

南方潮湿气候地区建筑室内生态调湿砖开发研究

□ 骆燕文 曾宇航 胡城旗 倪轶兰 何 江

[摘要] 我国南方地区春季回暖湿度大，室内地面会出现结露的现象，影响室内生活环境。针对此问题，以当下市场砖材吸湿情况和主要构成材料为基础，结合各类生态基材进行研究，制备出具有吸湿功能且可用于地面砖的复合型调湿地砖。该生态调湿砖可实现将室内湿度的变化控制在适当范围内，从而缓解南方回南天气下室内湿度较高、地面湿滑的问题。

[关键词] 南方潮湿气候；室内调湿；生态基材；调湿砖

1 研究背景

室内空气湿度作为衡量室内生活环境质量的一个重要参考值，直接关系人类身心健康、物件存放、取暖耗能等。在我国南方地区冬春转换季节之时，由于季风气候所带来的暖流，气温会大起大落，导致室内外温差发生显著变化。当室内物体的温度小于或等于室外露点温度时，水汽就在物体表面凝结，形成出水现象，使得地板潮湿、墙壁“冒水”，室内湿度急剧上升，从而形成了南方人所熟悉的回南天。

为了缓解这种室内潮湿问题，居民会在建筑室内采取一定的调湿技术与方法。当下居住建筑调湿技术主要分为两类：主动调湿与被动调湿。主动调湿技术一般通过消耗电能来实现空气湿度调节，耗能大，污染环境，不符合绿色建筑和可持续发展的环保理念。而被动调湿技术只是依靠材料自身的结构性能实现室内空气湿度调节，是一种低碳环保、生态节能的调湿技术^[1,2]。如今市面上的市场地砖多为表面坚硬耐磨但不吸水的陶质砖，而具有一定吸湿性的透水砖也因其耐磨度不高不能作为地面砖来使用^[3]。基于以上背景可知，开发应用具有良好调湿功能的调湿材料对于提高居住环境质量，实现绿色、低碳及可持续发展路线具有重要的社会价值^[4, 5]。

2 调湿砖开发过程

本研究根据我国南方地区空气温湿度变化，以市场砖材为研究基础，结合各类生态基材（炭粉、木屑、石

墨烯，植物麦秆，等等）进行研究，以制备出具有吸湿功能，且其强度和耐磨度均较高的可用于地面砖的复合型调湿地砖，进一步缓解回南天的潮湿问题。

2.1 原材料

本实验所需的实验原料有页岩、黏土、煤渣、荞麦壳、木屑和乳胶漆等水性涂料，均可在市场上采购。以市场砖材的基础原料为主要原料，以价格低廉的荞麦壳和木屑作为造孔剂。其中基础原料页岩、黏土、煤渣的主要性能如下。

页岩作为制备调湿砖的主要原料，结构较为致密，具有较高的可塑性，利用页岩作为轻集骨架料可制出体轻环保的建筑材料^[6]。

黏土是含沙粒很少且有黏性的土壤，水分不容易从中通过。黏土包括高岭土、多水高岭土、颗粒非常小的（<2μm）硅酸铝盐等成分，是颗粒非常小的可塑的硅酸铝盐。黏土具有可塑性、结合性、触变性、收缩性、可烧结的特性，在制备调湿砖材的过程中，黏土的加入可以增强调湿砖坯体的强度，增强材料之间的相互作用力，使调湿砖易于成型，减轻坯体的碎裂程度。

煤渣是工业固体废物的一种，是火力发电厂、工业和民用锅炉及其他设备燃煤排出的废渣，同时它也是一类具有化学活性的硅铝质材料，含有大量的可燃碳，使烧结所需温度适当降低，从而减少烧砖过程中的能源消耗。另外，利用其颗粒堆积与黏土黏接来增强调湿砖的

抗压强度。对煤渣的利用也是废物回收再利用，降低了生产成本。



图1 实验原料：（A）页岩，（B）黏土，（C）煤渣，（D）荞麦壳粉，（E）乳胶漆等水性涂料

2.2 制作过程

先将荞麦壳/木屑用高速粉碎机粉碎3分钟。待高速粉碎机冷却后将其粉末倒出，并用滤筛筛2—3次，选出成粉末状的荞麦壳/木屑放置于烧杯中。并在26℃恒温下静置10min待其完全冷却。目的是使荞麦壳粉末/木屑粉末充分分散，便于其后面更好地与其他原料混合。

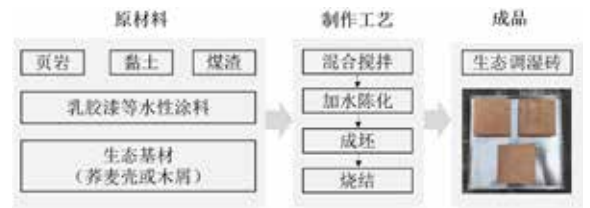


图2 生态调湿砖制备流程

按照页岩：煤渣：黏土：荞麦壳粉/木屑粉=10：7：1：X的原料配比用电子天平称取相应质量的页岩、煤渣、黏土、荞麦壳粉/木屑粉，将所有原料倒入烧杯中混合均匀。用量筒量取90ml水将其均分为3次加入装有混合原料的烧杯中并将二者搅拌均匀，每次搅拌至容器内无成滴水珠且原料无法继续黏接后加入剩下水量，使其最终陈化至整体形成具有较强黏性和塑性的黏泥状湿土。将黏泥状湿土放入尺寸为100mm×100mm×20mm的模具中，湿土每放置到模具体积的三分之一时用表面光滑的压片以12MPa的压力将其压实。待湿土填满整个模具并将其压至成型后，用坯刀将砖坯表面抹至光滑，形成调湿砖砖坯。将其放置于通风处，在26℃恒温条件下自然风干4—5h。待湿坯风干后将其脱模，用小锤子轻敲模具背部，使湿坯从模具中自然脱落于盛放的金属板中。将其放入

恒温干燥箱进行干燥处理，温度为105℃，干燥时间为3—4h，将砖坯水分控制在0.48%。将干燥好的生态调湿生砖静置1—2h使其冷却至常温，然后放入碳硅棒高温电阻炉中以800—900℃的烧结温度烤制4—5h，即可得所需试验调湿砖。

3 调湿砖性能测试

3.1 测试指标

砖材吸湿性能的优良程度主要体现在吸水率和湿容量上，孔隙率在一定程度上影响了吸水的速率。为了检验调湿砖的质量及调湿性能，需要对吸水性能及孔隙性能进行测试。吸水性和孔隙率是调湿砖结构特征的重要参数，例如孔隙率的增加反映了调湿砖的吸水能力及强度有所下降，这是由于气孔形成的结构缺陷引起的应力集中导致的。吸水率不仅是孔隙率的表征，更是调湿砖综合性能的体现。

调湿砖的吸水性能可通过其吸水率和湿容量来体现，其测量方法采用质量差值法，即将在调湿砖吸水过程中，砖体中所增加的水的质量放在化学方程式的右端，利用与对应吸水率的比例关系，计算出调湿砖的吸水率。孔隙率的检测主要为容重的测试。容重为干燥至恒重的质量与样品的总体积之比。

3.2 测试结果

本实验制备砖材调湿性能主要受到其内部的孔径结构、大小和分布的影响。所采用的荞麦壳和木屑都是生态基材，加入砖材经高温烧制后都会在砖材内部形成丰富的微孔，并通过毛细作用将表面水分快速引入砖材内部，提升砖材吸水速率，达到用砖材调湿的作用。但由于二者内含成分不同，烧制过后形成的砖材内部微孔数量也会有所差异，故需重点探讨荞麦壳和木屑对调湿砖吸水性能的影响。

表1 不同质量占比的荞麦壳与木屑调湿砖的吸水性能					
样品编号	完全干燥质量m1 (g)	完全饱和质量m2 (g)	ΔM (m2-m1) (g)	吸水率 (%)	Δ吸水率 (%)
市场砖	229.6	269.6	40.0	17.4	0
10%荞麦壳	238.5	290.6	52.1	21.8	4.4
20%荞麦壳	217.8	281.9	64.1	29.4	12.0
30%荞麦壳	182.4	248.4	66.0	36.2	18.8
10%木屑	234.3	284.1	49.8	21.3	3.9
20%木屑	204.1	261.4	57.3	28.1	10.7
30%木屑	176.1	234.1	58.0	32.9	15.5

经实验发现,调湿砖的吸水率随荞麦壳和木屑质量及体积比的增加而增加。这主要是因为荞麦壳含有丰富的多糖、木质素、纤维素,这些成分含有大量的酚羟基、羧基、羟基等官能团,制砖的煤渣、页岩、黏土里含有重金属离子,可以与这些官能团发生相互作用并被吸附,使烧制后砖材内部原先被荞麦壳粉末占据的空间形成微小孔洞,整体砖材内部构成致密且相互贯通的丰富多孔结构,这些微孔结构有很强的蓄湿能力。随着荞麦壳含量的增加,烧制出的砖材内部的微孔数量也会增加,从而能够吸收更多的水分,提高了砖材的吸水率,使砖体具有吸湿吸潮性能。而木屑因其成分为植物纤维,具有细腻、质轻、多孔、透气等物性。将其混入原料中高温烧结后碳化挥发,使砖材内部形成较多微孔,提升砖体吸水能力^[7]。

表2 不同体积占比的荞麦壳与木屑调湿砖的吸水性能

样品编号	密实体积v1 (ml)	表观体积v2 (ml)	孔隙体积v3 (ml)	吸水量ΔM (g)	吸水率 (%)	孔隙率 (%)
市场砖	170.0	130.0	40.0	40.0	17.4	23.5
10%荞麦壳	170.0	144.9	52.1	52.1	21.8	30.6
20%荞麦壳	170.0	105.9	64.1	64.1	29.4	37.7
30%荞麦壳	170.0	104.0	66.0	66.0	36.2	38.8
25%荞麦壳	170.0	104.8	65.2	65.2	34.6	38.4
10%木屑	170.0	120.2	49.8	49.8	21.3	29.3
20%木屑	170.0	112.7	57.3	57.3	28.1	33.7
30%木屑	170.0	112.0	58.0	58.0	32.9	34.1

通过数据对比可以看出,每一组相同质量和体积比的荞麦壳调湿砖的吸水率都比木屑的吸水率好。随着荞麦壳质量和体积比的增加,调湿砖的吸水率和孔隙率呈正相关。基于以上实验,本研究选择荞麦壳作为生态基材加入调湿砖的制备,其调湿性能得到明显改善,故本研究选取荞麦壳作为本项目的生态基材原料。但因荞麦壳本身质地较软,在制作过程中要同时兼顾砖材的耐磨性,经反复实验,确定加入体积比为25%的荞麦壳制作出来的调湿砖其调湿性能和耐磨性效果最佳。

基于以上实验数据,本研究采用图2的制作步骤对调湿砖进行了制作,制作好的生态调湿砖如图3所示。



图3 生态调湿砖成品

4 总结

本研究的生态基材的主原材料为荞麦壳粉,荞麦壳粉经过高温烧结后挥发,砖材内部原先被荞麦壳粉末占据的空间会形成微小孔洞,整体砖材内部形成致密且相互贯通的多孔结构,使砖体具有吸湿吸潮的性能。另一方面也实现了农产品废物的再利用,且荞麦壳价格低廉,有利于降低生产成本。本文通过研究一种新型的、成本低廉的、调湿性能及耐磨性能较好的地面砖材,利用生态建材将室内湿度的变化控制在适当的范围内,从而缓解南方回南天气下,室内湿度较高、地面湿滑的问题。这对于人们的居住环境改善、生活质量提高、物品的保存和防护起到十分重要的作用。

[参考文献]

[1]第三自然建筑师事务所.气候地砖——针对未来城市的可扩展气候适应系统落成典礼[J].风景园林,2019,26(1):58-61.
[2]胡明玉,蔡国俊,付超,等.利用稻壳灰及废砖制备渗水蓄水生态建筑材料[J].新型建筑材料,2020,47(1):21-26.
[3]李治.具有调湿功能的生态陶瓷砖研究[D].广州:华南理工大学,2015.
[4]宋琳琳.新型生态环保陶瓷透水砖运用分析[J].陶瓷,2020(10):94-95.
[5]刘金婵,乐红志,李洪达,等.赤泥制备生态透水砖的研究进展[J].山东理工大学学报(自然科学版),2020,34(3):56-59.
[6]王俊云.利用废弃烧结页岩砖粉末生产生态型水泥的研发[D].柳州:广西科技大学,2019.
[7]隋泽华.荞麦壳基活性炭的制备及其对六价铬吸附性能研究[D].北京:北京化工大学,2018.