 **T/CECS XXX—202X**

中国工程建设标准化协会标准

基于无人机技术的建筑围护结构整体热工缺陷检测方法标准

Standard for thermal defect detection method of building envelope based on UAV Technology

（征求意见稿）

\*\*\*\*出版社

中国工程建设标准化协会标准

基于无人机技术的建筑围护结构整体热工缺陷检测方法标准

Standard for thermal defect detection method of building envelope based on UAV Technology

**T/CECS XXX—202X**

主编单位：广州天勤数字科技有限公司

中国建筑科学研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X年×月×日

XXXX出版社

2022　北京

**前　　言**

根据中国工程建设标准化协会《[关于印发<2020年第一批协会标准制订、修订计划>的通知](http://www.sac.gov.cn/templet/default/ShowArticle.jsp?id=5198)》（建标协字〔2020〕14号）的要求，编制组经过深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分6章和2个附录，主要内容包括：总则、术语和符号、基本规定、现场检测、评价、报告等。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会建筑环境与节能专业委员会归口管理，由中国建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请反馈给中国建筑科学研究院有限公司（地址：北京市北三环东路30号，邮政编码：100013，邮箱：gztq123@163.com）。

主编单位：广州天勤数字科技有限公司

中国建筑科学研究院有限公司

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

**目　　次**

[1　总　　则 1](#_Toc4748)

[2　术语和符号 2](#_Toc4192)

[3　基本规定 3](#_Toc8253)

[4　检　　测 4](#_Toc5452)

[4.1　一般规定 4](#_Toc17946)

[4.2　测试条件 5](#_Toc18925)

[4.3　现场测试 6](#_Toc26926)

[4.4　数据处理 7](#_Toc749)

[5　评　　价 9](#_Toc10266)

[5.1　一般规定 9](#_Toc5762)

[5.2　评价 9](#_Toc20978)

[6　报　　告 11](#_Toc27225)

[附录A　检测仪器 12](#_Toc25836)

[附录B　检测报告 13](#_Toc32270)

[用词说明 16](#_Toc23434)

[引用标准名录 17](#_Toc15903)

附：[条文说明 18](#_Toc1073)

**Contents**

[1　General provisions 1](#_Toc6629)

[2　Terms and symbol 2](#_Toc25681)

[3　Basic requirements 3](#_Toc16803)

[4　On-site testing 4](#_Toc2015)

[4.1　General provisions 4](#_Toc7874)

[4.2　Testing conditions 5](#_Toc20679)

[4.3　Testing conditions 6](#_Toc31837)

[4.4　Test method 7](#_Toc920)

[5　Evaluation 9](#_Toc8997)

[5.1　General provisions 9](#_Toc27441)

[5.2　Evaluation 9](#_Toc2980)

[6　Report 11](#_Toc14968)

[Appendix A Test instrument 12](#_Toc20385)

[Appendix B Test report 13](#_Toc29867)

[Explanation of wording 16](#_Toc23434)

[List of quoted standards 17](#_Toc15903)

[Addition：Explanation of provisions 18](#_Toc1073)

# 1　总　　则

**1.0.1**为规范基于无人机技术的建筑围护结构整体热工缺陷检测技术要求，综合评价建筑围护结构整体热工性能，制定本标准。

**1.0.2**本标准适用于民用建筑围护结构整体热工缺陷性能的检测。

**1.0.3**本标准规定的建筑围护结构整体热工缺陷评价适用于有保温的建筑。

**1.0.4**基于无人机技术的建筑围护结构整体热工缺陷的检测除应执行本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

# 2　术语和符号

**2.0.1**　测试区域 test area

建筑物几何形状的一个面，通常以建筑的一个立面为一个测试区域。

**2.0.2**　测试单元 test unit

按照测试区域进行建筑外围护结构热工缺陷检测时的最小单位，一个测试区域通常划分为若干个测试单元。

**2.0.3**　一般缺陷 disadvantage

在一个测试单元中，温差超过该测试单元平均温度1K的部分。

**2.0.4**　严重缺陷 serious disadvantage

在一个测试单元中，温差超过该测试单元平均温度2K的部分。

# 3　基本规定

**3.0.1**既有建筑应处于正常使用状态或新建建筑已完工才可进行建筑围护结构整体热工缺陷性能的检测。

**3.0.2**建筑围护结构整体热工缺陷性能的检测宜在冬季夜间进行；检测前至少24h内和检测期间，建筑物外围护结构内外平均空气温度差不宜小于10℃。

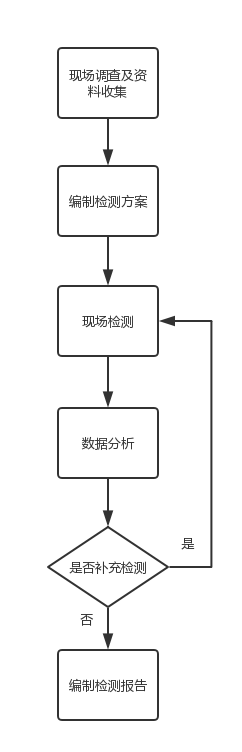
**3.0.3**建筑围护结构中外窗热工缺陷的测试、评价应按照GB/T 39684的规定进行。

**3.0.4**检测数据的判定应采用现行国家标准《数值修约规则与极限数值的表示和判定》GB/T 8170中规定的修约值比较法。

# 4　检　　测

**4.1**　一般规定

**4.1.1**基于无人机技术的建筑围护结构整体热工缺陷检测作业程序，应按图4.1.1进行。



**4.1.2**检测作业开始前，应进行现场调查及前期资料收集，并宜包含下列内容：

**1**建筑物的结构形式、规模、建造时间、外饰面情况**；**

**2**建筑物是否有保温构造，外窗尺寸、型材种类、玻璃组成；

**3**建筑物的设计图纸、保温专项设计图纸、节能设计要求；

**4**　建筑物周边环境、采光及热反射情况。

**4.1.3**检测前应编制检测方案，并应符合下列规定：

**1**检测方案应依据现场调查结果和收集的资料进行编写**；**

**2**检测方案应包含以下内容：

**1)**检测时间；

**2)**测试期间被测建筑的室内侧及外侧环境要求；

**3)**所使用的设备性能参数（包括无人机和红外热成像仪）；

**4)**拍摄距离、拍摄角度；

**5)**无人机的飞行路线规划。

**3**检测应选择太阳光、灯光等外界干扰小且建筑物处于相对稳定状态的时段；

**4**　选择拍摄距离和拍摄角度时，应保证无人机飞行安全，远离树木、架空线路等障碍物。

**4.1.4**测试前应安装调试无人机及红外热成像仪设备，设备应正常工作。无人机飞行作业时间应能保证快速的完成测试。

**4.2**　测试条件

**4.2.1**应在晴天进行测试，现场风速不宜大于4m/s。

**4.2.2**当出现降水、降雪、雾霾、扬尘等影响视距的天气时应停止测试。

**4.2.3**测试前24h室外空气温度逐时值与测试时室外空气温度相差不超过10℃。

**4.3**　现场测试

**4.3.1**记录测试时间，室外风速、温度、湿度、大气压力，饰面层种类。

**4.3.2**测试开始时应选择建筑内墙、建筑外墙和室外空气的典型位置进行温度测量并记录，以该组温度作为基准温度。位置的选择应符合下列规定：

**1**建筑外墙、内墙温度测点应对称布置在同一墙体两侧，且测点应布置在建筑物首层；

**2**内墙温度测点距离热桥、窗等位置应大于500mm；

**3**室外空气测点距外墙应大于2m，距地面高度应大于1.5m。

**4.3.3**测试应按照测试区域对建筑物进行划分，每个测试区域进行一次检测。测试区域的划分应符合下列规定：

**1**建筑物的一个立面为一个测试区域；

**2**屋顶为一个测试区域；

**3**当建筑物有两个及以上塔楼时，每个塔楼应按照单独的建筑物进行测试区域的划分；

**4**其他复杂形状建筑的测试区域划分应按照有利于进行现场测试及测试结果分析的原则进行。

**4.3.4**测试区域应按照面积的大小划分为若干测试单元，测试距离和测试单元的划分应符合表4.3.4的规定。

表4.3.4测试距离和测试单元的划分 单位：米

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 测试距离 | 5～10 | 10～15 | 15～20 | ＞20 |
| 测试单元最大尺寸 | 5×5 | 10×10 | 15×15 | 20×20 |

**4.3.5**测试角度应符合表4.3.5的规定

表4.3.5测试角度的选择 单位：度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测试区域 | 屋顶 | 外墙 |
| 测试角度  （与水平面夹角） | 90 | 0 |

注：当屋顶为非水平面或外墙为非垂直面时，测试角度与被测面夹角应保持垂直。

**4.3.6**当存在障碍物、遮挡或其他影响安全的因素时可调整拍摄角度，并予以记录。

**4.3.7**测试应按照以下步骤进行：

**1**设置被测建筑的测试边界，测试边界应包含被测建筑物及其附属的通道、局部突出建筑等；

**2**每个测试区域应至少拍摄一张整体的红外图像和一张整体的可见光照片；

**3**建筑外墙基准温度点的布置应具有代表性，且应拍摄红外图像不少于1张；

**4**测试时无人机应保持相同的测试距离对建筑物进行拍摄，拍摄应按照测试单元进行；

**5**测试结束后应及时对测试数据进行整理，当发现测试区域内存在漏拍时应立即或在相同时段和天气条件下补拍。当不能满足补拍要求时，应对该测试区域重新进行测试。

**4.4**　数据处理

**4.4.1**测试结束后应及时进行数据处理，数据处理应至少包含以下内容：

**1**对测试单元的红外图像进行编号、分析、调色等处理；

**2**计算测试单元的平均温度，识别并标注图像中的缺陷，计算缺陷面积；

**3**合成测试区域的红外图像，作为原始记录；

**4**当采用软件进行数据处理时，应对软件有效性进行验证。

**4.4.2**数据处理应以测试单元为单位进行，宜使用软件进行数据处理。

**4.4.3**测试单元的数据计算应以像素点为单位进行。

**4.4.4**测试单元的平均温度应按照式4.4.4进行计算：

 （式4.4.4）

式中：

—测试单元的平均温度（℃）；

Ti—测试单元中第i个像素点的温度（℃）。

k—测试单元中像素点的数量（个）。

**4.4.5**测试单元中单个点的温差应按照式4.4.5进行计算：

 （式4.4.5）

式中：

—测试单元第i个像素点的温差（K）；

—测试单元的平均温度（℃）；

Ti—测试单元中第i个像素点的温度（℃）。

**4.4.6**测试单元的像素点面积可通过相对测试法进行，通过单位面积内像素点的总数计算出每个像素点代表的面积，缺陷面积S应按照式4.4.6-2进行计算：

****** （式4.4.6-1）

**** （式4.4.6-2）

式中：

S—测试单元的缺陷面积之和（m2）；

S'—测试单元中单个像素点的面积（m2）；

S0—测试单元中选定区域的面积（m2）；

n—测试单元中S0面积里像素点的数量（个）；

m—测试单元中缺陷像素点的数量（个）。

**4.4.7**测试区域缺陷率应按照式4.4.7进行计算：

****** （式4.4.7）

式中：

—测试区域的缺陷面积率（%）；

Sj—测试区域中第j个测试单元的缺陷面积（m2）；

S总—测试区域的面积（m2）；

q—测试区域中缺陷像素点的数量（个）。

**5　评　　价**

**5.1**　一般规定

**5.1.1**应由供需双方商定是否采用本标准进行评价。

**5.1.2**当屋面存在局部设置保温隔热层、附属设备、积水积雪等干扰因素时，不宜进行该测试区域的热工缺陷评价。

**5.1.3**建筑外墙有附属的落水管、架空线路、空调室外机等干扰因素，应排除干扰因素的影响。

**5.2**　评价

**5.2.1**测试单元的缺陷标记应按照表5.2.1进行。

表5.2.1测试单元评价要求

|  |  |
| --- | --- |
| 要求 | 缺陷分类 |
| 温差超过1K | 一般缺陷 |
| 温差超过2K | 严重缺陷 |

**5.2.2**测试区域的热工缺陷评价应按照表5.2.2进行。

表5.2.2测试区域的热工缺陷评价

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 一般缺陷率（%） | 严重缺陷率（%） | 等级 |
| ≤5 | ≤1 | 一级 |
| 5～20 | 1～5 | 二级 |
| ≥20 | ≥5 | 三级 |

**5.2.3**建筑整体外围护结构的热工缺陷评价应按照表5.2.3进行。

表5.2.3建筑整体外围护结构的热工缺陷评价

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 要求 | 评价 | 建议 |
| 测试区域全部为一级 | 一级 | 可不采取措施 |
| 至少有一个测试区域为二级 | 二级 | 应采取措施降低缺陷率 |
| 至少有一个测试区域为三级 | 三级 | 应立即采取措施降低缺陷率 |

# 6　报　　告

**6.0.1**现场检测数据应记录完整，现场原始记录表格应包括下列信息：

**1**试验编号、测试日期、测试部位；

**2**测试用仪器设备的名称、型号、精确度及使用前后状态；

**3**从仪器设备直接读取的检测值或设备存储输出的记录。

**6.0.2**检测报告应包括下列内容：

**1**基本概况：包括工程名称、工程地点、委托单位、外窗尺寸、型材种类、玻璃组成、测试时间、测试项目、室内外温度、大气压力等；

**2**检测依据；

**3**主要仪器设备名称、型号、性能参数等；

**4**检测数据及结果；

**5**检测结论；

**6**现场检测时的图片；

**7**检测单位，检测人员、审核人员、批准人员的签字。

**6.0.3**检测报告可按本标准附录B的格式出具。

# 附录A　检测仪器

1. 建筑围护结构整体热工缺陷检测中使用的仪器仪应具有有效期内的校准证书。
2. 检测的仪器仪表应定期进行校准，校准有效期不应超过1年。
3. 检测仪器具体性能要求如下：

表A.0.3 红外热成像仪性能指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 范围 |
| 1 | 像元尺寸/μm | ≤20 |
| 2 | 波长/μm | 7.5～14 |
| 3 | 热灵敏度(NEdT)/mK | ≤50 |
| 4 | 工作环境温度/℃ | -20～45 |

表A.0.4 无人机性能指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 范围 |
| 1 | 无人机续航时间/min | ≥30 |
| 2 | 防护等级 | ≥IP43 |
| 3 | GPS工作时，无人机悬停精度/m | 垂直方向±0.5  水平方向±1.5 |
| 4 | 抗风等级 | ≥6级 |
| 5 | 前视障碍物感知范围/m | ≥10 |
| 6 | 信号有效距离/km | ≥3 |
| 7 | 工作环境温度/℃ | -20～45 |

**附录B　检测报告**

**表B 建筑围护结构整体热工缺陷检测报告**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 委 托 单 位 | | | |  | | | | | | |
| 地　址 | | | |  | | | 电　话 | |  | |
| 工 程 名 称 | | | |  | | | | | | |
| 工 程 地 点 | | | |  | | | | | | |
| 外 墙 构 造 | | | |  | | | | | | |
| 外 窗 构 造 | | | |  | | | | | | |
| 屋 顶 构 造 | | | |  | | | | | | |
| 检 验 | 日　期 | | |  | | | | | | |
| 项　目 | | |  | | | | | | |
| 依　据 | | |  | | | | | | |
| 仪　器 | | |  | | | | | | |
| 检 验 结 论 | | | | | | | | | | |
| 经检验， 。  （以下空白） | | | | | | | |  | | |
|  | | | | | | | | 检验章 | | |
| 报告日期： | | | | | | | |  | | |
| 批 准 | |  | 审 核 | |  | 主 检 | | | |  |
| 1. 项目概况   \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*   |  | | --- | |  |   建筑物整体照片   1. 检测依据   \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*   1. 检测内容   \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*  测试仪器   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 序号 | 名称 | 型号 | 精确度 | | 1 |  |  |  | | 2 |  |  |  | | 3 |  |  |  |   （本页以下无正文） | | | | | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  | | --- | --- | |  |  | | 可见光照片 | 红外图像 |   测试位置照片   1. 检测数据  |  |  | | --- | --- | | 项 目 | 数 据 | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  |   （本页以下无正文） |

# 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”；

1. 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”；

1. 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”；

1. 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

本标准引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本标准；不注日期的，其最新版适用于本标准。

《数值修约规则与极限数值的表示和判定》GB/T 8170

《外窗热工缺陷现场测试方法》GB/T 39684

中国工程建设标准化协会标准

**基于无人机技术的建筑围护结构整体热工缺陷检测方法标准**

**T/CECS XXX—202X**

# 条文说明

**制 定 说 明**

本标准制定过程中，编制组进行了热工缺陷测试发展现状的调查研究，总结了我国高层建筑及超高层建筑热工缺陷测试的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过对无人机搭载红外热像仪拍摄建筑物整体热工缺陷试验研究，取得了阶段性成果。

本规程编制原则为：（1）科学合理、具有可操作性；（2）实事求是，规程使用人应严格遵守规程有关规定；（3）保证施工效率的同时又能保证质量等。

关于测试环境要求、测试步骤以及数据处理等重要问题，编制组给出了具有可操作性的解决措施，编制组将对其他尚需深入研究的有关问题多方取证、试验探究和工程应用后对规程进行更新补充。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条款规定，《基于无人机技术的建筑围护结构整体热工缺陷检测方法标准》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条款的规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

**目 次**

[1　总　　则 21](#_Toc4779)

[3　基本规定 22](#_Toc12699)

[4　测试项目 23](#_Toc14947)

[4.1　一般规定 23](#_Toc9588)

[4.3　现场测试 24](#_Toc29046)

[4.4　数据处理 24](#_Toc19839)

[5　评　　价 26](#_Toc554)

[5.1　一般规定 26](#_Toc12035)

# 1　总　　则

**1.0.1**随着建设工程技术的发展，现代民用建筑呈现出超高层化，造型多样化、复杂化的特点。传统红外热成像仪测试手段难以实现对复杂的建筑物外围护结构进行热工性能的测试，超高层和复杂外形建筑物的外围护结构热工性能难以得到科学的评价和准确的监控。随着近些年来无人机技术的成熟，基于无人机平台进行建筑物围护结构热工性能测试的设备和技术均能以较经济、合理的水平为社会接受。本标准的目的是通过统一测试要求和评价指标使基于无人机技术的红外测试和评价结果可以得到各相关方的认可。

**1.0.2**本标准是针对民用建筑围护结构热工缺陷提出检测方法，车间、仓库等工业建筑可参照进行测试。

**1.0.3**当建筑物有保温构造时可对建筑物热工缺陷测试结果直接进行分级评价；当建筑物没有保温构造时，建筑物红外图像温差不明显，围护结构性能差异较大，不能据此认为建筑物围护结构热工性能好，因此不宜进行分级评价。

**1.0.4**本标准采用的技术是基于无人机平台，因此测试前应符合建筑物所在地区对无人机具有管理权限的主管部门的管理要求。无人机操作人员应具备相关资格。通常机场、军事管理区以及其他设立禁飞区的地区使用本方法测试前应向当地主管部门进行申请，获得批准后才可进行作业。

# 3　基本规定

**3.0.1**只有当待测建筑物处于较为稳定的状态下进行测试，其测试结果才具有代表性。新建建筑如果没有完工，其内部可能存在用火、用电施工或没有安装门窗等，这些会造成直接干扰并影响测试结果。对于既有建筑，只有在建筑正常使用时测试才能排除一些偶然因素的干扰，例如短期装修、制冷或供暖设备造成室内温度的突然变化等。

**3.0.2**相对其他季节，冬季日照时间较短、降水少、温差大，因此在冬季夜间进行测试能很大程度降低不利因素对测试结果的影响，温差大利于提高测试精度。此外冬季是我国北方地区的采暖高峰期、能耗明显；南方地区目前虽然没有集中供暖，但是随着经济水平的提高在冬季以家庭为单位的自主取暖户数逐年增加，其室内外温差能满足10℃。因此冬季夜间进行围护结构测试结果更有代表性。

# 测试项目

**4.1**　一般规定

**4.1.1**基于无人机技术的建筑围护结构整体热工缺陷检测是一项相对复杂、工程量大且新颖的测试手段，为了避免出现测试结果错误和流程的不规范特制定本条进行指导。

**4.1.2**应明确检测作业前，现场调查和资料收集是必须进行的程序，只有充分收集、了解被测建筑物的基本信息和情况才能制定科学、合理、具有可操作性的测试方案。同时测试结果的分析也需要结合前期现场调查和收集的资料进行。

**4.1.3**检测方案应在测试前编制，避免出现前期准备和沟通不足导致的测试错误、重复测试。此外检测方案应具有可操作性，需要与建筑物的具体情况并结合天气等因素进行制定，现场测试人员应能按照检测方案进行测试。同时应考虑到现场测试的复杂性、不确定性，当出现特殊情况时现场测试人员应能在保证对建筑围护结构全部测试的基础上对检测方案进行合理调整。

**4.1.4**无人机高空作业具有一定的风险，必须保证设备能正常工作，当设备出现故障时，应停止测试。高层建筑、大体积建筑由于单个立面面积大，需要无人机飞行作业时间长，一个建筑物的测试可能需要几天才能完成。为了能在一个相对稳定且较短的时间内完成测试，因此要求无人机应能连续飞行作业，目前可采用携带多组电池进行更换满足作业时间的需求。

**4.2**　测试条件

**4.2.1**天气对于测试结果影响非常大，晴朗天气有利于排除外界干扰、提高测试结果的准确性。虽然无人机抵抗风力的能力较强，但是风速过大会影响红外测试的准确性并增大作业危险，因此风速较大时宜停止作业。

**4.2.2**降水、降雪、雾霾、扬尘等天气将严重影响红外测试结果，出现此类情况应停止测试直至此类天气消失。同时测试使用的无人机主要是基于视距进行操作，当出现影响视距天气时也应停止测试。

**4.2.3**当出现太阳照射、突然降雪、降水等不利因素时，被测建筑可能出现快速温升或温降，导致同一测试单元在试验开始和结束时外围护结构表面温度变化过大，可能出现测试单元出现大面积缺陷，偏离真实情况。因此应监控对比测试前24h与测试时的室外空气温度。

**4.3**　现场测试

**4.3.2**基准温度的选取极为重要，除验证红外热成像仪的准确性外，当测试结果出现温度偏差时可对温度进行修正，避免测试结果无效。室外空气测点的布置应与外墙保持一定距离，保证测点处空气自由流动、不受建筑物外墙的影响。

**4.3.3**采用无人机平台搭载红外热成像仪测试，测试不受建筑高度及地面障碍物对人员的限制，对建筑物的测量区域划分更有利于测试数据的处理和对建筑物外围护结构热工缺陷的评价、分析。随着社会的进步，现代建筑物从传统的长方体逐渐扩展到不规则型，对于不规则型建筑物测试区域的划分需要结合建筑物面积、建筑物高度、外饰面及门窗的种类，使测试时建筑物的每个测试区域工作量基本一致且有利于后期图片分析、缺陷位置的确定、立面数据的合成。

**4.3.4**测试距离的确定主要与红外热成像仪设备的精度、分辨率有关，测试距离和测试单元的划分应当能使测试获得足够分辨率的图片或相关数据。一般来说，对于同一红外热成像仪设备当测试距离变大时其测试单元也会变大，对应同样尺寸建筑物外围护结构缺陷在图像的尺寸会变小，可能会导致部分缺陷被忽略；反之，测试距离小相应的测试单元也小，虽然有利于外围护热工缺陷的识别，但是过小的测试单元会导致测试时间的延长，而且无人机距离建筑物过近易发生碰撞事故、不安全。

**4.3.5**由于红外热成像仪设备的特性，当设备与待测围护结构呈垂直角度时外界干扰最小，因此本条规定测试角度与被测面保持垂直。

**4.3.7**为保障无人机平台测试的安全，需要在无人机测试前设定测试边界。建筑物的整体红外图像可以快速确定和排除大的外墙缺陷，在详细测试阶段对严重缺陷进行重点测量，有利于后期数据处理和立面合成后的图像进行对比、验证。由于测试环境的特殊性，当出现建筑局部不符合测试条件或漏、缺数据的情况时，允许补拍数据。补拍的时间应在测试当天或同时段、相同天气条件，如间隔时间太久或天气条件不一致可能出现建筑物整体平均温度变化较大，补拍部分和其他部分数据不匹配。

**4.4**　数据处理

**4.4.1**测试后原始数据应及时分类、归档存储。由于测试的特殊性，测试人员在一段时间内很难再次对相关建筑进行再次测试，数据不能及时存储后期很难进行复原。同时由于数据量过大，及时存储可以避免数据遗失。整体红外图像作为整体分析用图像，可不进行数据分析。

**4.4.2**数据处理可以人工分析，也可以采用自动化软件进行处理。由于建筑围护结构整体热工缺陷检测，通常拍摄的红外图像数量较多，高层建筑物一个立面拍摄红外图像通常会达到几十甚至上千张，数据分析及处理量非常大，宜采用软件处理。

**5　评　　价**

**5.1**　一般规定

**5.1.1**本标准主要是提供了一种基于无人机技术对建筑围护结构热工缺陷进行测试的方法。对于是否按照本标准进行围护结构整体热工性能的评价，本标准不做强制要求。

**5.1.3**评价时应排除围护结构热工缺陷之外的干扰因素。建筑物外墙上普遍存在空调室外机、供暖设施等额外热源，在进行红外图像分析时，应将这些温度异常区域排除在热工缺陷之外。