

不同钡掺量硫铝酸钡钙矿物结构及其水化

尚小朋, 常 钧*, 房延凤, 张洋洋

(大连理工大学 土木工程学院, 辽宁 大连 116024)

摘要: 通过 Ba^{2+} 取代硫铝酸钙($\text{C}_4\text{A}_3\bar{\text{S}}$)矿物中的 Ca^{2+} 制备出胶凝性能优良的硫铝酸钡钙($\text{C}_{4-x}\text{B}_x\text{A}_3\bar{\text{S}}$)矿物. 选取了 19 个不同钡掺量的生料, 在 $1\,400\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下保温 3 h 烧成不同的 $\text{C}_{4-x}\text{B}_x\text{A}_3\bar{\text{S}}$ 矿物, 并分析了钡掺量对 $\text{C}_{4-x}\text{B}_x\text{A}_3\bar{\text{S}}$ 水化性能的影响. 通过 XRD Rietveld 全谱拟合方法对熟料中的矿物种类和含量进行定量计算, 并对 $\text{C}_{4-x}\text{B}_x\text{A}_3\bar{\text{S}}$ 的晶体结构进行精修, 分析了 $\text{C}_{4-x}\text{B}_x\text{A}_3\bar{\text{S}}$ 中的实际钡含量和 Ba^{2+} 利用率. 结果表明, 随着钡掺量的增加, $\text{C}_{4-x}\text{B}_x\text{A}_3\bar{\text{S}}$ 的含量先增加后减少, 在钡掺量为 0.6 mol 时达到最大, $\text{C}_{4-x}\text{B}_x\text{A}_3\bar{\text{S}}$ 的含量为 93.2%. $\text{C}_{4-x}\text{B}_x\text{A}_3\bar{\text{S}}$ 矿物中的实际钡含量和 Ba^{2+} 利用率均随钡掺量的增加呈现出先增加后减少的趋势, 钡掺量在 0.4 mol 时合成了 $\text{C}_{3.61}\text{B}_{0.39}\text{A}_3\bar{\text{S}}$, Ba^{2+} 利用率达到 97.5%. 并且随着钡掺量的增加 $\text{C}_{4-x}\text{B}_x\text{A}_3\bar{\text{S}}$ 的晶面间距逐渐增大. $\text{C}_{4-x}\text{B}_x\text{A}_3\bar{\text{S}}$ 水化后的抗压强度随着钡掺量的增加逐渐增大, 但当钡掺量超过 1.4 mol 时, 由于膨胀导致强度下降, 最终试块胀裂.

关键词: 硫铝酸钡钙矿物; 钡掺量; Ba^{2+} 利用率; 晶面间距; 水化

中图分类号: TU528

文献标识码: A

doi: 10.7511/dllgxb201702005

0 引 言

硫铝酸钙($\text{C}_4\text{A}_3\bar{\text{S}}$)矿物是硫铝酸盐水泥的重要组成矿物, 对硫铝酸盐水泥的性能起着决定性作用^[1-2]. 通过 Ba^{2+} 部分取代 Ca^{2+} 进入晶格, 可以得到系列硫铝酸钡钙($\text{C}_{4-x}\text{B}_x\text{A}_3\bar{\text{S}}$)矿物, 这种取代属于类质同晶现象, 活化了晶格, 从而使以该矿物为主体的水泥的水化活性增强, 进而改善水泥性能^[3]. 在中国进行的硫铝酸钡钙水泥工业化生产中, 钡的主要来源为钡化工的废弃物, 在改善该水泥性能的同时, 消耗了工业废渣, 对环境保护做出了一定贡献^[4]. $\text{C}_{4-x}\text{B}_x\text{A}_3\bar{\text{S}}$ 矿物中 Ba^{2+} 含量 x 为变量, Cheng 等研究了不同钡掺量的 $\text{C}_{4-x}\text{B}_x\text{A}_3\bar{\text{S}}$ 矿物, 发现 $\text{C}_{4-x}\text{B}_x\text{A}_3\bar{\text{S}}$ 的晶面间距随着钡掺量的增加而增加, 钡掺量为 1.25 mol 时矿物的抗压强度最高^[5-6]. 然而前期的研究并没有分析钡掺量对于熟料中矿物组成的影响, 尤其烧成的 $\text{C}_{4-x}\text{B}_x\text{A}_3\bar{\text{S}}$ 矿物中的实际钡含量并不清楚.

$\text{C}_{4-x}\text{B}_x\text{A}_3\bar{\text{S}}$ 和 $\text{C}_4\text{A}_3\bar{\text{S}}$ 矿物具有相似的烧成制度和晶体结构^[7], 因此对于 $\text{C}_{4-x}\text{B}_x\text{A}_3\bar{\text{S}}$ 矿物的研究可以参考 $\text{C}_4\text{A}_3\bar{\text{S}}$. 用 Rietveld 全谱拟合方法可以更加便捷地研究晶胞参数变化、离子占位信息、晶体结构变化及固溶反应过程晶体相变化等^[8-11]. 研究结果表明, $\text{C}_4\text{A}_3\bar{\text{S}}$ 的晶体结构有立方晶系、四方晶系和正交晶系. Hargis 等利用 Rietveld 全谱拟合方法分别对 3 种晶系进行精修, 发现正交晶系的拟合结果最为完美. Perez-Bravo 等通过密度泛函理论计算及低能结构稳定理论, 利用 Rietveld 全谱拟合, 得出 $\text{C}_4\text{A}_3\bar{\text{S}}$ 矿物为正交晶系, 并指出在 $470\text{ }^\circ\text{C}$ 时会从正交晶系转变为立方晶系^[12-13]. Álvarez-Pinazo 等使用 Rietveld 拟合方法进行硫铝酸盐水泥定量分析中, 同时使用立方晶系和正交晶系两种结构, 获得比较好的拟合水平^[13].

为了研究钡掺量对 $\text{C}_{4-x}\text{B}_x\text{A}_3\bar{\text{S}}$ 矿物特性及

水化性能的影响,本文选取 19 个不同钡掺量生料在 1 400 ℃ 条件下保温 3 h,采用 XRD Rietveld 全谱拟合方法对熟料的矿物组成^[14]、Ba²⁺ 利用率进行定量分析,分析钡掺量对 C_{4-x}B_xA₃ $\overline{\text{S}}$ 水化性能的影响。

1 实 验

1.1 矿物烧成

以分析纯化学试剂碳酸钙(CaCO₃)、碳酸钡(BaCO₃)、中性氧化铝(Al₂O₃)、无水硫酸钙(CaSO₄)为原料合成 C_{4-x}B_xA₃ $\overline{\text{S}}$ 。将不同钡掺量的生料准确称量后放入 ND7 型行星式球磨机中湿磨以混合均匀,烘干后压制成 $\phi 5\text{ cm}\times 1.5\text{ cm}$ 圆柱体,置于 DK200 型高温电炉内升温至 1 400 ℃ 并保温 3 h,急冷后通过球磨机粉磨至其颗粒可以全部通过 80 μm 方孔筛,保存在密闭容器瓶中以备用。不同钡掺量时不同生料的物质的量比如下:

$$n(\text{CaCO}_3):n(\text{BaCO}_3):n(\text{Al}_2\text{O}_3):n(\text{CaSO}_4)=(3-x_{\min}):x_{\min}:3:1; x_{\text{mix}}\leqslant 3\text{ mol}\quad (1)$$

$$n(\text{BaCO}_3):n(\text{Al}_2\text{O}_3):n(\text{CaSO}_4):n(\text{BaSO}_4)=3:3:(4-x_{\min}):(x_{\min}-3); x_{\text{mix}}>3\text{ mol}\quad (2)$$

1.2 矿物组成分析

使用德国布鲁克公司 D8 advance 达芬奇 X 射线衍射仪进行测试,铜靶,波长为 0.150 6 nm,发散狭缝 0.6 mm,探测器为 Lynxeye 线性探测器,开口为 2.94°。光管工作状态为 40 kV,40 mA,测试角度为 5°~80°,扫描步长为 0.02°,测量时间为 1 s。采用 Rietveld 全谱拟合方法进行无标样定量分析及 Ba²⁺ 占位信息分析,分析中所用 ICSD 号如表 1 所示。拟合过程中光源参数及设备参数跟衍射仪对应,修正内容包括零点误差、背底等。在 Rietveld 全谱拟合过程中,用 R_{wp} (仪器花样因子)评价拟合结果(式(3)), R_{wp} 越小,拟合结果越准确,一般认为 $R_{\text{wp}}<15$,结果即为可靠^[8]。

$$R_{\text{wp}}=\sum\left[\omega_i(y_{i,\text{obs}}-y_{i,\text{cal}})^2/\sum\omega_i y_{i,\text{obs}}^2\right]^{\frac{1}{2}}\quad (3)$$

式中: $y_{i,\text{obs}}$ 为衍射图谱上 $2\theta_i$ 点处的实测强度; $y_{i,\text{cal}}$ 为衍射图谱上 $2\theta_i$ 点处的计算强度; ω_i 是加

权因子。

表 1 Rietveld 全谱拟合过程中所用矿物的 ICSD 号

Tab.1 ICSD codes of mineral used in the Rietveld whole pattern fitting

矿物	ICSD 号	矿物	ICSD 号
C ₄ A ₃ $\overline{\text{S}}$ -立方晶系	9560	C ₄ A ₃ $\overline{\text{S}}$ -正交晶系	80361
BaAl ₂ O ₄	246028	BaSO ₄	186427
Ca ₃ Al ₂ O ₆	1841		

1.3 水化过程

不同钡掺量的 C_{4-x}B_xA₃ $\overline{\text{S}}$ 在 0.5 水灰比条件下成型制成 20 mm×20 mm×20 mm 试块,振捣 30 次,在 20 ℃, $H_r>90\%$ 的环境中养护 1 d 后脱模,然后在标准养护条件下养护 3、7 d,对相应龄期的试块进行抗压强度测试。

2 结果与讨论

为了区分钡掺量与 C_{4-x}B_xA₃ $\overline{\text{S}}$ 中的实际钡含量,做出如下定义: C_{4-x}B_xA₃ $\overline{\text{S}}$ 中的 x 为 C_{4-x}B_xA₃ $\overline{\text{S}}$ 矿物中的实际钡含量; x_{mix} 为生料中的钡掺量。

2.1 钡掺量对矿物组成的影响

用 XRD 测试制备的 19 个样品,使用德国布鲁克公司的 EVA 软件进行定性分析,发现随着钡掺量的增加,样品中的矿相组成也发生明显的变化。 x_{mix} 为 0.2、1.4、2.6 和 3.8 mol 时的 XRD 谱图如图 1 所示,在理论掺量 x_{mix} 为 0.2 mol 至 1.4 mol 之间,XRD 谱线其他相峰不明显,说明生成的主要矿物为 C_{4-x}B_xA₃ $\overline{\text{S}}$ 矿物。当 $x_{\text{mix}}=1.4$ mol 时,在 27°左右的 BaAl₂O₄ 的峰位开始变得明显,当 $x_{\text{mix}}=2.6$ mol 时 BaAl₂O₄ 的主峰已经很明显。当 $x_{\text{mix}}=3.8$ mol 时,生料组成里面的 Ca²⁺ 只有 0.2 mol,这时没有生成大量的 C_{4-x}B_xA₃ $\overline{\text{S}}$ 矿物,该矿物的特征峰变弱,说明在 1 400 ℃ 保温 3 h 的烧成条件下,Ba²⁺ 不可能大量取代 Ca²⁺ 生成 C_{4-x}B_xA₃ $\overline{\text{S}}$ 矿物。随着钡掺量的增加,C_{4-x}B_xA₃ $\overline{\text{S}}$ 的衍射峰减弱,而 BaSO₄ 和 BaAl₂O₄ 的衍射峰增强,表明随着钡掺量的增加,C_{4-x}B_xA₃ $\overline{\text{S}}$ 的含量减少而 BaSO₄ 和 BaAl₂O₄ 的

含量增加, $C_{4-x}B_xA_3\bar{S}$ 为 $C_4A_3\bar{S}$ 的衍生物, 其 X 射线衍射峰与 $C_4A_3\bar{S}$ 的衍射峰稍有偏移^[15-16]. 在进行定性分析和定量分析时 $C_{4-x}B_xA_3\bar{S}$ 所用衍射数据为 $C_4A_3\bar{S}$ 的, 并进行精修, 各种矿物的 ICSD 号如表 1 所示. $x_{\text{mix}}=0.2$ 和 3.8 mol 时的拟合图谱如图 2 所示, 在全谱拟合过程中, R_{wp} 的值均小于 15, 表明拟合误差较小, 拟合效果可信.

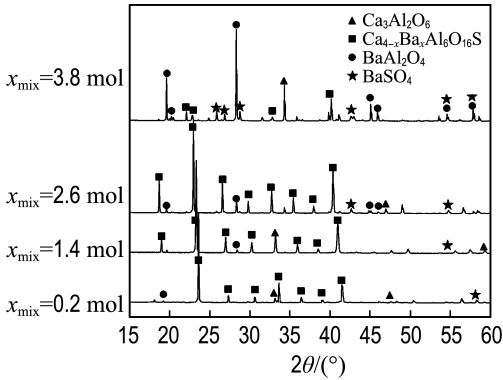
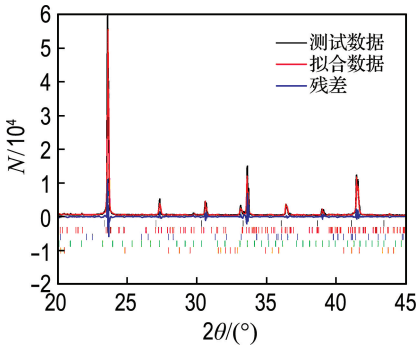
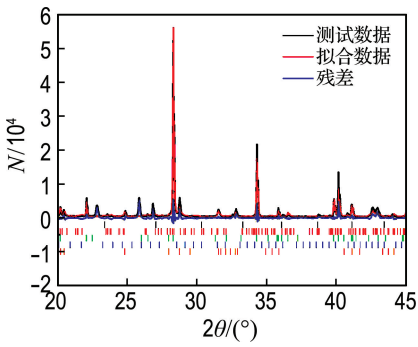


图 1 熟料 XRD 谱图

Fig. 1 XRD patterns of clinkers



(a) $x_{\text{mix}}=0.2$ mol



(b) $x_{\text{mix}}=3.8$ mol

图 2 熟料的 Rietveld 全谱拟合结果

Fig. 2 Rietveld whole pattern fitting results for clinkers

图 3 为 Rietveld 全谱拟合所得不同钡掺量时

的矿物组成. 熟料中的主要矿物为 $C_{4-x}B_xA_3\bar{S}$ (包含正交晶系和立方晶系)、 $BaAl_2O_4$ 、 $BaSO_4$ 和 $Ca_3Al_2O_6$. 在钡掺量从 0.2 mol 到 3.8 mol 不断增加的过程中, $C_{4-x}B_xA_3\bar{S}$ 的含量呈现先增加后减少的趋势, 钡掺量为 0.6 mol 时 $C_{4-x}B_xA_3\bar{S}$ 含量最大, 达到 93.2%. 钡掺量在 0.2 mol 与 1.2 mol 之间时, 烧成效果较好, $C_{4-x}B_xA_3\bar{S}$ 的总量能够达到 85% 以上.

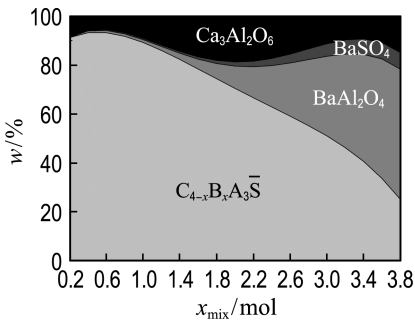


图 3 不同钡掺量的熟料组成

Fig. 3 Compositions of clinkers with different barium mixing amounts

2.2 Ba²⁺ 利用率

利用 XRD Rietveld 全谱拟合和理论计算的方法对 Ba²⁺ 利用率进行计算. Ba²⁺ 的占位比由下式计算:

$$P=P_cw_c+P_ow_o\tag{4}$$

式中: P 为 Ba²⁺ 的占位比; P_c 和 w_c 为立方晶系 $C_{4-x}B_xA_3\bar{S}$ 中 Ba²⁺ 的占位比和质量分数; P_o 和 w_o 为正交晶系 $C_{4-x}B_xA_3\bar{S}$ 中 Ba²⁺ 的占位比和质量分数.

$C_4A_3\bar{S}$ 矿物中的钙含量为 4 mol, $C_{4-x}B_xA_3\bar{S}$ 中的实际钡含量可用 $x=4P$ 表达.

Ba²⁺ 利用率按下式计算:

$$U=\frac{x}{x_{\text{mix}}}\times100\%\tag{5}$$

图 4 为不同钡掺量时, $C_{4-x}B_xA_3\bar{S}$ 矿物中的实际钡含量和 Ba²⁺ 利用率. 当钡掺量在 0.2 mol 和 2.0 mol 之间变化时, 实际钡含量迅速增加到 1.57 mol. 之后实际钡含量在 1.45 mol 上下波动, 最高达到 1.60 mol (钡掺量为 3.0 mol 时). $C_{4-x}B_xA_3\bar{S}$ 的矿物含量和 Ba²⁺ 利用率呈现出相

似的规律. 钡掺量小于 1.4 mol 时, $C_{4-x}B_xA_3\overline{S}$ 的含量超过 85%, Ba^{2+} 利用率最大达到 98.5%. 在 0.2~1.4 mol 范围内 $C_{4-x}B_xA_3\overline{S}$ 的矿物含量和 Ba^{2+} 利用率均维持在较高水平.

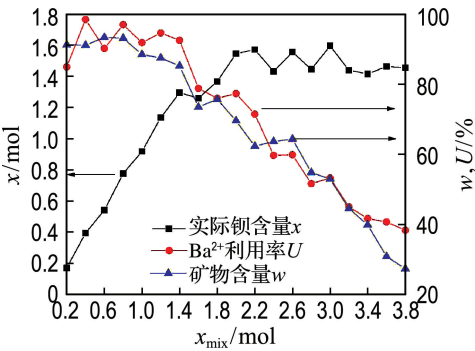


图 4 实际钡含量和 Ba^{2+} 利用率

Fig. 4 Actual barium amount and Ba^{2+} utilization percentage

2.3 $C_{4-x}B_xA_3\overline{S}$ 的晶面间距

$C_{4-x}B_xA_3\overline{S}$ 矿物中 3 个强峰所对应的晶面分别为 (2,1,1)、(2,2,2) 和 (3,3,0), 3 个晶面的晶面间距如图 5 所示. 可以看出随着钡掺量的增加, 晶面间距均增加, 这是由于 Ba^{2+} 的半径比 Ca^{2+} 要大, 随着 Ca^{2+} 逐渐被 Ba^{2+} 取代, 晶面间距增加. 钡掺量小于 2.0 mol 时, 晶面间距增加的速度较快, 之后增长缓慢.

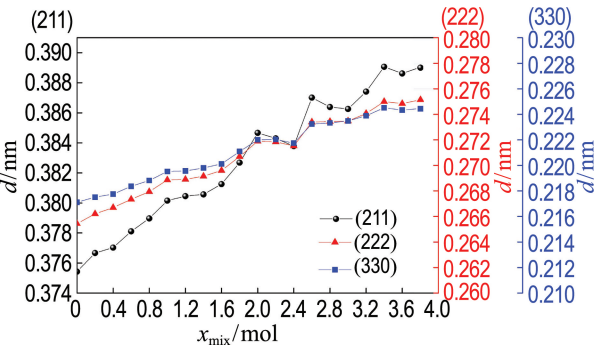


图 5 $C_{4-x}B_xA_3\overline{S}$ 的晶面间距

Fig. 5 Interplanar crystal spacing of $C_{4-x}B_xA_3\overline{S}$

2.4 抗压强度

不同钡掺量熟料的抗压强度如图 6 所示. 随着钡掺量的增加, 抗压强度不断提高, 钡掺量达到 1.4 mol 时抗压强度达到最高值, 3、7 d 的抗压强

度分别为 50.9、54.8 MPa. 之后随着钡掺量的增加, 抗压强度逐渐降低, 当钡掺量达到 2.6 mol 时, 试块开始出现裂缝. 开裂试块的形貌如图 7 所示.

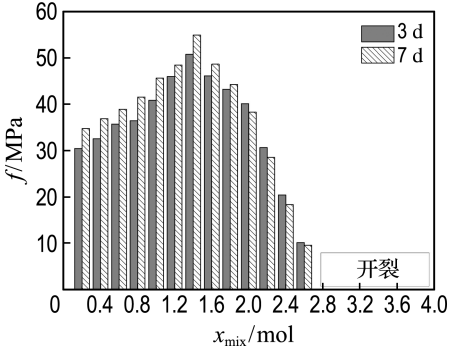


图 6 不同钡掺量熟料的抗压强度

Fig. 6 Compressive strength of clinker with different barium mixing amounts

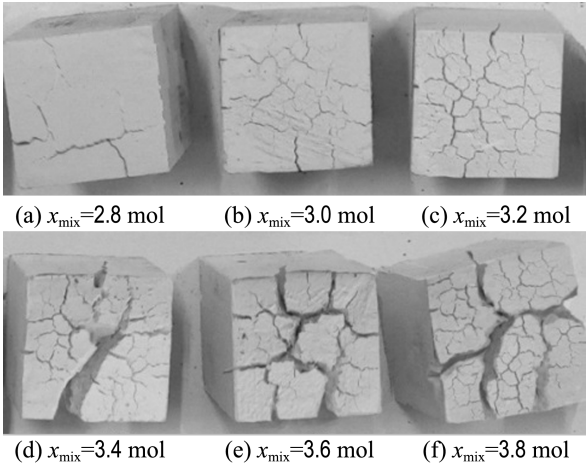


图 7 开裂试块

Fig. 7 Cracked samples

3 结 语

在 1 400 °C 条件下保温 3 h, 烧成了不同钡掺量的 $C_{4-x}B_xA_3\overline{S}$ 矿物. 在 0.5 水灰比条件下进行水化.

随着钡掺量的增加, $C_{4-x}B_xA_3\overline{S}$ 的含量先增加后减少, 当钡掺量为 0.6 mol 时, $C_{4-x}B_xA_3\overline{S}$ 含量最大, 达到 93.2%. $BaAl_2O_4$ 和 $BaSO_4$ 含量均随着钡掺量的增加而缓慢增加.

随着钡掺量的增加 (0.2 ~ 2.0 mol),

$C_{4-x}B_xA_3\bar{S}$ 中的实际钡含量增加, 钡掺量超过 2.0 mol 时 x 在 1.45 mol 上下波动, 当钡掺量为 3.0 mol 时实际钡含量最大达到 1.6 mol. $C_{4-x}B_xA_3\bar{S}$ 的总量和 Ba^{2+} 利用率呈现出相似的变化规律, 在钡掺量为 1.4 mol 之前, 均保持在较高水平.

Ba^{2+} 取代 Ca^{2+} 的过程导致 $C_{4-x}B_xA_3\bar{S}$ 晶面间距的增加, 钡掺量小于 1.8 mol 时, 晶面间距有规律地增加, 超过 1.8 mol 时中间相 $BaAl_2O_4$ 和 $BaSO_4$ 影响了 $C_{4-x}B_xA_3\bar{S}$ 晶面间距变化的规律.

随着钡掺量增加抗压强度先增大后减小, 达到 1.4 mol 时抗压强度达到最高值, 3、7 d 的抗压强度分别为 50.9、54.8 MPa. 之后随着钡掺量的增加, 膨胀增大, 当钡掺量达到 2.6 mol 时试块开始出现裂缝.

参考文献:

- [1] JUENGER M C G, WINNEFELD F, PROVIS J L, *et al.* Advances in alternative cementitious binders [J]. **Cement and Concrete Research**, 2011, **41**(12):1232-1243.
- [2] GARTNER E. Industrially interesting approaches to "low- CO_2 " cements [J]. **Cement and Concrete Research**, 2004, **34**(9):1489-1498.
- [3] WANG Shoude, HUANG Yongbo, GONG Chenchen, *et al.* Formation mechanism of barium calcium sulfoaluminate mineral [J]. **Advances in Cement Research**, 2014, **26**(3):169-176.
- [4] ARJUNAN P, SILSBEE M R, ROY D M. Sulfoaluminate-belite cement from low-calcium fly ash and sulfur-rich and other industrial by-products [J]. **Cement and Concrete Research**, 1999, **29**(8):1305-1311.
- [5] CHENG Xin, CHANG Jun, LU Lingchao, *et al.* Study on the hydration of Ba-bearing calcium sulphoaluminate in the presence of gypsum [J]. **Cement and Concrete Research**, 2004, **34**(11):2009-2013.
- [6] CHANG Jun, CHENG Xin, LIU Futian, *et al.* Influence of fluorite on the Ba-bearing sulphoaluminate cement [J]. **Cement and Concrete Research**, 2001, **31**(2):213-216.
- [7] LI Xuerun, ZHANG Yu, SHEN Xiaodong, *et al.* Kinetics of calcium sulfoaluminate formation from tricalcium aluminate, calcium sulfate and calcium oxide [J]. **Cement and Concrete Research**, 2014, **55**:79-87.
- [8] JANSEN E, SCHAFER W, WILL G. R values in analysis of powder diffraction data using Rietveld refinement [J]. **Journal of Applied Crystallography**, 1994, **27**(4):492-496.
- [9] SCRIVENER K L, FULLMANN T, GALLUCCI E, *et al.* Quantitative study of Portland cement hydration by X-ray diffraction/Rietveld analysis and independent methods [J]. **Cement and Concrete Research**, 2004, **34**(9):1541-1547.
- [10] 李 华, 孙 伟, 刘加平. XRD-Rietveld 法用于水泥基材料物相的定量分析[J]. 混凝土, 2013(1):1-5. LI Hua, SUN Wei, LIU Jiaping. Quantitative analysis of phases for cement-based materials by XRD-Rietveld method [J]. **Concrete**, 2013(1):1-5. (in Chinese)
- [11] 姚 武, 魏永起, 王 伟. 基于 QXRD/Rietveld 法的水泥熟料中晶相与无定形相定量分析[J]. 建筑材料学报, 2012, **15**(5):581-587. YAO Wu, WEI Yongqi, WANG Wei. Quantitative analysis of crystal and amorphous phases in clinker by QXRD/Rietveld method [J]. **Journal of Building Materials**, 2012, **15**(5):581-587. (in Chinese)
- [12] PEREZ-BRAVO R, LOSILLA E R, ALVAREZ-PINAZO G, *et al.* Alite sulfoaluminate clinker: Rietveld mineralogical and SEM-EDX analysis [J]. **Advances in Cement Research**, 2014, **26**(1):10-20.
- [13] ÁLVAREZ-PINAZO G, CUESTA A, GARCÍA-MATÉ M, *et al.* Rietveld quantitative phase analysis of Yeelimite-containing cements [J]. **Cement and Concrete Research**, 2012, **42**(7):960-971.
- [14] CHANG Jun, SHANG Xiaopeng, ZHAO Jiuye. Study on sintering system of calcium barium sulphoaluminate by XRD quantitative analysis [J]. **Applied Sciences**, 2015, **5**(4):989-997.
- [15] 常 钧, 芦令超, 刘福田, 等. 含钡硫铝酸钙水泥矿

物的研究[J]. 硅酸盐学报, 1999, 27(6):644-650.

CHANG Jun, LU Lingchao, LIU Futian, *et al.*
Study on Ba-bearing calcium sulphoaluminate
cement mineral [J]. **Journal of the Chinese Ceramic
Society**, 1999, 27(6):644-650. (in Chinese)

[16] 滕冰,程新,黄佶,等. 含钡硫铝酸钙晶体的
合成及其结构和形态[J]. 人工晶体学报, 1999,
28(2):193-198.

TENG Bing, CHENG Xin, HUANG Ji, *et al.*
Synthesis, structure and morphology of barium-
bearing calcium aluminosulphate crystals [J].
Journal of Synthetic Crystals, 1999, 28(2):193-198.
(in Chinese)

Mineral structure and hydration of calcium barium sulphoaluminate
with different barium mixing amounts

SHANG Xiaopeng, CHANG Jun*, FANG Yanfeng, ZHANG Yangyang

(School of Civil Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: $C_{4-x}B_xA_3\overline{S}$ mineral with excellent gelling property can be prepared by replacing the Ca^{2+} in $C_4A_3\overline{S}$ mineral with Ba^{2+} . Raw materials with 19 different barium mixing amounts are sintered in condition of 1 400°C for 3 h to get different $C_{4-x}B_xA_3\overline{S}$ minerals and the effect of barium mixing amounts on hydration performances of $C_{4-x}B_xA_3\overline{S}$ minerals is investigated. Quantitative calculation of mineral species and content of clinkers and $C_{4-x}B_xA_3\overline{S}$ minerals crystal structure refinement are performed by XRD Rietveld whole pattern fitting. Actual barium amounts in $C_{4-x}B_xA_3\overline{S}$ minerals and Ba^{2+} utilization percentage are analyzed. Experimental results show that $C_{4-x}B_xA_3\overline{S}$ content firstly increases and then decreases with increasing barium mixing amount, and when barium mixing amount is 0.6 mol, $C_{4-x}B_xA_3\overline{S}$ mineral content arrives maximum (93.2%). Actual barium amount and Ba^{2+} utilization percentage firstly increase and then decrease with increasing barium mixing amount, and when barium mixing amount is 0.4 mol, $C_{3.61}B_{0.39}A_3\overline{S}$ is prepared and the Ba^{2+} utilization percentage is 97.5%. With the increasing of barium mixing amount, the interplanar crystal spacing of $C_{4-x}B_xA_3\overline{S}$ minerals increases gradually. The compressive strength of $C_{4-x}B_xA_3\overline{S}$ after hydration increases with increasing barium mixing amounts, however, it decreases when barium mixing amount is more than 1.4 mol due to the expansion, and finally cracks are observed.

Key words: calcium barium sulphoaluminate mineral; barium mixing amount; Ba^{2+} utilization percentage; interplanar crystal spacing; hydration