

铜尾矿与矿山废石制备烧结透水砖及性能研究

李 安,高 杨,俞 锦,涂 宇,李炳蓉,王全勇

(江西铜业技术研究院有限公司,江西 南昌 330001)

摘要:为探索铜尾矿与矿山废石资源化利用新路径,本研究以铜尾矿、矿山废石为原料制备烧结透水砖。采用X射线衍射(XRD)、X射线荧光光谱法(XRF)分析了尾矿和废石的物相结构及化学组成,并对烧结机理进行了分析。实验选择模压成型法,以废石为骨料,制备了高尾矿掺量的烧结透水砖,探究了烧制温度、保温时间、废石粒径及尾矿掺量对透水砖综合性能的影响,旨在确保砖体透水性能的同时,进一步提高其力学强度,实现砖体强度与透水性能的平衡。研究表明:在烧成温度为1 180 ℃、保温时间为80 min、废石粒径为2.00~3.35 mm(6~10目)、尾矿掺量为50%的最佳工艺条件下,制备的透水砖抗折强度为4.23 MPa,透水系数为 10.1×10^{-2} cm/s,均能达到国家标准《透水路面砖和透水路面板》(GB/T 25993—2023)的要求。

关键词:铜尾矿;矿山废石;烧结透水砖;强度;透水系数

doi: 10.3969/j.issn.1009-3842.2026.04.005

中图分类号: TU522.1 文献标识码: A 文章编号: 1009-3842(2026)04-0041-08

随着国民经济的飞速发展,各类矿产资源需求及开采量急剧增加,尾矿和废石处理问题日趋严峻。矿山废石是在矿产资源开采过程中产生的非矿石废弃物,主要为围岩和夹石;尾矿则是选出精矿后分离出来的固体废料。两者既有资源化再利用的潜力,也存在环境污染的风险^[1]。目前,我国每年产生的尾矿和废石超过200亿吨,其利用率不足19%^[1-2]。巨量固废的堆存不仅浪费大量土地资源,还会对当地生态环境造成严重影响,一旦处置不当,将会成为严重的安全隐患^[2-3]。废石可制成机制砂,替代河砂用于制备混凝土。而尾矿由于存在成分复杂、粒度细等问题,其应用受到限制^[4]。

透水砖用于“海绵城市”建设,可缓解城市内涝,降低极端天气下城市排水压力^[5]。根据生产工艺不同,透水砖分为免烧透水砖和烧结透水砖两大类^[6]。免烧透水砖由砂石等骨料与水泥制得,不用高温烧结,生产能耗低,但存在孔隙易堵塞、抗冻性差等问题,且很难利用尾矿等细粒径固废^[7]。烧结透水砖采用煤矸石、废旧陶瓷、废弃石材等固废作为主要原料,通过高温烧结制得,其强度较高,吸水 and 保水性能优于免烧透水砖^[8],因此受到广泛关注。

Kim等^[9]以赤泥和金尾矿为主要原料,成功制备了高孔隙率的烧结透水砖,但砖体强度较低,限制了其应用前景。贺晓梅等^[10]采用煤矸石为主要原料,并添加了适量膨润土、长石和钢渣,烧结制备的透水砖性能仅满足国家标准B级要求,透水性和强度不理想。张佳硕等^[11]采用稀土金属尾矿与转炉渣为原料烧制透水砖,制得的透水砖具有良好的透水性和强度,但尾矿添加量仅为25%。尽管针对工业固废制备烧结透水砖的研究较多,但大多数产品性能不理想,或者对尾矿等细粒径固废的利用率低。

铜尾矿和矿山废石富含 SiO_2 和 Al_2O_3 ,是制备烧结透水砖、发泡陶瓷等产品的优质原料。利用铜尾矿和矿山废石制备高强度透水砖,不仅可以实现这些固体废弃物的资源化再利用,还能有效解决因堆积而引发的安全和环境问题,为尾矿废石的高效利用开辟了新途径^[12-13]。

为实现透水砖强度与透水性能的协同优化,同时高效利用铜尾矿,本研究以矿山废石作为骨料、铜尾矿作为黏结材料,通过调控骨料与黏结材料的比例,构建高孔隙率结构,经一次烧结制备烧结透水砖,并探究烧制温度、保温时间、废石骨料粒径以及尾矿掺量4个关键参数对透水砖综合性能的影响。

收稿日期: 2025-10-17; 修订日期: 2026-01-05

基金项目: 赣鄱俊才支持计划-主要学科学术和技术带头人培养项目(20243BCE51109)

作者简介: 李安(1997—),男,江西吉水人,硕士,工程师,研究方向: 固废资源综合利用, E-mail: 1754500073@qq.com; 通信作者: 王全勇,工程师, E-mail: qywang2021@qq.com

响,以期获得具有高强度和高透水性的透水砖,为铜尾矿的资源化利用提供理论依据和技术支撑,推动该领域的可持续发展。

1 实 验

1.1 透水砖制备

透水砖制备流程如图1所示。将废石和尾矿烘干后,使用标准筛分机将废石筛分为粒径为2.00~3.35 mm(6~10 目)、0.85~2.00 mm(10~20 目)、0.60~0.85 mm(20~30 目)等不同粒度级别,尾矿则筛选出粒径74 μm(200 目)以下的细粉。按照设计配比,将不同粒径废石和74 μm(200 目)以下尾矿用搅拌机混合均匀,加入原料总质量8%的水,搅拌均匀后制得混合料。称取250 g混合料,放入100 mm×100 mm的方形模具中,压制成型。将成型的砖坯以105 ℃烘干12 h,随即转移至马弗炉中,以10 ℃/min的升温速率加热至设定的烧成温度。保温一定时间后,随炉冷却至室温。最终得到透水砖,用于性能测试。

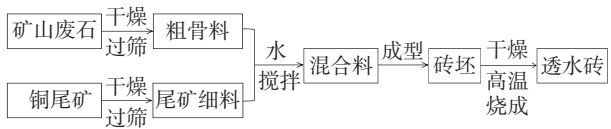


图1 透水砖制备工艺流程图
Fig. 1 Process flow diagram for preparation of permeable brick

1.2 测试表征

理化性能表征:采用X射线荧光光谱仪(XRF)和X射线衍射光谱仪(XRD)分析铜尾矿和废石的化学成分及物相组成,采用马尔文粒度分析仪分析铜尾矿的粒度分布。

抗折强度测试:按照《透水路面砖和透水路面板》(GB/T 25993—2023)中附录A的方法进行测试。

透水系数测试:按照《透水路面砖和透水路面板》(GB/T 25993—2023)中附录C的方法进行测试。计算公式见式(1):

$$K=\frac{Q\times L}{A\times H\times t}\tag{1}$$

式中: K 为透水系数, cm/s; Q 为时间 t 内的透水量, mL; L 为试样厚度, cm; A 为试样上表面积, cm²; H 为水头差, cm; t 为透水时间, s。

显气孔率测试:依据国家标准《陶瓷砖测试方法第3部分:吸水率、显气孔率、表观相对密度和容重的测定》(GB/T 3810.3—2016)的规定进行测试。

2 结果与讨论

2.1 铜尾矿和废石理化性能分析

本研究使用的铜尾矿和废石来自江西省某铜矿。原料经充分干燥后筛分,废石粒径范围控制在0.60~3.35 mm(6~30 目),尾矿选用粒径74 μm(200 目)以下。图2为74 μm(200 目)以下尾矿的粒度分布图,尾矿粒径主要分布在0.25~200 μm, D_{50} 为9.118 μm。

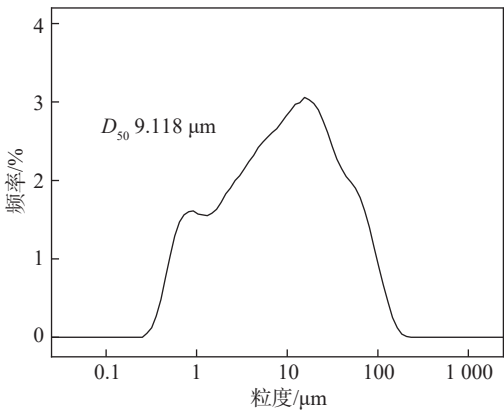


图2 74 μm(200 目)以下尾矿粒度分布图
Fig. 2 Particle size distribution diagram of tailings below 74 μm(200 mesh)

尾矿和废石的主要化学成分见表1。两者的主要化学组成均为SiO₂和Al₂O₃,尾矿中SiO₂、Al₂O₃、CaO质量分数总和达到84.41%,这种成分配比有利于在烧结过程中形成含辉石矿物的体系,有助于增加材料的致密度,是一种理想的烧结材料^[11]。图3

表1 尾矿和废石主要成分

Table 1 Chemical components of tailings and waste rock(%, mass fraction)

成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	TiO ₂	烧失
尾矿成分	65.90	11.81	6.70	6.21	5.97	0.32	0.32	2.42
废石成分	58.70	18.70	2.31	7.90	6.26	0.65	0.52	—

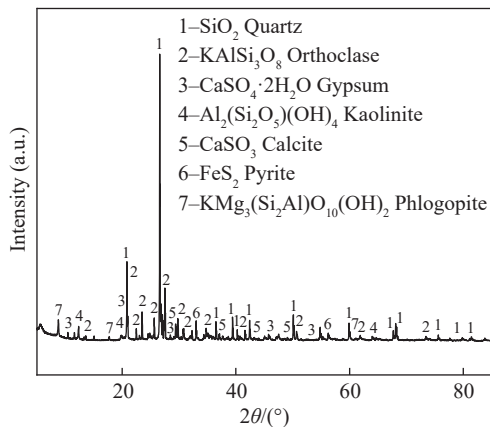


图3 尾矿 XRD 图

Fig. 3 XRD pattern of tailings

为铜尾矿的XRD图谱,显示其主要矿物成分为石英、正长石、石膏、高岭石,另含少量方解石、黄铁矿和金云母等矿物。尾矿中的碱金属化合物可降低烧结温度,促进液相形成。烧制过程中,分解的碳酸盐和硫酸盐可提高材料的孔隙率,从而提升砖体的透水性能。

图4是骨料废石的XRD图谱,其主要矿相为石英、伊利石、利蛇纹石和正长石。其中的石英和长石相具有较高的硬度,作为骨料能增强砖体的整体强度^[14]。

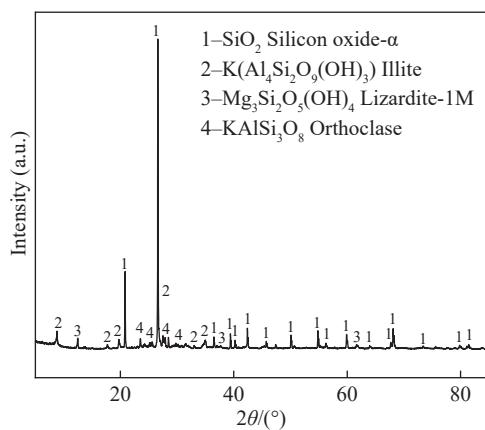


图4 废石 XRD 图

Fig. 4 XRD pattern of waste rock

2.2 烧结温度对烧结透水砖性能及形貌的影响

为确定最佳烧结温度,选取粒径为0.85~2.00 μm (10~20目)的废石为骨料,保温时间设定为60 min,尾矿掺量为50%,烧结温度控制在1 160~1 200 °C。尾矿中含有K₂O、Na₂O等碱金属氧化物,可作为助

熔剂降低体系的共熔点,使其在1 160~1 200 °C内能够生成足量液相;而废石骨料的主要成分石英(SiO₂)和长石的熔点均高于1 200 °C,在烧成过程中主要起骨架支撑作用。因此,在此温度区间内,尾矿熔融并填充、黏结高熔点的废石骨料,是实现砖体烧结与孔隙成型的关键。

图5显示了不同烧结温度对砖体抗折强度和透水性能的影响。可以看出:砖体的抗折强度随烧结温度的升高而增大,1 200 °C时达4.65 MPa;砖体的透水性能则呈相反趋势,随着烧结温度的上升而降低,1 200 °C时几乎为0,不具备透水能力。这是由于升温过程中,废石表面包裹附着的尾矿颗粒逐渐形成熔融液相,使骨料颗粒产生黏连,且温度过高会加快黏连物质的反应速率^[14]。骨料颗粒间的孔隙逐渐被熔融液相填充,颗粒结合更加致密,砖体抗折强度得到提高。而在较低烧结温度时,生成的熔融液相较少,烧结程度不足,骨料颗粒间存在大量孔隙,因此透水系数较大,为 42.2×10^{-2} cm/s。随着温度的进一步升高,这些孔隙被新生成的熔融液相填充,透水通道被堵塞,导致透水系数急剧下降^[15]。

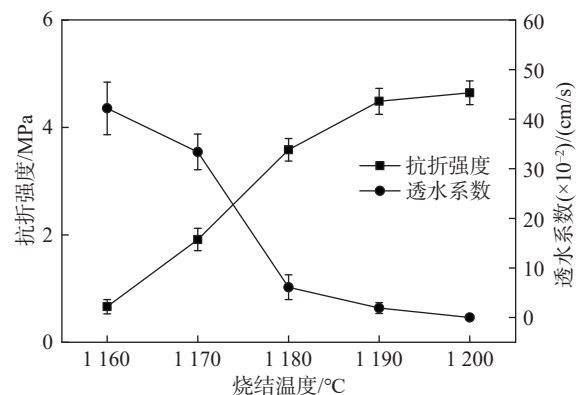


图5 烧结温度对透水砖抗折强度、透水系数的影响

Fig. 5 Effects of firing temperature on flexural strength and permeability coefficient of permeable brick

图6是烧结温度分别为1 160、1 170、1 180、1 200 °C,保温时间均为60 min的透水砖试样的断面照片。由图可知,温度为1 160 °C时,废石颗粒之间的烧结程度较低,界限清晰,存在大量通孔且孔隙大小分布不均。随着温度升高,废石颗粒在熔融尾矿包裹下结合得更为紧密,孔隙数量变少。当温度为1 200 °C时,骨料颗粒间几乎被熔融尾矿填满,孔

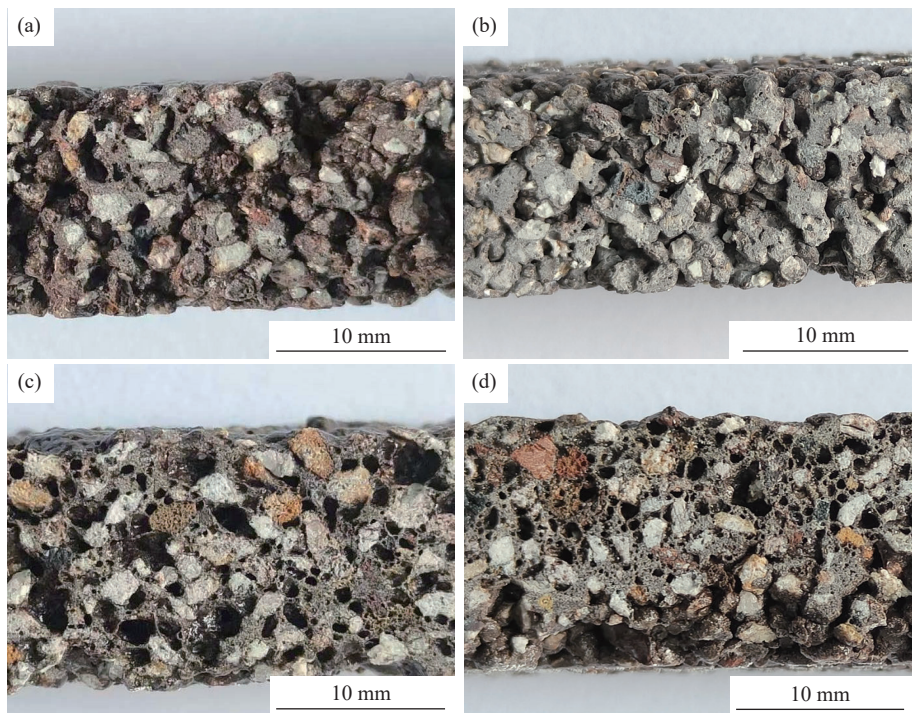


图6 不同烧结温度下透水砖断面照片

Fig. 6 Photos of permeable brick section at different firing temperatures: (a) 1160 °C; (b) 1170 °C; (c) 1180 °C; (d) 1200 °C

隙细小，通孔较少。

在1180℃烧成温度下，烧结透水砖断面骨料黏合紧密，存在较多较大通孔，砖体综合性能优异，抗折强度为3.59 MPa，透水系数为 6.1×10^{-2} cm/s，达到《透水路面砖和透水路面板》GB/T 25993—2023要求，远超透水等级A级标准(2.0×10^{-2} cm/s)。温度继续升至1190℃，尽管砖体的抗折强度提升至4.49 MPa，透水系数却降至 1.9×10^{-2} cm/s，低于国家标准透水等级A级要求。综上所述，1180℃是烧结透水砖的最佳烧成温度。

2.3 保温时间对烧结透水砖性能及形貌的影响

为进一步确定最优烧结条件下的保温时间，在1180℃烧结温度下，设定保温时间40~100 min，研究保温时间对透水砖性能的影响规律。图7显示了不同保温时间对烧结透水砖抗折强度和透水系数的影响。由图可知：砖体抗折强度随保温时间的延长逐步增大，从1.15 MPa增至5.13 MPa；与之相反，透水系数呈现递减趋势，从 32.9×10^{-2} cm/s降至 1.5×10^{-2} cm/s。

延长保温时间，砖体内部烧结反应更充分，砖体内的熔融液相增多，骨料颗粒之间结合更紧密，黏结力更强，整体强度得到了提高。然而，保温时

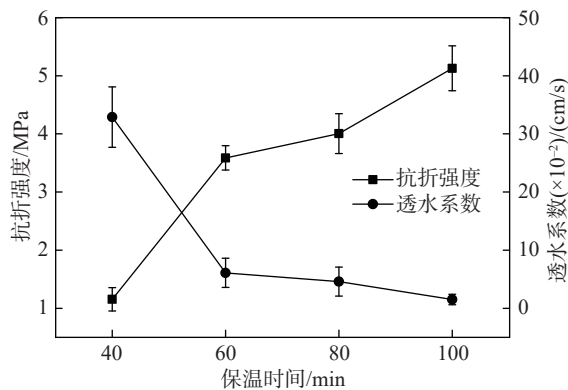


图7 保温时间对透水砖抗折强度、透水系数的影响

Fig. 7 Effects of holding time on flexural strength and permeability coefficient of permeable brick

间过长会产生过多熔融液相，进而填充砖体内部的孔隙，减少水流通道，降低砖体的透水系数^[16]。由此可见，保温时间的控制对于烧结透水砖综合性能具有关键作用。

图8为烧结温度1180℃时，保温时间分别为40、80、100 min的透水砖试样的断面照片。由图8可知，当保温时间为40 min时，断面的熔融尾矿较少，废石颗粒之间黏结疏松，孔隙大小不均，多为通孔。当保温时间为60 min时，砖体内部烧结程度有所提高，骨料黏结改善，但孔隙结构开始被液相填

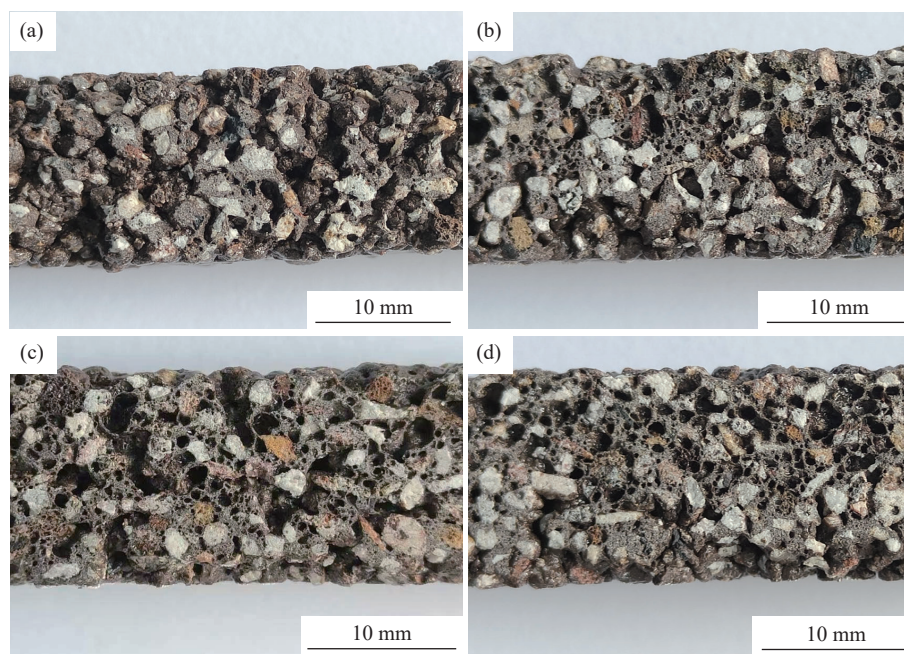


图8 不同保温时间下透水砖断面照片

Fig. 8 Photos of permeable brick section at different holding times: (a) 40 min; (b) 60 min; (c) 80 min; (d) 100 min

充, 通孔数量较40 min时减少。随着保温时间增加, 尾矿烧结更充分, 熔融液相增多且流动性更好, 填充废石颗粒之间的孔隙, 导致通孔尺寸变小、数量减少。当保温时间为100 min时, 骨料颗粒之间黏结充分, 结构致密, 但大量孔隙被堵塞, 通孔很少。

保温时间为60 min时, 砖体抗折强度为3.58 MPa, 透水系数为 8.7×10^{-2} cm/s。虽然其透水性优于80 min试样, 但抗折强度较低, 而80 min的样品在强度(4.01 MPa)和透水性(4.6×10^{-2} cm/s)之间取得了最佳平衡, 均满足国标A级要求。保温时间延长至100 min时, 虽然砖体的抗折强度提高至5.13 MPa, 但透水系数显著降低至 1.5×10^{-2} cm/s, 未能满足A级透水砖的要求。因此, 从综合性能角度出发, 选择80 min作为最佳保温时间。

2.4 废石粒径对烧结透水砖性能及形貌的影响

在1 180 °C烧成温度和80 min保温时间的烧结制度下, 进一步探究骨料废石粒径对透水砖性能的影响, 结果如图9所示。可以看出, 随着骨料粒径的增大, 透水砖的抗折强度和透水系数都呈上升趋势。当骨料粒径为2.00~3.35 mm(6~10目)时, 试样的抗折强度达到峰值4.23 MPa。这可能是因为较大粒径的骨料在熔融尾矿内部能形成更多、更强的

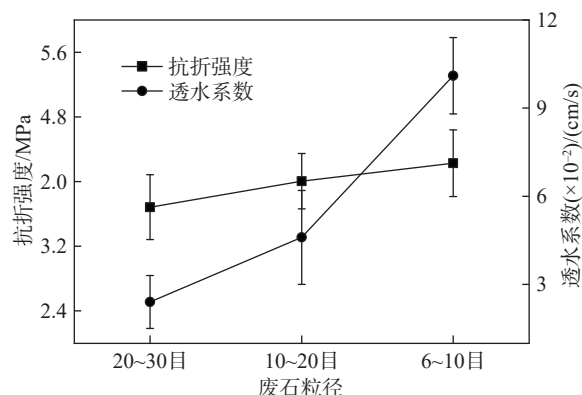


图9 废石粒径对透水砖抗折强度、透水系数的影响

Fig. 9 Effects of waste rock particle size on flexural strength and permeability coefficient of permeable brick

黏结桥, 使砖体更加牢固。同时, 形状不规则的大骨料颗粒间堆积形成的间隙较大, 为透水提供了更多、更大的通道, 从而增强了透水性能^[17]。

图10为上述烧结工艺下, 不同骨料废石粒径[2.00~3.35 mm(6~10目)、0.85~2.00 mm(10~20目)、0.60~0.85 mm(20~30目)]的透水砖样本断面照片。可以看出: 大粒径骨料之间黏结紧密, 透水孔隙较大, 通孔居多; 反之, 小粒径废石之间孔隙较小, 互不相连。因此, 使用2.00~3.35 mm(6~10目)的废石骨料时, 烧结透水砖综合性能最佳。

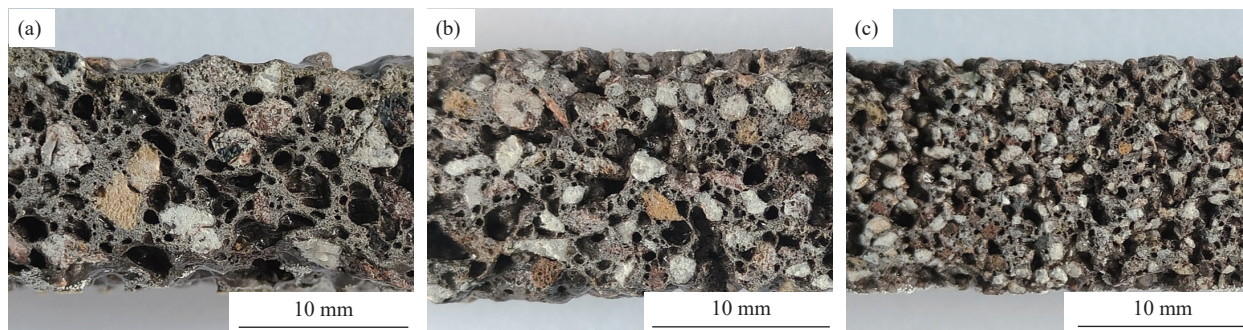


图10 不同废石粒径的透水砖断面照片: (a) 6~10目; (b) 10~20目; (c) 20~30目

Fig. 10 Photos of permeable brick section for different waste rock particle sizes: (a) 6~10 mesh; (b) 10~20 mesh; (c) 20~30 mesh

2.5 尾矿掺量对烧结透水砖性能及形貌的影响

在烧成温度为1 180 ℃、保温时间80 min、废石粒径为2.00~3.35 mm(6~10目)条件下,进一步考察尾矿掺量对砖体综合性能的影响,结果见图11。由图可知,抗折强度随着尾矿掺量的增加而逐渐提高,透水系数随着尾矿掺量的增加逐渐降低。这是因为砖体尾矿含量高,高温熔融液相增多,骨料颗粒黏结更为紧密,从而提高了抗折强度。同时液相量的增加会造成砖体孔隙堵塞,透水通道减少,导致透水性降低。

在上述烧结制度下,废石粒径为2.00~3.35 mm(6~10目)、不同尾矿掺量(20%~70%)的透水砖试样断面照片如图12所示。可以看出,随着尾矿占比的提高,高温熔融相增多,骨料废石之间黏结更紧密,结构更致密,透水通孔显著变少。当尾矿掺量为60%

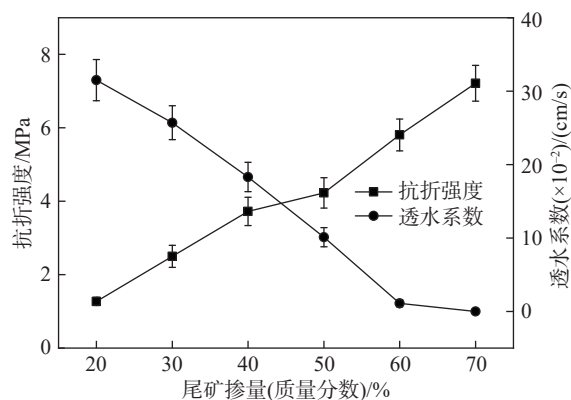


图11 尾矿掺量对透水砖抗折强度、透水系数的影响

Fig. 11 Effects of tailing content on flexural strength and permeability coefficient of permeable brick

时,试样抗折强度可达5.81 MPa,透水系数却降至 1.1×10^{-2} cm/s,未能满足国家标准A级透水指标。综合考虑,烧结透水砖的最佳尾矿掺量应控制在50%。

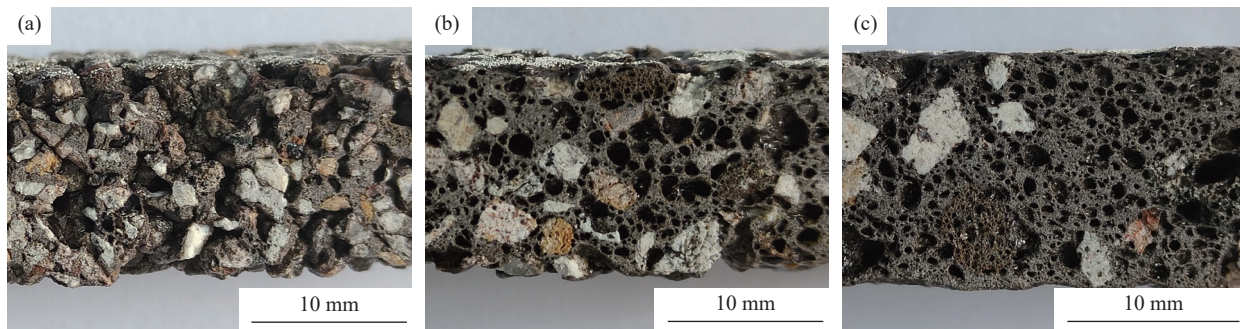


图12 不同尾矿掺量的透水砖断面照片

Fig. 12 Photos of permeable brick section for different tailing content: (a) 20%; (b) 50%; (c) 70%

2.6 烧结机理分析

烧结透水砖的抗折强度主要取决于尾矿与骨料废石的黏结强度^[18],同时受到烧结过程中砖坯的物理、化学以及矿物学变化的影响。不同温度

烧结得到的透水砖XRD图谱见图13。当烧成温度为1 160 ℃时,尾矿中石膏、高岭石、方解石、黄铁矿、金云母,以及废石中伊利石、蛇纹石等矿相衍射峰均消失,表明这些矿相在高温下发生了分

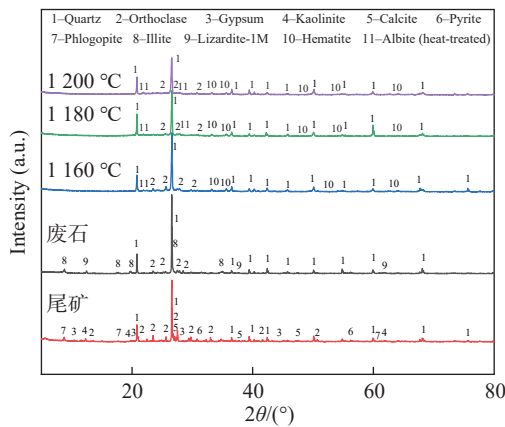
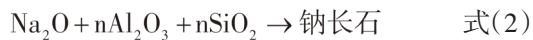


图13 原料及不同烧结温度烧结透水砖 XRD 图

Fig. 13 XRD patterns of raw materials and permeable bricks sintered at different temperatures

解；同时，新晶相钠长石和赤铁矿随温度的升高而增多。

在固相烧结阶段，尾矿中各种矿物的晶格被破坏后，形成的非晶态物质结晶生成钠长石，部分长石与石英、硅铝酸盐形成低共熔物，促使尾矿熔融，形成液相，充填于骨料颗粒之间，起到黏结作用。综上所述，推测此过程反应如下[式(2~7)]^[15-16]：



在冷却阶段，随着温度降低，高温熔体逐渐冷却生成玻璃相，玻璃相与石英、赤铁矿、钾长石一同形成致密烧结体，将废石颗粒黏结起来。同时，玻璃相在冷却过程中体积收缩，会在废石颗粒之间形成孔洞。因此，制备的透水砖保持了良好的透水性，同时又有良好的强度^[19-20]。

在最佳工艺条件下，透水砖的显气孔率为28.7%，表明砖体具有高透水性。图14为最佳工艺条件下透水砖断面SEM图，由图中砖体微观结构可知，废石骨料与熔融尾矿之间形成了牢固结合，同时存在大量孔道。这从微观尺度证实了砖体强度与透水性的平衡机制。

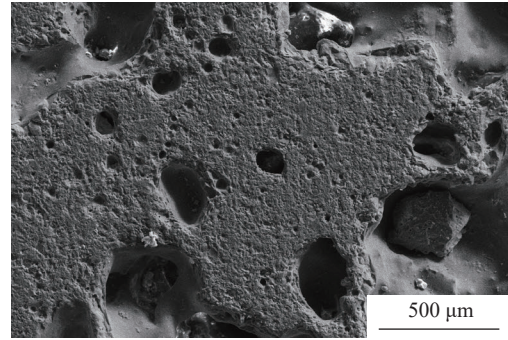


图14 最优工艺条件下透水砖断面SEM图

Fig. 14 SEM image of permeable brick cross-section under optimal process conditions

3 结 论

本研究以铜尾矿和矿山废石为原料制备烧结透水砖，探究了烧制温度、保温时间、废石骨料粒径及尾矿掺量4个关键参数对透水砖抗折强度和透水系数的影响规律。结论如下：

1) 最优工艺参数为：烧成温度180 °C，保温时间80 min，骨料粒径2.00~3.35 mm(6~10目)，尾矿掺量50%。基于此工艺制备的透水砖样品表现出优异的综合性能，其抗折强度为4.23 MPa，透水系数为 10.1×10^{-2} cm/s，性能指标满足国家标准《透水路面砖及透水路面板》(GB/T 25993—2023)要求。

2) 透水砖生坯烧结过程中，尾矿形成熔融液相并逐渐生成新晶相，冷却后会形成致密的烧结体，将废石颗粒黏结起来。新晶相在冷却过程中体积收缩，在废石颗粒之间形成孔洞，使透水砖既保持了良好的透水性，又有良好的强度。

参考文献：

- [1] 杜金晶, 鲍彦如, 王雪, 等. 提钒尾矿综合回收利用研究现状[J]. 矿冶工程, 2024, 44(2): 153-159, 166.
- [2] 张一丁, 蔡晓光, 黄鑫, 等. 某尾矿坝动力抗震分析[J]. 铜业工程, 2024(5): 154-160.
- [3] Li Q, Zhang L Y, Zhang L M, et al. Optimizing energy efficiency and thermal comfort in building green retrofit [J]. Energy, 2021, 237: 121509.
- [4] 施麟芸, 匡敬忠, 刘松柏, 等. 铜尾矿建材化应用研究现状及矿物组成影响作用规律[J]. 硅酸盐通报, 2022, 41(10): 3511-3524.
- [5] 王惠, 陈磊, 苗夏雨, 等. 水泥基透水砖在海绵城市的应用[J]. 四川建材, 2024, 50(3): 155-157.

- [6] 张锐. 浅谈城市道路透水砖的发展及其应用[J]. 四川水泥, 2025(2): 266-268.
- [7] 段思宇. 钢渣—粉煤灰—脱硫石膏复合胶凝体系的反应机制及应用研究[D]. 太原: 山西大学, 2020.
- [8] 朱晓霞. 透水砖材料的吸水保水性能比较研究[J]. 工程建设与设计, 2025(1): 161-163.
- [9] Kim Y, Lee Y, Kim M, et al. Preparation of high porosity bricks by utilizing red mud and mine tailing[J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 207: 490-497.
- [10] 贺晓梅, 段旭晨, 郭伟, 等. 高掺量煤矸石制备烧结透水砖的试验研究[J]. 陶瓷, 2023(3): 17-20.
- [11] 张佳硕, 王永斌, 彭军, 等. 白云尾矿与转炉渣制备烧结透水砖及性能研究[J]. 中国陶瓷, 2024, 60(2): 60-68.
- [12] 蓝卓越, 高天锐, 吕晋芳, 等. 矿山废石对环境的污染及其综合利用研究现状[J]. 矿产保护与利用, 2021, 41(3): 126-131.
- [13] 朱秋飞, 周坤. 九江城门山铜矿尾矿综合回收利用试验研究[J]. 铜业工程, 2021(6): 28-30.
- [14] 邢益强, 吴晓鹏, 潘孟博, 等. 铝矾土尾矿基陶瓷透水砖的制备及其性能研究[J]. 中国陶瓷, 2021, 57(2): 46-54.
- [15] 李洪亮, 刘次啟, 周波, 等. 重矿渣透水砖研究现状综述[J]. 砖瓦, 2022(6): 41-43.
- [16] 汪永清, 鲍志蕾, 杨柯, 等. 利用赣南稀土尾砂制备陶瓷透水砖的研究[J]. 陶瓷学报, 2015, 36(3): 260-265.
- [17] 孔祥法, 单玉玺, 周梓林, 等. 基于正交试验的铁尾矿烧结透水砖性能影响因素分析[J]. 安徽工业大学学报(自然科学版), 2022, 39(2): 145-152.
- [18] Gao S, Cui X W, Zhang S M. Utilization of molybdenum tailings in concrete manufacturing: a review[J]. Applied Sciences, 2020, 10(1): 138.
- [19] 陈永亮, 张一敏, 陈铁军, 等. 鄂西铁尾矿烧结砖的烧结过程及机理[J]. 建筑材料学报, 2014, 17(1): 159-163.
- [20] 于灏. 烧结砖中矿物相的研究[J]. 砖瓦世界, 2008(2): 32-33.

Preparation and Properties of Sintered Permeable Brick Made from Copper Tailings and Mine Waste Rock

Li An, Gao Yang, Yu Jin, Tu Yu, Li Bingrong, Wang Quanyong
(Jiangxi Copper Technology Institute Co., Ltd., Nanchang 330001, China)

Abstract: To explore new pathways for utilization of copper tailings and mine waste rocks, these two materials were selected as raw materials to prepare sintered permeable brick. X-ray diffraction (XRD) and X-ray fluorescence spectrometry (XRF) techniques were employed to analyze mineral phase structure and chemical composition of tailings and waste rocks. Sintering mechanism was then analyzed. Compression molding method, with waste rocks as aggregates, was chosen to prepare sintered permeable bricks with a high content of tailings. An in-depth exploration was conducted on the effects of four factors, namely firing temperature, holding time, particle size of waste rocks, and content of tailings, on comprehensive performance of the brick. Ideal combination of the factors required further enhancement of mechanical strength while ensuring permeability performance of the brick, achieving a balance between strength and permeability of the brick. Research results indicated that the optimal process parameters were a firing temperature of 1 180 °C, a holding time of 80 min, a particle size of waste rocks ranging from 2.00 to 3.35 mm (6~10 mesh), and a tailings content of 60%. Permeable brick prepared under this process exhibited a flexural strength of 4.23 MPa and a permeability coefficient of 10.1×10^{-2} cm/s, both of which complied with requirements of the national standard GB/T 25993—2023 "permeable paving bricks and permeable paving flags".

Key words: tailing; waste rock; sintered permeable brick; intensity; permeability coefficient

doi: 10.3969/j.issn.1009-3842.2026.04.005

引文格式: 李安, 高杨, 俞锦, 涂宇, 李炳蓉, 王全勇. 铜尾矿与矿山废石制备烧结透水砖及性能研究[J]. 铜业工程, 2026(4): 41-48.
Li An, Gao Yang, Yu Jin, Tu Yu, Li Bingrong, Wang Quanyong. Preparation and properties of sintered permeable brick made from copper tailings and mine waste rock [J]. Copper Engineering, 2026(4): 41-48.