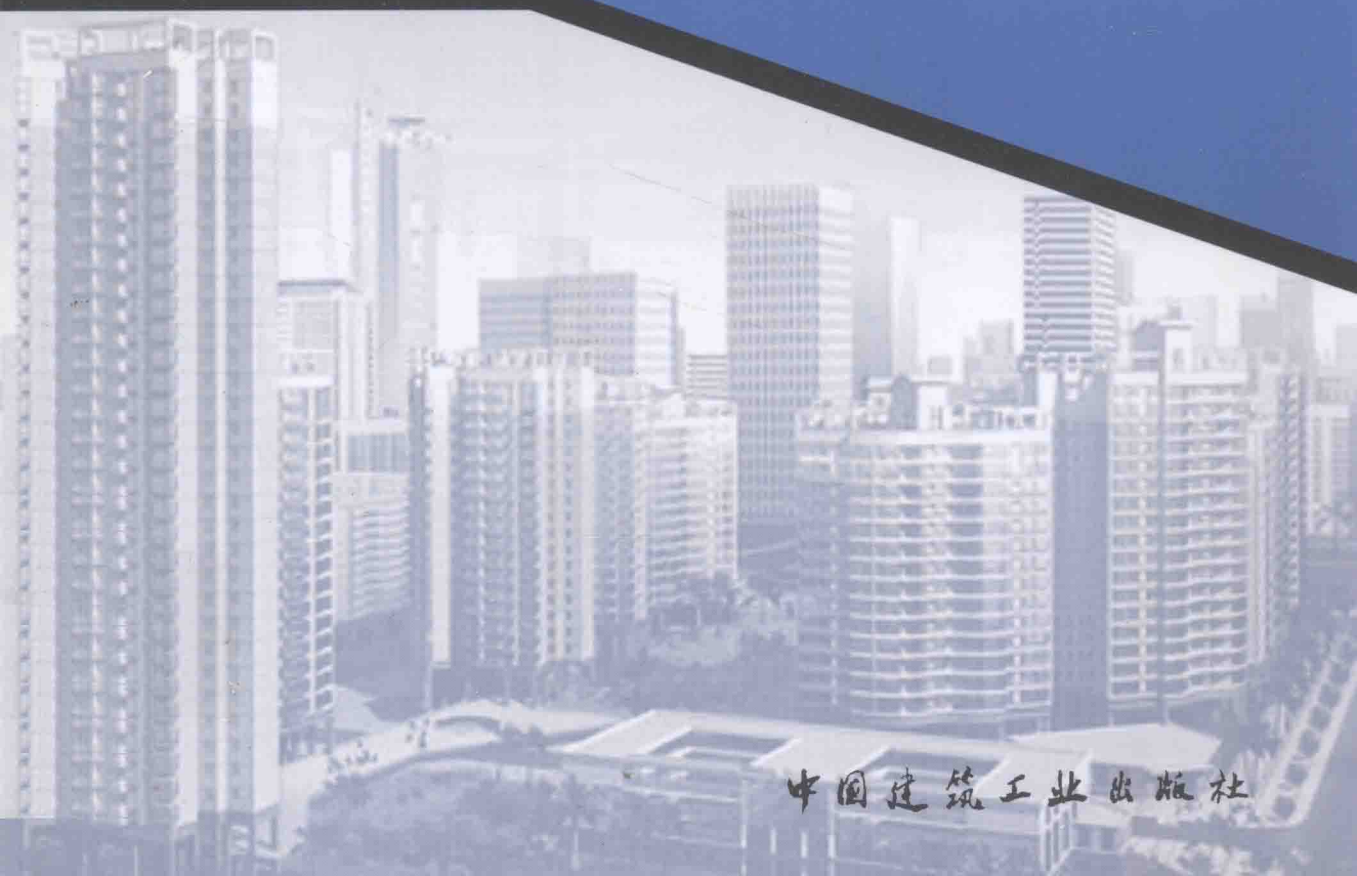




建筑节能检测 实用手册

朱 敏 主 编
孙林柱 副主编



中国建筑工业出版社

建筑节能检测实用手册

朱 敏 主 编

孙林柱 副主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑节能检测实用手册 / 朱敏主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2014. 8

ISBN 978-7-112-17153-8

I. ①建… II. ①朱… III. ①建筑—节能—检测—技术手册 IV. ①TU111.4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 186765 号

本书包括 8 章, 包括: 砂浆及保温浆料、保温板材、建筑玻璃及门窗、建筑墙体保温系统、建筑物围护结构现场检测、建筑节能配套材料、保温材料的燃烧性能、附表。本书从建筑节能材料检测的角度出发, 分别对常用建筑节能材料的试验标准、检验批划分、检测设备、检测方法、结果评定等方面作出详尽的描述。书中附有各种记录表格, 具有实用性和针对性。

本书可供节能检测机构培训及从事建筑节能材料检测、建筑节能材料研发、工程质量监督等工程技术人员使用, 也可供大专院校师生使用。

* * *

责任编辑: 胡明安

责任设计: 李志立

责任校对: 张颖 姜小莲

建筑节能检测实用手册

朱敏 主编

孙林柱 副主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京永峥有限责任公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 12 字数: 288 千字

2014 年 9 月第一版 2014 年 9 月第一次印刷

定价: 30.00 元

ISBN 978-7-112-17153-8

(25940)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书编委会

主 编：朱 敏

副 主 编：孙林柱

编 委：陈日升 鲍 强 赵松毅 金碧敏

胡正华 金 瓯 郑笑芳 杨 芳

主编单位：温州建设集团有限公司

温州华星建材检测有限公司

温州大学

前 言

21 世纪以来,世界各国都十分重视对能源的节约,中国已经把建筑节能提升为国家战略,建筑行业作为能源耗散的重点领域一直被重点关注。为了实现建筑物对能源的节约,建筑保温材料作为一种新型的节能材料被广泛应用于建筑物的保温隔热体系。

随着建筑节能材料在建设工程中的使用,对建筑节能材料的质量检测显得尤为重要。各种建筑节能材料涉及的标准、规范非常多,同种材料有时涉及多个标准,如保温砂浆,标准《建筑保温砂浆》GB/T 20473—2006、《无机轻集料保温砂浆及系统技术规程》DB33/T 1054—2008、《无机轻集料砂浆保温系统技术规程》JGJ 253—2011 都有提到,但他们的产品型号、试验方法、结果评定等均有差异,如果不深入研究分析,会影响检测结果的准确性。

为了使检测人员能系统地了解建筑节能检测的相关要求,本书依据现行技术规范、技术标准等,并结合作者的工作实践而编写,将节能检测归纳为砂浆及保温浆料、保温板材、建筑玻璃及门窗、建筑墙体保温系统、建筑物围护结构现场检测、建筑节能配套材料、保温材料的燃烧性能等 7 个方面内容,从建筑节能材料检测的角度出发,分别对常用建筑节能材料的试验标准、检验批划分、检测设备、检测方法、结果评定等方面作了详尽的描述。书中还附有各种记录表格,具有实用性和针对性。

本书对于从事建筑节能材料检测、建筑节能材料研发、工程质量监督等工程技术人员以及土木工程及建筑学专业本科学生工程化实验具有重要的参考价值。可作为节能检测机构的培训教材。

由于标准更新较快,为便于读者了解书中引用标准的时效性,便于更新与应用,特在书中列举或标注了相关标准的完整编号(含年号)。

由于编者知识水平有限,书中不足与失误之处在所难免,衷心希望广大读者、专家、同行指正。

编 者
2014 年 7 月

目 录

第 1 章 砂浆及保温浆料	1
1.1 保温砂浆	1
1.2 界面砂浆	11
1.3 抗裂砂浆	15
1.4 胶粉聚苯颗粒浆料	19
第 2 章 保温板材	23
2.1 绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料	23
2.2 绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料	29
2.3 泡沫玻璃	33
2.4 岩棉板	36
第 3 章 建筑玻璃及门窗	41
3.1 建筑玻璃	41
3.2 中空玻璃	51
3.3 建筑门窗	52
第 4 章 建筑墙体保温系统	57
4.1 建筑外墙外保温系统	57
4.2 无机轻集料保温砂浆系统	62
4.3 胶粉聚苯颗粒外墙外保温系统	66
4.4 膨胀聚苯板薄抹灰外墙外保温系统	69
第 5 章 建筑物围护结构现场检测	73
5.1 饰面砖粘结强度检测	73
5.2 保温层粘结强度检测	77
5.3 锚固件拉拔检测	79
5.4 节能构造钻芯检测	80
5.5 外围护结构热工缺陷检测	81
5.6 围护结构主体部位传热系数检测	84
5.7 外窗现场气密性检测	86

第6章 建筑节能配套材料 90

6.1 耐碱网布 90

6.2 玻纤网 92

6.3 耐碱玻纤网 95

6.4 胶粘剂 97

第7章 保温材料的燃烧性能 102

7.1 建筑保温砂浆燃烧性能 102

7.2 无机轻集料保温砂浆燃烧性能 105

7.3 绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料燃烧性能 114

7.4 绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料（XPS）燃烧性能 122

7.5 岩棉板燃烧性能 124

第8章 附表 129

8.1 检测原始记录表格 129

8.2 检测报告表格 160

第1章 砂浆及保温浆料

1.1 保温砂浆

1.1.1 适用范围

建筑保温砂浆、无机轻集料保温砂浆干密度、抗压强度及导热系数的检测。

1.1.2 试验标准

- (1) 《建筑保温砂浆》GB/T 20473—2006。
- (2) 《无机轻集料保温砂浆及系统技术规程》DB33/T1054—2008。
- (3) 《无机轻集料砂浆保温系统技术规程》JGJ 253—2011。
- (4) 《建筑节能工程施工质量验收规范》GB 50411—2007。

1.1.3 检验批

出厂检验：建筑保温砂浆以相同原料，相同生产工艺、同一类型、稳定连续生产的产品 300m^3 为一个检验批。稳定连续生产 3d 产量不足 300m^3 亦为一个检验批。

无机轻集料保温砂浆以同种产品、同一级别、同一规格产品 100t 为一批，不足一批以一批计，从每批任抽 10 袋，从每袋中分别取试样不少于 500g，混合均匀，按四分法缩取比试验所需量大于 1.5 倍的试样为检验样。

现场复验：墙体节能工程中，保温砂浆的导热系数、密度、抗压强度同一厂家同一品种的产品，当单位工程建筑面积在 20000m^2 以下时各抽查不少于 3 次，当单位工程建筑面积在 20000m^2 以上时各抽查不少于 6 次，每次一组。屋面和地面节能工程同一厂家同一品种的产品各抽查不少于 3 组。干密度和抗压强度每组 6 块 ($70.7\text{mm} \times 70.7\text{mm} \times 70.7\text{mm}$) 或委托检测机构制作试件 (每组 5kg)；导热系数每组 2 块 ($300\text{mm} \times 300\text{mm} \times 30\text{mm}$) 或委托检测机构制作试件 (每组 20kg)。

1.1.4 检测设备

- (1) 压力试验机：最大压力示值 20kN，相对示值误差应小于 1%，试验机具有显示受压变形的装置。
- (2) 导热系数测定仪。
- (3) 电热鼓风干燥箱。
- (4) 游标卡尺：分度值 0.02mm。
- (5) 天平：分度值 0.01g。
- (6) 钢直尺：分度值 1mm。

(7) 试模: 70.7mm × 70.7mm × 70.7mm 钢制有底试模, 表面平整度为 100mm 不超过 0.05mm, 相邻面的不垂直度应小于 0.5°。

(8) 组合式无底金属试模: 300mm × 300mm × 30mm, 表面平整度为 100mm 不超过 0.05mm, 相邻面的不垂直度应小于 0.5°。

1.1.5 检验方法

1. 标准《建筑保温砂浆》GB/T 20473—2006 中干密度、抗压强度及导热系数的检验方法。

(1) 试样要求

干密度、抗压强度试样尺寸 70.7mm × 70.7mm × 70.7mm。表面平整度为 100mm 不超过 0.05mm, 相邻面的不垂直度应小于 0.5°。

(2) 试样制备

首先将材料提前 24h 放入试验室, 试验室温度为 $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$, 搅拌时间 2min, 稠度 $50 \pm 5\text{mm}$ 。将拌合好的保温砂浆一次装满试模, 并略高于其上表面, 用振动棒均匀由外向里按螺旋方向轻轻插捣 25 次, 插捣时用力不应过大, 尽量不破坏其保温骨料。为防止可能留下孔洞, 允许用油灰刀沿模壁插捣数次或用橡皮锤轻轻敲击试模四周, 直至插捣棒留下的孔洞消失, 最后将高出部分沿试模顶面削去抹平。至少成型 6 个三联试模, 18 块试件。

(3) 养护方式

试件制作后, 用聚乙烯薄膜覆盖, 在 $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 温度环境下静停 $48 \pm 4\text{h}$ 后拆模。拆模后应立即在 $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 60% ~ 80% 的条件中养护至 28d, 自成型时算起。

养护结束后将试件从养护室取出并在 $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 或生产商推荐的温度下烘至恒重, 放入干燥箱备用。恒重的判定依据为恒温 3h 两次称量试件的质量变化率小于 0.2%。

(4) 干密度 (试件为 6 块)

1) 尺寸测量:

a. 用钢直尺或钢卷尺分别测量制品的长度和宽度。精确至 1mm, 测量结果为 4 个测量值的算术平均值。

b. 在制品的两个侧面上, 用游标卡尺分别测量侧面的两边及中间位置的厚度。精确至 0.5mm, 测量结果为 6 个测量值的算术平均值。

2) 试验步骤

将试件置于电热鼓风干燥箱中, 在 $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 下烘干至恒质量, 然后移至干燥器中冷却至室温。称量烘干后的试件质量, 保留 5 位有效数字。

3) 计算

试件干密度按式 (1.1-1) 计算, 精确至 $1\text{kg}/\text{m}^3$ 。

$$\rho = \frac{G}{V} \quad (1.1-1)$$

式中 ρ ——试件干密度, $1\text{kg}/\text{m}^3$;

G ——试件烘干后的质量, kg;

V ——试件的体积, m^3 。

试件的密度为 6 块试件的算术平均值表示。

(5) 抗压强度（用干密度检验后的 6 块试件）

1) 试验步骤

a. 将试件置于电热鼓风干燥箱中，在 $110 \pm 5^\circ\text{C}$ 下烘干至恒质量，然后移至干燥器中冷却至室温。

b. 在试件受压面距棱边 10mm 处测量长度和宽度，在厚度的两个对应面的中部测量试件的厚度，测量结果为两个测量值的算术平均值，精确至 1mm。

c. 以约 10mm/min 的速度对试件加荷，直至试件破坏，同时记录压缩变形值。当试件在压缩变形 5% 时没有破坏，则试件压缩变形 5% 时的荷载为破坏荷载。记录破坏荷载 P ，精确至 10N。

2) 计算与评定

a. 每个试件的抗压强度按式 (1.1-2) 计算。精确至 0.01MPa。

$$\sigma = \frac{P}{S} \quad (1.1-2)$$

式中 σ ——试件的抗压强度，MPa；

P ——试件的破坏荷载，N；

S ——试件的受压面积， mm^2 。

b. 试件的抗压强度为 6 块试件抗压强度的算术平均值。精确至 0.01MPa。

(6) 导热系数

1) 试样要求

试样尺寸 300mm × 300mm × 30mm。表面平整度为 100mm 不超过 0.05mm。

2) 试件制备

首先将材料提前 24h 放入试验室，试验室温度为 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ ，搅拌时间 2min，稠度 $50 \pm 5\text{mm}$ 。将拌合好的保温砂浆一次装满试模，并略高于其上表面，用振动棒均匀由外向里按螺旋方向轻轻均匀插捣，插捣时用力不应过大，尽量不破坏其保温骨料。为防止可能留下孔洞，允许用灰刀沿模壁插捣数次或用橡皮锤轻轻敲击试模四周，直至插捣棒留下的孔洞消失，最后将高出部分沿试模顶面削去抹平。至少成型 2 个试件。

3) 养护方式

试件制作后，用聚乙烯薄膜覆盖，在 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 温度环境下静停 $48 \pm 4\text{h}$ 后拆模。拆模后应立即在 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 、相对湿度 60% ~ 80% 的条件中养护至 28d，自成型时算起。

养护结束后将试件从养护室取出并在 $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 或生产商推荐的温度下烘至恒质量，放入干燥箱备用。

4) 试件测量

a. 用钢直尺或钢卷尺分别测量试件两对面距棱边 10mm 处的长度和宽度。精确至 1mm，测量结果为 4 个测量值的算术平均值。

b. 在制品的两个侧面上，用游标卡尺分别测量侧面的两边及中间位置的厚度。精确至 0.5mm，测量结果为 6 个测量值的算术平均值。

c. 用钢直尺在制品的任一大面上测量两条对角线的长度，并计算出两条对角线之差。然后在另一大面上重复上述测量，精确至 1mm。取两个对角线差的较大值为测量结果。

d. 不平整度测量：工作表面的不平整度用四棱尺或金属直尺检查，将尺的棱线紧靠被测表面，在尺的背面用光线照射棱线进行观察，可容易地观察小到 $25\mu\text{m}$ 的偏离，大的偏离可用塞尺或薄纸测定。

5) 试验步骤

a. 测试前的状态调节：测试前必须把试件放在干燥器或通风的烘箱里，以对材料适宜的温度将试件调节到恒定的质量。当试件在给定的温度范围内使用时，应在这个温度范围的上限、空气流动并控制的环境下调节到恒定的质量。为了减少试验时间，试件可在放入装置前调节到试验平均温度 25°C 。

b. 热流量的测定：测量施加于计量部位的平均电功率，准确度不低于 0.2% ，建议使用直流电。用直流时，通常使用有电压和电流端的四线制电位差计测定。

c. 冷面控制：当使用双试件装置时，调节冷却单元或冷面加热器使两个试件的温差的差异不大于 2% 。

d. 温差检测：用有足够精密度和准确度、满足以下方法来测定加热面板和冷却面板的温度或试件表面温度和计量到防护的温度平衡。

表面的平整度符合面板要求的均匀平面，且热阻大于 $0.5\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 的非刚性试件，温差由永久性埋设在加热和冷却单元面板内的温度传感器（通常为热电偶）测量。

e. 过渡时间和测量间隔：

由于该方法是建立在热稳定状态下的，为得到热性质的准确值，让装置和试件有充分的热平衡时间是非常重要的。

测定低热容量的良好绝热体，并存在湿气的吸收或释放而带来潜热交换的场合，试件内部温度达到热平衡可能要很长时间。

达到平衡所需的时间能从几分钟变化到几天，它与装置、试件及它们的交互作用有关。

估计这个时间时，必须充分考虑下列因素：

- a. 冷却单元、加热单元的计量部分、加热单元的防护部分的热容量及控制系统；
- b. 装置的绝热；
- c. 试件的热扩散系数、水蒸气渗透率和厚度；
- d. 试验过程中的试验温度和环境；
- e. 试验开始时试件的温度和含湿量。

总之，控制系统能减少达到热平衡所需要的时间，但是对减少含湿量平衡时间的作用很小。

在不能较精确的估计过渡时间或者没有在同一装置里、在同样测定条件下测定类似试件时，可按式 (1.1-3) 计算时间间隔 Δt ：

$$\Delta t = (\rho_p \times C_p \times d_p + \rho_s \times C_s \times d_s) R \quad (1.1-3)$$

式中 ρ_p, ρ_s ——加热单元面板材料和试件的密度， kg/m^3 ；

c_p, c_s ——加热单元面板材料和试件的比热容， J/kg ；

d_p, d_s ——加热单元面板材料和试件的厚度， m ；

R ——试件的热阻， $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 。

以等于或大于 Δt 的时间间隔（一般取 30min ）按有关规定读取数据，持续到连续四

组读数给出的热阻值的差别不超过1%，并且不是朝一个方向改变时。按照稳定状态开始的定义，读取数据至少持续24h。

当加热单元的温度为自动控制时，记录温差和（或）施加在计量加热器上的电压或电流有助于检查是否达到稳态条件。

6) 对于使用 DRCD-3030 智能化导热系数测定仪测定导热系数时具体试验步骤：详见 DRCD-3030 智能化导热系数测定仪说明书。

2. 标准《无机轻集料保温砂浆及系统技术规程》DB33/T 1054—2008 中干密度、抗压强度及导热系数的检验方法

(1) 试样养护条件

环境温度为 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 55% ~ 85%。

(2) 试样要求

干密度、抗压强度试样尺寸 $70.7\text{mm} \times 70.7\text{mm} \times 70.7\text{mm}$ 。表面平整度为 100mm 不超过 0.05mm，相邻面的不垂直度应小于 0.5° 。

(3) 制备

首先将材料提前 24h 放入试验室，试验室温度为 $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，先加入粉料，边搅拌边加水，搅拌 2min；暂停搅拌 2min，清理搅拌机内壁及搅拌叶片上的砂浆；继续搅拌 1min。稠度控制在 $(8 \pm 0.5)\text{cm}$ 。将拌合好的无机轻集料保温砂浆一次装满试模，并略高于其上表面，用振动棒均匀由外向里按螺旋方向轻轻插捣 25 次，插捣时用力不应过大，尽量不破坏其保温骨料。为防止可能留下孔洞，允许用灰刀沿模壁插捣数次或用橡皮锤轻轻敲击试模四周，直至插捣棒留下的孔洞消失，最后将高出部分沿试模顶面削去抹平。至少成型 6 个三联试模，18 块试件。

(4) 养护方式

试件制作后，用聚乙烯薄膜覆盖，在 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 温度环境下静停 $48 \pm 8\text{h}$ 后脱模。继续用聚乙烯薄膜包裹养护至 14d，去掉薄膜养护至 28d，自成型时算起。

养护结束后将试件从养护室取出并在 $80 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 或生产商推荐的温度下烘至恒质量，放入干燥箱备用。

(5) 干密度（试件为 6 块）

1) 尺寸测量：

a. 用钢直尺或钢卷尺分别测量制品的长度和宽度。精确至 1mm，测量结果为 4 个测量值的算术平均值。

b. 在制品的两个侧面上，用游标卡尺分别测量侧面的两边及中间位置的厚度。精确至 0.5mm，测量结果为 6 个测量值的算术平均值。

2) 试验步骤

将试件置于电热鼓风干燥箱中，在 $80 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 下烘干至恒质量，然后移至干燥器中冷却至室温。称量烘干后的试件质量，保留 5 位有效数字。

3) 计算

试件干密度按式 (1.1-1) 计算，精确至 $1\text{kg}/\text{m}^3$ 。

试件的干密度取 4 个中间值计算算术平均值。

(6) 抗压强度（用干密度检验后的 6 块试件）

1) 试验步骤

a. 将试件置于电热鼓风干燥箱中，在 $80 \pm 3^\circ\text{C}$ 下烘干至恒质量，然后移至干燥器中冷却至室温。

b. 在试件受压面距棱边 10mm 处测量长度和宽度，在厚度的两个对应面的中部测量试件的厚度，测量结果为两个测量值的算术平均值，精确至 1mm。

c. 以约 10mm/min 的速度对试件加荷，直至试件破坏，同时记录压缩变形值。当试件在压缩变形 5% 时没有破坏，则试件压缩变形 5% 时的荷载为破坏荷载。记录破坏荷载 P ，精确至 10N。

2) 计算与评定

a. 每个试件的抗压强度按式 (1.1-2) 计算。精确至 0.01MPa。

b. 试件的抗压强度取 4 个中间值计算试件的算术平均值。精确至 0.01MPa。

(7) 导热系数

1) 试样要求

试样尺寸 300mm × 300mm × 30mm。表面平整度为 100mm 不超过 0.05mm。

2) 试件制备

首先将材料提前 24h 放入试验室，试验室温度为 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ ，先加入粉料，边搅拌边加水，搅拌 2min；暂停搅拌 2min，清理搅拌机内壁及搅拌叶片上的砂浆；继续搅拌 1min。稠度控制在 $8 \pm 0.5\text{cm}$ 。用油灰刀将无机轻集料保温砂浆逐层加满并略高于试模。为防止浆料留下孔隙，用油灰刀沿模壁插数次，然后用抹子抹平。制成 3 个试样。

3) 养护方式

试件制作后，用聚乙烯薄膜覆盖，在 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 温度环境下静停 $48 \pm 8\text{h}$ 后拆模。拆模后应立即在 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 、相对湿度 55% ~ 85% 的条件下养护至 28d，自成型时算起。

养护结束后将试件从养护室取出并在 $80 \pm 3^\circ\text{C}$ 或生产商推荐的温度下烘至恒质量，放入干燥箱备用。

4) 试件测量

a. 用钢直尺或钢卷尺分别测量试件两对面距棱边 10mm 处的长度和宽度。精确至 1mm，测量结果为 4 个测量值的算术平均值。

b. 在制品的两个侧面上，用游标卡尺分别测量侧面的两边及中间位置的厚度。精确至 0.5mm，测量结果为 6 个测量值的算术平均值。

c. 用钢直尺在制品的任一大面上测量两条对角线的长度，并计算出两条对角线之差。然后在另一大面上重复上述测量，精确至 1mm。取两个对角线差的较大值为测量结果。

d. 不平整度测量：工作表面的不平整度用四棱尺或金属直尺检查，将尺的棱线紧靠被测表面，在尺的背面用光线照射棱线进行观察，可容易地观察小到 $25\mu\text{m}$ 的偏离，大的偏离可用塞尺或薄纸测定。

5) 试验步骤

a. 测试前的状态调节：测试前必须把试件放在干燥器或通风的烘箱里，以对材料适宜的温度将试件调节到恒定的质量。当试件在给定的温度范围内使用时，应在这个温度范围的上限、空气流动并控制的环境下调节到恒定的质量。

为了减少试验时间，试件可在放入装置前调节到试验平均温度 25℃。

b. 热流量的测定：测量施加于计量部位的平均电功率，准确度不低于 0.2%，强烈建议使用直流电。用直流电时，通常使用有电压和电流的四线制电位差计测定。

c. 冷面控制：当使用双试件装置时，调节冷却单元或冷面加热器使两个试件的温差的差异不大于 2%。

d. 温差检测：用以证明有足够精密度和准确度、满足以下方法来测定加热面板和冷却面板的温度或试件表面温度和计量到防护的温度平衡。

表面的平整度符合面板要求的均匀平面，且热阻大于 $0.5\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$ 的非刚性试件，温差由永久性埋设在加热和冷却单元面板内的温度传感器（通常为热电偶）测量。

e. 过渡时间和测量间隔：

由于本方法是建立在热稳态状态下的，为得到热性质的准确值，让装置和试件有充分的热平衡时间是非常重要的。

测定低热容量的良好绝热体，并存在湿气的吸收或释放而带来潜热交换的场合，试件内部温度达到热平衡可能要很长时间。

达到平衡所需的时间能从几分钟变化到几天，它与装置、试件及它们的交互作用有关。

估计这个时间时，必须充分考虑下列各项：

a. 冷却单元、加热单元的计量部分、加热单元的防护部分的热容量及控制系统；

b. 装置的绝热；

c. 试件的热扩散系数、水蒸气渗透率和厚度；

d. 试验过程中的试验温度和环境；

e. 试验开始时试件的温度和含湿量。

总之，控制系统能减少达到热平衡所需要的时间，但是对减少含湿量平衡时间的作用很小。

在不可能较精确的估计过渡时间或者没有在同一装置里、在同样测定条件下测定类似试件的经验时，按式（1.1-3）计算时间间隔 Δt ：

以等于或大于 Δt 的时间间隔（一般取 30min）按有关规定读取数据，持续到连续四组读数给出的热阻值的差别不超过 1%，并且不是单调的朝一个方向改变时。在不可能较精确的估计过渡时间或者没有在同一装置里、在同样测定条件下测定类似试件的经验时，按照稳定状态开始的定义，读取数据至少持续 24h。

当加热单元的温度为自动控制时，记录温差和（或）施加在计量加热器上的电压或电流有助于检查是否达到稳态条件。

6) 对于使用 DRCD-3030 智能化导热系数测定仪测定导热系数时具体试验步骤：详见 DRCD-3030 智能化导热系数测定仪说明书。

3. 标准《无机轻集料砂浆保温系统技术规程》JGJ 253—2011 中干密度、抗压强度及导热系数的检验方法

(1) 试样养护条件

环境温度为 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ，相对湿度 55% ~ 85%。

(2) 试样要求

干密度、抗压强度试样尺寸 $70.7\text{mm} \times 70.7\text{mm} \times 70.7\text{mm}$ 。表面平整度为 100mm 不超过 0.05mm ，相邻面的不垂直度应小于 0.5° 。

(3) 制备

首先将材料提前 24h 放入试验室，试验室温度为 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $55\% \sim 85\%$ ，搅拌时间 2min ，稠度 $80 \pm 10\text{mm}$ 。根据供应商提供的水灰比混合搅拌，将拌合好的无机轻集料保温砂浆一次装满试模，并略高于其上表面，用振动棒均匀由外向里按螺旋方向轻轻插捣 25 次，插捣时用力不应过大，且不得破坏其保温骨料。再采用灰刀沿模壁插捣数次或用橡皮锤轻轻敲击试模四周，直至插捣棒留下的孔洞消失，最后将高出部分拌合物沿试模顶面削去抹平。试样数量不得少于 18 块。

(4) 养护方式

试件制作后，用聚乙烯薄膜覆盖，养护 $48 \pm 8\text{h}$ 后脱模。继续用聚乙烯薄膜包裹养护至 14d 后，去掉聚乙烯薄膜养护至 28d 自成型时算起。

(5) 干密度（试件为 6 块）

1) 尺寸测量

a. 用钢直尺或钢卷尺分别测量制品的长度和宽度。精确至 1mm ，测量结果为 4 个测量值的算术平均值。

b. 在制品的两个侧面上，用游标卡尺分别测量侧面的两边及中间位置的厚度。精确至 0.5mm ，测量结果为 6 个测量值的算术平均值。

2) 试验步骤

将试件置于电热鼓风干燥箱中，在 $80 \pm 3^\circ\text{C}$ 下烘干至恒质量，然后移至干燥器中冷却至室温。称量烘干后的试件质量，保留 5 位有效数字。

3) 计算

试件干密度按式 (1.1-1) 计算，精确至 $1\text{kg}/\text{m}^3$ 。

试件的干密度取 4 个中间值计算算术平均值。

(6) 抗压强度（用于干密度检验后的 6 块试件）

1) 试验步骤

a. 将试件置于电热鼓风干燥箱中，在 $80 \pm 3^\circ\text{C}$ 下烘干至恒质量，然后移至干燥器中冷却至室温。

b. 在试件受压面距棱边 10mm 处测量长度和宽度，在厚度的两个对应面的中部测量试件的厚度，测量结果为两个测量值的算术平均值，精确至 1mm 。

c. 以约 $10\text{mm}/\text{min}$ 的速度对试件加荷，直至试件破坏，同时记录压缩变形值。当试件在压缩变形 5% 时没有破坏，则试件压缩变形 5% 时的荷载为破坏荷载。记录破坏荷载 P ，精确至 10N 。

2) 计算与评定

a. 每个试件的抗压强度按式 (1.1-2) 计算。精确至 0.01MPa 。

b. 试件的抗压强度取 4 个中间值计算试件的算术平均值。精确至 0.01MPa 。

(7) 导热系数

1) 试样要求

试样尺寸 $300\text{mm} \times 300\text{mm} \times 30\text{mm}$ 。表面平整度为 100mm 不超过 0.05mm 。

2) 试件制备

首先将材料提前 24h 放入试验室，试验室温度为 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ，相对湿度 55% ~ 85%，搅拌时间 2min，稠度 $80 \pm 10\text{mm}$ 。根据供应商提供的水灰比混合搅拌，将拌合好的无机轻集料保温砂浆一次装满试模，并略高于其上表面，用振动棒均匀由外向里按螺旋方向轻轻插捣 25 次，插捣时用力不应过大，且不得破坏其保温骨料。再采用灰刀沿模壁插捣数次或用橡皮锤轻轻敲击试模四周，直至插捣棒留下的孔洞消失，最后将高出部分拌合物沿试模顶面削去抹平。成型 3 个试件。

3) 养护方式

试件制作后，用聚乙烯薄膜覆盖，在 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 温度环境下静停 $48 \pm 8\text{h}$ 后拆模。拆模后应立即在 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相对湿度 55% ~ 85% 的条件中养护至 28d，自成型时算起。

养护结束后将试件从养护室取出并在 $80 \pm 3^\circ\text{C}$ 或生产商推荐的温度下烘至恒质量，放入干燥箱备用。

4) 试件测量

a. 用钢直尺或钢卷尺分别测量试件两对面距棱边 10mm 处的长度和宽度。精确至 1mm，测量结果为 4 个测量值的算术平均值。

b. 在制品的两个侧面上，用游标卡尺分别测量侧面的两边及中间位置的厚度。精确至 0.5mm，测量结果为 6 个测量值的算术平均值。

c. 用钢直尺在制品的任一大面上测量两条对角线的长度，并计算出两条对角线之差。然后在另一大面上重复上述测量，精确至 1mm。取两个对角线差的较大值为测量结果。

d. 不平整度测量：工作表面的不平整度用四棱尺或金属直尺检查，将尺的棱线紧靠被测表面，在尺的背面用光线照射棱线进行观察，可容易地观察到 $25\mu\text{m}$ 的偏离，大的偏离可用塞尺或薄纸测定。

5) 试验步骤

a. 测试前的状态调节：测试前必须把试件放在干燥器或通风的烘箱里，以对材料适宜的温度将试件调节到恒定的质量。当试件在给定的温度范围内使用时，应在这个温度范围的上限、空气流动并控制的环境下调节到恒定的质量。

为了减少试验时间，试件可在放入装置前调节到试验平均温度 25°C 。

b. 热流量的测定：测量施加于计量部位的平均电功率，准确度不低于 0.2%。建议使用直流电。用直流电时，通常使用有电压和电流的四线制电位差计测定。

c. 冷面控制：当使用双试件装置时，调节冷却单元或冷面加热器使两个试件的温差的差异不大于 2%。

d. 温差检测：用以证明有足够精密度和准确度、满足以下方法来测定加热面板和冷却面板的温度或试件表面温度和计量到防护的温度平衡。

表面的平整度符合面板要求的均匀平面，且热阻大于 $0.5\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$ 的非刚性试件，温差由永久性埋设在加热和冷却单元面板内的温度传感器（通常为热电偶）测量。

e. 过渡时间和测量间隔：由于本方法是建立在热稳态状态下的，为得到热性质的准确值，让装置和试件有充分的热平衡时间是非常重要的。

测定低热容量的良好绝热体，并存在湿气的吸收或释放而带来潜热交换的场合，试件

内部温度达到热平衡可能要很长时间。

达到平衡所需的时间能从几分钟变化到几天，它与装置、试件及它们的相互作用有关。

估计这个时间时，必须充分考虑下列各项：

- (a) 冷却单元、加热单元的计量部分、加热单元的防护部分的热容量及控制系统；
- (b) 装置的绝热；
- (c) 试件的热扩散系数、水蒸气渗透率和厚度；
- (d) 试验过程中的试验温度和环境；
- (e) 试验开始时试件的温度和含湿量。

总之，控制系统能减少达到热平衡的时间，但是对减少含湿量平衡时间的作用很小。

在不可能较精确的估计过渡时间或者没有在同一装置里、在同样测定条件下测定类似试件时，可按式 (1.1-3) 计算时间间隔 Δt ：

以等于或大于 Δt 的时间间隔（一般取 30min）按有关规定读取数据，持续到连续四组读数给出的热阻值的差别不超过 1%，并且不是朝一个方向改变时。按照稳定状态开始的定义，读取数据至少持续 24h。

当加热单元的温度为自动控制时，记录温差和（或）施加在计量加热器上的电压或电流有助于检查是否达到稳态条件。

6) 对于使用 DRCD-3030 智能化导热系数测定仪测定导热系数时具体试验步骤：详见 DRCD-3030 智能化导热系数测定仪说明书。

1.1.6 结果评定

建筑保温砂浆的性能指标见表 1.1-1，无机轻集料保温砂浆的性能指标见表 1.1-2、表 1.1-3。

建筑保温砂浆的性能指标 (GB/T 20473—2006) 表 1.1-1

项 目	技术 要 求	
	I 型	II 型
干密度 (kg/m³)	240 ~ 300	301 ~ 400
抗压强度 (MPa)	≥0.20	≥0.40
导热系数 (平均温度 25℃) [W/(m·K)]	≤0.070	≤0.085

无机轻集料保温砂浆的性能指标 (DB33/T 1054—2008) 表 1.1-2

项 目	单 位	性能要求		
		A 型	B 型	C 型
干密度	kg/m³	≤550	≤450	≤350
抗压强度	MPa	≥2.00	≥1.00	≥0.6
导热系数	W/(m·K)	≤0.100	≤0.085	≤0.070