



T/CECS××××—20××

---

中国工程建设标准化协会标准

## 钢筋阻锈剂应用技术规程

Technical specification for application of corrosion inhibitor  
for steel bar

(征求意见稿)

中国计划出版社

中国工程建设标准化协会标准

# 钢筋阻锈剂应用技术规程

Technical specification for application of corrosion inhibitor  
for steel bar

**T/CECS XXX—2020**

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

烟台大学

批准部门：中国工程建设标准化协会

施行日期：20××年×月×日

中国计划出版社

20×× 北 京

## 前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2018年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2018〕030号）的要求，规程编制组经过深入调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际和国内先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分为7章和1附录，主要技术内容包括：总则、术语、符号、环境类别和环境作用等级、材料、设计、施工和质量验收等。

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。

本规程由中国工程建设标准化协会防水防护与修复专业委员会归口管理，由中国建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。本规程在执行过程中，如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送解释单位（地址：北京市北三环东路30号，邮政编码：100013，E-mail: wanghailong@cabrtech.com），以供修订时参考。

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

烟台大学

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

## 目 次

1 总 则.....	1
2 术语、符号.....	2
2.1 术 语.....	2
2.2 符 号.....	3
3 环境类别和环境作用等级.....	4
4 材 料.....	9
5 设 计.....	11
6 施 工.....	15
7 质量验收.....	17
7.1 进场材料的复验.....	17
7.2 施工质量的验收.....	17
附录 A 钢筋阻锈剂性能检测方法.....	20
附录 B 混凝土性能检测方法.....	28
本规程用词说明.....	32
引用标准名录.....	33
附：条文说明.....	34

## Contents

<b>1</b>	<b>General provisions</b> .....	错误！未定义书签。
<b>2</b>	<b>Terms and symbols</b> .....	错误！未定义书签。
	2.1 Terms.....	错误！未定义书签。
	2.2 Symbols.....	错误！未定义书签。
<b>3</b>	<b>Exposure classes and environmental action classes</b> .....	错误！未定义书签。
<b>4</b>	<b>Materials</b> .....	错误！未定义书签。
<b>5</b>	<b>Design</b> .....	错误！未定义书签。
<b>6</b>	<b>Construction</b> .....	错误！未定义书签。
<b>7</b>	<b>Quality acceptance</b> .....	错误！未定义书签。
	7.1 Reinspection for materials.....	错误！未定义书签。
	7.2 Constructional quality acceptance.....	错误！未定义书签。
	<b>Appendix A Test methods of corrn inhibitor</b> .....	错误！未定义书签。
	<b>Appendix B Explanation of wording in this specification</b> .....	错误！未定义书签。
	<b>Explanation of wording in this specification</b> .....	错误！未定义书签。
	<b>List of quoted standards</b> .....	24
	<b>Addition:Explanation of provisions</b> .....	错误！未定义书签。

# 1 总 则

1.0.1 为合理选择和正确使用钢筋阻锈剂，保持和提高钢筋混凝土结构耐久性，制定本规程。

**条文说明：**合理选择、正确使用钢筋阻锈剂是防止和减缓混凝土中钢筋锈蚀的一种有效的辅助措施。

1.0.2 本规程适用于新建和既有钢筋混凝土结构采用钢筋阻锈剂进行钢筋防护和钢筋锈蚀修复时的钢筋阻锈剂选用、施工、质量验收。

**条文说明：**本规程中所涉及的钢筋阻锈剂包含内掺型钢筋阻锈剂和外涂型钢筋阻锈剂，都可用于新建工程的钢筋防护，也都可用于现役已受到腐蚀破坏的钢筋修复工程。当应用于钢筋锈蚀修复工程时，钢筋阻锈剂可以防止钢筋继续锈蚀或减缓钢筋的锈蚀速率。本规程用于指导设计、施工和质量验收，正确选用和使用钢筋阻锈剂，有利于提高钢筋混凝土结构的耐久性。

1.0.3 当钢筋混凝土结构采用钢筋阻锈剂进行钢筋防护和修复时，混凝土性能应满足设计和施工要求。

**条文说明：**根据内掺型钢筋阻锈剂试验研究及钢筋阻锈剂工程实践发现，内掺型钢筋阻锈剂对混凝土或砂浆的初、终凝时间、抗压强度或坍落度等会有影响。使用内掺型钢筋阻锈剂时，需要确保钢筋阻锈剂性能满足设计及施工要求。此外，使用外涂型钢筋阻锈剂做防护和修复时，需要确保混凝土的性能，钢筋阻锈剂与高性能的混凝土配合，能延缓并减少腐蚀介质扩散到钢筋表面，充分发挥钢筋阻锈剂的效能。

1.0.4 钢筋阻锈剂的应用应符合本规程规定，本规程未做规定的应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语、符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 钢筋阻锈剂 corrosion inhibitor for steel bars

加入混凝土（砂浆）中或涂刷在混凝土（砂浆）表面，能够抑制或减缓钢筋腐蚀的化学物质。

**条文说明：**钢筋阻锈剂是通过抑制混凝土（砂浆）与钢筋界面孔溶液中发生的阳极或阴极电化学反应来保护钢筋。钢筋阻锈剂直接参与界面化学反应，使钢筋表面形成钝化膜或吸附膜，直接阻止或延缓钢筋锈蚀的电化学过程。一些能改善混凝土对钢筋防护性能的添加剂或外涂保护剂（硅灰、硅烷浸渍剂等）不属于钢筋阻锈剂的范畴。

常用的钢筋阻锈剂分类方法有 3 种，即按化学成分、作用机理、使用方式分类。本规程按照使用方式将钢筋阻锈剂分为内掺型钢筋阻锈剂和外涂型钢筋阻锈剂两类。

#### 2.1.2 内掺型钢筋阻锈剂 corrosion inhibitor added as admixture to concrete/mortar for steel in concrete

在拌制混凝土或砂浆时加入的钢筋阻锈剂，分为单功能钢筋阻锈剂和防腐阻锈剂。

#### 2.1.3 外涂型钢筋阻锈剂 outer-coating corrosion inhibitor for steel in concrete

涂于混凝土或砂浆表面，能渗透到钢筋周围对钢筋进行防护或对初锈钢筋进行修复的钢筋阻锈剂，又称为渗透型（PCI）或迁移性（MCI）钢筋阻锈剂。

#### 2.1.4 防腐阻锈剂 sulfate-resistant and corrosion-inhibiting admixtures

掺入混凝土中用于抵抗硫酸盐对混凝土的侵蚀，抑制氯离子对钢筋锈蚀的外加剂。

**条文说明：**防腐阻锈剂是内掺型钢筋阻锈剂的一种，具有防止钢筋锈蚀和提高混凝土抗硫酸盐侵蚀的双重作用。

## 2.2 符号

$A_0$ ——钢筋表面积；

$A_n$ —— $n$  次循环后钢筋试件平均锈蚀面积；

$D_t$ ——钢筋阻锈剂试块非稳态氯离子迁移系数；

$D_c$ ——基准试块非稳态氯离子迁移系数；

$I_0$ ——基准砂浆试块中钢筋的锈蚀电流密度平均值；

$I$ ——钢筋阻锈剂处理后的砂浆试块中钢筋的锈蚀电流密度平均值；

$I_x$ ——150d 后的钢筋锈蚀腐蚀电流平均值；

$I_{x0}$ ——初始钢筋锈蚀腐蚀电流平均值；

$P$ ——氯离子渗透系数比；

$R_n$ —— $n$  次循环后钢筋锈蚀面积百分率。

### 3 环境类别和环境作用等级

3.0.1 钢筋混凝土结构所处环境，按其对钢筋和混凝土材料的腐蚀机理可分为 5 类，并按表 3.0.1 确定。

表 3.0.1 环境类别

环境类别	名称	腐蚀机理
I	一般环境	保护层混凝土碳化引起钢筋腐蚀
II	冻融环境	反复冻融导致混凝土损伤
III	海洋氯化物环境	氯盐引起钢筋锈蚀
IV	除冰盐等其他氯化物环境	氯盐引起钢筋锈蚀
V	化学腐蚀环境	硫酸盐等化学物质对混凝土的腐蚀

注：一般环境指无冻融、氯化物和其他化学腐蚀物质的环境。

3.0.2 环境对钢筋混凝土结构的作用程度应采用环境作用等级表达，环境作用等级的划分应符合表 3.0.2 的规定。

表 3.0.2 环境作用等级

环境作用等级 环境类别	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	-	-	-
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	-
化学腐蚀环境	-	-	V-C	V-D	V-E	-

3.0.3 环境作用等级的确定应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50467 的规定。

**条文说明：**本规程对环境类别及环境作用等级的划分主要采纳了国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T50476-2019 中的分类，《混凝土结构耐久性设计标准》将环境作用划分成 6 个等级。一般环境的作用等级从轻微到中度，其他环境的作用程度则从中度到极端严重。表 1~表 7 给出了不同环境类别下环境作用等级程度划分所依据的环境条件及结构构件示例，以便设计人员参考。

表 1 一般环境的作用等级

环境作用等级	环境条件	结构构件示例
I-A	室内干燥环境	常年干燥、低湿度环境中的结构内部构件
	长期浸没水中环境	所有表面均处于水下的构件
I-B	非干湿交替的结构内部潮湿环境	中、高湿度环境中的结构内部构件
	非干湿交替的露天环境	不接触或偶尔接触雨水的外部构件
	长期湿润环境	长期与水或湿润土体接触的构件
I-C	干湿交替环境	与冷凝水、露水或与蒸汽频繁接触的结构内部构件； 地下水位较高的地下室构件； 表面频繁淋雨或频繁与水接触的构件； 处于变动区的构件

注：1 环境条件系指混凝土表面的局部环境；

2 干燥、低湿度环境指年平均湿度低于 60%，中、高湿度环境指年平均湿度大于 60%；

3 干湿交替指混凝土表面经常交替接触到大气和水的环境条件。

表 2 冻融环境的作用等级

环境作用等级	环境条件	结构构件示例
II-C	微冻地区的无盐环境 混凝土高度饱水	微冻地区的水位变动区构件和频繁受雨淋的构件水平表面
	严寒和寒冷地区的无盐环境 混凝土中度饱水	严寒和寒冷地区受雨淋构件的竖向表面
II-D	严寒和寒冷地区的无盐环境 混凝土高度饱水	严寒和寒冷地区的水位变动区构件和频繁受雨淋的构件水平表面
	微冻地区的有盐环境 混凝土高度饱水	有氯盐微冻地区的水位变动区构件和频繁受雨淋的构件水平表面

	严寒和寒冷地区的有盐环境 混凝土中度饱水	有氯盐严寒和寒冷地区受雨淋构件 的竖向表面
II-E	严寒和寒冷地区的有盐环境 混凝土高度饱水	有氯盐严寒和寒冷地区的水位变动 区构件和频繁受雨淋的构件水平表面

注：1 冻融环境按最冷月平均气温划分为微冻地区、寒冷地区和严寒地区，其平均气温分别为： $-3^{\circ}\text{C}\sim 2.5^{\circ}\text{C}$ 、 $-8^{\circ}\text{C}\sim -3^{\circ}\text{C}$ 和 $-8^{\circ}\text{C}$ 以下；

2 中度饱水指冰冻前处于潮湿状态或偶与雨、水等接触，混凝土内饱水程度不高；高度饱水指冰冻前长期或频繁接触水或湿润土体，混凝土内高度水饱和；

3 无盐或有盐指冻结的水中是否含有盐类，包括海水中的氯盐、除冰盐和有机类融雪剂或其他盐类。

表 3 海洋氯化物环境的作用等级

环境作用等级	环境条件	结构构件示例
III-C	水下区和土中区； 周边永久浸没于海水或埋于土中	桥墩，承台，基础
III-D	大气区（轻度盐雾）： 距平均水位 15m 高度以上的海上大气区； 涨潮海岸线以外 100m~300m 内的陆上室外环境	桥墩，桥梁上部结构构件； 靠海的陆上建筑外墙及室外构件
III-E	大气区（重度盐雾）： 距平均水位上方 15m 高度以内的海上大气区； 离涨潮海岸线 100m 以内、低于海平面上 15m 的陆上室外环境	桥梁上部结构构件； 靠海的陆上建筑外墙及室外构件
	潮汐区和浪溅区，非炎热地区	桥墩，承台，码头
III-F	潮汐区和浪溅区，炎热地区	桥墩，承台，码头

注：1 近海或海洋环境中的水下区、潮汐区、浪溅区和大气区的划分，按现行行业标准《海港工程混凝土结构防腐技术规程》JTJ275 的规定确定。近海或海洋环境的土中区指海底以下或近海的陆区地下，其地下水中的盐类成分与海水相近。

2 轻度盐雾区与重度盐雾区界限的划分，宜根据当地的具体环境和既有工程调查确定。靠近海岸的陆上建筑物，盐雾对室外混凝土构件的作用尚应考虑风向、地貌等因素。密集建筑群，除直接面海和迎风的建筑物外，其他建筑物可适当降低作用等级。

3 炎热地区指年平均温度高于  $20^{\circ}\text{C}$  的地区。

表 4 除冰盐等其他氯化物环境的作用等级

环境作用等级	环境条件	结构构件示例
IV-C	受除冰盐盐雾轻度作用	距离行车道 10m 以外接触盐雾的构件
	四周浸没于含氯化物水中	地下水中构件
	接触较低浓度氯离子水体, 且有干湿交替	处于水位变动区, 或部分暴露于大气、部分在地下水土中的构件
IV -D	受除冰盐水溶液轻度溅射作用	桥梁护墙 (栏), 立交桥桥墩
	接触较高浓度氯离子水体, 且有干湿交替	海水游泳池壁; 处于水位变动区, 或部分暴露于大气、部分在地下水土中的构件
IV -E	直接接触除冰盐溶液	路面, 桥面板, 与含盐渗漏水接触的桥梁盖梁、墩柱顶面
	受除冰盐水溶液重度溅射或重度盐雾作用	桥梁护栏、护墙, 立交桥桥墩; 车道两侧 10m 以内的构件
	接触高浓度氯离子水体, 有干湿交替	处于水位变动区, 或部分暴露于大气、部分在地下水土中的构件

- 注: 1 水中氯离子浓度的划分为: 较低, 100mg/L~500mg/L; 较高, 500mg/L~5000mg/L; 高, 大于 5000mg/L;
- 2 土中氯离子浓度的划分为: 较低, 150mg/kg~750mg/kg; 较高, 750mg/kg~7500mg/kg; 高, 大于 7500mg/kg;
- 3 除冰盐环境的作用等级与冬季喷洒除冰盐的具体用量和频度有关, 可根据具体情况作出调整。

表 5 水、土中的硫酸盐和酸类物质环境作用等级

作用因素 作用等级	水中硫酸根离子浓度 $\text{SO}_4^{2-}$ (mg/L)	土中硫酸根离子浓度 (水溶值) $\text{SO}_4^{2-}$ (mg/kg)	水中镁离子浓度 (mg/L)	水中酸碱度 (pH 值)	水中侵蚀性 二氧化碳浓度 (mg/L)
V-C	200~1000	300~1500	300~1000	6.5~5.5	15~30
V-D	1000~4000	1500~6000	1000~3000	5.5~4.5	30~60

V-E	4000~10000	6000~15000	≥3000	<4.5	60~100
-----	------------	------------	-------	------	--------

- 注： 1 表中与环境作用等级相应的硫酸根浓度，所对应的环境条件为非干旱高寒地区的干湿交替环境。当无干湿交替（长期浸没于地表或地下水中）时，可按表中的等级降低一级，但不得低于 V-C 级。对于干旱、高寒地区的环境条件可按本标准第 7.2.3 条确定。
- 2 当混凝土结构构件处于弱透水土体中时，土中硫酸根离子、水中镁离子、水中侵蚀性二氧化碳及水中的 pH 值的作用等级可按相应的等级降低一级，但不低于 V-C 级。
- 3 高水压流动水条件下，应提高相应的环境作用等级。
- 4 表中硫酸根等含量的测定方法应符合本标准附录 E 的规定。

表 6 干旱、高寒地区硫酸盐环境作用等级

环境作用等级 \ 作用因素	水中硫酸根离子浓度 $\text{SO}_4^{2-}$ (mg/L)	土中硫酸根（水溶值）离子浓度 $\text{SO}_4^{2-}$ (mg/kg)
V-C	200~500	300~750
V-D	500~2000	750~3000
V-E	2000~5000	3000~7500

注： 我国干旱区指干燥度系数大于 2.0 的地区，高寒地区指海拔 3000m 以上的地区。

表 7 大气污染环境作用等级

环境作用等级	环境条件	结构构件示例
V-C	汽车或机车废气	受废气直射的结构构件，处于封闭空间内受废弃作用的车库或隧道构件
V-D	酸雨（雾、露） $4.5 \leq \text{pH 值} \leq 5.6$	遭酸雨频繁作用的构件
V-E	酸雨 pH 值小于 4.5	遭酸雨频繁作用的构件

## 4 技术要求

4.0.1 单功能钢筋阻锈剂和防腐阻锈剂的主要混凝土性能要求及试验方法应符合表 4.0.1 的规定。

表 4.0.1 单功能钢筋阻锈剂和防腐阻锈剂的主要混凝土性能要求及试验方法

试验项目		技术指标	试验方法
凝结时间差 min	初凝	-60~+120	附录 B
	终凝		
抗压强度 比%	7d	≥95	
	28d	≥95	
混凝土抗渗性		抗渗等级不降低	

4.0.2 单功能钢筋阻锈剂的主要阻锈性能要求和试验方法应符合表 4.0.2 规定。

表 4.0.2 单功能钢筋阻锈剂的主要阻锈性能要求和试验方法

检验项目	技术指标	试验方法
盐水浸烘环境中防 锈性能	钢筋锈蚀面积百分率减少 95%以上	附录 A.2
抗氯离子渗透性能 测试	氯离子迁移系数比≤100%	附录 A.3

4.0.3 防腐阻锈剂的主要阻锈性能要求和试验方法应符合表 4.0.3 的规定。

表 4.0.4 防腐阻锈剂的主要阻锈性能要求和试验方法

检验项目	技术指标	试验方法
盐水浸烘环境中防 锈性能	钢筋锈蚀面积百分率减少 95%以上	附录 A.2
抗氯离子渗透性能 测试	氯离子迁移系数比≤100%	附录 A.3
抗硫酸盐侵蚀性能	抗蚀系数≥0.9（现行标准 0.85），膨胀系数≤1.50	《混凝土抗硫酸盐类 侵蚀防腐剂》 JC/T1011

4.0.4 外涂型钢筋阻锈剂的主要阻锈性能要求和试验方法应符合表 4.0.4 的规定。

表 4.0.4 外涂型钢筋阻锈剂阻锈性能要求和试验方法

检验项目	技术指标	试验方法
------	------	------

电化学防锈性能 (线性极化法)		28d 后锈蚀电流的降低率 $\geq 50\%$	附录 A.1
有机氮 渗透深度	实验室 试验	$\geq 50\text{mm}$	附录 A.4
	现场 试验	混凝土保护层厚度处的实际氮含量值 $\geq 100\text{mg/kg}$	
抗氯离子渗透性能 测试		氯离子迁移系数比 $\leq 100\%$	附录 A.3
现场试验		(1) 初始锈蚀电流 $> 1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ , 150d 后锈蚀电流的降低率 $\geq 80\%$ (2) 初始锈蚀电流 $< 1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ , 150d 后锈蚀电流的降低率 $\geq 50\%$	附录 A.5

4.0.5 单功能钢筋阻锈剂和外涂型钢筋阻锈剂的其他性能要求应符合现行行业标准《钢筋混凝土阻锈剂》JT/T537 的规定。

4.0.6 防腐阻锈剂的其他性能要求应符合现行国家标准《钢筋混凝土钢筋阻锈剂耐蚀应用技术规程》GB/T33803 的规定。

。

## 5 设计

5.0.1 对于新建钢筋混凝土工程，钢筋阻锈剂的选用应符合下列规定：

- 1 当环境作用等级为Ⅲ-E、Ⅲ-F、Ⅳ-E时，在钢筋混凝土结构中应采用内掺型钢筋阻锈剂，并宜同时采用外涂型钢筋阻锈剂。
- 2 当环境作用等级为Ⅲ-C、Ⅲ-D、Ⅳ-C、Ⅳ-D时，在钢筋混凝土结构中宜采用钢筋阻锈剂，可采用内掺型钢筋阻锈剂，也可采用外涂型钢筋阻锈剂。
- 3 当环境作用等级为Ⅰ-B、Ⅰ-C时，在钢筋混凝土结构中可采用内掺型钢筋阻锈剂或外涂型钢筋阻锈剂。
- 4 当新建混凝土的密实性差，其实测强度等级低于设计要求的强度等级两档及两档以上时，应采用外涂型钢筋阻锈剂作为补救性的有效防锈措施。

5.0.2 对于既有钢筋混凝土工程，修复方案应符合《混凝土结构耐久性修复与防护技术规程》JGJ/T 259 中的有关规定，钢筋阻锈剂的选用应符合下列规定：

- 1 当混凝土保护层因钢筋锈蚀失效时，宜选用掺入内掺型钢筋阻锈剂的混凝土或砂浆进行修复，在新旧混凝土界面处尚应采用外涂型钢筋阻锈剂。
- 2 当环境作用为Ⅲ-E、Ⅲ-F、Ⅳ-E时，应采用外涂型钢筋阻锈剂。
- 3 当环境作用为Ⅲ-C、Ⅲ-D、Ⅳ-C、Ⅳ-D时，宜采用外涂型钢筋阻锈剂。
- 4 当环境作用为Ⅰ-B、Ⅰ-C时，可采用外涂型钢筋阻锈剂。
- 5 当环境作用为Ⅰ-A、Ⅰ-B、Ⅰ-C、Ⅲ-C、Ⅲ-D、Ⅳ-C、Ⅳ-D，且存在下列情况之一，应采用外涂型钢筋阻锈剂：
  - 1) 混凝土的密实性差，其实测强度等级低于设计要求的强度等级两档及两档以上；
  - 2) 混凝土保护层厚度不满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 或《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T50046 的规定；
  - 3) 锈蚀检测表明内部钢筋已处于“有腐蚀可能”状态；
  - 4) 结构的使用环境或使用条件发生改变，且结构可靠性鉴定表明这种改变会导致钢筋锈蚀而有损于结构的耐久性；
  - 5) 未采取防锈处理的露天重要结构、地下结构、文物建筑、使用除冰盐的工程以及临海的重要工程结构。

**条文说明：**既有混凝土的钢筋锈蚀修复首先需要判断钢筋锈蚀状况，然后根据调查和检测结果设计合理的修复方案，方案中可根据本条的规定选择钢筋阻锈剂。

既有混凝土中钢筋的锈蚀状况可根据测试条件和测试要求选择剔凿检测方法、电化学测定方法或综合分析判定方法加以检测。《建筑结构检测技术标准》GB/T50344 中给出了通过测定钢筋锈蚀电流或测定混凝土的电阻率和测定钢筋的半电池电位等电化学方法评估混凝土结构中钢筋的“有腐蚀可能”（锈蚀程度）情况。表 8~表 10 给出了电化学测试结果与钢筋锈蚀状况之间的判别关系。

**表 8 钢筋锈蚀电流与钢筋锈蚀速率和构件损伤年限判别**

序号	锈蚀电流 ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	锈蚀速率	保护层出现损伤年限
1	<0.2	钝化状态	——
2	0.2~0.5	低锈蚀速率	>15 年
3	0.5~1.0	中等锈蚀速率	10~15 年
4	1.0~10	高锈蚀速率	2~10 年
5	>10	极高锈蚀速率	不足 2 年

**表 9 混凝土电阻率与钢筋锈蚀状态判别**

序号	混凝土电阻率 ( $\text{k}\Omega/\text{cm}^2$ )	钢筋锈蚀状态判别
1	>100	钢筋不会锈蚀
2	50~100	低锈蚀速率
3	10~50	钢筋活化时，可出现中高锈蚀速率
4	<10	电阻率不是锈蚀的控制因素

**表 10 钢筋电位与钢筋锈蚀状况判别**

序号	钢筋电位状况 (mV)	钢筋锈蚀状态判别
1	-350~-500	钢筋发生锈蚀的概率为 95%
2	-200~-350	钢筋发生锈蚀的概率为 50%，可能存在坑蚀现象
3	-200 或高于-200	无锈蚀活动性或锈蚀活动性不确定，锈蚀概率 5%

对既有钢筋混凝土结构，如果混凝土保护层出现疏松、掉落等情况，已经失去保护作用，需要剔除原受损混凝土，在重浇筑混凝土中使用内掺型钢筋阻锈剂，如果存在新旧混凝土界面问题，必须在界面部位涂覆外涂型钢筋阻锈剂。

本条第 2~5 款给出了使用外涂型钢筋阻锈剂进行阻锈处理的场合，可供设计单位参考使用。

5.0.3 当环境作用等级为II-C、II-D、II-E 时，应先采取有效的防冻融技术措施后，再根据

本规程 5.0.1 条或 5.0.2 条的规定选用钢筋阻锈剂。

5.0.4 当环境作用为V-C、V-D、V-E 时，钢筋阻锈剂的选用应符合下列规定：

1 当钢筋混凝土构件处于硫酸盐和氯化物耦合作用环境时，应选用混凝土防腐阻锈剂，掺加防腐阻锈剂的混凝土抗硫酸侵蚀性能应符合国家现行有关耐久性设计标准的规定，掺量应经试验确定。

2 当钢筋混凝土构件处于其它化学腐蚀环境中时，应先根据化学腐蚀介质的种类及其对混凝土的腐蚀机理，采用相应的防止混凝土腐蚀、破坏的技术措施后，再根据本规程 5.0.1 条或 5.0.2 条的规定选用钢筋阻锈剂。

5.0.5 钢筋阻锈剂的掺量应通过试验确定，试验所用掺量应根据地质勘测数据中氯离子含量和混凝土构件的设计参数，按照 FICK 第二扩散定律计算结构设计使用年限内扩散到钢筋表面的氯离子量，并结合钢筋阻锈剂产品推荐用量共同确定。

5.0.6 氯化物环境中应用钢筋阻锈剂后，混凝土最小强度等级应符合下列规定：

1 当环境作用等级为 C、D 级时，基于耐久性设计考虑的混凝土最小强度等级可降低一个等级，但不应低于 C40；

2 当环境作用等级为 E、F 时，仅采用钢筋阻锈剂这一种阻锈措施时，混凝土强度等级不得降低，当钢筋阻锈剂和其他防腐蚀措施复合使用，且其他防腐附加措施满足现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 的有关规定时，基于耐久性设计考虑的混凝土最小强度等级可降低一个等级，但不应低于 C45。

5.0.7 对于稳定周围岩土混凝土初期支护等临时性钢筋混凝土结构，可不考虑应用钢筋阻锈剂措施。

5.0.8 对既有钢筋混凝土工程使用钢筋阻锈剂进行修复后的表面防护应符合下列规定：

1 混凝土表面涂覆外涂型钢筋阻锈剂后，宜再涂覆一层密封涂层。

2 当环境作用等级为I-B、I-C 时，应采取表面防护处理措施并具有憎水能力；

3 对露天工程或在腐蚀性介质的环境中使用亲水性外涂型钢筋阻锈剂时，应在构件表面增设涂层进行封护。

**条文说明：**表面涂覆外涂型钢筋阻锈剂后再涂覆一层密封涂层，在起到防护作用的同时可以促使外涂型钢筋阻锈剂向混凝土内部渗透，从而保证更好的阻锈效果。

对于处于I-B、I-C 类潮湿环境中的钢筋锈蚀修复问题，应在修复完成后防止外界水分侵入构建内部导致钢筋继续锈蚀，固需在表面建立憎水防护层。

亲水性外涂型钢筋阻锈剂虽然能很好的吸附在混凝土内部钢筋表面，对钢筋进行保

护,但却不能有效滤除混凝土基材内的氯离子、氧气及其他有害物质。随着时间的推移,这些有害成分会不断积累,从而使混凝土中钢筋受到新的锈蚀威胁。因此需要采用附加的表面涂层,起到滤除氯离子及其他有害杂质的作用。

5.0.9 当混凝土表面已涂覆过涂料或各种防护液,已使混凝土失去可渗性且无法清除时,不应使用外涂型钢筋阻锈剂。

5.0.10 当选用钢筋阻锈剂时,应注明其类型,并注明施工要求。

5.0.11 钢筋阻锈剂的用量应根据环境作用等级由试验确定,试验结果满足第4章的要求。

5.0.12 工程中采用钢筋阻锈剂时,不应对环境造成污染。

**条文说明:** 目前市场上钢筋阻锈剂种类较多,按化学成分可分为无机类和有机类两种。有机类钢筋阻锈剂一般无毒、环境安全性好。无机类钢筋阻锈剂中的亚硝酸盐类具有一定的毒性和致癌性。工程中应选用环保的钢筋阻锈剂,《混凝土结构加固设计规程》GB50367-2013中第4.7.5条明确指出对混凝土承重结构破损部位的修复,不得使用以亚硝酸盐为主成分的阳极型钢筋阻锈剂。

## 6 施工

6.0.1 新建钢筋混凝土工程采用内掺型钢筋阻锈剂时的施工应符合下列规定:

1 混凝土配合比设计应采用工程使用的原材料.当使用水剂型钢筋阻锈剂时,混凝土拌合水应扣除钢筋阻锈剂中含有的水量。当原材料或混凝土性能要求发生变化时,应重新进行混凝土配合比设计。

2 混凝土浇筑前,应确定钢筋阻锈剂对混凝土初凝和终凝时间的影响。

3 混凝土的搅拌、运输、浇筑、养护应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB50164 的规定,采用钢筋阻锈剂液体时,混凝土板拌合物的搅拌时间应延长 1min;采用钢筋阻锈剂粉剂时,混凝土板拌合物的搅拌时间应延长 3min。

6.0.2 当使用掺加内掺型钢筋阻锈剂的混凝土或砂浆对既有钢筋混凝土工程进行修复时,施工应符合下列规定:

1 应先剔除已被腐蚀、污染或中性化的混凝土层,并应采用除锈剂或机械手段清除钢筋表面锈层后再进行修复。

2 当损坏部位较小,修补厚度 $\leq 40\text{mm}$ ,宜采用砂浆进行修复。修复时,每层厚度应根据工程具体情况调整。每层施工间隔不宜小于 30min。大面积施工时,可采用喷射或喷、抹结合的施工方法。

3 当损坏部位较大,修补较厚 $> 40\text{mm}$ ,宜采用混凝土进行修复。

4 混凝土或砂浆初凝后,不得继续使用。

5 混凝土或砂浆养护应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB50164 的规定。

**条文说明:**如果不剔除已受腐蚀、污染和中性化等破坏的混凝土层,将会削弱混凝土层与掺有钢筋阻锈剂的混凝土或砂浆之间的界面结合力,同时也影响钢筋阻锈剂的使用效果。

由于工程具体情况不同及掺加的钢筋阻锈剂的砂浆的和易性等差别,实际工程施工中每层的抹面厚度相应有所调整。若工程有具体的设计及施工要求时,可按要求进行施工。

采用混凝土施工时需要保证一定的厚度,参考《混凝土结构加固设计规程》GB50367-2013 的相关规定,当厚度 $\leq 40\text{mm}$ 时宜采用砂浆进行修复, $> 40\text{mm}$ 时宜采用

混凝土进行修复。

### 6.0.3 外涂型钢筋阻锈剂施工应符合下列规定：

1 钢筋阻锈剂应直接涂覆在混凝土表面，涂覆前混凝土表面应符合下列规定：

(1) 应仔细清理混凝土的表层，不得粘有浮浆、尘土、油污、水渍、霉菌或残留的装饰层，并应保持干燥；

(2) 应剔凿、修复局部劣化失效的混凝土表面，不得有空鼓、松动、剥落等劣化失效状况，在露出钢筋的断面周围应涂刷外涂型钢筋阻锈剂；

2 喷涂钢筋阻锈剂前，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。

3 钢筋阻锈剂可采用刷子、滚筒或低压手喷设备，应通过喷涂或刷涂的方式直接涂覆在混凝土结构表面。

4 施工时，应采取防止日晒或雨淋的措施，不应在强风、强烈阳光直射或浓雾天气及冰冻季节施工。混凝土表面温度应为 5℃~45℃。

5 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。

6 施工完成后，宜覆盖薄膜养护 7d。

**条文说明：**本条对在混凝土表面涂覆外涂型钢筋阻锈剂施工做了规定。目前国内对基层处理重视不够，只有确保基层处理质量，才能最大限度地发挥外涂型钢筋阻锈剂的作用。

当混凝土表面温度超过 5℃~45℃范围时，应停止施工

为了保护修复范围附近的钢筋免遭锈蚀，应在修复范围钢筋四周和修复后的构件表面涂刷外涂型钢筋阻锈剂。

### 6.0.4 施工过程中应填写施工记录，并应符合本规程附录 C 的规定。

## 7 质量验收

### 7.1 进场材料的复验

7.1.1 钢筋阻锈剂进场时，应有产品合格证和性能检测报告，材料的品种和性能等应符合本规程和设计文件的规定。

7.1.2 钢筋阻锈剂进场后应进行抽样复验，合格后方可使用。

7.1.3 钢筋阻锈剂抽样复验项目应符合表 7.1.3 的规定：

表7.1.3 钢筋阻锈剂抽样复验项目

序号	材料名称		抽样批次	抽样数量	检验项目
1	内掺型钢筋阻锈剂	单功能钢筋阻锈剂	每50t为一批，不足50t的应按一批计	3kg	凝结时间差、抗压强度比、混凝土抗渗性、盐水浸烘环境中防锈性能试验、抗氯离子渗透性能测试
2		防腐阻锈剂		5kg	凝结时间差、抗压强度比、混凝土抗渗性、盐水浸烘环境中防锈性能试验、抗氯离子渗透性能测试、抗硫酸盐侵蚀性
3	外涂型钢筋阻锈剂			1kg	电化学防锈性能测试、抗氯离子渗透性能测试、有机氮渗透深度

7.1.4 每一批产品的抽样应随机抽取。抽取的样品应分为两组，并应装入不与材料发生反应的干燥密闭容器中贮存。

7.1.5 材料进场复验的项目和检验结果应分别符合本规程第 4.0.3 条、第 4.0.4 条和第 4.0.5 条的规定。当材料中有一项指标达不到要求时，应加倍取样进行复验。复验结果合格时，可判定本批产品为合格产品，否则，应判定为不合格。

### 7.2 施工质量的验收

7.2.1 钢筋阻锈剂用于新建钢筋混凝土工程时，应按照现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规程》GB50204 的规定进行施工质量验收，并提供下列资料：

- 1 设计及工程技术资料；
- 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 混凝土或砂浆配合比通知单；
- 7 施工记录表。

**条文说明：**对新建混凝土结构完工后进行阻锈效果的评估存在一定难度。一方面新建混凝土结构短时间实际环境下的半电池电位值或混凝土电阻率一般都会满足要求，另一方面留置试块进行试验对试块中的氯离子含量又有要求，无法现场直接取样。因此要保证新建混凝土中钢筋阻锈剂的阻锈效果需要做好过程资料收集、进场复验和过程施工管理。

7.2.2 钢筋阻锈剂用于既有钢筋混凝土工程时，应提供下列资料：

- 1 设计及工程技术资料；
- 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。

7.2.3 既有混凝土结构涂覆外涂型钢筋阻锈剂后，应通过检测渗透深度或混凝土内部钢筋锈蚀电流的降低率来评估钢筋阻锈剂的阻锈效果。

**条文说明：**检测渗透深度或混凝土内部钢筋锈蚀电流的降低率都可用于评估钢筋阻锈剂的阻锈效果。其中渗透深度的检测耗费的时间短，有利于现场验收，缺点是对不含氮元素的外涂型钢筋阻锈剂无法进行评估，也不适用于混凝土保护层剥落的情况。目前混凝土内部钢筋锈蚀电流的降低率评估结论最准确，但测试的时间较长，从喷涂时间算起，需要等待 150d 才能进行检测。可根据现场实际情况协商选择。

7.2.4 通过检测渗透深度评估钢筋阻锈剂的阻锈效果应符合下列规定：

- 1 渗透深度的检测方法应符合附录 A.3 的规定；
- 2 取样规则按涂覆面积计，500m<sup>2</sup> 以下工程应随机抽取 3 点，500m<sup>2</sup>~1000m<sup>2</sup> 工程应随机抽取 6 点，1000m<sup>2</sup> 以上工程应随机抽取 9 点，每 3 点为一组；
- 3 渗透深度不应小于混凝土保护层厚度；
- 4 渗透深度现场检测时间不宜小于 28d，具体时间应根据施工环境协商确定。

7.2.6 通过混凝土内部钢筋锈蚀电流的降低率评估钢筋阻锈剂的阻锈效果应符合下列

规定：

- 1 混凝土内部钢筋锈蚀电流的降低率的检测应符合附录 A.4 的规定；
- 2 涂覆前应采用专业仪器设备对取样构件进行测试；
- 3 应在外涂型钢筋阻锈剂 150d 后，采用同一仪器（至少应采用相同型号的仪器设备）对涂覆前测试的构件进行原位复测。

4 取样规则应按不同构件计，梁、柱类构件，以同一种规格、同型号的构件为一检验批。每批构件的取样数量不少于该批构件总数的 1/5，且不得少于 3 根；每根受检构件不应少于 3 个测值；板、墙类构件，以同一种规格、同型号的构件为一检验批。每批构件的取样数量至少每 200m<sup>2</sup>（不足者按 200m<sup>2</sup> 计）设置一个测点，每根受检构件不应少于 3 个测值；露天、地下结构以及临海混凝土结构、取样数量应加倍。

5 初始锈蚀电流  $> 1\mu\text{A}/\text{cm}^2$  的构件，其 150d 后锈蚀电流的降低率应不小于 80%；初始锈蚀电流  $< 1\mu\text{A}/\text{cm}^2$  的构件，其 150d 后锈蚀电流的降低率应不小于 50%。

**条文说明：**《混凝土结构加固设计规程》GB50367-2013 在编制过程中参照国外著名机构的有关试验方法与评估指南制订了采用锈蚀电流降低率衡量钢筋阻锈剂使用效果的方法，唯一的缺点是测试的时间较长，从喷涂时间算起，需要等待 150d 才能进行检测，但其评估结论却是最准确的，因此本规程也推荐采用该方法对现场混凝土应用钢筋阻锈剂后的钢筋阻锈剂效果进行评价和判断。

## 附录 A 钢筋阻锈剂性能检测方法

### A.1 电化学防锈性能试验（线性极化法）

A.1.1 本方法适用于外涂型钢筋阻锈剂的电化学防锈性能试验。

A.1.2 试验用钢筋试件应符合下列规定：

1 钢筋试件宜采用 HPB300 光圆钢筋，直径应为 10mm，长度应为 40mm，表面粗糙度应达到  $Ra6.3\mu m$ 。

2 钢筋试件应采用无水乙醇或丙酮浸擦除去油脂，并应使用热风机吹干，经检查无锈痕后将铜导线焊接在钢筋一端，放入干燥器内备用。

A.1.3 试验用仪器设备应符合下列规定：

1 电化学工作站：电流量程为 2A~40pA，最大输出电压  $\pm 100V$ ，最大输出电流  $\pm 2A$ ，最大输入电压  $\pm 10V$ ，交流阻抗频率范围 10 $\mu Hz$ ~ 1MHz，输出阻抗  $> 10^{13} \Omega$  或  $< 5pF$ 。辅助电极采用 Pt 电极。

2 烘箱应能使温度稳定在  $(60 \pm 5) ^\circ C$ ，鼓风和加热应能同步。

A.1.4 基准砂浆试块的制作和养护应符合下列规定：

1 基准砂浆试块应采用强度等级为 42.5 的基准水泥和 ISO 标准砂，氯化钠为分析纯级，水采用普通自来水。基准水泥、标准砂和水应按 1:2.5:0.5（质量比）进行称量，氯化钠掺量按水泥用量的 1% 掺加。

2 称量准确的原材料应采用机械搅拌至均匀，再置于直径为 50mm、高为 50mm 的模具内，并振实至表面泛浆，每组试块成型数量应不少于 3 块。

3 应将经过处理的钢筋试件插入砂浆试块正中间，钢筋不应裸露在砂浆试块表面，并应振捣密实，钢筋试件与砂浆试块试件应无缝隙。试块应在常温下静置 24h 后再拆模，并应放入标准养护室内养护 7d。

4 应将养护好的试块放入烘箱中  $60^\circ C$  烘干 2h，取出试块并应自然冷却 30min，并应采用环氧树脂将试块上表面涂覆密封。

5 养护至龄期密封处理后的试块应按照 A.1.6 要求测试钢筋腐蚀电流  $I_0$ 。

A.1.5 外涂型钢筋阻锈剂砂浆试块的制作和养护应符合下列规定：

1 养护、烘干后的基准砂浆试块表面应采用钢刷进行打磨处理，每组数量不应少于 3 块；

2 应按推荐用量和方法在基准砂浆试块侧面和下表面涂覆外涂型钢筋阻锈剂；

- 3 涂覆外涂型钢筋阻锈剂后的试块，表面覆盖薄膜后在试验室标准条件下放置 28d。
- 4 养护至龄期的试块应按照 A.1.6 要求测试钢筋腐蚀电流密度 I。

A.1.6 钢筋腐蚀电流测试应符合下列规定：

- 1 打开电脑和电化学工作站；
- 2 启动操作软件，连接工作、辅助和参比电极。将混凝土试件提前 30min 放入装有水的塑料箱中缓缓加水，并使水刚好没过试件顶面。将工作电极连接到钢筋顶端的导线上，辅助电极连接到 Pt 电极的导线上，参比电极与饱和甘汞电极相连；
- 3 操作软件，设置参数：参比电极为以饱和氯化钾溶液为电解液的甘汞电极，钢筋面积为 13.35cm<sup>2</sup>，从自腐蚀电位的-20mV 到+20mV 缓慢扫描，其余参数也根据试验设置；
- 4 开始进行测试并记录钢筋电极线性极化电阻值和腐蚀电流值；
- 5 测试结束后关机并整理试验数据。

A.1.7 试验结果计算及判定应符合下列规定：

- 1 基准砂浆试块和应用钢筋阻锈剂的砂浆试块的腐蚀电流降低率应按下式计算：

$$\text{锈蚀电流的降低率} = \frac{I_0 - I}{I_0} \times 100\% \quad (\text{A.1.5})$$

式中：I—钢筋阻锈剂处理后的砂浆试块中钢筋的腐蚀电流密度平均值（μA/cm<sup>2</sup>）；

I<sub>0</sub>—基准砂浆试块中钢筋的初始腐蚀电流密度平均值（μA/cm<sup>2</sup>）。

- 2 28d 后锈蚀电流的降低率不小于 50%，可判定为合格。

**条文说明：**

根据法拉第电解定律，金属的腐蚀电流密度和腐蚀速率具有一定的对应关系。I<sub>cor</sub> 和 R<sub>p</sub> 均可以反应钢筋的锈蚀情况，根据公式（A.1）可以看出，I<sub>cor</sub> 和 R<sub>p</sub> 呈反比例关系。

根据 Stern-Geary 公式，腐蚀电流密度（I<sub>cor</sub>）计算公式如下：

$$I_{cor} = \frac{B}{R_p} \quad (\text{A.1})$$

上式中，R<sub>p</sub> 是测得的极化电阻值。B 是 Stern - Geary 常数，由公式（A.2）计算得出：

$$B = \frac{b_a b_c}{2.303(b_a + b_c)} \quad (\text{A.2})$$

其中， $b_a$  和  $b_c$  分别为阳极和阴极 Tafel 斜率。对于混凝土中的钢筋而言，钢筋处于活化状态时 B 值一般取为 26 mV，钢筋处于钝化状态时 B 值一般取为 52 mV。根据 Broomfield 准则，当  $I_{\text{cor}}$  小于  $0.1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$  则认为钢筋处于钝化状态。

## A.2 盐水浸烘环境中防锈性能试验

A.2.1 本方法适用于盐水浸烘环境中内掺型钢筋阻锈剂的防锈性能测定。

A.2.2 实验用钢筋试件应符合下列规定：

1 钢筋试件宜采用 HPB300 光圆钢筋，直径应为 10mm，长度应为 50mm，表面粗糙度应达到  $Ra6.3\mu\text{m}$ 。

2 钢筋试件应采用无水乙醇或丙酮浸擦除去油脂，并应使用热风机吹干，经检查无锈痕后放入干燥器内备用。

A.2.3 试验用试剂和仪器设备应符合下列规定：

1 试剂应采用分析纯氯化钠；

2 烘箱应能使温度稳定在  $(60 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，最高烘干温度应能达到  $200^\circ\text{C}$ ，鼓风和加热应能同步。

3 塑料密封箱的高度不应小于 200mm。

4 试模的断面尺寸应为  $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ ，长度为 200mm。

A.2.4 试验用试块应符合下列规定：

1 试块的混凝土配合比应按国家现行标准《混凝土外加剂》GB 8076 和《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定进行设计，且粗骨料粒径为 5-15mm，砂率应为 0.38，水灰比为 0.6。

2 基准混凝土试块及掺加钢筋阻锈剂的混凝土试块中均应掺入 3.5%氯化钠（以拌合水质量计），钢筋阻锈剂的加入量应按推荐量加入。

3 基准混凝土试块不应少于 8 块，掺加钢筋阻锈剂的混凝土试块不应少于 6 块。

A.2.5 试块的制作和养护应符合下列规定：

1 试块尺寸应为  $200\text{mm} \times 100\text{mm} \times 46\text{mm}$ ，钢筋试件的保护层厚度为 20mm。

2 成型前，应先在试模内放置 2 根钢筋试件。钢筋试件两头应采用端头板和木楔

固定。混凝土装入试模后，应在振动台上振动密实。

3 试块应在成型 24h 后卸去端头板和木楔，再在试块两头浇灌水灰比小于中间混凝土的富配比砂浆，并插捣密实。

4 试块应在成型 72h 后再拆模，并应放入标准养护室养护至 7d（图 A.2.5）

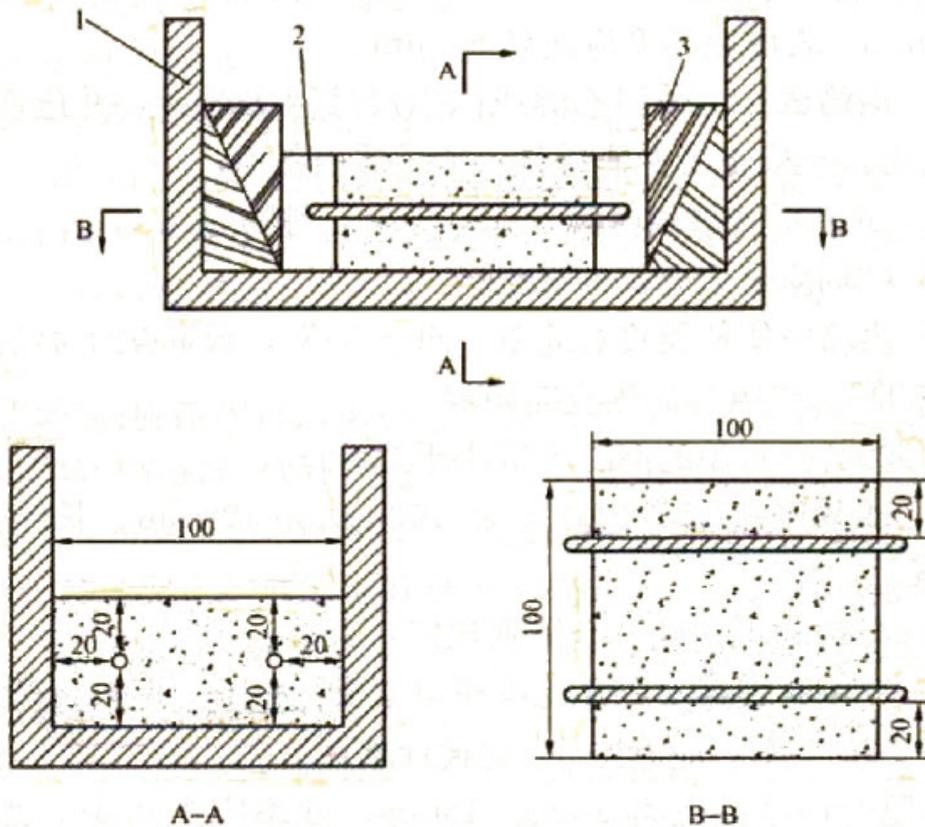


图 A.2.5 试块成型示意

1-试模；2-钢筋试件固定端板；3-木楔

A.2.6 浸烘循环应符合下列规定：

1 养护至 7d 的混凝土试块应放入烘箱中，并应于  $(80 \pm 5)^\circ\text{C}$  的温度下烘干 24h，然后冷却。

2 试块冷却 30min 后，应放入装有 3.5%氯化钠溶液的密闭塑料箱中浸泡 96h，然后放入  $(60 \pm 5)^\circ\text{C}$  的烘箱中烘 72h。

3 试块浸泡 96h、烘 72h 应为一个浸烘循环。

4 4 个循环后，应劈开一块基准试块，测定钢筋锈蚀面积百分率。当锈蚀面积百分率大于 15%时，应劈开掺加钢筋阻锈剂的试块进行测定。当锈蚀面积百分率小于 15%时，应再进行 1 个浸烘循环，然后再测定基准试块的钢筋锈蚀面积百分率，直至锈蚀面积百分率大于 15%后停止循环，进行测定。

5 浸泡过程中，氯化钠溶液应浸没试块，且试块间距不应小于 10mm。

A.2.7 试验结果计算及判定应符合下列规定：

1 试验结束后，应检查试块，当封头的富配比砂浆与原混凝土裂开或钢筋试件的混凝土保护层厚度小于 16mm 时，该试块应作废。基准混凝土试块和掺加钢筋阻锈剂的混凝土试块的有效数量均不得小于 4 块。

2 应劈开试块，取出钢筋试件。应用玻璃纸或透明胶带纸裹住每根钢筋试件表面，描绘锈蚀部分轮廓，然后将玻璃纸或透明胶带纸取下贴在方格纸上，统计每根有效钢筋试件锈蚀部分面积，并分别计算出基准钢筋试件和掺加钢筋阻锈剂的钢筋试件的平均锈蚀面积。当有效钢筋试件少于 4 根时，该次试验应判为无效。

3 基准钢筋试件和掺加钢筋阻锈剂的钢筋试件得锈蚀面积百分率应按式 A2.7 计算：

$$R_n = \frac{A_n}{A_0} \times 100\% \quad (\text{A.2.7})$$

式中， $R_n$ — $n$  次循环后钢筋锈蚀面积百分率(%)；

$A_n$ — $n$  次循环后钢筋平均锈蚀面积( $\text{mm}^2$ )；

$A_0$ —钢筋总表面积( $\text{mm}^2$ )。

4 当掺加钢筋阻锈剂的钢筋试件  $n$  次循环后钢筋锈蚀面积百分率与基准钢筋试件  $n$  次循环后钢筋锈蚀面积百分率比值小于 5% 时，可判定为掺加钢筋阻锈剂后盐水浸烘环境中钢筋锈蚀面积百分率减少 95% 以上。

### A.3 氯离子迁移系数比测定方法

A.3.1 基准试块的制作应符合下列规定：

1 基准试块的混凝土配合比应按行业现行标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定进行设计，且水泥用量应为  $380\text{kg}/\text{m}^3$ ，粗骨料粒径应为 5-25mm，砂率应为 36%-40%，水胶比为 0.5。

2 氯离子迁移系数比试验用成型装置宜采用  $\Phi 100\text{mm} \times 200\text{mm}$  试模，切割试件的设备应采用水冷式金刚石锯或碳化硅锯。

3 当检测外涂型钢筋阻锈剂时，基准试块应至少成型两组，一组和外涂型钢筋阻锈剂试块对比，一组制备外涂型钢筋阻锈剂试块。

4 基准试块成型后应立即用塑料薄膜覆盖并移至标准养护室养护，试件应在  $(24 \pm 2)$  h 内拆模，然后继续标准养护至 28d 龄期进行氯离子渗透系数比试验。

5 基准试块养护至 21d 时应进行切割。切割时应先将试件从正中间切成相同尺寸的两部分（ $\Phi 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ ），然后应从两部分中各切取一个高度为（ $50 \pm 2$ ）mm 的试件，并应采用水砂纸和细锉刀打磨光滑。加工好的试件应继续标准养护至试验龄期。

6 切割、加工后每组混凝土应至少有 3 个直径为（ $100 \pm 1$ ）mm、高度为（ $50 \pm 2$ ）mm 的试块进行氯离子渗透系数比试验。

A.3.2 内掺型钢筋阻锈剂试块的制作应符合下列规定：

1 内掺型钢筋阻锈剂试块的制备应在基准混凝土配合比中加入内掺型钢筋阻锈剂，钢筋阻锈剂用量应按推荐量加入。

2 内掺型钢筋阻锈剂试块应和对比的基准试块同条件养护至试验龄期。

A.3.3 外涂型钢筋阻锈剂试块制备应符合下列规定：

1 应将切割打磨后的基准试块放入烘箱中  $60^\circ\text{C}$  烘干 2h，取出试块并应自然冷却 30min。

2 应按钢筋阻锈剂厂家推荐用量在基准试块所有表面涂覆钢筋阻锈剂。

3 外涂型钢筋阻锈剂试块应和对比基准试块覆盖薄膜，在试验室标准条件下养护至试验龄期。

A.3.2 钢筋阻锈剂试块和基准试块的非稳态氯离子迁移（RCM）试验应按 GB/T50082 进行。

A.3.3 氯离子渗透系数比以 28d 龄期时钢筋阻锈剂试块与基准试块的非稳态氯离子迁移系数的比值表示，按式 A3.3 计算：

$$P = \frac{D_t}{D_c} \times 100 \quad (\text{A3.3})$$

式中：

P——氯离子渗透系数比/%（精确至 1%）；

$D_t$ ——钢筋阻锈剂试块非稳态氯离子迁移系数（精确至  $0.1 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ ）；

$D_c$ ——基准试块非稳态氯离子迁移系数（精确至  $0.1 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ ）。

#### A.4 渗透深度测定方法

A.4.1 本方法适用于外涂型钢筋阻锈剂在混凝土中渗透深度的测定。

A.4.2 试验室试块的制作和养护应符合下列规定：

1 试块的混凝土配合比应按国家现行标准《混凝土外加剂》GB 8076 和《普通混

凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定进行设计，且粗骨料粒径应为 5mm~25mm，砂率应为 0.38，水灰比应为 0.6。

2 试块应按国家现行标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定进行成型，基准试块和待检试块数量共 6 块，尺寸为 150mm×150mm×150mm 立方体试件。拆模后应标准养护至 28d。

3 应将养护好的试块放入烘箱中 60℃烘干 2h，取出试块并应自然冷却 30min。

4 待检试块的一个表面应采用钢刷进行打磨处理；

2 应按推荐用量和方法在待检试块的一个表面涂覆外涂型钢筋阻锈剂，涂覆前应将表面采用钢刷打磨处理；

3 涂覆外涂型钢筋阻锈剂的试块表面应覆盖薄膜在试验室标准条件下养护 28d。

#### A4.3 现场基准试块的制作和养护要求

应按国家现行标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定进行成型，混凝土试块数量为 3 块，尺寸为 150mm×150mm×150mm 立方体试件。拆模后应现场同条件养护至 28d。

#### A.4.3 渗透深度的测定应符合下列规定：

1 切取芯样薄片；

(1) 试验室试块养护 28d 后，在涂刷钢筋阻锈剂的试块表面使用取芯钻头钻取直径为 20mm、长度为 60mm 的芯样，芯样数量不小于 3 块，并应用切割机切取距涂覆面 50mm±5mm 处的芯样薄片。

(2) 现场混凝土构件涂敷阻锈剂前，按照《钻芯法检测混凝土强度规程》CECS03-2017 要求进行钻芯取样，芯样数量不小于 3 块，并应用切割机切取距涂覆面 50mm±5mm 处的芯样薄片。

(3) 现场混凝土构件涂敷阻锈剂养护 28d 后，在 (2) 中钻芯取样的附件按照《钻芯法检测混凝土强度规程》CECS03-2017 要求进行钻芯取样，芯样数量不小于 3 块，并应用切割机切取距涂覆面 50mm±5mm 处的芯样薄片。

2 薄片应分别粉碎至粉末状。

3 按照《土壤质量全氮测定—凯氏法》HJ 717-2014 方法测试氮含量。

#### A.4.4 判断准则

检测试块和基准试块中氮含量之差为实际氮含量。

1 按实验室试块检测时，当混凝土粉末中实际氮含量值 $>100\text{mg/kg}$ 时，可判定为钢筋阻锈剂渗透深度 $\geq 50\text{mm}$ ；

2 按现场钻芯取样检测时，检测试块的渗透深度不应小于混凝土保护层厚度，混凝土保护层厚度处的实际氮含量值应不小于 $100\text{mg/kg}$ 。

## A.5 现场混凝土钢筋阻锈效果检测及评估

A.5.1 本方法适用于外涂型钢筋阻锈剂在混凝土修复工程中阻锈效果的检测和评估。

A.5.2 评估用的检测设备和条件应符合下列规定：

1 应采用专业的钢筋锈蚀电流测定仪及相应的数据采集分析仪器，仪器的测试精度应能达到 $0.1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 。

2 电流测定采用线性极化法。

3 仪器的使用环境要求及测试方法应按厂商提供的仪器使用说明书执行，但厂商应保证该仪器测试的精度能达到使用说明书规定的指标。

A.5.3 钢筋阻锈效果的检测和评估应符合下列规定：

1 锈蚀电流的降低率应按式（5）计算：

$$\text{锈蚀电流的降低率} = \frac{I_{x0} - I_x}{I_{x0}} \times 100\% \quad (5)$$

式中： $I_x$ —150d 后的钢筋锈蚀腐蚀电流平均值（ $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ ）；

$I_{x0}$ —钢筋的初始锈蚀腐蚀电流平均值（ $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ ）。

2 当检测结果达到下列指标时，可认为该工程的阻锈处理符合本规程规定，可以重新交付使用：

（1）初始锈蚀电流 $>1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 的构件，其 150d 后锈蚀电流的降低率不小于 80%；

（2）初始锈蚀电流 $<1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 的构件，其 150d 后锈蚀电流的降低率不小于 50%。

## 附录 B 混凝土性能检测方法

B.0.1 试验成型环境温度  $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ ；标准养护温度  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，相对湿度 95%以上。

B.0.2 试验材料应符合下列规定：

1. 水泥、砂、石子、水应符合现行国家标准 GB 8076 相关规定。
2. 防腐阻锈剂或内掺型钢筋阻锈剂为需要检测样品。

B.0.3 基准混凝土配合比设计应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 相关规定，受检混凝土和基准混凝土水泥、砂、石的比例相同。配合比设计应符合表 B.0.3 要求：

表 B.0.3 混凝土性能试验配合比控制要求

样品减水率 材料名称	$\geq 25\%$	$< 25\%$
水泥用量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	360	330
砂率 (%)	43~47	36~40
钢筋阻锈剂用量	按生产厂家指定掺量	
用水量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	坍落度在 $(210 \pm 10)$ mm 时的最小用水量	坍落度在 $(80 \pm 10)$ mm 时的最小用水量

B.0.4 混凝土搅拌应符合现行国检标准 GB 8076 的规定，有特殊要求时，搅拌时间或搅拌方式也可按产品说明书的要求确定。

B.0.5 混凝土试块制作应符合现行国家标准 GB/T 50081 相关规定。

B.0.6 凝结时间差、抗压强度比试验应符合现行国家标准 GB 8076 相关规定。

B.0.7 混凝土抗渗性试验应符合下列规定：

1. 受检混凝土和基准混凝土抗渗性试验应分别进行三批试验，每批试验成型两个试件；
2. 受检混凝土和基准混凝土抗渗性试验应符合现行国家标准 GB/T 50082 相关规定，混凝土抗渗性指标以 28d 龄期时受检混凝土与基准混凝土抗渗等级相比较后表示。

## 附录 C

B. 0. 1 内掺型钢筋阻锈剂用于钢筋混凝土工程时的施工记录应按表 B. 0. 1 填写。

**表 B. 0. 1 内掺型钢筋阻锈剂用于钢筋混凝土工程施工记录表**

工程名称					
施工配合比					
钢筋阻锈剂名称	规格	每立方米混凝土中钢筋阻锈剂 添加量 (kg/m <sup>3</sup> )			
混凝土总用量 (m <sup>3</sup> )					
钢筋阻锈剂理论添加总量 (kg)		混凝土总用量×每立方米混凝土 添加量=_____kg			
钢筋阻锈剂实际添加总量 (kg)					
钢筋阻锈剂理论添加总量与 实际添加总量是否一致		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>			
备 注					
签字栏	监理（建设）单位	设计单位	施工单位		
			技术负责人	质检员	工 长
	年月日	年月日	年月日	年月日	年月日

注：本表中的钢筋混凝土工程既包括采用内掺型钢筋阻锈剂的新建钢筋混凝土工程，也包括既有钢筋混凝土工程中的混凝土修复工程。

B. 0. 2 内掺型钢筋阻锈剂用于砂浆修复工程时的施工记录应按表 B. 0. 2 填写。

表 B. 0. 2 内掺型钢筋阻锈剂用于砂浆修复工程施工记录表

工程名称					
施工配合比					
使用部位					
钢筋阻锈剂名称		规格	每千克干粉砂浆中钢筋 钢筋阻锈剂添加量 (kg/kg)		
干粉砂浆总用量 (kg)					
钢筋阻锈剂理论添加总量 (kg)		干粉砂浆总用量×每千克干粉砂浆中钢筋 钢筋阻锈剂添加量=_____kg			
钢筋阻锈剂实际添加总量 (kg)					
钢筋阻锈剂理论添加总量与实际添加 总量是否一致		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>			
备 注					
签字栏	监理 (建设) 单位	设计单位	施工单位		
			技术负责人	质检员	工 长
	年 月 日	年 月 日	年 月 日	年 月 日	年 月 日

B.0.3 外涂型钢筋阻锈剂的施工记录应按表 B.0.3 填写。

表 B.0.3 外涂型钢筋阻锈剂施工记录表

工程名称					
钢筋阻锈剂名称			规格		
涂覆次数	第_遍 <input type="checkbox"/>	第_遍 <input type="checkbox"/>	第_遍 <input type="checkbox"/>	第_遍 <input type="checkbox"/>	第_遍 <input type="checkbox"/>
涂覆部位					
养护条件	是否达到设计要求及产品使用要求？是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>				
28d 渗透深度	结果评定				
	合格 <input type="checkbox"/> 不合格 <input type="checkbox"/>				
备 注					
签字栏	监理（建设）单位	设计单位	施工单位		
			技术负责人	质检员	工 长
	年 月 日	年 月 日	年 月 日	年 月 日	年 月 日

## 本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

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：

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：

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，采用“可”。

2 规程中指定按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

《钢筋混凝土钢筋阻锈剂耐蚀应用技术规程》 GB/T33803

《混凝土结构设计规范》 GB50010

《工业建筑防腐蚀设计标准》 GB/T50046

《普通混凝土力学性能试验方法标准》 GB/T 50081

《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》 GB/T 50082

《混凝土质量控制标准》 GB50164

《建筑结构检测技术标准》 GB/T50344

《混凝土结构加固设计规程》 GB50367

《混凝土结构耐久性设计规程》 GB/T 50467

《混凝土外加剂》 GB 8076

《混凝土抗硫酸盐类侵蚀防腐剂》 JC/T1011

《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55

《混凝土中钢筋检测技术规程》 JGJ/T 152

《钢筋混凝土钢筋阻锈剂》 JT/T537-2018

《土壤质量全氮测定—凯氏法》 (HJ 717-2014)

中国工程建设标准化协会标准

# 钢筋阻锈剂应用技术规程

T/CECS XXX-20xx

条文说明

