

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

编制说明

(征求意见稿)

标准编制组

2025年3月

目 录

1 工作简况	1
1.1 任务来源	1
1.2 主要工作过程	2
1.3 起草工作组及其工作分工	4
2 标准编制原则和主要内容	4
2.1 标准编制的原则	4
2.2 标准的主要内容	4
3. 主要试验（或验证）情况分析	13
4. 标准中涉及专利情况	15
5. 产业化情况、推广应用和预期经济效果	15
6. 采用国际标准和国外先进标准情况	15
7. 与现行相关标准的协调性	16
8. 重大分歧意见的处理经过和依据	16
9. 标准性质的建议说明	16
10. 贯彻标准的要求和措施建议	16
11. 废止现行相关标准的建议	17
12. 其他应予说明的事项	17

1 工作简况

1.1 任务来源

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）的要求，《超细矿渣粉在混凝土中应用技术规程》为协会标准制定项目，计划号 2024-12-cbjh。

本规程由中国混凝土与水泥制品协会生态混凝土分会牵头，由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共同组织国内相关单位联合开展编制工作。

矿渣是高炉炼铁产生的大宗固废。氧化铁在高温下还原成金属铁，铁矿石中硅质、铝质与石灰等反应生成以硅酸盐和硅铝酸盐为主要成分的熔融物，经过淬冷成质地疏松、多孔的粒状物，简称矿渣。1t 铁矿石约产生 0.5t~0.9t 矿渣，矿渣化学成分有 CaO、SiO₂、Al₂O₃、MgO、MnO、Fe₂O₃ 和少量硫化物等，其与水泥的化学成分基本相同，但 CaO 含量较低，而 SiO₂ 含量偏高，具有微弱水硬性，是一种良好的建筑原料。高炉渣中包括玻璃体在内的矿物组成与生产原料和冷却方式有关，主要分为三类，其常规化学组成如下所示。

表 1.1 矿渣的常规化学组成

种类	普通渣	高钛渣	锰铁渣
CaO	38~39	23~46	28~47
SiO ₂	26~42	20~35	21~37
Al ₂ O ₃	6~17	9~15	11~24
MgO	1~10	2~10	2~8
MnO	0.1~1.0	<1.0	5.0~23.0
Fe ₂ O ₃	0.15~2.00	/	0.10~1.7
TiO ₂	/	20~29	/
V ₂ O ₅	/	0.1~0.6	/
S	0.1~1.5	<1.0	0.3~3.0

矿渣是炼铁副产物，其产量巨大，据统计，我国钢铁工业冶金矿渣年排放量约 5 亿 t，其中高炉矿渣占比高达 50%，高炉矿渣的大量产生及堆积不仅会造成环境污染、资源浪费，同时一定程度上制约了钢铁工业的健康发展。2016-2021 年中国生铁产量呈整体攀升趋势，2021 年达量 8.69 亿吨，虽然当年产量有所下降，但目前行业总体运行态势良好，矿渣产量亦呈同步高值趋势。据统计，发达国家矿渣利用率达 100%，我国仅为 80%左右，其中约 56% 被用作矿渣粉，23% 被用于制备水泥，3% 被用于慢冷渣碎石。目前国内外通常将高炉矿渣应用于一些低附加值行业，如建筑、污水处理、微晶玻璃以及农业硅肥等。随着传统矿粉售价的下行，矿渣的高值高效化利用途径，亟待进一步开发。

超细工业固废粉体产品标准方面，国内目前尚无专门的国家或行业标准，团体标准仅有《电厂灰渣超细粉》T/CECS 10394-2024 和《混凝土和砂浆用超细钢渣粉》T/CBMF 234-2023，上述标准主要针对电厂灰渣（固硫灰渣和粉煤灰渣）的生产与检验，以及钢渣粉在制备混凝

土和砂浆时的适用性等，电厂灰渣 28d 最高活性指数为 $\geq 85\%$ 、超细钢渣粉 28d 最高活性指数为 $\geq 90\%$ ，暂无超细矿渣粉类标准的相关信息内容。普通矿渣粉的资源化应用技术规程方面，我国已经颁布了《水泥制品用矿渣粉应用技术规程》JC 2238-2014 和《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046-2017，其比表面积为 $\geq 300\sim 550\text{m}^2/\text{kg}$ 、活性为 S95~S115，但目前国内尚缺乏能指导比表面积更高、活性更高的超细矿渣粉在混凝土和水泥制品中应用的技术标准。

随着生产工艺的不断进步，我国的矿物掺合料市场上已能够生产出性能良好的超细矿渣粉，为了推动超细矿渣粉在混凝土中的大规模应用，根据《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）的要求，由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共同组织国内相关单位联合开展《超细矿渣粉在混凝土中应用技术规程》的编制工作。

1.2 主要工作过程

（1）2024 年 2 月-2024 年 5 月，在全国范围内进行了比较全面的企业调研，标准编制组对矿渣的利用现状、超细矿渣粉的生产工艺水平、超细矿渣粉混凝土的生产水平进行了广泛调研。从全国各地获取了具有代表性的矿渣或超细矿渣粉样品，进行了超细矿渣粉材料分析检测，如下表 1.2。

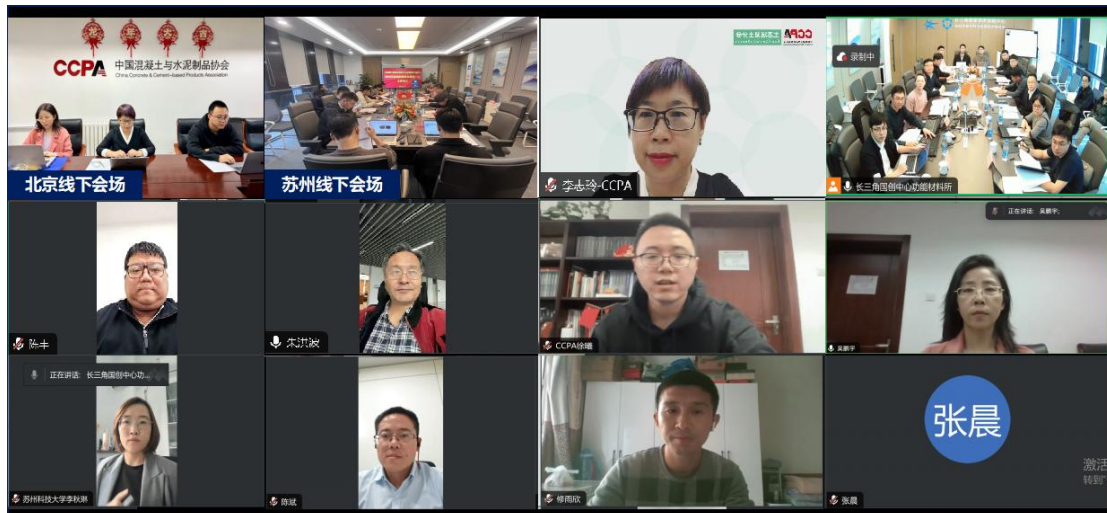
表 1.2 全国各地的矿渣的材料分析结果

来源	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	MnO	Ti	S	K	M
河南	38.9	33.92	13.98	6.73	2.18	0.26	/	0.58	/	/
河北	37.56	32.82	12.06	6.53	1.78	0.23	/	0.46	/	/
山东	36.76	33.65	11.69	8.63	1.38	0.35	/	0.56	1.67	/
北京	36.75	34.85	11.32	13.22	1.38	0.36	/	0.58	1.71	1.08
上海	40.68	33.58	14.44	7.81	1.56	0.32	0.50	0.2	1.83	1.01
湖北	35.32	34.91	16.34	10.13	0.81	/	/	1.71	1.81	0.89
安徽	33.26	31.47	12.46	10.99	2.55	/	3.21	1.37	1.65	1.00

（2）2024 年 6 月—2024 年 8 月，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、同济大学、上海建筑科学研究院有限公司、苏州混凝土水泥制品研究院有限公司等单位联合开展了超细矿渣粉混凝土的配合比试验，研究超细矿渣粉对混凝土的坍落度、抗压强度等影响规律。

（3）2024 年 10 月 28 日，在完成前期调研和探索性试验的基础上，安徽环马聚力新材料有限公司和江苏集萃功能材料研究所有限公司联合组织召开了标准启动会议暨编制组成立会议，参加单位包括中国混凝土与水泥制品协会、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、上海海顾新材料科技有限公司等单位。会议讨论了标准编制的主要原则和大纲，并对参编单位进行了详细的分工。



《超细矿渣粉在混凝土中应用技术规程》团体标准编制组成立暨第一次会议
——2024年10月28日·江苏 苏州



(4) 2025年2月13日，编制组分工单位在完成了全部试验的基础上，召开了标准编制讨论会，针对《超细矿渣粉在混凝土中的应用技术规程》初稿中的条款进行了逐一讨论，形成了一致意见，完成了征求意见稿和编制说明。



1.3 起草工作组及其工作分工

编制内容	编写单位
1 总则	环马聚力、集萃功能材料所
2 术语和符号	环马聚力、集萃功能材料所
3 基本规定	环马聚力、安徽东材、同济大学
4 超细矿渣粉的检验和验收	建科院、苏混院、河海大学、宝武环科马鞍山、上海城建院、同萃碳中和、环马聚力、集萃功能材料所
5 超细矿渣粉混凝土的配合比设计	同济大学、苏混院、苏科大、河海大学、上海城建院、杭州地铁、上海建科院、环马聚力、集萃功能材料所
6 超细矿渣粉混凝土的制备与施工	苏州城投、杭州地铁、中亿丰、环马聚力、集萃功能材料、江苏同萃和、上海海顾、东材
7 超细矿渣粉混凝土质量检验评定	上海建科院、苏混院
用词说明和引用标准名录	环马聚力、集萃功能材料所、四川科志、山东埃尔派
附：条文说明	环马聚力、集萃功能材料所、安徽东材、同济大学、河海大学、苏混院、上海建科院、苏州城投、杭州地铁、中亿丰、四川科志人防设备、山东埃尔派

2 标准编制原则和主要内容

2.1 标准编制的原则

本标准在编制过程中遵守先进性、合规性、先行性、引领性、开放性五大原则，坚持贯彻执行国家的政策、法规，与现行其他国家标准协调一致。在进行充分市场调研和试验研究的基础上，标准编制组参考现行国家标准和行业标准，制定既具有先进性又具有可行性的标准，力求促进行业水平的提高和优质产品的推广。标准编制组通过对标国际先进技术、充分开展调研和试验验证、全面协调和征求意见等工作，以保证技术指标的准确性和科学性。

2.2 标准的主要内容

标准共计 7 章，分别为：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。

2.2.1 总则

(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。

(2) 本规程适用于超细矿渣粉在混凝土中的应用。

(3) 超细矿渣粉在混凝土中的应用，需符合本规范和其他国家现行有关标准的规定。

2.2.2 术语和定义

(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。

(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。

(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。

(4) 水胶比 water-binder ratio

混凝土用水量和胶凝材料质量的比值。

(5) 超细矿渣粉混凝土 ultra fine slag powder concrete

以超细矿渣粉为主要掺合料配制的混凝土。

(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百分比。

2.2.3 基本规定

(1) 当制备超细矿渣粉混凝土时，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适用性和合适掺量。一般而言，超细矿渣粉在配置混凝土时，相较于普通矿渣粉，能有效规避矿渣粉掺入量偏低、颗粒级配较差、早期强度低、干缩偏大等问题。



图 2.1 超细矿渣粉

(2) 当制备超细矿渣粉混凝土时，超细矿渣粉可与粉煤灰、硅灰等其他矿物掺合料复配使用。如粉煤灰的火山灰效应可促进水硬性物质生成、硅灰可进一步提升反应活性、微珠

的滚珠效应能改善混凝土的流动性等。

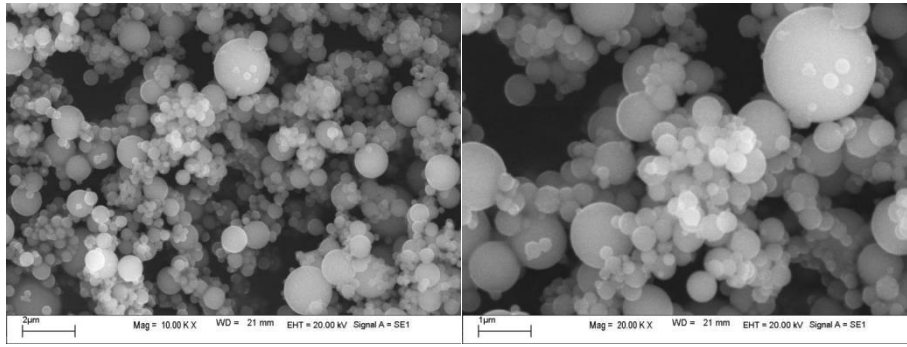


图 2.2 微珠滚珠效应—SEM 扫描结果

(3) 当超细矿渣粉与其他矿物掺合料复合配制超细矿渣粉混凝土时，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。当超细矿渣粉与其他矿物掺合料复合生产混凝土预制构件时，可以发挥不同矿物掺合料的优势，获得协同效应，但矿物掺合料的合理掺量需要通过试验来确定。

(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。避免国内一些钢铁厂的矿渣放射性超标应用。

2.2.4 超细矿渣粉的检验与验收

2.2.4.1 一般规定

(1) 用于水泥、砂浆和混凝土中的超细矿渣粉技术指标分为 S115、S125 两个等级，超细矿渣粉的技术指标如下表 2.1 所示。

表 2.1 超细矿渣粉技术指标

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)		≤4%	
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	$I_{Ra} \leq 1.0$ 且 $I_{\gamma} \leq 1.0$
-----	---

超细矿渣粉是普通矿渣通过物理粉磨的手段增大细度后的产品。对比现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 中所示的普通矿渣粉技术要求，超细矿渣粉与普通矿渣粉在化学成分上并没有差异。因此，超细矿渣粉的三氧化硫含量、氯离子含量的指标要求与现行标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 保持一致。此外，通过对矿渣粉密度、含水量等物理性能进行测试，发现超细工艺不会改变矿渣粉的密度和含水量等物理性能。因此，密度、含水量的指标要求与现行标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 保持一致。对于细度、活性指数等指标，通过分析试验结果并结合相关标准，在体现先进性与适用性的基础上确定指标要求。

① 密度

本标准规定，超细矿渣粉的密度应 $\geq 2.8 \text{ g/cm}^3$ 。

表 2.2 为水泥和各组分矿渣粉密度的检测结果。从表中可以看出，各组分矿渣粉的密度均大于 2.8 g/cm^3 ，且不同细度的矿渣粉的密度相差较小，且现行标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 中规定的矿渣粉密度指标为 $\geq 2.8 \text{ g/cm}^3$ 。因此，本标准规定，超细矿渣粉的密度应 $\geq 2.8 \text{ g/cm}^3$ 。

表 2.2 超细矿渣粉的密度

编号	密度 (g/cm^3)	技术要求 (g/cm^3)
水泥	3.02	《混凝土外加剂》GB 8076 的基准水泥
超细矿渣粉 600-1	2.88	≥ 2.8
超细矿渣粉 600-2	2.89	
超细矿渣粉 600-3	2.86	
超细矿渣粉 700-1	2.87	
超细矿渣粉 700-2	2.89	
超细矿渣粉 700-3	2.91	
超细矿渣粉 800-1	2.92	
超细矿渣粉 800-2	2.89	
超细矿渣粉 800-3	2.90	

② 比表面积和粒径

本标准规定 S115 级超细矿渣粉的比表面积应 $\geq 600 \text{ m}^2/\text{kg}$ ，S125 级超细矿渣粉的比表面积应 $\geq 700 \text{ m}^2/\text{kg}$ 。

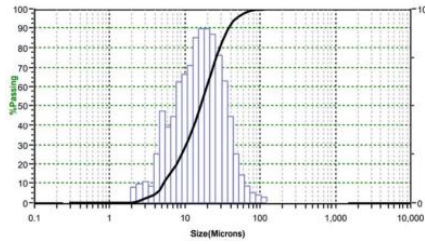
表 2.3 中为水泥和各组分超细矿渣粉比表面积和粒径。从表中可以看出，不同细度的超细矿渣粉的比表面积均 $\geq 600 \text{ m}^2/\text{kg}$ ，且随着比表面积的增加，超细矿粉的 D50 和 D90 单调递减，但数值相差不大。

粒度分布可以直观反映颗粒分布情况，对指导超细矿渣粉的生产 and 在水泥混凝土中的应用具有指导意义。图 2.3 为水泥及超细矿渣粉的粒径分布图。通过超细矿渣粉的激光粒度发现，各组的超细矿渣粉的颗粒分布情况区别不大，D50 均 $< 10 \mu\text{m}$ ，D90 均 $< 30 \mu\text{m}$ ，相差较小，不足以显著区别超细矿渣粉的细度等级，同时考虑到很多企业不具备激光粒度测试的条件。此外，结合现行标准《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 S105 矿渣粉的比表面积应 $\geq 500 \text{ m}^2/\text{kg}$ ，本标准以比表面积作为超细矿渣粉细度的指标控制参数，并规定 S115 级超细矿渣粉的比表面积应 $\geq 600 \text{ m}^2/\text{kg}$ ，S125 级超细矿渣粉的比表面积应 $\geq 700 \text{ m}^2/\text{kg}$ 。

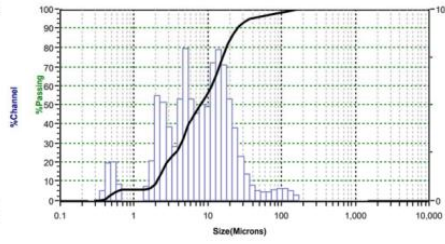
表 2.3 水泥及超细矿渣粉的比表面积和粒径

编号	比表面积 (m^2/kg)	D50 (μm)	D90 (μm)
水泥	406.1	16.05	38.04

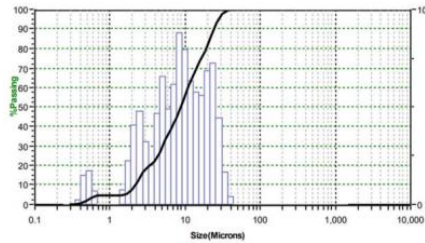
超细矿渣粉 600-1	667.9	8.7	25.09
超细矿渣粉 600-2	660.8	8.6	24.98
超细矿渣粉 600-3	658	8.8	25.02
超细矿渣粉 700-1	742.3	8.52	24.14
超细矿渣粉 700-2	750.1	8.42	24.15
超细矿渣粉 700-3	748.2	8.46	24.17
超细矿渣粉 800-1	842.1	7.68	23.98
超细矿渣粉 800-2	850.2	7.84	24.01
超细矿渣粉 800-3	851.2	7.99	24.09



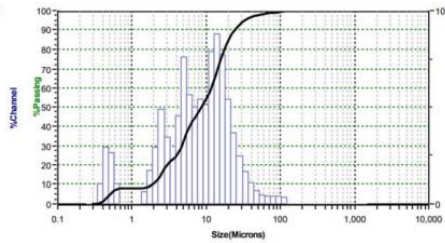
(a) 水泥



(b) 超细矿渣粉 600-1



(c) 超细矿渣粉 700-1



(d) 超细矿渣粉 800-1

图 2.3 水泥及不同比表面积超细矿渣粉的粒径分布

③ 活性指数

本标准规定，S115 级超细矿渣粉 7d 活性指数 $\geq 95\%$ ，28d 活性指数 $\geq 115\%$ ；S125 级超细矿渣粉 7d 活性指数 $\geq 105\%$ ，28d 活性指数 $\geq 125\%$ 。

活性指数是指受检胶砂相应龄期的强度占对比胶砂相应龄期的强度的百分比，本标准中的受检胶砂超细矿渣粉掺量为 50%，水胶比为 0.5，胶砂比为 1:3，超细矿渣粉的水泥胶砂 7d、28d 强度实验检测结果整体如下表 2.4 所示，表 2.5 为不同超细矿渣粉的活性指数计算结果。结果显示，掺入超细矿渣粉后活性指数普遍高于 100%，且随着超细矿渣粉的比表面积增加，活性指数随之递增。其中，比表面积为 600 m²/kg 等级的 3 组超细矿渣粉均达 S115 级，比表面积为 700 m²/kg 的 3 组超细矿渣粉和 800 m²/kg 等级的 3 组超细矿渣粉均达 S125 等级。超细矿渣粉的活性随其粒径变细而上升。

现行 GB/T 18046 标准中规定 S75 级矿渣粉 7d 活性指数 $\geq 55\%$ ，28d 活性指数 $\geq 75\%$ ；S95 级矿渣粉 7d 活性指数 $\geq 70\%$ ，28d 活性指数 $\geq 95\%$ ；S105 级矿渣粉 7d 活性指数 $\geq 95\%$ ，28d 活性指数 $\geq 105\%$ 。考虑标准的适用性和先进性，本标准规定，S115 级超细矿渣粉 7d 活性指数 $\geq 95\%$ ，28d 活性指数 $\geq 115\%$ ；S125 级超细矿渣粉 7d 活性指数 $\geq 105\%$ ，28d 活性指数 $\geq 125\%$ 。

表 2.4 超细矿渣粉的水泥胶砂 7d、28d 强度检测结果

编号	7d 抗压强度/MPa				28d 抗压强度/MPa			
	试块 1	试块 2	试块 3	均值	试块 1	试块 2	试块 3	均值
水泥对照组	41.3	42	42.5	41.9	54.6	55.7	53.5	54.6
超细矿渣粉 600-1	41.2	42.5	41.9	41.9	63.7	64.8	62.8	63.8
超细矿渣粉 600-2	40.5	41.2	42.1	41.3	65.0	64.0	63.5	64.2

超细矿渣粉 600-3	39.9	41.0	40.0	40.3	64.7	65.2	64.1	64.6
超细矿渣粉 700-1	45.6	46.7	46.3	46.2	69.0	69.9	68.5	69.1
超细矿渣粉 700-2	46.5	48.0	44.5	46.3	69.0	69.9	69.1	69.3
超细矿渣粉 700-3	46.1	45.8	48.0	46.6	68.3	69.8	69.0	69.0
超细矿渣粉 800-1	47.2	48.5	48.2	48.0	68.8	70.1	69.2	69.4
超细矿渣粉 800-2	47.8	47.5	48.1	47.8	69.3	70.5	69.7	69.8
超细矿渣粉 800-3	47.7	47.8	47.3	47.6	69.7	70.0	69.5	69.7

表 2.5 超细矿渣粉的活性指数

编号	活性指数 (%)		级别
	7d	28d	
水泥对照组	100	100	基准水泥
超细矿渣粉 600-1	100	116.8	S115
超细矿渣粉 600-2	98.5	117.5	S115
超细矿渣粉 600-3	96.2	118.3	S115
超细矿渣粉 700-1	110.2	126.6	S125
超细矿渣粉 700-2	110.5	126.9	S125
超细矿渣粉 700-3	111.2	126.4	S125
超细矿渣粉 800-1	114.5	127.1	S125
超细矿渣粉 800-2	114.1	127.8	S125
超细矿渣粉 800-3	113.6	127.7	S125

④ 流动度比

本标准规定超细矿渣粉的流动度比应 $\geq 95\%$ 。

表 2.6 为不同超细矿渣粉的流动度比的检测结果。从表中的测试结果可以看出，各超细矿渣粉样品的流动度比在 115%~120%范围之内，均 $\geq 95\%$ ，且不同细度的超细矿渣粉的流动度比相差较小。结合现行标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 中规定矿渣粉的流动度比应 $\geq 95\%$ 。因此，本标准规定，超细矿渣粉的流动度比应 $\geq 95\%$ 。

表 2.6 超细矿渣粉的流动度比

编号	流动度比 (%)	技术要求
水泥对照组	100	基准水泥
超细矿渣粉 600-1	117.2	$\geq 95\%$
超细矿渣粉 600-2	116.8	
超细矿渣粉 600-3	115.4	
超细矿渣粉 700-1	116.9	
超细矿渣粉 700-2	117.5	
超细矿渣粉 700-3	117.8	
超细矿渣粉 800-1	115.4	
超细矿渣粉 800-2	116.0	
超细矿渣粉 800-3	114.9	

⑤ 初凝时间比

本标准规定超细矿渣粉的初凝时间比应 $\leq 200\%$ 。

表 2.7 为不同超细矿渣粉样品的初凝时间比的检测结果。从表中结果可以看出，超细矿渣粉的细度增加，通常会导致凝结时间的缩短，但整体的初凝时间比仍在 100%~200%之间。

结合现行标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 中规定矿渣粉的初凝时间比应 $\leq 200\%$ ，考虑本标准的适用性，规定超细矿渣粉的初凝时间比应 $\leq 200\%$ 。

表 2.7 超细矿渣粉的初凝时间比

编号	初凝时间 (min)	终凝时间 (min)	初凝时间比 (%)	技术要求
水泥对照组	242	291	100	基准水泥
超细矿渣粉 600-1	306	360	126	$\leq 200\%$
超细矿渣粉 600-2	308	365	127	
超细矿渣粉 600-3	312	363	129	
超细矿渣粉 700-1	290	352	120	
超细矿渣粉 700-2	288	349	119	
超细矿渣粉 700-3	293	355	121	
超细矿渣粉 800-1	283	328	117	
超细矿渣粉 800-2	280	330	116	
超细矿渣粉 800-3	282	329	117	

⑥ 含水量

本标准规定，超细矿渣粉的含水量应 $\leq 1.0\%$ 。

超细粉磨后对矿渣粉的含水量没有影响，参考现行标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 中规定矿渣粉的含水量应 $\leq 1.0\%$ ，因此本标准规定，超细矿渣粉的含水量应 $\leq 1.0\%$ 。

⑦ 三氧化硫含量

本标准规定，超细矿渣粉的三氧化硫含量应 $\leq 4.0\%$ 。

超细化粉磨后对矿渣粉的化学成分几乎没有影响，参考现行标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 中规定矿渣粉的三氧化硫含量应 $\leq 4.0\%$ ，因此本标准规定，超细矿渣粉的三氧化硫含量应 $\leq 4.0\%$ 。

⑧ 氯离子含量

本标准规定，超细矿渣粉的氯离子含量应 $\leq 0.06\%$ 。

超细粉磨对矿渣粉的化学成分几乎没有影响，参考现行标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 中规定矿渣粉的氯离子含量应 $\leq 0.06\%$ ，因此本标准规定，超细矿渣粉的氯离子含量应 $\leq 0.06\%$ 。

(2) 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，使用前应按要求进行复验。

2.2.4.2 检验方法

(1) 超细矿渣粉的密度、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。

其中，密度的检验参考现行国家标准《水泥密度测定方法》GB/T 208；含水量的检验参考现行国家标准《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003；三氧化硫、氯离子及不溶物含量的检验参考现行国家标准《水泥化学分析方法》GB/T 176 进行；活性指数和流动度比参考现行国家标准《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003，检验用水泥采用符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 的基准水泥，试验样品为超细矿渣粉和基准水泥质量比 1:1 混合制成；初凝时间比按现行国家标准《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》

GB/T 1346 进行，对比净浆粉体由基准水泥和超细矿渣粉按质量比 1:1 组成，使用标准稠度用水量。

(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。

2.2.4.3 验收要求

(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。

(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。

(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) 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。

2.2.5 超细矿渣粉混凝土的配合比设计

2.2.5.1 材料要求

(1) 超细矿渣粉的技术指标应符合本规程表 2.1 的规定。

(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。

(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。

(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) 水应符合国家现行标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

(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。

(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。

2.2.5.2 配合比设计

(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。

(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。

(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：

$$f_{cu,0} \geq f_{cu,k} + 1.645\sigma$$

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），取值应按照现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 执行。

（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：

$$f_{cu,0} \geq 1.15f_{cu,k}$$

（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。

通常，超细矿渣粉混凝土的性能受水胶比的影响较大，随着超细矿渣粉的掺入，调整水胶比是实现混凝土设计性能的最有效途径。因此，建议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经验关系式，用于指导实际生产。

（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。

（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。

（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。

（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，并应经试验验证拌合物凝结时间。

2.2.6 超细矿渣粉混凝土的制备与施工

2.2.6.1 制备

（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。

（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。

（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。

（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。

（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）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，还需满足相关要求：

首先，接料前，搅拌运输车应排净罐内积水，避免影响混凝土的水胶比；其次，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。最后，卸料前，运输车罐体应快速旋转搅拌 20s 以上，可卸料。

（7）混凝土拌合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。

（8）运输频率应保证混凝土浇筑的连续性。

(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。

2.2.6.2 浇筑成型

(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《混凝土质量控制标准》GB 50164 中的要求。

(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。

(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。

2.2.6.3 养护

(1) 现浇结构养护应符合下列规定：首先，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应保持湿润，防止水分蒸发过快，导致水化反应欠佳。其次，超细矿渣粉混凝土的保湿养护时间不宜少于 14d，保障其后期强度的充分发展。

(2) 制品与构件养护应符合下列规定：首先，超细矿渣粉混凝土成型后热预养温度不宜高于 45℃，以免水分蒸发过快；预养（静停）时间不得少于 2h；当常温预养时，其预养时间应适当延长，进一步保障其后期强度的充分发展。其次，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，避免影响水化反应的进行。

2.2.6.4 冬期施工

(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。

(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：首先，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，充分保障其强度要求。其次，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，充分保障其强度要求。

(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℃，避免温度影响水化反应的进行。

(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。

2.2.7 超细矿渣粉混凝土质量检验评定

(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。

(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。

(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。

3. 主要试验（或验证）情况分析

根据本标准规定的试验方法，选取新样品进行性能测试，并与本标准的性能指标进行对比，结果如表 3.1。

从检测结果可以看出，试验所获取的超细矿渣粉的密度、比表面积、流动度比、初凝时

间比的合格率为 100%。S115 级超细矿粉的活性指数合格率为 100%，S125 级超细矿粉的活性指数合格率为 100%。

研究推荐使用比表面积大于等于 600 m²/kg 的超细矿渣粉，将其比表面积以 700 m²/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 m²/kg 的超细矿渣粉（表 3.1 中的 SS700-1 和 SS700-2）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 3.2 所示：

表 3.1 超细矿渣粉新取样品的主要试验测试情况与标准要求的对比分析

编号	密度 (g/cm ³)	比表面积 (m ² /kg)	活性指数 (%)		流动度 比 (%)	初凝时间 比 (%)	等级	是否 合格
			7d	28d				
0 (标准)	≥2.8	≥600	95	115	≥95	≤200	S115	/
		≥700	105	125			S125	/
SS600-1	2.88	650	97	116	117.7	126	S115	合格
SS600-2	2.89	695	108	124	117.3	120	S115	合格
SS700-1	2.92	810	112	127	115.8	117	S125	合格
SS700-2	2.90	932	115	129	115.4	110	S125	合格

表 3.2 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 (≥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	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	135 0	塌落度 100mm, 和易一般	43.6	62.3	72.4
D1-2	260	1195	701	190 (SS700-1 矿粉)	4.5	132 5	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 (SS700-1 矿 粉)	4.5	134 0		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，羧酸减水剂用量正常，聚酯纤维为胶材总量的 0.33%，室温 27℃。

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 m²/kg 的超细矿渣粉用作混凝土掺合料，也可制备 C60 以下的混凝土（以设计强度为 C40 为例），其数据整体如下表 3.3 所示：

表 3.3 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		3d	7d	28d

					水剂					
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 (SS700-2 矿粉)	4.2	1250	正常	15.1	32.7	62.1
D2-4	250	1060	760	20 (SS700-2 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℃。										

上述混凝土试验显示：选用超细矿渣粉作为混凝土掺和料的产品，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。

4. 标准中涉及专利情况

本规程的编制内容不涉及专利问题。

5. 产业化情况、推广应用和预期经济效果

超细矿渣粉作为混凝土掺合料，可以降低水泥的用量，提高混凝土早期强度，并改善混凝土的耐久性能。随着我国粉磨技术不断地进步，如何合理利用超细矿渣具有一定的环保战略意义和非常好的市场前景。

目前，我国国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 和《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 中，均未提出超细矿渣粉在混凝土中的应用指导。其原因在于超细矿渣粉与普通矿渣粉在混凝土中应用时的活性发展、工作性能和凝结时间上有着显著区别。国内工程业界迫切需要《超细矿渣粉在混凝土中的应用技术规程》来规范与指导超细矿渣粉在混凝土的应用工作。标准编制组相信，本技术规程的推出，可使超细矿渣粉在混凝土中的应用，在理论上有理可依，应用上更加合理、施工上更加规范、工程质量更为可靠，势必将提高我国矿渣等工业固废资源的再利用率，促进我国“绿色混凝土”的发展。

6. 采用国际标准和国外先进标准情况

无。

7. 与现行相关标准的协调性

经调研，本标准符合现行的相关法律、法规、规章及相关标准（包括强制性标准）的要求，并具有一定的协调性。

国内现行相关标准有《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046，该标准规定了矿渣粉细度在《水泥比表面积测定方法—勃氏法》GB/T 8074 适用范围内产品的技术指标。本标准则是对超出 GB/T 8074 适用范围的超细矿渣粉技术指标做出规定，对活性指数指标和细度测试方法等进行了优化改进。因此，本标准与 GB/T 18046 是不同适用范围的产品标准，具有协调一致性。

本文件与现行标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 相比，具有以下不同：

（1）产品细度表征方法不同。本文件采用《气体吸附 BET 法测定固态物质比表面积》GB/T 19587，GB/T 18046 采用《水泥比表面积测定方法—勃氏法》，本文件适用产品细度可以更细。

（2）活性指数要求更高。超细矿渣粉具有更高的细度，能够更加有效地加速水化反应并发挥紧密堆积作用。

8. 重大分歧意见的处理经过和依据

在标准的编制过程中，广泛征求了行业相关单位和业内专家的意见和建议，主要针对标准规定中各项技术指标的要求范围做了深入研讨，各家单位和行业专家结合自身的工作经验和实验验证提出了作为数据支撑的有力依据，最终对标准要求达成一致。编制过程中对标准的主要内容并未产生重大意见分歧。

9. 标准性质的建议说明

建议《超细矿渣粉在混凝土中的应用技术规程》作为推荐性工程建设标准发布实施。

10. 贯彻标准的要求和措施建议

建议在本标准正式发布后，针对超细矿渣粉生产企业和混凝土生产企业进行宣贯。具体实施措施建议如下：

（1）加大标准宣传力度，提高认知度，建立信息公共平台，将有参考价值的案例、好的做法和经验等在行业内部公开发布，引起有关部门领导和相关企业单位的重视，使相关单位能够积极主动地购买标准和资料、参加培训、结合本单位实际情况学习研究标准并准备贯彻实施标准。

（2）标准归口单位进行贯标指导，组织标准宣贯培训班，由标准制定人员主讲。设立专门的答疑或咨询部门或网站，为贯标企业排忧解难，组织有关人员积极参加行业协会组织的各项活动，培训班等。及时了解标准制修订信息。

（3）鼓励行业相关企业或项目部成立标准贯彻实施小组，组员由技术负责人、质量负责人、标准化技术人员、设计人员、质检人员、施工技术人员等技术相关工作人员组成，进行明确的分工合作，适时组织标准宣贯会，使有关人员拥有标准、了解标准、熟悉标准，执

行标准。

(4) 标准化技术人员全面负责贯标实施工作，跟踪服务对贯标中出现的的技术问题进行协调处理做好贯标记录，并进行长期监督检查工作。

11. 废止现行相关标准的建议

无。

12. 其他应予说明的事项

无。