

MxSim 通用结构分析

使用指南

——软件基础操作

文件编号：001

编制：_____

审核：_____

批准：_____

2021 年 11 月

目录

一、MxSim 基础	1
1.1 用户界面	1
1.1.1 标题栏	2
1.1.2 下拉菜单	2
1.1.3 快捷工具栏	3
1.1.4 模型树	3
1.1.5 参数栏	3
1.1.6 图形区	4
1.1.7 主面板工具栏	4
1.1.8 信息栏	4
1.1.9 命令行	4
1.2 模型操作	4
1.2.1 模型操作	4
1.2.1.1 旋转模型	4
1.2.1.2 平移模型	5
1.2.1.3 缩放模型	5
1.2.2 模型拾取	5
1.2.2.1 点选	5
1.2.2.2 框选	5
1.2.3 几何拾取	5
1.2.3.1 拾取对象	5
1.2.3.2 拾取方式	5
1.3 单位的统一	5
1.4 模型的管理	6
1.4.1 几何模型	6
1.4.2 有限元模型	7
1.4.3 后处理视窗	8
1.4.4 计算文件的导出	8
1.5 视窗与显示	9
1.5.1 视窗	9
1.5.2 显示控制	10
1.6 主面板快捷工具栏	10
1.6.1 集合工具	10
1.6.2 曲线工具	11
1.6.3 复合材料创建工具	11
1.6.4 坐标系工具	12
1.6.5 刚体动力学辅助工具	12
1.6.5.1 刚体创建工具	13
1.6.5.2 刚体约束工具	13
1.6.5.3 刚体连接工具（运动副）	13
二、几何建模或导入	14

2.1 几何建模	14
2.1.1 创建几何点	15
2.1.1.1 通过坐标创建几何点	15
2.1.1.2 通过圆心/弧心创建几何点	15
2.1.1.3 通过 U 参数创建几何点	15
2.1.2 创建几何线	16
2.1.2.1 两点坐标创建几何线	16
2.1.2.2 通过拾取已有几何点创建多线段	16
2.1.2.3 通过拉伸节点创建几何线	16
2.1.2.4 通过圆心&半径/三点创建圆弧线	17
2.1.2.5 通过拾取几何边界创建几何线	17
2.1.2.5 通过偏置已有几何边界创建几何线	17
2.1.3 创建几何面	18
2.1.3.1 几何平面	18
2.1.3.2 圆柱面	18
2.1.3.3 圆台面	18
2.1.3.4 球面	19
2.1.3.5 圆环面	19
2.1.3.6 旋转面	20
2.1.3.7 拉伸面	20
2.1.4 创建几何体	21
2.1.4.1 立方体（长方体）	21
2.1.4.2 圆柱体	21
2.1.4.3 圆台	22
2.1.4.4 球体	23
2.1.4.5 圆环体	23
2.1.4.6 回转体	23
2.1.4.7 拉伸成体	24
2.2 导入模型	24
2.2.1 导入几何	24
2.2.2 导入计算文件	25
2.2.3 导入结果文件	25
三、网格划分	25
3.1 线剖分	26
3.2 面剖分	26
3.3 实体剖分	27
3.4 局部网格控制	28
3.5 创建节点	28
3.6 创建网格	29
四、材料定义	29
4.1 弹性材料参数设置	30
4.2 常规塑性材料参数设置	31
4.3 超弹性材料参数设置	31
4.4 刚体材料参数设置	31

五、截面属性	31
5.1 截面属性创建与赋予	32
5.1.1 1D 杆/梁单元的截面创建	32
5.1.1.1 梁截面工具-MXBeam	33
5.1.1.2 杆单元截面属性创建	34
5.1.1.3 梁单元截面属性创建	34
5.1.2 2D 单元的截面属性创建	34
5.1.2.1 壳单元的截面属性创建	34
5.1.2.2 平面应力/应变单元/剪切板的截面属性创建	34
5.1.2.3 实体单元的截面属性创建	35
5.1.2.4 弹簧单元的截面属性创建	35
5.2 截面属性赋予	35
六、单元类型的定义与关联	36
6.1 杆单元	37
6.2 梁单元	37
6.3 平面应变单元	37
6.4 平面应力单元	38
6.5 壳单元	38
6.6 剪切板单元	39
6.7 三维实体单元	39
6.8 质量单元	40
6.9 弹簧	40
七、定义分析工况	40
7.1 工况名称	41
7.2 工况描述	41
7.3 分析类型	41
7.4 分析工况定义	42
7.4.1 线性静态分析	42
7.4.2 非线性静态分析	43
7.4.3 模态分析	43
7.4.4 线性屈曲分析	43
7.4.5 线性瞬态分析	44
7.4.5.1 模态叠加法	44
7.4.5.2 直接积分法	44
7.4.6 线性频响分析（模态法）	45
7.4.7 随机振动分析	45
八、定义载荷	45
8.1 集中力	46
8.2 重力	46
8.3 压强	47
8.4 瞬态载荷	47
8.5 频域载荷	48
8.6 线载荷	48
九、施加约束	49

9.1 固定/对称/反对称约束	49
9.2 位移/转角	50
9.3 虚拟约束	50
9.4 初始边界条件	50
十、求解	51
10.1 输出设置	51
10.1.1 场变量输出	51
10.1.2 历史变量	52
10.2 计算任务	52
十一、拓扑优化	52
十二、后处理	54
12.1 后处理视窗	54
12.2 后处理快速视图	55
12.2.1 位移变量	55
12.2.2 应力分量	56
12.2.3 显示构型	56
12.3 后处理云图	57
12.3.1 后处理云图设置-层	57
12.3.2 后处理云图设置-离散开关	58

一、MxSim 基础

本部分主要介绍 MxSim 软件的用户界面，介绍 MxSim 的菜单、鼠标快捷操作、视图控制、单位制及模型管理。

1.1 用户界面

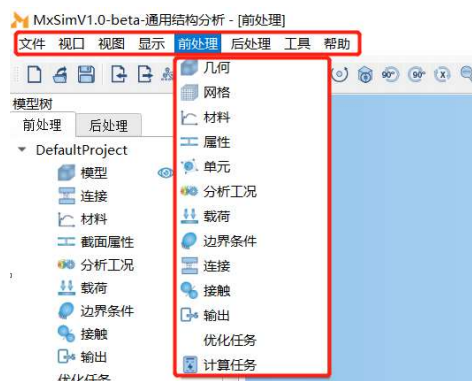
工具	功能描述
标题栏	包含 MxSim 的版本号、分析版块和当前数据库的名称
下拉菜单	包含 MxSim 所有可用菜单。点击后会下拉项可以访问产品中的所有功能。
快捷工具栏	为常用功能提供快捷操作工具，如文件、视窗、几何/模型选择等
模型树	<p>提供了模型及其所包含的对象的图形概述，按照完整的分析流程来进行分层：如模型、材料、属性、工况、连接、载荷/约束、输出请求等。</p> <p>此外，“模型树”还提供了一种便捷的集中式工具，用于直接管理各分析流程中的对象。</p>
参数栏	显示当前对象的属性信息

图形区	对当前分析的模型进行图形展示或在图形窗口中对模型进行一系列分析操作
主面板工具栏	按照基本分析流程顺序排列的分析功能工具，点击主面板功能工具，会在主面板工具菜单展开相应的工具
主面板工具菜单	对应显示主面板工具栏的展开功能及详细的操作选项
信息栏	显示分析求解的过程信息（进程、警告、错误等信息）
命令行	可以使用命令行界面键入 Python 操作命令。

1.1.1 标题栏



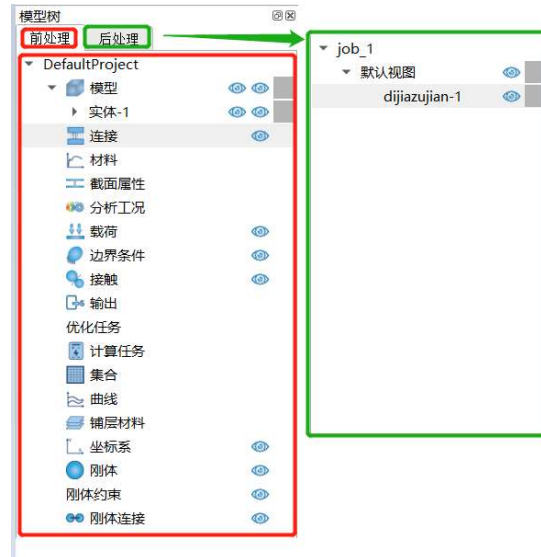
1.1.2 下拉菜单



1.1.3 快捷工具栏



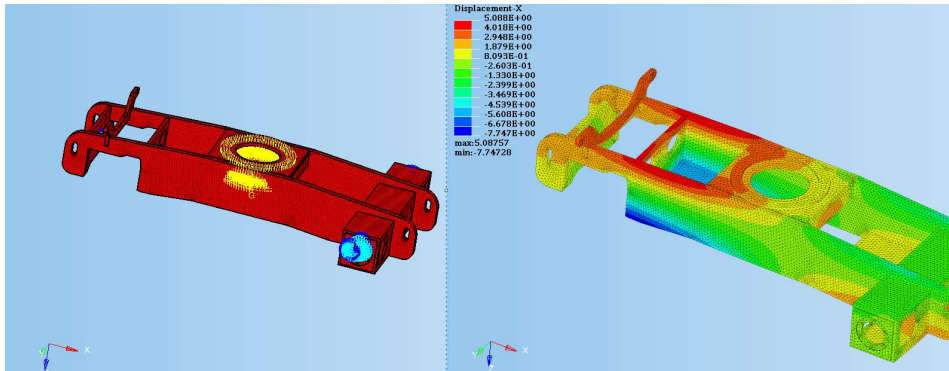
1.1.4 模型树



1.1.5 参数栏

参数	
名称	值
当前帧	1
总帧数	1
节点总数	30544
单元总数	98057
离散阶数	12
默认最大值	5.08757
默认最小值	-7.74728

1.1.6 图形区



1.1.7 主面板工具栏



1.1.8 信息栏



1.1.9 命令行



1.2 模型操作

1.2.1 模型操作

1.2.1.1 旋转模型

按住并拖动“鼠标左键”；

1.2.1.2 平移模型

按住并拖动“鼠标右键”；

1.2.1.3 缩放模型

滚动“鼠标中键”；

1.2.2 模型拾取

1.2.2.1 点选

按键盘 Ctrl 键+拖动“鼠标左/右键”

1.2.2.2 框选

按键盘 Shift 键+拖动“鼠标左/右键”

1.2.3 几何拾取

1.2.3.1 拾取对象

节点、网格、网格边、网格面、零件

1.2.3.2 拾取方式

鼠标拾取、通过边、通过面、通过零件、通过 ID 号、全部拾取

1.3 单位的统一

单位类别	SI	SI (mm)	美制 (ft)	美制 (inch)
长度	m	mm	ft	in
力	N	N	lbf	lbf
质量	kg	ton	slug	lbf s ² /in
时间	s	s	s	s
压力	Pa (N/m ²)	MPa (N/mm ²)	lbf/ft ²	psi (lbf/in ²)

密度	kg/m ³	ton/mm ³	slug/ft ³	lbf s ² / in ⁴
----	-------------------	---------------------	----------------------	--------------------------------------

1.4 模型的管理

同主流的通用有限元软件一样，MxSim的模型分为几何模型、有限元模型和后处理模型。

MxSim支持新建简单几何、导入外部几何和有限元模型文件、导出为常用格式的外部有限元模型文件。

目前仅支持打开一个MxSim工程，一个工程包含一个几何模型视窗、一个有限元模型视窗和一个后处理视窗。在一个MxSim工程中，导入的外部几何模型会显示在几何模型视窗（支持导入多个），导入的有限元模型（计算文件）会显示在有限元模型视窗（支持导入多个），导入的后处理文件则直接显示在后处理视窗。

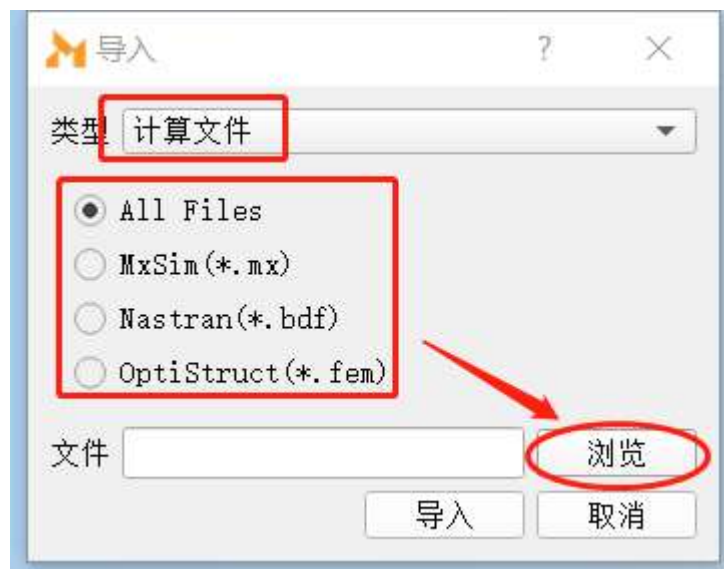
1.4.1 几何模型

如同其它CAE软件，MxSim支持简单几何的建模，如简单的几何点、线、面、体等，目前仅支持创建简单的几何Part。MxSim支持导入第三方CAD软件创建号的模型，目前支持.IGES和.STEP等格式，可以导入MxSim直接使用。



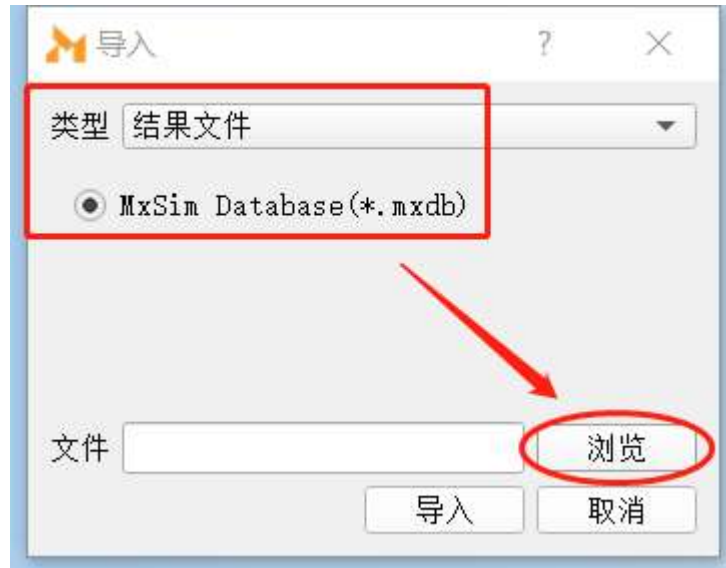
1.4.2 有限元模型

有限元模型一般包含网格信息、材料属性、连接关系、边界条件等信息的模型。除了导入MxSim自身的有限元文件（.mx）外，MxSim还支持导入当前主流的第三方有限元模型，如ANSYS（.cdb）、NASTRAN（.bdf）、OptiStruct（.FEM）等。



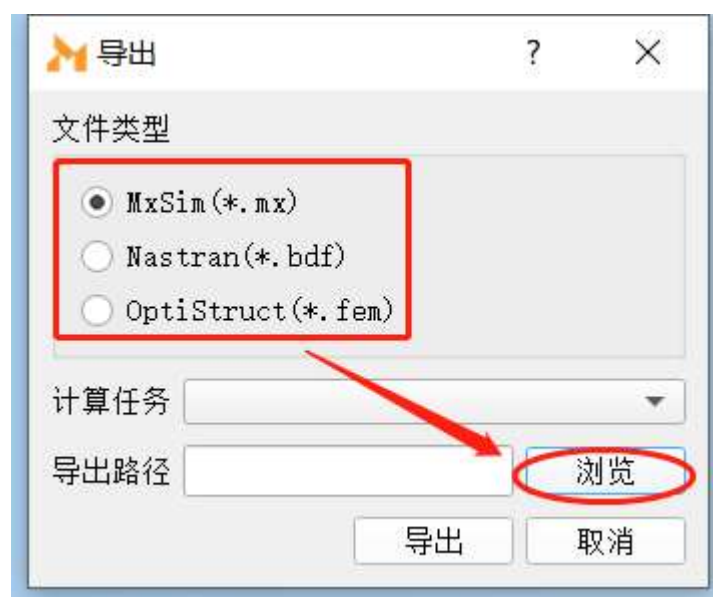
1.4.3 后处理视窗

目前仅支持导入MxSim的计算结果文件（.mxd），导入后可以使用MxSim对结果文件进行后处理。



1.4.4 计算文件的导出

MxSim支持将计算文件导出为自身或第三方有限元软件进行求解和后处理，如Nastran（.bdf）或OptiStruct（.fem）。



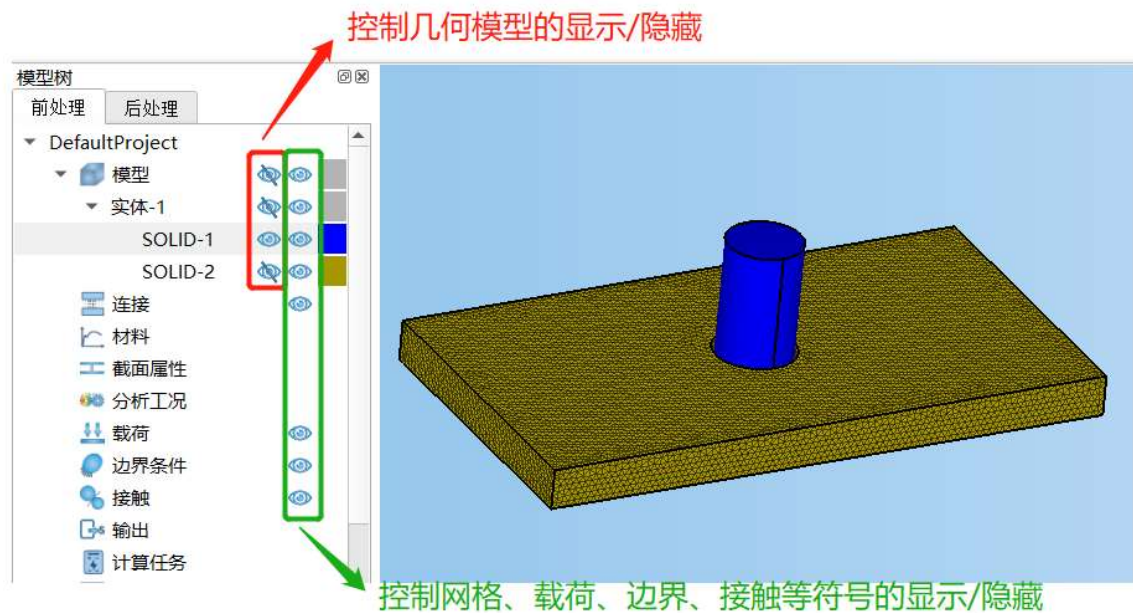
1.5 视窗与显示

1.5.1 视窗

为了明确区分操作对象模型，MxSim分别采用不同的视窗来分别显示几何模型/有限元模型和后处理视图，成功完成求解后会自动跳至后处理视窗，也可以通过在模型树顶端点击“前处理”/“后处理”切换显示视窗。



1.5.2 显示控制



1.6 主面板快捷工具栏

分析辅助工具，包含单元集合、曲线、复合材料铺层、坐标系、刚体、刚体约束、刚体连接等工具。



1.6.1 集合工具

用于创建单元（节点、单元线、单元面、单元体等）集合。

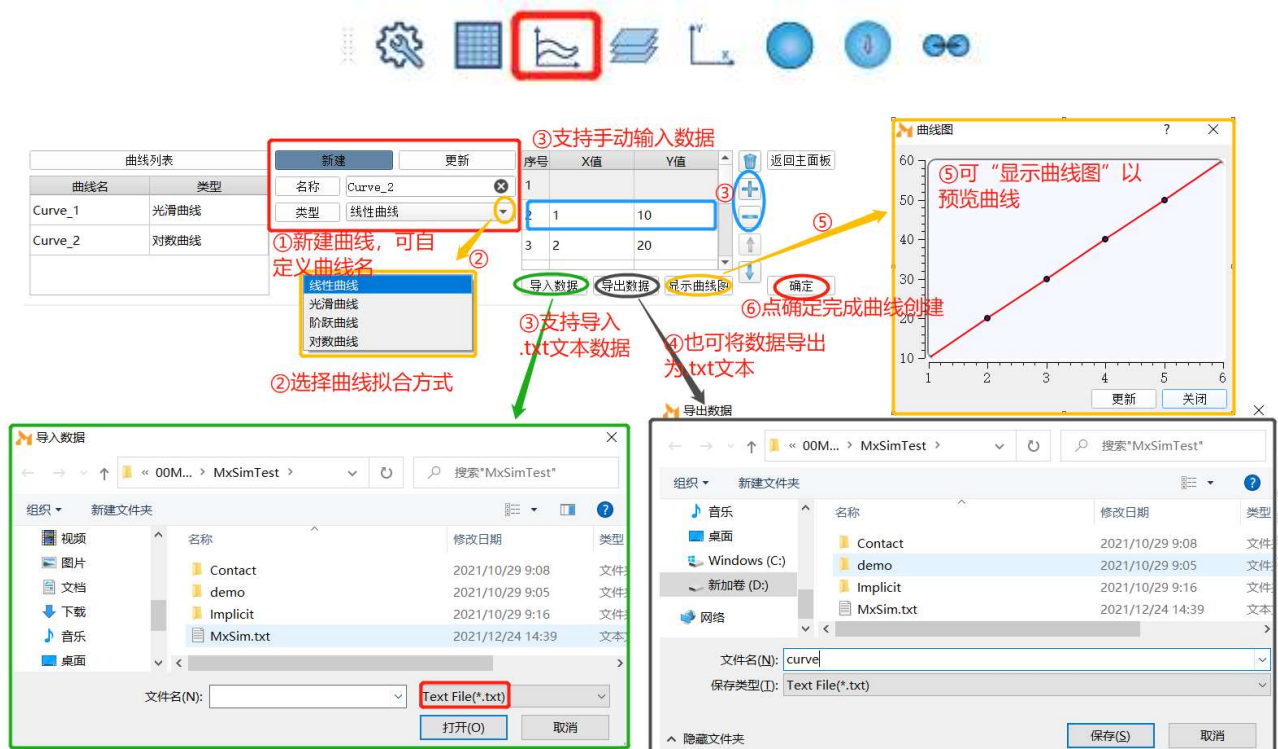




- ①新建“集合”，可自定义集合名
- ②选择要创建的集合“类型”节点、单元、单元面、单元边、零件集等
- ③选择相应的“范围”选取方式，可通过拾取、通过面、通过边、全部、零件、ID等
- ④视窗中选择相应的范围
- ⑤点“确定”完成集合创建
- ⑥集合列表会列出已创建集合

1.6.2 曲线工具

对于动力学分析，一般需要施加随时间/频率变化的载荷/位移边界，使用曲线工具来辅助完成。



1.6.3 复合材料创建工具

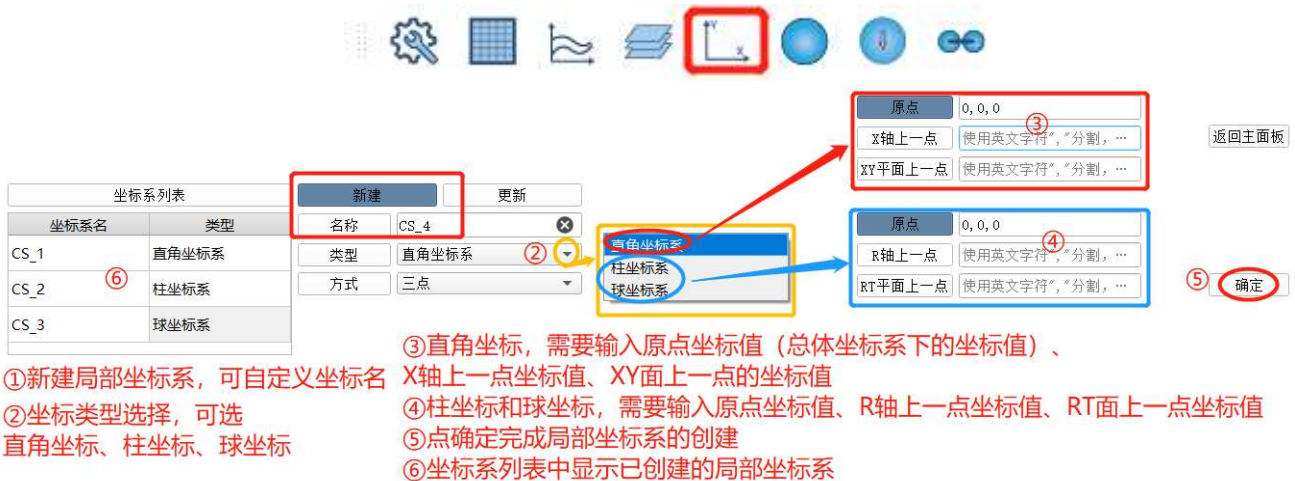
通过复合材料工具来创建复合材料铺层。





1.6.4 坐标系工具

施加按函数规律变化的载荷、结果后处理等场合经常会用到局部坐标系，使用 MxSim 的坐标系工具可以创建需要的局部坐标系。



1.6.5 刚体动力学辅助工具

使用 MxSim 也可以进行刚体动力学分析，支持刚体及参数的创建、刚体运动自由度的设置、运动副的创建等。

1.6.5.1 刚体创建工具

①新建刚体，可自定义名称
②类型默认为刚体
③刚体的参数（质量、惯性矩等运动学参数）
定义：默认自动，即软件根据模型和材质自动计算，
④可手动输入刚体的质量和惯性矩等参数
⑤手动也需要选取参考点，参考点可拾取
⑥也可输入坐标值定义参考点
⑦拾取、通过零件等方式选取需要定义的部件
⑧点击“确定”完成刚体的创建
⑨创建完成后会显示在“刚体列表”中

1.6.5.2 刚体约束工具

①新建刚体约束，可自定义名称
②选择刚体约束关联的“工况”（需提前创建分析工况）
③刚体约束类型选择，目前默认“位移/转角”
④选择需要约束的刚体自由度（U1~U3，UR1~UR3
分别对应三个坐标系方向的平动和转动）
⑤对于时变位移支持选择已创建的“曲线”
⑥选择刚体约束的作用对象，支持ctrl+鼠标左键拾取或
通过刚体名称选择
⑦选择通过刚体名称时，在刚体列表中选择作用的刚体
⑧点“确定”完成刚体约束的创建
⑨刚体约束列表中显示已创建的刚体约束

1.6.5.3 刚体连接工具（运动副）

运动副是两构件直接接触并能产生相对运动的活活动联接。两个构件上参与接触而构成运动副的点、线、面等元素被称为运动副元素。



①新建运动副，名称可自定义
 ②运动副类型选择：
 a.旋转副和平移副，选择相应刚体及参考几何
 b.圆球铰副，选择相应刚体及连接参考中心
 c.圆柱副，选择相应刚体、连接中心及轴向矢量
 d.平面副，定义刚体间的相对平面关系
 e.阻尼定义，选择刚体并定义刚体间的作用点及阻尼系数
 d.刚体弹簧，选择刚体并定义刚体间的作用点及刚度系数
 ③运动副的求解方法定义：
 a.罚函数法，需要输入力、扭矩的罚因子
 b.增强的拉格朗日法，需要定义容差及迭代步
 c.预位移法，可选预转角或预位移，时变位移可关联已创建曲线

二、几何建模或导入

如同其它 CAE 软件，MxSim 仅支持简单几何零件的建模，如跌落分析中的低面等。但 MxSim 支持导入第三方几何模型，使用第三方 CAD 软件建好的模型后，另存为.step 或.iges 等格式，然后在 MxSim 软件中可以直接导入几何模型使用。

2.1 几何建模

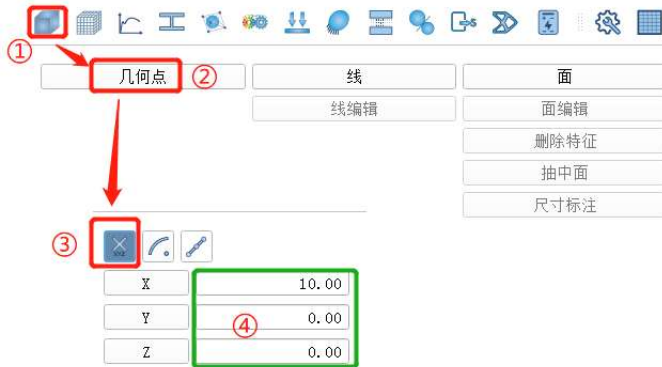
使用 MxSim 可以创建简单几何，如点、线、面、体。



2.1.1 创建几何点

可以通过输入坐标值、拾取已有的圆线/弧线/3节点、几何线U参数等方式创建几何点。

2.1.1.1通过坐标创建几何点



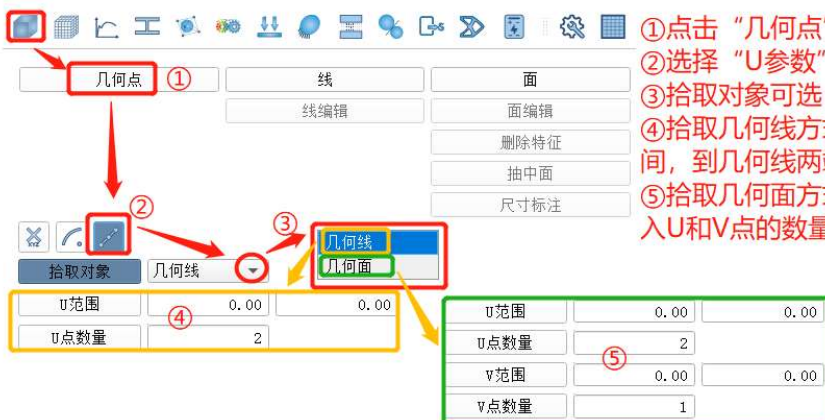
- ①点击“几何”，展开创建几何面板；
- ②点选“几何点”；
- ③选择“XYZ”图标（即通过输入X、Y、Z坐标值创建几何点）；
- ④输入相应的X、Y、Z坐标值；
- ⑤点击确定完成几何点的创建。

2.1.1.2通过圆心/弧心创建几何点



- ①点“几何”图标；
- ②点选“几何点”；
- ③点击“圆心”图标（即捕捉圆/弧线圆心或3节点圆心为几何点）；
- ④选取方式选择；
- ⑤键盘ctrl+鼠标左键在视窗中拾取3个节点；
- ⑥键盘ctrl+鼠标左键在视窗中拾取圆/弧线。

2.1.1.3通过U参数创建几何点

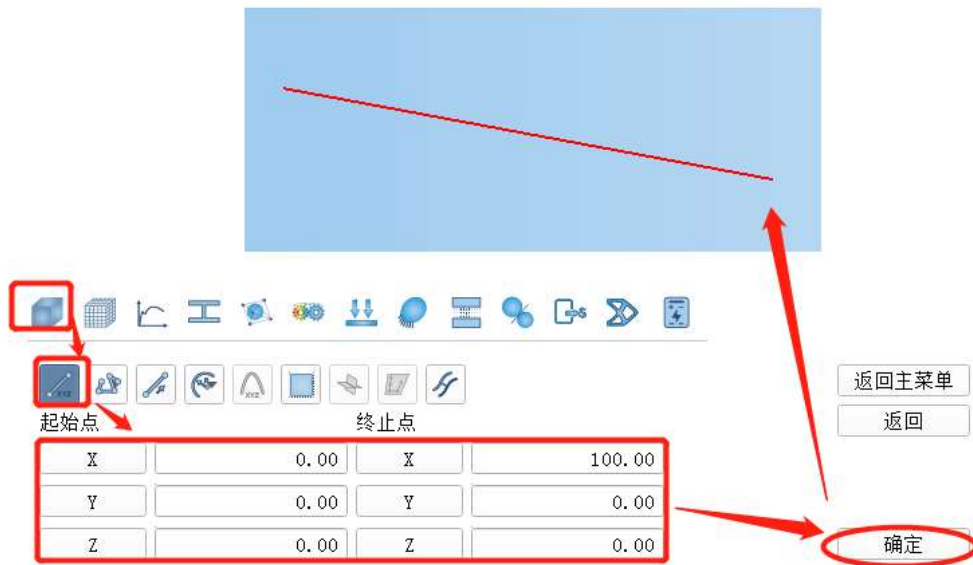


- ①点击“几何点”；
- ②选择“U参数”图标；
- ③拾取对象可选“几何线”或“几何面”；
- ④拾取几何线方式：设置U范围（0~1）之间，到几何线两 endpoint 比例；可输入U点数量；
- ⑤拾取几何面方式：设置U范围和V范围，输入U和V点的数量（U、V即面的两个方向）。

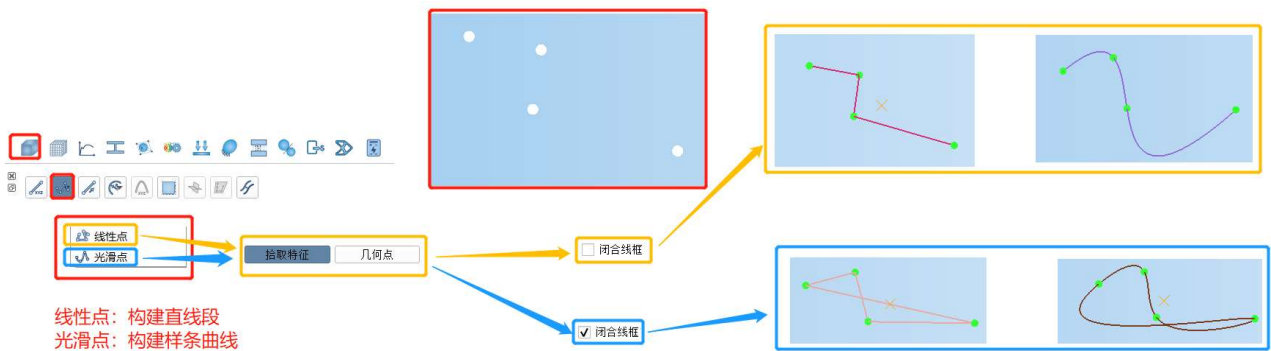
2.1.2 创建几何线

通过输入起止点坐标创建几何线、通过已有节点创建多线段、通过拉伸点创建线段、通过圆心/半径或 3 点来构建圆/弧线、通过选取几何体/面的边创建几何线或通过偏置已有线来创建几何线。

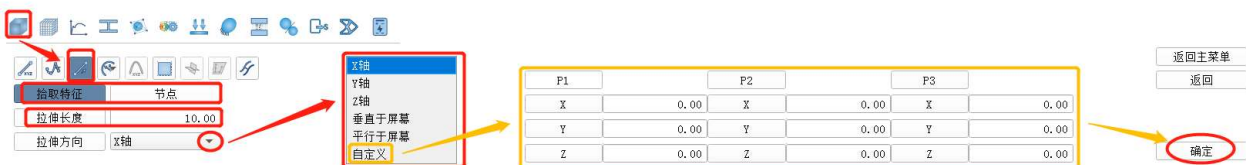
2.1.2.1 两点坐标创建几何线



2.1.2.2 通过拾取已有几何点创建多线段

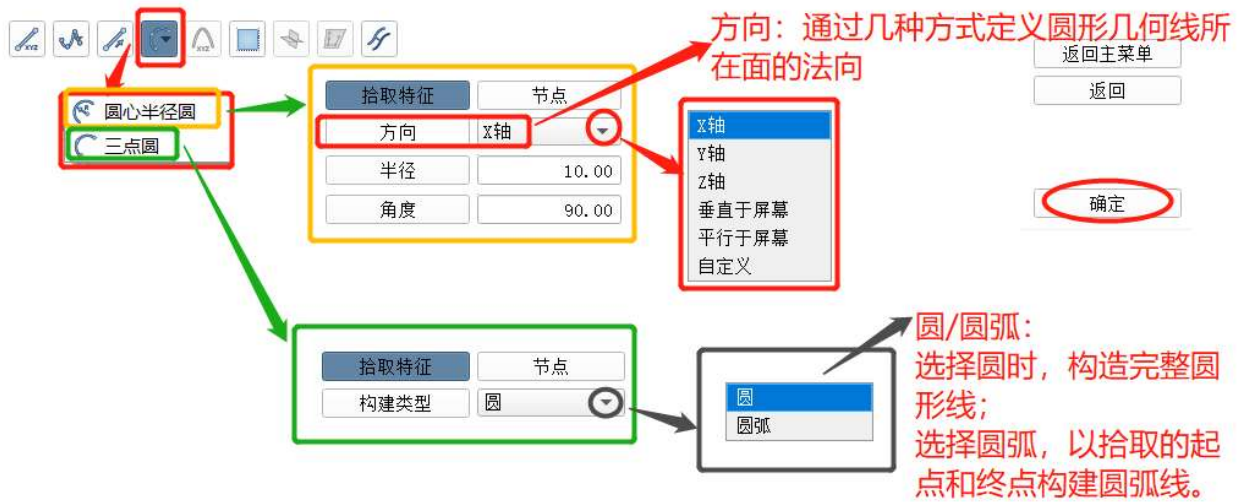


2.1.2.3 通过拉伸节点创建几何线

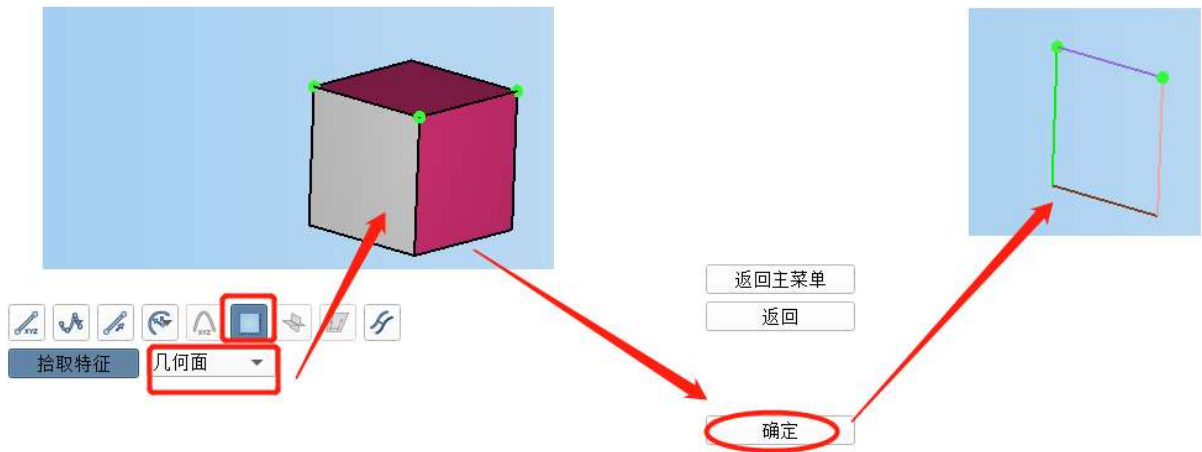


自定义拉伸方向:
即, 拉伸方向为P1、P2、P3三个节点构建的面法向
P1、P2、P3可拾取, 也可以分别输入坐标值来确定

2.1.2.4 通过圆心&半径/三点创建圆弧线

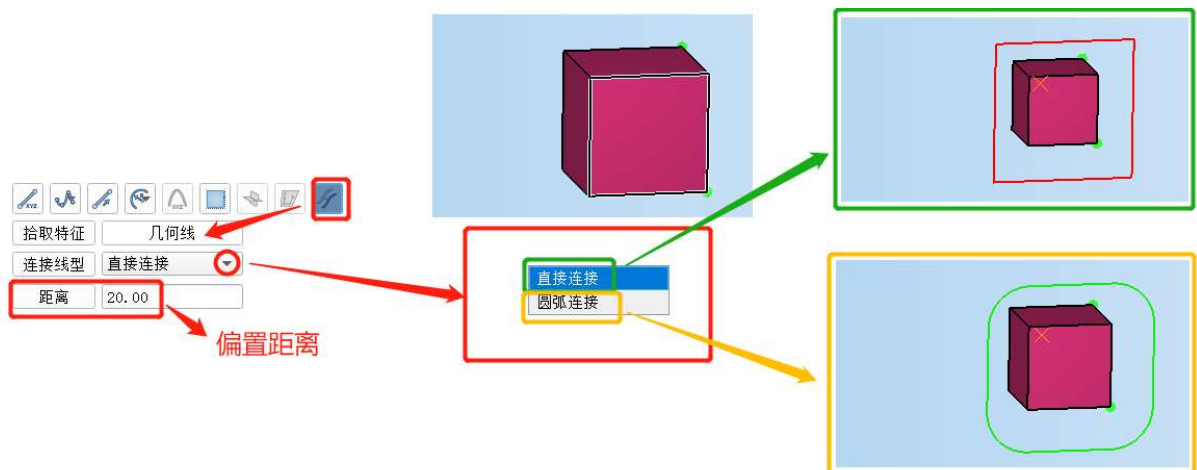


2.1.2.5 通过拾取几何边界创建几何线



2.1.2.5 通过偏置已有几何边界创建几何线

偏置几何特征上两个或两个以上连续的边界。



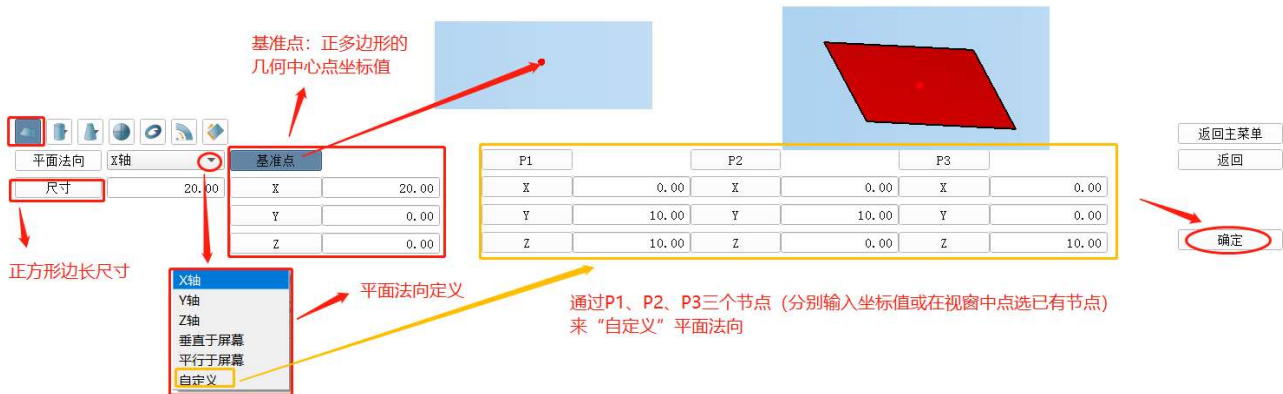
2.1.3 创建几何面

在 MxSim 的几何菜单中，也可以通过已有点、已有线或坐标等参数快速的创建简单几何面，如平面、圆柱面、圆台面、球面、圆环面，也可以通过拉伸或扫略的方式生成几何面。

2.1.3.1 几何平面

通过正方形几何中心、边长和法向来创建正方向面。

基准点默认位置 (0, 0, 0)。



2.1.3.2 圆柱面

通过底面圆心位置、半径和高度来构建几何圆柱面/部分圆柱面。

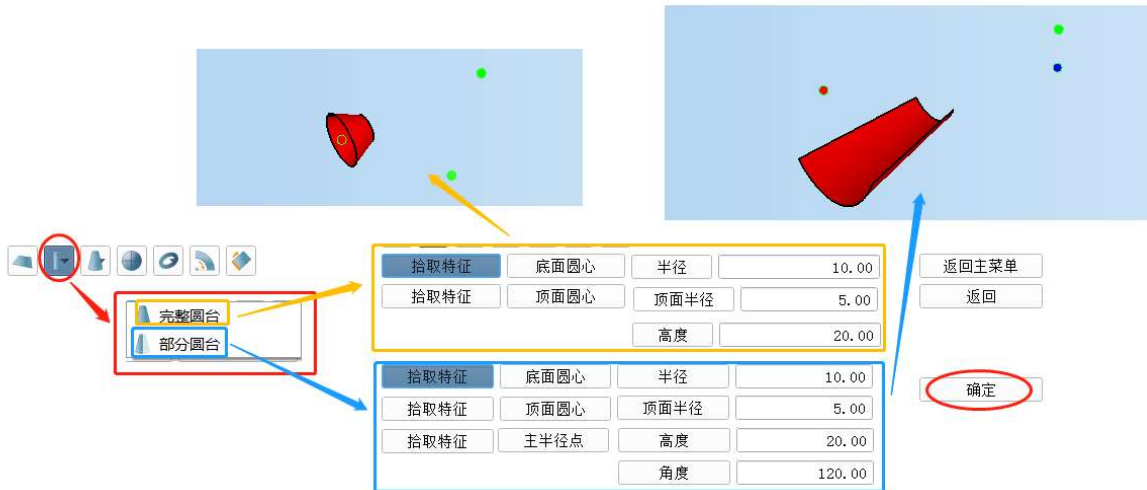
底面圆心默认位置 (0, 0, 0)，顶面圆心默认位置 (0, 0, 10)，也可拾取已有节点。



2.1.3.3 圆台面

通过顶面圆、底面圆和高度矢量来构建圆台面。

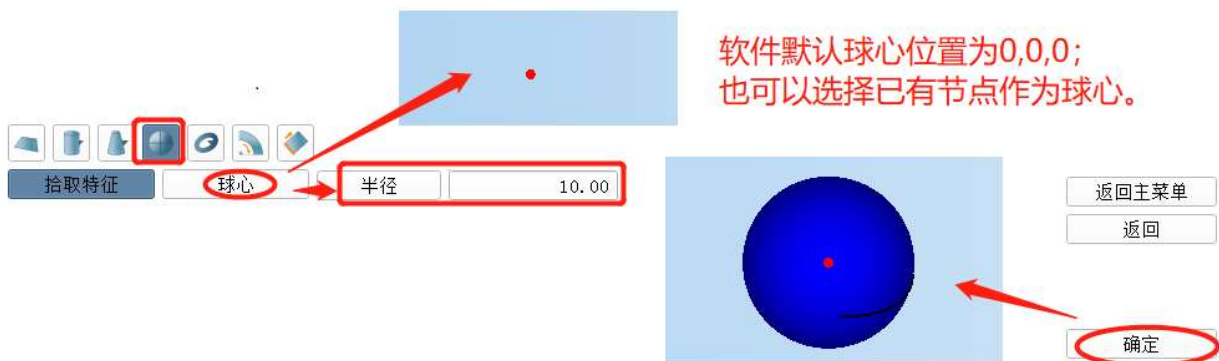
底面圆心默认位置 (0, 0, 0)，顶面圆心默认位置 (0, 0, 10)，主半径方向点默认位置 (0, 10, 10)，也可通过拾取已有节点。



2.1.3.4 球面

通过球心坐标和球半径创建圆球面。

球心默认位置 (0, 0, 0)。

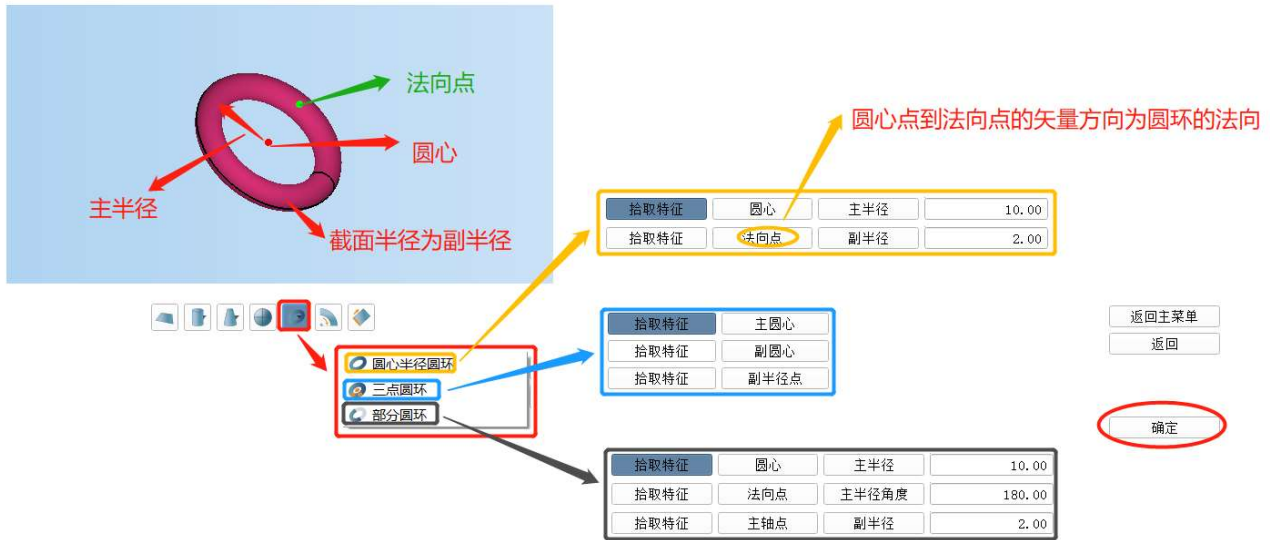


2.1.3.5 圆环面

通过中心点、方向和主、副半径值创建圆环面。

底面圆心 (主圆心) 默认位置 (0, 0, 0)，顶面圆心默认位置 (0, 0, 10)，副圆心默认位置 (0, 0, 10)，副半径默认位置 (0,

2, 10), 起始平面向量点默认位置 (0, 10, 10), 也可拾取已创建节点。



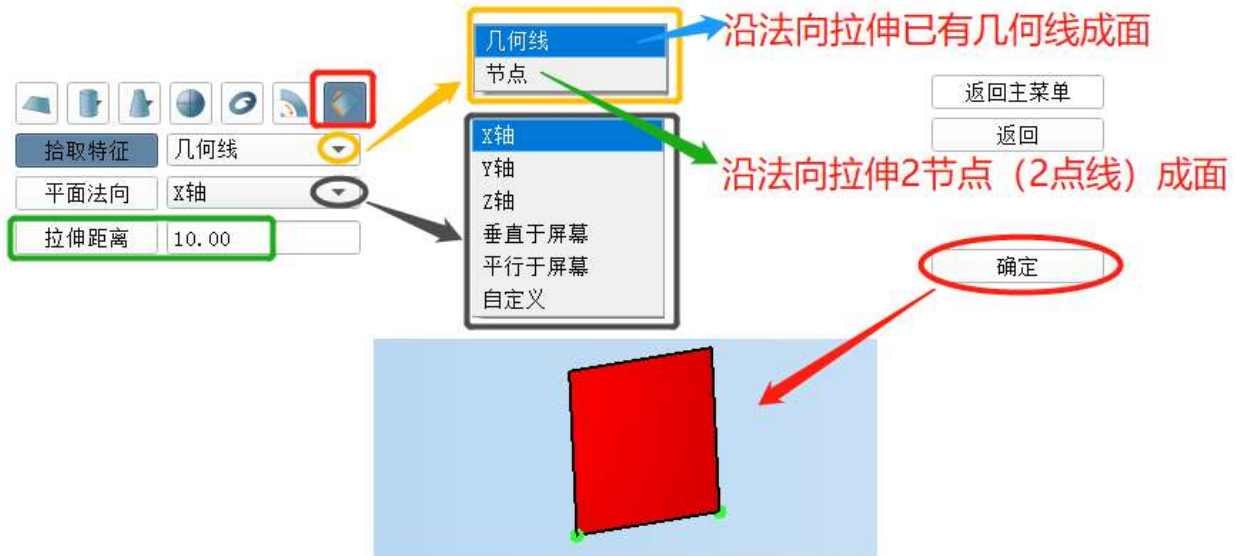
2.1.3.6 旋转面

绕轴线旋转已有几何线或 2 节点生成几何面。



2.1.3.7 拉伸面

沿法向拉伸已有几何线或 2 节点 (2 点线) 成面。



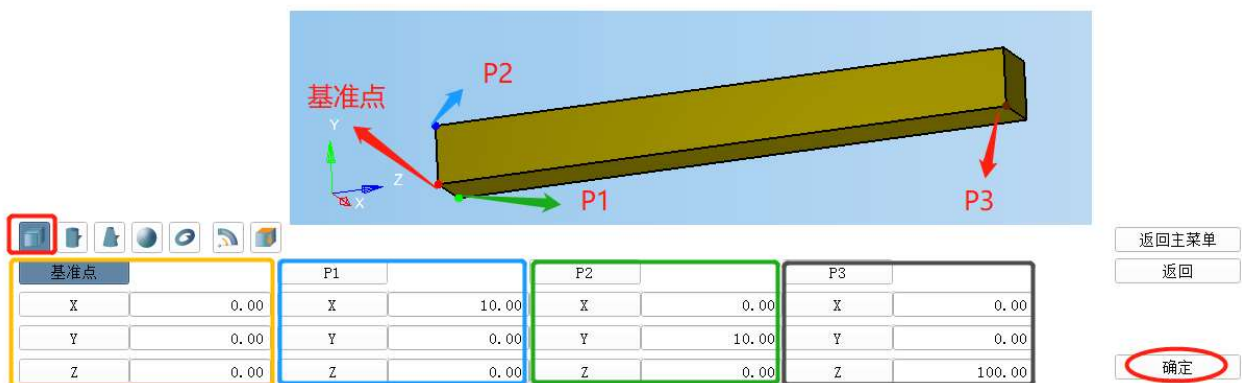
2.1.4 创建几何体

类似于几何面的创建，通过已有点或坐标等参数快速的创建简单几何体，如长方体、圆柱体、圆台体、球体、圆环体，也可以通过拉伸面的方式生成几何体。

2.1.4.1 立方体（长方体）

通过选择或输入长方体的起始角点（基准点）和长方体的长、宽、高（另外三个顶点的坐标）创建长方体。

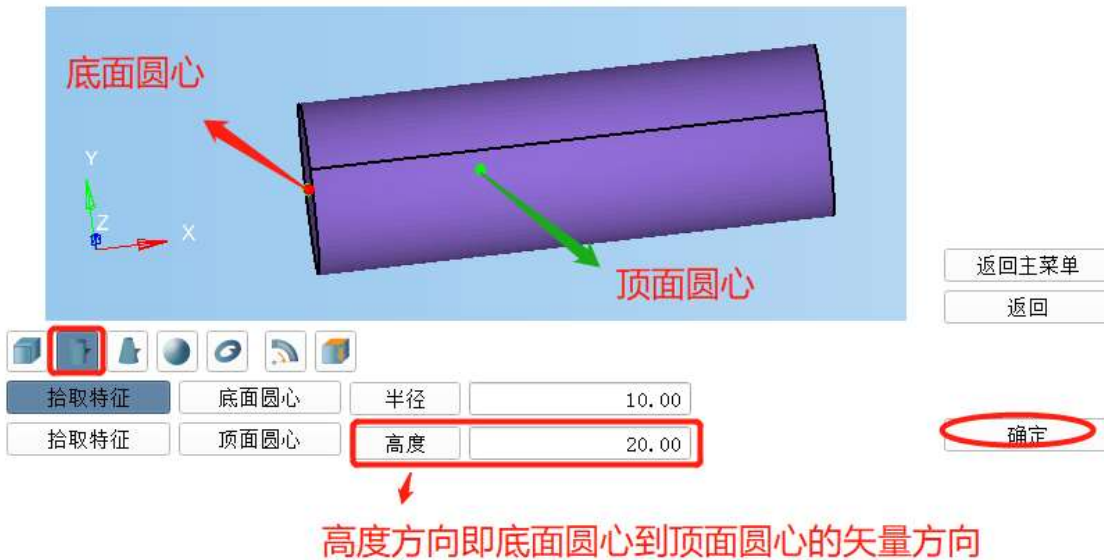
基准点默认位置（0，0，0）。



2.1.4.2 圆柱体

通过底面圆心点（默认为原点，也可拾取已有节点）、顶面圆心（拾取已有节点）和高度值来创建圆柱体。

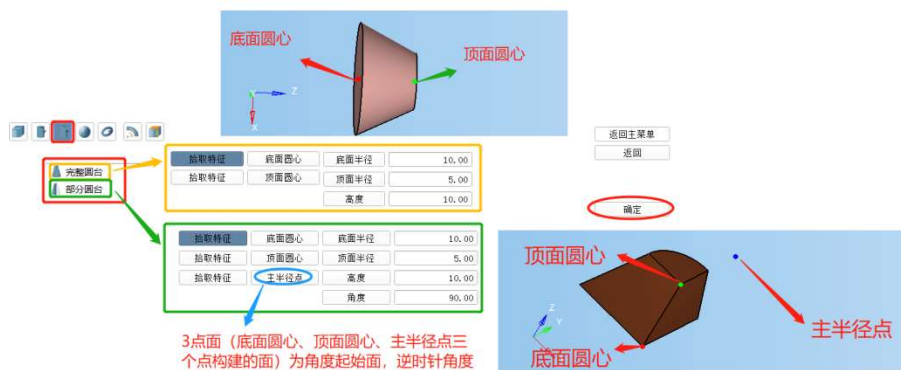
底面圆心默认位置（0，0，0），顶面圆心默认位置（0，0，10），也可拾取已有节点。



2.1.4.3 圆台

通过顶面圆心、半径，底面圆心、半径和高度矢量构建圆台，也可以通过控制角度构建部分圆台。

底面圆心默认位置（0，0，0），顶面圆心默认位置（0，0，10），主半径方向点默认位置（0，10，10），也可通过拾取已有节点。



2.1.4.4 球体

通过球体球心坐标值和球半径创建球体。

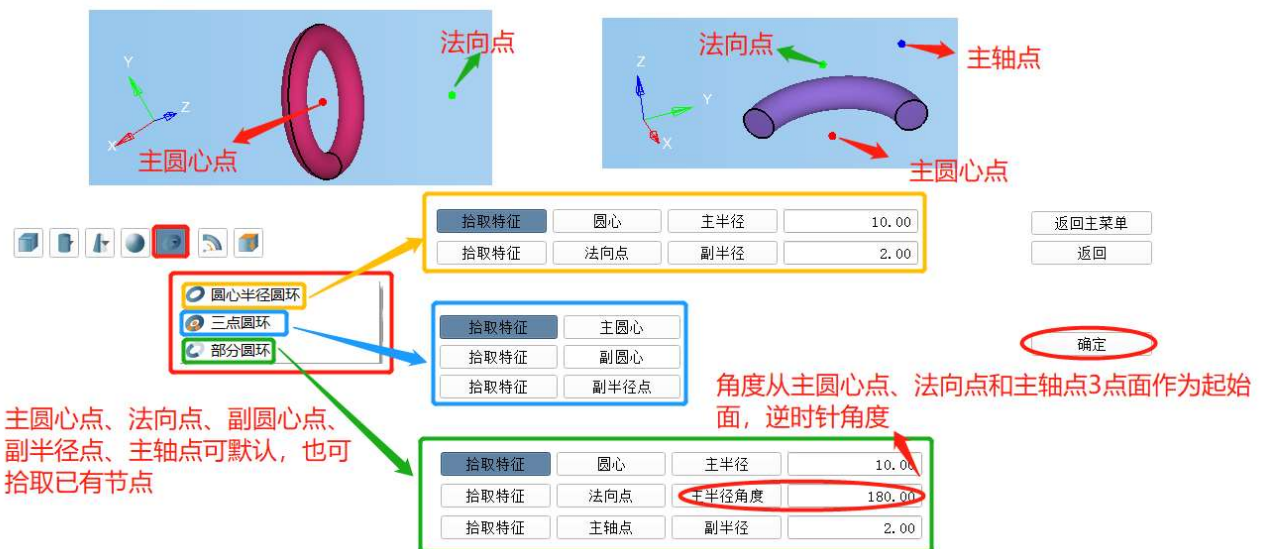
球心默认位置 (0, 0, 0)。



2.1.4.5 圆环体

通过圆环体的几何中心点和内、外环半径创建圆环体。

底面圆心 (主圆心) 默认位置 (0, 0, 0), 顶面圆心默认位置 (0, 0, 10), 副圆心默认位置 (0, 0, 10), 副半径默认位置 (0, 2, 10), 起始平面向量点默认位置 (0, 10, 10), 也可拾取已创建节点。



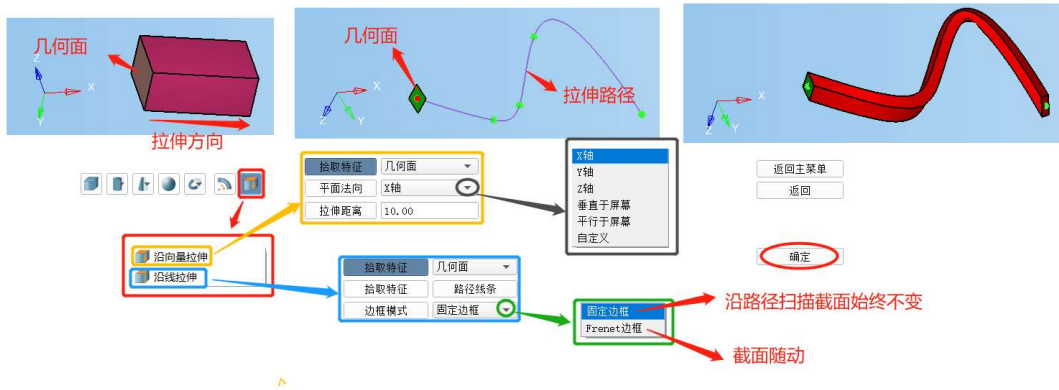
2.1.4.6 回转体

将已知几何面沿某个矢量方向拉伸成几何体。



2.1.4.7 拉伸成体

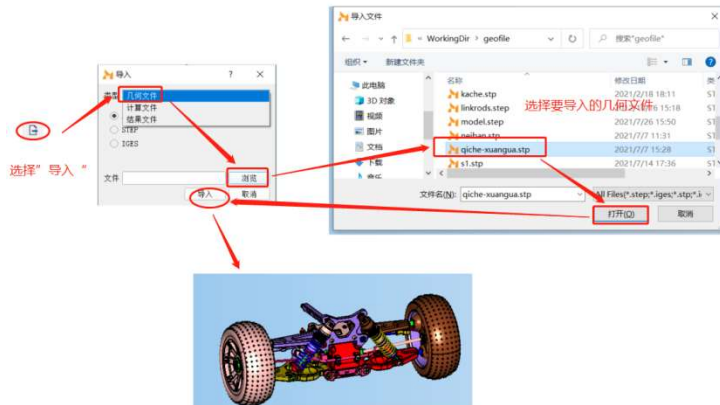
将已知几何面沿指定方向或已有几何线拉伸/扫略成几何体。



2.2 导入模型

2.2.1 导入几何

使用 MxSim，可以直接导入外部几何（*.step，*.iges 等）。



2.2.2 导入计算文件

MxSim 支持导入第三方计算文件，并使用 MxSim 进行求解及后处理。目前支持导入 MxSim(*.mx)、Nastran(*.bdf)、Optistuct(*.fem)、Ansys(*.cdb)、Abaqus(*.inp)等求解文件。



2.2.3 导入结果文件

支持直接导入结果文件并进行后处理与结果分析。目前仅支持导入 MxSim Database(*.mxd)结果文件。



三、网格划分

针对不同的单元类型，选择对应的网格类型进行网格剖分，在 MxSim 软件中，不但可以直接创建节点、网格，也可以针对 1D、2D

单元和 3D 单元进行线剖分、面剖分和实体剖分。



3.1 线剖分

用于一维的杆、桁架、梁等进行剖分，也可用于对三维体和二维板壳单元的局部线进行局部控制。选择需要剖分的几何线。

①选取剖分对象：可以通过ctrl+鼠标左键拾取几何线，也可以通过“全部”来选取视窗中所有几何线，也可通过“零件”来拾取对应零件的几何线

②网格剖分尺寸：可手动输入网格剖分的尺寸值；

③点击剖分，软件会自动对选中的几何线进行剖分；

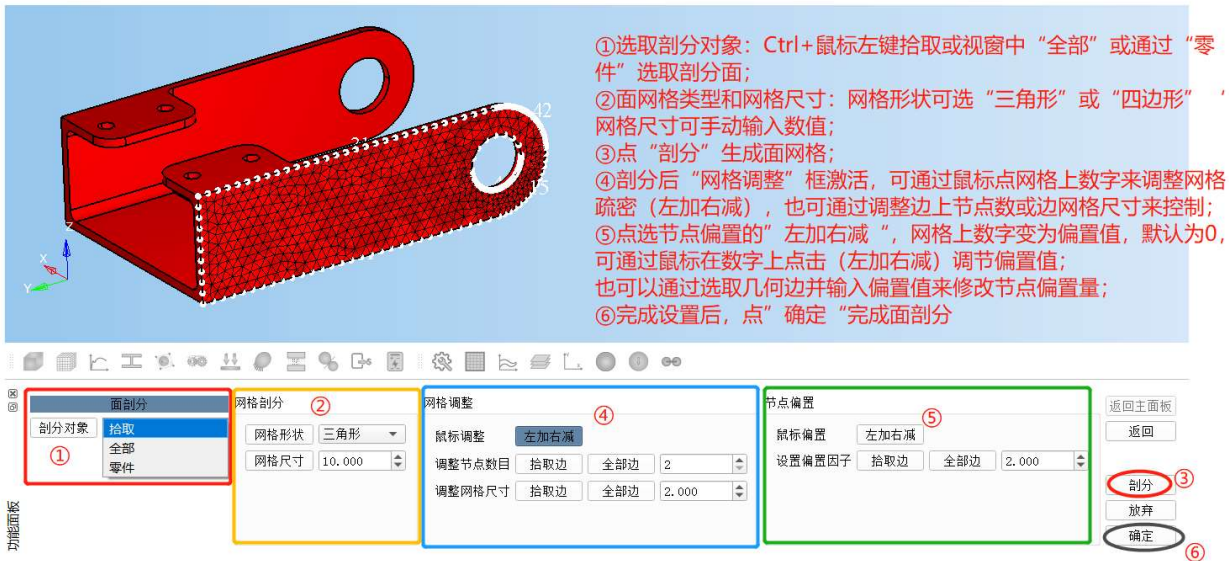
④剖分后，“网格调整”框激活，可使用“鼠标调整”（鼠标点击视窗中网格上的数字，左加右减修改网格密度）、边数目调整和边网格尺寸等方式对局部网格进行控制；

⑤可以通过“鼠标”或“设置偏置因子”的方式对节点的偏置进行控制；

⑥点击“确定”完成线剖分

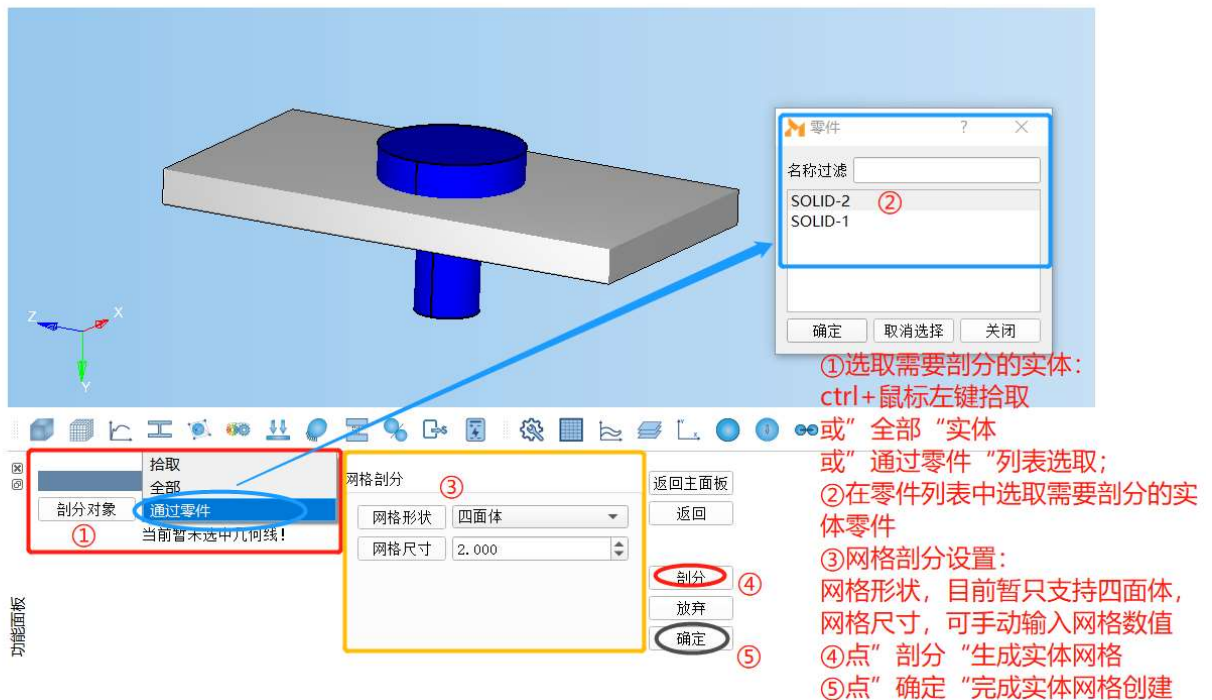
3.2 面剖分

划分二维平面单元，用于分析平面问题。



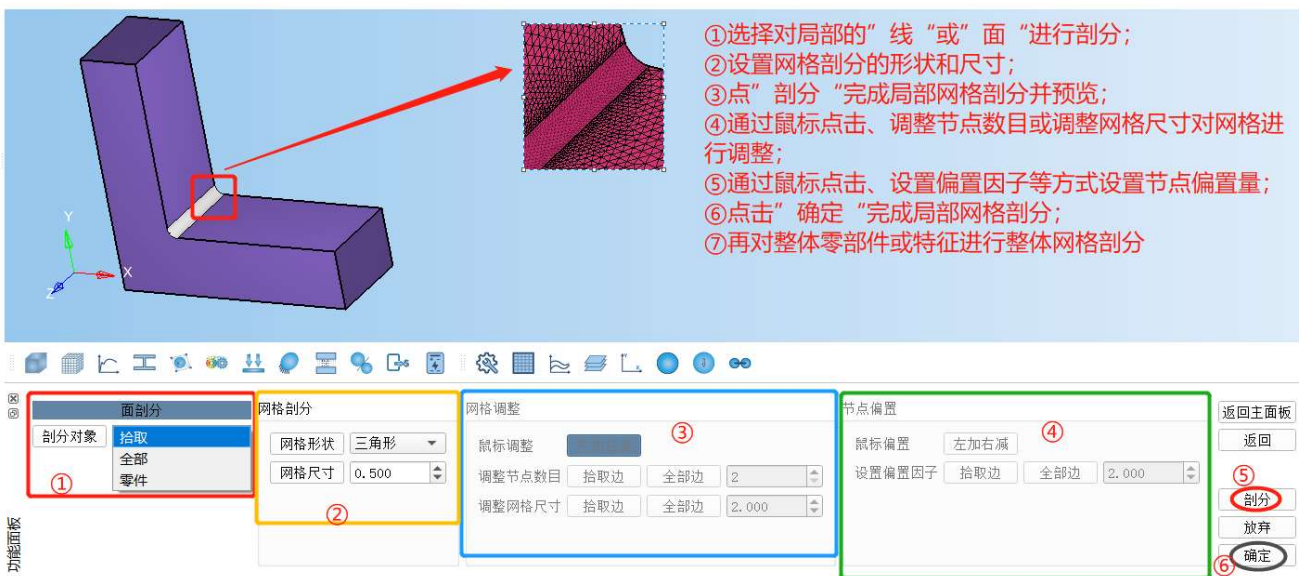
3.3 实体剖分

对三维实体或已有的 3D 实体网格进行实体剖分, 生成或修改实体单元。



3.4 局部网格控制

进行实体网格剖分时，默认的网络尺寸设置为全局尺寸，即剖分出的网格尺寸均匀且一致，目前暂无法自动对零部件的局部网格疏密调整。线/面网格初步剖分完成后，可手动对几何边或几何面的网格进行调整。



3.5 创建节点

在网格窗口，输入坐标值创建节点或选取 2 个已有节点在中点处生成节点。



3.6 创建网格

在网格窗口，通过输入坐标值或选取已有节点，创建并生成相应的网格部件（1D 线网格、2D 三角形/四边形网格、3D 四面体/四棱锥/四棱柱/六面体网格）。



四、材料定义

根据需求选择对应的材料类型，然后输入分析类型所必须的材料参数；或直接导入材料库的标准材料（建设中）。



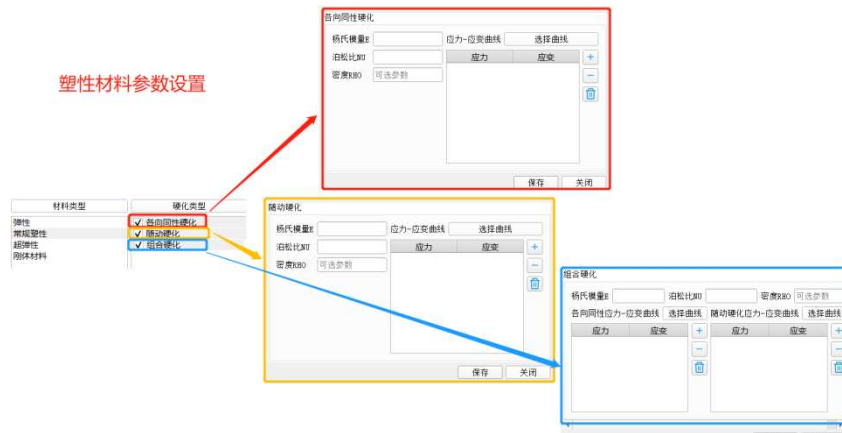
4.1 弹性材料参数设置

①新建“材料”，材料名可自定义；
②选择并定义“材料类型”；
③根据材料类型选择相应的弹性类别；
④材料参数弹窗（开始为空白）；
⑤勾选对应的“弹性”类型后，材料参数窗中设置对应的材料参数；
⑥点击“保存”完成材料创建；
⑦材料列表中显示已创建的材料。

弹性正交各向异性
弹性各向异性
材料参数设置



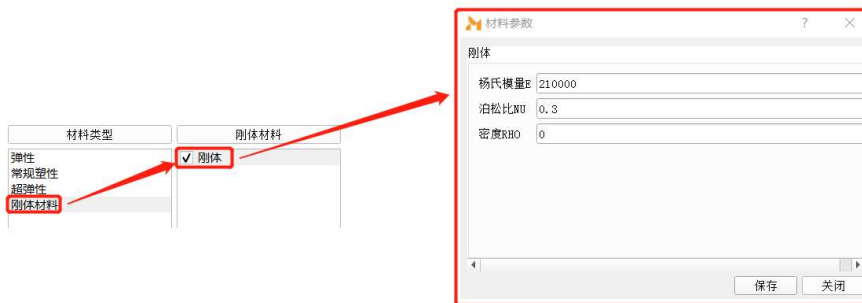
4.2 常规塑性材料参数设置



4.3 超弹性材料参数设置



4.4 刚体材料参数设置



五、截面属性

截面属性，即单元的特征参数属性。对于 1D 杆/梁单元，截面属性即截面的参数信息（惯性矩、抗弯截面系数等）；对于 2D 板/壳单元，截面属性指的是板/壳单元的厚度相关信息（是否均质、厚度等）；对于 3D 实体单元，截面属性无实际意义。

MxSim 中，需要先创建单元的截面属性（杆/梁单元的截面、板/壳单元的厚度），然后再把截面属性赋予给对应的单元/单元集合。



5.1 截面属性创建与赋予

根据需求创建、选择和设置相应的截面属性，例如 1D 杆/梁单元的截面，2D 板/壳单元的厚度，创建完成后把截面属性赋予相应单元。

①输入要创建的属性名；
 ②选择需要创建的属性分类；
 ③根据属性分类选择对应的属性类型；
 ④在前一步创建的“材料”列表中选择相应的材料；
 ⑤选择创建截面创建方式（杆/梁的截面，板/壳的厚度等）
 ⑥完成属性创建并赋予给对应单元；
 ⑦完成后“属性列表”中会显示已创建的截面属性；

⑧可“一键赋予”截面属性、也可以选择“赋予”截面属性，并检查属性的赋予状态

5.1.1 1D 杆/梁单元的截面创建

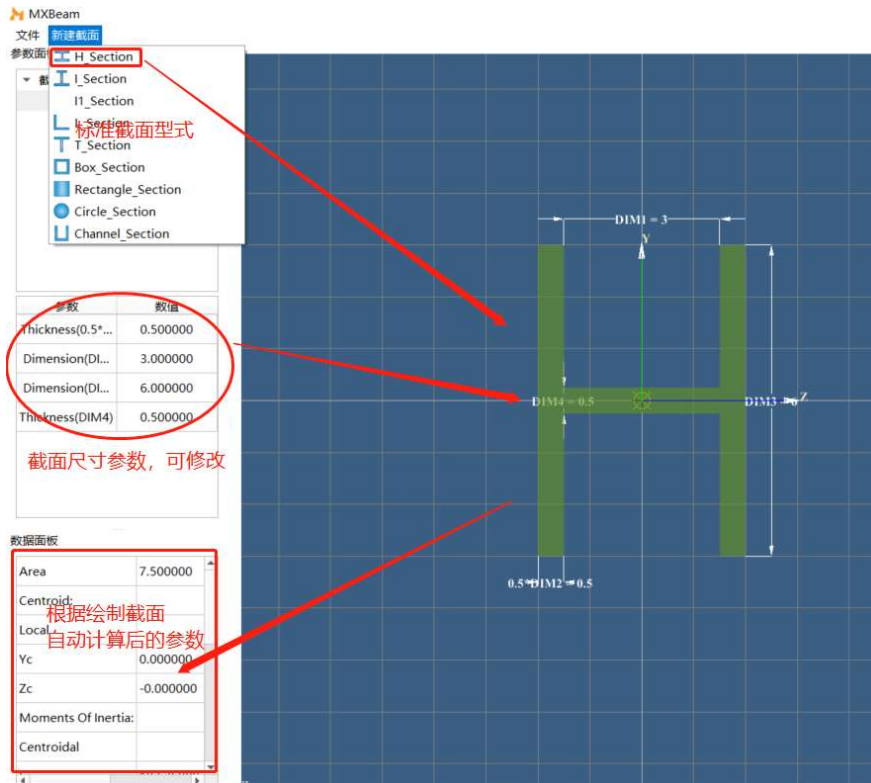
对于 1D 单元，需要先创建杆/梁的截面属性，MxSim 提供了两种方式输入杆/梁的截面信息：可以直接绘制杆/梁的截面；也可以通过直接输入截面的参数（面积、惯性矩、抗弯截面模量等）来完成截面属性的定义。

一维杆/梁截面属性创建



5.1.1.1 梁截面工具-MXBeam

针对 1D 杆/梁单元的截面属性，MxSim 提供了梁截面创建工具-MXBeam，可以选择多种标准杆/梁截面，并可编辑尺寸参数。



5.1.1.2 杆单元截面属性创建



- ①创建截面属性名称，默认或输入；
- ②属性分类中选择“杆”
- ③属性类型中选择“可扭可拉杆”
- ④在“材料列表”中选择相应的材料
- ⑤选择已创建截面；（也可输入截面参数）
- ⑥点“确定并赋予”，完成截面属性的创建和赋予

5.1.1.3 梁单元截面属性创建



- ①创建截面属性名称，默认或输入；
- ②属性分类中选择“梁”；
- ③属性类型中选择“常截面梁”；
- ④在“材料列表”中选择相应的材料；
- ⑤截面创建方式选择“输入属性值”，输入梁截面参数；
- ⑥点“确定并赋予”完成截面属性的创建和赋予。

5.1.2 2D 单元的截面属性创建

对于 2D 平面问题，包含壳单元、平面应力/应变单元、实体壳、剪切板等类型，根据实际单元类型定义相应的截面属性参数。除了均质厚度的板壳，MxSim 也支持对于复合铺层的材料。

5.1.2.1 壳单元的截面属性创建



- ①定义壳截面属性的名称，默认或输入；
- ②属性分类中选择“壳”；
- ③属性类型可选“均质”或“复合”；
- ④⑤均质类型时，在材料列表中选择相应材料，并输入壳的厚度值；
- ④⑤'复合材料时，在已创建的复合铺层中选择相应铺层材料，并选择参考平面；
- ⑥点“确定并赋予”完成壳单元截面属性的定义及赋予；
- ⑦属性列表中会显示已创建的“壳”截面属性

5.1.2.2 平面应力/应变单元/剪切板的截面属性创建



- ①默认或输入平面应力/应变/剪切板单元截面属性的名称;
- ②属性分类选择“平面应变”或平面应力或“剪切板”;
- ③在已创建材料列表中选择并关联相应的材料;
- ④输入平面单元的厚度值;
- ⑤点“确定并赋予”完成平面应力/应变单元/剪切板单元截面属性的创建和赋予;
- ⑥截面属性列表中会显示已创建的单元截面属性。

5.1.2.3 实体单元的截面属性创建



- ①默认或输入三维实体单元截面属性的名称;
- ②在属性分类中选择“三维实体”;
- ③在已创建材料列表中选择并关联相应的材料;
- ④点“确定并赋予”完成三维实体单元截面属性的创建和赋予;
- ⑤属性列表中显示已创建的三维实体单元截面属性。

5.1.2.4 弹簧单元的截面属性创建



- ①默认或输入弹簧单元属性的名称;
- ②属性分类中选择“弹簧”;
- ③输入弹簧单元截面属性参数，刚度、阻尼及应力系数;
- ④点“确定并赋予”完成弹簧单元的截面属性创建及赋予;
- ⑤属性列表中显示已创建的“弹簧”截面属性

5.2 截面属性赋予

截面属性创建完成后，需要把截面属性赋予给单元集合（点、线、面、体），也可检查截面属性的赋予状态。



六、单元类型的定义与关联

截面属性定义时，MxSim 会自动定义默认的单元类型。

MxSim 为用户提供了丰富的单元库，几乎可以模拟实际工程中任意几何形状的有限元模型，在对一个问题进行分析时，可以根据实际情况选择使用。



6.1 杆单元

③ctrl+鼠标左键选择要定义单元类型的几何

① 单元名称

②单元名称默认“D3R2”
R2意为2节点Rod

④点确定完成杆单元类型创建与关联

6.2 梁单元

①点击“梁”单元，梁单元类型名称默认D3B2，B2意为2节点Beam

②梁单元方向定义：
两点矢量：输入起点、终点坐标值
节点ID：输入节点的ID号

③确定完成梁单元定义与关联

6.3 平面应变单元

④ctrl+鼠标左键选取需要定义单元的几何

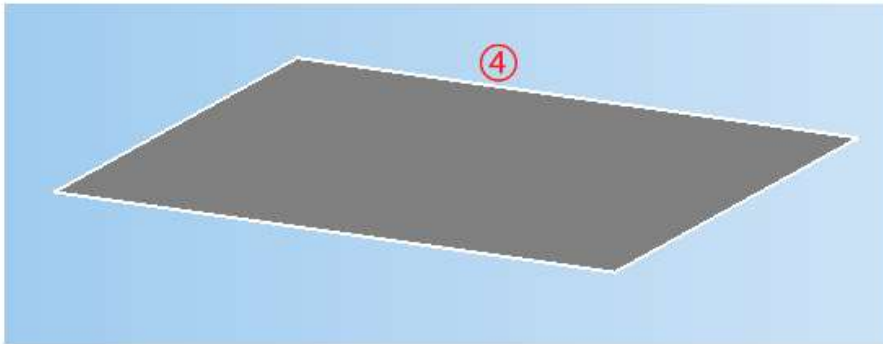
① “单元”中选择“平面应变单元”

②可选“三角形”单元和“四边形”单元；

③默认单元：
三角形，PST3
四边形，PSQ4

⑤点确定完成单元类型创建与关联

6.4 平面应力单元



- ① “单元” 中选择 “平面应力” ；
- ② 可选三角形或四边形；
- ③ 默认单元：
三角形，PET3
四边形，PEQ4



返回主菜单

返回

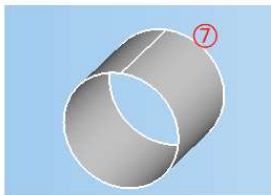
- ④ ctrl+鼠标左键选择几何
- ⑤ 点确定完成单元创建与关联

检查

⑤

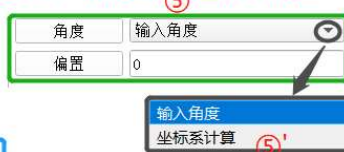
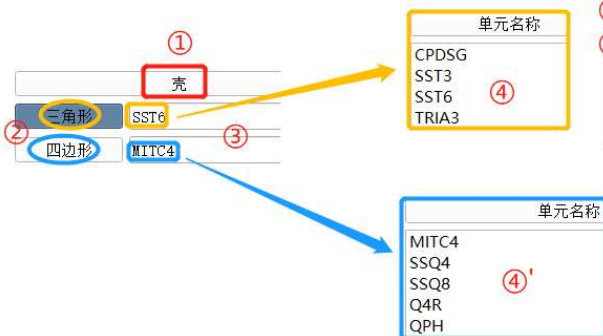
确定

6.5 壳单元



- ① “单元” 中选择 “壳” ；
- ② 可选三角形或四边形单元；
- ③④ 根据需求选择相应的三角形单元或四边形单元类型；
- ⑤ 单元角度值设置，可直接输入角度值或软件通过坐标系自动计算
- ⑥ 输入角度值
- ⑦ ctrl+鼠标左键选择几何面

- ⑧ 点 “确定” 完成壳单元的创建及关联。



返回主菜单

返回

检查

⑧

确定

6.6 剪切板单元

① “单元” 中选择剪切板；
 ② 默认四边形SPQ4
 ③ 单元名称SPQ4，意为shear plate 4节点 quadrilateral
 ④ ctrl+鼠标左键选择几何面
 ⑤ 点确定完成剪切板单元的创建与关联

6.7 三维实体单元

① “单元” 中选择三维实体；
 ② 默认选择“四面体”单元；
 ③ 单元类型可选择D3T4和D3T10，意为4节点或10节点；
 ④ ctrl+鼠标左键选择相应的几何实体；
 ⑤ 点确定完成三维实体单元类型的创建和关联。

6.8 质量单元

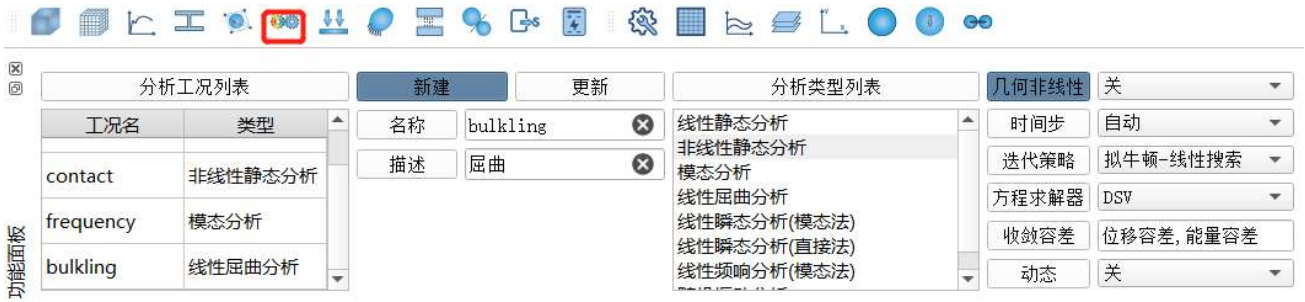


6.9 弹簧



七、定义分析工况

分析工况是用户定义的，一个分析过程的各个步骤所包含的不同的分析类型、不同的载荷和边界条件等。MxSim 分析工况包括：工况名称、工况描述和分析类型选项。然后可以在每个分析工况中应用不同的载荷、边界条件、分析过程选项、输出要求。



7.1 工况名称

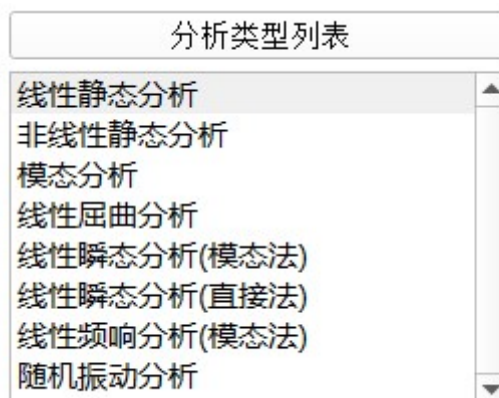
用来自定义工况的名称，以区分实际应用中的不同工况。MxSim 支持自定义工况，也可默认为“case_*”（*为自动编号）；

7.2 工况描述

用于对工况进行说明，选填；

7.3 分析类型

MxSim 支持各种常用分析类型：线性静态分析、非线性静态分析、模态分析、线性屈曲分析、线性瞬态分析、线性谐响应分析、随机振动分析等。



7.4 分析工况定义



7.4.1 线性静态分析



7.4.2 非线性静态分析

①选择“非线性静态分析”类型；
 ②几何非线性开关，默认“关”；
 ③时间步，默认自动，可自定义步数和步长；
 ④迭代策略，默认“弧长法”，输入相应参数；
 ⑤方程求解器，默认DSV，可选择对称或非对称矩阵；
 ⑥收敛容差，可以选择开启/关闭位移、能量、余容等容差；

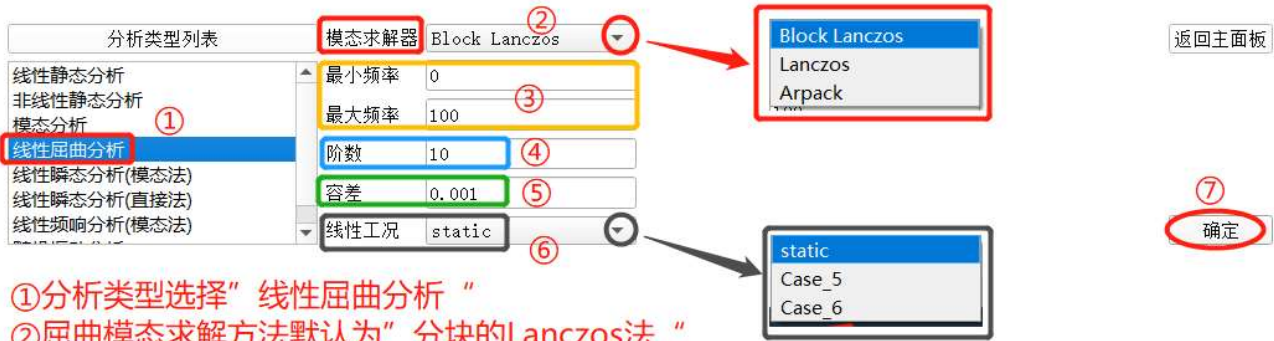
⑦动态开关选项，默认“关”；
 ⑧点确定完成非线性静态分析工况的创建。

7.4.3 模态分析

①分析类型选择“模态分析”
 ②模态求解器默认为“分块的Lanczos法”；可选择lanczos或Arpack
 ③模态输出的频率范围设置（输入最小频率、最大频率）
 ④模态输出阶数，默认为10阶
 ⑤容差设置，默认0.001
 ⑥点击“确定”完成创建

7.4.4 线性屈曲分析

线性屈曲分析需要基于初始的线性静态分析，因此在创建线性屈曲分析工况前，需要先对分析对象作线性静态分析。



- ①分析类型选择“线性屈曲分析”
- ②屈曲模态求解方法默认为“分块的Lanczos法”
- ③屈曲模态输出的特征值范围设置（最小频率、最大频率）
- ④屈曲模态输出阶数，默认10阶
- ⑤容差设置，默认为0.001
- ⑥线性工况，选择基于的线性工况
- ⑦点击“确定”完成创建

7.4.5 线性瞬态分析

线性动力学瞬态分析用于研究时域载荷作用下的结构动力学响应问题。计算时主要有两类不同的数值算法：模态叠加法（模态法）和直接积分法（直接法）。

7.4.5.1 模态叠加法

利用模态计算结果，通过模态坐标变换或解耦的运动方程来计算结构响应。

7.4.5.2 直接积分法

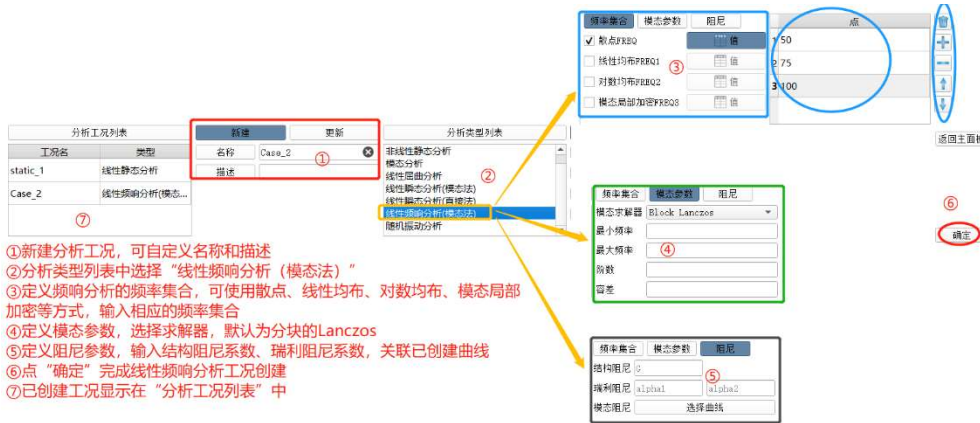
对运动微分方程进行直接积分，求解耦合方程，计算结构响应。



- ①分析类型选择“线性瞬态分析（直接法）”
- ②点“时间步”，输入步数和步长
- ③点击“求解方法”设置积分方法，默认为NewMark法
- ④点击“阻尼”设置结构阻尼和瑞利阻尼的系数
- ⑤点击“确定”完成分析类型创建

7.4.6 线性频响分析（模态法）

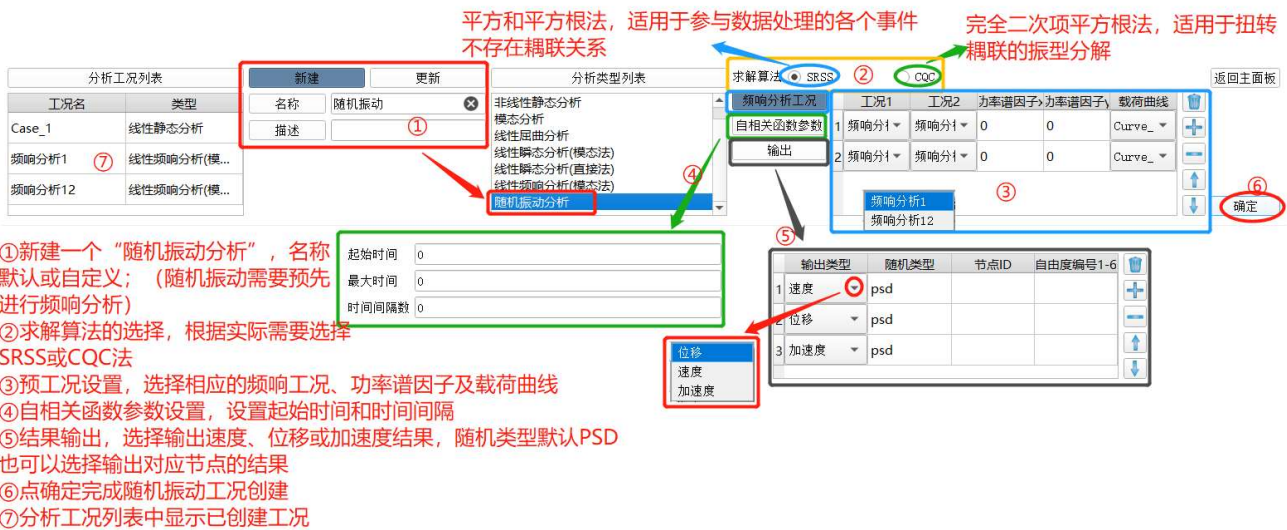
频响分析用于确定线性结构在承受随已知正弦（简谐）规律变化的载荷时稳态响应的一种技术。输入载荷可以是已知幅值和频率的力、压力和位移，而输出值包括节点位移，也可以是导出的值，如应力、应变等。谐响应分析按照求解方法来分有模态叠加法和完全积分法，MxSim 目前默认采用模态法。



7.4.7 随机振动分析

随机振动分析是指在机构的一些随机激励作用下，计算一些物理量如位移、应力等的概率分布状况。目前，随机振动分析在机载电子设备、声学装载部件、抖动的光学对准设备等的设计上有广泛应用。

在做随机振动前，需要先对分析对象做频响分析。



八、定义载荷

MxSim 中的载荷包含集中力、重力、压强、瞬态载荷、频域载荷和线载荷等。



8.1 集中力

施加并作用在节点上的力。

①新建载荷，名称可默认，也可自定义输入；
 ②在“工况”列表中选择相应的工况；
 ③载荷类型选择“集中力”；
 ④输入集中力的坐标分量（F1代表x分量、F2代表y分量、F3代表z分量）
 ⑤选择相应载荷系数曲线，默认“恒量”1”；

⑥选择载荷参照的坐标系，默认为全局坐标系；
 ⑦选择作用对象，可通过“拾取”、“通过面”、“通过边”、“通过零件”、“ID”、“全部”、“集盒”等方式选取集中力作用对象
 ⑧点“确定”完成集中力创建；

8.2 重力

结构的自重载荷，需要输入输入材料密度。

①新建载荷，名称默认或自定义输入；
②在工况列表中选择相应的工况；
③载荷类型选择重力；
④输入重力加速度的坐标分量（默认基于总体坐标）；
⑤选择相应的曲线；
⑥点“确定”完成重力的创建；

8.3 压强

压强即均匀作用在面上的分布载荷。

①新建载荷，名称默认或自定义输入；
②选择压强载荷对应的工况；
③载荷类型选择压强；
④输入压强载荷的数值；
⑤选择压强载荷关联的载荷曲线；
⑥通过“拾取”“面”“零件”“全部”“集合”等方式选择压强作用的对象；
⑦点“确定”完成压强载荷的创建；
⑧载荷列表中会显示已创建完成的载荷。

8.4 瞬态载荷

随时间变化的载荷，一般用于瞬态动力学分析。

①新建载荷，名称默认或自定义输入；
②选择瞬态载荷对应的工况；
③载荷类型选择瞬态载荷；
④瞬态载荷类型可选择“力”“位移”“速度”“加速度”；
⑤类型选定后，在名称列表中选择已创建的“力”或“位移”或“速度加速度”；
⑥设置瞬态载荷的延迟时间，默认0秒（不延迟）；

⑦点“确定”完成瞬态载荷的创建；
⑧载荷列表中会显示已创建的载荷。

8.5 频域载荷

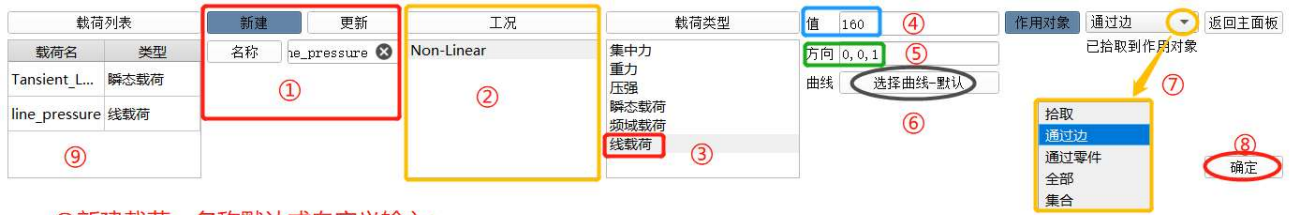
频域范围内变化的载荷，一般用于瞬态动力学或频响分析。

①新建载荷，名称可默认或自定义输入；
②选择载荷对应的工况；
③载荷类型选择“频域载荷”；
④频域载荷类型可选择已创建的“力”“位移”“速度”“加速度”；
⑤在名称列表中选择相应的名称；
⑥输入延迟时间数值，默认为0秒（无延迟）；
⑦输入起始相位角，默认为0度；
⑧在已创建曲线中选择幅值载荷的幅值曲线；
⑨在已创建曲线中选择幅值载荷的相位曲线；

⑩点“确定”完成频域载荷的创建。

8.6 线载荷

施加在线节点上的均匀分布的力。



- ①新建载荷，名称默认或自定义输入；
- ②选择载荷对应的工况；
- ③载荷类型选择“线载荷”；
- ④输入线载荷的值；
- ⑤定义线载荷的方向（坐标值的矢量和，例如0，1，1，总体坐标系）
- ⑥选择线载荷关联的曲线；
- ⑦作用对象可通过“拾取”“边”“零件”“全部”“ID”等方式；

- ⑧点“确定”完成线载荷的创建；
- ⑨载荷列表中会显示已创建的载荷。

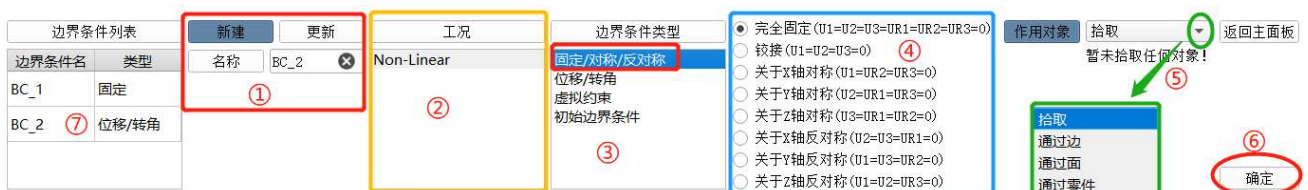
九、施加约束

目前 MxSim 支持的约束类型有对称/反对称约束、固定约束、位移/转角约束、虚拟约束、初始边界条件等，通过限制单元的节点自由度来约束分析对象。



9.1 固定/对称/反对称约束

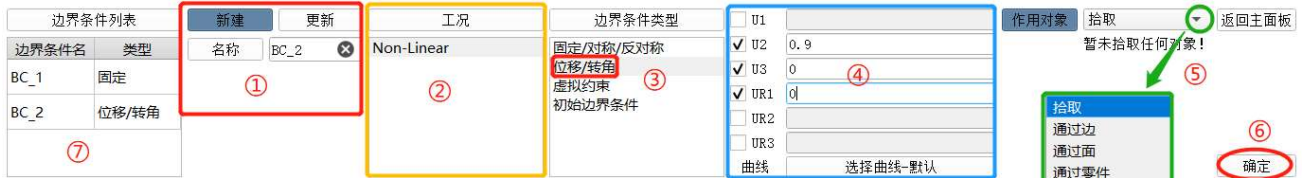
通过约束节点相应坐标分量的自由度来约束分析对象；



- ①新建约束边界条件，名称可默认或自定义输入；
- ②选择约束要关联的工况；
- ③边界条件类型选择“固定/对称/反对称”；
- ④根据实际情况选择对应的约束（固定、交接、对称、反对称等）；
- ⑤作用对象可通过“拾取”“边”“面”“零件”“ID”“全部”“集合”等方式选取；
- ⑥点击“确定”完成约束的创建；
- ⑦边界条件列表中会显示已创建的约束。

9.2 位移/转角

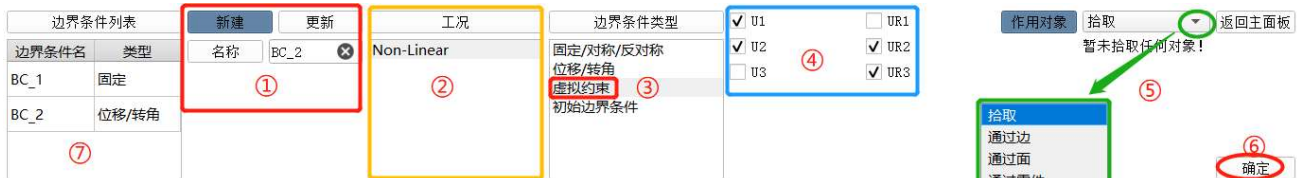
通过设置节点的平动、转动自由度来施加边界条件。



- ①新建约束边界条件，名称可默认或自定义输入；
- ②选择相应的工况；
- ③边界条件类型选择“位移/转角”，即通过线位移或角位移来控制节点的自由度；
- ④通过勾选激活相应的平移或转动自由度，可输入对应线位移或角位移数值；（不激活表示不限制该自由度）
- ⑤作用对象可通过“拾取”“边”“面”“零件”“ID”“全部”“集合”等方式选取；
- ⑥点击“确定”完成位移/转角边界的创建；
- ⑦边界条件列表中会显示已创建的边界。

9.3 虚拟约束

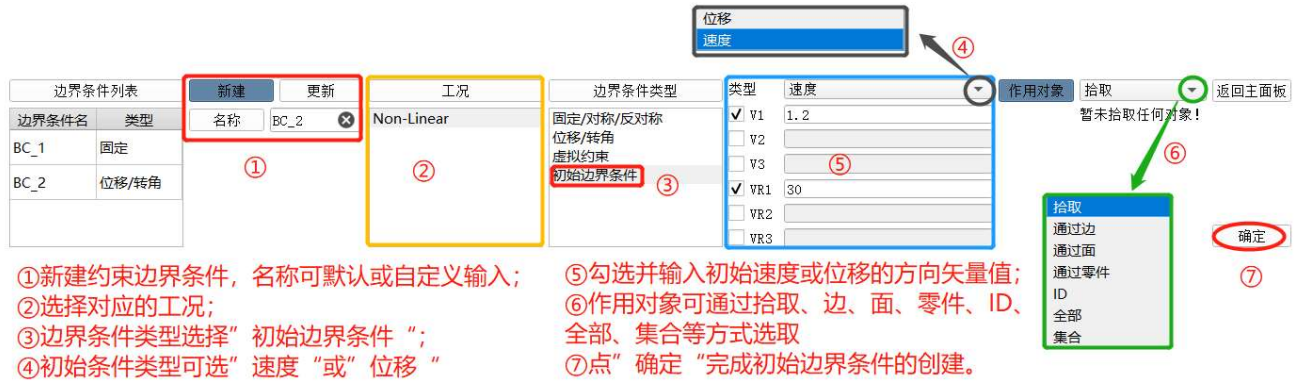
手动开启惯性释放时使用虚拟约束，对约束对象单元的6个自由度进行开启/关闭设置。



- ①新建约束边界条件，名称可默认或自定义输入；
- ②选择相应的工况；
- ③边界条件类型选择“虚拟约束”；
- ④选择需要“限制”或“释放”的节点自由度分量；
- ⑤作用对象通过“拾取”“边”“面”“零件”“ID”“全部”“集合”等方式选取；
- ⑥点击“确定”完成虚拟约束的创建

9.4 初始边界条件

通过设置节点的初始速度或位移等条件来施加边界，一般用于动力学分析的初始条件设置。



- ①新建约束边界条件，名称可默认或自定义输入；
- ②选择对应的工况；
- ③边界条件类型选择“初始边界条件”；
- ④初始条件类型可选“速度”或“位移”
- ⑤勾选并输入初始速度或位移的方向矢量值；
- ⑥作用对象可通过拾取、边、面、零件、ID、全部、集合等方式选取
- ⑦点“确定”完成初始边界条件的创建。

十、求解

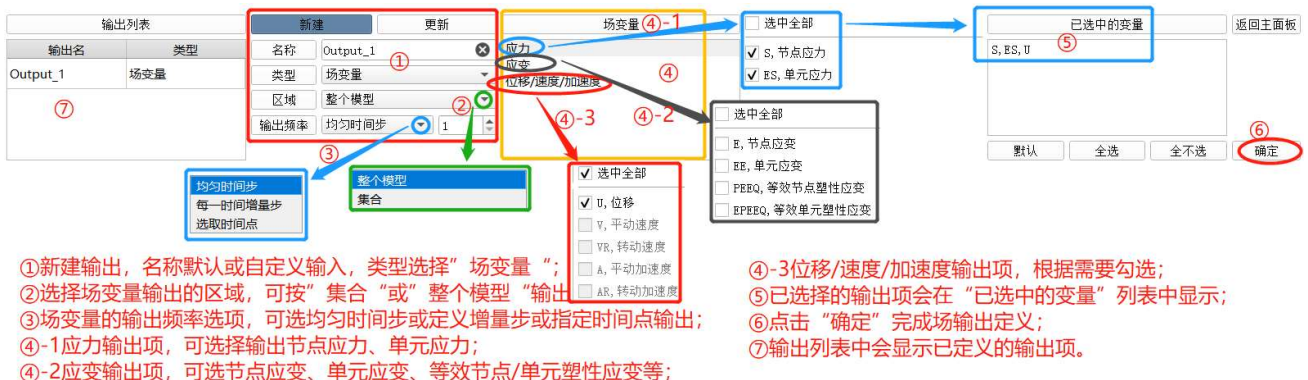
将单元总装成整个离散域的总矩阵方程(联合方程组)。总装是在相邻单元节点进行。状态变量及其导数(如果可能)连续性建立在节点处。联立方程组的求解可用直接法、迭代法。求解结果是单元节点处状态变量的近似值。

10.1 输出设置

MxSim 中可定义两种类型的输出数据：场输出和历史输出。场输出用于描述某个量随空间位置的变化，例如模型绘图（变形图、云图等）；历史输出用于某个量随时间的变化，例如 X-Y 绘图。

10.1.1 场变量输出

一般用于图形查看应力、应变、位移、速度、加速度等结果，在后处理前选中需要输出的场变量。



- ①新建输出，名称默认或自定义输入，类型选择“场变量”；
- ②选择场变量输出的区域，可按“集合”或“整个模型”输出；
- ③场变量的输出频率选项，可选均匀时间步或定义增量步或指定时间点输出；
- ④-1应力输出项，可选择输出节点应力、单元应力；
- ④-2应变输出项，可选节点应变、单元应变、等效节点/单元塑性应变等；
- ④-3位移/速度/加速度输出项，根据需要勾选；
- ⑤已选择的输出项会在“已选中的变量”列表中显示；
- ⑥点击“确定”完成场输出定义；
- ⑦输出列表中会显示已定义的输出项。

10.1.2 历史变量

历史变量用于输出少量单元或节点上的计算结果，用于生成 X-Y 图，以便对结果进行分析评价。在后处理之后进行历史输出。

①新建输出，名称可默认或自定义输入；类型选择历史变量；
②历史输出区域可选择整个模型或集合；
③输出频率可按均匀时间步、增量步或时间点等方式输出；
④选择需要输出的历史变量；
⑤在对应分量中选择需要输出的分量；
⑥列表中会显示已选中的输出分量；
⑦点“确定”完成历史变量的创建。

10.2 计算任务

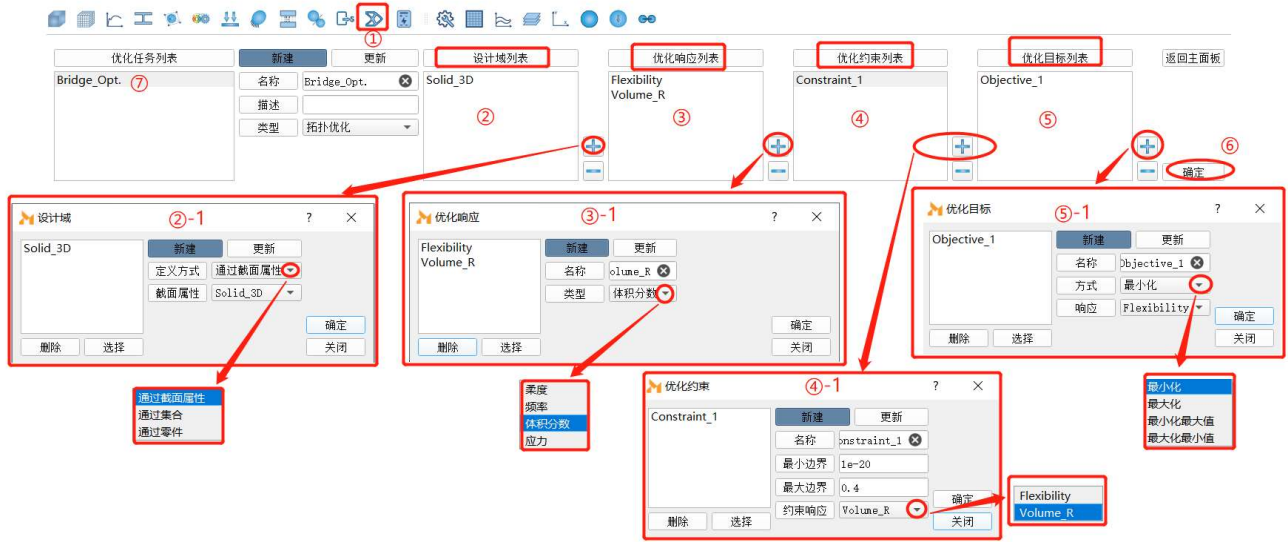
创建计算任务，并进行求解选项设置后进行求解。

①新建计算任务，名称可默认或自定义输入；
②计算方式可选择计算当前“模型”或“选择”输入文件”进行求解；
③工况列表中需要求解的工况；
④可选择已有工况来继承条件及设置；
⑤是否重启，用于迭代失败时是否自动重启计算；
⑥选择并行计算方式和核心数，CPU或GPU；
⑦计算精度选择，单精度或双精度；
⑧点确定完成计算任务的创建并显示在任务列表
⑨选择要计算的任务，并点击“求解”启动计算

十一、拓扑优化

拓扑优化 (topology optimization) 是一种根据给定的负载情况、约束条件和性能指标，在给定的区域内对材料分布进行优化的数学方法，是结构优化的一种。MxSim 支持对结构进行拓扑优化。





拓扑优化步骤:

- ① 点击“拓扑优化”图标;
- ② 创建设计域, 点“+”添加设计域;
 - ②-1 设计域定义方式, 可以选择通过“截面属性”(单元属性)创建, 也可通过“集合”“零件”创建设计域;
- ③ 优化响应参数创建, 点“+”添加响应参数;
 - ③-1 参数类型可选“柔度”(刚度的反义)、“频率”(模态分析)、“体积分数”、“应力”等; 可以创建多个优化响应参数, 用于定义约束条件和优化目标。
- ④ 优化约束条件的创建, 点“+”创建约束条件;
 - ④-1 约束响应可在已创建的“优化响应参数”中选择, 选择参数后, 设置响应的边界值(最大、最小), 点“确定”完成创建;
- ⑤ 优化目标的创建, 点“+”创建优化目标;
 - ⑤-1 优化目标可在已创建的“优化响应参数”中选择, 选择参数后, 方式可选“最小化”、“最大化”、“最小化最大值”、“最大化最小值”等, 点“确定”完成创建;
- ⑥ 点击“确定”完成拓扑优化任务的创建;
- ⑦ 优化任务列表中显示已经创建的优化任务。

十二、后处理

求解完成后，需要对所求出的解根据有关准则进行分析和评价。后处理使用户能简便提取信息，了解计算结果。

求解成功后，MxSim 会自动跳至“后处理”界面。

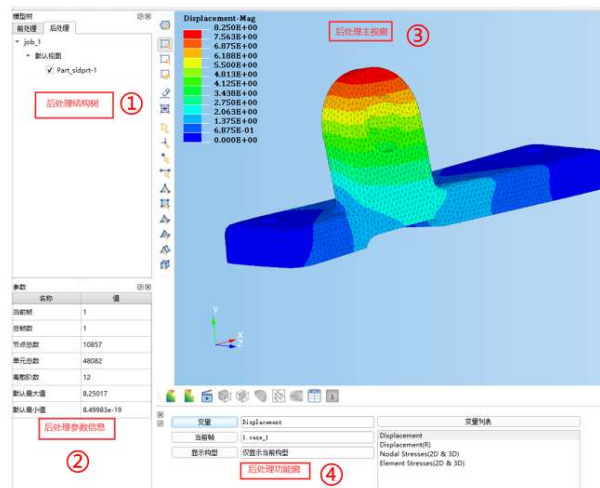
进入后处理
求解成功完成后，软件会自动跳转至后处理
在模型树中点选“后处理”也可转至后处理



调出“后处理工具栏”
在功能面板“工具栏”的任意“空白处”单击鼠标“右键”，勾选后调出

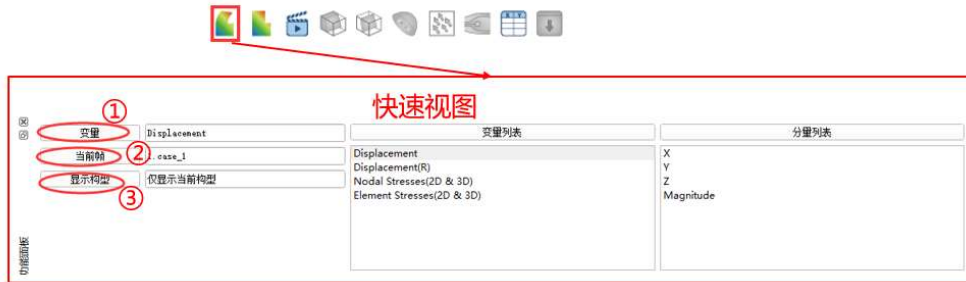


12.1 后处理视窗



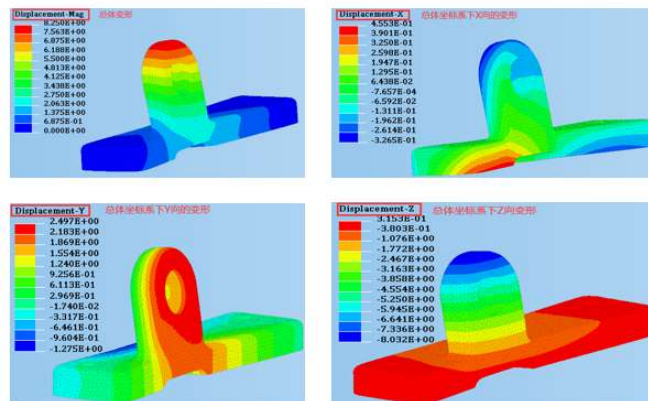
- ①后处理结构树：可以对模型的视图进行基本选择操作，通过勾选来控制零件或部件的“显/隐”
- ②后处理参数窗：显示当前分析的基本信息（帧、单元统计信息、当前结果的最大/最小值）
- ③后处理主视窗：当前选项下的后处理contour和云图的显示
- ④后处理功能窗：后处理的主要操作窗，操作并选择需要查看的选项

12.2 后处理快速视图

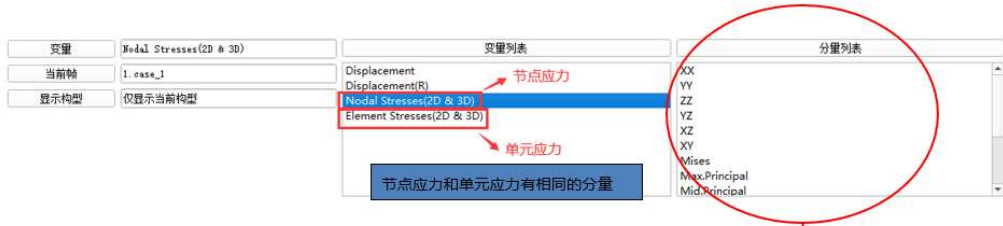


- ①后处理“变量”选项
 根据需要选择需要查看的“变量”（位移、节点应力、单元应力等）及“分量”
- ②当前帧
 多时间步下可用，可以选择指定“时间步”
- ③显示构型
 选择显示“变形后的结构构型”、“未变形的结构构型”或同时显示

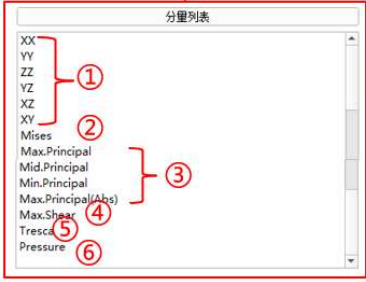
12.2.1 位移变量



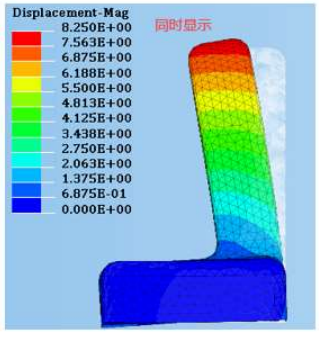
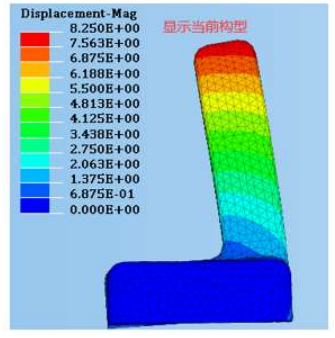
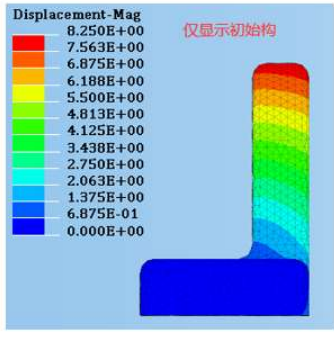
12.2.2 应力分量



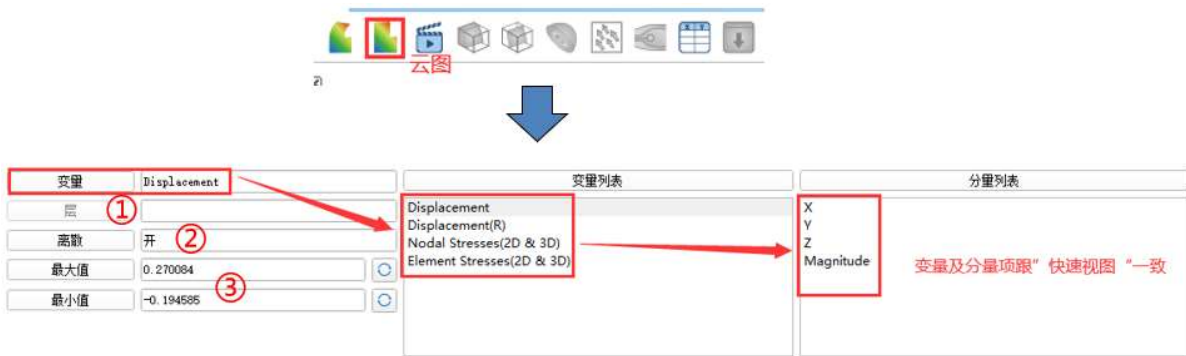
- ①节点或单元的“切应力”分量
- ②Mises应力，也叫等效应力，标量，对于一般的弹性材料（金属材料），一般查看该应力，基于第四强度理论进行失效判定
- ③单元或节点的主应力，对于脆性材料（铸铁、石料、混凝土等），基于第一强度理论，一般提取第一主应力（最大主应力）
- ④最大剪应力，基于第三强度理论，偏安全，一般用于压力容器（安全第一）的失效判定
- ⑤Tresca，又叫Tresca屈服准则，一般用于最大剪应力引起屈服时的失效判定；
- ⑥Pressure，等效压应力，一般用于查看接触面的压力，正表示压应力，负表示拉应力。



12.2.3 显示构型

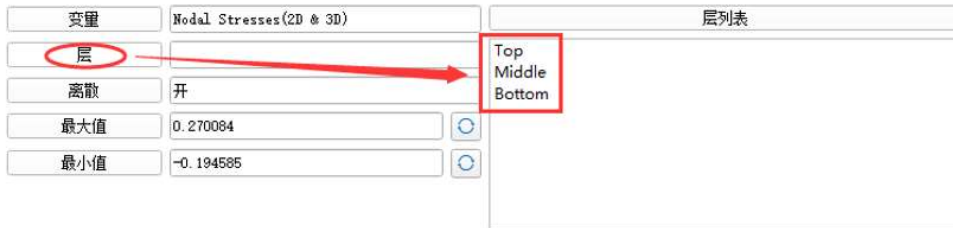


12.3 后处理云图

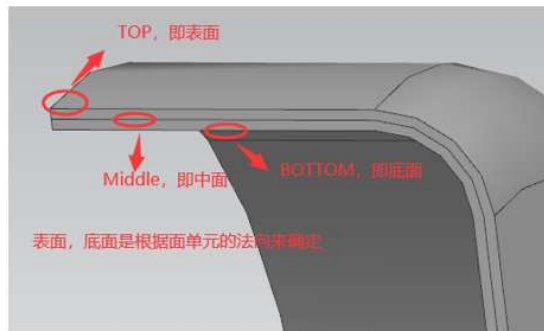


- ①层，二维板壳单元的层级，板壳或平面问题时可用
- ②离散开关，控制云图显示的过渡效果
- ③云图的最大最小值显示（可手动刷新）

12.3.1 后处理云图设置-层



查看二维板壳单元的层间结果



12.3.2 后处理云图设置-离散开关

