

建筑外墙节能保温材料及其检测技术分析

章泳明

浙江中岩工程技术研究有限公司 浙江 杭州 310015

摘要: 人们正逐渐将多种新工艺技术应用于建筑外墙节能保温材料中,以优化材料使用性能,发挥节能保温材料的最大应用价值,这一举措可以有效提高建筑外墙施工质量、节约成本,实现利益最大化。因此,相关工作人员应正确了解各类节能保温材料特性和应用要求,并掌握相应的检测技术,提高材料检验结果的可靠性,确保材料符合建筑外墙施工要求。

关键词: 建筑外墙节能;保温材料;检测技术

随着建筑行业的持续发展,绿色环保和可持续发展理念逐步得到落实,人们积极倡导在建筑工程建设中优先选择环保节能型材料,以提高建筑工程施工质量,减少对生态环境的影响。因此,人们应不断加大对建筑外墙节能保温材料的研发和应用力度,以获得理想的应用效果。

1 建筑外墙节能保温材料种类及技术特性

(1) 传统无机材料。岩棉板。防火性能:A1级不燃材料,耐火稳定性强,适用于防火要求高的建筑;技术参数:导热系数 $0.036-0.040\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,但吸湿性较高,需配合防水工艺;应用场景:高层建筑、消防重点区域。陶瓷保温板。特性:耐候性优异(不吸水、抗冻融),导热系数 $0.08-0.10\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,适合高耐久性外墙。

(2) 有机发泡材料。聚苯乙烯泡沫(EPS/XPS)。EPS板:导热系数 $0.038-0.041\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,成本低,但防火等级仅为B1/B2级;XPS板:闭孔结构更优,导热系数 $0.028-0.030\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,抗压强度 $\geq 150\text{kPa}$,但界面粘结风险较高。硬泡聚氨酯(PU)。性能优势:闭孔率 $>90\%$,导热系数低至 $0.020-0.024\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,兼具保温与防水功能;局限性:成本较高,需通过阻燃处理提升防火等级至B1级。

(3) 新型复合材料。改性岩棉板。技术创新:通过储胶仓设计优化粘结性能,降低高温膨胀对防火性的影响。气凝胶材料。超低导热性:实验室导热系数可达 $0.008\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,轻质且耐火,但商业化成本较高;应用前景:迪拜太阳能塔等超低能耗建筑中试点应用。

2 挤塑聚苯板(XPS)外墙保温材料综合解析

(1) 材料定义与生产工艺。挤塑聚苯板(XPS)是以聚苯乙烯树脂为主要原料,加入发泡剂、阻燃剂等添加剂,经高温熔融后通过连续挤压成型工艺制造的闭孔硬质泡沫塑料板材。其内部呈现均匀蜂窝状闭孔结构,赋

予其优异的抗压性和防潮性。

(2) 核心性能特点。保温隔热性能。导热系数低至 $0.028-0.032\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,优于传统聚苯板(EPS)及部分无机材料;闭孔结构稳定,保温性能长期保持,受湿度影响小。物理性能。抗压强度高($\geq 150\text{kPa}$),适用于承重地面或高负荷墙体保温;吸水率极低($< 1\%$),耐腐蚀、抗氧化,设计寿命可达30-40年。防火与安全性。标准燃烧等级为B1/B2级,需通过阻燃改性提升防火性能;燃烧时可能释放有毒烟气,需配合防火隔离带使用(参考火灾案例分析)。

(3) 典型应用场景。建筑外墙保温:适用于低层住宅、商业建筑及地下室等低湿度区域;特殊环境工程:机场跑道、冷库地面等需高抗压、防潮的低温环境;节能改造:配合反射涂料或夹芯板,降低建筑能耗。

(4) 局限性及注意事项。施工风险。表面光滑导致界面粘结强度不足,易引发空鼓、脱落等问题;温差变形应力大,需采用柔性抗裂砂浆及锚栓双重固定。环保与健康影响。生产过程需控制发泡剂(如HCFCs)的环保性,避免臭氧层破坏;旧板材回收难度较高,需加强循环利用技术研发。替代方案对比。与岩棉板对比:XPS保温性能更优,但防火等级低于岩棉(A级);与聚苯板(EPS)对比:XPS耐久性更强,但成本高、透气性差。

(5) 选型与施工建议。设计适配:优先用于非防火重点区域,高层建筑需搭配A级防火材料;工艺优化:采用界面剂增强粘结强度,并定期进行红外热像法检测空鼓缺陷。

3 模塑聚苯乙烯泡沫塑料(EPS)外墙保温材料综合解析

(1) 材料定义与生产工艺。模塑聚苯乙烯泡沫塑料(EPS)以聚苯乙烯树脂为主要原料,加入挥发性液体发泡剂(如戊烷),通过蒸汽预发泡、模具成型、热熔切

割等工艺制成，内部呈现微细闭孔蜂窝结构。其标准生产工艺包括原料预发、熟化、成型及干燥四大环节，最终形成白色轻质板材。

(2) 性能优势。保温隔热性。导热系数为 $0.038-0.041 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，优于多数无机保温材料，满足建筑节能设计要求；闭孔结构可吸收热湿应力，即使在低温结冰环境下仍保持结构完整性。物理特性。密度低（ $15-30 \text{ kg}/\text{m}^3$ ），抗压强度 $\geq 100 \text{ kPa}$ ，兼具轻量化与承重能力；吸水率低（ $< 4\%$ ），防潮透气性能优异，化学稳定性强，耐酸碱腐蚀。施工适应性。可切割为任意形状，兼容锚栓、粘结砂浆等多种固定方式，适用于复杂造型墙体。

(3) 应用场景。建筑外墙保温：作为薄抹灰外墙外保温系统核心层，覆盖墙体内外表面，配合抗裂砂浆及网格布使用；屋面与地暖：用于倒置式屋面保温层或地暖隔热层，减少热损失；节能改造：老旧建筑外墙翻新中优先选用，降低能耗达30%以上。

4 GB/T10801.1-2021 外墙保温材料标准

(1) 标准概述。GB/T 10801.1-2021是中国针对绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）的国家标准，替代旧版GB/T 10801.1-2002，于2021年8月20日发布，2022年3月1日正式实施。该标准规定了EPS的分类、定义、性能要求及测试方法，适用于建筑、冷链运输等领域的绝热应用。

(2) 核心修订内容。分类方式优化。取消按密度分类，新增按压缩强度、绝热性能和燃烧性能分级，更贴合实际工程需求；明确包含通过石墨等添加剂改性的EPS产品及其切割制品。术语与定义扩充。增加对闭孔结构、表观密度、尺寸稳定性等关键术语的明确定义。技术指标调整。导热系数：要求符合绝热性能分级，具体数值根据改性工艺调整；燃烧性能：需满足建筑材料燃烧性能分级（GB 8624-2012）要求，不同场景对应不同阻燃等级；压缩强度：按分级指标提升至 $\geq 100 \text{ kPa}$ （部分高规格产品）。

(3) 关键检测项目。根据标准要求，EPS产品质量需通过以下检测：物理性能：压缩强度、尺寸稳定性、表观密度；绝热性能：导热系数（需在平均温度 10°C 条件下测试）；燃烧性能：氧指数、燃烧分级（如B1/B2级）；环保性：发泡剂残留量、可回收性评估。

(4) 应用场景与限制。适用领域。建筑保温：外墙、屋面、地板保温层，尤其适用于薄抹灰外墙外保温系统；冷链运输：冷藏车、冷库等低温环境隔热；辅助工程：地暖隔热层、管道保温等。限制条件。防火要求：高层建筑需搭配A级防火材料（如岩棉）或设置防火隔离带；耐候性：紫外线照射环境下需附加抗老化饰面层。

5 提高建筑外墙保温材料检测准确性的综合方法

(1) 标准化取样与预处理。规范取样方法。取样需覆盖材料不同批次及施工区域，确保样本代表性，避免局部缺陷影响检测结果；按GB/T 29906-2013要求裁剪试样，保证尺寸精度（如长度误差 $\leq 2 \text{ mm}$ ）。环境预处理。检测前需在标准实验室环境（温度 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ，湿度 $50 \pm 5\%$ ）下平衡48小时，消除温湿度对材料性能的影响。

(2) 检测设备校准与技术验证。仪器校准。定期采用NIST标准物质校准导热系数仪、压力试验机等设备，确保热流计精度误差 $\leq \pm 3\%$ ；红外热像仪需每年进行黑体辐射校准，保证测温误差 $< 0.5^\circ\text{C}$ 。多方法联用验证。结合红外热像法（定位空鼓）、超声波检测（内部缺陷）及热流法（导热系数测定）交叉验证结果；燃烧性能测试需同步进行氧指数、烟密度及热释放速率试验，提高防火评估可靠性。

(3) 人员操作与数据管理。技能培训。操作人员需通过CMA/CNAS认证培训，重点掌握异常数据识别和仪器故障排查能力；实行双人复核制度，减少人为操作误差。数字化管理。采用LIMS系统记录检测全流程数据（包括环境参数、操作日志），实现可追溯性；利用大数据分析历史数据，建立材料性能波动预警模型。

(4) 特殊场景检测强化。复杂构造区域（如窗框、伸缩缝）：增加取样密度，辅以渗水试验验证密封性；高湿度环境：延长试样干燥时间，采用低吸水性修正系数调整导热系数结果。

(5) 验收阶段质量控制。施工后采用红外热像法全墙扫描，空鼓率控制 $\leq 5\%$ 且单块空鼓面积 $< 0.04 \text{ m}^2$ ；对争议性数据（如导热系数偏差 $> 10\%$ ）启动复检程序，排除设备或操作干扰因素。

6 建筑外墙节能保温材料节能效果解析

(1) 节能核心机制。阻断热量传递。保温材料通过低导热系数（ $\leq 0.045 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ）阻断室内外热交换，冬季减少热量流失，夏季降低冷量损耗，综合节能率可达30%-65%；典型材料导热系数对比：岩棉板： $0.036-0.040 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。聚氨酯： $0.020-0.025 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ （优于传统材料的导热性能）。EPS板： $0.038-0.041 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。热稳定性优化。材料闭孔结构可缓冲温度应力，减少热桥效应，降低建筑结构因温差导致的变形风险，间接延长建筑寿命并降低维护能耗；例如，超级保温砖通过孔隙结构填充废弃纤维材料（如岩棉、玻璃棉），实现导热系数 $\leq 0.035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，节能效率突破65%。

(2) 辅助节能优化措施。表面处理技术。控制外

表面太阳辐射吸收系数 < 0.6 (如浅色饰面), 减少夏季太阳辐射热量吸收, 降低空调负荷; 系统设计优化。复合保温系统 (如HFS系统) 通过叠加防火层 (热阻 0.91) + 保温层 (热阻 1.5), 综合传热系数可低至 $0.398 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, 远超75%节能标准要求。

(3) 量化节能效果验证。能耗计算: 采用传热系数公式 $K = 1/\Sigma$ (厚度/导热系数), 结合材料热阻与施工工艺评估实际节能达标率; 案例实测: 某填充岩棉的超级保温砖项目, 运营阶段碳排放减少42%, 空调能耗降低58%。

7 新型建筑外墙节能保温材料创新点分析

(1) 材料科学革新。纳米级复合技术。气凝胶通过纳米多孔结构实现导热系数低至 $0.004 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, 隔热性能较传统材料提升2-8倍, 且厚度减少80%; 石墨改性EPS通过纳米涂层技术, 防火等级提升至B1级, 压缩强度同步优化 $\geq 100 \text{ kPa}$ 。多功能复合体系。保温装饰一体板集成金属饰面层 (铝板/锌镁板)、XPS/岩棉保温芯材和高密度硅酸钙结构层, 实现导热系数 $\leq 0.024 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, 兼具防火与装饰功能; 丝瓜络气凝胶复合板结合磷系阻燃结构与膨润土骨架, 耐高温达 800°C , 回收纤维废料利用率提升至30%以上。

(2) 生产工艺与结构设计突破。抗拉强度优化。安围板采用玄武岩线连续缝纫技术, 构建三维网格结构, 岩棉抗拉拔强度提升300%, 同时保持导热系数 $\leq 0.040 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$; UHPC幕墙板通过纳米二氧化硅改性, 抗压强度突破 180 MPa , 抗折强度达 45 MPa , 且具备自修复微裂缝能力。精密制造技术。3D打印砂型模具使UHPC曲面幕墙板成型误差 $\leq 0.3 \text{ mm}$, 生产周期缩短至传统工艺的

的1/3; 真空绝热板 (VIPs) 采用超薄封装工艺 (10mm厚度等效100mm岩棉), 适配小户型建筑需求。

(3) 环保与资源循环创新。废弃物再生利用。聚苯颗粒保温浆料以废弃泡沫包装为原料, 吸水率 $\leq 0.3\%$, 实现资源循环利用率 $\geq 85\%$; 超级保温砖填充工业固废纤维, 碳排放较传统材料降低35%, 节能率 $\geq 65\%$ 。低环境负荷技术。环保型纳米涂层 (甲醛释放量 $\leq 0.02 \text{ mg}/\text{m}^3$) 结合无机粘合剂, 满足欧盟E0级标准; 反射隔热涂料添加玻璃微珠, 太阳辐射反射率 $> 85\%$, 表面降温 20°C 。

(4) 智能与系统化集成。智能控温系统。相变材料 (PCMs) 通过昼夜储能释能, 减少室温波动50%, 空调节能率提升40%; 物联网监测平台实时优化保温系统能效, 结合CFD流体分析精准调控热桥分布。施工模式升级。薄抹灰外墙系统采用机器人喷涂聚氨酯硬泡, 无缝贴合率达99%, 单日施工面积提升60%; BIM技术实现保温层数字化预装配, 材料损耗率由15%降至5%以下。

总之, 在建筑外墙施工的过程中, 节能保温材料在建筑外墙中的应用能够进一步保证墙体建设质量合格, 减少各项费用支出, 获得更多的经济效益。因此, 相关人员应加大各类保温材料的检测工作力度, 结合建筑外墙保温材料的实际情况选择适宜的检测方式, 提高检测结果的有效性, 为节能保温材料的应用提供有效参考。

参考文献

- [1]刘航.关于建筑外墙节能保温材料及其检测技术.2023.
- [2]张静.浅谈建筑外墙节能保温材料及其检测技术分析.2023.