



T/CECS G XXXX: XX

中国工程建设协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

公路混凝土桥梁耐久性修复与防护
技术规程

Technical specification for rehabilitation and protection of
Highway concrete bridge

中国工程建设标准化协会发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

(空白)

征求意见稿

中国工程建设协会标准

公路混凝土桥梁耐久性修复与防护 技术规程

Technical specification for rehabilitation and protection of
Highway concrete bridge

T/CECS G: XX-XX-XXXX

主编单位：北京公科固桥技术有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：XXXX 年 XX 月 XX 日

人民交通出版社股份有限公司

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2020 年第一批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2020]14 号）的要求，由北京公科固桥技术有限公司承担《公路混凝土桥梁耐久性修复与防护技术规程》（以下简称“本规程”）的制订工作。

编写组在总结公路混凝土桥梁耐久性修复与防护多年工程经验和相关科研成果的基础上，以提升和规范公路混凝土桥梁耐久性修复与防护相关工作为目标，完成了本规程的编写工作。

本规程分为 8 章、1 个附录、1 个引用标准名录，主要内容包括总则、术语、基本规定、钢筋锈蚀修复与防护、公路混凝土桥梁结构表面憎水处理、公路混凝土桥梁结构表面防护涂层、公路混凝土桥梁结构表面防护面层、公路混凝土桥梁构件牺牲阳极保护，附录 A 牺牲阳极保护系统施工记录，引用标准名录。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程基于通用的工程建设理论及原则编制，适用于本规程提出的应用条件。对于某些特定专项应用条件或新技术、新材料等，使用本规程相关条文时，应对适用性及有效性进行验证。

本规程由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由北京公科固桥技术有限公司负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请函告本规程日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路 8 号；邮编：100088；电话：010-62079839；传真：010-62079983；电子邮箱：shc@rioh.cn）或张江威（地址：北京市海淀区西土城路 8 号；邮编：100088；传真：010-62052785；电子邮箱：114196175@qq.com），以便修订时研用。

主 编 单 位：北京公科固桥技术有限公司

参 编 单 位：

主 编：

主要参编人员：

主 审：

参与审查人员:

参 加 人 员:

征求意见稿

目 录

1	总 则.....	1
2	术 语.....	3
3	基本规定.....	4
4	钢筋锈蚀修复与防护.....	8
4.1	一般规定.....	8
4.2	材料.....	11
4.3	钢筋锈蚀修复与防护施工.....	13
4.4	检验与验收.....	14
5	公路混凝土桥梁结构表面憎水处理.....	16
5.1	一般规定.....	16
5.2	材料.....	17
5.3	公路混凝土桥梁结构表面憎水处理施工.....	17
5.4	检验与验收.....	18
6	公路混凝土桥梁结构表面防护涂层.....	19
6.1	一般规定.....	19
6.2	材料及防护体系.....	19
6.3	公路混凝土桥结构梁修复和表面防护涂层施工.....	20
6.4	检验与验收.....	21
7	公路混凝土桥梁结构表面防护面层.....	22
7.1	一般规定.....	22
7.2	材料.....	22
7.3	公路混凝土桥梁结构表面防护面层施工.....	22
7.4	检验与验收.....	23
8	公路混凝土桥梁构件牺牲阳极保护.....	24
8.1	一般规定.....	24
8.2	牺牲阳极保护系统的设计.....	24
8.3	牺牲阳极保护系统的安装与调试.....	26

8.4 牺牲阳极保护系统的质量控制与检验.....	27
8.5 牺牲阳极保护系统的维护与管理.....	28
附录 A 牺牲阳极保护系统施工记录.....	30
本规程用词说明.....	31
引用标准名录.....	32

征求意见稿

1 总 则

1.0.1 为使公路混凝土桥梁耐久性修复与防护技术做到技术先进，经济合理，安全适用，确保质量，制定本规程。

条文说明

1 背景与必要性：公路混凝土桥梁长期暴露于自然环境（如冻融、盐蚀、碳化、较强紫外线等）中，材料耐久性损伤会显著缩短桥梁的服役寿命。传统修复方法缺乏统一标准，可能导致技术不当或过度维修。本规程通过规范技术流程，平衡技术可行性与经济性，避免“只修不防”的短期行为，提升公路混凝土桥梁耐久性修复与防护的科学性。

2 四大原则内涵：

技术先进：采用经过验证的新材料、新工艺（如硅烷浸渍、阴极防护等）。

经济合理：优先选择性价比较高的方案（如局部修复替代整体拆除）。

安全适用：修复后不得影响桥梁正常使用功能（如通行净空、防滑性等）。

确保质量：明确材料性能、施工工艺要求及验收的量化指标等。

1.0.2 本规程适用于既有公路混凝土桥梁的耐久性修复与防护技术的设计、施工及验收。本规程不适用于轻骨料混凝土及特种混凝土结构（如高性能混凝土、纤维混凝土、自密实混凝土等）。

条文说明

1 排除特种混凝土的原因：轻骨料混凝土、纤维混凝土、自密实混凝土等材料组成成分及细观结构存在较明显的差异，考虑材料的相容性，其修复可能需要针对性技术及材料。

2 既有桥梁的针对性：新建桥梁的耐久性主要通过设计阶段解决（如《混凝土结构耐久性设计规范》），而既有桥梁需基于现状评估制定修复方案。

1.0.3 本规程不适用于公路桥梁承载能力不足的加固性维修，适用于加固后的耐久性修复与防护。

条文说明

1 耐久性修复的边界：

适用情形：构件钢筋锈蚀、表层病害、渗水等影响构件耐久性，但未明显影响到构件承载力。

不适用情形：梁体挠度过大、裂缝宽度超限（如 $>0.2\text{mm}$ ）等结构性能缺陷，需先按《公路桥梁加固设计规范》进行加固处理。

2 加固后修复的协调性：例如，采用增大截面法加固后，新老混凝土界面的外露区域需进行防水密封处理，避免新旧材料差异引发耐久性问题。

1.0.4 公路混凝土桥梁耐久性修复与防护工程的设计、施工及验收，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

征求意见稿

2 术 语

本节主要对规程中所涉及的专业术语，从本规程的角度赋予其含义。

2.0.1 耐久性修复 durability rehabilitation

采用技术手段，使耐久性损伤的结构或其构件的材料性能恢复到耐久性修复设计要求水平的活动。

2.0.2 耐久性防护 durability protection

采用技术手段，维持混凝土结构耐久性达到期望水平的活动。

2.0.3 钢筋阻锈剂 corrosion inhibitor for steel bar

加入混凝土及砂浆中，或涂刷在混凝土及砂浆表面，或直接涂刷在钢筋表面，能够阻止或减缓钢筋腐蚀的物质。

2.0.4 混凝土防护涂层 Concrete protective coating

喷涂混凝土表面隔离有害介质侵蚀的涂料面层。

2.0.5 混凝土防护面层 Concrete surface coating

涂抹或喷涂覆在混凝土表面并与之牢固粘结的混凝土类（例如混凝土（砂浆）、聚合物水泥混凝土类（砂浆）等材料）防护层。

2.0.6 界面处理材料 interfacial bonding agent

用于混凝土修复区域界面处增强相互粘结力或相容性的材料。

2.0.7 电化学保护 electrochemical protection

对被保护构件施加一定的阴极电流，通过改变钢筋的电位或钢筋所处的腐蚀环境，使其不再腐蚀的保护方法。阴极保护、电化学脱盐和电化学再碱化统称为电化学保护。

2.0.8 牺牲阳极 sacrificial anode

依靠自身腐蚀使与之耦合的阴极获得保护的金属或合金材料。

2.0.9 阴极保护 cathodic protection

给钢筋持续施加一定密度的阴极电流，使钢筋不能进行释放电子的阳极反应（腐蚀）的技术措施

3 基本规定

对公路混凝土桥梁耐久性修复与防护的原则、程序和主要内容等进行了规定。

3.0.1 公路混凝土桥梁在下列情况下应进行耐久性修复与防护：

- 1 桥梁局部已出现较严重的耐久性损伤，但承载能力仍满足要求；
- 2 仅耐久性评定不满足要求的桥梁；
- 3 需要改善或提升耐久性防护的重要桥梁或构件；
- 4 桥梁进行维修改造、改建及使用环境改变时；
- 5 达到设计使用年限拟继续使用的桥梁，经评估需要修复，可修复时。

条文说明

1 第一条说明：

1.1 典型损伤类型：混凝土碳化深度超过保护层厚度、钢筋锈蚀（截面损失率 $\geq 5\%$ ）、裂缝宽度超过 0.2mm（潮湿环境）或 0.3mm（干燥环境）、盐冻剥蚀、化学腐蚀等。

1.2 处理原则：需先进行损伤成因诊断（如氯离子侵入检测、中性化测试），再针对性修复（如锈蚀钢筋阻锈处理、裂缝注浆、局部置换混凝土等）。

2 第二条说明：

2.1 评定依据：需参照《公路桥梁耐久性评定规程》（JTG/T 3310）或地方标准，重点关注环境作用等级（如 C 级及以上腐蚀环境）、材料劣化速率、剩余使用寿命预测等指标。

2.2 修复策略：若评定为 D 级（耐久性不足），需立即修复；C 级需制定中长期防护计划。

3 第三条说明：

3.1 重要桥梁定义：特大桥、特殊结构桥（斜拉桥、悬索桥）、交通枢纽桥梁等，需提高防护标准（如采用环氧涂层钢筋）。

3.2 预防性维护：对桥龄超过 20 年或关键构件（如主梁、墩柱），即使无明显损伤，也建议定期实施防护（如硅烷浸渍、阴极保护）。

4 第四条说明：

4.1 环境变化示例：道路盐雾扩散至桥梁、周边新建化工厂（酸雨风险）、交通量增长导致碳化加速。

4.2 同步设计：改造中需按新环境等级（如从II-C提升至III-D）重新设计防护措施，如增设排水系统、更换耐腐蚀支座。

5 第五条说明：

5.1 评估重点：需结合荷载试验、材料性能检测（如混凝土强度、弹性模量衰减）、疲劳损伤分析等综合评估。

5.2 延寿措施：可能需结构性加固（如粘贴钢板/碳纤维）与耐久性修复（如全桥防腐涂层）同步实施。

3.0.2 公路混凝土桥梁耐久性修复与防护应根据损伤原因、程度、工作环境、结构的安全性和耐久性要求等因素，按下列基本工作程序进行：

- 1 桥梁状况检测与评定；
- 2 耐久性调查及检测评定；
- 3 修复与防护设计；
- 4 修复与防护施工；
- 5 检验与验收。

3.0.3 公路混凝土桥梁在进行耐久性修复与防护前应先进行桥梁状况检测和评定，确定桥梁是否满足正常通行及承载能力要求，并应根据评定结论开展相应的工作：

1 桥梁承载能力不足或桥梁结构损伤影响正常通行要求的应先行进行加固维修，可结合加固维修进行耐久性修复与防护。

2 桥梁承载能力仍符合设计要求，但已出现钢筋锈蚀、混凝土破损、混凝土裂缝及抗渗性不良或已经在严重腐蚀环境中的结构，应按本规程要求进行耐久性修复与防护。

3.0.4 公路混凝土桥梁耐久性调查与检测评定应按照国家现行标准进行：

1 公路混凝土桥梁耐久性状况调查及检测应包括桥梁结构及构件原有状况、现有状况和使用情况等。根据桥梁实际情况和要求，调查和检测使用环境、设计资料、施工资料、外观损伤和混凝土质量等。

2 公路混凝土桥梁耐久性的评定应按照国家现行相关标准进行。

条文说明

公路混凝土桥梁耐久性修复与防护前进行的耐久性调查、检测、评定参照 GB 51355-2019《既有混凝土结构耐久性评定标准》。

鉴于行业标准《公路桥梁耐久性检测评定规程》(JTG/T 5216)尚未正式发布,故本条仅规定采用已颁布的相关标准进行评定;《公路桥梁耐久性检测评定规程》(JTG/T 5216)发布后从其规定,本规程下面相关条文都按本条执行,不再重复说明。

3.0.5 公路混凝土桥梁耐久性修复与防护设计应根据不同结构类型及其环境作用等级、耐久性损伤程度及原因、预期修复效果、目标使用年限等,制定相应的修复与防护设计方案。设计文件应包括下列内容:

- 1 目的、范围;
- 2 设计依据;
- 3 修复与防护方案及图纸;
- 4 材料性能及要求;
- 5 施工工艺要求;
- 6 检验及验收要求;
- 7 工程中涉及到的其它问题等。

条文说明

公路混凝土桥梁耐久性修复与防护设计参照 GB 50476-2019《混凝土结构耐久性设计标准》。

3.0.6 公路混凝土桥梁耐久性修复与防护施工应制定详细的施工方案。修复与防护施工宜按基层处理、界面处理、修复处理、表层处理四个工序进行。修复与防护施工工艺及操作要求的制定应根据所选择材料的性能、施工条件及周围环境、修复与防护方法进行。

3.0.7 公路混凝土桥梁耐久性修复与防护检验与验收应符合下列规定:

- 1 质量检验宜包括材料检验和实体检验;
- 2 材料检验:材料应提供形式检验和出厂检验报告,关键材料应进行进场复验;
- 3 实体检验:对重要结构、重要部位、关键工序,可在施工现场进行实体检验。

条文说明

耐久性修复与防护工程验收应按现行行业标准《公路养护工程质量检验评定标准第一册土建工程》JTG 5220 和《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193-2009 的规定执行。

3.0.8 公路混凝土桥梁耐久性修复与防护材料应与原桥基层混凝土、钢筋及其他维修材料具有相容性，并应满足设计文件的要求。

条文说明

工程施工过程中，混凝土原材料的质量控制与验收应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定。

3.0.9 公路混凝土桥梁耐久性调查及检测评定、修复与防护设计、修复与防护施工及维修后的检测或监测应由具有相应工程资质或经验的单位承担。

条文说明

国家或地方有资质要求的必须按工程资质要求实施；无要求的应选择有丰富类似工程经验的单位实施。

4 钢筋锈蚀修复与防护

4.1 一般规定

4.1.1 修复前公路混凝土桥梁的使用环境、钢筋锈蚀程度、原因及范围应根据调查、检测及评定结果确定。

4.1.2 公路混凝土桥梁结构钢筋锈蚀状态，可按《既有混凝土结构耐久性评定标准》（GB/T 51355-2019）相关规定进行耐久性评定。

4.1.3 对未按《既有混凝土结构耐久性评定标准》（GB/T 51355-2019）相关规定进行评定的公路混凝土桥梁结构，宜按下列状况划分钢筋锈蚀状态。

1 一般锈蚀：混凝土保护层完整，未有顺筋开裂和表面锈斑，但 60%及以上测点钢筋锈蚀电位小于-350mV（CES）；或 90%及以上测点钢筋锈蚀电位小于-200mV（CES），且通过局部破损和其他方法确认有局部钢筋锈蚀。

2 严重锈蚀：混凝土保护层出现顺筋开裂、顺筋剥落、锈斑，钢筋外表面出现锈层或浅锈坑或钢筋截面减小的。

4.1.4 耐久性修复与防护设计时，公路混凝土桥梁环境类别和环境作用等级应依据现行行业规范《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》（JTG/T 3310）选用。

公路混凝土桥梁结构环境类别应按表 4.1.4-1 的规定进行确定。

表 4.1.4-1 环境类别

环境类别		劣化机理
名称	符号	
一般环境	I	混凝土碳化及其引起的钢筋锈蚀
冻融环境	II	反复冻融导致混凝土损伤
近海或海洋氯化物环境	III	海洋环境下的氯盐引起钢筋锈蚀
除冰盐等其他氯化物环境	IV	除冰盐等氯盐引起钢筋锈蚀
盐结晶环境	V	硫酸盐在混凝土孔隙中结晶膨胀导致混凝土损伤

环境类别		劣化机理
名称	符号	
化学腐蚀环境	VI	硫酸盐和酸类等腐蚀介质与水泥基发生化学反应导致混凝土损伤

环境对公路混凝土桥梁结构的作用程度应采用环境作用等级表达, 并按表 4.1.4-2 的规定进行划分。

表 4.1.4-2 环境作用等级划分

环境类别	环境作用影响程度						
名称	符号	A 轻微	B 轻度	C 中度	D 严重	E 非常严重	F 极端严重
一般环境	I	I - A	I - B	I - C	—	—	—
冻融环境	II	—	—	II - C	II - D	II - E	—
海洋氯化物环境	III	—	—	III - C	III - D	III - E	III - F
除冰盐等其他氯化物环境	IV	—	—	IV - C	IV - D	IV - E	—
盐结晶环境	V	—	—	—	V - D	V - E	V - F
化学腐蚀环境	VI	—	—	VI - C	VI - D	VI - E	VI - F
磨蚀环境	VII	—	—	VII - C	VII - D	VII - E	VII - F

4.1.5 公路混凝土桥梁钢筋锈蚀修复应根据环境类别、构件耐久性等级和钢筋锈蚀状态, 依据《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》(JTG/T 3310) 按表 4.1.5-1 及表 4.1.5-2 所列的原则选择修复方案。

表 4.1.5-1 钢筋锈蚀修复选用原则 (B 级或一般锈蚀)

环境类别与作用等级		修复方案				
		钢筋阻锈	表面憎水	表面涂层	防护面层	阴极防护
一般环境	I-C	△	—	○	—	—
冻融环境	II-C, II-D	△	○	—	△	—
	II-E	△	○	—	△	—
海洋氯化物环境	III-C, III-D	○	○	△	△	—
	III-E, III-F	○	○	△	△	○

除冰盐等其他氯化物环境	IV-C, IV-D	○	○	△	△	—
	IV-E	○	○	△	△	—
盐结晶环境	V-D	△	△	○	△	—
	V-E, V-F	○	△	○	○	—
化学腐蚀环境	VI-C, VI-D	△	△	○	△	—
	VI-E, VI-F	○	△	△	○	—
磨蚀环境	VII-C, VII-D	—	△	△	○	—
	VII-E, VII-F	△	△	△	○	—

注：表中符号意义：○宜采用；△可采用；— 一般不采用

表 4.1.5-2 钢筋锈蚀修复选用原则（C 级或严重锈蚀）

环境类别与作用等级		修复方案				
		钢筋阻锈	表面憎水	表面涂层	防护面层	阴极防护
一般环境	I-C	○	△	△	○	—
冻融环境	II-C, II-D	○	△	—	○	—
	II-E	○	△	—	○	—
海洋氯化物环境	III-C, III-D	○	○	△	○	—
	III-E, III-F	○	○	△	○	○
除冰盐等其他氯化物环境	IV-C, IV-D	○	○	△	○	—
	IV-E	○	○	△	○	—
盐结晶环境	V-D	○	△	△	○	—
	V-E, V-F	○	△	△	○	—
化学腐蚀环境	VI-C, VI-D	○	△	△	○	—
	VI-E, VI-F	○	△	△	○	—
磨蚀环境	VII-C, VII-D	○	△	△	○	—
	VII-E, VII-F	○	△	△	○	—

注：表中符号意义：○宜采用；△可采用；— 一般不采用

4.1.6 公路混凝土桥梁构件耐久性评定为 B 级或钢筋锈蚀状态为一般状态，应先进行钢筋阻锈，采用表面迁移性阻锈剂，再进行混凝土表面憎水处理、表面

防护涂层处理或表面防护面层处理。

4.1.7 公路混凝土桥梁构件耐久性评定为 C 级或钢筋严重锈蚀，应先对锈蚀钢筋进行除锈，采用钢筋表面钝化剂和电化学再碱化，再进行混凝土表面防护面层处理，并根据需要进行面层表面憎水处理或表面防护涂层处理，必要时可使用电化学阴极防护。

4.1.8 当公路混凝土桥梁处于严重腐蚀环境中，对重要构件，在钢筋开始锈蚀且尚未引起混凝土顺筋开裂时，宜采用电化学脱盐、电化学阴极防护进行处理，并应在处理后进行定期或不定期检查，对钢筋锈蚀进行监测。修复后的混凝土表面应具有较强抗氯离子扩散能力。

4.1.9 采用电化学再碱化、电化学脱盐、电化学阴极防护进行钢筋锈蚀修复时应经专门论证。预应力结构不得进行电化学脱盐与再碱化处理。静电喷涂环氧涂覆钢筋拼装的构件不得采用电化学保护。

4.2 材料

4.2.1 钢筋阻锈材料包括钢筋阻锈剂和钢筋表面钝化剂。钢筋阻锈剂有内掺型和外涂型两种类型，当环境作用等级为 C、D 级时，可采用内掺型钢筋阻锈剂，也可采用外涂型钢筋阻锈剂；当环境作用等级处于 E、F 级时，应采用内掺型钢筋阻锈剂，并可同时采用外涂型钢筋阻锈剂。当桥梁混凝土保护层因钢筋锈蚀失效时，应选用掺有内掺型钢筋阻锈剂的材料进行修复，并可同时在构件表面采用外涂型钢筋阻锈剂进一步防护。钢筋阻锈剂选用还应符合《钢筋阻锈剂应用技术规程》（T CECS 874）及《钢筋阻锈剂应用技术规程》（JGJ/T 192）的规定。

4.2.2 内掺型钢筋阻锈剂的技术指标应满足表 4.2.2-1 的要求，并应符合《钢筋阻锈剂应用技术规程》（JGJ/T 192）和《钢筋阻锈剂应用技术规程》（T CECS 874）的规定，且掺入后不应影响修复材料的性能。适用碱活性骨料时，应校验钢筋阻锈剂的碱含量，其总碱含量应符合设计和现行国家标准《混凝土结构设计规范》（GB 50010）的规定。

表 4.2.2-1 内掺型钢筋阻锈剂的技术指标

环境类别	检验项目		技术指标	检验方法
I、III、	凝结时间变	初凝时间	-60min~+120min	《混凝土外加剂》GB 8076

IV	动范围	终凝时间		《钢筋阻锈剂应用技术规程》T CECS 874
	抗压强度比		≥ 0.9	
	塌落度经时损失		满足施工要求	
	抗渗性		不降低	《普通混凝土长期和耐久性试验方法》GB/T 50082
	盐水浸烘环境中钢筋腐蚀面积百分率		钢筋锈蚀面积百分率减少 95%以上	《钢筋阻锈剂应用技术规程》JGJ/T 192
III、IV	盐水溶液中的防锈性能		无腐蚀发生	
	电化学综合防锈性能		无腐蚀发生	

注：1 凝结时间技术差指标中的“-”表示提前，“+”表示延后；

2 电化学综合防锈性能试验仅适用于阳极型钢筋阻锈剂。

4.2.3 外涂型钢筋阻锈剂应涂刷在混凝土结构表面，并应渗透到钢筋周围。其技术指标应满足表 4.2.3-1 的要求，并应符合《钢筋阻锈剂应用技术规程》(JGJ/T 192) 的规定，且掺入后不应影响修复材料的性能。

表 4.2.3-1 外涂型钢筋阻锈剂的技术指标

环境类别	检验项目	技术指标	检验方法
I、III、IV	盐水溶液中的防锈性能	无腐蚀发生	《钢筋阻锈剂应用技术规程》JGJ/T 192
	渗透深度	$\geq 50\text{mm}$	
III、IV	电化学综合防锈性能	无腐蚀发生	

4.2.4 钢筋表面钝化剂宜用于已锈蚀并除锈后的钢筋，应涂刷到钢筋表面，并应与钢筋具有良好的粘结性能。

4.2.5 下列情况宜掺加亚硝酸钙阻锈剂，或以亚硝酸钙为主剂的复合阻锈剂，其质量应符合第 4.2.3 条规定的其它阻锈剂：

- 1 因条件限制，混凝土构件的保护层偏薄；
- 2 混凝土氯离子含量超过 0.1mg/L ；
- 3 恶劣环境中的重要工程，其浪溅区和水位变化区，要求进一步提高优质混凝土或高性能混凝土的保护层对钢筋的保护性。

4.2.6 浓度为 30% 的亚硝酸钙阻锈剂溶液推荐掺量，应按表 4.2.6-1 的规定值选取。所选定的亚硝酸钙掺量应符合盐水浸烘试验的质量合格标准。其它阻

锈剂的掺量，应按生产厂家建议值和预期的氯化物含量，通过盐水浸烘试验确定。

表 4.2.6-1 浓度为 30% 的亚硝酸钙溶液阻锈剂的推荐掺量

钢筋周围混凝土的酸溶性氯化物含量预期值(kg/m ³)	阻锈剂掺量(L/m ³)
1.2	5
2.4	10
3.6	15
4.8	20
5.9	25
7.2	30

4.2.7 阻锈剂可与其他防护措施联合使用，并具有叠加保护效果。

4.2.8 采用阻锈剂溶液时，混凝土拌和物的搅拌时间应延长 1min；采用阻锈剂粉剂时，应延长 3min。

4.3 钢筋锈蚀修复与防护施工

4.3.1 混凝土表面迁移型阻锈修复与防护施工工艺应符合下列规定：

- 1 混凝土表面基层应清理干净，并应保持干燥；
- 2 在混凝土表面喷涂表面迁移型阻锈剂时应按下列要求施工：
 - 1) 混凝土龄期不应少于 28d；局部修补的混凝土，其龄期不应少于 14d。
 - 2) 施工时，混凝土表面温度应控制在 5℃~45℃；应采取防止日晒或雨淋的措施，不应在强风和冰冻环境下施工。
 - 3) 钢筋阻锈剂应通过低压喷涂或滚涂、刷涂的方式直接涂覆在混凝土结构表面。
 - 4) 钢筋阻锈剂应连续涂覆，使被涂表面饱和溢流；涂覆的用量、涂覆的次数及间隔时间应符合产品说明书和设计要求的規定。
 - 5) 施工完成后，宜覆盖薄膜养护 7d。
- 3 表面防护应按本规程第 5、6、7 章的规定进行，并应符合设计要求。

4.3.2 钢筋阻锈修复与防护施工工艺除应按基层处理、界面处理、修复处理和表面防护处理进行外，尚应满足下列工艺要求：

1 桥梁混凝土结构空鼓、开裂、松动等破损基层应彻底清除，并清除钢筋周围受氯离子侵蚀的基层，已锈蚀的钢筋应完全暴露并进行除锈处理；

2 当损坏部位较小，修补厚度小于或等于 40mm 时，宜采用聚合物砂浆进行修复；修复时，每层厚度应根据工程具体情况调增，每层施工间隔时间不宜小于 30min；当损坏部位较大，修补厚度大于 40mm 时，宜采用高强混凝土进行修复；

3 在钢筋表面应均匀涂刷钢筋表面钝化剂；

4 在露出钢筋的混凝土断面周围应涂刷迁移型阻锈剂；

5 凿除部位应采用掺有阻锈剂的修补砂浆修复至原断面，当对承载能力有影响时，应先对其进行加固处理；

6 表面存在明显缺陷的，应先进行整平修补处理；

7 构件保护层修复后，在表面宜涂刷迁移型阻锈剂；

8 表面防护应按本规程第 5、6、7 章的规定进行，并应符合设计要求。

4.4 检验与验收

4.4.1 钢筋阻锈剂进场时，应提供产品合格证和性能检测报告。

4.4.2 钢筋阻锈剂进场后，应进行抽样复检，合格后方可使用。复验项目应符合现行行业标准《钢筋阻锈剂应用技术规程》（JGJ/T 192）和团体标准《钢筋阻锈剂应用技术规程》T CECS 874 的规定。

4.4.3 钢筋阻锈剂用于公路混凝土桥梁修复和防护验收时，应提供下列资料：

- 1 设计及施工等技术资料；
- 2 钢筋阻锈剂产品合格证；
- 3 钢筋阻锈剂产品使用说明书；
- 4 钢筋阻锈剂性能检测报告；
- 5 钢筋阻锈剂进场复验报告；
- 6 施工记录表。

4.4.4 钢筋阻锈修复施工完成后，应进行外观检查，应符合以下规定：

1 表面应平整，修复与防护材料与基层间粘结应牢固，无裂缝、脱层、起鼓、脱落等现象；

-
- 2 当对粘结强度有要求时，现场应进行拉拔试验确定粘结强度；
 - 3 当对抗压强度与物理化学性能有要求时，可对修复材料按相关要求制作试件检测其相应性能；
 - 4 当对修补质量有怀疑时，可采用钻芯取样、超声波或金属敲击法检验。

征求意见稿

5 公路混凝土桥梁结构表面憎水处理

5.1 一般规定

5.1.1 公路混凝土桥梁结构表面憎水处理适用于大气区和浪溅区受盐腐蚀环境混凝土结构表面的防腐蚀保护，并应按照表 4.1.5-1 和表 4.1.5-2 的规定合理选用。

条文说明

1 **大气区**：指受盐雾侵蚀但无直接浪溅的区域（如桥墩上部、箱梁表面），需考虑长期紫外线、干湿循环影响。

2 **浪溅区**：潮差带以上受波浪飞沫频繁冲击部位（如跨海桥梁的桥墩），腐蚀等级更高，憎水材料需具备更强的渗透性和耐候性。

3 **盐腐蚀**：包括沿海氯盐、除冰盐等，需通过表 4.1.5-1（可能对应材料耐氯离子渗透性指标）和表 4.1.5-2（可能对应环境作用等级）匹配防护等级。

5.1.2 公路混凝土桥梁结构表面憎水处理前，应对结构缺陷和损伤情况进行调查，并应根据缺陷损伤程度和原因制定修复方案，依据相关规范进行修复。

条文说明

1 缺陷调查重点：

1) **结构性缺陷**：裂缝宽度 $>0.2\text{mm}$ 需注浆处理，钢筋锈蚀需凿除至露出完好混凝土并做防锈处理。

2) **非结构性缺陷**：表面孔洞、蜂窝需采用聚合物砂浆修补，确保粘结强度 $\geq 1.5\text{MPa}$ 。

2 修复规范依据：

参考《公路桥梁加固施工技术规范》（JTG/T J23）中裂缝注浆、破损修复工艺，修复后基层含水率宜 $\leq 6\%$ （溶剂型憎水剂要求）。

5.1.3 公路混凝土桥梁结构表面憎水处理应在完成结构缺陷和损伤修复后进行。

条文说明

1 **修复验收标准**：修复后表面平整度 $\leq 2\text{mm}/2\text{m}$ ，抗压强度达到设计值 90%以上，方可进行憎水处理。

2 憎水施工要点：

基面处理：喷砂或酸洗去除浮浆，增强材料渗透性。

施工工艺：硅烷类材料需喷涂两遍，间隔 4~6 小时，用量 $\geq 300\text{g/m}^2$ （依据 JTJ 275-2000）。

5.2 材料

5.2.1 结构表面憎水材料分为渗透型和成膜型两类。渗透型材料（如异丁基三乙氧基硅烷）适用于无裂缝的密实混凝土，形成深层憎水层；成膜型材料（如低表面能热塑性氟碳涂料）适用于表面剥落严重的区域，需与基层修复结合使用。

5.2.2 桥梁混凝土表面憎水处理可采用硅烷或硅氧烷等浸渍材料，应具有良好的抗渗性、耐碱性和耐老化性能，应符合现行行业标准《水运工程结构耐久性设计标准》（JTS 153）的有关规定。

5.2.3 桥梁混凝土表面硅烷浸渍可采用辛基或异丁基硅烷作为硅烷浸渍材料，应符合《桥梁混凝土表面防护用硅烷膏体材料》（JT/T 991），也可采用符合《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》（JTJ 275）或其他硅烷浸渍材料；对结构的侧面或顶面，可采用膏体渗透性浸渍材料。

5.3 公路混凝土桥梁结构表面憎水处理施工

5.3.1 桥梁混凝土结构表面憎水处理施工工艺除应按基层处理、硅烷喷涂、养护进行外，尚应满足下列要求：

1 喷涂硅烷的混凝土表面应为面干状态。当使用饮用水进行清洗工作时，应在冲洗后自然干燥 72h。水位变动区，应在海水落到最低水位，混凝土表面干燥时喷涂硅烷，以尽量延长喷涂前的自然干燥期。下雨或有强风或强烈阳光时不应喷涂硅烷。

2 施工时混凝土表面温度应在 $5^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$ 之间。

3 若结构表面存在病害，必须在病害修复之后进行憎水施工。喷涂硅烷的混凝土龄期应不小于 28d，或局部混凝土修补后应不小于 14d。

4 浸渍所需的全部硅烷用料应在施工现场一次备足，使用前方可启封，并应于启封后 72h 内用完，否则应予以废弃。

5 硅烷涂敷施工前应进行面积为 $1\sim 5\text{ m}^2$ 的喷涂试验，在试验区随机钻取六个芯样，并各取两个芯样分别进行吸水率、硅烷浸渍深度和氯化物吸收量降低效果的测试。当测试结果符合要求，方可在结构上涂敷浸渍。

6 液体产品至少涂敷两次以上，当基材吸收完上一次涂层并不再光亮时，涂敷下一层，两次涂敷之间不应间隔时间太长。

7 膏状产品可实现无损失施工，适用于立面及顶面涂敷。通常情况下只要一层，如有特殊要求，也可在基材将膏体吸收并呈面干状态后进行多次涂敷。

8 对于不同等级的混凝土基材，所需的涂敷量应通过小面积试验确定。

9 施工喷涂后，大气区应确保 24h 不湿水自然风干，3 天固化即可产生最佳防水效果，7 天后可钻芯取样。水位变动区或浪溅区应保证有 3~6h 不湿水风干，14 天可钻芯取样。

5.4 检验与验收

5.4.1 混凝土表面憎水浸渍材料应进行进场复验，其性能应满足相关标准。

5.4.2 混凝土表面憎水浸渍施工质量验收应以每 500 m²浸渍面积作为一个质量验收单元。憎水处理施工完成后，应按《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》（JTJ 275）的规定进行测试。当任一验收单元处理质量的各项测试结果中任意一项不满足下列要求时，该验收单元应重新憎水处理后测试。

1 吸水率平均值应不大于 0.01mm/min^{1/2}；非同时间制备的两批混凝土试件，憎水处理后暴露于碱液的吸水率平均值与未憎水处理的相比应小于 10%；氯化物吸收量的降低效果平均值不小于 85%。

2 C45 以下（含 C45）的混凝土，渗透深度应不小于 3mm；C45 以上的混凝土渗透深度应不小于 2mm；水灰比为 0.6 的混凝土渗透深度应不小于 10mm。

3 混凝土表面憎水处理后的干燥速度系数与未憎水处理的相比，其比值应大于 30%；憎水处理后的试件表面在盐水冻融试验中发生质量损失时的冻融循环次数应比未憎水处理的试件至少多 20 次。

4 氧化物吸收量降低率应不小于 90%。

6 公路混凝土桥梁结构表面防护涂层

6.1 一般规定

6.1.1 公路混凝土桥梁表面防护涂层处理适用于大气区、浪溅区及平均潮位以上的水位变动区，并应按照表 4.1.5-1 和表 4.1.5-2 的规定合理选用。

6.1.2 公路混凝土桥梁表面防护涂层施工前，应对缺陷和损伤情况进行调查，并应根据缺陷损伤程度和原因制定修复方案，依据相关规范进行修复。

6.1.3 公路混凝土桥梁表面防护涂层施工应在完成桥梁结构缺陷和损伤修复后进行。

6.1.4 公路混凝土桥梁表面防护涂层系统应由底层、中间层、面层或底层和面层的配套涂料涂膜组成。

6.2 材料及防护体系

6.2.1 公路混凝土桥梁表面防护涂层用成膜型涂料的性能应符合表 6.2.1-1 的规定，并应符合《混凝土结构防护用成膜型涂料》（JG/T 335）的规定。

表 6.2.1-1 成膜型涂料性能

序号	项目		技术指标
1	容器内状态	粉体	均匀，无结块
		液体	色泽呈均匀状态，内部无沉淀、无结块
2	细度/ μm		≤ 100
3	涂膜外观		涂膜均匀，颜色均匀
4	干燥时间/h	表干	≤ 4
		实干	≤ 24

6.2.2 混凝土表面防护涂层的性能应满足表 6.2.2-1 的要求。

表 6.2.2-1 涂层性能要求

序号	项目	技术指标
1	耐候性	人工加速老化 1000h 气泡、剥落、粉化为 0
2	耐碱性	30d 无气泡、剥落、粉化现象

3	耐酸性	30d 无气泡、剥落、粉化现象
4	附着力/MPa	≥ 1.5
5	碳化深度比/%	≤ 20
6	抗冻性	200 次冻融循环无脱落、破裂、起泡现象
7	抗氯离子渗透性/[mg/cm ² ·d]	$\leq 1.0 \times 10^{-3}$

注：1 试验方法按《混凝土结构防护用成膜型涂料》（GB/T 335）执行；

2 碳化深度、抗冻性和抗氯离子渗透性按现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》（GB/T 50082）规定的相应方法进行检验。

6.2.3 涂层系统中底层涂料应具有低粘度和高渗透能力；中间层应具有与底层和面层涂料较好的相容性和附着力；面层应具有抗老化性。整个涂层系统应具有较好的防腐蚀能力。

6.2.4 公路混凝土桥梁修复和表面防护涂层系统的选用及涂层厚度等要求可按现行的《水运工程结构耐久性设计标准》（JTS 153）相关标准执行。

6.2.5 公路混凝土桥梁修复和表面防护涂层系统按防腐年限分为两类：普通型 10 年；长效性 20 年。

6.3 公路混凝土桥结构梁修复和表面防护涂层施工

6.3.1 公路混凝土桥梁修复和表面防护涂层施工除应按基层处理、底层涂料施工、中间层涂料施工、面层涂料施工及养护验收外，尚应满足下列要求：

1 基层打磨及清理：施工前先将基面上的污物、灰尘等附着物清除；通过凿除、等方法对模板拼缝等不平整、残留混凝土块等粗糙处适当处理，处理后拼缝不平整度应小于等于 2mm；选择合适的冲洗设备，对基面进行清洗，待基面干燥后进行后续施工。

2 底层涂装涂料：必须按产品要求，将底层涂料配好，均匀涂刷在处理干净的混凝土基材表面，并按固化要求充分保证固化所需时间；涂装时应确保底层涂料充分均匀涂覆到所有需涂装的表面，涂层厚度应达到设计要求。

3 抗裂环氧腻子施工：在基底涂上抗裂环氧腻子后，用刮尺刮平，若还有凹陷，凹陷的地方用腻子填充修补再刮平。干燥后打磨找平，然后再沿垂直方向满摸腻子一道，然后用刮尺沿垂直方向刮平，若有凹陷，用粗腻子填充刮平，干燥

后再次打磨找平。若平整度仍达不到要求，重复上述步骤，直到满足要求为止。

施工时每一批次刮摸厚度不大于 10mm；完成后平整度要求达到 2 米靠尺检查不大于 2mm。

打磨工序，先用 80 目砂纸或砂轮片打磨，再用 120 目以上砂纸仔细砂磨；除去摸刀印和接痕，提高表面平整度；除去浮尘，保证基面的强度和下道涂料层的结合力。

4 光面环氧腻子施工：刮涂性环氧腻子，对整个混凝土结构基面进行全面涂挂，以增加涂层的平整度；抛磨施工采用 60 目砂纸打磨平整光滑。

5 中间层涂料涂装：必须按产品说明书要求将中间层涂料配好，涂膜厚度达到设计要求，涂层应均匀、不得有流坠、漏涂、气泡等现象。

6 面层涂料涂装：必须按产品说明书要求将面层涂料配好，涂膜厚度应达到设计要求，涂层应均匀、色泽一致，不得有流坠、漏涂、气泡等现象。

6.3.2 公路混凝土桥梁结构表面防护涂层施工温度为 5℃～38℃，空气相对湿度为 80% 以下，混凝土表面应干燥清洁。在有雨、雾、雪、大风和较大灰尘的条件下，禁止施工。

6.4 检验与验收

6.4.1 混凝土表面防护涂层材料应进行进场复验，其性能应满足国家行业标准。

6.4.2 混凝土表面防护涂层涂装验收分工序验收和单位工程验收。基本涂刷和分层涂刷均进行检验，合格后方可进行下道工序施工；每层涂装后应进行目测检查，涂膜要均匀，无漏涂。

6.4.3 涂层施工完成后，验收宜在涂装完成后 14d 内进行，应满足下列要求：

1 对抽样检测区域进行目视外观检查，涂层应连续、均匀、平整，无漏涂、流挂、变色、色差、针孔、裂纹、气泡等缺陷。

2 涂层完全固化后（常温下 7d）进行厚度检测。涂层平均干膜厚度应不小于设计干膜厚度，最小干膜厚度应不小于设计干膜厚度的 80%。

3 粘结强度检测采用拉拔式涂层粘结强度测定仪测定，涂层粘结强度应符合相关标准或设计文件规定。

7 公路混凝土桥梁结构表面防护面层

7.1 一般规定

7.1.1 公路混凝土桥梁表面防护面层处理基本适用于各种环境，应按照表 4.1.5-1 和表 4.1.5-2 的规定合理选用。

7.1.2 公路混凝土桥梁表面防护面层施工前，应对缺陷和损伤情况进行调查，并应根据缺陷、损伤程度及原因制定修复方案，依据相关规范进行修复。

7.1.3 公路混凝土桥梁表面防护面层施工应在完成结构缺陷和损伤修复后进行。

7.2 材料

7.2.1 公路混凝土桥梁防护面层材料可使用混凝土（砂浆）、聚合物水泥混凝土（砂浆）等材料，其质量及性能应符合现行标准、规范的规定或满足设计要求。

7.2.2 公路混凝土桥梁防护面层用材料应具有良好的抗渗性、附着性，与基体材料有良好的匹配性。

7.2.3 公路混凝土桥梁防护面层用材料的强度应不低于基体材料强度。

7.2.4 公路混凝土桥梁防护面层的厚度、原材料配比及施工方法，应根据公路混凝土桥梁的耐久性要求、环境作用类别和作用等级，经论证后确定。

7.3 公路混凝土桥梁结构表面防护面层施工

7.3.1 公路混凝土桥梁结构表面防护面层施工工艺包括基底处理、分层施工及养护验收，尚应满足下列要求：

1 施工前应清除混凝土表面待修补部分的浮尘、油污及铁锈，将混凝土表面凿毛。

2 在涂抹聚合物砂浆前 2h，可用水冲洗待修补部位的混凝土表面，使混凝土表面处于充分湿润状态，但表面不能有明水。

3 应采用机械拌和，在修补施工前应将拌好的聚合物水泥砂浆放置 5min 后略加搅拌即可使用，搅拌好的物料应在 1h 内用完。

4 人工修补时，首层应压实，若修补厚度大于 20mm 时，应分层压涂，各层施工应间隔 3~4h。

7.3.2 桥梁混凝土防护面层施工后应及时进行养护，养护应符合相关规定及设计文件要求。

7.4 检验与验收

7.4.1 桥梁混凝土表面防护面层材料应进行进场复验，其性能应满足国家行业标准。

7.4.2 桥梁混凝土表面防护面层完工后应进行外观检查，表面应平整，修复材料与基层间应粘结牢靠，不得有裂缝、脱层、起鼓、脱落等现象。

7.4.3 对抗压强度、抗冻等级、抗渗等级等有要求的，应在施工的同时制作相应的试件，按相关要求进行了试验测定。

7.4.4 对粘结强度有要求时，可在现场进行拉拔测试。

8 公路混凝土桥梁构件牺牲阳极保护

8.1 一般规定

8.1.1 混凝土桥梁牺牲阳极保护适用于氯化物污染大气、海水潮差浪溅区、腐蚀性土壤环境等。

8.1.2 牺牲阳极保护系统的保护电流密度选取应根据耐久性调查、检测与评定的结果，按钢筋周围的环境及钢筋锈蚀状况确定。

8.1.3 被保护范围内的钢筋应具有良好的电连续性。

8.1.4 混凝土表面不得有外露钢丝或钢构件，以免造成系统短路。阴极和阳极之间的混凝土保护层厚度不得小于 15mm。

8.1.5 对被保护范围内的混凝土分层、胀裂、剥落等应局部凿除，并采用水泥基材料修复，钢筋表面的锈层应予以清除，必要时进行加固处理，保证阴极系统与阳极系统间存在良好的离子通路。

8.1.6 混凝土表面有高阻抗涂层、配置环氧涂覆钢筋或含碱性活集料的构件，不宜采用牺牲阳极保护。

8.1.7 牺牲阳极保护系统的设计使用寿命不得小于 10 年。

8.1.8 对重要或环境复杂的桥梁，在正式处理前，应在有代表性的构件上进行工艺性试验。

8.2 牺牲阳极保护系统的设计

8.2.1 桥梁混凝土构件牺牲阳极保护应进行专项设计。

8.2.2 设计前应对桥梁结构所处环境情况、混凝土结构耐久性状态等进行调查和检测评定。

8.2.3 牺牲阳极形式可采用面式阳极或点式阳极。

8.2.4 牺牲阳极材料可采用铝-锌-镉合金、锌-铝-镉合金等，其性能指标应满足相应标准要求。

8.2.5 每个保护单元所需牺牲阳极的质量可按现行《海港工程钢筋混凝土结构电化学腐蚀技术规范》（JTS 153-2）第 5 章规定的方法计算。

8.2.6 牺牲阳极保护系统应配置监控系统，包括参比电极、监控设备和其他

装置，其性能指标应满足下列要求：

1 保护电位和极化电位衰减值，可采用便携式参比电极或埋入式参比电极测量；不超过 24h 的极化电位衰减值也可由石墨、活性铁或锌制作的电位衰减值测量探头测量。

2 埋入式参比电极可选用 0.5mol/L 氯化钾（KCl）溶液中的银/氯化银电极或 0.5mol/L 氢氧化钠（NaOH）溶液中的锰/二氧化锰电极；便携式参比电极可选用 0.5mol/L 氯化钾（KCl）溶液中的银/氯化银电极，且参比电极应极化小、不易损坏、适用环境介质、电位精度宜小于或等于士 5mV。

3 埋入式参比电极的寿命宜大于 20 年。

4 每个保护单元应在保护电位最高值的位置和最低值的位置布置不少于 2 个埋入式参比电极；便携式参比电极测点的选取，应反映整个结构物的保护状况，必要时应安装保护电流以及腐蚀速率测量装置等。

5 监控设备应具有测量保护电位及电流密度等功能；电位测量的分辨率应达到 1mV，精度不应低于测量值的+0.1%，输入阻抗不应小于 10MΩ，电流测量分辨率应达到 1μA，精度不应低于测量值的士 0.5%。

6 监控设备应具有稳定可靠、维护简单、抗干扰等特点。

8.2.7 牺牲阳极保护系统的阳极电缆、阴极电缆、参比电极电缆、电位测量电缆和监控系统电缆应符合下列规定：

1 采用点式牺牲阳保护阴极时，阳极铁芯直接与钢筋电连接，钢筋表面仅引出单根电缆用以电位测量。

2 采用面式牺牲阳极保护阴极时，阳极电缆和阴极电缆的铜芯截面积应提高一个等级配置。

3 电缆均应使用颜色或其他标记区分，且电缆护套应具有良好的绝缘、抗老化、抗腐蚀性等。

4 电缆用量应根据电缆的类型、保护单元的具体情况、电缆的铺设位置及走向等计算确定。

5 阳极电缆和阴极电缆宜采用单芯多股铜芯电缆，每个阴极保护单元应设计阳极电缆和阴极电缆各不少于 2 根。

6 电缆截面面积应根据 125%最大设计电流时允许的温度和压降等因素确定，

且阴极保护电源的输出电压值与阳极/阴极所要求的电压值相一致，同时确保为每一个保护区域提供均匀的电流分配。

7 单芯电缆的截面积不小于 2.5mm^2 ，多芯电缆的阳极和阴极电缆不小于 1.0mm^2 ，监控电缆截面积不小于 0.55mm^2 ，所有电缆至少有 7 股组成；阳极、阴极电缆芯横截面积可按《混凝土结构耐久性电化学技术规程》（TCECS 565）第 4 章规定的方法计算。

8 参比电极电缆应采用屏蔽电缆，屏蔽层应接地，且不应靠近动力电缆。

9 每个阴极保护单元内应设计不少于 1 根监控系统电缆，且不得与保护系统中的阴极电缆兼用。

10 电缆应避免被破坏，对于易被破坏的电缆应采取防护措施。

11 所有密封于混凝土、导管或护套中的电缆至少有符合现行国家标准《额定电压 1kV ($U_m=1.2\text{kV}$) 到 35kV ($U_m=40.5\text{kV}$) 挤包绝缘电力电缆及附件》GB/T 12706 规定的绝缘层和护套各一层。

8.3 牺牲阳极保护系统的安装与调试

8.3.1 桥梁混凝土构件牺牲阳极保护系统的安装施工应包括混凝土结构预处理、单元内钢筋电连接、监控系统安装、阳极安装、接头制作和电缆铺设等工序。

8.3.2 安装前应确认系统所用的材料和仪器是否满足设计要求，并应满足下列要求：

1 保护单元内非预应力钢筋的电连接可采用焊接连接或机械连接，预应力钢筋的电连接必须采用机械连接方式。

2 电连接钢筋或电缆外露部分应采取防腐保护措施。

3 应去除混凝土土表面所有的绑扎铁丝、钢筋头、钉子或其他可见的金属物，并用水泥基材料修补，厚度不宜小于 15mm。

4 阳极在储存和搬运过程应避免污染，安装应牢固、可靠。

5 点式阳极与基体混凝土之间应采用水泥基材料填充密实，严禁存在孔洞等缺陷。

6 面式阳极安装前，混凝土表面宜进行预处理，阳极与基体混凝土间应粘结牢固。

7 埋入式参比电极应埋设于第一层钢筋附近，并严禁与钢筋短路。

8 阳极系统应安装牢固，避免发生短路。

9 网带、条状或带状阳极搭接长度不应少于 50mm，每个搭接部分点焊不应少于 3 点。

10 每个阳极区应具有良好的电连通性，其连接电阻不应大于 1.00Ω ，不同阳极区之间应绝缘。

11 电缆与阳极的连接方式和安装方式应通过试验或已有工程证实的方法实施。

12 接头处应进行密封防水处理，并满足耐久性使用要求。电缆铺设应留有适当余量且有唯一性标识，并采取适当的保护措施避免环境介质、人和畜的破坏。

8.3.3 牺牲阳极保护系统的调试应符合下列规定：

- 1 阳极与被保护构件短路前，应测量被保护钢筋的自腐蚀电位。
- 2 阳极与阴极保护系统调试过程中，应记录保护电位。
- 3 施工记录表可按本规程附录 A 的规定填写。

8.4 牺牲阳极保护系统的质量控制与检验

8.4.1 阳极保护系统的质量控制与检验应包括下列内容：

- 1 所有回路的极性检查、电连通性检查、绝缘性检查。
- 2 阳极的质量控制与检验。
- 3 各种材料和仪器设备的质量控制与检验。
- 4 参比电极、阳极、接头和电缆的制作、安装质量的检验。

8.4.2 钢筋电连通性宜采用直流电阻法检验。采用数字万用表测量保护单元内不同钢筋之间的电阻，其电阻值应小于 1.00Ω 。

8.4.3 阳极的质量控制与检验应符合下列规定：

- 1 阳极的化学成分检验应符合现行相关标准的规定，检验结果应符合设计要求。
- 2 阳极的外观质量可目视检验，外观应均匀一致，无气泡、裂缝等缺陷。
- 3 阳极应抽样检测，每个保护单元随机抽测 3 个测点，其值不应小于设计值，最小值不应小于设计值的 75%。

4 阳极的总质量与设计值相比不应出现负偏差。

8.4.4 电缆和监控设备的质量控制与检验应符合下列规定：

1 电缆的外观、规格型号与标识和接头应逐一目测检验，并检测电缆和接头的绝缘性和电连通性。

2 仪器和设备应逐件检查其规格型号和完好性。

8.4.5 参比电极的电位值应采用内阻不低于 $10\text{M}\Omega$ 的数字万用表测量，逐个校核参比电极，允许偏差为 $\pm 10\text{mV}$ 。参比电极安装位置采用量测法检查，允许偏差为 $\pm 100\text{mm}$ 。

8.4.6 牺牲阳极保护系统的调试应按设计规定的程序进行，并符合下列规定。

1 监控系统的电位指示值不符合规定或与前次检测结果有较大差异时，应对仪器设备和电路进行检测，查明故障部位及原因并进行修复处理。

2 运行期间阳极系统应无断路、脱落等可能性缺陷。

3 混凝土表面覆盖层应无开裂、空鼓、脱落等缺陷。

4 相对于饱和氯化钾（KCl）溶液中的银/氯化银参比电极，牺牲阳极保护系统的保护电位应符合下列规定：

1) 普通钢筋，允许瞬时断电的电位不低于 -1100mV 。

2) 预应力钢筋，允许瞬时断电的电位不低于 -900mV 。

3) 混凝土结构任意代表性的测点，其电位实测值应满足下列要求之一：

(1) 瞬时断电的电位应低于 -720mV ；

(2) 断电瞬间的"初始"极化电位，断电后最长 24h 的衰减不应低于 100mV ；

(3) 断电瞬间的"初始"极化电位，断电后电位衰减超过给定时间（如 24h）的衰减不应低于 150mV 。

8.5 牺牲阳极保护系统的维护与管理

8.5.1 牺牲阳极保护系统应由专门的技术人员负责日常维护。

8.5.2 牺牲阳极保护系统的监控系统、牺牲阳极、电缆等所有部件应进行日常检查和维护，并及时修复运行中存在的故障。

8.5.3 牺牲阳极保护系统的保护电位和保护电流，应定期检查和记录，周期为 1 次/季度，并应评估保护效果。

8.5.4 当钢筋保护电位不满足本规程第 8.4.6 条的要求时，应进行调整或采取补救措施。

征求意见稿

附录 A 牺牲阳极保护系统施工记录

A.0.1 公路混凝土桥梁钢筋混凝土结构电化学防腐蚀安装与调试过程应填写施工记录。施工记录见表 A.0.1-1

表 A.0.1-1 施工记录表

序号	检测设备及型号	项目名称	部位	记录内容	备注
1		凿除范围			
2		修补范围			
3		接触电阻			
4		混凝土电阻率			
5		混凝土外观状况			
6		钢筋电连接性			
7		短路测试			
8		电绝缘性测试			
9		保护电流			
10		保护电位			
11		输出电流			
12		输出电压			
13		仪器设备检验			
14		回路电阻			
15		自腐蚀电位			
16		电位衰减值			

本规程用词说明

1 本规程执行严格程度的用词，采用下列写法：

- 1) 表示很严格，非这样做不可的用词，正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
- 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
- 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

- 1) 在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”。
- 2) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标准时，表述为“应符合《××××××》（×××）的有关规定”。
- 3) 当引用本标准中的其他规定时，表述为“应符合本规程第×章的有关规定”、“应符合本规程第×.×节的有关规定”、“应符合本规程第×.×.×条的有关规定”或“应按本规程第×.×.×条的有关规定执行”。

引用标准名录

1. 中华人民共和国行业标准《混凝土结构耐久性修复与防护技术规程》
(JGJ/T 259-2012)
2. 中国工程建设标准化协会标准《混凝土结构耐久性修复与防护技术规程》
(T/CECS 938-2021)
3. 《既有混凝土结构耐久性评定标准》GB/T 51355
4. 《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476
5. 《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》(JTG/T 3310)
6. 《钢筋阻锈剂应用技术规程》(T CECS 874)
7. 《混凝土结构设计规范》(GB 50010)
8. 《钢筋阻锈剂应用技术规程》JGJ/T 192
9. 《混凝土结构防护用成膜型涂料》(JG/T 335)
10. 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》(GB/T 50082)
11. 《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153)
12. 《公路工程结构安全性评价规范》(征求意见稿).
13. 《海港工程钢筋混凝土结构电化学腐蚀技术规范》(JTS 153-2)
14. 《混凝土结构耐久性电化学技术规程》(T/CECS 565)
15. 《公路养护工程质量检验评定标准第一册土建工程》JTG 5220
16. 《桥梁混凝土表面防护用硅烷膏体材料》JT/T 991
17. 《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》JTJ 275