

T/CUPTA

中国城市公共交通协会团体标准

T/CUPTA XXXX—2025

桥梁隧道混凝土结构用防腐耐污涂层技术要求

Technical requirements for anti - corrosion and anti - fouling coatings for concrete structures of bridges and tunnels

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 涂层防腐条件	1
4.1 腐蚀因素	1
4.2 防腐类型	2
4.3 防腐寿命	2
5 涂层体系技术要求	2
5.1 设计要求	2
5.2 性能要求	3
5.3 涂料要求	3
6 施工条件	3
6.1 施工企业	3
6.2 涂料材料	3
6.3 施工准备	3
7 混凝土结构施工要求	3
7.1 混凝土表面要求	3
7.2 除油	4
7.3 表面打磨或喷砂处理	4
7.4 表面缺陷处理	4
7.5 钢筋头处理	4
8 涂装施工要求	4
8.1 涂装方法	4
8.2 涂装准备	4
8.3 施工环境	4
8.4 混凝土基面涂装预处理	5
8.5 涂装	5
8.6 涂层修补	5
8.7 涂膜养护	6
9 涂装施工质量控制	6
9.1 混凝土表面处理	6
9.2 涂装施工	6
9.3 涂层厚度	6
9.4 附着力	6
9.5 干燥状态	6
9.6 涂膜表面状态检查	6

10	工程质量检验与验收	6
10.1	工程质量检验项目	7
10.2	工程质量验收	8
11	涂层管理与维修	9
12	安全、卫生与环境保护	9
12.1	安全、卫生	9
12.2	环境保护	9
附录 A (规范性)	防腐耐污涂料涂层体系	10
附录 B (规范性)	无机纳米陶瓷涂料性能要求	12
B.1	组成	12
B.2	要求	12
附录 C (资料性)	混凝土基层预处理性能要求	14

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中宜硅材（苏州）纳米新材料科技有限公司提出。

本文件由中国城市公共交通协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

桥梁隧道混凝土结构用防腐耐污涂层技术要求

1 范围

本文件规定了桥梁索道混凝土结构用防腐耐污涂层技术的防腐条件、涂层体系技术要求、施工条件、混凝土结构施工要求、涂装施工要求、涂装施工质量控制、工程质量检验与验收、涂层管理与维修以及安全、卫生与环境保护。

本文件适用于高架桥新建、在建项目，已建项目防撞墙的涂装改造，其他可参照执行。

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 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 1733 漆膜耐水性测定法
- GB/T 1741 漆膜耐霉菌性测定法
- GB/T 1865 色漆和清漆 人工气候老化和人工辐射曝露 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
- GB/T 6739 色漆和清漆 铅笔法测定漆膜硬度
- GB 7691 涂装作业安全规程 安全管理通则
- GB 8624 建筑材料及制品燃烧性能分级
- GB/T 9755 合成树脂乳液外墙涂料
- GB/T 9274 色漆和清漆 耐液体介质的测定
- GB/T 9780 建筑涂料涂层耐沾污性试验方法
- GB 18582 建筑用墙面涂料中有害物质限量
- GB/T 29756 干混砂浆物理性能试验方法
- GB 50212 建筑防腐蚀工程施工规范
- HG/T 4755 聚硅氧烷涂料
- JC/T 2326 建筑用找平砂浆
- JG/T 210 建筑内外墙用底漆
- JT/T 695—2007 混凝土桥梁结构表面涂层防腐技术条件
- JTG/T J22—2008 公路桥梁加固设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

水性无机纳米陶瓷膜 *water-based inorganic nano-ceramic coating*

新型的环保涂层材料，以水为溶剂或分散介质，将无机纳米陶瓷颗粒均匀分散在其中，并通过特定的成膜工艺在物体表面形成具有陶瓷特性的涂层。

4 涂层防腐条件

4.1 腐蚀因素

引起桥梁、隧道混凝土结构腐蚀的主要因素包括：

- a) 混凝土中性化;
- b) 氯离子侵蚀;
- c) 酸雨腐蚀;
- d) 冻融作用;
- e) 微生物腐蚀;
- f) 冲蚀作用;
- g) 水和氧的作用。

4.2 防腐类型

4.2.1 大气腐蚀

4.2.1.1 按照大气相对湿度和大气污染类型将大气腐蚀环境分为 4 种类型：弱腐蚀（I）、中腐蚀（II）、强腐蚀（III-1）、强腐蚀（III-2）。

4.2.1.2 大气腐蚀环境种类和环境特征见表 1。

表1 大气环境腐蚀性分类和典型环境案例

腐蚀类型		腐蚀环境	
等级	名称	相对湿度/（年平均）（%）	大气环境
I	弱腐蚀	<60	乡村大气、城市大气或工业大气
		60~75	乡村大气或城市大气
II	中腐蚀	>75	乡村大气或城市大气
		60~75	工业大气
III-1	强腐蚀	>75	工业大气，特别是酸雨大气
III-2	强腐蚀	-	海洋大气，除冰盐或高盐土环境

注1：某些特殊腐蚀环境和交叉腐蚀负荷作用下，腐蚀加剧。
注2：海洋大气环境下，随湿度、温度的增大，腐蚀加剧。

4.2.2 浸水腐蚀

4.2.2.1 按浸水腐蚀环境分为两种类型：淡水（Im1），海水或盐水（Im2）。

4.2.2.2 浸水分三个区域：

- 水下区：长期浸泡在水下的区域；
- 水位变动区：由于自然或人为因素水面处于不断变化的区域；
- 浪溅区：由于波浪和飞溅弄湿的区域。

注：水下区腐蚀作用弱，水位变动区和浪溅区比大气区具有更强的腐蚀作用。

4.3 防腐寿命

4.3.1 涂层体系防腐年限分为两类：普通型（M），10 年；长效型（H），20 年。

4.3.2 混凝土结构的涂层体系防腐寿命主要取决于下列几种因素：

- 使用环境；
- 基体状况；
- 涂层体系；
- 表面处理效果；
- 施工工艺。

5 涂层体系技术要求

5.1 设计要求

5.1.1 依据腐蚀环境和涂层防腐年限设计混凝土表面涂层体系，满足附录 A 的要求。

5.1.2 依据防腐寿命影响因素，涂层体系厚度可在一定范围内调整。设计最低涂层厚度不低于附录 A 中给出的厚度值的 90%。涂层体系中涂层膜厚均为干膜厚度。

5.2 性能要求

5.2.1 涂层体系的基本性能要求应满足 JT/T 695—2007 内 5.2.1、5.2.3 的要求。

5.2.2 涂层体系的特殊性能要求应满足 A 级防火、耐盐雾 4200 h、耐磨 50000 次、耐强酸强碱、耐污指数 60、硬度指数 $\geq 3H$ 等耐污染可自洁性能。

5.3 涂料要求

5.3.1 基本要求

涂料基本要求应满足 JT/T 695—2007 中 5.3.1 要求。

5.3.2 性能要求

5.3.2.1 涂层主要材质为水性无机纳米陶瓷膜，无机纳米陶瓷涂料性能满足附录 B 的要求。

5.3.2.2 底漆对混凝土基材应具有良好的润湿性、渗透性、耐碱性和附着力。

5.3.2.3 中间漆应具有良好的屏蔽性能。

5.3.2.4 面漆应具有相应的耐候性，还应具有耐洗刷性、耐沾污性、耐污渍性、耐霉菌性。

5.3.2.5 配套的各涂料的涂膜应具有相容性。

6 施工条件

6.1 施工企业

6.1.1 施工企业应具有防腐保温二级及以上资质。特种作业人员应具备相应资格。

6.1.2 施工单位通过 ISO 9001 质量保证体系认证，具备安全生产许可证，具备保证工程安全、质量的能力。

6.2 涂料材料

6.2.1 涂料材料运抵现场后，应由施工单位、监理现场取样后送至国家认证认可监督管理委员会认可的涂料检测机构进行第三方检测，合格后方可使用。

6.2.2 涂料材料存放地点应满足国家有关的消防要求，并且干燥通风，避免阳光直射，其储存温度应介于 3℃~40℃ 之间。涂料应按品种、批号、颜色分别堆放，标识清楚。

6.3 施工准备

6.3.1 施工单位应根据投标承诺和现场具体情况编制“施工组织设计”。

6.3.2 施工单位会同材料供应商对施工人员进行技术交底和相应的安全、环保教育。

6.3.3 施工单位不应随意变更涂料的品种以及施工方案。当有特殊情况需要变更时，变更方案不应降低设计使用年限和工程质量，并经监理工程师和业主批准后方可实行。

6.3.4 施工前应对检测仪器和计量工具进行校验，并对施工设备以及用具进行检验，确保相应设备以及用具满足使用要求以及安全要求。

6.3.5 施工前混凝土基层的龄期不应少于 28 d。

6.3.6 正式涂装前应根据涂层体系由施工单位组织施工人员按工序要求进行“小区”试验，以评价施工工艺的可行性，确定施工工艺参数、涂料用量等。小区试验选择典型部位，涂装面积为 7 m²~20 m²。

6.3.7 针对混凝土构件情况，设计适用于混凝土表面处理、涂装及质量检查的工作平台。工作平台应便于施工操作，并且应安全、牢固、可移动和拆装方便。

7 混凝土结构施工要求

7.1 混凝土表面要求

7.1.1 混凝土表面应牢固、不开裂、不掉粉、不起砂、不空鼓、无剥离等；混凝土表面应清洁，表面

无灰尘、无浮浆、无油污、无油漆、无霉点、无盐类析出物和无苔藓等污染物及其他松散附着物。

7.1.2 控制混凝土表面 pH 值为中性（pH 值为 7 至 8）；混凝土表面含水量应小于 6%。

7.2 除油

用碱性洗涤剂或碳酸钠溶液清洗油污，再用高压水枪（压力800公斤）冲洗至pH值到中性（pH值为7至8）。油污渗入混凝土内部时，应采用热碱液浸渍，并用高压水枪冲洗。

7.3 表面打磨或喷砂处理

可采用喷砂或手工打磨等方法将混凝土表面的浮灰、浮浆、夹渣以及疏松部位清理干净。

7.4 表面缺陷处理

混凝土表面缺陷及裂缝处理按照JTG/T J22—2008中6.2.1.3相关规定执行。

7.5 钢筋头处理

钢筋头处理按照JTG/T J22—中6.2.1.4相关规定执行。

8 涂装施工要求

8.1 涂装方法

8.1.1 刷涂

用刷子蘸漆涂刷在被涂物表面的一种涂装方法。用于难以涂装部位的预涂装和补涂，比如蜂窝、凹角和凸沿等。

8.1.2 辊涂

利用蘸涂料的辊子在工件表面滚动的涂装方法。辊子的类型和尺寸应与工作面相适应。

8.1.3 喷涂

8.1.3.1 通过喷枪或碟式雾化器，借助压力或离心力，分散成均匀而微细的雾滴，施涂于被涂物表面的涂装方法。通常包括低压空气喷涂、无气喷涂、空气辅助型无气喷涂等。

8.1.3.2 采用喷涂施工时，涂料黏度、喷涂压力、喷嘴类型、喷嘴与工作面距离以及喷涂扇面等参数应按说明书进行核对验证。

8.1.4 刮涂

刮涂用于找平施工，适用于修补表面缺陷。

8.2 涂装准备

8.2.1 涂料的品种、型号、规格应符合施工技术条件的规定，不应使用超过保质期的产品。

8.2.2 根据施工要求选择适当的涂装工具。

8.2.3 涂装前应将产品搅拌至完全均匀，如发现漆皮或颗粒，则应使用 80 目~120 目筛网过滤。

8.2.4 采用双组份产品时，使用前应将主料搅匀后再按比例混合均匀；混合好的产品需按照产品说明书的规定熟化。

8.2.5 根据不同的施工方式以及现场环境条件调节涂料施工黏度，调节黏度应使用清水，清水的用量不超过说明书的最大用量。

8.3 施工环境

8.3.1 温度为 5℃~38℃，空气相对湿度为 85%以下，混凝土结构应干燥，表面应清洁。在雨、雾、雪、风和较大灰尘的条件下，不应实施户外施工。

8.3.2 表湿区涂装环境条件应按涂料产品说明书规定执行。

8.3.3 涂装作业中如有下雨迹象，应提前对已施工部分采取避雨、避风的保护措施。下雨应立刻停止作业，否则提前搭建遮雨棚进行保护作业。

8.3.4 找平砂浆施工养护时，如遇夏天超过 38℃ 高温天气，应适当增加砂浆洒水养护的次数，防止砂浆速干开裂。

8.4 混凝土基面涂装预处理

8.4.1 混凝土表面按第 7 章要求处理完成后，再在混凝土表面涂覆封闭漆或界面剂，后用聚合物水泥找平砂浆填补并打磨平整，要求如下：

——混凝土基面刷涂界面剂可改善混凝土基层的表面性能。基层清洁后，采用滚筒涂刷或机械喷涂的方法涂刷均匀，厚度不低于 0.5 mm，界面剂性能参数见附录 C.1；

——防腐蚀涂装所用找平砂浆的附着力应不小于 0.5 MPa。找平砂浆总厚度不应大于 5 mm，第 1 道找平砂浆为找平作用，厚度无特殊要求，第 1 遍找平后，再采用第 2 遍整体批刮收光，两遍间隔时间为 1 d~2 d，砂浆收光后，应无明显批刀痕迹，表面平整无瑕疵。找平砂浆施工完毕后，隔天进行洒水养护，养护 3 d~7 d。找平砂浆性能参数见附录 C.2。

8.4.2 处理好的混凝土基面宜在一周内涂覆封闭底漆。

8.5 涂装

8.5.1 涂装底漆

喷涂或滚涂施工、不可兑水。涂覆应均匀，不应有漏刷、露底现象。干燥时间大于 12 h 后可进行下一道工序施工。

8.5.2 涂装中间漆

8.5.2.1 中间涂装前，底涂层的流挂应打磨平整。油漆应搅拌均匀，兑水比例按产品说明执行，喷涂或滚涂施工，干燥时间应大于 12 h 后方可进行下一道工序施工，中间漆涂刷完 24 h 内，应无明水接触。

8.5.2.2 漆膜要求光滑平整，光泽均匀一致，不应有漏涂、裂纹、气泡、流挂、针孔等缺陷，涂膜厚度满足要求。

8.5.3 涂装面漆

8.5.3.1 面漆涂装前，底涂层的流挂应打磨平整。油漆应搅拌均匀，兑水比例按产品说明执行，喷涂或滚涂施工，面漆涂刷完 24 h 内，应无明水接触。

8.5.3.2 漆膜要求光滑平整，色泽均匀一致，不应有漏涂、裂纹、气泡、针孔等缺陷，厚度满足要求。同一工作面同一颜色时，应选用相同批号的涂料。

8.5.4 涂装间隔时间

涂层之间的涂装间隔参照使用说明书和施工环境温度确定。达到最小涂装间隔时间后进行涂装，并应在上一道涂层的重涂间隔时限内完成。超过最大涂装间隔时，应进行打磨处理（用 300 目~400 目砂轮打磨至涂层表面发白，打磨无死角，目视光泽统一），浮灰去除干净后，再次涂装。推荐的涂装间隔时间如表 2 所示。

表 2 涂装间隔时间参考值

序号	涂装工序名称	适宜环境条件下距上道工序的时间间隔			备注
		最佳施工时间	最小间隔时间	最大间隔时间	
1	混凝土基层	-	-	-	施工环境温度 5℃~38℃，相对 湿度<85%。
2	界面剂	-	-	-	
3	找平砂浆	24 h	12 h	48 h	
4	无机底漆	3 d	1 d	-	
5	无机中间漆	24 h	12 h	7 d	
6	无机面漆	12 h	6 h	7 d	
注：同一涂装工序的涂装间隔时间参照使用说明书和施工环境温度确定。					

8.6 涂层修补

涂层进行大面积修补应需重新进行表面处理及涂装。涂层进行小面积修补应按照下面操作顺序进行：

- 干燥修补部位；
- 清洁修补区域，进行除油除灰工作；
- 修补区域表面需打磨；
- 使用砂浆填补时，应先涂界面剂，再用砂浆填补，打磨，然后在砂浆上涂刷底漆，之后涂刷中间漆和面漆。要多施工几道，确保达到规定涂膜厚度。

8.7 涂膜养护

- 8.7.1 涂装完成后，涂膜需经过规定的养护时间后方可投入使用。养护期间，涂膜没有完全固化，要避免造成涂膜损伤的行为。
- 8.7.2 涂料实干前，不应淋雨或直接浸水以及接触其他腐蚀介质。
- 8.7.3 表湿区施工的涂料涂装后，可经过短暂的空气固化后浸水。

9 涂装施工质量控制

9.1 混凝土表面处理

- 9.1.1 混凝土表面应牢固、不开裂、不掉粉、不起砂、不空鼓、无剥离等。
- 9.1.2 混凝土表面应清洁，表面无灰尘、无浮浆、无油漆、无霉点、无盐类析出物和无苔藓等污染物及其他松散附着物。
- 9.1.3 控制混凝土表面 pH 值为中性（pH 值为 7 至 8）。
- 9.1.4 混凝土表面含水量应小于 6%。

9.2 涂装施工

涂装施工过程中应随时注意涂层湿膜的表面状况，当发现漏涂、流挂等情况时，应及时进行处理。

9.3 涂层厚度

施工时应随时用湿膜厚度计检查湿膜厚度，以控制涂层的最终厚度及其均匀性。涂装完成 7d 后，应进行涂层干膜厚度测定，检测方法如下：

- 无损型涂层测厚仪方法。按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术平均值代表涂层的平均干膜厚度；
- 随炉件法。在同批检验区域内，将 0.5 mm×50 mm×100 mm 白铁皮三块粘结于混凝土表面，随检验批一起施工，涂装完 7 d 后用磁性测厚仪测定白铁皮上的干膜厚度，可视为混凝土基面的涂装厚度。

9.4 附着力

附着力采用 GB/T 5210 中拉拔法测定涂层附着力，且应满足涂层附着力要求。

9.5 干燥状态

依据 GB/T 1728 中指触法测定漆膜表面干燥时间，采用压棉球法、刀片法测定实际干燥时间。漆膜干燥时间应满足表 B.1、表 B.2、表 B.3 的要求。

9.6 涂膜表面状态检查

采用目视比较法进行表面检查，具体如下：

- 涂膜是否自然形成一个整体平面而无可见的凹坑、凸起等机械变形；
- 涂膜表面是否光滑、平整，肉眼观察没有漆雾、漆渣等异物；
- 涂膜表面是否有皱纹、缩孔、针孔等各种施工缺陷，边角部位漆膜包覆是否良好；
- 漆膜颜色是否均匀，光泽是否正常，在自然光线下是否有异常现象。

10 工程质量检验与验收

10.1 工程质量检验项目

10.1.1 基本要求

- 10.1.1.1 混凝土表面含水率应小于 6%。
- 10.1.1.2 所使用的涂料产品应具备质量合格证明文件，包括产品合格证、检验报告等，其性能指标应符合设计要求和相关标准规定。同时，涂料的型号、规格、生产厂家应与设计文件一致。
- 10.1.1.3 涂料品种和质量（涂料颜色、外观、粘度、细度、干燥时间和附着力）符合设计要求。
- 10.1.1.4 涂料配合比、配制方法和涂刷间隔时间符合设计要求。
- 10.1.1.5 涂层应附着牢固，无起泡、开裂、剥落和漏涂等现象。
- 10.1.1.6 损坏涂层应按涂装工艺分层修补，修补后的涂层应完整一致，附着良好。

10.1.2 实测项目

10.1.2.1 混凝土表面处理

10.1.2.1.1 混凝土表面处理实测项目见表 3。

表3 混凝土表面处理实测项目

检查项目	规定值或允许偏差	检验方法和频率	检测项目得分	权重
混凝土表面平整度	6 mm	2 m直尺和楔形塞尺检查：当混凝土表面处理面积小于100 m ² 时，应抽检3处；当混凝土表面处理面积不小于100 m ² 时，每增加100 m ² ，应多抽检1处；每处测点不少于3个。	检查项目合格率×10	1

10.1.2.1.2 检查项目合格率见公式（1）。

$$T = \frac{C_j}{C_q} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：
 T——检查项目合格率，%；
 C_j——检查合格的点（组）数；
 C_q——该检查项目的全部检查点（组）数。

10.1.2.2 防腐蚀涂层

防腐蚀涂层实测项目见表4。

表4 防腐蚀涂层实测项目

检查项目	规定值或允许偏差	检验方法和频率	检测项目的得分	权重
涂层厚度	涂层平均厚度应不小于设计涂层厚度，90%的测点应大于设计涂层厚度，且最小实测厚度不小于设计规定厚度的90%。	检测方法常用有无损型涂层测厚仪方法和随炉件法两种。每一检测单位面积为10m ² ，对于面积不超过100m ² 的结构，应抽检3个检测单元；对于面积超过100m ² 的结构，每增加100m ² 应多抽检1个检测单元。	涂层平均厚度不小于设计涂层厚度，90%的测点大于设计涂层厚度，且最小实测厚度不小于设计规定厚度的90%时为75分；全部测点的厚度均不小于设计规定厚度时为100分；其余采用内插值。	2

10.1.2.3 耐污染性测试

测试耐污染性方式包括但不限于：
 ——用水性白板笔在防撞墙上任意书写，用湿毛巾擦拭；

——用废机油倒在防撞墙上，用湿毛巾擦拭。

10.1.2.4 自清洁测试

日常用的陈醋、番茄酱、老抽等喷洒在防撞墙上，用淋水壶模拟雨水冲洗。

10.1.2.5 硬度测试

用3H的中华铅笔在面漆上进行划擦，检查是否刮破。

10.1.3 外观鉴定

采用目视比较法进行表面检查，具体如下：

- a) 涂膜是否自然形成一个整体平面而无可见的凹坑、凸起等机械变形；
- b) 涂膜表面是否光滑、平整，肉眼观察没有漆雾、漆渣等异物；
- c) 涂膜表面是否有皱纹、缩孔、针孔等各种施工缺陷，边角部位漆膜包覆是否良好；
- d) 漆膜颜色是否均匀，光泽是否正常，在自然光线下是否有异常现象。

10.1.4 质量保证资料

涂装工程质量检验和验收时承包商应提供以下资料：

- a) 设计文件或设计变更文件；
- b) 涂料出厂合格证、质量检验报告（质量保证书）或复验报告，进场验收记录；
- c) 混凝土表面处理 and 检验记录；
- d) 涂料施工记录；
- e) 修补和返工记录；
- f) 其他涉及涂层质量的相关记录。

10.2 工程质量验收

10.2.1 验收要求

涂层验收宜在涂装完成后7 d后、14 d内进行，可按涂层分项、分部工程进行验收：

- 涂层分项工程可分为：材料、混凝土表面处理、涂装、涂层厚度、涂层黏结强度等；
- 涂层分部工程可分为：外防撞墙、内防撞墙等。

10.2.2 工程质量评分

10.2.2.1 工程评分值满分为100分，按混凝土表面处理（见表3）和防腐蚀涂层（见表4）两个项目的权重，采用加权平均法计算，见公式（1）。

$$\bar{G} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i G_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- \bar{G} ——工程得分；
- W_i ——是第*i*个数据对应的权重；
- G_i ——第*i*个检查项目得分。

10.2.2.2 外观鉴定中，存在外观缺陷的，每项减1分~3分。

10.2.2.3 资料不全者应予以减分，减分幅度视资料不全情况，每项减1分~3分。

10.2.2.4 存在外观缺陷或资料不全时，应予以减分，工程评分值见公式（2）。

$$P = D - Q - Z \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- P——工程评分值；
- D——工程得分；
- Q——外观缺陷减分；
- Z——资料不全减分。

10.2.3 工程质量评定

- 10.2.3.1 施工资料和图表残缺, 缺乏最基本的数据, 或有伪造涂改者, 不予检验和评定。
- 10.2.3.2 评分值 ≥ 75 分者为合格, < 75 分者为不合格。

11 涂层管理与维修

- 11.1 桥梁混凝土结构涂装工程在使用过程中应定期进行检查, 若有损坏则应及时修补。修补用的涂料应与原涂料相同或者相容。
- 11.2 当涂层达到设计使用年限时, 应先对涂层的表面状态进行全面检查; 当涂层表面无裂纹、无气泡、无严重粉化时, 再检查涂层与混凝土的粘结力; 当附着力仍不小于 1 MPa 时, 则涂层可以保留继续使用, 但应在其表面涂装两道原面层涂料, 涂装前应对原涂层表面进行清洁处理。
- 11.3 当检查发现涂层有裂纹、气泡、严重粉化或涂层与混凝土的附着力低于 1 MPa 时, 则认为涂层的防护能力已失效。
- 11.4 对防腐蚀涂层体系应建立档案卡, 内容包括涂装竣工资料和涂层使用过程中的检查及维修记录等。

12 安全、卫生与环境保护

12.1 安全、卫生

- 12.1.1 涂装作业安全、卫生应符合 GB 6514、GB 7691 和 GB 50212 的有关规定。
- 12.1.2 涂装作业场所空气中有害物质不超过最高容许浓度。
- 12.1.3 施工现场应远离火源, 不允许堆放易燃、易爆和有毒物品。
- 12.1.4 涂料仓库及施工现场应有消防水源、灭火器和消防工器具, 并应定期检查。消防道路应畅通。
- 12.1.5 施工人员应正确穿戴工作服、口罩、防护镜等劳动保护用品, 劳保用品应是具备相应资质厂家生产的合格产品。
- 12.1.5 所有电器设备应绝缘良好, 临时电线应选用胶皮线, 工作结束后应切断电源。
- 12.1.6 工作平台的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。

12.2 环境保护

- 12.2.1 涂料产品的有机挥发物含量 (VOC) 应符合国家有关法律法规要求。
- 12.2.2 废弃的涂料不应随意丢弃或掩埋, 应该收集并妥善处理, 防止废料污染水质。
- 12.2.3 施工现场产生的垃圾等应该收集并妥善处理。

附录 A
(规范性)
防腐耐污涂料涂层体系

A.1 I-Im1 腐蚀环境下的无机纳米陶瓷涂料涂层体系见表 A.1。

表A.1 I-Im1 腐蚀环境下的无机纳米陶瓷涂料涂层体系

序列号	配套涂层名称	涂层厚度/ (μm)	防腐部位	防腐寿命/ (年)
1	无机底漆	30	大气区	20年
	无机中间漆	80		
	无机面漆	40		
2	无机底漆	30	水位变动区和浪溅区	10年
	无机中间漆	80		
	无机面漆	70		
3	无机底漆	30	水下区	10年
	无机中间漆	80		
	无机面漆	70		

A.2 II-Im1 腐蚀环境下的无机纳米陶瓷涂料涂层体系见表 A.2。

表A.2 II-Im1 腐蚀环境下的无机纳米陶瓷涂料涂层体系

序列号	配套涂层名称	涂层厚度/ (μm)	防腐部位	防腐寿命/ (年)
1	无机底漆	30	大气区	20年
	无机中间漆	80		
	无机面漆	40		
2	无机底漆	30	水位变动区和浪溅区	10年
	无机中间漆	80		
	无机面漆	70		
3	无机底漆	30	水下区	10年
	无机中间漆	80		
	无机面漆	70		

A.3 (III-1)-Im1 腐蚀环境下的无机纳米陶瓷涂料涂层体系见表 A.3。

表A.3 (III-1)-Im1 腐蚀环境下的无机纳米陶瓷涂料涂层体系

序列号	配套涂层名称	涂层厚度/ (μm)	防腐部位	防腐寿命/ (年)
1	无机底漆	50	大气区	20年
	无机中间漆	120		
	无机面漆	100		
2	无机底漆	50	水位变动区和浪溅区	10年
	无机中间漆	140		
	无机面漆	140		
3	无机底漆	50	水下区	10年
	无机中间漆	140		
	无机面漆	140		

A.4 (III-2)-Im2 腐蚀环境下的无机纳米陶瓷涂料涂层体系见表 A.4。

表A.4 (III-2) -Im2 腐蚀环境下的无机纳米陶瓷涂料涂层体系

序号	配套涂层名称	涂层厚度/ (μm)	防腐部位	防腐寿命/ (年)
1	无机底漆	80	大气区	20年
	无机中间漆	140		
	无机面漆	140		
2	无机底漆	80	水位变动区和浪溅区	10年
	无机中间漆	160		
	无机面漆	140		
3	无机底漆	80	水下区	10年
	无机中间漆	160		
	无机面漆	140		

附录 B
(规范性)
无机纳米陶瓷涂料性能要求

B.1 组成

无机纳米陶瓷涂层（水性无机纳米陶瓷膜）是由聚硅氧烷分散体、硅溶胶、脂肪族异氰酸酯、颜填料、溶剂和助剂等组成的双组分涂层。

B.2 要求

无机纳米陶瓷涂料应依据不同的应用场景应分别满足表B.1、表B.2、表B.3的性能要求，且中间层和面漆层燃烧性能应达到A级不燃。

表B.1 无机纳米陶瓷涂料-无机底漆技术指标

项目	技术指标	试验方法
外观	表面色调均匀一致，漆膜平整	目测
不挥发物含量/ (%)	≥20	GB/T 1725
干燥时间	表干/ (h)	GB/T 1728
	实干/ (h)	
附着力/ (MPa)	≥1.0	GB/T 5210
抗泛盐碱性/ (120h)	无异常	JG/T 210
VOC含量/ (g/L)	≤80	GB 18582
甲醛含量/ (mg/kg)	≤20	GB 18582

表B.2 无机纳米陶瓷涂料-无机中间漆技术指标

项目	技术指标	试验方法
外观	表面色调均匀一致，漆膜平整	目测
不挥发物含量/ (%)	≥50	GB/T 1725
干燥时间	表干/ (h)	GB/T 1728
	实干/ (h)	
附着力/ (MPa)	≥1.0	GB/T 5210
耐盐性 (3%NaCl溶液)	720h漆膜不起泡、不开裂、不脱落	GB/T 9274
耐人工加速老化	≥1000h, 不起泡、开裂、脱落无粉化	GB/T 1865
耐水性	96h漆膜不起泡、开裂、脱落	GB/T 1733
透水性/ (M1)	<0.6	GB/T 9755
耐洗刷性	≥15000次	GB/T 9755
铅笔硬度 (刮破)	≥3H	GB/T 6739
燃烧性能等级	A级	GB 8624
耐霉菌性	0级	GB/T 1741
VOC含量/ (g/L)	≤30	GB 18582
甲醛含量/ (mg/kg)	≤20	GB 18582

表B.3 无机纳米陶瓷涂料-无机面漆技术指标

项目	技术指标	试验方法
外观	表面色调均匀一致, 漆膜平整	目测
不挥发物含量/(%)	≥19	GB/T 1725
干燥时间	表干/(h)	GB/T 1728
	实干/(h)	
附着力/(MPa)	≥1.0	GB/T 5210
耐洗刷性	≥2000次	GB/T 9755
耐盐性(3%NaCl溶液)	720h漆膜不起泡、不开裂、不脱落	GB/T 9274
耐人工加速老化[人工辐射暴露(滤过氙弧辐射)]	1000h不起泡、不生锈、不开裂、不脱落。粉化、变色、失光均≤1级	GB/T 1865
耐水性	96h漆膜不起泡、开裂、脱落	GB/T 1733
耐酸雨性	48h无异常	GB/T 9274
耐沾污性(配套白色中间漆)	≤20	GB/T 9780
铅笔硬度(刮破)	≥3H	GB/T 6739
燃烧性能等级	A级	GB 8624
耐霉菌性	0级	GB 1741
基料中硅氧键含量(全漆)/(%)	≥25	HG/T 4755
VOC含量/(g/L)	≤30	GB 18582
甲醛含量/(mg/kg)	≤20	GB 18582

附录 C

(资料性)

混凝土基层预处理性能要求

C.1 无机纳米陶瓷涂料涂层体系，涂料涂装前要求混凝土基层进行预处理，预处理工艺先后采用了界面剂和找平砂浆。

C.2 界面剂性能要求满足表 C.1。

表C.1 界面剂技术性能指标

项目		指标
拉伸粘接强度/ (Mpa)	未处理	≥ 0.6
	浸水处理	≥ 0.5
	热处理	
	冻融循环	
	碱处理	

C.3 找平砂浆性能要求满足表 C.2。

表C.2 找平砂浆技术性能指标

项目	指标要求	试验方法
外观	产品均匀，无结块	JC/T 2326
耐水性	168 h，目视检查，无起泡、开裂、掉粉、脱落现象	GB/T 1733
施工性	不打卷、不脱落、不沾抹刀	JC/T 2326
抗裂性	无裂纹	JC/T 2326
拉伸粘接强度/ (Mpa)	> 0.5	JC/T 2326
收缩性/ (m, m)	< 3.0	GB/T 29756
28d抗折强度/ (Mpa)	≥ 2.0	GB/T 29756
28d抗压强度/ (Mpa)	≥ 6.0	GB/T 29756