

DB61

陕 西 省 地 方 标 准

DB 61/T 1026—2016

混凝土桥梁结构普通钢筋锈蚀修复 技术规程

Technical specification for reinforcing ordinary steel corrosion repair of
concrete bridge structure

2016 – 05 – 09 发布

2016 – 08 – 01 实施

陕西省质量技术监督局 发布

前 言

本标准根据GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由西安中交土木科技有限公司提出。

本标准由陕西省交通运输厅归口。

本标准起草单位：西安中交土木科技有限公司、中交第一公路勘察设计研究院有限公司、西安市市政设施管理局桥梁监测中心、中交四公局（北京）公路试验检测科技有限公司。

本标准主要起草人：彭泽友、弋志雄、葛胜锦、张敬珍、柳颖新、李翔、汪明天、邹顺、吕晓霞、赵秋华。

本标准由西安中交土木科技有限公司负责解释。

本标准首次发布。

联系信息如下：

单位：西安中交土木科技有限公司

电话：029-88851152-2615

地址：陕西省西安市雁塔区科技四路205号

邮编：710075

混凝土桥梁结构普通钢筋锈蚀修复技术规程

1 范围

本标准规定了混凝土桥梁结构普通钢筋锈蚀修复的基本要求、混凝土裂缝修复、钢筋保护层裂缝修复、电化学保护等内容。

本标准适用于陕西省混凝土桥梁结构中普通钢筋锈蚀损伤的修复。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 175 通用硅酸盐水泥
- GB/T 2567 树脂浇铸体性能试验方法
- GB/T 2794 胶粘剂粘度的测定
- GB/T 7123.1 胶粘剂适用期的测定
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO法）
- GB/T 20623 建筑涂料用乳液
- GB 50254 电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范
- GB/T 50344 建筑结构检测技术标准
- DL/T 5126 聚合物改性水泥砂浆试验规程
- DL/T 5193 环氧树脂砂浆技术规程
- JC/T 907 混凝土界面处理剂
- JC/T 984 聚合物水泥防水砂浆
- JC/T 986 水泥基灌浆材料
- JC/T 1018 水性渗透型无机防水剂
- JC/T 2189 建筑干混砂浆用可再分散乳胶粉
- JG/T 264 混凝土裂缝修复灌浆树脂
- JG/T 333 混凝土裂缝修补灌浆材料技术条件
- JG/T 336 混凝土结构修复用聚合物水泥砂浆
- JGJ/T 70 建筑砂浆基本性能试验方法
- JGJ/T 152 混凝土中钢筋检测技术规程
- JGJ/T 192 钢筋阻锈剂应用技术规程
- JGJ/T 259 混凝土结构耐久性修复与防护技术
- JT/T 537 钢筋混凝土阻锈剂
- JTG/T F50 公路桥涵施工技术规范
- JTG/T J22 公路桥梁加固设计规范
- JTG/T J23 公路桥梁加固施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

钢筋锈蚀修复 reinforcing steel corrosion rehabilitation

对发生锈蚀的普通钢筋及混凝土结构进行修复而采取的技术手段。

3.2

修复材料 materials for rehabilitation

为使遭受损伤的普通钢筋及混凝土结构恢复到满足正常使用条件，所采取的修补、更换或加固等措施所需的材料。

3.3

界面处理材料 interfacial bonding agent

用于混凝土修复区域界面处增强粘结力与阻锈功能的材料。

3.4

阻锈剂 corrosion inhibitor

加入混凝土（砂浆）中或涂刷在钢筋表面，能够阻止或减缓钢筋腐蚀的材料。

3.5

电化学再碱化 electrochemical realkalization

给钢筋短期施加一定密度的阴极电流，提高钢筋周围已中性化（包括碳化）的混凝土pH值，使钢筋再钝化的技术措施。

3.6

电化学脱盐 electrochemical chloride extraction

给钢筋短期施加一定密度的阴极电流，使混凝土中带负电荷的氯离子在电场作用下迁移出混凝土保护层，通过阴极反应提高钢筋周围的 pH 值，使钢筋再钝化的技术措施。

3.7

电化学阴极保护 electrochemical 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。

4 基本要求

4.1 技术原则

4.1.1 混凝土桥梁结构出现一定程度的钢筋锈蚀损伤，采用修复技术可恢复其使用功能的，应进行修复。

4.1.2 混凝土桥梁结构普通钢筋锈蚀修复应针对不同锈蚀构件及部位，制定相应的修复方案，包括使用环境及损伤评定、修复方案设计、修复处理、检验与验收等。

4.2 环境作用等级

4.2.1 环境条件类别按其对混凝土中钢筋的锈蚀机理分为 4 类，应符合表 1 的要求。

表 1 环境条件类别

环境类别	名称	锈蚀机理
I	一般环境	保护层混凝土碳化引起钢筋锈蚀
II	水及氯化物环境	氯化物引起钢筋锈蚀
III	除冰盐环境	重度氯盐引起钢筋锈蚀
IV	综合腐蚀环境	多因素引起钢筋锈蚀
注1：一般环境指无氯化物、水和其他化学腐蚀物的大气作用环境； 注2：水及氯化物环境指含有氯化物的雨水、河流、湖泊及土壤等作用环境； 注3：除冰盐环境指冬季播撒的除冰盐中氯离子作用环境； 注4：综合腐蚀环境指干湿交替或冻融条件下氯化物、水、大气或硫酸盐等其他腐蚀物的综合作用环境。		

4.2.2 环境条件按其对混凝土桥梁结构钢筋锈蚀损伤的作用程度进行分级，应符合表 2 的要求。

表 2 环境作用程度

环境类别	环境作用程度					
	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-A	I-B	I-C	—	—	—
水及氯化物环境	—	II-B	II-C	II-D	—	—
除冰盐环境	—	—	III-C	III-D	III-E	—
综合腐蚀环境	—	—	—	IV-D	IV-E	IV-F

4.3 锈蚀损伤等级与修复方案

4.3.1 锈蚀损伤等级采用综合分析、物理检测或电化学检测进行评定，评定指标应符合表 3 的要求，评定方法应符合附录 A 的要求，评定记录按附录 B 的要求填写。

表 3 混凝土桥梁结构钢筋锈蚀损伤等级评定指标

锈蚀损伤等级	钢筋保护层外观	钢筋锈蚀电流 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$	钢筋锈蚀电位 mV	钢筋保护层碳化率 K_c	钢筋保护层氯离子含量 $P/\%$
一级	无变化	<0.2	>-200	<0.5	<0.15
二级	表面微细裂缝	$0.2\sim1$	$-200\sim300$	$0.5\sim1.0$	$0.15\sim0.4$
三级	裂缝扩展、贯通， 表层开裂	$1\sim10$	$-300\sim400$	$1.0\sim1.5$	$0.4\sim0.7$
四级	保护层剥落，钢筋 裸露，锈斑可见	>10	<-400	>1.5	>0.7
注1：钢筋保护层外观、钢筋锈蚀电流、钢筋锈蚀电位适用于各类环境的锈蚀损伤等级评定，钢筋保护层碳化率适用于 I 类、IV类环境的锈蚀损伤等级评定，钢筋保护层氯离子含量适用于 II 类、III类及IV类环境的锈蚀损伤等级评定； 注2：当采取多项评定指标进行锈蚀损伤评定且评定结果不一致时，应以钢筋锈蚀电流的评定结果为准； 注3：表中K_c为测区混凝土碳化深度平均值与实测保护层厚度平均值的比值； 注4：表中P为氯离子含量占胶凝材料总量的百分比。					

4.3.2 根据环境作用与锈蚀损伤等级评定结果，修复方案应符合表 4 的要求。

表 4 修复方案

锈蚀损伤等级	适用环境作用等级	修复方案
一级	I -A, I -B, I -C, II -B, II -C	-
二级	II -B, II -C, II -D, III -C, III -D	混凝土裂缝修复
三级	III -C, III -D, III -E, IV -D, IV -E	混凝土裂缝修复、钢筋保护层置换修复
四级	III -D, III -E, IV -D, IV -E, IV -F	钢筋保护层置换修复、电化学保护

5 混凝土裂缝修复

5.1 一般规定

- 5.1.1 混凝土裂缝一般分为结构性裂缝和非结构性裂缝。
- 5.1.2 混凝土构件裂缝的处理，应分析裂缝的成因。裂缝处理可按 5.2 节的方法进行，结构性裂缝还应经过计算分析确定结构加固方案。
- 5.1.3 当裂缝区的钢筋锈蚀时，应先对钢筋进行除锈和阻锈处理，再进行裂缝修补。
- 5.1.4 裂缝修补后，可进行表面处理。

5.2 裂缝修补方法

- 5.2.1 混凝土裂缝修复包括裂缝表面封闭、裂缝灌注修复两类。
- 5.2.2 裂缝表面封闭适用于裂缝较浅、宽度小于 0.15mm 的裂缝处理，裂缝灌注修复适用于裂缝较深、宽度不小于 0.15mm 的裂缝处理。

5.3 材料

5.3.1 混凝土裂缝修补采用水泥基材料、环氧胶泥或渗透型防水剂等材料时，水泥基材料性能应符合表 5 的要求，环氧胶泥、渗透型防水剂性能应分别符合 JG/T 264、JC/T 1018 的规定。

表 5 裂缝修补用水泥基材料性能指标

序号	项目		性能指标	检测标准
1	凝结时间/min	初凝	≥45	JC/T 986
		终凝	≤720	
2	泌水率/%		≤1.0	JC/T 986
3	流动度/mm	初始流动度	≥260	JC/T 986
		30min 流动度保留值	≥230	
4	竖向膨胀率/%		≥0.02	JC/T 986
5	抗压强度/MPa	7d	≥30	GB/T 17671
		28d	≥45	
6	抗折强度/MPa	7d	≥6	GB/T 17671
		28d	≥12	
7	氯离子含量/%		≤0.15	GB 8076

5.3.2 混凝土裂缝注射或压力灌注采用环氧树脂、丙烯酰胺类、甲基丙烯酸树脂或聚氨酯类等材料时，其性能应符合表 6 的规定。

表 6 裂缝修补用胶（注射剂）材料性能指标

序号	项目	性能指标	检测标准
1	初始粘度/MPa·s	≤500	GB/T 2794
2	适用期/min	≥30	GB/T 7123.1
3	拉伸强度/MPa	≥20	GB/T 2567
4	拉伸弹性模量/MPa	≥1500	GB/T 2567
5	伸长率/%	≥1	GB/T 2567
6	体积收缩率/%	≤3	JG/T 333
7	压缩强度/MPa	≥40	GB/T 2567
8	弯曲强度/MPa	≥30，且不应呈脆性破坏	GB/T 2567
9	粘结强度/MPa	≥2.5	JG/T 333
10	与混凝土的附着力/MPa	≥2.5	JG/T 333

5.3.3 钢筋锈蚀表面阻锈处理可采用亚硝酸盐类、氨基醇类、氨基羧酸类或有机硅氧烷类等阻锈剂，其性能应符合 JGJ/T 192 的规定。

5.4 施工工艺

5.4.1 一般要求

5.4.1.1 裂缝修补前应彻底清理基底，确保处理过的基底密实、干燥、无污染。

5.4.1.2 严禁在雨天、大风天或灰尘较大情况下进行施工。

5.4.1.3 施工过程中，应对每一道工序进行检查、验收，并做好施工记录。

5.4.2 裂缝表面封闭

裂缝表面封闭应按照裂缝表面清理，开“V”形槽，封闭裂缝，后续清理的施工流程进行，并应符合下列要求：

- a) 清除裂缝表面 30mm~50mm 范围内的灰尘、浮浆、松散层等污物，油污处采用丙酮清洗干净，裂缝表面保持干燥；
- b) 沿裂缝开深约 5mm、宽约 2mm 的“V”形槽，且开槽至裂缝根部，用不小于 0.2MPa 的压缩空气清除槽内浮尘，并用丙酮清洗干净；
- c) 将配制好的表面封闭材料均匀填满“V”形槽，材料应均匀涂抹在裂缝表面，密封压实，涂抹厚度及范围应符合设计及材料使用规定；
- d) 待表面封闭材料完全固化后，用角磨机打磨平整。

5.4.3 裂缝灌注修复

裂缝灌注修复应按照裂缝表面清理，开“V”形槽，封闭裂缝，粘贴灌注嘴，密封检查，灌注，后续清理的施工流程进行，并应符合下列要求：

- a) 清除裂缝表面 30mm~50mm 范围内的灰尘、浮浆、松散层等污物，油污处采用丙酮清洗干净，裂缝表面保持干燥；
- b) 沿裂缝开深不小于 10mm、宽约 5mm 的“V”形槽，且开槽至裂缝根部，用不小于 0.2MPa 的压缩空气清除槽内浮尘，并用丙酮清洗干净；
- c) 将配制好的裂缝灌注材料均匀填满“V”形槽，材料应均匀涂抹在裂缝表面，密封压实，涂抹厚度及范围应符合设计及材料使用规定；
- d) 注浆嘴沿裂缝走向布置，每隔 200 mm~300mm 预留灌注浆液进出口，并粘贴灌注嘴。封闭后进行压气试漏，检查密封效果；
- e) 选用合适的灌注泵或注胶瓶灌注，由低处至高处开始灌注。若采用灌注泵压力灌注时，注浆压力一般为 0.1MPa~0.4MPa；
- f) 待裂缝灌注材料完全固化后，清除灌注嘴，用角磨机打磨平整。

5.4.4 阻锈处理

钢筋阻锈处理应符合下列要求：

- a) 钢筋表面有油污、油脂、涂层等影响渗透的物质时，应先清除钢筋表面污物；
- b) 在钢筋表面均匀涂刷阻锈剂或钝化剂，保持清洁；
- c) 处于侵蚀性环境且锈蚀损伤严重的构件，修复后宜在修复表面涂刷渗透型阻锈剂。渗透型阻锈剂的用量、涂覆次数及间隔时间应符合 JGJ/T 192 的规定。

5.5 检验与验收

5.5.1 表面处理材料、裂缝灌注材料、裂缝填充材料应进场复验，材料性能应符合 JC/T 907、JG/T 264 及 JG/T 333 的规定。

5.5.2 修复后混凝土表面应平整、致密，当对材料粘结性能有要求时，现场应进行拉拔强度检测。

5.5.3 裂缝灌注后应密实可靠，可采用压力水法或钻芯取样法进行检查。

5.5.4 修复施工验收记录按附录 C 的要求填写。

6 钢筋保护层置换修复

6.1 一般规定

6.1.1 钢筋保护层置换修复适用于混凝土桥梁构件锈胀及较大范围破损等缺陷的修补。若钢筋保护层损伤部位尺寸较大，修复前、后应进行结构承载力评估，并采取相应的加固措施，保证桥梁结构安全，具体措施应符合 JTG/T J22 和 JTG/T J23 的规定。

6.1.2 当置换修复区的钢筋锈蚀时，应先对原结构钢筋锈蚀损伤部位的保护层混凝土进行清除，对钢筋进行除锈和阻锈处理，再进行置换修复。

6.1.3 置换修复后，可进行表面处理。

6.2 材料

6.2.1 置换修复可采用水泥砂浆、聚合物水泥砂浆或改性环氧砂浆材料。

6.2.2 原材料基本性能应符合下列要求：

- a) 水泥应为符合 GB 175 的 42.5 或 52.5 普通硅酸盐水泥，严禁使用过期水泥或受潮水泥；
- b) 砂浆或混凝土用细骨料、粗骨料、外加剂及拌合水应符合 JTG/T F50 的规定；
- c) 聚合物水泥砂浆应选用丁苯乳液、丙烯酸乳液、苯丙乳液及其他聚合物乳液或聚合物乳胶粉，其性能应符合 GB/T 20623 及 JC/T 2189 的规定；
- d) 改性环氧砂浆的技术性能应符合 DL/T 5193 的规定；
- e) 置换修复材料可掺入适量的掺入型或渗透型阻锈剂，且不应影响修复体系的整体性能，其性能应符合 JGJ/T 192 的规定。

6.2.3 置换修复材料性能应符合表 7 的要求。

表 7 置换修复材料性能指标

序号	项目		性能指标	检测标准
1	凝结时间/min	初凝	≥45.0	DL/T 5126
		终凝	≤720.0	
2	抗压强度/MPa (不低于原结构强度等级)	7d	≥18.0	GB/T 17671
		28d	≥35.0	
3	抗折强度/MPa (不低于原结构强度等级)	7d	≥6.0	GB/T 17671
		28d	≥10.0	
4	拉伸粘结强度/MPa	28d	≥1.5	JC/T 907
5	收缩率/%	28d	≤0.1	JGJ/T 70
6	碳化深度/mm	28d	≤15.0	DL/T 5126
7	氯离子渗透深度/mm	28d	≤15.0	DL/T 5126
8	钢筋耐锈蚀性能		无锈蚀	JT/T 537

6.2.4 根据锈蚀损伤情况选用阻锈剂、钢筋表面钝化剂或环氧树脂等防腐材料，涂刷在除锈钢筋表面，并应与钢筋具有良好的粘结力。

6.3 施工工艺

6.3.1 钢筋保护层置换修复施工按基层处理、修复处理、表面处理三个施工工序进行。

6.3.2 凿除与锈蚀钢筋相接部分的混凝土，基面凿毛并露出混凝土坚硬部分，采取喷砂、压力水喷射等措施，将基面的松散层、附着物、污垢及灰尘等清除干净。

6.3.3 清除后混凝土外表面与已锈蚀钢筋表面间隙不宜小于 20mm，确保钢筋裸露并进行除锈处理，在钢筋表面均匀涂刷阻锈剂或钝化剂。

6.3.4 修复处理之前宜在待修补混凝土缺陷表面涂刷聚合物浆液，使旧混凝土表面充分浸润，保持清洁。

6.3.5 根据不同工况浇注、压抹或喷射置换修复材料，修复时一次施工厚度宜控制在 20mm 以内，振捣后反复压抹平整。

6.3.6 处于侵蚀性环境且锈蚀损伤严重的构件，修复后宜在修复表面涂刷渗透型阻锈剂。渗透型阻锈剂的用量、涂覆次数及间隔时间应符合 JGJ/T 192 的规定。

6.4 检验与验收

6.4.1 修复材料、界面处理材料等关键材料应进场复验，材料性能应符合 JG/T 336、JC/T 984 及 JC/T 907 的规定。

6.4.2 修复完成后应进行外观检查，修复材料与混凝土基面粘结牢靠，表面无裂缝、脱层、起鼓、脱落等现象，当对粘结强度有要求时，现场应采用拉拔试验测定。

6.4.3 对技术性能有要求时，应留置检测试块，每项检测至少预留三组试块，性能指标应满足表 7 的要求。

6.4.4 修复质量可采用金属敲击、超声波或钻芯取样法进行检验。

6.4.5 锈蚀损伤严重的部位，修复后可采用半电池电位法检测钢筋性状，钢筋锈蚀电位应大于 -200 mV，检测方法应按照 JGJ/T 152 的规定进行。

6.4.6 修复施工验收记录按附录 C 的要求填写。

7 电化学保护

7.1 一般规定

采用电化学技术手段对混凝土钢筋锈蚀损伤部位进行损伤修复、钢筋保护及混凝土内部环境优化，包括电化学再碱化、电化学脱盐、阴极保护三类。

7.2 材料与设备

电化学保护的材料和设备可采用阳极系统、电解质、检测和控制系統、电缆和直流电源等，并应符合下列规定：

- a) 阴极保护阳极系统应能在保护期间提供并均匀分布保护区域所需的保护电流。阳极材料的设计和选择，应满足保护系统的设计寿命要求和电流承载能力；
- b) 电化学脱盐和再碱化的阳极系统应由网状或条状阳极与浸没阳极的电解质溶液组成，电化学脱盐所用电解质宜采用 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 饱和溶液或自来水；电化学再碱化所用电解质宜采用 0.5mol/L ~ 1.0mol/L 的 Na_2CO_3 水溶液等；
- c) 检测和控制系统的埋入式参比电极可选用 $\text{Ag}/\text{AgCl}/0.5\text{mol/L KCl}$ 凝胶电极和 $\text{Mn}/\text{MnO}_2/0.5\text{mol/L NaOH}$ 电极；便携式参比电极可选用 $\text{Ag}/\text{AgCl}/0.5\text{mol/L KCl}$ 电极。参比电极的精度应达到 $\pm 5 \text{ mV}$ (20°C , 24h)。钢筋/混凝土电位的检测设备可采用精度不低于 $\pm 1\text{mV}$ 、输入阻抗不小于 $10\text{M}\Omega$ 的数字万用表，也可选用符合测量要求的其他数据记录仪；

- d) 直流电源的输出电流和输出电压应根据使用条件、辅助阳极类型、保护单元所需电流和回路电阻计算确定；
- e) 实施阴极保护措施时，阳极系统的选择应符合 JGJ/T 259 的规定。

7.3 施工工艺

7.3.1 电化学保护工程施工可分为凿除和修补损伤区混凝土保护层、电连接保护单元内钢筋、安装监测与控制系统、安装阳极系统、制作和铺设电缆、安装直流电源等工序，并应符合下列规定：

- a) 实施电化学保护前，先清除已胀裂、层裂的混凝土保护层和钢筋锈层，采用电导率和物理特性与原混凝土基层接近的水泥基材料修复凿除部位至原断面，对结构安全性有影响时应进行加固处理；
- b) 各保护区内钢筋之间以及钢筋与混凝土中其他金属件之间应成为电连接整体，阳极系统与阴极系统（钢筋）间不应存在短路现象；
- c) 电化学保护的监测与控制系统、阳极系统中各部件的规格、性能、安装位置等应符合设计要求。直流电源安装应符合 GB 50254 的规定。各种电缆应有唯一性标识。

7.3.2 电化学保护技术的特征应满足表 8 的要求。

表 8 电化学保护技术的特征

项目	阴极保护	电化学脱盐	电化学再碱化
通电时间	在防腐蚀期间持续通电	约 8 周	100h~200h
电流密度/（A/m ² ）	0.001~0.05	1~2	1~2
通电电压/V	<15	5~50	5~50
电解液	-	Ca(OH) ₂ 饱和溶液或自来水	0.5mol/L~1.0mol/L 的 Na ₂ CO ₃ 水溶液
确认效果的方法	测定电位或电位衰减/发展值	测定混凝土的氯离子含量和钢筋电位	测定混凝土 pH 值和钢筋电位
确认效果的时间	在防腐蚀期间定期检测	通电结束后	通电结束后

7.3.3 电化学保护电流密度除使保护效果满足 7.4.3 的要求外，且控制在不降低阳极系统和混凝土质量的范围内。具体保护电流密度宜通过经验数据或进行现场试验确定，也可按表 8 选取。不同条件混凝土结构阴极保护电流密度可按表 9 选取。

表 9 宜采用的阴极保护电流密度

钢筋周围的环境及钢筋的状况	保护电流密度 mA/m ²
碱性、干燥、有氯盐，混凝土保护层厚，钢筋轻微锈蚀	3~7
潮湿、有氯盐、混凝土质量差，保护层薄或中等厚度	8~20
氯盐含量高、潮湿而且干湿交替、富氧，混凝土保护层薄，气候炎热，钢筋锈蚀严重	30~50

7.3.4 电化学保护系统调试应符合下列规定：

- a) 应以设计电流的 10%~20%进行初始通电，测量直流电源的输出电压和输出电流以及钢筋/混凝土电位，所有部件的安装、连接应正确；

- b) 对外加电流阴极保护, 试通电正常后, 应逐步加大阴极保护电流, 直至钢筋/混凝土的电位满足 7.4.3 的要求; 对电化学脱盐和电化学再碱化, 试通电正常后, 应逐步加大保护电流, 直至设计值。

7.3.5 电化学脱盐和再碱化保护系统通电结束后, 应及时拆除混凝土表面阳极系统及其配件, 采用高压淡水清洗经处理的混凝土表面并进行表面修复处理或防护处理。

7.4 检验与验收

7.4.1 电化学保护系统安装完毕后, 应进行下列方面的检验:

- a) 逐一检查所用的阳极、电缆、参比电极、仪器设备规格、数量、安装位置是否符合设计要求;
- b) 检查保护系统所有部件安装是否牢固、是否有损坏, 电缆和设备连接是否正确;
- c) 测量保护单元内钢筋的电连接性和钢筋网与阳极系统之间的电绝缘性, 电缆的绝缘电阻和电连续性, 检测埋设参比电极的初始数据;
- d) 测量保护区域内钢筋的自然电位和混凝土原始氯离子含量或 pH 值。

7.4.2 在阴极保护持续运行期间, 每年应定期对保护系统进行检查和维护, 应定期检测和记录电源设备的输出电压、输出电流和钢筋保护电位。电化学脱盐和电化学再碱化的电解液应定期检测、更换, 并保持一定的碱度。

7.4.3 电化学保护效果应符合下列规定:

- a) 阴极保护在整个保护寿命期间, 各保护单元内钢筋/混凝土电位应符合下列规定之一:
 - 1) 去除 IR 降后的保护电位范围普通钢筋应为 $-720\text{ mV} \sim -1100\text{ mV}$ (相对于 $\text{Ag}/\text{AgCl}/0.5\text{ mol/L KCl}$ 参比电极); 预应力钢筋应为 $-720\text{ mV} \sim -900\text{ mV}$ (相对于 $\text{Ag}/\text{AgCl}/0.5\text{ mol/L KCl}$ 参比电极);
 - 2) 钢筋电位的极化衰减或极化发展值不应少于 100 mV 。
- b) 电化学脱盐处理后, 混凝土内氯离子含量应低于临界氯离子浓度;
- c) 电化学再碱化处理后, 混凝土 pH 值应大于 11。

附 录 A
(规范性附录)
混凝土桥梁中钢筋锈蚀状况的检测

A.1 钢筋锈蚀电流

钢筋锈蚀电流检测应按照YB/T 9231的规定进行。

A.2 钢筋锈蚀电位

钢筋锈蚀电位检测应按照JGJ/T 152的规定进行。

A.3 钢筋保护层碳化率

A.3.1 钢筋保护层厚度测量应按照JGJ/T 152的规定进行。

A.3.2 钢筋保护层碳化深度采用酚酞酒精溶液测定，将酚酞酒精溶液滴在新暴露的混凝土面上，以混凝土变色与未变色的交界处作为混凝土中性化的界面，按以下步骤进行测量：

- a) 测区位置的选择原则应符合 JGJ/T 152 的规定，若在同一测区，应先进行锈蚀电位和电阻率的测量，测区应包括锈蚀电位测量结果有代表性的区域，也能反映不同条件及不同混凝土质量的部位；
- b) 测区数不应少于 3 个，并在构件表面均匀布置；
- c) 每一测区布置 3 个测孔，测孔成“品”字排列，孔距根据构件尺寸大小确定，应大于 2 倍孔径，测孔距构件边角的距离应大于 2.5 倍保护层厚度；
- d) 用装有 20mm 直径钻头的冲击钻在测点位置钻孔，每次钻取深度不大于 10mm，将酚酞试剂喷洒在测孔壁上直至变色交界处；
- e) 用测深卡尺测量混凝土表面至变色交界处的深度，精确至 0.1mm。

A.3.2.1 根据测区混凝土碳化深度平均值与实测保护层厚度平均值计算钢筋保护层碳化率指标 K_c 见公式 (A.1)。

$$K_c = \frac{d_t}{C} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：
 K_c ——钢筋保护层碳化率指标；
 d_t ——钢筋保护层碳化深度平均值，单位为毫米（mm）；
 C ——钢筋保护层厚度平均值，单位为毫米（mm）。

A.4 钢筋保护层氯离子含量

钢筋保护层氯离子含量测定应按照GB/T 50344的规定进行。

附 录 B
(规范性附录)
混凝土桥梁钢筋锈蚀损伤状况评定表

B.1 混凝土桥梁钢筋锈蚀损伤状况评定表

混凝土桥梁钢筋锈蚀损伤状况评定记录宜参照表 B.1 的要求填写,并由评定负责人做出评定结论。

表 B.1 混凝土桥梁钢筋锈蚀损伤状况评定表

工程信息			损伤部位	
建设单位			负责人	
设计单位			负责人	
施工单位			负责人	
监理单位			负责人	
序 号	项 目	内 容		
1	服役环境类别及作用等级			
2	外观检测	表面裂缝		
		表面锈斑		
		表层鼓起		
		保护层剥落		
		钢筋裸露		
		钢筋锈斑		
		其他		
3	物理检测	保护层碳化率		
		保护层氯离子含量		
		其他		
4	电化学检测	钢筋锈蚀电位		
		钢筋锈蚀电流		
		保护层电阻率		
		其他		
5	其他检测			
评定结论： 评定单位： 负责人： 年 月 日				

附 录 C
(规范性附录)

混凝土桥梁钢筋锈蚀修复施工验收记录表

C.1 混凝土桥梁钢筋锈蚀修复施工验收记录表

由建设单位作为验收单位进行混凝土桥梁钢筋锈蚀修复施工验收，验收记录宜参照表C.1的要求填写，并由验收负责人做出验收意见及结论。

表 C.1 混凝土桥梁钢筋锈蚀修复施工验收记录表

工程信息				修复部位	
建设单位				负责人	
养护单位				负责人	
监理单位				负责人	
损伤等级		施工环境		修复方案	
序 号	项 目			内 容	
1	修复材料性能	混凝土裂缝修复材料			
		钢筋保护层置换修复材料			
		其他			
2	修复区外观	表面平整度			
		致密度			
		表面裂缝			
		起鼓、脱层			
		蜂窝麻面			
		整体美观度			
		其他			
3	修复区性能	现场拉拔强度			
		钻芯取样			
		钢筋性能			
		其他			
4	其他项目				
验收意见及结论：					
验收单位：负责人：年 月 日					