

中国散装水泥推广发展协会
《混凝土用再生复合掺合料》

编制说明

标准编制组
2023年12月

《混凝土用再生复合掺合料》

协会标准编制说明

一、工作简况

(一) 任务来源

根据《关于印发<中国散装水泥推广发展协会团体标准管理办法(试行)>的通知》(中散协(2018)3号)规定,经中国散装水泥推广发展协会标准化与质量检测工作部研究审查并公开征求意见,决定对由建筑材料工业技术情报研究所组织起草的《混凝土用建筑固废再生复合掺合料》团体标准项目予以批准立项,《混凝土用建筑固废再生复合掺合料》(标准计划编号 2023CBCAJHO04)。

掺合料和复合掺合料已经在混凝土与砂浆生产中得到广泛应用,预拌混凝土和预拌砂浆中每立方米至少掺加约 100 公斤的掺合料和复合掺合料,其中通过固废再生方式制备的再生复合掺合料约占掺合料和复合掺合料总量的 5%~10%左右,接近近年预拌混凝土年产量约 20 亿立方米和预拌砂浆年产量约 1 亿吨计算,预计每年将消耗再生复合掺合料 1~2 千万吨,因此可见再生复合掺合料用量巨大。固体废弃物(简称固废)资源化是贯彻节约资源和保护环境基本国策的要求,为了提高建筑垃圾和工业废渣的利用率,研究利用建筑垃圾和工业废渣制备再生微粉、再生砂粉,及其与其他掺合料进行复合制备再生复合掺合料用于生产混凝土与砂浆,具有重要经济和社会效益。

随着环保政策的日趋严格和市场需求的日益增大,优质矿物掺合料资源日益稀缺,复合化是解决资源稀缺的有效手段。每种掺合料都有其自身的特点,在制备混凝土时应充分发挥其各自的优势,利用几种矿物掺合料之间良好的技术耦合性,充分发挥几种掺合料的协同作用功能。再生复合掺合料并将建筑固废和工业废渣中活性较强的组分进行磨细化并将其与常用矿物掺合料进行复合,可以将低品质资源与高品质资源搭配使用,并通过生产过程中合理的组分配比、科学的粉磨、必要的激发剂技术等,将再生复合掺合料的性能大幅度提高,既实现了有效供给,又提高了技术经济性能解决混凝土的若干技术问题,还解决了环境保护等一系列问题。

因此针对混凝土与砂浆用再生复合掺合料,提出制定符合其特点要求的标准,是再生复合掺合料得以推广应用的重要利器,同时对固废资源化也能起到极大的推动作用。

（二）主要工作过程

由建筑材料技术情报研究所和浙江犇道环保科技有限公司负责主要起草工作。建筑材料技术情报研究所近些年在固废利用和再生复合掺合料制备方面开展了较多的研究和应用推广；浙江犇道环保科技有限公司是专业从事再生复合掺合料试验和生产的企業，目前该公司生产的再生复合掺合料已在江浙沪等数十家混凝土和砂浆企业得到推广和应用。标准工作组对国内外混凝土与砂浆用再生复合掺合料现状与发展进行初步调研，同时广泛搜集相关标准和国内外技术资料，进行了大量的研究分析、资料查证工作，结合实际应用经验，进行全面总结与归纳，在此基础上起草了《混凝土与砂浆用再生复合掺合料》标准草案。

立项后，由建筑材料工业技术情报研究所组织召开的《混凝土用再生复合掺合料》标准启动会暨第一次标准编制工作会议，会议正式成立了《混凝土与砂浆用再生复合掺合料》编制小组，确定了参编单位以及编制组成员，针对草案名称、主要技术内容等进行充分讨论修改，明确了标准编制工作的进度计划与时间节点。

随着标准编制工作的进一步开展，标准编制组陆续收到企业希望再生复合掺合料能充分涵盖现有相关常见掺合料的意愿及需求。于是增加资料及应用调研情况。

标准编制组调研情况如下：

（1）现有掺合料产品标准

《用于水泥和混凝土中粉煤灰》GB/T1596-2005

《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T18046-2008

《石灰石粉混凝土》GB/T30190-2013

《水泥砂浆和混凝土用天然火山灰质材料》JGT315-2011

《混凝土和砂浆用天然沸石粉》JG/T3048-1998

《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》GB/T20491-2006

《用于水泥和混凝土中的粒化电炉磷渣粉》GB/T26751-2011

《钢铁渣粉》GB/T28293-2012

《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T27690-2011

《用于水泥和混凝土中的锂渣粉》YB/T4230-2010

《用于水泥和混凝土中的硅锰渣粉》YB/T4229-2010

《用于水泥和混凝土中的铅锌铁尾矿微粉》DB35/T1467-2014

（2）混凝土与砂浆常用掺合料相关标准的技术要求汇总见表1。

表 1 常用掺合料的技术要求

项目		粉煤灰			矿渣粉			石灰石粉	钢铁渣粉	
		I	II	III	I	II	III		一级	二级
细度	45 μm 方孔筛筛余 (%)	≤ 12.0	≤ 30.0	≤ 45.0	—	—	—	≤ 15.0	—	—
	比表面积 (m^2/kg)	—	—	—	≥ 500	≥ 400	≥ 300		≥ 350	
活性指数 (%)	7d	强度活性指数 ≥ 70			≥ 95	≥ 70	≥ 55	≥ 60	≥ 65	≥ 55
	28d				≥ 105	≥ 95	≥ 75	≥ 60	≥ 80	≥ 65
流动度比 (%)		—	—	—	≥ 95			95	≥ 95	
需水量比 (%)		≤ 95	≤ 105	≤ 115	—	—	—	—	—	—
含水量 (%)		≤ 1.0			≤ 1.0			≤ 1.0	—	—
三氧化硫含量 (%)		≤ 3.0			≤ 4.0			—	—	—
烧失量 (%)		≤ 5.0	≤ 8.0	≤ 10.0	≤ 1.0			—	—	—
氯离子含量 (%)		—	—	—	≤ 0.06			—	—	—
天然放射性核素比活度		—	—	—	$I_{\text{ra}} \leq 1.0$ 且 $I_{\text{y}} \leq 1.0$			—	—	—
密度 (g/cm^3)		≤ 2.6			—	—	—	—	≥ 3.2	
亚甲蓝		—	—	—	—	—	—	≤ 1.4	—	—
碳酸钙含量/%		—	—	—	—	—	—	≥ 75	—	—

(2) 对复合掺合料规定的现有标准

《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB18736-2002

《矿物掺合料应用技术规范》GB/T51003-2014

《混凝土用复合掺合料》JG/T 486-2015

《混凝土矿物掺合料应用技术规程》DB11T1029-2013 北京地标

《混凝土矿物掺合料应用技术规程》DB21T1891-2011 辽宁地标

《混凝土用矿物掺合料应用技术规程》DBT29-129-2005 天津地标

(3) 现有标准对掺合料的技术要求

现有标准对复合掺合料的技术要求如表 2。

表 2 复合矿物掺合料的技术要求

项目	GB/T51003 ^a	JG/T 486					北京地标 ^b	天津地标 ^c			辽宁地标
		普通型			早强型	易流型		I	II	III	
		I	II	III							

细度	45 μm 方孔筛筛余 (%)	≤ 12	≤ 12	≤ 25	≤ 30	≤ 12	≤ 12	≤ 12	—	—	—	≤ 12
	比表面积 (m^2/kg)	≥ 350	—					≥ 350	600	500	400	≤ 350
活性指数 (%)	7d	≥ 50	≥ 80	≥ 70	≥ 65		≥ 65	≥ 50	100	80	60	—
	28d	≥ 75	≥ 90	≥ 75	≥ 70	≥ 110	≥ 65	≥ 75	110	100	80	—
流动度比 (%)		≥ 100	≥ 105	≥ 100	≥ 95			≥ 95	—		—	
需水量比 (%)		—	—					—	≤ 105			
含水量 (%)		≤ 1.0	≤ 1.0					≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 1.0		
三氧化硫含量 (%)		≤ 3.5	≤ 3.5			≤ 2.0		≤ 3.0	≤ 4		≥ 3.5	
烧失量 (%)		≤ 5.0	—					≤ 5.0	≤ 3.0		≤ 3.0	
氯离子含量 (%)		≤ 0.06	≤ 0.06					≤ 0.06	≤ 0.02		—	
天然放射性核素比活度		—	放射性合格					—	镭-226、钍-232、钾-40的放射比活度同时满足 $I_{\text{ra}} \leq 1.0$ 和 $I_{\text{r}} \leq 1.0$		—	
安定性		—	合格					—	—		合格	

- a、比表面积测定法和筛析法，宜根据不同的复合品种选定；
b、C类粉煤灰不宜用于复合矿物掺合料；
c、增钙粉煤灰的游离氧化钙含量不得大于 2.5%，且体积安定性合格，但不宜用于复合矿物粉中；
d、c类粉煤灰游离氧化钙含量不得大于 4.0%，安定性试验须合格。

由于前期主编单位长期从事并跟踪调研再生复合掺合料相关应用情况，因此很快形成了《混凝土用再生复合掺合料》团体标准的征求意见稿和编制说明，并编制组内多次线上研讨。

(三) 起草单位及分工

表 3 起草单位及分工

单位名称	分工
建筑材料工业技术情报研究所	全面负责标准征询意见、国内外情况调研汇总、标准初稿、讨论稿、征求意见稿及相关文件的起草及标准中涉及的验证试验方案制定工作。
中建西部建设北方有限公司、青岛北苑环保建材有限公司、砀山县华洁环保科技有限公司、四川欧迅	主要负责提供相关技术资料、试验样品及实际生产应用样品数据，结合实践经验提出技术指标要求与

能源工程科技有限公司、山东领军科技集团有限公司、城投建筑废弃物处置（广州）有限公司	建议等。
北京城建华晟交通建设有限公司、毕节远大新型环保建材(集团)有限责任公司、广东红墙新材料股份有限公司、广西交科集团有限公司、江苏昆腾新材料科技有限公司、江西省萍乡市联友建材有限公司、金华市中天城建绿色再生资源有限公司、兰州新华恒混凝土有限责任公司、泸州诺锦再生资源有限公司、深圳市绿发鹏程环保科技有限公司、云南凯瑞特工程机械设备有限公司、广州大学	参加标准相关讨论，并结合生产实际提出技术指标要求与建议等。
浙江犇道环保科技有限公司 浙江中科应用技术研究院	试验验证工作

二、标准编制原则和主要内容

（一）标准编制原则

本标准编制的原则是根据 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》。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、突出技术性原则。

（二）主要内容

1 范围

规定了本标准的内容和适用范围。

本标准适用于混凝土与砂浆用再生复合掺合料（以下简称再生复合掺合料）的生产与检验。

2 规范性引用文件

根据 GB/T 1.1-2020 的规定，列出正文中引用的标准文件一览表。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。

3 术语和定义

对建筑固废再生骨料、工业固废废渣、再生复合掺合料的术语和定义进行了规定。

建筑固废再生骨料定义为建筑垃圾经除杂、破碎和筛分等工艺处置获得的以混凝土和砖瓦为主要成分的再生粗骨料和细骨料的混和物。砖混类建筑固废经磨细后，具有一定的

活性。

工业固废废渣是指在工业生产活动中产生的各种采矿废石、选矿尾矿、燃料废渣及冶炼废渣，不包括危险固体废物。这些废渣经过粉磨或煅烧等过程，具有一定的活性和掺合料属性。

再生复合掺合料主要成分为建筑固废再生骨料或工业固废废渣，加工方式可分为两种，一种可单独将建筑固废再生骨料或工业固废废渣、矿物原料进行粉磨至所要求的细度，必要时可掺加适量石膏和助磨剂，然后按比例进行复合使用。如复合的是已经磨细到一定程度的矿物掺合料，可直接复合使用；另一种是将各种固废按一定比例混合，必要时可掺加适量石膏和助磨剂，共同粉磨至规定细度的粉体材料。本文件所列的矿物掺合料或矿物原料已编制相关产品应用标准，经实践证明可安全有效的在混凝土与砂浆中应用。

4 材料

现有标准及本标准对复合掺合料中材料种类的限定范围见汇总表 4。

表 4 不同标准对复合掺合料的材料种类限制

标准名称	粉煤灰	矿渣粉	硅灰	沸石粉	石灰石粉	磷渣粉	钢渣粉	钢铁渣粉	火山灰质材料	偏高岭土	建筑固废再生砂粉
GB18736	√	√	√	√						√	
GB/T 51003	√	√	√	√	√	√	√				
JG/T 486	√	√	√		√	√	√		√		
北京地标	√	√	√		√			√			
天津地标	√	√	√	√							
辽宁地标	√	√	√								
本标准	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

本标准再生复合掺合料组分材料在充分调研的情况下可包含：建筑固废再生骨料、工业固废废渣、粉煤灰、粒化高炉矿渣、粒化高炉矿渣粉、硅灰、磨细火山灰、火山渣、石灰石粉、沸石粉、粒化电炉磷渣、粒化电炉磷渣粉、钢渣、钢渣粉、偏高岭土。

5 要求

5.1 再生复合掺合料的技术指标应符合表 5 的规定。

表 5 再生复合掺合料的技术指标

项目	技术要求
----	------

细度（45 μ m 筛余）/%（质量分数）		≤25
流动度比/%		≥95
活性指数/%	7d	≥50
	28d	≥65
含水量/%（质量分数）		≤1.0
三氧化硫/%（质量分数）		≤3.0
氯离子/%（质量分数）		≤0.02
需水量比/%（质量分数）		≤115
安定性	沸煮法 ^a	合格
	压蒸发 ^b	压蒸膨胀率不大于 0.5%
注：在流动度比、活性指数试验中，再生复合掺合料占胶凝材料总质量的 30%。		
^a 仅针对 C 类粉煤灰、钢渣或钢渣粉中一种或几种为组分的再生复合矿物掺合料。		
^b 仅针对以钢渣或钢渣粉为组分的再生复合矿物掺合料。		

技术性能的确定：

a) 细度：为了鼓励及较大程度的利用建筑固废再生复合掺合料，本标准对细度仅做上限要求，不再进行分级。

b) 流动度比：确保再生复合掺合料用于混凝土与砂浆时，能够保证其工作性能，如果超标会导致混凝土与砂浆的工作性能差，不利于施工。

c) 活性指数：确保再生复合掺合料用于混凝土与砂浆时，能够保证其各个龄期的强度，如果活性指数过低会导致混凝土与砂浆的强度差，影响工程质量。活性指数过高会限制固废的利用，本标准选取的活性指数参考 JG/T 486 中的下限，并同时参考粉煤灰和石灰石粉的性能指标所选取。

d) 含水量：确保再生复合掺合料不受潮结块，如果超标会导致掺合料结块，影响产品质量。数值选取参考 JG/T 486 标准的要求。e) 三氧化硫：超标会导致掺合料安定性不合格，并可能造成混凝土与砂浆的缓凝及开裂风险。

f) 氯离子：确保再生复合掺合料用于混凝土与砂浆时，能够保证其不会对钢筋产生锈蚀，如果超标会导致混凝土与砂浆的耐久性能差，影响工程质量。

g) 需水量比：需水量比过大会造成增加混凝土用水量，对混凝土性能产生不利影响。再生复合掺合料中采用建筑固废或工业固废废渣进行粉磨加工而成，可能会导致产品的需水量比较大，因此本标准与 JG/T 486 标准不同，增加了需求量比的指标。

h) 安定性：掺合料安定性不合格会导致混凝土与砂浆的产生裂纹等问题，影响工程质

量。

5.2 碱含量

再生复合掺合料中的碱含量按 $\text{Na}_2\text{O}+0.658\text{K}_2\text{O}$ 计算值表示。当再生复合掺合料应用中有碱含量限制要求时，由供需双方协商确定。

对碱含量提出技术要求，是为了确保再生复合掺合料用于混凝土与砂浆时，能够保证其耐久性能。如果碱含量超标会导致混凝土与砂浆产生碱骨料反应，浇筑后产生膨胀、强度降低、裂纹等问题，影响工程质量。

5.3 放射性核素限量

再生复合掺合料放射性核素限量应符合 GB 6566 的规定。

规定放射性核素限量，是为了确保再生复合掺合料用于混凝土与砂浆时，能够保证其不会对人体环境产生有害影响，如果超标会对人体产生不利于健康的疾病，引发各种疾病。也会引起肺癌等疾病。

6 试验方法

本章节所有试验方法与现有标准中所规定的的试验方法内容协调一致。

7 检验规则

7.1 编号

7.1.1 再生复合掺合料出厂前按同类别、同级别进行编号和取样。散装再生复合掺合料和袋装再生复合掺合料应分别进行编号和取样。不超过 200t 为一编号。

7.1.2 当散装运输工具容量超过该厂规定出厂编号吨位时，允许该编号数量超过该厂规定出厂编号吨数。

7.2 取样

7.2.1 每一编号为一取样单位。

7.2.2 取样方法按 GB/T 12573 进行。取样应有代表性，应从 10 个以上不同部位取样。袋装再生复合掺合料应从 10 个以上包装袋内等量抽取；散装再生复合掺合料应从至少 3 个散装运输容器内抽取，每个散装运输容器应从不同深度等量抽取，抽取的样品总质量应不小于 10kg。样品混合均匀后，按四分法取出比试验需要量大一倍的试样。

7.2.3 检验样品应留样封存，并保留至少 6 个月。当有争议时，对留样进行复检或仲裁检验。

7.3 出厂检验

出厂检验项目包括表 1 中的细度、需水量比、活性指数。

7.4 型式检验

7.4.1 型式检验项目包括第5章的全部要求。

7.4.2 有下列情况之一者，应进行型式检验：

- ①原材料来源、生产工艺发生变化；
- ②正常生产时，每6个月检验一次；
- ③停产3个月以上恢复生产时；
- ④出厂检验结果和上次型式检验结果有较大差异时。

7.5 判定规则

7.5.1 出厂检验符合本文件出厂检验要求时，判为出厂检验合格。若其中任何一项不符合要求时，允许在同一批次中重新取样，对不合格项进行加倍试验复检。复检结果均合格时，判为出厂检验合格；当仍有一组试验结果不符合要求时，判为出厂检验不合格。

7.5.2 型式检验符合本标准型式检验要求时，判为型式检验合格。若其中任何一项不符合要求时，允许在同一批次中重新取样，对不合格项进行加倍试验复检。复检结果均合格时，判为型式检验合格；当仍有一组试验结果不符合要求时，判为型式检验不合格。

8 包装与标识、运输和贮存

8.1 包装

再生复合掺合料可以散装或袋装。袋装每袋净质量为50 kg或25 kg，且不应少于标识质量的98%。再生复合掺合料包装袋应符合GB/T 9774的规定。其他包装规格可由买卖双方协商确定。

8.2 标识

再生复合掺合料的包装袋上应清楚标明产品名称、批号、执行标准号、生产厂名称和地址、净质量、生产日期和出厂编号。散装时应提交与袋装标识相同内容的送货单。

9 运输和贮存

再生复合掺合料在运输和贮存时不应受潮、混入杂物，贮存期限不宜超过6个月；同时应防止污染环境。

（三）验证情况

（一）技术要求

中建西部建设北方有限公司、广西交投集团有限公司、北京城建华晟交通建设有限公司等企业结合实际生产，协助提供以下试验数据样品。

a) 细度

表 6 细度试验数据表

样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	样品 5	样品 6	样品 7	样品 8	样品 9	样品 10	本标准要求
14	12	7	10	18	20	12	26	10	8	≤25

再生复合掺合料细度 45 μm 筛余为平均值为 13.7%。为了鼓励及较大程度的利用建筑固废再生复合掺合料，经过编制组讨论最终细度指标要求采标 JG/T486《混凝土用复合掺合料》标准细度中普通型 II 级的设定，规定细度 45 μm 筛余 ≤25%，对细度仅做上限要求。

b) 流动度比

表 7 流动度比试验数据表

样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	样品 5	样品 6	样品 7	样品 8	样品 9	样品 10	本标准要求
97	96	99	95	104	95	92	100	99	100	≥95

流动度比试验数据平均值为 97.7。流动度比直观反映了再生复合掺合料的需水特性，为不增加水泥标准稠度用水量或降低混凝土工作性能的要求，设置 ≥95% 比较合理；同时为了以工程质量为前提的、最大化的利用再生复合掺合料，提高资源利用率，结合 JG/T 486 中规定其流动度比最低要求是 ≥95%，故本标准规定流动比 ≥95%。

b) 活性指数

表 8 活性指数试验数据表

活性指数	样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	样品 5	样品 6	样品 7	样品 8	样品 9	样品 10	本标准要求
7d/%	65	49	72	58	62	65	57	80	61	76	≥50
28/%	72	64	89	70	79	86	63	95	79	88	≥65

活性指数是矿物掺合料的重要技术参数，需要严格控制，活性指数过高会限制固废的利用，通过试验数据分析及标准编制工作会议讨论，参考本标准列的各项材料的活性指数技术要求的基础上（表 9），本标准选取的活性指数参考 JG/T 486 中的下限，并同时参考粉煤灰、钢渣粉和石灰石粉的性能指标所选取。

表 9 相关标准活性指数技术要求

项目	JG/T 486 最低要求	粉煤灰			硅灰	火山灰 或火山 渣	石灰石粉	磷渣粉	钢渣粉		沸石粉		
		I	II	III					一 级	二 级	I	II	III
活 性 指 数 / %	7d	≥50	—	—	—	—	≥60	≥50	≥ 65	≥ 55	≥ 90	≥ 85	≥ 80
	28d	≥65	≥70			—	≥65	≥60	≥ 70	≥ 80	≥ 65	≥ 90	≥ 85

c) 含水量

表 10 含水量试验数据表

项目	样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	样品 5	样品 6	样品 7	样品 8	样品 9	样品 10	本标准要求
含水量/ %	0.20	0.15	0.20	0.30	0.20	0.55	0.14	0.40	0.20	0.15	≤ 1.0

10 组样品含水量数值均较小。含水量指标是公平贸易的需要，同时粉体含水量较高，拌合混凝土时影响准确计量，所以按照矿物掺合料的一般原则，参考 JG/T 486 标准，规定含水量≤1%。

d) 三氧化硫

表 11 三氧化硫试验数据表

项目	样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	样品 5	样品 6	样品 7	样品 8	样品 9	样品 10	本标准要求
三氧化硫 /%	0.8	1.0	0.6	2.0	1.2	2.8	2.4	1.5	0.8	1.8	≤3.5

再生复合掺合料中三氧化硫和复合掺合料一样来源于粉煤灰组分，因此采标 JG/T486 规定三氧化硫含量≤3.5%。

e) 氯离子

表 12 氯离子试验数据表

项目	样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	样品 5	样品 6	样品 7	样品 8	样品 9	样品 10	本标准要求
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------

氯离子 /%	0.015	0.012	0.020	0.010	0.015	0.010	0.003	0.021	0.010	0.003	≤ 0.02
-----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-----------

氯离子含量影响混凝土耐久性，参考 JG/T 486 及其他矿物掺合料产品标准一般都将氯离子含量控制在≤0.06%。本标准对再生复合掺合料产品，通过企业征求意见调研，减少企业应用顾虑，结合试验数据进一步提高了氯离子含量的设定，本标准规定≤0.02%。

f) 需水量比

表 13 需水量比试验数据表

项目	样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	样品 5	样品 6	样品 7	样品 8	样品 9	样品 10	本标准要 求
需水量比 /%	88	116	98	95	98	100	108	103	112	100	≤115

本标准相较于 JG/T 486 增设了需水量比指标，再生复合掺合料中采用建筑固废或工业固废废渣进行粉磨加工而成，可能会导致产品的需水量比较大，同时磨细的程度也会影响产品的需水量比。参考相关标准需水量比技术要求，对 10 组样品进行需水量比指标的测试，最终规定需水量比≤115。

表 14 相关产品标准技术要求——需水量比

JG/T486 混凝土用 复合掺合 料	再生微粉		粉煤灰			硅灰	火山 灰 或 火山 渣	石灰石粉	磷渣粉	钢 渣 粉	沸石粉		
	I	II	I	II	III						I	II	III
—	≤ 105	≤ 115	≤ 95	≤ 105	≤ 115	≤125	≤ 115	—	—	—	≤115		

g) 试验数据汇总

试验数据汇总表及合格率见表 15。

表 15 试验数据汇总表

项目	样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	样品 5	样品 6	样品 7	样品 8	样品 9	样品 10	本标 准要 求	合格 率	
细度（45 μm筛 余）/%	14	12	7	10	18	20	12	26	10	8	≤25	100%	
流动度 比/%	97	96	99	95	104	95	92	100	99	100	≥95	90%	
活 性 指 数 / %	7d	65	49	72	58	62	65	57	80	61	76	≥50	90%
	28d	72	64	89	70	79	86	63	95	79	88	≥65	80%
含 水 量 / %	0.2	0.15	0.2	0.3	0.2	0.55	0.14	0.4	0.2	0.15	≤ 1.0	100%	
三 氧 化 硫 / %	0.8	1	0.6	2	1.2	2.8	2.4	1.5	0.8	1.8	≤ 3.5	100%	
氯 离 子 / %	0.015	0.012	0.02	0.01	0.015	0.01	0.003	0.021	0.01	0.003	≤ 0.02	90%	
需 水 量 比 / %	88	116	98	95	98	100	108	103	112	100	≤ 115	90%	

结果分析：本标准较 JG/T 486 提高了氯离子的技术指标，样品氯离子含量的合格率由按已有标准判定的 100%降为 90%。同时，本标准参考天津地标并结合编制组讨论增设了需水量比指标，按本标准要求试验样品的需水量合格率为 90%。说明本标准设置的技术要求能有效把控再生复合掺合料的质量。总体而言，样品 1——样品 10 中，仅有样品 1、3、4、5、6、9、10 是合格的，合格率是 70%。本标准设置的技术要求合理且具有先进性。

（二）相关产品验证试验

为了进一步验证技术要求的合理性。标准编制组收集到再生复合掺合料样品 6 组，样品均是已在市场上销售应用的产品，且已得到成功应用，样品成分由企业提供，各成分按所提供的比例组合经粉磨至比表面积为 480~600m²/kg，分别编号为 A、B、C、D、E、F。验证试验分别由浙江犇道环保科技有限公司和浙江中科应用技术研究院完成。

1、样品 A 配方：

再生骨料：50%（废弃混凝土试块进行破碎制备成粒径为 5~30mm 石子）

石灰石：15%（改善流动性，助磨）

煤 渣：15%（电厂燃烧的废渣）

矿 渣：20%（钢厂的水淬渣）

另掺 0.5%~1%的助磨剂

检测结果如下：

表 16 再生复合掺合料性能测试结果

项目		样品 A
细度（45 μ m 筛余）/%（质量分数）		12
流动度比/%		102
活性指数/%	7d	58
	28d	76
含水量/%（质量分数）		0.3
三氧化硫/%（质量分数）		1.1
游离氧化钙/%（质量分数）		2.1
氯离子/%（质量分数）		0.006
需水量比/%（质量分数）		96
安定性（mm）		0.6

2、样品 B 配方：

再生砂粉：45%（将建筑垃圾筛选、破碎后，主要成分为混凝土和砖块细骨料及粉体）

粉煤灰：20%（电厂的统灰，细度在 50~60 之间）

钢 渣：20%

矿 渣：15%

另掺 0.5%~1%的助磨剂

检测结果如下：

表 17 再生复合掺合料性能测试结果

项目		样品 B
细度（45 μ m 筛余）/%（质量分数）		15
流动度比/%		100
活性指数/%	65	58
	80	76
含水量/%（质量分数）		0.3
三氧化硫/%（质量分数）		1.2
游离氧化钙/%（质量分数）		/
氯离子/%（质量分数）		0.004
需水量比/%（质量分数）		95
安定性（mm）		0.2

3、样品 C:

铁矿尾渣：70%（福建德化铁矿的尾渣）

粉煤灰：30%（电厂的统灰，细度在 50~60 之间）

检测结果如下：

表 18 再生复合掺合料性能测试结果

项目		样品 C
细度(45 μ m 筛余)/% (质量分数)		18
流动度比/%		105
活性指数/%	7d	54
	28d	70
含水量/% (质量分数)		0.5
三氧化硫/% (质量分数)		1.8
氯离子/% (质量分数)		0.008
需水量比/% (质量分数)		101
安定性 (mm)		0.1

4、样品 D:

大理石渣：50%（加工大理石产生的废渣）

再生砂粉：20%（将建筑垃圾筛选、破碎后，主要成分为混凝土和砖块细骨料及粉体）

粉煤灰：20%

矿渣：10%

检测结果如下：

表 19 再生复合掺合料性能测试结果

项目		样品 D
细度(45 μ m 筛余)/% (质量分数)		15
流动度比/%		110
活性指数/%	7d	59
	28d	78
含水量/% (质量分数)		0.4
三氧化硫/% (质量分数)		0.2
氯离子/% (质量分数)		/
需水量比/% (质量分数)		96
安定性 (mm)		0.1

5、样品 E:

矿渣：40%

粉煤灰：40%

再生砂粉：20%（将建筑垃圾筛选、破碎后，主要成分为混凝土和砖块细骨料及粉体）
 掺 0.5%~1%的助磨剂
 检测结果如下：

表 20 再生复合掺合料性能测试结果

项目		样品 E
细度（45 μ m 筛余）/%（质量分数）		10
流动度比/%		108
活性指数/%	7d	68
	28d	89
含水量/%（质量分数）		0.5
三氧化硫/%（质量分数）		0.2
氯离子/%（质量分数）		/
需水量比/%（质量分数）		95
安定性（mm）		0.1

6、样品 F：

再生砂粉：55%
 煤渣：25%
 矿渣粉：20%
 掺 0.5%~1%的助磨剂
 检测结果如下：

表 21 再生复合掺合料性能测试结果

项目		样品 F
细度（45 μ m 筛余）/%（质量分数）		20
流动度比/%		98
活性指数/%	7d	52
	28d	68
含水量/%（质量分数）		1.0
三氧化硫/%（质量分数）		0.3
氯离子/%（质量分数）		/
需水量比/%（质量分数）		104
安定性（mm）		0.3

试验样品及成分汇总表见表 22，部分样品图见图 1。



再生混凝土砂粉



铁尾矿废渣



煤渣



矿渣

图 1 部分试验样品

表 22 试验样品成分与比例汇总表

样品编号	再生复合掺合料成分与比例
样品 A	再生骨料：50%（普通的混凝土块进行破碎成 5~30 石子） 石灰石：15%（改善流动性，助磨） 煤 渣：15%（电厂燃烧的废渣） 矿 渣：20%（钢厂的水淬渣） 另掺 0.5~1%的助磨剂
样品 B	钢 渣：20% 再生砂粉：45% 矿渣：15% 粉煤灰：20%（电厂的统灰，细度在 50~60 之间） 另掺 0.5~1%的助磨剂
样品 C	铁矿尾渣：30%（福建德化铁矿的尾渣） 再生砂粉：30% 煤 渣：20% 石 灰 石：20%
样品 D	大理石渣：50% 再生砂粉：20% 粉煤灰：20% 矿渣：10%

样品 E	矿渣：40% 粉煤灰：40% 再生砂粉：20% 掺 0.5~1%的助磨剂
样品 F	再生砂粉：55% 煤渣：25% 矿渣粉：20% 掺 0.5~1%的助磨剂

试验结果见表 23。

表 23 试验结果汇总表

项目	本标准要求	样品 A	样品 B	样品 C	样品 D	样品 E	样品 F
细度(45 μm 筛余)/%(质量分数)	≤25	12	15	18	15	10	20
流动度比/%	≥95	102	100	105	110	108	98
活性指数/%	7d	≥50	58	58	54	59	68
	28d	≥65	76	76	70	78	89
含水量/(质量分数)	≤1.0	0.3	0.3	0.5	0.4	0.5	1.0
三氧化硫/(质量分数)	≤3.5	1.1	1.2	1.8	0.2	0.2	0.3
氯离子/(质量分数)	≤0.02	0.006	0.004	0.008	—	—	—
需水量比/(质量分数)	≤115	96	95	101	96	95	104
安定性 (mm)	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格

本试验验证涵盖了行业内生产企业的再生复合掺合料样品种类，基于常规测试和为标准要求验证而进行的专项测试，具有代表性和实际意义。经试验验证证明，标准技术要求设置合理。

四、知识产权说明

本标准未涉及专利，无相关知识产权争议。

五、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果等情况

(一) 经济效益、社会效益、产业规模、推广应用、工程应用情况、预期达到的经济、社会效益

随着环保政策的日趋严格和市场需求的日益增大，优质矿物掺合料资源日益稀缺，复合化是解决资源稀缺的有效手段。全国各地均有大量的固废资源，其中主要为工业固废和建筑固废。目前，全国累计堆存的工业固体废物超过 600 亿吨，年增量约 41.4 亿吨，其中大宗工业固废产生量 36.56 亿吨，尾矿、煤矸石、粉煤灰占全国固废年增量的 79.5%。近年来，我国城镇化速度加快，建筑垃圾产生量也随之增多。2019 年，我国建筑垃圾产生量约为 23 亿吨，建筑垃圾资源化规模空间（经济价值）达到 805 亿元。2019 年，全国工业固废的处理量为 8.78 亿吨，综合利用量为 19.49 亿吨，综合利用率为 55.02%；“固废山”还在变大。据估算，2020 年我国建筑垃圾综合利用率达到 30%，其中再生材料化利用约 10%；而欧美日韩等发达国家普遍达到 90-95%之间，我国建筑垃圾资源化水平还比较低。

如将上述的各种固废资源加工成复合掺合料，将会极大的提高固废利用率和附加值，在生产再生复合掺合料时，可利用不同品种掺合料自身特点，在制作混凝土时应充分发挥其各自的优势，利用几种矿物掺合料之间良好的技术耦合性，充分发挥几种掺合料的协同作用功能。建筑固废和工业固废再生掺合料并将其复合化可以将低品质资源与高品质资料搭配使用，并通过生产过程中合理的组分配比、科学的粉磨、必要的激发剂技术等，将再生复合掺合料的性能大幅度提高，既实现了有效供给，又提高了技术经济性能解决混凝土的若干技术问题，还解决了环境保护等一系列问题。

（二）本标准指标的技术先进性以及本标准的发布对行业及社会发展的促进作用，即与“宜业尚品造福人类”的相关性

标准组织编写单位近些年在掺合料超细化及复合化方面做了大量的工作，已经在全国技术转让和合作推广相关项目数十项，产生了较大的经济和社会效益。

我们有理由相信，通过本标准的制定，将会更有利于科研、生产、使用等应用单位对再生复合掺合料的积极性，促进再生复合掺合料产品的技术进步和推广使用，进一步提高再生复合掺合料的产品质量，具有很好的技术经济效益。本标准的编制符合建材行业“宜业尚品造福人类”的发展方向。

六、采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况，国内外关键指标对比分析与测试的国外样品、样机的相关数据对比情况

无。

七、与现行相关法律、法规、规章及强制性标准的协调性

本标准的编写，严格遵照我国相关法律、法规，在满足“先进性、经济性、可操作性”的前提下，使标准的内容科学合理，符合国家产业发展与循环经济政策，符合 GB/T 1.1《标准化工作导则 第 1 部分》系列标准的要求，并注意贯彻与已发布国家标准、行业标准和规范的协调一致性和相容性原则。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

标准编制过程中无重大分歧意见。

九、标准性质的建议说明

建议作为推荐性标准发布实施。

十、贯彻标准的要求和措施建议

本标准建议于标准发布后尽快实施。因为原来没有相应标准，不存在标准的过渡期。建议标准发布 3 个月后应正式实施。

十一、废止现行相关标准的建议

本标准为新制定标准，无废止相关标准建议。

十二、其他应予说明的事项

无。