



中华人民共和国国家标准

GB/T 39684—2020

外窗热工缺陷现场测试方法

Test method of thermal irregularities for external window opening

2020-12-14 发布

2021-07-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 检测	2
5 数据处理和结果判定	4
6 检测报告	5
附录 A (资料性附录) 外窗洞口热工缺陷数据处理及评价案例	6
附录 B (资料性附录) 外窗洞口热工缺陷测评报告模板	11

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中华人民共和国住房和城乡建设部提出。

本标准由全国建筑节能标准化技术委员会(SAC/TC 452)归口。

本标准起草单位：中国建筑科学研究院有限公司、国家建筑节能质量监督检验中心、临朐县检验检测中心、福建省建筑工程质量检测中心有限公司、青海省建筑建材科学研究院有限责任公司、甘肃省张掖市建筑管理总站、中建六局建设发展有限公司、北京市建设工程质量第二检测所有限公司、浙江意诚检测有限公司、新疆建筑科学研究院(有限责任公司)、广州誉宸信息科技有限公司、江苏省建筑工程质量检测中心有限公司、上海众合检测应用技术研究所有限公司、昆山市建设工程质量检测中心、南京南大工程检测有限公司、广东稳固检测鉴定有限公司、中国建筑节能协会建筑保温隔热专业委员会。

本标准主要起草人：杨玉忠、孙立新、西华昆、吴镒、李仲仁、潘振、王勇、梁晶、刘青山、陈向东、李万琴、刘伟、施云、张慧、汪新天、沈嘉毅、崔咏军、韩韞、刘立创、郝志华、赵芳、叶少华、朱晓姣、赵矗、曲军辉、陈刚、徐长春、于跃洋。

外窗热工缺陷现场测试方法

1 范围

本标准规定了外窗洞口区域的热工缺陷检测方法的检测、数据处理和结果判定以及检测报告等要求。

本标准适用于采用红外热像法对非透光建筑围护结构外窗洞口区域热工缺陷的检测。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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。

JGJ/T 132 居住建筑节能检测标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

外窗洞口 external window opening

墙体上安设外窗的预留洞口。

3.2

洞口侧面 opening side

检测面中建筑外窗洞口的窗上、下口、窗侧口断面等四周的侧墙面。

3.3

洞口区域 surrounding area of window opening

外窗洞口的构造尺寸向外延 500 mm 范围的区域。

3.4

检测区域 test area

由建筑围护结构中的洞口侧面和洞口区域组成。

3.5

红外热像法 infrared thermography

采用红外热成像技术,基于表面辐射温度原理,拍摄被测建筑体表面辐射温度的方法。

3.6

热工缺陷 thermal irregularities

利用红外热像法测试时,与检测区域平均温度的温度差大于 1.0K 的部位。

3.7

网格法 grid method

以网格为单元,将检测部位的红外热像图按纵、横两个坐标轴分解,每个单元均能表征细部区域温度特征的图像数值离散处理方法。

3.8

面积温差值 area degree product

热工缺陷区域温度和检测区域平均温度的差值乘以该热工缺陷区域面积的累计值。

3.9

参照温度 reference temperature

在被测物体表面测得的用于标定红外热像仪的物体表面温度。

4 检测

4.1 检测区域

4.1.1 检测区域应符合下列规定：

- a) 当外窗洞口构造尺寸与上、下层楼板底的垂直距离不足 500 mm 时,洞口周边区域应取至上层楼板下侧处、下层楼板上侧处;当外窗洞口的构造尺寸与左、右相邻两侧分隔墙的水平距离不足 500 mm 时,洞口周边区域应取至该侧分隔墙处;
- b) 当相邻两外窗洞口的构造尺寸水平距离不足 1 000 mm 时,洞口周边区域应取至相邻两建筑外窗洞口的构造尺寸中线处;
- c) 当检测区域内有阴阳角时,应将阴阳角的热桥影响区域面积计入为检测区域面积。

4.1.2 检测区域面积应按洞口侧面投影面积和洞口区域投影面积累积计算。

4.1.3 当检测区域内有护栏时,可在保留护栏的情况下进行检测。

4.2 检测条件

4.2.1 检测前应对外窗关闭,宜采用胶带对外窗开启扇接缝处封堵。

4.2.2 检测前至少 24 h 内的室外空气温度逐时值应与检测时的室外空气温度相比,其差值不应大于 10 K。

4.2.3 检测前 24 h 至检测结束,建筑物室内外空气温度平均温差不应小于 10 K。

4.2.4 检测前 6 h 内,检测区域的建筑外围护结构外表面不应受到太阳直接照射,当无法避免太阳直接照射时,应在夜间检测。

4.2.5 检测应取建筑外围护结构的内表面,当内表面无法进行检测时可取外表面。可采用吊篮、无人机等辅助设施协助检测。

4.2.6 检测区域表面应避免受到热源的直接辐射,当洞口区域有暖气散热器时,应关闭暖气并且放置 24 h 后,方可进行测试。

4.2.7 当检测区域的面层为低发射率材料时,应采用遮挡等有效措施。

4.2.8 当检测区域的面层为金属、大理石等高导热系数材料时,不宜进行检测。

4.2.9 检测期间的室内空气温度逐时值变化不应大于 2 K,室外空气相对湿度不应大于 90%,室外风力不应大于 3 级。

4.3 检测设备

4.3.1 检测设备宜选用具备图像显示、存储和分析功能的手持式红外热像仪,其性能应满足表 1 的要求。

表 1 红外热像仪性能

性能参数	指标要求
适用波长	8.0 μm ~14.0 μm
温度准确度	≤ 2 K
温度分辨率	≤ 0.08 K
像素	$\geq 76\ 800$ 点

4.3.2 现场检测的其他仪器仪表性能应满足表 2 的要求。

表 2 其他仪器仪表的性能

检测内容	性能	准确度
空气温度	应具有自动采集和存储数据功能	≤ 0.3 $^{\circ}\text{C}$
表面温度	应具有自动采集和存储数据功能	≤ 0.3 $^{\circ}\text{C}$
相对湿度	—	$\leq 10\%$
尺寸	量程应不小于 1 000 mm	≤ 1 mm

4.4 检测步骤

4.4.1 检测部位的确定应符合下列规定：

- 检测部位应选取有代表性的建筑外窗洞口区域；
- 检测部位不得在外墙施工前预先确定；
- 检测部位应确保操作安全，并应方便操作；
- 拍摄前宜在与目标距离相等的不同方位扫描同一个部位，并确认临近物体对受检外围护结构表面没有明显辐射影响。

4.4.2 环境参数测点的布置与检测应符合下列规定：

- 室外测点宜设置在外表面为白色的百叶箱内且距离被测建筑 5 m~10 m 范围，当无百叶箱时测点应具有防辐射罩且安装在距离建筑外表面大于 200 mm 距离，测点高度宜在距离地面 1 500 mm 以上，且应避开阳光直射和固定冷热源影响；
- 室外测点宜在被测建筑的不同方向同时设置，当建筑超过 10 层时宜在屋顶增加 1~2 个测点；
- 室内测点应距地面或楼面 700 mm~1 800 mm 范围内具有代表性的位置，当受检房间使用面积大于或等于 30 m^2 时，应设置不少于 2 个测点，室内平均温度的检测可按 JGJ/T 132 的规定进行；
- 测点应采用自动检测仪进行连续测试，检测时间间隔不宜大于 30 min；
- 环境参数的逐时值应取所有测点相应时刻的检测结果平均值。

4.4.3 洞口区域面积的测量应对外窗洞口区域的投影面积进行测定，测试应以围护结构内表面的外窗洞口边界基准，采用精度不低于 1 mm 的钢直尺或钢卷尺进行测试，测试后记录门窗洞口的各断面尺寸，并进行周边区域的边界标识。

4.4.4 红外热像仪校准应符合下列规定：

- 采用表面式温度计在受检表面上测出参照温度，表面式温度计应设置不少于 3 个测点，测点应距地面或楼面 700 mm~1 800 mm 范围内，且测点应避开阳光直射和固定冷热源影响；
- 完成焦距调整，亮度及对比度调节；

c) 调整红外热像仪的发射率,使红外热像仪的测定结果等于该参照温度。

4.4.5 红外热像图的拍摄应符合下列规定:

- a) 红外热像仪的拍摄方向与检测区域宜垂直,法线夹角不宜超过 30°;
- b) 从不同方向分别对检测区域进行红外热像检测,检测区域中同一个部位的红外热像图不应少于 3 张,并选择有代表性的一张进行数据处理,且应标明参照温度位置点;
- c) 应记录受检部位的红外热像图在建筑中的位置,并应拍摄与红外热像图相对应的可见光照片。

5 数据处理和结果判定

5.1 数据处理

5.1.1 数据处理应采用 1 h 内的检测数据。

5.1.2 红外热像图像分析软件宜具有像素点或面积统计功能。

5.1.3 红外热像图宜采用网格法进行数据处理,正方形网格边长不宜大于检测区域边长的 5%,网格的几何中心温度为网格温度。

5.1.4 热工缺陷判定参数包括最大温度差 ΔT_{\max} 、热工缺陷相对面积率 ψ 和面积温差值 ω ,并符合下列规定:

a) 最大温度差 ΔT_{\max} 应按式(1)进行计算:

$$\Delta T_{\max} = |\bar{T} - T_m| \dots\dots\dots(1)$$

式中:

ΔT_{\max} ——检测区域的平均温度与最高/最低网格温度的最大温度差,单位为开尔文(K);

\bar{T} ——检测区域的平均温度,单位为摄氏度(°C);

T_m ——检测区域最高/最低网格温度,单位为摄氏度(°C)。

b) 热工缺陷相对面积率 ψ 应按式(2)进行计算:

$$\psi = \frac{\sum A_i}{A_0} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

式中:

ψ ——热工缺陷的相对面积率;

A_i ——第 i 个热工缺陷区域网格面积,单位为平方米(m^2);

A_0 ——检测区域的投影展开面积,单位为平方米(m^2)。

c) 面积温差值 ω 应按式(3)进行计算:

$$\omega = \sum A_i \Delta T_i \dots\dots\dots(3)$$

式中:

ω ——热工缺陷的面积温差值,单位为平方米开尔文($m^2 \cdot K$);

A_i ——第 i 个热工缺陷区域网格面积,单位为平方米(m^2);

ΔT_i ——第 i 个热工缺陷区域网格与检测区域平均温度的温差,单位为开尔文(K)。

5.2 结果判定

5.2.1 被检测建筑外窗洞口区域热工缺陷性能应按面积温差值进行性能分级,具体分级结果见表 3。



表 3 建筑外窗洞口区域热工缺陷性能分级表

单位为平方米开尔文

分级	面积温差值 ω
严重热工缺陷	$\omega > 0.20$
中度热工缺陷	$0.10 < \omega \leq 0.20$
轻度热工缺陷	$0.03 < \omega \leq 0.10$
无明显热工缺陷	$\omega \leq 0.03$

5.2.2 当热工缺陷检测指标出现如下任一情况时,被检测建筑外窗洞口区域的热工缺陷结果应直接判定为严重热工缺陷等级:

- a) 检测区域平均温度与相邻空气平均温度的差值大于 3 K;
- b) 最大温度差大于 3 K;
- c) 热工缺陷相对面积率大于 3%;
- d) 面积温差值大于 $0.20 \text{ m}^2 \cdot \text{K}$ 。

5.2.3 当最大温度差大于 3 K 的网格数少于网格总数的 1‰时,不应将其作为最大温度差进行等级划分。

5.2.4 外窗洞口热工缺陷数据处理和结果判定可参照附录 A。

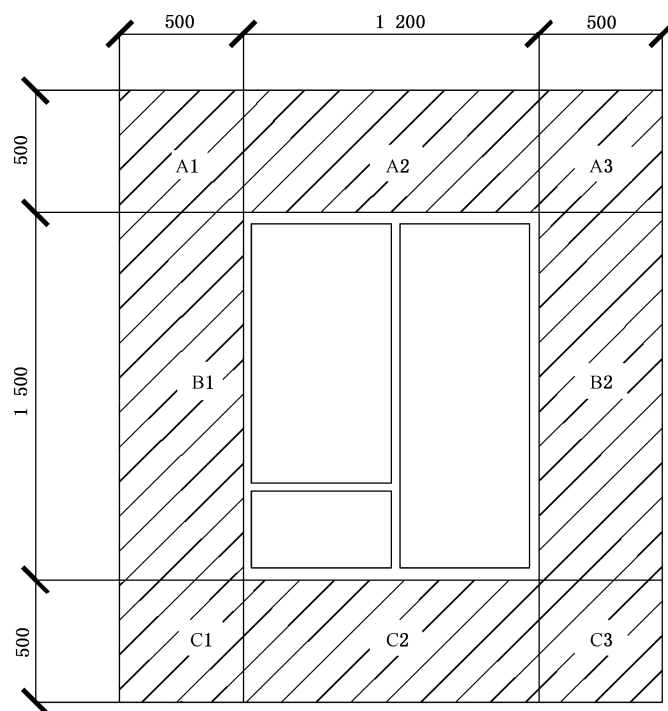
6 检测报告

6.1 检测报告应包括下列内容:

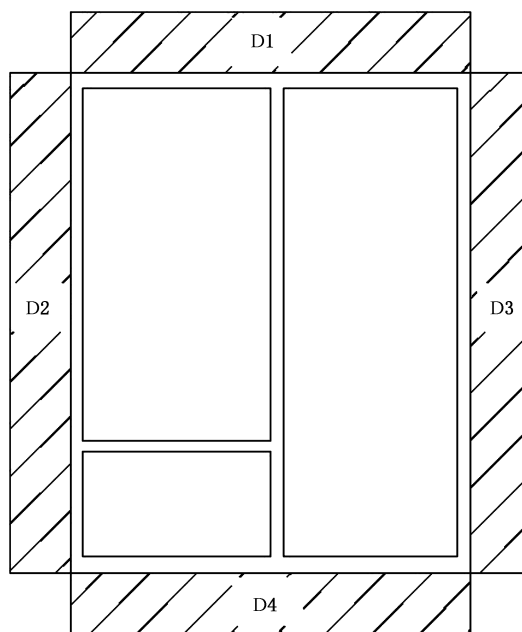
- a) 被测工程概况,外窗位置描述;
- b) 被检测建筑外窗洞口区域的构造、尺寸、可见光照片;
- c) 检测期间的室内外空气温度、湿度;
- d) 检测区域的参照温度、红外热像温度场分布;
- e) 检测区域建筑外窗洞口受检表面平均温度与最高/最低温度的最大温度差 ΔT ,单位为开尔文(K);
- f) 热工缺陷相对面积率 ϕ , %;
- g) 面积温差值 ω ,单位为平方米开尔文($\text{m}^2 \cdot \text{K}$);
- h) 红外热像图与对应的可见光照片;
- i) 被检测对象的热工缺陷等级;
- j) 检测报告的批准人员、审核人员、检测人员和检测日期等。
- k) 检测执行标准(本标准编号)。

6.2 外窗洞口热工缺陷的检测报告可参照附录 B 的模板编制。

单位为毫米



a) 外窗洞口



b) 洞口侧面(投影展开)

图 A.2 检测区域的面积分解示例

洞口周边面积为 A1~C3 个单元面积总和,即为 $(500\text{ mm}+1\ 200\text{ mm}+500\text{ mm})\times 500\text{ mm}+(500\text{ mm}+500\text{ mm})\times 1\ 500\text{ mm}+(500\text{ mm}+1\ 200\text{ mm}+500\text{ mm})\times 500\text{ mm}=3\ 700\ 000\text{ mm}^2$ 。

洞口侧面面积为洞口的窗上、下口、窗侧口断面的展开投影面积,即 D1~D4 单元的总面积为 $150\text{ mm}\times(1\ 200\text{ mm}+1\ 200\text{ mm}+1\ 500\text{ mm}+1\ 500\text{ mm})=810\ 000\text{ mm}^2$ 。

检测区域的总面积为 $4\ 510\ 000\text{ mm}^2$ 。

A.3 检测区域红外热像图网格划分与网格信息统计

按选取网格边长为 10 mm,以 C1 单元为例,纵轴和横轴方向各划分为 50 格,共 2 500 个网格单元,网格单元划分参考示意图见图 A.3。

单位为毫米

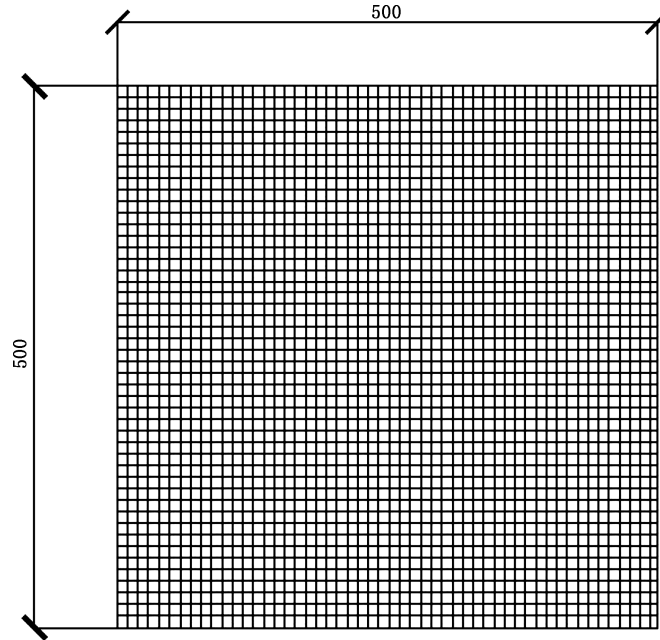


图 A.3 C1 单元的网格划分示例

检测区域的总网格数为 45 100 个。

检测区域的网格平均温度 $\bar{T}=17.7\text{ }^{\circ}\text{C}$;

检测区域的最低网格温度 $T_m=14.4\text{ }^{\circ}\text{C}$;

网格温度为 $18.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的网格数为 1 773 个;

网格温度为 $18.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的网格数为 1 276 个;

网格温度为 $18.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的网格数为 2 384 个;

网格温度为 $18.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的网格数为 4 761 个;

网格温度为 $18.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的网格数为 6 962 个;

网格温度为 $18.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的网格数为 4 210 个;

网格温度为 $18.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的网格数为 4 212 个;

网格温度为 $18.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的网格数为 3 596 个;

网格温度为 $17.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的网格数为 1 024 个;

网格温度为 $17.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的网格数为 1 418 个;

网格温度为 $17.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的网格数为 1 246 个;

网格温度为 $17.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的网格数为 1 842 个;

网格温度为 $17.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的网格数为 1 131 个;

网格温度为 $17.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的网格数为 702 个;

网格温度为 $17.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的网格数为 1 120 个;

网格温度为 $17.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的网格数为 350 个;

网格温度为 17.1 °C 的网格数为 221 个；
 网格温度为 17.0 °C 的网格数为 64 个；
 网格温度为 16.9 °C 的网格数为 24 个；
 网格温度为 16.8 °C 的网格数为 510 个；
 网格温度为 16.7 °C 的网格数为 82 个；
 网格温度为 16.6 °C 的网格数为 510 个；
 网格温度为 16.5 °C 的网格数为 168 个；
 网格温度为 16.4 °C 的网格数为 201 个；
 网格温度为 16.3 °C 的网格数为 300 个；
 网格温度为 16.2 °C 的网格数为 547 个；
 网格温度为 16.1 °C 的网格数为 651 个；
 网格温度为 16.0 °C 的网格数为 245 个；
 网格温度为 15.9 °C 的网格数为 34 个；
 网格温度为 15.8 °C 的网格数为 24 个；
 网格温度为 15.7 °C 的网格数为 177 个；
 网格温度为 15.6 °C 的网格数为 215 个；
 网格温度为 15.5 °C 的网格数为 212 个；
 网格温度为 15.4 °C 的网格数为 366 个；
 网格温度为 15.3 °C 的网格数为 574 个；
 网格温度为 15.2 °C 的网格数为 406 个；
 网格温度为 15.1 °C 的网格数为 257 个；
 网格温度为 15.0 °C 的网格数为 276 个；
 网格温度为 14.9 °C 的网格数为 313 个；
 网格温度为 14.8 °C 的网格数为 423 个；
 网格温度为 14.7 °C 的网格数为 223 个；
 网格温度为 14.6 °C 的网格数为 42 个；
 网格温度为 14.5 °C 的网格数为 25 个；
 网格温度为 14.4 °C 的网格数为 3 个。

A.4 最大温度差 ΔT_{\max}

检测区域的最大温度差 ΔT_{\max} 按式(1)进行计算, $\Delta T_{\max} = 3.3 \text{ K}$ 。

A.5 热工缺陷相对面积率 ψ

检测区域平均温度的温度差不小于 1 K 的网格共计 6 059 个, 其面积为 605 900 mm², 热工缺陷相对面积率 ψ 按式(2)进行计算, $\psi = 13.4\%$ 。

A.6 面积温差值 ω

面积温差值按式(3)进行计算, $\omega = 1.23 \text{ m}^2 \cdot \text{K}$ 。

A.7 建筑外窗洞口区域热工缺陷性能分级

外窗洞口区域 $\Delta T_{\max} > 3 \text{ K}$ 、 $\omega > 0.20 \text{ m}^2 \cdot \text{K}$ ，判定被检测对象的热工缺陷程度为：严重热工缺陷等级。

附录 B
(资料性附录)

外窗洞口热工缺陷检测报告模板

外窗洞口热工缺陷检测报告模板见图 B.1 所示。

报告编号：

委托单位			
地址		电话	
工程名称			
工程地点			
检测日期		检测部位	
检测	项目	建筑工程外窗洞口热工缺陷测试	
	仪器		
	依据	GB 39684—2020 外窗热工缺陷现场检测方法标准	
检测结论			
<p>经检测,结果如下:</p> <p>测试期间室内外空气温度平均温差为____ K;</p> <p>1.检测区域建筑外窗洞口受检表面平均温度与最高/最低温度的最大温度差 ΔT 为____ K;</p> <p>2.检测区域热工缺陷相对面积率 ψ 为____ %;</p> <p>3.面积温差值 ω 为____ $\text{m}^2 \cdot \text{K}$;</p> <p>根据检测结果,被检测对象的热工缺陷等级为____级。</p>			
批准人	审核人	主检人	报告日期

图 B.1 外窗洞口热工缺陷检测报告模板

报告编号：

工程概况：
该工程建设单位_____、设计单位_____、施工单位_____，建筑面积_____ m²。于_____年_____月施工完成。

检测部位：_____。

外墙保温系统为_____，基层墙体为_____ mm _____墙，检测房间的外墙尺寸为_____ mm×_____ mm。

外窗构造为_____，构造尺寸为_____ mm×_____ mm，洞口侧面宽度为_____ mm。
检测区域的可见光照片如图所示：

检测情况：
检测期间的室内空气温度：_____，室内空气湿度：_____，室外空气温度：_____，室外空气湿度：_____。

检测区域的参照温度：_____；

检测区域的红外热像温度场分布图：

检测区域红外热像温度场的可见光照片：

检测区域建筑外窗洞口受检表面平均温度与最高/最低温度的最大温度差 ΔT ：_____；
热工缺陷相对面积率 ψ ：_____；
面积温差值 ω ：_____；
被检测对象的热工缺陷等级_____。




图 B.1 (续)