

T/CECS XXX- 2022

中国工程建设标准化协会标准

红外热像法检测建筑外墙饰面层粘结缺陷分级与数据处理标准

Standard for Inspection and Classification of Defects in External Coating of Building by Infrared Thermography

（征求意见稿）

中国建筑工业出版社

中国工程建设标准化协会标准

红外热像法检测建筑外墙饰面层粘结缺陷分级与数据处理标准

Standard for Inspection and Classification of Defects in External Coating of Building by Infrared Thermography

T/CECS- XXX- 2022

主编单位：雄安绿研检验认证有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2022年XX月XX日

中国建筑工业出版社

2022 北京

中国工程建设标准化协会

公告

第XXX号\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

关于发布《红外热像法检测建筑外墙饰面层粘结缺陷分级与数据处理标准》的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2019年第二批工程建设协会标准制订、修订计划》的通知》（建标协字[2019]022号）要求，由雄安绿研检验认证有限公司等单位编制的《红外热像法检测建筑外墙饰面层粘结缺陷分级与数据处理标准》，经本协会中国工程建设标准化协会组织审查，现批准发布，编号为T/CECS XXX-2022,自2022年XX月XX日起实施。

中国工程建设标准化协会

二〇二二年X月XX日

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2019年第二批工程建设协会标准制订、修订计划》的通知》（建标协字[2019]022号）的要求，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准共分为7章，主要内容包括：总则、术语、基本规定、外墙缺陷初查、红外热像检测、数据处理与定级、检测报告。

请注意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检测与试验专业委员会管理，由雄安绿研检验认证有限公司（地址：河北雄安容城县罗萨大街，邮编：200032）负责解释。本标准在使用过程中如有需要修改或补充之处，请将有关意见和资料寄送解释单位，以供修订时参考。

主编单位：雄安绿研检验认证有限公司

维视拍科技（深圳）有限责任公司

参编单位：深圳市建筑科学研究院股份有限公司

万科中西部企业有限公司

深圳市建研检测有限公司

常州市建筑科学研究院股份有限公司

河北省绿色建筑人居环境技术创新中心

主要起草人： 任俊、徐茂辉、辛子隽、谢泽伟、邵陈利、申昊、赵志博、兰天胜、张金明、吴斌、刘富业

主要审查人：

目 次

[1 总 则 8](#_Toc93527360)

[2 术语 9](#_Toc93527361)

[3 基本规定 10](#_Toc93527362)

[4外墙缺陷初查 11](#_Toc93527363)

[4.1初查要求 11](#_Toc93527364)

[4.2 缺陷初评结果的处理 12](#_Toc93527365)

[5 红外热像检测 13](#_Toc93527366)

[5.1 一般规定 13](#_Toc93527367)

[5.2仪器及使用环境 13](#_Toc93527368)

[5.3 准备工作 14](#_Toc93527369)

[5.4 手持式红外热成像仪检测 15](#_Toc93527370)

[5.5 无人机机载红外热成像检测 15](#_Toc93527371)

[6 数据处理与定级 17](#_Toc93527372)

[6.1 数据处理方法 17](#_Toc93527373)

[6.2 外墙缺陷位置确认 18](#_Toc93527374)

[6.3 缺陷定级 18](#_Toc93527375)

[7 检测报告 20](#_Toc93527376)

[附录A 外墙缺陷初查及检测流程图 21](#_Toc93527377)

[附录B 外墙缺陷初查记录表 22](#_Toc93527378)

[附录C 外墙红外检测记录表 23](#_Toc93527379)

[附录D 红外检测常见影响因素示例 24](#_Toc93527380)

[本标准用词说明 26](#_Toc93527381)

[引用标准名录 27](#_Toc93527382)

[条文说明 28](#_Toc93527382)

Table of Contents

[1 **General Provisions** 8](#_Toc93527360)

[2 **Terminology** 9](#_Toc93527361)

[3 **Basic Regulations** 10](#_Toc93527362)

[4 **Preliminary investigation of External Coating Defects** 11](#_Toc93527363)

[4.1 Preliminary investigation requirements 11](#_Toc93527364)

[4.2 Treatment of preliminary defect evaluation results 12](#_Toc93527365)

[5 **Infrared Thermography Inspection** 13](#_Toc93527366)

[5.1 General Provisions 13](#_Toc93527367)

[5.2 Instrument and Use Environment 13](#_Toc93527368)

[5.3 Preparation 14](#_Toc93527369)

[5.4 Handheld Infrared Thermography Inspection 15](#_Toc93527370)

[5.5 UAV Airborne Infrared Thermography Inspection 15](#_Toc93527371)

[6 **Data Processing and Grading** 17](#_Toc93527372)

[6.1 Data processing method 17](#_Toc93527373)

[6.2 External Coating Defects location confirmation 18](#_Toc93527374)

[6.3 Defect Grading 18](#_Toc93527375)

[7 **Test Report** 20](#_Toc93527376)

**Appendix A** [**Flow chart Infrared Thermography Inspection** 21](#_Toc93527377)

[**Appendix B Preliminary investigation Record Form** 22](#_Toc93527378)

**A**[**ppendix C Infrared Thermography Inspecting Record Form** 23](#_Toc93527379)

**Appendix D** [**Examples of common influencing factors of infrared detection** 24](#_Toc93527380)

[**Explanation of Wording in The Standard** 26](#_Toc93527381)

[**List of Cited Standards** 27](#_Toc93527382)

[**Explanation of Privisions** 28](#_Toc93527382)

## 1 总 则

1. 为规范建筑外墙缺陷检测、数据处理及分级，检验建筑外墙饰面层的施工质量和安全性,制定本标准。
2. 本标准适用对建筑外墙瓷砖饰面、涂料饰面等缺陷检查。
3. 饰面层缺陷的检测与数据处理除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 

## 2 术语

1. 红外热像法 infrared thermography

是一种非接触的无损检测方法，利用红外热像装置将物体表面的温度分布拍摄成可视图像，并进行各种分析的方法。

1. 红外热像仪 infrared thermography instrument

由热像检测装置、热像控制装置和图像处理、分析、储存、输出装置等外围设备组成的一套仪器。

1. 多旋翼无人机 muti-rotor UAV

由两个（含）以上旋翼与空气进行相对运动的反作用而获得升力的无人机，通过云台搭载红外热像及可见光镜头后，可用于进行建筑物外墙饰面检测。

1. 图像处理 image processing

对图像进行除噪、色彩调整、消除背景等处理，并利用图像进行空鼓面积计算等的过程。

1. 饰面层 coating

建筑外墙表面起装饰作用的构造层。

1. 空鼓 hollowing

饰面层至基层中的各层材料之间存在的层间完全粘结失效、同层材料内部失效或饰面砖出现向外弓凸的缺陷。

1. 缺陷识别系统灵敏度Sensitivity of defect identification system

计算机系统从待处理的检测样本中，识别出真实的指定缺陷样本数量占检测样本中该缺陷真实样本数量的总和的比例。

1. 缺陷识别系统精确率 Accuracy of defect identification system

计算机系统从待处理的检测样本中，系统判定为指定缺陷的样本数量中，真实的指定缺陷样本数量的比例。

1. 缺陷识别系统F1评分 Defect identification system F1 score

缺陷识别系统识别率和准确率的[调和平均数](https://baike.baidu.com/item/%E8%B0%83%E5%92%8C%E5%B9%B3%E5%9D%87%E6%95%B0" \t "_blank)。

## 3 基本规定

1. 建筑外墙缺陷检验应分为资料收集、建筑外墙缺陷初步检查、现场红外检测、数据处理与缺陷分级等，具体流程见附录A。
2. 建筑涂料饰面外墙缺陷包括：污染、起皮、发霉、渗漏、裂缝、掉粉、脱落等。
3. 建筑瓷砖饰面外墙缺陷包括：污染、渗漏、填缝缺损、分格缝缺损、瓷砖破损、裂缝、粘结不良、空鼓、脱落等。
4. 建筑外墙缺陷初查结果的缺陷严重程度划分为3级，应符合以下规定：

1 A级：外观良好，无明显可见缺陷，无需进行维修；

2 B级：外观有明显污染、起皮、发霉、渗漏、掉粉、涂料脱落、填缝缺损、分格缝缺损、少量裂缝，但无明显空鼓、瓷砖脱落现象；

3 C级：外墙外观存在安全隐患，有明显空鼓、较多裂缝、瓷砖粘结不良或脱落等现象及瓷砖反复维修及脱落历史。

1. 根据现场红外检测结果，建筑外墙缺陷分为4级，应符合以下规定：

1 Ⅰ级：墙身粘结完好，不需要采取措施；

2 Ⅱ级：墙身粘结有轻微缺陷，但不影响正常使用，要加强观察；

3 Ⅲ级：墙身粘结有明显缺陷，局部有墙面脱落的危险，局部需进行补复；

4 Ⅳ级：墙身粘结有严重缺陷，已有较大范围已脱落，要立即采取措施保证地面行人和财物安全，需进行全面修复处理。

1. 正常使用的建筑外墙宜每年进行一次例行建筑外墙缺陷初查，每5年进行一次专业检查。初查由物业公司承担，专业检查由房屋安全责任人或物业公司委托专业机构组织实施。
2. 当建筑外墙缺陷初查缺陷严重程度达到本标准4.2.2条5分以上的B级，以及C级时，房屋安全责任人应委托第三方专业检测机构进行现场红外检测。
3. 进行建筑外墙缺陷检测的拍摄人员，应具备红外热成像检测技能，需要无人机拍摄时，操作人员应具备无人机操作相关资质证书。
4. 进行建筑外墙缺陷无人机检测时，宜购买第三方责任保险。

## 4外墙缺陷初查

### 4.1初查要求

* 1. 建筑外墙缺陷初步调查时，应先进行资料调查，调查内容宜按表4.1.1要求实施。

表4.1.1资料调查内容

|  |  |
| --- | --- |
| 资料名称 | 具体内容 |
| 建筑概况 | 业主单位、建设单位、施工单位、设计单位、监理单位  项目概况、设计或竣工日期、结构类型、区域规模、楼栋数量 |
| 外墙饰面、外保温构造图 | 外墙材料，外墙（外保温）构造做法及工艺，外立面用材料 |
| 建筑立面图 | 平面尺寸、建筑层高及总高度，瓷砖面积与外窗面积的比例 |
| 小区总平面图 | 小区总平面布置、朝向、小区周边建筑物 |
| 标准层建筑平面图 | 标准层的各房间布局、确定室内冷热源位置 |
| 标准层结构平面图 | 外围结构墙、梁、板布置情况 |
| 设计变更 | 外墙及外保温方面的设计变更情况 |
| 施工资料 | 外墙饰面及节能隐蔽工程记录及施工方案、施工时间（是否冬季施工）、施工期间环境条件、施工记录、施工质量验收报告等 |
| 检测报告 | 建筑外墙饰面、外保温系统及其组成材料的性能检测报告及其他相关如门窗、屋面材料等的检测报告 |
| 物业记录 | 涉及到外墙饰面、外保温的物业巡查、投诉记录，现场照片 |
| 维修记录 | 外墙空鼓脱落或维修的记录（包括脱落时间、位置、脱落的断面情况等，外墙砖修补记录，包括修补方法及工艺，修补时间和范围等）。 |

* 1. 外立面缺陷初查以单栋建筑物为评定单位，对于多塔楼的建筑物按裙房及单塔楼分别评定。
  2. 外立面缺陷初查一般利用小锤、望远镜、长焦相机等工具，初查结果可按附录B的表格进行记录。

### 4.2 缺陷初评结果的处理

1. 缺陷初评为A级时，只需按照检查周期要求到下一次初查时再实施初查。
2. 缺陷初评为B级时，按照表4.2.2的评分项计算累计得分，累计得分超过5分的建筑物应进行专业检测，累计得分小于5分的建筑物可直接进行外墙维修处理。

表4.2.2 评分项

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目名称 | 分值 | 备注 |
| 1. 存在大面积墙面污染或饰面层老化起皮 | 污染面积/整个立面面积小于10%：1分  面积占比大于10%: 2分 | 单处面积＞0.1㎡ |
| 1. 1月与7月平均气温差在30摄氏度以上的地区 2. 年降雨量≥600mm且50年基本风压≥0.50kN/m2的地区 3. 冻融环境地区 | 符合一个条件得1分，可累加 | 1月与7月气温差参照《外墙饰面砖工程施工及验收规程》JGJ 126-2015中附录A；  雨量及风压参照《建筑外墙防水工程技术规程》JGJT 235-2011中3.0.2条；  冻融环境参照《混凝土结构耐久性设计标准》GBT 50476-2019中表5.2.1。 |
| 1. 外墙保温在冬季施工 | 1分 |  |
| 1. 饰面砖外墙采用涂料防水 2. 外墙采用岩棉板外保温 | 符合一个条件得2分，可累加 |  |
| 1. 高层建筑且窗墙面积比小于10%的立面 2. 多层建筑且窗墙面积比小于10%的立面 3. 立面存在较多外挑构件或凹凸造型 | 高层建筑：2分  多层建筑：1分  立面凹凸：1分 |  |

1. 缺陷初评为C级时，应立即进行专业检测。

## 5 红外热像检测

### 5.1 一般规定

1. 建筑外墙缺陷红外热像检测应针对检测对象和周边环境，制定检测方案，确定检测时间及最佳检测时段、检测路线以及可见光、红外照片的拍摄要求。
2. 现场红外检测一般分为手持式检测和无人机检测两种方式。
3. 建筑外墙缺陷红外热像检测应选择在无雨、低风速且被检测外墙的热辐射或环境温度处于较快升温或降低的时段。
4. 建筑各立面宜选择在太阳照射立面1~1.5小时之后进行检测，具体可根据检测时的气温及饰面层升温速度确定，宜符合表5.1.4的规定：

表5.1.4 建筑立面检测时间表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 立面 | 东立面 | 南立面 | 西立面 | 北立面 |
| 时间 | 9:00~11:00 | 11:00~13:00 | 15:00~16:00 | 12:00~14:00 |

1. 红外热像检测人员配置应符合以下要求：

1 手持式检测应至少配备两名检测人员，分别进行现场记录和设备操作；

2 无人机热红外检测应至少配备三名检测人员，分别进行现场记录、无人机操作和协助观察。

1. 拍摄的图像应符合以下要求：

1 图像对焦准确、基层材料基本能辨认，单块饰面砖边界清晰可辨；

2 每幅图像与周边相邻图像有不小于5%的重叠；

3 同一位置的红外热像与可见光照片的画面范围及角度宜相近。

1. 在现场宜采用锤击法抽样验证红外热像法的检测结果。

### 5.2仪器及使用环境

1. 用于外墙缺陷红外热像检测设备主要包含：红外热成像相机、可见光相机及无人机。
2. 用于外墙饰面层检测的红外热像仪除应符合《红外热像法检测建筑外墙饰面粘结质量技术规程》JGJ/T 277相关要求外，还应符合以下要求：

1 红外热成像图像像素不应低于320×256，且每个像素点均包含温度信息，图像文件宜采用RJPG格式；

2 红外热成像相机宜具备视频录制功能，宜同时具备红外镜头和可见镜头。

1. 用于外墙饰面层检测的可见光相机应符合以下要求：

1 应采用自动对焦相机，宜具备与红外热像相机可同步拍摄的功能；

2 独立的可见光相机光学变焦宜大于30倍；

3 照片的有效像素不宜少于800万，照片文件宜采用RJPG格式；

1. 用于外墙饰面层检测的无人机应符合以下要求：

1 宜采用测量级防碰撞多旋翼无人机；

2 应能同时搭载红外热像相机及可见光相机并可进行无线操控；

3 最大飞行时间应不小于30分钟，且应具有自动避障及自动返航功能；

4 可承受最大风力应不小于5级风；

5 悬停精度不应超过垂直±0.1 m，水平±0.3 m（视觉定位正常工作时）；

6 相机云台垂直倾斜角度范围宜≥+30o~-90o，水平转动范围宜≥±320o。

1. 红外热检测的成像输出图像中应包括以下关键信息：

1 当采用人工方式进行图像识别时，应包括图像编号、拍摄时间，位置，无人机与检测对象距离、侧面朝向等信息；

2 当采用图像自动识别时，还应包括无人机高度、仰角、视角、无人机GPS坐标、无人机与检测对象距离、侧面朝向等信息。

1. 红外热像检测的工作环境应符合下列要求：

1 环境温度应在-10℃~40℃。

2 相对湿度不应大于90%，且无结露。

### 5.3 准备工作

1. 检测前资料核查应符合以下规定：

1 查阅初查中收集的项目信息及外墙及外保温相关图纸资料，了解各项资料是否完整以及项目设计、施工、用材及维修等情况；

2 现场核对图纸与实际建筑物的差异，并进行记录；

3 获取周边建筑物，包括其位置、高度和用途等资料；

4 使用无人机检测时，需对建筑的突出结构，包括阳台、遮阳篷、凸窗、雨棚、雕饰、空调平台、管道和晾衣架等进行调查和标识。

1. 检测前现场核查应符合以下规定：

1 被测建筑情况检查，核实外饰面或外保温出现问题的部位、范围；确认修补情况，包括修补时间、方法和修补效果；被测建筑的内部冷热环境和空气流通情况，标注内部重要冷热源位置。

2 被测立面情况检查，核实被测外墙饰面层的外观状况和损坏情况，包括：污染、渗漏、开裂、脱落、发霉和施工缺陷；检查表面是否有不规则凹凸状或高反射率材质的外形构造。

3 周边环境影响检查，核实被测建筑周边可能影响检测效果的环境因素，包括：周边扬尘、冷热源、遮挡或反射物，应标注其位置；相邻建筑高度间距、方位，确定可能的遮挡情况；东、南、西面是否具备1小时以上阳光照射条件。

### 5.4 手持式红外热成像仪检测

1. 手持式红外热成像仪现场检测流程应符合《红外热像法检测建筑外墙饰面粘结质量技术规程》JGJ/T 277的相关要求。
2. 使用手持式红外热像仪进行检测时，被测对象高度宜控制在60m或20层范围内，拍摄仰角宜控制在45°内，水平角宜控制在30°内。
3. 当检测对象高度大于10层时，可在相邻建筑的屋顶、消防楼梯、阳台和窗台等位置进行检测，以缩短拍摄距离和控制仰角和水平角。
4. 如无法利用相邻建筑物进行检测时，对于高度超过60m的外墙，应采用长焦镜头或无人机载红外仪进行检测。
5. 拍摄完成后应形成外墙红外检测记录，记录表格可按本标准附录C执行。

### 5.5 无人机机载红外热成像检测

1. 无人机机载红外热成像检测应包括以下三个阶段：

1 飞行前准备阶段；

2 飞行前检查阶段；

3 飞行作业阶段。

1. 飞行前准备工作应包括以下内容：

1 使用无人机进行建筑外墙缺陷检测前应查询试验区域低空飞行安全管理级别，当试验区域处于禁飞区或者限制飞行区域，应向该区域低空管理部门申请飞行许可；

2 飞行前应制定飞行作业方案、做好飞行前检查工作。

1. 无人机作业应进行飞行环境安全检查、做好飞行过程的安全控制工作。
2. 如需设置航线进行自动飞行或获取建筑物各主要部位的定位信息时，可通过无人机进行定点拍摄提前确定地面标高、屋顶标高、建筑外轮廓坐标。
3. 使用无人机进行外墙红外热像检测时，应按顺序逐个立面进行拍摄，单个立面可划分为若干垂直测面，并依次沿各测面逐层向下或向上垂直飞行及拍摄。

## 6 数据处理与定级

### 6.1 数据处理方法

* 1. 用于外墙缺陷检测的数据处理方法分为人工处理和计算机自动处理。
  2. 人工数据处理应按照以下方法对采集的红外热像图与对应的可见光照片逐一进行处理。

1 选择对比明显的调色板，并调整色温范围，使建筑物外墙图像对比明显，突出外墙热异常区域；

2 统计出与缺陷部位处于同一高度范围、饰面做法、日照条件相同的正常部位温度；

3 对直接日照的立面，当外墙局部温度与邻近正常部位温度的温差＞1℃，可判定此处外墙存在缺陷；

4 对无日照条件的立面，当外墙局部温度与邻近正常部位温度的温差＞0.5℃，可判定此处外墙存在缺陷；

5 外墙缺陷的判定应排除饰面色差、表面污染、基层材料差异、日照不均匀、内凹角热堆积、室内冷热源（空调、暖气）等因素影响；

6 对红外热像图中的缺陷范围及部位进行标记并保存图像；

7 判断缺陷类型并计算出缺陷面积。

* 1. 计算机自动数据处理系统一般要求：

1 用于处理外墙缺陷的计算机自动数据处理系统一般由数据库，数据分析算法和控制系统等基本模块组成；

2 用于外墙缺陷检测的自动数据处理的计算机系统输入照片应符合本标准5.2.2、5.2.3和5.2.5的相关要求；

3 用于外墙缺陷检测的自动数据处理的计算机系统的输出结果，应包含缺陷位置、楼层、缺陷尺寸和种类，以及该分类的识别概率。

* 1. 计算机自动数据处理系统性能要求应符合表6.1.4的要求。

表6.1.4 用于外墙缺陷检测的计算机自动分析软件性能要求

|  |  |
| --- | --- |
| 参数 | 性能指标 |
| 灵敏度 | >85%（可见光）、>80%（红外） |
| F1评分 | >0.7（可见光）、>0.68（红外） |

* 1. 用于红外热成像外墙缺陷检测的计算机自动分析软件性能指标应按照《人工智能 深度学习算法评估规范》AIOSS—01—2018要求进行测试评估。
  2. 计算机自动数据处理工作流程应包括以下步骤：

1 在进行计算机自动数据处理前，应对热成像及可见光图像文件进行数据清理；

2 在进行计算机自动数据处理前，应对照片的位置进行数据本地化处理；

3 采用计算机自动数据软件，对处理后的红外和可见光图像进行分析，并标记缺陷的类型和位置。输入计算机软件的数据应符合本标准5.2的要求；

4 计算机软件应在被分析的红外和可见光图像上突出标记外墙缺陷的位置、类型和识别置信度；

5 应对计算机软件分析结果进行复核，复核包括抽样复核和低置信度缺陷识别结果复核。抽样复核抽样率不得低于20%，当缺陷目标识别置信度小于等于70%，需进行人工复核。

### 6.2 外墙缺陷位置确认

1. 根据红外热像图及可见光照片，对比确定缺陷的位置及范围。
2. 对存在起鼓或怀疑外保温板粘贴方式不当时，在条件允许的情况下，应拆除同一立面中的局部保温板，检查其粘贴方式及各层构造情况。可考虑采用取芯观察、或进行拉拔检测确定粘结强度等方法。
3. 在外墙缺陷确认的基础上，应对检测结果进行统计。

### 6.3 缺陷定级

1. 建筑外立面单处饰面层缺陷检测结果按其损伤严重程度及对安全影响划分为三类，应符合以下规定：

1 a类缺陷：涂料或瓷砖饰面污染、涂料饰面发霉、瓷砖饰面填缝缺损。

2 b类缺陷：涂料饰面起皮、裂缝、渗漏、粉化及脱落，瓷砖饰面裂缝、渗漏、分隔缝缺损、瓷砖破损。

3 c类缺陷：保温板或瓷砖粘结不良、空鼓、脱落。

1. 建筑物外墙饰面层缺陷整体评级，应根据其所含缺陷的等级、数量、面积及分布进行评定。按表6.3.2的规定进行评级。

表6.3.2 建筑物外墙饰面层缺陷整体等级评定

| 评定标准 | 评定等级 |
| --- | --- |
| 建筑物所有外立面均为a类缺陷 | Ⅰ |
| 1 该层级不含c级缺陷，可含b级缺陷；  2 同一立面及相同楼层内b级缺陷数量不多于2处；  3 单处b级缺陷面积＜2m2或缺陷长度＜1m；  4 同一立面含有b级缺陷的楼层数≤（）%及30%；  5 含有b级缺陷的立面数少于总立面数的25% | Ⅱ |
| 1 该层级可含b级或c级缺陷；  2 b级缺陷数量及面积（长度）多于b级的规定；  3 或同一立面及相同楼层内c级缺陷数量不多于1处，单处c级缺陷面积＜1m2或缺陷长度＜0.5m；  4 一个立面含有b级和c级缺陷的楼层数不多于（）%及35%；  5 含有b级缺陷和c级缺陷的立面数少于总立面数的50% | Ⅲ |
| 1 该层级必含c级缺陷；  2 b级和c级缺陷的楼层比例或立面比例多于C级的规定；  3 c级缺陷数量及面积（长度）多于c级的规定。 | Ⅳ |

## 7 检测报告

1. 检测报告应包括以下主要内容：

1 项目名称、地址、面积、相关参建单位等基本信息；

2 检测目的、范围、仪器及依据；

3 工程概况及外墙饰面做法；

4 建筑物外立面及周边环境、日照情况、天气情况等检测条件；

5 外墙脱落及修复历史资料；

6 立面外观检查结果；

7 外墙饰面层存在缺陷的红外热像检测结果；

8 外墙饰面层缺陷分类及面积、数量统计结果；

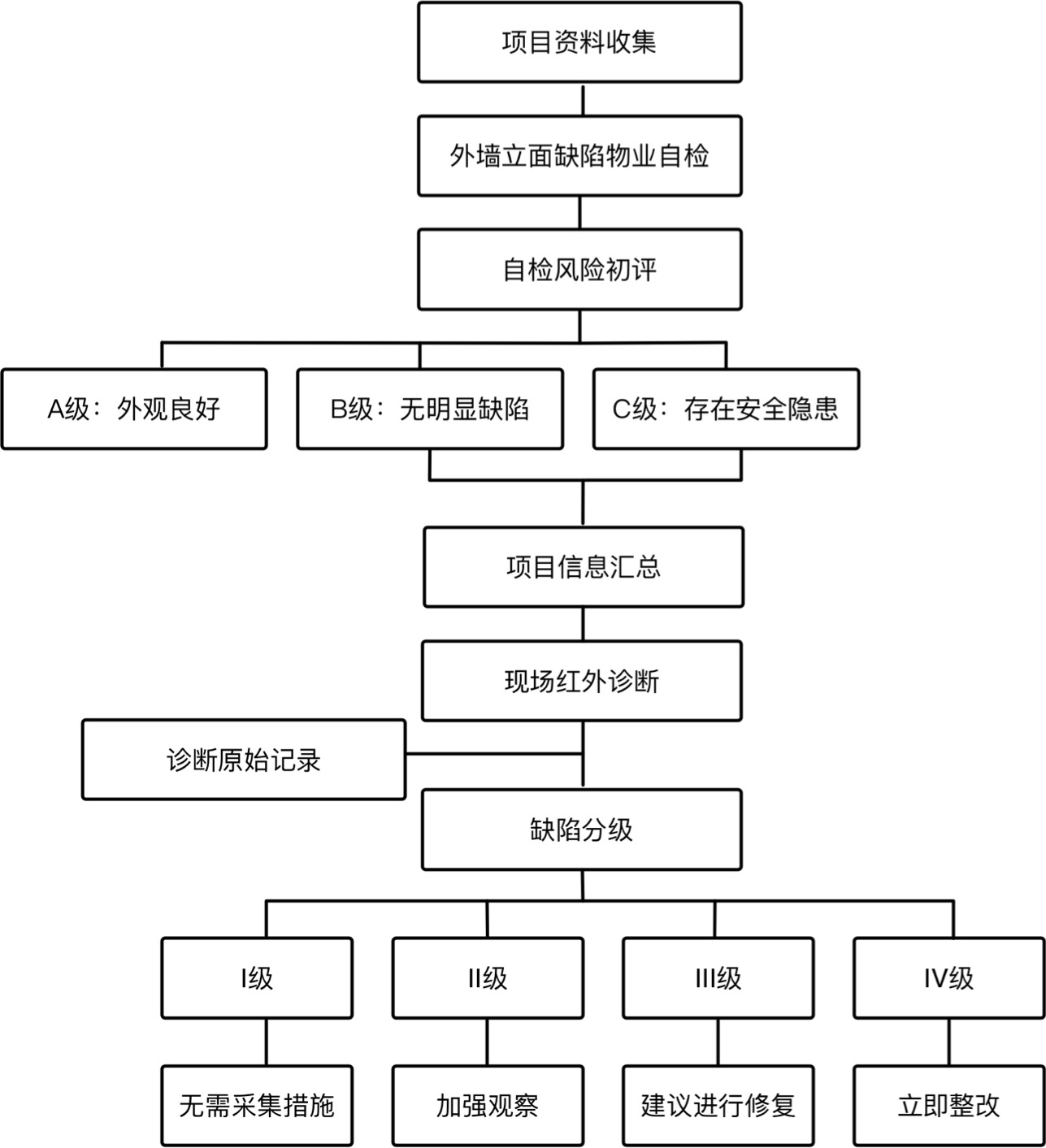
9 外墙饰面层缺陷评级；

10 外墙修复建议；

11 报告附件宜包括现场检测照片、建筑物平面图、全部外墙的红外热像图。

## 附录A 外墙缺陷初查及检测流程图

A.0.1 外墙缺陷初查及检测流程应符合图A.0.1的规定。



图A.0.1 外墙缺陷初查及检测流程图

## 附录B 外墙缺陷初查记录表

B.0.1外墙缺陷初查可按表B.0.1记录。

表B.0.1 外墙缺陷初查记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目名称 | | |  | | | | | 调查日期 | 年 月 日 |
| 天气 | □晴 □多云 □阴 | | 气温 | | °C | 检查工具 | □望远镜 □长焦相机 □手机 □卷尺 □小锤 | 饰面材料 | □饰面砖 □涂料  □饰面砂浆 □ |
| 楼栋号 | 检查立面 | 楼层 | | 缺陷部位编码填写 | | | 缺陷编码填写 | 照片编号 | 备注 |
| a女儿墙; b墙面; c分格缝; d窗户周边; e其他。 | | | a污染; b起皮;c发霉;d渗漏;e裂缝; f粉化;g脱落;  i填缝缺损;j分格缝缺损;k瓷砖破损;l空鼓 |
|  | □东□西  □南□北 |  | |  | | |  |  |  |
|  | □东□西  □南□北 |  | |  | | |  |  |  |
|  | □东□西  □南□北 |  | |  | | |  |  |  |
|  | □东□西  □南□北 |  | |  | | |  |  |  |
|  | □东□西  □南□北 |  | |  | | |  |  |  |
|  | □东□西  □南□北 |  | |  | | |  |  |  |
|  | □东□西  □南□北 |  | |  | | |  |  |  |
| **缺陷初评结果** | | **□A级 □B级 □C级** | | | | | | 检查人员 |  |

## 附录C 外墙红外检测记录表

C.0.1 外墙红外检测可按表C.0.1进行记录。

表C.0.1外墙红外检测记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工程名称 | | | | | | 地址 |  | | | |
| 天气 | □晴 □多云 □阴 | | 气温 | | °C | 日照 | □完全充分 □不充分 □无日照 | | | |
| 风力 | | 级 |
| 饰面  材料 | □饰面砖 □涂料 □饰面砂浆 □ | | | | | 饰面颜色 |  | | | |
| 基层  材料 | □灰砂砖 □混凝土加气块 □粘土砖 □混凝土 □原外墙饰面层 □ | | | | | | | | | |
| 设备  编号 |  | | | | | 检测依据 | □JGJ/T 277-2012  □ | | | |
| 外保温  系统 | □粘贴保温板薄抹灰外保温 □胶粉聚苯颗粒保温浆料外保温 □胶粉聚苯颗粒浆料贴砌EPS板外保温 □EPS板现浇混凝土外保温 □EPS钢丝网架板现浇混凝土外保温 □EPS板薄抹灰外墙外保温系统 □机械固定EPS钢丝网架板外墙外保温系统 □粘贴岩棉保温板外保温系统 □其他： | | | | | | | | | |
| 编号 | 楼层范围 | 水平轴线范围 | | 红外热像编号 | | 可见光照片编号 | 测面  朝向 | 拍摄距离（m） | 拍摄角度（度） | 备 注 |
|  |  |  | |  | |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  |  |  |  |  |

检测人员： 记录人员： 检测日期： 年 月 日

## 附录D 红外检测常见影响因素示例

|  |  |
| --- | --- |
| 影响因素 | 红外热像和可见光图像示例 |
| 表面色差影响 |  |
| 拍摄距离影响 |  |
| 转角处热堆积影响 |  |
| 光反射影响 |  |
| 日照过长及表面污染影响 |  |

## 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格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”。

2 条文中指明应按其他有关规程执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

1 《红外热像法检测 建设工程现场通用技术要求》GB/T 29183-2012

2 《红外热像法检测建筑外墙饰面粘结质量技术规程》JGJ/T 277-2012

3 《建筑红外热像检测要求》JG/T 269-2010

4 《红外热像法检测建筑外墙饰面层粘结缺陷技术规程》CECS 204-2006

5 《建筑工程饰面砖粘结强度检验标准》JGJ/T 110-2017

6 《外墙饰面砖工程施工及验收规程》JGJ 126-2015

7 《外墙外保温工程技术标准》JGJ 144-2019

8 《建筑涂饰工程施工及验收规程》JGJ/T 29-2015

9 《建筑外墙防水工程技术规程》JGJT 235-2011

10 《混凝土结构耐久性设计标准》GBT 50476-2019

11 《人工智能 深度学习算法评估规范》AIOSS—01—2018

《红外热像法检测建筑外墙饰面层粘结缺陷分级与数据处理标准》

Standard for Classification and data processing of Bond defects in Building exterior Wall finishes by Infrared Thermal Image method

T/CECS- XXX- 2020

条文说明

## 

## 1 总 则

**1.0.1** 我国在最近20年建设了大量房屋，特别是住宅的数量庞大。出现了很多高层住宅，而这些建筑外墙饰面普遍采用瓷砖及涂料饰面，由于外墙饰面层一般还包含外保温、防水层、粘结层及饰面层等，各层间的粘结及材料匹配性能复杂，加上施工质量问题，国内已出现众多建筑物外墙外保温、饰面砖等脱落的问题，外墙饰面安全问题亟待解决。

目前，往往在外墙饰面出现严重脱落空鼓问题，甚至上升为工程质量纠纷后，才委托专业检测单位进行专业检测，不利于外墙问题的提前发现及预防高空坠落风险。而外墙饰面缺陷检测手段主要有外观观察法、锤击听音法及红外热像法，但前两种方法尚无标准依据及使用范围，而手持式红外热像仪在高层建筑的外墙检测上存在明显弱势。

因此本标准提出将外墙缺陷检查检测分成2个阶段实施，由物业单位采用外观观察法进行大范围的外墙缺陷日常检查，存在问题后再由专业检测单位实施检测，并提出无人机机载红外热像仪的检测方法，解决高层建筑的外墙检测问题。同时在检测数据处理方面，提出结合人工智能及图像识别技术的计算机自动数据处理方法，解决海量图像处理问题，提高检测数据处理效率并减少人为误判。

**1.0.2** 本标准适用的建筑外墙饰面包括各类瓷砖、马赛克、涂料、砂浆、湿贴法大理石、保温板的抹面层及饰面层。由于红外热像法无法检测保温板这类隔热层与基层之间的粘结缺陷，故本标准不适用于保温板与基层粘结缺陷检测，也不适用于干挂大理石以及其他幕墙的检测。对于混色瓷砖或马赛克外墙，虽然因颜色不同存在温差，但仍可通过等温区域的边界区分出空鼓，排除色差的影响，因此红外热像法仍可适用于混色饰面。对于表面光滑且存在明显反射的饰面，如一些大理石及镜面效果的瓷砖，虽然通过检测角度调整或多角度对同一位置进行检测的做法，能避开一些反射干扰，但对于此类饰面仍需慎重采用红外热像法检测。

## 术语

2.0.7 缺陷识别系统灵敏度

机器学习模型性能指标之一，也称为召回率或查全率，指的是正确预测的正样本数占真实正样本总数的比值，也就是指能从预测样本中能够正确找出多少个正样本。用在本标准中就是特指从检测照片中，有多少缺陷样品照片被算法找出来。

2.0.8缺陷识别系统精确率

机器学习模型性能指标之一，也称为查准率，指的是正确预测的正样本数占所有预测为正样本的数量的比值，也就是说所有预测为正样本的样本中有多少是真正的正样本，它只关注正样本。用在本标准中就是特指系统认为是缺陷的照片中，哪些照片真的就是缺陷照片。

2.0.9缺陷识别系统F1评分

作为缺陷识别系统识别率和准确率的[调和平均数](https://baike.baidu.com/item/%E8%B0%83%E5%92%8C%E5%B9%B3%E5%9D%87%E6%95%B0)，是统计学中用来衡量二分类模型精确度的一种指标。因为灵敏度和精确率是一对矛盾指数，系统只有达到两者的最大值，才是最有系统。它同时兼顾了分类模型的精确率和召回率。 F1分数可以看作是模型精确率和召回率的一种调和平均，它的最大值是1。

## 3 基本规定

**3.0.1** 为更有效、快速、低成本地进行外墙缺陷检查及检测，在工作流程上将外墙缺陷分成2个阶段实施，这一做法可低成本地进行大范围的外墙缺陷日常检查，又能在筛查基础上充分利用专业检测单位的技术能力重点检测问题比较严重的外墙。

**3.0.2** 建筑涂料饰面由于厚度较薄，重量较轻，缺陷主要发生在饰面最外层，不易发生内部构造层（如找平层）空鼓脱落的情况，在出现缺陷后发生高空坠落伤人的可能性较小，而且各构造层（包括防水层）和瓷砖饰面有区别。因此与瓷砖外墙缺陷相区别列出。

污染指涂料表面存在的各种污渍、因雨水或渗漏生成白色或黑色流痕、因局部涂刷防水胶造成的明显色差、锈迹等。起皮包括涂层皱褶、脱粘起泡、脱粘翘曲等。裂缝包含涂层开裂、底涂及基层的开裂。掉粉指涂层表面颗粒状起粉。脱落指饰面层中各层出现的脱落后造成涂料层缺失。

**3.0.3** 污染指瓷砖表面存在的各种污渍、因雨水或渗漏生成白色的氢氧化钙或黑色流痕、因局部涂刷防水胶造成的明显色差、锈迹等。填缝缺损指瓷砖间勾缝缺失、不连续、脱落或开裂等。分格缝缺损指瓷砖水平或竖向分格缝的嵌填材料出现裂缝、缺失、剥落或老化等。瓷砖破损指单块瓷砖出现缺角、崩裂等不完整的情况。粘结不良指饰面层至基层中的各层材料之间存在的层间不完全粘结失效缺陷，但尚未完全脱开或出现弓凸的情况，为非肉眼可见缺陷，通过红外热成像显示存在不连续或温差不大的热异常。空鼓指饰面层至基层中的各层材料之间存在的层间完全粘结失效或饰面砖出现向外弓凸的缺陷，即外观上明显出现瓷砖弓凸、脱粘缺陷或红外热成像显示存在连续的明显热异常。脱落指饰面层各层出现的脱落后表面瓷砖缺失。

**3.0.4** 外墙缺陷初步检查结果的分级主要依据肉眼可见的缺陷，其作用是筛分出大量外墙良好的A级建筑物，减少需进行专业检测的建筑物数量。对于A级的定义是基于外墙无脱落风险且存在无需进行维修的缺陷。C级的定义是基于外墙已出现脱落影响安全，或存在的其他明显缺陷已影响使用和外观，必须进行修缮处理。而初评为B级时，仍需进行进一步判断，才能确定是否需要进行专业检测。

**3.0.6** 既有建筑外墙在正常使用阶段，直接受到日照、雨淋、风压等自然环境作用，而外墙钻洞、悬挂管道、支架、广告牌及装饰物等人为作用，都会使外墙产生缺陷，甚至造成脱落。因此建议物业公司每年至少进行一次外墙缺陷初查，另外考虑到外墙出现严重问题的概率不高及减少费用的发生，因此建议每5年进行一次专业检测。

3.0.7 初查发现外墙存在问题需检测时，根据《物权法》第七十条“业主对建筑物内的住宅、经营性用房等专有部分享有所有权，对专有部分以外的共有部分享有共有和共同管理的权利。”及第七十二条“业主对建筑物共有部分，享有权利，承担义务；不得以放弃权利不履行义务”。建筑外墙属于建筑物共有部分，因此房屋安全责任人应启用[专项维修资金](https://baike.baidu.com/item/%E4%B8%93%E9%A1%B9%E7%BB%B4%E4%BF%AE%E8%B5%84%E9%87%91)或共同出资委托第三方专业检测机构进行现场红外检测。目前红外热成像法是外墙专业检测的主要手段。

**3.0.8** 红外热成像检测人员应经过专业培训，无人机操作人员应取得中国航空运输协会的《无人机驾驶航空器系统操作手合格证》。

**3.0.9** 无人机价值较高且使用时环境较为复杂，存在一定的坠落及伤人可能性，因此建议购买第三方责任保险。

## 4 建筑外墙缺陷初查

### 4.1初查要求

**4.1.1**  资料调查对外墙缺陷初查及专业检测工作都是必不可少的准备工作。资料一般包括：建筑物的基础信息资料、设计相关文件、物业管理资料及检测报告。通过资料调查可以明确外墙饰面构造做法、建筑物的环境条件及红外检测条件、外墙脱落及修补历史。充分掌握建筑物的资料对更好地实施红外检测以及数据结果的准确性有明显影响。一般可通过物业管理处、当地建筑档案馆、开发单位、设计单位等途径获取相关资料。

外墙饰面或外保温构造图可了解外墙各构造层材质、厚度、及施工工艺。建筑立面图可了解饰面做法及范围、饰面颜色及材质、细部构造等，也可用于确定红外检测测区分布及估算检测进度安排。小区总平面图可了解建筑物间距、各立面朝向、周边建筑物对阳光的遮挡情况，也可用于确定红外检测的位置、无人机飞行条件、日照时长的估算等。建筑平面图可了解建筑功能布局及与外墙相关的一些装饰构造，确定一些冷热源（空调、炉灶、暖气、热水管等）的位置，为红外检测排除一些干扰数据提供依据。结构平面图可了解混凝土墙柱梁、砌体填充墙的位置及范围，以确定外墙饰面的基层是混凝土还是砌体。

**4.1.2**  评定单位以单栋建筑物的全部外墙立面进行划分，把裙房和塔楼分开可方便外墙的评定。要注意本标准的单栋与结构受力的单栋概念有区别，对于结构设有变形缝的建筑，仍按单栋建筑作为一个评定单位。

**4.1.3**  初查的方法是外观观察法，这一方法不需要具备专业知识，借助小锤、望远镜这些工具即可实施。为指导物业公司有针对性地进行外墙缺陷初查，本标准提出了附录B的外墙缺陷初查记录表。

### 4.2 缺陷初评结果的处理

**4.2.2**  本标准对于A级的定义是基于外墙无脱落风险且存在无需进行维修的缺陷。C级的定义是基于外墙已出现脱落影响安全，或存在的其他明显缺陷已影响使用和外观，必须进行修缮处理。而初评为B级时，仍需进行进一步判断，才能确定是否需要进行专业检测或直接维修处理。表4.2.2的评分内容主要包含5个方面的内容，第1项主要是外墙存在大面积老化或污染，虽然不影响安全但对外墙外观及城市景观有影响。第2-4项为地理环境的影响因素，冬夏季温差大时，外墙饰面各构造层间较可能会因温度变形不一致产生脱粘的情况；而降雨量大及风压大对饰面层的湿度变化及表面风的正负压力也大，容易出现脱落的情况；冻融环境下饰面层吸水后容易出现冻胀造成脱粘。第5项的施工质量及粘结效果较难保障。第6-7项为技术规范中已经废止的做法及部分地区明文禁用的材料。第8-10项为大面积饰面层一般为东西向山墙，日照充分且内部温度应力较大，而立面变化大的外墙因施工较复杂，施工质量较难保障，容易出现空鼓脱落的问题。

高层建筑是指住宅建筑层数十层层以上，其他民用建筑、工业建筑高层大于24米。

## 5 红外热像检测

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 检测对象不同和周边环境差异对红外热像检测工作影响很大。因此在现场检测前应进行现场踏勘，了解外墙饰面材质、颜色、尺寸、高度、立面变化等情况，观察日照变化情况、确定建筑物周边的遮挡情况、建筑物间距、最佳检测位置等。根据检测对象和周边环境情况针对性地制定检测方案。并在方案中确定出检测时间及最佳检测时段、检测路线以及可见光、红外照片的拍摄要求。

**5.1.3** 降雨、风速过大时均能带走饰面层热量，同时雨天缺乏日照，不利于饰面层空鼓的发现，风速过大时无人机也不能使用。外墙在日照下快速升温时或环境温度快速下降时，空鼓区域和正常区域的温差最为明显，因此建议在该时段进行检测。

**5.1.4** 一般在太阳照射立面1~1.5小时之后，饰面层吸收的热量基本可达最大值，且此时基层尚未充分吸热，饰面层温差最为明显，如照射时间过长，红外热像中将显示饰面层与基层重叠的图像，不利于饰面层缺陷判断。

**5.1.5** 飞手负责操作无人机的飞行和拍摄工作。观察员负责监控无人机的电池余量、卫星信号、飞行参数及周边环境安全，并在无人机接近任何操作限制或地质限制时向飞手提示警告。

**5.1.6**  对焦不准会使图像模糊，不利于缺陷的判断。基材能辨认时表明饰面层升温正合适，此时应进行红外拍摄。单块饰面砖边界可辨主要是控制拍摄距离不能太远，保证成像的最小分辨率。图像重叠5%为最小要求，保障不漏测，计算机自动识别和拼接数据时，也需要图像有一定重叠。

**5.1.7**  由于每栋建筑物的饰面层及具备的检测条件都有所不同，为提高红外热像法判断的准确性，建议在现场对方便锤击的部位，进行红外热像检测结果的验证。

### 5.2 仪器及使用环境

**5.2.2**  《红外热像法检测建筑外墙饰面粘结质量技术规程》JGJ/T 277等规程已对红外热像仪提出了详细要求，本标准在该规程基础上补充了2点要求。

**5.2.3**  目前大部分红外热像仪具备同步拍摄可见光和自动对焦的功能要求，但有些厂家的可见光相机像素偏低，不利于饰面外观缺陷及污染的识别，因此提出照片的有效像素不宜少于800万的要求。

**5.2.4**  无人机的要求主要基于外墙检测的要求确定，包括飞行的稳定性、安全性、电池续航能力、云台的控制精度等。

### 5.3 准备工作

**5.3.1**  资料核查主要是收集并核对项目相关资料，了解项目实际情况及现场红外检测条件，为检测的具体实施做好准备工作。

**5.3.2**  红外热像法检测前，应对现场可能影响红外热像法检测的因素进行核查，并在检测过程中进行记录。

### 5.4 手持式红外热成像仪检测

**5.4.2**  被测外墙面过高时，除了仰角较大外，图像的空间分辨力也大幅降低，小尺寸缺陷已难以被识别和检测。角度过大时会形成较明显的温度梯度变化，影响对缺陷的判断。

**5.4.4**  对于高度超过60m的外墙，即使采用长焦镜头仍存在仰角较大的问题，建议对于该部分外墙尽可能采用无人机载红外仪进行检测。

### 5.5 无人机机载红外热成像检测

**5.5.2**  无人机的使用应满足《中华人民共和国民用航空法》、《中华人民共和国飞行基本规则》、《通用航空飞行管制条例》等法律、法规及建筑物所在地的地方法规的要求，当试验区域处于禁飞区或者限制飞行区域，应按规定流程申请飞行许可。

飞行前根据现场勘察制定飞行检测方案、做好飞行前检查工作，包括：

1 飞行前应评估场地条件对无人机检测的影响；

2 飞行前应根据建筑各立面红外热像检测最佳时段规划飞行时间；

3 飞行前应起草应急飞行计划；

4 飞行前应进行现场勘察确定现场情况并寻找潜在风险；包括限制无关人员进入检测范围和识别并记录飞行路径和拍照的潜在障碍物。

5 飞行前应提前更新和测试无人机的设备固件和控制系统；

6 飞行前确定无人机负载在限定范围内；无人机一般需安装重量小于100g的轻量级摄像机和云台稳定器。

7 飞行前应进行设备校准，提高图像质量无人机现场校准；包括几何摄像机校准、平场校正（FFC）、非挥发性平场校正（NVFFC）、补充 FF和辐射校准；

8 飞行前应确认频谱、GPS和其它电子设备工作正常；

9 现场应配备必要的无人机辅助设施；

10 飞行前应进行最终天气检查，确定天气条件适合飞行作用。天气条件包括：地面能见度不应少于5公里。检测地点的云的最低高度不可低于无人机的作业高度；表面风速不可超过20节；当暴雨警告、热带气旋警告或强季风信号生效时，操作员不得启动无人机。

**5.5.3** 飞行环境安全检查、飞行过程的安全控制工作可包括以下内容：

1 设置着陆/起飞区的警戒线。

2 起飞前操作员应对工作区域进行目视检查、射频检查和磁场检查，以便识别任何危险，必要时采取措施消除风险或直接取消飞行；

3 作业中，应对飞行路径、扫描区域进行详细记录，为后期数据处理与缺陷识别提供依据；

4 飞行作业中，观察员应实时监测风速，以判断飞行环境是否适合飞行。当突发降雨或强风时，无人机应立即着陆，待天气状况稳定时方可恢复作业；

5 飞行作业中，操作员应实时监控电池电量水平，当电池量低于35%时无人机应起航返回起飞位置，并在电池电量低于25%之前降落到地面上；

6 作业中，无人机与被检测外墙的距离应不小于5m；

7 在飞行作业全过程应确保无人机具有良好的GPS连接。

**5.5.4**  获取建筑物各主要部位的定位信息可按以下步骤确定：

1 确定地面标高：无人机放置在建筑物室外地面拍摄图像以获取地面标高；

2 确定建筑物屋面标高：无人机云台保持水平状态，飞至云台与建筑物屋顶平行时，拍摄图像以获取屋面标高；

3 确定建筑物外轮廓坐标：飞至建筑物屋顶上方约10米，调整镜头向下90°，在建筑物外轮廓每个转角点上空逐个向下拍摄图像，以获取建筑物外轮廓主要角点平面坐标；

4 现场绘制建筑物外轮廓角点编号平面图，并记录所拍摄图像的编号。

**5.5.5**  无人机进行外墙红外热像检测可按以下步骤：

1 确定无人机飞行线路。将建筑物的立面按顺时针方向排序，单个立面划分为若干垂直测面并确定顺序号，将各测面的顺序号依次进行首尾相连确定出无人机飞行线路。并绘制建筑物立面及测面编号平面图。

2 飞行距离要求。无人机一般在水平方向距建筑物5~10米，竖向飞行行程为建筑物顶部至距地面5m或树木等障碍物顶部。

3 单个垂直测面检测。以从上往下拍摄为例，调整并保持镜头为水平状态，保持与墙面距离不变，无人机从外墙最高点往下飞行，在最高点拍摄一张照片（画面一半为天空），然后逐层下降并每层拍摄一张照片，保证相邻画面重叠率＞5%，至最低点时，镜头向下约15°拍摄1~2层，需保证单个垂直测面拍摄在一次飞行内完成。

4 全部立面拍摄：按顺时针方向，依次重复单个垂直测面拍摄，直至完成全部立面的拍摄。

## 6 数据处理与定级

### 6.1 数据处理方法

**6.1.2**  红外图像数据的人工处理一般在电脑上采用仪器配套的红外数据分析软件进行，温度调色板和温度范围大小对图像显示效果有较大影响。选择合适的参照对象进行对比，对于缺陷的判断是非常重要的。一般做法是选择与缺陷相邻、饰面及基层一致、日照条件相同的部位，还可对其他的同类部位进行对比分析。对于直接日照的立面，空鼓部位与正常部位的温差一般都比较明显，较易判断。对于北立面等无日照的立面，由于主要靠气温升高吸热，温差普遍较小，在空鼓判断时除了查看温差值，还需比较空鼓边界及形状的变化，避免误判。

红外热像图像中的干扰因素较多，检测过程中应详细记录可能的干扰情况，本标准附录D也提供了一些常见影响因素的示例。

**6.1.3**  计算机自动数据处理系统一般由数据库，数据分析算法和控制系统组成。数据库中包含了本次检测样本和历史真实样本；数据分析算法一般由人工智能图像分类算法和缺陷分级算法组成，而控制系统是用于人机交互的界面，方便检测人员操作。数据计算系统的照片数据结构必须符合本标准5.2.2和5.2.3，否则计算机系统算法无法识别并得出结果，而计算机系统输出结果包含缺陷位置的坐标，和缺陷种类，以及该分类的识别概率，是后续进行缺陷分级，结果符合的依据。

**6.1.4**  用于缺陷识别的人工智能图像识别算法，经试验验证，对于可见光照片，针对本文所诉的缺陷类别，可以达到85%的缺陷样本召回率，而红外照片由于识别难道角度，通常达到80%的缺陷召回率，已经可以基本达到人类检测人员的水平。

**6.1.5**  用于红外热成像外墙缺陷检测的算法，实际为深度学习模型组成，因此为了确保算法的性能满足本标准的要求，并具有一定的稳定性和抗干扰能力，算法的性能评估按照中国人工智能开源软件发展联盟标准发布的专门针对深度学习算法性能进行评估的标准《人工智能 深度学习算法评估规范》AIOSS—01—2018要求进行测试评估。

**6.1.6** 第1款 修复或删除错误、损坏、格式不正确、重复或不完整的数据。在组合多个数据源时，应剔除包含重复或错误标记数据。第2款 通过全球定位系统查找无人机的确切几何位置。 可以使用两种方法实行数据本地化。第一个方案本地化目标对象的水平投影，并在以后估计高度。第二个方案直接估计目标对象在三维空间中的位置。数据被分类在坐标系统中以便于检索。

### 6.2 外墙缺陷位置确认

**6.2.1**  在图像中确定出缺陷位置和范围可用于缺陷严重程度的判断，也便于后续外墙维修工程时确定工程量及维修区域。

**6.2.2**  为了解外墙的各层实际构造做法，判断外墙是否存在构造设计问题或施工质量问题，可考虑通过取芯、拉拔检测，查看各构造层分布情况、厚度及施工质量，通过粘结强度检测及断面位置判断薄弱层。为进一步判断外墙安全提供依据。

### 6.3 缺陷定级

**6.3.1**  对单处缺陷的分类主要从高空坠物的安全角度考虑，a类缺陷为不存在高空坠物的情形，b类缺陷主要为影响外墙使用功能的损伤，外墙装饰功能已经失效或影响外墙防水，且出现脱落的仅为涂料饰面层，脱落后一般不伤及人员和财产。c类缺陷为会发生高空坠物，存在明显安全隐患的缺陷。

**6.3.2**  建筑物外墙饰面层缺陷整体评级的方法，主要参照《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292，从单处缺陷的安全程度、数量、范围大小及占比方面进行评定。