

# 巴西劈裂实验

巴西劈裂实验是在扁平的圆柱体试件的直径方向上放入上下两根垫条，施加相对的线性荷载，使之沿试件直径向破坏，测得试件的抗拉强度。本章模拟巴西劈裂实验，并介绍界面的基本操作方法。数值计算模型示意图如图 3-1 所示，相关参数如表 3.1 所示：

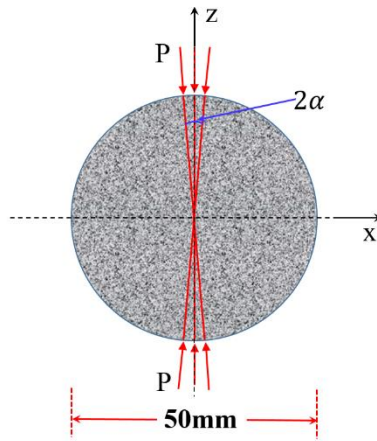


图 3-1 巴西劈裂实验示例图

表 3.1 材料参数(采用简单的线弹性本构模型)

Parameters	
Young's Modulus(GPa)	60
Poisson's Ratio	0.25

## 1.1 网格划分

本软件计算所需要的网格需要借助专业网格划分软件完成。借助 Abaqus 软件建立模型并划分网格如图 3-2 所示：

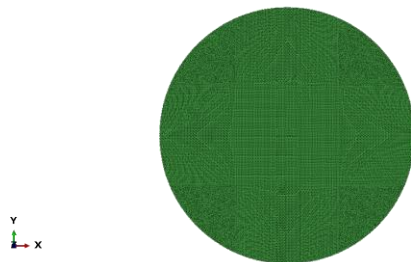


图 3-2 在专业网格划分软件 Abaqus 中建立模型并划分网格

## 1.2 FssiCAS 图形界面操作——前处理

### 1.2.1 新建工程文件

用户首先在任何路径新建一个文件夹，自定义文件名，比如命名为 **Brazil\_Disk\_Split**；然后用户点击图标 **Fssi**，启动 FssiCAS 软件，界面如图 3-3 所示。

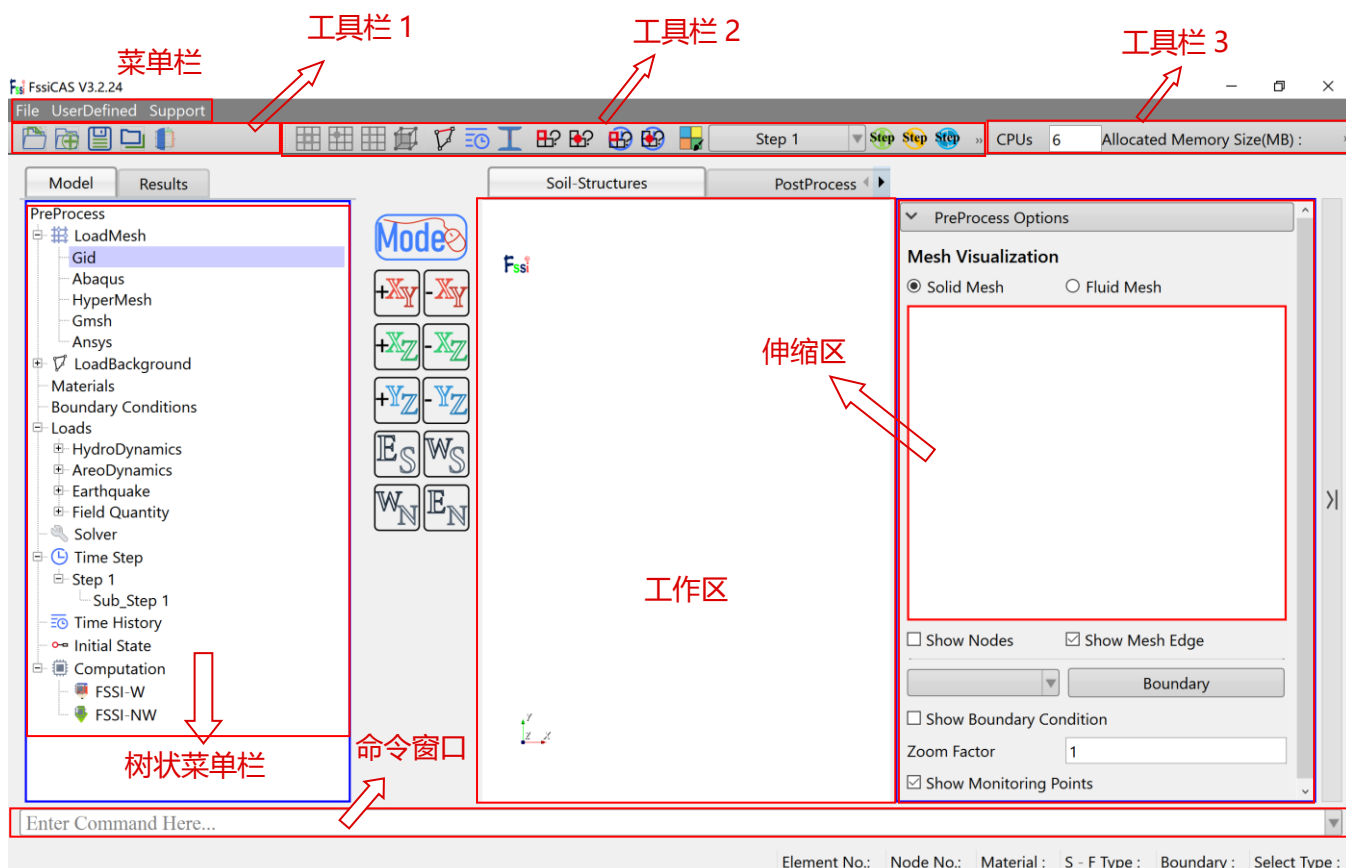


图 3-3 前处理界面

在 FssiCAS 软件中，用户点击 **File—New**，即可新建一个项目；用户点击 **File—Save**，选择之前新建的文件夹（选择 **Brazil\_Disk\_Split** 文件夹），即可将新建的项目保存在之前新建的文件夹里；当用户点击右上角 **×**（退出软件）时，在弹出的窗口中选择 **Yes**，可保存当前项目，选择 **No** 即不保存当前项目，如图 3-4 所示。

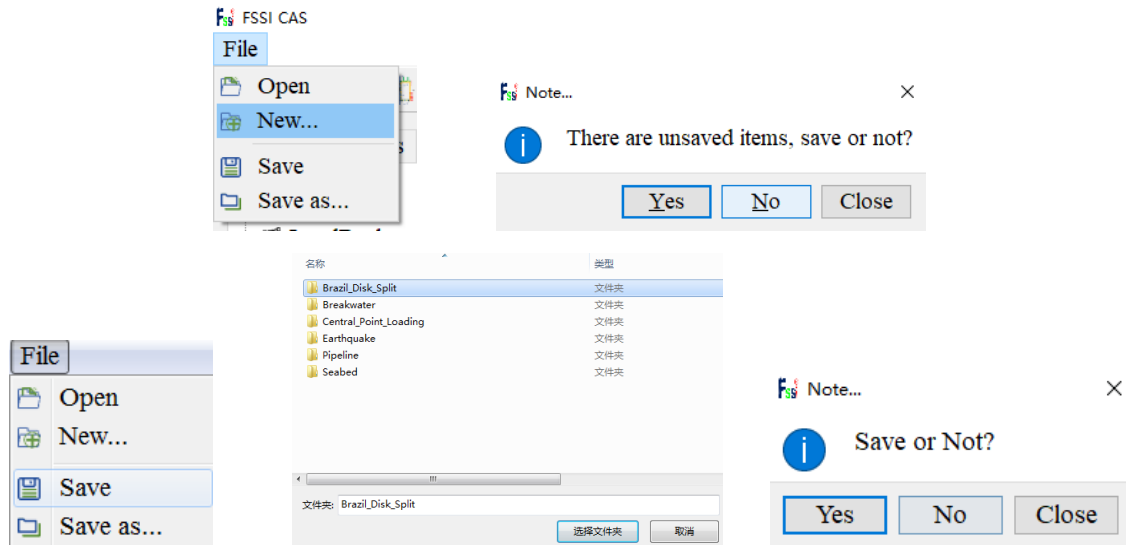


图 3-4 在 FSSI CAS 软件中新建和保存一个项目的过程图

注：文件夹名字不能包含中文字，软件的安装路径不能包含中文路径，项目的保存路径不能包含中文路径。

### 1.2.2 导入网格

用户点击在前处理界面上 Model 树状菜单栏中的 Load Mesh，在弹出 Choose Abaqus.inp File 窗口中，选择从 Abaqus 软件中导出的网格文件，双击或点击打开按钮，可导入几何模型的网格，如图 3-5 所示。

在弹出的 Load Mesh 窗口中设置固体节点数和流体单元阶次，在本案例中固体节点采用四边形八节点二阶单元，不设置流体单元阶次，因此，固体节点数设置为 6/8，流体节点阶次设置为 0（即没有流体存在），点击 OK，如图 3-6 所示。在工作区中显示几何模型如图 3-7 所示。

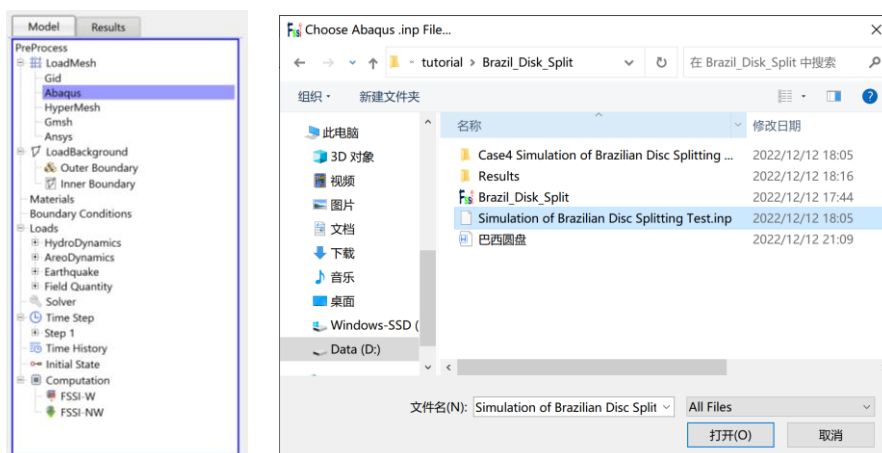


图 3-5 导入几何模型的网格文件

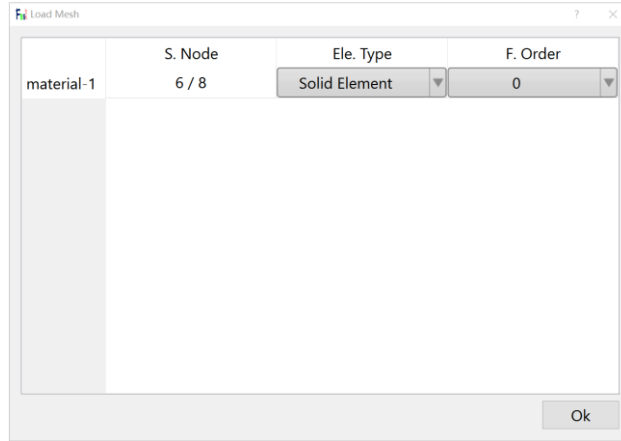


图 3-6 设置固体节点数和流体单元阶次

注：这里通常规定从第三方网格画分软件导入的网格系统单元上的固体节点的阶次不能改变，由软件自行判断固体节点的阶次。从 GID、Hypermesh Solidworks 等建模软件导出的网格中固体节点为几阶，那么导入 FSSI-CAS 软件后固体节点还是原阶次，但可以指定流体单元的阶次，但是流体单元的阶次不能大于同位置固体单元的阶次。

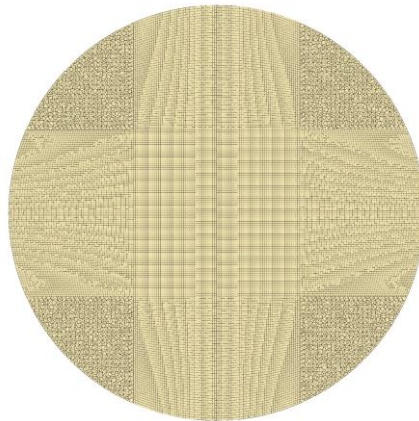


图 3-7 几何模型的显示

### 1.2.3 导入背景线

加载几何模型的背景线，是为了后续施加边界条件、区分材料以及设置输出时程结果的线。当边界形状比较复杂时，添加背景线可使后续施加边界条件的操作更加便捷。

## 1.2.4 添加边界条件

需要将几何模型的边界条件设置为：将圆盘的上下两边界施加 50Mpa 的恒定的分布力；圆盘纵向对称轴上的所有节点设置为 X 方向位移固定；圆盘纵向对称轴上的所有节点设置为 Y 方向位移固定；圆盘的中心点施加 X、Y 方向位移固定；

点击工具栏 2 中图标，进入边界选择模式，如图 3-8 所示；

点击工具栏 2 中图标，进入单元选择模式，如图 3-9 所示；

点击键盘‘R’键，开始选择；



图 3-8 进入边界选择模式



图 3-9 进入单元选择模式

在工作区中拖动鼠标框选圆盘的上下以纵向对称轴称的十个单元，用鼠标拖动选中后被选择的单元出现高亮；

当选择‘R’键模式下，无法拖动圆盘，再次点击‘R’键，取消此模式，按住鼠标中键即可拖动。

点击鼠标右键，在显示的边界条件下拉菜单中，选择 Distribution Pressure—Apply，如图 3-10 所示；

在弹出的对话框中施加恒定的分布力边界条件，大小为 50Mpa，并将此边界条件命名为 BC-1，点击 Ok，力边界条件施加完成，如图 3-11 所示；

再次点击键盘‘R’键，可结束选择；

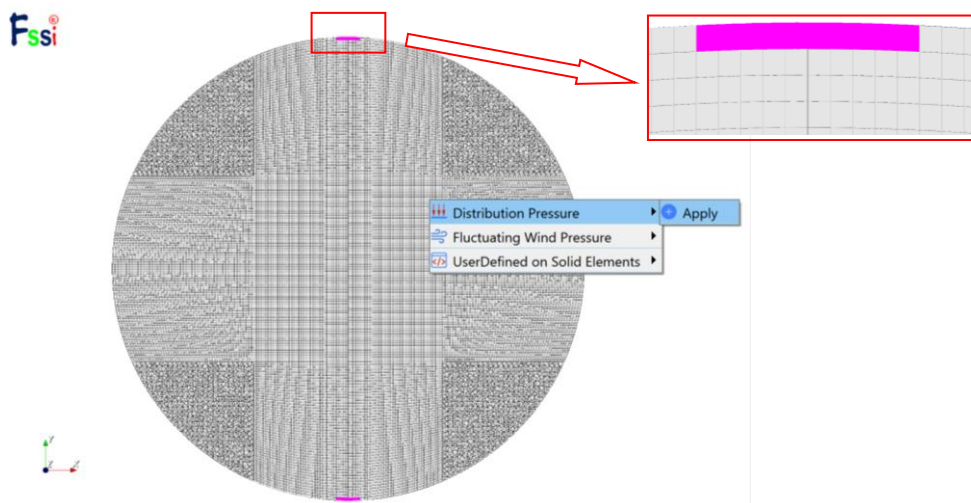


图 3-10 将几何模型的上下两边界选中并选择施加分布力

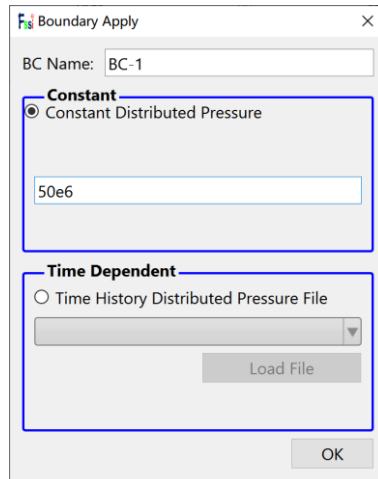


图 3-11 将几何模型的上下两边界施加 50Mpa 的恒定的分布力

点击工具栏中图标, 进入边界选择模式;

点击工具栏中图标, 进入节点选择模式;

点击键盘‘R’键, 开始选择;

在工作区中拖动鼠标框选圆盘纵向对称轴上的所有节点, 用鼠标拖动选中后被选择的节点出现高亮;

当选择‘R’键模式下, 无法拖动圆盘, 再次点击‘R’键, 取消此模式, 按住鼠标中键即可拖动。

点击鼠标右键, 在显示的边界条件下拉菜单中, 选择 Displacement—Apply, 如图 3-12 所示;

在弹出的对话框中施加 X 方向位移固定, 如图 3-13 所示;

点击 Ok, 边界条件施加完成;

再次点击键盘‘R’键, 可结束选择;

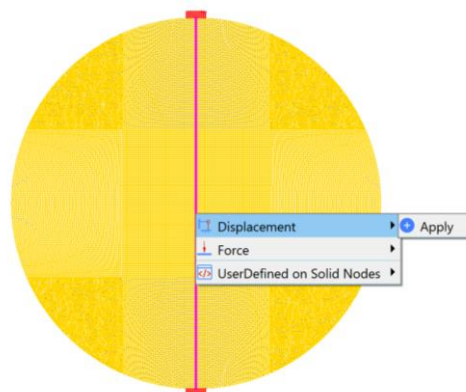


图 3-12 拖动鼠标框选圆盘竖向对称轴上的所有节点

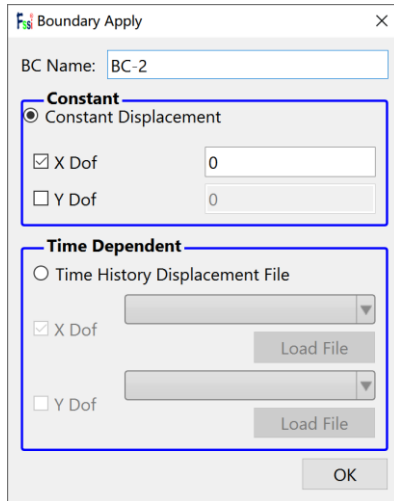


图 3-13 将圆盘竖向对称轴上的所有节点设置为 X 方向位移固定

之后为横向对称轴的节点施加 Y 方向位移固定，首先确定横向对称轴的位置。在界面左下方命令行输入 `highlight point/23`，定位到横向对称轴。如图 3-14 所示。再以相同的方法，为横向对称轴的节点施加 Y 方向位移固定，为模型中心点施加 X、Y 方向位移固定,如图 15 所示；

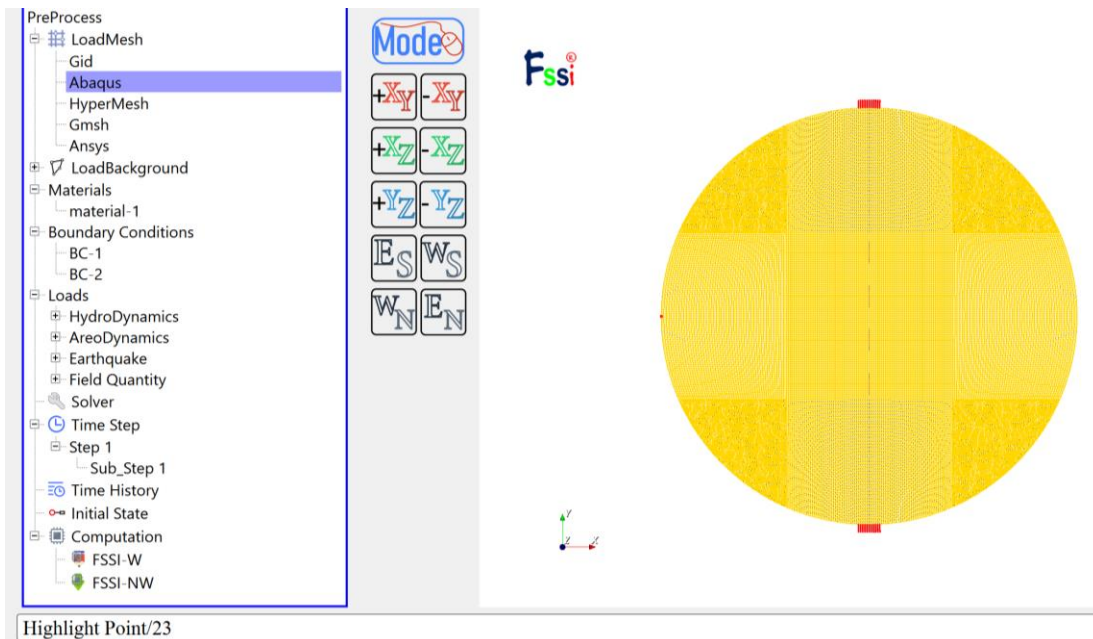


图 3-14 用命令行定位横向对称轴的位置

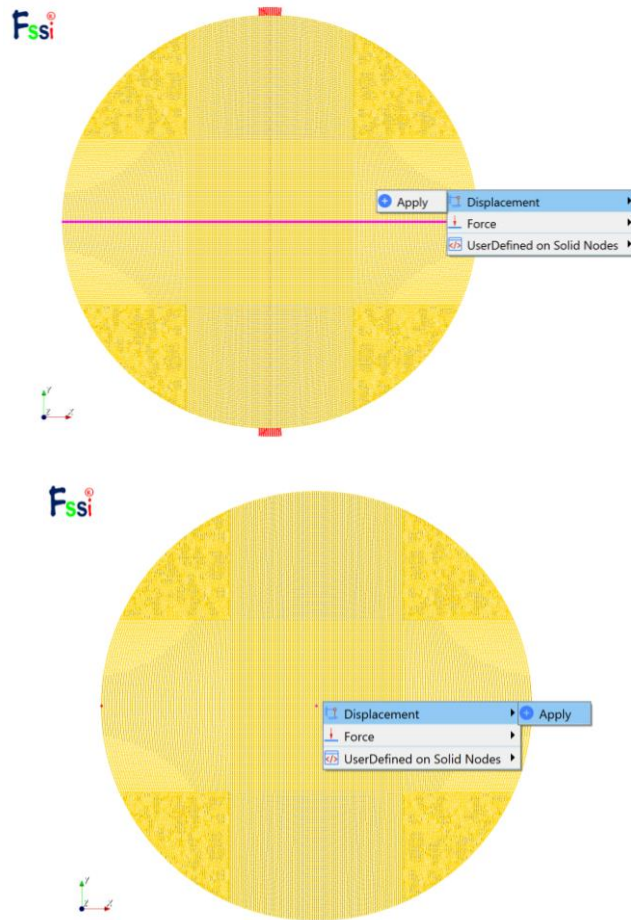


图 3-15 将圆盘横向对称轴上的所有节点设置为 Y 方向位移固定中心点施加 XY 方向固定

在右侧的伸缩区中勾选 Show Boundary Condition，如图 3-16 所示，可以检查是否正确添加边界条件，该案例添加的边界条件如图 3-17 所示；

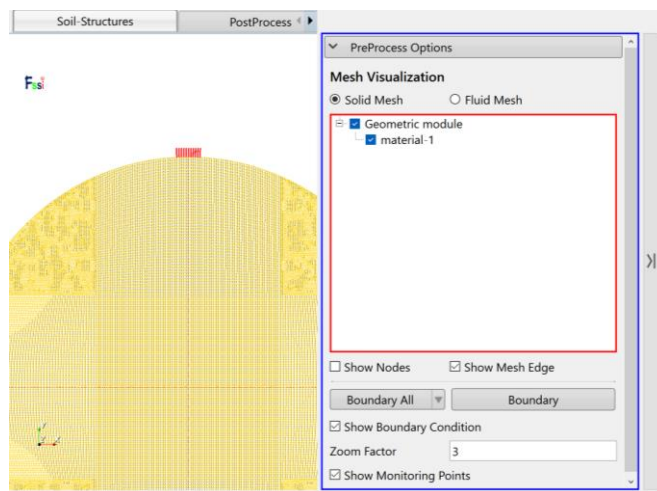


图 3-16 在右侧的伸缩区中勾选 Show Boundary Condition



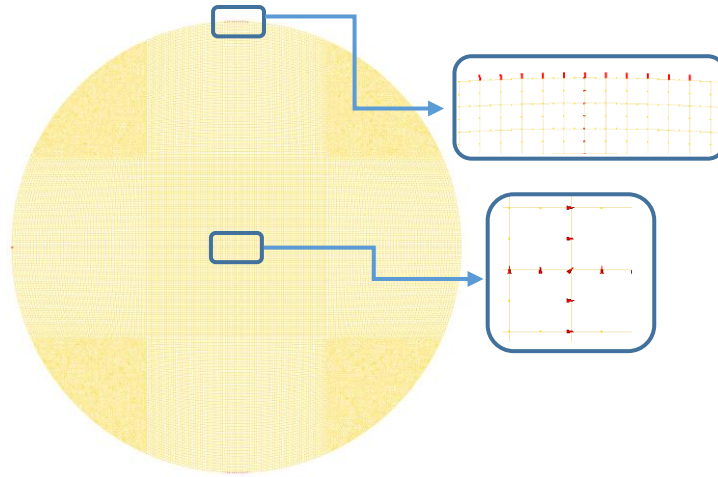


图 3-17 该案例添加的边界条件

### 1.2.5 设置材料参数

在前处理界面正上方的工具栏 2 中，点击从左往右第七个设置材料属性和参数的功能按钮 **Material**；

在工作区中用鼠标左键点击几何模型，点击鼠标右键，在弹出的窗口中选择线弹性本构模型，输入对应的材料属性参数，点击 **OK**，材料属性和参数设置如图 3-19 所示；



图 3-18 前处理界面正上方的工具栏 2 中设置材料属性和参数的功能按钮 **Material**

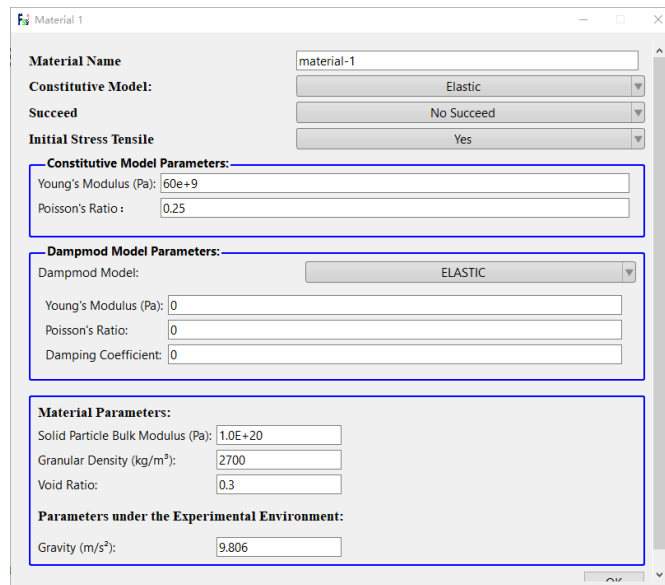


图 3-19 设置材料的相关属性参数

### 1.2.6 设置重力

点击在前处理界面上 Model 树状菜单栏中的 Loads-Field Quantity-Uniform Acceleration Field, 在弹出 Field Quantity 窗口中, 设置 X 方向的重力加速度为  $0\text{m/s}^2$ , Y 方向的重力加速度为  $-9.806\text{m/s}^2$ , 如图 3-19 所示。

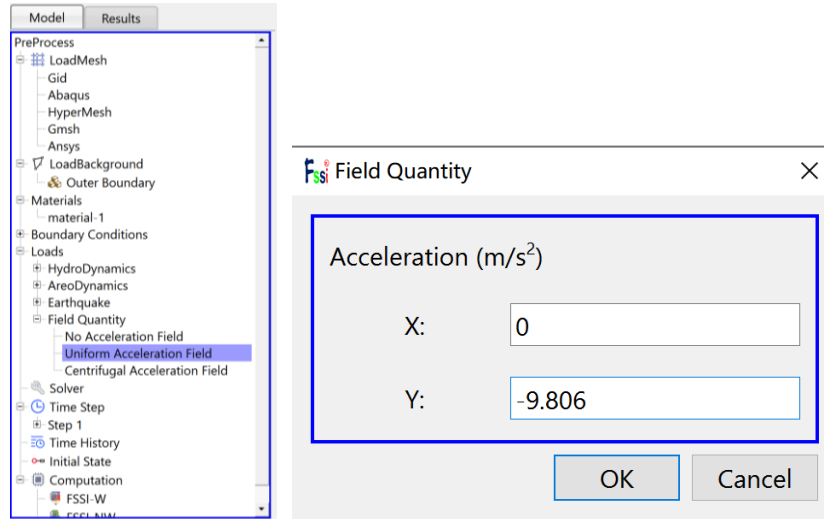


图 3-19 设置重力

### 1.2.7 水动力边界条件设置

由于本案例不考虑流体节点, 不设置水动力边界条件。因此, 设置耦合方式为非耦合, 不考虑波浪动力, 点击 FssiCAS—Preprocess—Loads-Hydrodynamics—No Hydro, 如图 3-20 所示;

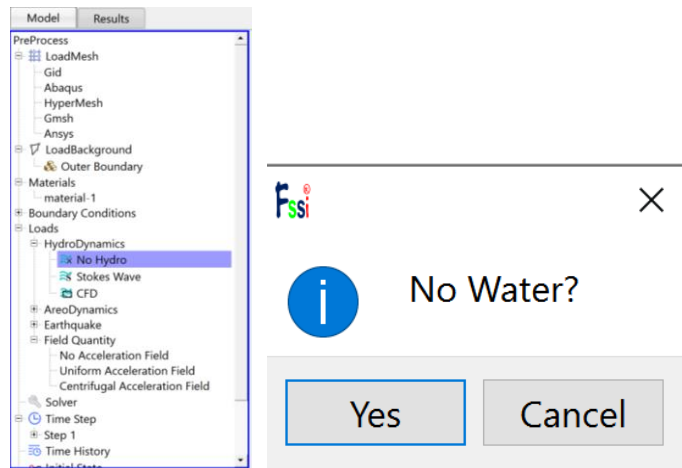


图 3-20 耦合方式选择非耦合 (不考虑波浪动力)

### 1.2.8 设置求解器类型和时间步

点击前处理界面上 Model 树状菜单栏里的 Solver，在弹出的对话框中设置求解器类型，求解器设置为 Static（Static 表示与时间无关的静态），并进行相关属性参数设置，如图 3-21 所示；

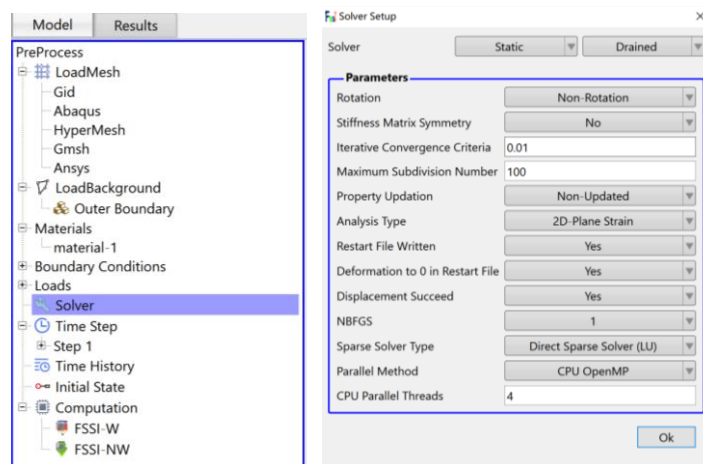


图 3-21 设置求解器的相关属性参数

在前处理界面上的 Model 树状菜单栏的 Time Step 中，点击 Sub\_Step1，设置求解时间步数为  $20 \times 0.01s = 0.2s$ ，时间步长为 0.1s，不更新坐标，不更新刚度矩阵，每步最大迭代 10 次，不输出重启文件，每 0.1s 输出分布图结果，每 0.1s 输出时程结果，输出高斯点上结果，如图 3-22 所示；

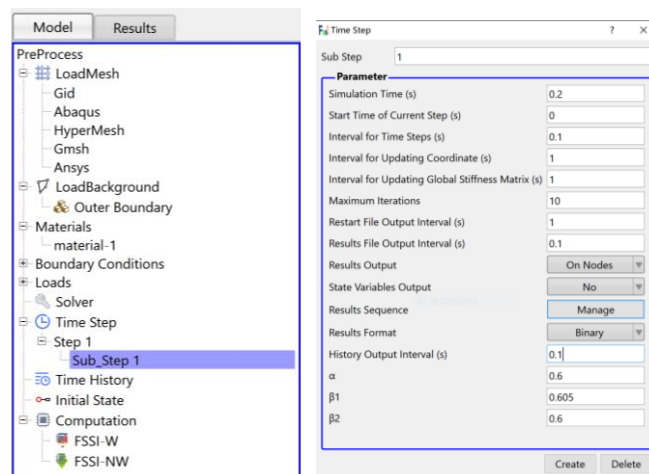


图 4-22 设置时间步和相关属性参数


- 注：
- 1.更新坐标的数值大于总时间数值表示不更新，反之表示更新；
  - 2.更新刚度矩阵的数值大于总时间数值表示不更新，反之表示更新；



3.输出重启文件的数值大于总时间数值表示不输出，反之表示输出，但是无论如何，程序结束时都会输出一次；

4.必须满足条件： $\alpha \geq 0.5$ 、 $\beta_1 \geq \beta_2 \geq 0.5$ ；

### 1.2.9 添加时程输出

需要输出时程结果的点设置为：圆盘的纵向对称轴上的所有节点和单元；

点击工具栏中图标，进入输出时程选择模式；

点击工具栏中图标和，进入单元和节点选择模式；

在单元选择模式下选择纵向对称轴左右两侧任意侧的一列单元，输出 Create All History Plot。

在节点选择模式下选择纵向对称轴，输出 X 方向位移、Y 方向位移、有效应力（ $\sigma_x$ 、 $\sigma_z$ 、 $\sigma_y$ 、 $\tau_{xz}$ ），孔隙比  $e$ ，应变（ $\varepsilon_x$ 、 $\varepsilon_z$ 、 $\varepsilon_y$ 、 $\gamma_{xz}$ ），如图 3-23 所示；

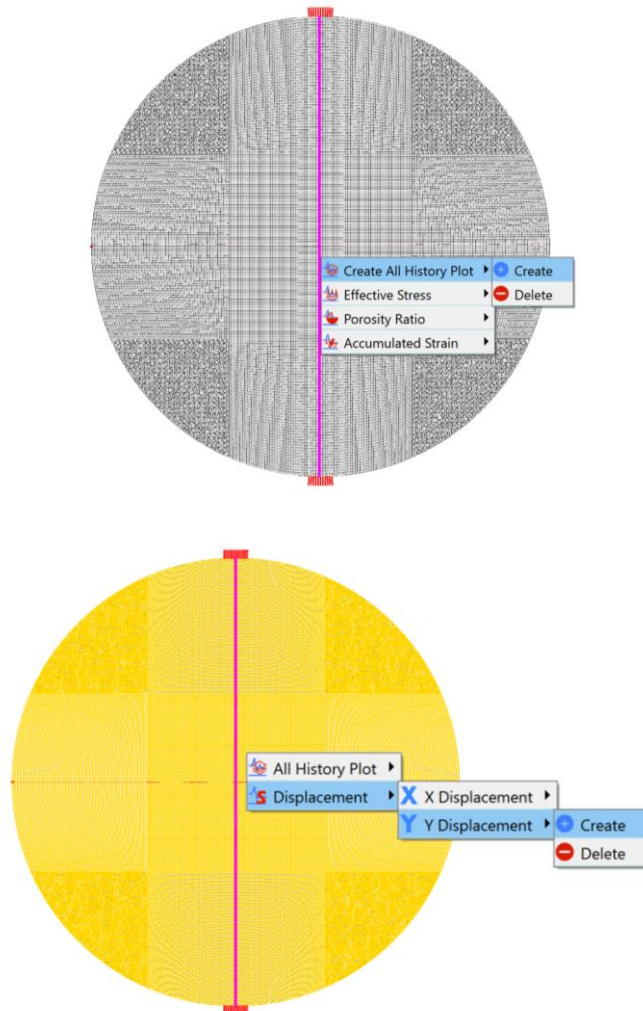


图 3-23 设置输出时程结果的点

点击 FssiCAS-2D/3D—Preprocess—Solver—Time Histry, 可以显示输出的时程结果列表, 选择列表中的项, 点击右键可以进行删除操作, 如图 3-24 所示;



图 3-24 显示输出的时程结果列表

### 1.2.10 设置初始条件

在前处理界面上 Model 树状菜单栏中, 点击 Initial State, 设置起始时间为 0s, 点击 OK, 即可完成初始状态设置, 如图 3-25 所示;

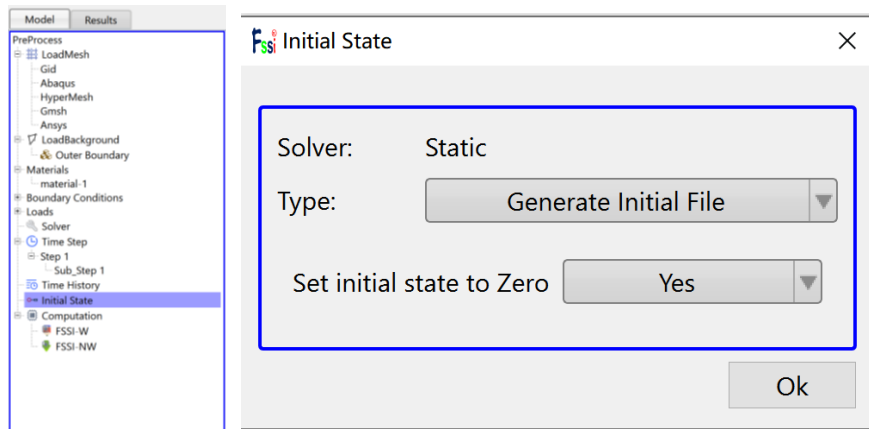



图 3-25 设置初始状态

### 1.2.11 计算并保存

点击在前处理界面上 Model 树状菜单栏里 Computaton 中的 FSSI-W, 或者在前处理界面正上方工具栏 2 中的 WriteCalculate 功能按钮 , 保存当前项目, 开始计算, 如图 3-26 所示;

计算完成后结果储存在 Project\Results\Soil\_Model\Static。

在退出 FssiCAS 软件时, 用户在弹出的 Note 窗口中点击 Yes, 即可退出软件时保存项目 如图 3-27 所示。

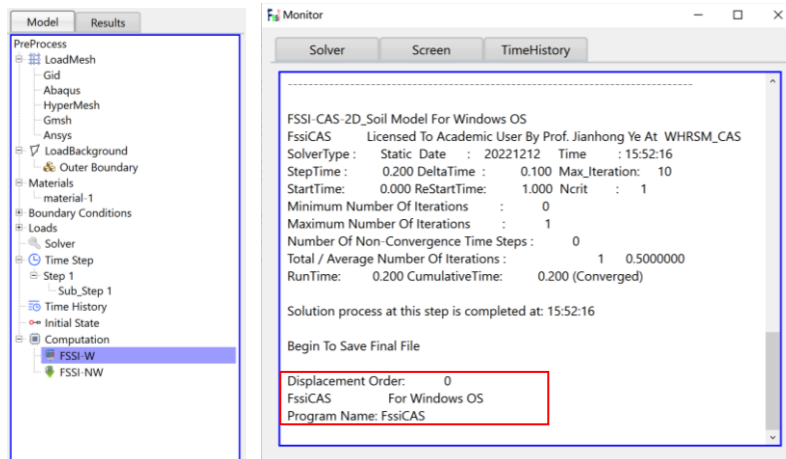


图 3-26 计算

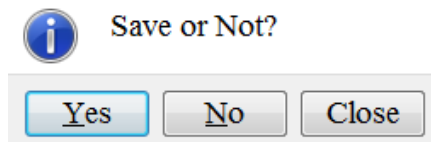


图 3-27 保存项目文件

注：**FSSI-NW** 表示启动计算程序时不修改输入文件。  
**FSSI-W** 表示启动计算程序时修改输入文件。

### 1.3 FssiCAS 图形界面操作——后处理

用户点击树状菜单栏上的 **Results**，即可进入后处理界面。

#### 1.3.1 加载文件

点击在后处理界面上 **Results** 树状菜单栏中的 **Open Results File**，在弹出的窗口中点击 **Soil Results Files Director—Load Files**，选择需要处理的结果文件夹，即可进入后处理阶段，如图 3-28 所示。

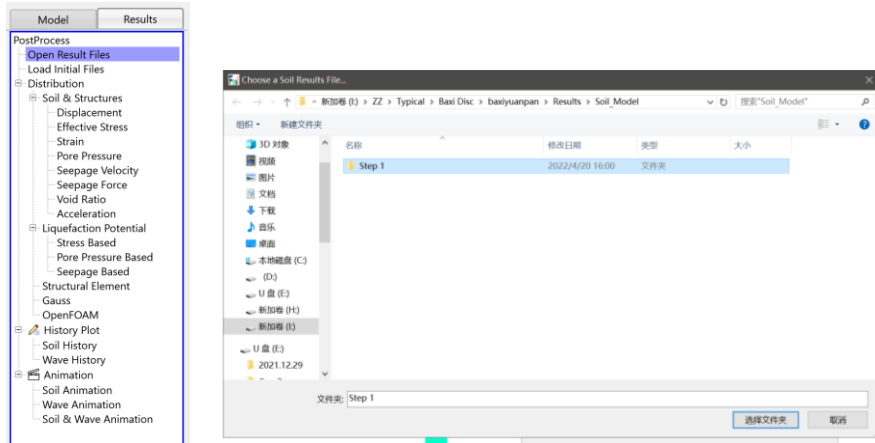
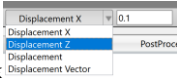
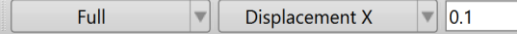


图 3-28 打开结果文件

### 1.3.2 绘制分布图

在树状菜单栏中选择 Displacement 后在工作区中显示选择 ，在工具栏 2 中的

输入窗口  处输入时间步，按键盘上的“回车键”，即可在工作区中显示该时间步的 Z 方向位移  $u_z$  分布图；

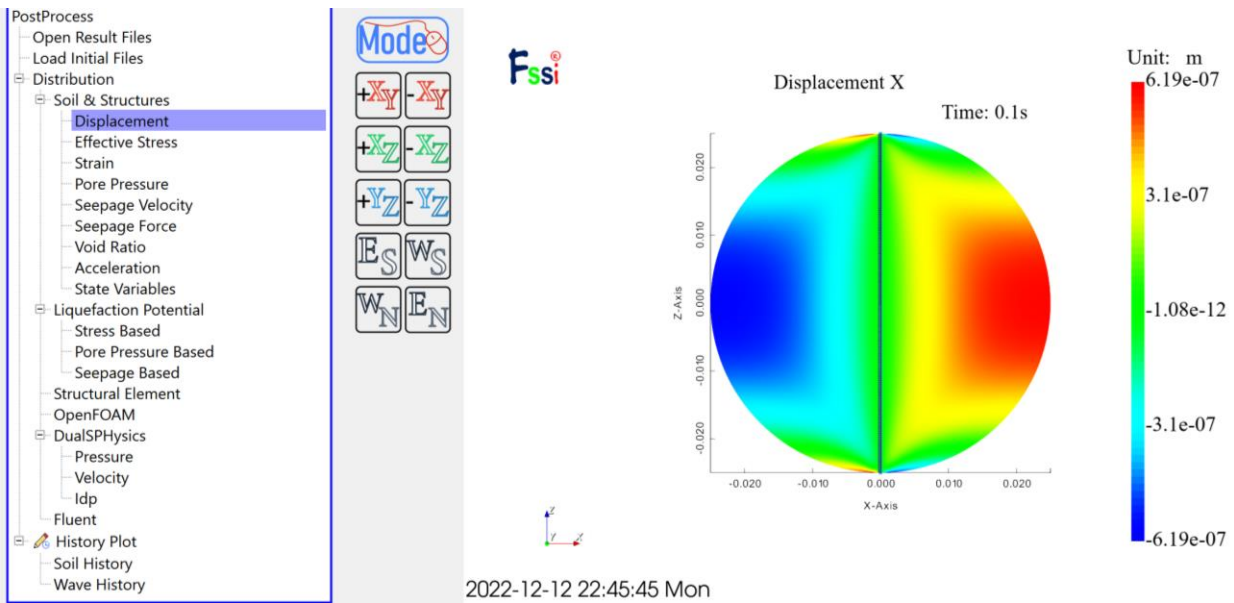
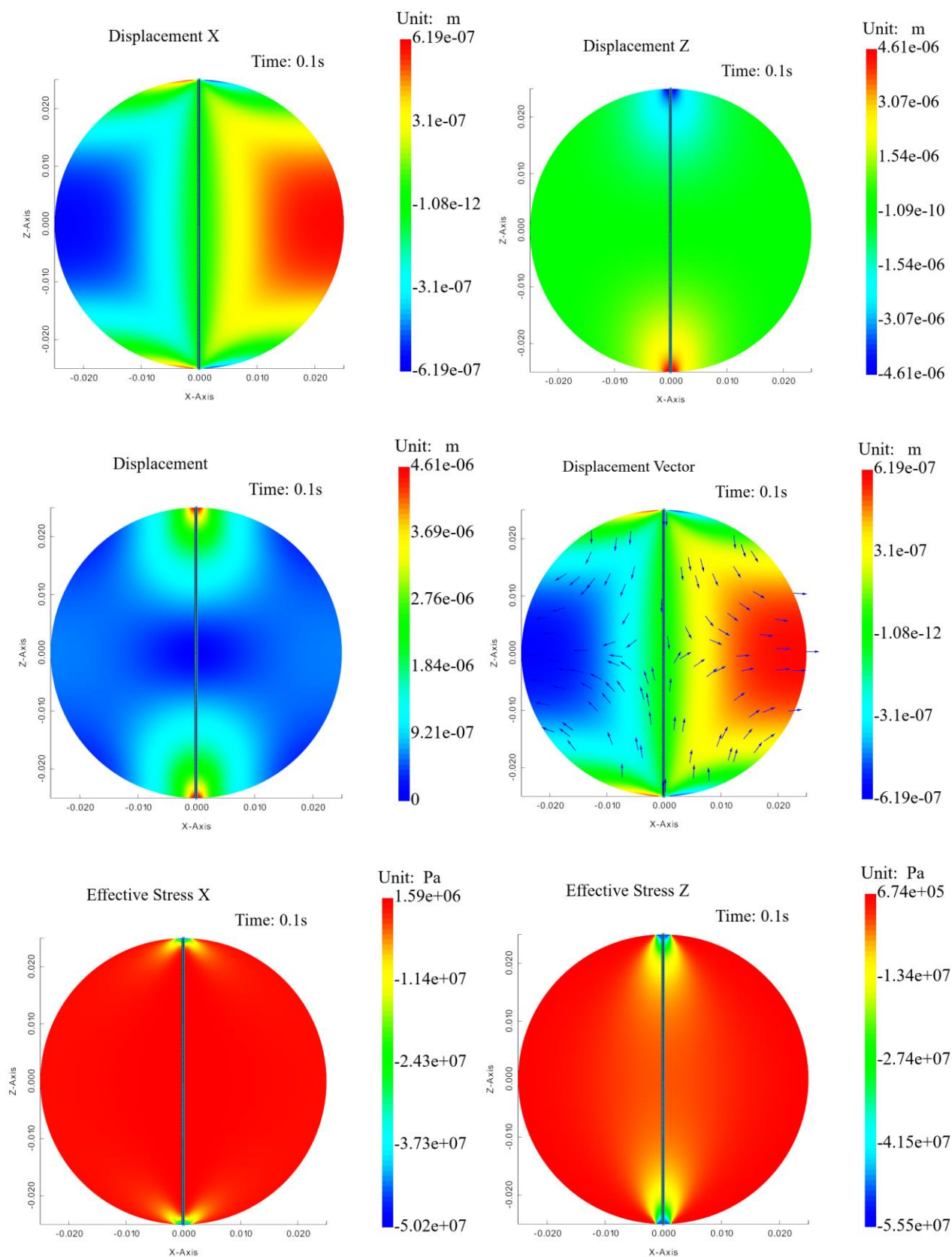


图 3-29 绘制分布图

本案例计算结果分布图如图 3-30 所示





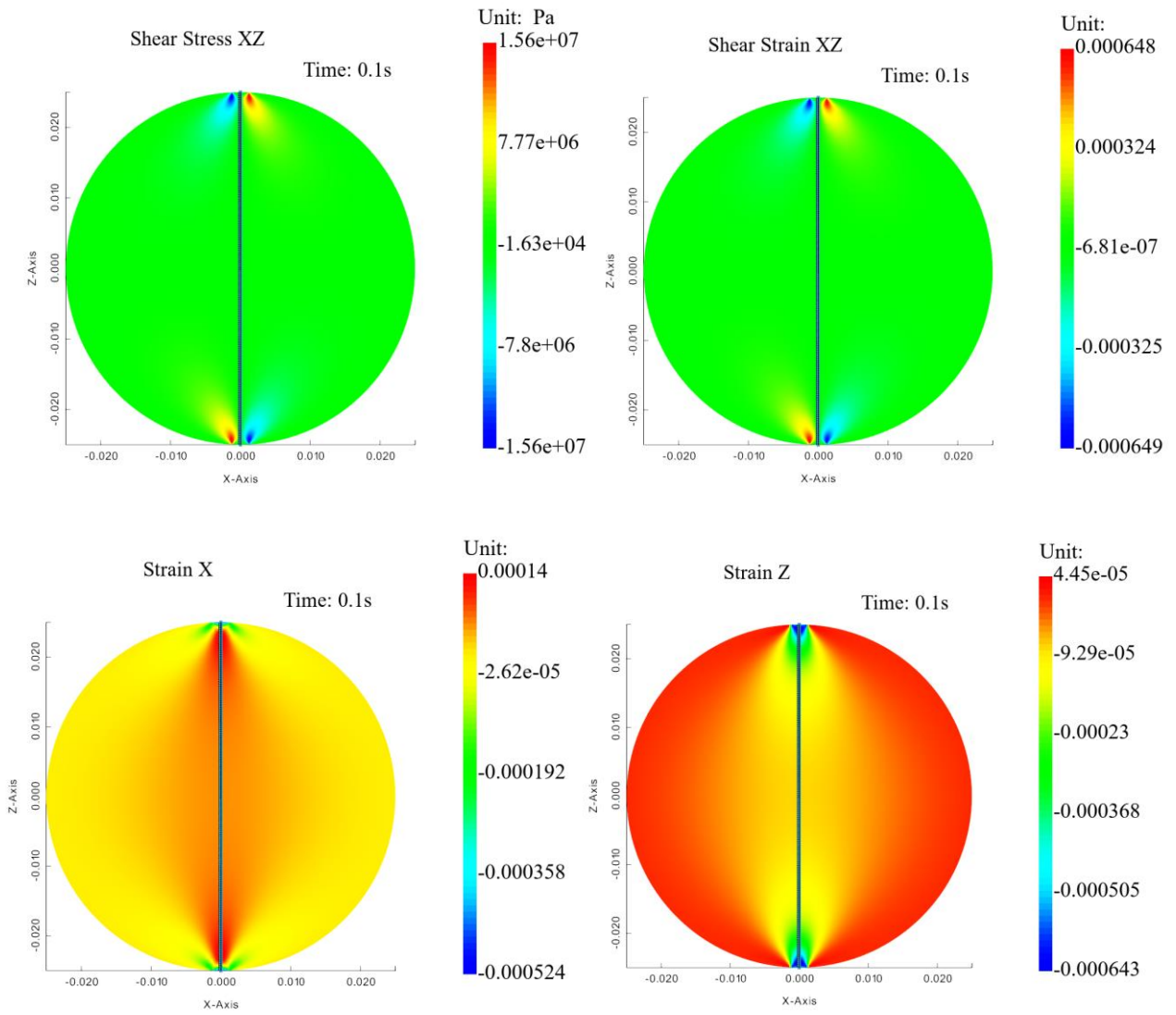


图 3-30 计算结果