

中国建筑材料协会标准  
《用于水泥和混凝土的偏高岭土基混合材料》

编制说明

《标准编制工作组》

中国中材国际工程股份有限公司  
国检测试控股集团北京有限公司  
天津水泥工业设计研究院有限公司

2024年8月

# 目 录

一、工作简况 .....	1
1.1 任务来源 .....	1
1.2 制定目的 .....	1
1.3 水泥和混凝土用高岭土及偏高岭土相关标准调研 .....	2
1.4 编制单位及人员 .....	7
1.5 任务分工 .....	8
1.6 主要的工作过程 .....	9
二、标准编制原则和主要内容 .....	11
2.1 标准编制原则 .....	11
2.2 标准主要内容 .....	11
<b>2.25.1 分类</b> .....	13
三、主要指标验证情况 .....	17
3.1 验证试验样品提供单位 .....	17
3.2 验证结果与分析 .....	18
3.3 试验指标的合格率 .....	25
四、标准中涉及专利的知识产权说明 .....	26
五、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果 .....	27

六、采用国际标准和国外同类先进标准情况 .....	27
七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性.....	27
八、标准性质的建议说明.....	29
九、贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法、实施日期等）..	29
十、废止现行相关标准的建议 .....	29
十一、其他应予说明的事项 .....	30

# 《用于水泥和混凝土的偏高岭土基混合材料》

## 中国建筑材料协会标准编制说明

### 一、工作简况

#### 1.1 任务来源

根据中国建筑材料联合会文件：中建材联标发【2019】51号关于下达2019年第二批协会标准制定计划的通知，《用于水泥和混凝土的偏高岭土基混合材料》中国建筑材料协会标准被批准立项，计划号为2019-37-xbjh。该标准由中国建筑材料联合会归口管理，由中国中材国际工程股份有限公司和国检测控股集团北京有限公司、天津水泥工业设计院有限公司共同负责起草，并牵头组织相关单位共同完成。

#### 1.2 制定目的和意义

开发和应用高性能的辅助胶凝材料(supplementary cementitious materials，以下简称 SCM)大掺量替代水泥和熟料是国际上公认的水泥和混凝土行业低碳发展最重要的技术途径之一。高岭石等粘土质矿物经适宜温度煅烧后形成的偏高岭土具有非常好的火山灰活性，且来源广泛，被国际水泥行业认为是大掺量替代熟料的首选的材料之一，可在保证水泥和混凝土强度的前提下，显著降低单位水泥产品的碳排放强度。其中典型代表是石灰石煅烧黏土水泥(Limestone Calcined Clay Cement, LC<sup>3</sup>)，即 LC<sup>3</sup>水泥，LC<sup>3</sup>来源于瑞士联邦理工学院(洛桑)的研究，是一种由石灰石、煅烧黏土(以偏高岭土为主要活性组分)、石膏和熟料组成的水泥。在 LC<sup>3</sup>中，石灰石与煅烧黏土会发生反应生成碳铝酸盐水合物，促进水泥水化，水化产物随着煅烧黏土掺量的增加而增加，熟料替代率高达50%时，LC<sup>3</sup>的各项性能仍不逊色于普通硅酸盐水泥。目前在古巴、印度、尼日利亚、巴基斯坦、尼泊尔等发展中国家已有石灰石煅烧黏土水泥的工业化生产和工程应用报道。中材国际对国内外粘土质矿物类型、性质、分布、储量、生产企业进行了调研和整理，并从矿产资源的储量情况、特性、应用现状等方面分析其作为低碳水泥资源面临的机遇及供给潜力，对 SCM进行了全面的研究。

我国“十三五”国家重点研发计划项目“新型低碳水泥高效制备关键技术与装备研发及国际示范(2016YFE0206100)”的研究成果表明，以高岭土选矿尾矿制备的偏高岭土基混合材料替代熟料45%(即熟料系数0.50)时，制备的新型低碳复合水泥28天强度仍与PI型硅酸盐水泥强度等级相当。同时大量前沿研究表明，偏高岭土单独或与石灰石复合后在熟料水化产生的氢氧

化钙作用下，可发生火山灰反应和碳铝酸盐反应，水化产物可显著提高水泥石密实度，因此具有提高水泥和混凝土的强度和耐久性的作用。

2020年9月22日，习近平主席在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话：“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取在2060年前实现碳中和”。2021年2月国务院印发了《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》。2021年11月发布了《中共中央国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》，提出的“深入打好蓝天保卫战”、“深入打好碧水保卫战”、“深入打好净土保卫战”、“切实维护生态环境安全”的大政方针。

为推动我国低碳新材料尽快推广应用，切实落实党中央、国家的大政方针和政策，拟制订“用于水泥和混凝土的偏高岭土基混合材料”标准，对促进我国水泥行业供给侧改革、推动水泥和混凝土行业的材料技术提升和低碳化发展有重要的意义，该标准的制订是非常必要和迫切的。

### 1.3 水泥和混凝土用高岭土及偏高岭土相关标准调研

#### 1.3.1 现有相关标准梳理

1. GB/T 14563-2020 高岭土及其试验方法，中国高岭土公司主编。

该标准为非金属矿产品标准，不适用于水泥混凝土行业。

2. JC/T 2098-2012 高岭土术语和定义，国家非金属矿制品质量监督检验中心主编。

该标准为非金属矿物行业的术语和定义标准，“偏高岭土”和“煅烧高岭土”术语可以引用，但不能指导水泥和混凝土用偏高岭土基混合材料的生产和应用。

3. JC/T2370-2016 精细高岭土，中国高岭土公司主编

本标准为高纯高岭土作为填料用于精细化工行业的标准，不适用于水泥混凝土行业。

4. JG/T486-2015 混凝土用复合掺合料，中国建筑科学研究院主编。

该标准内容是以粉煤灰、矿渣粉、硅灰、石灰石粉等各类粉状材料为原料，经混合粉磨而成的一种粉状复合材料，与偏高岭土基混合材料的技术路线完全不同，不适用于偏高岭土基混合材料。

5. JG/T 315-2011 水泥砂浆和混凝土用天然火山灰质材料，中国建筑材料科学研究总院主编。

该标准不涉及人工火山灰质材料，不适用于偏高岭土基混合材料。

6. GB/T 2847-2022 用于水泥中的火山灰质混合材料，中国建筑材料科学研究总院主编。

该标准包含人工火山灰质材料，虽然包含烧粘土和煤矸石，但与本“用于水泥和混凝土的偏

高岭土基混合材料”标准中的辅助胶凝材料机理完全不同，一是煅烧温度不同；二是组成不同，本“用于水泥和混凝土的偏高岭土基混合材料”标准中包含了未经煅烧的石灰石粉，而 GB/T 2847-2022 中未包含低碳内容；三是活性指标不同，GB/T 2847-2005 中水泥胶砂 28 天抗压强度比为不低于 60%，而本“用于水泥和混凝土的偏高岭土基混合材料”标准中的材料活性有更高的要求。

#### 1.4 偏高岭土基辅助胶凝材料国内外研究进展

开发和应用高性能的 SCM 材料大掺量替代水泥和熟料是国际上公认的水泥和混凝土行业低碳发展最重要的技术途径之一，以高岭石为代表的粘土矿物经煅烧后产生的偏高岭土相比于粉煤灰和磨细矿渣粉具有更高的火山灰活性，可显著提高熟料替代量，预测该技术对水泥工业 2050 总碳排放降低的贡献率为 37%<sup>[1]</sup>。煅烧粘土水泥已经成为国际水泥工业节能减排和低碳发展的研究热点方向<sup>[2-6]</sup>。国际上，瑞士洛桑理工学院牵头<sup>[7]</sup>，对低碳水泥用适宜粘土资源的优选、作用机理与评价方法展开了研究，对适宜煅烧粘土水泥技术使用的粘土类型、优选参数进行了明确，选择可能含有至少 40%高岭石粘土矿物的合适高岭石型粘土，优选参数为： $Al_2O_3 > 18.0\%$ ， $Al/Si > 0.30$ ，烧失量  $> 7.0\%$ ， $Na_2O_{eq} < 3.0$ 。基于这项工作，中材国际<sup>[8]</sup>对国内外粘土质矿物类型、性质、分布、储量、生产企业进行了调研和整理，并从矿产资源的储量情况、特性、应用现状等方面分析其作为低碳粘土质资源面临的机遇及供给潜力。黏土在世界范围内拥有丰富的资源，在用作 SCM 材料时表现出巨大的潜力；另一方面，与粉煤灰和矿渣相比，煅烧黏土的化学成分变化较小，因此，与煅烧黏土混合的产品的性能更可预测和可控。研究表明，在煅烧黏土混合水泥中，在不影响性能的情况下，煅烧黏土的最大替代率约为 30%。而 LC<sup>3</sup> 系统则允许更高水平的熟料替代率，可以达到 50%或更多<sup>[9-10]</sup>，并且被认为更环保和成本竞争力<sup>[11]</sup>。虽然有研究表明使用煅烧黏土作为 SCM 材料通常会降低用它们制成的砂浆和混凝土的可加工性（如工作性和易性降低、混凝土混合物需水量高、强度发展滞后），但随着高效聚羧酸减水剂的应用，煅烧黏土作为 SCM 材料在水泥基建筑材料中的应用也显现出明显的效益<sup>[12]</sup>。

与回转窑煅烧相比，悬浮预热煅烧拥有产量大、占地面积小、能耗低、产品工作性好等优势，国内外有关研究人员和公司在高岭土悬浮煅烧方面做了很多的探索和开发性工作，如蒂森克努伯，FL.Smidth 等公司开发了带热风炉的闪烧工艺，中国中材国际工程股份有限公司<sup>[13]</sup>在非煤系高岭土的悬浮煅烧的研究方面做了很多的工作，如承担了科技部《新型低碳水泥高效制备关键技术与

装备研发及国际应用示范》项目、进行了 600t/d 粘土矿的工业试烧工作，生产的煅烧粘土产品完成了 LC<sup>3</sup> 水泥的试制和工业应用<sup>[4]</sup>。天津水泥工业设计研究院有限公司主持设计了 1350t/d 悬浮煅烧高岭土工艺设计，2022 年在焦作正式投产运行，是目前世界上最大的悬浮煅烧粘土示范线。

印度德里理工学院与印度 JK-LAKSHMI 水泥公司合作完成了煅烧黏土水泥纤维增强混凝土步道应用示范；古巴拉斯维亚斯中央大学组织完成了新型低碳水泥小型混凝土空心砌块生产和其民用建筑外墙建设工程中的应用。中国中材国际工程股份有限公司完成了超高性能混凝土(UHPC)干混料的生产 and 预制构件应用工作，并在北京中关村会议中心内墙装饰工程中应用。江苏苏博特新材料股份有限公司与江苏美赞建材科技有限公司共同开展了新型低碳水泥混凝土制备可泵送 C40 商品混凝土研究工作，并在民用混凝土现浇工程上应用。

综上所述可知，以偏高岭土基混合材料制备的 LC<sup>3</sup> 新型三元系统水泥具备少熟料、高性能和低碳特性，且制备偏高岭土基混合材料所需的适宜的黏土原料在全球具有广泛来源和可观储量，可以满足广大发展中国家的基础建设对水泥产能扩大的需要。面对全球温室气体排放总量控制目标和双碳减排需求，未来偏高岭土基混合材料的广泛使用对全球水泥工业的碳排放降低将发挥重要作用。从经济方面考虑，偏高岭土基混合材料作为 SCM 在水泥基建筑材料中的应用也显示出明显效益。

## 1.5 编制单位及人员

为顺利完成标准制定任务，中国中材国际工程股份有限公司牵头成立了《用于水泥和混凝土的偏高岭土基混合材料》中国建筑材料协会标准编制组。

本文件负责起草单位：中国中材国际工程股份有限公司、国检测试控股集团北京有限公司、天津水泥工业设计研究院有限公司、东方雨虹民用建材有限责任公司、江苏苏博特新材料股份有限公司、焦作市华岩新材料科技有限公司、内蒙古超牌新材料股份有限公司等。

本标准的主要起草人包括：隋同波、张利俊、韩辉、王彬、于诚、杜江、董爱芳、林莉、彭学平、谢志英、马娇媚、王秀龙、代中元、李帅帅、黄雄、李贞、张菊红、许龙旭等。

## 1.6 任务分工

参编单位分工如表 1 所示：

表 1 参编单位任务分工

序号	单位名称	参编人员	工作任务
----	------	------	------

1	中国中材国际工程股份有限公司	隋同波、林莉	组织、协调和主持标准编制，承担验证试验
2	国检测试控股集团北京有限公司	张利俊、杜江	参与标准编制和文本修改
3	天津水泥工业设计研究院有限公司	韩辉、彭学平、马娇媚、王秀龙、谢志英、代中元、李帅帅、黄雄、许龙旭	参与标准编制和文本修改，承担部分试验工作
4	东方雨虹民用建材有限责任公司	王彬	参与标准编制和文本修改
5	江苏苏博特新材料股份有限公司	于诚、李贞	提供样品，参与标准编制
6	焦作市华岩新材料科技有限公司	董爱芳、张菊红	提供样品，参与标准编制
7	内蒙古超牌新材料股份有限公司	林炼	提供样品，参与标准编制

### 1.7 主要的工作过程

为顺利完成标准制定任务，中国中材国际工程股份有限公司牵头成立了《用于水泥和混凝土的偏高岭土基混合材料》中国建筑材料协会标准编制组。标准编制组涵盖了国内主要偏高岭土基混合材料的生产企业、应用企业、建材设计院、检测单位等，具有广泛的代表性。

#### 1) 标准启动

2022年12月6日，由中国中材国际工程股份有限公司牵头组织的《用于水泥和混凝土的偏高岭土基混合材料》中国建筑材料协会标准启动会在北京成功召开（图1）。会议成立了标准编制起草组，各参编单位相关负责人共计20余人出席会议。中国中材国际工程股份有限公司隋同波教授级高级工程师详细地分析了用于水泥和混凝土的偏高岭土基混合材料的前景和意义，重点说明了用于水泥和混凝土的偏高岭土基混合材料发展、组成、性能及环保和经济效益。天津水泥工业设计研究院有限公司韩辉高级工程师对《用于水泥和混凝土的偏高岭土基混合材料》的标准立项情况和主要内容进行了汇报。国检测试控股集团北京有限公司张利俊教授级高级工程师对标准草稿内容发表了修改意见。通过本次启动会，编制组对《用于水泥和混凝土的偏高岭土基混合材料》中国建筑材料协会标准的内容框架统一了意见，确定了该标准的主要组成部分及关键技术指标，并对标准验证试验进行了分工。

#### 2) 标准第二次研讨会

2023年8月20日，由中国中材国际工程股份有限公司牵头，以视频会议形式与各试验单位讨论《用于水泥和混凝土的偏高岭土基混合材料》标准验证情况。天津水泥工业设计研究院有限公司韩辉高级工程师对标准的验证试验进行汇报，考虑新增河南亿水源净水材料科技有限公司年产40万吨悬浮煅烧的偏高岭土样品的验证试验。东方雨虹民用建材有限责任公司王彬高级工程



师和江苏苏博特新材料股份有限公司于诚高级工程师对各自试验情况进行汇报。中国中材国际工程股份有限公司隋同波副总裁对验证试验进行了分析总结，并对下一步工作进行部署，要求新增的悬浮煅烧样品的验证试验要从服务工程实际出发，使本标准发挥最大的价值。



图1 《用于水泥和混凝土的偏高岭土基混合材料》中国建筑材料协会标准启动会

### 3) 标准第三次研讨会

2024年3月28日，由中国中材国际工程股份有限公司牵头组织的《用于水泥和混凝土的偏高岭土基混合材料》中国建筑材料协会标准第三次研讨会在北京成功召开。各参编单位共计20余人出席。中国中材国际工程股份有限公司隋同波副总裁会议上再次强调本标准制定的重大意义，并对标准参编和验证试验情况进行介绍，并对偏高岭土基混合材料产品的生产和应用给予重大期待。韩辉教授级高工对标准验证情况进行了详细介绍，并对标准讨论稿进行诵读。各参会代表针对标准验证情况和标准草稿开展讨论。张利俊教授级高工、王彬高级工程师和于诚高级工程师等标准条文等提出了进一步的修改意见，并作出下一步工作指导。通过本次会议，汇总和讨论了各参编单位的意见，确定了标准的主要技术指标。

### 4) 标准第四次研讨会

2024年7月3日，由中国中材国际工程股份有限公司牵头组织的《用于水泥和混凝土的偏高岭土基混合材料》中国建筑材料协会标准第四次研讨会在北京成功召开（图2）。各参编单位共计10余人出席。中国中材国际工程股份有限公司隋同波副总裁会议上表示2024年五月在南京召开的第四届煅烧粘土基可持续混凝土国际会议显示偏高岭土基混合材料作是国内外建材行业碳减排的重要实现途径，因此，再次强调本标准制定的重大意义。韩辉教授级高工对向国内科研院所及生产企业返回的标准内部征求意见具体情况进行了介绍，并对标准讨论稿进行诵读。各参会代表针对标准范阔的意见开展讨论。张利俊教授级高工、王彬高级工程师和于诚高级

工程师等标准条文等提出了进一步的修改意见。通过本次会议，汇总和讨论了各参编单位和内部征求的意见，确定了标准的主要技术指标。



图2 《用于水泥和混凝土的偏高岭土基混合材料》中国建筑材料协会标准研讨会

## 二、标准编制原则和主要内容

### 2.1 标准编制原则

本标准根据 GB/T 1.1-2020 进行编制。标准的编制过程中，遵从积极采用国内外先进标准原则、技术创新原则、与其他标准协调性原则、标准文本规范性适用性原则、突出产品技术性原则。

### 2.2 标准主要内容

#### 2.2.1 范围

本文件规定了用于水泥和混凝土的偏高岭土基混合材料的术语和定义、分类与标记、原材料、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志、运输和贮存。

本文件适用于水泥和混凝土用的偏高岭土基混合材料。

#### 2.2.2 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。

(1) GB/T 176 水泥化学分析方法

引用了该标准中关于三氧化二铝、二氧化硅、三氧化硫、氯离子和总碱量等技术指标测试方法的相关内容。

(2) GB/T 1345 水泥细度检验方法 筛析法

引用了该标准中关于筛分检测方法的相关内容。

(3) GB/T 2419 水泥胶砂流动度测定方法

引用了该标准中关于水泥胶砂流动度指标的测试方法。

(4) GB 8076 混凝土外加剂

引用了该标准中关于标准型高性能减水剂指标的相关内容。

(5) GB 9774 水泥包装袋

引用了该标准中关于水泥包装袋的相关内容。

(6) GB/T 12573 水泥取样方法

引用了该标准中关于水泥取样方法的相关内容。

(7) GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法 (ISO 法)

引用了该标准中关于水泥胶砂流动度指标的测试方法。

(8) GB/T 26748 水泥助磨剂

引用了该标准中关于水泥助磨剂指标的相关内容。

(9) GB/T 35164 用于水泥、砂浆和混凝土中的石灰石粉

引用了该标准中关于石灰石粉中含泥量指标的测试方法。

### 2.2.3 术语和定义

新增 3 个与本标准密切相关的术语。

#### 1、偏高岭土

含高岭石族矿物的硬质高岭土、软质高岭土、砂质高岭土、煤系高岭土及其尾矿,经适宜温度(600~900℃)煅烧后形成的以偏高岭土为主要活性成分的材料。

本标准涉及键工艺为“煅烧”。

#### 2、偏高岭土基混合材料

以偏高岭土和石灰石为主要原料,掺加助磨剂共同粉磨,或偏高岭土粉、石灰石粉复合、均化而成的辅助胶凝材料。

#### 3、铝硅比

偏高岭土基混合材料中氧化铝和氧化硅的质量分数比。

铝硅比显著影响偏高岭土基混合材料的活性,铝硅比越高活性越好。

## 2.2.4 分类与标记

依据材料 28d 活性不同，分为 I 级和 II 级。

依据 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》编写了偏高岭土基混合材料的标记。

## 2.2.5 原材料

对主要原材料及其关键性能指标作出了规定。

## 2.2.6 技术要求

对偏高岭土基混合材料的技术指标物理和化学指标、力学性能作出了规定。

化学指标包括三氧化硫、氯离子含量、氧化铝、氧化硅、总碱量。

物理指标包括：细度。

力学性能指标：活性指数。

有可能影响人身健康的指标：放射性

表 2 偏高岭土基混合材料的技术指标

项 目	偏高岭土基混合材料	
	I	II
45 $\mu\text{m}$ 方孔筛筛余（质量分数）	$\leq 20.0\%$	
三氧化硫（质量分数）	$\leq 3.5\%$	
氧化铝（质量分数）	$\geq 30.0\%$	$\geq 15.0\%$
铝硅比（质量分数比）	$\geq 0.70$	$\geq 0.30$
28d 活性指数	$\geq 100\%$	$\geq 80\%$
氯离子（质量分数）	$\leq 0.06\%$	

总碱量按照  $\text{Na}_2\text{O}+0.658\text{K}_2\text{O}$  计算值表示。根据产品使用要求，由供需双方商定。

## 2.2.7 试验方法

### 2.2.7.1 三氧化硫、氯离子、氧化铝、氧化硅、总碱量

按 GB/T 176 进行。

### 2.2.7.2 45 $\mu\text{m}$ 方孔筛筛余

按 GB/T 1345 中的水筛法执行。

### 2.2.7.3 铝硅比

偏高岭土基混合材料的活性大小与铝的含量成正比，铝含量越高，煅烧偏高岭土的活性越好，但随着偏高岭土矿的品位不同，铝的含量也不同。

高品位高岭土类原材料煅烧后制备的混合材料的活性很高，高于 100%，铝硅比（质量分数

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/048100041113007005>