

国家标准《混凝土和砂浆用煅烧偏高岭土粉》编制说明
(征求意见稿)

《混凝土和砂浆用煅烧偏高岭土粉》国家标准编制起草组
二〇二四年四月

一、概述

1.1 任务来源

《混凝土和砂浆用煅烧偏高岭土粉》国家标准编制任务，2022年12月底由国标委以“国标委发【2022】51号”文件下达“关于下达2022年第四批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知”，任务计划号“20221710-T-609”，标准牵头起草单位中国建筑砌块协会和扬州大学，编制起草周期18个月。

1.1 标准编制的必要性

水泥工业是我国二氧化碳气体排放大户。2010年~2020年期间，我国仅水泥生产的年二氧化碳排放量已占到社会总排量约13.5%左右，吨水泥生产过程二氧化碳排放量在0.75~1.0吨的范围。因此，降低单位体积混凝土（或砂浆）中的水泥掺加量，用“碳足迹”更低的材料替代，能带来混凝土（或砂浆）明显的减排效应。

偏高岭土是一种石灰石含量低的粘土矿物，通常由高岭土成分较大原矿经低温（600℃~950℃）烧成而获取。大量的科学研究和工程实践已证明：偏高岭土在硅酸盐水泥水化的碱性环境下，具有较明显的水硬胶凝性能。而制备获取相同重量的偏高岭土，它所产生CO₂排放量不足相同重量硅酸盐水泥的1/3。因此在混凝土或砂浆中，用偏高岭土粉等量（或非等量）替代部分硅酸盐水泥，可直观地降低混凝土和砂浆的“碳足迹”。

在GB/T18736-2017《高强高性能混凝土用矿物外加剂》中，首次将偏高岭土粉与磨细矿渣粉、粉煤灰、磨细天然沸石、硅灰，并列为“矿物外加剂”，纳入该标准“管辖范围”中。但是，GB/T18736-2017标准是针对多种矿物外加剂提出的通用性要求，故所提性能要求必然要具有普遍性，即：它没有考虑按偏高岭土粉的使用性能进行分级，也没有提出“白度”指标等。

目前国内主要是在很多装饰混凝土制品（例如：人造石英石、岗石、仿石PC砖、GRC装饰制品等）制备过程中，已将偏高岭土作为一种能改善产品表面“泛碱”性能、提高制品强度，又不影响调色和色质稳定性、成型工作性能好的原材料，得到广泛应用；主要是非等量替代水泥用量（特别是白水泥的用量）。在高性能混凝土（制品）和高性能商品砂浆、超高性能混凝土（制品）、泡沫混凝土（制品）等制备过程中，也有少量掺加偏高岭土的案例。实际上，将煅烧偏高岭土粉用于混凝土或砂浆，已突破水泥混凝土“外加剂”的范畴，欧洲同行有将它归属于“第二胶凝材料”范畴的观点存在。

制定本项产品标准的目的是，就是针对目前国内偏高岭土在混凝土（制品）和砂浆应用领域，根据不同用途的特殊需求，对其进行合理的性能分级；并统一用户和生产供应商之间的检测方法，以满足混凝土行业的需要。主要根据偏高岭土“活性”和“白度”两项性能指标，进行分级----与目前市场需求、价格实际结合起来。这有利于扩大在混

凝土和砂浆领域的应用量，便于用户合理选择不同性能、不同价格的偏高岭土；还将有利煤系偏高岭土等固废利用，扩大偏高岭土制备的原料来源，降低成本。本标准的制定和颁布，会有利于今后在应用领域，实现：白色或加颜料的彩色混凝土（或砂浆），选择“白度”更高、价格也高的偏高岭土粉；而在量大面广的灰水泥制品（或砂浆），选择价格低、“白度”低的偏高岭土。对超高性能混凝土（制品）选择活性指数更好的偏高岭土，也提供产品标准做技术支撑。

1.2 标准编制工作过程

2021 年底由中国建筑砌块协会联合扬州大学共同提出了制定本项国标的申请，2023 年元月正式接到 TC197 标委会转发的计划通知。2023 年 2 月月底在苏州市召开了成立起草小组第一次工作会议，参加单位除牵头起草单位外，还有国内偏高岭土龙头生产企业和高岭土、混凝土领域的科研单位；会议主要讨论“标准”的框架、“技术要求”和“试验方法”，以及如何协作与分工。

2023 年 3 月~8 月主要针对生产企业和用户进行调研，并收集国内外近年来在偏高岭土领域的研究资料。2023 年二季度主要通过相关资料收集和查询、实验室试验等，想探索寻找一种快速检测“活性”的试验方法。2023 年三季度开始，主要在扬州大学和河南建筑材料科学研究设计院有限公司等单位，正式进行多批次的验证试验。2024 年一季度提出“标准征求意见稿草案”，并组织几家单位同步开展验证试验工作。在此基础上，提出“标准征求意见稿”。

1.3 验证试验

编制起草人员在调研中发现：由于国内偏高岭土粉还没有国标（市场销售的产品并没有一家执行 GB/T18736 标准）、行标或地标，制备企业或供应商，也仅少数有企业标准；绝大多数均属于传统的高岭土制造企业，供应混凝土和砂浆用的偏高岭粉，往往仅是企业内占份额较小的一类产品而已，产品并不是专门针对混凝土和砂浆领域一个行业。所以，从产品要求和技术性能指标的角度出发，什么是偏高岭土？什么样的产品更适合用于混凝土和砂浆领域？概念具体化还相对比较模糊。

验证试验所获取的偏高岭土粉试样，主要通过从生产企业与市场采购两种方式。无论是生产企业、还是市场销售价格，一般针对混凝土(或砂浆)用户，都采用“白度”、“活性”两项指标，自然形成对偏高岭土的品质“划分”----白度高、活性好的价格高。

验证试验采用的试验方法，化学成分主要依托 GB/T14563-2020《高岭土及其试验方法》，并单项指标均选择某一种试验方法，等于排除采用 GB/T14563 标准中的其它试验方法。其它性能的试验方法，则有选择性地参照相应成熟现有标准、并兼顾混凝土和砂浆领域特殊性。为使制造供应商、用户对偏高岭土的“活性”可进行快速判定，在查阅大量研究文献资料，并在进行几种方式验证试验的基础上，新提出一个快速、相对可靠的判定试验方法。

1.4 收集国外内标准和相关资料

目前收集到的相关文献资料包括：

- 1) 法国 NFP18-513: 2010 标准《混凝土用凝固硬性材料附加物：偏高岭土的定义、规范和一致性标准》的原文和翻译稿；
- 2) GB/T18736-2017《高强高性能混凝土用矿物外加剂》；
- 3) 内蒙古超牌高岭土公司的企标；
- 4) 德国、美国在混凝土块材等制品生产中，掺加偏高岭土粉的相关文献资料，并组织了翻译；
- 5) 国内制备偏高岭土粉的十余家供应商名录；
- 6) 二十余篇刊载在国内科技期刊上，有关偏高岭土在混凝土（或砂浆）上应用的文献。

1.5 编制原则与重点

本标准编制依照《标准化工作导则 第一部分：标准的结构与编写》GB/T 1.1-2020。

- 1) 明确规定本标准的适用范围。仅仅“管辖”在水泥混凝土和砂浆制备过程中，所掺加使用的偏高岭土类产品。
- 2) 提出偏高岭土粉的性能要求，并进行适当分级。使不同分级产品之间的技术性指标具有可对比性，也便于制备和混凝土（或砂浆）用户选用。
- 3) 除尽量采用现行标准中具有可操作性的试验方法外，新起草或更加具体化地提出目前国内标准中仍没有的检测方法。共有二个“规范性附录”的试验方法。
- 4) 考虑到本标准属于国标委贯彻国家“双碳”目标的专属计划性标准。故起草增设一个“资料性附录 A”，可用于计算偏高岭土掺入混凝土和砂浆所带来的“碳排放”减量。

本标准制定过程中，充分考虑到与现行标准的协调配套性。在“标准适用范围”、“要求”、“试验方法”和“检验规则”等方面，保持标准具有独立性和系统性，并符合现行相关法律、法规和规章要求。

建议本标准为推荐性产品标准。

1.6 本标准制定，无废止现行相关标准的建议。

1.7 其它应予说明的事项

本标准未涉及专利，不会影响相关专利的知识产权保护问题。

二、标准的主体

2.0 关于“引言”

主要是根据国标委下达本标准制定计划的本意（原国家已很少批准下达产品标准类的新制定计划），重点说明在混凝土和砂浆中掺加偏高岭土的“减碳”效果，以便引出“附录 A：掺偏高岭土的混凝土（或砂浆）碳排放减量计算方法”。方便今后在工程（或制品生产）使用偏高岭土时，能参考本标准估算出碳排放减量效果。

2.1 关于“1.范围”

这部分内容是本标准的最基础性条文，实际上给出了本标准的适用范围。

目前国内的偏高岭土在混凝土和砂浆领域应用，主要在装饰混凝土制品（或砂浆）和高性能混凝土领域。在参照法国 NFP18-513: 2010 标准和国内有关企标的基础上，兼顾制定本标准的宗旨等，经编制起草组充分讨论，将适用范围扩展到了“掺加于普通混凝土制品、装饰混凝土制品、商品混凝土和商品砂浆中的煅烧偏高岭土粉”。这样，本标准所管辖产品的范围明确，同时明确给出了产品的材料属性。

2.2 关于“2 规范性引用文件”

只列出本标准正文要引用的标准。基本上是试验方法需要提及的。

2.3 关于“3 术语和定义”

一共三条术语，均是本标准所必需的。

“3.1 混凝土和砂浆用煅烧偏高岭土粉”术语，它是对本标准所管辖产品的具体定义。从某种程度上说明：其它领域使用的偏高岭土，并不适合采用本标准。与在 GB/T18736-2017 标准中出现的“偏高岭土”术语，文字描述上有明显差异；本标准则参考了法国标准中的同类术语，增加强调了“烧制”、“主要由无定形硅酸铝颗粒组成，含有活性 SiO_2 和活性 Al_2O_3 成分，在水泥混凝土和砂浆的碱性环境下具有胶凝特性”的表述。

“3.2 实验水泥”术语，专门针对本标准中试验方法采用的实验水泥所给出的术语。由于它与基准水泥有性能要求的差别，所以增加本条术语。现行 GB/T18736 标准和法国 NFP18-513: 2010 标准也均有相同内容的术语。

“3.3 活性指数”术语，是本标准中所设立的一个关键重要技术性能指标。在现行 GB/T18736 标准中也有相同的术语，本标准的文字描述上略有差别。

2.4 关于“4 分类与标记”

1) 关于“4.1 分类”

主要是根据偏高岭土粉的“白度”和“活性”两项指标，本标准将其划分为 I、II 和 III 三种类型。这种分类是本标准完全区别于 GB/T18736-2017 的主要特征之一。

对偏高岭土产品进行分类，有利于根据不同用途混凝土（或砂浆）特性，选择不同性能偏高岭土产品，尽量做到物尽其用、经济合理。另外，编制组在调研中发现：目前国内在混凝土和砂浆领域推广、销售偏高岭土粉，它的市场定价实际上也主要依据这两项指标，价格相差很大，最大能在二倍以上。

把“ $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{SiO}_2)$ 等物理性能和化学性能指标”也纳入作为分类的依据，一是参照法国标准，二是根据本标准验证试验的数据，三是征求了偏高岭土制造商的意见。

法国 NFP18-513: 2010 标准仅用“28d 活性”将偏高岭土分为 A、B 两类；对“ $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{SiO}_2) \geq 90\%$ ”的规定。

2) 关于“4.2 标记”

偏高岭土的标记统一采用“英文字母+希腊数字”的方法。前三位英文字母，统一采用“CMP”---系英文 Calcined metakaolin powder 的缩写；最后一位希腊数字则代表产品的类型；后面则本标准颁布的年份号。

2.5 关于“5 技术要求”

此章节系作为产品标准的核心章节，提出设置了对应用于混凝土和砂浆领域的偏高岭土，需进行检测和加以控制的技术指标限值（或范围）。

根据技术指标的属性，将其划分为“物理性能”、“化学性能”和“胶砂试验的性能”三大类。

所设立的指标项和限值，充分考虑在混凝土和砂浆领域应用的特殊性因素，综合参考现行 GB/T18736 标准、法国标准 NF P18-513-2010《混凝土用胶凝剂：偏高岭土》，并结合本标准起草工作所开展的验证试验结果、国内主要偏高岭土制造商企标、收集到的科研文献资料等。

2.5.1 关于“5.1 物理性能”

本标准“表 1”中一共列出五项物理性能指标。

1) “白度”

设置“白度”指标、并据此进行分类，系申请单独制定本标准计划时就考虑需设立的主要指标项。“白度”也是 GB/T18736-2017 标准在新纳入偏高岭土时的缺项、或无法设置的技术指标项。目前，国内应用于混凝土和砂浆领域的偏高岭土，其市场销售价格的差别，主要也是以“白度”值的大小，来衡量、区分和定价的。调研发现，企标或生产企业内控指标，绝大多数均有“白度”值的技术要求。

验证试验结果表征出：“白度”与“活性指数”，存在非线性的相关性。

I 型和 II 型偏高岭土的“白度”值要求较高，它主要应用在有颜色要求的装饰混凝土（或装饰砂浆）。而 III 型偏高岭土的“白度”值相对要低不少，主要仅仅用它改善混凝土和砂浆的性能；也是为综合利用一些固废尾矿（例如锻烧煤矸石偏高岭土）、低品位高岭土粘土等创造条件。只要它有一定的活性，就可掺入混凝土或砂浆，达到降低混凝土和砂浆的“碳足迹”目的。

2) “烧失量”

偏高岭土需经过一定高温锻烧制取，设置“烧失量”的目的，一定程度上对其烧成温度，间接设置了“下限”。也可用该指标控制带入其它“杂质”的含量。

法国 NF P18-513:2010 标准中，设置类似的指标----“烧损，质量比不大于 4%”。结合验证试验数据，本标准则大幅度提高了该项指标值要求；主要还考虑到本标准中并没有设置法国标准中“亚甲蓝值”要求。

本标准编制组认为：“亚甲蓝值”在国内主要用于混凝土和砂浆用骨料的检测指标。将锻烧偏高岭土掺入混凝土（或砂浆）中，主要是利用其具有的在碱性环境下的水化活

性。若列入“亚甲蓝值”指标，可能容易产生偏高岭土粉属于超细集料的范畴。

3) “水分”

实际上它是对锻烧偏高岭土这种粉体材料，在生产、储存、运输提出了规范性强制性要求。验证试验结果，也证明“ $\leq 1\%$ ”完全能满足。

法国 NF P18-513-2010 标准没有此项指标，但可以理解为它把“水分”放在“烧失”指标中一起检测了，所以法国标准的“烧失”技术指标要求偏低了。

4) “45 μm 筛余”

“筛余”是一个专用控制粉状材料细度的常用测试和表述方法。偏高岭土粉的细度又是与“活性”之间，具有非线性的相关性。

法国 NF P18-513-2010 标准主要是用 0.063mm 筛孔的通过量，来将偏高岭土粉划分为两大类----FH 类（通过率 $\geq 95\%$ ）、FM 类（通过率 $\geq 70\%$ ）。国内生产企业则已经形成沿用普通高岭土粉（一般可在同一家生产企业）的细度值测试方法。故本标准则参考企标中的相关技术参数。验证试验表明：市场上不同价格、白度的偏高岭土粉“45 μm 筛余”值差别很大，有 2 个试样无法满足本标准的要求。

调研过程发现：除原材料、烧成工艺外，细度也是影响生产成本的主要因素之一，也属于生产企业人为降低生产成本的有效“手段”之一。经编制组讨论，还是坚持从严提出细度技术指标，把偏高岭土粉当作能部分替代水泥的活性材料对待。

法国 NF P18-513-2010 标准用“条文注”方式提示：细度对偏高岭土的活性有直接影响。但它并没有设置“比表面积”限值。故本标准暂也没有设置“比表面积”指标。

5) “标准稠度用水比”

这是一个对于掺入混凝土和砂浆的粉状材料，非常重要、而又特殊和专项的技术指标值。在现行 GB/T18736 标准中，也设立了该项指标要求。

在法国 NF P18-513-2010 标准中，则分别给出“大于 1.15”、“小于等于 1.15”的两种标示该性能的要求值。本标准则在参照法国标准（试验方法与国内有所区别）的同时，主要依据现行 GB/T18736 标准的规定，给出相应的指标值要求。

验证试验满足率超过 85%。仅出现一个异常结果的试样----“标准稠度用水比”低于了 100%，分析原因，非有可能是偏高岭土粉的细度过细（依据其它性能指标试验值）后，试验过程的浆料搅拌均匀性受到一定影响所致。

2.5.2 关于“化学性能”

1) 把“(Al₂O₃+SiO₂)”作为一个单独指标项，则完全是参照了法国 NF P18-513-2010 标准中提出“氧化硅(SiO₂)+氧化铝(Al₂O₃)的总含量，质量比不应低于 90%”的规定；该项指标在现行 GB/T18736 标准中，是分别设立“(SiO₂ $\geq 50\%$ ”和“Al₂O₃ $\geq 35\%$ ”。编制组讨论后认为：设立此项指标，有利于生产企业更好控制原材料来源、烧成配制工艺。

将($\text{Al}_2\text{O}_3+\text{SiO}_2$)设置“ I 型和 II 型 $\geq 90\%$ ”和“ III 型 $\geq 80\%$ ”两种，并不是降低技术要求，而完全考虑到 III 型偏高岭土的使用场合----掺加入非装饰混凝土和砂浆中，适当降低此指标（与现行国标 GB/T8736 和法国标准相对比），将有益于增加、扩大制备偏高岭土的原料来源----例如利用一些工程坑道土。对未来我国混凝土和砂浆的“低碳化”发展趋势有益。

2) 在“表 2 偏高岭土的化学性能要求”中，一共设置六项指标值，并针对 I 型、II 型和 III 型产品，分别设置指标值要求。这点与法国 NF P18-513-2010 标准有所区别，也有别于现行 GB/T18736 标准对偏高岭土粉提出的要求。编制组主要依据市场上销售偏高岭土粉的实现情况，结合相关企业的企标，指标值做了一些调整。

---- $\text{Al}_2\text{O}_3/\%$ ：单独设立此项指标，系强调“偏高岭土”的属性。对 I 型、II 型和 III 型产品分别提出 $\geq 40.0\%$ 、 38.0% 和 35.0% 的规定。它均仍符合现行 GB/T18736 标准对偏高岭土要求“ $\geq 35\%$ ”的规定。可理解为：满足本标准要求的偏高岭土，均仍符合 GB/T18736 标准对偏高岭土的定义。法国 NF P18-513-2010 标准未单独对 Al_2O_3 含量比例给出具体要求，而只有“ $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{SiO}_2)\geq 90\%$ ”；从这个单项指标设立，本标准水平要超过法国标准，也高于 GB/T18736 标准。验证试验结果表明，均能符合标准要求。

----“ $\text{Cl}\leq 0.1\%$ ”的规定，与法国 NF P18-513-2010 标准一致，但要低于现行 GB/T18736 标准“ $\leq 0.06\%$ ”的要求。编制组认为：GB/T18736 标准对 Cl 限量值的规定，是统一针对磨细矿渣、粉煤灰、磨细天然沸石和偏高岭土，而给出“ $\leq 0.06\%$ ”的规定，而对硅灰则是要求“ $\leq 0.1\%$ ”。验证试验对七个样品做试验，有五个满足要求。

----“ $\text{Fe}_2\text{O}_3/\%$ ”的规定，此项指标设立主要是用于控制偏高岭土的“白度”值。在法国 NF P18-513-2010 标准和 GB/T18736 标准中，均没有设置该指标。但是，在《高岭土及其试验方法》GB/T14563-2020 中，根据不同用途的高岭土，对多数类型的高岭土则提出了对 Fe_2O_3 含量限值的规定，有的产品还用于作为分级指标之一。依据验证试验结果，并考虑到本标准对 III 型偏高岭土未提“白度”值要求，所以仅对 I 型、II 型偏高岭土的 Fe_2O_3 含量限值，给出分别 $\leq 0.8\%$ 和 1.1% 的规定。

----“ $(\text{CaO}+\text{MgO})/\%$ ”的规定，在法国 NF P18-513-2010 标准和现行 GB/T18736 标准中，均分别设立有游离氧化钙和游离氧化镁含量的限值规定，有些还放得较宽，例如法国标准提出“若游离 CaO 含量高于 1.0% ，应进行安定性试验”和“氧化镁含量不大于 4% ”。结合参验证试验结果，编制组认为：掺入偏高岭土的混凝土或砂浆，它仍应属于硅酸盐水泥胶凝材料为主的范畴，目前技术条件下的掺加量仍然有限----不可能超过硅酸盐水泥熟料的量。因此为规避掉对制品安定性的影响，将游离氧化钙含量和游离氧化镁含量放在一起，给出一个限值----它实际要求远高于现行 GB/T18736 标准的规定限值。

---“SO₃%”的规定,法国 NF P18-513-2010 标准无此项指标值要求,现行 GB/T18736 标准则有“≤1%”的规定。根据验证试验数据,本标准给出略高于现行 GB/T18736 标准要求的两个值“ I 型和 II 型≤0.6%, III 型≤0.8%”的规定。

----“Ca(OH)₂ 溶液 pH 降低率”。该项目完全是本标准“创新”设立的指标值。它实际源自收集到国内相关研究“偏高岭土活性”的科研文献。为判定偏高岭土在混凝土(或砂浆)内有效“活性”的大小,目前公认的常规做法是采用“胶砂试件性能”来进行判定;法国 NF P18-513-2010 标准和现行 GB/T18736 标准中,均有“胶砂试件性能”指标值要求,本标准也设置了相同的指标项。但是,近十年来国内很多研究者都希望能找到更为简便、直观的试验方法,对偏高岭土等矿物外加剂的“活性”进行判定。编制组在查阅多篇论文、研讨偏高岭土在硅酸盐水泥胶凝材料中的作用机理后,提出“Ca(OH)₂ 溶液 PH 降低率”试验方法。即:将定量的偏高岭土投入 Ca(OH)₂ 饱和溶液中,取该溶液与空白样的 pH 值之差值,来判定偏高岭土的“活性”。并根据验证试验数据,对 I 型、II 型和 III 型分别给出限值。

2.5.3 “胶砂试件性能”

“表 3 偏高岭土的胶砂试件性能要求”中,一共列有 5 项胶砂试件性能的限值规定,系参照现行 GB/T18736 标准和法国 NF P18-513-2010 标准,有增有减后设立指标项;并分别对 I 型、II 型和 III 型给出限值规定。

1) 现行 GB/T18736 标准的“活性指数”,分别设有 3d、7d 和 28d 的指标值;法国 NF P18-513-2010 标准则只对“活性指数 28d”提出指标值。本标准仅对胶砂试件活性指数 3d 和 28d 值,结合试证试验数据、查询收集到相关论文数据,给出要高于法国标准和 GB/T18736 标准指标值。需特别说明:相关验证数据、查阅到国内科研文献上的数据,与 GB/T18736 标准中的趋势值则存在差别。即:掺加偏高岭土替代水泥,胶砂试件 3d 强度下降不多、或还增加;而胶砂试件 28d 强度则有下降趋势。由于验证试验数量不多,文献数据也缺乏横向对比性,所以本标准在设置指标值时,并没有调整“不同的趋势”,但对具体限值有所考虑。

2) 完全是从混凝土(制品)和(商品)砂浆应用的角度出发,设置“初凝时间差”的指标。该项指标系现行 GB/T18736 标准没有设置,但法国 NF P18-513-2010 标准有、是“≤25%”。编制组认为:偏高岭土有可能会带入、未要求检测、对胶凝材料凝结反应速率带来较明显影响的微量成分。验证试验数据表明均可满足要求;适当放宽,完全考虑到在混凝土和砂浆中掺加偏高岭土时,目前掺加量多数情况下要低检测方法所采用掺加替代比例,肯定会带来的差异性。

3) 设置“膨胀率”限值范围,系参考法国 NF P18-513-2010 标准(现行 GB/T18736 没有此项指标)的相关指标,但考虑到试验方法不同,编制组重新设置的指标。验证试验数据表明,完成满足要求。

2.5.4 “净含量”

此项内容在粉体的产品标准，通常不设立。在 GB175-2023《通用硅酸盐水泥》标准中，也仅将其放在“10.包装、标志、运输与储存”中，也就是讲：提出要求了，但供需双方实际并没有检测；或相关管理部门也未“依据”进行检查。

编制组讨论后认为：偏高岭土粉相对于硅酸盐水泥的附加值，要明显高不少；本着保护用户（消费者）利益的角度出发，规定产品的计量包装误差限值，有必要性。故本标准尝试对偏高岭土粉产品交付时的实际计量，提出允许最大误差的规定。

分别用“±2%”和“±0.5%”来表述对单袋和10袋累计值的要求，一是考虑到现在市场上偏高岭土粉以25、50kg袋装为主；二是承认灌装时会有计量误差；三是保护消费者（用户）的利益。

考虑到未来出现散装运输的可能性，则用“条文注”开了一个口子。因为散装产品的验证性计量相对复杂。

2.6 关于“试验方法”

2.6.0 原则

尽量采用现有、成熟的试验方法，并要充分考虑偏高岭土生产商现在的试验室能力。大多数试验方法取自：GB/T14463《高岭土及其试验方法》和GB/T18736《高强高性能混凝土外加剂》产品标准中所采用的试验方法。

针对偏高岭土粉产品的特殊性能，对某些成熟的试验方法，给出更加细节性、具有可操作性的规定。

2.6.1 “6.1 实验水泥”

此条不属于对本标准第五章提出的试验方法，它仅是对试验用“实验水泥”的几项控制性指标，给出试验方法——执行标准，见标准正文的“表4”。

需说明，在法国NF P18-513-2010标准中，相关内容“隐藏”在术语“实验水泥”的条文注内；而现行国标GB/T18736则完全引入GB/T8076-2008《混凝土外加剂》“附录A”对“基准水泥”要求，对成分指标项要求更多、更具体。编制组讨论后，认为还是参照法国标准更为合理些。

本条文内容与法国NF P18-513-2010标准不同之处是：水泥仅选择52.5P.I型一种类型，而法国标准则允许使用四种类型的水泥——“CEM I 42.5 N 或 R，或 CEM I 52.5 N 或 R 型”。与国标GB/T18736不同之处，不但减少对成分指标项，还把42.5P.I水泥修改为52.5P.I型水泥。主要是考虑目前国内市场上难寻42.5P.I水泥。

2.6.2 “6.2 物理性能”

1) “白度”的试验方法，引用GB/T 5950《建筑材料与非金属矿产品白度测量方法》标准所采用方法，但把试样的留样数从200g调至300g，并明确了“取样后密封保存”、“采用三个试样板平均值”的表述。这是因为，验证试验发现，取样后偏高岭土粉的含

水率，会影响其“白度”测量读数；三个试样板的测试读数不一定会完全一致。

2) “6.2.2 烧失量”的试验方法，则参考 GB/T14563-2020《高岭土及其试验方法》标准“5.2.11 烧失量的测定”所给出方法。主要考虑到偏高岭土生产商一般均有相关检测设备和经验；但是，编制组针对偏高岭土的烧成温度与普通高岭土存在的差别，专门对试验操作具体步骤做了修改性规定----将马弗炉“950~1000℃保温 1 小时”，变更为“400~450℃保温 1 小时”。目的是防止过高温度导致偏高岭土试样出现晶相反应，而影响“烧失量”检测结果。

3) “6.2.4 筛余”的试验方法，则在明确采用 GB/T1345《水泥细度检测方法 筛分法》的同时，进一步明确统一规定了筛孔尺寸、试验操作和试样数量。相关补充内容完全有必要，因为手筛和仪器自动筛、试样数量的大小，均有可能影响到检测结果。

4) “6.2.5 标准稠度用水量比”，则是将 GB/T18736 标准和法国 NF P18-513-2010 标准的试验方法，进行了综合参考，均略有少许差异。一是使用“实验水泥”（与 GB/T 18736 不同），二是固定了水泥与偏高岭土的比例（与法国标准相同）。不过试验过程和所用试验设备，则完全与 GB/T1436《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》相同。

2.6.3 “6.3 化学性能”

1) 充分考虑了偏高岭土制备企业现有试验室条件、形成的出厂检验习惯。主要尽量采用 GB/T14563-2010《高岭土及其试验方法》所给出的试验方法。但是，由于 GB/T14563-2010 标准中对某一种化学成分，往往给出几种不同的检测方法。所以本标准对 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 $(CaO+MgO)$ 、 SO_3 ，均直接指定采用 GB/T14563-2010 标准中某一项检测方法，而并不适用其它检测方法，避免产生不必要的检测结论争议。

需特别说明，本标准验证试验过程中，并没有针对 GB/T14563-2010 标准中的各项检验方法，逐项进行验证和对比。故无法评价各种检测方法之间的优劣。

2) “Cl 检测方法”，在 GB/T14563-2010 标准中未见有此检测方法，但在现行 GB/T18736 标准中有此指标。故仍采用与 GB/T18736 标准相同的检测方法“按 GB/T176 进行”。

3) “6.3.3 $Ca(OH)_2$ 溶液 PH 降低值”和“规范性附录 B”

本标准“附录 B”所给出的试验方法谈不上创新，但则完全是一个新出现在标准中的检测方法。原理：偏高岭土具有的“活性”成分，系硅酸盐水泥水化产生 $Ca(OH)_2$ 的胶凝活性。

将定量的偏高岭土投入 $Ca(OH)_2$ 溶液中，经 24 小时后测量溶液的 PH 变化；为加快这种“反应”速率，增添“水浴”；为降低空气中二氧化碳对溶液 PH 的影响，明确规定了操作过程中对试验瓶的密封措施。另外，为规避试验操作人为误差，“B.6”条款明确规定“三个测试值之间差超过 0.2 时”，需重新检测。

2.6.4 “6.4 胶砂试件的性能”

胶砂试件性能一共三项：活性指数（3d 和 28d）、初凝时间差、膨胀率。

1) 用单独的“规范性附录 C 掺偏高岭土试件的活性指数试验方法”，给出胶砂试件的活性指数试验方法，仍很有必要性。虽然它与 GB/T8736-2017 标准“规范性附录 C 矿物外加剂胶砂需水比和活性指数的测试方法”具有相似性，但仍有不同之处。

---本标准明确要求：各种材料、仪器、试样等，均应在试验室环境温度下先存放 24 小时后，才能开始检测。这是考虑要规避温度可能影响检测结果。

---本标准把制作胶砂试件配比的材料用量，扩大了一倍（比 GB/T8736-2017 标准），以满足一次成型一组 6 个试件的用量；提出“实验水泥和偏高岭土先放一起混合均匀，宜用 10L 三维运动粉料混合机或试验室用其它型号粉料混合装置混合不少于 2min”。目的是尽量降低粉体材料的搅拌混合均匀性，对检测结果产生的影响。

---本标准明确提出“受检胶砂试件和基准胶砂试件，均一次成型一组为六个试件”。这实际上系本标准用于做 3 天和 28 天活性指数测定的试件，来自相同的试件制作条件，好尽可能地降低人为操作误差造成的数值波动范围。

---在本标准“表 C.1”中，用“表注”方法，给出了受检胶砂试件与基准胶砂试件制作过程中，“新拌砂浆的流动度差”调整方式。

2) 在“6.4.2 初凝时间差”中，除较细化试验过程外，主要强调了要先将实验水泥与偏高岭土试样搅拌均匀。

3) 在“6.4.3 膨胀率”中，主要规定了制作试件的材料配比，并明确如何依据 GB/T23439-2017《混凝土膨胀剂》附录 A 的相关条款，进行试验和计算龄期 60 天试件的检测结果。

2.6.5 “6.5 净含量”

对计量装置的量程和精度提出要求，给出读数精度和计算修约，这将使检测过程更加规范。“按 JJF 1070 进行判定”，系引用《定量包装商品净含量计量检验规则》，可减少争议。

水泥 GB175-2023 标准的“10.1 条”的表述方法（并不是检测规定！），是用十袋产品一起计量达到 100%。本标准将单袋误差限值、10 袋累计值误差限值，均纳入为要求值，更为合理；未采纳“计量达到 100%”，系它缺乏合理性，供需双方易有纠纷。

对散装类产品用条文注的方式，给出一个“供需双方提前约定”的处理方法。因为粉体产品散装的计量问题，相对比较复杂；实际上条文注给出双方协商出具有操作性、双方认可计量检查的建议。

2.7 关于“7 检验规则”

基本是常规通用格式，分“出厂检验”和“型式检验”。

2.7.1 “7.1.检验分类”

①“出厂检测”项目为白度、水份、标准稠度用水量比、 Al_2O_3 含量、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液pH降低率中，目的是用此几项相关对易检测的性能指标，达到控制偏高岭土产品性能的目的。其中，除“ Al_2O_3 含量”指标外，出厂检测项均是影响偏高岭土掺入混凝土和砂浆时，对混凝土（或砂浆）本身的工作性能和制品性能产生明显影响的因素。设立这几个“出厂检验”项，使本标准名称的充分体现----有别于其它用途的偏高岭土粉或高岭土粉产品。

②在“7.1.3.1”条款中，强调“Ⅰ类、Ⅱ类和Ⅲ类产品应分别做型式检验”的意义是：不同类型偏高岭土，任何型式检验项目的结果，不能用于另一种类型的产品上；相同企业的也不行。

2.7.2 “7.2 组批规则”

“组批规则”暂定为100t，系充分考虑到目前国内在建筑工程、混凝土制品生产、商品砂浆企业，掺用偏高岭土的现实；并听取了偏高岭土制备企业的意见。今后随着应用量的增加、制备产能的扩大，是可以将“组批规则”加以放大的。

2.7.3 “7.3 抽样规则”

对袋装和散装，分开给出抽样方法。

“7.3.1”条和“表6”，给出了一个批次、不同袋数量的抽样方法。即：一个批次的袋数量不同，抽样的袋量是不同的；从每个抽样袋内获取偏高岭土的数量，也不尽相同。抽样袋数达到30袋时，从每抽样袋里获取 $\geq 100\text{g}$ 偏高岭土即可；但当抽样袋数仅10袋时，从每抽样袋里至少要获取 $\geq 300\text{g}$ 偏高岭土。即：要保持总样本数量 $\geq 3000\text{g}$ 。

“7.3.2”条是对散装偏高岭土的抽样方法，给出了一种在装(卸)过程可操作的取样方法。

“7.3.3”条是本标准具有创新点的内容----提高偏高岭土粉试样的均质性。强调从不同袋（或散装取样“点”）里取样后，要先将其用粉料混合装置进行混合，再一分二留样。考虑到目前检测机构、制备企业和用户的实验室，并不一定有此装置，所以采用了“宜用”的表述方法。“10L三维运动粉料混合机”常见于医药企业，并不贵。

2.7.4 “判定规则”

“7.4.1”条是针对“出厂检验”的判定规则。有一检验项不满足本标准要求时，就判定“不合格”了。

“7.4.2”条是针对“型式检验”的判定规则。单一检验项不满足本标准要求时，允许复验；若有二项不满足要求时，则判定为“不合格”。本标准验证试验过程也发现，某项试验过程失败（或失真）的发生概率较大，允许复验更有益于做出准确的科学判定。

2.8 关于“8 产品合格证、堆放和运输”

常规的一些条款规定，但针对偏高岭土粉的特殊性，增加了相关内容。

1) “8.2 包装”，除明确包装材料和包装规格应满足 GB/T9774《水泥包装袋》标准要求外，特别再次强调“**包装袋的密封性能应满足透气、不渗水**”。

2) “8.3 贮存与运输”中，不但对袋装提出“防潮、防水”的具体措施规定外，还对散装“散装库应满足干性粉料存储的防水、隔潮要求”的规定。这点虽然原则，但非常重要。其中，“8.3.3”条内容，是既有原则性----“保质期为一年”，又有灵活性----“存储时间超出保质期时，经重新做型式检验、并符合本文件规定时，仍可使用。”。在积累经验后，下次本标准修订时再考虑给出更为合理的保质期规定。

2.9 关于“附录 A”

本标准的“附录 A 掺偏高岭土的混凝土（或砂浆）碳排放减量计算方法”，系资料性附录。是为建筑工程、混凝土制品、商品砂浆等领域在实际应用偏高岭土时，提供一种计算“碳排放”减量效果的估算方法。

采用附录 A 方法，计算获取的碳排放减量值，仅仅是一种有边界假设条件的估算值；但该估算值用于宣传、宏观层观评估等方面，应该是合理、可信的。

2.10 关于“附录 B”

本附录是规范性附录，专门用于本标准设置“Ca(OH)₂ 溶液 pH 降低率”指标的检测。它可以讲属于一个完全新起草的试验方法，虽然基本上参考相关科研文献中用于评估偏高岭土“活性”的试验方法。

主要将整个试验检测过程，提出了详细的规范性要求，尽量避免试验操作人员的人为因素干扰。并对空气介质中二氧化碳、试验用 Ca(OH)₂ 的纯度等因素，对试验结果带来的影响，尽量进行了规避。

验证试验曾对比无“水浴”和有“水浴”过程，证明增设“水浴”措施，可改善测试结果的灵敏性----增大测试瓶与空白瓶的 pH 值差。

理论上，“Ca(OH)₂ 溶液 pH 降低率”大小，与“胶砂试件活性指数”之间，应建立对应的线性关系。但本次验证试验的样本数量较少，再加上“胶砂试件活性指数”试验结果的波动较大；另外，偏高岭土粉的细度可能对“Ca(OH)₂ 溶液 pH 降低率”影响，相对可能要低于对“胶砂试件活性指数”的影响。所以，作为首次在标准中采用本检测方法，编制组认为暂时可不考虑相关线性关系。

2.11 关于“附录 C”

“附录 C”是规范性附录。该附录内容基本上与现行 GB/T17671 标准、GB/T18736 标准“附录 C”类似，但在一些细节方面，则有如下不同之处：

①本附录仅针对“活性指数”。

②所用水泥的要求不同。本标准的“实验水泥”要求，略有差异。

③ 在“C.3.2.4”条款中，实际含有另两层要求：一是 3 天活性指数试件与 28 天

活性指数试件，要一次同时成型；二是，“受检胶砂试件和基准胶砂试件的成型时间的间隔，应控制在 2h 内”。可以认为对试验操作过程，要求更进一步具体化。

④在“C.3.3.2”条款中，实际新提出一项规定，即：放到试验机上做试验时，受检胶砂试件和基准胶砂试件的养护龄期差应小于 4 小时。尽量消除试验操作不规范，因不同配比试件两者龄期差，带来检测结果的不准确性。

本标准所增加对试验操作过程的更详细要求，是希望能消除以下影响因素：

——当受检胶砂试件和基准胶砂试件，非“同步”成型和养护时，虽然龄期符合要求，但却因试验室环境（搅拌成型过程、抗折和抗压试验过程）温、湿度的不同，带来的影响。

——符合现行 GB/T17671 标准要求试验时，28 天活性指数的受检胶砂试件和基准胶砂试件的龄期差值，实际允许最大放至 16 小时。不妥。本附录将其控制在 4 小时。

三、结束语

把偏高岭土粉掺入混凝土和砂浆中，通过部分替代硅酸盐水泥胶凝材料，不但可改善其性能，还可明显降低混凝土和砂浆的“碳足迹”。据此，国家标准化技术委员会批准制定本标准计划。

在混凝土和砂浆中掺入偏高岭土粉，相关科研起步于二十世纪末；进入实际工程（或制品生产）应用，则始于二十一世纪初。虽然推大应用面较广，但在混凝土和砂浆领域的偏高岭土实际用量仍然偏小。偏高岭土粉价格偏高、经济性较差，是主要原因之一；对混凝土的耐久性有待长期验证，也是因素之一。

我国在混凝土和砂浆中实际掺加应用偏高岭土粉，已有近二十年的历史，并总量呈逐年增加趋势。目前主要使用在预制混凝土产品领域，主要有装饰混凝土制品、UHPC 制品、特种商品砂浆、泡沫（发泡）混凝土制品。通过制定、颁布本标准，将有益于更好地在混凝土和砂浆领域推广应用偏高岭土，规范产品的品质，达到最终降低偏高岭土制造成本、提高产能，在制品领域更多替代硅酸盐水泥的目的。

无机人造石制品和市政园林工程用仿石混凝土路面板（砖），由于其无配筋的制品特性，将成为用偏高岭土粉部分替代水泥胶凝材料，发展“低碳”制品最易突破、大面积推广的产品领域。本标准的提出，将加快推进和实现该趋势。

本标准的“技术要求”和“检测方法”，基本上均属于在国内首次采用，具有创新性。虽然做了一定数量的验证试验，仍需要今后在本标准实施过程中，去加以完善。