(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 114359416 B
(45)授权公告日 2022.06.07

(21)申请号 202210261659.7
(22)申请日 2022.03.17
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114359416 A
(43)申请公布日 2022.04.15
(73)专利权人 山东水利建设集团有限公司
地址 272000 山东省济宁市太白楼西路195号
(72)发明人 贾宝力 张庆 孙亮 刘盟 王庆疆 孙彤
(74)专利代理机构 青岛致嘉知识产权代理事务所(普通合伙) 37236
专利代理师 吴杉
(51)Int.Cl.
G06T 7/90(2017.01)
G06T 7/187(2017.01)
G06T 7/11(2017.01)
G06T 7/00(2017.01)
(56)对比文件
CN 113962993 A,2022.01.21
审查员 董梦林

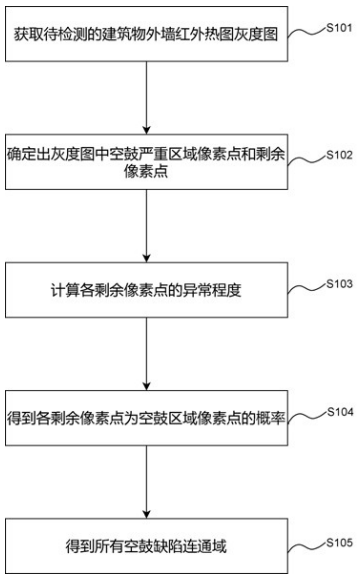
权利要求书2页 说明书9页 附图2页

(54)发明名称

一种建筑物外墙空鼓渗漏异常检测及定位方法

(57)摘要

本发明涉及人工智能领域,具体涉及一种建筑物外墙空鼓渗漏异常检测及定位方法,包括:获取建筑外墙红外灰度图;根据灰度图中各像素点的灰度值确定空鼓严重区域像素点和剩余像素点;根据各剩余像素点及其邻域像素点的灰度均值计算各剩余像素点的异常程度;以各剩余像素点为中心点进行滑窗遍历,利用各滑窗中心点的异常程度、梯度方向和滑窗中空鼓严重区域像素点的梯度方向得到各剩余像素点为空鼓区域像素点的概率;选取与背景灰度差值最大的空鼓严重区域像素点作为生长种子点,根据各剩余像素点为空鼓区域像素点的概率对生长种子点邻域内的像素点进行合并,得到空鼓缺陷连通域。上述方法用于检测外墙空鼓渗漏缺陷,可提高缺陷检测的准确性。



CN 114359416 B

1.一种建筑物外墙空鼓渗漏异常检测及定位方法,其特征在于,包括:

获取待检测的建筑物外墙红外热图灰度图;

根据灰度图中每个像素点的灰度级与灰度图的背景灰度级之间的差值确定出灰度图中空鼓严重区域像素点和剩余像素点;所述背景灰度级为灰度直方图中频率最大的灰度级;

根据各剩余像素点及对应邻域像素点的灰度均值计算各剩余像素点的异常程度;所述各剩余像素点的异常程度的表达式如下:

$$K_j=\frac{x_j-P_{im}}{\Delta}*\left(1-e^{-\frac{\sum_{j=1}^{n}(x_j-\bar{x})^2}{n}}\right)$$

式中,K_j表示第j个剩余像素点的异常程度,x_j表示第j个剩余像素点的灰度级,P_{im}表示背景灰度级,Δ表示灰度差值阈值,n表示第j个剩余像素点与其邻域像素点的总个数,$\bar{x}$表示第j个剩余像素点与其邻域像素点的灰度均值;

以各剩余像素点为中心点进行滑窗遍历,且每个滑窗中包含空鼓严重区域像素点,利用每个滑窗中心点的异常程度、中心点的梯度方向和该滑窗中包含空鼓严重区域像素点的梯度方向计算得到各剩余像素点为空鼓区域像素点的概率;

选取与灰度图的背景灰度级之间的差值最大的空鼓严重区域像素点作为生长种子点,根据各剩余像素点为空鼓区域像素点的概率对生长种子点邻域内的像素点进行合并,得到所有空鼓缺陷连通域。

2.根据权利要求1所述的一种建筑物外墙空鼓渗漏异常检测及定位方法,其特征在于,所述灰度图中空鼓严重区域像素点和剩余像素点是按照如下方式确定:

获取待检测的建筑物外墙红外热图灰度直方图;

计算灰度直方图中每个灰度级的频率,将频率最大的灰度级作为灰度图的背景灰度级;

设置阈值,对红外热图灰度图中各个像素点的灰度级与灰度图的背景灰度级的差值进行判断;

当像素点的灰度级与灰度图的背景灰度级的差值大于等于阈值时,将该像素点作为空鼓严重区域像素点,确定出灰度图中空鼓严重区域像素点和剩余像素点。

3.根据权利要求1所述的一种建筑物外墙空鼓渗漏异常检测及定位方法,其特征在于,所述各剩余像素点为空鼓区域像素点的概率是按照如下方式得到:

获取红外热图灰度图中各像素点的梯度方向;

建立以各剩余像素点为中心点的自适应滑窗,且该自适应滑窗在遍历时每一个滑窗内至少2个空鼓严重区域像素点;

根据各自适应滑窗中心点的异常程度、梯度方向和所有空鼓严重区域像素点的平均梯度方向计算得到各剩余像素点为空鼓区域像素点的概率。

4.根据权利要求1或3所述的一种建筑物外墙空鼓渗漏异常检测及定位方法,其特征在于,所述各剩余像素点为空鼓区域像素点的概率的表达式如下:

$$P = K * \frac{\bar{V} * v_p}{\left|\left|\bar{V}\right|\right| * \left|\left|v_p\right|\right|}$$

式中，P表示各剩余像素点为空鼓区域像素点的概率，K表示滑窗中心点的异常程度，$\bar{V}$表示滑窗中所有空鼓严重区域像素点的平均梯度方向，v_p表示滑窗中心点的梯度方向。

5.根据权利要求1所述的一种建筑物外墙空鼓渗漏异常检测及定位方法，其特征在于，所述所有空鼓缺陷连通域是按照如下方式得到：

选取与灰度图的背景灰度级之间的差值最大的空鼓严重区域像素点作为第一生长种子点；

设置阈值，根据各剩余像素点为空鼓区域像素点的概率对第一生长种子点的8邻域内的像素点进行判断；

当第一生长种子点的8邻域内的像素点为空鼓区域像素点的概率大于等于阈值时，将该像素点与第一生长种子点进行合并得到第一个区域；

将第一个区域作为新的第一生长种子点，按照得到第一个区域的方法对新的第一生长种子点的8邻域内的像素点进行合并得到第二个区域，依次进行迭代合并，直至更新后的第一生长种子点的8邻域内的像素点为空鼓区域像素点的概率均小于阈值时，迭代合并停止，获取第一个空鼓缺陷连通域和其余像素点；

选取其余像素点中与灰度图的背景灰度级之间的差值最大的像素点作为第二生长种子点，按照获取第一个空鼓缺陷连通域的方法获取第二个空鼓缺陷连通域和其余像素点，依次直到所有为空鼓区域像素点的概率大于等于阈值的像素点被聚类完成，得到所有空鼓缺陷连通域。

6.根据权利要求1所述的一种建筑物外墙空鼓渗漏异常检测及定位方法，其特征在于，所述待检测的建筑物外墙红外热图灰度图是按照如下方式获取：

对拍摄时间、拍摄角度、拍摄距离进行调控，采集待检测的建筑物外墙红外热图；

对红外热图进行灰度化处理，获取待检测的建筑物外墙红外热图灰度图。

一种建筑物外墙空鼓渗漏异常检测及定位方法

技术领域

[0001] 本发明涉及人工智能领域，具体涉及一种建筑物外墙空鼓渗漏异常检测及定位方法。

背景技术

[0002] 由于饰面砖比涂料的耐污能力强，建筑外墙采用饰面砖进行装饰。外墙饰面砖的传统做法是利用粘结砂浆将饰面砖直接粘结于墙体表面。但由于环境影响或施工质量等原因，饰面砖与外墙之间经常会产生脱开现象，且随着时间的推移，在雨水、强风及地震等的作用下，脱开面积会逐渐增大，最终会导致饰面砖从主体结构上剥离、脱落，从而造成安全事故。因此，对建筑物外墙进行空鼓渗漏检测必不可少。

[0003] 目前，建筑物外墙饰面层粘贴质量的检测方法主要有目测法、锤击法、拉拔法和红外技术检测法。其中，目测法是凭借检测人员的主观经验对粘贴质量进行判断；锤击法通过被敲击的饰面层表面发射的频率来判断饰面层的内部缺陷；拉拔法通过抽样方式对外墙进行破损检验；红外技术检测法通过探测物体表面温度场分布来分析物体的内部状况。

[0004] 然而，目测法依赖主观经验，准确度不高；锤击法受噪声的影响较大，检测时还需搭设脚手架，具体操作上受很大限制，效率低；拉拔法缺乏代表性和针对性，检测时还需搭设脚手架，效率和准确度不高；红外技术检测法虽然是一种全新、灵敏的检测方法，也是一种很好的监测方法，但是红外热像技术应用于上述建筑工程领域的质量控制评价中影响其结果准确性的因素有很多，这些影响因素包括红外热像图在获取过程中的影响因素(气候条件、拍摄的角度、拍摄时间、拍摄距离等)以及红外热像图在后期图像处理环节中的图像显示、噪音去除、对比度提高、图像配准、几何校正以及缺陷的识别、判定等各个方面。因此亟需一种方法用于提高建筑物外墙空鼓渗漏缺陷检测的准确度。

发明内容

[0005] 本发明提供一种建筑物外墙空鼓渗漏异常检测及定位方法，包括：获取建筑外墙红外灰度图；根据灰度图中各像素点的灰度值确定空鼓严重区域像素点和剩余像素点；根据各剩余像素点及其邻域像素点的灰度均值计算各剩余像素点的异常程度；以各剩余像素点为中心点进行滑窗遍历，利用各滑窗中心点的异常程度、梯度方向和滑窗中空鼓严重区域像素点的梯度方向得到各剩余像素点为空鼓区域像素点的概率；选取与背景灰度差值最大的空鼓严重区域像素点作为生长种子点，根据各剩余像素点为空鼓区域像素点的概率对生长种子点邻域内的像素点进行合并，得到空鼓缺陷连通域，相比于现有技术，本发明选择合适的图像采集时间，减少环境因素对温度的影响，增强空鼓缺陷检测与定位的准确性。

[0006] 同时，本发明通过选取分割明显的缺陷概率最大的区域，以此进行参照，同时考虑像素点的局部特征和其与参照系的关系，计算得到不明显区域的缺陷概率，解决了红外热图对比度低、信噪比低，图像质量较低所导致的轻微空鼓缺陷无法分割的问题，使得分割结果与质量评估更符合实际，提高了缺陷检测的准确度。

[0007] 为达到上述目的，本发明采用以下技术方案，一种建筑物外墙空鼓渗漏异常检测及定位方法，包括：

[0008] 获取待检测的建筑物外墙红外热图灰度图。

[0009] 根据灰度图中每个像素点的灰度级与灰度图的背景灰度级之间的差值确定出灰度图中空鼓严重区域像素点和剩余像素点。

[0010] 根据各剩余像素点及对应邻域像素点的灰度均值计算各剩余像素点的异常程度。

[0011] 以各剩余像素点为中心点进行滑窗遍历，且每个滑窗中包含空鼓严重区域像素点，利用每个滑窗中心点的异常程度、中心点的梯度方向和该滑窗中包含空鼓严重区域像素点的梯度方向计算得到各剩余像素点为空鼓区域像素点的概率。

[0012] 选取与灰度图的背景灰度级之间的差值最大的空鼓严重区域像素点作为生长种子点，根据各剩余像素点为空鼓区域像素点的概率对生长种子点邻域内的像素点进行合并，得到所有空鼓缺陷连通域。

[0013] 进一步的，所述一种建筑物外墙空鼓渗漏异常检测及定位方法，所述灰度图中空鼓严重区域像素点和剩余像素点是按照如下方式确定：

[0014] 获取待检测的建筑物外墙红外热图灰度直方图。

[0015] 计算灰度直方图中每个灰度级的频率，将频率最大的灰度级作为灰度图的背景灰度级。

[0016] 设置阈值，对红外热图灰度图中各个像素点的灰度级与灰度图的背景灰度级的差值进行判断。

[0017] 当像素点的灰度级与灰度图的背景灰度级的差值大于等于阈值时，将该像素点作为空鼓严重区域像素点，确定出灰度图中空鼓严重区域像素点和剩余像素点。

[0018] 进一步的，所述一种建筑物外墙空鼓渗漏异常检测及定位方法，所述各剩余像素点的异常程度的表达式如下：

[0019] $$K_j = \frac{x_j - P_{im}}{\Delta} * \left(1 - e^{-\frac{\sum_{j=1}^{n}(x_j - \bar{x})^2}{n}}\right)$$

[0020] 式中，K_j表示第j个剩余像素点的异常程度，x_j表示第j个剩余像素点的灰度级，P_{im}表示背景灰度级，Δ表示灰度差值阈值，n表示第j个剩余像素点与其邻域像素点的总个数，$\bar{x}$表示第j个剩余像素点与其邻域像素点的灰度均值。

[0021] 进一步的，所述一种建筑物外墙空鼓渗漏异常检测及定位方法，所述各剩余像素点为空鼓区域像素点的概率是按照如下方式得到：

[0022] 获取红外热图灰度图中各像素点的梯度方向。

[0023] 建立以各剩余像素点为中心点的自适应滑窗，且该自适应滑窗在遍历时每一个滑窗内至少2个空鼓严重区域像素点。

[0024] 根据各自适应滑窗中心点的异常程度、梯度方向和所有空鼓严重区域像素点的平均梯度方向计算得到各剩余像素点为空鼓区域像素点的概率。

[0025] 进一步的，所述一种建筑物外墙空鼓渗漏异常检测及定位方法，所述各剩余像素点为空鼓区域像素点的概率的表达式如下：

[0026] $$P = K * \frac{\bar{V} * v_p}{||\bar{V}|| * ||v_p||}$$

[0027] 式中，P表示各剩余像素点为空鼓区域像素点的概率，K表示滑窗中心点的异常程度，$\bar{V}$表示滑窗中所有空鼓严重区域像素点的平均梯度方向，v_p表示滑窗中心点的梯度方向。

[0028] 进一步的，所述一种建筑物外墙空鼓渗漏异常检测及定位方法，所述所有空鼓缺陷连通域是按照如下方式得到：

[0029] 选取与灰度图的背景灰度级之间的差值最大的空鼓严重区域像素点作为第一生长种子点。

[0030] 设置阈值，根据各剩余像素点为空鼓区域像素点的概率对第一生长种子点的8邻域内的像素点进行判断。

[0031] 当第一生长种子点的8邻域内的像素点为空鼓区域像素点的概率大于等于阈值时，将该像素点与第一生长种子点进行合并得到第一个区域。

[0032] 将第一个区域作为新的第一生长种子点，按照得到第一个区域的方法对新的第一生长种子点的8邻域内的像素点进行合并得到第二个区域，依次进行迭代合并，直至更新后的第一生长种子点的8邻域内的像素点为空鼓区域像素点的概率均小于阈值时，迭代合并停止，获取第一个空鼓缺陷连通域和其余像素点。

[0033] 选取其余像素点中与灰度图的背景灰度级之间的差值最大的像素点作为第二生长种子点，按照获取第一个空鼓缺陷连通域的方法获取第二个空鼓缺陷连通域和其余像素点，依次直到所有为空鼓区域像素点的概率大于等于阈值的像素点被聚类完成，得到所有空鼓缺陷连通域。

[0034] 进一步的，所述一种建筑物外墙空鼓渗漏异常检测及定位方法，所述待检测的建筑物外墙红外热图灰度图是按照如下方式获取：

[0035] 对拍摄时间、拍摄角度、拍摄距离进行调控，采集待检测的建筑物外墙红外热图。

[0036] 对红外热图进行灰度化处理，获取待检测的建筑物外墙红外热图灰度图。

[0037] 本发明的有益效果在于：

[0038] 本发明选择合适的图像采集时间，减少环境因素对温度的影响，增强空鼓缺陷检测与定位的准确性。

[0039] 同时，本发明通过选取分割明显的缺陷概率最大的区域，以此进行参照，同时考虑像素点的局部特征和其与参照系的关系，计算得到不明显区域的缺陷概率，解决了红外热图对比度低、信噪比低，图像质量较低所导致的轻微空鼓缺陷无法分割的问题，使得分割结果与质量评估更符合实际，提高了缺陷检测的准确度。

附图说明

[0040] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0041] 图1为本发明实施例1提供的一种建筑物外墙空鼓渗漏异常检测及定位方法流程示意图；

[0042] 图2为本发明实施例2提供的一种建筑物外墙空鼓渗漏异常检测及定位方法流程示意图；

[0043] 图3为本发明实施例2提供的一种梯度方向示意图。

具体实施方式

[0044] 下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0045] 实施例1

[0046] 本发明实施例提供一种建筑物外墙空鼓渗漏异常检测及定位方法，如图1所示，包括：

[0047] S101、获取待检测的建筑物外墙红外热图灰度图。

[0048] 其中，灰度图，又称灰阶图。把白色与黑色之间按对数关系分为若干等级，称为灰度。

[0049] S102、根据灰度图中每个像素点的灰度级与灰度图的背景灰度级之间的差值确定出灰度图中空鼓严重区域像素点和剩余像素点。

[0050] 其中，背景灰度级指的是灰度直方图中频率最大的灰度级。

[0051] S103、根据各剩余像素点及对应邻域像素点的灰度均值计算各剩余像素点的异常程度。

[0052] 其中，一个剩余像素点，其与背景灰度的差异越大，其所在区域的灰度波动越大，则该像素点的异常程度越大。

[0053] S104、以各剩余像素点为中心点进行滑窗遍历，且每个滑窗中包含空鼓严重区域像素点，利用每个滑窗中心点的异常程度、中心点的梯度方向和该滑窗中包含空鼓严重区域像素点的梯度方向计算得到各剩余像素点为空鼓区域像素点的概率。

[0054] 其中，为了避免偶然性，滑窗中应至少包含2个空鼓严重区域像素点。

[0055] S105、选取与灰度图的背景灰度级之间的差值最大的空鼓严重区域像素点作为生长种子点，根据各剩余像素点为空鼓区域像素点的概率对生长种子点邻域内的像素点进行合并，得到所有空鼓缺陷连通域。

[0056] 其中，设置阈值，将生长种子点邻域内概率大于等于阈值的像素点进行合并。

[0057] 本实施例的有益效果在于：

[0058] 本实施例选择合适的图像采集时间，减少环境因素对温度的影响，增强空鼓缺陷检测与定位的准确性。

[0059] 同时，本实施例通过选取分割明显的缺陷概率最大的区域，以此进行参照，同时考虑像素点的局部特征和其与参照系的关系，计算得到不明显区域的缺陷概率，解决了红外热图对比度低、信噪比低，图像质量较低所导致的轻微空鼓缺陷无法分割的问题，使得分割结果与质量评估更符合实际，提高了缺陷检测的准确度。

[0060] 实施例2

[0061] 本实施例的主要目的是:利用计算机视觉技术对采集的建筑外墙图像进行处理,进行空鼓渗漏缺陷的检测、定位与严重程度的检测。

[0062] 所述空鼓缺陷,即是由于施工原因或者建筑物使用环境影响(例如反复冻融破坏)导致的外墙饰面层与粘贴层脱黏或外墙粘贴层与外墙基层脱黏的现象,这种外墙缺陷是建筑外墙缺陷中比较普遍且比较集中的现象,进行外墙质量评价的重要内容是确定建筑外墙空鼓的位置与空鼓的大小。

[0063] 空鼓区域的温度异于外墙正常部分的原因是由于空鼓缺陷会在墙体的脱粘区域产生一个充满空气的新空间,脱粘区域改变了墙体在该区域的材料属性,从而导致墙体温度场的变化。相比墙体材料,空气的热阻较大,保温隔热性能好,因此当外墙表面接受到热源辐射、温度升高时,由于空气的热阻大于墙体材料的热阻,从而空鼓缺陷位置处热传递减小,热量堆积在空鼓缺陷位置处的外墙表面,造成了空鼓位置处的外墙表面温度要高于正常区域外墙表面的温度,相反,当温度降低时,正常区域外墙表面的温度要高于空鼓位置处的外墙表面温度。

[0064] 因此,本实施例选择外界干扰因素影响最小的拍摄时刻对目标建筑外墙进行红外图像采集,对采集到的红外图像进行处理,分割定位出缺陷部位,根据缺陷的严重程度进行相应的修复处理操作。

[0065] 本发明实施例提供一种建筑物外墙空鼓渗漏异常检测及定位方法,如图2所示,包括:

[0066] S201、采集建筑外墙饰面物的红外图像。

[0067] 由于红外热像图在获取过程中的影响因素(气候条件、拍摄的角度、拍摄时间、拍摄距离等)会导致后续空鼓渗漏异常区域的检测,故为了减少图像获取过程中外界影响因素对红外热像图的影响,对图像采集过程中的各个参数进行调控。

[0068] 1) 一般日间气温发生较强变化时,对饰面物粘贴缺陷的检测是最佳的,如有云层遮蔽阳光的时间到太阳再次出现的时间段内。

[0069] 2) 根据先验知识,东面墙的最佳检测时间段在9:00-11:00之间;南面墙的最佳检测时间段在10:30-12:30之间;西面墙的最佳检测时间段在14:00-15:30之间;北面墙的最佳检测时间段在13:00-15:00之间。

[0070] 3) 为了减少后续进行拍摄图像校正带来的大量计算,拍摄角度尽可能的控制在垂直于饰面物上,以减少后期进行图像校正所带来的额外的计算量。

[0071] 4) 拍摄距离控制在所采集的图像刚好覆盖整个饰面物,保证采集的完整性的同时减少其他环境带来的干扰,同时减少识别饰面物所带来的额外计算量。当红外线在大气中传输时,大气中的水蒸气、二氧化碳、一氧化碳、甲烷以及一氧化二氮等气体会对红外线产生吸收作用,从而造成红外辐射量的衰减,且空气湿度越大,衰减量越多。由于大气的透射,红外热像仪到被检测物的距离亦会对温度的测量产生影响。所以实际工程的红外热像检测,应避免在空气湿度较大、能见度较小的时候进行工作,在条件允许的情况下,尽量选择近距离测量。

[0072] 至此,通过控制图像采集过程中的各个参数,使采集的图像尽可能小的受到环境因素的影响,减少计算量。

[0073] 建筑外墙饰面层在施工及使用过程，容易与墙体结构间形成空鼓(砂浆饰面层)或脱粘(饰面砖饰面层)等缺陷，缺陷内部形成空气夹层，从而降低了墙体的热传导性，在太阳辐射作用下，缺陷部位的表面温度与完好部位会存在差异，利用红外热像技术可有效检测出缺陷部位。红外热像仪对被检测物体的温度测量不是直接进行的，红外探测器接收到的辐射主要来自被检测物自身的辐射、被检测物对周围物体的反射辐射以及大气的辐射等。此外，红外辐射在大气中传输，大气中的某些气体和颗粒会吸收和散射辐射的能量，对红外辐射产生衰减作用。由于大气影响，导致采集到的红外图像对比度低、信噪比低，图像质量较低，故对缺陷识别带来一定的误差，使得对缺陷的定位与检测不准确。故根据采集图像的灰度信息提取目标像素点，根据目标像素点的分布规律、目标像素点与邻域像素点的关系与梯度方向性进行判断，定位缺陷位置，获取较为准确的缺陷面积与严重程度。

[0074] 本实施例要对建筑外墙空鼓渗漏缺陷进行检测与定位需要先获取目标像素点，根据目标像素点的分布情况和其与邻域关系进行缺陷定位与计算，具体过程为：

[0075] S202、获取目标像素点。

[0076] 1) 红外热图伪彩色图像是根据红外热图灰度直方图图像进行人为划分灰度区间，根据不同灰度区间赋予不同颜色，达到显而易见的可视化的效果。但对伪彩色图像处理会增加计算量，故本实施例针对红外热图灰度图进行处理。

[0077] 2) 建立红外热图的灰度直方图，计算每个灰度级的频率，即：

[0078] $$P_i = \frac{A_i}{B},\ i \geq 0$$

[0079] 式中P_i表示第i个灰度级出现的频率，A_i表示第i个灰度级对应像素点出现的频数，B表示图像像素点的总个数。

[0080] 3) 对于建筑外墙饰面层，空鼓缺陷会导致饰面层内部出现空气层，由于空气的热阻大于墙体材料的热阻，从而空鼓缺陷位置处热传递减小，热量堆积在空鼓缺陷位置处的外墙表面，造成了空鼓位置处的外墙表面温度要高于正常区域外墙表面的温度，即在红外热图灰度图中空鼓区域所对应的亮度偏大，即空鼓区域所对应的灰度值较大。而饰面层其他正常区域由于内部介质相同，故正常区域的温度相似或相同，即所对应的灰度级相似或相同。对于饰面层而言，大部分的区域通常为正常区域，当空鼓区域面积超过某个临界点时，饰面层就会从主体结构上剥离、脱落，故对应的红外热图灰度图像中正常区域占比大，即正常区域所对应灰度级的像素点数量最多，所以选取灰度直方图中频率最大的灰度级P_{im}为背景灰度级。

[0081] 4) 对于空鼓区域，存在空鼓严重与空鼓不严重的情况，空鼓严重的区域空气层大，所蕴含的空气较多，空鼓轻微的区域空气层小，所蕴含的空气较少，故空鼓严重区域的温度与正常区域的温度差异大，空鼓轻微区域的温度与正常区域的温度差异小，又由于红外图像对比度低、信噪比低，图像质量较低，故通过红外图像灰度进行缺陷分割难以分割出空鼓缺陷轻微的区域，导致空鼓缺陷的分割定位不准确。所以根据灰度图像提取出与背景灰度级对比度大的像素点，即：

[0082] $$\Delta \geq x - P_{im}$$

[0083] 式中x表示像素点的灰度级，P_{im}表示背景灰度级，Δ表示灰度差值，Δ经验值取Δ=

20，当像素点的灰度级与背景灰度级的差值大于等于Δ时，对此类像素点进行标记，记为目标像素点。

[0084] S203、获取非目标像素点的缺陷概率。

[0085] 1) 标记的像素点与背景灰度差异大，即该类像素点越有可能为空鼓严重区域的像素点，空鼓缺陷在雨水、强风及地震等的作用下，脱开面积会逐渐增大，即严重的空鼓缺陷会逐渐蔓延，最终轻微的空鼓缺陷会变为严重的空鼓缺陷，轻微空鼓区域边缘的正常区域会逐渐变为轻微的空鼓缺陷，直至空鼓缺陷到达临界点，导致饰面层脱落。由于空鼓缺陷的延伸，故空鼓缺陷部位的灰度级存在波动，其波动程度相当于正常区域较大，故计算标记点外的像素点的异常程度，即：

[0086] $$K_j = \frac{x_j - P_{im}}{\Delta} * \left(1 - e^{-\frac{\sum_{j=1}^{n}(x_j - \bar{x})^2}{n}}\right)$$

[0087] 式中K_j表示第j个像素点的异常程度，x_j表示第j个像素点的灰度级，P_{im}表示背景灰度级，Δ表示灰度差值阈值，Δ经验值取Δ=20，n表示第j个像素点与其邻域像素点的总个数，$\bar{x}$表示第j个像素点与其邻域像素点的灰度均值，对于一个非标记像素点，其与背景灰度的差异越大，其所在区域的灰度波动越大，则该像素点的异常程度越大。遍历所有非标记像素点，计算得到所有非标记像素点的异常程度。

[0088] 2) 利用sobel算子计算红外热图中所有像素点x，y方向的梯度f_x, f_y。则其对应的梯度方向为$v_p = \arctan\left(\frac{f_y}{f_x}\right)$。所述梯度方向如图3所示。

[0089] 至此，获得目标区域各个像素点对应的梯度，梯度对应着梯度方向。

[0090] 3)建立自适应滑窗大小，以一非标记像素点为中心点建立滑窗，滑窗中至少包含2个标记像素点，由于空鼓缺陷的延伸特性，即空鼓缺陷是中间严重的空鼓缺陷带动边缘的轻微空鼓缺陷逐渐严重的过程，即对应灰度图像中，若非标像素点为轻微空鼓缺陷区域的像素点，则其与标记像素点的梯度方向相似，为了避免偶然性，故自适应滑窗中至少包含2个标记像素点作为参照点。以标记像素点为参照点，计算中心非标像素点的缺陷概率，即：

[0091] $$P = \mathrm{K} * \frac{\bar{V} * v_p}{||\bar{V}|| * ||v_p||}$$

[0092] 式中P表示滑窗中非标中心像素点的缺陷概率，K表示滑窗中非标中心像素点的异常程度，$\bar{V}$表示滑窗中标记像素点的平均梯度方向，v_p表示滑窗中非标中心像素点的梯度方向。该中心像素点的缺陷概率越大，其越有可能为空鼓缺陷区域像素点，P经验值取P=0.7。

[0093] S204、获取空鼓缺陷连通域。

[0094] 由于空鼓缺陷通常是成片存在的，故采用基于缺陷概率的区域生长法进行聚类，选取标记像素点中灰度差值Δ最大的像素点作为生长种子点，若存在多个灰度差值Δ值最大值，则随机选取其中一个，在选取的像素点的8邻域内进行搜索，邻域内的像素点属于缺

陷概率$P \geq 0.7$的像素点的被保留，将其合并为一个区域，此时以此区域为新的生长种子点，再次在其邻域内进行搜索，邻域内的像素点属于缺陷概率$P \geq 0.7$的像素点被保留，更新新的区域，得到新的种子点区域，迭代多次，直至邻域中不含缺陷概率$P \geq 0.7$的像素点时停止。此时获取到第一个连通域，对于剩下的像素点，同理选取剩下的灰度差值Δ最大的像素点作为生长种子点，若存在多个灰度差值Δ最大值，则随机选取其中一个，在选取的像素点的8邻域内进行搜索，邻域内的像素点属于缺陷概率$P \geq 0.7$的像素点的被保留，将其合并为一个区域，此时以此区域为新的生长种子点，再次在其邻域内进行搜索，邻域内的像素点缺陷概率$P \geq 0.7$的像素点被保留，更新新的区域，得到新的种子点区域，迭代多次，直至邻域中不含缺陷概率$P \geq 0.7$的像素点时停止。此时获取到第二个连通域，对剩下的像素点重复上述操作，迭代得到多个连通域，直至缺陷概率$P \geq 0.7$的像素点被聚类完成，此时得到多个连通域。若缺陷概率$P \geq 0.7$的像素点存在孤立点时，去除此类点，由于空鼓缺陷为成片存在，单个的像素点多为特殊噪声，故不予以考虑。

[0095] 至此，通过筛选出标记像素点，以标记像素点为参照计算得到非标像素点的缺陷概率，得到空鼓缺陷连通域。

[0096] S205、得到建筑外墙的质量系数，根据质量系数对建筑外墙进行处理。

[0097] 对于空鼓缺陷，空鼓缺陷越严重，空鼓所占面积越大，其对应建筑外墙的质量越差，越可能导致饰面砖从主体结构上剥离、脱落，从而造成安全事故。

[0098] 对于空鼓缺陷，同等面积的空鼓缺陷，严重空鼓缺陷所占比例越大，其对应的质量越差，即：

[0099] $$F = \frac{\sum_{l=1}^{L}(s_1 + s_2)}{s_{总}} * \sum_{l=1}^{L}(1 - \frac{s_1 - s_2}{s_1 + s_2})$$

[0100] 式中，F表示建筑外墙的质量系数，s_1表示第l个连通域中非标空鼓缺陷所占面积，s_2表示第l个连通域中标记空鼓缺陷所占面积，L表示缺陷连通域的数量，$s_{总}$表示采集的建筑外墙饰面物图像总面积。

[0101] 实施者可根据质量系数F进行质量等级划分，根据不同的质量等级进行对应的修复措施，选择灌注修复或拆解重造。

[0102] 本实施例的有益效果在于：

[0103] 本实施例选择合适的图像采集时间，减少环境因素对温度的影响，增强空鼓缺陷检测与定位的准确性。

[0104] 同时，本实施例通过选取分割明显的缺陷概率最大的区域，以此进行参照，同时考虑像素点的局部特征和其与参照系的关系，计算得到不明显区域的缺陷概率，解决了红外热图对比度低、信噪比低，图像质量较低所导致的轻微空鼓缺陷无法分割的问题，使得分割结果与质量评估更符合实际，提高了缺陷检测的准确度。

[0105] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精

神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

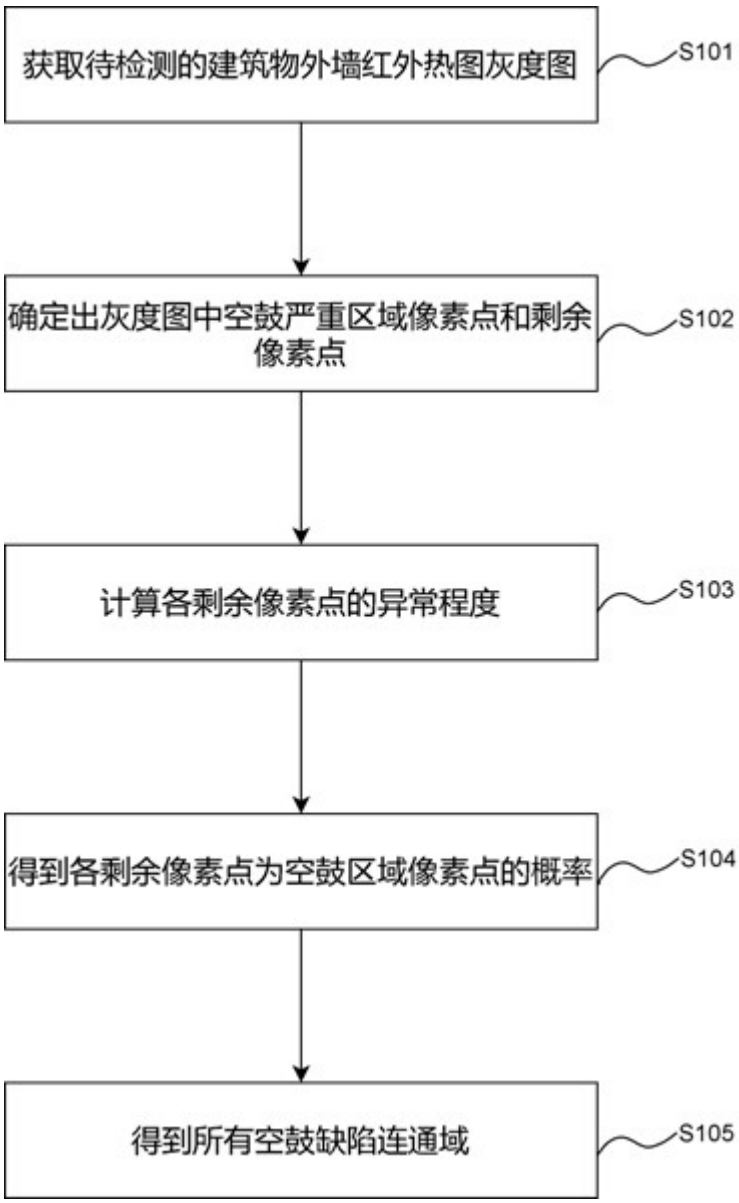

获取待检测的建筑物外墙红外热图灰度图
S101
确定出灰度图中空鼓严重区域像素点和剩余像素点
S102
计算各剩余像素点的异常程度
S103
得到各剩余像素点为空鼓区域像素点的概率
S104
得到所有空鼓缺陷连通域
S105

图1

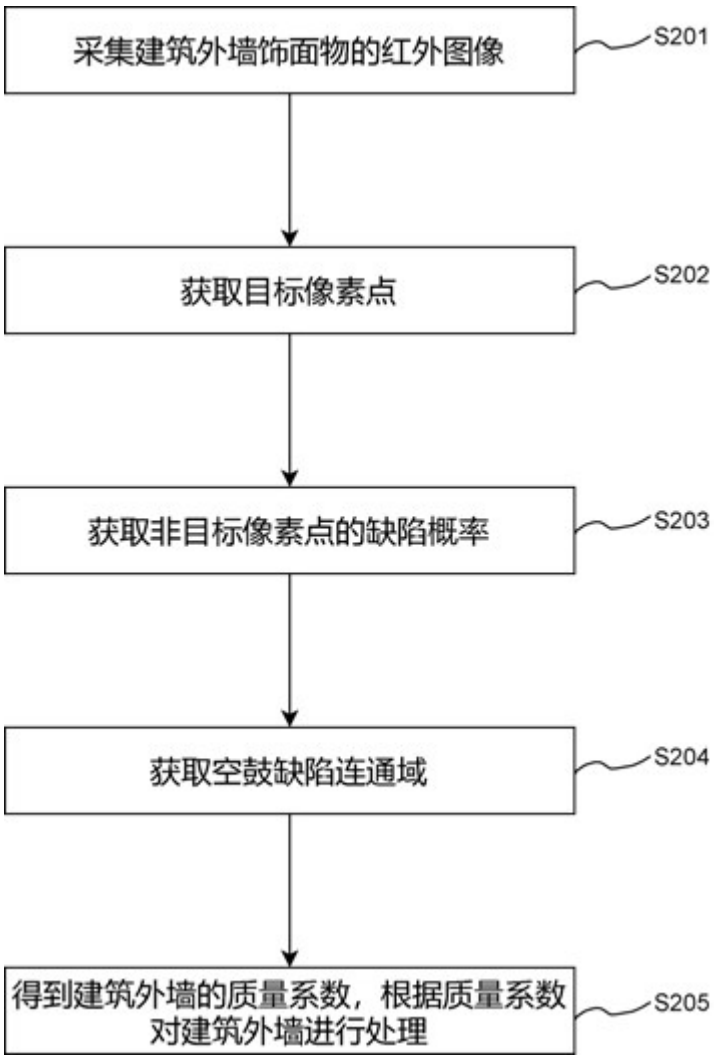

采集建筑外墙饰面物的红外图像
S201
获取目标像素点
S202
获取非目标像素点的缺陷概率
S203
获取空鼓缺陷连通域
S204
得到建筑外墙的质量系数，根据质量系数对建筑外墙进行处理
S205

图2

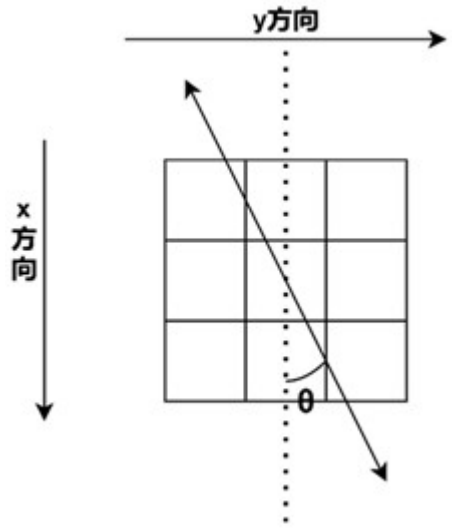

y方向
x方向
θ

图3