



# 高钛型高炉渣透水砖的制备及性能表征

霍红英

(攀枝花学院钒钛学院, 四川省钒钛材料工程技术研究中心, 四川 攀枝花 617000)

**摘要:** 这是一篇陶瓷及复合材料领域的论文。为实现高钛型高炉渣固废的再次资源化利用, 解决大掺量高钛型高炉渣制备透水砖问题, 本文以高炉渣为骨料, 高岭土、钾长石为粘结剂和助融剂, 经坯体成型、烧制制备了透水砖。采用 TG-DSC 综合热分析法、SEM 形貌分析法研究了物料的热性能及高温下的形貌变化; 讨论了高炉渣及辅料的配比、高炉渣骨料的粒度、成型压力、烧制温度、保温时间对透水砖性能的影响, 确定了透水砖适宜的制备工艺参数。结果表明: 选取高炉渣 0.18~0.25 mm, 高炉渣:高岭土:钾长石(质量分数)配比为 75:10:15, 成型压力为 10 MPa, 烧制温度为 1 095 ℃, 保温时间为 3 h, 此时透水砖的透水系数为 0.064 cm/s, 抗折强度为 12 MPa, 具备高透水性和高强度的特性, 满足《透水路面砖和透水路面板》(GB/T 25933-2010)的要求。

**关键词:** 陶瓷及复合材料; 高钛型高炉渣; 烧制透水砖; 抗折强度; 透水系数

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2023.06.016

中图分类号: TD989;TQ426 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532(2023)06-0108-06

攀钢高炉渣是钒钛磁铁矿高炉冶炼生铁的副产物, 每年约以 300 万 t 的量产生, 渣场累计堆放已超过 6000 万 t<sup>[1]</sup>。攀钢高钛型高炉渣是一种 CaO-SiO<sub>2</sub>-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub> 五元炉渣, 渣中的 TiO<sub>2</sub> 含量在 21%~23% 左右<sup>[2]</sup>, 具有二次资源与环境污染的双重特性。高钛型高炉渣中含有大量的 CaO、SiO<sub>2</sub>, 是制备烧制砖、多孔陶瓷等产品的理想原料。随着我国城镇化水平的不断提高, 国务院办公厅 2015 年印发《关于推进海绵城市建设的指导意见》, 明确提出要铺设会“呼吸”的路面, 推广海绵型道路与广场, 推进公园绿地建设和自然生态修复<sup>[3]</sup>。因此建设“海绵城市”, 研发具有良好的透水性、透气性及保湿性的透水路面砖势在必行<sup>[4]</sup>。以高炉渣制备透水砖, 不仅可以实现高炉渣的资源化利用, 还可以解决高炉渣大量堆积引发的环境污染问题, 为高炉渣高效环保利用提供新的方向。

烧制透水砖通常以粉煤灰<sup>[5]</sup>、废弃陶瓷<sup>[6]</sup>、尾

矿<sup>[7]</sup>、高炉矿渣<sup>[8]</sup>等为骨料, 以黏土、页岩等为粘结剂, 辅以造孔剂或发泡剂, 经坯体成型, 高温烧制而成。国外没有高钛型高炉渣, 因此也无相应的应用研究。国内采用高炉矿渣类为骨料制备透水砖研究中, 存在高炉矿渣骨料用量偏低, 对粘结剂、助溶剂研究不够等问题。攀钢高钛型高炉渣是水淬后形成的疏松粒化固态渣, 且含有碱金属氧化物, 有一定助融效果<sup>[2]</sup>。本文以高钛型高炉渣为骨料, 高岭土、钾长石为粘结剂和助融剂, 经坯体成型、烧制制备了透水砖, 考查了原料配比, 高炉渣粒度, 烧制温度, 成型压力和保温时间对透水砖的性能影响, 大幅提高了高钛型高炉渣作为骨料的用量, 为进一步研究高炉渣资源化利用提供理论和技术支撑。

## 1 实验部分

### 1.1 实验原料与设备

(1) 高钛型高炉渣, 取自攀钢巴关河渣场,

收稿日期: 2022-09-06

基金项目: 四川省钒钛材料工程技术研究中心开放基金项目(2020-2FTGC-YB-02); 四川省高等学校重点实验室开放基金项目(SC-FQWLY-2022-Y-04); 攀枝花学院教研教改项目(JJ2274-2022)

作者简介: 霍红英(1984-), 女, 硕士, 副教授, 主要从事钒钛新材料制备、材料分析及教学工作。

破碎至适宜粒度，主要物相是钙钛矿，攀钛透辉石；主要成分有CaO、SiO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>。

(2) 钾长石，购自河南铂润铸造材料有限公司，主要物相是石英(SiO<sub>2</sub>)，微斜长石(KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>)；主要成分有SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、K<sub>2</sub>O。

(3) 高岭土，购自河南铂润铸造材料有限公司，主要物相是石英(SiO<sub>2</sub>)，莫来石(KAl<sub>6</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>13</sub>)；主要成分有SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>，化学成分见表1。

表1 原料成分及含量/%  
Table 1 Composition and content of blast furnace slag

名称	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	F	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
高炉渣	23.16	2.64	24.01	7.47	13.49	27.19	0.82	0.12	/	/
钾长石	0.08	0.11	74.00	0.10	10.88	0.24	/	/	11.8	0.39
高岭土	1.00	0.80	55.70	/	42.50	/	/	/	/	/

(4) 甲基纤维素，分析纯。

实验使用的主要设备有：电子天平(JA2003N)、手板式制样机、磁力搅拌机(RHBASIC2S25)、电热恒温鼓风干燥箱(101)、微机控制电子万能试验机(WDW-10E)、箱式电阻炉(SX2-5-12A)、扫描电子显微镜(ZEISS EVO 18)、综合热分析仪(STA449C)等。

### 1.2 高炉渣透水砖的制备

将高炉渣进行破碎、筛分至0.15~0.85 mm，按配方比例高炉渣50%~90%，高岭土10%~25%，钾长石0~25%配料，加入少量3%甲基纤维素溶液，进行混料；混匀后封装陈化24 h，使其水分分布均匀，防止胚料成型开裂及粘模；称取适量混合料置于Φ35 mm×10 mm×15 mm、55 mm×20 mm×15 mm两种模具中，在5~20 MPa压力下压制成型，保压时间1 min；成型后的生胚放入干燥箱，105 °C无风干燥2 h；生胚置于坩埚中(坩埚底部少量氧化铝)，放入马弗炉中进行烧结。烧结条件是：烧结温度为1 000~1 200 °C，升温速率为5 °C/min，600 °C保温1 h，烧结温度保温1~4 h。烧结后，冷却至400 °C以下取出，自然冷却至室温，得到高炉渣透水砖试样。

### 1.3 性能表征

按照《透水路面砖和透水路面板》(GB/T 25993-2010)附录A抗折强度实验方法和附录C透水系数测试方法测定透水砖的抗折强度和透水系数。

## 2 结果与讨论

### 2.1 TG-DSC综合热分析

温度设置为25~1 300 °C，高炉渣原样和高炉渣:高岭土:钾长石(质量分数)为75:10:15的高

炉渣混合骨料进行TG-DSC综合热分析，结果见图1、2。由图1可知，TG曲线在50~100 °C之间有一次失重，失重量约2%，主要是水分的失去。在DSC曲线中，有三次吸放热过程，第一次吸热峰是在150~200 °C之间，该部分为水的蒸发。第二次放热峰在200~600 °C之间，原样中少量杂质分解。第三次吸热峰在1100~1250 °C之间，该部分高炉渣开始融化出现了液相，此时TG曲线是直线为恒重过程，可推断物料由固态转变为熔融态，可知高炉渣的熔点范围在1 150~1 250 °C之间。由图2可知，TG曲线有一次明显失重，下降幅度略大于图1，失重量约5%，也是混合料中水分的失去。DSC曲线中，有三次吸放热过程，第一次放热在150~200 °C之间，该部分为水的蒸发；第二次放热峰在400~450 °C之间，该部分可能为物料晶格水的排出及甲基纤维素的分解；第三次吸热峰在1 150~1 300 °C之间有明显的吸热峰，结合DSC曲线和TG曲线分析可知为吸热恒重过程，所以该温度区间为混合骨料的熔点范围。

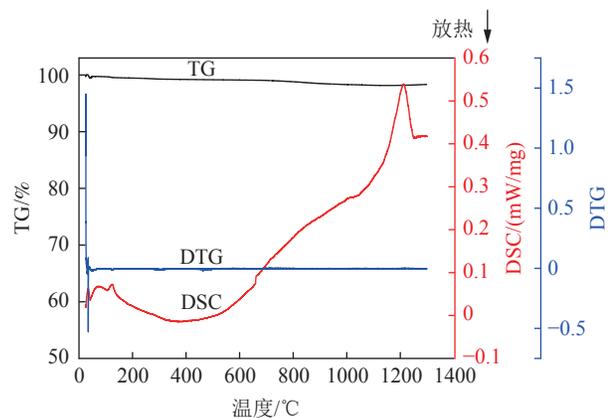


图1 高炉渣综合热分析

Fig.1 Comprehensive thermal analysis of blast furnace slag

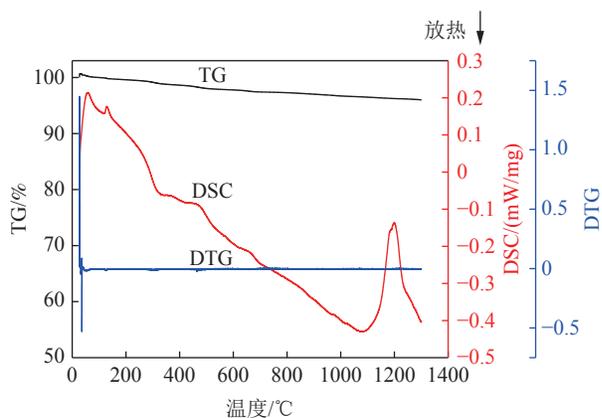


图2 高炉渣混合骨料综合热分析

Fig.2 Comprehensive thermal analysis of blast furnace slag aggregate

### 2.2 透水砖的 SEM 形貌分析

图 3a、3b、3c、3d 分别为在成型压力 10 MPa,

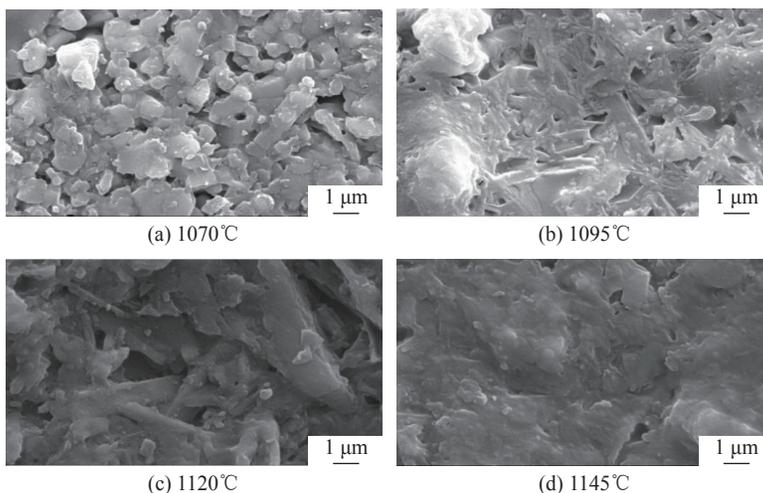


图3 不同温度下高炉渣透水砖表面 SEM 形貌

Fig.3 SEM morphology of the surface of pervious brick of blast furnace slag at different temperatures

### 2.3 原料对比对透水砖性能的影响

图 4a、4b、4c、4d、4e、4f 分别为高炉渣:高岭土:钾长石(质量分数)配方比例为 75%:10%:15%, 70%:15%:15%, 90%:10%:0%, 80%:15%:5%, 60%:20%:20%, 50%:25%:25%; 在高炉渣粒度 0.43~0.85 mm, 烧结温度为 1 095 °C, 成型压力 10 MPa, 保温时间 3 h 条件下, 按方法 1.2 制备透水砖试样。图 4c、4d 样品高炉渣比例较高, 钾长石含量较低, 其表面孔隙较大, 因此透水系数较高, 但烧结样品有少许颗粒掉落, 外观不平整, 结构较疏松, 抗折强度较低。图 4e 和图 4f 中高炉渣比例较低, 钾长石和高岭土总量较高, 可明显发现样品的表面孔隙减少, 致密性好, 样品透水系数明显降低, 抗折强度较高。图 4a 样品,

高炉渣粒度 0.18~0.25 mm, 保温时间 3 h, 煅烧温度为 1 070、1 095、1 120、1 145 °C 的条件下制备的高炉渣透水砖 SEM 5000 倍形貌。由图 3a 可知, 温度为 1 070 °C 时, 矿渣颗粒之间烧结程度较低, 颗粒比较明显, 孔隙明显且大小不均匀; 由图 3b、3c 可知, 随着温度的升高, 细小颗粒逐渐和大颗粒融合形成更大的颗粒, 其孔隙数量降低, 颗粒之间的粘结也更加紧密。由图 3d 可知, 烧结温度高至 1 145 °C 时, 样品颗粒熔融后紧密结合, 表面孔隙很少, 几乎无法观测出颗粒。因此, 由 SEM 形貌可知, 随着温度的升高, 透水砖试样的抗折强度逐渐提升, 是因为颗粒之间的粘结逐渐充分, 结构更加致密; 而透水系数的逐渐降低, 是因为随着温度的升高烧结程度增加, 孔隙变小变少, 因此透水性能会降低。

其透水系数符合国标要求, 同时具有较高的抗折强度, 且外观平整, 不掉渣。综合各项性能与外观, 选择较优配方比例高炉渣:高岭土:钾长石(质量分数)为 75:10:15。由表 4 可知, 当高岭土与高炉渣的含量一定时, 钾长石的含量越多, 其透水系数越小, 抗折强度越大, 这是因为钾长石主要起到高温热塑性和高温胶结作用, 防止高温变形, 而这种高温熔体可以填充坯体孔隙, 增大致密度, 提高产品的机械强度<sup>[9]</sup>。骨料中当钾长石与高炉渣含量一定时, 高岭土的含量越多, 其透水系数越小, 抗折强度越大, 这是因为随着温度的升高, 高岭土逐渐烧结, 气孔率减少, 结构致密, 机械强度增高; 同时由于钾长石的加入, 高温下高岭土中氧化铝和二氧化硅结合能力变

弱，并且与氧化钾、氧化钠、氧化钙、氧化镁以及其他杂质化合物形成低共熔混合物，可以降低

熔融温度<sup>[10]</sup>。

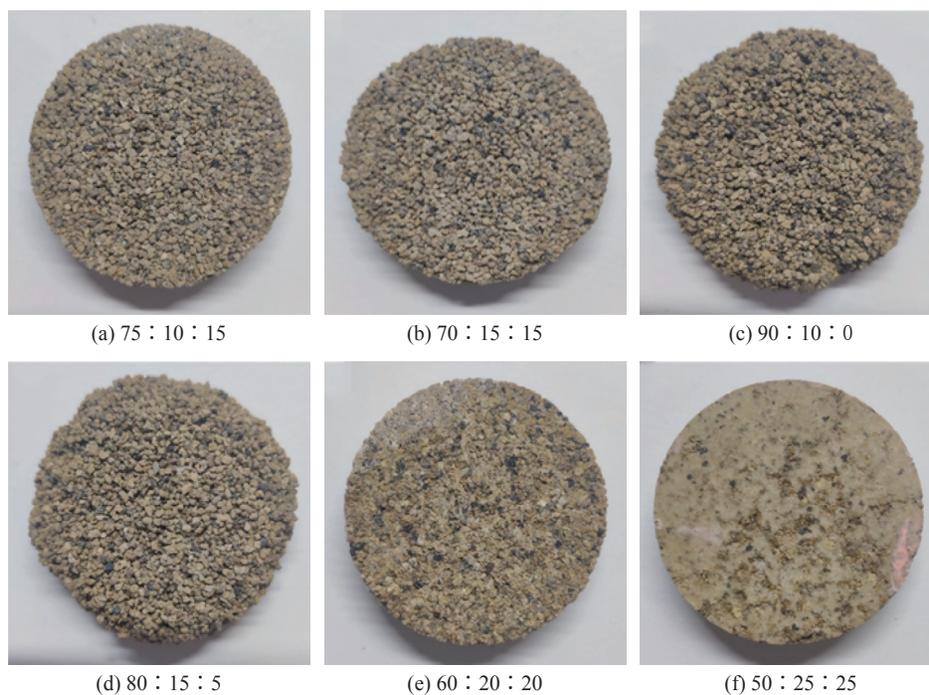


图4 不同配方的试样外观对比

Fig.4 Comparison of the appearance of samples with different formulations

表2 不同配方试样的透水系数与抗折强度

Table 2 Permeability coefficient and flexural strength of the samples with different formulations

配方比例 (高炉渣:高岭土:钾长石)	透水系数/(cm/s)	抗折强度/MPa
75:10:15	0.0504	12
70:15:15	0.0401	13
90:10:0	0.122	5
80:15:5	0.078	7
60:20:20	0.016	13
50:25:25	0.006	15

#### 2.4 高炉渣粒度对高炉渣透水砖性能的影响

在烧结温度为 1 095 ℃，成型压力 5 MPa，保温时间 3 h，高炉渣:高岭土:钾长石（质量分数）配方比例为 75%:10%:15%，选取高炉渣粒度分别为 0.43~0.85，0.25~0.43，0.18~0.25，0.15~0.18 的条件下，按方法 1.2 制备烧结透水砖。由图 5 高炉渣粒度对透水砖性能影响分析可知，随着高炉渣粒度由大到小的变化，粒度在 0.25~0.43 mm 时透水砖透水性较好，之后透水系数逐渐变小；而其抗折强度逐渐提升。这是因为随着粒度减小，透水砖内部孔隙率降低使得砖坯更加致密；在 0.25~0.43 mm 时，烧结中细颗粒逐渐靠近

大颗粒，其孔隙变大且透水系数较大。同时，砖坯的强度主要是内部的毛细管力决定的，细颗粒使得砖坯中的孔结构致密，提高了毛细管力<sup>[8]</sup>。选择满足 GB/T 25993-2010 中对透水系数的要求，同时抗折强度较优的试样，因此优选高炉渣粒度为 0.18~0.25 mm。

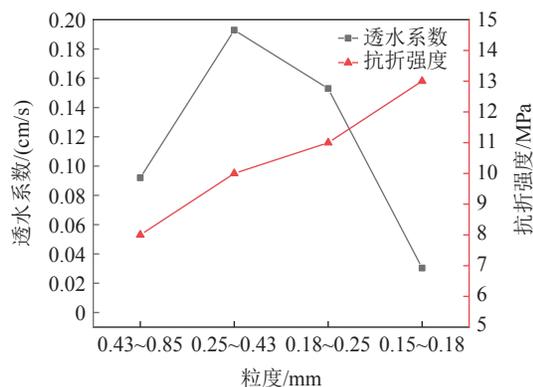


图5 高炉渣粒度对透水砖性能影响

Fig.5 Effect of blast furnace slag particle size on properties of permeable brick

#### 2.5 保温时间对高炉渣透水砖性能的影响

在止火温度下保持一定时间，一方面使坯体物理化学变化更趋完全，另一方面使组织结构趋于均一；但是保温时间过长，部分晶相或小晶粒

溶解,不利于坯体形成致密的结构,导致力学性能降低<sup>[11]</sup>。在成型压力 5 MPa,高炉渣粒度 0.18~0.25 mm,煅烧温度 1 095 °C,高炉渣:高岭土:钾长石(质量分数)配方比例为 75%:10%:15%,保温时间分别为 1、2、3、4 h 的条件下,按方法 1.2 制备烧结透水砖。由图 6 保温时间对透水砖性能的影响分析可知,试样的透水系数随着保温时间增加而减少,在保温时间在 1~3 h 时,透水性减小较为缓慢此时液相产生速率较小,逐渐填补试样内部的空隙,因此降低速度较为缓慢。当保温时间在 4 h 时,透水系数大幅降低,这是由于此时液相已经充分填补了试样的空隙,导致孔隙率大幅下降,透水性也随之大幅下降。同时随着保温时间的增加,液相在孔隙中互相流动趋于稳定,使得坯体整体质地均匀且致密性增强<sup>[12]</sup>,试样的抗折强度逐渐增加。综合考虑能耗和性能指标,优选保温时间为 3 h。

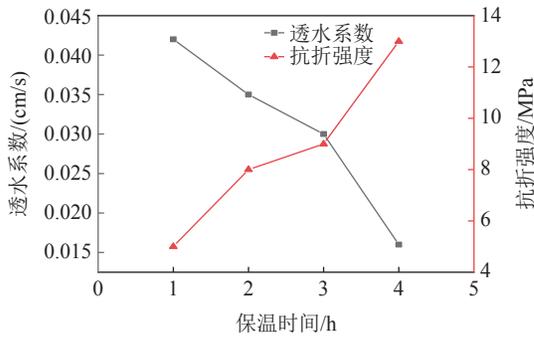


图 6 保温时间对透水砖性能影响  
Fig.6 Effect of heat preservation time on properties of permeable brick

### 2.6 成型压力对高炉渣透水砖性能的影响

成型压力是影响砖坯质量的一个重要因素,为使试样有较高的致密度和强度,必须要有足够大的成型压力;但过大的压力,并不能使坯体的强度变得更高,同时还需满足坯体的形状、厚度及致密度要求<sup>[11]</sup>。选取粒度为 0.18~0.25 mm 的高炉渣,在烧结温度为 1095 °C,保温时间 3 h,高炉渣:高岭土:钾长石(质量分数)配方比例为 75%:10%:15%,成型压力分别为 5、10、15、20 MPa 条件下,按照方法 1.2 制备高炉渣透水砖。由图 7 成型压力对透水砖性能的影响分析可知,透水砖透水性能随着成型压力的增加而逐渐减小,在成型压力 10 MPa 的时透水性较好,且满足 GB/T 25993-2010 中对透水路面砖的透水性要求。这是因为当成型压力逐渐增大,高炉渣透水砖内部压强增大,孔隙率减少,透水系数降低。随着

成型压力的增加,抗折强度先增加后减小的趋势,由于内部压强增强,内部颗粒之间在高温煅烧下粘结作用增强,抗折性能逐渐增加,在 20 MPa 时抗折性降低,由于压强的增加,样品的厚度减小,导致样品抗折性降低。综合考虑优选成型压力为 10 MPa,此时透水砖具备高透水性和高强度的特性。

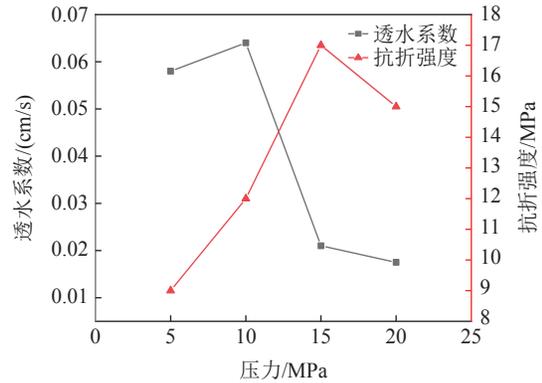


图 7 成型压力对透水砖性能的影响  
Fig.7 Effect of molding pressure on properties of permeable brick

### 2.7 烧结温度对高炉渣透水砖性能的影响

烧结温度对透水砖的物化性能有重大影响,烧结温度低,则坯体密度低,莫来石含量少,粘结作用较弱;烧结温度升高会使莫来石含量增多,形成相互交织的网状结构,提高坯体强度,同时产生玻璃相堵住孔隙,对其透水性不利<sup>[11]</sup>。在成型压力 10 MPa,高炉渣粒度 0.18~0.25 mm,保温时间 3 h,高炉渣:高岭土:钾长石(质量分数)配方比例为 75%:10%:15%,煅烧温度分别为 1 070、1 095、1 120、1 145 °C,按方法 1.2 制备高炉渣透水砖。由图 8 煅烧温度对透水砖性能的影响分析可知,当温度逐渐升高,砖体透水系数逐渐减小,而抗折强度逐渐增大。当烧结温度 1070~1095 °C 时,砖体透水系数下降较快,是因为此阶段液相产生速率较快,颗粒之间融化粘结速度较快。随着温度的不断升高,透水砖的液相逐渐增加,颗粒之间的粘结更加充分,使得抗折强度逐渐增强。烧结温度性能的影响与 2.2 SEM 形貌的结论是一致的。当温度超过 1 170 °C 时,试样融化。综合考虑优选烧结温度为 1 095 °C,此时透水砖的透水系数为 0.064 cm/s,抗折强度为 12 MPa。

## 3 结 论

(1) 选取 0.18~0.25 mm 粒级高炉渣用于制

备透水砖,有利于形成孔隙,增加透水系数,但其表面颗粒粗糙,机械强度差;随着高岭土和钾长石的加入,透水砖试样结构致密性增加,抗折强度提升,透水性能降低。结合国家标准,在满足透水系数的A级要求下,选择抗折强度更好的样品,优选配比为高炉渣:高岭土:钾长石(质量分数)=75:10:15,大幅提高了透水砖制备中高炉渣骨料的用量。

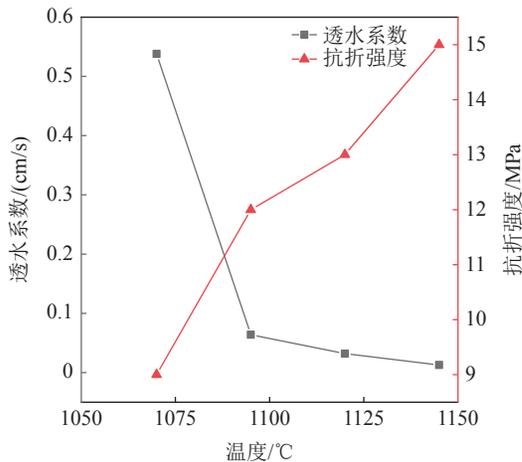


图8 烧结温度对透水砖性能的影响

Fig.8 Effect of sintering temperature on properties of permeable brick

(2) 透水砖试样在烧结温度1070~1145℃时,温度逐渐升高,砖体透水系数逐渐减小,而抗折强度逐渐增大。由SEM形貌可知,随着温度的升高,透水砖试样的抗折强度逐渐提升,是因为颗粒之间的粘结逐渐充分,结构更加致密;而透水系数的逐渐降低,是因为随着温度的升高烧结程度增加,孔隙变小变少,因此透水性能会降低。当烧结温度为1170℃,坯体已完全熔融,说明烧结温度已超出材料的极限承受温度。

(3) 以高钛型高炉渣为主料制备烧结透水砖,适宜的成型压力为10MPa,烧结温度为1095℃,保温时间为3h,此时透水砖的透水系数为0.064cm/s,抗折强度为12MPa,满足《透水路面砖和透水路面板》(GB/T 25933-2010)的要求。

### 参考文献:

[1] 仇圣桃,张明博,李建新,等.含钛高炉渣资源化综合利用研究现状与展望[J].钢铁,2016,51(7):1-8.  
QIU S T, ZHANG M B, LI J X, et al. Research status and prospect of comprehensive utilization of titanium bearing furnace slag[J]. Iron and Steel, 2016, 51(7):1-8.  
[2] 许莹,李单单,杨姗姗,等.含钛高炉渣综合利用研究进

展[J].矿产综合利用,2021(1):23-31.  
XU Y, LI D D, YANG S S, et al. Research progress of comprehensive utilization of Ti-bearing blast furnace slag[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2021(1):23-31.  
[3] 蒋建忠.海绵城市建设中透水路面在市政道路中的应用[J].四川水泥,2021(12):121-122.  
JIANG J Z. The application of permeable pavement in the construction of sponge city[J]. Sichuan Cement, 2021(12):121-122.  
[4] 王海.再论海绵城市和陶瓷透水路面[J].陶瓷,2020(4):9-14.  
WANG H. Sponge city and ceramic permeable pavement[J]. Ceramics, 2020(4):9-14.  
[5] 武晓宇.固废基烧结透水砖的制备及其性能研究[D].太原:太原理工大学,2018.  
WU X Y. Preparation and properties of solid waste foundation sintered permeable brick[D]. Taiyuan: Taiyuan University of Technology, 2018.  
[6] 赵礼兵,王帅,李国峰,等.透水砖研究现状及影响因素[J].矿产综合利用,2019(5):6-8.  
ZHAO L B, WANG S, LI G F, et al. Current situation and influencing factors of permeable brick[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2019(5):6-8.  
[7] 王恬君,刘立伟,李国峰,等.焙烧尾矿制备透水砖的孔隙特征研究[J].矿产综合利用,2021(6):85-90.  
WANG T J, LIU L W, LI G F, et al. Study on pore characteristics of permeable brick prepared from roasted tailings[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2021(6):85-90.  
[8] 张飞,王浩,李家茂,等.高炉矿渣烧结透水砖的制备与其性能表征[J].安徽工业大学学报(自然科学版),2018,35(1):5-9.  
ZHANG F, WANG H, LI J M, et al. Preparation of sintered pervious brick of blast furnace slag and its characterization[J]. Journal of Anhui University of Technology(Natural Science), 2018, 35(1):5-9.  
[9] 蔡作乾,王珽,杨根.陶瓷材料辞典[M].北京:化学工业出版社,2004.  
CAI Z Q, WANG L, YANG G. Dictionary of ceramic materials[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004.  
[10] 廖奇丽,江伟辉,虞澎澎,等.工艺参数对陶瓷透水砖性能影响的研究[J].新型建筑材料,2007(4):29-31.  
LIAO Q L, JIANG W H, YU P P, et al. Study on effect of process parameters on properties of ceramic permeable brick[J]. New Building Materials, 2007(4):29-31.  
[11] 焦宝祥,管浩.陶瓷工艺学[M].北京:化学工业出版社,2019.  
JIAO B X, GUAN H. Ceramic technology[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2019.  
[12] 王绍熙,张凯帆,张苏花,等.多元固废制备高强烧结透水砖及其性能研究[J].金属矿山,2021(9):206-215.  
WANG S X, ZHANG K F, ZHANG S H, et al. Preparation and properties study of high-strength sintered permeable brick with multiple solid waste[J]. Metal Mine, 2021(9):206-215.

(下转第140页)

GUO K, MIAO H, ZHOU J H. Effect of graphene oxide on gas permeability properties of recycled concrete[J]. Journal of Shenyang University of Architecture (Natural Science Edition), 2019, 35(4):692-698.

## Performance of Autoclaved Concrete with Iron Tailings

Geng Zhenzhen<sup>1</sup>, Li Hongyan<sup>2</sup>, Zhao Fei<sup>3</sup>

(1.Chongqing Vocational College of Chemical Technology, Chongqing, China; 2.School of Civil Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan, China; 3.School of Civil Engineering, Zhengzhou Institute of Industrial Technology, Xinzheng, Henan, China)

**Abstract:** This is an essay in the field of ceramics and composites. The iron tailings are replaced with river sand to prepare autoclaved concrete. The influence of cement dosage, fly ash dosage, iron tailing sand dosage and water reducing agent dosage on the fluidity and compressive strength of autoclaved concrete is analyzed. The concrete is autoclaved and cured. The hydration mechanism of concrete under different autoclave time is analyzed. The results show that considering economy and sample strength, as cement dosage of 551 kg/m<sup>3</sup>, iron tailing sand dosage of 20%, fly ash dosage of 225 kg/m<sup>3</sup> and water reducing agent dosage of 0.20% is selected. Under the action of the above comprehensive indicators, the compressive strength of concrete is determined to be 61.13 MPa. The longer the autoclave time is, the more active the mineral components in the iron tailings will be stimulated, and the hydration reaction inside the concrete will be more thorough. The more crystals and gels are formed, which effectively improves the strength of concrete.

**Keywords:** Ceramics and composites; Autoclaved concrete; Iron tailings; Fluidity; Compressive strength; Hydration mechanism; Autoclaved curing; Autoclaved time

////////////////////////////////////  
(上接第 113 页)

## Preparation and Characterization of Pervious Brick with High Titanium Blast Furnace Slag

Huo Hongying

(College of Vanadium and Titanium, Panzhihua University, Sichuan Provincial Research Center for Vanadium and Titanium Materials, Panzhihua, Sichuan, China)

**Abstract:** This is an essay in the field of ceramics and composites. In order to realize the reuse of solid waste of high titanium furnace slag and solve the problem of making permeable bricks with large amount of high titanium furnace slag, the permeable bricks were prepared by forming and sintering the billet with the furnace slag as aggregate, kaolin and potassium feldspar as binder and melting aid. TG-DSC comprehensive thermal analysis and SEM morphology analysis were used to study the thermal properties of the material and the morphology change at high temperature. The effects of the proportion of furnace slag and auxiliary materials, the particle size of furnace slag aggregate, forming pressure, sintering temperature and holding time on the properties of permeable bricks were discussed, and the suitable preparation process parameters of permeable bricks were determined. The results show that the ratio of blast furnace slag: Kaolin: K Feldspar (mass fraction) is 75:10:15, the molding pressure is 10 MPa, the sintering temperature is 1095 °C, and the holding time is 3 h, the permeability Coefficient of permeable brick is 0.064 cm/s, the flexural strength is 12 MPa, which has the characteristics of high permeability and high strength, and meets the requirements of "Permeable pavement brick and permeable pavement board" (GB/T 25933-2010).

**Keywords:** Ceramics and composites; High titanium blast furnace slag; Fired permeable brick; Flexural strength; Permeability coefficient