建筑节能保温材料耐久性室内试验研究

赵相儒

新疆兵团城建集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

【摘　要】：研究旨在探讨建筑节能保温材料的类型，梳理影响其耐久性的要素，从而有序开展室内试验研究。综合已有文献研究成果，从国内建筑行业节能保温材料应用实践出发可知，常见的节能保温材料主要包含聚苯乙烯模塑板、聚苯乙烯挤塑板、玻化微珠保温砂浆、硬质聚氨酯泡沫塑料等多种类型。对于节能保温材料而言，导热系数、抗压强度、吸水率和化学稳定性均属于影响其耐久性的关键要素，需要分别梳理不同要素实际产生的影响。由此可得出研究结论，应重视建筑节能保温材料耐久性，总结常见类型和耐久性影响要素，以更具针对性的方式开展室内试验研究。

【关键词】：建筑保温；保温材料；节能材料；材料耐久性

DOI:10.12417/2811-0528.26.13.028

引言

在当今的新形势下，社会公众普遍关注生态环境议题，对可持续发展提出了更高的要求。受此影响，社会公众不再简单满足于建筑的使用功能和使用寿命，而是进一步要求建筑企业提升建筑在节能性、环保性和绿色性等方面的表现。建筑企业高度重视当代社会公众的更高要求，开始面向环保化和节能化积极探索设计施工方式方面的崭新可能性。节能保温材料正是探索成果之一，可以有效减少建筑保温所需投入的能源量，由此提升建筑整体的节能性表现。分析建筑节能保温材料的应用实践可知，材料耐久性对其减少能耗的实际效果影响较大，应通过专业试验室开展室内试验研究。

1 建筑节能保温材料的类型

目前，建筑行业常见的节能保温材料主要包含聚苯乙烯模塑板、聚苯乙烯挤塑板、玻化微珠保温砂浆、硬质聚氨酯泡沫塑料等多种类型，应更加深入地总结不同类型节能保温材料的性能。

1.1 聚苯乙烯模塑板

聚苯乙烯模塑板通常简称苯板，属于相对常见的节能保温材料之一，主要由具备可发性的聚苯乙烯颗粒构成。经加热处理，聚苯乙烯颗粒可以在模具内形成具备无数封闭微孔的材料。聚苯乙烯模塑板内含大量多面体蜂窝结构，直径面积介于指定数值区间。聚苯乙烯实际所占体积比重极低，剩余均为空隙结构。苯板具备吸水率低的优势，同时兼具较为理想的尺度精度、抗压强度和抗蒸汽渗透性。在力学性能方面，苯板抗压强度偏低，柔韧性表现则可适应一定程度的形变。

1.2 聚苯乙烯挤塑板

在建筑保温施工中，同样较为常见的聚苯乙烯挤塑板通常简称挤塑板，即具备闭孔结构的硬纸板板材。挤塑板的主要成分为聚苯乙烯树脂，同时包含特定种类的添加剂，通过外力挤压制成。相较于苯板，挤塑板的制作工艺更为简单，同时在抗湿性能、防潮性能和抗冲击性能等多个方面具备独特的优势。在连续挤塑工艺下，挤塑板得以具备致密均匀的闭孔蜂窝结构，其极高的闭孔率促成了极低的吸水率，同时可以有效隔绝水蒸气，从而取得较为理想的防潮效果。

1.3 玻化微珠保温砂浆

在一定的比例下，融合保温胶粉和玻化微珠，通过均匀搅拌处理形成的节能保温材料即玻化微珠保温砂浆，在建筑保温领域也属于常用的节能材料之一。该材料仅需加热搅拌即可投入施工，应用较为简单，可以形成具备较高强度的保温层，在保温隔热性能方面的表现较为出色，大多应用于屋面保温及外保温等环节。玻化微珠在本质上是经高温玻化处理制成的轻质无机骨料，表面呈现出玻璃质感，内部实为多孔的空腔结构，质轻且防火，在耐高温、抗老化和低吸水等方面优势显著。

1.4 硬质聚氨酯泡沫塑料

硬质聚氨酯泡沫塑料的主要成分是多元醇及异氰酸酯，在保温施工中需要配合发泡剂与抗老化剂等助剂应用，从严依照指定的比例将上述各类原料混合均匀。施工作业中，基本通过高压喷涂的方式实现应用，由此形成高分子聚物材料层，进而提升保温性能。相较于其他材料，该材料在保温性能、防水性能和性价比等方面均表现优异。在结构上，该材料基本为闭孔结构，在常见节能保温材料中具备最低的导热系数，从而更高效率地实现保温。

2 建筑节能保温材料耐久性的影响要素

对于建筑节能保温材料的耐久性而言，导热系数、抗压强度、吸水率和化学稳定性均是关键的影响要素，应分别把握其

具体可能产生的影响，从而形成更加全面的认知和理解。

2.1 导热系数

通过初始热导率测试、加速老化试验以及温湿度条件下的热导率测定，揭示了老化对建筑节能保温材料性能的影响[1]。导热系数属于关键影响要素，可同时影响保温性能和耐久性，作用于节能保温材料的老化过程，影响材料的耐久性。湿热和冻融循环均会对节能保温材料的孔隙结构产生一定的影响，从而降低其闭孔率，引发水分侵入的问题状况，推高导热系数，进而致使材料出现老化。以苯板为例，相关报告指出，50 次冻融将致使其导热系数增加 10%左右，使其耐久性表现出现一定的下滑。再如硬质聚氨酯泡沫塑料，闭孔结构较苯板更为致密，导热系数在高温高湿的外部环境下更为稳定，从而取得更优的耐久性表现。

2.2 抗压强度

保温材料作为建筑节能的主要组成部分，其性能会直接影响建筑节能水平，其耐久性则会同时影响建筑节能水平和材料使用寿命[2]。抗压强度主要代表着节能保温材料的结构稳定性，既可影响施工安全生产，也可作用于其长期的耐久性。如受压形变的场景，节能保温材料的厚度将会缩减，保温性能则出现一定程度上的不可逆下降，以至于材料的耐久性随之出现较为显著的降低。以挤塑板为例，对比短期测试值可知，长期荷载将会使其抗压强度更快衰减，对其整体耐久性产生较为不利的影响。

2.3 吸水率

建筑节能保温材料可以有效降低建筑能耗，提升能源利用效率，而材料耐久性受多方面要素的影响，分析其影响要素时还应关注吸水率这一要素所能产生的具体的影响[3]。吸水率属于关键的物理参数，同时也是耐久性影响要素之一，主要影响节能保温材料的吸湿表现，进而对其长期的耐久性和保温性能产生较为直观的影响。应用节能保温材料的核心目的在于实现建筑隔热，主要借助材料内部结构减弱各类内外部环境因素对建筑内部温度的影响。分析节能保温材料的吸水率可知，该要素主要取决于孔隙率、孔隙尺寸、孔隙分布和孔隙连通性等因素，同时可以决定水分在材料内部结构中的储存空间和渗透路径。实际影响材料耐久性时，材料吸水率还会和所在地区自然气候条件产生联动，以多雨高湿条件为例，较高吸水率将会对材料耐久性产生更多不利影响，较低吸水率则可通过抑制水分侵蚀控制材料耐久性所受的影响。

2.4 化学稳定性

为满足建筑节能需求，建筑节能保温材料的应用越发常见[4]。至于节能保温材料可否发挥节能作用，则在很大程度上取决于其耐久性。除去上述影响要素之外，化学稳定性同样会作用于材料耐久性，需要深入分析其具体的影响方式和产生过程。对于建筑节能保温材料而言，化学稳定性主要反映着材料抗外界化学介质侵蚀的表现，可以决定材料在物理及化学两方面因素作用下发生有害变化的概率。在化学稳定性表现更优的情况下，节能保温材料更不容易在耐久性方面出现问题。反之，材料的长期耐久性则得不到有效的保障，受到化学稳定性这一影响要素的显著影响。

3 建筑节能保温材料耐久性室内试验研究

为针对建筑节能保温材料的耐久性开展室内试验，应先建构节能保温材料耐久性的评估模型，再基于建构所得评估模型科学开展室内试验验证分析，更加科学地保障试验验证分析结果的有效性。

3.1 节能保温材料耐久性评估模型建构

在现代建筑向绿色化、低碳化转型的背景下，准确评估节能保温材料的核心性能(如导热系数、力学强度、耐候性等)越显关键[5]。尤其应关注其耐久性评估，通过合理构建相应的评估模型确保评估有效性。分析建筑节能设计需求可知，建构评估模型时应从热工性能、物理性能以及化学性能等方面出发科学选取指标，将其纳入评估体系，以期全面覆盖材料在热量传递、结构稳定、耐候性等方面的具体表现，对其实际的耐久性表现形成更为全面的评估结论。同时应明确建构科学的指标体系层次，自上而下应包含综合指标、类别准则指标和具体指标，强化展现评估指标体系的逻辑关联性。之后则应相应地建构评估用语集，具体应参考建筑节能标准设定多种评估用语，应包含优秀、良好、中等、合格以及不合格等。最后还应实施模拟试验，经专家评定确认材料指标对于各评语的隶属程度，从而相应地构建矩阵。

3.2 基于评估模型的室内试验验证分析

3.2.1 试验设计

建筑节能是全球关注的课题，新材料是影响建筑节能的关键之一，对于建筑保温材料而言也是如此[6]。为探索节能保温材料的性能提升思路，应在耐久性评估模型的基础上开展试验验证分析，对其性能形成更加切实的认知。现选取四种常见的节能保温材料分别标记为 A、B、C、D，在专业试验室环境下开展室内试验研究，以全面验证上述评估模型可否准确有效反映不同材料所具备的耐久性。试验过程数据基于高精度专业设备采集，同时参考四种材料在具体保温施工实践中应用案例的深度调研结论，从多维度出发设置耐久性评估指标，进而确保试验所得结论符合不同材料的实际应用表现。

3.2.2 模型验证与结果分析

为解决我国建筑保温能源的消耗高、利用率低等问题，节能保温材料应用已引起建筑行业的普遍关注[7]。而节能保温材料的应用质效还会受其耐久性影响，完成试验设计后还应继续针对耐久性评估模型开展深入验证，得出更符合实际情况的评估结果分析。为基于该模型评估四种材料耐久性，先分别从热工性能、物理性能和化学性能三个维度出发，再在热工性能下设置导热系数λ和蓄热系数 S，在物理性能下设置抗压强度 f_C 和表观密度ρ，在化学性能下设置化学稳定性 x 和耐腐蚀性γ。针对四种材料实施耐久性室内试验后，从上述六项指标出发取得的测试数据如下表所示。同时科学选用方法完成各项指标权重的有效计算，通过经构建所得隶属度矩阵可得出不同材料的综合耐久性评价等级。

表 1 四种节能保温材料耐久性室内试验数据

节能保温材料	A	B	C	D
热工性能指标	λ=0.03W/(m·K) S=1200J（kg·K）	λ=0.04W/(m·K) S=1000J（kg·K）	λ=0.05W/(m·K) S=800J（kg·K）	λ=0.06W/(m·K) S=600J（kg·K）
物理性能	f_C=3.5MPa ρ=200kg/m	f_C=4.0MPa ρ=220kg/m	f_C=3.0MPa ρ=180kg/m	f_C=2.5MPa ρ=160kg/m
指标	3	3	3	3
化学性能指标	x=0.92 γ=0.88	x=0.80 γ=0.75	x=0.75 γ=0.70	x=0.65 γ=0.60

分析上述量化评价结果可知，材料 A 在导热系数和蓄热系数方面具备显著的优势，可以更好地应对外部环境变化，长时间保持良好的保温性能，取得同样优秀的耐久性表现。经上述评估模型，材料 A 可获得优秀的评估结论。材料 B 物理性能优异，化学性能略逊，整体的耐久性表现相对良好，稍低于材料 A，可评估为良好。材料 C 的各项性能相对均衡，在耐久性方面应评价为中等。材料 D 部分指标未能达到标准的要求，其耐久性评估结论仅为合格。通过室内试验研究，可知节能保温材料耐久性各有不同，应根据不同的保温施工应用场景作出差异化的选择。

4 结语

综上所述，随着社会整体转向高质量发展，环境质量已成为各地提升发展质量的关键抓手之一，要求社会各行各业进一步针对生产发展带来的环境影响实施有效的控制，通过控制环境污染间接提升环境质量。国内建筑行业历来属于高污高排行业，更应重视环境影响控制的必要性，面向绿色化转型探索环境友好型的可持续发展模式。由于建筑保温更易产生能源消耗，建筑行业往往优先推进这一方面的节能化改造，使得节能保温材料的行业应用已较为常见。耐久性将会同时影响节能保温材料的保温效果、节能成效以及使用寿命，应梳理其影响要素并开展室内试验研究。

参考文献：

[1] 刘明会,刘凯.节能建筑保温材料的热性能及长期稳定性研究[J].化学与粘合,2025,47(5):549-552.

[2] 吴菲菲,张立东.新型保温材料在建筑节能中的性能表现及具体应用[J].新材料·新装饰,2025,7(11):19-22.

[3] 李轩高.建筑节能设计中的新型保温材料性能评估[J].住宅产业,2025,(2):94-96.

[4] 郭礼斌.建筑工程外墙节能的保温材料与检测模式[J].建材发展导向,2025,23(23):7-9.

[5] 郭登义.节能保温材料性能评估及其在现代建筑中的应用[J].读报参考,2024,(4):97-98.

[6] 王虎,刘明辉,孙晓瑜,等.SiO_(2)气凝胶保温隔热材料及其在建筑节能中的应用[J].广州化工,2023,51(19):7-10.

[7] 赵婧竹,朱荣花,古新,等.超低能耗居住建筑围护结构节能及保温材料研究[J].当代化工,2023,52(11):2580-2583.