

ICS 91.100.10
Q 11

CBMF

中国建筑材料协会标准

T/CBMF XXX—2024

高活性贝利特硅酸盐水泥熟料

Meta-Active Belite Portland cement clinker

征求意见稿

2020- XX-XX 发布

2020- XX-XX 实施

中国建筑材料联合会 发布

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国建筑材料联合会提出并归口。

本文件负责起草单位：北京建筑材料科学研究总院有限公司，唐山冀东水泥股份有限公司。

本文件参加起草单位：河北金隅鼎鑫水泥有限公司，平泉冀东水泥有限公司，陕西泾阳冀东(海德堡)水泥有限公司，唐山冀东水泥有限公司二分公司，北京金隅琉水环保科技有限公司，郑州市王楼水泥工业有限公司

本文件主要起草人：刘艳军 孙越男 宋子新

本文件主要审查人：

引言

本文件的发布机构提请注意，声明符合本文件时，会涉及4.2.1与高活性贝利特硅酸盐水泥熟料相关专利的使用。

本文件的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利持有人已向本文件的发布机构承诺，他愿意同任何申请人在合理且无歧视的条款和条件下，就专利授权许可进行谈判。该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。相关信息可以通过以下联系方式获得：

专利持有人：北京建筑材料科学研究总院有限公司。

地址：北京市石景山区金顶北路69号。

请注意除上述专利外，本文件的某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

高活性贝利特硅酸盐水泥熟料

1 范围

本文件规定了高活性贝利特硅酸盐水泥熟料的分类、技术要求、试验方法、验收规则、交付和验收、运输和贮存。

本文件适用于高活性贝利特硅酸盐水泥熟料的生产、检验、交付和验收。

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，仅所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。

- GB 175 通用硅酸盐水泥
- GB/T 176 水泥化学分析方法
- GB/T 750 水泥压蒸安定性检测方法
- GB/T 749 水泥抗硫酸盐侵蚀试验方法
- 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 5483 天然石膏
- GB 6566 建筑材料放射性核素限量
- GB/T 8074 水泥比表面积测定方法(勃氏法)
- GB/T 12959 水泥水化热测定方法
- GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO法）
- GB/T 21372 硅酸盐水泥熟料
- GB/T 30760 水泥窑协同处置固体废物技术规范
- GB/T 30810 水泥胶砂中可浸出重金属的测定方法
- GB 31893 水泥中水溶性铬（VI）的限量及测定方法
- GB/T 40407-2021 硅酸盐水泥熟料矿相X射线衍射分析方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高活性贝利特 Meta-Active Belite

在高温煅烧过程中通过离子掺杂和缺陷设计技术使水化活性和易磨性显著改善的硅酸二钙矿物。

3.2

高活性贝利特硅酸盐水泥熟料 Meta-Active Belite Portland cement clinker

将主要含CaO、SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃、SO₃等化学成分的生料，磨成细粉，烧制部分熔融，所以高活性贝利特矿物为特征的硅酸盐水泥熟料。

4 分类和标识

4.1 分类

高活性贝利特硅酸盐水泥熟料按用途和特性分为通用高活性贝利特硅酸盐水泥熟料、中抗硫酸盐高活性贝利特硅酸盐水泥熟料、高抗硫酸盐高活性贝利特硅酸盐水泥熟料、道路高活性贝利特硅酸盐水泥熟料、中热高活性贝利特硅酸盐水泥熟料和低热高活性贝利特硅酸盐水泥熟料等品种。

4.2 标识

通用高活性贝利特硅酸盐水泥熟料-MBC-GU
 中抗硫酸盐高活性贝利特硅酸盐水泥熟料-MBC-MSR
 高抗硫酸盐高活性贝利特硅酸盐水泥熟料-MBC-HSR
 道路高活性贝利特硅酸盐水泥熟料-MBC-PAV
 中热高活性贝利特硅酸盐水泥熟料-MBC-MH
 低热高活性贝利特硅酸盐水泥熟料-MBC-LH

5 要求

5.1 化学成分要求

5.1.1 基本化学成分要求

各品种高活性贝利特硅酸盐水泥熟料应符合表1中规定的基本化学成分要求。

表 1 各品种高活性贝利特硅酸盐水泥熟料基本化学成分要求（质量分数，%）

f-CaO	MgO ^a	烧失量	不溶物	SO ₃ ^b	氯离子	CaO/SiO ₂ 质量比
≤1.0	≤5.0	≤1.0	≤0.75	≤3.0	≤0.06	≥2.0
^a 当制成 PI 型硅酸盐水泥的压蒸安定性合格时，允许放宽到 6.0%。 ^b 也可以由买卖双方商定。						

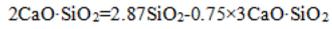
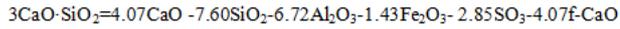
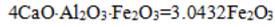
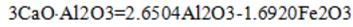
5.1.2 特性化学成分要求

各品种高活性贝利特硅酸盐水泥熟料还应符合表2中规定的特性化学成分要求。

表 2 各品种高活性贝利特硅酸盐水泥熟料特性化学成分要求（质量分数，%）

品种	Na ₂ O+0.658K ₂ O ^a	3CaO·Al ₂ O ₃ ^b	4CaO·Al ₂ O ₃ ·Fe ₂ O ₃	2CaO·SiO ₂	3CaO·SiO ₂ +2CaO·SiO ₂
通用	---	---	---	≥25%	≥70%
中抗		≤4.0	---	≥35%	
高抗		≤3.0	≥15.0	≥40%	
道路		≤5.0	≥15.0	≥30%	
中热		≤4.0	---	≥40%	
低热		≤4.0	---	≥45%	
^a 销售时注明或由买卖双方协商确定 ^b 3CaO·Al ₂ O ₃ ，4CaO·Al ₂ O ₃ ·Fe ₂ O ₃ ，3CaO·SiO ₂ 和 2CaO·SiO ₂ 质量分数以 XRD 分析并采用 Rietveld Refinement 定量确定为准，					

以按下式计算为参考：



5.2 物理性能要求

高活性贝利特硅酸盐水泥熟料的物理性能按照GB175中规定程序制成PI型高活性贝利特硅酸盐水泥的性能来表达，水泥中SO₃含量不大于3.5%。

5.2.1 基本物理性能要求

5.2.1.1 凝结时间

各品种高活性贝利特硅酸盐水泥熟料凝结时间应符合表3的规定。

表3 各品种高活性贝利特硅酸盐水泥熟料凝结时间要求

熟料类型	凝结时间, min	
	初凝	终凝
通用高活性贝利特硅酸盐水泥熟料	≥45	≤390
中抗硫酸盐高活性贝利特硅酸盐水泥熟料	≥45	≤390
高抗硫酸盐高活性贝利特硅酸盐水泥熟料	≥45	≤450
道路高活性贝利特硅酸盐水泥熟料	≥45	≤450
中热高活性贝利特硅酸盐水泥熟料	≥60	≤720
低热高活性贝利特硅酸盐水泥熟料	≥60	≤720

5.2.1.2 安定性

沸煮法合格。

5.2.1.3 强度

各品种高活性贝利特硅酸盐水泥熟料各龄期的强度应符合表4的规定。

表4 各品种高活性贝利特硅酸盐水泥熟料强度

熟料类型	强度等级	抗折强度/MPa			抗压强度/MPa		
		3d	7d	28d	3d	7d	28d
通用高活性贝利特硅酸盐水泥熟料	52.5	≥3.5	≥5.5	≥8.0	≥25.0	≥35.0	≥52.5
	62.5	≥4.0	≥6.0	≥8.5	≥27.0	≥40.0	≥62.5
中抗硫酸盐高活性贝利特硅酸盐水泥熟料	52.5	≥3.0	≥5.0	≥8.0	≥20.0	≥30.0	≥52.5
	62.5	≥3.5	≥5.5	≥8.5	≥25.0	≥35.0	≥62.5
高抗硫酸盐高活性贝利特硅酸盐水泥熟料	52.5	≥3.0	≥5.0	≥8.5	≥15.0	≥30.0	≥52.5
	62.5	≥3.5	≥5.5	≥9.0	≥20.0	≥35.0	≥62.5
道路高活性贝利特硅酸盐水泥熟料	52.5	≥3.5	≥6.0	≥8.5	≥20.0	≥35.0	≥52.5
	62.5	≥4.0	≥6.5	≥9.0	≥25.0	≥40.0	≥62.5
中热高活性贝利特硅	52.5	≥3.5	≥5.5	≥8.0	≥15.0	≥30.0	≥52.5

酸盐水泥熟料	62.5	≥4.0	≥6.0	≥8.5	≥20.0	≥35.0	≥62.5
低热高活性贝利特硅酸盐水泥熟料	42.5	≥2.5	≥5.0	≥8.0	≥12.0	≥25.0	≥42.5
酸盐水泥熟料	52.5	≥3.0	≥5.5	≥8.5	≥15.0	≥30.0	≥52.5

5.2.2 特性物理要求

5.2.2.1 抗硫酸盐性能

中抗硫酸盐高活性贝利特硅酸盐水泥熟料14d线膨胀率应不大于0.06%；
高抗硫酸盐高活性贝利特硅酸盐水泥熟料14d线膨胀率应不大于0.04%。

5.2.2.2 水化热

各品种高活性贝利特硅酸盐水泥熟料的水化热应符合表5的规定。

表5 各品种高活性贝利特硅酸盐水泥熟料的水化热指标

熟料类型	水化热/ (J/g)		
	3d	7d	28d
通用高活性贝利特硅酸盐水泥熟料	≤270	≤320	≤400
中抗硫酸盐高活性贝利特硅酸盐水泥熟料	≤240	≤300	≤360
高抗硫酸盐高活性贝利特硅酸盐水泥熟料	≤230	≤280	≤340
道路高活性贝利特硅酸盐水泥熟料	≤260	≤320	≤380
中热高活性贝利特硅酸盐水泥熟料	≤220	≤270	≤340
低热高活性贝利特硅酸盐水泥熟料	≤200	≤240	≤300

5.3 放射性

内照射指数 I_{Ra} 应不大于1.0，外照射指数 I_r 应不大于1.0。

5.4 水溶性铬(VI) (选择性指标)

应符合GB31893的要求，或由买卖双方协商确定。

5.5 重金属含量和可溶性重金属含量-选择性指标

应符合GB/T30760的要求，或由买卖双方协商确定。

6 试验方法

6.1 化学分析试验方法

6.1.1 熟料样品制备

化学要求检验用水泥熟料应破碎、粉磨至全部通过 150 μ m 方孔筛的水泥熟料粉，并密封保存。

6.1.2 化学成分测试

游离氧化钙、氧化镁、烧失量、不溶物、三氧化硫、氯离子、氧化钙、二氧化硅、三氧化二铝、三氧化铁、氧化钾和氧化钠含量测定，按 GB/T 176 的规定进行。

6.1.3 矿物组成的计算

6.1.3.1 X-射线衍射分析法

按照GB/T 40407-2021《硅酸盐水泥熟料矿相X射线衍射分析方法》进行定量计算。

6.1.3.2 理论化学计算法

当 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)/w(\text{Fe}_2\text{O}_3) > 0.64$ 时, 硅酸三钙($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, C_3S)、硅酸二钙($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, C_2S)、铝酸三钙($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$, C_3A)和铁铝酸四钙($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, C_4AF) 分别按公式(1)~公式(4)计算:

$$w(\text{C}_3\text{S})=4.07w(\text{CaO}-f\text{-CaO})-7.60w(\text{SiO}_2)-6.72w(\text{Al}_2\text{O}_3)-1.43w(\text{Fe}_2\text{O}_3)-2.85w(\text{SO}_3) \quad (1)$$

$$w(\text{C}_2\text{S})=2.87w(\text{SiO}_2)-0.754w(\text{C}_3\text{S}) \quad (2)$$

$$w(\text{C}_3\text{A})=2.65w(\text{Al}_2\text{O}_3)-1.69w(\text{Fe}_2\text{O}_3)$$

(3)

$$w(\text{C}_4\text{AF})=3.04w(\text{Fe}_2\text{O}_3) \quad (4)$$

当 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)/w(\text{Fe}_2\text{O}_3) < 0.64$ 时, 铝酸三钙($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$, C_3A)为零, 硅酸三钙($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, C_3S)按公式(5)计算:

$$w(\text{C}_3\text{S})=4.07w(\text{CaO}-f\text{-CaO})-7.60w(\text{SiO}_2)-4.48w(\text{Al}_2\text{O}_3)-2.86w(\text{Fe}_2\text{O}_3)-2.85w(\text{SO}_3) \quad (5)$$

式中:

$w(\text{C}_3\text{S})$ -----水泥熟料中硅酸三钙的含量(质量分数), %;

$w(\text{C}_2\text{S})$ -----水泥熟料中硅酸二钙的含量(质量分数, %);

$w(\text{C}_3\text{A})$ -----水泥熟料中铝酸三钙的含量(质量分数, %);

$w(\text{C}_4\text{AF})$ -----水泥熟料中铁铝酸四钙的含量(质量分数, %);

$w(\text{CaO})$ -----水泥熟料中氧化钙的含量(质量分数, %);

$w(\text{SiO}_2)$ -----水泥熟料中氧化硅的含量(质量分数, %);

$w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ -----水泥熟料中三氧化二铝的含量(质量分数, %);

$w(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ -----水泥熟料中二氧化二铁的含量(质量分数, %);

$w(\text{SO}_3)$ -----水泥熟料中三氧化硫的含量(质量分数, %);

$w(f\text{-CaO})$ -----水泥熟料中游离氧化钙的含量(质量分数, %);

6.2 物理性能试验方法

6.2.1 高活性贝利特硅酸盐水泥熟料的物理性能要求通过制成符合GB175规定的PI型高活性贝利特硅酸盐水泥来检验。

6.2.2 样品制备要求

物理性能检验前, 先将待检验高活性贝利特硅酸盐水泥熟料破碎至全部通过5mm方孔筛, 然后与适量符合GB/T 5483规定的天然二水石膏或硬石膏, 以及三异丙醇胺(化学纯, 掺量为十万分之三)在 $\Phi 500 \times 500\text{mm}$ 标准试验小磨内粉磨制成PI型高活性贝利特硅酸盐水泥。制成PI型高活性贝利特硅酸盐水泥样品的细度应满足以下指标要求: 比表面积(350 ± 10) m^2/kg , 且 $80\mu\text{m}$ 方孔筛筛余 $\leq 4\%$; SO_3 含量(质量分数)应在2.5%~3.5%范围内(也可按双方约定)。所有试验(除28d强度外)应在制成水泥后10d内完成。

6.2.3 标准试验小磨球配数量

标准试验小磨配球数量为: $\Phi 70\text{mm}$ 钢球9个、 $\Phi 60\text{mm}$ 钢球24个、 $\Phi 50\text{mm}$ 钢球37个、 $\Phi 40\text{mm}$ 钢球43个, 质量合计约60kg; $\Phi 25\text{mm} \times 30\text{mm}$ 钢锻374个, 质量合计约40kg; 研磨体总质量为100kg~105kg。当检查发现研磨体总质量低于95kg时, 应如前所述重新配球。为了尽量保证制成水泥的颗粒级配相近, 应3个月检查一次小磨的球配。

6.2.4 比表面积

按 GB/T 8074 进行。

6.2.5 筛余

按 GB/T 1345 进行。

6.2.6 凝结时间与沸煮安定性

按 GB/T 1346 进行。

6.2.7 压蒸安定性

按 GB/T 750 进行。

6.2.8 抗压强度

按 GB/T 17671 进行。

6.2.9 抗硫酸盐性

按 GB/T 749 进行。

6.2.10 水化热

按 GB/T 12959 进行。

6.3 放射性

按 GB6566 进行。其中，试验用样品为 6.2.1 制成的 PI 型高活性贝利特硅酸盐水泥。

6.4 水溶性铬(IV)

按 GB31893 进行。其中，试验用样品为 6.2.1 制成的 PI 型高活性贝利特硅酸盐水泥。

6.5 重金属含量和可浸出重金属含量

6.5.1 重金属含量

按照 GB/T30760 进行。其中，试验用样品为 6.1 制成的化学分析样品。

6.5.2 可浸出重金属含量

按照 GB/T30810 进行。其中，试验用样品为 6.2.1 制成的 PI 型高活性贝利特硅酸盐水泥。

7 验收规则

7.1 编号及取样

高活性贝利特硅酸盐水泥熟料出厂时的编号和取样按不超过4000t为一编号和取样单位，或双方合同约定。

高活性贝利特硅酸盐水泥熟料取样应有代表性。可连续取，亦可从20个以上不同部位取等量样品，总量至少30kg。所取熟料样品按本标准第5章规定的方法进行检验，检验项目包括需要对产品进行考核的全部技术要求。具体取样方法由买卖双方商定。

7.2 检验

7.2.1 出厂检验

出厂检验项目为5.1、5.2 中各品种高活性贝利特硅酸盐水泥熟料对应的所有技术要求。

7.2.2 型式检验

型式检验为第 5 章全部内容。有下列情况之一者，应进行型式检验：

- 新投产时；
- 原燃料有改变时；
- 生产工艺有较大改变时；
- 产品长期停产后，恢复生产时；
- 正常生产时，每半年进行一次。

7.3 判定

7.3.1 出厂检验

7.3.1.1 检验结果符合 5.1、5.2 中所有技术要求的为合格品。

7.3.1.2 检验结果不符合 5.1、5.2 中任何一项技术要求的为不合格品。

7.3.2 型式检验

7.3.2.1 检验结果符合第 5 章全部技术要求的为合格品。

7.3.2.2 检验结果不符合第 5 章中任何一项技术要求的为不合格品。

7.4 检验报告

检验报告内容应包括高活性贝利特硅酸盐水泥熟料品种、出厂检验项目和型式检验项目中的放射性、水溶性铬(VI)、重金属含量和可浸出重金属含量及合同约定的其他技术要求。当用户需要时，生产者应在高活性贝利特硅酸盐水泥熟料发出之日起 10d 内寄发除 28d 强度以外的各项检验结果，35d 内补报 28d 强度的检验结果。

8 交货和验收

交付时，高活性贝利特硅酸盐水泥熟料的质量验收可抽取高活性贝利特硅酸盐水泥熟料实物样品以其检验结果为依据，也可以生产厂出具的检验报告为依据。采取何种方法验收由买卖双方商定，并在合同或协议中注明。

以抽取高活性贝利特硅酸盐水泥熟料实物样品的检验结果为依据时，买卖双方应在发货前或交付地共同取样和签封。所取样品缩分为二等份，一份由卖方密封保存 40d，一份由买方按本文件规定的项目和 1 方法进行检验。

以生产厂的检验报告为验收依据时，在发货前或交付时买方(或委托卖方)在同编号高活性贝利特硅酸盐水泥熟料中抽取样品，双方共同签封后由卖方密封保存 90d。

发生争议时，买卖双方应将密封保存的高活性贝利特硅酸盐水泥熟料样品送双方认可的第三方检验检测机构进行检验。

9 运输与贮存

高活性贝利特硅酸盐水泥熟料在运输与贮存时不应受潮和混入杂物,不同品种和强度等级的其他水泥熟料在储运中应避免混杂。
