中国交通运输协会团体标准

滨海高氯离子环境地区钢筋阻锈 技术指南

Technical guide for reinforcement corrosion inhibition in coastal area with a
high chloride content

(征求意见稿)

编制说明

2023-07

一、任务来源、起草单位、协作单位、主要起草人

根据中国交通运输协会发布的“2021年度第四批团体标准项目立项的公告”（中交协秘字〔2022〕2号）要求，《滨海高氯离子环境地区钢筋阻锈技术指南》已于2022年1月6日通过中国交通运输协会组织的专家评审，正式批准立项。由中山大学联合多家单位作为起草单位，负责本标准的编制工作。

起草单位：2022年8月，主要起草人工作调整，该标准牵头单位调整为河南省科学院。因此本标准起草单位主要由河南省科学院、中山大学、青岛理工大学、深圳大学、中国科学院海洋研究所、中路高科交通检测检验认证有限公司、珠海深圳清华大学研究院创新中心、山东港湾建设集团有限公司、中国建筑科学研究院有限公司、中交四航工程研究院有限公司、南京水利科学研究院、振业新材料（珠海）有限公司、建研建材有限公司、珠海市建设安全科学研究中心有限公司等组成。

主要起草人：李伟华，李伟杰、熊传胜、汪俊峰、陈刚、冷发光、金祖权、王立平、丁晓平、王晶、范志宏、周萌、刘法谦、王鹏刚、曹文凯、田惠文、杨恒、张小影、刘昂、何忠意、于放。

二、制订标准的必要性和意义

在高氯盐、高湿度的滨海海洋环境地区，由氯离子侵蚀而引起的钢筋锈蚀是导致钢筋混凝土材料耐久性劣化和结构失效的主要症结。我国海岸线曲折绵长，地形地貌复杂多变，海洋环境具有多样性和不确定性，另外不同地域的原材料性能差异很大，这就决定了滨海高氯盐环境地区混凝土结构的钢筋阻锈防护工作的复杂性。目前关于滨海高氯离子环境地区的众多钢筋阻锈技术并未形成安全、可靠、成熟、统一的应用技术规程，在很大程度上限值了这些新技术的推广和应用。本标准的制订，是为使滨海高氯盐地区钢筋阻锈剂应用技术做到技术先进，经济合理，安全适用。本指南适用于滨海高氯盐地区钢筋阻锈剂技术的设计、安装与调试、质量控制与检验、维护与管理。本指南的制定以适应我国“一带一路”和“海洋强国”战略发展的需要，对科学指导的滨海高氯盐地区钢筋阻锈剂技术的发展和推广应用具有意义重大。

三、主要工作过程

本标准通过收集既有工程应用经验，以及相关研究成果、试验检测结果及使用单

位反馈信息，确定标准编制方向。

2023年4月21日，在中国交通运输协会标准化技术委员会组织下，该标准分别通过了大纲审查和征求意见草稿审查会议，会后根据与会专家的意见和建议，编写组对标准进行认真讨论和修改，最终形成征求意见稿，报中国交通运输协会评审。

再根据评审会专家意见进行补充、修改，经中国交通运输协会同意，挂网征求意见。针对反馈意见，提出处理办法，进行补充、修改，形成送审稿。

经中国交通运输协会同意，进行专家审查。根据专家审查会形成的专家意见进行修改，形成报批稿，上报审批。

四、制订标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

本标准制订的基本原则是以现有研究工作为基础，参照国家规范、标准的基本规范要求，针对滨海高氯盐环境下钢筋阻锈剂的特点进行描述和规范。

本规程编制过程中，查阅了下列规范、标准和技术规程：

- 1、GB 8076 混凝土外加剂
- 2、GB50010 混凝土结构设计规范
- 3、GB 50204 混凝土结构施工质量验收规范
- 4、GB 50367 混凝土结构加固设计规范
- 5、GB 50550 建筑结构加固工程施工质量验收规范
- 6、GB/T 31296 混凝土防腐阻锈剂
- 7、GB/T 33803 钢筋混凝土阻锈剂耐蚀应用技术规范
- 8、GB/T 50046 工业建筑防腐蚀设计标准
- 9、GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计标准
- 10、DL/T 5150 水工混凝土实验规程
- 11、JC/T 1011 混凝土抗侵蚀防腐剂
- 12、JGJ/T 259 混凝土结构耐久性修复与防护技术规程
- 13、JGJ/T 192 钢筋阻锈剂应用技术规程
- 14、JT/T 537 钢筋混凝土阻锈剂

现行国家标准《混凝土防腐阻锈剂》（GB/T 31296-2014）只适用于硫酸盐、氯盐侵蚀环境，行业标准《混凝土抗侵蚀防腐剂》（JC/T 1011-2021）适用于抵抗硫酸盐等盐类侵蚀的混凝土抗侵蚀防腐剂，两者均未对滨海高氯盐这种苛刻环境下钢筋阻锈剂进行详细的指标设计和较为详细的使用指南，上述两项内容是本项目着重解决的问题之一。目前，钢筋阻锈剂标准还存在性能评价方法多而散、缺乏适用于工程现场检测评估钢筋锈蚀程度的量化方法等问题。本项目制定的标准为规范我国钢筋阻锈剂标准，特别是对于阻锈剂的推广和工程应用具有现实意义。

五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述

1 总则

本文件规定了钢筋阻锈剂的术语和定义、基本规定、技术要求、应用设计、施工、质量验收等内容。

本文件适用于高氯离子环境下采用钢筋阻锈剂进行钢筋防护和钢筋锈蚀修复的（道路、桥梁、隧道等）混凝土新建和修复养护工程。

2 术语

2.1 滨海高氯盐环境 coastal area with a high chloride content

靠近海岸或离岸一定范围内具有较高浓度腐蚀性氯离子的大气、水体或土壤环境，具体包括海洋环境和滨海盐渍土环境。

2.2 钢筋阻锈剂 corrosion inhibitor for steel bars

作为组分内掺入新拌混凝土中或涂刷于既有结构混凝土表面，能够抑制或减缓钢筋锈蚀的化学物质。

2.3 内掺型阻锈剂 doped corrosion inhibitor

掺加到混凝土中以抑制或减缓钢筋锈蚀的外加剂。

2.4 渗透迁移型阻锈剂 migration corrosion inhibitor

涂刷于混凝土表面，能渗透到钢筋表面抑制或减缓钢筋锈化学物质。

3 基本规定

3.1 钢筋阻锈剂的使用应根据结构的设计使用年限、结构所处的环境类别和环境作用等级进行设计

3.2 下列环境中的新建和既有钢筋混凝土工程应采用钢筋阻锈剂进行防护：

- 1) 滨海高氯盐环境，如海洋大气区，海洋水下区、潮汐区、浪溅区、淡水海水交替区、盐田区等区域的环境；
- 2) 使用除冰盐的区域，如冬季使用除冰盐所能影响的钢筋混凝土道路、桥梁、停车场等基础设施；
- 3) 已锈损钢筋混凝土结构，由氯盐引起的结构中钢筋混凝土锈损的维修加固工程；
- 4) 其他需要使用钢筋阻锈剂的环境。

3.3 使用钢筋阻锈剂时不应对混凝土质量产生不利影响。

3.4 针对严重腐蚀环境作用的情况，钢筋阻锈剂可与其他防护措施同时使用。

3.5 钢筋混凝土结构所处环境类别与作用等级应按照 GB/T 50467 划分。

3.6 当钢筋混凝土结构受到多种环境共同作用时，应根据环境作用等级较高的要求进行设计。

3.7 工程中采用钢筋阻锈剂时，不应对环境造成污染。

4 技术要求

4.1 内掺型钢筋阻锈剂

4.1.1 应用内掺型钢筋阻锈剂时，混凝土性能要求及试验方法应符合表 1 的规定。

表 1 内掺钢筋阻锈剂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	初凝时间	-60~+120	GB 8076
	终凝时间		
抗压强度比%	7d	≥95	
	28d	≥95	
混凝土抗渗性		抗渗等级不降低	DL/T 5150
混凝土工作性		坍落度不损失、不泌水	

4.1.2 应用内掺型钢筋阻锈剂时，对钢筋阻锈性能要求和试验方法应符合表 2 的规定。

表 2 内掺型钢筋阻锈剂对钢筋的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测试	钢筋锈蚀面积百分率减少 95%以上	JGJ/T 192
抗氯离子渗透性能测试	氯离子迁移系数比≤100%	GB/T 31296

4.2 渗透迁移型阻锈剂

应用渗透迁移型阻锈剂时，其主要阻锈性能要求和试验方法应符合表 5-3 的规定。

表 3 渗透迁移型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≥50%	JGJ/T 192 JGJ/T 192
有机氮渗透深度	实验室试验	≥50mm	

	现场试验	保护层混凝土氯含量值 $\geq 100\text{mg/kg}$	
	抗氯离子渗透性能测试	氯离子迁移系数比 $\leq 100\%$	GB/T 31296
	现场试验	(1) 初始钢筋腐蚀电流 $> 1\mu\text{A}/\text{cm}^2$, 30d后钢筋腐蚀电流的降低率 $\geq 80\%$ (2) 初始锈蚀电流 $< 1\mu\text{A}/\text{cm}^2$, 30d后钢筋腐蚀电流的降低率 $\geq 50\%$	GB/T 33803

4.3 其他

钢筋阻锈剂的其他性能要求应符合现行 GB/T 33803 和 JT/T 537 的规定。

5 应用设计

5.1 阻锈剂用量

5.1.1 阻锈剂的用量应按照 GB/T 33803 的规定执行。

5.1.2 对于高氯离子重度腐蚀环境，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，按照费克（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。

5.2 新建混凝土工程

对于新建混凝土工程，钢筋阻锈剂的选用应符合下列规定：

5.2.1 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，并宜同时采用渗透迁移型阻锈剂。

5.2.2 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，也可采用渗透迁移型阻锈剂。

5.2.3 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渗透迁移型阻锈剂。

5.2.4 当新建结构工程混凝土的密实性差，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，应采用渗透迁移型阻锈剂作为补救性防护措施。

5.3 既有混凝土工程

对于既有混凝土工程的修复，应首先通过试验判断混凝土中的钢筋锈蚀状态和保护层混凝土的性能状态，然后进行修复方案的制定，修复方案应符合 JGJ/T 259 规定，钢筋阻锈剂的选用应符合下列规定：

5.3.1 保护层混凝土出现疏松、掉落等情况时，应剔除原受损混凝土并选用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同时应采用渗透迁移型阻锈剂。

5.3.2 环境作用为 III-E、III-F、IV-E 时，应采用渗透迁移型阻锈剂。

5.3.3 环境作用为 III-C、III-D、IV-C、IV-D 时，宜采用渗透迁移型阻锈剂。

5.3.4 环境作用为 I-B、I-C 时，可采用渗透迁移型阻锈剂。

5.3.5 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，应采用渗透迁移型阻锈剂：

- a) 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；
- b) 混凝土保护层厚度不满足 GB 50010 或 GB/T 50046 规定的；
- c) 锈蚀检测表明内部钢筋已处于“有腐蚀可能”状态；
- d) 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；
- e) 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。

5.3.6 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：

- a) 混凝土表面涂覆渗透迁移型阻锈剂后，宜再涂覆一层密封涂层。
- b) 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；
- c) 对露天工程或在腐蚀性介质的环境中使用亲水性渗透迁移型阻锈剂时，应在构件表面增设涂层进行封护。

5.4 环境作用等级

5.4.1 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，再选用钢筋阻锈剂。

5.4.2 环境作用为 V-C、V-D、V-E 时，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。

5.4.3 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：

- a) 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；
- b) 环境作用等级为 E、F 时，仅采用钢筋阻锈剂措施时，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 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。

5.5 其他

5.5.1 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。

5.5.2 当混凝土表面已涂覆过涂料或各种防护液，致使混凝土失去可渗性且无法清除时，不应使用渗透迁移型阻锈剂。

5.5.3 选用钢筋阻锈剂时，应注明其类型，并注明施工要求。

6 施工

6.1 钢筋阻锈剂进场时，应有产品合格证和性能检测报告，材料的品种和性能应符合本指南和设计文件的规定。

6.2 钢筋阻锈剂进场后应进行抽样复验，合格后方可使用。

6.3 钢筋阻锈剂抽样复验，每 1t 为一检验批，不足 1t 的应作为一个检验批，抽样数量及检验项目应符合表 4 的规定：

表 4 钢筋阻锈剂抽样复验项目

序号	材料名称	抽样数量	检验项目
1	内掺型钢筋阻锈剂	10kg	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	外涂型钢筋阻锈剂	5kg	电化学防锈性能、抗氯离子渗透性能测试、有机氮渗透深度

6.4 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。

6.5 材料进场复验的项目和检验结果应分别符合 5.1、5.2 或 5.3 规定。当有一项指标达不到要求时，应加倍取样进行复验。

6.6 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。

6.7 施工前应按照设计要求进行混凝土性能试配实验。

6.8 使用碱性活性骨料时，应检验钢筋阻锈剂的碱含量。钢筋阻锈剂引入的碱总量应符合设计标准。

6.9 对于内掺型阻锈剂的使用，当施工现场原材料发生更换时，阻锈剂的使用方案应根据工程要求和具体情况重新通过试验进行调整，以获得最佳效果。

6.10 条件许可时，宜评估钢筋阻锈剂对混凝土构件中钢筋的保护效果。

7 质量控制与验收

7.1 新建钢筋混凝土工程

钢筋阻锈剂用于新建钢筋混凝土工程时，应按照 GB 50204 的规定执行，并提供下列资料：

- 设计及工程技术资料；
- 钢筋阻锈剂产品合格证；
- 钢筋阻锈剂产品使用说明书；
- 钢筋阻锈剂性能检测报告；
- 钢筋阻锈剂进场复验报告；
- 混凝土或砂浆配合比通知单；
- 施工记录表。

7.2 既有钢筋混凝土工程

7.2.1 钢筋阻锈剂用于既有钢筋混凝土工程时，应按照 GB 50367、GB 50550 规定执行，并提供下列资料：

- a) 设计及工程技术资料;
- b) 钢筋阻锈剂产品合格证;
- c) 钢筋阻锈剂产品使用说明书;
- d) 钢筋阻锈剂性能检测报告;
- e) 钢筋阻锈剂进场复验报告;
- f) 施工记录表。

7.2.2 既有混凝土结构涂覆渗透迁移型钢筋阻锈剂后，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。

7.3 其他

7.3.1 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：

- a) 取样规则按涂覆面积计，500m²以下工程应随机抽取3点，500m²~1000m²工程应随机抽取6点，1000m²以上工程应随机抽取9点，每3点为一组；
- b) 渗透深度不应小于混凝土保护层厚度；
- c) 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。

7.3.2 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：

- a) 施工前应采用专业仪器设备对取样构件进行测试；
- b) 应在渗透迁移型钢筋阻锈剂30d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。
- c) 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100m²（不足者按100m²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。
- d) 初始锈蚀电流 $>1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 的构件，其30d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30d后锈蚀电流的降低率应不小于50%。

六、重大意见分歧的处理依据及结果

本标准制订过程中尚未发生过重大意见分歧。

七、采用国际标准和国外先进标准的，说明采标程度，以及与国内外同类标准水平的对比情况

本标准为自主起草，未采用国际标准和国外先进标准。

八、作为推荐性标准建议及其理由

钢筋阻锈技术是指利用各种物理、化学和电化学的方法，延缓氯离子侵蚀扩散、

抑制钢筋表面的活化反应或将已经扩散进入混凝土中的氯离子排除，从而达到阻止钢筋锈蚀目的的综合应用技术，涉及涂层技术、阻锈剂技术、阴极保护技术、电化学修复技术等诸多方面技术，目前各方面技术均相对稳定。从国内外相关标准调研情况来看，部分单一技术如涂层技术、阻锈剂技术、阴极保护技术等存在相关的国内外标准，在本标准制定过程中将进行部分采纳。

九、贯彻标准的措施建议

(1) 精心组织安排，开展宣贯培训。建议自发布之日起6个月起，由行业主管部门统一安排，召开标准宣贯会，对涉及的交通建设、监理、设计、施工等单位开展标准实施培训和宣贯普及。明确滨海高氯离子环境的钢筋阻锈技术设计指标、材料性能要求、施工工艺、检测方法、质量验收、养护管理等方面的具体要求，指导滨海高氯离子环境的钢筋阻锈技术工程的实施，有效推动贯标工作的开展及落实。

(2) 组织相关人员到施工现场参观学习，直观展示滨海高氯离子环境的钢筋阻锈技术工程效果及具体施工工艺；

(3) 定期组织科研、生产、应用、检验各环节人员进行技术交流，不断对滨海高氯离子环境的钢筋阻锈技术进行改进，保持技术领先、性能优化、价格合理。

十、其他应说明的事项

暂无。