



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103345542 B

(45) 授权公告日 2016.01.27

(21) 申请号 201310221947.0

审查员 董雪

(22) 申请日 2013.06.05

(73) 专利权人 西安理工大学

地址 710048 陕西省西安市金花南路 5 号

(72) 发明人 吴学毅 尹恒

(74) 专利代理机构 西安弘理专利事务所 61214

代理人 李娜

(51) Int. Cl.

G06F 17/50(2006.01)

(56) 对比文件

CN 102222140 A, 2011.10.19,

US 6792401 B1, 2004.09.14,

唐练. 插件式桥梁健康监测三维可视化系统

研究. 《中国优秀硕士学位论文全文数据库信息
科技辑》. 2013,

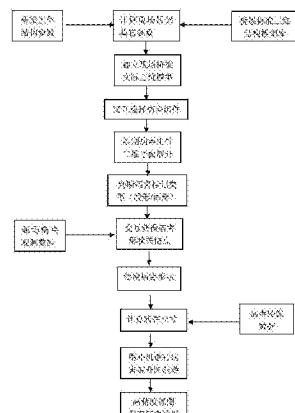
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于三维可视化技术的桥梁病害标记方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于三维可视化技术的桥梁病害标记方法, 具体按照以下步骤实施: 建立现场桥梁的实际三维模型; 根据现场获取的病害位置信息, 在桥梁实际三维模型中选择发生病害的桥梁组件, 由计算机绘制出该组件的二维平面展开图; 在二维平面展开图上进行桥梁病害交互标记, 即完成了桥梁病害的标记。通过本发明的标记方法大大提高了作业效率, 提高了数据记录的准确性和数据的重用率, 解决了现有桥梁病害检测方法效率低, 描述病害位置和大小的数据不准确, 需要重复绘制桥梁组件二维展开图, 数据难以再利用的问题。



1. 一种基于三维可视化技术的桥梁病害标记方法,其特征在于,具体按照以下步骤实施:

步骤 1,建立现场桥梁的实际三维模型,具体按照以下步骤实施:

1. 1) 根据标准板梁式桥梁的参数常量值和参数关系式,以内置计算模型的方式,建立不同跨径长度的标准桥梁计算模型;

1. 2) 观测现场桥梁的部分结构参数,包括主梁数量、桥面总宽、桥台台身类型、上部结构类型、桥墩墩身类型、跨径组成、桥下净高、斜交角度;

再根据现场桥梁的跨径长度,在步骤 1. 1) 建立的各种计算模型中,选择与现场桥梁跨径长度相同的计算模型,然后将现场观测数据输入到该计算模型中,并计算桥梁的其它参数,包括桥梁设计角,板梁宽度,盖梁长度,板梁高度,盖梁宽度,盖梁高度,墩柱高度,左柱中心距梁端,右柱中心距梁端,墩柱中心间距,台宽,台后路基宽度,台后路基高度;

若步骤 1. 1) 中没有与现场桥梁跨径长度相同的计算模型,则选择一个与现场桥梁跨径长度最接近的计算模型,然后将观测到的各参数输入到该计算模型中,生成参考模型,并计算桥梁的其它参数,其它参数中若出现与现场观测数据不符的项目,则手动改为现场观测的实际数据;

1. 3) 根据经步骤 1. 2) 获得的现场桥梁的所有参数,利用 B-Reps 三维模型建模方法和 OpenSenceGraph 平台中的场景图方法,建立桥梁的实际三维模型;

步骤 2,根据现场获取的病害位置信息,在步骤 1 的桥梁实际三维模型中选择发生病害的桥梁组件,由计算机绘制出该组件的二维平面展开图;

步骤 3,在步骤 2 的二维平面展开图上进行桥梁病害交互标记,即完成了桥梁病害的标记。

2. 如权利要求 1 所述的一种基于三维可视化技术的桥梁病害标记方法,其特征在于,所述步骤 3 的具体方法为,

3. 1) 将桥梁病害按照其外部形状的描述形式划分为线形和面形,线形病害使用折线段来绘制,面形病害使用封闭多边形来绘制;

3. 2) 根据现场观测的病害数据,在步骤 2 的二维平面展开图上通过交互方式获得描述病害形状的位置关键点,并将该关键点作为三维向量压入病害位置关键点向量数组;

3. 3) 通过遍历 3. 2) 中得到的病害位置关键点向量数组,采用 Cardinal 曲线绘制病害形状展开图;

3. 4) 通过 3. 2) 中得到的病害位置关键点向量数组的数据,计算线形病害长度和面形病害面积;

3. 5) 使用相机进行病害展开图的三维漫游;

3. 6) 通过高精度抓图获得病害标记图像,即完成了桥梁病害的标记。

3. 如权利要求 2 所述的一种基于三维可视化技术的桥梁病害标记方法,其特征在于,所述步骤 3. 2) 的具体方法为,在步骤 2 绘制的二维展开图上,使用鼠标在相应描述病害形状的位置关键点上点击,获取屏幕鼠标坐标,并触发交互操作事件,利用线段与场景物体求交方法得到从眼睛到鼠标点击处形成的视线向量与场景图图形的交点,即得到世界坐标系中病害位置关键点,并将该关键点作为三维向量压入病害位置关键点向量数组。

4. 如权利要求 2 所述的一种基于三维可视化技术的桥梁病害标记方法,其特征在于,

所述步骤 3.6) 的具体方法为,将经步骤 3.3) 绘制的病害形状展开图在 xoz 平面上划分为四块等面积区域,在每个区域负 y 轴方向设置一个相机,采用渲染到纹理的方法将其获得的图像以纹理的形式保存到计算机,再将四块纹理图像按照其逻辑位置拼接成一幅完整图像,并保存到数据库中,即完成了桥梁病害的标记。

一种基于三维可视化技术的桥梁病害标记方法

技术领域

[0001] 本发明属于道路交通设施的检测管理技术领域,涉及一种基于三维可视化技术的桥梁病害标记方法。

背景技术

[0002] 桥梁病害检测标记是桥梁健康检测评估的前期数据采集的常用方法,主要是通过目测观察法获得桥梁各组件上病害类型、外形尺寸、空间分布、病害程度等数据,并将其记录下来作为桥梁健康评估的数据基础。

[0003] 目前进行桥梁病害检测标记的方法是目测观察记录法,由外业人员带着纸、笔和照相机到现场对桥梁进行检查和拍照,观察病害的位置和尺寸及其它特征,并将数据记录在纸上,然后通过制图软件画出桥梁组件的二维展开图,并根据照片上病害的位置和大小在展开图上标出病害的位置和形状,再手工编制出包含文字、图表的检测报告。现有的目测观察记录法,效率低,描述病害位置和大小的数据不准确,需要重复绘制桥梁组件二维展开图,数据难以再利用,缺少对桥梁及病害数据的有效管理和可视化支持。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种基于三维可视化技术的桥梁病害标记方法,以解决现有桥梁病害检测方法效率低,描述病害位置和大小的数据不准确,需要重复绘制桥梁组件二维展开图,数据难以再利用的问题。

[0005] 本发明所采用的技术方案是,一种基于三维可视化技术的桥梁病害标记方法,具体按照以下步骤实施:

[0006] 步骤 1,建立现场桥梁的实际三维模型;

[0007] 步骤 2,根据现场获取的病害位置信息,在步骤 1 的桥梁实际三维模型中选择发生病害的桥梁组件,由计算机绘制出该组件的二维平面展开图;

[0008] 步骤 3,在步骤 2 的二维平面展开图上进行桥梁病害交互标记,即完成了桥梁病害的标记。

[0009] 本发明的特点还在于,

[0010] 步骤 1 具体按照以下步骤实施:

[0011] 1. 1) 根据标准桥梁的参数常量值和参数关系式,以内置计算模型的方式,建立不同跨径长度的标准桥梁计算模型;

[0012] 1. 2) 观测现场桥梁的部分结构参数,将其输入步骤 1. 1) 的计算模型中,并由计算模型计算现场桥梁的其它参数;

[0013] 1. 3) 根据经步骤 1. 2) 获得的现场桥梁的所有参数,利用 B-Reps 三维模型建模方法和 OpenSenceGraph 平台中的场景图方法,建立桥梁的实际三维模型。

[0014] 步骤 1. 2) 的具体方法为,观测现场桥梁的部分结构参数,包括主梁数量、桥面总宽、桥台台身类型、上部结构类型、桥墩墩身类型、跨径组成、桥下净高、斜交角度;

[0015] 再根据现场桥梁的跨径长度,在步骤 1.1) 建立的各种计算模型中,选择与现场桥梁跨径长度相同的计算模型,然后将现场观测数据输入到该计算模型中,并计算桥梁的其它参数;

[0016] 若步骤 1.1) 中没有与现场桥梁跨径长度相同的计算模型,则选择一个与现场桥梁跨径长度最接近的计算模型,然后将观测到的各参数输入到该计算模型中,生成参考模型,并计算桥梁的其它参数,其它参数中若出现与现场观测数据不符的项目,则手动改为现场观测的实际数据。

[0017] 步骤 3 的具体方法为,

[0018] 3.1) 将桥梁病害按照其外部形状的描述形式划分为线形和面形,线形病害使用折线段来绘制,面形病害使用封闭多边形来绘制;

[0019] 3.2) 根据现场观测的病害数据,在步骤 2 的二维平面展开图上通过交互方式获得描述病害形状的位置关键点;

[0020] 3.3) 通过遍历 3.2) 中得到的病害位置关键点向量数组,采用 Cardinal 曲线绘制病害形状展开图;

[0021] 3.4) 通过 3.2) 中得到的位置关键点向量数组的数据,计算线形病害长度或面形病害面积;

[0022] 3.5) 使用相机进行病害展开图的三维漫游;

[0023] 3.6) 通过高精度抓图获得病害标记图像,即完成了桥梁病害的标记。

[0024] 步骤 3.2) 的具体方法为,在步骤 2 绘制的二维展开图上,使用鼠标在相应描述病害形状的关键位置点上点击,获取屏幕鼠标坐标,并触发交互操作事件,利用线段与场景物体求交方法得到从眼睛到鼠标点击处形成的视线向量与场景图图形的交点,即得到世界坐标系中病害位置关键点。

[0025] 步骤 3.6) 的具体方法为,将经步骤 3.3) 绘制的病害展开图在 xoz 平面上划分为四块等面积区域,在每个区域负 y 轴方向设置一个相机,采用渲染到纹理的方法将其获得的图像以纹理的形式保存到计算机,再将四块纹理图像按照其逻辑位置拼接成一幅完整图像,并保存到数据库中,即完成了桥梁病害的标记。

[0026] 本发明的有益效果是,本发明通过内置的桥梁三维结构数据计算模型建立了被检测桥梁的三维结构模型,并在其二维平面展开图上进行病害的标记,完全摒弃了过去使用纸和笔在现场记录,之后再通过 CAD 软件上画出桥梁组件展开图和标记病害的操作方式,大大提高了作业效率,提高了数据记录的准确性和数据的重用率。为桥梁健康检测、病害跟踪记录及量化评估提供了一个直观、高效、便捷的三维可视化方法,桥检人员可以利用该方法进行桥梁病害信息的准确标记,所记录的信息更为全面、准确,该信息既可用于桥梁健康状况的数值评估、桥梁检测报告的自动化生成,也可用于进行病害向三维结构模型的准确映射,及病害发展历史的演化再现,解决了现有桥梁病害检测方法效率低,描述病害位置和大小的数据不准确,需要重复绘制桥梁组件二维展开图,数据难以再利用的问题。

附图说明

[0027] 图 1 是本发明一种基于三维可视化技术的桥梁病害标记方法的流程图。

具体实施方式

- [0028] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。
- [0029] 本发明提供了一种基于三维可视化技术的桥梁病害标记方法，具体按照以下步骤实施：
- [0030] 步骤 1，建立现场桥梁实际三维模型
- [0031] 1. 1) 建立标准桥梁计算模型
- [0032] 根据标准板梁式桥梁参数的常量值和参数关系计算公式，以内置计算模型的方式，建立不同跨径长度的桥梁计算模型，主要包括跨径为 6 米、8 米、10 米、13 米、16 米、20 米和 25 米的桥梁计算模型。
- [0033] 具体的桥梁参数关系计算公式如下(长度单位为厘米，角度单位为度)：
- [0034] 设主梁数量为 A，桥面总宽为 B、桥下净高为 C，斜交角度为 D，则，
- [0035] 桥梁设计角度 E : $E = \text{abs}(D - 90^\circ)$
- [0036] 板梁宽度 G :
- [0037] 若 $(B - A * 100) < 150$, 则 $G = 100$;否则, 若 $(B - A * 125) < 150$, 则 $G = 125$, 否则, $G = (B - 50) / A$ 。
- [0038] 盖梁长度 F : $F = (A * G + 70) / \cos(E)$
- [0039] 板梁高度 h :
- [0040] 若 $F = 600$, 则 $h = 32$;若 $F = 800$, 则 $h = 42$;若 $F = 1000$, 则 $h = 60$;若 $F = 1300$, 则 $h = 70$;若 $F = 1600$, 则 $h = 80$;若 $F = 2000$, 则 $h = 95$;若 $F = 2500$, 则 $h = 125$ 。
- [0041] 盖梁宽度 b :
- [0042] 若 $F = 600$, 则 $b = 100$;否则, 若 $F = 800$, 则 $b = 120$;否则, 若 $F = 1000$, 则 $b = 140$;否则, 若 $F = 1300$, 则 $b = 160$;否则, 若 $F = 1600$, 则 $b = 160$;否则, 若 $F = 2000$, 则 $b = 160$;否则, 若 $F = 2500$, 则 $b = 160$ 。
- [0043] 盖梁高度 bH :
- [0044] 若 $F = 600$, 则 $bH = 80$;否则, 若 $F = 800$, 则 $bH = 90$;否则, 若 $F = 1000$, 则 $bH = 100$;否则, 若 $F = 1300$, 则 $bH = 110$;否则, 若 $F = 1600$, 则 $bH = 120$;否则, 若 $F = 2000$, 则 $bH = 150$;否则, 若 $F = 2500$, 则 $bH = 160$ 。
- [0045] 墩柱高度 DH :
- [0046] 若 $F = 600$, 则 $DH = C - 100$;否则, 若 $F = 800$, 则 $DH = C - 110$;否则, 若 $F = 1000$, 则 $DH = C - 120$;否则, 若 $F = 1300$, 则 $DH = C - 130$;否则, 若 $F = 1600$, 则 $DH = C - 140$;否则, 若 $F = 2000$, 则 $DH = C - 170$;否则, 若 $F = 2500$, 则 $DH = C - 180$ 。
- [0047] 左柱中心距梁端 H :
- [0048] 若 $F < 800$, 则 $H = F / 2$;否则, 若 $F < 1650$, 则 $H = \text{对}(F / 6) \text{ 取整} * 5$, 否则 $H = 300$ 。
- [0049] 右柱中心距梁端 I :
- [0050] 若 $F < 800$, 则 $I = F / 2$;否则, 若 $F < 1650$, 则 $I = \text{对}(F / 6) \text{ 取整} * 5$, 否则 $I = 300$ 。
- [0051] 墩柱中心间距 B1
- [0052] 若 $F < 800$, $B1 = 0$ (只有 1 个墩柱);否则, 若 $F < 1650$, $B1 = F - H - I$ (2 个墩柱间距);否则, 若 $F < 2550$, $B1 = (F - 600) / 2$ (3 个墩柱间距);否则, 若 $B1 = (F - 600) / 3$ (4 个墩柱间距)。
- [0053] 台宽 M : $M = B + 60$

[0054] 台后路基宽度 $tW : tW=B$

[0055] 台后路基高度 $tH :$

[0056] 若 $F=600$, 则 $tH=C+52$; 否则, 若 $F=800$, 则 $tH=C+62$; 否则, 若 $F=1000$, 则 $tH=C+80$; 否则, 若 $F=1300$, 则 $tH=C+90$; 否则, 若 $F=1600$, 则 $tH=C+100$; 否则, 若 $F=2000$, 则 $tH=C+115$; 否则, 若 $F=2500$, 则 $tH=C+145$ 。

[0057] 1. 2) 观测现场桥梁的部分参数, 包括主梁数量、桥面总宽、桥台台身类型、上部结构类型、桥墩墩身类型、跨径组成、桥下净高、斜交角度;

[0058] 根据现场桥梁的跨径长度, 在步骤 1. 1) 建立的计算模型中, 选择与其跨径长度相同的计算模型, 然后将现场观测数据输入到计算模型中, 计算桥梁其它的参数;

[0059] 若步骤 1. 1) 中没有与现场桥梁跨径长度相同的计算模型, 则选择一个与现场桥梁跨径长度最接近的计算模型, 然后将观测到的各参数输入到该计算模型中, 生成参考模型, 并计算桥梁其它的参数; 再将计算参数中与现场观测数据不符的项目, 手动改为现场观测的实际数据。

[0060] 1. 3) 建立桥梁实际三维模型

[0061] 根据经步骤 1. 2) 获得的桥梁参数数据, 利用 B-Reps 三维模型建模方法和 OpenSenceGraph 平台中的场景图方法, 建立桥梁的实际三维模型, 使用 OpenSenceGraph 平台中的轨迹球漫游器完成三维场景的可视化漫游和交互操作。

[0062] 步骤 2, 利用现场获取的病害位置信息, 在桥梁实际三维模型中选择发生病害的组件, 由计算机绘制出该组件对应的二维平面展开图。

[0063] 具体绘制方法是, 按照桥梁设计行业, 各组件二维平面展开图平面组成约定及空间分布关系, 结合几何体参数化设计的方法, 根据该桥梁组件的二维空间位置关系, 结合各部件的尺寸和坐标系, 再使用参数化设计方法, 即计算出每个几何图形特征点的空间位置坐标, 并设置几何体特征点组成及图元形状构成, 从而绘制出该病害组件的二维展开图。

[0064] 步骤 3, 桥梁病害交互标记

[0065] 3. 1) 将桥梁病害按照其外部形状的描述形式划分为线形和面形, 线形病害以裂缝为主, 面形病害包括绞缝脱落、蜂窝麻面等, 线形病害使用折线段来绘制, 面形病害使用封闭多边形来绘制。

[0066] 3. 2) 根据现场观测的病害数据, 通过鼠标交互方式获得描述病害形状的位置关键点;

[0067] 具体方法为, 在步骤 2 绘制的二维展开图上, 使用鼠标在相应描述病害形状的位置关键点上点击, 获取屏幕鼠标坐标, 并触发交互操作事件, 利用线段与场景物体求交方法得到从眼睛到鼠标点击处形成的视线向量与场景图图形的交点, 即得到世界坐标系中病害位置关键点。

[0068] 若是第一次点击, 则清除病害位置关键点向量数组, 并将该关键点作为三维向量压入病害位置关键点向量数组; 若不是第一次点击, 则将该关键点作为三维向量压入病害位置关键点向量数组; 如此处理直到将所有的病害位置关键点记录到位置关键点向量数组, 同时对于每个位置关键点采用绘制小菱形框的方式表示其位置。其中, 当病害形状为面形时, 则将第一个关键点再次压入位置关键点向量数组。

[0069] 3. 3) 通过绘制 Cardinal 曲线的方式绘制病害形状展开图

[0070] 具体绘制方法为,通过遍历 3.2) 中得到的病害位置关键点向量数组,在其前后相邻的 2 个点之间绘制一段 Cardinal 曲线来完成整个病害形状的绘制;

[0071] Cardinal 曲线是分段插值三次曲线,每段曲线用前后相邻的 4 个点(P_{k-1} 、 P_k 、 P_{k+1} 、 P_{k+2})计算 P_k 和 P_{k+1} 之间的 Cardinal 曲线。其计算公式如下:

$$[0072] P(u) = P_{k-1} \cdot (-su^3 + 2su^2 - su) + P_k \cdot [(2-s)u^3 + (3-s)u^2 + 1]$$

$$[0073] + P_{k+1} \cdot [(s-2)u^3 + (3-2s)u^2 + su] + P_{k+2} \cdot (su^3 - su^2)$$

[0074] 其中 $s=(1-t)/2$, t 为张量参数,用来控制曲线与控制点间的松紧程度,若 $t<0$,则得到较松曲线;若 $t>0$,则得到较紧曲线。 u 为参数,取值区间为 $[0, 1]$ 。

[0075] 3.4)通过 3.2)中的位置关键点向量数组中的数据,计算线形病害长度和面形病害面积,具体计算方法为,

[0076] 对于线形病害的长度计算只需累积计算相邻 2 点之间的距离,计算公式如下:

$$[0076] L = \sum_{i=1}^{n-3} \sqrt{(x_i + x_{i+1})^2 + (y_i + y_{i+1})^2 + (z_i + z_{i+1})^2} \quad , \quad (x_i, y_i, z_i) \text{ 为位置关键点向量数组中关键点坐标, } n \text{ 为位置关键点向量数组中元素数量;}$$

$$[0077] \text{面型病害是用多边形来表示,其面积计算公式如下: } S = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n (x_k \cdot z_{k+1} - x_{k+1} \cdot z_k),$$

其中 (x_k, z_k) 是位置关键点向量数组中关键点坐标(图形在 xoz 平面), k 为位置关键点向量数组中元素数量。

[0078] 3.5) 使用相机进行病害展开图的三维漫游

[0079] 具体方法为,步骤 3.3) 得到的病害展开图是在三维空间中绘制的图形,在其前方(y 轴负半轴)设置相机来获得病害展开图的视图,其位置由病害展开图的包围球半径决定。如此,通过改变相机的前后位置可完成图形的缩放操作,通过改变相机的上下左右位置来实现对病害展开图上、下、左、右的平移操作。

[0080] 3.6) 通过高精度抓图获得病害标记图像,即完成了桥梁病害的标记。

[0081] 高精度抓图方法具体是,将步骤 3.3) 得到的病害展开图在 xoz 平面上划分为四块等面积区域,在每个区域负 y 轴方向设置一个相机,采用渲染到纹理(Render To Texture)方法将其获得的图像以纹理的形式保存到内存,纹理图像大小为 640*480 像素,再将四块纹理图像按照其逻辑位置拼接成一幅完整图像,并保存到数据库中。

[0082] 采用高精度抓图方法,是为了保存病害标记图形,并将其作为图像插入到检测报告中用于反映病害状况,此方法所获得图像在 Word 中可放大 5 倍并保持图像不会模糊,病害的标记效果好。

实施例

[0083] 通过观测青年路立交桥,该桥为一座跨径组成为 $6 \times 20, 6 \times 20, 6 \times 20$ 米的梁式桥,则选择跨径为 20 米的计算模型,同时将立交桥的主梁数量、桥面总宽、桥台台身类型、上部结构类型、桥墩墩身类型、跨径组成、桥下净高、斜交角度的参数值输入到计算模型中,计算模型生成的主梁梁高为 92cm,而实际数据为 95cm,则将主梁的高度修正为 95cm,最终即建立了青年路立交桥的实际三维模型;

[0084] 在对该青年路立交桥的病害观测中,在该桥梁的某板梁处发现一处绞缝脱漏,则

在上述的实际三维模型中选取发生该病害的桥梁组件，并绘制出该病害组件的二维展开图；

[0085] 由于绞缝脱漏为面形病害，则在上述的病害组件的二维展开图上，将描述该病害形状的特征点之间用 Cardinal 曲线连接，且其第一个和最后一个特征点之间连接形成封闭区域，再计算该病害的面积，使用相机进行病害展开图的三维漫游，通过高精度抓图获得该绞缝脱漏的病害标记图像，即完成了该桥梁绞缝脱漏病害的标记。

[0086] 本发明采用将观测到的桥梁主体结构尺寸送入计算机，通过对标准桥梁计算模型的计算，生成构建现场桥梁实际三维模型的数据，并利用 B-Reps 三维建模方法得到桥梁的实际三维模型；通过交互拾取在三维模型中点选需要进行病害标记的桥梁组件，计算机根据该桥梁组件组成结构和各部件平面组成关系，绘制出该组件对应的二维平面展开图；最后通过交互拾取得到二维平面展开图上描述病害形状特征的关键点的坐标，利用 Cardinal 曲线将关键点进行连接，再计算对应病害的长度或面积，通过视点位置改变实现对病害展开图的缩放、平移操作，通过渲染到纹理方法实现了高精度抓图保存了病害标记图像，从而完成了桥梁病害特征的标记。通过本发明的方法，实现了桥梁病害检测、跟踪、记录、处理的可视化和数字化，同时也为桥检人员现场作业提供一个可视化、信息化、高效、便捷的病害检测标记平台，解决了现有桥梁病害检测标记方法效率低，描述病害位置和大小的数据不准确，需要重复绘制桥梁组件二维展开图，数据难以再利用的问题。

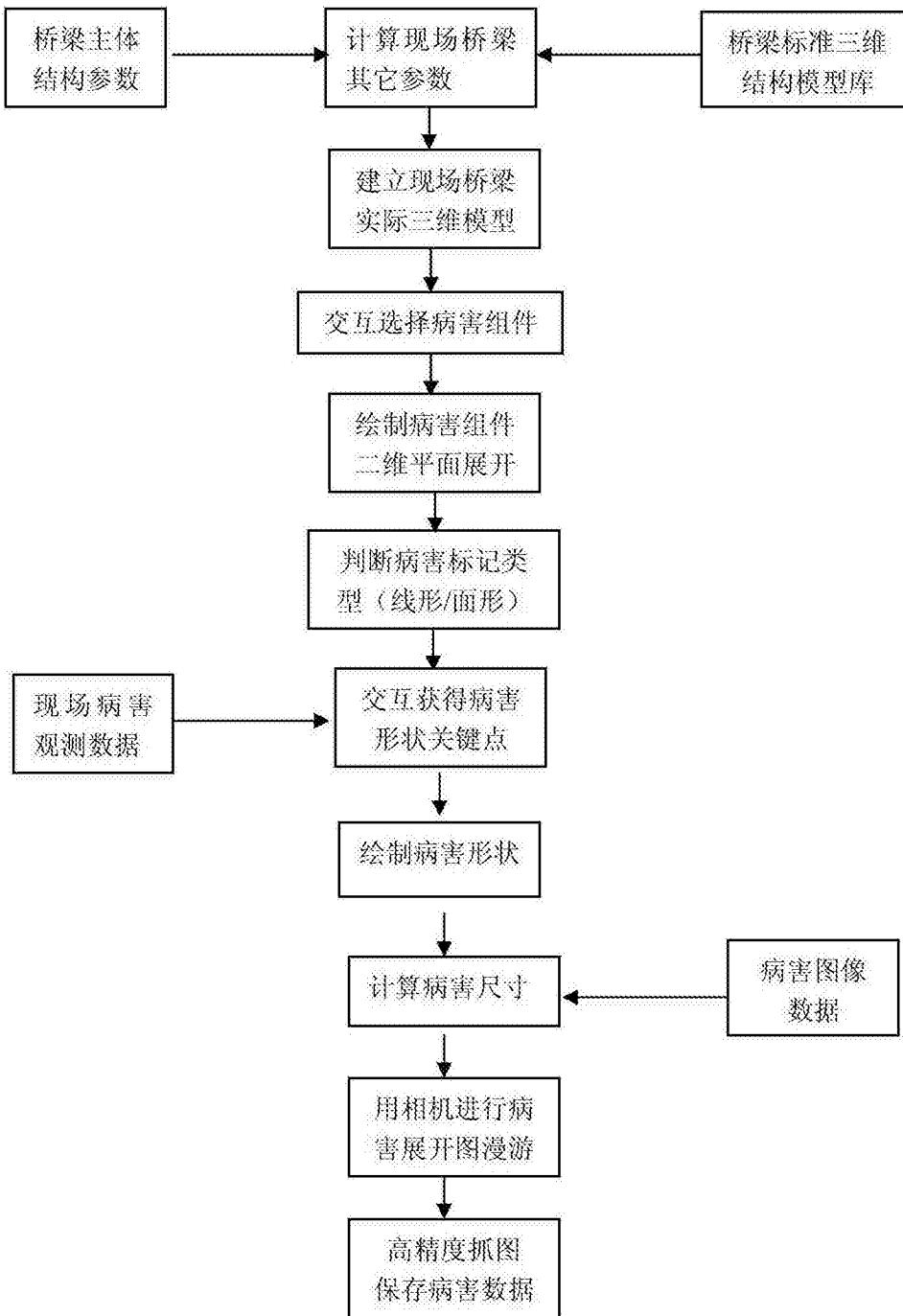


图 1