

ICS 91.100.30

CCS Q 13

CCPA

中国混凝土与水泥制品协会标准

T/CCPA XX—202X

超细矿渣粉在混凝土中应用技术规程

Technical specification for the application of ultra fine slag powder in concrete

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国混凝土与水泥制品协会 发布

版权保护文件

本文件适用于超细矿渣粉在混凝土中的应用。请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件发布机构不承担识别这些专利的责任。本文件版权所有归属于该标准的发布机构。除非有其他规定，否则未得许可，此发行物及其中章节不得以任何形式或任何手段进行生产和使用，包括电子版、影印件，或发布在互联网及内部网络等。使用许可可于发布机构获取。

前 言

根据中国混凝土与水泥制品协会《关于下达 2024 年中国混凝土与水泥制品协会标准制修订计划（第五批）的通知》（中制协字〔2024〕62 号）计划号 2024-12-cbjh，标准编制组经广泛调查研究，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了本规程。

本规程的主要技术内容是：1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 超细矿渣粉的检验和验收；5 超细矿渣粉混凝土的配合比设计；6 超细矿渣粉混凝土的制备与施工；7 超细矿渣粉混凝土质量检验评定。

本规程由中国混凝土与水泥制品协会归口管理，由安徽环马聚力新材料有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送安徽环马聚力新材料有限公司（地址：安徽省芜湖市繁昌区荻港镇新型建材产业园 6 号芜湖纵深建材园区，邮政编码：241201）或长三角国创中心有机功能材料与应用技术研究所、江苏集萃功能材料研究所有限公司（地址：江苏省苏州市相城区青龙港路 286 号长三角国际研发社区启动区 1-B 栋 6 楼，邮政编码：215000）。

主 编 单 位： 安徽环马聚力新材料有限公司
江苏集萃功能材料研究所有限公司
中国混凝土与水泥制品协会

参 编 单 位： 安徽东材材料科技有限公司
同济大学
河海大学
苏州科技大学
宝武环科马鞍山资源利用有限公司
苏州同萃碳中和科技有限公司
苏州混凝土水泥制品研究院有限公司
上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司
苏州城投环境科技发展有限公司
杭州市地铁集团有限责任公司
中亿丰建设集团股份有限公司
上海建筑科学研究院有限公司

四川科志人防设备股份有限公司
山东埃尔派粉体科技股份有限公司
江苏同萃和科技有限公司
上海海颐新材料科技有限公司

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1 总 则	1
2 术语和定义	2
3 基本规定	3
4 超细矿渣粉的检验和验收	4
4.1 一般规定	4
4.2 检验方法	4
4.3 验收要求	5
5 超细矿渣粉混凝土的配合比设计	6
5.1 材料要求	6
5.2 配合比设计	6
6 超细矿渣粉混凝土的制备与施工	8
6.1 制备	8
6.2 浇筑成型	8
6.3 养护	9
6.4 冬期施工	9
7 超细矿渣粉混凝土质量检验评定	10
用词说明	11
引用标准名录	12
附：条文说明	13

Contents

1 General Provision	错误！未定义书签。
2 Terms and Definition	错误！未定义书签。
3 Basic Regulations	错误！未定义书签。
4 Test and Acceptance	错误！未定义书签。
4.1 General Regulations	错误！未定义书签。
4.2 Test Method	错误！未定义书签。
4.3 Acceptance Requirements	错误！未定义书签。
5 Mix Design of Ultra fine Slag Powder for Concrete	错误！未定义书签。
5.1 Material Requirements	错误！未定义书签。
5.2 Mix Design	错误！未定义书签。
6 Preparation and Construction	8
6.1 Preparation	8
6.2 Pouring and Molding	8
6.3 Curing	9
6.4 Winter Construction	9
7 Quality Inspection and Evaluation of Concrete	错误！未定义书签。
Explanation of Wording	错误！未定义书签。
List of Quoted Standards	错误！未定义书签。
Addition: Explanation of Provisions	13

1 总 则

1.0.1 为安全合理有效地在混凝土中应用高炉矿渣资源，积极稳妥地推广超细矿渣粉在混凝土中的应用技术，充分发挥其技术性能和特点，改善混凝土性能，节约资源和能源，保证工程质量，制订本规程。

1.0.2 本规程适用于超细矿渣粉在混凝土中的应用。

1.0.3 超细矿渣粉在混凝土中的应用，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和定义

2.0.1 超细矿渣粉 ultra fine slag powder

超细矿渣粉是粒化高炉矿渣经干燥、超细粉磨达到规定细度的粉体，粉磨时也可添加适量的石膏。

[来源：GB/T 18046，定义3.1]

2.0.2 流动度比 ratio of fluidity

超细矿渣粉按规定比例等量替代水泥后的胶砂流动度与对比水泥胶砂流动度之比。

[来源：JC/T 2238，定义3.2]

2.0.3 活性指数 strength activity index

超细矿渣粉按规定比例等量取代水泥后的试验胶砂强度与对比水泥胶砂强度的百分比。

[来源：JC/T 2238，定义3.3]

2.0.4 水胶比 water-binder ratio

混凝土用水量和胶凝材料质量的比值。

[来源：JGJ 55，定义2.1.13]

2.0.5 超细矿渣粉混凝土 ultra fine slag powder concrete

以超细矿渣粉为掺合料参与配制的混凝土。

[来源：GB/T 50912，定义2.1.2，有修改]

2.0.6 超细矿渣粉掺量 the amount of ultra fine slag powder

超细矿渣粉占胶凝材料的质量百分比。

[来源：JGJ 55，定义2.1.14，有修改]

3 基本规定

- 3.0.1 当采用超细矿渣粉制备混凝土时，宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。当采用其他品种水泥时，应通过试验确定超细矿渣粉的掺量。
- 3.0.2 当采用超细矿渣粉制备混凝土时，超细矿渣粉可与粉煤灰、硅灰等其他矿物掺合料复配使用。
- 3.0.3 当采用超细矿渣粉与其他矿物掺合料复合制备混凝土时，根据混凝土强度要求确定混凝土预制构件超细矿渣粉的配合比例，代替部分水泥用量即可。
- 3.0.4 超细矿渣粉混凝土的放射性核素的放射性比活度应符合现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 的有关规定。

4 超细矿渣粉的检验和验收

4.1 一般规定

4.1.1 超细矿渣粉技术指标见表 4.1.1 所示。

表 4.1.1 技术指标

项目		技术指标	
		S125	S115
密度/ (g/cm ³)		≥2.8	
比表面积/ (m ² /kg)		≥700	≥600
活性指数	7 d	≥105%	≥95%
	28 d	≥125%	≥115%
流动度比		≥95%	
初凝时间比		≤200%	
含水量 (质量分数)		≤1.0%	
三氧化硫 (质量分数)		≤3.5%	
氯离子 (质量分数)		≤0.06%	
烧失量 (质量分数)		≤1.0%	
不溶物 (质量分数)		≤3.0%	
玻璃体含量 (质量分数)		≥85%	
放射性		I _{Ra} ≤1.0 且 I _γ ≤1.0	

4.1.2 当超细矿渣粉储存时，不得与其他材料混杂，避免受潮变质。储存期超过 3 个月时，使用前应按本规程第 4.3.2~4.3.4 条的规定进行复验。

4.2 检验方法

4.2.1 密度、含水量、氯离子含量、烧失量、三氧化硫、不溶物、活性指数、流动度比和玻璃体含量的检验应按现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 中规定的方法进行，比表面积按现行国家标准《气体吸附 BET 法测定固态物质比表面积》GB/T 19587 进行。

4.2.2 超细矿渣粉的放射性的检验方法应符合现行国家标准《建筑材料放射性核

素限量》GB 6566 的有关规定。

4.3 验收要求

4.3.1 超细矿渣粉应由生产企业提供产品合格证和检验报告。产品合格证中应标明：产品名称、生产厂家、代号、重量、生产日期、出厂编号以及密度、比表面积、活性指数、流动度比、含水量、三氧化硫、氯离子含量、烧失量、玻璃体含量和放射性等相关参数的检验结果。

4.3.2 超细矿渣粉进货时的质量验收应抽取实物试样，以其检验结果为依据。超细矿渣粉检验结果不符合本标准要求时，应作为不合格品或降级处理，检验不合格品不得使用。

4.3.3 抽取实物试样时，买卖双方应在发货前或交货地共同取样和签封。取样方法按《水泥取样方法》GB/T 12573 进行，取样数量为 10 kg，缩分为二等份。一份由卖方保存 40 d，一份由买方按本标准规定的项目和方法进行检验。

在 40 d 以内，买方检验认为产品质量不符合本标准要求，而卖方又有异议时，则双方应将卖方保存的另外一份试样送省级或省级以上国家认可的建材产品质量监督检验机构进行仲裁检验。

4.3.4 超细矿渣粉应逐批验收，同一厂家，同一批次以不超过 200 t 为一个验收批。主要检测项目为：密度、比表面积、7d 活性指数、流动度比等 4 项指标。

5 超细矿渣粉混凝土的配合比设计

5.1 材料要求

- 5.1.1 超细矿渣粉的技术指标应符合本规范第 4.1.1 条的规定。
- 5.1.2 硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥性能应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定。
- 5.1.3 细骨料的技术要求应符合国家现行标准《建设用砂》GB/T 14684 和《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定。
- 5.1.4 粗骨料的技术要求应符合现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 和现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定。
- 5.1.5 水应符合国家现行标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。
- 5.1.6 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 的有关规定。
- 5.1.7 粉煤灰、硅灰、微珠等矿物掺合料及相关辅材应符合相应的现行国家标准的规定。

5.2 配合比设计

- 5.2.1 超细矿渣粉混凝土的配合比设计，应根据设计要求的强度等级、强度标准值的保证率和混凝土的耐久性以及施工要求，采用实际工程使用的原材料，并应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的有关规定。
- 5.2.2 当进行超细矿渣粉混凝土的配合比设计时，混凝土配制强度宜取 28 d 龄期强度。按实际工程设计要求也可选用 60 d 或 90 d 龄期强度。
- 5.2.3 当超细矿渣粉混凝土的设计强度等级小于 C60 时，配制强度应满足以下要求或者参考按下式计算：

$$f_{cu,0} \geq f_{cu,k} + 1.645\sigma \quad (5.2.3)$$

式中： $f_{cu,0}$ —混凝土配制强度（MPa）；

$f_{cu,k}$ —混凝土立方体抗压强度标准值（MPa）；

σ —混凝土强度标准差（MPa），取值应按照国家现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 执行。

- 5.2.4 当超细矿渣粉混凝土的设计强度等级大于等于 C60 时，配制强度应满足

以下要求或者参考按下式计算：

$$f_{cu,0} \geq 1.15f_{cu,k} \quad (5.2.4)$$

5.2.5 制备超细矿渣粉混凝土时，宜进行系统配合比试验，当建立水胶比与强度关系式时，可采用最小二乘法进行线性回归，并可按照设计和施工要求，经试验建立的强度关系式计算混凝土的水胶比、胶凝材料用量及其他组分的用量。

5.2.6 混凝土中超细矿渣粉的合适掺量可按照工程所处的环境条件、结构特点来确定，但超细矿渣粉的最大掺量应符合《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 中对于粒化高炉矿渣粉掺量的有关规定。

5.2.7 最小胶凝材料总量和最大水胶比应符合国家现行标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 和《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的有关规定。

5.2.8 单方混凝土的原材料用量应按重量法或绝对体积法确定并通过试配确定混凝土配合比。

5.2.9 当混凝土需缓凝时，可按超细矿渣粉的掺入量适当调整外加剂中缓凝组分，并应经试验验证拌和物凝结时间。

6 超细矿渣粉混凝土的制备与施工

6.1 制备

- 6.1.1 混凝土搅拌机应符合现行国家标准《混凝土搅拌机》GB/T 9142 的有关规定，混凝土搅拌机宜采用强制式搅拌机并应配备计量设备。
- 6.1.2 计量设备的精度应满足现行国家标准《混凝土搅拌站（楼）》GB 10171 的有关规定，应具有法定计量部门签发的有效检定证书，并应定期校验。
- 6.1.3 各种原材料的计量允许偏差应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的有关规定。
- 6.1.4 混凝土搅拌和运输时间应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的有关规定。
- 6.1.5 混凝土在运输过程中应保证拌合物的均匀性和工作性能且运输过程中不得遗撒。
- 6.1.6 当采用混凝土搅拌运输车运送混凝土时，混凝土搅拌运输车应符合现行国家标准《混凝土搅拌运输车》GB/T 26408 的有关规定，并应满足以下要求：
- 1 接料前，搅拌运输车应排净罐内积水。
 - 2 混凝土搅拌运输车在运输途中及等候卸料时，应保持罐体正常转速。
 - 3 卸料前，运输车罐体应快速旋转搅拌 20s 以上，可卸料。
- 6.1.7 混凝土拌和物在运输及施工过程中不得加水。当混凝土坍落度损失过大不能满足施工要求时，应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定。
- 6.1.8 运输频率应保证混凝土浇筑的连续性。
- 6.1.9 超细矿渣粉混凝土生产及应用过程中应采取防尘、降尘措施。

6.2 浇筑成型

- 6.2.1 超细矿渣粉混凝土浇筑时，混凝土坍落度允许偏差应符合表 6.2.1 的要求。

表 6.2.1 混凝土坍落度允许偏差（mm）

坍落度	允许偏差
≤40	±10
50-90	±20
≥100	±30

6.2.2 当超细矿渣粉混凝土浇筑时，应振捣密实，不可漏振或过振。

6.2.3 当超细矿渣粉混凝土抹面时，应至少进行二次抹压。最后一次抹压应在泌水结束、初凝前完成。

6.3 养护

6.3.1 现浇结构养护应符合下列规定：

1 超细矿渣粉混凝土浇筑成型完毕后，应及时养护，混凝土表面应覆盖并保持湿润。

2 超细矿渣粉混凝土的保湿养护时间不宜少于 14 d。

6.3.2 制品与构件养护应符合下列规定：

1 成型后热预养温度不宜高于 45℃；预养（静停）时间不得少于 2 h；当常温预养时，其预养时间应适当延长。

2 蒸养时的升温速度宜为 15℃/h~20℃/h；恒温温度不宜超过 80℃，且不应超过 90℃；降温速度不宜大于 25℃/h。

6.4 冬期施工

6.4.1 超细矿渣粉混凝土的冬期施工应符合现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104 的相关规定。

6.4.2 超细矿渣粉混凝土使用防冻剂的受冻临界强度应符合以下要求：

1 当室外最低气温不高于-10℃时，受冻临界强度不应小于 4.0 MPa。

2 当室外最低气温低于-10℃但不高于-20℃时，受冻临界强度不应小于 5.0 MPa。

6.4.3 冬期施工的超细矿渣粉混凝土的出机温度不宜低于 10℃，入模温度不应低于 5℃。

6.4.4 用于超细矿渣粉混凝土中的防冻剂不应含有氯盐及对人体健康或环境有害的物质。

7 超细矿渣粉混凝土质量检验评定

7.0.1 超细矿渣粉混凝土的强度检验评定应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的有关规定。

7.0.2 超细矿渣粉混凝土施工质量及验收应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

7.0.3 超细矿渣粉混凝土耐久性检验评定应符合现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193 的有关规定。

用词说明

为便于在执行本规程条款时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1 表示很严格,非这样做不可的用词:

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用词,采用“可”。

引用标准名录

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本规程；不注日期的，其最新版本适用于本规程。

- 《混凝土结构设计标准》 GB/T 50010
- 《混凝土强度检验评定标准》 GB/T 50107
- 《混凝土外加剂应用技术规范》 GB 50119
- 《混凝土质量控制标准》 GB 50164
- 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
- 《钢铁渣粉混凝土应用技术规范》 GB/T 50912
- 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 《建筑材料放射性核素限量》 GB 6566
- 《混凝土外加剂》 GB 8076
- 《混凝土搅拌机》 GB/T 9142
- 《混凝土搅拌站（楼）》 GB 10171
- 《水泥取样方法》 GB/T 12573
- 《建设用砂》 GB/T 14684
- 《建设用卵石、碎石》 GB/T 14685
- 《预拌混凝土》 GB/T 14902
- 《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》 GB/T 18046
- 《混凝土搅拌运输车》 GB/T 26408
- 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》 JGJ 52
- 《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55
- 《混凝土用水标准》 JGJ 63
- 《建筑工程冬期施工规程》 JGJ/T 104
- 《混凝土耐久性检验评定标准》 JGJ/T 193
- 《水泥制品用矿渣粉应用技术规程》 JC/T 2238

中国混凝土与水泥制品协会标准

超细矿渣粉在混凝土中应用技术 规程

T/CCPA XX—202X

条文说明

制 定 说 明

《超细矿渣粉在混凝土中应用技术规程》（T/CCPA XX—202X），经中国混凝土与水泥制品协会202X年X月X日以第X号公告批准发布。

本规程制定过程中，编制组进行了广泛的调研、分析和论证，认真总结了我国超细矿渣粉在混凝土中的实践应用经验，在广泛征求有关设计和施工单位意见的基础上编制而成，用于规范和指导超细矿渣粉在混凝土工程建设领域中的应用，提升矿渣超细粉磨技术水平，为超细矿渣粉的推广应用提供有力支撑。

为了便于广大超细矿渣粉生产企业、矿渣产生单位、混凝土工程设计与建设单位、预制混凝土构件生产单位、装备单位、施工单位、检测单位、科研院所、高校及工程技术人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《超细矿渣粉在混凝土中应用技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供读者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1 总则	16
2 术语和定义	17
3 基本规定	18
4 超细矿渣粉的检验和验收	19
4.1 一般规定	19
4.2 检验方法	20
4.3 验收要求	21
5 超细矿渣粉混凝土的配合比设计	22
5.1 材料要求	22
5.2 配合比设计	22
6 超细矿渣粉混凝土的制备与施工	24
6.1 制备	24
6.2 浇筑成型	24
6.3 养护	25
6.4 冬期施工	25
7 超细矿渣粉混凝土质量检验评定	26

1 总 则

1.0.1 我国的矿渣产量大、占用土地且污染环境。目前，矿渣利用的途径主要通过普通的立磨球磨处置后，用于水泥、混凝土等产品生产，但其生产过程中存在着掺入量偏低、颗粒级配较差、早期强度低、干缩偏大等问题，矿渣资源利用率不高且技术水平低下。随着矿渣超细粉磨技术的提高，可有效平衡超细粉磨能耗和后端产品粒径、提升产品质量，为了进一步推广超细矿渣粉混凝土，保证工程质量，在总结已有成功经验和大量实验数据的基础上制定本规程。

1.0.2 简述本标准的规范内容和范围。

1.0.3 超细矿渣粉在混凝土中的应用，强调本标准的执行效力须在相关国家标准的相关规定之内。

2 术语和定义

- 2.0.1 矿渣是高炉炼铁产生的废渣，具有一定活性。超细矿渣粉是粒化高炉矿渣经干燥、常规立磨球磨、超细粉磨后达到规定细度的粉体产品，为进一步激发其活性，粉磨时也可添加适量的石膏，实际生产中需综合考虑粉磨能耗和活性。
- 2.0.2 参照《水泥制品用矿渣粉应用技术规程》JC/T 2238 的定义，以此来评定超细矿渣粉的流动度比。
- 2.0.3 参照《水泥制品用矿渣粉应用技术规程》JC/T 2238 的定义，以此来评定超细矿渣粉活性指数。
- 2.0.4 在评定超细矿渣粉混凝土水胶比时，超细矿渣粉需按规定比例等量取代水泥后，制备超细矿渣粉混凝土，并测试其混凝土用水量和胶凝材料质量的比值。
- 2.0.5 超细矿渣粉混凝土可以单掺超细矿渣粉，也可以将超细矿渣粉与其他矿物掺合料复掺，生产单位以特定配比和工艺设计，可生产不同性能的混凝土。
- 2.0.6 当制备超细矿渣粉混凝土时，超细矿渣粉掺量应根据超细矿渣粉占胶凝材料的质量百分比进行测算。

3 基本规定

3.0.1 强调在采用超细矿渣粉制备混凝土时，应优先考虑采用传统混凝土中混合材掺量较少的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，以保障所配制混凝土的质量稳定性和可靠性。

3.0.2 一般而言，矿渣粉材料与粉煤灰、硅灰等常用掺合料复合使用后具有超叠加效应，而超细矿渣粉的这种作用更显著，因此规定其可以与粉煤灰、硅灰等常用掺合料复合使用。

3.0.3 该条规定明确了超细矿渣粉在混凝土中配合比计算时采用的是“内掺法”，即等质量取代水泥，以区别于有些掺合料所采用的“超掺”（规定取代系数）或“外掺”（在原有配合比基础上另外掺加）等方法。

3.0.4 根据社会对居住环境健康安全性关注度越来越高的情况，专门制订该条规定，以防止超细矿渣粉的生产原材料中因混入放射性超标粒化矿渣而可能导致其所制备混凝土的放射性超标问题，提高超细矿渣粉混凝土的安全等级。

4 超细矿渣粉的检验和验收

4.1 一般规定

4.1.1 超细矿渣粉的技术要求应严格规范,超细矿渣粉的密度不应低于 2.8 g/cm^3 ,其流动度比、初凝时间比、含水量、三氧化硫、不溶物、氯离子、烧失量、玻璃体含量等因素,均依据现行国家标准和实际应用需求,进行了限定。但本规程推荐使用比表面积大于等于 $600\text{ m}^2/\text{kg}$ 的超细矿渣粉,并将其比表面积以 $700\text{ m}^2/\text{kg}$ 作为分级点,结合试验检测,将其按照活性分为S125和S115两个等级。试验研究以比表面积 $700\text{ m}^2/\text{kg}$ 的超细矿渣粉用作混凝土掺合料,可制备C60及以上的混凝土(以设计强度为C70为例),其数据整体如下表4.1所示:

表 4.1 普通 S95 矿粉和超细矿渣粉制备 C70 高强混凝土实验数据对比 ($\geq\text{C60}$)

试验 编号	原材料用量 (kg/m^3)						混凝土状 态	标养强度 (MPa)		
	PO 52.5	石子	砂	掺和料	羧酸减水 剂 (20% 固含)	水		3d	7d	28d
D1-1	320	1195	701	78(I级粉煤灰) +52 (S95级矿 粉)	4.5	1350	塌落度 100mm, 和易一般	43.6	62.3	72.4
D1-2	260	1195	701	190 (比表 $700\text{ m}^2/\text{kg}$ 矿粉)	4.5	1325	塌落度 150mm, 和易性好	56.5	75.2	81.1
D1-3	220	1195	701	78(I级粉煤灰) +52 (S95级矿 粉)+100 (比 表 $700\text{ m}^2/\text{kg}$ 矿 粉)	4.5	1340		42.2	68.3	81.9

备注: 实验用砂为江砂,细度模数 2.8,级配符合中砂级配,减水剂用量正常,聚酯纤维为胶材总量的 0.33%,室温 27°C。

高强混凝土试验显示:选用超细矿渣粉作为混凝土掺和料的产品,其水泥替代量更高,同等减水剂掺比下,产品需水量更少,混凝土的塌落度与和易性表现整体一致。此外,在D1-2和D1-3配方下,超细矿渣粉混凝土的7d标养强度分别为 75.2 MPa 和 68.3 MPa ,显著高于D1-1基准混凝土的 62.3 MPa ,超细矿渣粉混凝土呈现出显著的早强性。最后,D1-2和D1-3超细矿渣粉混凝土的28d强度整体较基准混凝土高出约1个标号,超细矿渣粉混凝土呈现出更高的强度。

试验研究以比表面积 $700\text{ m}^2/\text{kg}$ 的超细矿渣粉用作混凝土掺合料,可制备

C60 以下的混凝土（以设计强度为 C40 为例），其数据整体如下表 4.2 所示：

表 4.2 普通 S95 矿粉和超细矿渣粉制备 C40 普通混凝土实验数据对比（<C60）

试验 编号	原材料用量（kg/m ³ ）						混凝土 状态	标养强度（MPa）		
	PO52.5	石子	砂	掺和料	羧酸减 水剂	水		3d	7d	28d
D2-1	300	1060	760	80（S95 级矿 粉）	4.2	1300	正常	12.4	28.4	57.2
D2-2	300	1060	760	50（S95 级矿 粉）	4.2	1290	正常	10.5	25.6	53.3
D2-3	300	1060	760	80（比表 700 m ² /kg 矿粉）	4.2	1250	正常	15.1	32.7	62.1
D2-4	250	1060	760	20（比表 700 m ² /kg 矿粉）	4.2	1170	正常	12.7	31.7	54.5

备注：本次实验用砂为江砂，细度模数 2.8，级配符合中砂级配。减水剂用量正常，温度 30℃。

普通混凝土试验显示：选用超细矿渣粉作为混凝土掺合料的产品，在同等减水剂掺比情况下，产品需水量更少，混凝土的状态则表现为整体一致。此外，对比 D2-1 和 D2-3 配方效果，D2-3 的 3d、7d 及 28d 养护强度更高，超细矿渣粉混凝土产品呈现出显著的早强性，且具有更高的强度性能。最后，对比 D2-2 和 D2-4 配方效果，D2-4 配方以用量更低的超细矿渣粉，替代了更高的水泥用量，且表现出更快的早强性和相近的产品强度。

综上所述，矿渣超细粉磨化是提高其活性的有效方法，通过提升矿渣粉的比表面积，可加速混凝土水化反应的进行，改善混凝土的工作性，是理想的矿物掺合料。提高矿渣粉的比表面积，不仅仅提高了矿渣粉的活性，也能够增强超细矿渣粉在混凝土中的填充作用，改善混凝土的微观结构，从推广超细矿渣粉的角度出发，应保证超细矿渣粉具有良好的性能。

为确保混凝土的环保性和安全性，超细矿渣粉作为矿物掺合料应满足建筑材料放射性核素限量的规定。

4.1.2 超细矿渣粉在受潮的情况下会发生水化反应，从而明显降低活性，因此超细矿渣粉的储存要防止受潮，影响使用。

4.2 检验方法

4.2.1 超细矿渣粉的检验方法按照现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 中规定的方法执行。

4.2.2 超细矿渣粉的放射性的检验方法应符合现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 的有关规定。

4.3 验收要求

4.3.1 超细矿渣粉产品既要符合现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 中规定的出厂检验标准，也要符合现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 的检验标准，其比表面积、活性指数还需满足第 4.1.1 的技术要求。

4.3.2 进场检验项目包括密度、比表面积、7d活性指数、流动度比等。活性指数影响工程质量安全，该检验项目不合格者不得使用，其他检验项目不合格者为不合格品，经双方协商可降级处理，检验不合格品不得使用。

4.3.3 超细矿渣粉抽取实物试样时，取样方法需按《水泥取样方法》GB/T 12573 进行，并做好留样检验，避免产品检测不合格出现异议。

4.3.4 鉴于超细矿渣粉活性指数的波动较大，批量划分严于国家标准，检验批是 200 t为一批。主要检测项目为：密度、比表面积、7d活性指数、流动度比等 4 项指标。

5 超细矿渣粉混凝土的配合比设计

5.1 材料要求

5.1.1~5.1.7 采用超细矿渣粉制备混凝土时，其技术要求应符合本规程 4.1.1 的规定，水泥、骨料、粗骨料、水、化学外加剂、其他矿物掺合料等原材料的技术要求应符合国家相关标准的规定。

5.2 配合比设计

5.2.1 超细矿渣粉混凝土的配合比设计基本思路和步骤与普通水泥混凝土相近，可参考普通水泥混凝土的配合比设计方法，并应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的有关规定。

5.2.2 采用超细矿渣粉制备混凝土时，其早期强度发展较快，但后期强度也有一定的增长空间，因此可以根据建筑物类型和实际承载时间适当延长验收龄期，或按合同规定的其他龄期执行，本规程推荐使用 28 d、60 d 或 90 d 期作为强度验收龄期。

5.2.3 当使用超细矿渣粉作为矿物掺合料配制设计强度等级小于 C60 混凝土时，本规程设计混凝土的配制强度为 $f_{cu,0} = f_{cu,k} + 1.645\sigma$ ；当使用超细矿渣粉作为矿物掺合料配制设计强度等级大于等于 C60 混凝土时，本规程设计混凝土的配制强度为 $f_{cu,0} \geq 1.15f_{cu,k}$ ，其中， $f_{cu,0}$ 为混凝土配制强度（MPa）、 $f_{cu,k}$ 为混凝土立方体抗压强度标准值（MPa）、 σ 为混凝土强度标准差，取值需按照现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 执行；以确保检验合格，并注意其抗压强度的设计龄期。

5.2.4 超细矿渣粉配制混凝土时，其配合比设计宜首先通过系统配合比试验建立超细矿渣粉混凝土的水胶比与强度的经验关系式，在此基础上通过试配调整其他配合比参数。

5.2.5 混凝土中超细矿渣粉的具体掺量应按照工程所处的环境条件、结构特点等综合因素来确定，结合实际试验数据和工程经验，为保障工程整体应用效果，超细矿渣粉的最大掺量应符合《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 中对于粒化高炉矿渣粉掺量的有关规定。

5.2.6 最小胶凝材料用量和最大水胶比应符合国家或行业相关标准的规定。

5.2.7 为明确超细矿渣粉混凝土的配合比，单方混凝土的原材料用量需按重量法或绝对体积法确定，并通过试配最终确定配合比。

5.2.8 超细矿渣粉活性较高，且具有早强趋势、反应时间较快，当超细矿渣粉配制混凝土时，可按超细矿渣粉的掺入量适当调整外加剂中缓凝组分，并应经试验验证拌合物凝结时间，避免影响缓凝效果。

6 超细矿渣粉混凝土的制备与施工

6.1 制备

6.1.1 强制式搅拌机的搅拌效果好，利于混凝土搅拌均匀，且混凝土搅拌机应符合现行国家标准《混凝土搅拌机》GB/T 9142 的有关规定。

6.1.2~6.1.3 混凝土生产中应重视计量工作，尽量减少称量偏差，保证超细矿渣粉混凝土的生产质量，计量设备的精度应满足现行国家标准《混凝土搅拌站(楼)》GB 10171 的有关规定，应具有法定计量部门签发的有效检定证书，并应定期校验。原料计量允许偏差应满足现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的规定。

6.1.4 混凝土搅拌和运输时间也会影响混凝土工程应用质量，因此，二者亦需符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的有关规定。

6.1.5 针对长距离运输，混凝土在运输过程中也需保证拌合物的均匀性和工作性能，且不应发生遗撒。

6.1.6 如选用混凝土搅拌运输车运送混凝土，混凝土搅拌运输车也应符合现行国家标准《混凝土搅拌运输车》GB/T 26408 的规定，混凝土接料前、运输和卸料时、卸料前均应满足相关要求。

6.1.7 在特定场景甚至特定季节时，混凝土的坍落度损失可能会有所增大，导致不能满足施工要求，应满足现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定。

6.1.8 为保障混凝土浇筑的连续性，还需考虑运输频率的规范，避免过于频繁或浇筑间隔时间过长。

6.1.9 超细矿渣粉混凝土生产及应用时，需满足相应环保要求，及时采取防尘、降尘等环保措施。

6.2 浇筑成型

6.2.1 超细矿渣粉混凝土在浇筑成型时，混凝土坍落度允许偏差应符合《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定，以免影响产品质量。

6.2.2~6.2.3 超细矿渣粉的密度与水泥存在差异，过振容易因密度差造成物料粉浆体的上浮，影响混凝土拌合料的均匀性。利用超细矿渣粉混凝土二次抹压，可

以消除混凝土的表面缺陷、混凝土内部的泌水通道及早期的塑性裂缝，避免影响其质量。

6.3 养护

6.3.1 超细矿渣粉混凝土的初凝时间较短、早期强度高，与纯水泥混凝土相比，所需的早期保湿养护时间无需大幅延长。但超细矿渣粉混凝土浇筑完毕后立即保湿养护，养护时间不宜少于 14d。

6.3.2 制品与构件养护时间不应过高，避免水分蒸发过快；预养（静停）时间不应过短，避免反应不佳；养护升温降温不宜过快、养护温度不宜过高，避免养护效果不佳。

6.4 冬期施工

6.4.1~6.4.4 超细矿渣粉混凝土的冬期低温施工时，由于胶凝材料的水化速率降低，早期微结构的形成和强度发展更加缓慢，其施工应符合现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104 的相关规定。冬期施工的超细矿渣粉混凝土的出机温度和入模温度不宜过低。此外，超细矿渣粉混凝土使用防冻剂的受冻临界强度应符合特定气温下的受冻临界强度要求，其成分不应含有毒有害物质。

7 超细矿渣粉混凝土质量检验评定

7.0.1~7.0.3 超细矿渣粉混凝土的质量检验评定应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 及现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193 的规定执行。