



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116090279 A

(43) 申请公布日 2023. 05. 09

(21) 申请号 202211218759.8

(22) 申请日 2022.10.07

(71) 申请人 北京工业大学

地址 100124 北京市朝阳区平乐园100号

(72) 发明人 赵雪锋 厉望秉

(74) 专利代理机构 北京思海天达知识产权代理有限公司 11203

专利代理师 王兆波

(51) Int. Cl.

G06F 30/23 (2020.01)

G06F 111/18 (2020.01)

G06F 119/14 (2020.01)

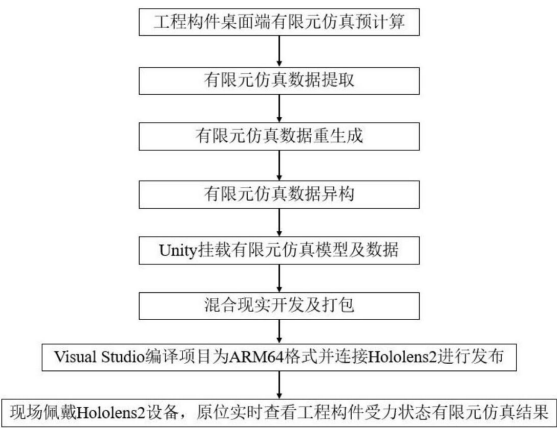
权利要求书2页 说明书5页 附图7页

(54) 发明名称

一种基于混合现实的两端固支梁受力状态原位有限元仿真方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于混合现实的两端固支梁受力状态原位有限元仿真方法,首先对工程构件桌面端有限元仿真预计算;有限元仿真数据提取;有限元仿真数据重生成;有限元仿真数据异构;Unity挂载有限元仿真模型及数据;混合现实开发及打包;Visual Studio编译项目为ARM64格式并连接Hololens2进行发布;现场佩戴Hololens2设备,原位查看工程构件受力状态有限元仿真结果。本发明解决了有限元仿真难以结合真实工程构件场地条件进行原位分析的问题,实现了基于真实工程构件的场地条件对有限元仿真结果进行原位分析。本发明可为工程构件的设计、施工、运维提供力场参考,为土木工程及智能建造领域的力场仿真与分析提供更加高效实用的方法。



1. 一种基于混合现实的两端固支梁受力状态原位有限元仿真方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤1,工程构件桌面端有限元仿真预计算;

步骤2,有限元仿真数据提取;

步骤3,有限元仿真数据重生成;

步骤4,有限元仿真数据异构;

步骤5,Unity挂载有限元仿真模型及数据;

步骤6,混合现实开发及打包;

步骤7,Visual Studio编译项目为ARM64格式并连接Hololens2进行发布;

步骤8,现场佩戴Hololens2设备,原位查看工程构件受力状态有限元仿真结果。

2. 如权利要求1所述的基于混合现实的两端固支梁受力状态原位有限元仿真方法,其特征在于,在步骤1中,在Abaqus软件中依次可执行如下步骤:

步骤1.1:确定工程构件的物理属性参数与状态属性参数;

步骤1.2:在Abaqus中创建工程构件有限元仿真分析模型;

步骤1.3:获取工程构件Abaqus有限元仿真结果数据。

3. 如权利要求1所述的基于混合现实的两端固支梁受力状态原位有限元仿真方法,其特征在于,在步骤2中,依次可执行如下步骤:

步骤2.1:修改用于有限元仿真数据提取的Python脚本配置文件参数;

步骤2.2:在集成PythonADE的Abaqus内核命令行界面运行数据提取脚本;

步骤2.3:利用odb2vtk脚本将odb格式的有限元仿真数据转换为基于XML非结构化网格的vtu数据格式。

4. 如权利要求1所述的基于混合现实的两端固支梁受力状态原位有限元仿真方法,其特征在于,在步骤3中,在PyCharm Python IDE中依次可执行如下步骤:

步骤3.1:在PyCharm Python IDE中调试VTK工具包;

步骤3.2:利用VTK工具包对2.3步骤得到的数据文件进行重生成。

5. 如权利要求1所述的基于混合现实的两端固支梁受力状态原位有限元仿真方法,其特征在于,在步骤4中,在ParaView工具包中依次可执行如下步骤:

步骤4.1:在基于VTK的ParaView工具包中对工程构件有限元仿真模型进行重构,体现网格、材质等特点;

步骤4.2:在基于VTK的ParaView工具包中将工程构件的有限元仿真网格数据存储在统一的拓扑结构中,并导出数据。

6. 如权利要求1所述的基于混合现实的两端固支梁受力状态原位有限元仿真方法,其特征在于,在步骤5中,在Unity中依次可执行如下步骤:

步骤5.1:在Unity中导入步骤4.2导出的工程构件有限元仿真模型及数据;

步骤5.2:在Unity中利用预制体文件创建有限元仿真数据图例。

7. 如权利要求1所述的基于混合现实的两端固支梁受力状态原位有限元仿真方法,其特征在于,在步骤6中,在Unity中依次可执行如下步骤:

步骤6.1:在Unity中导入Microsoft MRTK工具包;

步骤6.2:在Unity中适配混合现实并创建场景。

8.如权利要求1所述的基于混合现实的两端固支梁受力状态原位有限元仿真方法,其特征在于,在步骤7中,用Visual Studio打开所保存的项目,将项目编译为与Hololens2合适的格式,并发布成安装包;连接Hololens2,部署并调试Hololens2的使用环境,将HoloLens设置为使用Windows设备门户,通过Wi-Fi连接Hololens2设备,进行项目发布。

9.如权利要求1所述的基于混合现实的两端固支梁受力状态原位有限元仿真方法,其特征在于,在步骤8中,在工程现场佩戴Hololens2设备,在真实空间内任意移动,以真实工程构件为参照,从不同的角度结合有限元分析结果对真实构件进行观察与分析,对工程构件进行原位的力学仿真与分析,实现力场的可视化。

一种基于混合现实的两端固支梁受力状态原位有限元仿真方法

技术领域

[0001] 本发明涉及土木工程及智能建造领域,特别涉及一种基于混合现实的两端固支梁受力状态原位有限元仿真方法。

背景技术

[0002] 有限元仿真作为数值模拟的常用技术,长期在土木工程及智能建造领域得到广泛且深入的应用。虽然目前这些有限元仿真工具功能很强大,但整个有限元仿真的前处理、求解、后处理流程都基于桌面端程序展开,给有限元仿真工具的充分利用造成了一定的挑战。传统的有限元仿真在纯虚拟的环境中进行,隔绝了人类对尺度、方向等真实空间的感知;并且传统的有限元仿真过程脱离真实工程构件,难以结合真实工程构件的场地条件对有限元仿真结果进行原位分析。因此,如何基于真实工程构件的场地条件对工程构件进行原位受力状态有限元仿真具有重要的现实意义。

[0003] MR (Mixed Reality,混合现实)技术作为物理与数字交互领域中的新兴技术,可以结合真实和虚拟世界创造新的环境和可视化,形成一个人、计算机、环境相结合的混合现实空间,使人可以结合计算机数字信息加强对真实环境的理解。在这个新的可视化环境里物理和数字对象可实现共存,并可在该环境中将虚拟世界与现实世界进行模型交互与信息获取,实现虚拟与现实的互动,增强用户体验的真实感。有限元仿真与MR的结合可以将二维显示屏中的虚拟仿真结果信息展现在现实的三维场景当中,实现数字空间虚拟信息与真实环境间的直观交互。将其应用在土木工程及智能建造领域,结合有限元仿真技术,可以将真实工程构件场地条件作为参照,从不同的角度结合真实构件对有限元仿真结果进行观察与分析,对真实工程构件进行原位的力学仿真与分析,实现力场的可视化。

发明内容

[0004] 为实现利用有限元仿真技术与MR技术基于真实工程构件的场地条件对有限元仿真结果进行原位分析,本发明提供一种基于混合现实的两端固支梁受力状态原位有限元仿真方法,该方法包括以下步骤:

[0005] 步骤1,工程构件桌面端有限元仿真预计算。

[0006] 步骤2,有限元仿真数据提取。

[0007] 步骤3,有限元仿真数据重生成。

[0008] 步骤4,有限元仿真数据异构。

[0009] 步骤5,Unity挂载有限元仿真模型及数据。

[0010] 步骤6,混合现实开发及打包。

[0011] 步骤7,Visual Studio编译项目为ARM64格式并连接Hololens2进行发布。

[0012] 步骤8,现场佩戴Hololens2设备,原位查看工程构件受力状态有限元仿真结果。

[0013] 进一步,在步骤1中,在Abaqus软件中依次可执行如下步骤:

- [0014] 步骤1.1:确定工程构件的物理属性参数与状态属性参数;
- [0015] 步骤1.2:在Abaqus中创建工程构件有限元仿真分析模型;
- [0016] 步骤1.3:获取工程构件Abaqus有限元仿真结果数据。
- [0017] 进一步,在步骤2中,依次可执行如下步骤:
- [0018] 步骤2.1:修改用于有限元仿真数据提取的Python脚本配置文件参数;
- [0019] 步骤2.2:在集成PythonADE的Abaqus内核命令行界面运行数据提取脚本;
- [0020] 步骤2.3:利用odb2vtk脚本将odb格式的有限元仿真数据转换为基于XML非结构化网格的vtu数据格式。
- [0021] 进一步,在步骤3中,在PyCharm Python IDE中依次可执行如下步骤:
- [0022] 步骤3.1:在PyCharmPythonIDE中调试VTK工具包;
- [0023] 步骤3.2:利用VTK工具包对2.3步骤得到的数据文件进行重生成。
- [0024] 进一步,在步骤4中,在ParaView工具包中依次可执行如下步骤:
- [0025] 步骤4.1:在基于VTK的ParaView工具包中对工程构件有限元仿真模型进行重构,体现网格、材质等特点;
- [0026] 步骤4.2:在基于VTK的ParaView工具包中将工程构件的有限元仿真网格数据存储在统一的拓扑结构中,并导出数据。
- [0027] 进一步,在步骤5中,可在Unity中依次可执行如下步骤:
- [0028] 步骤5.1:在Unity中导入步骤4.2导出的工程构件有限元仿真模型及数据;
- [0029] 步骤5.2:在Unity中利用预制体文件创建有限元仿真数据图例。
- [0030] 进一步,在步骤6中,可在Unity中依次可执行如下步骤:
- [0031] 步骤6.1:在Unity中导入Microsoft MRTK工具包;
- [0032] 步骤6.2:在Unity中适配混合现实并创建场景。
- [0033] 进一步,在步骤7中,用Visual Studio打开所保存的项目,将项目编译为与Hololens2合适的格式(ARM64格式),并发布成安装包。连接Hololens2,部署并调试Hololens2的使用环境,将HoloLens设置为使用Windows设备门户,通过Wi-Fi连接Hololens2设备,进行项目发布。
- [0034] 进一步,在步骤8中,在工程现场佩戴Hololens2设备,可在真实空间内任意移动,以真实工程构件为参照,从不同的角度结合有限元分析结果对真实构件进行观察与分析,对工程构件进行原位的力学仿真与分析,实现力场的可视化。
- [0035] 本发明的优点及积极效果为:
- [0036] (1) 利用Abaqus+PyCharm Python IDE+VTK工具包+ParaView工具包的方式,实现了对有限元仿真模型数据及结果数据的提取、重生成及异构;
- [0037] (2) 通过将提取、重生成及异构后的海量有限元仿真模型数据及结果数据封装至Hololens2设备中,将二维显示屏中的虚拟模型信息展现在现实的三维场景当中,对工程构件进行原位的力学仿真与分析,实现力场的可视化,以解决难以结合真实工程构件的场地条件对有限元仿真结果进行原位分析的现实问题。
- [0038] 基于此,利用基于混合现实的两端固支梁受力状态原位有限元仿真方法,将多种数字化技术结合并应用到两端固支梁受力状态原位有限元仿真当中,在实现将数字空间虚拟信息与真实环境间的直观交互的同时,可以真实工程构件为参照,从不同的角度结合有

限元分析结果对真实构件进行观察与分析,实现力场的可视化,实现基于真实工程构件的场地条件对有限元仿真结果进行原位分析。便于工程师分析工程构件的受力状态,为工程构件或工程结构的设计、施工、运维提供力场参考,确保建、构筑物的结构安全,促进土木工程及智能建造的可持续发展。

附图说明

[0039] 通过结合以下附图所作的详细描述,本发明的上述和/或其他方面和优点将变得更清楚和更容易理解,此附图只是示意性的,并不限制本发明,其中:

[0040] 图1是基于混合现实的两端固支梁受力状态原位有限元仿真方法流程图。

[0041] 图2是工程构件Abaqus有限元仿真结果数据图。

[0042] 图3是odb2vtk Python脚本配置文件参数图。

[0043] 图4是在Abaqus内核命令行界面调用Abaqus内核运行数据提取脚本示例图。

[0044] 图5是odb2vtk Python脚本进行数据格式转换的示例图。

[0045] 图6是在PyCharm Python IDE中调试VTK工具包的示例图。

[0046] 图7是调用VTK工具包对有限元仿真数据进行重生成的示例图。

[0047] 图8是ParaView工具包对工程构件有限元仿真模型进行网格、材质重构的示例图。

[0048] 图9是Unity引擎呈现工程构件有限元仿真结果图形的示例图。

[0049] 图10是Unity引擎中有限元仿真数据图例示例图。

[0050] 图11是在Unity中适配MR并创建项目和不同场景示例图。

[0051] 图12是在工程现场佩戴Hololens2设备示例图。

[0052] 图13是基于HoloLens2的力场可视化示例图。

具体实施方式

[0053] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明做进一步详细的说明。

[0054] 如图1所示,本发明提供一种基于混合现实的两端固支梁受力状态原位有限元仿真方法,该方法包括以下步骤:

[0055] 步骤1,工程构件桌面端有限元仿真预计算。

[0056] 步骤2,有限元仿真数据提取。

[0057] 步骤3,有限元仿真数据重生成。

[0058] 步骤4,有限元仿真数据异构。

[0059] 步骤5,Unity挂载有限元仿真模型及数据。

[0060] 步骤6,混合现实开发及打包。

[0061] 步骤7,VisualStudio编译项目为ARM64格式并连接Hololens2进行发布。

[0062] 步骤8,现场佩戴Hololens2设备,原位查看工程构件受力状态有限元仿真结果。

[0063] 进一步,在步骤1中,在Abaqus软件中依次可执行如下步骤:

[0064] 步骤1.1:根据真实工程构件的实际情况,确定工程构件的物理属性参数与状态属性参数,主要包括几何尺寸、材料属性、荷载情况、约束条件;

[0065] 步骤1.2:在Abaqus中利用步骤1.1相关参数完成有限元仿真分析的前处理过程,

主要包括：创建部件、定义材料、定义截面属性、装配、定义分析步、定义接触、指定荷载、划分网格，建立工程构件有限元仿真分析模型；

[0066] 步骤1.3：在Abaqus中提交作业，进行工程构件有限元仿真计算，如图2所示，并获取工程构件Abaqus有限元仿真结果数据。

[0067] 进一步，在步骤2中，依次可执行如下步骤：

[0068] 步骤2.1：修改用于有限元仿真数据提取的odb2vtkPython脚本配置文件参数，如图3所示，需要修改的内容主要包括：Abaqus有限元仿真结果数据文件在计算机中的位置以及数据提取后在计算机中的输出位置，Abaqus有限元仿真模型的网格类型，Abaqus有限元仿真结果数据划分数据块的个数，Abaqus有限元仿真模型的帧、分析步和实例的个数；

[0069] 步骤2.2：在集成Python ADE的Abaqus内核命令行界面依次运行“import sys”、“sys.path.append(‘脚本文件地址’)”、“import os”、“import odb2vtk”、“from odb2vtk import*”指令，如图4所示，调用Abaqus内核运行数据提取脚本；

[0070] 步骤2.3：在集成Python ADE的Abaqus内核命令行界面运行“ConvertOdb2Vtk(‘配置文件地址’)”指令，运行odb2vtkPython脚本将odb格式的有限元仿真数据转换为基于XML非结构化网格的vtu数据格式，如图5所示。

[0071] 进一步，在步骤3中，在PyCharm Python IDE中依次可执行如下步骤：

[0072] 步骤3.1：在计算机中分别安装“VTK-7.1.1-cp36-cp36m-win_amd64.whl”“numpy-1.12.1+mkl-cp36-cp36m-win_amd64.whl”“traits-4.6.0-cp36-cp36m-win_amd64.whl”“mayavi-4.5.0+vtk71-cp36-cp36m-win_amd64.whl”“PyQt4-4.11.4-cp36-cp36m-win_amd64.whl”库文件，在PyCharm Python IDE中，调试VTK工具包，如图6所示；

[0073] 步骤3.2：在PyCharm Python IDE输入“import vtkmodules.all as vtk”指令，调用利用VTK工具包对步骤2.3得到的vtu格式数据文件进行重生成，检验步骤2.3数据提取的正确性，如图7所示。

[0074] 进一步，在步骤4中，在ParaView工具包中依次可执行如下步骤：

[0075] 步骤4.1：在基于VTK的ParaView工具包中导入步骤3.2检验正确的vtu格式的有限元仿真数据，调用Paraview工具包强大的可视化模块，对工程构件有限元仿真模型进行重构，体现网格、材质等特点，如图8所示；

[0076] 步骤4.2：在基于VTK的ParaView工具包中调用格式转换模块，将工程构件的有限元仿真网格、材质数据存储在统一的拓扑结构中，并导出数据。

[0077] 进一步，在步骤5中，可在Unity中依次可执行如下步骤：

[0078] 步骤5.1：在Unity中创建3D项目，将步骤4.2导出的工程构件有限元仿真模型及数据作为资源包导入Unity引擎中，Unity引擎调用计算机GPU内存对模型及数据进行直接读取，然后在屏幕上呈现工程构件有限元仿真结果图形，如图9所示；

[0079] 步骤5.2：在Unity中调用预制体模块，在项目场景中添加“Cube”，并根据工程构件有限元仿真结果的数值区间划分14个梯度区间，并按照由红“255,0,0”到蓝“0,0,255”的颜色梯度均匀创建14个对应的材质球，将每一个材质球赋予都赋予到预制体“Cube”上，并通过添加文本的形式，在添加了材质球的预制体附近标明所代表的数值，创建有限元仿真数据图例，如图10所示。

[0080] 进一步，在步骤6中，可在Unity中依次可执行如下步骤：

[0081] 步骤6.1:在Unity中利用MixedRealityFeatureTool工具导入MicrosoftMRTK工具包,主要包括“Mixed Reality Toolkit Examples”“Mixed Reality Toolkit Extensions”“Mixed Reality Toolkit Utilities”“Mixed Reality Toolkit Tools”资源包,如图11所示;

[0082] 步骤6.2:在Unity中适配混合现实并创建场景,在Unity引擎中实现对于有限元仿真模型及数据的抓取、移动、旋转和缩放功能,此步骤需要将

“NearInteractionGrabbable.cs”“ManipulationHandler.cs”“BoundingBox.cs”“Interactable.cs”脚本挂载至Unity引擎中。

[0083] 进一步,在步骤7中,用VisualStudio打开所保存的项目,将项目编译为与Hololens2合适的格式(ARM64格式),并发布成安装包。连接Hololens2,部署并调试Hololens2的使用环境,将HoloLens设置为使用Windows设备门户,通过Wi-Fi连接Hololens2设备,进行项目发布。

[0084] 进一步,在步骤8中,在工程现场佩戴Hololens2设备,如图12所示,可在真实空间内任意移动,以真实工程构件为参照,从不同的角度结合有限元分析结果对真实构件进行观察与分析,对工程构件进行原位的力学仿真与分析,实现力场的可视化,如图13所示。

[0085] 本发明提供的基于混合现实的两端固支梁受力状态原位有限元仿真方法,将有限元仿真分析方法和混合现实技术融合应用到土木工程及智能建造的力场仿真与分析当中;利用Abaqus、odb2vtk脚本、PyCharm Python IDE、VTK工具包和ParaView工具包实现对有限元仿真模型数据及结果数据的提取、重生成及异构,并借助Unity、VisualStudio软件和Hololens2设备实现基于真实工程构件的场地条件对有限元仿真结果进行原位分析。在实现将数字空间虚拟信息与真实环境间的直观交互的同时,可以真实工程构件为参照,从不同的角度结合有限元分析结果对真实构件进行观察与分析,实现力场的可视化,实现基于真实两端固支梁的场地条件对有限元仿真结果进行原位分析,解决有限元仿真难以结合真实两端固支梁场地条件进行原位分析的问题;本发明便于工程师分析两端固支梁的受力状态,为工程构件或工程结构的设计、施工、运维提供力场参考,确保建、构筑物的结构安全,促进土木工程及智能建造的可持续发展。

[0086] 本发明不局限于上述实施方式,任何人在本发明的启示下都可得出其他各种形式的产品,但不论在其形状或结构上作任何变化,凡是具有与本申请相同或相近似的技术方案,均落在本发明的保护范围之内。

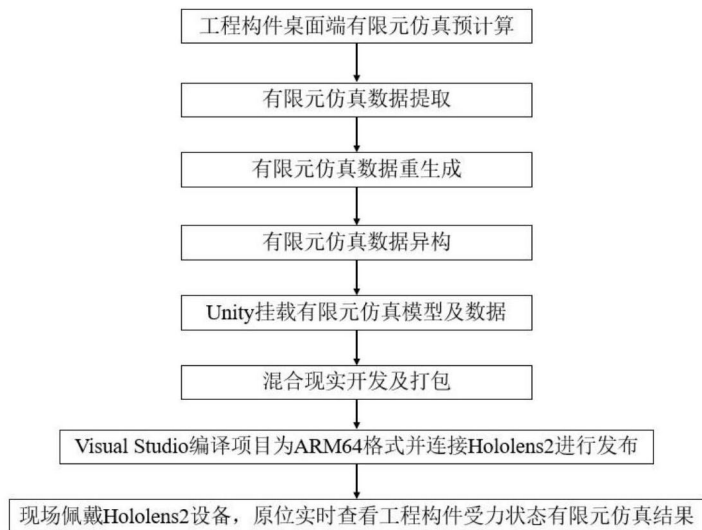


图1

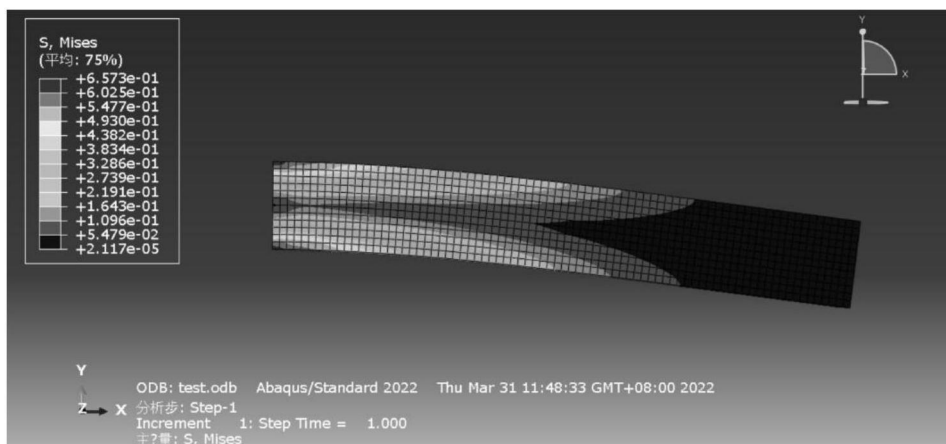


图2

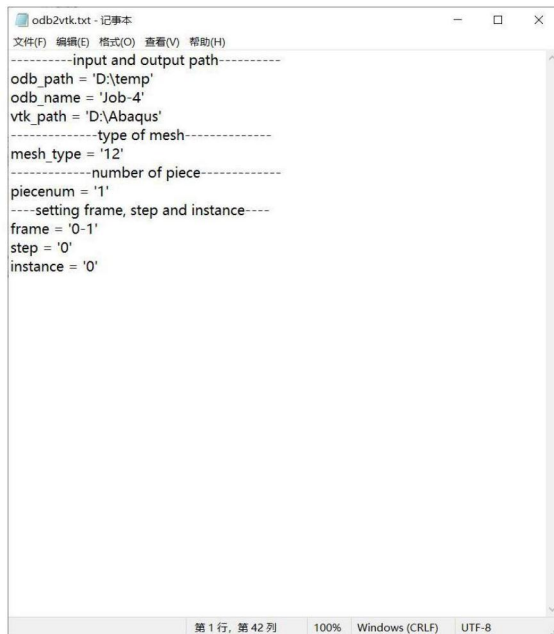


图3

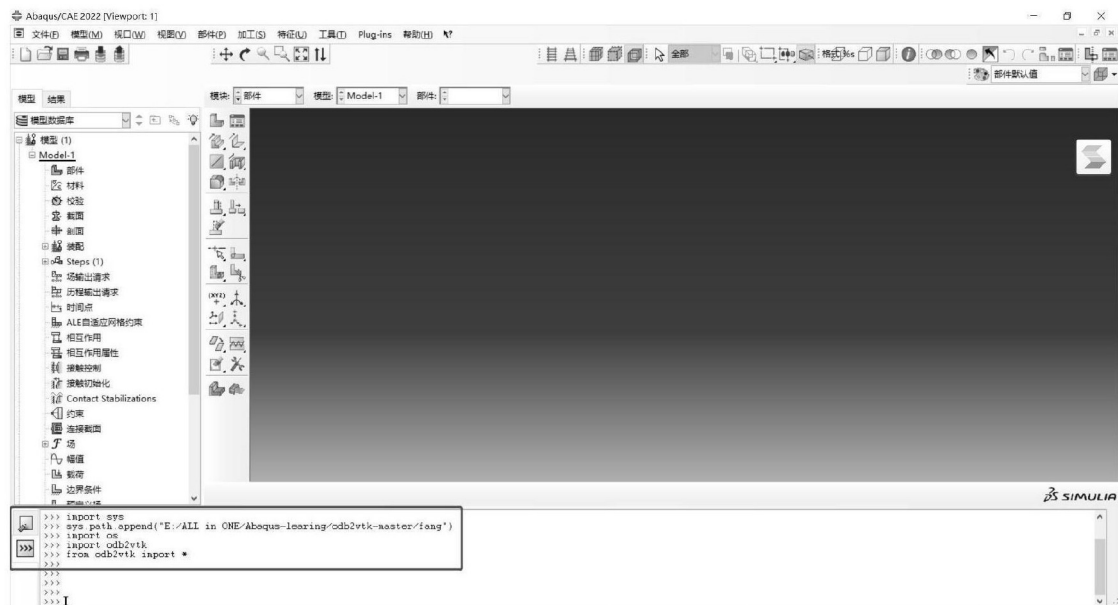


图4

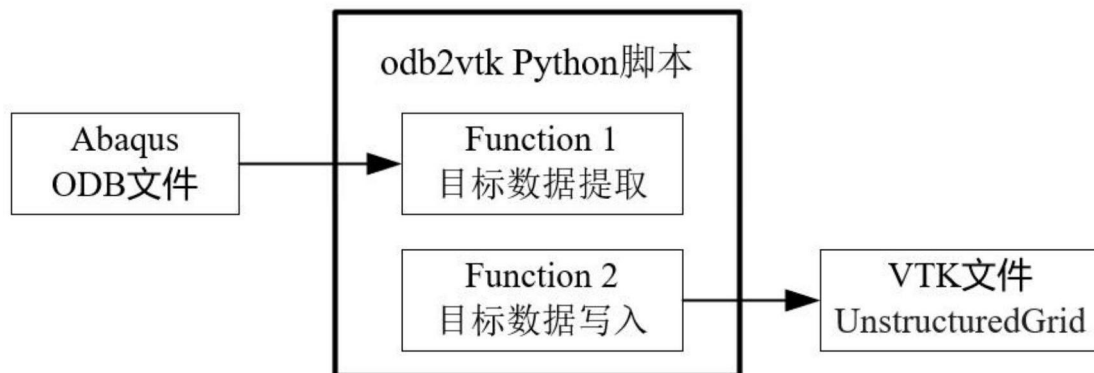


图5

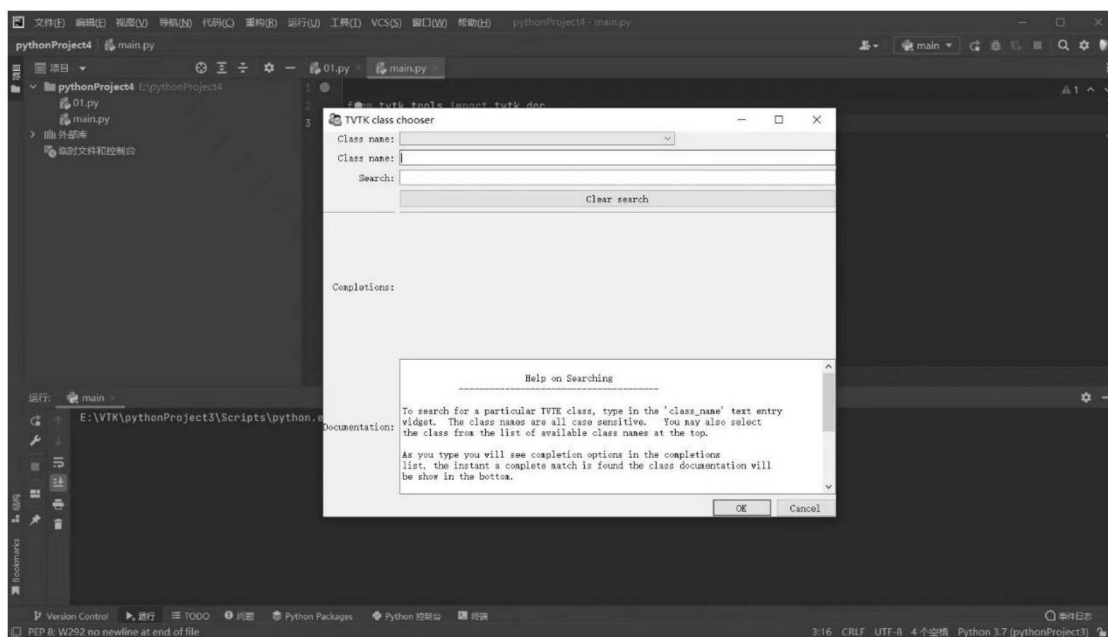


图6

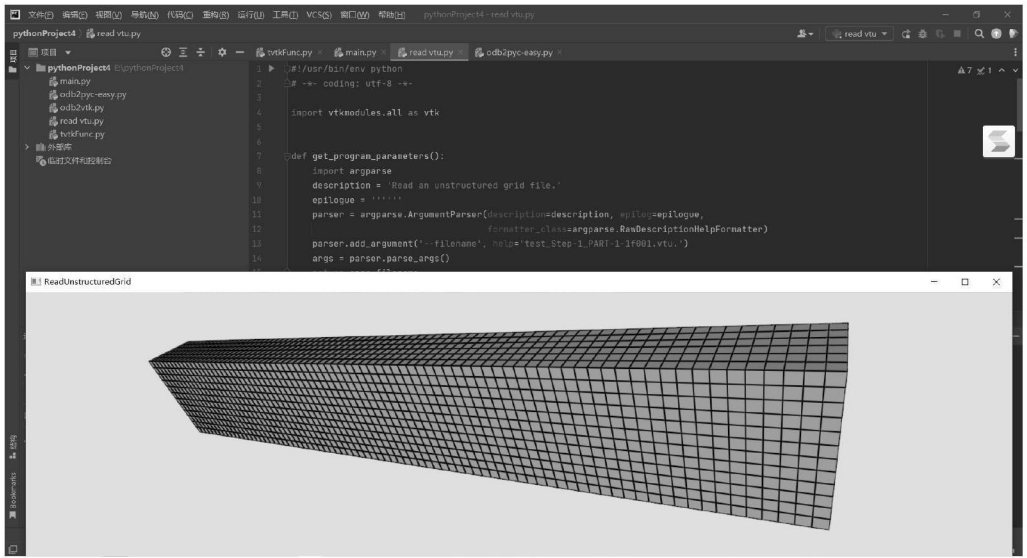


图7

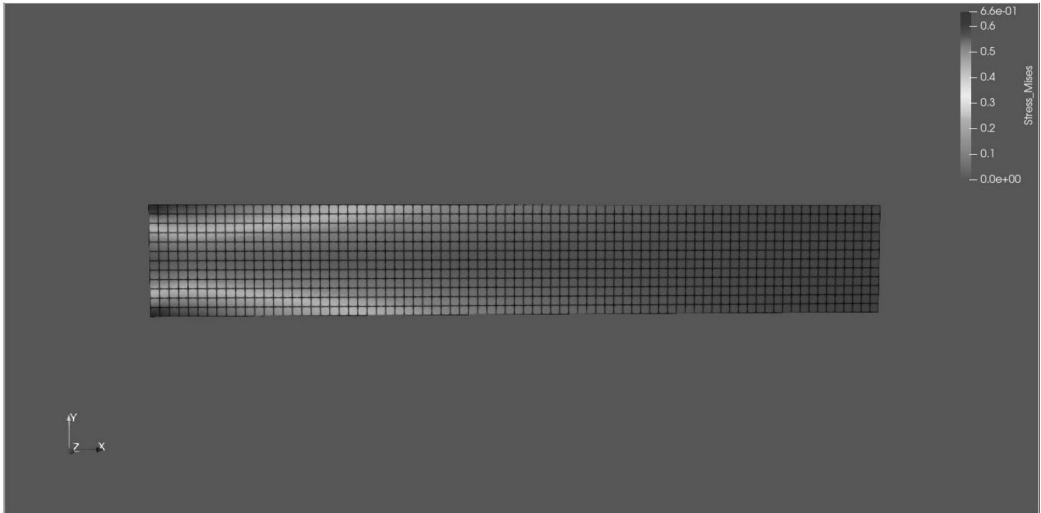


图8

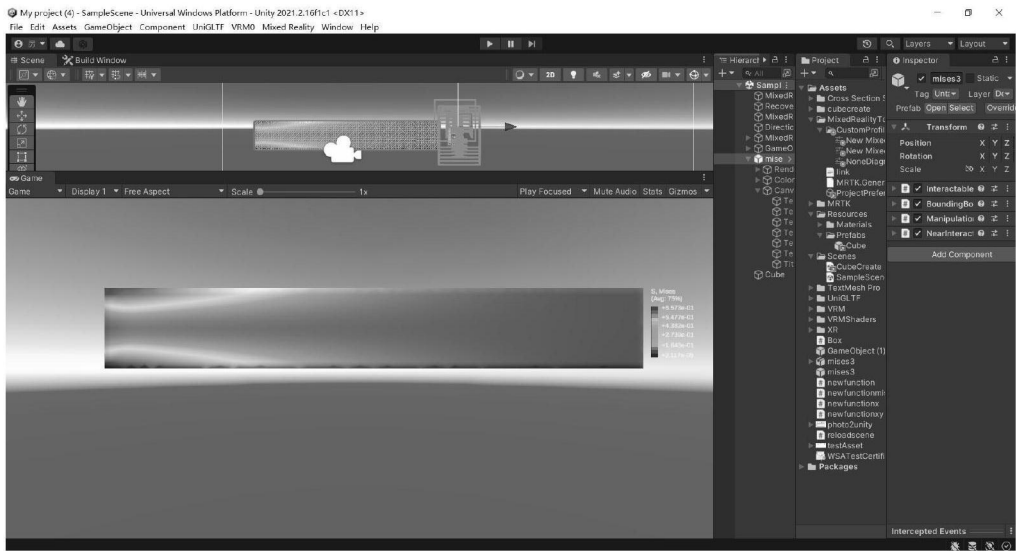


图9

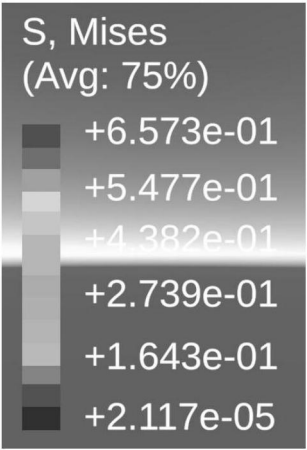


图10

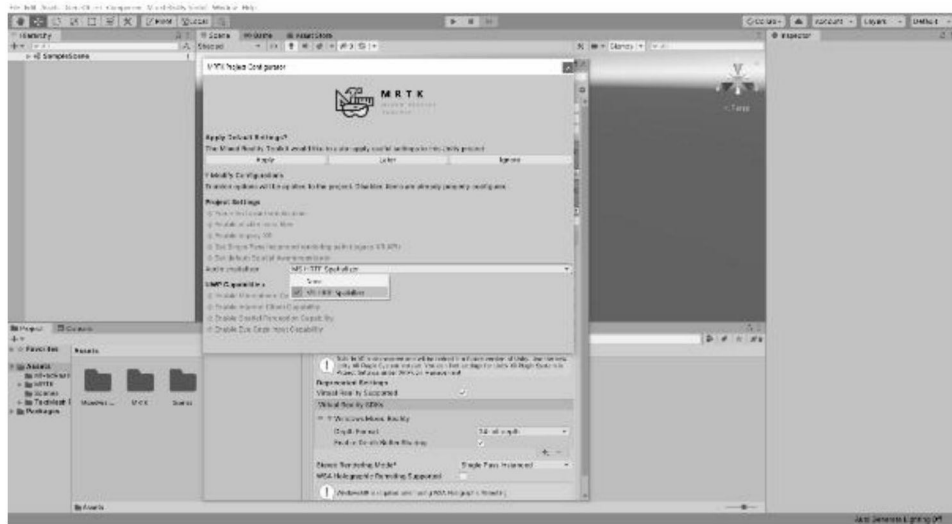


图11



图12



图13