

目录

目录	1
一、软件概要	4
1.1 软件概要	4
1.2 建议配置	4
1.3 单位制说明	4
1.4 文件格式说明	4
二、主界面	5
三、菜单及选项卡	6
3.1 文件菜单	6
3.1.1 主功能	6
3.2 开始选项卡	6
3.2.1 主功能	6
3.3 属性库选项卡	6
3.3.1 主功能	6
3.3.2 材料定义	7
3.3.3 截面定义	15
3.3.4 单元类型定义	24
3.3.5 序列定义	31
3.3.6 函数定义	32
3.3.7 草图创建	33
3.4 组件选项卡	33
3.4.1 主功能	33
3.4.2 新建组件	34
3.4.3 草绘曲线	34
3.4.4 点	34
3.4.5 线	35
3.4.6 面	36
3.4.7 体	37
3.4.8 平移	37
3.4.9 旋转	38
3.4.10 镜像	39
3.4.11 拉伸	41
3.4.12 旋转生成	41
3.4.13 放样	43
3.4.14 阵列	44
3.4.15 切割	46
3.4.16 扫掠	46
3.4.17 倒角、圆角	47
3.4.18 布尔操作	49
3.4.19 删除	50
3.4.20 指派单元	50
3.4.21 指派截面	52
3.4.22 指派材料方向	54

3.4.23 网格设置	55
3.4.24 网格划分	57
3.4.25 删除网格	58
3.5 拼装选项卡	58
3.5.1 主功能	58
3.5.2 新建实例	58
3.5.3 平移	59
3.5.4 旋转	60
3.5.5 阵列	61
3.5.6 合并网格	62
3.6 求解步选项卡	63
3.6.1 主功能	63
3.6.2 管理求解步	63
3.6.3 创建求解步	64
3.6.4 管理边界	68
3.6.5 创建边界	69
3.6.6 管理载荷	70
3.6.7 创建载荷	71
3.6.8 管理约束	72
3.6.9 创建约束	74
3.7 执行选项卡	75
3.7.1 主功能	75
3.7.2 管理求解器	75
3.7.3 求解设备	75
3.7.4 开始	76
3.8 后处理选项卡	77
3.8.1 主功能	77
3.8.2 结果数据库	78
3.8.3 结果导航	78
3.8.4 后处理显示	78
3.8.5 动画	81
3.8.6 导出	82
3.8.7 数据	82
3.9 草图选项卡	84
3.9.1 主功能	84
3.9.2 完成草图	84
3.9.3 关闭草图	85
3.9.4 重置视图	85
3.9.5 添加	86
3.9.6 另存为	87
3.9.7 撤销	87
3.9.8 重做	87
3.9.9 删除	87
3.9.10 线	87

3.9.11 折线	88
3.9.12 矩形	89
3.9.13 圆	90
3.9.14 圆弧	91
3.9.15 椭圆	92
3.9.16 贝塞尔曲线	93
四、工具栏	95
4.1 主功能	95
五、其他	96
5.1 断裂	96
5.1.1 新建“断裂”属性	96
5.2 工程单元	96
5.2.1 新建“工程单元”	96
5.2.2 编辑工程单元	97
5.3 质点附加属性	97
5.3.1 新建“质量惯性矩”	97
5.3.2 编辑“质量惯性矩”	98
5.4 自定义坐标系	98
5.4.1 创建、编辑自定义坐标系	98

一、软件概要

1.1 软件概要

FPMCAE 是浙江大学建筑工程学院自主研发开发的一款通用仿真软件。该软件以实现通用结构仿真软件的国产化替代为目标，着力协助设计师、CAE 工程师等用户处理固体结构相关的静力学、动力学、振动等实际工程问题。

FPMCAE 软件充分发挥有限质点法利于并行计算的特性，具备快速且能保障精度的结构分析与设计优化功能，助力科研院所、工业企业高效构建设计、仿真及优化相融合的一体化流程，提升产品研发效率，推动相关领域的科研进展与技术创新。

1.2 建议配置

系统：支持 Window10 及以上操作系统，64 位

处理器：Inter Core i5 或更高

显卡：Nvidia GeForce GTX 1080 或更高

最低内存：4GB RAM

最低图形分辨率：XGA(1024 x 768)

1.3 单位制说明

FPMCAE 没有固定的单位制，用户为各个量选用相互匹配的单位即可，最后得出的计算结果的单位与所采用的单位制相对应。推荐采用常用的 SI (mm) 单位制。

物理量	单位	单位符号
长度	毫米	mm
力	牛顿	N
质量	吨	T
时间	秒	s
密度	吨/立方毫米	t/mm ³
应力	兆帕	MPa
能量	毫焦	mJ

或采用 SI (m) 单位制。

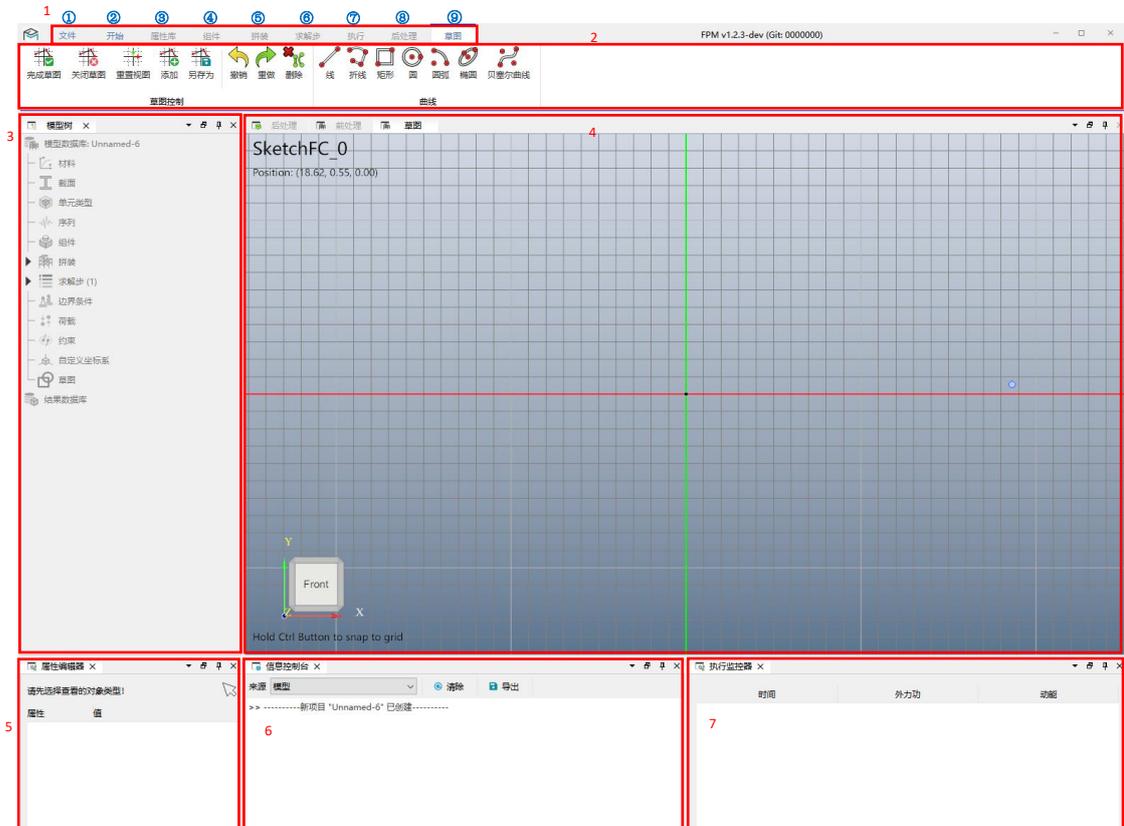
物理量	单位	单位符号
长度	米	m
力	牛顿	N
质量	千克	Kg
时间	秒	s
密度	千克/立方米	Kg /m ³
应力	帕	Pa
能量	焦	J

1.4 文件格式说明

在 FPMCAE 软件中，执行一个完整的算例数值模拟可能会涉及如下文件：

*.fpmt	FPMCAE 输出的分析设定文件
*.fpmb	FPMCAE 保存的工程文件

二、主界面



序号	窗口	功能详述
1	菜单及选项卡模块	①文件，文件的一些基础操作（如导入导出项目，打开项目，关闭项目等）； ②开始，包括文件的一些基础操作，帮助文档的查看和软件的全局设置等； ③属性库，创建模型需要的属性（包括材料、截面、单元类型等） ④组件，组件及组件的几何特征操作、属性指派、网格操作等； ⑤拼装，新建实例及实例的拼装操作（包括平移、旋转、阵列和融合等）； ⑥求解步，创建求解步并为拼装体施加工况（载荷、边界、相互作用等）； ⑦执行，可对求解器进行设置，以及提交仿真计算； ⑧后处理，计算结果数据的导入、可视化处理和导出； ⑨草图，创建复杂几何曲线与特征轮廓；
2	功能面板	各个选项卡下的操作功能；
3	模型树	当前模型的属性、几何、网格、集合、求解步、工况及求解数据等的统计；
4	3D 窗口	草图绘制及前后处理时的模型显示窗口，增强与用户的交互；
5	属性编辑器	展示模型的参数等相关信息；
6	信息控制台	求解进度以及各项操作的结果信息提示（例如成功、错误信息等）
7	执行监控器	提交计算后的求解过程数据动态展示（例如求解步、外力功等）

三、菜单及选项卡

3.1 文件菜单

3.1.1 主功能



序号	功能	详述
1	新建项目	从零开始新建一个项目文件
2	打开项目	打开已有的项目（先关闭当前项目）
3	关闭项目	关闭当前项目
4	保存项目	保存当前项目至文件
5	项目另存为	将当前项目另存一份
6	导入	导入（*.fpmt）、（*.inp）文件
7	导出	将当前项目导出为（*.fpmt）文件
8	最近使用过的文件	可选择最近使用过的文件直接打开项目
9	Exit	关闭软件

3.2 开始选项卡

3.2.1 主功能



序号	功能面板	详述
1	项目	可对项目文件进行一些基础操作；
2	帮助	可查看软件的相关帮助文档及版本信息；
3	示例	软件提供大量的算例供参考；
4	全局设置	可根据个人喜好设置界面风格；

3.3 属性库选项卡

3.3.1 主功能



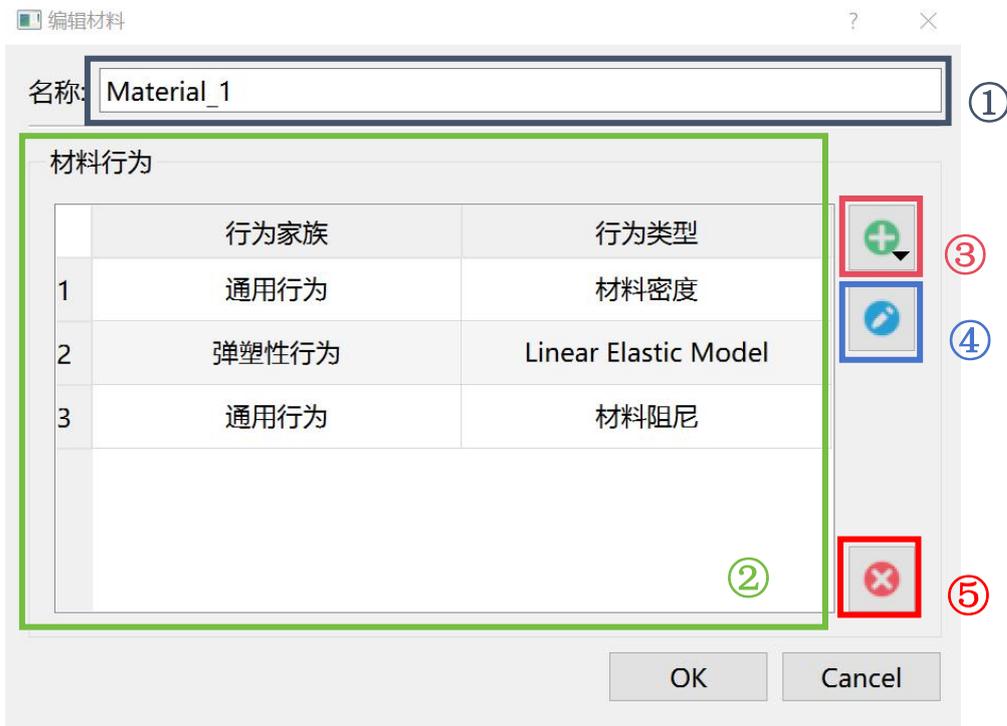
序号	功能面板	详述
1	材料	创建材料；
2	截面	创建截面；
3	单元类型	创建单元类型；
4	序列	管理序列数据；
5	函数	管理用户函数；
6	草图	创建草图；

3.3.2 材料定义

点击“材料”按钮或者双击模型树“材料”可以新建材料。双击“材料”下方材料名称的分支对选中材料进行编辑。



3.3.2.1 材料编辑



材料编辑对话框包含一下内容：

- ①材料名称。
- ②材料行为列表：包含通用行为、弹塑性行为、失效行为。
- ③添加按钮：添加一条材料行为。

④编辑按钮：编辑选中的材料行为，双击材料行为列表中的某条材料行为可以进行编辑。

⑤删除按钮：删除选中的材料行为。

3.3.2.2 材料行为

材料行为分为通用行为（密度、阻尼）、弹塑性行为和失效行为等，其中密度必须定义、弹塑性行为必须定义一种。

1 材料通用行为

材料密度： 点击“+” → 点击“通用行为” → 点击“材料密度”进入。

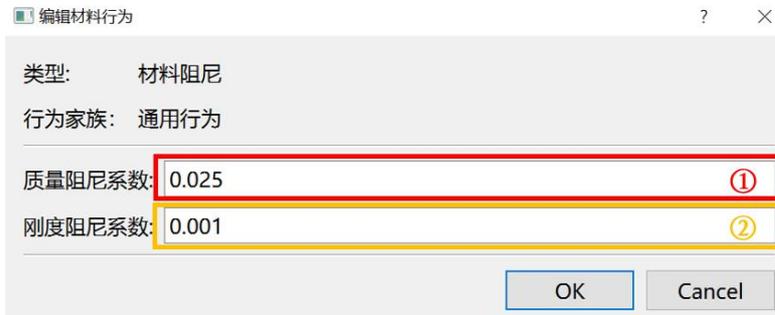
① 质量密度。密度 >0 。



材料阻尼： 点击“+” → 点击“通用行为” → 点击“材料阻尼”进入。

① 质量阻尼系数 α 。 $\alpha > 0$ 。

② 刚度阻尼系数 β 。 $\beta > 0$ 。



2 材料弹塑性行为

线弹性： 点击“+” → 点击“弹塑性行为” → 点击“线弹性”进入。

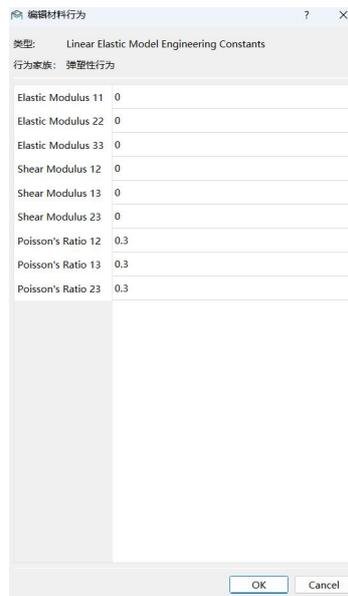
① 弹性模量 E 。 $E > 0$ 。

② 材料泊松比 μ 。 $-1 < \mu < 0.5$ 。



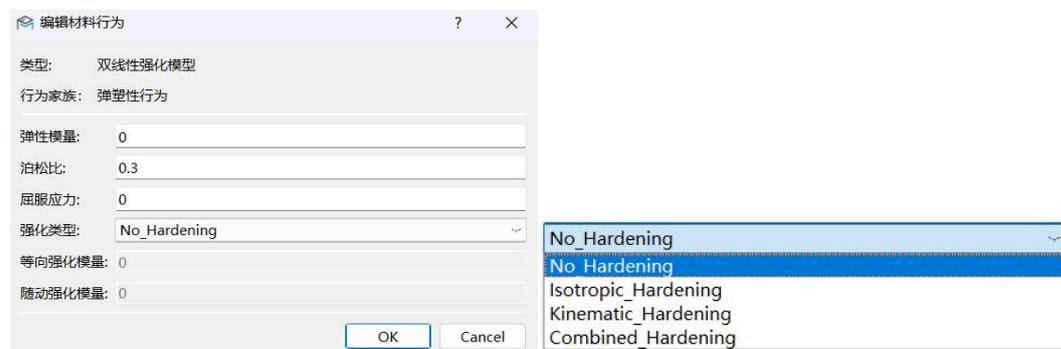
线弹性材料（工程常数）： 点击“+”→点击“弹塑性行为”→点击“线弹性材料（工程常数）”进入。

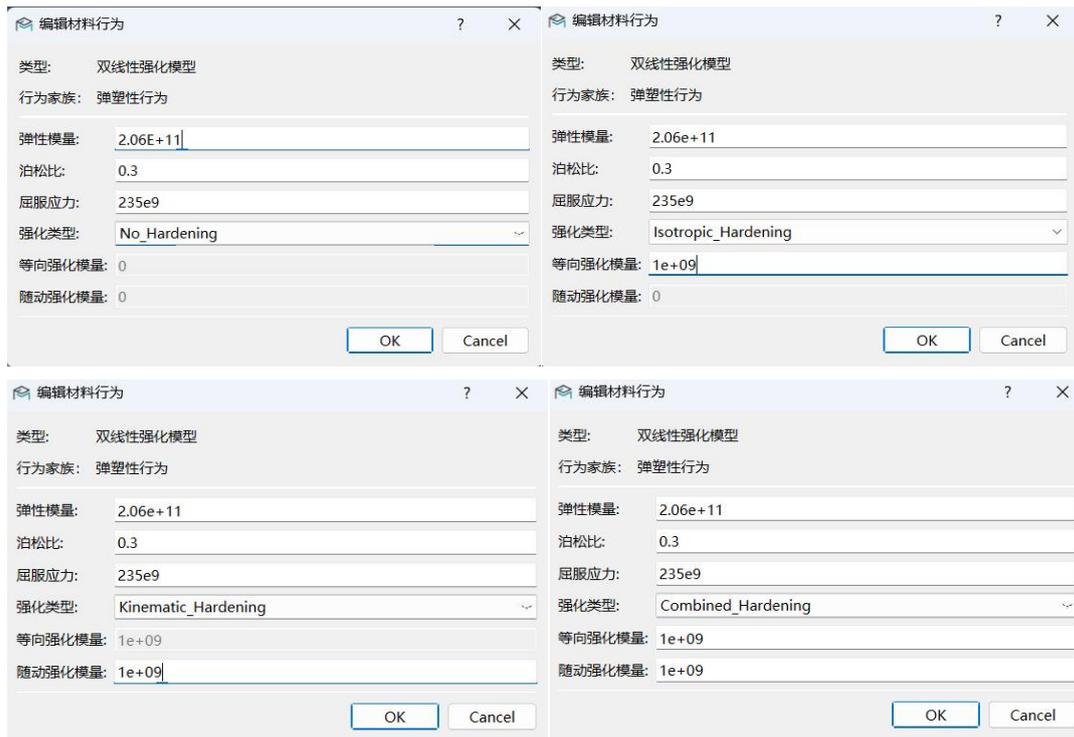
- ① E1: 方向 1 材料弹性模量
- ② E2: 方向 2 材料弹性模量
- ③ E3: 方向 3 材料弹性模量
- ④ Nu12: 方向 1 材料泊松比
- ⑤ Nu13: 方向 2 材料泊松比
- ⑥ Nu23: 方向 3 材料泊松比
- ⑦ G12: 方向 1 剪切模量
- ⑧ G13: 方向 2 剪切模量
- ⑨ G23: 方向 3 剪切模量



双线性强化模型： 点击“+”→点击“弹塑性行为”→点击“双线性强化模型”进入。

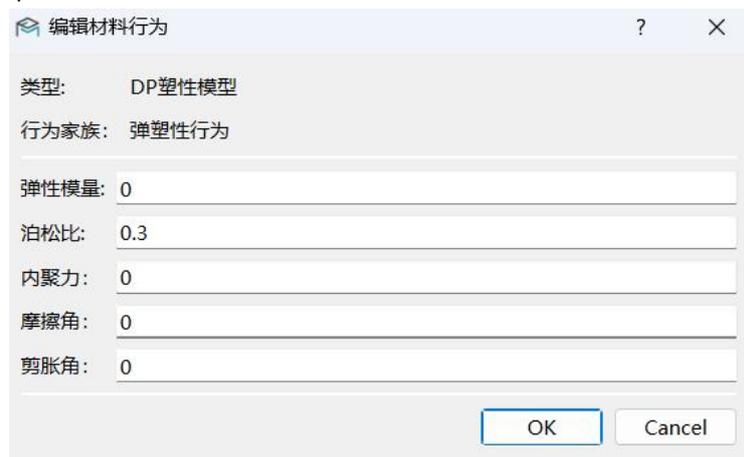
- ⑩ 弹性模量 E , $E > 0$ 。
- ⑪ 泊松比 μ , $-1 < \mu < 0.5$ 。
- ⑫ 屈服应力 σ , $\sigma > 0$ 。
- ⑬ 强化类型, 包含 No_Hardening (无强化) / Isotropic_Hardening (等向强化) / Kinematic_Hardening (随动强化) / Combined_Hardening (混合强化) 四种。
- ⑭ 等向强化模量 H_{iso} , $H_{iso} > 0$ 。
- ⑮ 随动强化模量 H_{kin} , $H_{kin} > 0$ 。





DP (Drucker-Prager) 塑性模型: 点击“+” → 点击“弹塑性行为” → 点击“DP 塑性模型”进入。

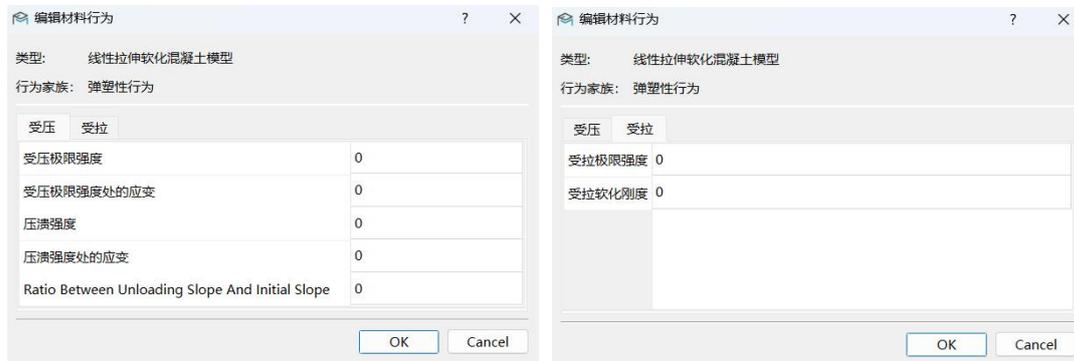
- ① 弹性模量 E , $E > 0$ 。
- ② 泊松比 μ , $-1 < \mu < 0.5$ 。
- ③ 内聚力, 大于 0。
- ④ 摩擦角 ϕ , $\phi > 0$ 。
- ⑤ 剪胀角 ϕ_f , $\phi_f > 0$ 。



线性拉伸软化混凝土模型: 点击“+” → 点击“弹塑性行为” → 点击“线性拉伸软化混凝土模型”进入。包含受压参数和受拉参数两个界面，通过选择受压和受拉切换。

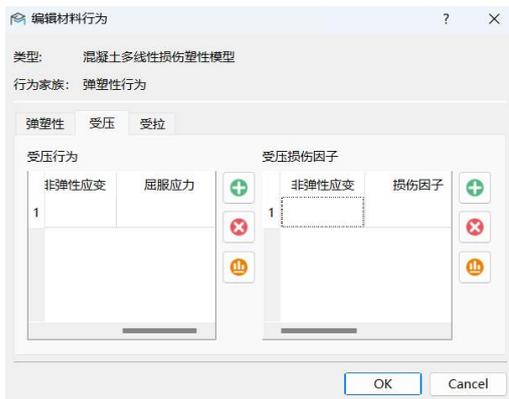
- ① 混凝土受压极限强度 f_{c0} , $f_{c0} < 0$ 。
- ② 受压极限强度处的应变 ec_0 , $ec_0 < 0$ 。
- ③ 压溃强度 f_{cu} , $f_{cu} < 0$; $f_{cu} > f_{c0}$ 。
- ④ 压溃强度处的应变 ecu , $ecu < 0$; $ecu > ec_0$ 。

- ⑤ Ratio Between Unloading Slope And Initial Slope 卸荷坡度与初始坡度之比 lamada, lamada>0。
- ⑥ 受拉极限强度 ft, ft>0。
- ⑦ 受拉软化刚度 Ets, Ets>0。



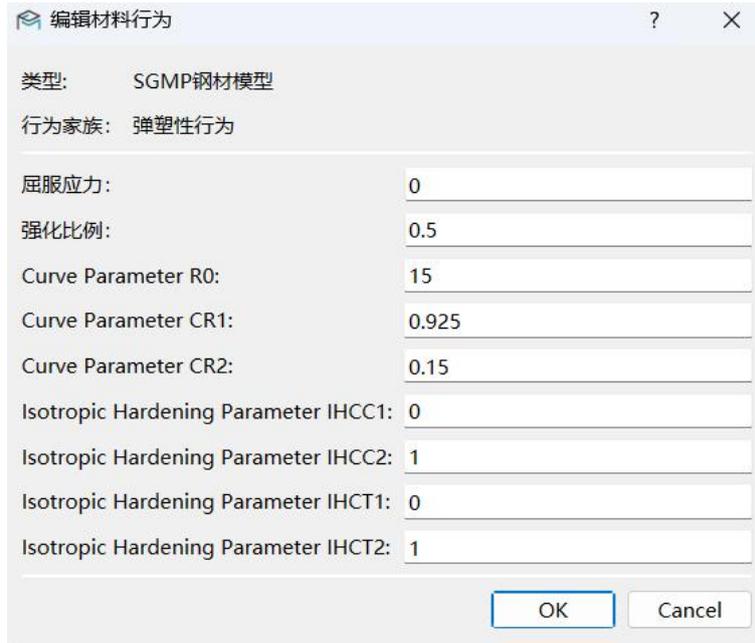
混凝土多线性损伤塑性模型：点击“+”→点击“弹塑性行为”→点击“**混凝土多线性损伤塑性模型**”进入。包含弹塑性参数、受拉和受压三个界面，通过选择切换。

- ① 膨胀角 DA。
- ② 偏心率 EC。
- ③ 弹性模量 E, E>0。
- ④ 强化应力比 HR。
- ⑤ 恒定屈服应力比 IS。
- ⑥ 泊松比 μ , $-1 < \mu < 0.5$ 。
- ⑦ 粘度系数 u, u>0。
- ⑧ 受压/受拉恢复系数 wc/wt。
- ⑨ 受压行为：可输入非弹性应变和屈服应力。
- ⑩ 受压损伤因子：可输入非弹性应变和损伤因子。
- ⑪ 受拉行为：可输入开裂应变和屈服应力。
- ⑫ 受拉损伤因子：可输入开裂应变和损伤因子。



SGMP (Giuffre-Menegotto-Pinto) 钢材模型: 点击“+”→点击“弹塑性行为”→点击“SGMP 钢材模型”进入。

- ① 屈服应力 σ , $\sigma > 0$ 。
- ② 强化比例 HR, $0 < HR < 1$ 。
- ③ Curve Parameter R0/CR1/CR2 控制从弹性进入塑性时过度曲线曲率的经验参数; $10 \leq R0 \leq 20$; $10 \leq CR1 \leq 20$; $10 \leq CR2 \leq 20$ 。
- ④ Isotropic Hardening Parameter IHCC1/IHCC2 受压参数; $IHCCompression1 \in [0,1]$; $IHCCompression2 \in [0,1]$
- ⑤ Isotropic Hardening Parameter IHCT1/IHCT2 受拉参数; $IHCTension1 \in [0,1]$; $IHCTension2 \in [0,1]$



热成型钢模型： 点击“+”→点击“弹塑性行为”→点击“热成型钢模型”进入。

- ① Elastic Modulus 材料弹性模量 E ， $E > 0$ 。
- ② Poisson's Ratio 材料泊松比 μ ， $-1 < \mu < 0.5$ 。
- ③ Yield Stress 初始屈服应力 σ ， $\sigma > 0$ 。
- ④ Ultimate Stress 极限应力 σ_b ， $\sigma_b > 0$ ； $\sigma_b > \sigma$ 。



Max Stress Damage Model for Traction-Separation Law（基于牵引 - 分离定律的最大应力损伤模

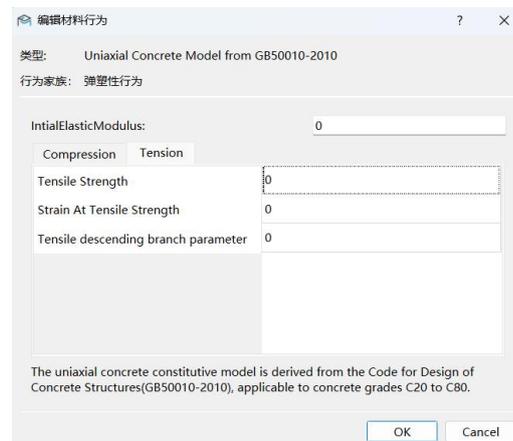
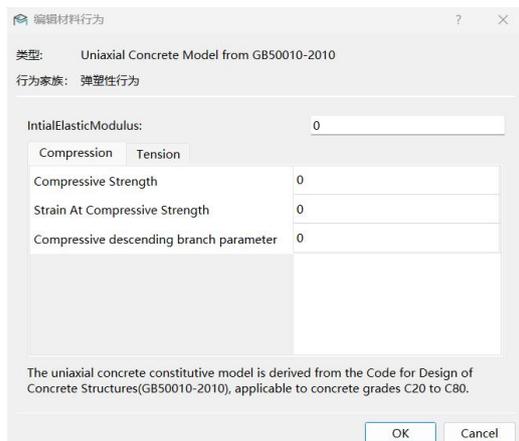
型）：点击“+”→点击“弹塑性行为”→点击“**Max Stress Damage Model for Traction-Separation Law**”进入。

- ① Elastic Modulus 材料弹性模量 E ， $E > 0$ 。
- ② Poisson's Ratio 材料泊松比 μ ， $-1 < \mu < 0.5$ 。
- ③ TensionShearCoeff。
- ④ MaxStress 最大应力。
- ⑤ FractureEnergy 断裂能。



线性受拉软化的约束混凝土单轴本构： 点击“+” → 点击“弹塑性行为” → 点击“线性受拉软化的约束混凝土单轴本构”进入。

- ① Compressive Strength: 混凝土受压强度（取负值）
- ② Strain At Compressive Strength: 混凝土受压强度对应受压应变（取负值）
- ③ Compressive descending branch parameter:
- ④ Tensile Strength: 混凝土受拉极限强度
- ⑤ Strain At Tensile Strength :
- ⑥ Tensile descending branch parameter:
- ⑦ InitialElasticModulus: 混凝土受压软化模量



粘聚区:二次最大应力损伤模型： 点击“+” → 点击“弹塑性行为” → 点击“粘聚区:二次最大应力损伤模型”进入。

- ① 粘聚区弹性模量
- ② 材料泊松比
- ③ 轴剪比例系数: $0 < \text{系数} < 1$
- ④ 最大断裂应力
- ⑤ 断裂能



修正剑桥本构: 点击“+” → 点击“弹塑性行为” → 点击“修正剑桥本构”进入。

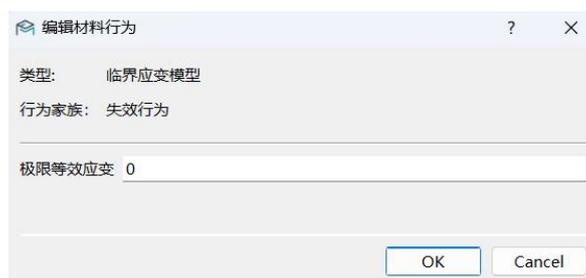
- ① 屈服围压:
- ② 初始孔隙比:
- ③ 正常压缩线斜率:
- ④ 回弹线斜率:
- ⑤ 临界状态应力比:
- ⑥ 泊松比:



3 材料失效行为

临界应变模型模型: 点击“+” → 点击“失效行为” → 点击“临界应变模型”进入。

- ① 极限等效应变。



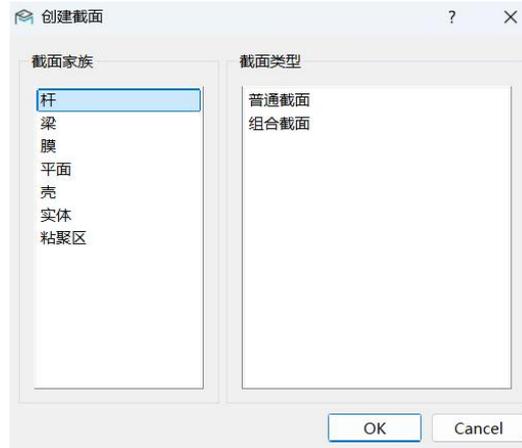
3.3.3 截面定义

点击“截面”按钮或者双击模型树“截面”可以新建截面。双击“截面”下方截面名称的分支对选中截面进行编辑。



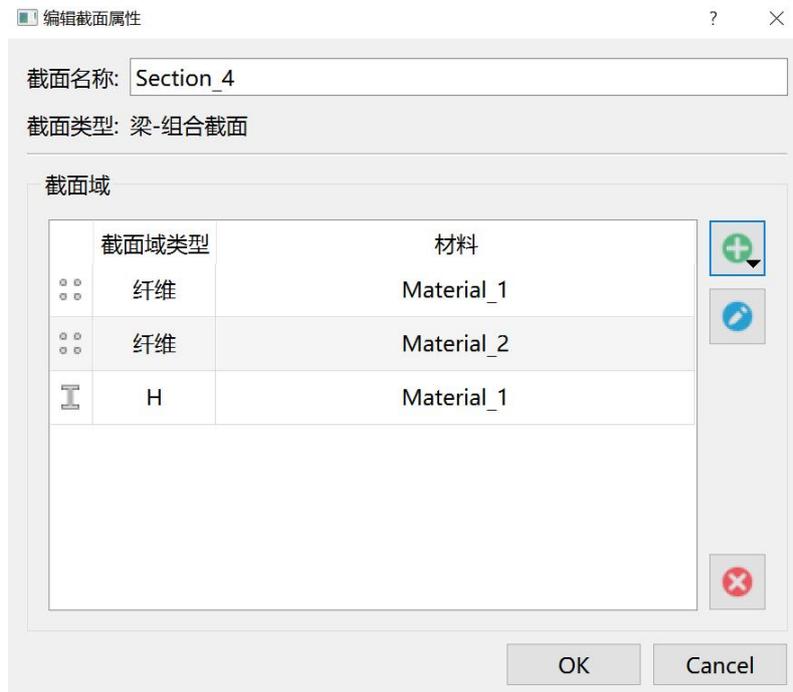
3.3.3.1 创建截面

双击模型树“截面”可以新建截面。创建截面界面如下图所示。



截面家族分为 7 种，分别为：杆截面 TRUSS、梁截面 BEAM、膜截面、壳截面 SHELL、平面截面、实体截面 SOLID 和粘聚区截面 COHESIVE。

截面类型分为 2 种，分别为：普通截面和组合截面。普通截面添加一种截面域类型，组合截面需要添加多种截面域类型。如下图所示：



3.3.3.2 编辑截面属性

选择截面类型确定后可进入“编辑截面属性”界面，编辑截面属性包含以下内容：

- ① 截面名称。

- ② 截面域列表。
- ③ 添加按钮：用于添加一条材料行为。普通截面只能添加一条截面域，复合截面需添加多条截面域。
- ④ 编辑按钮：用于编辑选中的截面域。双击截面域列表中的某条截面域可以进行编辑。
- ⑤ 删除按钮：用于删除选中的截面域。



3.3.3.3 截面域

截面域类型根据截面类型分为以下几类：

- 杆截面和梁截面：包括面积截面域、箱型截面域、自定义截面域、管形截面域、矩形截面域、圆形截面域、H型截面域和纤维截面域；
- 膜截面和壳截面：厚度截面域；
- 平面截面：平面截面域；
- 实体截面：实体截面域；
- 粘聚区截面：粘聚区截面域

面积截面域： 点击“+” → 点击“面积”进入。

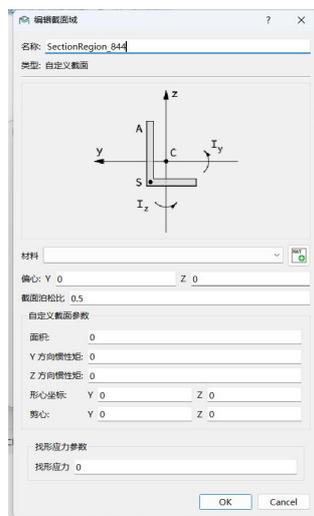
- ① 材料：单击黄色框选部分出现下拉选项，选择已创建的材料；单击绿色框选部分可以新建材料，新材料会出现在模型树“材料”中。



- ② 偏心：分布设置截面 Y/Z 方向偏心。
- ③ Nu：设置截面泊松比。
- ④ 形状参数：面积 AREA 截面需要设置“面积”。
- ⑤ 找形应力参数：设置找形应力。

自定义截面域：点击“+”→点击“自定义截面”进入。

- ① 材料：单击材料框，选择已创建的材料；单击“MAT+”按钮可以新建材料，新材料会出现在模型树“材料”中。

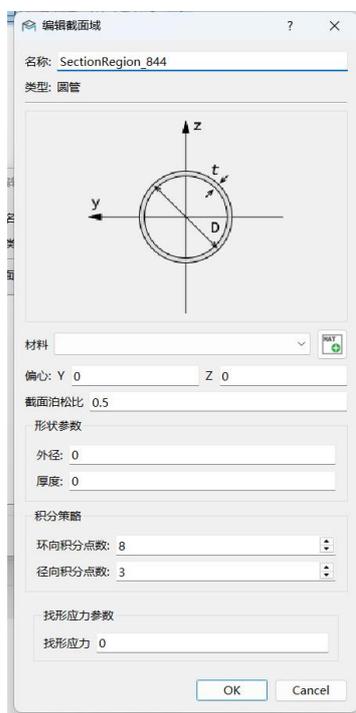


- ② 偏心：分布设置截面 Y/Z 方向偏心。
- ③ Nu：设置截面泊松比。
- ④ 形状参数：自定义截面域需要设置“面积”、“Y 方向惯性矩”、“Z 方向惯性矩”、“形心坐标 Y/Z”、“剪心 Y/Z”。
- ⑤ 找形应力参数：设置找形应力。

圆管截面域：点击“+”→点击“圆管”进入。

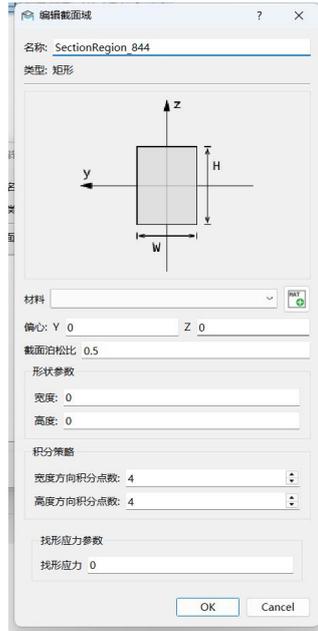
- ① 材料：单击材料框，选择已创建的材料；单击“MAT+”按钮可以新建材料，新材料会出现在模型树“材料”中。
- ② 偏心：分布设置截面 Y/Z 方向偏心。
- ③ Nu：设置截面泊松比。

- ④ 形状参数：圆管截面需要设置“外径”、“厚度”。
- ⑤ 积分策略：设置环向积分点数和径向积分点数。
- ⑥ 找形应力参数：设置找形应力。



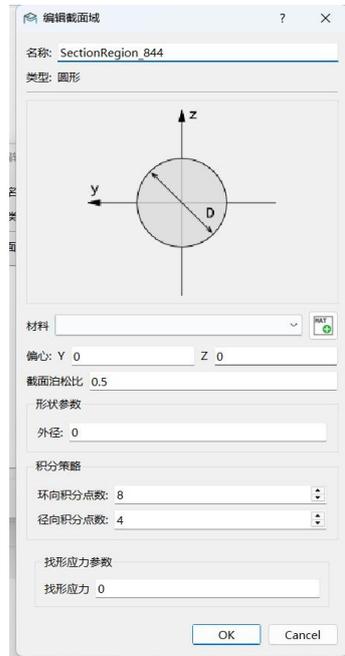
矩形截面域： 点击“+” → 点击“矩形”进入。

- ① 材料：单击材料框，选择已创建的材料；单击“MAT+”按钮可以新建材料，新材料会出现在模型树“材料”中。
- ② 偏心：分布设置截面 Y/Z 方向偏心。
- ③ Nu：设置截面泊松比。
- ④ 形状参数：矩形截面需要设置“宽度”、“高度”。
- ⑤ 积分策略：设置宽度方向积分点数和高度积分点数。
- ⑥ 找形应力参数：设置找形应力。



圆形截面域： 点击“+” → 点击“圆形”进入。

- ① 材料：单击材料框，选择已创建的材料；单击“MAT+”按钮可以新建材料，新材料会出现在模型树“材料”中。
- ② 偏心：分布设置截面 Y/Z 方向偏心。
- ③ Nu：设置截面泊松比。
- ④ 形状参数：圆形截面需要设置“外径”。
- ⑤ 积分策略：设置环向积分点数和径向积分点数。
- ⑥ 找形应力参数：设置找形应力。

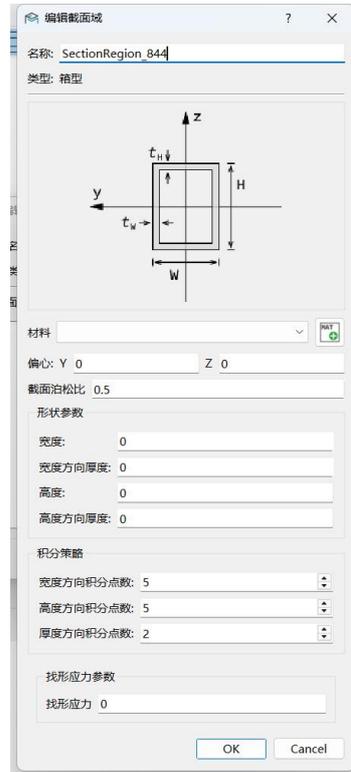


箱形截面域： 点击“+” → 点击“箱形”进入。

- ① 材料：单击材料框，选择已创建的材料；单击“MAT+”按钮可以新建材料，新材料会出

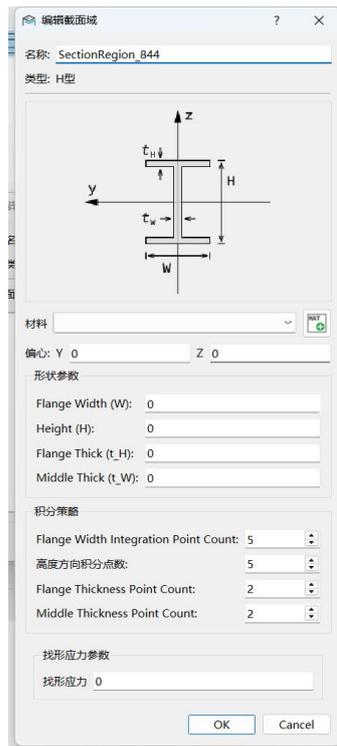
现在模型树“材料”中。

- ② 偏心：分布设置截面 Y/Z 方向偏心。
- ③ Nu：设置截面泊松比。
- ④ 形状参数：箱形截面需要设置“宽度”、“宽度方向厚度”、“高度”、“高度方向厚度”。
- ⑤ 积分策略：设置宽度方向积分点数、高度积分点数、厚度方向积分点数。
- ⑥ 找形应力参数：设置找形应力。



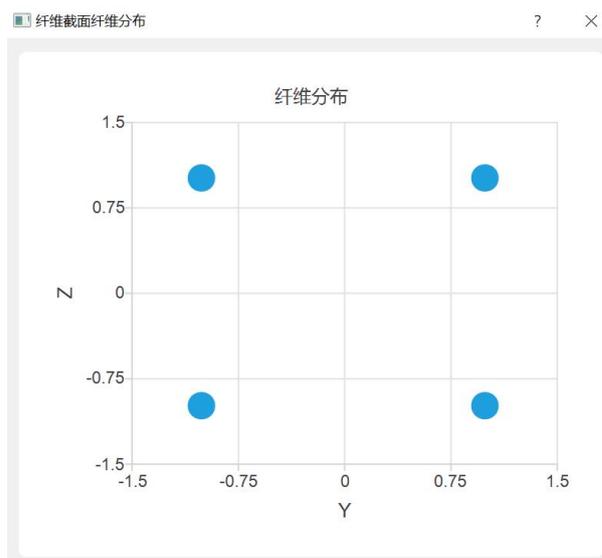
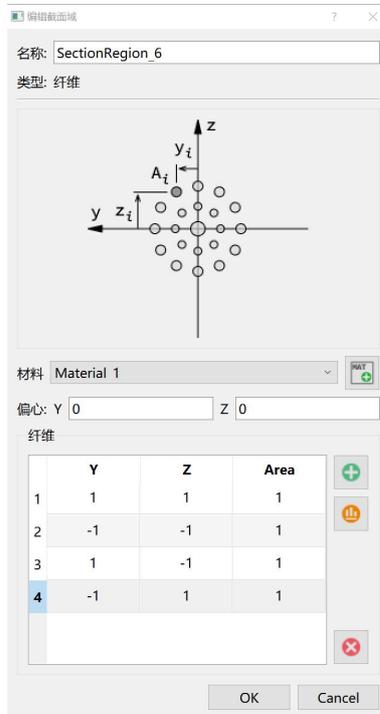
H 型截面域：点击“+”→点击“H”进入。

- ① 材料：单击材料框，选择已创建的材料；单击“MAT+”按钮可以新建材料，新材料会出现在模型树“材料”中。
- ② 偏心：分布设置截面 Y/Z 方向偏心。
- ③ 形状参数：H 型截面需要设置“Flange Width”、“Height”、“Flange Thick”、“Middle Thick”。
- ④ 积分策略：设置 Flange Width 积分点数、高度积分点数、Flange Thick 积分点数、Middle Thick 积分点数。
- ⑤ 找形应力参数：设置找形应力。



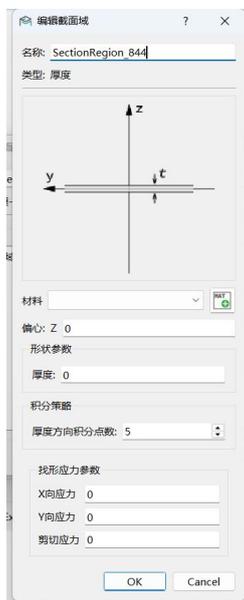
纤维截面域: 点击“+” → 点击“纤维”进入。

- ① 材料: 单击材料框, 选择已创建的材料; 单击“MAT+”按钮可以新建材料, 新材料会出现在模型树“材料”中。
- ② 偏心: 分布设置截面 Y/Z 方向偏心。
- ③ 纤维: 设置纤维坐标和对应的面积。点击黄色统计



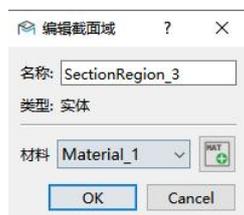
厚度截面域: 点击“+” → 点击“厚度”进入。

- ① 材料：单击材料框，选择已创建的材料；单击“MAT+”按钮可以新建材料，新材料会出现在模型树“材料”中。
- ② 偏心：分布设置截面 Z 方向偏心。
- ③ 形状参数：设置截面的厚度。
- ④ 积分策略：设置厚度方向积分点数。
- ⑤ 应力参数：设置 X 向应力、Y 向应力和剪切应力。



实体截面域： 点击“+” → 点击“实体”进入。

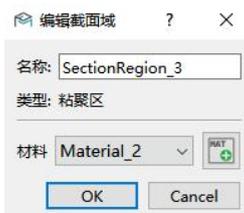
- ① 材料：单击材料框，选择已创建的材料；单击“MAT+”按钮可以新建材料，新材料会出现在模型树“材料”中。

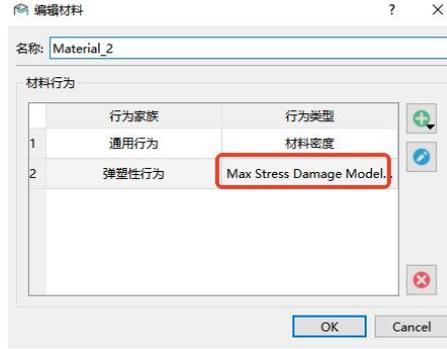


粘聚区截面域： 点击“+” → 点击“粘聚区”进入。

- ① 材料：单击材料框，选择已创建的材料；单击“MAT+”按钮可以新建材料，新材料会出现在模型树“材料”中。

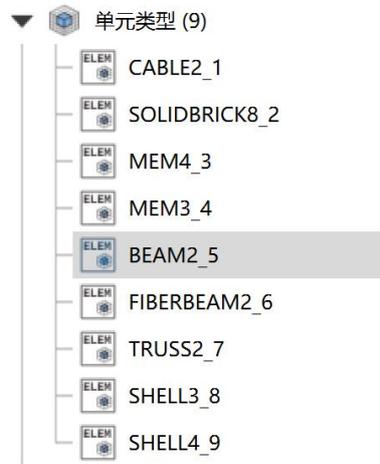
注： 该材料的弹塑性行为必须为“极限应力损伤模型”，如下图所示；





3.3.4 单元类型定义

点击“单元类型”按钮或者双击模型树“单元类型”可以新建单元类型。双击“单元类型”下方单元类型名称的分支对选中的单元类型进行编辑。



3.3.4.1 创建单元类型

创建单元类型界面如下图所示，包含单元家族和单元类型。选择单元家族后，其单元类型将依次罗列，供用户选择。



单元家族分为 6 种，分别为：杆单元、梁单元、面单元、壳单元、实体单元和粘聚区单元。

- 杆单元 **TRUSS**

1. CABLE2: A 2-particle linear tension-only cable element
2. TRUSS2: A 2-particle linear truss element

- 梁单元 **BEAM**

1. FIBERBEAM2: A 2-particle linear beam element with fiber-section
2. BEAM2: A 2-particle linear beam element

- 面单元 **SURFACE**

1. MEM4: A 4-particle quadrilateral plane-stress membrane element
2. MEM3: A 3-particle quadrilateral plane-stress membrane element
3. PLANE4: A 4-particle quadrilateral plane-strain element
4. PLANE3: A 3-particle quadrilateral plane-strain element

- 壳单元 **SHELL**

1. SHELL4: A 4-particle quadrilateral shell element, combining the DKQ plate and plane-stress membrane
2. SHELL3: A 3-particle triangular shell element, combining the DKT plate and plane-stress membrane

- 实体单元 **SOLID**

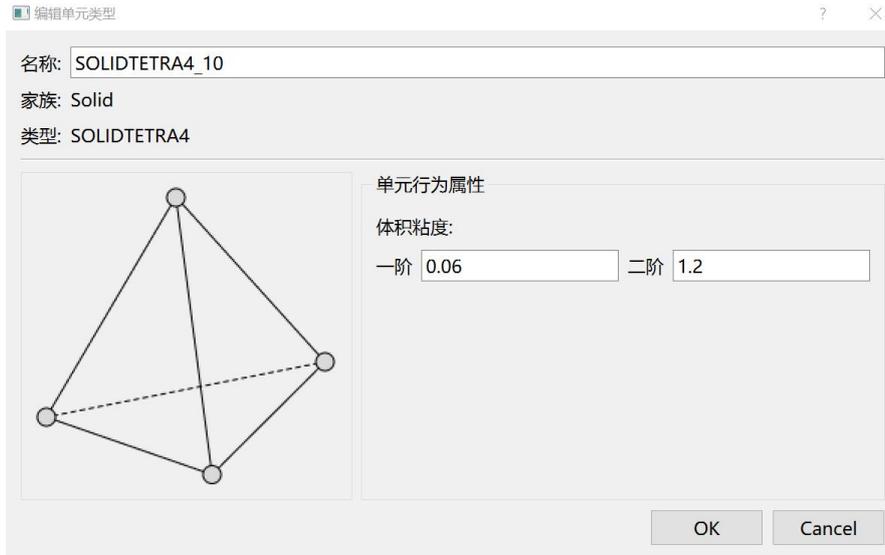
1. SOLIDBRICK8: A 8-particle linear brick element
2. SOLIDTETRA4: A 4-particle linear tetrahedron element
3. SOLIDBRICKR8: A 8-particle linear brick element with reduced integration and hourglass control

- 粘聚区单元 **Cohesive**

1. COHESIVETRUS2: A 2-particle cohesive element
2. COHESIVEPLANE4: A 4-particle cohesive element
3. COHESIVEHEX8: A 8-particle cohesive element
4. COHESIVETETRA6: A 6-particle cohesive element

3.3.4.2 编辑单元类型

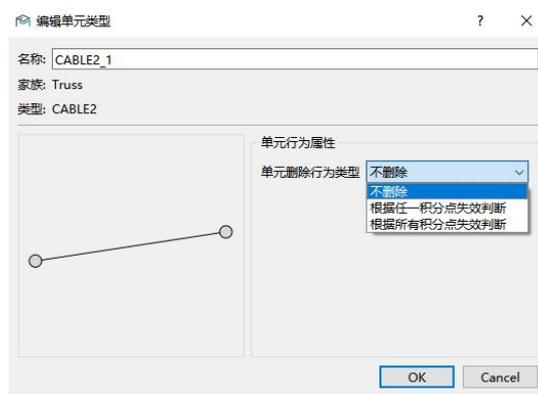
创建单元类型后可进入“编辑单元类型”界面对单元属性进行编辑。包含单元类型名称、单元类型家族（不可编辑）、单元类型（不可编辑）和单元行为属性：



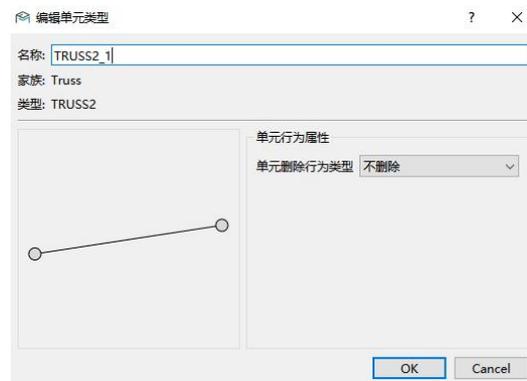
3.3.4.3 单元行为属性

杆单元行为属性:

CABLE2: 2 质点一阶索单元, 单元行为属性包括单元删除行为, 可选择以下三种。

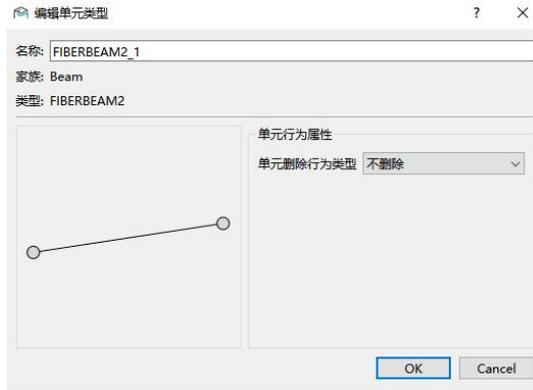


TRUSS2: 2 质点一阶杆单元, 单元行为属性包括单元删除行为。

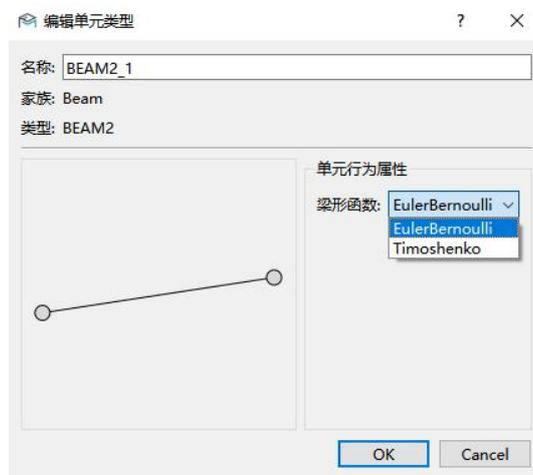


梁单元行为属性:

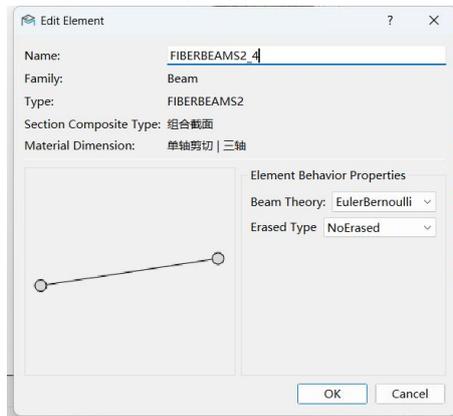
FIBERBEAM2: 2 质点一阶纤维梁单元, 单元行为属性包括单元删除行为。



BEAM2: 2 质点一阶工程梁单元，单元行为属性包括梁形函数，可选择 EulerBernoulli 和 Timoshenko 两种梁函数。



FIBERBEAMS2: 2 质点一阶纤维梁单元，考虑剪切。



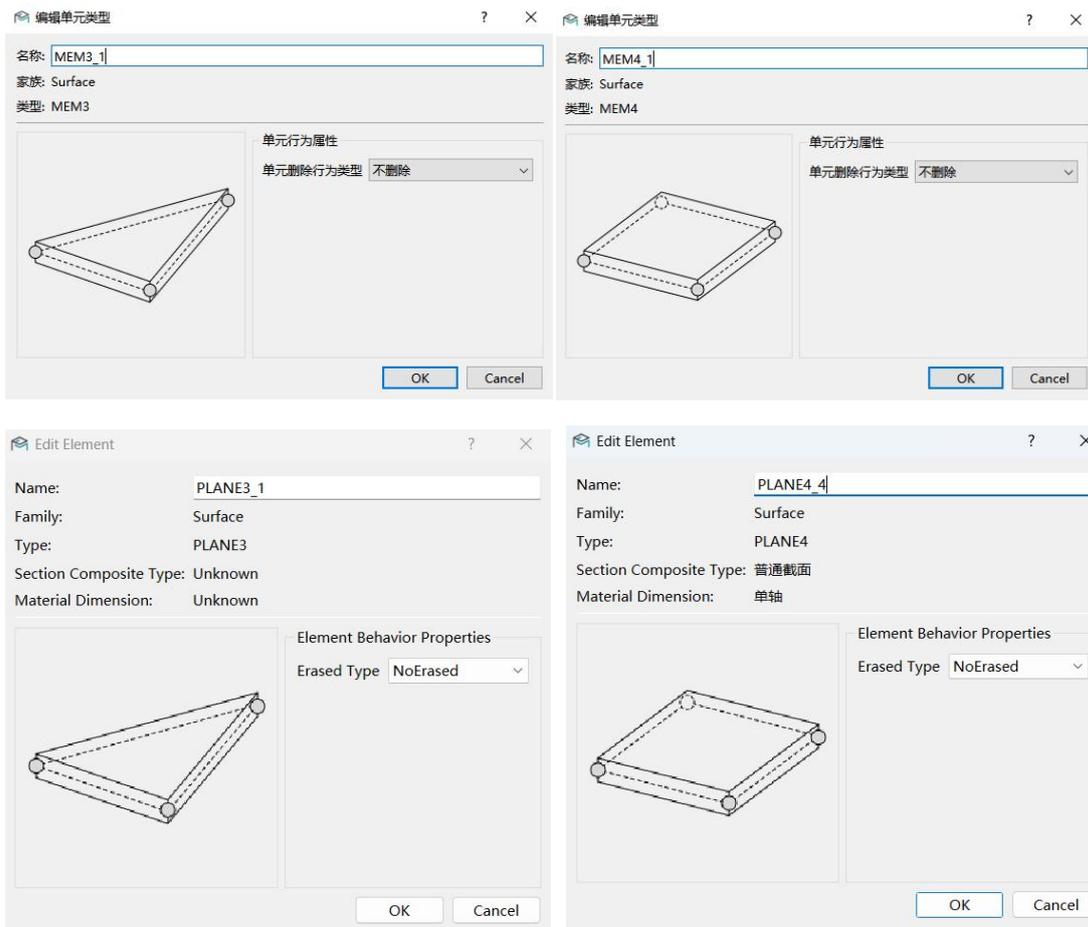
面单元行为属性:

MEM3: 一阶三角形平面应力膜单元，单元行为属性包括单元删除行为。

MEM4: 一阶四边形平面应力膜单元，单元行为属性包括单元删除行为。

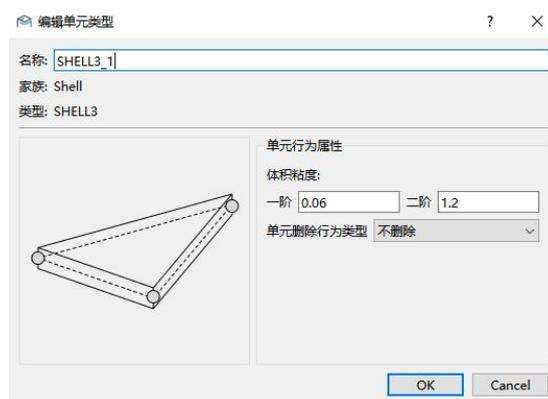
PLANE3: 一阶三角形平面应变单元，单元行为属性包括单元删除行为。

PLANE4: 一阶四边形平面应变单元，单元行为属性包括单元删除行为。

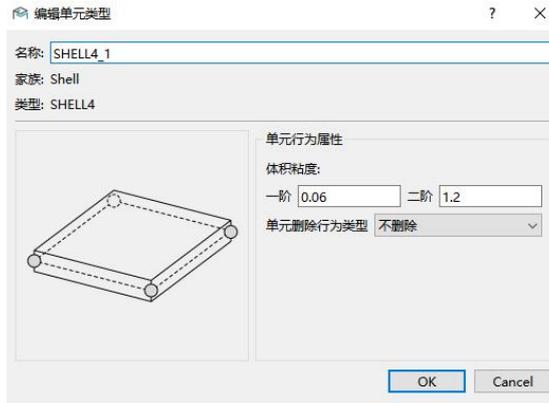


壳单元行为属性:

SHELL3: 采用 DKT 板理论的一阶三角形壳单元, 单元行为属性包括体积粘度和单元删除行为。

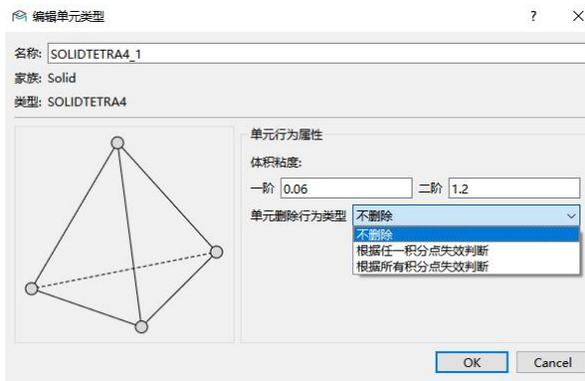


SHELL4: 采用 DKT 板理论的一阶四边形壳单元, 单元行为属性包括体积粘度和单元删除行为。

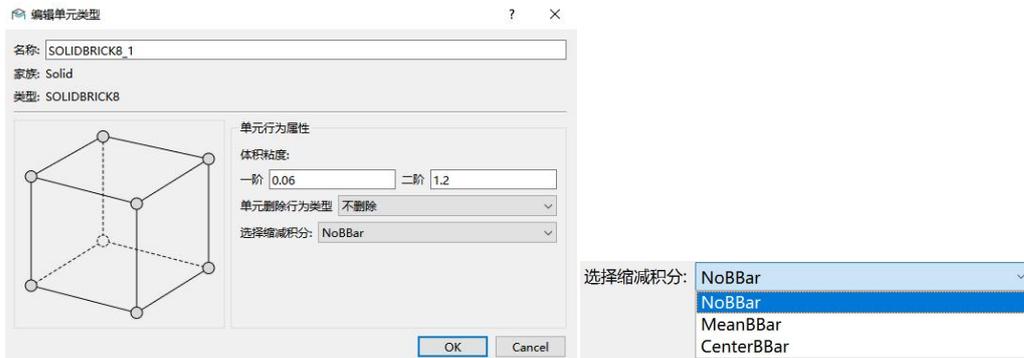


实体单元行为属性:

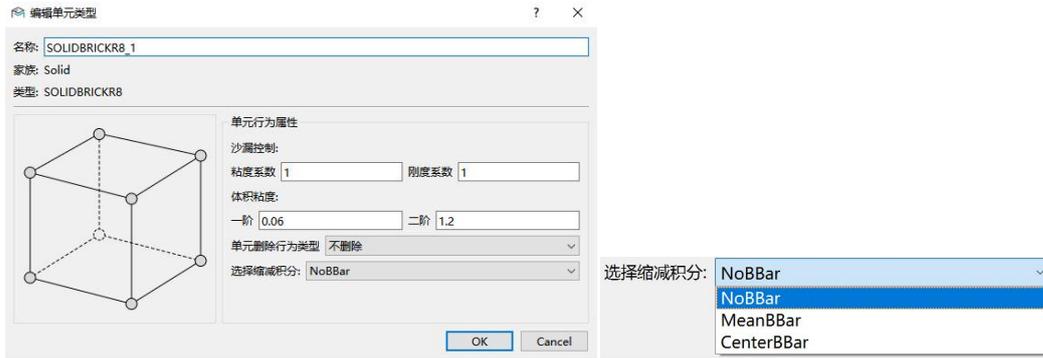
SOLIDTETRA4: 一阶四面体实体单元，包含的单元行为属性有体积粘度和单元删除行为。



SOLIDBRICK8: 一阶六面体实体单元，包含的单元行为属性有体积粘度、单元删除行为和缩减积分。缩减积分可选择 **NoBBar**、**MeanBBar** 和 **CenterBBar** 三种。



SOLIDBRICKR8: 缩减积分的一阶六面体实体单元，包含的单元行为属性有沙漏控制、体积粘度、单元删除行为和缩减积分。沙漏控制需要指定粘性系数和刚度系数；缩减积分可选择 **NoBBar**、**MeanBBar** 和 **CenterBBar** 三种。



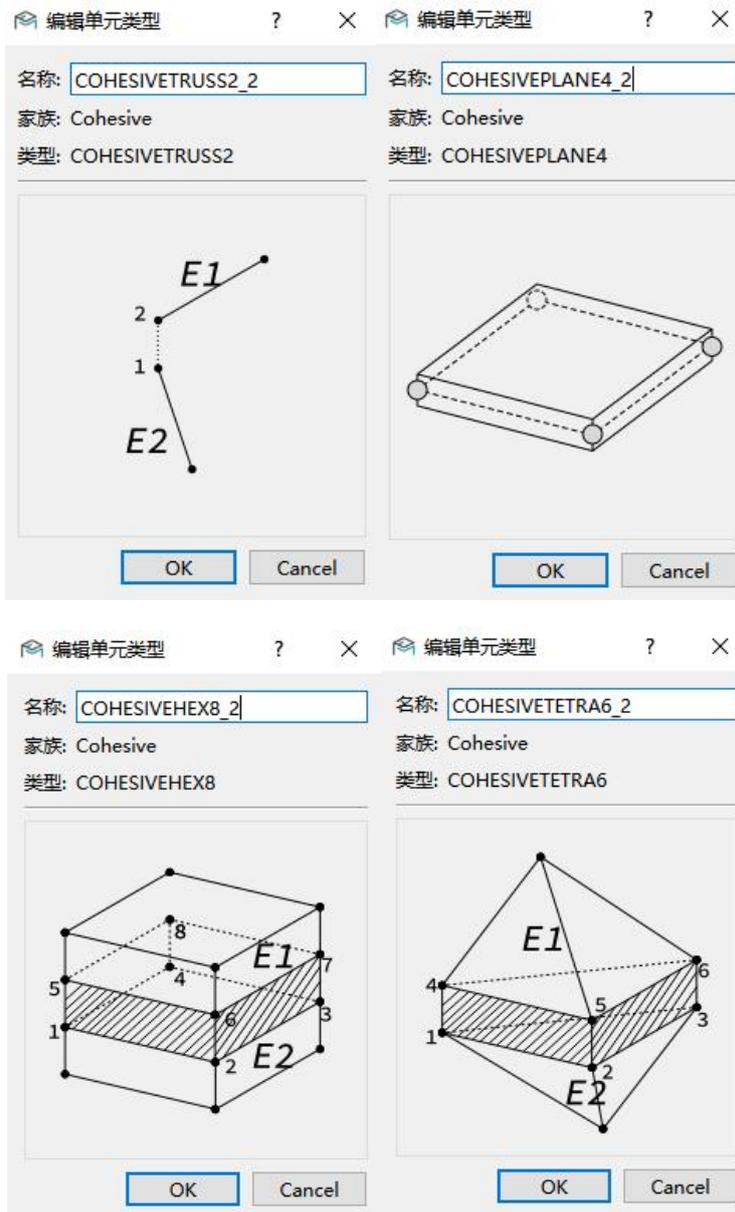
粘聚区单元行为属性:

COHESIVETRUS2: 2 质点粘聚区杆单元 A 2-particle cohesive element

COHESIVEPLANE4: 平面粘聚区单元 A 4-particle cohesive element

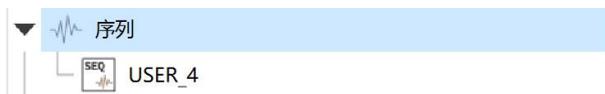
COHESIVEHEX8: 8 质点实体粘聚区单元

COHESIVETETRA6: A 6-particle cohesive element



3.3.5 序列定义

点击“序列”按钮或者双击模型树“序列”可以新建序列。双击“序列”下方序列名称的分支对选中的序列进行编辑。默认包含 CONSTANT、RAMP、RAMP_STEP 三种序列，不在模型树中显示。



3.3.5.1 用户序列管理

双击模型树“序列”可以进入用户序列管理器界面。用户序列管理器界面如下图所示。①为序列列表，列出已经创建了的序列；单击②可添加序列；单击选中①列表中的序列，单击③可编辑该序列；单击选中①列表中的序列，单击④可删除该序列；单击⑤可导入地震波序列。



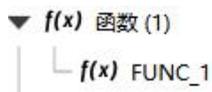
3.3.5.2 编辑数据序列

数据序列界面包含序列名称和序列数据，在②截面中输入数据，通过③添加数据，④删除数据，⑤显示数据。



3.3.6 函数定义

点击“函数”按钮或者双击模型树“函数”可以创建并管理用户函数。双击“函数”下方函数名称的分支对选中的函数进行编辑。



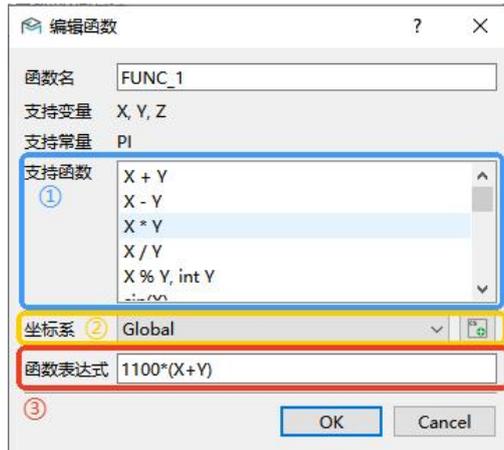
3.3.6.1 用户函数管理

双击模型树“函数”可以进入用户函数管理器界面。用户函数管理器界面如下图所示。①为函数列表，列出已经创建了的函数；单击②可添加函数；单击选中①列表中的函数，单击③可编辑该函数；单击选中①列表中的函数，单击④可删除该函数；



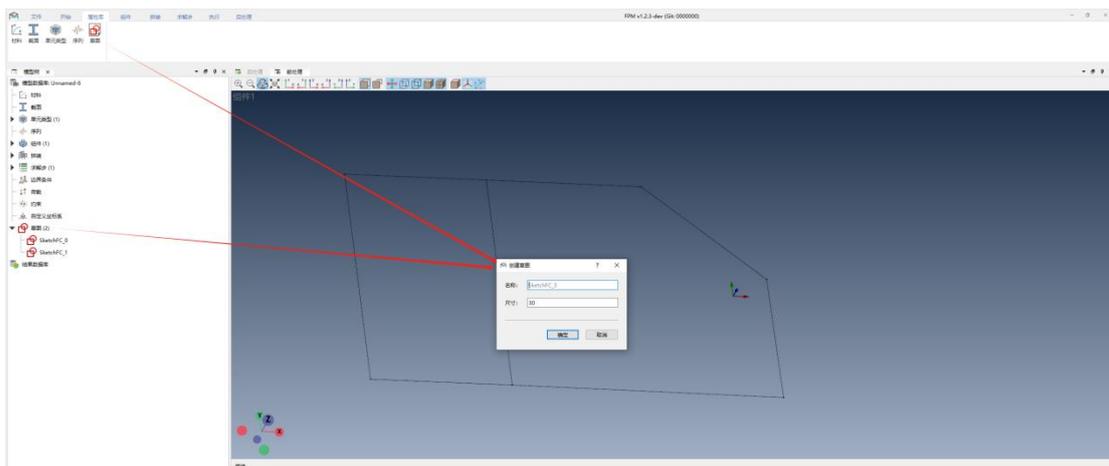
3.3.6.2 编辑函数表达式

编辑函数界面包含函数名、支持变量、支持常量等；在①“支持函数”中罗列了软件可以支持的所有简单和复杂的函数表达式，用户可以参照在③中输入自己需要的复杂函数表达式；在②“坐标系”中用户可以选择全局坐标系或自定义局部坐标系。



3.3.7 草图创建

点击“草图”按钮或者双击模型树“草图”可以创建草图。双击“草图”树下方草图名称的分支对指定草图进行编辑。



3.4 组件选项卡

“组件”选项卡位于软件主界面的顶部，主要用于创建几何体并对几何体进行一系列的操作最后形成一个完整的组件，从而可用与模型装配及仿真分析等。

3.4.1 主功能



序号	功能面板	详述
1	创建	新建组件；
2	几何特征	创建草绘曲线、点、线、面、体，在此基础上创建更为复杂的几何体；并对几何体进行一系列如：平移、旋转、镜像、拉伸、放样、阵列、切割、扫掠、倒角圆角以及布尔运算等操作；

3	属性	为组件指派单元、截面和方向等属性；
4	网格	对组件的网格进行操作；

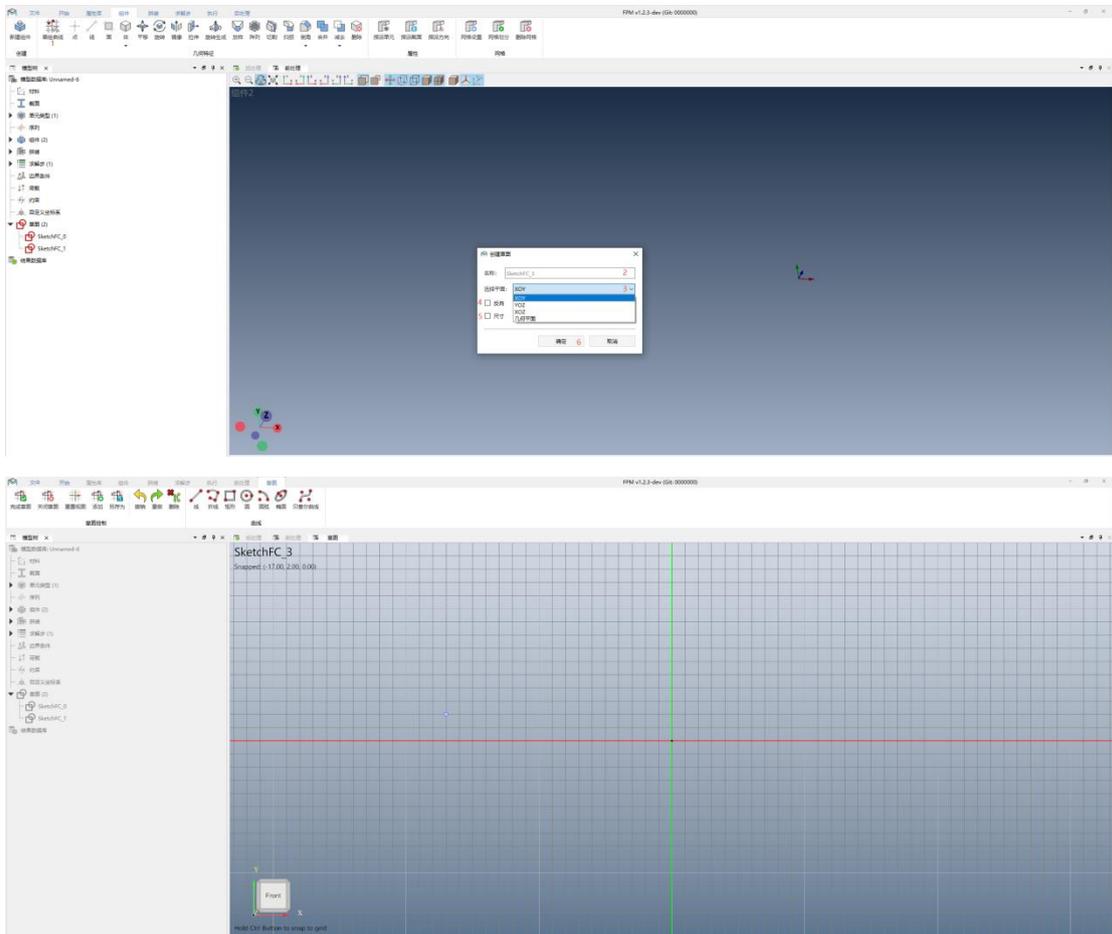
3.4.2 新建组件

点击“新建组件”按钮，弹出设置组件名称对话框，确定后即可创建新组件；



3.4.3 草绘曲线

点击“草绘曲线”按钮，弹出创建草图对话框，设置草图名称、草图平面、平面方向、视图尺寸，确定后即可创建草图进入草图绘制模式；

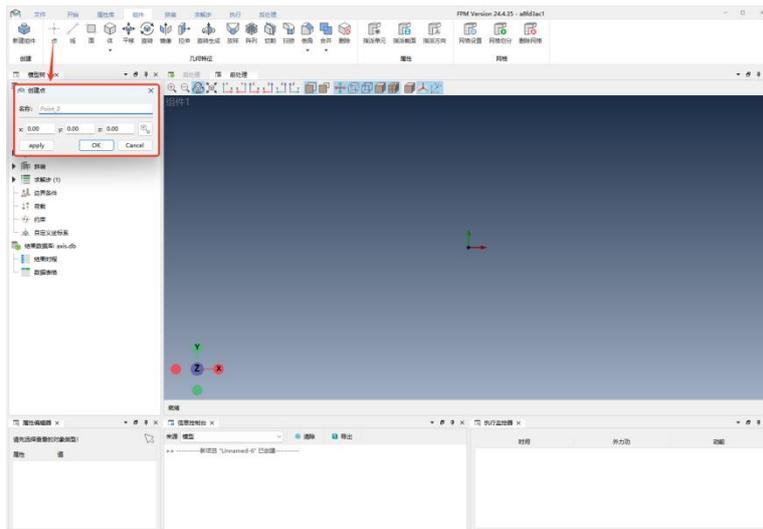


3.4.4 点

创建几何点，可基于点创建线段或作为一个参考点，或查看点的坐标值；

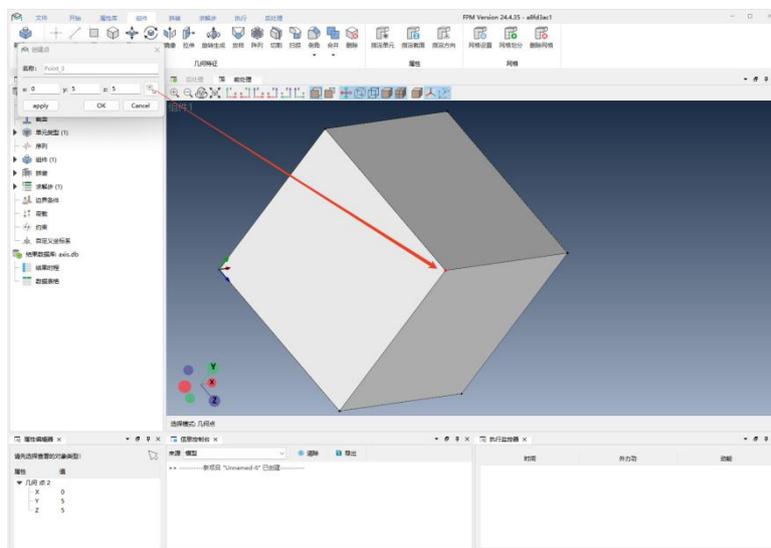
1) 创建点

输入点在三维坐标系下的坐标值即可创建几何点，如下图所示；



2) 查看点的坐标值

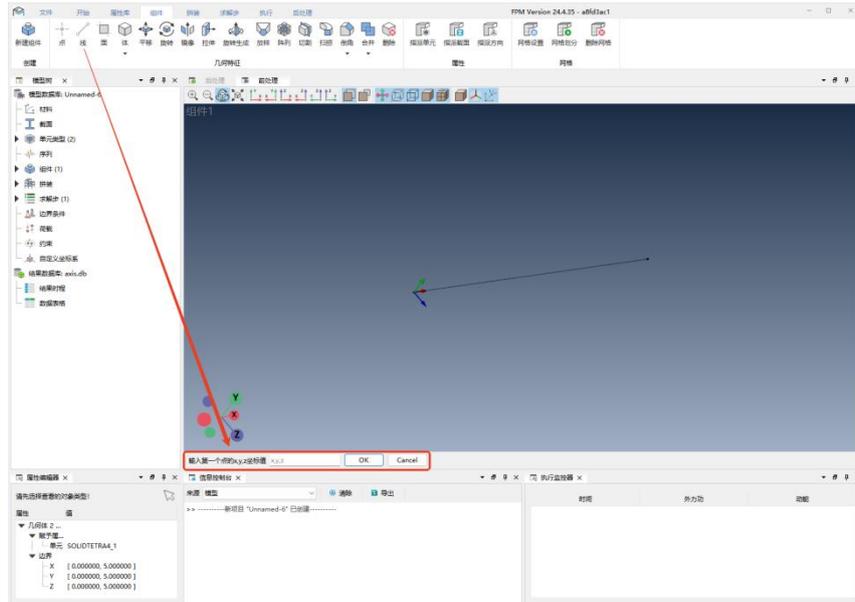
通过拾取坐标点后，即可显示点的坐标值，如下图所示；



3.4.5 线

创建几何线段，可创建连续线段或作为一个参考线；

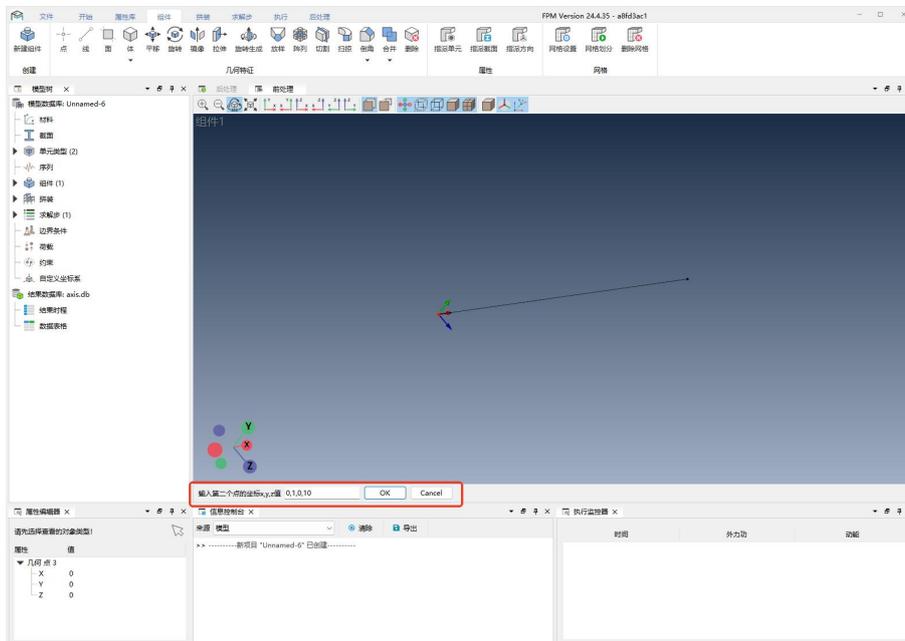
第一步，输入第一个点的坐标值（例如坐标值 0,0,0 表示坐标原点）或直接拾取第一个点；



第二步，输入第二个点的坐标值，或者直接拾取第二个点，或者输入基于第一个点的位移参数(0,1,0,10)；

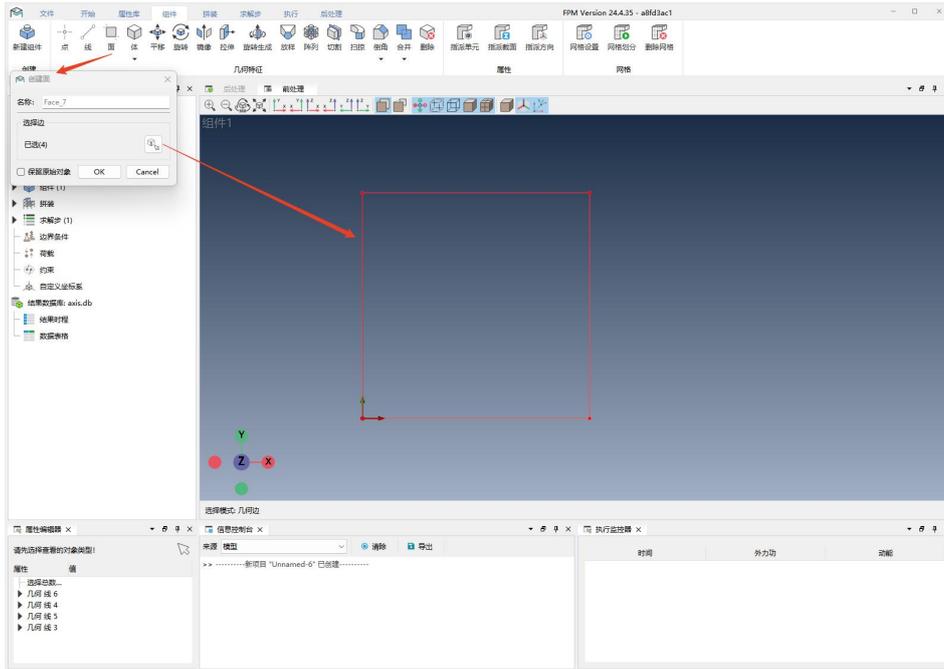
说明：基于第一个点（基准点）的位移参数为(x1,y1,z1,n)，其中参数 x1, y1, z1 的值为 1 时表示该点基于第一个点向对应的 X, Y, Z 正方向平移，值为-1 则向负方向平移，值为 0 则对应坐标值不变，这三个参数只能改变其中一个其余两个参数值需要设定为 0；参数 n 表示该点基于基准点朝对应方向平移 n 个单位长度；

例如(0,1,0,10)表示第二个点在基准点的基础上向 Y 轴正方向平移 10 个单位长度得到两点的连线线段，如下图所示；



3.4.6 面

创建几何平面，可基于线段封闭图形创建几何平面：



3.4.7 体

创建几何体，可创建长方体、球体、圆柱体、圆台体等基础立体几何；

3.4.8 平移

对点、线、面、体这些几何进行移动可选择是否保留原始对象；

1) 基于点平移

基于点平移是指，基准点与终点连线形成一个正方向，此时几何平移方向和距离由这两个点确定；

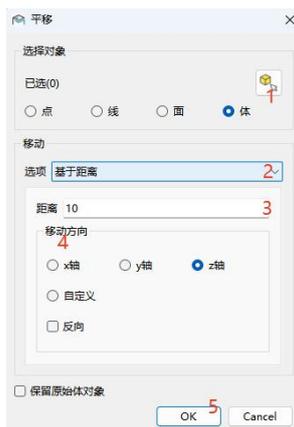
步骤：选择对象--基于点--基准点--终点--确定



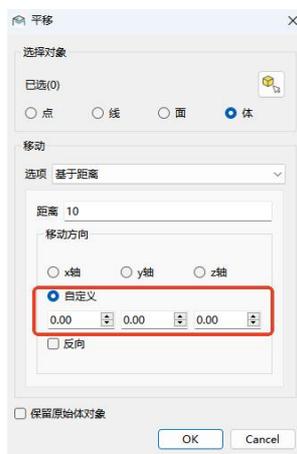
2) 基于距离平移

基于距离平移是指，几何体沿着 X 轴、Y 轴、Z 轴正反方向或自定义方向，平移指定距离；

步骤：选择对象--基于距离--指定距离--指定移动方向--确定



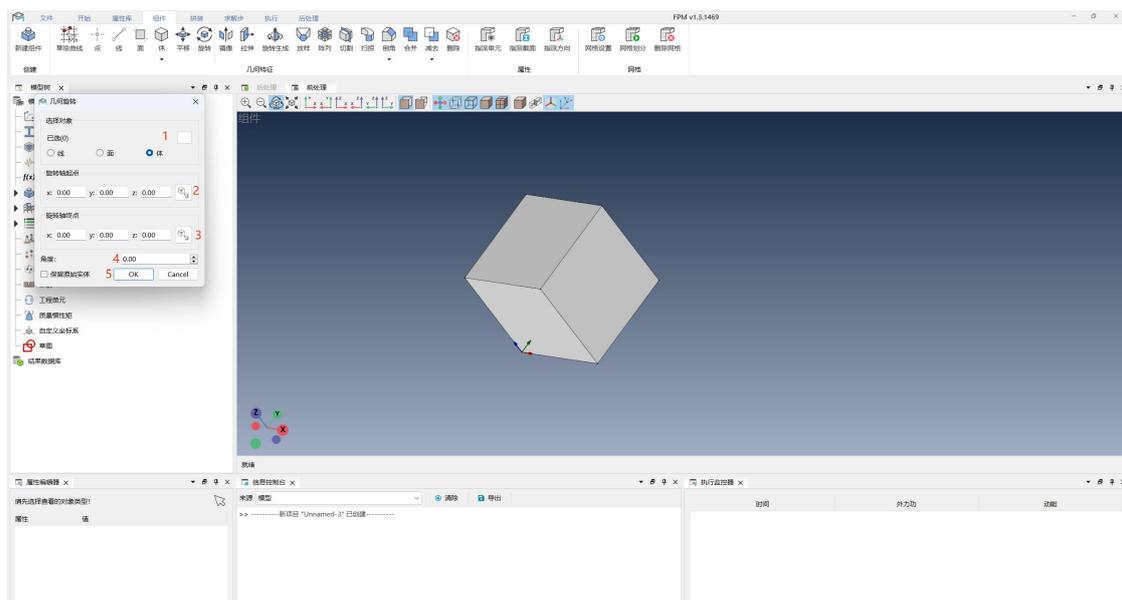
说明：其中自定义方向为坐标原点和指定点的连线方向；



3.4.9 旋转

对线、面、体这些几何进行旋转，可选择是否保留原始对象；

步骤：选择对象--选择或输入旋转轴起点和终点--设置旋转角度--选择旋转方向



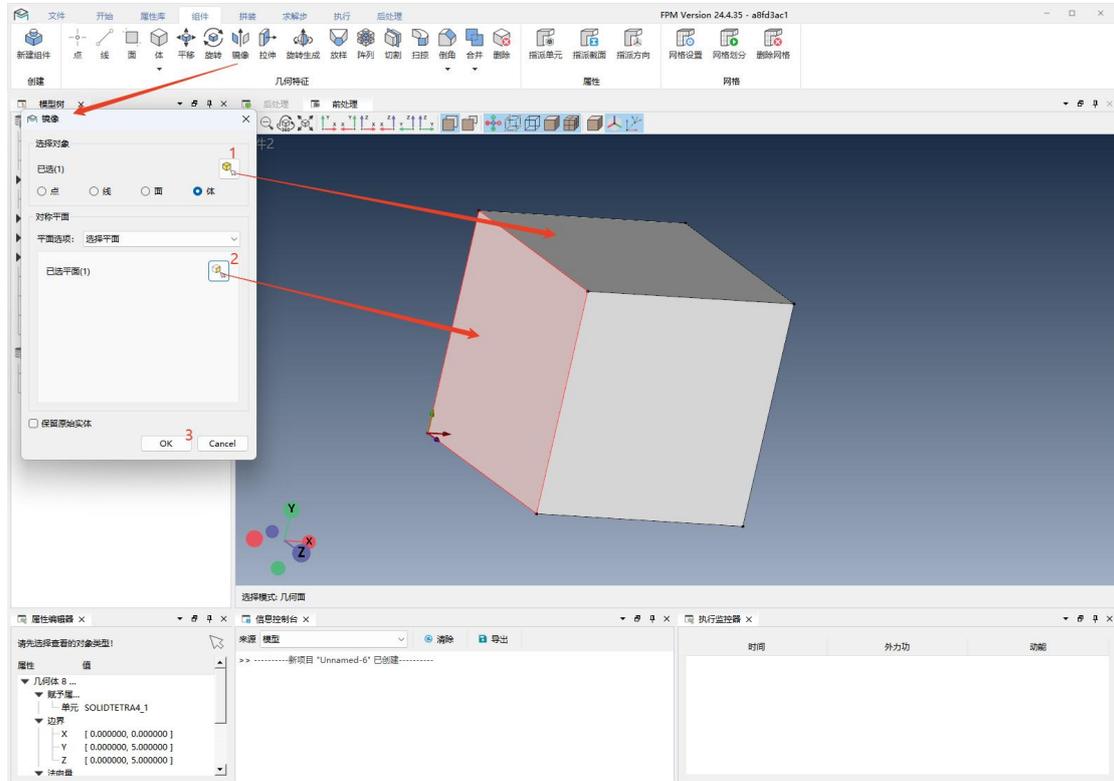
3.4.10 镜像

对点、线、面、体这些几何进行镜像，可选择是否保留原始对象；

1) 平面选项：选择平面

直接选择已有平面作为镜像平面

步骤：选择对象--选择平面--确定

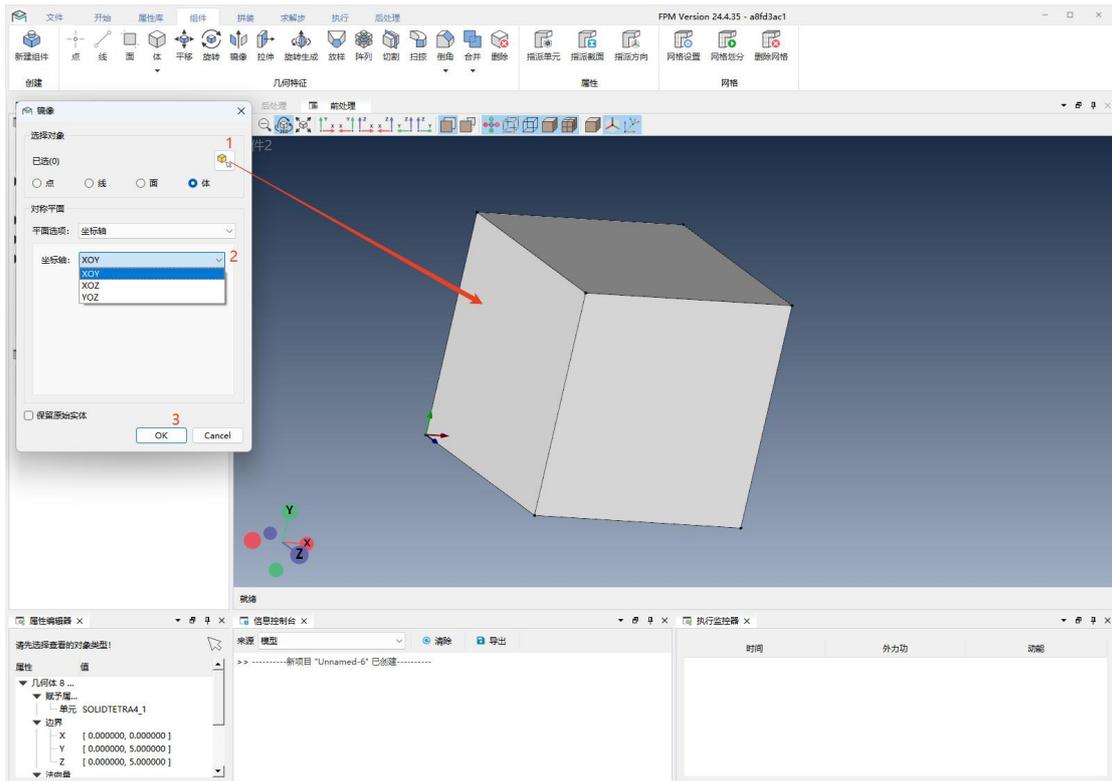


2) 平面选项：坐标轴

以坐标平面作为镜像平面

步骤：选择对象--选择坐标轴--确定

说明：坐标轴平面分为 XOY、YOZ、XOZ 平面，XOY 平面表示过原点的 X 轴和 Y 轴所在的平面；

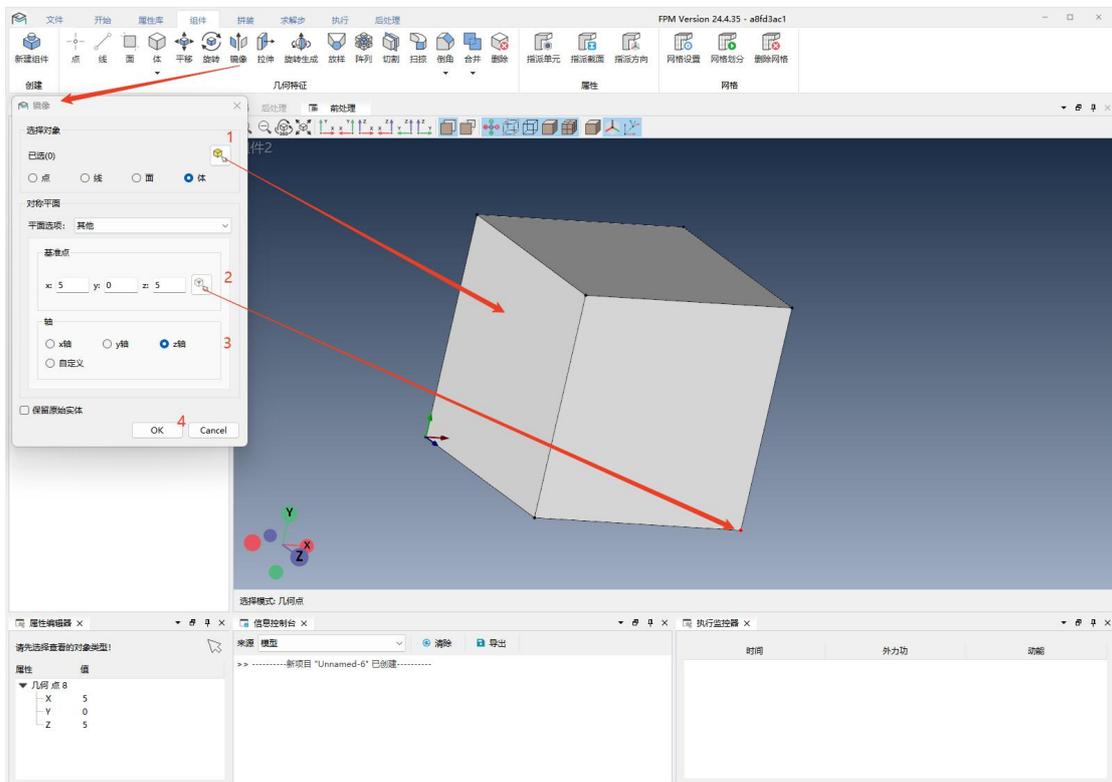


3) 平面选项：其他

以自定义平面作为镜像平面；

步骤：选择对象--选择基准点--选择轴--确定

说明：这种模式的镜像平面是过基准点并与所选轴垂直的平面；

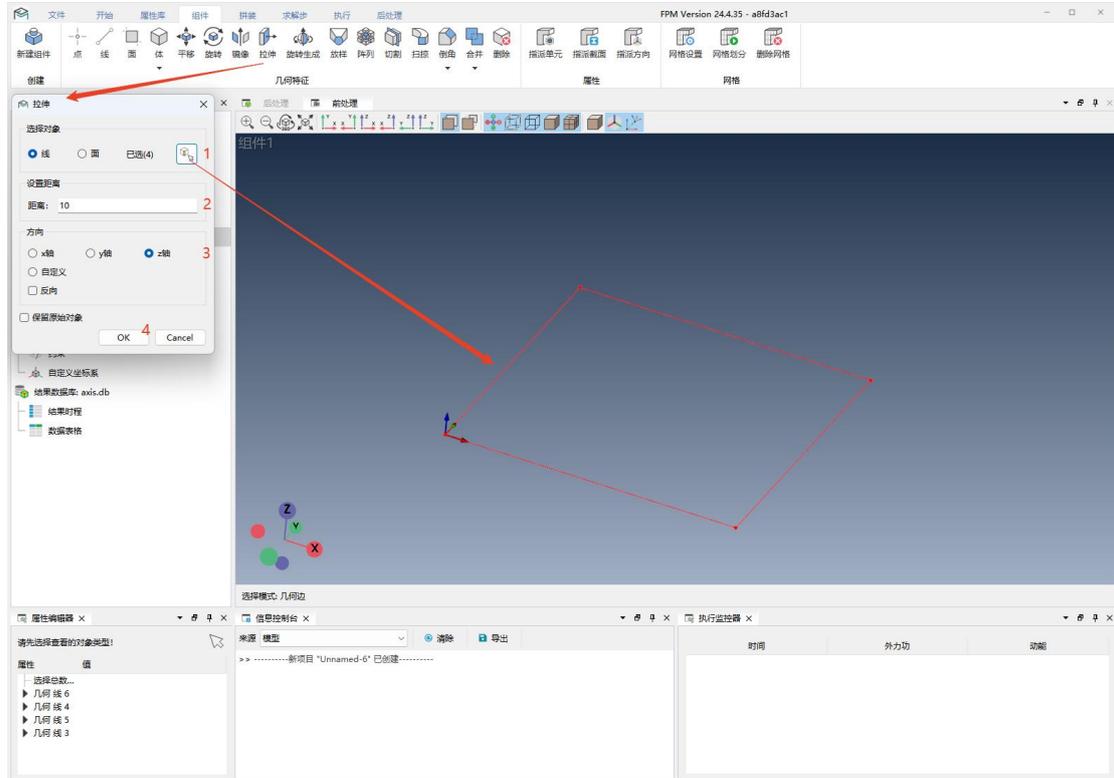


3.4.11 拉伸

对线、面这些几何进行拉伸生成面或实体；

步骤：选择对象--设置距离--设置方向--确定

说明：当选择线作为对象时，默认拉伸生成面；当选择平面作为对象时，拉伸生成实体对象

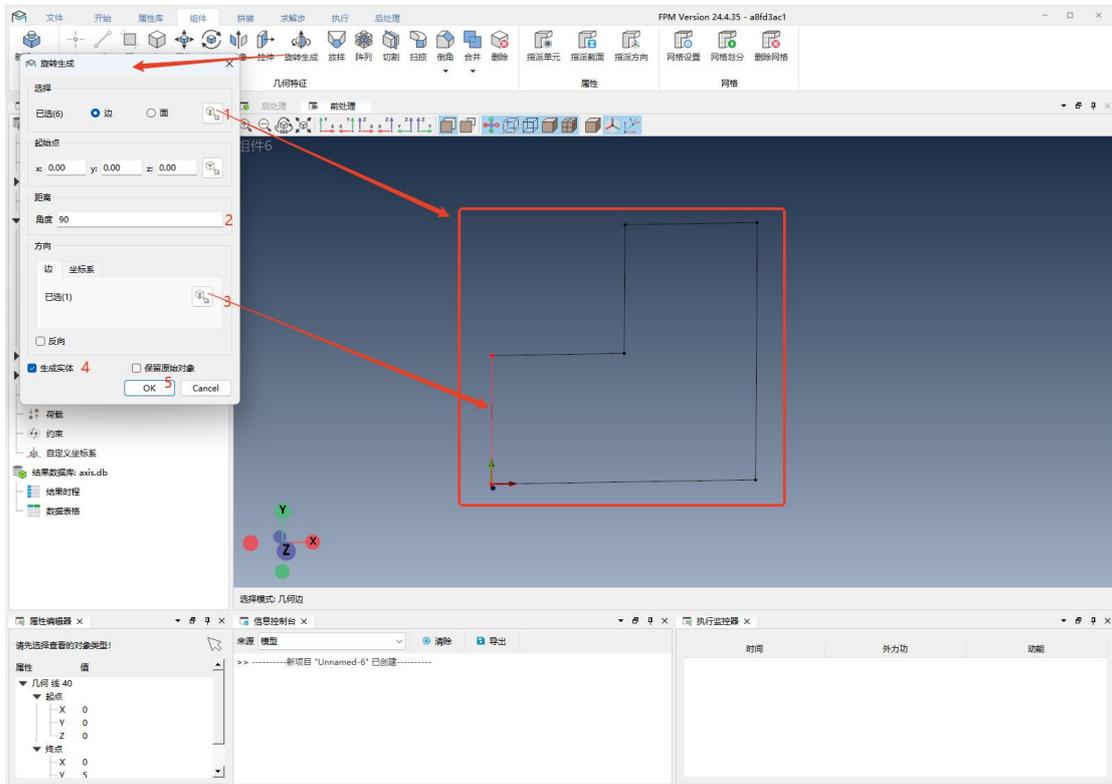


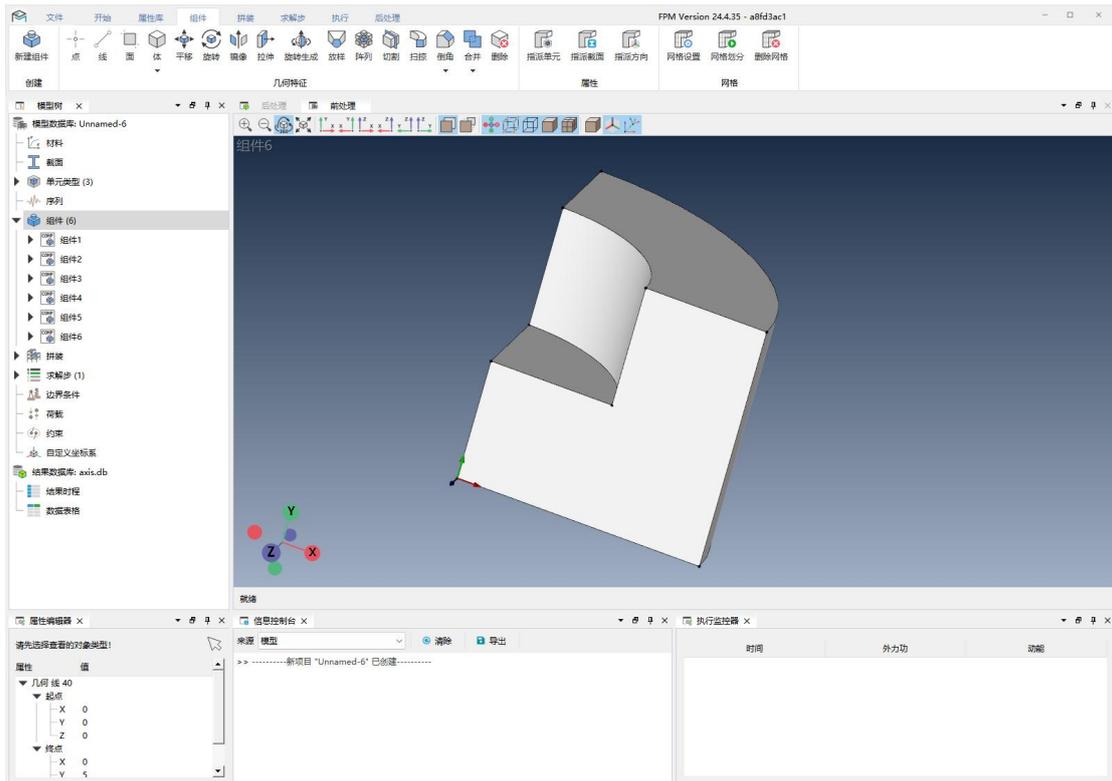
3.4.12 旋转生成

旋转几何线段、几何面生成面或者实体

步骤：选择对象--设置角度--设置方向即旋转轴（并可以自定义方向）--确定

说明：1.当选择线作为对象时，默认旋转生成面；当选择封闭线段作为对象，并且勾选生成实体，则会生成旋转实体对象；当选择面作为对象时，旋转生成实体对象；2.若旋转方向选择坐标系，则需要在如下图“1”处选择基准点，“2”处选择方向，例如选择方向为X轴，则旋转轴为过基准点与X轴平行的轴线，其余同上；

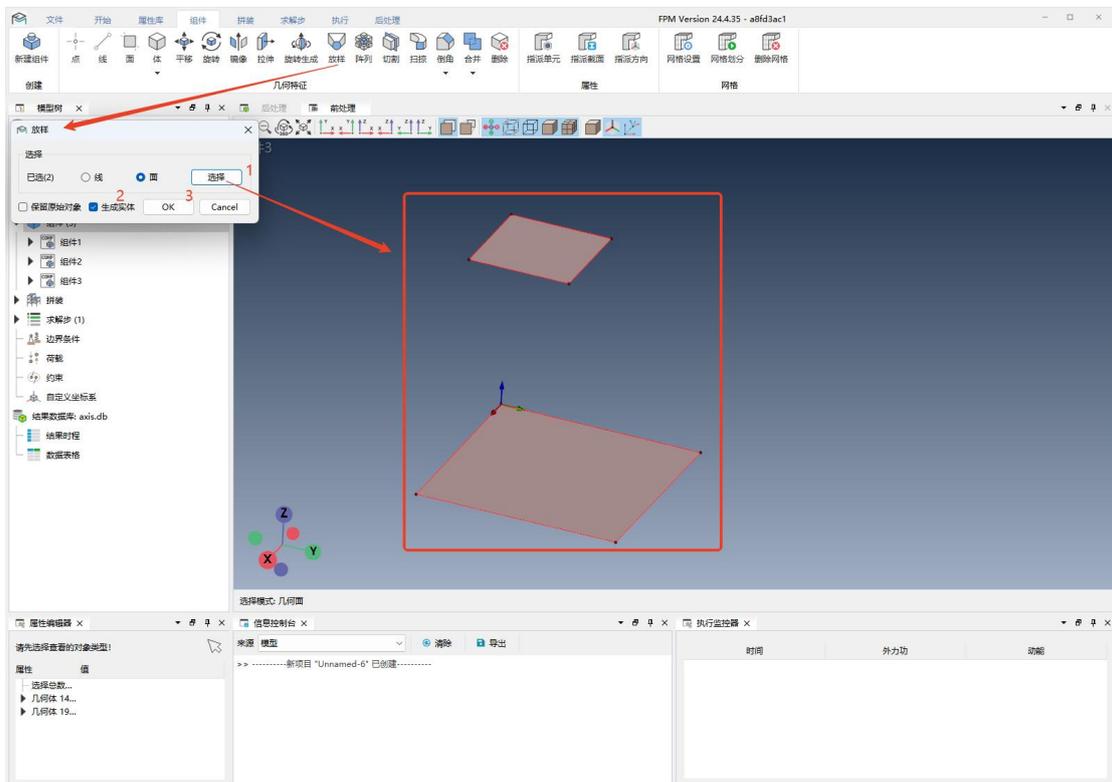


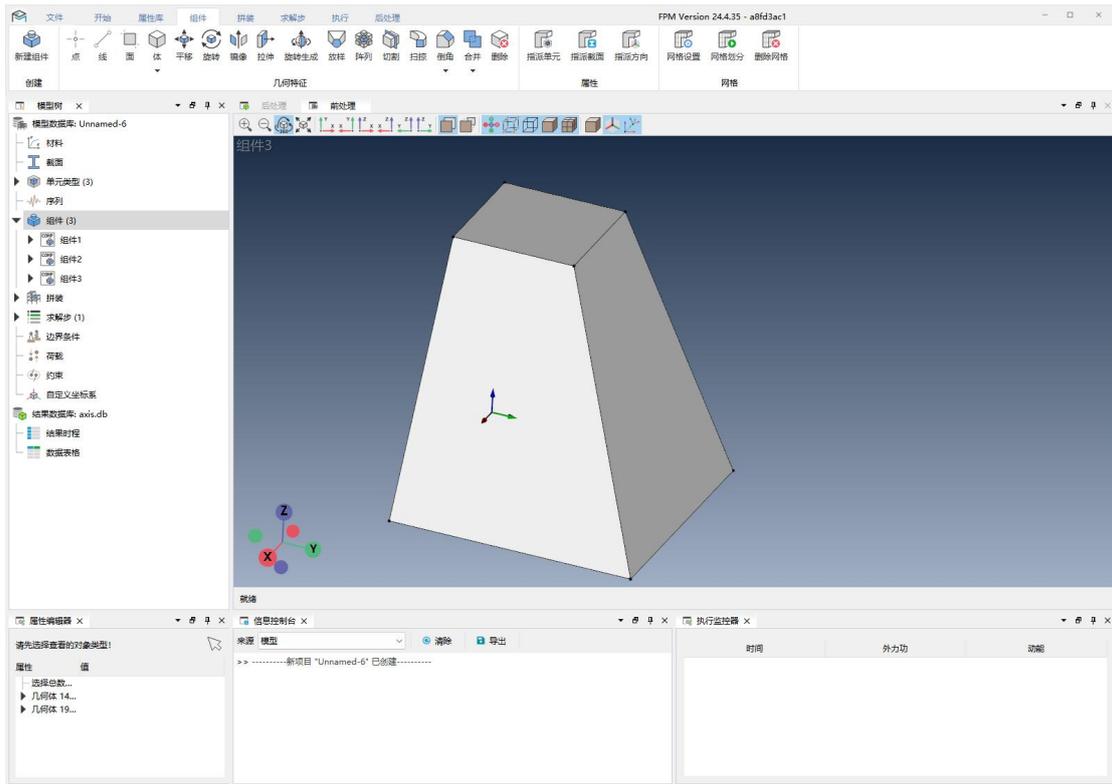


3.4.13 放样

将两个以上的封闭轮廓（线或面）二维图形放样为三维图形；

步骤：选择面--勾选生成实体--确定





3.4.14 阵列

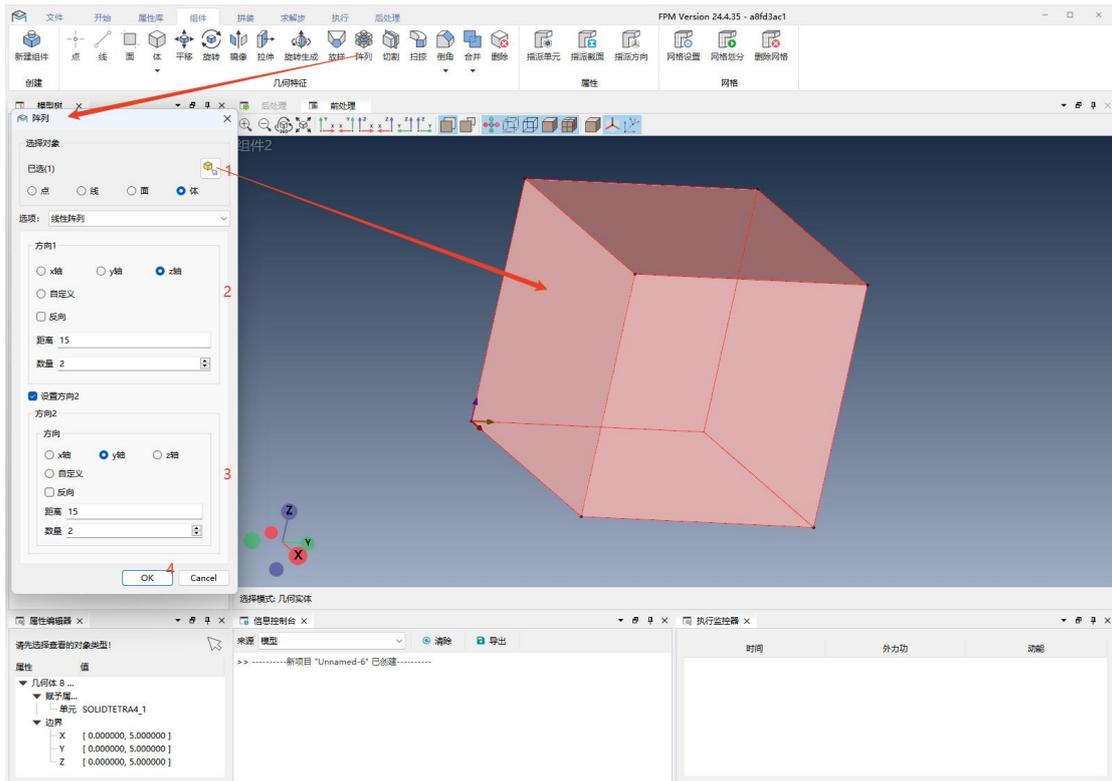
线性或环形阵列点、线、面、体

1) 线性阵列

可设置两个线性阵列方向；

步骤：选择对象--选择方向 1--设置距离及数量--选择方向 2（非必选）--确定

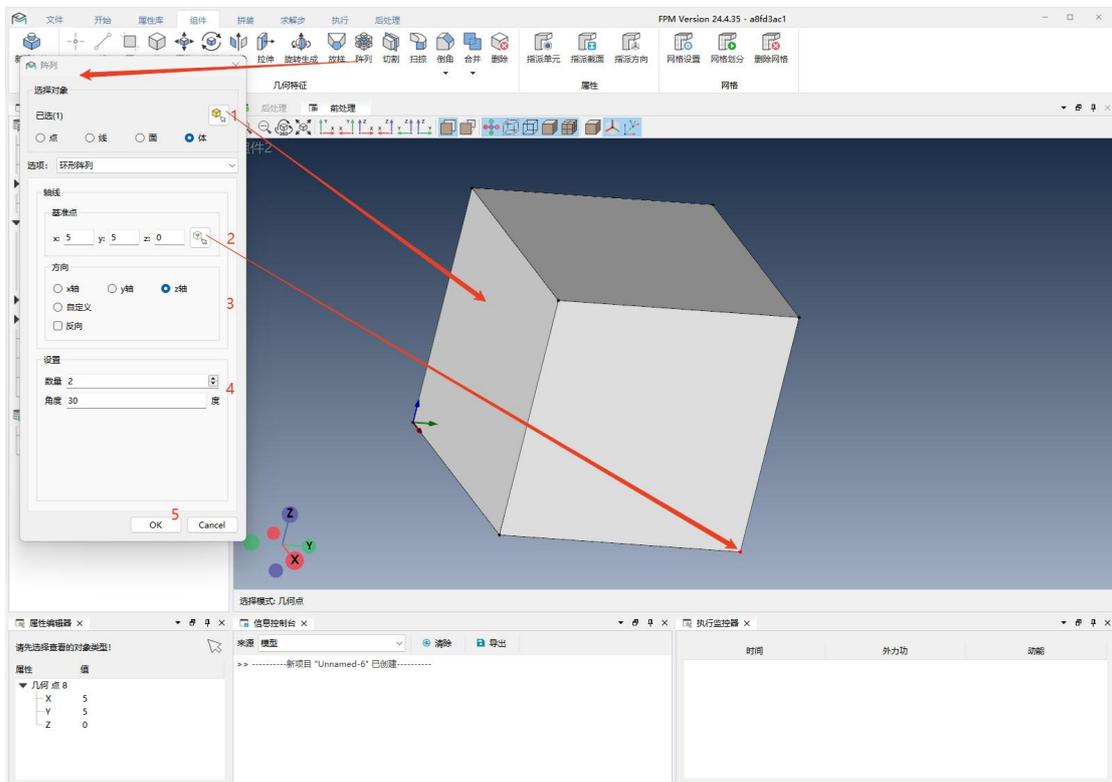
说明：线性阵列保留原始对象，并且阵列数量至少为 2



2) 环形阵列

步骤：选择对象--选择基准点--选择方向--设置阵列数量及角度--确定

说明：1.环形阵列的旋转轴是过基准点并且与所选方向平行的轴线；2.阵列角度表示，相邻两个阵列对象绕旋转轴的角度；

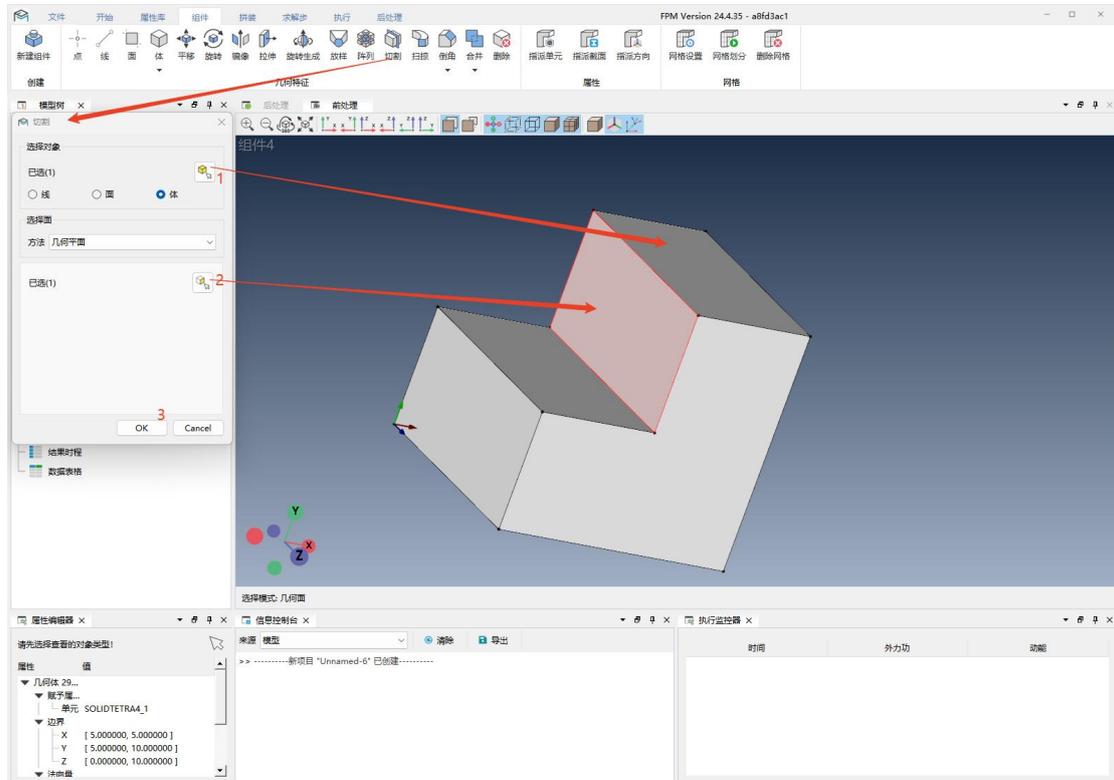


3.4.15 切割

以平面分割线、面、体

步骤：选择对象--选择面（可选择几何平面、坐标轴和其他自定义平面的方式）--确定

说明：其选择平面方式与镜像功能相同；

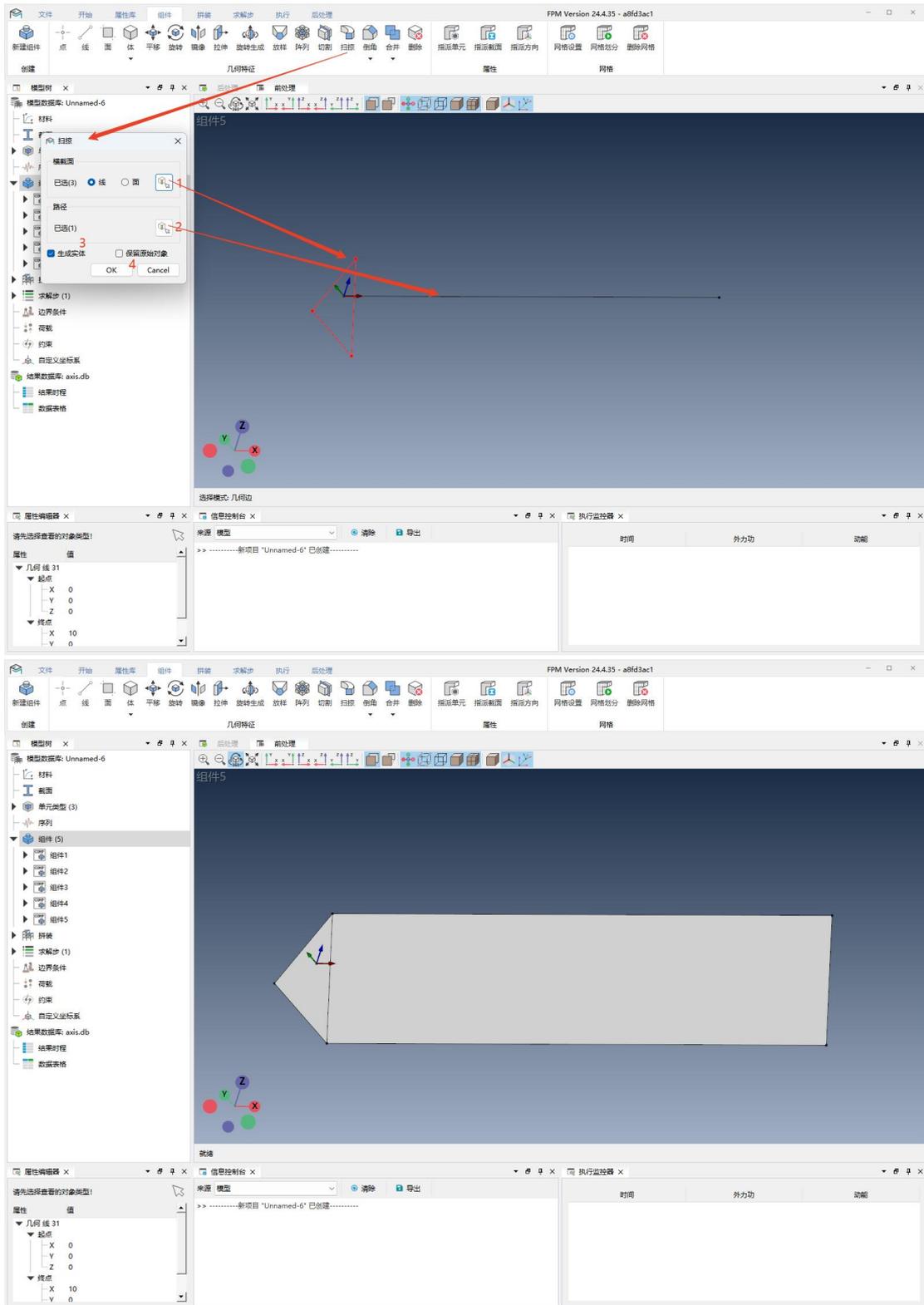


3.4.16 扫掠

对线、面沿曲线路径进行扫掠生成面或实体

步骤：选择横截面--选择扫掠路径--确定

说明：选择线作为横截面时，默认扫掠生成面，若勾选生成实体，封闭线段横截面则扫掠生成实体，若非封闭线段则提示出错；选择面作为横截面时，扫掠生成实体；



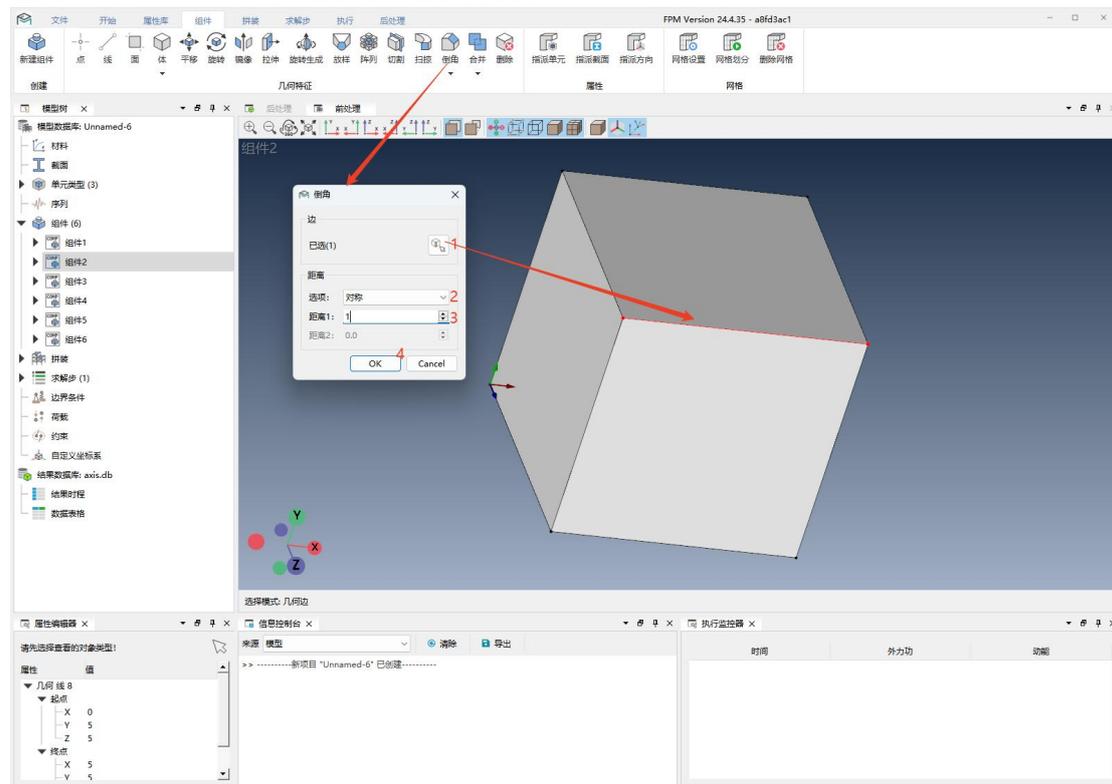
3.4.17 倒角、圆角

对几何体的边做倒角与圆角

1) 倒角

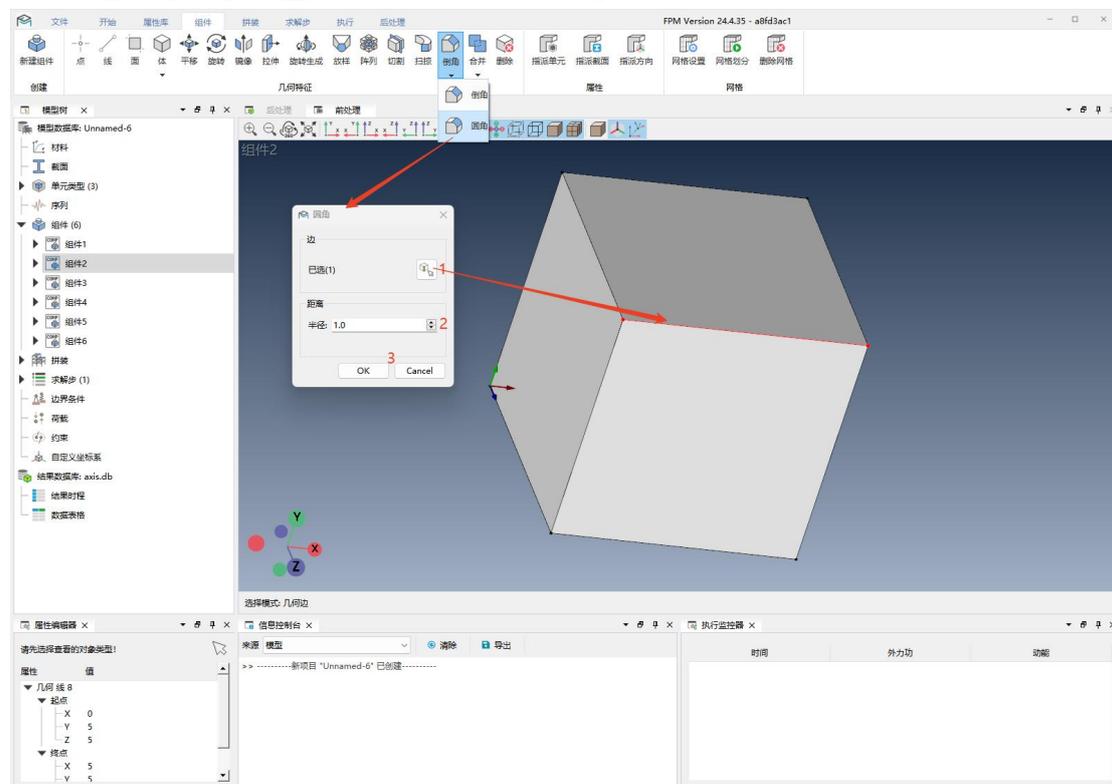
步骤：选择几何边--选择对称（或非对称）--设置距离--确定

说明：其中对称表示所倒角的两边距离相等



2) 圆角

步骤：选择几何边--设置距离（圆角半径）--确定

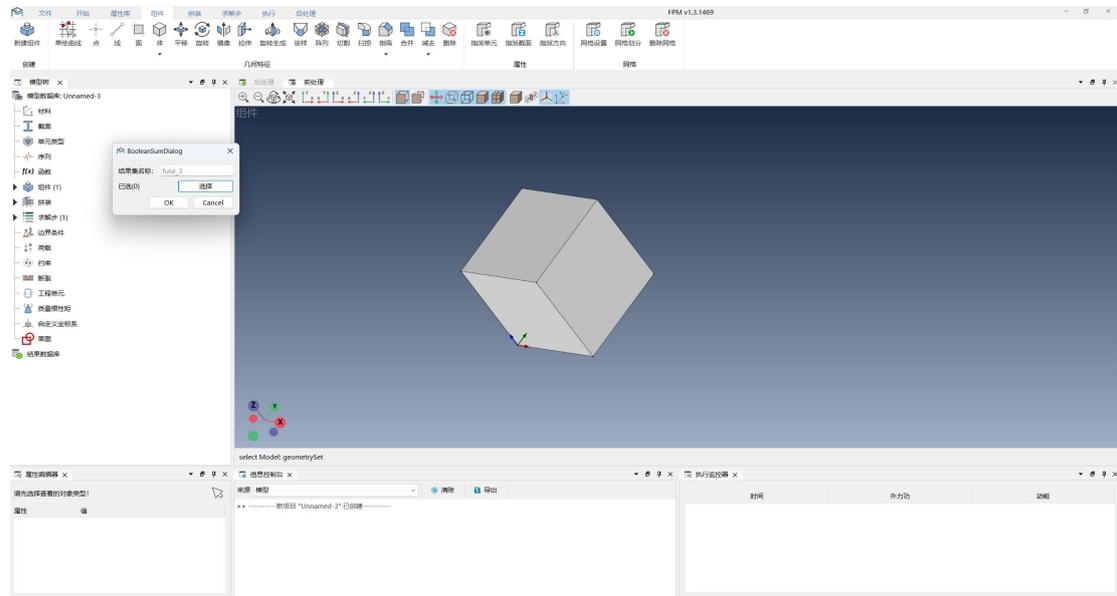


3.4.18 布尔操作

1) 合并

合并两个几何体

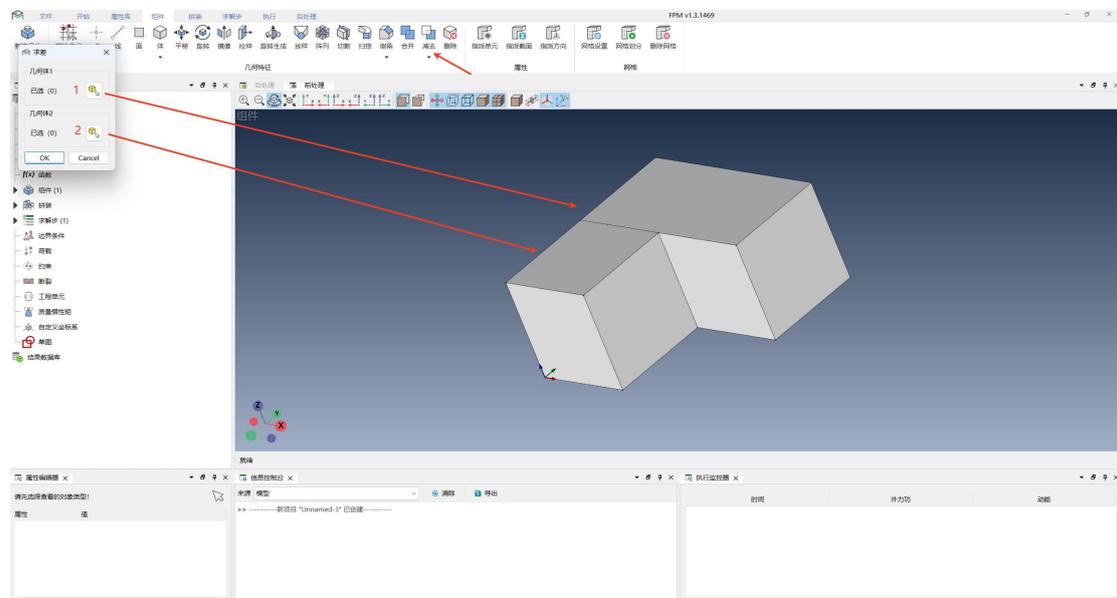
步骤：输入结果集名称--选择需要合并的几何体（按住 shift 可以多选）--确定



2) 减去

对几何体做切除操作

步骤：选择被减去的几何体--选择减去的几何体--确定



3) 求交

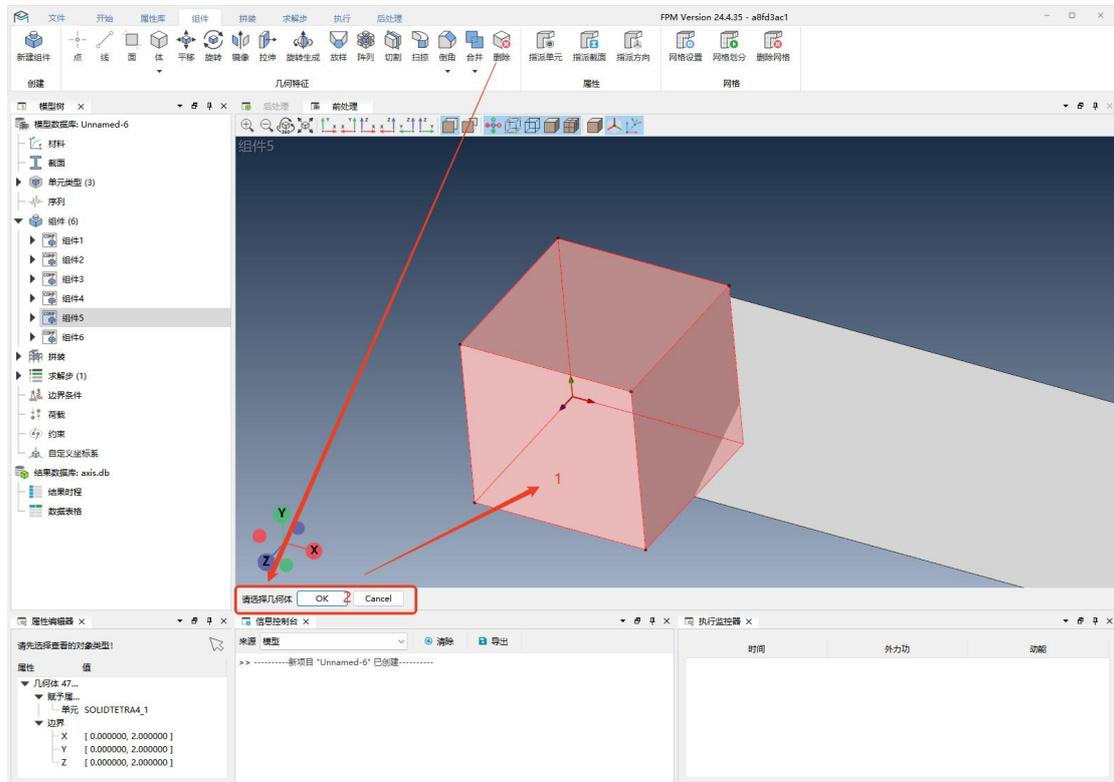
保留两个几何体相交部分

步骤：同“减去”操作

3.4.19 删除

删除几何特征（点、线、面、体）

步骤：“删除”--选择几何--确定



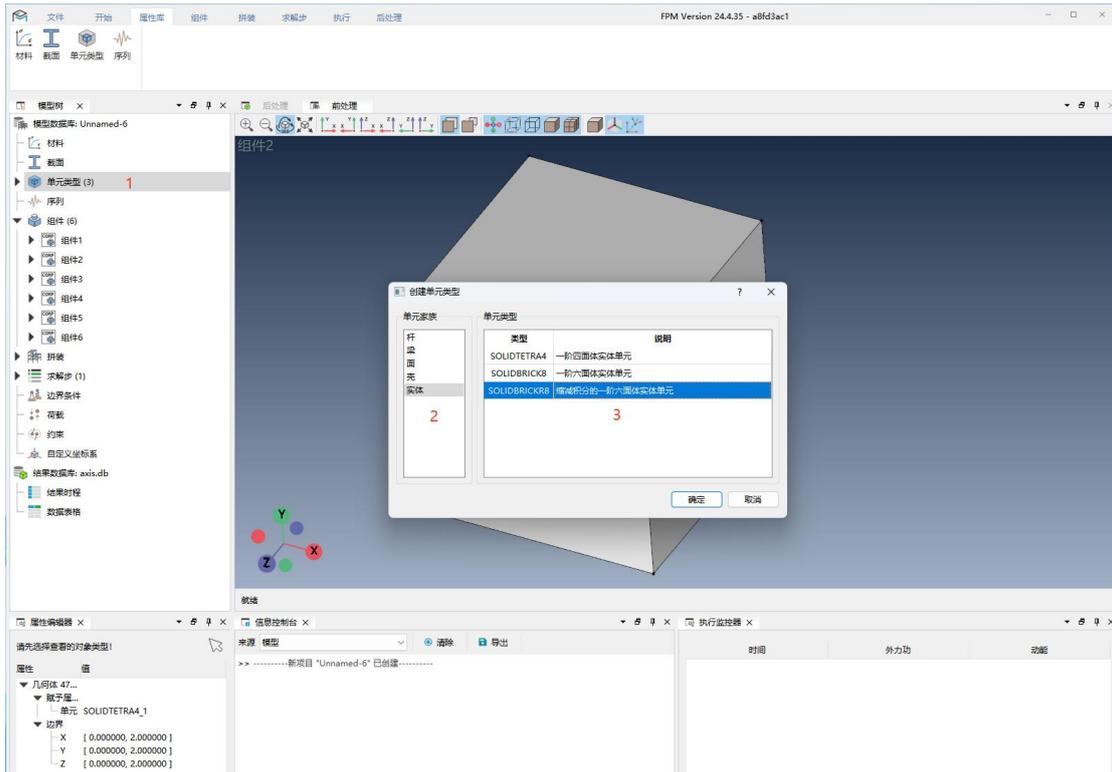
3.4.20 指派单元

为组件指派单元属性

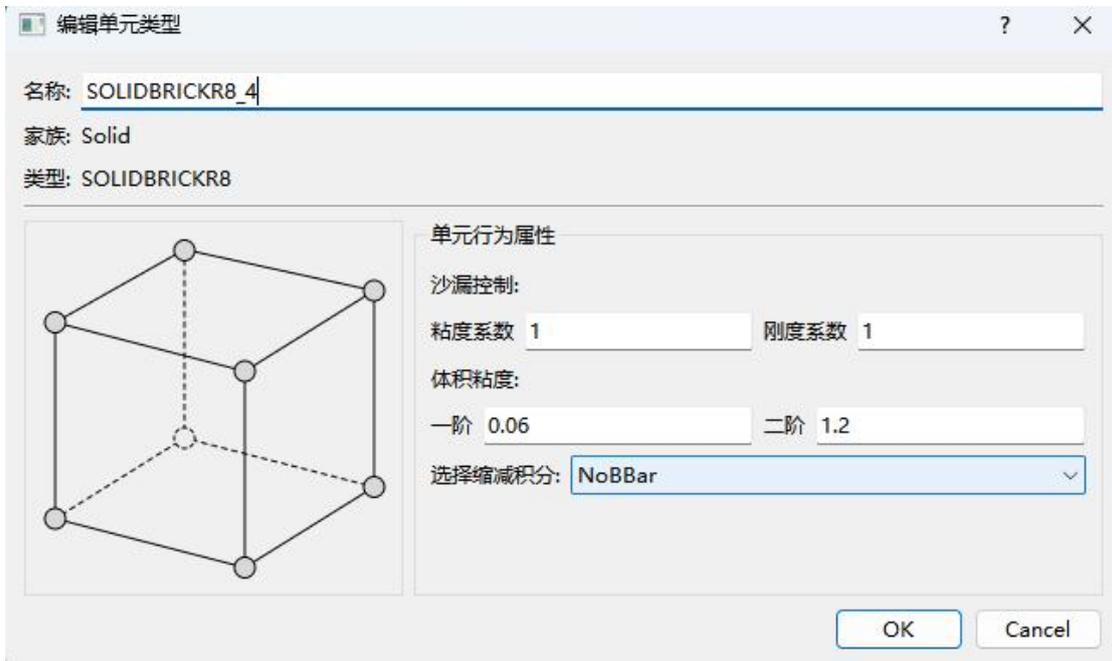
若单元已经存在直接跳到第三步

说明：对于实体组件只能赋予实体类型单元；对于面类型组件只能赋予面、壳类型单元；对于线类型组件只能赋予杆、梁类型单元；

第一步：新建单元

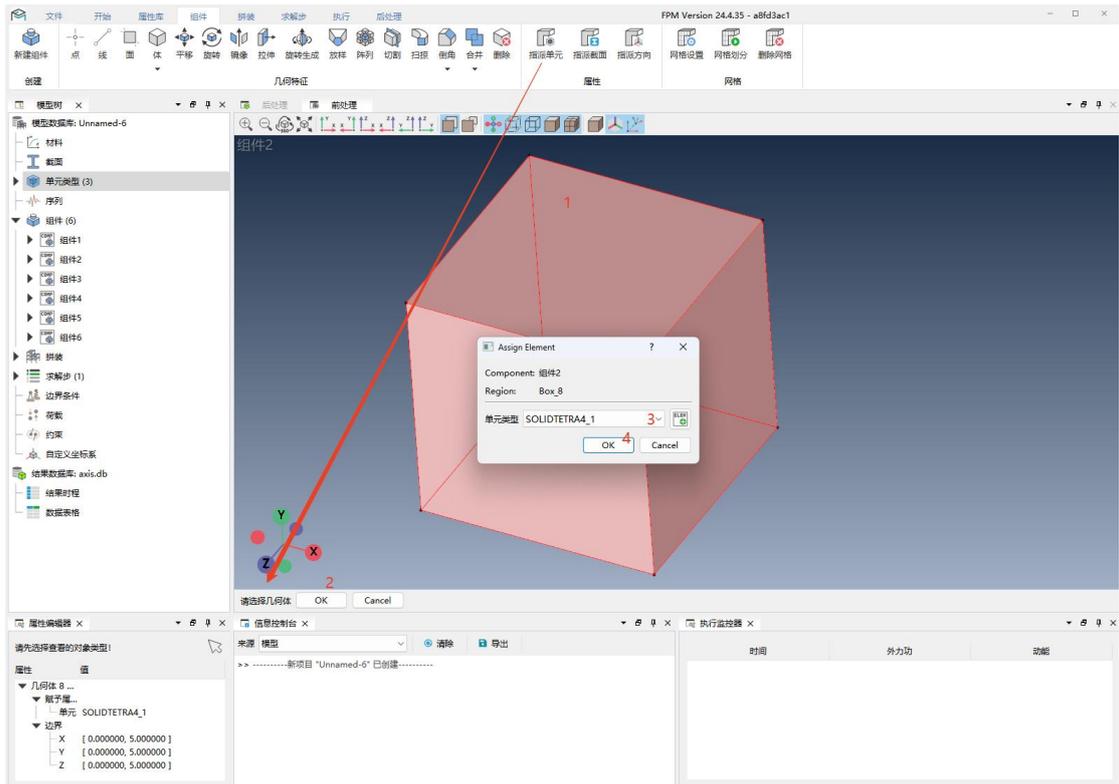


第二步：编辑单元类型



第三步：为组件指派单元类型

步骤：按下指派单元--选择组件--确定--选择单元--确定



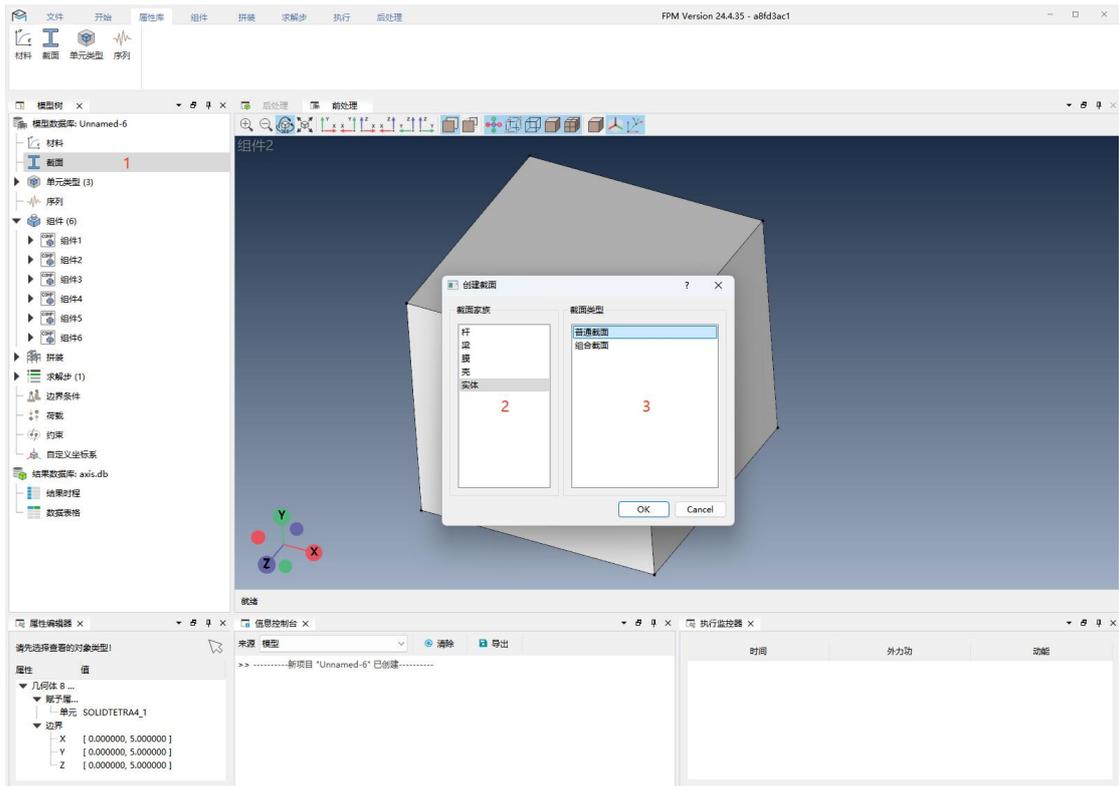
3.4.21 指派截面

为组件指派截面属性

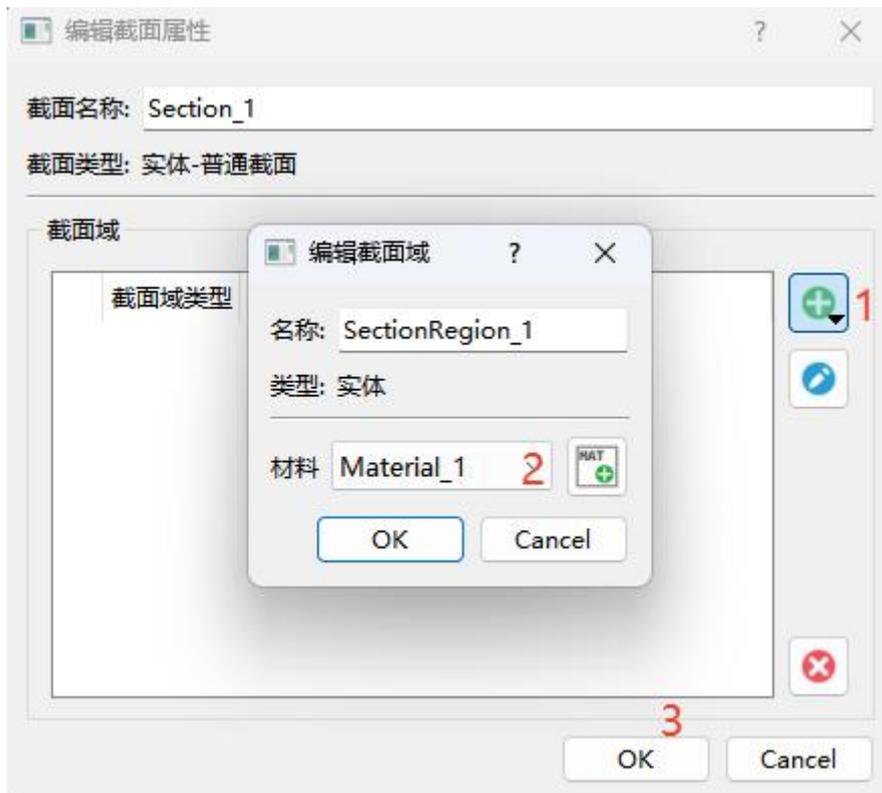
若截面已经存在直接跳到第三步；

说明：对于实体组件只能赋予，实体类型截面；对于线类型组件只能能赋予杆、梁类型截面；对于面类型组件只能赋予壳类型截面；

第一步：新建截面

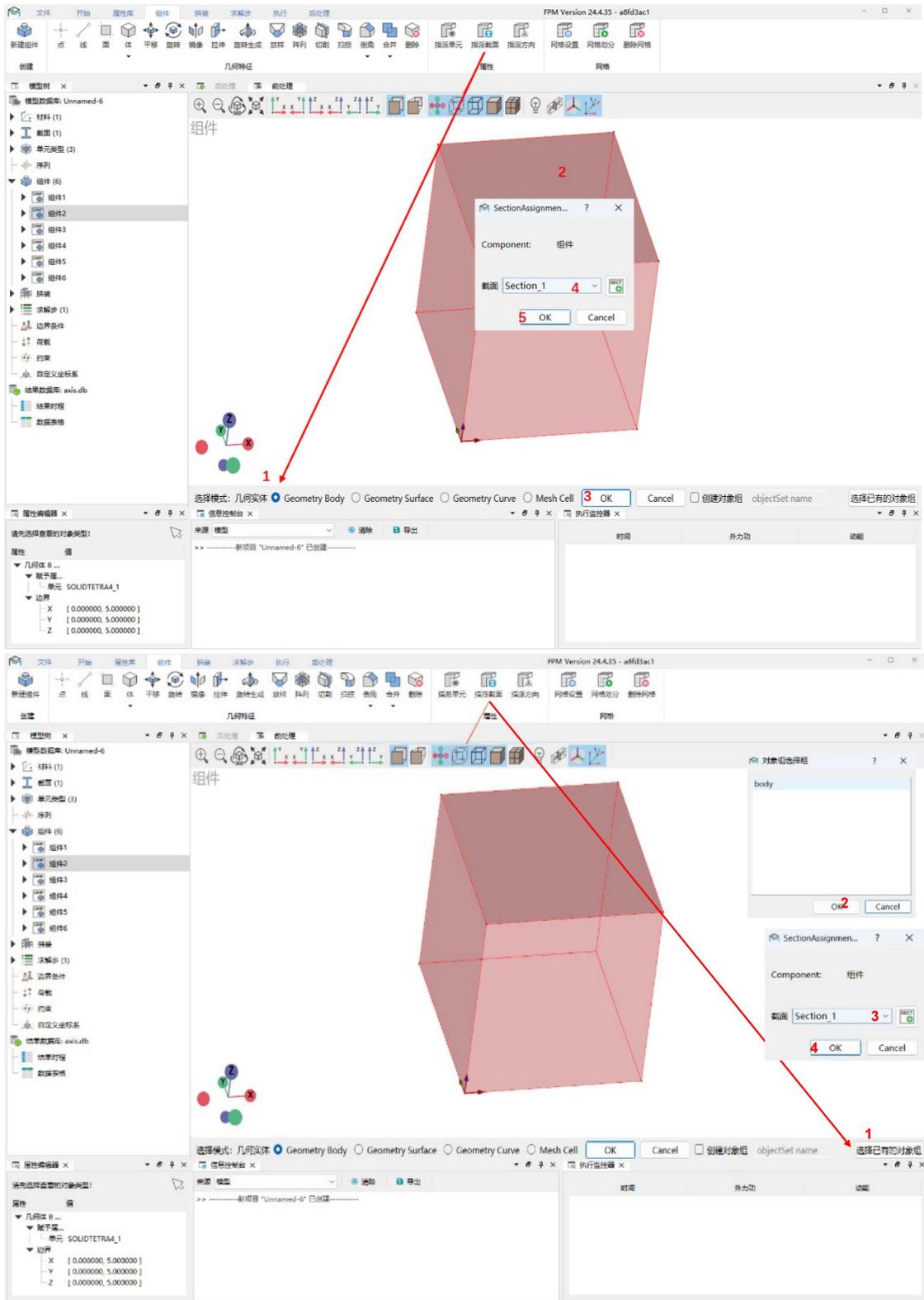


第二步：为截面赋予材料



第三步：为组件指派截面

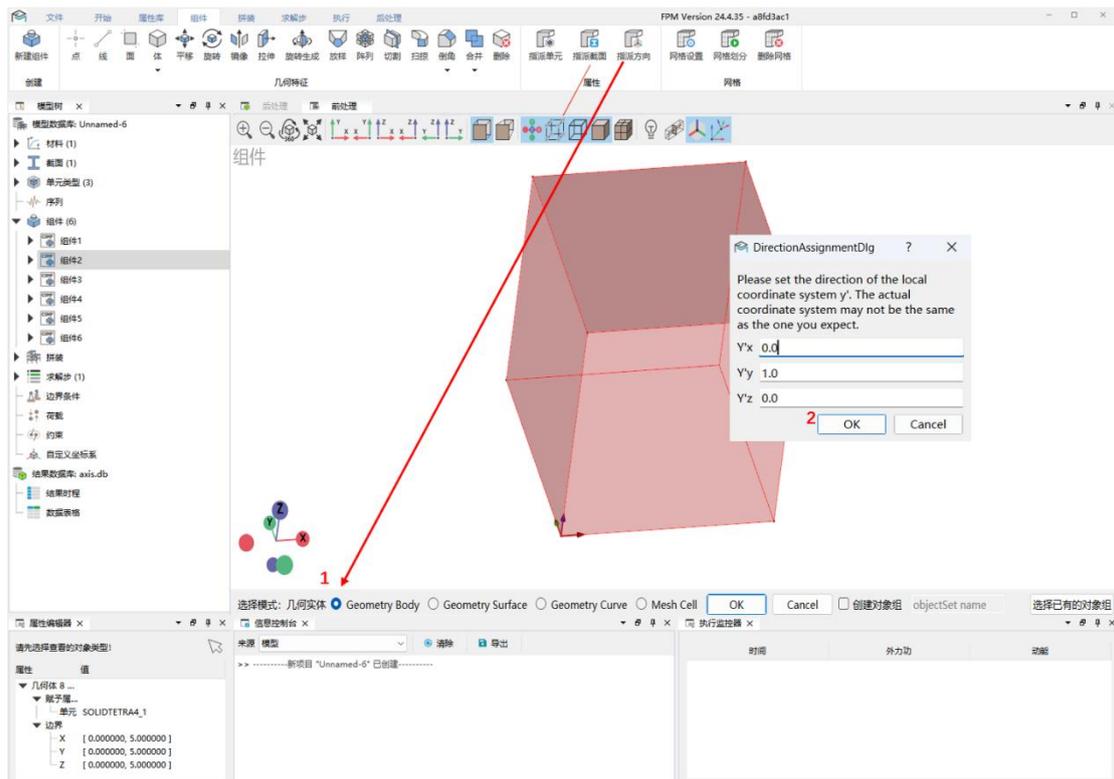
步骤：单击“指派截面”--选择对象类型--选择对象--确定--选择截面--确定
或者：单击“指派截面”--选择已有对象组 --确定--选择截面--确定



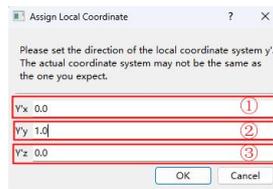
3.4.22 指派材料方向

步骤：“指派方向”--选择几何--确定--编辑方向属性--确定

或者：单击“指派方向”--选择已有对象组 --确定—编辑方向属性--确定



指派材料方向对话框



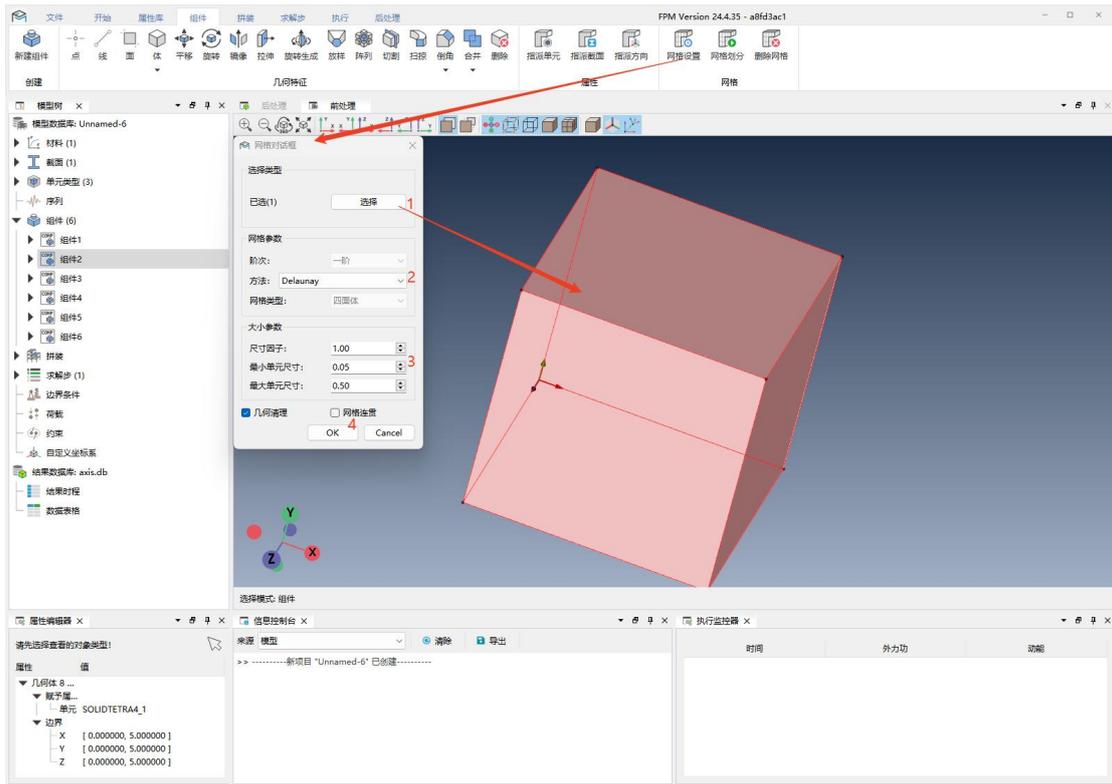
说明：

- ①设置全局坐标系 X 方向坐标
- ②设置全局坐标系 Y 方向坐标
- ③设置全局坐标系 Z 方向坐标

例如输入坐标点（1， 1， 1）， 那么材料方向平行于坐标原点（0， 0， 0）与该点的连线方向；

3. 4. 23 网格设置

步骤：按下设置网格--按下选择--选择组件--设置网格尺寸--确定

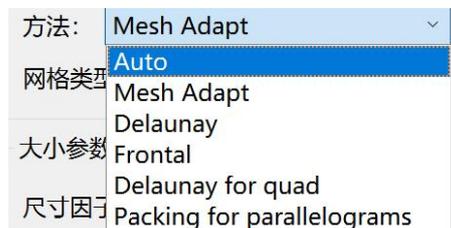


网格设定界面包含以下参数：



网格生成方法：

1. 使用自动算法 **Auto**：将自动选择适合问题的算法。这是默认值。
2. 使用 **Mesh Adapt** 算法：这是一种自适应网格算法，可在需要更大的精度或在某些区域需要更密集的网格时自动添加额外的网格。



3. 使用 Delaunay 算法，这是一种常见的三角剖分算法，可以用于生成三维表面网格。适用于一般的几何形状。
4. 使用 Frontal-Delaunay 算法：这是一种更快速的 Delaunay 算法变体。适用于具有大量几何实体的复杂三维模型。
5. 使用 Frontal-Delaunay for Quads 算法与局部优化：这个选项在 Frontal-Delaunay 算法的基础上引入了局部优化步骤。
6. Packing of Parallelograms：这种算法可以将二维区域划分为平行四边形，生成高品质的四边形网格。

网格大小参数：

1. 尺寸因子：可调整网格的平均大小。
2. 最小/最大单元尺寸：调整网格最大最小值。

几何清理： 去掉微小特征。

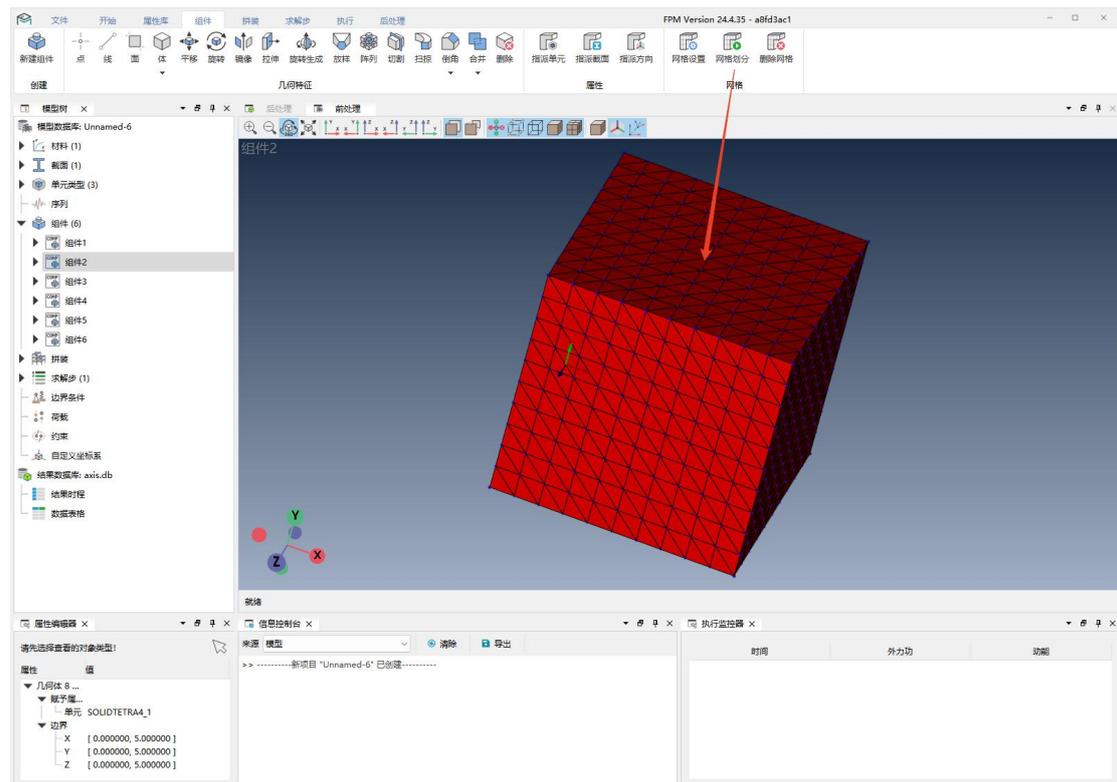
网格连贯： 实体边界处的网格连贯性。

3.4.24 网格划分

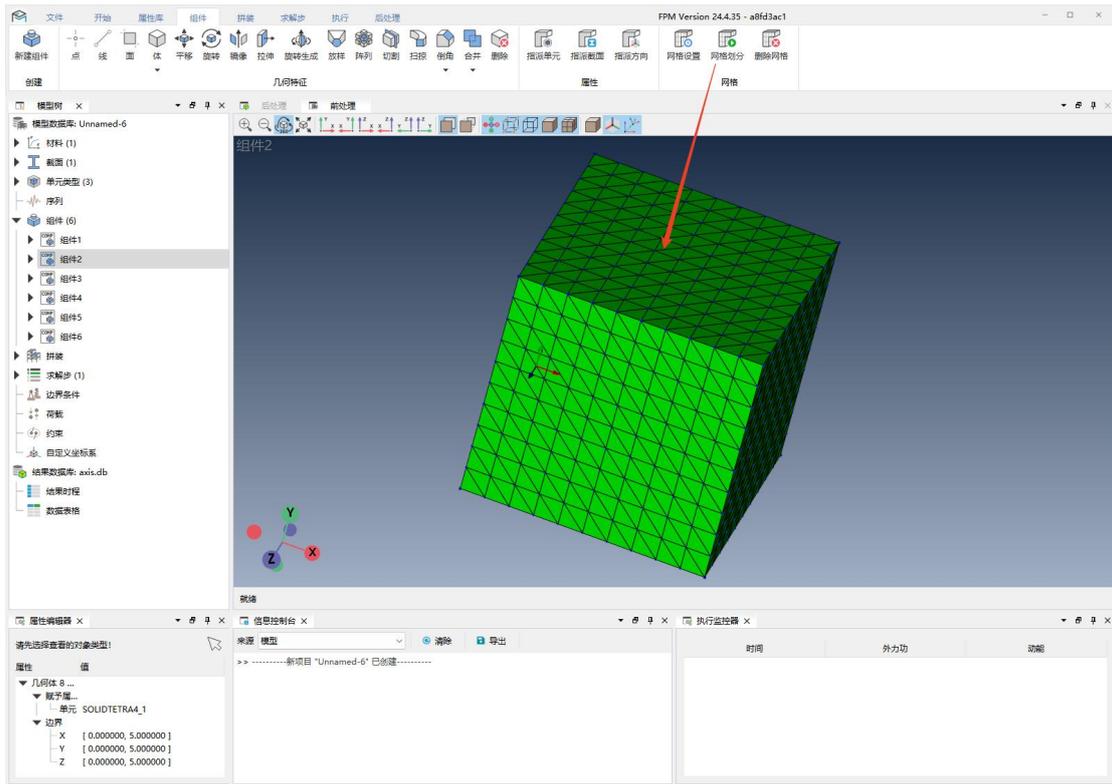
步骤： 直接点击划分网格；

说明： 若未指派组件的截面属性，则网格显示为红色，否则为绿色；

未指派截面：



已指派截面：



3.4.25 删除网格

步骤：直接点击“删除网格”

说明：删除网格的前提是当前组件已经划分好了网格，删除的同时一并更新界面显示状态和模型树数据；

3.5 拼装选项卡

“拼装”选项卡主要用于对各组件实例进行拼装生成装配体，从而确定实例间的相对位置关系，为后续进一步求解做准备。

3.5.1 主功能



序号	功能面板	详述
1	创建	在拼装中添加组件实例；
2	组件操作	用于对装配体中的实例进行平移、旋转、阵列融合等操作；

3.5.2 新建实例

新建实例对话框：



说明：

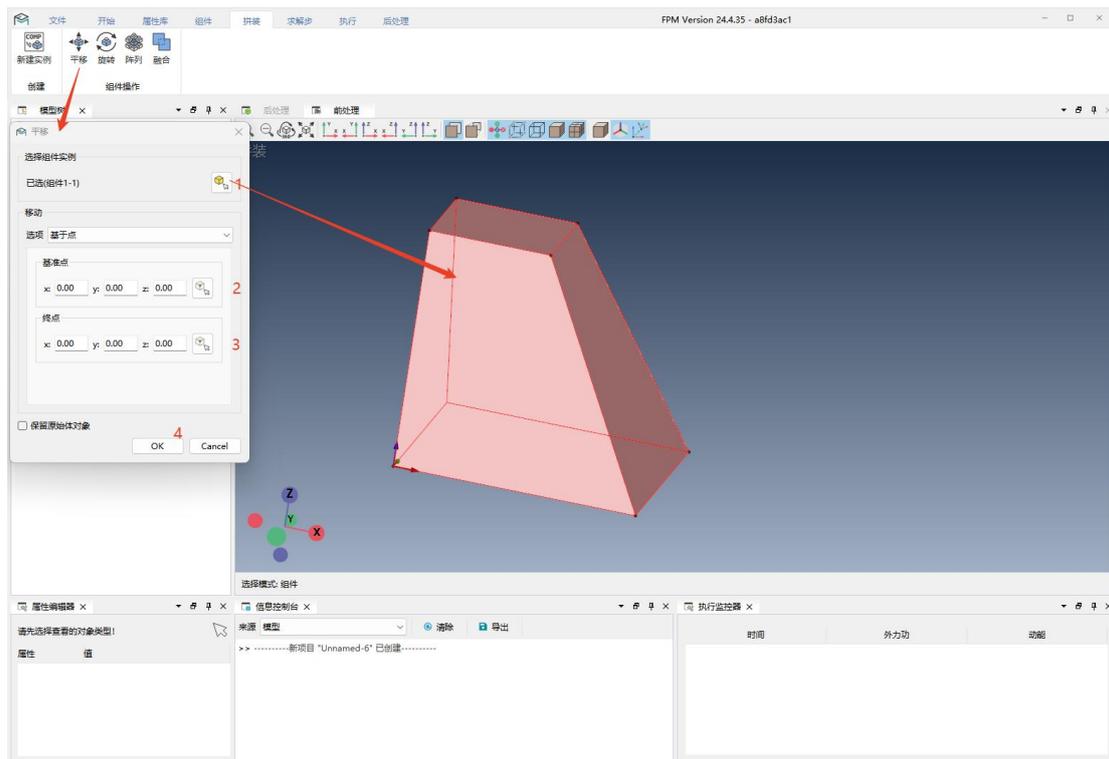
- ①：已有的组件；
- ②：编辑新建实例的名称；
- ③：设置拼装模式下新建实例的坐标点位置，导入组件的坐标原点与该点重合；

3.5.3 平移

1) 基于点平移

基于点平移是指，基准点与终点连线形成一个正方向，此时几何平移方向和距离由这两个点确定；

步骤：选择对象--基于点--基准点--终点--确定

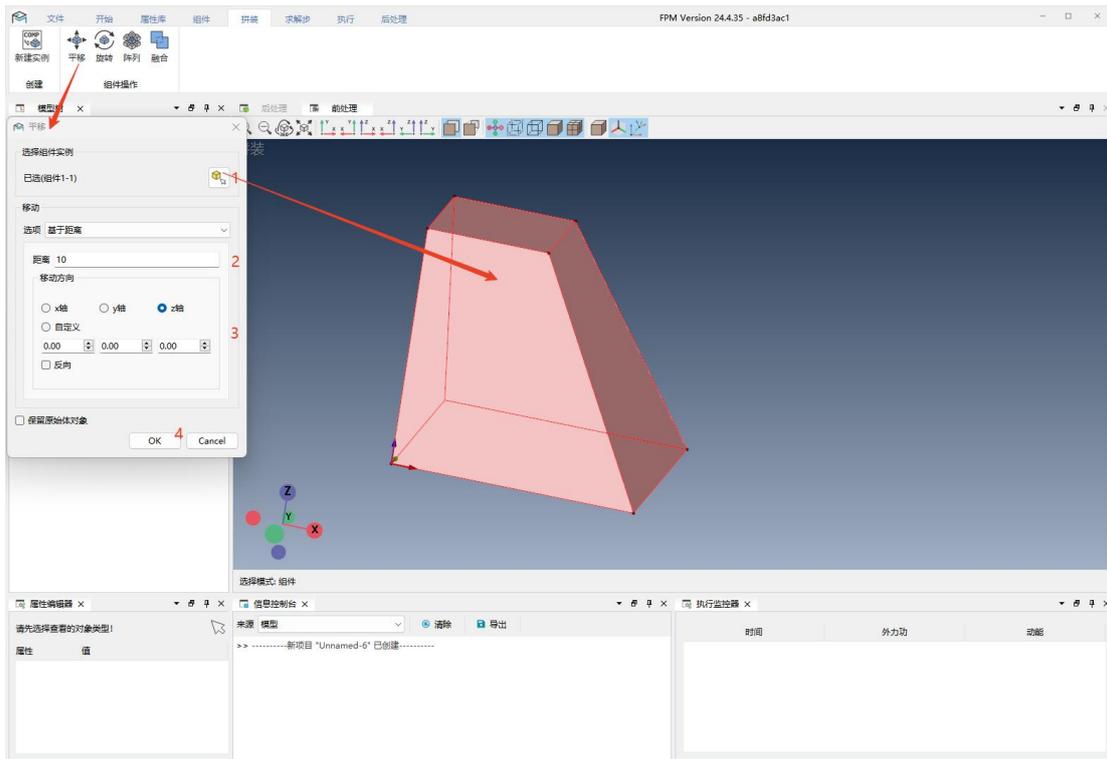


2) 基于距离平移

基于距离平移是指，几何体沿着 X 轴、Y 轴、Z 轴正反方向或自定义方向，平移指定距离；

步骤：选择对象--指定距离--指定移动方向--确定

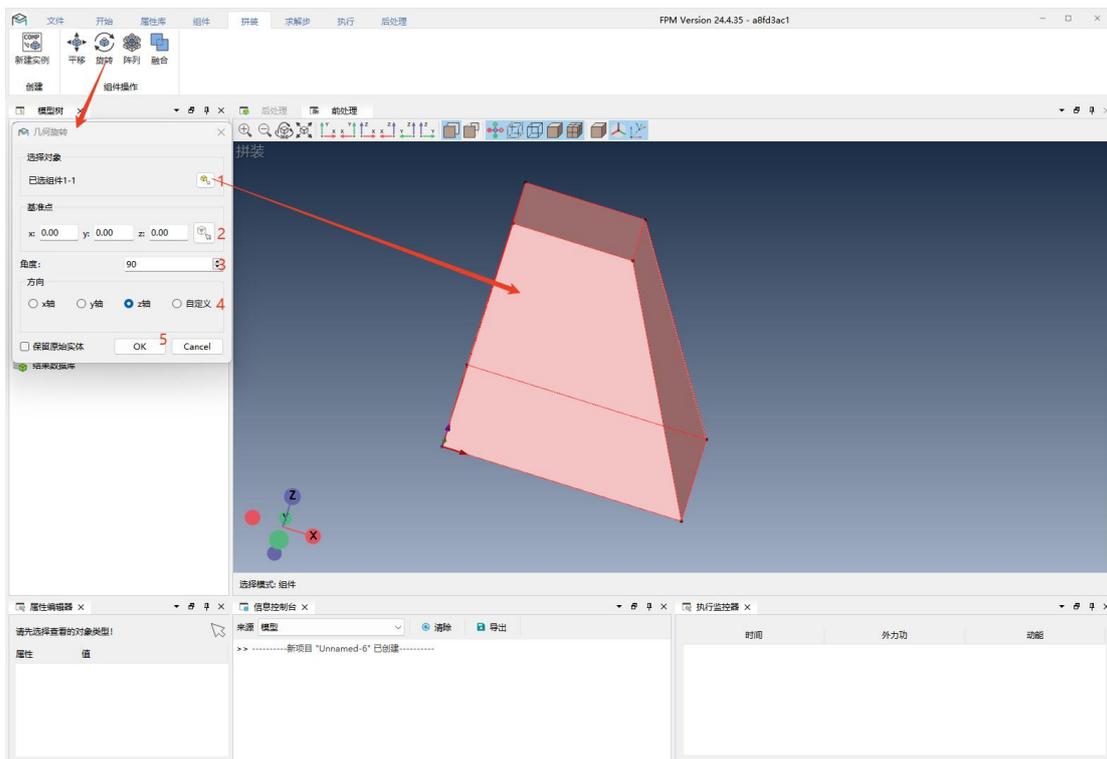
说明：其中自定义方向为坐标原点和指定点的连线方向；



3.5.4 旋转

步骤：选择对象--选择基准点--设置旋转角度--选择旋转方向--确定

说明：旋转对象的旋转轴为过基准点的方向线；例如旋转方向选择 X 轴，那么旋转轴为过基准点并与 X 轴平行的基准轴；



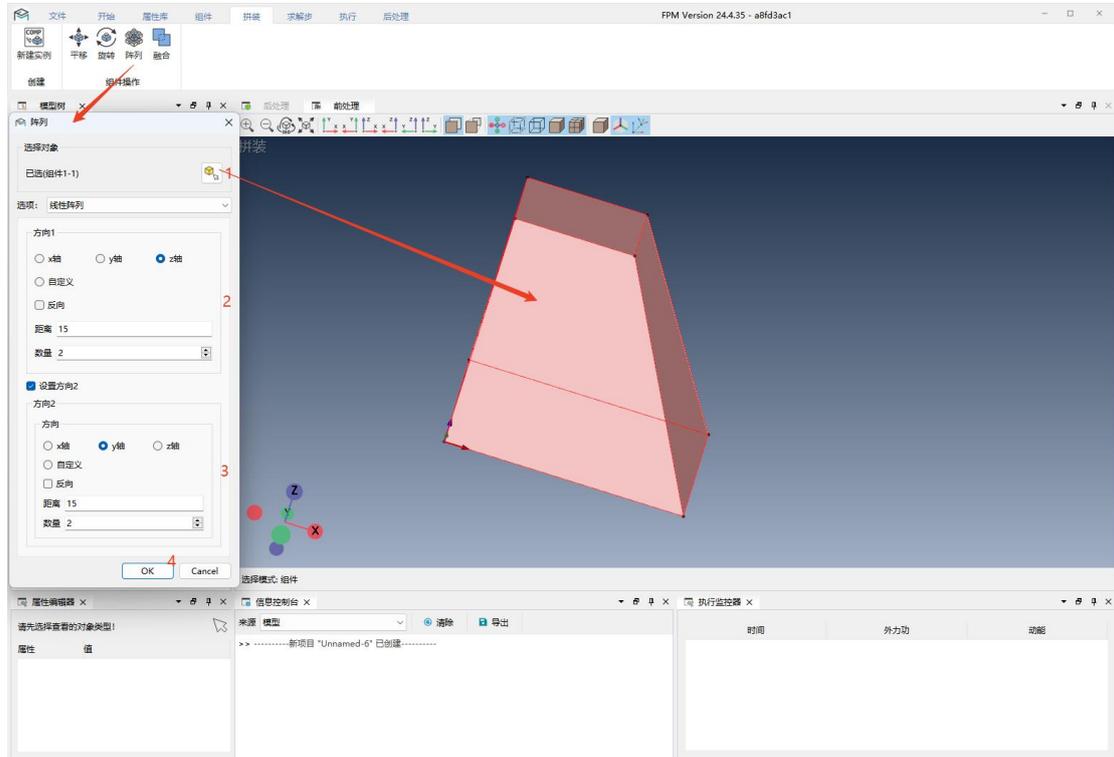
3.5.5 阵列

1) 线性阵列

可设置两个线性阵列方向；

步骤：选择对象--选择方向 1--设置距离及数量--选择方向 2（非必选）--确定

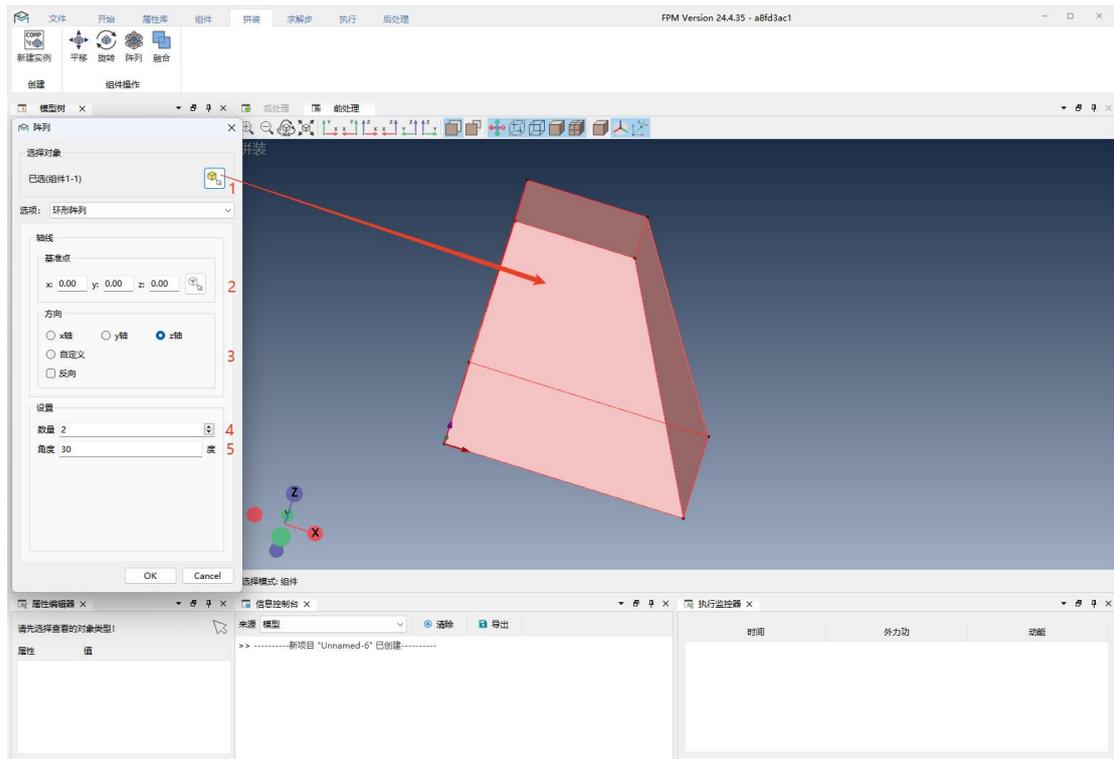
说明：线性阵列保留原始对象，并且阵列数量至少为 2



2) 环形阵列

步骤：选择对象--选择基准点--选择方向--设置阵列数量及角度--确定

说明：1.环形阵列的旋转轴是过基准点并且与所选方向平行的轴线；2.阵列角度表示，相邻两个阵列对象绕旋转轴的角度；



3.5.6 合并网格

在拼装模式下，可以实现任意组件合并成为一个新的组件，新的组件会被添加到组件树下成为一个新的独立组件。可满足用户在建模过程中对于不同组件组合的要求。

1 几何合并

通过合并组件的几何部分，形成一个新的组件



说明：

类型选择区：选择合并几何

几何重叠区域选择区：对于几何的合并中的重叠部分，是选择合并还是删除

网格参数设置区：对于网格的合并，设置重叠点的处理方式，和容差（多接近的点认为是重合点）

2 网格合并

通过合并组件的网格部分，形成一个新的组件



说明：

类型选择区：选择合并网格

网格参数设置区：对于网格的合并，设置重叠点的处理方式，和容差（容差以内的点认为是重合点）

3.6 求解步选项卡

“求解步”选项卡，用于添加求解步和管理求解步，并在此基础上添加仿真求解工况，每一个求解步对应一个拼装体工况，其中可添加的工况包括载荷、边界以及约束和接触等相互作用，在求解步的基础上可执行（开始）仿真。

3.6.1 主功能



序号	功能面板	详述
1	管理	管理和创建求解步
2	载荷边界	为拼装体添加载荷和边界条件
3	相互作用	为拼装体添加约束、接触等相互作用；

3.6.2 管理求解步

求解步管理对话框如下图所示：

①求解步列表，共三种求解步分别为**初始步（INITIAL）**、**通用求解步（GENERAL）**、**找形求解步（EQUILIBRIUM）**；

- ②创建求解步；
- ③编辑求解步；
- ④删除求解步；



3.6.3 创建求解步

创建求解步对话框如下图所示，除初始步（自动生成）外，共提供通用求解步和找形求解步两种。**通用求解步（FPM General Solving Step）**用于常规的力学或物理场分析，在已知几何形状和工况条件下，求解结构的响应（如位移、应力、温度等）；**找形求解步（FPM Equilibrium Solving Step）**用于寻找结构在特定荷载作用下的平衡形状，常见于柔性结构（如膜结构、悬索桥、充气结构）的设计。

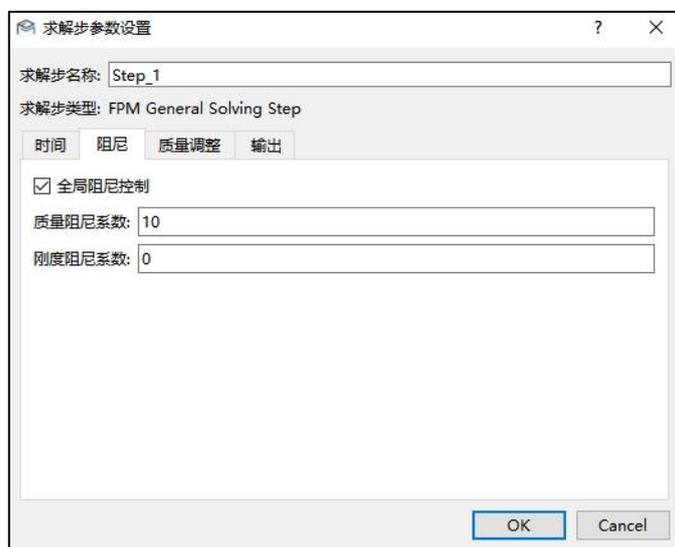


1.通用求解步参数说明：

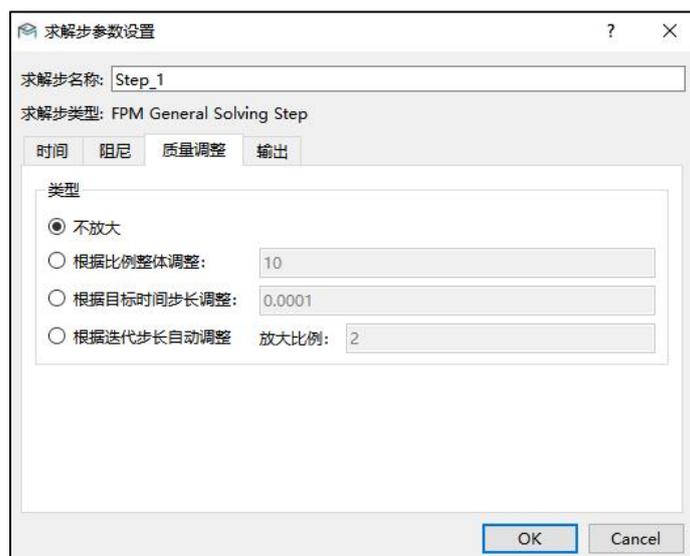
时间:【求解步总时间】设置求解总时长；【时间步长】设置求解每一步的时长，其数值必须小于临界步长，否则会导致计算不收敛；勾选【检查收敛】后可在指定子步计算后进行收敛性判断。



阻尼:勾选【全局阻尼控制】后可设置模型的质量阻尼系数和刚度阻尼系数。



质量调整:【根据比例整体调整】将所有质点质量乘以一个固定系数;【根据目标时间步长调整】根据目标步长自动逆向计算质点所需质量;【根据迭代步长自动调整放大比例】(推荐项)软件自动识别限制全局步长的微小单元,仅对这些关键单元的质点进行质量放大。



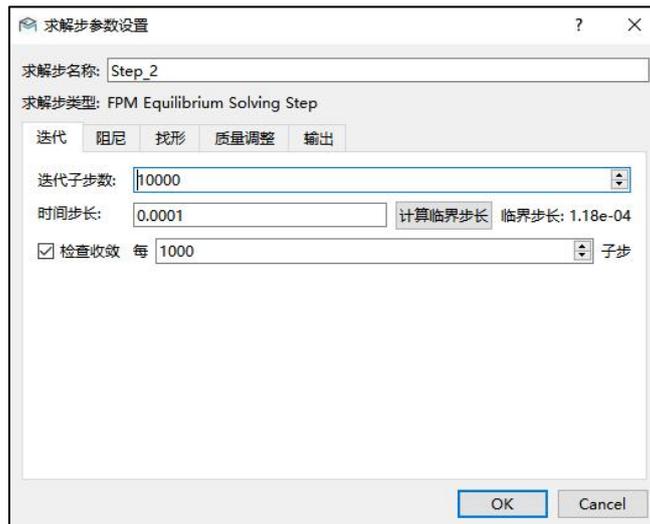
输出:【输出频率】可设置输出总帧数或者时间间隔（每过一定时间输出一帧）；【选择输出项目】中勾选需要输出结构响应，右侧框显示输出响应的字母缩写（例如平动位移：UT）。



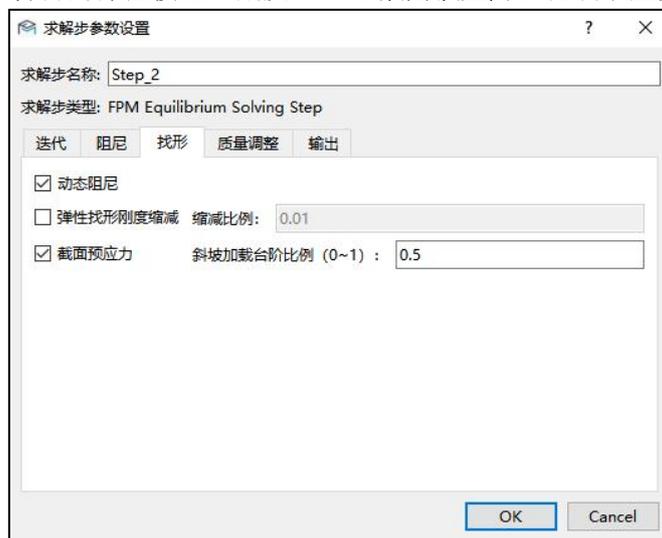
内容	中文描述
UT	平动位移
UR	转动位移
VT	平动速度
VR	转动速度
AT	平动加速度
AR	转动加速度
S	单元质点上的应力张量
SIP	积分点应力张量
E	单元质点上的应变张量
EIP	积分点应变张量
TF	质点合力
TM	质点合力矩
EILF	单元质点上的单元内力（单元局部坐标系）
EILM	单元质点上的单元内力矩（单元局部坐标系）
EIGF	单元质点上的单元内力（全局坐标系）
EIGM	单元质点上的单元内力矩（全局坐标系）
RF	质点反力
RM	质点反力矩
D	单元质点上的损伤值
DIP	积分点损伤值

2.平衡态求解步参数说明

迭代：【迭代子步数】设置找形需要的总步数；【时间步长】设置求解每一步的时长，其数值必须小于临界步长，否则会导致计算不收敛；勾选【检查收敛】后可在指定子步计算后进行收敛性判断。



找形：【**动态阻尼**】加速收敛,防止模型在找形初“飞出”；【**弹性找形刚度缩减**】找形过程中人为降低材料的弹性模量（刚度）；【**截面预应力**】控制预应力施加的时间历程。



阻尼：同通用求解步参数说明。

质量调整：同通用求解步参数说明。

输出：同通用求解步参数说明

3.6.4 管理边界

边界条件管理界面如下图所示，双击模型树“边界条件”也可弹出边界条件管理界面。

①边界条件管理列表，首行为求解步名称，首列为边界条件名称，其他为所在求解步边界条件的状态包括创建（Created）、继承（Inherited）、禁用（Deactivated）三种；

②创建边界条件；

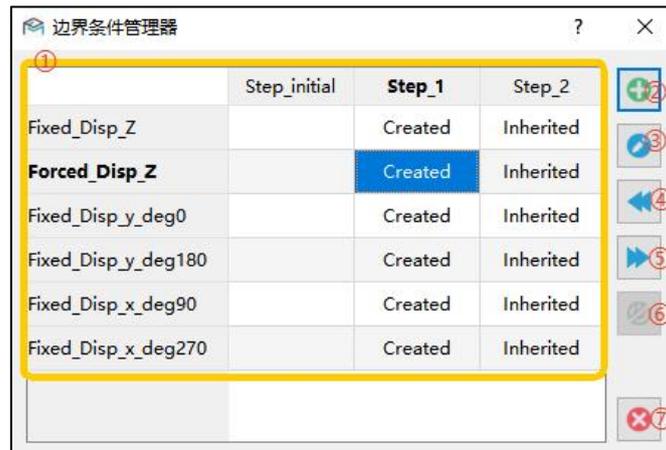
③编辑边界条件；

④左移：只有状态为创建（Created）的边界条件才能左移，其含义为将边界条件左移至由上一求解步创建，后续求解步均继承这一边界条件；

⑤右移：只有状态为创建（Created）的边界条件才能右移，其含义为将边界条件右移至由下一求解步创建，后续求解步均继承这一边界条件；

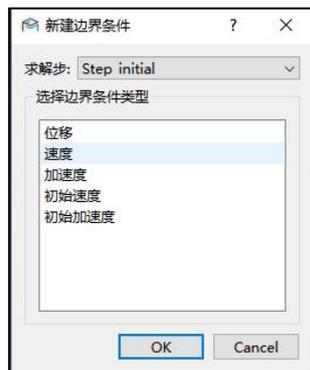
⑥激活/禁用：只有禁用（Deactivated）状态的边界条件才能激活，其余状态的边界条件均可禁用，并且其后续继承的边界条件也同样会被禁用；

⑦删除边界条件：



3.6.5 创建边界

创建边界条件对话框如下图所示，共提供位移、速度、加速度、初始速度、初始加速度五种边界条件。



选择边界条件后确定进入边界条件编辑界面，边界条件编辑界面包含如下内容：

名称：边界条件名。

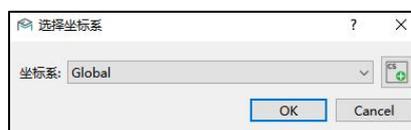
类型：边界条件种类（例“位移”）。

对象集：点击①进入对象组选择界面，选择或者创建对象组。

坐标系：点击②进入坐标系选择界面，选择或者创建坐标系。

分类：选择需要的分量并设定其值（分量类型由边界条件类型决定）。

幅度：选择或者创建幅值。



3.6.6 管理载荷

载荷条件管理界面如下图所示，双击模型树“载荷条件”也可弹出载荷条件管理界面。

①载荷条件管理列表，首行为求解步名称，首列为载荷条件名称，其他为所在求解步载荷条件的状态包括创建（Created）、继承（Inherited）、禁用（Deactivated）三种；

②创建载荷；

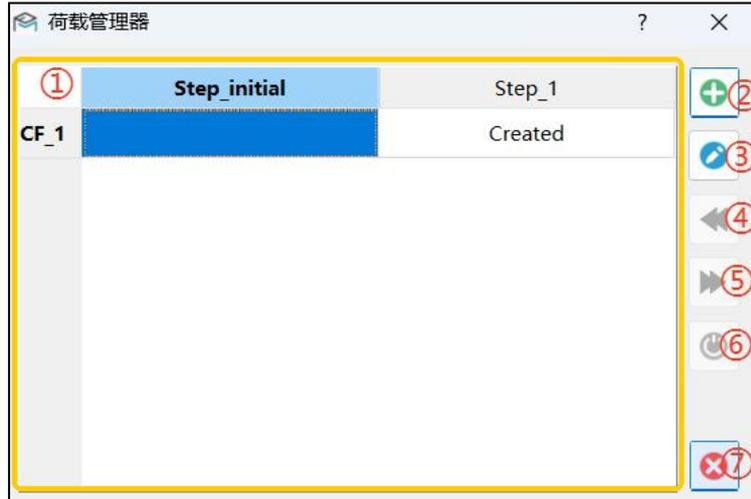
③编辑载荷；

④左移：只有状态为创建（Created）的载荷才能左移，其含义为将载荷左移至由上一求解步创建，后续求解步均继承这一载荷；

⑤右移：只有状态为创建（Created）的载荷才能右移，其含义为将载荷右移至由下一求解步创建，后续求解步均继承这一载荷；

⑥激活/禁用：只有禁用（Deactivated）状态的载荷才能激活，其余状态的载荷均可禁用，并且其后续继承的载荷也同样会被禁用；

⑦删除载荷；



3.6.7 创建载荷

创建载荷对话框如下图所示，包括集中力/力矩、集中惯性力/力矩、线分布力、面分布力、体分布力、重力。



选择荷载后进入荷载编辑界面，荷载编辑界面包含如下内容：

名称：载荷名。

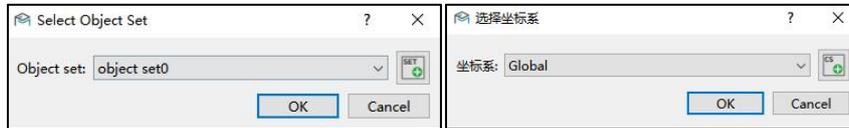
类型：载荷类型（例“集中力/力矩”）。

对象集：单击①进入对象组选择界面，选择或者创建对象组。

坐标系：单击②进入坐标系选择界面，选择或者创建局部坐标系。

分类：对其中的分量设定具体数值（分量类型由载荷类型决定）。

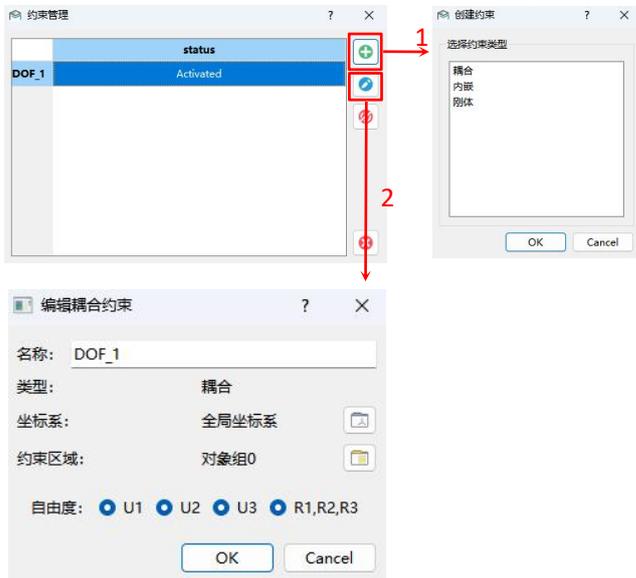
幅度：选择或者创建幅值序列数据。



3.6.8 管理约束

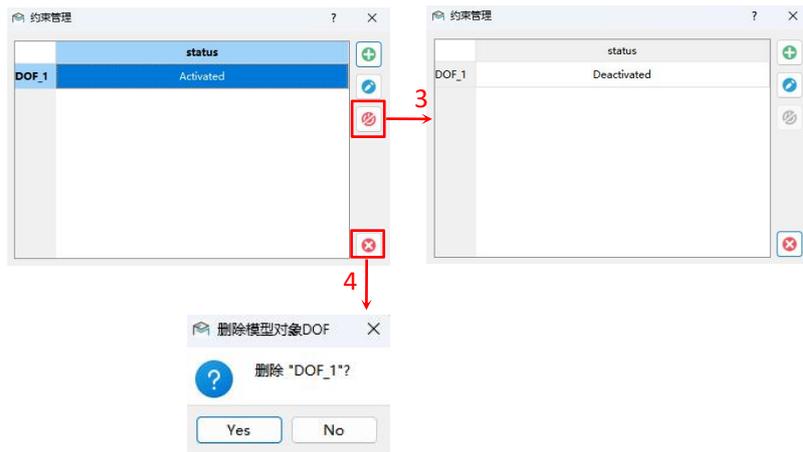
操作 1: 创建约束，选择相应的约束类型确定后即可编辑创建新的约束；

操作 2: 编辑约束，选择对应的约束“DOF_1”后，点击编辑即可编辑约束；



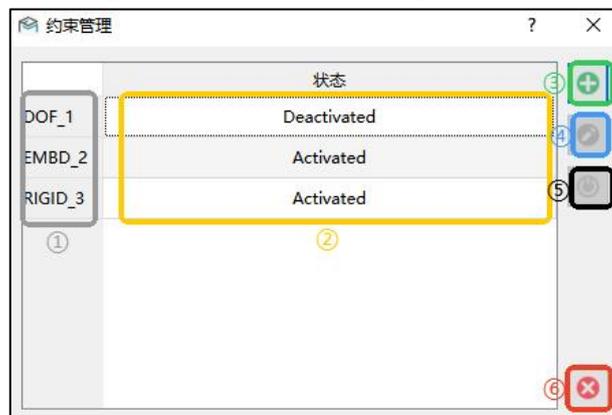
操作 3: 禁用和激活约束；

操作 4: 删除约束，选中约束点击即可删除；



1. 约束管理界面：

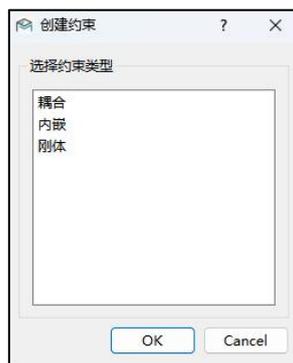
双击模型树“约束”弹出约束管理界面。约束管理界面包含已有约束名①，约束的状态列表②，约束状态包含激活（Activated）、禁用（Deactivated）两种。单击③新建约束，单击④编辑选中的约束，单击⑤激活或禁用约束，单击⑥删除选中的约束。



2. 新建约束界面：

新建约束界面包含以下内容：

选择约束类型：包括耦合、内嵌和刚体。



3. 约束编辑界面

● 耦合约束

约束编辑界面包含以下内容：

名称：约束名。

类型：耦合。

坐标系：单击①进入坐标系选择界面，选择或者创建局部坐标系。

约束区域：单击②进入对象组选择界面，选择或者创建对象组。

自由度：限定六个方向上的自由度。



- 内嵌约束

约束编辑界面包含以下内容：

名称：约束名。

类型：内嵌。

内嵌单元：单击①进入对象组选择界面，选择或者创建对象组。

目标单元：单击②进入对象组选择界面，选择或者创建对象组。



- 刚体约束

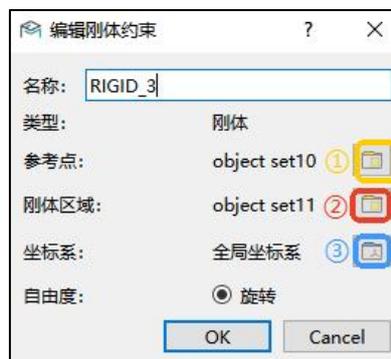
约束编辑界面包含以下内容：

名称：约束名。

类型：刚体。

参考点：单击①进入对象组选择界面，选择或者创建对象组。

刚体区域：单击②进入对象组选择界面，选择或者创建对象组。



3.6.9 创建约束

选择约束类型确定后即可编辑创建新的约束，编辑约束参数等参考本文 3.6.8 节；



3.7 执行选项卡

“执行”选项卡，用于添加求解步和管理求解步，并在此基础上添加仿真求解工况，每一个求解步对应一个拼装体工况，其中可添加的工况包括载荷、边界以及约束和接触等相互作用，在求解步的基础上可执行（开始）仿真。

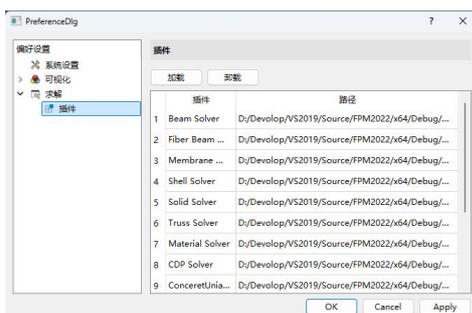
3.7.1 主功能



序号	功能面板	详述
1	求解器	可设置求解器插件以及求解设备
2	执行	提交仿真计算

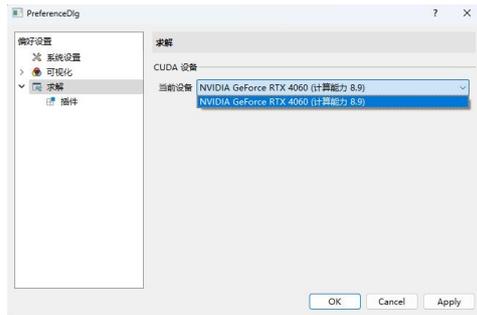
3.7.2 管理求解器

可选择加载或者卸载相应的求解器



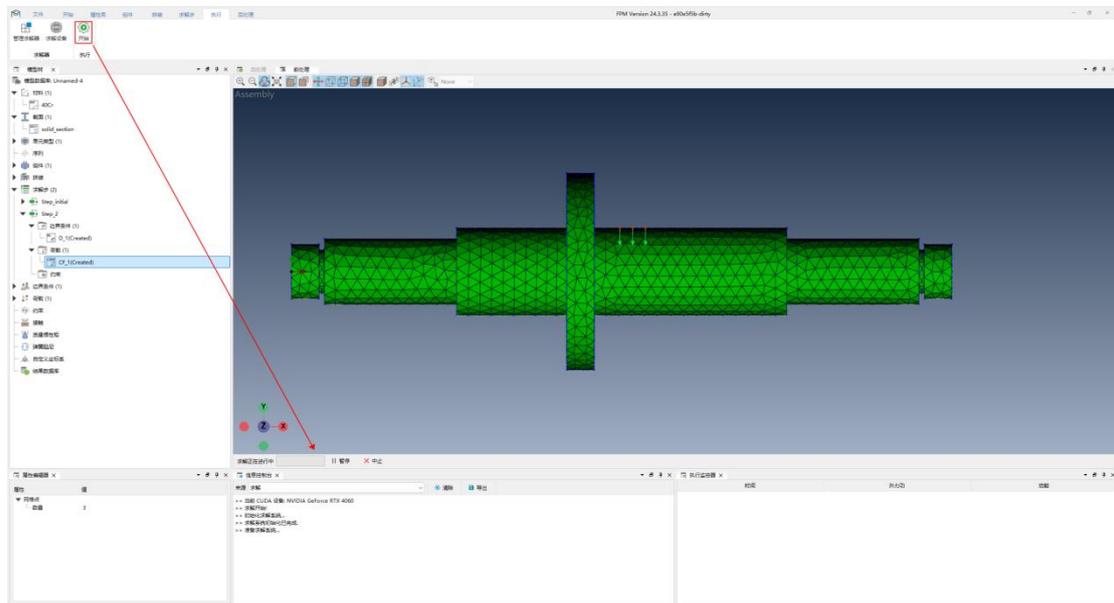
3.7.3 求解设备

可选择相应显卡求解设备应用于并行计算；



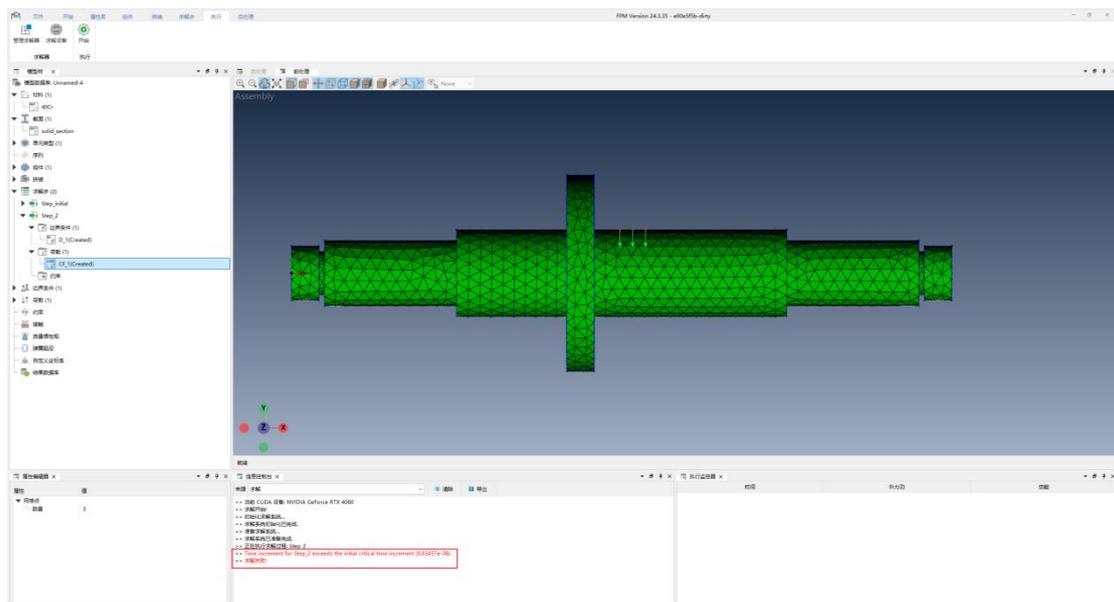
3.7.4 开始

1) 完成建模后，点击“执行”选项卡下的“开始”功能，即可开始求解；

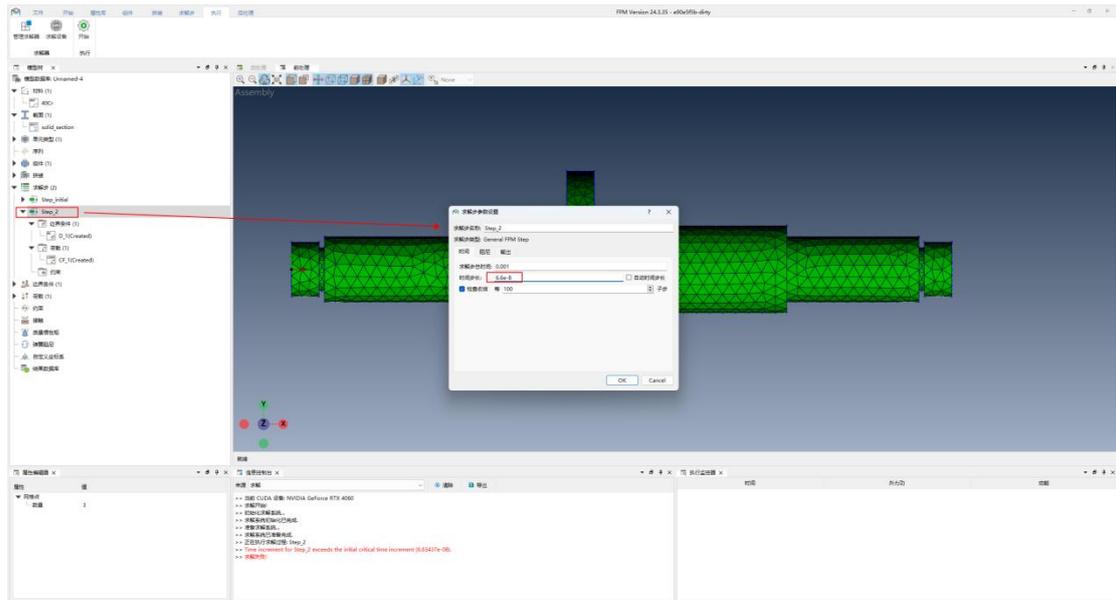


2) 调整求解步参数

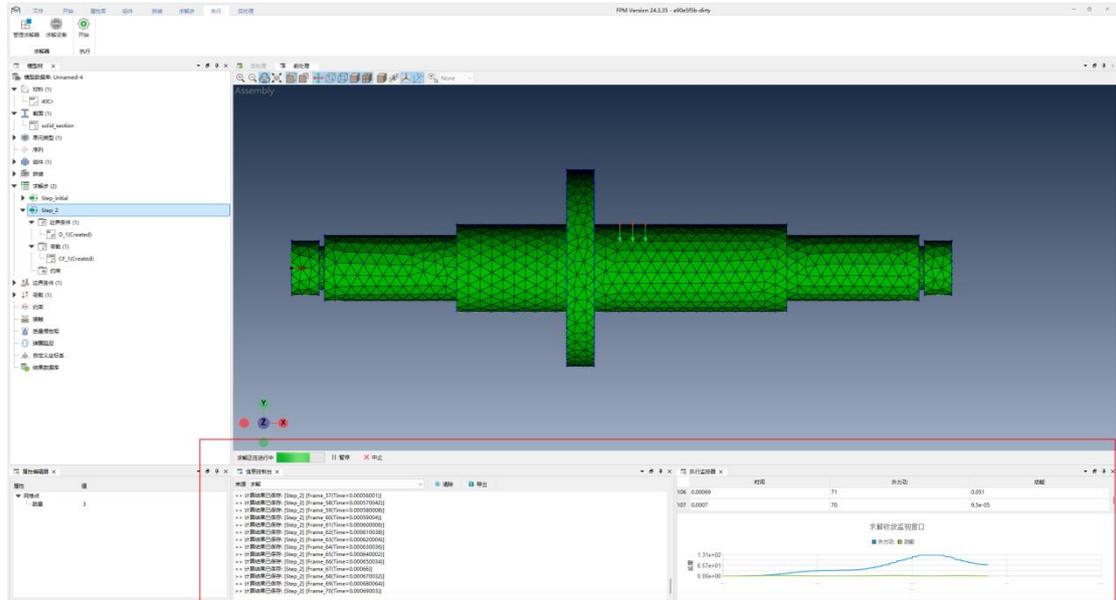
若出现以下问题则需要调整求解步长小于该值（ $6.63437e-8$ ）



双击对应求解步后修改时间步长；



3) 继续点击“开始”即可开始求解，信息控制台和执行监控器会实时显示当前数据；



3.8 后处理选项卡

3.8.1 主功能



序号	功能面板	详述
1	结果数据库	导入求解结果数据库文件；
2	结果导航	选择显示的输出项、求解步、求解帧等；
3	后处理显示	调整后处理云图显示模式；
4	动画	展示求解结果动画；

5	导出	将求解结果导出为图片、GIF 等；
6	数据	查看计算结果数据表；

3.8.2 结果数据库

打开求解结果数据库文件 (*.db)。



3.8.3 结果导航



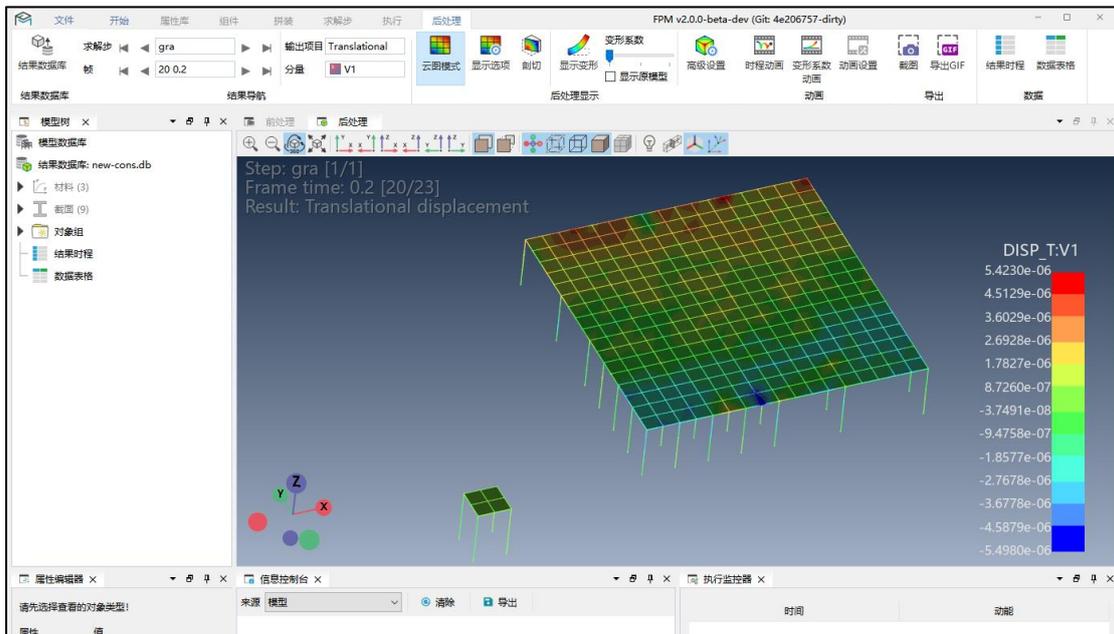
说明：

- ①求解步：可选择对应的求解步；
- ②输出帧：可选择求解结果的某一帧；
- ③输出项目：可选择要查看的求解结果（质点反力，合力等）；
- ④分量：可选择输出项目的 X、Y、Z 方向等的某一分量；

3.8.4 后处理显示

1. 云图模式

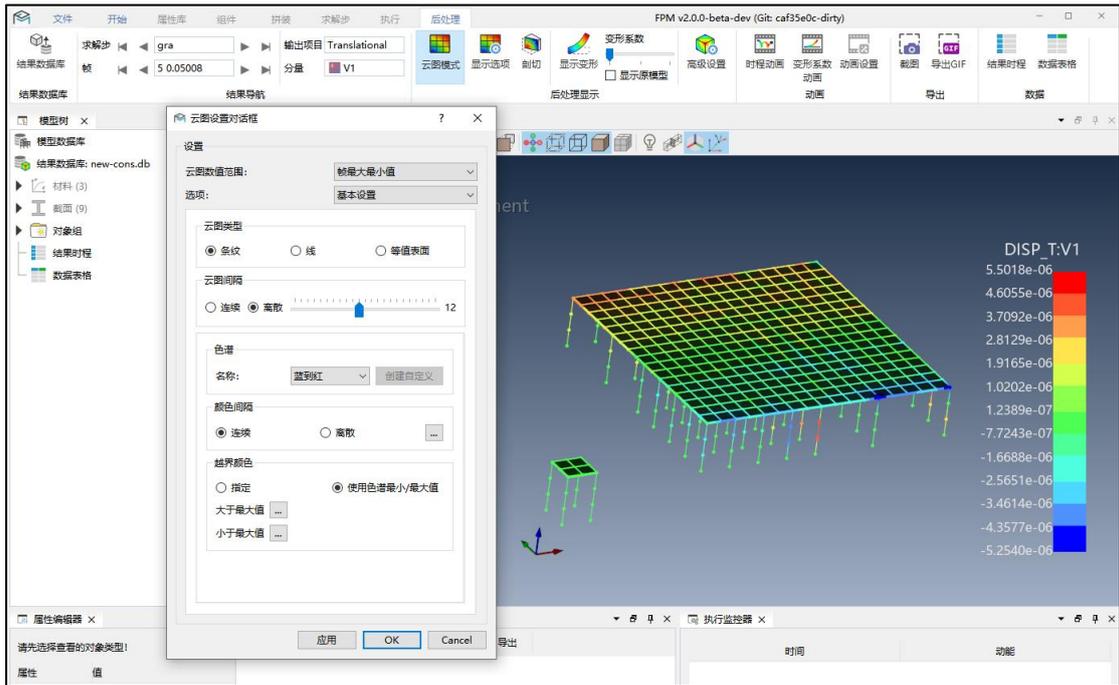
以模型云图的方式显示求解结果。



2. 显示选项

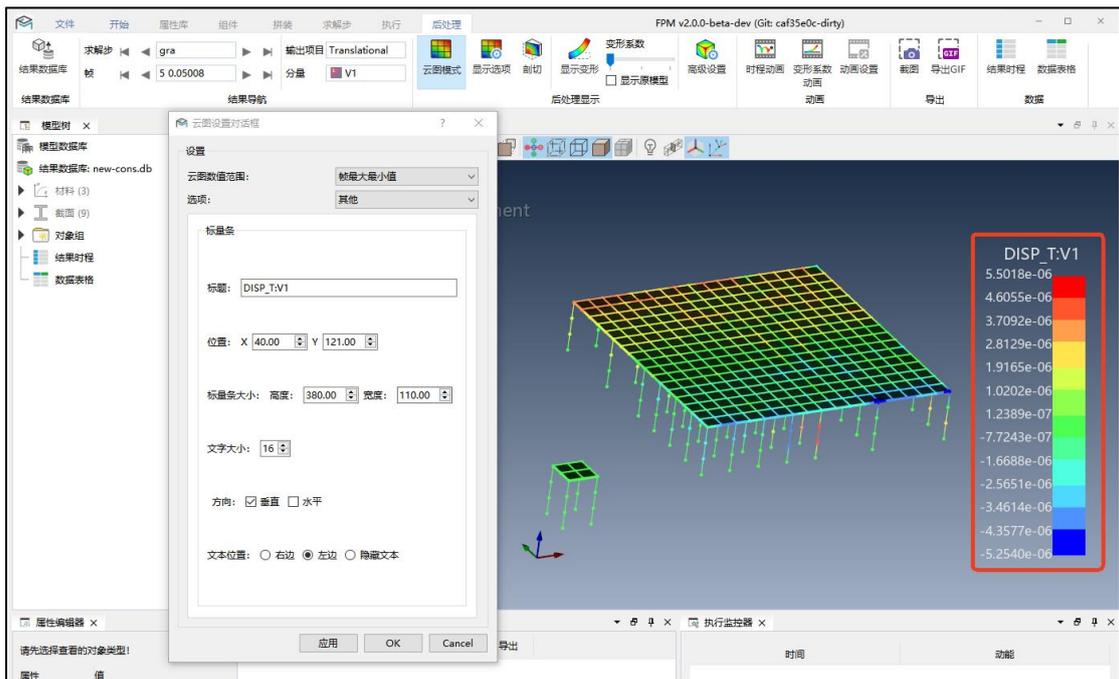
1) “基本设置”显示选项

提供条纹、线、等值表面三种云图显示方式，如下图所示：



2) “其他”显示选项

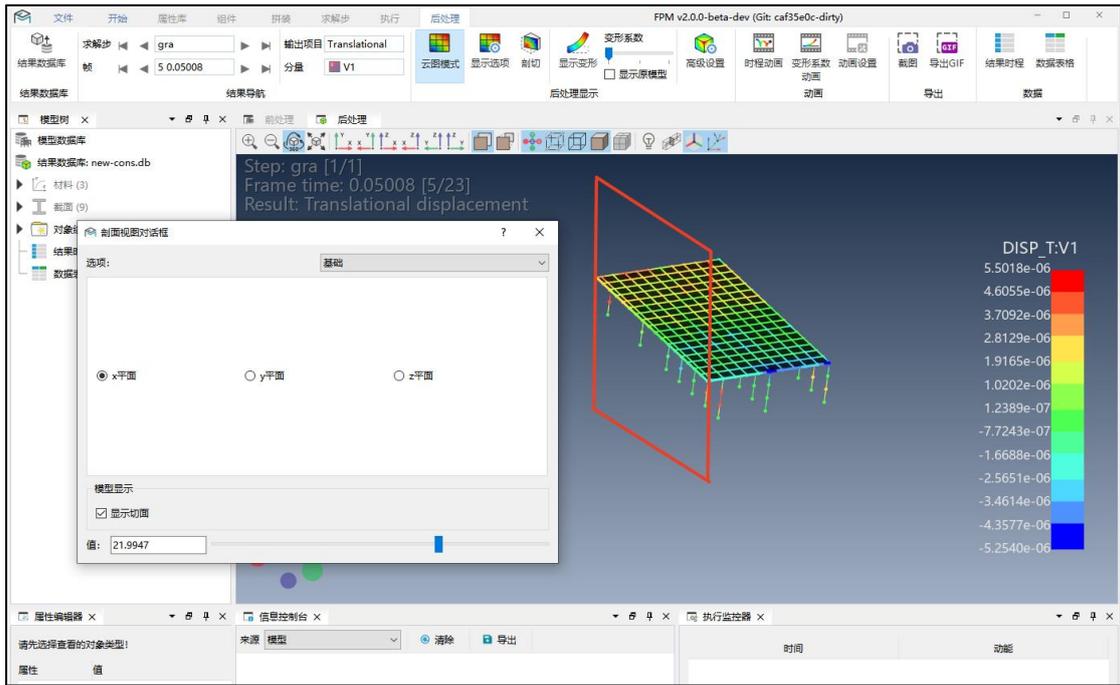
可对后处理窗口的标量条进行设置。



3.剖切

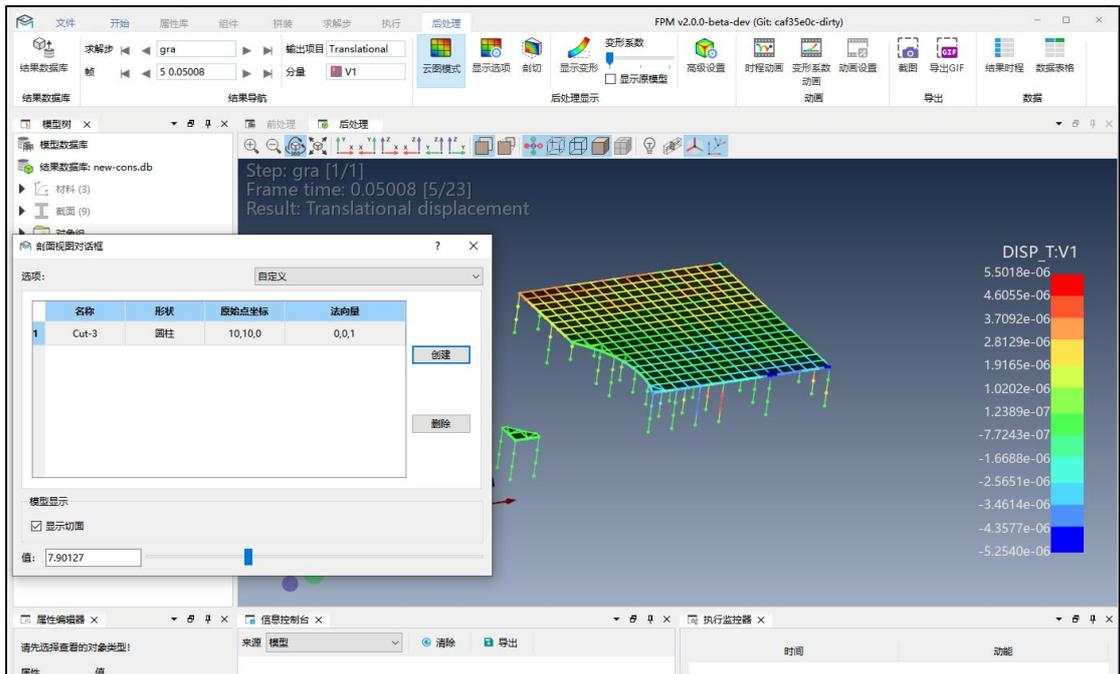
1) 基础:

x 平面: 以垂直于 x 轴、y 轴、z 轴的平面来剖切模型, 如下图所示;



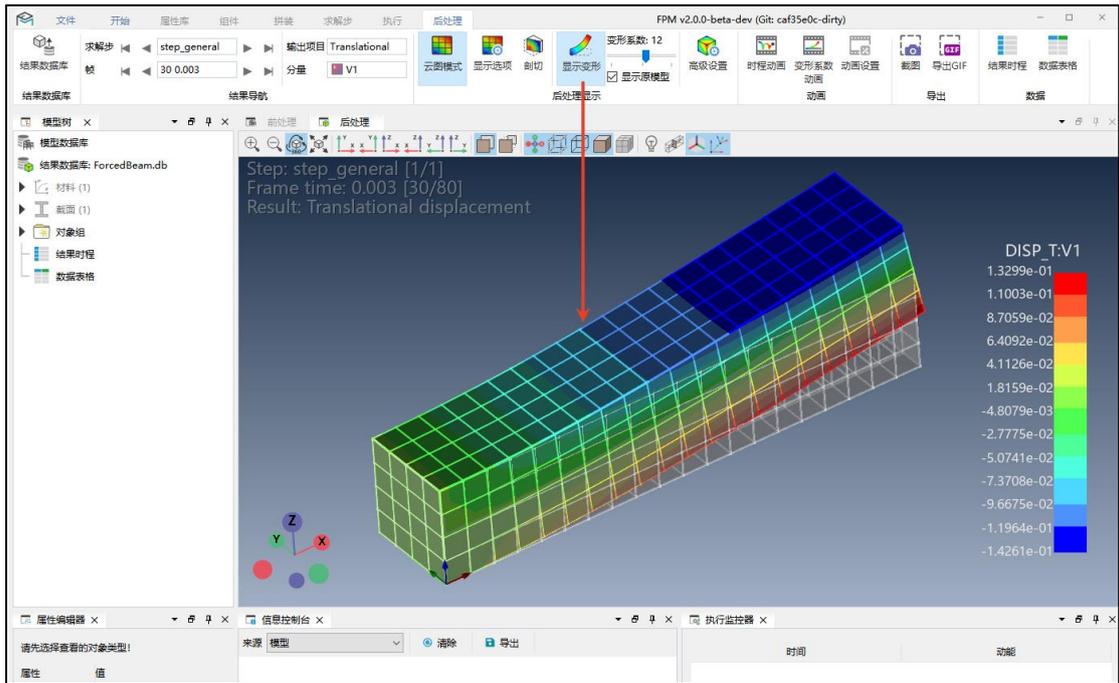
2) 自定义:

可自定义剖切视图形状，例如以圆柱面为剖切面，如下图所示：



4.显示变形

显示计算过程中产生的物理变形，变形系数则用于放大或缩小变形，并且可以选择显示原模型增强对比效果。



3.8.5 动画

1.时程动画

播放计算结果的整个时间变化历程动画，即所有增量步的变化过程，用于展示计算结果随时间的变化。

2.变形系数动画

播放某一帧计算结果的变形幅度动画，用于展示模型渲染随变形系数的变化；

3.动画设置

播放“时程动画”和“变形系数动画”时，对其进行一系列设置。



时程动画设置



变形系数动画设置

变形系数动画设置说明：

- ①：选择变形缩放类型，更改帧数（全循环是**，半循环是**，帧数越高，则**）；
- ②：更改变形缩放系数，一致性表示所有分量变形比例相同，非一致性表示各分量变形比例不同，并可设置其值；
- ③：更改帧频率（频率越高，动画越快）；
- ④：更改动画模式

3.8.6 导出

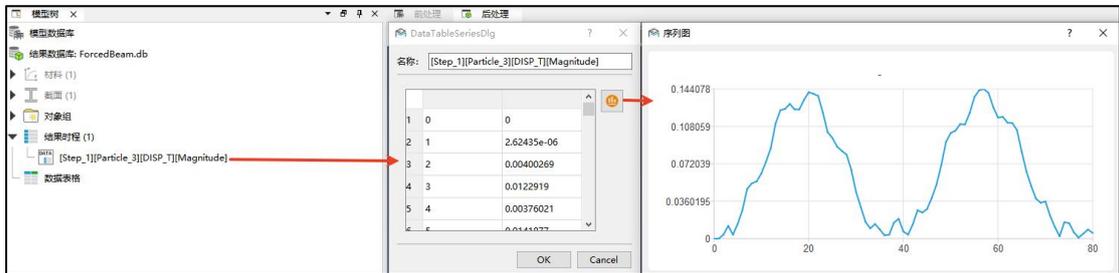
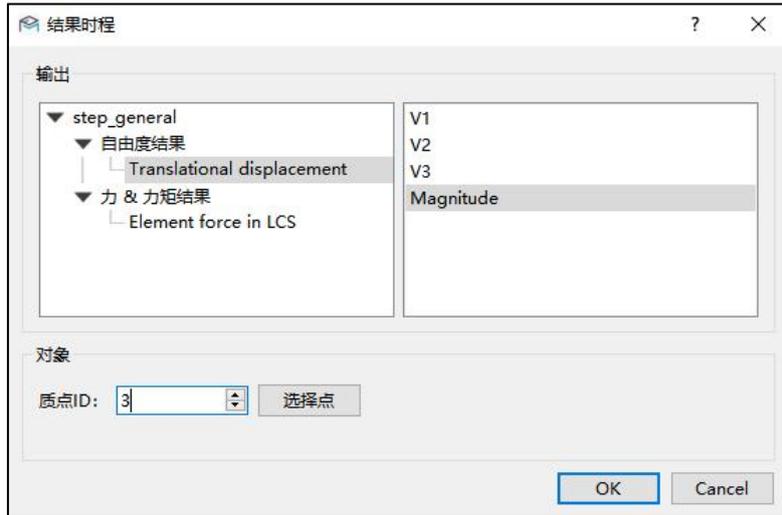
提供截图、导出 GIF 动图功能。



3.8.7 数据

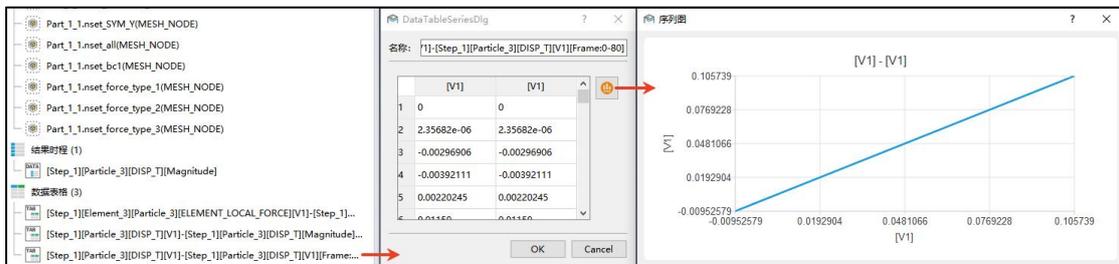
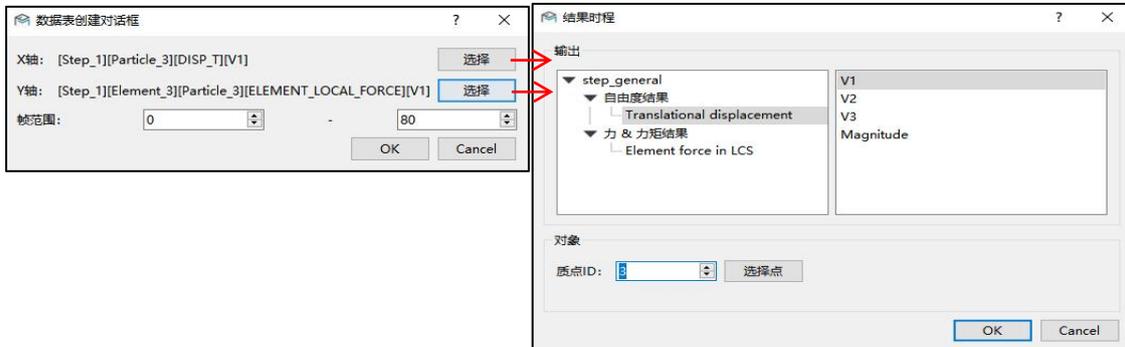
1.结果时程

创建质点、单元等对象的输出结果时程数据曲线，创建后会在模型树显示时程数据表，如下图所示。



2. 数据表格

创建不同数据结果之间，随时程变化的数据曲线，创建后会再模型树显示数据表，如下图所示。



3.9 草图选项卡

“草图”选项卡主要用于在平面上创建复杂几何曲线，提高 FPMCAE 软件的前处理建模能力；该选项卡在“属性库”选项卡及“组件”选项卡下对应功能中调出。

3.9.1 主功能



序号	功能面板	详述
1	草图控制	控制草图的完成、退出、视图、添加、保存、撤销、重做与删除；
2	曲线	绘制各类草图轮廓（线、折线、矩形、圆、圆弧、椭圆与贝塞尔曲线）

3.9.2 完成草图

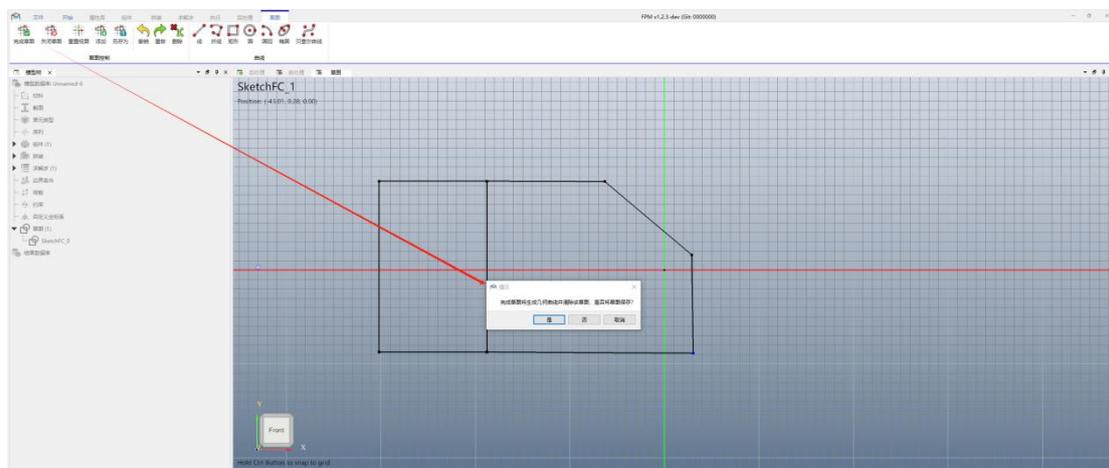
该功能用于完成草图的绘制。

1) 入口：属性库选项卡-草图

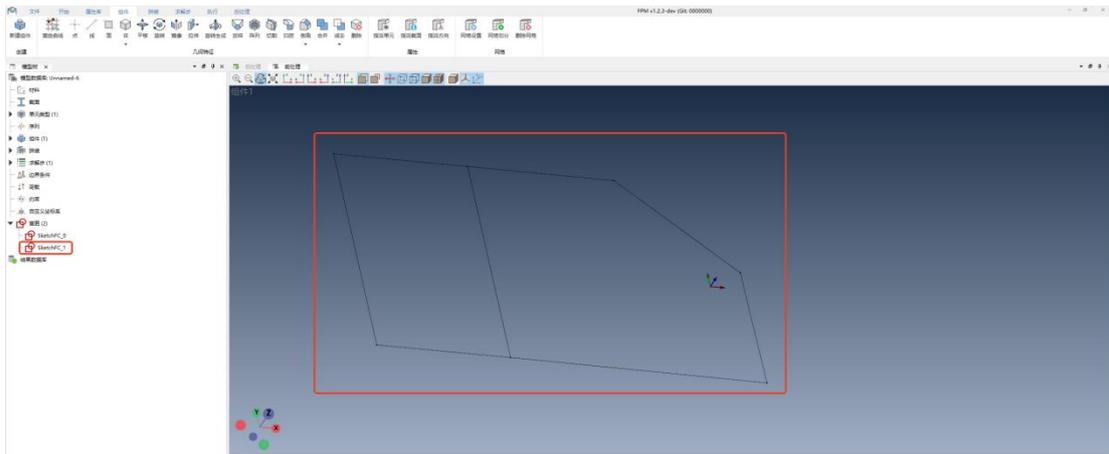
点击草图选项卡下的“完成草图”按钮，将草图保存至全局草图中管理，同步更新模型树“草图”；并且选项卡和 3D 窗口视图退回至进入草图前的状态；

2) 入口：组件选项卡-草绘曲线

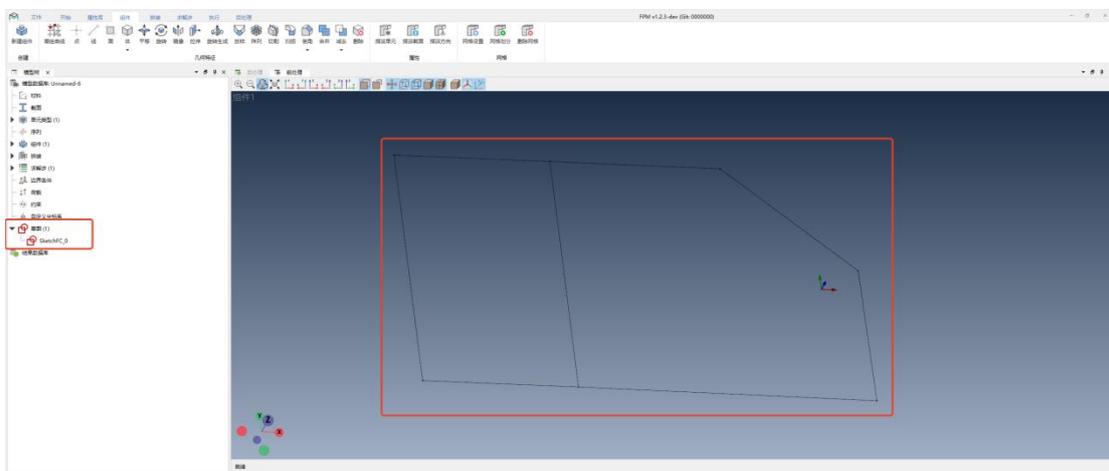
点击草图选项卡下的“完成草图”，选择是否保存草图；选择“是”，将草图保存至全局草图中管理同步更新模型树，并且选项卡和 3D 窗口视图退回至进入草图前的状态；选择“否”，则清除草图，并且选项卡和 3D 窗口视图退回至进入草图前的状态；完成草图后，组件下生成对应的草图曲线，可用作拉伸、旋转生成等几何特征操作；



“完成草图”



选择“是”

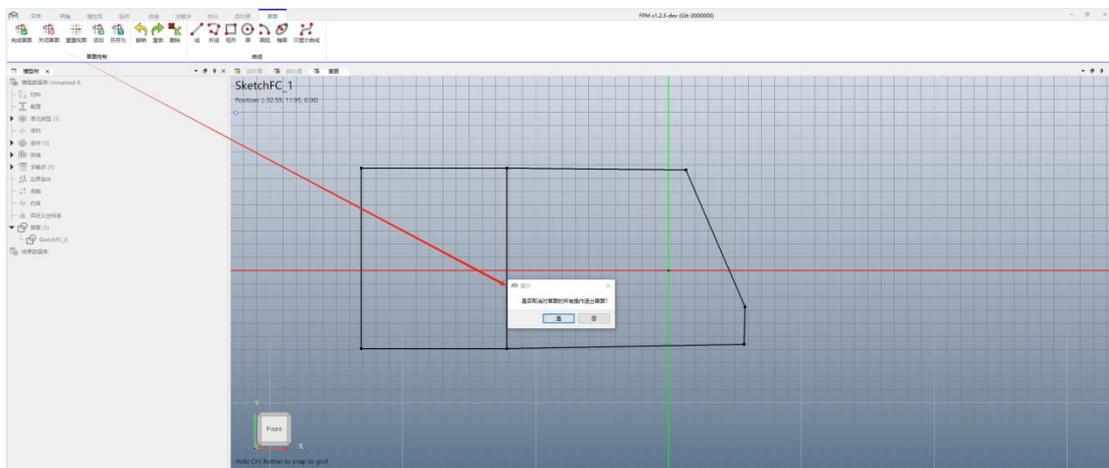


选择“否”

3.9.3 关闭草图

该功能用于直接退出草图。

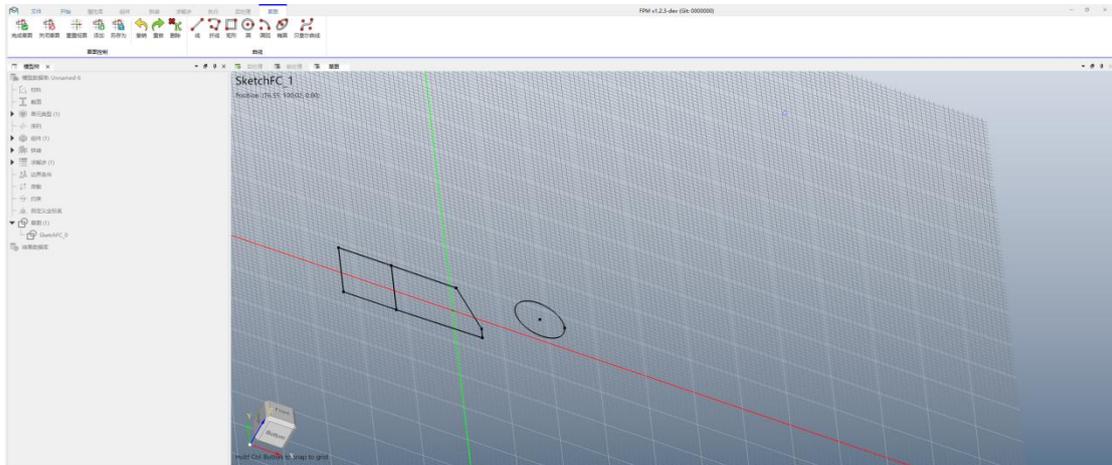
点击草图选项卡下的“关闭草图”按钮，选择是否要退出草图，选择“是”则清除所有对草图的操作，同时选项卡和 3D 窗口视图退回至进入草图前的状态；



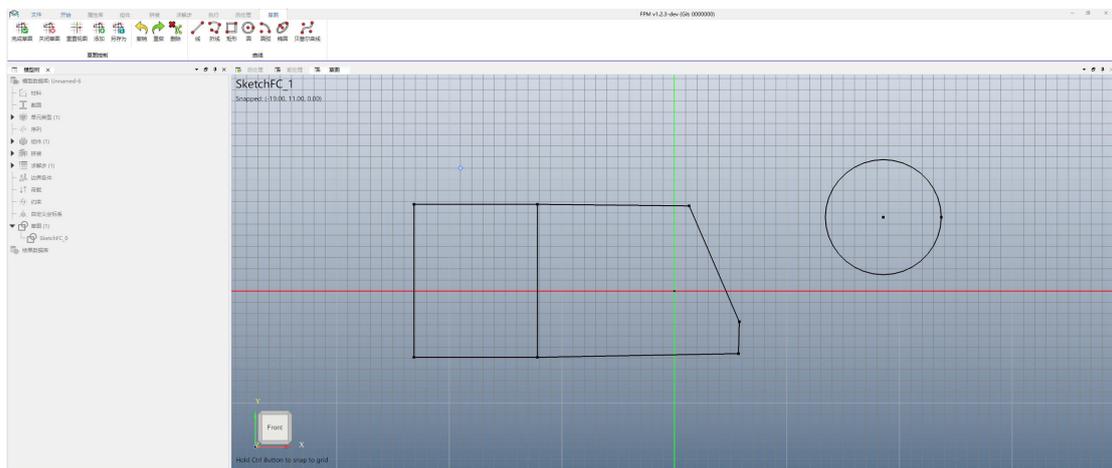
3.9.4 重置视图

该功能用于将草图重置为用户舒适视角。

点击草图选项卡下的“重置视图”按钮，3D窗口草图平面恢复正视图同时草图曲线最适窗口；



重置视图前

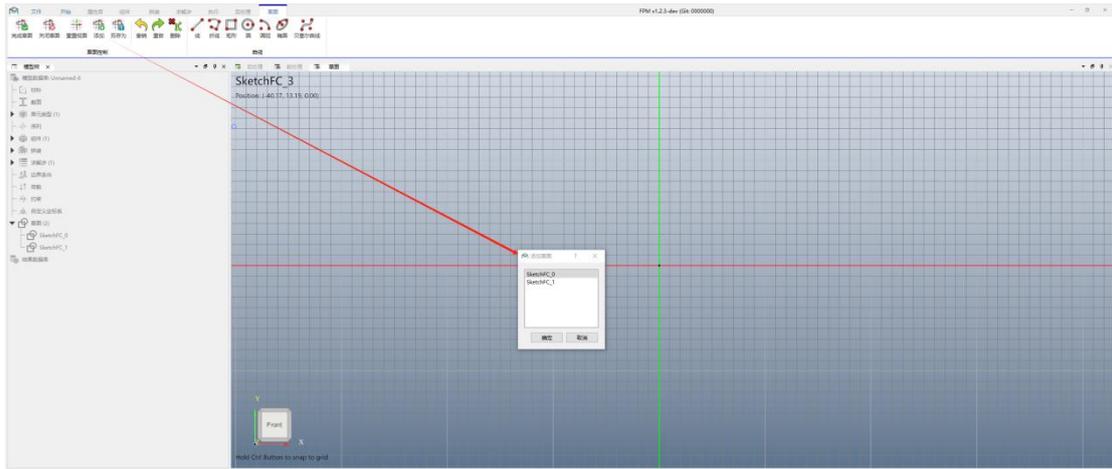


重置视图后

3.9.5 添加

该功能用于添加全局草图到当前草图。

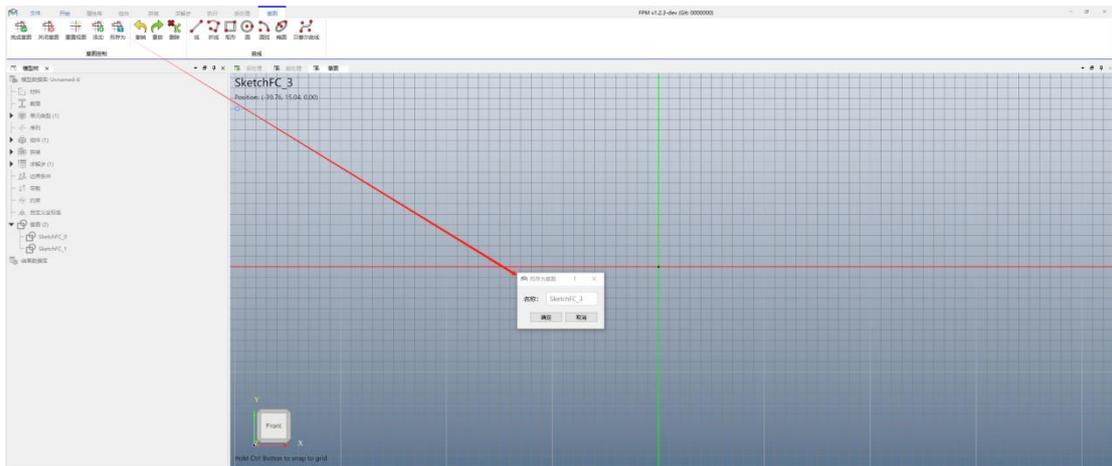
点击草图选项卡下的“添加”按钮，从全局草图中选择一个草图添加进来，同时重置视图；



3.9.6 另存为

该功能用于将当前草图暂存，并可继续做修改。

点击草图选项卡下的“另存为”按钮，将草图另存至全局草图中管理同时模型树同步更新；



3.9.7 撤销

点击草图选项卡下的“撤销”按钮，取消上一步对草图所作的操作；

3.9.8 重做

点击草图选项卡下的“重做”按钮，将“撤销”操作退回；

3.9.9 删除

首先选择要删除的曲线，然后点击草图选项卡下的“删除”按钮，将已选择目标曲线进行删除；

3.9.10 线

该功能用于绘制单一线段。

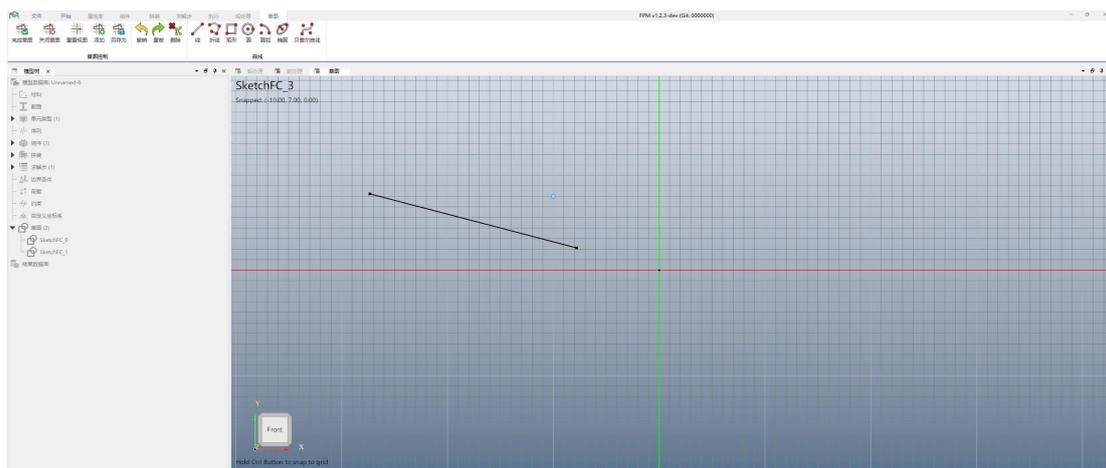
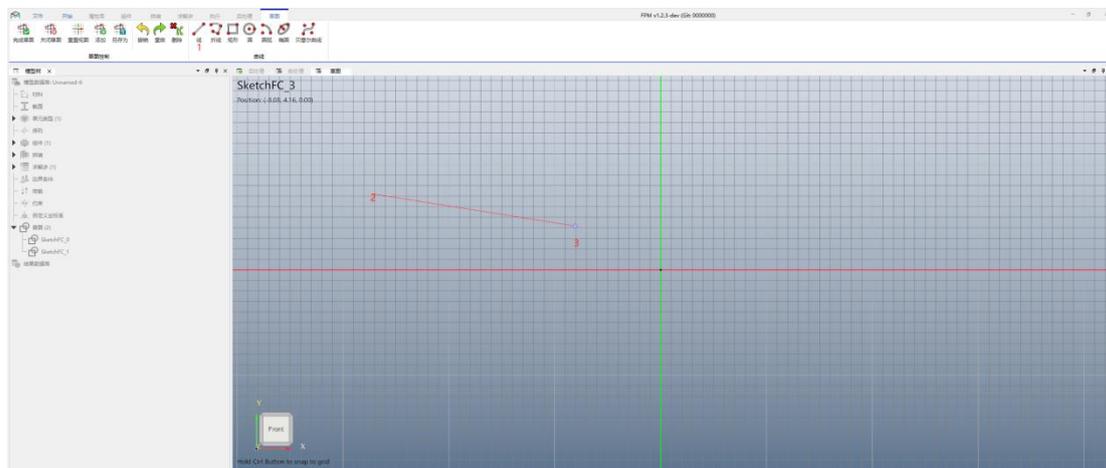
步骤：

第一步，点击草图选项卡下的“线”按钮，进入绘制模式；

第二步，点击 3D 草图平面上任意坐标点确定线段起点，此时移动鼠标出现红色预览线段；

第三步，点击 3D 草图平面上任意坐标点确定线段的终点，完成线段绘制，线段颜色变为黑色；

第四步，按下鼠标右键可退出绘制模式，或选择继续作图；



3.9.11 折线

该功能用于绘制连续折线。

➤ 步骤：

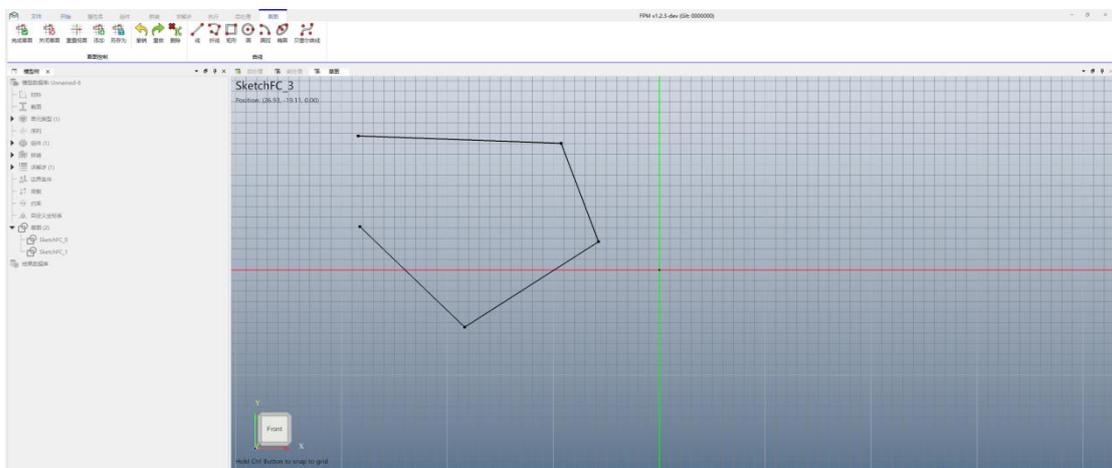
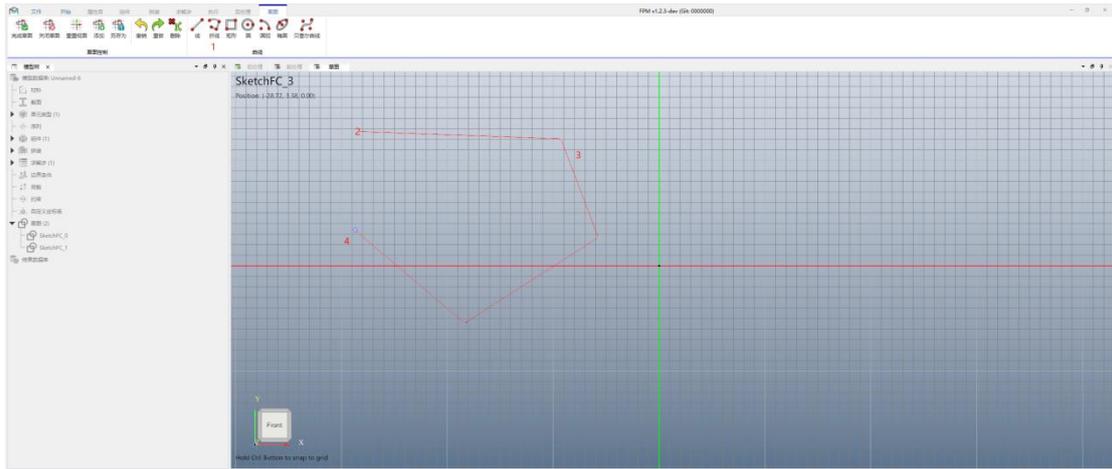
第一步，点击草图选项卡下的“折线”按钮，进入绘制模式；

第二步，点击 3D 草图平面上任意坐标点确定线段起点，此时移动鼠标出现红色预览线段；

第三步，点击 3D 草图平面上任意坐标点确定线段的终点，完成第一条线段绘制，以此类推完成后续线段绘制；

第四步，双击 3D 草图平面上任意坐标点确定最后一条线段的终点，完成折线绘制，此时折线变为黑色；

第五步，按下鼠标右键可退出绘制模式，或选择继续作图；



3.9.12 矩形

该功能用于绘制矩形。

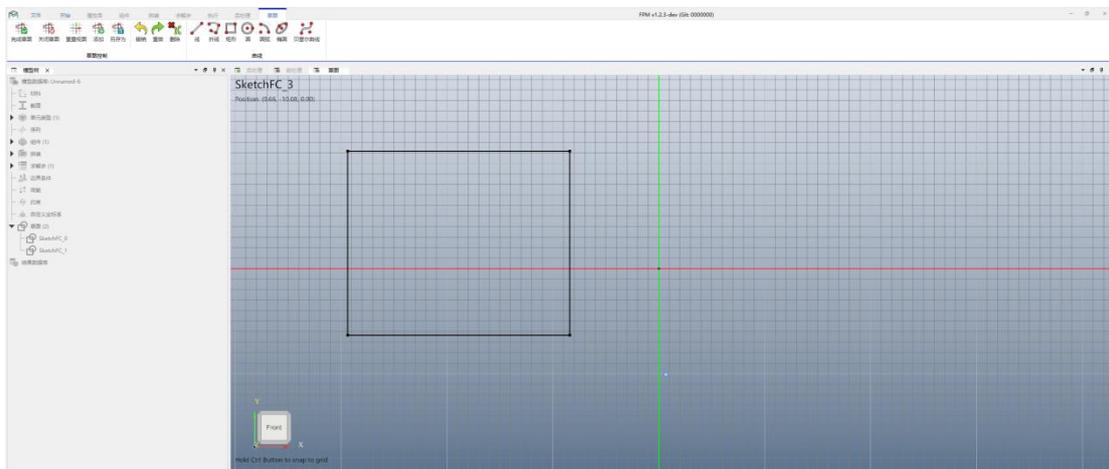
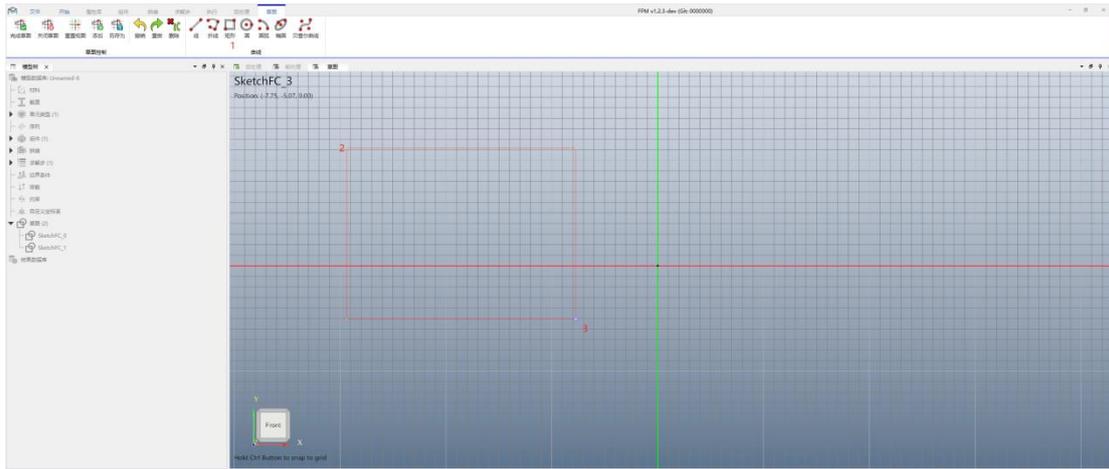
➤ 步骤:

第一步，点击草图选项卡下的“矩形”按钮，进入绘制模式；

第二步，点击 3D 草图平面上任意坐标点确定矩形起点，此时移动鼠标出现红色预览矩形；

第三步，点击 3D 草图平面上任意坐标点确定矩形终点，完成矩形绘制，此时矩形变为黑色；

第四步，按下鼠标右键可退出绘制模式，或选择继续作图；



3.9.13 圆

该功能用于绘制圆。

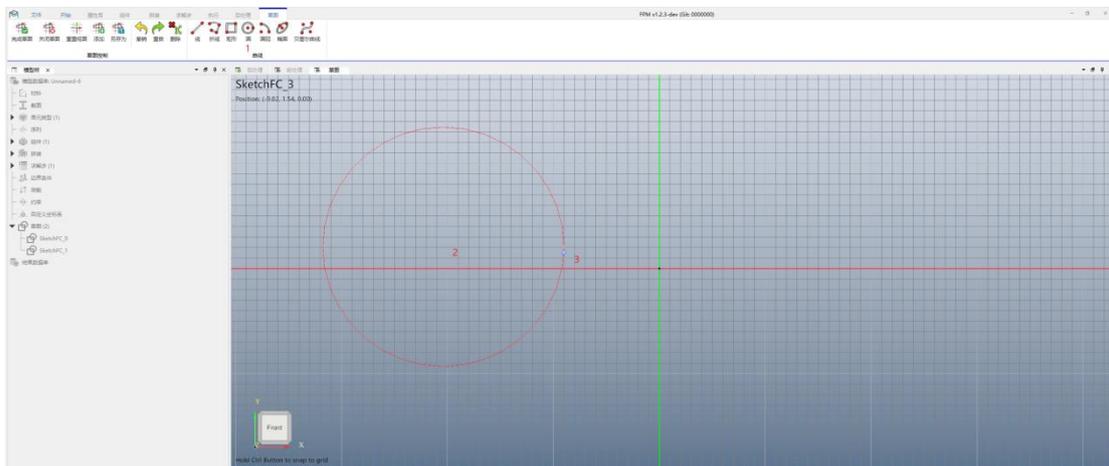
➤ **步骤:**

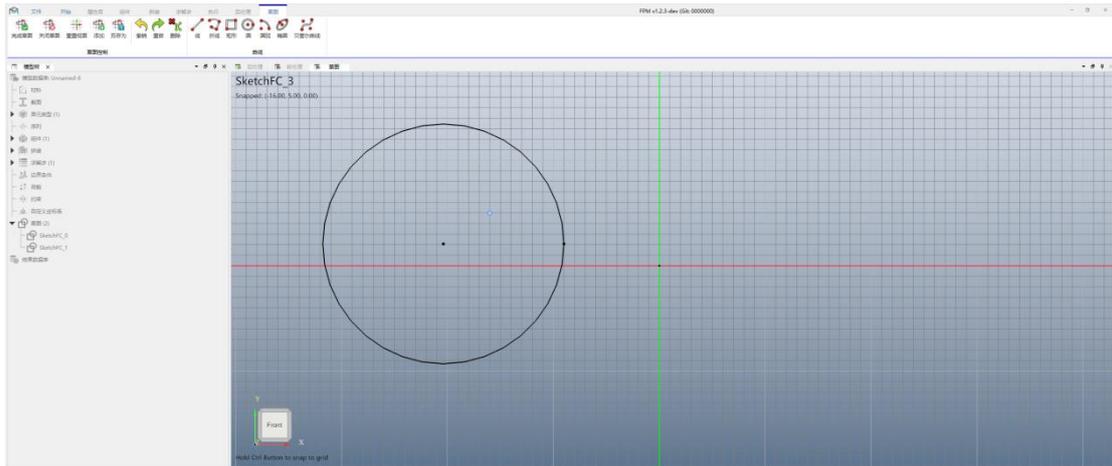
第一步，点击草图选项卡下的“圆”按钮，进入绘制模式；

第二步，点击 3D 草图平面上任意坐标点确定圆心，此时移动鼠标出现红色预览图形；

第三步，点击 3D 草图平面上任意坐标点确定圆的半径，完成圆绘制，此时圆变为黑色；

第四步，按下鼠标右键可退出绘制模式，或选择继续作图；





3.9.14 圆弧

该功能用于绘制圆弧。

➤ 步骤:

第一步，点击草图选项卡下的“圆弧”按钮，进入绘制模式；

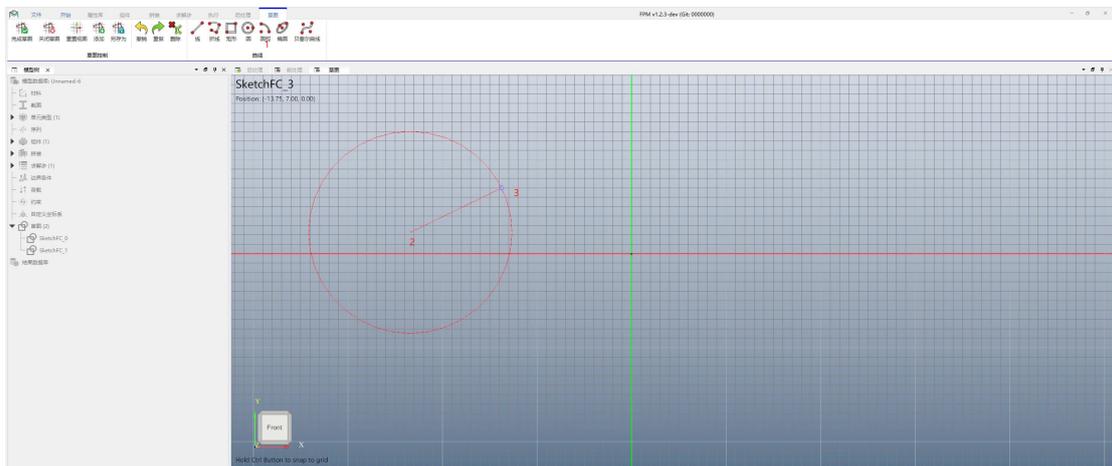
第二步，点击 3D 草图平面上任意坐标点确定弧心，此时移动鼠标出现红色预览图形；

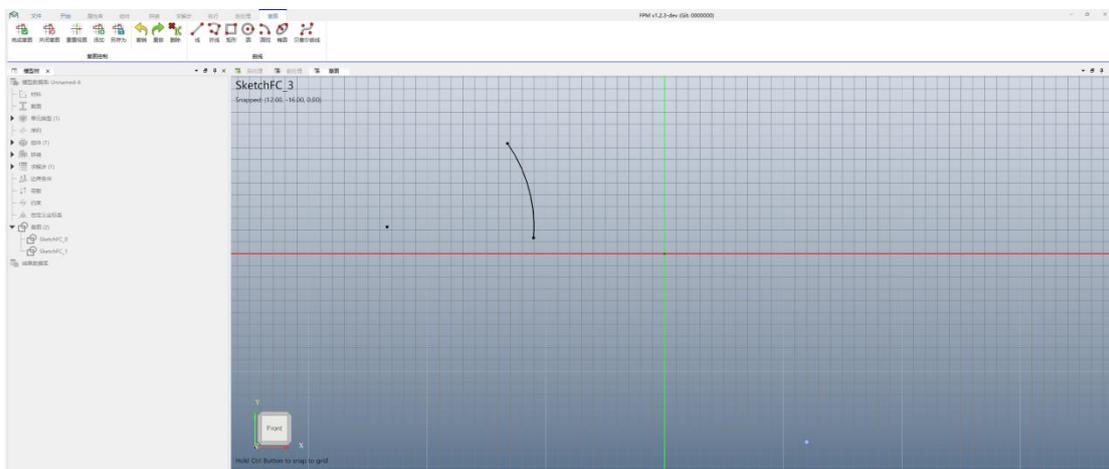
第三步，点击 3D 草图平面上任意坐标点确定圆弧的半径；

第四步，点击 3D 草图平面上任意坐标点确定圆弧起点，此时移动鼠标出现红色预览圆弧；

第五步，点击 3D 草图平面上任意坐标点确定圆弧终点，完成圆弧绘制，此时圆变为黑色；

第六步，按下鼠标右键可退出绘制模式，或选择继续作图；





3.9.15 椭圆

该功能用于绘制椭圆。

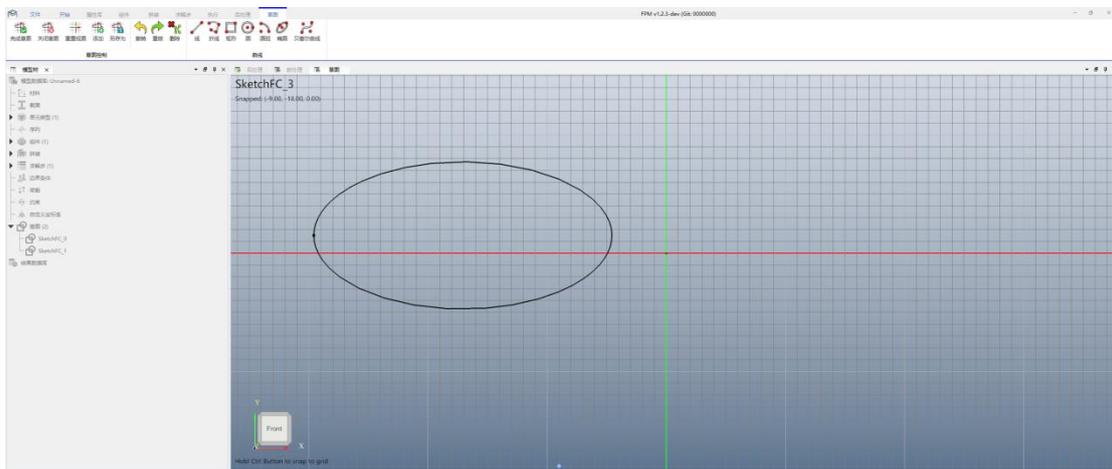
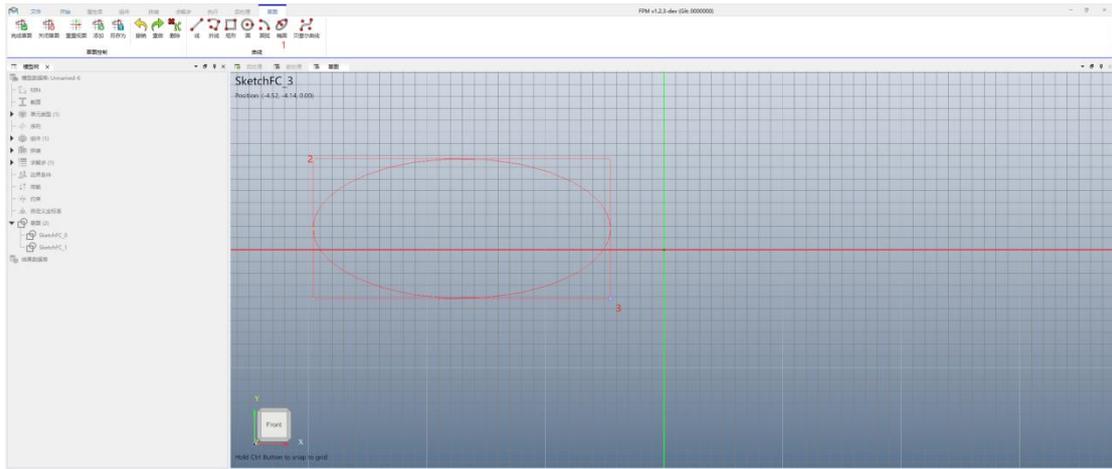
➤ **步骤：**

第一步，点击草图选项卡下的“椭圆”按钮，进入绘制模式；

第二步，点击 3D 草图平面上任意坐标点确定椭圆起点，此时移动鼠标出现红色预览图形；

第三步，点击 3D 草图平面上任意坐标点确定椭圆终点，完成椭圆绘制，此时椭圆变为黑色；

第四步，按下鼠标右键可退出绘制模式，或选择继续作图；



3.9.16 贝塞尔曲线

该功能用于绘制贝塞尔样条曲线。

➤ **步骤:**

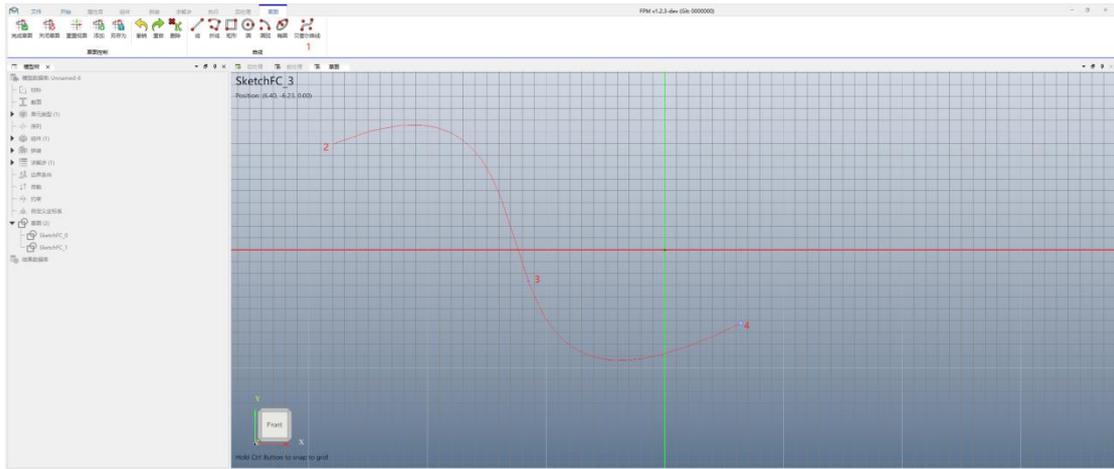
第一步，点击草图选项卡下的“贝塞尔曲线”按钮，进入绘制模式；

第二步，点击 3D 草图平面上任意坐标点确定曲线起点，此时移动鼠标出现红色预览曲线；

第三步，点击 3D 草图平面上任意坐标点确定第二个点，以此类推确定后续点，此时移动鼠标出现红色预览曲线；

第四步，双击 3D 草图平面上任意坐标点确定曲线终点，完成样条曲线绘制，此时曲线变为黑色；

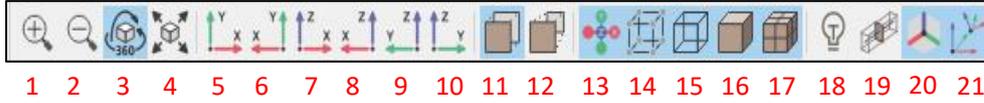
第五步，按下鼠标右键可退出绘制模式，或选择继续作图；



四、工具栏

工具栏中所有功能用于控制前后处理窗口中的模型显示状态以及对象选择：

4.1 主功能



序号	功能	详述
1	放大	放大视图
2	缩小	缩小视图
3	旋转	旋转模型
4	最适窗口	最适窗口显示模型
5	正视图	
6	后视图	
7	俯视图	
8	仰视图	
9	左视图	
10	右视图	
11	正交视图	正交视图显示模型
12	投影视图	投影视图显示模型
13	显示模型导航器	显示或隐藏模型导航器
14	显示几何点	显示或隐藏几何点
15	显示几何线	显示或隐藏几何线
16	显示几何面	显示或隐藏几何面
17	显示网格	显示或隐藏网格
18	清除高亮	清除几何、网格、载荷边界等的高亮显示状态
19	渲染截面形状	关闭或打开模型截面渲染
20	显示原点	显示或隐藏原点坐标系
21	显示局部坐标系	显示或隐藏局部坐标系

五、其他

5.1 断裂

“断裂”功能位于软件主界面的左侧模型树列表中，主要用于对固有粘聚区添加断裂属性。

5.1.1 新建“断裂”属性

步骤：双击左侧模型树列表中的“断裂”选项，弹出“编辑断裂属性”对话框



说明：

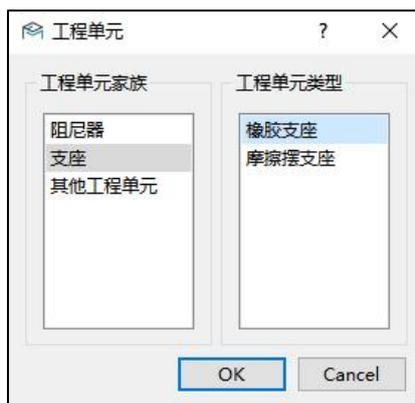
- ①：新建断裂名称；
- ②：选择断裂类型（当前版本只有固有粘聚区模型可以选择）；
- ③：选择已有对象集或创建新的对象集（对象集为网格单元）；
- ④：选择粘聚区类型；
- ⑤：指派已定义的截面类型或创建新的截面类型（截面家族为粘聚区）；
- ⑥：定义粘聚区的方向

5.2 工程单元

“工程单元”功能位于软件主界面的左侧模型树列表中，主要用于快速建立常用工程单元的连接属性，当前版本的工程单元类型有：单轴弹簧、摩擦摆支座、橡胶支座、防屈曲支撑阻尼器等

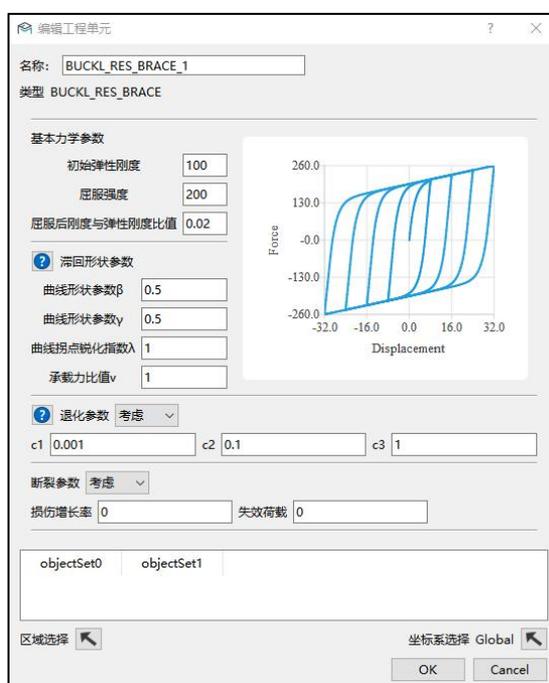
5.2.1 新建“工程单元”

步骤：双击左侧模型树列表中的“工程单元”选项，弹出“工程单元”对话框，选择需使用的工程单元类型



5.2.2 编辑工程单元

步骤：选择需使用的工程单元类型后，进入编辑工程单元对话框

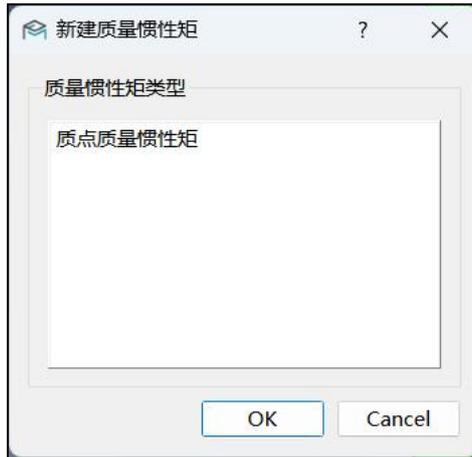


5.3 质点附加属性

“质量惯性矩”功能位于软件主界面的左侧模型树列表中，主要用于为质点施加质量惯性矩等属性。

5.3.1 新建“质量惯性矩”

步骤：双击左侧模型树列表中的“质点附加属性”选项，弹出“新建质量惯性矩”对话框，选择质量惯性矩的类型（当前版本的类型仅有质点质量惯性矩），确定后选择网格点作为施加对象。



5.3.2 编辑“质量惯性矩”

步骤：新建质量惯性矩后进入编辑质量惯性矩对话框。



说明

- ①：新建名称；
- ②：显示当前已选择对象组的名称，可以修改对象组；
- ③：显示当前坐标系类型，可以根据需要修改坐标系类型；
- ④：如对象组的质量为各向同性，在此处输入相关参数；
- ⑤：如对象组的质量为各向异性，选择该选项并在此处输入相关参数；
- ⑥：可根据需要修改对象组的惯性矩

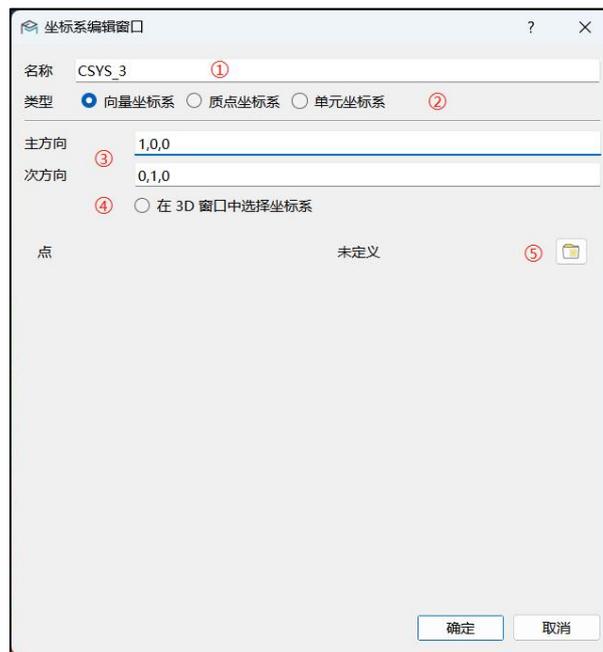
创建了质量惯性矩的对象在视图中呈红色

5.4 自定义坐标系

“自定义坐标系”功能位于软件主界面的左侧模型树列表中，主要为复杂建模、加载和结果分析提供灵活性。

5.4.1 创建、编辑自定义坐标系

步骤：双击左侧模型树列表中的“自定义坐标系”选项，弹出“坐标系编辑窗口”对话框



说明：

- ①：新建坐标系名称；
- ②：选择坐标系类型；
- ③：定义主方向和次方向；
- ④：在 3D 窗口中选择坐标系；
- ⑤：选择坐标点位置；