐蚀涂装车间须封闭作业，并应符合 GB 7692 和 GB 20201 的规定。施工中废气的排放、固体废物的处置应达到国家和地方的相关标准。

16.0.4 现场进行涂装作业时，应符合以下规定：

- 1 应建立当地重要环境因素清单，并应编制具体的环境保护技术措施和处理方法。
- 2 保持施工现场清洁，对产生的所有废弃物应按环保法规要求分类，并送交有资质的企业处理。
- 3 施工现场严禁焚烧各类废弃物。

16.0.5 进行维护性涂装或修补涂装作业时，应符合以下规定：

- 1 充分考虑现场除锈和清除旧涂层、涂料调配、涂装施工、涂层干燥等对健康、安全和环保等特定因素的影响，专门研究满足环保要求的实施方案。
- 2 选用水性涂料等低 VOC 涂料，并满足国家、地方对维修用涂料 VOC 排放量的限量值标准要求。

附录 A
(规范性)
腐蚀环境分类

A.1 大气环境

大气腐蚀环境分级见表 A.1。

表 A.1 大气腐蚀环境分级和典型环境示例

腐蚀等级	单位表面的质量损失（暴露一年后）				温和气候外部典型环境和地区示例 （仅作参考）
	低碳钢		锌		
	质量损失 （g/m ² ）	厚度损失 （μm）	质量损失 （g/m ² ）	厚度损失 （μm）	
C1（很低）	≤10	≤1.3	≤0.7	≤0.1	—
C2（低）	>10~200	>1.3~25	>0.7~5	>0.1~0.7	低污染水平的大气，大部分是乡村地带，如内蒙古、新疆、甘肃、青海、宁夏、陕西、辽宁、吉林、黑龙江
C3（中等）	>200~400	>25~50	>5~15	>0.7~2.1	城市和工业大气，中等二氧化硫污染以及低含盐分的沿海区域及沙漠地区，如西藏、四川、浙江，以及新疆、甘肃、青海、宁夏、内蒙古、陕西、辽宁、吉林、黑龙江等地区的沙漠地带
C4（高）	>400~650	>50~80	>15~30	>2.1~4.2	工业区域，中等含盐分的沿海区域，如湖北、北京
C5（很高）	>650~1500	>80~200	>30~60	>4.2~8.4	高湿度和腐蚀大气的工业区域，高含盐分的沿海区域，如山东青岛、重庆
CX（极端）	>1500~5500	>200~700	>60~180	>8.4~25	具有高含盐分的海上区域，具有极端湿度和严重侵蚀的工业区域，亚热带和热带大气，如海南、云南、贵州、广东

注：评估腐蚀等级时尚应考虑平均湿润时间、SO₂年平均浓度、氯化物年平均沉降量等综合作用。

A.2 浸水和土壤环境

浸水和土壤腐蚀使用环境分类见表 A.2。

表 A.2 浸水和土壤腐蚀使用环境分类

分类	使用环境	环境和结构的案例
Im1	淡水	内陆淡水河流上的桥梁结构，如江西、湖南、江苏、内蒙古
Im2	海水或微咸水	没有阴极保护的水下桥梁钢结构，如河北、辽宁、山东、江苏淮盐、台湾
Im3	土壤	埋入土壤的桥梁基础用钢桩、钢管
Im4	海水或微咸水	带有阴极保护的水下桥梁钢结构基础

注：对于类别 Im1 和 Im3，如果采用阴极保护，可通过涂料体系测试方法进行相应的性能测试。

附录 B
(规范性)

桥梁钢结构常用涂料技术要求和试验方法

B.1 醇酸（酚醛）底漆和醇酸面漆

桥梁钢结构用醇酸（酚醛）底漆和醇酸面漆技术要求和试验方法见表 B.1。

表 B.1 醇酸（酚醛）底漆和醇酸面漆技术要求和试验方法

序号	性能项目		技术指标		试验方法
			醇酸（酚醛）底漆	醇酸面漆	
1	容器中状态		搅拌混合后无硬块，呈均匀状态		目测
2	不挥发物含量（%）		≥ 60	≥ 50	GB/T 1725
3	细度（ μm ）		≤ 50	≤ 20	GB/T 1724
4	遮盖力（ g/m^2 ）		—	白色 ≤ 200 ，灰色 ≤ 45 ， 黑色 ≤ 40	GB/T 1726
5	干燥时间	表干（h）	≤ 5	≤ 8	GB/T 1728
		实干（h）	≤ 24	≤ 18	
6	附着力（划格）（级）		≤ 1		GB/T 9286
7	弯曲试验（mm）		≤ 2		GB/T 6742
8	耐盐雾性能（h）		≥ 500	—	GB/T 1771
9	耐人工气候老化性（200h）		—	不起泡、不开裂、不剥落、不粉化，变色 ≤ 2 级，失光 ≤ 3 级	GB/T 1865 方法一循环 A； 结果评定按 GB/T 1766

B.2 单组分水性底漆和单组分水性面漆

单组分水性底漆和单组分水性面漆技术要求和试验方法见表 B.2。

表 B.2 单组分水性底漆和单组分水性面漆技术要求和试验方法

序号	性能项目		技术指标		试验方法
			单组分水性底漆	单组分水性面漆	
1	漆膜颜色和外观		漆膜平整、光滑、圆润		目测
2	不挥发物含量（%）		≥50	≥50	GB/T 1725
3	细度（μm）		≤50	≤40	GB/T 1724
4	冻融稳定性		无明显返粗、无沉淀、无胶凝、无结块		GB/T 9268 B 法
5	干燥时间	表干（h）	≤1		GB/T 1728
		实干（h）	≤16		
6	耐水性（48h）		—	不起泡、不起皱、不脱落	GB/T 1733
7	附着力（级）		≤1		GB/T 9286

表 B.2 (续)

序号	性能项目	技术指标		试验方法
		单组分水性底漆	单组分水性面漆	
8	弯曲试验 (mm)	≤ 2		GB/T 6742
9	耐冲击性 (cm)	≥ 50		GB/T 1732
10	VOC 限量 (g/L)	≤ 150	≤ 150	GB/T 23986 - 2009 中 10.3
11	耐盐雾性能 (h)	≥ 500	—	GB/T 1771
12	耐人工气候加速老化 (300h)	—	不起泡、不开裂、不脱落, 变色 ≤ 2 级, 粉化 ≤ 2 级	GB/T 14522, 评定按 GB/T 1766

B.3 水性环氧富锌底漆、水性环氧磷酸锌底漆

桥梁钢结构用水性环氧富锌底漆、水性环氧磷酸锌底漆技术要求和试验方法见表 B.3。

表 B.3 水性环氧富锌底漆、水性环氧磷酸锌底漆技术要求和试验方法

序号	项目		技术指标		试验方法
			水性环氧富锌底漆	水性环氧磷酸锌底漆	
1	容器中状态		搅拌均匀后无硬块，呈均匀状态		目测
2	不挥发物中金属锌含量（%）		≥70	—	HG/T 3668
3	不挥发物含量（%）		≥75	≥55	GB/T 1725
4	细度（μm）		—	≤50	GB/T 1724
5	闪锈抑制性		正常		HG/T 5176-2017 中 6.4.9
6	干燥时间	表干（h）	≤2		GB/T 1728
		实干（h）	≤24		
7	早期耐水性		无异常		HG/T 5176-2017 中 6.4.11
8	附着力（拉开法）（MPa）		≥5		GB/T 5210
9	弯曲试验（mm）		—	≤2	GB/T 6742
10	耐冲击性（cm）		—	≥50	GB/T 1732
11	VOC 限量（g/L）		≤200	≤100	GB/T 23986-2009 中 10.3
12	耐水性 [漆膜厚度（50±5）μm， 漆膜养护 14d，放置 水中 240h]		—	耐水后放置 24h 后测 定漆膜划格法附着力不 大于 1 级	GB/T 1733
13	耐盐雾性 [膜厚 （90±10）μm， 漆膜养护 14d]		1000h 耐盐雾性试验 后未划痕部位涂层不起 泡、不剥落、不生锈、 不开裂，划痕处单向扩 蚀≤2mm	300h 耐盐雾性试验 后未划痕部位涂层不起 泡、不剥落、不生锈、 不开裂；划痕处单向扩 蚀≤2mm	GB/T 1771

B.4 环氧磷酸锌底漆

桥梁钢结构用环氧磷酸锌底漆技术要求和试验方法见表 B.4。

表 B.4 桥梁钢结构用环氧磷酸锌底漆技术要求和试验方法

序号	性能项目		技术指标	试验方法
1	在容器中的状态		搅拌后无硬块，呈均匀状态	目测
2	不挥发物含量 (%)		≥ 60	GB/T 1725
3	干燥时间	表干 (h)	≤ 2	GB/T 1728
		实干 (h)	≤ 12	
4	附着力 (MPa)		≥ 5	GB/T 5210
5	VOC 限量 (g/L)		≤ 250	GB/T 23985 - 2009 中 8.3 且符合 GB/T 35602
6	耐盐雾性能 (h)		≥ 500	GB/T 1771
7	施工性		施工无障碍，封孔效果好	目测

B.5 低表面处理环氧底漆

低表面处理环氧底漆技术要求和试验方法见表 B.5。

表 B.5 低表面处理环氧底漆技术要求和试验方法

序号	性能项目		技术指标	试验方法
1	在容器中的状态		搅拌后无硬块，呈均匀状态	目测
2	不挥发物含量 (%)		≥ 80	GB/T 1725
3	干燥时间	表干 (h)	≤ 4	GB/T 1728
		实干 (h)	≤ 24	
4	附着力 (MPa)	喷砂钢板	≥ 8	GB/T 5210
		除锈钢板	≥ 3	
5	VOC 限量 (g/L)		≤ 250	GB/T 23985 - 2009 中 8.3
6	弯曲试验 (mm)		≤ 2	GB/T 6742
7	耐盐雾性能 (h)		≥ 500	GB/T 1771
8	与旧漆膜相容性		无开裂、咬底等不良现象， 拉拔附着力 $\geq 3\text{MPa}$	目视和 GB/T 5210

B.6 富锌底漆

桥梁钢结构用富锌底漆（含溶剂型与水性无机富锌底漆）技术要求和试验方法见表 B.6。

表 B.6 桥梁钢结构用富锌底漆技术要求和试验方法

序号	性能项目	技术指标		试验方法
		无机富锌底漆 ¹	环氧富锌底漆	
1	容器中状态	搅拌均匀后无硬块，呈均匀状态；粉料呈微小均匀粉末状态		目测

表 B.6（续）

序号	性能项目		技术指标		试验方法
			无机富锌底漆 ¹	环氧富锌底漆	
2	不挥发物中金属锌含量（%）		≥80 ²	≥75	HG/T 3668
3	耐热性 ³ （℃）		400℃，1h 漆膜完整，允许变色	250℃，1h 漆膜完整，允许变色	GB/T 1735
4	不挥发物含量（%）		≥75	≥80	GB/T 1725
5	干燥时间	表干（h）	≤0.5	≤1	GB/T 1728
		实干（h）	≤8	≤12	
6	附着力（拉开法）（MPa）		≥3	≥5	GB/T 5210
7	耐冲击性（cm）		—	≥50	GB/T 1732
8	VOC 限量（g/L）		≤480（溶剂型）	≤350（溶剂型）	GB/T 23985 - 2009 中 8.3
			≤50（水性）	≤200（水性）	GB/T 23986 - 2009 中 10.3
9	抗滑移系数 ⁴	初始时	≥0.55	—	GB 50205
		安装时（6 个月内）	≥0.45		
10	耐盐雾性能（h）		≥1000	≥1000	HG/T 3668

注¹：无机富锌底漆包括溶剂型无机富锌底漆和水性无机富锌底漆；
注²：无机富锌底漆用于防滑摩擦面时，不挥发物中金属锌含量≥70%；
注³：耐热性能为用于钢桥面的富锌类防锈底漆的检测项目；
注⁴：抗滑移系数为用于抗滑移摩擦面的无机富锌涂料检测项目。

B.7 石墨烯锌粉涂料（底漆）

桥梁钢结构用石墨烯锌粉涂料（底漆）技术要求和试验方法见表 B.7。

表 B.7 桥梁钢结构用石墨烯锌粉涂料（底漆）技术要求和试验方法

序号	性能项目		技术指标		试验方法
			无机石墨烯锌粉涂料	环氧石墨烯锌粉涂料	
1	容器中状态		搅拌均匀后无硬块，呈均匀状态；粉料呈微小均匀粉末状态		目测
2	不挥发物中金属锌含量（%）		≥30		HG/T 3668
3	耐热性 ¹ （℃）		400℃，1h 漆膜完整，允许变色	250℃，1h 漆膜完整，允许变色	GB/T 1735
4	不挥发物含量（%）		≥70	≥80	GB/T 1725
5	干燥时间	表干（h）	≤1	≤2	GB/T 1728
		实干（h）	≤8	≤24	
6	附着力（拉开法）（MPa）		≥5		GB/T 5210
7	耐冲击性（cm）		—	50	GB/T 1732

表 B.7 (续)

序号	性能项目	技术指标		试验方法
		无机石墨烯锌粉涂料	环氧石墨烯锌粉涂料	
8	VOC 限量 (g/L)	≤480 (溶剂型)	≤350 (溶剂型)	GB/T 23985 - 2009 中 8.3
		≤50 (水性)	≤200 (水性)	GB/T 23986 - 2009 中 10.3
9	耐盐雾性能	3000h 划痕处单向扩蚀 ≤1.5mm, 未划痕区不起泡、不生锈、不开裂、不剥落	2000h 划痕处单向扩蚀 ≤1.5mm, 未划痕区不起泡、不生锈、不开裂、不剥落	HG/T 3668
10	石墨烯材料的定性	含有石墨烯材料		HG/T 5573 - 2019 附录 A

注¹：耐热性能为用于钢桥面的富锌类防锈底漆的检测项目。

B.8 水性环氧云铁中间漆和水性聚氨酯面漆

水性环氧云铁中间漆和水性聚氨酯面漆技术要求和试验方法见表 B.8。

表 B.8 水性环氧云铁中间漆和水性聚氨酯面漆技术要求和试验方法

序号	性能项目		技术指标		试验方法
			水性环氧云铁中间漆	水性聚氨酯面漆	
1	容器中状态		搅拌均匀后无硬块，呈均匀状态		目测
2	不挥发物含量（%）		≥60	≥45	GB/T 1725
3	细度（μm）		—	≤30	GB/T 1724
4	干燥时间	表干（h）	≤2		GB/T 1728
		实干（h）	≤24		
5	早期耐水性		无异常		HG/T 5176 - 2017 中 6.4.11
6	附着力（拉开法）（MPa）		≥5		GB/T 5210
7	弯曲试验（mm）		≤2		GB/T 6742
8	耐冲击性（cm）		≥50		GB/T 1732
9	VOC 限量（g/L）		≤100	≤200	GB/T 23986 - 2009 中 10.3
10	耐水性 [漆膜厚度（50±5）μm； 漆膜养护 14d，240h]		不起泡、不剥落、不生锈、不开裂		GB/T 1733
11	耐人工加速老化 （紫外灯）		—	500h，漆膜不起泡、 不剥落、不粉化。白色 和浅色 ¹ 变色≤1 级，失 光≤2 级；其他颜色变 色≤2 级，失光≤2 级	GB/T 14522，结果评定按 GB/T 1766

注¹：浅色是指以白色涂料为主要成分，添加适量色浆后配制成的浅色涂料形成的涂膜所呈现的浅颜色，按 GB/T 15608 的规定明度值为 6~9（三刺激值中的 $Y_{DS} \geq 31.26$ ）。

B.9 环氧中间漆（含厚浆漆）

环氧中间漆技术要求和试验方法见表 B.9。

表 B.9 环氧中间漆技术要求和试验方法

序号	项目		技术指标		试验方法
			环氧云铁中间漆、 环氧厚浆漆	超强耐磨环氧厚浆漆、 环氧玻璃鳞片漆	
1	在容器中的状态		搅拌后无硬块，呈均匀状态		目测
2	不挥发物含量（%）		≥80		GB/T 1725
3	干燥时间	表干（h）	≤4		GB/T 1728
		实干（h）	≤24		
4	弯曲试验（mm）		≤2		GB/T 6742
5	耐冲击性（cm）		≥50		GB/T 1732
6	附着力（拉开法）（MPa）		≥5	≥10	GB/T 5210
7	耐磨性（CS-10， 1000r/1000g）（g）		—	≤0.1	GB/T 1768
8	VOC 含量（g/L）		≤250		GB/T 23985 - 2009 中 8.3

B.10 丙烯酸脂肪族聚氨酯面漆

丙烯酸脂肪族聚氨酯面漆技术要求及试验方法见表 B.10。

表 B.10 丙烯酸脂肪族聚氨酯面漆技术要求及试验方法

序号	性能项目		技术指标	试验方法
1	容器中状态		搅拌混合后无硬块、呈均匀状态	—
2	不挥发物含量（铝粉漆、珠光漆除外）（%）		≥ 65	GB/T 1725
3	细度（铝粉漆、珠光漆除外）（ μm ）		≤ 30	GB/T 1724
4	干燥时间	表干（h）	≤ 2	GB/T 1728
		实干（h）	≤ 24	
5	弯曲试验（mm）		≤ 2	GB/T 6742
6	耐冲击性（cm）		≥ 50	GB/T 1732
7	耐磨性（CS-10，500r/500g）（g）		≤ 0.05	GB/T 1768
8	铅笔硬度（擦伤）		$\geq 2\text{H}$	GB/T 6739
9	划格试验（级）（间距 1mm）		≤ 1	GB/T 9286
10	附着力（MPa）		≥ 5	GB/T 5210
11	VOC 限量（g/L）		≤ 380	GB/T 23985 - 2009 中 8.3
12	耐人工加速老化	紫外灯	1000h，漆膜不起泡、不剥落、不粉化。白色和浅色 ¹ 变色 ≤ 1 级，失光 ≤ 2 级；其他颜色变色 ≤ 2 级，失光 ≤ 2 级	GB/T 14522，结果评定按 GB/T 1766

注¹：浅色是指以白色涂料为主要成分，添加适量色浆后配制成的浅色涂料形成的涂膜所呈现的浅颜色，按 GB/T 15608 的规定明度值为 6~9（三刺激值中的 $Y_{D65} \geq 31.26$ ）。

B.11 水性氟碳面漆

水性氟碳面漆技术要求和试验方法见表 B.11。

表 B.11 水性氟碳面漆技术要求和试验方法

序号	性能项目		技术指标	试验方法
1	不挥发物含量 (%)		≥ 45	GB/T 1725
2	细度 (μm)		≤ 30	GB/T 1724
3	基料中氟含量 (%)		≥ 20	HG/T 3792 – 2014 附录 A
4	干燥时间	表干 (h)	≤ 2	GB/T 1728
		实干 (h)	≤ 24	
5	弯曲试验 (mm)		≤ 2	GB/T 6742
6	耐冲击性 (cm)		≥ 50	GB/T 1732
7	耐磨性 (CS-10, 500r/500g) (g)		≤ 0.05	GB/T 1768
8	硬度		≥ 0.6	GB/T 1730
9	附着力 (MPa)		≥ 5	GB/T 5210
10	VOC 限量 (g/L)		≤ 200	GB/T 23986 – 2009 中 10.3
11	耐人工加速老化	紫外灯	1000h, 漆膜不起泡、不剥落、不粉化。白色和浅色 ¹ 变色 ≤ 1 级, 失光 ≤ 2 级; 其他颜色变色 ≤ 2 级, 失光 ≤ 2 级	GB/T 14522, 结果评定按 GB/T 1766

注¹: 浅色是指以白色涂料为主要成分, 添加适量色浆后配制成的浅色涂料形成的涂膜所呈现的浅颜色, 按 GB/T 15608 的规定明度值为 6~9 (三刺激值中的 $Y_{T65} \geq 31.26$)。

B.12 氟碳面漆

氟碳面漆技术要求和试验方法见表 B.12。

表 B.12 氟碳面漆技术要求和试验方法

序号	性能项目		技术指标		试验方法
			氟碳面漆	石墨烯氟碳面漆	
1	不挥发物含量（%）		≥60		GB/T 1725
2	细度（μm）		≤30		GB/T 1724
3	主剂溶剂可溶物氟含量（%）		≥22		HG/T 3792 - 2014 附录 A, TB/T 1527
4	干燥时间	表干（h）	≤2		GB/T 1728
		实干（h）	≤24		
5	弯曲试验（mm）		≤2		GB/T 6742
6	耐冲击性（cm）		≥50		GB/T 1732
7	耐磨性（CS-10, 500r/500g）（g）		≤0.05		GB/T 1768
8	拉断伸长率（%）		≥50		GB/T 528

表 B.12 (续)

序号	性能项目	技术指标		试验方法
		氟碳面漆	石墨烯氟碳面漆	
9	硬度	≥ 0.6		GB/T 1730
10	附着力 (MPa)	≥ 5		GB/T 5210
11	VOC 限量 (g/L)	≤ 420		GB/T 23985 – 2009 中 8.3
12	耐人工加速老化 ¹ (h)	3000, 0 级, 保光率 $\geq 80\%$	3000, 0 级, 保光率 $\geq 90\%$	GB/T 14522 – 2008 中 表 C.1 第 7 类暴露周期
13		6000, 0 级, 保光率 $\geq 80\%$	6500, 0 级, 保光率 $\geq 90\%$	

注¹: 可根据桥梁涂装保护年限需求选择不同的耐人工加速老化指标。本表序号 12 的耐久性年限为 25 年, 序号 13 的耐久性年限为 50 年。

B.13 聚硅氧烷面漆

聚硅氧烷面漆技术要求及试验方法见表 B.13。

表 B.13 聚硅氧烷面漆技术要求及试验方法

序号	性能项目		技术指标	试验方法
1	容器中状态		搅拌混合后无硬块、呈均匀状态	—
2	不挥发物含量 (%)		≥ 75	GB/T 1725
3	细度 (μm)		≤ 30	GB/T 1724
4	基料中硅氧键含量 (%)		≥ 15	HG/T 4755 附录 B
5	干燥时间	表干 (h)	≤ 4	GB/T 1728
		实干 (h)	≤ 12	
6	弯曲试验 (mm)		≤ 2	GB/T 6742
7	耐冲击性 (cm)		≥ 50	GB/T 1732
8	铅笔硬度 (擦伤)		$\geq 2H$	GB/T 6739
9	耐磨性 (500r/500g) (g)		≤ 0.04	GB/T 1768
10	附着力 (MPa)		≥ 5	GB/T 5210
11	VOC 限量 (g/L)		≤ 320	GB/T 23985 – 2009 中 8.3
12	耐人工加速老化 (紫外灯)		3000h, 漆膜不起泡、不剥落、 不粉化。白色和浅色 ¹ 变色 ≤ 1 级, 失光 ≤ 2 级; 其他颜色变色 ≤ 2 级, 失光 ≤ 2 级	GB/T 14522 – 2008 中表 C.1 第 7 类暴露周期, 结果评定按 HG/T 4755

注¹: 浅色是指以白色涂料为主要成分, 添加适量色浆后配制成的浅色涂料形成的涂膜所呈现的浅颜色, 按 GB/T 15608 的规定明度值为 6~9 (三刺激值中的 $Y_{D65} \geq 31.26$)。

B.14 环氧 (聚氨酯) 封闭漆

环氧 (聚氨酯) 封闭漆技术要求和试验方法见表 B.14。

表 B.14 环氧(聚氨酯)封闭漆技术要求及试验方法

序号	性能项目	技术指标	试验方法
1	在容器中状态	搅拌后无硬块, 呈均匀状态	目测
2	不挥发物含量 (%)	50~70	GB/T 1725
3	黏度, ISO-4 号杯 (秒)	45~60	GB/T 6753.4
4	细度 (μm)	≤ 60	GB/T 1724
5	干燥时间	表干 (h)	GB/T 1728
		实干 (h)	
6	弯曲试验 (mm)	≤ 2	GB/T 6742
7	冲击强度 (cm)	≥ 50	GB/T 1732
8	附着力 (MPa)	≥ 5	GB/T 5210

B.15 水性丙烯酸涂料

水性丙烯酸涂料技术要求及试验方法见表 B.15。

表 B.15 水性丙烯酸涂料技术要求及试验方法

序号	性能项目		技术指标				试验方法
			单组分		双组分		
			底涂层	面涂层	底涂层	面涂层	
1	容器中状态		搅拌混合后无硬块、呈均匀状态				—
2	储存稳定性 [(50±5)℃/7d]		无异常				HG/T 4758
3	不挥发物含量		≥75				GB/T 1725
4	细度 (μm)		—	≤40	—	≤30	GB/T 1724
5	干燥时间	表干 (h)	≤2				GB/T 1728
		实干 (h)	≤24				
6	弯曲试验 (mm)		≤2				GB/T 6742
7	耐冲击性 (cm)		≥40				GB/T 1732
8	划格试验 (级) (划格间距 1mm)		1				GB/T 9286
9	铅笔硬度 (擦伤)		—	≥2B	—	≥B	GB/T 6739
10	耐水性		24h 不起泡, 不脱落, 允许轻微变色		96h 不起泡, 不脱落, 允许轻微变色		GB/T 1733
11	耐盐水性 (3%NaCl 溶液)		96h 不起泡, 不生锈, 允许轻微变色		—		GB/T 9274 - 1988 中 5.4, 结果评定按 GB/T 1766
12	耐盐雾性		—		48h 无起泡、生锈、开裂、剥落等现象		GB/T 1771, 结果评定按 GB/T 1766
13	耐人工加速老化 (紫外灯)		500h, 漆膜不起泡、不开裂、不剥落。白色和浅色 ¹ 变色≤2级, 失光≤2级; 其他颜色变色商定, 失光≤2级				GB/T 1865 - 2009 方法 1 中 循环 A, 结果评定按 GB/T 1766

注¹: 浅色是指以白色涂料为主要成分, 添加适量色浆后配制成的浅色涂料形成的涂膜所呈现的浅颜色, 按 GB/T 15608 的规定明度值为 6~9 (三刺激值中的 $Y_{D65} \geq 31.26$)。

B. 16 悬索桥主缆用磷化底漆和环氧底漆

悬索桥主缆用磷化底漆和环氧底漆技术要求和试验方法见表 B. 16。

表 B. 16 悬索桥用磷化底漆和环氧底漆技术要求和试验方法

序号	性能项目		技术指标		试验方法
			磷化底漆 ¹	环氧底漆	
1	细度 (μm)		≤ 35	≤ 60	GB/T 1724
2	弯曲试验 (mm)		≤ 1	≤ 1	GB/T 1731
3	耐冲击性 (cm)		≥ 50	≥ 50	GB/T 1732
4	干燥时间	表干 (h)	≤ 0.25	≤ 2	GB/T 1728
		实干 (h)	≤ 24	≤ 24	
5	附着力 (级)		1	1	GB/T 1720
6	耐水性		3h 漆膜不起泡、不剥落、无锈蚀	168h 漆膜不起泡、不剥落、无锈蚀	GB/T 1733
7	耐盐水性				GB/T 9274

注¹：采用铝板制备漆膜。其中柔韧性采用 50mm×120mm×0.2mm 的铝箔制备漆膜。

B. 17 非硫化型橡胶密封剂

悬索桥主缆用非硫化型橡胶密封剂的技术要求和试验方法见表 B. 17。

表 B. 17 非硫化型橡胶密封剂技术要求和试验方法

序号	性能项目	技术指标		试验方法
		磷化底漆 ¹	环氧底漆	
1	外观	均质膏状物	黑色无杂质的腻子或胶带	JT/T 694 - 2007 附录 B
2	密度 (g/cm^3)	≤ 3.8	—	JT/T 694 - 2007 附录 B
3	不挥发物含量 (%)	≥ 85	—	JT/T 694 - 2007 附录 B
4	锥入度 (0.1mm)	260~340	50~90	GB/T 269
5	耐热性	试样经 90℃ 耐热试验后，不应流淌、不结皮	试样经耐热试验后，不应流淌、不脆裂，表面不结皮、不起泡	JT/T 694 - 2007 附录 B
6	耐低温性	试样经耐 -40℃ 低温试验后，弯曲 180° 不应开裂	试样经耐 -40℃ 低温试验后，弯曲 180° 应不断不裂	JT/T 694 - 2007 附录 B
7	黏附率 (%)	≥ 90	—	JT/T 694 - 2007 附录 B
8	耐盐雾性 (7d)	经中性盐雾试验后，被密封膏包覆的表面应无腐蚀缺陷	—	JT/T 694 - 2007 附录 B
9	常温剪切强度 (MPa)	—	≥ 0.02	JT/T 694 - 2007 附录 C
10	耐水性	—	试样经耐水试验后，胶带表面不开裂、不粉化，与基材不失去黏附力	JT/T 694 - 2007 附录 C
11	储存期 (-5~20)℃	2 年		JT/T 694 - 2007

注¹：采用铝板制备漆膜。其中柔韧性采用 50mm×120mm×0.2mm 的铝箔制备漆膜。

B. 18 硫化型橡胶密封剂

悬索桥主缆用硫化型橡胶密封剂的技术要求和试验方法见表 B. 18。

表 B. 18 硫化型橡胶密封剂技术要求和试验方法

序号	性能项目		技术指标	试验方法
1	外观		基膏为白色黏稠体，硫化膏为黑色膏状物，混合后为驼灰色	目视法
2	密度 (g/cm ³)		≤1.65	GB/T 533
3	不挥发份含量 (%)		≥97	HB 6743
4	活性期 (h)		0.5~8	JT/T 694 - 2007 手挑法 ¹
5	不黏期 (h)		8~24	HB 5242
6	流淌期 (mm)		≤10	HB 5243
7	拉伸性能	拉伸强度 (MPa)	≥2.5	HB 5246
		扯断伸长率 (%)	≥250	GB/T 528
8	热空气老化性能 (120℃×7d)	拉伸强度 (MPa)	≥2.0	HB 5246
		扯断伸长率 (%)	≥150	HB 5247
9	粘结性能 (kN/m)	与磷化底漆和环氧底漆； 与镀锌钢板；与丙烯酸聚氨酯或氟碳面漆	≥4	HB 5249
10	耐腐蚀性		将铝、钢、钛等金属及双金属试样全浸入 3%氯化钠盐水中 60℃×20d，金属表面不腐蚀，密封剂不变质	HB 5273

注¹：将混炼好的密封剂置于清洁的聚乙烯薄膜或其他适用的板材上，在标准条件下，用细棍每隔 15min 以 (10~20) cm/s 的速度挑拉一次，直至密封剂出现明显回弹时，即为活性期终点。记录密封剂从混合到终点所经历的时间，即为活性期。

B. 19 悬索桥主缆用丙烯酸聚氨酯面漆和氟碳面漆

悬索桥主缆用丙烯酸聚氨酯面漆和氟碳面漆技术要求和试验方法见表 B. 19。

表 B. 19 悬索桥主缆用丙烯酸聚氨酯面漆和氟碳面漆技术要求和试验方法

序号	性能项目		技术指标		试验方法
			丙烯酸聚氨酯面漆	氟碳面漆	
1	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
2	固体含量（%）		≥55		GB/T 1725
3	细度（μm）		≤35		GB/T 1724
4	干燥时间	表干（h）	≤1		GB/T 1728
		实干（h）	≤24		
5	弯曲试验（mm）		≤1		GB/T 1731

表 B. 19 (续)

序号	性能项目	技术指标		试验方法
		丙烯酸聚氨酯面漆	氟碳面漆	
6	耐冲击性 (cm)	≥ 50		GB/T 1732
7	拉伸伸长率 (%)	≥ 50		GB/T 528
8	耐水性 (h)	72h 漆膜无变化		GB/T 1733
9	耐盐水性 (h)	72h 漆膜无变化		GB/T 9274
10	耐磨性 (1kg • 500r) (g)	≤ 0.06		GB/T 1768
11	耐酸性 (10% H_2SO_4) (h)	168h 漆膜无异常		GB/T 9274
12	耐碱性 (10% NaOH) (h)			
13	主剂溶剂可溶物氟含量 (%)	—	≥ 22	HG/T 3792
14	耐人工加速老化 (h)	1000	3000	GB/T 1865

B. 20 聚硫型橡胶密封剂

聚硫型橡胶密封剂的技术要求和试验方法见表 B. 20。

表 B. 20 聚硫型橡胶密封剂技术要求和试验方法

序号	性能项目		技术指标	试验方法
1	下垂度 (mm)		≤ 3	GB/T 13477. 6
2	不挥发物含量 (%)		≥ 97	GB/T 2793
3	表干时间 (h)		≤ 24	GB/T 13477. 5
4	适用期 (h)		≥ 2	GB/T 13477. 3
5	弹性恢复率 (%)		≥ 70	GB/T 13477. 17
6	拉伸模量 (MPa)	23℃	≤ 0.4	GB/T 13477. 8
		-20℃	≤ 0.6	
7	粘结强度 (kN/m)	与磷化底漆和环氧底漆；与镀锌钢板；与丙烯酸聚氨酯或氟碳面漆		HB 5249
8	耐腐蚀性		将铝、钢、钛等金属及双金属试样全浸入 3% 氯化钠盐水中 60℃ × 20d，金属表面不腐蚀，密封剂不变质	HB 5273

B. 21 钢结构连接板缝高耐久密封胶

钢结构连接板缝高耐久密封胶的技术要求和试验方法见表 B. 21。

表 B. 21 钢结构连接板缝高耐久密封胶技术要求和试验方法

序号	性能项目	技术指标	试验方法
1	表干时间 (h)	≤ 2	GB/T 13477. 5
2	质量损失率 (%)	≤ 5	GB/T 13477. 19

表 B.21 (续)

序号	性能项目		技术指标	试验方法
3	弹性恢复率 (定伸 150%) (%)		≥ 85	GB/T 13477.17
4	拉伸模量 (MPa)	23℃	≤ 0.4	GB/T 13477.8
		-20℃	≤ 0.6	
5	拉伸强度 (MPa)	23℃	≥ 0.8	GB/T 16777
		-20℃	≥ 2.0	GB/T 16777
		热老化 (80℃) 336h 后	≥ 0.6	GB/T 16777
		碱处理 336h 后	≥ 0.6	GB/T 16777
		紫外处理 336h 后	≥ 0.6	GB/T 16777
6	断裂伸长率 (%)	23℃	≥ 600	GB/T 16777
		-20℃	≥ 400	GB/T 16777
		热老化 (80℃) 336h 后	≥ 400	GB/T 16777
		碱处理 336h 后	≥ 400	GB/T 16777
		紫外处理 336h 后	≥ 400	GB/T 16777
7	粘结强度 (kN/m)	与磷化底漆和环氧底漆; 与镀锌钢板; 与耐候钢	≥ 4	HB 5249
8	耐腐蚀性		将铝、钢、钛等金属及双金属试样全浸入 3% 氯化钠盐水中 60℃ × 20d, 金属表面不腐蚀, 密封剂不变质	HB 5273

B.22 环氧粉末涂料

钢桥附属构件用环氧粉末底涂层的技术要求和试验方法见表 B.22。

表 B.22 钢桥附属构件用环氧粉末底涂层技术要求和试验方法

序号	性能项目	技术指标	试验方法
1	粉末外观	色泽均匀, 粉状, 无结块	目测
2	涂膜外观	平滑	GB/T 6554
3	颜色	目测一致	GB/T 9761 GB/T 11186.2
4	冲击强度 (cm)	≥ 50	GB/T 1732
5	杯突试验 (mm)	≥ 6	GB/T 9753
6	弯曲试验 (mm)	≤ 5	GB/T 1731
7	附着力 (划格法) (级)	≤ 1	GB/T 9286
8	铅笔硬度	$\geq H$	GB/T 6739
9	耐碱性 (5%NaOH, 168h)	无异常	GB/T 9274
10	耐酸性 (3%HCl, 168h)	无异常	GB/T 9274
11	连续冷凝试验 (1000h)	无异常	GB/T 13893

B.23 氟碳粉末涂料

钢桥附属构件用氟碳粉末面涂层的技术要求和试验方法见表 B.23。

表 B.23 钢桥附属构件用氟碳粉末面涂层技术要求和试验方法

序号	性能项目	技术指标	试验方法
1	粉末外观	色泽均匀, 粉状, 无结块	目测
2	粒径分布	商定	GB/T 21782.13
3	密度	商定	GB/T 21782.3
4	流动性 (g)	120~180	GB/T 21782.5
5	溶剂可溶物中氟含量 (%)	≥ 3	T/CSTM 00222
6	涂层外观	正常	GB/T 37356
7	光泽 (60°)	商定	GB/T 9754
8	附着力 (拉开法) (MPa)	≥ 5	GB/T 5210
9	弯曲试验 (mm)	≤ 6	GB/T 6742
10	杯突试验 (mm)	≥ 5	GB/T 9753
11	耐冲击性 (正向冲击) (cm)	≥ 30	GB/T 1732
12	铅笔硬度 (擦伤)	$\geq H$	GB/T 6739
13	耐磨性 (1000g/1000r) (mg)	≤ 60	GB/T 1768
14	耐碱性 (5%NaOH, 168h)	无异常	GB/T 9274
15	耐酸性 (3%HCl, 168h)	无异常	GB/T 9274
16	连续冷凝试验 (1000h)	无异常	GB/T 13893
17	耐人工气候老化性 (UVB, 2000h)	白色和浅色 ¹ : 变色 ≤ 1 级, 失光 ≤ 2 级, 无粉化、起泡、开裂、剥落等异常现象; 其他色: 变色 ≤ 2 级, 失光 ≤ 2 级, 无粉化、起泡、开裂、剥落等异常现象	GB/T 23987
18	盐雾试验 ² (2000h)	不起泡, 不生锈, 不开裂, 不剥落	GB/T 1771

注¹: 浅色是指以白色涂料为主要成分而配制成的浅色涂料形成的涂膜所呈现的浅颜色, 按 GB/T 15608 的规定明度值为 6~9 (三刺激值中的 $Y_{DS} \geq 31.26$)。

注²: 盐雾试验使用底材为钢板, 除按 GB/T 9271 中规定处理外, 还需经磷化处理, 经磷化处理后的磷化板按 GB/T 1771 进行 2h 盐雾试验应无破坏, 样品的盐雾试验需配套环氧底涂和氟碳面涂, 再按 GB/T 1771 的方法实施。

B.24 钢桥用车间底漆

钢桥用车间底漆技术要求和试验方法见表 B.24。

表 B.24 钢桥用车间底漆技术要求和试验方法

序号	性能项目	技术指标		试验方法
		含锌车间底漆	不含锌车间底漆	
1	容器中状态	搅拌均匀后无硬块, 呈均匀状态		目测
2	不挥发物含量 (%)	≥ 50	≥ 40	GB/T 1725

表 B. 24 (续)

序号	性能项目	技术指标		试验方法
		含锌车间底漆	不含锌车间底漆	
3	不挥发物中锌含量 (%)	30~50	—	HG/T 3668
4	VOC 限量 (g/L)	≤650 (溶剂型)		GB/T 23985 - 2009 中 8.3
		≤50 (水性)	≤80 (水性)	GB/T 23985 - 2009 中 8.4
5	表干时间 (min)	≤5		GB/T 1728
6	焊接与切割	合格		GB/T 6747
7	弯曲与成型	合格		GB/T 6747

附录 C
(规范性)
露点温度换算表

表 C 露点温度换算表

相对湿度 (%)	环境温度 (°C)									
	—5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
95	—6.5	—1.3	3.5	8.2	13.3	18.3	23.2	28.0	33.0	38.2
90	—6.9	—1.7	3.1	7.8	12.9	17.9	22.7	27.5	32.5	37.7
85	—7.2	—2.0	2.6	7.3	12.5	17.4	22.1	27.0	32.0	37.1
80	—7.7	—2.8	1.9	6.5	11.5	16.5	21.0	25.9	31.0	36.2
75	—8.4	—3.6	0.9	5.6	10.4	15.4	19.9	24.7	29.6	35.0
70	—9.2	—4.5	—0.2	4.6	9.1	14.2	18.5	23.3	28.1	33.5
65	—10.0	—5.4	—1.0	3.3	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	—15.9	—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	—4.7	—0.8	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

注：表中未列的环境温度和相对湿度可采用插入法取值。

附录 D
(资料性)
桥梁钢管桩结构阴极保护设计要求

D.1 一般规定

- D.1.1 桥梁的钢管桩结构可采用牺牲阳极的阴极保护技术与钢管桩防腐蚀涂装技术联合进行防腐蚀保护。用于钢管桩的防腐蚀涂层需进行耐阴极剥离试验。
- D.1.2 钢管桩牺牲阳极的施工可按设计要求采用短路电焊焊接或螺栓连接，连接部位均应满足连接的长期性能稳定与防腐蚀密封。
- D.1.3 桥梁钢管桩结构牺牲阳极的阴极保护技术示意图见图 D.1.3。

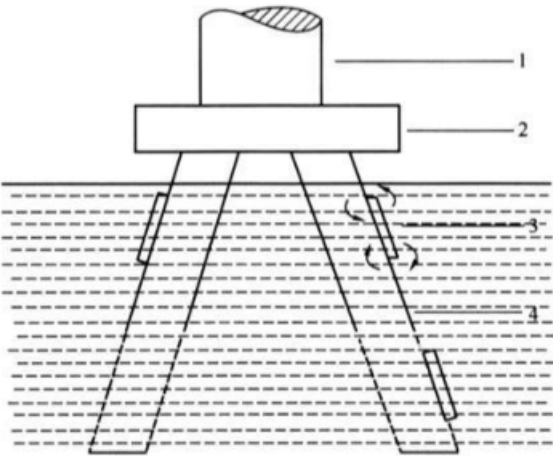


图 D.1.3 桥梁钢管桩结构牺牲阳极的阴极保护技术示意图
1—桥墩；2—承台；3—牺牲阳极；4—钢管桩

D.2 材料

- D.2.1 牺牲阳极材料性能的检测项目检测方法应符合表 D.2.1 的规定，检测结果应满足设计要求。

表 D.2.1 牺牲阳极材料的检测项目和检测方法

检测项目	检测方法
尺寸	(1) 铝合金牺牲阳极按 GB/T 4948 执行 (2) 锌合金牺牲阳极按 GB/T 4950 执行 (3) 镁合金牺牲阳极 GB/T 17731 执行
重量	
表面质量	
化学成分	
电化学性能	
阳极体与铁芯的接触电阻	

- D.2.2 牺牲阳极的铁芯结构应能保证在整个使用期与阳极体的电连接，并能承受自重和使用环境的荷载作用，铁芯埋设方式和接触电阻应符合设计要求。
- D.2.3 牺牲阳极储存和搬运过程中应避免受到污染和损坏。

D.3 施工

D.3.1 钢结构的电连接可采用直接电焊连接，所用的材料和施工方式应满足设计要求；可采用目视检查所有连接点和外露部位，其电阻值应小于 0.01Ω 。

D.3.2 电连接的外露部位应采用适当的防腐蚀措施。

D.3.3 牺牲阳极安装应均匀分布，位置应符合设计要求，阳极安装标高与设计标高允许偏差为 $\pm 200\text{mm}$ ；调整后的阳极安装标高必须满足以下要求：

- 1 阳极体顶标高至少在设计低水位以下 1.2m 。
- 2 阳极体底标高高于海泥面以下 1.0m 。

D.3.4 牺牲阳极安装前，阳极焊脚安装处的钢管桩表面应进行表面处理，该处钢管桩表面应无油漆、海生物等附着物。

D.3.5 牺牲阳极安装方式应符合设计要求，其安装方式可采用短路电焊焊接或螺栓连接。

D.3.6 牺牲阳极短路电焊连接采用水下电焊连接时，施工应符合下列规定：

- 1 水下电焊焊接作业人员应取得水下作业焊接合格证书。
- 2 水下电焊宜采用湿法焊接。
- 3 水下电焊应进行焊接工艺评定，施工应制定焊接作业规程。
- 4 焊缝长度、焊缝高度、水下焊条及焊接工艺应满足设计要求。
- 5 焊接应牢固，焊缝饱满。无虚焊。
- 6 焊接前应对阳极铁芯两端焊脚校正，使其与被焊脚钢结构贴合紧密。

D.3.7 牺牲阳极安装短路螺栓连接施工应符合下列规定：

- 1 螺栓连接应满足牺牲阳极在有效使用期内与被保护钢结构之间的连接电阻应不大于 0.01Ω 。
- 2 钢结构上的安装板和螺栓的材质应与阳极铁脚材质相同。
- 3 安装板和螺栓的外露面应采取适当的防腐蚀措施。

D.3.8 牺牲阳极的工作面不得粘有油漆和油污。

D.3.9 牺牲阳极施工过程应填写施工记录。

D.4 检测与验收

D.4.1 进场牺牲阳极检测应符合下列规定：

- 1 进场阳极应检查产品出厂合格证和材料检测报告。
- 2 阳极化学成分和电化学性能检测应在现场取样送检。检测数量每批次不得少于 1.5% ，且不得少于 1 件。
- 3 阳极尺寸、重量和表面状态应现场抽样检查。检查数量每批次不得少于 5% ，且不得少于 3 件。
- 4 当抽样检测结果有一项指标不合格时，应对该批次阳极中再任取双倍数量的试样进行该不合格项目的复验；试验结果应全部合格，否则应判定该批次产品质量不合格。

D.4.2 牺牲阳极短路电焊焊接、螺栓连接检测应符合下列规定：

- 1 阳极短路电焊焊接应采用水下摄像或其他水下成像技术测定焊缝长度、高度及连续性。检查数量应为总数的 $5\% \sim 10\%$ ，且不得少于 3 块。
- 2 阳极螺栓连接应采用扭力扳手或其他测量紧固工具，并配合水下摄像或其他水下成像技术检测螺栓紧固情况。检查数量应为总数的 $5\% \sim 10\%$ ，且不得少于 3 块。
- 3 阳极安装质量检测应满足下列要求：
 - a) 水下检查有一块牺牲阳极安装检测项目不合格，再按双倍抽样进行复验；
 - b) 复验结果仍不合格，对所有阳极安装质量全面检测，检查不合格项立即采取补救措施。