

矿渣硫铝酸盐水泥

Slag sulfoaluminate cement

编制说明

标准编制组

2021 年 12 月

目录

一、工作简况.....	1
（一）任务来源.....	1
（二）主要工作过程.....	2
（三）主要参加单位和工作组成员及其所做的工作.....	3
二、标准编制的原则和主要内容.....	3
（一）标准制定的原则.....	3
（二）标准的主要内容.....	3
三、主要试验验证情况分析 with 指标确定.....	7
四、标准中涉及专利情况说明.....	24
五、产业化情况.....	24
六、采用国际标准.....	26
七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调.....	26
八、重大意见分歧的处理依据和结果.....	26
九、标准性质的建议说明.....	26
十、贯彻标准的措施建议.....	26
十一、废止现行有关标准的建议.....	27
十二、其他应说明的事项.....	27

一、工作简况

（一）任务来源

随着大体积混凝土结构在现代工程建设中的广泛应用，其开裂问题越来越引起人们的重视。在大体积混凝土施工过程中，产生大量的水泥水化热，使混凝土内部温度剧烈升高，形成较大的内外温差，引起混凝土结构中产生较高的拉应力，进而导致混凝土开裂，严重影响结构的安全性和耐久性。国内外，很多大体积混凝土结构都出现了大量的温度裂缝，由此可见大体积混凝土的温控防裂尤为重要。

为解决大体积混凝土温度裂缝问题，在我国水泥科研人员的努力下，对普通硅酸盐水泥熟料矿物组成进行了改进，先后研发出了中热硅酸水泥和低热硅酸盐水泥，目前低热硅酸盐水泥已成功用于三峡工程三期大坝主体工程等大体积混凝土工程中。较普通硅酸盐水泥，通过降低低热硅酸盐水泥熟料中的高活性、高放热量矿物 C_3S 和 C_3A 的含量和提高低活性、低放热量矿物 C_2S 的含量，延缓了水泥的水化和放热速度，降低了水化放热总量。但是，由于高活性矿物含量的降低和低活性矿物含量的提高，中热硅酸盐水泥和低热硅酸盐水泥的早期强度和后期强度明显低于普通硅酸盐水泥。此外，这两种的生产难度和成本高于普通硅酸盐水泥。

矿渣硫铝酸盐水泥是由2~10%的水泥熟料、8~25%的石膏以及65~90%的粒化高炉矿渣粉磨而成，或将上述水泥熟料和石膏共同粉磨再与粒化高炉矿渣粉混拌而成。其3d和7d水化热远低于中热硅酸盐水泥和低热硅酸盐水泥，而后期抗折强度显著高于普通硅酸盐水泥，还具有优异抗硫酸盐侵蚀性能。

矿渣硫铝酸盐水泥是一种具有低碳、低水化热、高抗折强度和抗硫酸盐侵蚀性能的水硬性胶凝材料。矿渣硫铝酸盐水泥用于大体积混凝土中，由于其水化放热速度慢、放热总量低，结构内部温升高，内外温差小，结构内部温度应力大大降低，加之其抗拉强度高，可显著减少大体积混凝土结构温度裂缝。因此，可以预期矿渣硫铝酸盐水泥在大体积混凝土工程中具有广阔的应用前景。此外，该水泥在公路路基、海洋工程领域也具有广阔的应用前景。

目前，我国尚无矿渣硫铝酸盐水泥标准。因此，急需制定一个统一的行业标准，规范矿渣硫铝酸盐水泥在生产和应用过程中各项技术指标，推动矿渣硫铝酸盐水泥在大体积混凝土工程的使用，保证大体积混凝土工程质量。

根据中国混凝土与水泥制品协会文件《关于下达 2019 年中国混凝土与水泥制品协会标准制定计划（第一批）的通知》（中制协字 [2019] 9 号），由中国混凝土与水泥制品协会混凝土材料与检测分会、中冶建筑研究总院有限公司、唐山北极熊建材有限公司等单位负责组

织协会标准《矿渣硫铝酸盐水泥》（计划号 2019-33-xbjh）的编制工作。

2020年9月22日，国家主席习近平在第七十五届联合国大会提出，我国二氧化碳排放力争于2030年前达峰，2060年前实现碳中和。水泥作为构筑现代社会不可或缺的基础材料，在满足基础设施建设巨大需求的同时，自身生产伴随着高碳排放问题。2020年我国水泥产量高达23.77亿吨，其生产排放的二氧化碳约占全国总碳排放的13.55%，成为碳排放的重要源头。因此，“碳达峰”和“碳中和”目标的设立将为水泥行业带来巨大的挑战。

由于矿渣硫铝酸盐水泥的熟料用量较低，其碳排放仅有70~100 kg/t，仅为普通硅酸盐水泥P·O 42.5碳排放的10%~15%。该水泥的推广应用将为我国双碳目标的实现提供有力支撑。

（二）主要工作过程

2019年7月10日，中国混凝土与水泥制品协会标准《矿渣硫铝酸盐水泥》编制第一次工作会议在唐山北极熊建材有限公司召开。本次会议成立了《矿渣硫铝酸盐水泥》协会标准编制组，与会专家及代表在听取了标准主编单位对《矿渣硫铝酸盐水泥》标准编制大纲汇报后，详细讨论了矿渣硫铝酸盐水泥性能指标等内容，明确了各参编单位的任务和分工，制定了标准编制工作计划。

根据标准编制工作安排，于2020年6月8日召开了标准编制第二次工作会议。2019年7月~2020年5月期间，标准编制组主要完成了矿渣硫铝酸盐水泥的初步试制工作。唐山北极熊建材有限公司、江西银杉白水泥股份有限公司、嘉华特种水泥股份有限公司、郑州市建文特材科技有限公司、永州中健新材料科技有限责任公司和尧柏特种水泥集团有限公司以就近原则收集不少于五种典型粒化高炉矿渣粉，将激发剂与粒化高炉矿渣粉混合制得矿渣硫铝酸盐水泥，按照讨论稿要求的试验项目和试验方法安排了初步试验验证。标准制定工作组通过分析实验数据结果，重点讨论了矿渣的适应性问题。

根据标准编制工作安排，于2020年11月13日-14日在唐山滦州市召开第三次编制工作会议。标准编制组总结了矿渣硫铝酸盐水泥试制工作，逐字逐条讨论并修改标准征求意见稿，对下阶段试验验证工作做出了详细的分工与安排。

根据标准编制工作安排，于2021年11月在17召开第四次编制工作会议。标准编制组分析总结了17家参编单位试验验证结果；讨论确定标准各项技术指标；根据会议讨论意见对标准内容再次进行了修正。要求2021年11月30日前向有关单位发出征求意见稿，2021年12月31日完成意见征求。

2022年1月31日前，由中国建筑材料联合会组织召开《矿渣硫铝酸盐水泥》协会标准（送审稿）的审查会。

（三）主要参加单位和工作组成员及任务分工

本标准的主要参编单位及其分工如下：

（1）中国混凝土与水泥制品协会：主要负责标准立项、标准讨论会组织及筹备、标准相关文献搜集及分发、行业征求意见汇总、标准正文的编写及修改等。

（2）中冶建筑研究总院有限公司、唐山北极熊建材有限公司、江西银杉白水泥股份有限公司、嘉华特种水泥股份有限公司、郑州市建文特材科技有限公司、尧柏特种水泥集团有限公司、永州中健新材料科技有限责任公司为本标准提供了大量的验证试验样品，以及生产工艺和实际工程应用相关的大量材料。

（3）国家建筑工程质量监督检验中心、中冶建筑研究总院有限公司、中国铁道科学研究院集团有限公司标准计量研究所、中国水利水电科学研究院、北京榆构有限公司、天津市公路工程总公司、河北工业大学、北京工业大学、同济大学、南京工业大学、宁波大学科学技术学院、辽宁科技大学、青岛农业大学、中山大学：负责本标准的验证试验工作，并对实验结果进行分析。

二、标准编制的原则和主要内容

（一）标准制定的原则

本标准按照 GB/T 1.1-2020 给出的规则起草。遵从以下规则：贯彻执行国家的政策、法规，与现行其他国家标准协调一致的原则；技术指标制定先进可行、规范合理的原则；标准制定突出产品特性，促进行业健康发展和产品推广的原则。标准制定过程中参考了各生产企业标准，试验方法主要采用现行的国家标准和行业标准，以保证标准中技术指标的准确性、科学性与可比性，各项指标值在满足工程要求的前提下根据各生产企业试样试验结果确定。

（二）标准的主要内容

1. 引用文件

本标准在制定过程中主要引用和参考了以下标准：

（1）GB/T 176 水泥化学分析方法

引用该标准中第 6 章 4 小节内容作为矿渣硫铝酸盐水泥烧失量指标的检测方法依据；引用该标准中第 6 章 13 小节内容作为矿渣硫铝酸盐水泥氯离子指标的检测方法依据；引用该标准中第 6 章 14 小节内容作为矿渣硫铝酸盐水泥碱含量指标的检测方法依据。

（2）GB/T 203 用于水泥中的粒化高炉矿渣

引用该标准作为矿渣硫铝酸盐水泥的原材料粒化高炉矿渣的规范要求。

(3) GB/T 749 水泥抗硫酸盐侵蚀试验方法

引用该标准作为矿渣硫铝酸盐水泥抗硫酸盐侵蚀系数指标的检测方法依据。

(4) GB/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法

引用该标注作为矿渣硫铝酸盐水泥凝结时间、安定性检验方法

(5) GB/T 5483 天然石膏

引用该标准作为矿渣硫铝酸盐水泥的原材料石膏的规范要求。

(6) GB/T 8074 水泥比表面积测定方法 勃氏法

引用该标准作为矿渣硫铝酸盐水泥比表面积指标的检测方法依据。

(7) GB/T 9774 水泥包装袋

引用该标准作为矿渣硫铝酸盐水泥的包装规范要求。

(8) GB/T 12573 水泥取样方法

引用该标准作为矿渣硫铝酸盐水泥的取样规范要求。

(9) GB/T 12959-2008 水泥水化热测定方法

引用该标准作为矿渣硫铝酸盐水泥水化热的检测方法依据。

(10) GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）

引用该标准作为矿渣硫铝酸盐水泥强度指标检测方法依据。

(11) GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉

引用该标准作为矿渣硫铝酸盐水泥的原材料粒化高炉矿渣粉的规范要求。

2 分类和代号

本标准中，矿渣硫铝酸盐水泥英文全称 slag sulfoaluminate cement，代号为 S·SAC。依据其强度，将矿渣硫铝酸盐水泥分为 42.5、52.5 和 52.5 R 三个等级。

3 组分和材料要求

矿渣硫铝酸盐水泥的组分应符合表 2.1 的规定。在矿渣硫铝酸盐水泥的研发和标准验证试验中，研究发现当采用上述组分时，矿渣硫铝酸盐水泥能满足本标准规定的技术要求。

表 2.1 矿渣硫铝酸盐水泥的组分

单位为 %

名称	组分（质量分数）		
	水泥熟料	石膏	粒化高炉矿渣（粉）

矿渣硫铝酸盐水泥	2~10	8~25	65~90
----------	------	------	-------

水泥熟料以无水硫铝酸钙和硅酸二钙为主要矿物，无水硫铝酸钙和硅酸二钙含量之和（质量分数）不小于 60%，无水硫铝酸钙含量（质量分数）不小于 25%，硅酸二钙含量（质量分数）不小于 25%。水泥熟料中无水硫铝酸钙和硅酸二钙的含量按标准附录 A 计算。

矿渣硫铝酸盐水泥中的石膏应符合 GB/T 5483 中规定的 A 类二级（含）以上且三氧化硫含量（质量分数）不小于 47%的硬石膏。

如矿渣硫铝酸盐水泥的生产采用粒化高炉矿渣与水泥熟料和石膏共同粉磨的工艺，粒化高炉矿渣应符合 GB/T 203 中的规定。

如采用水泥熟料和石膏先粉磨，之后再与粒化高炉矿渣粉混拌的工艺，粒化高炉矿渣粉应符合 GB/T 18046 中对 S95 级（含）以上粒化高炉矿渣粉的规定。

对矿渣硫铝酸盐水泥的组分和原材料做出规定和约束有利于保证产品质量和规避后续生产及施工中出现质量问题。

4 技术要求及其测定方法

标准制定过程中通过召开工作会议和视频会议、开展标准验证试验并分析试验结果等多种形式，最终确定了本标准的各项技术指标要求，具体内容包括：

4.1 化学要求

矿渣硫铝酸盐水泥的化学要求主要包括烧失量、氯离子和碱含量。检验项目按照标准正文 7.1 进行，相关技术要求见表 2.2。

氯离子和烧失量的质量百分数参照 GB/T 175 标准规定。

粒化高炉矿渣粉的中钾钠含量较高，通过验证对比试验结果发现：碱含量小于等于 1.0 为合理范围。

表 2.2 矿渣硫铝酸盐水泥的化学要求

单位为 %

烧失量（质量分数）	氯离子（质量分数）	碱含量（质量分数） ^a
≤ 5.0	≤ 0.06	≤ 1.0
^a 碱含量按 $\text{Na}_2\text{O}+0.658\text{K}_2\text{O}$ 计算值表示。		

4.2 物理要求

矿渣硫铝酸盐水泥的物理要求主要包括比表面积、凝结时间和安定性。相关技术要求见表 2.3。

矿渣硫铝酸盐水泥的比表面积参照 GB/T 8074 进行测定，凝结时间和安定性参照 GB/T 1346 进行测定。

表 2.3 矿渣硫铝酸盐水泥的物理要求

项 目		指 标
比表面积 / (m^2/kg)		400 ~ 500
凝结时间 / min	初凝	≥ 45
	终凝	≤ 600
安 定 性		沸煮法合格

4.3 强度要求

矿渣硫铝酸盐水泥的强度要求主要包括抗压强度和抗折强度，龄期为 1d、3d、7d 和 28d。相关技术要求见表 2.4。

矿渣硫铝酸盐水泥的强度参照 GB/T 17671 进行测定。为突出 52.5R 型矿渣硫铝酸盐水泥优异的早强特性，本标准特针对其早期强度提出指标要求。通过对比验证试验确定，1d 抗压强度须大于等于 6.5 MPa，1d 抗折强度须大于等于 1.5 MPa。

本标准规定了 3d 和 7d 的水化热，因此，本标准也规定了相应龄期的抗压强度和抗折强度要求。

表 2.4 矿渣硫铝酸盐水泥的强度要求

强度等级	抗压强度 (MPa)				抗折强度 (MPa)			
	1 d	3 d	7 d	28 d	1 d	3 d	7 d	28 d
42.5	-	≥ 17.0	≥ 30.0	≥ 42.5	-	≥ 4.0	≥ 6.0	≥ 8.0
52.5	-	≥ 22.0	≥ 40.0	≥ 52.5	-	≥ 4.5	≥ 7.0	≥ 9.0
52.5R	≥ 6.5	≥ 27.0	≥ 40.0	≥ 52.5	≥ 1.5	≥ 5.0	≥ 7.0	≥ 9.0

4.4 水化热

低水化热是矿渣硫铝酸盐水泥的主要特性之一，也是支撑其应用于大体积混凝土工程中的重要性能。因此，本标准针对矿渣硫铝酸盐水泥的水化热提出要求。其中，矿渣硫铝酸盐水泥 3 d 水化热不大于 190 kJ/kg，7 d 水化热不大于 220 kJ/kg。检验项目按照标准正文 7.5 进行，其中，热量计热容量 θ_a 和 θ_b 的测读时间 a 和 b 取值与矿渣硅酸盐水泥一致，即：a = 40 min, b = 60 min。

4.5 抗硫酸盐侵蚀性能

矿渣硫铝酸盐水泥的再一特性是其优异的抗硫酸盐侵蚀特性。矿渣硫铝酸盐水泥的抗硫酸盐侵蚀性能参照 GB/T 749-2008 进行测定。通过对比验证试验确定其抗硫酸盐侵蚀系数不小于 1.0。

三、主要试验验证情况分析 with 指标确定

为保证标准项目要求的合理性，编制工作组针对矿渣硫铝酸盐水泥进行了大量的验证试验。验证试验的任务分工见表 3.1。

表 3.1 验证试验任务分工表

检测单位	水泥品种														
	S·SAC 42.5					S·SAC 52.5					S·SAC 52.5R				
	化学要求	物理要求	强度	水化热	抗硫酸盐侵蚀	化学要求	物理要求	强度	水化热	抗硫酸盐侵蚀	化学要求	物理要求	强度	水化热	抗硫酸盐侵蚀
国检	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
中冶	3	3	3	-	-	3	3	3	-	-	3	3	3	-	
质监	3	3	3	-	-	3	3	3	-	-	3	3	3	-	
水科院	3	3	3	3	-	3	3	3	3	-	3	3	3	3	
铁科院	3	3	3	-	3	3	3	3	-	3	3	3	3	-	3
河工大				2					2					2	
南工大	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	
同济大学	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	
北工大	-	-	-	-	-	1	1	1	-	1	-	-	-	-	
中山大学	-	-	-	3	-	-	-	-	3	-	-	-	-	2	
建文	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	
嘉华	-	-	-	1	-	1	1	1	1	1	-	-	-	1	
总计	15	15	15	12	6	20	20	20	12	8	15	15	15	11	6

试验验证结果如下：

（一）化学要求

S·SAC 42.5、S·SAC 52.5 和 S·SAC 52.5R 试样的化学要求试验结果与统计分析分别见表 3.2、表 3.3 和表 3.4。三个等级的矿渣硫铝酸盐水泥化学要求（烧失量、氯离子与碱含量）均符合本标准规定。

对比各单位测试的同一试样的试验结果，数据相对稳定，变异系数大多低于 10%。对比各单位的试验结果的平均值，数据存在较大差异，变异系数大多在 20%以上。这可能是因为化学指标数值过小，从而导致试验结果离散型偏大。总体而言，S·SAC 42.5 和 S·SAC 52.5R 试样的各项化学指标合格率为 100%。

表 3.2 S·SAC 42.5 试样的化学要求试验结果与统计分析

化学要求	水泥编号	烧失量	氯离子	碱含量
标准要求（wt.%）		≤ 5.0	≤ 0.06	≤ 1.0
检测单位		试验结果		
国检	42.5-1	1.39	0.02	0.78
	42.5-2	1.42	0.02	0.78
	42.5-3	1.32	0.02	0.73
中冶	42.5-1	1.49	0.01	0.73
	42.5-2	1.47	0.01	0.72
	42.5-3	1.49	0.01	0.72
质监	42.5-1	1.58	-	0.56
	42.5-2	1.4	-	0.63
	42.5-3	1.25	-	0.61
水科院	42.5-1	1.09	0.07	0.65
	42.5-2	1.28	0.05	0.36
	42.5-3	1.15	0.07	0.27
铁科院	42.5-1	1.62	-	0.57
	42.5-2	1.70	-	0.58
	42.5-3	1.52	-	0.6
平均值		1.41	0.03	0.62

表 3.3 S·SAC 52.5 试样的化学要求试验结果与统计分析

化学要求	水泥编号	烧失量	氯离子	碱含量
标准要求 (wt.%)		≤ 5.0	≤ 0.06	≤ 1.0
检测单位		试验结果		
国检	52.5-1	1.38	0.02	0.77
	52.5-2	1.40	0.02	0.79
	52.5-3	1.46	0.02	0.76
中冶	52.5-1	1.72	0.02	0.73
	52.5-2	1.67	0.02	0.69
	52.5-3	1.66	0.02	0.70
质监	52.5-1	1.53	0.00	0.59
	52.5-2	1.64	0.00	0.61
	52.5-3	1.60	0.00	0.58
水科院	52.5-1	1.42	0.03	0.40
	52.5-2	1.57	0.07	0.30
	52.5-3	1.09	0.05	0.32
铁科院	52.5-1	1.24	-	0.58
	52.5-2	1.56	-	0.62
	52.5-3	1.54	-	0.58
南工大	52.5-1	1.40	0.02	0.77
同济大学	52.5-1	-	0.03	-
北工大	52.5-1	0.03	0.03	-
嘉华	52.5-1	0.09	0.02	0.56
平均值		1.33	0.02	0.63

表 3.4 S·SAC 52.5R 试样的化学要求试验结果与统计分析

化学要求	水泥编号	烧失量	氯离子	碱含量
标准要求 (wt.%)		≤ 5.0	≤ 0.06	≤ 1.0
检测单位		试验结果		
国检	42.5-1	1.44	0.018	0.75
	42.5-2	1.4	0.019	0.76
	42.5-3	1.38	0.018	0.76
中冶	42.5-1	1.54	0.02	0.69
	42.5-2	1.54	0.03	0.7
	42.5-3	1.57	0.03	0.69
质监	42.5-1	1.46	-	0.58
	42.5-2	1.72	-	0.6
	42.5-3	1.32	-	0.6
水科院	42.5-1	1.07	0.05	0.43
	42.5-2	3.29	0.06	0.47
	42.5-3	1.51	0.06	0.5
铁科院	42.5-1	1.48	-	0.58
	42.5-2	1.54	-	0.57
	42.5-3	1.46	-	0.51
平均值		1.58	0.03	0.61

（二）物理要求

S·SAC 42.5、S·SAC 52.5 和 S·SAC 52.5R 试样的物理要求试验结果与统计分析分别见表 3.5、表 3.6 和表 3.7。三个等级的矿渣硫铝酸盐水泥物理要求（比表面积、凝结时间与安定性）均符合本标准规定。

对比各单位的试验结果平均值，三个等级的矿渣硫铝酸盐水泥的比表面积数据非常稳定，而凝结时间的测定数据存在较大离散性。总体而言，S·SAC 42.5、S·SAC 52.5 和 S·SAC 52.5R 试样的各项物理要求合格率均为 100%。

表 3.5 S·SAC 42.5 试样的物理要求试验结果与统计分析

物理指标	水泥编号	比表面积 (m ² /kg)	凝结时间 (min)		安定性
			初凝	终凝	
标准要求		400~500	≥ 45	≤ 600	合格
检测单位		试验结果			
国检	42.5-1	435	174	198	合格
	42.5-2	436	169	191	合格
	42.5-3	437	173	208	合格
中冶	42.5-1	460	208	249	合格
	42.5-2	457	191	232	合格
	42.5-3	460	185	235	合格
质监	42.5-1	446	110	135	合格
	42.5-2	455	140	170	合格
	42.5-3	446	95	120	合格
水科院	42.5-1	439	159	196	合格
	42.5-2	480	82	222	合格
	42.5-3	445	159	251	合格
铁科院	42.5-1	459	187	241	合格
	42.5-2	460	177	232	合格
	42.5-3	456	174	231	合格
平均值		447	160	193	-

表 3.6 S·SAC 52.5 试样的物理要求试验结果与统计分析

物理要求	水泥编号	比表面积 (m ² /kg)	凝结时间 (min)		安定性
			初凝	终凝	
标准要求		400~500	≥ 45	≤ 600	合格
检测单位		试验结果			
国检	52.5-1	438	162	195	合格
	52.5-2	437	165	205	合格
	52.5-3	437	156	191	合格
中冶	52.5-1	456	213	253	合格
	52.5-2	454	214	249	合格
	52.5-3	454	212	249	合格
质监	52.5-1	432	65	90	合格
	52.5-2	450	50	85	合格
	52.5-3	450	70	95	合格
水科院	52.5-1	425	157	257	合格
	52.5-2	468	121	215	合格
	52.5-3	427	173	276	合格
铁科院	52.5-1	468	144	180	合格
	52.5-2	446	153	192	合格
	52.5-3	444	147	185	合格
南工大	52.5-1	438	101	129	合格
同济大学	52.5-1	-	113	176	合格
北工大	52.5-1	441	122	155	合格
建文	52.5-1	-	191	262	合格
嘉华	52.5-1	415	178	218	合格
平均值		443	145	193	-

表 3.7 S·SAC 52.5R 试样的物理要求试验结果与统计分析

物理要求	水泥编号	比表面积 (m ² /kg)	凝结时间 (min)		安定性
			初凝	终凝	
标准要求		400~500	≥ 45	≤ 600	合格
检测单位		试验结果			
国检	52.5R-1	450	160	205	合格
	52.5R-2	444	159	204	合格
	52.5R-3	447	158	211	合格
中冶	52.5R-1	463	185	225	合格
	52.5R-2	456	177	222	合格
	52.5R-3	454	176	222	合格
质监	52.5R-1	-	70	95	合格
	52.5R-2	-	75	100	合格
	52.5R-3	-	60	110	合格
水科院	52.5R-1	460	110	196	合格
	52.5R-2	441	150	180	合格
	52.5R-3	474	179	222	合格
铁科院	52.5R-1	460	183	235	合格
	52.5R-2	466	174	224	合格
	52.5R-3	462	183	234	合格
平均值		456	147	192	

（三）强度要求

1. 抗折强度

S·SAC 42.5、S·SAC 52.5 和 S·SAC 52.5R 试样的抗折试验结果与统计分析分别见表 3.7、表 3.8 和表 3.9。三个等级的矿渣硫铝酸盐水泥的抗折强度均符合本标准要求。

对比各单位测试的同一试样的试验结果，数据相对稳定，变异系数大多在 10%以下，特别是 3 d、7 d 和 28 d 抗折强度数据。对比各单位的试验结果的平均值可知，矿渣硫铝酸盐水泥 3 d、7 d 和 28 d 抗折强度数据较为稳定，1 d 抗折强度离散性稍大。这主要是因为水泥早期强度低，导致测试结果误差大。所有测试结果中仅有一组 S·SAC 52.5R 试样的 1 d 抗折强度不合格。

表 3.7 S·SAC 42.5 试样的抗折强度试验结果与统计分析

抗折强度	水泥编号	3 d	7 d	28 d
标准要求（MPa）		≥ 4.0	≥ 6.0	≥ 8.0
检测单位		试验结果		
国检	42.5-1	8.7	10.7	11.5
	42.5-2	8.5	10.8	10.9
	42.5-3	8.4	10.3	10.4
中冶	42.5-1	7.7	10.9	12.4
	42.5-2	7.3	10.9	11.8
	42.5-3	8.5	10.6	10.7
质监	42.5-1	8.4	11.3	11.7
	42.5-2	8.7	10.8	12.5
	42.5-3	8.8	11.2	11.4
水科院	42.5-1	8.7	10.3	11.2
	42.5-2	8.9	10.7	11.9
	42.5-3	8.3	10.6	11.3
铁科院	42.5-1	6.7	9.0	10.3
	42.5-2	7.7	10.4	10.6
	42.5-3	7.4	10.8	11.0
平均值		8.2	10.6	11.3

表 3.8 S·SAC 52.5 试样的抗折强度试验结果与统计分析

抗折强度	水泥编号	3 d	7 d	28 d
标准要求 (MPa)		≥ 4.5	≥ 7.0	≥ 9.0
检测单位		试验结果		
国检	52.5-1	7.8	9.9	10.6
	52.5-2	8.4	10.0	10.7
	52.5-3	7.7	10.1	10.3
中冶	52.5-1	9.1	10.9	11.3
	52.5-2	9.4	12.1	12.4
	52.5-3	9.3	11.6	12.1
质监	52.5-1	7.1	10.8	11.7
	52.5-2	8.1	11.4	11.6
	52.5-3	8.3	11.6	11.5
水科院	52.5-1	8.0	9.8	11.6
	52.5-2	7.0	10.9	10.6
	52.5-3	7.9	11.9	11.5
铁科院	52.5-1	7.8	10.5	10.7
	52.5-2	7.7	10.3	10.3
	52.5-3	7.4	10.4	10.7
南工大	52.5-1	9.0	11.2	11.5
同济大学	52.5-1	9.8	12.0	10.1
北工大	52.5-1	4.0	8.3	11.0
建文	52.5-1	8.2	10.0	10.5
嘉华	52.5-1	9.4	12.0	11.9
平均值		8.2	8.1	11.1

表 3.9 S·SAC 52.5R 试样的抗折强度试验结果与统计分析

抗折强度	水泥编号	1 d	3 d	7 d	28 d
标准要求 (MPa)		≥ 1.5	≥ 5.0	≥ 7.0	≥ 9.0
检测单位		试验结果			
国检	52.5R-1	2.4	8.7	10.6	10.9
	52.5R-2	2.6	8.4	10.4	11.2
	52.5R-3	2.1	8.2	10.3	10.8
中冶	52.5R-1	2.5	9.2	12.5	12.2
	52.5R-2	2.7	9.2	11.6	12.3
	52.5R-3	2.3	9.5	12.3	11.9
质监	52.5R-1	2.0	8.8	11.5	11.2
	52.5R-2	1.8	8.2	11.3	11.2
	52.5R-3	1.6	7.4	11.3	11.0
水科院	52.5R-1	3.0	8.8	10.5	10.5
	52.5R-2	3.3	8.7	11.1	10.9
	52.5R-3	2.9	10.3	10.8	10.8
铁科院	52.5R-1	2.6	8.9	10.0	10.4
	52.5R-2	2.6	8.9	10.9	10.2
	52.5R-3	2.3	9.1	10.1	10.6
平均值		2.4	8.8	11.0	11.1

2. 抗压强度

S·SAC 42.5、S·SAC 52.5 和 S·SAC 52.5R 试样的抗压试验结果与统计分析分别见表 3.10、表 3.11 和表 3.12。三个等级的矿渣硫铝酸盐水泥的抗折强度基本符合本标准要求。

抗压强度与抗折强度试验结果表现出相似的统计规律，但值得注意的是，S·SAC 52.5R 试样的 1 d 抗压强度有 5 组数据不符合本标准要求，合格率仅为 67%。

表 3.10 S·SAC 42.5 试样的抗压强度试验结果与统计分析

抗压强度	水泥编号	3 d	7 d	28 d
标准要求 (MPa)		≥ 17.0	≥ 30.0	≥ 42.5
检测单位		试验结果		
国检	42.5-1	31.8	46.3	62.1
	42.5-2	30.8	46.1	60.9
	42.5-3	31.0	45.8	60.9
中冶	42.5-1	24.5	38.6	49.9
	42.5-2	24.7	37.9	49.8
	42.5-3	24.0	37.3	48.2
质监	42.5-1	30.1	43.7	58.8
	42.5-2	29.6	43.6	56.6
	42.5-3	29.0	44.5	61.0
水科院	42.5-1	27.6	35.5	56.2
	42.5-2	28.8	39.4	54.4
	42.5-3	28.5	36.6	57.4
铁科院	42.5-1	18.6	47.1	62.1
	42.5-2	24.2	45.1	58.1
	42.5-3	24.2	44.3	57.3
平均值		27.2	42.1	56.9

表 3.11 S·SAC 52.5 试样的抗压强度试验结果与统计分析

抗压强度	水泥编号	3 d	7 d	28 d
标准要求 (MPa)		≥ 22.0	≥ 40.0	≥ 52.5
检测单位		试验结果		
国检	52.5-1	31.8	46.7	63.3
	52.5-2	31.3	46.5	62.4
	52.5-3	29.7	46.4	62.4
中冶	52.5-1	30.9	45.6	59.0
	52.5-2	34.9	47.9	61.3
	52.5-3	33.1	48.3	61.8
质监	52.5-1	29.7	47.8	64.0
	52.5-2	30.0	46.9	58.4
	52.5-3	30.7	46.1	62.0
水科院	52.5-1	32.7	49.9	72.7
	52.5-2	30.1	47.1	68.1
	52.5-3	34.1	52.6	69.4
铁科院	52.5-1	32.0	44.9	55.1
	52.5-2	32.8	46.6	62.7
	52.5-3	30.9	49.3	64.2
南工大	52.5-1	33.6	48.0	58.5
北工大	52.5-1	29.4	41.7	58.7
建文	52.5-1	29.6	42.8	56.7
嘉华	52.5-1	31.0	49.1	61.6
平均值 (MPa)		31.5	47.1	62.2

表 3.12 S·SAC 52.5R 试样的抗压强度试验结果与统计分析

抗压强度	水泥编号	1 d	3 d	7 d	28 d
标准要求 (MPa)		≥ 6.5	≥ 27.0	≥ 40.0	≥ 52.5
检测单位		试验结果			
国检	52.5R-1	7.1	32.0	47.0	59.3
	52.5R-2	7.4	31.7	47.0	60.0
	52.5R-3	<u>6.0</u>	29.4	44.5	59.7
中冶	52.5R-1	7.2	33.6	48.0	61.2
	52.5R-2	7.2	33.4	47.1	60.4
	52.5R-3	7.5	32.5	46.8	58.4
质监	52.5R-1	<u>5.6</u>	29.2	48.2	64.1
	52.5R-2	<u>4.8</u>	28.2	47.5	64.2
	52.5R-3	<u>4.8</u>	27.5	48.0	63.6
水科院	52.5R-1	8.2	32.1	49.8	65.6
	52.5R-2	9.8	31.5	48.4	65.5
	52.5R-3	8.9	32.9	50.1	70.4
铁科院	52.5R-1	7.0	31.7	48.2	64.2
	52.5R-2	7.0	31.7	45.6	60.8
	52.5R-3	7.4	31.9	42.3	54.2
平均值 (MPa)		7.7	31.3	47.2	62.1

（四）水化热

S·SAC 42.5、S·SAC 52.5 和 S·SAC 52.5R 试样的水化热试验结果与统计分析分别见表 3.13、表 3.14 和表 3.15。

对比各单位的试验结果的平均值，三个等级的矿渣硫铝酸盐水泥的 3 d 和 7 d 水化热数据离散性较大。

表 3.13 S·SAC 42.5 试样的水化热试验结果与统计分析

水化热	水泥编号	3 d	7 d	试验方法
标准要求（kJ/kg）		≤ 190	≤ 220	
检测单位		试验结果		
国检	42.5-1	177.0	204.0	溶解热法
	42.5-2	178.0	209.0	
	42.5-3	185.0	214.0	
水科院	42.5-1	128.2	157.5	微量热仪
	42.5-2	129.5	158.5	
	42.5-3	131.1	155.7	
河工大	42.5-1	135.4	167.1	微量热仪
	42.5-2	135.8	181.2	
	42.5-3	128.6	171.9	
中山大学	42.5-1	135.3	167.7	微量热仪
	42.5-2	136.9	182.4	
	42.5-3	131.4	162.2	
嘉华	42.5-1	139.0	164.0	溶解热法
平均值		143.9	176.6	

表 3.14 S·SAC 52.5 试样的水化热试验结果与统计分析

水化热	水泥编号	3 d	7 d	试验方法
标准要求 (kJ/kg)		≤ 190	≤ 220	
检测单位		试验结果		
国检	52.5-1	182.0	210.0	溶解热法
	52.5-2	183.0	206.0	
	52.5-3	181.0	209.0	
水科院	52.5-1	161.1	184.3	微量热仪
	52.5-2	139.3	184.1	
	52.5-3	140.5	178.2	
河工大	52.5-1	147.3	193.7	微量热仪
	52.5-2	145.7	190.9	
	52.5-3	140.0	183.9	
中山大学	52.5-1	141.8	173.0	微量热仪
	52.5-2	144.5	177.9	
	52.5-3	147.7	180.0	
嘉华	52.5-1	139.0	164.0	溶解热法
平均值		153.3	187.3	

表 3.15 S·SAC 52.5R 试样的水化热试验结果与统计分析

水化热	水泥编号	3 d	7 d	试验方法
标准要求 (kJ/kg)		≤ 190	≤ 220	
检测单位		试验结果		
国检	52.5R-1	184.0	214.0	溶解热法
	52.5R-2	179.0	210.0	
	52.5R-3	184.0	211.0	
水科院	52.5R-1	181.5	180.8	微量热仪
	52.5R-2	155.7	180.4	
	52.5R-3	132.3	190.6	
河工大	52.5R-1	152.1	193.0	微量热仪
	52.5R-2	155.5	199.0	
	52.5R-3	149.1	190.0	
中山大学	52.5R-1	145.9	179.2	微量热仪
	52.5R-2	152.9	185.7	
嘉华	52.5-1	146.0	181.0	溶解热法
平均值		159.8	192.9	

（五）抗硫酸盐侵蚀性能

S·SAC 42.5、S·SAC 52.5 和 S·SAC 52.5R 试样的抗硫酸盐侵蚀性能试验结果与统计分析见表 3.16。本标准要求试样的抗硫酸盐侵蚀系数大于 1，所有试样的试验结果均符合本标准要求。

表 3.16 试样的抗硫酸盐侵蚀性能试验结果与统计分析

强度等级	42.5		52.5		52.5R	
侵蚀系数	水泥编号	平均值	水泥编号	平均值	水泥编号	平均值
国检	42.5-1	1.04	52.5-1	1.13	52.5R-1	1.05
	42.5-2	1.06	52.5-2	1.09	52.5R-2	1.13
	42.5-3	1.09	52.5-3	1.19	52.5R-3	1.15
铁科院	42.5-1	1.10	52.5-1	1.13	52.5R-1	1.14
	42.5-2	1.32	52.5-2	1.18	52.5R-2	1.08
	42.5-3	1.25	52.5-3	1.13	52.5R-3	1.17
河工大			52.5-1	1.08		
北工大			52.5-1	1.05		-
嘉华			52.5-1	1.49		-
平均值		1.14		1.16		1.12

四、标准中涉及专利情况说明

本标准所列技术内容不涉及专利和知识产权的情况。

五、产业化情况

建材行业正处于积极应对外部市场需求结构调整、内部产业结构加速转型的发展阶段，在可预见的未来，仍具有良好的发展前景和广阔的发展空间。作为国民经济建设的基础、作为人民改善居住质量及生活质量的保障、作为国防等战略性新兴产业发展的支撑、作为正在加快推进的城镇化建设及新农村建设的根基，建材行业始终肩负着“大国基石”的重要职责。

矿渣硫铝酸盐水泥是一种由粒化高炉矿渣、石膏和少量水泥熟料制备而成的水硬性胶凝材料，该水泥具有低碳排放、低水化热、高抗折强度、优异的抗裂性能、极高的耐硫酸盐腐蚀能力以及抗渗性能等特点。该水泥不仅能对我国的经济，社会产生良好的效益，还在水利工程、地下工程、海洋工程、公路工程、核电工程等领域有广阔的应用前景。

与传统的低热硅酸盐水泥相比，矿渣硫铝酸盐水泥的水化放热速度更慢，且放热总量更低。因此，当矿渣硫铝酸盐水泥用于大体积混凝土中，可显著改善大体积混凝土温度裂缝问题。试验研究发现，该水泥制备的 C40、C50 和 C60 混凝土的绝热温升分别仅有 21℃、25℃ 和 30℃；以 C40 混凝土为例，与同配比的 PO42.5 水泥混凝土相比，矿渣硫铝酸盐水泥混凝土 28d 强度更高，绝热温升低 25℃。

矿渣硫铝酸盐水泥具有更优异的抗裂性能、抗疲劳性能以及更高的抗折强度。矿渣硫铝酸盐水泥应用于公路工程中，即可降低路面开裂的风险，又能显著减少建筑行业碳排放。目前，矿渣硫铝酸盐水泥已在多个工程中得到试应用，团队与天津公路总公司合作在天津九园公路项目部铺设了矿渣硫铝酸盐水泥混凝土路面试验段，150 m² 连续浇筑矿渣硫铝酸盐水泥混凝土路面使用一年后表面无明显开裂，而 25 m² 硅酸盐水泥混凝土路面则出现多处裂缝，试应用效果显著。矿渣硫铝酸盐水泥在廊坊霸州和衡水安平等公路工程的水泥稳定碎石中也得到了应用，在同样水泥掺量的情况下，该水泥制备的水稳抗压强度和抗折强度分别为普通水泥水稳的 2.3 倍和 3.1 倍。该水泥在公路工程的应用前景也十分广阔。

矿渣硫铝酸盐水泥的生产与应用符合经济性，该水泥矿渣掺量高达 65~90%，在生产过程中，配合了多个科学理论以及先进技术，确保生产时的高效运行、低耗运行以及节能运转，在投入使用的过程当中，凭借着高抗折，低水化热以及优异的抗硫酸盐侵蚀能力，最大程度减小了该水泥在环境使用过程中的破坏程度，降低对自然的能源消耗，大大降低了建筑物在服役期间的维修的费用，实现了经济的优势运行。

国家主席习近平在第七十五届联合国大会提出我国二氧化碳排放力争于 2030 年前达峰，2060 年前实现碳中和。由于普通硅酸盐水泥在生产过程当中，煅烧时会产生大量的二氧化碳，成为了碳排放的主要源头。但是矿渣硫铝酸盐水泥中硅酸盐水泥熟料使用较少，其碳排放仅为普通硅酸盐水泥的 10%~15%，大大降低了二氧化碳的排放，因此矿渣硫铝酸盐的使用必将为我国实现“双碳”目标做出巨大的贡献。

在 2020 年 10 月 23 日举行的中国建筑材料联合会换届大会上，联合会面向全行业提出了“宜业尚品、造福人类”的发展新理念、新目标。这一目标的提出，符合党的十九届五中全会精神的要求，契合了国家远景目标，是国家发展目标在建材行业的具象化和具体体现，富有新意且意义深远。矿渣硫铝酸盐水泥的生产与应用以打造绿色发展格局、推进行业生态文明建设为己任，实现了绿色发展，该水泥的从设计、生产到使用建立了完善的系统，为社会提供了安全可靠的绿色建材产品。由于矿渣硫铝酸盐水泥的生产减少了普通硅酸盐水泥熟料的含量，使得碳排放大大减少，充分体现了清洁生产原则，进一步降低了产业能耗。

矿渣硫铝酸盐水泥的应用与推广使得水泥材料的使用模式发生变化，传统水泥工业发生变化，向着环保功能产业开始转型，有效地降低传统水泥造成地污染，其追求低耗能、低排放的水泥材料的开发与应用，将水泥材料碳排放量作为重点，合理地降低了碳排放量，推动了建筑工程向着绿色化与节能化的方向发展。其次，对于建筑企业，矿渣硫铝酸盐水泥结合了建筑工程新要求，对水泥材料整体性能进行优化与完善，切实提升水泥材料安全等级水平，有效延长了建筑工程使用周期，实现了水泥废弃材料循环再利用，切实提升了水泥建材综合利用率。

在新的发展时期，面对建筑行业的飞速发展，绿色建材应用得到推广，绿色建筑成为趋势。随着产业升级、污染防治攻坚战、去产能等工作的推进，传统粗放型发展模式早已不合时宜，加快转型升级，持续研发新技术、新产品，成为建材企业适应新形势、谋取新发展的必然选择。因此，为了促进建筑行业实现绿色、环保以及节能弥补，要重视绿色建材的发展，增强绿色发展的责任意识，要积极出台相关绿色建材发展规划与使用的标准，结合行业发展，创新绿色建材，为绿色建材的稳定发展奠定基础，有效维护生态稳定性，坚持协调与可持续发展。

“宜业尚品、造福人类”，这是建材行业全新的发展理念和目标，相信，随着矿渣硫铝酸盐水泥的不断推广，本着其优良的性能和正确的发展理念，终究会给国家的经济，社会的发展带来巨大的收益。

六、采用国际标准

无。

七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调

本标准中内容均依照国内现行各类相关法律、法规、规章、标准予以要求。与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调一致。

八、重大意见分歧的处理依据和结果

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。

九、标准性质的建议说明

建议《矿渣硫铝酸盐水泥》作为推荐性产品标准发布实施。

十、贯彻标准的措施建议

矿渣硫铝酸盐水泥为一种新型胶凝材料，目前国内矿渣硫铝酸盐水泥行业没有一个可以指导其发展的统一的标准，产品以哪些性能进行评价、评价方法、指标是什么，给生产企业和使用单位带来困扰。

为推广矿渣硫铝酸盐水泥的工程应用，建议在本标准正式出台后，各生产厂家、科研单位、检测机构以及地方管理部门能够依据本标准中的相关规定对矿渣硫铝酸盐水泥进行统一的评价和管理。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的购买标准和资料、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）鼓励行业相关企业成立标准贯彻实施小组，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技术问题进行沟通协调作好贯标记录，并进行长期监督检查工作。

十一、废止现行有关标准的建议

无。

十二、其他应说明的事项

无。