



团 体 标 准

T/CCAS 0XX—202X

水泥混凝土脲酶自修复剂

Technical Guide for Urease Self-Healing Agent in Cement Concrete

（征求意见稿）

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国水泥协会 发布

中国标准出版社 出版

目 次

前言II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本要求 2

5 分类与标记 3

6 试验方法 3

7 检验规则 4

8 包装、标志、运输与贮存 4

附录 A (规范性附录) 脲酶活性检测方法.....5

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国水泥协会提出并归口。

本文件起草单位：山东高速建设管理集团有限公司、山东高速烟蓬公路有限公司、济南大学

本文件主要起草人：滕建军、王庐岩、黄昌浩、郭文娟、王杰、于法祺、杜洋、孟艳芝、付坤豪、
姬翔宇、程子卿、苏祥、彭悟焯、赵树锦、陈钊、咎齐香、杜昊、郑振华、黄
飞衡

本文件主要审查人：

水泥混凝土脲酶自修复剂

1 范围

本文件规定了水泥混凝土脲酶自修复剂的术语和定义、分类和标记、技术要求、试验方法、检验规则，以及产品的包装、标志、运输与贮存。

本文件适用于水泥混凝土工程中，以外加剂的方式施加到混凝土中，用于修复混凝土早期裂缝、提高混凝土耐久性的脲酶自修复剂的生产、检验和使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 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 14684 建筑用砂

GB/T 14685 建筑用卵石、碎石

GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准

GB/T 50081 普通混凝土物理力学性能试验方法标准

GB/T 50082 混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准

JG 3036 混凝土试验用搅拌机

JGJ 55 普通混凝土配合比设计技术规程

JGJ 63 混凝土用水标准

JGJ/T 70 建筑砂浆基本性能试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 脲酶自修复剂

一种含有脲酶及相关成分，能够在水泥混凝土裂缝中引发化学反应，促使碳酸钙等矿物质沉淀，从而修复混凝土内部微细裂缝、提高混凝土耐久性的固体粉状材料。

3.2 脲酶活性

单位时间内，单位质量的脲酶自修复剂（或其中脲酶）催化尿素水解的能力，以附录 A 规定的方法测定。注：脲酶活性以附录 A 测得的尿素水解量表示，单位为 mmol·min⁻¹。

3.3 受检混凝土自修复效率

抗压强度性能恢复率指掺加自修复剂的试件，其抗压强度恢复值与未掺加自修复剂的原始试件抗压强度的比值，以百分数形式表示。反应了自修复剂对材料抗压强度的提升效果，计算公式为：

抗压强度自修复效率(%) = (掺加自修复剂后试件抗压强度 / 未加自修复剂原始抗压强度) × 100% (3-1)

抗渗性能自修复效率指掺加自修复剂的试件，其抗渗性能与未掺加自修复剂的原始试件抗渗性能的比值，以百分数形式表示。反应了自修复剂对材料抗渗性能的提升效果，计算公式为：

抗渗性能自修复效率(%) = (掺加自修复剂后试件抗渗性能 / 未加自修复剂原始抗渗性能) × 100% (3-2)

4 基本要求

4.1 性能指标

脲酶自修复剂应符合表 1 规定的性能指标。

表 1 脲酶自修复剂的性能指标

项目	指标
外观	粉状，均匀、无结块
气味	无刺激性气味
pH 值	6.0 - 8.0
含水率（%）	≤ 2
细度（mm）	≥ 1000
氯离子含量（%）	≤ 0.1
脲酶活性/（mmol·min ⁻¹ ）	≥ 5.00

受检混凝土自修复效率（抗压强度自修复效率，%）	≥ 80
受检混凝土自修复效率（抗渗性能自修复效率，%）	≥80

4.2 环保要求

脲酶自修复剂在生产、使用和废弃过程中，不应产生对人体健康和环境有害的物质。其有害物质限量应符合国家相关环保标准的规定。

5 分类与标记

脲酶自修复剂分为 A(脲酶源组分)与 B（尿素）。

6 试验方法

6.1 试验条件

6.1.1 试验室温度为 20 °C±2°C,相对湿度不低于 50%;试验用材料、仪器和用具的温度应与试验室一致。

6.1.2 养护箱的温度为 20°C±1°C,相对湿度不低于 90%。

6.2 试验材料

6.2.1 基准水泥：符合 GB 8076 要求。

6.2.2 砂：ISO 标准砂。

6.2.3 水：符合 JGJ 63 要求。

6.2.4 脲酶自修复剂：需要检测的自修复剂。

6.3 pH 值、含水率、氯离子含量

按GB/T 8077 进行。

6.4 外观

取适量样品置于白纸上，在自然光下观察，应符合 4.1 的要求。

6.5 脲酶活性测定

按附录 A 进行。

6.6 细度

按 GB/T 8077 进行。

6.7 硬化混凝土性能试验方法

6.7.1 抗压强度比测定

按GB 8076 进行。

6.7.2 修复性能试验

按 GB/T 50082 进行抗渗和抗冻性能试验。以测定硬化混凝土在恒定水压力下的平均渗水高度来表示的混凝土抗水渗透性能。

7 检验规则

7.1 检验分类

出厂检验：每批产品出厂前，应进行出厂检验。出厂检验项目包括外观、脲酶活性（或含水率）。本文件仅规定出厂检验规则，型式检验规则由供需双方协商确定。

7.2 抽样

抽样：从每批产品中随机抽取不少于 2kg 的样品，混合均匀后缩分至试验所需量，进行各项性能检验。

7.3 判定规则

出厂检验：各项检验结果均符合本文件规定的要求时，判该批产品出厂检验合格。如有一项指标不符合要求，应加倍抽样进行复检，复检结果仍不符合要求时，判该批产品出厂检验不合格。

8 包装、标志、运输与贮存

8.1 包装

应采用防潮、密封的包装材料包装，如塑料编织袋内衬塑料袋或复合纸袋等。

8.2 标志

产品包装上应标明以下内容：产品名称、类型、规格、生产厂家名称、地址、联系方式、生产日期、保质期、含水率等。

8.3 运输

运输过程中应避免日晒、雨淋、受潮和碰撞，防止包装破损，防止受潮结块。

8.4 贮存

产品应贮存在干燥、通风、阴凉的仓库内，避免阳光直射，防止受潮。产品保质期自生产日期起不少于 1 个月。在保质期内，产品各项性能应符合本文件的要求。

附录 A

(规范性附录)

脲酶活性检测方法

A.1 脲酶提取

A.1.1 称取 1.5 g 修复剂 A 组分分散在 100 mL 去离子水中(15 g/L);

A.1.2 使用磁力搅拌机搅拌 30 min 后静置 2-3 h;

A.1.3 静置后将上清液经纱布过滤倒入离心管中, 在进行离心时, 确保离心管成对称放置, 以避免损坏离心机。3000 r/min 的速度离心 15 min 后保留上清液, 其中含有脲酶。

A.1.4 将提取的脲酶溶液储存于 4℃的条件下, 以备后用。

A.2 脲酶活性测定

A.2.1 使用移液枪吸取 3 mL 配制好的质量浓度为 15 g/L 的脲酶溶液, 然后与 27 mL 浓度为 1.1 mol/L 的尿素溶液充分混合, 每 3 min 测量一次混合后溶液的电导率, 测量 5 次取变化量均值。

A.2.2 根据 1mS/cm 的电导率变化对应 11.1 mmol/min 的尿素水解量, 将平均每分钟电导率变化值换算成单位时间的尿素水解量, 并乘以稀释倍数 10, 可得每分钟尿素水解量 (mmol urea hydrolyse·min⁻¹), 并用该值来表示脲酶活性。其公式可表示为:

$$\text{尿素水解量} = \text{电导率变化量 (ms/cm)} \times 11.1 \quad (\text{注: } R_2 \geq 0.99) \quad (\text{A2-1})$$