

中华人民共和国黑色冶金行业标准

YB

P

YB/T 9231—2009

钢筋阻锈剂应用技术规程

**Technical specification for application of
reinforcement corrosion inhibitors**

2009-12-04 发布

2010-06-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

中华人民共和国黑色冶金行业标准

钢筋阻锈剂应用技术规程

**Technical specification for application of
reinforcement corrosion inhibitors**

YB/T 9231—2009

主编部门:中冶集团建筑研究总院

批准部门:中华人民共和国工业和信息化部

施行日期:2010年6月1日

冶金工业出版社

2010 北 京

前 言

本规程是根据国家发展和改革委员会发改办工业[2007]1415号文《国家发展改革委办公厅关于印发2007年行业标准修订、制定计划的通知》的要求,由中国冶金建设协会组织中冶集团建筑研究总院会同有关高等院校、设计、施工、生产厂家组成的修订组,在广泛调研,开展专题试验研究,总结工程实践经验,参考国内外标准及有关资料,广泛征求各方意见的基础上共同修订而成,最后经审查定稿。

本规程的主要内容有:总则、术语、基本规定、技术要求、使用掺量、施工及验收,以及相关的附录。

本次修订的主要内容有:

1. 增加了“术语”章节,定义了钢筋阻锈剂、单功能阻锈剂、多功能阻锈剂三个术语。
2. 增加了“基本规定”章节。
3. 删除了原钢筋阻锈剂分类及质量要求、钢筋阻锈剂推荐掺量。
4. 按照标准《混凝土外加剂》GB 8076 的规定,修订了匀质性指标及检验方法。
5. 在阻锈性能检验方法中,将原“干湿冷热(60次)”试验项目修订为“混凝土盐水浸烘试验”。
6. 增加了多功能阻锈剂的阻锈性能和混凝土性能指标及检验方法。
7. 增加了亚硝酸根离子与钢筋表面氯离子的摩尔比关系。
8. 增加了不同腐蚀环境下的阻锈剂推荐掺量。
9. 增加了多功能阻锈剂的应用环境。
10. 增加了施工混凝土阻锈性验收指标及检验方法。

11. 增加了定期评估混凝土构件中钢筋锈蚀程度的方法。

本规程由中国钢铁工业协会负责管理,由中冶集团建筑研究总院负责具体技术内容的解释。

为提高本规程质量,请各单位在执行规程过程中,注意总结经验,积累资料,随时将建议和意见反馈给中冶集团建筑研究总院(通讯地址:北京市海淀区西土城路 33 号;邮编:100088;E-mail:bnvc@bjnvc.com),以供再次修订时参考。

主编单位:中冶集团建筑研究总院

参编单位:中国京冶工程技术有限公司

清华大学

海军工程设计研究院

北京冶建新技术公司

北京纽维逊建筑工程技术有限公司

主要起草人:王 强 邹 新 仲晓林 王东林 邵正明
李贺青 路新瀛 王建成 徐志清 仲朝明

主要审查人员名单:林志仲 王子明 牟宏远 何积铨
路来军 郑昆白 李洪光

目 次

1 总则	1
2 术语	2
3 基本规定	3
4 技术要求	4
5 应用设计	7
6 施工及验收	9
附录 A	10
附录 B	16
附录 C	18
本规程用词说明	19
引用标准	20
条文说明	21

1 总 则

1.0.1 为在混凝土结构工程的设计与施工中合理选择和正确使用钢筋阻锈剂,做到技术先进,经济合理,安全适用,确保质量,特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于钢筋阻锈剂在混凝土工程中的应用。

1.0.3 钢筋阻锈剂应用于混凝土工程时,除应符合本规程外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1

钢筋阻锈剂 reinforcement corrosion inhibitor

掺入混凝土(或砂浆)中或涂刷在混凝土(或砂浆)表面,通过对混凝土(或砂浆)内钢筋的直接作用,能够阻止或减缓钢筋锈蚀的外加剂。

2.0.2

单功能阻锈剂 single function corrosion inhibitor

仅具有阻止或减缓混凝土(或砂浆)中钢筋锈蚀的外加剂。

2.0.3

多功能阻锈剂 multi-functions corrosion inhibitor

具有阻止或减缓混凝土(或砂浆)中钢筋的锈蚀的作用,同时还能提高混凝土(或砂浆)的抗硫酸盐侵蚀能力,同时兼有减水或泵送等多种功能的外加剂。

3 基本规定

3.0.1 下述环境条件下的混凝土(或砂浆)结构应使用钢筋阻锈剂:

- 1 海洋环境,包括水下区、潮汐区、浪溅区及海洋大气区;
- 2 海边地区,包括地下水有腐蚀性的土中区和离涨潮岸线300m内的陆上地区;
- 3 盐碱地区;
- 4 采用去冰(雪)盐的钢筋混凝土桥梁;
- 5 其它需要添加钢筋阻锈剂的混凝土工程。

3.0.2 使用钢筋阻锈剂的同时应保证混凝土(或砂浆)的质量、工作性和抗渗性。

3.0.3 在特殊腐蚀条件和重要工程中,除使用钢筋阻锈剂外,还应采取其他防护措施。

3.0.4 钢筋阻锈剂使用过程中,应采取必要的防护措施,避免造成环境污染。

4 技术要求

4.0.1 钢筋阻锈剂的匀质性指标应符合表 4.0.1 的规定。

表 4.0.1 钢筋阻锈剂的匀质性指标

检验项目	指标要求	检验方法标准
含固量 S	生产厂控制值 $S > 25\%$ 时,应控制在 $0.95S \sim 1.05S$ 生产厂控制值 $S \leq 25\%$ 时,应控制在 $0.90S \sim 1.10S$	GB/T 8077
含水率 W	生产厂控制值 $W > 5\%$ 时,应控制在 $0.90W \sim 1.10W$ 生产厂控制值 $W \leq 5\%$ 时,应控制在 $0.80W \sim 1.20W$	
密度 D	生产厂控制值 $D > 1.1\text{g/cm}^3$ 时,应控制在 $D \pm 0.03$ 生产厂控制值 $D \leq 1.1\text{g/cm}^3$ 时,应控制在 $D \pm 0.02$	
细度	应在生产厂控制值范围内	
pH 值	应在生产厂控制值范围内	
总碱量	不超过生产厂控制值	
氯离子含量	不超过生产厂控制值	

4.0.2 单功能阻锈剂的阻锈性能应符合表 4.0.2 的规定。

表 4.0.2 单功能阻锈剂的阻锈性能

检验项目	指标要求	检验方法
盐水浸渍试验	钢筋棒无锈,电位 $0 \sim -250\text{mV}$	附录 A.1
电化学综合试验	电流小于 $150\mu\text{A}$	附录 A.2
混凝土浸烘试验	掺阻锈剂比未掺阻锈剂的混凝土中的 钢筋腐蚀面积百分率减少 95% 以上	附录 A.3
说明:1 盐水浸渍试验及电化学综合试验主要适用于阳极反应抑制型阻锈剂。对于其他类阻锈剂,可按照上述两种电化学方法检验,不适用时生产方应提出该类阻锈剂的阻锈性能电化学试验方法。 2 仲裁试验时,至少应包括混凝土浸烘试验项目。		

4.0.3 掺加单功能阻锈剂的混凝土性能应符合表 4.0.3 的规定。

表 4.0.3 掺加单功能阻锈剂的混凝土性能

试验项目		指标要求	检验方法标准
抗压强度比, %	7d	≥ 90	GB 8076
	28d	≥ 90	
凝结时间差, min	初凝	$-120 \sim +120$	GB 8076
	终凝	$-120 \sim +120$	
抗渗性		不降低	DL/T 5150—2001

4.0.4 多功能阻锈剂的性能应符合表 4.0.4 的规定。

表 4.0.4 多功能阻锈剂的性能指标

检验项目		指标要求	检验方法标准
盐水浸渍试验		钢筋棒无锈, 电位 0~-250mV	附录 A. 1
混凝土浸烘试验		掺阻锈剂比未掺阻锈剂的混凝土中的 钢筋腐蚀面积百分率减少 95% 以上	附录 A. 4
抗硫酸盐 侵蚀性	抗蚀系数(K)	≥0.85	JC/T 1011—2006 附录 A
	膨胀系数(E)	≤1.50	

说明: 1 盐水浸渍试验主要适用于阳极反应抑制型阻锈剂。对于其他类阻锈剂, 可按照上述两种电化学方法检验, 不适用时生产方应提出该类阻锈剂的阻锈性能电化学试验方法。
2 仲裁试验时, 至少应包括混凝土浸烘试验。
3 当无抗硫酸盐侵蚀设计要求时, 可不进行抗硫酸盐侵蚀性试验。

4.0.5 掺加多功能阻锈剂的混凝土性能应符合表 4.0.5 的规定。

表 4.0.5 掺加多功能阻锈剂的混凝土性能

试验项目		指标要求	检验方法标准
抗压强度比,%	3d	≥90	JC 473—2001
	7d	≥90	
	28d	≥90	
坍落度 保留值,mm	30min	≥150	
	60min	≥120	

注:根据工程需要,混凝土其它性能应符合 JC 473—2001 标准要求。

5 应用设计

5.0.1 钢筋阻锈剂的用量取决于设计使用年限内混凝土内钢筋表面氯离子的量。在能够确定钢筋表面氯离子量时,若采用亚硝酸盐类阻锈剂,亚硝酸根离子与钢筋表面氯离子的摩尔比应不小于 0.6。其他类阻锈剂根据生产厂家推荐量并经试验确定掺量,当采用单功能阻锈剂时应满足表 5.0.2 的推荐掺量。

表 5.0.2 单功能阻锈剂推荐掺量

环境类别 ¹	环境条件		阻锈剂掺量(kg/m ³ 混凝土)
Ⅲ	水下区		4~10
	大气区	轻度盐雾区 ²	4~10
		重度盐雾区 ³	6~15
	潮汐区或浪溅区	非炎热地区	10~20
		南方炎热潮湿地区	15~30
	土中区	非干湿交替	4~10
干湿交替		6~15	
Ⅳ	较低氯离子浓度 ⁴		4~10
	较高氯离子浓度		6~15
	高氯离子浓度,或干湿交替引起氯离子积累		10~20
盐碱地地区			6~15

注: 1 采用标准《混凝土结构耐久性设计规范》(GB/T 50476—2008)的腐蚀环境分类方法。

2 指离平均水位上方 15m 以上的海上大气区,离涨潮岸线 100m 外至 300m 内的陆上室外环境。

3 指离平均水位上方 15m 以内的海上大气区,离涨潮岸线 100m 内的陆上室外环境。

4 反复冻融环境按较高氯离子浓度。

5.0.2 在设计使用年限内进入混凝土中钢筋表面的氯离子量无法确定时,单功能阻锈剂掺量应满足表 5.0.2 的推荐掺量,其中阻锈剂中有效阻锈成分含量应不低于 30%。

5.0.3 对于同时存在硫酸盐腐蚀和氯离子锈蚀的环境,宜选用多功能阻锈剂。根据腐蚀介质硫酸根离子、氯离子的量,以及对施工混凝土的性能要求,确定多功能阻锈剂的掺量。选型时应根据腐蚀环境条件和施工要求,进行表 4.0.4 的性能试验。

6 施工及验收

6.0.1 阻锈剂材料进场时,单功能阻锈剂应按照 4.0.2 和 4.0.3 规定的项目进行复验,多功能阻锈剂应按照 4.0.4 和 4.0.5 规定的项目进行复验,必要时应按照表 4.0.1 的规定检验相关的匀质性指标,合格后方可使用。

6.0.2 当使用碱活性骨料时,应检验钢筋阻锈剂的碱含量。钢筋阻锈剂和其他外加剂引入的碱总量应符合设计和相关标准的规定。

6.0.3 掺加粉剂型阻锈剂时,应适当延长拌合时间,确保拌合物均匀。

6.0.4 除按照相关标准规范和设计要求检验混凝土性能外,尚应依据附录 B 检验施工混凝土的阻锈性能,每进场批次阻锈剂至少检验一次。若同一进场批次超过 50t,则每 50t 阻锈剂至少检验一次。掺阻锈剂的混凝土内钢筋棒比空白混凝土内的钢筋棒腐蚀面积百分率应减少 95%以上。

6.0.5 条件许可时,宜依据附录 C 的测定方法定期评估混凝土构件中钢筋的锈蚀程度,评价钢筋阻锈剂对混凝土构件中钢筋的保护效果。

附录 A 阻锈剂阻锈性能试验方法

A. 1 盐水浸渍试验

A. 1.1 试验准备

1 钢筋试样: HPB235 钢筋加工成直径为 10mm、长度为 50mm 的试棒, 表面粗糙度达到 $Ra6.3\mu m$ 。

2 试验溶液: 含 1.15%NaCl 的饱和 $Ca(OH)_2$ 溶液, 粉剂阻锈剂添加量为溶液质量的 0.8%, 水剂阻锈剂添加量为溶液质量的 2.2%。

3 试验容器: 直径 60~70mm, 高 60~80mm 的玻璃磨口瓶。

A. 1.2 试验操作

1 配制好的溶液倒入玻璃磨口瓶内, 溶液高度为 40mm, 玻璃磨口瓶内放入两根钢筋试棒, 全部浸入溶液中, 将瓶盖盖紧。只有在进行电位测量时, 才能打开瓶盖。测量时, 将钢筋试棒的一端露出液面约 10mm 并接触电压表的正端, 负端接饱和甘汞电极。测量时间分别为初始、1h、2h、3h、6h、1d、3d、5d、7d。

2 测量时观察钢筋试棒表面有无锈蚀发生。

A. 1.3 判断准则

7 天内钢筋棒表面无锈蚀发生, 且两根钢筋棒第 7 天的钢筋自然电位均在 0~-250mV 范围内为合格。

A. 2 电化学综合试验

A. 2.1 试件的制备

1 钢筋

1) HPB235 钢筋, 加工成直径为 10mm, 长度为 50mm, 表面粗糙度达到 $Ra6.3\mu m$;

2) 用丙酮或酒精清洗油污两遍, 迅速用热风机吹干, 放入干

燥器内备用。

2 砂浆试件

1) 将基准水泥、标准砂、水和阻锈剂按 $1:2:0.5:R$ (R 为阻锈剂的推荐掺量, 以胶凝材料量计) 的比例称量并机械搅拌均匀, 将砂浆置于直径为 50mm, 高为 50mm 的模具内, 振实至返浆。每组试件至少成型三块;

2) 将经过处理的钢筋棒插入砂浆正中间, 埋进 30mm 深, 并振捣密实, 钢筋棒与砂浆之间应无缝隙。拆模后放入养护室, 标准养护 7d;

3) 将养护好的试块, 放入烘箱中 60°C 烘干 2h, 取出试件并自然冷却 30min, 在钢筋棒顶端焊接导线, 再用环氧树脂将外露钢筋棒和试件上表面涂覆密封。

A. 2. 2 仪器设备

钢筋锈蚀测量仪和电解池试验箱, 电解池试验箱如图 A. 2. 2 所示, 其中不锈钢环状辅助电极直径 100mm, 高 60mm, 钢板厚 0.2~0.5mm。试验溶液为 3%NaCl 溶液, 液面高度 45mm。

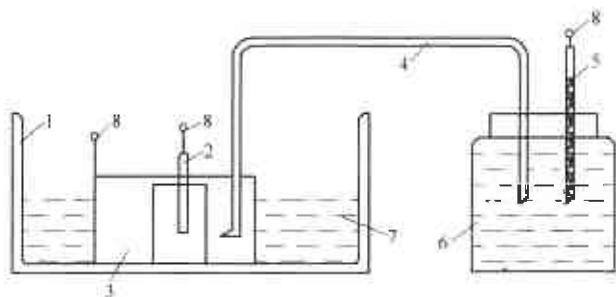


图 A. 2. 2 电解池示意图

- 1—电解池; 2—钢筋砂浆试块(接电源正极); 3—不锈钢环状辅助电极(接电源负极); 4—玻璃盐桥; 5—参比电极(饱和甘汞电极);
6—饱和氯化钾溶液; 7—试验溶液; 8—插孔

A. 2. 3 试验步骤

- 1 将被测试块放入电解池试验箱内, 按照测量要求连接好

导线。

2 在试件上施加 1200mV 的恒定电压 168h,测量电流随时间变化。

A.2.4 判断准则

测量电流 168h 小于 $150\mu\text{A}$ 为合格。

A.3 单功能阻锈剂混凝土浸烘试验

A.3.1 仪器设备

- 1 电热鼓风烘箱:最高烘干温度 200°C ,鼓风与加热同步。
- 2 塑料密封箱:高度不小于 200mm。
- 3 试模:断面尺寸 $100\text{mm}\times 100\text{mm}$,长度 200mm。
- 4 钢筋棒:用 HPB235 普通钢筋,加工成直径 6mm,长 120mm 的钢筋棒,试验前将钢筋棒用 200 号细砂纸打磨,用丙酮或酒精擦去表面油污。

A.3.2 试件制备

1 按照标准《混凝土外加剂》GB 8076 的相关规定设计混凝土配合比,其中粗骨料粒径 $5\sim 15\text{mm}$,砂率 0.38,水灰比均为 0.6,其中包括阻锈剂所含水量。混凝土内均掺入拌合水质量 3.5%的化学纯氯化钠,阻锈剂按照厂家说明书的重度腐蚀区^(注)推荐掺量的上限加入。一组为空白组(不加阻锈剂),另一组为试验组;空白组试块不少于 6 块,试验组试块不少于 4 块。

注:重度腐蚀区为潮汐区或浪溅区、高氯离子浓度,或干湿交替引起氯离子积累的区域,下同。

2 试件成型

试块尺寸如图 A.3.2 所示,断面内放入两根钢筋,保护层厚度 C 为 20mm。试件尺寸为 $200\text{mm}\times 100\text{mm}\times 46\text{mm}$ 。先用混凝土浇制 100mm 长的中间段。浇制时,两头采用端头板和木楔固定钢筋,以保证钢筋的净保护层厚度。混凝土装入试模后,在振动台上振动密实。次日卸去木楔和端头板,在两头浇灌水灰比小于中间混凝土的富配比砂浆,用油灰刀仔细插捣,使其密实。于

第三日拆模,把试件放入养护室标准养护至 7d。

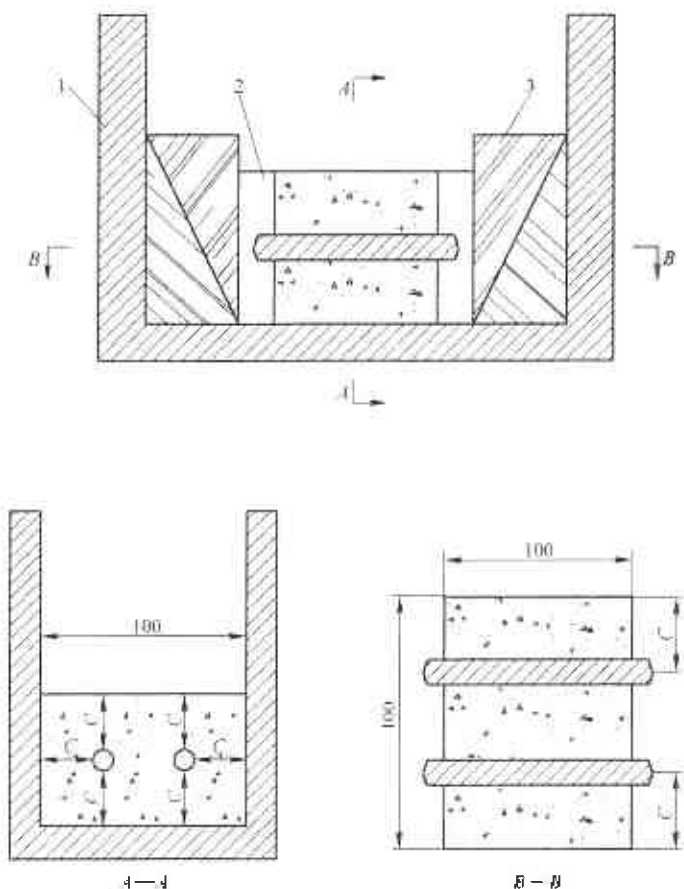


图 A.3.2 试件成型示意图

1—试模;2—钢筋棒固定端板;3—木楔;C—钢筋棒保护层厚度

A.3.3 浸烘循环

1 将养护至 7d 的试件放入烘箱中,在 $80 \pm 5^\circ\text{C}$ 的温度下烘干 24h。

2 冷却 30min 后放入 3.5% 氯化钠水溶液的密闭塑料箱中浸泡 96h, 取出, 再放入 $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘 72h, 为一个循环, 以后照此循环不断重复。

3 经过 4 次循环后, 劈开一块空白组试件, 测定钢筋锈蚀面积百分率。如锈蚀面积百分率小于 15%, 再进行 1 次浸烘循环, 测定钢筋锈蚀面积百分率。如锈蚀面积百分率大于 15%, 则劈开试验组试件进行检查。

4 浸泡过程中, 氯化钠水溶液应浸没试块, 试块间距不小于 10mm。

A. 3. 4 钢筋锈蚀面积百分率检测

1 检查混凝土试块, 如果封头的富配比砂浆与原混凝土裂开, 或钢筋棒的混凝土保护层厚度小于 16mm, 则该钢筋棒数据作废。

2 劈开混凝土试块, 取出钢筋。用玻璃纸或透明胶带纸裹在钢筋表面, 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, 统计锈蚀部分面积, 计算平均锈蚀面积 A_n 。若有效钢筋棒少于 4 根, 该次试验无效。

3 应按下式计算钢筋锈蚀面积百分率:

$$R_n = \frac{A_n}{A_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (\text{A. 3. 4})$$

式中:

R_n —— n 次循环后钢筋锈蚀面积百分率, %;

A_n —— n 次循环后试验混凝土内钢筋棒平均锈蚀面积, mm^2 ;

A_0 ——钢筋表面积, 283mm^2 。

A. 4 多功能阻锈剂混凝土浸烘试验

A. 4. 1 仪器设备

同 A. 3. 1。

A. 4. 2 试件制备

1 按照标准《混凝土泵送剂》(JC 473—2001) 的相关规定设

计混凝土配合比,其中粗骨料粒径为 5~15mm。空白混凝土中掺入与受检多功能阻锈剂同类型的减水剂^(注),在受检混凝土中按生产厂方说明书的重度腐蚀区推荐掺量的上限加入多功能阻锈剂。混凝土内均掺入拌合水质量 3.5%的化学纯氯化钠,采用相同的水灰比拌和(包括外加剂中的水),空白混凝土和受检混凝土坍落度控制在 (210 ± 20) mm。空白组试块不少于 6 块,试验组试块不少于 4 块。

注:应由多功能阻锈剂生产商提供减水剂,并说明使用掺量。

2 试件成型方法同 A. 3. 2。

A. 4. 3 浸烘循环

同 A. 3. 3。

A. 4. 4 钢筋锈蚀面积百分率检测

同 A. 3. 4。

附录 B 施工混凝土阻锈性能试验方法

B.0.1 仪器设备和钢筋棒制备同附录 A.3.1。

B.0.2 按照附录 A.3.2 准备试模,其中保护层厚度 C 为施工混凝土拌合物中最大骨料粒径的 $4/3$ 。当 C 大于 40mm 时,则在混凝土内中间设置一根钢筋;此时空白组试块应不少于 10 块,试验组试块应不少于 6 块。

B.0.3 制备空白混凝土

1 掺加单功能阻锈剂时,按照施工配合比,在不改变其它组分品种和比例条件下,不掺加阻锈剂(液体阻锈剂所含的水应计入拌合水中),掺入拌合水质量 2.5% 的化学纯氯化钠,实验室拌制混凝土拌合物,作为空白混凝土。若能够确定设计使用年限内进入到钢筋表面的氯离子量(折合成氯化钠量),则按确定的量加入化学纯氯化钠。

2 掺加多功能阻锈剂时,按照施工配合比,在不改变其它组分品种和比例条件下,在空白混凝土中掺入与受检多功能阻锈剂同类型的减水剂^(注),掺入拌合水质量 2.5% 的化学纯氯化钠,采用与施工混凝土相同的坍落度,实验室拌制混凝土拌合物,作为空白混凝土。若能够确定设计使用年限内进入到钢筋表面的氯离子量(折合成氯化钠量),则按确定的量加入化学纯氯化钠。

注:应由多功能阻锈剂生产方提供减水剂,并说明使用掺量。

B.0.4 称取一定数量的掺有阻锈剂的施工混凝土,计算其中含有拌合水的量,掺入拌合水质量 2.5% 的化学纯氯化钠,经实验室机械搅拌 5min,作为试验混凝土;上述称量和搅拌过程应在 20min 内完成;若能够确定设计使用年限内钢筋表面混凝土中的氯化物含量(以氯化钠计),则按照确定的量将氯化钠溶入拌和水中。

B.0.5 按照附录 A.3.2 的方法成型。其中空白混凝土应同时成

型 6 块不含钢筋棒的 100mm 立方体试块。

B.0.6 浸泡时间的确定

1 将养护至 7d 的试件(包括 6 块不含钢筋棒的 100mm×100mm×100mm 试块)放入烘箱中,在 $80\pm5^{\circ}\text{C}$ 的温度下烘干 24h。

2 冷却 30min 后将试件放入 3.5%氯化钠水溶液的塑料箱中浸泡 96h,取出一块不含钢筋棒的试块,砸开测量盐水浸入深度。如果浸入深度小于 C ,则继续浸泡 48h,按照同样方法测量,直至盐水浸入深度大于 C 。计算浸泡所需天数 T 。浸泡过程中,氯化钠水溶液应浸没试块。

B.0.7 将含有钢筋棒的试件放入 $60\pm5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘 72h,冷却 30min 再放入 3.5%氯化钠水溶液的塑料箱中浸泡 T 天,接着放入 $60\pm5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘 72h。照此循环不断重复;经过 5 次循环后,劈开一块空白组试件,测定钢筋锈蚀面积百分率。如锈蚀面积百分率小于 15%,再进行 2 次浸烘循环,测定钢筋锈蚀面积百分率。如锈蚀面积百分率大于 15%,则劈开试验组试件进行检查。

B.0.8 按照附录 A.3.4 的方法测定钢筋锈蚀面积百分率。

附录 C 混凝土构件中钢筋锈蚀程度评估方法

C.0.1 评估用的检测设备和技术条件应符合下列规定：

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

2 电流测定可采用电化学电流脉冲法，也可采用电化学线性极化法。

3 仪器的使用环境要求及测试方法应按厂方提供的仪器使用说明书执行，但厂方必须保证该仪器测试的精度能够达到使用说明书规定的指标。

C.0.2 测定钢筋锈蚀电流应符合下列基本规定：

1 以相同腐蚀环境的构件为一检验编号，每个测点不应少于 3 个测值，条件许可时应增加测点数量。

2 露天、地下结构以及临海混凝土结构，取样数量应加倍。

3 测量钢筋中的腐蚀电流时，应同时记录环境的温度和相对湿度。条件允许时，宜同步测量半电池电位、电阻抗和混凝土中的氯离子含量。

C.0.3 混凝土构件中钢筋锈蚀程度及锈蚀开始的时间预测可按表 C.0.3 的规定确定。

表 C.0.3 混凝土构件中钢筋锈蚀程度判定及锈蚀发生时间预测

锈蚀电流	锈蚀程度	锈蚀破坏开始时间预测
$<0.2\mu\text{A}/\text{cm}^2$	无	不致发生锈蚀破坏
$0.2\sim1\mu\text{A}/\text{cm}^2$	轻微锈蚀	>10 年
$1\sim10\mu\text{A}/\text{cm}^2$	中度锈蚀	2~10 年
$>10\mu\text{A}/\text{cm}^2$	严重锈蚀	<2 年

本规程用词说明

1 为了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 规程中指定应按其它有关标准、规程执行时,写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB 8076	混凝土外加剂
GB/T 8077	混凝土外加剂匀质性试验方法
GB/T 50476—2008	混凝土结构耐久性设计规范
JC 473—2001	混凝土泵送剂
JC/T 1011—2006	混凝土抗硫酸盐类侵蚀防腐剂
DL/T 5150—2000	水工混凝土试验规程

中华人民共和国黑色冶金行业标准

钢筋阻锈剂应用技术规程

YB/T 9231—2009

条文说明

1 总 则

1.0.1~1.0.3 钢筋锈蚀是导致混凝土结构耐久性降低的主要因素,因钢筋锈蚀导致混凝土建筑物破坏,给国内外工程造成重大损失,成为影响国民经济可持续发展的因素之一。目前工程上阻止和延缓钢筋锈蚀的方法主要包括以下四种:电化学防护法、采用涂层钢筋、混凝土表面涂层防护和混凝土内掺加钢筋阻锈剂,其中混凝土内掺加钢筋阻锈剂是使用最为广泛和行之有效的一种方法。为在钢筋混凝土工程的设计与施工中合理选择和正确使用钢筋阻锈剂,做到技术先进,经济合理,安全适用,确保质量,特制定本规程。

2 术 语

2.0.1 钢筋阻锈剂通过对钢筋的直接作用,抑制或延缓钢筋锈蚀产生,保护混凝土(或砂浆)中的钢筋,从而起到延长建构筑物的使用寿命,提高结构耐久性的目的。钢筋阻锈剂不是起到降低氯离子通过保护层渗透到钢筋表面的作用,而是提高钢筋发生锈蚀的临界氯离子浓度,从而达到抑制或延缓钢筋锈蚀的目的。因此一些能够提高混凝土密实性、降低氯离子渗透系数的材料,如硅灰、渗透结晶材料等,虽然客观上也能起到延缓钢筋锈蚀的作用,但不能称之为钢筋阻锈剂。另外掺加钢筋阻锈剂后,并不一定能够起到降低混凝土氯离子扩散系数的作用。

目前市场上的钢筋阻锈剂,按化学成分可分为无机类和有机类两类。无机类主要以亚硝酸盐为主要阻锈成分,该类阻锈剂是混凝土中研究应用最早、最多的一种阻锈剂,在国外已有三十多年的工程应用历史,显著的阻锈效果得到了大量工程的验证。多个国家制订的阻锈性能技术标准,主要针对阳极型阻锈剂(如亚硝酸盐类阻锈剂);亚硝酸盐具有一定的毒性,长期摄入易引发癌症,生产和施工过程中应采取适当的防护措施。在混凝土中的亚硝酸钙溶出率非常小,试验表明,用掺入 $10\text{kg}/\text{m}^3$ 亚硝酸钙的 C25 普通混凝土,成型 100mm 立方体试块,标准养护 14 天后将试块浸没于水中,浸泡 12 个月,通过分析浸泡水中亚硝酸根的含量,测得混凝土中亚硝酸钙的溶出率仅为 0.009% 。按照此溶出速率计算,100 年的设计使用年限内亚硝酸钙的溶出率不到 1% 。有机类阻锈剂包括胺、醇胺以及他们的盐等,使用时可以直接拌和入混凝土中,有的品种也可以涂刷在混凝土表面,渗透迁移到已有混凝土结构内部,起到保护钢筋的作用。

2.0.2 工程施工时,除掺加单功能阻锈剂外,混凝土中一般尚需掺加其他外加剂,如减水剂、泵送剂、膨胀剂等。

2.0.3 环境介质对混凝土结构的腐蚀一般包括硫酸盐对混凝土的腐蚀,以及氯离子对混凝土中钢筋的锈蚀。对于发生腐蚀的主要环境海洋环境和盐碱地地区,上述两种腐蚀同时存在。一般情况下硫酸盐对混凝土存在中等腐蚀,氯离子对混凝土内钢筋存在中等或强腐蚀。设计混凝土时除考虑单掺或双掺矿物掺合料外,还需考虑掺入钢筋阻锈剂和抗硫酸盐侵蚀外加剂。施工时一般采用泵送的方式,而桩基采取灌注桩的方式,因此除满足强度等要求外,混凝土必须有较大的坍落度和较小的坍落度损失。如果采用三种外加剂分别添加的方式,容易造成三者之间出现适应性问题,甚至互相可能产生化学反应,不易控制施工质量。为此部分生产厂推出多功能阻锈剂,该类阻锈剂同时具有抵抗硫酸盐腐蚀、抑制钢筋产生锈蚀、减水、引气(根据需要)、泵送等功能,解决了多种组分之间的相容性问题,施工方便,更有利于施工混凝土的质量控制。目前该类阻锈剂已在天津北疆电厂桩基工程、首钢京唐钢铁联合有限责任公司(曹妃甸)工程、唐山首钢宝业钢铁有限责任公司等工程的数百万方混凝土中进行了应用。

3 基本规定

3.0.1 混凝土(或砂浆)中掺入阻锈剂后可以在钢筋表面形成一层钝化膜(或吸附膜),起到隔离氯离子的作用,以及提高破坏钢筋表面已有钝化膜的氯离子临界浓度。因此钢筋阻锈剂主要应用于氯盐引起钢筋锈蚀的环境,例如海洋环境、盐碱地地区、采用去冰(雪)盐的钢筋混凝土桥梁等。对于一些近海工程,地下水勘测分析表明,一般氯离子对混凝土中钢筋具有中等或强腐蚀性,因此地下混凝土结构中也需掺加钢筋阻锈剂。

3.0.2 保护混凝土内钢筋的措施可分为基本措施和附加措施。基本措施是增加混凝土对钢筋的保护作用,包括适当增加保护层厚度、增加混凝土的抗氯离子渗透能力、尽量避免产生裂纹等,从而降低氯离子在钢筋表面的富积速度。附加措施包括使用钢筋阻锈剂、使用涂层钢筋、阴极保护以及混凝土表面涂覆等。只有二者协同作用,才能起到最佳的保护效果。

3.0.3 对于一些重要工程和标志性建筑,设计寿命达 100 年。附加防腐措施除添加钢筋阻锈剂外,还有同时采用涂层钢筋以及阴极保护等,以确保结构的使用寿命。

4 技术要求

4.0.1 钢筋阻锈剂作为一种混凝土外加剂,其匀质性指标采用现行国家标准《混凝土外加剂》(GB 8076)的指标,并结合钢筋阻锈剂的特殊性而制定。

4.0.2 本规程确定了盐水浸渍试验、电化学综合试验、混凝土浸烘试验三个项目作为评定单功能阻锈剂阻锈性能的指标,其中盐水浸渍试验和电化学综合试验采用本标准原指标和试验方法。将原“干湿冷热(60次)”试验方法修订为现混凝土浸烘试验,并参照日本工业标准《钢筋混凝土用防锈剂》JIS A6203:2003的试验指标和方法,在混凝土内埋设钢筋棒(原干湿冷热(60次)为在砂浆内埋设钢筋段,经60个周期的浸泡-烘干后,破型观测钢筋段表面锈蚀情况,来定性判定阻锈效果),经多次盐水浸泡-干燥烘干循环后,通过测定加和不加阻锈剂的混凝土内钢筋棒表面的锈积率来定量评价阻锈剂的阻锈效果。因为阻锈剂绝大部分应用于混凝土中,用混凝土的方法检验阻锈性更切合实际。结合国内试验方法,经大量重复试验,证明该方法是可行的,能够准确反映阻锈剂的阻锈效果。进行混凝土阻锈性试验时,基准混凝土和试验混凝土采用同一水灰比,避免采取同坍落度时,因阻锈剂中含有减水剂导致拌和用水量降低,混凝土密实性增加,使得试验结果失真。日本标准《钢筋混凝土用防锈剂》JIS A6203:2003以及美国标准《Standard specification for admixture to inhibit chloride-induced corrosion of reinforcing steel in concrete》ASTM C1582/1582M-04均确定采用与基准混凝土同水灰比的方案测定阻锈性。

混凝土浸烘试验成型时,需在混凝土中加入拌和水质量3.5%的氯化钠(相当于海水拌和混凝土),即先在每方混凝土中加入6.3kg氯化钠,浸泡水也为3.5%的氯化钠溶液,这使得浸烘

循环过程中混凝土内的氯化钠浓度进一步加大,对钢筋的锈蚀作用特别强。因此阻锈剂应按照生产厂推荐的重腐蚀环境下的上限掺量参加。

试验表明,部分有机类阻锈剂,采用盐水浸渍试验、电化学综合试验不能准确反应其阻锈性,而混凝土浸烘试验结果表明,该类阻锈剂具有阻锈作用。因此仲裁检验时,规定至少应进行混凝土浸烘试验。

4.0.3 掺加钢筋阻锈剂后,混凝土应有良好的施工性能和硬化性能,包括混凝土坍落度损失符合施工要求,抗压强度满足设计要求,抗渗性不降低等。本规程采用抗压强度比、凝结时间差、抗渗性三个指标来评定阻锈剂对混凝土性能的影响。空白混凝土与试验混凝土采用同坍落度。若钢筋阻锈剂有降低混凝土抗压强度的作用,在进行施工混凝土配合比设计时,应适当增加胶凝材料用量或降低水灰比的办法,确保混凝土强度标号达到设计要求。

4.0.4 多功能阻锈剂应具有阻锈性能、抗硫酸盐侵蚀性能和减水泵送性能。采用盐水浸渍试验、混凝土浸烘试验来检验阻锈性。依据国家现行标准《混凝土抗硫酸盐类侵蚀防腐剂》JC/T 1011—2006的相关规定,确定抗硫酸盐侵蚀性的技术指标和检验方法。其中在进行混凝土浸烘试验时,空白混凝土需掺入与多功能阻锈剂同类型的减水剂,最好是由生产厂提供的同一种减水剂,且采用相同的水灰比和坍落度,以消除因为上述原因可能导致的不能真实反映多功能阻锈剂阻锈效果的因素。

4.0.5 现在混凝土大多数采用泵送的施工方法,多功能阻锈剂重要的混凝土性能是保持坍落度能力和强度性能。所以参照国家现行标准《混凝土泵送剂》JC 473—2001的规定,选择抗压强度比和坍落度保留值作为混凝土性能检验指标。当工程有防冻或其他性能要求时,尚应满足相关标准和设计的规定。

5 应用设计

5.0.1 国内外对于亚硝酸盐类阻锈剂的研究更为系统,可以根据设计使用年限内钢筋表面腐蚀介质氯盐(以氯离子计)的量,推算亚硝酸盐的量。根据美国混凝土协会使用寿命预测委员会(Life-365)的文件,掺加亚硝酸钙可以提高临界氯离子浓度值 3~6 倍,见下表:

表 5.0.1-1 亚硝酸钙和临界氯离子值

30%亚硝酸钙量 (L/m ³ -混凝土)	临界氯离子值 (混凝土质量的百分数)	亚硝酸根离子与氯离子摩尔比值
0	0.05	
10	0.15	0.15
15	0.24	0.42
20	0.32	0.42
25	0.37	0.45
30	0.40	0.50

国外某亚硝酸盐类阻锈剂推荐掺量如下:

表 5.0.1-2 某阻锈剂掺量(含 30%亚硝酸钙)与临界氯离子量

阻锈剂掺量 (L/m ³ -混凝土)	临界氯离子量 (kg/m ³ -混凝土)	亚硝酸根离子与氯离子摩尔比值
10	3.6	0.58
12.5	4.8	0.55
15	5.9	0.53
17.5	6.8	0.54
20	7.7	0.54
25	8.9	0.59
30	9.5	0.66

试验表明,亚硝酸根离子与氯离子的摩尔比大于 0.4 时,即有非常显著的阻锈效果。综合考虑,本规范规定亚硝酸根离子与氯离子的摩尔比不小于 0.6。

理论上可根据氯离子地质勘测数据和混凝土设计参数(矿物掺合料种类及掺量、氯离子扩散系数、保护层厚度、设计使用年限等),按照 FICK 第二扩散定律计算结构使用年限内进入到钢筋表面的氯离子量,计算方法有:欧洲 DuraCrete 方法、Life-365 计算程序、日本土木学会标准中的计算模型。详见中国土木工程学会标准《混凝土结构耐久性设计与施工指南》CCES01—2004(2005 年修订版)。

5.0.2 根据市场上不同厂家的阻锈剂推荐掺量编制而成。对于炎热潮湿地区,应该选用阻锈剂掺加量的上限。选用前应根据腐蚀环境条件进行阻锈性能试验,以确定阻锈剂的适宜掺量。

5.0.3 在选用多功能阻锈剂时,不仅要考虑混凝土的强度标号和施工性能,同时须确保多功能阻锈剂具有有效的防止硫酸盐侵蚀性能以及钢筋阻锈性能。

6 施工及验收

6.0.2 根据现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》(GB 50119)的规定,处于与水接触或潮湿环境的混凝土,当使用碱活性骨料时,由外加剂带入的碱含量(以当量氧化钠计)不宜超过 $1\text{kg}/\text{m}^3$ 混凝土;现行国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010)和《混凝土结构耐久性设计规范》(GB/T 50476)中有关于使用碱活性骨料时对混凝土中总碱量限量的规定。

6.0.3 由于不同的搅拌机拌和强度不一致,根据具体情况确定搅拌延长时间,确保拌合物均匀。

6.0.4 对于掺加了钢筋阻锈剂的施工混凝土,验收时仅仅检验施工性和强度等性能是不够的,尚应检测阻锈性能,确保施工混凝土有预期的阻锈效果,故本规范对施工混凝土的阻锈性能进行了规定。

6.0.5 作为长期监测混凝土中钢筋的锈蚀情况,工程中也可以在浇筑混凝土时预埋钢薄片作为探头,通过测量预埋件电阻的变化值,来评估混凝土构件内钢筋的锈蚀程度。本规程参考现行国家标准《建筑结构检测技术标准》(GB/T 50344—2004)附录 D 和《混凝土结构加固设计规范》(GB 50367—2006)附录 R 的有关规定,制订混凝土中钢筋锈蚀程度评估方法。由于监测周期长,故本规定不作为施工验收的必需要求。

中华人民共和国黑色冶金
行 业 标 准
钢筋阻锈剂应用技术规程

YB/T 9231—2009

*

冶金工业出版社出版发行
北京北河沿大街嵩祝院北巷39号

邮政编码:100009

北京兴华印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 850×1168 1/32 印张 1.125 字数 30 千字

2010年3月第一版 2010年3月第一次印刷

*

统一书号:155024·308 定价:25.00元