

新型节能建筑材料的检测技术与质量控制

龙晖云

宜春市赣西检测有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i6.8140

[摘要] 新型节能建筑材料在建筑节能领域备受关注，但其质量参差不齐。文章系统介绍了物理性能、热工性能和力学性能的检测技术，包括密度、导热系数、抗压强度等关键参数的测定方法。同时，从原材料把控、生产监控到产品出厂检验，提出了全面的质量控制措施。研究有助于规范市场，保障材料性能，推动建筑节能和绿色建筑发展。

[关键词] 新型节能建筑材料；检测技术；质量控制；热工性能

Testing Technology and Quality Control of New-Type Energy-Saving Building Materials

Long Huiyun

Yichun Ganxi Testing Co., Ltd

[Abstract] New-type energy-saving building materials have attracted considerable attention in the field of building energy efficiency, yet their quality varies widely. This article systematically introduces testing technologies for physical properties, thermal performance, and mechanical properties, including measurement methods for key parameters such as density, thermal conductivity, and compressive strength. Furthermore, it proposes comprehensive quality control measures from raw material control, production monitoring, to product release inspection. The study contributes to standardizing the market, ensuring material performance, and promoting the development of building energy efficiency and green buildings.

[Key words] new-type energy-saving building materials; testing technology; quality control; thermal performance

引言：

建筑行业是能源消耗和碳排放的大户，其能耗占社会总能耗的相当比例。随着全球对节能减排和可持续发展的日益关注，新型节能建筑材料应运而生，为降低建筑能耗、实现节能减排目标提供了有力支持。然而，要确保这些材料在实际应用中的性能和质量，科学的检测技术和严格的质量控制措施至关重要。

一、新型节能建筑材料的发展现状与挑战

随着全球气候变化和能源危机加剧，新型节能建筑材料在全球范围内受到前所未有的关注和重视，这些年来已取得显著的技术突破和市场拓展，目前市场上涌现出多种创新型节能材料如真空绝热板、气凝胶保温材料、相变蓄热材料等，为建筑节能提供了丰富多样的技术路径和应用选择。这类材料通过优化热工性能、降低传热系数、增强蓄热调温能力等途径大幅提升建筑能效，有效减少采暖制冷能耗，创造了更加舒适节能的建筑环境。

尽管发展迅速但该领域仍面临不少亟待解决的问题和挑战，各国对新型节能材料的性能指标体系尚未形成统一标准，导致市场中同类产品的质量参差不齐；在热工性能检测方面因测试条件和方法不同而产生偏差，力学性能和耐久性评价标准也存在显著差异；这些问题使得工程应用中材料选择和质量控制变得异常复杂，更严峻的是在实际建筑环境中材料长期性能表现与实验室数据常有较大出入，进一步加剧了质量监管难度和应用风险^[1]。

在这样的背景下深入研究适合新型节能建筑材料特性的检测技术体系和质量控制方法显得尤为重要和紧迫，这不仅关系到节能减排目标的实现也直接影响该产业的健康可持续发展，对提高建筑能效、降低碳排放、促进绿色建筑发展具有深远的实践意义和战略价值。

二、新型节能建筑材料的检测技术

（一）物理性能检测

新型节能建筑材料的物理性能检测主要包括密度、孔隙

率、吸水率及尺寸稳定性等参数测定，其中密度检测作为基础性指标广泛应用于各类节能材料的质量评价环节。实验室常规密度测试方法主要有排水法、几何尺寸法和气体置换法，排水法适用于不规则形状样品，基于阿基米德原理通过测量样品在空气和水中的质量差确定其体积进而计算密度值，测试过程需控制样品不得有气泡附着；几何尺寸法则适用于规则形状样品，通过精密卡尺测量样品长宽高计算体积再除以质量得出密度，此方法操作简便但对样品形状要求较高；气体置换法则适用于多孔材料，利用气体渗透特性测量样品真实体积，可更准确测定复杂内部结构材料密度^[2]。现代化测试中，X射线断层扫描技术能够实现材料内部密度分布三维可视化，通过不同密度区域对X射线的衰减差异生成密度梯度图，有助于识别材料内部缺陷和非均质区域；超声波检测技术则利用声波在不同密度材料中传播速度差异来间接评估材料密度，该方法无损、快速且可用于现场检测；真空吸水法适用于测定闭孔率与开孔率，将样品在真空条件下浸水后测量质量变化计算孔隙特性，不同孔隙结构直接影响材料的热工性能。对于层状复合节能材料，密度梯度分析尤为重要，可通过层层分离测试或CT扫描技术实现，有助于优化材料结构设计及提升节能效果。

（二）热工性能检测

热工性能检测是评价节能建筑材料核心指标的关键环节，其中导热系数作为表征材料传热能力的基本参数，其测试方法分为稳态法和瞬态法两大类系统。稳态法中的保护热板法被公认为最精确的标准方法，其测试装置由中央加热板、冷却板和防护热环组成，样品需放置于热板与冷板之间形成单向稳定热流场，通过精确测量加热功率、温差和样品厚度计算导热系数，该方法测试周期长但精度高，适用于研发和标准验证；热流计法则更为快捷，通过将标定过的热流传感器贴附于样品表面直接测量热流密度，结合温差计算导热系数，该方法操作简便但对传感器标定要求高。瞬态测试中常用的热线法利用线性热源在材料中产生的温升曲线分析热性能，测试时将热电偶与加热线一起嵌入样品中心，通过记录温升-时间曲线斜率计算导热系数，该方法适用于中低导热材料且测试速度快；激光闪射法则通过脉冲激光加热样品一侧，测量另一侧温升响应曲线求得热扩散系数，进而推算导热系数，特别适合高导热或薄膜材料^[3]。对于相变蓄热节能材料，差示扫描量热法是测定其相变温度和潜热的必要手段，通过记录样品在升温或降温过程中的热流变化曲线分析相变特性；对于反射隔热材料如低辐射涂层，半球发射率测试装置能评估其辐射换热性能，通过积分球原理测量材料表面发射率值。现代热工检测还引入红外热像技术实现材料表面温度场分布可视化分析，有助于发现热桥和不均匀传热区域。

（三）力学性能检测

力学性能检测对确保新型节能建筑材料结构安全性和耐久性具有决定性意义，其核心检测指标包括抗压强度、抗弯强度、抗拉强度及弹性模量等多项参数。抗压强度测试作为最基础的力学性能评价手段，通常采用电子万能试验机或液压压力试验机进行，测试前需将样品制备成标准尺寸的立方体或圆柱体且表面平整度误差不得超过0.5mm，测试过程中加载速率须严格控制在 $0.3\sim 0.5\text{MPa/s}$ 范围内以避免动态效应影响，压力传感器实时记录荷载-变形曲线直至样品破坏，系统自动计算单位面积承载能力并生成强度报告；对于板材类节能材料如纤维增强复合保温板，抗弯强度测试更具代表性，常采用三点或四点弯曲法，样品被放置在两个支点上并在中间施加垂直荷载，通过测量破坏时的最大荷载与跨中挠度计算弯曲强度与弹性模量^[4]。动态力学分析仪则能测定材料在不同温度和频率下的黏弹性参数，尤其适用于聚合物基节能材料如挤塑板，可评估其随温度变化的刚度损耗；对于薄膜类材料如气凝胶复合隔热膜，拉伸试验通过夹持样品两端并施加单轴拉力直至断裂，测定其极限抗拉强度与断裂伸长率。微观层面的纳米压痕技术采用精密压头对材料表面施加微小载荷，通过载荷-位移曲线分析获取局部区域的硬度和弹性模量，特别适用于复合节能材料界面性能评估；冲击试验则评估材料的吸能能力和脆性特征，常采用摆锤式或落锤式冲击仪模拟材料在瞬时冲击下的力学响应，这对建筑外墙保温材料的抗风压与抗冰雹性能评估尤为重要。

三、新型节能建筑材料的质量控制措施

（一）原材料质量把控

新型节能建筑材料的质量管控始于严格的原材料筛选和管理体系，建立科学的供应商评估机制是质量保障的基础环节，评估内容应涵盖供应商资质认证、生产规模、技术水平及历史供货表现等多维度指标，通过实地考察与文件审核相结合的方式全面评价供应商能力，重点关注其质量管理体系运行效果和持续改进能力。与优质供应商建立战略合作关系有助于稳定原材料品质，定期执行的供应商绩效评价能形成优胜劣汰的良性竞争环境，对问题频发的供应商实施限期整改甚至淘汰处理，确保供应链整体质量水平持续提升。

进厂检验环节需建立科学的抽样方案和标准化检测流程，针对不同风险等级的原材料采用差异化抽样策略，高风险材料如特种功能添加剂宜采用全检或加严抽样，常规材料则可采用一般抽样标准以平衡质量风险和检验成本。检验内容应覆盖感官特性、物理性能和化学性能等多方面指标，先进的检测设备如X射线荧光分析仪和热重分析仪能够实现原材料的快速表征和精准鉴别，为质量把控提供技术保障^[5]。

原材料储存管理同样至关重要，应根据材料特性制定库存管理策略和储存条件标准，设置分区存放、标识清晰、先进先

出的仓储体系，对温湿度敏感材料配置恒温恒湿区域并实施实时监控。建立超期原材料的复检机制确保进入生产环节的材料处于最佳状态，引入条码或 RFID 技术实现原材料全程追溯管理，记录批次信息、检验数据和使用情况，形成闭环的质量管理体系，为节能建筑材料性能的一致性奠定坚实基础。

（二）生产过程监控

生产过程监控作为新型节能建筑材料质量保障的核心环节，需建立标准化的工艺规程体系和多层次的监控网络，工艺文件应包括流程图、参数表和操作指南等，详细描述各工序的操作要点和控制要求。关键工艺参数的确定通过系统实验验证和数据分析，明确各参数的标准值与允许波动范围，如保温材料生产中温度、压力、时间等参数的精确控制直接决定产品的孔隙结构和隔热性能；工艺规程执行可通过电子化记录系统实时跟踪，关键参数采用自动化监测与报警技术确保及时发现异常，非关键参数则通过人工巡检与抽查相结合的方式进行管控。

在线检测技术应用是实现实时质量监控的有效手段，根据材料特性在关键节点设置检测装置：红外热像仪监测温度分布，X 射线透视系统检测内部缺陷，激光测厚仪控制尺寸波动，这些数据通过工业物联网技术实时传输至质量管理中心分析处理。现代工厂普遍采用统计过程控制技术建立工艺参数控制图，通过趋势分析及及时识别异常并进行干预；对批次生产模式应在转换点设置严格清场和验证程序，防止不同配方或规格的交叉污染。

质量异常的快速响应机制至关重要，建立分级预警和处置流程能根据问题严重程度采取相应措施：轻微偏差通过参数微调修正，重大异常则启动停线评审并实施根本原因分析。设备管理同样影响质量稳定性，关键设备应建立预防性维护计划和状态监测系统，定期校准计量设备确保测量准确可靠；生产现场的 5S 管理和目视化管理提升操作规范性和问题识别效率，通过工位优化、标准作业指导书和参数看板等降低人为错误风险，形成全员参与的质量文化氛围，为节能建筑材料的品质一致性提供坚实保障。

（三）产品出厂检验

产品出厂检验是新型节能建筑材料质量控制的最后防线，科学完善的检验体系对确保市场产品质量具有决定性意义。检验方案设计应基于产品标准要求和应用需求，综合考虑物理性能、热工性能、力学性能和环保指标等多维度因素；抽样检验作为常用方法需制定合理的抽样计划和判定规则，抽样比例应根据生产批量、工艺稳定性和质量风险等级进行差异化设计，新产品或工艺变更后的产品宜采用加严抽样标准直至性能稳定，批次划分需考虑原材料批次和生产时间段，确保抽样的代

表性和可追溯性。

综合性能检测是出厂检验的核心内容：物理性能检测关注密度、含水率和尺寸稳定性，热工性能检测评估导热系数和热阻值，力学性能检测验证结构安全性和耐久性，环保性能检测测定有害物质含量和释放量。检测数据的统计分析能揭示产品质量整体水平和波动趋势，通过过程能力指数评估产品与标准要求的匹配度，建立关键性能控制图及时发现异常并追溯根源，为持续改进提供数据支持。

质量追溯系统是全生命周期管理的技术基础，现代工厂采用二维码或 RFID 技术为产品赋予唯一标识，关联记录原材料信息、生产参数和检测结果，形成完整质量档案；数字化追溯平台实现全链条可视化管理，一旦发现问题可迅速锁定影响范围采取针对性措施。产品合格评定应基于多指标综合判定原则，建立严格的例外放行审批机制和风险评估流程；质量证明文件作为市场流通凭证应包含检验报告、合格证和使用说明，确保用户获得充分产品信息；完善的客户反馈机制和售后服务体系有助于验证实验室检测与实际应用的一致性，定期质量分析会议整合各方数据制定改进措施，形成闭环管理推动节能建筑材料品质持续提升。

四、结论

通过对新型节能建筑材料检测技术与质量控制措施的系统研究，明确了当前该领域面临的挑战及应对策略。物理、热工和力学性能的检测技术为材料质量评估提供了科学依据，而原材料把控、生产监控和出厂检验的质量控制体系则保障了产品性能的稳定性和一致性。这些研究成果不仅有助于实现节能减排目标，还对促进新型节能建筑材料产业的健康可持续发展具有重要意义，为建筑能效提升和绿色建筑推广奠定了坚实基础。

[参考文献]

- [1]张克锋.建材质量检测技术与质量控制[J].商品与质量·建筑与发展, 2021(5): 46-47.
- [2]高明.建筑工程施工中材料检测质量控制技术研究[J].中国建筑金属结构, 2024, 23(4): 32-33.
- [3]龚成才.新时代房屋建筑材料质量检测控制策略[J].住宅与房地产, 2024(5): 59-60.
- [4]李毅.建筑材料质量检测与控制[J].安防科技, 2021(2): 11-12.
- [5]黄宝莹, 钟存青, 刘海军.建材质量检测技术与质量控制的微探[J].户外装备, 2023(1): 2-3.

作者简介：龙晖云，1993 年 7 月生，女，汉族，江西省宜春市人，本科，助理工程师，研究方向：建工建材检测-节能检测。