

ICS ***

中国建筑节能协会团体标准

CCS ***

T/CABEE 0XX-20XX

建筑辐射隔热节能涂料应用技术规程

Technical regulation for application of building radiative thermal
resistance and energy-saving coatings

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国建筑节能协会

发布

中国建筑节能协会团体标准

建筑辐射隔热节能涂料应用技术规程

Technical regulation for application of building radiative thermal resistance and
energy-saving coatings

T/CABEE 0XX-20XX

批准部门：中国建筑节能协会

施行日期：XXXX年X月X日

中国建筑工业出版社

20XX 北京

中国建筑节能协会文件

国建节协[20xx] x 号

关于发布《建筑辐射隔热节能涂料应用技术规程》 团体标准的公告

现批准《建筑辐射隔热节能涂料应用技术规程》为中国建筑节能协会团体标准，标准编号为：T/CABEE 0XX-20XX，自 20xx 年 x 月 x 日起实施。现予公告。

中国建筑节能协会
20XX 年 X 月 X 日

前 言

根据《中国建筑节能协会团体标准管理办法（试行）》（国建节协（2017）40号）及《关于印发〈2023年度第一批团体标准制修订计划〉的通知》（国建节协[2023]12号）的要求，由住房和城乡建设部科技和产业化发展中心会同有关单位组建编制组，经广泛的调查研究，认真总结实践经验，考察有关国内外标准和先进经验，并在广泛征求意见的基础上，共同编制了本标准。

本标准的主要内容包括：1 总则；2 术语；3 基本规定；4 材料及系统；5 设计；6 施工；7 工程质量及验收。

本标准由中国建筑节能协会标准化管理办公室负责管理（联系电话：010-57811218，010-57811483，邮箱：biaoban@cabee.org），由住房和城乡建设部科技和产业化发展中心负责具体内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至住房和城乡建设部科技和产业化发展中心（地址：北京市海淀区三里河11号建材南新楼208，邮编：100037）

本规程主编单位：住房和城乡建设部科技和产业化发展中心

本规程参编单位：

本规程主要起草人员：

本规程主要审查人员：

目 次

1 总 则	3
2 术 语	4
3 基本规定	5
4 材料及系统	6
5 设 计	7
5.1 一般规定	7
5.2 构造设计	7
5.3 基层设计	8
5.4 节能设计	9
5.5 隔热设计	9
6 施 工	11
6.1 一般规定	11
6.2 施工准备	11
6.3 施工工序	12
7 工程质量及验收	13
7.1 一般规定	13
7.2 主控项目	14
7.3 一般项目	14
附 录 A 建筑辐射隔热节能涂料的红外辐射阻热温差测试方法	16
附录 B 建筑辐射隔热节能涂料的当量阻热热阻对比测试方法	19
附录 C 不同气候区不同类型建筑辐射隔热节能涂料的当量热阻的取值	30
本规程用词说明	32
引用标准名录	33
附：条 文 说 明	34

Contents

1 General provisions	3
2 Terms	4
3 Basic requirements	5
4 Materials and systems	6
5 Design	7
5.1 General requirements	7
5.2 Structure design	7
5.3 Base course design	8
5.4 Energy efficiency design	9
5.5 Heat resistance design	9
6 Construction	11
6.1 General requirements	11
6.2 Construction preparation	11
6.3 Construction steps	12
7 Project quality control and acceptance	13
7.1 General requirements	13
7.2 Dominant items	14
7.3 General items	14
Appendix A Test method for temperature difference of infrared radiation	16
Appendix B Comparative testing method for equivalent thermal resistance	19
Appendix C Recommended values of equivalent thermal resistance for different types of buildings in different climate zones	30
Explanation of wording in this specification	32
List of quoted standards	33
Addition:Explanation of provisions	34

1 总 则

1.0.1 为规范建筑辐射隔热节能涂料的工程应用，保证工程质量，做到技术先进、安全可靠、经济合理，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于夏热冬冷地区、夏热冬暖地区及温和地区，建筑物外墙和屋面使用建筑辐射隔热节能涂料的节能工程设计、施工及工程质量验收。

1.0.3 建筑辐射隔热节能涂料的应用除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 建筑辐射隔热节能涂料 building radiative thermal resistance and energy-saving coatings

可涂覆于建筑墙体的表面，以水性高分子改性材料为主要成膜物质，以一些最外层电子易被激发、辐射性能活跃的特殊金属晶体材料为功能材料，添加颜料、填料、助剂等制成，具有良好辐射隔热性能和实际节能效果的涂料。

2.0.2 红外辐射温差 Infrared radiation temperature difference

在同一模拟红外辐射热源条件下的平行对比测试中，受检涂层背侧表面温度减去参比涂层背侧表面温度之差值。

2.0.3 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，对比测试建筑辐射隔热节能涂料系统与 40mm 模塑聚苯板(即 EPS)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，根据建筑节能原理获得建筑辐射隔热节能涂料系统的当量隔热热阻。

2.0.4 能耗当量系数 Energy equivalent coefficient

在相同热舒适度（设定温度）条件下，对比测试建筑辐射隔热节能涂料系统与 40mm 模塑聚苯板保温隔热系统的耗电量，两者之比即为能耗当量系数。

2.0.5 热环境当量系数 Thermal environment equivalent coefficient

在输入相同制冷功率的条件下，对比测试建筑辐射隔热节能涂料系统与 40mm 模塑聚苯板保温隔热系统的室内外温差，两者之比即为热环境当量系数。

3 基本规定

3.0.1 应根据工程所在地区的夏、冬季太阳辐射照度大小，建筑功能，冷热负荷特征，围护结构热惰性，空调采暖设备运行模式等，综合技术经济指标确定是否适宜在建筑的外墙与屋面采用建筑辐射隔热节能涂料一体化饰面。

3.0.2 与建筑辐射隔热节能涂料涂层配套应用的各组成材料的性能应符合本规程的规定。

3.0.3 采用建筑辐射隔热节能涂料涂层的墙体和屋面的保温、隔热和防潮性能应符合现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176、《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ75、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134的有关规定。

4 材料及系统

4.0.1 建筑辐射隔热节能涂料的技术指标尚应符合表4.0.1规定。

表 4.0.1 建筑辐射隔热节能涂料技术指标

项目	指标	检测方法
容器中的状态	无硬块，搅拌后呈均匀状态	GB/T 9755
施工性	涂刷二道无障碍	GB/T 9755
低温稳定性	不变质	GB/T 9268
涂膜外观	正常	GB/T 9755
干燥时间(表干)/h	≤2	GB/T 1728
耐沾污性（白色与浅色）	≤15%	GB/T 9755
耐碱性	48h无异常	GB/T 9755
耐洗刷性（2000次）	漆膜未损坏	GB/T 9755
对比率（白色和浅色）	≥0.93	GB/T 23981.1
涂层耐温变性(3次循环)	无异常	GB/T 9755
耐人工气候老化性	600h不起泡、不剥落、无裂纹	GB/T 1865
辐射温差	≥4℃	附录 A

4.0.2 建筑辐射隔热节能涂料配套使用的底漆应符合现行行业标准《建筑内外墙用底漆》JG/T210 中外墙用底漆的全部指标。

4.0.3 建筑辐射隔热节能涂料配套使用的柔性腻子应符合现行国家标准《外墙柔性腻子》GB/T 23455 的全部指标。

4.0.4 建筑辐射隔热节能涂料涂饰中配套使用的材料应与选用的建筑辐射隔热节能涂料相容，其相容性技术指标应符合现行行业标准《建筑反射隔热涂料应用技术规程》JGJ/T359中表3.0.4的规定。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 建筑辐射隔热节能涂料使用在建筑外墙和屋面，宜结合建筑造型设置分格缝，并应采用下列构造措施防止雨水沾污墙面：

- 1 檐口、窗台、线脚等构造应设置滴水线（槽）；
- 2 女儿墙、阳台栏杆压顶的顶面应有指向内侧的泛水坡；
- 3 坡屋面檐口应超出外墙面。

5.1.2 使用建筑辐射隔热节能涂料的屋面，其防排水设计、节能系统性能和构造层应符合现行国家标准《屋面工程技术规范》GB50345 的有关规定。

5.1.3 使用建筑辐射隔热节能涂料的外墙，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做法，并应符合现行标准《建筑外墙防水工程技术规程》JGJ/T 235 的有关规定。

5.1.4 建筑辐射隔热节能涂料的热工设计包括节能设计和隔热设计。节能设计指标应符合《公共建筑节能设计标准》GB50189、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ134、《建筑节能与可再生能源利用规范》GB55015 等节能设计标准的要求；隔热设计应符合现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176 的规定。

5.2 构造设计

5.2.1 非金属材料基层（包括钢筋混凝土、砌块墙体等）采用建筑辐射隔热节能涂料节能饰面的基本构造应包括基层、水泥砂浆找平层（或柔性腻子层）、底漆层和建筑辐射隔热节能涂料层（图5.2.1）。

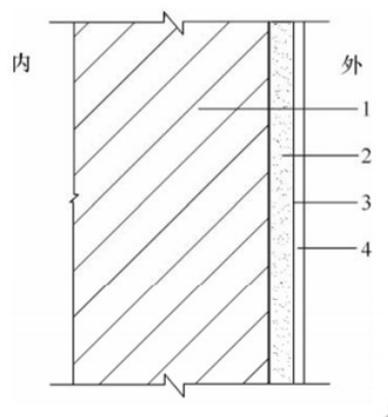


图5.2.1 非金属材料基层采用建筑辐射隔热节能涂料饰面的基本构造

1-基层; 2-水泥砂浆找平层(或柔性腻子层); 3-底漆层; 4-建筑辐射隔热节能涂料层

5.2.2 非金属材料基层(包括钢筋混凝土、砌块墙体等)的外墙外保温系统采用建筑辐射隔热节能涂料饰面的基本构造应包括基层、界面层、保温层、抗裂层、柔性腻子层、底漆及建筑辐射隔热节能涂料层(图5.2.2)。

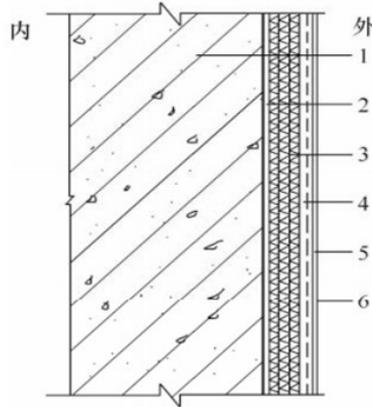


图5.2.2 非金属材料基层的外墙外保温系统采用建筑辐射隔热节能涂料饰面的基本构造

1-基层; 2-界面层; 3-保温层; 4-抗裂层; 5-柔性腻子层; 6-底漆层及建筑辐射隔热节能涂料层

5.2.3 金属材料基层采用建筑辐射隔热节能涂料饰面的基本构造应包括基层、防锈漆层、底漆层和建筑辐射隔热节能涂料层(5.2.3)。

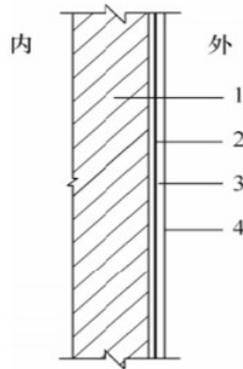


图5.2.3金属材料基层采用建筑辐射隔热节能涂料饰面的基本构造

1-基层; 2-防锈漆层; 3-底漆层; 4-建筑辐射隔热节能涂料层

5.3 基层设计

5.3.1 非金属材料基层采用建筑辐射隔热节能涂料时，基层应符合下列规定：

- 1 基层应牢固、无开裂、掉粉、起砂、空鼓、剥离、爆裂点和附着力不良的旧涂层等。
- 2 基层应表面平整、立面垂直、阴阳角垂直、方正和无缺棱掉角，分格缝深浅一致。且横平竖直，表面应平而不光。当不满足要求时应采用强度等级不低于M5的水泥砂浆找平。
- 3 基层应清洁、表面无灰尘、浮浆、锈斑、霉点和析出盐类等杂物。
- 4 基层含水率不应大于10%，且不应小于或等于8%；pH值不得大于 10。

5.3.2 金属材料基层采用建筑辐射隔热节能涂料时，表面应清洁干燥并应进行防锈处理。

5.3.3 既有建筑进行节能改造采用建筑辐射隔热节能涂料时，应对基层进行处理，并应符合本规程第5.3.1、5.3.2条的规定

5.4 节能设计

5.4.1 采用建筑辐射隔热节能涂料的外墙和屋面，既可采用规定性的围护结构热工限值指标进行节能设计，也可采用节能综合指标方法进行节能设计。

5.4.2 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，可将建筑辐射隔热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，当量隔热热阻验证方法按附录B，取值按附录 C，修正后的传热系数按下式计算：

$$K' = \frac{1}{R_{eq} + \frac{1}{K}} \quad (5.4.2)$$

式中：K'——外墙或屋面采用建筑辐射隔热节能涂料后的修正传热系数 $[W / (m^2 \cdot K)]$ 。

K——外墙或屋面未采用建筑辐射隔热节能涂料时的传热系数 $[W / (m^2 \cdot K)]$ 。

Req——建筑辐射隔热节能涂料系统的当量热阻， $[(m^2 \cdot K) / W]$ 。可按照附录 C 选取，也可利用附录 B 的方法进行不少于 5 个工况的实测获得。

5.4.3 当采用节能综合指标方法进行节能设计时，可用按式（5.4.2）修正后的传热系数进行建筑能耗指标计算。

5.5 隔热设计

5.5.1 使用建筑辐射隔热节能涂料的建筑应满足现行国家标准《民用建筑热工设计》

GB 50176 的隔热设计要求。

5.5.2 以空调能耗为主、工作时间为白天、集中空调系统每天运行时间大于8小时的大型公共建筑，所有外墙和屋顶都应采用建筑辐射隔热节能涂料；以空调能耗为主、工作时间为白天、分散空调设备可间歇运行的普通公共建筑，东、西、南外墙和屋顶应采用建筑辐射隔热节能涂料。

5.5.3 以空调能耗为主、配备集中空调系统的居住建筑，所有外墙和屋顶都应采用建筑辐射隔热节能涂料；以空调能耗为主、安装分散空调设备可间歇运行的居住建筑，东、西、南外墙和屋顶应采用建筑辐射隔热节能涂料；以空调能耗为主、安装分散空调设备、工作时间为夜晚的公寓建筑，东、西外墙和屋顶应采用建筑辐射隔热节能涂料。

5.5.4 以空调能耗为主、冬季有采暖需求的居住建筑，东、西外墙和屋顶应采用建筑辐射隔热节能涂料。

5.5.5 采用建筑辐射隔热节能涂料的轻质外墙和屋面，当热惰性指标 $D \leq 2.5$ 时，可不进行隔热设计验算。

6 施 工

6.1 一般规定

- 6.1.1 施工单位应按施工图及现行行业标准《建筑涂饰工程施工及验收规程》JGJ/T 29 中的施工规定组织涂饰施工。
- 6.1.2 建筑辐射隔热节能涂料涂饰施工环境温度不宜低于 5℃，且施工温度范围应符合产品说明书要求。施工时，空气相对湿度不宜大于 85%。当遇大雾、6 级以上风力、雨天时，应停止户外施工。
- 6.1.3 建筑辐射隔热节能涂料涂饰施工的安全防护、劳动保护、防火措施等应按国家现行标准的有关规定执行。
- 6.1.4 建筑辐射隔热节能涂料施工过程中应做好半成品、成品的保护。

6.2 施工准备

- 6.2.1 施工单位施工前应编制涂饰工程的施工方案。
- 6.2.2 基层应通过验收，并应符合本规程第 5.3 节的规定。
- 6.2.3 基层表面应按下列方式处理：
- 1 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，宜晾干至 10%以下；当基层表面含水率小于或等于 8%，宜进行喷水湿润，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，宜用耐水耐碱腻子刮涂封闭。
 - 2 非金属材料基层表面还宜进行抗裂层毛化处理。
 - 3 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和加界面剂。
- 6.2.4 建筑辐射隔热节能涂料施工现场存放应符合下列规定：
- 1 建筑辐射隔热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，并应符合可燃品国家有关消防现行标准的规定。
 - 2 建筑辐射隔热节能涂料应按品种、批号、颜色分别堆放。
- 6.2.5 建筑辐射隔热节能涂料施工前应根据工艺要求配备涂饰机具及计量器具。
- 6.2.6 大面积施工前应按工序要求做好样板工程，并应保留至竣工。

6.3 施工工序

6.3.1 建筑辐射隔热节能涂料涂饰施工宜根据不同基层情况按下列施工工序进行：

- 1 非金属材料基层采用建筑辐射隔热节能涂料时，涂饰施工的工序为基层处理、刮涂柔性腻子、涂饰底漆、涂饰建筑辐射隔热节能涂料；
- 2 金属材料基层采用建筑辐射隔热节能涂料时，涂饰施工的工序为基层处理、涂饰底漆、涂饰建筑辐射隔热节能涂料。

6.3.2 涂刮腻子应符合下列规定：

- 1 刮涂腻子应分层进行，刮涂层数宜为 2 道~3 道。每道腻子厚度不应大于 2mm，腻子与基层间及腻子层间应粘结牢固。
- 2 两道腻子施工间隔时间应根据环境温湿度确定，且不宜少于 24h。
- 3 每道腻子打磨后应扫除粉尘，最后一道腻子应打磨至平整。

6.3.3 建筑辐射隔热节能涂料的涂饰应符合下列规定：

- 1 建筑辐射隔热节能涂料施工前，应涂饰底漆，底漆应涂布均匀；
- 2 后道涂料施工应在前道涂料实干后进行；
- 3 每道涂料应涂饰均匀；
- 4 对有特殊要求的工程可增加涂层次数。

6.3.4 涂饰材料施工黏度应根据施工方法、施工季节、温度、湿度等条件进行控制。建筑辐射隔热节能涂料宜用同一批号涂料，并按产品使用说明书调配，不应随意添加稀释剂或水。

6.3.5 外墙涂饰施工应自上而下进行，外墙、内墙和屋面施工应顺同一方向涂饰。施工间歇段的划分应以分格缝、阴阳角为分界线，并应做好接茬部位的处理。

7 工程质量及验收

7.1 一般规定

7.1.1 建筑辐射隔热节能涂料工程质量验收应按现行国家标准《建筑节能工程施工质量验收规程》GB50411、《建筑装饰装修工程质量验收规范》GB 50210和《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300的有关规定执行。

7.1.2 材料或产品进入施工现场时，应附有中文标识的出厂合格证、出厂检验报告及有效期内的型式检验报告，三年内的当量隔热热阻验证报告。

7.1.3 检验批应按现行国家标准《建筑节能工程施工质量验收规范》GB50411 的有关规定进行划分。

7.1.4 检验批质量验收应符合下列规定：

- 1 主控项目应全部合格；
- 2 一般项目应合格；当采用计数检验时，至少应有 90%以上的检查点合格，且其余检查点不得有严重缺陷；
- 3 应具有完整的施工操作依据和质量检查记录。

7.1.5 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：

- 1 基层及其表面处理；
- 2 腻子层的施工。

7.1.6 建筑辐射隔热节能涂料的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：

- 1 设计文件、设计变更和节能专项审查文件；
- 2 设计与施工执行标准、文件以及通过审批的施工方案；
- 3 建筑辐射隔热节能涂料产品质量合格证、出厂检验报告、有效期内的型式检验报告、三年内的当量隔热热阻验证报告和进场验收记录等；
- 4 建筑辐射隔热节能涂料进场抽检复验报告；
- 5 施工记录、隐蔽工程验收记录；
- 6 检验批验收记录；

- 7 质量问题处理记录；
- 8 现场抽样检测报告；
- 9 其他必需的资料。

7.2 主控项目

7.2.1 建筑辐射隔热节能涂料进场后，应进行质量检查和验收。

检验方法：检查出厂合格证、出厂检验报告及有效期内的型式检验报告、三年内的当量隔热热阻验证报告和当批次的辐射温差验证检测报告；现场建筑辐射隔热节能涂料抽样复验，复验项目为辐射温差；与建筑辐射隔热节能涂料配套的材料抽样复验，复验项目为相容性，复验应为见证取样送检。

检查数量：每一栋楼的同类建筑辐射隔热节能涂料施工面每 500 m²~1000 m²面积划分为一个检验批，不足 500 m²的划分为一个检验批。

7.2.2 建筑辐射隔热节能涂料饰面的颜色、图案应符合设计要求。

检验方法：观察。

检验数量：全数检查。

7.3 一般项目

7.3.1 建筑辐射隔热节能涂料的基层应符合设计和施工方案的要求。

检验方法：核查隐蔽工程验收记录。

检验数量：全数检查。

7.3.2 建筑辐射隔热节能涂料饰面应无漏涂、沾污、透底、起皮和掉粉。

检验方法：观察。

检验数量：全数检查。

7.3.3 建筑辐射隔热节能涂料的涂层涂刷质量和检验方法应符合表 7.3.3 的规定，且每个检验批中每 100 m²应至少检查一次，每次不得小于 10 m²。

表 7.3.3 建筑辐射隔热节能涂料涂层涂刷质量和检验方法

序号	项目	涂刷质量	检验方法
1	色差	均匀一致	观察
2	泛碱、咬色	允许少量轻微	观察
3	砂眼、刷纹	允许少量轻微砂眼， 刷纹通顺	观察

4	接茬处明显涂刷接痕	无	观察
5	流坠，疙瘩	允许少量轻微	观察
6	装饰线、分色线直线度允许偏差 (mm)	2	拉 5m 线，不足 5m 拉通线，用钢直尺检查

7.3.4 建筑辐射隔热节能涂料涂层与其他装修材料和构件衔接处应吻合，界面应清晰。

检验方法：观察。

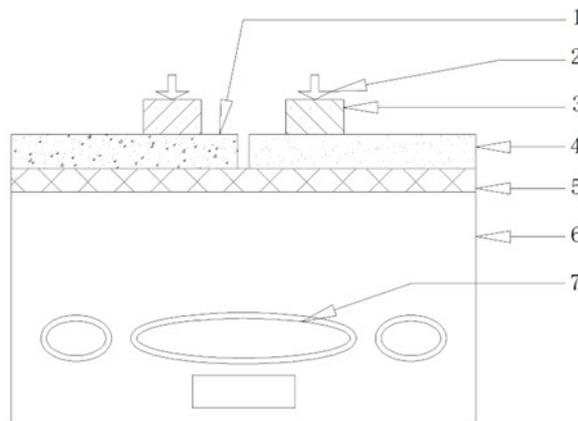
检验数量：全数检查。

附录 A 建筑辐射隔热节能涂料的红外辐射阻热温差测试方法

A.1.1 基于基尔霍夫辐射定律的基本原理，应采用人工红外辐射热源，在相同条件下，同时对标准板和被测板进行均匀加热，测试过程中利用热电偶测温仪分别测量出标准板和测试板背向热源的表面温度，即可获得测试板与标准板之间的温差。

A.2 仪器设备

A.2.1 辐射温差测试仪的基本构造及测试操作的基本设置如图A.2.1所示。



1-测试板；2-测温探头；3-高导热铝块；4-对比板；5-隔热垫；
6-测试箱体；7-热源（电阻加热器、磁管加热器、石墨烯加热片）

图A.2.1 测试仪器装置示意图

测试箱体底部设置辐射热源，箱体顶部应设置“测试板”和“标准板”各一。测试板和标准板面向箱内模拟红外辐射热源一侧分别涂覆辐射隔热节能涂料(以下简称为辐射涂料或涂层)和相同厚度的标准涂料。当箱体底部的红外辐射热源均匀地向整个箱体持续加热时，箱体顶部的测试板涂层和标准板涂层受到相同的热辐射。

仪器应包括以下主要组件：控制箱体；测试箱体；红外辐射热源；铝合金均温板；温差测试热电偶。

A.2.2 测试设备宜放置于恒温 $18^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 且无风的实验室，测试设备左右应保持物理环境条件一致。环境温度高辐射温差值减小，环境温度低辐射温差值增大，环境温度及物理环境条件对检测结果影响大。

A.2.3 测试箱体尺寸应为 $300\text{mm} \times 300\text{mm} \times 300\text{mm}$ ，材料材质应为304不锈钢，厚度应为2mm。

A.2.4 模拟红外辐射热源

1 模拟红外辐射热源应采用电阻加热器、石墨烯加热片和磁管加热器，模拟不同温度的红外辐射热源，功率为 $650\text{W} \pm 50\text{W}$ 。

2 模拟红外辐射热源布置在箱体内部底部。

A.2.5 热电偶测温系统

1 测温系统包括2个热电偶、2个均温板。

2 均温板采用高导热铝合金材料，长宽高尺寸为 $100\text{mm} \times 50\text{mm} \times 10\text{mm}$ ，每个均温板中心布置一个热电偶；

3 在测试板和标准板的背面中心位置各布置1个带有热电偶的均温板，均温板与测试板和标准板背面表面须紧密贴合。

4 热电偶的精度应不低于 0.1°C ，测温仪具备数据记录和导出功能，数据记录间隔1s。

A.3 试板制备

A.3.1 试板制备包括标准板和被测板的基板和涂料。

A.3.2 涂层基板应采用符合GB11614-2022、抗热冲击性符合JC/T2451-2018的特种导热玻璃板。基板尺寸规格为 $340\text{mm} \times 170\text{mm} \times 3\text{mm}$ ，基板应提前清洗干净，清洗方式按照GB/T9271-2008 中7.2的规定进行。

A.3.3 标准样采用的涂料应满足本应用技术规程 4.0.1 建筑辐射隔热节能涂料的物理性能指标中各项技术要求；标准涂层白色和浅色涂料按GB/T 15608中规定明度值为6~9之间，三刺激值中的 $Y_x5 \geq 31.26$ 。产品取样均按照 GB/T 3186 的规定进行，取样量根据涂布量和检验需求而定。测试板采用的涂料为待测的建筑辐射隔热节能涂料产品。

A.3.4 将准备好的被测涂料和标准涂料分别搅拌均匀，使用不锈钢材料制成的 $120\mu\text{m}$ 的线棒涂布器在玻璃基材上均匀涂布。涂布一道，被测板和标准板的干膜厚度应按要求保持一致。

A.3.5 制备完毕的标准板和被测板应放置在标准试验环境下养护1天。

A.4 检测方法

A.4.1 测试前应对测试环境及仪器进行核查。在距测试仪前后及左右各一米与测试箱体等高位置对称布置四个温度计，调整测试环境温度至 $18^\circ\text{C} \pm 0.5^\circ\text{C}$ ，将标准样板放置于测试箱体左侧，校准样板放置于测试箱体右侧，测温探头居中放置于标准样板与被测样板上方，测温探头间距 2 厘米，启动“电源”键，在测试室无空气扰动情况下静置 30 分钟，温度记录仪显示温度数，两数显表表温度差不大于 0.1°C ，如温度差大于 0.1°C 调整温度

记录仪使其温度一致。

A.4.2 仪器校准

- 1 调整测试室温度至 $18^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，将标准样板、校准样板及测温探头放置于规定位置。
- 2 按下“测试”按钮，记录开始时间到任意一组数据到达 100°C 时结束，记录结束时间。
- 3 测试结束后导出开始至结束的数据，校准样板温度-标准样板温度，差值大于 4°C ，则机器状态正常。
- 4 仪器移动位置、维修调整、测试室温度环境改变或者间隔十五天未使用，则必须进行仪器标准验证。

A.4.3 测试操作步骤

- 1 测试室温度及仪器温度达到 $18^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ；
- 2 将标准样板、被测样板及测温探头放置于规定位置。
- 3 记录被测样板标签，按下“测试”开始按钮，记录开始时间到任意一组数据到达 100°C 时结束，记录结束时间。
- 4 测试结束后导出开始至结束的数据，查看最先到达 100°C 的曲线坐标，所对应检测板的温度值，测试样板温度与标准样板温度之差即为辐射温差。
- 5 为保证测试数据准确性，测试结束后待本设备、测试室环境温度及标准样板均冷却至 $18^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 后，再开始下一次测试。

A.5 数据处理

A.5.1 分别读取标准板和测试板温度为 A 和 B(精确至 0.1°C)，按式(A.5)计算：

$$B - A = \Delta T \quad (\text{A.5})$$

式中：

A— 标准板测得温度，单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)；

B— 测试板测得温度，单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)；

ΔT — 红外辐射温差，单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)。

A.6 结果评定

A.6.1 当 $\Delta T \geq 4^{\circ}\text{C}$ 时，则评定涂料检测合格；当 $\Delta T < 4^{\circ}\text{C}$ 时，则评定涂料检测不合格。

附录 B 建筑辐射隔热节能涂料的当量阻热热阻对比测试方法

B.1.1 根据现行建筑节能设计标准体系及传热基本规律，对于任意只考虑围护结构保温隔热的建筑，其空调耗冷量 Q 与围护结构的面积 F 、传热系数 K 及室内外温差 ΔT 成正比：

$$Q_b = \frac{1}{\Sigma R + R_0} F \Delta T_b \quad (\text{B.1.1-1})$$

$$Q_t = \frac{1}{\Sigma R + R_{eq}} F \Delta T_t \quad (\text{B.1.1-2})$$

式中， Q_b 、 Q_t ——分别是保温隔热和涂料隔热建筑的输入制冷功率，单位 W ，由安装的制冷空调设备提供；

ΣR ——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 ——保温隔热和涂料隔热建筑的传热面积，单位 m^2 ，两个建筑基本相同；

ΔT_b 、 ΔT_t ——分别是保温隔热和涂料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} ——分别是保温隔热系统的热阻和涂料隔热系统的当量热阻，单位 $m^2 \cdot K/W$ 。

参照对象40mm模塑聚苯板保温隔热系统的 R_0 已知，即可通过实验获得涂料隔热系统的当量热阻 R_{eq} 。

B.1.2 测试方法一：对两个模型建筑输入相同的制冷量 $Q_b=Q_t$ ，测试出两者室内外温差 ΔT_b 、 ΔT_t 的差异，利用式B.0.1-1、B.0.1-2，推导获得当量热阻为：

$$R_{eq} = \frac{\Delta T_t}{\Delta T_b} (\Sigma R + R_0) - \Sigma R \quad (\text{B.1.2})$$

式中， $\Delta T_t / \Delta T_b$ 为热环境当量系数。一般 $\Delta T_b > \Delta T_t$ ；若 $\Delta T_b \approx \Delta T_t$ ，则 $R_{eq} = R_0$

B.1.3 测试方法二：设定并控制两个模型的室内温度相同（ $\Delta T_b \approx \Delta T_t$ ），开启空调设备，测试出两者的制冷能耗 Q_b 、 Q_t 的差异，利用式（B.1.1-1、B.1.1-2），可推导获得当量热阻为：

$$R_{eq} = \frac{Q_b}{Q_t} (\Sigma R + R_0) - \Sigma R \quad (\text{B.1.3})$$

式中， Q_b / Q_t 为能耗当量系数。一般 Q_b 小于 Q_t ；若 $Q_b \approx Q_t$ ，则 $R_{eq} = R_0$

B.2 对比测试场地与室外环境

B.2.1 对比测试应该在夏热冬冷、夏热冬暖或温和地区的室外气象条件下进行。对比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；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，该障碍物至对比模型建筑边缘的距离，至少是该障碍物高度的三倍以上。

B.2.2 对比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，须有出厂检验证明；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5min。

B.2.3 夏季验证建筑辐射隔热节能涂料的当量热阻对比测试，测试日的室外太阳辐射照度最大值应大于 $700\text{W}/\text{m}^2$ ，日总辐射能量不低于 $3000\text{kWh}/\text{m}^2$ ；测试日的最高气温不低于 32°C ，测试日白天的平均气温不低于 28°C 。

B.2.4 冬季验证建筑辐射隔热节能涂料潜在不利影响的当量热阻对比测试，测试日的室外太阳辐射照度最大值应大于 $500\text{W}/\text{m}^2$ ，日总辐射能量不低于 $1500\text{kWh}/\text{m}^2$ ；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 。

B.3对比测试设备

B.3.1 对比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、电表等构成，示意图如图B.3.1所示。



图 B3.1 对比测试设备及系统示意图

图例说明：1—模型建筑；2—门；3—窗；4—空调制冷设备；5—供暖加热器；6—室内气温测点；7—内壁温度测点；8—外壁温度测点；9—外环境温度测点；10—温控传感器；11—测温系统记录仪；12—耗电表；13—电源；14—气象观测站

B.3.2 对比测试的模型建筑

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。

2 模型建筑的外墙和屋顶面积应大于 5m^2 ，体形系数 S_c 应大于1.5，以便有足够的对比面积和在较严苛条件下检验隔热性能；设窗外墙窗墙面积比应大于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，门的高度应大于1.8m，宽度应大于

0.7m。

3 外墙和屋顶宜采用预制纤维水泥板或现浇混凝土建造，热惰性指标 $D \geq 2.5$ 。为了客观对比建筑辐射隔热节能涂料和参照40mm模塑聚苯板的隔热效果，两屋顶保温和隔热设计应符合 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。

4 为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应 $\geq 0.3\text{m}$ 。

5 模型建筑的间距应 $\geq 4\text{m}$ ，且有门窗的外墙朝南布置。

B.3.3 制冷空调设备

1 制冷空调系统含制冷机组或空调机，每种设备至少两台，且规格型号、生产厂家相同。

2 制冷机组或空调机须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 $\leq 1\%$ ；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须能维持模型建筑的室内外温差 $\geq 10^\circ\text{C}$ 。

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。

4 制冷机组或空调的室外机离模型建筑的距离应 $\geq 1\text{米}$ ，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。

B.3.4 供暖加热器

1 供暖加热器用于冬季对比实测，以评价建筑辐射隔热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。

2 供暖加热器安装前须通过第三方机构检测；两组的发热电功率差异应 $\leq 1\%$ ；为了更接近建筑供暖实际情况，每组加热器的功率须能维持模型建筑的室内外温差 $\geq 15^\circ\text{C}$ 。

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。

B.3.5 热电偶测温系统

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。

2 内空温度代表测点布置在中心的上部、中部和下部区域，数量应不少于3个。

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。

- 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。
- 5 外环境温度代表测点离模型建筑的距离应 $>2\text{m}$ ，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。
- 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。
- 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。热电偶的精度不低于 0.1°C 。
- 8 对比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对比结果评价；巡回检测仪需具备数据记录和导出功能，数据记录间隔应不高于 5min 。

B.3.6 控温传感器

- 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）对比实测。
- 2 制冷空调对比实测的室内设定温度不宜高于 26°C ，供暖加热对比实测的室内设定温度不宜低于 20°C ，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 Δt 应在 1°C 以内。
- 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，须有出厂检验证明。

B.3.7 电功率电耗表

- 1 每个模型建筑的制冷空调或供暖加热设备应独立安装电功率电耗表。
- 2 电功率电耗表应采用同一厂家同一型号产品，精度符合相关标准要求，须有出厂检验证明。

B.4 涂料系统和保温系统的制备

B.4.1 在对两个模型建筑分别制备建筑辐射隔热节能涂料系统和 40mm 保温隔热系统前，需检查两个模型建筑外观尺寸，基板采用符合 JC/T 412.1-2006 中 NAFHV 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 的规定进行表面处理。

B.4.2 建筑辐射隔热节能涂料系统制备

- 1 任意选择一个模型建筑，在4面外墙，先刮涂外墙专用柔性腻子2-3mm，刷涂底漆1遍，再刷涂建筑辐射隔热节能涂料面漆2遍，构成系统。
- 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。

B.4.3 保温隔热系统制备

- 1 按照模型建筑可以粘贴保温板的四面外墙的形状、尺寸，剪裁模塑聚苯板，聚苯板厚度为40mm，表面需平整。
- 2 模塑聚苯板的导热系数宜不高于 $0.033\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 。
- 3 保温板施工时采用点框法粘贴，粘贴面积不少于 50%（见图 B.4.3）。

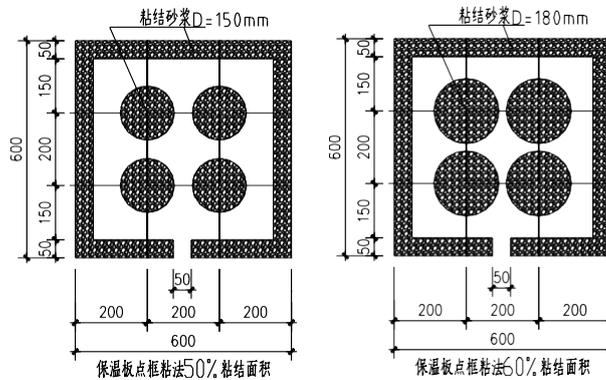


图 B.3.3 保温板安装操作示意图

- 4 两屋顶保温和隔热设计应符合 GB 50176的要求，可采用同种材料和同种工艺做节能。
- 5 聚苯板外侧表面，应采用对比普通涂料做表面涂覆处理，以防止板材经暴晒后老化。对比试样涂料为与建筑辐射隔热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 的规定进行。

B.4.4 对比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 的规定，养护时间不低于 7d。对比建筑的干膜厚度应一致。

B.5 对比测试与数据处理方法

B.5.1 一般规定

- 1 根据建筑节能的目标，测试方法可分为室内外温差对比测试和耗电量对比测试。前者是在输入相同的制冷能耗的条件下，对比两个模型建筑室内外温差（包括室内气温和内壁温），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，对比两个模型建筑的能耗差异（也评价室内气温和内壁温等热环境），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。

2 根据建筑辐射隔热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对比测试和供暖加热工况下的对比测试。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对比实测。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。

3 根据空调采暖设备运行特点,对比测试又分为连续测试和间歇运行测试。鉴于夏热冬暖、夏热冬冷及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12小时,规定连续运行测试时间大于24小时即可;间歇运行为空调开12小时-关12小时。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8:00作为起始点。两种测试时长可任选其一。

4 测试日的室外太阳辐射和温度应满足 B.2.3 和 B.2.4 的要求,否则测试结果无效。

B.5.2 相同制冷功率的室内热环境对比测试

1 选择室外场地,安装好两个对比模型建筑,分别在制备好建筑辐射隔热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、电功率电表、气象观测站等,调试系统达正常运行状态。

2 测试开始前,两个对比建筑的门须开启24小时以上,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。

3 测试期间涂料建筑和保温建筑的室内空气平均温度分别按照公式B.5.2-1、B.5.2-2计算:

$$T_{at} = \sum_{j=1}^n T_{atj} / n \quad (\text{B.5.2-1})$$

$$T_{ab} = \sum_{j=1}^n T_{abj} / n \quad (\text{B.5.2-2})$$

式中:

T_{at} 、 T_{ab} ——分别是测试期间涂料建筑和保温建筑的内空平均温度,单位为摄氏度(°C);

T_{atj} ——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} ——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。

4 测试期间涂料建筑和保温建筑的内壁面平均温度分别按照公式B.5.2-3、B.5.2-4计算:

$$T_{wt} = \sum_{j=1}^n T_{wtj} / n \quad (\text{B.5.2-3})$$

$$T_{wb} = \sum_{j=1}^n T_{wbj} / n \quad (\text{B.5.2-4})$$

式中:

T_{wt} 、 T_{wb} ——分别是测试期间涂料建筑和保温建筑的内壁平均温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

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

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

n ——测试期间测温系统读取数据的总次数。

5 测试期间涂料建筑和保温建筑的室内外空气温差的累计值分别按照公式B.5.2-5、B.5.2-6)计算:

$$\sum \Delta T_{at} = \sum_{j=1}^n (T_{aj} - T_{atj}) \quad (\text{B.5.2-5})$$

$$\sum \Delta T_{ab} = \sum_{j=1}^n (T_{aj} - T_{abj}) \quad (\text{B.5.2-6})$$

式中:

$\sum \Delta T_{at}$ 、 $\sum \Delta T_{ab}$ ——分别是测试期间涂料建筑和保温建筑的室内外空气平均温差的累计值,单位为($^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}$),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($^{\circ}\text{C}$);

T_{atj} ——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($^{\circ}\text{C}$);

T_{abj} ——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($^{\circ}\text{C}$);

n ——测试期间测温系统读取数据的总次数。

6 测试期间涂料建筑和保温建筑的室外空气与内壁温差的累计值分别按照公式B.5.2-7、B.5.2-8)计算:

$$\sum \Delta T_{wt} = \sum_{j=1}^n (T_{aj} - T_{wtj}) \quad (\text{B.5.2-7})$$

$$\sum \Delta T_{wb} = \sum_{j=1}^n (T_{aj} - T_{wbj}) \quad (\text{B.5.2-8})$$

式中:

$\sum \Delta T_{wt}$ 、 $\sum \Delta T_{wb}$ ——分别是测试期间涂料建筑和保温建筑的室外空气与内壁温差的

累计值，单位为（ $^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}$ ），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（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

T_{wj} ——涂料建筑第 j 次读取数据的内壁平均温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

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

n ——测试期间测温系统读取数据的总次数。

B.5.3 相同设定温度下的空调耗电量对比测试

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。

2 测试开始前，两个对比建筑的门须开启24小时以上，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涂料建筑和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。

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 B.5.2 的方法计算。

B.5.4 供暖加热工况的对比测试

1 夏热冬冷地区需做冬季供暖加热工况（加热功率相同）的对比实测。

2 鉴于夏热冬暖的民用建筑，供暖连续运行大多不超过4小时，为了综合考察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，规定供暖加热开6-关6、测试时长24小时，以晚上8:00作为起始点。

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 B.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。

B.6 当量系数与当量热阻

B.6.1 热环境当量系数

1 室内空气热环境的当量系数

以保温建筑为参照的室内空气热环境当量系数可用B.6.1-1式计算：

$$\beta_1 = \frac{T_a - T_{at}}{T_a - T_{ab}} \quad (\text{B.6.1-1})$$

式中:

- β_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} ——测试期间涂料建筑室内空气平均温度;
- T_{ab} ——测试期间保温建筑室内空气平均温度。

2 室内壁面热环境的当量系数

以保温建筑为参照的室内壁面热环境当量系数可用B.6.1-2式计算:

$$\beta_2 = \frac{T_a - T_{wt}}{T_a - T_{wb}} \quad (\text{B.6.1-2})$$

式中:

- β_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} ——测试期间涂料建筑室内壁面平均温度;
- T_{wb} ——测试期间保温建筑室内壁面平均温度。

3 室内空气热环境的全过程当量系数

以保温建筑为参照的室内空气热环境全过程当量系数可用B.6.1-3式计算:

$$\beta_3 = \frac{\sum \Delta T_{at}}{\sum \Delta T_{ab}} \quad (\text{B.6.1-3})$$

式中:

β_3 ——室内空气热环境全过程当量系数

$\sum \Delta T_{at}$ 、 $\sum \Delta T_{ab}$ ——分别是测试期间涂料建筑和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;

4 室内壁面热环境的全过程当量系数

以保温建筑为参照的室内壁面热环境全过程当量系数可用B.6.1-4式计算:

$$\beta_4 = \frac{\sum \Delta T_{wt}}{\sum \Delta T_{wb}} \quad (\text{B.6.1-4})$$

式中:

β_4 ——室内壁面热环境全过程当量系数

$\sum \Delta T_{wt}$ 、 $\sum \Delta T_{wb}$ ——分别是测试期间涂料建筑和保温建筑的室内外空气平均温差的累计值,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)。

5 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。

B.6.2 能耗当量系数

对比测试期间，涂料建筑与保温建筑的电耗表读数分别为 E_t 和 E_b ，则以保温建筑为参照的能耗当量系数可用B.6.2式计算：

$$\varepsilon = \frac{E_t}{E_b} \quad (\text{B.6.2})$$

式中：

ε ——能耗当量系数

E_t 、 E_b ——分别是测试期间涂料和保温的制冷空调设备耗电量，单位为 kWh。

B.6.3 当量热阻

1 对于相同制冷功率的室内热环境对比测试，建筑辐射隔热节能涂料的当量热阻可用B.6.3-1式计算：

$$R_{eq} = \beta (\sum R + R_0) - \sum R \quad (\text{B.6.3-1})$$

式中：

R_{eq} ——建筑辐射隔热节能涂料的当量热阻，单位为 $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 。

β ——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 $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 。

2 对于相同设定温度下的空调耗电量对比测试，建筑辐射隔热节能涂料的当量热阻可用B.6.3-2式计算：

$$R_{eq} = \beta / \varepsilon (\sum R + R_0) - \sum R \quad (\text{B.6.3-2})$$

式中：

R_{eq} ——建筑辐射隔热节能涂料的当量热阻，单位为 $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 。

ε ——能耗当量系数

β ——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 $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 。

3 对于夏热冬冷地区的建筑，考虑冬季影响的建筑辐射隔热节能涂料的当量热阻可用B.6.3-3式计算：

$$R_{eq} = \frac{1}{2} (\beta + \beta_{\text{冬}}) (\sum R + R_0) - \sum R \quad (\text{B.6.3-3})$$

式中：

R_{eq} ——夏热冬冷地区建筑辐射隔热节能涂料的当量热阻，单位为 $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 。

β ——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。对比测试已经考虑了间歇因素， $\beta_{\text{冬}} = (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4) / 4$ 。

附录 C 不同气候区不同类型建筑辐射隔热节能涂料的当量热阻的取值

表 C 不同气候区不同类型建筑辐射隔热节能涂料的当量热阻

节能设计的边界条件				当量热阻 R_{eq} , $M^2.K/W$		
				居住建筑	公共建筑	工业建筑
夏热冬暖地区	K < 1.0	D < 2.5	Rw-w < 0.2	0.55	0.50	0.45
			Rw-w ≥ 0.2	0.60	0.55	0.50
		D ≥ 2.5	Rw-w < 0.2	0.65	0.60	0.55
			Rw-w ≥ 0.2	0.70	0.65	0.60
	K ≥ 1.0	D < 2.5	Rw-w < 0.2	0.75	0.70	0.65
			Rw-w ≥ 0.2	0.80	0.75	0.70
		D ≥ 2.5	Rw-w < 0.2	0.85	0.80	0.75
			Rw-w ≥ 0.2	0.90	0.85	0.80
温和地区	K < 1.0	D < 2.5	Rw-w < 0.2	0.75	0.70	0.65
			Rw-w ≥ 0.2	0.80	0.75	0.70
		D ≥ 2.5	Rw-w < 0.2	0.85	0.80	0.75
			Rw-w ≥ 0.2	0.90	0.85	0.80
	K ≥ 1.0	D < 2.5	Rw-w < 0.2	0.95	0.90	0.85
			Rw-w ≥ 0.2	1.00	0.95	0.90
		D ≥ 2.5	Rw-w < 0.2	1.05	1.00	0.95
			Rw-w ≥ 0.2	1.10	1.05	1.00
夏热冬冷地区	K < 1.0	D < 2.5	Rw-w < 0.2	0.65	0.60	0.55
			Rw-w ≥ 0.2	0.70	0.65	0.60
		D ≥ 2.5	Rw-w < 0.2	0.75	0.70	0.65
			Rw-w ≥ 0.2	0.80	0.75	0.70
	K ≥ 1.0	D < 2.5	Rw-w < 0.2	0.85	0.70	0.75
			Rw-w ≥ 0.2	0.90	0.85	0.80
		D ≥ 2.5	Rw-w < 0.2	0.95	0.90	0.85
			Rw-w ≥ 0.2	1.00	0.95	0.90

注：①建筑辐射隔热节能涂料的红外辐射阻温差 ≥ 4℃ 时，建筑辐射隔热节能涂料的当量热阻值可按照表 C-1 取值；

② K 为拟采用建筑辐射隔热节能涂料的原外墙或屋顶的加权传热系数； D 为拟采用建筑辐射隔热节能涂料的原外墙或屋顶的加热血惰性指标； R_{w-w} 为拟采用建筑辐射隔热节能涂料的原外墙或屋顶的加权窗墙面积比。

③ 由于对比测试的辐射隔热节能涂料系统（柔性腻子、涂料底层及面层）的厚度约为 1.0mm，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} ；热血惰性指标 $D=0.5R_{eq}$ ；传热系数修正系数取 1.0，其中 R_{eq} 是按照附录 C 选取确定的当量热阻。

本规程用词说明

为便于在执行本规程条款时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
- 3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
- 4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

引用标准名录

- 1 《民用建筑热工设计规范》 GB 50176
- 2 《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》 JGJ75
- 3 《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》 JGJ 134
- 4 《合成树脂乳液外墙涂料》 GB/T 9755
- 5 《乳胶漆耐冻融性的测定》 GB/T 9268
- 6 《漆膜、腻子膜干燥时间测定法》 GB/T 1728
- 7 《色漆和清漆遮盖力的测定第 1 部分白色和浅色漆对比率的测定》 GB/T 23981.1
- 8 《色漆和清漆人工气候老化和人工辐射暴露》 GB/T 1865
- 9 《建筑内外墙用底漆》 JG/T 210
- 10 《外墙柔性腻子》 GB/T 23455
- 11 《建筑反射隔热涂料应用技术规程》 JGJ/T359
- 12 《屋面工程技术规范》 GB50345
- 13 《建筑外墙防水工程技术规程》 JGJ/T 235
- 14 《公共建筑节能设计标准》 GB50189
- 15 《建筑节能与可再生能源利用规范》 GB55015
- 16 《建筑涂饰工程施工及验收规程》 JGJ/T 29
- 17 《建筑节能工程施工质量验收规程》 GB50411
- 18 《建筑装饰装修工程质量验收规范》 GB 50210
- 19 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB50300
- 20 《平板玻璃》 GB11614-2022
- 21 《硼硅酸盐平板玻璃》 JC/T2451-2018
- 22 《色漆和清漆 标准试板》 GB / T 9271-2008
- 23 《中国颜色体系》 GB/T 15608
- 24 色漆、清漆和色漆与清漆用原材料取样 GB/T 3186
- 25 《纤维水泥平板.第 1 部分：无石棉纤维水泥平板》 JC/T 412.1-2006
- 26 《涂料试样状态调节和试验的温湿度》 GB/T 9278

中国建筑节能协会团体标准

建筑辐射隔热节能涂料应用技术规程

T/CABEE_{xx}-2024

条文说明

编制说明

《建筑辐射隔热节能涂料应用技术规程》T/CABEExx-2024经中国建筑节能协会于xx年xx月xx日以第xx号公告批准发布。

本标准制订过程中，编制组进行了广泛、深入调查研究，总结了建筑辐射隔热节能涂料在工程应用的实践经验，同时参考了国内各地先进技术法规、设计标准、技术方法与设计参数等，为本标准的制订提供了极有价值的参考资料。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《建筑辐射隔热节能涂料应用技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1 总 则	37
2 术 语	39
3 基本规定	41
4 材料及系统	42
5 设 计	43
5.1 一般规定	43
5.2 构造设计	43
5.3 基层设计	43
5.4 节能设计	43
5.5 隔热设计	44
6 施 工	46
6.1 一般规定	46
6.2 施工准备	46
7 工程质量及验收	47
7.2 主控项目	47
7.3 一般项目	47
附录 A 建筑辐射隔热节能涂料的红外辐射阻热温差测试方法	48
附录 B 建筑辐射隔热节能涂料的当量阻热热阻对比测试方法	50
附录 C 不同气候区不同类型建筑辐射隔热节能涂料的当量热阻的取值	52

1 总 则

1.0.1 太阳辐射是导致空调能耗的主要影响因素之一，隔热是降低建筑空调能耗的公认的节能措施。隔热节能材料技术很多，其中，保温材料的隔热性能得到广泛的认可。在夏热冬暖地区、温和地区及夏热冬冷地区的居住建筑及公共建筑节能设计标准中，通过规定传热系数的限值予以确认。辐射隔热节能涂料虽被国内外文献、教科书及技术标准列为一种有效的隔热节能措施，相继颁发实施了《建筑反射隔热涂料应用技术规程》JGJ/T359-2015、《建筑用反射隔热涂料》GBT25261-2018 及《气凝胶热厚型涂料系统应用技术规程》TCECS 835-2021、《建筑反射隔热涂料》TCECS750-2020 等产品标准，相关省市也编制了适用于该地区的建筑反射隔热涂料应用技术规程。这些标准、规程普遍采用当量热阻指标作为热工设计的依据，但当量热阻的参照对象模糊，计算方法过于复杂，缺乏公信力，涂料产品良莠不齐，实际节能效果广遭业界诟病。

标准编制组广泛调研了现行标准规范存在的不足和隔热节能材料行业的痛点，基于建筑节能实践和建筑节能设计理论，科学地提出了在其它完全相同条件下，实测对比两个完全相同的涂料与保温隔热建筑（房间）的效果差异，以隔热涂料与保温隔热系统的实际效果对比测试结果为依据，确定当量热阻评价指标的标准编制方法。在相同空调/供暖能耗的条件下，测试比较以室内外温差表征的舒适度差异；在相同舒适度（设定温度）的条件下，比较空调/供暖能耗差异。前者体现了建筑节能让居住者有幸福感获得感的宗旨，后者聚焦建筑节能的实际效果。

基于以上思路，编制组开展了长达 3 年以上的建筑辐射隔热节能涂料与保温隔热系统的对比实测研究。测试对比的对象包括自己搭建的模型建筑、即将竣工的实际建筑房间；室外太阳辐射和气温条件包括夏热冬暖地区、温和地区、夏热冬冷地区的代表性气候；用能工作时段涵盖了居住、办公及商业等不同功能建筑；运行模式包括间歇和连续。考虑到夏热冬冷地区建筑还需兼顾供暖能耗，而辐射隔热节能涂料对供暖节能可能产生不利的影响，故编制组还在相同供暖条件下对辐射隔热节能涂料与保温隔热系统的效果进行了对比测试。所有对比实验包括 26 个测试时间段，118 个工况，其中包括 6 个房地产项目现场建筑房间的对比测

试，6个项目是由企业、大学、第三方检测机构共同参与、各自携带检测设备系统独立测试的。

鉴于现行涂料标准规范的传统指标均未客观评价实际节能效果，相互冲突不协调的评价条文容易引起公众质疑，难以服众，辐射隔热节能涂料系统的热工计算等尚无标准可依，严重阻碍了新型材料在节能工程中的应用。故本规范在大量系列对比测试的基础上，以公认的保温隔热系统为参照，合理地提出了在不同地区气候特点、不同功能建筑的用能作息规律及空调运行模式下，辐射隔热节能涂料系统的建筑节能设计计算参数和设计方法。

本规程的特点和创新在于，充分考虑不同地区气候特点，不同功能建筑的围护结构特性、用能作息时段及空调运行模式，注重实际建筑节能、减碳效果和居住者的获得感；与以往的所有相关标准不同，本规程大胆构建了以公认保温隔热系统为参照，以实际能耗和舒适度数据说话的新型隔热节能涂料推广应用评价体系。

1.0.2 明确了本规程的适用范围。夏热冬暖地区和温和地区的民用建筑能耗以空调能耗为主，夏热冬冷地区的建筑空调能耗也是建筑能耗的重要组成部分，而太阳辐射得热是形成空调能耗的主要外部因素，辐射隔热节能涂料有效降低了外表面的辐射得热，故具有显著的节能效果。这一公认的常识被课题组大量空调工况的能耗及室内外温差对比测试所证实，并以保温隔热系统的效果为参照，被科学地以当量热阻量化，体现在节能设计的相关条文中。鉴于涂刷在外表面的辐射隔热节能涂料可能对夏热冬冷地区建筑采暖能耗有不利影响，课题组开展了大量供暖工况的能耗及室内外温差对比实验，证明辐射隔热节能涂料在夏热冬冷地区应用利大于弊，并在相应的指标中综合体现。对于上述地区以通风为主的工业建筑及其他构筑物，采用辐射隔热节能涂料可以显著降低内表面温度，改善室内环境，这也被编制组的相关实验证实。故规范编制组依据实验明确了上述适用范围。

2 术语

2.0.1 建筑辐射隔热节能涂料除了有大量碳、氢、氧等非金属元素外，还包含一些最外层有未配对电子、辐射性能活跃的特殊金属晶体材料，故其性能与普通涂料有所不同。鉴于建筑辐射隔热节能涂料的辐射隔热性能指标满足现行国家标准《建筑用反射隔热涂料》GB/T25261-2018 的要求，在本规范的术语中，不提反映辐射隔热的太阳光反射比、近红外反射比、半球发射率及隔热温差等相关功能性指标。定义了更能体现建筑辐射隔热节能涂料的独特性能及方便热工设计的红外辐射温差和当量隔热热阻。彰显了本规程强调实际节能效果的特色。

2.0.3 本条定义的当量隔热热阻是以公认具有隔热效果的 40mm 模塑聚苯板保温系统为参照，依据夏季实际气候条件下大量对比测试结果，获得建筑辐射隔热节能涂料系统的当量隔热热阻并给出推荐值。根据建筑节能的两个主要目标——要么降低能耗、要么使室内更舒适，可以采用两种不同的对比测试方法获得建筑辐射隔热节能涂料系统的当量隔热热阻。一是在相同热舒适度（空调设定温度）的前提下，对比测试建筑辐射隔热节能涂料系统与 40mm 模塑聚苯板保温系统的能耗差异；二是在输入相同制冷空调能耗的前提下，对比测试建筑辐射隔热节能涂料系统与 40mm 模塑聚苯板保温系统的室内外温差。由于对比测试的建筑几何尺寸相同，室外太阳辐射、温度等气象参数相同，空调制冷设备相同，测试的仪器仪表相同，因此，建筑辐射隔热节能涂料系统的当量隔热热阻即可利用建筑辐射隔热节能涂料系统的能耗当量系数或热环境当量系数，再根据建筑节能原理推导获得。与现有规范通过各种假设条件、经过复杂的计算获得当量热阻相比，更加简单易行，切合实际，科学合理。

2.0.4 建筑节能的内涵之一是，在保证室内热舒适性能相同的前提下，采取节能措施降低建筑能耗。根据建筑节能的这一要义，本规范定义了能耗当量系数。通过对比测试量化测试建筑辐射隔热节能涂料系统与 40mm 模塑聚苯板保温隔热系统的能耗差异，从而科学地评价不同节能技术的实际节能效果。体现了本规程注重实际节能效果的宗旨。

2.0.5 建筑节能的内涵之二是，在付出相同能耗代价的前提下，采取的节能措施越有效，室内的热环境越舒适。当向两个建筑输入相同制冷功率时，室内热环境好坏可以用室内空气温度和内壁面温度与室外温度的温差来评价，温差越大，室

内越凉爽。根据建筑节能的这一要义，本规范定义了热环境当量系数，并通过对比测试量化建筑辐射隔热节能涂料系统与40mm模塑聚苯板保温隔热系统的室内外温差的差异，科学地评价不同节能技术提供给居住者的实际舒适感受，体现本规程注重热舒适实效的特色。

3 基本规定

3.0.1 本条主要强调采用建筑辐射隔热节能涂料系统一定要因地制宜。实际上，采用了建筑辐射隔热节能涂料的建筑，其全年建筑空调能耗与采暖总能耗，与所在地的气候分区、太阳辐射分布特性、建筑使用功能、外墙与屋面的结构类型、冷热负荷特征，空调采暖设备运行模式等均有关系。与现有规程仅强调围护结构热惰性等热工性能不同，本规程还强调了需考虑建筑功能、冷热负荷特征、空调采暖设备运行模式等的不同，应变施策，以增强对设计施工人员的指导性，确保建筑辐射隔热节能涂料的实际节能效果。

3.0.2 建筑辐射隔热节能涂料饰面层和一般涂料饰面层一样，要经受大气中的日照、雨雪和风暴等的反复作用，要求其能耐受室外气候的长期反复作用而不破坏其整体性是最基本的要求，应予满足。

4 材料及系统

4.0.1 本规程的建筑辐射隔热节能涂料的性能部分的相关规定。

4.0.4 涂刷建筑辐射隔热节能涂料的外墙或屋顶,除受到来自天空的太阳辐射外,还会受到来自于周围物体、墙体、地面的红外辐射,夏季这些表面的温度很高,红外辐射强。附录 A 给出了红外辐射温差检测方法,可在相同的模拟红外辐射热源条件下进行对比测试,测出受检涂层背侧表面温度与参比涂层背侧表面温度的差异。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 由于涂料墙面容易因砂浆开裂受潮引起涂层起皮、剥落，墙面分格设计可以减少抹灰层因面积过大而产生的龟裂现象，同时建筑辐射隔热节能涂料饰面受到污染时会降低其反射性能，故对采用建筑辐射隔热节能涂料饰面应采用防止墙面污染的措施。

5.2 构造设计

5.2.1~5.2.3 本条分别图示了新建建筑或既有建筑当基层材质不同时，建筑辐射隔热节能涂料系统的基本构造。采用建筑辐射隔热节能涂料饰面的基本构造使用柔性腻子层这是因为外墙外保温系统中的抗裂层强度设计较高，一般腻子层强度较低，为避免抗裂层与腻子之间受温度影响变形不一致，应采用柔性腻子。

5.3 基层设计

5.3.1 建筑辐射隔热节能涂料涂饰之前应先保证基层质量及清洁情况，才能保证涂料的涂刷质量。水泥砂浆层必须要保证其强度，宜设置能减少砂浆开裂的措施。

5.3.3 进行建筑辐射隔热节能涂料饰面层的施工之前要保证原有基层的安全牢固，满足基层应有的强度后才能进行施工。对既有建筑旧表面不同基层可采取不同的处理措施，若为非金属构筑物旧涂层墙面，经大气侵蚀出现粉刷层裂纹、起壳或涂层粉化状况，需铲除浮灰及已粉化涂层，将旧墙面清洗，防止旧漆膜成为隔离层，影响涂膜的粘结力；若为金属构筑物表面旧涂层应进行除锈及清洁处理；若墙面为旧面砖的，应洗刷面砖，消除表面污垢，去除损坏、开裂和空鼓的面砖，修补平整后，用柔性腻子补平面砖之间的缝隙。

5.4 节能设计

5.4.1 建筑节能设计方法主要有围护结构热工限值指标法和节能综合指标法。围护结构热工限值指标法简单明了；节能综合指标法，一般采用建筑节能模拟软件进行计算。采用建筑辐射隔热节能涂料系统的建筑在进行节能设计时，可用两种

方法中的任何一种。

5.4.2 本规范的建筑辐射隔热节能涂料系统的当量热阻,是以公认具有隔热效果的 40mm 模塑聚苯板保温隔热系统为参照,通过大量对比测试获得的(方法见附录 B),且已经扣除了基层结构和内外表面热阻,故可以用上式计算。它与现行规范多以大量假设条件、通过复杂计算获得当量热阻相比,更科学、更接近实际。一是因为假设条件与实际情况不符,取值具有不确定性,主观性强,容易引起质疑;二是因为计算过于复杂、理论化,一般设计人员很难理解掌握。

附录 C 给出了不同气候区、不同功能建筑、不同围护结构建筑,当采用辐射隔热节能涂料系统时的当量热阻的推荐值,以便设计人员选用。附录 C 是来自于规范编制组长达 3 年对辐射隔热节能涂料与保温隔热系统的对比实测研究的总结,可以直接选用。对于未经实测的新型涂料,也可以利用附录 B 的方法进行不少于 5 个工况的实测。

5.4.3 由于本规程的当量热阻是以传统公认的 40mm 模塑聚苯板保温隔热系统为参照,在真实的室外气象条件下获得的,更接近实际情况,故可直接使用修正后的传热系数进行建筑能耗指标计算。与其他相关的规范相比,简单易行。

5.5 隔热设计

5.5.2 本条针对公共建筑采用建筑辐射隔热节能涂料的隔热设计进行指导。对于大型公共建筑,一般都具有集中空调系统,且工作时间多集中在白天太阳辐射大的时段,空调连续运行时间长,空调能耗高,所有外墙和屋顶都应采用建筑辐射隔热节能涂料,可以有利于围护结构隔热,改善室内环境,降低空调能耗。对于普通公共建筑,工作时间多集中在白天太阳辐射大的时段,但空调系统多为非集中式,每个功能房间可以独立调控、间歇运行,故本规程建议抓主要矛盾,兼顾隔热、节能和工程投资,东、西、南外墙和屋顶应采用建筑辐射隔热节能涂料;但对于气候炎热地区、空调运行时间超过 8 小时的普通公共建筑,所有外墙和屋顶都应采用建筑辐射隔热节能涂料。

5.5.3 本条针对居住建筑采用建筑辐射隔热节能涂料的隔热设计进行指导。对于配备集中空调系统的居住建筑,住户对室内舒适度要求较高,空调连续运行时间长,空调能耗高,所有外墙和屋顶都应采用建筑辐射隔热节能涂料,有利于围护

结构隔热，改善室内环境，降低空调能耗。对于安装分散空调设备可间歇运行的居住建筑，住户可根据需要开、关空调设备间歇运行，而在太阳辐射大的白天时段，开启空调概率大，故建议兼顾隔热、节能和工程投资，东、西、南外墙和屋顶应采用建筑辐射隔热节能涂料；但对于气候炎热的夏热冬暖地区的普通公共建筑，建议所有外墙和屋顶都应采用建筑辐射隔热节能涂料。对于工作时间为夜晚的公寓建筑，建议东、西外墙和屋顶应采用建筑辐射隔热节能涂料；若要追求更好的舒适性且投资允许，也可所有朝向外墙和屋顶均采用建筑辐射隔热节能涂料。

5.5.4 本条针对冬季有采暖需求的居住建筑采用建筑辐射隔热节能涂料的隔热设计进行指导。鉴于北半球的建筑，北向外墙全年不能接受太阳直射能量，而冬季南向外墙获得的太阳辐射较大，综合考虑夏季隔热降低空调能耗、冬季减小潜在的不利影响，故建议东、西外墙和屋顶应采用建筑辐射隔热节能涂料；但对于采暖设备间歇运行，且每天楼栋平均开启累计时长不超过 5 小时的居住建筑，所有外墙和屋顶均可采用建筑辐射隔热节能涂料。

5.5.5 由于建筑辐射隔热节能涂料的功能性指标均满足现行国家标准《建筑用反射隔热涂料》GB/T 25261 的规定，热惰性指标 $D \leq 2.5$ 的轻质围护结构建筑多为工业建筑，建筑辐射隔热节能涂料的相对隔热降温、改善室内热环境效果更明显，故明确了不用进行隔热设计验算。

6 施工

6.1 一般规定

6.1.2 由于各个生产厂家的产品不同，其适用的环境状况不尽相同，因而涂料在使用时，要按厂家的产品说明书要求进行施工。施工温度是指施工环境温度和涂饰基层温度。根据经验当施工环境相对湿度大于 85%，将不利涂料成膜；由于大风、大雾、下雨施工，将妨碍涂膜的养护，因而此时室外工程应停止施工。

6.2 施工准备

6.2.1 为确保工程施工质量，应根据设计图纸，结合实际情况，编制专项施工方案。

6.2.2 规定应在基层验收合格后才能进入饰面层施工。

6.2.4 本条规定了建筑辐射隔热节能涂料的施工现场存放方式：

6.2.5 本条规定根据不同的涂饰施工工艺要求选择相应施工工具，量程合适的计量器具。

6.2.6 做好样板的目的在于为涂饰工程提供质量标准的参照物，使操作人员预先掌握所用材料的特性、配置比例、操作关键等，并满足设计要求。样板工程应保留至工程通过竣工验收。建筑辐射隔热节能涂料饰面层施工完成后的成品保护非常重要，它关系到使用期间内的隔热功能是否能很好地得到发挥。本节的保护措施不仅是针对饰面层施工完成后的成品保护，而且也是针对饰面层施工过程中每道工序完成后的成品保护。

7 工程质量及验收

7.2 主控项目

7.2.1 建筑辐射隔热节能涂料工程首先是涂装工程,其辐射隔热性能应能满足下列国家现行标准的要求:《合成树脂乳液外墙涂料》GB / T 9755、《溶剂型外墙涂料》GB / T 9757、《弹性建筑涂料》JG / T 172、《交联型氟树脂涂料》HG / T 3792、《水性氟树脂涂料》HG / T 4104 等。检查数量是按现行国家标准《建筑节能工程施工质量验收标准》GB50411 的要求进行抽样。

7.2.2 对施工完成后的建筑辐射隔热节能涂料工程的颜色、图案是否符合设计进行检查验收,这是最基本的要求。

7.3 一般项目

7.3.1 为了保证建筑辐射隔热节能涂料的施工质量及实际节能效果,需要对墙体基层表面进行处理。由于基层表面处理属于隐蔽工程,施工中容易被忽视,事后又无法检查。验收主要依靠对隐蔽工程验收记录进行核查,且应全数检查。

附录 A 建筑辐射隔热节能涂料的红外辐射温差测试方法

本规程提出的红外辐射温差的性能要求,通过在实验室人工模拟红外热源辐射的条件下测试获得红外辐射温差,旨在通过评估不同涂层对红外辐射的响应能力之差异,为区分辐射涂层和普通涂层提供定性依据。

不同的元素组成和微观结构对红外辐射温差会产生不同的影响。在建筑辐射隔热节能涂料的辐射涂层中,除了有大量碳、氢、氧等非金属元素外,还包含一些最外层有未配对电子、辐射性能活跃的特殊金属晶体材料。辐射隔热节能涂料中的金属元素大多参与组成了金属化合物,它们中的化学键大多是具有极性的离子键。热源中的一部分紫外辐射能使上述金属元素处于较低能态的活跃电子获得辐射能量后就跃迁到能量较高的不同电子激发态;由于高能电子激发态没有激发前的电子状态稳定,其寿命非常短,因此就产生电子态自发辐射,向外释放出电子自发辐射能量后又跃迁回到那些特殊金属元素的稳定低能电子态。

此外,金属化合物中的离子键吸收一部分红外辐射能量后会从低能态的振动能级激发至不够稳定的高激发振动能级,其寿命也很短,很快就通过振动自发辐射向外释放出辐射能后又跃迁回较稳定的低振动能级量子态。这样的物理热交换过程循环往复,通过热振动转化了一部分来自热源的红外辐射为热能;而且吸收了另一部分红外辐射能、通过辐射激发和相继的振动自发辐射过程将这部分辐射能也转化为增量热能。而普通涂料受到相同的紫外和红外辐射照射后难以产生像辐射隔热节能涂料那样的两类(电子和振动)受激自发辐射,故普通涂料的表面辐射温度低于辐射隔热节能涂料的温度。

本规程附录 A 提出的红外辐射温差测试仪仅仅产生红外辐射。当热源中的磁管加热器和石墨烯加热片产生不同波长的红外辐射后,其中一部分辐射能转化为热能、通过涂在箱顶内面的节能涂料层粒子的热振动依次传递给箱顶;另外一部分红外辐射能使节能涂料里含有的特殊金属化合物的离子键从低能态的振动能级激发至不够稳定的高激发振动能级;后者通过振动自发辐射向外释放出辐射能后又跃迁回较稳定的低振动量子态。这些释放出来的振动自发辐射能量也从节能涂层传递给其附着的箱顶,箱顶通过热传递又将获得的振动自发辐射能量连同部分红外辐射产生的热能都传递给连接的可测板。可测板获得的能量(热能)比对应普通涂料(它不含特殊金属化合物)的对比板获得的能量更多,所以可测板的测

温探头测得的温度对比板的测温探头测得的温度更高。这样的物理过程循环往复、一直到热源停止产生红外辐射为止。

在测试期间，为了保持整个测试系统的能量守恒，红外辐射能量会从对比板下方(积累红外辐射能量较多)的空间向被测板(积累辐射能量较少的)方向流动；而且这样的能量流动是持续、单向的，结果使得测试板测得的温度随测试时间的增长而持续地高于由对比板测得的温度，即产生正增量的“辐射温差”。

需要指出的是：因本附录中的测试仪不产生能量更高的紫外光辐射，因此上述“辐射温差”仅是红外“辐射温差”，不包含前述因紫外激发产生的电子自发辐射对“辐射温差”的贡献。

编制组在长期的实践探索基础上，提出了辐射温差测试方法；大量对比测试证明，只有达到本规程给出的辐射温差的性能指标要求，才能保证实际节能效果。通过提出该项指标要求，可以促使相关涂料企业，不断优化产品性能，推动行业技术升级更迭。

附录 B 建筑辐射隔热节能涂料的当量隔热热阻对比测试方法

1、关于对比测试方法的原理

长期实践中形成的中国建筑节能标准体系，标准预期的节能率（如 50%、65% 或 75%）一般由两部分承担（各大约 50%），一是通过围护结构节能措施，二是通过提高设备系统能效。传统围护结构节能原理遵循传热学 $Q=KF\Delta T$ 的基本规律，要么减小传热面积 F （体形系数），要么减小传热温差 ΔT （隔热），要么减小传热系数 K 、增大热阻。因传热温差受各种因素影响具有不确定性，而传统围护结构热阻相对确定，故采用热阻进行节能设计和评价，最简单易行而被广泛采用。本测试方法根据传统围护结构节能原理，通过将新型辐射隔热节能涂料与传统围护结构的隔热效能进行严格的对比实验，科学量化新型辐射隔热节能涂料系统的节能效果。

两个几何参数完全相同、门窗设计布局完全相同的模型建筑（或房间），在外墙及顶面分别采用辐射隔热节能涂料和公认具有隔热效果的 40mm 模塑聚苯板保温材料，构成被测建筑和参照建筑。按相同朝向、保持一定间距布置在室外太阳辐射、环境温度和风速等均相同条件下，输入相同的制冷功率时，对比测试被测建筑与参照建筑的室内热环境，获得体现两个建筑可维持的室内外温差；或在相同室内设定温度下开启空调设备，对比测试被测建筑与参照建筑的室内热环境和空调耗电量，获得体现两个建筑热舒适性相同情况下的空调耗电量差异。由于被测建筑与参照建筑唯一不同的只是隔热技术措施不同，即前者采用的建筑辐射隔热节能涂料，后者采用的 40mm 模塑聚苯板保温材料，故根据建筑节能的基本原理公式 $Q=KF\Delta T$ ，两个建筑的传热面积 F 相同，即可利用被测建筑与参照建筑的室内外温差比 $\varepsilon\Delta T$ ，或参照建筑与被测建筑的能耗比 εQ ，通过简单推导，获得被测建筑的辐射隔热节能涂料的当量热阻。

2、关于当量系数及与当量热阻的确定

本规程提出了热环境当量系数和能耗当量系数的概念。热环境当量系数基于室内温度检测数据分析获得，包括：室内空气热环境的当量系数、室内壁面热环境的当量系数、室内空气热环境的全过程当量系数和室内壁面热环境的全过程当量系数。这几个系数可以从不同角度反映两种技术系统的热环境差异。能耗当量

系数由电表读数获得，比较简单，直接反映两个系统的能耗差异。

当量系数以保温隔热系统建筑为比较基础。两个传热面积相同的建筑，若输入相同制冷量（耗电量），根据建筑节能原理，可以获得以室内外温差为表征的热环境当量系数；若室内设定温度相同，可以获得以制冷耗电量为表征的能耗当量系数。

基于不同对比测试方法获得当量系数后，本规程还结合建筑节能设计涉及的不同建筑类型，空调系统模式，推荐了当量热阻的确定方法。对于空调启停频繁的居住建筑，当量热阻侧重关注室内空气热环境，热环境当量系数 $\beta = (\beta_1 + \beta_3) / 2$ ；对于空调运行时间较长的公共建筑，当量热阻除了关注室内空气热环境外，还需考虑内壁温度的差异性，热环境当量系数 $\beta = (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4) / 4$ ，因为涂料系统与保温隔热系统隔热的物理机理不同，空调运行的时间越长，内表面温度的差异逐渐会凸显出来。需要指出的是，对于相同设定温度的能耗对比测试，若简单化地按照能耗当量系数获得当量热阻，科学性略显不足。因为尽管设定温度相同，但涂料系统和保温隔热系统围护结构的传热机理存在显著差异，导致室内热环境特别是内表面温度存在差异，故当量热阻除考虑能耗当量系数修正外，还考虑了热环境当量系数的修正。因保温隔热系统的室内外温差可能更大，而耗电量可能更低，故当量热阻的综合修正系数为 β/ϵ 。

附录 C 不同气候区不同类型建筑的当量热阻的推荐值

1、关于附录 C 思路

量化各种涂料的节能效果，影响因素非常复杂，在业界存在较大争议。近年来，涂料系统的当量热阻受到国内学者及业界普遍关注，相继有《气凝胶热厚型涂料系统应用技术规程》TCECS 835-2021、《建筑反射隔热涂料应用技术规程》JGJT359-2015 等相关规程标准以不同的形式给出当量热阻的推荐值。现行规范多以大量假设条件、通过复杂计算获得当量热阻。这些规程推荐的当量热阻或因比较基础不明确，假设条件与实际情况不符，取值具有不确定性，主观性强，引起质疑；或因计算过于复杂、模型化、参数化，一般设计人员很难理解掌握。本规范以公认具有隔热效果的 40mm 模塑聚苯板保温隔热系统为参照，通过大量对比测试获得建筑辐射隔热节能涂料系统的当量热阻，更科学、更接近实际。

2、基于对比测试结果考虑多种因素的有效热阻推荐值

对比测试结果表明，在实际太阳辐射和室外气温等因素综合作用下，节能涂料系统和保温隔热系统的室内热环境和能耗的表现非常复杂，在不同外部条件和空调供暖运行模式下各有利弊，定性上虽很容易判断其当量性，但定量上评价非常困难。本规范基于建筑节能的改善室内热环境和降低能耗的两个目标，结合大量实测数据，尝试性提出热环境当量系数和能耗当量系数，最终确定建筑设计师可以使用的当量热阻。

附录 C 汇总给出了不同气候区、不同围护结构传热系数、不同热惰性指标、不同窗墙面积比、不同功能建筑，当采用辐射隔热节能涂料系统时的当量热阻的推荐值，以便节能设计人员简单快捷地选用。本表以不同气候区、不同类型建筑为主线给出当量热阻的推荐值。不同气候区的太阳辐射强度不同，不同类型建筑的制冷空调设备运行时段和时长不同，故涂料系统隔热节能的当量程度不一样。温和地区的当量热阻相对较高，因为温和地区虽然太阳辐射大，但气候干爽，日较差大，空调能耗需求较低；夏热冬暖地区的当量热阻相对较低，因为该地区太阳辐射大，气候湿热，空调运行时间长，空调能耗较高；夏热冬冷地区的当量热阻介于两者之间，因为该地区虽夏季太阳辐射强，但空调时长比夏热冬暖地区短，不管是居住建筑或普通公共建筑，空调采暖设备多以分散间歇为主。对于不同类型建筑而言，居住建筑较高是因为居住建筑多在夜间使用且空调设备多分散间歇

运行，工业建筑偏低是由于空调设备运行时间较长。

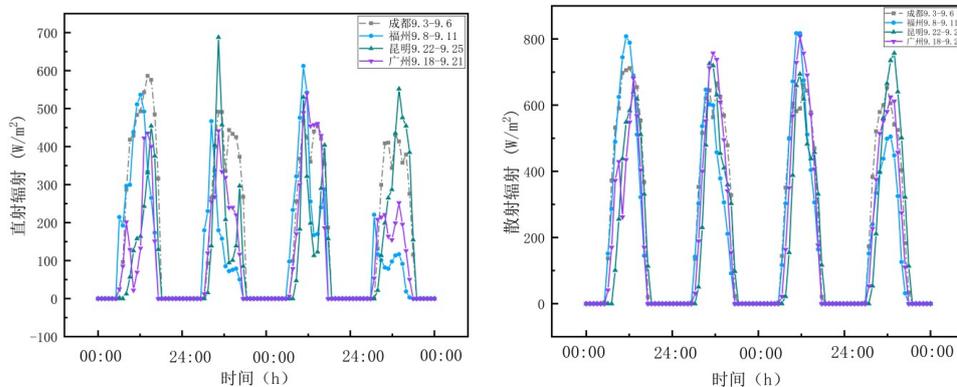
对于刷帖在围护结构表面的不同隔热节能系统，它们对制冷空调能耗或室内热环境的影响与围护结构的传热系数 K 、热惰性指标及窗墙比有着非常复杂的耦合作用关系。本表以围护结构传热系数 K 、热惰性指标、窗墙比为次轴线，给出当量热阻的推荐值，力求使复杂问题简单化，提高可操作性。分别对传热系数 K 、热惰性指标、窗墙比划分为两个层级，层层分解，便于设计人员根据不同情况选用。

3、关于不同气候区当量热阻推荐值的普适性

当量热阻推荐值是根据经典的建筑节能原理，结合对比测试数据和不同气候区的围护结构特点和空调供暖运行模式经过科学研究而推荐。

尽管测试研究主要在四川省不同城市，测试期间的户外气象条件具有不一致性，但是不管在哪个地区，建筑辐射隔热节能涂料的节能直接效果主要是空调期间尽量减小太阳辐射得热，而供暖期间尽量减少室内热量向外环境传导并减小副作用，因此，不管在什么地方进行对比测试，只要户外太阳辐射变化规律具有相似性，围护结构传热遵循的规律是不变的，故基于大量测试结果的推荐参数在一定程度上可以推广使用。

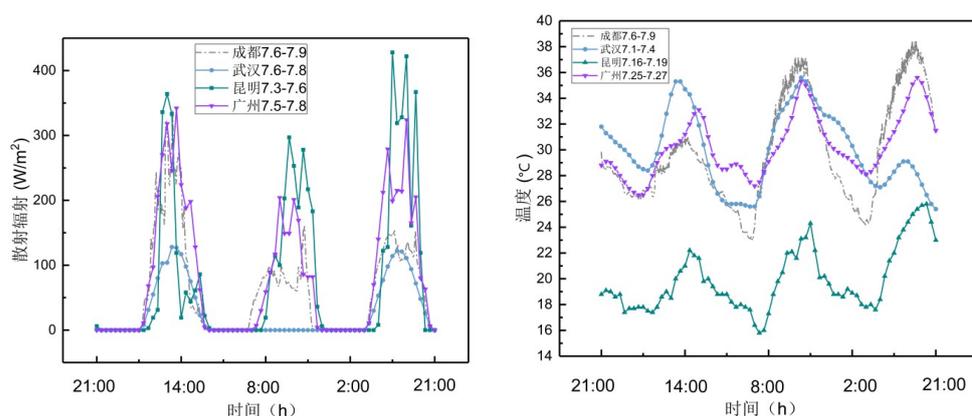
附录 C 图 1 代表性给出了 9 月在成都某实际建筑房间的空调工况测试期间的室外太阳直射辐射、散射辐射数据，与夏热冬暖地区的广州、福州，温和地区的昆明的同月某时段的对比，其它城市的数据来自于可以反映辐射特征的气象数据库。可以看出，无论是太阳辐射强度大小及每日变化规律都存在类似性。不难推断，若同样的对比测试在这些地方进行，得到的规律必然是相似的。



附录 C 图 1 成都某空调测试工况测试期间太阳直射、散射与其它城市对比

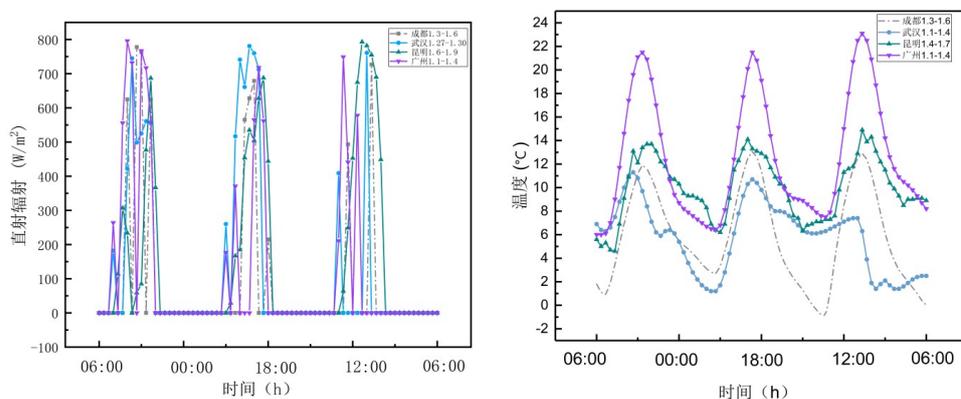
类似地，附录 C 图 2 代表性给出了 7 月在四川大邑某空调工况测试期间的

室外太阳辐射及室外气温数据，与夏热冬暖地区的广州、温和地区的昆明、夏热冬冷地区的武汉的对比。可以预料，同样的对比测试在这些地方进行，得到的规律必然是相似的。但需说明的是，尽管太阳辐射强度大小差不多，但不同室外气温的特征却存在显著差异，温和地区的昆明整体很低，可以利用自然通风取代空调；夏热冬暖地区的广州气温日较差小，全天最低温度都高于 26°C，空调运行时间长；夏热冬冷地区的成都、武汉气温日较差大，最低气温低于 24°C，最高温度比广州高 2~3°C，空调可间歇运行。



附录 C 图 2 四川大邑某空调测试工况测试期间太阳辐射、气温与其它城市对比

同样地，附录 C 图 3 代表性给出了 1 月某在四川德阳供暖工况测试期间的室外太阳辐射和室外气温数据，与在夏热冬暖地区的广州、温和地区的昆明、夏热冬冷地区的武汉的同月相同天数时段的对比。类似地，尽管太阳辐射强度大小差不多，但不同城市的室外气温的分布特征却存在显著差异，夏热冬暖地区的广州气温整体较高，供暖负荷小；温和地区最低气温较高，气温日较差小，供暖负荷不大；夏热冬冷地区的成都、武汉最低气温低，气温日较差大，可间歇采暖。尽管不同气候区存在个性，更有共性，同样的对比测试在这些地方进行，得到的规律也应该有规律可循。



附录 C 图 3 不同气候区的室外直射、散射及气温变化规律对比

正是基于大量的实测与收入系统的分析，本规范在附录 B.2 中，提出了对比测试期间的太阳辐射和气温的要求，以使测试结果具有代表性；并最终确定了不同气候区、不同建筑的当量热阻推荐值。