

NPR-DDA S.2D V1.0 软件帮助手册

黄刚海

huangganghai@csu.edu.cn

2025.11

目录

一、NPR-DDA S.2D-Pre 程序	1
1.1 软件概述	1
1.2 功能简介	1
1.3 几何管理	3
1.3.1 创建基础几何图形:	3
1.3.2 创建网格	3
1.3.3 创建无咬合节理、固定线、可动线和杆单元	4
1.4 材料设置	5
1.4.1 颗粒材料	5
1.4.2 粘结材料	6
1.4.3 线材料	8
1.4.4 杆材料	9
1.5 边界条件设置	9
1.6 固定线设置	10
1.7 可动线创建	11
1.8 杆单元	12
1.9 无咬合节理	13
1.10 散体颗粒:	14
1.10.1 导入颗粒	14
1.10.2 颗粒分组	15
1.10.3 对颗粒设置边界条件	15
1.11 粘结单元:	16
1.11.1 粘结颗粒	16
1.11.2 粘结单元设置属性	16
1.11.3 切割粘结单元	17
1.12 求解管理:	17
1.12.1 调整计算范围	17
1.12.2 设置计算模式	17
1.12.3 设置计算控制模式	18
1.12.4 设置计算时步	18

1.12.5 设置允许误差	18
1.12.6 设置后处理文件保存时间间隔	18
1.12.7 设置后处理文件保存数据类型	19
1.12.8 导出计算文件	19
1.13 文件保存与导入	19
二、NPR-DDA S.2D-Solver 求解器	20
2.1 软件概述	20
2.2 功能介绍	20
2.3 操作流程	20
2.4 案例：边坡开挖	21
三、NPR-DDA S.2D-Post 后处理程序	23
3.1 软件概述	23
3.2 功能简介	23
3.3 基础功能介绍	23
3.3.1 文件操作	23
3.3.2 视图窗口视角设置	24
3.3.3 视图显示设置	25
3.3.4 鼠标操作设置	27
3.3.5 圆盘拾取	28
3.3.6 固定线、可动线、杆单元拾取	29
3.3.7 时间轴操作	30
3.4 数据导出	30
3.4.1 圆盘数据导出	30
3.4.2 可动线数据导出	31
3.4.3 固定线数据导出	32
3.4.4 杆单元数据导出	33
3.4.5 切割线数据导出	34
3.4.6 其它数据导出	36
3.5 .GMF2 文件导出	36

一、NPR-DDA S.2D-Pre 程序

1.1 软件概述

NPR-DDA S.2D-Pre 程序是 NPR-DDA S.2D 系列程序的前处理部分，其功能包含颗粒模型构建、材料属性赋予、边界条件设置以及计算参数设置，将生成的模型导出至 .Sol2 文件，可导入至 NPR-DDA S.2D-Solver 求解器进行计算。上述步骤可快速对散体颗粒、粘结单元、边界条件、固定线、可动线、杆单元以及节理单元等参数进行修改调整，具有操作逻辑简单、使用方便的特点，下图 1.1 为建模总流程图。

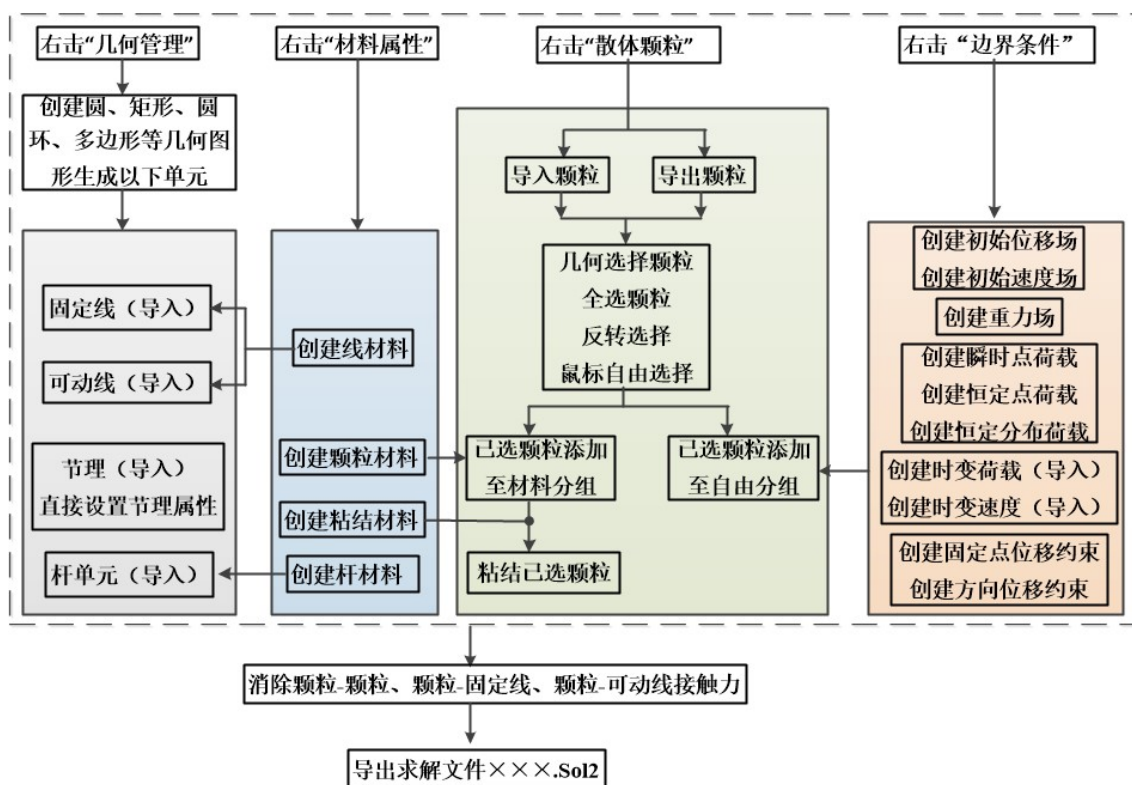


图 1.1 NPR-DDA S.2D-Pre 建模总流程图

1.2 功能简介

NPR-DDA S.2D-Pre 的程序主体布局清晰，各区域核心功能如下：

- **命令树：**用于模型的生成与管理。
- **属性框：**用于显示和设置所选目标的参数。
- **可视化窗口：**用于查看与交互模型。
- **消息窗口：**用于记录与查看历史操作。

交互功能：软件支持**鼠标手势**操作，用户可直接在可视化窗口中点击选取散体颗粒、粘结单元、固定线、可动线、杆单元等多种对象，操作高效便捷。主界面布局见图 1.2。

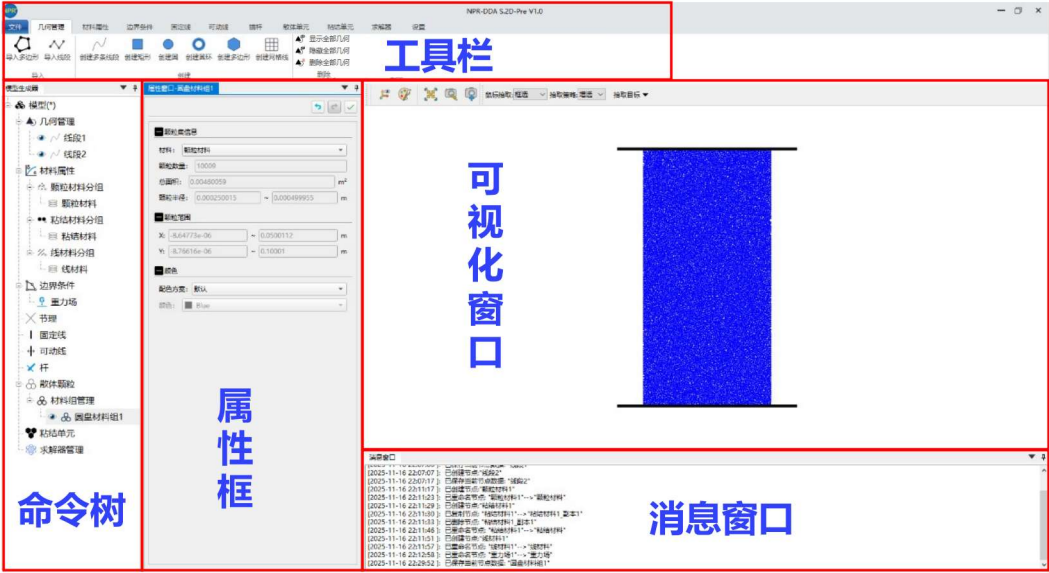


图 1.2 NPR-DDA S.2D-Pre 程序主体布局

命令树窗口包含以下部分：几何管理、材料属性、边界条件、固定线、可动线、无咬合节理、杆单元、散体颗粒、粘结单元、求解器管理。具体功能见下表 1.1：

表 1.1 NPR-DDA S.2D-Pre 程序命令树窗口功能简介表

节点类型	功能简介
几何管理	创建和管理简单几何图形（如：简单多边形、圆）、复杂多边形图形（通过导入文件生成）。可直接由几何图形创建固定线、可动线、杆单元、无咬合节理。
材料属性	创建和管理颗粒单元、粘结单元、线单元、杆单元的材料属性。
边界条件	创建和管理边界条件，包括：位移场、速度场、重力场、瞬时点荷载、恒定点荷载、恒定分布荷载、时变荷载、时变速度、固定点位移约束、方向约束等。
固定线	导入和管理固定线单元，包括：合并、分组、导出、删除、选取、反选功能。
可动线	导入和管理可动线单元，包括：合并、分组、导出、删除、选取、反选功能。
无咬合节理	导入和管理无咬合节理单元，包括：合并、分组、导出、删除、选取、反选功能。
杆单元	导入和管理杆单元，包括：合并、分组、导出、删除、选取、反选等功能。
散体颗粒	导入和管理散体颗粒单元，包括：合并、分组、导出、删除、设置散体颗粒材料组与自由组等。
粘结单元	导入和管理粘结单元，包括：合并、分组、导出、删除、设置粘结单元材料等。
求解器管理	添加和管理常规 DDA 求解器，包括：计算范围、求解设置、自定义全局参数、文件输出设置、变量输出设置等

1.3 几何管理

1.3.1 创建基础几何图形：

右击“几何管理”，可以导入几何图形，也可手动创建多段线、矩形、圆、圆环、多边形。以创建矩形为例，操作流程如下：

1. 设置矩形的位置、尺寸、旋转角度；
2. 设置颜色，在配色方案中可以选择“默认”或者“填充和边框”；
3. 最后点击“确认更改”，保留设置的参数。

具体操作界面如下图 1.3 所示。

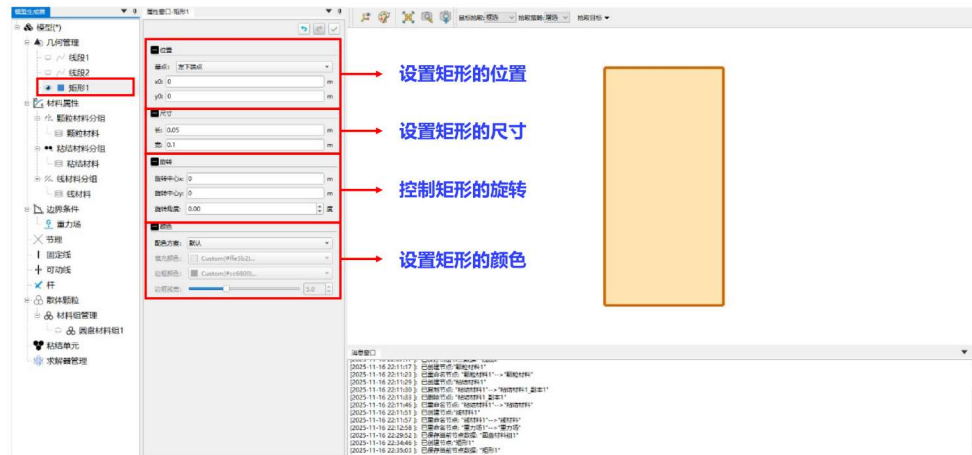


图 1.3 创建矩形

1.3.2 创建网格

右击“几何管理”，可以创建网格，如下图 1.4 所示。

创建网格流程如下：

1. **设置生成范围：**根据需要调整网格覆盖的区域。本例中，X 轴范围设置为 0 至 0.05，Y 轴范围设置为 0 至 0.1。
2. **选择类型与尺寸：**在“生成方式”中，从“网络类型”（如四边形、正三角形、泰森多边形、正六边形等）中选择所需类型。以“正六边形”为例，设置网格尺寸为 0.001m。
3. **生成并调整网格：**点击“确定”后，网格将在可视化窗口中显示。此时，可进行以下调整：
 - **平移与旋转：**通过设置相应的平移和旋转参数，对网格进行移动或旋转。
 - **设置显示样式：**在配色方案中选择“边框”或“填充”模式以改变

颜色，并可调整“边框线宽”以改变显示效果。

4. **确认创建：**最后点击“确认更改”，所有参数将被保留，并得到最终的网格图形。

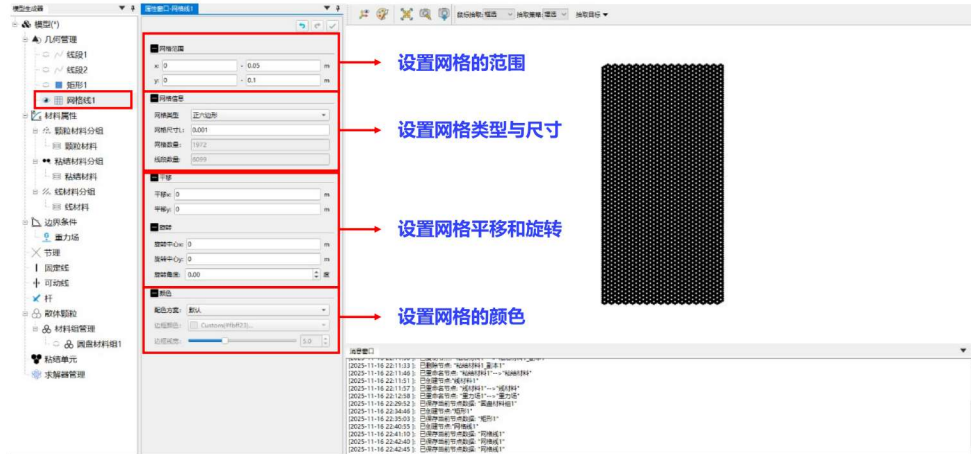


图 1.4 创建网格

1.3.3 创建无咬合节理、固定线、可动线和杆单元

右键单击“几何管理”，可依据 1.3.1 节所述方法创建基础几何图形。如下图所示，以绘制多段线为例，具体操作流程如下：

1. **设置端点坐标：**在线段参数栏中，输入两个端点的坐标，例如点 A (-0.01, 0) 和点 B (0.06, 0)。如需绘制连续线段，可点击“新增”以添加更多端点。
2. **调整位置与样式：**根据需要，设置平移和旋转参数，对线段进行移动或旋转。随后，在“配色方案”中选择“自定义”，以分别设置线段的颜色与线宽。
3. **完成创建：**最后点击“确认更改”，保存所有参数。

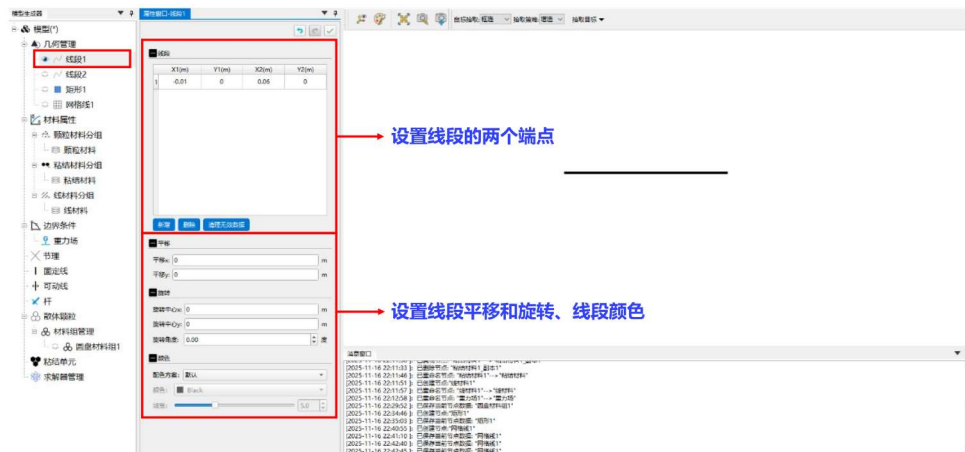


图 1.5 创建线段

在“几何管理”中可右击“线段 1”，将线段直接转化为无咬合节理、固定线、可动线和杆单元，如下图 1.6 所示。

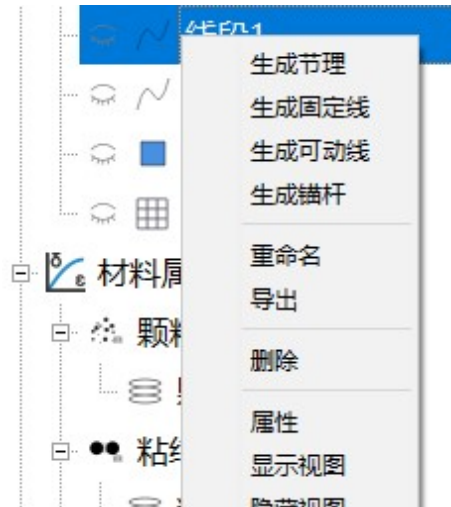


图 1.6 将线段直接转化为节理、固定线、可动线和杆单元

1.4 材料设置

1.4.1 颗粒材料

(1) 创建颗粒材料：右键“材料属性”，点击“创建颗粒材料”，将自动创建一组颗粒材料，其属性为默认属性。

(2) 修改颗粒材料属性：如下图 1.7 所示，点击所创建颗粒材料，即可在属性窗口编辑相关参数，相关参数说明见下表 1.2。编辑后，必须要点击属性窗口右上角的勾号✔按钮，才可生效！

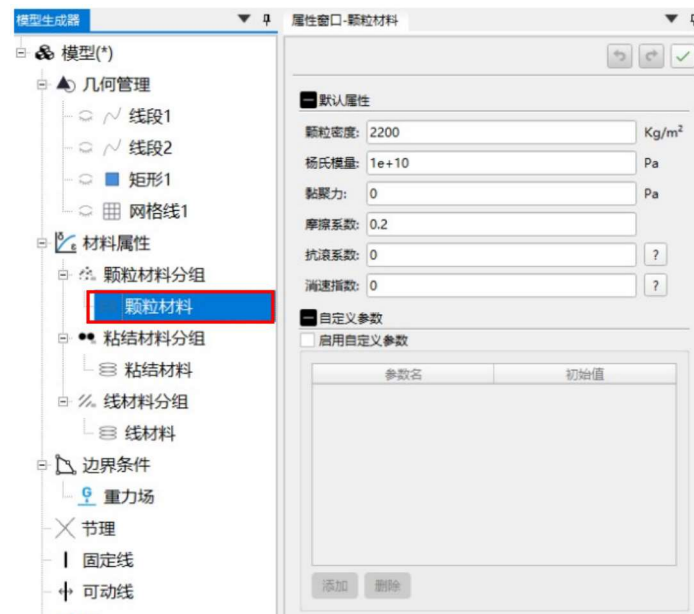



图 1.7 设置颗粒材料属性

表 1.2 颗粒材料属性说明表

材料属性	属性说明
颗粒密度	颗粒的密度，单位为 kg/m^2 。
杨氏模量	颗粒的杨氏模量，单位为 Pa 。
黏聚力	颗粒的黏聚力，单位为 Pa 。
摩擦系数	颗粒的摩擦系数。
抗滚系数	取值范围为 $[0.0, 1.0]$ ，一般取 $0\sim 0.2$ ，小颗粒取大值，大颗粒取小值，可大致取为材料滚动摩阻系数（长度单位）与颗粒半径的比值。抗滚系数的物理意义类似于滚动摩阻系数，用于表征颗粒发生滚动的难易程度；抗滚系数越大，颗粒越难以发生滚动。
消速指数	消速指数表示颗粒-颗粒接触时相对速度被消除的快慢程度。消速指数越大，相对速度被消除得越快。消速指数可以为 0 ，此时碰撞耗能最小。大时步下取小值，小时步下取大值。
自定义参数	用户可自定义颗粒材料参数，供二次开发使用（暂未开放）。参数名不能重复，若该参数有量纲，使用国际单位。

1.4.2 粘结材料

(1) 创建粘结材料：右键“材料属性”，点击“创建粘结材料”，将自动创建一组粘结材料，其属性为默认属性。

(2) 修改粘结材料属性：点击所创建粘结材料，即可在属性窗口编辑相关参数。编辑后，必须要点击属性窗口右上角的勾号按钮，才可生效！

根据粘结类型的不同可以将材料分为脆性材料和柔性材料，其中脆性材料的粘结材料属性设置如下图 1.8 所示：

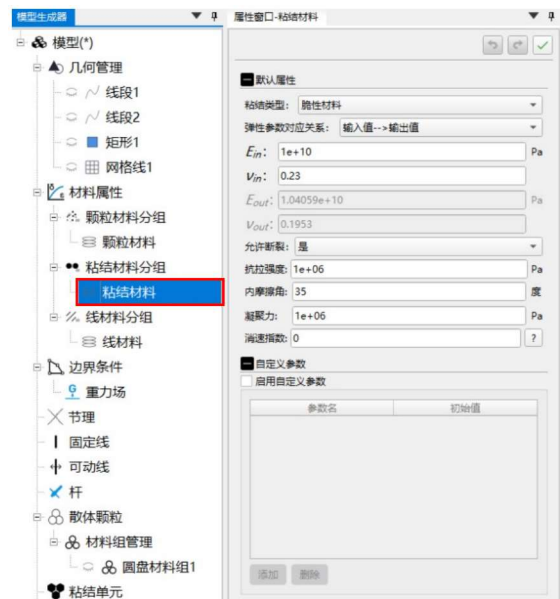


图 1.8 设置脆性粘结材料属性

表 1.3 脆性粘结材料属性说明表

脆性材料属性	属性说明
弹性参数对应关系	可以选择“输入值→输出值”或“输出值→输入值”模式，并且根据所选模型填写弹性模量和泊松比输入值或者输出值。
允许断裂	“是”或“否”。
抗拉强度	脆性粘结材料的黏聚力，单位为 Pa。
内摩擦角	脆性粘结材料的内摩擦角，单位为°。
凝聚力	脆性粘结材料的内摩擦角，单位为°。
消速指数	消速指数表示粘结单元两端颗粒相对速度被消除的快慢程度，表现为振动能量在介质中传播时的衰减速率；消速指数越大，振动能量衰减越快，介质中某一处振动所能传播的距离越短。常见固体材料的消速指数为 $1e3 \sim 1e6$ 。大时步下取小值，小时步下取大值。
自定义参数	用户可自定义粘结材料参数，供二次开发使用（暂未开放）。参数名不能重复，若该参数有量纲，使用国际单元。

注：“弹性参数对应关系”中输入值与输出值之间的转换关系，具体可见《A new bonded-particle mode within disk discontinuous deformation analysis framework to quantitatively simulate continuous deformation of elastic material》，DOI：<https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2025.107182>。

柔性材料的粘结材料属性设置如下图 1.9 所示：

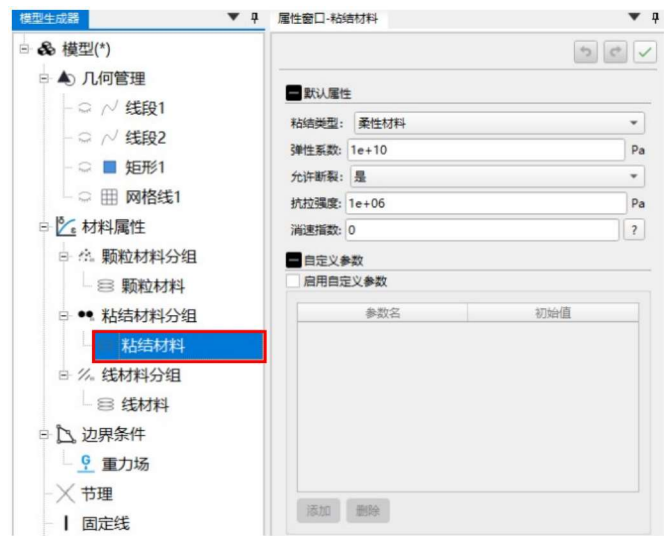


图 1.9 设置柔性粘结材料属性


表 1.4 柔性粘结材料属性说明表

柔性材料属性	属性说明
弹性系数	柔性粘结材料的弹性系数，单位为 Pa。
允许断裂	“是”或“否”。
抗拉强度	柔性粘结材料的抗拉强度，单位为 Pa。
消速指数	消速指数表示粘结单元两端颗粒相对速度被消除的快慢程度，表现为振动能量在介质中传播时的衰减速率；消速指数越大，振动能量衰减越快，介质中

某一处振动所能传播的距离越短。常见固体材料的消速指数为 $1e3 \sim 1e6$ 。大时步下取小值，小时步下取大值。

抗弯系数	取值范围为(0.0, 1.0]，一般取 0.5，该值表征粘结单元抵抗弯曲的能力。
自定义参数	用户可自定义颗粒材料参数，供二次开发使用（暂未开放）。参数名不能重复，若该参数有量纲，使用国际单位。

1.4.3 线材料

- (1) 创建线材料：右键“材料属性”， 点击“创建线材料”， 将自动创建一组线材料，其属性为默认属性。
- (2) 修改线材料属性：如下图 1.10 所示，点击所创建线材料，即可在属性窗口编辑相关参数，相关参数说明见下表 1.5。编辑后，必须要点击属性窗口右上角的勾号按钮，才可生效！

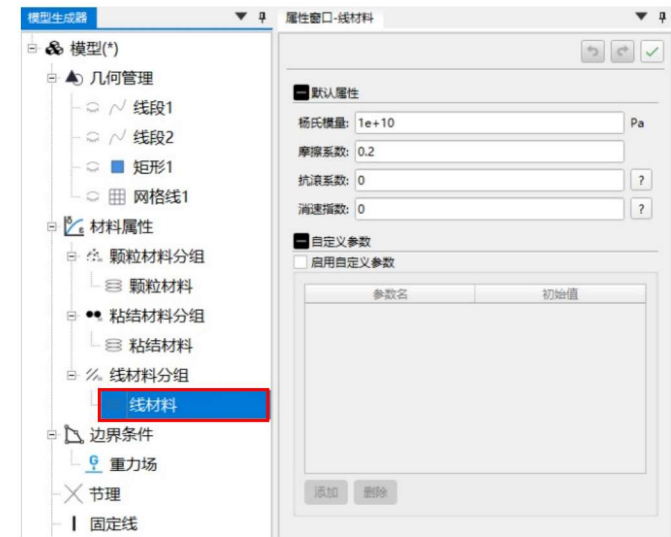



图 1.10 设置线材料属性

表 1.5 线材料属性说明表

线材料属性	属性说明
杨氏模量	线材料的杨氏模量，单位为 Pa。
摩擦系数	线材料的摩擦系数。
抗滚系数	取值范围为[0.0, 1.0]，一般取 0~0.2，线段弹模小时取大值，线段弹模大时取小值。抗滚系数的物理意义类似于滚动摩阻系数，用于表征颗粒在线段上发生滚动的难易程度。抗滚系数越大，颗粒越难以发生滚动。
消速指数	消速指数表示颗粒-线单元接触时相对速度被消除的快慢程度。消速指数越大，相对速度被消除得越快。消速指数可以为 0，此时碰撞耗能最小。大时步下取小值，小时步下取大值。
自定义参数	用户可自定义线材料参数，供二次开发使用（暂未开放）。参数名不能重复，若该参数有量纲，使用国际单位。

1.4.4 杆材料

- (1) 创建杆材料：右键“材料属性”，点击“创建杆材料”，将自动创建一组杆材料，其属性为默认属性。
- (2) 修改杆材料属性：如下图 1.11 所示，点击所创建杆材料，即可在属性窗口编辑相关参数，相关参数说明见下表 1.6。编辑后，必须要点击属性窗口右上角的勾号按钮，才可生效！

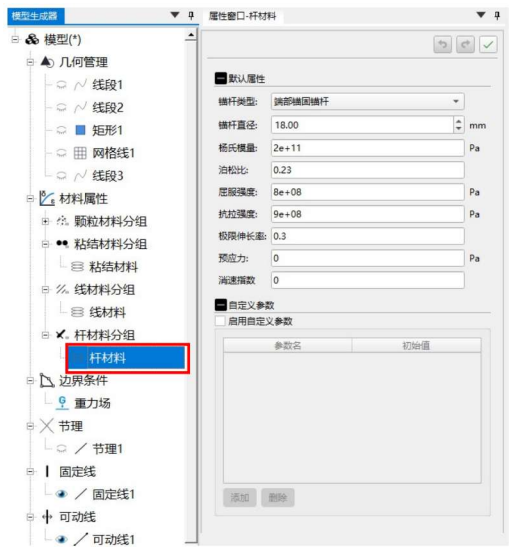


图 1.11 设置杆材料属性

表 1.6 杆材料属性说明表

杆单元材料属性	属性说明
杆类型	端部锚固杆单元、全长锚固杆单元与钢筋
杆直径	杆的直径，单位为 mm。
杨氏模量	杆材料的杨氏模量，单位为 Pa。
泊松比	杆材料的泊松比。
抗拉强度	杆材料的抗拉强度，单位为 Pa。
预应力	杆材料的预应力，单位为 Pa。
自定义参数	用户可自定义杆材料参数，供二次开发使用（暂未开放）。参数名不能重复，若该参数有量纲，使用国际单位。

1.5 边界条件设置

右键点击“边界条件”节点，如图 1.12 所示，选择对应边界条件类型进行创建或编辑，边界条件类型及说明见下表 1.7。边界条件的施加具体可参考 1.10.4 节。



图 1.12 创建边界条件

表 1.7 边界条件类型及说明表

边界条件类型	说明
初始位移场	设置颗粒的初始位移场，初始位移为 0 即代表清除位移场。
初始速度场	设置颗粒的初始速度场。零速度准静态模式请勿施加此边界。
重力场	设置局部的重力加速度。
瞬点荷载	求解过程中，瞬点荷载仅在 $t=0s$ 生效。
恒定点荷载	求解过程中，恒定点荷载永久生效，荷载值会从 0s 平滑过渡到设定值。
恒定线荷载	在求解过程中对颗粒永久生效的线性分布荷载，类似恒定点荷载。
时变荷载	指随时间变化的荷载，相邻时间点之间采用线性插值方式施加。
时变速度	指随时间变化的速度场，相邻时间点之间采用线性插值方式施加。
固定点位移约束	约束颗粒的位移，约束杨氏模量一般设置为颗粒杨氏模量的 10000 倍。
方向位移约束	约束颗粒特定方向上的位移，约束杨氏模量一般设置为颗粒杨氏模量的 10000 倍。

1.6 固定线设置

固定线的创建主要有两种方式：

- 使用 1.3.1 节中的几何管理命令绘制线段，随后右键单击该线段，在弹出菜单中选取“生成固定线”；
- 直接导入.GeoLine、.DXF(CAD)等文件以生成可动线。

如下图 1.13 所示，完成固定线创建或导入后，在右侧属性窗口-固定线中可查看对应固定线位置信息及设置相关参数，包括：(1) 在固定线材料下拉框中可指定固定线材料；(2) 设置固定线颜色、线宽。

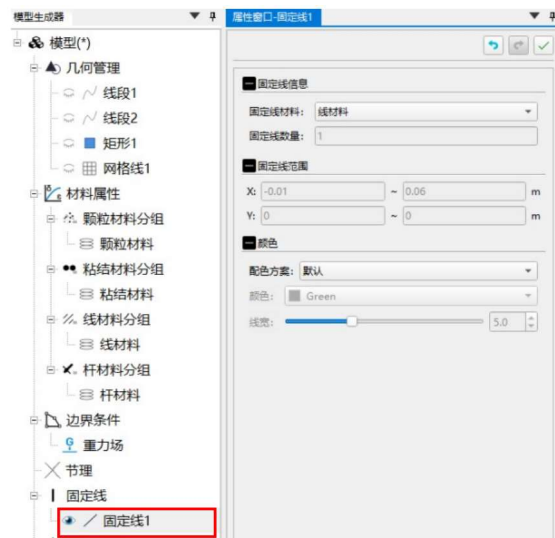


图 1.13 设置固定线属性

此外，如下图 1.14 所示，通过右击固定线模块选项，可对固定线进行几何选择固定线、合并固定线、对固定线分组、删除等操作。

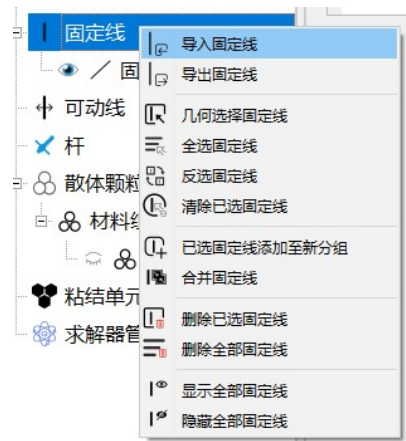


图 1.14 固定线操作选项

注：(.GeoLine 线文件格式)
(x1,y1),(x2,y2)……，依次连接每个点的坐标，形成一系列首尾相连的线段。遇到分号开头的行，则该系列线段结束(分号开头的行数据无效)；分号行的下一行开始的点坐标构成新的一系列线段。(但要特别注意：当移动模式为 4 时，所有的线段数据，只有前半部分有效，后半部分用于表示对应线段的结束位置)

1.7 可动线创建

可动线的创建主要有以下两种方式：

- 使用 1.3.1 节中的几何管理命令绘制线段，随后右键单击该线段，在弹出菜单中选取“生成可动线”；
- 直接导入.ML 格式文件以生成可动线。

创建完成后，可在右侧属性窗口的“可动线”栏目中设置材料、移动模式、颜色及线宽等参数。

可动线支持五种移动模式，具体说明参见下图 1.15 的图注。需注意的是，

其中第 4 种模式仅在通过导入方式创建可动线时可见。虽然在导入 .ML 文件时已预设位移模式，但所有五种模式在软件中均支持修改。

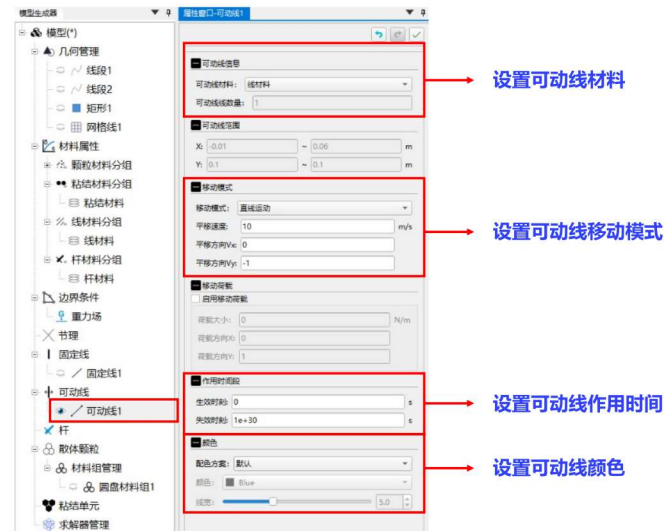


图 1.15 设置可动线属性

注：(.ML 可动线文件格式)

第一行数据的含义：第一个数字代表可动线移动模式，不同的移动模式下，第二个数字开始所表示的意思有所不同。

模式一：直线运动，模拟类似于推土机推土的过程。第一行数据格式为：

1, 移动速度(单位为 m/s), 移动向量 x 分量, 移动向量 y 分量(移动向量不必单位化, 程序会自动将移动向量单位化)

模式二：往复运动，模拟类似于筛子振动的过程。第一行数据格式为：

2, 相邻两次振动的时间间隔(单位为 s, 该数字的倒数即为振动频率; 该时间间隔必须大于 2 倍 DDA 时间步长, 否则自动等于 2 倍 DDA 时间步长; 该时间间隔尽量设置为 DDA 时间步长的整数倍), 各点原位置到新位置向量 x 分量, 各点原位置到新位置向量 y 分量

模式三：绕动点旋转，模拟类似于移动旋转圆盘运动的过程。第一行数据格式为：

3, 旋转中心移动速度(单位为 m/s), 旋转中心移动向量 x 分量, 旋转中心移动向量 y 分量(移动向量不必单位化, 程序会自动将移动向量单位化), 可动线绕旋转中心旋转的角速度(单位为度/s, 逆时针为正方向), 初始时刻旋转中心 x 坐标, 初始时刻旋转中心 y 坐标

模式四：从初始位置逐步移动到结束位置，第一行数据格式为：

4, 可动线开始移动时刻对应的时间(单位为 s, 在此时间之前, 可动线均处于初始位置), 可动线结束移动时刻对应的时间(单位为 s, 在此时间之后, 可动线均处于结束位置)

模式五：自适应速度直线平移，当可动线与颗粒之间的正压力与指定正压力数值误差低于约 0.1% 时可动线停止移动。移动模式为 5 时，第一行数据格式为：

5, 移动速度(单位为 m/s, 移动速度太大可能无法让正压力收敛于指定数值), 移动向量 x 分量, 移动向量 y 分量(移动向量不必单位化, 程序会自动将移动向量单位化), 正压力数值(正数, 单位为 N)

第二行数据开始用于定义可动线的初始位置，可动线初始位置数据格式与固定线数据格式一致，即：

(x1,y1),(x2,y2)……, 依次连接每个点的坐标, 形成一系列首尾相连的线段。遇到分号开头的行, 则该系列线段结束(分号开头的行数据无效); 分号行的下一行开始的点坐标构成新的一系列线段。(但要特别注意: 当移动模式为 4 时, 所有的线段数据, 只有前半部分有效, 后半部分用于表示对应线段的结束位置)

1.8 杆单元

杆单元的创建主要有两种方式：

- 使用 1.3.1 节中的几何管理命令绘制线段，随后右键单击该线段，在弹出菜单中选取“生成杆单元”；
- 直接导入.GeoLine 格式文件以生成杆单元。

如图 1.16 所示，完成杆单元的创建后，在右侧属性窗口-杆单元中可查看对应杆单元的位置信息及设置相关参数，包括：(1) 在杆材料下拉框中可指定杆材料；(2) 设置杆颜色、线宽。

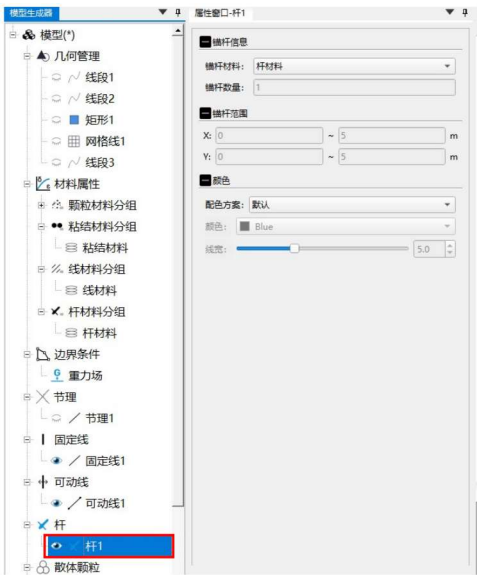


图 1.16 设置杆单元属性

此外，如下图 1.17 所示，通过右键点击杆单元模块选项，用户还可对杆单元进行多项操作，包括几何选择杆单元、合并杆单元组，以及对其进行分组管理等。

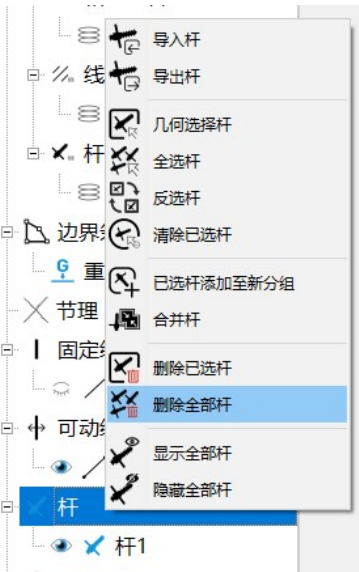


图 1.17 杆操作选项

1.9 无咬合节理

无咬合节理的创建主要有以下两种方式：

- 使用 1.3.1 节中的几何管理命令绘制线段，随后右键单击该线段，在弹出菜单中选取“生成无咬合节理”；
- 直接导入.GeoLine 格式文件以生成无咬合节理。

如图 1.18 所示，完成无咬合节理的创建后，在右侧属性窗口-无咬合节理中

可查看对应无咬合节理的位置信息及设置相关参数，包括：(1)设置节理隙宽、摩擦系数、节理刚度等节理属性；(2)设置节理的颜色、线宽。

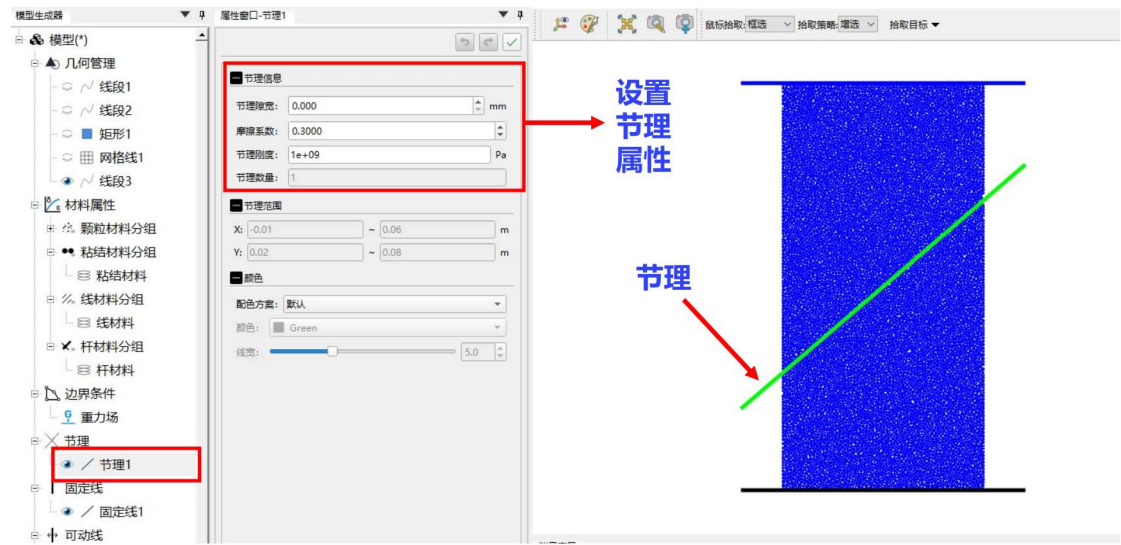


图 1.18 设置节理属性

节理单元属性如表 1.8 所示：

表 1.8 节理单元属性说明表

节理单元属性	属性说明
节理隙宽	节理的张开度，若为闭合节理可设置为 0，单位为 mm。
摩擦系数	体现在节理两侧的颗粒相对运动的摩擦系数，取值在 0~1 之间。
节理刚度	节理刚度体现在节理两侧颗粒在相对运动时的接触刚度。

1.10 散体颗粒：

1.10.1 导入颗粒

右击“散体颗粒”，可以选择导入/导出颗粒，可以将.Disk 或.DiskC2 文件导入前处理程序，或将所选中的颗粒导出为.Disk 或.DiskC2 文件，导入的颗粒默认分为一组圆盘材料组，每一组圆盘都需要赋予材料属性，并确认保存更改，如下图所示。

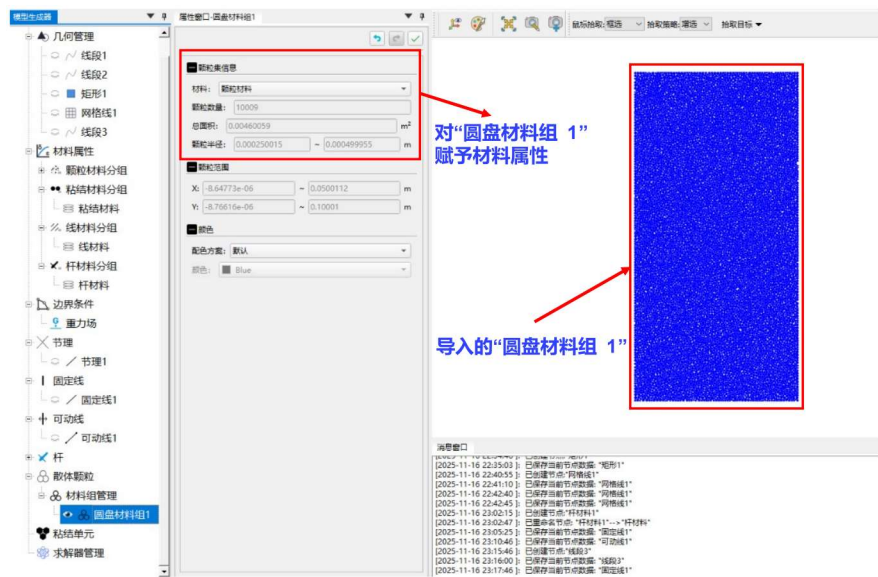


图 1.19 设置圆盘材料组属性

1.10.2 颗粒分组

右击“散体颗粒”，可以点击“已选颗粒添加至材料分组”或“已选颗粒添加至自由分组”，可将选中颗粒分别添加至“材料分组”或“自由分组”。这两种分组的核心区别如下表 1.9 所示：

表 1.9 颗粒材料分组与自由分组核心区别

特性	材料分组	自由分组
互斥性	是（一颗粒仅属一组）	否（一颗粒可属多组）
核心功能	赋予颗粒材料属性	赋予颗粒边界条件
参数覆盖规则	不适用	相同颗粒上后设置的参数会覆盖先设置的参数

1.10.3 对颗粒设置边界条件

对于想要设置边界条件的部分颗粒，可以按照 1.10.2 中的方法，将部分颗粒选中之后，右键点击“散体颗粒”选择“已选颗粒添加至自由分组”命令，右击所创建的自由分组。可以在属性窗口中设置该自由组的边界条件。

若多个自由组的颗粒存在重叠(即同一颗粒属于多个组)，则后创建的自由组参数会覆盖先前的设置。例如：先创建 Group 1，令 $V=0\text{ m/s}$ ，再创建 Group 2(包含部分相同颗粒)令 $V=1\text{ m/s}$ ，则相同颗粒最终 $V=1\text{ m/s}$ 。

如图 1.20 所示，可对自由组颗粒施加多种边界条件，包括：

（1）初始接触力设置

保持当前接触力：保持导入/前序步骤的接触力设置(默认，适用于多阶段模拟)

清除接触力：清零该自由组的所有颗粒间接触力。

施加默认互斥力：计算并施加该自由组中所有已接触颗粒间的接触力。

(2) 无咬合节理接触设置

点击【添加】按钮可施加多个无咬合节理。

(3) 其他边界条件设置

点击【添加】按钮可施加多个边界条件，相关边界条件的类型、参数可查阅

1.5 节

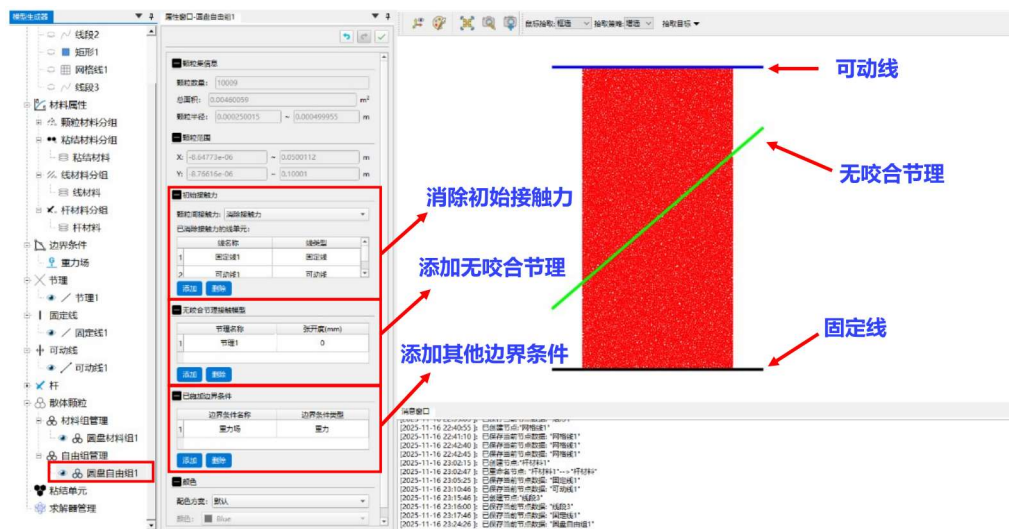


图 1.20 对自由组圆盘设置边界条件

1.11 粘结单元：

1.11.1 粘结颗粒

右击“散体颗粒”，点击“粘结已选颗粒”，可以生成粘结单元，将所选择的圆盘颗粒粘结为一个整体，可用于连续体的计算如混凝土、岩石等材料。

1.11.2 粘结单元设置属性

与散体颗粒类似，粘结单元可通过鼠标拾取或几何选择方式来选中部分粘结单元，同时也需要给粘结单元赋予粘结材料属性，如下图 1.21 所示。

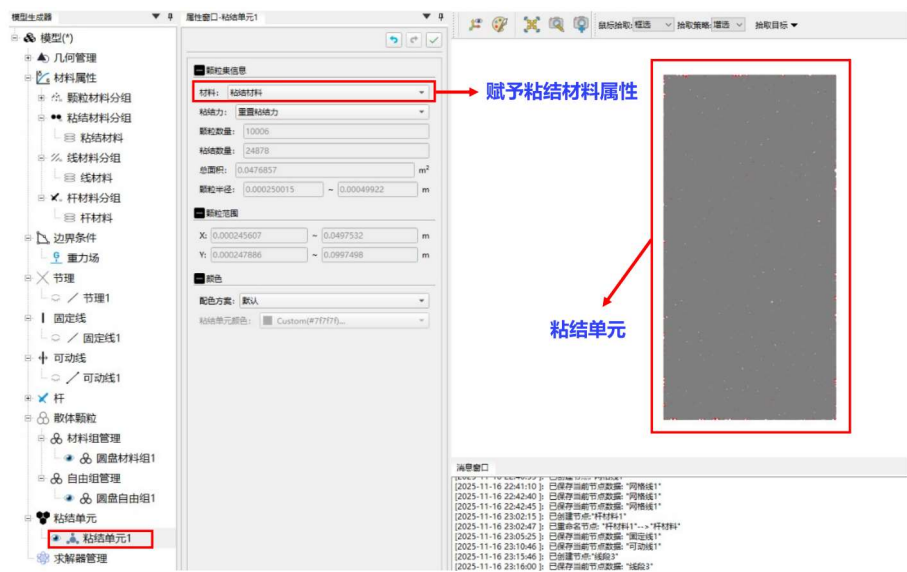


图 1.21 对粘结单元赋予材料属性

1.11.3 切割粘结单元

右击“粘结单元”，点击“几何切割粘结单元”，可将“几何管理”中生成的线段设置为切割线，点击确定后，该切割线会切割这条线上的粘结单元，生成原生裂纹，如下图 1.22 所示。

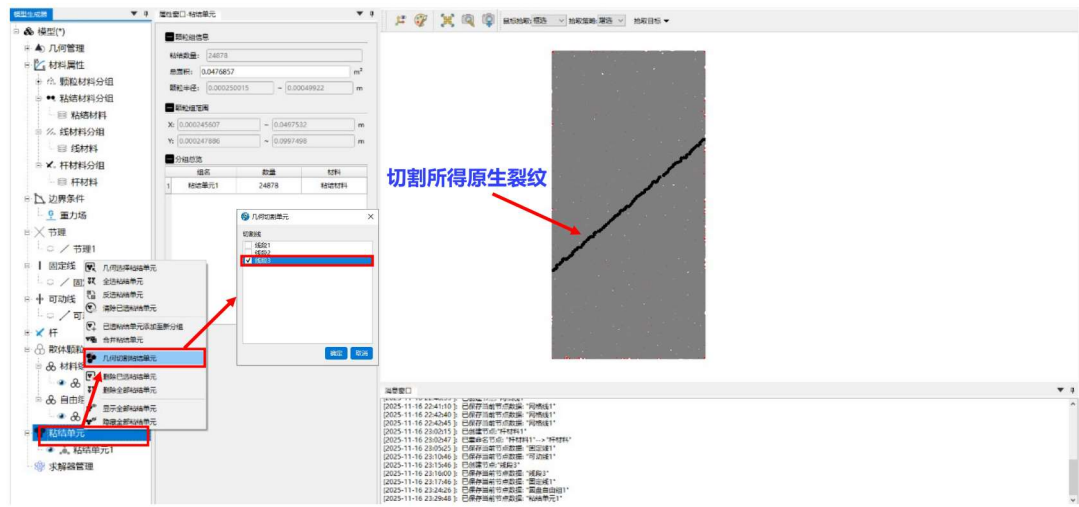


图 1.22 对粘结单元进行切割

1.12 求解管理:

1.12.1 调整计算范围

右击“求解管理”，点击“添加常规 DDA 求解器”，得到求解器属性窗口，在“计算范围”栏可以调整模型的计算范围。

1.12.2 设置计算模式

在“求解设置”栏中，可以选择“计算动态等级”，具体包括以下模式：

- 零位移静力平衡计算
- 零速率准静态计算
- 低速动力计算
- 中速动力计算
- 中高速动力计算
- 超高速动力计算。

模式选用建议：对于加载速率较小的室内物理试验（如单轴压缩试验），宜采用“零速率准静态计算”；对于需考虑速率影响的动力试验（如 SHPB 试验），则建议使用“低速动力计算”。

1.12.3 设置计算控制模式

“求解设置”栏中，可以选择以下计算控制模式之一：

总计算时间/计算时步：模型计算到达设定的时间/时步后就停止计算；

位移增量收敛标准：需设定连续监测步数（N）和位移增量阈值（D）。当模型在连续 N 个时步内的最大位移增量均小于 D 时，停止计算。

1.12.4 设置计算时步

“求解设置”栏中，可以设置模型的计算时间步长，即模型模拟现实 1s 所需的时步，如若设置时步为 1e-6s，则模型模拟 1s 需要 1e6 计算步。一般来说，对于准静态问题，模型的时间步长可以设置稍微大些，如 1e-3 或 1e-2。

1.12.5 设置允许误差

在“求解设置”栏中还可进行以下设置：

- **允许误差：**通常建议设为 1e-6 或 1e-8。
- **恒定荷载时间：**对于需添加荷载边界条件的模型，可设置达到恒定荷载所需的时间。
- **视图更新频率：**例如设为 50，表示每计算 50 步更新一次求解器视图。

（注：过高的更新频率可能影响计算效率。）

1.12.6 设置后处理文件保存时间间隔

在“文件输出设置”栏中，可设置是否保存后处理文件及其保存间隔。例如，间隔设为 n，表示每隔 n 个时步将数据保存一次。**注意：**保存时间间隔不宜设置过小，否则会导致保存的文件过大！

1.12.7 设置后处理文件保存数据类型

可分别进行“圆盘输出设置”、“固定线输出设置”、“可动线输出设置”及“变量输出设置”，以指定需保存的数据类型。保存的数据可在后处理程序中进行分析。

1.12.8 导出计算文件

完成所有设置后，点击“导出求解文件”，生成计算文件（.sol2 格式）。该文件可在求解器程序中执行计算。最终设置示意图如下图 1.22 所示。

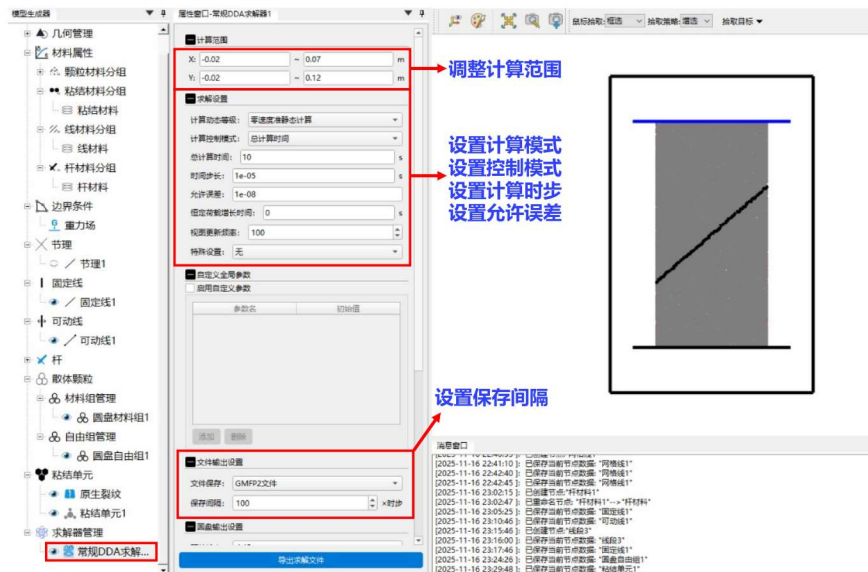


图 1.22 求解管理设置

1.13 文件保存与导入

如图 1.23 所示，左击“文件”，弹出“打开文件”、“保存文件”、“另存文件”、“退出程序”对话框。



图 1.23 文件操作

打开文件：可以打开.GMF2 文件和.GM2D 文件。当我们的模型需要分步计算和设置参数时，可以打开 NPR-DDA S.2D-Solver 求解器保存的.GMF2 文件，在上一步计算结果的基础上再设置参数。例如：进行边坡开挖数值模拟时，先使用 NPR-DDA S.2D-Solver 求解器计算地应力，得到模型含有地应力数据的.GMF2 文件，再次在 NPR-DDA S.2D-Pre 程序打开.GMF2 文件，设置开挖参数。

二、NPR-DDA S.2D-Solver 求解器

2.1 软件概述

NPR-DDA S.2D-Solver 是 NPR-DDA S.2D 系列程序求解器部分,将前处理得到的.sol2 文件读取到求解器中,点击“启动计算”,等待计算完成后可得到.GMFP2 文件用于后处理分析。该求解器程序采用 CPU-GPU 并行计算架构, CPU 可以多核共同工作,能最大限度的调用本地计算机性能,保证计算的高效率,减少耗时。

2.2 功能介绍

NPR-DDA S.2D-Solver 程序负责求解计算模型,可在求解器界面中观察计算进度,也可点击“打开视图”,实时观察模型的裂纹萌生扩展或采用云图观测模型颗粒的速度、位移情况。求解器主要功能在于求解计算模型和实时观测模型计算状态。

2.3 操作流程

打开 NPR-DDA S.2D-Solver 程序, [需使用中国岩石力学与工程学会会员的手机号登录](#)。登录成功后,可通过如下流程进行操作: ①读取.sol2 文件②启动计算③查看计算视图④完成计算⑤获取.GMFP2 文件(保存在.sol2 文件同级目录下);如下图所示。(注:在计算过程中,可以点击暂停计算按钮,更改收敛标准值,然后点击继续计算)



图 2.1 .sol2 文件导入求解器流程示意

2.4 案例：边坡开挖

(1) 打开求解器程序 NPR-DDA S.2D-Solver，登录后，读取.sol2 文件，点击“启动计算”，如下图所示；



图 2.2 边坡开挖文件导入求解器流程示意

(2) 点击“打开视图”，设置“颜色条”实时观察模型的动态破坏状态,如下图所示。

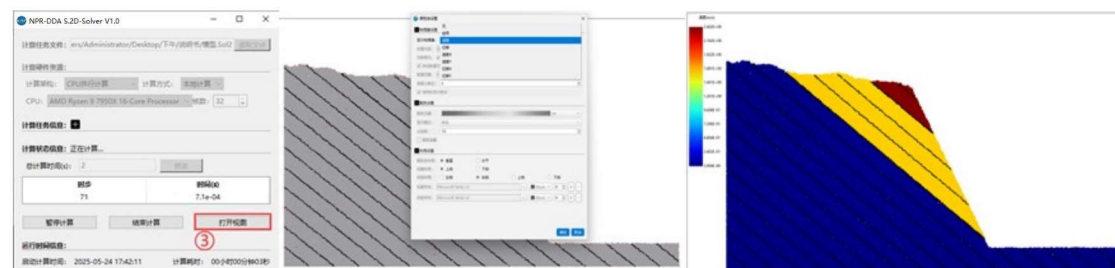


图 2.3 求解器颜色条设置

(3) 计算完成后，在.sol2 文件同级目录下查看后处理.GMFP2 文件，如下图所示。

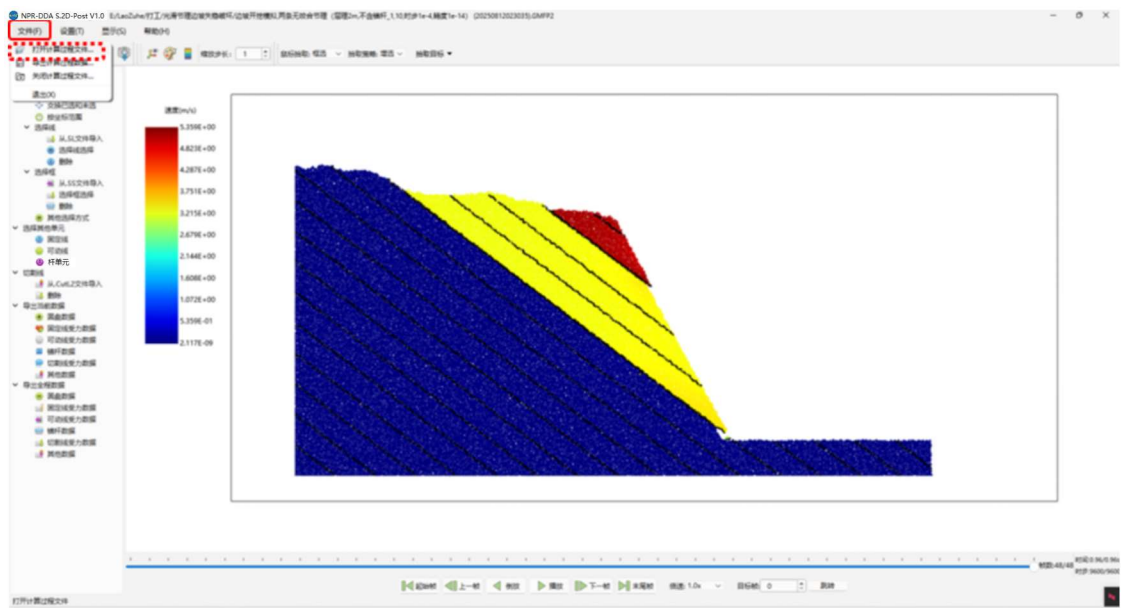


图 2.4 .NPR-DDA S.2D-Solver 文件导入后处理程序流程示意

三、NPR-DDA S.2D-Post 后处理程序

3.1 软件概述

NPR-DDA S.2D-Post 程序是 NPR-DDA S.2D 系列程序后处理部分，主要用于处理求解器计算保存得到的.GMFP2 后处理文件，该程序能够通过时间轴读取每个保存时间步的计算模型状态，同时导出该时步下或全程的模型数据。

3.2 功能简介

后处理程序操作界面主要分为工具栏、命令树、显示窗口、时间轴 4 个部分。工具栏主要包含视图显示设置、鼠标操作设置、文件相关操作；命令树主要包含圆盘、固定线、可动线和杆单元这四部分的选择操作方法、某时刻数据导出操作方法，以及全程数据导出操作方法。显示窗口的作用有两个，一是实时显示模型状态，二是在显示窗口中使用鼠标快捷地选取圆盘、固定线、可动线和杆单元。时间轴包含两部分，第一部分是上侧的时间轴显示，第二部分是下侧时间轴控制按钮。

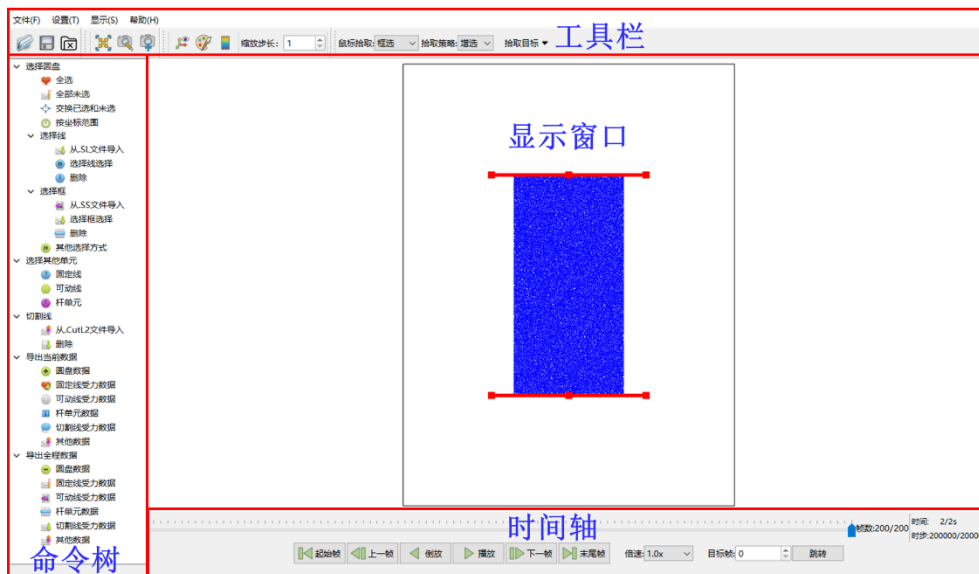


图 3.1 NPR-DDA S.2D 后处理视图布局

3.3 基础功能介绍

3.3.1 文件操作





文件导入：点击文件(F)，点击打开计算过程文件  打开计算过程文件... (也可以直接点击界面工具栏的 )，跳转到文件夹，选择要导入的文件。



图 3.2 文件操作窗口

文件导出

可以用此功能从计算文件导出需要的特定数据。点击文件(F)，再点击导出计算过程数据  导出计算过程数据... (也可以直接点击界面工具栏的 )，弹出设置窗口，导出范围可以按时间、时步、帧数范围设置，设置起始和结束节点，以及间隔。然后设置颗粒、固定线、可动线输出范围：全部、当前被选、无。可以选择勾选需要导出的其它数据。最后设置导出路径，导出数据。

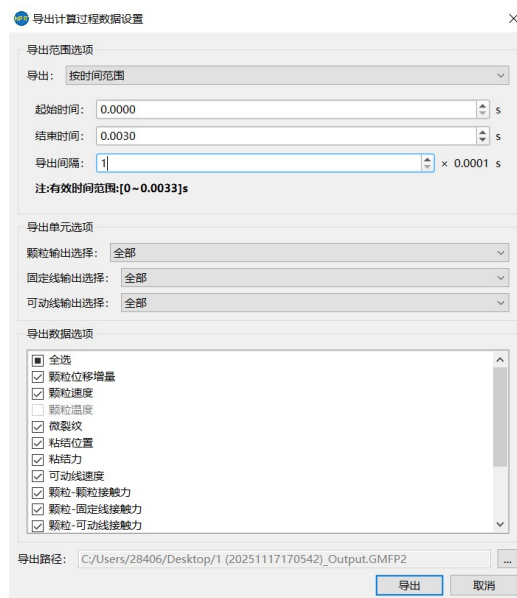




图 3.3 数据导出设置窗口



关闭计算过程文件：点击文件(F)，再点击关闭计算过程文件(也可以直接点击界面工具栏的 )，关闭当前计算过程文件。

3.3.2 视图窗口视角设置

使用此功能可以设置特定显示视角，方便结果演示、截屏等出图操作。

① 缩放到窗口大小：点击设置(T)，再点击缩放到窗口大小(也可以直接点击界面工具栏的 )，窗口自动调整到适应窗口大小的视角。

② 编辑视角：可以设置指定的显示视角。点击设置(T)，点击编辑视角(也可

以直接点击界面工具栏的)，弹出视角编辑窗口，可以添加、删除、显示自己需要的视角，moveX 和 moveY 分别表示视图往 X、Y 轴方向的移动距离，zoom 表示视图的大小。当勾选了视角后，点击确定按钮，即可显示选择的视角。删除视角，可以直接点击。

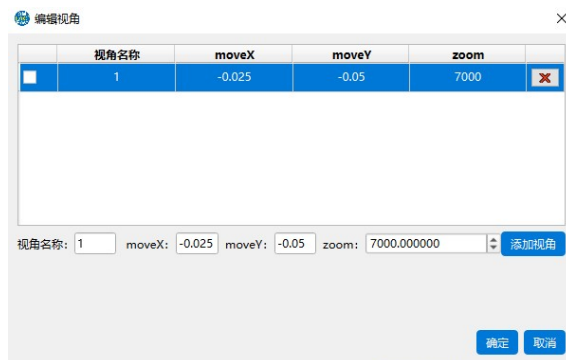




图 3.4 视角编辑窗口

③ 添加视角：当认为当前视图显示界面的视角需要保存时，点击添加视角(也可以直接点击界面工具栏的)，该视角数据就会保存，后续可以在 编辑视角 中选择显示。

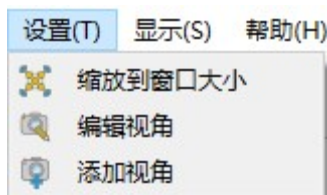



图 3.5 视角设置窗口

3.3.3 视图显示设置

设置视图显示的内容、颜色等。



图 3.6 显示设置窗口

① 设置坐标轴显示：点击设置坐标轴显示(也可以直接点击界面工具栏的)，弹出坐标轴显示设置窗口，可选择是否勾选显示坐标轴、显示 X、Y、Z 字母，以及设置缩放倍数(控制坐标轴的大小)。

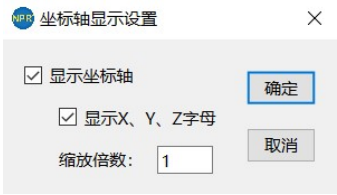


图 3.7 坐标轴设置窗口


② 显示设置：点击显示设置(也可以直接点击界面工具栏的)，弹出颜色设置窗口。




图 3.8 显示颜色设置窗口

可以设置的内容列在下表，设置时可通过预览查看设置结果。

表 3.1 颜色条操作说明

可设置项目	设置内容
背景颜色	样式、颜色
线单元颜色	前三种类型的线单元：固定线、可动线、杆单元设置，设置是否显示、未选中时显示的颜色、被选中时显示的颜色、线宽； 后三种类型的线单元：选择线、切割线、选择框设置，设置颜色和线宽。
颗粒颜色	颗粒是否显示、未选中时显示的颜色、选中时显示的颜色
粘结单元	显示类型、未选中时显示颜色、选中时显示的颜色、线宽宽度
微裂纹	三种类型的裂纹：原生裂纹、剪切裂纹、拉伸裂纹； 设置裂纹是否显示、显示的颜色 裂纹尺寸大小设置
求解区域	是否显示计算区域、计算区域颜色、计算区域线宽

③ 设置颜色条显示：点击设置颜色条显示(也可以直接点击界面工具栏的)，弹出颜色条设置。可设置显示的物理量，包括速度、组号、位移、速度 X、速度 Y、位移 X、位移 Y；设置颜色条的标题；勾选关联单元；数值显示形式(自动或手动设置)；颜色条配色；颜色条布局(根据需要设置颜色条位置，也可以在显示窗口手动拖动颜色条)。

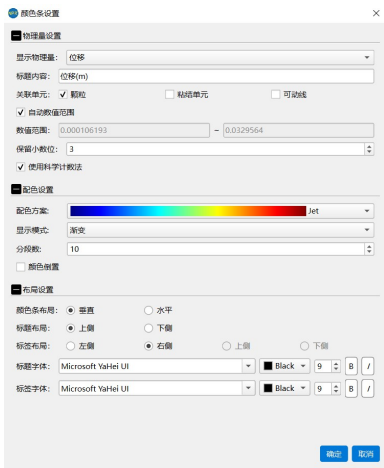


图 3.9 颜色条设置窗口

3.3.4 鼠标操作设置

鼠标操作设置栏主要用于设置使用鼠标如何选取目标圆盘、可动线、固定线、杆单元，以及使用鼠标滚轮缩放视图，按压鼠标中键移动视图窗口。

- ① 缩放步长：在 **缩放步长**: 1 中输入数值控制鼠标滚轮缩放视图界面的步长。
- ② 鼠标拾取：在 **鼠标拾取**: 框选 中选择鼠标拾取方式，有单点、框选、圆选、多边形。

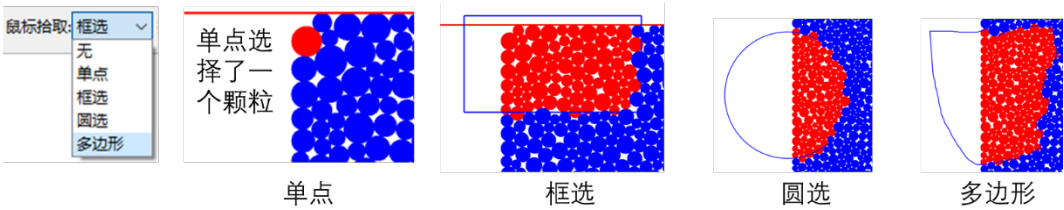


图 3.10 拾取方法

- ③ 拾取策略：在 **拾取策略**: 增选 中设置拾取策略，有增选和弃选。增选是从未选中状态变为选中状态；弃选是从选中状态到未选中状态。

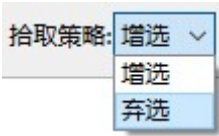


图 3.11 拾取策略

- ④ 拾取目标：可勾选是否用鼠标选取：圆盘、固定线、可动线、杆单元，勾选的目标可以使用鼠标在界面进行选取操作。



图 3.12 拾取目标

3.3.5 圆盘拾取

圆盘拾取有两种方式，一种是使用鼠标在显示窗口选择、另一种是使用命令树中的命令选取。

(1) 鼠标拾取

在 **鼠标拾取**、**恒选**、**拾取策略**、**增选**、**拾取目标** 中设置鼠标选取方式，然后鼠标左键选取颗粒。

(2) 命令拾取

① 全选：在命令树中，双击 **全选**，可全选颗粒；

② 按 X、Y 范围选择：双击 **按坐标范围**，弹出坐标设置窗口，可以设置 X、Y 坐标范围。还可以设置是否进行反选、在已选中的颗粒中再选择颗粒。

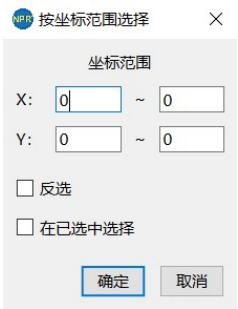


图 3.13 坐标范围设置


③ 交换已选和未选：双击 **交换已选和未选**，可以交换已选颗粒和未选颗粒。

④ 按其它形状选择：双击 **其他选择方式**，可以按其它方式选取，有：圆形、颗粒半径、组号、粘结单元选取。

表 3.2 圆盘拾取操作说明

选择方式	设置内容
按圆形范围选择	设置圆形的圆心坐标及半径，选取圆形范围内的颗粒
按半径范围	设置圆盘的半径范围，选取在此半径范围内的颗粒
按组号	设置组号范围，选中组号在此范围内的颗粒
按粘结单元数	设置粘结单元数，选中符合此粘结数的颗粒

⑤ 使用选择线选取：双击 **从SL文件导入**，从文件夹中导入选择线文件，

然后双击  选择线选择，弹出操作类型设置窗口，其中，按到选中线距离选择会弹出距离阈值设置窗口，即只选距离选择线距离阈值以内的颗粒；按向量扫描选择会弹出方向向量设置，图中 X: 0, Y: 1 表示选择线上方的颗粒会被选中。

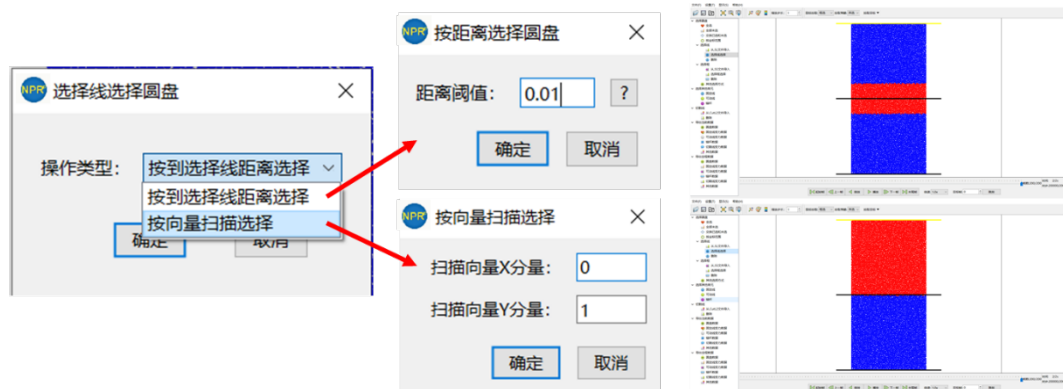




图 3.14 选择线选择圆盘

⑥ 使用选择框选取：双击  从SS文件导入，从文件夹中导入选择线文件，然后双击  选择框选择，会自动选中被选择框覆盖的圆盘。

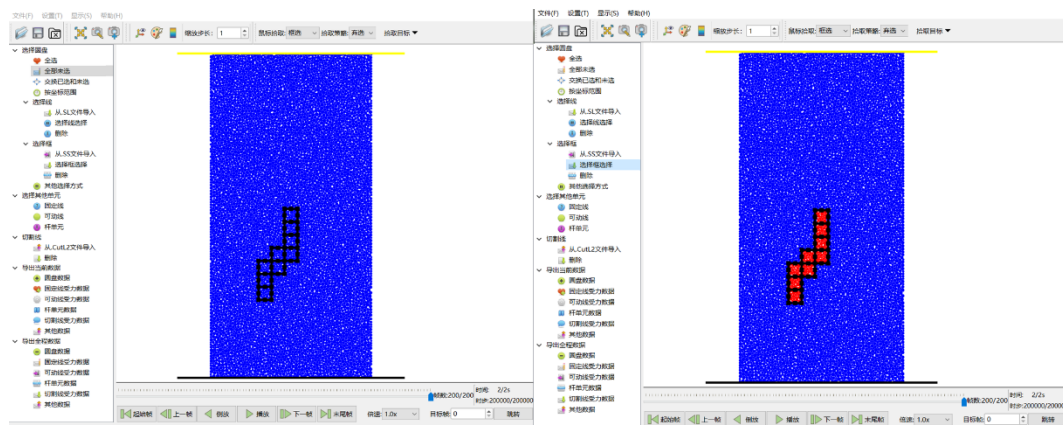



图 3.15 选择框选择圆盘




3.3.6 固定线、可动线、杆单元拾取

这三类线单元选择方式相同。均有鼠标拾取和命令拾取：

① 鼠标拾取

在  鼠标拾取: 框选 下拉菜单中设置鼠标选取方式，然后鼠标左键选取线单元。

② 命令拾取

双击  固定线、 可动线 或  杆单元，会弹出选择方式窗口，有：全选、清除、按组号、按坐标范围、按圆形范围、交换已选和未选。

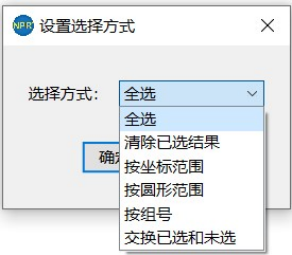


图 3.16 线单元选择方式

3.3.7 时间轴操作


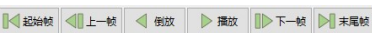
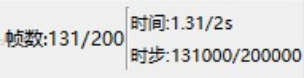
可以通过调节时间轴，查看不同时刻模型的状态。可以直接鼠标拖动，查看进度，也可以使用下列的按钮，控制进度。时间轴右上角的，分别显示模型当前状态所处的帧数、时间和时步。



图 3.17 时间轴

3.4 数据导出

数据导出可以导出某一时刻的数据(即导出当前数据)，也可以导出全程数据(即导出全程数据)。数据导出分为圆盘数据导出、固定线数据导出、可动线数据导出、杆单元数据导出、切割线数据导出，以及其它数据导出。

3.4.1 圆盘数据导出

①、选取需要导出数据的圆盘

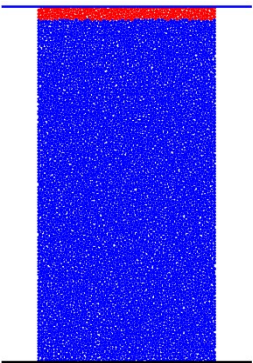



图 3.18 拾取圆盘

②、双击圆盘数据 **圆盘数据**（导出当前数据或全程数据），选择需要导出的数据，导出。可导出的数据包括：圆盘信息文件格式(.Disk 格式、.Disk2 格式、.DiskC2 格式、.DiskG 格式、.DiskG2 格式、.DiskF2 格式)、圆盘信息(圆心

坐标、半径)、位移(位移均值、位移最大值等)、速度(速度均值、速度最大值)、粘结单元总数、拉伸微裂纹总数、剪切微裂纹总数、微裂纹总数。

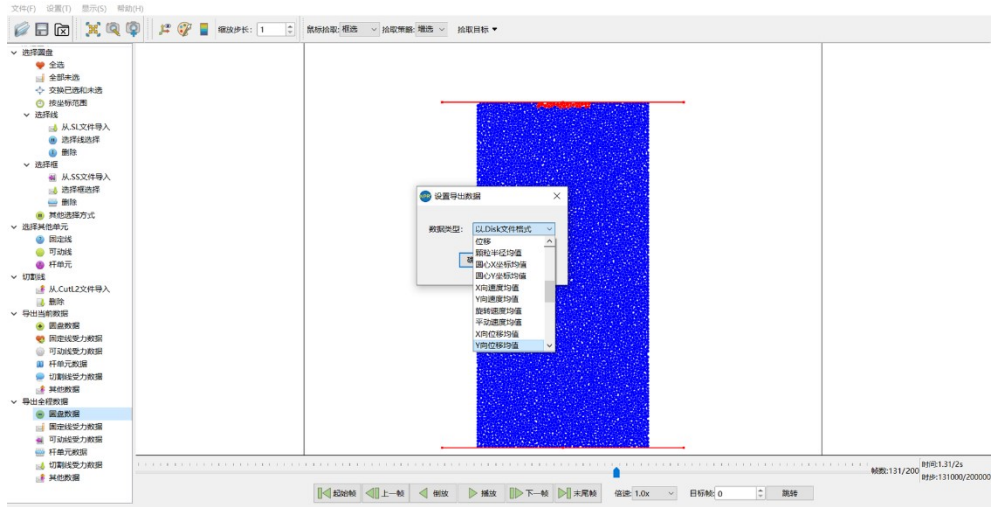


图 3.19 圆盘数据导出

3.4.2 可动线数据导出

①、可动线的受力数据是可动线与圆盘相互作用后产生的力，因此要选择两部分，第一部分是需导出受力数据的可动线，然后选择圆盘。例如，下图中，选中了上面的可动线，以及模型上侧的颗粒，导出的可动线受力数据为可动线与上侧颗粒之间的作用力。

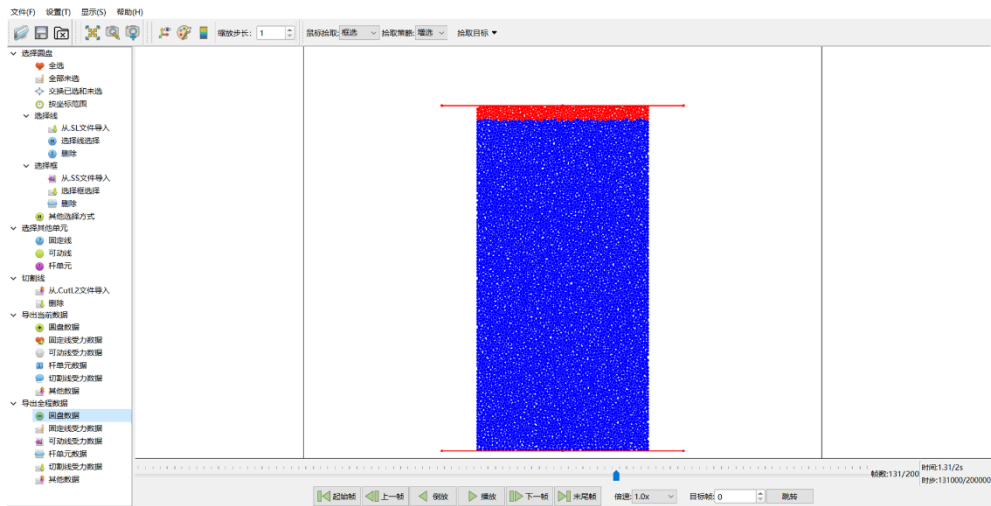



图 3.20 圆盘和可动线选取

②、双击可动线受力数据  可动线受力数据（导出当前数据或全程数据），选择需要导出的数据，导出。可导出的数据包含：正压力、正压力 X 分量、正压力 Y 分量、摩擦力、摩擦力 X 分量、摩擦力 Y 分量、合力 X 分量、合力 Y 分量。

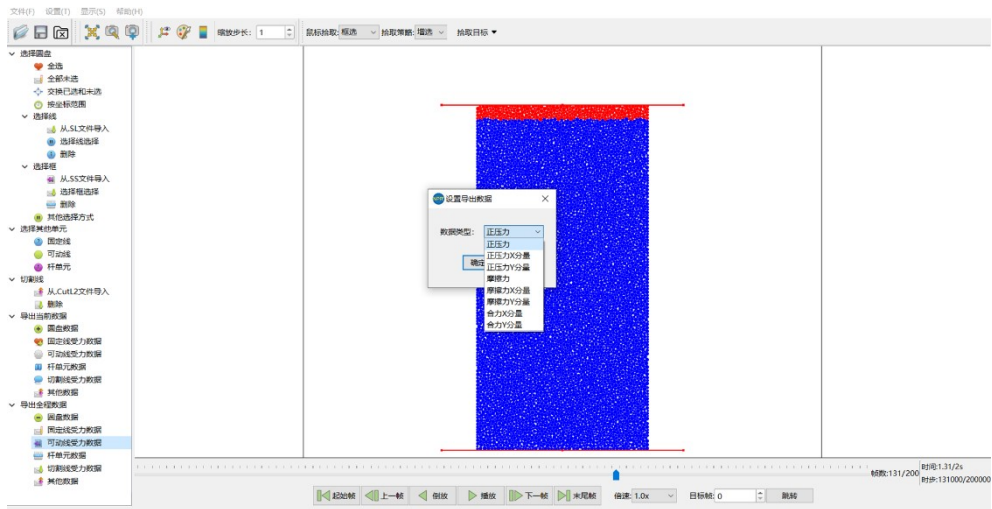


图 3.21 可动线数据导出

3.4.3 固定线数据导出

固定线的使用逻辑与可动线类似。

①、选择需要导出数据的固定线以及周围圆盘

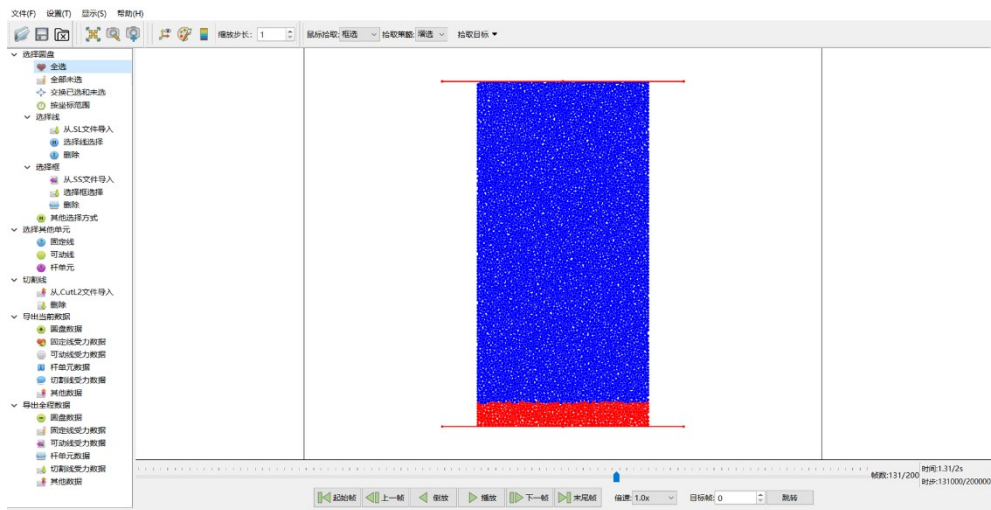



图 3.22 圆盘和固定线选取

②、双击固定线受力数据  **固定线受力数据**（导出当前数据或全程数据），选择需要导出的数据，导出。

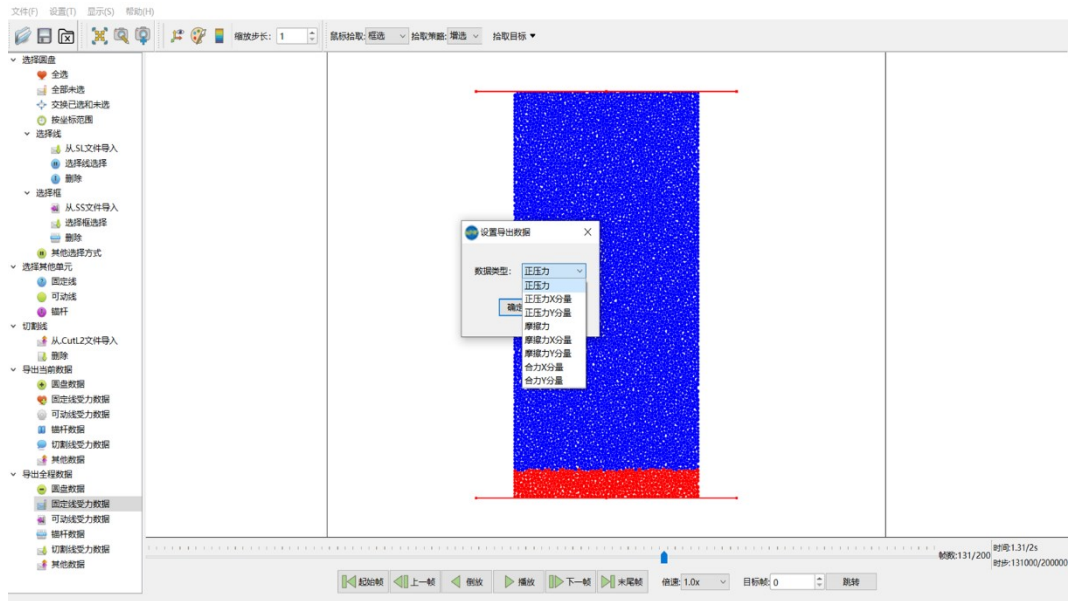


图 3.23 固定线数据导出

3.4.4 杆单元数据导出

①、杆单元数据的导出，需要确定导出的是单根杆单元还是单根杆单元中的一小段杆单元的数据，在选中杆单元后双击杆单元数据 **杆单元数据**（导出当前数据或全程数据），选择需要选中的数据，导出。

下面两张图分别是单根杆单元数据导出示意图和单一小段杆单元数据导出示意图。

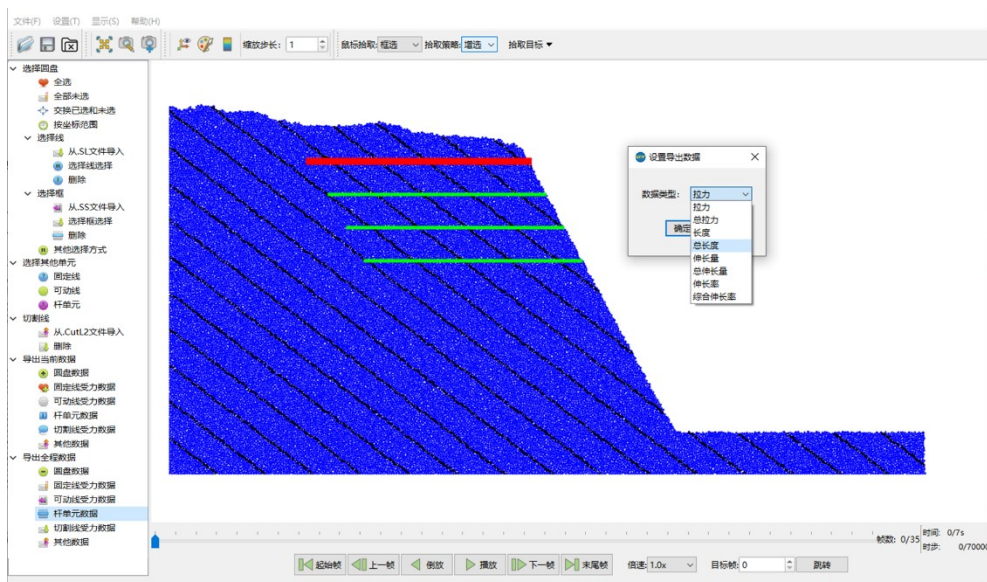


图 3.24 单根杆单元数据导出

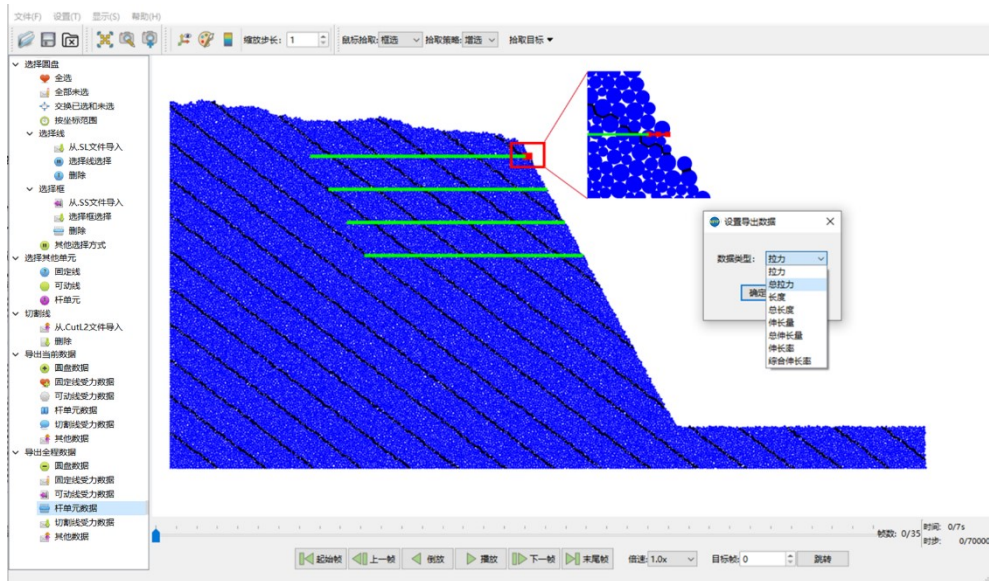


图 3.25 一小段杆单元数据导出

②、以下是每种杆单元数据的详细说明和注意事项。

拉力：导出端部锚固杆单元的杆单元拉力数据和单段全长锚固杆单元的拉力数据。

(注：拉力的导出，建议每次只选择杆单元的一个小段去导出数据，否则容易造成数据混乱)

总拉力：导出单根全长锚固杆单元的总拉力数据。

(注：总拉力的导出，需要完整的选择整根全长锚固杆单元的所有小段，以确保导出的拉力数据是该全长锚固杆单元的总拉力数据)

长度：导出单段端部锚固杆单元和单段全长锚固杆单元的长度数据。

总长度：导出单根端部锚固杆单元和单根全长锚固杆单元的总长度数据。

伸长量：导出单段端部锚固杆单元和单段全长锚固杆单元的伸长量数据。

总伸长量：导出单根端部锚固杆单元和单根全长锚固杆单元的总长度数据。

伸长率：导出单段端部锚固杆单元和单段全长锚固杆单元的伸长率数据。

综合伸长量率：导出单根端部锚固杆单元和单段全长锚固杆单元的综合伸长量率。

(注：长度、伸长量、伸长率的导出，建议每次只选择杆单元的一个小段去导出数据，以防止导出多小段杆单元数据给后期数据处理带来的麻烦；总长度、总伸长量、综合伸长率的导出，需要完整的选择整根杆单元的所有小段，以确保导出的数据是该杆单元的整根杆单元数据)

3.4.5 切割线数据导出

如果需要模型某个截面的力，可以制作一条通过截面的切割线，然后选中截面附近的圆盘，导出切割线数据，即可得到截面的力。如下图，首先使用记事本创建一个切割线数据，式为(x1,y1),(x2,y2).....，依次连接这些点形成切线，最后将后缀改为.CutL2。

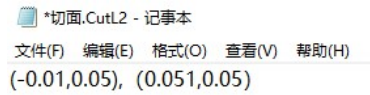



图 3.26 切割线数据格式

①、导入切割线：双击从.CutL2 文件导入  从.CutL2文件导入 → 导入切面数据。

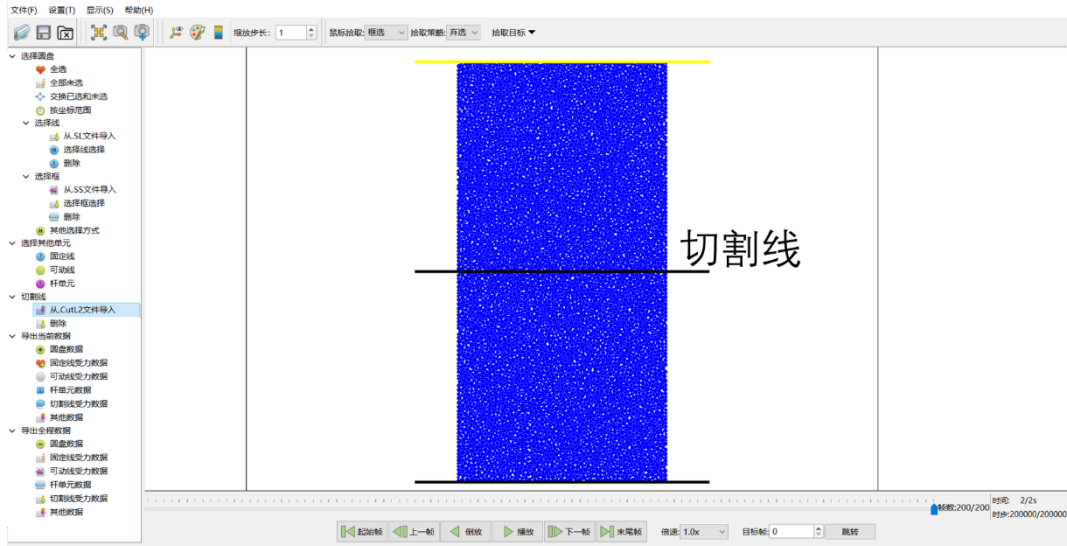


图 3.27 切割线导入

②、选择切割线周围圆盘

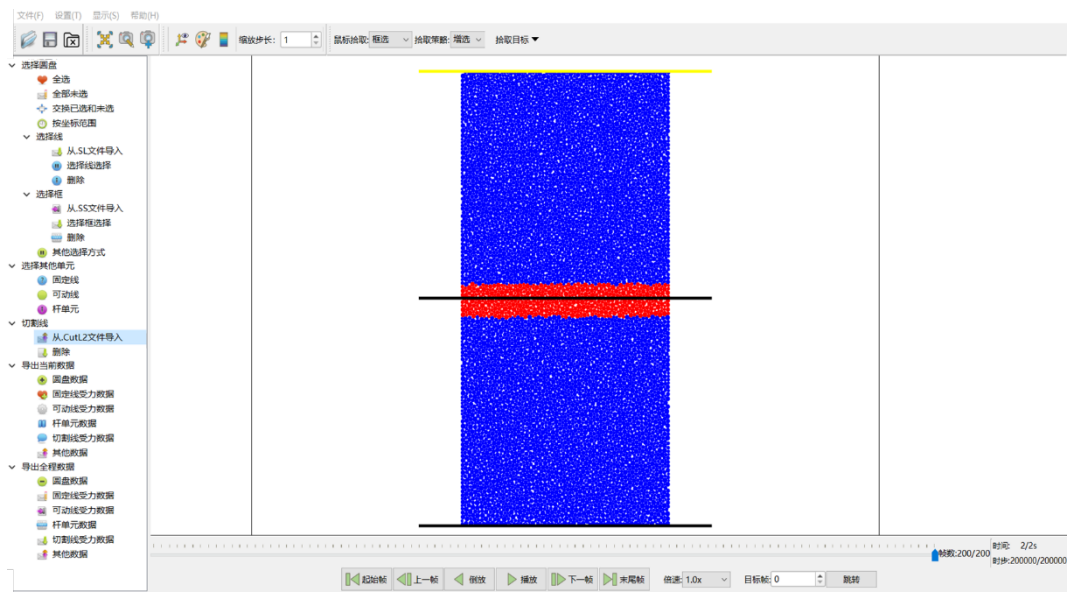



图 3.28 截面周围圆盘拾取

③、双击切割线受力数据  切割线受力数据（导出当前数据或全程数据），选择需要导出的数据，导出。可导出的数据有：正向力、切向力、合力 X 分量、合力 Y 分量。

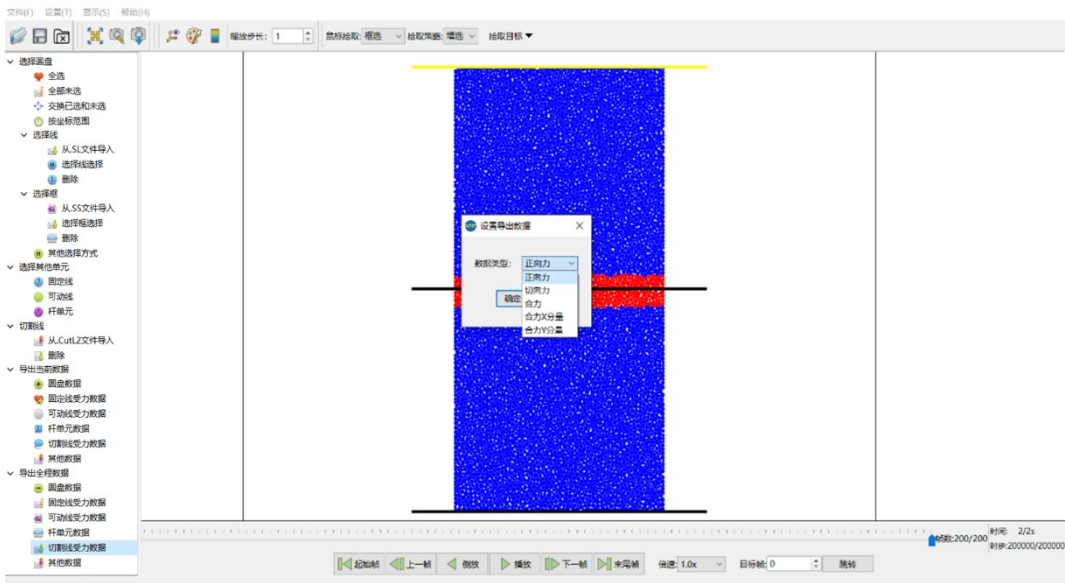


图 3.29 切割线数据导出

3.4.6 其它数据导出

点击其他数据，选择需要导出的数据，导出。可选的数据包括：时间、时步、粘结单元数、微裂纹总数、拉伸微裂纹数、剪切微裂纹数、杆单元数据。

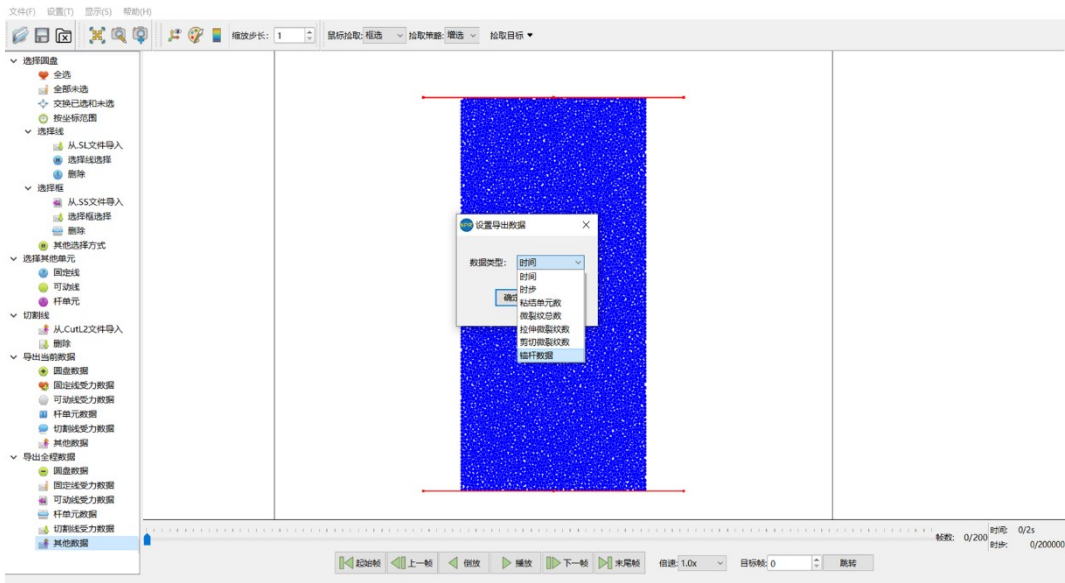


图 3.30 其它数据导出

3.5 .GMF2 文件导出

点击“帮助(H)” [帮助\(H\)](#)，再点击“高级功能”，在高级功能中，显示“当前数据按.GMF2 文件导出”功能。

“当前数据按.GMF2 文件导出”可将当前模型数据导出为.GMF2 文件，后续可用 NPR-DDA S.2D-Pre 前处理程序打开，在当前模型状态的基础上设置模型

参数。注：“高级功能”下部分操作尚未经过稳定性检验，可能导致计算异常，请用户慎用！

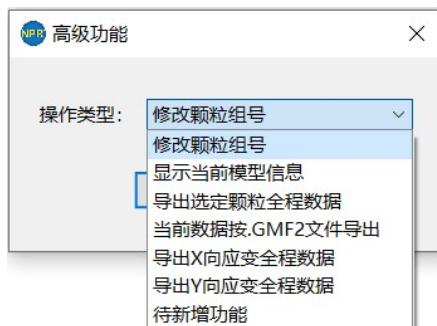


图 3.31 高级功能