

ICS 87.040

CCS G 51

# DB51

## 四川省地方标准

DB51/T 3266—2025

### 微态激发节能涂层技术规范

2025 - 03 - 19 发布

2025 - 04 - 19 实施

四川省市场监督管理局 发布

## 目 次

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 前言 .....                  | II |
| 1 范围 .....                | 1  |
| 2 规范性引用文件 .....           | 1  |
| 3 术语和定义 .....             | 1  |
| 4 设计 .....                | 2  |
| 5 应用 .....                | 5  |
| 6 质量要求 .....              | 6  |
| 附录 A（资料性） 当量热阻的取值方法 ..... | 9  |

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由四川省经济和信息化厅提出、归口、解释并组织实施。

本文件起草单位：成都市科创节能材料有限公司、四川大学、西华大学、西南民族大学、成都市标准化研究院、四川天府新区生态环境和城管局、四川省材科院检验检测有限公司、中铁二院工程集团有限责任公司、山西建投二建集团、中科盛博建设集团有限公司、四川省节能协会、耐特宏涂料科技(成都)有限公司、宁波康曼丝涂料有限公司。

本文件主要起草人：刘建、龙恩深、付佳、胡俊山、蒋星池、梁爽、任雁、陈哲、杨莎、江成贵、张堃、曾臻、罗于、郭帅义、袁亮、施斌、阳世宏、项晨燕、彭辉。

# 微态激发节能涂层技术规范

## 1 范围

本文件规定了微态激发节能涂层的设计、应用和质量控制。

本文件适用于工业保温隔热设施和建筑外围护结构的涂层系统。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 3186 色漆、清漆和色漆与清漆用原材料 取样
- GB/T 8923（所有部分） 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定
- GB/T 9271 色漆和清漆 标准试板
- GB/T 9278 涂料试样状态调节和试验的温湿度
- GB/T 9755 合成树脂乳液外墙涂料
- GB/T 9756 合成树脂乳液内墙涂料
- GB/T 11376 金属及其他无机覆盖层 金属的磷化膜
- GB/T 23445 外墙柔性腻子
- GB 50176 民用建筑热工设计规范
- GB/T 50185 工业设备及管道绝热工程施工质量验收标准
- GB 50189 公共建筑节能设计标准
- GB 50210 建筑装饰装修工程质量验收标准
- GB 50264 工业设备及管道绝热工程设计规范
- GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准
- GB 50345 屋面工程技术规范
- GB 50411 建筑节能工程施工质量验收标准
- GB 55015 建筑节能与可再生能源利用通用规范
- GB 55016 建筑环境通用规范
- HG/T 4758 水性丙烯酸树脂涂料
- HG/T 4759 水性环氧树脂防腐涂
- HG/T 4761 水性聚氨酯涂料
- JC/T 412.1 预制混凝土箱涵
- JG/T 210 建筑内外墙用底漆
- JGJ/T 29 建筑涂饰工程施工及验收规程
- JGJ 134 夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准
- JGJ/T 235 建筑外墙防水工程技术规程

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**微态激发** microstate excitation

特殊金属化合物吸收电磁辐射能量后所具有的两类阻热物理作用，即电子微观态激发辐射和振动微观态激发辐射阻热作用。

### 3.2

**微态激发节能涂层** microstate excitation energy-saving coating

该涂层由腻子（水泥砂浆基材）、界面剂（钢结构基材）、底漆、中间漆和微态激发辐射阻热节能涂料（以下简称节能涂料）组成的涂层体系（以下简称节能涂层）。

### 3.3

**当量热阻** equivalent thermal resistance

在相同热舒适度（设定温度）或相同制冷空调能耗条件下，比对测试节能涂层系统与40 mm聚苯板（导热系数0.028-0.034 W/(m·k)）保温隔热系统的能耗或温降效果的能耗当量系数或热环境当量系数，根据节能原理获得节能涂层系统的当量热阻。

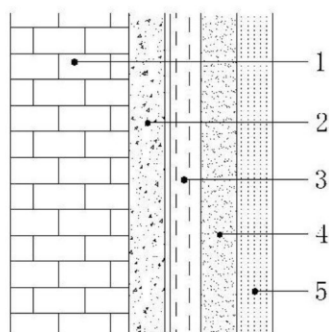
## 4 设计

### 4.1 一般规定

- 4.1.1 节能涂层使用在外墙和屋面，宜结合建筑造型设置分格缝，应采用预防雨水沾污墙面构造措施。
- 4.1.2 使用节能涂层的屋面，其防排水设计、节能系统性能和构造层应符合 GB 50345 的有关要求。
- 4.1.3 使用节能涂层的外墙，其防水设计可根据当地年降水量、基本风压以及有无外保温措施等情况确定，应符合 GB 55016 和 JGJ/T 235 的有关要求。

### 4.2 涂层设计

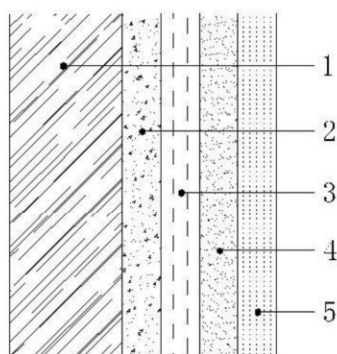
- 4.2.1 新修建筑（含钢筋混凝土、砌块墙体和蒸压加气混凝土等）采用节能涂层的基本构造应包括基层、水泥砂浆找平层、柔性腻子层、底漆层和节能涂料，见图 1。
- 4.2.2 既有建筑（瓷砖、混凝土、砌砖墙和各类保温砂浆等墙体）改造采用节能涂层的基本构造应包括基层、粘接砂浆找平层、柔性腻子层、底漆层和节能涂料，见图 2。
- 4.2.3 既有节能建筑（含聚苯板、挤塑板、岩棉板等保温层）改造采用节能涂层的基本构造应包括基层、原有保温层、抗裂砂浆、网格布、抹面砂浆、柔性腻子层、底漆层和节能涂料，见图 3。
- 4.2.4 黑色金属（钢铁类）的节能系统采用节能涂层的基本构造应包括基层、防锈处理、水性环氧防腐底漆、界面剂、底漆及节能涂料，基层处理应满足 GB/T 8923 的要求，见图 4。
- 4.2.5 有色金属（镁铝合金类）特殊材料基层的节能系统采用节能涂层的基本构造应包括基层、水性丙烯酸底漆、界面剂、底漆及节能涂料，有色金属基层处理应满足 GB/T 11376 的要求，见图 5。



标引序号说明:

1——混凝土、砌砖墙和蒸压加气混凝土等自保温墙体；2——找平砂浆；  
3——柔性腻子；4——专用底漆；5——节能涂料。

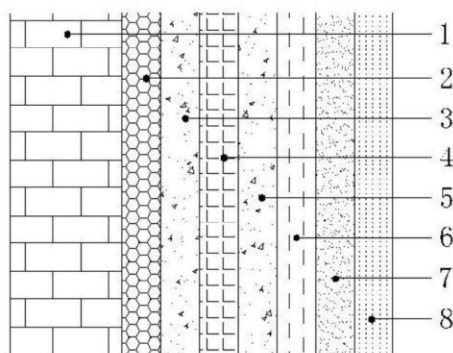
图1 新修建筑节能系统基本构造



标引序号说明:

1——瓷砖、混凝土、砌砖墙等旧墙体；2——粘接砂浆；3——柔性腻子；4——专用底漆；5——节能涂料。

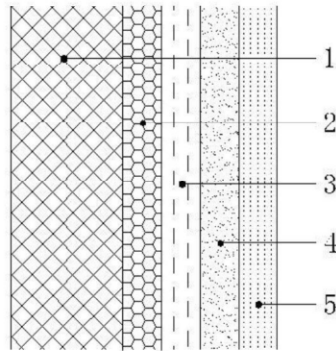
图2 既有建筑改造节能系统基本构造



标引序号说明:

1——旧墙体；2——既有保温层；3——抗裂砂浆；4——网格布；  
5——抹面砂浆；6——柔性腻子；7——专用底漆；8——节能涂料。

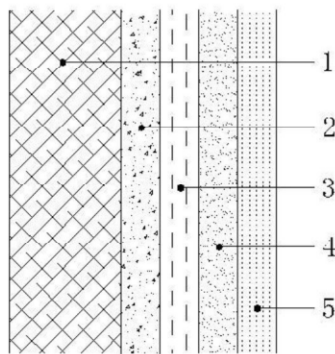
图3 既有节能建筑改造节能系统基本构造



标引序号说明：

1——钢铁基层；2——防锈处理；3——水性环氧防腐底漆；4——专用底漆；5——节能涂料。

图4 黑色金属节能系统基本构造



标引序号说明：

1——镁铝合金基层；2——水性丙烯酸底漆；3——界面剂；4——专用底漆；5——节能涂料。

图5 有色金属节能系统基本构造

### 4.3 节能设计

4.3.1 工业设备及管道绝热工程采用节能涂层设计应满足 GB 50264 的要求，或者行业标准要求；建筑外围护结构采用节能涂层设计，当采用规定性的围护结构热工限值指标进行节能设计，应满足 GB 50176、GB 50189、GB 55015 和 JGJ 134 的要求。

4.3.2 按现行国家建筑节能设计标准中的规定性指标方法进行外墙或屋面的建筑节能设计时，可将节能涂料的当量热阻作为饰面层的热阻计入外墙或屋面的结构热阻中，当量热阻取值按表 1，修正后的传热系数按式 1 计算：

$$K' = \frac{1}{R_{eq} + \frac{1}{K}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$K'$ ——外墙或屋面采用节能涂料后的修正传热系数，单位  $W / (m^2 \cdot K)$ ；

$K$ ——外墙或屋面未采用节能涂料时的传热系数，单位  $W/(m^2 \cdot K)$ ；

$R_{eq}$ ——节能涂料系统的当量热阻，单位  $m^2 \cdot K/W$ 。可按照表 1 选取，也可参考附录 A 的方法进行不少于 5 个工况的实测取值。

表1 不同气候区不同类型节能设计的当量热阻的取值

| 节能类型   |                                     |              |                 | 当量热阻 $R_{eq}$ , $m^2 \cdot K/W$ |      |      |      |
|--------|-------------------------------------|--------------|-----------------|---------------------------------|------|------|------|
|        |                                     |              |                 | 居住节能                            | 公共节能 | 工业节能 |      |
| 温和地区   | 当量热阻<br>$R_{eq}$<br>$m^2 \cdot K/W$ | $K < 1.0$    | $D < 2.5$       | $Rw-w < 0.2$                    | 0.75 | 0.70 | 0.65 |
|        |                                     |              |                 | $Rw-w \geq 0.2$                 | 0.80 | 0.75 | 0.70 |
|        |                                     | $D \geq 2.5$ | $Rw-w < 0.2$    | 0.85                            | 0.80 | 0.75 |      |
|        |                                     |              | $Rw-w \geq 0.2$ | 0.90                            | 0.85 | 0.80 |      |
|        | $K \geq 1.0$                        | $D < 2.5$    | $Rw-w < 0.2$    | 0.95                            | 0.90 | 0.85 |      |
|        |                                     |              | $Rw-w \geq 0.2$ | 1.00                            | 0.95 | 0.90 |      |
|        |                                     | $D \geq 2.5$ | $Rw-w < 0.2$    | 1.05                            | 1.00 | 0.95 |      |
|        |                                     |              | $Rw-w \geq 0.2$ | 1.10                            | 1.05 | 1.00 |      |
| 夏热冬冷地区 | 当量热阻<br>$R_{eq}$<br>$m^2 \cdot K/W$ | $K < 1.0$    | $D < 2.5$       | $Rw-w < 0.2$                    | 0.65 | 0.60 | 0.55 |
|        |                                     |              |                 | $Rw-w \geq 0.2$                 | 0.70 | 0.65 | 0.60 |
|        |                                     |              | $D \geq 2.5$    | $Rw-w < 0.2$                    | 0.75 | 0.70 | 0.65 |
|        |                                     |              |                 | $Rw-w \geq 0.2$                 | 0.80 | 0.75 | 0.70 |
|        |                                     | $K \geq 1.0$ | $D < 2.5$       | $Rw-w < 0.2$                    | 0.85 | 0.70 | 0.75 |
|        |                                     |              |                 | $Rw-w \geq 0.2$                 | 0.90 | 0.85 | 0.80 |
|        |                                     |              | $D \geq 2.5$    | $Rw-w < 0.2$                    | 0.95 | 0.90 | 0.85 |
|        |                                     |              |                 | $Rw-w \geq 0.2$                 | 1.00 | 0.95 | 0.90 |
|        | $K \geq 1.0$                        | $D < 2.5$    | $Rw-w < 0.2$    | 0.85                            | 0.70 | 0.75 |      |
|        |                                     |              | $Rw-w \geq 0.2$ | 0.90                            | 0.85 | 0.80 |      |
|        |                                     |              | $Rw-w < 0.2$    | 0.95                            | 0.90 | 0.85 |      |
|        |                                     |              | $Rw-w \geq 0.2$ | 1.00                            | 0.95 | 0.90 |      |

注1：节能涂料的红外辐射阻热温差不小于5℃时，节能涂料的当量热阻值才按照表1取值。

注2： $K$ 为拟采用节能涂料的原外墙或屋顶的加权传热系数； $D$ 为拟采用节能涂料的原外墙或屋顶的加权热惰性指标； $Rw-w$ 为拟采用节能涂料的原外墙或屋顶的加权窗墙面积比。

注3：由于比对测试的节能涂层（柔性腻子、底漆及节能涂料）的厚度约为1.0 mm，复合材料的蓄热系数为0.5，在利用软件进行节能设计计算时，根据当量的概念，推荐相关输入参数的确定方法：当量导热系数=0.001/ $R_{eq}$ ；热惰性指标 $D=0.5R_{eq}$ ；传热系数修正系数取1.05，其中 $R_{eq}$ 是按照表1选取确定的当量热阻。

4.3.3 当采用节能综合指标方法进行节能设计时，可按式 1 修正后的传热系数进行能耗指标计算。

## 5 应用

### 5.1 一般规定

5.1.1 应按设计要求及 JGJ/T 29 的要求组织涂饰。



5.1.2 环境温度不宜低于 5℃，且温度范围应符合使用要求；应用时，空气相对湿度不宜大于 85%。当遇大雾、6 级以上风力、雨天时，应停止户外作业。

5.1.3 安全防护、劳动保护、防火措施等应按标准的有关要求执行。

5.1.4 过程中应做好半成品、成品的保护。

5.1.5 材料施工黏度应根据设计要求、季节、温度、湿度等条件进行控制。用同一批号涂料，不随意添加稀释剂或水。

## 5.2 应用准备

5.2.1 节能涂料应用前，应附有中文标识的出厂合格证、检验报告，3 年内的节能比对测试报告。

5.2.2 基层表面应按下列方式处理：

a) 非金属材料的基层表面应清理干净。当基层表面含水率大于 10% 时，晾干至 10% 以下；当基层含水率小于或等于 8%，进行喷水湿润，晾至表面无水渍后，用外墙界面剂进行毛化处理。当基层 pH 值大于 10 时，用耐水耐碱腻子刮涂封闭；

b) 金属材料的基层表面应选用具有良好粘附性能的防锈漆进行防锈处理或加界面剂。

5.2.3 现场存放应符合下列规定：

——节能涂料应存放于阴凉干燥且通风的环境内，贮存温度应为 5℃~40℃；

——存放地点应防止阳光直射；

——节能涂料应按品种、批号、颜色分别堆放。

5.2.4 应编制涂饰工程的应用方案。

5.2.5 应用前应根据工艺要求配备涂饰机具及计量器具。

5.2.6 按工序要求做好样板，并保留至竣工。

## 6 质量控制

### 6.1 验收要求

6.1.1 应用于金属基层的节能涂层质量验收应按 GB/T 50185 的有关要求执行。

6.1.2 应用于非金属基层外围护结构的节能涂层质量验收应按 GB 50411、GB 50210 和 GB 50300 的有关要求执行。

6.1.3 应对下列部位或内容进行隐蔽工程验收，并应有详细的文字记录和必要的图像资料。

——基层及其表面处理。

——非金属基层的腻子层。

6.1.4 分项工程竣工验收应提供下列资料，并应纳入竣工技术档案。

——设计文件、设计变更和节能专项审查文件。

——设计与施工执行标准、文件以及通过审批的施工方案。

——节能涂料产品质量合格证、出厂检验报告、三年内的节能比对测试报告和进场验收记录等。

——节能涂料进场抽检复验报告。

——施工记录、隐蔽工程验收记录。

——检验批验收记录。

——质量问题处理记录。

——现场抽样检测报告。

——其他必需的资料。

6.1.5 节能涂料进场后，节能涂料及配套材料的抽样复验，检验按下列要求进行。

- 检验方法：节能涂料及配套的材料的抽样复验，复验项目为相容性，复验应为见证取样送检。
- 检查数量：每一工作面的同类节能涂料施工面每 500 m<sup>2</sup>~1000 m<sup>2</sup>面积划分为一个检验批，不足 500 m<sup>2</sup>的划分为一个检验批。
- 6.1.6 节能涂层饰面的颜色、图案应符合设计要求，检验按下列要求进行。
- 检验方法：观察。
- 检验数量：全数检查。
- 6.1.7 基层应符合设计和施工方案的要求，检验按下列要求进行。
- 检验方法：核查隐蔽工程验收记录。
- 检验数量：全数检查。
- 6.1.8 应无漏涂、沾污、透底、起皮和掉粉，检验按下列要求进行。
- 检验方法：观察。
- 检验数量：全数检查。
- 6.1.9 涂刷质量和检验方法应符合表 2 要求，且每个检验批中每 100 m<sup>2</sup>应至少检查 1 次，每次不应小于 10 m<sup>2</sup>。

表2 节能涂层涂刷质量和检验方法

| 序号 | 项目       | 涂刷要求                      | 允许误差           | 检验方法          |
|----|----------|---------------------------|----------------|---------------|
| 1  | 色差       | 同色同批，涂层厚度均匀，施工遍数相同        | 同一工作面不允许肉眼可见色差 | 目测            |
| 2  | 流坠流挂     | 涂刷均匀，喷涂时注意施工质量            | 允许少量           | 目测            |
| 3  | 泛碱发白     | 施工前检测基层 PH 值，腻子按照标准要求施工检查 | 允许少量           | 目测            |
| 4  | 咬底渗色     | 施工间隔时间要保证，待前道材料干燥后再施工     | 允许少量           | 目测            |
| 5  | 砂眼砂痕     | 腻子施工时，充分搅拌均匀，选择合适目数的砂纸    | 允许少量           | 目测            |
| 6  | 刷痕       | 选择合适的猪毛刷或者羊毛刷，涂料粘度适中      | 允许少量           | 目测            |
| 7  | 鼓泡       | 待前道涂层干燥后进行下道施工，雨雾天气不施工    | 不允许            | 目测            |
| 8  | 脱落       | 施工前检查基层，做好成品保护和养护措施       | 不允许            | 目测            |
| 9  | 分隔缝（线）偏差 | 拉线紧实，贴纸要求整齐               | 2 mm           | 拉 5 m 线，用钢尺检查 |

- 6.1.10 节能涂层与其他材料和构件衔接处应吻合，界面应清晰，检验按下列要求。
- 检验方法：观察。
- 检验数量：全数检查。

## 6.2 材料质量

### 6.2.1 柔性腻子

柔性腻子性能应符合GB/T 23445的要求。

### 6.2.2 底漆

底漆性能应符合JG/T 210的要求。

### 6.2.3 节能涂料

6.2.3.1 金属用节能涂料性能应符合 HG/T 4758、HG/T 4761，以及辐射阻热温差有关标准的要求。

6.2.3.2 非金属用节能涂料性能应符合 GB/T 9755、GB/T 9756，以及辐射阻热温差有关标准的要求。

### 6.2.4 界面剂

6.2.4.1 黑色金属类钢铁基材用界面剂应符合 HG/T 4759 中底漆的要求。

6.2.4.2 有色轻金属镁铝合金类基材用界面剂应符合 HG/T 4758 中单组份自干底漆的要求。

附 录 A  
(资料性)  
当量热阻的取值方法

### A.1 当量热阻比对测试方法

对于任意只考虑围护结构保温隔热的建筑，其内外侧传热量  $Q$  与围护结构的面积  $F$ 、传热系数  $K$  及室内外温差  $\Delta T$  成正比：

$$Q_b = \frac{1}{\Sigma R + R_0} F \Delta T_b \dots\dots\dots (A.1)$$

$$Q_t = \frac{1}{\Sigma R + R_{eq}} F \Delta T_t \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

$Q_b$ 、 $Q_t$ ——分别是聚苯板保温隔热和节能涂料隔热建筑的输入能源功率，单位W；

$\Sigma R$ ——包括内外表面热阻的模型建筑的传热总热阻，单位 $m^2 \cdot K/W$ ，两个建筑完全相同；

$F$ ——聚苯板保温隔热和节能涂料隔热建筑的传热面积，单位 $m^2$ ，两个建筑基本相同；

$\Delta T_b$ 、 $\Delta T_t$ ——分别是聚苯板保温隔热和节能涂料阻热（隔热）建筑的室内外温差，单位 $^{\circ}C$ ，由测温系统全过程检测；

$R_0$ 、 $R_{eq}$ ——分别是聚苯板保温隔热系统的热阻和节能涂料阻热（隔热）系统的当量热阻，单位 $m^2 \cdot K/W$ 。参照对象4 cm聚苯板保温隔热系统的 $R_0$ 已知，通过实验可以获得节能涂料阻热（隔热）系统的当量热阻 $R_{eq}$ 。

测试方法一：对两个模型建筑输入相同的能量  $Q_b=Q_t$ ，测试出两者室内外温差 $\Delta T_b$ 、 $\Delta T_t$ 的差异，利用式A.1和式A.2，推导获得当量热阻为：

$$R_{eq} = \frac{\Delta T_t}{\Delta T_b} (\Sigma R + R_0) - \Sigma R \dots\dots\dots (A.3)$$

一般 $\Delta T_b > \Delta T_t$ ；若 $\Delta T_b \approx \Delta T_t$ ，则  $R_{eq} = R_0$ 。

测试方法二：设定并控制两个模型的室内温度相同（ $\Delta T_b \approx \Delta T_t$ ），开启能源设备，测试出两者的能耗  $Q_b$ 、 $Q_t$  的差异，利用式A.1和式A.2，可推导获得当量热阻为：

$$R_{eq} = \frac{Q_b}{Q_t} (\Sigma R + R_0) - \Sigma R \dots\dots\dots (A.4)$$

一般  $Q_b$  小于  $Q_t$ ；若  $Q_b \approx Q_t$ ，则  $R_{eq} = R_0$ 。

### A.2 测试环境

A.2.1 比对测试应该在夏热冬冷和温和地区的室外气象条件下进行。比对测试场地应是四周开阔、地面平整、无积水的沙土地面或混凝土铺砌地基；室外场地附近不允许有能遮挡试验设备或影响主导风向的建筑物、树木等；若周围存在障碍物，该障碍物至比对模型建筑边缘的距离，至少是该障碍物高度的三倍以上。

A.2.2 比对测试现场应配置便携式气象观测站，对太阳直射辐射、散射辐射、环境气温、风速风向实时观测；气象观测站测试精度符合相关标准要求，应有出厂检验证明；气象观测需具有数据记录和导出功能，数据记录间隔不高于5 min。

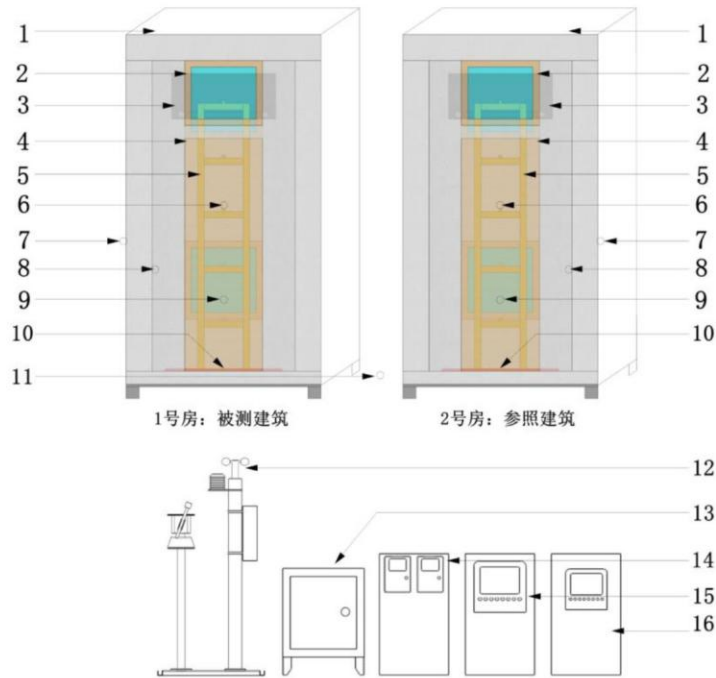
A.2.3 夏季验证节能涂料的当量热阻比对测试，测试日的室外太阳辐射照度最大值应大于 $700 W/m^2$ ，日总辐射能量不低于 $3000 kWh/m^2$ ；测试日的最高气温不低于 $32^{\circ}C$ ，测试日白天的平均气温不低于 $28^{\circ}C$ 。

A. 2. 4 冬季验证节能涂料潜在不利影响的当量热阻比对测试，测试日的室外太阳辐射照度最大值应大于500 W/m<sup>2</sup>，日总辐射能量不低于1500 kWh/m<sup>2</sup>；测试日的最高气温不高于23 °C，测试日白天的平均气温不高于12 °C。

### A. 3 比对测试

#### A. 3. 1 系统构成

比对测试设备系统由模型建筑、制冷空调设备、供暖加热器、热电偶测温系统、控温传感器、智能电表等构成，示意图如图A. 1所示。



标引序号说明：

- 1——模型建筑；2——窗；3——空调制冷设备；4——门；5——木支架；6——室内气温测点；
- 7——外壁温度测点；8——内壁温度测点；9——温度传感器；10——供暖加热器；
- 11——外环境温度测点；12——气象观测站；13——电源箱；14——耗电表；15——测温系统记录仪；
- 16——温控开关。

图A. 1 比对测试对象及系统示意图

#### A. 3. 2 比对测试的模型建筑

A. 3. 2. 1 模型建筑数量为2个，其几何参数、门窗尺寸及布局完全相同。

A. 3. 2. 2 模型建筑的外墙和屋顶面积之和大于5 m<sup>2</sup>，体形系数Sc大于1.5，以便有足够的比对面积和在较严苛条件下检验隔热性能；设窗外墙的窗墙面积比大于0.1，以更好模拟实际建筑情形。为便于安装设备和布置测温热电偶，门的高度大于1.8 m，宽度大于0.7 m。外墙和屋顶采用预制纤维水泥板或现浇混凝土建造，热惰性指标D不小于2.5。为了客观比对节能涂料和参照4 cm聚苯板的隔热效果，两屋顶保温和节能设计应符合GB 50176的要求，可采用同种材料和同种工艺做节能。门窗的保温和隔热设计应符合GB 50176的要求，以降低门窗对测试结果的干扰。

A. 3. 2. 3 外墙和屋顶采用预制纤维水泥板或现浇混凝土建造，热惰性指标D不小于2.5。为了客观对比辐射阻热节能涂料和参照4 cm聚苯板的隔热效果，两屋顶保温和节能设计应符合GB 50176的要求，可采用同种材料和同种工艺做节能。门窗的保温和节能设计应符合GB 50176的要求，以降低门窗对测试结果的干扰。

A. 3. 2. 4 为了防止地面传热干扰试验结果，使用钢结构加绝缘垫片，支撑模型建筑离地架空0.3 m。

A.3.2.5 模型建筑的间距应不小于4 m，且有门窗的外墙朝南布置。

#### A.4 涂料系统和保温系统的制备

##### A.4.1 基本要求

在对两个模型建筑分别制备节能涂料系统和4 cm聚苯板保温隔热系统前，需检查两个模型建筑外观尺寸，基板符合 JC/T 412.1中 NAF H V 级要求的无石棉纤维水泥板，表面应平整、无浮灰，按照GB/T 9271的要求进行表面处理。

##### A.4.2 节能涂层制备

A.4.2.1 任意选择一个模型建筑，在4面外墙和外顶，先刮涂外墙专用柔性腻子2 mm~3 mm，刷涂底漆1遍，再刷涂节能涂料面漆2遍，构成系统。

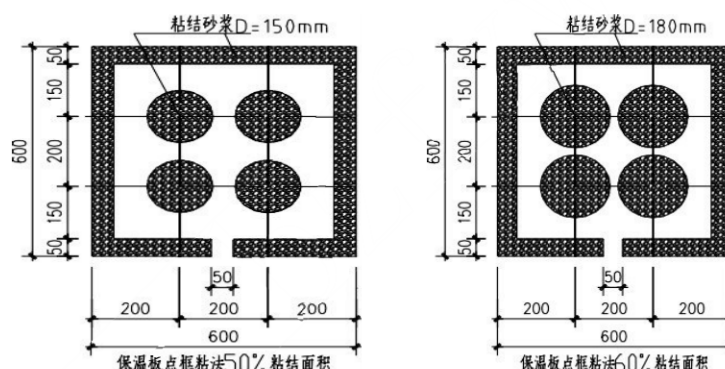
A.4.2.2 按照产品的配套要求制备涂层板，如产品有配套底漆和面漆，应按产品说明中规定的涂布量依次涂布；涂装方式、涂布量、涂装间隔时间、稀释剂种类和稀释比例应按照产品要求进行；涂膜表面应平整，无明显气泡、裂纹等缺陷。

##### A.4.3 保温隔热系统制备

A.4.3.1 按照模型建筑可以粘贴保温板的四面外墙和外顶的形状、尺寸，剪裁聚苯板，聚苯板厚度为4 cm，表面需平整。

A.4.3.2 聚苯板的导热系数不高于0.033 W/m·K。

A.4.3.3 保温板施工时采用点框法粘贴，粘贴面积不少于50%，见图A.2。



图A.2 保温板安装操作示意图

A.4.3.4 两屋顶保温和隔热设计应符合 GB 50176 要求，可采用同种材料和同种工艺做节能。

A.4.3.5 聚苯板外侧表面，应采用比对试样涂料做表面涂覆处理，以防止板材经暴晒后老化。比对试样涂料为与节能涂料面漆相同颜色（色差不超过2.0）的产品。产品取样按照 GB/T 3186 的要求进行。

##### A.4.4 养护和干膜厚度

比对模型建筑的隔热系统制备完成后，状态调节和试验温湿度应符合 GB/T 9278 的要求，养护时间不低于7 d。比对建筑的干膜厚度应一致。

#### A.5 测试设备

##### A.5.1 制冷空调设备

A.5.1.1 制冷空调系统包括制冷机组或空调机，每种设备至少两台，且规格型号、生产厂家相同。

A.5.1.2 制冷机组或空调机应通过第三方机构检测；两台设备的输入电功率、输出制冷量差异不大于1%；为了更接近制冷空调的实际运行情况，每台设备的输出制冷量应能维持模型建筑的室内外温差不少于10℃。

A.5.1.3 制冷机组的室内制冷盘管或空调室内机需安装在模型建筑内的上部区域，以利于室内流场和温度场均匀；两个模型建筑内制冷设备布置的位置、方位相同，均温措施相同。

A.5.1.4 制冷机组或空调的室外机离模型建筑的距离需大于1 m，风机出风吹向模型建筑远方；两个模型

建筑室外机布置的位置、方位均相同。

### A.5.2 供暖加热器

A.5.2.1 供暖加热器用于冬季比对实测，以评价节能涂料对供暖能耗的潜在不利影响。供暖加热器采用石墨烯加热线制作，至少两组，每组的规格型号、生产厂家相同。

A.5.2.2 供暖加热器安装前应通过第三方机构检测；两组的发热电功率差异应不大于1%；为了更接近建筑供暖实际情况，每组加热器的功率应能维持模型建筑的室内外温差不少于15℃。

A.5.2.3 供暖加热器面积需大于模型建筑底面积的60%，布置在模型建筑内的下部中心区域，以利于室内流场和温度场均匀；两个模型建筑内供暖加热器布置的位置相同。

### A.5.3 热电偶测温系统

A.5.3.1 热电偶测温系统由模型建筑内空、内表、外表、外环境及控温热电偶组成。

A.5.3.2 内空温度代表测点布置在中心的上部、中部和下部区域，数量不应少于3个。

A.5.3.3 内表温度代表测点布置在模型建筑各非透明围护结构的内表面，每个朝向至少布置1个。

A.5.3.4 外表温度代表测点布置在模型建筑各非透明围护结构的外表面，每个朝向至少布置1个，且与内表温度测点位置对应。

A.5.3.5 外环境温度代表测点离模型建筑的距离应大于2m，离地面高度为模型建筑高度的1/2，且不受太阳辐射照射的阴凉通风处。数量至少布置1个。

A.5.3.6 控温热电偶代表测点布置在模型建筑内空中心位置，与控温传感器相连，控制制冷空调设备或供暖加热器启停。

A.5.3.7 每个模型建筑的热电偶测温系统的热电偶采用同一批产品，且布置数量、位置、方式完全相同。热电偶的精度不应低于0.1℃。

A.5.3.8 比对建筑的测温系统采用同一台温度巡回检测仪，以免系统温差不同影响比对结果评价；巡回检测仪需具备数据记录和导出功能，数据记录间隔不应高于5min。

### A.5.4 控温传感器

A.5.4.1 控制室内温度在设定温度 $t_0 \pm \Delta t$ 范围。制冷运行使控温热电偶温度的降低至 $t_0 - \Delta t$ 时，传感器关闭制冷设备电路；当控温热电偶温度的升高至 $t_0 + \Delta t$ 时，传感器连通制冷设备电路；从而使模型建筑内空温度始终维持基本恒定。用于模型建筑的制冷空调或供暖加热的能耗（耗电量）比对实测。

A.5.4.2 制冷空调比对实测的室内设定温度不宜高于26℃，供暖加热比对实测的室内设定温度不宜低于20℃，以达到实测地实际建筑空调供暖时室内外温差为准。室内温度波动控制幅度 $\Delta t$ 需在1℃以内。

A.5.4.3 两个温控传感器采用同一厂家同一型号产品，控制精度符合相关标准要求，应有出厂检验证明。

### A.5.5 电功率电耗表

A.5.5.1 每个模型建筑的制冷空调或供暖加热设备需独立安装电功率电耗表。

A.5.5.2 电功率电耗表需采用同一厂家同一型号产品，精度符合相关标准要求，应有出厂检验证明。

## A.6 数据处理方法

### A.6.1 一般规定

A.6.1.1 根据建筑节能的目标，测试方法可分为室内外温差比对测试和耗电量比对测试。前者是在输入相同的制冷能耗的条件下，比对两个模型建筑室内外温差（包括室内空气和内壁温），反映了相同能耗可以营造的室内热舒适水平；后者是在相同设定温度条件下，比对两个模型建筑的能耗差异（也评价室内空气和内壁温等热环境），反映了相同室内热舒适条件的能耗水平高低。两种方式可任选其一。

A.6.1.2 根据节能涂料对空调能耗和供暖能耗的不同影响，测试方法可分为制冷空调工况下的比对测试和供暖加热工况下的比对测试。前者是在夏季户外条件进行，而后者则是在冬季外条件进行。夏热冬冷地区需做冬季供暖加热工况的比对实测。由于两者的测试原理方法相同，后文仅就制冷空调工况的流程加以说明。

A.6.1.3 根据空调采暖设备运行特点，比对测试又分为连续测试和间歇运行测试。鉴于夏热冬冷和温和地区的民用建筑（不管是公共建筑或居住建筑），空调连续运行一般不超过12h，规定连续运行测试时间

大于 24 h 即可；间歇运行为空调开 12 h 至关 12 h，不低于 3 个循环。由于太阳辐射主要集中在白天，规定测试的开始时间为早上 8 点作为起始点。两种测试时长可任选其一。

A. 6. 1. 4 测试日的室外太阳辐射和温度需满足本文件 A. 2. 3 和 A. 2. 4 的要求，否则测试结果无效。

#### A. 6. 2 相同制冷功率比对测试时

A. 6. 2. 1 选择室外场地，安装好两个比对模型建筑，分别在制备好节能涂料系统和保温隔热系统，按要求安装布置好制冷空调设备、测温系统、控温传感器、电功率电耗表、气象观测站等，调试系统达正常运行状态。

A. 6. 2. 2 测试开始前，两个比对建筑的门应开启 24 h 以上，以保证两个建筑的初始状态基本一致。正式测试时，密闭两个模型建筑，同时开启两个建筑的制冷空调系统和温度检测系统，实验结束后导出温度数据和电耗数据。

A. 6. 2. 3 测试期间节能涂料建筑和聚苯板保温建筑的室内空气平均温度分别按照公式 A. 5 和式 A. 6 计算：

$$T_{at} = \sum_{j=1}^n T_{atj} / n \quad \dots\dots\dots (A. 5)$$

$$T_{ab} = \sum_{j=1}^n T_{abj} / n \quad \dots\dots\dots (A. 6)$$

式中：

$T_{at}$ 、 $T_{ab}$ ——分别是测试期间节能涂料建筑和聚苯板保温建筑的内空平均温度，单位为摄氏度（℃）；

$T_{atj}$ ——节能涂料建筑第  $j$  次读取数据的室内空气平均温度，单位为摄氏度（℃）；

$T_{abj}$ ——聚苯板保温建筑第  $j$  次读取数据的室内空气平均温度，单位为摄氏度（℃）；

$n$ ——测试期间测温系统读取数据的总次数。

A. 6. 2. 4 测试期间节能涂料建筑和聚苯板保温建筑的内壁面平均温度分别按照公式 A. 7 和式 A. 8 计算：

$$T_{wt} = \sum_{j=1}^n T_{wtj} / n \quad \dots\dots\dots (A. 7)$$

$$T_{wb} = \sum_{j=1}^n T_{wbj} / n \quad \dots\dots\dots (A. 8)$$

式中：

$T_{wt}$ 、 $T_{wb}$ ——分别是测试期间节能涂料建筑和聚苯板保温建筑的内壁平均温度，单位为摄氏度（℃）；

$T_{wtj}$ ——节能涂料建筑第  $j$  次读取数据的内壁平均温度，单位为摄氏度（℃）；

$T_{wbj}$ ——聚苯板保温建筑第  $j$  次读取数据的内壁平均温度，单位为摄氏度（℃）；

$n$ ——测试期间测温系统读取数据的总次数。



A. 6. 2. 5 测试期间节能涂料建筑和聚苯板保温建筑的室内外空气温差的累计值分别按照公式 A. 9 和式 A. 10 计算:

$$\Sigma\Delta T_{at} = \sum_{j=1}^n (T_{aj} - T_{atj}) \dots\dots\dots (A. 9)$$

$$\Sigma\Delta T_{ab} = \sum_{j=1}^n (T_{aj} - T_{abj}) \dots\dots\dots (A. 10)$$

式中:

$\Sigma\Delta T_{at}$ 、 $\Sigma\Delta T_{ab}$ ——分别是测试期间节能涂料建筑和聚苯板保温建筑的室内外空气平均温差的累计值, 单位为(°C·min), 一般读取数据间隔为 1 min, 类似于度时数;

$T_{aj}$ ——第 j 次读取数据的室外空气温度, 单位为摄氏度(°C);

$T_{atj}$ ——节能涂料建筑第 j 次读取数据的室内空气平均温度, 单位为摄氏度(°C);

$T_{abj}$ ——聚苯板保温建筑第 j 次读取数据的室内空气平均温度, 单位为摄氏度(°C);

$n$ ——测试期间测温系统读取数据的总次数。

A. 6. 2. 6 测试期间节能涂料建筑和聚苯板保温建筑的室外空气与内壁温差的累计值分别按照式 A. 11 和式 A. 12 计算:

$$\Sigma\Delta T_{wt} = \sum_{j=1}^n (T_{aj} - T_{wtj}) \dots\dots\dots (A. 11)$$

$$\Sigma\Delta T_{wb} = \sum_{j=1}^n (T_{aj} - T_{wbj}) \dots\dots\dots (A. 12)$$

式中:

$\Sigma\Delta T_{wt}$ 、 $\Sigma\Delta T_{wb}$ ——分别是测试期间节能涂料建筑和聚苯板保温建筑的室外空气与内壁温差的累计值, 单位为(°C·min), 一般读取数据间隔为 1 min, 类似于度时数;

$T_{aj}$ ——第 j 次读取数据的室外空气温度, 单位为摄氏度(°C);

$T_{wtj}$ ——节能涂料建筑第 j 次读取数据的内壁平均温度, 单位为摄氏度(°C);

$T_{wbj}$ ——聚苯板保温建筑第 j 次读取数据的内壁平均温度, 单位为摄氏度(°C);

$n$ ——测试期间测温系统读取数据的总次数。

### A. 6. 3 相同设定温度下比对测试时

A. 6. 3. 1 按要求安装布置好制冷空调设备、测温系统、控温传感器、电功率电耗表、气象观测站等, 调试系统达正常运行状态。根据室外气象条件, 设定室内设定温度, 确保室内外温差与所在地的实际建筑空调温差范围基本一致。

A. 6. 3. 2 测试开始前, 两个比对建筑的门应开启 24 h 以上, 以保证两个建筑的初始状态基本一致。正式测试时, 密闭两个模型建筑, 同时开启两个建筑的制冷空调系统和温度检测系统, 实验结束后, 导出各模型建筑的空调电耗数据和温度数据。空调耗电量作为评判节能涂料建筑和聚苯板保温建筑隔热效果的主要依据。尽管两个建筑设定温度相同, 但在实际运行过程中, 由于节能涂料系统与保温系统的隔热机理完全不同, 因此还需结合室内热环境进行精细化的科学评价。

A. 6. 3. 3 室内空气平均温度、内墙面平均温度、室内外空气温差的累计值、室外空气与内壁温差的累计值按照本文件 A. 5. 2 的方法计算。

### A. 6. 4 相同加热功率比对测试时

A. 6. 4. 1 夏热冬冷地区需做冬季供暖加热工况（加热功率相同）的比对实测。

A. 6. 4. 2 考察节能涂料系统和保温系统在温度较低的夜间和太阳辐射较大的白天的室内热环境差异，规定供暖加热热开 12 h 至关 12 h，以晚上 8 点作为起始点，不低于 3 个循环。

A. 6. 4. 3 室内空气平均温度、内壁面平均温度、室内外空气温差的累计值、室外空气与内壁温差的累计值按照本文件 A. 5. 2 的方法计算，仅对供暖加热设备开启期间的数据进行分析。

## A. 7 当量热阻的计算

### A. 7. 1 热环境当量系数

#### A. 7. 1. 1 室内空气热环境的当量系数

以聚苯板保温建筑为参照的室内空气热环境当量系数可用式 A. 13 计算：

$$\beta_1 = \frac{T_a - T_{at}}{T_a - T_{ab}} \dots\dots\dots (A. 13)$$

式中：

$\beta_1$ ——室内空气热环境当量系数；

$T_a$ ——测试期间的室外空气平均温度；

$T_{at}$ ——测试期间节能涂料建筑室内空气平均温度；

$T_{ab}$ ——测试期间聚苯板保温建筑室内空气平均温度。

#### A. 7. 1. 2 室内壁面热环境的当量系数

以聚苯板保温建筑为参照的室内壁面热环境当量系数可用式 A. 14 计算：

$$\beta_2 = \frac{T_a - T_{wt}}{T_a - T_{wb}} \dots\dots\dots (A. 14)$$

式中：

$\beta_2$ ——室内壁面热环境当量系数；

$T_a$ ——测试期间室外空气平均温度；

$T_{wt}$ ——测试期间节能涂料建筑室内壁面平均温度；

$T_{wb}$ ——测试期间聚苯板保温建筑室内壁面平均温度。

#### A. 7. 1. 3 室内空气热环境的全过程当量系数

以聚苯板保温建筑为参照的室内空气热环境全过程当量系数可用式 A. 15 计算：

$$\beta_3 = \frac{\sum \Delta T_{at}}{\sum \Delta T_{ab}} \dots\dots\dots (A. 15)$$

式中：

$\beta_3$ ——室内空气热环境全过程当量系数；

$\sum \Delta T_{at}$ 、 $\sum \Delta T_{ab}$ ——分别是测试期间节能涂料建筑和聚苯板保温建筑的室内外空气平均温差的累计值，单位为度分钟数（ $^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}$ ），类似于度时数。

#### A. 7. 1. 4 室内壁面热环境的全过程当量系数

以聚苯板保温建筑为参照的室内壁面热环境全过程当量系数可用式 A. 16 计算：

$$\beta_4 = \frac{\sum \Delta T_{wt}}{\sum \Delta T_{wb}} \dots\dots\dots (A. 16)$$

式中：

$\beta_4$ ——室内壁面热环境全过程当量系数；

$\Sigma\Delta T_{wt}$ 、 $\Sigma\Delta T_{wb}$ ——分别是测试期间节能涂料建筑和聚苯板保温建筑的室内外空气平均温差的累计值，单位为摄氏度（℃）。

#### A. 7. 1. 5 供暖加热工况的热环境当量系数

供暖加热工况的热环境当量系数的计算方法与制冷空调工况类似。差别在于供暖加热时，室内温度高于室外。

#### A. 7. 2 能耗当量系数

比对测试期间，节能涂料建筑与聚苯板保温建筑的电耗表读数分别为 $E_t$ 和 $E_b$ ，则以聚苯板保温建筑为参照的能耗当量系数可用式A. 17计算：

$$\varepsilon = \frac{E_t}{E_b} \dots\dots\dots (A. 17)$$

式中：

$\varepsilon$ ——能耗当量系数；

$E_t$ 、 $E_b$ ——分别是测试期间节能涂料建筑和聚苯板保温建筑的制冷空调设备耗电量，单位为 kWh。

#### A. 7. 3 当量热阻

A. 7. 3. 1 对于相同制冷功率的室内热环境比对测试，节能涂料的当量热阻可用式 A. 18 计算：

$$R_{eq} = \beta (\Sigma R + R_0) - \Sigma R \dots\dots\dots (A. 18)$$

式中：

$R_{eq}$ ——节能涂料的当量热阻，单位为 $m^2 \cdot K/W$ ；

$\beta$ ——热环境当量系数。对于空调启停频繁的居住建筑， $\beta = (\beta_1 + \beta_3) / 2$ ；对于空调运行较长的公共建筑， $\beta = (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4) / 4$ ；

$R_0$ ——参照保温系统的热阻，单位为 $m^2 \cdot K/W$ 。

A. 7. 3. 2 对于相同设定温度下的空调耗电量比对测试，节能涂料的当量热阻可用式 A. 19 计算：

$$R_{eq} = \beta / \varepsilon (\Sigma R + R_0) - \Sigma R \dots\dots\dots (A. 19)$$

式中：

$R_{eq}$ ——节能涂料的当量热阻，单位为 $m^2 \cdot K/W$ ；

$\varepsilon$ ——能耗当量系数；

$\beta$ ——热环境当量系数。对于空调启停频繁的居住建筑， $\beta = (\beta_1 + \beta_3) / 2$ ；对于空调运行较长的公共建筑， $\beta = (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4) / 4$ ；

$R_0$ ——参照保温系统的热阻，单位为 $m^2 \cdot K/W$ 。

A. 7. 3. 3 对于夏热冬冷地区的建筑，考虑冬季影响的节能涂料的当量热阻可用式 A. 20 计算：

$$R_{eq} = \frac{1}{2} (\beta + \beta_{\text{冬}}) (\Sigma R + R_0) - \Sigma R \dots\dots\dots (A. 20)$$

式中：

$R_{eq}$ ——夏热冬冷地区节能涂料的当量热阻，单位为 $m^2 \cdot K/W$ ；

$\beta$  ——制冷空调热环境当量系数。对于空调启停频繁的居住建筑， $\beta = (\beta_1 + \beta_3) / 2$ ；对于空调运行较长的公共建筑， $\beta = (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4) / 4$ ；

$\beta_{\text{冬}}$  ——供暖加热的热环境当量系数。比对测试已经考虑了间歇因素， $\beta_{\text{冬}} = (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4) / 4$ 。

---