

**CECS XXX：20XX**

中国工程建设协会标准

微生物抗泛碱水泥基材料应用技术规程

Technical specification for application of microbial anti-efflorescence agent in cement-based materials

XXX出版社

中国工程建设协会标准

微生物抗泛碱水泥基材料应用技术规程

Technical specification for application of microbial anti-efflorescence agent in cement-based materials

CECS XXX：20XX

主编单位：东南大学

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2020年××月××日

XXX出 版 社

2020 北 京

**前** **言**

根据中国工程建设标准化协会《关于征集中国工程建设标准化协会标准项目的通知》（建标协字[2020] 001号）的要求，规程编制组进行大量试验研究和工程调研，认真总结实践经验，参考国内外相关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

随着社会发展和人民生活水平的提高，仅具单一承载性能的水泥基材料已不能满足时代需求。结构性能和装饰功能一体化集成设计是新型基础设施建设对现代工程材料的新要求。水泥基材料在当前和可预见未来仍是用量最大的人造材料，其结构-装饰功能一体化是时代发展的必然趋势。而泛碱是制约水泥基材料装饰功能发挥的主要因素。由于环境温、湿度变化形成往复性干湿循环和冷热交替，极易使得硅酸盐水泥基材料表面形成片状、鳞状及针状白色结晶体，出现泛碱现象。泛碱是一种顽疾，严重降低材料外观美学功能和工程观感质量，尤其针对大型公共建筑，其严肃性和视觉安全感大大流失。

随着泛碱物质的不断析出，除形成泛碱现象外，墙面材料还将出现起皮、粉化、脱落等新问题。对于钢筋混凝土，泛碱还将导致孔隙结构增大，侵蚀离子迁移，对材料服役功能和耐久性能产生负面影响。微生物抗泛碱剂是一种生物外加剂，通过微生物矿化作用将泛碱物质转化稳定矿物，密实孔隙结构，阻碍自由水迁移路径，从根本上解决水泥基材料泛碱问题，实现结构-装饰功能一体化。随着微生物抗泛碱剂在预制墙板、装饰砂浆、装饰混凝土等硅酸盐水泥基材料中的推广应用，亟需对这类新型外加剂的使用进行规范指导。因此，特编制“微生物抗泛碱水泥基材料应用技术规程”，以下简称规程。

本规程的主要内容是：1 总则；2 术语和符号；3 品种及适用范围；4 原材料技术要求；5 设计、生产与施工；6 质量检验和验收；附录A 微生物抗泛碱剂匀质性试验方法；附录B 掺用微生物抗泛碱剂水泥基材料的抗泛碱性能试验方法。

**本规程主要起草人**： 钱春香、郑春扬、熊吉如、蒋亚清、张旋、周横一、荣辉、王辉、李伟、张慧宁、张津瑞、田胜力、高辉、丁赛华、吉飞、杨凯

**本规程主编单位**：东南大学 (地址：江苏省南京市江宁区东南大学路2号)

**本规程参编单位**： 江苏奥莱特新材料股份有限公司、南京倍立达新材料系统股份有限公司、河海大学、天津城建大学、广州建涂堡建材有限公司、天津大学、北京金隅砂浆有限公司、天津建筑科学研究院有限公司

目 录

**[前  言](#_Toc49712076)** [3](#_Toc49712076)

[1 总则 5](#_Toc49712077)

[2 术语和符号 7](#_Toc49712078)

[2.1 术语 7](#_Toc49712079)

[2.2 符号 9](#_Toc49712080)

[3 品种及适用范围 10](#_Toc49712081)

[3.1 品种 10](#_Toc49712082)

[3.2 适用范围 10](#_Toc49712083)

[4 原材料技术要求 14](#_Toc49712084)

[4.1 微生物抗泛碱剂 14](#_Toc49712085)

[4.2 其他原材料 20](#_Toc49712086)

[5 设计、生产与施工 24](#_Toc49712087)

[5.1 基本规定 24](#_Toc49712088)

[5.2 掺用微生物抗泛碱剂砂浆设计、生产与施工 24](#_Toc49712089)

[5.3 掺用微生物抗泛碱剂混凝土设计、生产与施工 28](#_Toc49712090)

[6 质量检验和验收 32](#_Toc49712091)

[6.1 原材料质量检验 32](#_Toc49712092)

[6.2 掺用微生物抗泛碱剂砂浆质量检验及验收 32](#_Toc49712093)

[6.3 掺用微生物抗泛碱剂混凝土质量检验及验收 33](#_Toc49712094)

[附录A 微生物抗泛碱剂匀质性试验方法 35](#_Toc49712095)

[附录B 掺用微生物抗泛碱剂水泥基材料的抗泛碱性能试验方法 40](#_Toc49712096)

[本规程用词说明 45](#_Toc49712097)

[引用标准名录 46](#_Toc49712098)

Contents

[1 General Provisions 5](#_Toc49712077)

[2 Terms and Symbols 7](#_Toc49712078)

[2.1 Terms 7](#_Toc49712079)

[2.2 Symbols 9](#_Toc49712080)

[3 Variety and Scope 10](#_Toc49712081)

[3.1 Variety 10](#_Toc49712082)

[3.2 Scope 10](#_Toc49712083)

[4 Raw Materials 14](#_Toc49712084)

[4.1 Microbial Anti-efflorescence Agent 14](#_Toc49712085)

[4.2 Other Raw Materials 20](#_Toc49712086)

[5 Design, Production and Construction 24](#_Toc49712087)

[5.1 General Requirements 24](#_Toc49712088)

[5.2 Motar with Microbial Anti-efflorescence Agent 24](#_Toc49712089)

[5.3 Concrete with Microbial Anti-efflorescence Agent 28](#_Toc49712090)

[6 Quality Inspection and Acceptance 32](#_Toc49712091)

[6.1 Quality Inspection of Raw Materials 32](#_Toc49712092)

[6.2 Quality Inspection and Acceptance of Motar 32](#_Toc49712093)

[6.3 Quality Inspection and Acceptance of Concrete 33](#_Toc49712094)

[Appendix A Testing Methods for Homogeneity of Microbial Anti-efflorescence Agent 35](#_Toc49712095)

[Appendix B Testing Methods for Anti-efflorescence Properties of Cement-based Materials 40](#_Toc49712096)

[Description of standard words 45](#_Toc49712097)

[List of Quoted Standards 46](#_Toc49712098)

# 总 则

**1.0.1** 为规范微生物抗泛碱剂在水泥基材料中的推广应用，做到技术先进、安全可靠、经济合理，保证工程质量，制定本规程。

**条文说明：**为规范微生物抗泛碱剂在水泥基材料中的应用，做到合理选择、正确使用、技术先进、经济合理、确保工程质量，特编制本规程。

**1.0.2**本规程适用于微生物抗泛碱剂的质量评定和掺用微生物抗泛碱剂的硅酸盐水泥基材料原材料选择、配合比设计、生产、施工及验收。

**条文说明**：本条规定了本规程的适用范围。微生物抗泛碱剂主要适用于硅酸盐水泥基材料，该类材料水化后产生的大量Ca(OH)2易随孔隙水迁移至材料表面，与空气CO2反应生成CaCO3，造成泛碱现象，严重影响材料外观美学功能。针对硅酸盐水泥基材料泛碱问题，本规程提出了使用微生物抗泛碱剂遏制表面泛碱现象，规定了掺用微生物抗泛碱剂水泥基材料的原材料选择、配合比设计、生产、施工，提出了评价微生物抗泛碱剂性能及砂浆和混凝土验收的具体要求，并对泛碱进行定量化的评定。本规程规范了微生物抗泛碱剂的使用，有助于提高水泥基材料外观质量，减少因泛碱现象造成的维护费用。

**1.0.3** 微生物抗泛碱剂在水泥基材料中的应用除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

**条文说明：**本条规定了本规程与其它标准、规范的关系。本规程提出了微生物抗泛碱剂性能检测的规定和掺用微生物抗泛碱剂水泥基材料的配合比设计、生产、施工剂现场的质量检验和验收。第三章对微生物抗泛碱剂的品种和适用范围进行了规定；第四章对微生物抗泛碱剂和其他原材料，包括化学外加剂、颜料、矿物掺合料、骨料等的技术要求做出了规定；第五章对微生物抗泛碱剂的水泥基材料的配合比设计、生产和施工进行了规定，并对其抗泛碱及其他性能指标做出了规定，；第六章提出了现场掺用微生物抗泛碱剂的水泥基材料外观质量验收指标；附录A规定了微生物抗泛碱剂匀质性指标的试验方法；附录B规定了实验室掺用微生物抗泛碱剂砂浆和混凝土抗泛碱性能的试验方法，并提供了现场质量检验和验收的方法。这些规定是对现有标准的重要补充，可有效降低水泥材料泛碱现象的发生。本规程的规定是最低标准，当承包合同和设计文件对质量验收的要求高于本规程的规定时，验收时应当以承包合同和设计文件的要求为准。本规程难以对微生物抗泛碱剂在水泥基材料中所有的应用情况进行规定，未做出规定的情况，按现行相关标准执行。

# 术语和符号

## 术语

* + 1. 微生物抗泛碱剂 microbial anti-efflorescence agent

基于微生物技术，用于提升硅酸盐水泥基材料抗泛碱性能的生物外加剂。

* + 1. 泛碱面积率 efflorescence area ratio

水泥基材料表面泛碱区域面积占总面积的百分比。

**条文说明**：本条规定了水泥基材料表面泛碱的评价指标。水泥基材料表面泛碱物质颜色为白色，其与基体颜色的差异造成了视觉美感的降低。泛碱面积越大视觉冲击效果越强烈，视觉体验越差。采用水泥基材料表面泛碱面积率定量表征泛碱区域大小对材料外观的影响程度。泛碱面积率测试方法见附录B。

* + 1. 泛碱均匀度 efflorescence uniformity

五个视觉方向上水泥基材料表面不同单元区域泛碱面积率的离散程度。

**条文说明**：本条规定了水泥基材料表面泛碱影响外观美学特征的评价指标。水泥基材料表面泛碱区域的分布均匀程度是影响外观视觉效果的另一重要特征。表面泛碱区域分布离散程度越高，视觉效果越差。因此，采用水泥基材料表面泛碱均匀度定量表征泛碱离散度对外观美学的影响程度。泛碱均匀度测试方法见附录B。

* + 1. Ca(OH)2转化率 Ca(OH)2 conversion

在矿化模拟溶液中，微生物通过矿化作用将Ca(OH)2转化为CaCO3的比例。

**条文说明**：本条规定了微生物抗泛碱剂抗泛碱作用的评价指标。微生物抗泛碱剂通过矿化作用促进Ca(OH)2转化为CaCO3，从而减少迁移至材料表面的Ca(OH)2，达到抗泛碱的作用。因此，微生物抗泛碱剂对于Ca(OH)2转化作用是影响抗泛碱效果的重要指标。

* + 1. Ca(OH)2转化率比 ratio of Ca(OH)2 conversion

颜料或化学外加剂与微生物抗泛碱剂共同掺用时与微生物抗泛碱剂单掺时Ca(OH)2转化率的比值。

**条文说明**：本条规定了颜料或化学外加剂对微生物抗泛碱剂抗泛碱作用影响的评价指标。当水泥基材料中需要添加颜料或者化学外加剂时，需要考虑颜料和化学外加剂与微生物抗泛碱剂的兼容性，其他原材料的掺入不能影响掺用微生物抗泛碱剂水泥基材料的抗泛碱性能。因此，需要考虑掺用颜料或化学外加剂对微生物抗泛碱剂性能的影响。

## 符号

Ea——泛碱面积率（%）

Eu——泛碱均匀度（%）

$T\_{Ca(OH)\_{2}}$——Ca(OH)2转化率（%）

*V1*——滴定氢氧化钙消耗的EDTA体积（mL）

*V2* ——滴定碳酸钙消耗的EDTA体积（mL）

$T\_{Ca(OH)\_{2}}^{'}$——掺颜料或化学外加剂的Ca(OH)2转化率（%）

*RT* ——Ca(OH)2转化率比（%）

$\overbar{d}\_{t}$——试件矿化28d后的平均作用深度（mm）

*di*——各测点的作用深度（mm）

*n* ——测点总数

*AE*——待测表面二值化图像中灰度值小于G的区域面积（像素）

*A0*——待测表面二值化图像的总面积（像素）

*Eai*——*i*区域的泛碱面积率（%）

$\overline{E\_{a}}$——各个区域的评价泛碱面积率（%）

# 品种及适用范围

## 品种

* + 1. 微生物抗泛碱剂根据使用的菌种不同分为不同品种。砂浆和混凝土中不宜使用脲酶水解类的微生物抗泛碱剂。

**条文说明**：本条规定了微生物抗泛碱剂的品种要求。微生物抗泛碱剂是基于微生物矿化技术的外加剂，根据微生物矿化原理的不同，微生物在新陈代谢过程中会释放不同的代谢产物。脲酶水解类微生物其在矿化过程中会释放氨气。根据现行国家标准《混凝土外加剂中释放氨的限量》GB18588的规定，混凝土外加剂中释放氨的量≤0.1%（质量分数）。研究表明，室内空气中每立方米含有0.3mg氨气就会感觉有异味和不适，0.6mg时可引起结膜刺激，1.5mg时可引起呼吸道粘膜刺激、咳嗽、流泪等不良反应，严重将造成神经系统、呼吸系统、免疫系统等损害。室内空气中的氨主要来自建筑施工中使用的混凝土外加剂。因此，在砂浆和混凝土中应严格限制氨释放类外加剂的使用。

## 适用范围

* + 1. 微生物抗泛碱剂宜用于有饰面要求的硅酸盐水泥基材料。

**条文说明**：本条规定了微生物抗泛碱剂的适用范围。根据Peter Kresse、王培铭等人研究，硅酸盐水泥基材料泛碱主要是由于水泥水化产生的Ca(OH)2随孔隙水迁移至表面，与空气中CO2反应生成的CaCO3造成的。泛碱产生后，饰面装饰功能维护费时费力、成本较高、效果不佳。针对泛碱问题，预防优于处治。采用微生物矿化技术可以固结游离Ca2+，形成稳定矿物填充孔隙，从根本解决泛碱问题。不以Ca(OH)2为最终水化产物的胶凝材料体系无泛碱问题。因此，微生物抗泛碱剂主要适用于有装饰需求的硅酸盐水泥基材料，如玻璃纤维增强水泥装饰制品、饰面砂浆、EPS装饰砂浆、水泥彩砖、混凝土瓦、腻子粉、现浇清水混凝土等。

* + 1. 微生物抗泛碱剂可用于下列情况：

1）由硅酸盐水泥与其他胶凝材料组成的复合胶凝材料体系

2）装饰板材和砌筑块体的粘结剂、勾缝剂

3）有表层强化需求的水泥基材料

**条文说明**：本条规定了微生物抗泛碱剂的可用范围。

水泥基材料泛碱主要是由硅酸盐水泥的水化产物Ca(OH)2引起的。当硅酸盐水泥与其他类别胶凝材料复合使用时，仍然存在较大的泛碱可能性。对于此类复合胶凝材料的泛碱问题，可通过掺加微生物抗泛碱剂解决。

装饰板材和砌筑块体的粘结剂、勾缝剂多以硅酸盐水泥为主要成分，在服役过程中会在装饰瓷砖、石材表面和缝隙处泛碱。微生物抗泛碱剂作为一种生物外加剂，主要是通过微生物矿化作用抑制泛碱，其在水泥基材料表层发挥作用的效果与材料表面在空气中的暴露面积有关。针对暴露面积不大的装饰板材和砌筑块体的粘结剂和勾缝剂，可通过掺加微生物抗泛碱剂抑制泛碱现象。

大气中二氧化碳通过早龄期水泥基材料中大量孔隙进入材料内部激发微生物抗泛碱剂发挥作用，水泥基材料内部游离Ca(OH)2转化为生物碳酸钙，诱导形成的难溶矿物填充在孔隙结构中，在表层一定厚度内形成高致密结构（图3.2.2），强化水泥基材料表层性能。因此，对于有表层强化需求的水泥基材料，可通过掺用微生物抗泛碱剂实现。



图3.2.2 掺加微生物抗泛碱剂提升水泥基材料表层性能

* + 1. 微生物抗泛碱剂不宜用于下列情况：

1）环境温度低于10℃的工程；

2）环境温度高于80℃的工程；

3）蒸汽和蒸压养护条件；

4）碱激发胶凝材料；

5）掺用抗菌剂的水泥基材料；

6）水泥基材料表面涂刷防护剂；

7）已泛碱水泥基材料表面泛碱处理。

**条文说明**：本条规定了微生物抗泛碱剂的不宜使用范围。

温度对于微生物的影响是广泛的，适宜的温度会促进微生物的生长和代谢，严苛的温度条件会改变微生物的代谢，甚至导致死亡。微生物抗泛碱剂中有效成分主要是微生物菌粉，其作用效果取决于微生物的生理活性。孙潇昊等研究了温度对微生物生长繁殖的影响，当培养温度高于10℃时，微生物可生长繁殖，并维持一定细胞活性，当培养温度低于10℃时，细胞活性被显著抑制，矿化作用减弱，难以发挥抗泛碱作用。田亚红、李卓佳等研究了微生物对温度的耐受性，微生物经80℃水浴条件下培养可全部存活，当水浴温度达到90℃时，有效活菌数大幅下降，从而影响微生物抗泛碱剂的作用效果。

碱激发胶凝材料激发剂一般为苛性碱（MOH）、非硅酸盐的弱酸盐（M2CO3、M2SiO3、M3PO4、MF等）、硅酸盐（M2O·*n*SiO2）、铝酸盐（M2O·*n*Al2O3）、铝硅酸盐（M2O·*n*Al2O3·(2~6) SiO2）、非硅酸盐的强酸盐（M2SO4）中的一种或几种复合使用。其中，NaOH、Na2CO3、Na2SiO3、Na2SO4使用频率最高。碱激发胶凝材料的泛碱现象主要是强碱性激发剂随水分迁移至材料表面形成。其泛碱物质取决于掺用的碱激发剂。微生物抗泛碱剂主要是针对由Ca(OH)2迁移引起的泛碱。因此，对于碱激发胶凝材料的外观泛碱问题，微生物抗泛碱剂不宜使用。

水泥基材料常用的抗菌剂主要是无机抗菌剂（银、铜、锌、钛及其化合物）、有机抗菌剂（季铵盐高分子、季鏻盐类、有机金属等）。抗菌材料一般都具有广谱抗菌能力，对于材料表面和内部的微生物无差别致死，添加进材料内部的抗泛碱微生物也将失去活性，从而导致水泥基材料失去抗泛碱能力。因此，对于抗菌水泥基材料，微生物抗泛碱剂不宜使用。

调研结果表明，对于部分清水混凝土工程，如联想集团北京电脑大厦、武汉琴台大剧院、辽河美术馆等使用了日本旭硝子涂料树脂株式会社（Asahi Glass Coating & Resin Co. Ltd.）生产的邦氟珑水性氟碳树脂涂料（Bonnflon Water Base AC），合肥南站、宁波南站、黄帝陵国家文化公园等使用了有机硅树脂涂料。上述工程清水混凝土通过在表面涂刷无色防护剂维持表面美学功能。而当水泥基材料表面与空气隔绝时，由于阻碍了气体传输，微生物抗泛碱剂无法有效发挥作用，从而使得材料失去抗泛碱功能。因此，对于掺用微生物抗泛碱剂的水泥基材料不应做表面涂覆处理，以避免微生物抗泛碱剂失效。

当水泥基材料发生泛碱时，泛碱物质已迁移至材料表面，此时使用微生物抗泛碱剂已无法对泛碱进行抑制。微生物抗泛碱剂一般在水泥基材料拌和时复合掺加，而在水泥基材料表面涂覆，无法发挥有效作用。

# 原材料技术要求

## 微生物抗泛碱剂

* + 1. 微生物抗泛碱剂为粉剂，应松散、无结块。

**条文说明**：本条规定了微生物抗泛碱剂的剂型要求。微生物抗泛碱剂应为粉状制剂，便于其在水泥基材料中均匀分布并发挥作用。

* + 1. 微生物抗泛碱剂有效成分为微生物菌粉，宜采用喷雾干燥法或冷冻干燥法生产。

**条文说明**：本条规定了微生物菌粉的生产方法。微生物抗泛碱剂的有效成分为微生物菌粉，喷雾干燥法和冷冻干燥法是食品、生物药剂生产过程中常用的粉剂制备方法，工艺成熟，应用广泛，获得的菌粉外观松散、不结块，有利于储存、运输和实际工程应用。

* + 1. 微生物抗泛碱剂使用的菌种应安全、有效，不应包含采用基因工程等手段获得的微生物。

**条文说明**：本条规定了微生物抗泛碱剂所用菌种要求。微生物抗泛碱剂所用菌种应由自然界分离纯化，经人工选育等手段获得。不应包含采用基因工程等手段进行DNA诱变或重组而获得的微生物。

* + 1. 微生物抗泛碱剂急性经口毒性作用按现行国家标准《食品安全国家标准 急性经口毒性试验》GB15193.3和《化学品 急性经口毒性试验方法》GB/T 21603执行。

**条文说明**：本条规定了微生物抗泛碱剂的安全性要求。微生物抗泛碱剂生产和使用过程不应危害人体健康。微生物抗泛碱剂的急性经口毒性试验方法、试验步骤和试验结果按照现行国家标准《食品安全国家标准 急性经口毒性试验》GB15193.3和《化学品 急性经口毒性试验方法》GB/T 21603中的限量法规定执行。

* + 1. 微生物抗泛碱剂的匀质性应符合表4.1.5的规定。

**表4.1.5 微生物抗泛碱剂匀质性指标**

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 指标 |
| Ca(OH)2转化率（%） | 80 |
| 作用深度（mm） | 5.0-7.0 |
| 有效活菌数（×1010CFU/g） | ≥1.0 |
| 润湿时间（s） | ≤60 |
| 细度（0.315mm方孔筛筛余量，%） | ≤5.0 |
| 含水率（%） | 1.0-3.0 |
| 有害物质 | 硫酸根离子含量（%） | ≤1.0 |
| 氯离子含量（%） | ≤0.06 |
| 总碱量（Na2O+0.658K2O,%） | ≤0.1 |
| 有效期（月） | 24 |

**条文说明**：本条规定了微生物抗泛碱剂的匀质性指标要求。

水泥基材料产生泛碱的原因在于水泥水化产生的Ca(OH)2溶解于孔隙水并随之迁移至材料表面，与空气中CO2反应生成CaCO3。微生物抗泛碱剂通过矿化作用促进Ca(OH)2转化为CaCO3，从而减少迁移至材料表面的Ca(OH)2，达到抗泛碱的作用。因此，微生物抗泛碱剂对于Ca(OH)2转化作用是影响抗泛碱效果的重要指标，本条文给出了微生物抗泛碱剂对于Ca(OH)2转化率的推荐值。

微生物抗泛碱剂的使用会降低水泥基材料中的Ca(OH)2含量，对于内置钢筋的水泥基材料其保护层厚度降低，从而影响材料的耐久性能。根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010的要求，设计使用年限为50年的混凝土结构，最外层钢筋的保护层厚度应符合表4.1.5-1的规定，设计使用年限为100年的混凝土结构，最外层钢筋的保护层厚度不应小于表4.1.5-1中数值的1.4倍。

表4.1.5-1 混凝土保护层的最小厚度（mm）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 环境类别 | 板、墙、壳 | 梁、柱、杆 |
| 一 | 15 | 20 |
| 二a | 20 | 25 |
| 二b | 25 | 35 |
| 三a | 30 | 40 |
| 三b | 40 | 50 |

根据现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T50476的规定，一般环境中最小保护层厚度如表4.1.5-2所示。

表4.1.5-2 最小保护层厚度（mm）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 环境作用类别 | 设计使用年限 | 30年 | 50年 | 100年 |
| 强度等级 | 保护层厚度 | 强度等级 | 保护层厚度 | 强度等级 | 保护层厚度 |
| 板、墙等面型结构 | Ⅰ-A | C25 | 20 | C25 | 20 | C30 | 20 |
| Ⅰ-B | C25 | 25 | C30 | 25 | C35 | 30 |
| ≥C30 | 20 | ≥C35 | 20 | ≥C40 | 25 |
| Ⅰ-C | C30 | 30 | C35 | 35 | C40 | 40 |
| C35 | 25 | C40 | 30 | C45 | 35 |
| ≥C40 | 20 | ≥C45 | 25 | ≥C50 | 30 |
| 梁、柱等条型结构 | Ⅰ-A | ≥C25 | 20 | C25 | 25 | C30 | 25 |
| ≥C30 | 20 | ≥C35 | 20 |
| Ⅰ-B | C25 | 30 | C30 | 30 | C35 | 35 |
| ≥C30 | 25 | ≥C35 | 25 | ≥C40 | 30 |
| Ⅰ-C | C30 | 35 | C35 | 40 | C40 | 45 |
| C35 | 30 | C40 | 35 | C45 | 40 |
| ≥C40 | 25 | ≥C45 | 30 | ≥C50 | 35 |

根据现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204规定构件保护层允许偏差，梁类结构为+10mm、-7mm，板类结构为+8mm、-5mm。根据现行行业标准《水运工程混凝土质量控制标准》JTS202 规定构件保护层允许偏差为+10mm、-5mm。

试验研究表明，微生物抗泛碱剂对水泥基材料表层结构的影响深度范围约为5-7mm。因此，为了保证水泥基材料的抗泛碱能力，同时不影响其对于内部钢筋的保护作用。参考混凝土保护层厚度和施工控制误差，以及微生物抗泛碱剂的影响范围，给出水泥基材料掺用微生物抗泛碱剂的作用深度的推荐值为5-7mm。



图4.1.5-1 不同掺量微生物抗泛碱剂作用深度

微生物抗泛碱剂作为一种生物外加剂，其抑制泛碱的原理在于微生物通过自身的矿化作用固结水泥基材料中的游离钙离子，从而减少泛碱物质迁移。微生物抗泛碱剂中的有效活菌数量是影响抗泛碱效果的主要因素。试验结果表明，当微生物抗泛碱剂中有效活菌数低于1010CFU/g时，其对水泥基材料的抗泛碱性能改善不足。因此，给出微生物抗泛碱剂的有效活菌数量推荐值不低于1010CFU/g。

对于掺用微生物抗泛碱剂的混凝土，根据现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB50164的规定，混凝土搅拌的最短时间按照表4.1.5-3选取。在该规程中，混凝土搅拌时间不低于60s，且采用自落式搅拌机时，搅拌时间应延长30s。

表4.1.5-3 混凝土搅拌的最短时间（s）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 混凝土坍落度（mm） | 搅拌机机型 | 搅拌机出料量（L） |
| ＜250 | 250~500 | ＞500 |
| ≤40 | 强制式 | 60 | 90 | 120 |
| ＞40且＜100 | 强制式 | 60 | 60 | 90 |
| ≥100 | 强制式 | 60 |

对于掺用微生物抗泛碱剂的水泥砂浆，根据现行国家标准《预拌砂浆》GB/T25181的规定，湿拌砂浆的搅拌时间（从全部材料投完算起）不应少于90s。微生物抗泛碱剂为固态粉状外加剂，为保证其在水泥基材料内部及时溶解并均匀分散，其应具有良好的润湿性能。参考现行的国家标准，对于混凝土和砂浆搅拌时间不低于60s。因此，本条给出了微生物抗泛碱剂的润湿时间要求推荐值，不高于60s。

微生物抗泛碱剂是一种水泥基材料外加剂，颗粒细度影响其在水泥基材料成型过程中的分散均匀性。根据现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB50119的规定，粉状外加剂进行检验时应全部通过630μm方孔筛。结合现行国家标准《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB/T 8077中关于外加剂细度试验方法的规定，应选用筛孔公称直径为0.315mm的铜网筛进行试验。因此，为便于进行微生物抗泛碱剂的匀质性检验，本条给出了微生物抗泛碱剂细度推荐值，微生物抗泛碱剂通过0.315mm方孔筛的筛余量不应大于5.0%。

根据陆兆文等人研究，冻干生物制品的最终要求的剩余含水量通常控制在1.0％~3.0％(质量分数)之内，过多或过少的水分含量都会影响冻干制品的质量。因为，过分干燥将导致活细胞死亡；水分过多会导致蛋白质分子结构发生改变，而影响其活性，所以菌粉在后期储存中含水量的变化，对于菌粉的存活率以及酶活性都有较大的影响。微生物抗泛碱剂的实测含水率为2.1%。根据现行国家标准《混凝土外加剂》GB8076的规定，对于含水率≤5.0%的固体外加剂，其含水率应控制在生产厂控制值的0.8-1.2倍之间。对于微生物抗泛碱剂含水率的生产厂控制值应不大于2.5%。

混凝土中氯离子含量过高时，会导致钢筋出现锈蚀，破坏整体结构；硫酸根离子含量过高时，直接影响混凝土自身的安定性，腐蚀混凝土，降低混凝土强度和耐久性，容易导致混凝土构件开裂、损伤；总碱含量过高时，会引起碱集料反应，导致混凝土体积异常膨胀，产生裂缝，加速混凝土劣化。因此，对于微生物抗泛碱剂规定了氯离子含量、硫酸根离子含量、总碱量的指标要求。

* + 1. 掺用微生物抗泛碱剂不应影响水泥基材料自身颜色。掺用微生物抗泛碱剂的水泥基材料表面色差变化值不应超过5.0CIELAB。用目测对比方法参考时，颜色不应有明显差异。

**条文说明**：本条规定了微生物抗泛碱剂颜色的技术要求。掺用微生物抗泛碱剂的水泥基材料通常具有较高的装饰功能要求，如玻璃纤维增强水泥装饰制品、清水混凝土等。掺用微生物抗泛碱剂时，其不应对水泥基材料的外观颜色产生明显影响，从而改变材料的设计颜色。参考现行国家标准《均匀色空间和色差公式》GB/T7921中给出的计算色差的标准观测条件，色差幅度介于0~5.0CIELAB范围内，颜色均匀，无可见花纹或不均匀性。因此，微生物抗泛碱剂对水泥基材料成品的色差调控能力不应大于5.0CIELAB。当采用目测对比方法进行参考时，颜色不应有明显差异。

* + 1. 微生物抗泛碱剂的指标检测方法按本规程的附录A进行。

**条文说明**：本条规定了微生物抗泛碱剂的匀质性试验方法。对于本规程规定的微生物抗泛碱剂的均匀性要求，本规程给出了其试验方法，详见附录A。

* + 1. 微生物抗泛碱剂的检验规则按照现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076的有关规定执行。微生物抗泛碱剂检验分类：
1. 出厂检验
2. 微生物抗泛碱剂的出厂检验项目为：含水率、润湿时间、细度。
3. 出厂检验不检保质期。

3）产品出厂时，应由生产厂的质量检验部门按产品标准规定逐批进行检验，检验合格并签发质量合格证书的产品，方可出厂。

1. 型式检验

微生物抗泛碱剂型式检验应首先进行所用菌种毒理学试验。此外，型式检验还包括表4.1.5全部性能指标。有下列情况之一者，应进行型式检验：

1）正常生产时，每半年至少进行一次检验；

2）新产品或老产品转厂生产的试制、定型或鉴定；

3）正式生产后，如菌种、主要原辅材料、关键工艺有较大改变时；

4）产品停产超过90d，恢复生产时；

5）出厂检验结果与上次型式检验有较大差异；

6）国家质量监督机构进行抽查时；

* + 1. 出厂检验判定

1）型式检验报告在有效期内，且出厂检验项目结果符合要求，可判定出厂检验合格。

2）出厂检验项目有一项指标不符合要求时，应重新抽样，进行复检。复检结果仍有一项不符合要求时，则判定该批产品为不合格。

2 型式检验判定

1）微生物毒理学试验结论为无毒时，且微生物抗泛碱剂产品性能指标全部符合表4.1.5要求，可判定型式检验合格，否则判定该批产品不合格。

2）如毒理学检验为有毒或致病性结论时，不得复检，直接判定该批产品为不合格产品。

* + 1. 微生物抗泛碱剂应采用覆膜编织袋或塑料编织袋衬聚乙烯内袋包装，应符合现行国家标准《包装用塑料复合膜、袋干法复合、挤出复合》GB/T 10004和《食品包装用塑料与铝箔复合膜、袋》GB/T 28118的要求。
		2. 微生物抗泛碱剂产品的包装储运标识按照现行国家标准《包装储运图示标志》GB/T 191执行。包装袋上应清楚标明：产品名称、商标、出厂编号、生产日期、净含量、生产或经销商名称及地址、保质期、生物安全性，以及怕晒、怕辐射、怕雨淋、堆码质量极限、温度极限。
		3. 微生物抗泛碱剂运输过程中应有遮盖物，防止雨淋、日晒及高温。轻装轻卸，避免包装破损。严禁与对微生物有毒、有害的其他物品混装、混运。
		4. 微生物抗泛碱剂产品贮存环境应阴凉、通风、干燥，避免阳光直晒，远离热源、水和潮湿空气，贮存温度不应超过60℃。
		5. 产品自生产日期起计算，在符合标准的包装、运输和贮存的条件下贮存期为24个月，过期应按本规程4.1.5重新进行检验。

## 其他原材料

* + 1. 使用的颜料应对微生物无毒副作用，Ca(OH)2转化率比不应小于100%。使用颜料应符合现行国家标准《氧化铁颜料》GB/T1863、《氧化铬绿颜料》GB/T20785和现行行业标准《混凝土和砂浆用颜料及其试验方法》JC/T539的规定。

**条文说明**：本条规定了装饰水泥基材料用颜料的技术要求。彩色混凝土和砂浆用颜料主要为氧化铁系列（红色、黑色、棕色、黄色等）和氧化铬绿颜料。当在砂浆或混凝土中掺加颜料时，为了保证水泥基材料的抗泛碱性能，所使用的颜料应对微生物无毒副作用，并不应抑制微生物抗泛碱剂作用效果。因此，规定了在使用微生物抗泛碱剂时，掺用颜料和未掺用颜料的装饰水泥基材料的Ca(OH)2转化率比不应小于100%。此外，当采用氧化铁颜料配制装饰水泥基材料时，其技术要求应符合现行国家标准《氧化铁颜料》GB/T1863的规定。当采用氧化铬绿颜料时，其技术要求应符合现行国家标准《氧化铬绿》GB/T20785的规定。当采用其他粉状或浆状颜料时，其技术要求应符合现行行业标准《混凝土和砂浆用颜料及其试验方法》JC/T539的规定。

* + 1. 掺用化学外加剂不应降低微生物抗泛碱剂的作用效果，Ca(OH)2转化率比不应小于100%。不宜使用无机盐类早强剂。化学外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119的规定。

**条文说明**：本条规定了化学外加剂的技术要求。水泥基材料掺用的化学外加剂包括但减水剂、膨胀剂、引气剂、早强剂等。掺用化学外加剂不应降低微生物抗泛碱剂的作用效果，Ca(OH)2转化率比不应小于100%。掺用的化学外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076的规定，化学外加剂的使用应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119的规定。

* + 1. 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175的规定。白色硅酸盐水泥应符合现行国家标准《白色硅酸盐水泥》GB/T 2015的规定。彩色硅酸盐水泥应符合现行行业标准《彩色硅酸盐水泥》JC/T870的规定。

**条文说明**：本条规定了硅酸盐水泥基材料的技术要求。当采用硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥配制装饰水泥基材料时，其技术要求应满足现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB175的规定。当采用白色硅酸盐水泥配制装饰水泥基材料时，其技术要求应符合现行国家标准《白色硅酸盐水泥》GB/T2015的规定。当采用彩色硅酸盐水泥配制装饰水泥基材料时，其技术要求应符合现行行业标准《彩色硅酸盐水泥》JC/T870的规定。

* + 1. 粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰、石灰石粉、天然沸石粉等矿物掺合料。粉煤灰技术要求应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596的规定，粒化高炉矿渣粉技术要求应符合现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046的规定，硅灰技术要求应符合现行国家标准《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690的规定，石灰石粉技术要求应符合现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的石灰石粉》GB/T 35164的规定，天然沸石粉应符合现行行业标准《混凝土和砂浆用天然沸石粉》JG/T566的规定。矿物掺合料的使用还应符合现行国家标准《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003的规定。

**条文说明**：当掺用粉煤灰时，其技术要求应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596、《粉煤灰混凝土应用技术规范》GB/T 50146的规定。当掺用粒化高炉矿渣粉时，其技术要求应符合现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046的规定。当掺用硅灰时，其技术要求应符合现行国家标准《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690的规定。当掺用石灰石粉时，其技术要求应符合现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土的石灰石粉》GB/T 35164的规定。对于除水工外的建设工程，掺石灰石粉时，还应符合现行国家标准《石灰石粉混凝土》GB/T 30190的规定。建筑工程装饰混凝土和砂浆掺用的石灰石粉技术要求应符合现行行业标准《石灰石粉在混凝土中应用技术规程》JGJ/T 318的规定。天然沸石粉应符合现行行业标准《混凝土和砂浆用天然沸石粉》JG/T566的规定。使用的矿物掺合料还应符合现行国家标准《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003的规定。

* + 1. 粗、细骨料应符合现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685和《建设用砂》GB/T 14684的规定。

**条文说明**：本条规定了有饰面要求的混凝土和砂浆用粗、细骨料的技术要求。所使用粗骨料应符合现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T14685的规定。所使用的细骨料应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T14684的规定。对于玻璃纤维增强水泥装饰制品，所使用的粗、细骨料应符合现行行业标准《玻璃纤维增强水泥（GRC）制品》JC/T940的规定。饰面清水混凝土用粗、细骨料应符合现行行业标准《清水混凝土应用技术规程》JGJ169的规定。轻骨料技术要求应符合现行国家标准《轻集料及其试验方法 第1部分：轻集料》GB/T17431.1的规定。配制有饰面要求的轻骨料混凝土还应符合现行行业标准《轻骨料混凝土应用技术标准》JGJ/T12的规定。轻骨料使用前应进行充分试验验证。使用再生粗骨料时应符合现行国家标准《混凝土用再生粗骨料》GB/T25177的规定；使用再生细骨料时应符合现行国家标准《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T25176的规定；再生骨料的使用应符合现行行业标准《再生骨料应用技术规程》JGJ/T240的规定。

* + 1. 拌合水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JG J63的规定。
		2. 掺用纤维技术要求应符合现行国家标准《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》GB/T21120、《水泥混凝土和砂浆用短切玄武岩纤维》GB/T23265和《水泥混凝土和砂浆用耐碱玻璃纤维》GB/T38143的规定。掺用的无捻粗纱技术要求应符合现行国家标准《玻璃纤维无捻粗纱》GB/T 18369和《短切玄武岩无捻粗纱》GB/T 25045的规定。掺用的纤维网格布应符合现行行业标准《玻璃纤维网格布》JC/T841的规定。纤维在装饰功能混凝土中的使用应符合现行行业标准《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T221的规定。

**条文说明**：本节规定了掺用的纤维、无捻粗纱和纤维网格布的技术要求。对于装饰水泥基材料，纤维增强水泥和纤维增强混凝土产品比例较大。掺用的纤维应符合现行国家标准《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》GB/T21120、《水泥混凝土和砂浆用短切玄武岩纤维》GB/T23265和《水泥混凝土和砂浆用耐碱玻璃纤维》GB/T38143的规定。掺用的无捻粗纱技术要求应符合现行国家标准《玻璃纤维无捻粗纱》GB/T 18369和《短切玄武岩无捻粗纱》GB/T 25045的规定。掺用的纤维网格布应符合现行行业标准《玻璃纤维网格布》JC/T841的规定。对于纤维增强水泥（GRC）装饰制品，使用的纤维、无捻粗纱和纤维网格布应符合现行行业标准《玻璃纤维增强水泥（GRC）制品》JC/T940和《玻璃纤维增强水泥（GRC）建筑应用技术规程》JGJ/T413的规定。纤维在装饰功能混凝土中的应用应符合现行行业标准《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T221的规定。对于公路工程用纤维，其技术要求应符合现行行业标准《公路工程水泥混凝土用纤维》JT/T524的规定。

# 设计、生产与施工

## 基本规定

* + 1. 微生物抗泛碱剂的掺量宜为硅酸盐水泥质量的0.4~0.8%，具体掺量应根据硅酸盐水泥基品种、用量通过试验确定。

**条文说明**：本条规定了微生物抗泛碱剂的掺量。微生物抗泛碱剂主要通过转化硅酸盐水泥水化产物Ca(OH)2赋予水泥基材料抗泛碱功能。微生物抗泛碱剂的掺量与硅酸盐水泥的掺量有关。试验结果表明，微生物抗泛碱剂掺量为硅酸盐水泥的0.4~0.8%（质量分数）时，水泥基材料具有较好的抗泛碱能力。实际工程应用中，微生物抗泛碱剂的合理掺量应根据硅酸盐水泥品种和用量通过试验确定。

* + 1. 掺用微生物抗泛碱剂后的水泥基材料，水胶比宜降低0.01~0.03，并通过试验确定。

**条文说明**：本条规定了掺用微生物抗泛碱剂的水泥基材料配合比调整要求。微生物抗泛碱剂具有一定的引气作用，因此为了提高水泥基材料的密实度，需适当降低水胶比。试验结果表明，当水胶比降低0.01~0.03时，微生物抗泛碱水泥基材料孔隙率与未掺微生物抗泛碱剂的孔隙率相当。

## 掺用微生物抗泛碱剂砂浆设计、生产与施工

* + 1. 掺用微生物抗泛碱剂的砂浆配合比设计按照现行行业标准《砌筑砂浆配合比设计规程》JGJ/T98的规定执行。

**条文说明**：本条规定了掺用微生物抗泛碱剂的水泥基材料配合比设计依据。掺用微生物抗泛碱剂的砂浆配合比设计按照现行行业标准《砌筑砂浆配合比设计规程》JGJ/T98的规定执行。掺用微生物抗泛碱剂的抹灰砂浆还应符合现行行业标准《抹灰砂浆技术规程》JGJ/T220的规定。

* + 1. 掺用微生物抗泛碱剂的砂浆表面1d泛碱面积率应小于10.0%，7d应泛碱面积率应小于20.0%。抗泛碱性能试验方法及计算过程按照本规程附录B执行。

**条文说明**：本条规定了掺用微生物抗泛碱剂砂浆的表面抗泛碱性能要求。采用加速泛碱方法对掺加微生物抗泛碱剂的砂浆进行了泛碱面积率测试。试验结果表明，掺用0.4%以上微生物抗泛碱剂时，龄期1d和7d的试件经加速泛碱处理后，泛碱面积率分别降低至10.0%和20.0%以下。泛碱面积率符合本条的规定时，水泥基材料表面美学特征受到的影响较小。



图5.2.1 微生物抗泛碱剂对砂浆泛碱面积率的影响

* + 1. 用于建设工程的，掺加微生物抗泛碱剂的砌筑、抹灰、地面等工程及其他用途的预拌砂浆其他性能应符合现行国家标准《预拌砂浆》GB/T25181的规定。掺用微生物抗泛碱剂的砂浆拌和物性能还应符合表5.2.3的规定。

表5.2.3 掺用微生物抗泛碱剂砂浆其他性能要求

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 指标 |
| 初凝时间，min | -20~+40 |
| 终凝时间，min | -20~+40 |
| 含气量 | ≤5.0 |

**条文说明**：本条规定了掺用微生物抗泛碱剂砂浆的其他性能要求。根据砂浆用途不同，掺加了微生物抗泛碱剂的砂浆其他性能要求也不同。用于建设工程的，掺加微生物抗泛碱剂的砌筑、抹灰、地面等工程及其他用途的预拌砂浆其他性能应符合现行国家标准《预拌砂浆》GB/T25181的规定。掺用微生物抗泛碱剂的墙体饰面砂浆其他性能应符合现行行业标准《墙体饰面砂浆》JC/T1024的规定。掺用微生物抗泛碱剂玻璃纤维增强水泥制品其他性能应符合现行行业标准《玻璃纤维增强水泥（GRC）装饰制品》JC/T940和《玻璃纤维增强水泥外墙板》JC/T1057的规定。掺用微生物抗泛碱剂的修补砂浆其他性能应符合现行行业标准《修补砂浆》JC/T2381的规定。掺用微生物抗泛碱剂的陶瓷砖填缝剂、胶粘剂其他性能应符合现行行业标准《陶瓷砖填缝剂》JC/T1004和《陶瓷砖胶粘剂》JC/T547的规定。掺用微生物抗泛碱剂的蒸压加气混凝土墙体专用砂浆其他性能应符合现行行业标准《蒸压加气混凝土墙体专用砂浆》JC/T890的规定。掺用微生物抗泛碱剂的地面用水泥基自流平砂浆其他性能应符合现行行业标准《地面用水泥基自流平砂浆》JC/T985的规定。掺用微生物抗泛碱剂的工业与民用建筑和装饰装饰装修等室内地面工程用砂浆其他性能《建筑用干混地面砂浆》JC/T2457的规定。掺用微生物抗泛碱剂的建筑室内墙面和地面找平用砂浆其他性能《建筑用找平砂浆》JC/T2326的规定。掺用微生物抗泛碱剂的建筑物挤塑聚苯板薄抹灰外墙外保温系统用粘接砂浆、抹面砂浆其他性能应符合现行行业标准《挤塑聚苯板薄抹灰外墙外保温系统用砂浆》JC/T2084的规定。

微生物抗泛碱剂作为一类生物外加剂，其由微生物菌粉及其他化学成分复合而成。为了定量测试，微生物抗泛碱剂对砂浆拌合物性能的影响。试验测试了不同掺量的微生物抗泛碱剂下的砂浆凝结时间，如图5.2.3所示。砂浆凝结时间随掺量增加先延长后缩短。初凝和终凝时间的变化规律和幅度一致，在-20min~+40min之间。由此给出了掺微生物抗泛碱剂砂浆凝结时间变化指标推荐值。



图5.2.3 微生物抗泛碱剂对砂浆凝结时间的影响

* + 1. 对同一厂家、同一品种、同一型号的外加剂，微生物抗泛碱剂外加剂应按每10t为一检验批，不足10t时也应按一个检验批计。每一检验批取样量不应少于试验所需量的10倍。每一检验批取样应充分混匀，并分为两等份，其中一份应按本规程规定的项目及要求进行检验，另一份应密封留样保存6个月。微生物抗泛碱剂进场检验项目应包括：Ca(OH)2转化率和受检砂浆含气量、泛碱面积率和泛碱均匀度。

**条文说明**：本条规定了微生物抗泛碱剂的进场检验要求。因微生物抗泛碱剂的掺量较少，为了使样品具有代表性，规定取样量不应少于试验所需量的10倍。对于微生物抗泛碱剂其主要应用目的是解决水泥基材料的泛碱问题，Ca(OH)2转化率和受检砂浆含气量、泛碱面积率和泛碱均匀度是重要的性能指标，故而作为进场检验项目。

* + 1. 采用同一批砂浆原材料、相同配合比进行试配时，当本批外加剂的检验结果与上批外加剂的检验结果又较大变化时，应和上批留样进行平行对比试验，确认问题原因并采取相应措施。

**条文说明**：本条规定了微生物抗泛碱剂的进场检验要求。当微生物抗泛碱剂的试配结果与前几批外加剂的试配结果有较大变化时，有可能是微生物抗泛碱剂的品质发生了变化或其他原因。此时需与上一批样品进行平行对比试验，查找问题原因并采取相应解决措施。

* + 1. 微生物抗泛碱剂在预拌砂浆制备中的应用按照现行国家标准《预拌砂浆》GB/T25181中外加剂的要求规定执行。掺用微生物抗泛碱剂的预拌砂浆施工应符合现行行业标准《预拌砂浆应用技术规程》JGJ/223的要求。掺用微生物抗泛碱剂的抹灰砂浆施工应符合现行行业标准《抹灰砂浆技术规程》JGJ/T220的要求。

**条文说明**：本条规定了微生物抗泛碱剂在砂浆制备过程中应用的技术要求。对于用于建设工程的砌筑、抹灰、地面等工程及其他用途的水泥基预拌砂浆，微生物抗泛碱剂在砂浆制备过程中的贮存、计量、生产按照现行国家标准《预拌砂浆》GB/T25181中外加剂的要求执行。对于掺用微生物抗泛碱剂的水泥基砌筑砂浆、抹灰砂浆、地面砂浆、防水砂浆、界面砂浆和陶瓷砖粘结砂浆等预拌砂浆的施工应符合现行行业标准《预拌砂浆应用技术规程》JGJ/T223的规定。对于掺用微生物抗泛碱剂的新建、改建、扩建和既有建筑的一般抹灰工程用砂浆的施工应符合现行行业标准《抹灰砂浆技术规程》JGJ/T220的规定。

## 掺用微生物抗泛碱剂混凝土设计、生产与施工

* + 1. 掺用微生物抗泛碱剂的混凝土配合比设计按照现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55的规定执行。

**条文说明**：本条规定了掺用微生物抗泛碱剂的水泥基材料配合比设计依据。掺用微生物抗泛碱剂的混凝土配合比设计按照现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55的规定执行。掺用微生物抗泛碱剂的清水混凝土配合比设计按照现行行业标准《清水混凝土应用技术规程》JGJ169的规定执行。掺用微生物抗泛碱剂的纤维混凝土按照现行行业标准《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T221的规定执行。掺用微生物抗泛碱剂的轻骨料混凝土配合比设计按照现行行业标准《轻骨料混凝土应用技术规程》JGJ/T12的规定执行。

* + 1. 掺用微生物抗泛碱剂的混凝土表面泛碱面积率应小于10.0%。抗泛碱性能的试验方法及计算过程按照本规程附录B的规定执行。

**条文说明**：本条规定了掺用微生物抗泛碱剂混凝土的表面抗泛碱性能要求。采用加速泛碱方法对掺加微生物抗泛碱剂的混凝土进行了泛碱面积率测试。试验结果表明，掺用0.4%以上微生物抗泛碱剂时，标准养护7d的试件经加速泛碱处理后，泛碱面积率降低至10.0%以下。泛碱面积率符合本条的规定时，水泥基材料表面美学特征受到的影响较小。



图5.3.2 微生物抗泛碱剂对混凝土泛碱面积率的影响

* + 1. 掺用微生物抗泛碱剂混凝土拌合物性能试验方法按照现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T50080的规定执行。掺用微生物抗泛碱剂混凝土的拌合物性能应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB50164的规定。掺用微生物抗泛碱剂混凝土拌合物还应符合表5.3.3的要求。

表5.3.3 掺用微生物抗泛碱剂混凝土拌合物性能要求

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 指标 |
| 初凝时间，min | -20~+30 |
| 终凝时间，min | -30~+60 |
| 含气量，% | ≤7.0 |

**条文说明**： 本条规定了掺用微生物抗泛碱剂的混凝土拌合物性能和试验方法技术要求。掺用微生物抗泛碱剂的混凝土拌和物试验方法按照现行国家标准《普通混凝土拌和物性能试验方法标准》GB/T50080的规定执行，拌合物性能应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB50164的规定。采用预拌混凝土时，拌合物性能还应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T14902的规定。掺用微生物抗泛碱剂的纤维混凝土拌合物性能应符合现行行业标准《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T221的规定。掺用微生物抗泛碱剂的清水混凝土拌合物性能还应符合现行行业标准《清水混凝土应用技术规程》JGJ169的规定。

* + 1. 掺用微生物抗泛碱剂的混凝土物理力学性能试验方法按照现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T50081的规定执行，长期性能和耐久性能试验方法按照现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T50082的规定执行。掺用微生物抗泛碱剂的混凝土力学性能、长期性能和耐久性能应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB50164的规定。掺用微生物抗泛碱剂的硬化混凝土性能还应符合表5.3.3的要求。

表5.3.3 掺用微生物抗泛碱剂砂浆其他性能要求

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 指标 |
| 抗压强度比，% | 7d | ≥95.0 |
| 28d | ≥100.0 |
| 90d收缩率比，% | ≤120.0 |

**条文说明**： 本条规定了掺用微生物抗泛碱剂的混凝土物理力学性能、长期性能和耐久性能要求和试验方法。掺用微生物抗泛碱剂的混凝土物理力学性能试验方法按照现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T50081的规定执行。掺用微生物抗泛碱剂的混凝土长期性能和耐久性能试验方法按照现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T50082的规定执行。掺用微生物抗泛碱剂的混凝土力学性能、长期性能和耐久性能应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB50164的规定。掺用微生物抗泛碱剂的混凝土微生物抗泛碱剂是一种水泥基材料外加剂，本条规定的项目参考现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076的规定。

* + 1. 微生物抗泛碱剂进场检验按本规程5.2.4和5.2.5的规定执行。

**条文说明**： 本条规定了混凝土生产时掺用微生物抗泛碱剂的进场检验要求。混凝土生产时，掺用的微生物抗泛碱剂进场检验要求与砂浆掺用微生物抗泛碱剂的要求相同。

* + 1. 掺用微生物抗泛碱剂混凝土的制备按照现行国家标准《预拌混凝土》GB/T14902的规定执行。微生物抗泛碱剂的贮存还应远离热源、水，避免与对微生物有毒有害的物品混存。

**条文说明**： 本条规定了掺用微生物抗泛碱剂的混凝土制备技术要求。掺用微生物抗泛碱剂混凝土的原材料贮存、计量、搅拌和运输按照现行国家标准《预拌混凝土》GB/T14902的规定执行。此外，微生物抗泛碱剂的贮存还应该远离热源、水源等，避免对微生物活性有毒有害的化学物质混存，否则易导致微生物抗泛碱剂效力降低，从而影响实际应用效果。

* + 1. 掺用微生物抗泛碱剂的混凝土施工应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的有关规定。大体积混凝土施工应符合现行国家标准《大体积混凝土施工标准》GB 50496的规定。混凝土泵送应符合现行行业标准《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10的规定。

**条文说明**： 本条规定了掺用微生物抗泛碱剂的混凝土施工技术要求。掺用微生物抗泛碱剂的混凝土施工应按照现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB50666的规定执行。掺用微生物抗泛碱剂的大体积混凝土的施工应按现行国家标准《大体积混凝土施工标准》GB 50496的规定执行。当采用泵送工艺时，其施工应符合现行行业标准《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T10的规定。

有特殊要求的掺微生物抗泛碱剂的混凝土施工应按相应的标准执行。对于水利水电行业掺用微生物抗泛碱剂的混凝土施工应符合现行行业标准《水工混凝土施工规范》DL/T5144和《水工混凝土施工规范》SL677的规定执行。对于铁路工程掺用微生物抗泛碱剂的混凝土施工按照现行行业标准《铁路混凝土》TBT3275的规定执行。针对公路桥涵工程，掺用微生物抗泛碱剂的混凝土施工按照现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/TF50的规定执行。

# 质量检验和验收

## 原材料质量检验

* + 1. 微生物抗泛碱剂进场时，应按规定批次验收出厂检验报告、型式检验报告。微生物抗泛碱剂质量检验按本规程5.2.4和5.2.5的规定执行，检验项目应包括：Ca(OH)2转化率和受检砂浆含气量、泛碱面积率和泛碱均匀度。

**条文说明**：本条规定了微生物抗泛碱剂质量检验要求。微生物抗泛碱剂进场时，应具有相关质量证明文件，如出厂检验报告、型式检验报告，且质量证明文件应存档备案作为原材料验收文件的一部分，有利于做好前期准备工作，充分了解微生物抗泛碱剂相关性能指标，确保砂浆或者混凝土的顺利生产和施工，进而保证砂浆或者混凝土工程的质量。因此，微生物抗泛碱剂进场时要先按批次验收出厂检验报告、型式检验报告，确保产品出厂合格再进一步使用。原材料进场时需要严格检验把关，不合格的原材料不能进场。砂浆和混凝土用微生物抗泛碱剂的进场检验按照规程5.2.4和5.2.5的规定执行，对于微生物抗泛碱剂其主要应用目的是解决水泥基材料的泛碱问题，Ca(OH)2转化率和受检砂浆含气量、泛碱面积率和泛碱均匀度是重要的性能指标，故而作为进场检验项目。

* + 1. 其他原材料质量检验按照现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB50164和《混凝土外加剂》GB 8076中有关规定执行。

**条文说明**：本条规定了其他原材料进场时的质量检验要求。其他原材料，如硅酸盐水泥及其衍生产品，粉煤灰、矿粉、钢渣及可用于有装饰需求水泥基材料的矿物掺合料，减水剂、早强剂、缓凝剂等可用于有装饰需求水泥基材料的外加剂，按照现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB50164和《混凝土外加剂》GB 8076中有关规定执行。通过上述进场检验方法对原材料质量进行控制，以确保砂浆和混凝土工程质量的稳定。

## 掺用微生物抗泛碱剂砂浆质量检验及验收

* + 1. 掺用微生物抗泛碱剂砂浆的抗泛碱性能质量检验与评定按照本规程附录B的规定执行。掺用微生物抗泛碱剂的砂浆抗泛碱性能应符合表6.2.1的要求。

表6.2.1 掺用微生物抗泛碱剂砂浆抗泛碱性能要求

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 指标 |
| 28d泛碱面积率a，% | ≤5.0 |
| 泛碱均匀度，% | ≤5.0 |
| a. 抗泛碱性能测试方法见附录B |

**条文说明**：本条规定了掺用微生物抗泛碱剂砂浆的抗泛碱性能。结合工程试验经验，当28d泛碱面积率低于5.0%且泛碱均匀度低于5.0%时，按照现行国家标准《砌墙砖试验方法》GB/T2542和现行行业标准《墙体饰面砂浆》JC/T1024、《墙体饰面砂浆应用技术规程》DGJ32/TJ中对抗泛碱性能评价的规定进行观察，发现无明显可见泛碱现象。

* + 1. 掺用微生物抗泛碱剂砂浆其他性能检测方法应符合现行国家标准《预拌砂浆》GB/T25181的规定。掺用微生物抗泛碱剂砂浆的验收应符合现行标准《建筑装饰装修工程施工质量验收规范》GB50210、《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300的规定。

**条文说明**：本条规定了掺用微生物抗泛碱剂砂浆的其他性能。掺用微生物抗泛碱剂砂浆的其他性能应符合现行国家标准《预拌砂浆》GB/T25181的规定。掺用微生物抗泛碱剂的预拌砂浆，包括砌筑砂浆、抹灰砂浆、地面砂浆、界面砂浆、陶瓷砖粘接剂的其他性能应符合现行标准《建筑装饰装修工程施工质量验收规范》GB50210、《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300、《预拌砂浆应用技术规程》JGJ/T223、《抹灰砂浆技术规程》JGJ/T220的规定。

## 掺用微生物抗泛碱剂混凝土质量检验及验收

* + 1. 掺用微生物抗泛碱剂混凝土的抗泛碱性能质量检验与评定按照本规程附录B的规定执行。掺用微生物抗泛碱剂的砂浆抗泛碱性能应符合表6.3.1的要求。

表6.3.1 掺用微生物抗泛碱剂混凝土抗泛碱性能要求

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 指标 |
| 28d泛碱面积率a，% | ≤5.0 |
| 泛碱均匀度，% | ≤5.0 |
| a. 抗泛碱性能测试方法见附录B |

**条文说明**：本条规定了掺用微生物抗泛碱剂混凝土的抗泛碱性能。结合工程试验经验，当28d泛碱面积率低于5.0%且泛碱均匀度低于5.0%时，由泛碱引起的外观色差，按照现行行业标准《清水混凝土应用技术规程》JGJ169中规定，距离5m外肉眼观察，发现无明显可见泛碱现象。

* + 1. 掺用微生物抗泛碱剂的混凝土其他性能检测方法应按照现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T50080、《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T50081和《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T50082的规定执行。掺用微生物抗泛碱剂砂浆的验收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**：本条规定了掺用微生物抗泛碱剂的其他性能。其他性能的检测方法，包括拌合物性能、力学性能、长期性能和耐久性能应按照现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T50080和《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T50081的规定执行。混凝土的验收应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB50164的规定。掺用微生物抗泛碱剂的清水混凝土的验收应符合现行标准《清水混凝土应用技术规程》JGJ169的规定。掺用微生物抗泛碱剂的水工混凝土的验收应符合《水工混凝土施工规范》DL/T5144和《水工混凝土施工规范》SL677的规定。

# 附录A 微生物抗泛碱剂匀质性试验方法

**A.1 适用范围**

**A.1.1** 本方法规定了微生物抗泛碱剂匀质性的试验方法。

条文说明：本条规定了本方法的适用范围。本方法适用于微生物抗泛碱剂的匀质性检验。

**A.1.2** 当本方法与国家法律、行政法规的规定相抵触时，应按国家法律、行政法规的规定执行。

**A.2 试验的基本要求**

**A.2.1** 本方法所用的水为蒸馏水或同等纯度的水。

**A.2.2** 本方法所用的化学试剂除特别注明外，均为分析纯化学试剂。

**A.3 试验方法**

**A.3.1** Ca(OH)2转化率及Ca(OH)2转化率比试验方法

**1** 本方法适用于测试微生物抗泛碱剂在水泥基材料模拟孔隙溶液中的Ca(OH)2转化率，并以此为指标表示微生物抗泛碱剂的矿化能力。

**2** Ca(OH)2转化率及Ca(OH)2转化率比测试所用仪器应符合下列规定：

1）高压灭菌锅：高压灭菌锅应符合现行国家标准《大型蒸汽灭菌器技术要求 自动控制型》GB 8599的规定。

2）恒温振荡培养箱：恒温振荡培养箱应符合现行国家标准《环境试验仪器及设备安全规范 第13部分：振荡器、振荡恒温水槽和振荡恒温培养箱》GB/T 32710.13的规定。

3）天平：称量10 g，精度0.001g；

4）秒表。

**3** Ca(OH)2转化率试验按照下列步骤进行：

1）水泥基材料模拟孔隙溶液配置：化学成分详见表A.3.1。

**表A.3.1 水泥基材料模拟孔隙溶液**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 化学成分 | Ca(OH)2 | NaOH | KOH | K2SO4 |
| 含量（mol/L） | 0.002 | 0.25 | 0.54 | 0.003 |

2）矿化模拟溶液配置及灭菌：将250 mL水泥基材料模拟孔隙溶液和1.2g Ca(OH)2粉磨加入锥形瓶中配置成矿化模拟溶液，置于高压灭菌锅中灭菌，灭菌温度为121±1℃，灭菌时间为25 min；将灭菌后的溶液冷却至室温待用；

3）矿化模拟及沉淀物质获取：称取2.5g微生物抗泛碱剂放入灭菌后的矿化模拟溶液中，混合均匀后置于恒温振荡培养箱，于30±1℃、170±3rpm条件下培养3d，过滤、洗涤、烘干收集沉淀物质。

4）称取0.1g沉淀物质置于250mL锥形瓶中，加入25mL蒸馏水和15mL甲醇，用0.5mol/L的EDTA四钠盐标准溶液滴定，以钙指示剂由酒红色变为天蓝色为第一终点，标记此时消耗体积*V1*；

5）向锥形瓶中加入体积比盐酸溶液（1+1）5mL，振荡摇匀5min后加入4mL 200g/L NaOH溶液摇匀，使用EDTA四钠盐标准溶液滴定至指示剂变色，记录消耗体积*V2*。

**4** Ca(OH)2转化率计算方法：

 $T\_{Ca(OH)\_{2}}=\frac{V\_{2}-V\_{1}}{V\_{1}}×100\% $ （A.3.1-1）

式中，$T\_{Ca(OH)\_{2}}$——氢氧化钙转化率（%）；

 *V1*——滴定Ca(OH)2消耗的EDTA体积（mL）；

 *V2* ——滴定CaCO3消耗的EDTA体积（mL）；

**5** 在矿化模拟溶液中掺入推荐掺量的颜料或化学外加剂，灭菌后参照A.3.1第三条进行模拟矿化试验并提取沉淀物质计算Ca(OH)2转化率$T\_{Ca(OH)\_{2}}^{'}$，Ca(OH)2转化率比*RT*计算方法：

$R\_{T}=\frac{T\_{Ca(OH)\_{2}}^{'}}{T\_{Ca(OH)\_{2}}}×100\%$ （A.3.1-2）

**6** 以三个试验测得矿化能力的算术平均值作为最终测定的微生物抗泛碱剂矿化能力测定值。当最大值或最小值与中间值之差超过中间值的10%时，应剔除此值，再取其余两值的平均值作为测定值；当最大值和最小值均超过中间值的10%时，应取中间值作为测定值。

**条文说明**：本条规定了微生物抗泛碱剂矿化能力的试验方法。微生物抗泛碱剂是通过微生物诱导碳酸盐沉积实现水泥基材料抗泛碱功能，因此,为保证微生物抗泛碱剂的作用效果，需对其矿化能力进行检测；此外，高度还原了微生物抗泛碱剂在水泥基材料中的矿化环境，采用微生物抗泛碱剂在水泥基材料模拟孔隙溶液中的矿化产物生成量进行表征。本方法采用了甲醇-水体系测试混合物中碳酸钙和氢氧化钙的比例，当甲醇与水的比例为0.2~0.6时，甲醇可以有效抑制碳酸钙的干扰，精确的测试出混合物中Ca(OH)2的含量，再通过加酸方式进一步滴定出CaCO3在混合物中的含量，方法精确。另外，对于水泥基材料可能涉及的颜料和化学外加剂，掺入后不能影响微生物抗泛碱剂的作用效果，因此采用Ca(OH)2转化率比表征颜料和化学外加剂对微生物抗泛碱剂作用效果的影响，确保水泥基材料性能的稳定。

**A.3.2** 作用深度试验方法

**1** 本方法适用于测定混凝土中微生物抗泛碱剂的作用深度。

**2** 作用深度测试所用仪器应符合下列规定：

1）搅拌机：混凝土搅拌机应符合现行国家标准《混凝土搅拌机》GB/T9142的规定。

2）钢板尺，秒表。

**3** 作用深度的测试步骤为：

1）试件制备：按照本规程第5章的规定制备掺用微生物抗泛碱剂的棱柱体混凝土试件，应以3块为一组，试件尺寸宜为100mm×100mm×300mm；

2）试件预处理：拆模后的试件，除应留下一个或相对的两个侧面外，其余表面应采用加热的石蜡予以密封，然后应在暴露面上沿长度方向用铅笔以10mm间距画出平行线，作为预定作用深度测试点；

3）试件养护：试件宜在28d龄期进行作用深度试验，作用深度的试件应在20±2℃，相对湿度60%~75%条件下养护；

4）试件劈裂：棱柱体试件应通过在压力试验机上的劈裂法或者用干锯法从一端中心线开始破型；

5）试剂喷涂：应将切除所得的试件部分刷去断面上残存的粉末，然后应喷上（或滴上）浓度为1%的酚酞酒精溶液（酒精溶液含20%的蒸馏水）。约经30s后，应按原先标划的每10mm一个测量点用钢板尺测出各点作用深度。当测点处的作用分界线上刚好嵌有粗骨料颗粒，可取该颗粒两侧处作用深度的算数平均值作为该点的深度值。作用深度测量应精确至0.1mm。

**4** 试验结果及处理方法为：

1）微生物抗泛碱剂在混凝土中平均作用深度应按下式计算：

 $\overbar{d}\_{t}=\frac{1}{n}\sum\_{i=1}^{n}d\_{i} $ （A.3.2-1）

式中：$\overbar{d}\_{t}$——试件矿化28d后的平均作用深度（mm），精确至0.1mm；

*di*——各测点的作用深度（mm）；

*n* ——测点总数。

2） 每组应以3个试件作用深度算数平均值作为该组混凝土试件微生物抗泛碱剂作用深度测定值。当最大值或最小值与中间值之差超过中间值的10%时，应剔除此值，再取其余两值的平均值作为测定值；当最大值和最小值均超过中间值的10%时，应取中间值作为测定值。

**条文说明**：本条规定了微生物抗泛碱作用深度的测试方法。微生物抗泛碱剂是将水泥基材料中氢氧化钙转化为碳酸钙，增强表层孔隙结构，减少钙离子迁移，从而达到抑制水泥基材料抗泛碱的目的。根据Isgor、乔永平等人的研究结果，混凝土中CO2的传输与环境的相对湿度密切相关。在相同的条件下，相对湿度过高会降低CO2传输系数；当环境的相对湿度较低时，反应所需的水量不足，矿化速率相对较慢。研究表明，当相对湿度为60％-75％时，更有利于矿化的进行。对于钢筋混凝土，微生物抗泛碱剂直接影响钢筋保护层厚度，因此，需要对微生物抗泛碱剂的作用深度进行表征，在保证掺用微生物抗泛碱剂混凝土的外观美学性质以外，不能影响钢筋防护性能，保证混凝土服役环境下的耐久性。

**A.3.3** 微生物抗泛碱剂的有效活菌数试验方法按照现行国家标准《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》GB4789.2的规定执行。

**条文说明**：本条规定了微生物抗泛碱的有效活菌数试验方法。微生物抗泛碱剂是基于微生物矿化技术的生物外加剂。微生物的数量和活性是影响混凝土抗泛碱性能的主要因素，需要对微生物抗泛碱剂中有效活菌数进行测定。微生物抗泛碱剂的有效活菌数测定的试验方法、试验步骤和试验结果按照现行国家标准《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》GB4789.2的规定执行。

**A.3.4** 微生物抗泛碱剂润湿时间的试验方法按照现行国家标准《农药可湿性粉剂润湿性测定方法》GB/T5451的规定执行。

**条文说明**：本条规定了微生物抗泛碱剂润湿时间的试验方法。微生物抗泛碱剂润湿时间越短，其润湿性越好，越容易在水中均匀分散。润湿时间越长，润湿性越差，越不易在水中分散，从而导致搅拌时间的延长。因此需测定微生物抗泛碱剂的润湿时间，以满足搅拌时间的要求。润湿时间测定的试验方法、试验步骤和试验结果按照现行国家标准《农药可湿性粉剂润湿性测定方法》GB/T5451执行。

**A.3.5** 微生物抗泛碱剂的含水率、细度、氯离子含量、硫酸根离子含量和总碱含量试验方法按照现行国家标准《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB/T8077的规定执行。

**条文说明**：本条规定了微生物抗泛碱剂的含水率、细度、氯离子含量、硫酸根离子含量和总碱含量试验方法。微生物抗泛碱剂的含水率会对配合比造成扰动。细度影响其润湿性能。氯离子含量、硫酸根离子含量和总碱含量会直接影响掺微生物抗泛碱剂水泥基材料的工作性能、力学性能和耐久性能。因此需要对微生物抗泛碱剂的含水率、细度、氯离子含量、硫酸根离子含量和总碱含量进行测定，测定的试验方法、试验步骤和试验结果分别按照现行国家标准《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB/T8077中关于含水率、细度、氯离子含量、硫酸钠含量和总碱量测试的有关规定执行。

# 附录B 掺用微生物抗泛碱剂水泥基材料的抗泛碱性能试验方法

**B.1 适用范围**

**B.1.1** 本方法规定了掺用微生物抗泛碱剂水泥基材料抗泛碱性能的试验方法。

条文说明：本条规定了本方法的适用范围。本方法适用于掺用微生物抗泛碱剂水泥基材料的抗泛碱性能检验。

**B.1.2** 当本方法与国家法律、行政法规的规定相抵触时，应按国家法律、行政法规的规定执行。

**B.2 试验的基本要求**

**B.2.1** 本方法所用的水为蒸馏水或同等纯度的水。

**B.2.2** 本方法所用的化学试剂除特别注明外，均为分析纯化学试剂。

**B.3 试验方法**

**B.3.1** 加速泛碱试验方法

**1** 本方法适用于掺用微生物抗泛碱剂的水泥基材料试件的加速泛碱处理，将处理后试件用于抗泛碱性能的表征。

**2** 本方法不应用于工程现场水泥基材料外观质量检验。

**3** 加速泛碱试验所用砂浆搅拌机和混凝土搅拌机应符合现行国家标准《试验用砂浆搅拌机》JG/T3033和《混凝土搅拌机》GB/T9142的规定。

**4** 砂浆加速泛碱试验方法按照下列步骤进行：

1）按照本规程第5章的规定制备掺用微生物抗泛碱剂的砂浆试件，应以6块为一组，试件尺寸宜为300mm×300mm×30mm；

2）砂浆试件应在20±2℃，相对湿度60%~75%条件下养护；

3）取养护1d的试件3块，完全浸水8h后取出在通风环境晾至表干测试1d泛碱面积率；取养护7d的试件3块，完全浸水24h后在通风环境干燥至表干测试7d泛碱面积率。

**5** 混凝土加速泛碱试验方法按照下列步骤进行：

1）按照本规程第5章的规定制备掺用微生物抗泛碱剂的混凝土试件，应以3块为一组，试件尺寸宜为300mm×300mm×100mm；

2）混凝土试件应在20±2℃，相对湿度60%~75%条件下养护；

3）养护7d后取出试件，完全浸水14h后取出置于通风环境10h，重复7次后测试泛碱面积率。

**条文说明**：本条规定了掺用微生物抗泛碱剂水泥基材料加速泛碱的试验方法。为缩短实验室抗泛碱性能的测试周期，采用加速泛碱试验方法对试件进行处理。水泥基材料泛碱现象主要是由于水泥水化产生的Ca(OH)2随孔隙水迁移至表面，与空气中CO2反应生成的CaCO3造成的，试件完全浸水后吸水饱和，自由水含量增加，在表面晾干过程中会加速Ca(OH)2随孔隙水向外迁移，从而加速泛碱现象产生。

**B.3.2** 图像采集方法

**1** 本方法适用于水泥基材料表面图像采集，采集的图像信息用于泛碱面积率和泛碱均匀度的计算。

**2** 图像采集所有设备应满足下列规定：

1）图像采集所用无人机应配置导航装置、触发装置和图像采集装置，有效像素应大于2000万，无人机的功能要求除应满足我国现行标准规范《无人机航摄安全作业基本要求》CH/Z 3001、《低空数字航空摄影规范》CH/Z 3005和《电磁兼容 试验和测量技术》GB/T 17626的要求外，还需满足可实现外观质量采集的要求；

2）图像采集用轨道式扫描仪扫描精度应高于600dpi，且达到该精度的最快扫描速度不低于6cm/s；

3）图像采集用数码相机有效像素应大于2000万；

4）实验室内砂浆或混凝土试件表面图像采集宜使用扫描仪或数码相机，现场砂浆或混凝土表面图像采集宜使用无人机或扫描仪。

**3** 每幅图像采集区域不宜大于5m×5m，对于拍照采集的方式，摄像头与清水混凝土表面的垂直距离不宜大于5m；

**条文说明**：本条规定了水泥基材料图像采集方法。对于实验室条件下泛碱面积率和泛碱均匀度的测试，宜采用扫描仪或数码相机，对于现场检验的图像采集，宜选用无人机或扫描仪。对于采集图像的要求，在图像采集分辨率不变的情况下，每幅图像采集区域越小则图像中对于细节的还原越好，但每幅图像采集区域过小会导致图像采集效率过低。根据工程现场图像采集经验，在每幅图像采集区域不大于5m×5m时，可以较好的还原水泥基材料外观质量细节，同时能保证较高的图像采集效率。对于拍照采集的方式，摄像头与清水混凝土表面的垂直距离过大易造成图像边缘失真变形。

**B.3.3** 泛碱面积率测试方法

**1** 本方法适用于水泥基材料泛碱面积率的计算，为砂浆和混凝土的设计和现场质量验收提供评价标准。

**2** 泛碱面积率的测试计算按下列步骤进行：

1）同屏采集色号为RAL9010的劳尔色卡和待测水泥基材料外观图像；

2）通过Image-J软件将图像转换为仅存在灰度变化的黑白图像；

3）通过Image-J软件读取RAL9010色卡灰度值G，统计待测水泥基材料表面灰度值小于G的区域面积*AE*和待测水泥基材料表面的总面积*A0*。

4）泛碱面积率按下式进行计算：

$E\_{a}=\frac{A\_{E}}{A\_{0}}×100\%$ （B.3.3-1）

式中：*Ea*——泛碱面积率（%）；

 *AE*——待测表面二值化图像中灰度值小于G的区域面积（像素）；

 *A0*——待测表面二值化图像的总面积（像素）。

**3** 以三个试验测得泛碱面积率的算术平均值作为最终测定的泛碱面积率测定值。当最大值或最小值与中间值之差超过中间值的10%时，应剔除此值，再取其余两值的平均值作为测定值；当最大值和最小值均超过中间值的10%时，应取中间值作为测定值。

**条文说明**：本条规定了水泥基材料表面泛碱面积率的测试计算方法。根据实验室对产生泛碱现象的水泥基材料的观察对比，色号为RAL9010的劳尔色卡可用于表征泛碱区域的颜色，因此将其与待测水泥基材料表面的图像同屏采集，并以该色卡灰度值为阈值进行图像处理，确定水泥基材料的泛碱区域。

**B.3.4** 泛碱均匀度测试方法

**1** 本方法适用于现场水泥基材料泛碱均匀度的计算，为砂浆和混凝土的质量验收提供评价标准。

**2** 泛碱均匀度测试按下列步骤进行：

1）按B.3.2中方法对现场采集图像进行处理；

2）图像区域划分，对每个图像区域的泛碱面积进行计算，各个区域的泛碱面积率用*Eai*（*i*=1~10）表示；



图B.3.4 图像区域划分方法

**3** 试验结果及处理方法：

 $E\_{u}=\sqrt{\frac{\sum\_{i=1}^{10}(E\_{ai}-\overline{E\_{a}})^{2}}{10}}×100\%$ （B.3.4-1）

 $\overline{E\_{a}}=\frac{\sum\_{i=1}^{10}E\_{ai}}{10}$ （B.3.4-2）

式中：*Eu*——泛碱均匀度（%）；

*Eai*——*i*区域的泛碱面积率（%）；

$\overline{E\_{a}}$——各个区域泛碱面积率的平均值（%）。

**4** 以三个试验测得泛碱均匀度的算术平均值作为最终测定的泛碱均匀度测定值。当最大值或最小值与中间值之差超过中间值的10%时，应剔除此值，再取其余两值的平均值作为测定值；当最大值和最小值均超过中间值的10%时，应取中间值作为测定值。

**条文说明**：本条规定了水泥基材料表面泛碱均匀度的测试计算方法。实验室和现场观察表明，当水泥基材料表面泛碱面积率控制在较低水平时，泛碱面积分布的离散程度是影响外观视觉效果的另一重要特征，集中分布的泛碱面积会使水泥基材料外观美学效果显著下降。因此，采用五个视觉方向上泛碱面积率的标准差表示不同方向图像块内泛碱面积率相差的程度，即如果图像泛碱面积率在五个方向上分布的都比较均匀, 那么这个样本集合中的数据相互偏离程度就会较小, 即可认为整幅图像内的泛碱面积率分布比较均匀。

**B.3.5** 对于实验室试配，在规定龄期采用B.3.1加速泛碱方法，使用B.3.2图像采集方法，根据 B.3.3泛碱面积率计算方法测试砂浆和混凝土抗泛碱性能；对于现场工程质量验收，使用B.3.2图像采集方法，根据 B.3.3泛碱面积率计算方法和B.3.4泛碱均匀度测试方法测试砂浆和混凝土抗泛碱性能。

**条文说明**：本条规定了抗泛碱性能检测的适用范围。对于实验室适配，为减少试验周期，故采用加速泛碱的方法检验微生物抗泛碱剂的作用效果，本方法不适用于现场外观质量的检验。对于现场工程质量的验收，通过现场图像采集、处理、计算和评价对水泥基材料外观质量进行检验。

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** 条文中指明应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

1. 《混凝土外加剂中释放氨的限量》GB18588
2. 《食品安全国家标准 急性经口毒性试验》GB15193.3
3. 《化学品 急性经口毒性试验方法》GB/T21603
4. 《混凝土结构设计规范》GB50010
5. 《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T50476
6. 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204
7. 《水运工程混凝土质量控制标准》JTS202
8. 《混凝土质量控制标准》GB50164
9. 《预拌砂浆》GB/T25181
10. 《混凝土外加剂应用技术规范》GB50119
11. 《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB/T 8077
12. 《混凝土外加剂》GB8076
13. 《均匀色空间和色差公式》GB/T7921
14. 《包装用塑料复合膜、袋干法复合、挤出复合》GB/T 10004
15. 《食品包装用塑料与铝箔复合膜、袋》GB/T 28118
16. 《包装储运图示标志》GB/T 191
17. 《氧化铁颜料》GB/T1863
18. 《氧化铬绿颜料》GB/T20785
19. 《混凝土和砂浆用颜料及其试验方法》JC/T539
20. 《通用硅酸盐水泥》GB 175
21. 《白色硅酸盐水泥》GB/T 2015
22. 《彩色硅酸盐水泥》JC/T870
23. 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596
24. 《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690
25. 《用于水泥、砂浆和混凝土中的石灰石粉》GB/T 35164
26. 《混凝土和砂浆用天然沸石粉》JG/T566
27. 《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003
28. 《粉煤灰混凝土应用技术规范》GB/T 50146
29. 《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046
30. 《石灰石粉混凝土》GB/T 30190
31. 《石灰石粉在混凝土中应用技术规程》JGJ/T 318
32. 《建设用卵石、碎石》GB/T 14685
33. 《建设用砂》GB/T 14684
34. 《玻璃纤维增强水泥（GRC）制品》JC/T940
35. 《清水混凝土应用技术规程》JGJ169
36. 《轻集料及其试验方法 第1部分：轻集料》GB/T17431.1
37. 《轻骨料混凝土应用技术标准》JGJ/T12
38. 《混凝土用再生粗骨料》GB/T25177
39. 《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T25176
40. 《再生骨料应用技术规程》JGJ/T240
41. 《混凝土用水标准》JG J63
42. 《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》GB/T21120
43. 《水泥混凝土和砂浆用短切玄武岩纤维》GB/T23265
44. 《水泥混凝土和砂浆用耐碱玻璃纤维》GB/T38143
45. 《玻璃纤维无捻粗纱》GB/T 18369
46. 《短切玄武岩无捻粗纱》GB/T 25045
47. 《玻璃纤维网格布》JC/T841
48. 《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T221
49. 《玻璃纤维增强水泥（GRC）建筑应用技术规程》JGJ/T413
50. 《公路工程水泥混凝土用纤维》JT/T524
51. 《砌筑砂浆配合比设计规程》JGJ/T98
52. 《抹灰砂浆技术规程》JGJ/T220
53. 《墙体饰面砂浆》JC/T1024
54. 《玻璃纤维增强水泥外墙板》JC/T1057
55. 《修补砂浆》JC/T2381
56. 《陶瓷砖填缝剂》JC/T1004
57. 《陶瓷砖胶粘剂》JC/T547
58. 《蒸压加气混凝土墙体专用砂浆》JC/T890
59. 《地面用水泥基自流平砂浆》JC/T985
60. 《建筑用干混地面砂浆》JC/T2457
61. 《建筑用找平砂浆》JC/T2326
62. 《挤塑聚苯板薄抹灰外墙外保温系统用砂浆》JC/T2084
63. 《预拌砂浆应用技术规程》JGJ/T223
64. 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55
65. 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T50080
66. 《预拌混凝土》GB/T14902
67. 《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T50081
68. 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T50082
69. 《混凝土结构工程施工规范》GB50666
70. 《大体积混凝土施工标准》GB50496
71. 《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T10
72. 《水工混凝土施工规范》DL/T5144
73. 《水工混凝土施工规范》SL677
74. 《铁路混凝土》TB/T3275
75. 《公路桥涵施工技术规范》JTG/TF50
76. 《砌墙砖试验方法》GB/T2542
77. 《墙体饰面砂浆应用技术规程》DGJ32/TJ183
78. 《建筑装饰装修工程施工质量验收规范》GB50210
79. 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300
80. 《大型蒸汽灭菌器技术要求 自动控制型》GB8599
81. 《环境试验仪器及设备安全规范 第13部分：振荡器、振荡恒温水槽和振荡恒温培养箱》GB/T 32710.13
82. 《混凝土搅拌机》GB/T9142
83. 《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》GB4789.2
84. 《农药可湿性粉剂润湿性测定方法》GB/T5451
85. 《试验用砂浆搅拌机》JG/T3033
86. 《无人机航摄安全作业基本要求》CH/Z 3001
87. 《低空数字航空摄影规范》CH/Z 3005
88. 《电磁兼容 试验和测量技术》GB/T 17626