

# 《用于耐盐碱腐蚀的石膏矿渣混凝土》

## 团体标准编制说明

标准编制组

二〇二四年十一月

# 目 录

一、工作概况·····	1
二、主要技术内容·····	2
三、主要试验（验证）的分析、技术经济论证，预期的经济效果·····	4
四、采用国际标准的程度及水平的简要说明·····	5
五、征求意见情况及修改说明·····	5
六、重大分歧意见的处理经过和依据·····	8
七、其他应予以说明的事项·····	8

## 一、工作概况

### 1、任务来源

为解决盐碱地腐蚀环境中混凝土结构耐久性严重不足，全寿命周期内高碳足迹、低经济效益等问题，为积极服务于双碳目标和工程质量，由山东恒建工程建设集团有限公司提出，山东恒建新材料技术有限公司、邹平市交通局、山东高速集团新动能科技公司等单位根据国家产业政策和工程实际需求，自筹经费开展了利用石膏矿渣基胶结料配制用于耐盐碱腐蚀的高性能混凝土的应用研究，实际应用中效果良好。为使该产品在实际应用中有统一技术标准可循，特提出该标准。

### 2、协作单位及主要起草人

本文件起草单位：山东恒建工程建设集团公司、山东恒建新材料技术有限公司、山东恒建工程检测有限公司、淄博市交通运输综合行政执法支队、淄博市张店区交通运输综合服务中心、邹平市交通运输局、河北邢台建德水泥有限公司、曲阜市交通运输局、山东交通职业学院、临朐交通运输执法大队、临朐县交通运输局、潍坊市交通发展集团有限公司、潍坊市寒亭区公路工程有限责任公司、青岛路桥建设集团有限公司、山东泉兴水泥有限公司、山东恒建工程监理咨询有限公司、青岛理工大学、山东理工大学。

本文件主要起草人：蔡军旺 刘艳 孟增臣 何小健 杨帅 赵鹏 刘海婷 李森 韩冬 徐艳 郭玉萍 王国栋 赵彬 赵红玲 姚卉 李明 张晓燕 张利国 张杰 许泽涛 李希源 王兵战 黄琦 李宁 李修启 田玉鹏 郭伟娜 张小影 刘星伟 全先铮 刘传奇 吴哲辉 邱清永 牛全林 张瑞。

### 3、工作过程

2024年4月，由山东恒建集团公司提出，启动了《用于耐盐碱腐蚀的石膏矿渣基混凝土》团体标准的制定工作，成立了标准编制组。2024年11月完成标准草案，计划召开送审稿审查会，具体工作过程如下。

#### 1) 标准调研、验证阶段（2024年1月~2024年4月）

2024年1月~2024年4月，明确工作后立即成立了编制组，邀请行业内优秀企业及相关的设计、使用单位参与，对石膏矿渣基胶结料在道路基层、水泥石基础工程的使用情况进行了系统总结，并开展了大量碾压混凝土、抗腐蚀混凝土的实验工作，在山东恒建集团公司实验楼前进行了碾压混凝土的中试，效果优异。在前期充分研究基础上对石膏矿渣基混凝土做了进一步论证，在应用方面提出了相应改进意见，并就该项目的国内外相关技术标准进行了充分的调研，对技术指标进行了综合分析和完善。

## 2) 标准初稿起草阶段（2024年5月~2024年8月）

2024年5月，起草组完成标准初稿，经归口单位审阅，并与起草组进行了标准开题论证会，编制组开始分析整理试验数据，完成了石膏矿渣基混凝土的相关技术、准备资料的收集整理，完成了石膏矿渣基混凝土的编制大纲初稿，并召开立项评审会及标准编制大纲评审会。编制组根据专家意见，对标准工作组草案进行修订，进一步完善了该系列产品的应用技术。

## 3) 征求意见稿起草阶段（2024年9月~2024年10月）

2024年9月，在充分调研和分析总结的基础上，编制组在初稿基础上确定了胶结料和混凝土的各项技术指标，经过讨论和改进，完成征求意见稿，并进行公开征求社会意见。

## 4) 送审稿起草阶段（2024年10月~2024年11月）

2024年10月~2024年11月，根据意见汇总和处理情况，重新对《用于耐盐碱腐蚀的石膏矿渣基混凝土》团体标准进行修订，完成标准送审稿，于2024年11月召开标准送审稿审查会。

## 5) 报批稿起草阶段（2024年12月）

2024年12月，根据标准送审稿审查会各位专家意见，对《用于耐盐碱腐蚀的石膏矿渣基混凝土》团体标准修订，完成标准报批稿，于2024年12月提交归口单位，进行报批。

## 二、主要技术内容

### 1 概述

石膏矿渣及混凝土以石膏矿渣基胶结料或石膏矿渣水泥为胶凝材料，胶结料以矿渣、粉煤灰、工业副产石膏等工业废弃物为主要原材料，通过掺加10-20%的普通硅酸盐水泥和少量外加剂协同激发，来达到通用硅酸盐水泥的技术指标，通过掺加钢渣、赤泥、柠檬酸渣等顽固性工业废渣可进一步降低碳排放，是典型的低碳建材。

为了保证产品质量，需要对石膏矿渣基混凝土的性能、制造工艺和使用方法进行规范，制定《用于耐盐碱腐蚀的石膏矿渣混凝土》标准，可提供统一的、可供遵循的设计、生产、使用等方面的技术行为。

### 2 编制原则及标准内容的确定

#### 2.1 标准编制原则

(1) 认真贯彻国家有关法律法规和方针政策。标准中的所有规定，均不得与现行法律和法规相违背。

(2) 充分考虑使用要求，并兼顾全社会综合效益。

(3) 合理利用国家资源，推广先进技术成果，在符合使用要求的情况下，有利于标准对象的简化、选优、通用和互换，做到技术上先进、经济上合理。

(4) 相关标准要协调配套。制定标准要考虑有利于标准体系的建立和不断完善。这样才能保证生产的正常进行和标准的有效实施。

## 2.2 主要技术内容和说明

### 2.2.1 主要技术内容

本标准规定了用于耐盐碱腐蚀的石膏矿渣基混凝土的术语和定义、分类、原材料、技术要求、试验方法、检验规则、贮存与输送等内容。

本标准适用于处于盐碱地、海水环境中使用的石膏矿渣基混凝土及制品，以提高其耐腐蚀性能。

鉴于该材料在组份和性能上与通用硅酸盐水泥区别较大，增加了附录《适用范围及注意事项》。

### 2.2.2 指标制定

#### 2.2.2.1 胶结料组分及强度

本标准制定单位长期从事超硫水泥（国内石膏矿渣水泥）及混凝土的研究，并调研了多家相关企业、使用单位及设计单位，研究分析了石膏矿渣基胶结料的技术性能和实际需求，以及现有石膏矿渣基胶结料在使用过程中所存在的问题，对产品组成材料进行了优化，对性能指标也做出了相应完善。

结合实际应用情况，石膏矿渣基混凝土按 28d 强度分为四个等级：C40、C50、C60、C80 每个系列又分为耐硫酸盐腐蚀和耐氯盐腐蚀两种。

#### 2.2.2.2 技术要求

##### 1) 新拌混凝土

##### 2) 混凝土的和易性

新拌混凝土的和易性包括流动度、黏聚性和保水性。

混凝土拌合物的稠度应以坍落度或维勃稠度表示。稠度大小应满足水泥制品成型的要求，干硬性混凝土维勃稠度值不宜大于 30s。黏聚性和保水性应符合 GB/T 50080—2002 相应的要求。

##### 3) 凝结时间

胶凝材料的初凝不小于 45 min，终凝时间不大于 10 小时；混凝土凝结时间根据工程要求，使用外加剂调整。

#### 4) 硬化混凝土

##### 4.1) 混凝土强度

强度等级按立方体抗压强度标准值划分为 C40、C50、C60 和大于 C60 等强度等级。

##### 4.2) 抗盐碱腐蚀

##### 4.3) Cl<sup>-</sup>扩散系数

用于海水浸泡的水下工程时，需进行 Cl<sup>-</sup>扩散系数试验：

石膏矿渣胶结料（石膏矿渣水泥）配制的砂浆，Cl<sup>-</sup>扩散系数小于  $1.0 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ ；

使用石膏矿渣胶结料配制的混凝土，Cl<sup>-</sup>扩散系数小于  $1.5 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ 。

4.4) 用于硫酸根离子超过的场合时，需进行胶凝材料抗硫酸盐腐蚀性能试验，耐蚀系数应不小于 1.0。

4.5) 用于硫酸盐等盐类侵蚀场合时，需进行耐盐腐蚀性能试验，耐盐腐蚀系数应不小于 0.75。

### 三、主要试验（验证）的分析，技术经济论证，预期的经济效果

#### 3.1 主要实验（验证）的分析

##### 3.1.1 石膏矿渣基胶结料胶砂性能检验

主要检验项目：标稠、安定性、凝结时间、4-7-28 天胶砂强度

名称	制作日期	天数	检测日期	抗折		抗压		结果 (MPa)
				抗折强度 (MPa)	结果 (MPa)	抗压强度 (MPa)		
A4	4.12	3	4.15	6.0	5.9	36.0	36.8	36.5
				5.7		36.8	36.5	
		4	4.16	6.6	6.7	40.6	40.4	40.2
				6.8		39.9	39.9	
		28	5.10	8.7	8.4	53.8	54.4	53.4
				8.1		53.3	52.2	
A5	4.12	3	4.15	3.8	3.8	19.5	19.6	20.0
				3.8		19.6	21.1	
		4	4.16	5.0	5.5	34.1	32.4	33.4
				6.0		36.3	30.8	
		28	5.10	10.9	10.7	74.5	75.1	71.0
				10.4		64.8	69.6	
P O水泥	4.12	3	4.15	4.9	5.0	25.0	25.4	25.1
				5.1		24.4	25.4	
		4	4.16	5.5	5.4	29.9	29.1	29.5
				5.2		29.2	29.9	
		28	5.10	8.8	8.6	49.5	51.8	51.6
				8.4		52.3	52.8	



2013年8月, 湖北宜昌

	3d	7d	28d
中热水泥	18.8/3.9	27.1/5.5	46.0/8.4
低热水泥	12.1/3.1	16.8/4.2	37.4/7.4
石膏矿渣普通水泥 凝低热胶结料 (以低热微膨胀 水泥名称出现)	21.8/4.1	49.3/9.0	61.0/10.3

水泥试验检测报告		BGJ00000F		
检测单位: 湖北宜昌	湖北宜昌	报告编号: BG-2022-SN-060003		
委托单位: 湖北宜昌	委托编号: SY (2022) 040234号			
工程名称: 湖北宜昌	工程部位/用途: /			
样品信息: 样品名称: 供热胶凝材料; 样品编号: TP (2022) 58660004; 样品数量: 30kg; 样品状态: 干燥, 无杂质, 无结块。				
检测依据: GB/T 17671-1999, GB/T 1346-2011, GB/T 1345-2005	判定依据: /			
见证单位: /	见证人: /			
主要仪器设备名称及编号: PL4002电子天平 (12), NJ-160A水壳净浆搅拌机 (516), 净浆标准稠度及凝结时间测定仪 (130), JBT-40A水泥胶砂试体成型装置 (129), LD-50雷氏夹测定仪 (413), FZ-31A沸水锅 (218), JZ-5水泥胶砂搅拌机 (509), ZN-15水泥胶砂振实台 (474), DYC-1000型全自动微机控制电液压力试验机 (767) D06-9624A电热恒温鼓风干燥箱 (473), AK1130电子精密天平 (136), STD-127数显射气透气比表面仪 (196), PL2002电子天平 (413), WST-065电热恒温水浴 (596)				
试验条件: 温度: 20℃; 湿度: 54%RH	检测日期: 2022年06月17日-2022年06月24日			
委托日期: 2022年06月17日	取样地点: /	生产厂家: /		
规格型号: /	代表批量: /			
生产厂家: 山东恒建新材料技术有限公司	生产批号: /			
序号	检测项目	技术要求	检测结果	结果判定
1	细度 (80μm) %	/	7.4	/
2	标准稠度用水量 (%)	/	34.5	/
3	凝结时间 (min)	初凝	243	/
		终凝	468	/
4	安定性 (标准法) (mm)	/	6.5	/
5	抗折强度 (MPa)	3天	3.4	/
		4天	4.6	/
		7天	6.8	/
		28天	/	/
6	抗压强度 (MPa)	3天	26.2	/
		4天	29.7	/
		7天	45.3	/
		28天	/	/
检测说明: 经检测, 该样品符合供热胶凝材料样品检验参数见检测结果。				
附加说明: 本*号部分由委托方提供, 本*号部分由本*号提供。				
检测: 李娟		审核: 王辉		批准: 王辉
2022年12月20日发布		日期: 2022年06月24日		2022年01月01日实施

现场实验主要检测标稠、凝结时间、安定性、3/7/28天强度

	规范要求	普通水泥	胶结料	备注
标准稠度		143.2g/28.6%	183g/36.6%	
初凝	≥45min	215min	638min	凝结时间可调
终凝	<10h	405min	1079min	
安定性	≤5.0	2.3	0	
3d 抗折	≥3.5MPa	5.1MPa	5.7MPa	
3d 抗压	≥15MPa	22.4MPa	26.3MPa	
7d 抗折	/	6MPa	8.1MPa	
7d 抗压	/	26MPa	34MPa	
28d 抗折	≥6.5MPa	8.2	11.5MPa	
28d 抗压	≥42.5MPa	48.7	53MPa	

### 3.1.2 石膏矿渣基胶结料稳定碎石实验

实验室主要检验项目：7d 无侧限抗压强度，延迟成型对强度影响

第1版 第1次修订

#### 材料试验检测报告

BGLQ1002F

检测单位名称(专用章)：河北交院瑞志交通技术有限公司 报告编号：BG-2022-WJL-060005

委托单位*	河北省路桥工程开发有限公司	委托编号	SY(2022)060235号
工程名称*	京秦高速公路改扩建工程-89标	样品编号	TP(2022)W060005-1, TP(2022)W060005-2, TP(2022)W060005-4, TP(2022)W060005-4, TP(2022)W060005-4
工程部位/用途	/	样品名称	碎石、石屑、掺钢渣粉低强度缓凝胶凝材料
检测依据	JTG E51-2009	判定依据	/
见证单位	/	见证人	/
样品信息	样品状态：碎石、石屑：洁净、无风化、无杂物；水泥：干燥、无杂物、无结块；委托日期：2022年06月17日		
主要仪器设备名称及编号	TC200B电子天平(599)、PL3002/01电子天平(11)、游标卡尺(D662-1)、WAW-1000微机控制电液伺服压力试验机(860)、LD189型液压制件脱模机(269)、DZ-9道路材料振动压实成型试验机(135)、HWX-L电热鼓风干燥箱(529)		
试验条件	温度20℃、相对湿度97%、养生6天、饱水1天	检测日期	2022年06月17日-2022年07月02日

序号	检测项目	技术要求	检测结果	结果判定
1	延迟时间4h的7天无侧限抗压强度	强度平均值(MPa)	12.5	/
		强度标准差(MPa)	1.16	/
		变异系数(%)	9.3	/
		强度平均值(MPa)	9.8	/
2	延迟时间8h的7天无侧限抗压强度	强度平均值(MPa)	9.8	/
		强度标准差(MPa)	1.03	/
		变异系数(%)	10.5	/
		/	/	/

检测结论：见检测数据。

附加声明：选用5.0%结合料掺量的稳定碎石制作延迟时间4h、8h的7天无侧限抗压强度。带\*号部分由委托方提供，本单位不负责核实。

检测：C.H. 审核：[Signature] 批准：[Signature] 日期：2022年07月02日

2021年12月20日发布 2022年01月01日实施

第1版 第1次修订

#### 无机结合料配合比设计试验检测报告

BGLQ09003F

检测单位名称(专用章)：河北交院瑞志交通技术有限公司 报告编号：BG-2022-WJL-960005

委托单位*	河北省路桥工程开发有限公司、山东信达新材料技术有限公司	委托编号	SY(2022)060235号
工程名称*	京秦高速公路改扩建工程-89标	样品编号	TP(2022)W060005-1, TP(2022)W060005-2, TP(2022)W060005-4, TP(2022)W060005-4, TP(2022)W060005-4
工程部位/用途	/	样品名称*	碎石、石屑、掺钢渣粉低强度缓凝胶凝材料
检测依据*	JTG/T F20-2015、JTG E51-2009	判定依据*	/
见证单位*	/	见证人*	/
样品信息	样品状态：碎石、石屑：洁净、无风化、无杂物；水泥：干燥、无杂物、无结块；取样地点：* 厂家；委托日期：2022年06月17日		
主要仪器设备名称及编号	TC200B电子天平(599)、PL3002/01电子天平(11)、游标卡尺(D662-1)、WAW-1000微机控制电液伺服压力试验机(860)、LD189型液压制件脱模机(269)、DZ-9道路材料振动压实成型试验机(135)、HWX-L电热鼓风干燥箱(529)		
检测日期	2022年06月17日-2022年07月02日	试验条件	温度20℃、相对湿度97%、养生6天、饱水1天

材料名称*	规格型号*	生产厂家/产地*	样品编号								比例用量(%)
			1	2	3	4	5	6	7	8	
碎石	(10-30)mm	开阳	1P(2022)W060005-1								9
	(10-20)mm	开阳	1P(2022)W060005-2								37
	(5-10)mm	开阳	1P(2022)W060005-4								19
石屑	(0-3)mm	开阳	1P(2022)W060005-6								35
掺钢渣粉低强度缓凝胶凝材料	/	/	1P(2022)W060005-4								/

筛孔尺寸(mm)	31.5								26.5								19.0								16.0								13.2								9.5								4.75								2.36								1.18								0.6								0.3								0.15								0.075							
	通过率(%)	100								99.3								81.8								71.4								63.0								53.4								32.6								21.8								14.8								9.5								6.8								4.9								4.4						
目标级配范围	100								90								78								68								58								48								30								21								11								8								5								3								0							

配合比确定

水泥剂量(N)	最大干密度(ρ <sub>d</sub> (g/cm <sup>3</sup> ))	最佳含水量(w <sub>p</sub> (%))	要求压实度(N)	强度设计值(R <sub>d</sub> (MPa))	强度平均值(MPa)	强度标准差(MPa)	变异系数(N)	强度代表值(R <sub>d</sub> <sup>0.95</sup> (MPa))	是否满足(R <sub>d</sub> <sup>0.95</sup> ≥ R <sub>d</sub> )
5.0	2.635	5.2	>98	>5.0	11.3	1.18	10.4	9.4	满足
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

成型方法：最大干密度和最佳含水量采用振动成型法，无侧限抗压强度试件采用静压法。

检测结论：根据配合比试验，结合料掺量为5.0%的胶凝材料稳定碎石符合强度代表值R<sub>d</sub><sup>0.95</sup> > 强度设计值R<sub>d</sub>的要求。

附加声明：带\*号部分由委托方提供，本单位不负责核实。

检测：C.H. 审核：[Signature] 批准：[Signature] 日期：2022年07月02日



## 胶结料稳定基层性能指标（现场检测）

配合比	集料级配			水泥量	最佳含水率	最大干密度	
普通水泥	确定级配 20-30mm: 10-20mm:			4.50%	5.30%	2.304g/cm <sup>3</sup>	
该胶结料	5mm-10mm: 0mm-5mm=20:31:22:27			4.50%	5.10%	2.345g/cm <sup>3</sup>	
延迟时间/h		0	6	9	12	15	18
代表强度/Mpa	普通水泥	6.65	6.26	/	/	/	/
	该胶结料	8.89	8.59	8.39	8.18	7.76	7.45

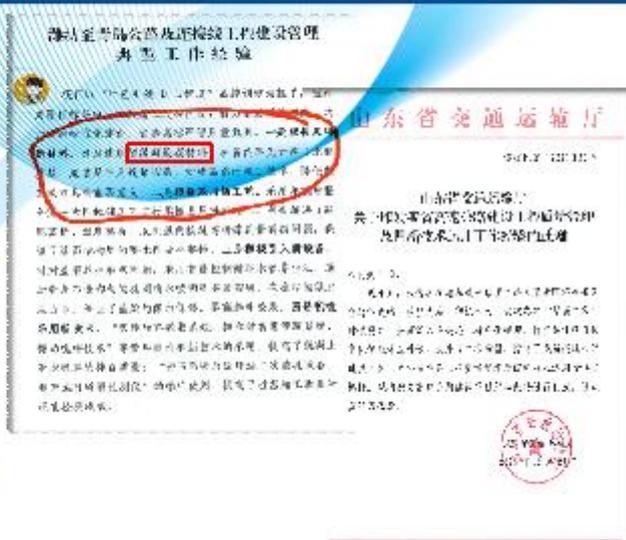


山东恒建工程建设集团有限公司

五、用户使用情况报告

### 五、用户使用情况报告

5.1 2021年11月18日由山东高速集团投资建设的潍坊至青岛公路及连接线工程第三合同段石膏矿渣基超缓凝低碳胶结料基层双层连铺试验摊铺顺利完成；12月4日，在第四合同段完成路面工程底基层、基层三层连铺试验摊铺。

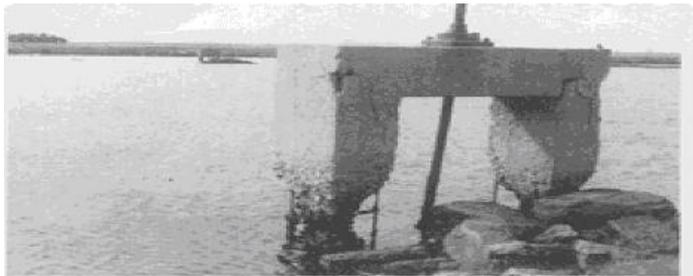


### 3.1.3 抗盐碱腐蚀实验

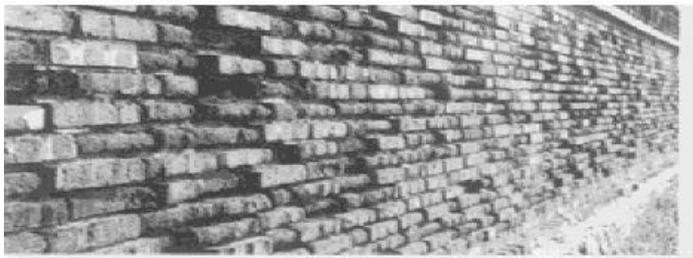
#### 1) 氯离子渗透性实验

新材料水泥砂浆氯离子扩散系数

编号	制件日期	制件数量	龄期	胶结料类型	盐溶液氯离子浓度 (mol/L)	氯离子扩散系数平均值 (*10 <sup>-14</sup> ) m <sup>2</sup> /s)	备注
1#	2024.8.28	一组3块	30	纯po	4	640	此数据持疑, 已重新制件检测
2#	2024.8.28	一组3块	30	po+50% $\leq$ 95矿粉	4	268	
3#	2024.8.28	一组3块	30	po+30%粉煤灰	4	261	
4#	2024.8.28	一组3块	30	A3	4	76	
5#	2024.8.28	一组3块	30	A4	4	150.00	



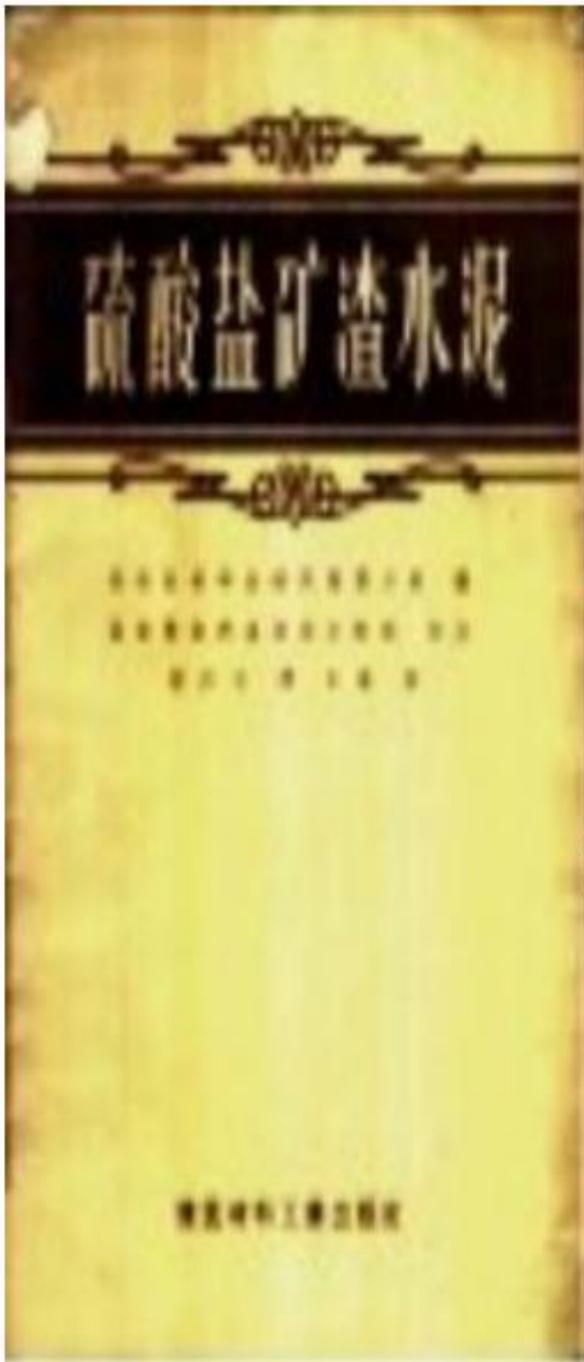
干湿循环区域破坏最为严重



盐碱地区砖墙的腐蚀情况



盐湖卤水中硫酸盐和氯盐腐蚀引起的破



硫酸鹽矿渣水泥在使用方面所具的第一个优点是在凝結和硬化过程中的放热量小，因此硫酸鹽矿渣水泥特别适用于建造大体积建筑物。因为硫酸鹽矿渣水泥按美国标准就是属于所謂低热水泥一类的膠凝材料，而这正是为这用途特制的最好的砂酸鹽水泥所不具备的。当然，水化热小也有它不好的一面。因为水化热小了会在低温中加工时使水泥硬化迟緩。砂酸鹽水泥水化热大在低温时起一定的保护作用，这自然是硫酸鹽矿渣水泥所不及的。

硫酸鹽矿渣水泥的第二个优点是收縮性小。根据近年来进行的混凝土研究，发现收縮应力对于建筑物的耐久性有莫大的关系。大家知道，今天水泥建筑物由于强度不够而坍塌的倒为数不多，而由于發生裂縫而坍塌的却为数不少，就是这个原因。

硫酸鹽矿渣水泥的第三个优点是对化学性侵蚀的抵抗力，特别是对砂酸鹽水侵蚀的抵抗力强。有人虽然也曾用氧化鉄代替矾土制造过砂酸鹽水泥类型的对硫酸鹽侵蚀作用具有高度抵抗力的膠凝材料，但究竟是属于特制的水泥。很久以来大家所知道的鉄質水泥和費拉里水泥（一种鉄質水泥），就是这种特制的水泥。但硫酸鹽矿渣水泥却具

备完全天然的“發自本身”的高度抵抗硫酸鹽侵蚀的性能。

但是大家知道，凡物有利必有弊，所以不庸諱言，硫酸鹽矿渣水泥与別种水泥特别与砂酸鹽水泥比较起来，也是有缺点的。首先是对混凝土前期养护的敏感性。这在硫酸鹽矿渣水泥和其他掺加大量活性混合材的水泥原是都有的。这些水泥只有在充分潮湿的环境中才能發揮作用，而砂酸鹽水泥即使在水份極少的时候却还能繼續自行硬化。因此調制混凝土时在自施工以至达到其完全硬化的过程中通常应做的

### 3.1.4 混凝土实验

主要检验项目：抗压/抗折/抗拉（劈裂抗拉）强度，56d 氯离子扩散系数，28d 压力水



## 检验报告

### TEST REPORT

BETC-DLCL1-2017-00014

工程/产品名称  
Name of Engineering/Product: 缓凝型高性能减水剂

委托单位  
Client: 山东华泰建材科技股份有限公司

检验类别  
Test Category: 委托检验

国家建筑工程质量监督检验中心  
NATIONAL CENTER FOR QUALITY SUPERVISION  
AND TEST OF BUILDING ENGINEERING

#### 国家建筑工程质量监督检验中心 检验报告

#### TEST REPORT OF NATIONAL CENTER FOR QUALITY SUPERVISION AND TEST OF BUILDING ENGINEERING

委托编号(Commission No.): 2015-003222  
报告编号(No. of Report): BETC-DLCL1-2015-00061 (A) 第 2 页 共 2 页 (Page 2 of 2)

混凝土配合比									
项目(kg/m <sup>3</sup> ) 编号	水胶比	胶材	水泥	矿粉	砂	石	增效剂 A	增效剂 B	水
61-1 (对比)	0.40	357	42	315	673	1097	63	3.57	168
61-2 (基准)	0.40	420	420	0	673	1097	0	0	168

混凝土性能			
检验项目	编号	基准 (61-2)	对比 (61-1)
坍落度 (mm)		220	210
扩展度		490	450
表观密度		2430	2450
含气量 (%)		2.5	1.7
抗压强度 (MPa)	7d	37.7	41.3
	28d	49.9	59.3
	90d	54.6	64.5
抗折强度 (MPa)	7d	5.0	6.0
	28d	6.7	8.2
劈裂抗拉强度 (MPa)	28d	3.67	4.48
56d 抗氯离子渗透试验 (氯离子迁移系数, $\times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ )		6.0	0 <span style="color: red;">用章</span>
碳化深度(mm)(标养 56d)	3d	0	6.8
	7d	0	8.9
	14d	0	9.8
	28d	0	10.1
28d 抗水渗透试验 (渗水高度法, mm)		6.5	0
抗冻试验 (快冻法)		175	200

备注: 济南鲁新建材 S95 矿粉、增效剂 A、增效剂 B、减水剂由委托方提供, 配合比与委托方协商确定, 北京产 5-25mm 碎石、北京产中砂、山水 P.O42.5 由检测方提供。(以下省略)



海水中氯盐侵蚀引起的结构破坏

抗渗实，碳化和冻融实验。

### 3.1.4 平板抗裂实验





### 3.2 技术经济论证

本标准是通过超硫水泥（石膏矿渣基胶结料前身）的性能进行深度优化基础提出的，先后实验了明矾石、石膏、元明粉、偏高岭土、电石渣、水玻璃、铝酸盐及硫铝酸盐水泥、卤盐渣泥等多种激发剂对石膏矿渣基胶结料强度的影响，最后采用复合激发技术得到了理想的结果，并在 2008 年 9 月取得了突破性进展，超缓凝效果明显，四天强度和七天强度达到甚至超过了通用硅酸盐水泥。

同时，还进行了 C25-C50 的混凝土实验，标准养护 28d 后置于室外，60d、180d 强度也持续增长，C50 试件 180d 强度高达 80-90MPa。

从耐久性的角度考虑，使用石膏矿渣基超缓凝低碳胶结料，可降低混凝土开裂风险，有效保护钢筋及构件；与硅酸盐水泥相比，可显著降低碱集料反应引起的膨胀，有效抑制硫酸盐腐蚀的发生，在结构物抗硫酸盐腐蚀、抗氯离子渗透等方面也有着显著的优势，不仅会有效提高混凝土结构的耐久性，也具有社会效益和环境效益。

经过十几年的持续探索，该胶结料在凝结时间、力学性能、防腐性能和水化热（针对大体积混凝土而言）等方面获得了不同程度的优化，更好满足了不同结构施工工艺、结构性能对材料的具体要求，并降低了材料成本和碳排放，从技术经济和环境效益上看，都有着广阔的发展前景。

### 3.3 预期的经济效果

每生产一吨硅酸盐水泥熟料，约消耗石灰石和粘土 1.6 吨，排放 0.9 吨 CO<sub>2</sub>，消耗标准煤 150kg；每生产一吨普通硅酸盐水泥，综合电耗约为 120-130kWh，因此，传统的硅酸盐系列水泥是典型的高能耗、高污染、高资源消耗的行业。

我国 2020 和 2021 年水泥产能分别为 24.77 和 23.63 亿吨，年均碳排放高达 15 亿吨，若全国 10%的通用硅酸盐水泥用石膏矿渣基胶结料替代，可减少碳排放 1.5 亿吨；水泥价格平均以 500 元/t 计，每年可节约成本 160-200 亿元左右。

节能降耗减排对国家的可持续发展战略具有重要意义，结合工程需要，适时推广石膏矿渣基超缓凝低碳胶结料，可以显著降低水泥成本，改善工程耐久性，并具有重要的环境意义。

目前山东省已建立了两大生产基地，在山西、河北、内蒙、云贵和海南等省份发展该材料也大有潜力。山西为煤炭大省，粉煤灰、煤矸石和脱硫石膏资源丰富；河北是钢铁大省，矿渣和钢渣资源丰富，在双碳政策背景下都对固废利用做出了积极探索。

本标准的制订，将对石膏矿渣基胶结料和混凝土的推广应用产生推动作用，更好服务“绿色低碳循环发展”和工程建设高质量发展的事业。

## 六、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在编写过程中无重大意见分歧。

## 七、其他应予以说明的事项（修改意见见附件）

虽然在标准的起草过程中，标准编制工作小组人员进行了大量调研工作，尽可能使标准制订地科学合理，但是由于认知的局限性，难免有疏忽之处。为了标准的进一步完善，请各单位在执行本标准的过程中，注意积累资料，总结经验，如发现需要修改和补充之处，请将意见和有关资料及时反馈给我们，以供修订时参考。