



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113408035 B

(45) 授权公告日 2024.01.16

(21) 申请号 202110790397.9

(22) 申请日 2021.07.13

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113408035 A

(43) 申请公布日 2021.09.17

(73) 专利权人 西安建筑科技大学
地址 710055 陕西省西安市雁塔路13号

(72) 发明人 王茹 王亚康 路焕军 张栋
黄炜 胡又文 李朴杰

(74) 专利代理机构 西安智大知识产权代理事务
所 61215
专利代理师 季海菊

(51) Int. Cl.
G06F 30/13 (2020.01)
G06F 30/23 (2020.01)
G06F 119/08 (2020.01)
G06F 119/14 (2020.01)

(56) 对比文件

CN 102609417 A, 2012.07.25

CN 104866590 A, 2015.08.26

US 2015278402 A1, 2015.10.01

CN 101567030 A, 2009.10.28

项勇等.《现代工程项目管理》.北京:机械工业出版社,2020,第208-210页.

Nobuhiro Shimoi 等.Nondestructive Survey of a Historical Wooden Construction Using Thermography and Ambient Vibration Measurements.《IEEE Xplore》.2018,全文.

叶轩等.基于BIM的古建筑健康监测系统.《福建建设科技》.2018,(第1期),第4-6页.

欧自娜.古建筑木梁健康状况监测方法研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程技术II辑(月刊)》.2021,(第02期),C038-1298.

审查员 于湃

权利要求书3页 说明书7页 附图7页

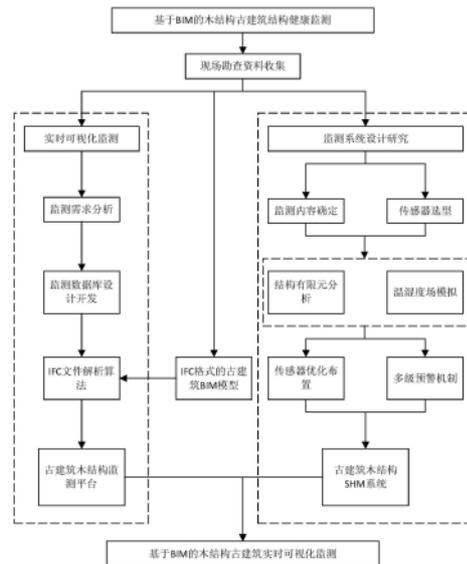
(54) 发明名称

一种基于BIM的木结构古建筑结构健康监测方法

(57) 摘要

一种基于BIM的木结构古建筑结构健康监测方法,基于现场勘察,进行木结构古建筑监测系统设计创建IFC格式且包含残损信息的BIM模型,对IFC模型数据处理计算,建立实时可视化监测平台,对木结构古建筑结构实时监测及数据更新;工作时,传感器感应到拟监测木结构古建筑发生的状态变化,并将监测数据存储于监测数据库中,监测平台通过T-SQL语言调用监测数据库,使用监测管理功能对监测数据库进行管理,将IFC模型包含的拟监测古建筑的信息显示在监测平台,对IFC模型中相应的数据进行更新,动态显示监测数据并自动报警,方便根据监测数据对木结构古建筑采取相应保护手段;具有无损伤、运行快、预见性、实时性及高度的可扩展性,对古建筑安全保护具有重要意义。

CN 113408035 B



1. 一种基于BIM的木结构古建筑结构健康监测方法,具体包括以下步骤:

步骤一:基于现场勘察,进行木结构古建筑监测系统设计;包括:监测内容确定和传感器选型、传感器布置以及预警机制;具体实现方法为:

1) 监测内容确定和传感器选型

对拟监测的木结构古建筑的当前真实情况:包括年代、历史保护资料、几何尺寸、受力情况、残损情况、材料、周边环境温湿度,进行现场勘察,确定以结构受力状况和环境温湿度为监测的内容,根据监测的内容选择相应的无损应变、位移、倾角、振动、温湿度传感器类型,对传感器的预警阈值设置,并记录传感器的报警事件;

2) 传感器优化布置

根据步骤一1)现场勘察得到的古建筑几何尺寸、残损情况、受力情况和周边环境温湿度建立结构有限元分析模型和温湿度场模拟模型,将两个模型导入结构有限元分析软件和温湿度长模拟软件进行分析得到模拟结果,分析有限元分析结果中拟监测古建筑的结构薄弱点和承载能力,分析温湿度场模拟结果中环境温湿度对古建筑影响大的位置和影响程度,结合现场勘察发现的已有残损点,将传感器布置在结构薄弱点、环境影响大处和已有残损位置;

3) 建立预警机制

根据步骤一2)中结构有限元分析和温湿度场模拟得出的拟监测古建筑易残损位置和周边环境温湿度分布情况,参照《古建筑木结构加固与维护标准》和《木结构设计标准》给出的木结构古建筑承载能力与环境温湿度限值和承载能力与环境温湿度验算公式计算警告和危险两级预警阈值;

步骤二:创建IFC格式且包含残损信息的BIM模型,对IFC模型数据处理计算;

1) 使用SQL Server设计并创建监测数据库,将步骤一监测系统设计的内容,包括监测内容、传感器、预警阈值信息存储在监测数据库;

1.1) 首先以残损为监测对象,包括ID、名称、位置和备注,每个监测对象都安装有多个传感器,并与多个巡检报告相关联,进行需求分析;传感器包括ID号、安装位置、安装时间、采样周期、两级预警阈值和备注;每个传感器都有指定的类型和一组基于时间标签的监测数据,监测数据应标注单位和数值;一个传感器可触发多次预警事件,对预警事件记录发生的时间、传感器编号、触发级别、触发监测值和处理工作;

1.2) 设计概念结构,从需求分析中找到实体,确认相应的实体属性和实体之间的关系,设计出监测数据库的E-R模型图;

1.3) 进行逻辑结构设计,将概念结构设计阶段完成的E-R图中的实体、属性和联系转换成相应的数据表;根据E-R图,设计出监测对象、传感器、监测数据、预警事件、外部文档、传感器类型、监测位置的数据表;

1.4) 设计权限账户,包括游客、管理员和工程师级别分别供参观人员和文管部门和专业技术工程师使用;

2) 根据步骤一1)现场勘察得到的资料,在Revit软件中建立包含残损信息的BIM模型然后导出为IFC格式,通过C#和C++编程开发出IFC模型数据处理算法;

步骤三:建立实时可视化监测平台,对木结构古建筑结构实时监测及数据更新;

所述步骤二第2)步中通过C#和C++编程开发出IFC模型数据处理算法,该算法包含模型

数据解析、自动更新和3D展示功能,具体开发实现方法如下:

IFC文件的模型数据解析从模型的纵向和横向两个方面依次进行,分别从IFC模型中提取数据结构和语义数据,并展示在相对应的前台控件;

首先使用IfcStore.Open静态方法打开指定文件路径的模型,然后从最高层次开始查询所有下一级包含项,再查询每一个子级的所有包含项,自顶向下进行,完成纵向查询,然后横向查询每个子项的属性;将查询得出的空间项保存在内存中,依次检索每项实体的属性和关系;为减小运行内存,采用点击查询的方法,通过点击控件上以空间结构列出的每项实体,调用查询方法检索相应信息并显示;

查询读取指定实体构件通过LINQ(Language Integrated Query)和Lambda表达式实现,其实现过程为首先通过已知的GUID找到指定实体,查询梁的表达式为“model.Instances.FirstOrDefault<IIfcBeam>(d => d.GlobaId == id)”,然后使用表达式“Beam.IsDefinedBy”获取该实体梁的所有属性信息;Where规则可以指定所要获取的属性类型;

IFC模型自动更新的实现是查找IFC模型中所需更新的实体,并从监测数据库中调用相应的数据,然后通过事务处理器“Transaction”将最新的数据读写到IFC模型中;

模型的3D展示有两个方面:一是构件的几何形状,二是构件的材质渲染;

WpfMeshGeometry3D用于加载模型的几何形状,IPersistEntity.Model.GeometryStore获取模型的几何存储库,BeginRead()方法读取该存储库所有的形状表达信息和实体相对位置并返回给WpfMeshGeometry3D;

WPFMaterial用于获得构件材质的颜色和纹理,并返回在场景中对构件进行渲染着色;其中通过XbimColor获取构件材质的颜色,XbimTexture获取材质的纹理,并将其交给返回对象;

得到模型的几何形状和材质渲染后,通过XbimScene<WpfMeshGeometry3D, WpfMaterial> scene = ILayerStyler.BuildScene() 创建模型加载场景,使用XbimScene<WpfMeshGeometry3D, WpfMaterial>将构件填充至加载环境从而生成3D模型。

2. 根据权利要求1所述的一种基于BIM的木结构古建筑结构健康监测方法,其特征在于:所述步骤三具体为:

1) 通过C#和T-SQL混合编程开发实时可视化监测平台:开发环境为使用Visual Studio 2019开发工具,基于C#语言的.NET开发框架,创建WPF窗口程序,调用相应控件搭建平台界面,实现各项功能的调用;平台的功能模块包括监测项目信息管理、实时监测与预警、监测管理、IFC模型管理、系统管理功能模块;在项目信息管理功能模块进行项目信息的展示与修改;在实时监测与预警功能模块进行监测数据的实时展示和监测数据超限自动报警;在监测管理功能模块进行监测数据的查看和导出,传感器的查看、添加、修改与删除,监测对象的查看、添加、修改与删除,预警事件的查看与备注处理时间;在IFC模型管理功能模块进行IFC模型查看、模型更新、模型导出和模型导入;在系统管理功能模块进行用户设置和权限管理;

2) 实时可视化监测平台调用监测数据库,通过监测管理功能模块对由监测内容、传感器、监测数据和预警事件组成的监测系统进行监测数据的查看和导出,传感器的查看、添加、修改与删除,监测对象的查看、添加、修改与删除,预警事件的查看与备注处理时间;通

过实时监测与预警功能模块实现监测数据库的实时更新和自动报警；

3) 导入IFC格式的BIM模型,调用步骤二2) IFC模型数据处理算法的数据解析功能和3D展示功能实现IFC格式BIM模型的数据显示和3D展示;调用步骤二2) IFC模型数据处理算法的数据修改功能,根据导入的监测数据对BIM模型进行更新。

3. 根据权利要求2所述的一种基于BIM的木结构古建筑结构健康监测方法,其特征在于:步骤三第1)步中所述的实时可视化监测平台功能模块支持扩展。

4. 根据权利要求2所述的一种基于BIM的木结构古建筑结构健康监测方法,其特征在于:步骤三所述实时可视化监测平台支持导入和导出以buildingSMART公司发布的IFC标准作为数据格式的BIM模型。

一种基于BIM的木结构古建筑结构健康监测方法

技术领域

[0001] 本发明属于木结构古建筑预防性保护技术领域,具体涉及一种基于BIM的木结构古建筑结构健康监测方法。

背景技术

[0002] 中国古建筑始终以木结构为主,目前的保护工作多为应急性事后保护,即在古建筑发生破坏后再制定相应措施进行修复。此类方法,一不能对古建筑木结构全面诊断,得到其整体和局部受力情况,制定之修复方法犹如打补丁,无法做到根治;二不能预测危险事件,对残损防患于未然。从而造成巨大的文化、历史、经济、社会效益的损失。

[0003] 为了将木结构古建筑残损事件扼杀在摇篮里,最大程度保存古建筑的价值,保护人员开展了大量的结构健康监测(SHM——Structural Health Monitoring)应用与研究,为古木结构的保护工作提供巨大的帮助。如应县木塔结构监测、虎丘塔的变形监测、保国寺大殿等。国家层面不断出台相关政策,要求加强对古建筑的监测工作,提高建筑遗产预防性保护程度,《关于加强世界文化遗产保护管理工作的意见》的通知中指出要尽快建立并加强我国世界文化遗产管理动态信息系统和监测预警系统。《古建筑木结构维护与加固技术标准》2020修订版增加了关于古建筑木结构监测的技术内容,要求根据其保护要求对结构工作状况及环境影响进行监测。

[0004] 但是目前SHM应用的信息化水平低,对监测数据使用价值的利用有限,信息整合和交互能力差,缺少对监测系统和古木结构本体进行集成化管理的技术方法,不能实现数字化模型与拟监测古建筑的实时联动,从而为各方保护人员的工作提供具有高度时效性的状态信息,无法满足预防性保护工作防患于未然的需求。

发明内容

[0005] 为了克服上述现有技术存在的问题,本发明的目的在于提供一种基于BIM的木结构古建筑结构健康监测方法,将BIM引入古建筑木结构的结构健康监测工作,借助BIM技术的可视化、多方协同、集成化功能,将结构健康监测融入到整个基于BIM的古建筑木结构保护体系,提高监测数据的利用价值和状态信息的时效性,实时管控残损现象的发展情况;具有无损伤、运行快、预见性、实时性及高度的可扩展性。

[0006] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0007] 一种基于BIM的木结构古建筑结构健康监测方法,具体包括以下步骤:

[0008] 步骤一:基于现场勘察,进行木结构古建筑监测系统设计;

[0009] 步骤二:创建IFC格式且包含残损信息的BIM模型,对IFC模型数据处理计算;

[0010] 步骤三:建立实时可视化监测平台,对木结构古建筑结构实时监测及数据更新。

[0011] 所述步骤一木结构古建筑监测系统设计包括:监测内容确定和传感器选型、传感器布置以及预警机制;具体实现方法为:

[0012] 1) 监测内容确定和传感器选型

[0013] 对拟监测的木结构古建筑的当前真实情况:包括年代、历史保护资料、几何尺寸、受力情况、残损情况、材料、周边环境温湿度,进行现场勘察,确定以结构受力状况和环境温湿度为监测的内容,根据监测的内容选择相应的传感器类型,包括无损应变、位移、倾角、振动、温湿度传感器,对传感器的预警阈值设置,并记录传感器的报警事件;

[0014] 2) 传感器优化布置

[0015] 根据步骤一1) 现场勘察得到的古建筑几何尺寸、残损情况、受力情况和周边环境温湿度,建立结构有限元分析模型和温湿度场模拟模型,将两个模型导入结构有限元分析软件和温湿度长模拟软件进行分析得到模拟结果,分析有限元分析结果中拟监测古建筑的结构薄弱点和承载能力,分析温湿度场模拟结果中环境温湿度对古建筑影响大的位置和影响程度,结合现场勘察发现的已有残损点,将传感器布置在结构薄弱点、环境影响大处和已有残损位置;

[0016] 3) 建立预警机制

[0017] 根据步骤一2) 中结构有限元分析和温湿度场模拟得出的拟监测古建筑易残损位置和周边环境温湿度分布情况,参照《古建筑木结构加固与维护标准》和《木结构设计标准》给出的木结构古建筑承载能力与环境温湿度限值和承载能力与环境温湿度验算公式计算警告和危险两级预警阈值。

[0018] 所述步骤二具体为:

[0019] 1) 使用SQL Server设计并创建监测数据库,将步骤一监测系统设计的内容,包括监测内容、传感器、预警阈值信息存储在监测数据库;

[0020] 1.1) 首先以残损为监测对象,包括ID、名称、位置和备注,每个监测对象都安装有多个传感器,并与多个巡检报告相关联,进行需求分析;传感器包括ID号、安装位置、安装时间、采样周期、两级预警阈值和备注;每个传感器都有指定的类型和一组基于时间标签的监测数据,监测数据应标注单位和数值;一个传感器可触发多次预警事件,对预警事件记录发生的时间、传感器编号、触发级别、触发监测值和处理工作;

[0021] 1.2) 设计概念结构,从需求分析中找到实体,确认相应的实体属性和实体之间的关系,设计出监测数据库的E-R模型图;

[0022] 1.3) 进行逻辑结构设计,将概念结构设计阶段完成的E-R图中的实体、属性和联系转换为相应的数据表;根据E-R图,设计出监测对象、传感器、监测数据、预警事件、外部文档、传感器类型、监测位置的数据表;

[0023] 1.4) 设计权限账户,包括游客、管理员和工程师级别分别供参观人员和文管部门和专业技术工程师使用;

[0024] 2) 根据步骤一1) 现场勘察得到的资料,在Revit软件中建立包含残损信息的BIM模型然后导出为IFC格式,通过C#和C++编程开发出IFC模型数据处理算法。

[0025] 所述步骤二第2) 步中通过C#和C++编程开发出IFC模型数据处理算法,该算法包含模型数据解析、自动更新和3D展示功能,具体开发实现方法如下:

[0026] IFC文件的模型数据解析从模型的纵向和横向两个方面依次进行,分别从IFC模型中提取数据结构和语义数据,并展示在相对应的前台控件;

[0027] 首先使用IfcStore.Open静态方法打开指定文件路径的模型,然后从最高层次开始查询所有下一级包含项,再查询每一个子级的所有包含项,自顶向下进行,完成纵向查

询,然后横向查询每个子项的属性;将查询得出的空间项保存在内存中,依次检索每项实体的属性和关系;为减小运行内存,采用点击查询的方法,通过点击控件上以空间结构列出的每项实体,调用查询方法检索相应信息并显示;

[0028] 查询读取指定实体构件通过LINQ(Language Integrated Query)和Lambda表达式实现,其实现过程为首先通过已知的GUID找到指定实体,查询梁的表达式为“model.Instances.FirstOrDefault<IIfcBeam>(d=>d.GlobaId==id)”,然后使用表达式“Beam.IsDefinedBy”获取该实体梁的所有属性信息;Where规则可以指定所要获取的属性类型;

[0029] IFC模型自动更新的实现是查找IFC模型中所需更新的实体,并从监测数据库中调用相应的数据,然后通过事务处理器“Transaction”将最新的数据读写到IFC模型中;

[0030] 模型的3D展示有两个方面:一是构件的几何形状,二是构件的材质渲染;

[0031] WpfMeshGeometry3D用于加载模型的几何形状,IPersistEntity.Model.GeometryStore获取模型的几何存储库,BeginRead()方法读取该存储库所有的形状表达信息和实体相对位置并返回给WpfMeshGeometry3D;

[0032] WPFMaterial用于获得构件材质的颜色和纹理,并返回在场景中对构件进行渲染着色;其中通过XbimColor获取构件材质的颜色,XbimTexture获取材质的纹理,并将其交给返回对象;

[0033] 得到模型的几何形状和材质渲染后,通过XbimScene<WpfMeshGeometry3D,WpfMaterial>scene=ILayerStyler.BuildScene()创建模型加载场景,使用XbimScene<WpfMeshGeometry3D,WpfMaterial>将构件填充至加载环境从而生成3D模型。

[0034] 所述步骤三具体为:

[0035] 1) 通过C#和T-SQL混合编程开发实时可视化监测平台:开发环境为使用Visual Studio 2019开发工具,基于C#语言的.NET开发框架,创建WPF窗口程序,调用相应控件搭建平台界面,实现各项功能的调用;平台的功能模块包括监测项目信息管理、实时监测与预警、监测管理、IFC模型管理、系统管理功能模块;在项目信息管理功能模块进行项目信息的展示与修改;在实时监测与预警功能模块进行监测数据的实时展示和监测数据超限自动报警;在监测管理功能模块进行监测数据的查看和导出,传感器的查看、添加、修改与删除,监测对象的查看、添加、修改与删除,预警事件的查看与备注处理时间;在IFC模型管理功能模块进行IFC模型查看、模型更新、模型导出和模型导入;在系统管理功能模块进行用户设置和权限管理;

[0036] 2) 实时可视化监测平台调用监测数据库,通过监测管理功能模块对由监测内容、传感器、监测数据和预警事件组成的监测系统监测数据的查看和导出,传感器的查看、添加、修改与删除,监测对象的查看、添加、修改与删除,预警事件的查看与备注处理时间;通过实时监测与预警功能模块实现监测数据库的实时更新和自动报警;

[0037] 3) 导入IFC格式的BIM模型,调用步骤二2) IFC模型数据处理算法的数据解析功能和3D展示功能实现IFC格式BIM模型的数据显示和3D展示;调用步骤二2) IFC模型数据处理算法的数据修改功能,根据导入的监测数据对BIM模型进行更新。

[0038] 步骤三第1)步中所述的实时可视化监测平台功能模块支持扩展。

[0039] 步骤三所述实时可视化监测平台支持导入和导出以buildingSMART公司发布的

IFC标准作为数据格式的BIM模型。

[0040] 本发明有益效果在于：

[0041] (1) 本发明全部采用无损无线传感器监测木结构古建筑的健康状况,不会对古木构件造成破坏,影响其文物价值；

[0042] (2) 本发明考虑到木结构古建筑的易损特性,以残损作为监测对象,建立以残损为基本单元的预警机制,能做到有的放矢,提高监测活动的性价比；

[0043] (3) 本发明监测系统的设计考虑到木结构古建筑的特性,从现场勘查到结构分析和温湿度模拟,再到建立预警机制,分步骤完成监测内容确定、传感器选型、传感器布置、预警阈值计算等内容,可为工作人员提供详细的指导；

[0044] (4) 本发明实现了基于IFC标准的BIM模型自动更新技术,能在监测平台中根据监测数据自动更新BIM模型,为其他保护工作人员提供具有高度时效性的数字化模型；

[0045] (5) 本发明所开发的实时可视化监测平台以轻量化的IFC模型为数据源,运行快,占用计算资源少,鲁棒性好；

[0046] (6) 本发明所开发的实时可视化监测平台具有高度的可扩展性,能根据实际监测工作需要增加相应功能模块,更全面监测木结构古建筑的情况；

[0047] (7) 本发明所开发实时可视化监测平台实现IFC格式的BIM模型和监测系统集成化管理,监测效率高。

附图说明

[0048] 图1为本发明所述监测方法的流程框图。

[0049] 图2为本发明结构有限元分析云图。

[0050] 图3为本发明温度场模拟云图。

[0051] 图4为本发明IFC格式的BIM模型示意图。

[0052] 图5为本发明IFC模型自动更新逻辑。

[0053] 图6为本发明自动更新后的IFC模型示意。

[0054] 图7为本发明实时可视化监测平台功能模块。

[0055] 图8为本发明实时可视化监测平台用户操作界面。

[0056] 图9为本发明实时可视化监测平台实时监测界面。

[0057] 图10为本发明IFC模型数据显示与3D展示界面。

[0058] 图11为本发明监测方法工作原理示意图。

具体实施方式

[0059] 以下结合附图对本发明作进一步详细说明。

[0060] 参见图1,一种基于BIM的木结构古建筑结构健康监测方法,具体包括以下步骤：

[0061] 步骤一:基于现场勘察,进行木结构古建筑监测系统设计；

[0062] 步骤二:创建IFC格式且包含残损信息的BIM模型,对IFC模型数据处理计算；

[0063] 步骤三:建立实时可视化监测平台,对木结构古建筑结构实时监测及数据更新。

[0064] 所述步骤一木结构古建筑监测系统设计包括:监测内容确定和传感器选型、传感器布置以及预警机制;具体实现方法为：

[0065] 1) 监测内容确定和传感器选型

[0066] 对拟监测的木结构古建筑的当前真实情况:包括年代、历史保护资料、几何尺寸、受力情况、残损情况、材料、周边环境温湿度,进行现场勘察,确定以结构受力状况和环境温湿度为监测的内容,根据监测的内容选择相应的传感器类型,包括无损应变、位移、倾角、振动、温湿度传感器,对传感器的预警阈值设置,并记录传感器的报警事件;

[0067] 2) 传感器优化布置

[0068] 根据步骤一1) 现场勘察得到的古建筑几何尺寸、残损情况、受力情况和周边环境温湿度建立结构有限元分析模型(如图2所示)和温湿度场模拟模型(如图3所示),将两个模型导入结构有限元分析软件和温湿度长模拟软件进行分析得到模拟结果,分析有限元分析结果中拟监测古建筑的结构薄弱点和承载能力,分析温湿度场模拟结果中环境温湿度对古建筑影响较大的位置和影响程度,结合现场勘察发现的已有残损点,将传感器布置在结构薄弱点、环境影响较大处和已有残损位置;

[0069] 3) 建立预警机制

[0070] 根据步骤一2) 中结构有限元分析和温湿度场模拟得出的拟监测古建筑易残损位置和周边环境温湿度分布情况,参照《古建筑木结构加固与维护标准》和《木结构设计标准》给出的木结构古建筑承载能力与环境温湿度限值和承载能力与环境温湿度验算公式计算警告和危险两级预警阈值。

[0071] 所述步骤二具体为:

[0072] 1) 使用SQL Server设计并创建监测数据库,将步骤一监测系统设计的内容,包括监测内容、传感器、预警阈值信息存储在监测数据库;

[0073] 1.1) 首先以残损为监测对象,包括ID、名称、位置和备注,每个监测对象都安装有多个传感器,并与多个巡检报告相关联,进行需求分析;传感器包括ID号、安装位置、安装时间、采样周期、两级预警阈值和备注;每个传感器都有指定的类型和一组基于时间标签的监测数据,监测数据应标注单位和数值;一个传感器可触发多次预警事件,对预警事件记录发生的时间、传感器编号、触发级别、触发监测值和处理工作;

[0074] 1.2) 设计概念结构,从需求分析中找到实体,确认相应的实体属性和实体之间的关系,设计出监测数据库的E-R模型图;

[0075] 1.3) 进行逻辑结构设计,将概念结构设计阶段完成的E-R图中的实体、属性和联系转换成为相应的数据表;根据E-R图,设计出监测对象、传感器、监测数据、预警事件、外部文档、传感器类型、监测位置的数据表;

[0076] 1.4) 设计权限账户,包括游客、管理员和工程师级别分别供参观人员和文管部门和专业技术工程师使用;

[0077] 2) 根据步骤一1) 现场勘察得到的资料,在Revit软件中建立包含残损信息的BIM模型然后导出为IFC格式(如图4所示),通过C#和C++编程开发出IFC模型数据处理算法,该算法包含模型数据解析、自动更新和3D展示功能。各项功能的开发实现如下:

[0078] IFC文件的解析从模型的纵向和横向两个方面依次进行,分别从模型中提取数据结构和语义数据,并展示在相对应的前台控件。

[0079] 首先使用IfcStore.Open静态方法打开指定文件路径的模型,然后从最高层次开始查询所有下一级包含项,再查询每一个子级的所有包含项,自顶向下进行,完成纵向查

询,然后横向查询每个子项的属性。将查询得出的空间项保存在内存中,依次检索每项实体的属性和关系。为减小运行内存,采用点击查询的方法,通过点击控件上以空间结构列出的每项实体,调用查询方法检索相应信息并显示。

[0080] 查询读取指定实体构件通过LINQ(Language Integrated Query)和Lambda表达式实现,其实现过程为首先通过已知的GUID找到指定实体,查询梁的表达式为“model.Instances.FirstOrDefault<IIfcBeam>(d=>d.GlobaId==id)”,然后使用表达式“Beam.IsDefinedBy”获取该实体梁的所有属性信息。Where规则可以指定所要获取的属性类型。

[0081] IFC模型自动更新的实现思路是查找IFC模型中所需更新的实体,并从监测数据库中调用相应的数据,然后通过事务处理器“Transaction”将最新的数据读写到IFC模型中。以传感器为例,自动更新算法的具体实现逻辑为(如图5所示):1)解析加载的IFC模型,找到所有的IfcSensor实体,并记录其GUID;2)将GUID写入数据库中对应的传感器,并提取监测参数返回给IfcSensor;3)找到每个传感器的最新监测数据,并与GUID一起返回;4)根据GUID将监测数据写入相应的IfcSensor实体;5)判断监测数据是否超过阈值,如果超过阈值,则向IFC模型和监测数据库写入预警事件。自动更新后的IFC模型如图6所示。

[0082] 模型的3D展示有两个方面:一是构件的几何形状,二是构件的材质渲染。WpfMeshGeometry3D用于加载模型的几何形状,IPersistEntity.Model.GeometryStore获取模型的几何存储库,BeginRead()方法读取该存储库所有的形状表达信息和实体相对位置并返回给WpfMeshGeometry3D。

[0083] WPFMaterial用于获得构件材质的颜色和纹理,并返回在场景中对构件进行渲染着色。其中通过XbimColor获取构件材质的颜色,XbimTexture获取材质的纹理,并将其交给返回对象。

[0084] 得到模型的几何形状和材质渲染后,通过XbimScene<WpfMeshGeometry3D,WpfMaterial>scene=ILayerStyler.BuildScene()创建模型加载场景,使用XbimScene<WpfMeshGeometry3D,WpfMaterial>将构件填充至加载环境从而生成3D模型。

[0085] 所述步骤三具体为:

[0086] 1)通过C#和T-SQL混合编程开发实时可视化监测平台,开发环境为使用Visual Studio 2019开发工具,基于C#语言的.NET开发框架,创建WPF窗口程序,调用相应控件搭建平台界面,实现各项功能的调用。平台的功能模块包括监测项目信息管理、实时监测与预警、监测管理、IFC模型管理、系统管理功能模块。如图7所示,在项目信息管理功能模块进行项目信息的展示与修改;在实时监测与预警功能模块进行监测数据的实时展示和监测数据超限自动报警;在监测管理功能模块进行监测数据的查看和导出,传感器的查看、添加、修改与删除,监测对象的查看、添加、修改与删除,预警事件的查看与备注处理时间;在IFC模型管理功能模块进行IFC模型查看、模型更新、模型导出和模型导入;在系统管理功能模块进行用户设置和权限管理。实时可视化监测平台用户操作界面如图8所示;

[0087] 2)实时可视化监测平台调用监测数据库,通过监测管理功能模块对由监测内容、传感器、监测数据和预警事件组成的监测系统进行管理,具体管理操作如步骤三1)所示,通过实时监测与预警功能模块实现监测数据库的实时更新和自动报警。实时监测界面如图9所示;

[0088] 3) 导入IFC格式的BIM模型,调用步骤二2) IFC模型数据处理算法的数据解析功能和3D展示功能实现IFC格式BIM模型的数据显示和3D展示;调用步骤二2) IFC模型数据处理算法的数据修改功能,根据导入的监测数据对BIM模型进行更新。IFC模型数据显示和模型3D展示如图10所示。

[0089] 步骤三第1) 步中所述的功能模块支持扩展。

[0090] 步骤三所述实时可视化监测平台支持导入和导出以buildingSMART公司发布的IFC标准作为数据格式的BIM模型。

[0091] 参见图11,本发明工作原理为:

[0092] 传感器系统感应到拟监测木结构古建筑发生的状态变化,并将监测数据存储在监测数据库中,监测数据库内容还包括监测内容、传感器、预警阈值等信息;监测平台通过T-SQL语言调用监测数据库,使用监测管理功能对监测数据库进行管理;监测平台通过IFC模型管理功能模块调用步骤二2) 开发的IFC模型数据处理算法,通过数据解析功能和3D展示功能,将IFC模型包含的拟监测古建筑的信息显示在监测平台,将IFC模型在监测平台上可视化查看;监测平台调用步骤二2) 开发的IFC模型数据处理算法,通过数据修改功能,根据监测数据库中所包含监测内容、传感器、预警阈值,对IFC模型中相应的数据进行更新;平台调用实时监测与预警功能,对监测数据库进行实时更新,动态显示监测数据并自动报警;平台通过IFC模型管理功能模块下的模型更新功能,调用步骤二2) IFC模型数据处理算法的数据修改功能根据监测数据对IFC模型进行更新;工作人员根据监测数据对木结构古建筑采取相应保护手段。

[0093] 上述实施例只为说明本发明的技术构思及特点,其目的在于让熟悉此项技术的人士能够了解本发明的内容并据以实施,并不能以此限制本发明的保护范围。凡根据本发明精神实质所作的等效变化或修饰,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

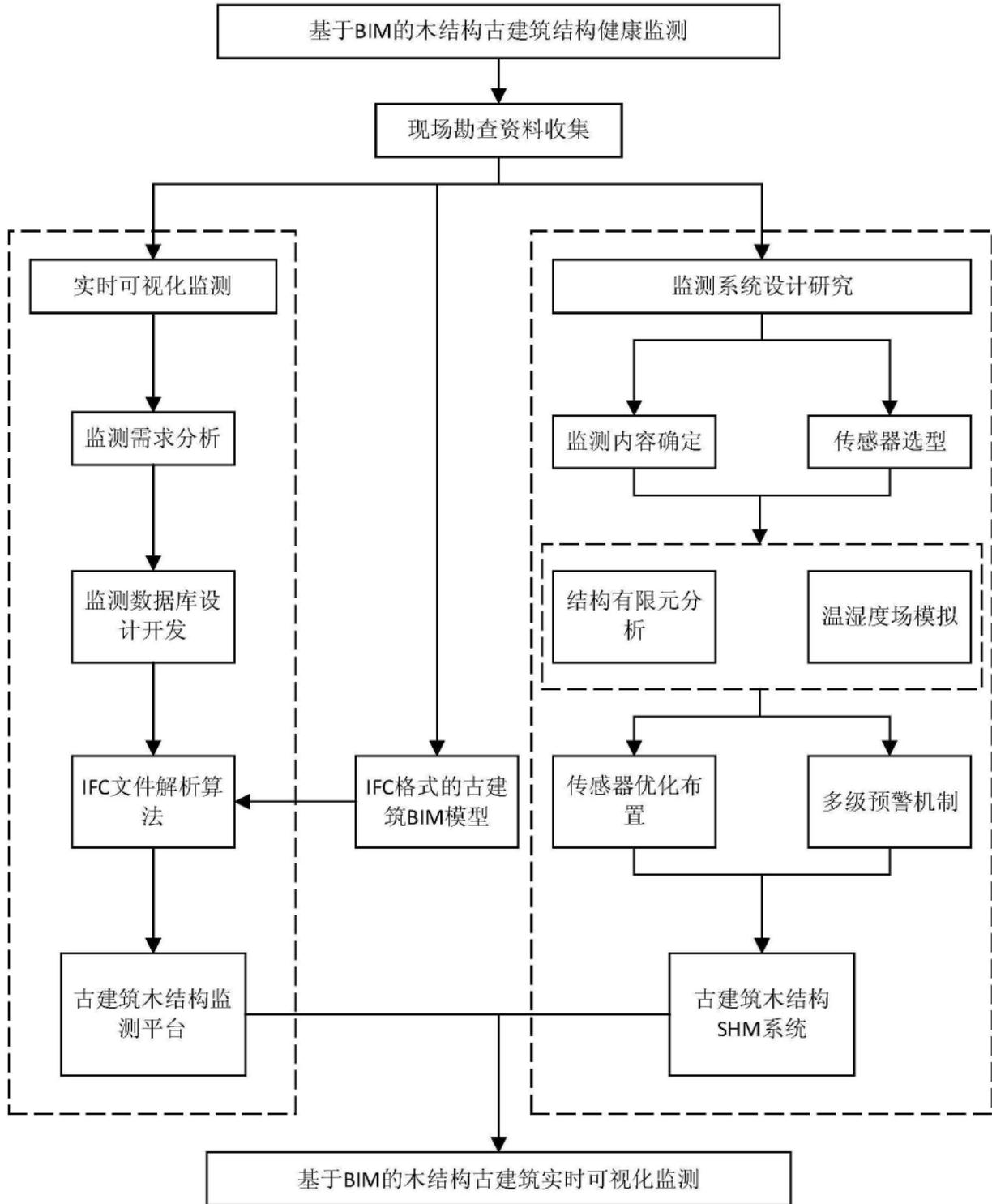


图1

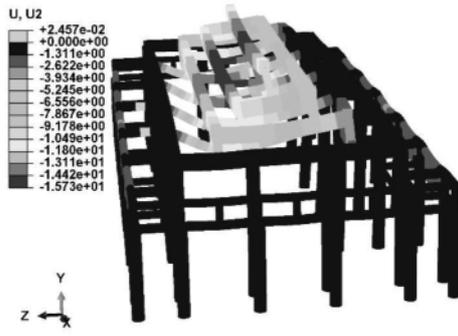


图2

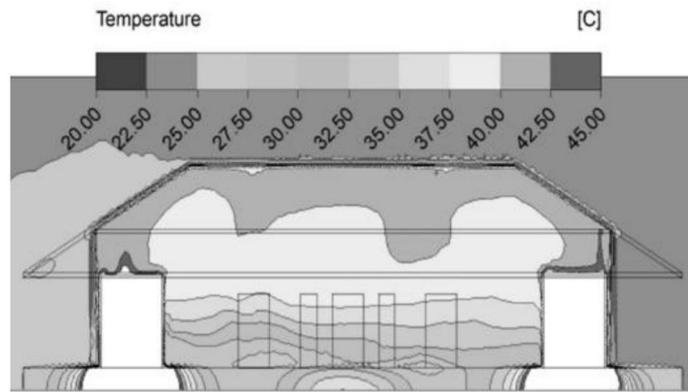


图3

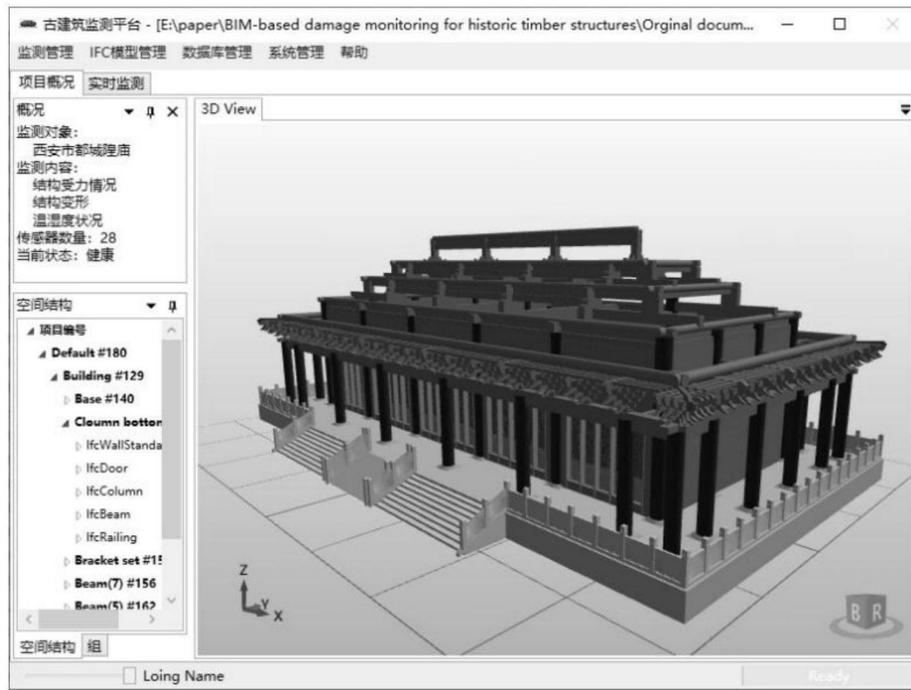


图4

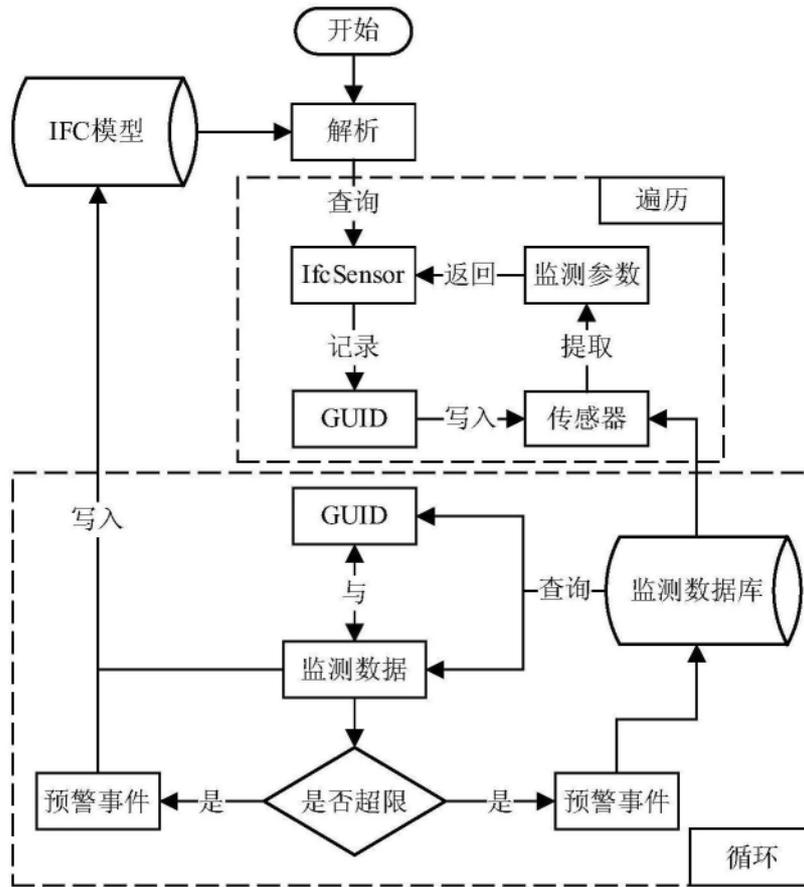


图5

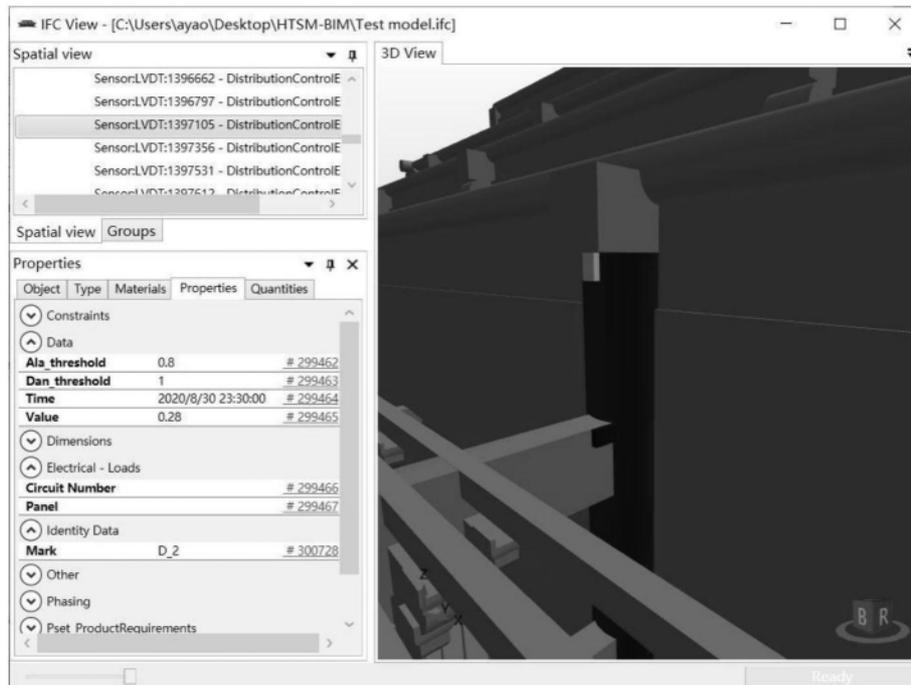


图6

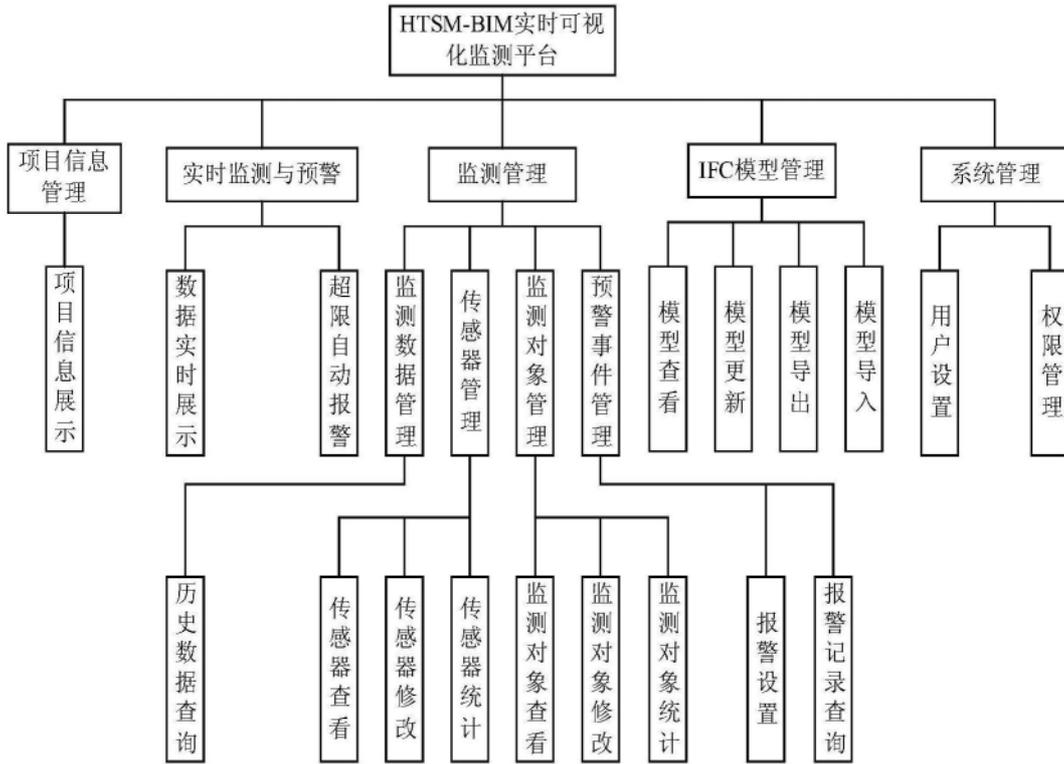


图7

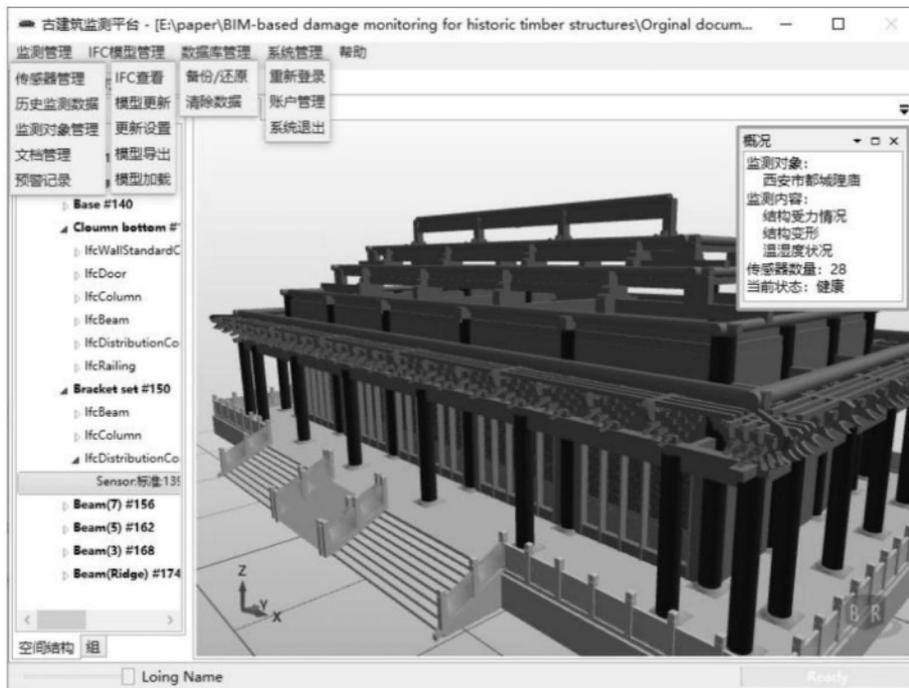


图8

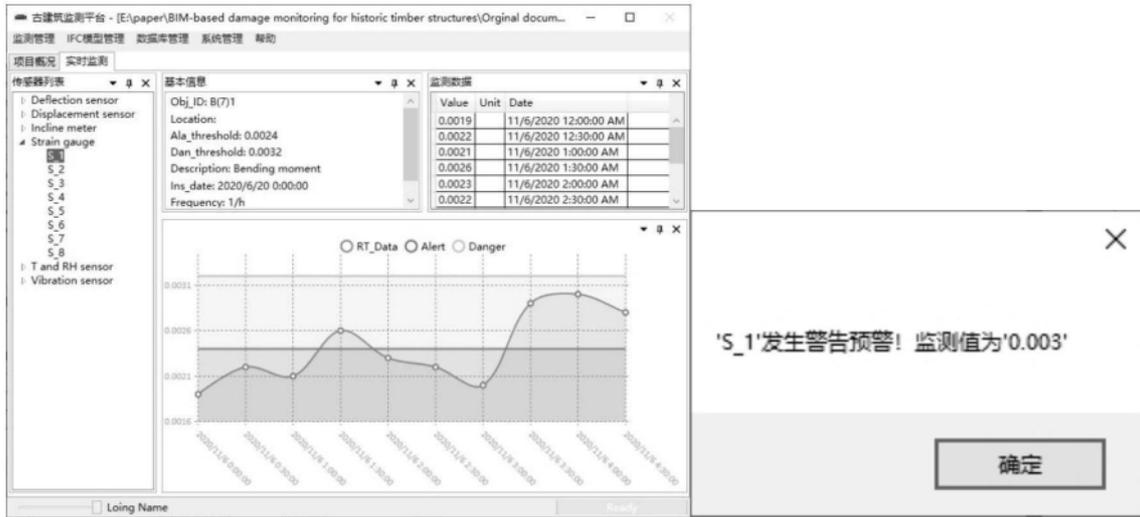


图9

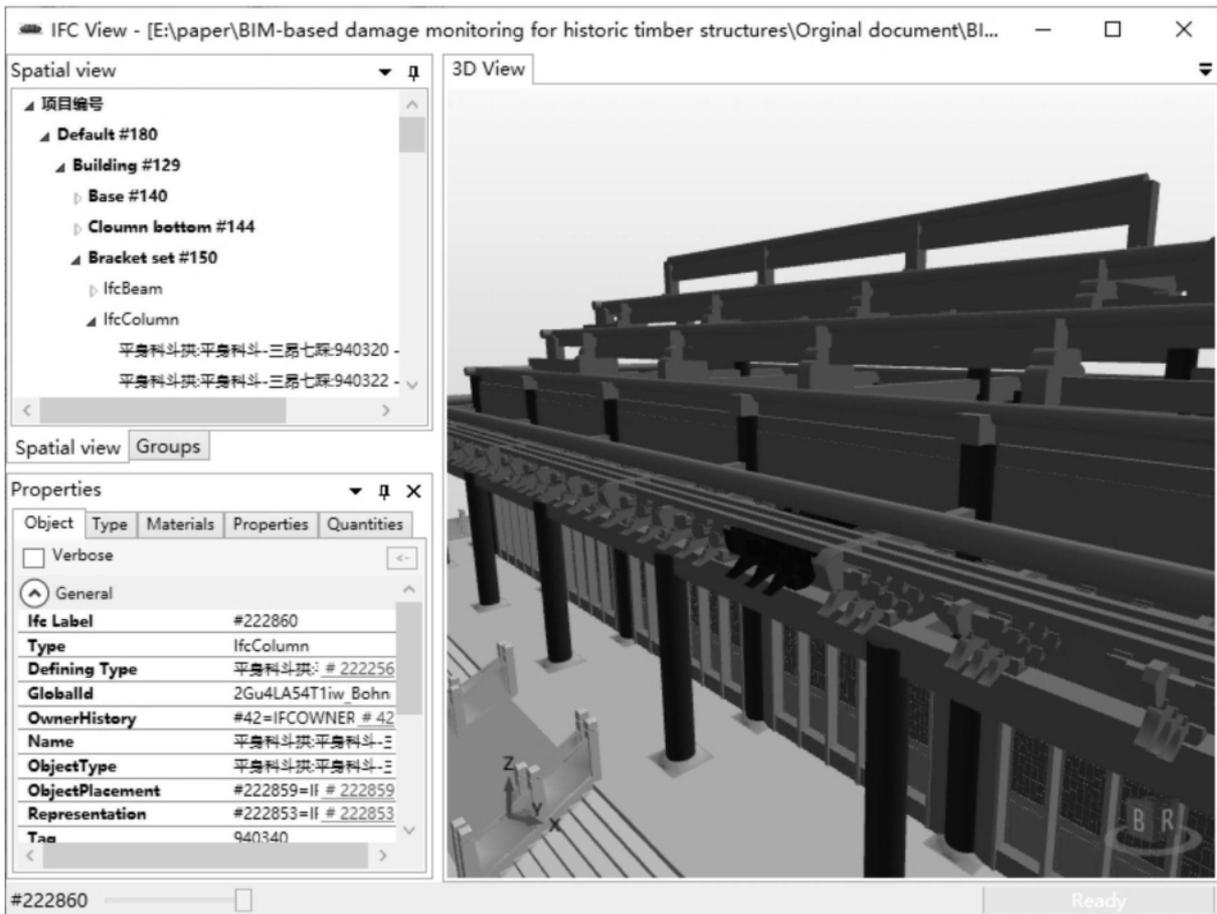


图10

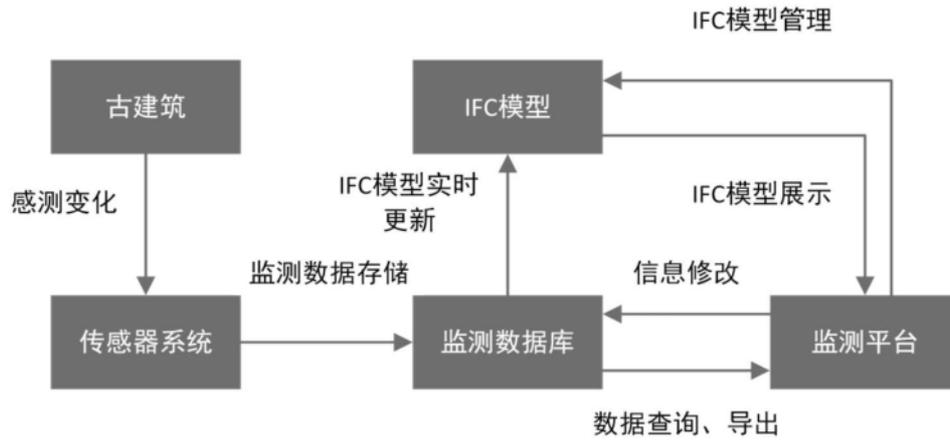


图11