

建筑材料节能性能检测方法中的技术瓶颈与对策

文 / 张 淮 黄山市建设工程质量监督检测中心有限公司

摘要：为推动建筑行业节能发展，明确建筑材料节能性能检测的关键要点。对现有节能性能检测方法，如热工性能测试、气密性测试、能效比评估以及模拟计算与仿真分析展开研究，深入剖析其中存在的检测标准不统一、检测设备与技术有局限、检测精度与一致性不足等主要技术瓶颈。分析认为，通过优化检测标准与规范，制定统一标准并强化其与实际应用结合；提升检测技术与设备性能，推广新型技术并增强自动化与智能化；完善检测流程与操作规范，简化流程并加强操作人员培训，可有效改进建筑材料节能性能检测。

关键词：建筑材料；节能性能；检测方法；技术瓶颈；对策

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.13.035

引言

在全球倡导可持续发展与能源危机日益严峻的当下，建筑领域作为能源消耗的大户，其节能发展至关重要。建筑能耗在社会总能耗中占据相当高的比例，而建筑材料的节能性能直接关乎建筑整体能耗水平。准确检测建筑材料的节能性能，是合理选用材料、实现建筑节能目标的基础。然而，当前建筑材料节能性能检测方法存在诸多问题，如检测标准不统一、设备技术局限以及检测精度和一致性难以保障等，这些问题严重制约了建筑节能工作的有效推进。因此，深入探究建筑材料节能性能检测方法中的技术瓶颈并寻求有效对策，成为建筑行业亟待解决的关键课题。

一、现有节能性能检测方法

（一）热工性能测试

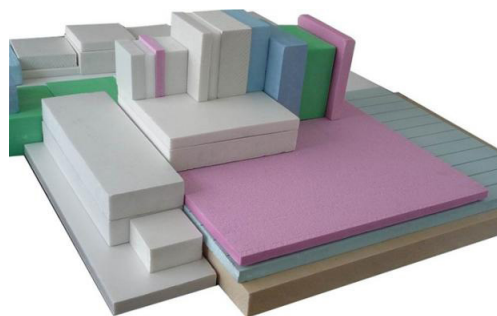
热工性能测试是评估建筑材料保温隔热能力的关键手段。其原理主要基于傅里叶定律，通过测量材料两侧的温度差以及热量传递速率来确定材料的导热系数等热工参数。在实际操作中，常用的测试设备有防护热板法装置和热流计法设备。防护热板法通过在稳定热状态下，测量通过试件的热流量，进而计算出导热系数，这种方法精度较高，但测试周期长、设备成本高，主要适用于科研机构对新型材料的精确研究。热流计法则是在现场条件下，通过测量热流密度和温度，快速估算材料的热阻，它操作简便、成本低，广泛应用于建筑施工现场对既有建筑材料的热工性能检测，不过其精度相对防护热板法较低。

（二）气密性测试

气密性测试主要用于测试建筑材料和建筑物的阻气能力。空气渗入会引起热交换，对建筑节能有很大影响。常用的检测方法是示踪气体法和差压法。示踪气体法是在待测空间中填充一定数量的示踪气，通过探测其浓度变化计算透风量，具有较高的精度，但其检测过程较为烦琐，需专业设备及人员进行操作，通常应用于实验室、洁净车间等对气密性要求很高的特殊建筑中。压差法则是指用风机对被测空间加压，利用压力变化及空气流量测定气密性，该方法操作简单，可直观地反映出不同气压条件下的气体渗透情况。

（三）能效比评估

能效比评估是综合考量建筑材料在实际使用过程中能源利用效率的检测方法。对于建筑材料而言，能效比通常是指材料在实现其功能（如照明、供暖、制冷等）时所消耗的能源与产生的有效能量输出之比。例如对于保温材料（见图一），其能效比体现为在保持室内温度稳定的情况下，所节省的供暖或制冷能源与材料自身生产、安装及使用过程中消耗能源的比值。评估过程需要收集材料在不同工况下的能源消耗数据以及对应的功能实现数据，通过建立数学模型进行计算分析。能效比评估能从宏观角度反映建筑材料对建筑整体能源利用效率的影响，为建筑设计和材料选择提供重要参考，但其评估过程受多种因素影响，如使用环境、运行管理等，数据收集和分析难度较大。



图一：建筑保温材料

（四）模拟计算与仿真分析

模拟计算与仿真分析借助计算机软件和数学模型，对建筑材料在不同环境和使用条件下的节能性能进行虚拟模拟。常用的软件有 EnergyPlus、DeST 等。这些软件通过输入建筑的几何结构、材料参数、气象数据以及使用模式等信息，模拟建筑全年的能耗情况，进而分析不同建筑材料对能耗的影响^[1]。例如在设计阶段，可以通过模拟不同保温材料的厚度和类型对室内温度和能耗的影响，为材料选择和建筑节能设计提供依据。这种方法具有成本低、周期短、可重复性强等优点，能够在建筑实际建造前预测材料的节能效果，避免实际建造后的能耗过高问题。但模拟结果的准确性依赖于输入数据的准确性和模型的合理性。

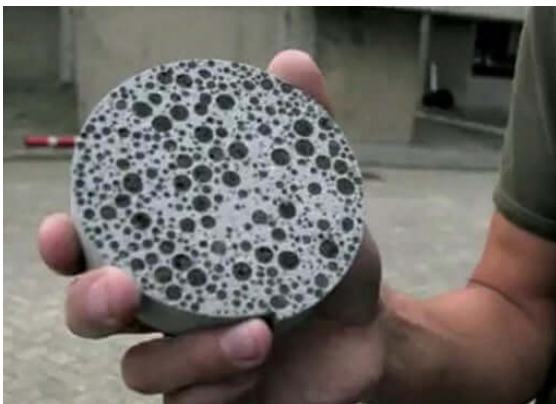
二、主要技术瓶颈分析

(一) 检测标准的不统一

当前, 建筑材料节能性能检测标准在不同地区、不同行业间存在显著差异。例如, 在国内, 各省市可能基于自身的气候特点、建筑习惯制定了适用于本地的检测标准, 这些标准在检测方法、指标要求、评定等级等方面不尽相同。在国际上, 不同国家和地区的标准更是千差万别。这种不统一使得生产企业在产品研发和质量把控上难以适从, 当产品需要在多个地区销售时, 需按照不同标准反复调整和检测, 极大地增加了企业成本。同时, 对于建筑施工单位而言, 选用材料时缺乏统一参照, 难以在众多产品中筛选出最具节能优势的材料。而且, 检测机构在执行检测任务时, 由于标准混乱, 可能导致同一材料在不同地区检测结果不一致, 降低了检测结果的权威性和公信力, 阻碍了建筑材料节能性能检测行业的规范化发展。

(二) 检测设备与技术的局限性

在建材节能性能测试方面, 现有的测试设备和测试技术都有很大的局限性。对于测试设备来说, 缺乏通用性是一个突出的问题。很多设备都是根据具体的材料设计的, 如常用的平板型导热计, 只能适用于形状均匀的保温板, 而对于结构复杂的复合保温材料, 其内部的材料界面多、导热路径多样, 传统的平板导热计不能精确测量其热导率。测试技术也无法跟上建材革新的脚步。随着智能变色玻璃、混凝土自愈合等新材料(见图二)的不断涌现, 现有的检测技术很难实现对其关键节能指标的快速获取^[2]。如智能变色玻璃可根据光照强度自动调节透光率, 从而达到节能的目的, 然而, 目前尚缺乏有效准确的检测手段, 对不同光照条件下的节能效果进行量化。另外, 探测效率也是一个亟待解决的问题。目前采用稳态热阻等高精度测试方法, 需要长时间稳定升温及数据采集, 且检测周期较长, 严重影响施工进度, 降低测试结果的时效性, 不能及时为工程决策提供有力支撑。



图二: 自愈合混凝土

(三) 检测精度与一致性问题

检测精度和一致性是衡量检测结果可靠性的重要指标, 从检测设备来看, 不同品牌、型号的仪器, 其核心

部件如传感器的灵敏度和稳定性存在差异。例如, A 品牌的热工性能检测仪采用的是传统的热敏电阻传感器, 在温度波动较大的环境下, 测量误差可达 $\pm 2^{\circ}\text{C}$; 而 B 品牌的同类设备配备了高精度的热电偶传感器, 测量误差能控制在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 以内。这就导致不同检测机构即便遵循相同检测标准, 使用不同设备检测同一材料的热工性能时, 结果也会出现明显偏差。检测人员的操作水平同样影响检测精度与一致性。部分检测人员在样品制备过程中, 未能严格按照标准要求控制样品的尺寸、平整度和均匀性。以检测保温材料的导热系数为例, 若样品切割厚度不一致, 会使热量传递路径发生变化, 最终导致检测结果出现较大误差^[3]。另外, 数据处理环节也容易出现人为失误, 比如错误的记录、不恰当的数据修约等, 都可能使检测结果偏离真实值, 严重影响检测结果的准确性与可靠性, 进而干扰建筑节能设计和施工的科学决策。

三、建筑材料节能性能检测的改进对策

(一) 优化检测标准与规范

1. 制定统一的检测标准

制定统一的检测标准是解决当前检测标准混乱的关键。首先, 应由国家相关部门牵头, 联合行业协会、科研机构以及大型企业的专业人员, 组建标准制定小组。小组成员需充分调研国内外现有标准, 综合考虑不同地区的气候条件、建筑特点以及经济发展水平, 制定出具有广泛适用性的检测标准。例如, 对于热工性能检测, 统一规定检测方法、样品尺寸、测试环境条件等关键要素, 确保不同地区、不同机构的检测结果具有可比性。在制定过程中, 还应广泛征求社会各界意见, 通过公示、听证会等形式, 让生产企业、施工单位、检测机构等相关方都能参与其中, 使标准更贴合实际需求。标准发布后, 要建立定期更新机制, 根据建筑材料技术的发展和实际检测过程中发现的问题, 及时修订完善, 保证标准的时效性和科学性。

2. 强化标准与实际应用的结合

强化标准与实际应用的结合, 能让检测标准真正发挥作用。一方面, 在制定标准时, 要充分考虑建设项目从设计、建设到使用维修等整个生命周期的特点; 例如, 在能效评价指标中, 不仅要考虑理想工况下材料的性能, 还要考虑建筑实际运行时的能耗状况, 建立更加符合实际使用情景的评价指标。二是加强标准的宣传与培训。针对制造企业, 培训如何按照标准开展产品的研究与开发, 保证产品达到节能标准; 对施工单位, 从材料选择和施工过程控制两个方面进行说明, 确保建筑施工达到节能标准。同时, 鼓励科研院所开展标准的应用研究, 探讨如何将标准与建筑节能设计软件及施工管理过程有机融合, 提高标准实施效率。在此基础上, 构建标准应用反馈机制, 收集建筑业各参与方在实施标准过程中所遇到的问题, 并及时向标准制定部门反馈, 实现标准的优化调整, 形成标准制定和应用的良性循环。

（二）提升检测技术与设备性能

1. 推广新型检测技术

新型检测技术是提升建筑材料节能性能检测水平的重要推动力。例如，基于激光诱导击穿光谱（LIBS）技术的元素分析检测，可快速准确地测定建筑材料中的元素组成，从而推断其物理和化学性能，为节能性能评估提供更全面的数据支持。LIBS 技术通过高能量激光脉冲与材料表面相互作用，使材料原子化并激发产生特征光谱，依据光谱信息就能实现对材料成分的分析。与传统化学分析方法相比，它具有非接触、快速检测、无需复杂样品制备等优势，能大幅提高检测效率^[4]。此外，太赫兹时域光谱技术（THz - TDS）在建筑材料检测领域也展现出巨大潜力。该技术可用于检测材料内部的缺陷和结构特性，对于保温材料内部的空洞、分层等问题能精准识别，有效保障材料的节能性能。推广新型检测技术，需要科研机构加强研发力度，降低技术成本，同时检测机构和相关企业要积极引入这些新技术，通过技术培训和示范项目，让行业人员熟悉并掌握新型检测技术的操作和应用。

2. 增强设备自动化与智能化

增强检测设备的自动化与智能化水平，能有效提高检测精度和效率。目前，许多检测设备仍依赖人工操作，不仅耗时费力，还容易引入人为误差。实现自动化，就是要让设备能自动完成样品装载、参数设置、数据采集等操作流程。比如，自动化的热工性能检测设备，可根据预设程序自动调节加热功率、测量温度和热流密度，减少人工干预，提高检测数据的准确性和稳定性。智能化则是利用人工智能和机器学习算法，使设备具备数据分析和故障诊断能力。检测设备在采集大量数据后，借助智能算法对数据进行深度挖掘和分析，不仅能快速给出检测结果，还能预测材料性能变化趋势。同时，当设备出现故障时，智能系统可通过对运行数据的分析，快速定位故障点并提供解决方案，降低设备维护成本和停机时间。为实现这一目标，设备制造商需加大研发投入，融入先进的传感器技术、自动化控制技术和人工智能算法，不断提升检测设备的自动化与智能化程度。

（三）完善检测流程与操作规范

1. 简化检测流程

当前建筑材料节能性能检测流程中，存在诸多烦琐且不必要的环节，严重影响检测效率。例如在样品送检环节，从委托单位填写复杂的送检表格，到检测机构对样品信息的反复核对登记，过程耗时较长，且容易出现信息错误。简化检测流程，首先要对整个检测流程进行全面梳理，去除重复和冗余的步骤。可以利用信息化系统，实现检测委托在线办理，委托单位直接在系统中录入样品信息，检测机构通过系统自动接收并确认，减少人工传递和重复录入工作。在检测过程中，优化检测步骤的顺序，合理安排多项目检测的并行操作。比如，对于同时需要进行热工性能和抗压强度检测的建筑材料，可根

据检测设备的使用情况，科学规划检测顺序，避免因等待设备或样品周转而造成时间浪费^[5]。此外，建立检测流程跟踪机制，委托单位和检测机构都能实时了解检测进度，及时解决流程中出现的问题，提高检测流程的流畅性。

2. 增强操作人员培训与规范化

操作人员的专业水平和操作规范程度直接影响检测结果的准确性。目前，部分检测人员对新型检测设备和技能掌握不足，操作过程中随意性较大。增强操作人员培训，应定期组织专业培训课程，邀请行业专家进行授课。培训内容不仅包括各类检测标准和规范的解读，还涵盖新型检测技术与设备的操作方法、维护要点等。例如，针对新推广的基于激光诱导击穿光谱技术的检测设备，要详细讲解其工作原理、样品制备要求、数据采集与分析方法等，确保操作人员能够熟练掌握。同时，制定严格的操作规范手册，明确每个检测环节的具体操作步骤和质量控制要点。要求操作人员在检测过程中严格按照手册执行，对违规操作行为进行严肃处理。建立操作人员考核机制，定期对操作人员的理论知识和实际操作技能进行考核，考核结果与绩效挂钩，激励操作人员不断提升自身专业素养和操作规范程度，保障检测工作的高质量开展。

结语

综上所述，建筑材料节能性能检测对于建筑行业的节能发展至关重要。目前，检测工作面临着检测标准不统一、检测设备与技术有局限、检测精度与一致性不足等技术瓶颈，严重阻碍了建筑节能目标的实现。为突破这些瓶颈，本文提出了一系列改进对策，包括优化检测标准与规范，制定统一标准并强化其与实际应用的结合；提升检测技术与设备性能，推广新型技术并增强自动化与智能化；完善检测流程与操作规范，简化流程并加强操作人员培训。通过这些措施的实施，有望提升建筑材料节能性能检测水平，推动建筑行业朝着绿色节能方向发展。

参考文献

- [1] 华承鑫, 胡骏嵩. 基于可再生能源的建筑被动设计与节能性能分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (32): 101-103.
- [2] 赵中文. 不同装饰材料选择对建筑外墙节能性能的比较研究[J]. 佛山陶瓷, 2024, 34(08): 16-18.
- [3] 刘济彤, 宁宇. 严寒地区既有建筑近零能耗改造材料研究[J]. 广东建材, 2024, 40(03): 157-160.
- [4] 乌日图那森. 建筑保温材料节能性能及经济厚度优化研究[J]. 现代经济信息, 2018, (12): 381.
- [5] 刘济彤, 宁宇. 严寒地区既有建筑近零能耗改造材料研究[J]. 广东建材, 2024, 40(03): 157-160.

作者简介: 张准(1979.5-), 男, 汉族, 安徽祁门人, 副高级工程师, 本科学历, 研究方向: 建筑工程检测。