 **T/CECS XXX—202X**

中国工程建设标准化协会规程

无人机搭载外墙外保温监测技术规程

UAV carrying external wall insulation monitoring technical regulations

（征求意见稿）

\*\*\*\*出版社

中国工程建设标准化协会规程

无人机搭载外墙外保温监测技术规程

UAV carrying external wall insulation monitoring technical regulations

**T/CECS XXX—202X**

主编单位：建研建材有限公司

批准单位：

施行日期：202X年×月×日

XXXX出版社

2024　北京

**前　　言**

根据中国工程建设标准化协会《[关于印发<2021年第一批协会规程制订、修订计划>的通知](http://www.sac.gov.cn/templet/default/ShowArticle.jsp?id=5198)》（建标协字〔2021〕11号）的要求，编制组经过深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进规程，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分8章和4个附录，主要内容包括：总则、术语、基本规定、可见光图像拍摄检测、红外热像检测、敲击回波检测、高频雷达检测、检测记录和报告等。

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

本规程由智慧建筑与智能城市分会归口管理，由中国建筑科学研究院有限公司建研建材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建研建材有限公司（地址：北京市北三环东路30号，邮政编码：100013，邮箱：bzbzzcabr@163.com）。

主编单位：建研建材有限公司

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](#_Toc21904)

[2　术 语 2](#_Toc28073)

[3 基本规定 3](#_Toc28658)

[3.1　一般规定 3](#_Toc8141)

[3.2　检测范围和内容 3](#_Toc26822)

[3.3　无人机和爬墙机器人技术要求 4](#_Toc20013)

[3.4　检测工作程序 5](#_Toc16177)

[4 可见光图像拍摄检测 7](#_Toc8685)

[4.1一般规定 7](#_Toc19471)

[4.2检测设备 7](#_Toc15257)

[4.3 检测 7](#_Toc13396)

[4.4检测结果 8](#_Toc139)

[5 红外热像检测 9](#_Toc4962)

[5.1一般规定 9](#_Toc25692)

[5.2检测设备 9](#_Toc17699)

[5.3 检测 10](#_Toc5917)

[5.4数据处理 12](#_Toc13806)

[5.5检测结果 13](#_Toc1585)

[6 敲击回波检测 14](#_Toc3700)

[6.1一般规定 14](#_Toc19699)

[6.2 检测设备 14](#_Toc1106)

[6.3 检测 14](#_Toc23439)

[6.4 检测结果 14](#_Toc7164)

[7 高频雷达检测 16](#_Toc3517)

[7.1 一般规定 16](#_Toc20240)

[7.2检测设备 16](#_Toc30784)

[7.3 检测 16](#_Toc25188)

[7.4 检测结果 17](#_Toc11086)

[8 检测记录和报告 18](#_Toc20799)

[附录A 全国部分城市红外检测外墙缺陷适宜检测时段 19](#_Toc22863)

[附录B　常用材料发射率表 20](#_Toc8095)

[附录C　敲击回波仪效验方法 21](#_Toc3231)

[附录D　雷达探测仪效验方法 22](#_Toc13185)

[用词说明 24](#_Toc11304)

[引用规程名录 25](#_Toc5500)

[条文说明 26](#_Toc19991)

**Contents**

[1　General Provisions 1](#_Toc21904)

[2　Terms 2](#_Toc28073)

[3 Basic regulations 3](#_Toc28658)

[3.1　General provisions 3](#_Toc8141)

[3.2　Inspection scope and content 3](#_Toc26822)

[3.3　Drones and wall-climbing robot technical requirements 4](#_Toc20013)

[3.4　Test working procedures 5](#_Toc16177)

[4 Visible light image shooting and detection 7](#_Toc8685)

[4.1 General provisions 7](#_Toc19471)

[4.2 Inspection device 7](#_Toc15257)

[4.3 Inspection 7](#_Toc13396)

[4.4 Inspection result 8](#_Toc139)

[5 Infrared thermal imaging method for detection 9](#_Toc4962)

[5.1General provisions 9](#_Toc25692)

[5.2 Inspection device 9](#_Toc17699)

[5.3 Inspection](#_Toc5917) 10

[5.4 Data treating 12](#_Toc13806)

[5.5 Inspection result 13](#_Toc1585)

[6 Knock echo detection 1](#_Toc3700)4

[6.1 General provisions 14](#_Toc19699)

[6.2 Inspection device 14](#_Toc1106)

[6.3 Inspection 14](#_Toc23439)

[6.4 Inspection result 14](#_Toc7164)

[7 High frequency radar detection](#_Toc3517) 16

[7.1 General provisions 1](#_Toc20240)6

[7.2 Inspection device 16](#_Toc30784)

[7.3 Inspection 16](#_Toc25188)

[7.4 Inspection result 1](#_Toc11086)7

[8 Test records and reports 18](#_Toc20799)

[Appendix A Infrared detection of external wall defects in some cities in China 1](#_Toc14540)9

[Appendix B　Emission rate table of common materials 2](#_Toc31174)0

[Appendix C　Testing method of percussion echo instrument 2](#_Toc17173)1

[Appendix D　Radar scanner performance test method 2](#_Toc13603)2

[Explanation of wording 2](#_Toc23804)4

[List of quoted standards 2](#_Toc29587)5

[Article description 2](#_Toc11478)6

# 1　总　　则

**1.0.1**为规范无人机/爬墙机器人建筑外围护系统的无损检测技术在建筑质量检测中的应用，保证建筑外围护系统的检测结果的科学性、准确性，推动国家建筑工程外围护的质量管理。

**1.0.2**本规程适用于新建、扩建、改建及既有建筑外围护系统质量检测。

**1.0.3**本规程规定以无人机/爬墙机器人为平台，搭载可见光成像、红外热成像、雷达探测、敲击回波检测设备，安全作业的技术准备、实地踏勘、检查与现场检测、保障措施、数据处理等内容。

**1.0.4**无人机/爬墙机器人建筑外围护系统无损检测除应执行本规程外，尚应符合国家现行有关标准和现场中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

# 2　术 语

**2.0.1**　无人机unmanned air vehicle

一种由动力驱动、机上无人驾驶、可重复使用的航空器。

**2.0.2**　无人机驾驶员 airplane director

是指依据《民用无人驾驶航空器暂时管理条例》第二章第十六条相关规定，取得民用驾驶航空器执照的人员。

**2.0.3**　爬墙机器人wall climbing robot

可攀附于建筑外墙并通过编排程序和自动控制系统，对建筑外围护系统质量进行物理信息与性能检测的集成装置。

**2.0.4**　敲击回波探测仪 knockback detection

对建筑外围护系统空鼓缺陷位置、分布和缺陷面积进行检测的设备。

**2.0.5**　高频雷达探测仪 high frequency radar detection

对建筑外墙外保温粘结砂浆面积比和缺陷进行检测的设备。

**2.0.6** 可见光图像拍摄 visible light image shooting

是一种图像处理技术的方法，旨在通过对建筑外围护系统的可见光图像来识别和定位存在的结构或外观上的缺陷，包括裂缝、漏水、腐蚀、变形等。

**2.0.7**　空鼓exfoliation of cement coating

饰面层与基层之间或饰面层内部各层材料之间因相互粘结不牢而出现的分层现象。

**2.0.8**　粘结面积比adhesion rate

材料与基层或材料之间粘结面积的比例。

# 基本规定

**3.1　一般规定**

3.1.1 无人机操控员应取得国务院民用航空主管部门颁发的民用无人驾驶航空器操控员执照，方能操控其执照允许范围内的无人机。

3.1.2 检测至少2名人员程度，其中1名应由具备检测工作相关专业资格。

3.1.3 检测宜在无降水天气，可见度良好的条件下进行，现场风速不宜大于3m/s。

3.1.4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中规定进行修约。

3.1.5检测过程，确保安全和稳定，避免与建筑物或其他障碍物发生碰撞。避免任何可能对建筑物或他人造成危险。

**3.2　检测范围和内容**

3.2.1 当建筑外围护系统出现下列情况时，应按本规程的规定进行检测：

l 新建建筑验收及过程质量控制；

2 需对既有建筑外围护系统质量状况进行判断时；

3 外围护系统出现开裂、空鼓、脱落、渗漏等现象；

4 对外围护系统进行修缮、改造前；

5 遭受地震、大风、撞击等意外情况侵害后；

6 其他需要时。

3.2.2 既有建筑检测周期按照《既有建筑维护与改造通用规范》GB 55022标准及其他相关规定要求执行。

3.2.3 对建筑外围护系统的检测包括外观质量、系统构造、空鼓、渗漏、锚栓分布。对于各类外围护系统对应的检测项目，应符合表3.2.3-1和表3.2.3-2的规定。

**表3.2.3-1 不同类型外围护系统的检测项目**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 外围护系统类型 | 检测项目 | | | | | | |
| 外观质量 | 系统构造 | 空鼓 | 渗漏 | 锚栓分布 | 热工缺陷 | 粘结面积比 |
| 1 | 外保温外围护系统 | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 2 | 幕墙外围护系统 | √ | √ |  | √ |  | √ |  |
| 3 | 无外保温外围护系统 | √ | √ | √ | √ |  |  |  |

**表3.2.3-2 不同类型检测方法对应的检测项目**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检测方法 | 检测项目 | | | | | | |
| 外观质量 | 系统构造 | 空鼓 | 渗漏 | 锚栓分布 | 热工缺陷 | 粘结面积比 |
| 1 | 可见光图像拍摄 | √ |  |  |  |  |  |  |
| 2 | 红外成像 |  | √ | √ | √ | √ | √ |  |
| 3 | 敲击回波 |  |  | √ |  |  |  |  |
| 4 | 高频雷达检测 |  |  |  |  |  |  | √ |

**3.3　无人机和爬墙机器人技术要求**

3.3.1无人机性能指标应满足下列条件：

1云台角度抖动量不超过±0.01°；

2无人机单程飞行续航时间不短于30分钟，并具备自动返航功能；

3无人机应具备抵抗5m/s风速的抗风性能；

4无人机支持北斗或GPS等常用定位模式参与飞行控制；

5工作环境条件 -20℃～45℃。

3.3.2爬墙机器人指标应满足下列条件：

1爬行速度宜大于2 m/min；

2爬行精度 ±2 mm；

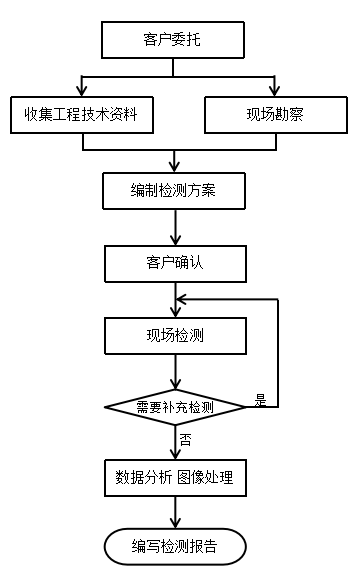
3爬行行程宜大于100m；

4环境温度应在 -25℃~45℃；

5 应配备安全防坠落措施。

**3.4　检测工作程序**

**3.4.1**无人机/爬墙机器人外围护质量检测工作顺序，应按图3.4.1进行。



**图3.4.1 检测工作流程图**

**3.4.2**现场无人机飞行条件应符合《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》的要求，并应符合相关地方、行业、法律法规的规定，现场环境和设施应满足安全作业条件。

**3.4.3** 接受委托后，收集工程技术资料，包括但不限于下列内容：

1 项目概况，包括项目规模、建设地点、建设时间、建筑类型、结构形式、

外墙外保温构造、近期修缮情况等；

2 建筑设计图纸和相关技术文件；

3 建筑物的方位、朝向、周边环境遮挡或反射情况、使用环境；

4 建筑物冷、热源分布及使用情况；

5 近期气象条件。

**3.4.4**检测前应编制检测方案，包括但不限于下列内容：

1 工程概况，包括工程责任单位、工程类型、外围护系统构造、施工工艺、施工进度、工程施工时依据的标准和规范；

2 检测原因和要求；

3 检测目的和范围；

4 检测项目及检测方法；

5 现场检测人员和设备情况；

6 检测工作进度计划和配合工作；

7 现场安全措施；

8 检测方案编制人员、审批人员以及应说明的内容；

9 其他需要的内容。

1. **可见光图像拍摄检测**

**4.1一般规定**

4.1.1 在可见光图像拍摄检测时，须尊重隐私权。应避免拍摄可能导致侵犯隐私权的区域。如有必要，需获得建筑所有人或管理部门的许可。

4.1.2 在进行建筑物的可见光图像拍摄检测时，须尊重相关的版权和知识产权。对设计师、建筑师或机构版权保护的建筑物，在使用、发布或传播相关照片或视频时，须要事先获得相关权利人的许可。

4.1.3 在进行建筑物的可见光图像拍摄检测时，须遵循相关的法律法规和规范要求。

**4.2检测设备**

可见光图片拍摄仪的性能指标应满足下列条件：

4.2.1镜头、取景器内及其他的光学元件应无明显的伤痕、发暗、气泡、条纹、砂眼、斑点、污迹及其他瑕疵，表面的镀膜应牢固均匀，无擦伤现象。

4.2.2图像分辨率不低于：1200万像素

4.2.3工作环境温度：-20℃～40℃

**4.3 检测**

4.3.1 制定飞行拍摄计划，确定飞行区域、飞行高度、航线和拍摄模式等参数，以确保覆盖整个建筑物并捕捉到所需的图像。

4.3.2 数据采集，在飞行过程中，利用搭载的可见光摄像机连续拍摄建筑物的图像。使用自动连拍模式或按需手动触发拍摄。拍摄直线距离宜为5-10m，拍摄角度绝对值不得大于45度。

4.3.3 图像处理和分析：图像进行降噪、增强等处理后，对缺陷进行识别测量。

4.3.4 全景图像拼接：检测区域拍摄多张图像时，重叠率应大于10%，利用图像拼接技术合并成一张全景图像。

4.3.5 分析结果以报告、图表、三维模型、可视化渲染等形式，展示和呈现建筑外观质量。

**4.4检测结果**

1 建筑物的结构包括墙壁、屋顶、窗户、门等元素完整；建筑物外表面平整，无明显的凹凸不平或波浪状；建筑物表面（包括涂料、砂浆、瓷砖）目测观察颜色一致、均匀、无起皮、气泡、爆灰、剥落、污染；建筑金属表面不得有腐蚀和氧化现象；建筑物使用石材或其他特殊立面材料，观察其质量状况，包括石材的质地、颜色、破损程度等；建筑物玻璃表面的质量，不得有划痕、破损、灰尘或其他污染。

2 建筑物表面裂缝、空鼓、脱落、渗水、泛碱等判定应符合《建筑外墙外保温系统质量诊断与评估技术规程》T/CECS1029。

3 幕墙表面质量应符合《建筑幕墙》GB21086的要求。

1. **红外热像检测**

**5.1一般规定**

5.1.1红外热像现场检测的环境和条件应符合下列规定：

1 宜在无降水、可见度良好的条件下进行，风速不宜大于3m/s；

2 待测区域不应有明水；

3 建筑外门窗和其他洞口应正常封闭。

5.1.2红外热像现场检测时，应注意下列情况的影响：

1 宜避免干扰辐射能进入测试范围,如果被测墙面或屋面与红外热像仪之间

有障碍物，则不能进行检测；

2 检测时段可参照附录A，建筑物内外空调及其他冷、热源的影响；

3 所选拍摄距离与角度及光学变焦镜头宜确保每张红外热像图的最小可探测

面积在目标物上不小于50mm×50mm；

4 外墙饰面材料发射率的影响，常用饰面材料表面发射率可按本规程附B执

行；

5 相邻建筑物对待测目标物区域的影响；

6 建筑物外立面凹凸状外形构造阴影区域及幕墙、门窗等反射阳光不均匀导

致的影响；

7 建筑物高度、方向、风速变化的影响。

**5.2检测设备**

5.2.1红外热像仪的性能指标应满足下列条件：

1 工作环境温度：-20℃～40℃；

2 温度显示分辨率不大于 0.08℃；

3 测温一致性不大于 0.5℃；

4 测温精度 ±2℃；

5 工作波段为 8μm～14μm；

6 图像分辨率不小于 640×512；

7 空间分辨力不小于 1mrad。

5.2.2 红外热像仪应定期进行校准，检测时应在校准有效期内，校准方法及要

求按照《热像仪校准规程》JJF 1187-2008 执行。

**5.3 检测**

5.3.1 红外检测建筑物外墙缺陷时，建筑物室内外温差因当地气候而定。

1 按照第4.3.1条至第4.3.3条要求制定飞行计划和实施飞行。拍摄距离宜为

5m-10m，拍摄角度不得大于45º。

2 根据被测物和表面状态设置仪器参数。

3 拍摄红外热像时进行同角度可见光图像拍摄。当一幅热像图(或照片)

不能拍完整被测物时，应分区拍摄。分区间应有＞10%面积的叠加。记录检测时间、室外风速、温度、湿度、大气压力。

4区域的划分应符合下列规定：

1）建筑物的一个立面为一个检测区域；

2）屋顶为一个检测区域；

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检测区域的划分；

4）其他复杂形状建筑的检测区域划分应按照有利于进行现场检测及

检测结果分析的原则进行。

5 拍摄时应选择目标物表面拍到最少反射物的角度；

6准确记录标识拍摄位置(层数与方向)与对应的红外热成像图及可见光图像；

7检测结束后应及时对检测数据进行整理，当发现检测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，应对该检测区域重新进行检测。

5.3.2外围护结构系统构造检测，应符合下列要求

1 按照第5.3.1条要求进行拍摄，拍摄外墙、屋顶、窗户等部位，以获取

结构构造的相关信息。

2 将采集到的红外热像数据导入计算机或专业软件进行处理和分析，运用图

像处理技术和温度测量算法，分析红外热像图像中可能存在的温度异常区域。观察和分析温度分布的模式。

3 根据温度特征和分布模式，识别可能存在的外围护结构构造，如墙体、梁

柱、窗框等，记录外围护结构的构造缺陷。

5.3.3 建筑外墙空鼓检测，应符合下列要求：

1 按照第5.3.1条要求进行拍摄；

2 运用图像处理技术和温度测量算法，分析红外热像图像中可能存在的温度

异常区域，识别不同的温度特征以确定空鼓部位；

3 记录空鼓的位置、数量、面积。

5.3.4 建筑物渗漏检测，应符合下列要求：

1 应按照第3.4.3条要求，收集建筑物的相关资料，其中竣工图纸应重

点收集给排水布置图及相关的防水构造图、可能产生渗漏的水源等；

2 宜在降水后，室内外温度和湿度较为稳定的情况下进行；

3 按照第5.3.1条要求进行拍摄；

4 在热成像图像中， 运用图像处理技术和温度测量算法，分析红外热像图像

中可能存在的温度异常区域，识别不同的温度特征以确定可能存在渗漏的位置；

5 应考虑渗漏造成的热谱图异常与渗漏源之间的相关性，结合可见光图像，

进行目视检查温度异常区域，是否有明显的水迹、湿度痕迹、脱落、裂缝或其他可见的渗漏迹象并记录。

5.3.5 外保温锚栓分布检测，应符合下列要求：

1 建筑物外保温锚栓分布检测取样部位应随机确定，按照设计要求，在不同

设计层面上分别按照下、中、上三个方向，宜兼顾不同朝向和楼层，选取3个点位，每点面积不小于2m2进行测量，上部测点应距顶边不少于300mm，下部测点应距底边不少于200mm，均匀分布。

2 按照第5.3.1条要求进行拍摄，确保锚栓区域在红外热像图像中清晰可见。

3 运用图像处理技术增强图像质量，并利用温度测量算法生成温度图像，检

测和分析红外热像图像中锚栓位置的温度特征，识别可能存在的锚栓分布和单位面积数量。

4 按照选取的区域计算锚栓数量，记录锚栓的位置、数量、状态。

5.3.6 建筑物外围护结构热工缺陷检测，应符合下列要求：

1 按照5.3.1要求进行拍摄。

2 建筑物外围护结构热工缺陷检测宜先从室外开始,当发现异常点时,可在室

内相应部位进行检测。所选择的检测部位避免受到太阳光的直射。严寒地区、寒冷地区检测时建筑物室内外温差宜大于10℃,其他地区宜大于 5℃。

3 将采集到的红外热像数据导入计算机或专业软件进行处理和分析，运用图

像处理技术增强图像质量，并利用温度测量算法生成温度图像。分析红外热像图像中外墙和外门窗的温度分布异常点，确定热工缺陷的位置、面积和状态。

**5.4数据处理**

5.4.1检测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对检测的红外图像进行编号、分析、调色等处理；

2计算检测的平均温度，识别并标注图像中的缺陷，计算缺陷面积；

3合成检测区域的红外图像，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。

5.4.2检测的数据计算应以像素点为单位进行。

5.4.3检测的平均温度应按照式5.4.3进行计算：

 （式5.4.3）

式中：

—检测的平均温度（℃）；

Ti—检测中第i个像素点的温度（℃）。

k—检测中像素点的数量（个）。

5.4.4检测中单个点的温差应按照式5.4.4进行计算：

 （式5.4.4）

式中：

—检测第i个像素点的温差（℃）；

—检测的平均温度（℃）；

Ti—检测中第i个像素点的温度（℃）。

5.4.5 检测区域单位面积的锚栓数量计算数值取整，小数舍去

**5.5检测结果**

5.5.1检测缺陷标记应按照表5.5.1进行。

**表5.5.1检测结果异常判断要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 异常参考值 | 要求 | |
| 阳光直接照射下 | 无阳光直接照射下 |
| 一般缺陷 | 相对温差超过1℃ | 相对温差超过0.5℃ |
| 严重缺陷 | 相对温差超过2℃ | 相对温差超过1℃ |
| 备注：温差根据现场环境及建筑物状态有轻微变化，应配合目测法或敲击法进行确认，亦应以热聚焦的方法进一步检视红外热像图。 | | |

1. **敲击回波检测**

**6.1一般规定**

6.1.1本章适用于建筑外围护系统的空鼓率检测。

6.1.2 取样部位、数量及面积（尺寸），应符合下列规定

1 取样数量以采用相同材料、工艺和施工做法的墙面，扣除门窗洞口后的墙

面面积划分为一个检验批，每 1000m2同类墙面为一个检测批，不足1000m2以应按1000m2计；每批应取检测面积不少于检测批的5%。

2 取样部位应随机确定，宜兼顾不同朝向和楼层，在下、中、上三个层面上

分别选取，可连续选取也可分区域选取，均匀分布。

**6.2 检测设备**

6.2.1 敲击回波探测仪的性能指标应满足下列条件：

1敲击频率 1~300（次/min）；

2敲击间隔10-20 cm；

3单个采样点面积≥0.01m2；

4空鼓率精确度大于90%。

6.2.2 敲击回波探测仪应定期由法定计量检定机构按照相关标准进行校准。

6.2.3 敲击回波仪应按照附录C定期进行效验。

**6.3 检测**

6.3.1 按照取样原则确定、规划检测区域和检测坐标，依次编号。检测区域的确定应考虑边界效应的影响，检测区域不得有障碍物。

6.3.2 检测前应检查设备及辅助工具处于正常工作状态。

6.3.3 数据采集过程中，沿测线方向匀速敲击，同步采集敲击回波数据。

6.3.4 检测完毕后，应检查原始数据的完整性，若数据异常，应重新采集。

6.3.5 用敲击锤确定空鼓或松动部位，采集同类型敲击回波特征值5-10个，进行校正。

**6.4 检测结果**

6.4.1 对采集的数据处理后，绘制空鼓或松动部位分布图，计算空鼓率，精确到1%。

6.4.2 保温砂浆类外墙外保温系统的空鼓面积比不大于15%。

6.4.3 当外墙单块空鼓面积大于0.5m2时，应及时采取防护措施，并进行修复。

# **高频雷达检测**

**7.1 一般规定**

7.1.1本章适用于建筑外墙外保温系统粘结面积比的检测。

7.1.2 取样部位、数量及面积（尺寸），应符合下列规定：

1 取样数量以采用相同材料、工艺和施工做法的墙面，扣除门窗洞口后的墙

面面积划分为一个检验批，以每 1000m2同类墙面为一个检测批，不足1000m2以应按1000m2计，每批应取3个点位，每个点位检测面积不少于1m2。

2 取样部位应随机确定，宜兼顾不同朝向和楼层，在下、中、上三个层面上

分别选取，均匀分布。

**7.2检测设备**

7.2.1 高频雷达探测仪的性能指标应满足下列条件：

1 中心频率 6~8 GHz；

2 扫描速率范围为1~1024Hz；

3 粘结面积比精确度大于90 %。

7.2.2 高频雷达探测仪应由法定计量检定机构按照现行标准进行校准。

7.2.3 粘结面积检测应按照附录D定期进行效验，效验周期不应大于6个月。

**7.3 检测**

7.3.1 按照取样原则确定、规划检测区域和检测坐标，依次编号。检测区域的确定应考虑边界效应的影响，检测区域不得有障碍物。

7.3.2 检测前应检查设备及辅助工具处于正常工作状态。

7.3.3 将设备定位到指定位置进行数据采集、传输、处理和绘制雷达探测成像图，并记录。

7.3.4 检测后，应检查原始数据的完整性，若数据异常，应重新采集。

7.3.5 当采用爬墙机器人搭载高频雷达探测仪运行过程中，应采取安全措施，预防坠物危害。

**7.4 检测结果**

7.4.1粘结面积比应按7.4.1式计算，精确至 1%：

（7.4.1）



式中： S—粘结面积与保温板面积的比值（%）；

— 粘结部分的面积(mm2)；

—保温板的面积(mm2)。

7.4.2 粘结面积比应符合设计要求且不小于40%；检测结果应附必要的影像资料和雷达探测成像图。

# 检测记录和报告

**8.0.1**现场检测数据应记录完整，包括但不限于下列信息：

1 检测编号、检测日期、环境条件；

2 工程的名称、检测位置

3 仪器设备的名称、型号及使用前后状态；

4 输出的图像和数据记录。

**8.0.2**检测报告应包括但不限于下列内容：

1 工程概况；

2 检测目的、检测项目和检测内容；

3 检测依据，委托方提供的资料（适用时）；

4 检验批的划分和测点的布置；

5 主要仪器设备名称、型号等；

6 检测数据；

7 必要的图像和影视资料；

8 检测结果和建议。

**附录A 全国部分城市红外检测外墙缺陷适宜检测时段**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 城市 | 建筑立面的朝向 | | | |
| 东 | 南 | 西 | 北 |
| 北京 | 7:00~9:00 | 11:00~13:00 | 15:00~17:00 | 11:00~13:00 |
| 上海 | 8:00~9:00 | 11:00~13:00 | 15:00~16:00 | 11:00~13:00 |
| 南宁 | 8:00~9:00 | 11:00~13:00 | 15:00~16:00 | 11:00~13:00 |
| 广州 | 8:00~9:00 | 11:00~13:00 | 15:00~16:00 | 11:00~13:00 |
| 福州 | 8:00~9:00 | 11:00~13:00 | 15:00~16:00 | 11:00~13:00 |
| 贵阳 | 8:00~9:00 | 11:00~13:00 | 15:00~16:00 | 11:00~13:00 |
| 长沙 | 8:00~9:00 | 11:00~13:00 | 15:00~16:00 | 11:00~13:00 |
| 郑州 | 8:00~9:00 | 11:00~13:00 | 15:00~16:00 | 11:00~13:00 |
| 武汉 | 8:00~9:00 | 11:00~13:00 | 15:00~16:00 | 11:00~13:00 |
| 西安 | 8:00~9:00 | 11:00~13:00 | 15:00~16:00 | 11:00~13:00 |
| 重庆 | 8:00~9:00 | 11:00~13:00 | 15:00~16:00 | 11:00~13:00 |
| 杭州 | 8:00~9:00 | 11:00~13:00 | 15:00~16:00 | 11:00~13:00 |
| 南京 | 8:00~9:00 | 11:00~13:00 | 15:00~16:00 | 11:00~13:00 |
| 南昌 | 8:00~9:00 | 11:00~13:00 | 15:00~16:00 | 11:00~13:00 |
| 合肥 | 8:00~9:00 | 11:00~13:00 | 15:00~16:00 | 11:00~13:00 |

**附录B　常用材料发射率表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 材料 | 特性 | 温度/℃ | 发射率 |
| 铝 | 抛光 | 50～100 | 0.04～0.09 |
| 强氧化铝 | 25～600 | 0.20～0.40 |
| 砖 | 红色、粗糙 | 20 | 0.88～0.93 |
| 耐火、粘土砖 | 20 | 0.85 |
| 沥青 | 干燥 | 0～200 | 0.79～0.85 |
| 陶瓷 | 上釉 | 20 | 0.90～0.94 |
| 搪瓷（白色） | 干燥 | 18 | 0.90 |
| 大理石 | 灰色、抛光 | 20 | 0.85～0.93 |
| 纸 | 白 | 20 | 0.70～0.95 |
| 水泥砂浆 | 干燥 | 常温 | 0.54 |
| 混凝土 | 干燥 | 常温 | 0.94 |
| 冰 | 覆霜 | 0 | 0.98 |
| 光滑 | 0 | 0.97 |
| 石膏 | 干燥 | 20 | 0.80～0.90 |
| 布 | 黑色 | 常温 | 0.98 |
| 木材 | 干燥 | 常温 | 0.90 |
| 橡胶 | 干燥 | 常温 | 0.90～0.94 |
| 铜 | 化学磨光 | 20 | 0.07 |
| 泥土 | 干燥 | 常温 | 0.91～0.96 |
| 注：本表内容仅供参考，发射率以现场测试为准 | | | |

**附录C　敲击回波仪效验方法**

C.0.1 适用范围

本校验方法适用于建筑外围护质量敲击回波扫描检测装置的校验。

C.0.2 原理

通过敲击墙面预设固定尺寸和规格的空鼓缺陷，效验检测装置的空鼓率测定准确率。

C.0.3 标准试件

标准试件应采用不小于1m×1m的墙体，应由基础墙体、抹面层、保温层（适用时）和饰面层构成，标准空鼓率不得小于5%

C.0.4 效验方法

按照6.3的步骤检测标准试件的空鼓率。重复检测3次，得到3次检测结果。

C.0.5 结果的处理

按下式计算误差值，取三次误差值算术平均值，当误差超过士10%时应对设备进行修正。

**附录D　雷达探测仪效验方法**

D.0.1 适用范围

本校验方法适用于建筑外围护质量高频雷达探测装置的效验。

D.0.2 原理

通过扫描墙面固定尺寸和规格的粘结状态，效验粘结面积。

D.0.3 标准试件

1 标准试件应采用不小于1m×1m的保温系统，应由基层、粘接层、保温层、

抹面层和饰面层构成，其基本构造应符合表D.0.3的要求。

**表D.0.3标准试件系统基本构造**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 基层墙体 | 系统基本构造 | | | | 构造示意图 |
| 粘接层① | 保温层② | 防护层 | |
| 抹面层③ | 饰面层④ |
| 混凝土墙体及  各种砌体墙体 | 胶粘剂 | 保温板+锚栓 | 抹面胶浆+玻纤网布 | 涂装材料 | 1688697711484 |

2 保温板与基层墙体粘结面积不少于2500mm2，粘接灰饼之间的距离不小

于50mm，粘接灰饼厚度10mm±2mm，例如图D.0.3，并应采用锚栓作辅助固定，每平方米墙面的锚固点数不应少于4个。



**图D.0.3 雷达探测仪效验标准试件例图**

D.0.4 效验方法

按照第7.3条的步骤检测3次标准试件的粘结面积。

D.0.5 结果的处理

按下式计算误差，取3次误差的算术平均值，当误差超过士10%时应对设备进行修正。

# 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”。

# 引用规程名录

本规程引用下列规程。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

《数值修约规则与极限数值的表示和判定》GB/T 8170

《红外热像法检测建设工程现场通用技术要求》GBT29183-2012

《建筑红外热像检测要求》JGT 269-2010

再增加引用规程

中国工程建设标准化协会规程

无人机搭载外墙外保温检测技术规程

**T/CECS XXX—202X**

# 条文说明

**制 定 说 明**

本规程制定过程中，编制组进行了热工缺陷检测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检测的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术规程，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。

关于检测环境要求、检测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，《无人机搭载外墙外保温检测技术规程》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规程正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

**目 次**

[1　总　　则 29](#_Toc4225)

[3　基本规定 30](#_Toc2827)

[4 可见光图像拍摄检测 31](#_Toc19357)

[4.1　一般规定 31](#_Toc22023)

[5　红外热像检测 32](#_Toc31829)

[5.1　一般规定 32](#_Toc31481)

1　**总　　则**

**1.0.1**无人机和爬墙机器人搭载检测技术具有自动化、灵活性、低成本和遥测能力，在建筑领域中具有广泛的应用前景，该项技术降低了人为风险、提高检测精度和效率，未来可通过采集大量数据，实现AI数据分析和智能决策，帮助建筑行业更有效地管理资源和项目，提高建筑质量，应对各种挑战。这些技术的不断发展和应用将有助于改进建筑行业的各个方面，促进可持续发展，实现低碳减排的目标。由于无人机和爬墙机器人的应用代表了建筑行业的创新，在建筑中的应用涉及涵盖了安全、隐私和法规遵从等多个方面，存在高空技术和操作风险等。规范该项技术的应用，可确保设备的安全操作、数据隐私和法规合规，降低了潜在风险，有助于推动行业技术的可持续发展。

**1.0.4**无人机驾驶及操控应遵守国务院、中央军委颁发的国令第761号文件《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》

**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检测，其检测结果才具有代表性。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检测结果。对于既有建筑，只有在建筑正常使用时检测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检测能很大程度降低不利因素对检测结果的影响，温差大利于提高检测精度。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检测结果更有代表性。

**4 可见光图像拍摄检测**

**4.2**　检测设备

**4.2.3**由于现场拍摄受多方面因素影响，建议选择更高分辨率拍摄设备，以便更容易捕捉建筑物的细节和纹理，确保图像还原度更高。

**4.3　检测**

**4.3.2**可见光图像拍摄应确定缺陷识别有效距离和角度，例45mm F1.8定焦镜头由试验结果得到，最小裂缝0.2mm最远识别距离7m，拍摄角度绝对值小于30度时，对裂缝最大识别距离的影响较小，当拍摄角度绝对值大于60度时，裂缝变得不易观测，基本符合余弦函数变化规律。

**4.4　检测结果**

在进行结果判断时，需要综合考虑图像分析的准确性、数据的可靠性以及任何额外的信息或测量结果。同时，还应注意对结果的解释和解读要客观准确，避免主观偏见或错误判断的影响。如果需要更精确和可靠的结果，可能需要进行进一步的验证和确认，如实地考察或专业评估。

**5　红外热像检测**

**5.3**　检测

**5.3.1**无人机搭载的红外热像检测距离通常是根据具体设备的技术规格和实际应用需求进行评估和确认的，影响因素有目标表面特性、环境条件、飞行高度和视野角度等。在实际应用中，可以通过实地测试和验证来确定无人机红外热像检测的最佳工作距离和角度。外墙面拍摄最佳角度是0º，屋面拍摄最佳角度是90º。

**5.3.3** 红外热像技术在空鼓检测方面的应用有一定的局限性，因为空鼓问题通常是与粘结材料的牢固程度相关，而不一定会导致明显的温度异常。因此，在进行红外热像空鼓检测时，需要结合其他检测方法（如敲击检测等）进行综合分析，以获得更准确的结果。如果遇到较大范围的空鼓问题或需要更准确的检测结果，采用敲击回波检测方法，以获得更准确和可靠的空鼓检测结果。空鼓状态描述。

**5.3.4** 红外热成像法主要用于发现热量分布异常，它无法直接确定渗漏的具体原因，如裂缝、破损的防水层等。因此，在判定渗漏后，建议进行更详细的调查，以确定渗漏的根本原因，并制定适当的修复措施。

**5.3.6**  在建筑物外围护质量检测中，红外热像技术可以帮助检测墙体热工缺陷渗漏、空鼓等问题。这些缺陷可能导致能量浪费、湿气渗透、结构损坏等不良后果。通过及时的热工缺陷检测，可以提前发现问题并采取适当的维修和改善措施，提高建筑物的能源效率和使用寿命。热工缺陷的状态包括但不限于保温板缺失、开裂、孔洞、外门窗的密封性等原因和类型造成。

**6　敲击回波检测**

**6.1**　一般规定

**6.1.2** 对于重点区域，如东西山墙或大面积施工部位，可增加取样比例；同时应避免抽取在建筑物外墙有明显空鼓或严重开裂的位置，保证安全性。

**7　高频雷达检测**

**7.3**　检测

**7.3.6** 建筑保温材料的性质和厚度可能会影响高频雷达的探测效果。因此，在使用高频雷达进行建筑保温粘结面积检测时，需要根据具体的保温材料类型和建筑表面的情况进行适当的校准和数据处理，以确保准确度和可靠性。现场检测可采用爬墙机器人搭载高频雷达探测仪，或其他高空作业方法进行，检测过程中应考虑环境适应性和安全性等方面的因素，预防坠物危害。