

中国建筑材料协会标准
《混凝土和砂浆用超细钢渣粉》

编制说明

《标准编制工作组》
建筑材料工业技术情报研究所
北京城建集团有限公司
清华大学
2022 年 4 月

目录

一、工作简况.....	2
1.1 任务来源	2
1.2 制定目的	2
1.3 行业内超细钢渣粉应用调研.....	2
1.4 编制单位及人员.....	5
1.5 任务分工	5
1.6 主要的工作过程.....	7
二、标准编制原则和主要内容.....	8
2.1 标准编制原则	8
2.2 标准主要内容	8
2.3 试验指标的合格率	20
三、主要性能试验（或验证）情况.....	21
四、标准中涉及专利的知识产权说明	21
五、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效益.....	21
六、采用国际标准和国外同类先进标准情况	22
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	22
八、标准性质的建议说明.....	24
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） ..	24
十、废止现行相关标准的建议.....	24
十一、其他应予说明的事项	24

《混凝土和砂浆用超细钢渣粉》

团体标准编制说明

一、工作简况

1.1 任务来源

根据中国建筑材料联合会 2020 年第十三批协会标准制定计划(中建材联标发[2020]102 号),《混凝土和砂浆用超细钢渣粉》团体标准被批准立项,计划号为 2020-138-xbjh,该标准的归口单位为中国建筑材料联合会。该标准由建筑材料工业技术情报研究所、北京城建集团有限公司、清华大学共同负责起草,并牵头组织相关单位共同完成。

1.2 制定目的

钢渣是炼钢过程中产生的废渣,其排放量占粗钢产量的 15-20%,我国每年排放钢渣约 1 亿吨,但目前钢渣的综合利用率仅 30%,大量钢渣多以贮存的方式暂存。钢渣的堆存不仅污染了环境,还占用了大量土地资源。发改环资〔2021〕381 号文件《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》中明确提出,到 2025 年,新增大宗固废综合利用率达到 60%,如何综合利用钢渣是我国乃至世界亟待解决的问题。

钢渣由于矿物组成中 C_3S 少,RO 相含量多,其胶凝活性弱,同时又存在安定性不良的问题,使得钢渣在建材行业难以大量应用。近年来,随着我国粉磨技术不断提高,可以实现钢渣在低功耗下的超细化粉磨。超细化后的钢渣粉用于制备混凝土和砂浆时,其细度越低,在浆体中的嵌合填充效果越好,越有利于密实度的提高。此外,超细化后的钢渣粉可以加速游离氧化钙的分散和水化,消解掉钢渣的安定性问题,为钢渣粉作为稳定掺合料的应用提供了有效途径。

但是目前业内没有超细钢渣粉相关的产品标准,市场上更是出现很多劣质产品,对超细钢渣粉的进一步推广产生了恶劣的影响。制定混凝土和砂浆用超细钢渣粉的产品标准,对其性能、规格、质检方法做出技术规定,对提高钢渣在建材领域的利用具有重要意义。本标准的发布实施,将为超细钢渣粉产品打开推广应用的大门,对加快钢渣综合利用的步伐具有重要的指导意义。

1.3 行业内超细钢渣粉应用调研

1.3.1 超细粉磨技术的调研

超细粉体是指尺度介于分子,原子与块状材料之间,一般粒径小于 $10\mu m$ 的粉体,包括金属、非金属、有机、无机和生物等多种材料颗粒。超细粉体的生产难点主要是维持粒径分布的均一性、料体的分散性和压制性能等,通常可以采用球磨法、机械粉碎法、喷雾法、爆炸法、化学沉积法等方法制备。行业内主要通过球磨、气流磨及振动磨等生产工艺来制备超细钢渣粉,但实际生产

中，气流磨和振动磨的生产效率较低，无法实现工业化及规模化生产。

目前国内选用较多的是联合粉磨工艺，该工艺首先将钢渣进行磁选和预粉磨后，经立磨或者辊压机将钢渣尾渣磨至比表面积 $300\text{m}^2/\text{kg}$ 左右，然后再进入超细球磨机进行超细粉磨，最终超细钢渣微粉比表面积达到 $700\text{m}^2/\text{kg}$ 以上。但是表面积 $700\text{m}^2/\text{kg}$ 及以上已经超出《水泥比表面积测定方法 勃氏法》（GB/T 8074-2008）的测试范围。对上述方法获得的超细钢渣微粉进行 $45\mu\text{m}$ 和 $32\mu\text{m}$ 筛余测试，其筛余百分数分别维持在 1% 和 3% 左右，远低于普通钢渣粉的 10%-30% 的筛余。此外，激光粒度测试也能对钢渣粉的细度进行定量表征，研究发现超细钢渣粉的粒度分布可实现 $D_{15} < 3\mu\text{m}$ ， $D_{50} < 10\mu\text{m}$ ， $D_{95} < 32\mu\text{m}$ 。

联合粉磨工艺最重要的一步是用超细球磨机进行超细粉磨。超细球磨机通过对传统球磨机衬板、隔仓板、出料装置及研磨体进行创新设计和制造，改善了研磨体的运动轨迹，使研磨体既作径向运动，又作轴向运动，优化了整个粉磨系统，大大提高了粉磨效率。超细球磨处理过程中物料一次受磨时间是普通球磨机的 1.5 倍，同时连续粉磨作业过程中磨内温升小，出磨时物料温度低于 120°C ，具有产量高能耗低，微细粉不易结团，细度稳定可控等特点。

1.3.2 超细钢渣粉应用的调研

通过查阅文献，了解行业内超细钢渣粉应用的先例，从而验证粉磨工艺对提高钢渣性能的积极作用。表 1 和表 2 为行业调研超细钢渣粉的应用。从调研结果可以发现，通过粉磨工艺将普通钢渣粉研磨至超细状态，通常能获得更高的活性指数。即随着钢渣粉细度的增加，活性也增加。

表 1 行业中超细钢渣粉的应用（粒径）

编号	文献	产地	粒径(μm)		掺量	活性指数 (%)		
			D50	D90		3 天	7 天	28 天
1	Shi Y, et al. Constr Build Mater, 2015	上海	13.3	94.61	30%	52	58	78
			8.1	44.34		53	70	82
			5.1	21.04		60	72	88
			2.5	5.48		62	87	95
2	Zhu H, et al. Constr Build Mater, 2021	湖北	54.5		30%	57		80
			5.01			88		89
			0.027			86		98
3	石岩. 攀钢钢渣细粉对水泥胶凝性能的影响. 金属矿山, 2014	四川	9.51	81.48	30%	68	73	70
			6.21	15.69		74	75	80
			3.17	14.11		85	84	88
4	石岩. 钢渣超细粉胶凝性能及其制备混凝土的研究. 西南科技大学, 2015.	上海	13.3	94.61	30%	52	58	78
			11.5	56.24		52	59	79
			8.1	44.34		53	70	82
			5.1	21.04		60	72	88

			2.5	5.48		62	87	95
--	--	--	-----	------	--	----	----	----

表 2 行业中超细钢渣粉的应用（比表）

编号	文献	产地	比表 (m ² /kg)	掺量	活性指数 (%)		
					3 天	7 天	28 天
1	赵三银.高钢渣掺量钢渣矿渣水泥粉磨工艺的研究. 水泥. 2002	广东	440	50%	34	46	52
			514		36	49	54
			540		38	54	59
2	毛宇晖. 钢渣比表面积及掺入量对水泥性能影响的研究. 嘉应学院学报, 2010	广东	430	30%	85		94
			450		98		98
			470		108		106
			500		115		108
3	陈益民. 磨细钢渣粉作水泥高活性混合材料的研究. 水泥, 2001	北京	237	30%	68	76	77
			303		73	84	83
			382		95	88	87
			460		98	96	93
			800		117	103	95
4	Duan S, et al. Constr Build Mater, 2019	山西	475	30%		40	45
			660			60	70
			768			65	80
5	周惠群. 粒度分布对钢渣水泥物理性能影响研究. 建材发展导向, 2012	云南	350	30%	55		67
			400		57		69
			450		65		75
			500		81		76
			550		79		82
6	任益岭. 钢渣粉在水泥砂浆中的应用研究. 建材世界, 2018	广西	299	30%		71	77
			377			71	79
			467			71	80
			530			74	83
7	Wang Q, et al. Powder Technology, 2013	河北	442	50%	36		59
			786		53		73
8	余远明. 钢渣粉的颗粒粒径分布与水泥强度之间的关系: 中国硅酸盐学会水泥分会首届学术年会, 2009.	河南	368	25%	78	64	79
			432		73	73	85
			472		71	71	86
			509		75	75	85

			539		74	74	88
9	易龙生. 钢渣粒度分布对钢渣水泥胶凝性能的影响. 金属矿山, 2013	湖南	765	50%	69	55	77
			858		75	60	80
			1410		87	76	85
			1560		92	81	92
			1690		96	88	99

1.4 编制单位及人员

为顺利完成标准制定任务，建筑材料工业技术情报研究所牵头成立了《混凝土和砂浆用超细钢渣粉》协会标准编制组。

本标准的编制单位包括： 建筑材料工业技术情报研究所、北京城建集团有限公司、清华大学、郑州沃特节能科技股份有限公司、山西建龙实业有限公司、宝武环科鄂州资源有限公司、武汉理工大学、福建三宝集团股份有限公司、湘潭玉峰新材料科技有限公司、云南杉银同创工程技术有限公司、江苏长强钢铁有限公司、河北清峰绿能固废处置有限公司、山东埃尔派粉体科技有限公司、莱芜钢铁集团泰东实业有限公司、阳江市大地环保建材有限公司、福建源鑫环保科技有限公司、迁安威盛固废环保实业有限公司、天津亿诚集团有限公司、天津宏生建材科技有限公司、北京中航天业科技有限公司。

本标准的主要起草人包括： 王强、吴小缓、王登权、廖述聪、庞浪、王鑫、王雪蕊、王梦宇、袁鹏、汪坤、尹韶宁、潘栋、王玉峰、单戈、殷小川、王本仁、胡兵、蔡金燕、谢君、林致明、李维华、何文科、何宇峰、李朴忠、王飞、刘洋、郭建强、蒋世祯、宿庆利、梁跃坤、李坚荣、胡宗辉、邢建海、王宏涛、唐卫军、刘奎生、刘震国、王恒。

1.5 任务分工

参编单位分工如表 3 所示：

表 3 参编单位任务分工

序号	单位名称	参编人员	工作任务
1	建筑材料工业技术情报研究所	吴小缓、廖述聪、王鑫、王雪蕊、王梦宇、袁鹏、汪坤、尹韶宁、潘栋	组织、协调和主持标准编制，承担验证试验
2	北京城建集团有限公司	刘奎生、刘震国、王	参与标准编制

		恒	
3	清华大学	王强、王登权、庞浪	主持标准编制，承担验证试验
4	郑州沃特节能科技股份有限公司	单戈、殷小川	主持参与标准编制
5	山西建龙实业有限公司	王本仁	参与标准编制，提供样品
6	宝武环科鄂州资源有限公司	胡兵、蔡金燕	参与标准编制，提供样品
7	武汉理工大学	谢君	参与标准编制
8	福建三宝集团股份有限公司	林致明、李维华	参与标准编制，提供样品
9	湘潭玉峰新材料科技有限公司	何文科、何宇峰	参与标准编制，提供样品
10	云南杉银同创工程技术有限公司	李朴忠	参与标准编制
11	江苏长强钢铁有限公司	王飞、刘洋	参与标准编制，提供样品
12	河北清峰绿能固废处置有限公司	郭建强	参与标准编制
13	山东埃尔派粉体科技有限公司	蒋世祯	参与标准编制
14	莱芜钢铁集团泰东实业有限公司	宿庆利	参与标准编制，提供样品
15	阳江市大地环保建材有限公司	梁跃坤、李坚荣	参与标准编制
16	福建源鑫环保科技有限公司	胡宗辉	参与标准编制，提供样品
17	迁安威盛固废环保实业有限公司	王玉峰	参与标准编制，承担样品处理工作
18	天津亿诚集团有限公司	邢建海	参与标准编制
19	天津宏生建材科技有限公司	王宏涛	参与标准编制
20	北京中航天业科技有限公司	唐卫军	参与标准编制

1.6 主要的工作过程

为顺利完成标准制定任务，建筑材料工业技术情报研究所牵头成立了《混凝土和砂浆用超细钢渣粉》团体标准编制组。标准编制组由建筑材料工业技术情报研究所、北京城建集团有限公司、清华大学等单位组成，由清华大学王强副教授主编。标准编制组涵盖了国内主要的钢渣科研单位、钢渣综合利用的企业和部分应用单位，具有广泛的代表性。

- 1) 2021年8月31日，由清华大学和建筑材料工业技术情报研究所牵头，以视频会议的方式举办了《混凝土和砂浆用超细钢渣粉》标准启动大会，成立了标准编制起草组，各参编单位相关负责人共计30余人出席会议。编制组成员庞浪做了超细钢渣粉标准草稿的介绍。清华大学王强副教授全面系统分析了普通钢渣粉应用的主要问题和对水泥基材料性能的影响规律，介绍了目前国内外常用的钢渣处理工艺及效果。各参会代表就标准草稿各项内容逐一进行了研讨和分析，对超细钢渣粉的可行性和经济性提出了各自的意见和建议，并对钢渣在建材中应用出现的问题进行了深入的交流。基于上述讨论，编制组对《混凝土和砂浆用超细钢渣粉》团体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最关键的技术指标：细度和活性指数。编制组对后续验证试验计划和编制工作进行了分工。
- 2) 2021年11月4日，在建筑材料工业技术情报研究所的牵头下，召开了《混凝土和砂浆用超细钢渣粉》团体标准第一次工作会议，会议的主题是研讨超细钢渣粉的7天活性指数结果。由编制组成员王鑫介绍了超细钢渣粉的原材料特性以及7天活性指数的结果，并进行了不同细度、不同产地的超细钢渣粉活性指数的对比分析。清华大学王强副教授、建筑材料工业技术情报研究所副所长吴小缓、固废利用与低碳建材研究中心副主任廖述聪分别给出了指导意见，对试验过程中遇到的问题进行了深入讨论，并进行了后续工作安排。
- 3) 2022年1月10日，由清华大学牵头举办了第二次工作会议，会议主题是讨论研究结果，并开展《混凝土和砂浆用超细钢渣粉》征求意见稿的工作安排。编制组成员庞浪介绍了超细钢渣粉活性指数、工作性、工程安全性等实验结果；编制组成员王鑫补充介绍了超细钢渣粉的筛分结果并提出分级建议。由清华大学王强副教授主持征求意见稿和标准编制说明的工作安排。
- 4) 2022年3月25日，由建筑材料工业技术情报研究所牵头各参编单位、生产企业和行业专家举办了第三次工作会议，共计30余人出席会议，会议主题是研讨和修订《混凝土和砂浆用超细钢渣粉》征求意见稿和编制说明。由建筑材料工业技术情报研究所吴小缓副所长介绍会议主题和标准进展。清华大学庞浪博士系统地介绍了实验详情和指标选取依据，并对标准征求意见稿进行介绍。清华大学王强副教授详细地介绍了各指标对指导超细钢渣粉生产和应用的重要意义，并对各专家提出的问题进行了解答。建筑

材料工业技术情报研究所副主任廖述聪就《混凝土和砂浆用超细钢渣粉》编制说明与各参会专家进行逐段沟通，提出进一步扩大验证试验样本数，提高标准科学化水平。由固废利用与低碳建材研究中心副主任廖述聪主持征求意见稿和编制说明的修订工作。

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/T1.1-2020 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

本标准规定了混凝土和砂浆用超细钢渣粉的术语和定义、分类与标记、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志、运输及贮存。

本标准适用于制备混凝土和砂浆中用超细钢渣粉。

2.2.2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件，凡是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硫和氯离子等技术指标测试方法的相关内容。

（2）GB/T 203 用于水泥中的粒化高炉矿渣

引用了该标准中关于粒化高炉矿渣的技术指标。

（3）GB/T 208 水泥密度测定方法

引用了该标准中关于密度测试方法的相关内容。

（4）GB/T 750 水泥压蒸安定性试验方法

引用了该标准中关于水泥压蒸安定性技术指标测试方法的相关内容。

（5）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。

（6）GB/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法

引用了该标准中关于安定性检测方法的相关内容。

（7）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测试方法的相关内容。

(8) GB/T 6003.1 试验筛 技术要求和检验 第1部分：金属丝编织网试验筛

引用了该标准中对 32 μ m 方孔筛筛孔尺寸检验方法的相关内容。

(9) GB/T 6005 试验筛 金属丝编织网、穿孔板和电成型薄板 筛孔的基本尺寸

引用了该标准中对 32 μ m 方孔筛技术指标的要求。

(10) GB 8076 混凝土外加剂

引用了该标准中关于混凝土外加剂性能检验用基准水泥的技术指标。

(11) GB 9774 水泥包装袋

引用了该标准中关于产品包装袋的技术要求。

(12) GB/T 12573 水泥取样方法

引用了该标准中关于取样方法的相关内容。

(13) 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强度检测方法的相关内容。

(14) GB/T 20491 用于水泥和混凝土中的钢渣粉

引用了该标准中对密度、含水量、游离氧化钙含量、三氧化硫含量、氯离子含量和安定性等技术指标的要求。

(15) GB/T 26748 水泥助磨剂

引用了该标准关于助磨剂的相关要求。

(16) GB/T 31288 铁尾矿砂

引用了该标准中关于铁尾矿砂的技术要求。

(17) GB/T 51003—2014 矿物掺和料应用技术规范

引用了该标准中关于活性指数和含水量测试方法的相关内容。

(18) YB/T 022 用于水泥中的钢渣

引用了该标准中关于钢渣技术指标的相关要求。

(19) YB/T 804 钢铁渣及处理利用术语

引用了该标准中关于钢铁渣及处理利用的相关术语。

(20) YB/T 4328 钢渣中游离氧化钙含量测定方法

引用了该标准中关于钢铁中游离氧化钙含量测试方法的相关内容。

2.2.3 术语和定义

(1) 标准中涉及的术语和定义

以钢渣为主要原料，可掺加不超过 5%的粒化高炉矿渣或铁尾矿砂，粉磨制成 32 μ m 方孔筛筛余 \leq 3.0%的粉体，称作超细钢渣粉。

2.2.4 技术要求

编制组在山西、湖北、湖南、江苏、山东、福建、河北等 7 个省进行钢渣取样。钢渣原材料

由相应的生产或处理企业统一配送至情报所，经情报所联合迁安威盛固废环保实业有限公司做统一破碎、粉磨、除铁等工艺处理后派送至各试验单位。参考国内外相关现行的测试方法及标准，经过大量试验研究，制定过程中召开多次工作会议讨论，最终确定了本标准的各项技术指标要求。本试验由建筑材料工业技术情报研究所和清华大学共同开展，钢渣粉的来源及编号如表 4 所示：

表 4 钢渣来源及编号

序号	来源	简称
1	山西建龙实业有限公司	建龙
2	江苏长强钢铁有限公司	长强
3	莱芜钢铁集团有限公司	莱芜
4	宝武环科鄂州资源有限公司	鄂州
5	福建三宝集团股份有限公司	三宝
6	湘潭玉峰新材料科技有限公司	玉峰
7	迁安威盛固废环保实业有限公司	迁安
8	河北宙石水泥有限公司	宙石

超细钢渣粉是普通钢渣通过物理粉磨的手段增大细度。对比国家标准《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》（GB/T 20491）中所示普通钢渣粉的技术要求，通过成分测试方法展开分析（表 5），超细钢渣粉与普通钢渣粉在化学成分上并没有差异。因此，超细钢渣粉的游离氧化钙含量、三氧化硫含量、氯离子含量、安定性的指标要求与《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》（GB/T 20491）保持一致。此外，通过对钢渣粉密度、含水量等物理性能进行测试，发现超细工艺不会改变钢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《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》（GB/T 20491）保持一致。对于筛余、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。

表 5 不同细度钢渣粉的化学成分

来源	长强		莱芜		三宝	
32 μ m 方孔筛筛余	31.5	1.0	23.6	0.9	31.1	1.2
CaO	40.67	39.93	42.29	41.68	40.29	39.92
Fe ₂ O ₃	27.33	28.78	33.1	33.53	32.68	33.02
SiO ₂	9.32	9.19	9.32	9.49	10.98	10.97
Al ₂ O ₃	5.33	4.82	3.36	3.23	2.38	2.23
MgO	6.99	6.85	3.74	3.77	2.96	3.08
MnO	5.42	5.64	4.75	4.8	5.55	5.49
P ₂ O ₅	1.81	1.89	1.09	1.12	1.51	1.55
TiO ₂	1.16	1.14	0.61	0.61	1.33	1.31
ZnO	0.04	0.03	0.05	0.1	0.07	0.08

SO ₃	0.4	0.31	0.25	0.25	0.44	0.39
Na ₂ O	0.14	0.12	0.18	0.25	0.33	0.52
K ₂ O	0.04	0.03	0.03	0.03	0.25	0.22
Cr ₂ O ₃	0.62	0.58	0.68	0.66	0.45	0.44
V ₂ O ₅	0.37	0.37	0.1	0.1	0.38	0.39
Cl	0.04	0.03	0.05	0.04	0.18	0.18

(1) 筛余

本标准规定，超细钢渣粉的 32 μ m 方孔筛筛余应 \leq 3.0%。

筛析试验参考《水泥细度检测方法 筛析法》(GB/T 1345)中负压筛析法，分别用 32 μ m 方孔筛和 45 μ m 方孔筛对钢渣粉进行测试，以筛上筛余物的质量百分数来表征钢渣粉样品的细度。为保持筛孔的标准度，试验筛每使用 100 次后需重新检验。32 μ m 方孔筛筛析试验中，称取试样 10g，筛析试验时调节负压至 6000Pa~7000Pa，开动筛析仪连续筛析时间为 180s。45 μ m 方孔筛筛析试验中，称取试样 10g，筛析试验时调节负压至 4000Pa~6000Pa，开动筛析仪连续筛析时间为 120s。表 6 为各组钢渣粉的筛余、激光粒度分析以及比表面积的测试结果。从表中可以看出，随着钢渣粉筛余百分数的下降，钢渣粉颗粒粒径也逐渐下降，钢渣粉比表面积逐渐提高。

当钢渣粉 32 μ m 方孔筛筛余不大于 3.0%时，各组钢渣粉比表面积均高于 560m²/kg。其中有约 79%的组别比表面积高出 600m²/kg，超出《水泥比表面积测定方法 勃氏法》(GB/T 8074-2008)的测试范围，更有 36.8%的组别比表面积达到 700m²/kg 以上。可见《水泥比表面积测定方法 勃氏法》(GB/T 8074-2008) (测试范围 200~600 m²/kg) 只能规范普通钢渣粉的生产应用，难以指导超细钢渣粉的生产，目前市场上缺乏超细钢渣粉的规范性指导文件。使用筛余可以直观地表征细颗粒的含量，其中钢渣粉的 32 μ m 方孔筛筛余不大于 3.0%时，能较好承接勃氏法的测试上限，故本标准使用 32 μ m 筛余百分数指导超细钢渣粉的生产应用。目前大多数标准中筛余的孔径最小为 45 μ m，但根据生产企业反映，超细钢渣粉 45 μ m 方孔筛筛余一般接近于 0，再用 45 μ m 筛余去定义超细钢渣粉的细度已不适用。因此本标准以 32 μ m 方孔筛筛余作为技术指标，规定超细钢渣粉的 32 μ m 筛余应 \leq 3.0%。

粒度分布可以直观反映颗粒分布情况，对指导超细钢渣粉的生产 and 在水泥混凝土中的应用具有指导意义。通过超细钢渣粉的激光粒度分析发现（情报所结果），当钢渣粉样品满足 D90 不大于 25 μ m，D50 不大于 7 μ m 时，有 95%的组别 32 μ m 筛余 \leq 3.0%，有 95%的组别比表面积超过 590 m²/kg，有 84%的组别比表面积超过 600 m²/kg，有 36.8%的组别比表面积超过 700 m²/kg。分析清华大学的测试结果，当钢渣粉样品满足 D90 不大于 25 μ m，D50 不大于 7 μ m 时，所有组别 32 μ m 筛余均 \leq 3.0%。虽然该指标对指导超细钢渣粉的生产具有指导意义，但考虑到很多企业不具备激光粒度测试的条件，本标准以筛余作为钢渣粉细度的控制参数。分级处理后的超细钢渣粉和普通钢渣粉结果及编号如表 7 所示。

表 6 钢渣粉的筛余、比表和粒径

来源	名称	情报所测试结果					清华测试结果	
		32μm 方孔筛筛余	45μm 方孔筛筛余	比表 (m ² /kg)	D50	D90	D50	D90
山西	建龙	28.4	12.8	360	19.2	53.3	18.5	67.7
		13.4	3.7	475	9.3	37.2	10.4	41.6
		1.0	0.7	600	6.0	16.0	6.9	18.7
		0.9	0.8	675.6	4.6	12.3	5.5	15.4
湖北	鄂州	26.3	12.7	360	19.2	61.1	14.9	60.4
		5.7	3.8	509	5.5	21.6	7.8	29.1
		2.0	2.4	614	4.5	11.9	5.7	16.0
		2.1	1.9	740	3.9	9.9	5.0	14.2
湖南	玉峰	20.9	12.4	510	11.8	43.1	10.5	50.9
		2.6	1.3	630	5.3	24.6	8.0	30.9
		0.6	1.0	765	3.8	16.7	6.4	27.6
江苏	长强	31.5	15.3	410	19.2	66.5	18.5	72.2
		8.7	1.9	516	8.8	33.7	10.6	39.5
		1.2	1.6	616	5.8	18.9	8.4	26.0
		1.5	1.6	700	4.7	16.9	6.6	23.1
		1.0	1.4	800	3.6	8.5	5.0	13.5
山东	莱芜	23.6	11.8	388	14.0	50.2	11.9	51.3
		11.9	3.5	500	8.3	32.5	9.2	37.3
		1.6	1.1	595	6.0	17.4	6.9	21.4
		0.9	0.7	710	4.1	11.2	4.9	14.3
福建	三宝	31.1	15.2	370	18.7	58.0	14.3	60.8
		17.9	7.8	480	8.8	37.0	10.1	41.1
		2.5	3.0	590	5.3	15.7	6.8	20.1
		1.2	0.6	670	4.4	13.0	6.1	18.0
河北	迁安	7.7	0.9	438	11.0	33.5	10.8	35.4
		1.2	0.4	560	8.4	30.5	8.8	25.9
		0.1	0.0	656	6.0	16.7	8.1	23.8
		0.2	0.0	734	5.5	15.4	6.9	19.9
	宙石	2.6	2.6	598	6.8	20.9	7.1	21.9
		1.9	2.8	686	5.9	15.3	7.2	18.1
		1.1	0.8	860	5.2	13.6	6.1	16.4

表 7 分级和编号后各组钢渣粉的筛余、比表和粒径结果

编	分	来源	情报所测试结果	清华测试结果
---	---	----	---------	--------

号	类		32μm 方孔 筛筛余	45μm 方孔 筛筛余	比表 (m ² /kg)	D50	D90	D50	D90
1	超 细 钢 渣 粉	建龙	1.0	0.7	600	6.0	16.0	6.9	18.7
2			0.9	0.8	676	4.6	12.3	5.5	15.4
3		鄂州	2.0	2.4	614	4.5	11.9	5.7	16.0
4			2.1	1.9	740	3.9	9.9	5.0	14.2
5		长强	1.2	1.6	616	5.8	18.9	8.4	26.0
6			1.5	1.6	700	4.7	16.9	6.6	23.1
7			1.0	1.4	800	3.6	8.5	5.0	13.5
8		莱芜	1.6	1.1	595	6.0	17.4	6.9	21.4
9			0.9	0.7	710	4.1	11.2	4.9	14.3
10		三宝	2.5	3.0	590	5.3	15.7	6.8	20.1
11			1.2	0.6	670	4.4	13.0	6.1	18.0
12		迁安	1.2	0.4	560	8.4	30.5	8.8	25.9
13			0.1	0.0	656	6.0	16.7	8.1	23.8
14			0.2	0.0	734	5.5	15.4	6.9	19.9
15		宙石	2.6	2.6	598	6.8	20.9	7.1	21.9
16			1.9	2.8	686	5.9	15.3	7.2	18.1
17			1.1	0.8	860	5.2	13.6	6.1	16.4
18		玉峰	2.6	1.3	630	5.3	24.6	8.0	30.9
19			0.6	1.0	765	3.8	16.7	6.4	27.6
20	普 通 钢 渣 粉	建龙	28.4	12.8	360	19.2	53.3	18.5	67.7
21			13.4	3.7	475	9.3	37.2	10.4	41.6
22		鄂州	26.3	12.7	360	19.2	61.1	14.9	60.4
23			5.7	3.8	509	5.5	21.6	7.8	29.1
24		长强	31.5	15.3	410	19.2	66.5	18.5	72.2
25			8.7	1.9	516	8.8	33.7	10.6	39.5
26		莱芜	23.6	11.8	388	14.0	50.2	11.9	51.3
27			11.9	3.5	500	8.3	32.5	9.2	37.3
28		三宝	31.1	15.2	370	18.7	58.0	14.3	60.8
29			17.9	7.8	480	8.8	37.0	10.1	41.1
30		迁安	7.7	0.9	438	11.0	33.5	10.8	35.4
31		玉峰	28.9	12.4	510	11.8	43.1	10.5	50.9

(2) 密度

本标准规定，超细钢渣粉的密度应 $\geq 3.2\text{g/cm}^3$ 。

表 8 为各组钢渣粉密度的检测结果。从表中可以看出，各组钢渣粉的密度都大于 3.2g/cm^3 ，且不同细度钢渣粉的密度相差较小。结合《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》（GB/T 20491）中规定钢渣粉密度应 $\geq 3.2\text{g/cm}^3$ 。因此，本标准规定，超细钢渣粉的密度应 $\geq 3.2\text{g/cm}^3$ 。

表 8 钢渣粉的密度

样品编号	分类	来源	表观密度 (g/cm ³)	技术要求 (g/cm ³)	合格率(%)
2	超细钢渣粉	建龙	3.54	≥3.2	100
4		鄂州	3.57		
6		长强	3.47		
9		莱芜	3.44		
11		三宝	3.35		
14		迁安	3.52		
15		宙石	3.27		
17			3.25		
18		玉峰	3.32		
20	普通钢渣粉	建龙	3.56	≥3.2	100
22		鄂州	3.55		
24		长强	3.22		
26		莱芜	3.56		
28		三宝	3.34		
30		迁安	3.52		
31		玉峰	3.32		

(3) 活性指数

本标准规定，I 级超细钢渣粉 7 天活性指数≥75%，28 天活性指数≥90%；II 级超细钢渣粉 7 天活性指数≥70%，28 天活性指数≥85%。

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钢渣粉掺量为 30%，水胶比为 0.5，胶砂比为 1:3。表 9 为 19 组超细钢渣粉的活性指数结果。从结果中可以看出，掺入钢渣粉后活性指数普遍低于 100%。分析情报所的测试结果，有 11 组满足 II 级超细钢渣粉的活性指数要求，比例为 57.9%；有 3 组满足 I 级超细钢渣粉的活性指数要求，比例为 15.8%。分析清华大学的测试结果，有 13 组满足 II 级超细钢渣粉的活性指数要求，比例为 68.4%；有 4 组满足 I 级超细钢渣粉的活性指数要求，比例为 21.1%。

GB/T 20491 标准中规定一级钢渣粉 7 天活性指数≥65%，28 天活性指数≥80%；二级钢渣粉 7 天活性指数≥55%，28 天活性指数≥65%。考虑标准的适用性和先进性，本标准规定，I 级超细钢渣粉 7 天活性指数≥75%，28 天活性指数≥90%；II 级超细钢渣粉 7 天活性指数≥70%，28 天活性指数≥85%。情报所和清华大学试验的合格率分别为 57.9%和 68.4%。情报所和清华大学的数据汇总后，满足 I 级超细钢渣粉活性指数要求的比例是 18.4%，满足 II 级超细钢渣粉活性指数要求的比例是 63.2%。

表 9 超细钢渣粉的活性指数

编号	分类	来源	情报所测试结果			清华测试结果			合格率 (%)	
			7 天	28 天	级别	7 天	28 天	级别	I 级	II级
1	超细钢渣粉	建龙	73.7	85.5	2	82	85.5	2	18.4	63.2
2			73.4	70.6		70.6	70.8			
3		鄂州	76.5	72.9		87.6	74.6			
4			78.4	77.3		86.3	83			
5		长强	89.6	86.4	2	70.7	55.6			
6			93	90.3	1	76.1	86.9	2		
7			71.2	80.2		64.3	70.3			
8		莱芜	85.4	75.9		82.2	87.6	2		
9			64.7	74.3		80.6	86.1	2		
10		三宝	81	79.6		82.4	85	2		
11			94.7	87.6	2	105	74.6			
12		迁安	75.3	93.1	1	75.1	86.9	2		
13			81.4	87.2	2	85.5	97.3	1		
14			80.1	87.8	2	81	91.7	1		
15		宙石	75.9	88.4	2	73.8	86.7	2		
16			73.7	86.5	2	83	91.8	1		
17			71.3	76.3		82.5	92.6	1		
18		玉峰	101	91.3	1	89.3	89.6	2		
19			89.9	86.1	2	105	87.2	2		

(4) 流动度比

本标准规定，超细钢渣粉的流动度比应 $\geq 95\%$ 。

表 10 为各组钢渣粉流动度比的检测结果。从表中的测试结果中可以看出，本试验中各组钢渣粉的流动度比在 96.5%~108.2%范围内，均 $\geq 95\%$ ，且不同细度钢渣粉的流动度比相差较小。结合《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》(GB/T 20491)中规定钢渣粉的流动度比应 $\geq 95\%$ 。因此，本标准规定，超细钢渣粉的流动度比应 $\geq 95\%$ 。

表 10 超细钢渣粉的流动度比

样品编号	分类	来源	流动度比%	技术要求 (%)	合格率 (%)
2	超细钢渣粉	建龙	104.3	≥ 95	100
4		鄂州	103.5		
6		长强	101.3		
9		莱芜	102.2		
11		三宝	99.1		
12		迁安	107.8		

13		迁安	106.5		
14		迁安	102.2		
15		宙石	101.7		
16		宙石	103.5		
17		宙石	103.9		
18		玉峰	99.1		
19		玉峰	97.8		

(5) 初凝时间比

本标准规定，超细钢渣粉的初凝时间比应 $\leq 140\%$ 。

表 11 为各组钢渣粉初凝时间比的检测结果。从表中结果可以看出，钢渣粉细度增加时通常会导致凝结时间延长；严重的缓凝现象出现在粉磨至细度最大时。超细钢渣粉中出现了 3 组初凝时间比 $\geq 140\%$ ，占超细钢渣粉试验组数的 50%。考虑本标准的适用性，规定超细钢渣粉的初凝时间比应 $\leq 140\%$ 。

表 11 超细钢渣粉的初凝时间比

样品编号	分类	来源	初凝时间 (h)	终凝时间 (h)	初凝时间比 (%)	技术要求 (%)	合格率 (%)
0	对照		2.58	4.42	--	--	--
2	超细 钢渣 粉	建龙	2.2	4.77	85	≤ 140	66.7
4		鄂州	4.58	5.83	177		
6		长强	2.33	3.83	90		
9		莱芜	2.33	4.5	90		
11		三宝	3.67	5.37	142		
14		迁安	4.5	5.97	174		
15		宙石	2.25	4.08	87		
17		宙石	3.08	4.33	119		
19		玉峰	3.50	6.00	136		

(6) 含水量

本标准规定，超细钢渣粉的含水量应 $\leq 1.0\%$ 。

超细粉磨后对钢渣粉的含水量没有影响，参考《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》(GB/T 20491)中规定钢渣粉的含水量应 $\leq 1.0\%$ ，本标准将超细钢渣粉的含水量规定为 $\leq 1.0\%$ 。

(7) 游离氧化钙含量

本标准规定，超细钢渣粉的游离氧化钙含量应 $\leq 4.0\%$ 。

表 12 为各组超细钢渣粉游离氧化钙含量的检测结果。可以看出，超细钢渣粉和普通钢渣粉的游离氧化钙含量均 $\leq 4.0\%$ 。磨细之后钢渣的化学成分几乎没有变化，而且磨细可能加快 f-CaO 的反应，使其更多地集中在浆体塑性阶段或硬化浆体弹性模量较低时，f-CaO 反应导致的安定性风险相对于普通细度的钢渣而言更低。结合《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》（GB/T 20491）中规定钢渣粉的游离氧化钙含量应 $\leq 4.0\%$ ，本标准样品的游离氧化钙含量合格率为 100%。因此，本标准偏安全地规定超细钢渣粉的游离氧化钙含量应 $\leq 4.0\%$ 。

表 12 超细钢渣粉的游离氧化钙含量

样品编号	分类	来源	f-CaO/%	技术要求 (%)	合格率 (%)
1	超细钢渣粉	建龙	3.39	≤ 4.0	100
3		鄂州	0.62		
5		长强	3.08		
8		莱芜	3.02		
10		三宝	0.99		
12		迁安	1.85		
15		宙石	3.59		
18		玉峰	0.55		

(8) 三氧化硫含量

本标准规定，超细钢渣粉的三氧化硫含量应 $\leq 4.0\%$ 。

表 13 为各组超细钢渣粉三氧化硫含量的检测结果，超细化粉磨后对钢渣粉的化学成分几乎没有影响，参考《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》（GB/T 20491）中规定钢渣粉的三氧化硫含量应 $\leq 4.0\%$ ，本标准将超细钢渣粉的三氧化硫含量规定为 $\leq 4.0\%$ 。

表 13 超细钢渣粉的三氧化硫含量

样品编号	分类	来源	SO ₃ (%)		技术要求 (%)	合格率 (%)
			普通钢渣粉	超细钢渣粉		
1	超细钢渣粉	建龙	0.32	0.34	≤ 4.0	100
3		鄂州	0.35	0.29		
5		长强	0.4	0.4		
8		莱芜	0.25	0.25		
10		三宝	0.44	0.39		
12		迁安	0.34	0.27		
15		宙石	0.43	0.27		
18		玉峰	0.66	0.87		

(9) 氯离子含量

本标准规定，超细钢渣粉的氯离子含量应 $\leq 0.06\%$ 。

表 14 为各组超细钢渣粉氯离子含量的检测结果，超细化粉磨后对钢渣粉的化学成分几乎没有影响，参考《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》（GB/T 20491）中规定钢渣粉的氯离子含量应 $\leq 0.06\%$ ，本标准将超细钢渣粉的氯离子含量规定为 $\leq 0.06\%$ 。

表 14 超细钢渣粉的氯离子含量

样品编号	分类	来源	Cl ⁻ (%)		技术要求 (%)	合格率 (%)
			普通钢渣粉	超细钢渣粉		
1	超细钢渣粉	建龙	0.06	0.06	≤ 0.06	100
3		鄂州	0.04	0.03		
5		长强	0.04	0.03		
8		莱芜	0.05	0.04		
10		三宝	0.04	0.04		
12		迁安	0.03	0.03		
15		宙石	0.03	0.01		
18		玉峰	0.05	0.03		

（10）安定性

本标准规定，超细钢渣粉的压蒸膨胀率不大于 0.50%，且当 MgO 含量低于 5%时，无需进行压蒸膨胀率的测定。若用煮沸法检测，超细钢渣粉的安定性应为合格。

钢渣粉安定性是决定其能否作为混凝土掺合料使用的重要指标。表 15 为各组钢渣粉按《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》（GB/T 1346）中第 9 章进行的安定性检测的结果。从表中可以看出，各地钢渣粉样品沸煮前后的雷氏夹指针尖端距离的变化均小于 5mm。GB/T 1346 中安定性测试方法（第 9 章，标准法）规定沸煮前后雷氏夹指针尖端距离的变化小于 5mm 为安定性合格。本试验中各组钢渣粉样品的沸煮前后的雷氏夹指针尖端距离的变化均小于 5mm，即钢渣粉样品安定性均合格。参考《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》（GB/T 20491）标准中对用于水泥和混凝土中钢渣粉安定性测试方法采用试饼法，本标准同样规定钢渣粉样品采用试饼法来测试其安定性。此外，GB/T 20491 中规定当钢渣粉中 MgO 含量 $\geq 5.0\%$ 时，6h 压蒸膨胀率不超过 0.50%。因此，本标准规定，用煮沸法检测超细钢渣粉的安定性应合格；若用《水泥压蒸安定性试验方法》（GB/T 750）中的压蒸法测试，则规定 6h 压蒸膨胀率应不超过 0.50%。

表 15 钢渣粉的安定性

样品编号	分类	来源	沸煮前后的雷氏夹指针尖端距离的变化/mm	合格率 (%)
2	超细钢渣粉	建龙	3.0	100
4		鄂州	2.5	
6		长强	2.5	
9		莱芜	2.5	
11		三宝	1.0	
14		迁安	2.5	

17		宙石	3	
19		玉峰	0.5	

2.2.5 试验方法

超细钢渣粉的各项指标的测定依据如表 16 所示。

表 16 超细钢渣粉的性能、指标及其测定依据

项目性能、指标	依据
32 μ m 方孔筛筛余	<p>试验参照 GB/T 1345 进行。</p> <p>试验筛中筛网应符合 GB/T 6005 R10 32μm 的技术要求，筛孔尺寸的检验方法按 GB/T 6003.1 进行。由于物料会对筛网产生磨损，试验筛每使用 100 次后需重新检验，筛孔尺寸的检验以符合 GB/T 6005 R10 32μm 的技术要求且使用次数在 100 次以内的新试验筛为基准筛，对同一测试样品，试验筛与基准筛的测试结果相差$\pm 20\%$以内，试验筛可继续使用。</p> <p>试验参照 GB/T 1345 进行。采用 32μm 方孔筛，称取试样 10g，精确至 0.01g，调节负压至（6000~7000）Pa，筛析时间为 180s。</p>
密度	按《水泥密度测定方法》GB/T 208 进行，烘干条件为：在 110 $^{\circ}$ C $\pm 5^{\circ}$ C 温度下烘干 1h；在干燥器内冷却至室温（20 $^{\circ}$ C $\pm 1^{\circ}$ C）。
活性指数	按《矿物掺和料应用技术规范》GB/T 51003 附录 B 进行，对比胶砂粉体由基准水泥和超细钢渣粉按质量比 7 : 3 组成，搅拌程序和强度试验按《水泥胶砂强度检验方法（ISO）》GB/T 17671 第 7 章和第 9 章进行。
流动度比	按《水泥胶砂流动度测定方法》GB/T 2419 进行，对比胶砂粉体由基准水泥和超细钢渣粉按质量比 7 : 3 组成。
初凝时间比	按《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》GB/T 1346 第 8 章进行，对比净浆粉体由基准水泥和超细钢渣粉按质量比 7 : 3 组成，使用标准稠度用水量。
含水量	按《矿物掺和料应用技术规范》GB/T 51003—2014 附录 C 进行。

游离氧化钙含量		按《钢渣中游离氧化钙含量测定方法》YB/T 4328 进行。
三氧化硫含量		按《水泥化学分析方法》GB/T 176 第 10 章进行。
氯离子含量		按《水泥化学分析方法》GB/T 176 第 18 章进行。
安定性	沸煮法	按《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》GB/T 1346 第 11 章试饼法进行，对比净浆粉体由基准水泥和超细钢渣粉按质量比 7:3 组成，成型样品为标准稠度净浆。
	压蒸法	按《水泥压蒸安定性试验方法》GB/T 750 进行，压蒸时间为 6 h。

2.3 试验指标的合格率

超细钢渣粉为 32 μm 方孔筛筛余 $\leq 3.0\%$ 的样品，共计 19 组，各项技术指标的合格率如表 17 所示。所有超细钢渣粉的密度、流动度比、游离氧化钙含量、沸煮安定性均满足要求。初凝时间比的合格率为 66.7%。分析情报所的测试结果，I 级钢渣粉活性指数合格率为 15.8%；II 级钢渣粉活性指数合格率为 57.9%。分析清华大学的测试结果，I 级钢渣粉活性指数合格率为 21.1%；II 级钢渣粉活性指数合格率为 68.4%。

表 17 超细钢渣粉指标合格率统计

项目		性能要求		合格率/%	
		I 级	II 级		
密度 (g/cm^3)		≥ 3.2		100	
活性指数 (%)	7 d	≥ 75	≥ 70	I 级	18.4
	28 d	≥ 90	≥ 85	II 级	63.2
流动度比 (%)		≥ 95		100	
初凝时间比 (%)		≤ 140		66.7	
含水量 (质量分数) (%)		≤ 1.0		—	
游离氧化钙含量 (质量分数) (%)		≤ 4.0		100	
三氧化硫含量 (质量分数) (%)		≤ 4.0		100	
氯离子含量 (质量分数) (%)		≤ 0.06		100	
安定性	沸煮法	合格		100	
	压蒸法	6 h 压蒸膨胀率 $\leq 0.50\%$		—	

三、主要性能试验（或验证）情况

在河南信阳、福建福州获取 2 种钢渣粉，分别粉磨至 4 种不同细度，共 8 组样品。根据本标准规定的试验方法进行性能测试，并与本标准规定的性能指标进行对比，结果如表 18。

从检验结果可以看出，超细钢渣粉的密度、流动度比、初凝时间比、游离氧化钙含量、安定性的合格率为 100%。32 μm 方孔筛筛余的合格率为 75%。情报所测试的Ⅱ级超细钢渣粉活性指数合格率为 50%，Ⅰ级超细钢渣粉活性指数合格率为 25%；清华测试的Ⅱ级超细钢渣粉活性指数合格率为 50%，Ⅰ级超细钢渣粉活性指数合格率为 12.5%。

值得注意的是，当 32 μm 方孔筛筛余不合格时，7 天活性指数同样不合格，这说明钢渣粉的细度对于活性指数（尤其是早期活性指数）有直接的影响。为保证超细钢渣粉的活性，必须对细度有比较高的要求，这验证了本标准中对细度所做规定的合理性。

表 18 超细钢渣粉性能指标的检验

性能			钢渣编号								指标要求	合格率 (%)
			1	2	3	4	5	6	7	8		
来源			信阳				福州				—	—
32μm 筛余 (%)			1.9	1.1	0.9	0.8	26.8	18.1	2.2	1.6	≤3.0	75
密度 (g/cm ³)			3.31			3.30	3.61			3.32	≥3.2	100
活性指数	情报所	7 天	76	80	82	74	66	69	79	80	I级	25
		28 天	85	75	85	73	82	87	93	95	II级	50
	清华	7 天	78	85	87	79	67	69	70	79	I级	12.5
		28 天	85	86	92	85	77	86	80	79	II级	50
流动度比 (%)			98			103	105	106	108	106	≥95	100
初凝时间比 (%)			87			116	106			116	≤140	100
f-CaO (%)					3.63				1.23		≤4.0	100
安定性			1.5			1.5	1.5			2.0	≤5	100

四、标准中涉及专利的知识产权说明

本规范不涉及专利等知识产权问题。

五、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果

钢渣的易磨性较差，但随着近年来我国粉磨技术的进步，国内已可以实现低功耗生产活性较高的超细钢渣粉。钢渣粉是继粉煤灰和矿渣之后，最具有潜力的大宗矿物掺合料，钢渣粉的产业化已经逐步推开，目前国内已经有 10 多家企业生产优质的钢渣粉。2021 年，国家发展和改革委员会、住房和城乡建设部、科技部等 10 部门联合印发《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》，意见要求，加强产业协同利用，扩大钢渣利用规模，扩大钢渣微粉作混凝土掺

合料在建设工程等领域的利用，逐步提高钢渣综合利用率。

由于缺乏技术指导，钢渣粉作为矿物掺合料在混凝土中的掺量较低，且只是作为辅助性的掺合料。现行国家标准《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》（GB/T 20491）未体现对超细钢渣粉高效应用的指导作用。国内工程业界迫切需要《用于水泥和混凝土中的超细钢渣粉》来规范与指导超细钢渣粉制品的应用。但目前并没有超细钢渣粉的相关地方标准及行业标准。

通过本标准的指导，将分级后的超细钢渣粉产品作为后续利用产品的原材料，规范超细钢渣粉产品的质量要求，对其性能、规格、质检方法做出技术规定，可以为组织超细钢渣粉的生产、出厂检验和技术交流等提供依据。在我国的辽宁、河北、山西、山东、河南、湖北、江苏等钢渣排放量较大的省份，本标准的实施将推动超细钢渣粉生产线的建设，扩大钢渣在建筑材料领域的利用，有效推动钢渣的资源化利用进程。根据我国目前每年排放约 1 亿吨钢渣的现状，钢渣粉成为混凝土的主要矿物掺合料之一，将为建材市场提供更多的绿色、可持续资源，促进钢渣处理相关产业的快速发展，提供大量就业岗位，预计能为社会带来约 200 亿的经济效益。

六、采用国际标准和国外同类先进标准情况

经检索，暂未找到《用于水泥和混凝土中的超细钢渣粉》国际标准和国外同类先进标准。

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

本标准中对超细钢渣粉的性能测试与应用方法参考了：GB/T 176 水泥化学分析方法；GB/T 203 用于水泥中的粒化高炉矿渣；GB/T 208 水泥密度测定方法；GB/T 750 水泥压蒸安定性试验方法；GB/T 1345 水泥细度检验方法 筛析法；GB/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法；GB/T 2419 水泥胶砂流动度测定方法；GB/T 6003.1 试验筛 技术要求和检验 第 1 部分：金属丝编织网试验筛；GB/T 6005 试验筛 金属丝编织网、穿孔板和电成型薄板 筛孔的基本尺寸；GB 8076 混凝土外加剂；GB/T 9774 水泥包装袋；GB/T 12573 水泥取样方法；GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）；GB/T 20491 用于水泥和混凝土中的钢渣粉；GB/T 26748 水泥助磨剂；GB/T 31288 铁尾矿砂；GB/T 51003—2014 矿物掺和料应用技术规范；YB/T 022 用于水泥中的钢渣；YB/T 804 钢铁渣及处理利用术语；YB/T 4328 钢渣中游离氧化钙含量测定方法。

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，并具有协调一致性。国内相关标准有《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》（GB/T 20491），该标准规定了钢渣粉细度在《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 适用范围的超细钢渣粉技术指标做出规定，对活性指数指标和细度

测试方法等进行优化改进。因此，本标准与 GB/T 20491 是不同适用范围的产品标准，具有协调一致性。

1.不同标准对钢渣粉原材料种类的限定范围

表 19 不同标准对钢渣粉原材料种类的限定范围

标准名称	钢渣	粒化高炉矿渣	铁尾矿砂
本文件	√	√	√
GB/T 20491	√		

2.现有标准对钢渣粉的试验方法

本文件和 GB/T 20491 《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》中流动度比和活性指数测试方法均采用胶砂比 1:3，钢渣粉掺合料比例 30%，水胶比 0.5。

3.《混凝土和砂浆用超细钢渣粉》与相关标准技术指标对比

表 20 《混凝土和砂浆用超细钢渣粉》与相关标准技术指标对比

项目		本文件		GB/T 20491-2017	
		I 级	II 级	I 级	II 级
细度	32μm 方孔筛筛余（%）	≤3.0		--	
	比表面积（m ² /kg）	--		≥350	
活性指数	7d（%）	≥75	≥70	≥65	≥55
	28d（%）	≥90	≥85	≥80	≥65
安定性	沸煮法--试饼法	合格		合格	
	压蒸法	6 h 压蒸膨胀率≤0.50%		6 h 压蒸膨胀率≤0.50%	
流动度比（%）		≥95		≥95	
含水量（%）		≤1.0		≤1.0	
三氧化硫含量（%）		≤4.0		≤4.0	
游离氧化钙含量（%）		≤4.0		≤4.0	
初凝时间比（%）		≤140		—	
氯离子含量（%）		≤0.06		≤0.06	

本文件与 GB/T 20491-2017 《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》相比，有以下不同：

1.产品细度表征方法不同。本文采用 32μm 方孔筛筛余，GB/T 20491 采用比表面积(勃氏法)，本文件适用的产品细度可以更细。

2.活性指数要求更高。超细钢渣粉具有更高的细度，能有效加速水化进程和发挥紧密堆积作用。

3.本文新增凝结时间比技术指标。超细钢渣粉具有一定的缓凝作用，对初凝时间比做出要求，有利于避免超细钢渣粉在使用时对混凝土和砂浆的凝结时间产生影响。

八、标准性质的建议说明

本标准的性质建议为推荐性标准。

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）

针对业主、结构设计、施工与混凝土生产企业组织标准的宣传贯彻，使他们了解本产品的性能和功效，能够积极主动地使用本产品。形成产品的工业化生产规模，能够大量供应用户。严格产品生产的质量控制体系，保证产品质量。在确定使用本产品的的项目，严格监督其使用情况。规范各厂家的市场行为，防止假冒伪劣产品进入市场。

尽早确定实施日期。推动产品应用技术规程的制定，指导用户科学合理使用本产品。

十、废止现行相关标准的建议

本标准是全新制订，不需要废止任何现行标准。

十一、其他应予说明的事项

无。