

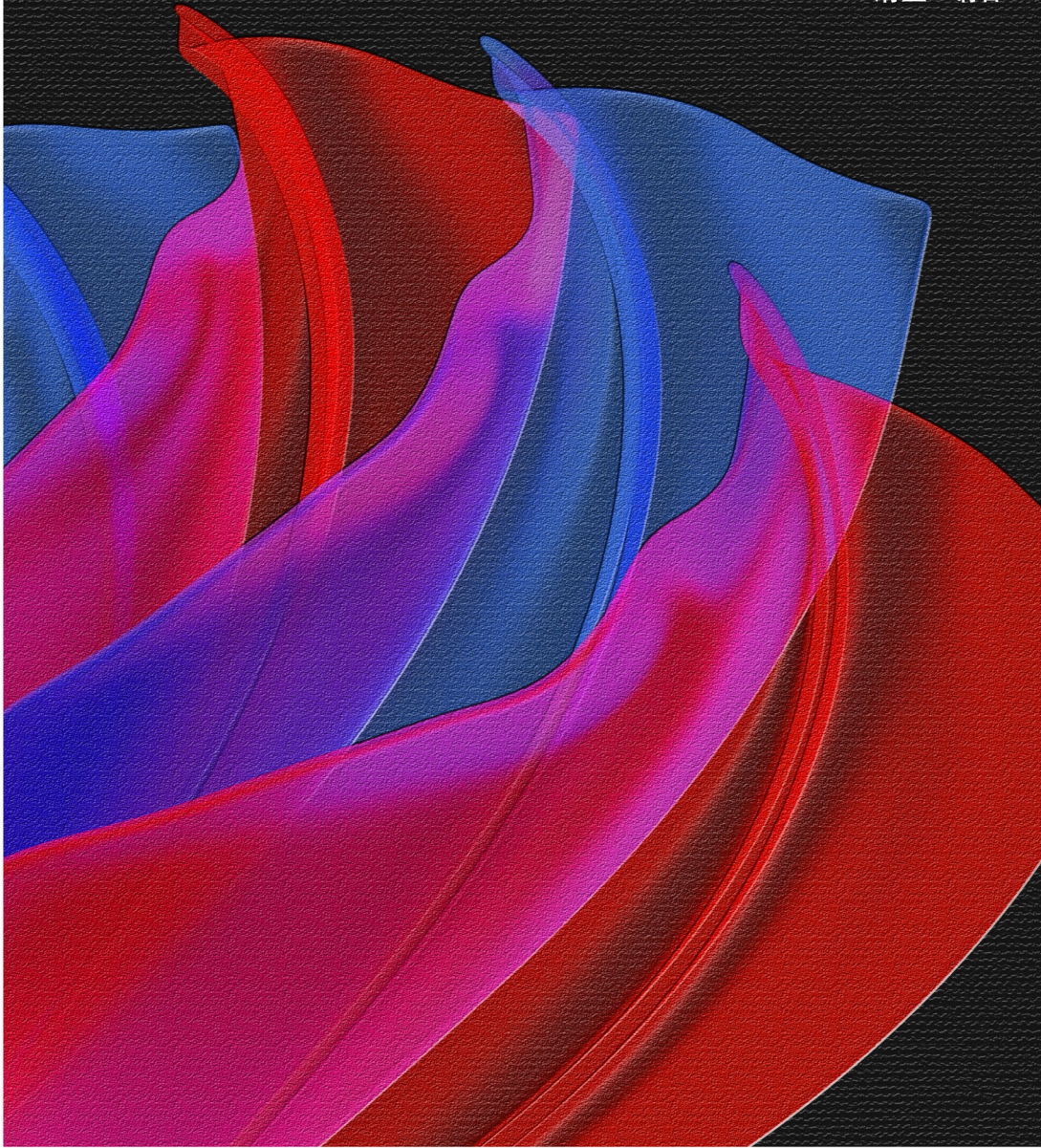


FreeCAD 0.20.2

---

用户学习指南v2.0

VO 清鱼 编著



# 目录索引

目录索引

FreeCAD 学习指南 v2.0

    前言

关于下载

启动软件

软件的初始配置

个性化设置

个性化设置参数

设置操作交互方式

设置背景色

工作台加载设置

插件管理器

制图绘图工作台设置

零件设计工作台设置

草绘器工作台设置

工程图工作台设置

导入导出模块 ( inport/outport )

开始设计前的准备

    认识交互工具栏

认识 Partdesign

开始设计

凸台拉伸

凹坑切除

旋转体特征

放样特征 ( Loft )

    增料放样特征

    减料放样

扫描扫掠特征 ( Sweep )

    增料扫描特征

    减料扫描特征

螺旋扫描特征 ( Sweep )

    增料螺旋扫描特征

    减料螺旋扫描特征

孔特征 ( Hole )

    沉头孔

    埋头孔

创建增料图元 ( 参数图元 )

创建减料图元 ( 参数图元 )

旋转切除特征 ( Groove )

镜像变换特征 ( Mirro )

线性阵列特征 ( LinearPattern )

环形阵列特征 ( PolarPattern )

多重变换特征 ( MultiTransform )

修饰工具组特征

- 倒圆角
- 倒角/倒斜角
- 拔模
- 抽壳
- 测量工具 ( Measuring Tool )
- 布尔运算工具 ( Boolean )
  - 布尔结合
  - 布尔剪切
  - 布尔交集
- 基准辅助工具组 ( datum feature )
  - 创建基准工具
- 基准工具组高级应用
  - 基准点
  - 基准线
  - 基准面
  - 局部坐标系
  - 草绘辅助
- 辅助工具组 ( Auxiliary tool set )
  - 创建图形面外部几何体
  - 创建减料体外部几何体
  - 创建副本克隆
- 草图映射 ( Support a sketch )
- 辅助工具组附加 ( Auxiliary tool set )
  - 创建零件标准容器
  - 创建组
  - 创建链接
  - 创建子链接
  - 双向链接
  - 取消链接
  - 导入链接
  - 导入所有链接
- Prat 零件模块工作台 ( Part Workbench )
  - 工作区工具栏
  - 建模工具
- 零件模块和零件设计模块配合使用
  - 拉伸
  - 旋转体
  - 镜像变换
  - 倒圆角
  - 倒角/倒斜角
  - 线成面
  - 创建直纹曲面
  - 放样
  - 扫描
  - 横截面
  - 2D 偏移

- 3D 偏移
- 抽壳
- 实体化
- 基本特征副本
- 在曲面创建投影
- 投影曲面高阶用法
  - compound 组合工具
  - 合并目标
  - 创建图形面外部几何体
  - 创建减料体外部几何体
- 扫描 sweep 高阶用法
  - 案例一
  - 案例二
  - 案例三
  - 角过渡
  - 截面方向模式
    - 标准方向常量
    - 固定方向
    - Frennet 弗雷内特
    - 辅助曲线等量
    - 副法线
  - 截面变换模式
  - 逐面着色
- 类似自顶向下的设计逻辑
  - 骨架模型
  - 模型依赖解析
  - Compound 工具组合
  - 合并目标
  - 几何检查
- 曲面工作台 ( Surface Workbench )
  - 边界曲面 UV 曲面
  - 填充曲面
  - 放样曲面
  - 曲面延伸
  - 网格曲面创建样条
- 2D 绘图工作台 ( Draft Workbench )
  - 旋转
  - 缩放
  - 镜像
  - 偏移
  - 法线延伸
  - 草稿延伸
  - 克隆副本
  - 正交阵列
  - 圆周阵列
  - 径向阵列

- 常量曲线阵列
- 常量曲线阵列链接式
- 点阵列
- 曲线扭曲阵列
- 编辑模式
- 元素点控制
- 拼接
- 分割
- 升降级工具
- 折线转换 B 样条
- 矢量转草绘对象
- 创建 2D 投影
- 捕捉功能
- 捕捉端点
- 中点捕捉
- 捕捉圆心
- 捕捉角度
- 捕捉交点
- 捕捉垂直
- 捕捉延伸线
- 平行捕捉
- 捕捉特殊点
- 捕捉靠近点
- 捕捉正交
- 网格捕捉
- 工作平面捕捉
- 动态尺寸捕捉
- 网格捕捉
- 创建文本
- 尺寸标注
- 批注标签
- 注释样式编辑器
- 辅助绘图功能区
- 构造模式
- 宏脚本 ( Macro )
  - 录制宏
  - 自动执行宏
- 网格工作台 ( Mesh design )
  - 创建网格对象
  - 正多面体实体
  - 统一法线
  - 反转法线
  - 填充孔
  - 封闭孔
  - 增加三角形
  - 删除组件

- 平滑网格
- 十进制破坏网格
- 缩放网格
- 网格布尔工具组
- 切割网格工具
- 修剪网格
- 以平面修剪网格
- 以平面创建网格剖面
- 横截面
- 合并网格
- 按组件拆分
- 建立网格分割
- 从最合适的表面创建分割
- 评估网格和修复网格
- 表面信息
- 曲率图
- 曲率信息
- 检查实体网格
- 边界信息
- 网格展平面组功能
- 展平零件面

#### 图片图像工作台 ( Image workbench )

- 打开图像功能
- 以三维对象插入平面图像
- 缩放平面图像功能
- 0.21 图像导入新增功能

#### 工程图工作台 ( TechDraw )

- 尺寸标注
- 水平测量
- 长度测量
- 半径测量工具
- 直径测量工具
- 角度测量工具
- 通过三点插入角度尺寸
- 插入范围尺寸
- 连接尺寸到三维几何体
- 创建气球批注
- 插入批注功能
- 将引导线添加到视图
- 插入富文本批注
- 点添加器
- 添加中点
- 添加象限顶点
- 插入中心线
- 在两条线之间插入中心线
- 在两点处插入中心线

通过两点添加辅助线  
擦除饰品对象  
更改线段外观  
向指引线添加焊接信息  
插入视图  
插入活动的视图  
插入投影组功能  
插入局部视图  
插入底稿工作台 ( Draft ) 对象  
插入 Arch 工作台对象  
插入数据图标功能  
移动视图功能  
共享视图模式  
投影 3D 形体功能  
为图面创建剖面线  
将几何剖面线应用于面  
插入 SVG 符号  
插入位图功能  
打开/关闭视图选框功能  
修改线条类型  
线条增量变换功能  
锁定和解锁视图功能  
对齐剖面视图功能  
创建对齐的链接饰尺寸水平  
创建对齐的链接饰尺寸垂直  
创建对齐的链接饰尺寸斜向  
创建水平尺寸联级  
创建垂直尺寸联级  
创建斜向尺寸联级  
计算选定面的面积  
自定义气球文本或尺寸文本的格式  
添加中心线命令给圆形添加十字中心线  
添加螺栓圆中心线  
孔螺纹螺柱装饰辅助线外侧建立  
孔螺纹螺柱装饰辅助线内侧建立  
添加装饰线孔底部视图  
添加装饰螺纹螺栓底视图  
添加装饰相交顶点  
添加修饰圆或弧命令  
添加装饰弧  
添加装饰圆 3 点  
添加装饰平行线  
添加装饰垂直线  
创建水平链尺寸  
创建垂直链尺寸  
创建倾斜链尺寸

- 创建水平坐标尺寸
- 创建垂直坐标尺寸
- 创建倾斜坐标尺寸
- 创建水平倒角尺寸
- 创建垂直倒角尺寸
- 创建弧长尺寸
- 插入“ø”前缀
- 插入“ ”前缀
- 删除前缀
- 增加小数位数
- 减少小数位数
- 自定义尺寸

结尾

作者声明

鸣谢

## FreeCAD 学习指南 v2.0

编写：VO 清鱼 校对：VO 清鱼 日期：2023/7/30

### 前言

本手册这里称为学习技术指南，希望能够用文本的形式帮助到想要学习 FreeCAD 的朋友，进行正确的有目的性和针对性的学习，手册编写是以 FreeCAD0.20.2 版本进行演示编写，请以此版本为基准进行学习，此外 0.20 版本和旧版 0.19 以及 0.18 大致功能基本不变，请注意本手册所讲的内容只包含 Partdesign ·Part ·曲面工作台、Draft 工作台、工程图工作台等几个主要的设计模块进行讲解，在每个工具功能解析附有本人在视频平台录制的视频教程地址供选择观看结合本手册一起使用学习。

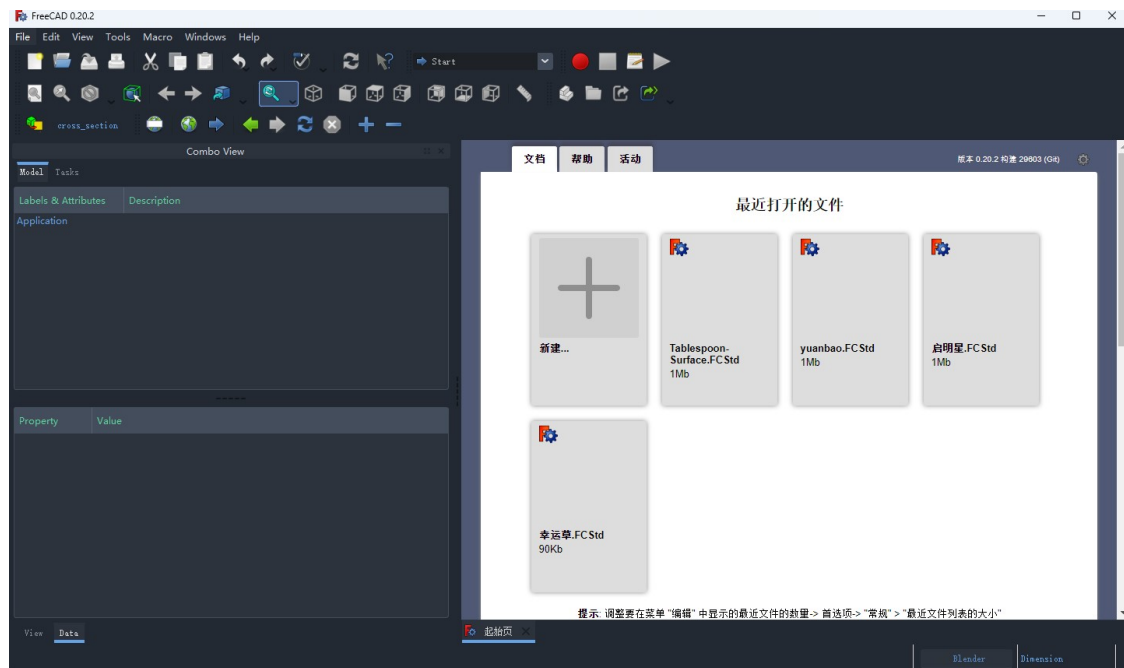
### 关于下载

FreeCAD 提供 Windows,Linux 以及 Mac 平台下的程序下载，你可以访问官网进行你所对应的操作系统进行下载：

<https://github.com/FreeCAD/FreeCAD>

<https://www.freecad.org/>

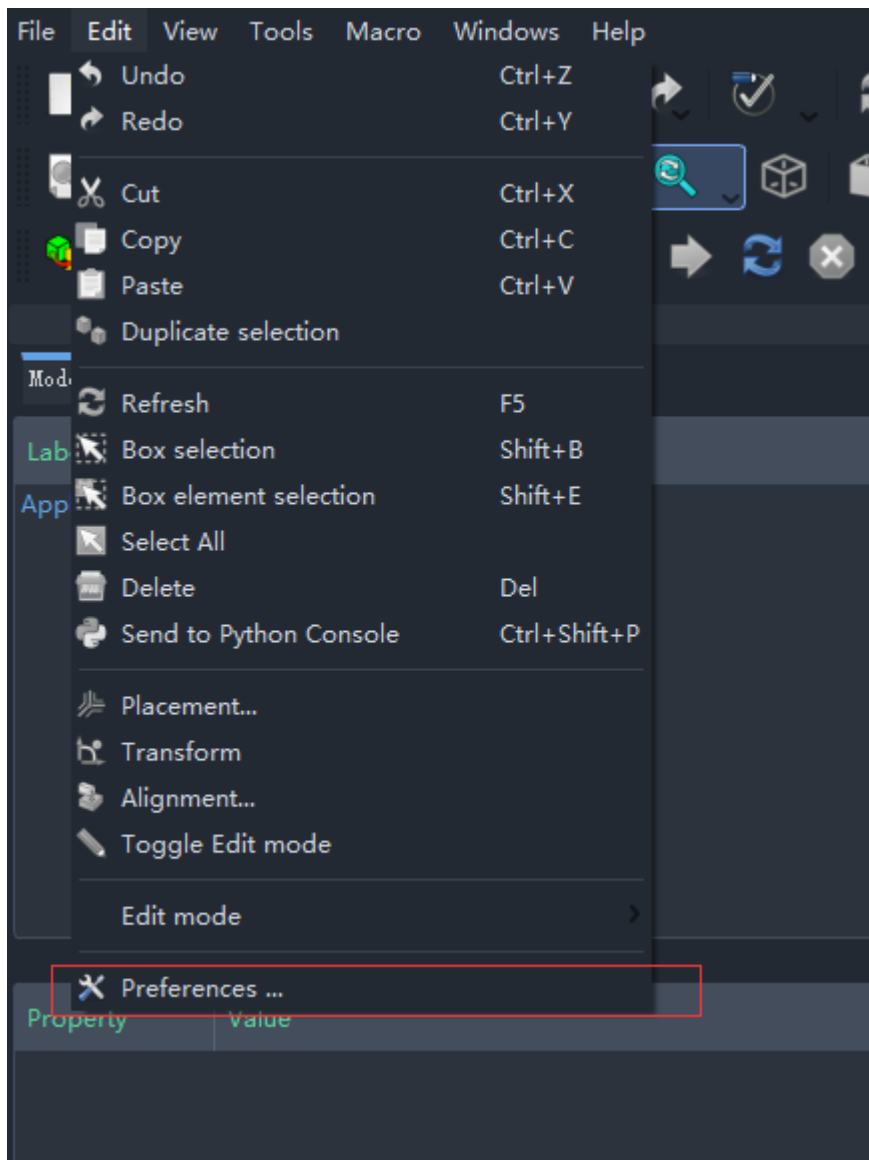
## 启动软件



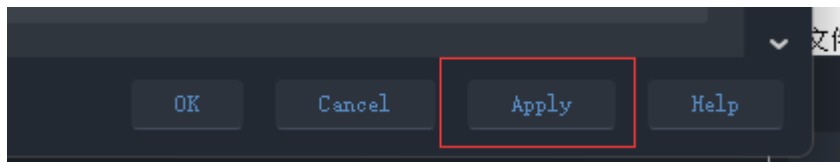
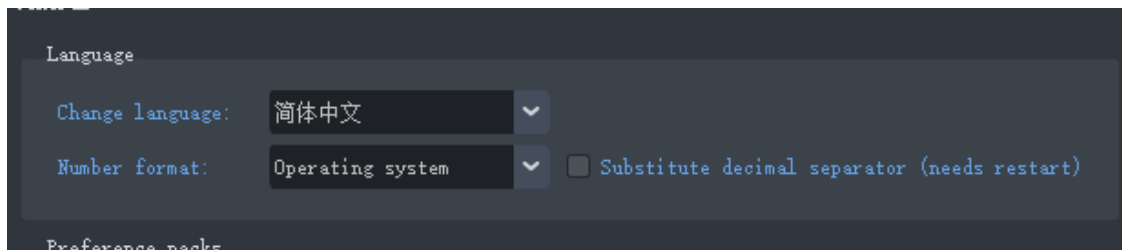
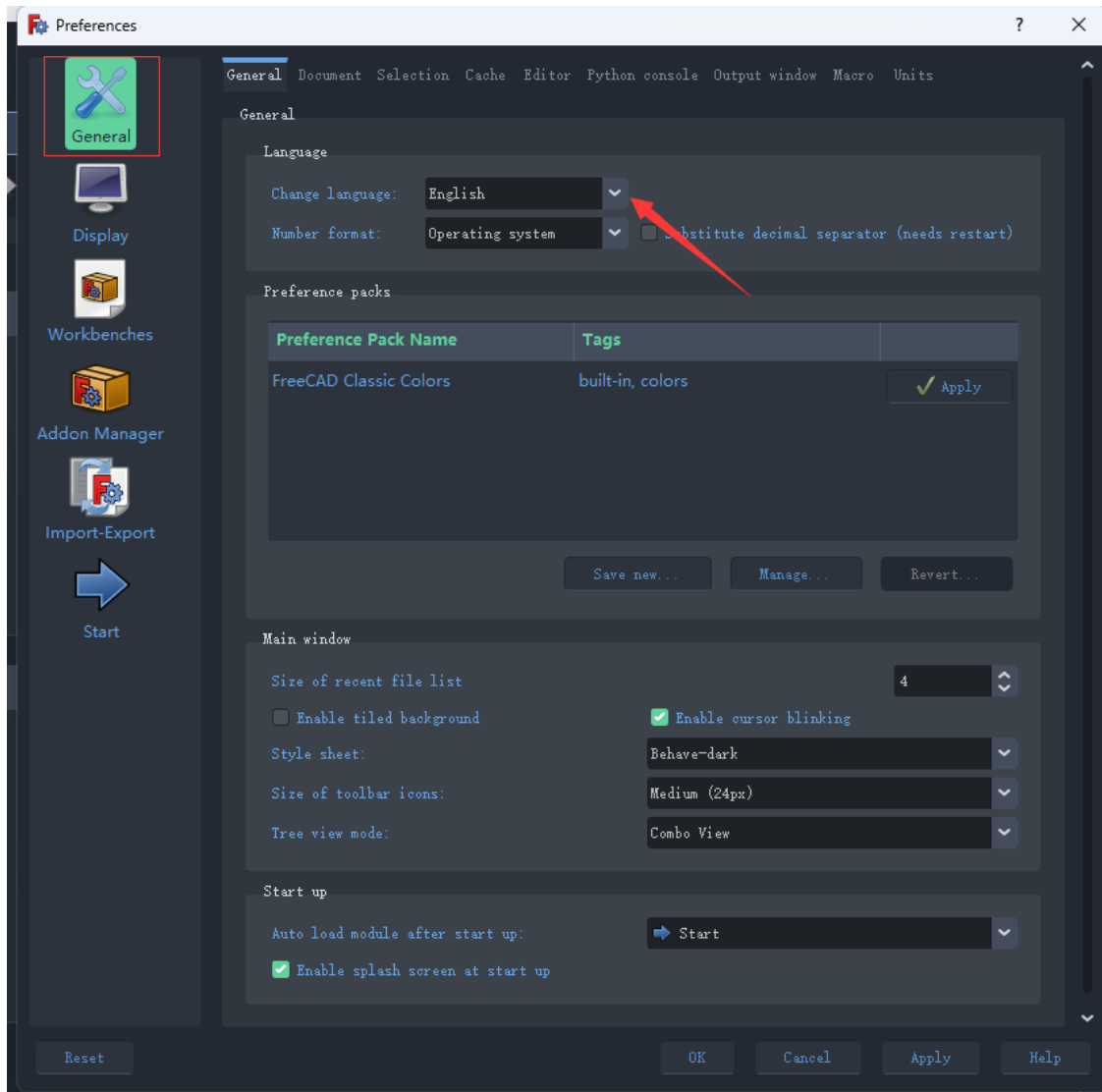
(软件进入界面图)

## 软件的初始配置

刚进入软件时默认为英语，需要正确配置对应地区的语言，以及在之后的建模中所需要开启的辅助功能。



(点击红框位置处的设置)



( 在下拉菜单栏中找到对应地区的语言切换，完毕之后点击 Apply (应用设置) )



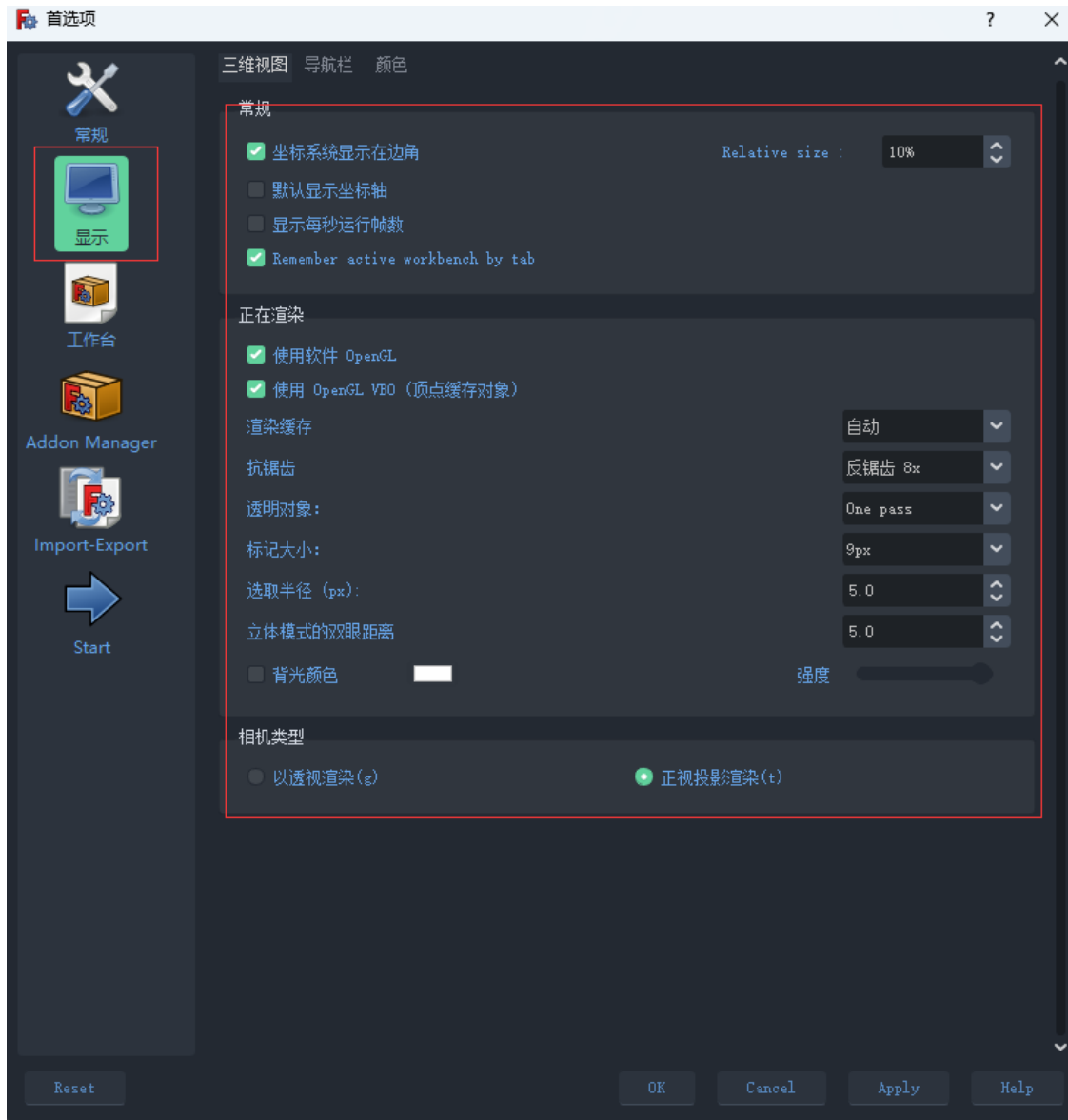
( 请注意单位的设置，以确保在设计中正确的读数，如需变动请自行更改)

## 个性化设置

在 FreeCAD 中也可以自定义设置，比如界面的颜色以及尺寸线的变更，导航立方体的大小，包括一些自定义的功能。



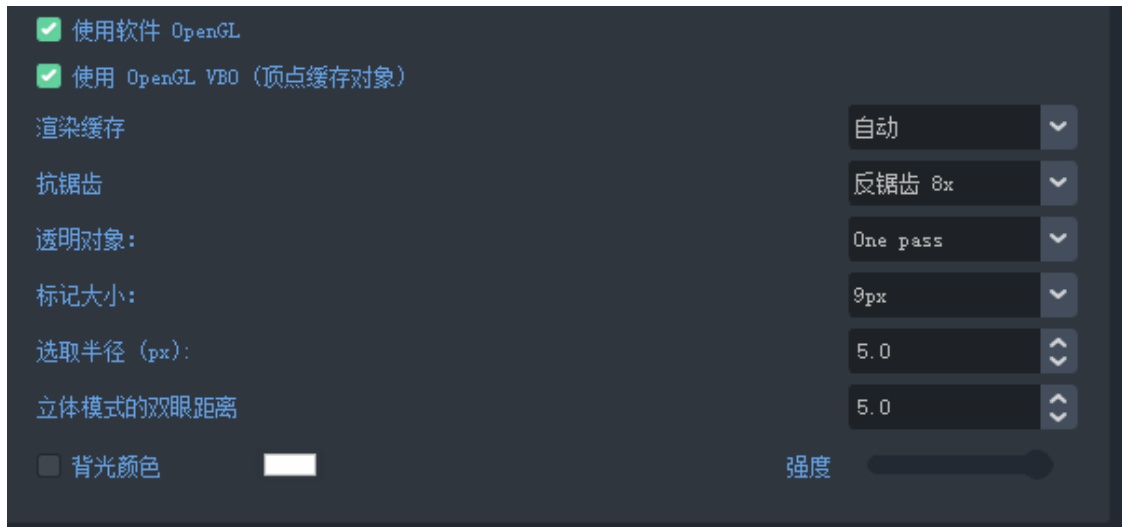
( 在常规菜单中，我们可以定义软件的主题色，图标大小等等设置，更改完成后记得应用 )



(在显示选项卡中，我们也可以更改图标的大小，以及其他个性化设置)

## 个性化设置参数

视图渲染 (render)，在软件中的表现为模型在视图菜单中的显示，请按照图片案例中的数值进行参考性设置以达到最好的视觉效果，本版本以及一些旧版都会存在着色器错误的一些表现，这是正常的因为这是软件着色算法的原因，经过此项设置可以让视图渲染得到一定的优化。



(着色视图数值参考，请按照参考值适当设置)

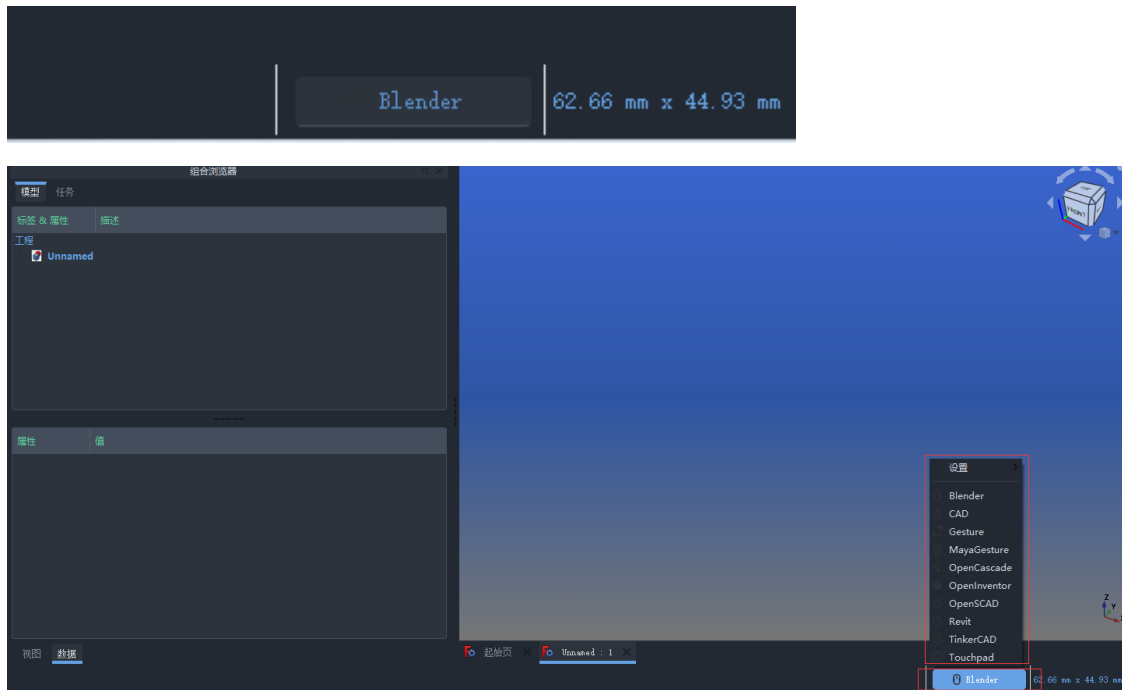
## 设置操作交互方式

FreeCAD 具有好几种操作交互方式，你可以按照你习惯的操作逻辑来进行设置。



(交互面板菜单)

在软件的显示选项卡下拉菜单中可以选择交互方式，也可以在软件右下角找到圆角交互选择按钮进行操作方式的切换更改。



( 图为操作交互方式选择界面 )

## 设置背景色

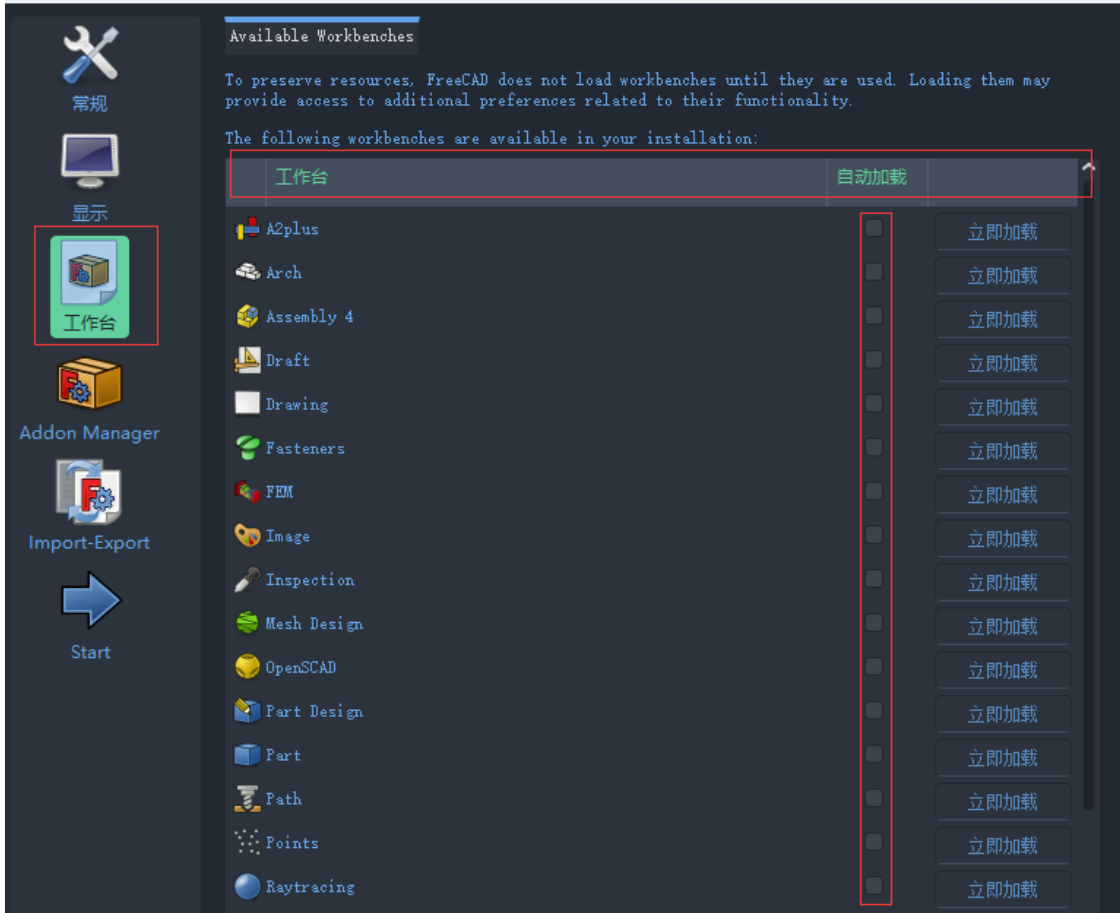
你可以在显示选项卡中，找到颜色选项卡并选择你想要的颜色进行自定义，你定义的颜色会直接影响建模的世界环境。



( 颜色更改选项卡 )

## 工作台加载设置

工作台加载可以将工作台预载到设置面板中，从而进行对某个工作台的设置，可以选择自动载入工作台，下次在进入软件时就无需在重新载入。



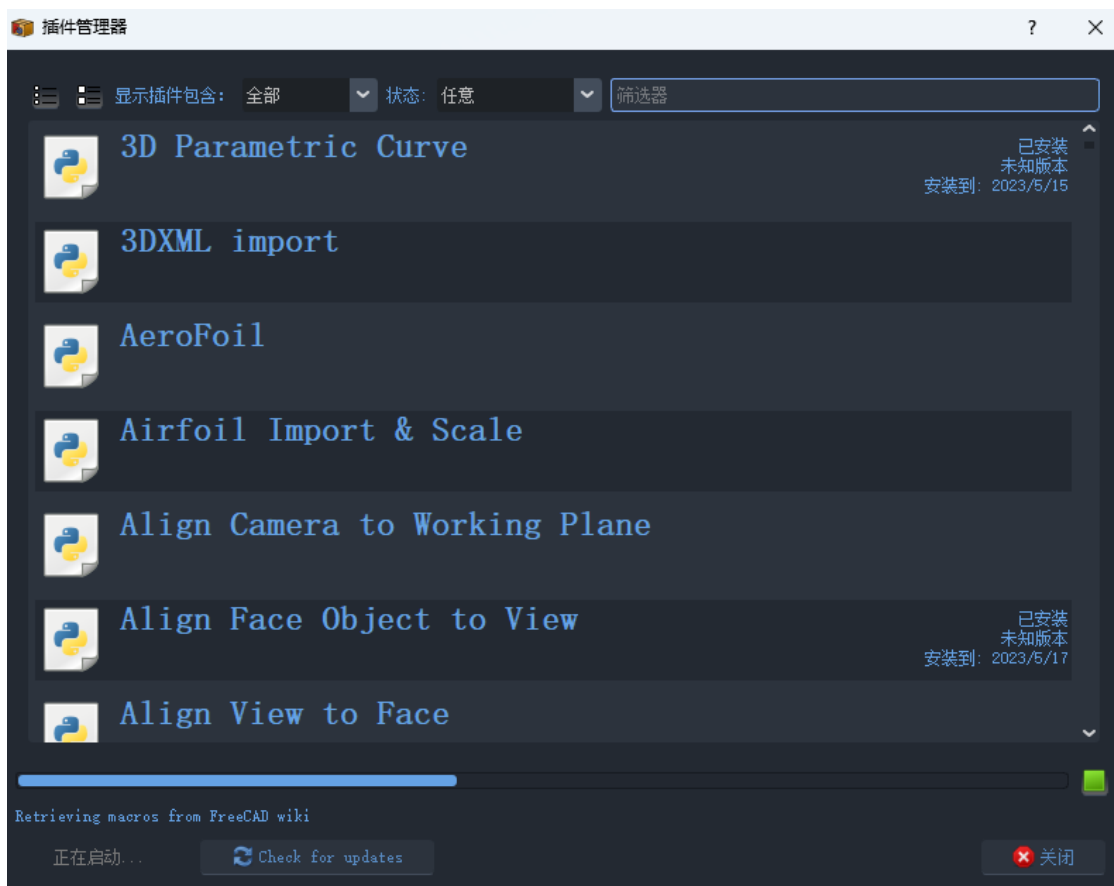
(工作台模块加载设置)

## 插件管理器

插件管理器是 FC 中的插件商店，可以从插件管理器中获取第三方工作台、以及其他开发者所开发的宏组件，包括一些插件等.....请注意需要访问此插件商店，您需要能够连接到 GitHub 以及 Google 的网络，您可以在菜单栏-工具栏下拉菜单中找到插件管理器并启动它。



(工具栏子菜单)



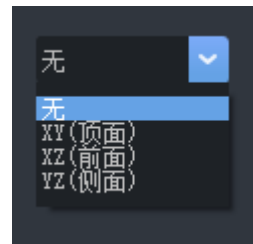
( 插件管理器界面 )

## 制图绘图工作台设置

此工作台用于 2D 绘图，在设置中如若没有其他特殊需求，则让设置默认即可，如需个性化设置定义尺寸粗细或者命令快捷键，请参阅下图。



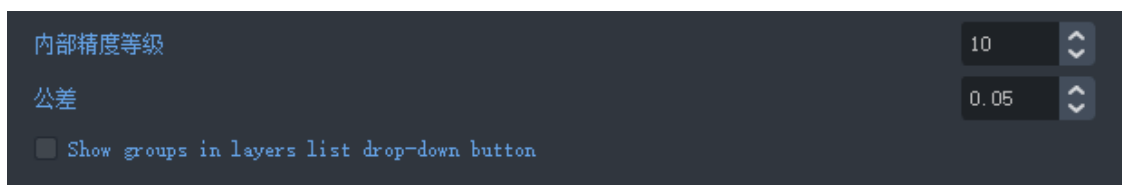
( 全局设置 )



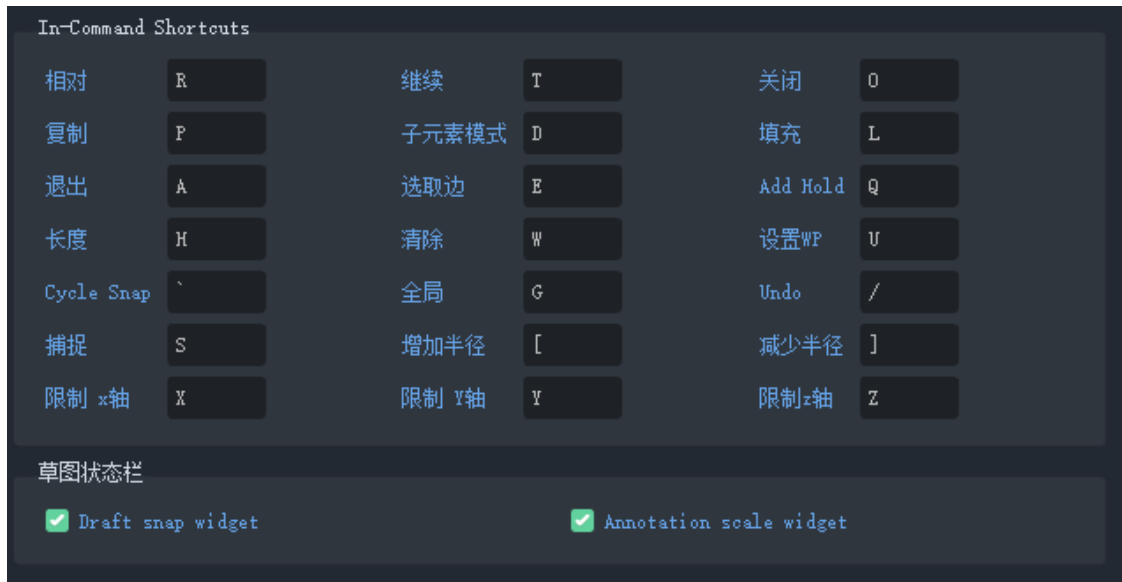
1.默认工作平面设置你可点击此处的下拉菜单每次启动绘图工作台时候默认的工作平面。

从中选取软件

2.内部精度等级即是小数点的后几位数，数值取值建议在 1-8 左右，公差可以自己按照实际项目需求来定义公差。

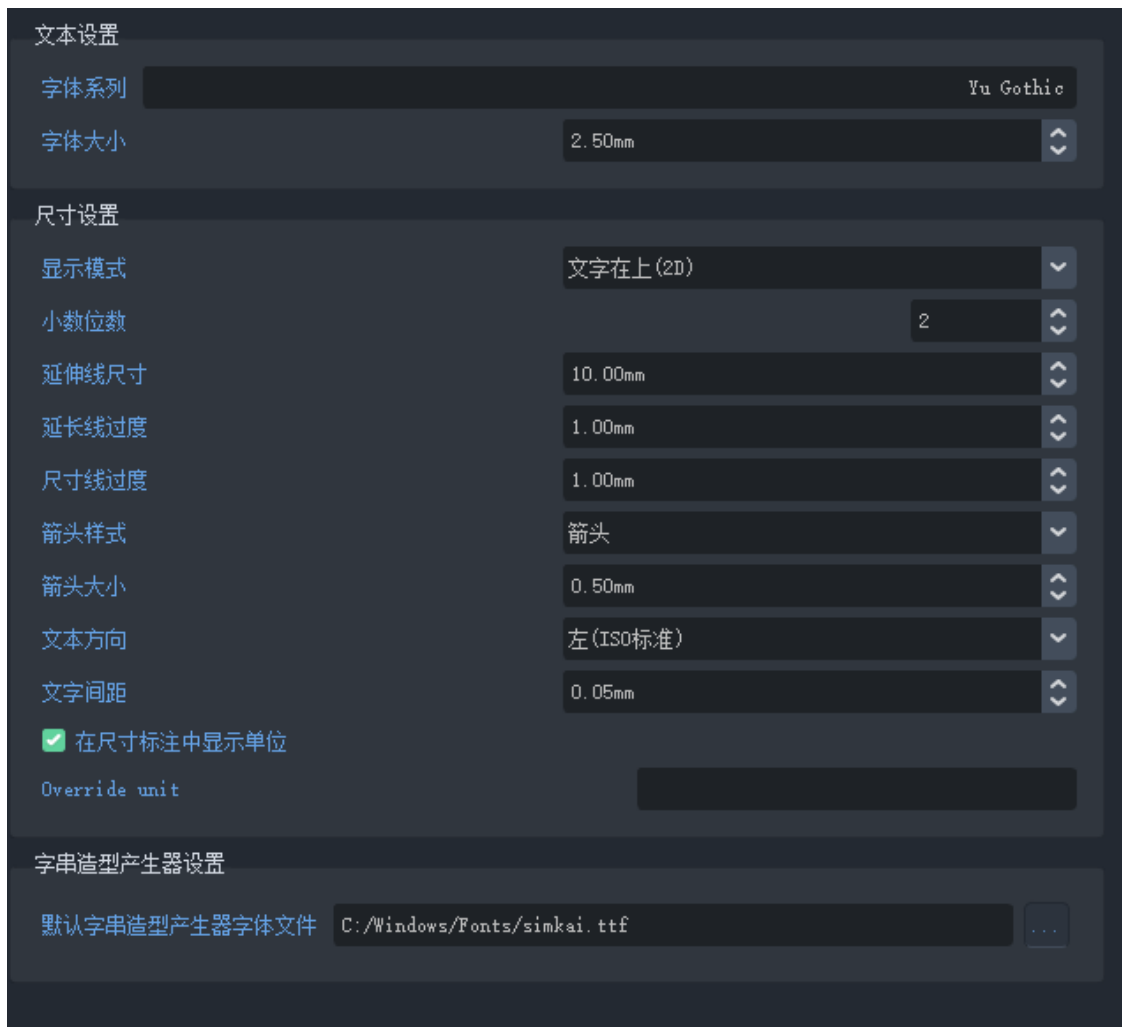


3.在用户界面的选项卡中你可以看到 ( Command ) 命令，也就是快捷指令的指引，可以按照需求更改指令，请注意避免指令发生冲突。



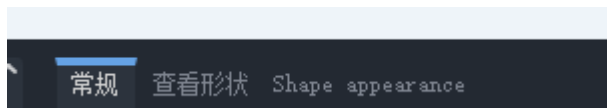
(快捷指令设置面板)

文字和尺寸选项卡，在此设置中可以设置经常使用到的点大小、线的宽度、尺寸文本的大小、以及文本的样式字体等，此处可以参照视频有提到怎么去设置常用的参数：<https://www.bilibili.com/video/BV1js4y1v7rx/>



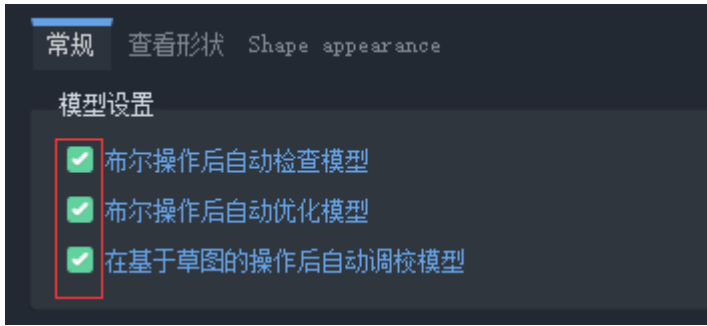
## 零件设计工作台设置

零件工作台/零件工作台是 FC 中的核心功能，也是设计模块中最重要的部分，它可以帮助你创建参数化的模型，完全是按照尺寸草绘来去生成特征的模块。

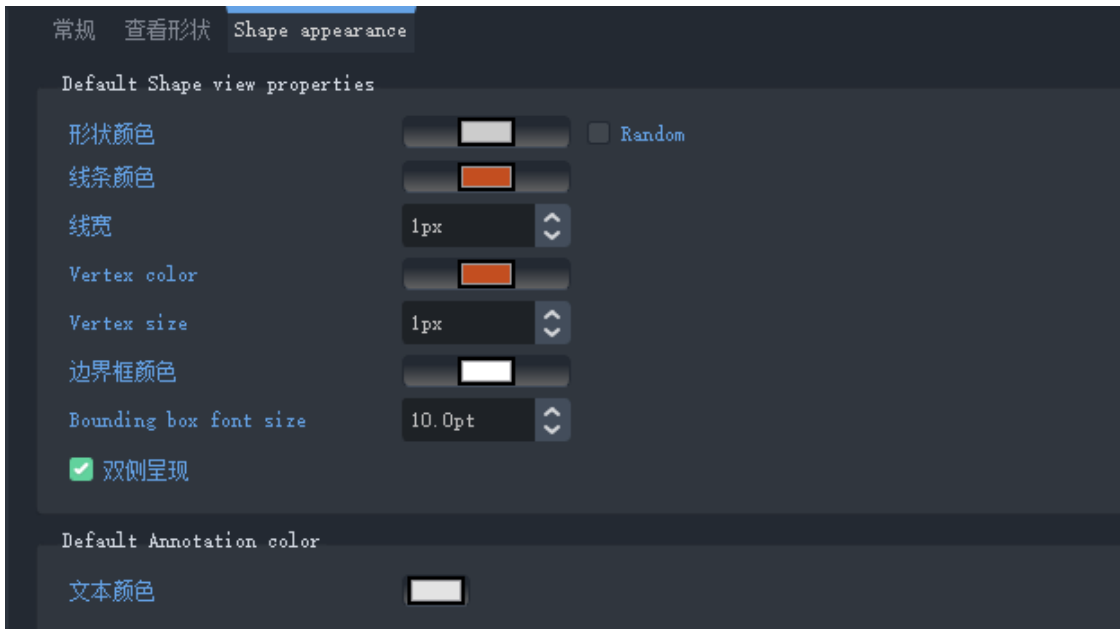


(布尔设置选项卡)

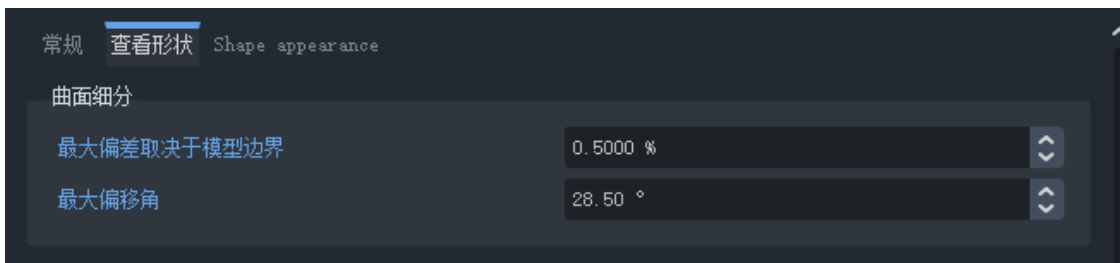
请一定要勾选下图中的三个选项，它会在你建模过程中起着决定生成是否成功的作用，如若没有勾选则需要自动结合某个零件时则会报错。



在 Shape appearance 中你可以更改自定义样式来去更改模型在视图中点线面的颜色，通过修改 RGB 色值来去修改颜色，修改完毕后记得应用全部。



模型表面细分设置，通常保持默认设置即可，除有必要修改请一定记得备份原始数值。



## 草绘器工作台设置

草绘器工作台也是零件设计中的核心组件，因为它包含一个标准求解器来去达到约束几何绘制、圆弧、B 样条、矩形、椭圆形等图形的绘制，从而根据草图来进行

常规 显示 颜色

草绘的网格捕捉以及自动捕捉，按照个人需求启用或者停用，网格大小自定义更改，建议勾选自动约束和避免冗余自动约束，还有常规下面的自动删除多余冗余，从而提高草绘时的工作效率。



(草绘器设置面板)

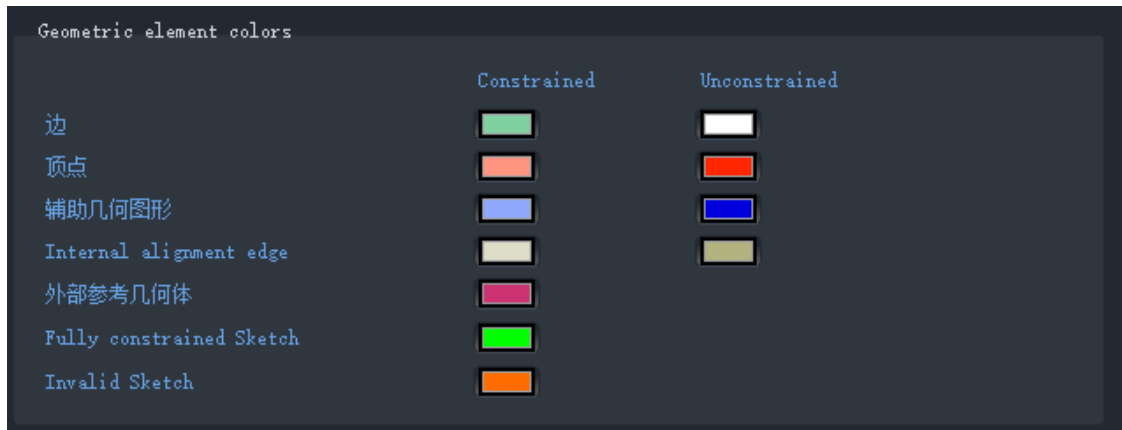
在草图显示中可以修改字体的大小，以及网格线的样式，具体的设置参数可以参考下图中的数值进行相对应的设置，设置完毕后记得套用当前草图并应用设置。



在颜色选项卡中，你可以独立的调整每个单元的颜色配置，通过更改 RGB 色值来去定义你想要的颜色，设置完毕后点击应用设置。



(工作颜色设置)



(几何元素颜色设置)



(尺寸约束几何参考颜色设置)



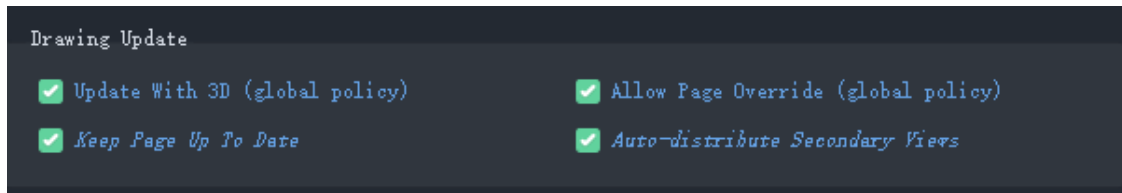
(外部草图颜色设置)

## 工程图工作台设置

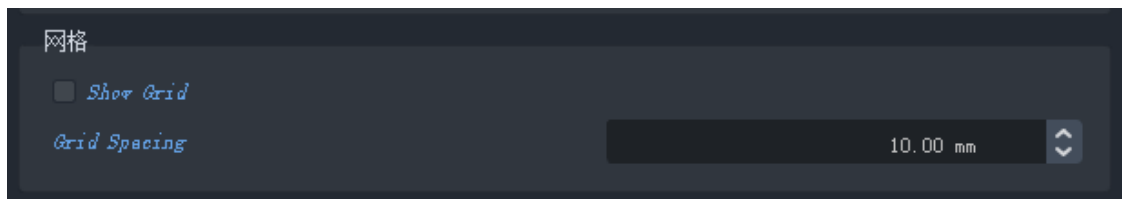
此工作台主要用于生成工程工艺图，是设计完毕后需要输出 DXF/或者其他文档的 2D 综合工作台，拥有标注尺寸剖开实体等功能从而实现在模板中将零件三视图和尺寸公差反应在图档中。



常规选项卡下，有四项默认勾选的功能，分别是视图跟随 3D 窗口更新、自动分发、页面置于顶层功能，初始状态下默认勾选，如若发现视图无法自动更新或者误操作，可以回到此选项卡中勾选上即可。



标签页中可以选择字体进行切换，注意此处的字体应用只适用于工程图模块中的字体形态，可以控制线段的粗细以及网格的间距。



( 网格设置菜单选项卡 )

在缩放选项卡中，可以调整投影的比例默认 1:1，可以调整工程图中点线以及中心点的尺寸和比例控制。



尺寸选项卡中可以调整尺寸的样式和标准，ISO 国际标准以及 ASME 美国标准，另外包括尺寸箭头的样式和样式的大小控制。



( 样式设置选项卡 )

注释选项卡中可以调整线段以及关于尺寸标注的个性设置，例如 ISO 国际标准指引线，ASME 美标指引线等等.....

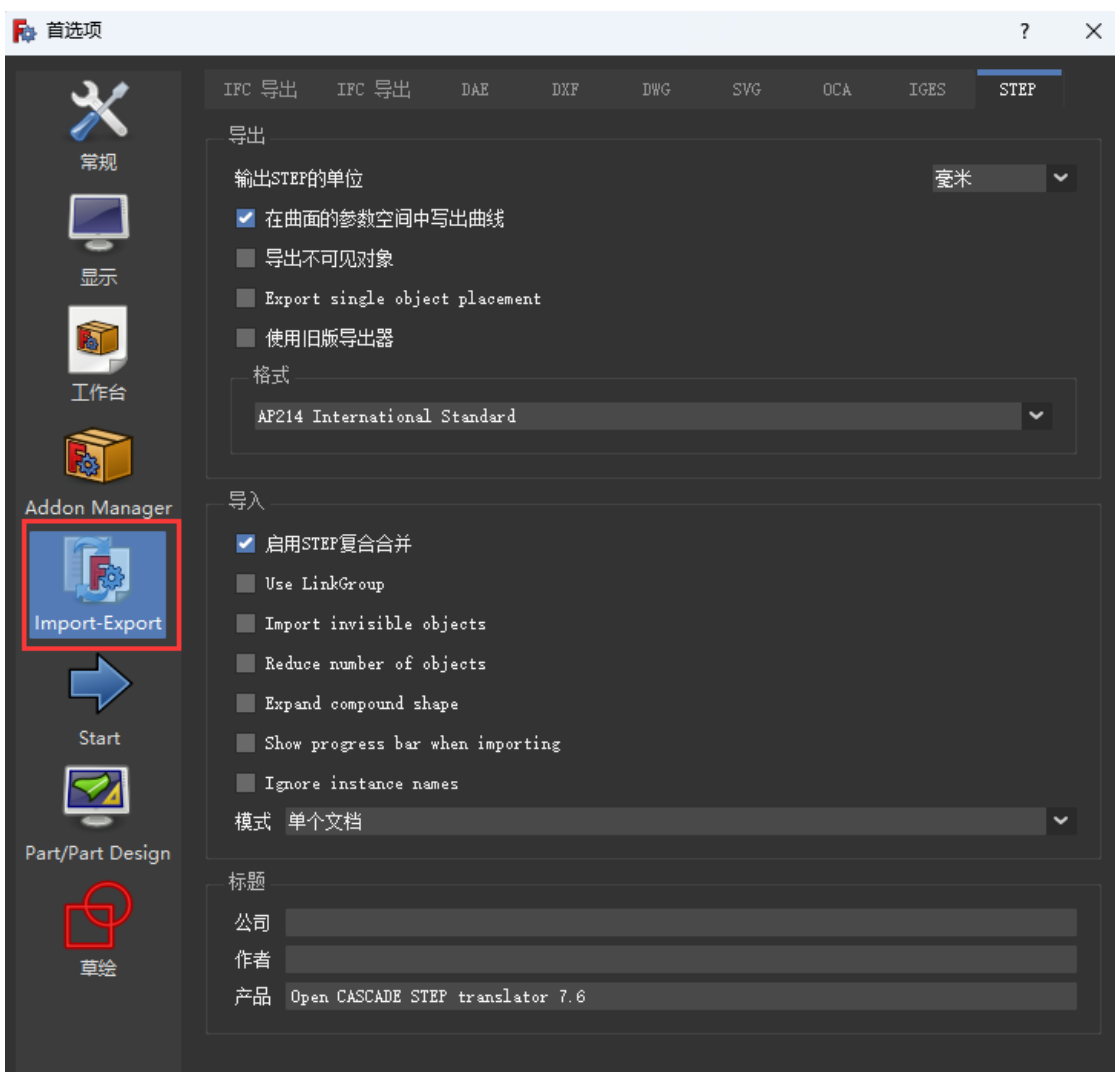


请注意此处如若发现工程图尺寸标注时没有出现中心点，或者圆心请到设置面板中勾选如图所示的显示中心线标记。



## 导入导出模块 ( inport/outport )

FreeCAD 提供一系列的标准文件交换格式导入和导出，其中最通用的交换文件格式是 IGES 和 STEP。

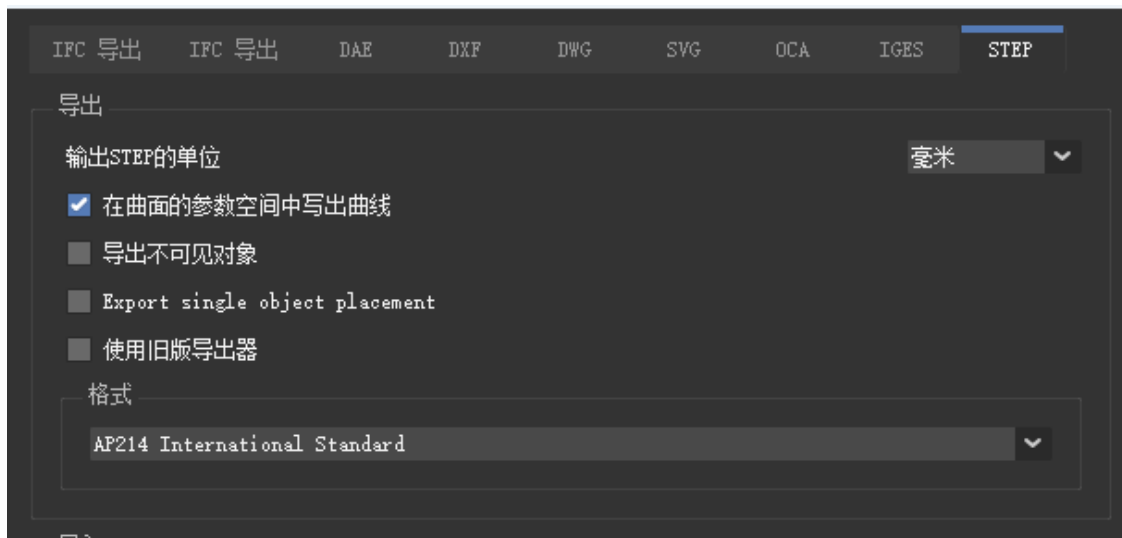


( 导入导出设置 )

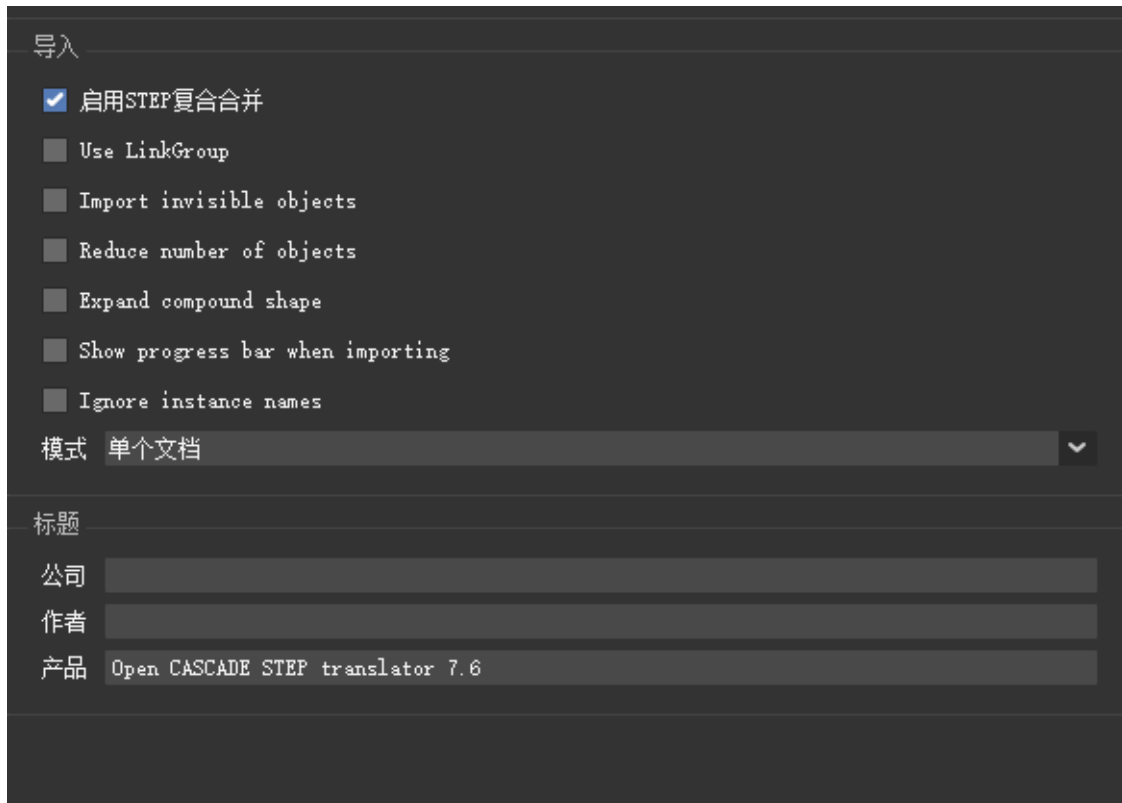
勾选已修剪面之群组导出已经创建的片面和壳体数据，勾选实体则会导出创建完毕的实体忽略片体。



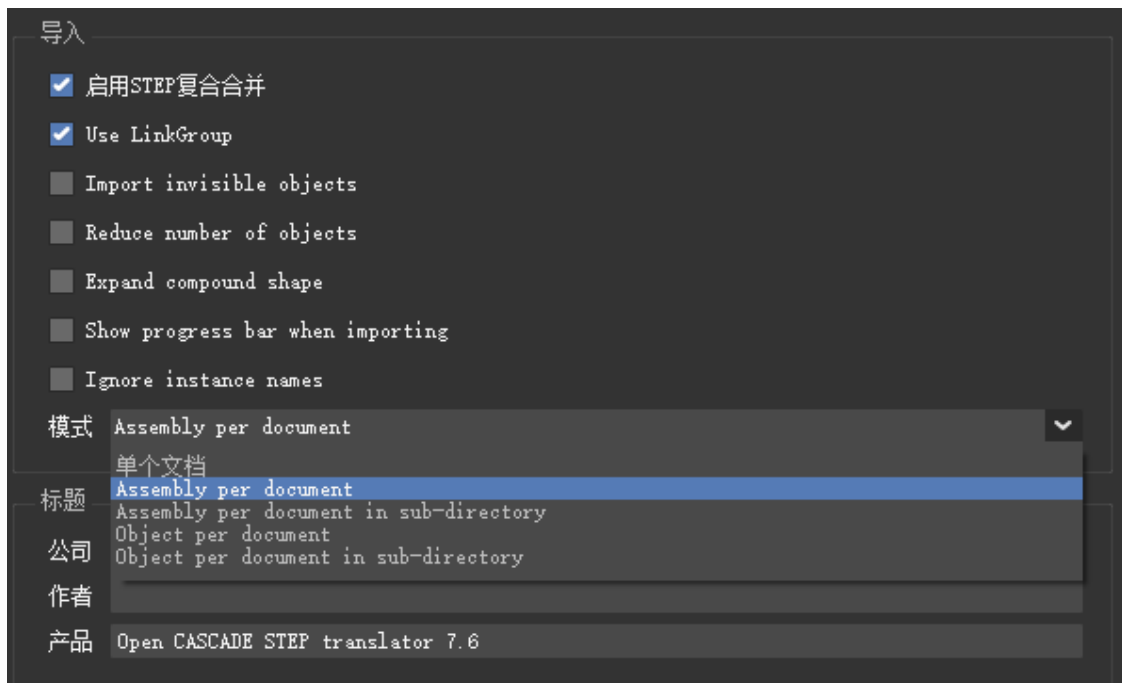
在 step 文件导出设置中第一栏请保持默认即可。



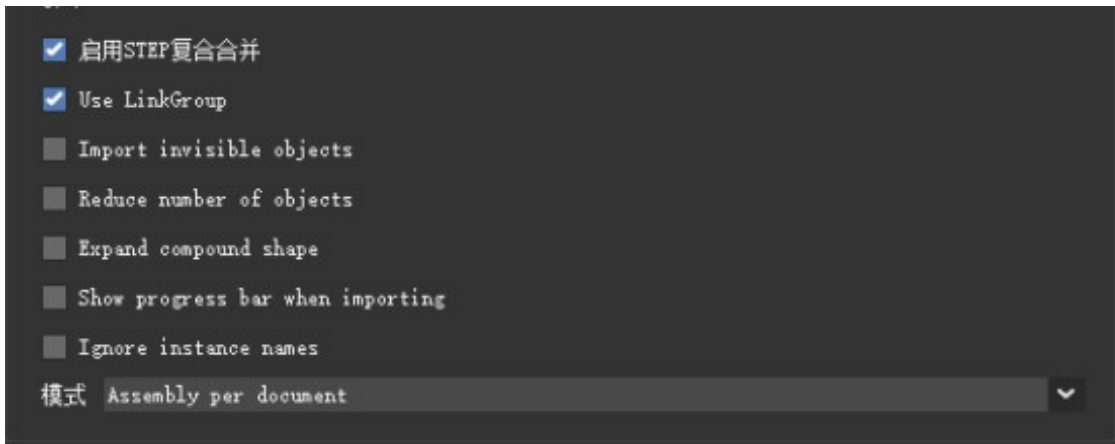
在第二栏中主要用于导入的装配体 ASM 的设置，勾选了复合体选项则导入的装配体会以封装的形式导入。



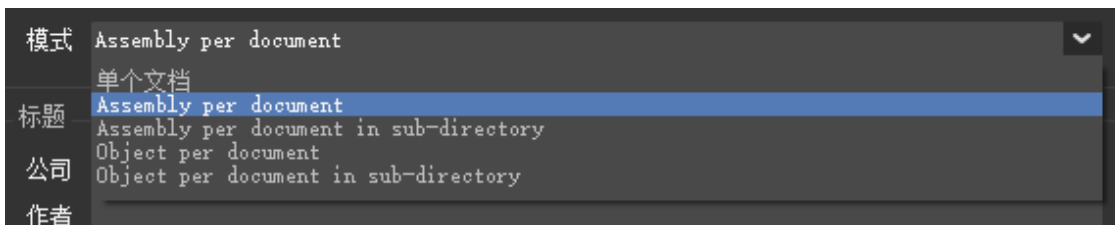
勾选 use linkgroup 会以组合的形式导入进 FC 中。



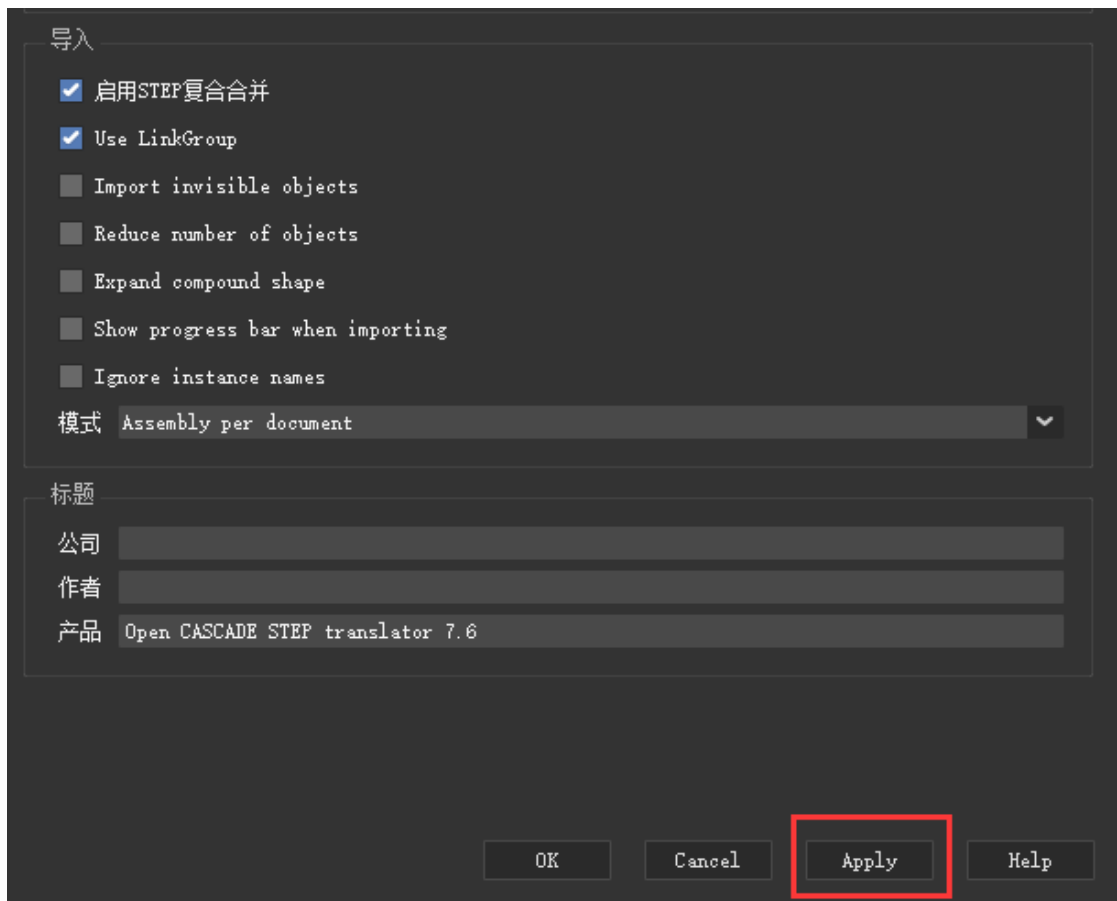
在模式中的下拉菜单中可以看到以下选项，导入零件装配体分组形式导入；如果发现导入的装配体被封装了而自己却要访问其中的零件需要选择 assembly per document。



下图中的几种模式分别为导入装配体的集合方式；包含了导入整个装配体的对象；导入装配体子级零件的对象，可以按照自己的需求来去更改模式。



请注意设置完毕后点击应用。



(设置应用)

## 开始设计前的准备

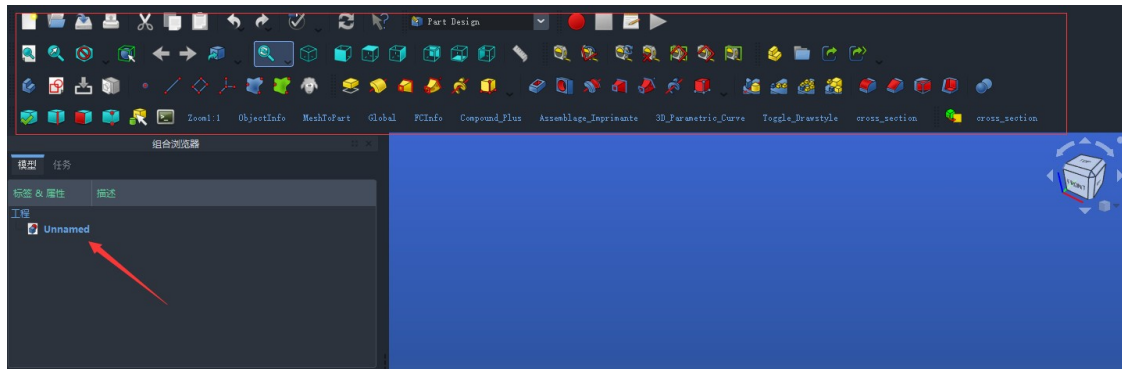
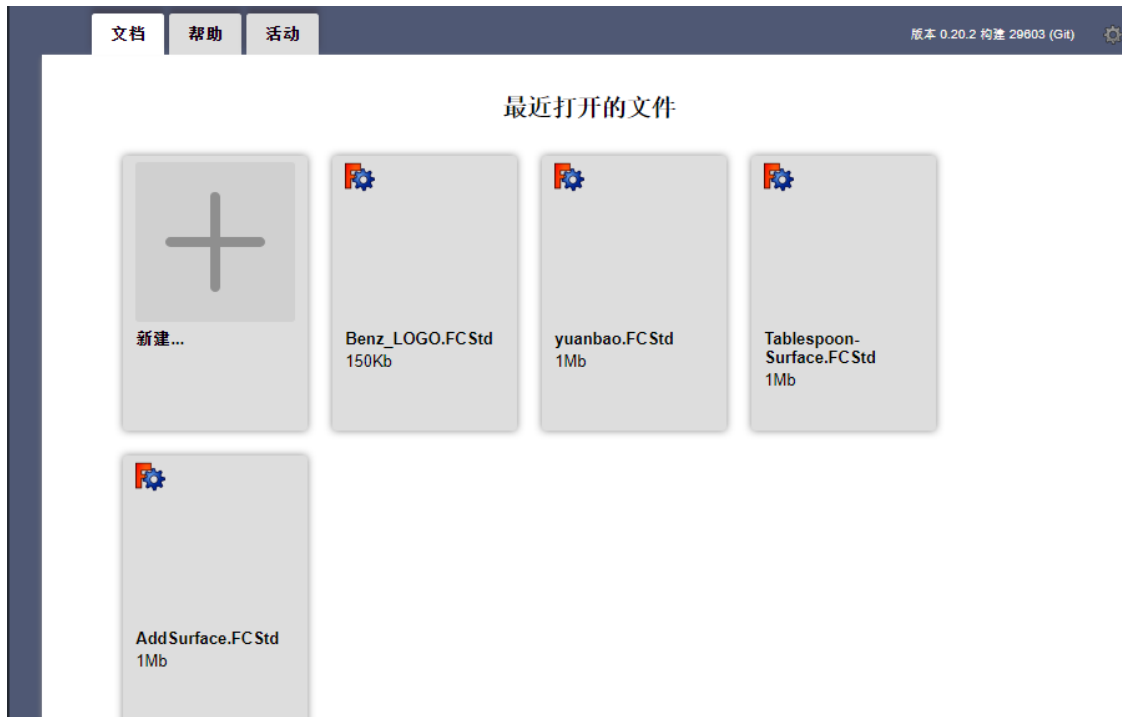
所有的零件设计和产品设计基本上都会使用到 Partdesign 工作台，因为这是 FC 最为核心的设计功能，基于实体的建模（支持边界表达和 CSG 建模），利用草绘来拉伸实体从而来去实现你想要的形状。

### 认识交互工具栏

基本上每个软件的交互栏功能大致相同，分为菜单栏、导航栏、工具栏等。



如图所示在进入 partdesign 工作台时工具栏都是灰色的，因为你没有开启新的工程项目所以工具栏不可交互，首先我们需要创建一个新的项目，点击创建项目。



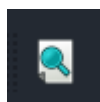
可以看到在我们新建一个项目之后，所有的交互工具都被点亮，此时我们就可以开始设计了。

## 认识 Partdesign

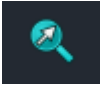
认识 partdesign 中的各项功能，是我们作为一名设计者或者是设计爱好者而言必须要掌握的技能，我们将会从头认识 partdesign 中的各个功能以帮助你理解每个功能的用处。



工具栏分为视图交互栏和实用功能栏，视图交互栏如图所示，分别为



适合所有功能点击之后模型会放大到以占满屏幕。



适合选择功能是需要点击模型需要查看的某个面来去放大视图。



样式视图可以切换模型的查看方式。



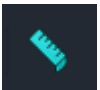
边框功能单击之后将会把模型在 3D 视图中以外部线框的模式显示。



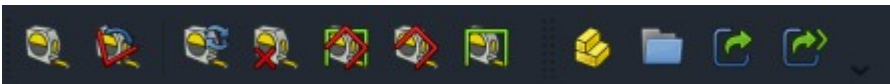
左右箭头功能则是返回上一步的功能，右边的是链接对象。



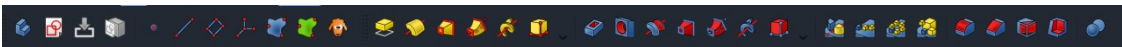
视图操作区可以用鼠标点击来切换各个视角也可以用快捷指令键盘数字键 1~6 来去切换正交视图的显示方向。



线性测量工具用于测量三维尺寸，未来此项功能可能会被移除被更统一的测量工具替代。



测量工具 2 用于测量空间尺寸，以及角度尺寸。



此部分为零件设计工作台核心组件，包括创建零件、创建草绘、基准点线面，和其他的生成式组件。



创建零件功能，在新项目中插入一个可以被编辑的零件。



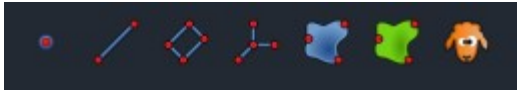
创建草图功能，在已有零件的前提下插入草图并绘制草图。



编辑草绘当草绘创建完毕需要调整时启用。

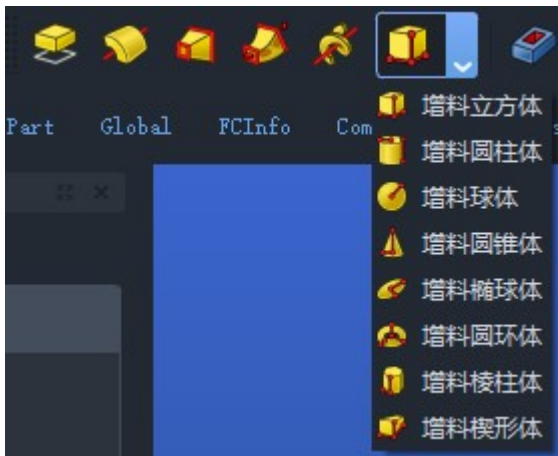


映射草图至面是将已有的草图投射附加至其他的草绘平面上。

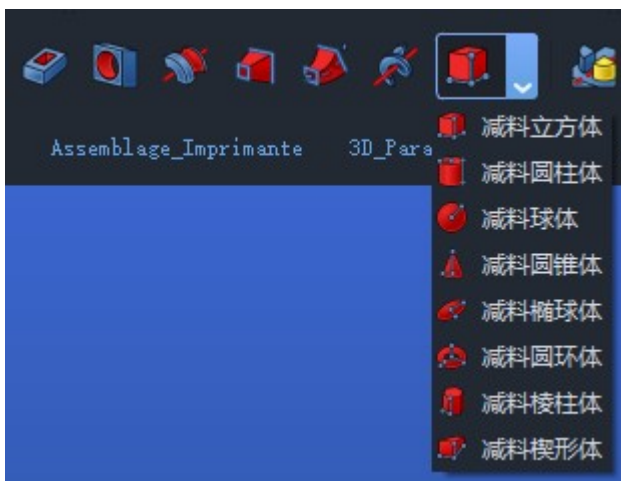


基准工具组是用于创建辅助构造，基准点基准线和基准面在实际的设计过程中十分重要，关于了解基准工具请查看视频地址中讲解：

[https://www.bilibili.com/video/BV1BG411T7WV/?spm\\_id\\_from=333.788&vd\\_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66](https://www.bilibili.com/video/BV1BG411T7WV/?spm_id_from=333.788&vd_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66)



增料生成工具栏，此栏中分为凸台特征、旋转特征、放样、扫掠、螺旋特征、和参数化基础图元。



减料生成工具栏，此栏中分为凸台特征、旋转特征、放样、扫掠、螺旋特征、和参数化基础图元。



变换工具组用于变换特征



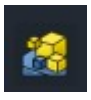
镜像变换用于变化特征以某根轴线进行对称。



线性变化用于生成数组沿着某根轴线进行三轴方向上的特征数量变化。



环形阵列是以 360°的圆周形式进行特征变化。



多重变换则是综合以上工具。

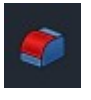


零件组合工具组用于在标准零件设计模式下，

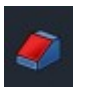
将创建出来的图元或者零件进行打组统一管理。



修饰工具组用于模型上的修饰，例如倒圆角、倒角、抽壳、拔模。



倒圆角功能选取模型的某个边线或者面进行倒圆角。



倒角功能选取模型的某个边线或者面进行倒角。




拔模在选中的面上进行一定角度的拔模角通常用于塑胶件出模。



抽壳对一个封闭模型选中需要挖空的面给予自己想要的壁厚。

## 开始设计

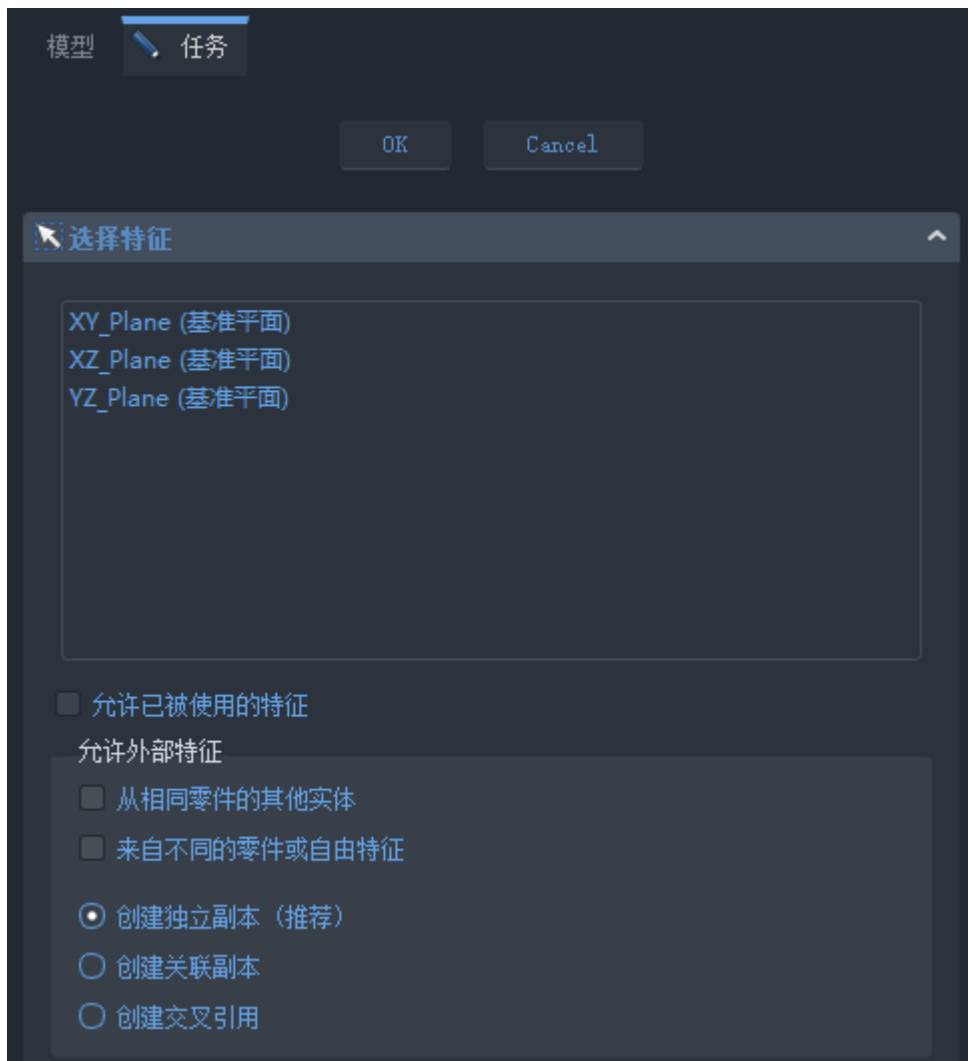
看了 partdesign 的大致功能介绍，那么我们就可以开始我的第一次设计了，首先我

们需要创建一个新项目，创建完毕后点击插入零件 ，插入零件后会在左侧的模型树里看到一个名为 BODY 的零件这就是我们的第一步。



(模型树菜单)

零件创建完毕后我们点击插入草图，插入草图后 3D 视窗会显示三个工作平面，选择一个你想要进入的工作平面，这里我们选择 XY 平面（顶视图）进入草绘。



进入草绘后我们发现草绘工作台有一堆绘图命令，我们来一步步查看草绘器的命令，

此处为视频教程地址：

[https://www.bilibili.com/video/BV14G411c7pT/?spm\\_id\\_from=333.788&vd\\_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66](https://www.bilibili.com/video/BV14G411c7pT/?spm_id_from=333.788&vd_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66)



此栏为几何变换辅助工具栏，可以控制线条的变换阵列等。



求解器无自由度功能单击后会显示当前没有约束自由度的几何线条。



闭合形状功能将一个元素的起点和另一个元素起点做闭合。



拼合两个元素的点。



选择一个元素上关联的约束。



选择冗余约束。



选择冲突约束。



显示或者隐藏内部几何体。



对称功能用于将某个元素和轴线镜像变换。



克隆将克隆带有约束关联关系的元素。



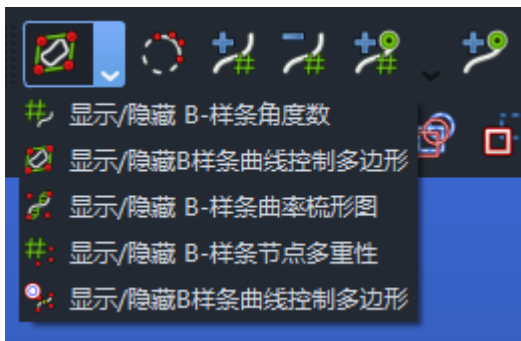
矩形阵列在草图中进行线性阵列。



移除视图中的轴对齐。



删除草图中的所有约束关系。



此图中为曲线工具组，需添加样条曲线和

函数曲线才能使用它们。



将几何体转换为 B 样条曲线。

此栏中的功能仅用于样条曲线。



此栏为几何绘制工具栏，用于在草图中绘制几何线段、圆弧、圆形等等。



此栏为约束关系栏，当绘制完成后需要定义约束才能完全解算草图。

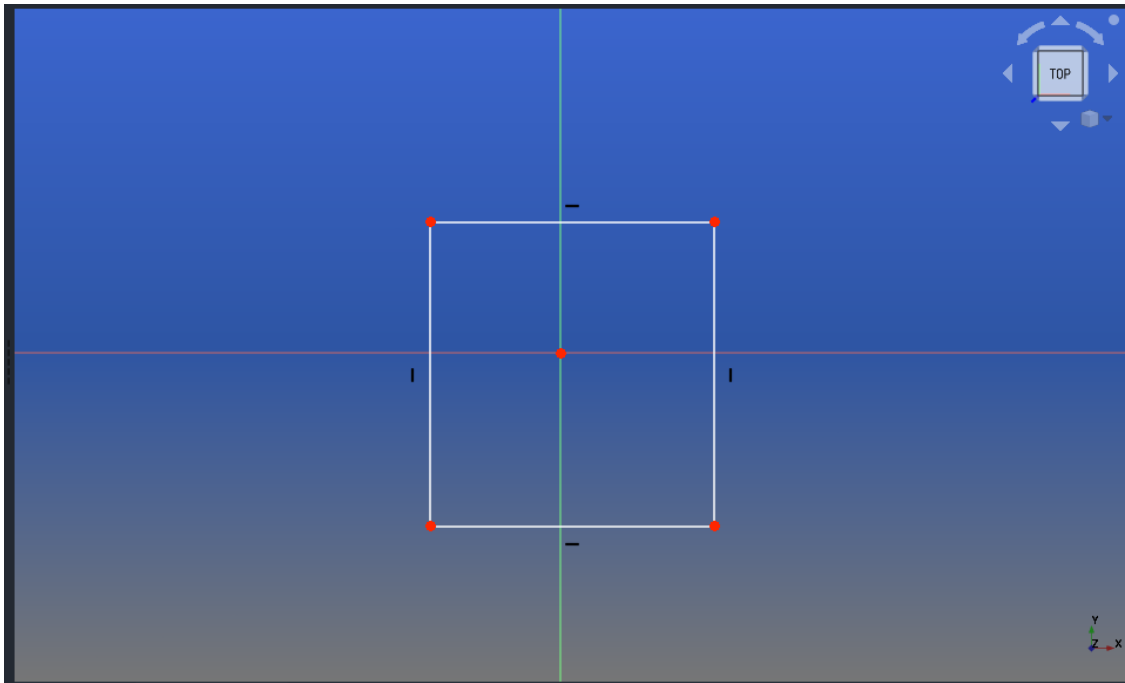


草绘的约束可以查看视频地址：

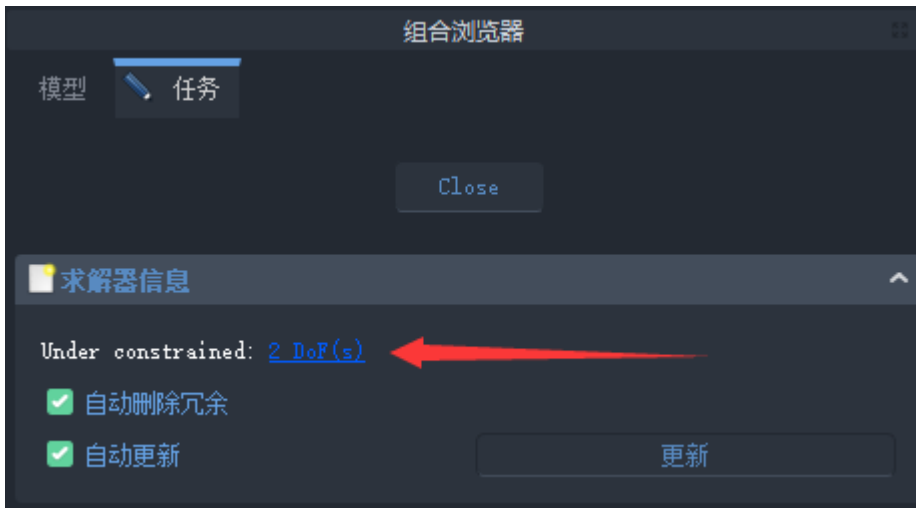
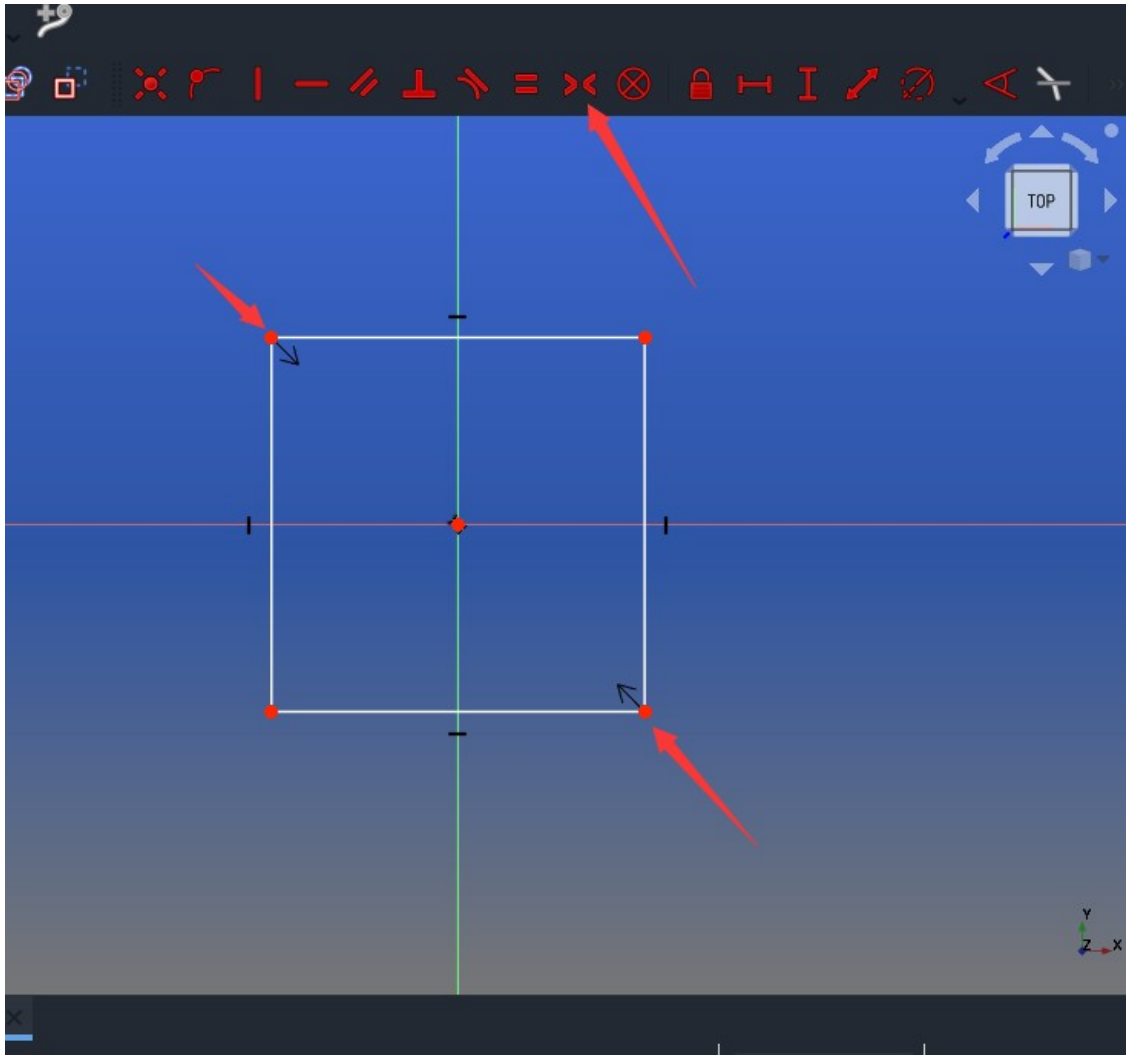
[https://www.bilibili.com/video/BV14G411c7pT/?spm\\_id\\_from=333.788&vd\\_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66](https://www.bilibili.com/video/BV14G411c7pT/?spm_id_from=333.788&vd_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66)

## 凸台拉伸

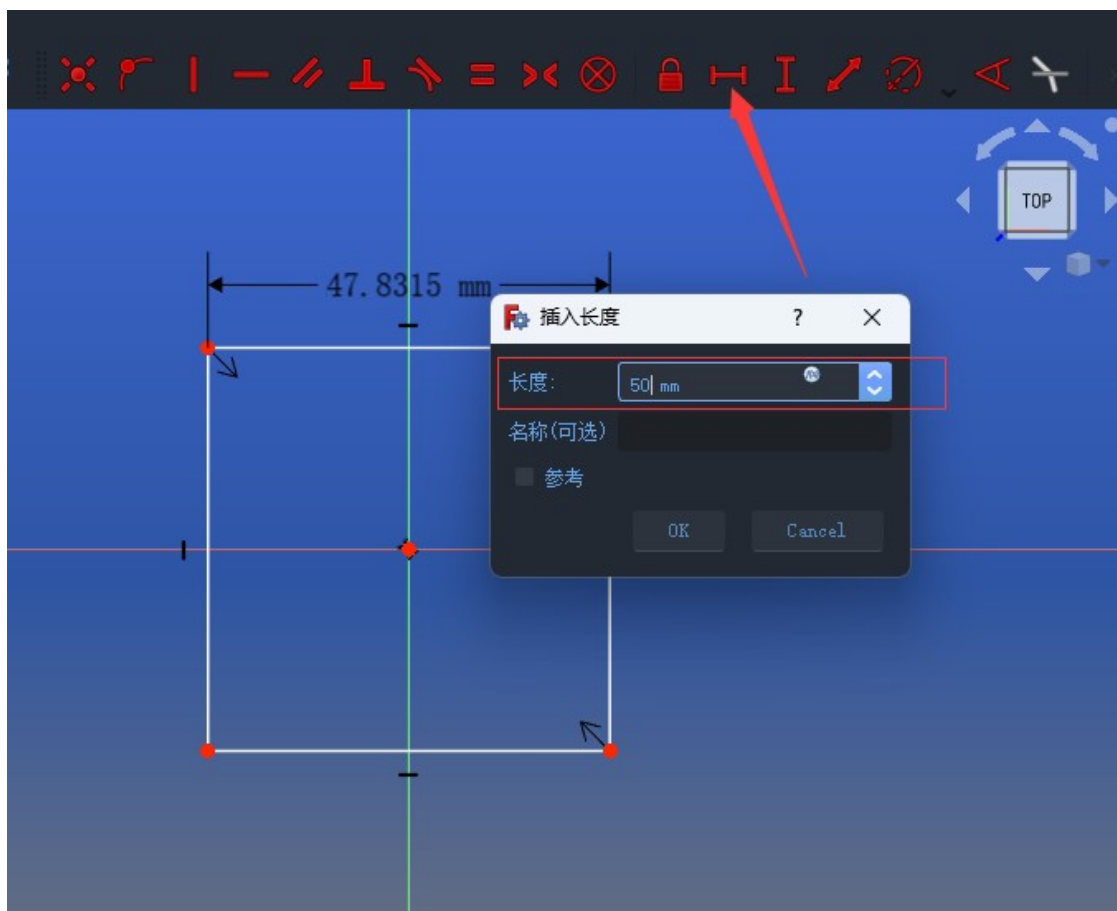
我们初步的知晓了草绘器里头的命令，注意草绘器里大多数的命令在旧版里和 0.20 版本不相同，请注意使用版本，关于快捷指令可以鼠标悬停在某个命令上去查看快捷指令。我们先来画一个尺寸为 50\*50mm 的方框，点击方框命令拉出一个方框后我们对它进行约束。



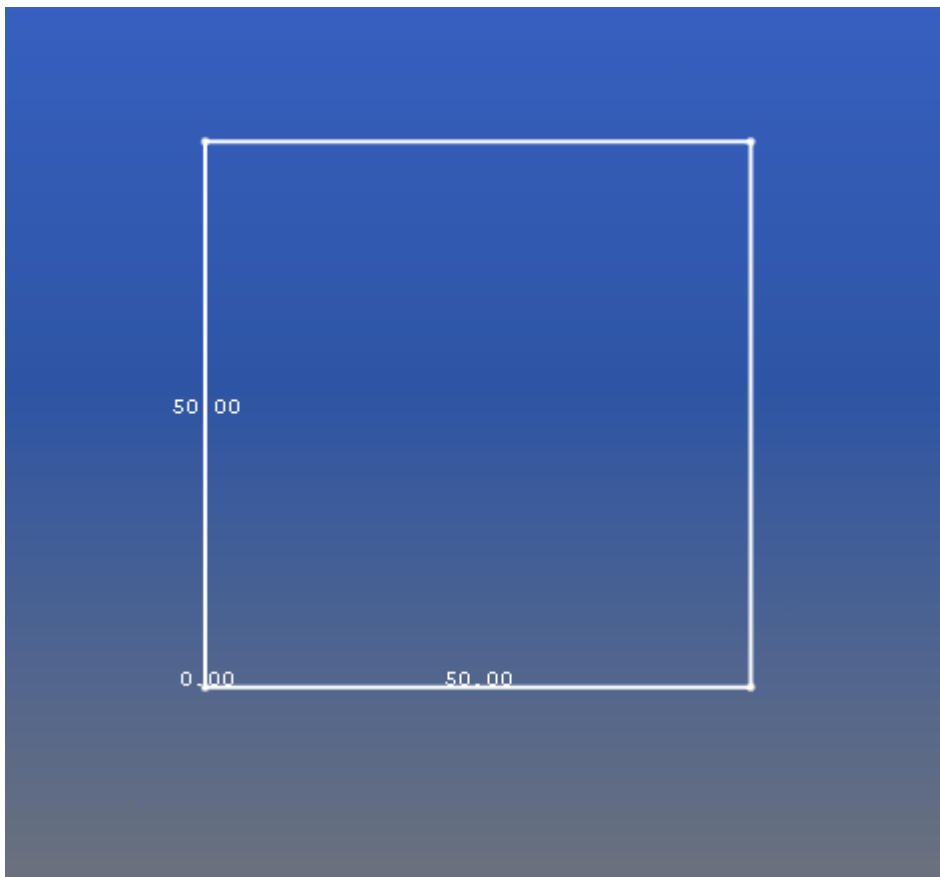
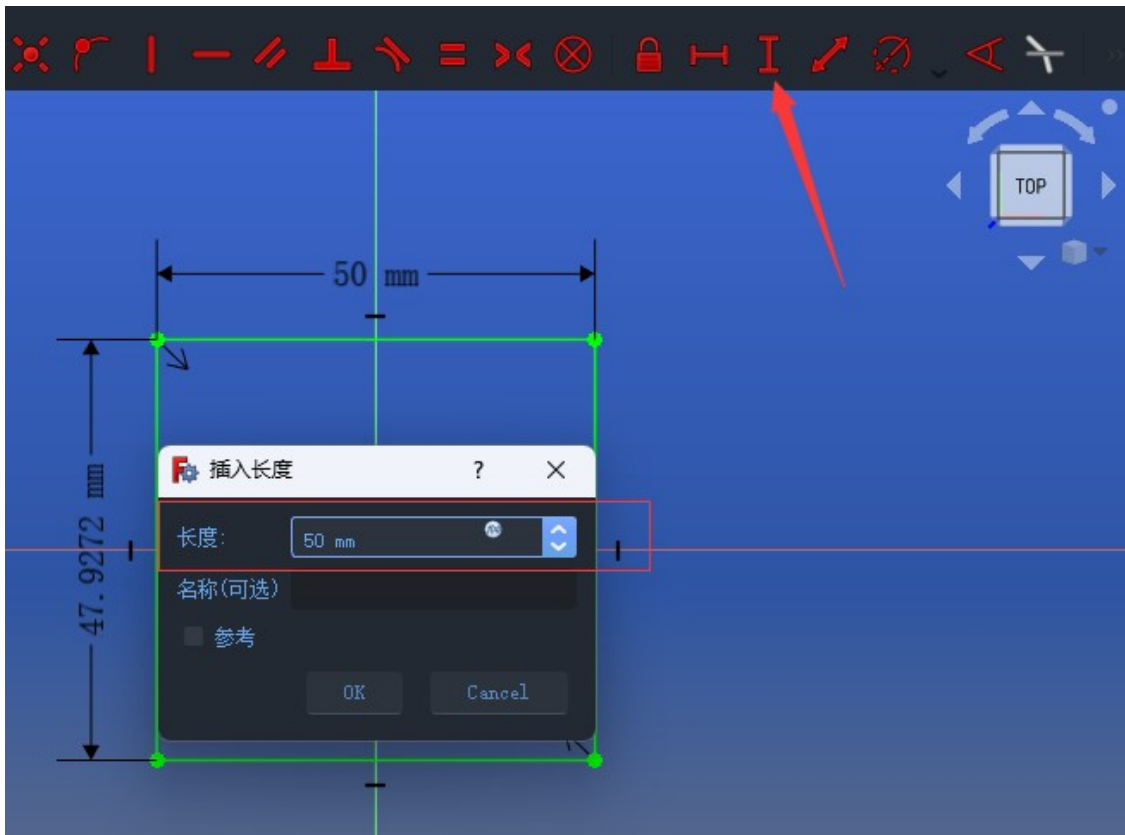
接下来我们需要添加一个对称约束，点击对称约束后选中方框的左上角点和右下角点进行三点约束中心。




此时我们看到求解器里还有两个自由度没有定义，那就是我们的长宽没有定义，我们紧接着定义方框的长和宽，尺寸为 50\*50mm

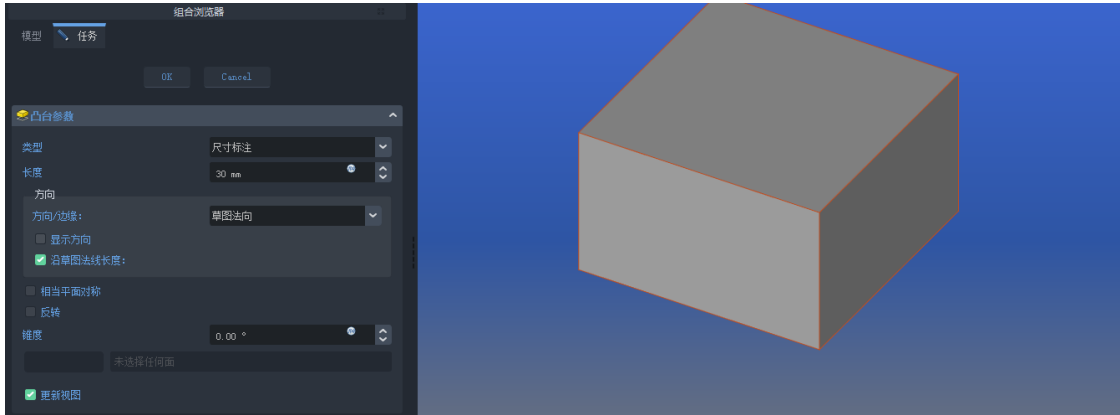


点击宽度约束指令快捷命令是 L，并在输入框里输入 50mm，然后单击长度约束尺寸 50mm，直到草图变成绿色即为全部约束完成。



(草图绘制完成)

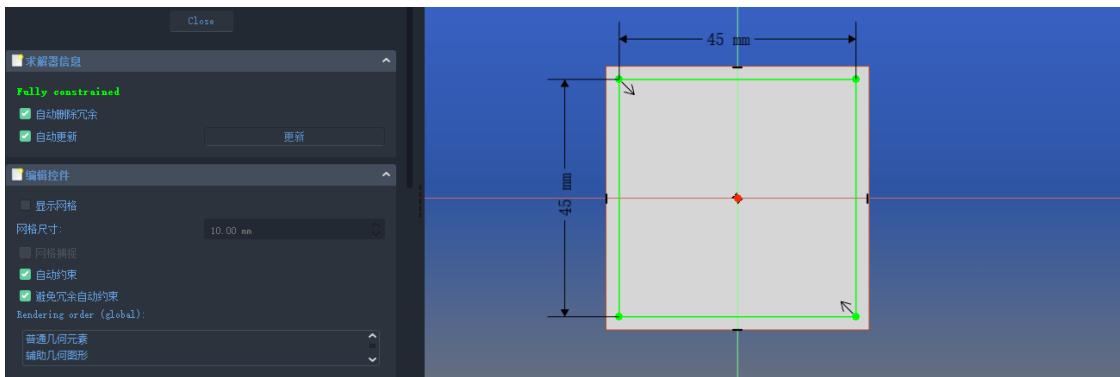
接下来退出草图编辑模式，回到 3D 视图里，在左侧模型树浏览器里选择刚画好的草图，点击凸台命令 ，将之前绘制好的 50\*50mm 的草图拉伸 30mm 高。




(绘制完成)

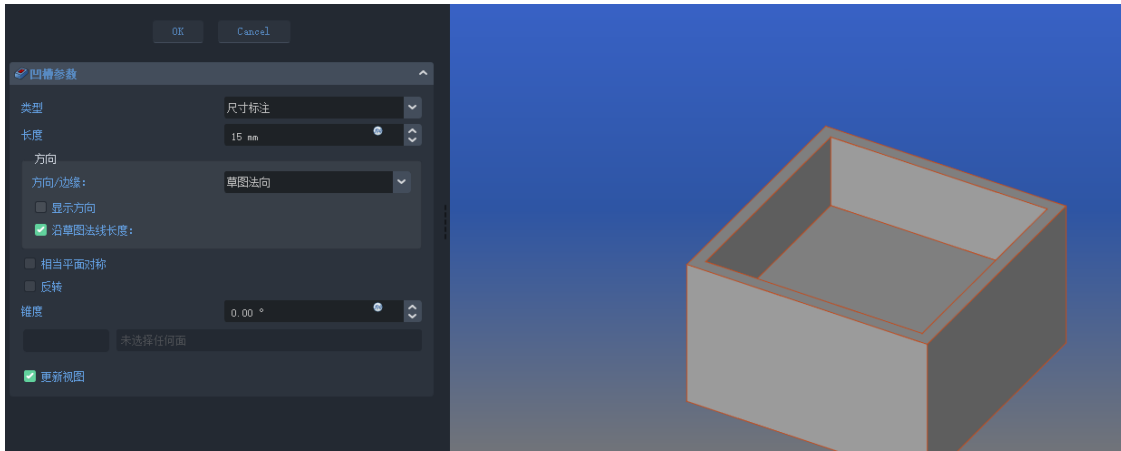
## 凹坑切除

凹坑切除也叫做拉伸切除，每个软件里叫法都不同，它是基于草图或者某个面进行减料的一个命令，点击立方体的顶面进到顶视图开启草图，并绘制尺寸为 45\*45mm 的矩形，绘制方法和之前一样。



(绘制完且完全约束)

约束完毕后退出手图编辑模式，点击  基于草图创建凹坑命令，深度 15mm，输入完毕后点击确定即可完成创建。



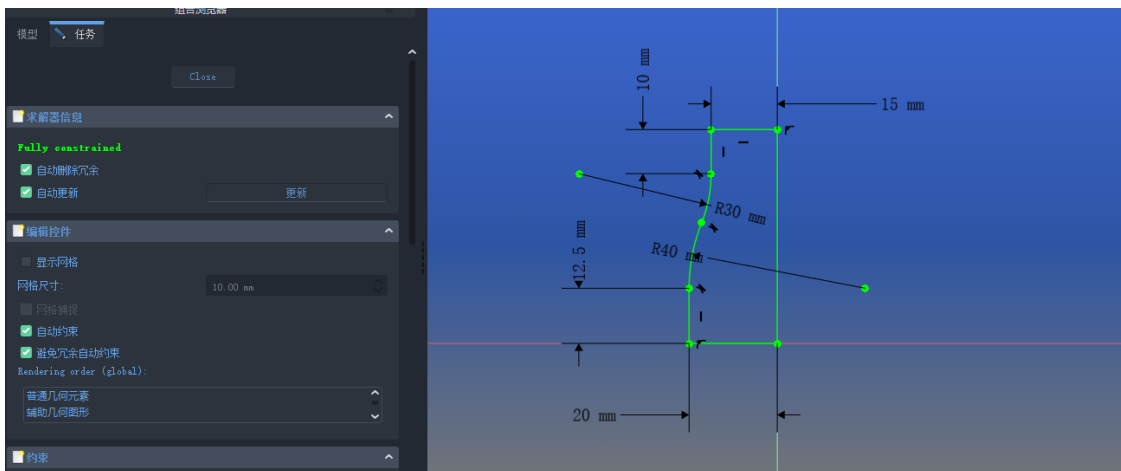
(凹坑减料创建完毕)


## 旋转体特征

旋转体是利用草绘来去参考某根轴线上进行 360° 绕转成型的一种方法，接下来我们创建一个零件创建一个草图，工作平面为 XZ 平面（前视图）来进行绘制，

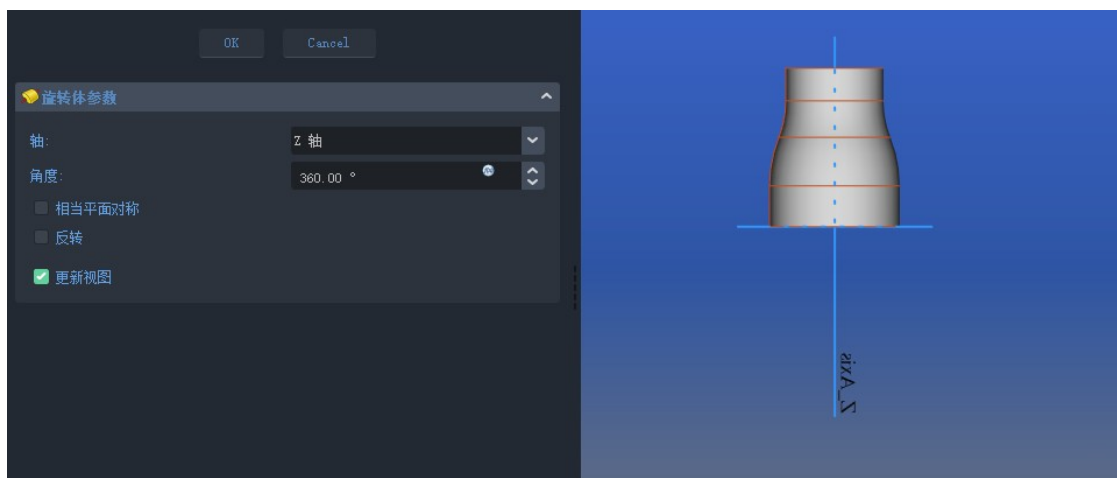


用折线段命令来创建草图，按 M 键可以切换绘制样式，绘制完成后添加尺寸约束和半径约束，直至草图完全定义。



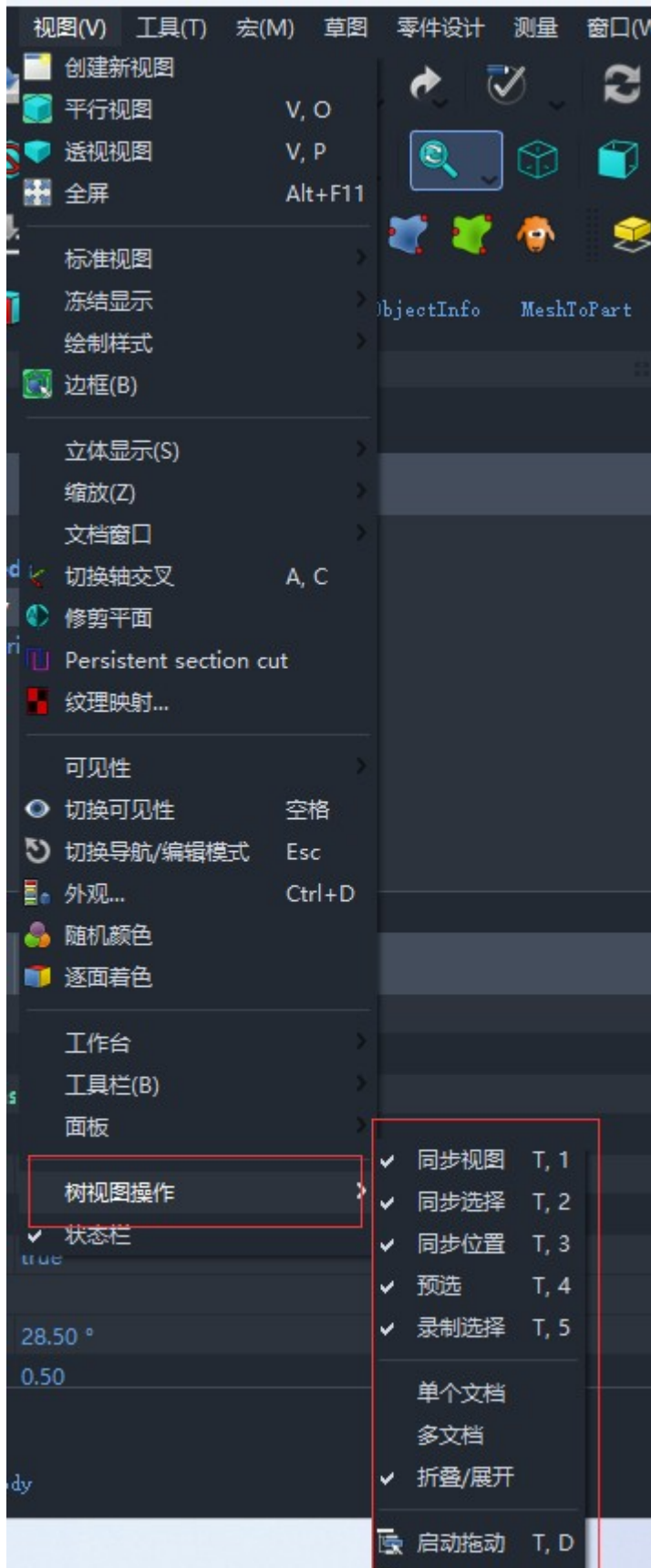
定义完毕后退出手草图编辑模式，选中编辑完毕的草图点击  旋转体，由于我们是 XZ 平面画的草图，那么它的旋转轴就是 Z 轴，在轴向的下拉菜单里找到 Z 轴绕转 360°，点击完成即可，参考视频：

[https://www.bilibili.com/video/BV18g411p7MF/?spm\\_id\\_from=333.788&vd\\_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66](https://www.bilibili.com/video/BV18g411p7MF/?spm_id_from=333.788&vd_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66)



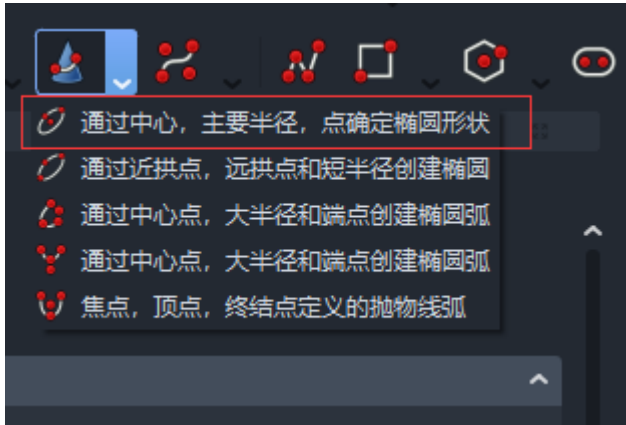
(完成旋转体)

如若在建模过程中不同步显示，请按照下图中所示，在顶部菜单中选择视图下拉子集菜单勾选同步视图、同步选择、和同步位置。



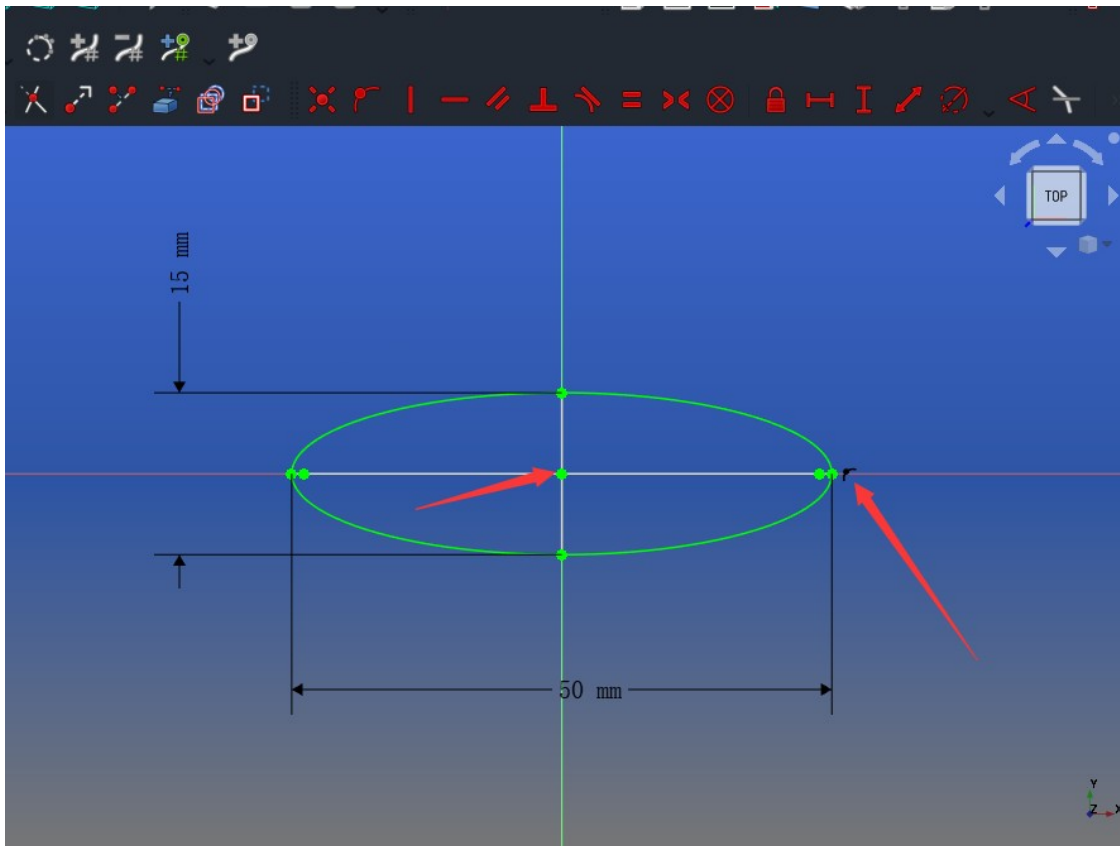
## 放样特征 (Loft)

放样是将一个二维形体对象作为沿某个路径的剖面，而形成复杂的三维对象。同一路径上可在不同的段给予不同的形体。我们可以利用放样来实现很多复杂模型的构建。同样创建一个新项目插入一个零件 body 对象并且开启草图 XY 平面，然后按照如图所示绘制草图，并且添加约束。

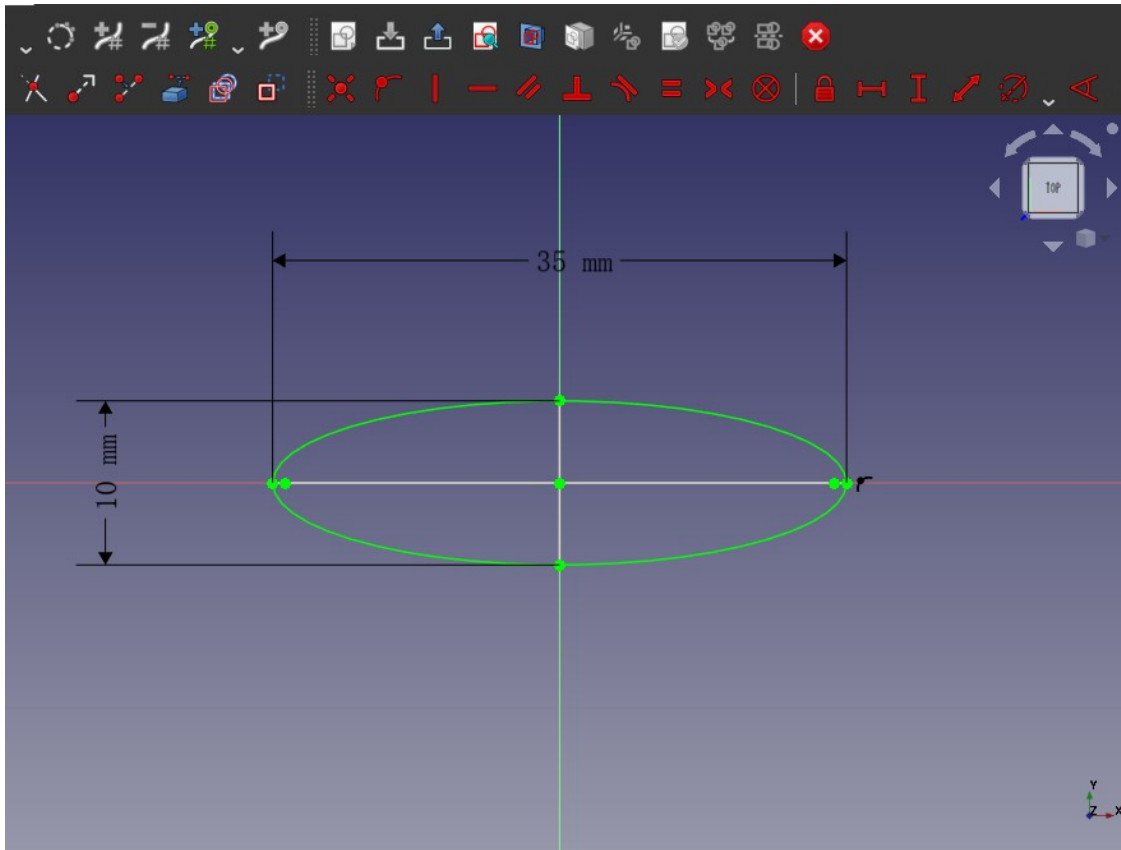


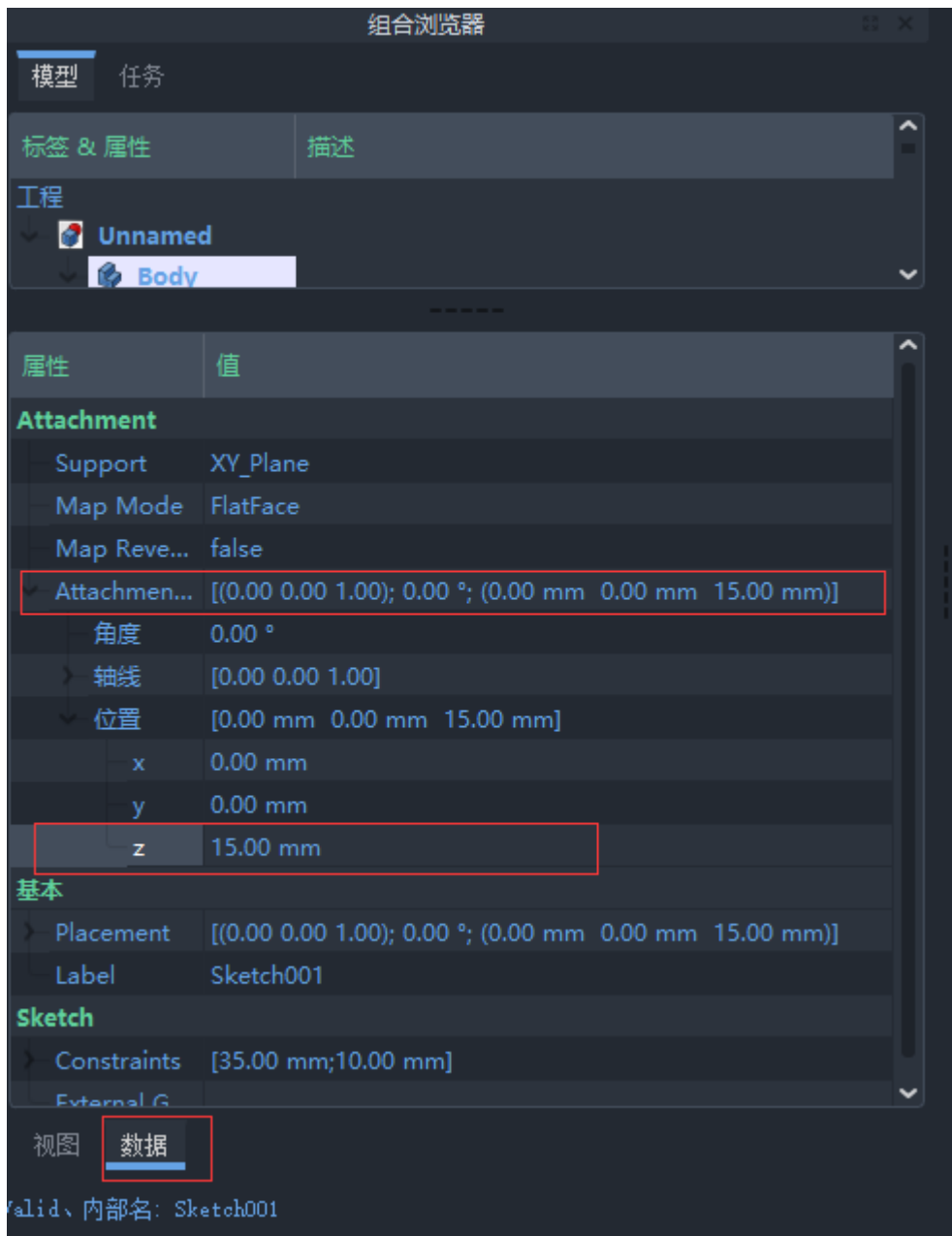
## 增料放样特征

开启草图并选择绘制椭圆，尺寸 50\*15mm 和点约束在 X 轴上如图所示。




完成编辑后我们绘制第二个 XY 平面草图作为第二个截面，第二个草图在左侧模型树菜单的数据栏里控制草图的 Z 方向偏移 15mm，尺寸和约束关系如图所示。

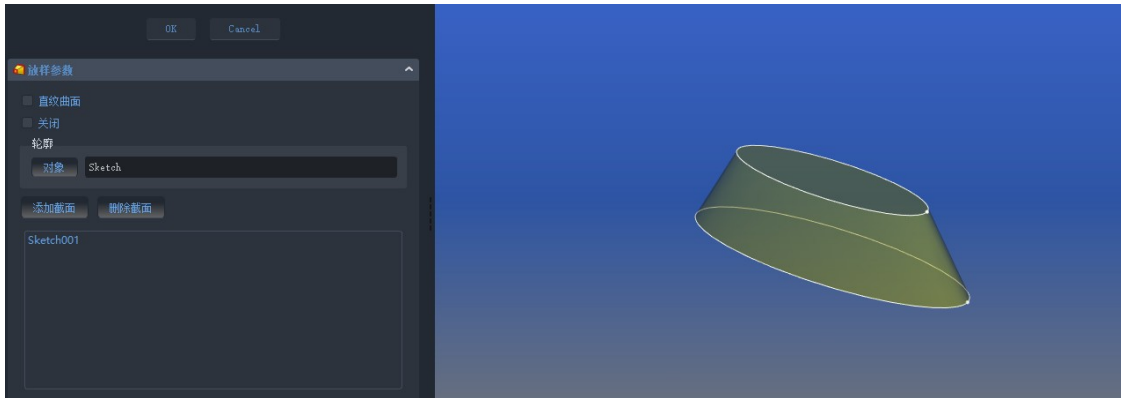




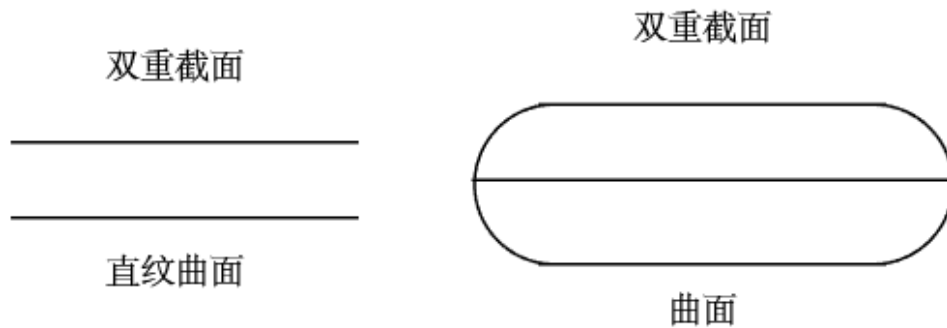
此时我们已经拥有两个草图，请注意放样的算法：当只有两个截面时自动计算为直纹曲面，当有三个/三个以上草图时会以差值的形式形成函数曲面，曲面弯折系数跟随截面的大小产生形变。



点击放样图标按钮 ，左侧任务栏会提示输入被放样的截面，选择草图 1 确定，在附加选项中可以看到直纹曲面的勾选框，点击添加截面按钮添加绘制的草图 2，两个截面为直纹曲面。




(此为两个截面形成的直纹曲面)



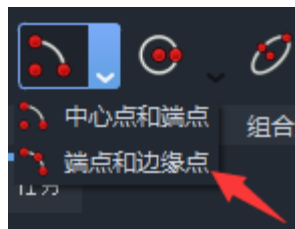
(图为双重曲面和多重曲面的解析，当有多重截面时中间的截面大小决定了曲面的弧半径)

接下来我们来看三重曲面怎么用辅助曲线去构建，点击创建 Xz 平面的草图 03，尺

寸如图所示,进入草图后点击  创建外部几何体，我们需要把截面的两端的线引导出来方便我们画圆弧线，选择创建外部几何体，点击草图中的两个截面边线直到红色的参考线出来。

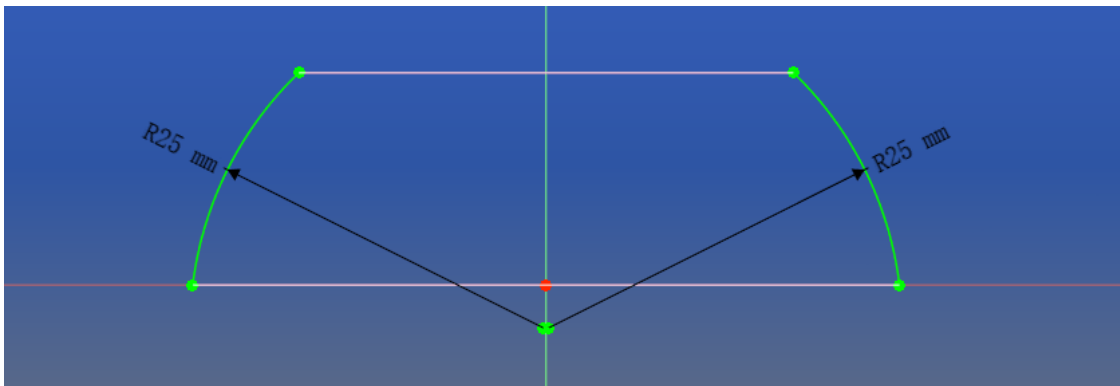


(外部几何体创建完毕)

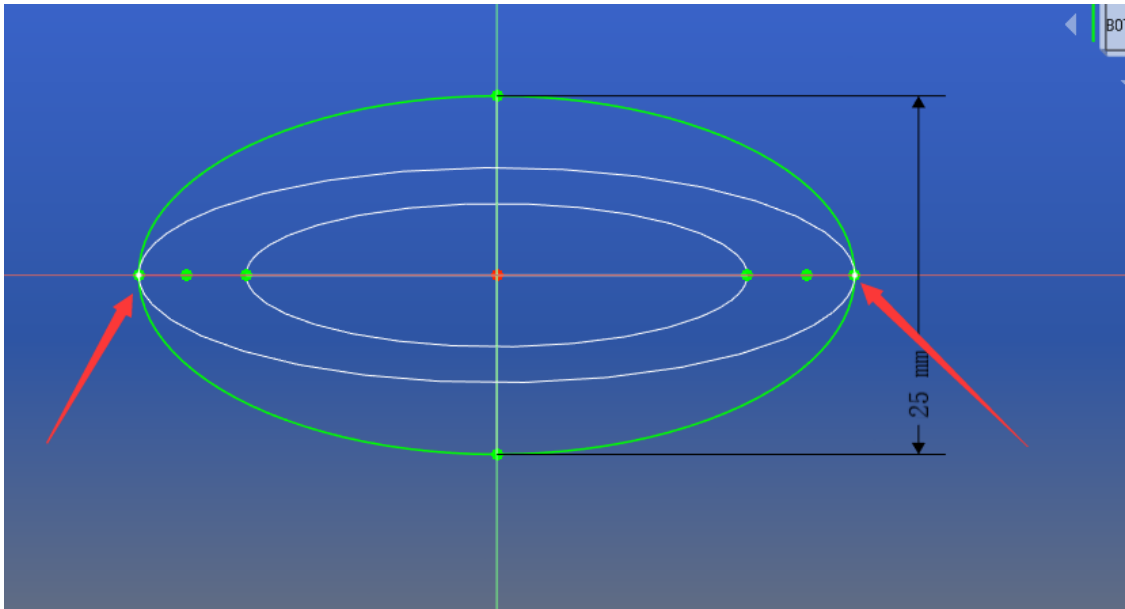


点击三点画弧命令，

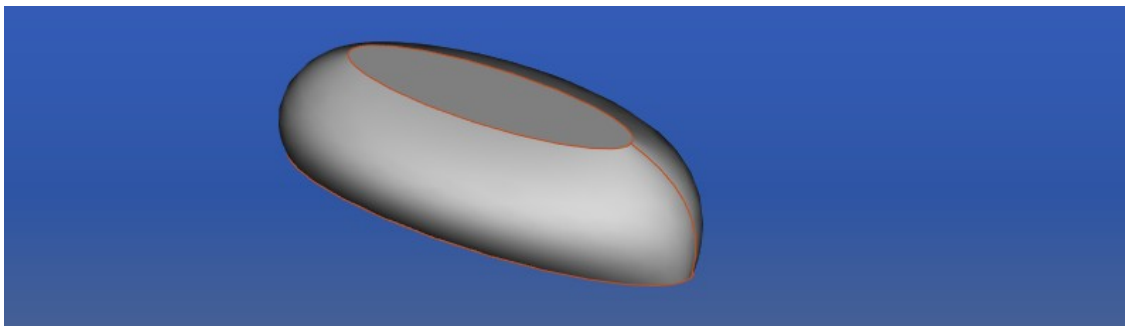
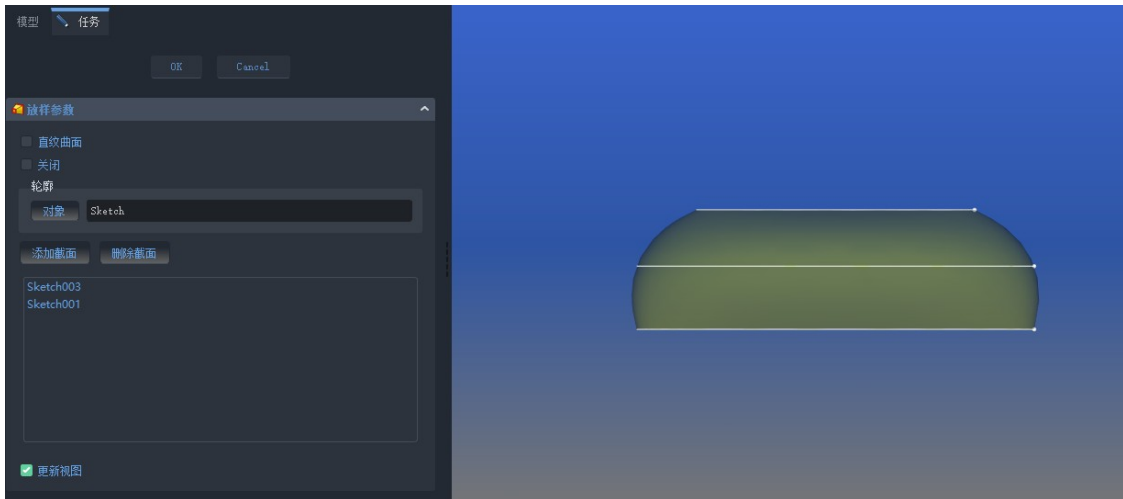
在绘制圆弧的下拉菜单里，沿着如图所示的两边绘制大小为 R25mm 的圆弧线，右边也是一样。



绘制完毕后退出草图，然后点击草图 XY 平面绘制第四份草图，点击外部参考几何体呼出刚刚绘制的两根圆弧线作为参考，把椭圆的左右两个端点重合到参考线的点上，并且约束尺寸如图所示。



绘制完毕后，将第四份草图向 z 负方向偏移，之前草图 1 和 2 的距离是 15mm，所以居中偏移的数值是 7.5mm，偏移完成后点击放样，点击添加截面一到三。

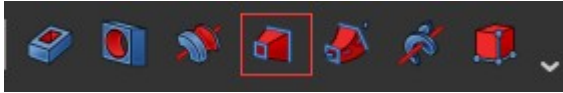


(三重截面放样完成)

## 减料放样

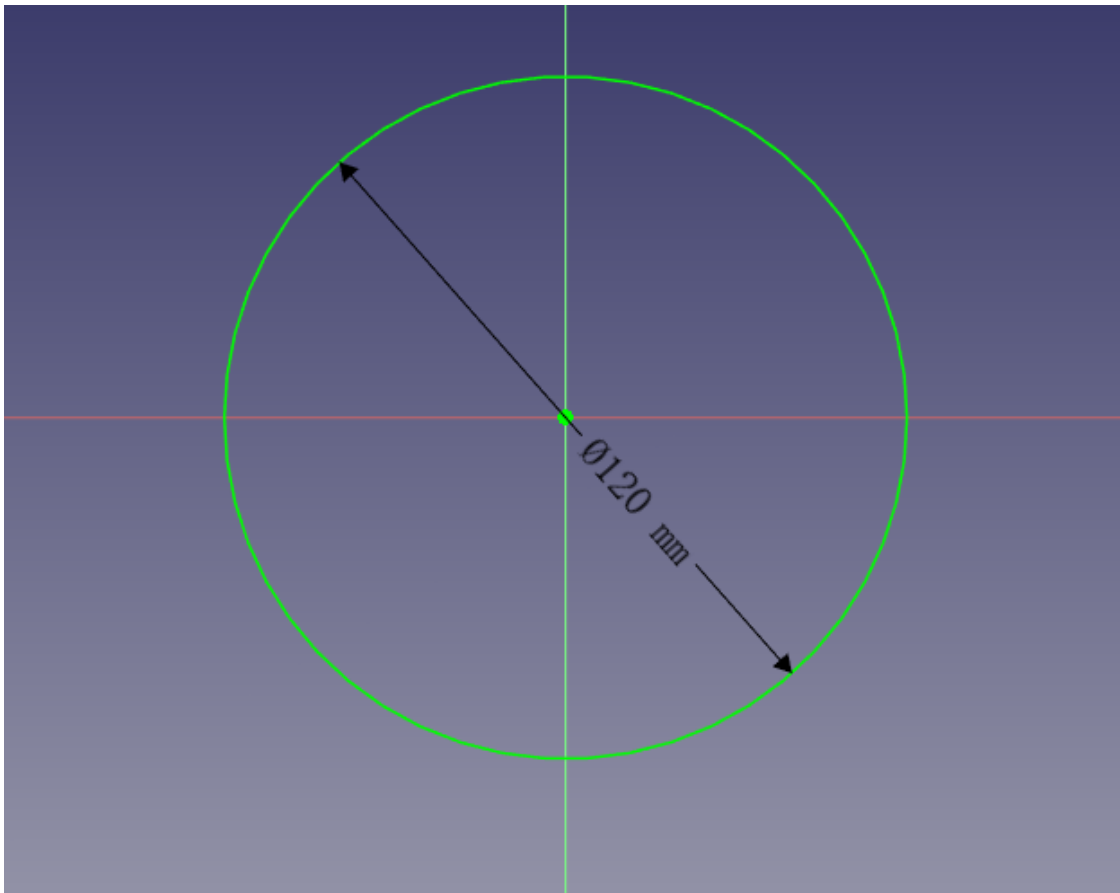
减料放样特征也是放样特征的一种类型，前者为基于草图放样成实体；后者基于实体进行切除材料移除特征，通常用于在工件上进行截面的材料移除。在 PrtDesigner

模块下辅助工具栏中可以找到此图标 ，请参阅下图建模助手工具栏。

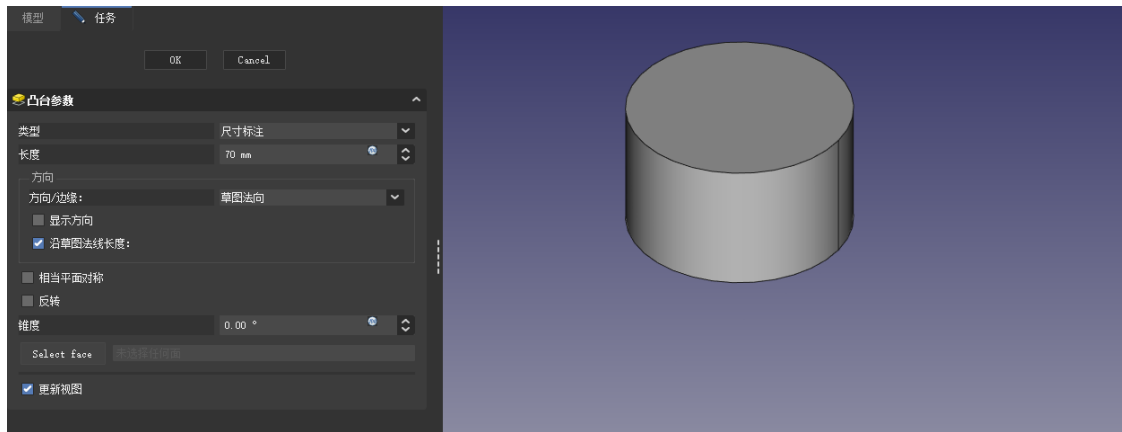


(工具栏移除材料工具特征面板)

在零件设计模式下，创建零件并创建草图以 XY 工作平面创建草绘，绘制如图所示的一个圆形尺寸为直径 120mm，创建完成后点击草图进行凸台拉伸高度为 70mm。



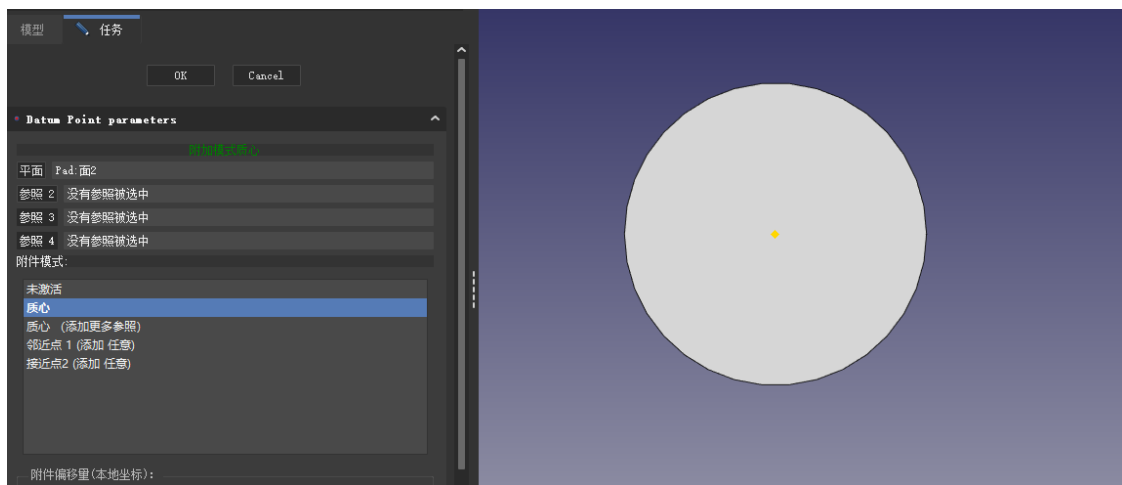
(草绘尺寸标注)



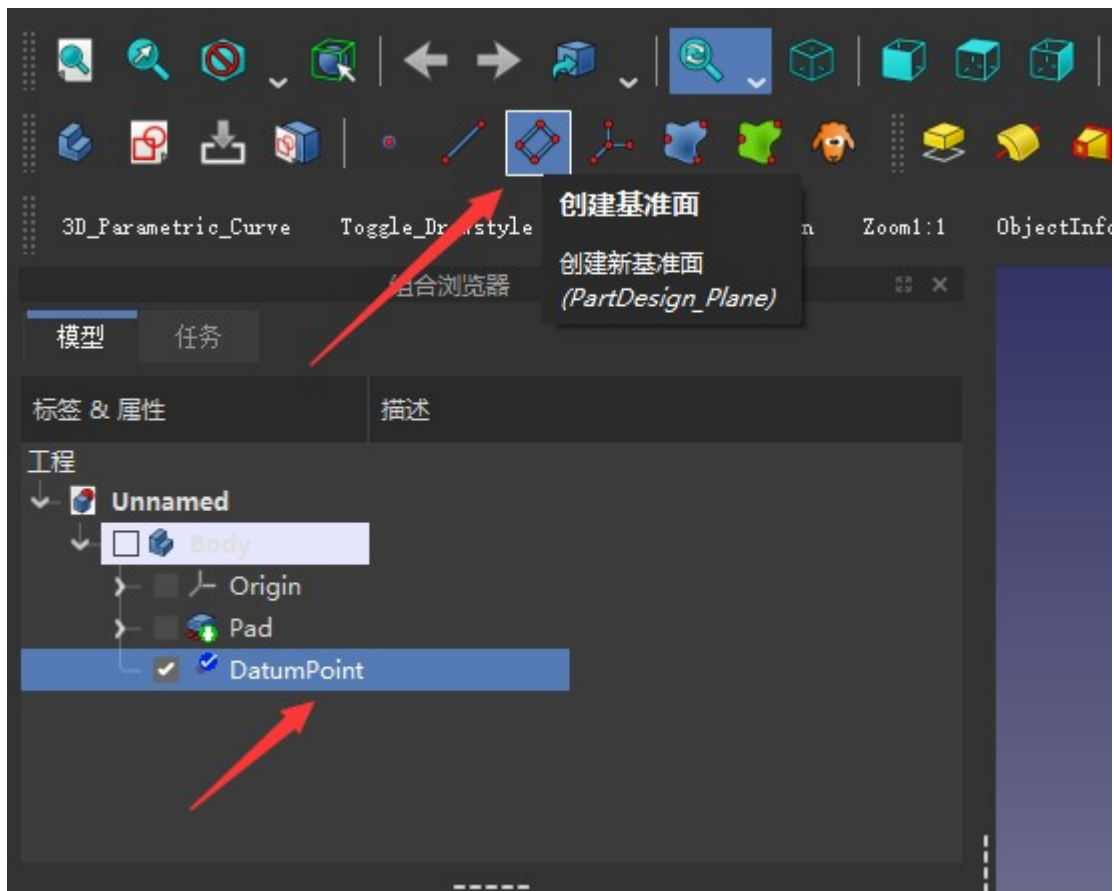
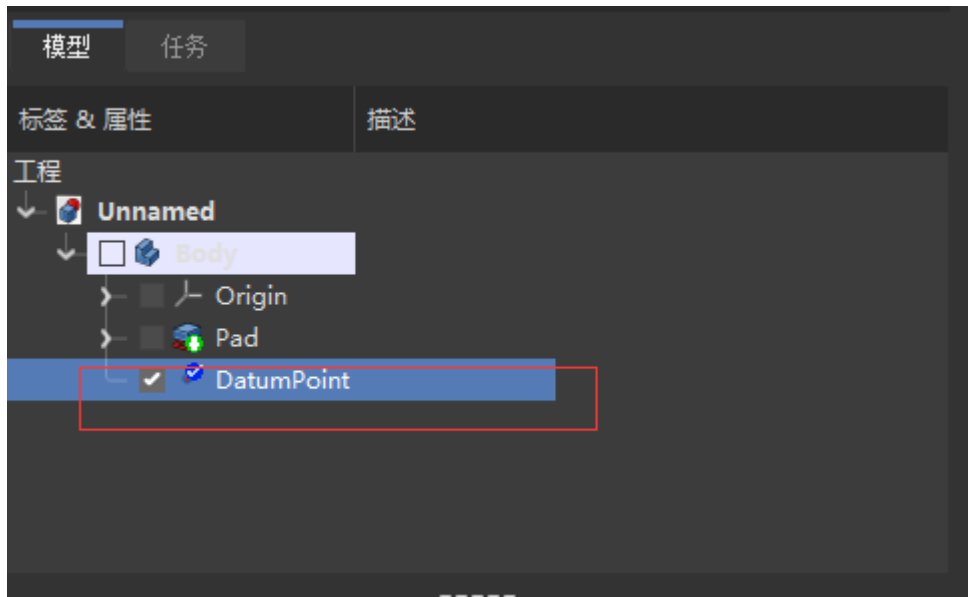
### (拉伸凸台参数)

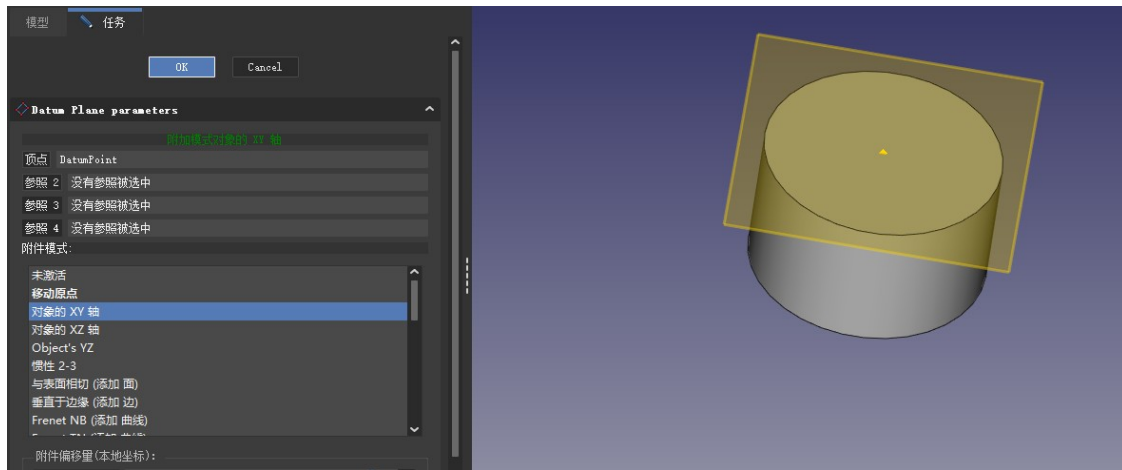
接下来我们开始创建放样减料特征，在主视图把模型切换到底部视图快捷指令 5，或者点击右上角的导航方块将模型底面选中进入草绘，这里建议使用基准面来进行特征的建模，基准参考十分重要后续我们会讲到。

选中底面点击工具栏中的创建基准点命令，创建一个基准点附加的模式是质心，也就是圆心。

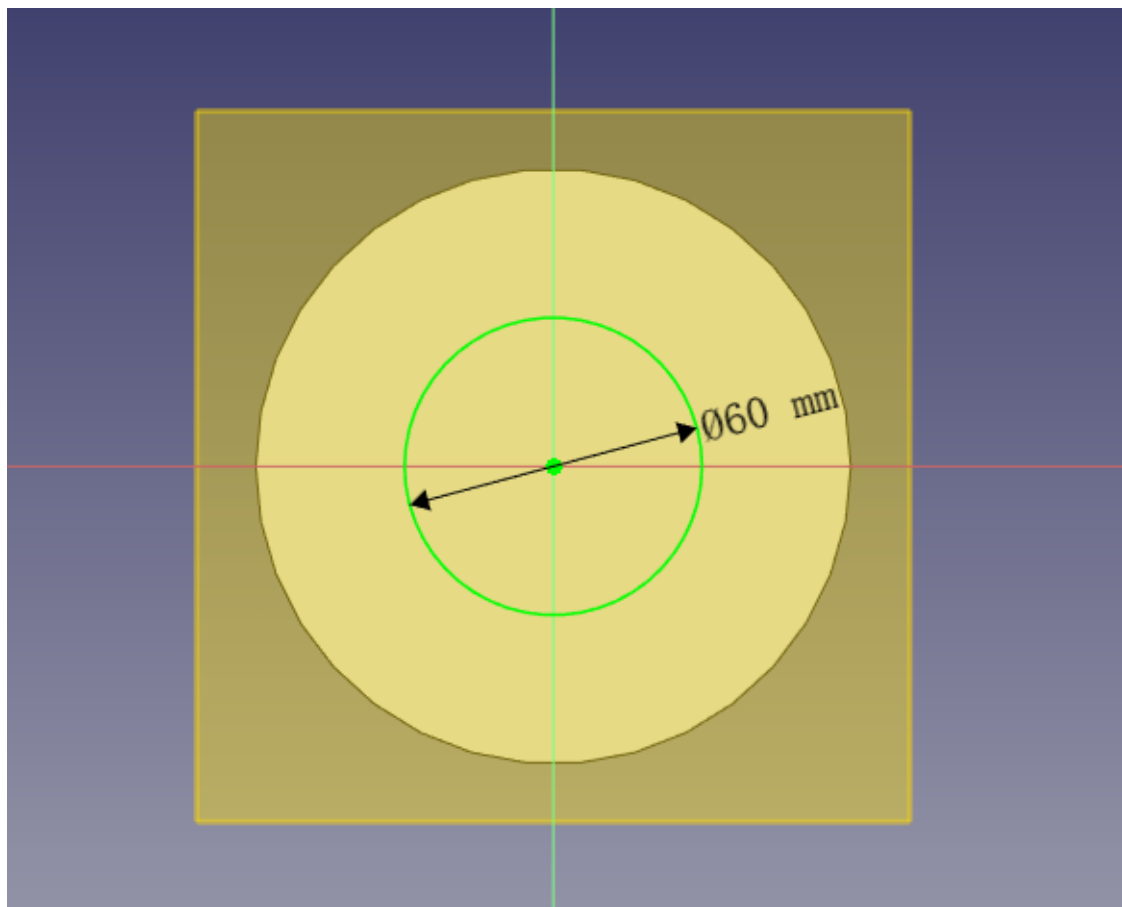


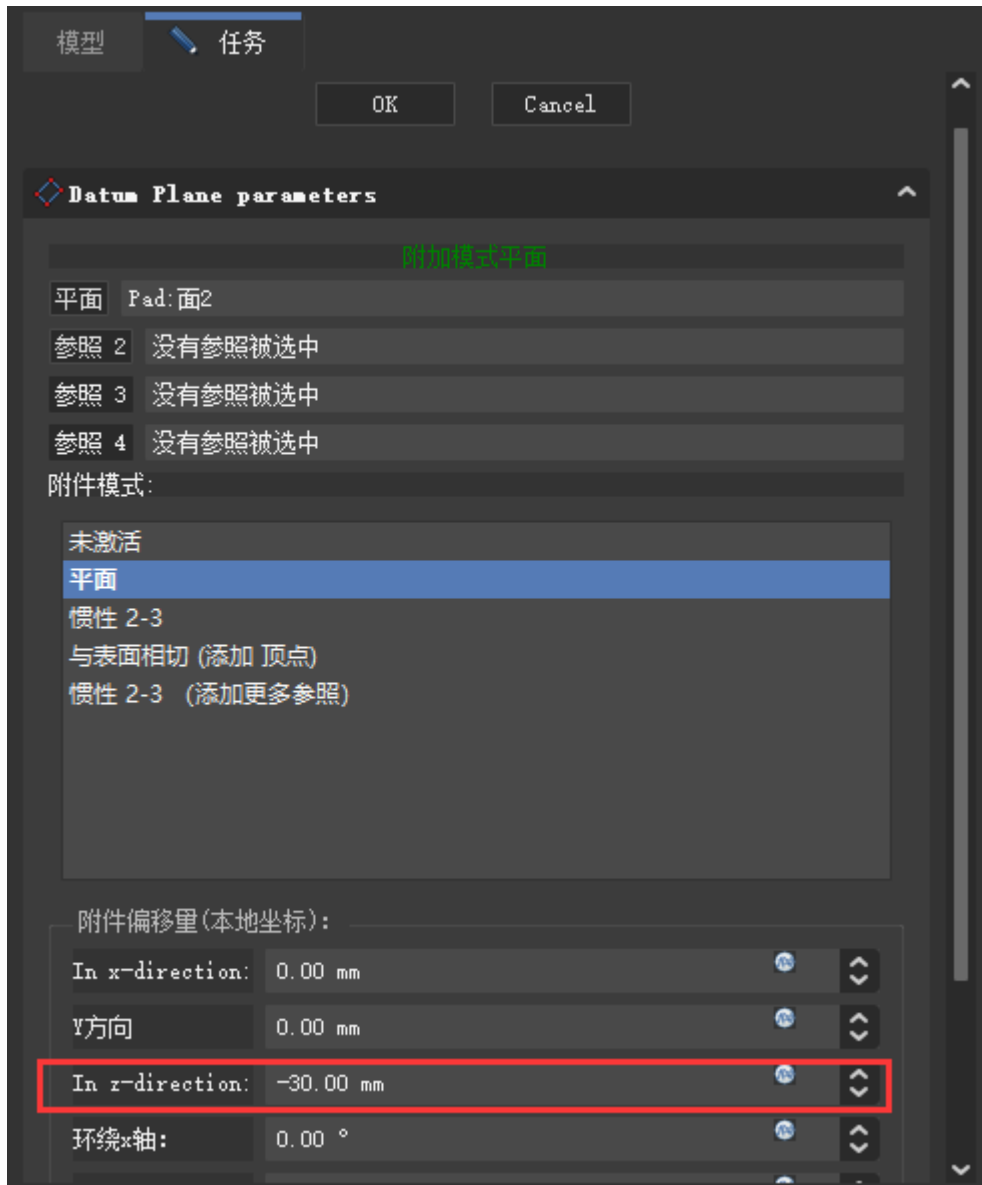
创建完毕后，在左侧模型树面板选中创建的基准点选中，然后返回至工具栏面板选择创建基准面，附加模式为 XY 基准面。



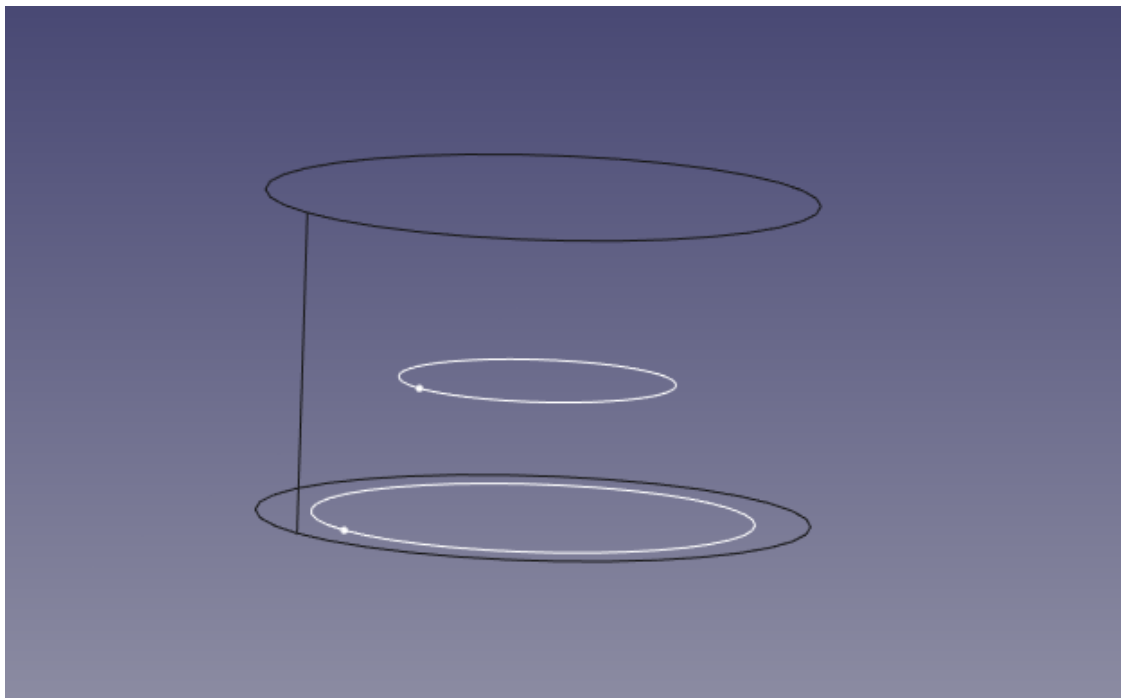


创建完成后单击基准面，点击基于基准面的草绘进入草绘编辑器并绘制圆形尺寸直径 96mm，退出草图后，继续在底视图选中底部面创建基准面附加模式 XY 基准并且在左侧参数栏中偏移基准面的位置 Z 轴负向偏移-30mm，并进入草绘绘制圆直径为直径为 60mm。

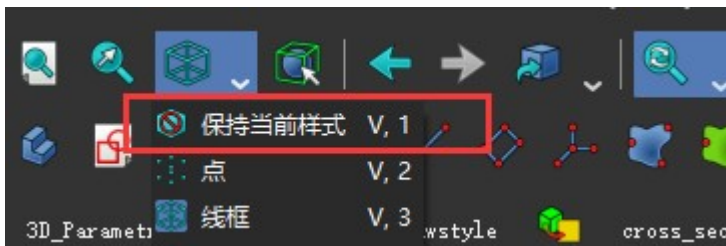


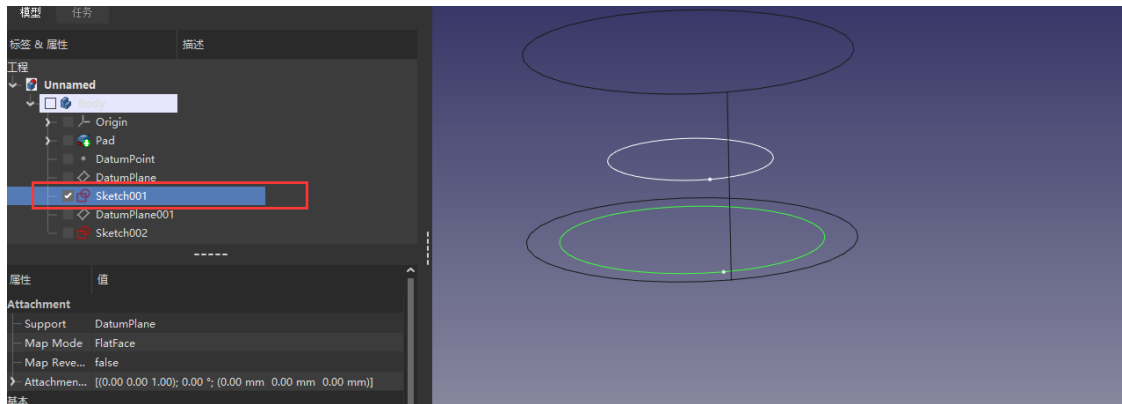


完成上述操作后我们可以点击放样减料功能，将刚刚绘制的两个草绘进行以直纹曲面的形式进行减料操作，可以在上方菜单栏中点击线框视图以查看刚刚绘制的草图。

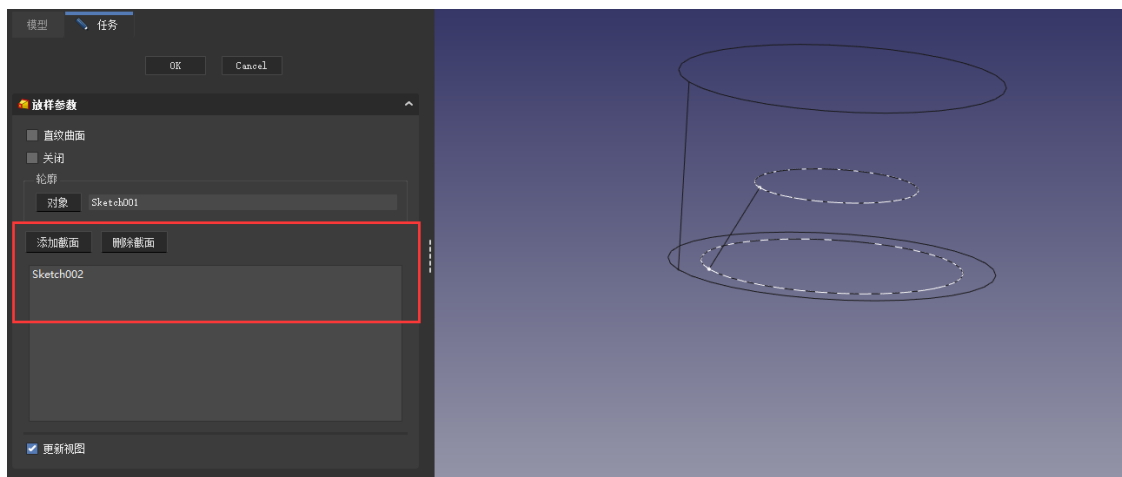
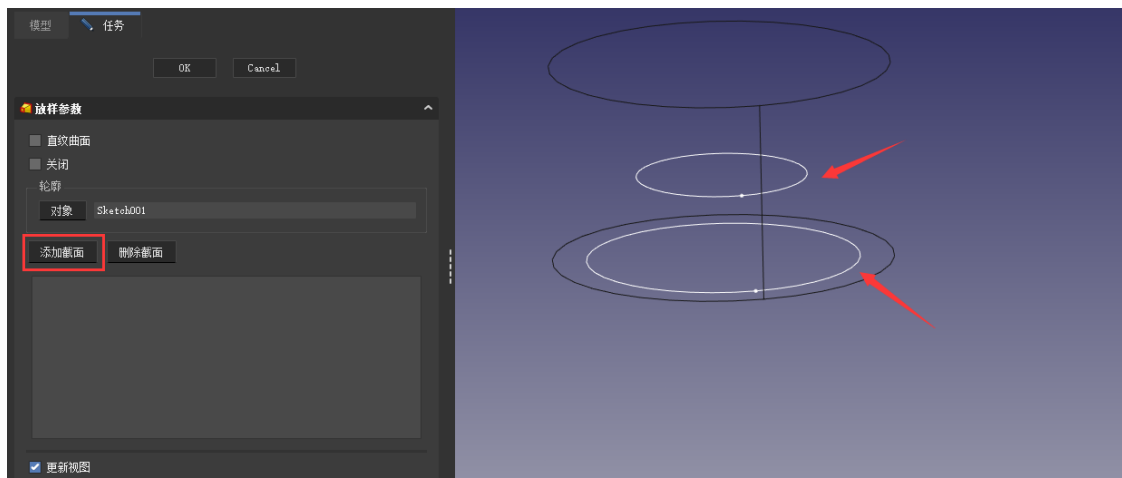


如图所示白色线框的部分是我们刚刚创建的两个截面圆，我们现在可以选中第一份草绘并单击放样移除材料命令来进行移除操作，你可以在显示类型出选择保持当前样式来更为直观的看到特征形成之后的样子通常以淡黄色显示样式来呈现。



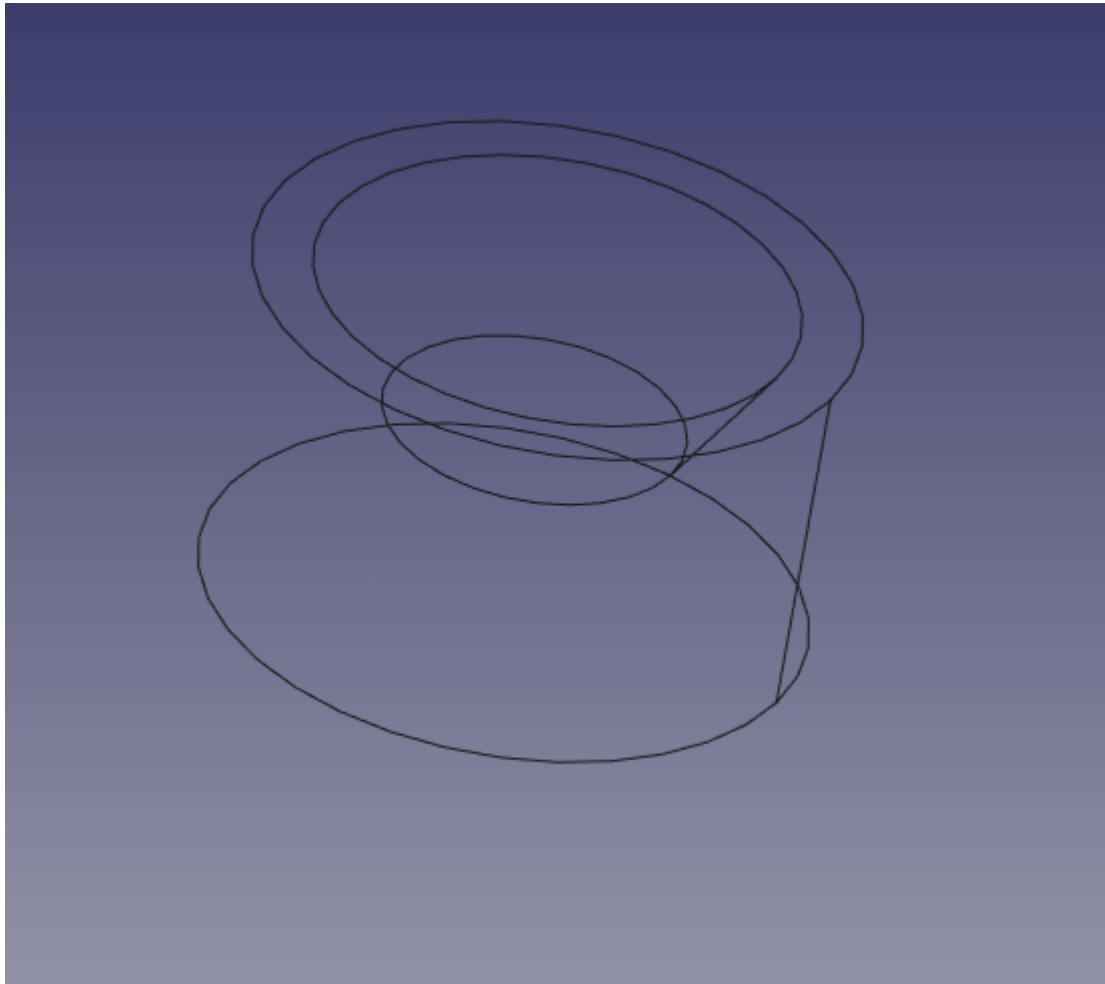
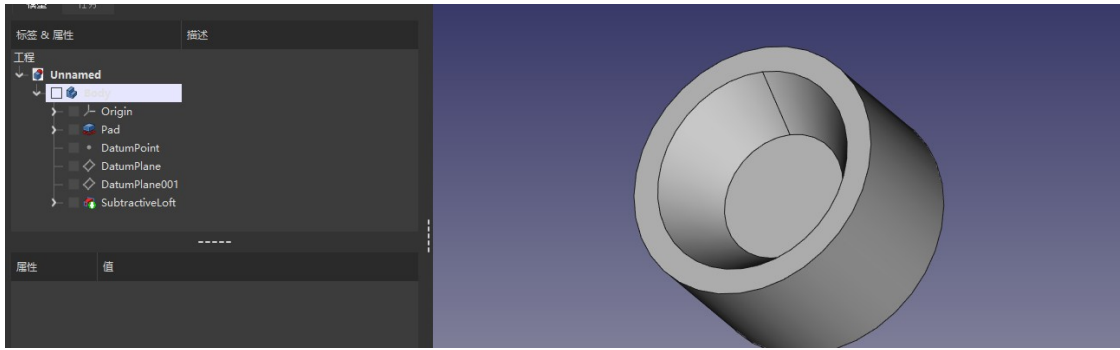


选中第一份草绘单击放样减料功能，进入面板后单击添加截面选中第二个草绘圆形成一次放样减料的特征。



(放样减料完成预览图)

我们可以看到在左侧的控制面板中截面选框里存在着一份草绘 002，右侧的视图以线框的样式显示出放样的形态，我们是以草绘 001 和草绘 002 来去进行放样挖空实体的操作，接下来我们进入带边着色看一下放样的结果。



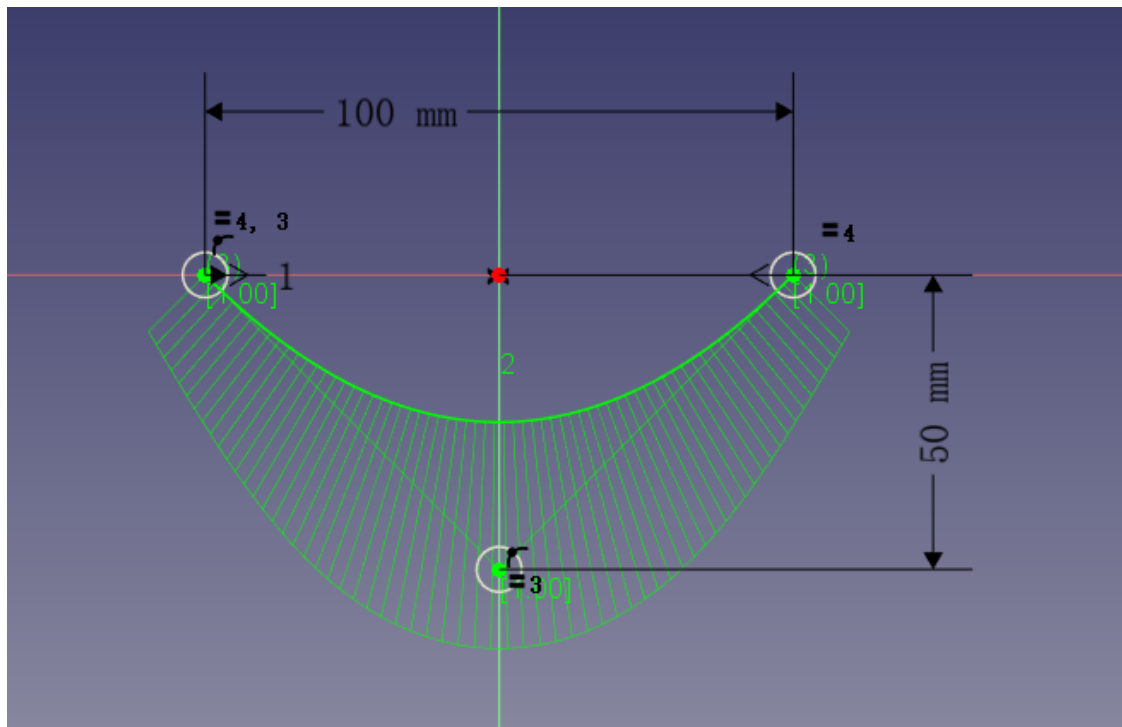
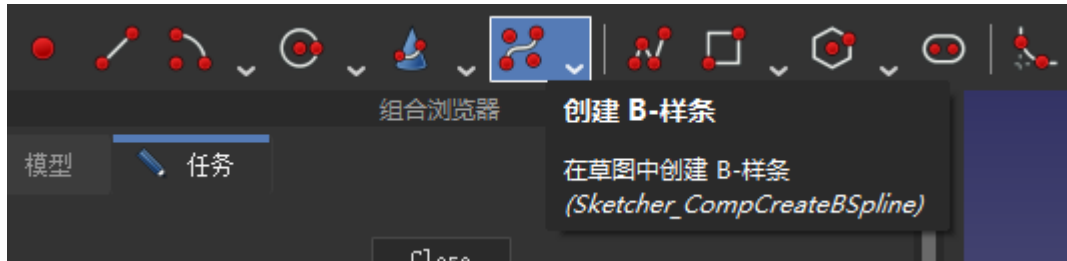
(放样完成后的线框图)

## 扫描扫掠特征 (Sweep)

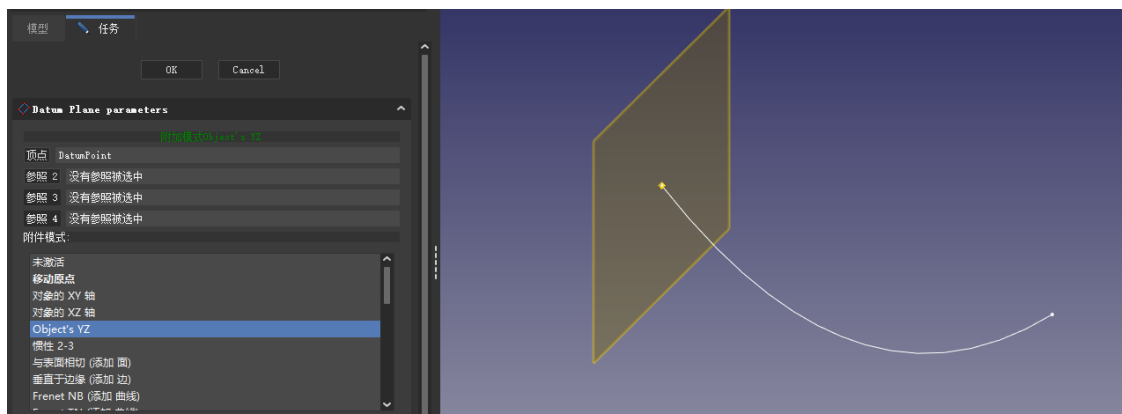
扫掠：SWEEP 命令可通过沿指定路径拉伸轮廓形状（扫掠对象）来绘制实体或曲面对象。沿路径扫掠轮廓时，轮廓将被移动并与路径法向（垂直）对齐。如果沿一条路径扫掠闭合的曲线，则将生成实体。如果沿一条路径扫掠开放的曲线，则将生

成曲面。同样我们插入一个零件进入草图以 XZ 工作平面来去创建草绘，并且绘制如图所示的一根样条曲线 B-Spline，尺寸约束如图。

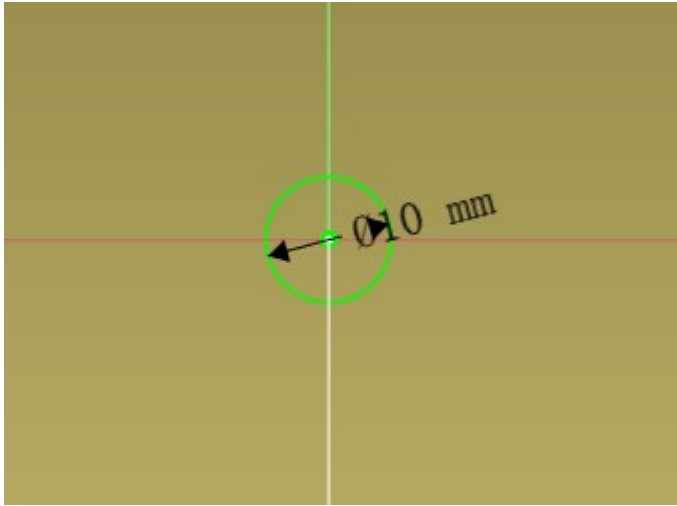
## 增料扫描特征



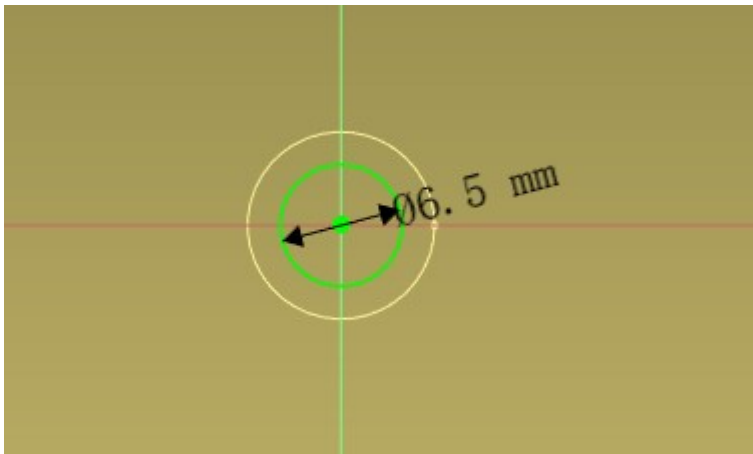
绘制完成后退出草图编辑，在 B 样条的第一个端点上创建一个基准点并以这个基准点创建基准面方向 YZ 基准。



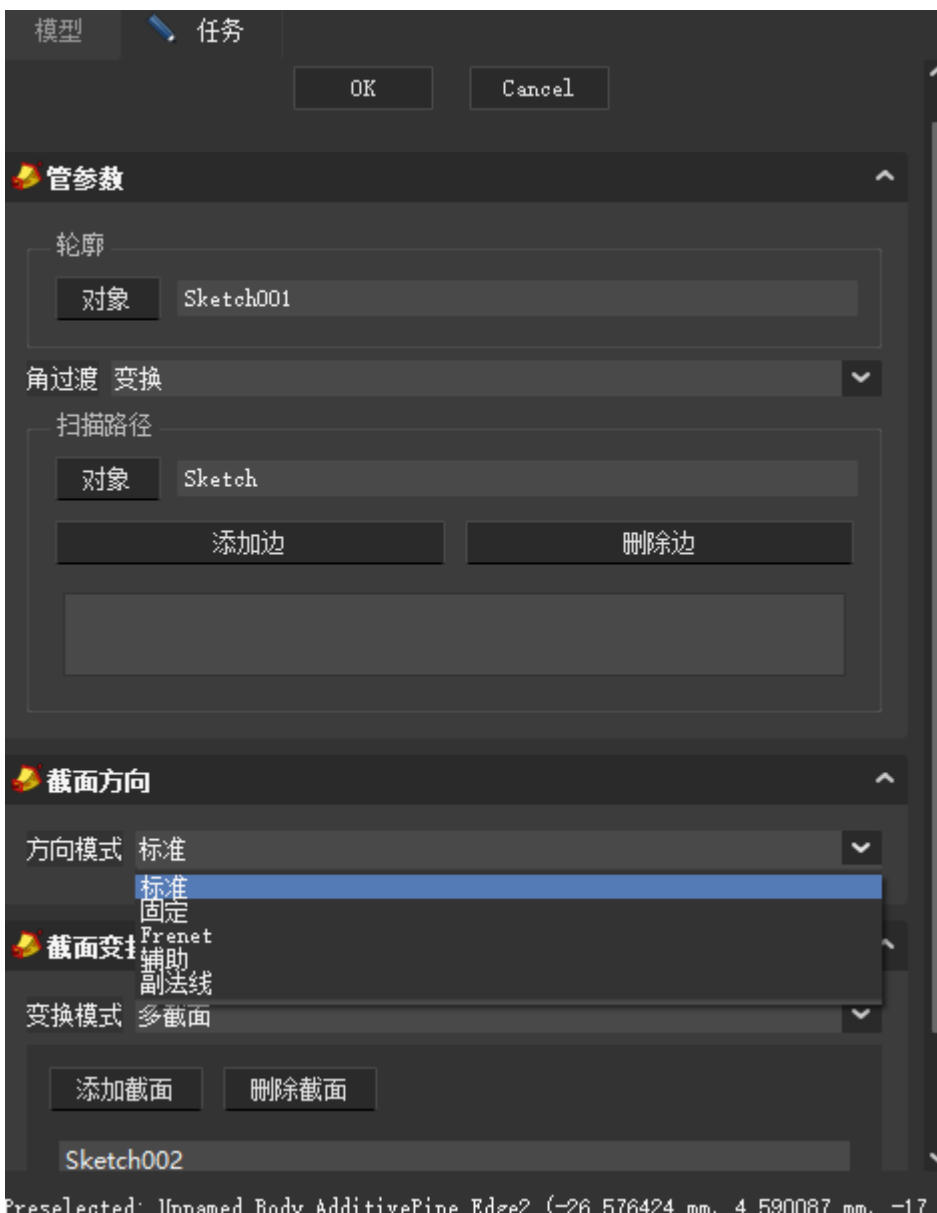
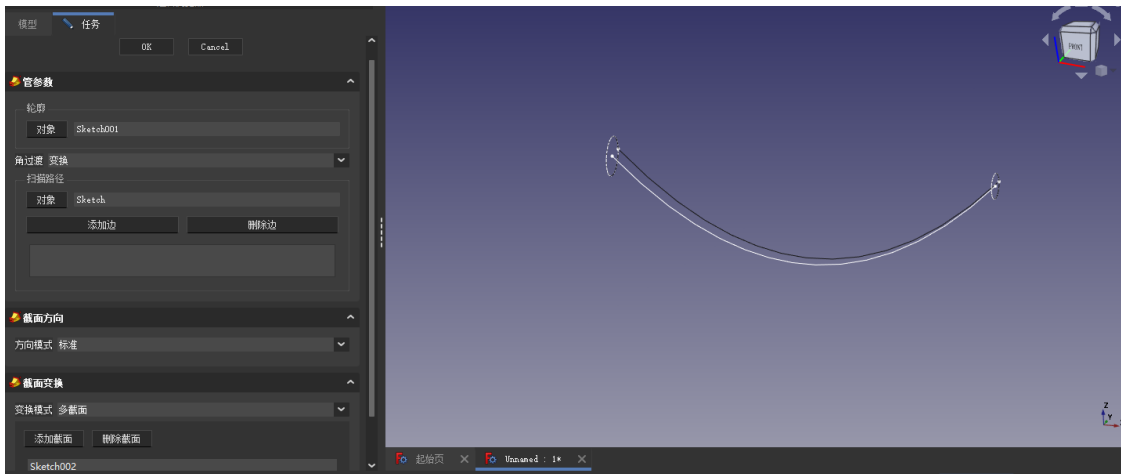
以这个创建出来的 YZ 基准面进入草绘，绘制一个大小为 10mm 直径的圆，注意：在扫描模式下一个闭合的形状默认是关闭的实体，开放的模式下则为贯通的稍后会以案例来去演示。

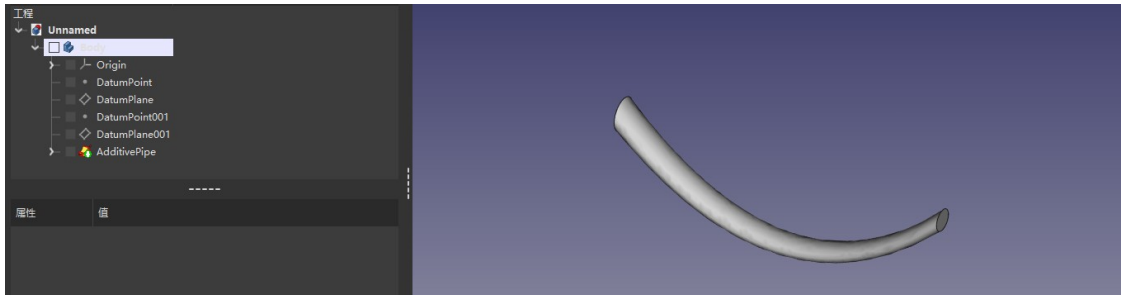


在第一个草绘创建完成后，我们用同样的方法抓取 B 样条的第二个端点创建基准点，附加模式顶点，完成后用基准点创建基准面方向 YZ 进入草绘器绘制直径为 6.5mm 的圆。



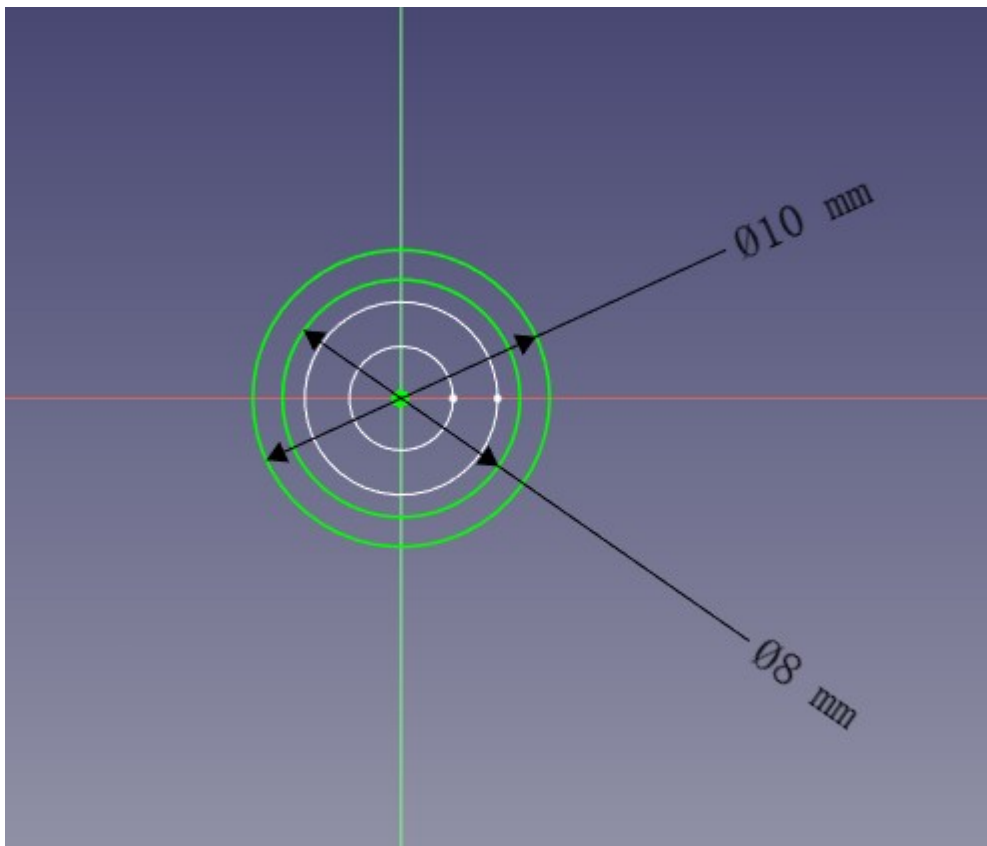
完成后退出草绘编辑器，选中模型树中的其中一个草绘点击扫描命令创建扫描，在控制面板中选择添加截面，选择扫描的路径，模式选择多截面（如果有多个截面扫描时选择）在模式下可以看到扫描路径就是 B 样条，而截面就是之前草绘的两个圆。在变换模式下拉菜单中可以看到几种模式，标准即是常量模式根据路径和截面形成以此标准变换，固定则是根据截面来去差值变换，Frenet 根据曲线的方向进行变化，辅助根据其他草绘进行一次以草绘到扫描距离之间的函数曲线变量，副法线则是根据自定义法线方向进行变换。



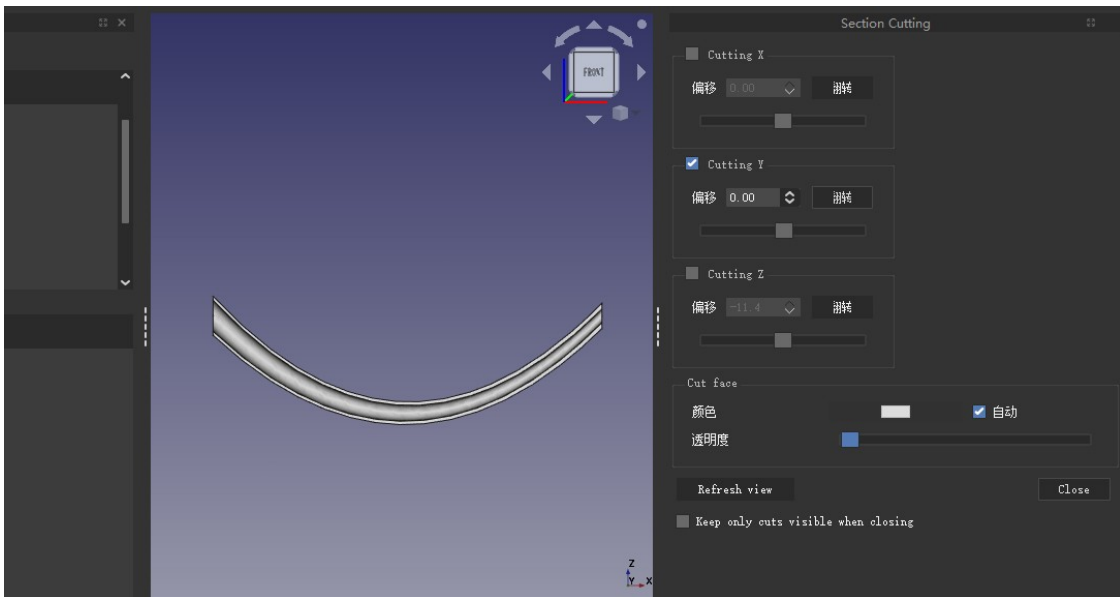
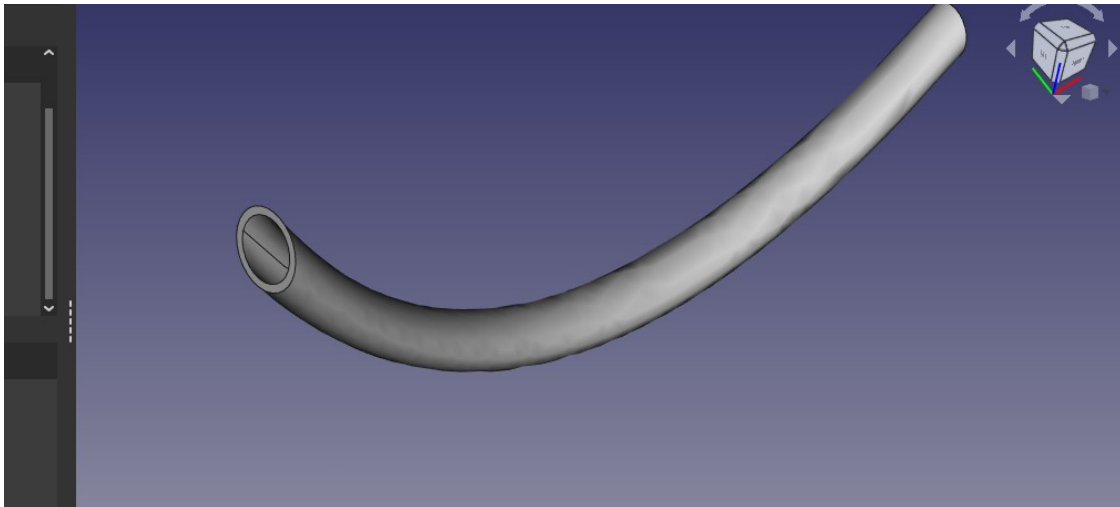


(扫描完成)

之前我们提到关闭的单个草图会生成一次闭合的实体，接下来我们来看贯通式的操作方法，这种方法适用于创建管道和三通，首先在原先的草绘上增加一份草绘让其接下来的扫描中完成一次贯通。



在原始的草绘上增加一个圆形，同样在另一份草绘上也增加了一个圆形，让他们形成一个开放性的圆环，Sweep 扫描会自动计算将两个环形沿着引导路径进行以此贯穿形成管道。



(截面模式管道为完全贯穿式)

## 减料扫描特征

减料扫描特征也是扫描特征的一种类型，前者为基于草图放样成实体；后者基于实体进行切除材料移除特征，通常用于在工件上进行截面的材料移除。在 PrtDesigner

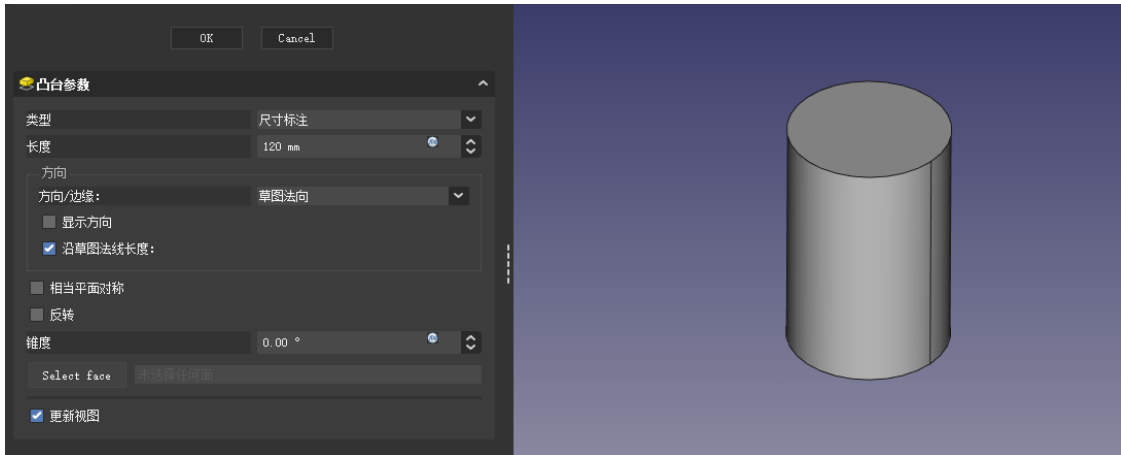
模块下辅助工具栏中可以找到此图标



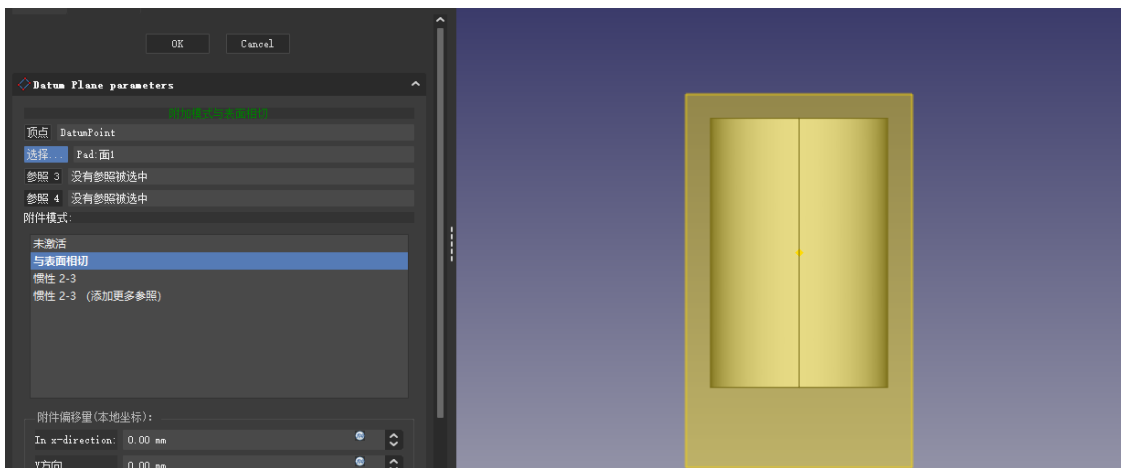
，请参阅下图建模助手工具栏。



在零件设计模块中插入一个实体对象，插入草绘并且绘制一个直径 80mm 的圆，凸台拉伸高度 120mm。

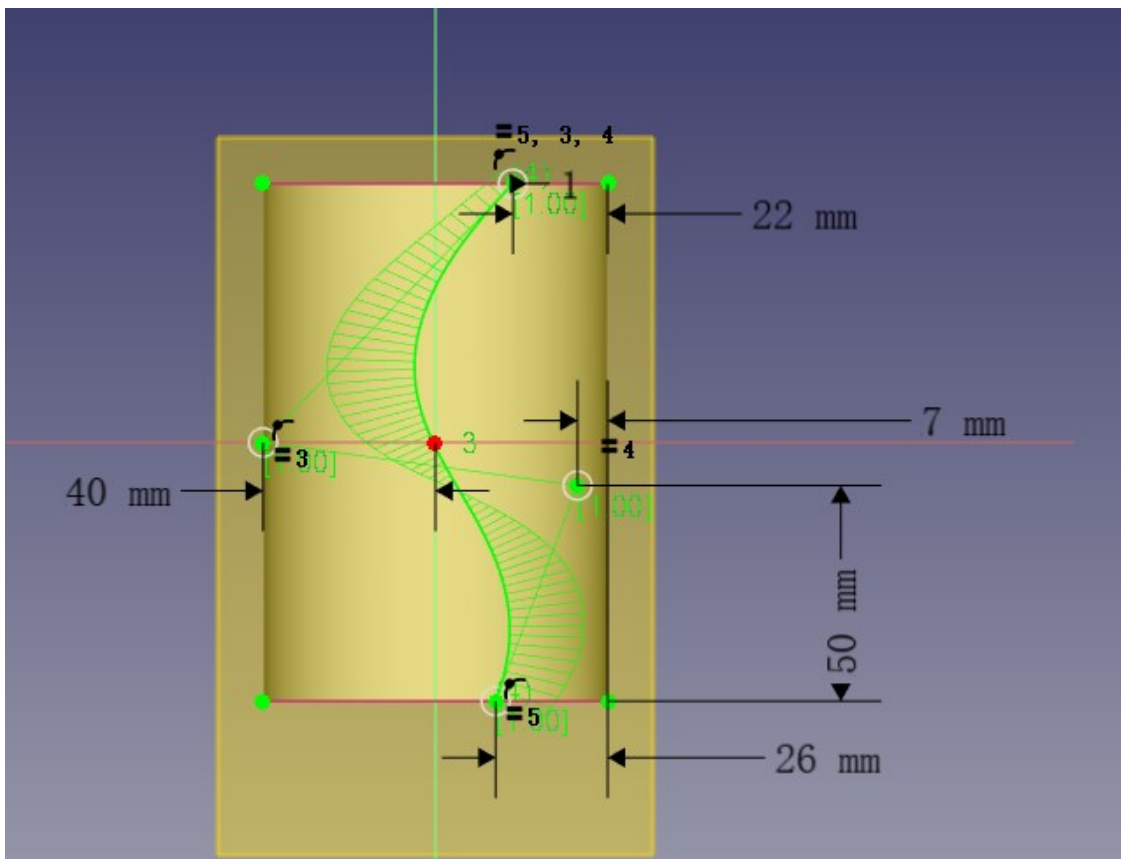
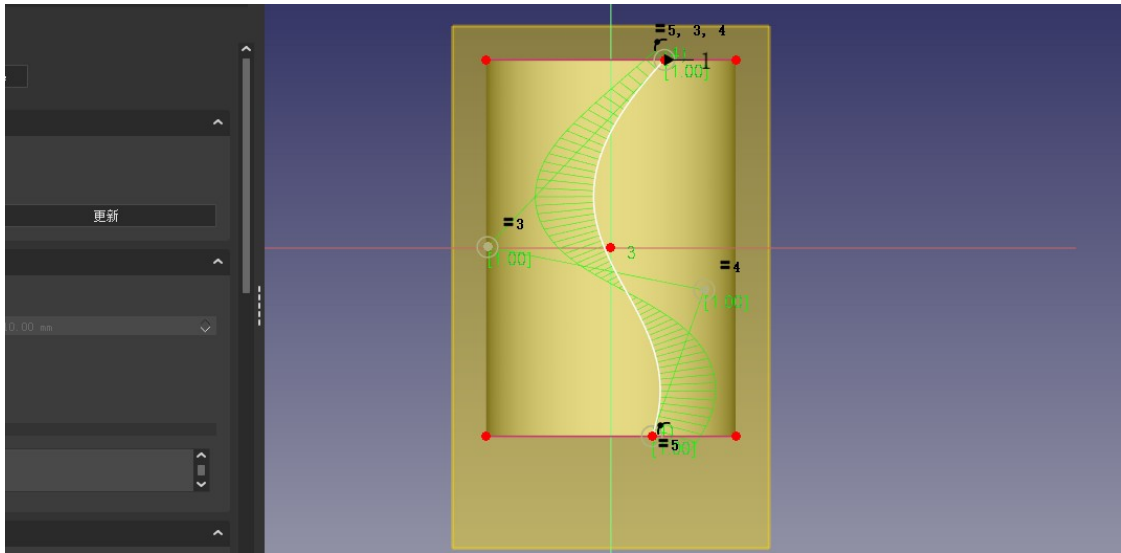


在右侧视图创建一个基准面草图并且设定基准面和表面相切随后进入草绘曲线的约束如图所示。



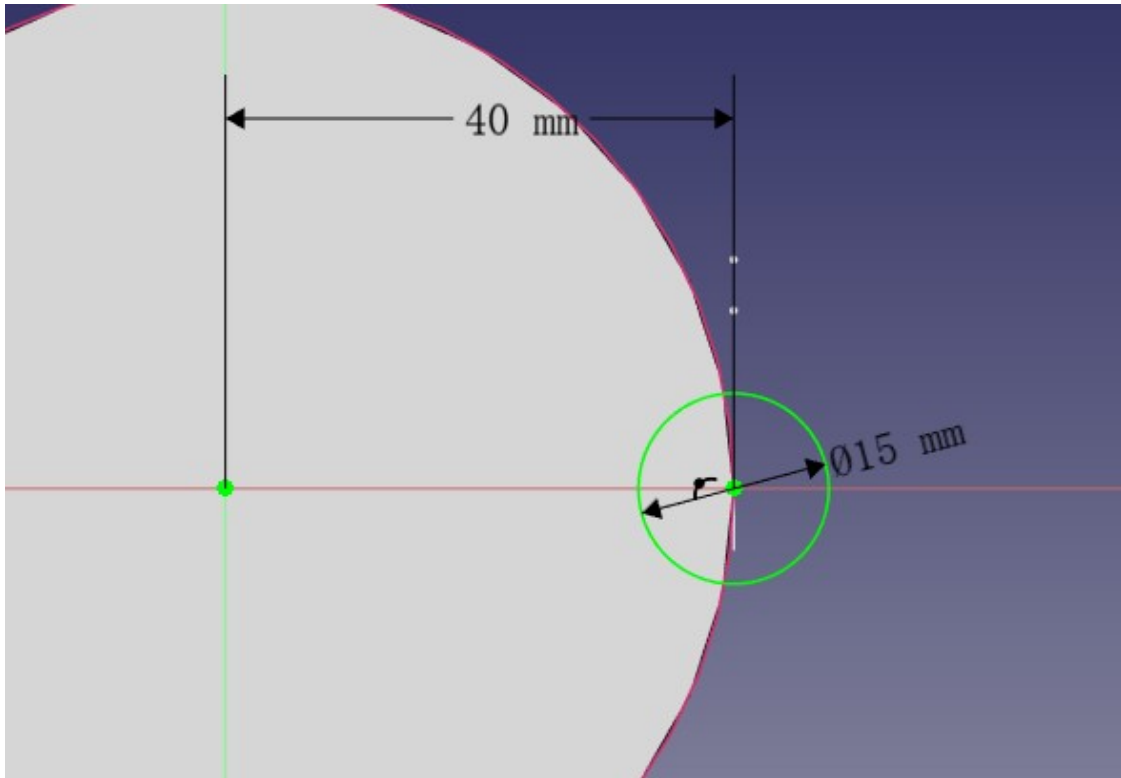
使用创建外部几何体命令，点击圆柱上的两根边线引导至草绘器上。



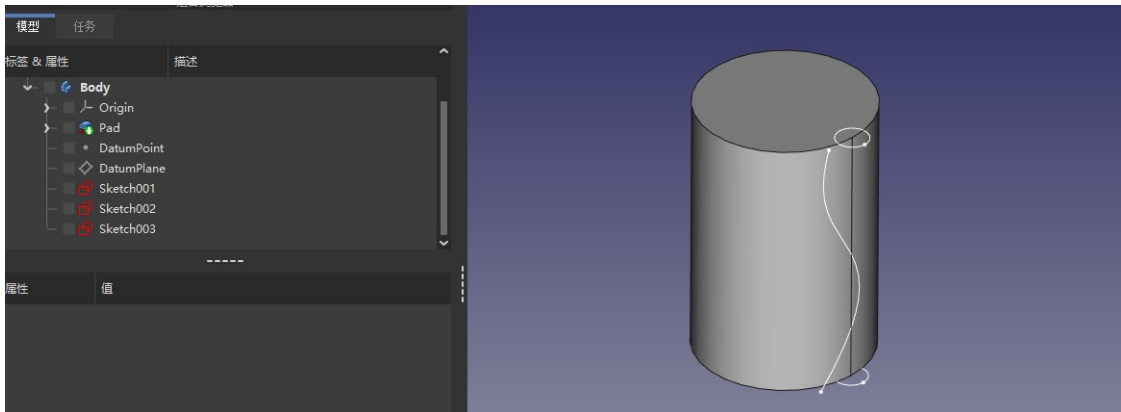


(完成 B 样条的约束)

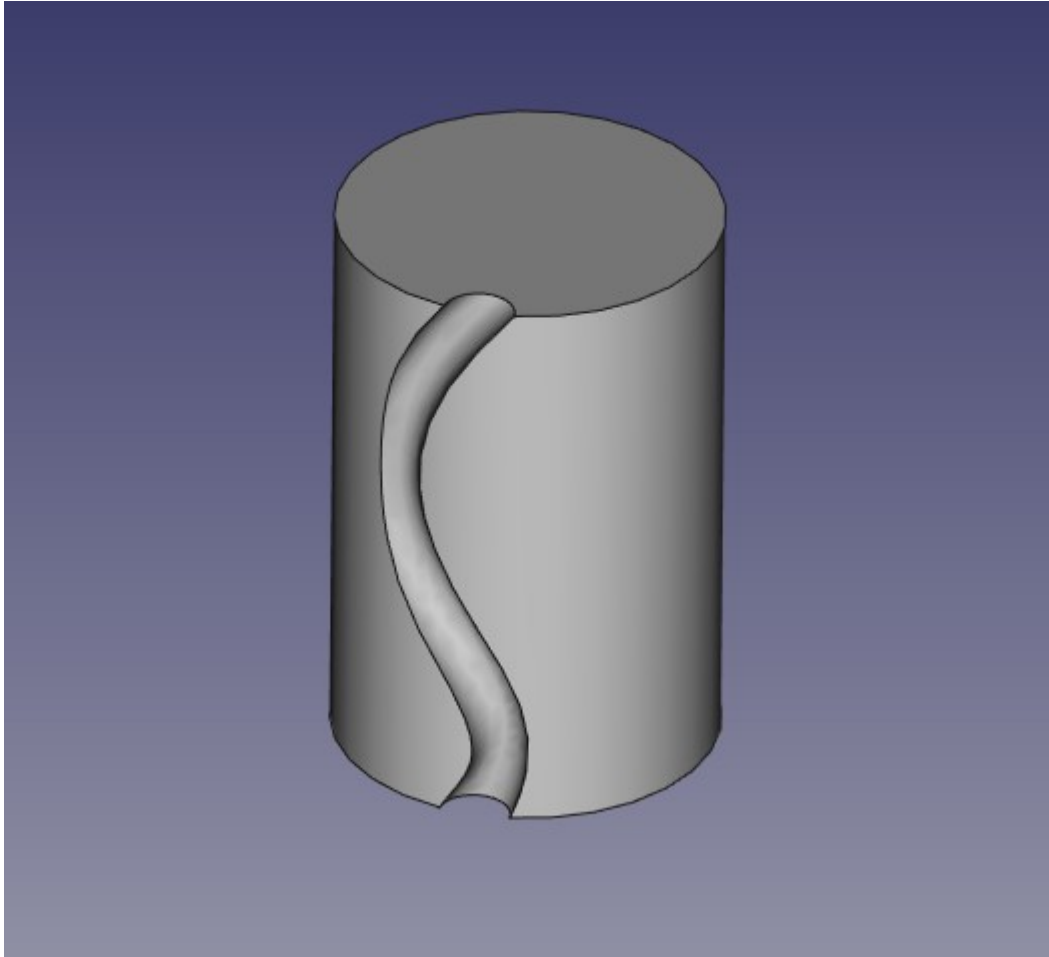
退出草绘器，在圆柱体的顶视图选中顶面进入草绘并且绘制一个直径为 15mm 的圆，绘制完成后退出草图。



顶视图绘制完毕后，在圆柱的底部视图同样绘制一个直径为 15mm 的圆，退出草绘编辑器。



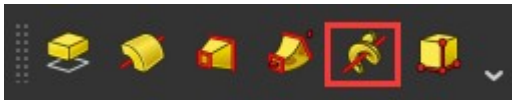
全部绘制完成后点击左侧模型树面板中的第一个草绘圆进入扫描移除工具，并在面板中选择引导路径和第二个草绘的截面形成一次减料操作。



(完成减料扫描)

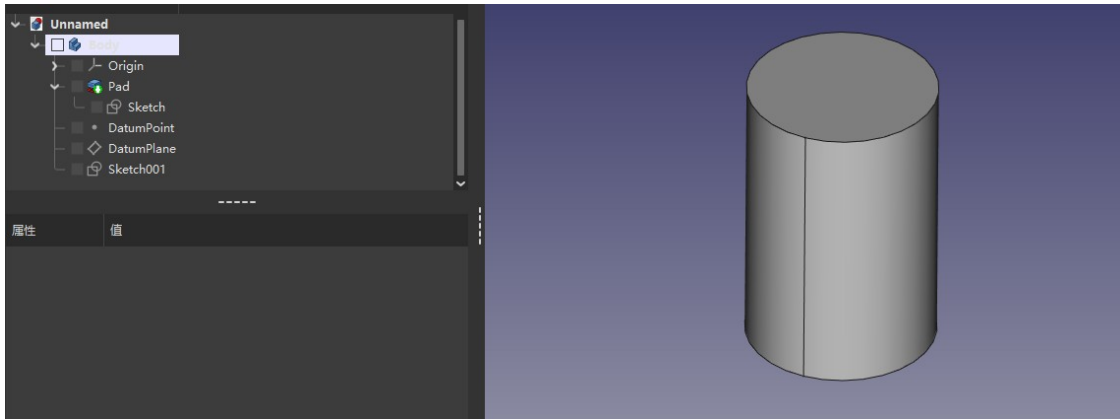
## 螺旋扫描特征 (Sweep)

螺旋特征是指基于某个草图在固定的轴向上形成螺旋特征，可以是减料也可以是增料特征。

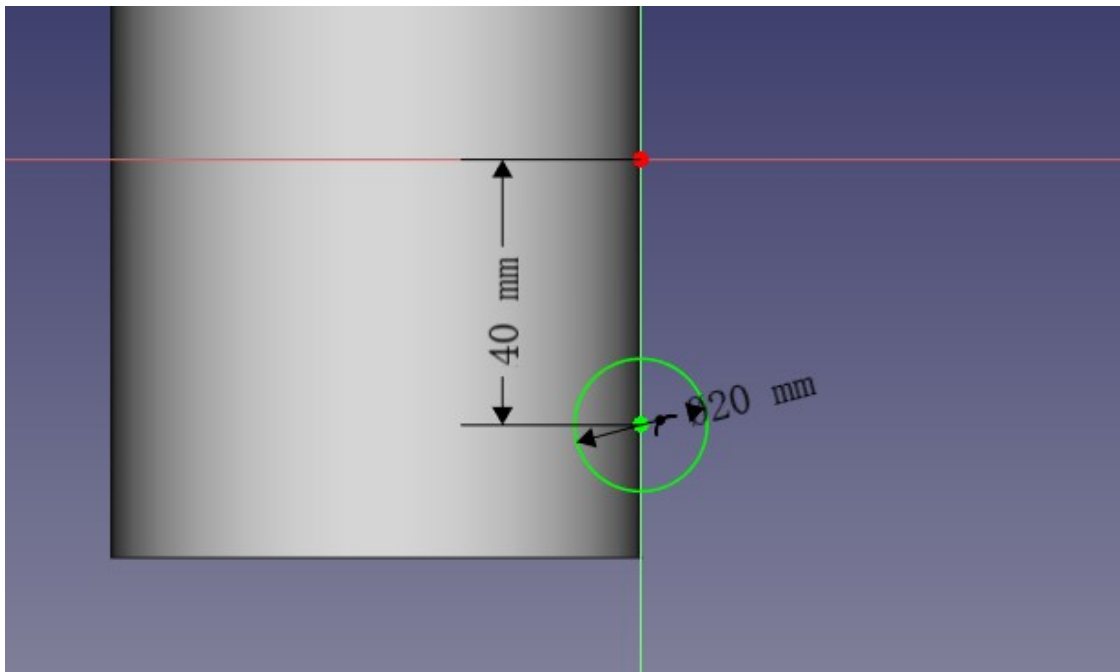


### 增料螺旋扫描特征

在零件设计模块下创建一个零件，创建一个草绘工作平面为 XY，绘制直径为 80mm 的圆，凸台拉伸高度 120mm。



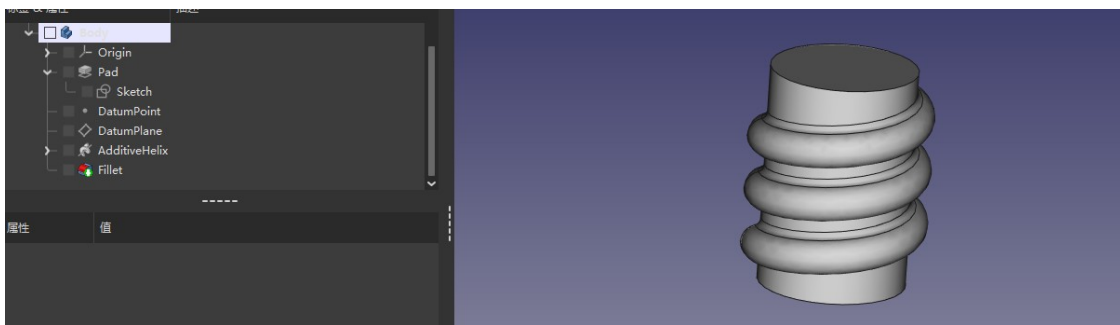
点击圆柱中心的线创建一个基准点附加模式为质心，用质心点创建基准面方向 XZ 基准，点击基准开启草绘，绘制直径为 20mm 的圆，和中心点的距离为 40mm。



随后退出草绘，点击左侧模型树面板的草绘单击工具栏的螺旋扫描特征命令，在左侧控制面板中选择轴向为 Z 轴，控制参数如图设置。



注：在螺旋控制面板中轴可以选择草绘基于哪个轴向进行螺旋，模式菜单下拉栏中可以选择螺旋的模式默认节距-高度-角度，节距是每一节螺旋和螺旋之间的间距，高度则是整体螺旋和实体之间生成的间距，圆锥角可以设定锥度，左旋和反转功能默认关闭，螺旋默认生成成为右旋。



(螺旋扫描生成)

## 减料螺旋扫描特征

减料螺旋扫描特征也是扫描特征的一种类型，前者为基于草图螺旋扫描成实体；后者基于实体进行切除材料移除特征，通常用于在工件上进行截面的材料移除。在

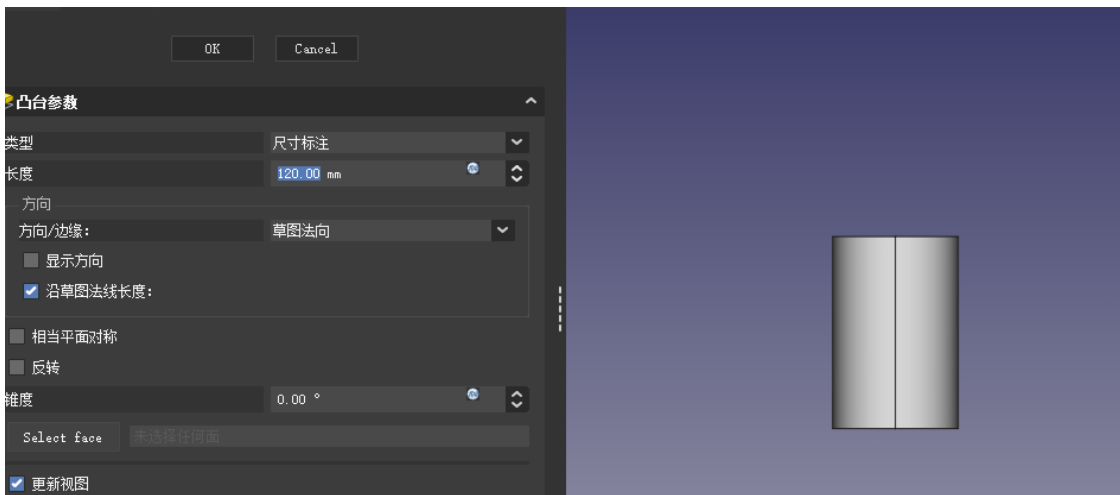
Pratdesign 模块下辅助工具栏中可以找到此图标



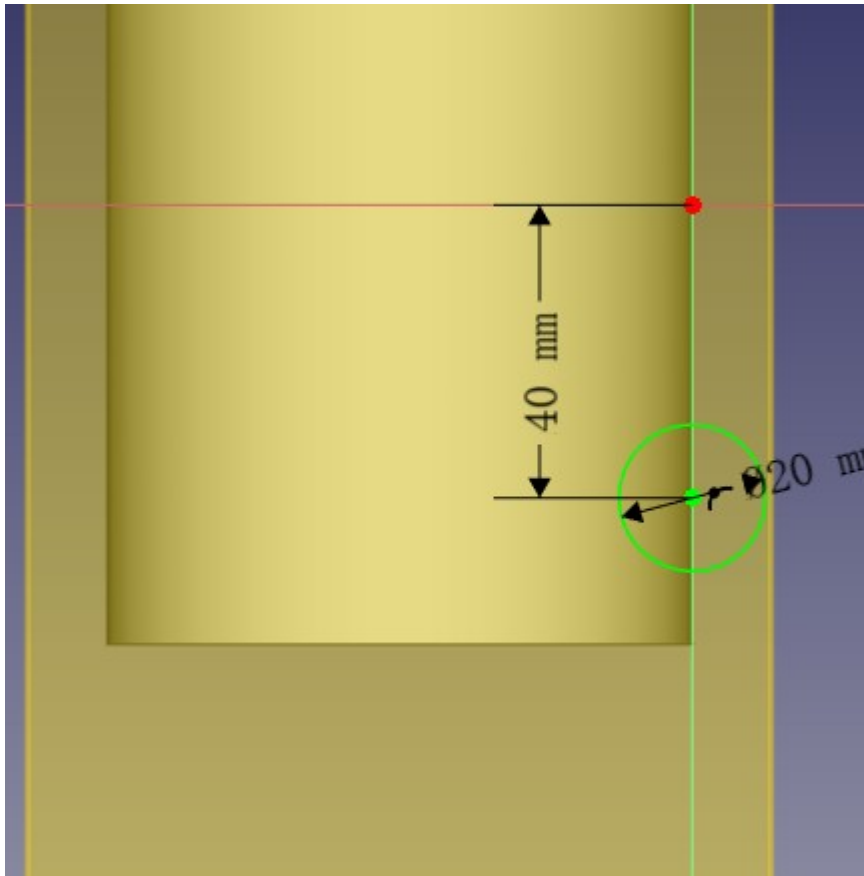
，请参阅下图建模助手工具栏。



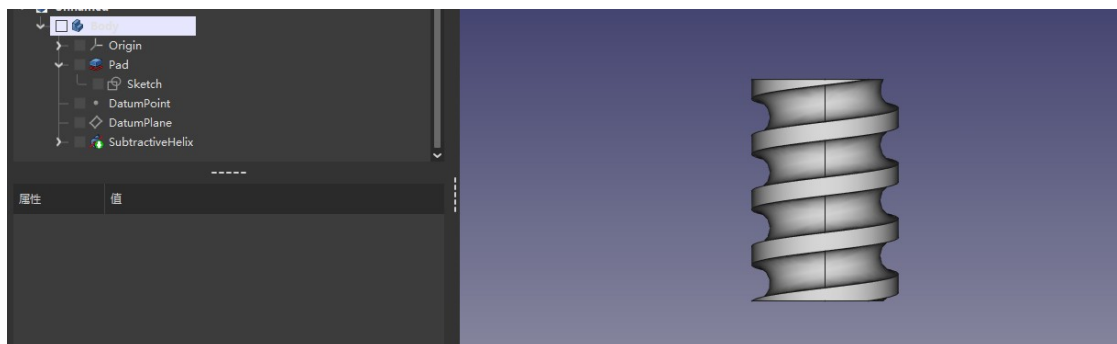
我们用上一个案例来进行螺旋减料的示范，同样新建零件插入一个草图工作平面为 XY 视图，绘制直径 80mm 的圆，凸台拉伸高度 120mm。



完成之后在中线处新建基准点模式为质心，用基准点创建基准平面方向 XZ，点击基准面创建草绘，绘制大小为 40mm 的圆，距离中心点 40mm。



完成后退出草绘编辑器，单击模型树面板中的草绘点击选中后点击工具栏减料螺旋扫描功能，并且按照如图所示参数进行设置。

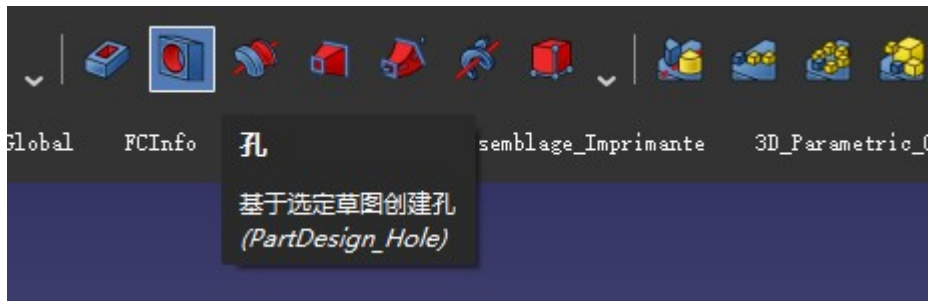


(螺旋扫描减料完成)

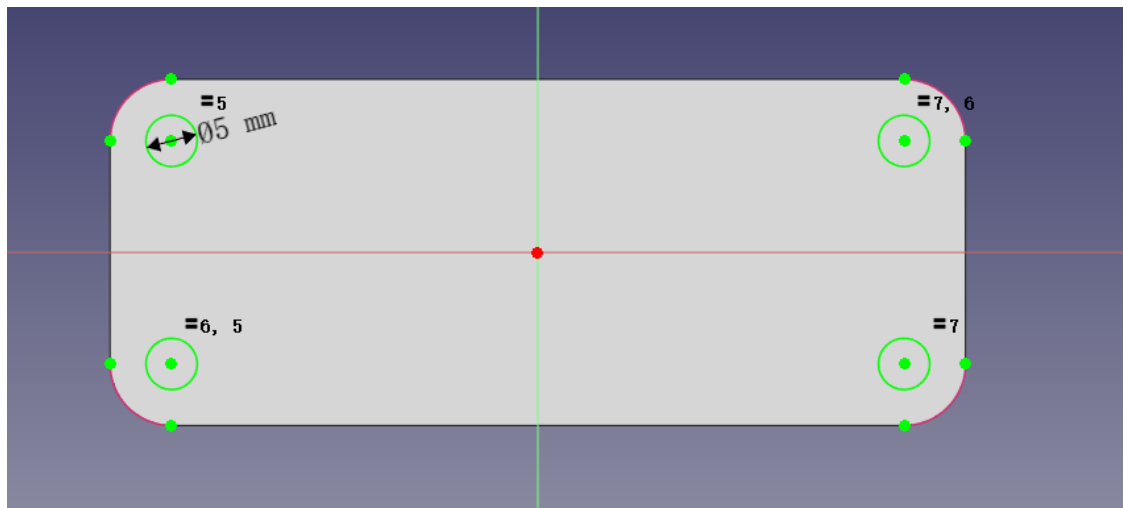
请注意在减料模式下控制面板菜单中有一项删除配置以外的文件，意思是指勾选上之后会和实体发生一次交集的布尔运算，不保留实体只保留螺旋之后的特征，如案例的圆柱体一样如果勾选则不保留圆柱体只保留和柱体之间交集的部分。

## 孔特征 (Hole)

孔特征主要用于在零件上基于草绘生成孔洞，孔洞的类型有不同的类型根据 ISO 国际标准或者是 ASML 英制美标；利用此特征可以创建沉头孔圆头孔等等的生成。



在下图中工件上存在一个草绘；具体绘制尺寸如图所示，创建完毕后点击孔特征进入孔生成控制面板。

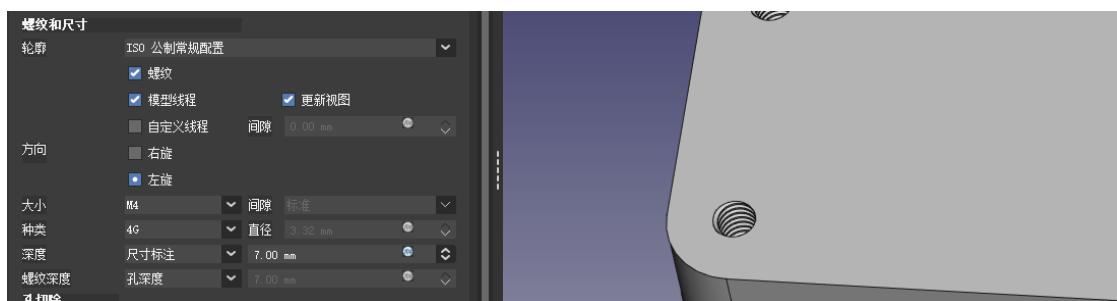


可以看到控制面板中的参数轮廓是指需要生成的孔洞类型，如美制细牙；公制粗牙等（可参照网上螺纹攻牙对照表）

公制粗螺纹			
规格	标准径	2级牙钻孔径	
		最大	最小
M1.0×0.25	0.75	0.785	0.729
M1.1×0.25	0.85	0.885	0.829
M1.2×0.25	0.95	0.985	0.929
M1.4×0.3	1.10	1.142	1.075



面板中勾选螺纹后会在模型上生成所选攻牙规格的螺纹；需要勾选模型线程和更新视图，才能够在视图中看到螺纹的生成。





孔洞的大小可以参照下图螺丝大小对照表；也可以自行上 WBE 搜索获取，深度则是需要攻下去的深度。

公制细螺纹			
规格	标准径	2级牙钻孔径	
		最大	最小
M12×1.0	11.00	11.153	10.917
M12×0.5	11.50	11.599	11.459
M14×1.5	12.50	12.676	12.376
M14×1.0	13.00	13.153	12.917

孔切除类型在下拉菜单里找到；显示已废弃的则说明在未来的版本或者当前版本已经不再受支持。



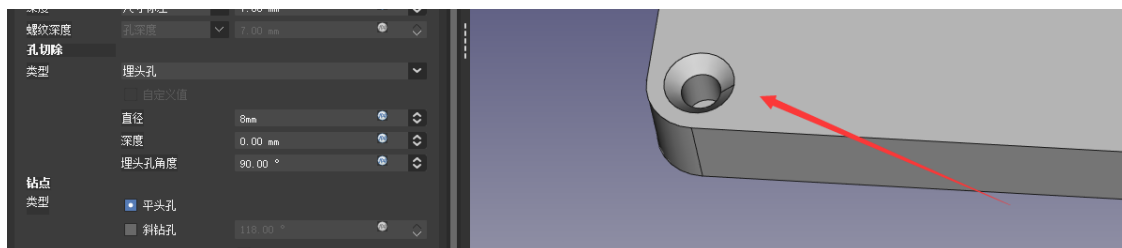
## 沉头孔

沉头孔常见于机械制造领域与建筑领域。沉头孔能够避免螺钉的突起，保证安装平面的平整；沉孔的直径如下图所示根据螺丝最大的安装底面决定，深度根据螺丝嵌入到螺纹底部的距离。

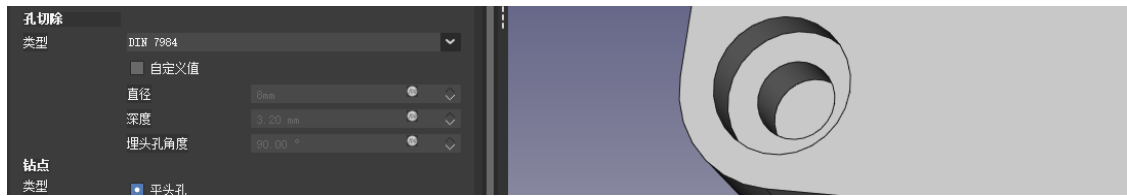


## 埋头孔

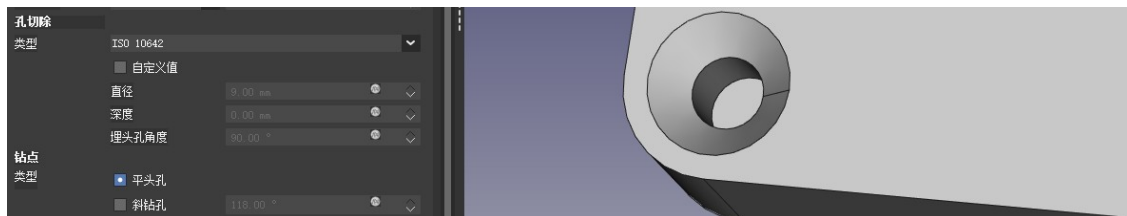
同样埋头孔和沉头孔基本上差不多；埋头孔的第一直径切除处会以 C 角的形式进行过渡，主要是在某些零件有一定的表面要求下为了美观而去设计的埋头螺丝孔。



DIN 7984 为内六角圆头螺丝孔；可参照下图样式。



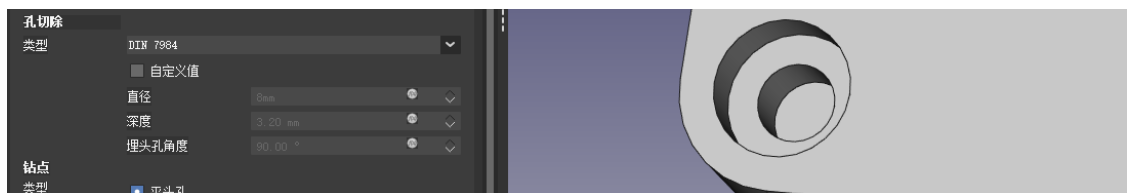
( DIN 10642 为内六角沉头孔 )



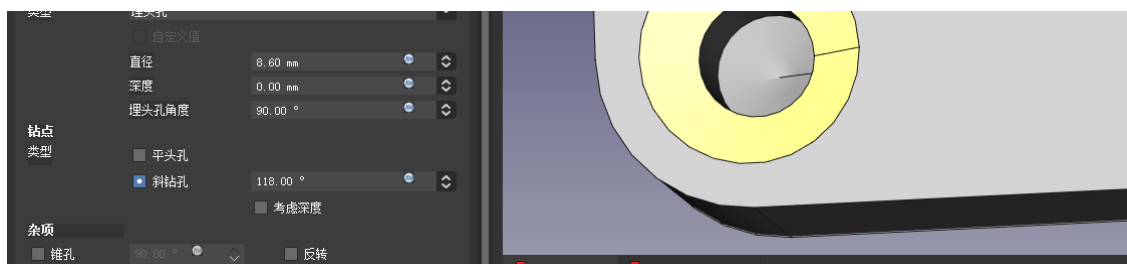
( DIN 14583 为内六角盘头螺钉 )



钻点类型分为平头孔和斜钻孔；根据工艺标准来进行选择，平头孔是以平头钻钻孔底部平整。

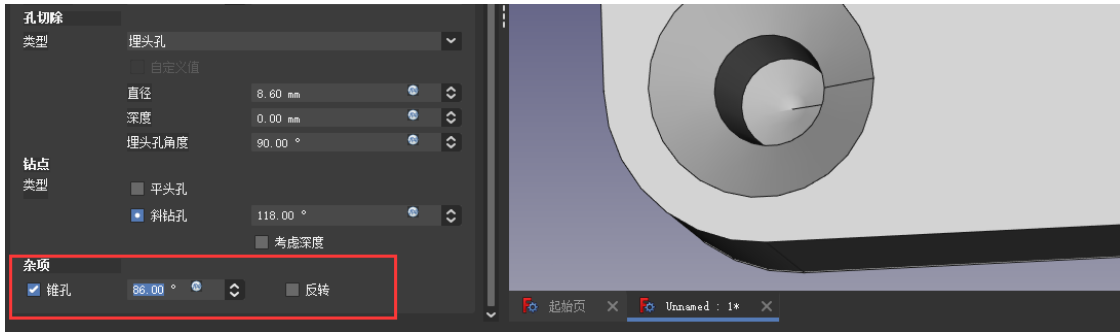


斜钻孔则是会以一个凹进的钻点生成一个孔特征。

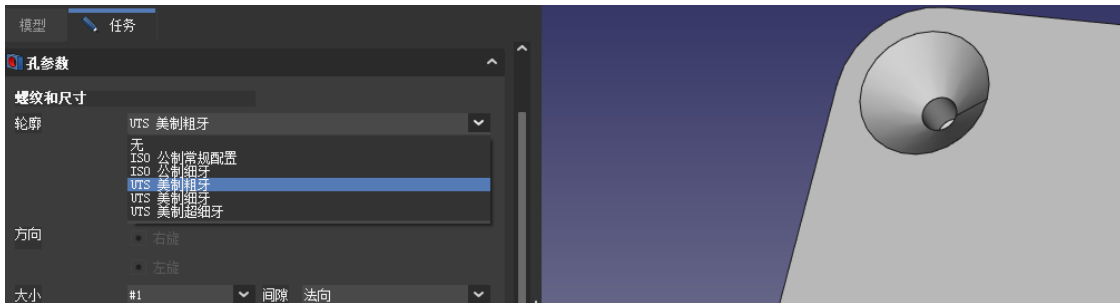


( 孔特征 )

锥孔则是可以控制参数让孔洞具有一定的锥度，调整范围取决于孔洞大小。



(孔特征)



(孔特征)

美制粗牙螺纹

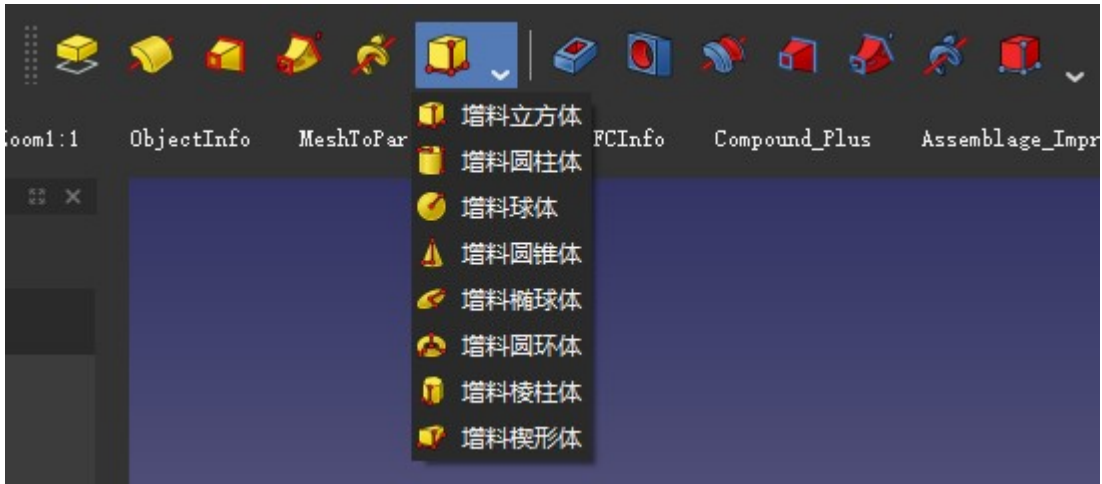
(单位: mm)

螺纹尺寸	钻头直径	2B 级 螺 纹 下 孔 径	内 螺 纹 小 径	
			最小直径	最大直径
NO.1 -64UNC	1.55	1.57 (65%)	1.425	1.582
2 -56	1.8	1.86 (65%)	1.695	1.871
3 -48	2.1	2.14 (65%)	1.941	2.146
4 -40	2.3	2.36 (70%)	2.157	2.385
5 -40	2.6	2.69 (70%)	2.487	2.697
6 -32	2.8	2.86 (75%)	2.642	2.895
8 -32	3.4	3.52 (75%)	3.302	3.530
10 -24	3.9	3.91 (80%)	3.683	3.962
12 -24	4.5	4.57 (80%)	4.344	4.597
1/4 -20	5.1	5.25 (80%)	4.979	5.257
5/16 -18	6.6	6.72 (80%)	6.401	6.731
3/8 -16	8	8.15 (80%)	7.798	8.153
7/16 -14	9.4	9.5 (80%)	9.144	9.550
1/2 -13	10.8	11.0 (80%)	10.592	11.023

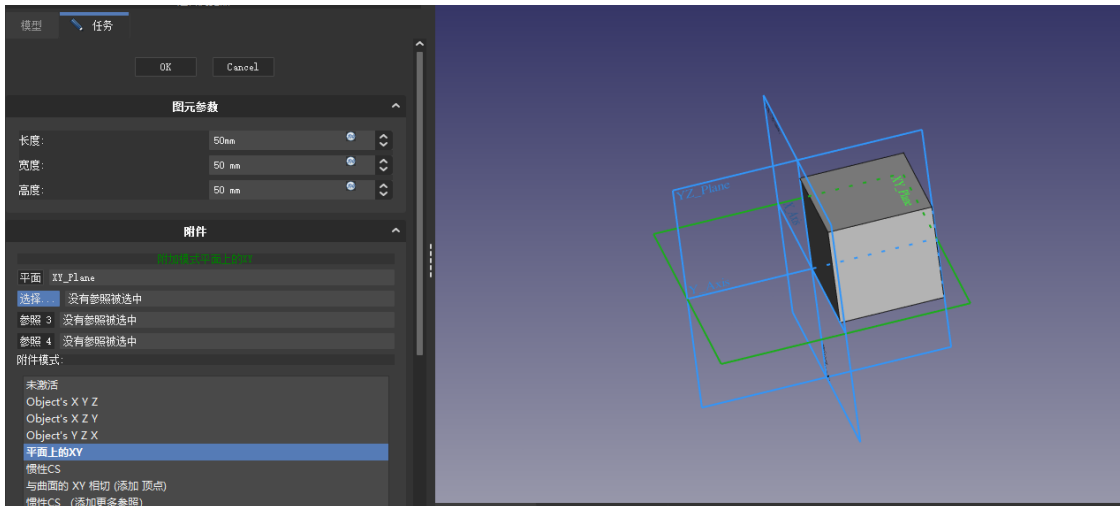
(美标/国标具体参数可以上网搜索获取对照表)

## 创建增料图元 (参数图元)

增料图元即是宏零件, 软件提供一些基本的图元包括 (圆球体、立方体、多面体、圆环等一系列的参数化图元, 此类图元参数可控, 控制大小尺寸以及放置的工作平面。



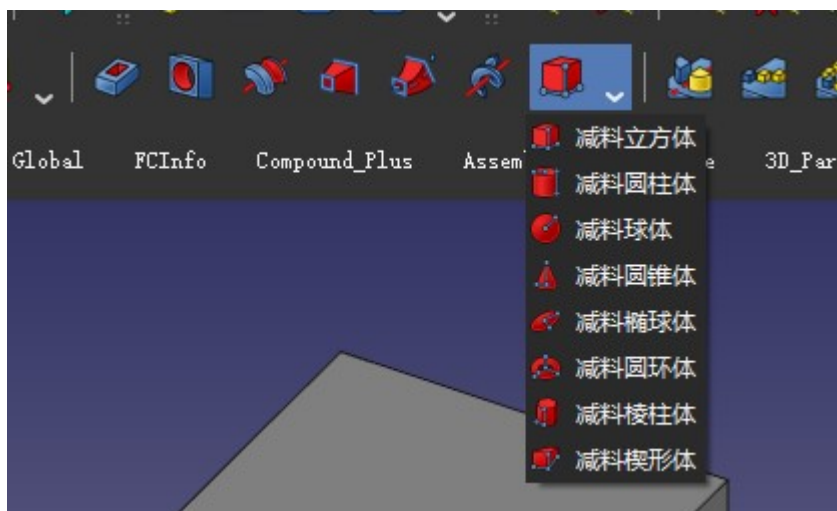
如案例所示点击一个立方体，在控制面板中调整其尺寸和放置的工作平面为 XY，如后续更改则可返回模型树菜单单击图元可再次进行参数化调整。



(增料图元编辑器)

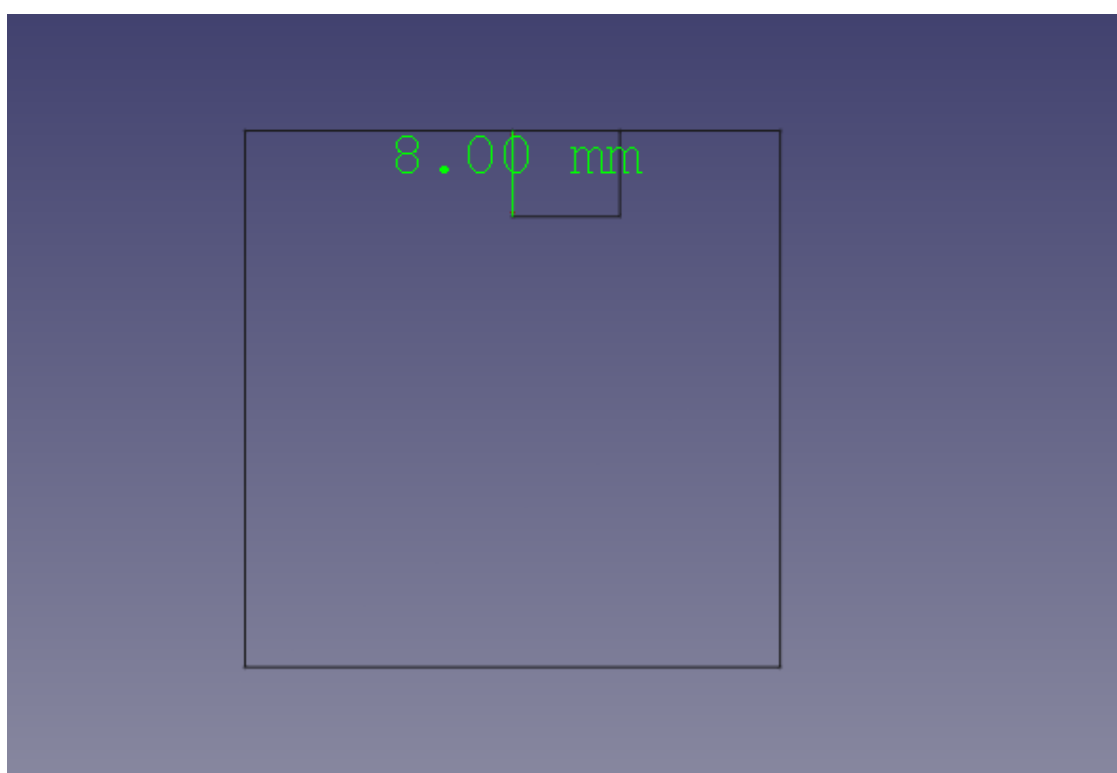
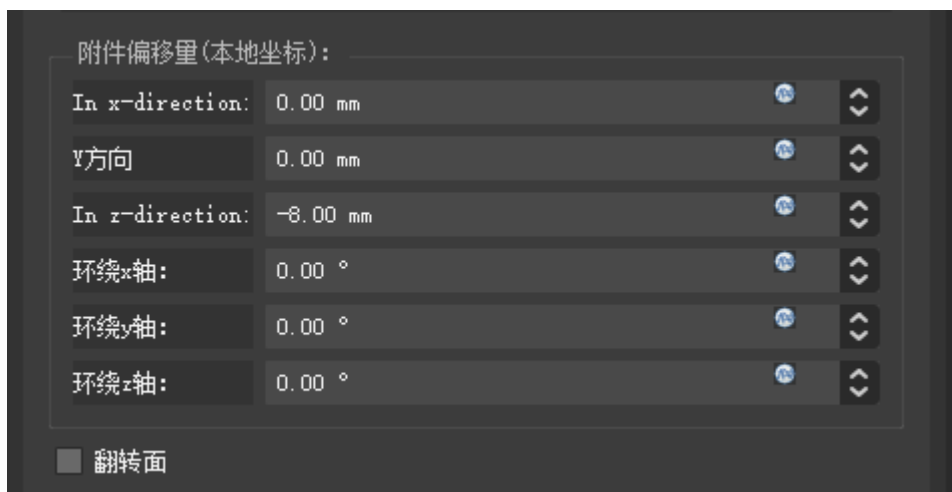
## 创建减料图元（参数图元）

减料图元即是宏零件，软件提供一些基本的图元包括（圆球体、立方体、多面体、圆环等一系列的参数化图元，此类图元参数可控，控制大小尺寸以及放置的工作平面，唯一不同的是减料图元是和实体之间进行切除的。



如案例所示点击一个立方体，在控制面板中调整其尺寸和放置的位置则是新建立方体的顶面，并且基准向下偏移的量就是切除的深度。





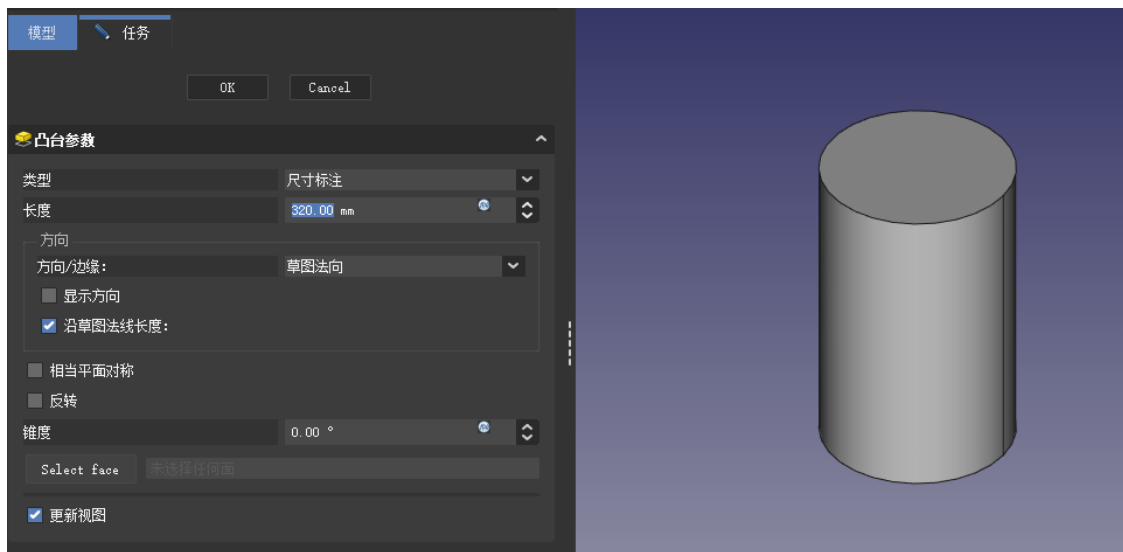
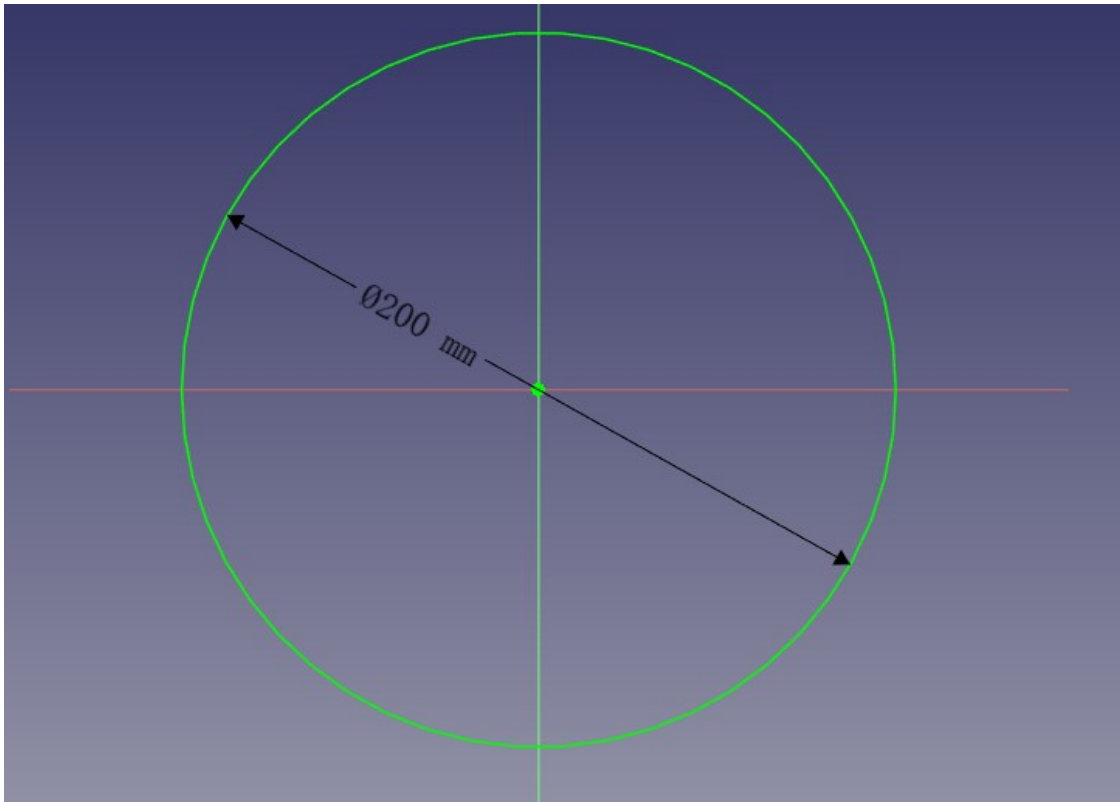
(减料立方体嵌入的深度)

## 旋转切除特征 (Groove)

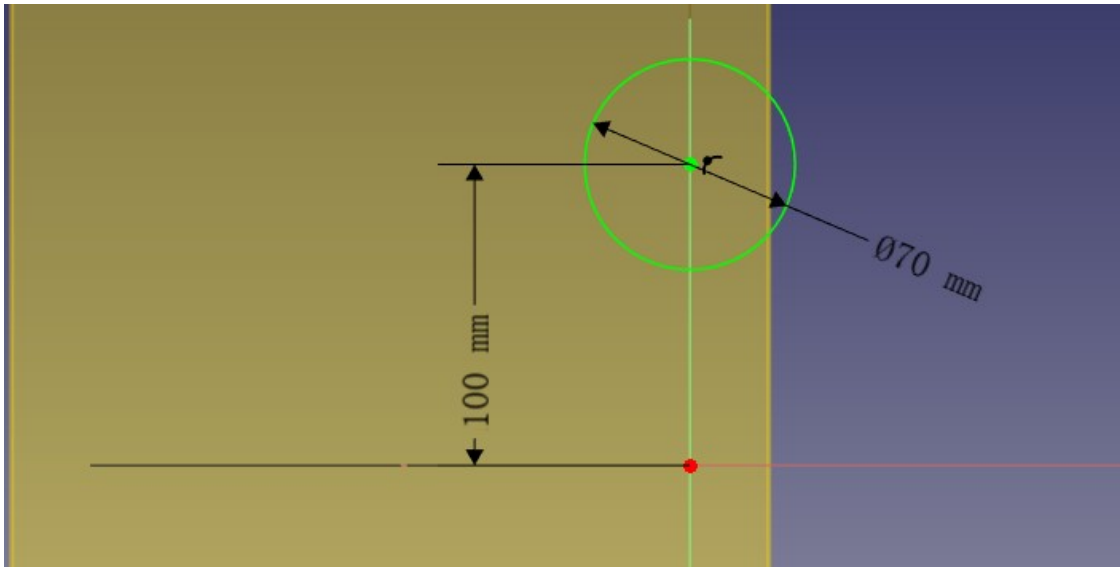
旋转切除特征和旋转特征一样，前者增加材料后者切除材料，并以圆周 360° 的形式进行基于草绘的切除操作。



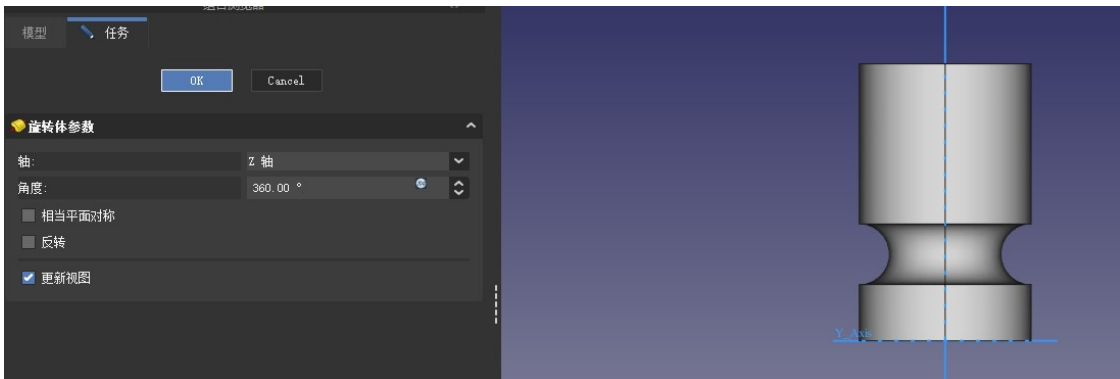
在零件设计模式下，插入零件插入草绘，以 XY 基准面创建一个直径为 200mm 的圆，拉伸凸台的高度为 320mm。



完成之后在圆柱中线上创建基准点附加模式为顶点，以基准点创建一个基准面方向 XZ，基于基准面创建草绘直径为 70mm 的圆，圆心距离原点 100mm。

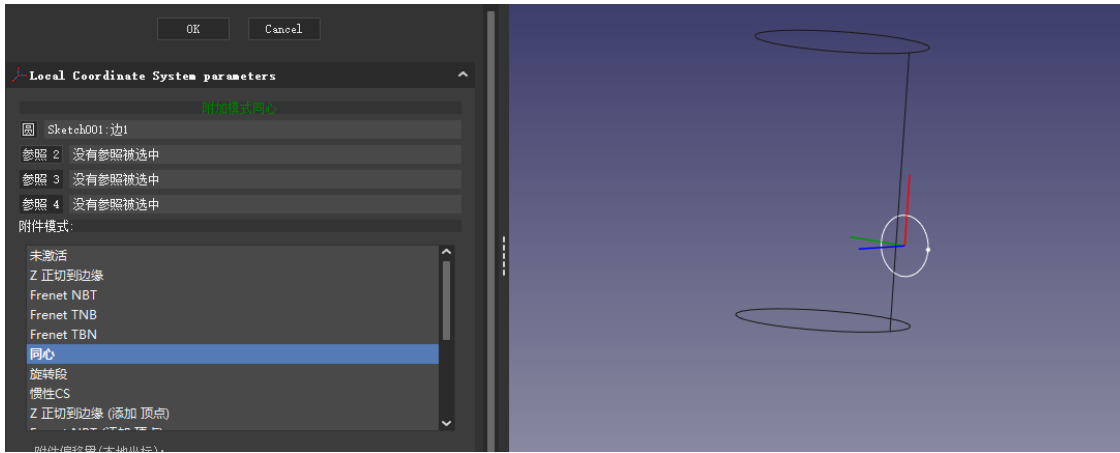


完成之后点击退出草绘，选择此图标，并在模型树面板单击草绘选择减料旋转，参数如图所示。

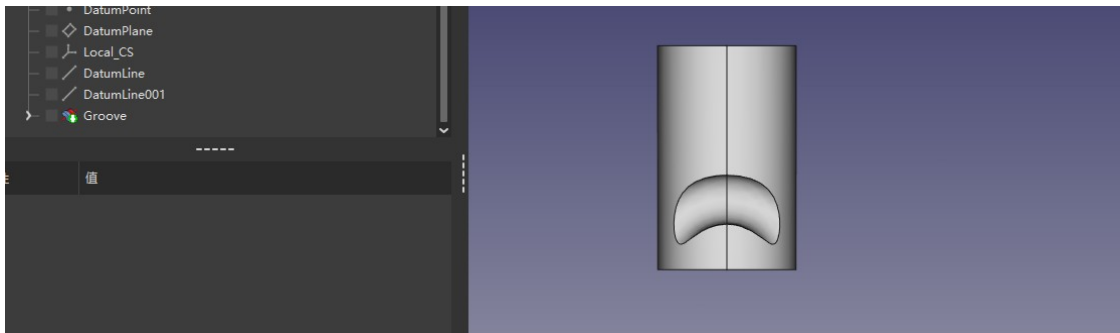


如果要沿着固定的方向进行切除则需要创建局部坐标系，点击此功能默认是以全局坐标来进行切除，在工具栏中找到局部坐标系，点击草绘圆进行局部坐标系的创建，模式为同心以圆心作为参考。





完成局部坐标系创建后点击局部坐标系创建基准线附加模式对象的 z 坐标，创建一根基准线，届时我们会以这根轴作为切除的参考轴。



( 沿着局部坐标系切除 )

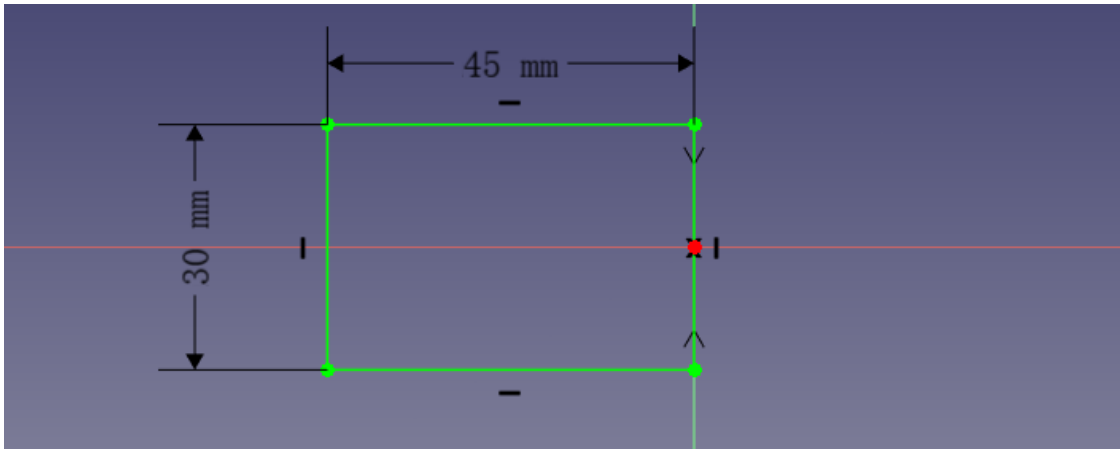
## 镜像变换特征 ( Mirror )

镜像特征是通过三轴坐标系之间经过某一轴进行镜像变换/对称变换，必须有一个特征才能基于此特征进行变换操作。

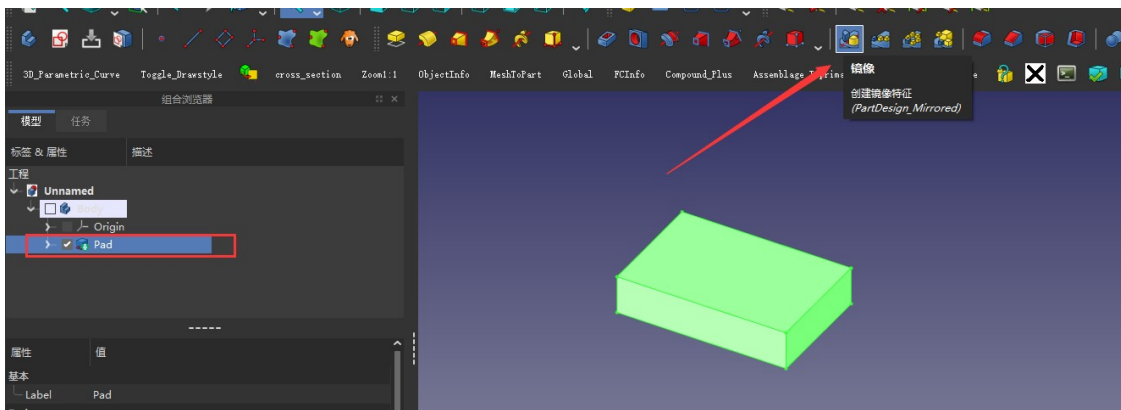


( 变换特征工具组 )

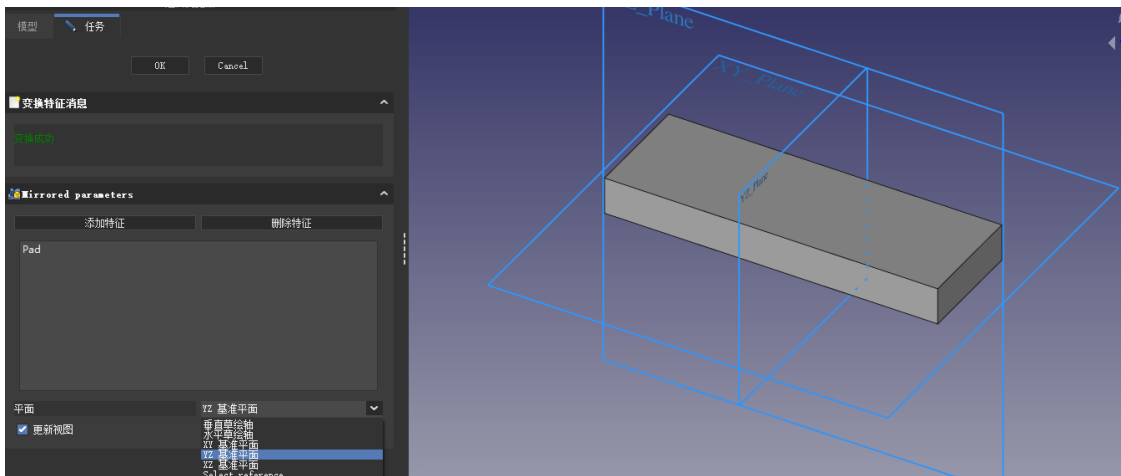
首先在零件设计模块下新建实体，建立 XY 平面草图并绘制以下图形注意此处我们绘制的矩形并不对称与中轴而是往左侧偏移因为到时候需要用到平面中的 Y 轴也就是三维空间中的 YZ 基准面进行镜像对称变换。



绘制如图所示的矩形草绘并且约束它，直至完全约束后退出草绘编辑器，点击拉伸凸台给定一个高度，在变换特征工具组中找到镜像特征。



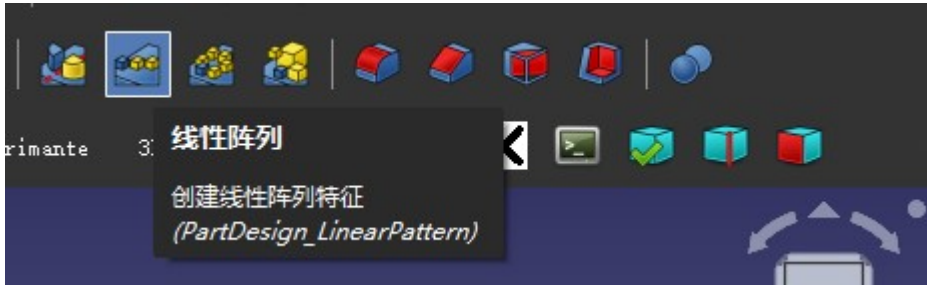
选中模型树旁边的特征点击镜像特征变化，变换的参考轴是 YZ 平面。



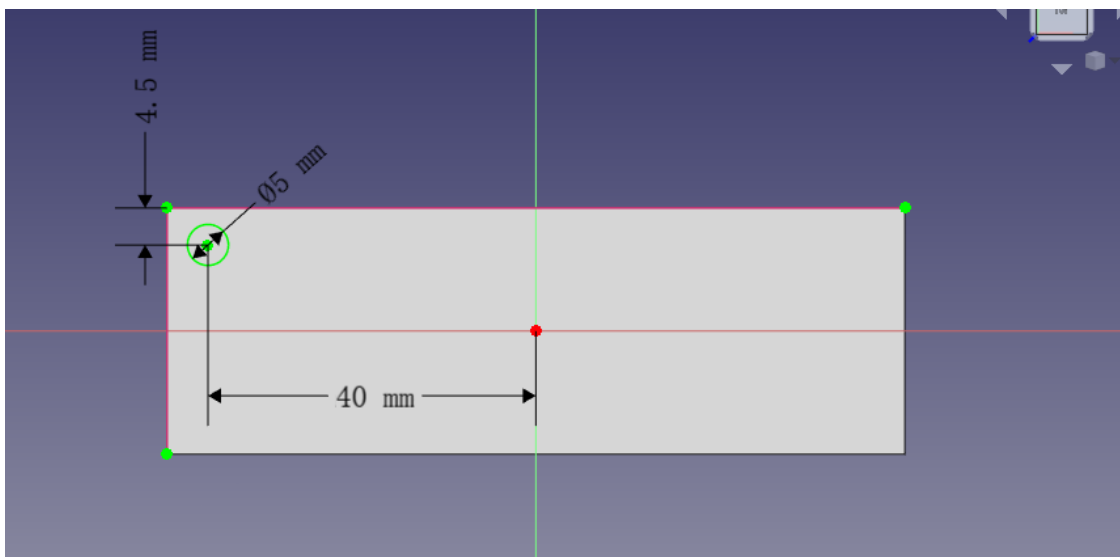
(变化完成)

## 线性阵列特征 ( LinearPattern )

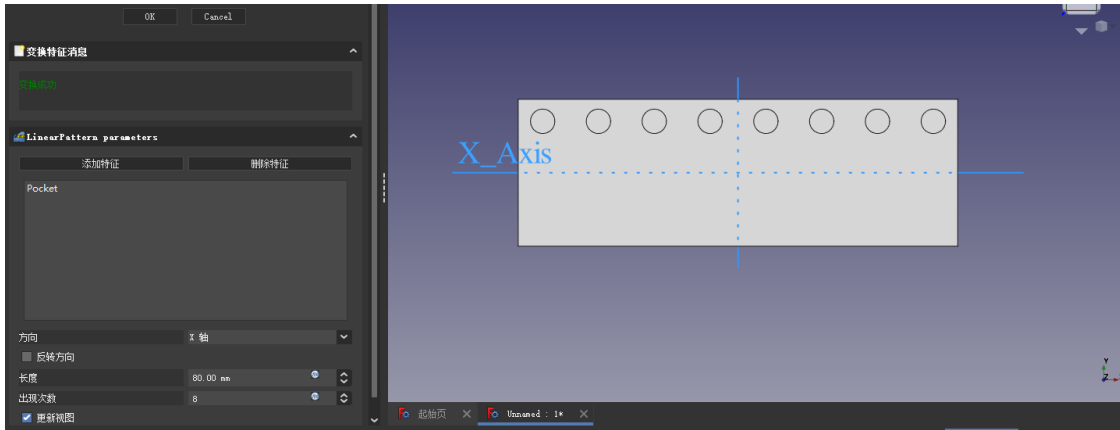
线性阵列是通过某个特征在三轴坐标轴上进行 X · Y · Z 的变化，例如在 X 轴上阵列孔洞或者凸台等。



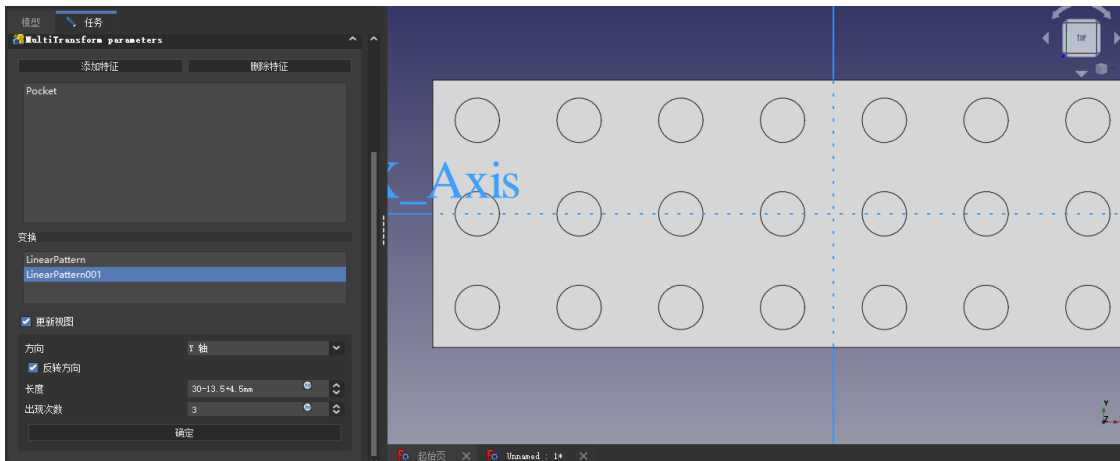
我们继续上次的镜像立方体进行示范，在立方体上创建基准面并且创建草绘，绘制直径为 5mm 的圆与中心点的距离为 40mm，用外部几何体参考出两条边线约束高度为 4.5mm，创建完成后退出草绘，点击凹坑功能向下挖出一个 5mm 深度的槽，点击这个槽来去线性阵列。



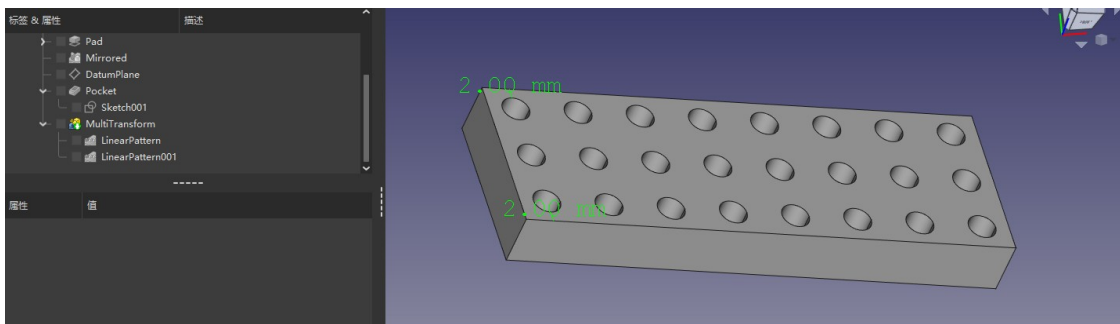
这里的长方体就是我们之前镜像的立方体宽度是 45mm，所以镜像完成后就是 90mm，创建一个直径 5 的圆，在阵列的时候圆心和参考点的距离以及圆心和中心点的距离都要作为计算的数值。



阵列的数量为 8，这里的计算模板是：长方体的总宽减去圆的大小以及圆距离边线的宽度； $90-5-5=80*8$ 。



同样也可以进行竖向阵列数组，此处阵列的计算模板是：长方体的总高除以阵列行数的间距加圆和边线的距离； $30-13.5+4.5$ 。



( 双边距离对等 )

教学地址：

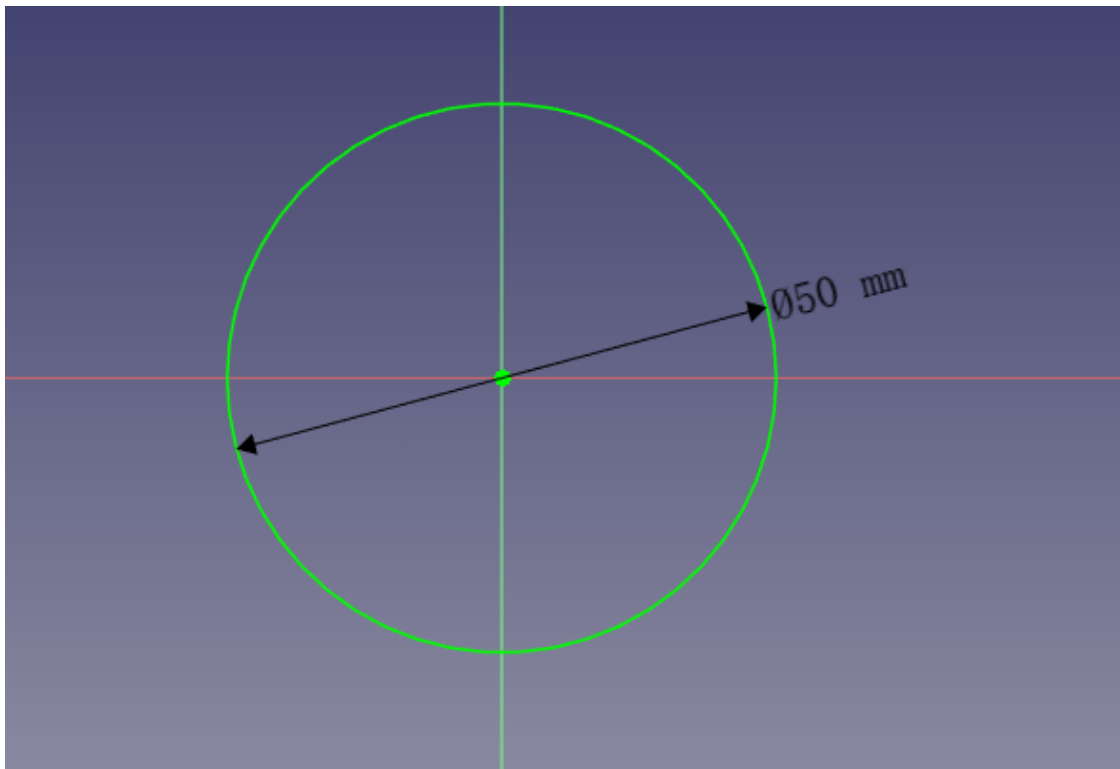
[https://www.bilibili.com/video/BV1uv4y1d7sC/?spm\\_id\\_from=333.788&vd\\_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66](https://www.bilibili.com/video/BV1uv4y1d7sC/?spm_id_from=333.788&vd_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66)

## 环形阵列特征（PolarPattern）

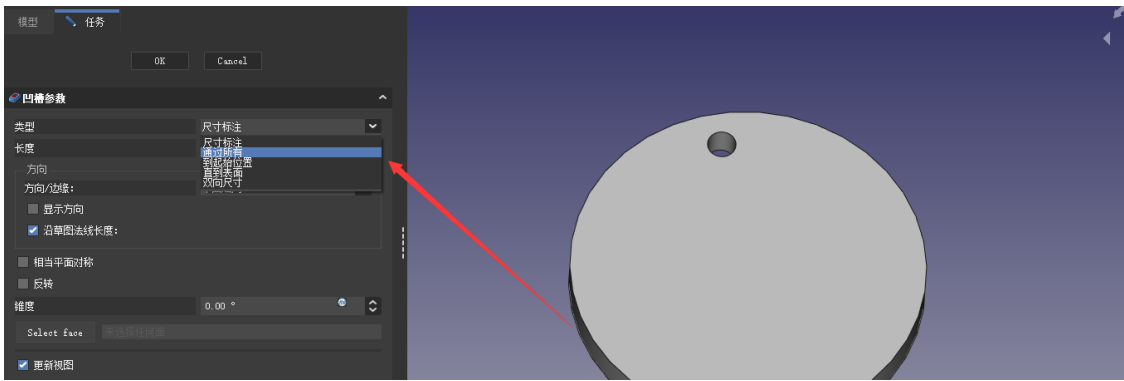
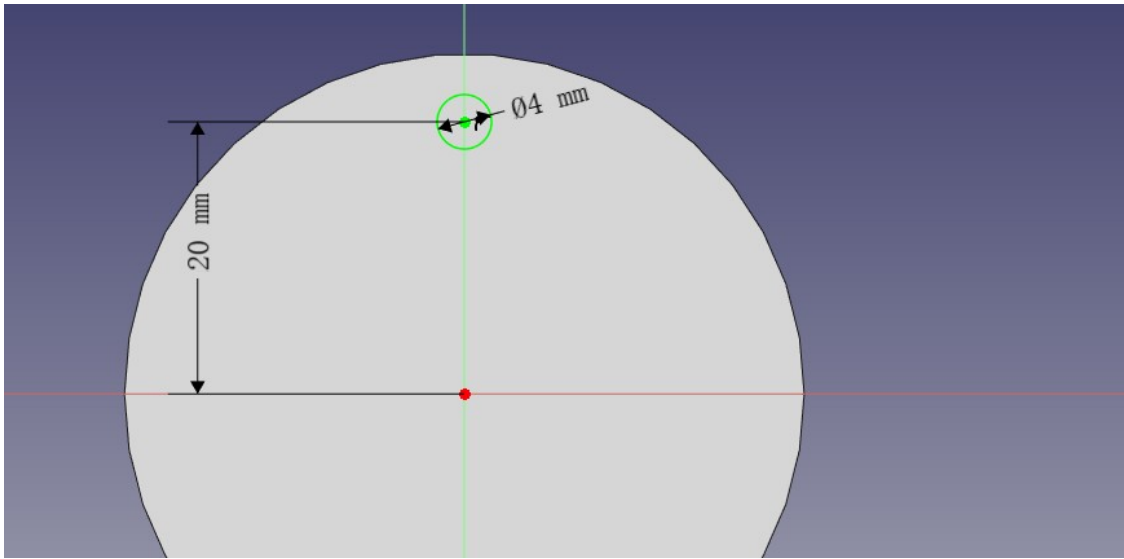
所谓环形阵列，顾名思义，也就是说排列方式不是矩形，而是圆形，准确地说，环形阵列是指将图形对象按照指定的中心点和阵列数目以圆形排列方式进行大规模复制。



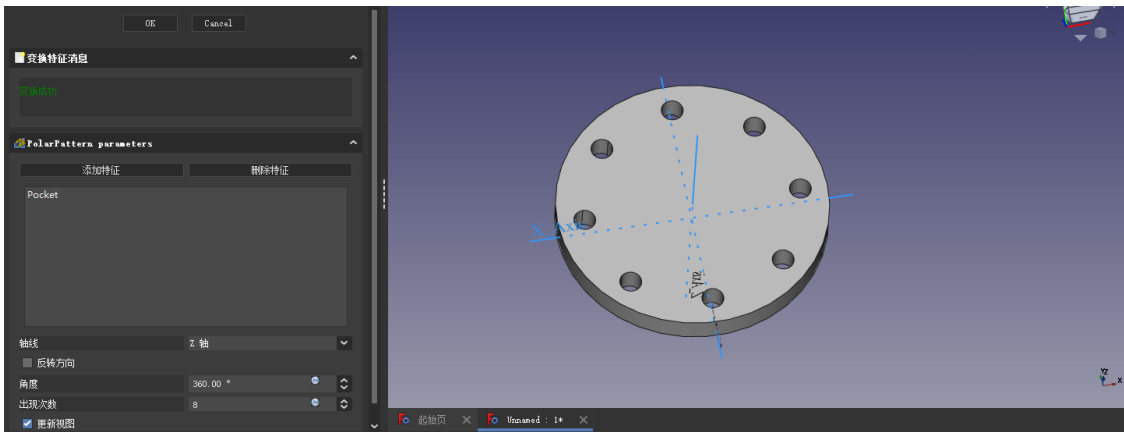
在零件设计模式下创建一个实体，插入一个草绘工作平面为 XY 并绘制直径 50mm 的圆，退出草绘后拉伸凸台的高度为 5mm。

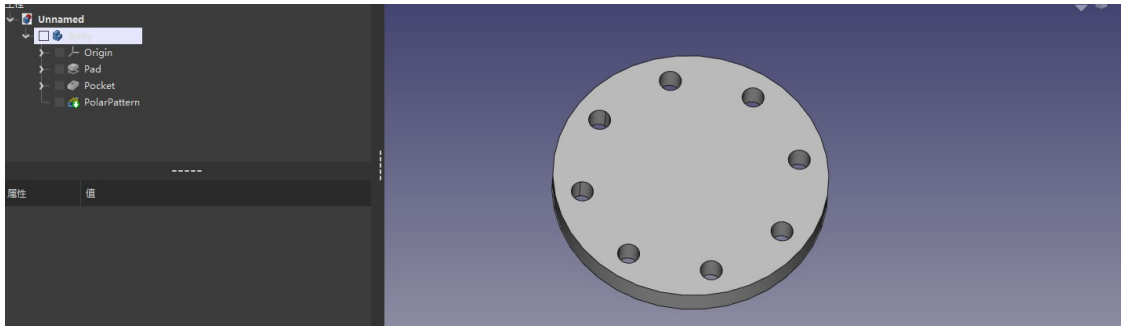


拉伸后再次点击圆的顶面作为草绘面进入草绘绘制一个直径为 4mm 的圆，圆心距离中心点 20mm，完成之后退出草绘单击草绘创建拉伸凹坑深度完全贯穿。



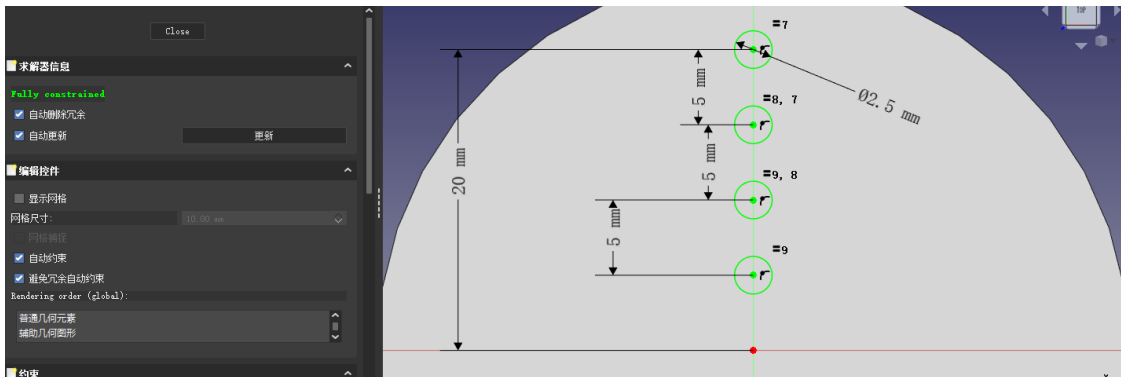
完成之后单击创建出来的凹坑特征，点击环形阵列特征参数如图，围绕 Z 轴旋转 360° 数量为 8 个。



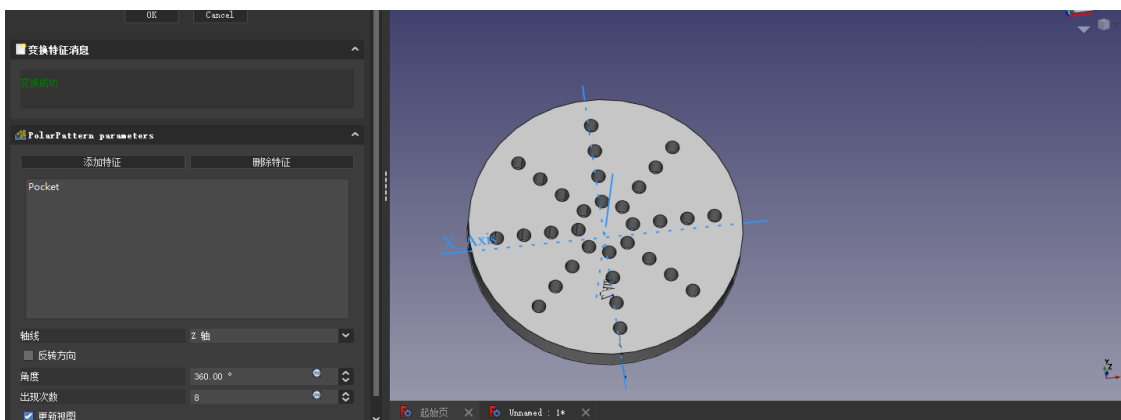


(环形阵列创建完毕)

同样我们也可以在草绘中定义多个圆或者其他的图形，计算好每个图形之间的距离对这一组图形进行一次性阵列。在原始草绘中增加图形绘制尺寸如图所示，请计算好圆和圆之间的间距。



完成后点击草绘进行凹坑拉伸深度完全贯穿，完成后单击凹坑特征进行环形阵列数量 8。



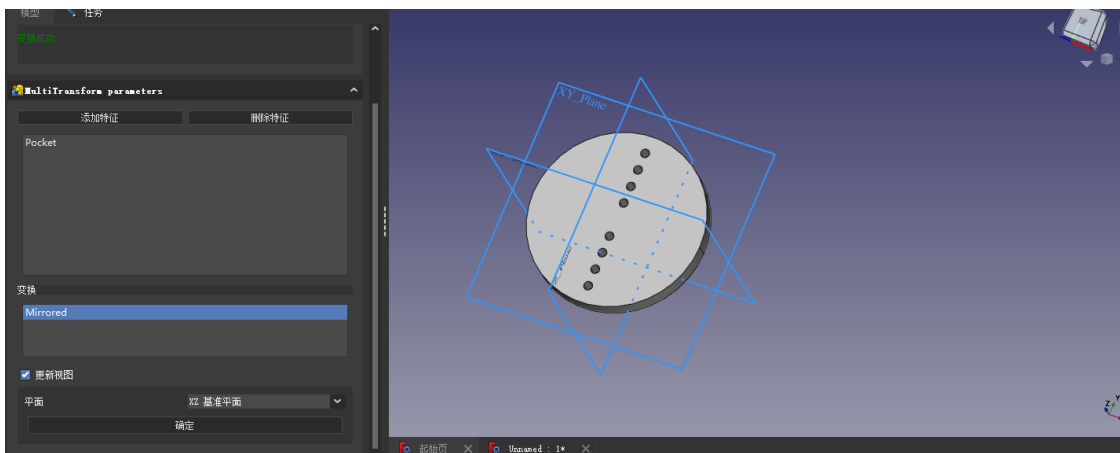
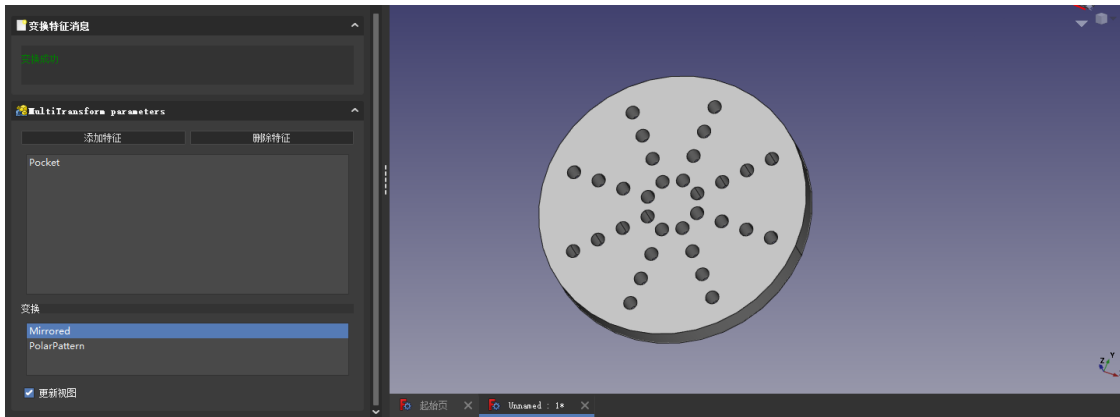
(环形阵列完毕)

## 多重变换特征 (MultiTransform)

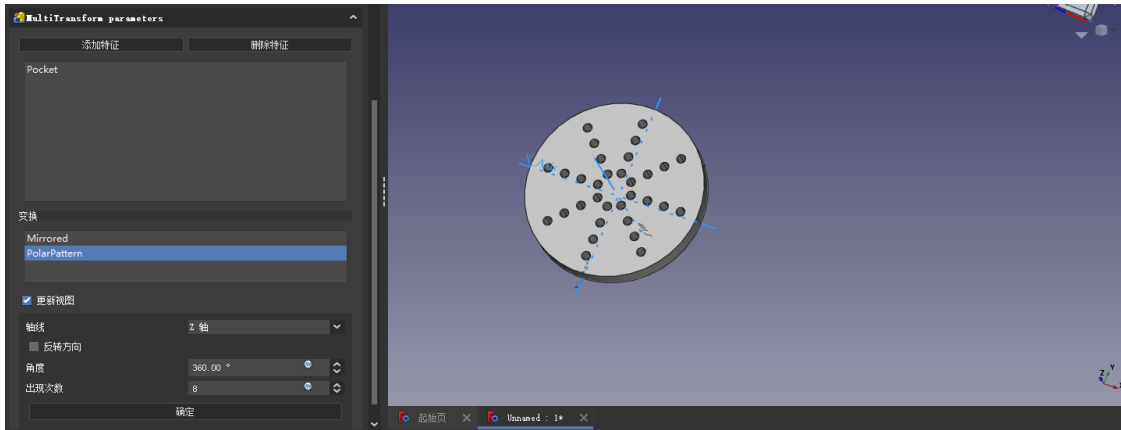
多重变换特征可以在一个控制面对一个特征或者多个特征，进行一系列的变化并且一次完成，此变换功能集合了镜像特征、环形阵列、线性阵列。以及缩放变换。



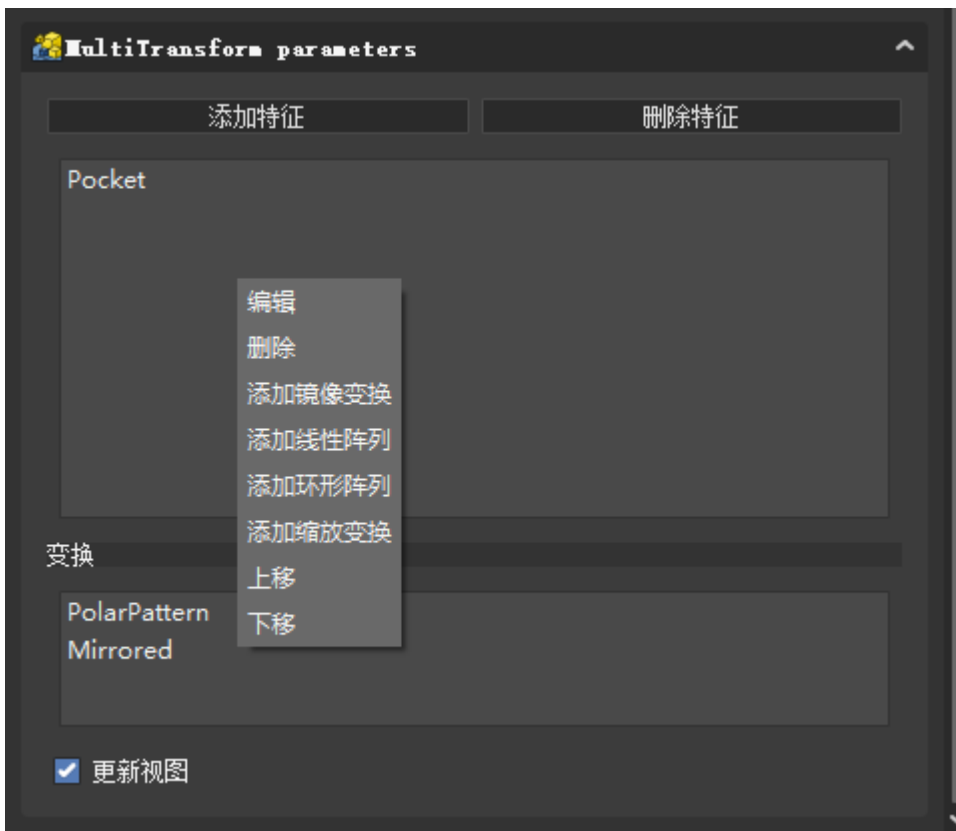
利用上一个草绘的底盘凹坑特征我们来进行多重变换的创建，单击凹坑指令进入多重变换功能，在左侧控制面板中可以添加特征（刚引入的凹坑特征）下方菜单中可以右键添加变换功能，这里示范一下我们怎么去添加多重变换。



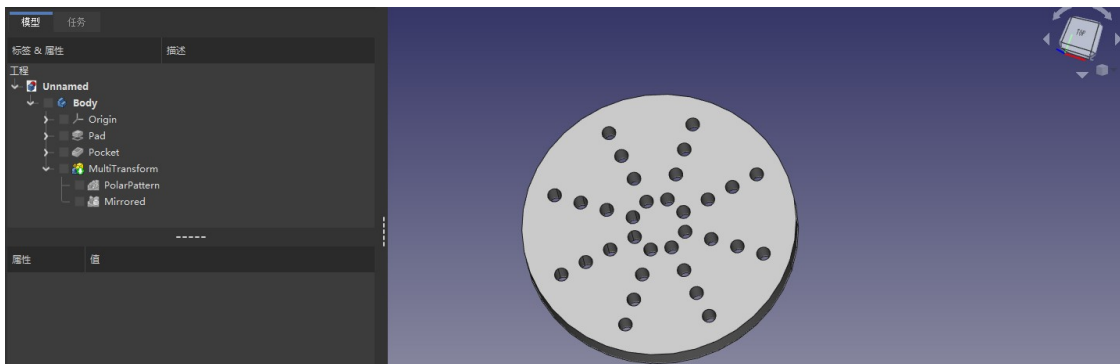
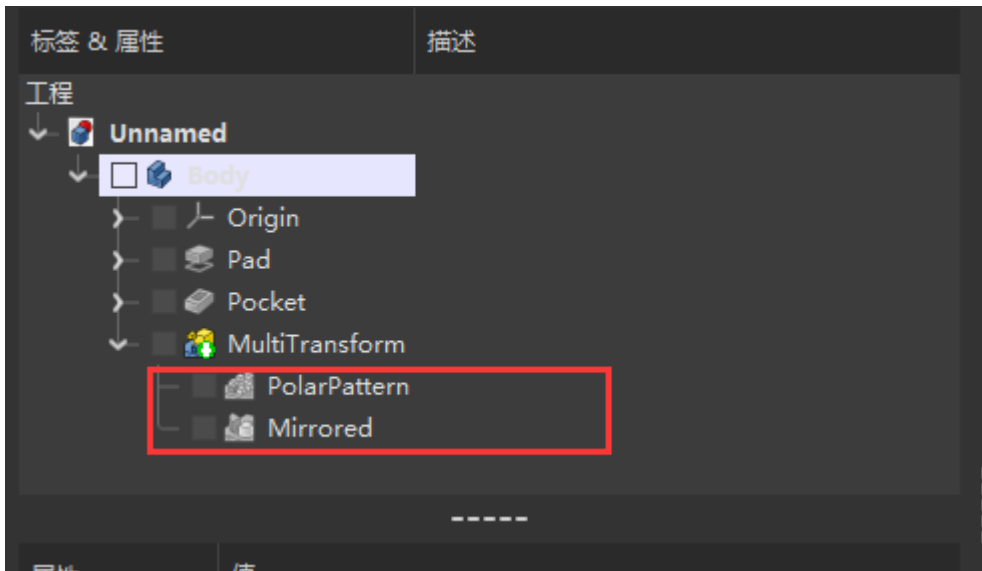
在此处我们先是对第一个凹坑特征基于 XZ 基准面进行了一次镜像，随后又添加了一个环形阵列特征进行 8 次围绕 Z 轴的环形阵列。



我们可以利用一个特征在此功能中实现多重变换的一次性阵列，并且还可以通过上移、下移的指令来进行层级之间的变换。



在左侧模型树面板中展开多重变换指令集多出两个变换命令分别是环形阵列特征和镜像变换特征，所以这个功能的意义就在于用一个特征把多重变化放进一个组合里，还可以用这种形式的变化对这个阵列组进行第二次阵列，注意：如果电脑配置过低且阵列的数量过于庞大可能会导致工程崩溃。



(多重变换完成)

## 修饰工具组特征

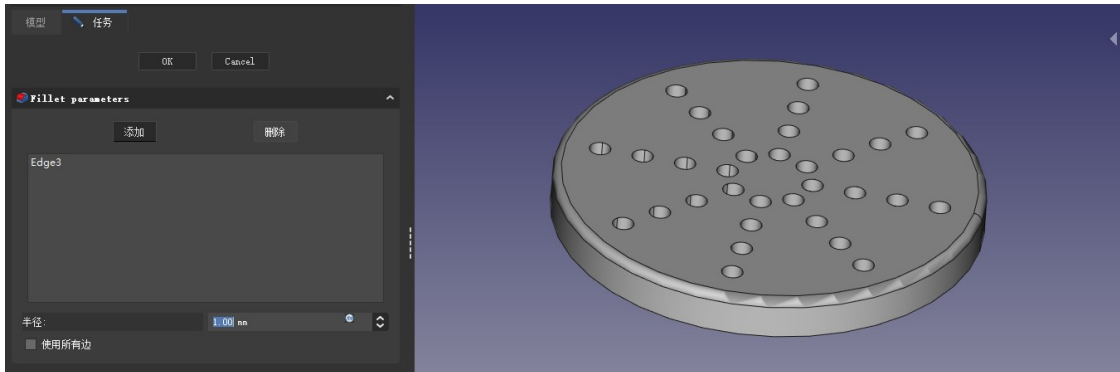
修饰工具组包含：倒圆角、倒角、拔模、抽壳命令。



## 倒圆角



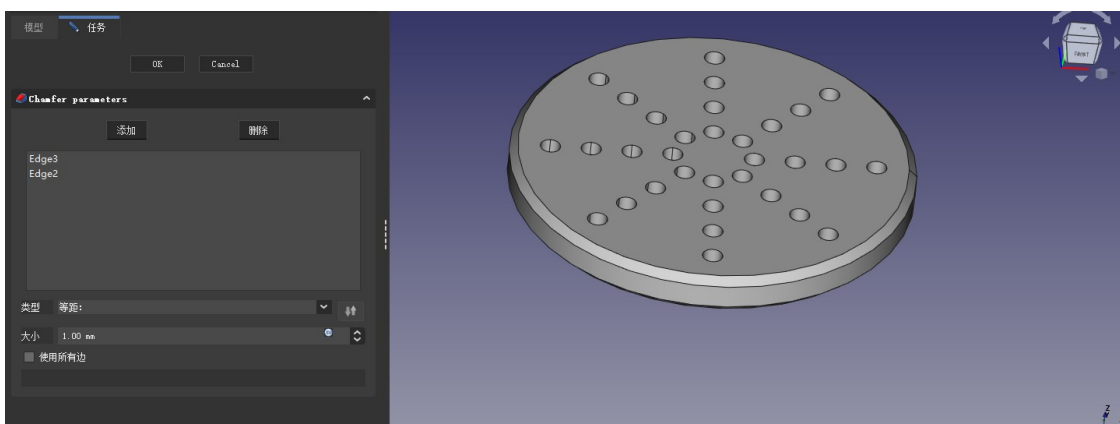
倒圆角命令选择一根边线或者多根边线或者面进行一次以 G1 形式过渡圆角，倒角的大小取决于边线和边线之间的最大边界距离，在 FC 中如果边线距离为 8mm，则倒圆角的大小只能说 7.99/7.95，因为边界表达的缘故并不能够实现完全倒圆角进行交集。



(倒圆角)

## 倒角/倒斜角

倒角命令也叫做倒斜角/倒 C 角，它有等距和双边距离倒角等功能，在边线处或者指定的面形成一次默认为 45° 斜坡形式的斜角过渡，倒角的最大距离取决于零件边线的宽度，例如边线和边线之间距离是 10mm，那么最大的倒斜角就是 9.98/9.95，在 FC 中由于边界表达的关系并不能够实现完全倒斜角边界之间并不能形成一次交集。

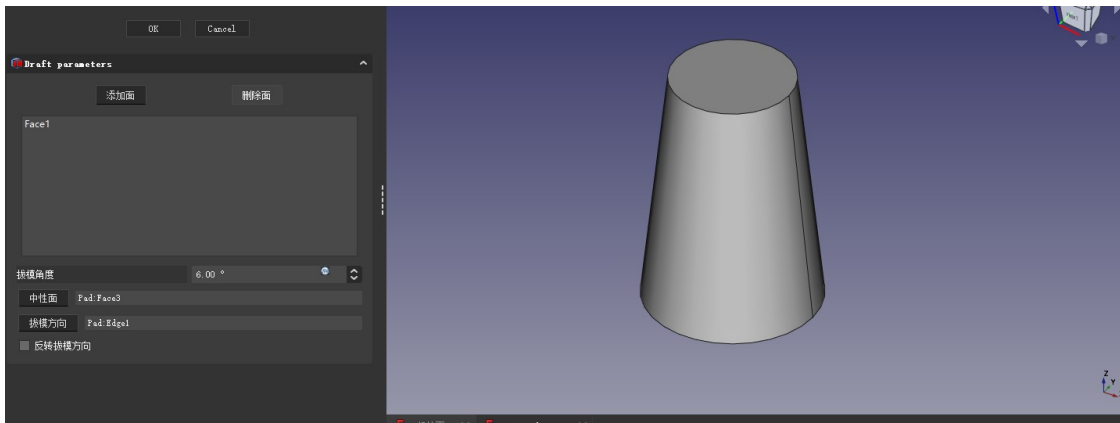


(倒斜角)

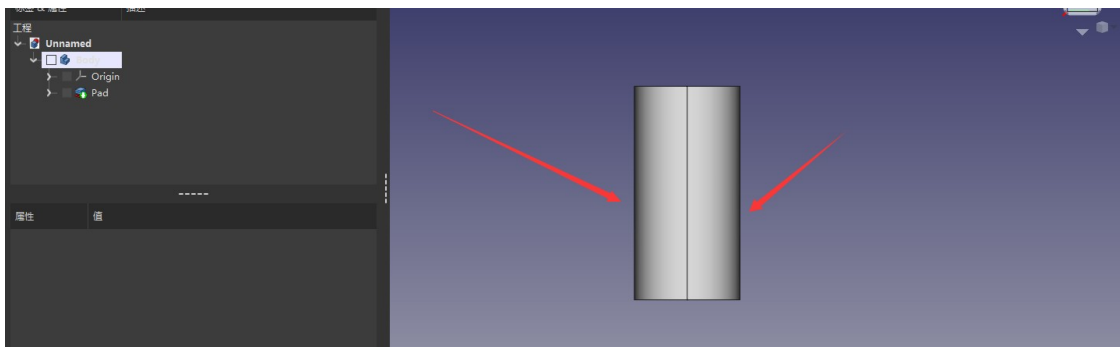
## 拔模



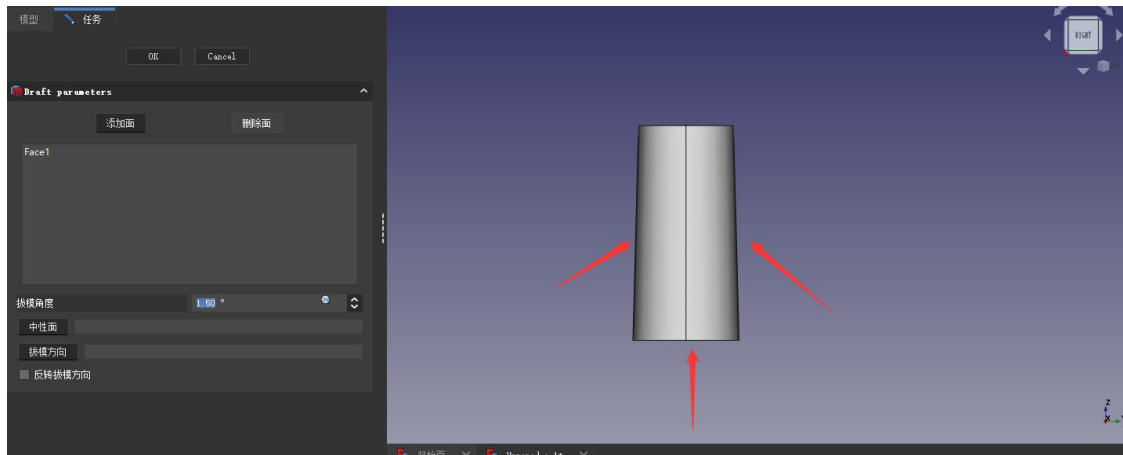
拔模指令是指在所需要的工件上形成一定系数的拔模面，通常用于注塑件和模具成型，使用的方法是在选择需要的面上面进行一次斜度的拔模，中性面是指在生成模具时，选择用来决定拖拉方向的基准面或面。[2]通常中性面要和拔模面相交，然后拔模面以中性面与拔模面的交线作为轴线进行拔模。通俗的来说就是以你选择的某个面来作为基准进行拔模，拔模的方向就是以基准的形式默认向上拔模，如有需要进行反转拔模方向。



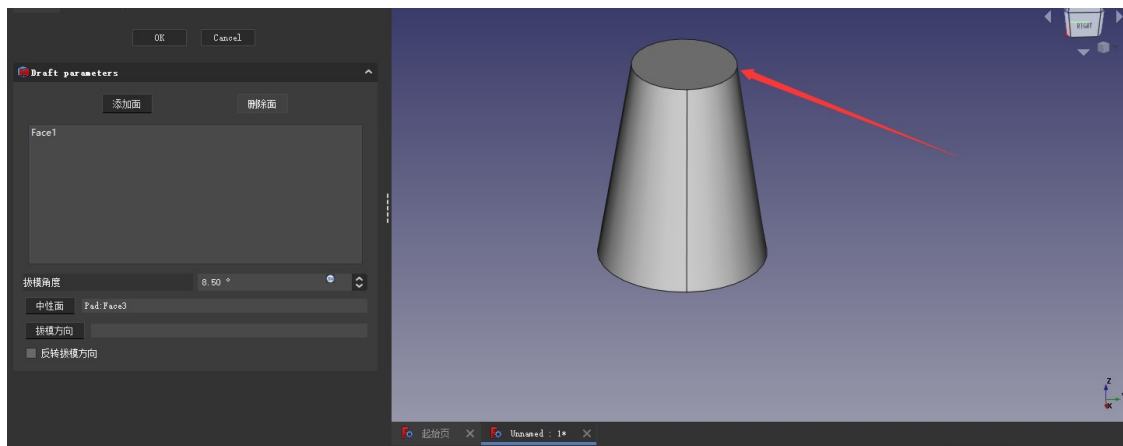
(图为以圆柱体顶面作为基准中性面进行拔模)



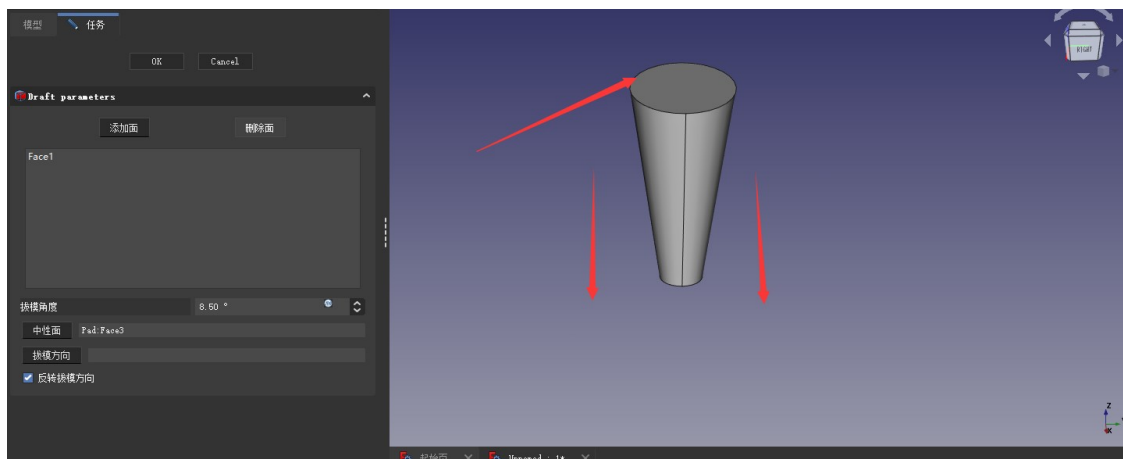
以圆柱体为例红色箭头指引处的柱体中间部分则是需要拔模的地方如果不进行拔模的话后续出模很困难，当然除开一些材料本身就不需要拔模的比如 POM（赛钢）、PA66（尼龙）、PP 等材料本身就具有油脂性所以可以强行脱模，一般的材料如 PC/PC+ABS/PMMA 等材料由于材料的特性点电气性能良好且表面并没有油脂性则需要增加一定的拔模角度来方便后期模具脱模。



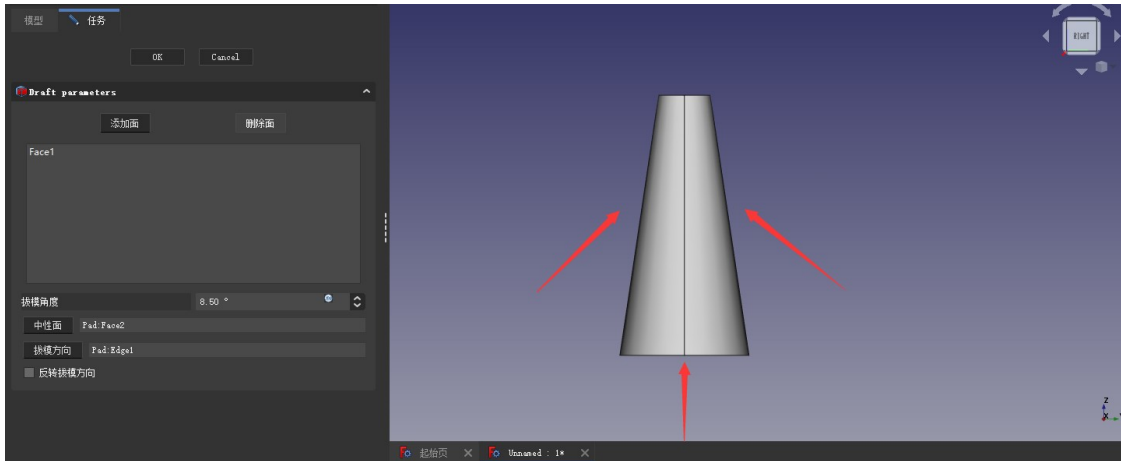
以此图为例选中特征后向两边收缩默认的基准是圆柱体的中心轴往两边进行拔模。



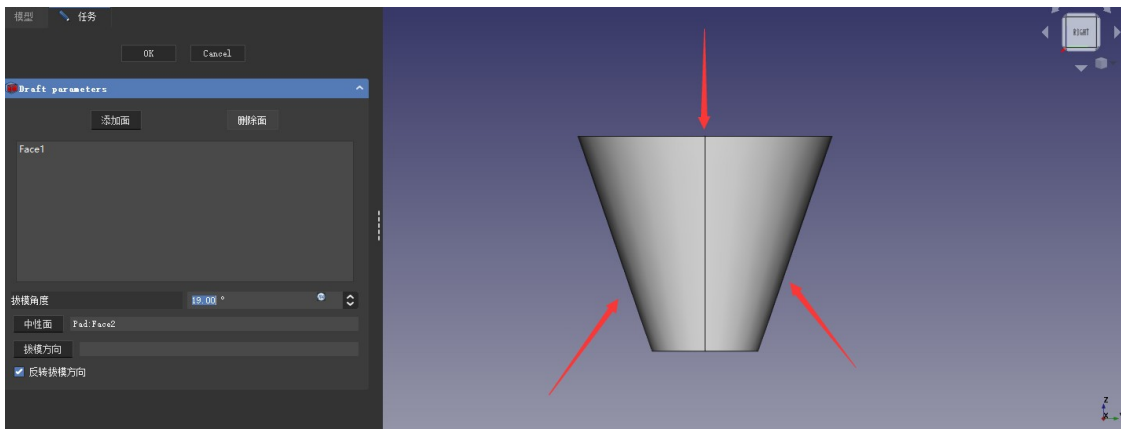
选中圆柱顶面则是以顶面作为拔模基准进行拔模，就是方向向上进行拔模。



反转方向后则是基于中性基准面向下拔模。

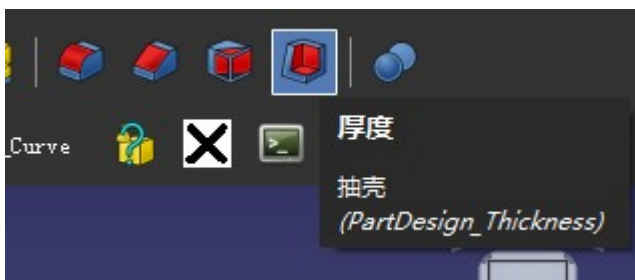


选中圆柱体底面以底面为基准中性面向上拔模。

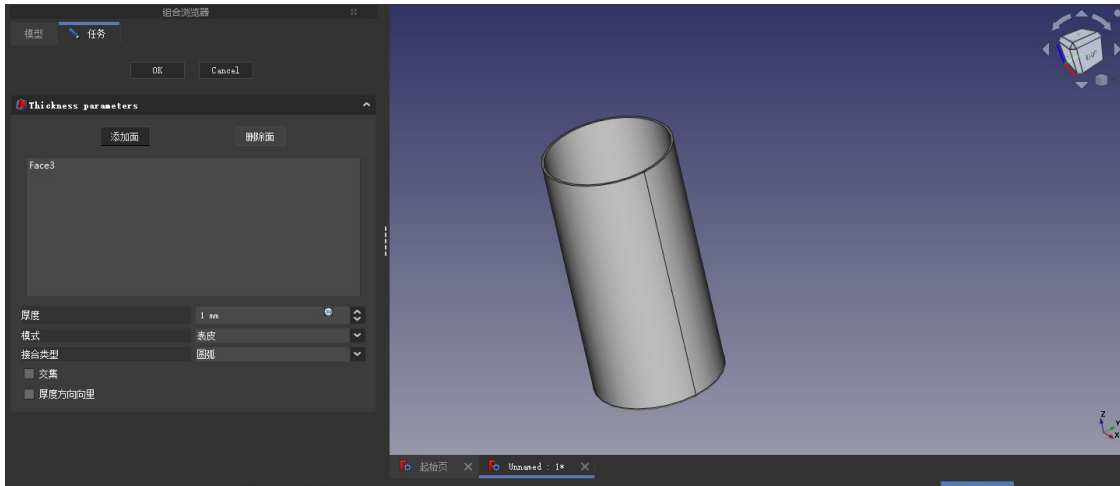


反转方向后则是基于中性面底面基准向下拔模

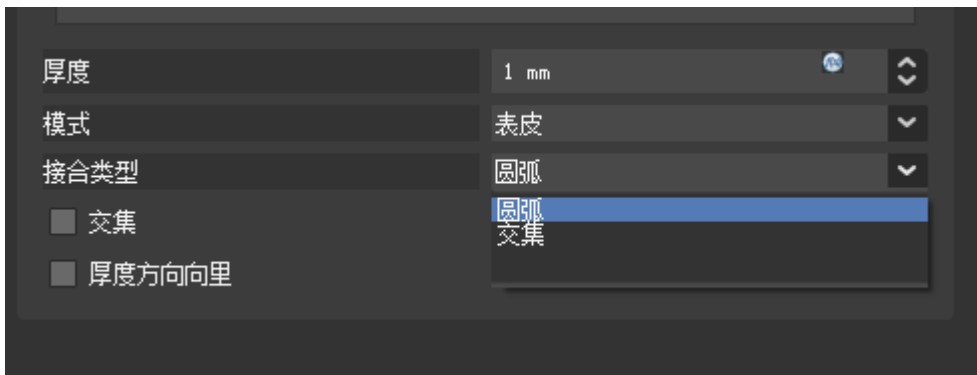
## 抽壳



抽壳命令是对零件实体进行掏空产生一次壁厚的生成，在此模式下如果是复杂形体抽壳完成后有交集的部分则无法使用常规模式抽壳，需要点击交集才能够生成壁厚。



单击圆柱体顶面后选择抽壳程序，软件自动运算并且基于选中的面进行掏空内部生成壁厚，默认的连接类型是圆角，壁厚朝外如需更改则可以选择其它类型的连接方式。



接合类型圆弧默认是会在壁厚生成的外部面生成一个圆角，圆角的大小取决于壁厚，交集则是零件某个面和某个面之间存在交集所以在抽壳时要勾选交集才能够正常进行抽壳。

## 测量工具 ( Measuring Tool )

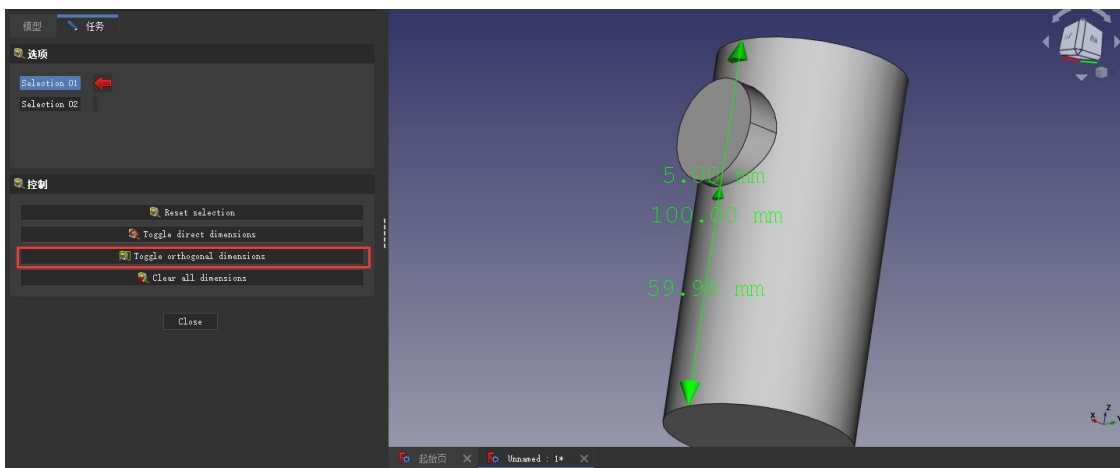
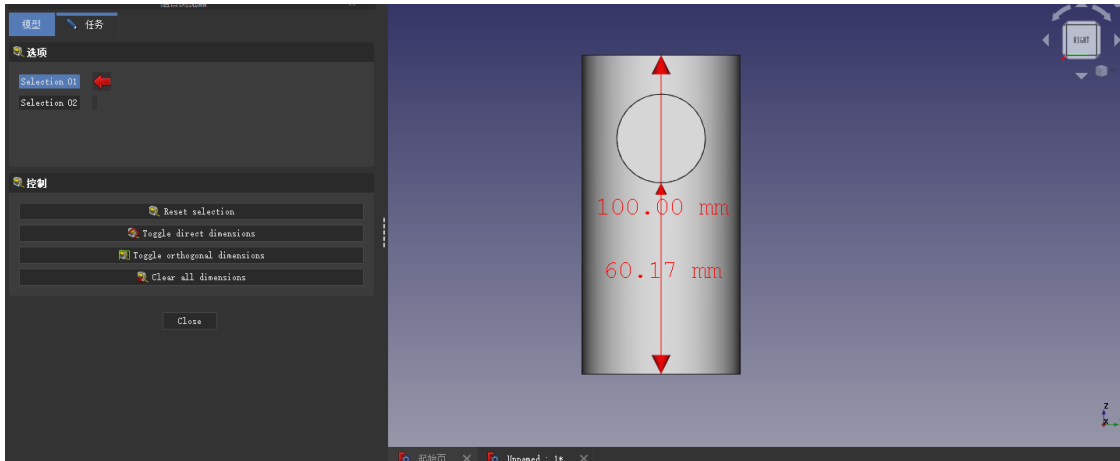
FreeCAD 提供了在零件设计模式下的一套空间测量工具 ( 在未来版本中可能会被删除，会用更专业统一的工具代替 )





( 线性测量控制面板 )

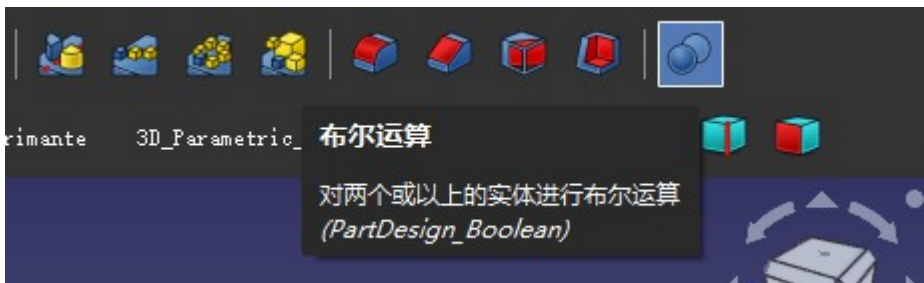
在模型上选中两条边线、或者两点形成一次线性测量，可以将 2D 测量转换成 3D 测量，转换的方法是测量完成之后点击 Toggle Orthogonal dimensions，切换空间显示标注。



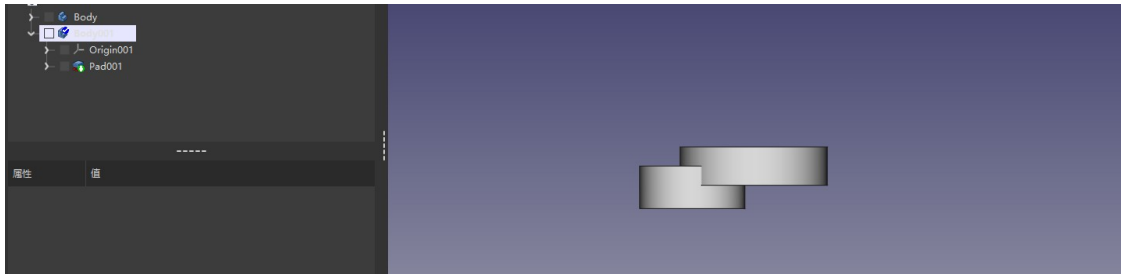
(线性测量)

## 布尔运算工具 ( Boolean )

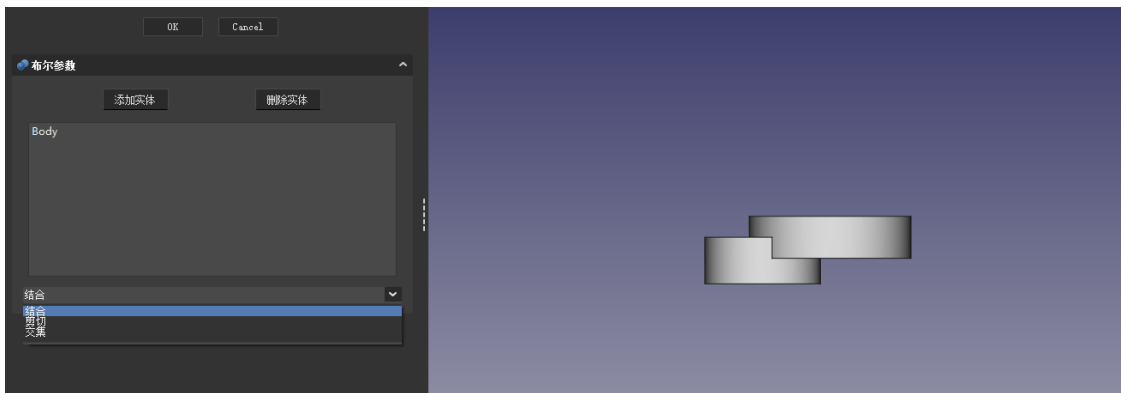
布尔运算是数符号化的逻辑推演法，包括联合、相交、相减。在图形处理操作中引用了这种逻辑运算方法以使简单的基本图形组合产生新的形体，并由二维布尔运算发展到三维图形的布尔运算。



在零件设计模式下如果需要进行布尔运算必须需要具备两个实体才能够进行布尔运算。

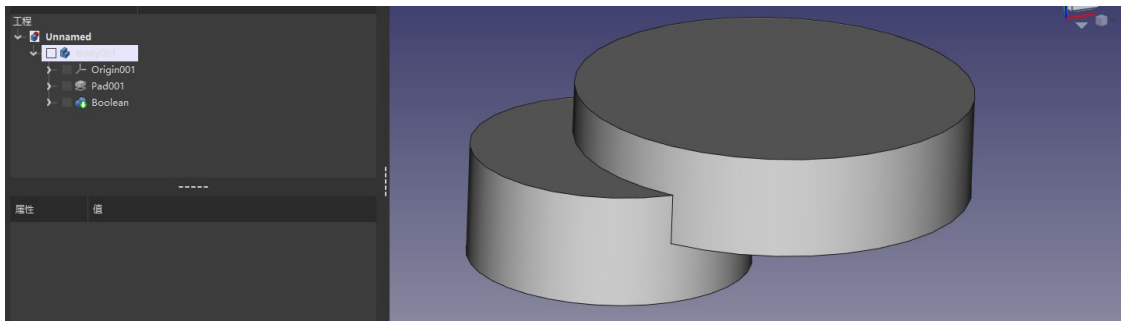


此处我们拥有两个实体零件，点击进入布尔工具面板在弹出的菜单中可以显示需要的布尔方式。



## 布尔结合

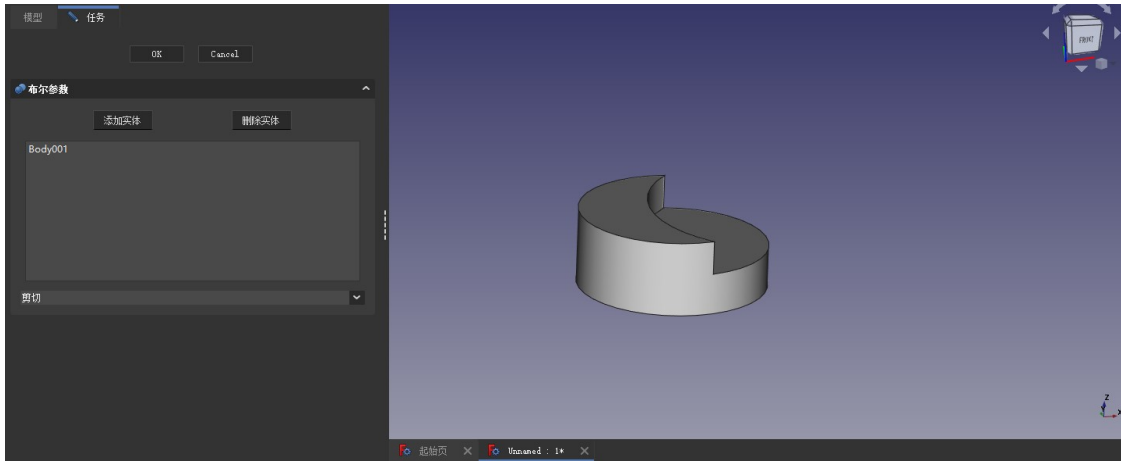
结合是指将两个零件组合成一个零件，在首选项设置完自动布尔后，两实体组合之后边线会自动清理。



(布尔：组合)

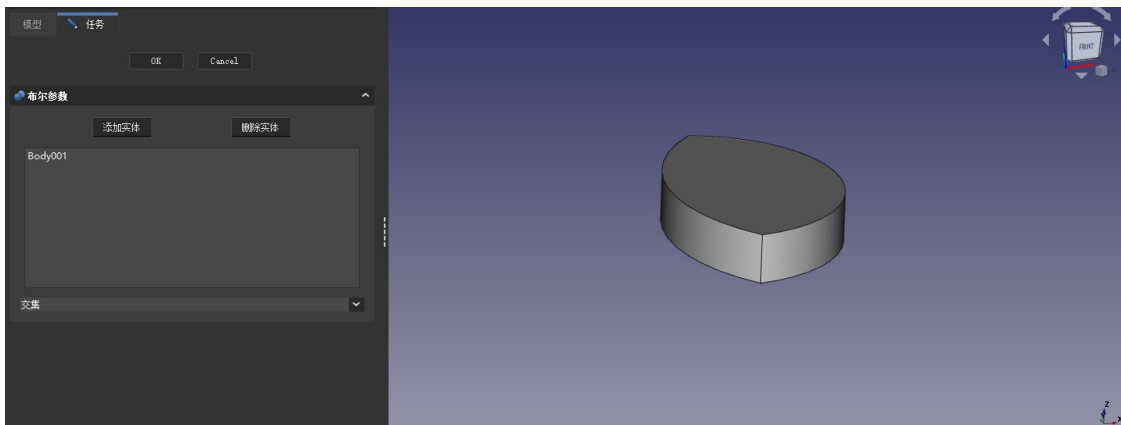
## 布尔剪切

剪切就是将两个实体，一个切除体一个被切除体做相减的算法，注意操作方式在零件设计模式中最先被选中的零件则会称为切除的目标，否则反之。



## 布尔交集

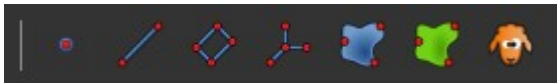
交集则是将两个模型之间相交的面进行一次交集运算。



(布尔运算：交集)

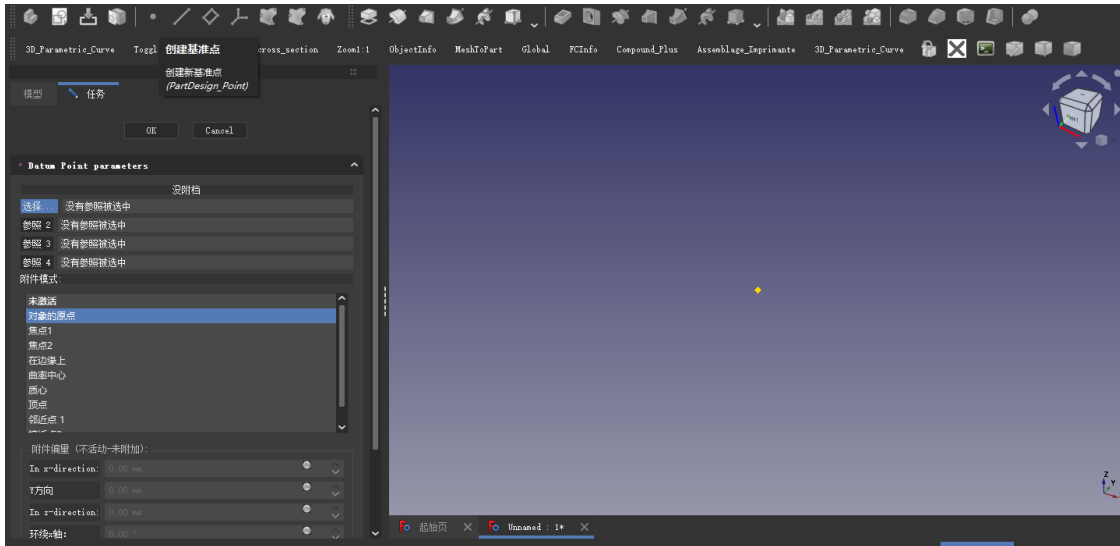
## 基准辅助工具组 ( datum feature )

基准特征是零件建模的参照特征，其主要用途是辅助 3D 特征的创建，可作为截面绘制的参照面、模型定位的参照面和控制点、装配用参照面等。此外基准特征（如坐标系）还可用于计算零件的质量属性、提供制造的操作路径等。基准特征包括：基准平面、基准轴、基准点、基准曲线、坐标系等。

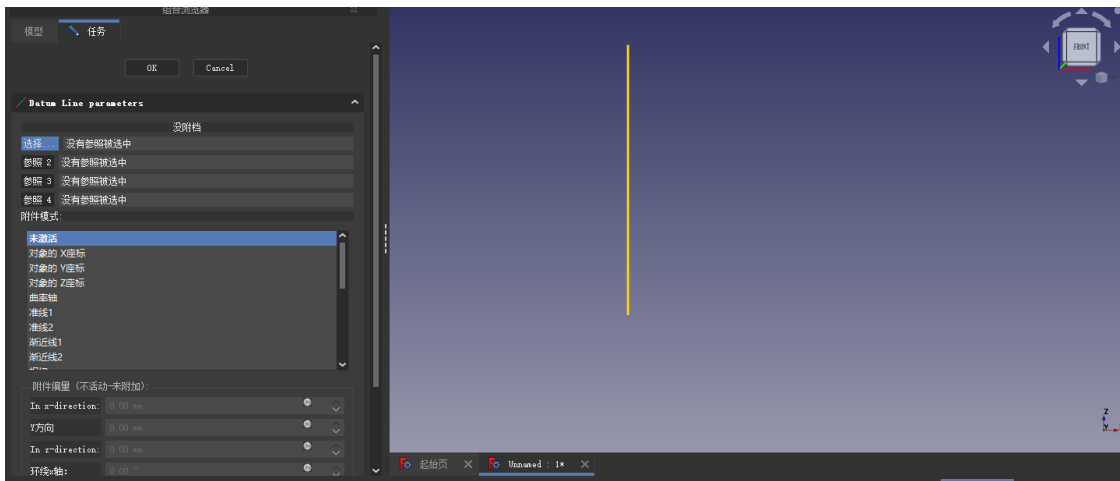


## 创建基准工具

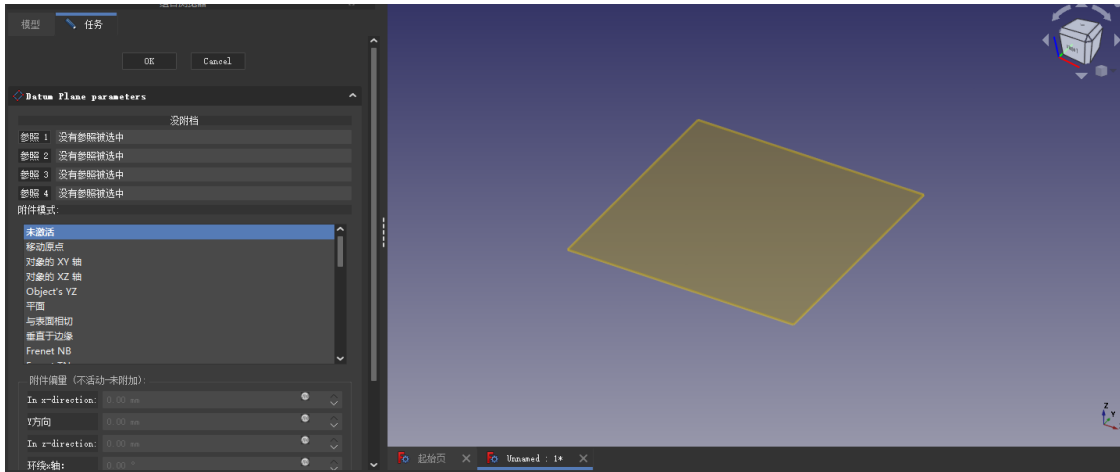
在 FC 中以及其他的工业设计软件中基准的存在是不可或缺的功能，它能够基于某个点线面形成基准辅助面并且在面上进行特征的生成，局部坐标系可以在大型零件中控制坐标系的变换以达到在某个局部区域生成特征。



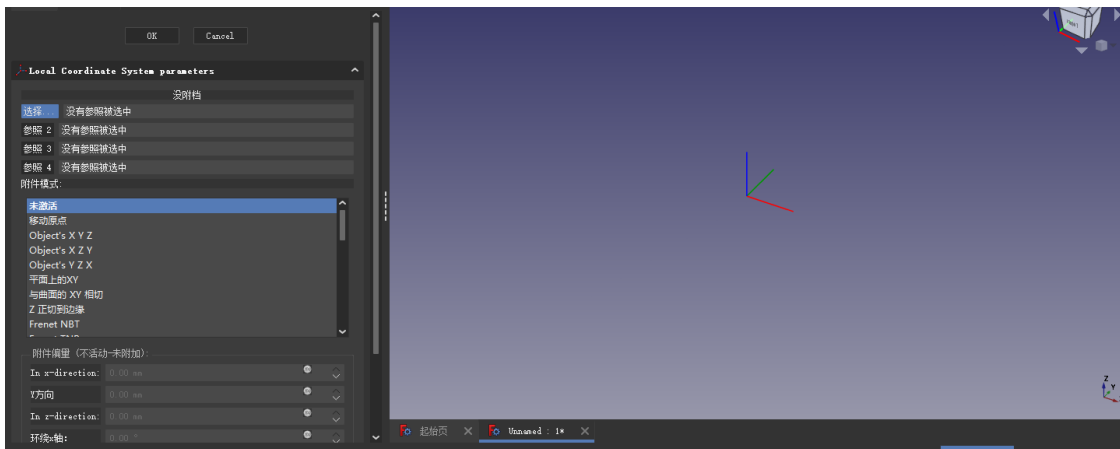
在空零件无草绘的模式下会在空间中创建一个基准点，可以下方参数控制点在空间中的偏移和旋转，注意上方的附加模式如果是空零件的情况下默认是无附加也不能控制参数变换，因为并没可以附加的草绘或者零件。



在空零件无草绘的模式下会在空间中创建一个基准线，可以下方参数控制点在空间中的偏移和旋转，以及附加的位置 XYZ，注意上方的附加模式如果是空零件的情况下默认是无附加也不能控制参数变换，因为并没可以附加的草绘或者零件。



在空零件无草绘的模式下会在空间中创建一个基准面，可以下方参数控制点在空间中的偏移和旋转，以及附加的位置 XYZ，注意上方的附加模式如果是空零件的情况下默认是无附加也不能控制参数变换，因为并没可以附加的草绘或者零件。



在空零件无草绘的模式下会在空间中创建一个基准坐标系，可以下方参数控制点在空间中的偏移和旋转，以及附加的位置 XYZ，注意上方的附加模式如果是空零件的情况下默认是无附加也不能控制参数变换，因为并没可以附加的草绘或者零件。

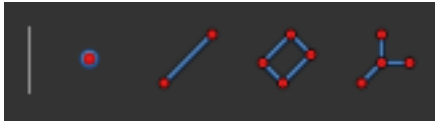
关于基准工具的讲解视频地址：

[https://www.bilibili.com/video/BV1wK411o7yw/?spm\\_id\\_from=333.788&vd\\_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66](https://www.bilibili.com/video/BV1wK411o7yw/?spm_id_from=333.788&vd_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66)

## 基准工具组高级应用

基准其含义为基于某一个参考作为标准，在 FreeCAD 中以及在任何的参数化建模设计软件中参照是非常重要的设计帮手；它会以建立基于零件某处或者某点作为参照。例如参照坐标系、参照物体的某个点；物体的某根线无论是曲线还是直线，又或者是物体的某个面从而以基准对象建立一系列的特征。在 FC 中尤其是建立大型

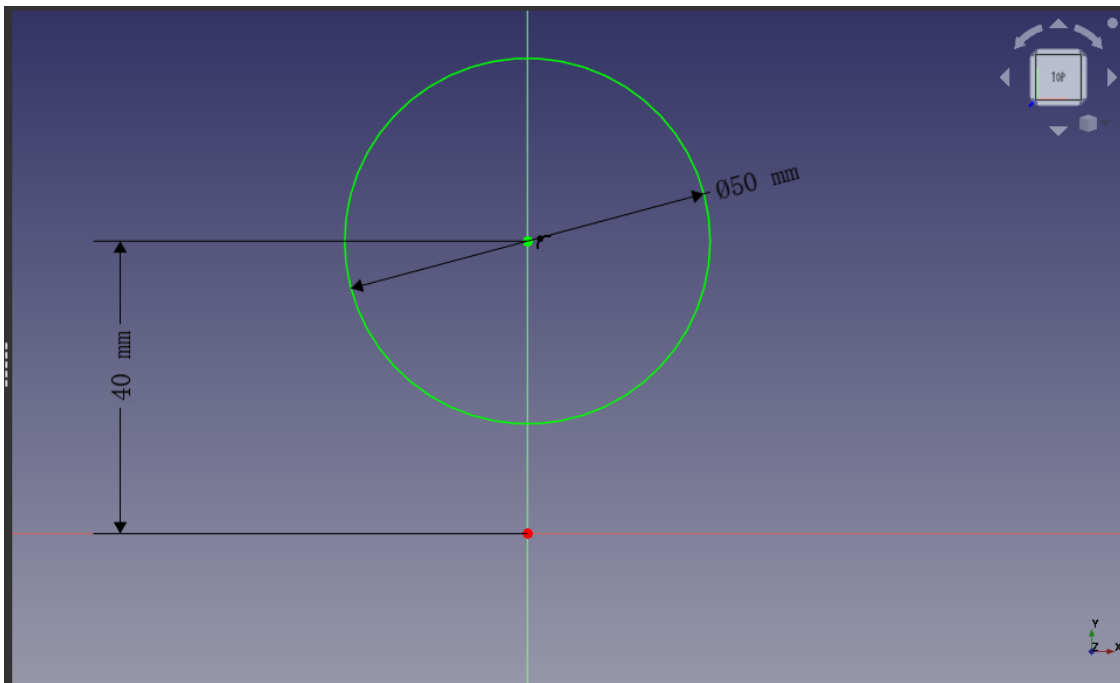
零件时基准的作用就很明显了，它可以在建立装配体的时候提供一个基本的参照物，同时基准工具也避免了会出现拓扑命名的问题。



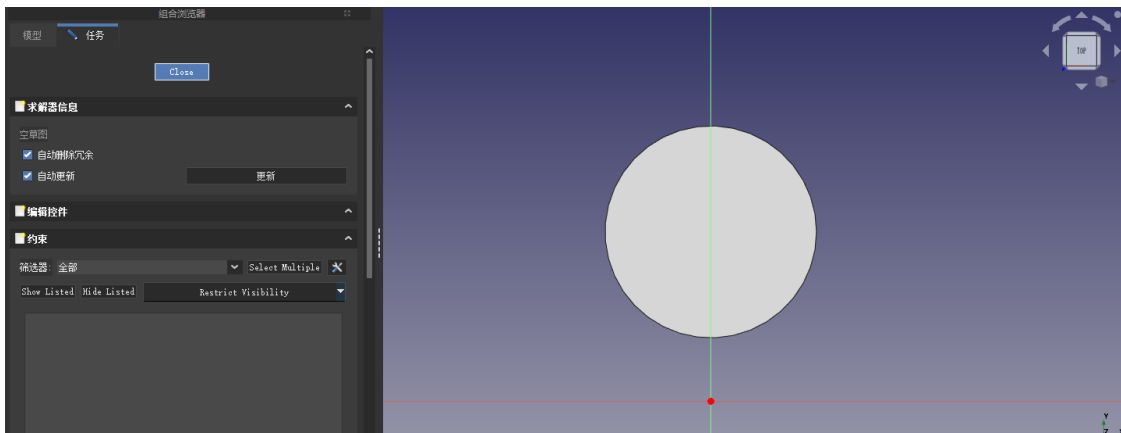
(上图为基准参考工具栏)

## 基准点

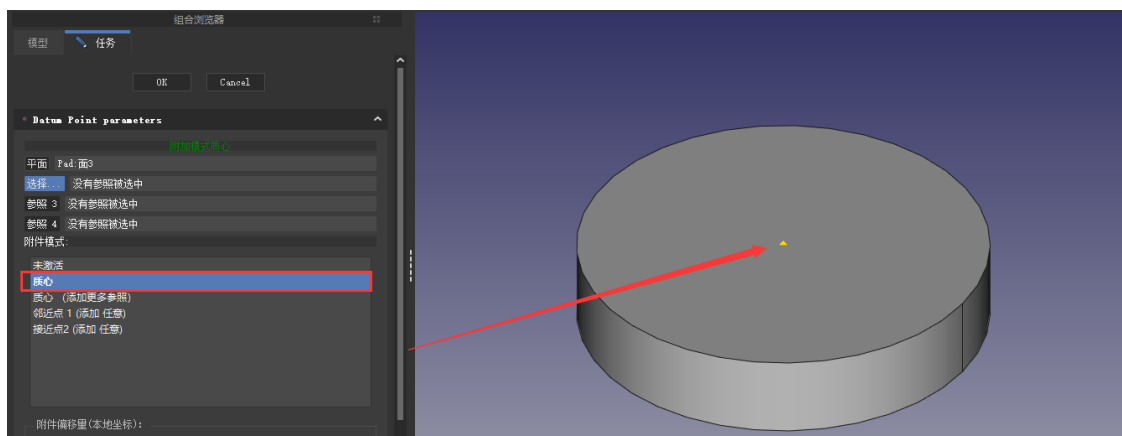
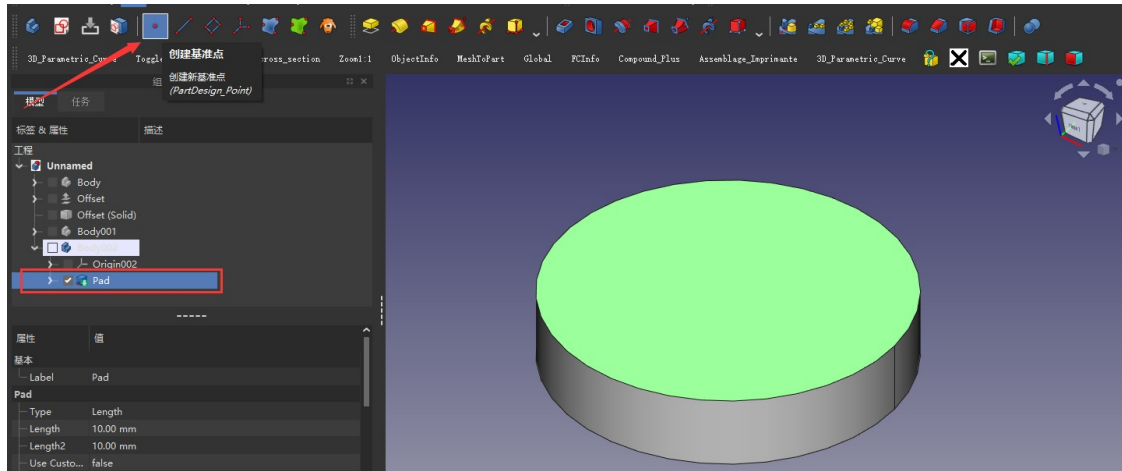
在基准工具组有讲到如何在没有物体的世界环境中添加基准工具组，接下来我们去讲怎么参照物体建立基准点引用。



上图中有一个草绘圆。可以看到这个草绘圆并没有约束在中心点上所以接下来生成的特征一定会偏离中心点。



可以看到上图中的拉伸实体当我们再去进入拉伸面创建草绘的时候发现圆心并不在中点上；这意味着如果不建立基准那么之后的所有特征都需要手动进行中点计算这很麻烦。接下来我们在这个物体上创建基准点，在模型树中选中需要参照的面或者边线来去建立一个基准点。



可以看到上图中我们以圆柱的顶面作为参照创建了一个参考基准点，在附加模式中可以选附加其他的参照系；参照方法可以在控制面板中鼠标悬停有显示附加的条件。

模型

任务

OK

Cancel

Datum Point parameters

附加模式质心

平面 Pad:面3

选择... 没有参照被选中

参照 3 没有参照被选中

参照 4 没有参照被选中

附件模式:

未激活

质心

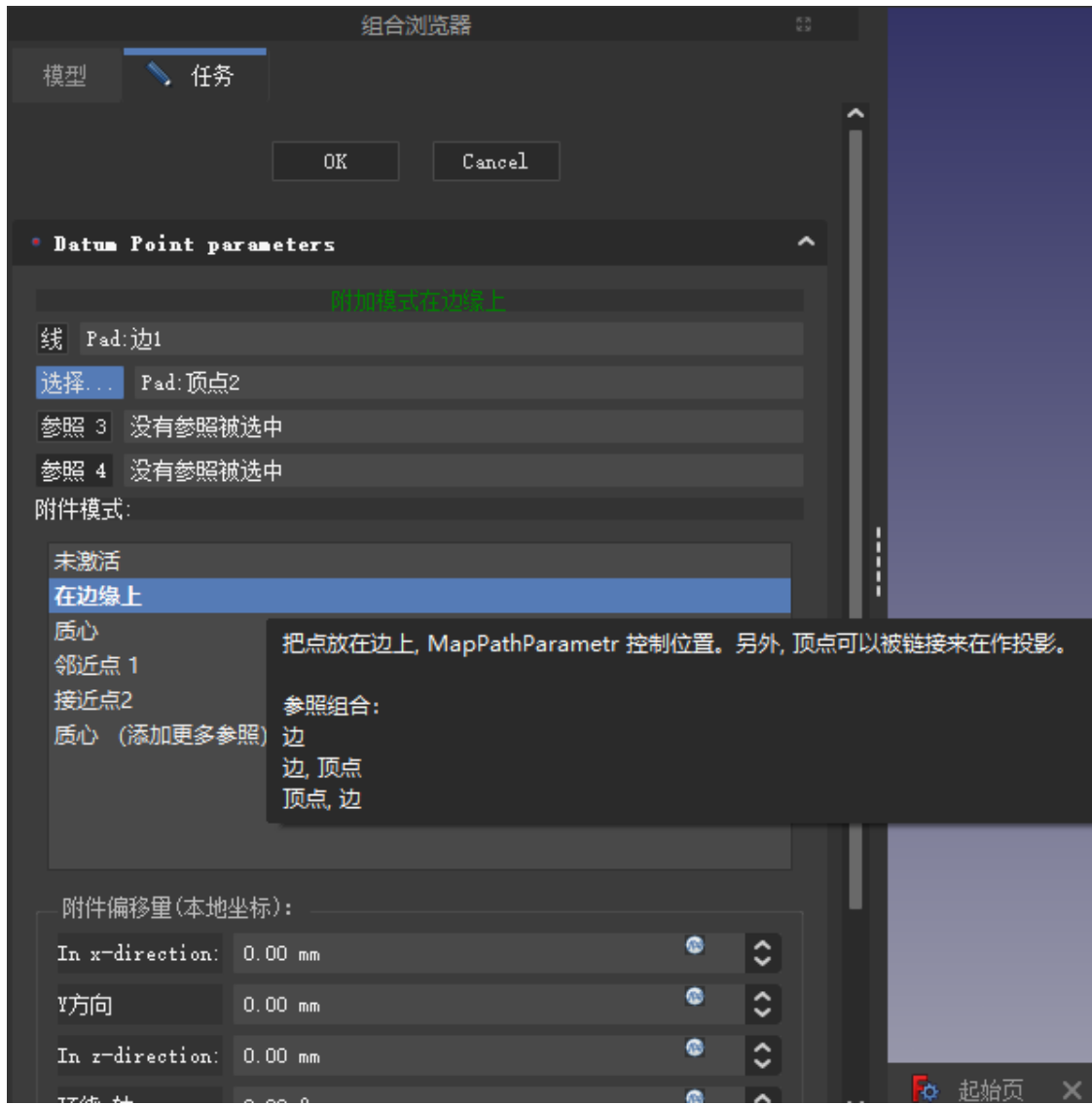
质心 (添加更多参照)

邻近点 1 (添加 任意)

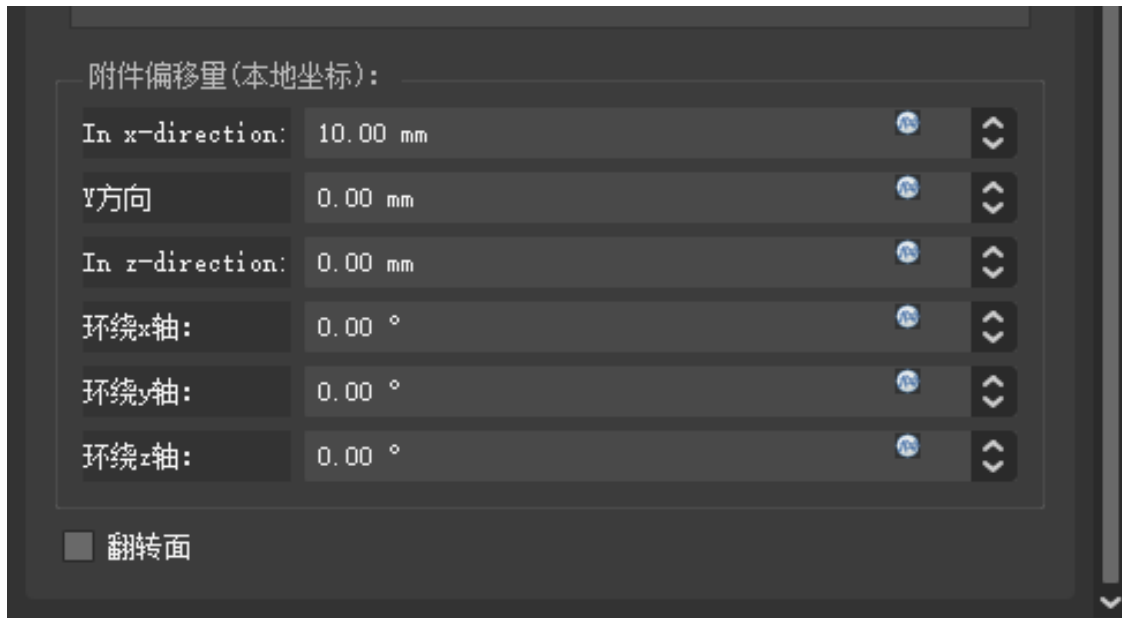
接近点 2 (添加 任意)

最接近第二个参照的第一参照上的点。

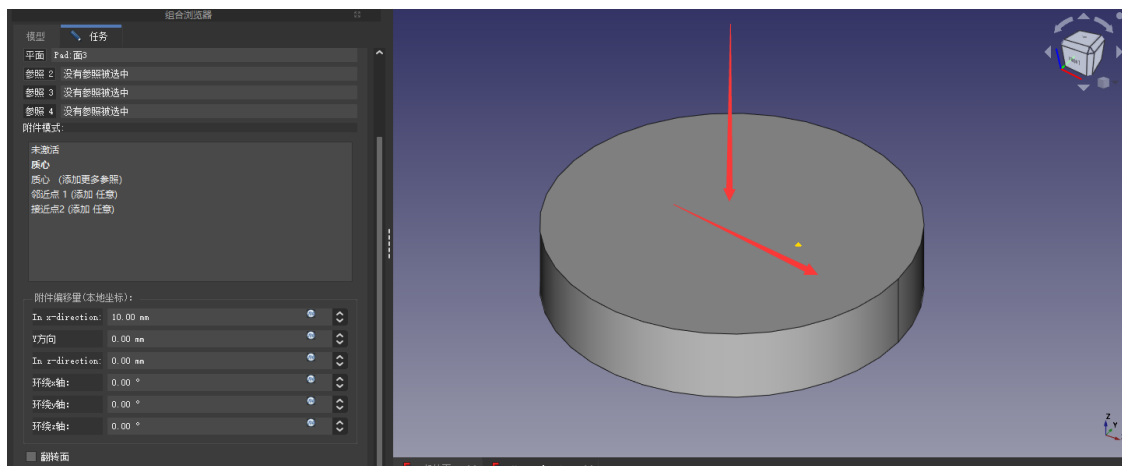
参照组合:  
任意, 任意



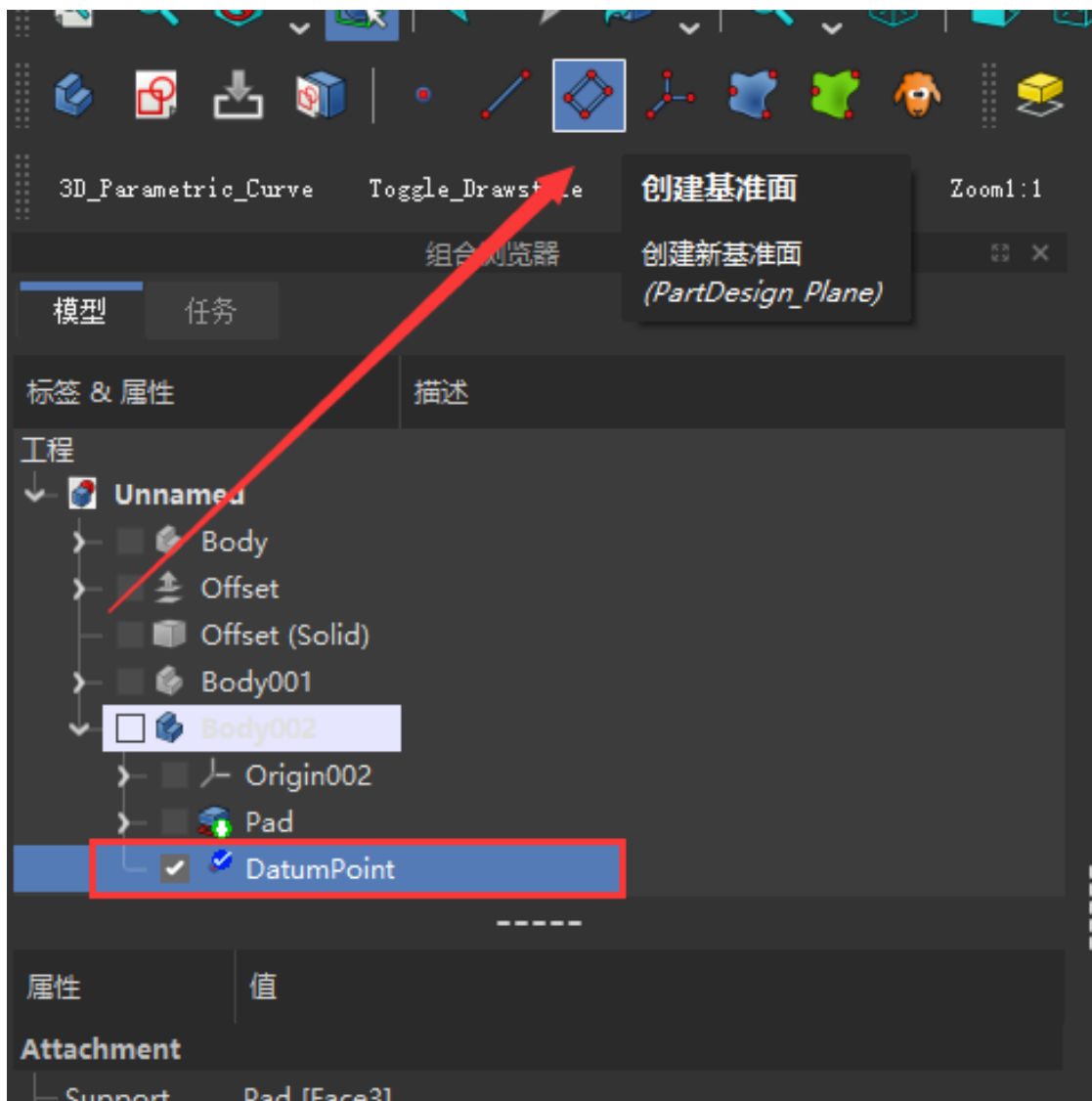
在这里我们附加圆的中心作为基准点。请注意：在创建完基准参考后接下来的特征生成要先选中参考才能创建草绘；否则默认不使用参考来去进行参照。



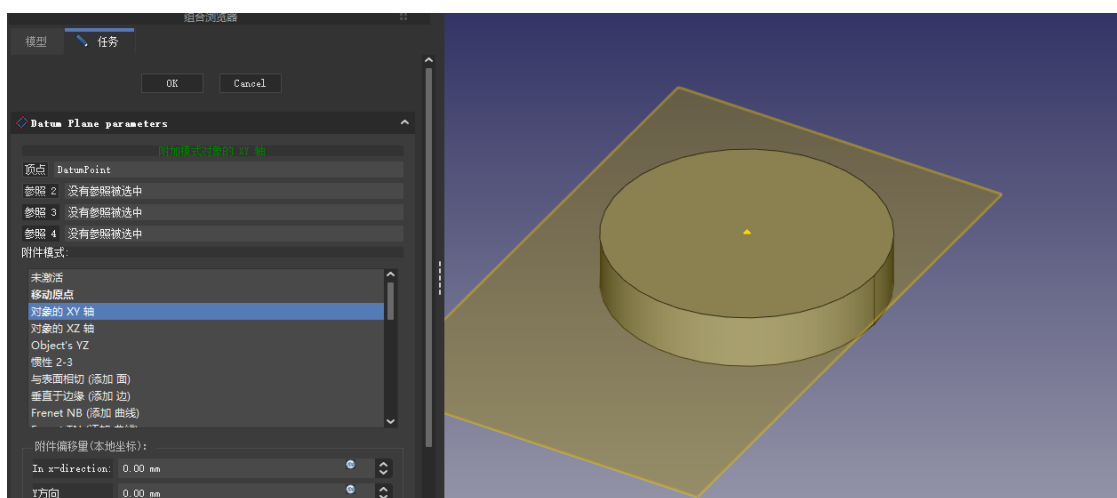
同样在参考工具的控制面板中可以控制参考点线面的向量偏移。偏移的坐标系是绝对坐标；如果你要针对于相对坐标进行偏移那么就需要创建基准坐标系，具体解释请参照基准坐标系。



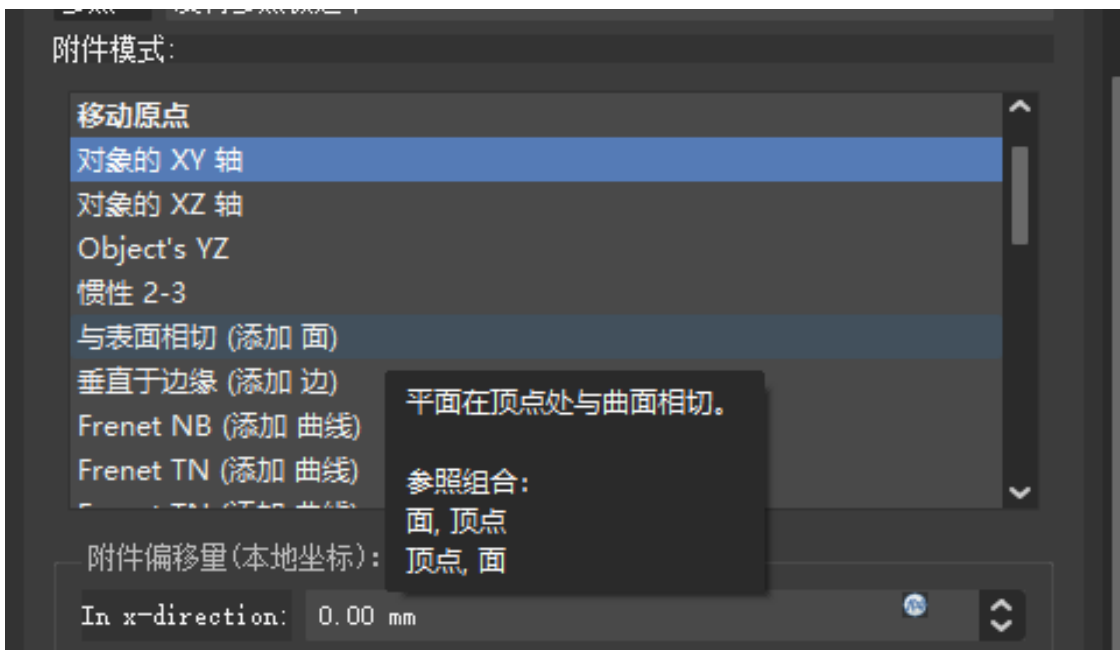
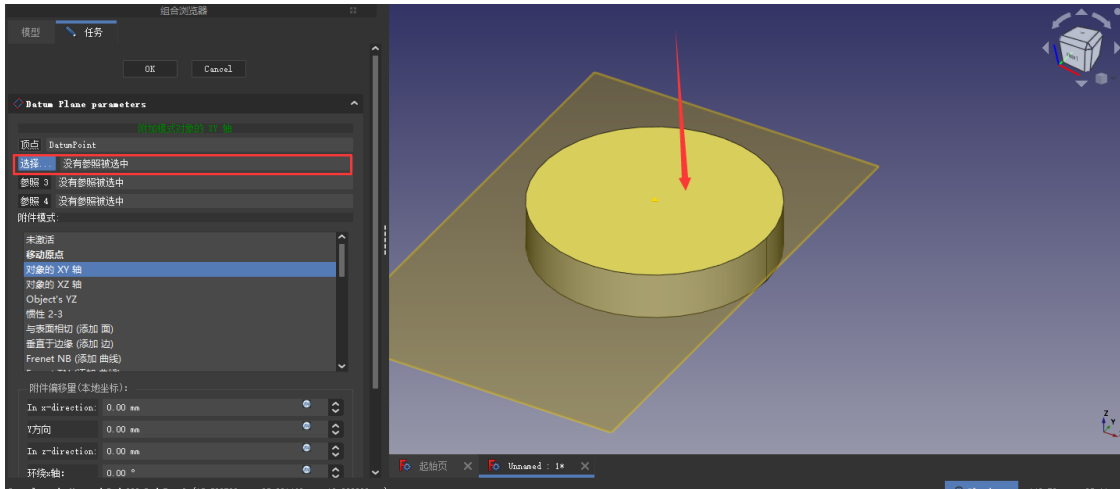
可以看到上图中改变了附件的偏移量，把基于平面的基准点质心坐标向着 X 轴偏移了 10mm，所以同样可以用这种方式来去对任何的参考点或者线进行一定的向量偏移根据你的需要来去决定。接下来恢复默认中心点并且用这个基准点来去创建一个参考面。

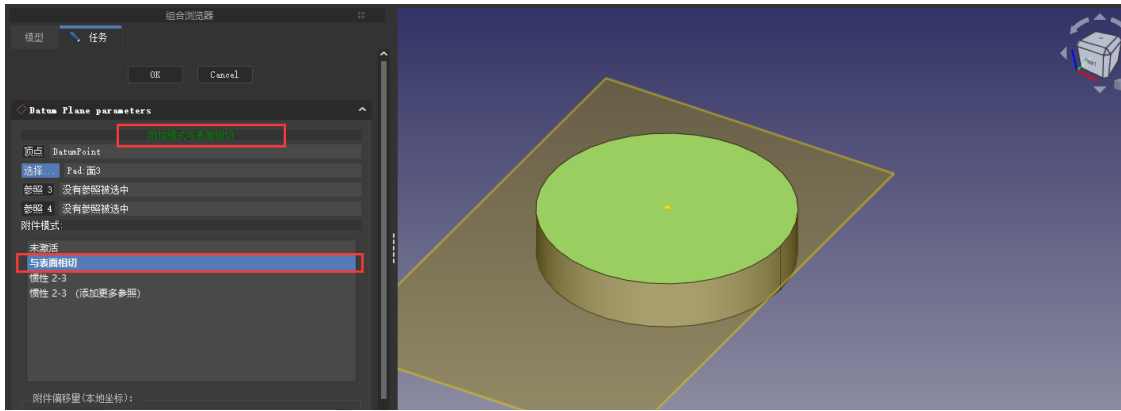


请务必选中参照的附件否则软件并不会知晓你是以哪个物体进行参照。

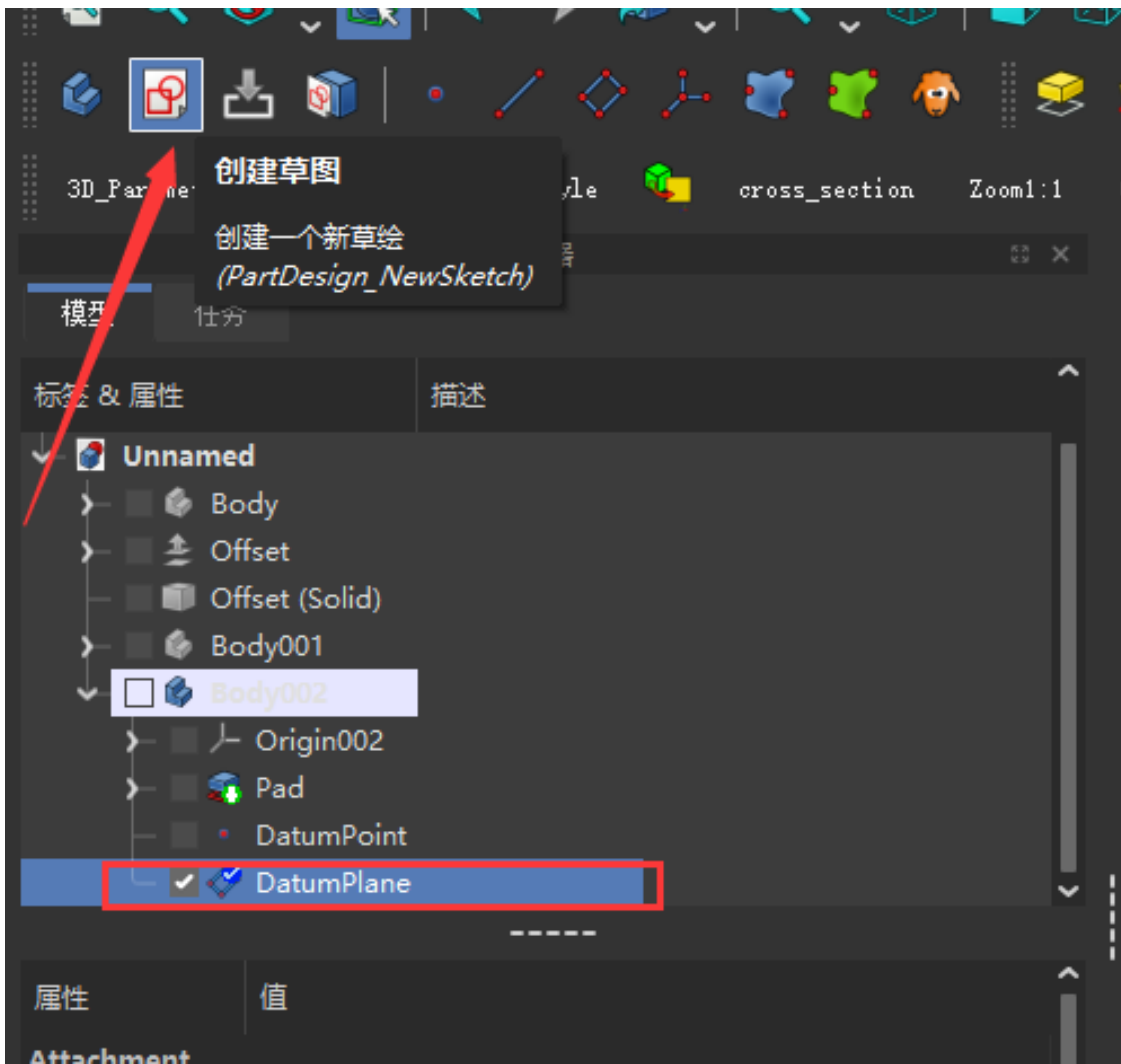


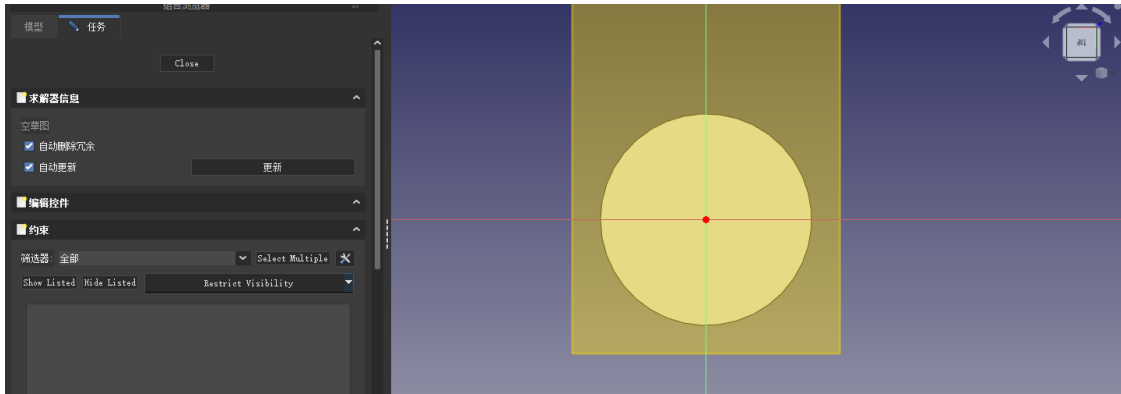
基准面创建完成。可以根据自己的需求来进行基于基准点创建基准面的参考方向；比如参考 XY 轴向或者 YZ 轴向。这里我们选择参照 2 点击圆的顶面来去创建工作平面和表面相切。具体操作方法点击参照 2 然后选中需要参照的面；注意公式：点可以参照线也可以参照面、线可以参照线或者点也可以参照面、面可以参照点也可以参照线。具体的附件成立模式可以自行查看每一项附加的条件只要符合条件即可生成参考。



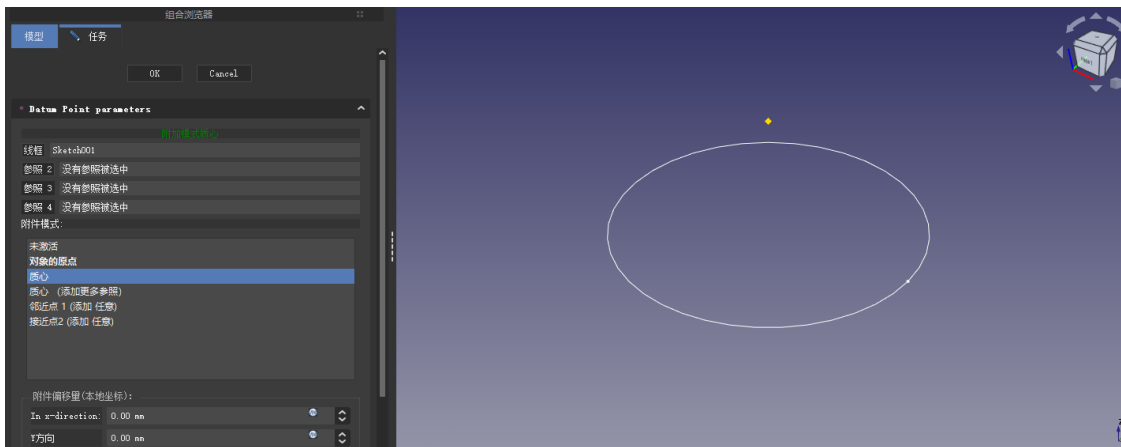


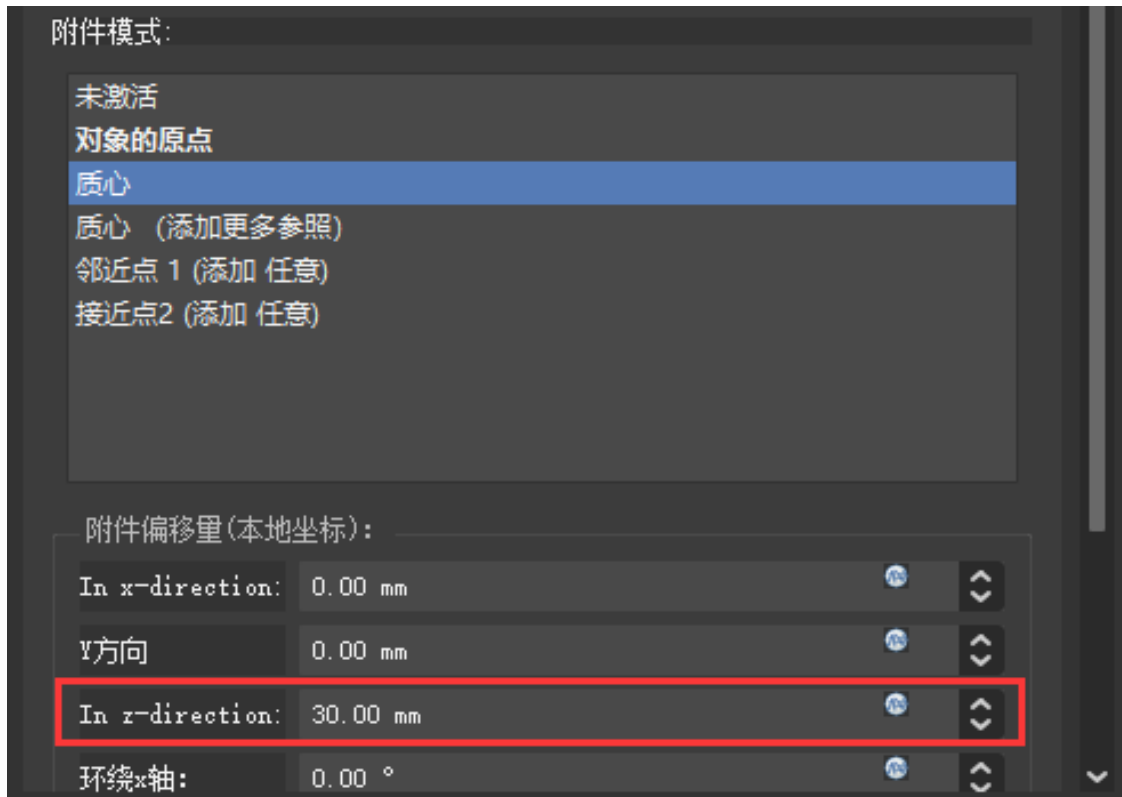
可以看到附件模式成功建立，下一步点击生成的参考面选中它依照参考面进入草绘并且绘制图元。



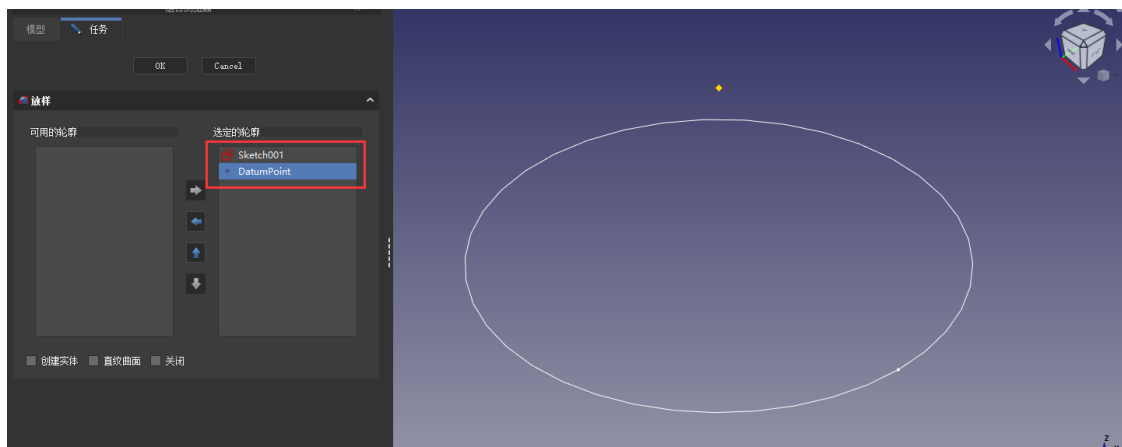


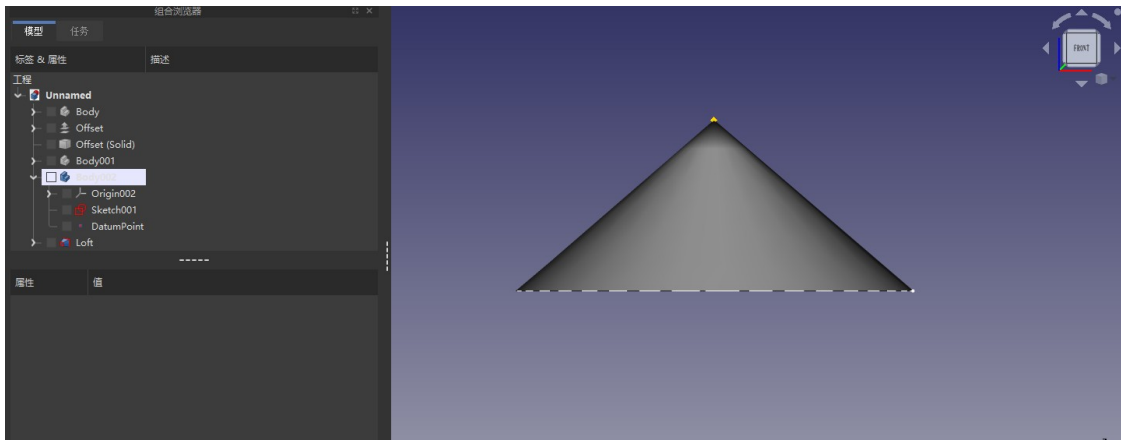
如上图所示此时图元是基于参考点进行创建草绘的，参考点就是这个圆的中心点。除此之外基准点还可以成为被放样的对象，见下图所示。





上图的草绘圆形基于它创建了一个基准中心点；用这个基准点进行偏移沿着 Z 轴向上偏移 30mm，此时我们进入 part 工作台选中放样工具对这个基准点和草绘进行同时放样。

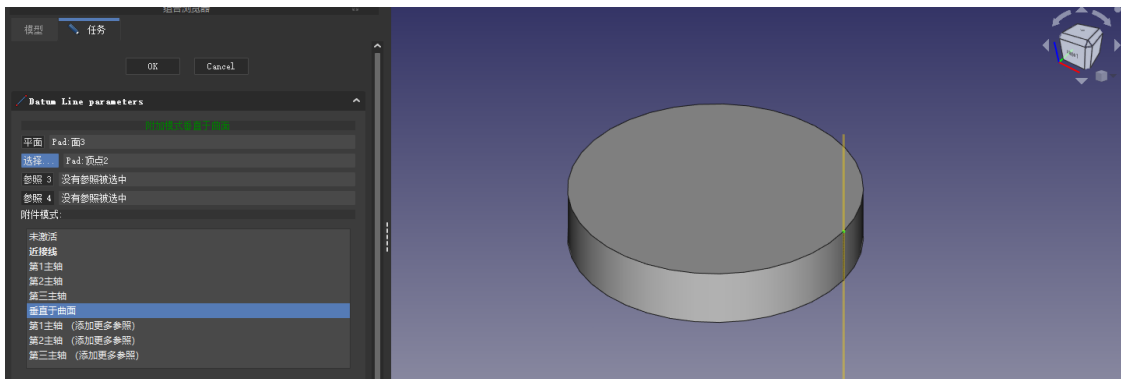




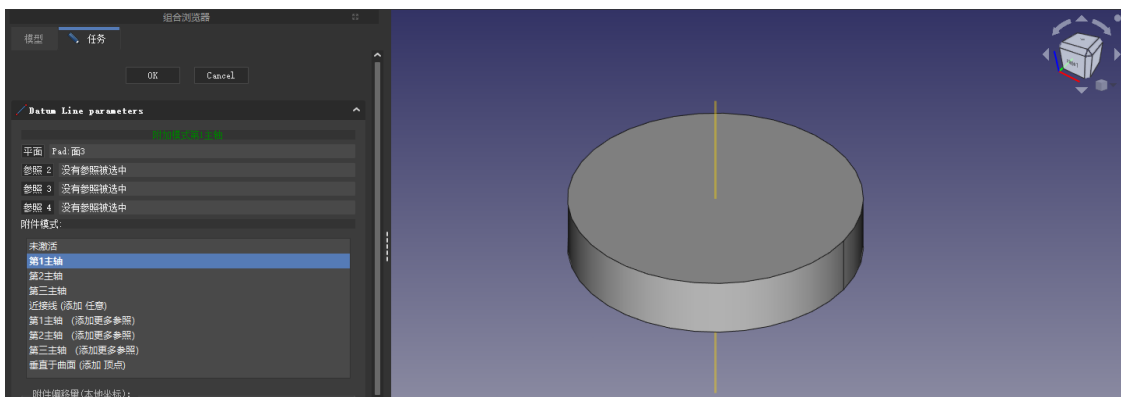
(放样完成)

## 基准线

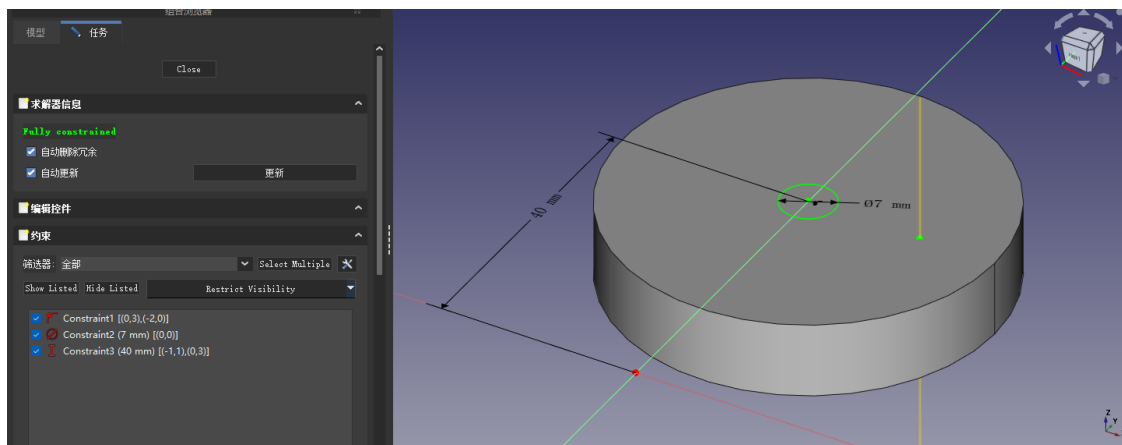
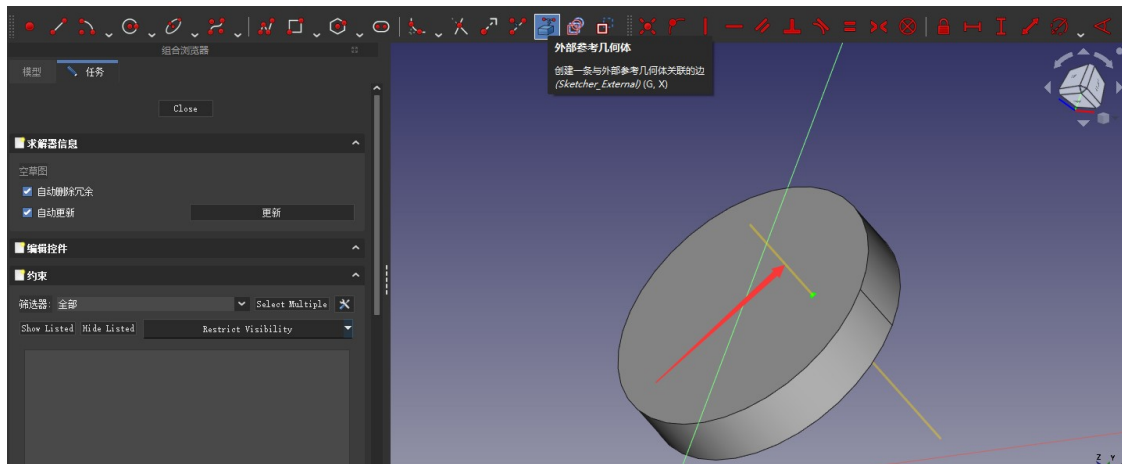
基准线和基准点的用法一样请参考基准点；这里用同样的方法选中需要参照的地方点击创建基准线，这里我参照的是圆柱的顶面作为第一个参照点然后基于这个参照点附加垂直于曲面的条件。



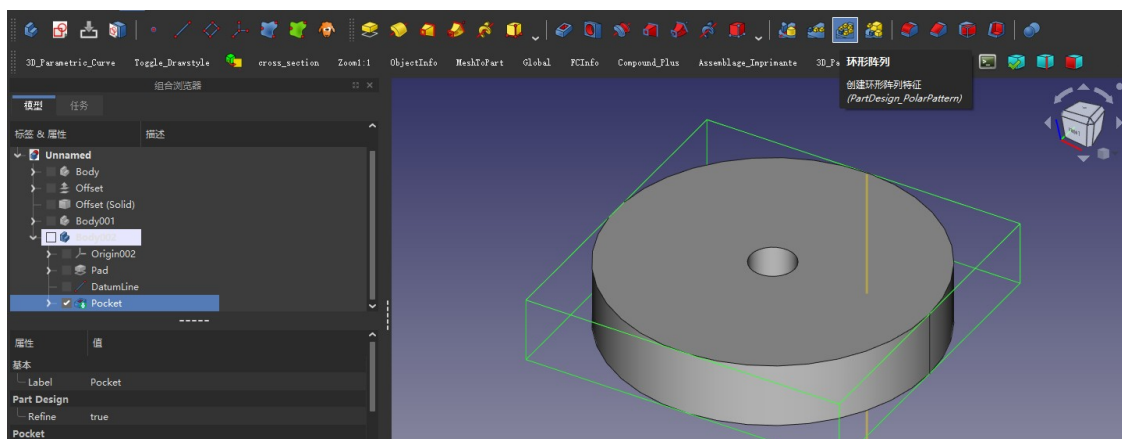
同基准点一样可以根据设计需求控制基准线的向量偏移，可以使用基准坐标系来去创建基于相对坐标的偏移。基准线不仅仅可以当作绘图辅助来使用当需要进行变换或者阵列的时候也可以用基准参照当作参考轴向沿着物体改变特征而不是根据绝对坐标。



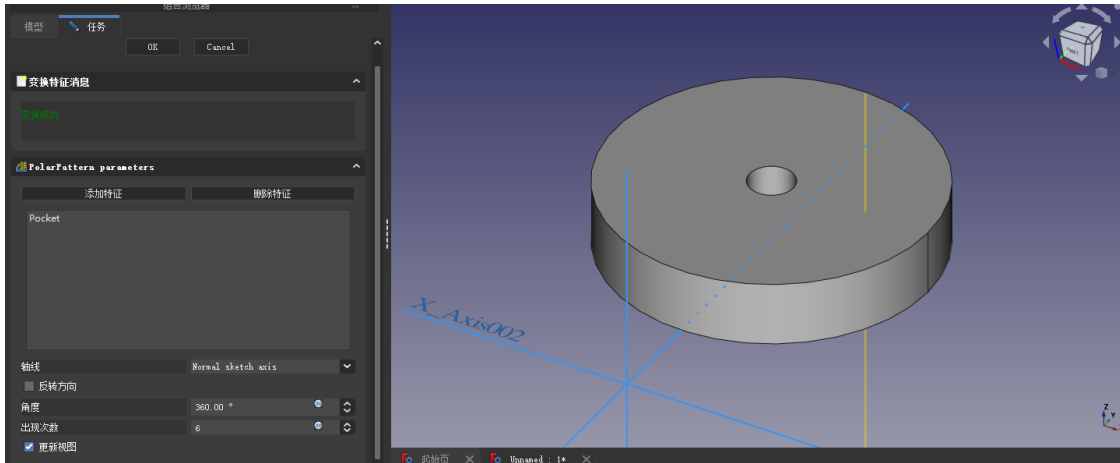
接下来演示利用一根基准线来去生成环形阵列特征。如上图所示的这根基准线沿着 X 坐标偏移了 15mm，接下来在圆柱的顶面创建草绘进入草绘后利用外部参考几何体把基准线参考出来获得一个点。



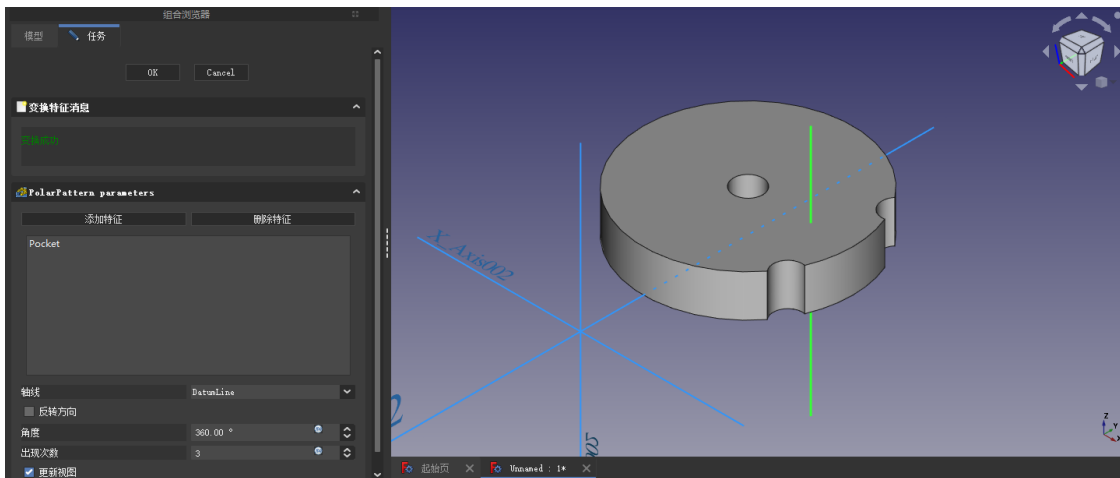
如上图所示我们在圆的上面创建了一个直径 7mm 的圆形，圆形的中心距离草绘中心 40mm，接下来我们把这个草绘圆拉伸切除并且贯穿。



然后对这个拉伸切除出来的孔洞特征进行环形阵列；阵列的数值是 6 个。注意重点：阵列的方向此次我们使用基准线进行参考。



如上图所示我们对基本轴线进行六次阵列没有得出计算结果；因为孔洞特征本身就在 Y 轴基线上所以无法生成。点击轴线下拉菜单切换轴向找到末尾的选择其他参照，参照的对象则是我们的基准线以基准线为轴向阵列三个。

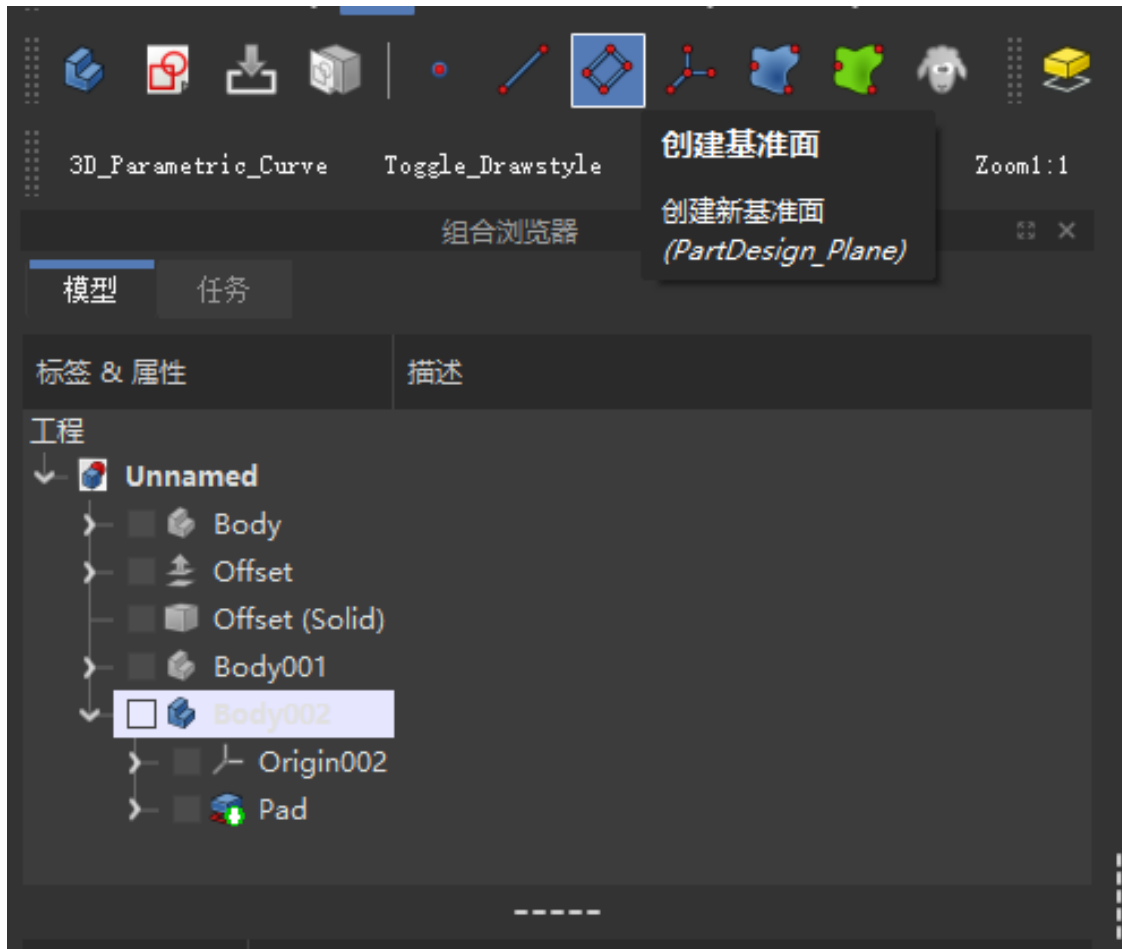


已完成变换基于基准线的环形阵列。除此之外还可以用参考线作为轴向进行线性阵列和旋转参考轴，这里就不一一演示。

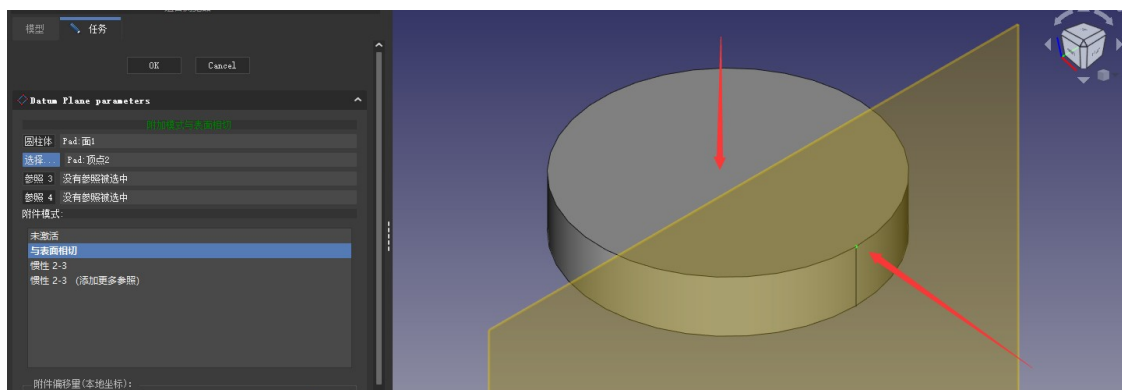
## 基准面

用法和基准点基准线一样。需要选中参照的地方进行参照建立创建基准面；基准面同样基准面可以进行向量偏移跟随绝对坐标。

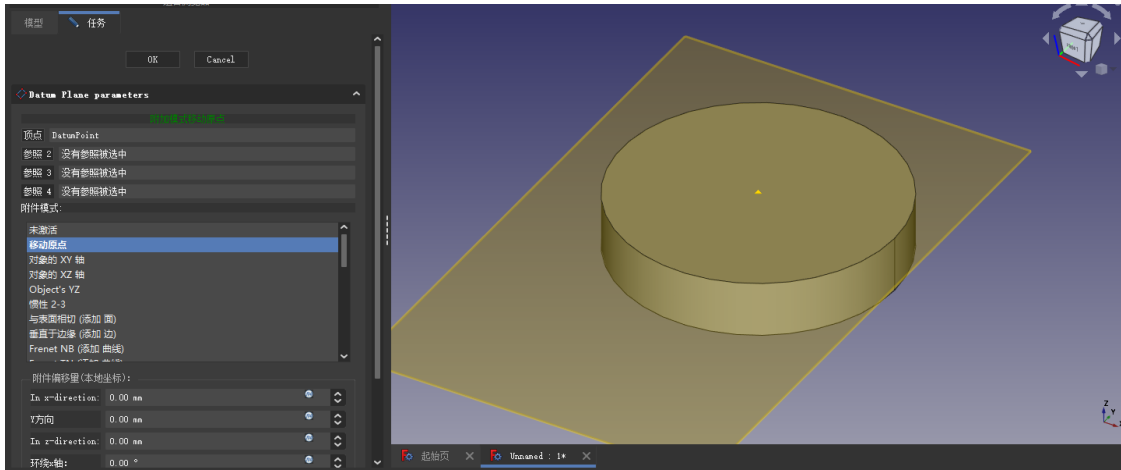
如需对相对坐标偏移则需要建立局部坐标系。



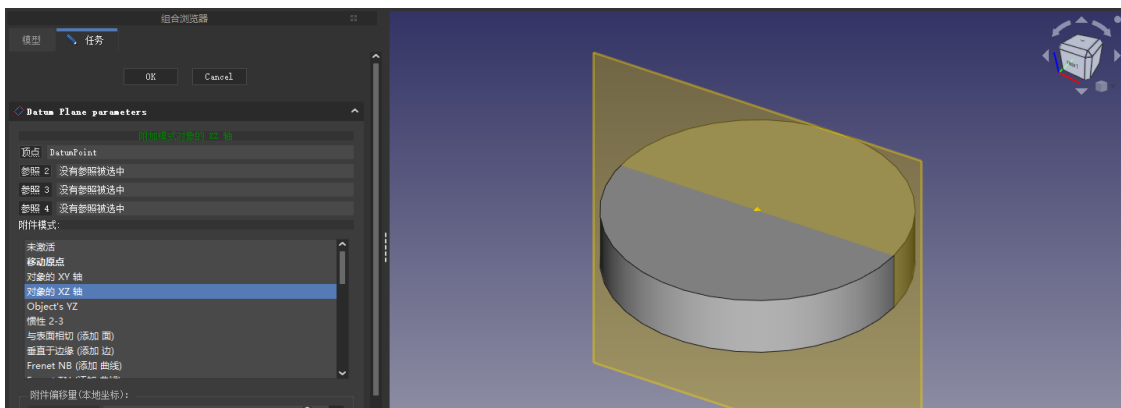
下面我们用圆柱的顶面来去作为主要参考创建基准面。在下图中我使用了一个与表面相切附件来去创建基准面；表面相切的附加条件可以参照附件条件查看。使用圆的顶面作为参照 1；然后参照 2 选择了圆柱的边线顶点如下图所示建立与表面相切。



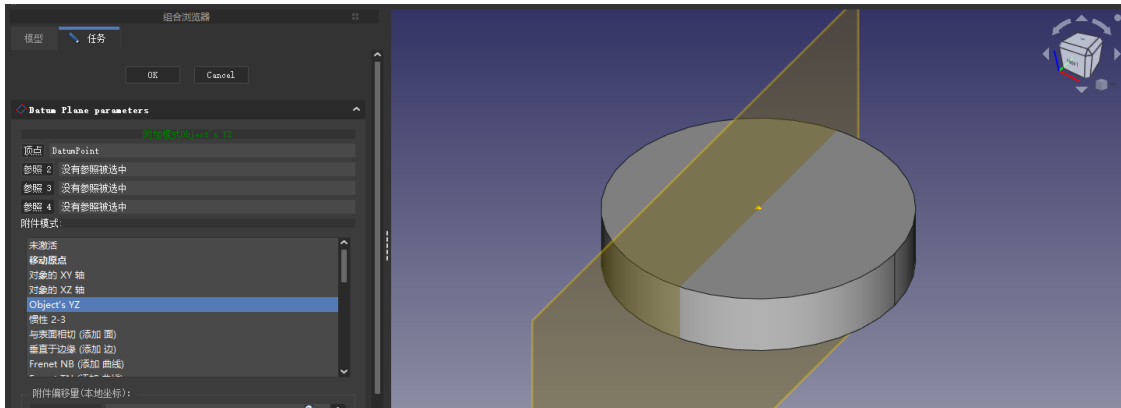
在和基准点工具配合使用时会出现更多的附加条件模式，可以根据自己的设计需求自行添加。在下图中的附加选项里可以根据基准点作为参照 1 跟随着参照 1 去做附加平面的坐标系变换比如：XY 平面、XZ 平面来去改变需要附加的局部平面作为绘图工作区。



(基于基准点的 XZ 平面)

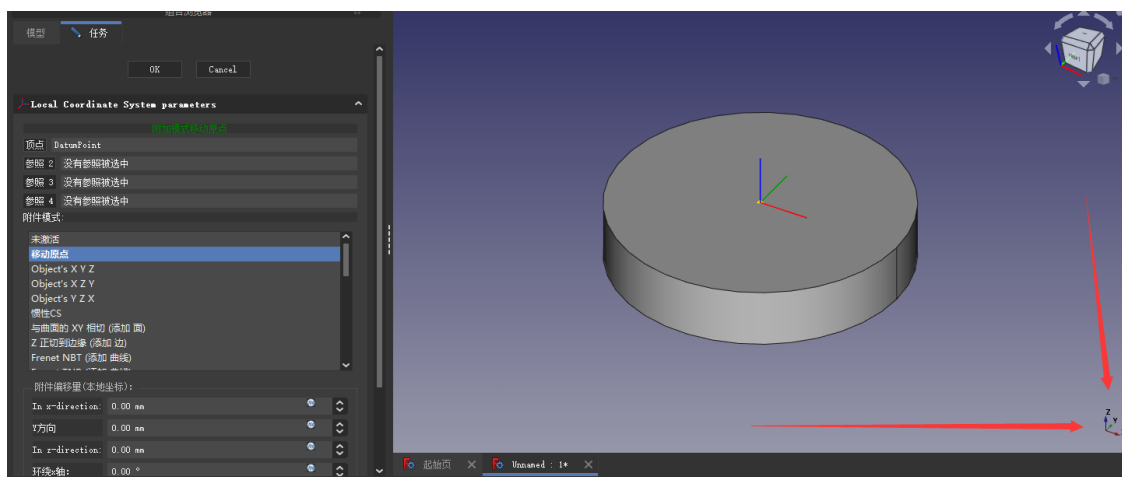
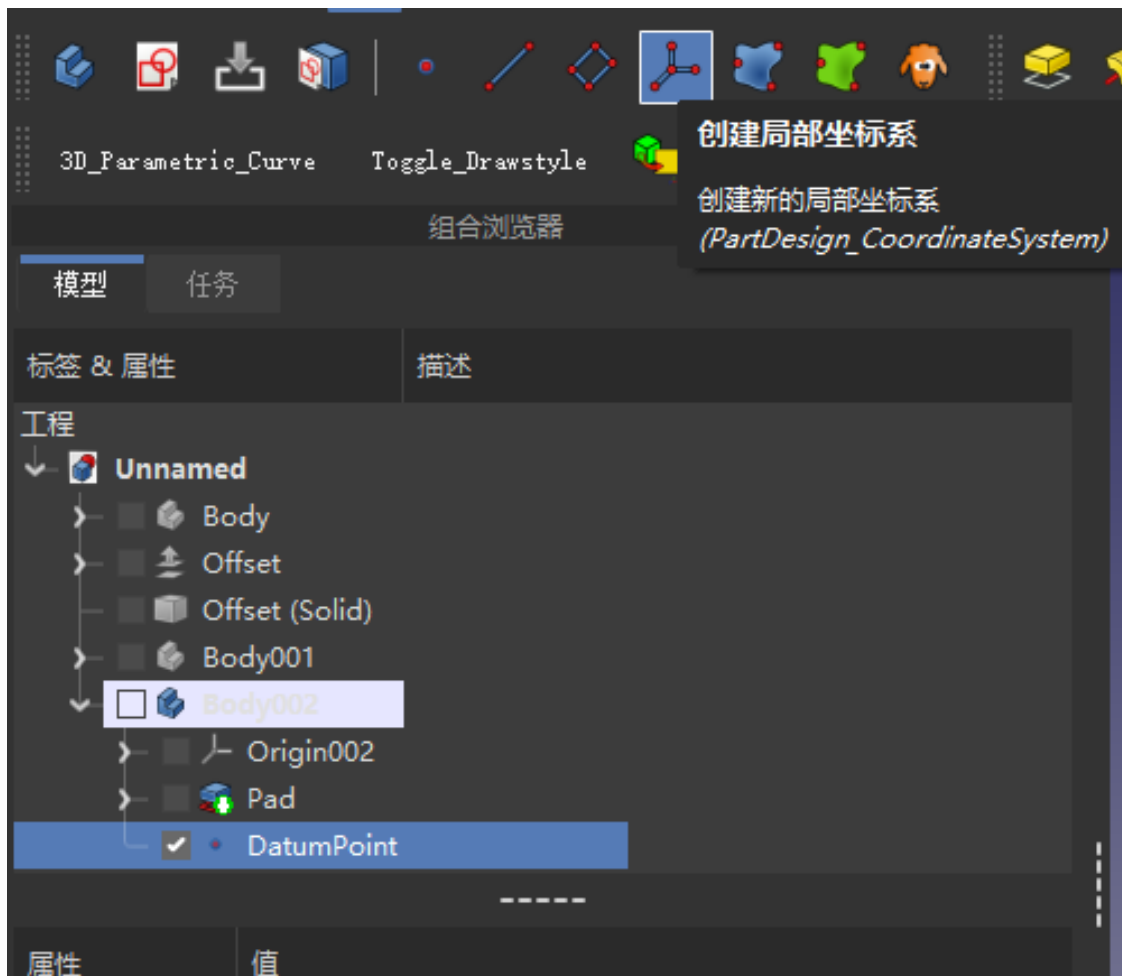


(基于基准点的 YZ 平面)

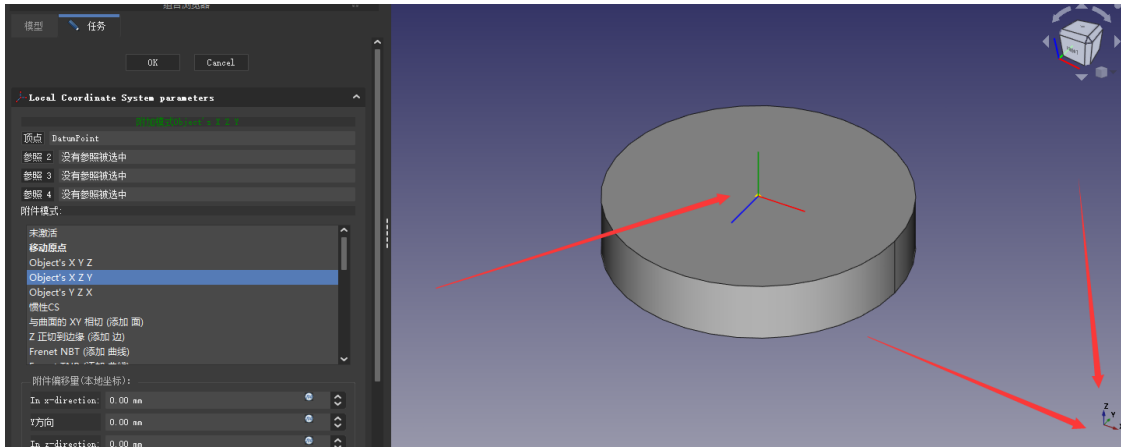


## 局部坐标系

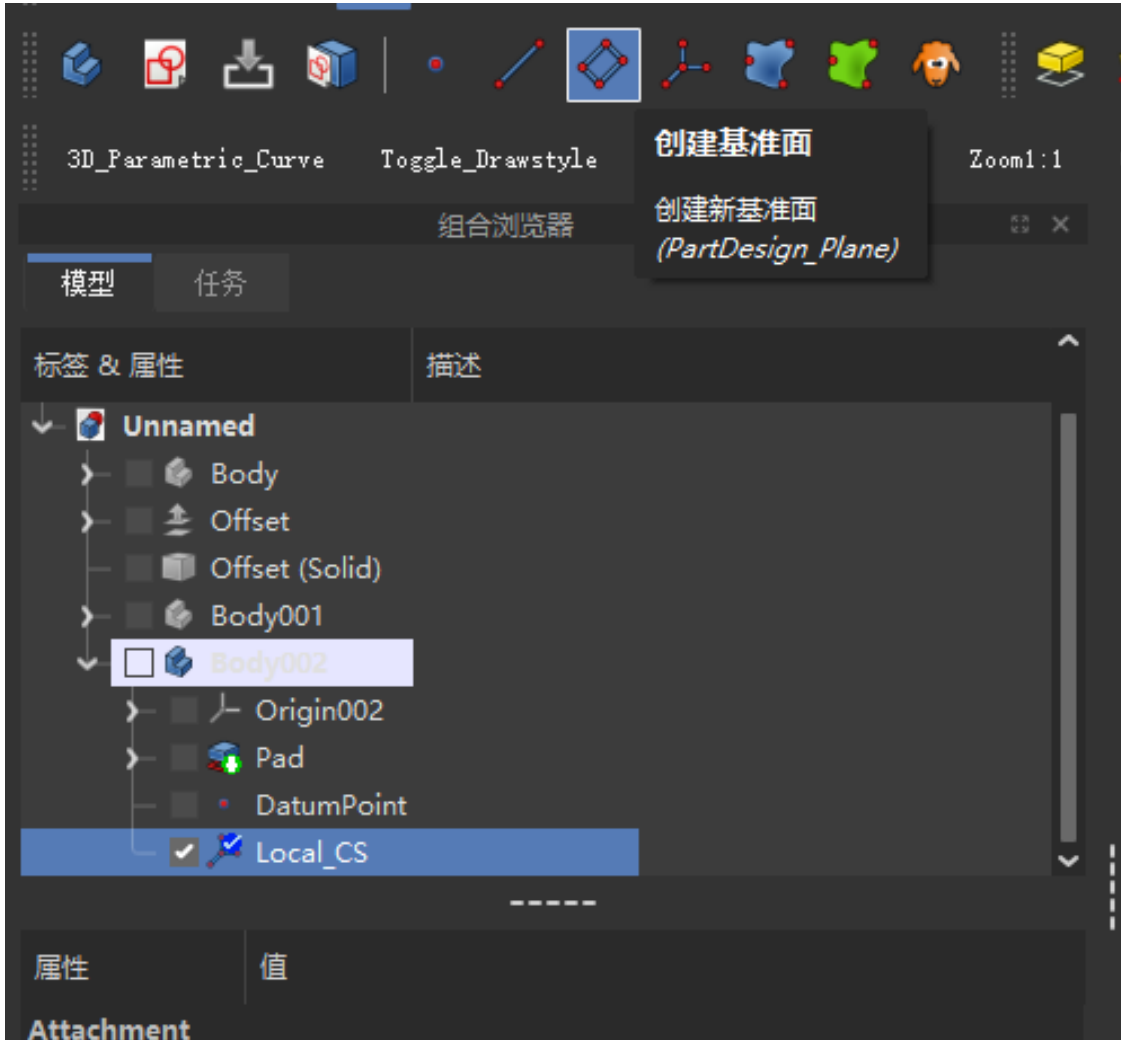
局部坐标系允许你在局部创建相对坐标的改变，比如你需要在某个面上生成的特征不跟随全局来去做改变也就是绝对坐标；通过创建局部坐标系从而去创建基于被创建的参考系进行特征建立或者变换。



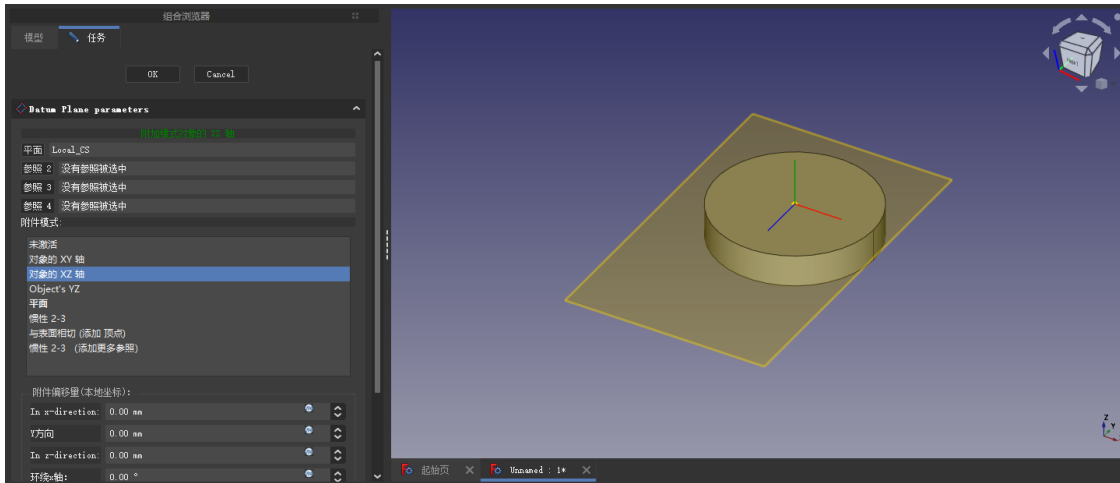
如上图所示我们基于一个基准点创建的局部坐标系移动原点默认是全局坐标；同样生成出来的局部坐标系可以进行向量偏移根据自己所需。注意看图片右下角的坐标系和局部坐标系的颜色此时它们是一样的。



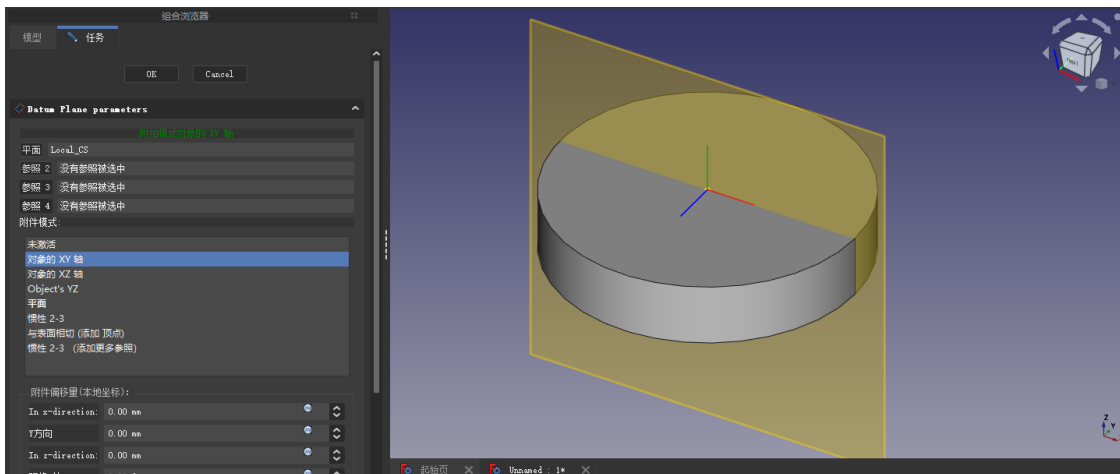
此时我们变换了参照的附加条件注意右下角的坐标系和局部坐标系的朝向。我们将局部坐标系设定为了基于物体的 XZY。接下来我们使用改变过的局部坐标系来去创建基准面。



选中参考坐标系创建基准面。可以看到下图中创建了一个基准面但是方向和全局不一样；是因为我们的基准面是基于局部坐标来去创建的。可以看到之前的全部坐标是 Z 轴向上 X 轴向右 Y 轴向前这是全局的默认坐标，而局部坐标我们设定的是 XZY，所以局部坐标是 X 轴向上 Z 轴向后 Y 轴向右。而下图中的基准面如果在全局坐标中理应是 XZ 平面但是在修改过的局部左边这里如果附加条件是 XZ 那么根据局部坐标系的改变则是全局坐标的 XY 平面，但是在局部坐标这里是 XZ 平面。

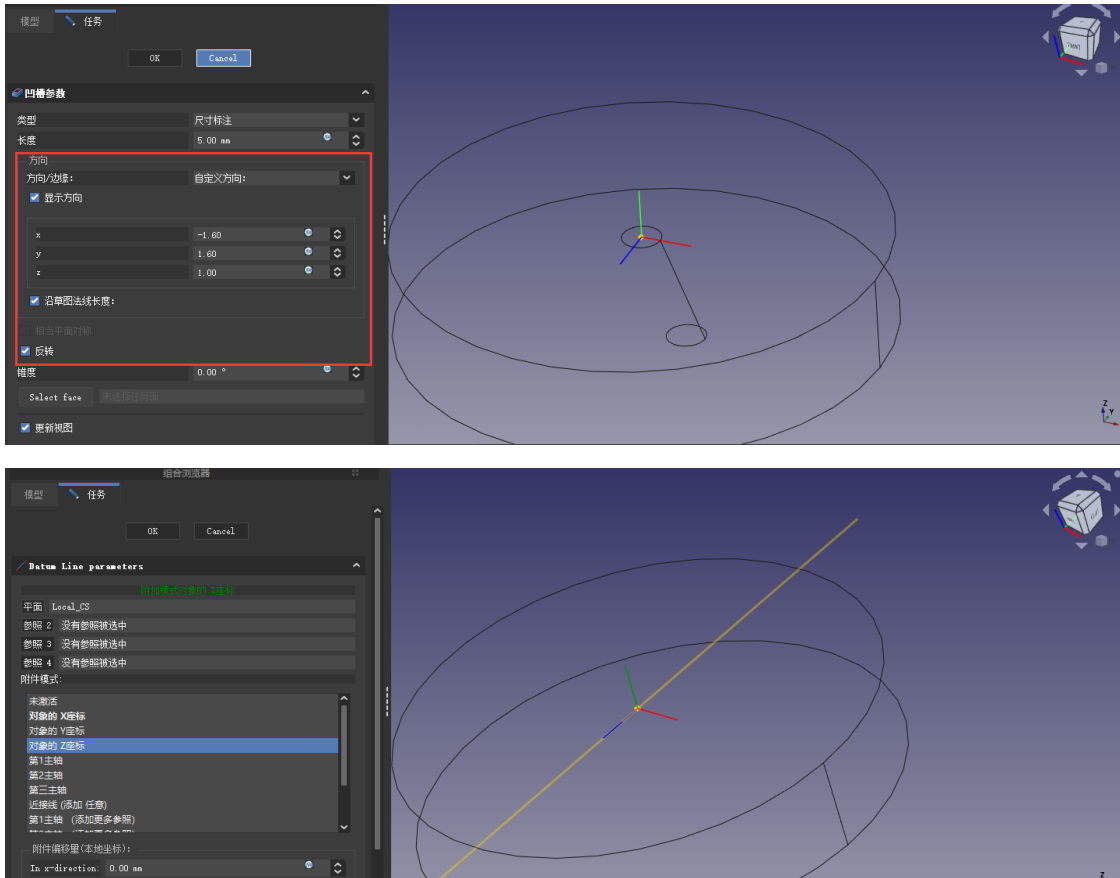


(局部坐标系 XZ 轴)

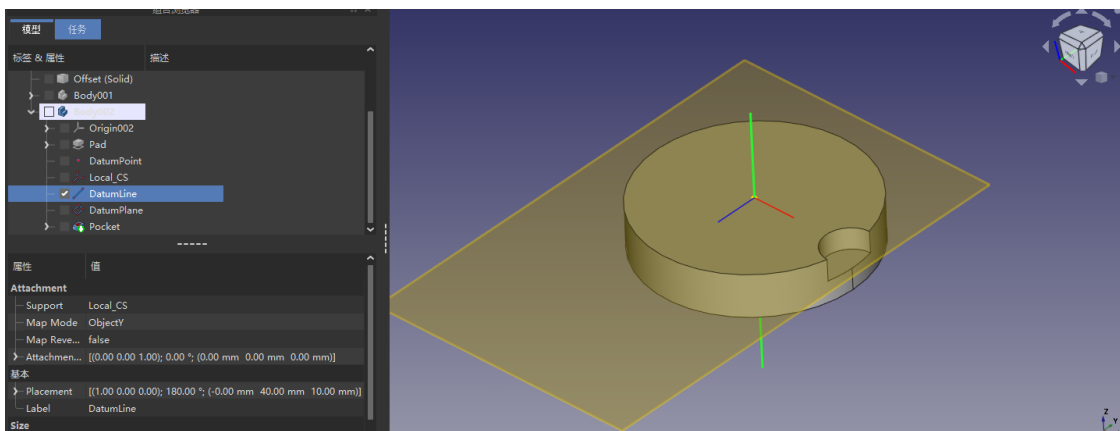


(局部坐标系 XY 轴)

局部坐标系还会被用于基于局部坐标来去改变特征方向的作用；下图是生成的一个孔特征的线框图，在线框图中可以看到我们控制了一个自定义方向来去决定特征是否跟着草绘法向还是跟着全局坐标；如果你不想让特征跟着全局坐标生成则可以通过局部坐标系所生成的基准线作为轴线或者基准点来去改变方向。



上图中我们基于局部坐标系创建了一根基准线用于参考轴线；注意附加的条件是对象的 Z 坐标，在全局坐标中 Z 轴是向上的；在局部坐标中的 Z 是其实是绿色的，也就是全局坐标中的 Y 轴。

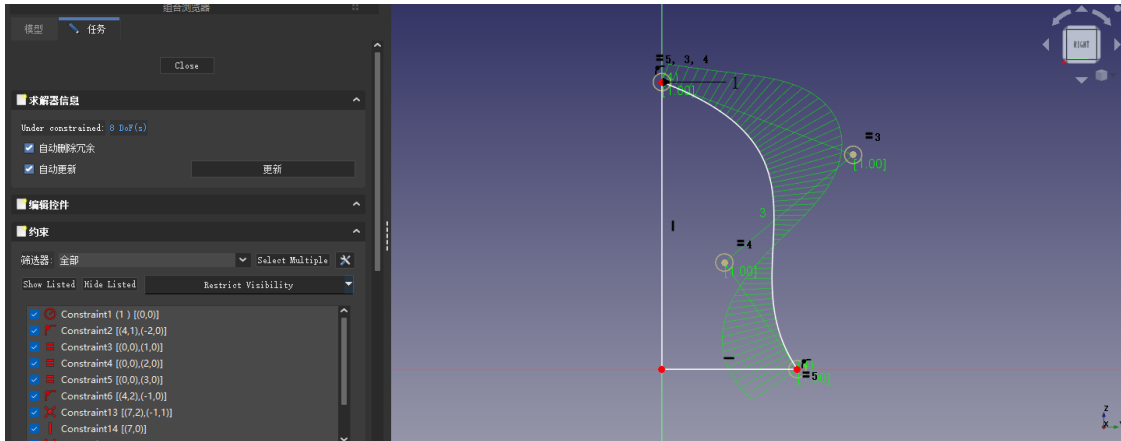


因此我们可以在不去改变全局的情况下自定义局部坐标来达到在局部坐标上生成特征的作用。

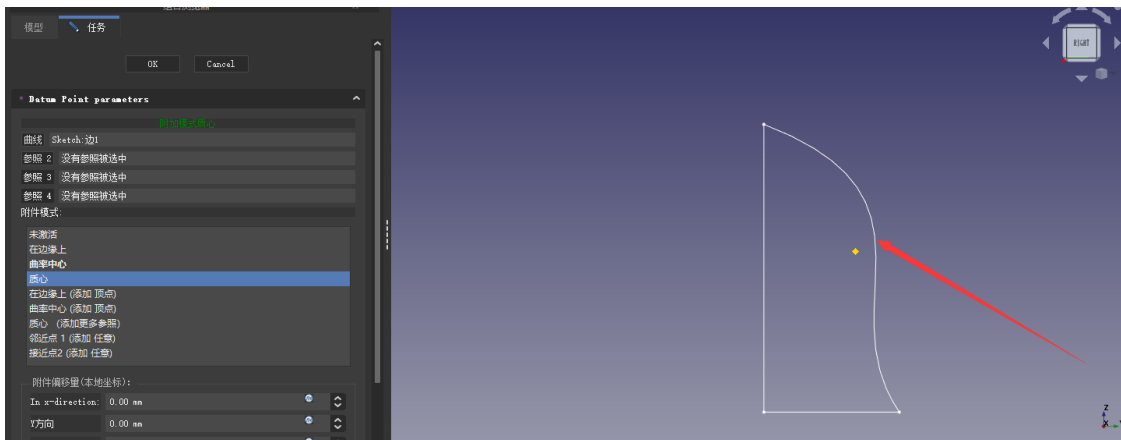
## 草绘辅助

在草绘器中也可以使用辅助点线面来去进行特征的参考；但是这种方法并不是那么的规范建议使用基准工具命令来去进行设计时的引用，因为在草绘器中生成的辅助

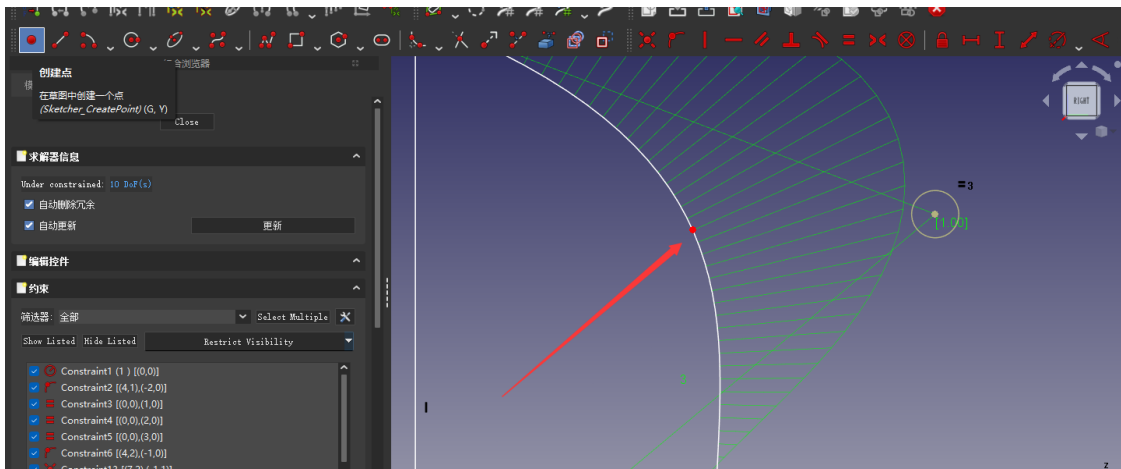
参考终究还是基于模型树的主要特征容易发生拓扑命名的问题，但是可以在某种特定的情况下去使用比如在曲面上创建基准线的时候难以去抓取参考点，可以使用草绘器的辅助点作为参考引用出来。



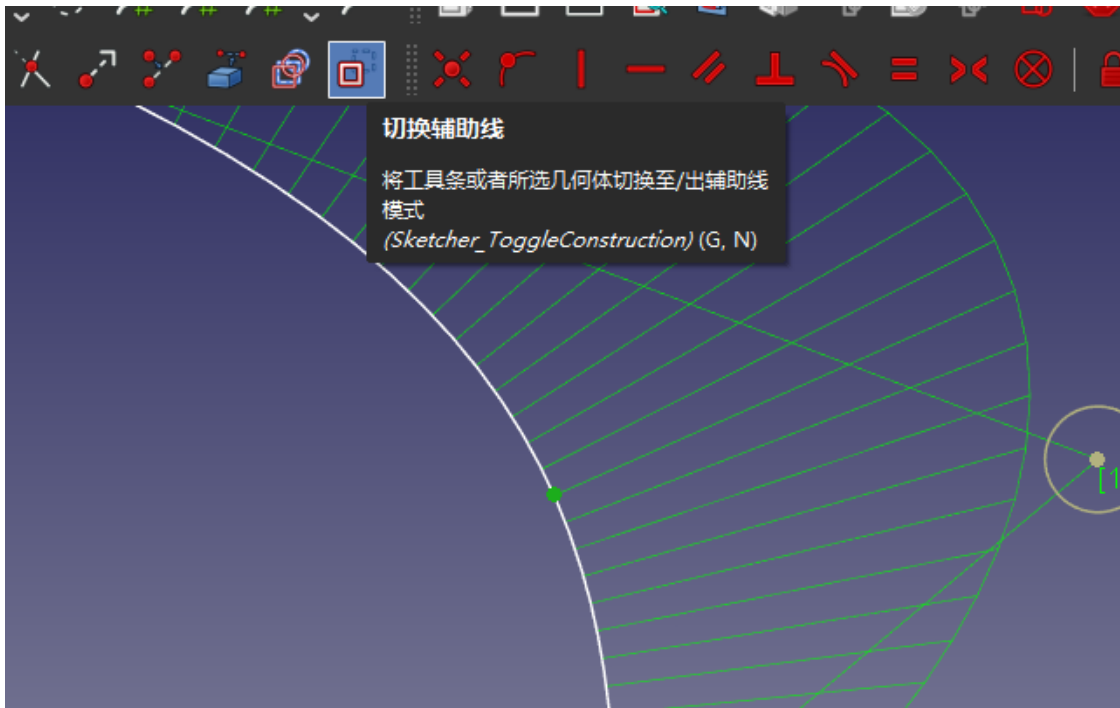
例如上图中的 B 样条曲线，如果我们去使用基准点去找参照很难去找我们想要的自定义的点；这个时候我们就可以在草绘器里头建立一个辅助点用于参考。



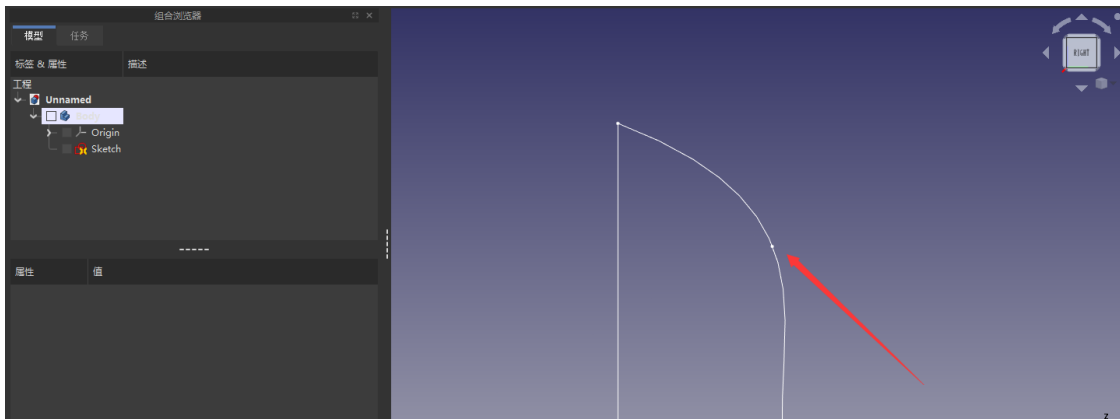
上图中的参考点建立并没有贴合曲线的点附加模式，所以我们进入草绘器添加一个点作为参照点，然后再去根据草绘中绘制的参照点建立基准点用于引用。



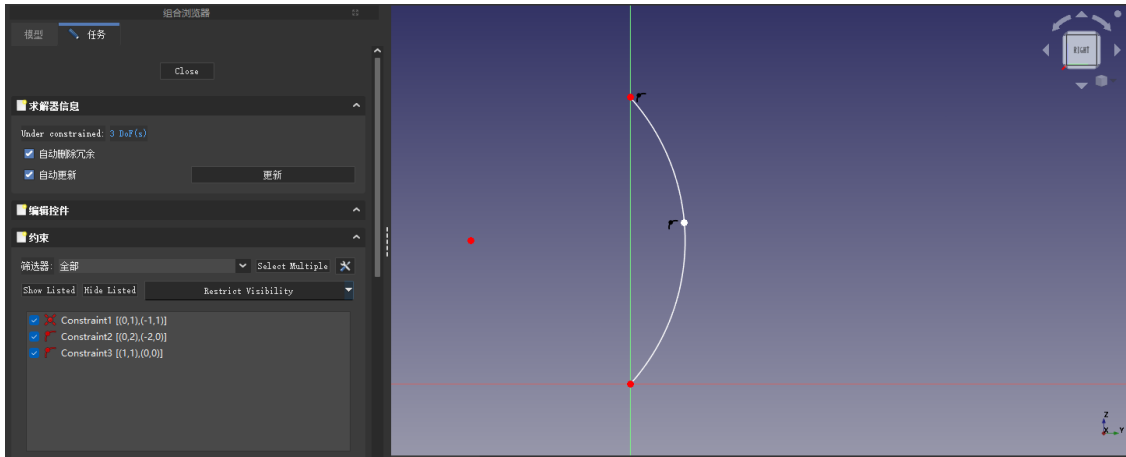
可以看到我们对这根样条曲线做了一个点，但是没有约束因为不支持点约束至 b 样条上，但是除开曲线以外我们是可以约束的。所以我们需要自行判断固定的位置。调整好之后把点转成辅助点如下图所示。



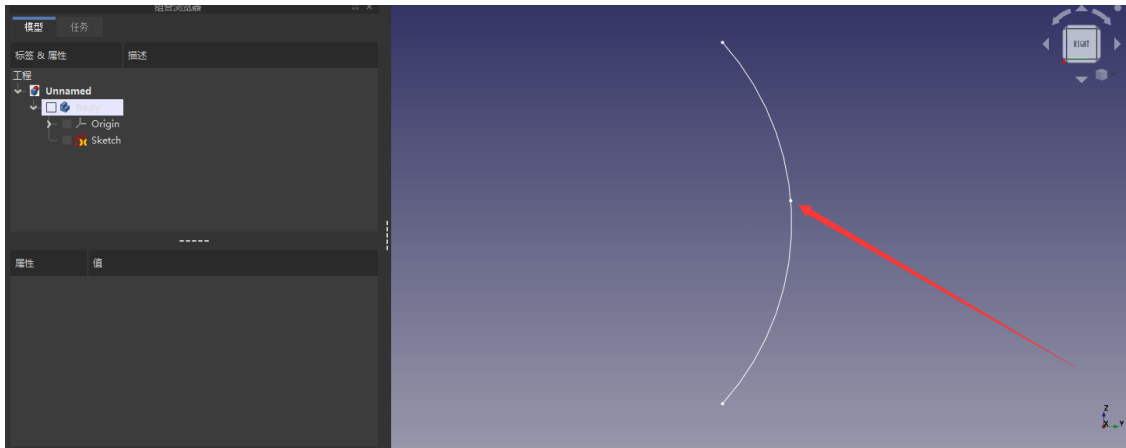
选中点再去选中切换辅助线模式当点变成白色时就是辅助点模式了，此时退出草绘器就可以看到我们创建的辅助点。



这个时候基于这个辅助点再去创建基准点就可以生成基于辅助点的参照。同样也可以用此模式建立草绘辅助线；方法同上。



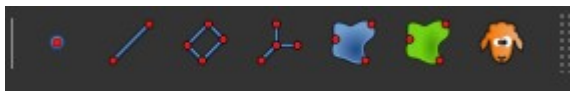
(上图圆弧上的辅助点)



(退出草绘器的模式下)

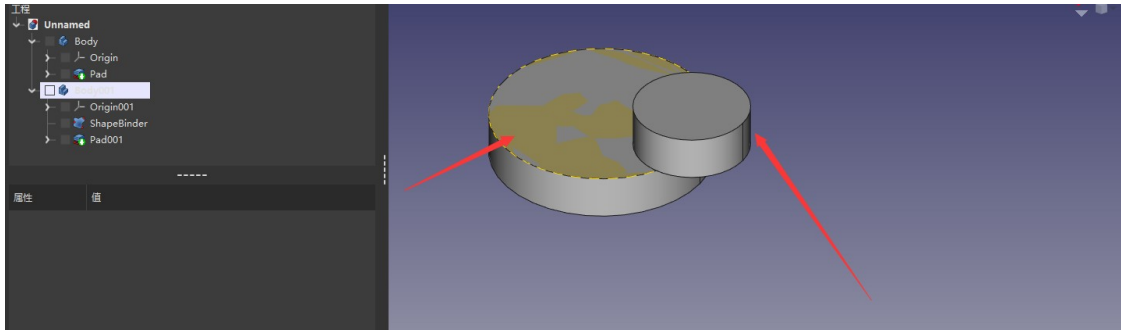
## 辅助工具组 (Auxiliary tool set)

在基准工具旁边有三个图标 ICON 就是在零件设计模式中的辅助工具组，它们主要用于创建副本并对副本进行二次编辑；副本和主要实体之间有链接关系（父子关系），蓝色的创建图形面父级对象在发生改变时副本不会发生改动，绿色的创建减料体也属于外部几何体用于创建多个实体之间的外部几何体引用，创建减料体可以发生在多个实体以外并利用此功能实现对其他实体的布尔剖切或者草图延伸。

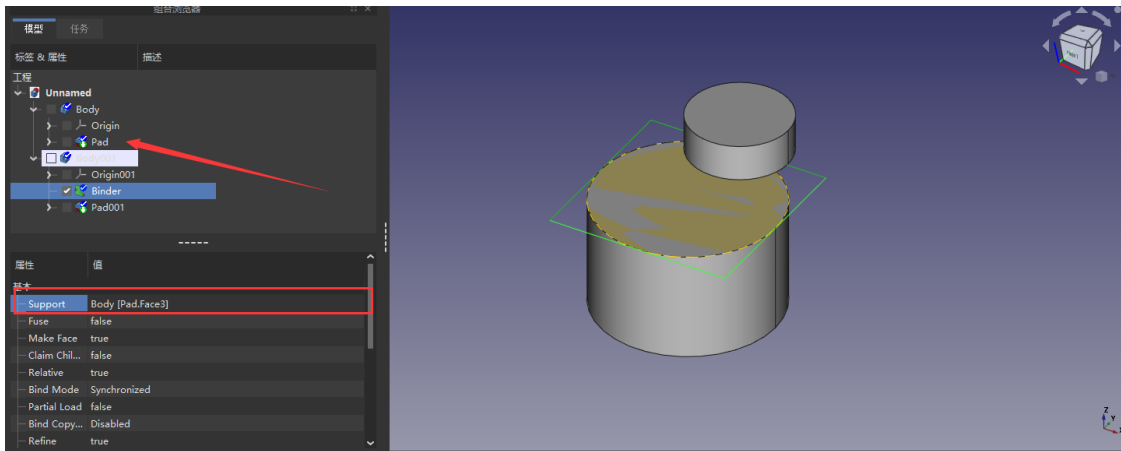


### 创建图形面外部几何体

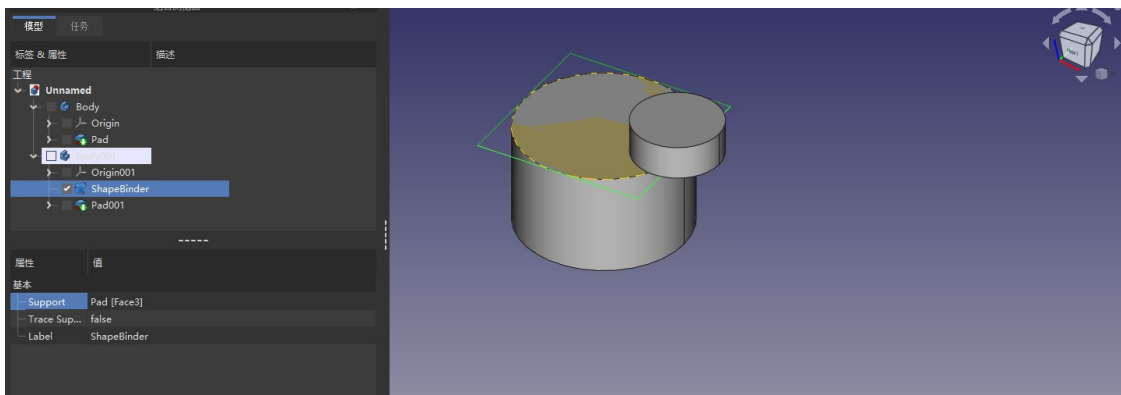
在下图中左侧的模型树有两个实体，第一个实体为一个圆盘，在第二个实体中沿用了蓝色的创建图形面作为外部几何体，基于这个外部几何体去创建一个凸台并且和第一个实体的顶面贴合。



注意看模型树菜单中的数据栏此图形面的支持中可以发现此外部几何体是基于 Body 也就是实体 1 创建的，实体 1 如果发生形变则外部几何体跟着一起变动。

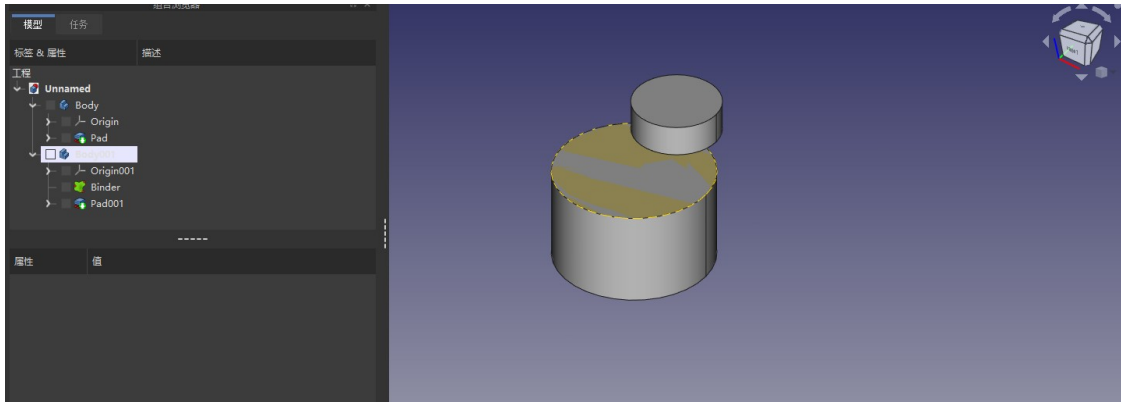


请注意位置变化在此处我们变动过了零件 1 的凸台拉伸高度，所以在下图中实体 2 基于实体 1 延伸出来的外部几何体跟着一起变动也就是父子级关系链接式变换。

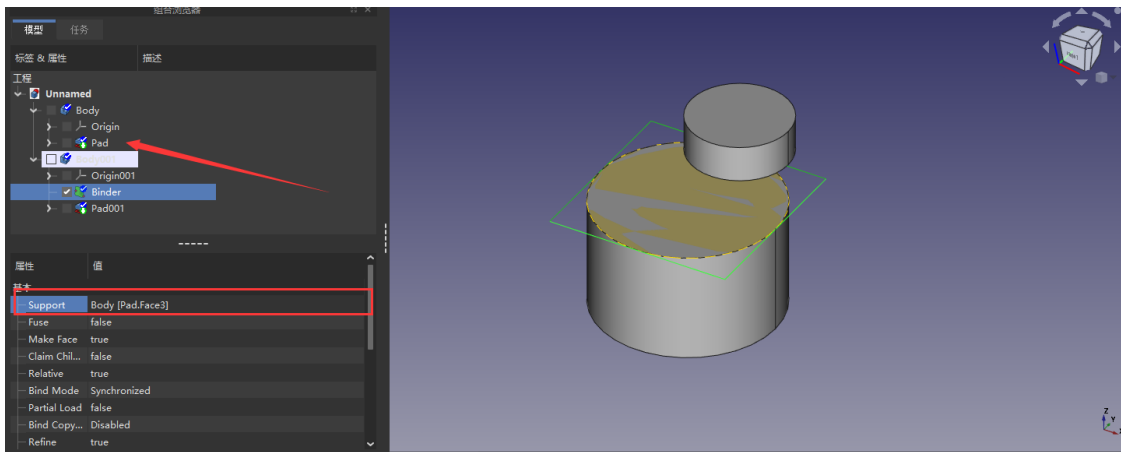


## 创建减料体外部几何体

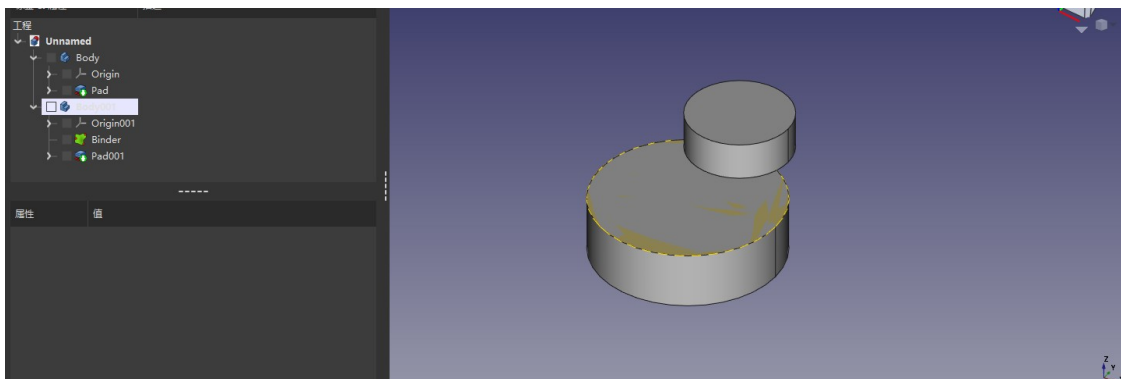
在下图中左侧的模型树有两个实体，第一个实体为一个圆盘，在第二个实体中沿用了绿色的创建减料体作为外部几何体，基于这个外部几何体去创建一个凸台并且和第一个实体的顶面贴合。



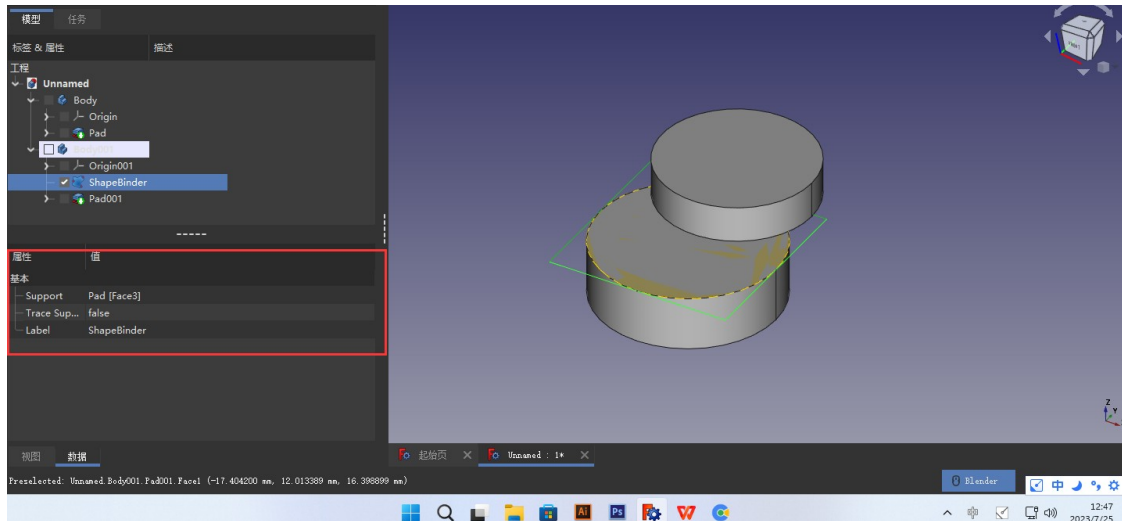
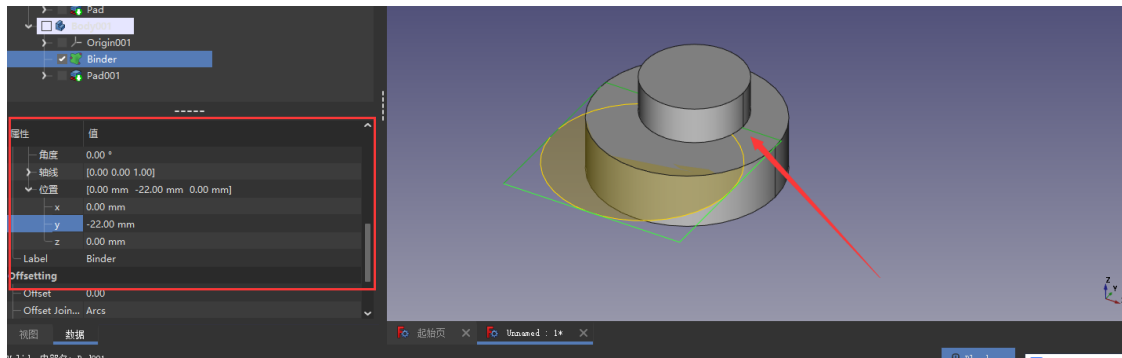
注意看模型树菜单中的数据栏此图形面的支持中可以发现此外部几何体是基于 Body 也就是实体 1 创建的，实体 1 如果发生形变则外部几何体跟着一起变动。



请注意位置变化在此处我们变动过了零件 1 的凸台拉伸高度，所以在下图中实体 2 基于实体 1 延伸出来的外部几何体跟着一起变动也就是父子级关系链接式变换。



两个创建外部几何体唯一的不同点在于蓝色的创建图形面虽然可以基于它来在别的零件中引用但是此外部几何体没有自己的参数数据完全跟随父级对象进行变换，但是绿色的创建减料体既是父级对象可以拥有自己独立的位置数据可以进行自身数据的变换来去改变生成特征的位置；具体示范如下图所示。



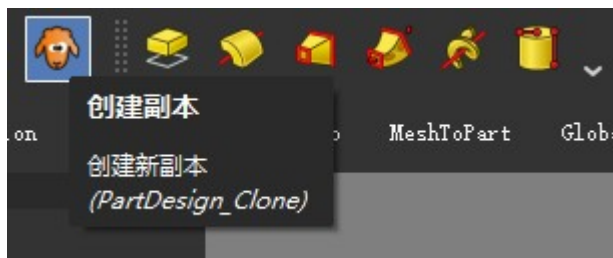
(蓝色创建图形面没有位置数据变换)

引用外部几何体视频讲解地址：

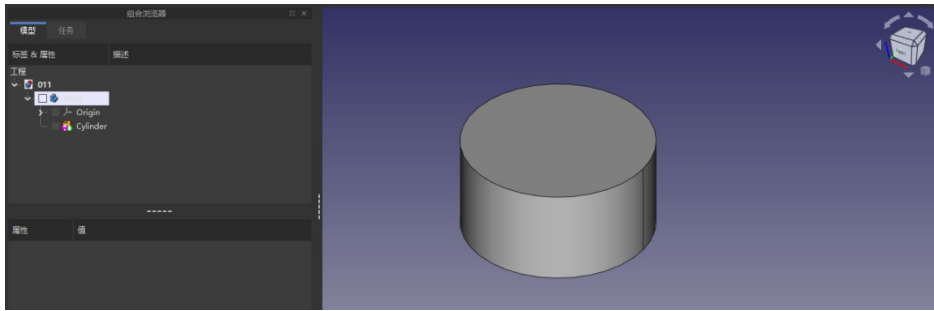
[https://www.bilibili.com/video/BV1oL411d7Tu/?spm\\_id\\_from=333.999.0.0&vd\\_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66](https://www.bilibili.com/video/BV1oL411d7Tu/?spm_id_from=333.999.0.0&vd_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66)

## 创建副本克隆

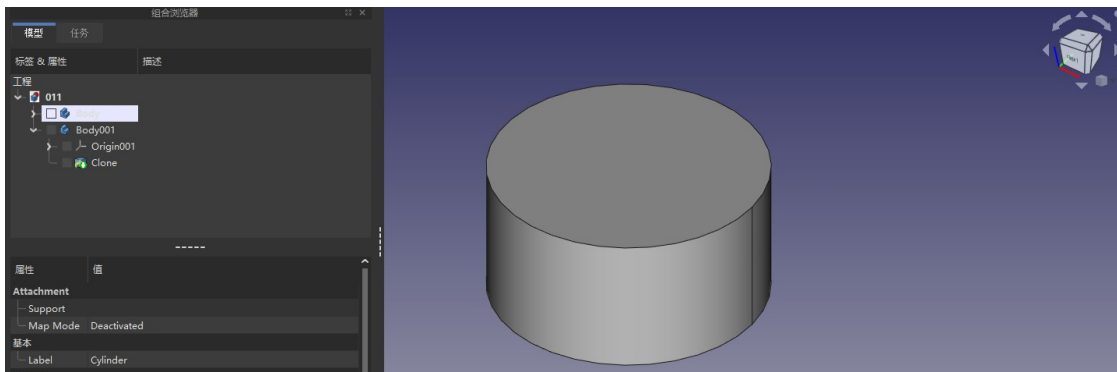
创建副本工具用于创建克隆对象，此对象和主零件之间有父子关系；意为为父级对象发生变化克隆也跟着一起变化。



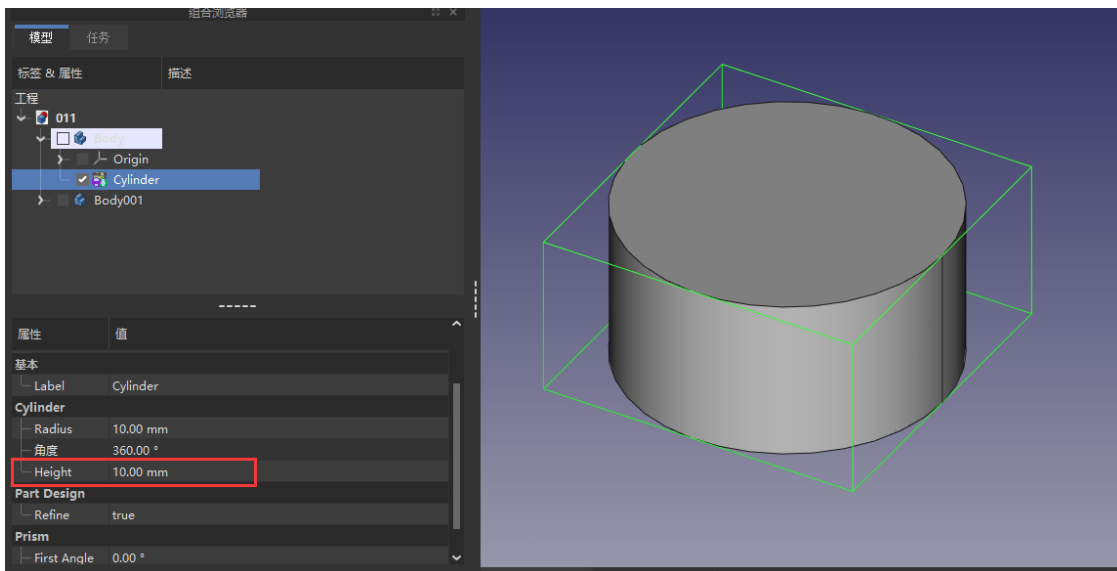
在零件中我们创建了一个圆柱体，然后点击这个主要零件创建克隆副本。



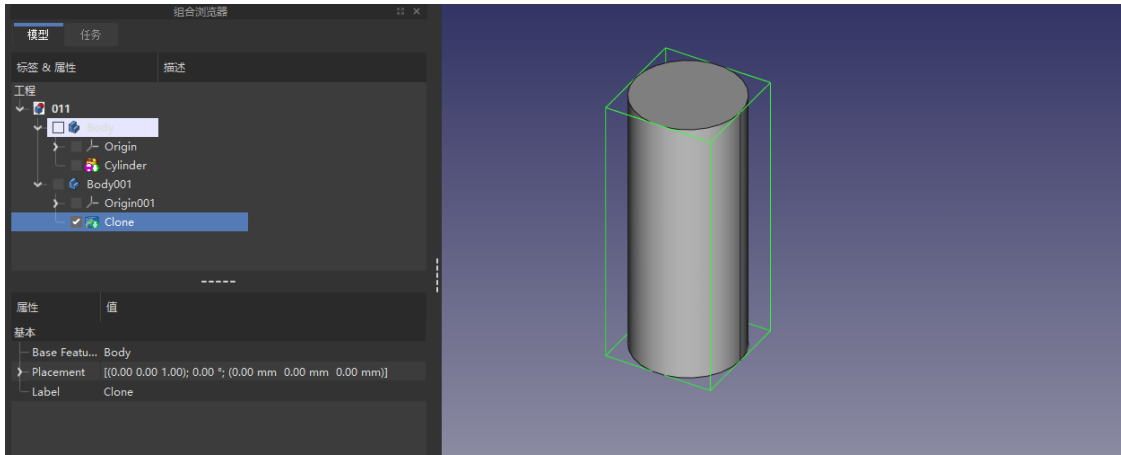
点击完成后会自动创建一个 body001，展开模型后会发现多了一个克隆副本。



主要零件可以控制副本的参数，例如我们在主要零件改变其数值，例如我在原始对象上改变圆柱体的高度从原本的 10mm 改变为 50mm。

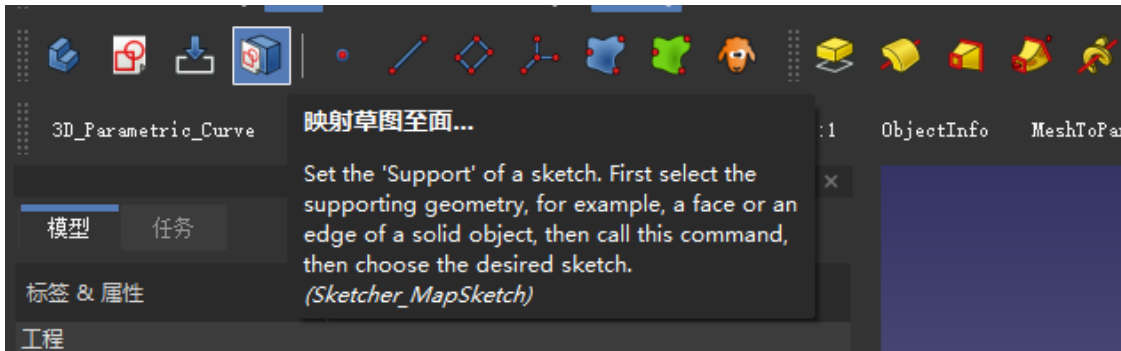


可以看到克隆数据跟着一起变化数据。

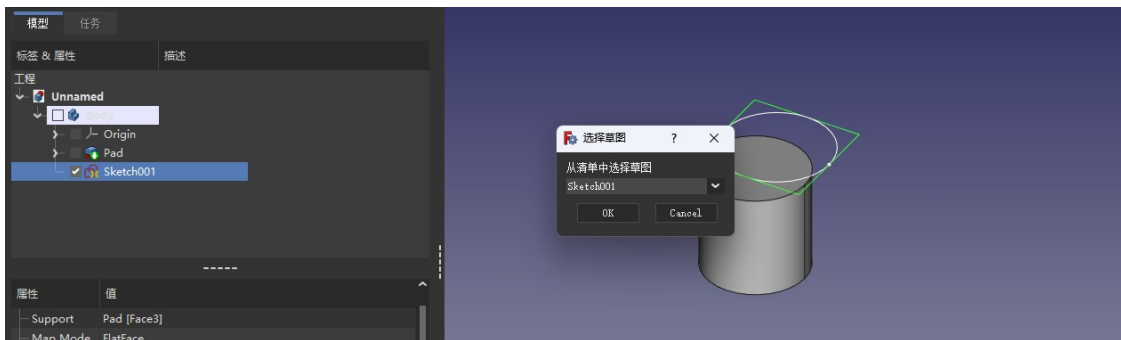


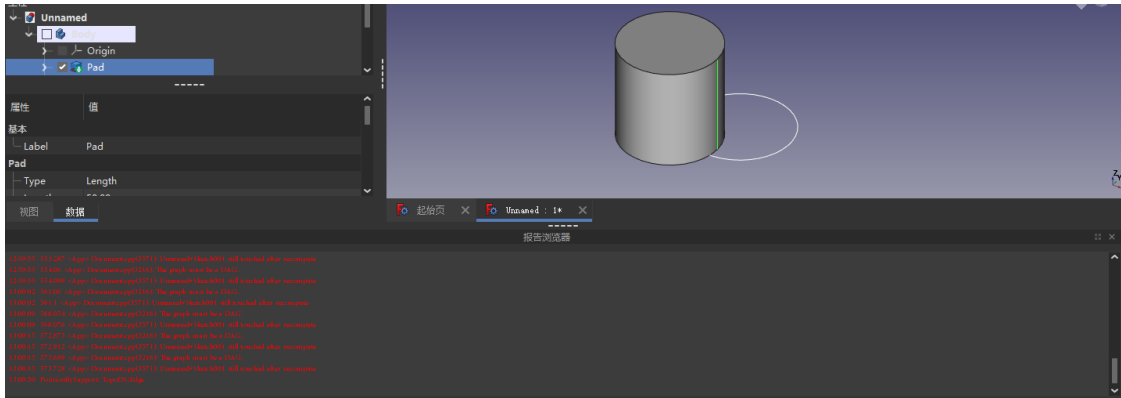
## 草图映射 ( Support a sketch )

此功能用于将草绘重新映射定向至其他的附加面上，如 XY 平面的草绘可以重定向映射到 XZ、YZ 工作平面上，此项功能建议配合基准平面使用；否则极易出现定向失败或者报错的情况，在此教程中十分提倡使用基准面去创建草绘而不是使用草绘映射。

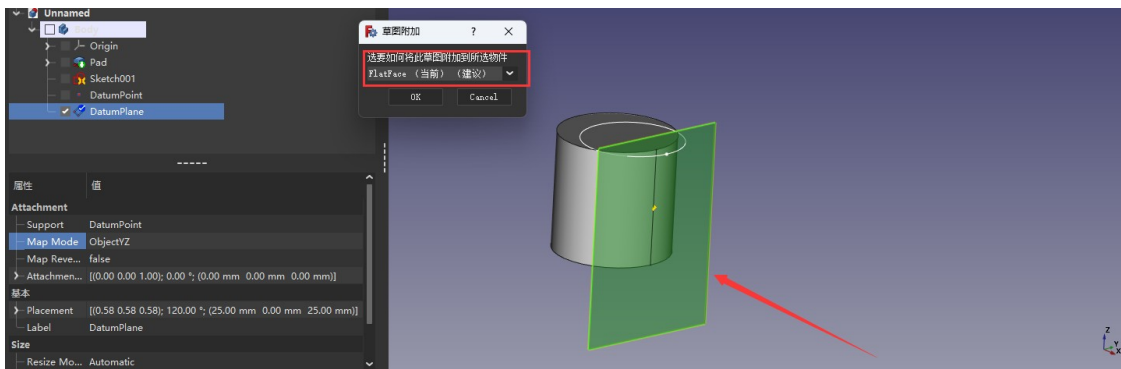


如下图所示在圆柱 XY 平面上草绘出一个圆形，利用这份草绘去进行附加到 XZ 平面上。

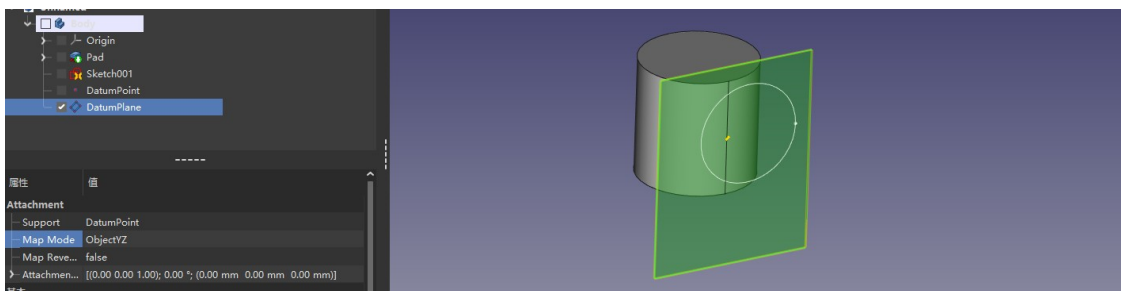




发现底部报错；因为没有正确的基准坐标系草绘在别的工作平面上映射时获取不到相对坐标导致，因此正确的做法时可以用基准平面的方式进行草绘附加。



如图所示我们利用基准面附加的方式让草绘有一个定向的相对坐标，而这个相对坐标就是以圆柱为中心的基准点，通过基准点创建出来的基准面就是草图要附加的工作平面。

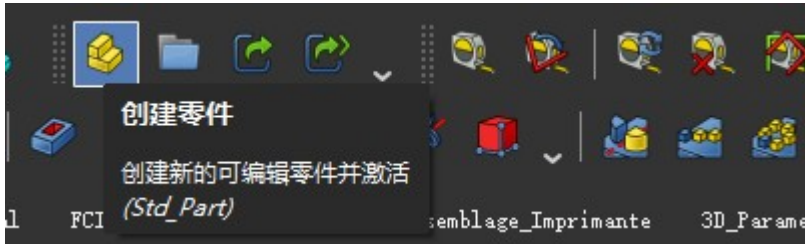


## 辅助工具组附加 (Auxiliary tool set)

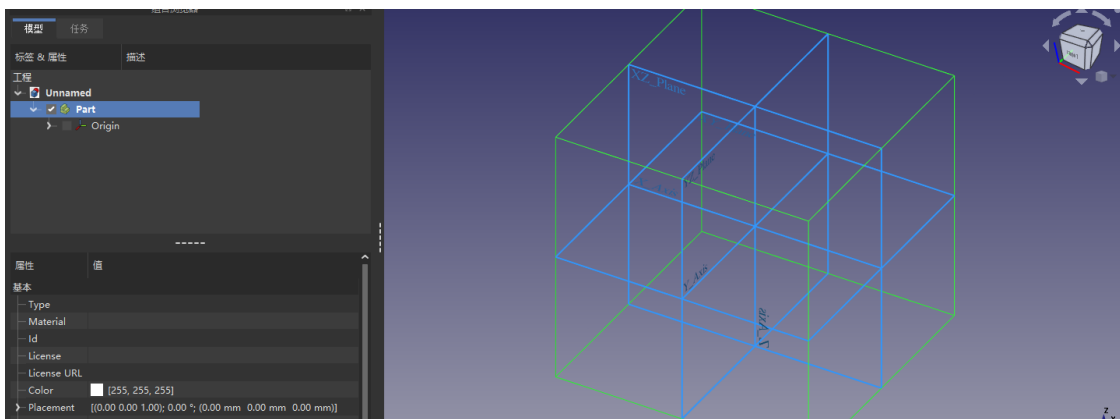
这一组工具组用于在任何工作台都可以去使用它们进行建模辅助工作；其中包含一个创建标准零件容器、组合文件功能、链接对象项目、子链接、等一系列的辅助功能。

## 创建零件标准容器

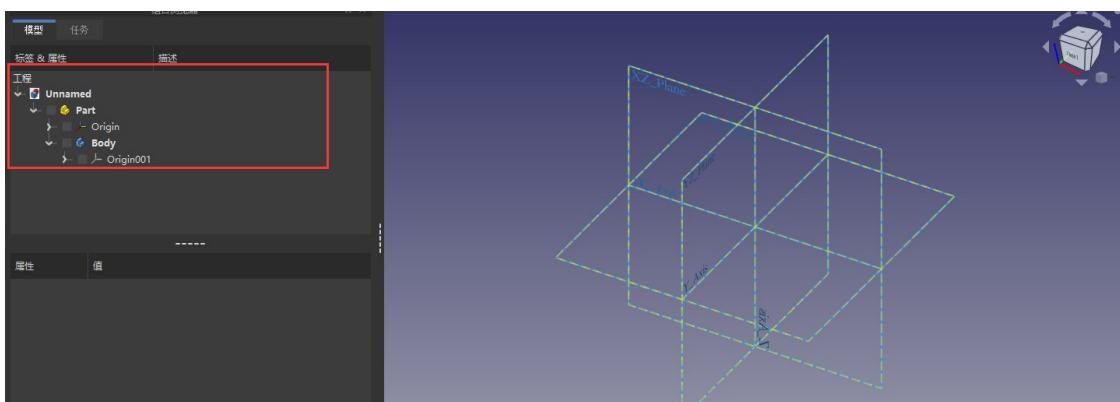
创建零件工具用于生成一个标准容器/组合；用于存放多个实体特征，例如需要创建一个装配体那么可以使用此功能将所有的子级零件拖入其中，而总零件则是作为装配体的集合。



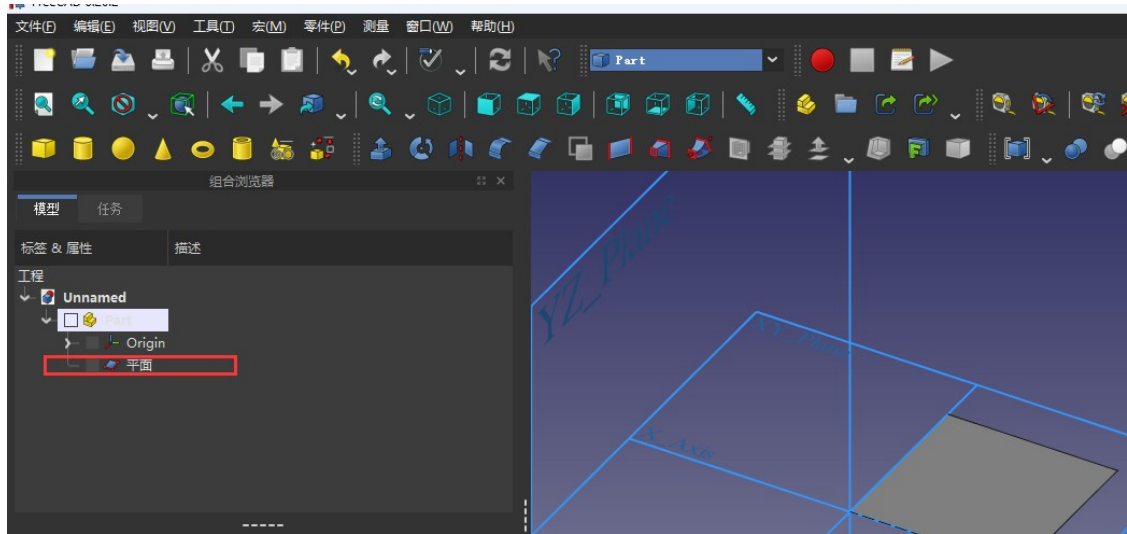
在零件设计模式下点击此功能会在左侧模型树面板中生成一个标准零件容器并且生成一个坐标系见下图。



接下来创建子级零件进行设计即可，点击创建零件会在标准零件内生成 body，可见下图左侧模型树面板的模型树指向。



此外此标准零件也一样支持零件工作台的基础图元和特征的存入，下图为 part 工作台的基础图元。

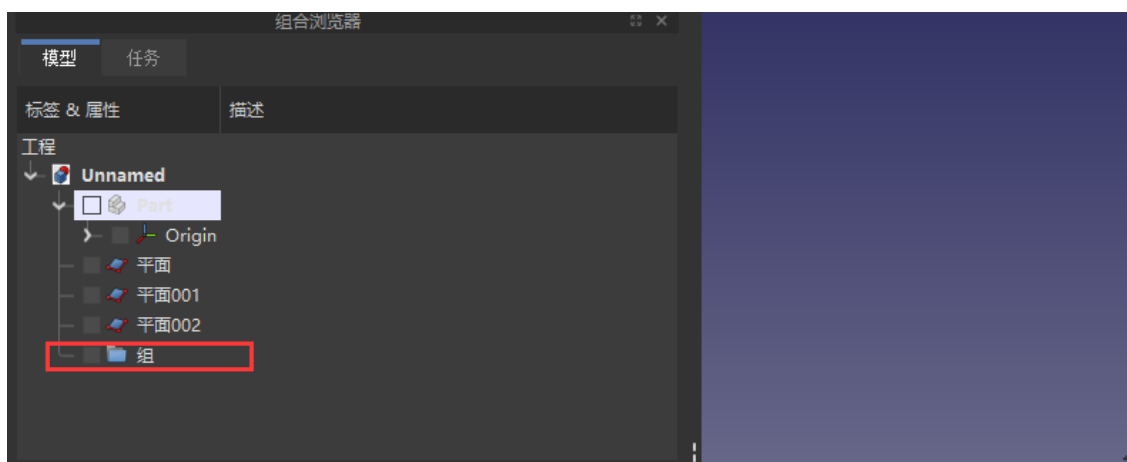


## 创建组

创建组命令并不和标准零件容器一样；前者用于存放实体或者非实体特征，后者组命令可以用于创建任何形式的几何对象，比如 draft 工作台的一系列线条、surface 曲面工作台的一系列曲面片，此项功能为了便于模型管理防止数据冗长。



在下图左侧模型树面板里创建了三个基础图元，点击创建组功能会在模型树菜单创建一个组合。



下一步选中需要拖入组合的对象，在模型树中选中它们拖入到组合中。



(组合建立完成)

## 创建链接

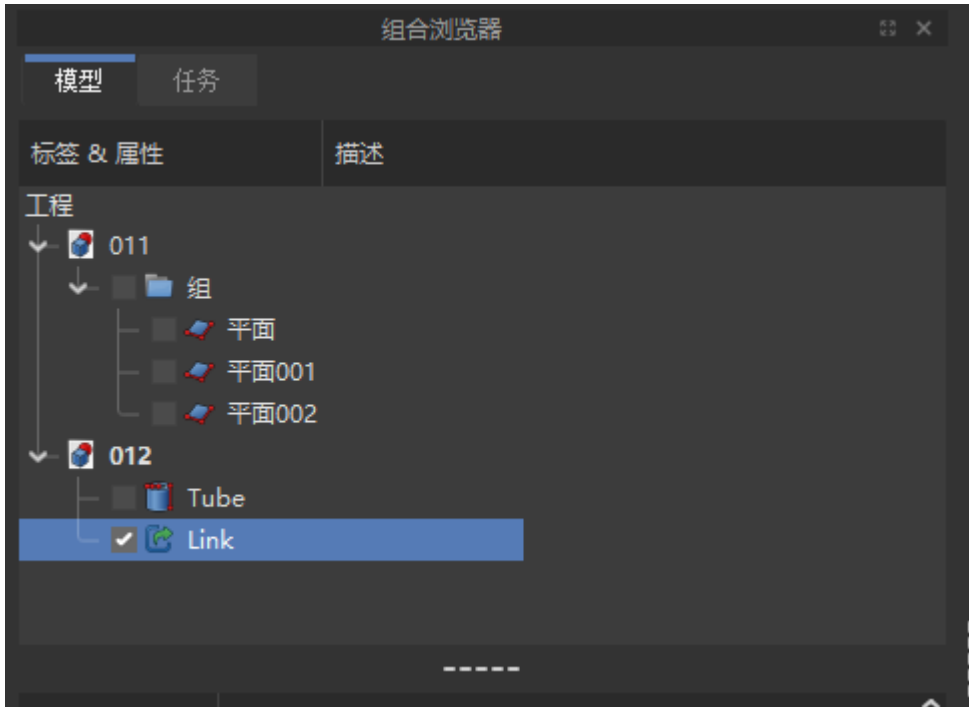
创建链接对象可以链接到另一个项目中去引用物体作为源，注意此功能必须要有一个源和一个被引用的项目。



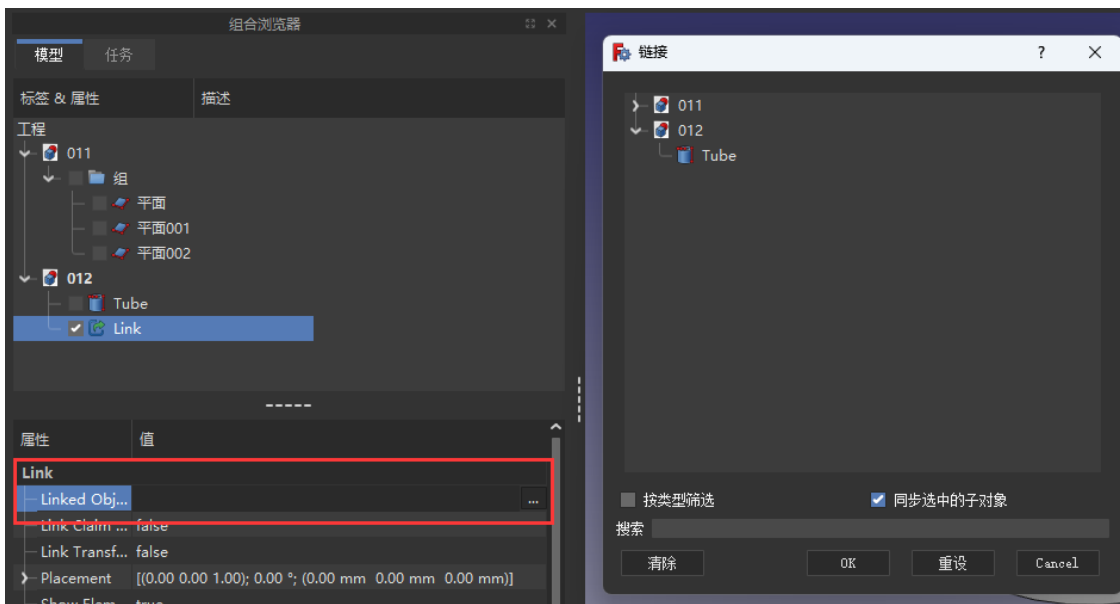
创建两个项目后以项目 012 为例我们需要引用 011 中的平面，点击链接后可以访问 011 中的物体对象，引用是相互的也可以引用 012 的对象到 011，需要注意项目的源文档如果改变过路径引用则需要重新定向才能恢复正常。



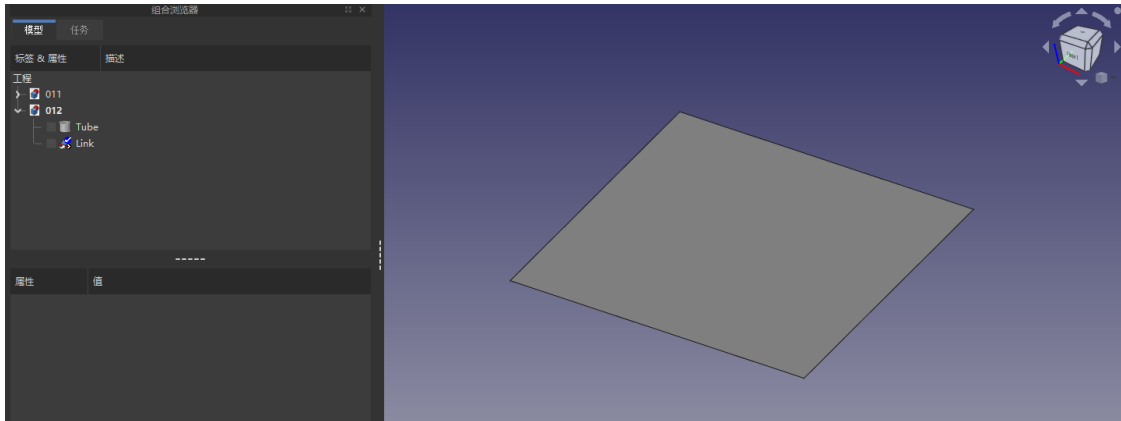
在 012 中我们创建了一个空的链接，可以在链接的数据面板中找到需要链接的对象和项目地址。



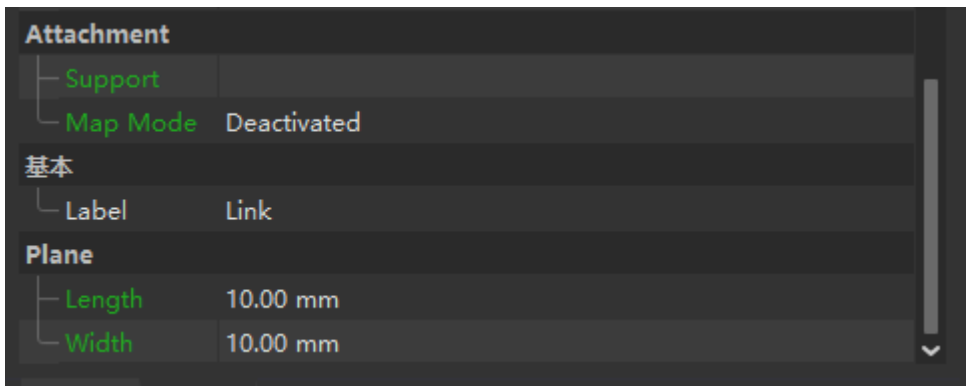
选中 link 然后在弹出来的面板中选择需要链接对象，这里以引用 011 中的平面为演示。



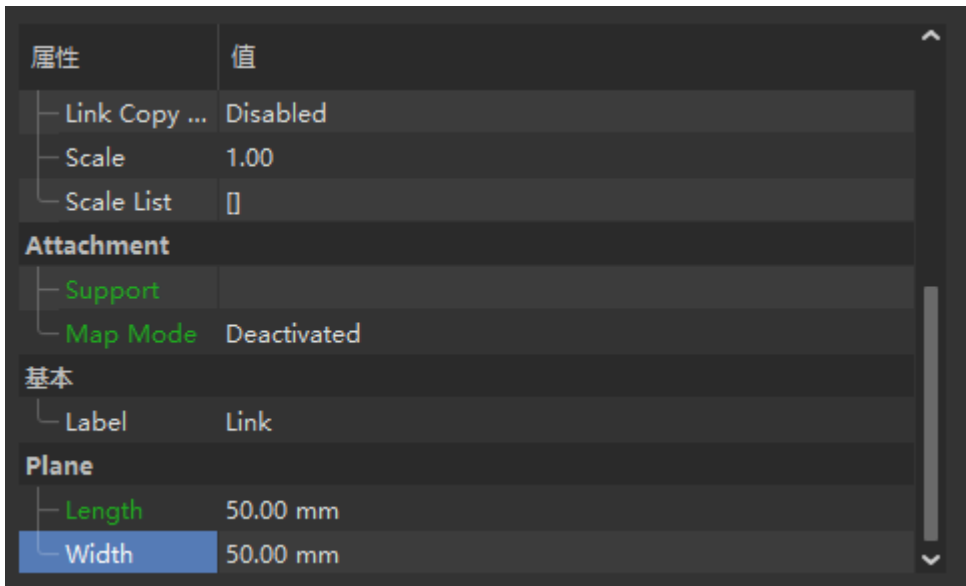
可以看到已经引用完毕的平面出现在了 012 中，并且和 011 共享数据；因为数据的来源还是源自于 011 中的对象，当源对象改变则引用的物体也发生改变。



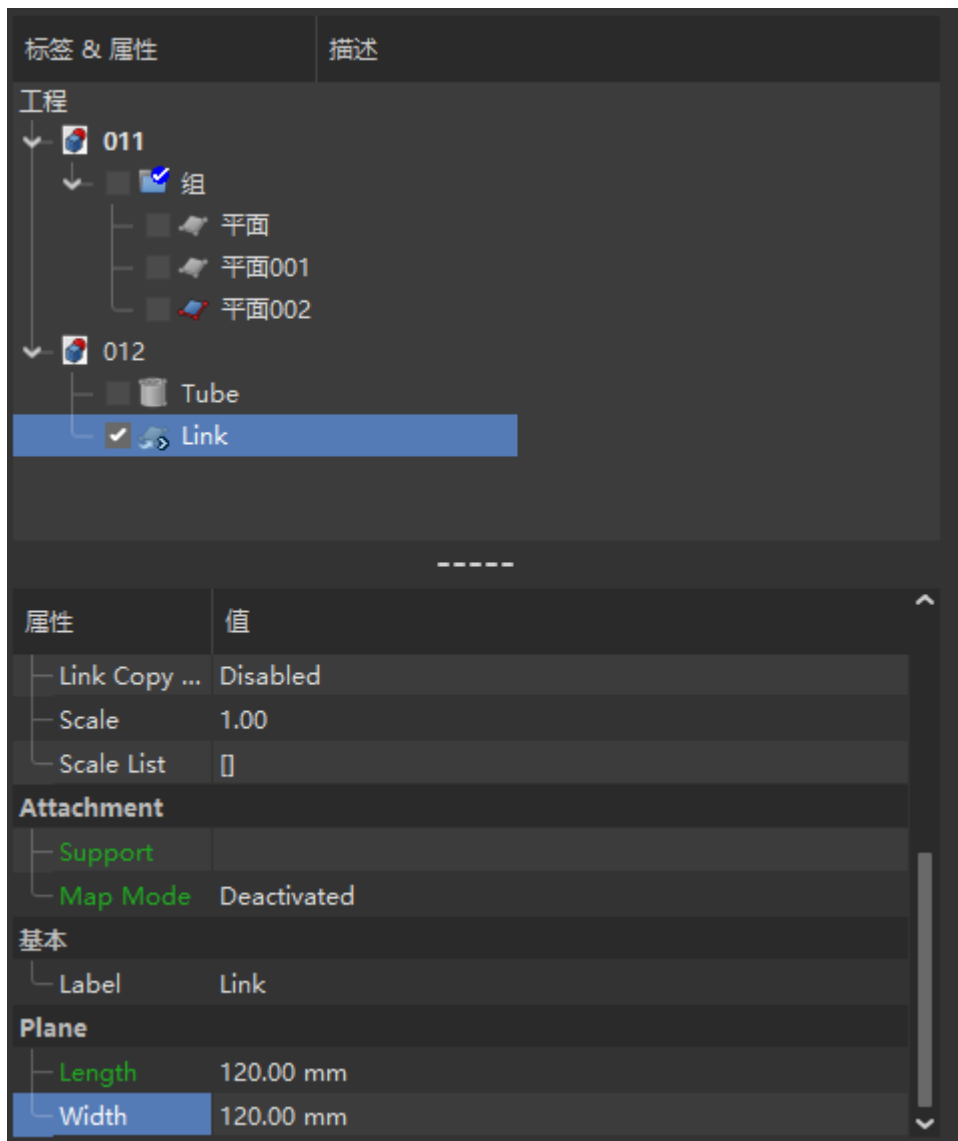
当前数据位置。



调整好的数值跟着 link 链接对象一起改变。



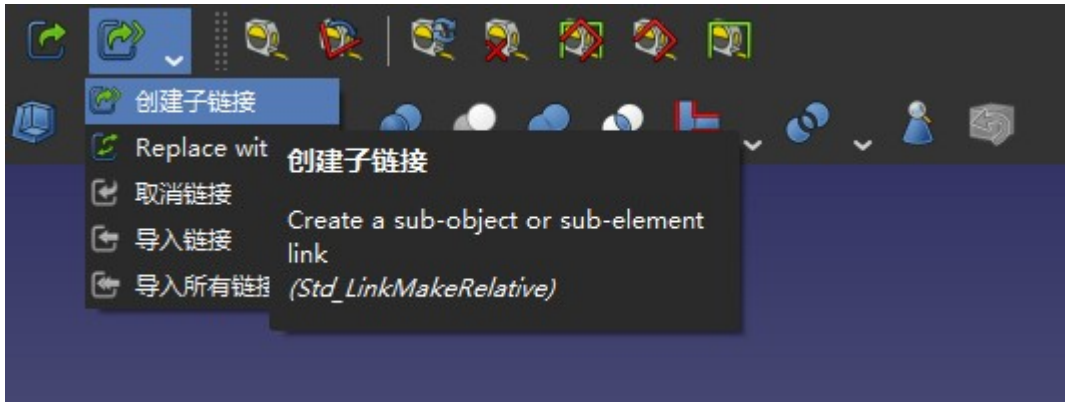
当然改变 link 对象也能同样改变源数据，因为它们是共享数据且数据可以被编辑。



( link 链接对象 )

## 创建子链接

创建子链接功能主要是单向链接，类似于副本的创建但是此功能只能单向链接创建；例如在项目 011 中需要对平面 002 进行创建那么它只会对本项目有用，在其他项目中并不会出现此副本，如果要想在其他项目中引用子对象可以在引用的项目中创建链接去选择链接对象。



在项目一中选中要创建子链接的对象以创建子链接，两个对象相互影响。



可以看到已经生成的子链接仅生成在项目 011 中，如需链接到其他项目则需要其它项目中创建一个链接对象来去链接源。

同样创建的子链接数据也是互通且共享的无论是源对象改变数据还是子对象改变都会同步改变物体数据。

平面003

012

---

属性	值
Scale	1.00
Scale List	[]

**Attachment**

Support	
Map Mode	Deactivated

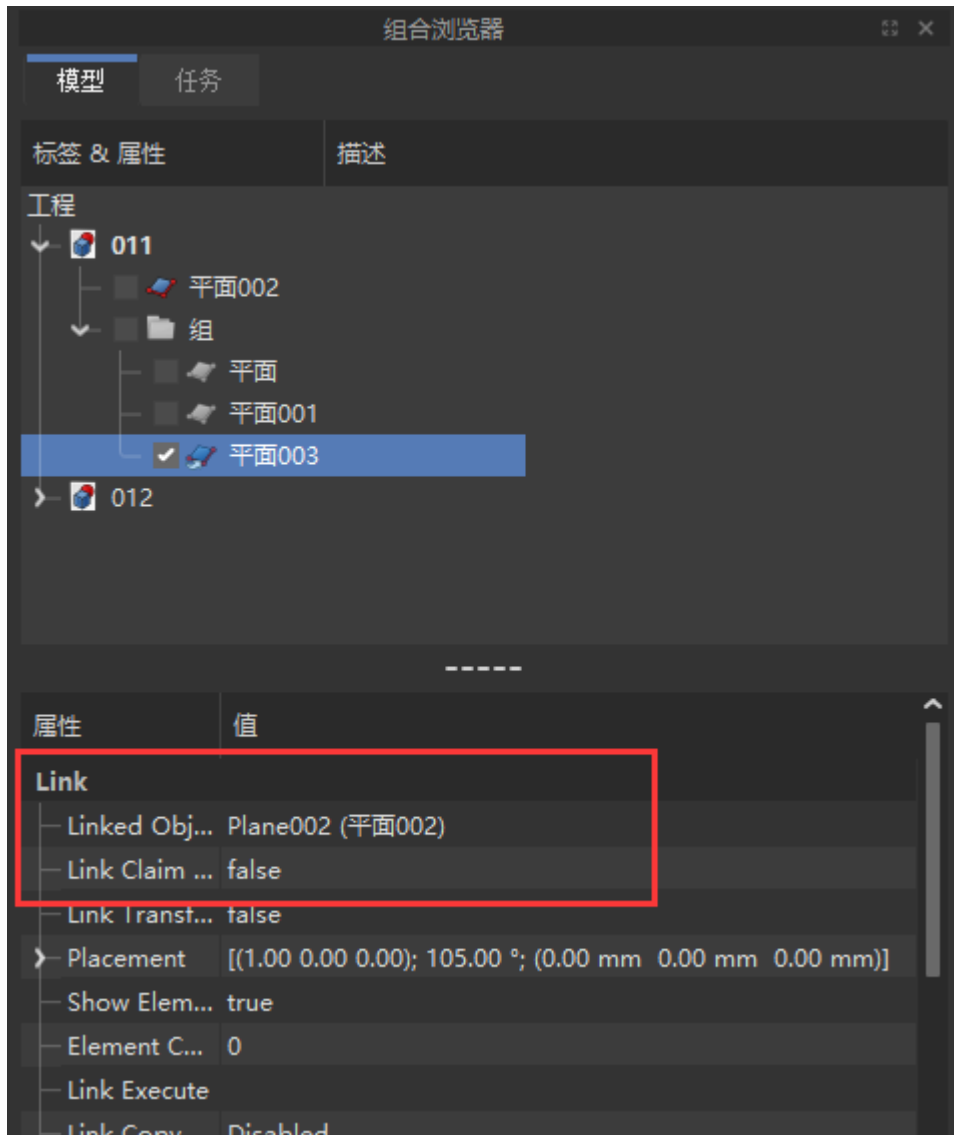
**基本**

Placement	[(1.00 0.00 0.00); 105.00 °; (0.00 mm 0.00 mm 0.00 mm)]
Label	平面003

**Plane**

Length	157.00 mm
Width	120.00 mm

视图 数据



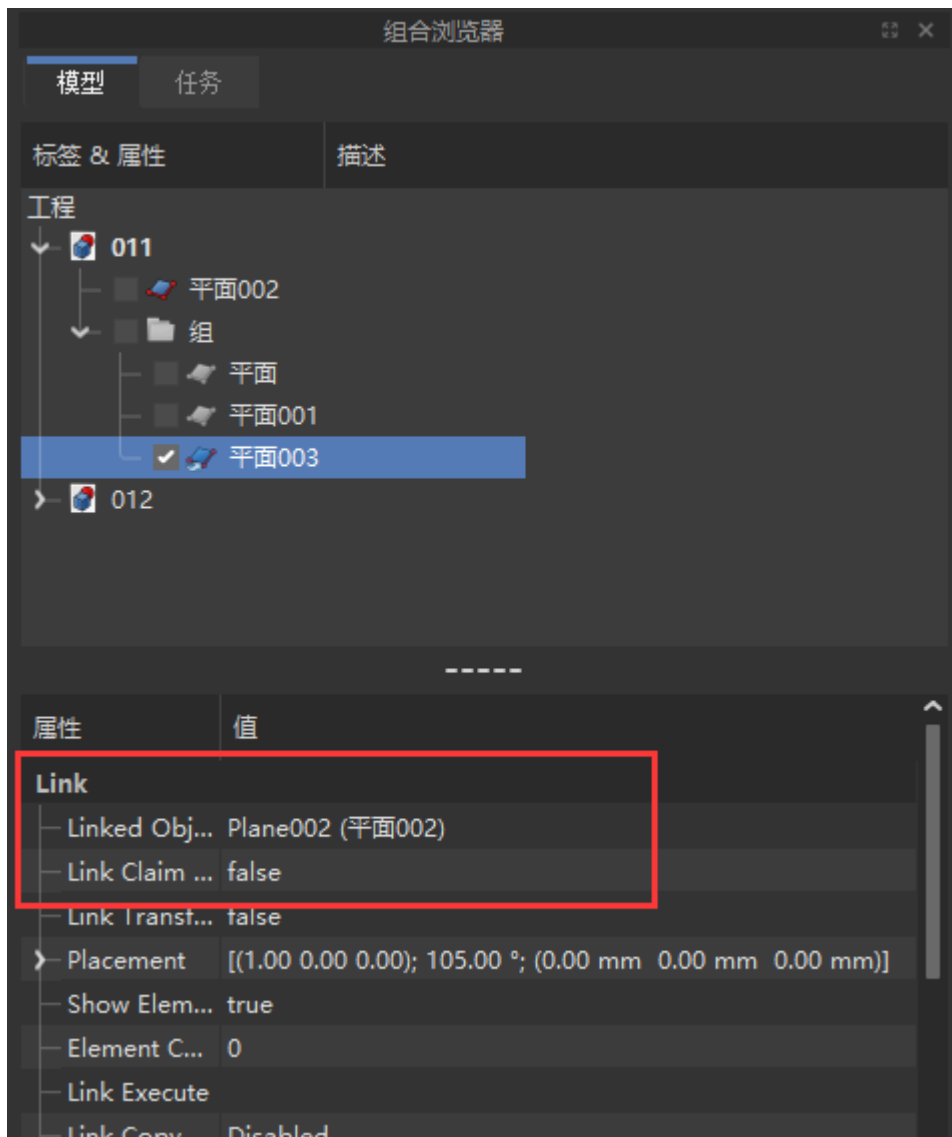
## 双向链接

双向引用会在本项目中创建一个链接对象，此外创建完毕后源对象会脱离模型树的依赖作为一个独立副本但是却具有链接特性。



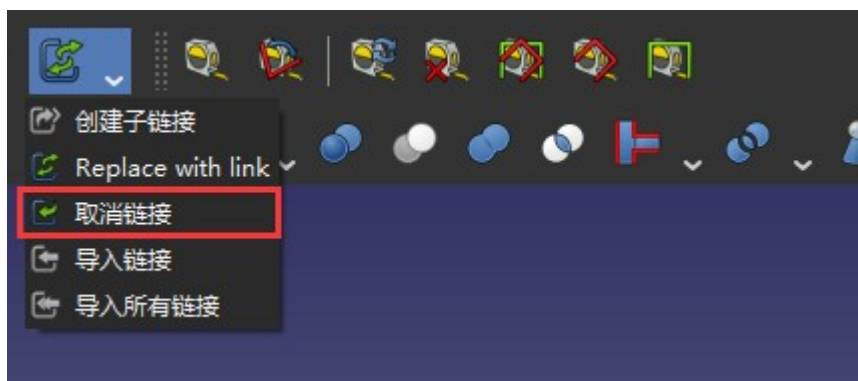
(双向链接)

它们的数据也是双向影响的，可见下图中的依赖关系。



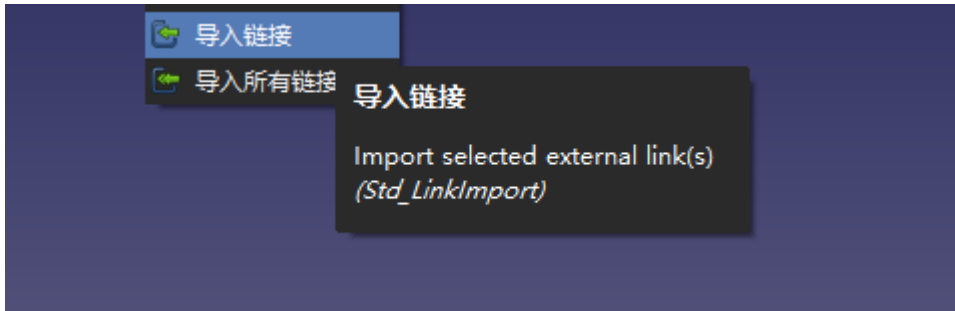
## 取消链接

取消链接取消之前的链接对象。

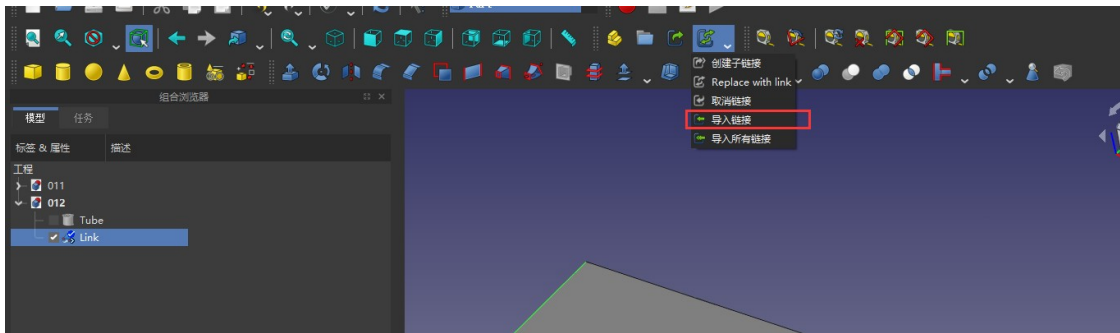


## 导入链接

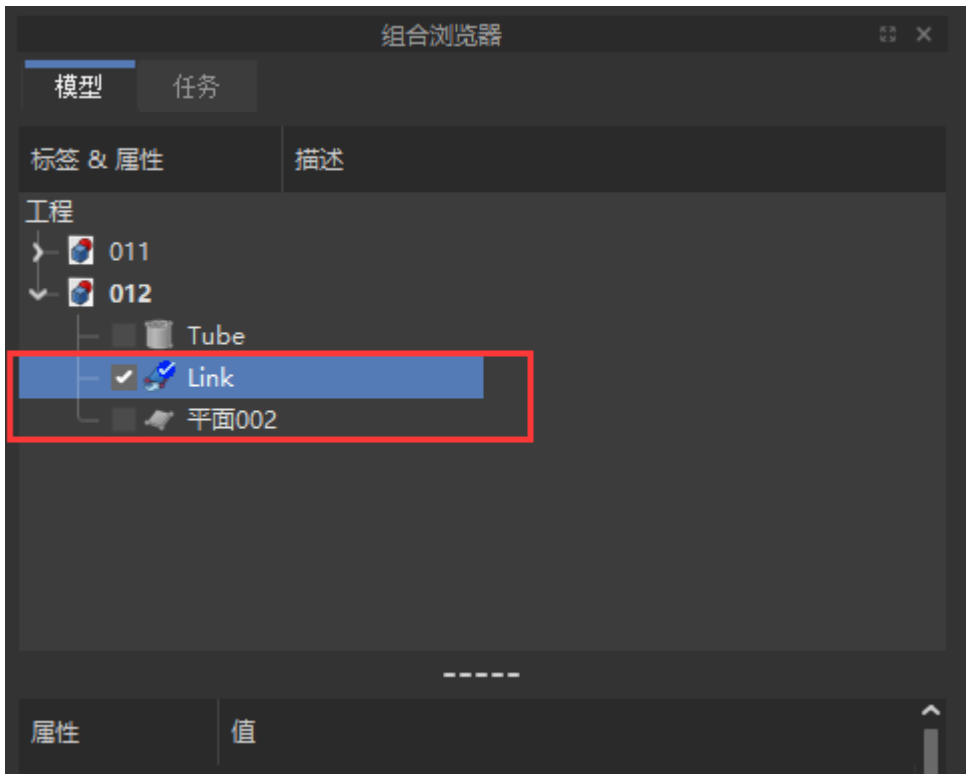
导入链接功能为导入源对象中物体到项目中，在引用的项目中导入被引用的物体。



例如现在要导入项目 011 中的源对象物体也就是平面 002 导入到项目 012 中，选中链接点击此功能以导入项目 011 中的平面对象到模型树中。

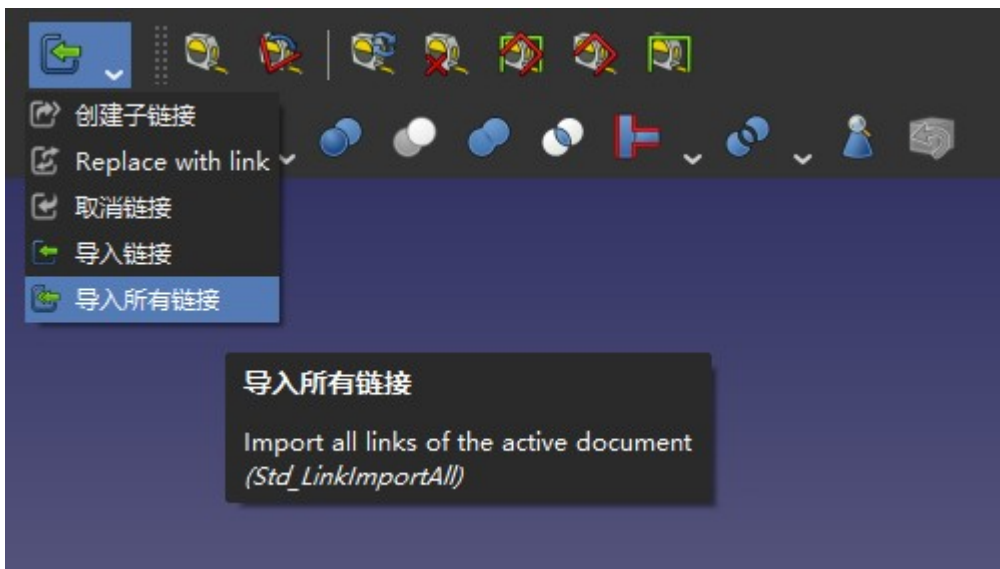


可以见下图已经成功导入项目 011 中的物体对象。

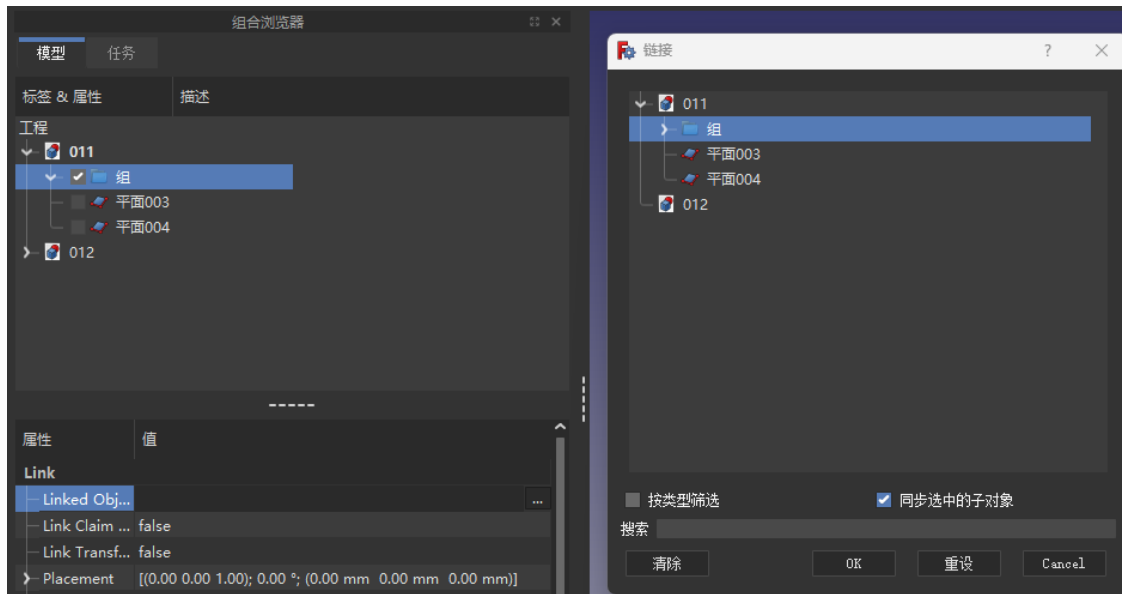


## 导入所有链接

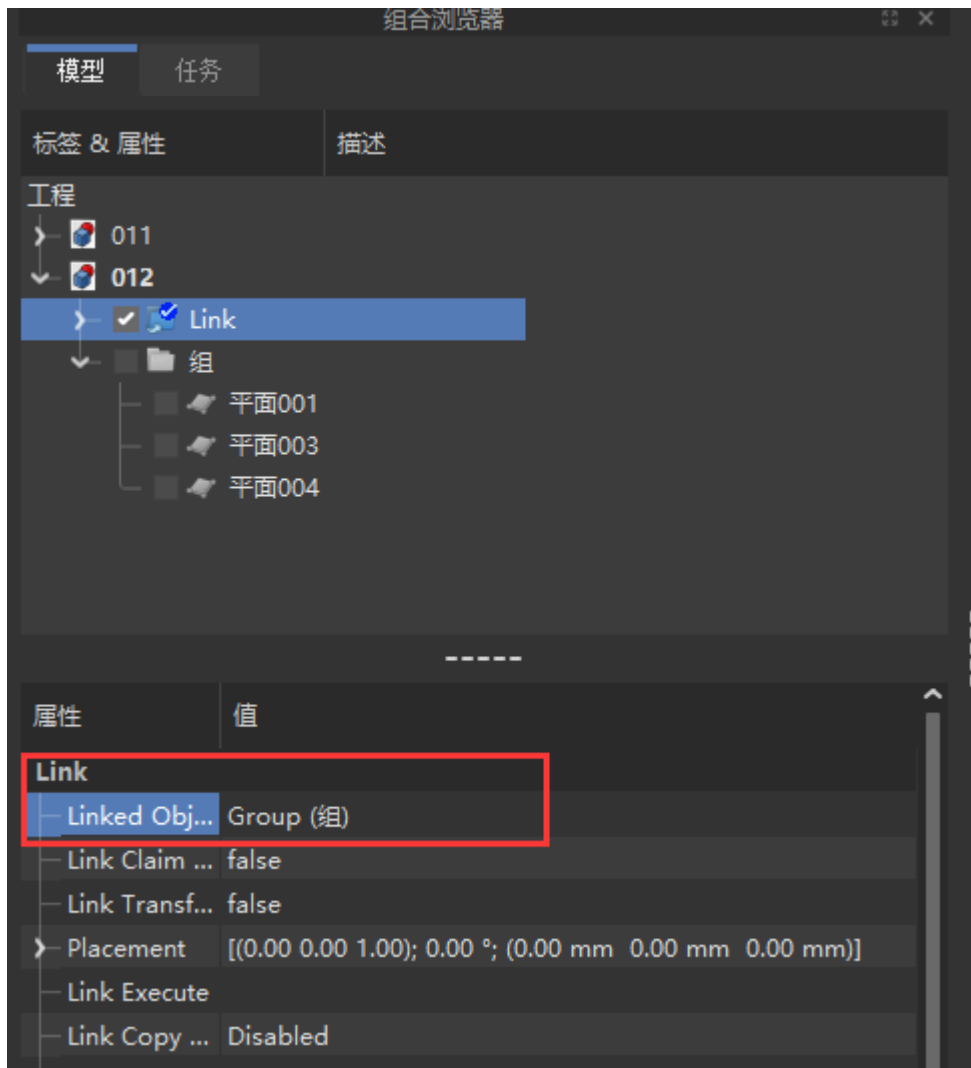
导入所有链接功能和导入链接类似；但不完全一样，导入链接是导入源数据的单个对象，而导入所有链接功能则可以导入源对象中所有和源对象相关的对象，包括项目 011 中的组。



在引用的项目中点击链接并且点击导入所有链接以生成源数据中和引用对象有关联的全部数据。



在弹出的面板中选择源数据的组，此组包含了两个平面对象，然后在引用的项目中点击导入所有链接即可引用出被引用项目中的所有源数据作为输出在模型树菜单中。

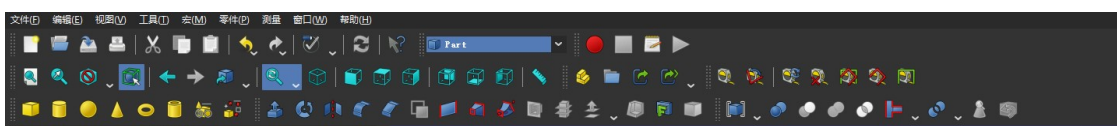


(导入所有链接)

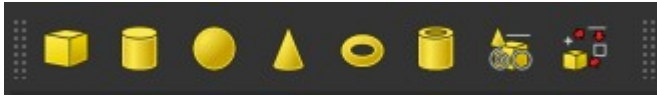
## Prat 零件模块工作台 (Part Workbench)

FreeCAD 的实体建模功能基于 OpenCASCADE 技术(OCCT)内核，这是一种专业级 CAD 系统，具有高级 3D 几何创建和操作功能。零件工作台是位于 OCCT 库之上的一层，使用户可以访问 OCCT 几何基元和函数。本质上，每个工作台中的所有 2D 和 3D 绘图功能（草图、草绘器、零件设计等）都基于零件工作台公开的这些功能。因此，Part Workbench 被认为是 FreeCAD 建模功能的核心组件。

### 工作区工具栏



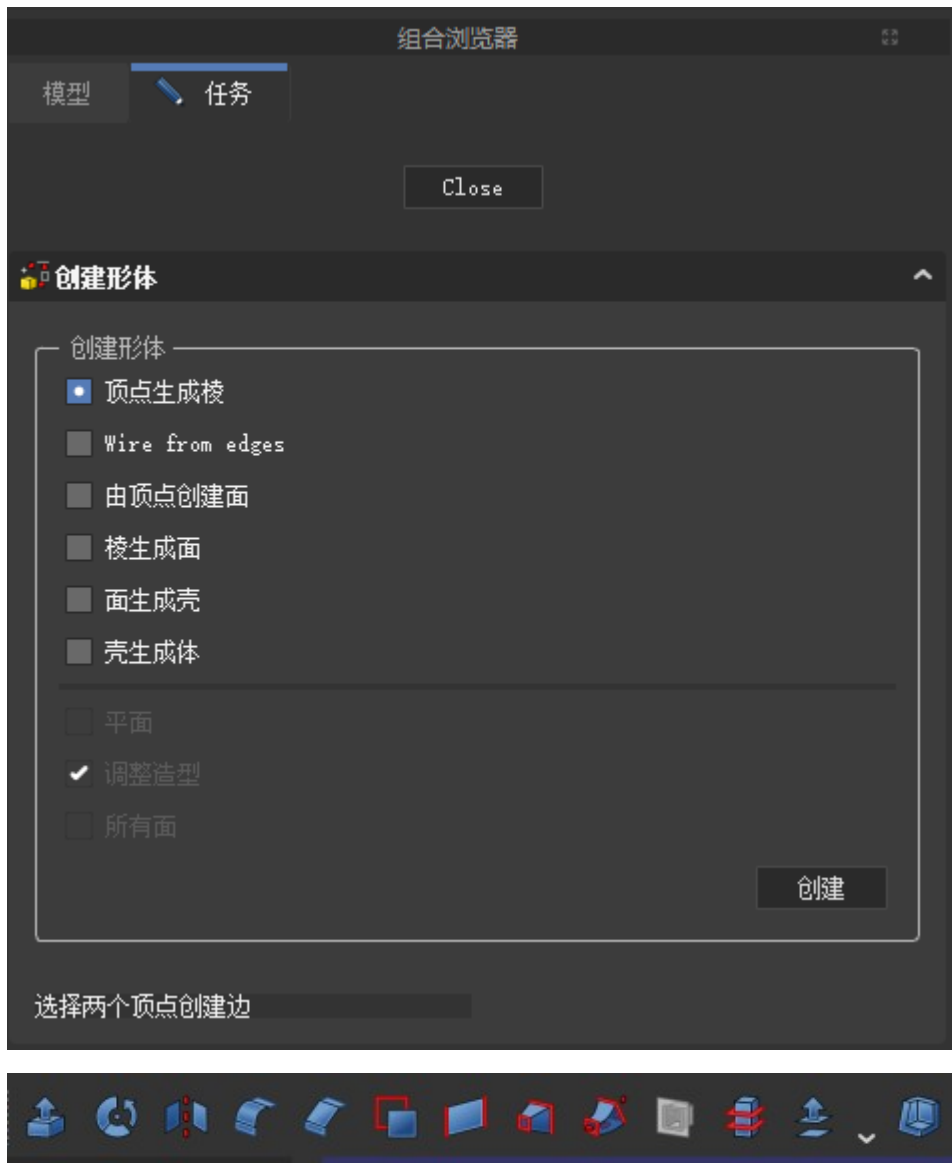
这是 Prt 零件工作台的工具栏；这个工作台和零件设计工作台（Pratdesign）工作台通常是一起配合使用的，接下来我们来逐一了解 Prt 零件工作台。



图元生成栏提供一系列参数化图元的生成，这和零件设计工作台的参数化图元是一样的；提供圆柱、立方体、椎体、圆环等参数化的图元创建，形体构建器



用于构建复杂形体，如点形成面、线形成面、面形成壳、壳生成实体等。



## 建模工具

建模工具分为以下几种：



拉伸命令可以沿着一根线或者面进行空间中的拉伸。



旋转命令以一个草图或者形状基于某个点进行旋转。



镜像功能基于一个对象沿着固定的轴向进行镜像对称变换。



倒圆角和倒角选中一根边线或者面进行倒角处理。



线成面利用完整且闭合的线形成一个平面。



直纹曲面用两条线和边形成一个直纹曲面、



放样通过两个截面或者点或者线进行放样。



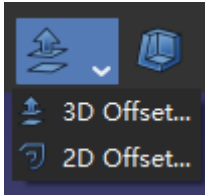
扫描利用一个或者多个截面沿着指定的路径扫描。



剖面沿着固定的轴向进行剖切。



横截面利用绘制的线形成和形体之间的横截面。



偏移利用此功能可以对草绘或者实体进行 2D 偏移或者 3D 偏移的操作。



抽壳给予形体一个厚度。



在曲面创建投影利用线或者面投影在曲面上。



逐面着色在零件上指定不同的面进行着色。



组合将一系列的面或者特征进行组合。



布尔工具组对形体之间进行布尔运算。



拼合目标功能用于拼合多个面片。



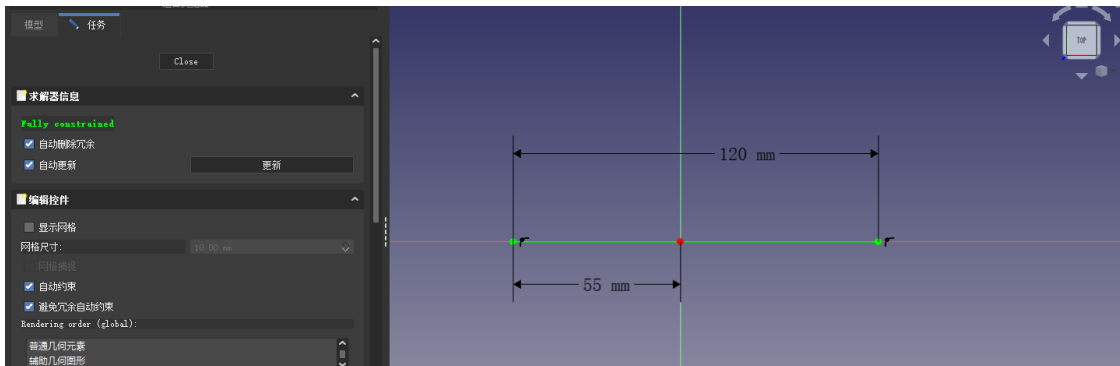
拆分目标拆分两形体存在交集的部分。



几何检查用于检查实体或者壳体是否存在错误信息。

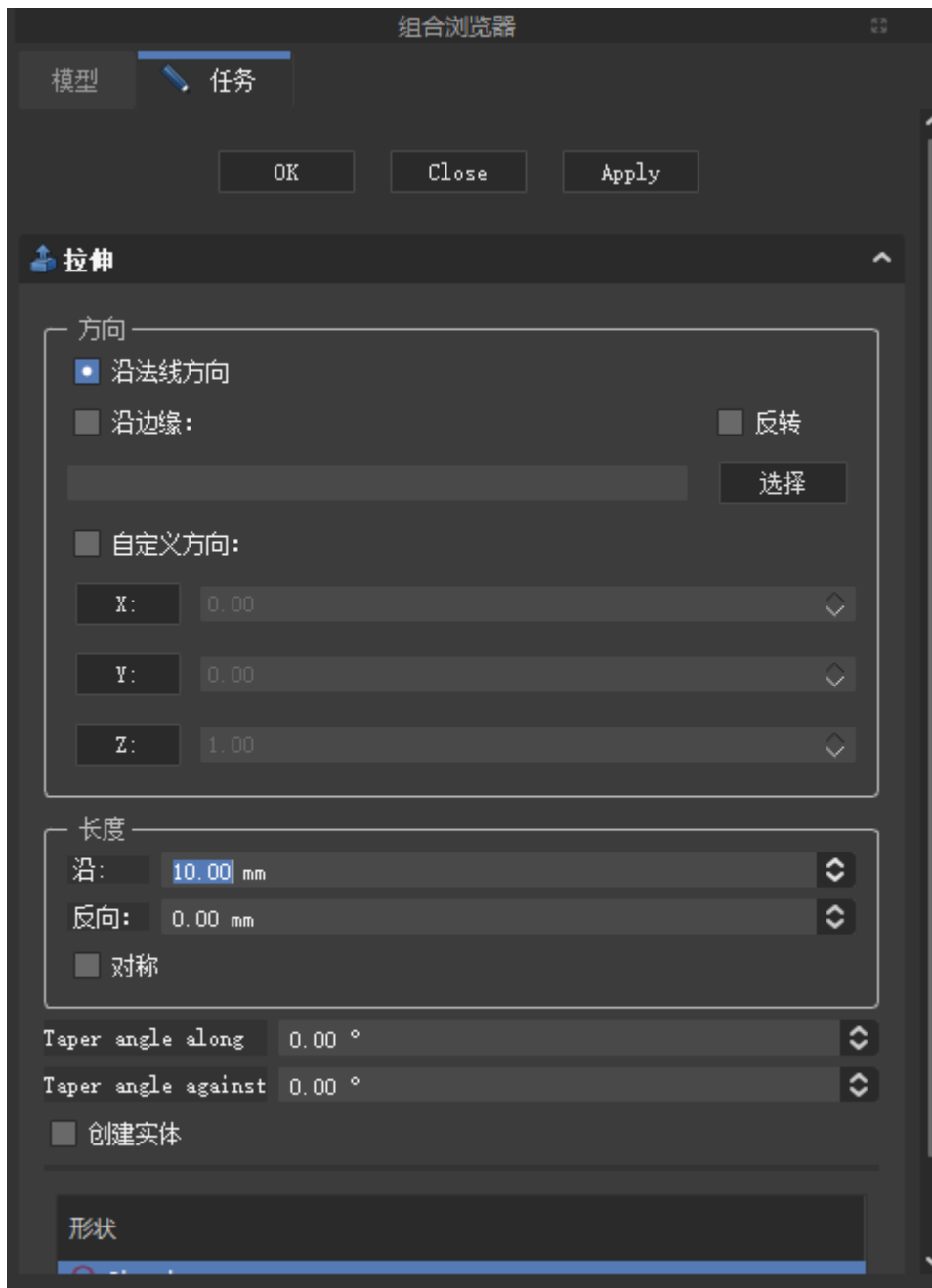
## 零件模块和零件设计模块配合使用

接下来我们使用两个工作台相互协作来进行案例的示范，请记住 Prt 工作台所生成的几乎都是片体和壳体，而在零件设计模式下才会生成实体，通常 Prt 工作台是配合零件设计时的一些辅助切除功能。

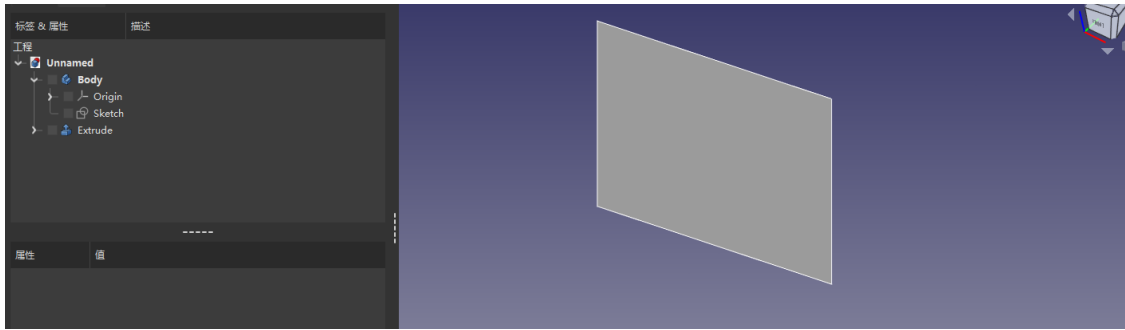


## 拉伸

在零件模式下插入这样一根直线并约束，随后退出草绘编辑器进入零件工作台找到拉伸工具，拉伸的参数如图所示。



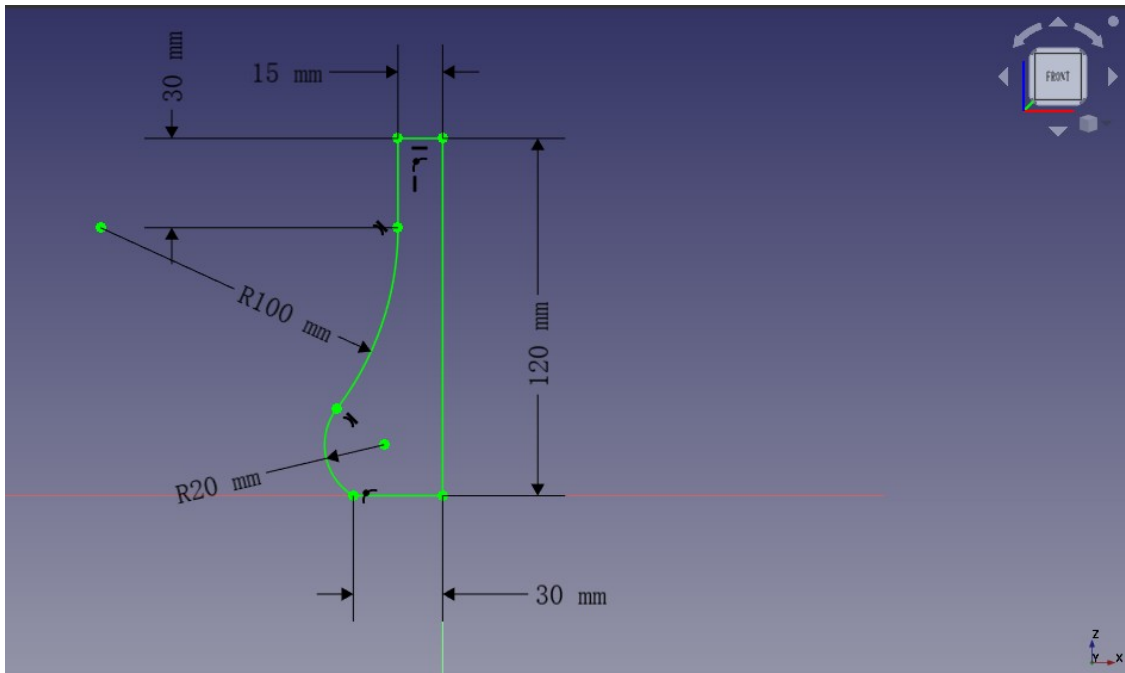
上图拉伸控制面板，拉伸的方向沿着法线方向则是草图的法线，沿着边缘则是沿着某根固定的边缘进行拉伸，自定义方向可以去定义自己想要的拉伸方向；长度是拉伸的尺寸，勾选对称后拉伸的壳体则会居中草绘，勾选创建实体一定要是封闭的线否则开放的线只能生成片体。



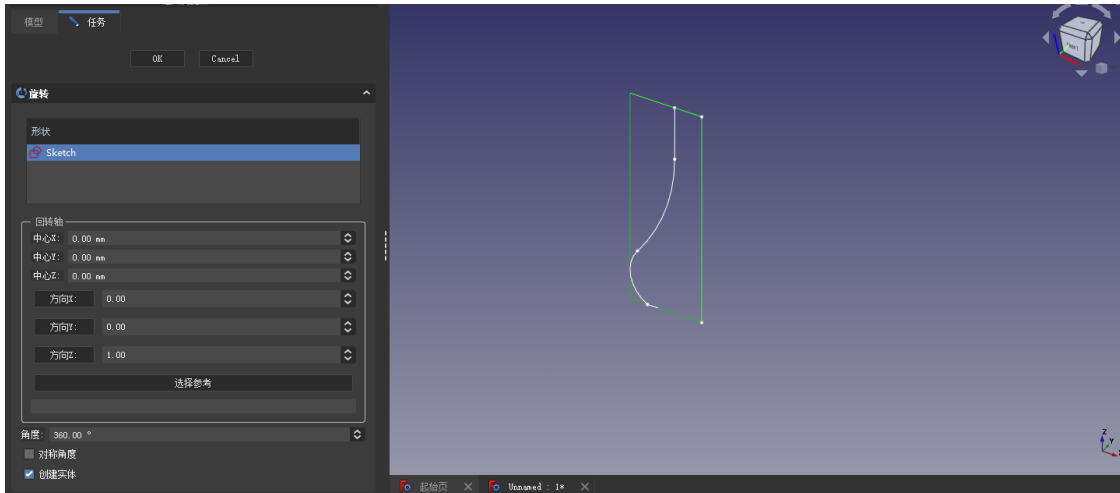
(拉伸完毕)

## 旋转体

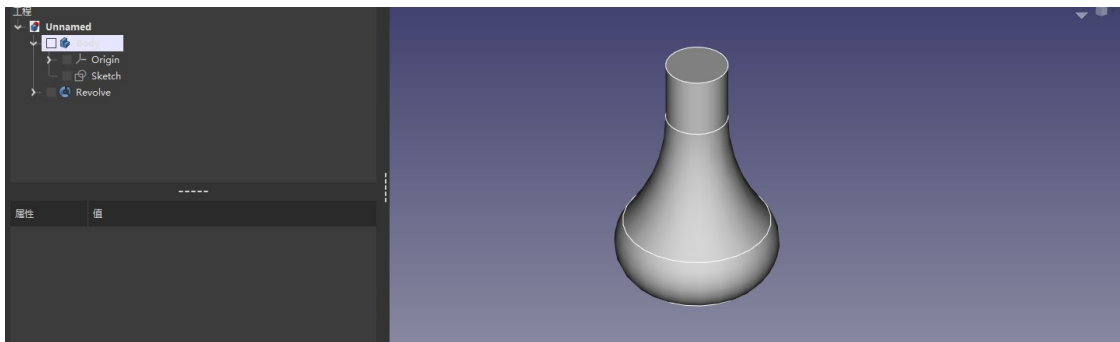
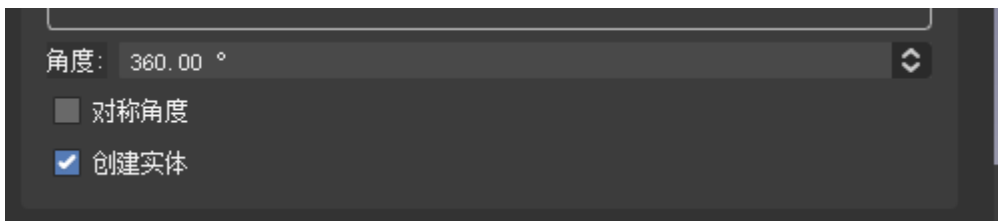
在零件设计模式下插入一个零件插入一份草绘，并绘制以下形状尺寸如图所示并完全约束，完成后退出草绘，进入零件工作台利用草绘进行旋转。



(草绘尺寸图)



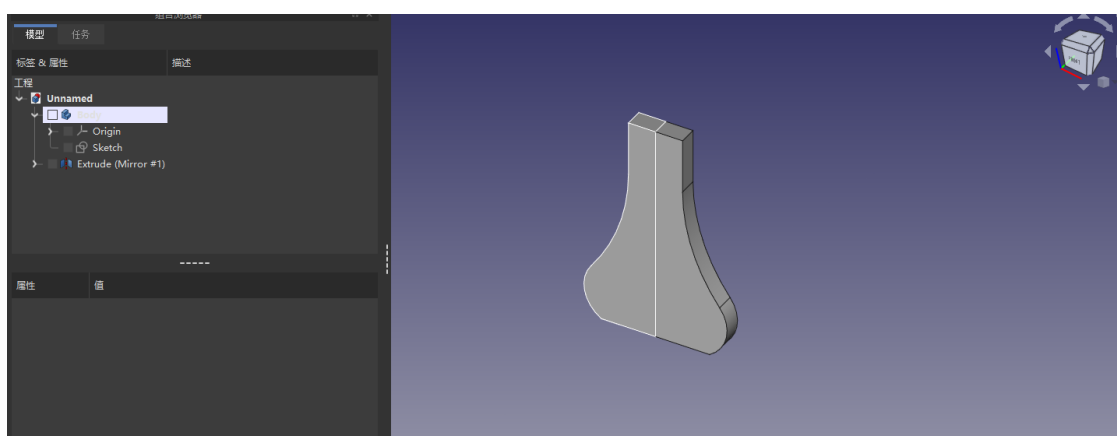
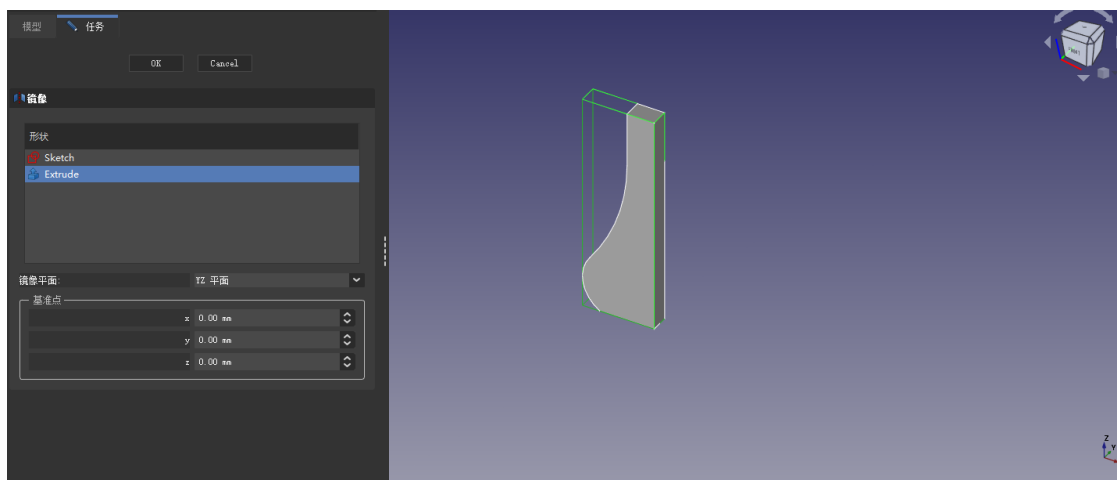
在旋转控制面板中可以看到形状就是我们创建的草绘，需要旋转的轴向是 Z 轴（请参照右下角坐标系）旋转的角度是  $360^\circ$ ，也可以选择参考进行不同轴向上的旋转操作，点击勾选实体则会创建实体，不勾选则是壳体。



（旋转完成）

## 镜像变换

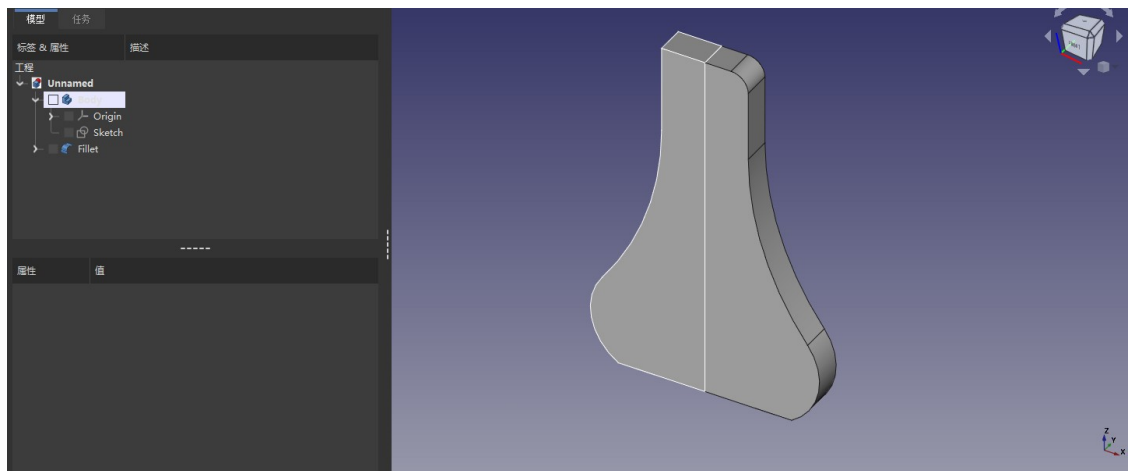
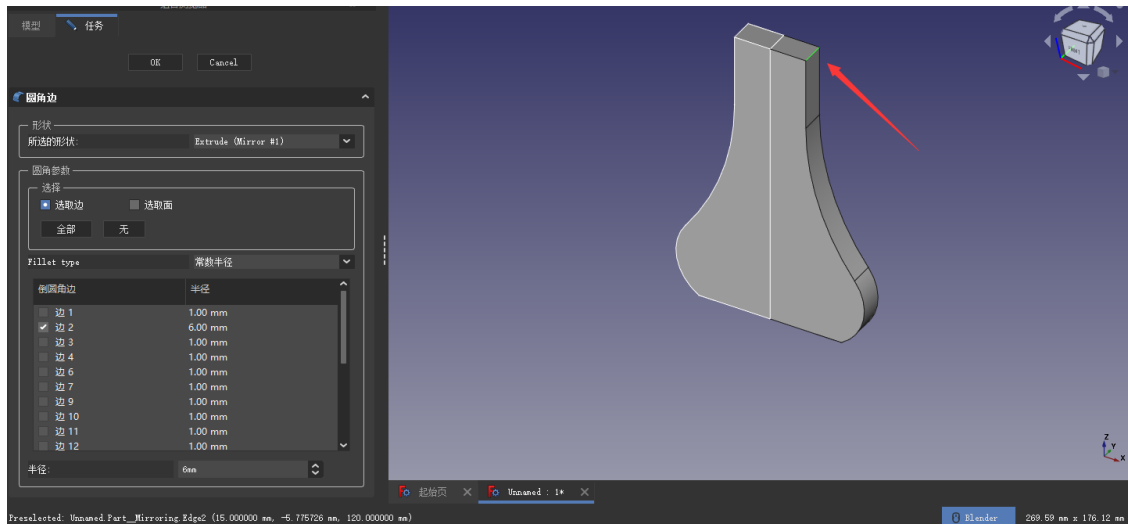
沿着我们之前创建过的草绘进行镜像，点击拉伸高度为 10mm，然后对这个拉伸特征进行镜像变换，注意看右下角的坐标系此时需要阵列的轴为 YZ 平面。



( 镜像完成 )

## 倒圆角

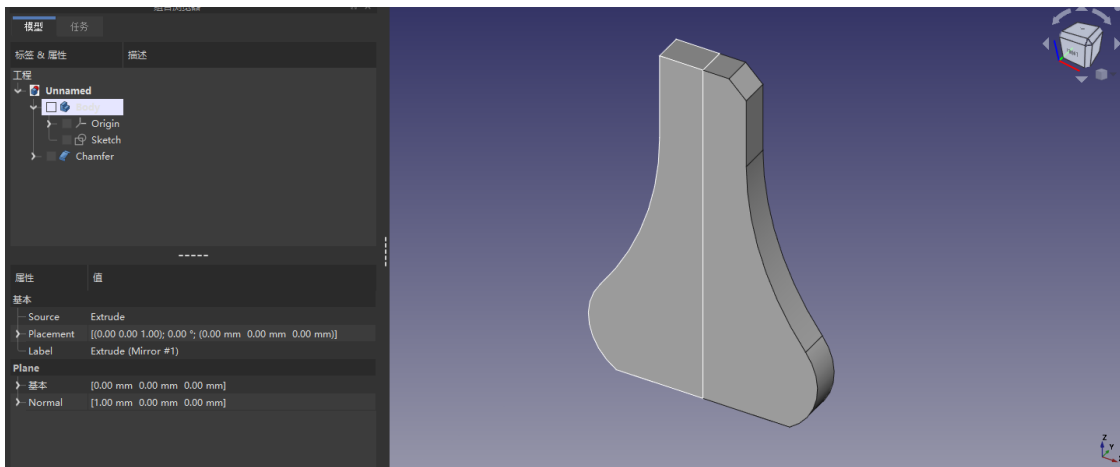
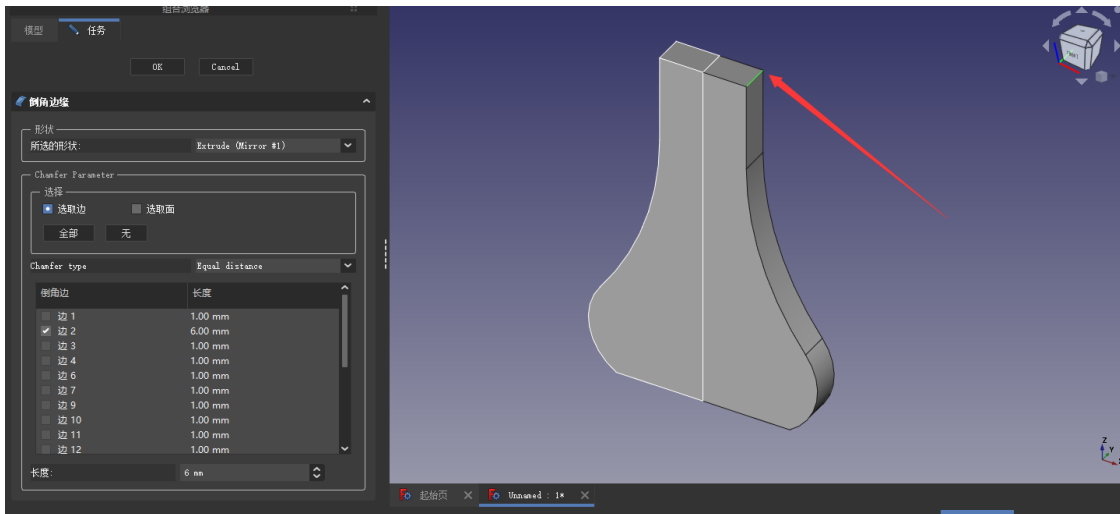
在刚刚创建完成的镜像特征上，选中如箭头所示的一条边线进行倒圆角操作，在控制面板中你可以附加选择其他需要倒圆角的边线，此处的倒角大小为 6mm，倒角的峰值大小取决于边线和边线的距离。



(倒圆角完成)

## 倒角/倒斜角

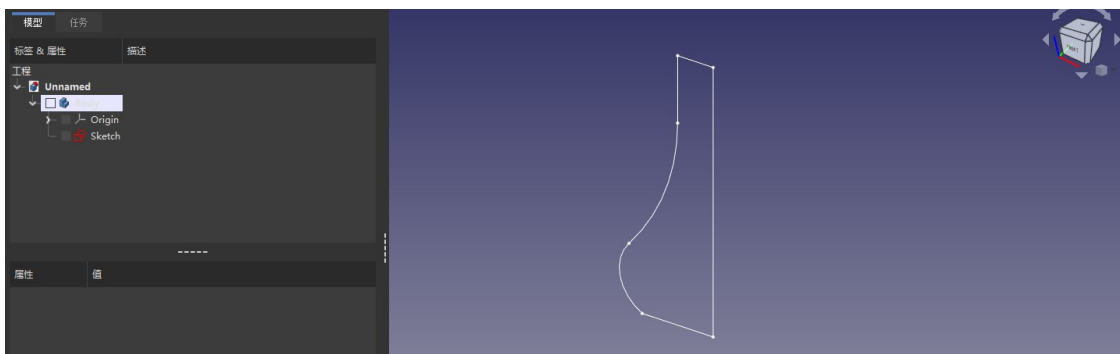
在刚刚创建的模型上以箭头所示方向选中一条边线进行倒角的处理，在控制面板中可以附加其他的需要倒角的边线，此处倒角的大小为6mm，倒角的峰值大小取决于边线和边线的距离。

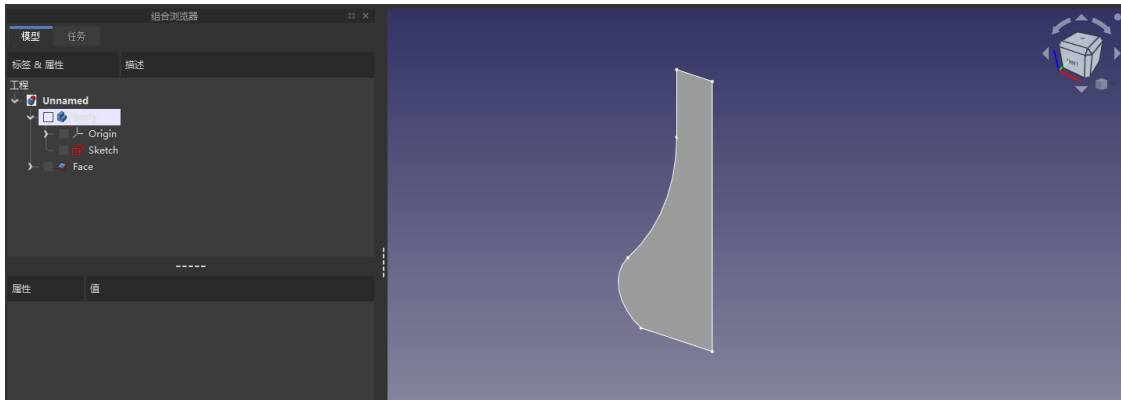


(倒角完成)

## 线成面

返回之前创建完成的草绘，点击线成面功能，注意此功能要想实现必须要具备以下条件：第一、边线必须重合，第二、只能生成面片所以草绘中不能够拥有其他位置的向量。

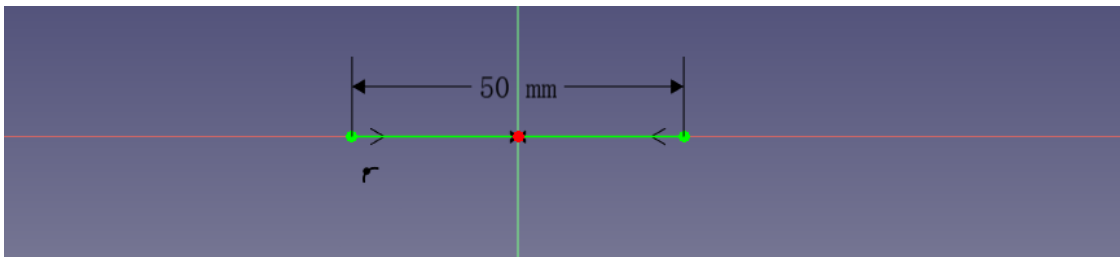




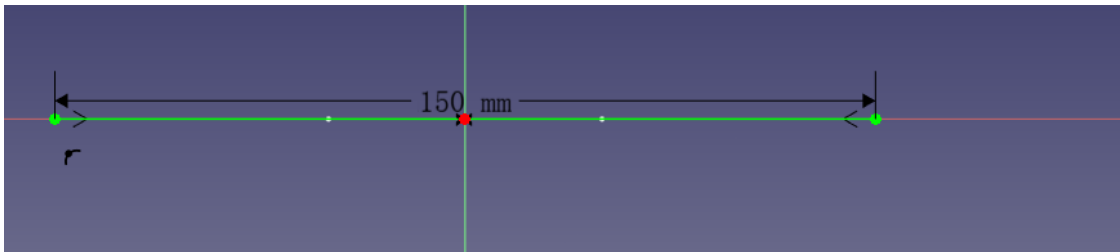
(线成面完成)

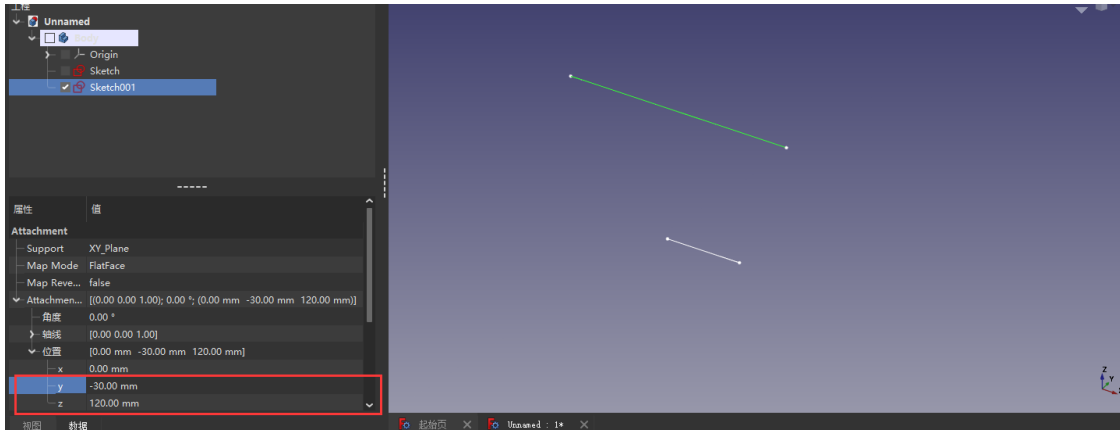
## 创建直纹曲面

接下来创建直纹曲面/片面具有斜度的面片，首先进入零件设计模块绘制两个草绘平面为 XY 平面，第一个草绘是一根直线参数如图所示。

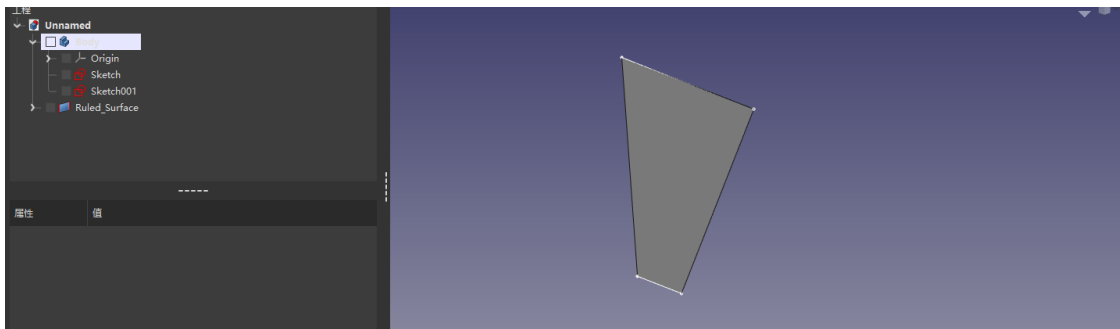


接下来继续在 XY 平面上创建第二根草绘直线，并给约约束和尺寸如图所示，绘制完成后在第二份草绘的数据面板中将此草绘向 Z 方向偏移 120mm，Y 方向偏移-30mm





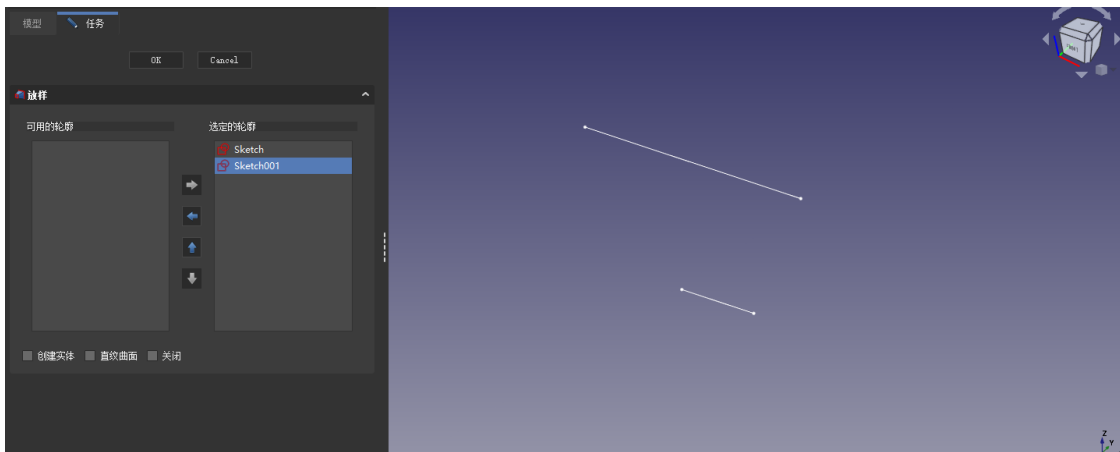
完成之后返回零件工作台选中两份草绘在左侧模型树面板，单击创建直纹曲面功能形成面片。



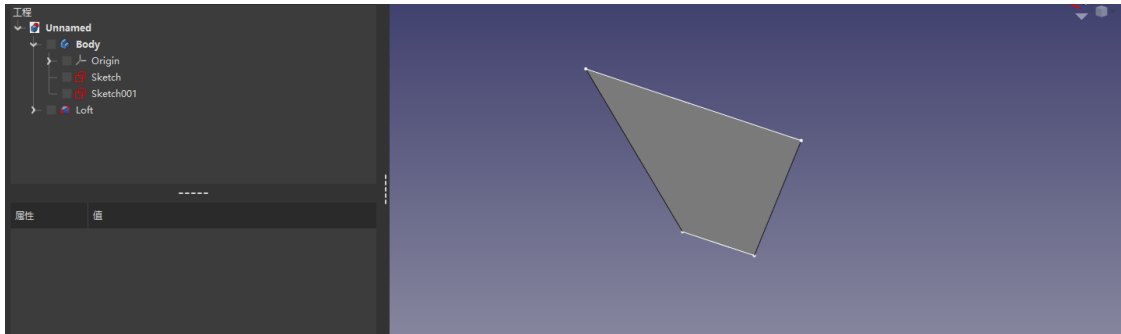
(直纹曲面创建完成)

## 放样

利用上图中的面片删除直纹曲面特征，保留草绘点击放样 Loft 功能，在零件模块中放样可以是片体也可以是实体，点击放样功能在左侧的控制面板中将两份草绘移入放样面板点击完成即可完成放样。



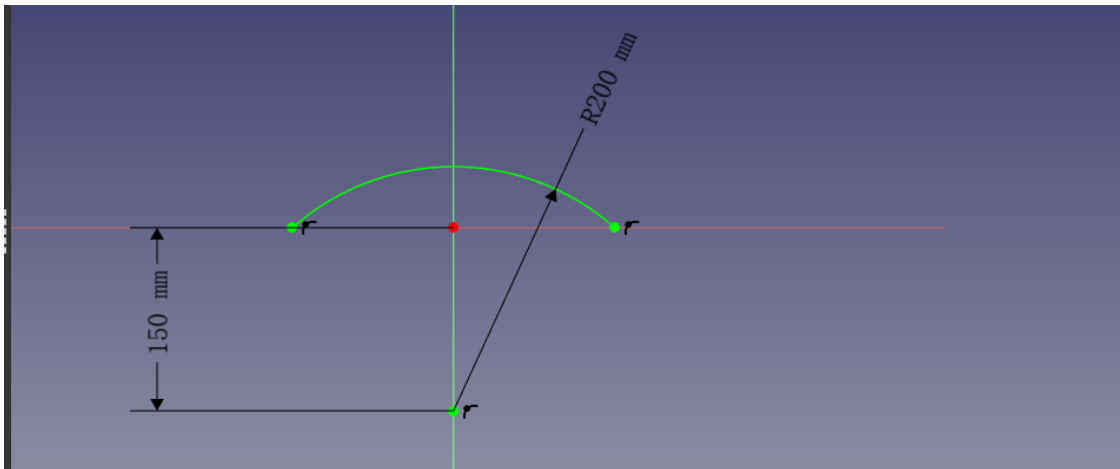
如果要创建实体则需要是封闭的草绘而非是开放式草绘，可以勾选创建直纹曲面以创建直纹曲面。



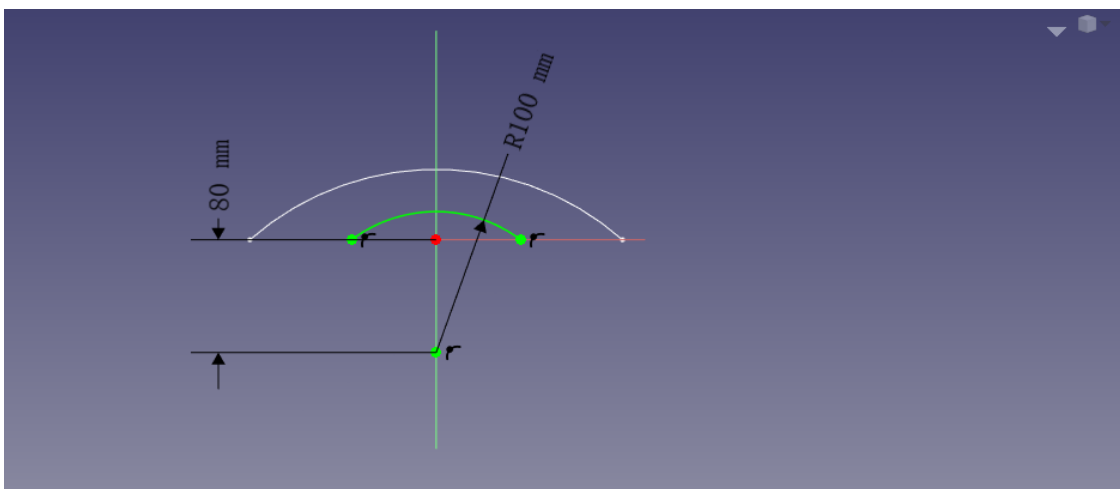
(完成放样)

## 扫描

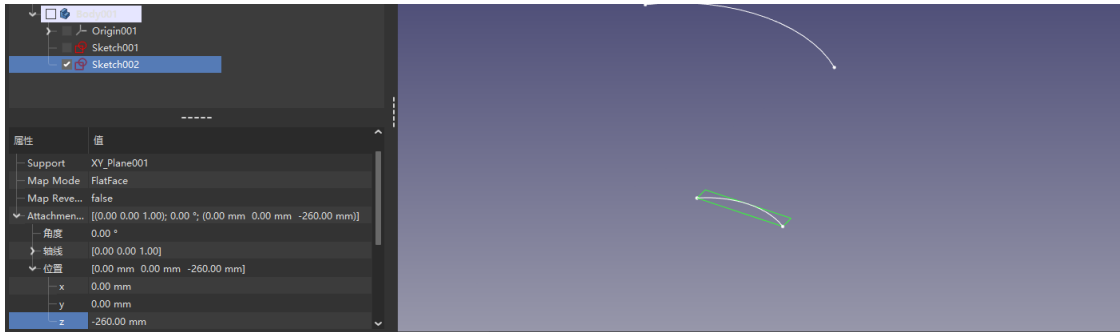
在零件设计模式下创建实体创建草绘，并绘制一下草绘图形尺寸如图所示。



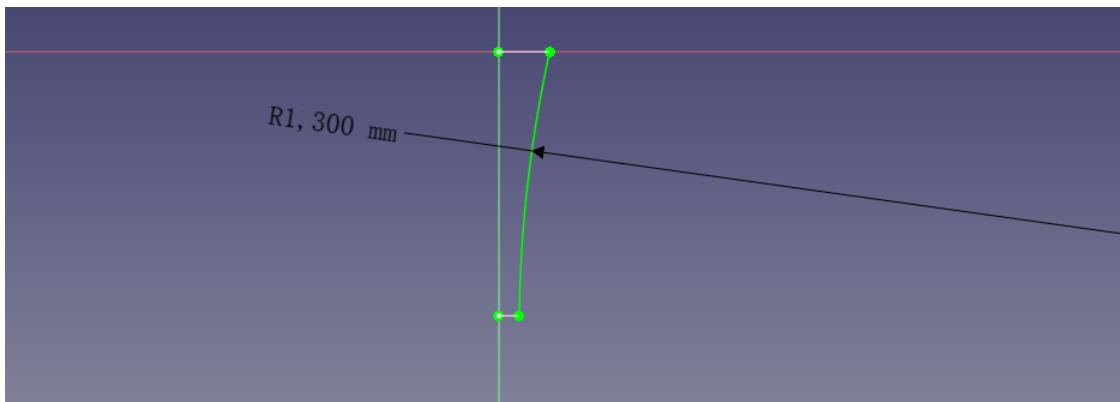
完成后继续在 XY 平面上绘制以下草绘图形，尺寸如图所示。



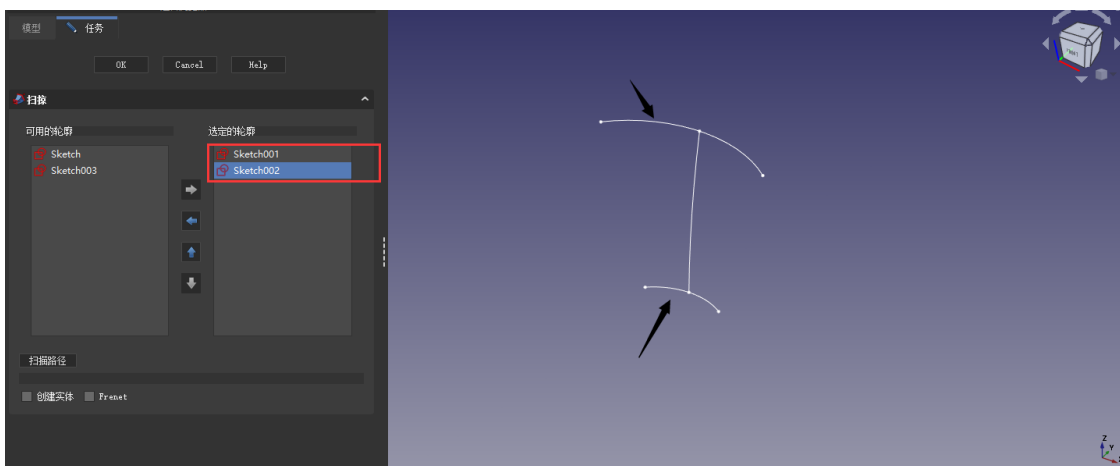
完成后退出草绘编辑器选中第二份草绘在数据菜单中变换该草绘的 Z 轴方向偏移-260mm。

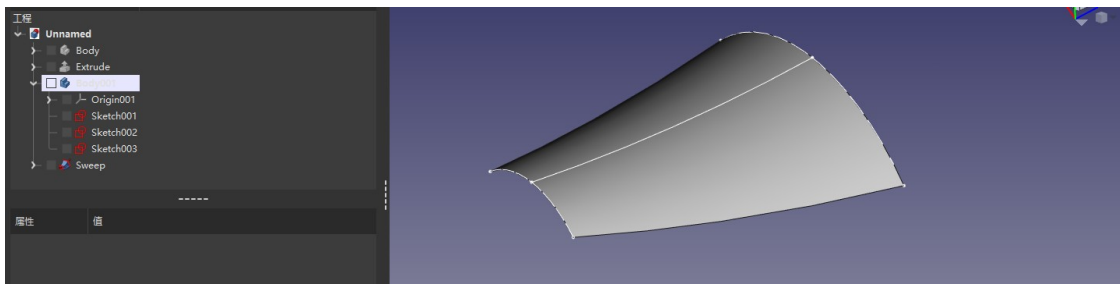
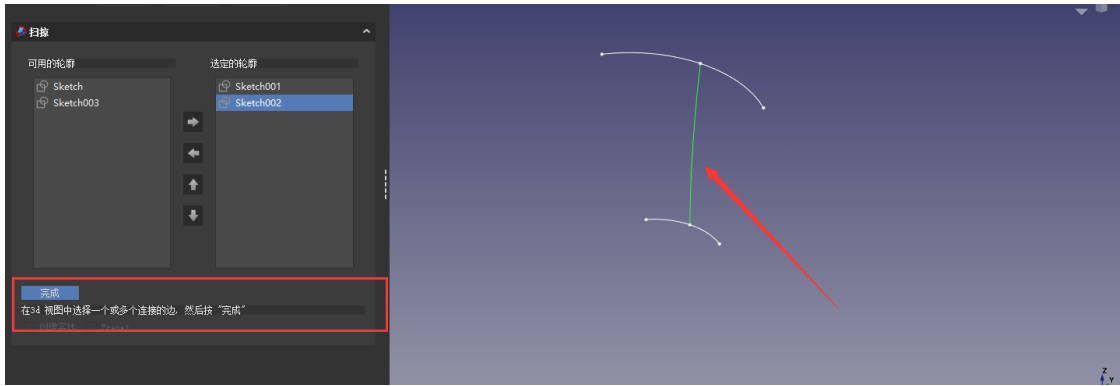


完成创建第三份草绘 YZ 平面，通过外部几何体命令快捷指令 G.X，把两份草绘的端点引用出来，用两点圆弧指令在两个点上创建弧线尺寸如图所示。



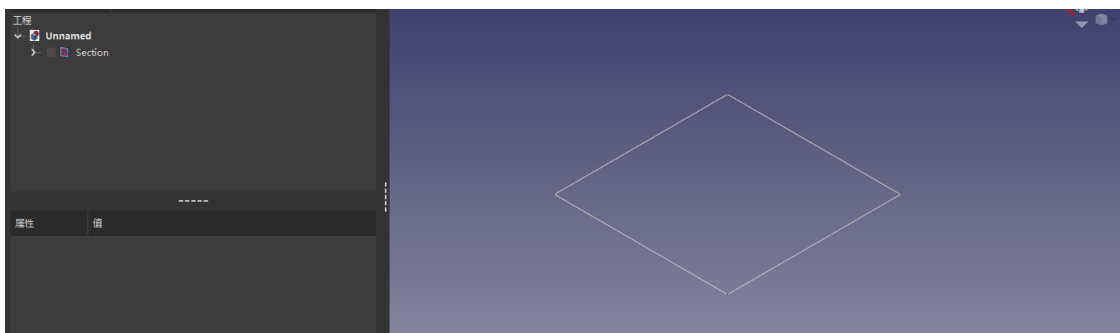
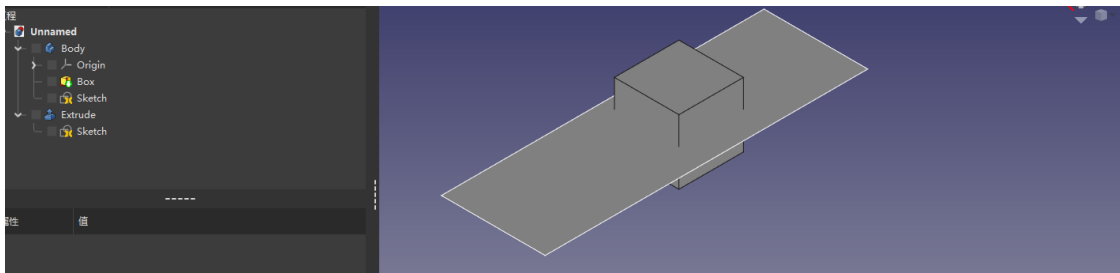
完成之后进入零件工作台，进入扫描功能，在左侧的控制面板中有三份草绘；其中两份是截面还有一份是扫描引导路径，选中两个截面草绘放入右边的截面栏中，随后点击扫描路径选中完后单击完成，之后点击 OK 完成扫描。





### (完成扫描)

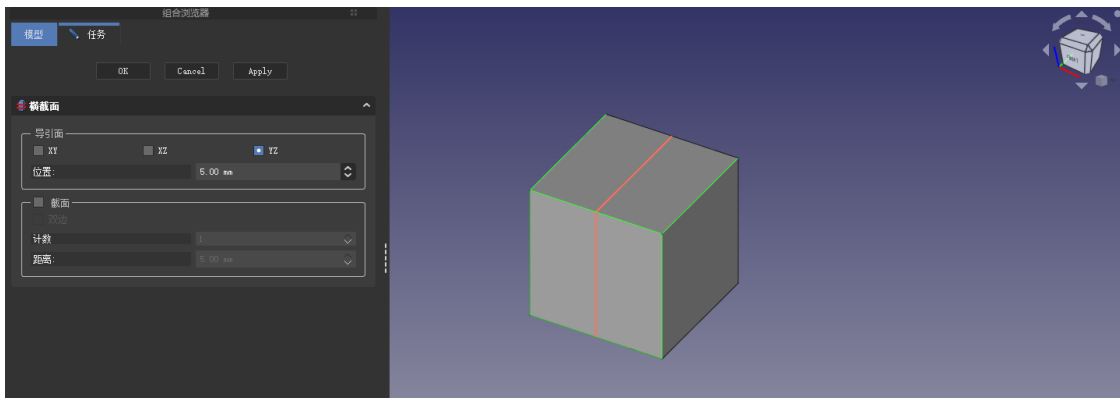
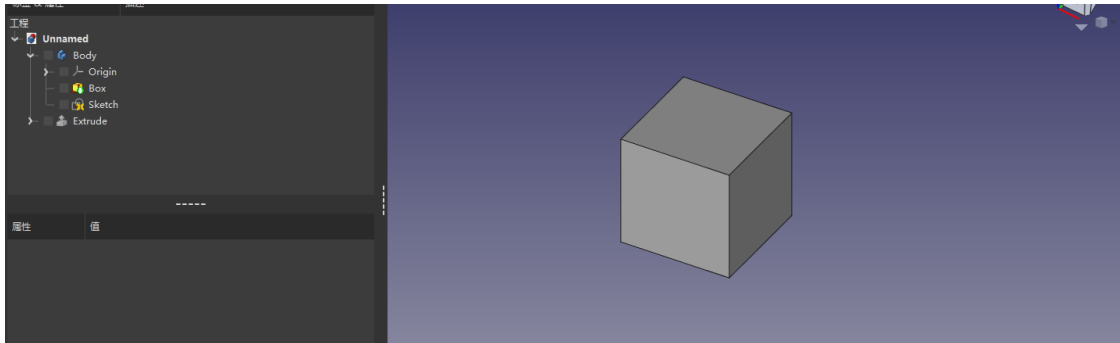
截面交集线是通过两个形体之间求差而得到形体和形体之间交集的线或者面，在下图中我们有一个立方体和一个拉伸的面片点击截面后我们会得到一个片面和立方体交集之后的截面线，线的方向取决于交集的方位。



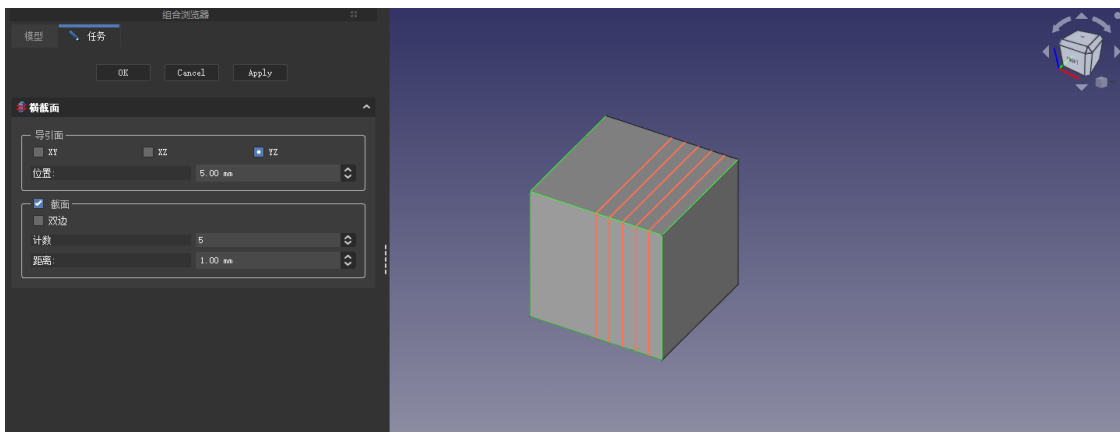
### (截面)

## 横截面

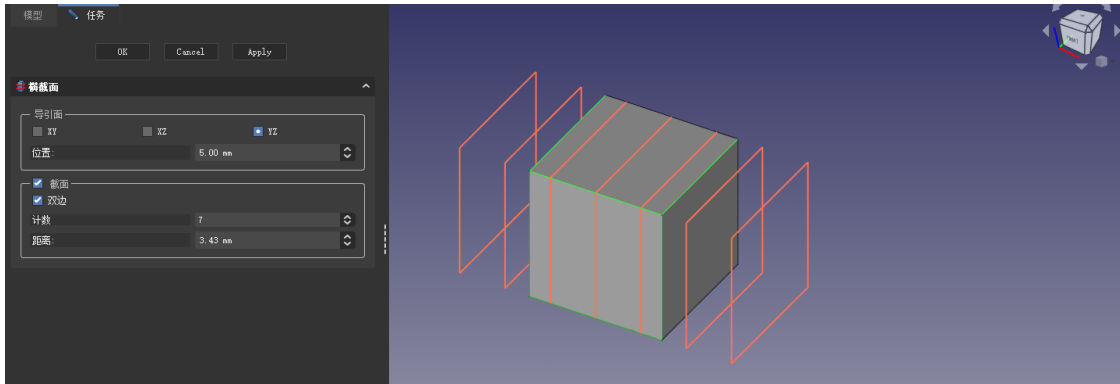
横截面功能通常用于剖切实体或者利用截面线来去进行拉伸，同样我们用一个立方体可以进入截面模式通过三个方向进行截面的创建。



在截面的控制面板中可以控制分型线的方位，下方的截面则是生成截面，数量单边则是以单边形成一定数量的截面可以控制底下的数值。

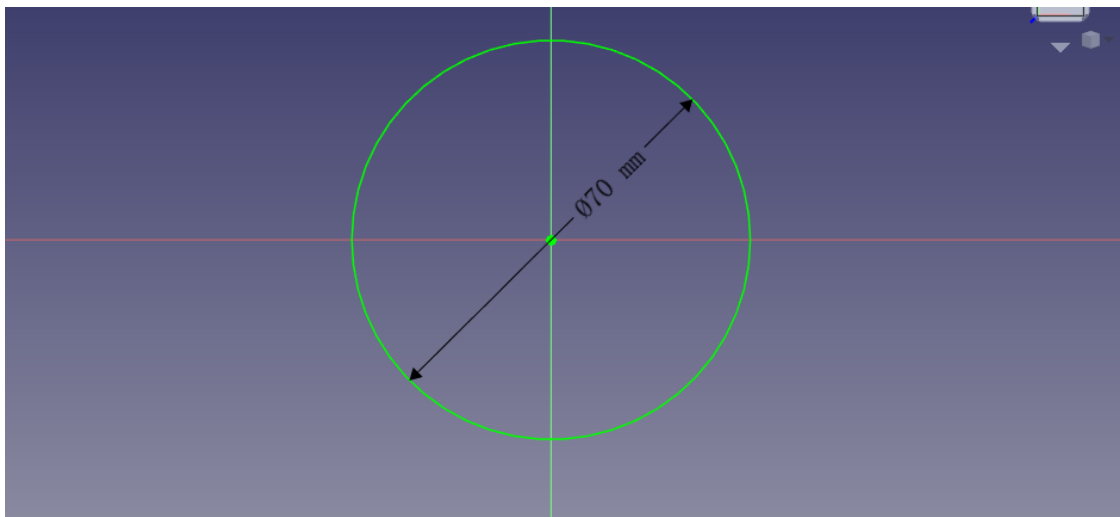


双边截面则是以双边进行一定数量的截面生成，底下可以控制生成的大小和距离。

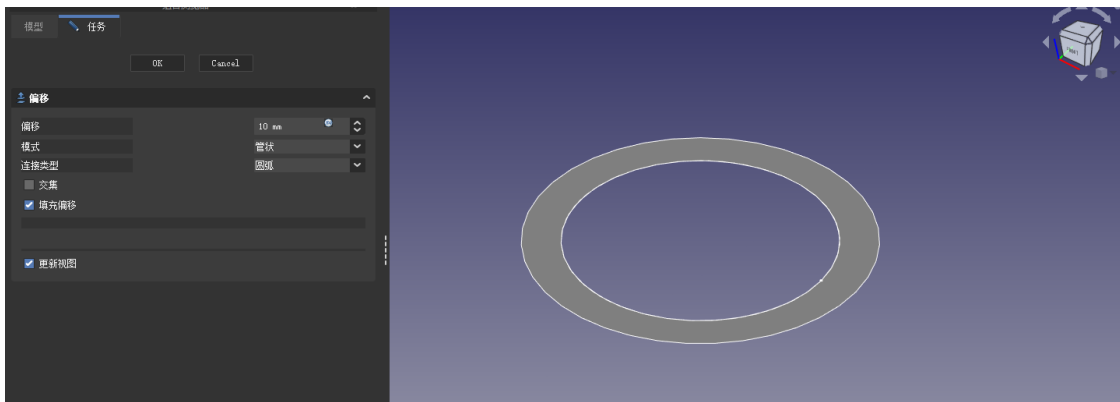


## 2D 偏移

偏移命令则是有两种方式一种是 2D 偏移以草图的方向进行平面方向的位置移动，3D 偏移则是可以为其增加厚度，首先进入零件设计模块创建实体创建草绘并且绘制一个直径为 70mm 的圆形工作平面为 XY 如图所示。

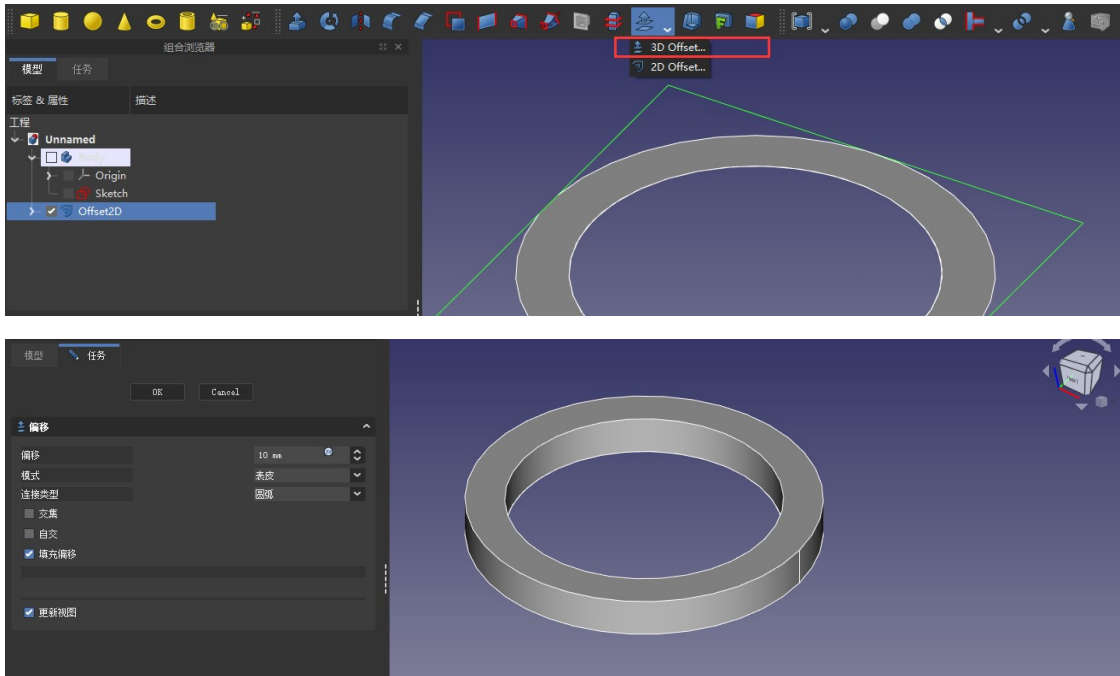


绘制完毕后进入零件工作台选择偏移 2D 偏移，偏移的数据为 10mm，类型填充偏移参数如图所示。



## 3D 偏移

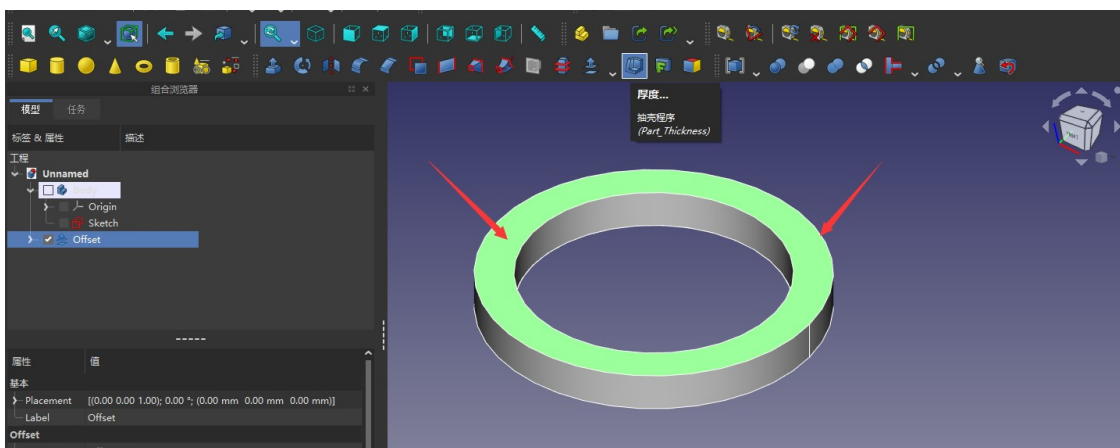
完成之后我们点击左侧模型树面板中的 2D 偏移为它创建一个带有厚度的环体，点击 3D 偏移厚度为 10mm，类型选择填充偏移如图所示。



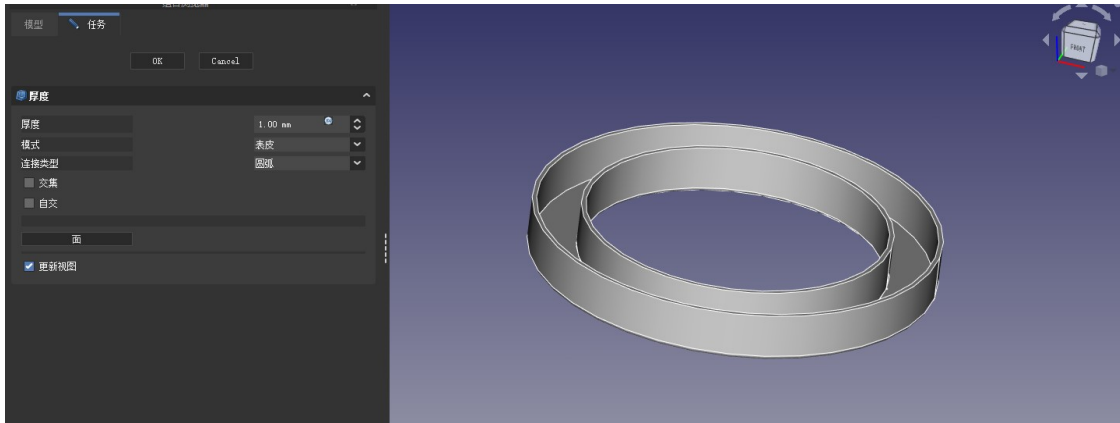
( 3D 偏移完成 )

## 抽壳

抽壳命令就像是零件设计模式一样掏空实体基于零件一个壁厚，我们继续上一个环体进行抽壳，点击环体顶面特征随后点击抽壳命令。

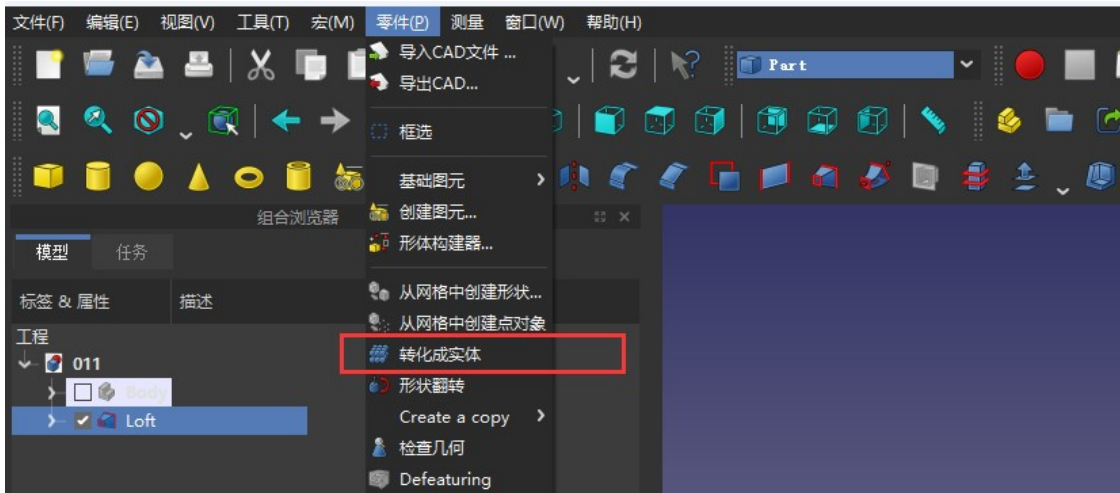


同样抽壳命令会有三种连接方式；圆弧则会以抽壳后形成一次 G1 圆弧过渡，圆弧的大小取决于壁厚的大小；相切则是计算面和面是否会有相切约束如果有则以相切来连接；交集如果是复杂形体存在交集的则需要用此模式来进行抽壳否则无法给予厚度。

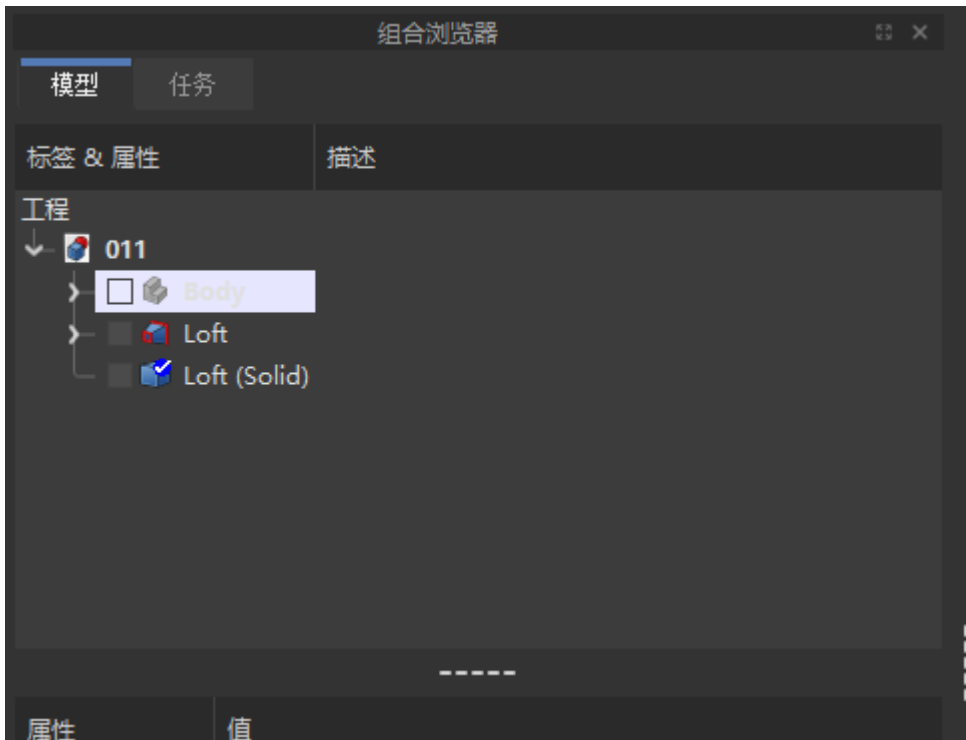


## 实体化

转化成实体也就是实体化，用于把片面和壳体转成实体方便在零件设计工作台进行设计。

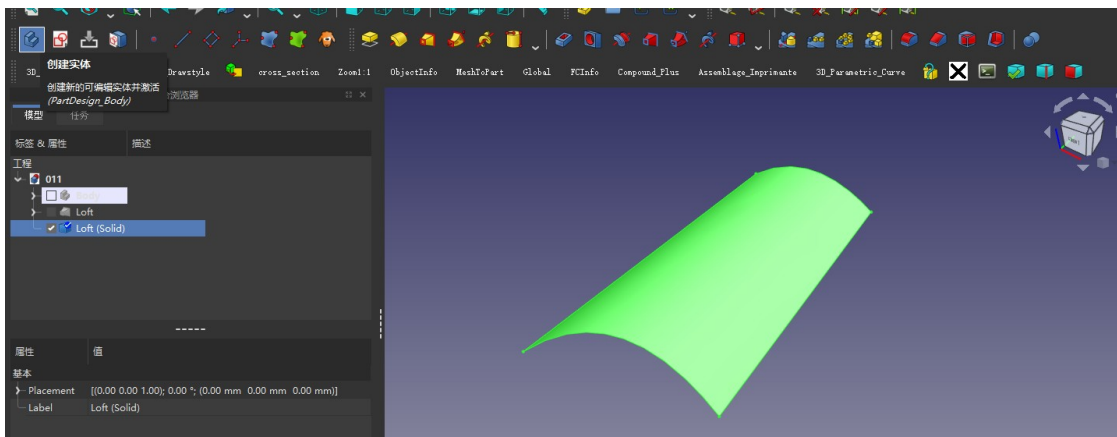


在下图的案例中我们有一个基于草绘生成的放样特征，利用这个放样特征去实体化把它转化为一个实体。

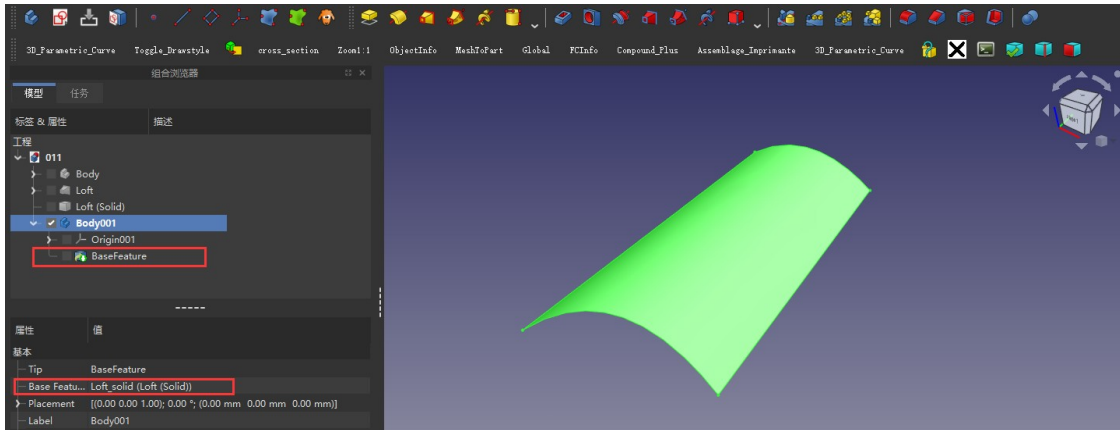


## 基本特征副本

实体化后还是不能够在零件设计中直接去使用，所以我们需要返回 partdesign 工作台在零件设计模式下点击这个实体化然后点击创建零件，请务必同时选中这两个功能。



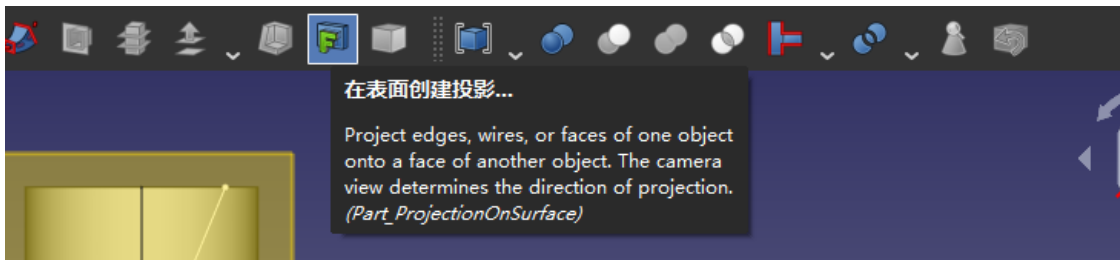
可以看到模型树面板中已经生成了一个零件且包含了一个基本特征，在数据面板中可以看到这个基本特征的数据基于 loft 放样的实体化。



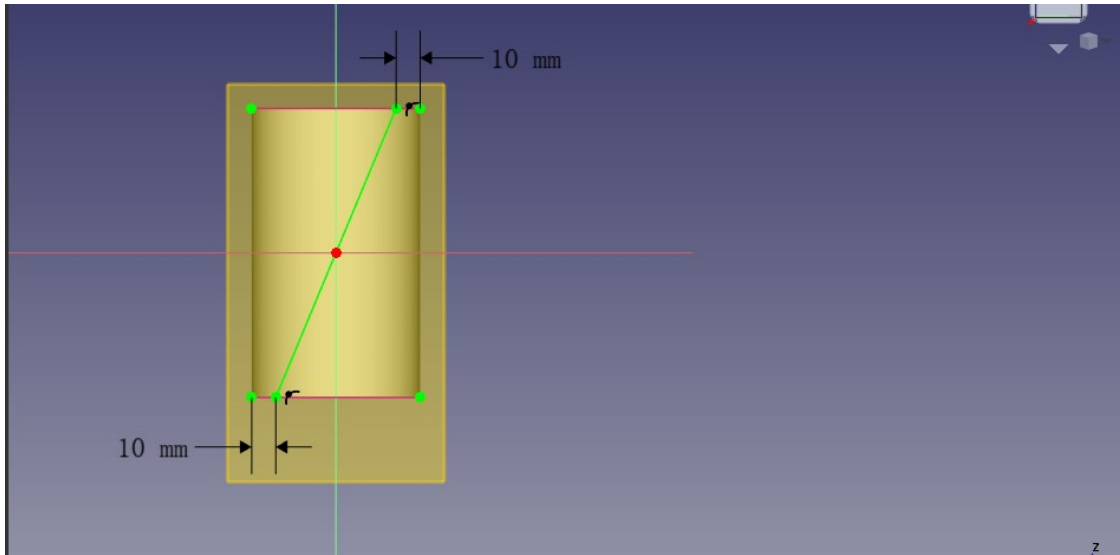
这个基本特征和实体化有数据互通的功能；当修改实体化 loft 后基本特征也会发生改变。

## 在曲面创建投影

在曲面创建投影可以在曲面上创建贴合曲面的线段或者面，基于相机视角来获取坐标来确定投影的位置。达成条件：第一、必须至少需要一条草绘线段或者面，第二、需要有一个投影的物体。



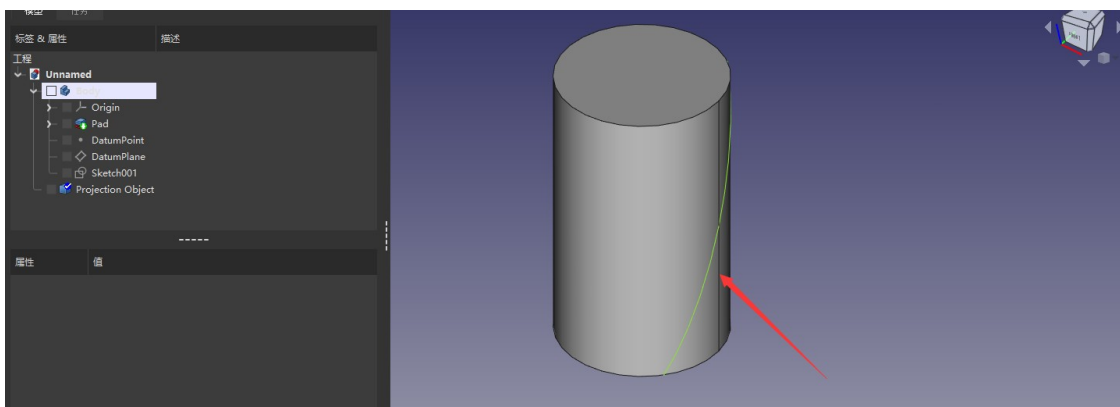
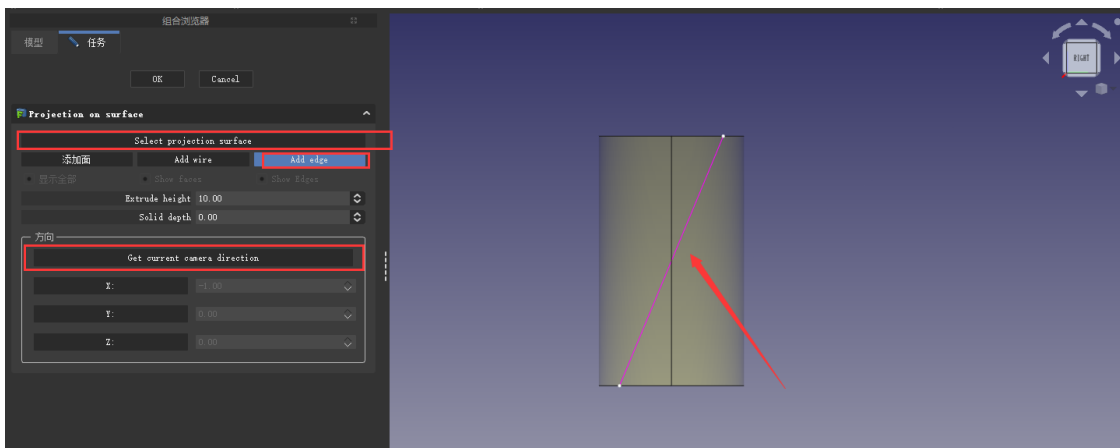
接下来我们用一个圆柱体作为示例，在圆柱上创建基准面并且草绘一根线参数如图所示，请注意之前提到是以相机视角来获取的坐标；在投影图形学中如果线段刚好在物体的内部则会以当前视角投影在表面上，如果线段超出物体则默认为全局包裹在物体上。



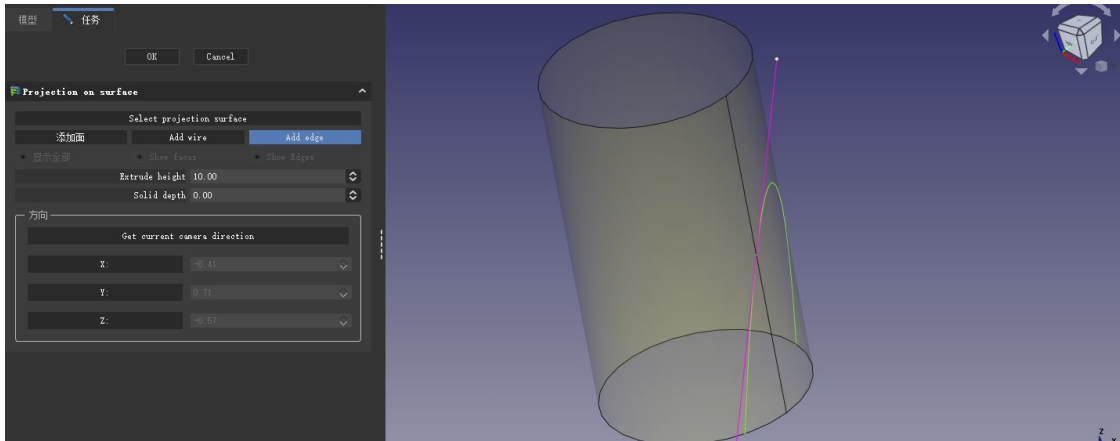
完成草绘创建后进入零件工作台选择在表面创建投影功能，选中需要投影的面为圆柱体外表面；下方的三个选项分别是投影面、投影曲线、投影边线，我们选中创建出来的草绘点击切换视图为右侧视图；且以当前视角抓取相机视角创建投影。投影曲线视频讲解地址：

<https://www.bilibili.com/video/BV1ch4y1R7Wa/>

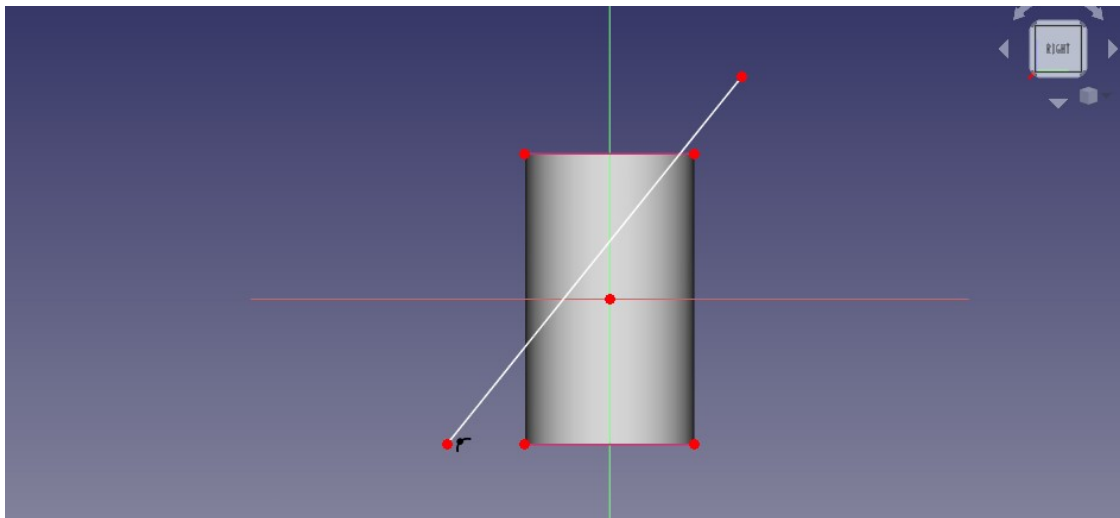
spm\_id\_from=333.999.0.0&vd\_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66



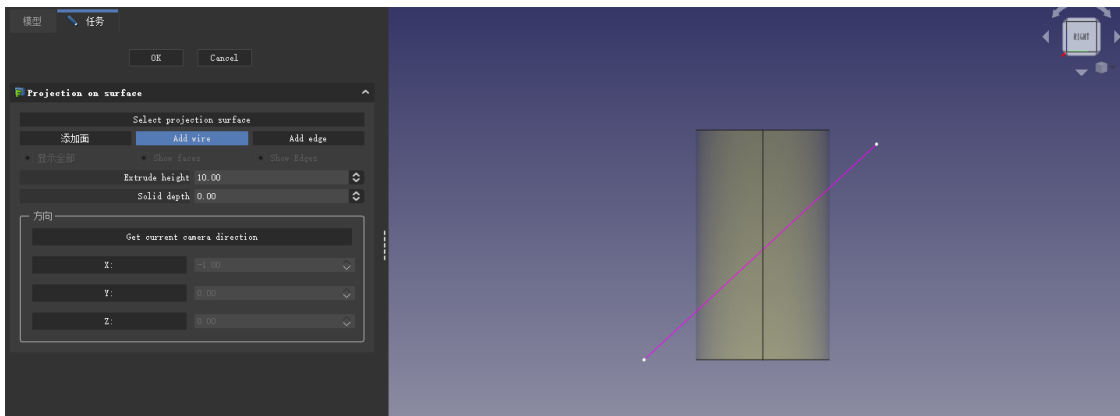
可以看到此时线段已经完全按照相机视角贴合到圆柱体上，你也可以按照自己想要的视角去定义坐标来去投影曲线。

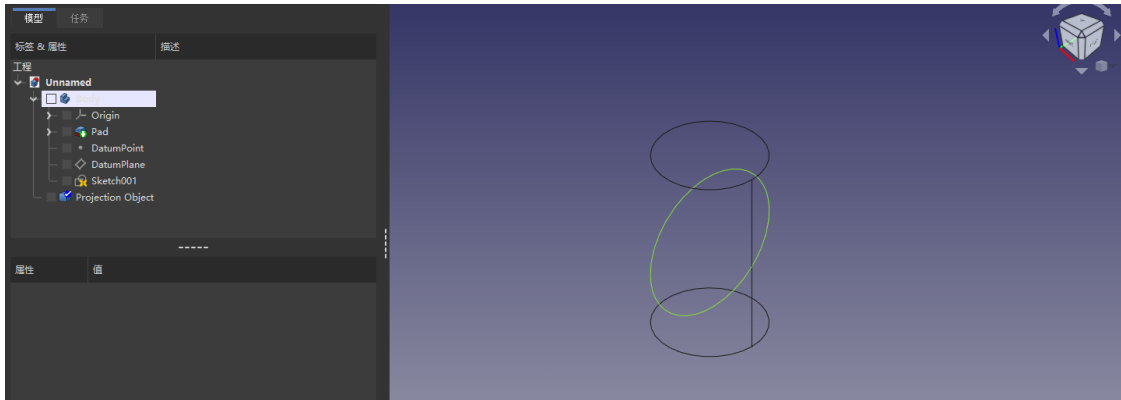


注意看此时投影的曲线和坐标数据，因为坐标数据是根据相机视角来跟踪投影的，所以线条的投影取决于你的相机视角。



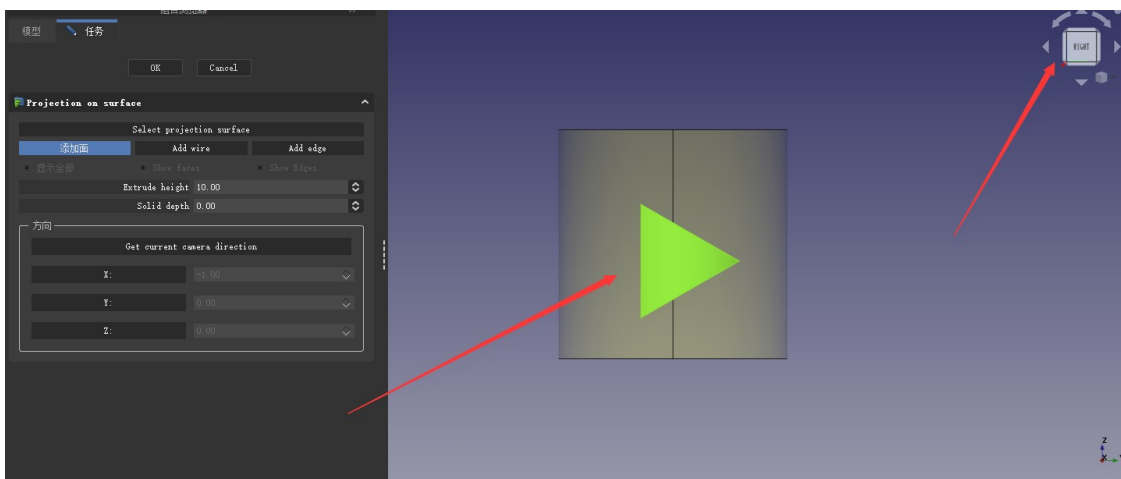
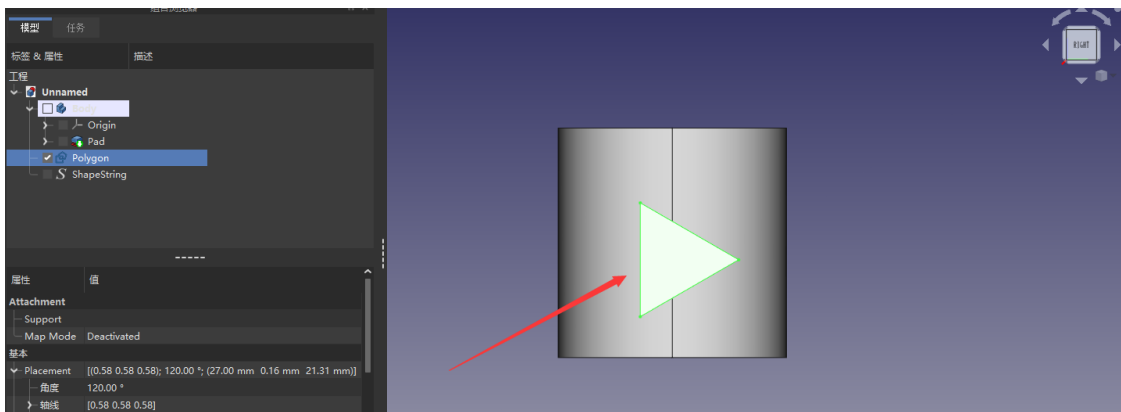
我们再来演示线条完全超出物体之后的投影会怎么样，之前提到投影方向是根据相机视角来抓取，线条超出投影范围则自动生成一根包围住物体的封闭线。



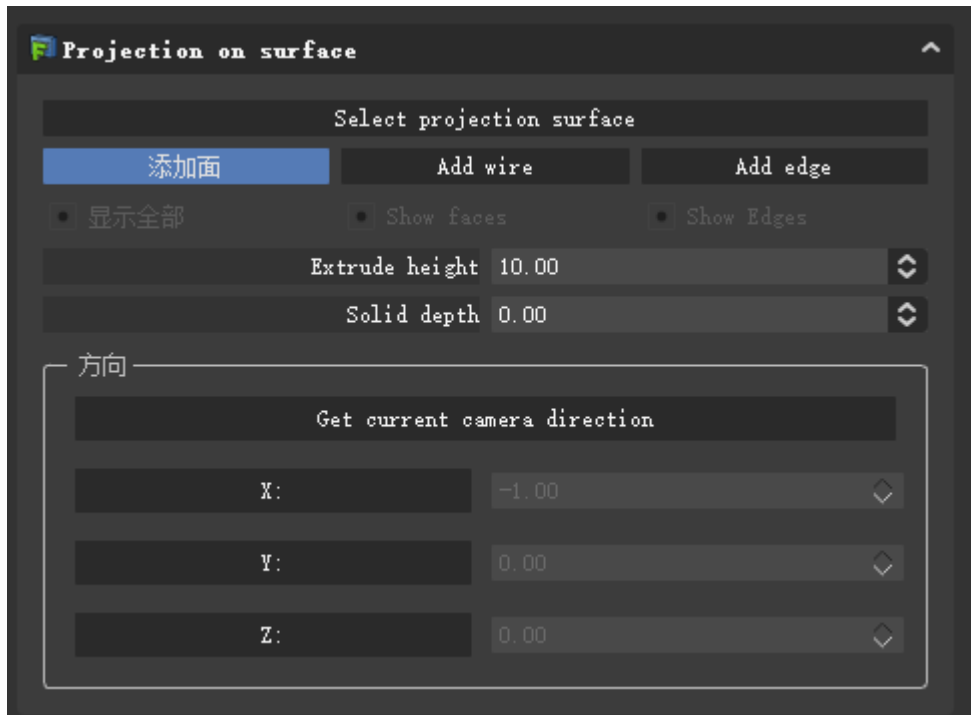


(投影曲线全局包围物体)

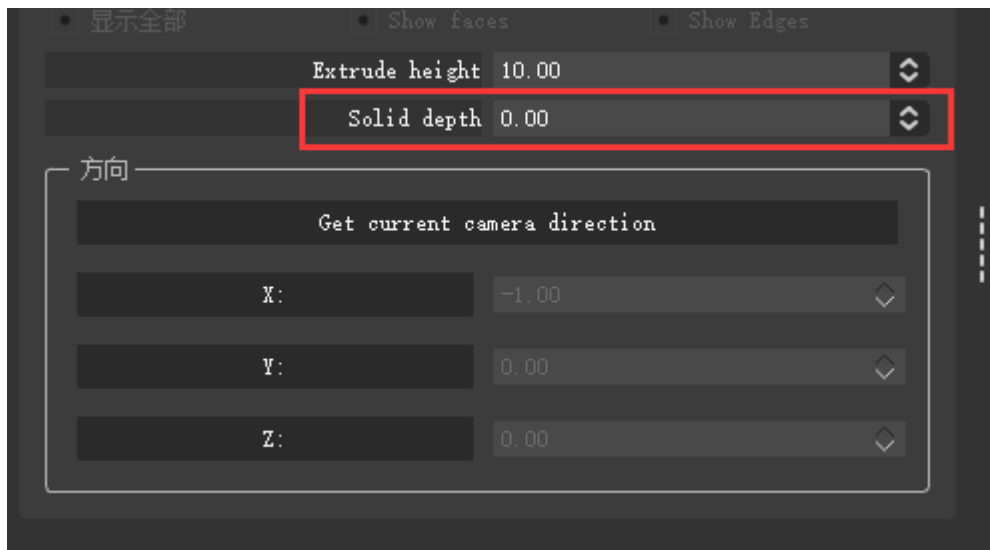
投影面则需要创建一个面片或者面体进行投影；此处我们已经创建了一个面进入投影曲面功能选中需要投影的曲面在选择添加面功能添加面贴合到曲面上。



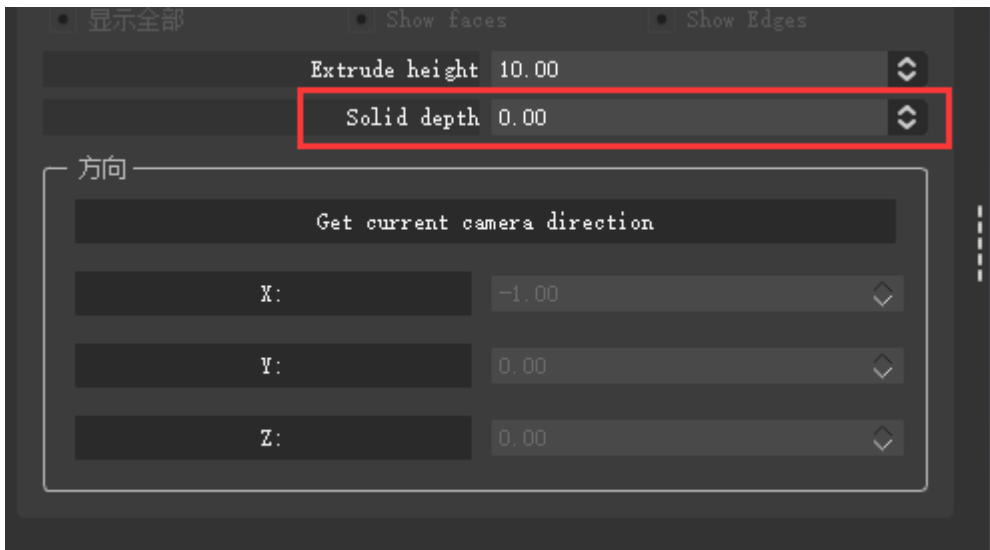
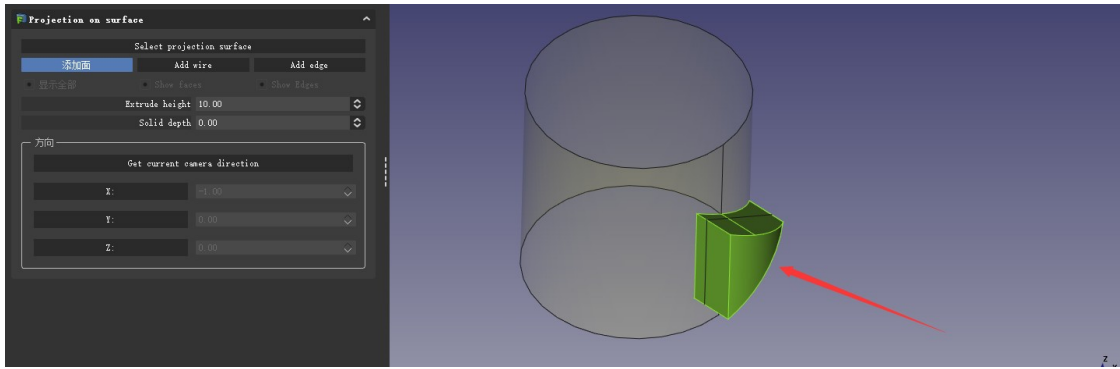
以当前相机视角抓取坐标，添加面贴合到曲面上。



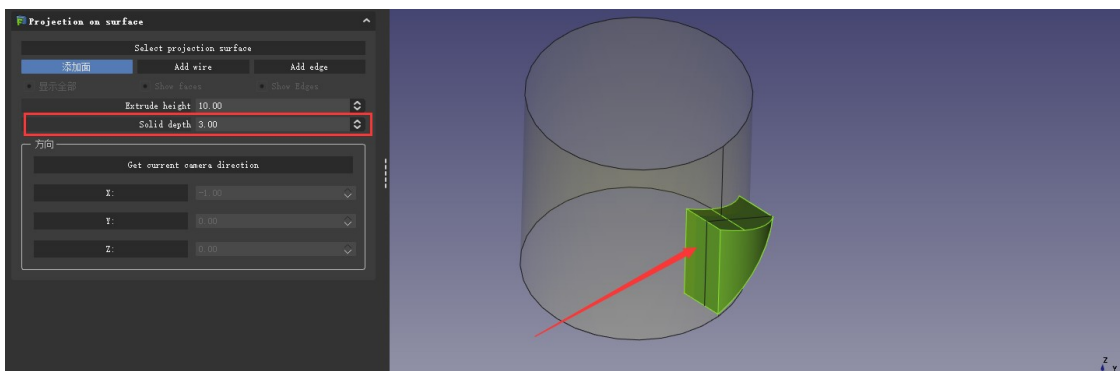
左侧的控制面板中有两个选项如下图见下图标注。



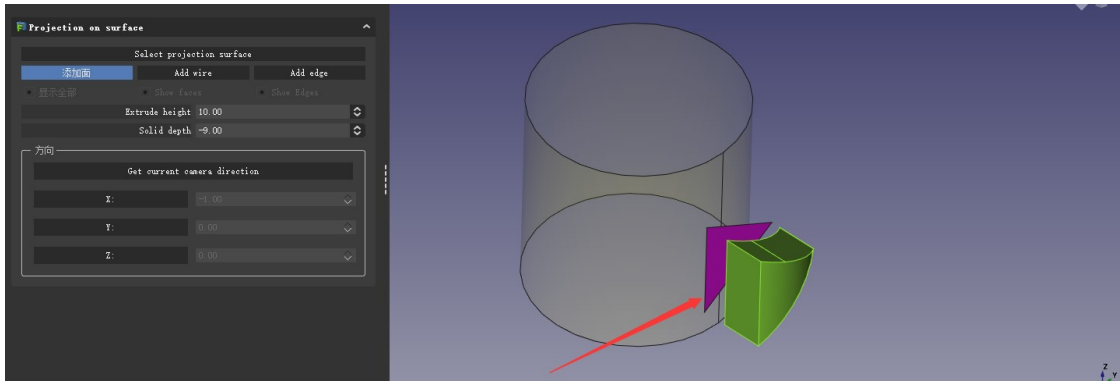
拉伸的高度则是投影在曲面上的物体拉伸的高度。



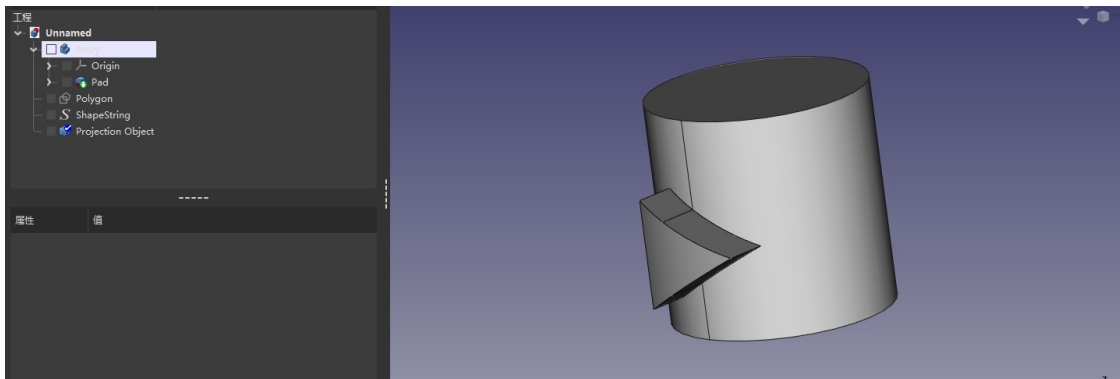
和实体嵌入的深度默认是 0 则是既不嵌入也不抬伸。



若为正数则和实体发生镶嵌关系数值决定嵌入实体的深度。

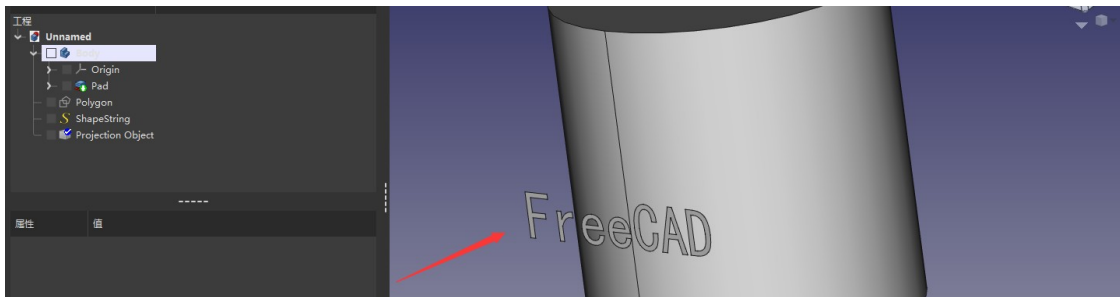


若为负数则和表面偏离数值决定了偏移的距离。



(投影面到曲面创建完毕)

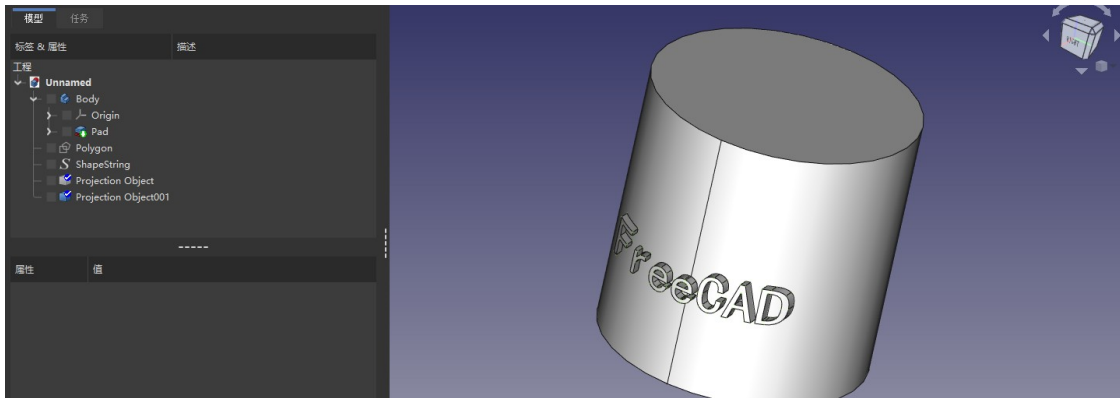
此外还可以去投影字体到曲面上来去创建刻字的效果 (需要布尔运算差集)



点击生成出来的字体；点击创建表面投影，投影的方向取决于相机视角。



依次添加字体上的面贴合于曲面上，也可以按快捷指令 shift+e 键框选需要贴合曲面上的面。



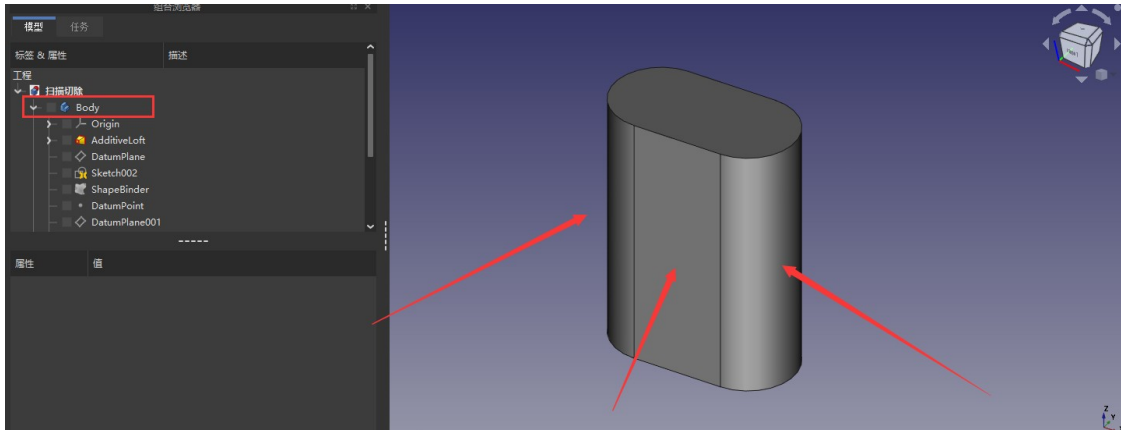
(创建字体贴合曲面完毕)



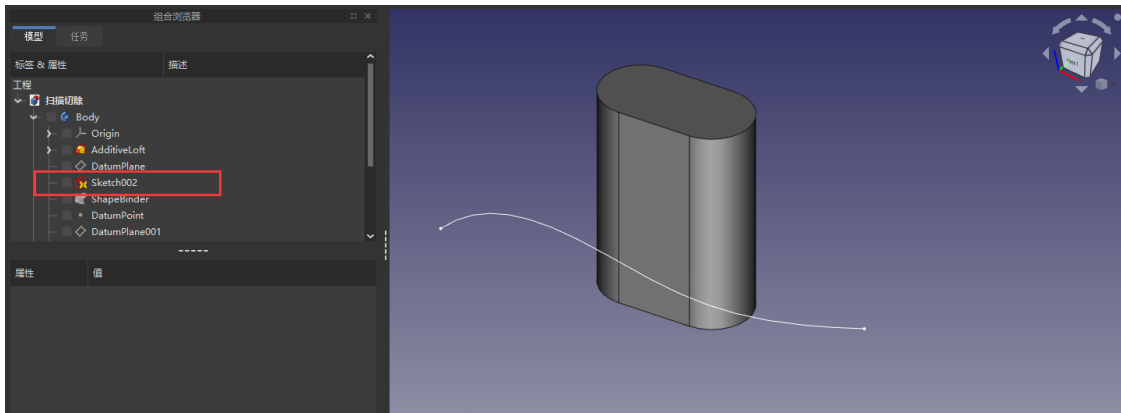
(着色模式)

## 投影曲面高阶用法

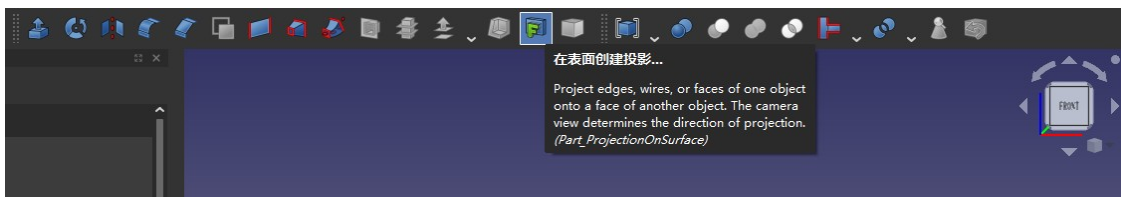
投影曲面通常情况下只能投影单个被选择的曲面来进行创建投影线、或者面，我们以下图的案例为例可以看到下图中的零件含有三个面。

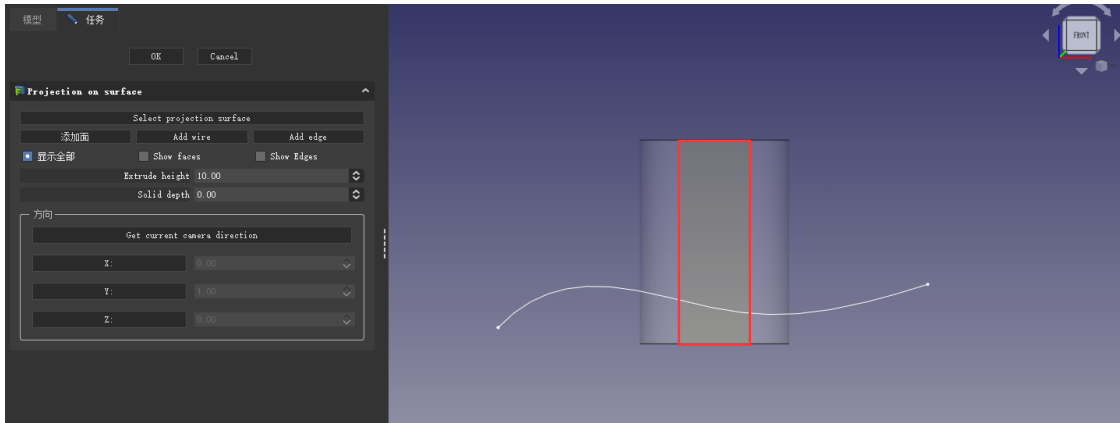


所以我们需要在此面上创建一根投影曲线按照单曲面的选择方法；如下图中绘制的一根 B 样条曲线。

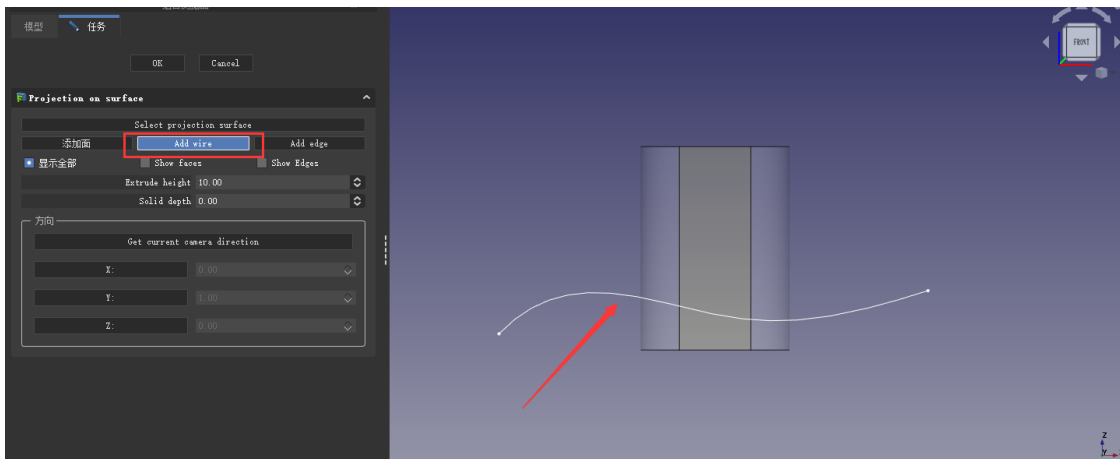


接下来我们需要根据这根草绘 B 样条来去创建包围住整个零件的一个完整闭环线条，第一步进入投影曲面功能；点击零件的第一个面如红框所示创建第一个被投影面。

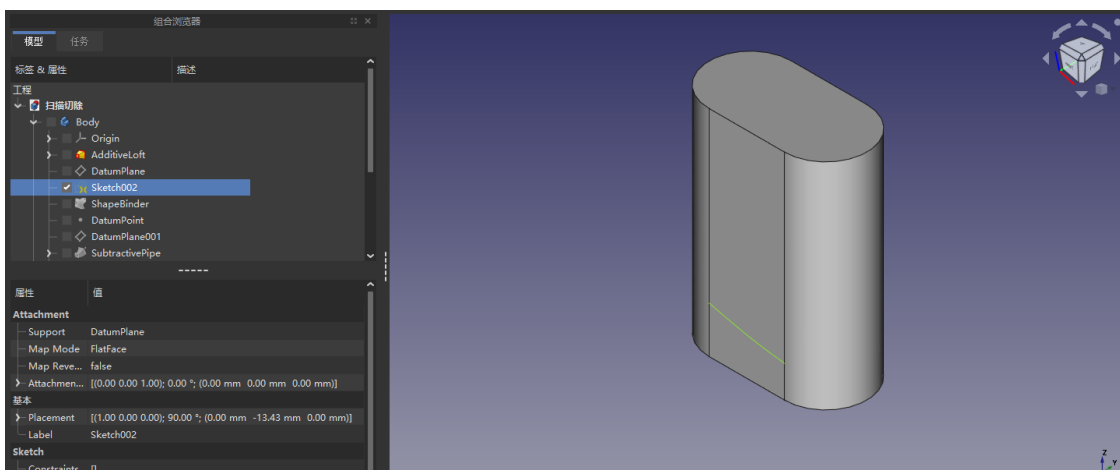




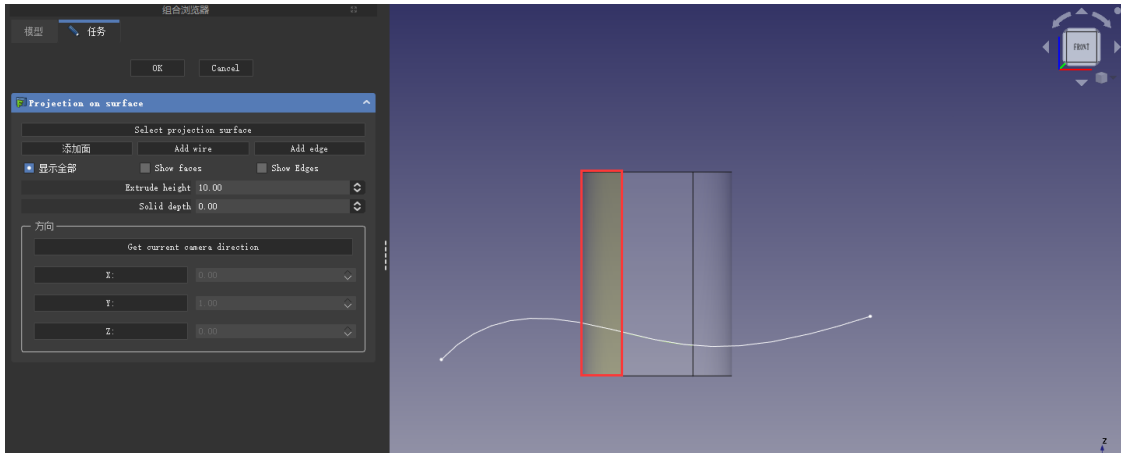
红框位置处是第一个被投影的曲面请注意方向相机视角，接下来点击需要投影上去的草绘样条。



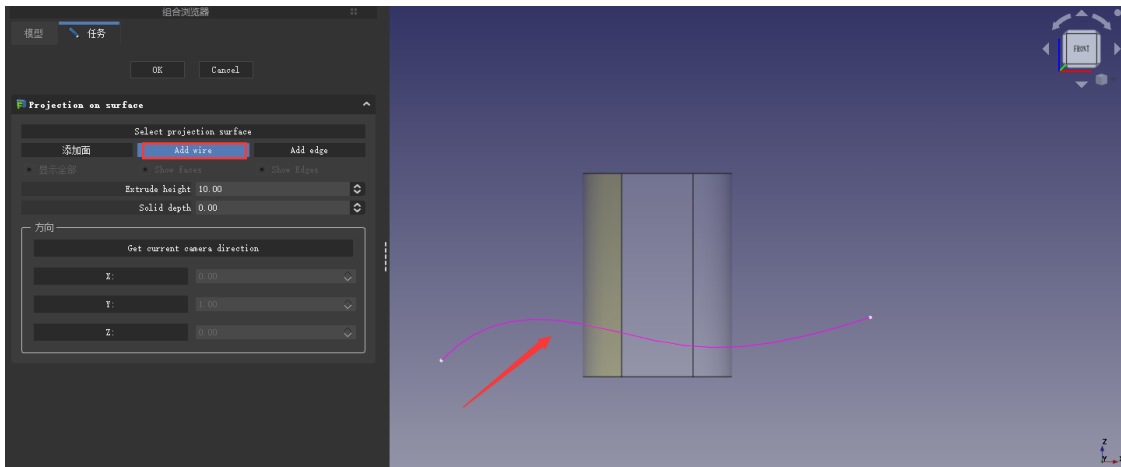
创建完成后如下图所示只有一段样条贴合在零件上，所以我们需要继续选中其他需要被贴合的曲面创建。



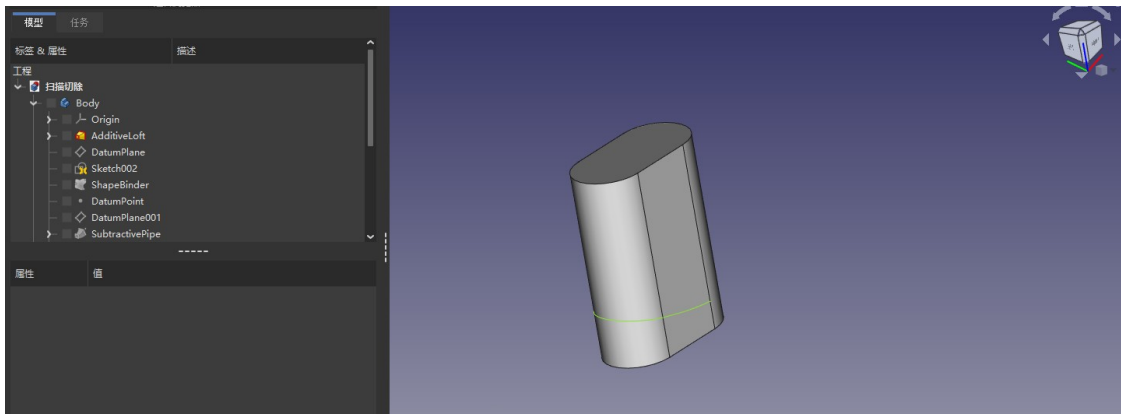
继续点击投影曲面功能选中第二个被投影曲面，如红框所示。



点击添加线条贴合在曲面上，注意投影方向相机视角。



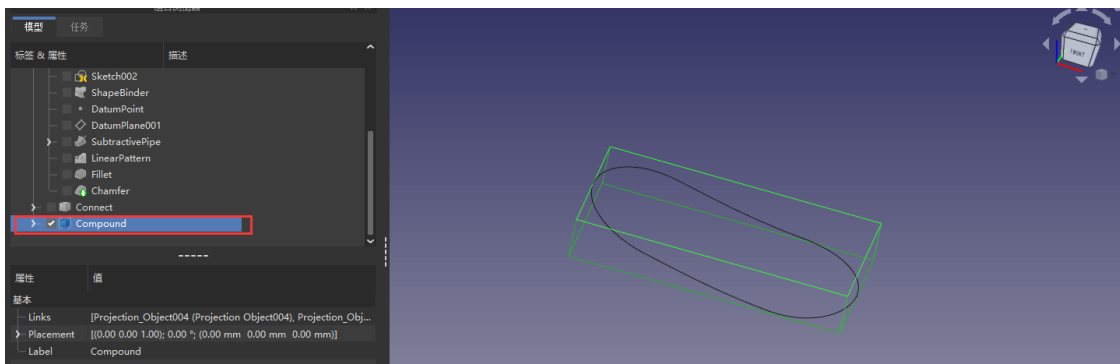
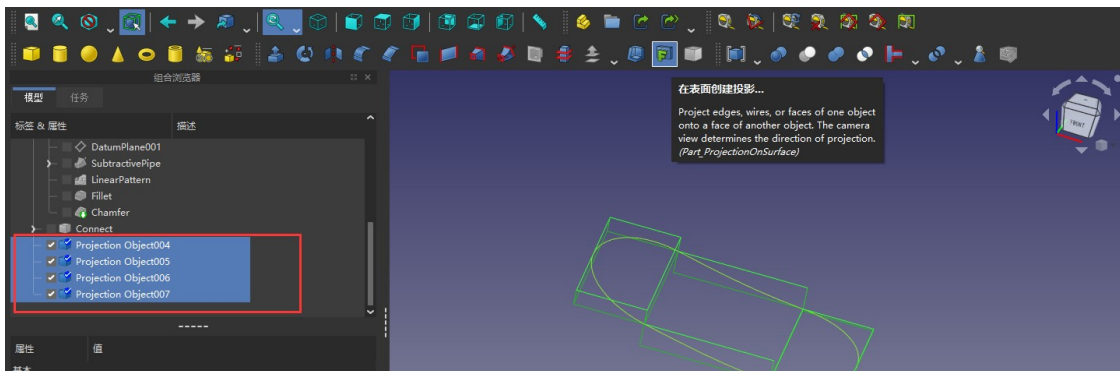
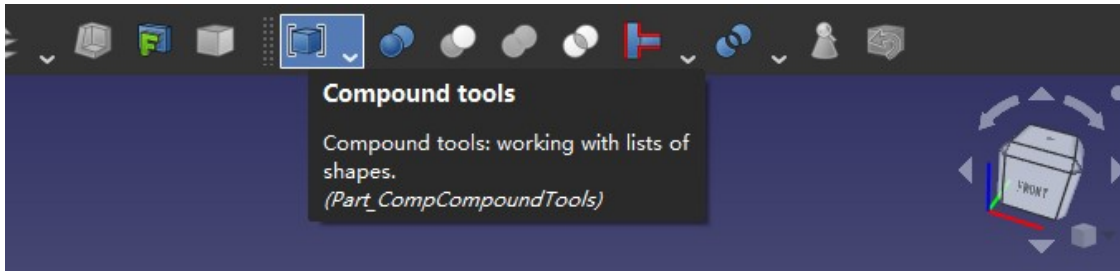
创建完以后发现已经有两根曲线贴合在曲面上了



接下来用此方法如法炮制，会得到一根完整的曲线路径贴合于曲面上的，接下来我们需要拼合这些曲线也就是组合曲线，可以使用四个命令功能来去实现组合曲线。

## compound 组合工具

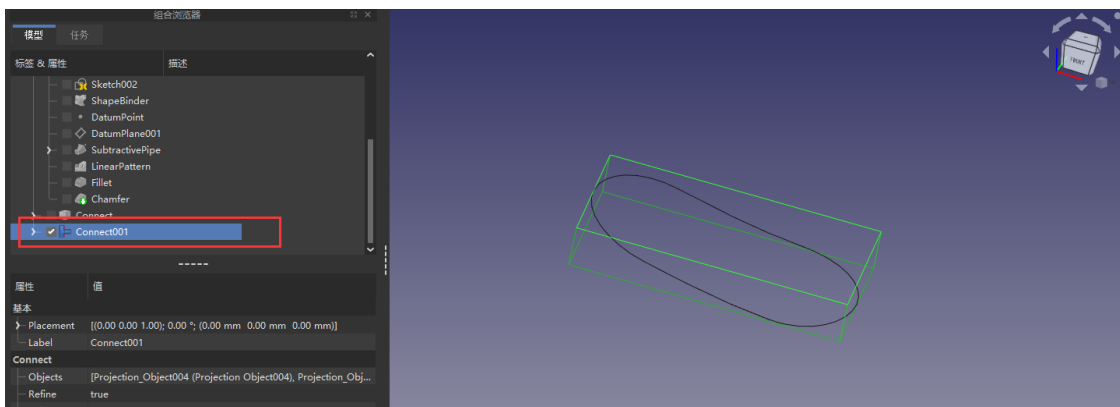
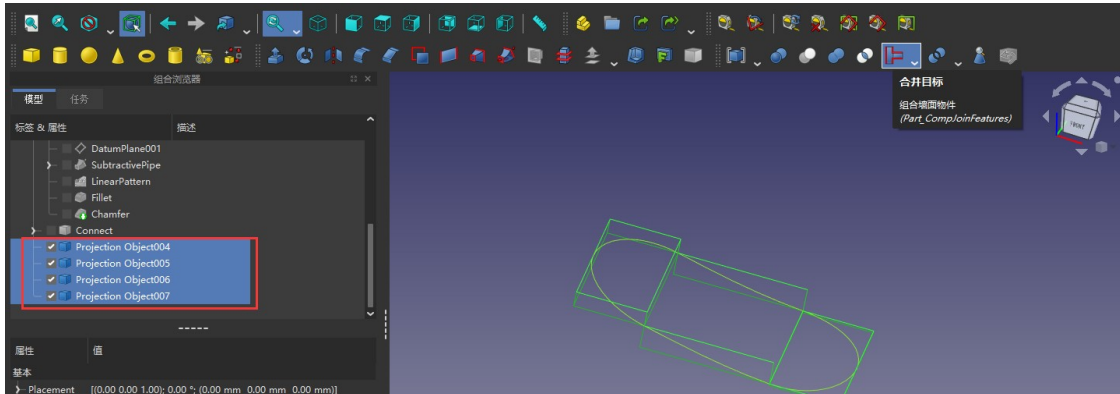
第一种：利用 part 工作台的组合工具对模型树中创建的分离曲线进行组合，注意要在模型树面板选中它们点击组合。



(组合完毕)

## 合并目标

第二种：利用 part 工作台的合并目标工具对模型树中创建的分离曲线进行拼合，注意要在模型树面板选中它们点击拼合。

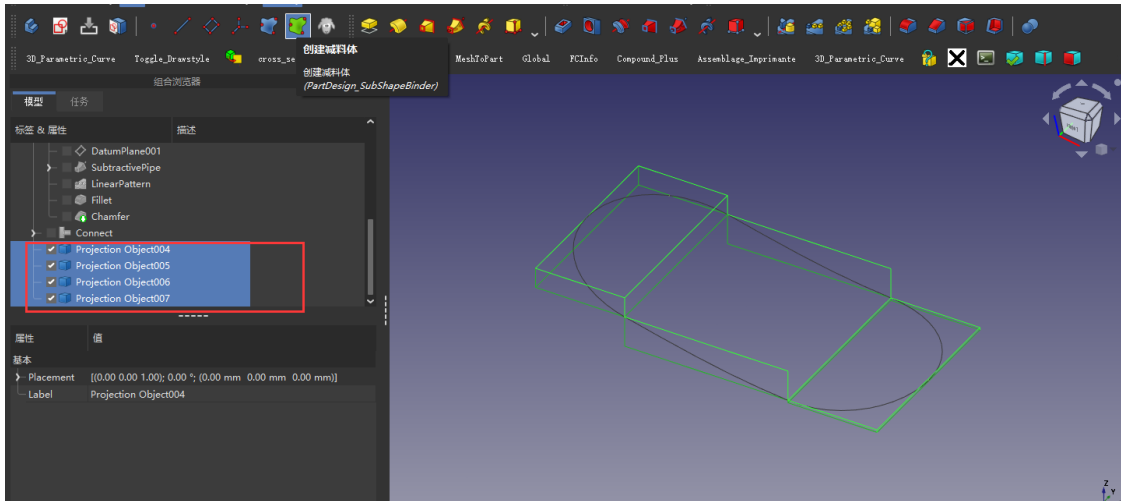


( 拼合完成 )

## 创建图形面外部几何体

第三种：利用 partdesign 工作台的创建图形面工具对模型树中创建的分离曲线进行拼合，注意使用前提是曲线已经组合；选中它们点击拼合，在视图菜单选中这些曲线进行创建图形面。

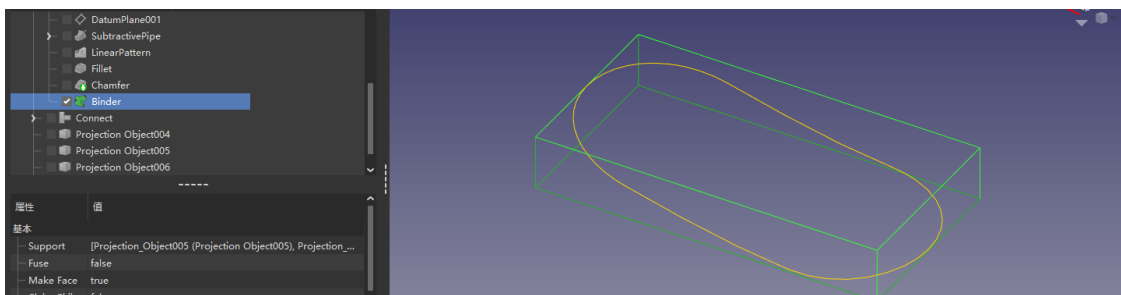
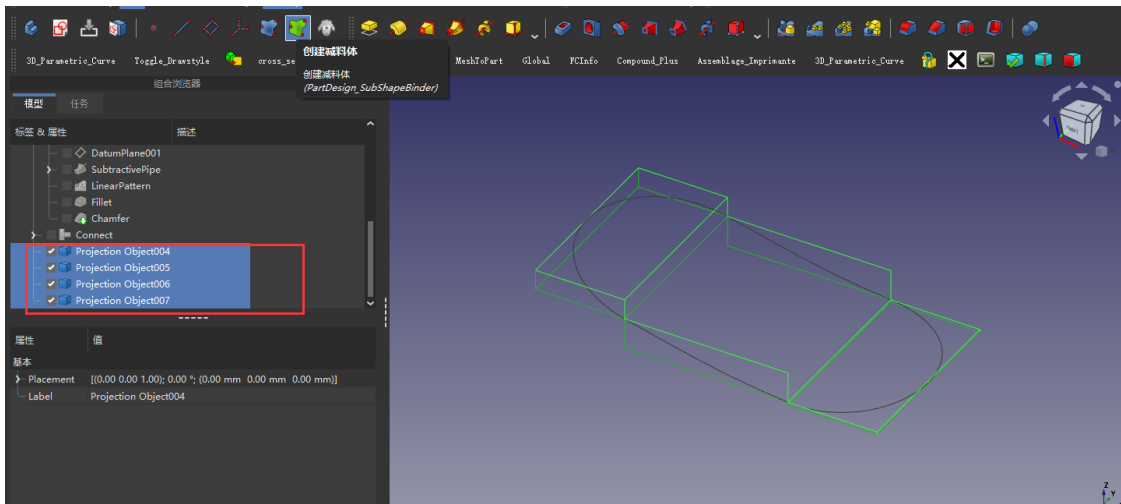




(创建图形面用于零件外部引用)

## 创建减料体外部几何体

第四种：利用 partdesign 工作台的创建减料外部几何体工具对模型树中创建的分离曲线进行拼合，注意使用方法不用提前组合；但是要选中模型树面板或者视图菜单点击拼合，在视图菜单选中这些曲线进行创建减料外部几何体。

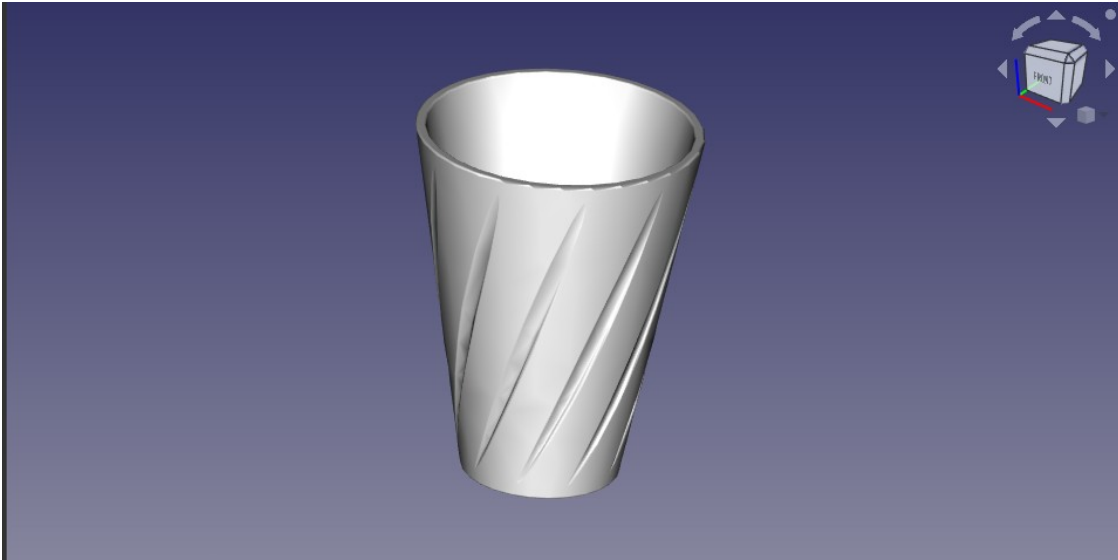


## 扫描 sweep 高阶用法

在此板块下我们会以三个案例的形式来给大家演示解析扫描的高阶应用；关于高阶应用的案例视频讲解地址：

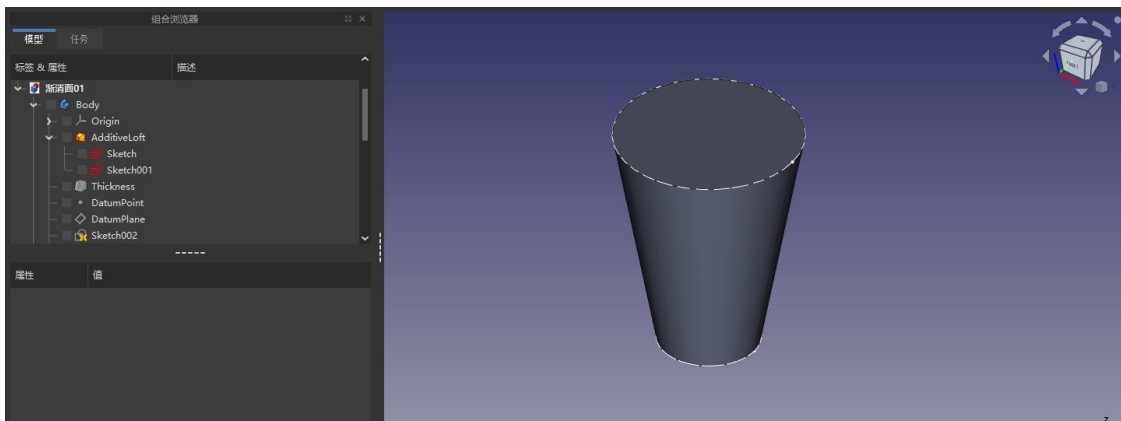
[https://www.bilibili.com/video/BV1ZW4y1d7eJ/?vd\\_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66](https://www.bilibili.com/video/BV1ZW4y1d7eJ/?vd_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66)

### 案例一

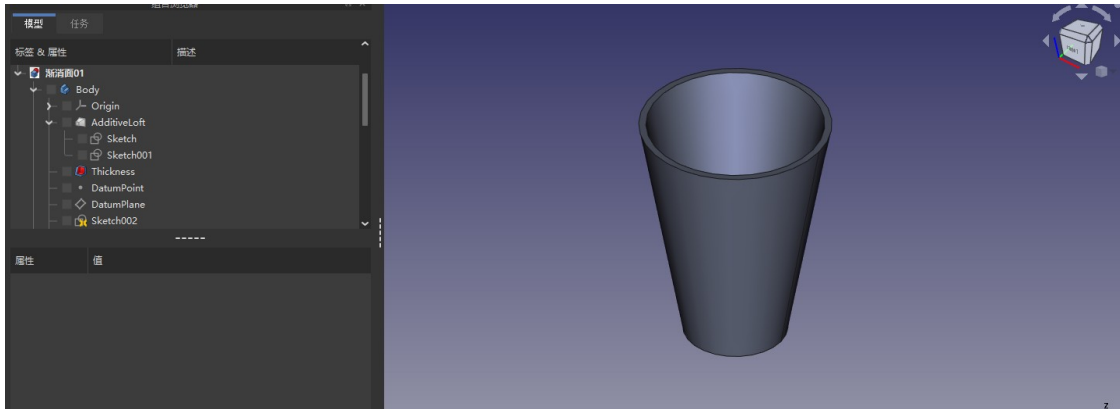


(案例一图示)

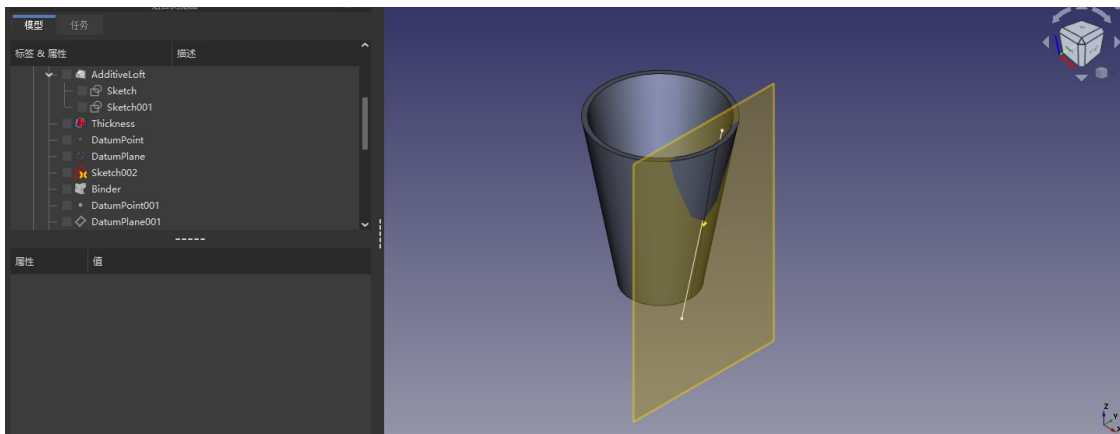
首先是两个截面生成的放样，然后抽壳给予一定的厚度。



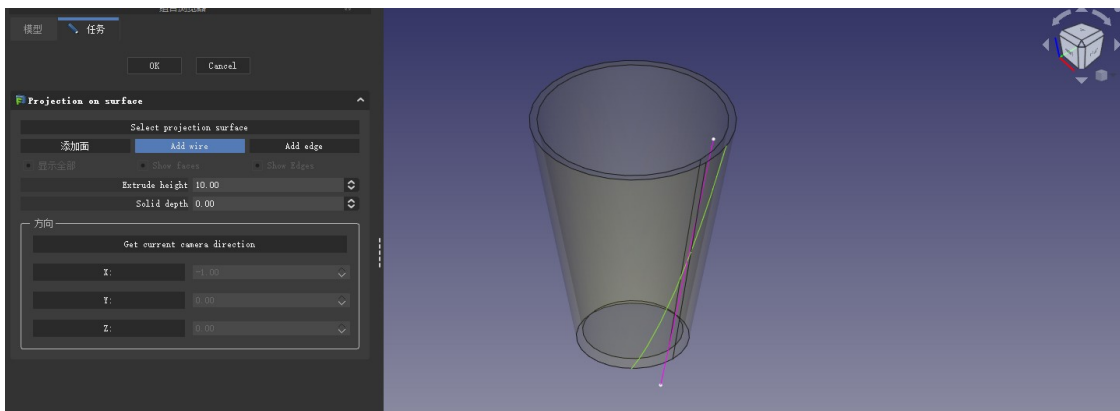
抽壳掏空物体并给定厚度数值，这里给予的是 2mm 的厚度。



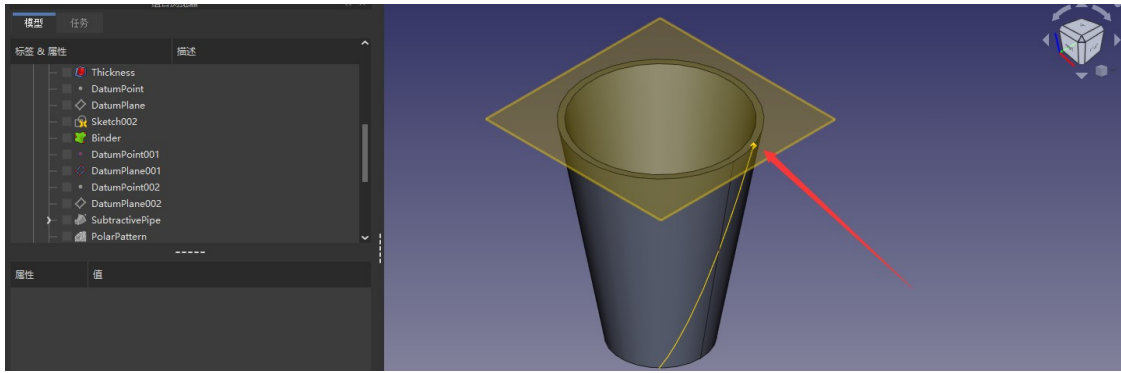
随后在模型的旋转端边线上添加基准点并且创建基准面进入草绘，草绘一根线到时候用来投影曲线；关于投影曲线的讲解可以参考投影曲面功能和投影曲面高阶用法。



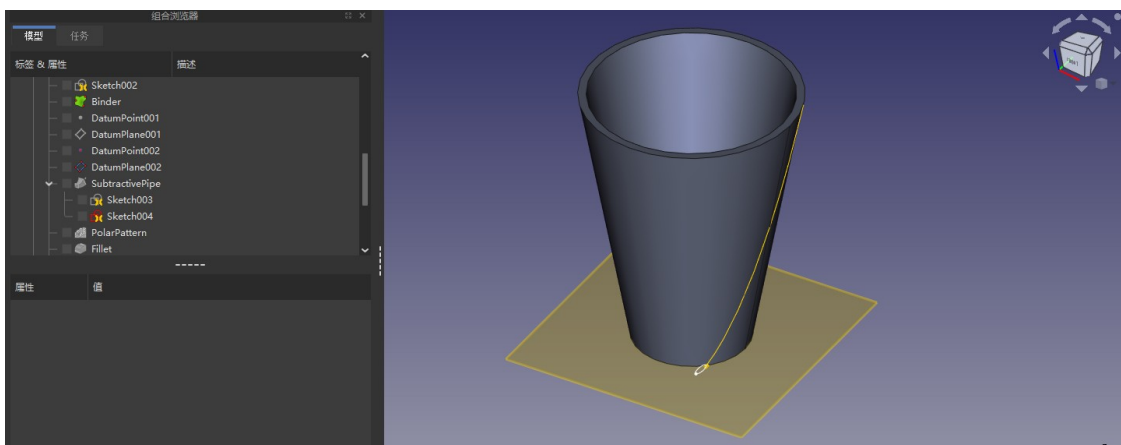
使用投影曲面功能将草绘线投影到曲面上。



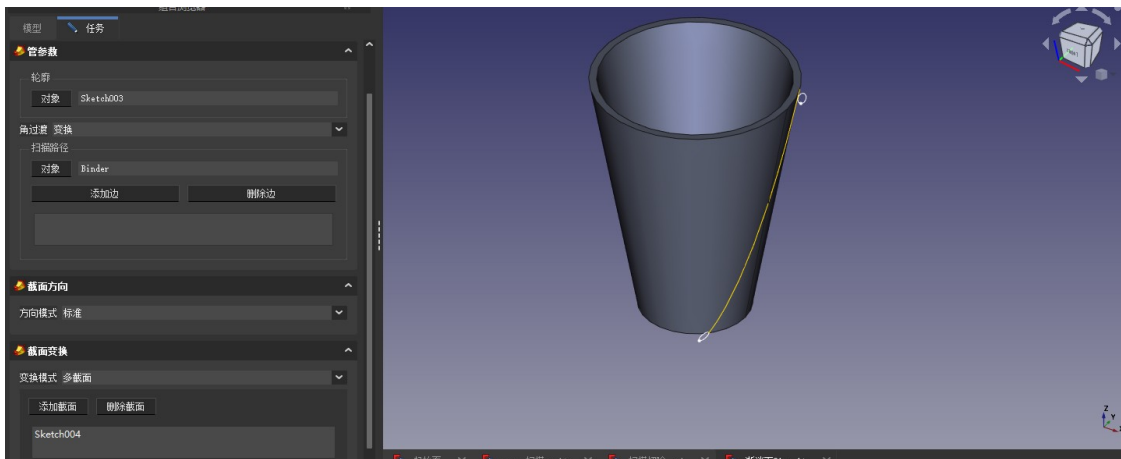
接下来用得到的这根曲面投影曲线创建一个减料体外部几何体，并且在这根投影曲线上的第一个顶点创建基准点和面，进入草绘绘制一个椭圆作为第一个截面。



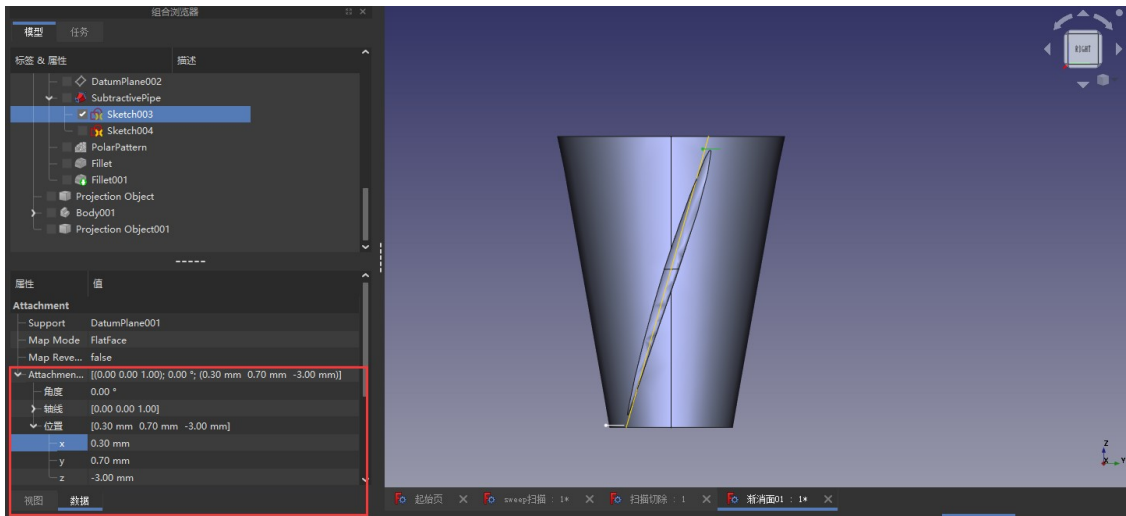
绘制完成后在投影曲线的底部同样绘制基准点和面，并进入草绘绘制第二个椭圆截面。



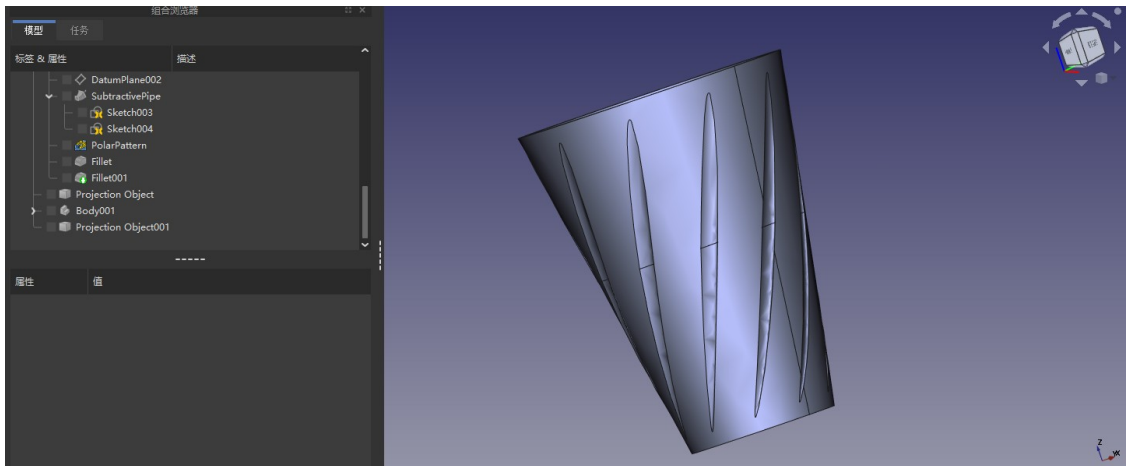
绘制完成后我们选中第一个草绘截面点击减料扫描，引导路径则是投影出来的曲线外部几何体；然后再去选中第二个截面参数设置如下图。



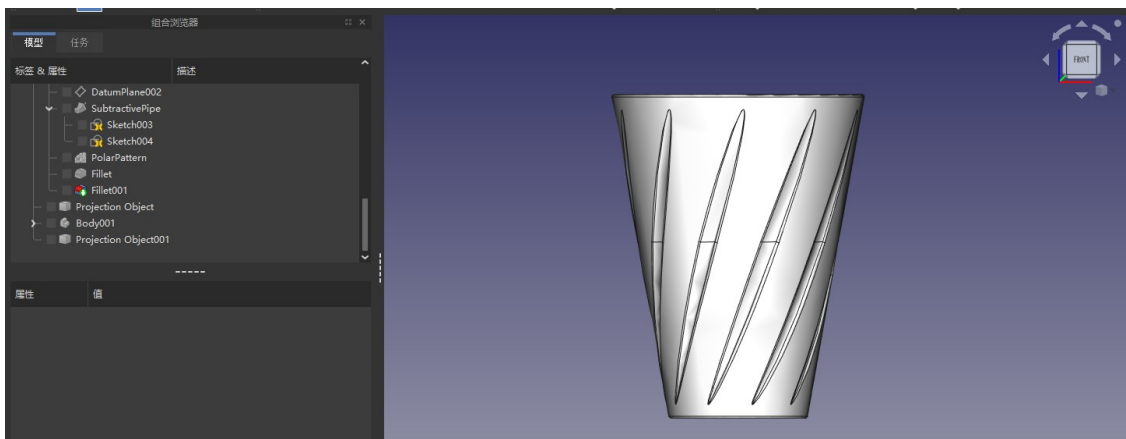
初始的扫描会跟随路径完全扫描切除；我们想要实现这样的效果需要手动的去调整扫描截面的位置参数来去变化截面的位置达到这样的效果，数值如下图所示仅供参考。



调整完毕后对这个特征进行以此环形阵列沿着 Z 轴方向阵列的数量如图所示，可以自行决定。



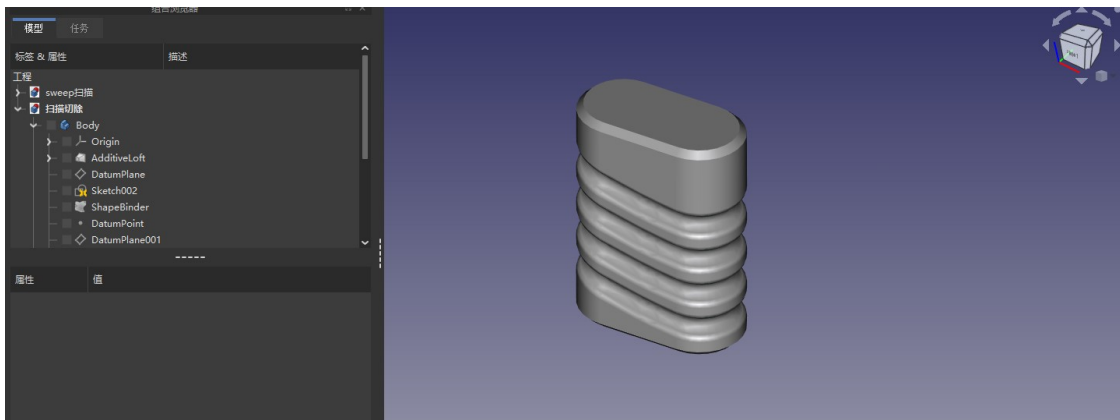
完成阵列后对其进行倒圆角的处理即可完成此效果的建立。



(渐消面完成)

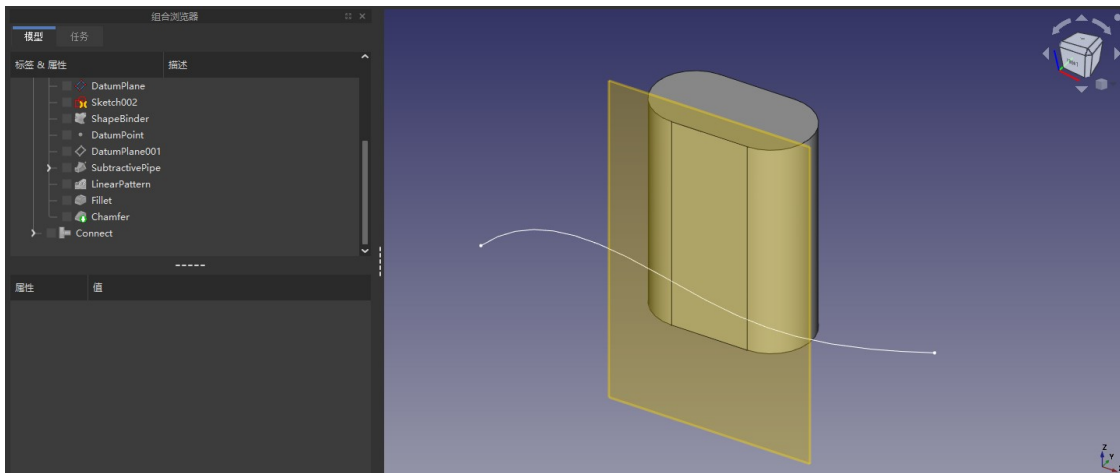
## 案例二

接下来我们来看第二个案例，也是通过以上的方法来去建立的模型。

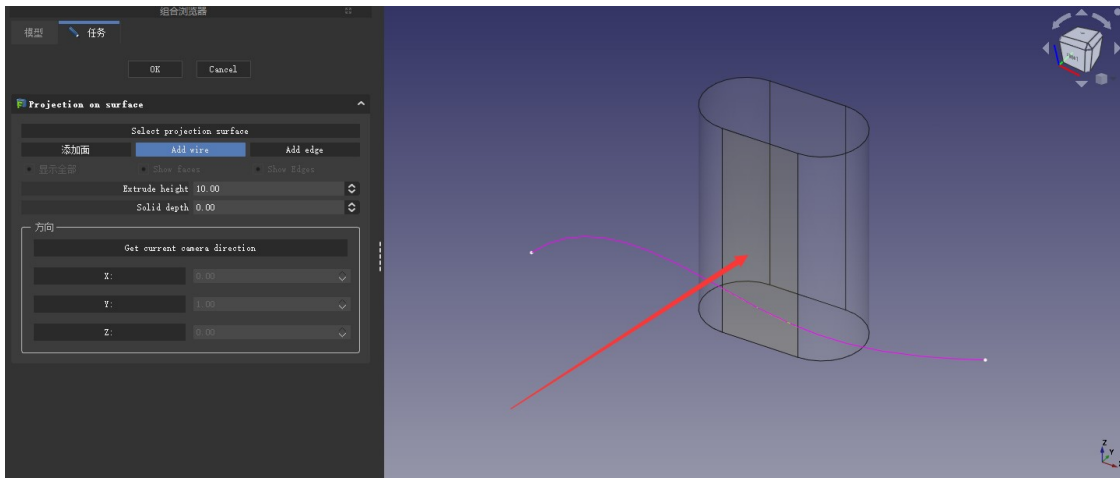


(案例二图示)

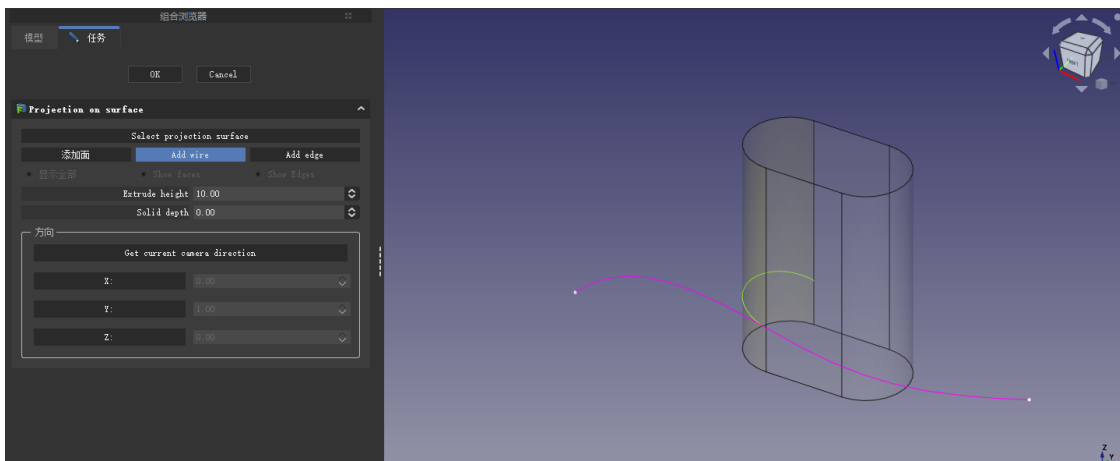
首先是一个草绘对其进行凸台拉伸的操作，然后对这个拉伸凸台特征的前视图第一个面做基准点和面，并且在上面绘制一根 B 样条曲线。



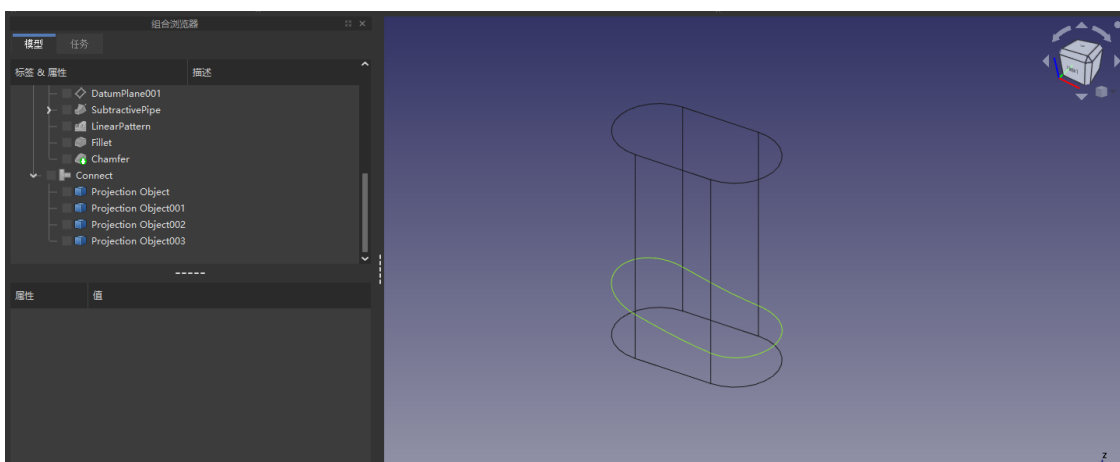
然后进入投影曲面功能选中第一个面进行第一段线的建立，因为这个模型有六个面且分离的；按照当前的投影曲面功能无法选中全部的曲面来建立投影所以我们要重复操作几次。



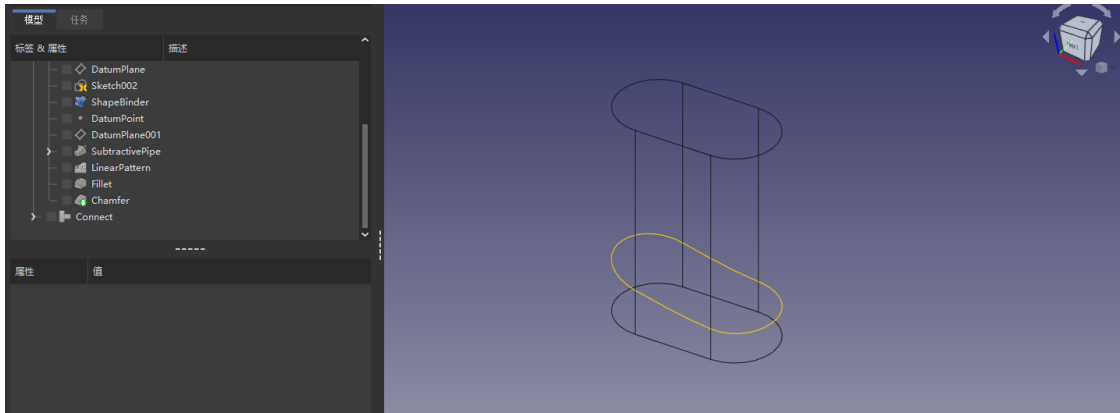
接着我们继续按照上面的方法依次选中剩余的曲面直至曲线完全包围住整个物体。



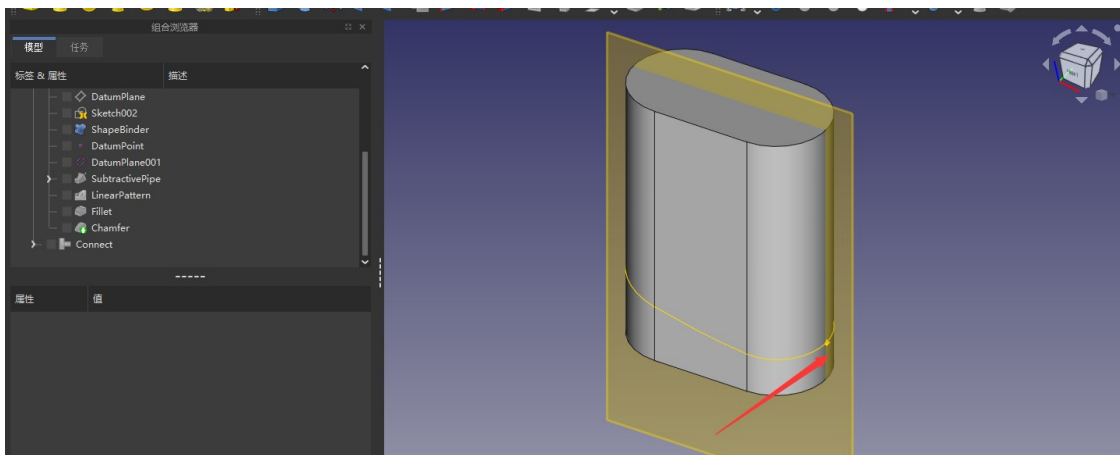
同样继续上面的方法创建直至曲线完全包围住物体为止，过程中一定注意投影的方向取决于相机视角的正交还是透视。



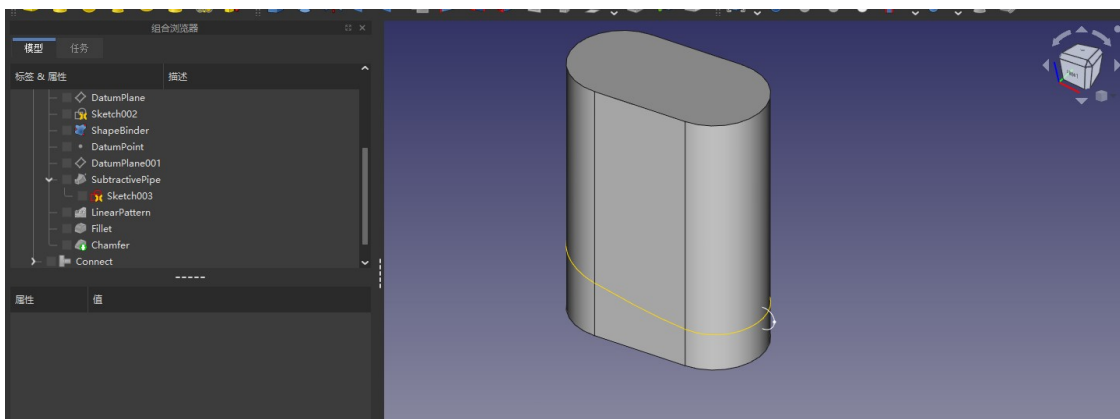
直到我们获取到了四根投影在表面上的曲线之后为止，随后选中这四根投影曲线将它们组合起来，并创建减料外部几何体到零件中去。



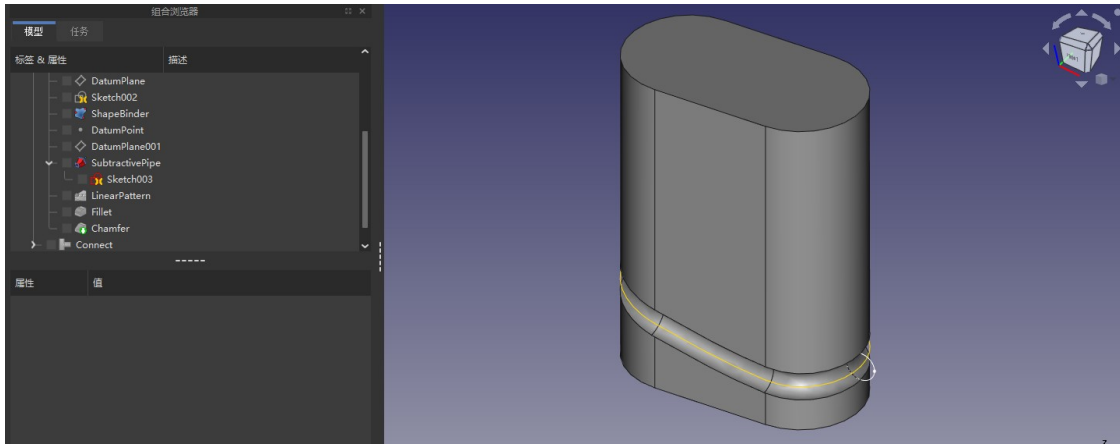
点击这根被拼合的曲线选中它创建基准点和面；请注意尽量不要把基准点设置在两条线相交的地方因为会发生无法切除无法交集的情况，通常需要完全扫描时需要尽可能避开相交的边线。



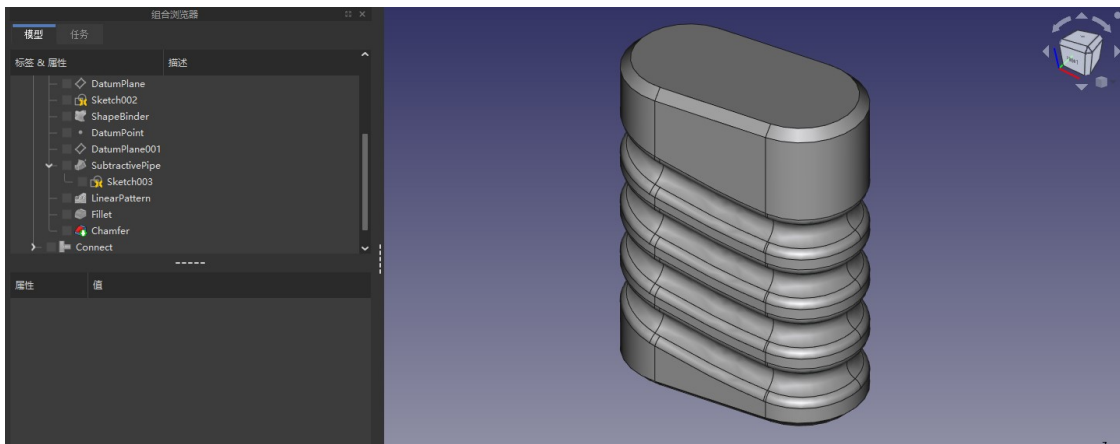
用基准面进入草绘绘制圆形后退出草绘。



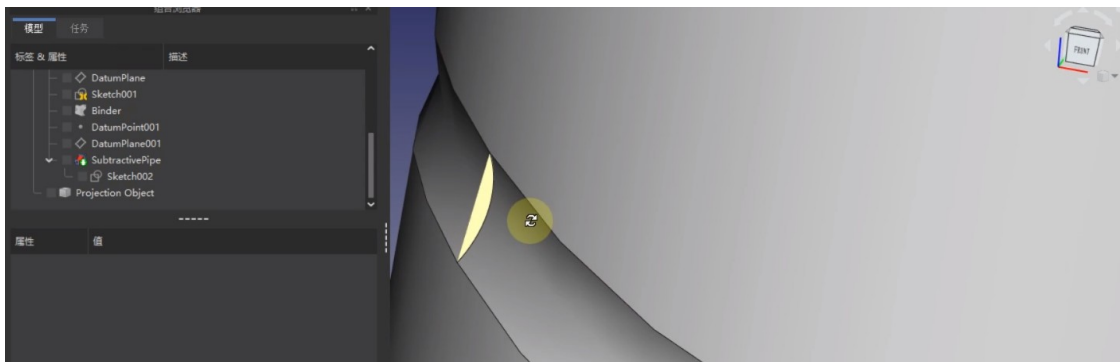
然后用这个圆形的截面去扫描这根投影曲线路径生成切除特征。



然后对着这个特征进行线性阵列和倒圆角的处理就完成这个案例的建立了。



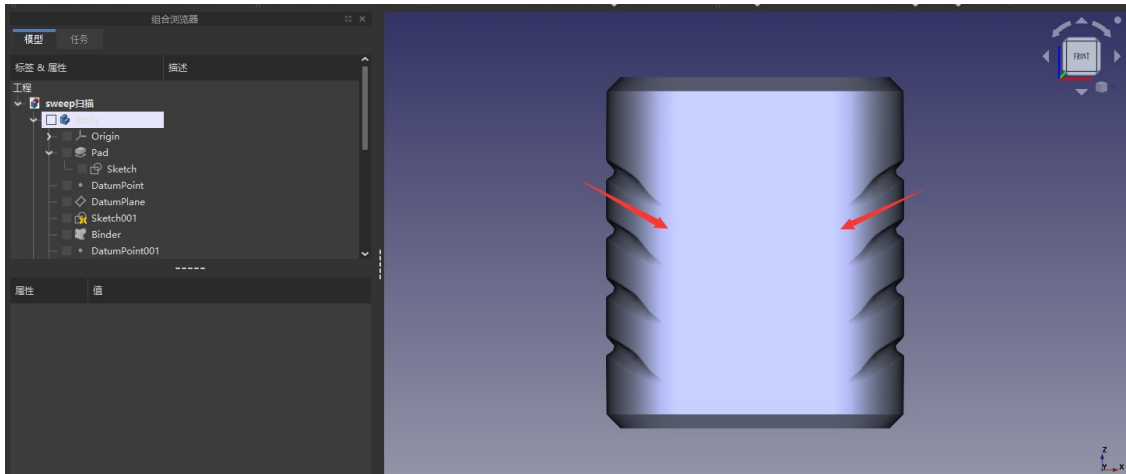
以下为在两线相交处扫描的处理结果，可以发现如下图所示有一个额外的非法多边形存在所以我们无法生成后续的倒圆角，因为两条边线不相切也不发生交集。



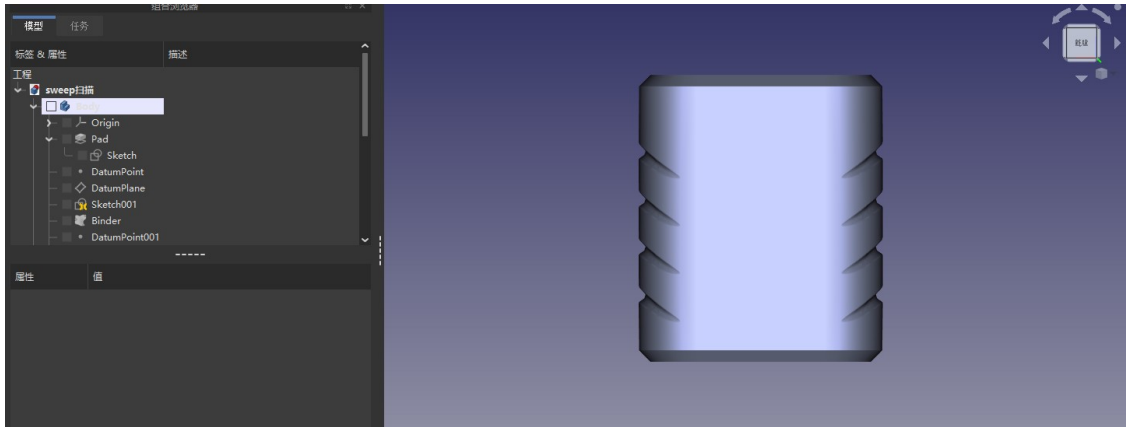
(在边线处创建截面形成的非法多边形)

### 案例三

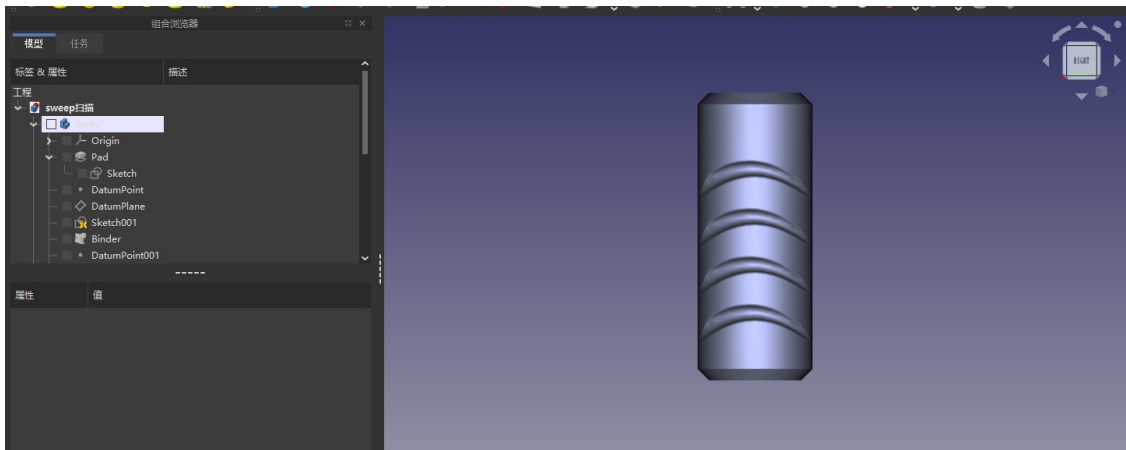
接下来看案例三的渐消面是如何制作的，可以看到下图中红色箭头延伸的地方是一个渐消面从未端慢慢过渡到主面上去渐渐消失。



(案例三图示前视图)

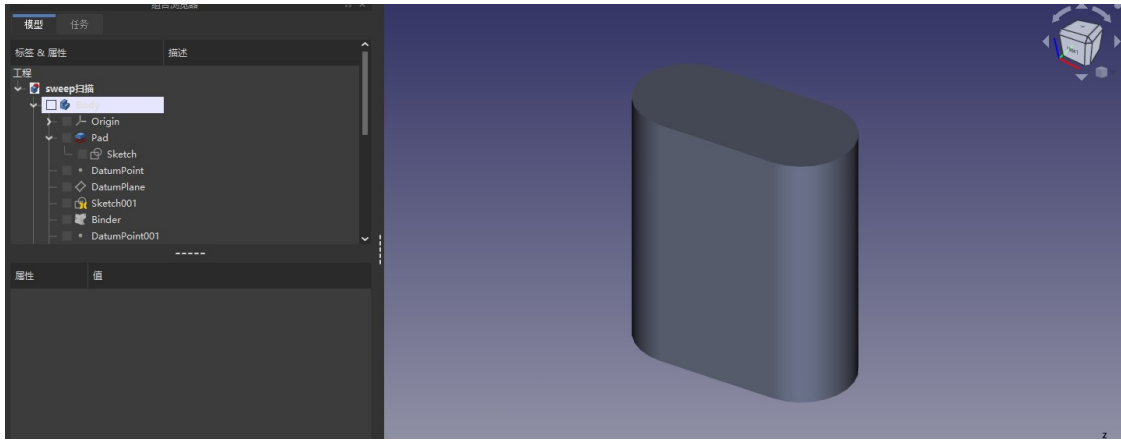


(案例三图示后视图)

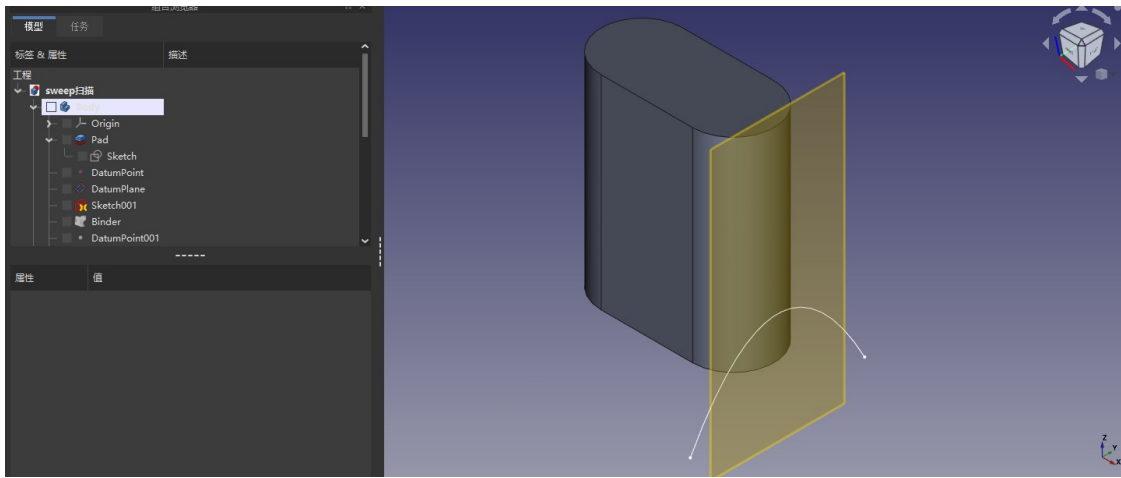


(案例三图示右视图)

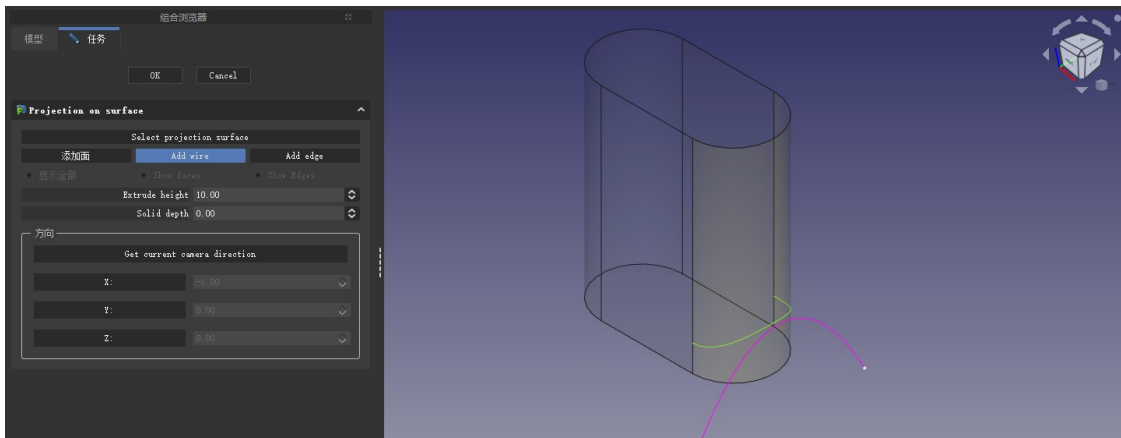
首先是一个草绘然后拉伸凸台出实体。



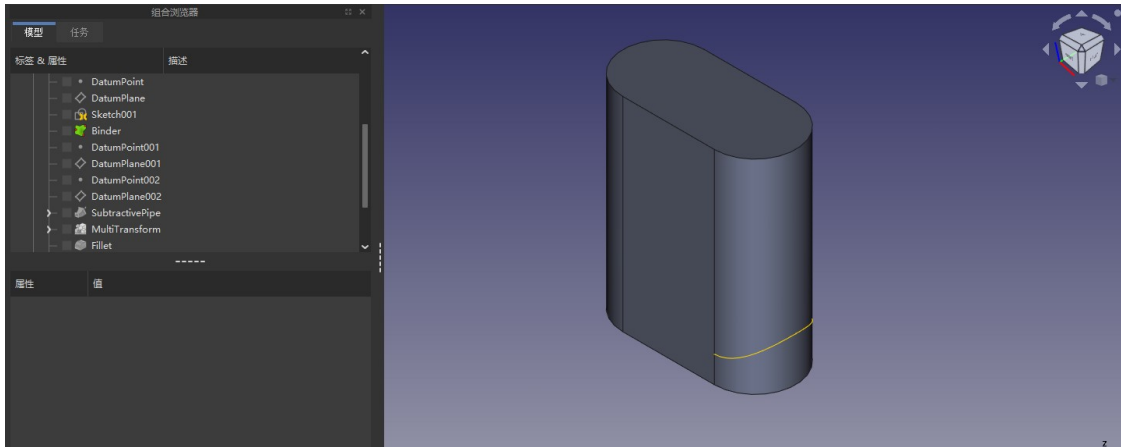
然后以右视图为基准创建基准点和基准面并且和此面相切后添加草绘样条曲线。



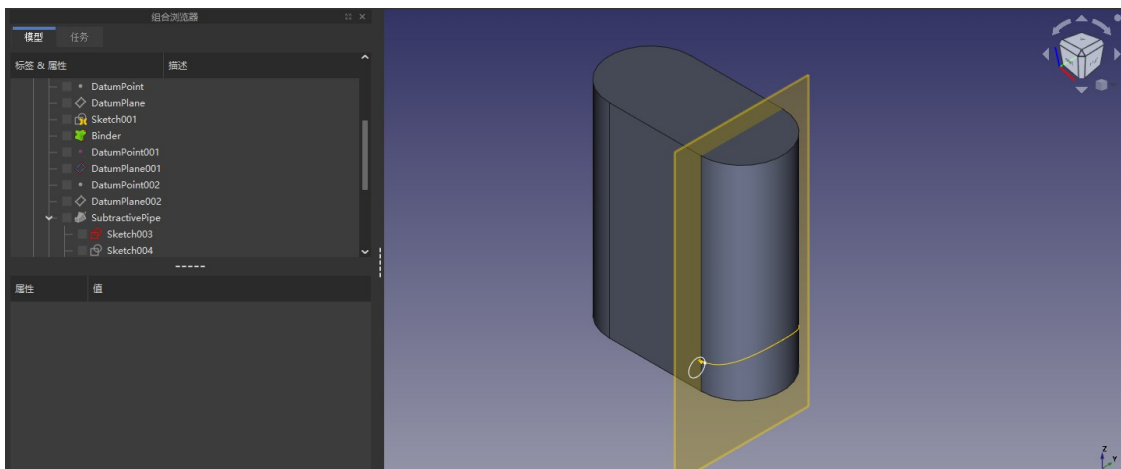
同样以右视图作为投影视图选择要投影的曲面和要投影上去的曲线完成投影曲线。



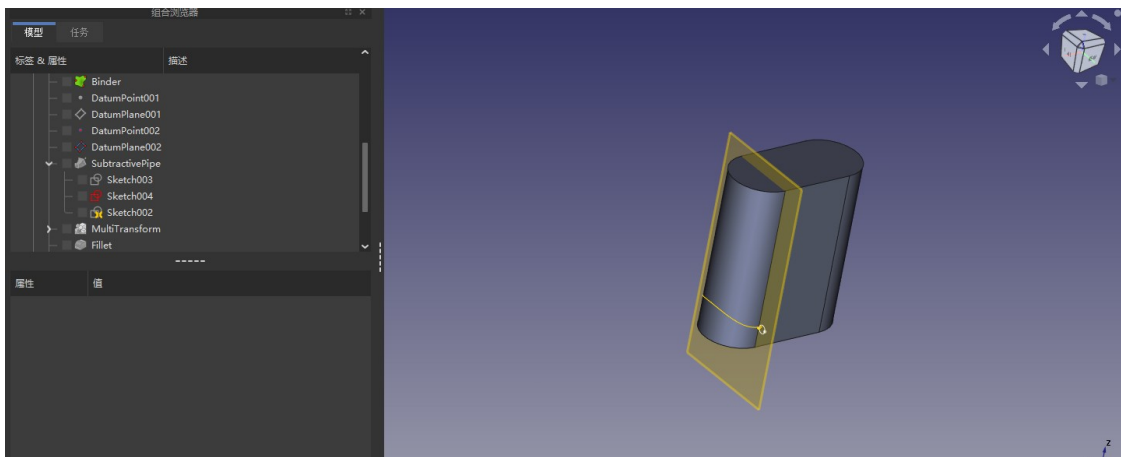
下一步把这个样条曲线的投影创建减料外部几何体，插入到零件中去。



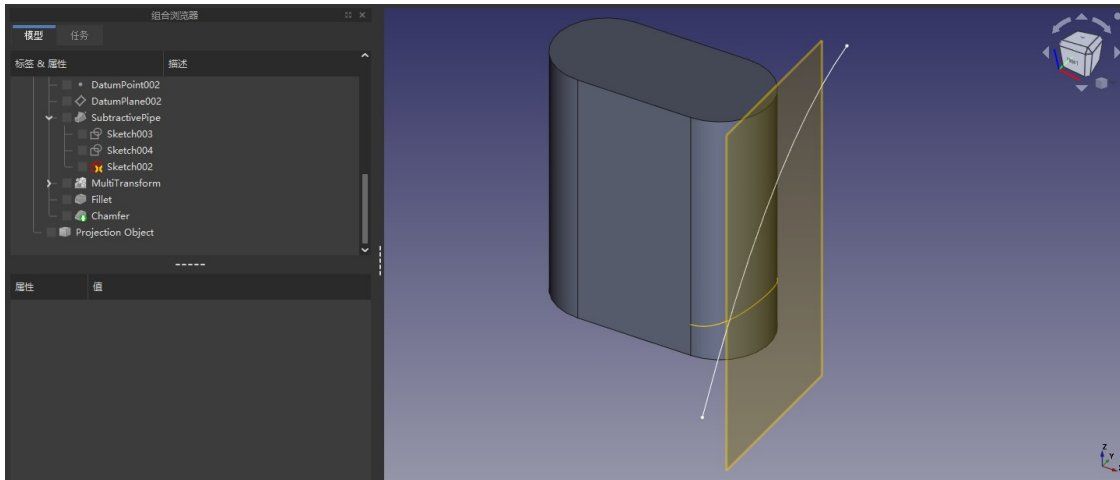
然后基于投影曲线的第一个点作为基准绘制第一个截面圆。



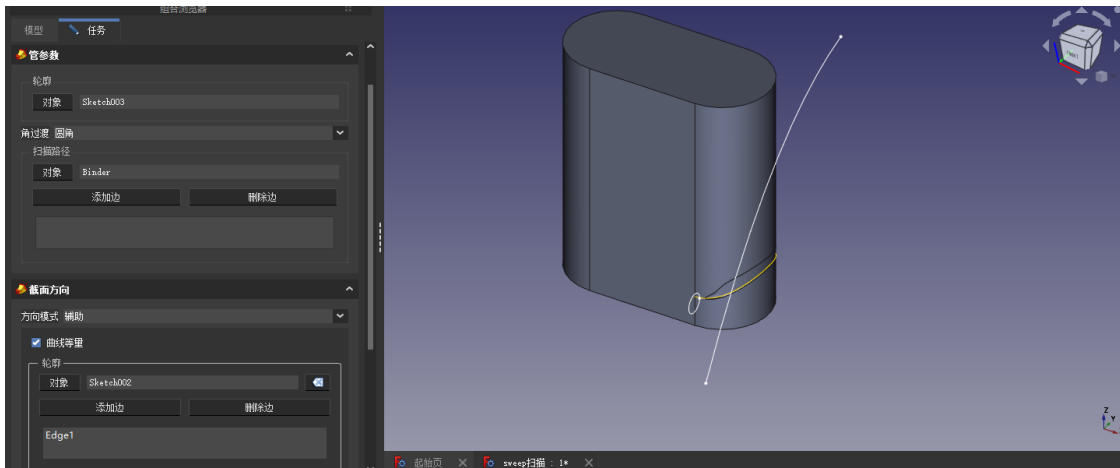
接下来基于投影曲线的第二个点作为基准创建第二个草绘截面圆。



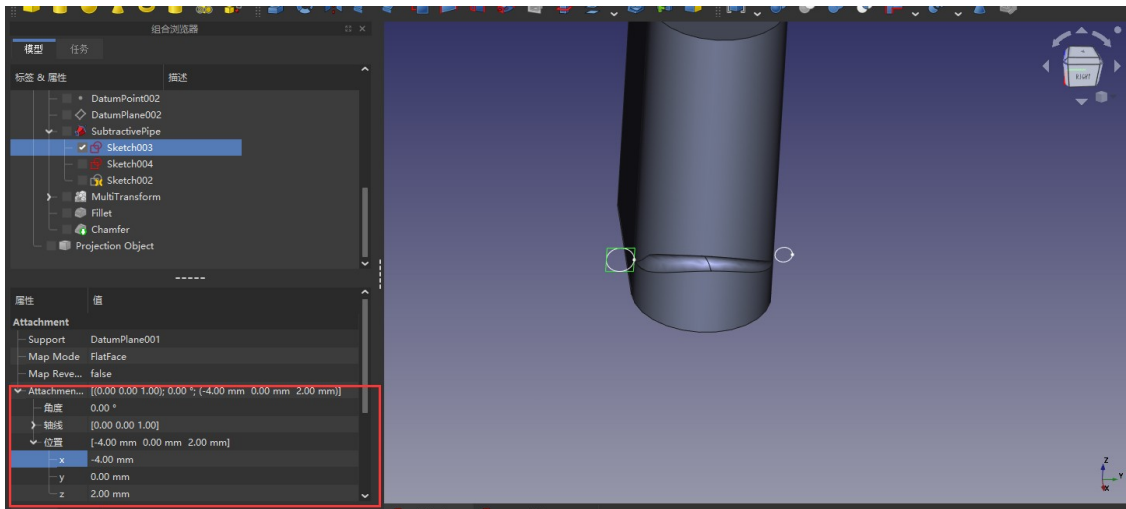
接下来我们还要依照之前相切于表面上的那个基准创建一根辅助样条曲线用于曲线等量的扫描；曲线等量模式接下来会讲到。



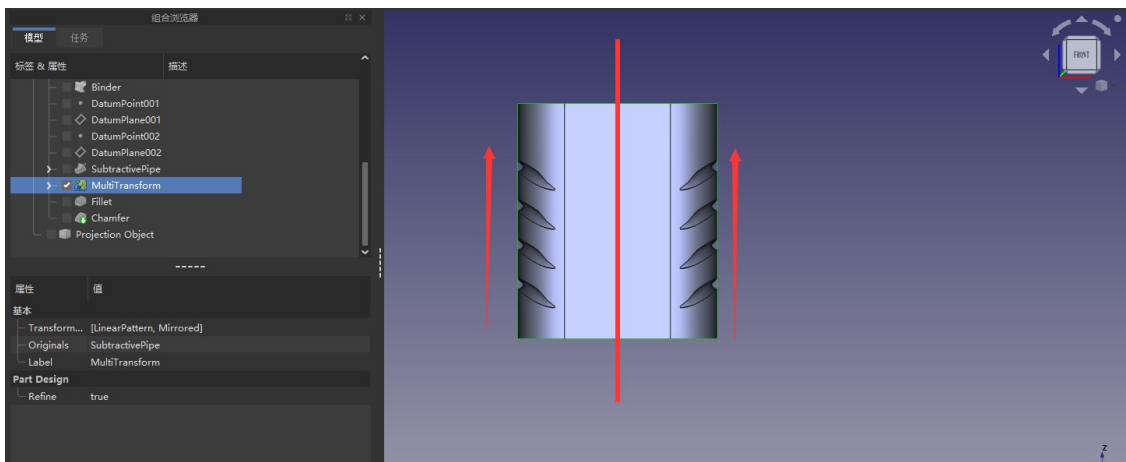
接下来点击第一个草绘截面圆去做扫描切除，引导路径是投影曲线；然后选择第二个截面模式为多截面，变换模式为圆角过渡；方向模式为辅助曲线等量，等量的辅助曲线是基于相切曲面的那根样条曲线，具体参数见下图仅供参考。



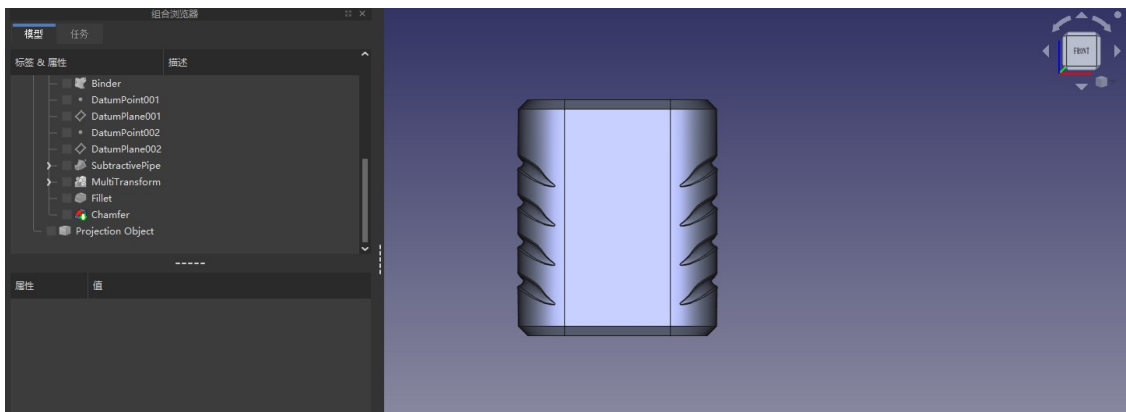
同样初始的扫描不会发生渐消面的过渡，想要达到效果需要手动的去调整草绘的数据位移才可以实现相应的效果，下方的数值仅供参考。



完成之后对切除出来的特征进行线性阵列和镜像变换。

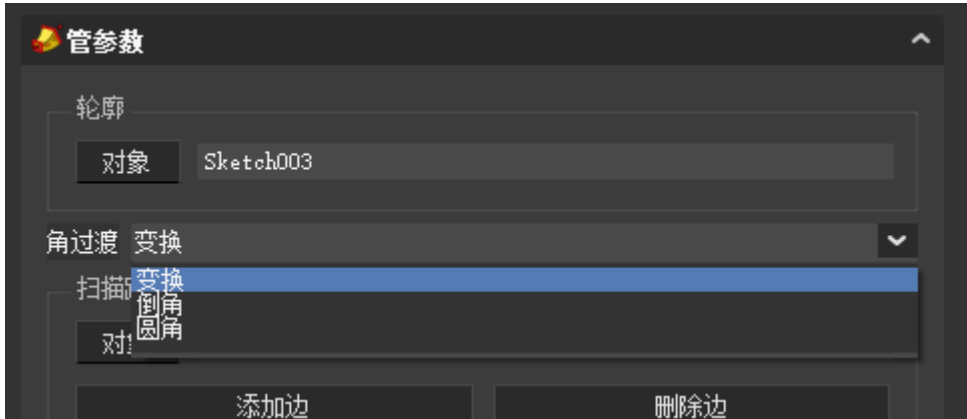


最后为其添加倒圆角和倒斜角的操作，即可实现此效果。

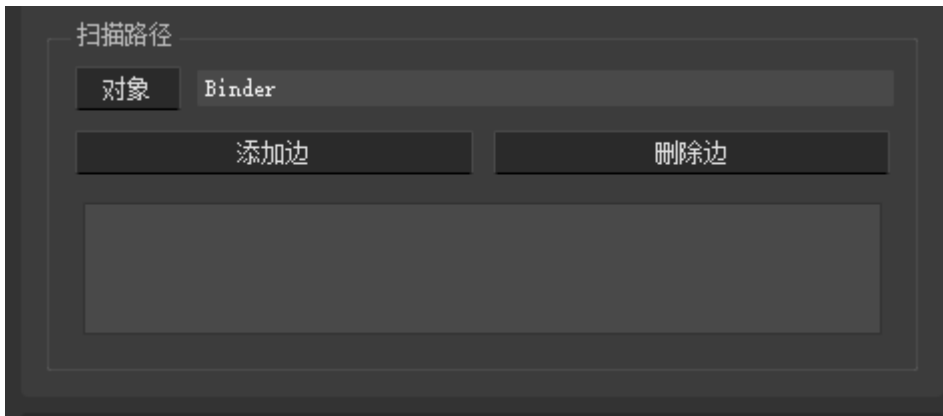


## 角过渡

接下来我们来看扫描中其他可选功能的解析，角过渡是指当截面沿着路径扫描过着增料扫描时形成的过渡方式，变换则是默认、倒角则是形成一次倒角过渡倒斜角、圆角则是以圆角的形式过渡。

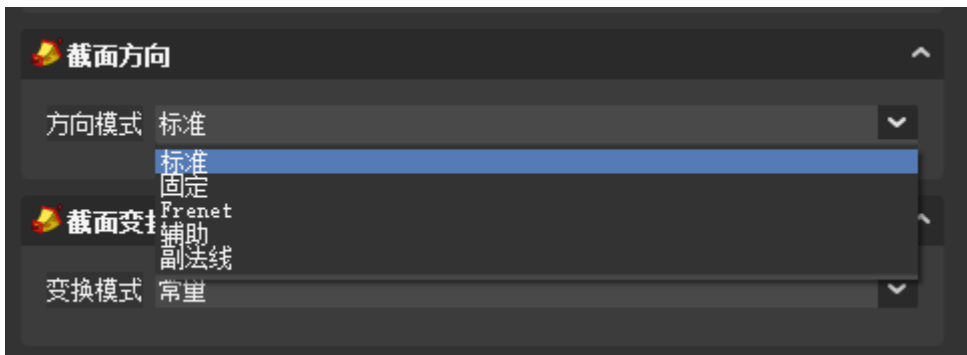


扫描路径就是需要用截面扫描的位置路径。



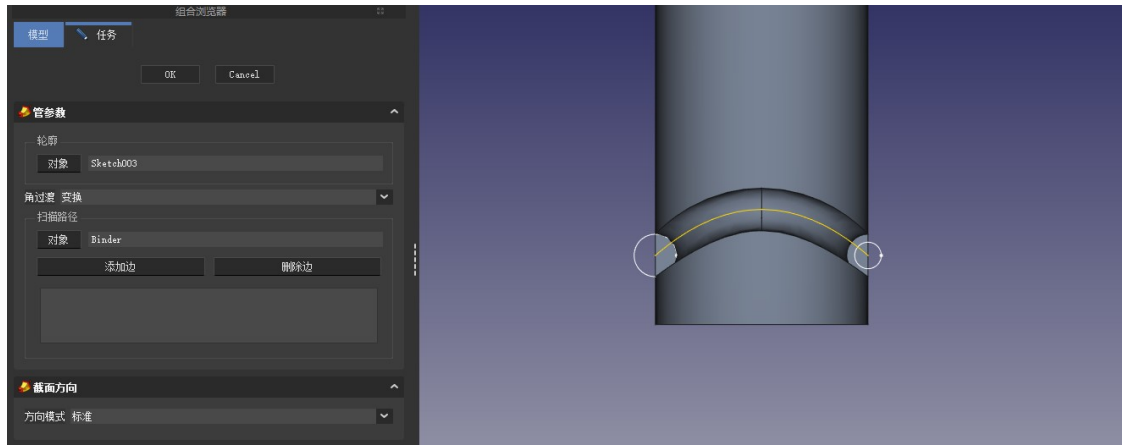
## 截面方向模式

其中重点是方向模式中的几项附加功能。



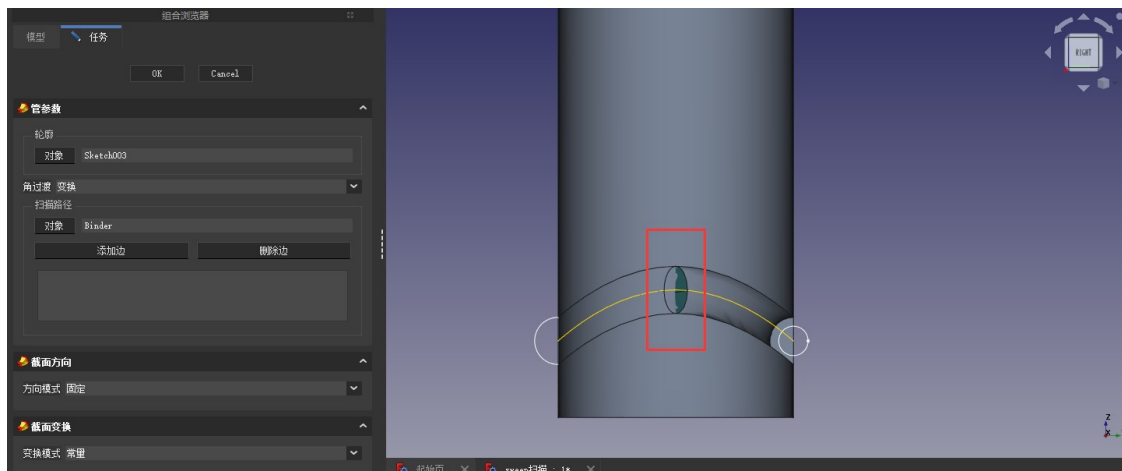
## 标准方向常量

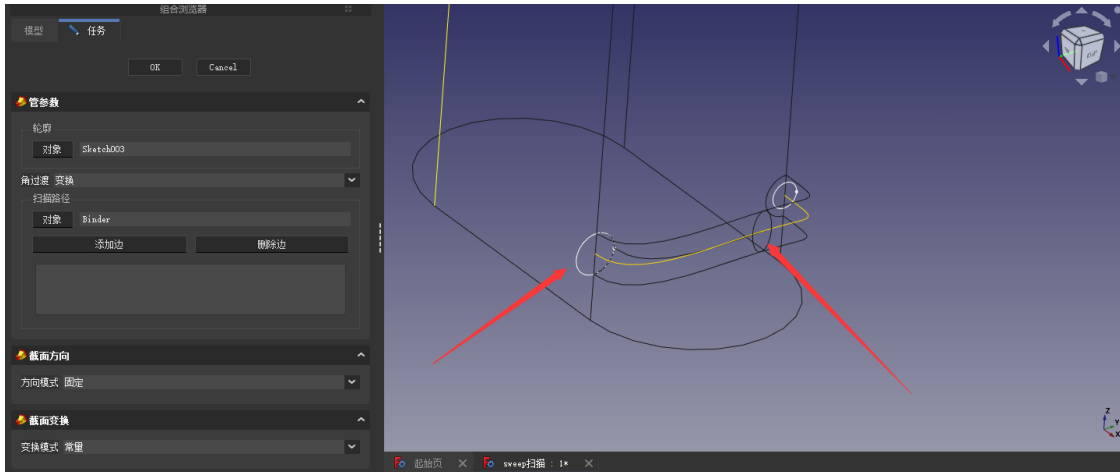
其中标准方向模式以截面为基准并且和曲线路径完全垂直做一次扫描切除，截面的空间向量切向正切线完全垂直于扫描路径。



## 固定方向

固定方向由第一个轮廓设定并始终保持不变。这会停用与路径法线向量的对齐。这意味着横截面形状不会随路径旋转。可以看到下图中只扫描了部分，到了红框部分截面的样子并没有跟随路径垂直从而进行扫描切除。





## Frenet 弗雷内特

Frenet 弗雷内特曲线等量拟合方向是创建尽可能小的轮廓扭曲，与笛卡尔直角坐标系不同；弗雷内特曲线拟合方法是根据曲线坐标系跟随的方式来去计算的，截面和曲线切向向量对齐，并计算法线方向 TN 的插值来去发生一定系数的扭曲，具体的解释可以参看下图维基百科的解释。

*[双正常] 重定向至此。有关该词的范畴论含义，请参阅正规态射。*

在微分几何中，**Frenet-Serret 公式**描述了粒子在三维欧几里德空间中沿着可微曲线运动的运动学特性 $\mathbb{R}^3$ ，或曲线本身的几何属性，与任何运动无关。更具体地说，这些公式描述了所谓的**正切**、**法线**和**副法线单位向量**彼此的导数。这些公式以两位独立发现它们的法国数学家的名字命名：**Jean Frédéric Frenet**在 1847 年的论文中，以及**Joseph Alfred Serret**在 1851 年的论文中。当时还没有用于编写这些公式的向量表示法和线性代数他们的发现。

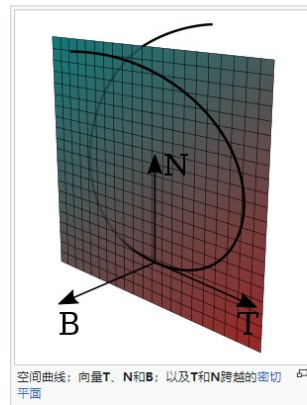
切线、法线和副法线单位向量，通常称为**T**、**N**和**B**，或统称为**Frenet-Serret 坐标系**或**TNB 坐标系**，一起形成**正交基**跨越 $\mathbb{R}^3$ 并定义如下：

- **T**是与**曲线相切**的单位向量，指向运动方向。
- **N**是**法向单位向量**，是**T**对曲线弧长参数除以其长度的导数。
- **B**是**副法线单位向量**，即**T**和**N**的叉积。

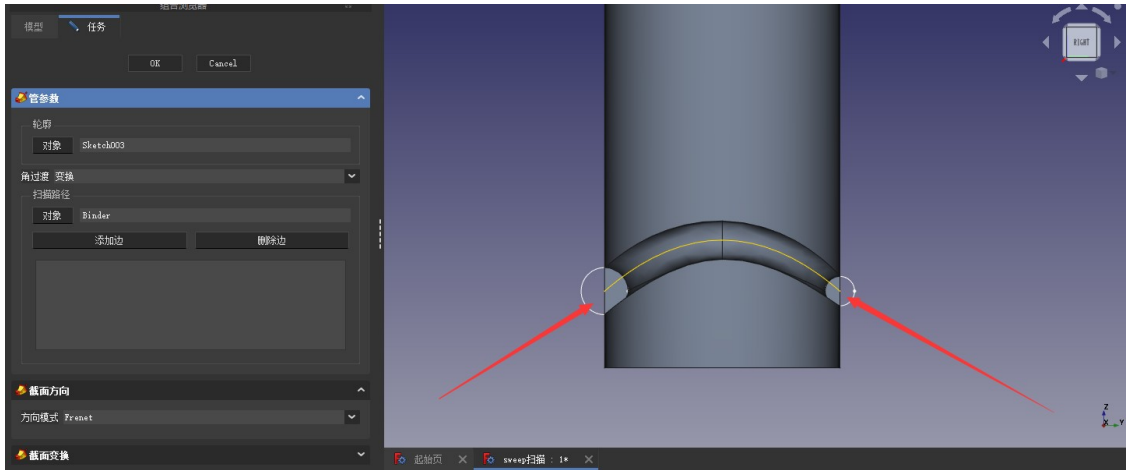
Frenet-Serret 公式为：

$$\begin{aligned}\frac{dT}{ds} &= \kappa N, \\ \frac{dN}{ds} &= -\kappa T + \tau B, \\ \frac{dB}{ds} &= -\tau N,\end{aligned}$$

其中  $d/ds$  是对弧长的导数， $\kappa$  是曲率， $\tau$  是曲线的挠率。两个标量  $\kappa$  和  $\tau$  有效地定义了空间曲线的曲率和挠率。相关的集合 **T**、**N**、**B** 和  $\kappa$  和  $\tau$  被称为**Frenet-Serret 装置**。直观上，曲率衡量的是曲线无法成为直线，而扭转衡量的是曲线无法成为平面。



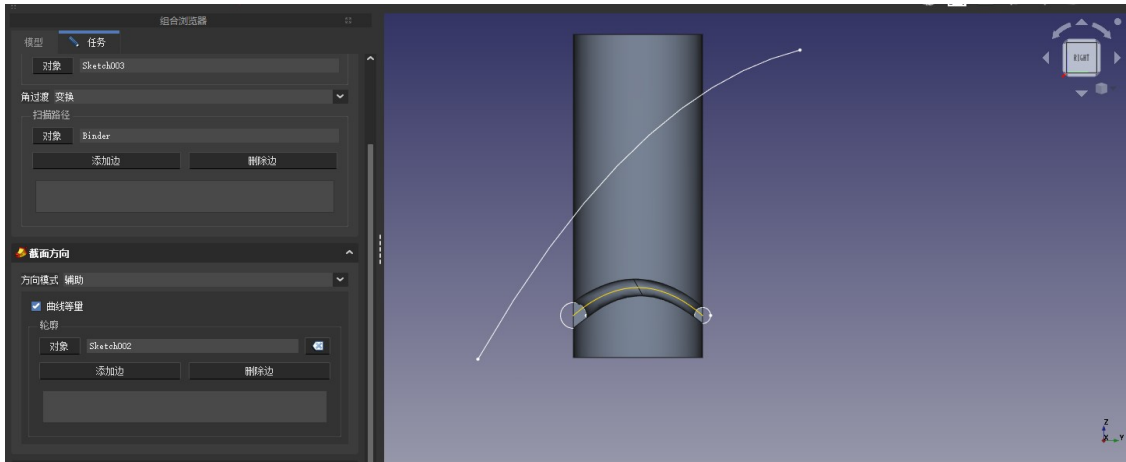
可见下图中由单双截面围绕扫描路径；跟随着曲线发生一定系数上的扭曲偏移。



(弗蕾内特曲线拟合)

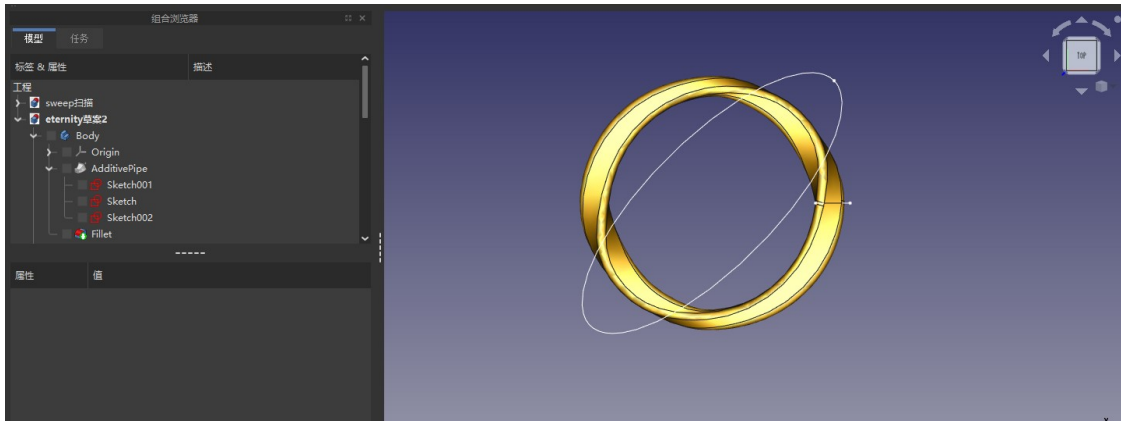
### 辅助曲线等量

方向模式辅助曲线等量跟随扫描路径进行切除增料以外，还可以通过添加辅助截面和辅助曲线来控制形变的系数。在下图中我们添加了一根辅助曲线作为曲线等量路径；选则曲线等量时会跟着曲线沿着扫描路径进行等比例缩放；如果为辅助截面时会跟着截面进行变换和一定程度的扭曲。

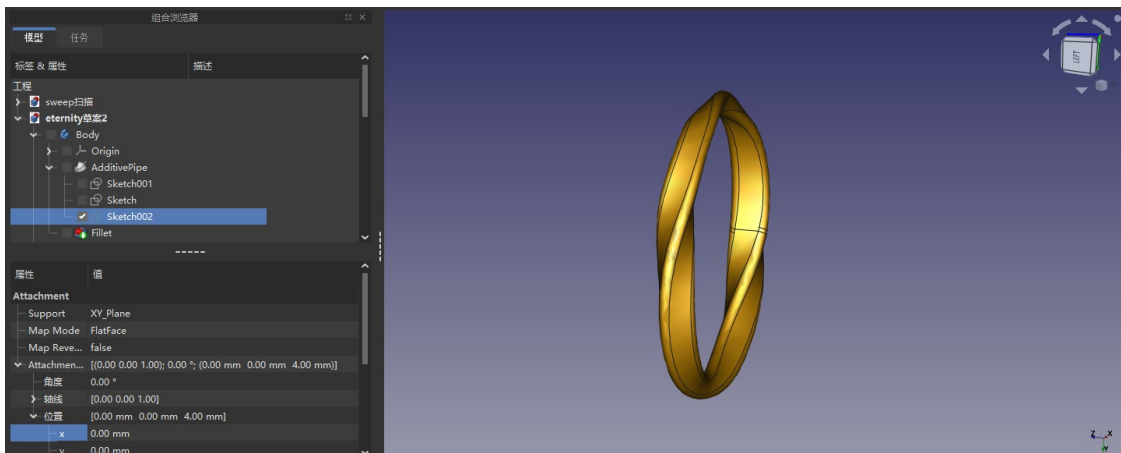


(沿着辅助曲线跟随等量)

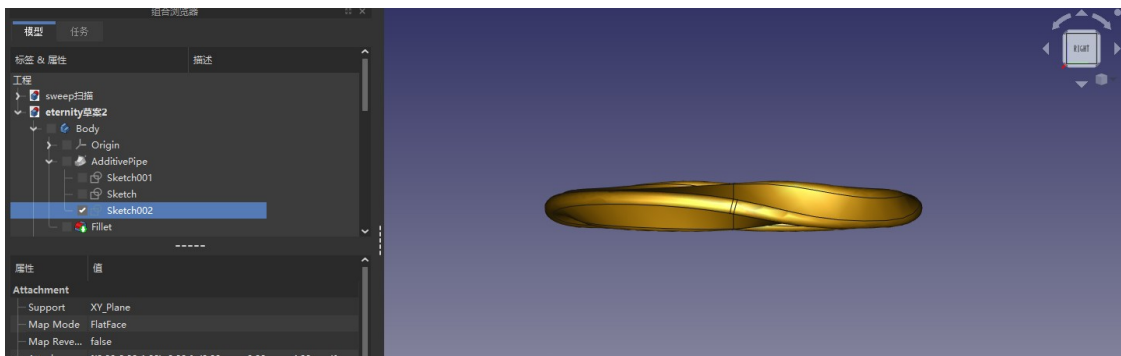
同样使用此曲线等量的方法不仅可以用于使用辅助曲线来去进行控制；还可以使用截面去控制，扭曲形变的系数完全取决于截面或者是辅助曲线本身的系数。



(曲线等量跟随截面发生扭曲形变)



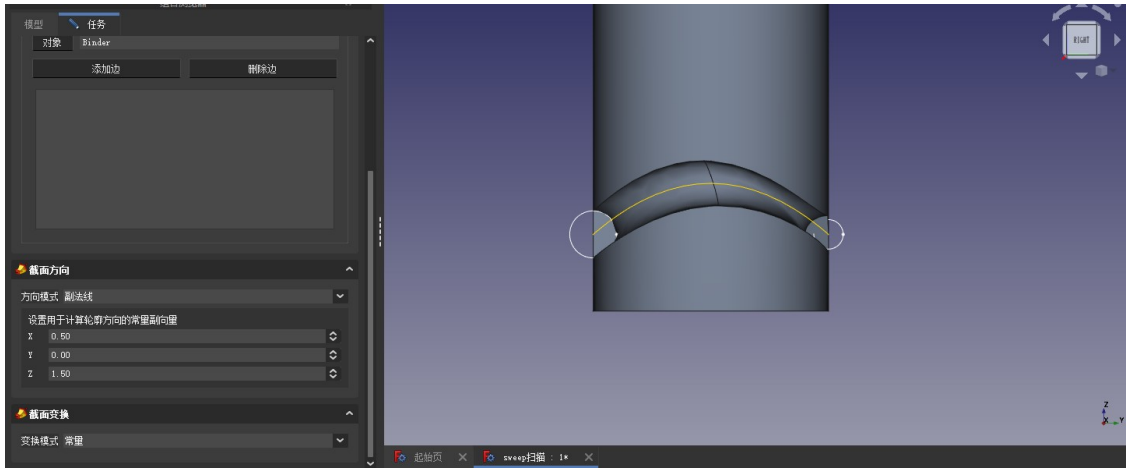
(曲线等量跟随截面)



(曲线等量跟随截面做出莫比乌斯环的效果)

### 副法线

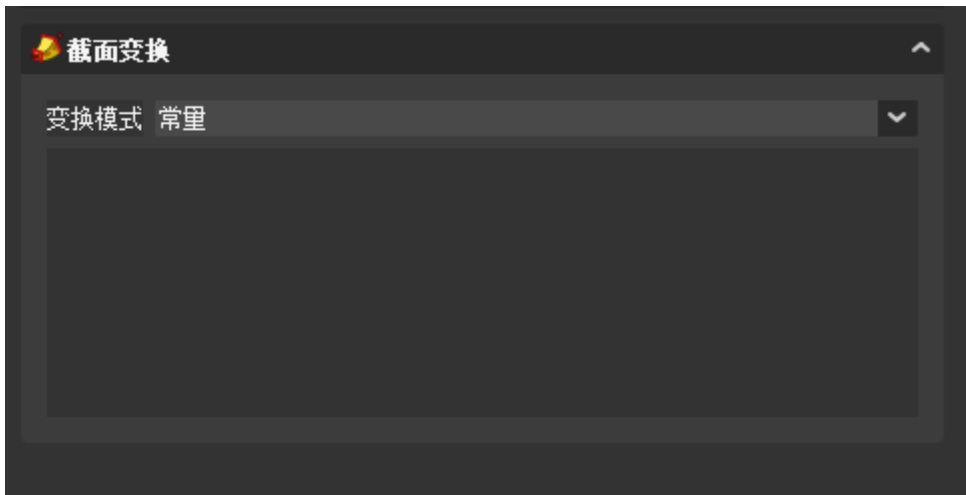
方向模式法线方向，通过自定义 XYZ 的法线方向来去定义向量空间中左边进行自定义的扫描。



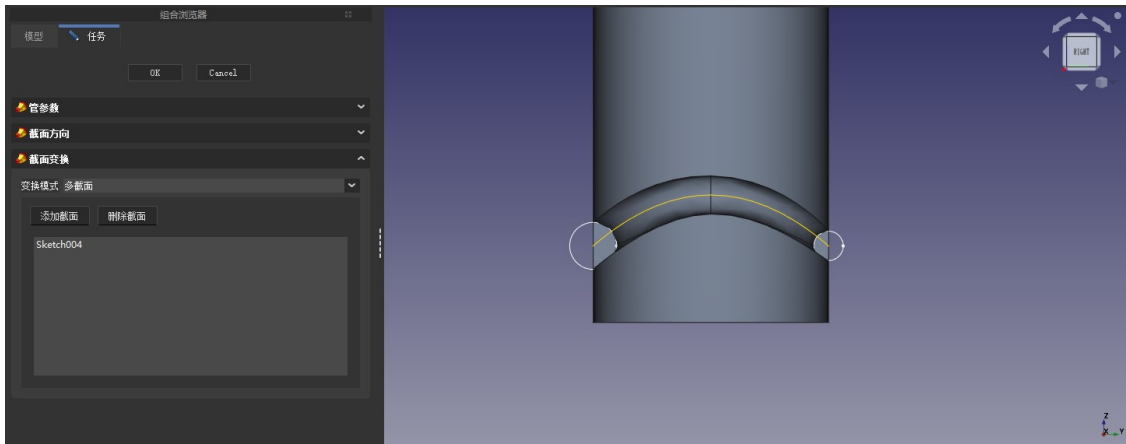
(副法线方向)

## 截面变换模式

截面的变换常量是默认由一个截面进行跟随路径扫描。



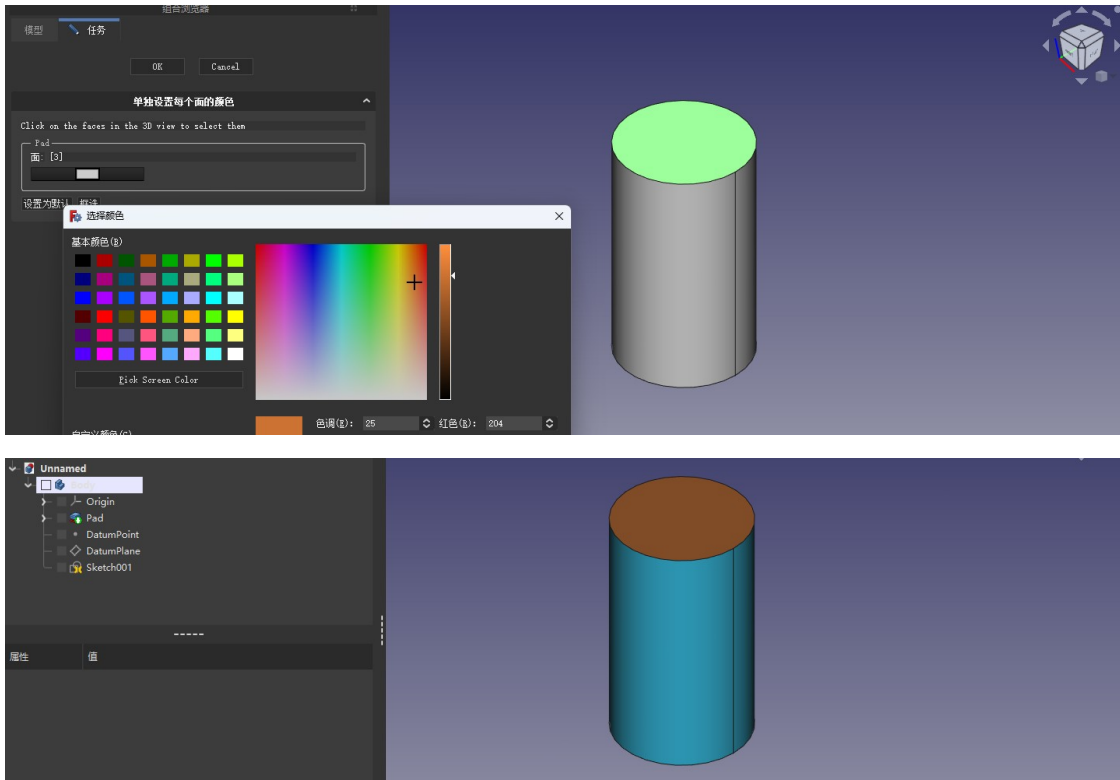
多截面可以选择多个截面跟随路径进行扫描。



(多截面扫描)

## 逐面着色

逐面着色功能则是对于物体根据不同的面进行颜色的设置，必须先选中物体才能够对模型各个面设置颜色。



(逐面着色完成)

## 类似自顶向下的设计逻辑

在 FreeCAD 中也可以实现类似于 creo 那样的自顶向下设计根据骨架模型来创建模型骨架；后续的更改都是链接式的。

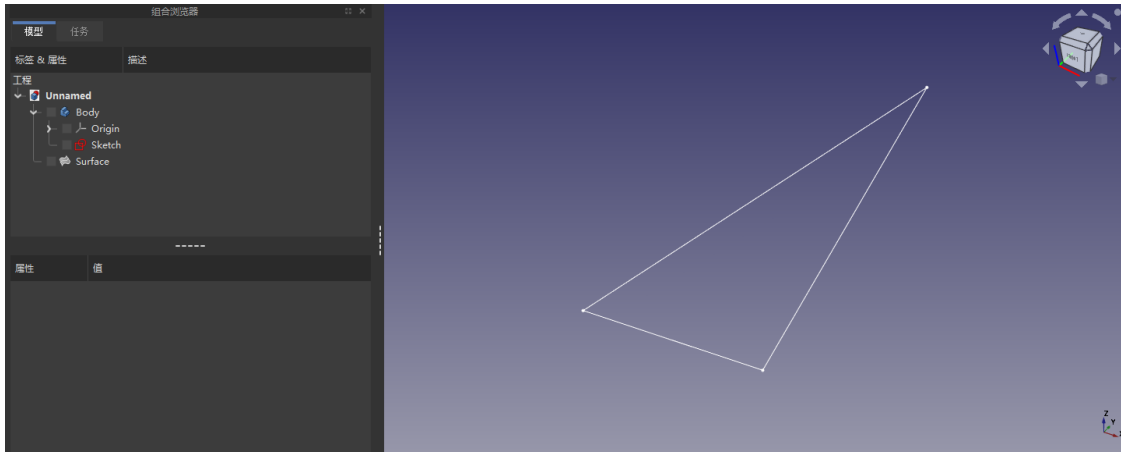
具体的操作逻辑和技巧方法可以查看视频讲解：

[https://www.bilibili.com/video/BV1sW4y1Z7zH/?vd\\_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66](https://www.bilibili.com/video/BV1sW4y1Z7zH/?vd_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66)

## 骨架模型

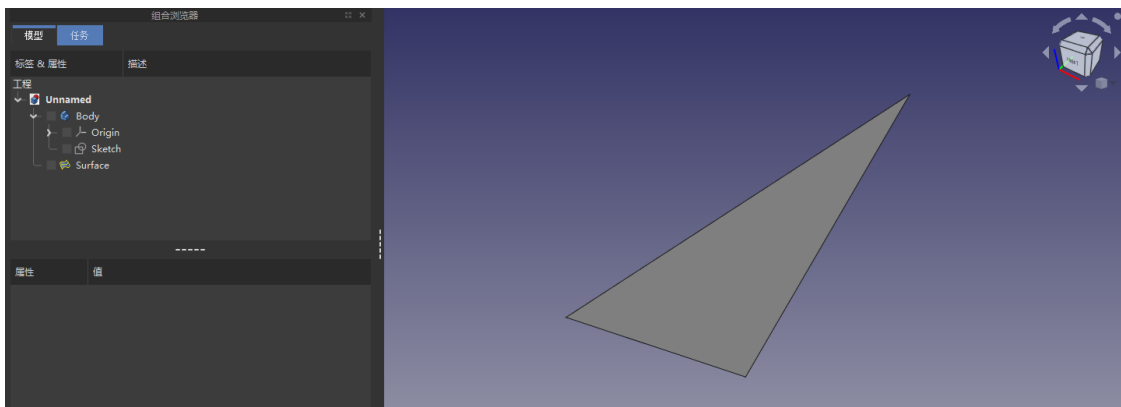
我们开始创建骨架模型，它的存在是一个最基本的草绘也是最重要的一个草绘；尤其在产品开发时需要进行多次迭代利用好克隆

同时利用好基本特征可以避免很多工作量的产生，基于骨架的所有特征都是链接于主骨架的，因此当主要骨架模型发生改变，所有的子级对象也同样发生改变。



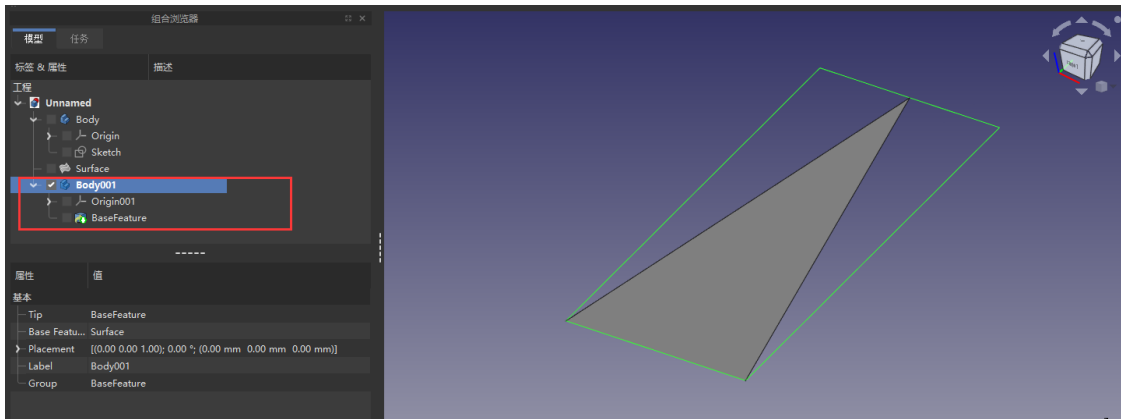
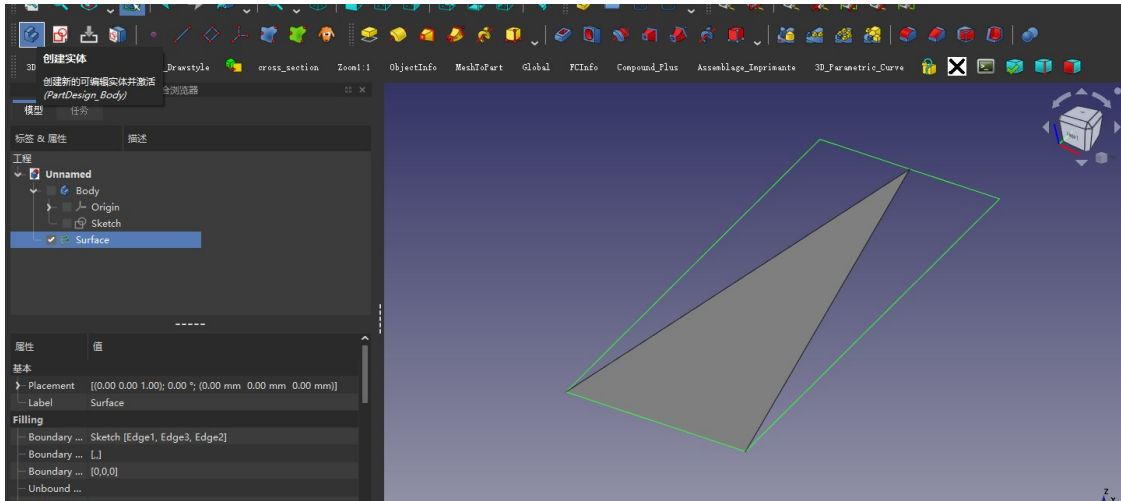
### (基础骨架草绘)

可见上图就一个三角形草绘图元，我们不在主零件里创建任何特征，仅仅是创建一个骨架；接下来用这根草绘线到 surface 曲面工作台进行一次边界曲面的建立。关于曲面工作台怎么创建面片可以参考曲面工作台。

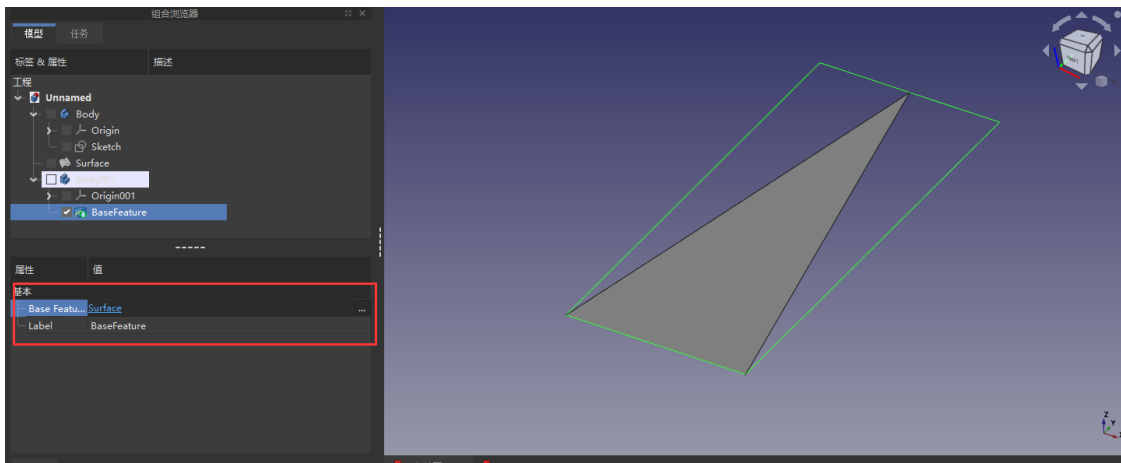


### (基于曲面工作台的面片)

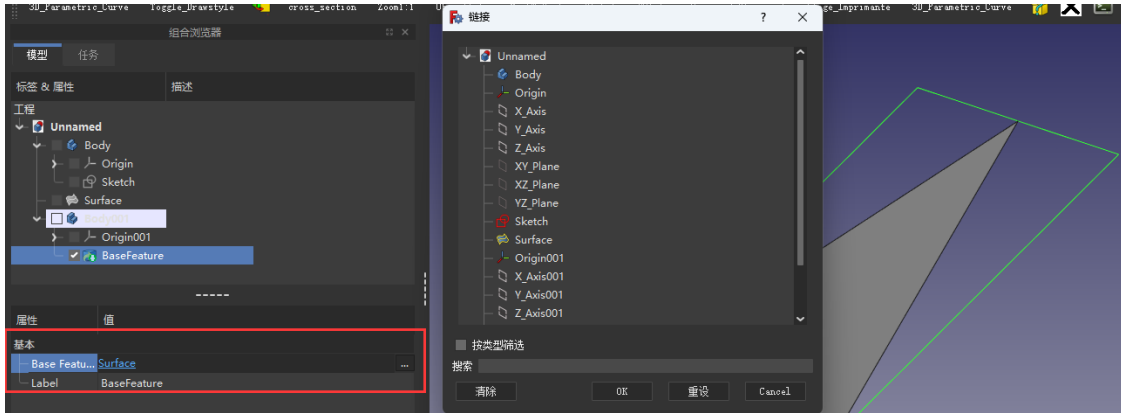
当有了这个特征之后我们会到 partdesign 工作台，把这个三角面片拖入到一个新零件里面。



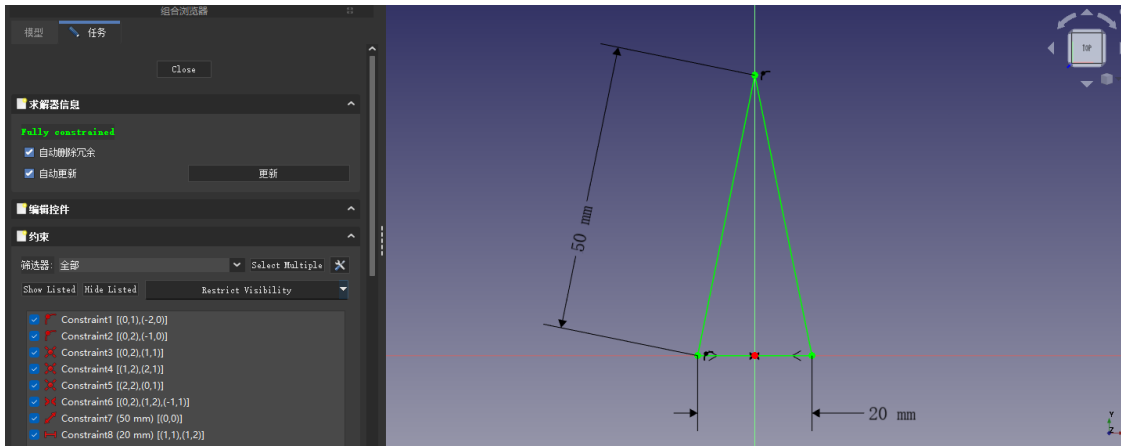
可见上图红框部分已经创建了一个基本特征，我们可以点击这个基本特征在数据面板可以看到这个基本特征的依赖关系。



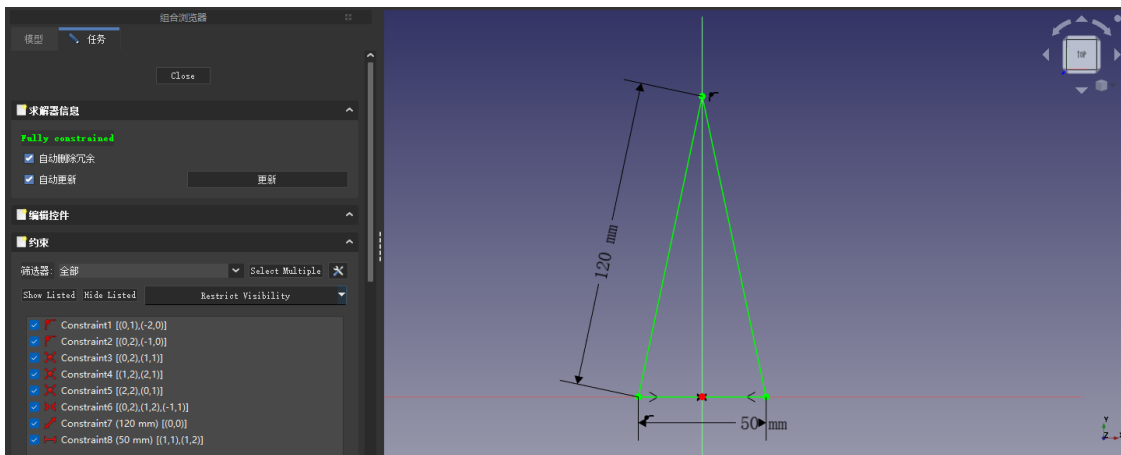
可以看到这个基本特征基于 surface 面片的，继续看模型树的顺序：Body—surface—Body001 这是三个主要的模型特征；在每个子级展开后对象剩下两个都是基于 Body 线性往下走的，意味着它们都是 Body 的子级。



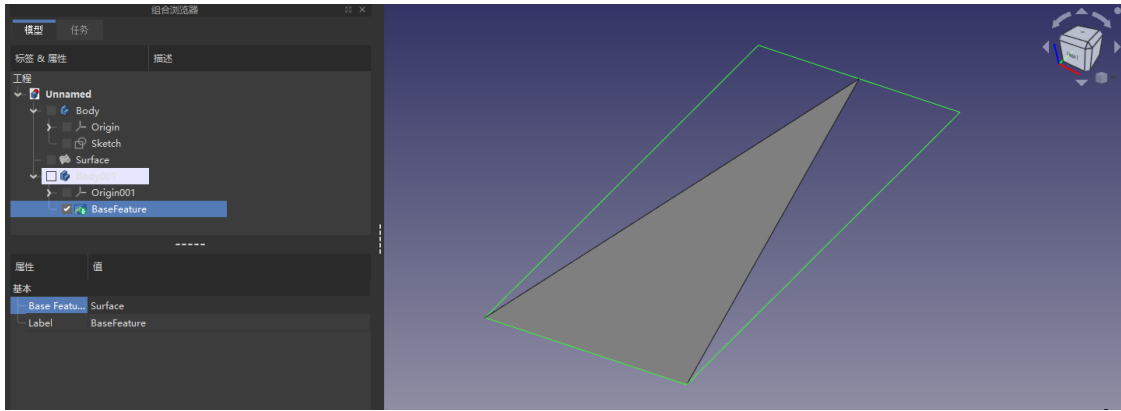
同样在展开的附加菜单中你也可以把基本特征的依赖改成其它对象（如果可用的情况下），接下来我们去改变 Body 骨架模型中这个三角形的数值。



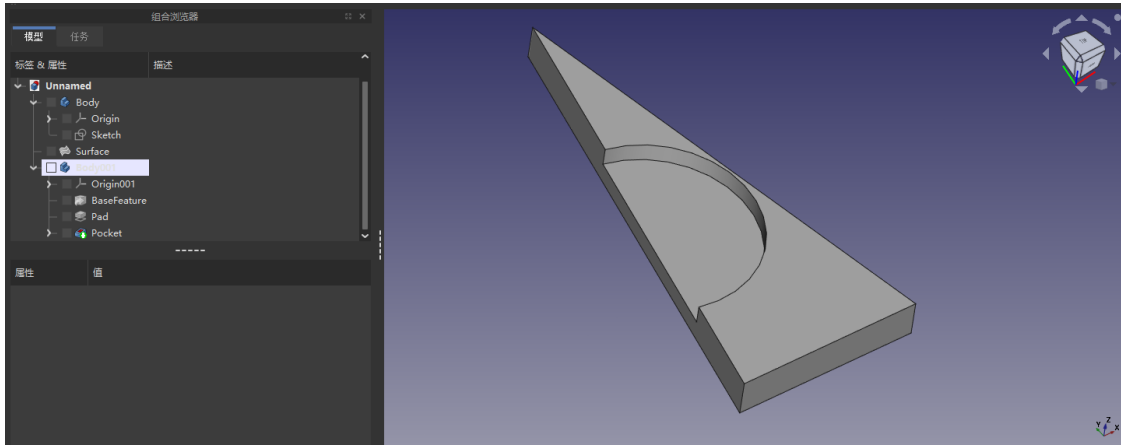
（原始尺寸）



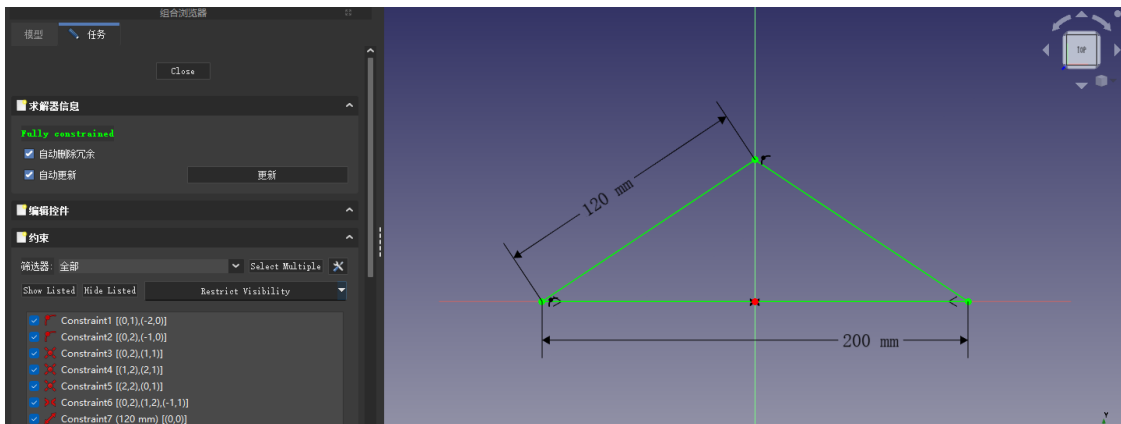
如上图所示我们改变了三角形图元的尺寸数据，接下来退出草绘器查看结果。

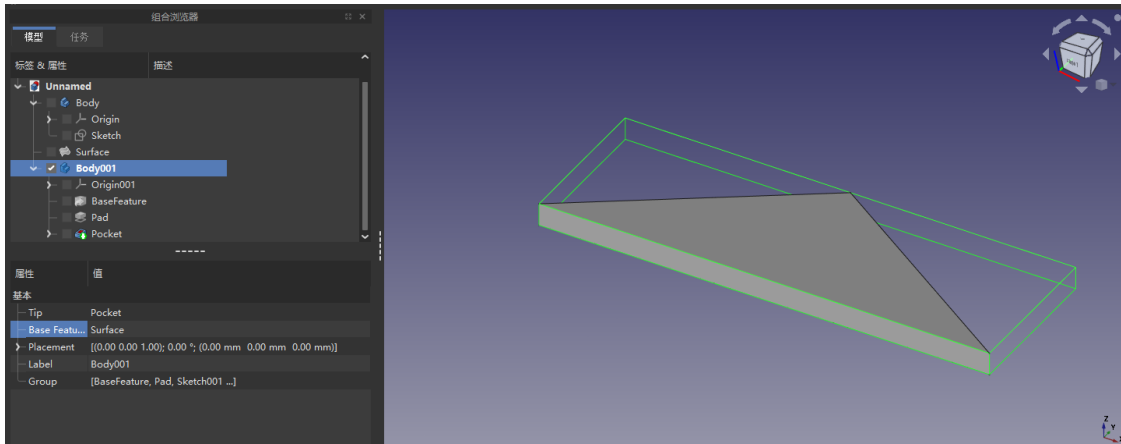


成功变换了草绘的数据，并且面片跟着形变的同时基于面片的基本特征也跟着一起变化；可以利用这种方法可以在不损坏的原模型的基础上进行调整，同时基本特征里也可以进行独立调整它并不会影响骨架模型。因为子级不能操控父级优先级不同。

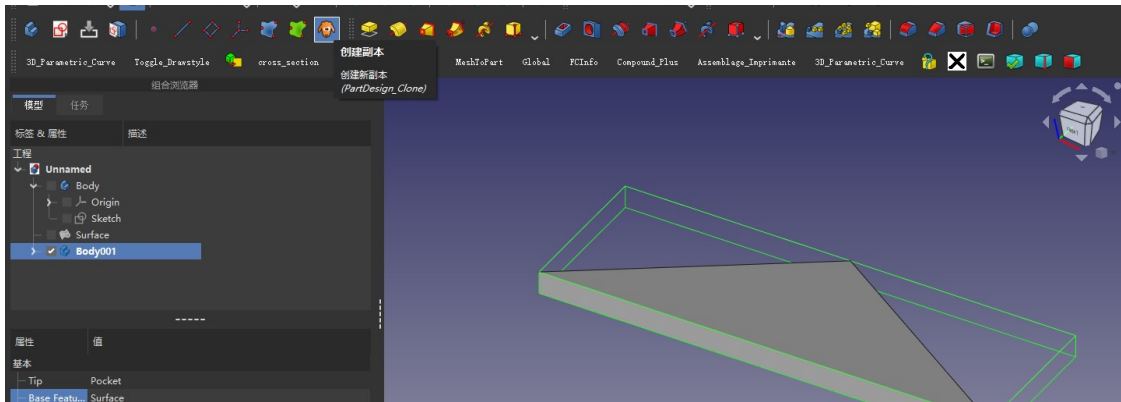


如上图对这个基本特征进行了拉伸凸台和拉伸切除；它并不影响 surface 也不会影响骨架，甚至我们依然可以到骨架模型中对这个基本特征进行数据变换。

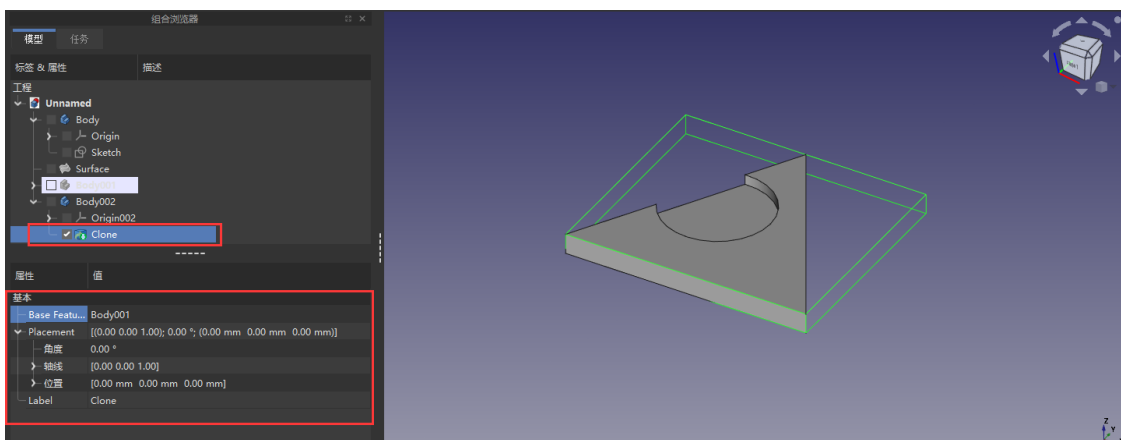




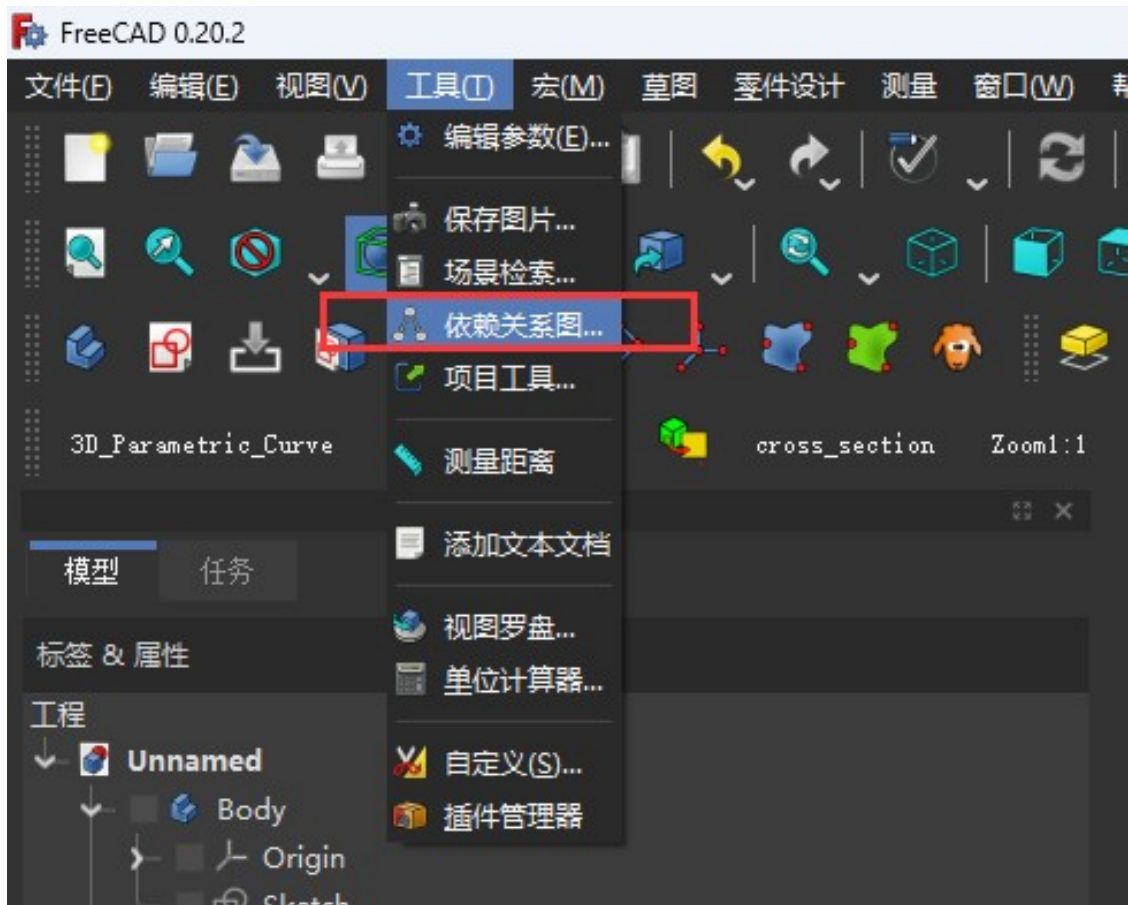
数据重新变化之后重新生成的特征，因此这种方法可以在不破坏父级零件的情况下进行无损建模；同样不仅仅是 surface 其他的参数化特征都可以使用这种方法去进行。而实现的方法也不仅仅只有一种。



利用创建副本功能去实现副本建立克隆对象；克隆对象还具有独立的数据变换面板可以单独进行数值变换见下图所示。

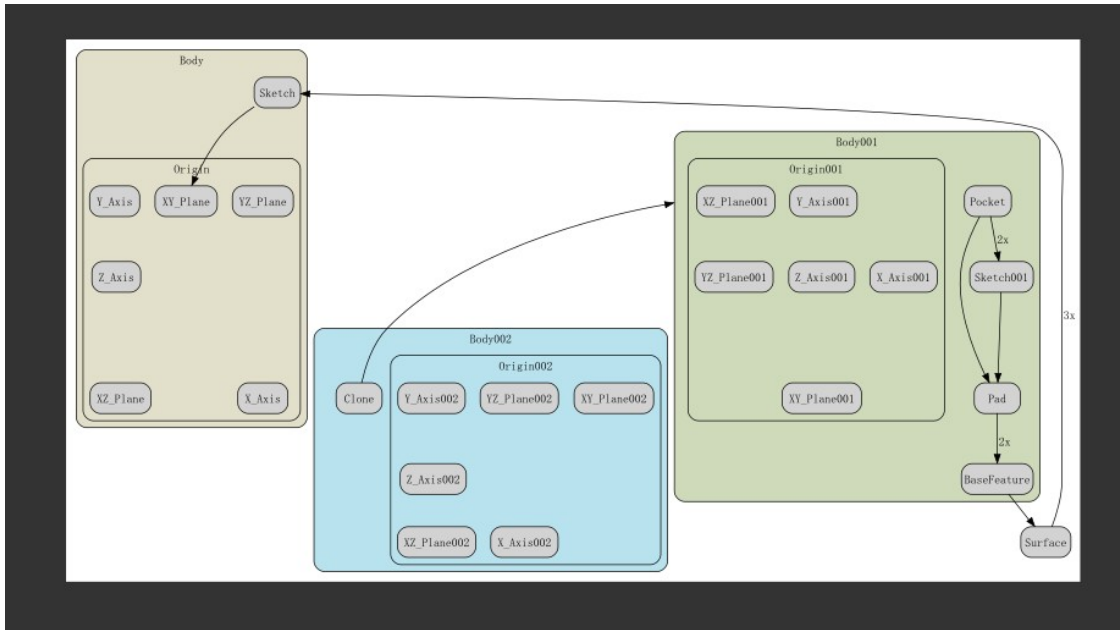


上图中 Body002 的克隆是基于 Body001 创建的；但是无论如何只要父级对象不消失那么接下来的一切特征父级对象都可以去调控它们的数据，上图中又进行了一次基于骨架的草绘尺寸调整。所以可以看到克隆被影响而且基本特征也被影响了。

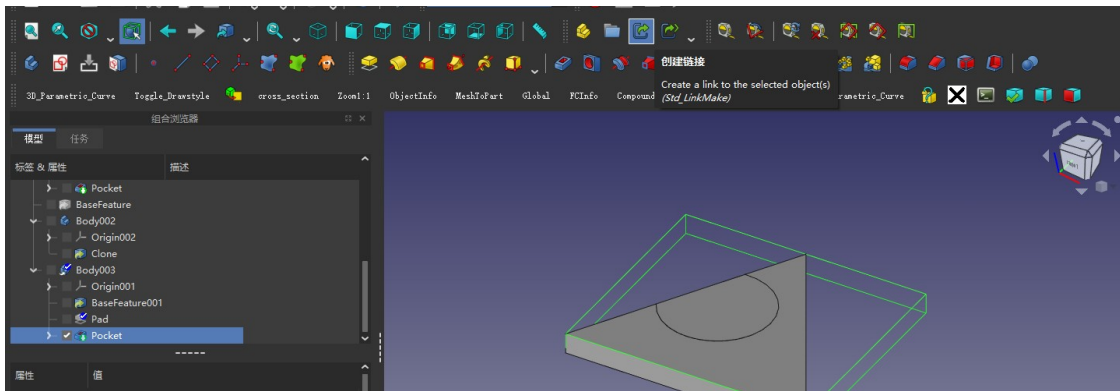


## 模型依赖解析

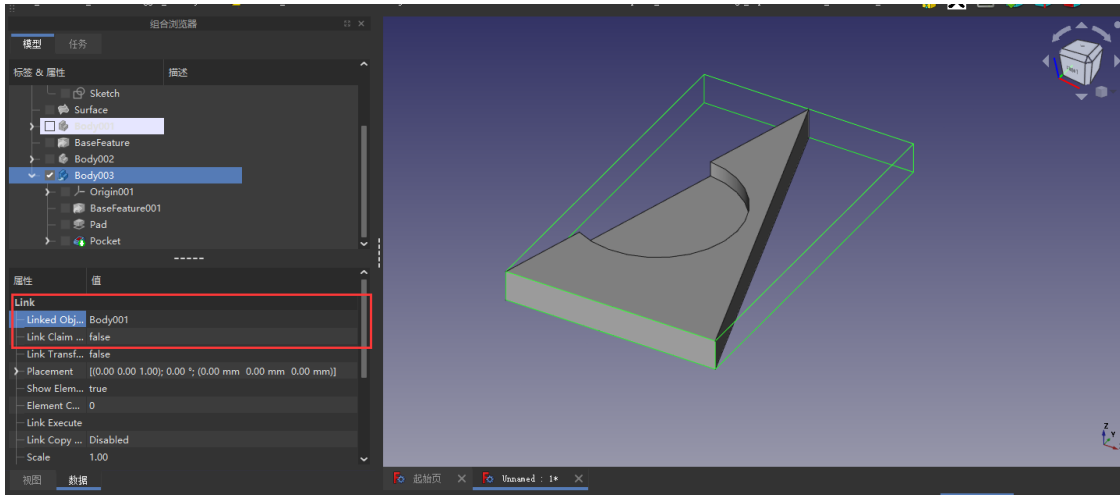
如果想更清晰的了解模型之间的依赖关系可以在工具栏找到下拉菜单中的依赖关系图查看，注：需要下载插件如果没有插件的话会提示你下载点击下载地址跳转下载即可。



可见上图的依赖关系 Body002 中的克隆依赖于 Body001 而 Body001 的基本特征依赖于 Surface 面片；面片对象有个 3x 意思是依赖的对象的数量，surface 特征返回到 Body 中也就是我们的骨架模型。这是一个循环模型依赖图证明了只要 Body 主要模型发生改变所依赖的对象全部会发生改变；同样骨架模型丢失也就失去了一切的依赖。



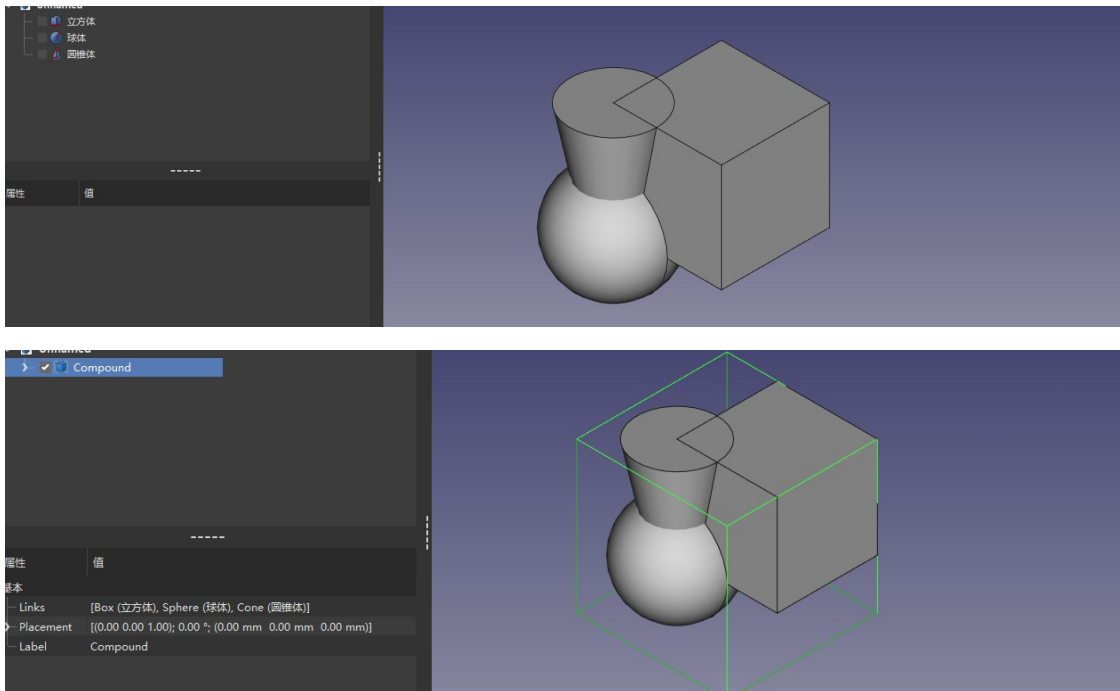
同样你也可以创建 link 链接对象；方法可以参考辅助工具附加中的创建组功能。建议去使用基本特征和创建副本因为它们是基于实体的克隆副本。但是 link 链接对象也有一个好处就在于可以跨项目链接对象去引用对象；这一点基本特征和克隆对象都做不到。



(链接对象)

## Compound 工具组合

Compound 工具组合工具是将多个形体或者零件打成一个组的工具，例如我们现在左侧模型树栏中有三个参数化图元，选中它们三个点击组合工具可以把这三个零件组合成一个群组方便管理，注意组合并非是合并成一个零件不要理解错了。

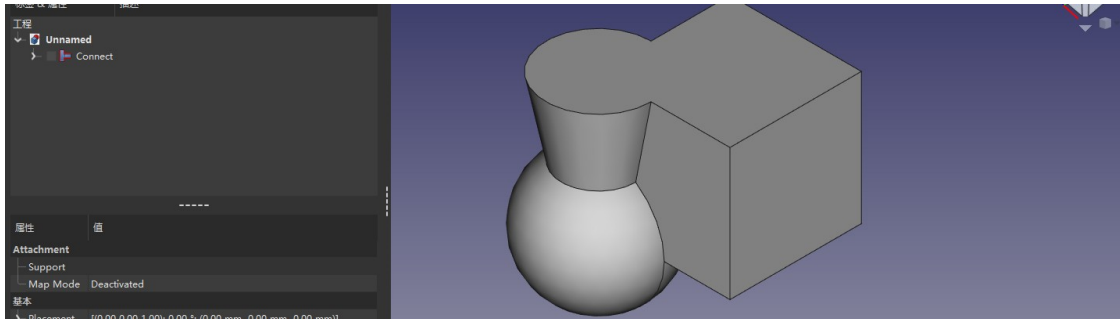


(组合完成)

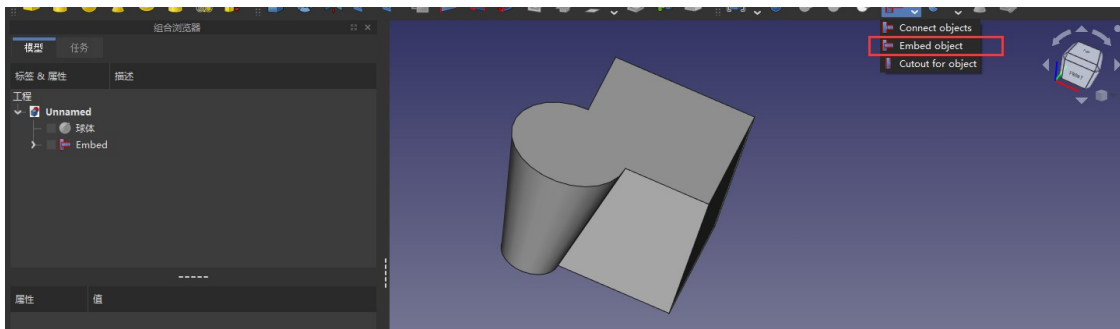
注：布尔工具组和零件设计模块下的布尔工具组一样这里不再多做赘述。

## 合并目标

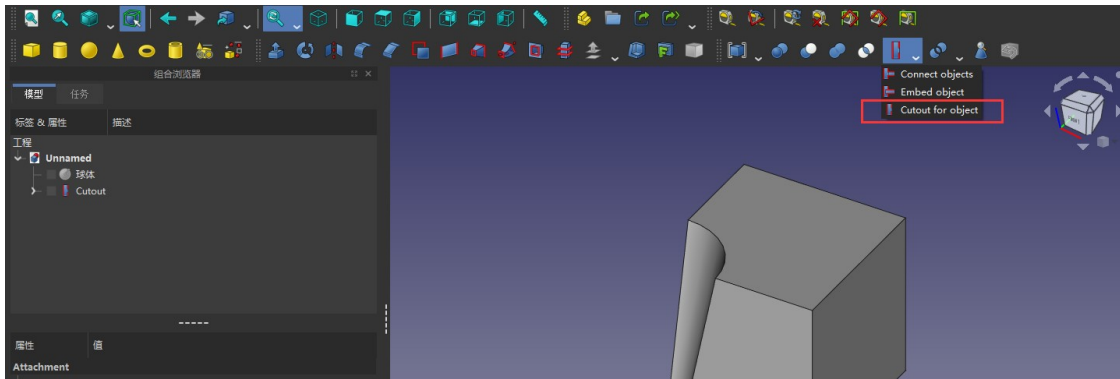
合并目标工具组更像是布尔工具组，在下拉菜单中也有类似多形体的交集、并集、差集和交集的拼合，我们使用三个形体对他们进行第一种连接组合。



### (连接目标)

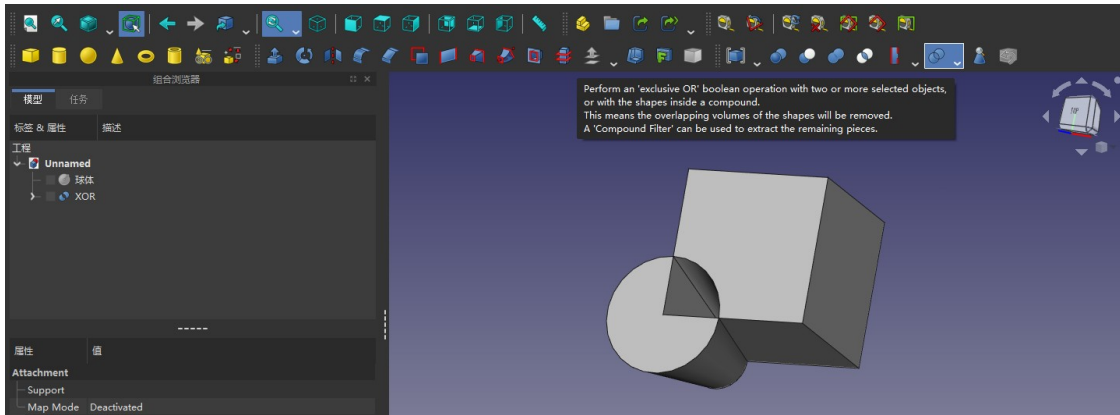


### (合并目标)



(剪切目标) 和布尔工具一样最先选中的则会成为切除的源对象。

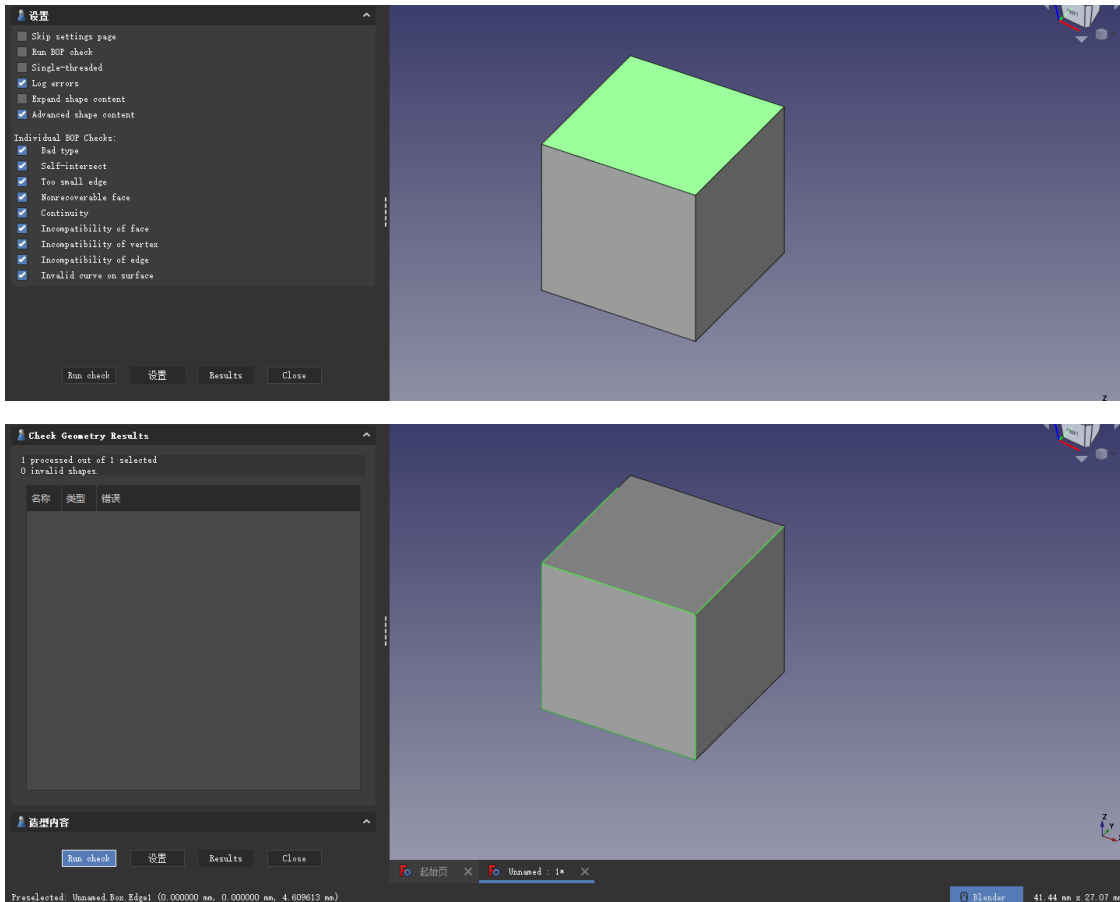
拆分对象也和布尔对象一样提供四种模式并集、差集、剪切、交集，由于类似布尔工具组有很多这里就不一一举例。



( 拆分对象组 )

## 几何检查

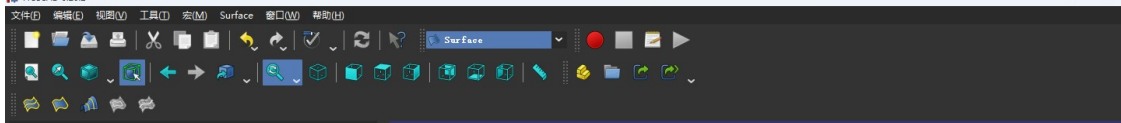
几何检查工具点击之后会运行数据库里的检查程序以检查几何体是否正常是否边线和边线之间存在交集或者有非法面和非法线，在左侧面板中点击 Runcheck 即可运行检查，进度条结束之后会显示此模型检查之后的结果。





( 几何检查 )


## 曲面工作台 ( Surface Workbench )


在 FreeCAD 中集成了曲面工作台用于生成曲面以及直纹曲面和孔斯曲面包括放样曲面等。



 边界曲面通过一系列的边界来去创建曲面，可以通过其他的支撑边来去支撑曲面。

 填充式曲面通过两条边或者三条边或者四条边来去填充一个曲面。

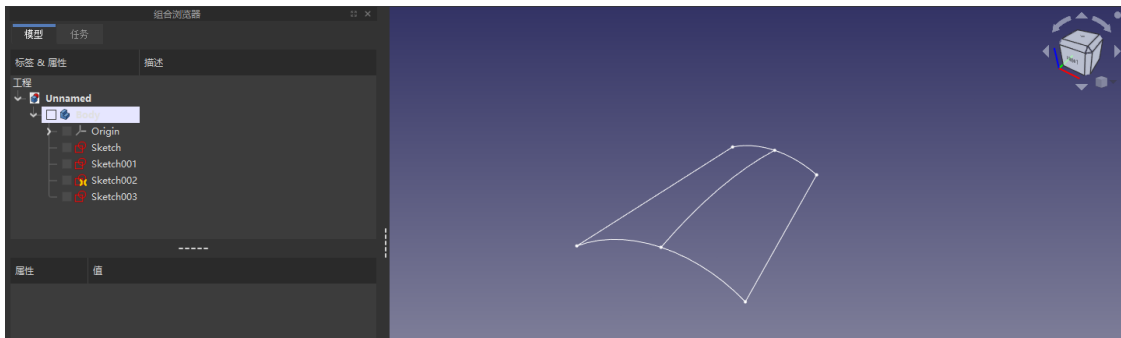
 放样曲面是通过两个或者多个截面来进行放样曲面的生成。

 曲面延伸可以通过已经生成的曲面延伸出一定的距离。

 网格曲面通过网格来去创建曲线。

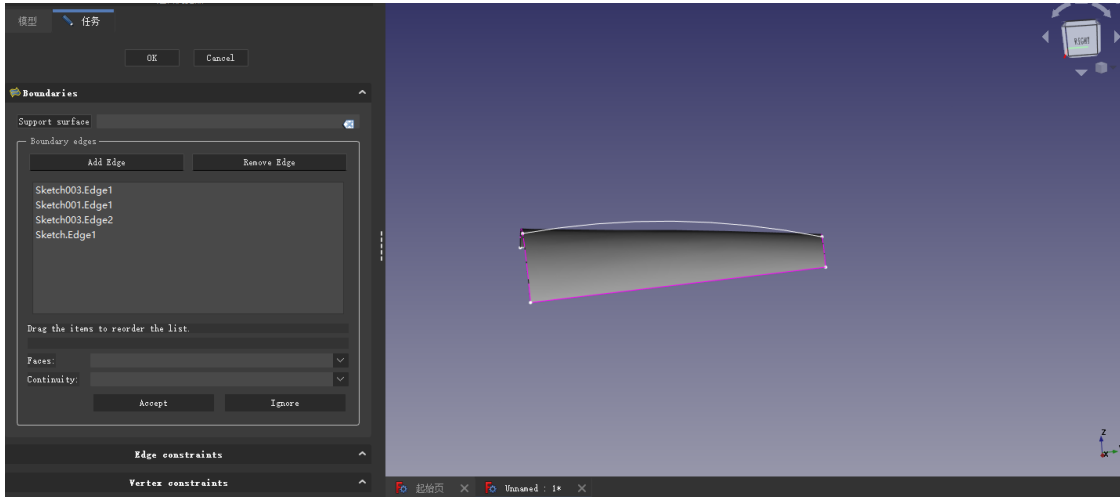
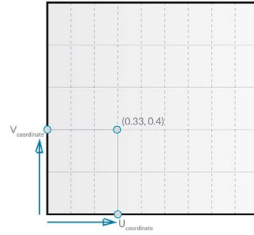
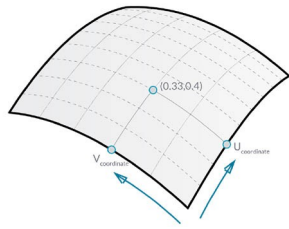
## 边界曲面 UV 曲面

在零件设计模式下绘制草绘，如图所示绘制完毕后我们进行第一种边界曲面的构建，注意上述几种曲面一定要是在封闭草绘中才能构建（放样曲面除外）

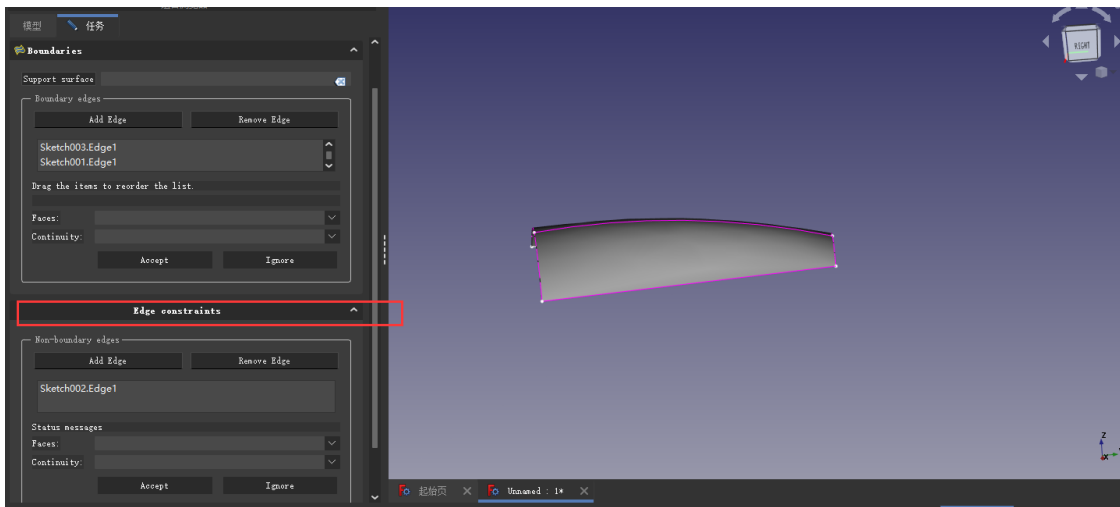


进入曲面工作台在左侧控制面板中单击添加边线命令按照 UV 方向来去点击构建曲面，注意 UV 方向不要选错否则无法构建。请参照下图的 UV 解释。

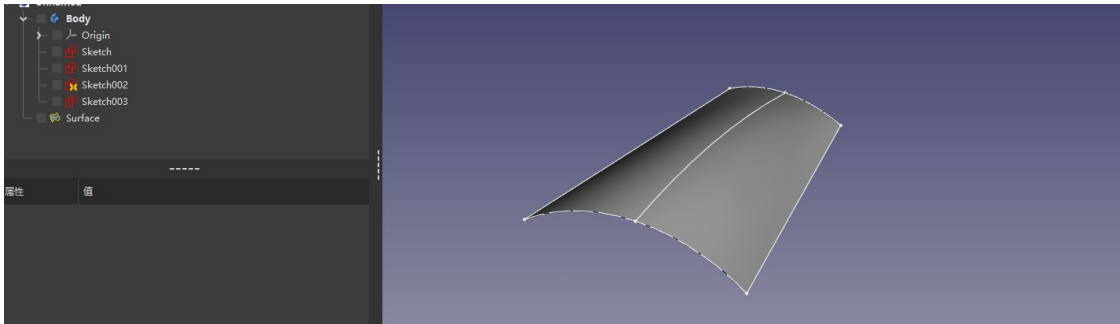
曲面域定义为(U,V)参数的范围，这些参数评估为该曲面上的三维点。每个维度中的域（U 或 V）通常描述为两个数字（U 最小值到 U 最大值）和（V 最小值到 V 最大值）。



这里四边曲面构建完成，但是并不是我们想要的我们可以点击下方的边线约束将曲面贴合至我们绘制的引导路径上。

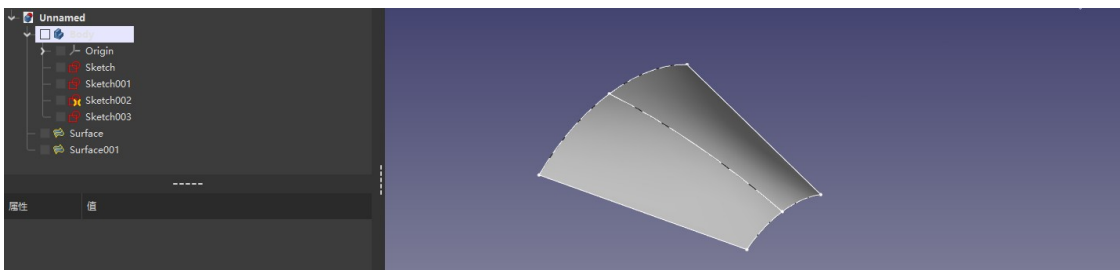


此时我们的曲面含骨架约束的就构建完成，不仅可以用线也可以用点去做约束，方法同上。

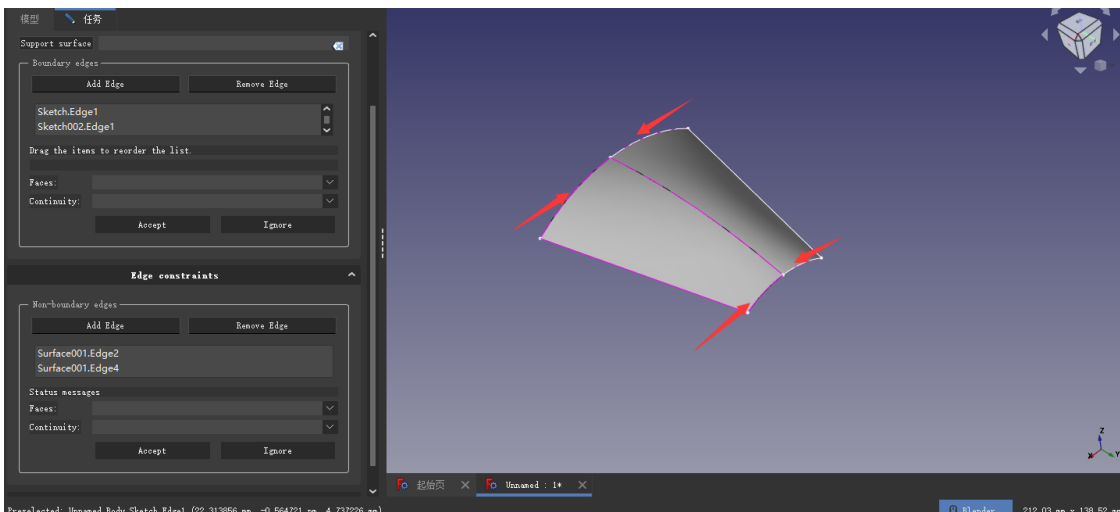


(边界曲面构建完成)

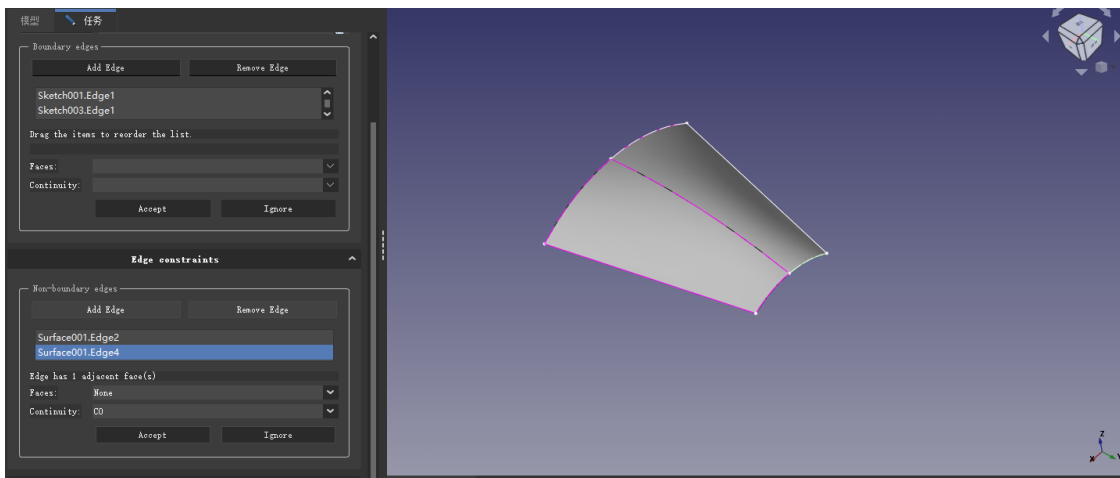
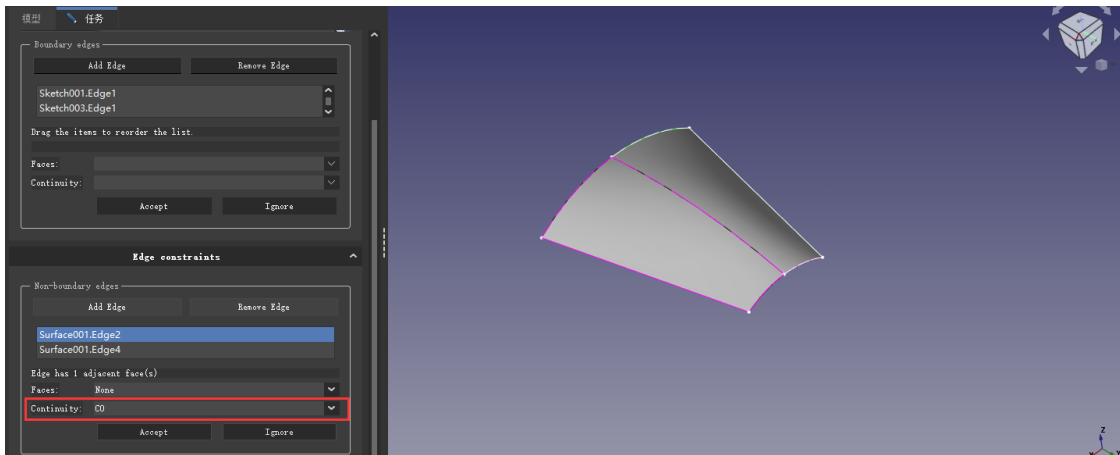
值得注意的是在边界曲面生成中也有类似于UG或者ProE中的曲线连接系数控制；系数分别是C0·G1·G2连续，在FC中想要达成这样的连接条件首先必须草绘就得有G1的特征，草绘和另一段草绘曲线具有G1相切约束才能在曲面连接时构成G1连续，但是FC在当前版本中无法达成G2曲率连续原因是草绘器中无法实现G2曲率连续。



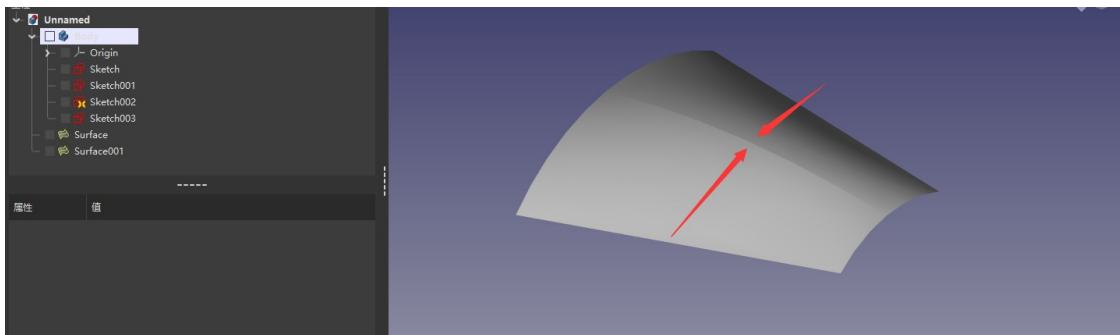
达成条件必须是两个拼合的曲面且草绘打断的状态下，第二、必须草绘线具有G1相切约束才能在曲面控制面板控制和另一个曲面之间的连接关系。



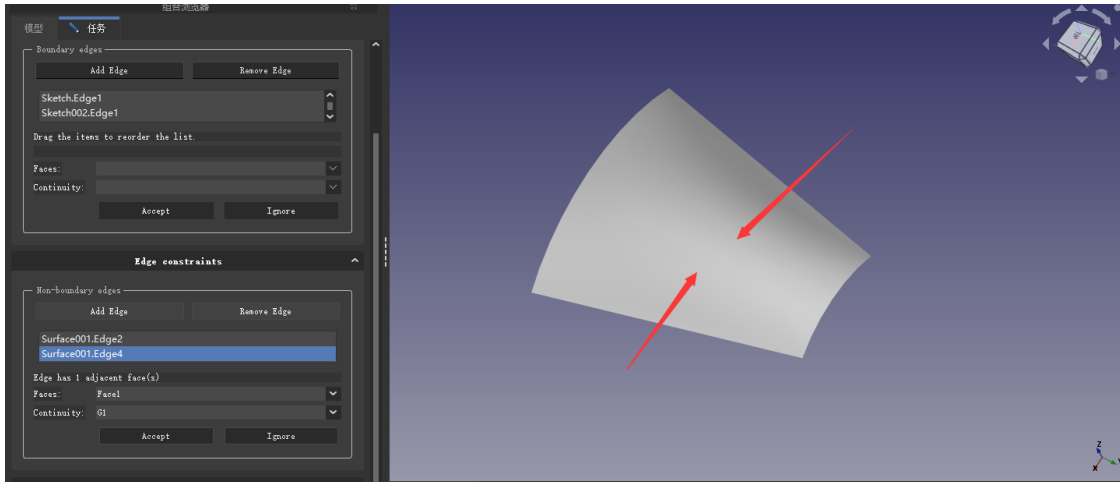
如箭头所示曲面前端的弧和后端的弧是相切的，所以在边线约束这里添加了对对象弧线的约束。



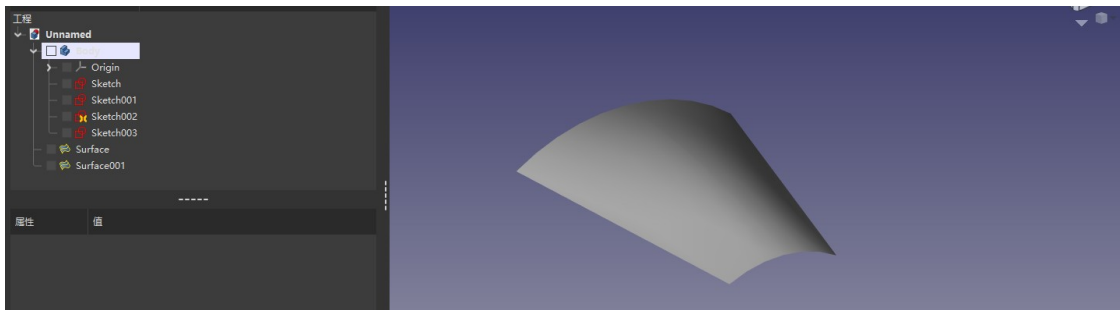
此时和对向曲面边线的连接系数是 C0 也就是位置重合，在此模式下曲面过渡不完全有棱边详情见着色模式参照下图。



现在返回曲面面板中重新定义两根弧和对向曲面的约束更改为 G1 连续。



(定义为 G1 连续)



(着色模式下)

关于曲面讲解视频地址：

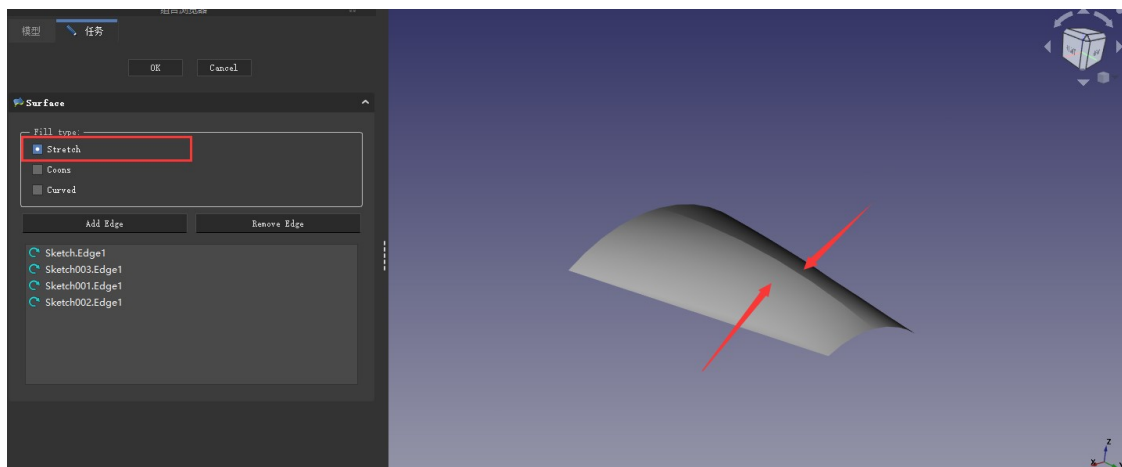
[https://www.bilibili.com/video/BV1Ux4y1P7yU/?spm\\_id\\_from=333.999.0.0&vd\\_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66](https://www.bilibili.com/video/BV1Ux4y1P7yU/?spm_id_from=333.999.0.0&vd_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66)

## 填充曲面

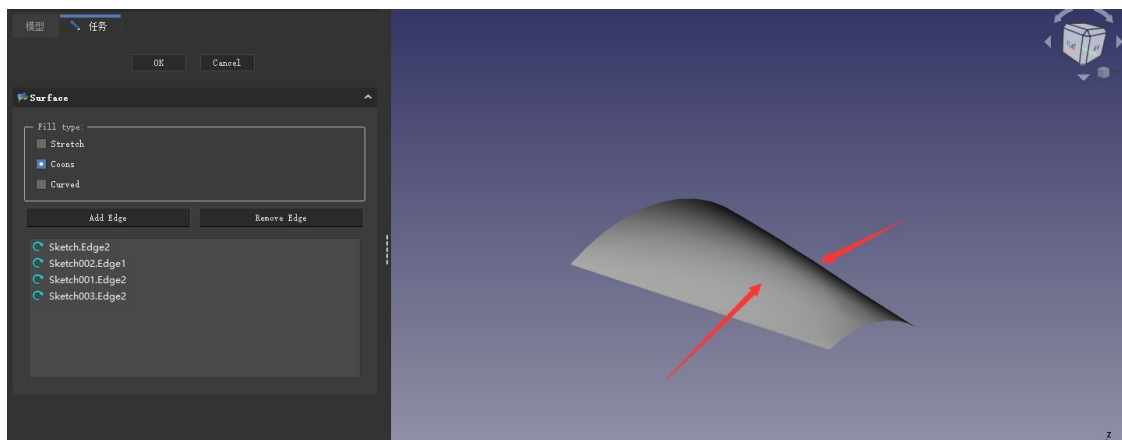
填充曲面通常由三条边线或者四条边线组成的四边面填充曲面；有三种模式一种是跟随草图法向来填充，一种 coons 昆式曲面，一种跟随曲线垂直于曲线填充。

昆氏曲面是由熔接 4 个边界曲线生成的许多个曲面片组成的。有两种选取串连的方式用来定义曲面的曲面片：自动串连方式和手动串连方式。

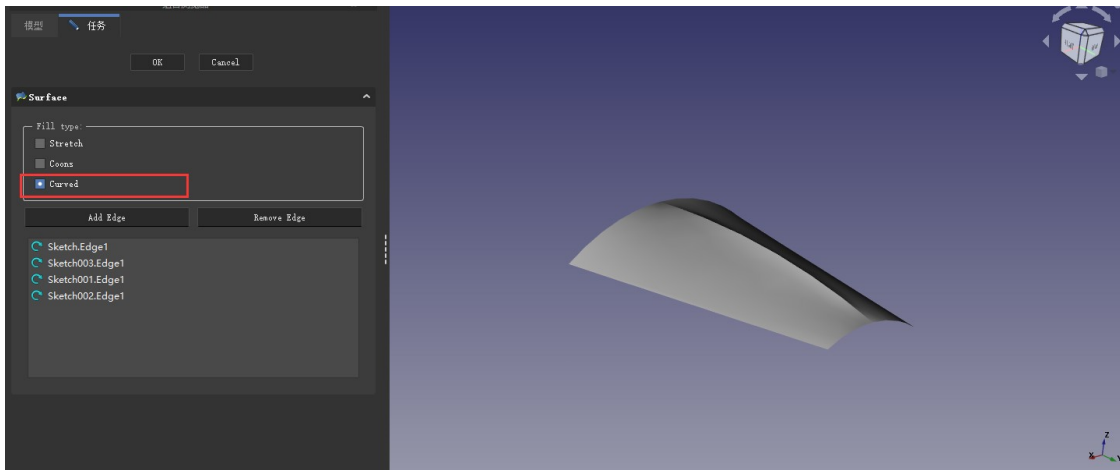
自动串连方式用 3 条边界曲线来定义曲面片；这 3 条边界曲线分别是两个左上角的曲线和一个右下角的曲线。最小的分枝角度供系统用来分析要串连的边界曲线。当边界曲线的相交角度大于最小分枝角度，系统不能串连该边界曲线。



(草绘法向填充)



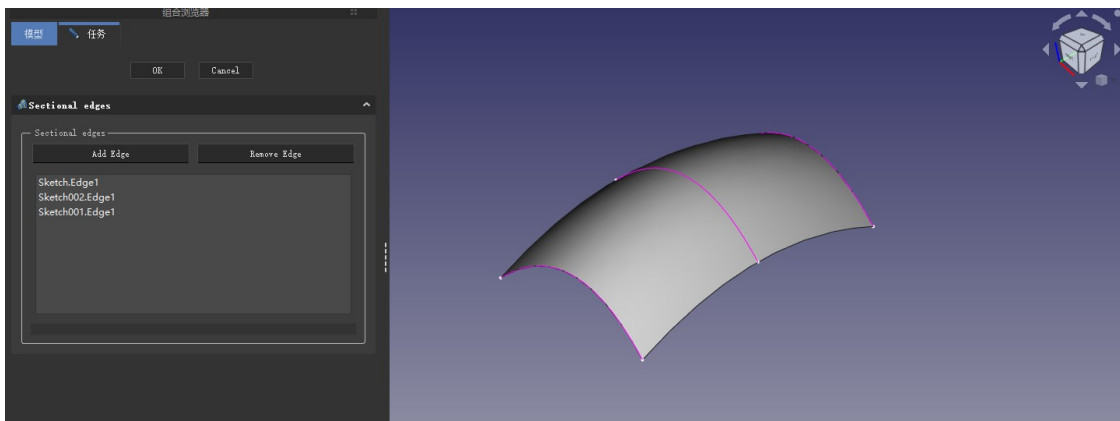
(coons 昆式曲面插值过渡)



(垂直于曲线不插值)

## 放样曲面

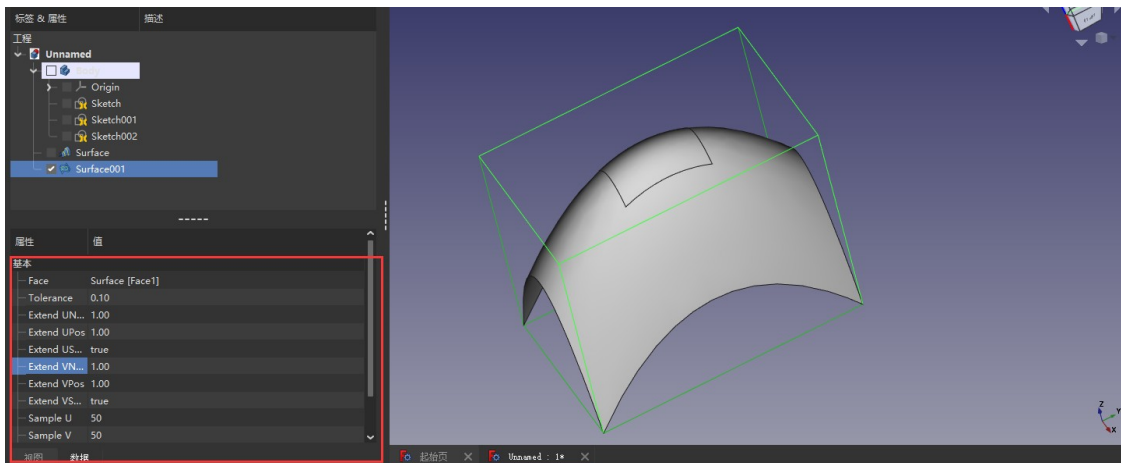
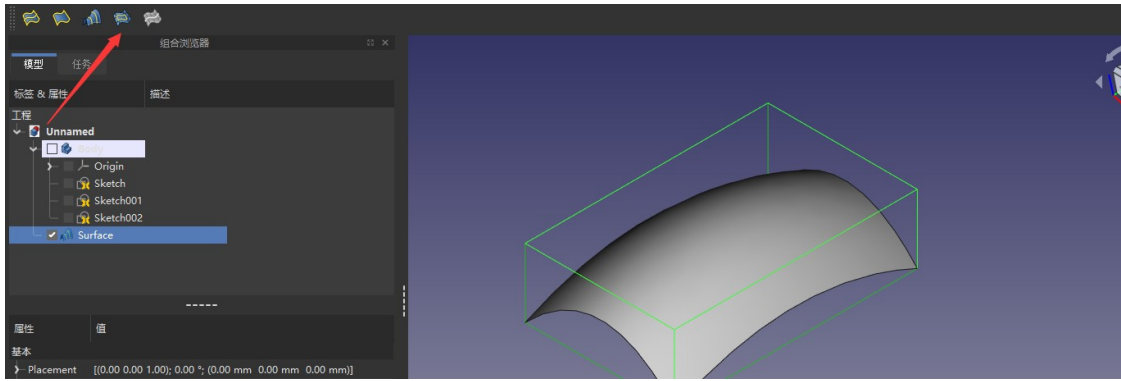
放样曲面则是利用两个及两个以上的截面进行曲面的生成，曲面中间的曲率取决于截面和截面之间的高度所形成的曲率和弧度，此模式下可以使用开放式的草绘截面也可以用封闭式的截面。



(三个截面构成的放样曲面)

## 曲面延伸

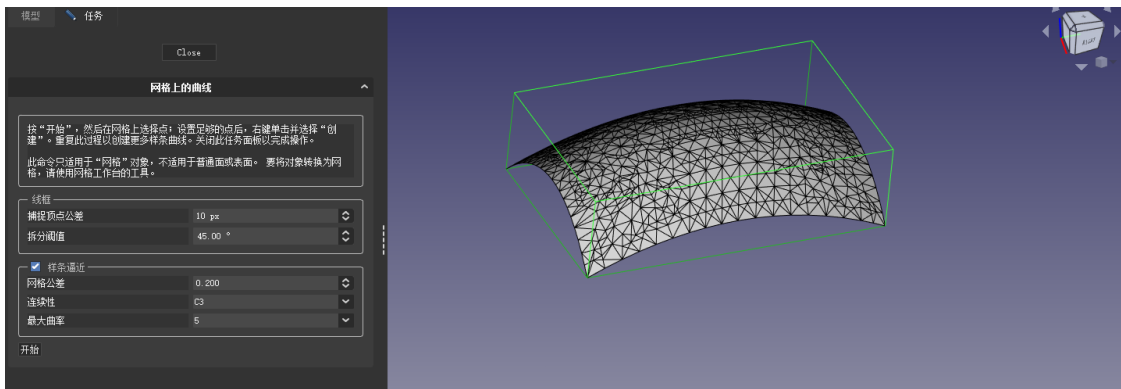
曲面延伸功能构成条件必须得有一个曲面特征才能对此曲面进行UV方向上的拉伸偏移。如果没有曲面特征此功能默认无法启用。



## 网格曲面创建样条

选中一个面后进行曲面延伸拓展，在左侧模型树面板中可以调整 UV 方向的距离偏移。

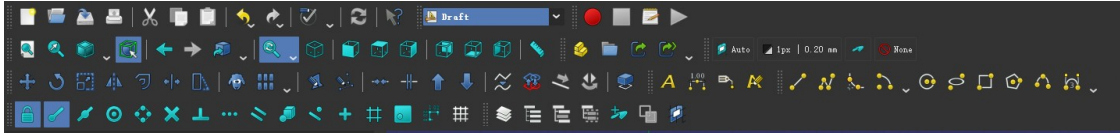
网格曲面首先得有一个网格对象才能够点亮此功能，用于在网格对象上创建 B 样条最大连续性为 C3 连续。



( 网格曲线构建控制器 )

## 2D 绘图工作台 ( Draft Workbench )

Draft 工作台主要用于绘制二维图，此工作台提供了一系列的绘图功能在旧版本中 Drawing 工作台在新版中已被废除。



( Draft 工作台工具栏面板 )

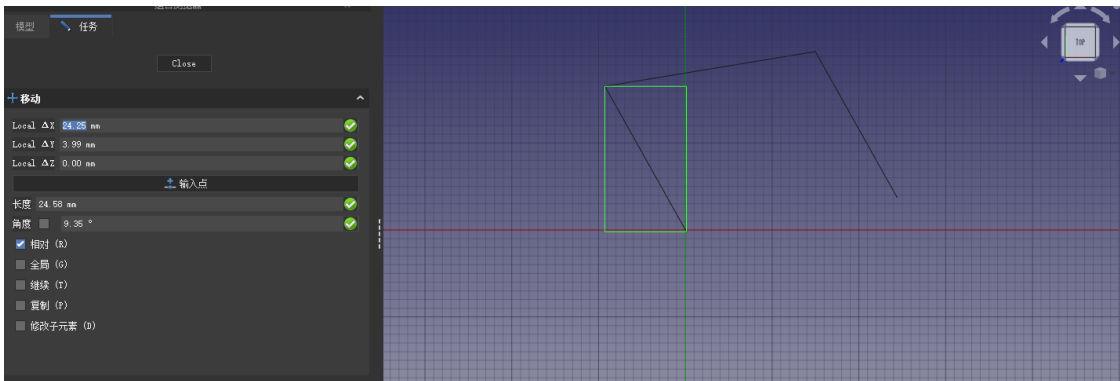


基本绘图命令用于生成一系列的图形，比如线段、圆弧、圆形、折线、贝塞尔曲线、B 样条曲线等工具。



变换功能区提供一系列可变换操作；包含移动、旋转、缩放、镜像、偏移、延伸、拉伸、创建副本、和多重阵列的命令。

移动命令是通过 XYZ 在平面上的位移，使用方法点击需要移动的点线面基于三轴坐标进行移动，在左侧的坐标输入面板可以输入坐标值进行精确移动。



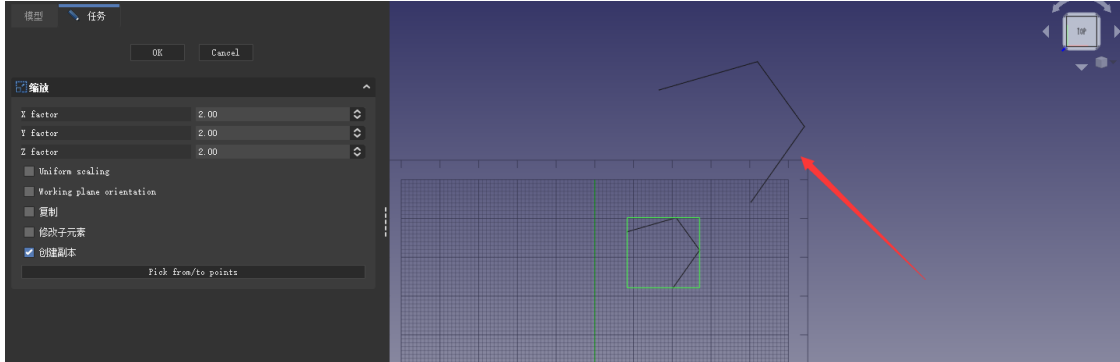
## 旋转

旋转命令是对二维元素或者三维对象沿着三轴对象进行旋转，使用方法抓取其中一个点作为基准旋转点随后约束其想要旋转的轴进行角度旋转，角度可以自定义。



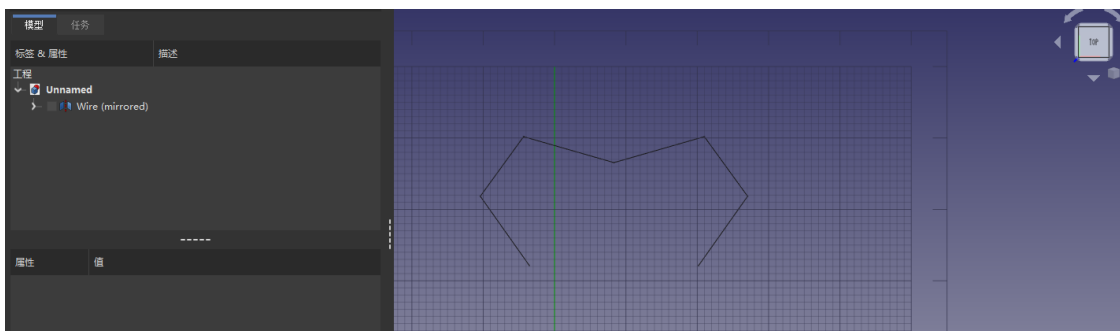
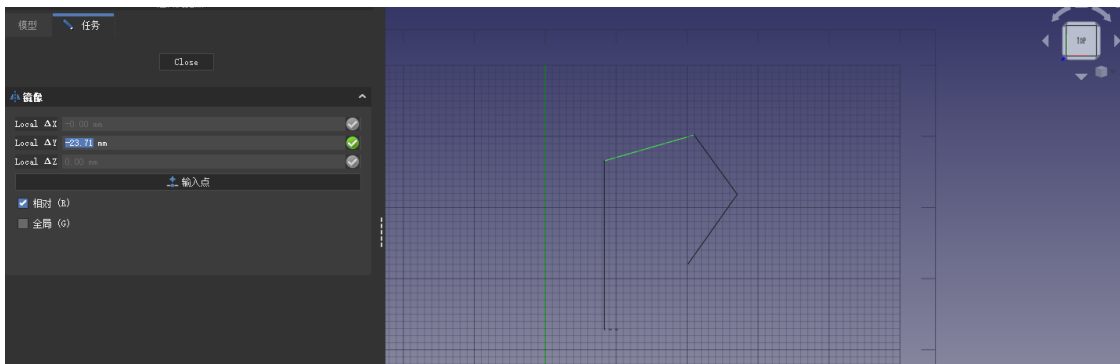
## 缩放

缩放命令可以对所选对象进行三轴方向上的倍率缩放，如果是二维对象只需要缩放两个轴向即可 XY，如果是三维对象则需要控制三轴方向上的倍率缩放。下图红色箭头所示就是缩放后的对象。



## 镜像

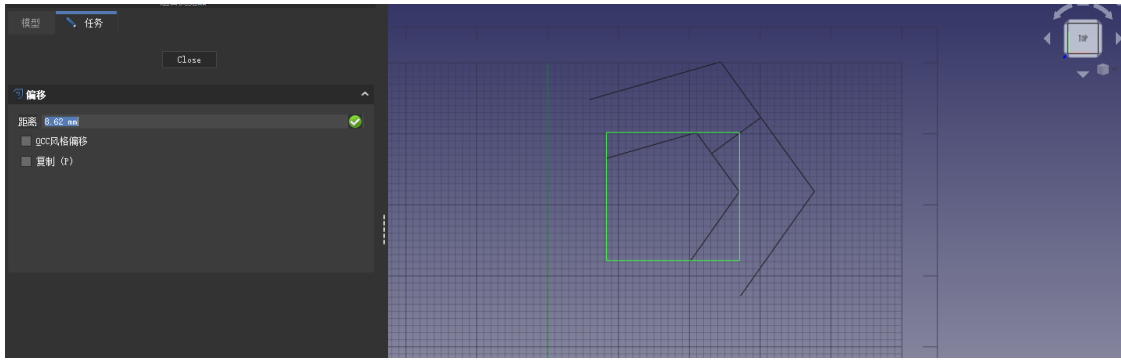
镜像功能是沿着三轴对象进行对称变换，操作方法选中对象再去约束要去变换的轴向去变换对称。



( 镜像变换 )

## 偏移

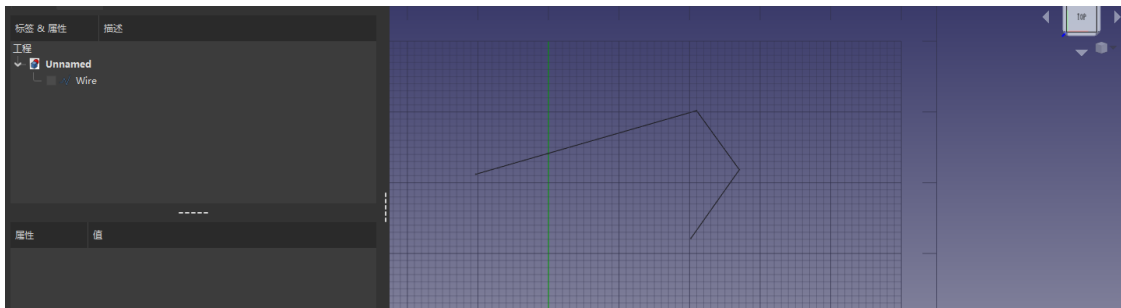
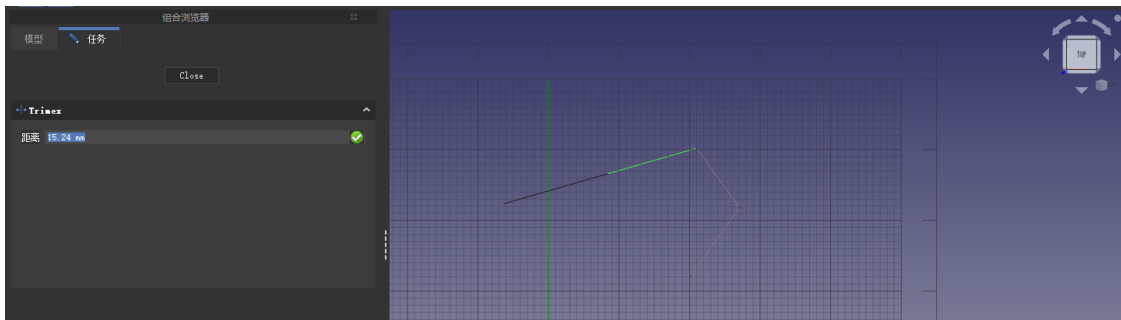
偏移命令选中元素后向着元素的中心点向外进行一定数量的偏移，偏移的数值可以在左侧面板中控制。



( 偏移命令 )

## 法线延伸

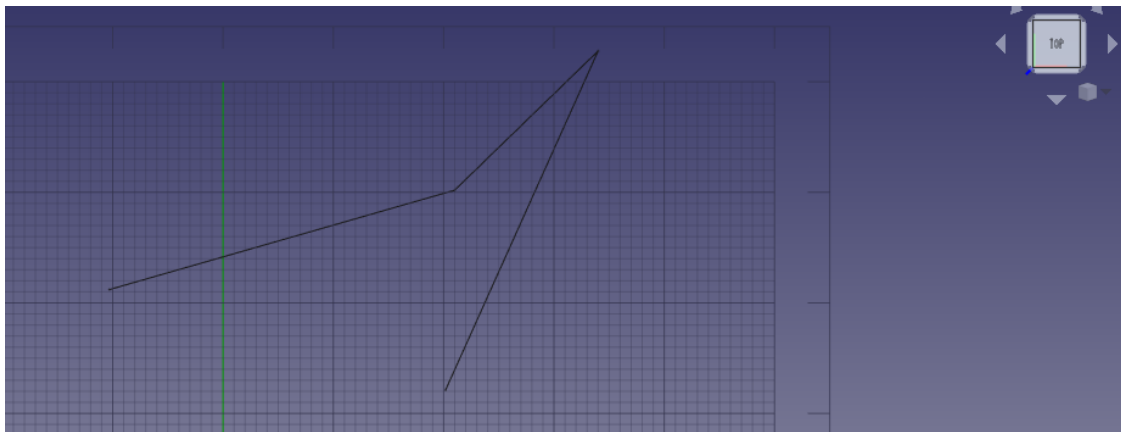
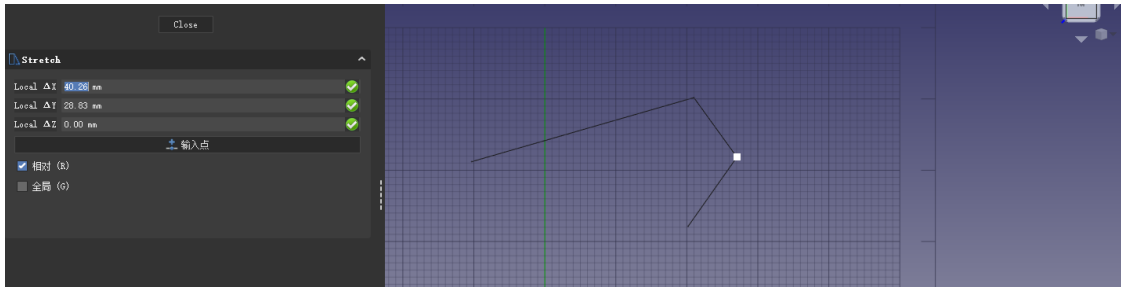
延伸命令可以延伸所选对象的边线进行法线方向上的延伸，延伸数值可控；使用方法选中对象的其中一根需要变换的点或者边线进行沿着线的法向进行延伸。



( 沿着法线方向延伸边 )

## 草稿延伸

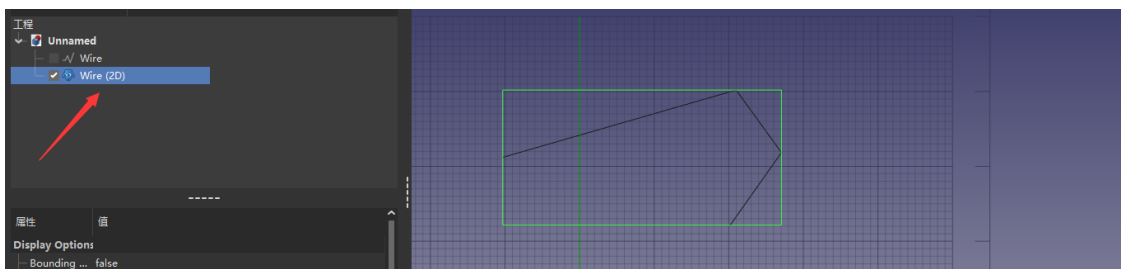
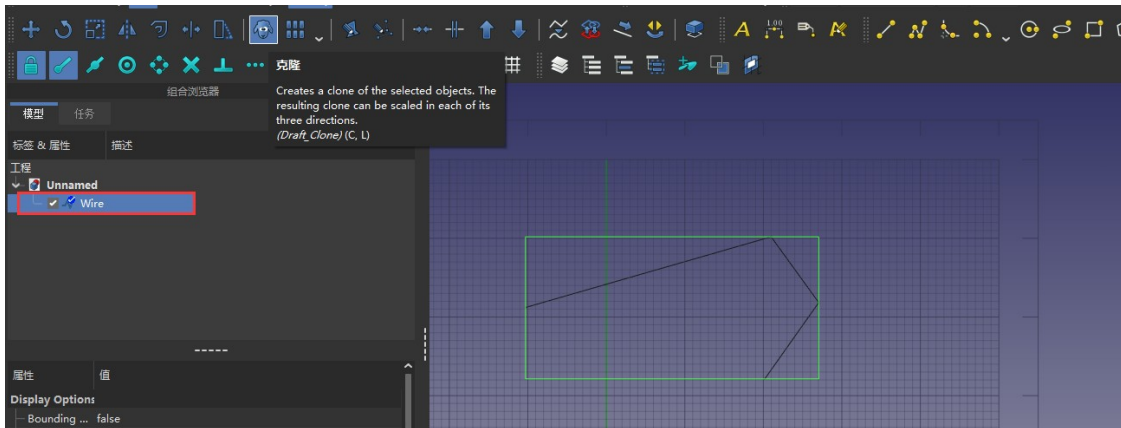
草稿延伸是基于元素对于某一边进行偏移，使用方法选中元素获取某一个点框选需要偏移的线，完成后会出现白色的控制点选中控制点可以在三轴坐标上进行方向上偏移。



(草稿偏移)

## 克隆副本

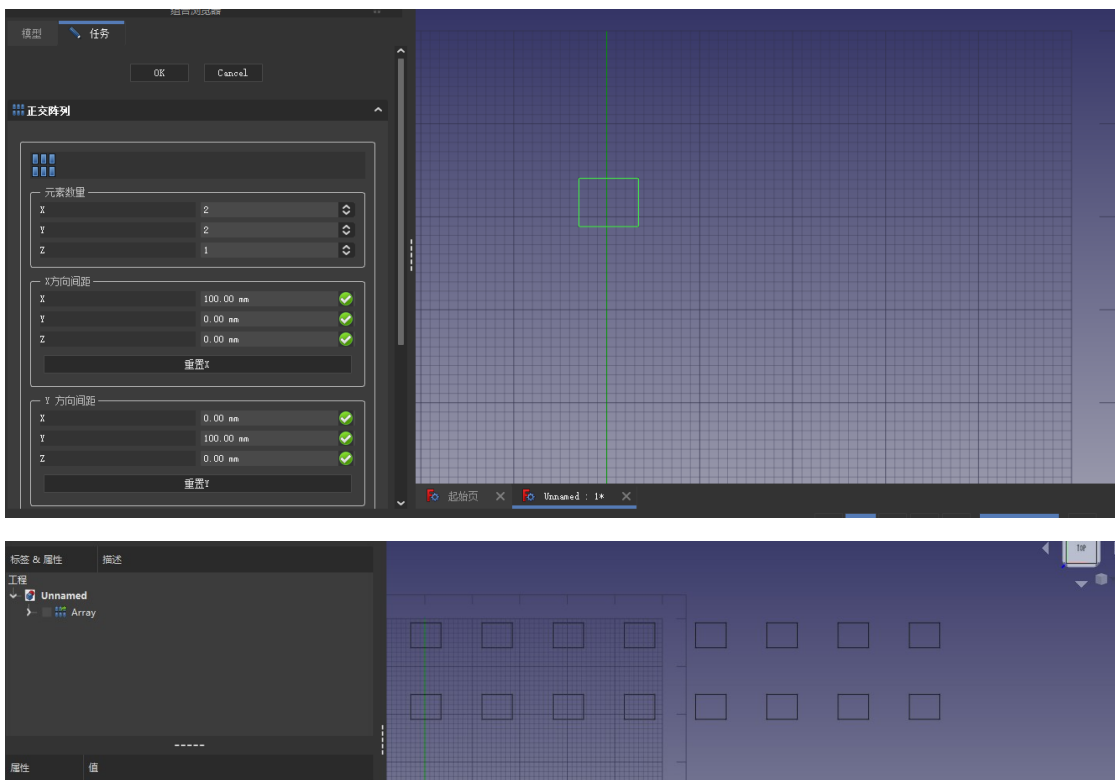
克隆命令类似于 Prtcdesign 中的创建副本功能，其主要作用就是创建一个副本，这个副本链接于原始对象，使用方法选中需要进行复制的元素，点击创建副本。



(副本创建完成)

## 正交阵列

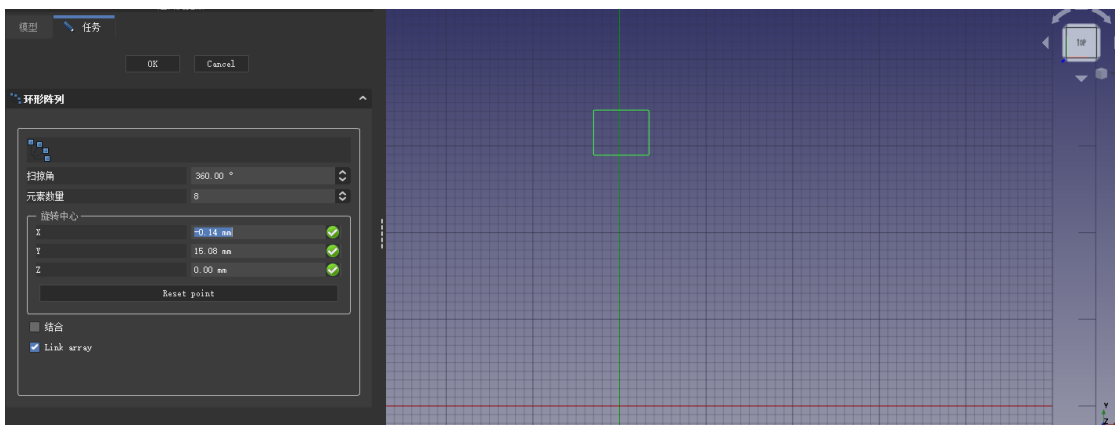
正交阵列是对于某个元素进行数量上的副本阵列，选中元素后可以对其在 XYZ 坐标上进行数量上的副本。

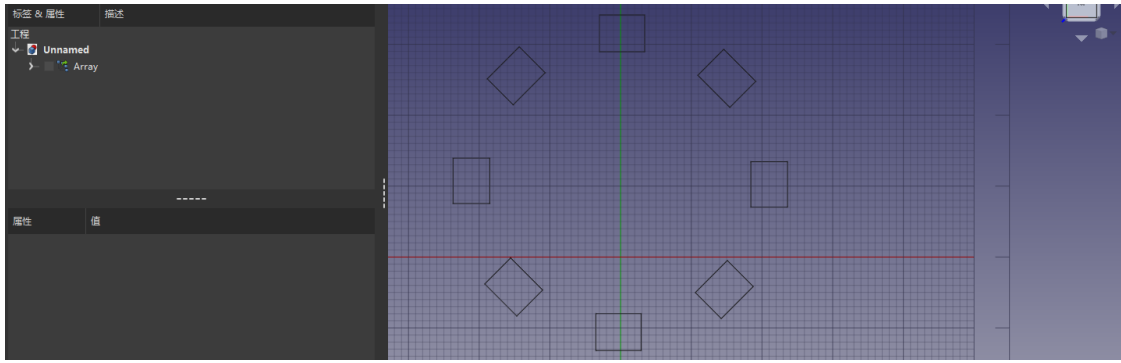


(正交阵列)

## 圆周阵列

圆周阵列对元素进行圆周式阵列，选择对象后约束一个想要旋转的轴，在左侧的面板中控制 XYZ 的参数以及阵列的数量，勾选 link array 后所有的阵列会成为一个集合。

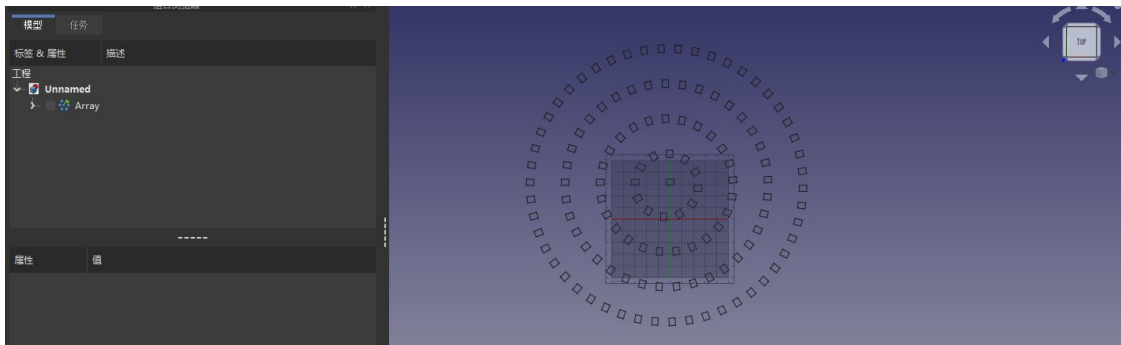
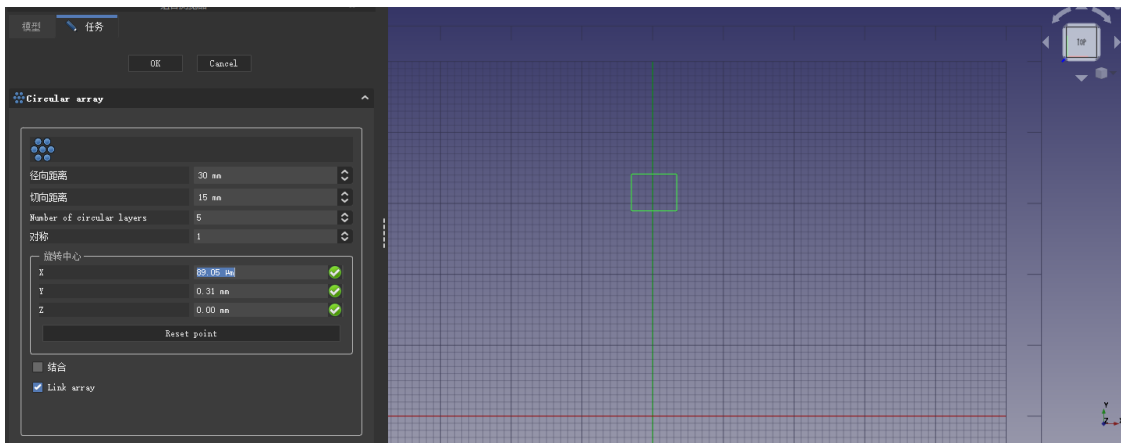




(环形阵列)

## 径向阵列

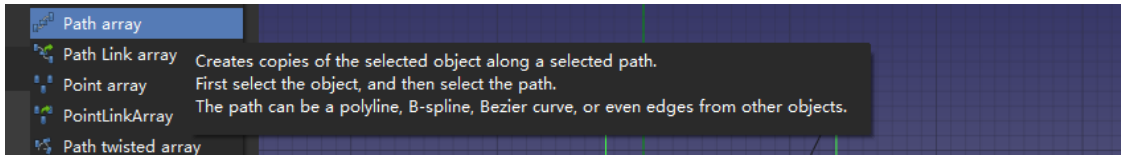
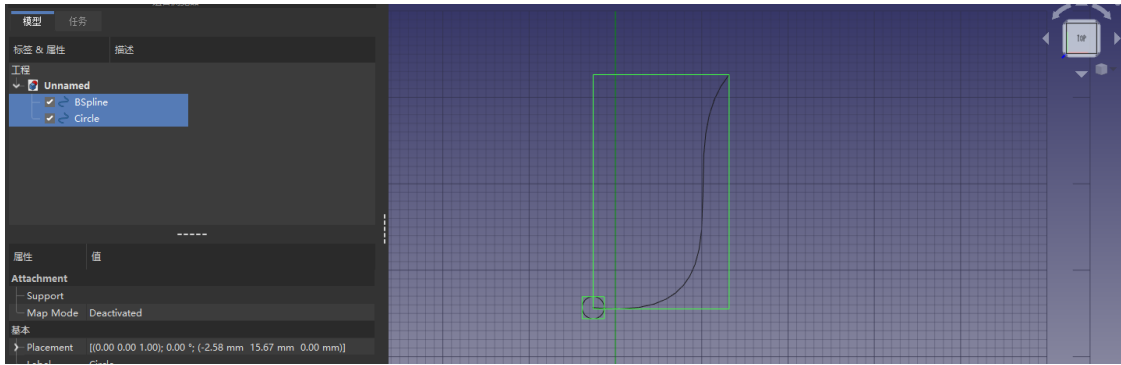
径向阵列是以径向的散射的形式进行阵列，使用方法选择一个旋转中心选择需要阵列的数量和间距以及数量进行阵列变换。



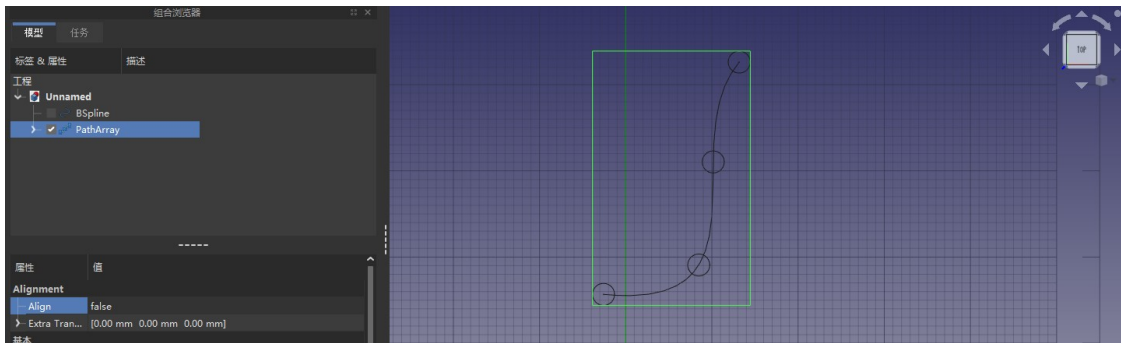
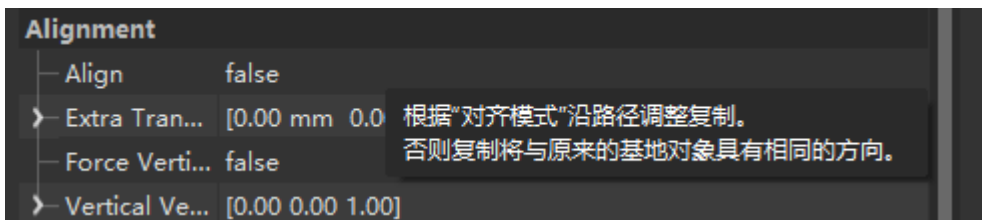
(径向阵列)

## 常量曲线阵列

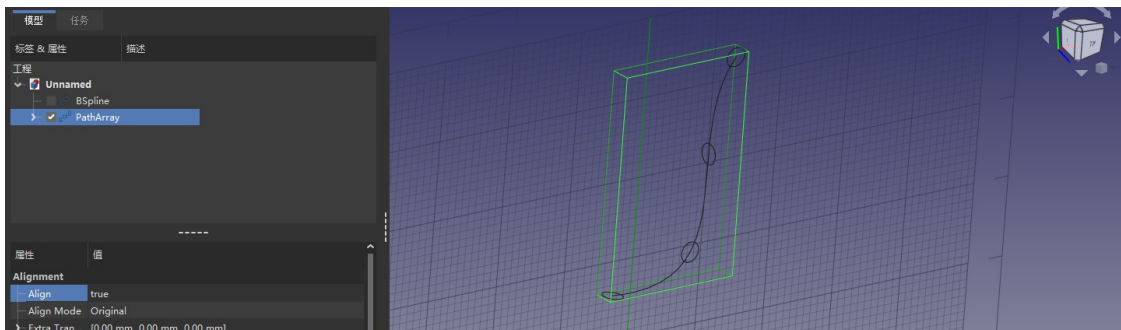
曲线阵列是基于曲线来进行的阵列，需要有一根曲线贝塞尔曲线或者 B 样条曲线，选中需要阵列的图形在点击曲线最后点击曲线阵列，在数据面板中控制其阵列的数量和朝向如图所示。



对齐模式如果为 false 则跟随当前基准面方向进行沿着曲线阵列，如果为 true 的话则会跟着曲线的另一面进行阵列。

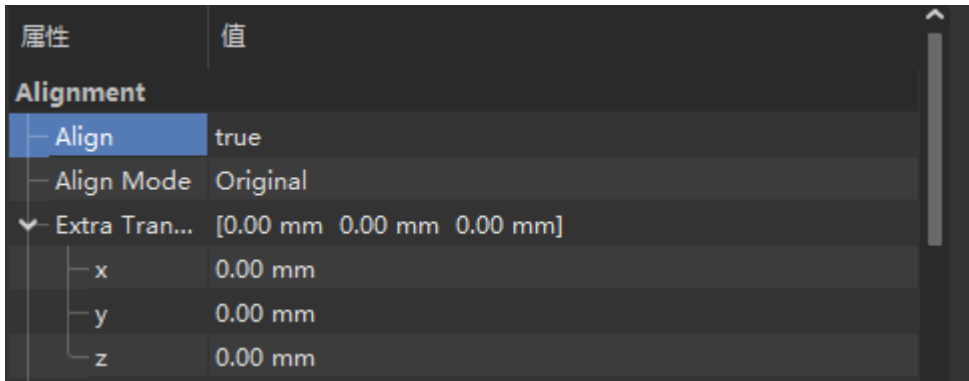


(正常方向沿着基准面)

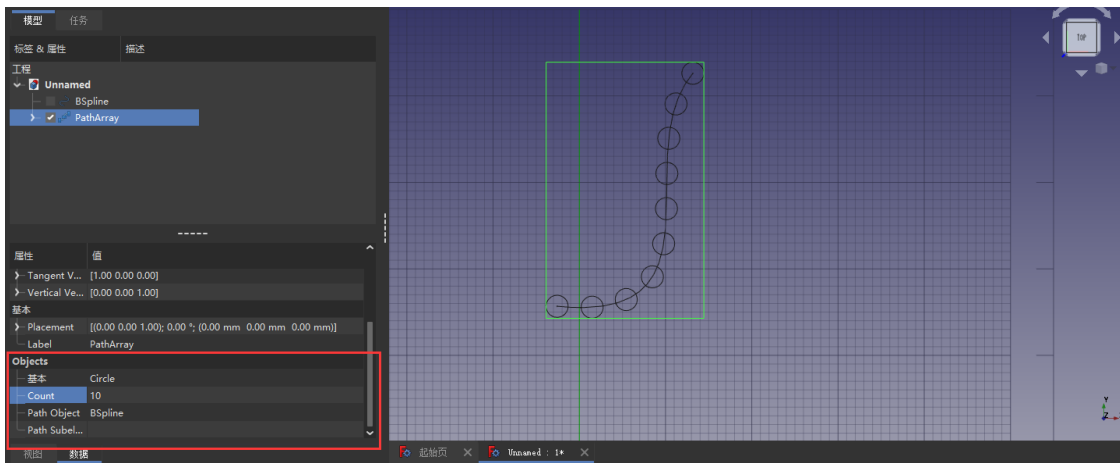


(沿着曲线反向贴合曲线)

数据面板中的拉伸数据可以控制阵列对象的三轴坐标上的位置数据。



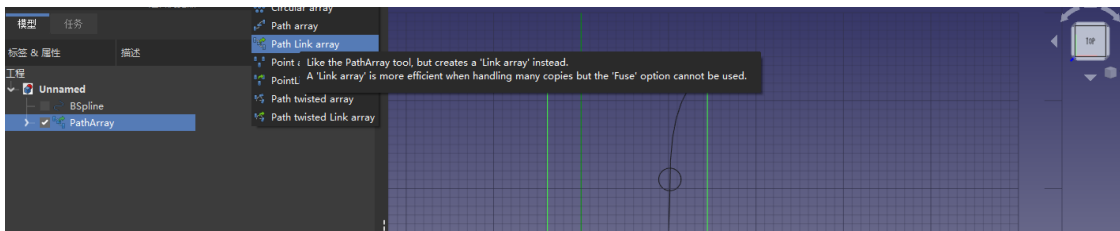
控制面板中的 Object 可以控制阵列对象的数量。

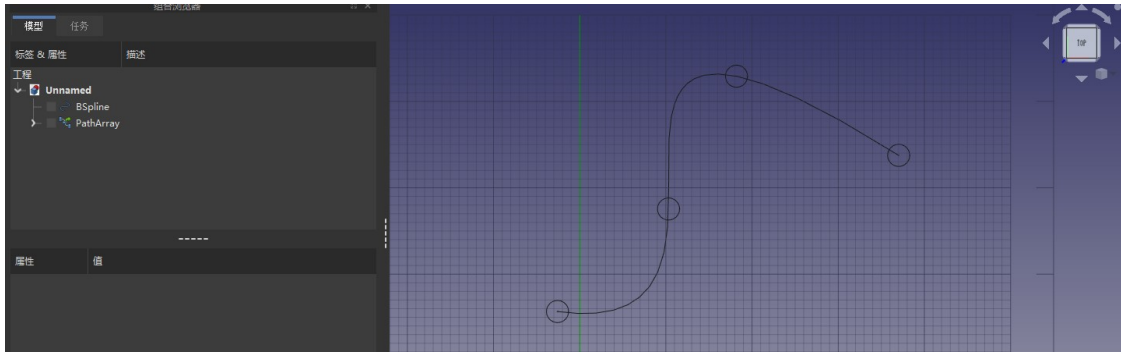


(曲线阵列)

### 常量曲线阵列链接式

曲线阵列链接式通过元素沿着曲线创建一个链接对象，创建完毕后由于是链接是当再去控制曲线的时候阵列也随之发生改变。

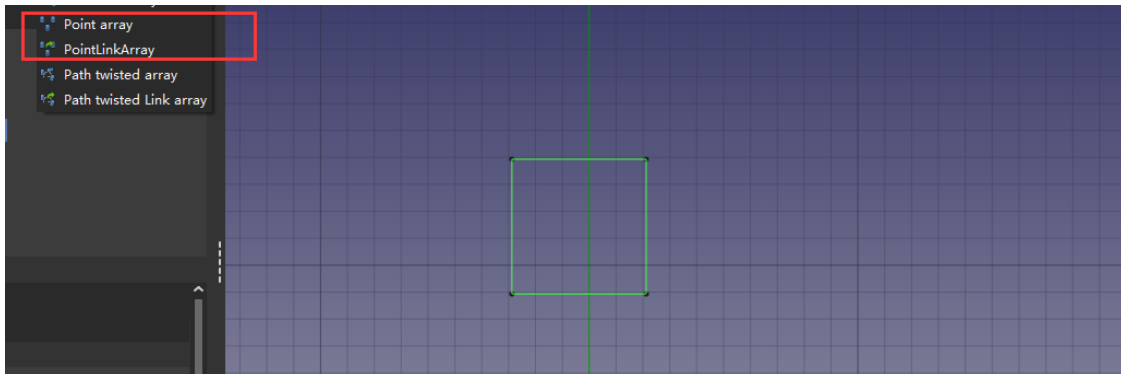




(已经变换的样条阵列会跟随)

## 点阵列

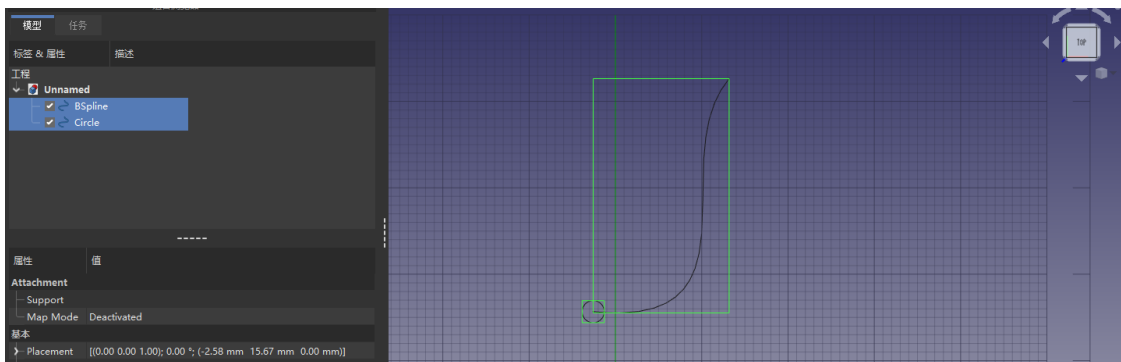
点阵列顾名思义就是对点元素进行阵列，包括链接式阵列和曲线阵列一样有父子级关系链接，使用点阵列的时候必须要有一个基础点随后选择点阵列进行点的数组阵列。链接式点阵列可以通过改变一个点的位置来去影响其他点的位置。

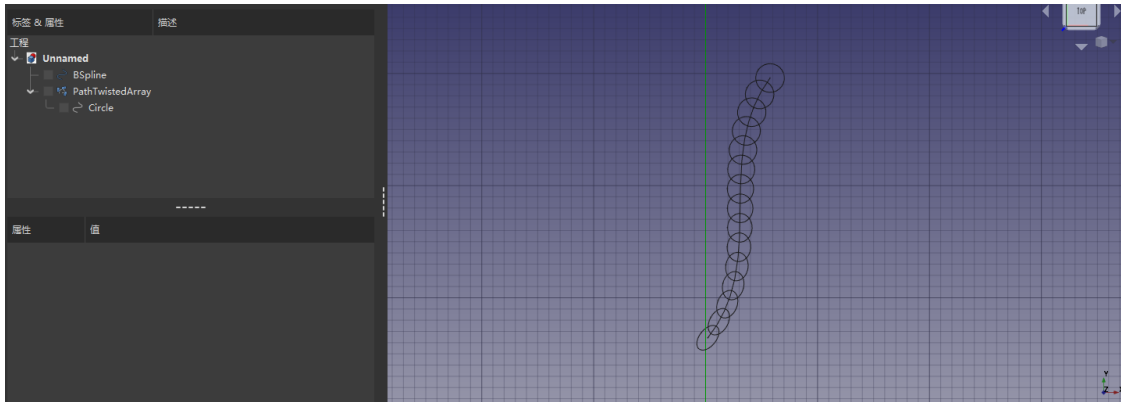


(点阵列)

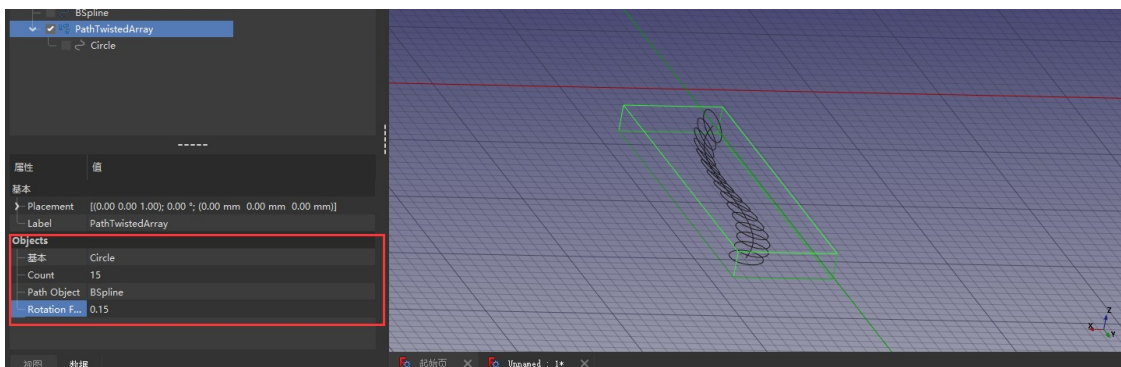
## 曲线扭曲阵列

曲线扭曲式阵列就是围绕着一根曲线进行阵列同时进行一定系数的扭曲，如下图所示使用方法和曲线阵列一样，选中元素和曲线选中扭曲阵列选项阵列，数量和扭曲的系数可以在左侧模型树中的面板中进行控制。





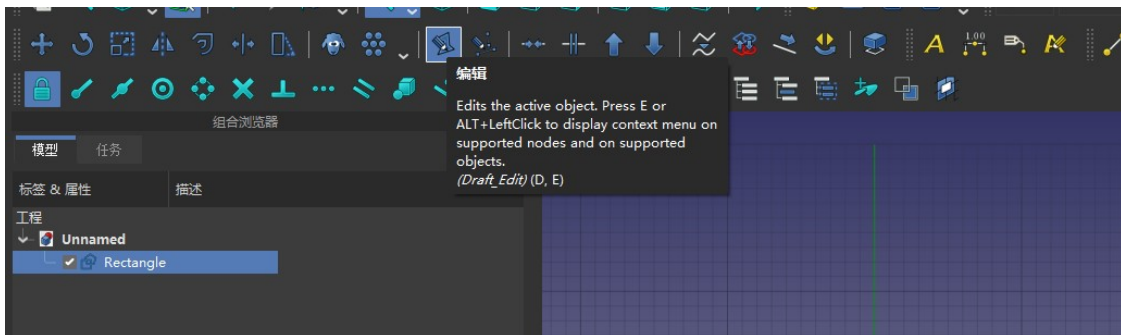
可以看到圆对象跟随着曲线进行扭转阵列，我们可以在下图看到类似像铜钱串一样的效果这就是扭曲阵列的样式，对象红框控制面板中可以控制数量以及扭曲系数的控制，扭曲的系数不能够超过原始曲线的和元素的大小，同样下拉菜单中的曲线扭曲阵列链接式可以控制曲线来去改变阵列的方向，曲线和对象有父子关系。

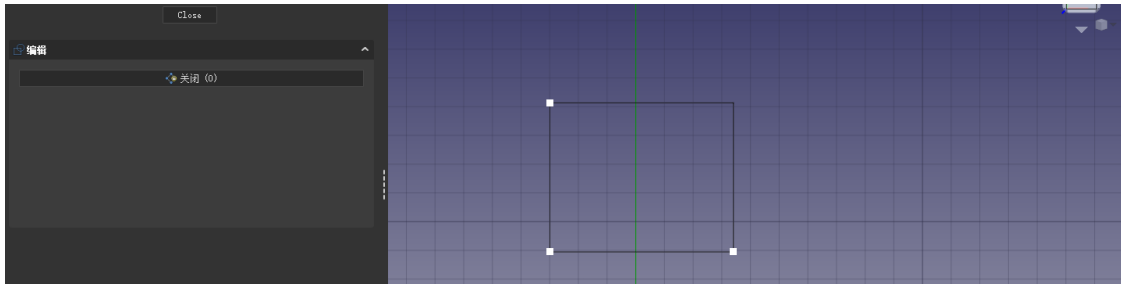


(曲线扭曲阵列)

## 编辑模式

编辑模式可以进行多次编辑，选择元素进入编辑模式可以进行修改元素的方向或者线条样式，也可以通过在元素上双击进入编辑模式进行编辑，通过拖动白色的控制点来编辑对象。

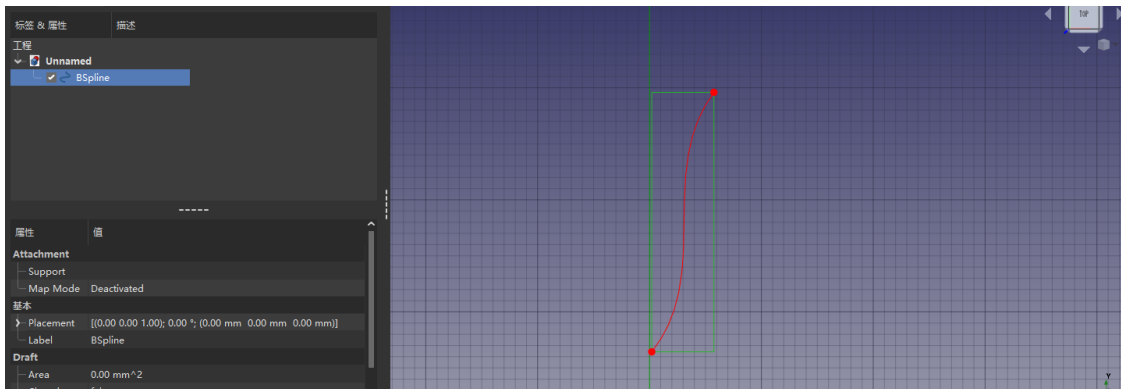
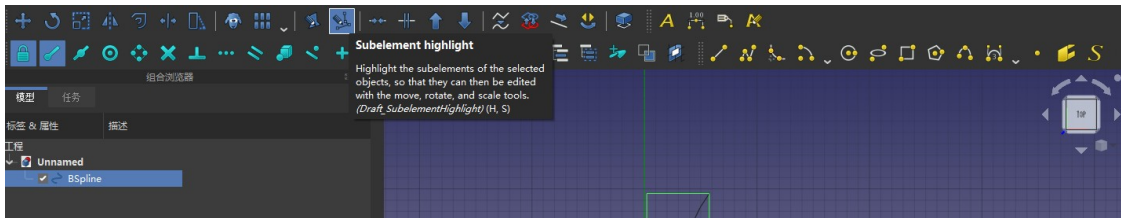




(编辑模式)

## 元素点控制

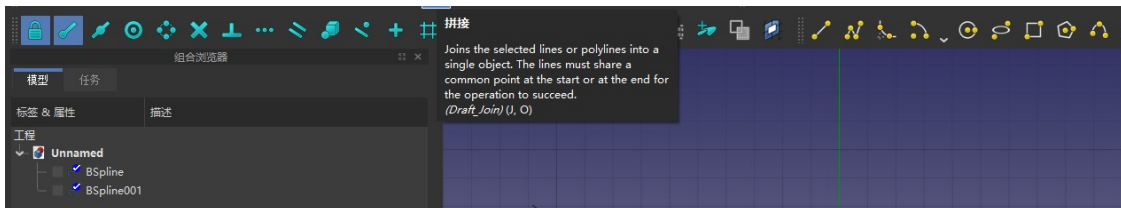
元素控制器可以显示和关闭元素点控制显示，单击切换显示再次单击关闭显示，用此模式比较容易控制点。

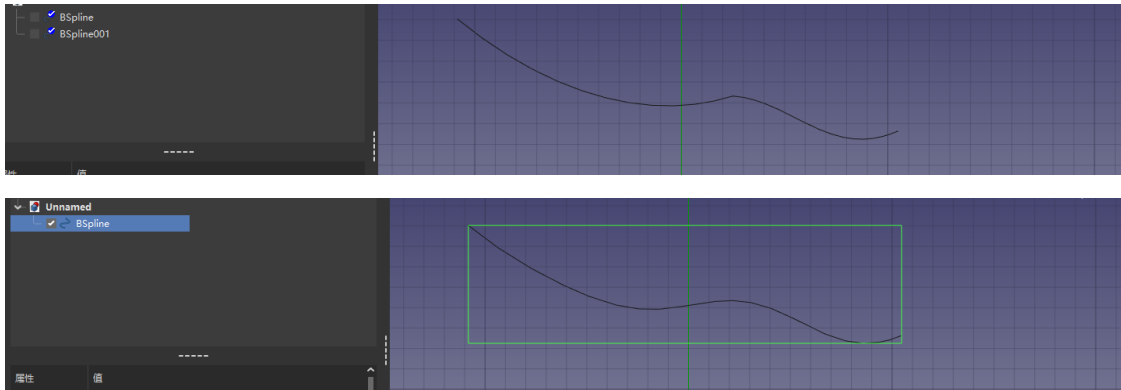


(元素点控制器)

## 拼接

拼接功能可以将两根线合并为一根线，如果是曲线则自动合并为一根曲线过渡方式为G2曲率连续。

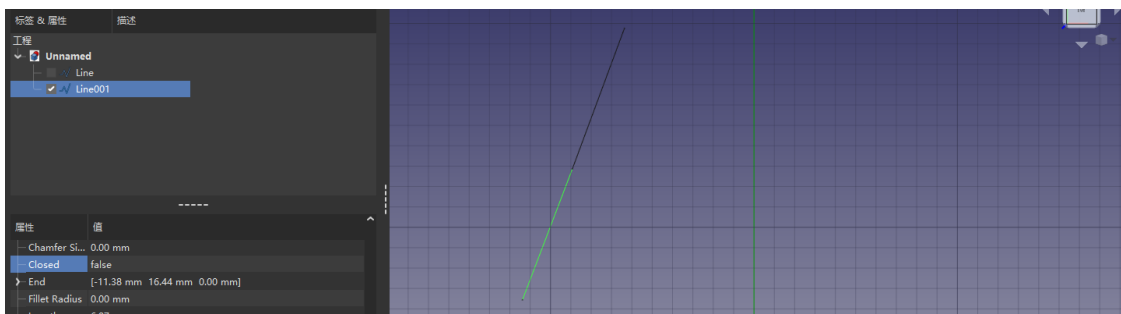
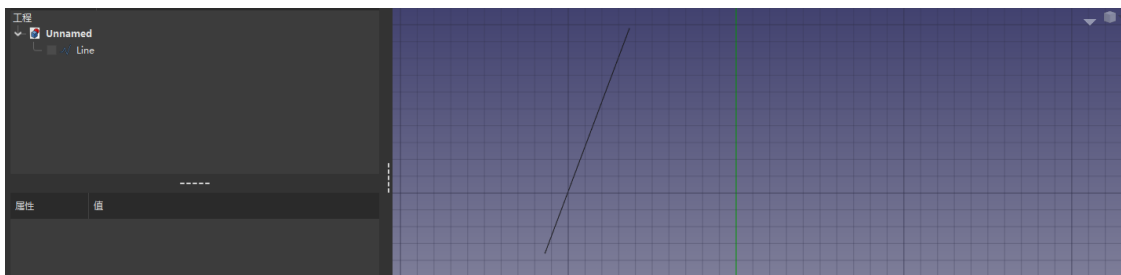
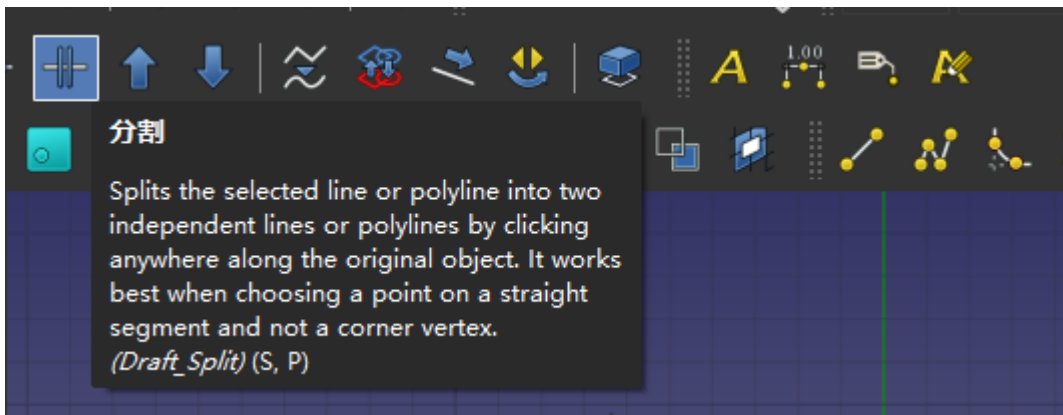




(拼合功能)

## 分割

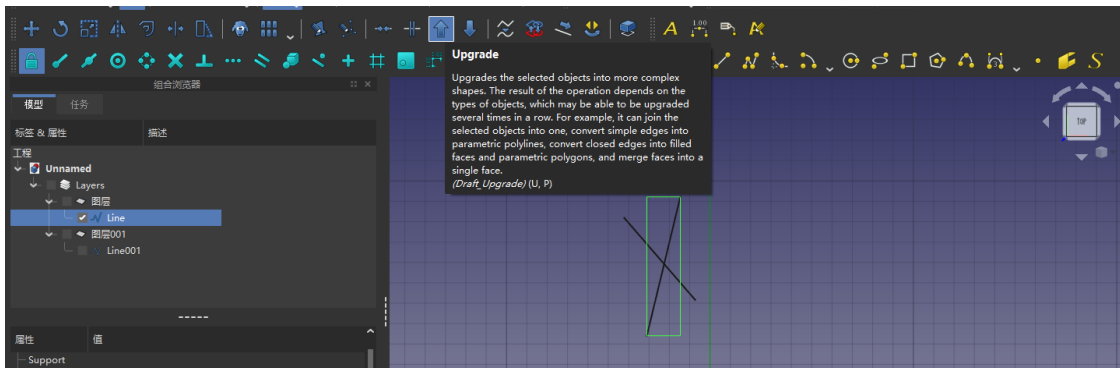
分割功能也叫做打断线条，使用此功能需要有一个元素，点击线条选中线条后选择分割在需要分割的地方单击就能打断线条。



(分割线条)

## 升降级工具

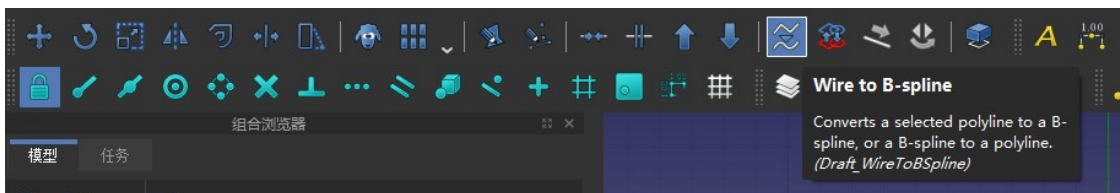
升降级工具主要用于图层，一定要有图层的基础上才能够进行升降级；例如 PHOTOSHOP 中的图层概念是一样的，在两个图层中第一个图层拥有最优先级的权利，同样在 FC 中图层一和图层二中进行绘图，永远都是图层一先被绘制，而升降级工具怎么手动的去把要绘制的元素进行优先级排列。



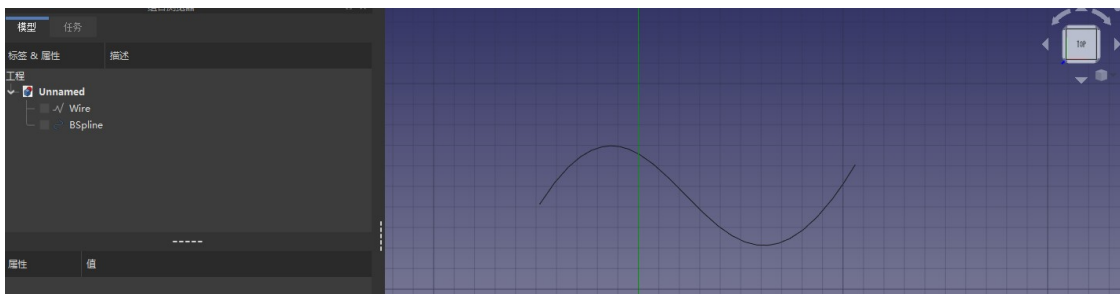
(图层升降级)

## 折线转换 B 样条

线条转换工具用于转换线条，使用条件：将一条折线或者直线转换成 B 样条曲线；线条的端点数量决定了初始转换样条的曲率。



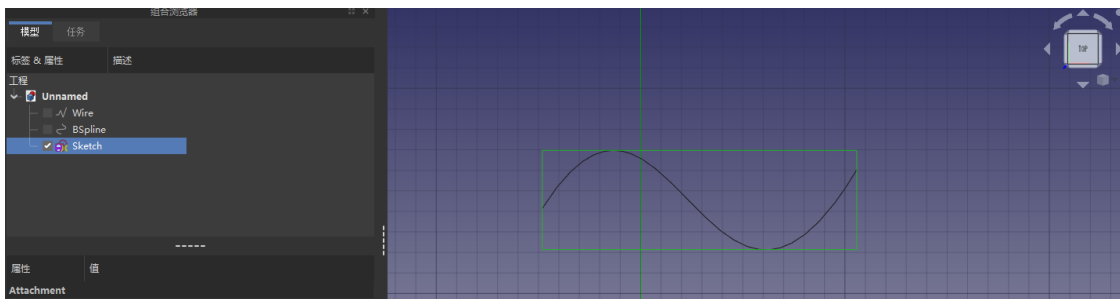
在空间中的一条折线，点击此折线将其转换成 B 样条曲线，点击左侧模型树面板中的折线或者是在绘图区选中需要转换的线条，单击线条转换工具。



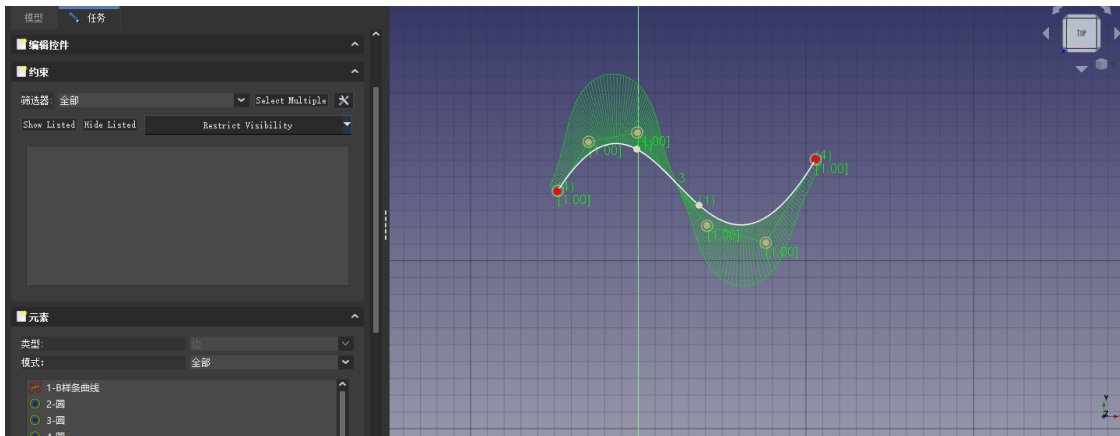
(已转换成 B 样条曲线)

## 矢量转草绘对象

线条矢量转草绘功能是在 Draft 工作台中所绘制的矢量图形点击此功能后转换成草图用于在零件工作台进行特征的生成，利用这根绘制出来的样条曲线点击矢量转草绘，即可在模型树面板转换成一个草绘。



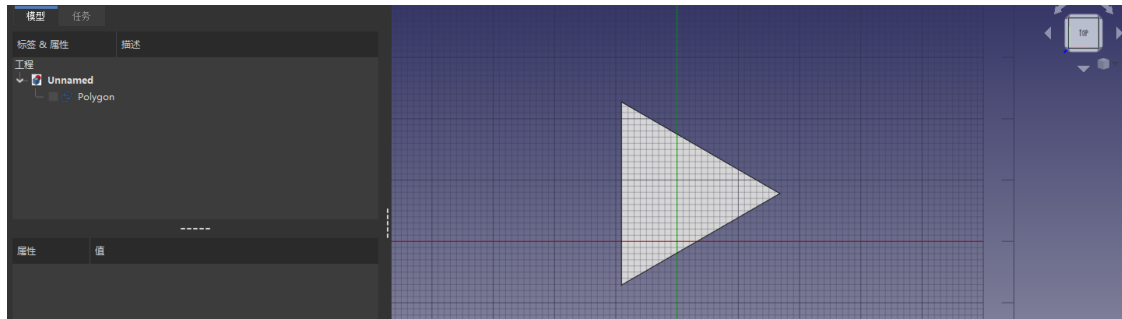
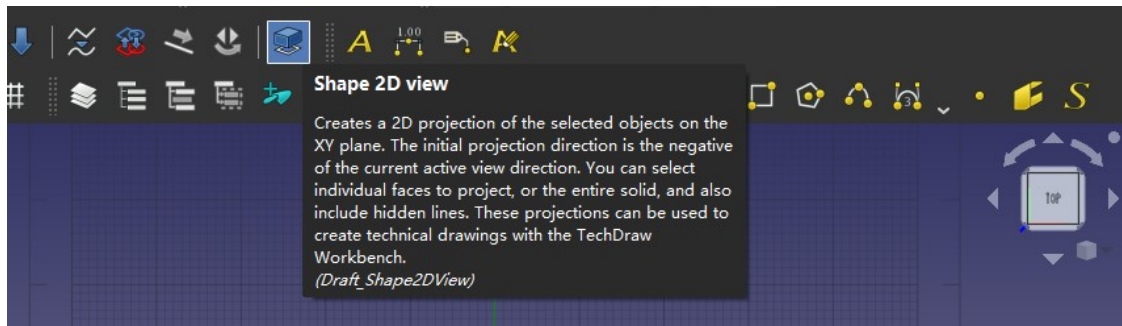
(已经转换成草绘对象，但是草绘没有约束)



(草绘 B 样条曲线)

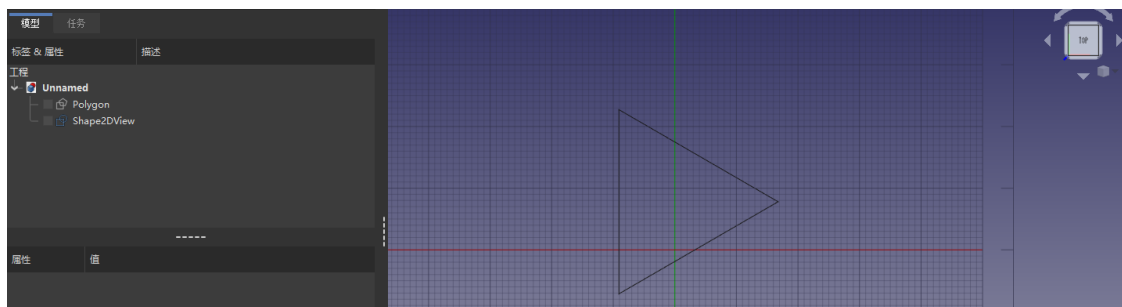
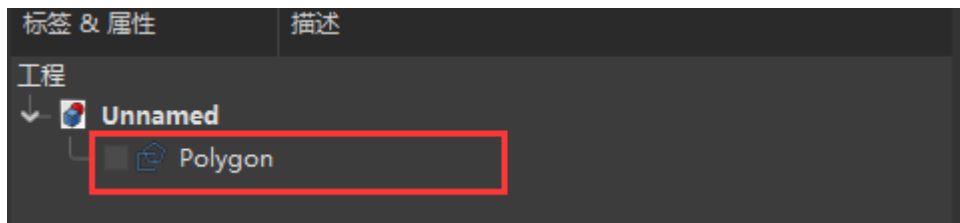
## 创建 2D 投影

创建投影此功能类似于零件设计模式下的投影草绘至面；此功能的逻辑则是反过来的用一个对象的形体或者面抓取出来之后在 2D 中产生投影。投影出来的方向取决于相机视角。

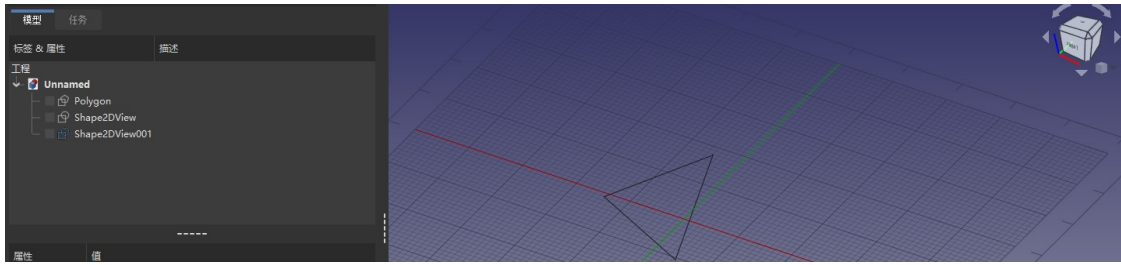


(三角图元)

用这个三角图元进行投影成 2D 图形，点击左侧面板中的三角图元然后点击投影 2D 功能形成以此投影，投影的方向取决于摄像机投影的基准取决于选择的工作平面。



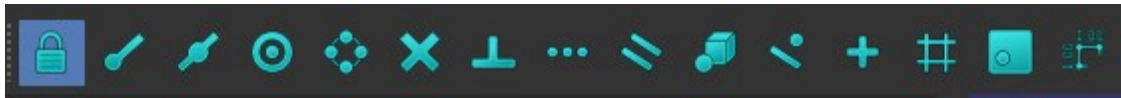
(以正交视图顶视图获取的投影)



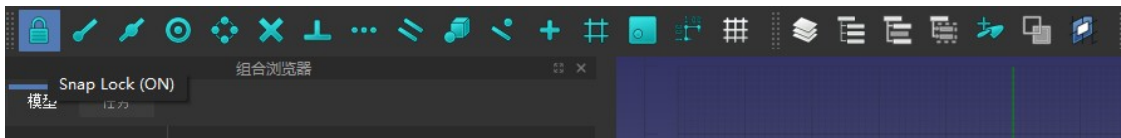
(以等轴测方向获取的投影)

## 捕捉功能

捕捉功能在绘图中十分重要，在 FreeCAD 中也有一系列的捕捉功能；其中包含了捕捉开启/关闭。点捕捉、中点捕捉、圆心捕捉、焦点捕捉等等，关于捕捉的快捷指令可以快捷指令面板查看。

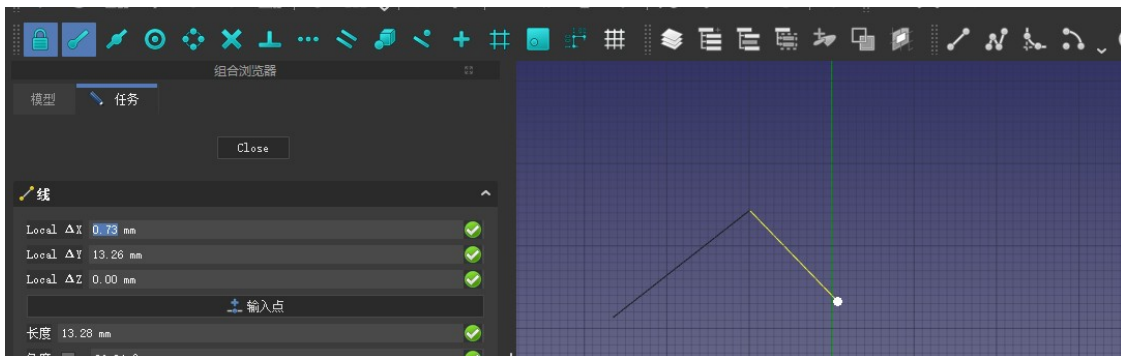


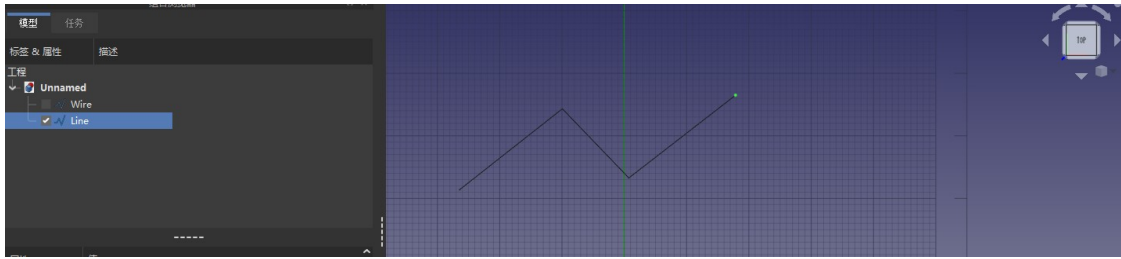
锁头图标表示捕捉的开启或者是关闭，在关闭状态下捕捉菜单栏是灰色无法使用的状态，所以在绘图的时候无法进行捕捉。



## 捕捉端点

点捕捉可以捕捉线的端点捕捉上之后自动吸附重合，当绘制需要点捕捉对象时出现蓝色标记且有白色光标出现时就说明已经捕捉上了，此时完成绘制两线端点位置自动重合。

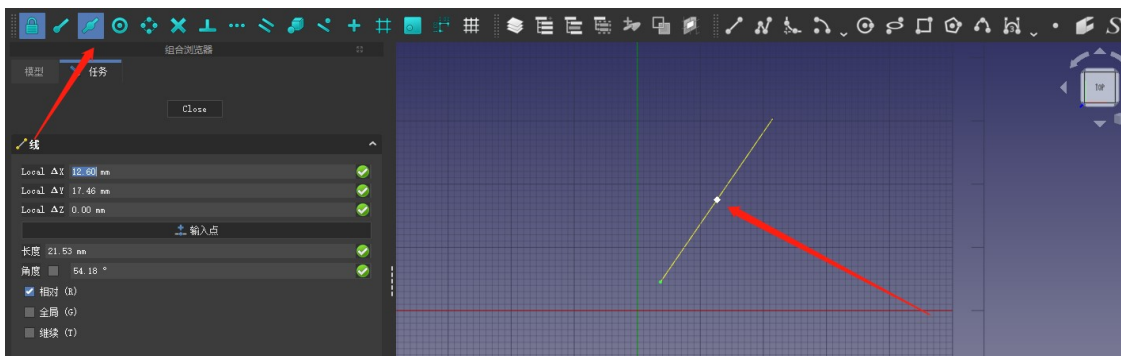




(点捕捉)

## 中点捕捉

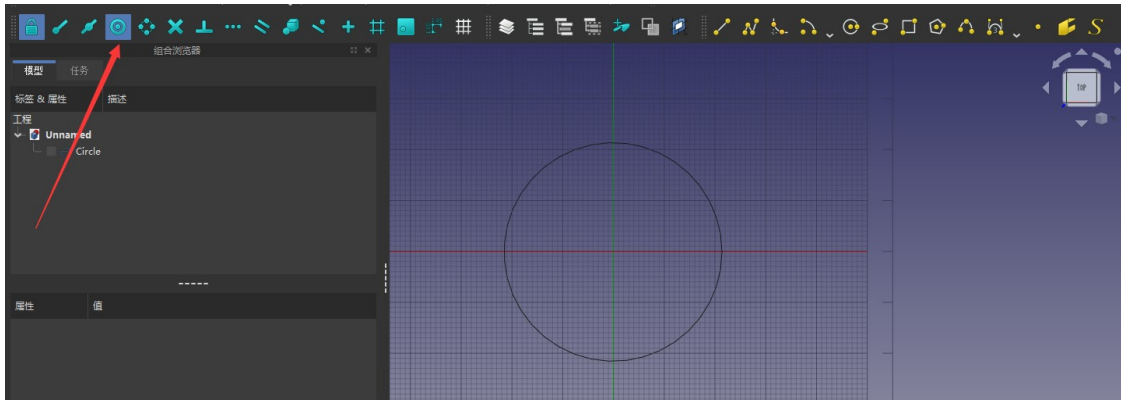
中点捕捉功能是在一条线的中点位置实现捕捉，例如绘制一条直线，当需要另一条直线需要捕捉到中点时启用此功能即可把线绘制到此线中点上。



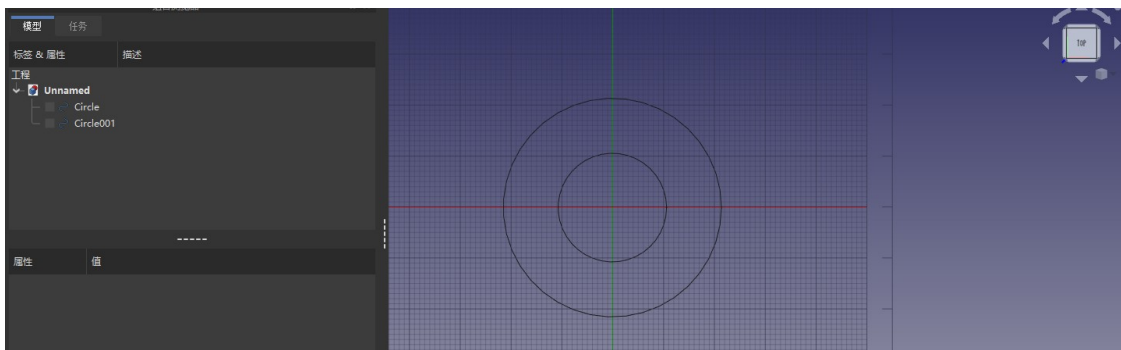
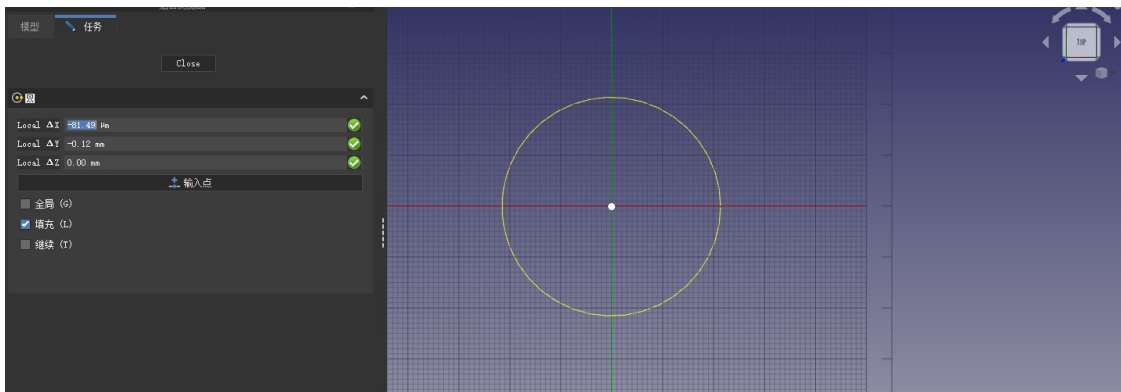
(中点捕捉)

## 捕捉圆心

圆心捕捉则是获取圆或者是椭圆形的圆心，如需在圆心内部绘制图元则需要启用此功能获取圆心点。



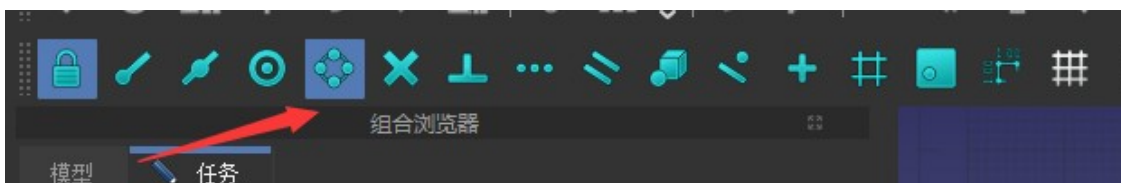
当出现如图所示的白色光标时则说明已经捕捉到图元的圆心，并可以在捕捉上绘制图元。

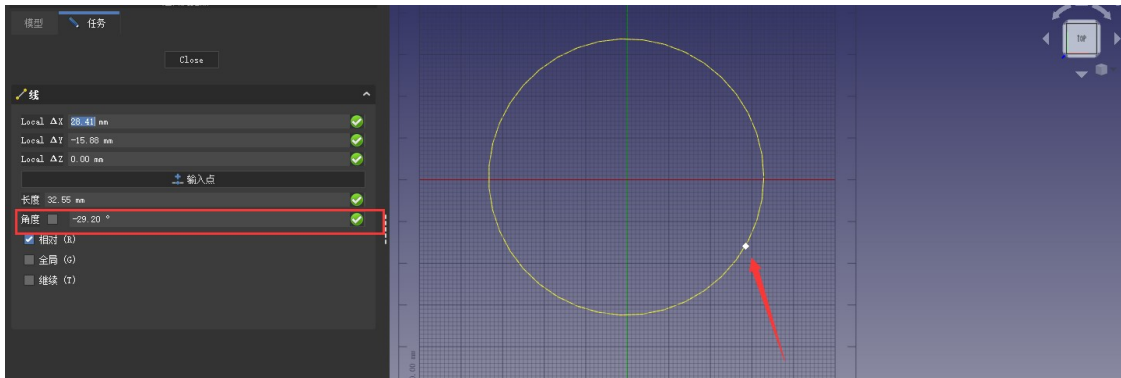
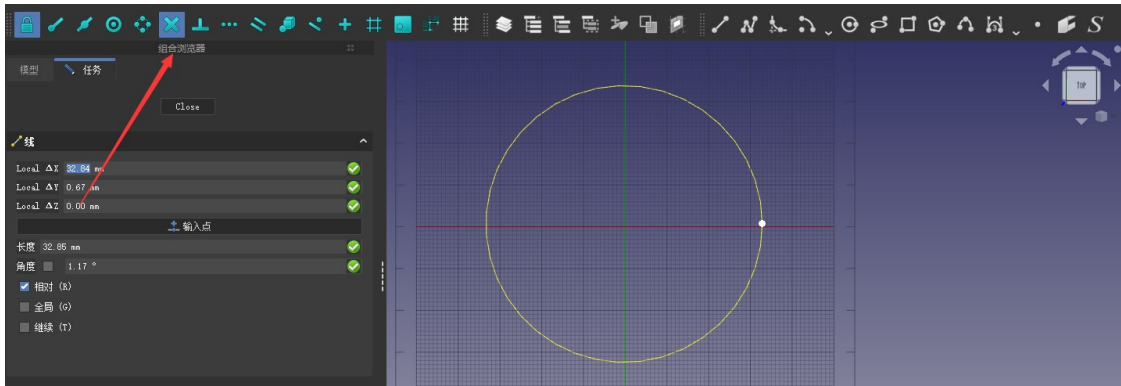


( 圆心捕捉 )

## 捕捉角度

角度捕捉用于捕捉角度以圆为例开启此捕捉后可以捕捉圆各个角度上的点以创建图元。

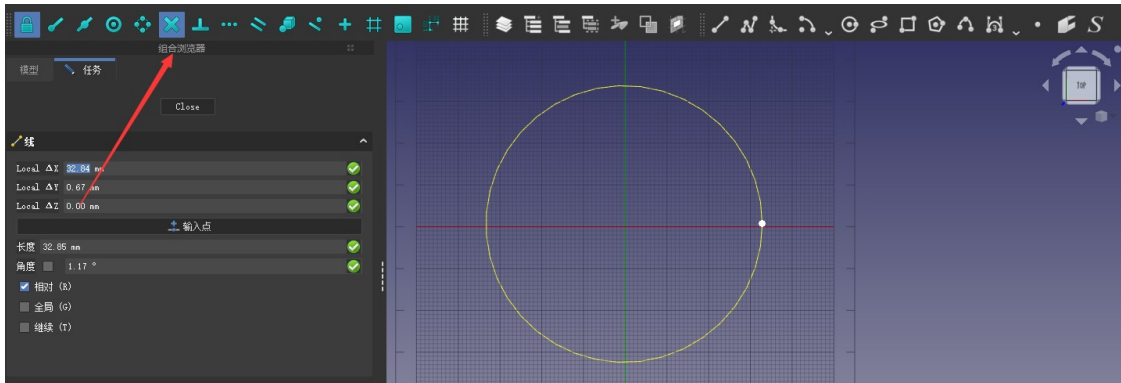




(角度捕捉)

## 捕捉交点

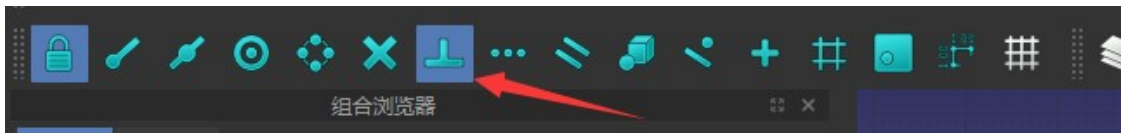
交点捕捉可以捕捉图元中的交点，当光标为白色时说明已自动捕捉到中点。

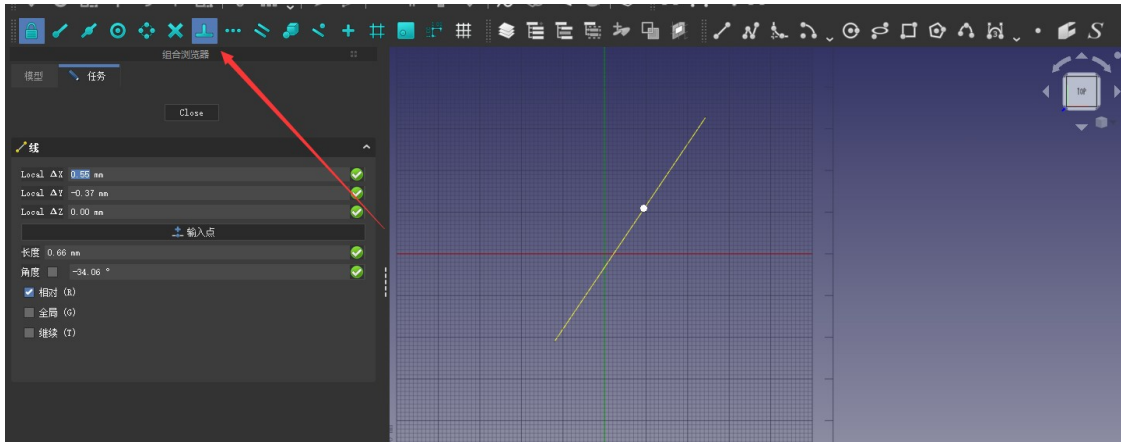


(交点捕捉)

## 捕捉垂直

捕捉垂直开启后绘制线是基于上一个图元进行垂直捕捉。

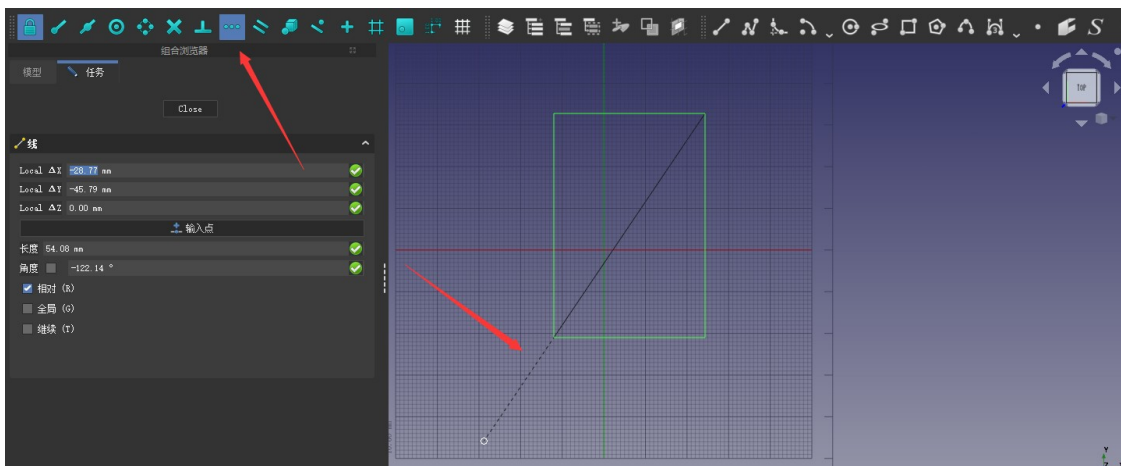




(垂直捕捉)

## 捕捉延伸线

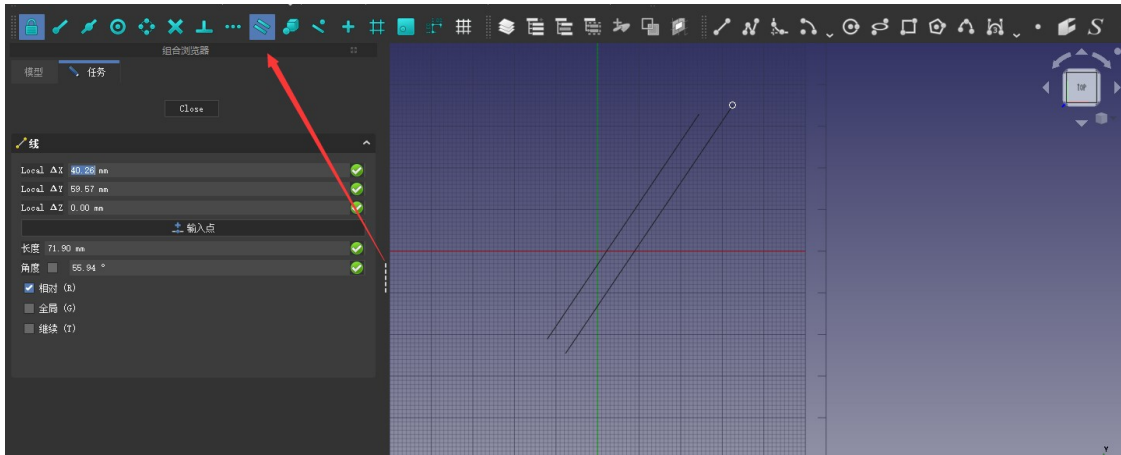
捕捉延伸线功能启用后会捕捉一根线所延伸出来的假象线，例如图中的一根直线开启后则会沿着这根直线的法线方向延伸出一根虚拟的线。



(延伸捕捉)

## 平行捕捉

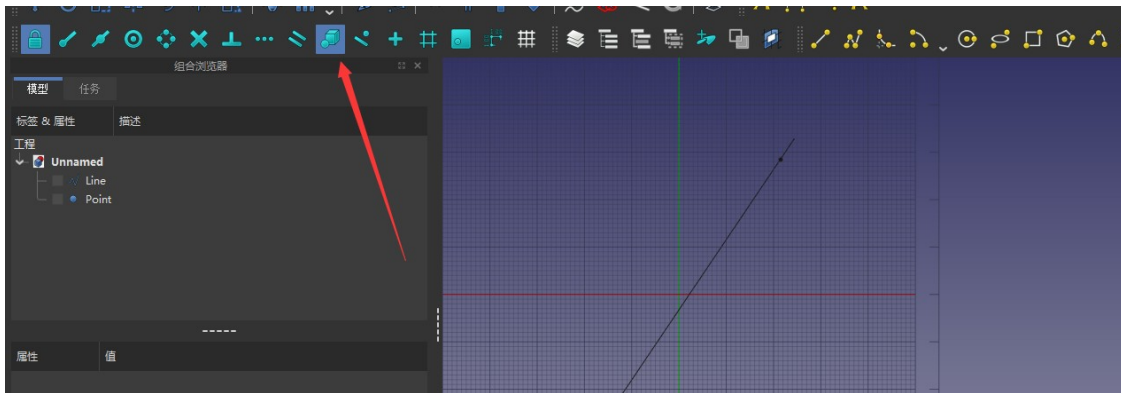
平行捕捉功能开启后在创建基于另一根图形时会基于被捕捉对象创建基于它的平行边。



(平行捕捉)

## 捕捉特殊点

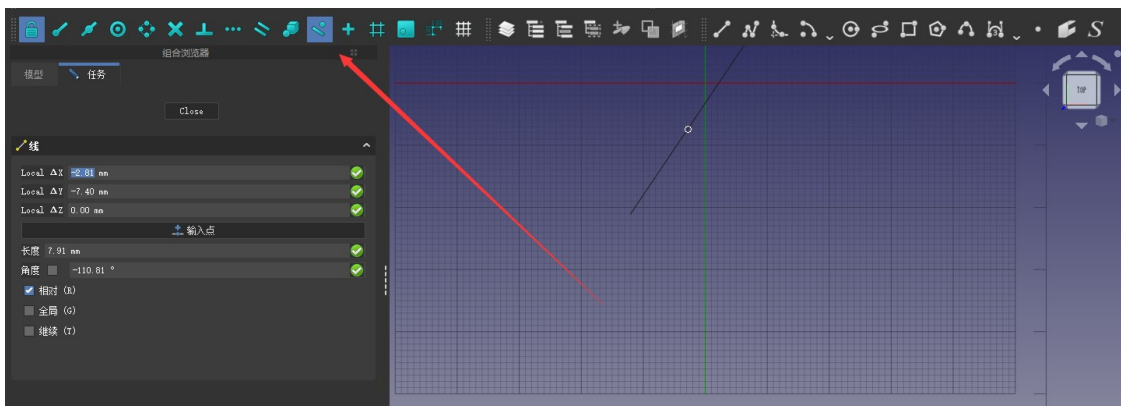
捕捉特殊点功能开启后会捕捉图元中带有特殊点的部分进行捕捉，如果没有则不会捕捉。



(捕捉特殊点)

## 捕捉靠近点

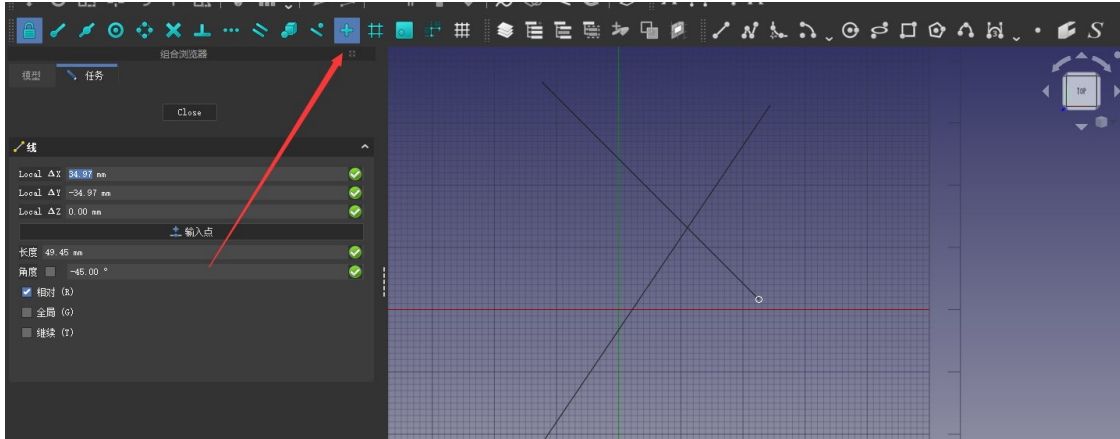
捕捉靠近点接近线捕捉到面和边缘上最近的点。



( 捕捉靠近点 )

## 捕捉正交

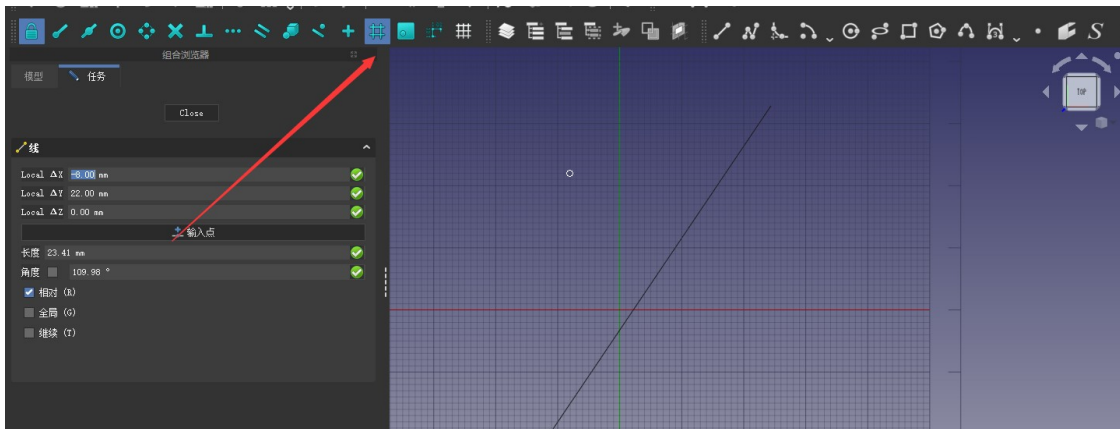
捕捉正交捕捉到以 45° 倍数穿过前一个点的假想线。



( 捕捉正交 )

## 网格捕捉

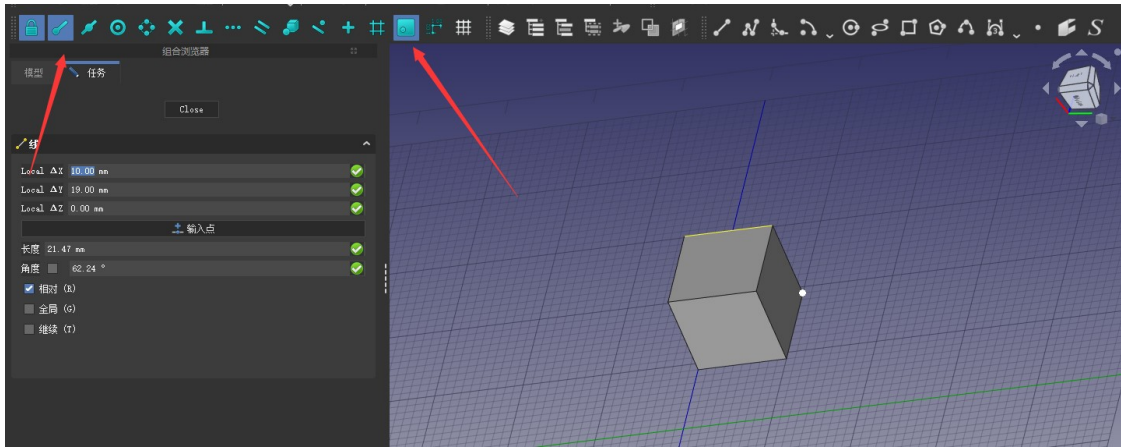
网格捕捉捕捉到网格线的交点。



( 网格捕捉 )

## 工作平面捕捉

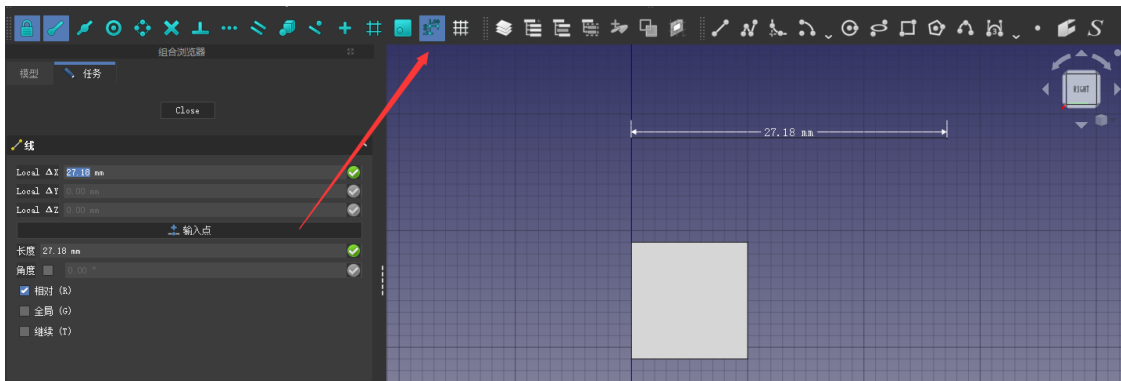
工作平面捕捉通常用于基于实体对象来去把需要捕捉的点投影到工作平面上，此功能需要配合其他捕捉来去使用。



(工作平面捕捉)

## 动态尺寸捕捉

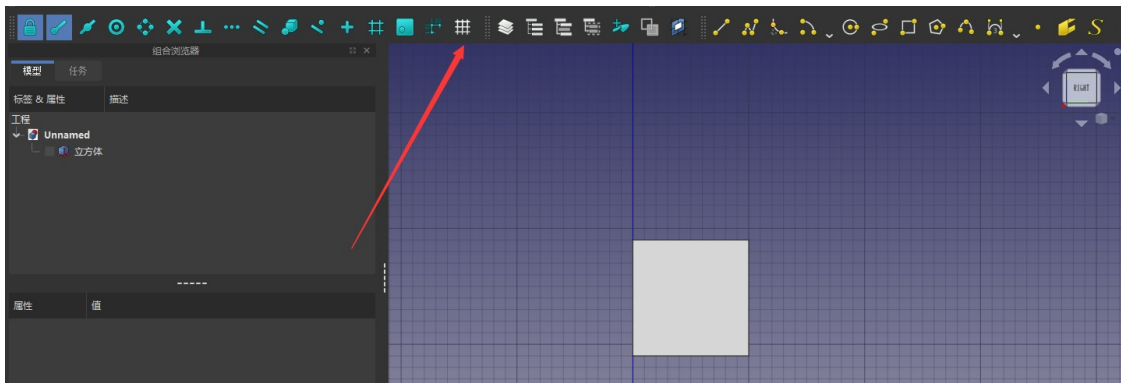
动态尺寸捕捉功能用于绘图的时候生成自动随着线段的尺寸显示。

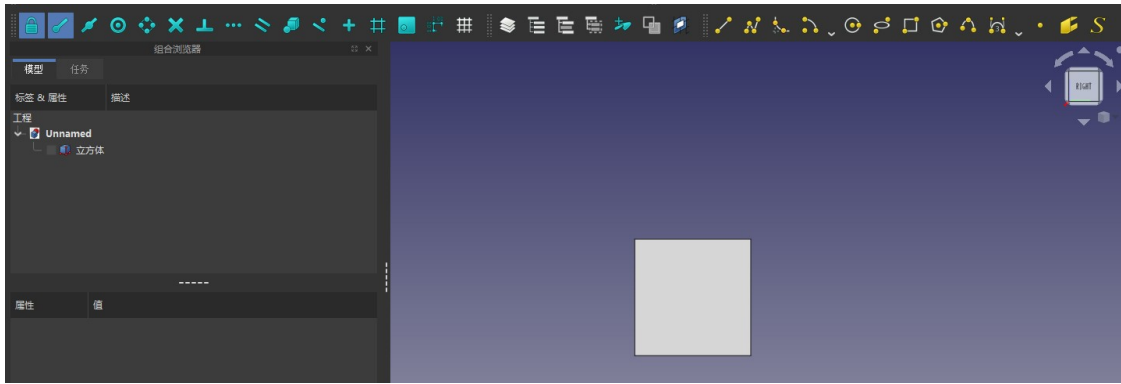


(尺寸动态捕捉)

## 网格捕捉

网格开启和关闭功能，单击此功能来启用或者关闭网格显示。

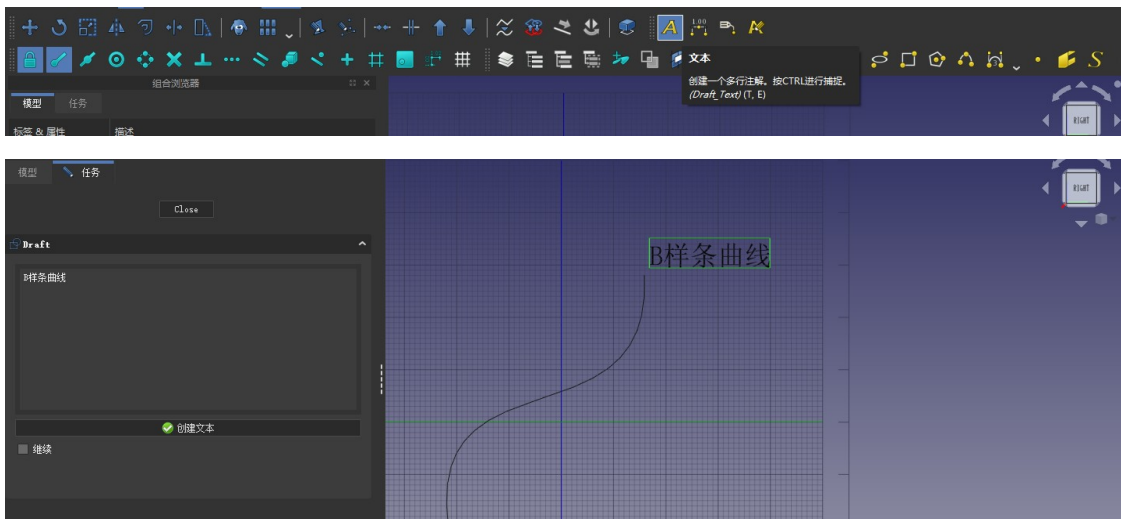




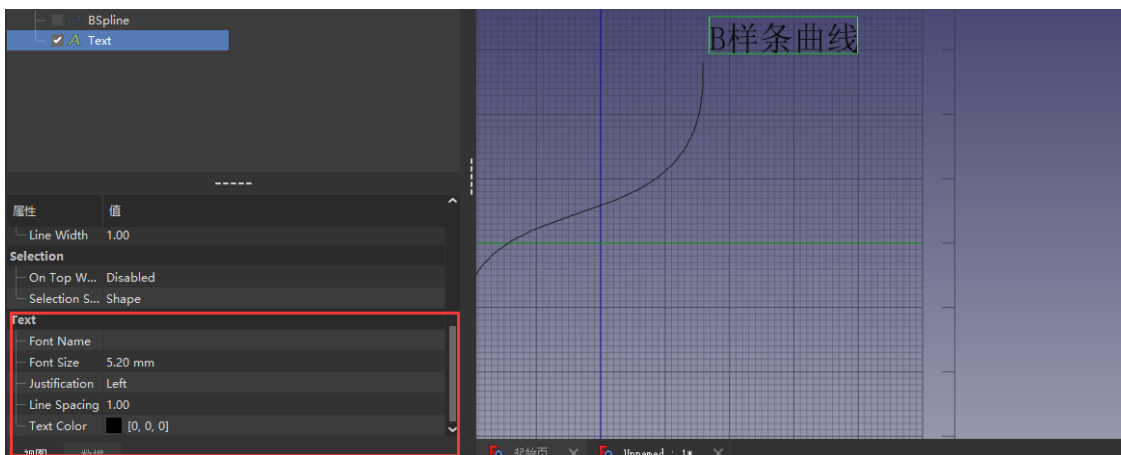
(网格功能)

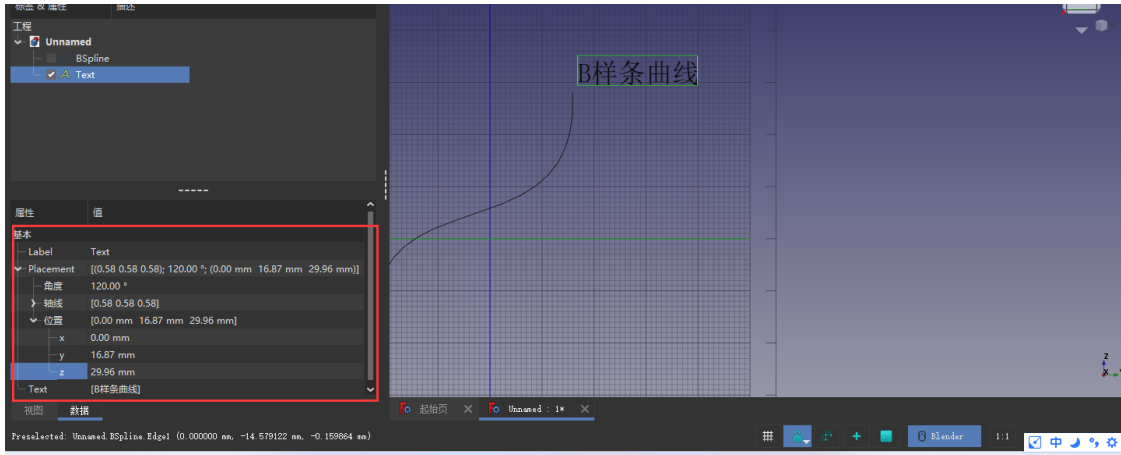
## 创建文本

创建文本功能可以对所需要的对象在平面生成一个注释，可以利用捕捉功能对某个需要注解的图元进行注解，点击需要创建注释的对象捕捉需要创建的位置输入文本创建。



创建文本的大小以及位置可以在左侧模型树面板中的视图进行更改数值。





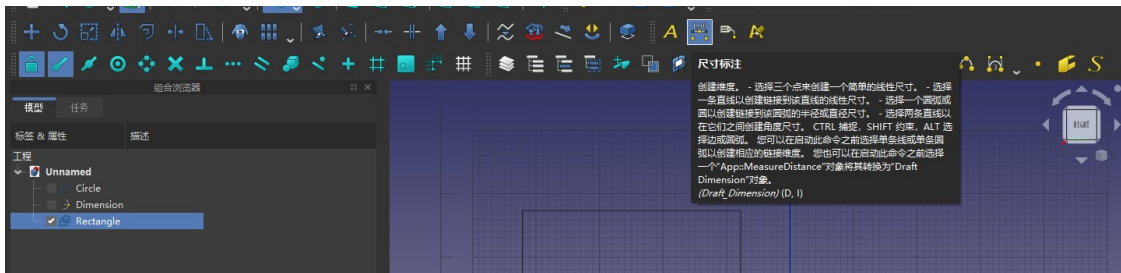
(文本注解)

## 尺寸标注

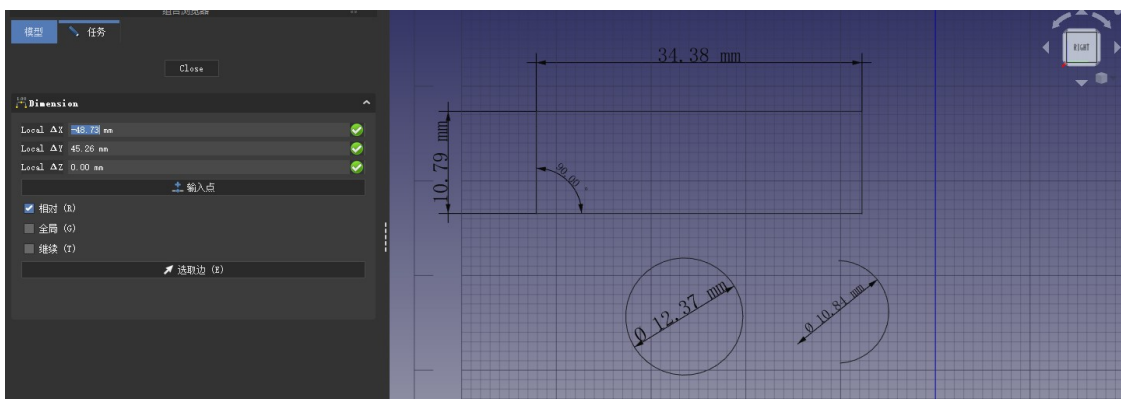
尺寸标注功能用于标注图元的尺寸，可以是 2D 标注也可以是 3D 标注；同样此项功能也可以对实体零件进行空间标注，详细可以查看视频教程关于空间标注：

[https://www.bilibili.com/video/BV1js4y1v7rx/?](https://www.bilibili.com/video/BV1js4y1v7rx/?spm_id_from=333.999.0.0&vd_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66)

[spm\\_id\\_from=333.999.0.0&vd\\_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66](https://www.bilibili.com/video/BV1js4y1v7rx/?spm_id_from=333.999.0.0&vd_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66)



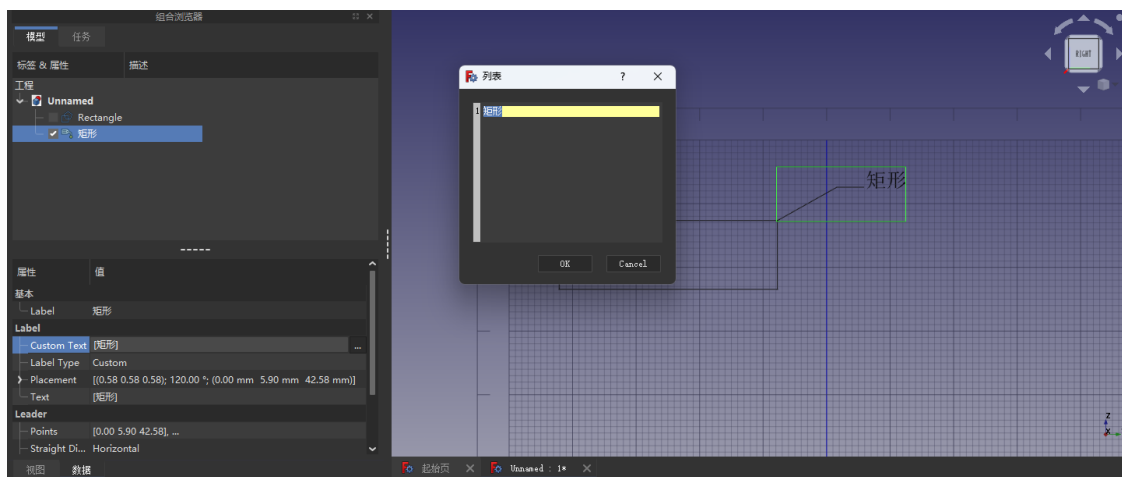
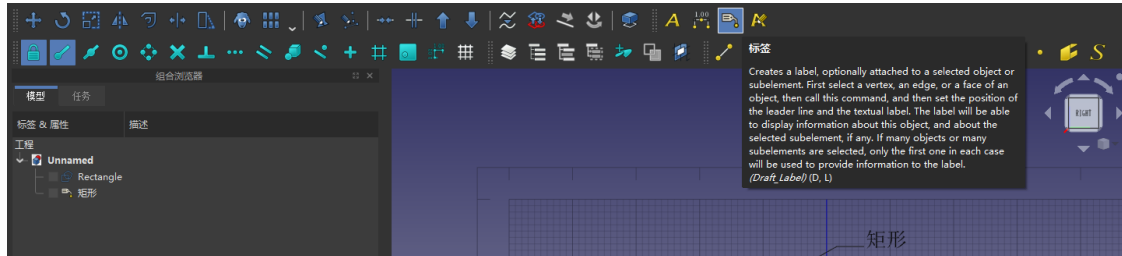
此功能需要开启捕捉后使用，利用两个点确定一个线性尺寸，左侧面板中选取边可以确定一个圆或者弧的直径或者半径。



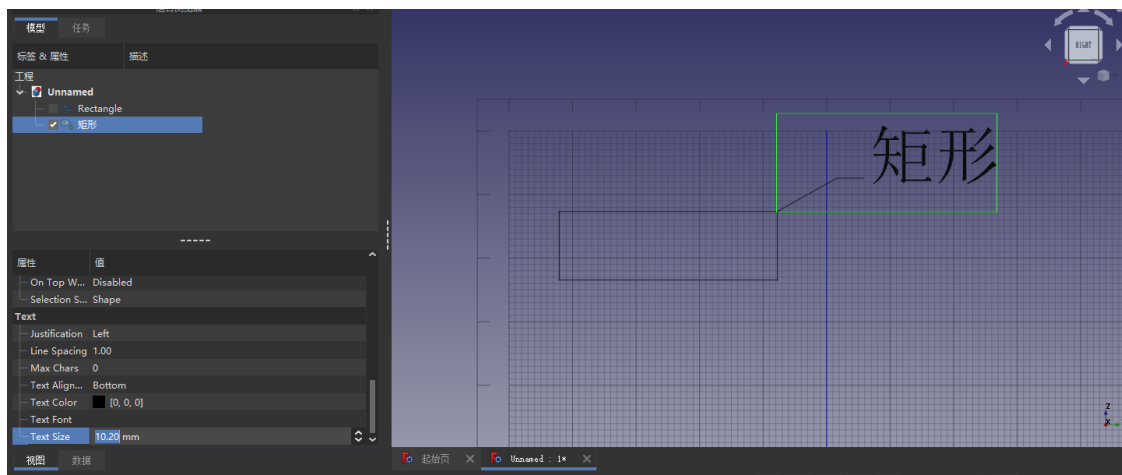
(尺寸标注)

## 批注标签

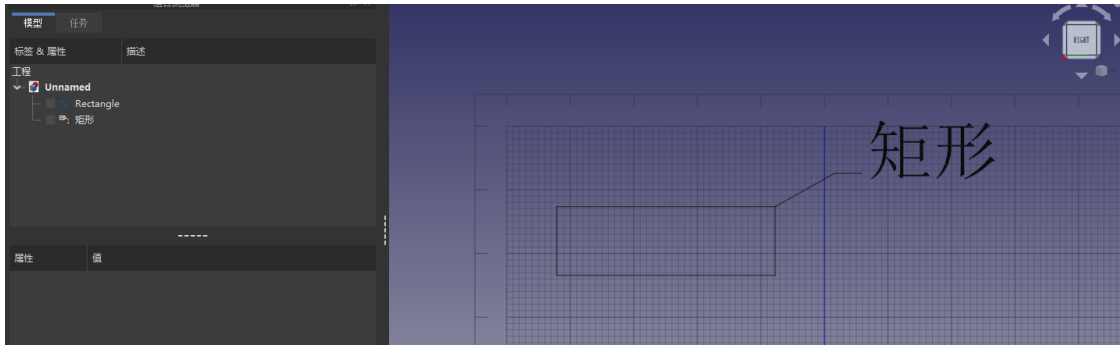
批注标签可以在图元上生成一个批注，可以通过捕捉的形式在需要批注的地方添加文字批注，具体的参数和文字可以在左侧数据 and 视图面板更改文字的大小和文字的类型。



双击可以更改所需要的批注内容。



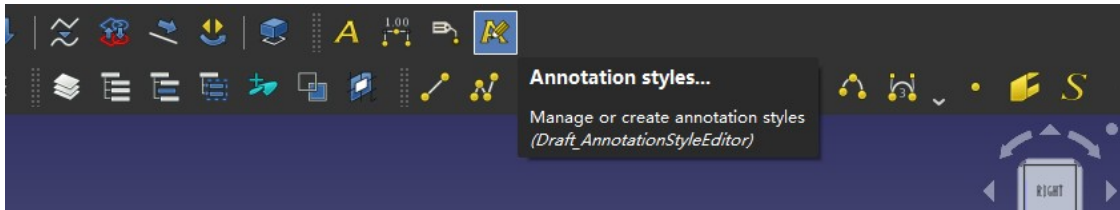
视图菜单中可以更改字体的大小和颜色等选项。



(文本注解)

## 注释样式编辑器

注释样式编辑器可以编辑各项参数，便于下次启动时默认。



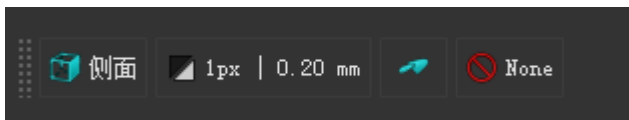
样式编辑器可以编辑字体的大小、颜色线条的粗细等功能编辑完毕之后下次启动软件时则以自己定义完的参数进行显示，需要新增一个文件点击保存。



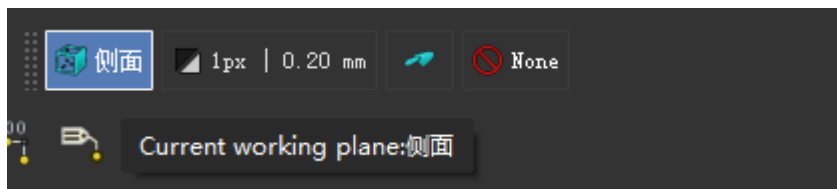
(样式编辑器)

## 辅助绘图功能区

辅助绘图功能区包含工作平面的放置，点线面的像素大小以及构造模式以及每次是否在新图层上进行绘制图元。



工作平面放置区单击后可以在左侧面板中弹出放置的选项，自行选择需要放置的目标位置，对称勾选后会对称与创建出来的工件中心，偏移则可以控制工作平面的位置变化。

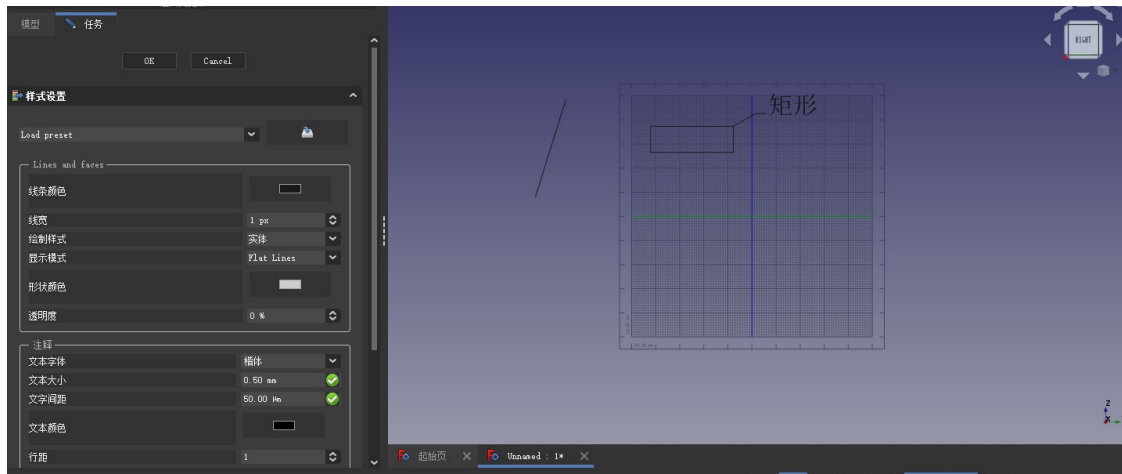




### (工作平面放置)

在样式区可以更改绘制的样式它和注释编辑器功能一样，通过自定义参数进行保存后下次默认开启就是自定义的样式。





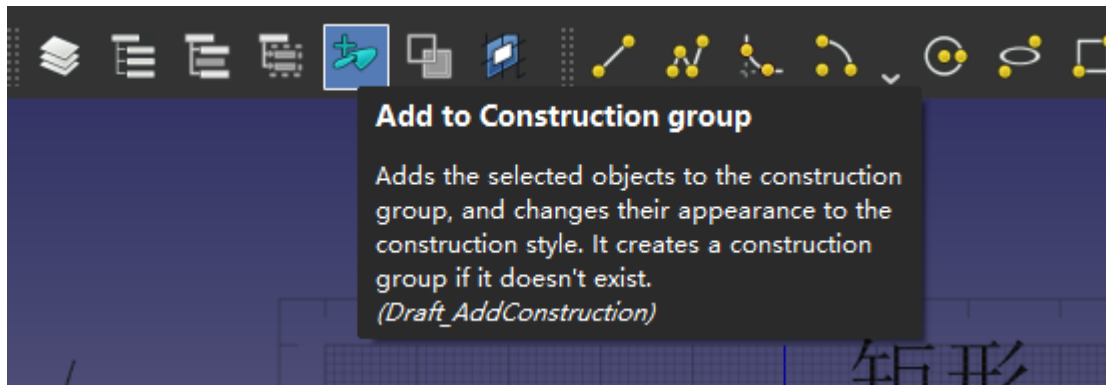
(样式编辑)

## 构造模式

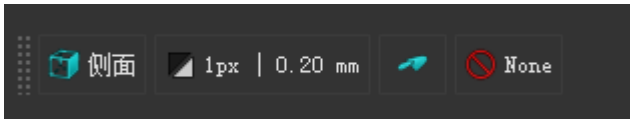
构造模式也就是辅助线模式再次模式下所绘制的图元并不会作用于实际，只是为了参考。



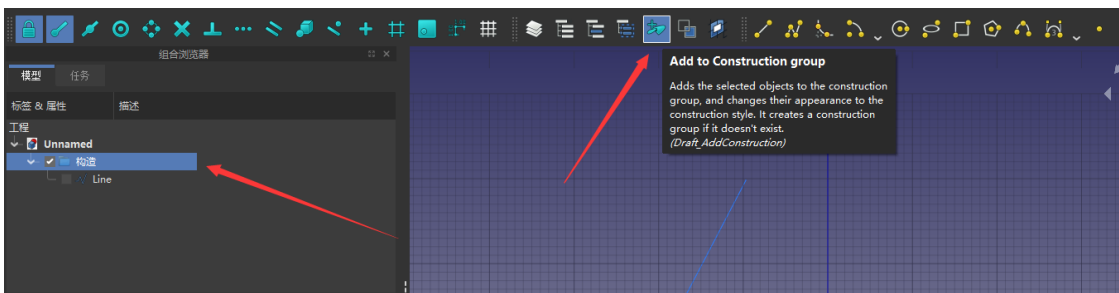
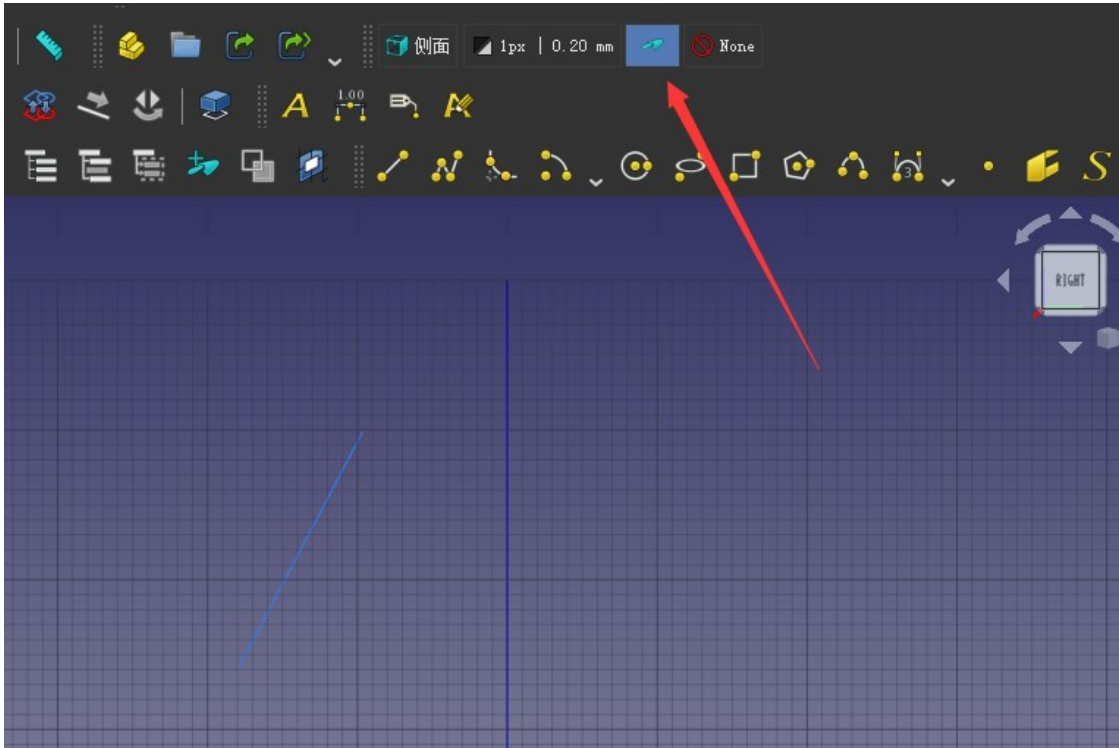
这和图层工具组中的构造组一样区别在于，辅助线模式启用后不会创建组合而图层工具组中的构造组当绘制一个参考图元后会自动建立一个构造组并在其中创建构造线。



点击辅助线模式后，会生成蓝色的参考线；可以在参考线的基础上进行图元的绘制，默认构造线的颜色是蓝色如需自定义请参照样式编辑器自己改变构造线的颜色。



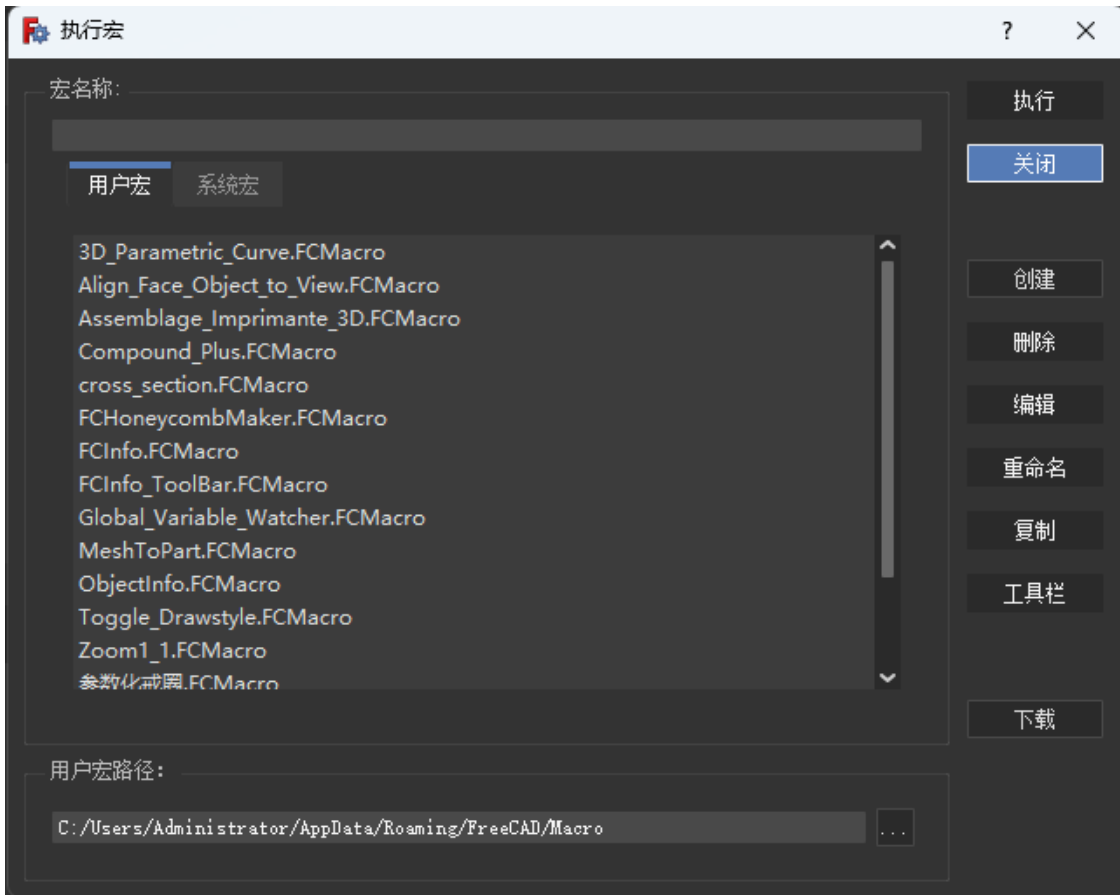
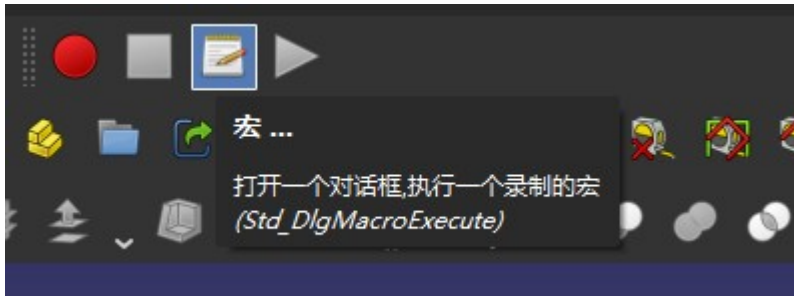
启用构造模式创建图元，当图标被点亮后即启用了构造模式。



(构造模式)

## 宏脚本 (Macro)

宏命令也被称为脚本，是一个自动执行且可以控制的脚本；此脚本可以在插件管理器下载到其他人开发的宏、（可参阅插件管理器解释）也可以自己录制宏。



无论是第三方的宏脚本还是自己录制的宏脚本都可以在宏菜单中找到，下方是宏的默认存放路径，点击某个宏执行即可。

如果您精通代码可以在右侧的控制面板中点击编辑宏使用 Python 来进行宏的编译。



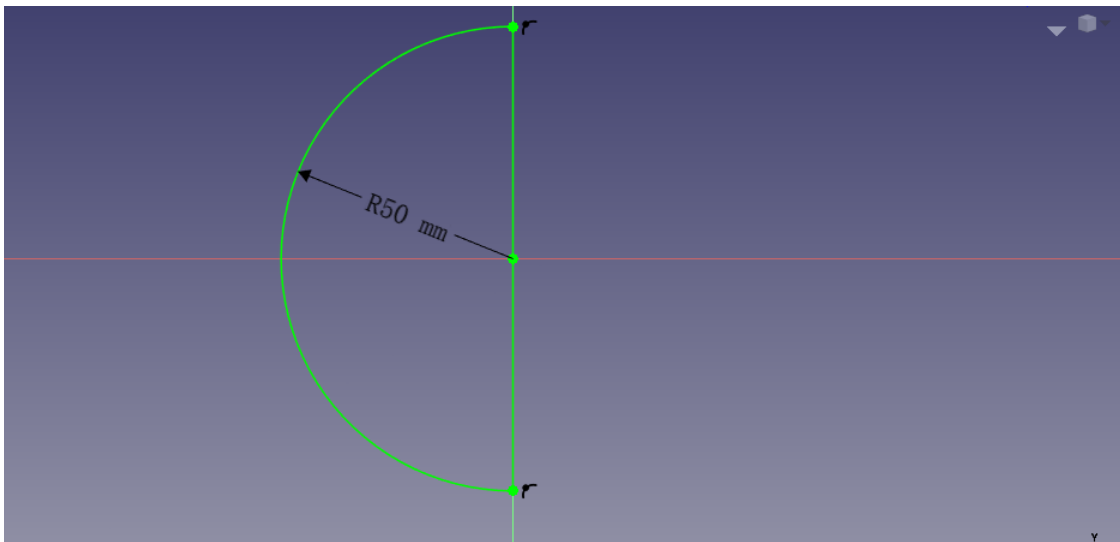
(宏编译)

## 录制宏

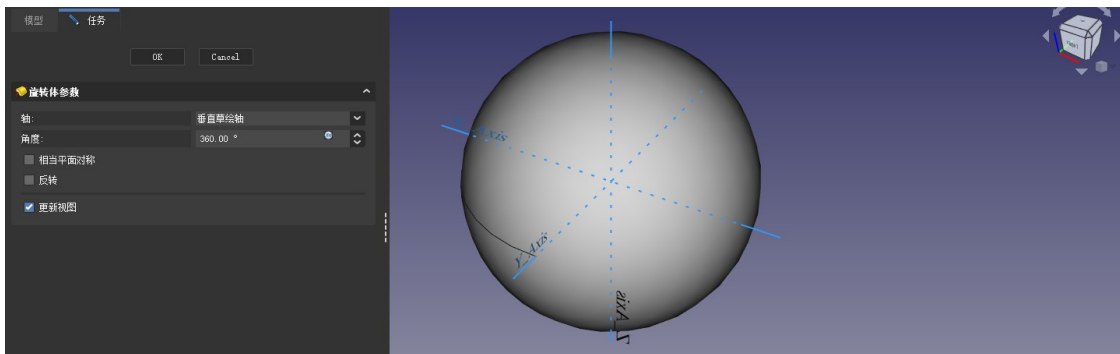
录制宏是指可以通过自己的一些操作记录下来；从而把指令封装进脚本内方便下一次自动执行和调用，点击开始录制按钮您的每一次操作都会记录直到您结束录制为止，接下来我们来演示如何创建一个球体的自动可执行宏脚本。



点击录制宏按钮开始录制，新建一个实体创建一个草绘工作平面为 XY，并绘制一个半径为 50mm 的半圆形。



完成绘制后退出草绘编辑器，点击左侧模型树中的草绘点击旋转特征沿着垂直草绘轴旋转 360° 形成一个球。

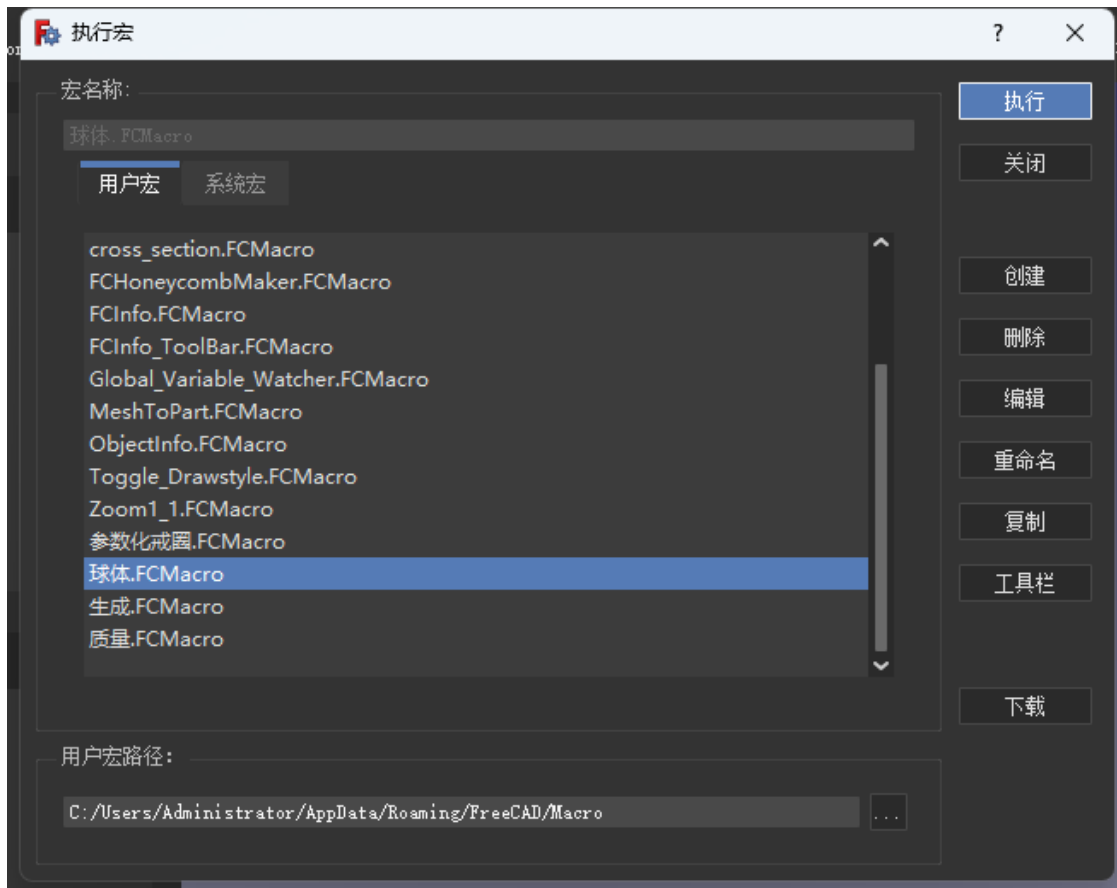


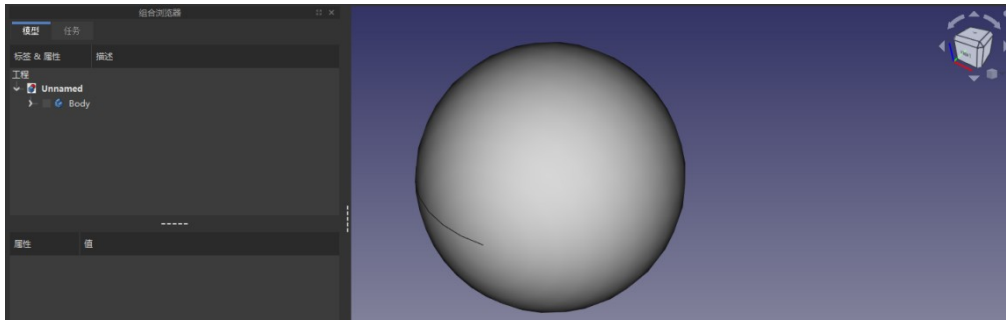
完成之后点击结束录制按钮。



## 自动执行宏

找到宏指令功能展开宏面板找到我们刚刚录制好的宏，我把它命名为球体，点击球体宏脚本，点击执行则会在模型树中自动生成一个球体。

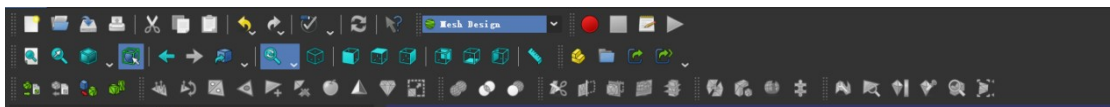




(宏脚本执行完毕)

## 网格工作台 (Mesh design)

在网格工作台中我可以对网格对象进行编辑；修改、移动、查看网格表面信息和运行检查等操作。注意：在网格工作台中必须且至少需要一个网格对象才能使用命令栏的工具。



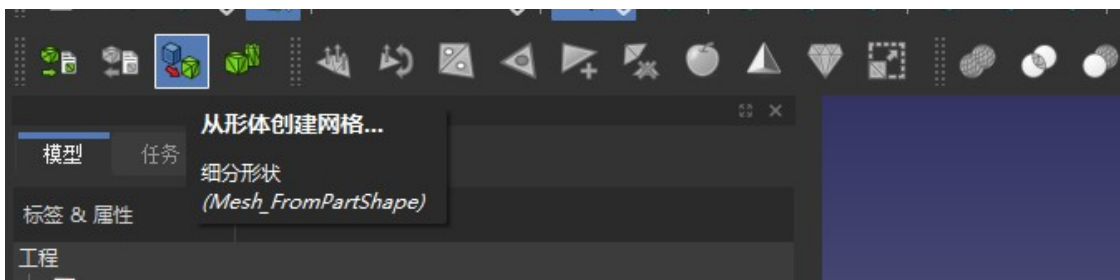
(命令栏灰色)

## 创建网格对象

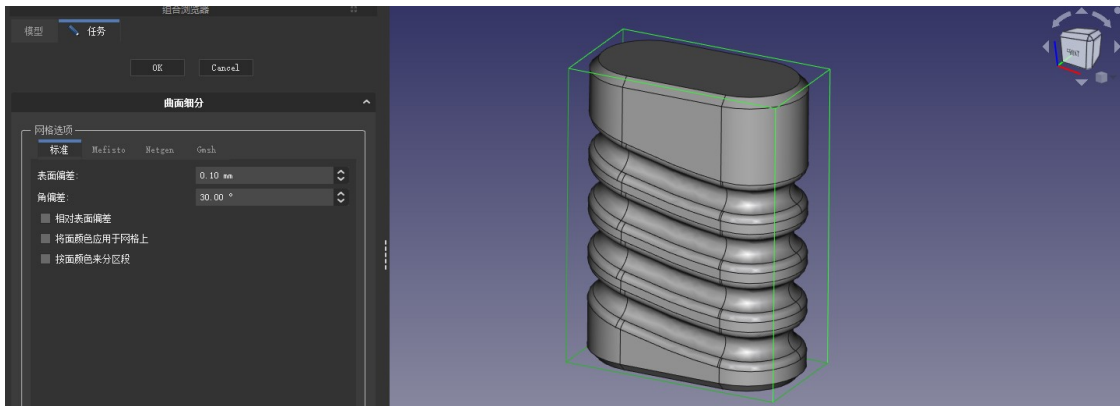
两种创建网格对象的方式，第一种：导入外部网格对象，点击从文件中导入网格可以在电脑中导入需要位置的网格对象通常格式为 OBJ·STL。



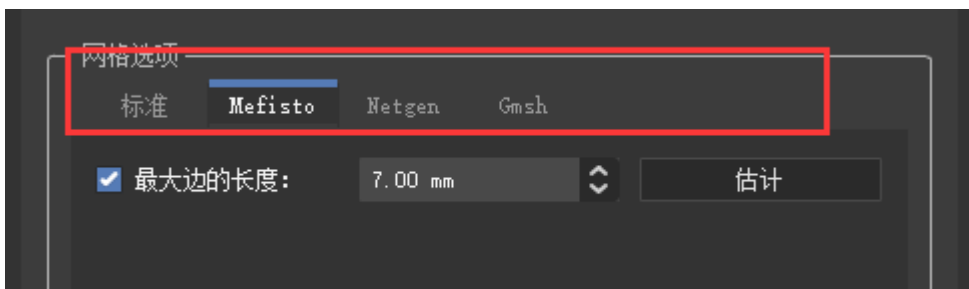
第二种：从已有的项目文件中提取网格对象；在左侧模型树菜单中单击要转换成网格的零件，点击从形体创建网格即可生成网格对象。



请注意左侧面板中的数据，不要设置太多的细分等级；计算方式为乘方，太多的表面细分会导致项目崩溃。



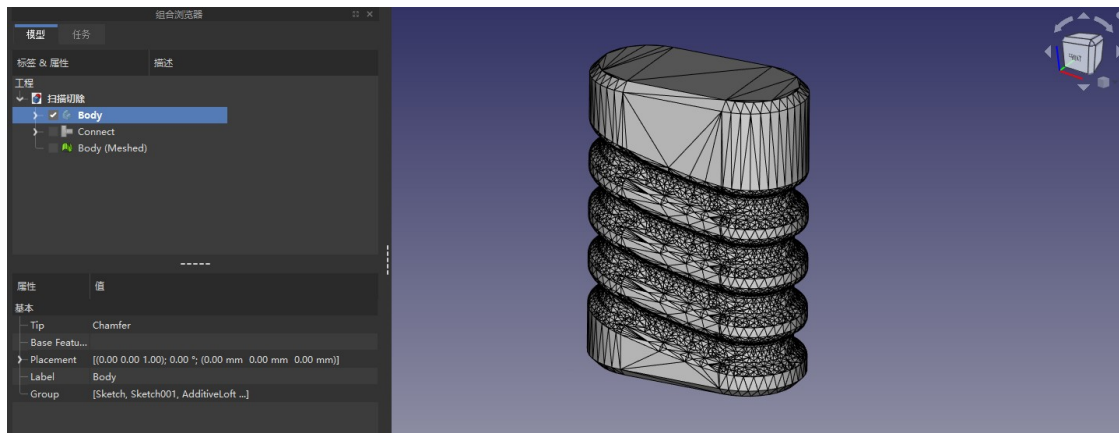
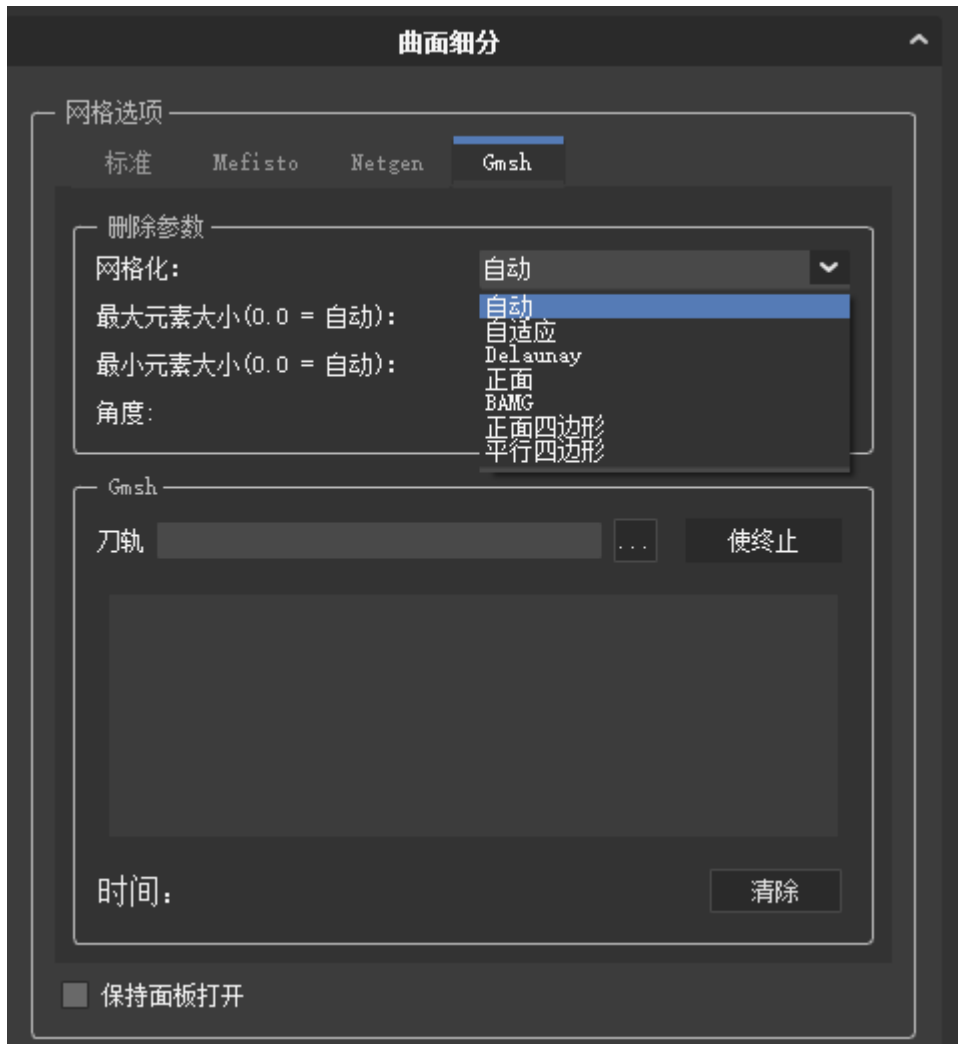
网格边长取决于模型的最大边长，可以点击估计来取值。



细分等级和类型主要为了提高模型表面的细分等级越高的细分将消耗更多的资源，生成类型：优化曲面会优化整体网格的曲面，二次要素则是二次型插值，四角形为主则是尽可能创建多的以四边面组成的网格。



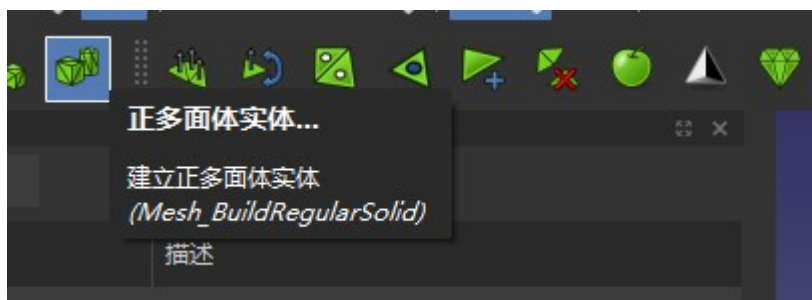
在旁边的 Gmsh 中可以在下拉菜单中选择需要生成的对象类型；刀轨的意思是指沿着某路径方法来划分网格对象，需要路径对象通常是一个脚本的形式。



(从形体创建网格对象完成)

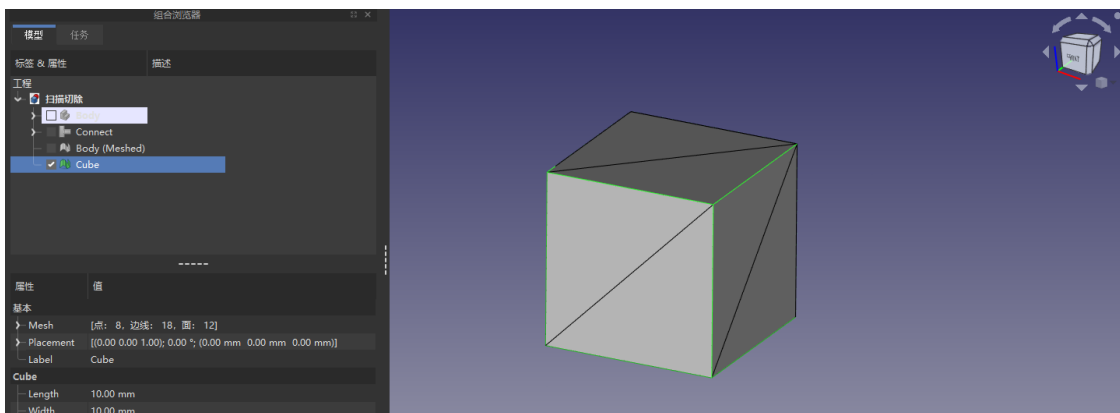
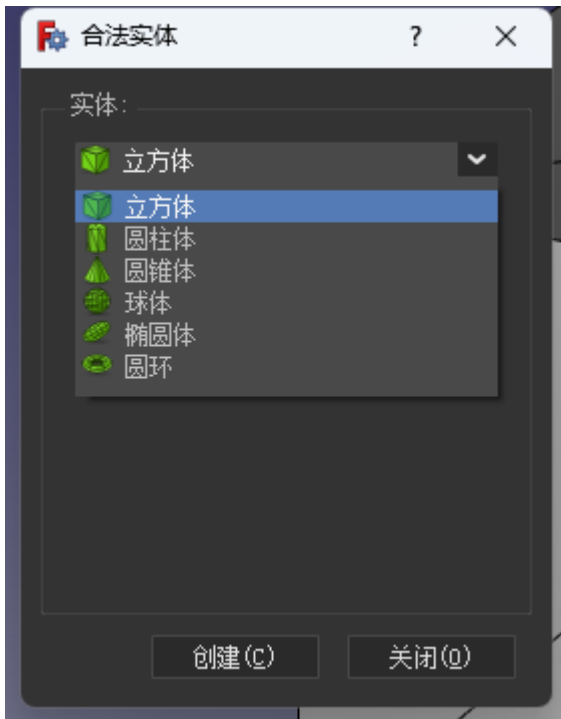
## 正多面体实体

建立多正面体功能用于创建类似于零件设计模块的参数化对象；只不过它是生成网格对象所建立的，提供一系列的初始对象构建。



点击后会弹出面板在下拉菜单中可以选择需要的形体并且设定细分参数生成。



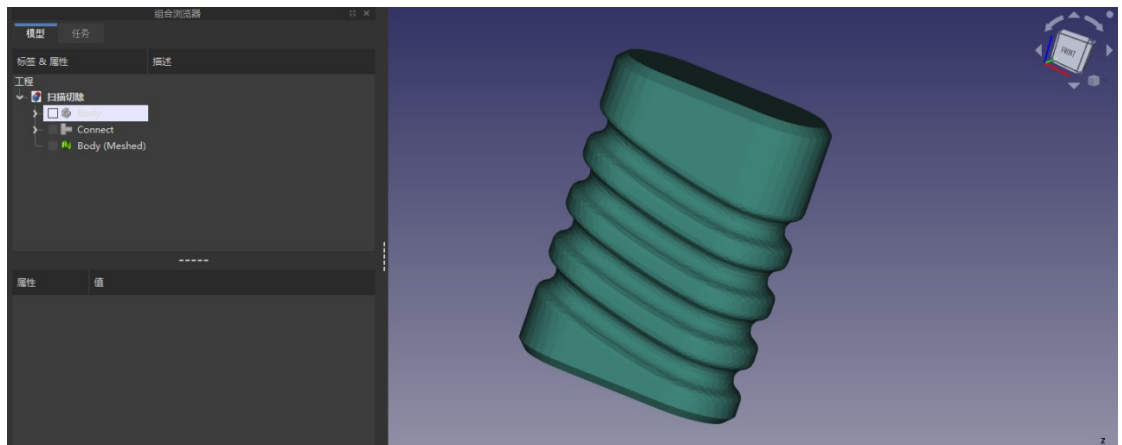


(建立多正面体完成)

## 统一法线

统一法线是对网格对象的法线进行以此平滑迭代；使用前确保已经在首选上勾选了显示背景色和一定的强度，请设置一个对比度强的颜色来去观察法线方向。

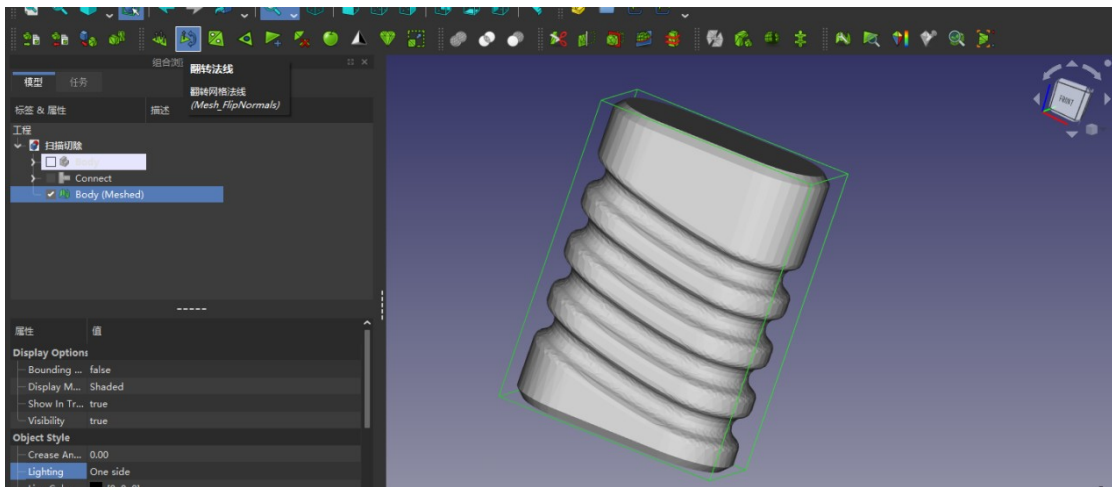
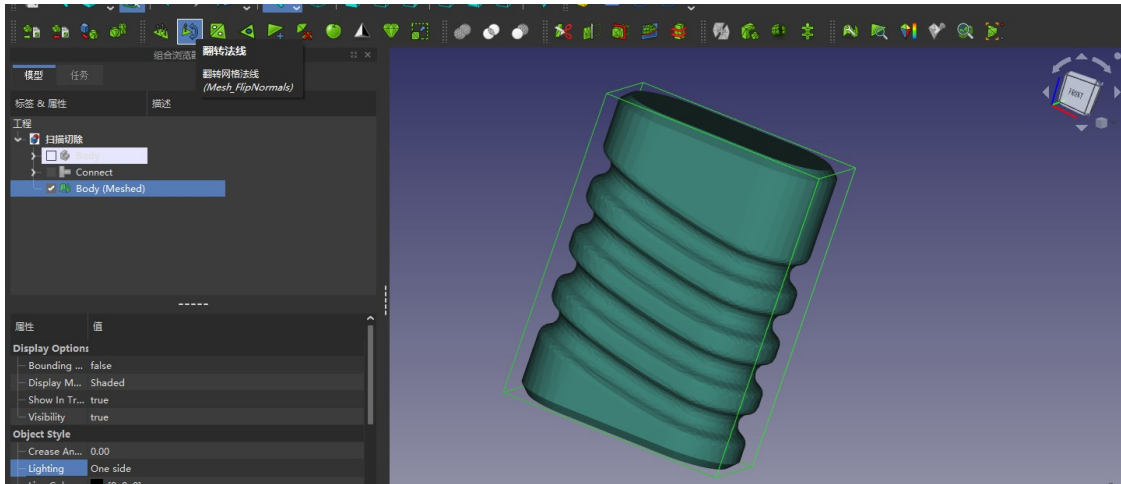




(统一法线)

## 反转法线

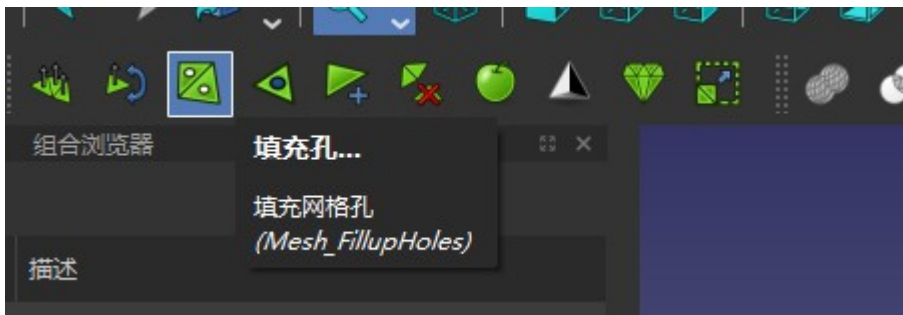
反转法线是把对象法线方向进行反转；使用前确保已经在首选上勾选了显示背景色和一定的强度，请设置一个对比度强的颜色来去观察法线方向，点击对象使用反转法线功能，每单击一次反转对象的法线。



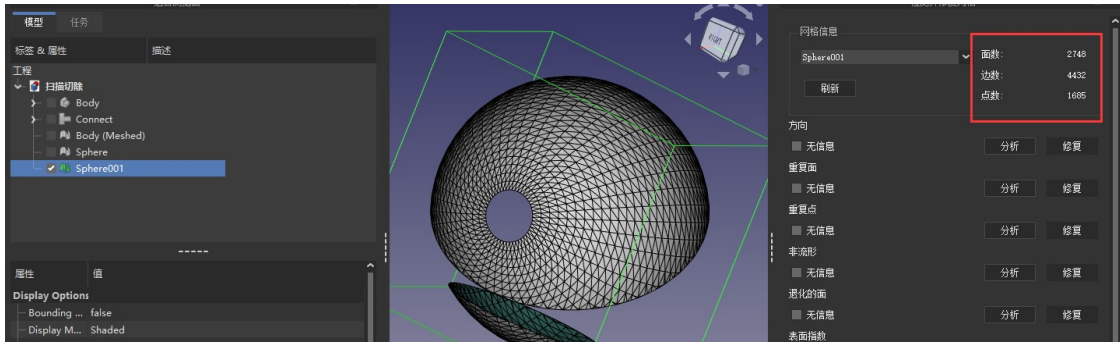
(反转法线)

## 填充孔

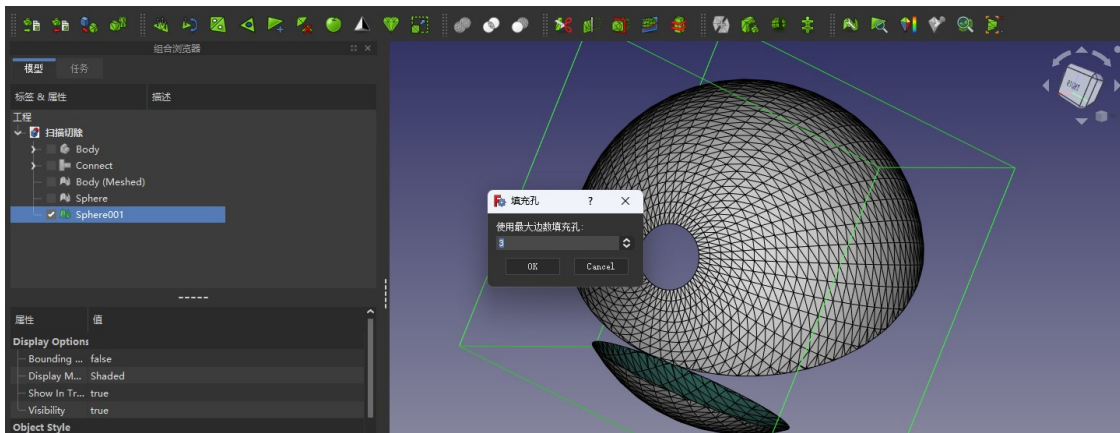
填充孔洞命令用于在网格对象上填充孔；请注意网格上必须有孔洞才可以被识别填充，其次填充的多边形数量要和网格对象一致或者大于否则无法填充。



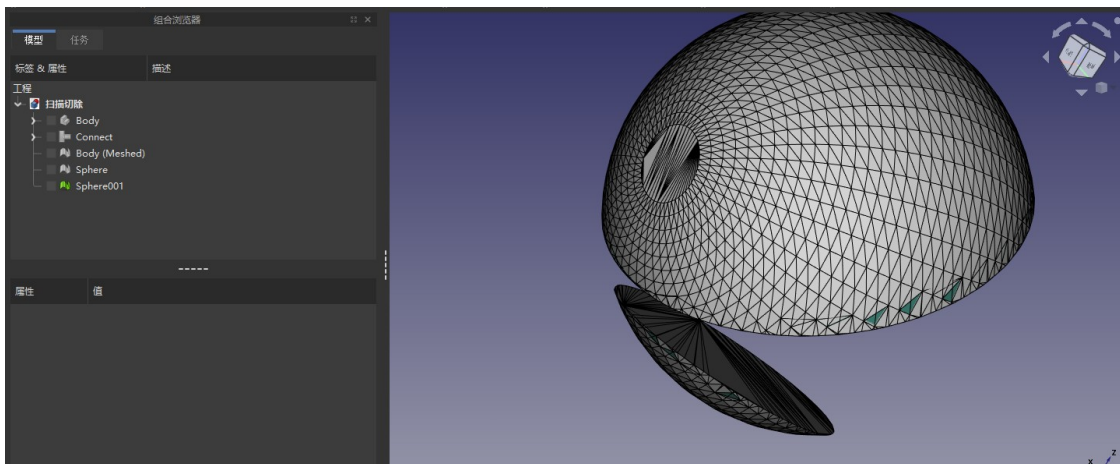
选中需要填充孔的对象参照下图中的网格对象，先去计算网格边点击评估和修复网格命令查看多边形数量。



由于目前并没有区域性查看多边形的计算工具；我们就以全局多边形数量来去填充封闭孔洞，点击网格对象再点击封闭填充孔功能。



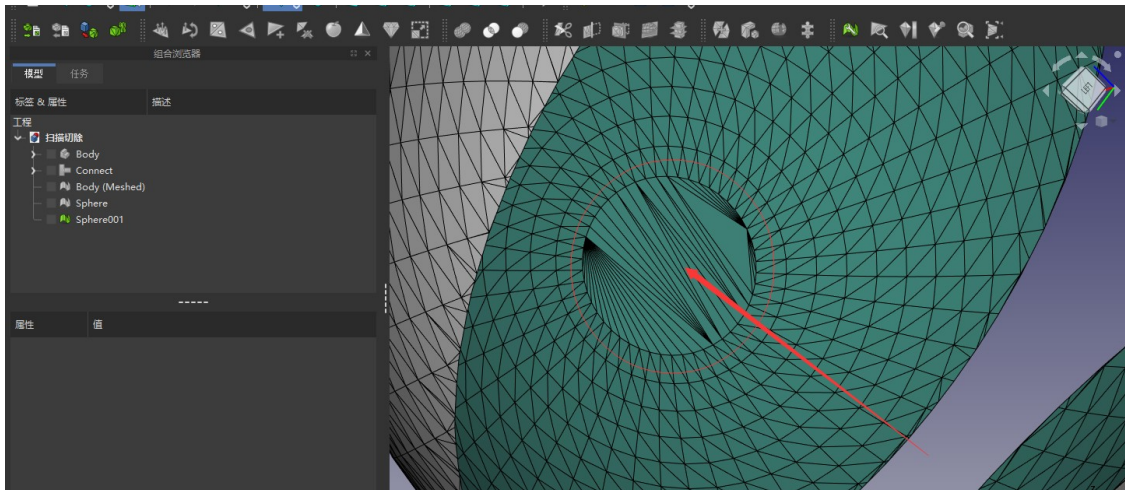
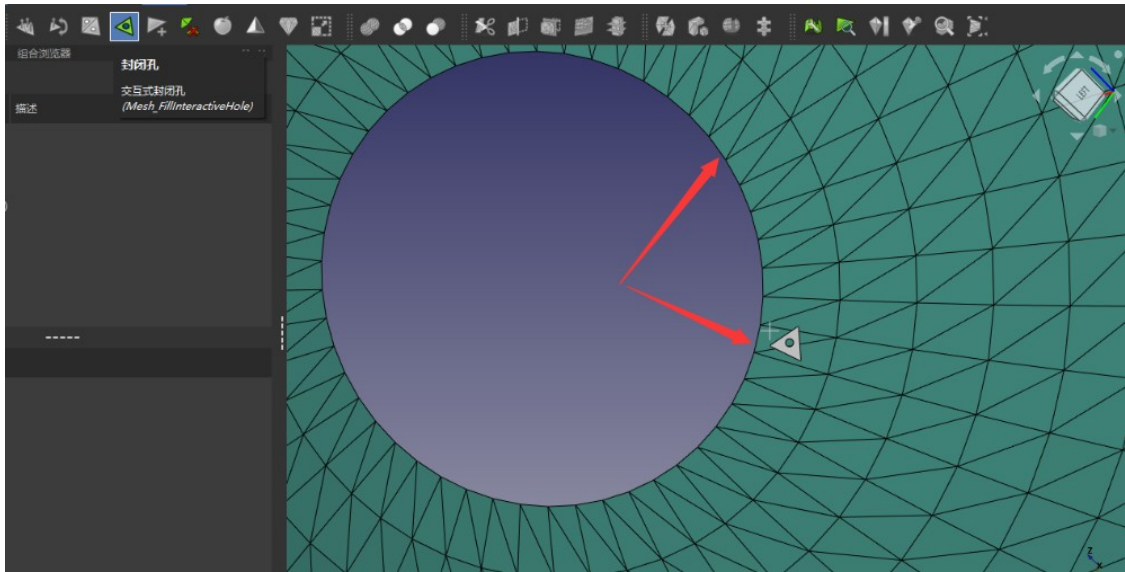
基于刚刚分析出来的多边形面数以全局数值方式给予输入数值 4432 以填充所有的孔。



(填充孔完毕)

## 封闭孔

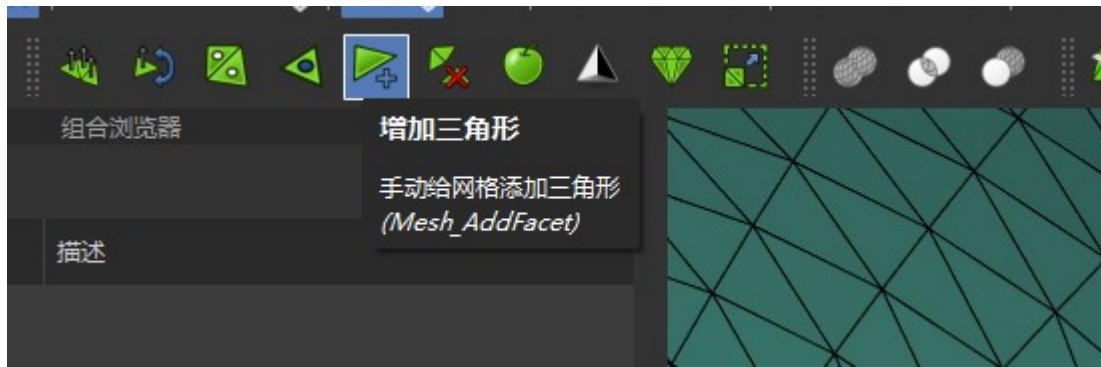
交互式封闭孔命令用于更加精确和区域性填充孔洞；使用方法点击之后会出现三角样式选中需要填充孔洞的网格边缘或者相邻的面填充区域。



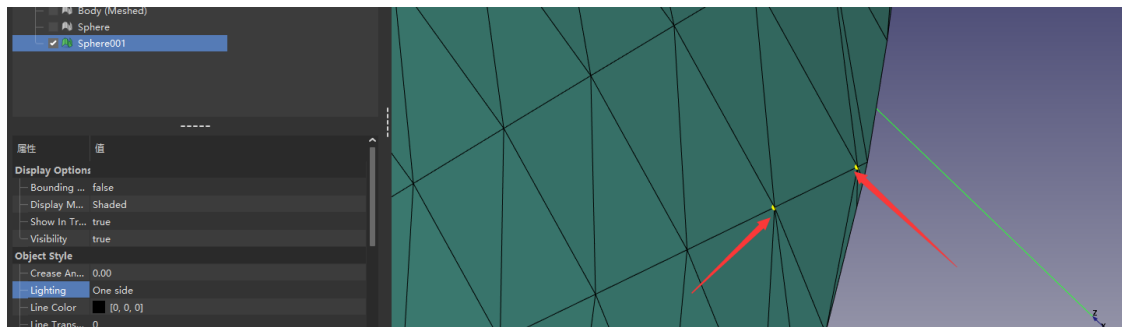
(孔洞填充完毕)

## 增加三角形

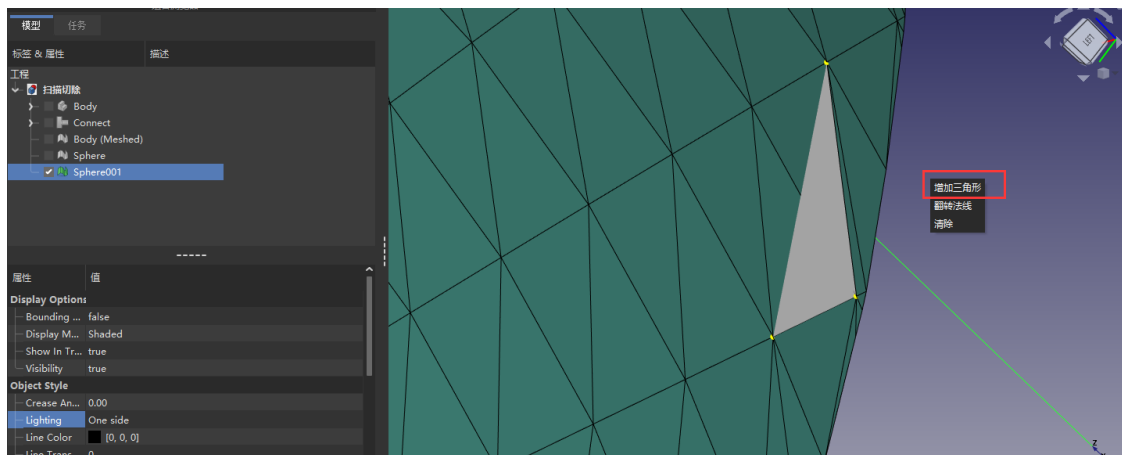
手动绘制增加三角形功能用于在网格对象上生成额外的三角形；使用方法选中网格对象后点击此功能在网格上需要绘制的区域绘制，绘制中会自动捕捉顶点，通过三点创建一个三角形。



当靠近网格时点自动高亮则说明以及捕捉，生成三个点后形成一个三角形。



在空白处单击鼠标左键则会弹出附加菜单，再次单击增加三角形则是继续捕捉创建三角形也可以反转法线。



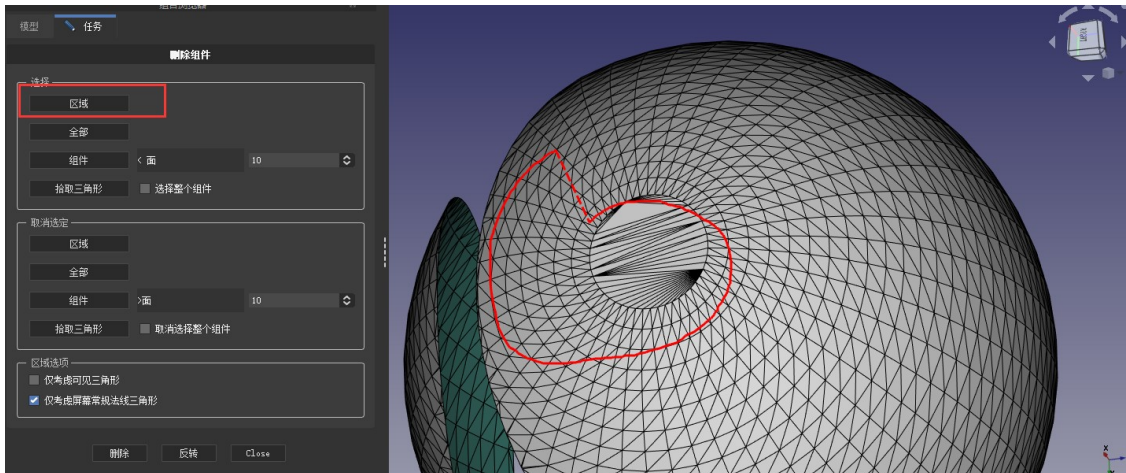
(手动绘制创建三角形)

## 删除组件

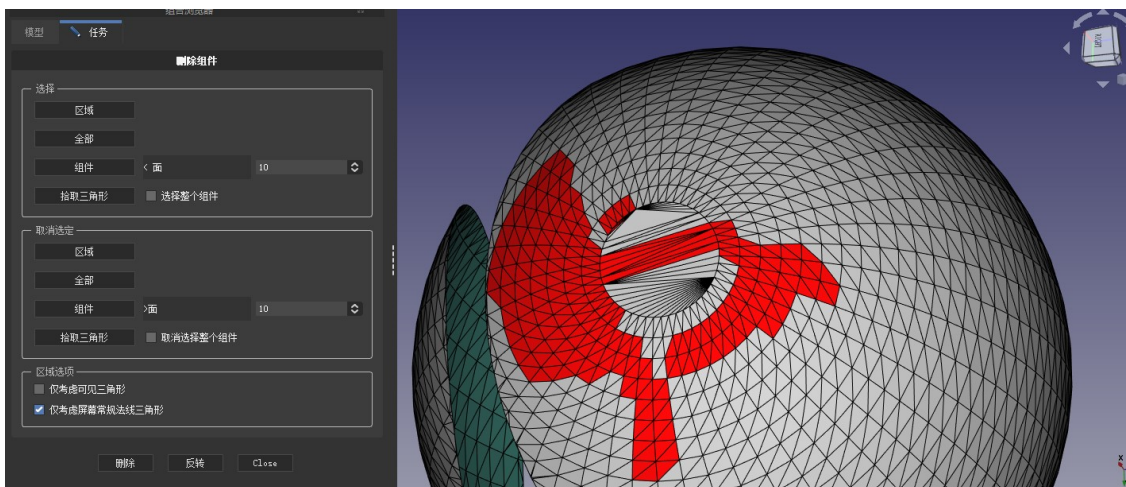
删除组件功能用于删除网格对象上的面或者边，使用方法选中网格对象然后点击此功能在弹出的控制面板中可以控制参数。



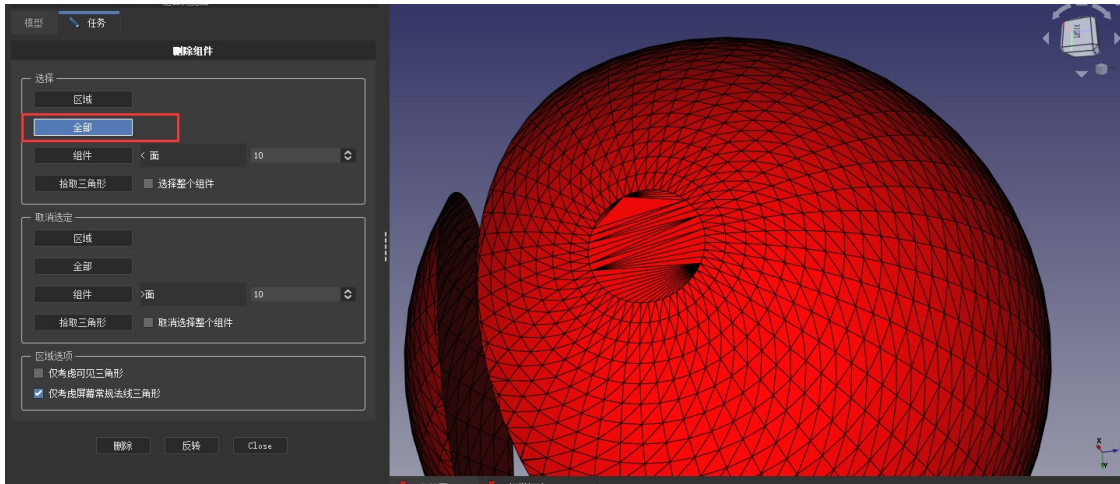
左侧控制面板中选中区域则是选中网格对象的部分区域，点击后用鼠标移动的方式去划出需要删除的选区，见下图。



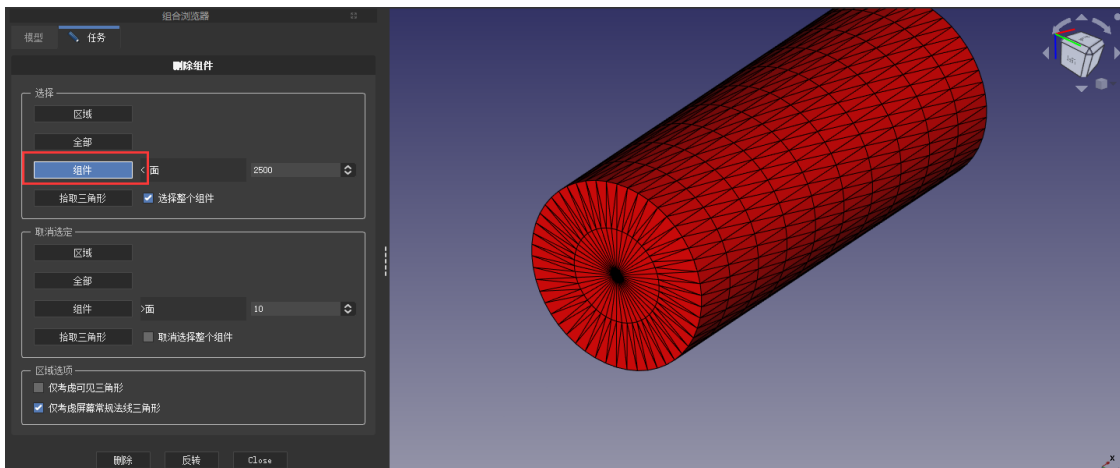
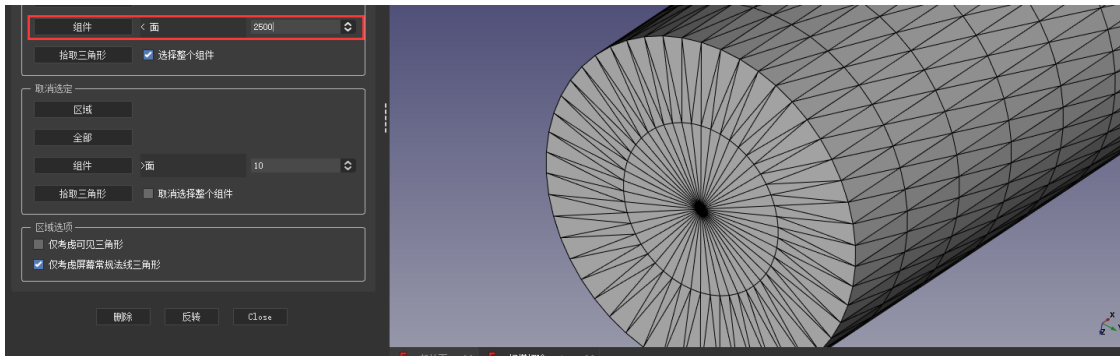
绘制选区完毕后再次点击鼠标左键完成选区，则会出现刚刚绘制完成的选区网格。



选中全部则是选中网格对象所有的网格，单击选中全部。

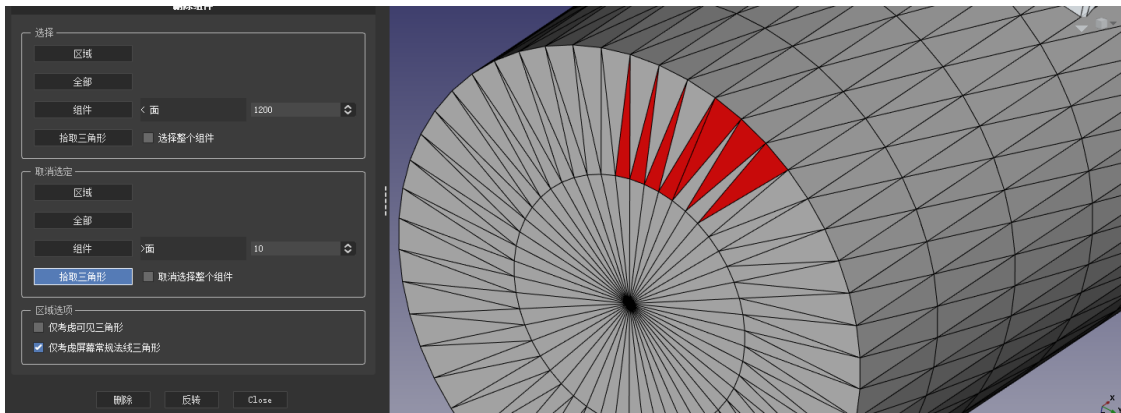
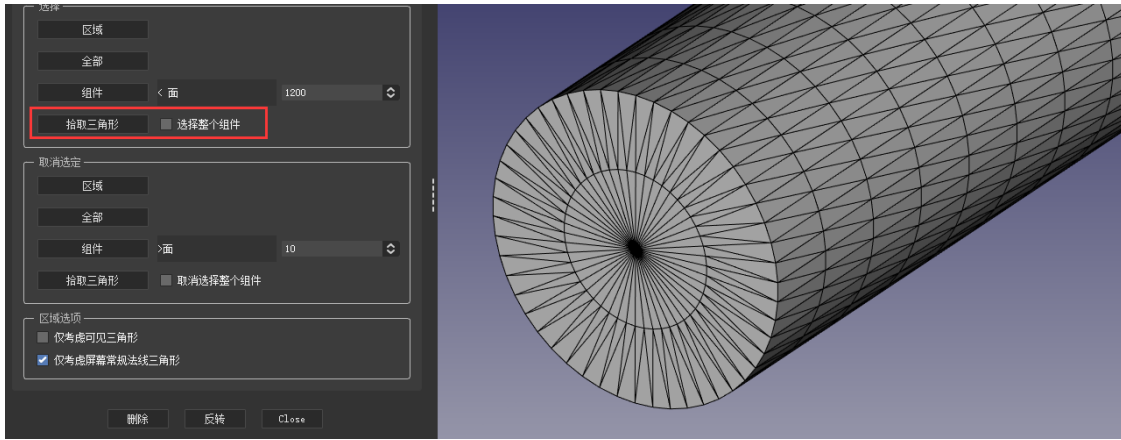


组件可选择面数少于指定最大面数的所有组件。这里的组件指的是一组完整的连接面。通常，网格对象包含单个组件；使用方法点击设置面数再去选中组件。



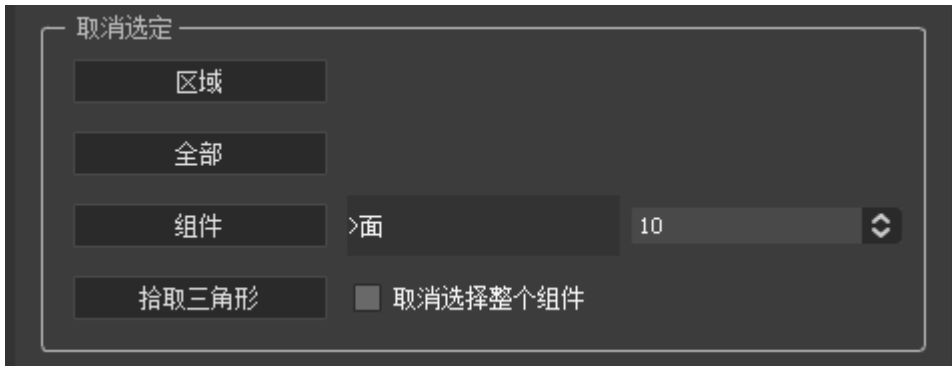
勾选选中所有组件就默认以所有面且大于这个数值的面数进行选择。

拾取三角形选择；通过在网格对象上点击需要的三角形面片来去作为选择，点击拾取三角形然后在对象上单击三角形。

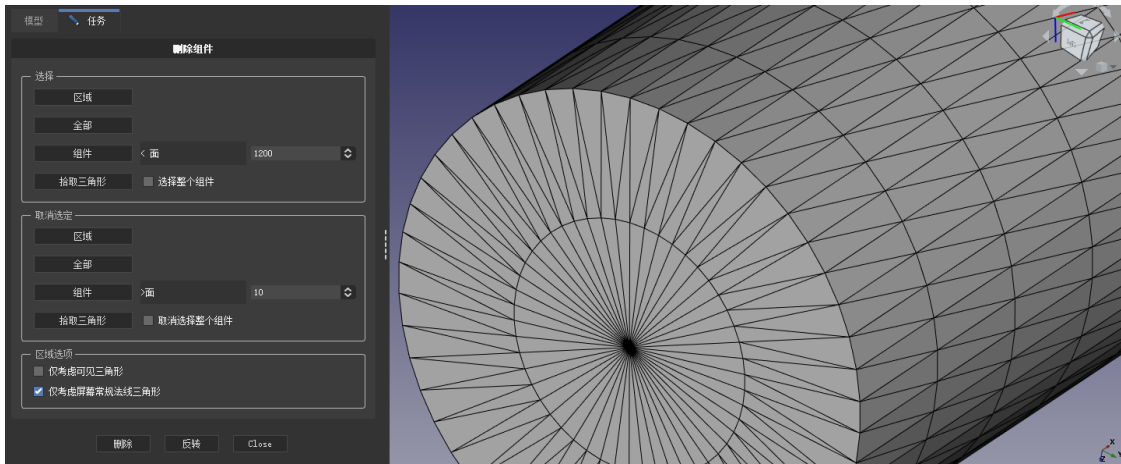
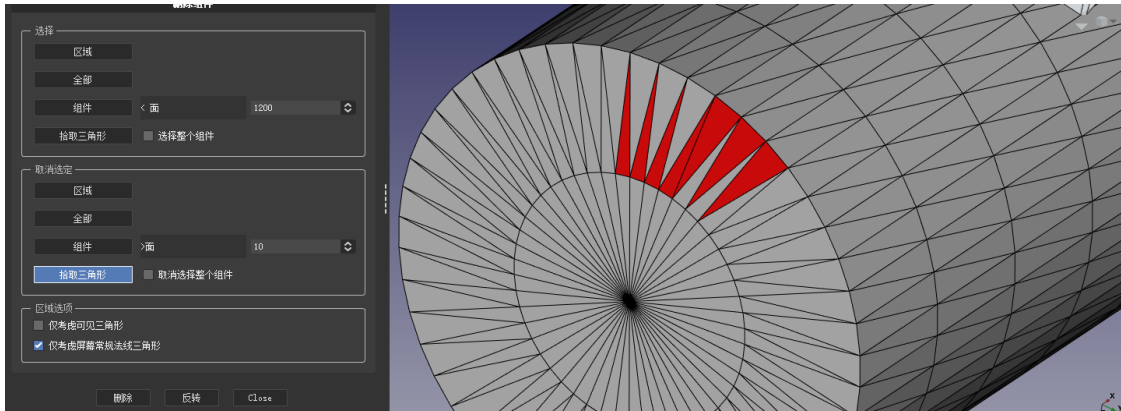


### (拾取三角形)

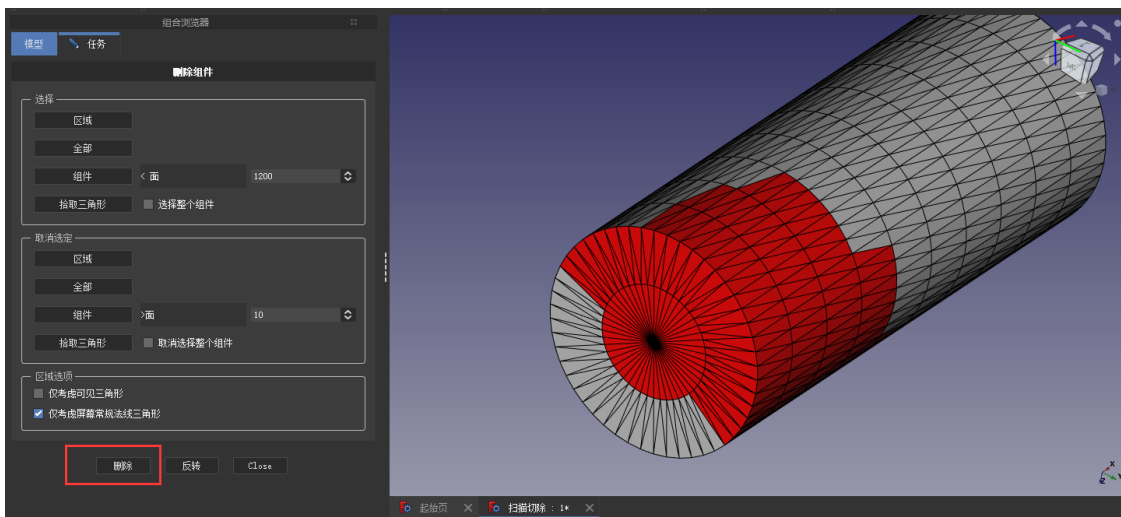
下方的取消选定区就是已经选中的区域取消选区，如选中区域选择选区已经建立，单击取消选定区的取消选区即可取消，其他取消的方式同样如此。



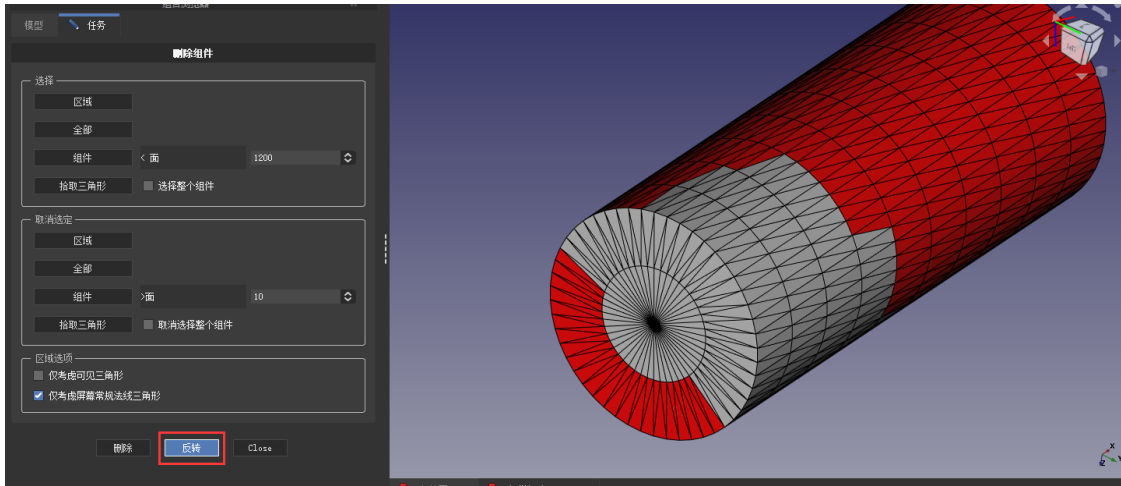
例如选中的拾取三角形为例图上已经选了一定数量的三角形，单击取消选定三角形即可撤销选取操作。



删除就是对于之前上述的几种选择类型进行删除；选择好相应要删除的网格，点击删除。



反转则是反向选择相反方向的网格；例如区域选区点击一次反转则会反向选择。



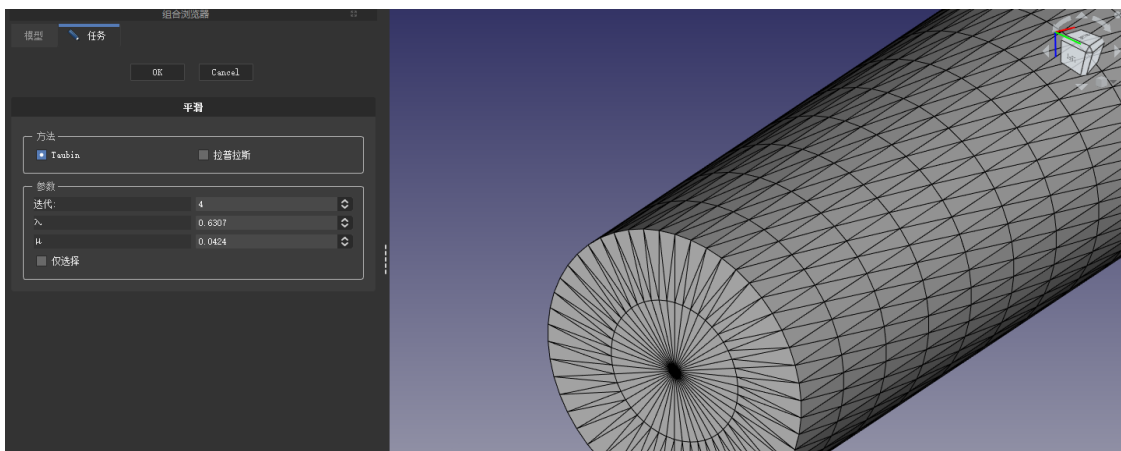
(删除组件功能)

## 平滑网格

平滑网格功能用于对网格对象进行平滑迭代的操作。



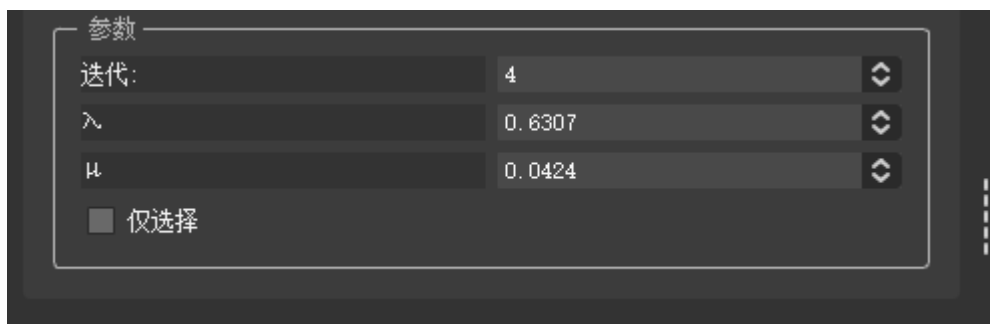
点击网格对象进行平滑网格操作；在弹出的控制面板中可以调整参数。



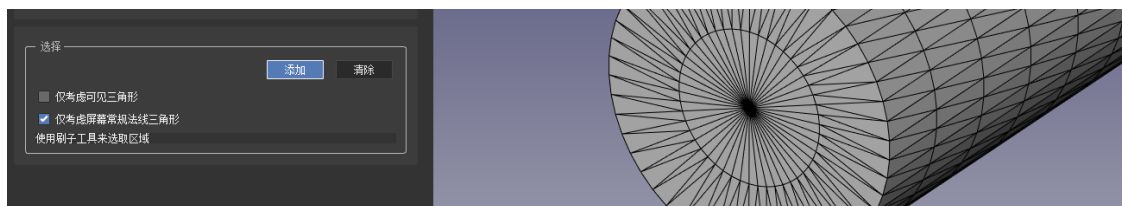
方法 Taubin 为默认平滑方法，拉普拉斯这两种方法都是平滑网格的算法。



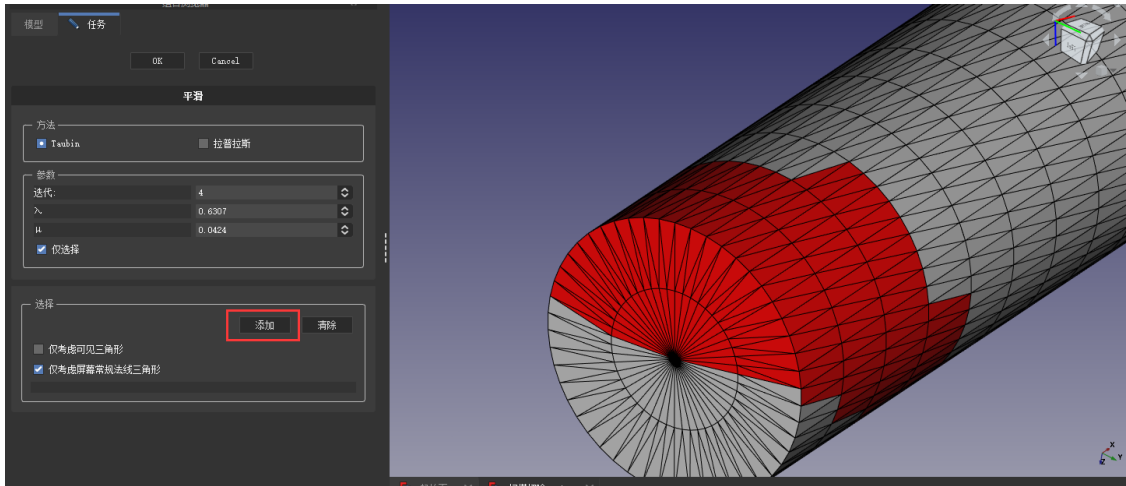
λ和μ系数取值范围必须是在0~1之内，迭代次数是平滑的次数迭代次数越高计算量就越大。



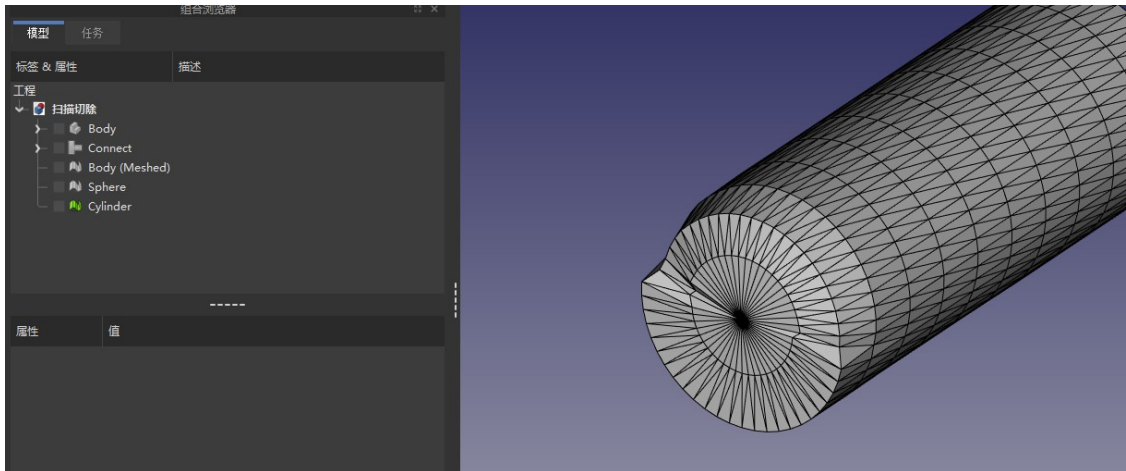
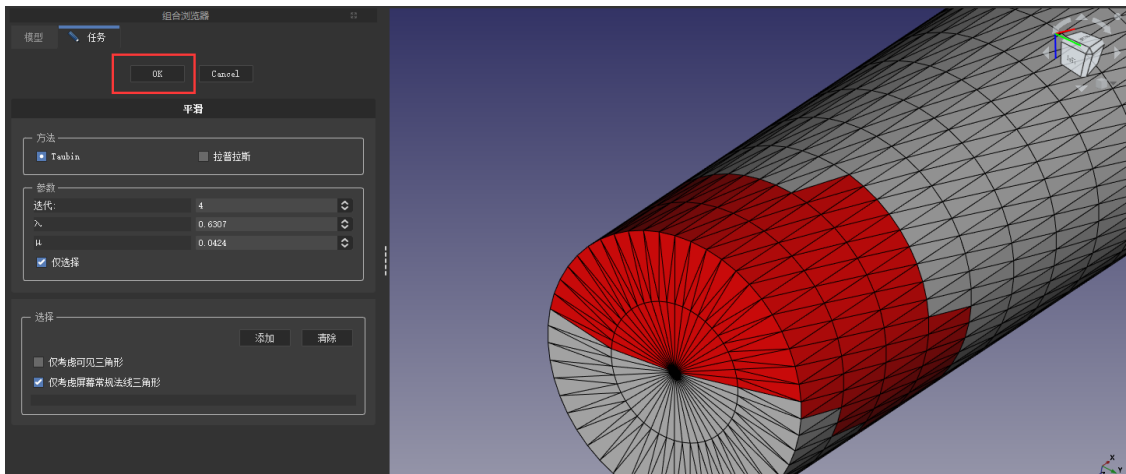
点击下方的仅选择可以绘制区域性选区进行局部的平滑。



添加完成如下图中的选区。

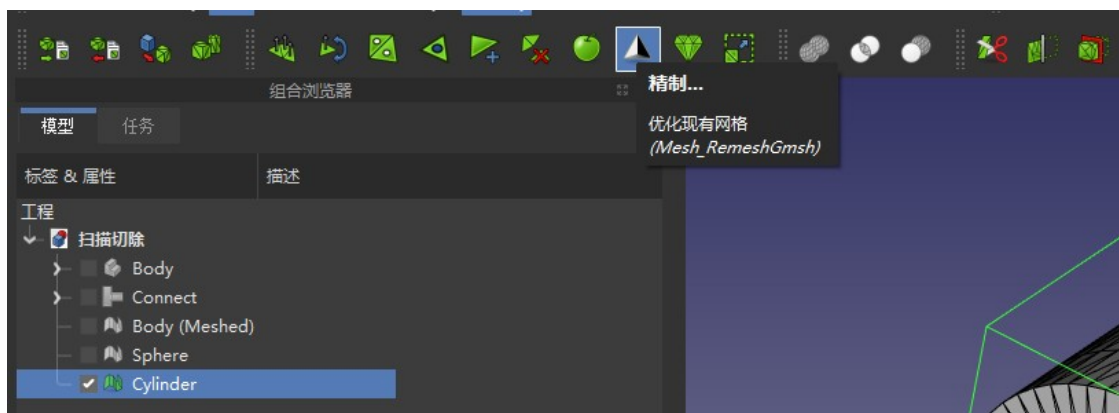


设置好相应的迭代参数后点击 OK 完成平滑网格操作。



(完成平滑网格操作)

精制网格重新划分网格对象的网格。



精制网格优化可参考网格优化面板。

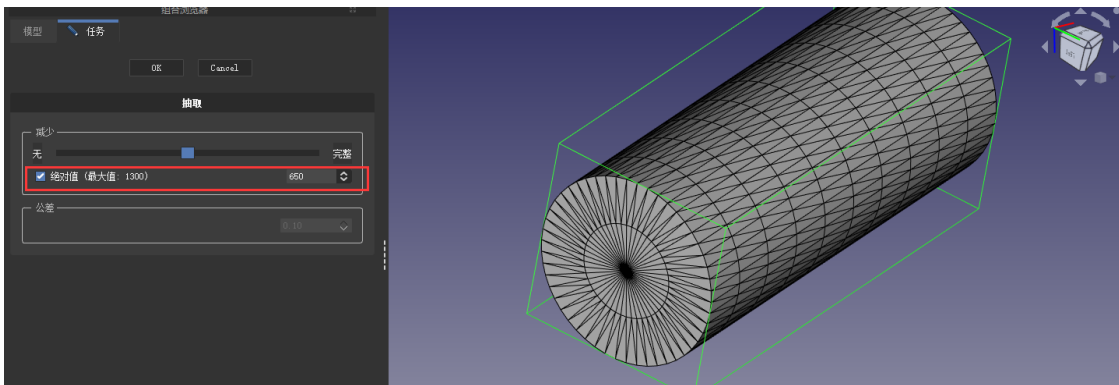


## 十进制破坏网格

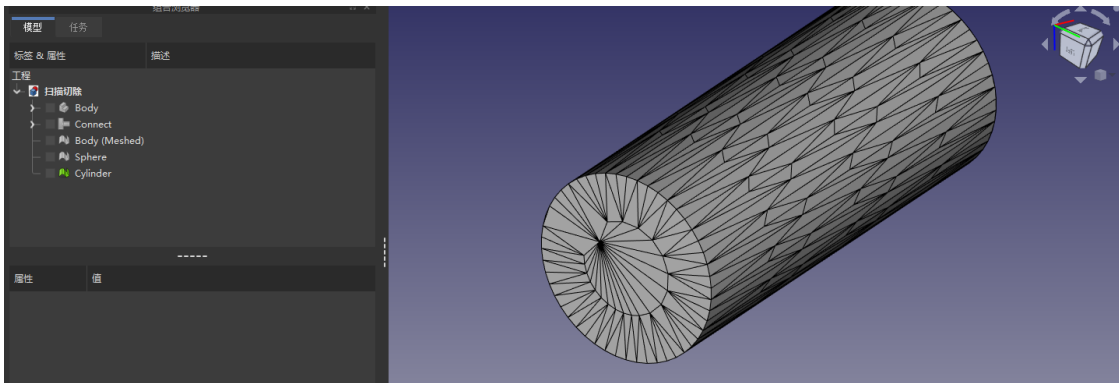
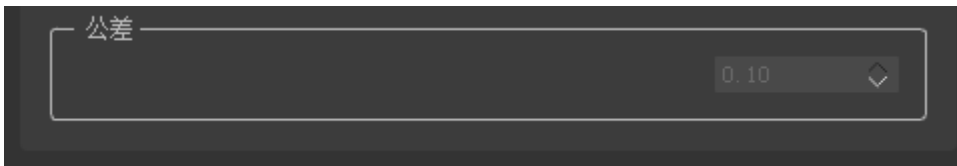
破坏网格以十进制法；同时它的另一重含义是减少当前多边形的面数用于减面操作。



可以通过下图控制面板中的横条滑块来控制相应减少的面数，也可以勾选绝对值来去设置指定的目标面数，勾选后自动计算当前对象的面数，右侧可以输入目标面数。



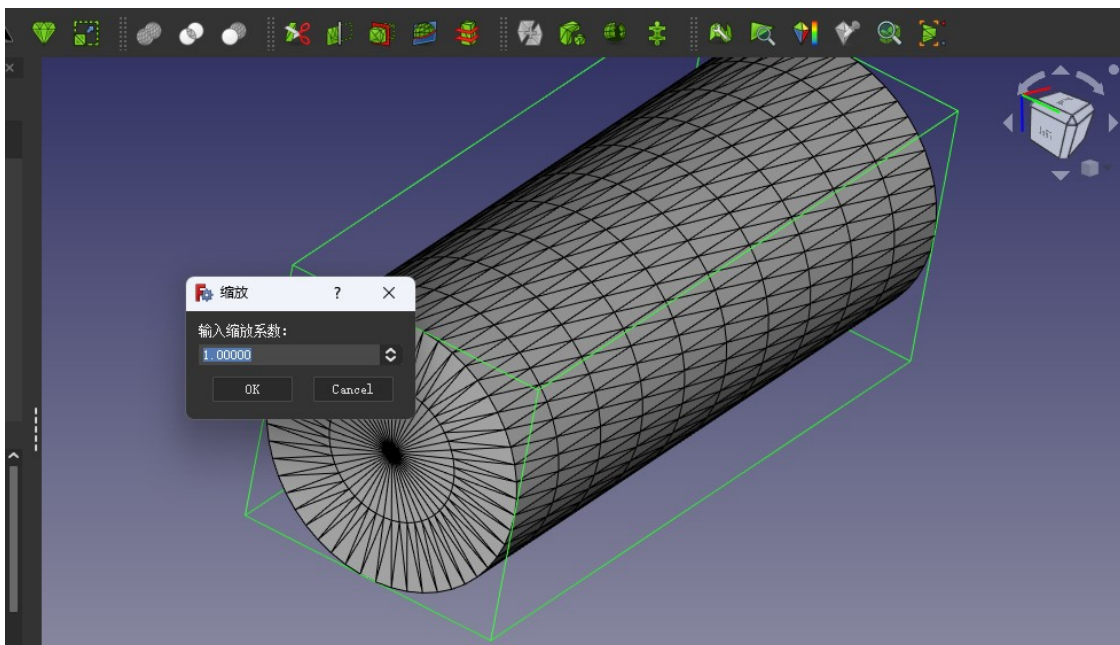
公差用于计算精简面之间的公差数值越低精度越高。



(破坏网格精简网格)

## 缩放网格

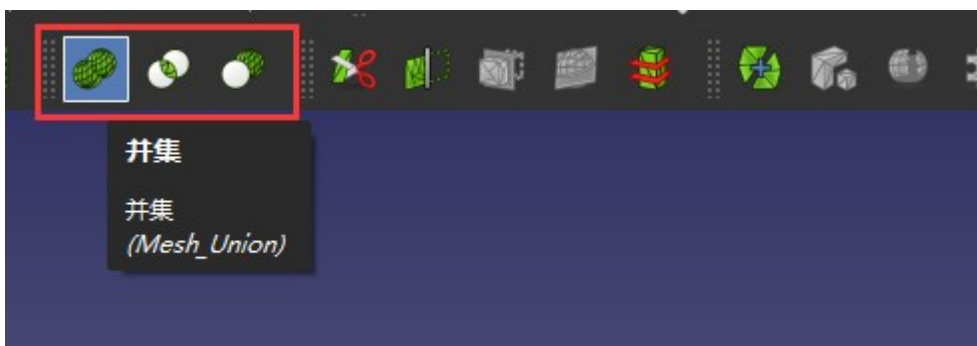
缩放网格对象通过输入一定的缩放比例数值来去缩放对象。



(缩放网格对象)

## 网格布尔工具组

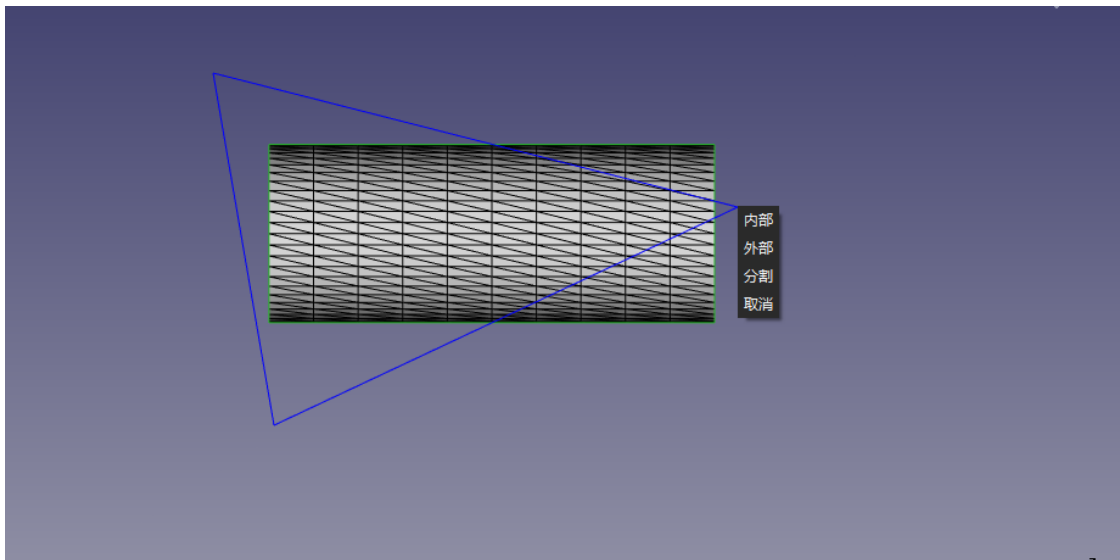
可参照布尔工具组；至少拥有两个网格对象才能激活布尔工具组。



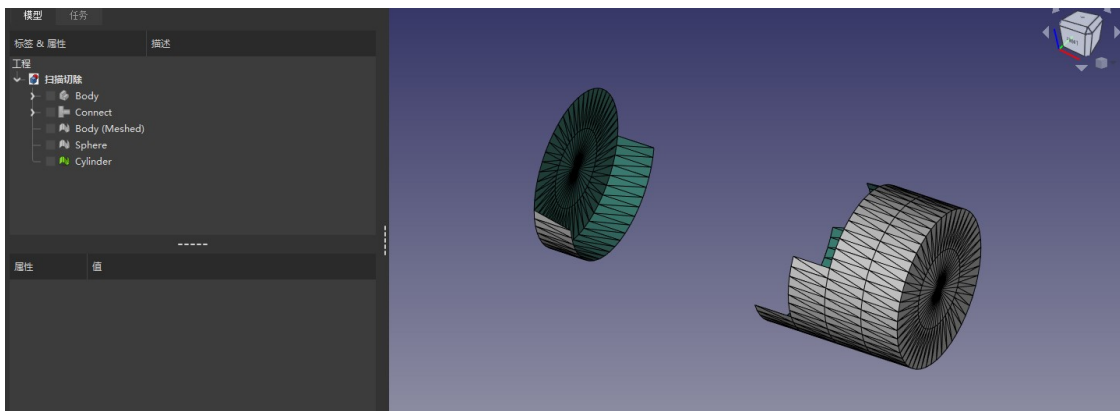
( 网格布尔工具 )

## 切割网格工具

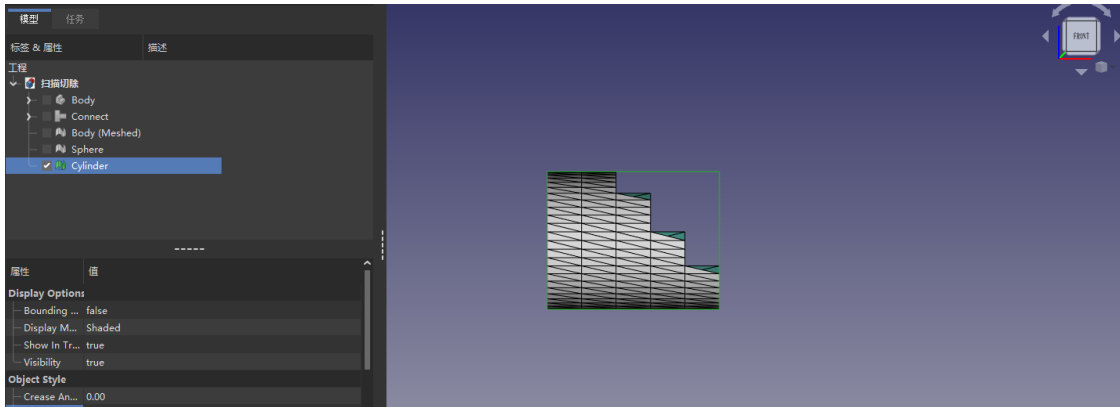
切割网格工具用于切除网格，点击切除网格工具会出现剪刀图标在所需要切除的位置绘制选区然后鼠标右键点击空白处可以在左侧的附加菜单中选择切除模式。



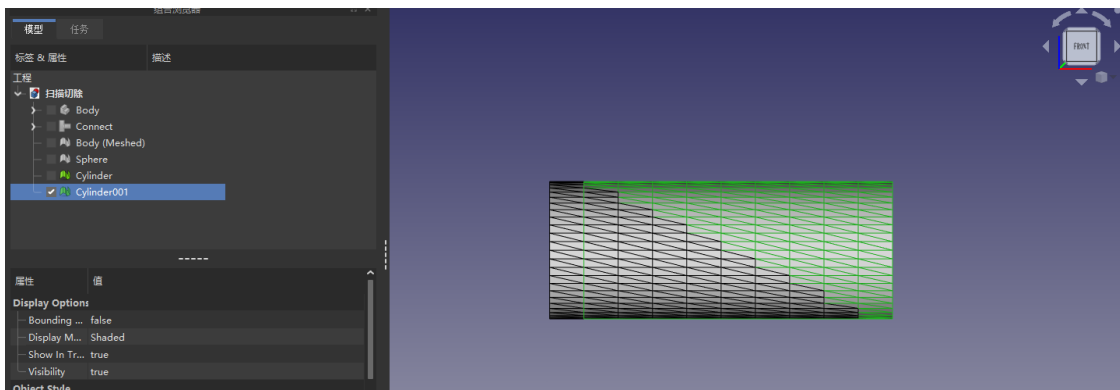
切除内部则是挖空选区内包含选区的内部掏空。



切除外部则是切除选区和外部的区域。



分割则是以绘制的选区分割网格对象然后在左侧模型树中生成一个被分割的对象副本。



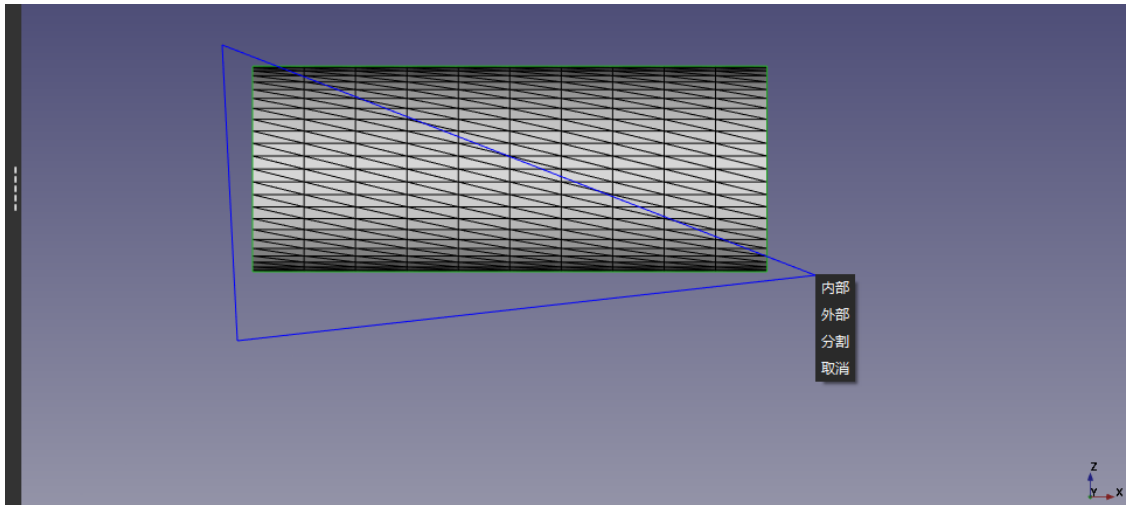
(切割网格工具)

## 修剪网格

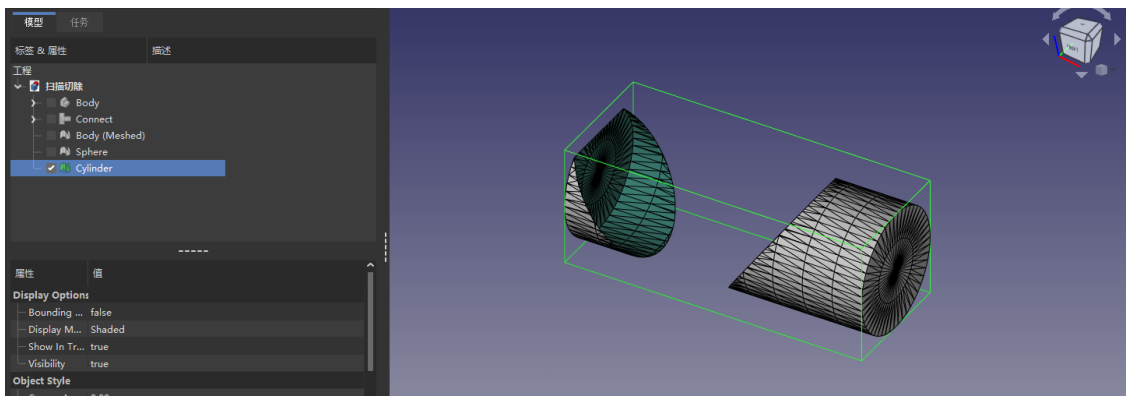
修剪网格工具和切割网格类似但是更加精确控制所修建的位置和区域。



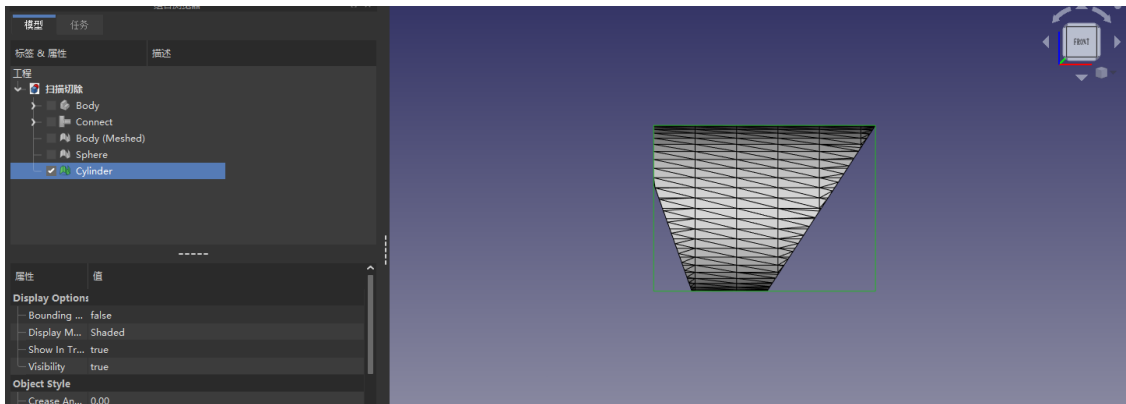
操作方法和切割网格一样点击此功能出现红色剪刀图标时绘制所需要切除的部分，在附加菜单中可以选择修剪的模式。



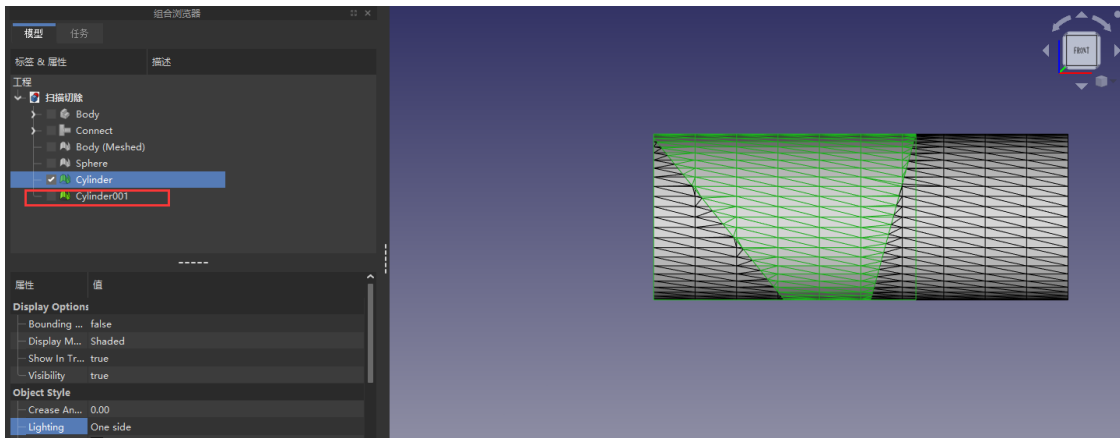
修剪内部，则是沿着选区包含对象内部一起被掏空。



修剪外部沿着选区只切除选中的区域。



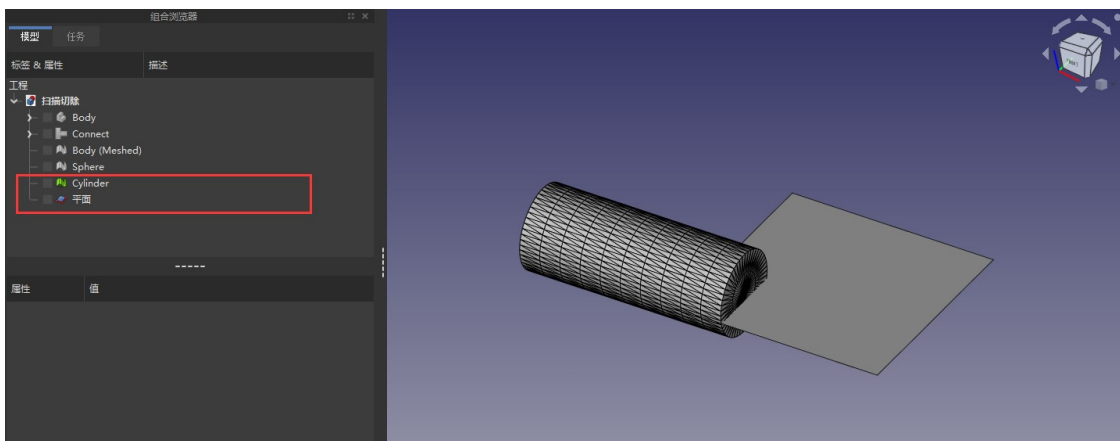
分割则是以绘制的选区分割网格对象然后在左侧模型树中生成一个被分割的对象副本。



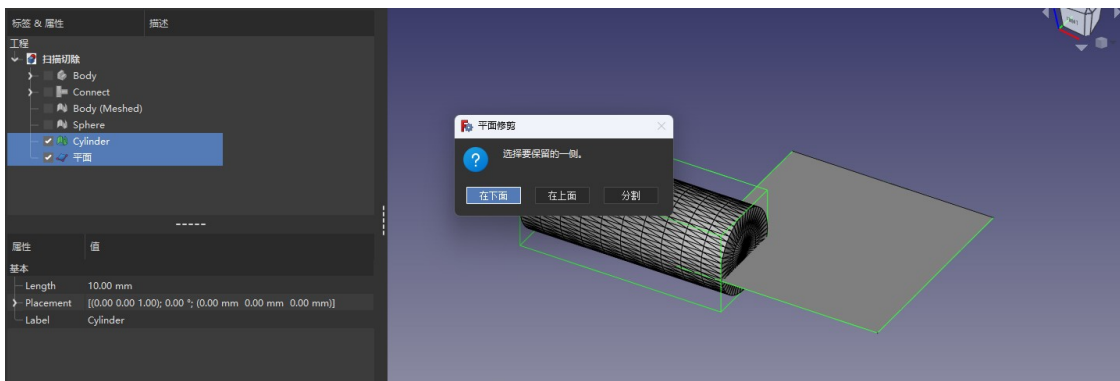
(修剪网格命令)

## 以平面修剪网格

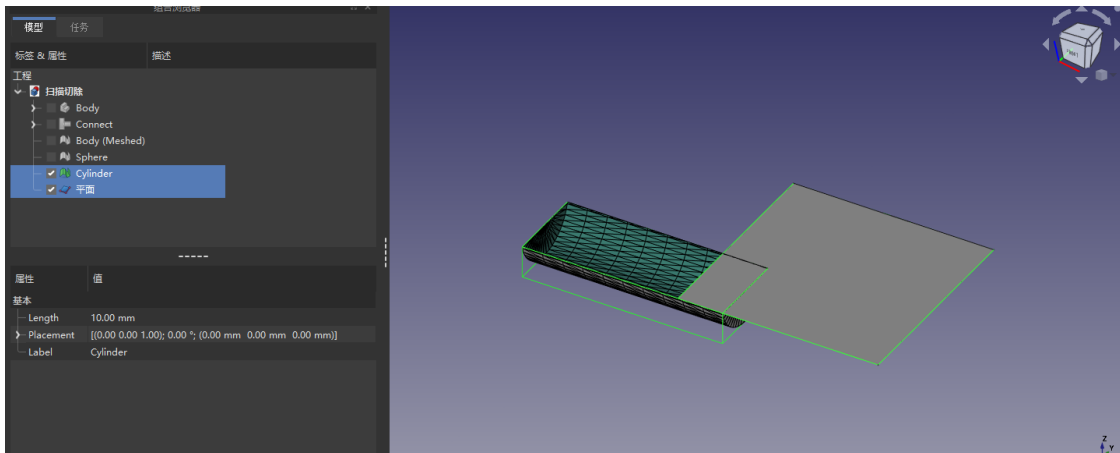
以平面修剪网格；用一个平面来去对网格对象进行分割；需要在零件工作台生成一个平面和网格对象相交，零件图元创建请参照零件工作台解释。



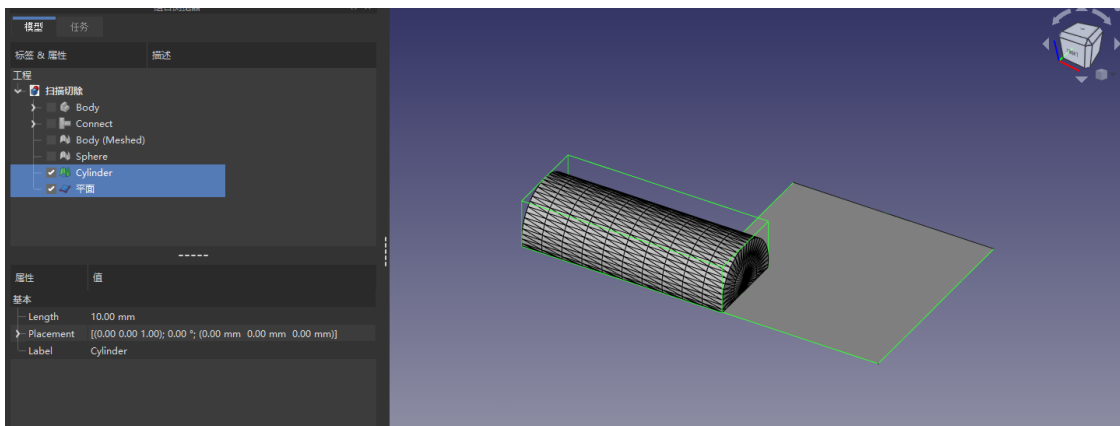
选中一个网格对象和平面运行平面修建网格，在弹出来的菜单中可以更改切割样式。



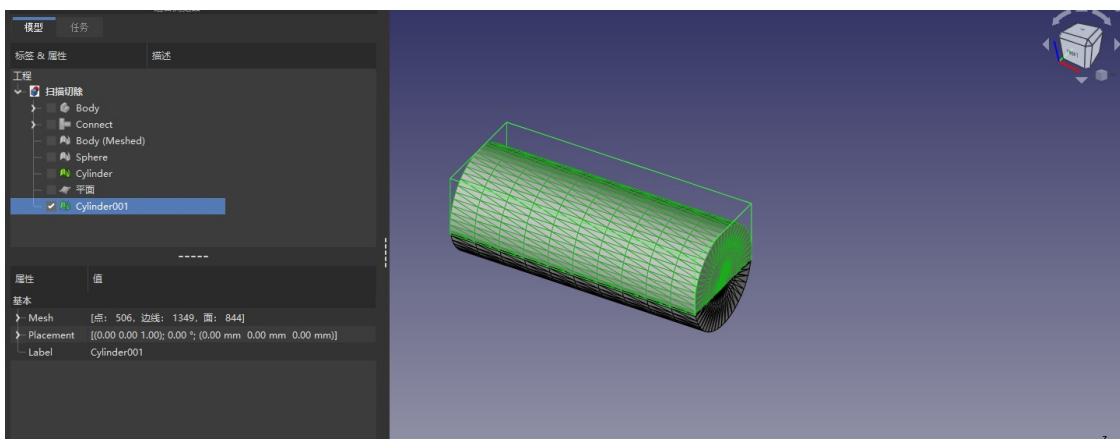
在下面则是以平面为基准向下切除移除网格对象上部。



在上面则是以平面为基准向上移除网格对象下部。



分割是以平面为基准将一个网格对象一分为二并为其创建副本。



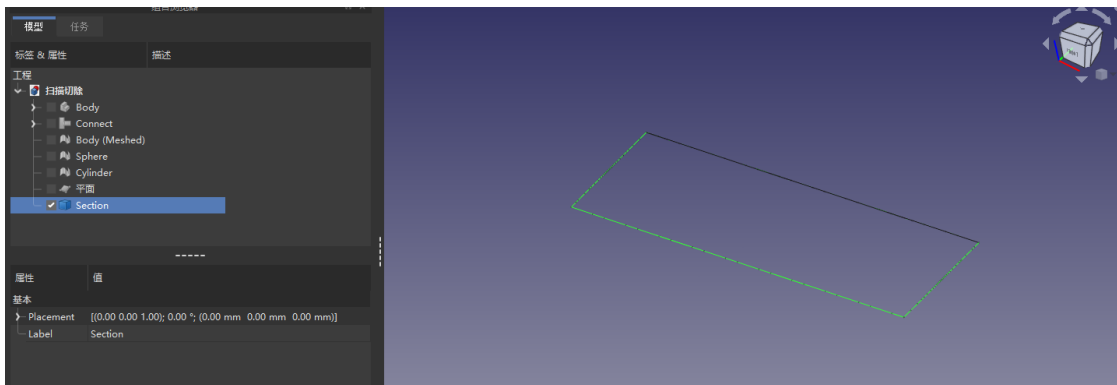
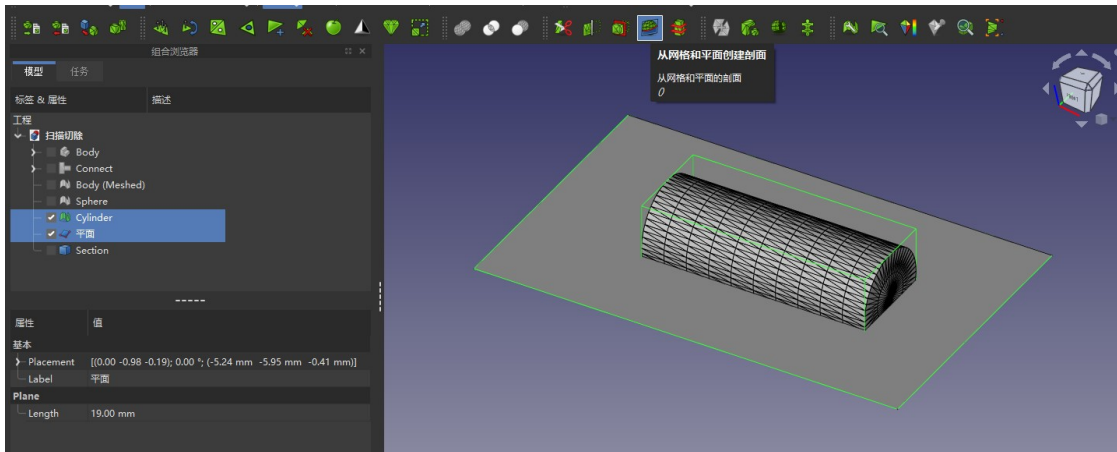
(以平面修剪网格)

## 以平面创建网格剖面

以平面创建网格剖面功能和以平面分割网格一样，需要有一个参数化的平面利用此平面来对网格对象进行剖面。



选中网格对象和平面后点击创建剖面会以两个物体之间交集的地方产生一根剖面线。



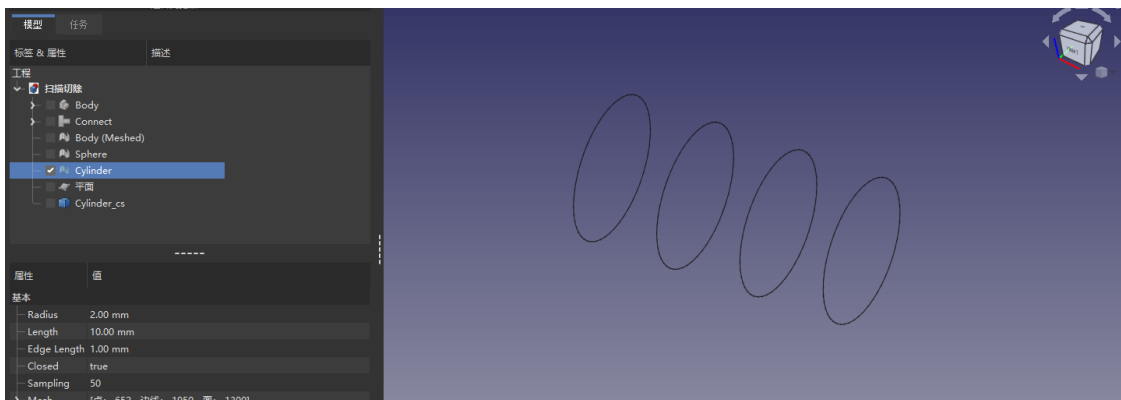
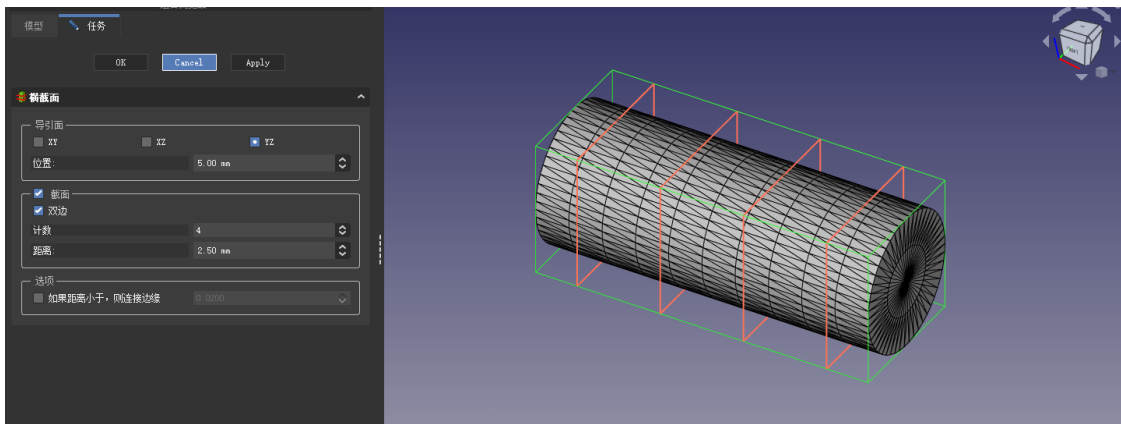
(以平面创建网格剖面)

## 横截面

横截面选中网格对象进行截面线的创建，功能和 part 工作台中的截面线一样只是一个面向于零件一个面向于网格对象，具体可参照零件工作台截面线创建。



选中网格对象沿着三个方向工作平面对物体剖切。



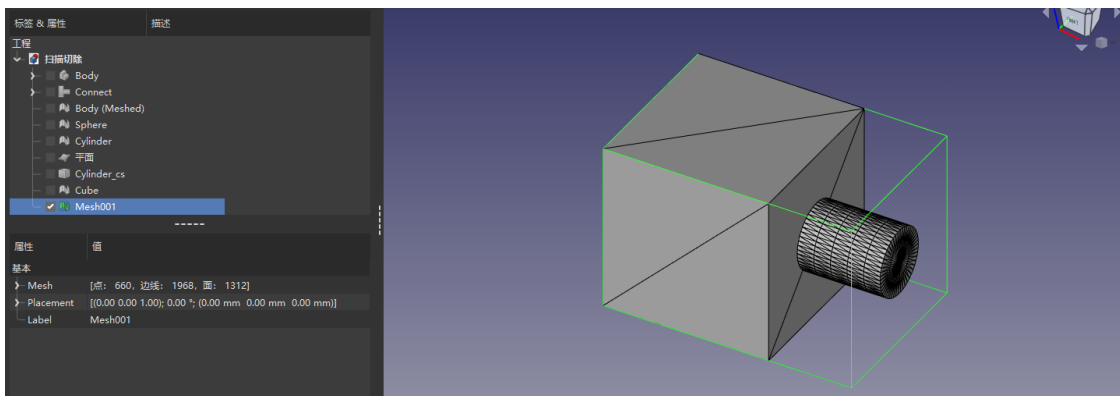
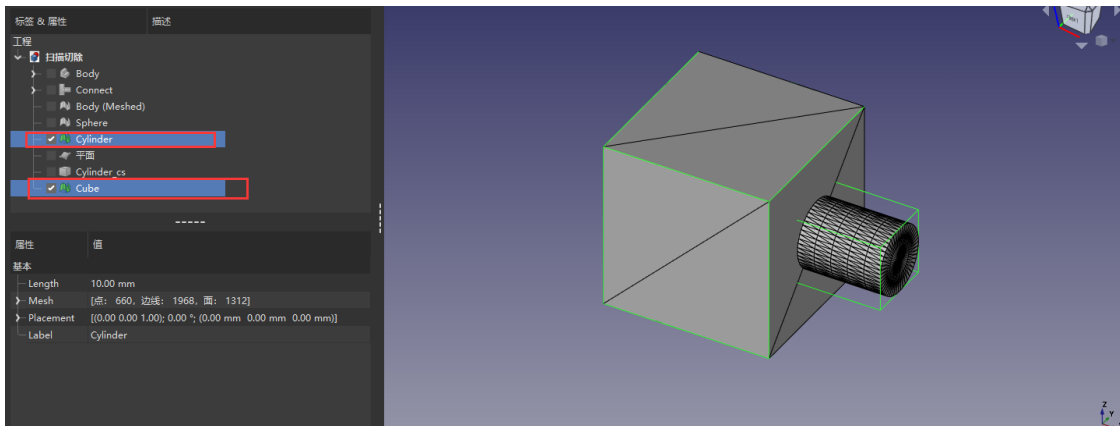
(横截面)

## 合并网格

合并网格对象顾名思义将两个网格对象组合到一起，需要有两个或者两个以上的网格对象才能启用此功能。



如下图左侧模型树中显示，选中两个网格对象点击合并然后会在模型树中生成一个新的组合对象。



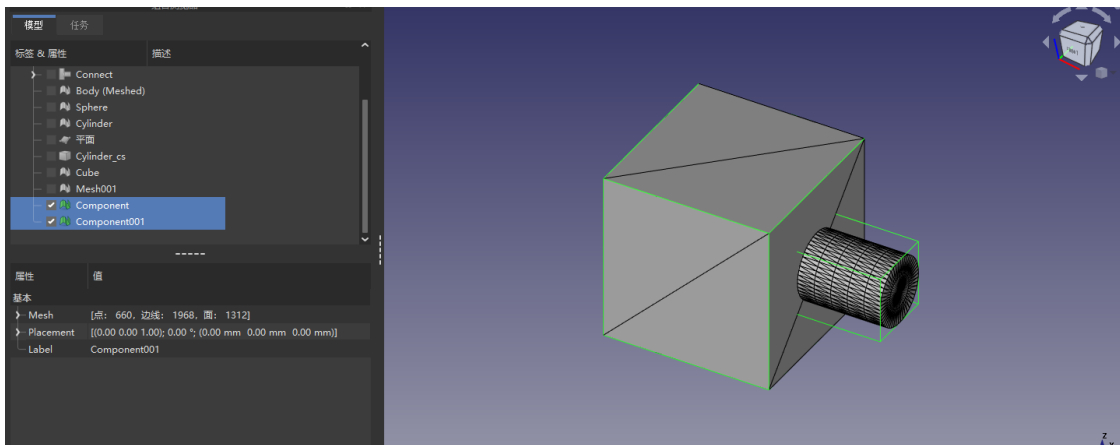
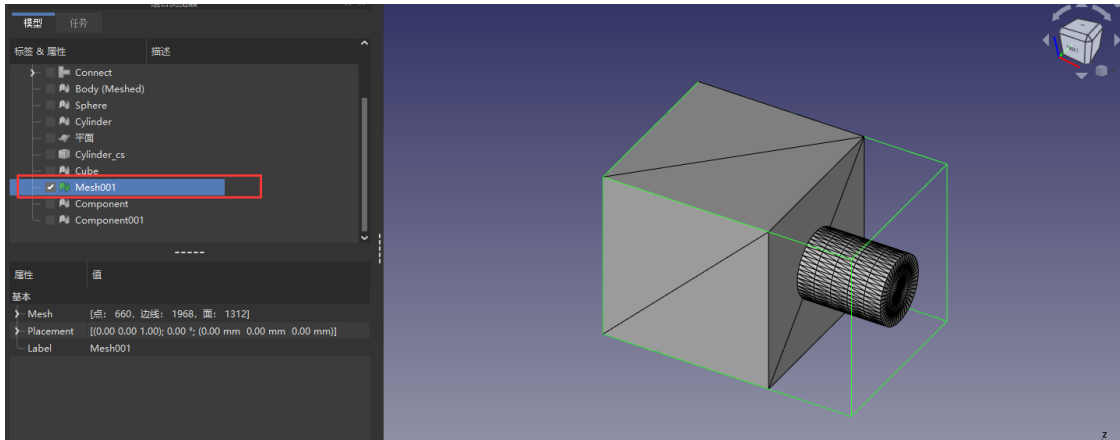
(合并对象)

## 按组件拆分

拆分实体就是合并实体的反向功能，对组合在一起的物体拆分成多个组件。



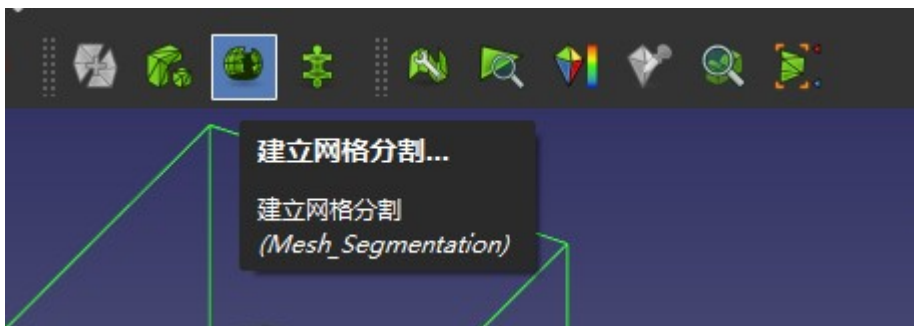
选中模型树中组合的网格对象，点击拆分目标，然后将一个物体拆分成组件并且创建属于它们的副本。

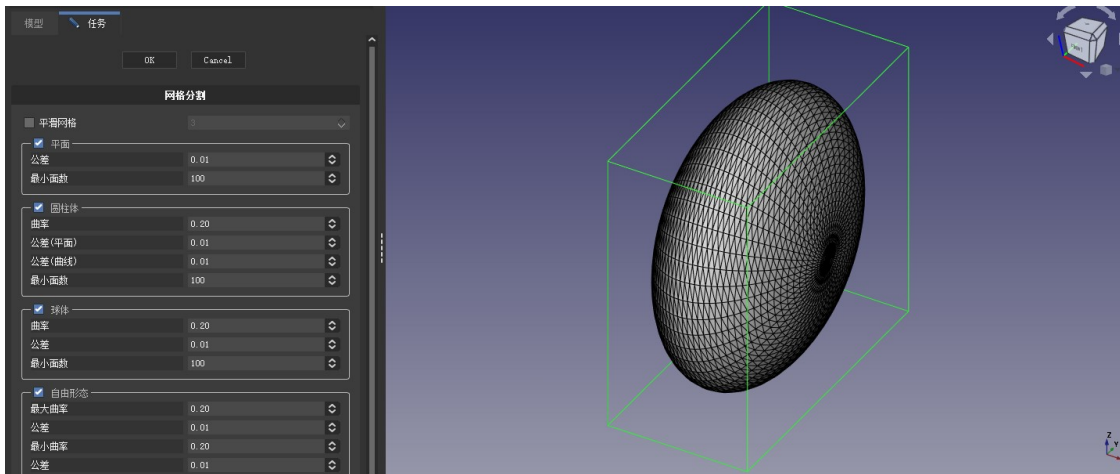


( 网格对象拆分 )

## 建立网格分割

建立网格分割会以组合形式生成在模型树中，选中一个网格对象在弹出的面板中设置参数。

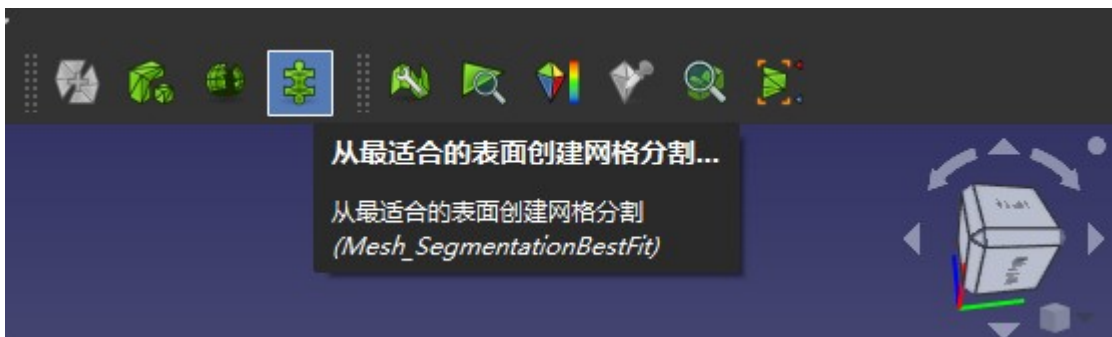




( 网格分割 )

## 从最适合的表面创建分割

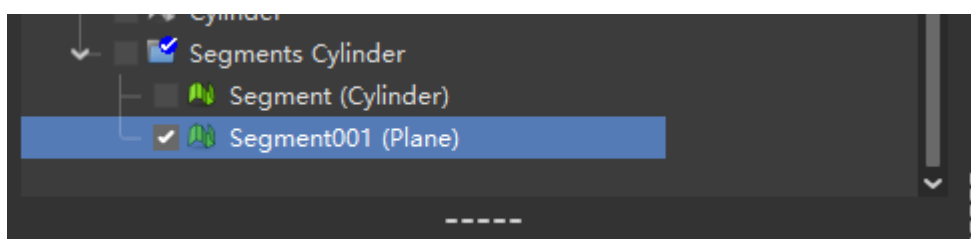
从最适合的表面创建分割；会自动计算网格对象适合分离的面进行拆分。



左侧的面板中可以控制公差精度和最小的面数来创建分割。



分割后会形成一个组；组合内部就有根据算法生成的分割对象。



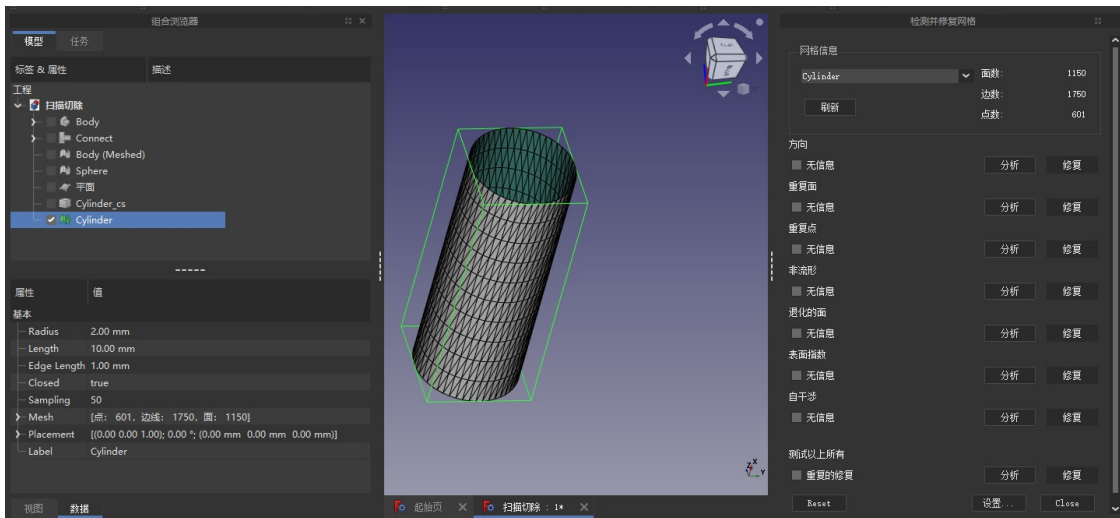
(从最适合表面创建分割)

## 评估网格和修复网格

评估和修复网格功能用于计算和检查网格模型存在的错误并且执行修复程序。



选中网格对象进行评估和修复检查。



网格信息是当前物体的网格信息，可以在下拉菜单中切换其它的网格对象进行检查。



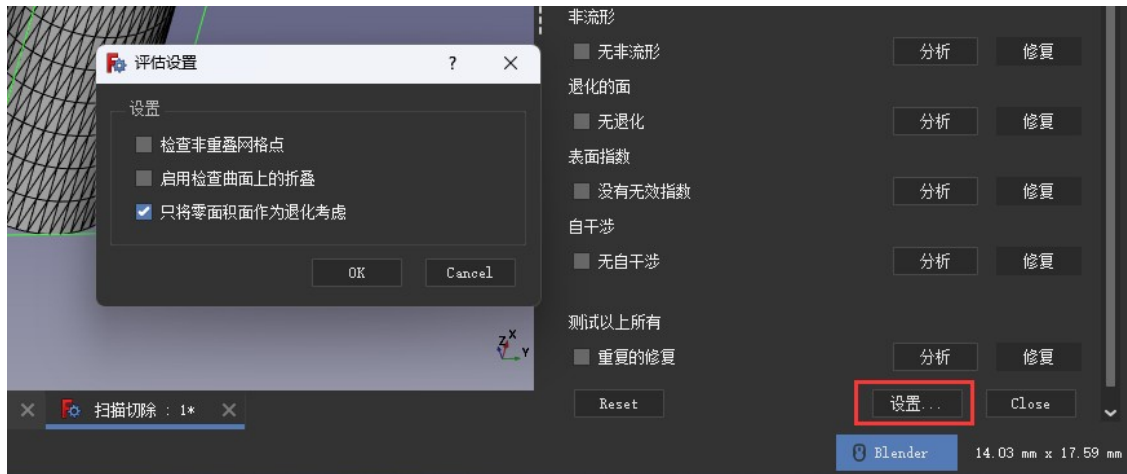
修复程序通常根据网格对象所需来进行单项或者全项检查，可以点击每个诊断单独分析进行检查，同时也可以点击红框位置处的全部检查。



勾选重复测试则会一直运行上述所有的检查项目。



在设置中会弹出附加菜单，按照需要进行勾选。

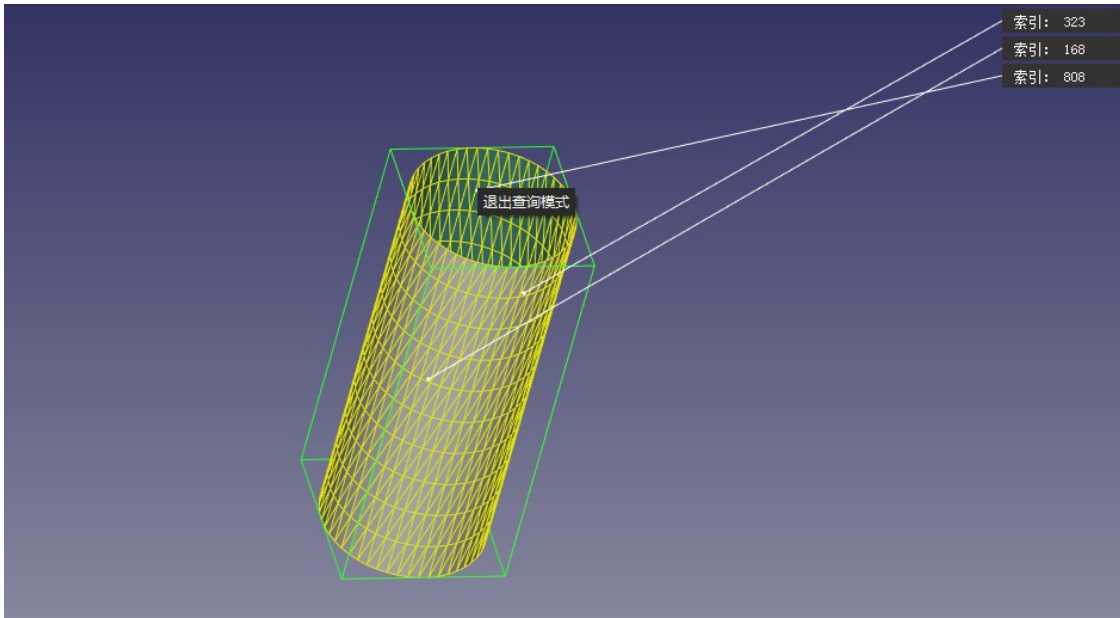


(评估网格修复)

## 表面信息

可以查看模型的表面信息，点击此功能当图标变成习惯的时候点击需要查看的位置，会弹出所计算的信息，退出按鼠标右键退出查询模式。

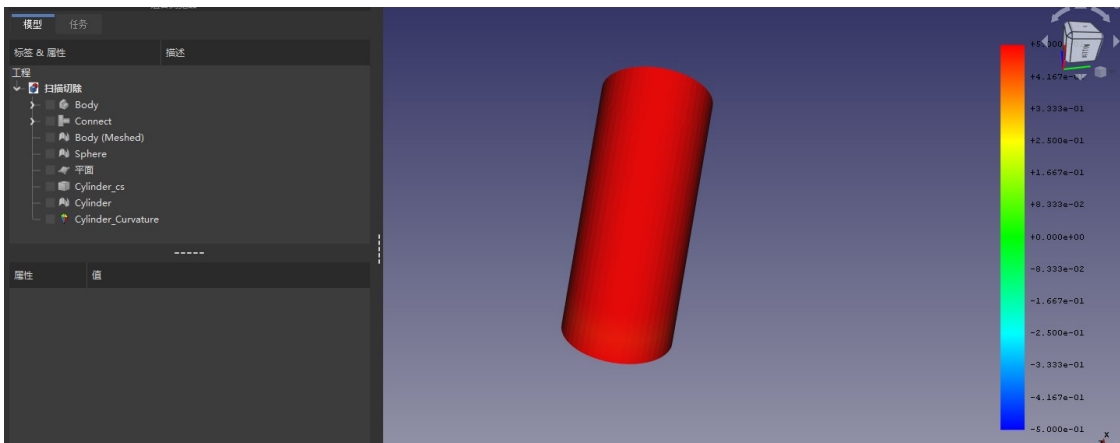




(表面信息)

### 曲率图

计算模型顶点上的绝对曲率信息，可以在右侧的曲率数据图查看模型的曲率信息。



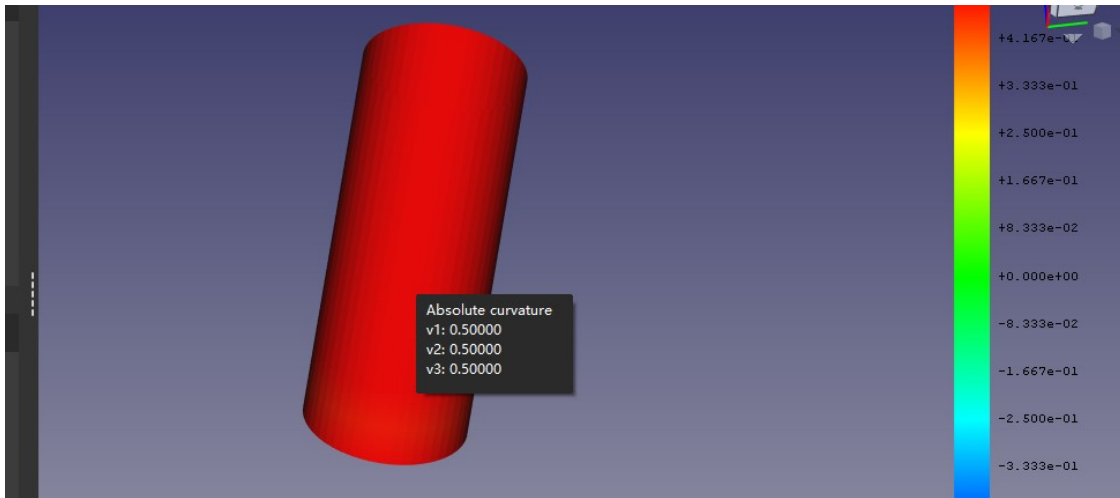
(曲率图)

## 曲率信息

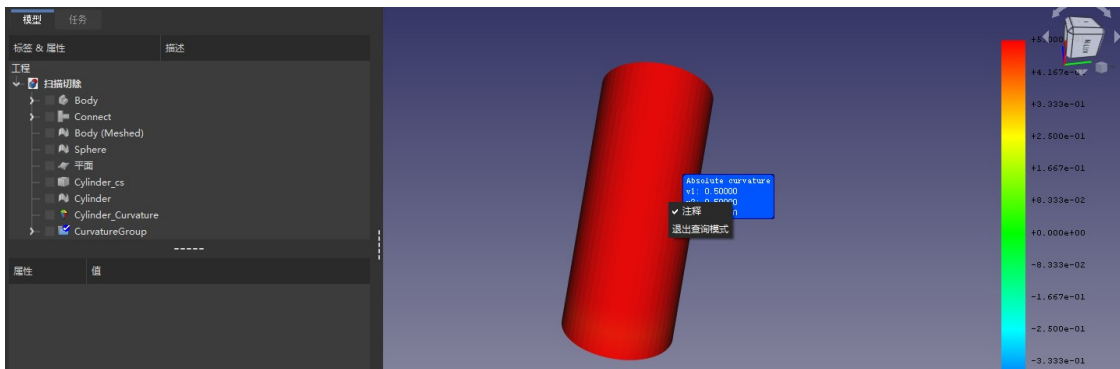
只有在具有曲率对象的时候才能启用此功能，用于查看某一个特定区域的曲率。



当画面中出现吸管样式的图标时可以选择需要查看的面进行曲率查看，在附加菜单中可以为这个特定的面添加注释，右键退出。



右键附加菜单中可以添加注释，会生成一个空间注释跟着相机视角移动，同时也在模型树菜单生成一个注释组。



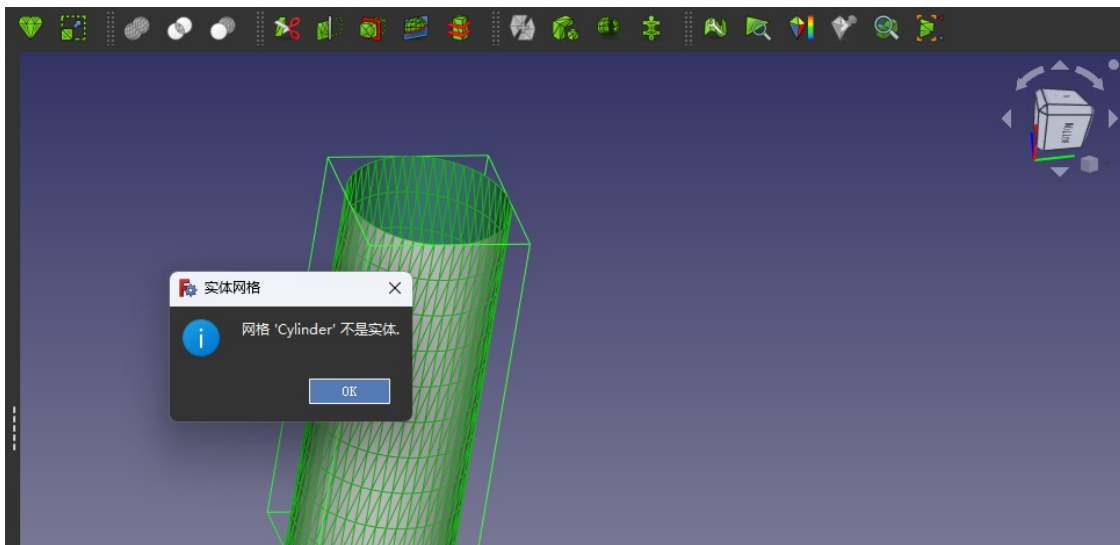
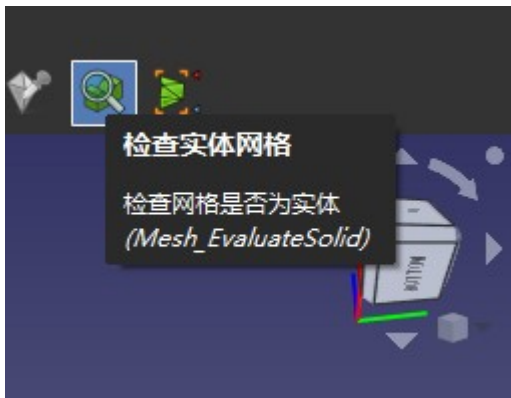
右键附加菜单中取消勾选则下次查询不再生成注释，需要时再次鼠标右键点击勾选注释。



(曲率信息)

## 检查实体网格

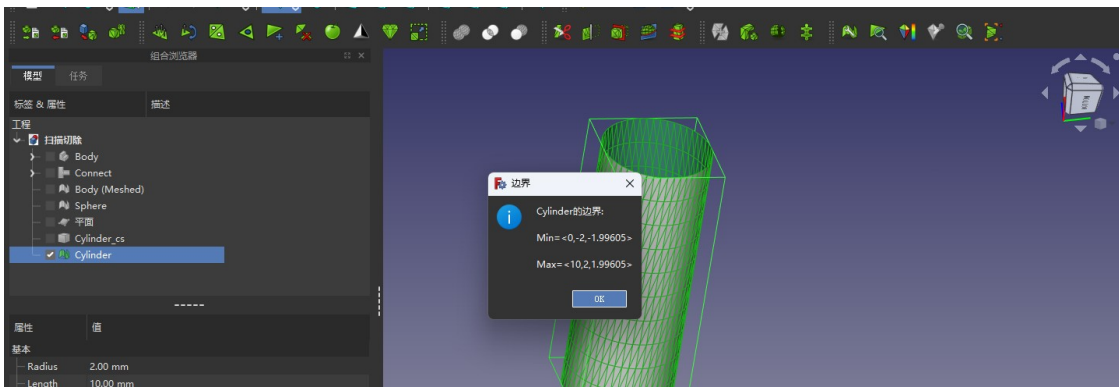
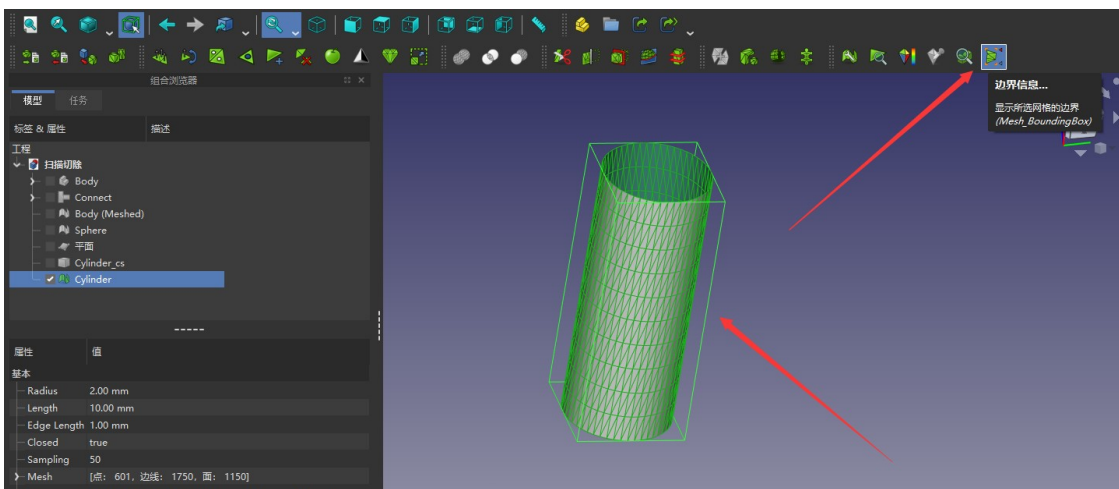
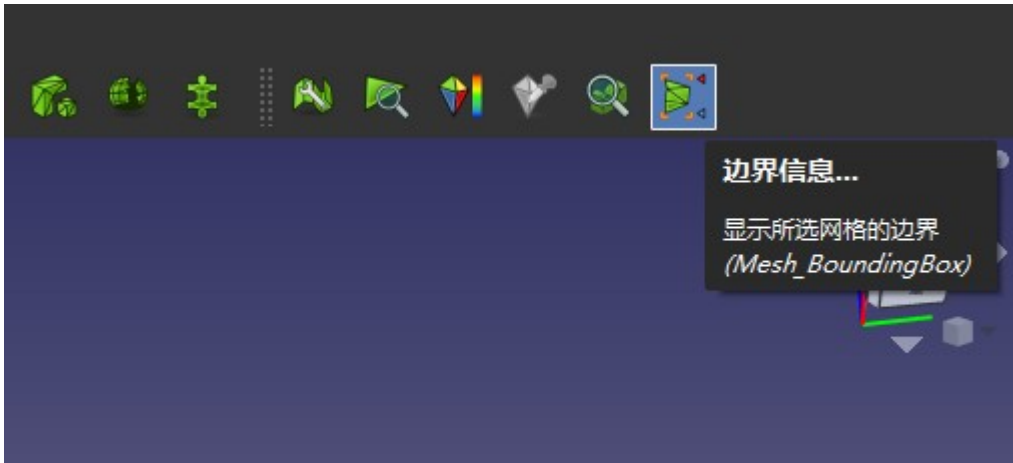
检查网格是否为实体，如果是则运行通过不是则不通过报告为非实体对象。



(实体检查)

## 边界信息

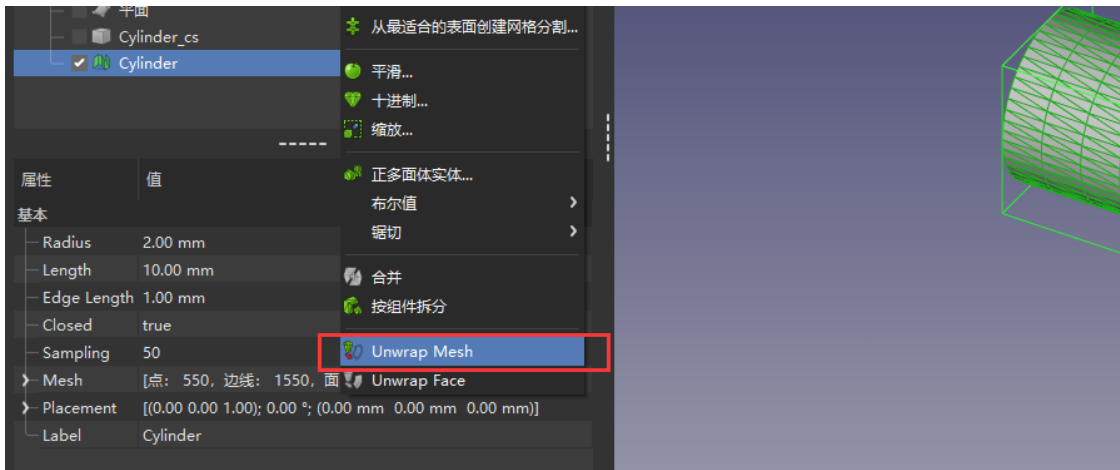
用于查看模型的边界，点击网格对象再点击边界信息会弹出具体的信息。



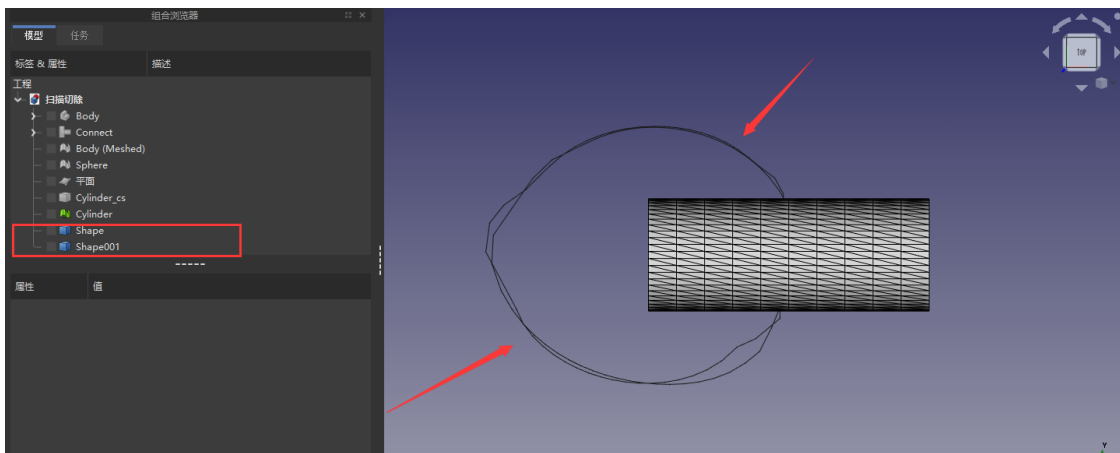
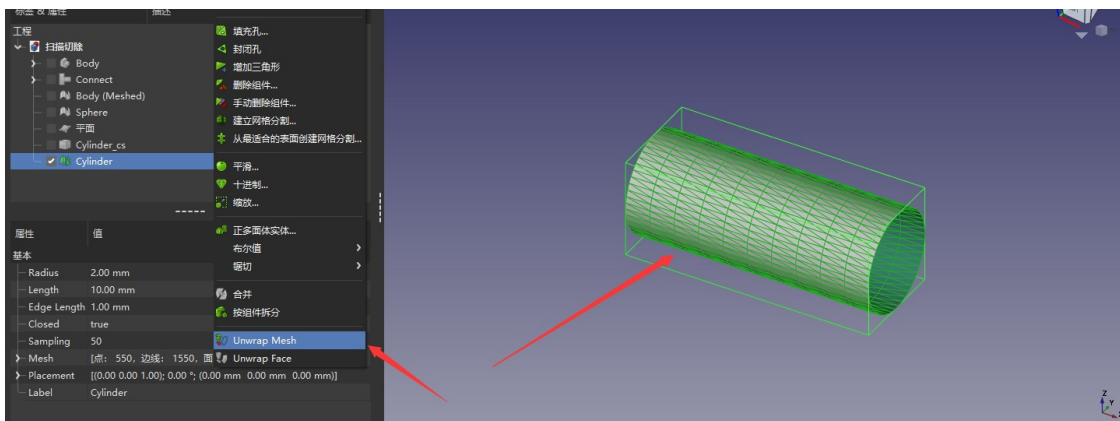
(边界信息查询)

## 网格展平面组功能

用于以平面图的方式展开网格对象，注意需要有开放口的零件才能被创建。



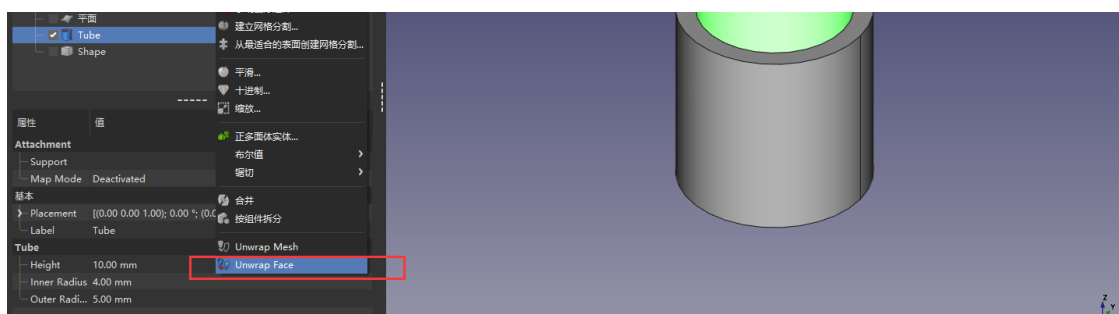
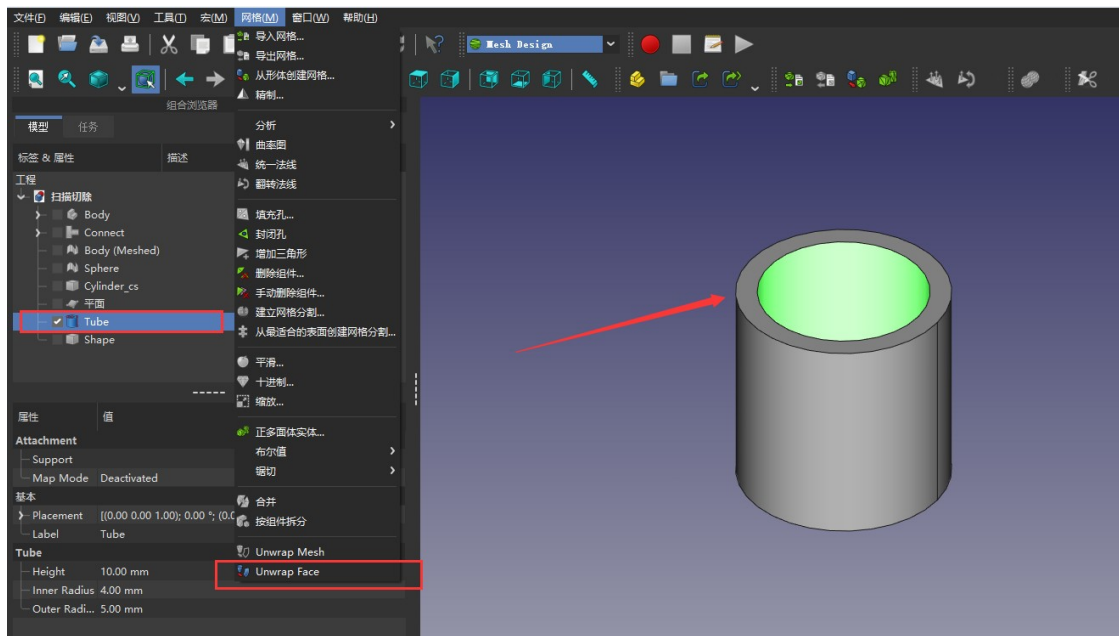
选中需要展平的网格对象，点击下拉菜单中的展平曲面会得到一根空间线。



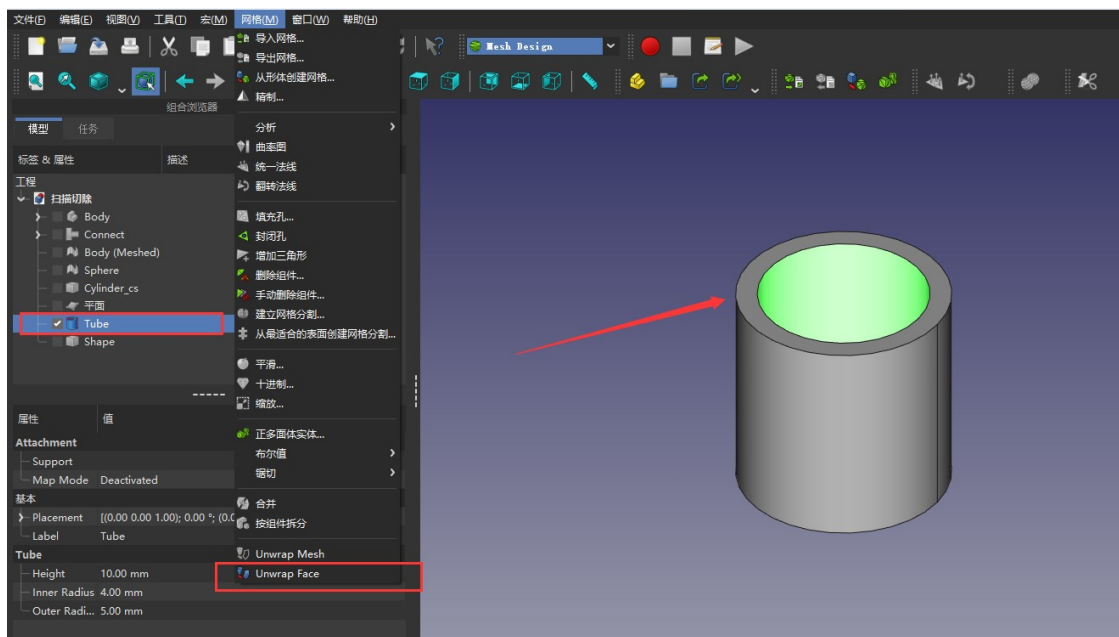
(展平的线)

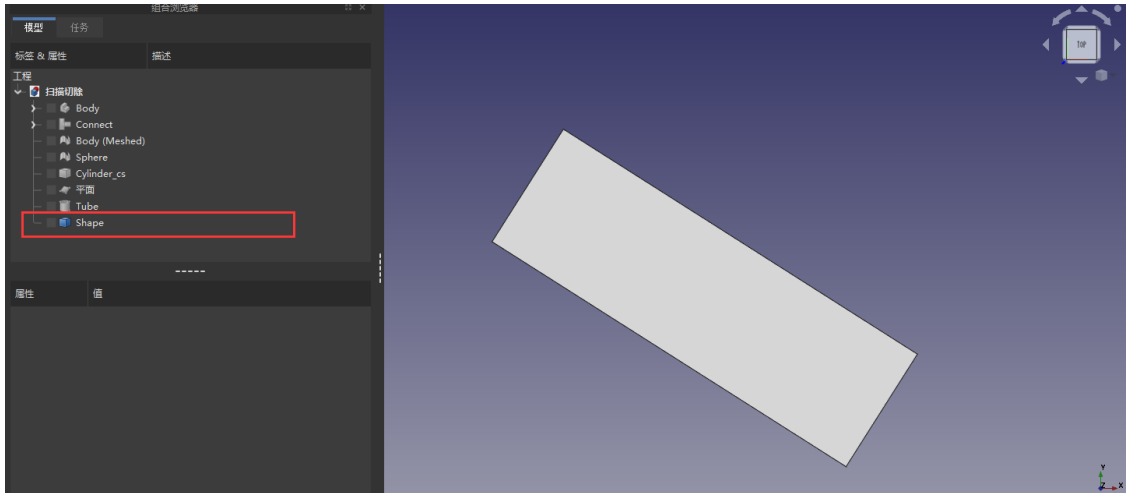
## 展平零件面

展平面组零件特征；此模式针对于零件特征进行展平面组的操作。



点击需要展平的面进行展平。





(展平后)

## 图片图像工作台 (Image workbench)

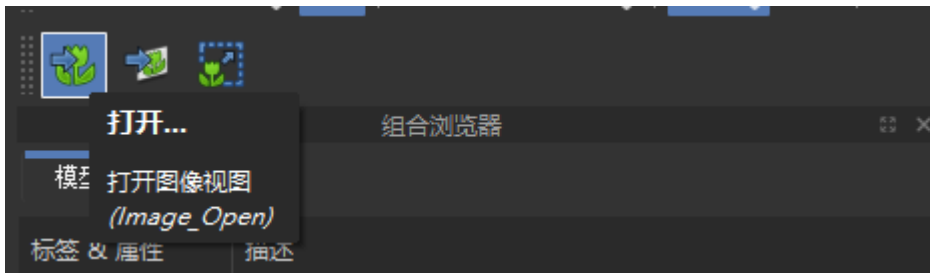
FreeCAD 提供了一个文件导入的独立工作台，可以导入 jpg ·png ·tiff 等系列的图像文件作为参考导入进模型树菜单；同时也支持将图像添加到轴对象中作为轴对象来去参考。注意此工作台在 0.21 版本中以及未来的版本中会被删除集成到文件导入模块中去。



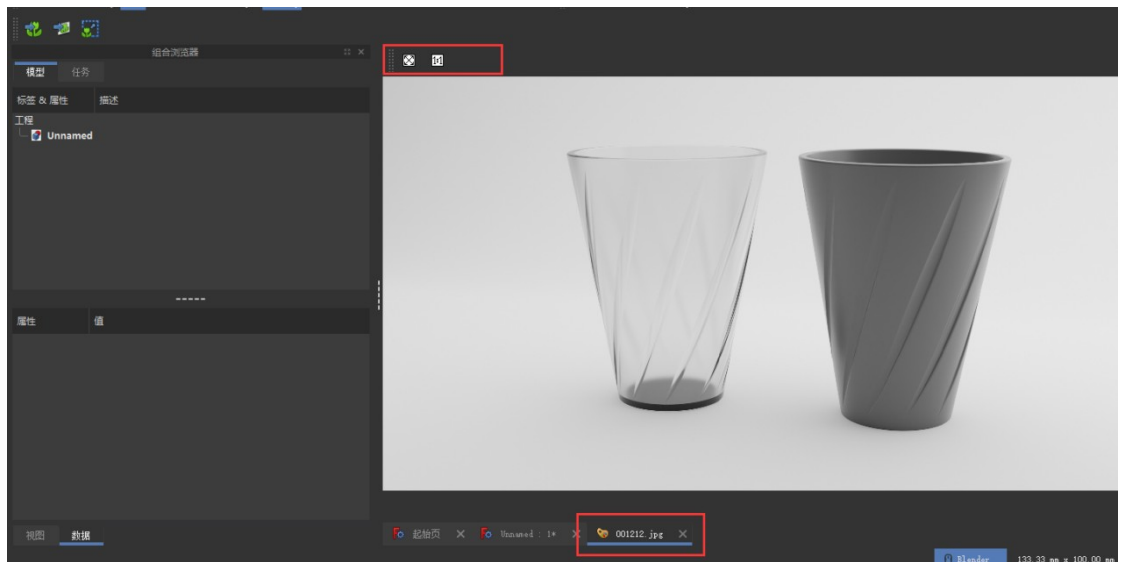
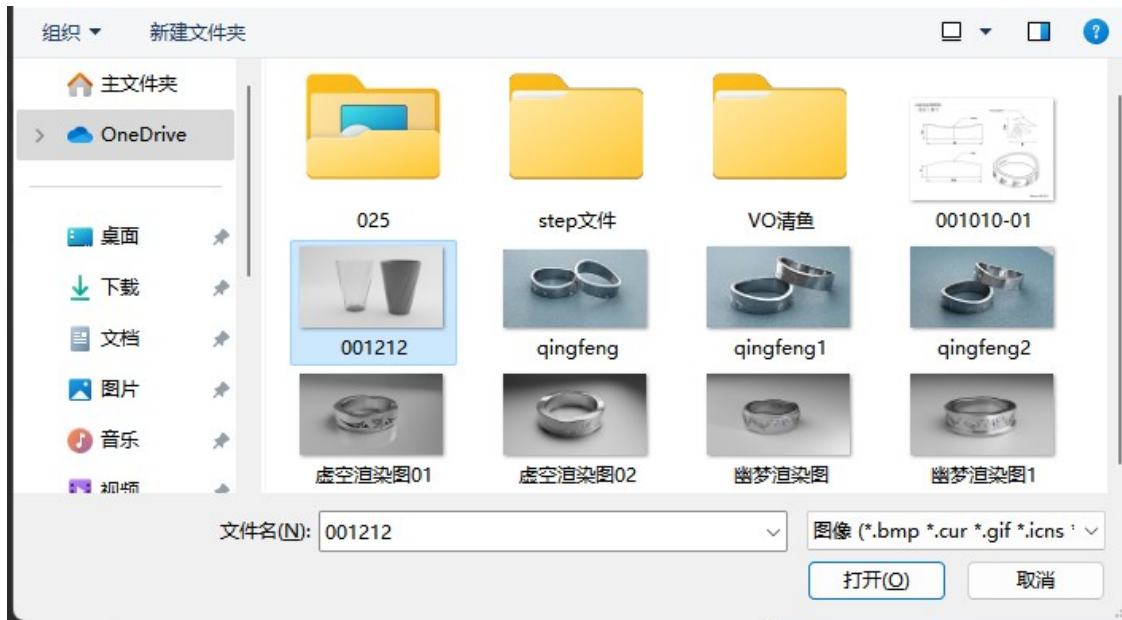
(图像工作台)

## 打开图像功能

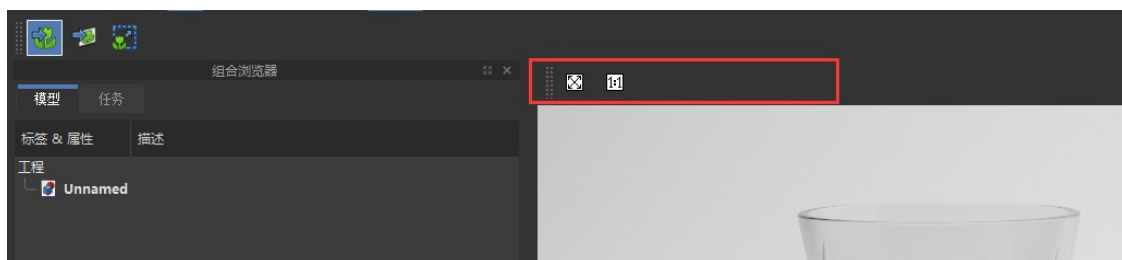
可以打开一张图片进 FreeCAD 中去，注意这不是导入项目文件而是以 FC 作为图片查看器的方式打开一张图片。



点击功能按钮弹出选择导入图片的菜单，选择需要的图像打开；请注意打开的格式是否支持。

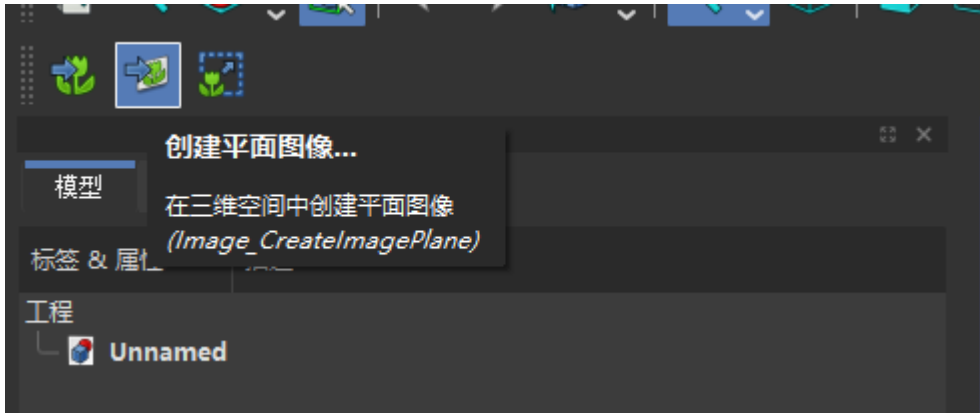


使用鼠标滚轮来控制图片的缩放，顶部红框所示的位置是以完全铺满于窗口和图像 1:1 缩放。

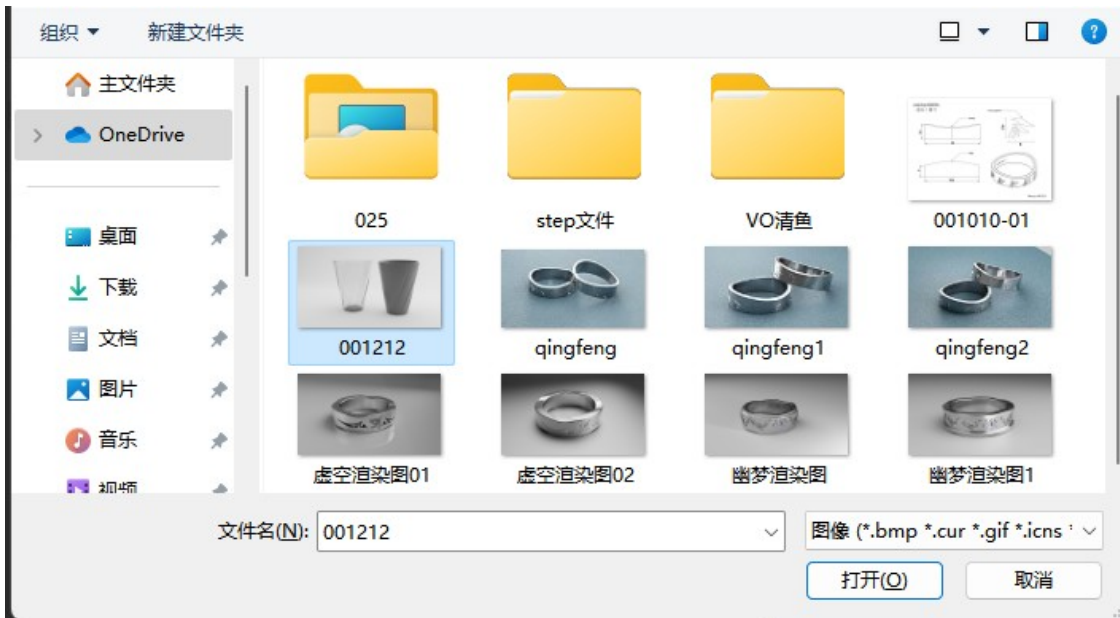


## 以三维对象插入平面图像

用于把图像贴合到工作平面上进行导入参考。



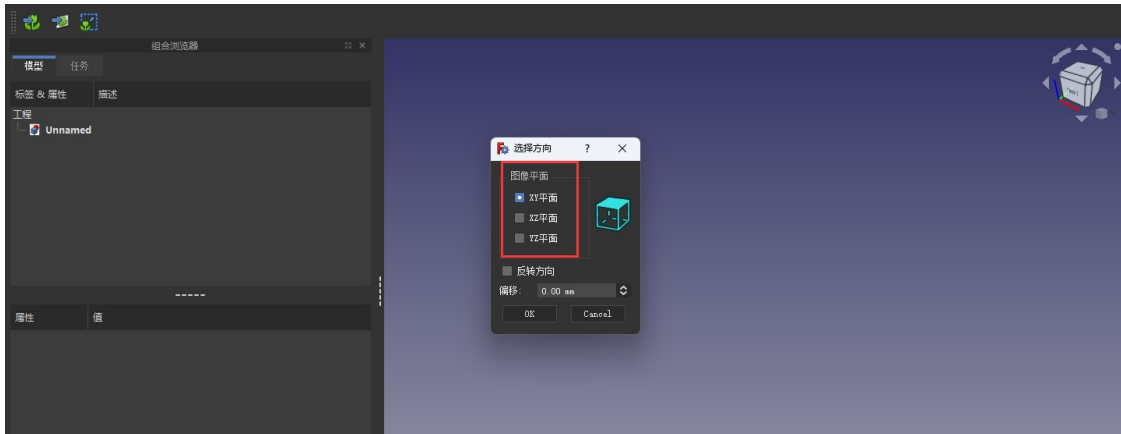
点击功能会弹出需要选择的图像。



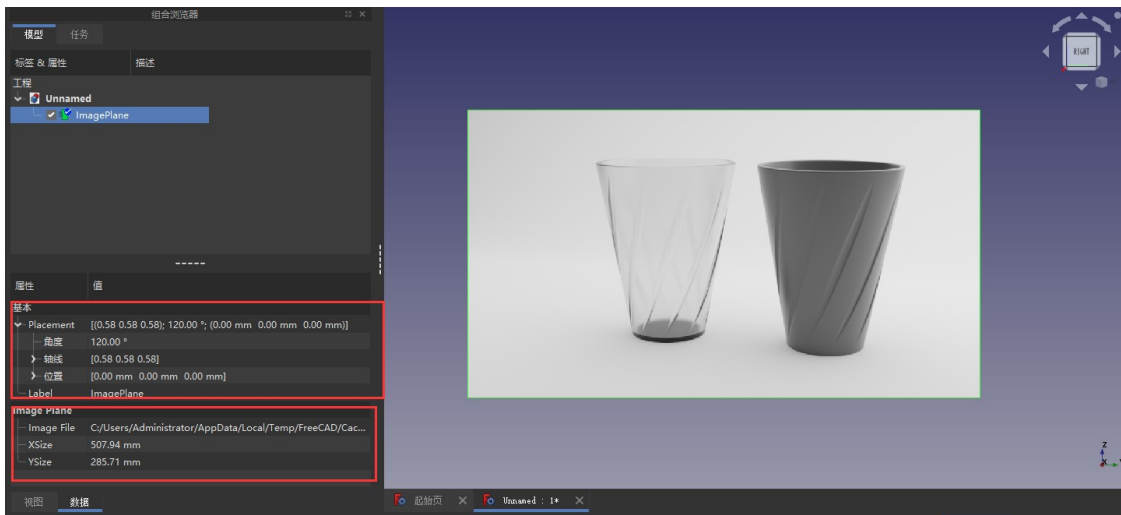
请注意图片的格式是否受支持。

导入进图像后会弹出要附加的工作平面；按照自己的需要来去放置图像以及控制图像的偏移，

创建完成后的图像会出现在模型树面板中。



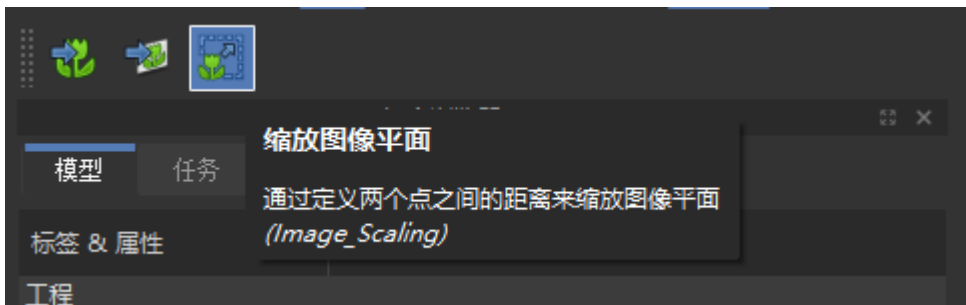
如需再次调整图像的数据可以选中左侧模型树中的图像文件在底部的数据栏中可以调整图像的大小和位移参数。



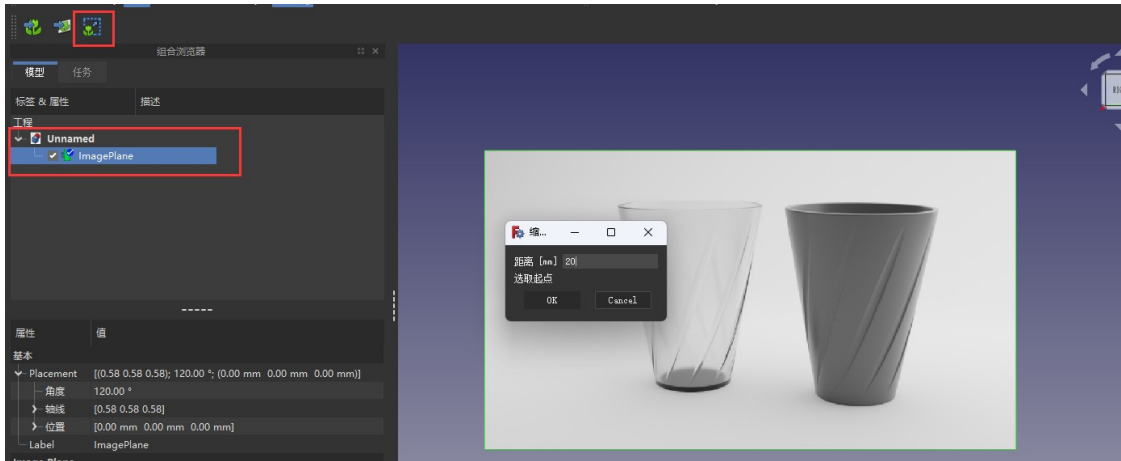
( 三维空间创建图片 )

## 缩放平面图像功能

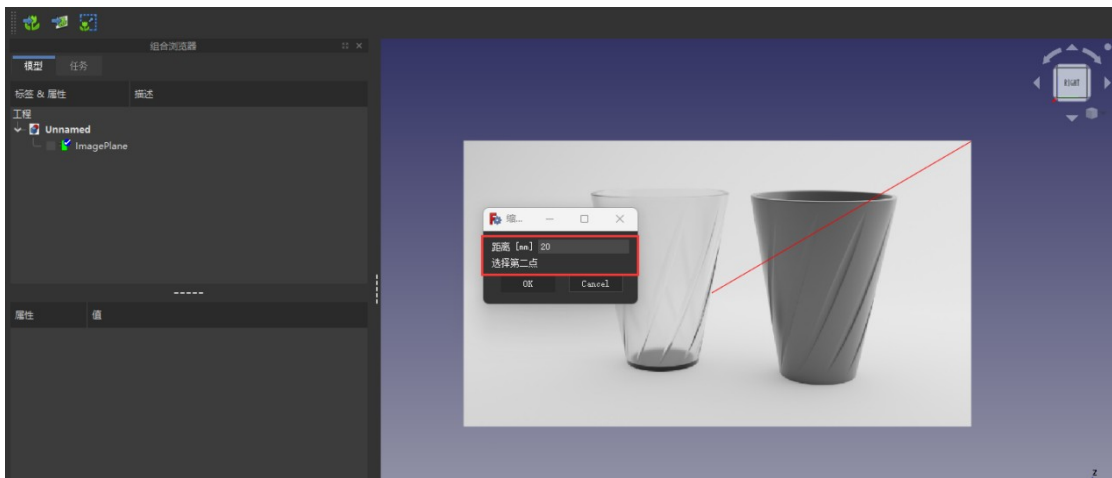
用于缩放图像；通过两个点来去缩放图像。



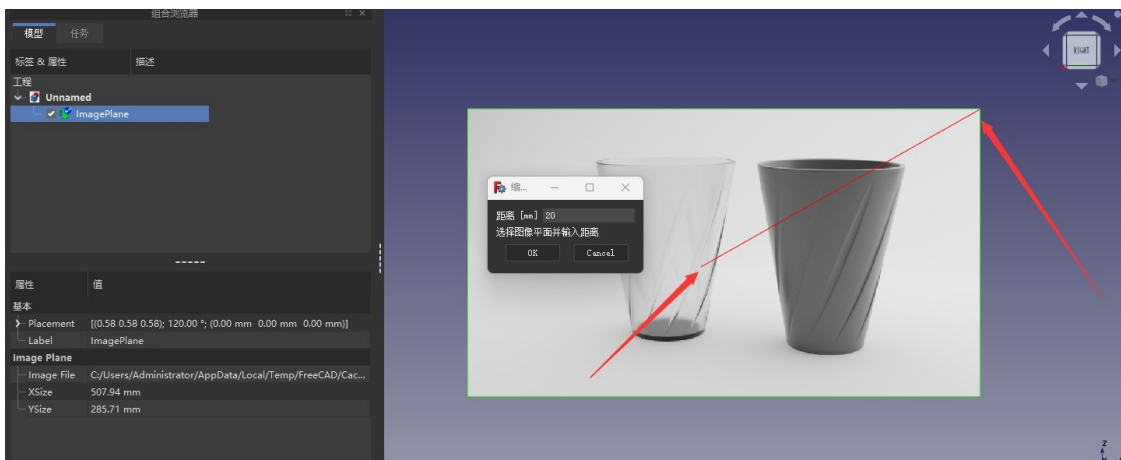
选中左侧模型树的图片点击功能；在弹出来的面板中设置距离；此距离为距离第一个定义点的距离。

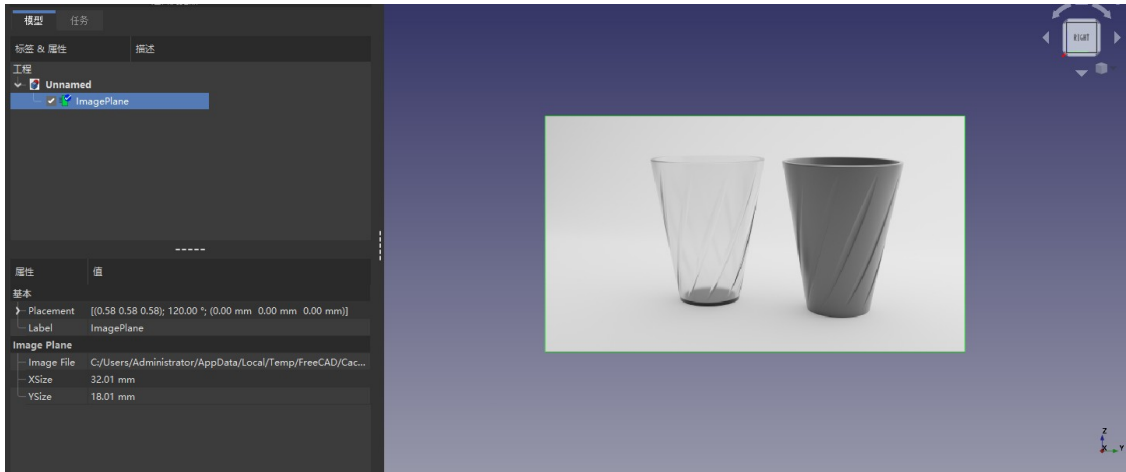


设置完数值后点击空白处去定义两个点，如下图所示以图片的右上角到图片的中心距离为 20mm。



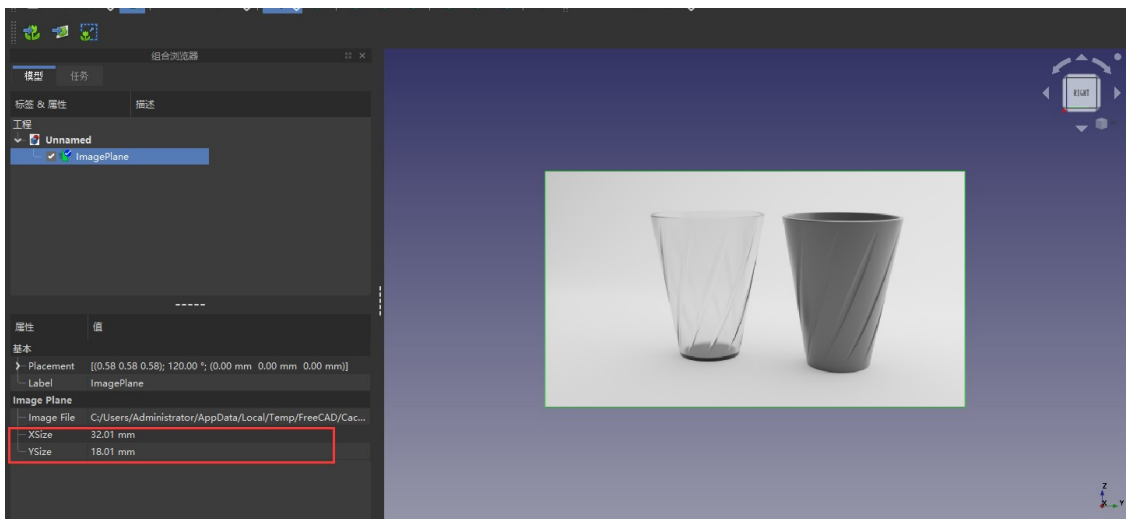
按照附加菜单的提示定义完两个点后选择要调整的图像并且输入距离进行大小缩放。





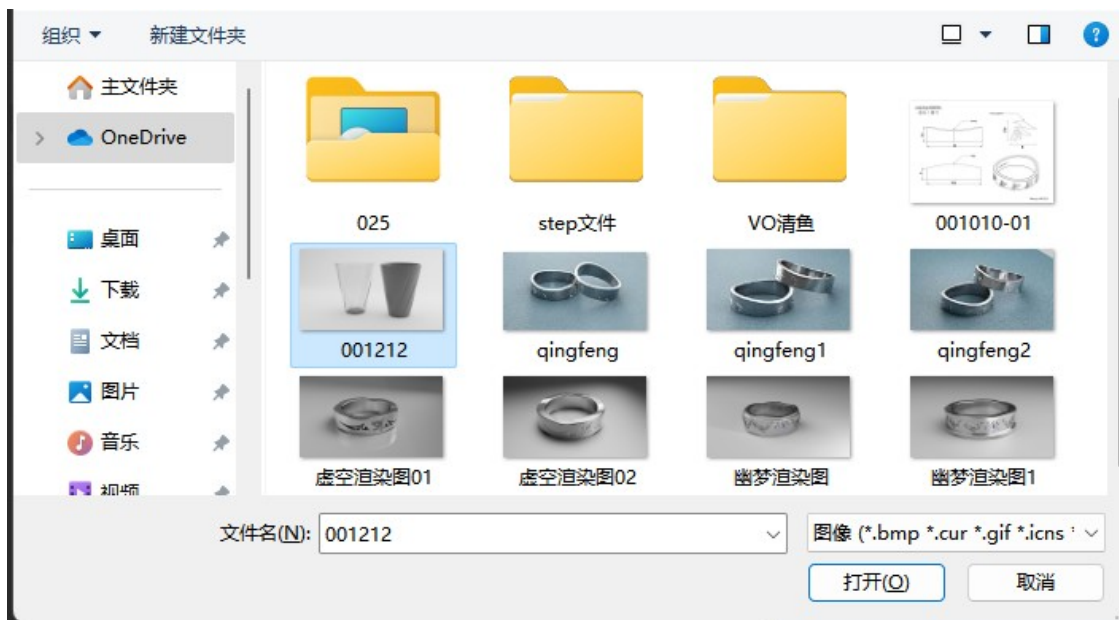
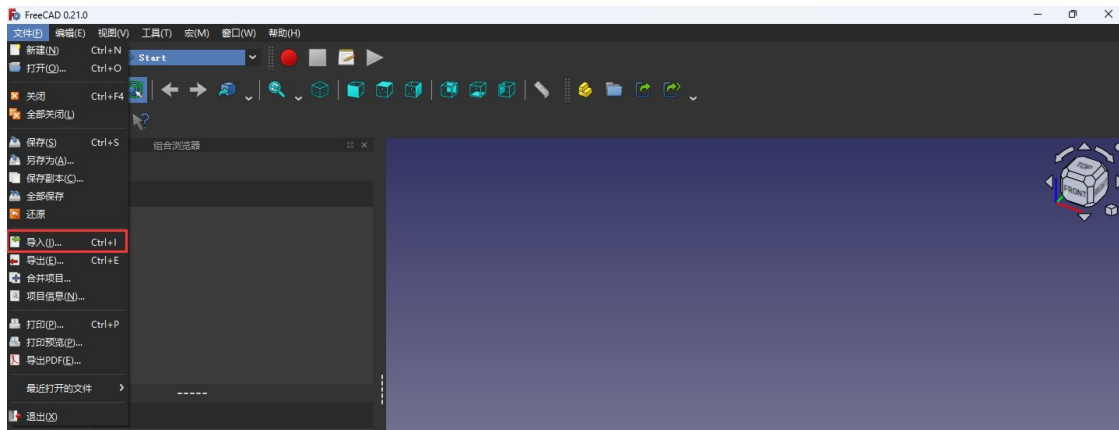
(缩放完成)

也可以通过左侧模型树面板选中图片后改变数据面板中 X 和 Y 数值来去改变大小缩放。

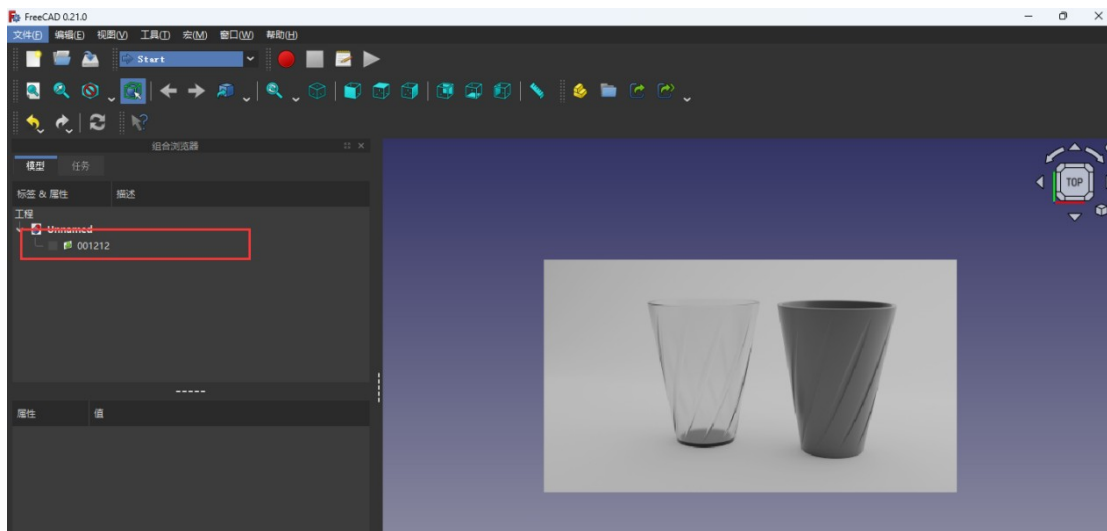


## 0.21 图像导入新增功能

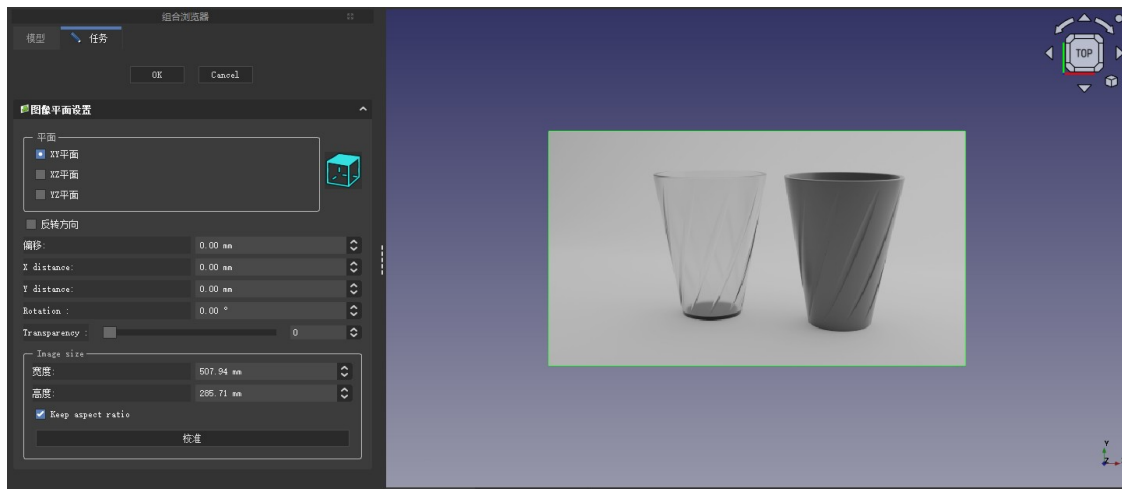
在 0.21 版本中此工作台被移除，可以在文件管理处导入图片进 FreeCAD 作为参考。



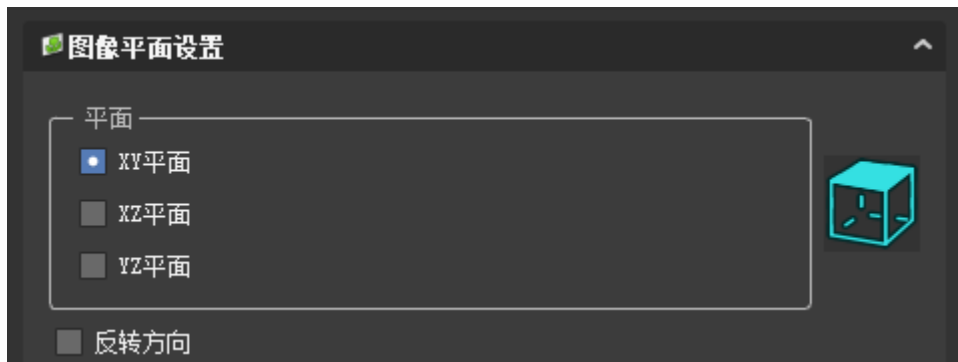
点击导入后会自动在左侧模型树面板生成一张图片。



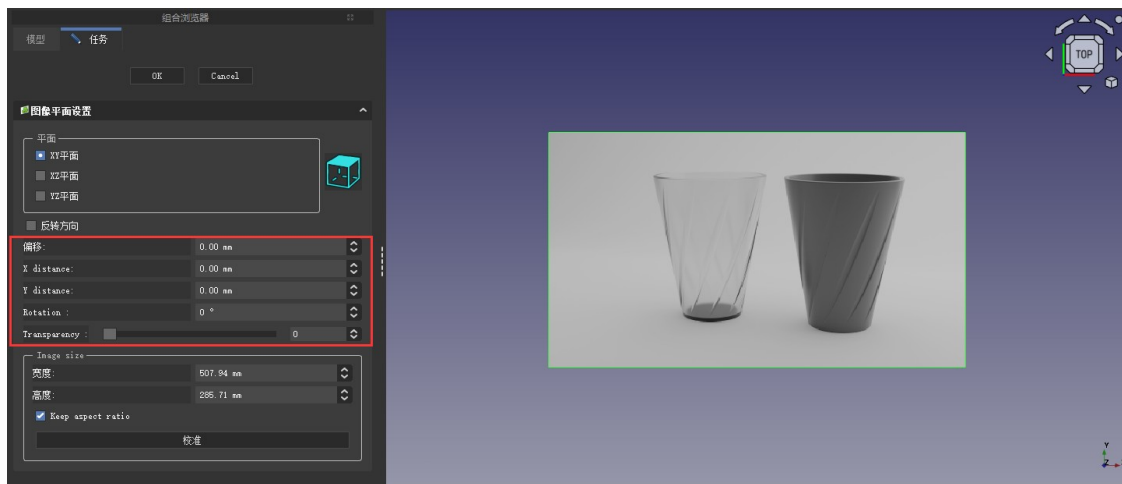
通过双击模型树中的图片来去激活控制器，选中要调整的图片双击它。



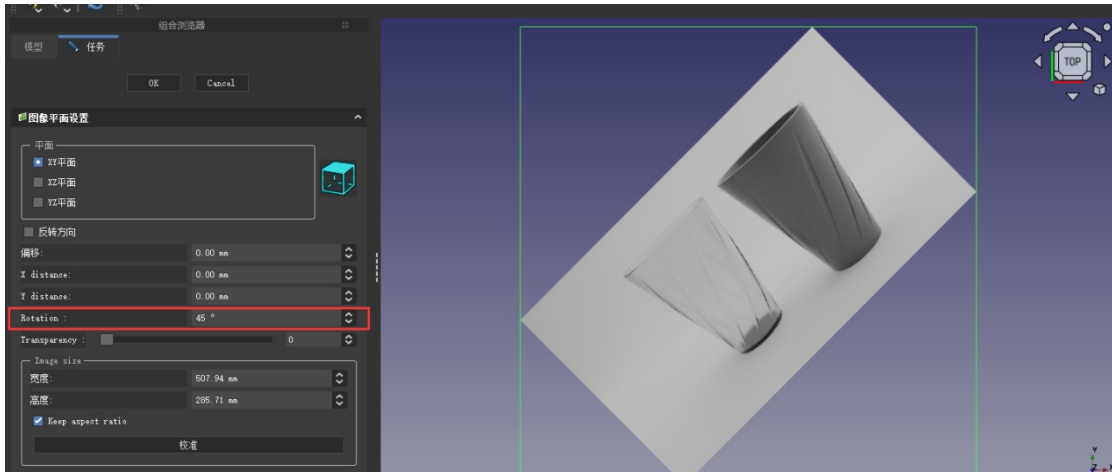
图像基于平面的放置和 0.20 一样，选中一个需要的平面进行放置图像。



图像的位移和偏移数据可以移动改变图像的位置数据，以及角度数据。



Rotation 角度控制可以控制图像的角度 0~180 数值去控制。



Transparency 透明度控制取值范围 0~100，取值 0 则完全不透明；取值为 100 则完全透明，取值为 50 则呈现半透明。

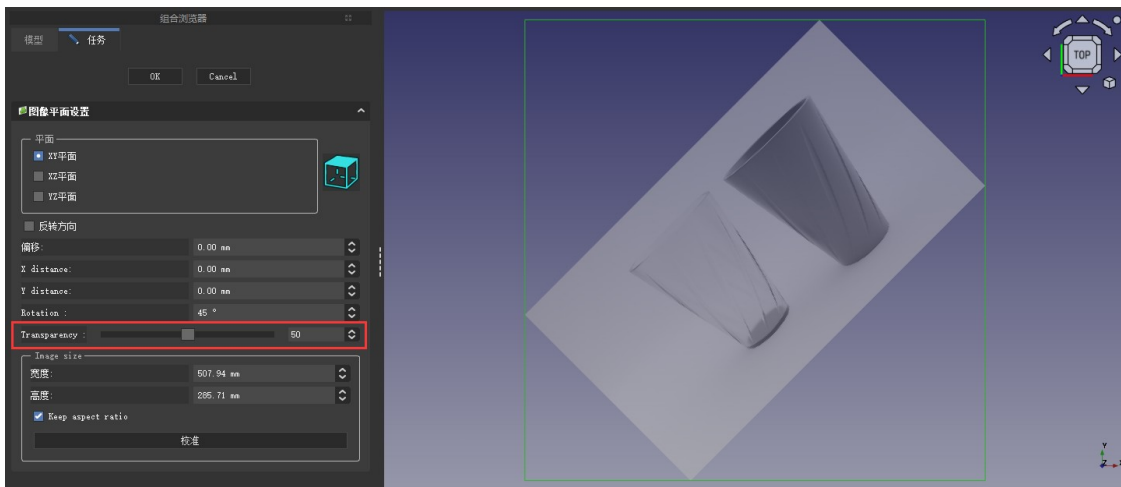


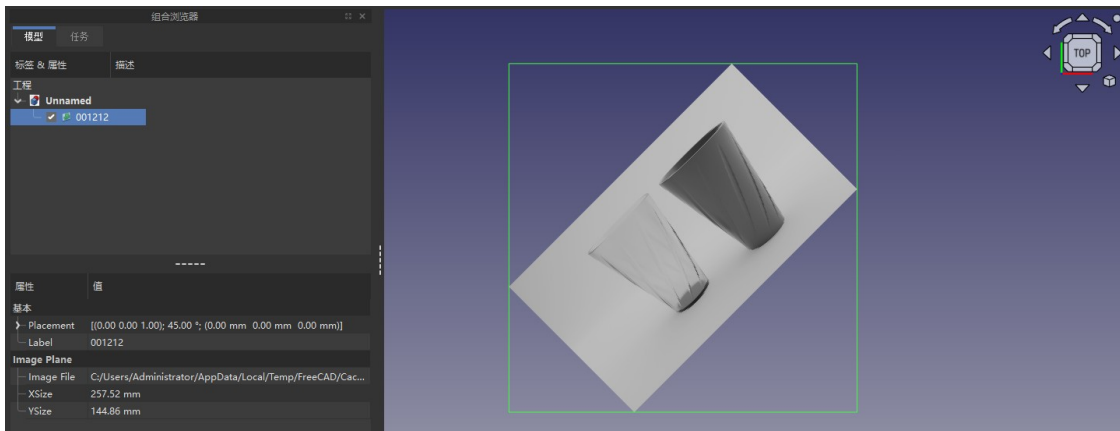
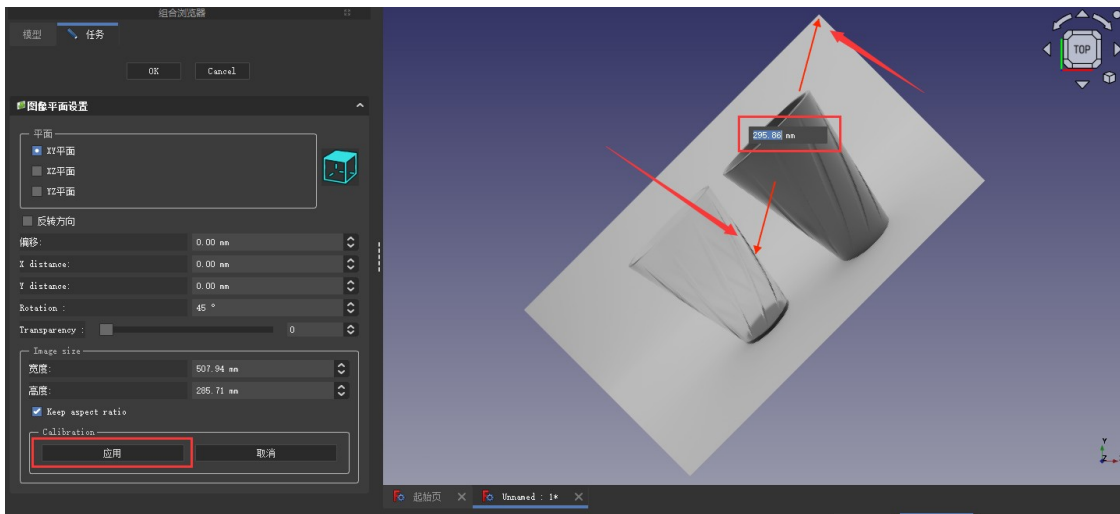
Image size 图像大小控制面板可以控制图像的比例，可以自行按照需要修改其大小。



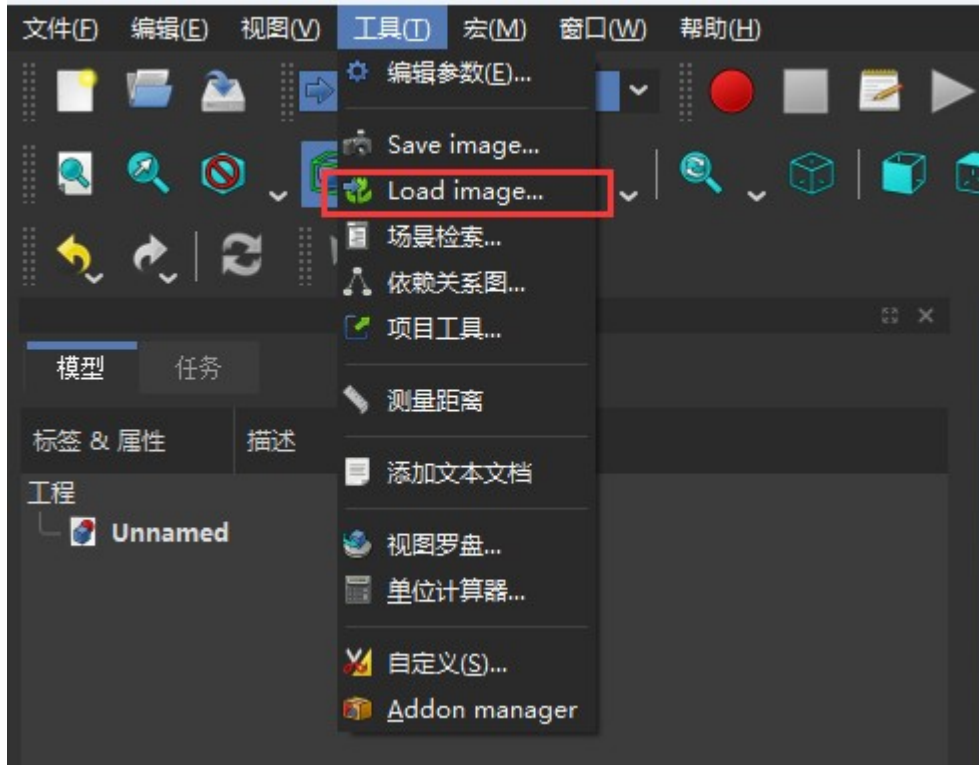
高度宽度调整平面图像 XY 的数值变换，红框中的 keep aspect ratio 意思为保持宽高比勾选上进行调整时锁定宽高比，不勾选则反之。



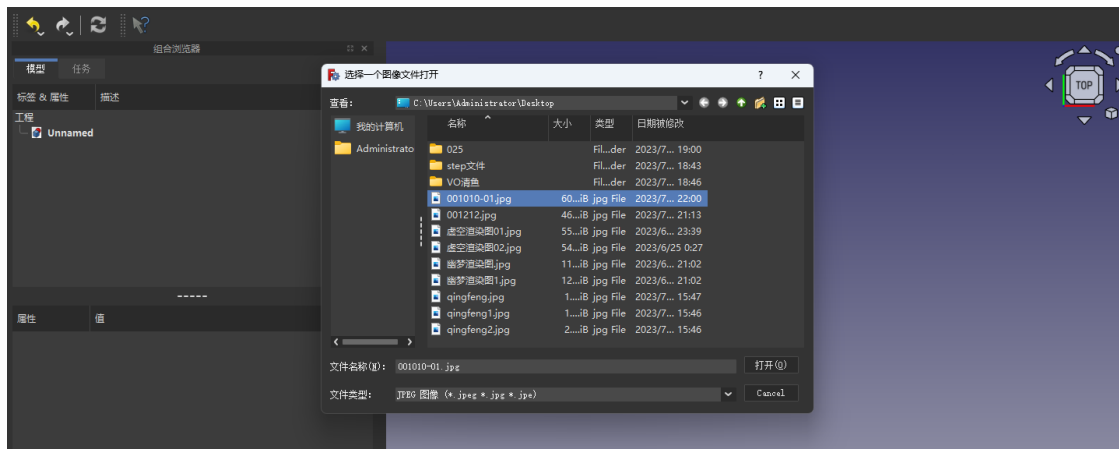
校准功能和 0.20 版相似通过定义两个点来去缩放平面图像，定义两点最后选择距离调整其大小。



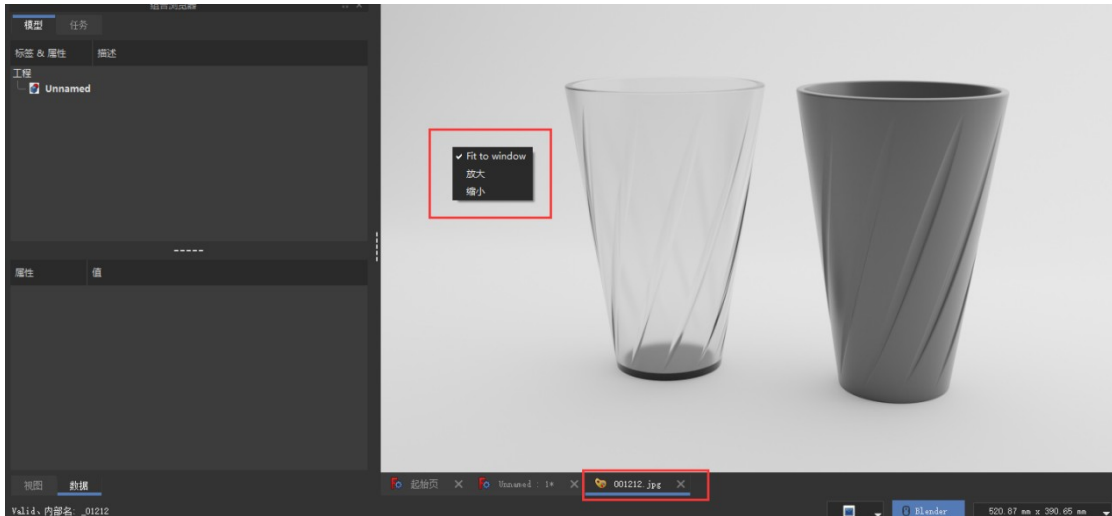
在 0.21 版本中图片查看器集成到了任务栏工具菜单中的下拉菜单里，用法和 0.20 版本一样。



选择一张需要查看的图像，点击打开。



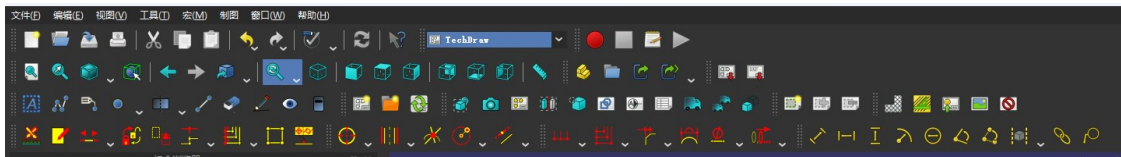
鼠标右键呼出附加菜单可以控制是否铺满屏幕以及缩放图片。



( 图像查看器 0.21 )

## 工程图工作台 ( TechDraw )

此工作台主要用于生成基于三维对象的 2D 投影和尺寸标注以及一些工艺标注；工作台中有默认的工程图纸模板供选择，完成编辑后可以导出 DXF 或者 SVG 格式。



关于工程绘图的视频讲解地址 1：

[https://www.bilibili.com/video/BV1e44y1U7Ns/?vd\\_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66](https://www.bilibili.com/video/BV1e44y1U7Ns/?vd_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66)

关于工程绘图的视频讲解地址 2：

[https://www.bilibili.com/video/BV1mW4y1N7g8/?spm\\_id\\_from=333.788&vd\\_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66](https://www.bilibili.com/video/BV1mW4y1N7g8/?spm_id_from=333.788&vd_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66)



此组合包含一系列的修饰辅助工具；文字批注、绘制辅助折线、批注、修饰点和擦除对象等功能。



此组合包含插入投影对象；插入工程图模板等功能。



此功能组用于插入剖面线导入 SVG 矢量图形或者位图等。



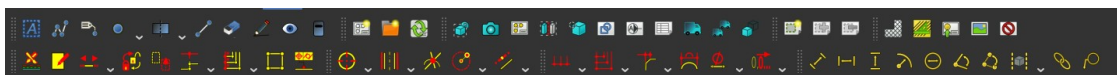
此群组主要应用于工程图的绘制其中包含；插入分界线尺寸，尺寸联级、圆心辅助线绘制、长度尺寸转直径尺寸等等的功能。



此工具组提供了尺寸标注基本功能，用于线性测量图面的长度、宽度、直径、半径角度等。



此两项功能可以将绘制好的工程图以 SVG 或者 DXF 两种格式导出到你想要的位置。

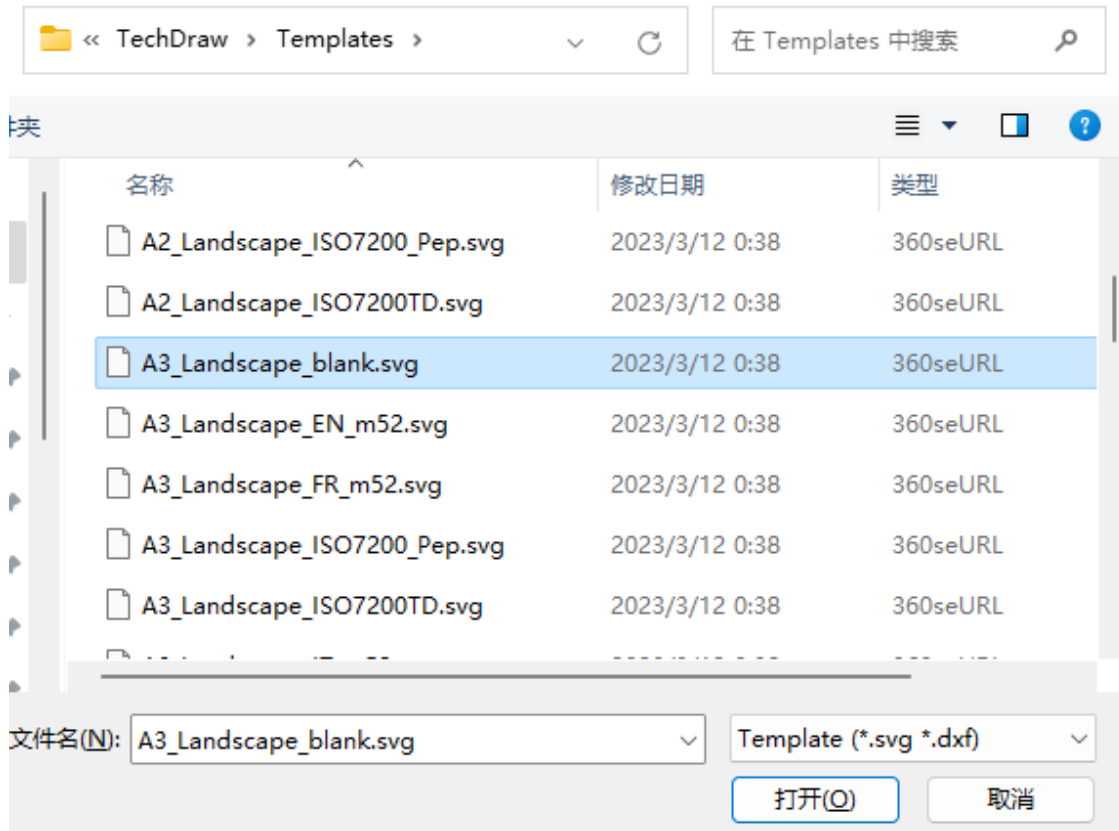


(大纲视图)

接下来我们利用一个零件插入工程图来去解析工程图模块的各个功能和演示，首先找到插入图形工具组中的新建模板，在 FC 中打开之后就有一系列的模板供选择；根据自己需要的大小选择即可。



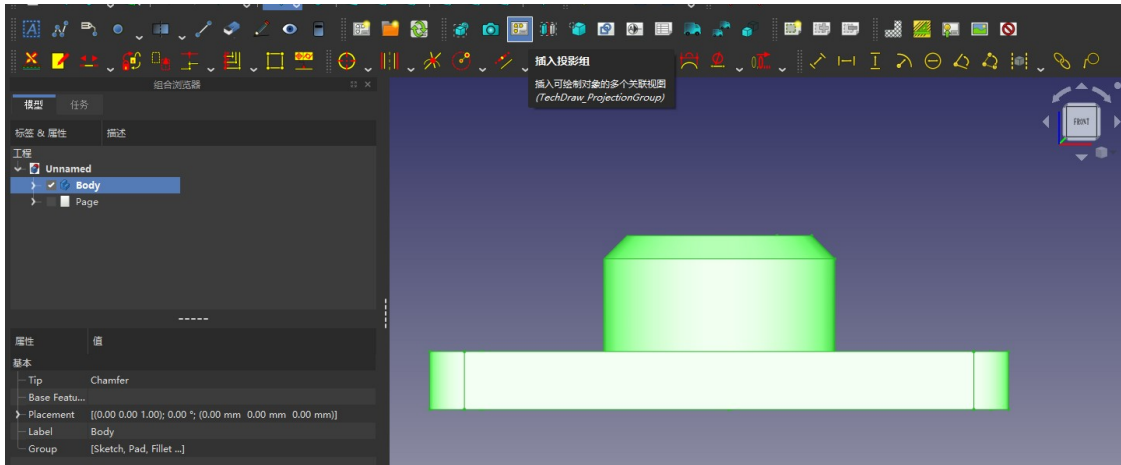
我们以 A3 纸张为例插入一张空白图纸；接下来要在此工程图上插入 2D 投影图形。



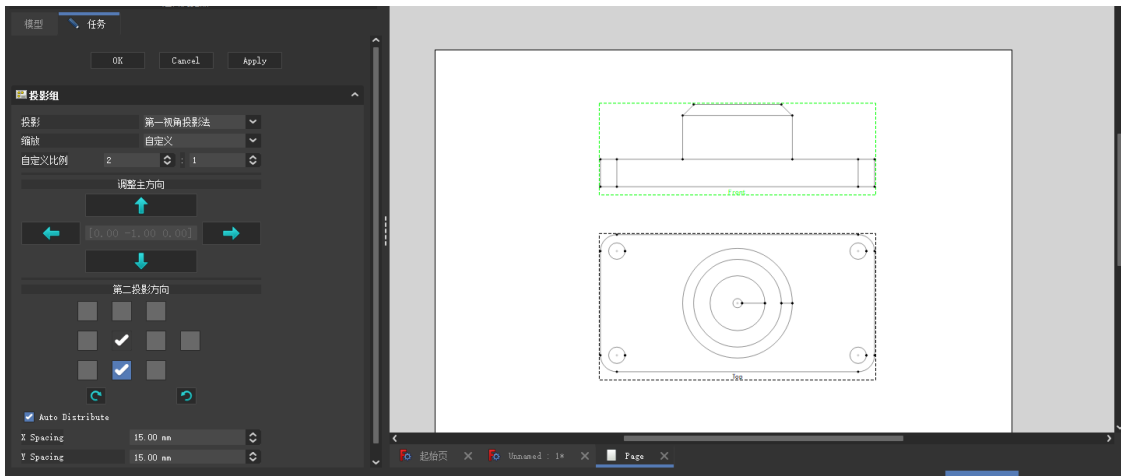
插入完成后在左侧模型树面板中会有一张空白的 page 就是我们刚刚插入的 A3 纸张。



插入完毕后我们点击创建投影组功能并且在零件视图选中零件并且插入投影，注意：投影的方向取决你相机视角。如图所示确保模型树的模型被选中且视角为正交视图。



点击插入投影后注意看左侧控制面板中的信息，投影方向保持默认就好；缩放比例根据自己的需求进行设置可以在下拉菜单中找到自定义去控制缩放的比例此处比例 2 : 1.

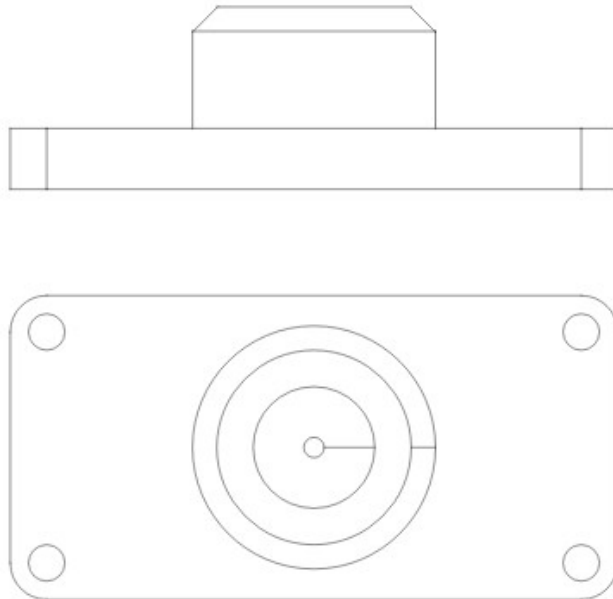
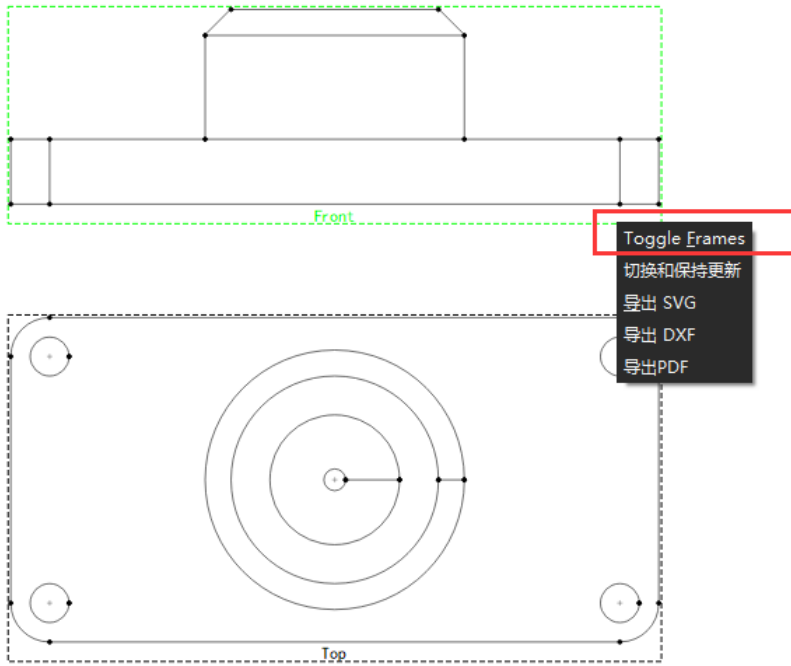


下方是需要投影的方向，注意规则由于我插入投影的方向是工件的前视图那么工程图则会以前视图作为主要，然后进行投影方向上的切换（请参考下图的投影法）

	正平面 (平行于V面, 与H、W面垂直)	水平面 (平行于H面, 与V、W面垂直)	侧平面 (平行于W面, 与V、H面垂直)
空间状态			
投影图			
投影特点	(1) V面投影反映实形; (2) H面投影和W面投影均积聚为直线, 且平行于相应投影轴	(1) H面投影反映实形; (2) V面投影和W面投影均积聚为直线, 且平行于相应投影轴	(1) W面投影反映实形; (2) V面投影和H面投影均积聚为直线, 且平行于相应投影轴

( 图片来源于百度 )

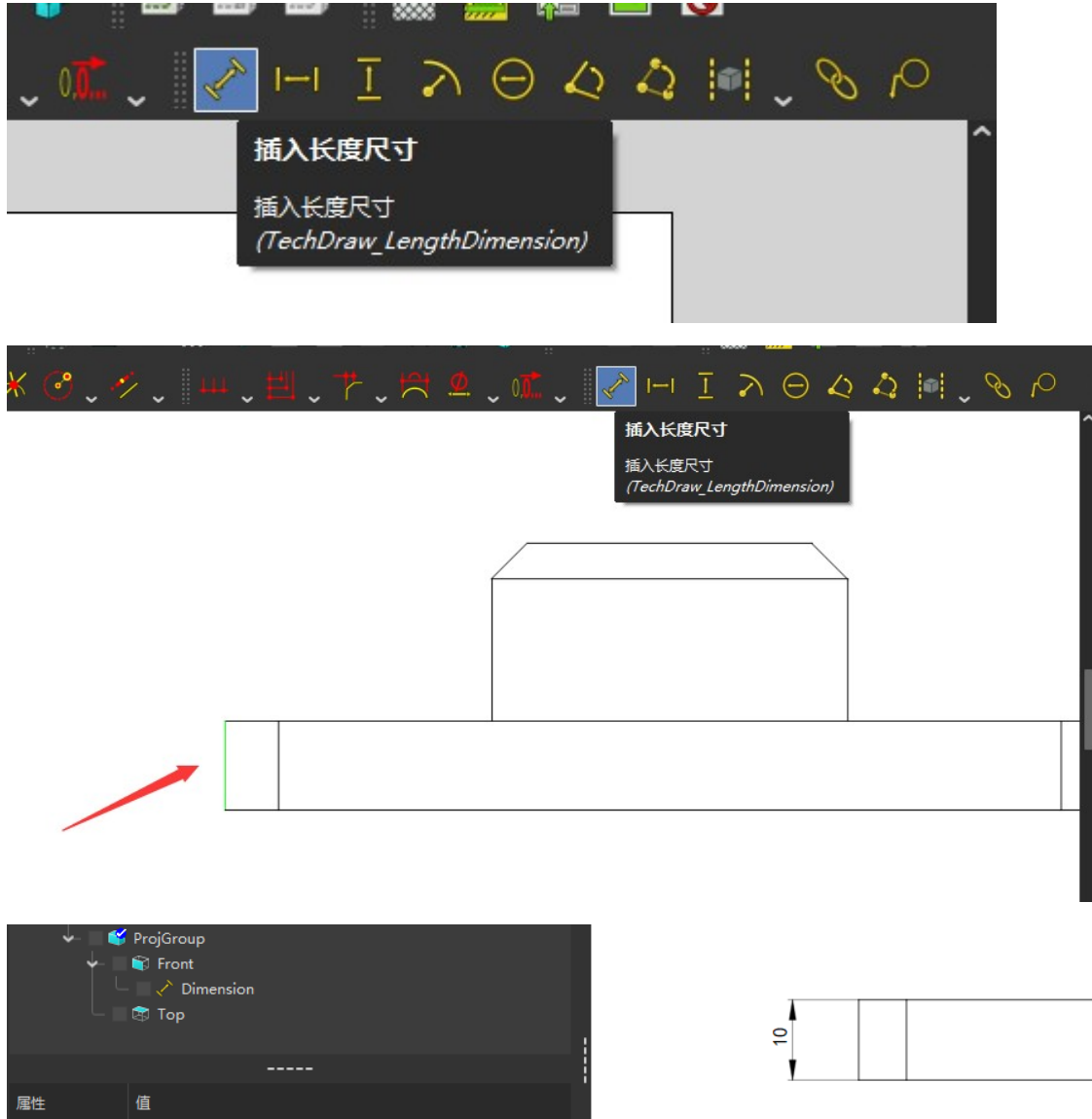
投影完成之后点击确定生成投影 2D 图，在视图中如果觉得视图线框影响绘制可以鼠标右键在弹出的菜单中关闭辅助线框显示以提高效率。



(辅助线框关闭显示)

## 尺寸标注

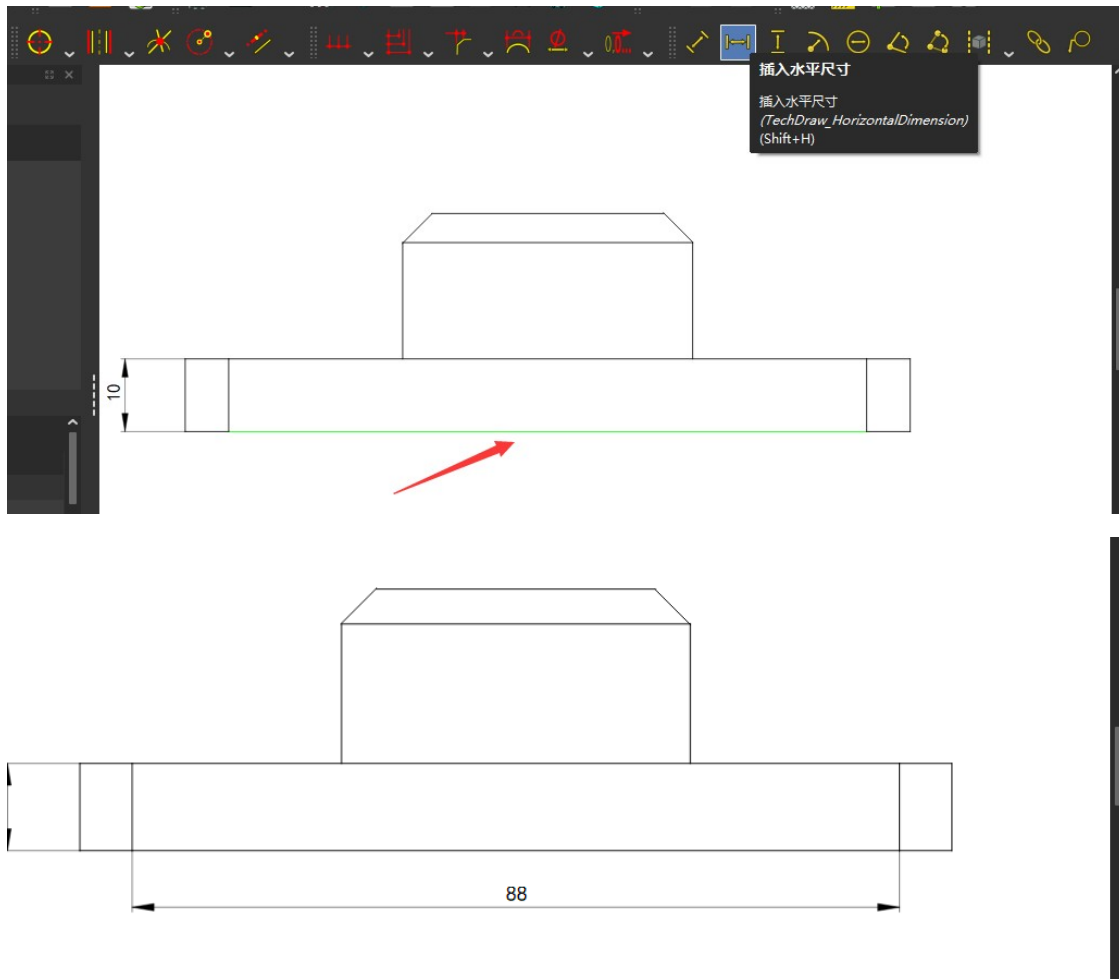
接下来我们来了解尺寸标注，在标注工具组这里有一系列的标注，点击斜向长度测量可以测量长度，用法：点击两根线段或者一根线进行测量长度也可以点击两个端点进行长度测量。注：此标注通常用于标注平行线或者斜线的长度。



(斜向长度测量)

## 水平测量

即是测量工件的水平尺寸标注，点击水平测量用法和长度测量一样点击一根线或者两根线两个点进行水平测量。

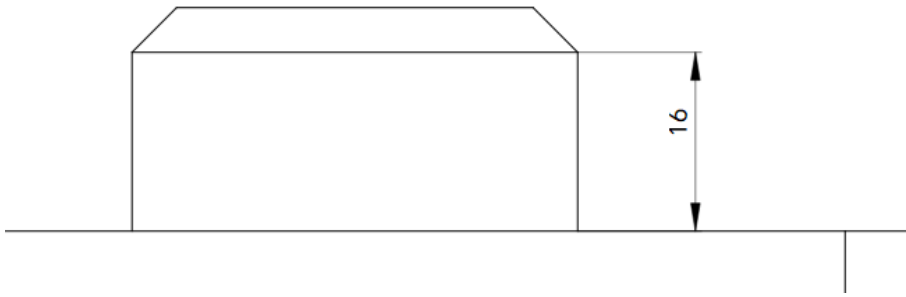


(水平测量标注)

## 长度测量

即是测量工件的长度尺寸标注，点击长度测量用法和长度测量一样点击一根线或者两根线两个点进行水平测量。

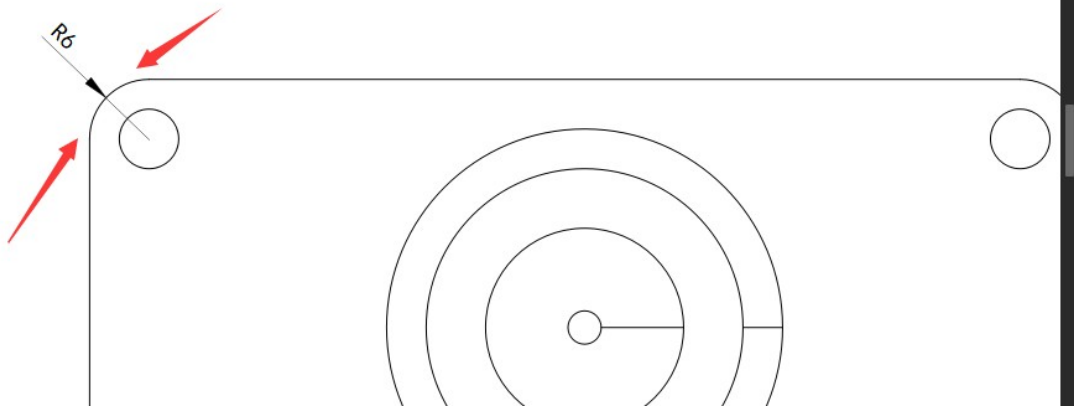




(长度测量)

### 半径测量工具

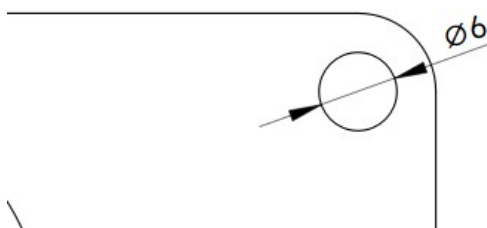
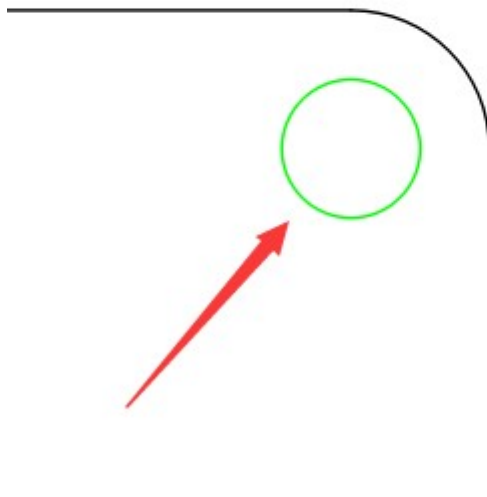
用于测量圆或者圆弧的尺寸，使用方法：点击一个圆弧或者圆进行半径测量标注。



(半径测量)

### 直径测量工具

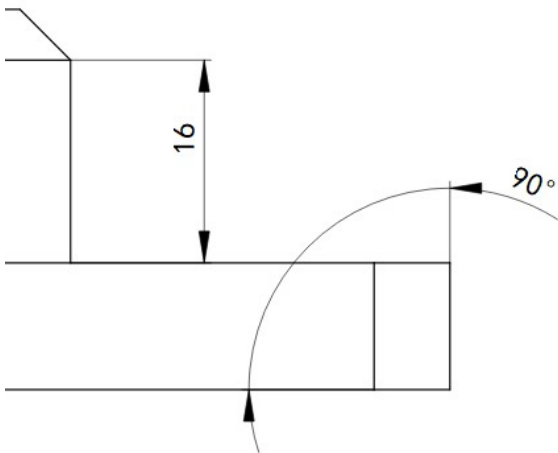
用于测量圆或者圆弧的尺寸，使用方法：点击一个圆弧或者圆进行直径测量标注。



(直径测量)

### 角度测量工具

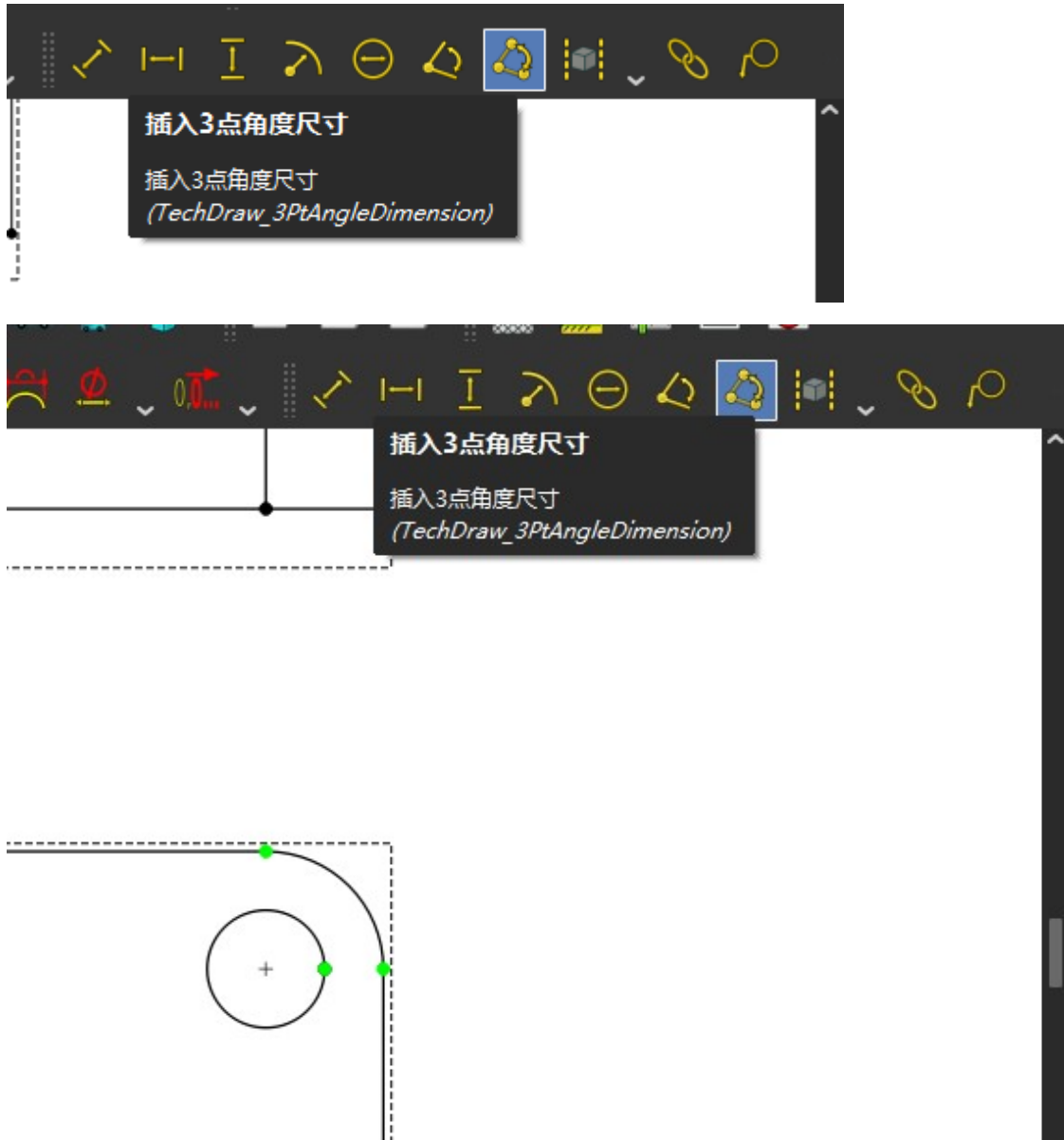
用于测量零件的角度尺寸，使用方法：点击一个两条边线来去计算夹角。

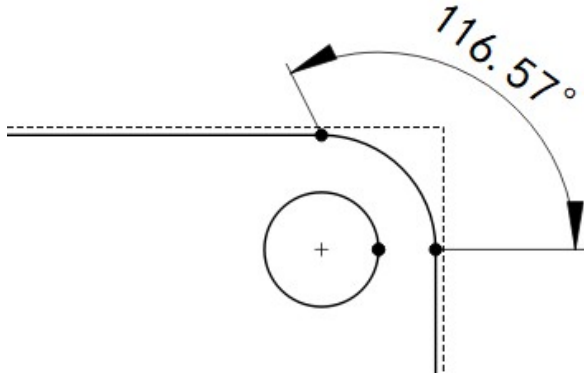


(角度测量)

## 通过三点插入角度尺寸

顾名思义使用三个顶点来去定一个角度尺寸，用法选中需要计算的三个顶点点击插入角度尺寸。

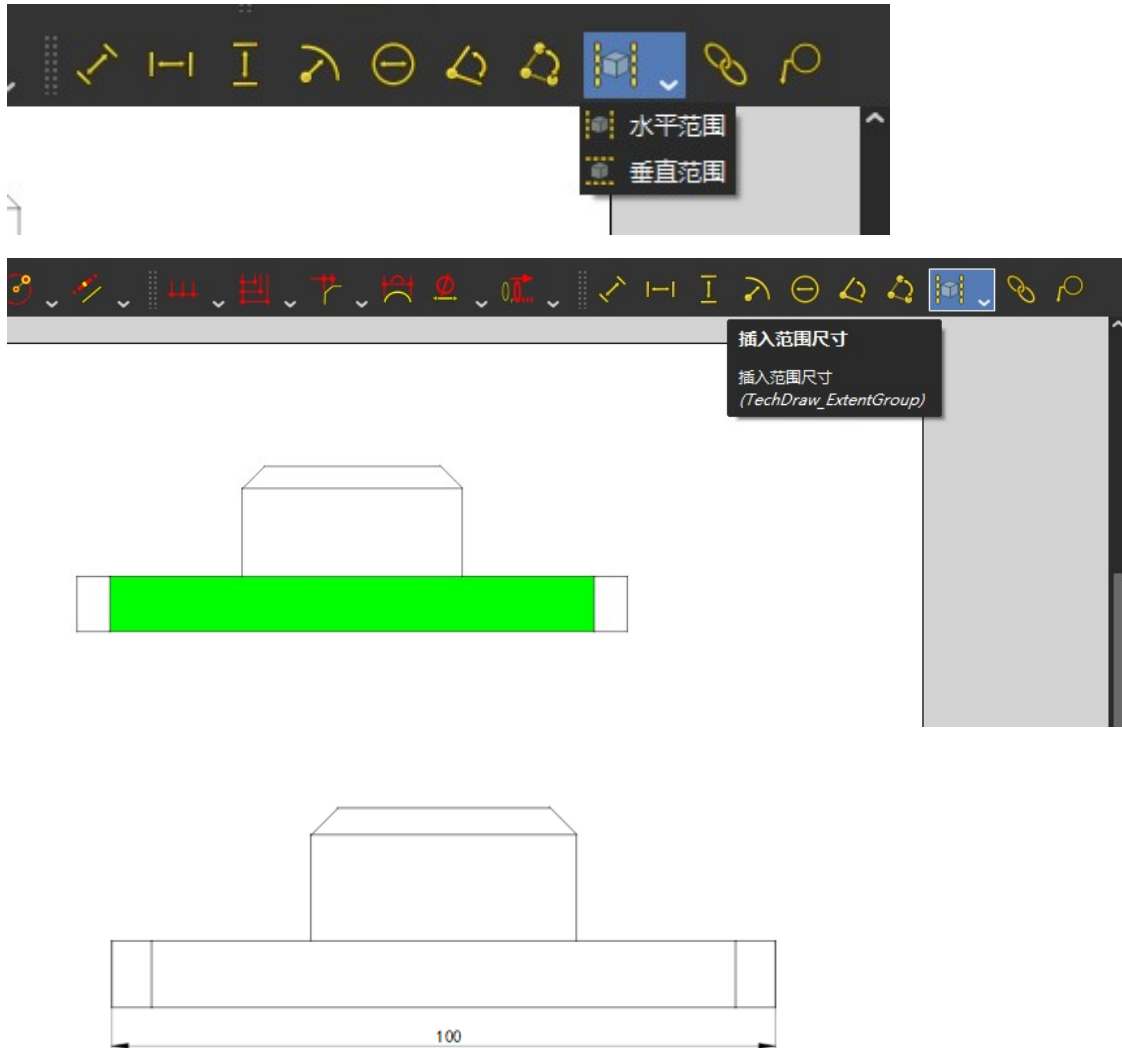




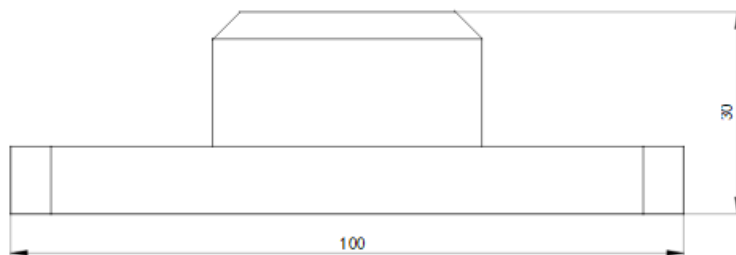
(三点角度尺寸)

### 插入范围尺寸

通过选中的零件来去计算此零件全局的范围尺寸，分为水平全局范围和垂直水平范围，使用方法点击需要计算的图面选中之后点击计算范围尺寸。



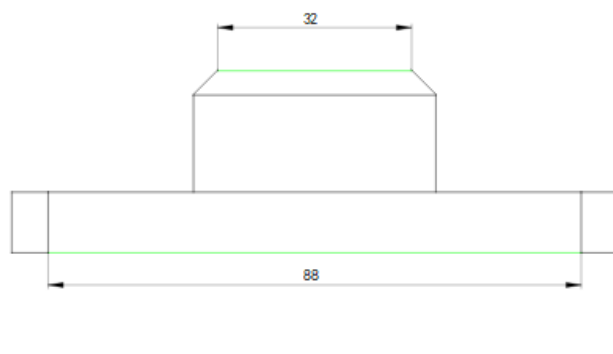
(水平范围)

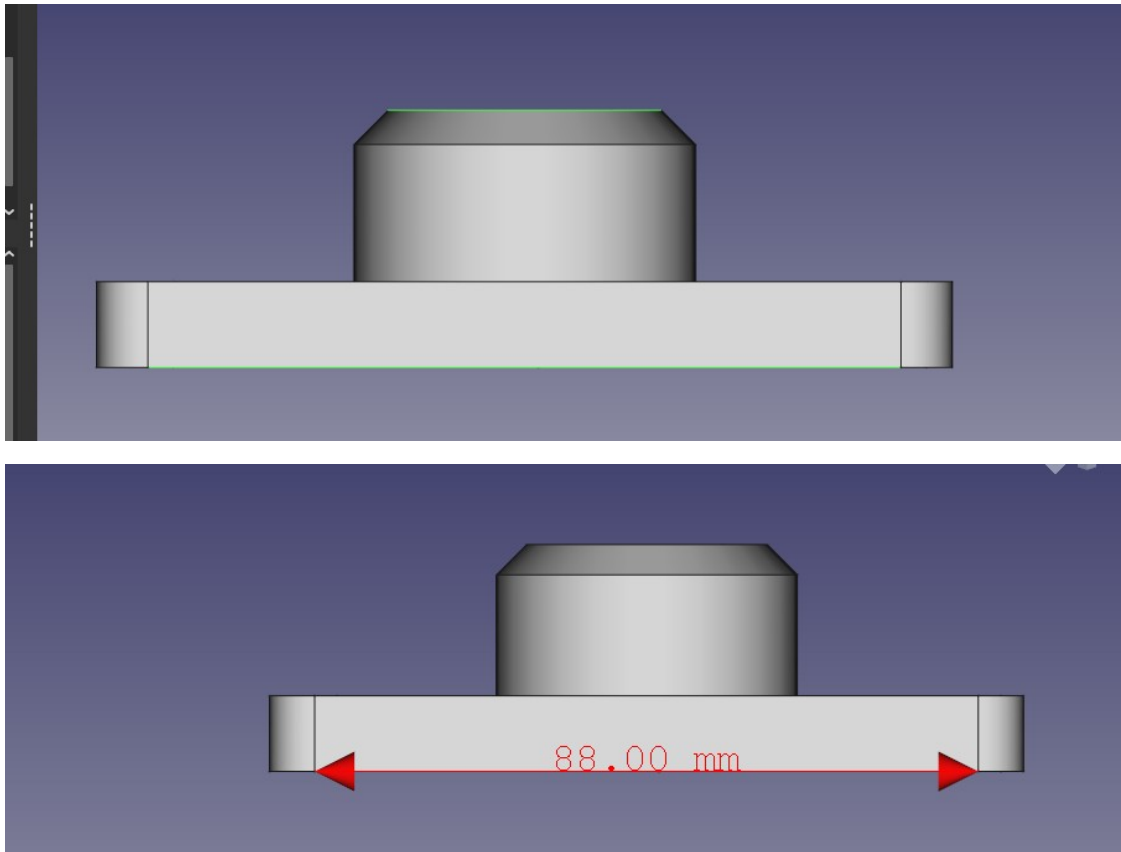


(垂直范围)

### 连接尺寸到三维几何体

此功能利用工程图中的尺寸定义到三维空间中去。使用方法在工程图中选择定义好的尺寸然后范围零件视图选中同样的边进行连接尺寸。



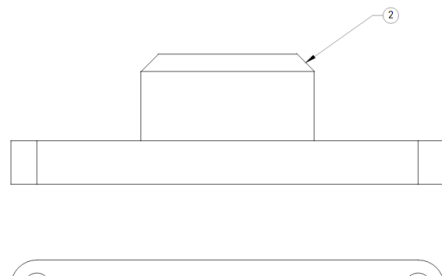
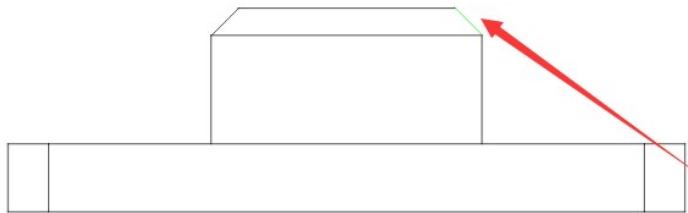
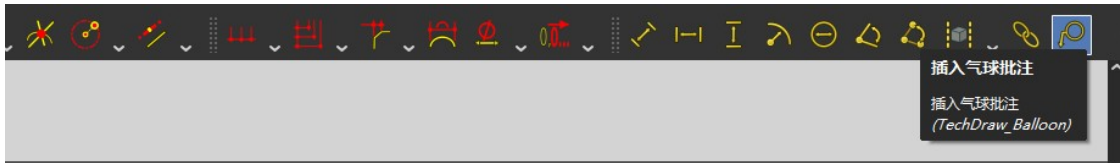


(尺寸链接三维)

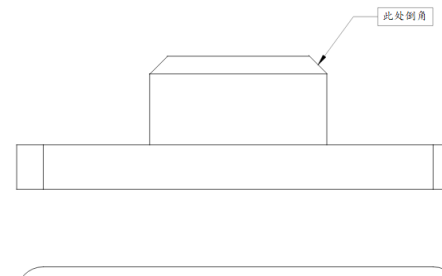
### 创建气球批注

用于在投影图中插入带有指引线和图框的批注信息；用法：点击需要创建的点或者边线插入气球批注，双击此批注在左侧弹出的控制面板中可以控制其样式和字体大小线条粗细等参数。

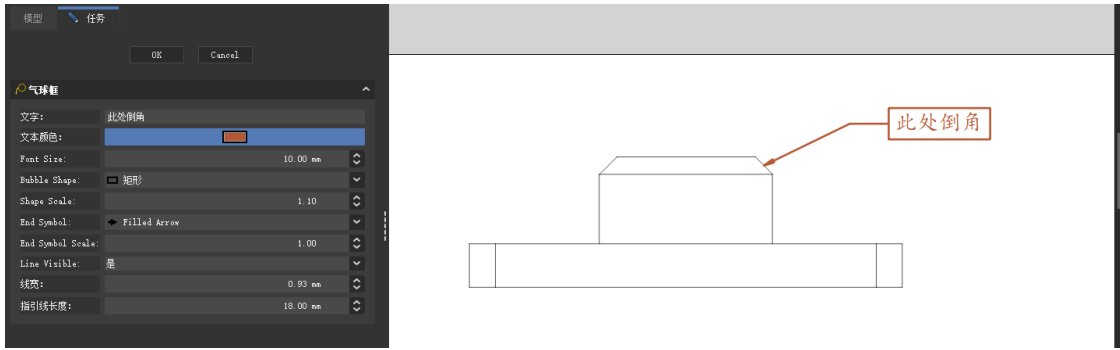




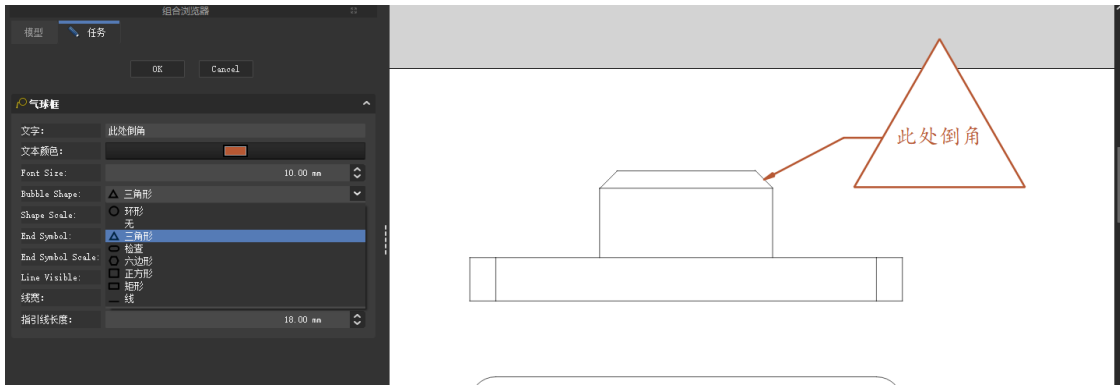
(批注控制面板)



(修改参数文本以及指引线长度)



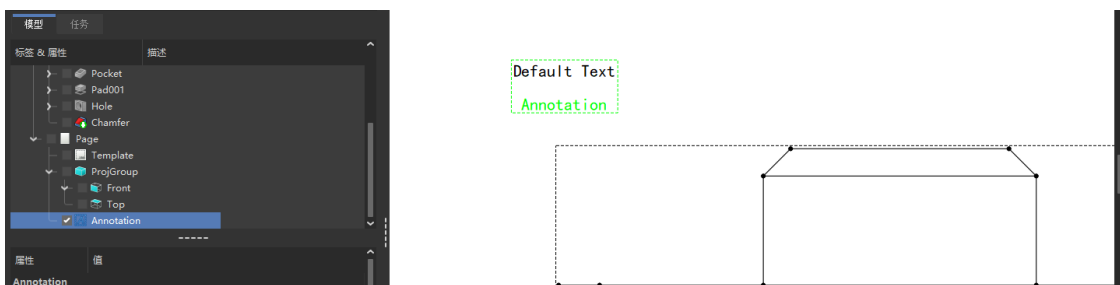
(修改文本颜色和线条的粗细)



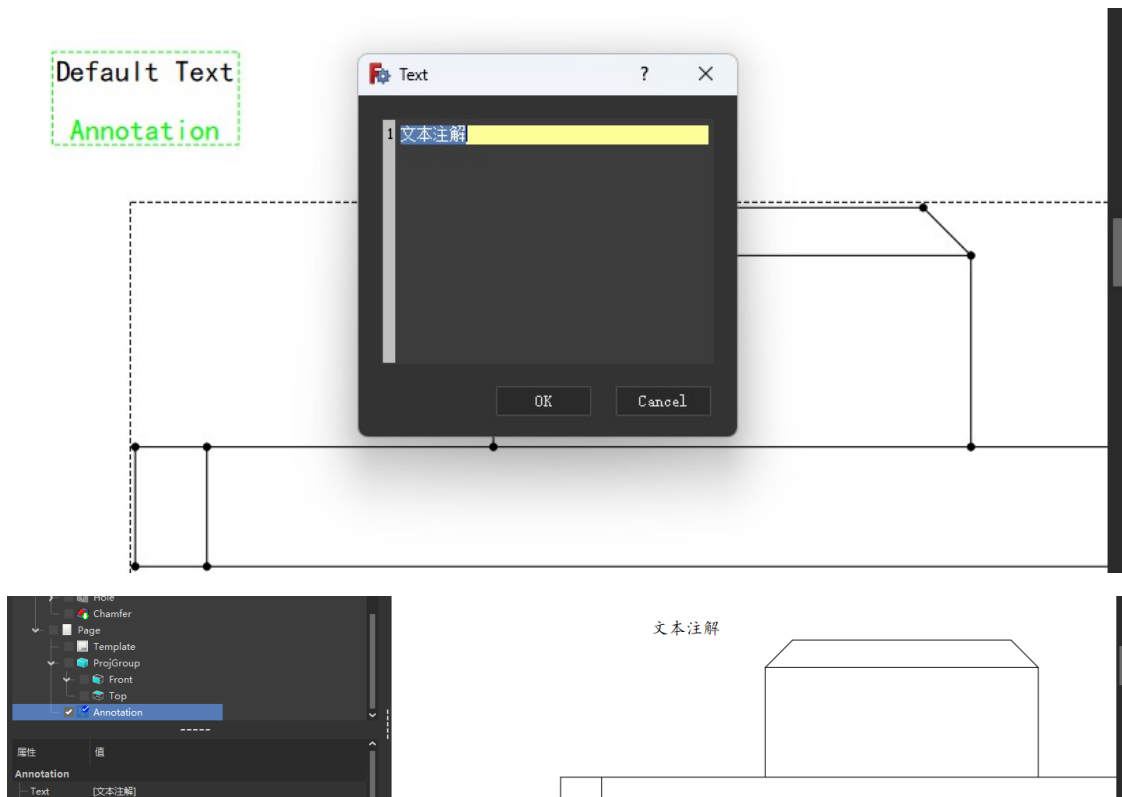
(修改图形的样式见左侧下拉菜单)

## 插入批注功能

用于对投影图形创建一个文本注解，使用方法：点击创建注解以创建一个文本注解。



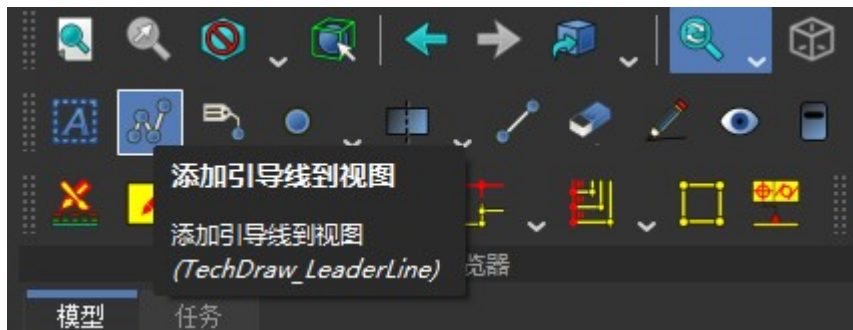
双击选框可以更改内容中文或者是英文注解。

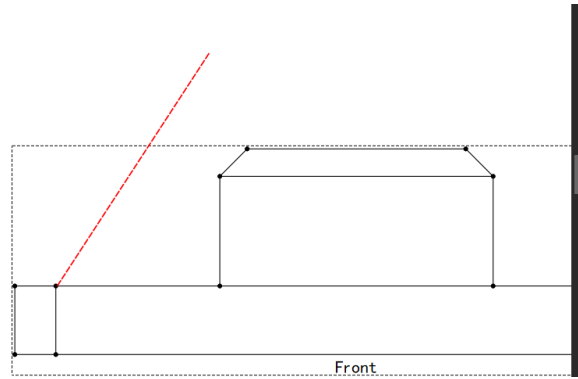


(文本批注)

### 将引导线添加到视图

用于在投影上创建手绘的引导线或者辅助线，使用方法选中投影图形点击创建引导线，可以在左侧的控制面板中选择各项参数。

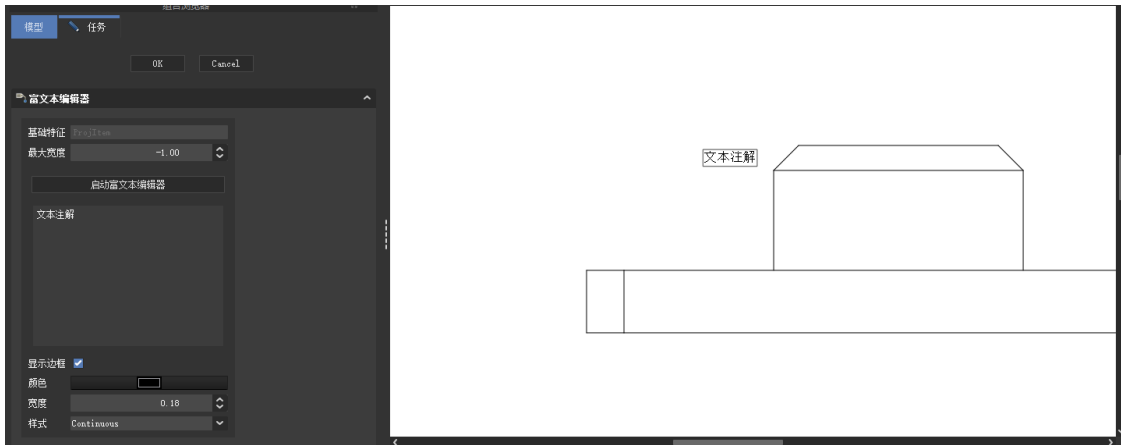




(添加引导线)

## 插入富文本批注

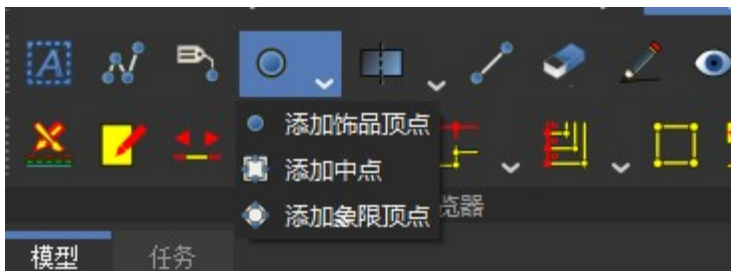
和文本注解相似，点击创建文本批注可以在视图中生成一个批注对象，在左侧控制面板中修改批注内容以及样式。

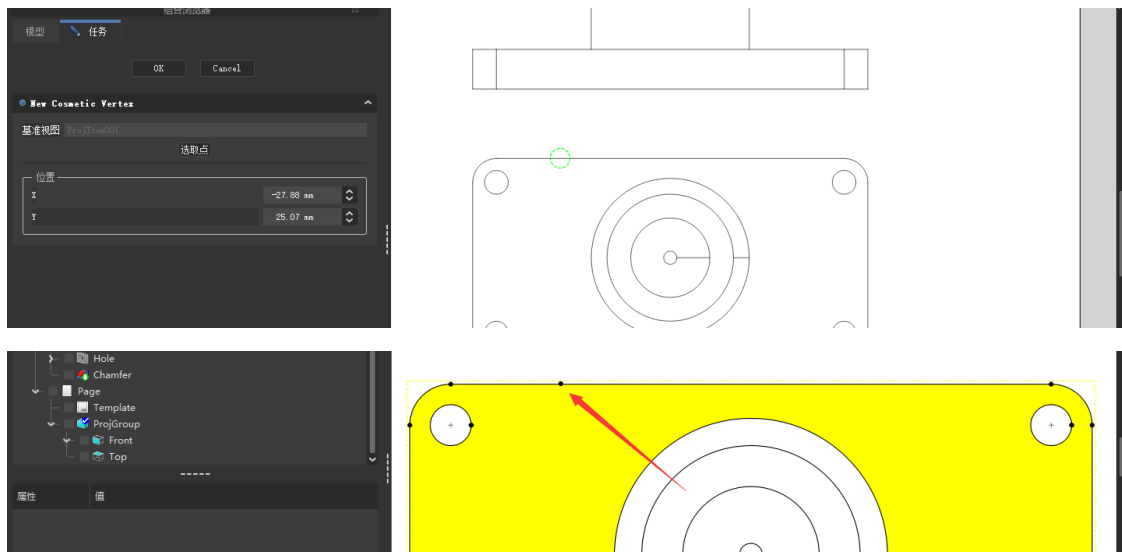


(富文本批注)

## 点添加器

添加不属于源几何体的顶点，使用方法点击点添加器点击左侧面板中的添加点功能添加一个顶点视图变成一个绿色小圆圈时说明已经添加完成，点击完成后可以看到添加的顶点，也可以通过修改 XY 数值来去定位顶点的位置。

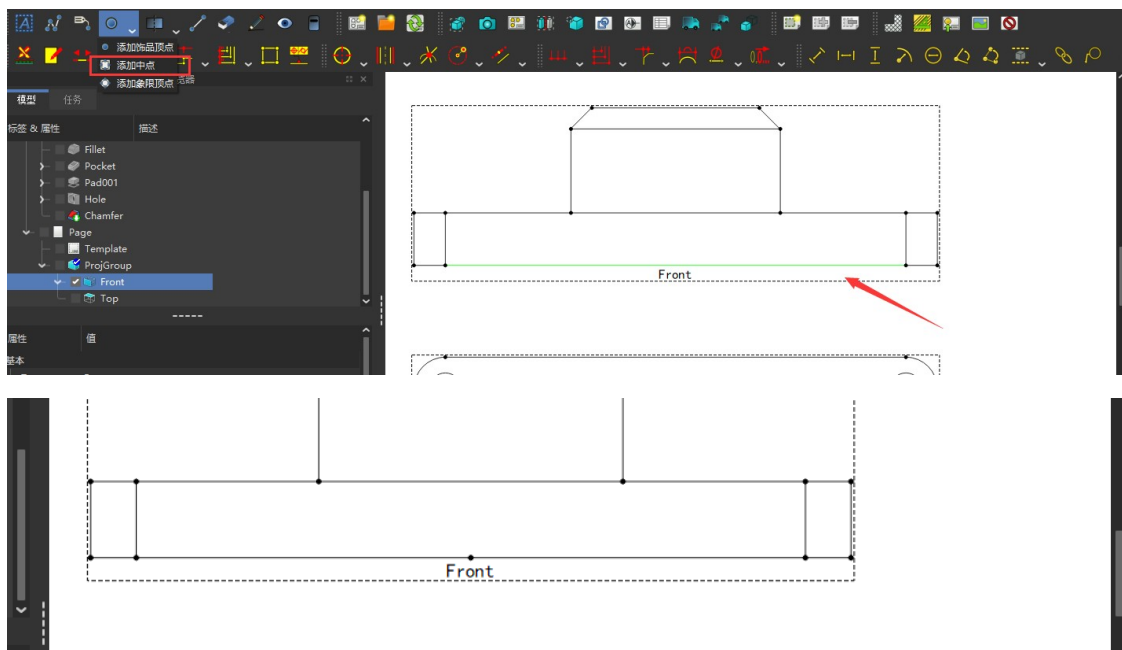




(顶点添加)

## 添加中点

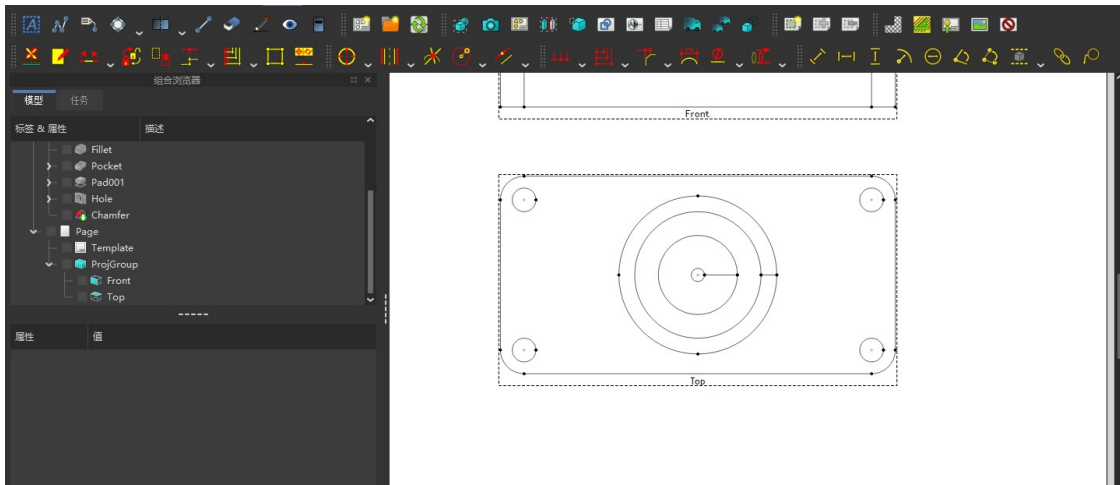
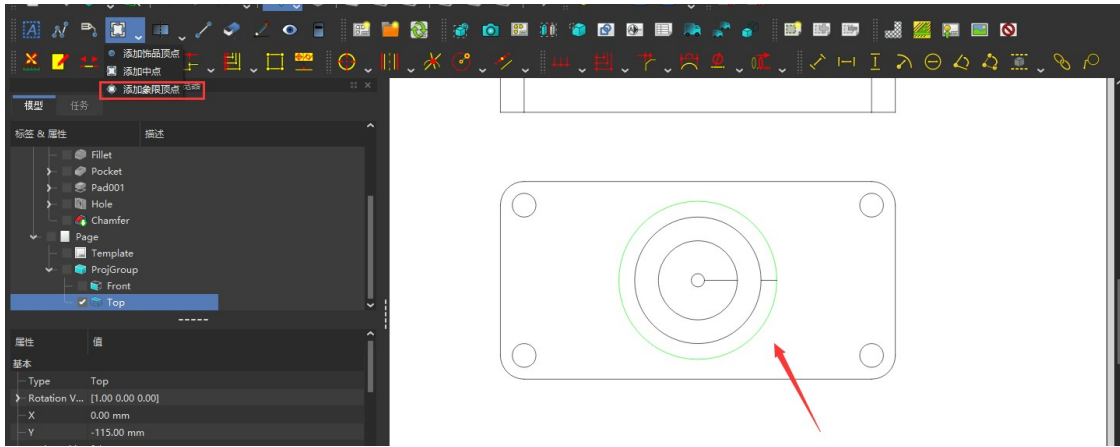
在选定边的中点添加修饰顶点，使用方法点击需要生成中点的某条边然后点击添加中点即可生成一个中点修饰点。



(添加中点)

## 添加象限顶点

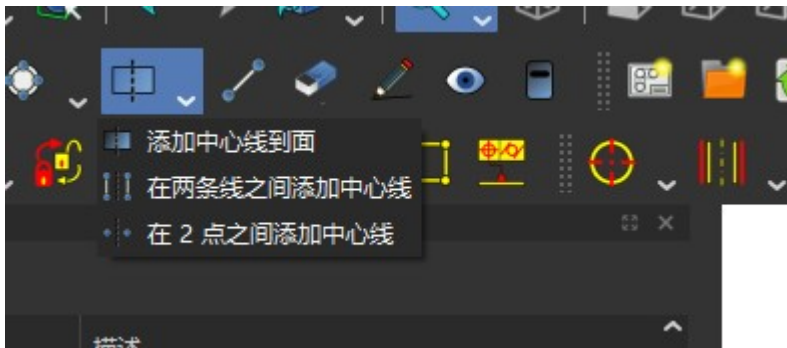
在选定（圆形）边的四分之一点处添加修饰顶点。

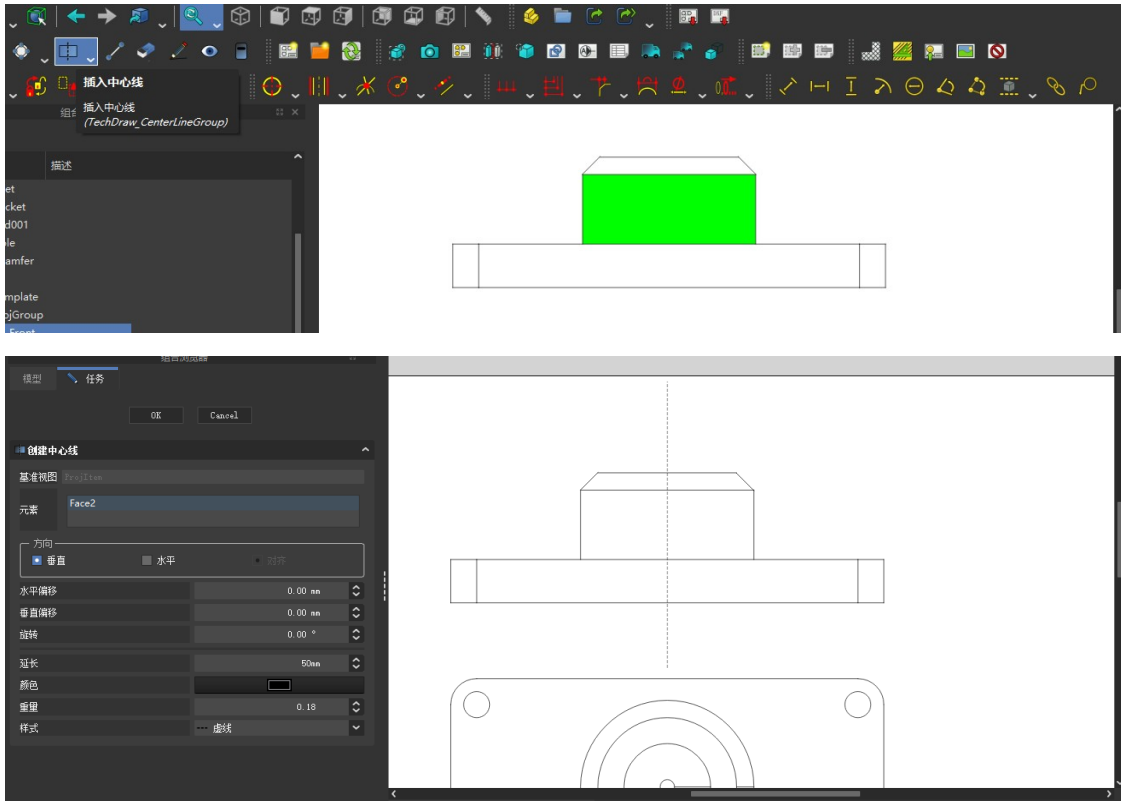


(添加象限顶点)

## 插入中心线

可以为圆或者图形选定的边线添加中心线，使用方法点击圆或者一根边线或者一个面来作为生成基准，左侧面板中可以调整相应参数。

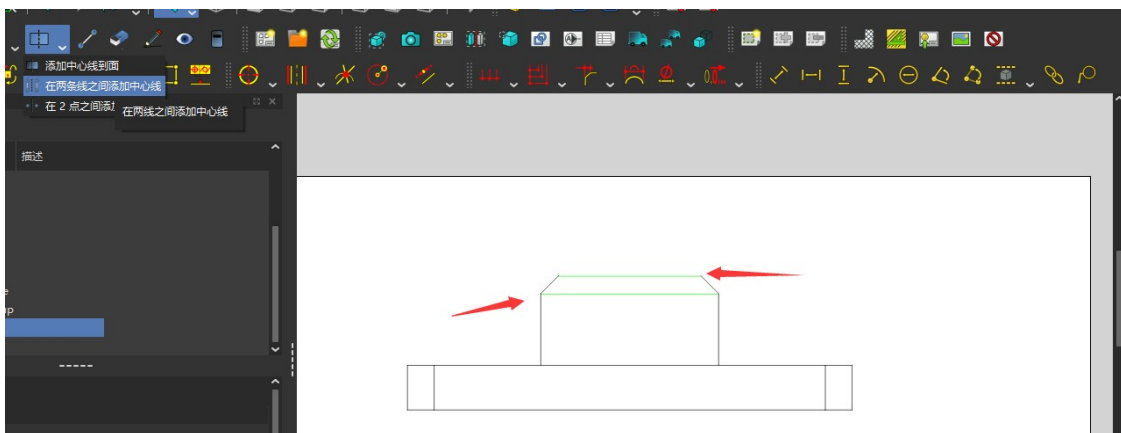


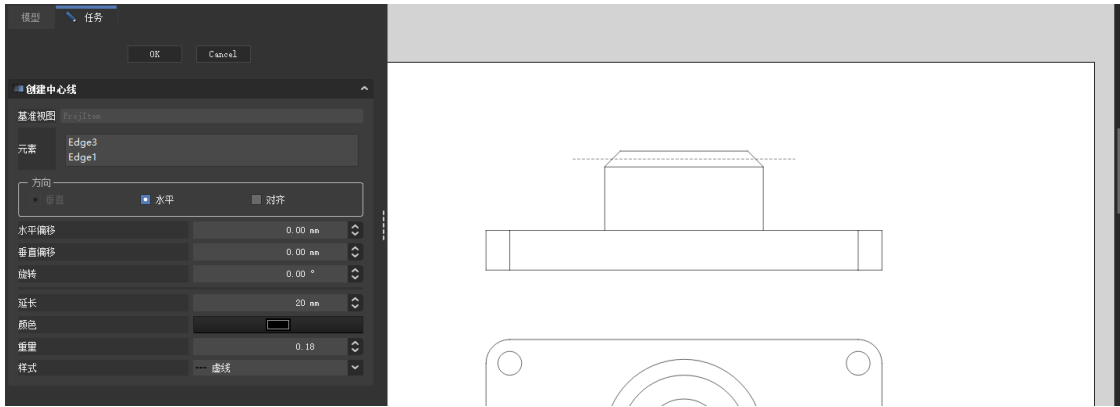


(插入中心线)

## 在两条线之间插入中心线

需要选中两条边线来去生成中心线，参数可以在左侧面板中调整。

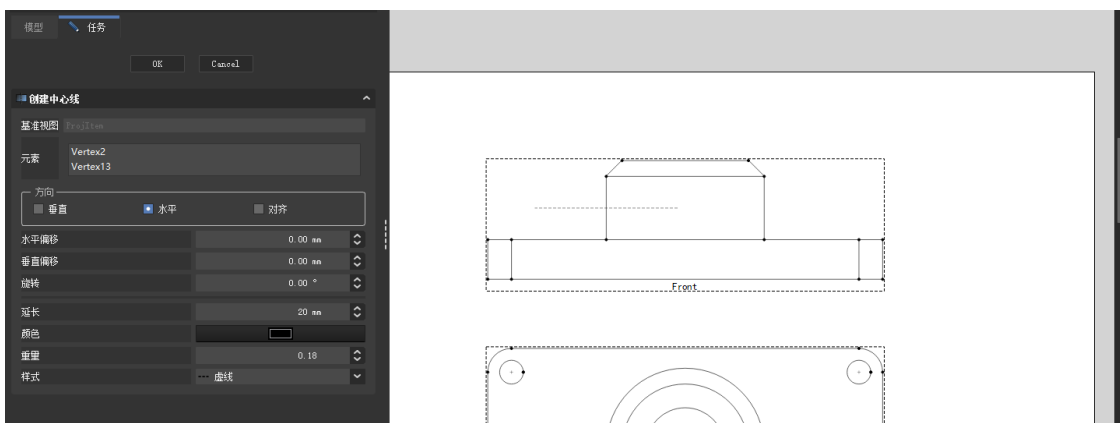
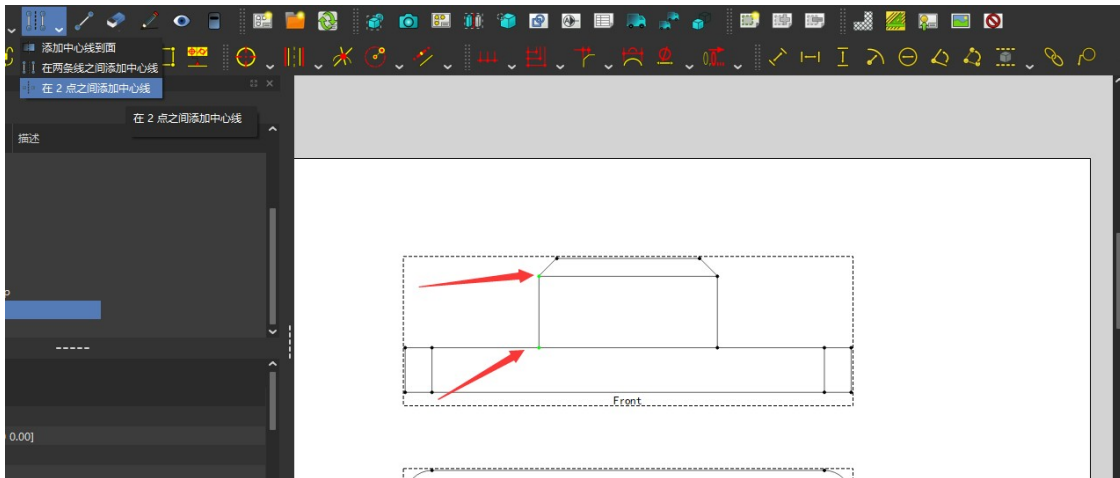




(两线形成中心线)

## 在两点处插入中心线

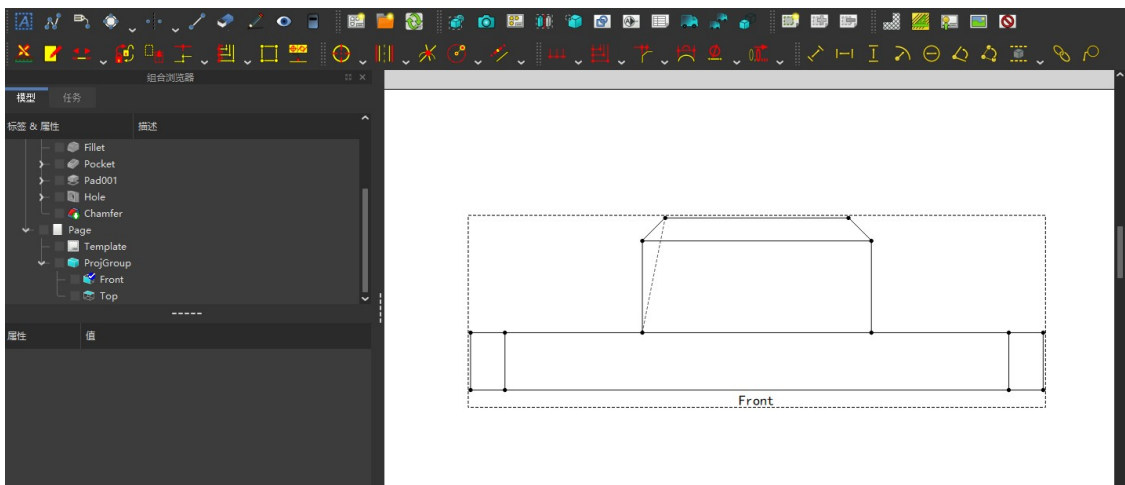
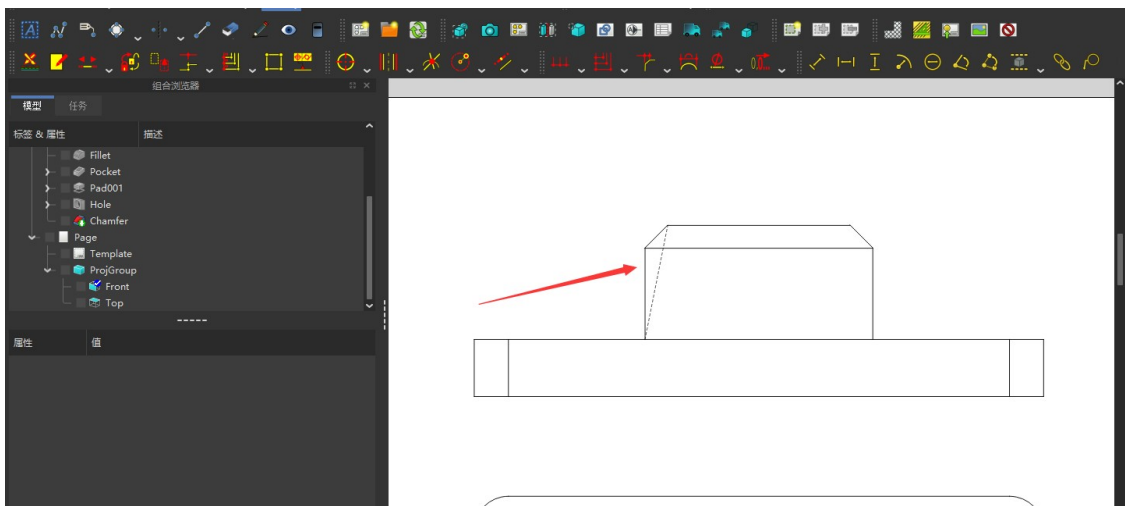
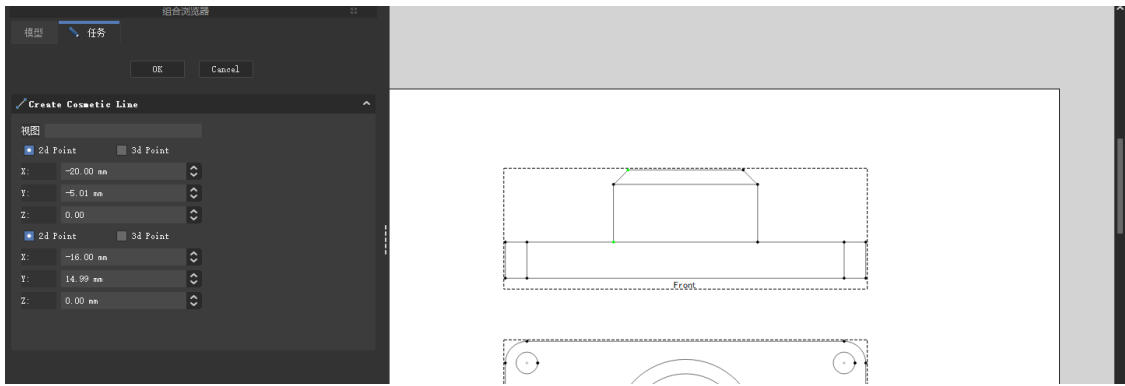
和两线生成中心线一样选中两个顶点插入中心线，参数可以在左侧面板中调整。



(两点中心线)

## 通过两点添加辅助线

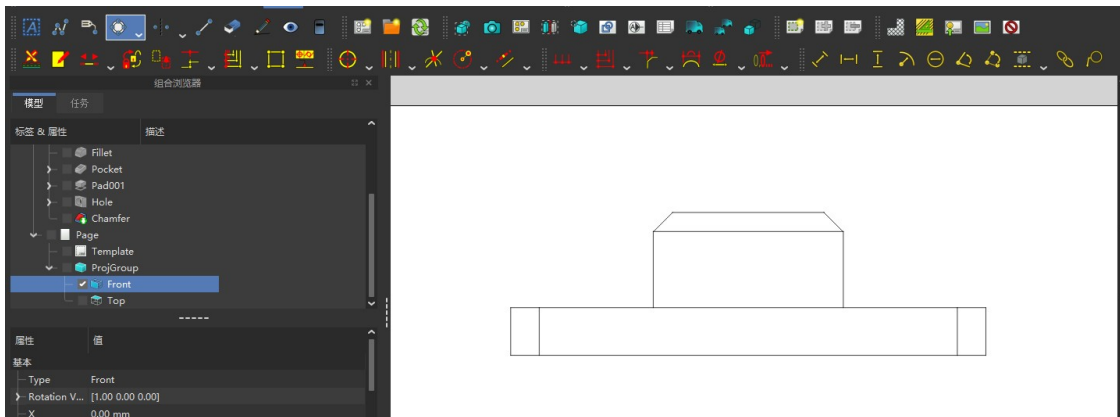
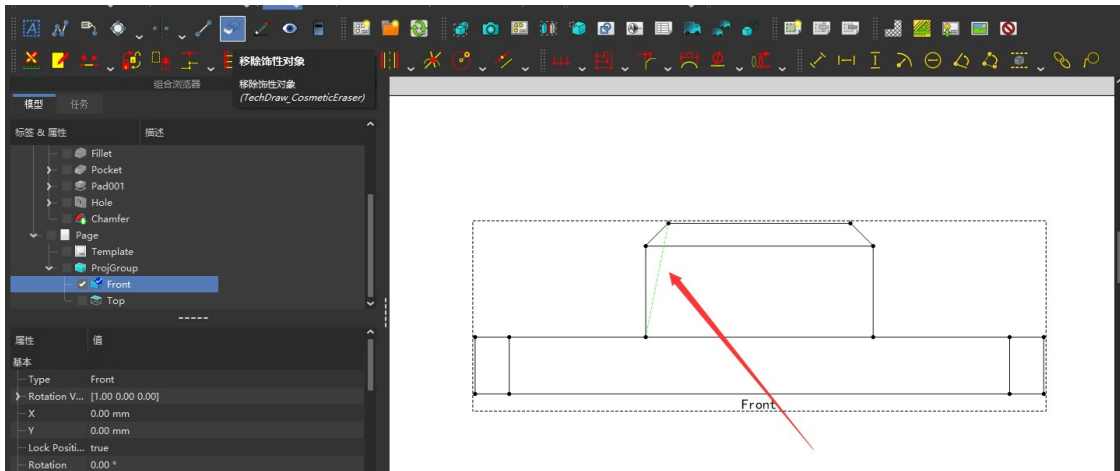
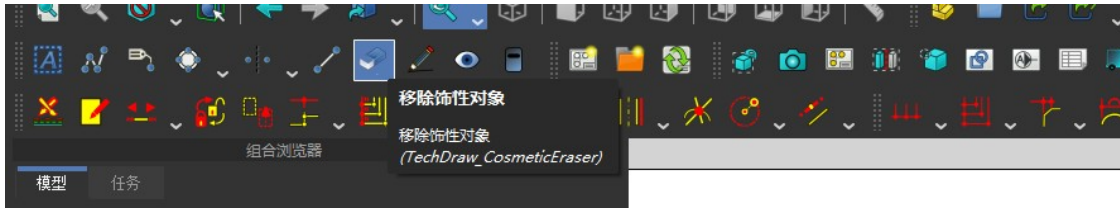
通过两点添加一根辅助线，需要选中两个顶点来去定义一根辅助线。



(两点定义的辅助线)

## 擦除饰品对象

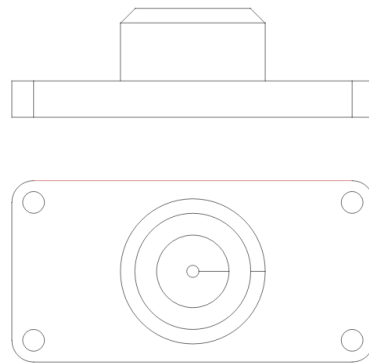
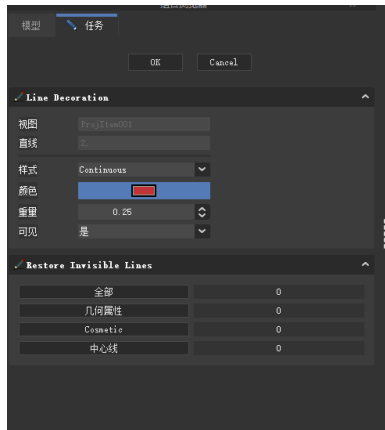
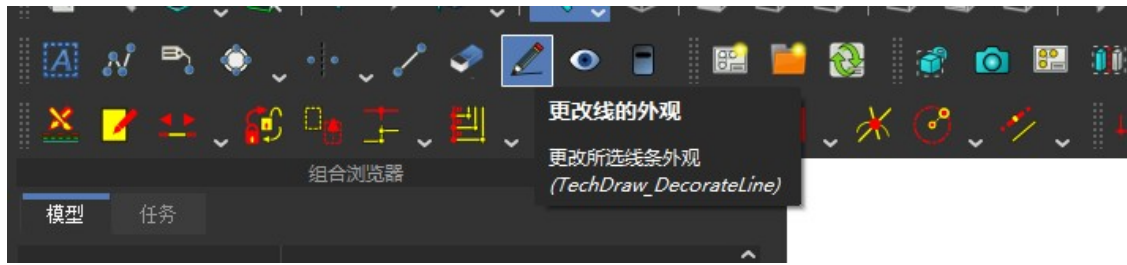
意思就是清除视图中选中的饰品对象可以是辅助线也可以是顶点，选中之后点击擦除。



(擦除完成)

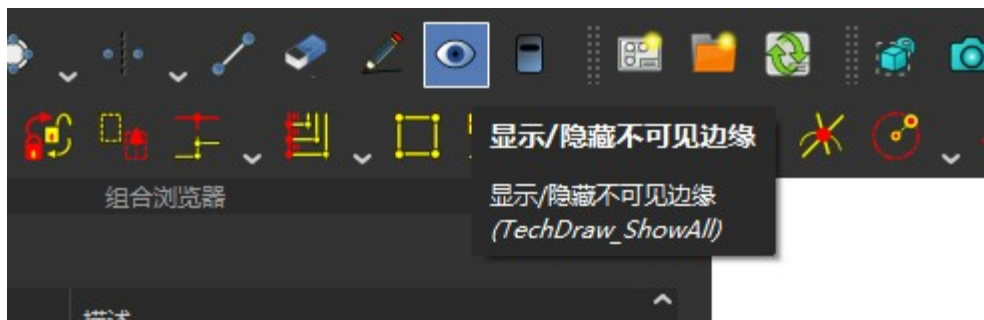
## 更改线段外观

有点类似于 Draft 的样式编辑器，其主要功能用于改变选中线条的样式比如粗细类型还有颜色，用法：点击需要更改的线进行修改，在左侧面板中可以控制参数。



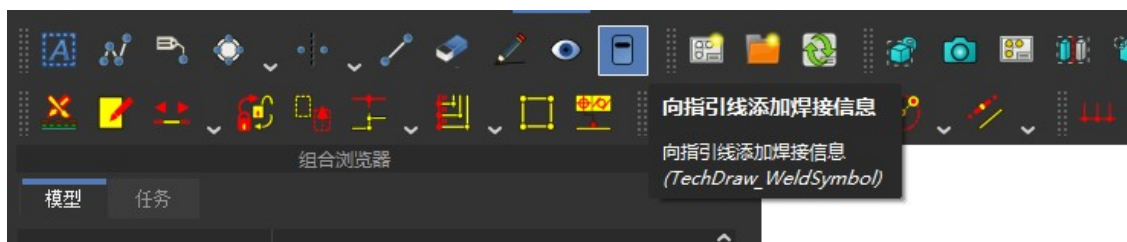
(更改线的样式)

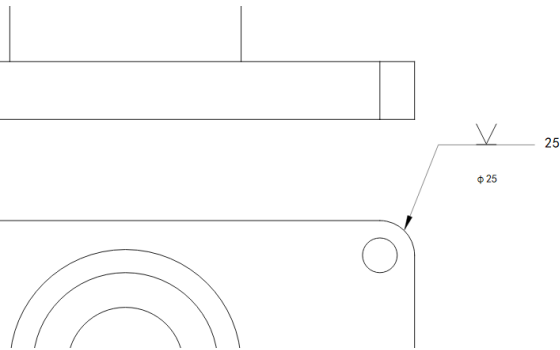
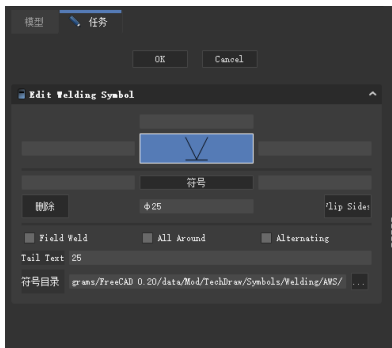
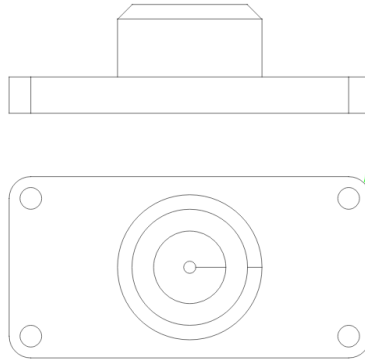
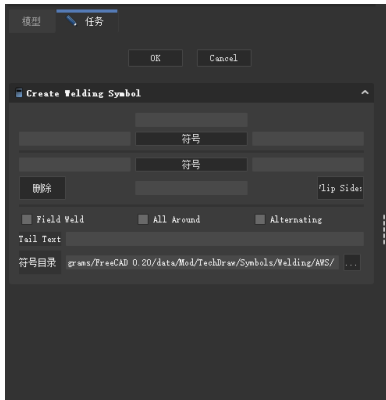
显示和隐藏线如果可用的情况下点击此功能会启用显示或者隐藏不可见的线条。



### 向指引线添加焊接信息

用于添加工艺说明等，使用方法：必须要有一条引导线才可以添加焊接信息；可以在左侧面板中定义图案或者注解文本。





(添加焊接信息)

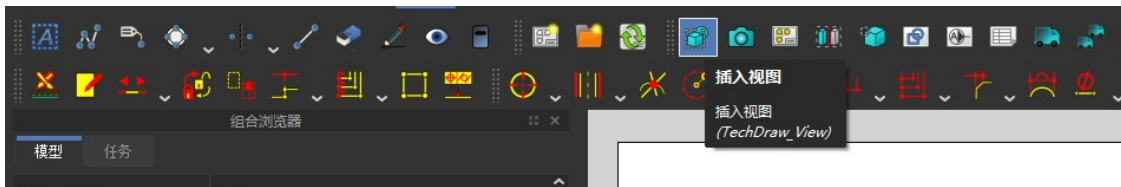
插入模板选项卡提供插入默认页，默认页大小 A4 纸张，插入模板见插入模板工具组 FC 中提供的一系列模板，重绘页面点击之后刷新当前工程图。

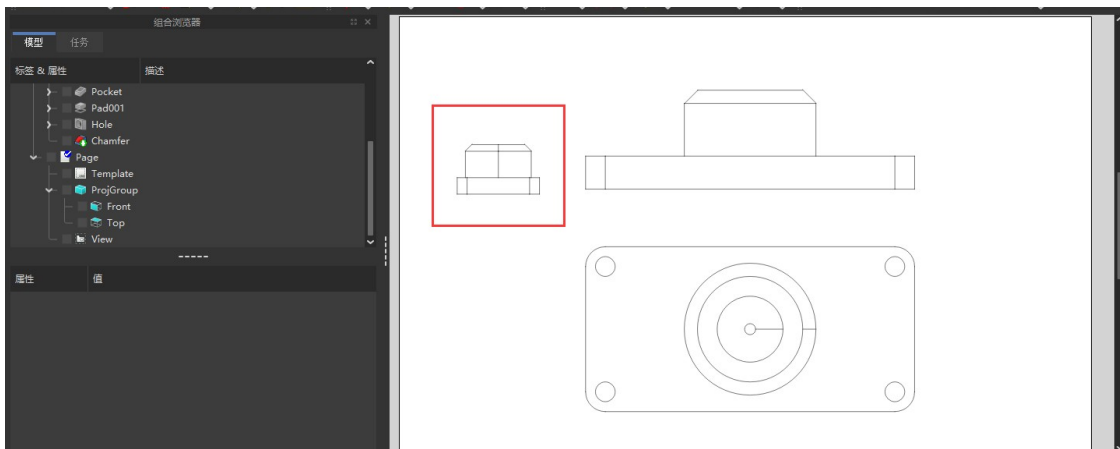
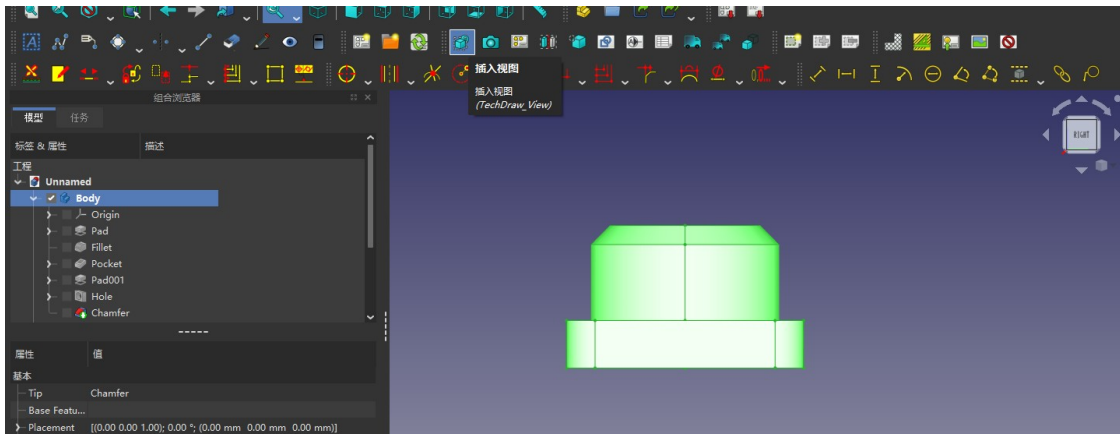


插入模板工具组

## 插入视图

可以在图中再次追加插入投影组，用法在零件视图选中需要投影的方向点击投影插入。

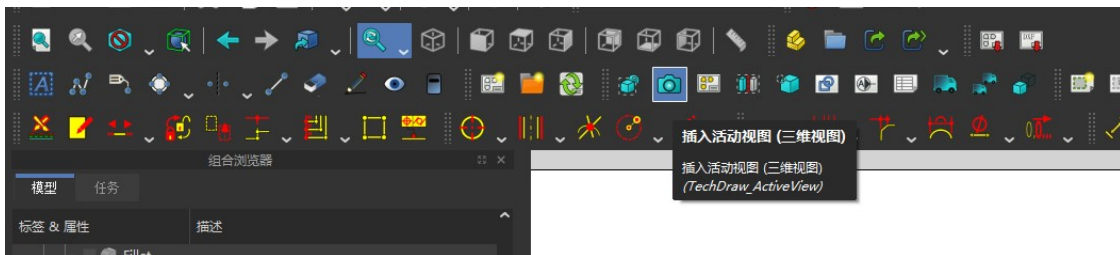


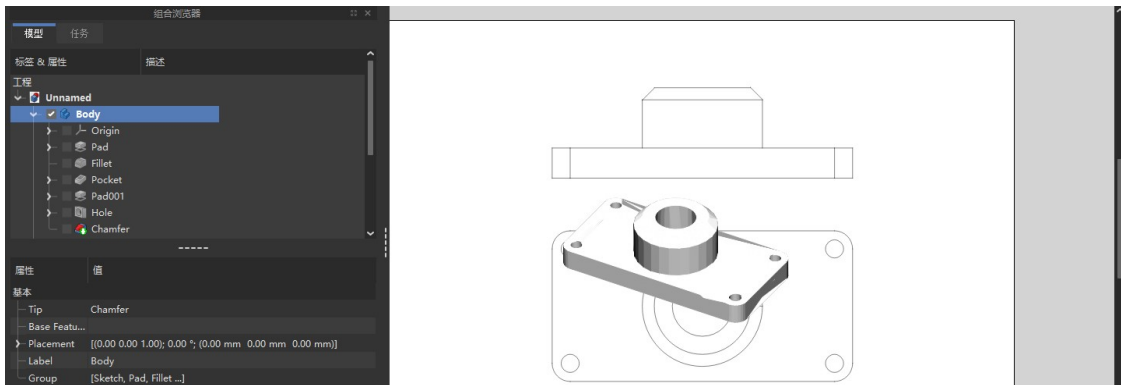
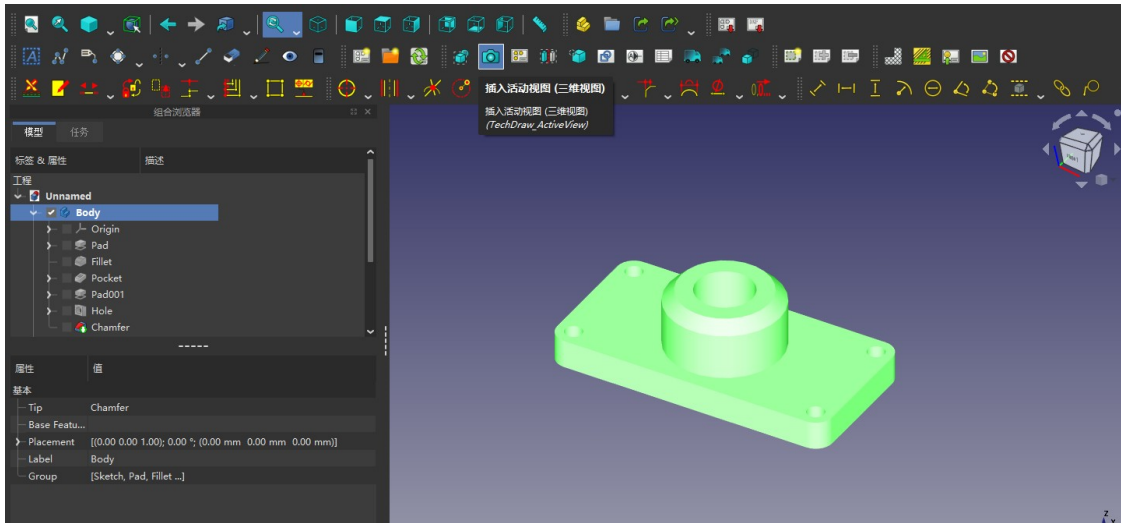


(插入视图)

## 插入活动的视图

是指插入三维视图中的零件，插入的方向取决于相机视角；使用方法在零件视图放置好需要投影的角度点击插入活动的视图。





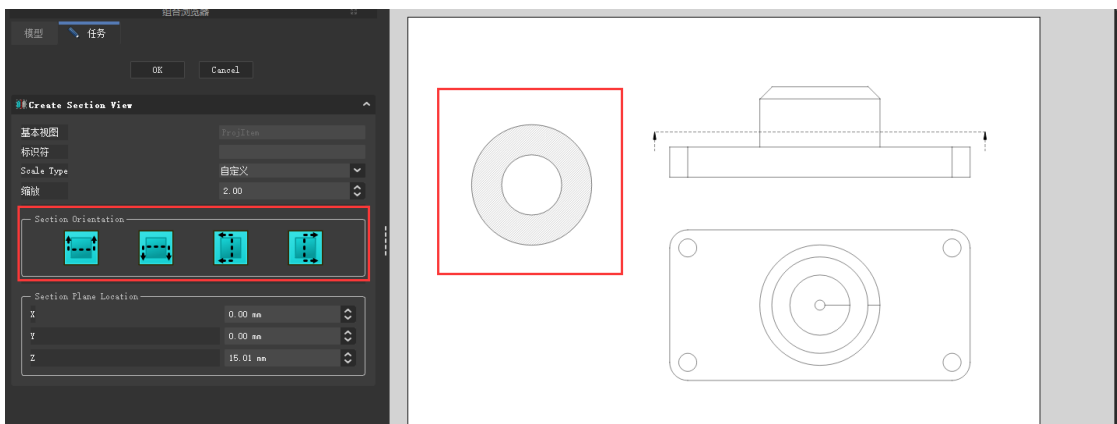
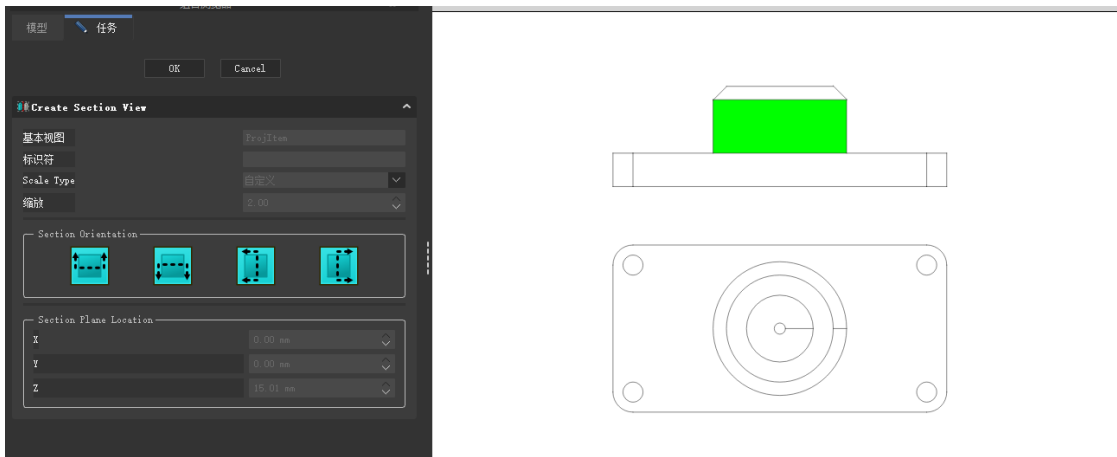
(插图活动的三维视图)

## 插入投影组功能

将零件以固定视角或者相机视角插入到图纸中，以第一个基准作为主要视图详情见插入模板工具组的演示。

插入剖面视图用于剖切实体，可以沿着选中的零件视图对其进行剖切在左侧的控制面板中可以选择剖切的方向和数值的位移。使用方法选中一个需要剖切的对象点击剖视图插入。

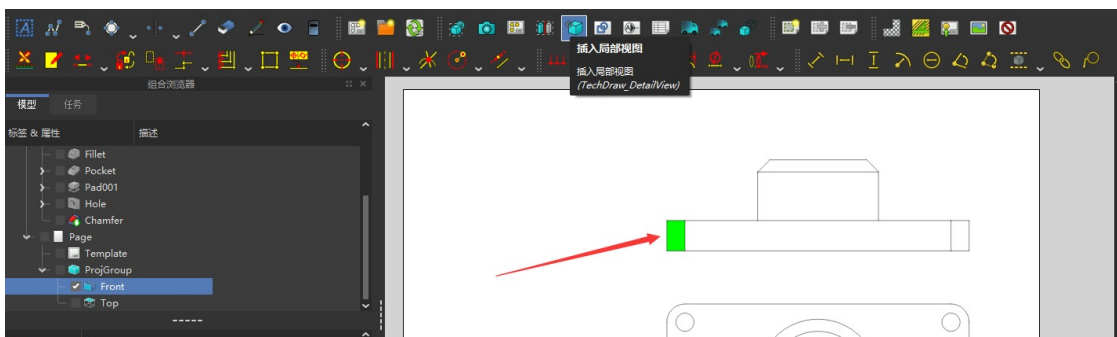


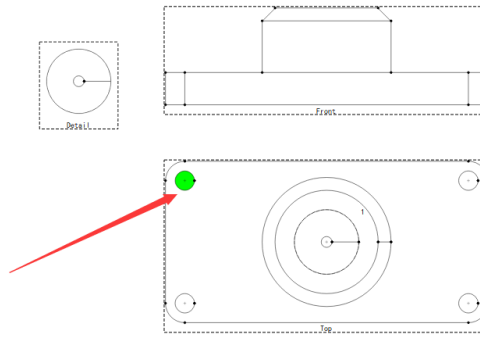
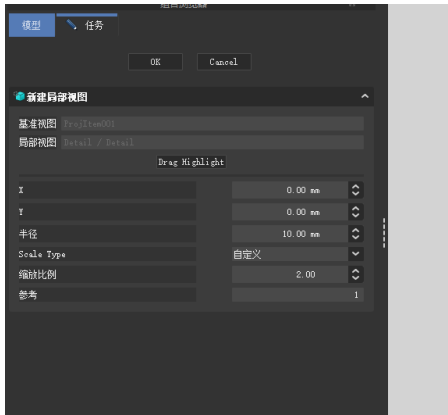


(剖面视图)

## 插入局部视图

意思就是选中需要放大查看局部的地方插入一个细节局部观察图，在左侧的面板中可以控制参数，用法：点击需要局部查看的区域选中某个面线点击插入视图。

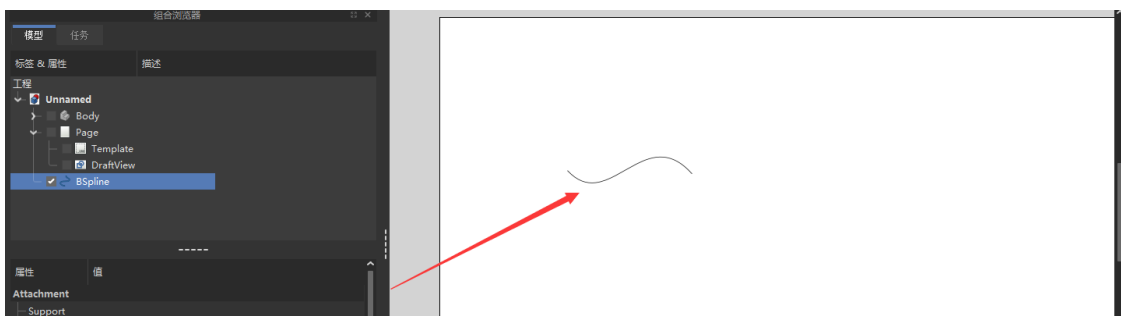
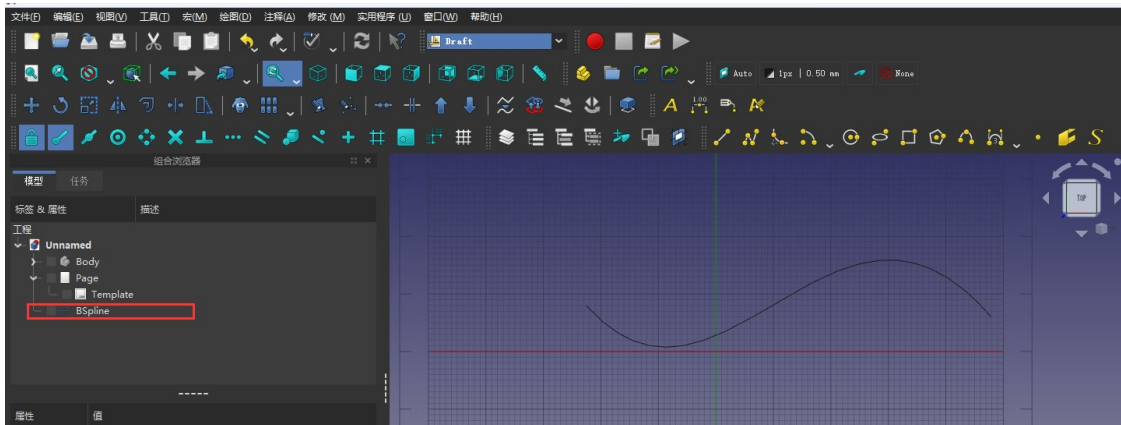




(局部视图)

## 插入底稿工作台 (Draft) 对象

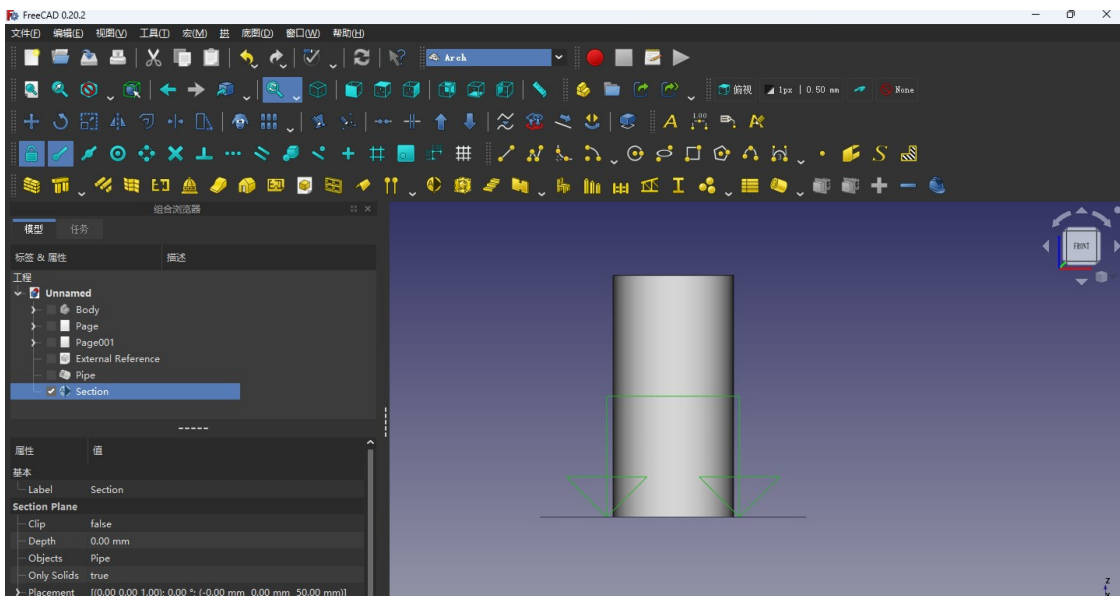
需要在 Draft 工作台设计模块下把草绘映射到工程图当中去，使用方法：在 Draft 工作台找到需要投射的草绘选中它点击插入草稿对象。



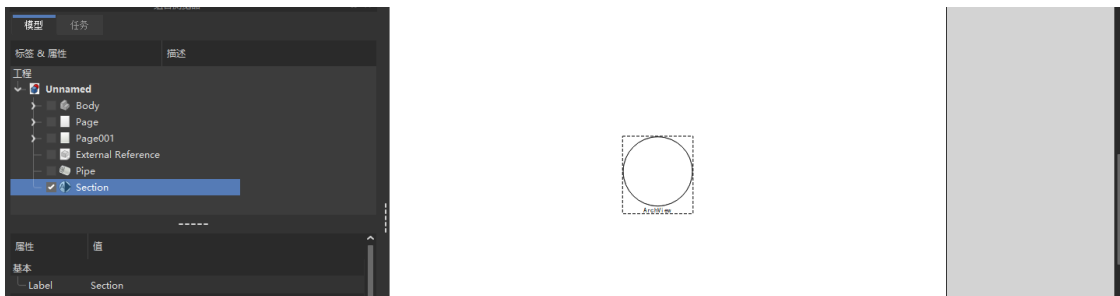
( Draft 对象投影 )

## 插入 Arch 工作台对象

需要在 Arch 建筑工作台基于这个工作台创建的物体进行投影；选中创建的物体进行剖面投影。



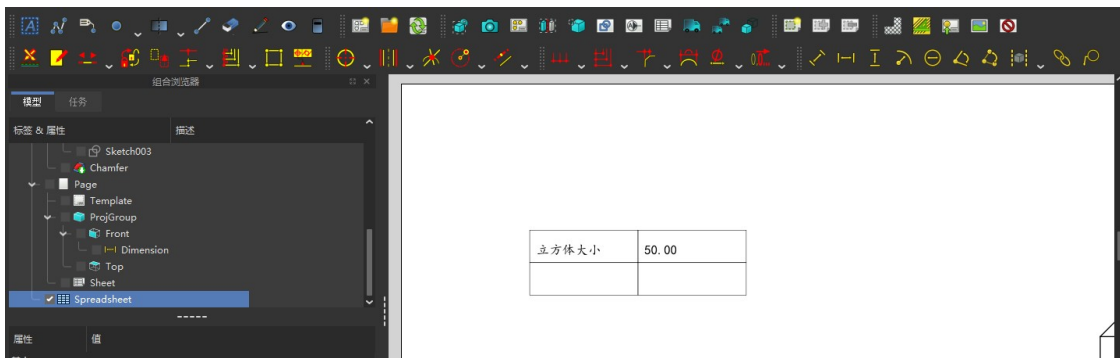
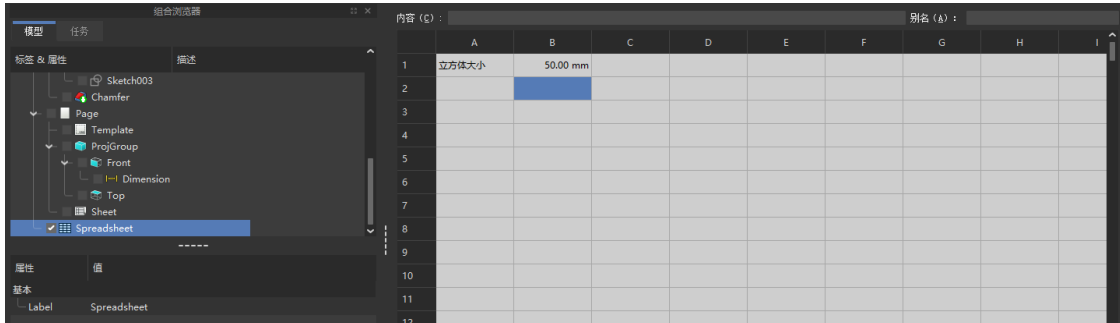
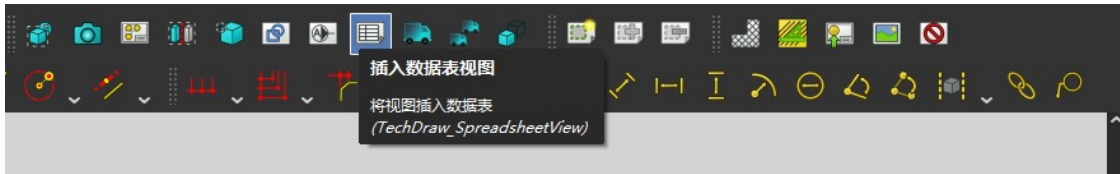
在选中的对象上以剖面的形式创建投影，注意：需要在 Arch 工作台创建剖面才能够形成剖面。



( Arch 工作台剖面投影 )

## 插入数据图标功能

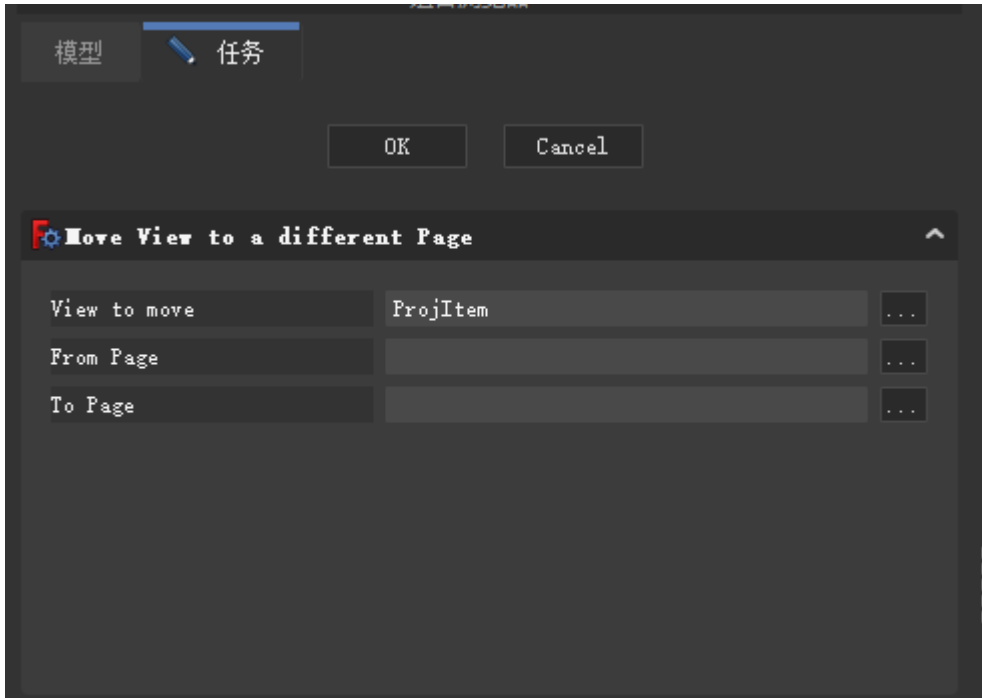
需要提前有一个电子表格对象；可以在电子表格工作台创建完成相应的表格后在左侧模型树中选中电子表格单击插入表格到工程图即可。



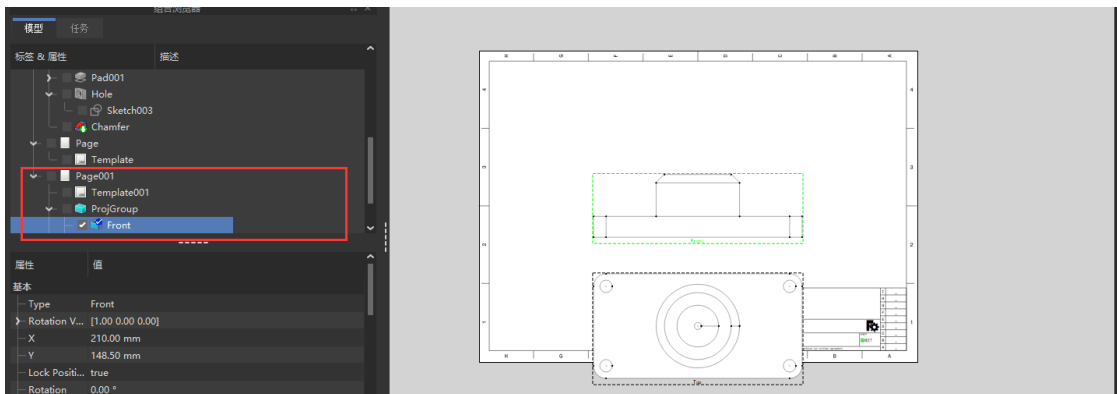
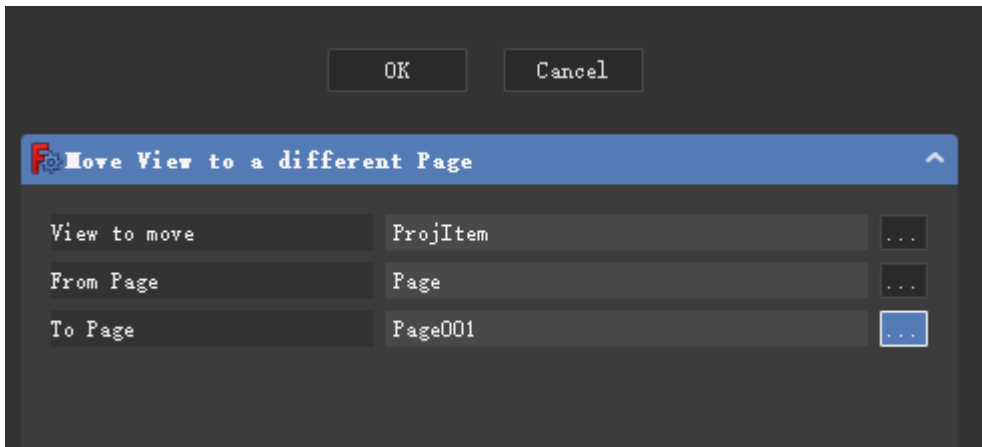
(插入电子表格)

## 移动视图功能

是可以将当前视图迁移到另一张图纸上去，具体操作方法如下图中的 page 中的对象为例，在左侧模型树中我们有两张 page，点击选中 page 中的对象点击移动视图。



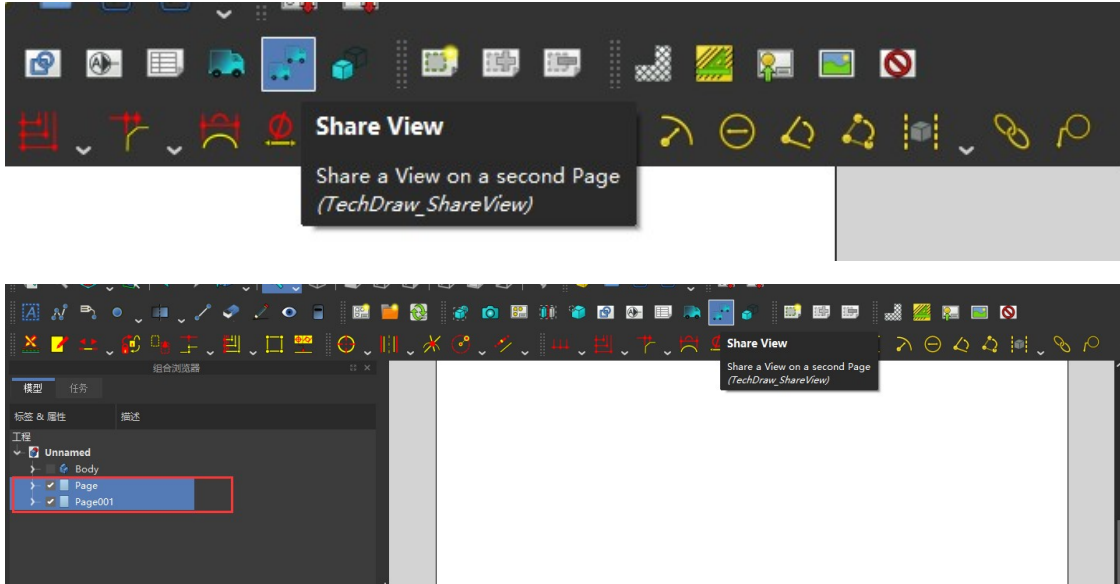
上方图中的 View to move 是需要移动的项目，From page 选择一个源图纸，to page 是需要移动的目标对象，把 page 的对象移动到 page001 所以源对象就是 page，目标对象就是 page001.



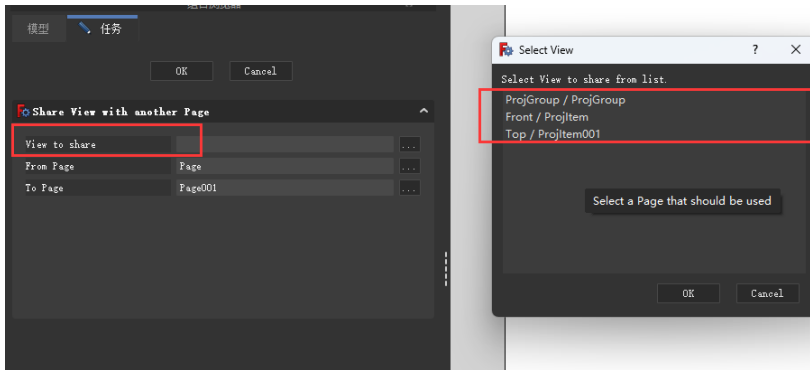
(移动视图到其他图纸)

## 共享视图模式

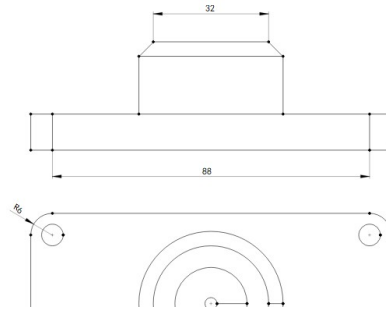
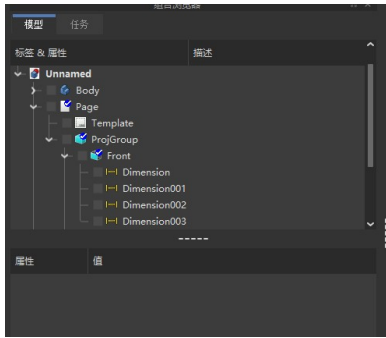
和移动视图交互逻辑一致但是功能不一样，可以理解为创建副本在另一个对象，例如 page 和 page001 它们之间存在一个父子级关系，当它们一旦被链接 page 之间发生的尺寸改变也会被反映在 page001.



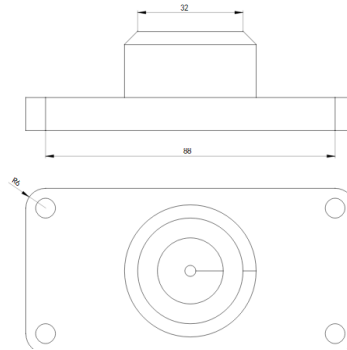
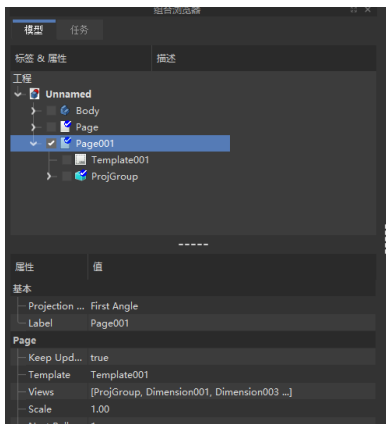
在左侧模型树中选中两个需要链接的对象以创建共享视图。



在 View to move 中选择需要共享的数据，比如我们需要共享这个零件的两个视图所以点击 Projgroup，点击 OK 将视图迁移过去的同时共享数据。



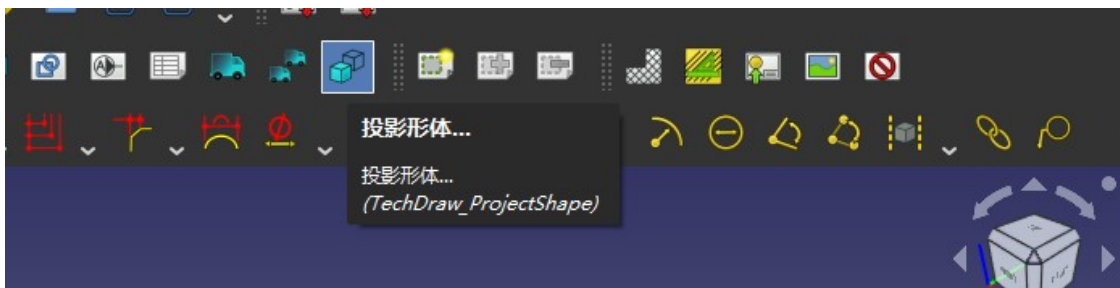
图为 page 标注的尺寸，在父对象中编辑完成的数据在子级对象中也会实时的去更新。

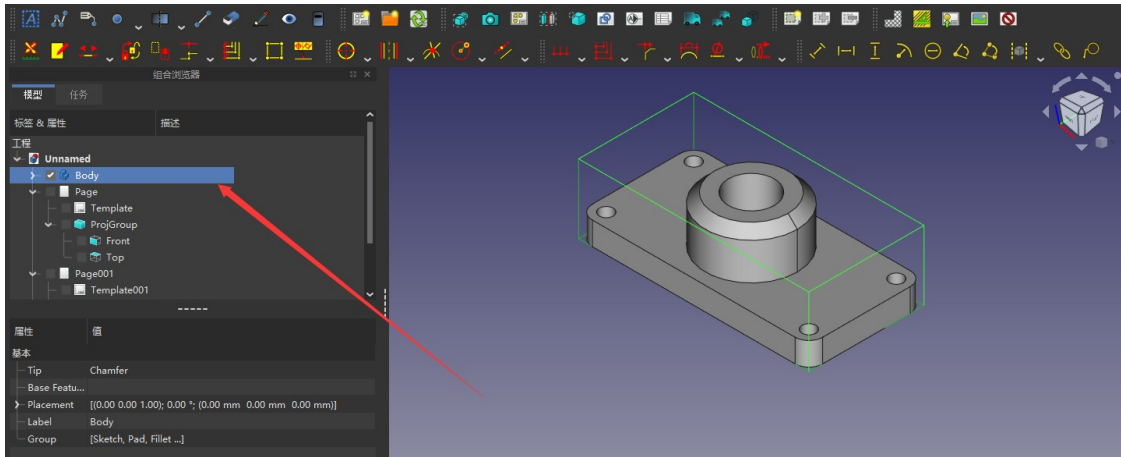


(共享视图数据)

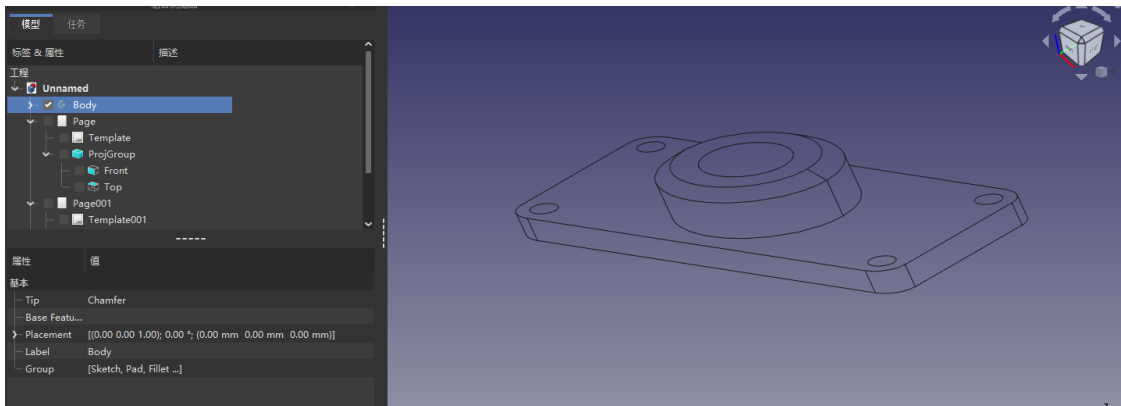
## 投影 3D 形体功能

是在三维视图中投影空间投影的功能，此功能用于在三维视图中投影反映在世界当中，投影的位置基于相机视角，投影出来的图形也是跟随着视角自动跟踪变化。





选中需要投影的零件，在左侧模型树中选中之后点击投影三维形体功能创建投影。

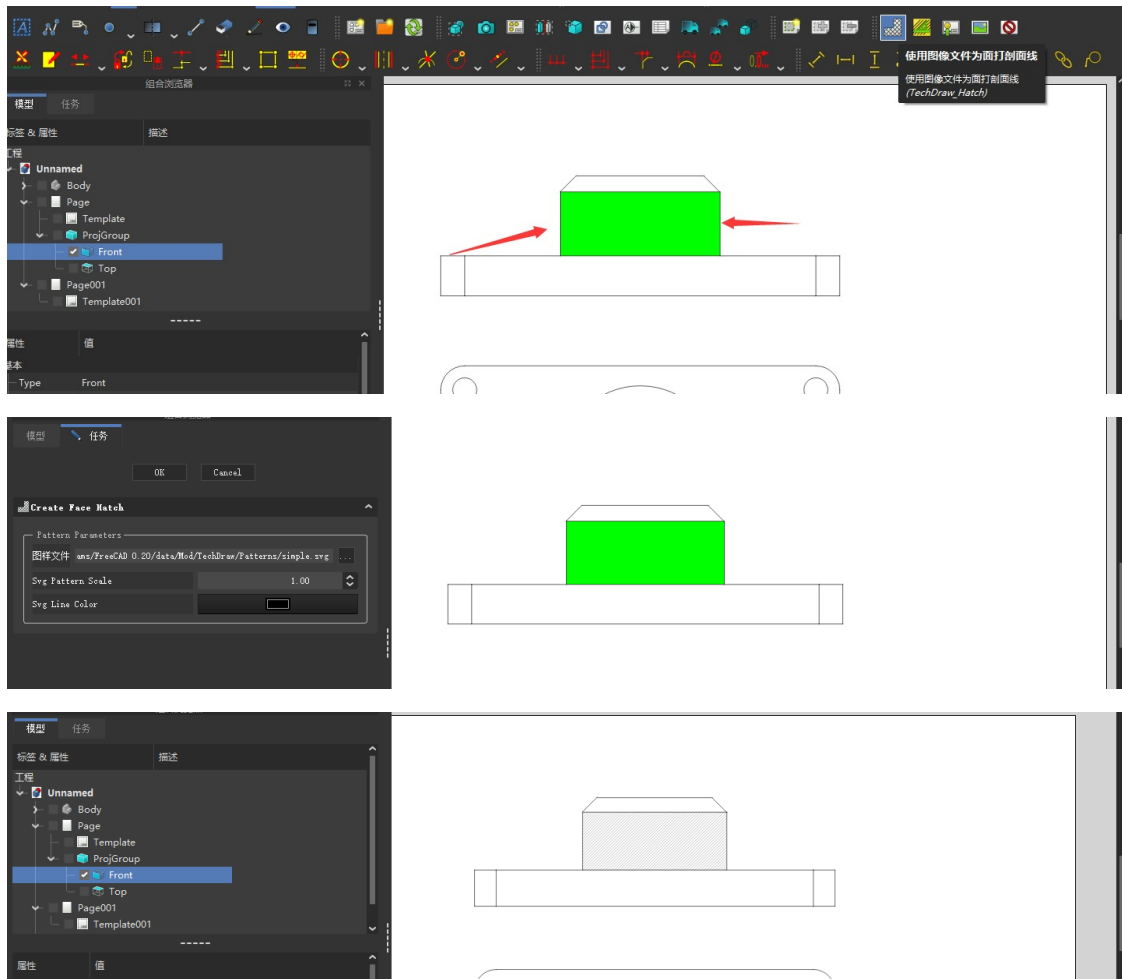


(投影形体功能)

## 为图面创建剖面线

为需要标注的地方添加剖面线从而去表示此零件中哪些部分是剖面哪些地方是实体，使用方法：选中需要打剖面的面然后点击创建剖面线，在左侧的控制面板中可以修改样式。



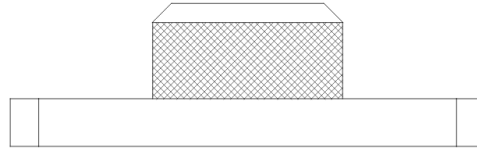
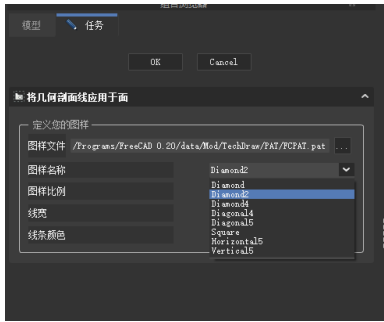


(创建剖面线)

### 将几何剖面线应用于面

和创建剖面线功能一致但是多了一些参数化的控制，操作方法同创建剖面相似，选中需要打剖面线的地方点击应用于剖面。

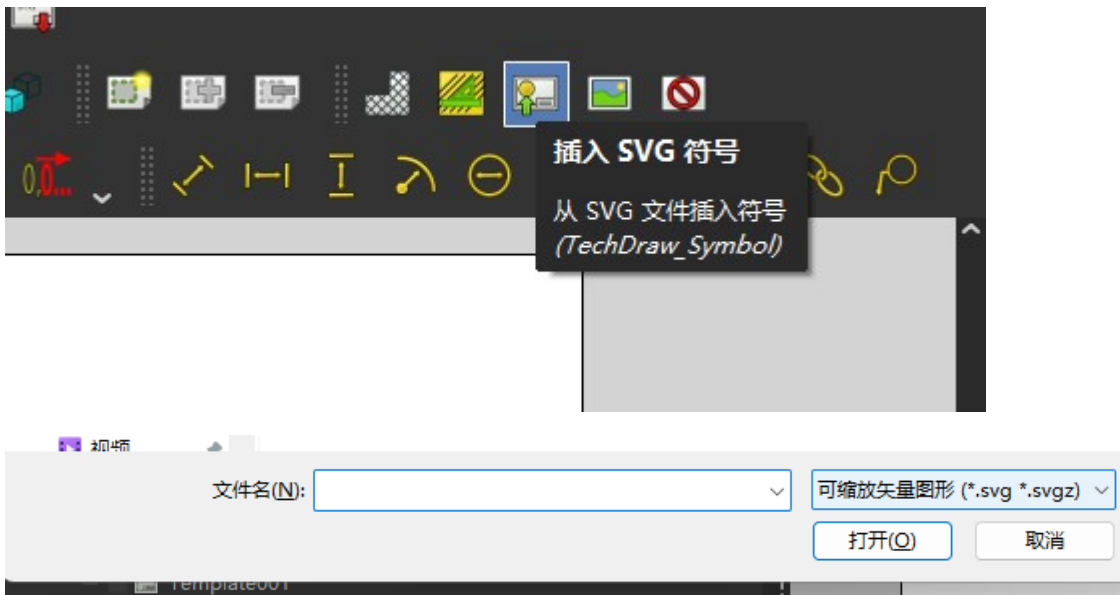




(将几何剖面线应用于面)

## 插入 SVG 符号

是需要导入外部的 SVG 矢量图文件，点击此功能可以选择一个自己需要的 SVG 格式文件导入到视图中。

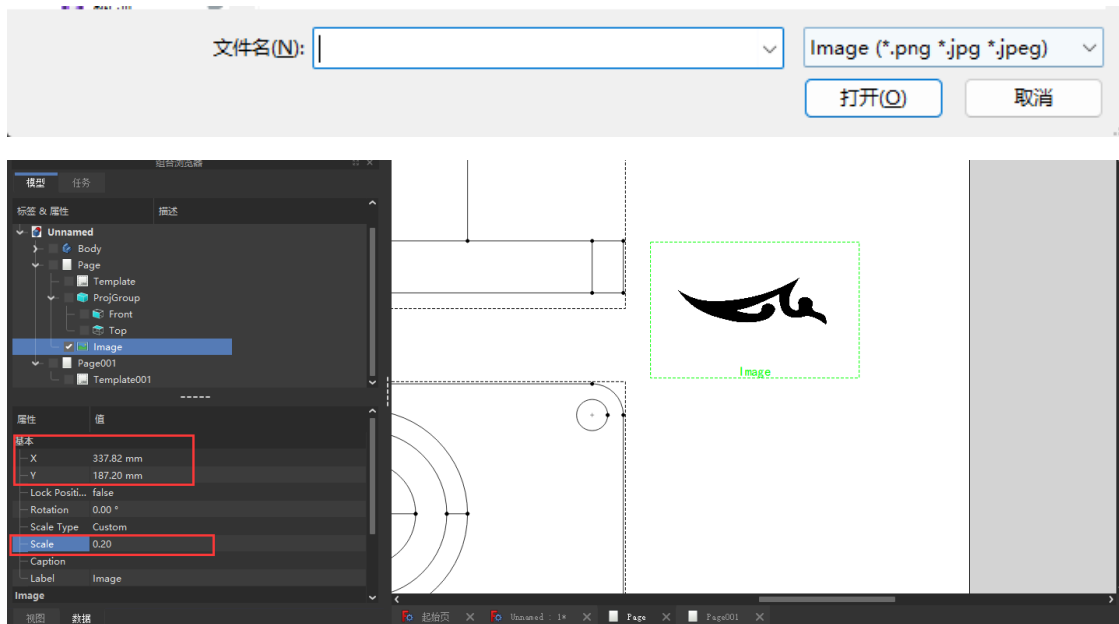


(导入 SVG)

## 插入位图功能

点击后会弹出插图位图的文件选择，可以导入一张位图格式为;jpg ·png ·tiff 等位图导入到工程图中，在模型树面板可以控制比例大小和位置数据。

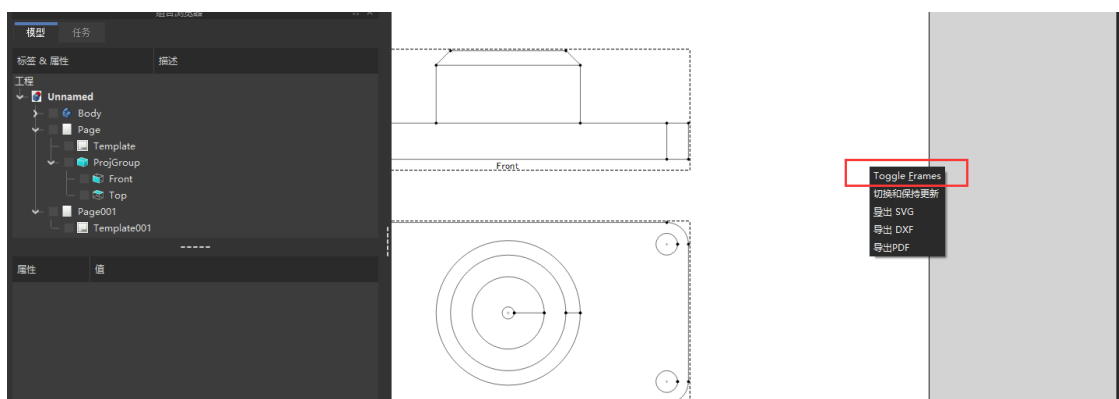
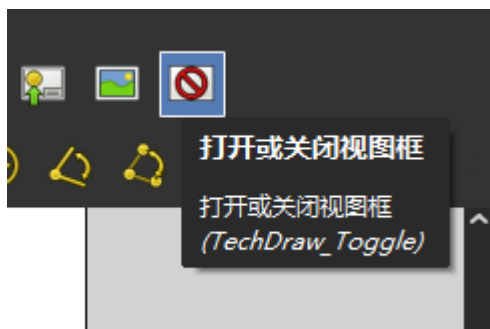


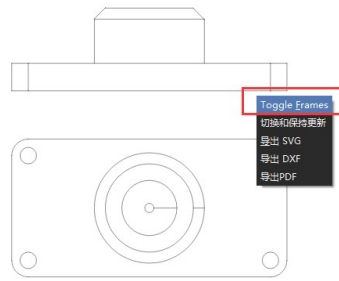
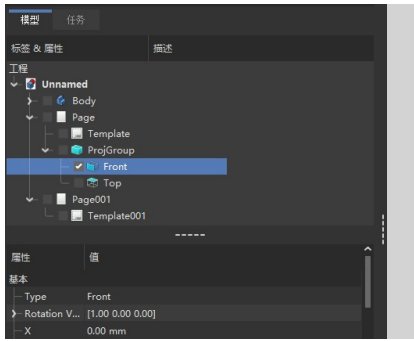


(插入位图)

## 打开/关闭视图选框功能

点击后关闭图纸视图中的选框功能，在工程图视图中鼠标右键也可以单击关闭或者打开。

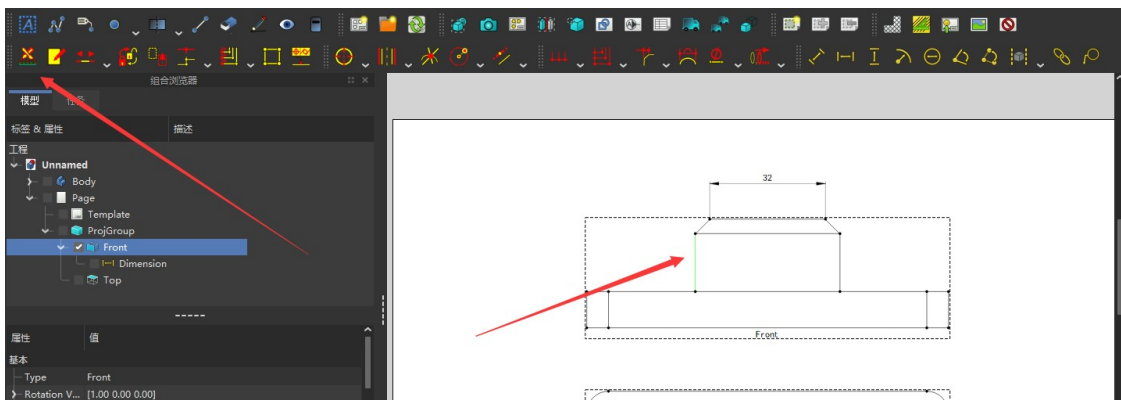
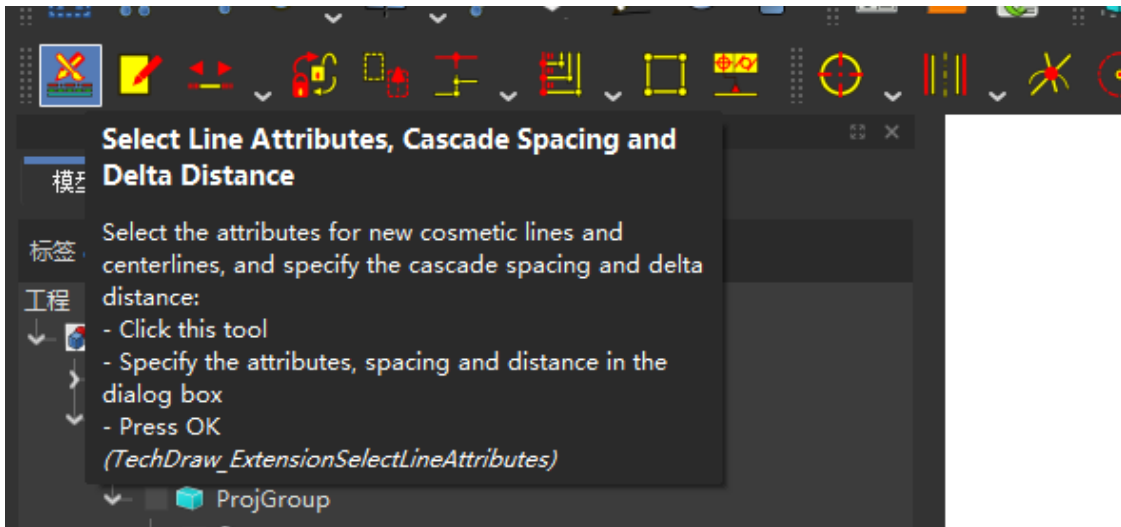


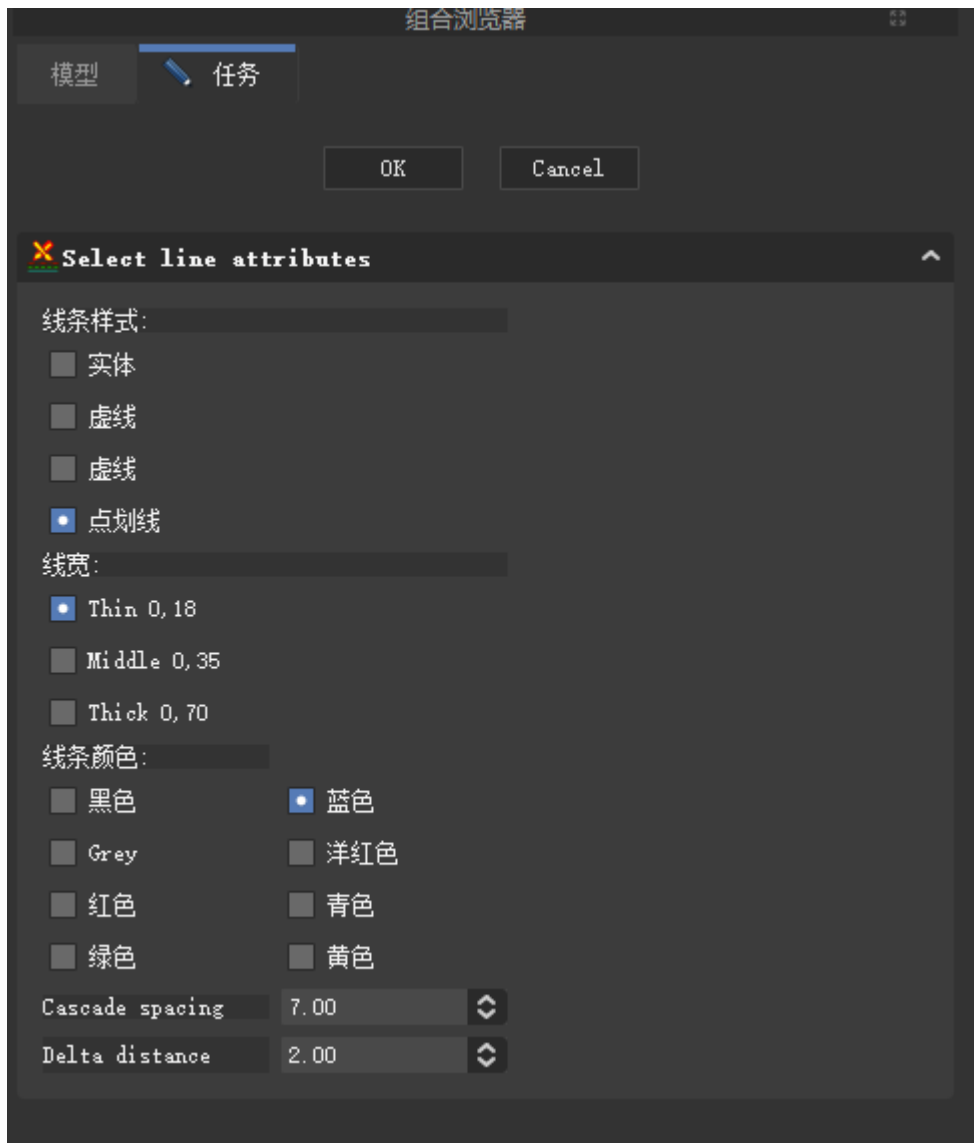


( 切换视图框 )

## 修改线条类型

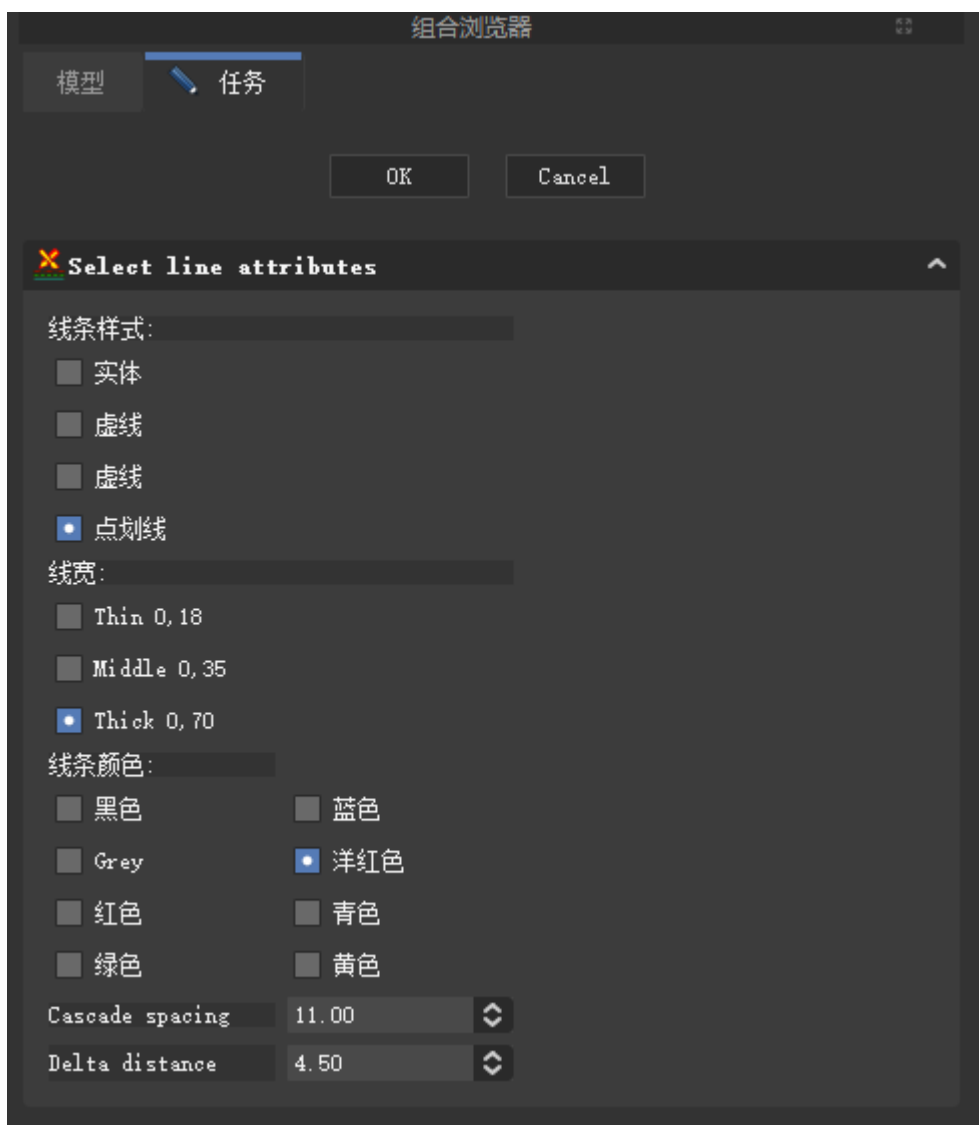
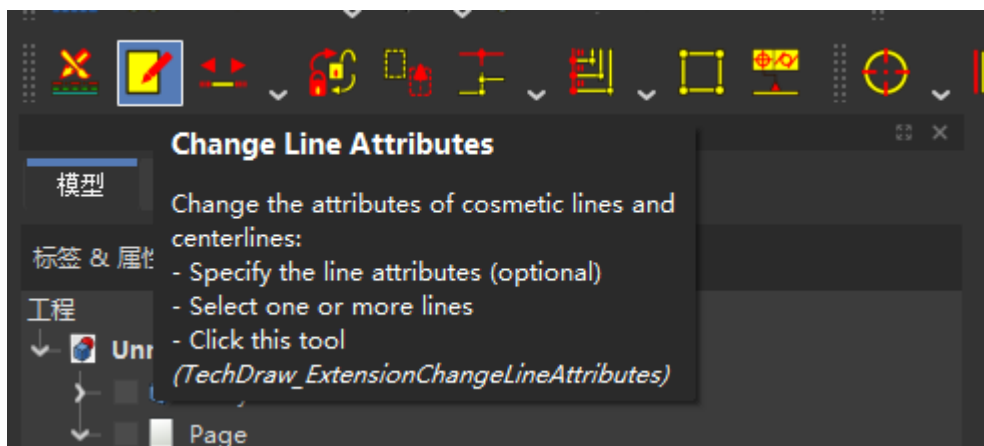
可见样式编辑器修改差不多的功能，单击之后展开控制面板可以对选择的某条边或者顶点修改其样式宽度和颜色等信息，包括线条的位移。



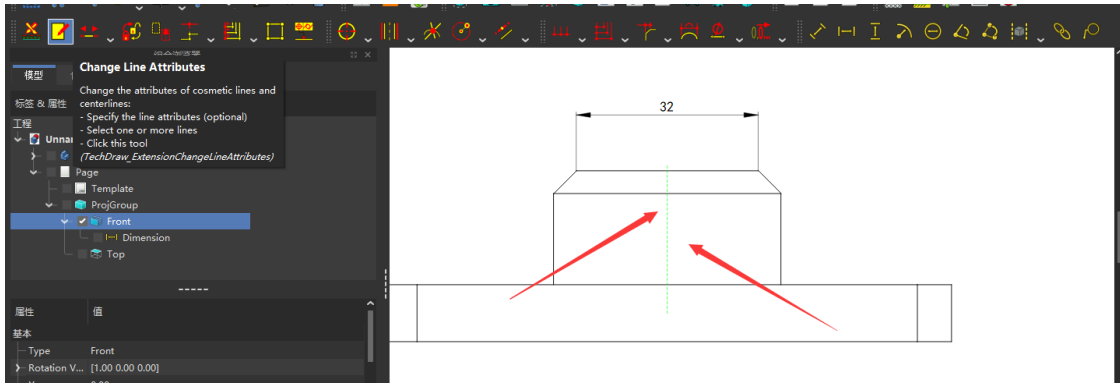


( 线条样式编辑器 )

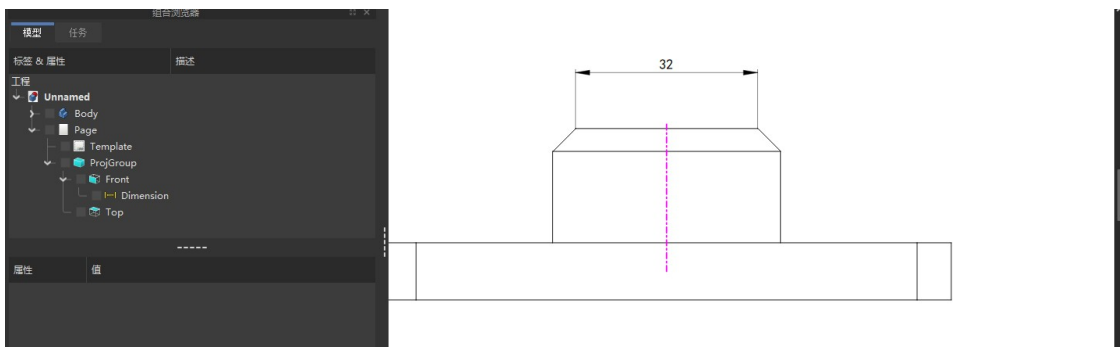
扩展线条属性切换功能需要配合线条样式编辑器一起使用，在线条样式编辑器里设定好参数后，选中想要更改的辅助线或者中心点点击后则会生成之前设定好的样式。



(样式参数编辑器)



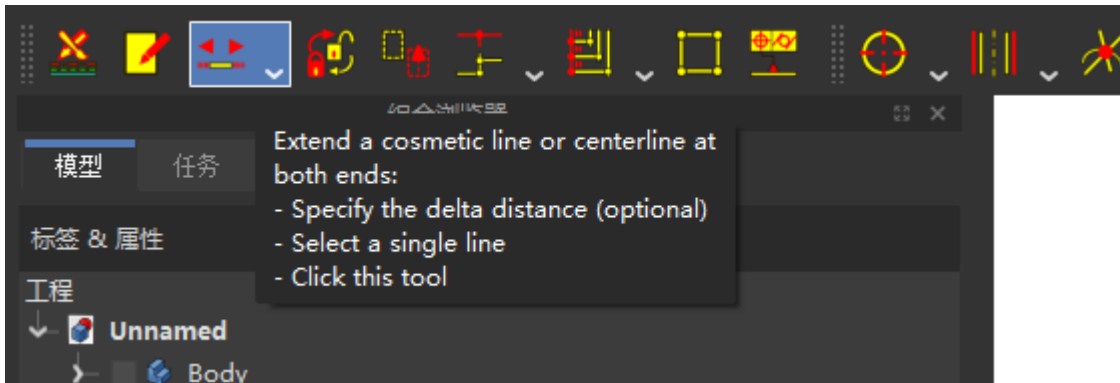
选中一根辅助线或者中心线来去改变在样式编辑器里改变之后的样式，选中它单击一次转换样式。

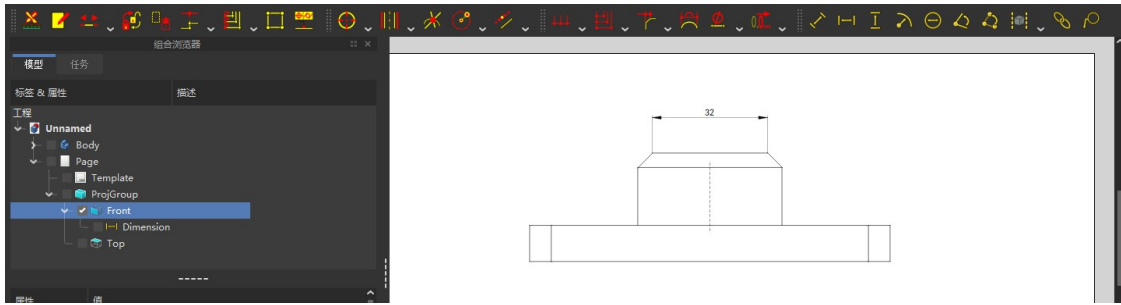


(转换后样式生成)

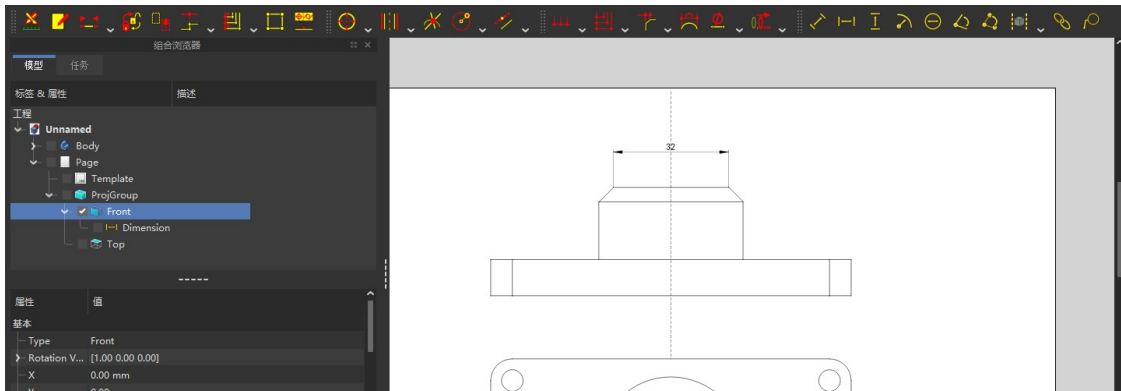
## 线条增量变换功能

此功能用于变换辅助线或者中心线的长度由于中心线生成后无法控制其参数则需使用此功能对其进行延伸控制，用法：选中辅助线或者中心线单击此功能，每点击一次会以增量的形式延伸两端的长度如图所示。





(增量前)



(增量后)

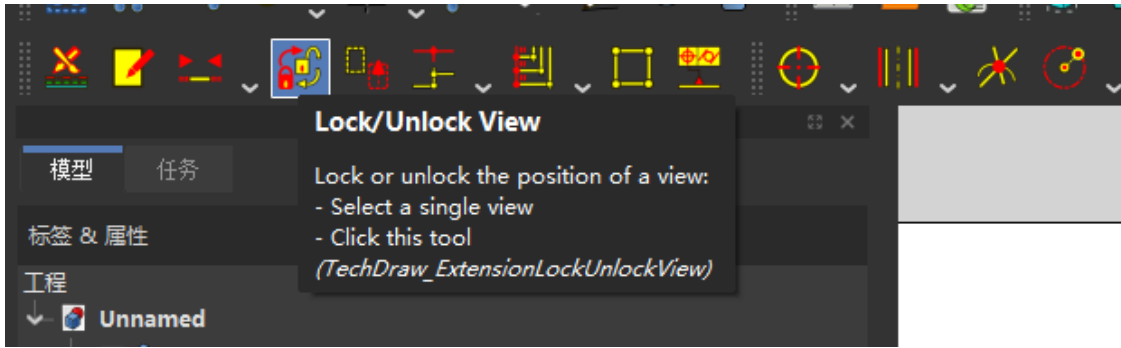
补充说明此功能下拉菜单中有两个选项选项一：延伸其中一个点进行长度增量；选项二延伸两端来进行长度增量。



(线条增量功能)

## 锁定和解锁视图功能

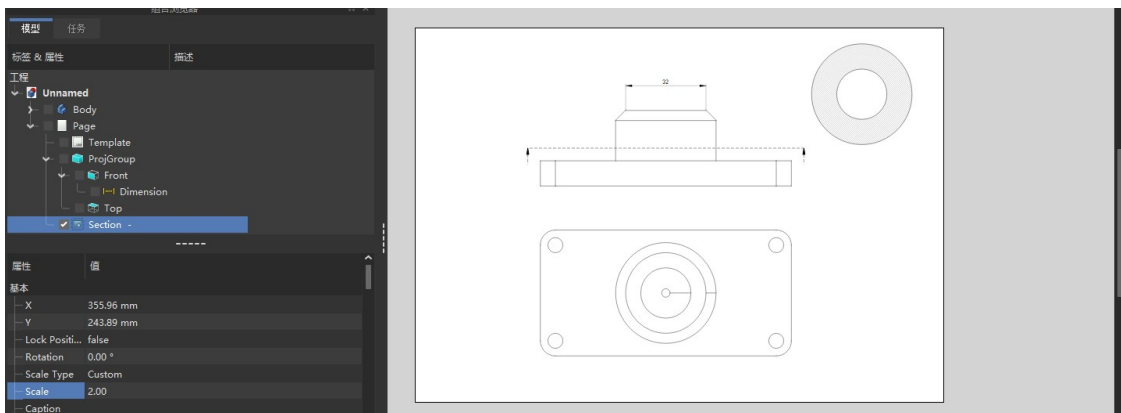
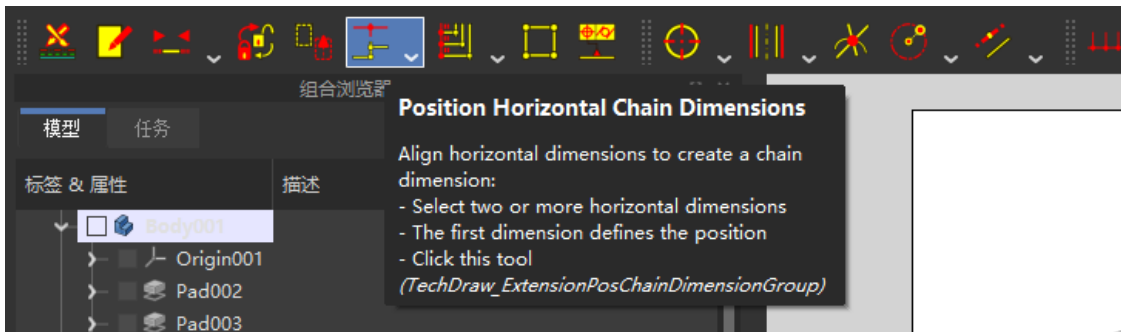
用于锁定和解锁，使用方法：点击需要锁定的投影图点击锁定则此图锁定无法移动和编辑，再次点击解锁。



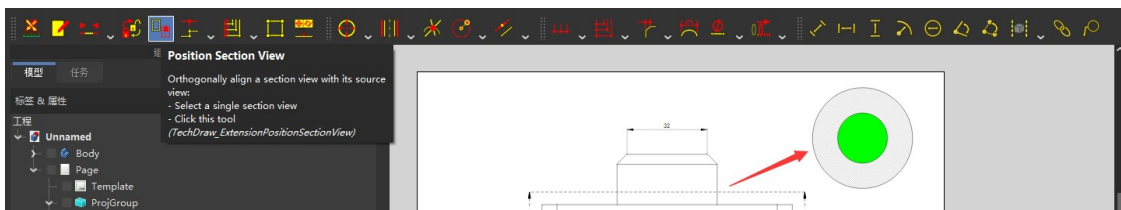
(锁定视图)

## 对齐剖面视图功能

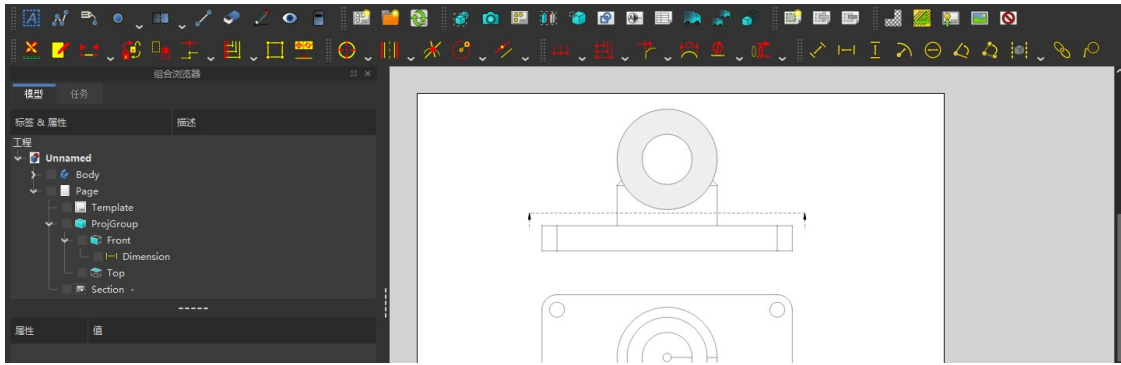
点击后将和剖面的源对象进行正交对齐贴合于源对象，使用说明：必须得有一个剖面视图才能够启用该功能，点击剖面视图单击此功能会和源对象正交对齐。



(剖面未对齐)



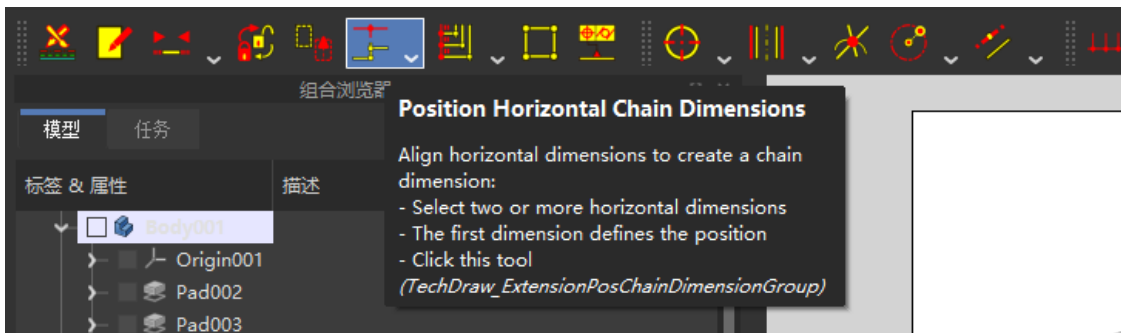
(选中剖面视图点击对齐)



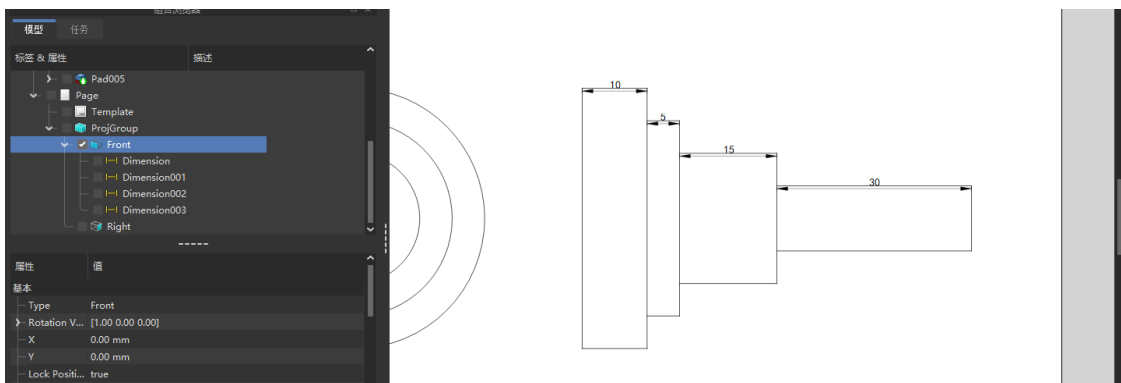
(剖面对齐源对象)

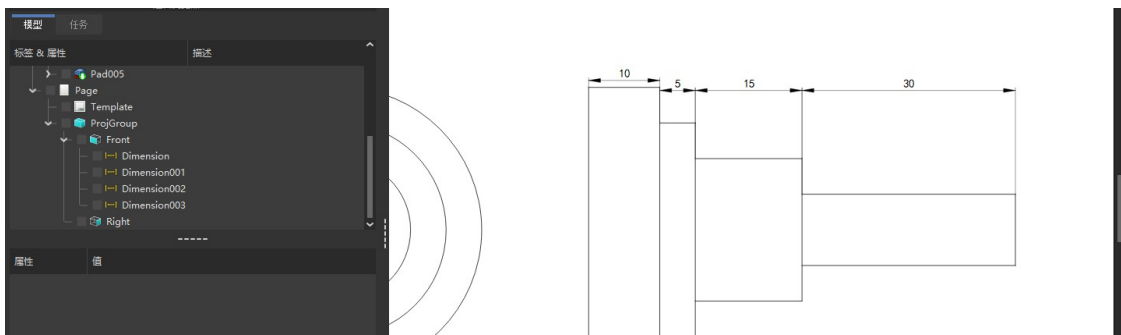
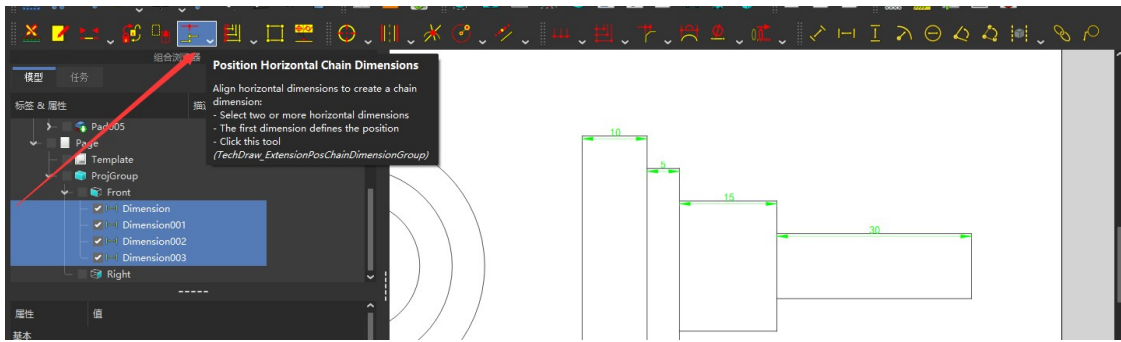
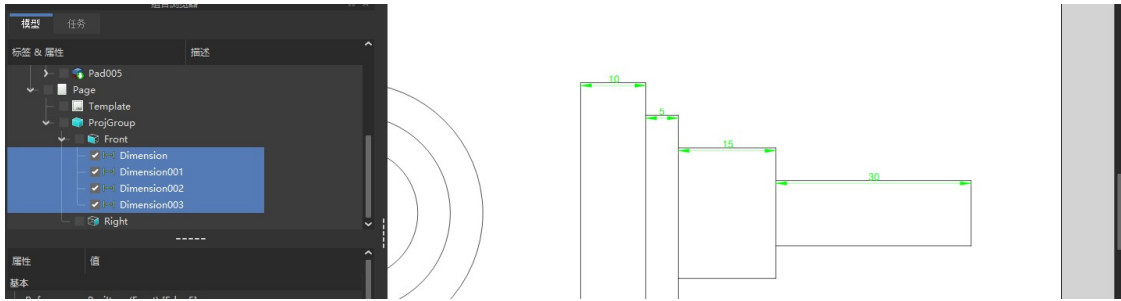
## 创建对齐的链接饰尺寸水平

此功能前提得具有标注尺寸的对象，选中这些尺寸后会以水平方向进行对齐并创建链接式尺寸，



在下图的投影图中标注了四个水平尺寸，我们要创建链接式尺寸对齐需要在左侧模型树中选中标注的尺寸特征选中需要对齐的尺寸单击对齐水平尺寸并创建链接式尺寸。

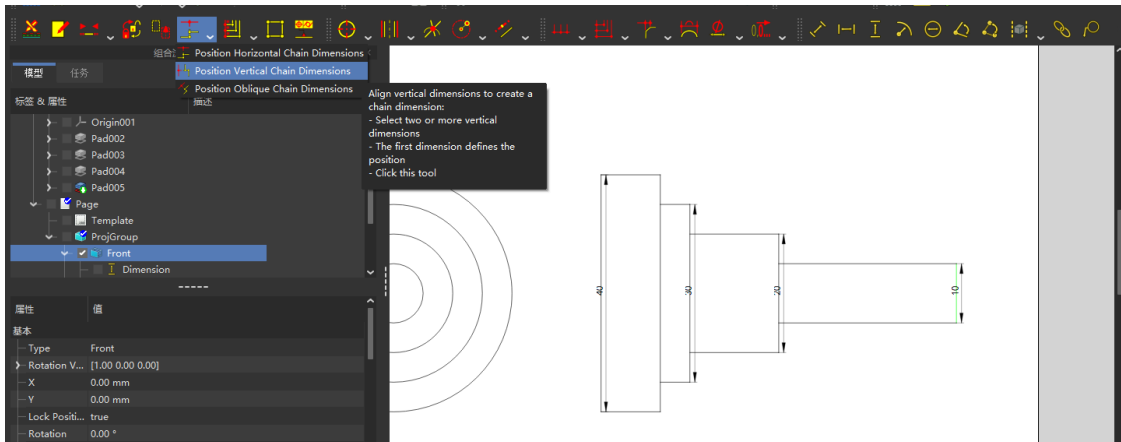




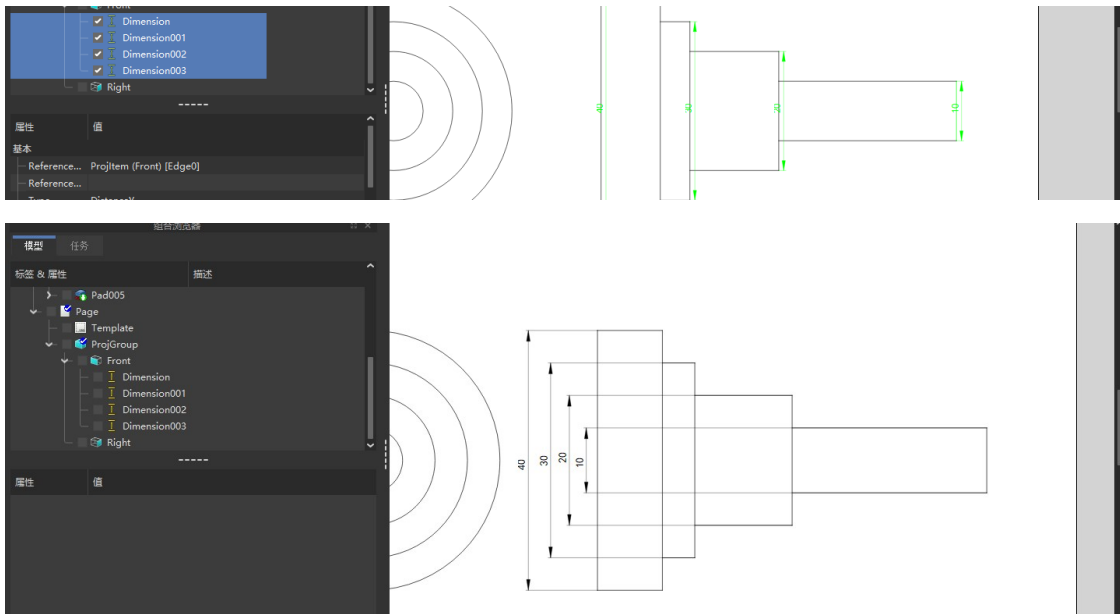
(对齐完毕)

## 创建对齐的链接饰尺寸垂直

此功能前提得具有标注尺寸的对象，选中这些尺寸后会以垂直方向进行对齐并创建链接式尺寸，



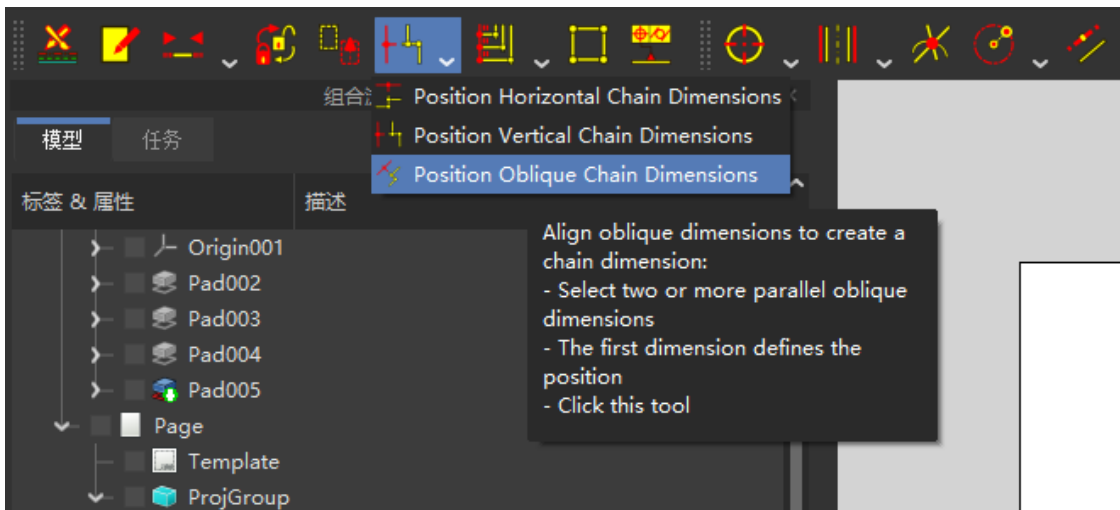
同样我们需要在左侧模型树面板找到并选择需要对齐的尺寸特征选中后单击垂直尺寸对齐并且创建链接式尺寸。



(对齐完毕)

## 创建对齐的链接饰尺寸斜向

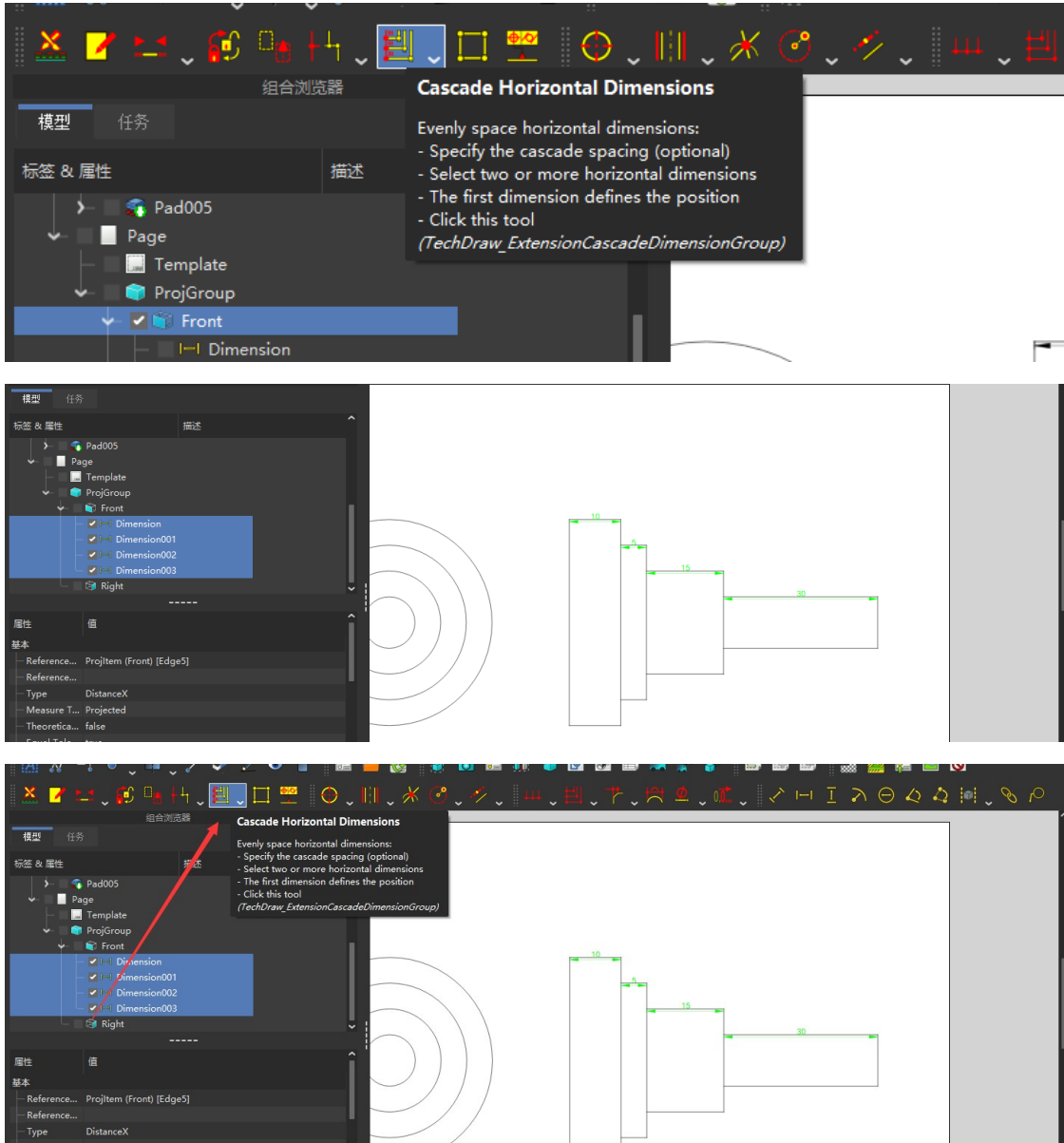
此功能前提得具有标注尺寸的对象，选中这些尺寸后会以斜向方向进行对齐并创建链接式尺寸，此功能和上述一样不再做赘述。

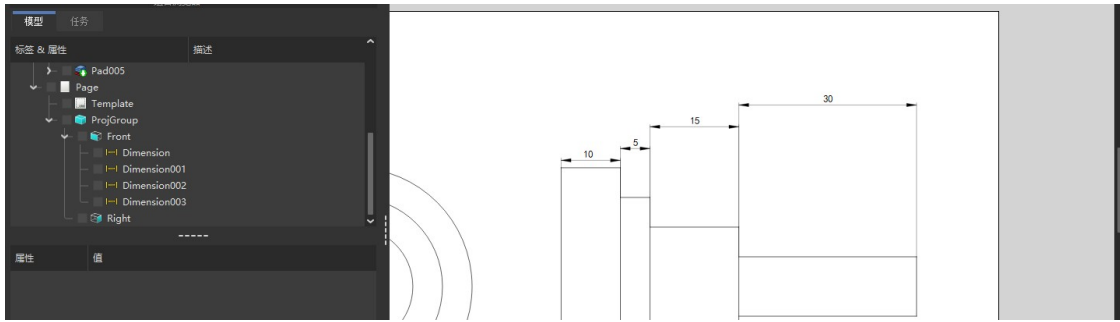


(创建斜向尺寸对齐)

## 创建水平尺寸联级

在标注中用此功能实现对于多个水平尺寸的规整排列和间距分布，用于规范尺寸标注，此功能和链接式尺寸一样使用；需要在左侧模型树中选中要进行规整分布的尺寸特征选中后单击水平间距分布以创建。

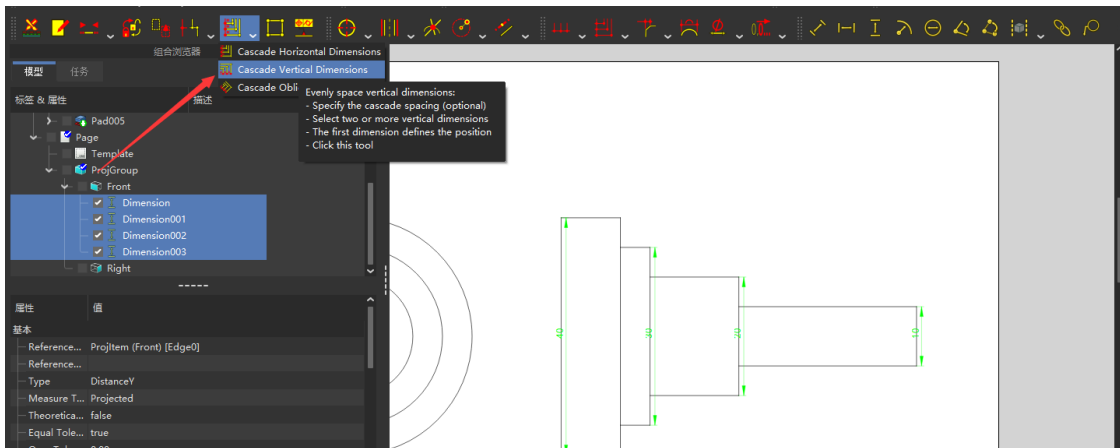
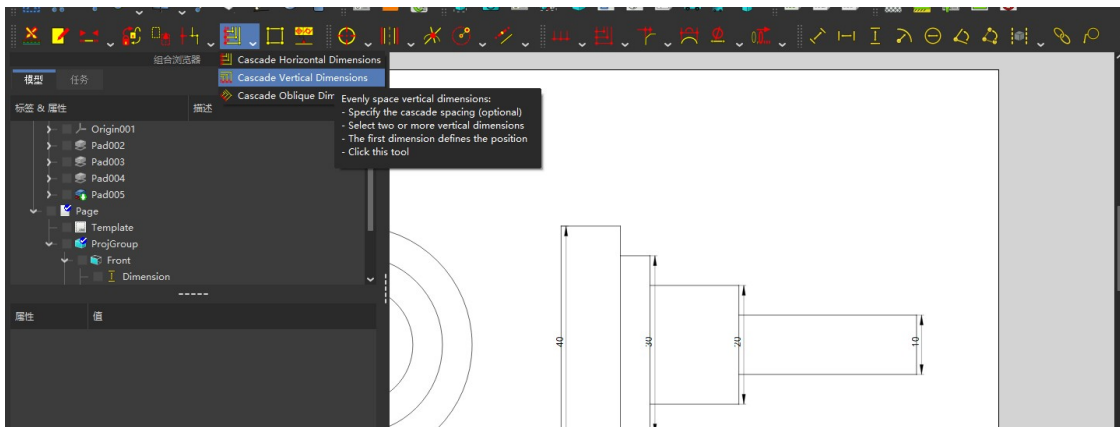


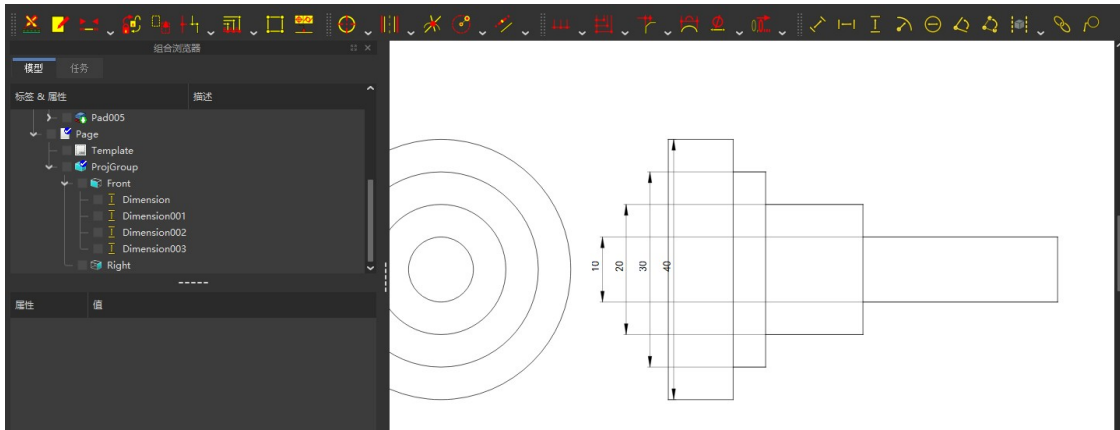


(创建完成)

## 创建垂直尺寸联级

在标注中用此功能实现对于多个垂直尺寸的规整排列和间距分布，用于规范尺寸标注，此功能和链接式尺寸一样使用；需要在左侧模型树中选中要进行规整分布的尺寸特征选中后单击垂直间距分布以创建。

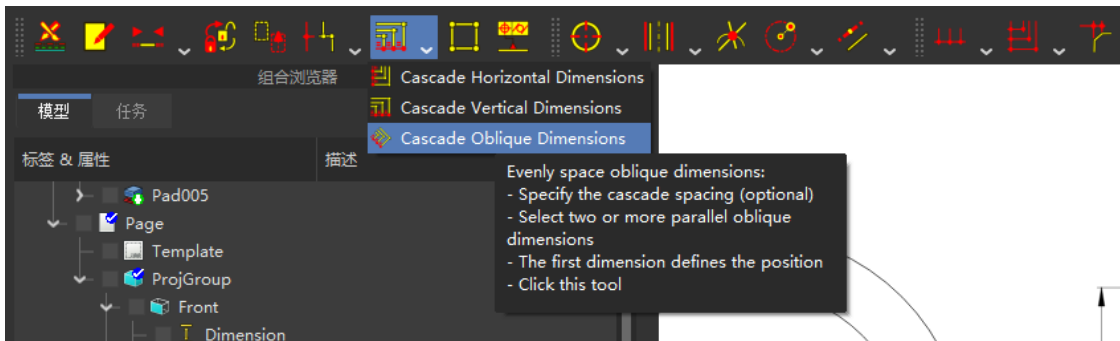




(创建完毕)

## 创建斜向尺寸联级

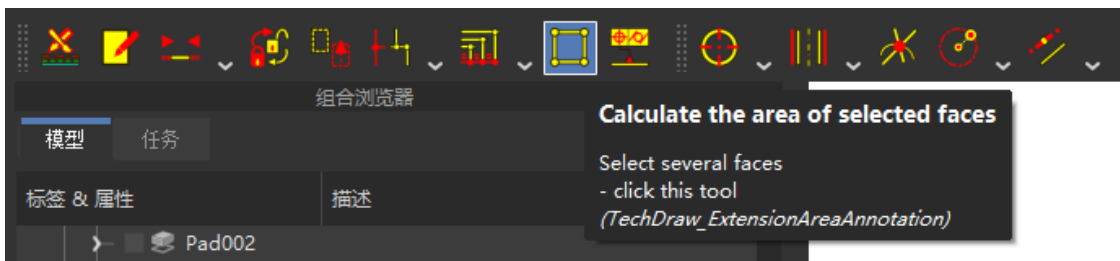
在标注中用此功能实现对于多个斜向尺寸的规整排列和间距分布，用法和上述功能一样不做赘述。

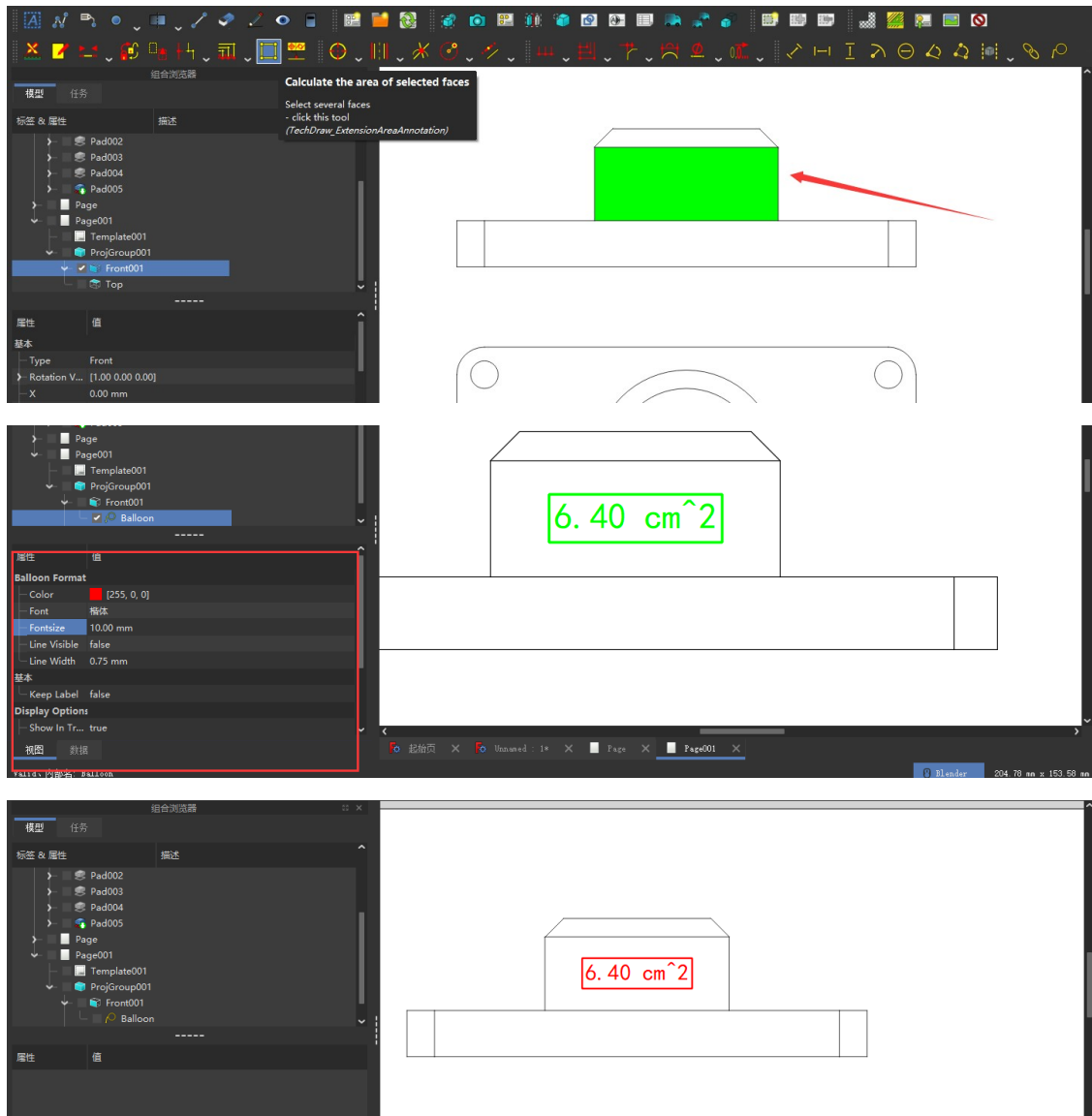


(创建斜向联级尺寸)

## 计算选定面的面积

用于计算选定投影图某个面的平方面积；用法选中某个面单击面积计算即可在图上计算出此面的面积，在模型树菜单中可以调整批注的尺寸大小和字体大小。

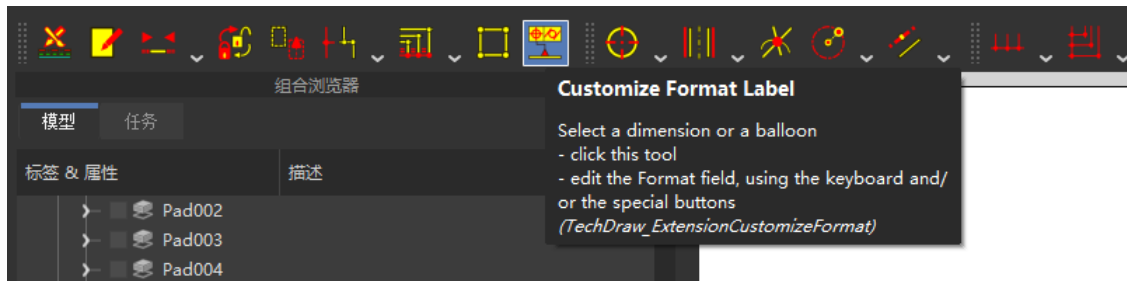


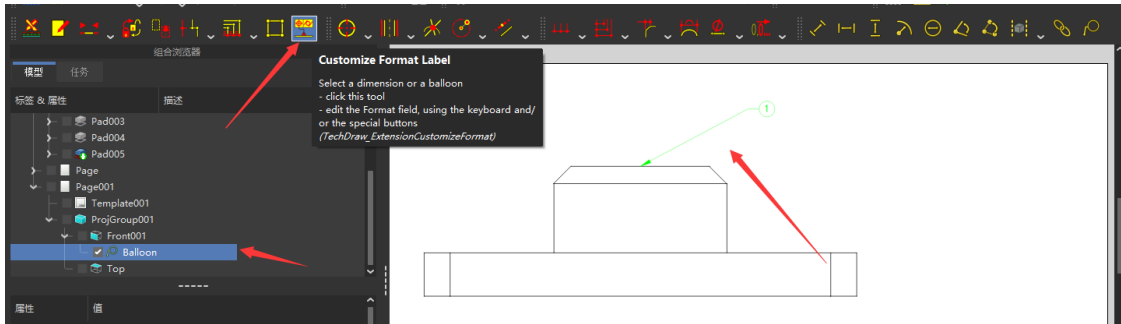
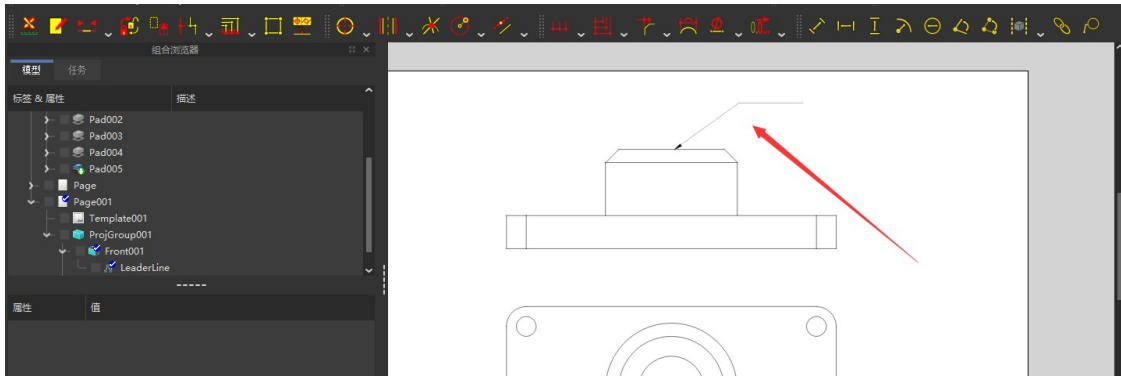


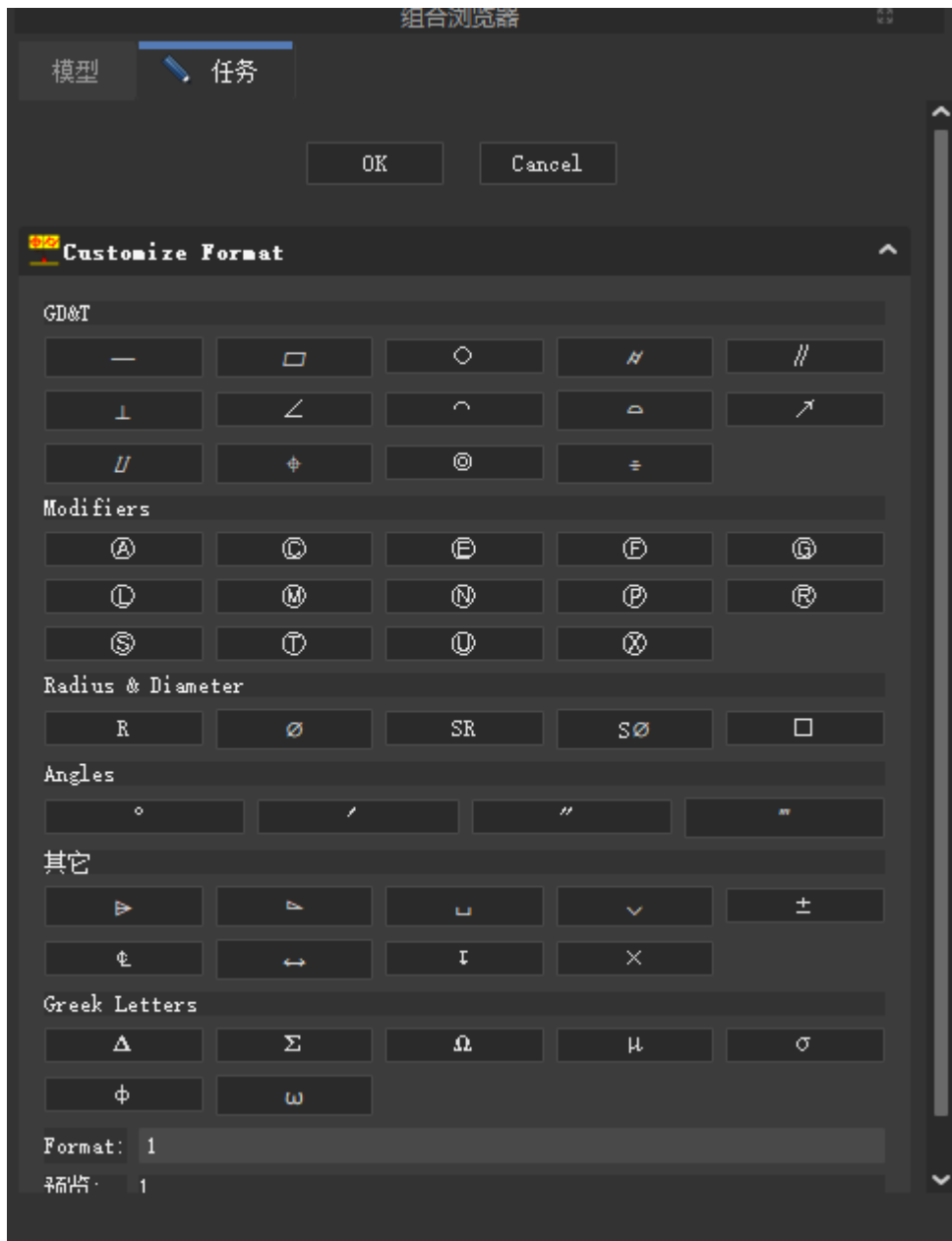
(面积计算)

## 自定义气球文本或尺寸文本的格式

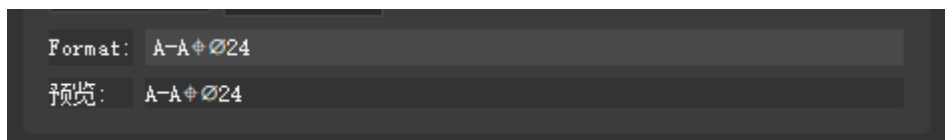
可以添加 GD&T 形位公差符号和其他特殊字符，用法选中一个已有的批注指引线这里以创建好的指引线为例，选中之后进入符号选择器。



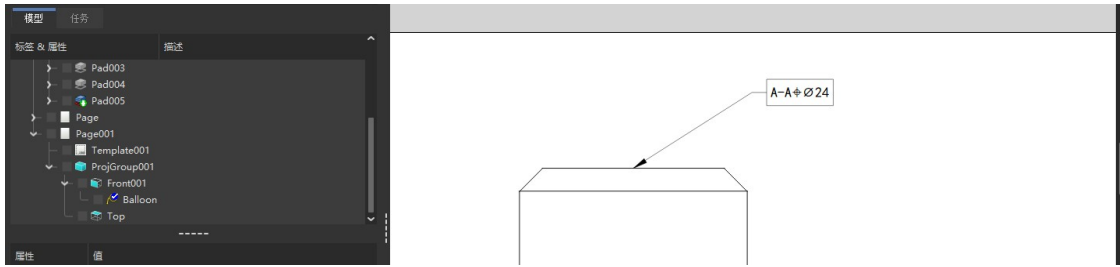




(符号编辑器面板)



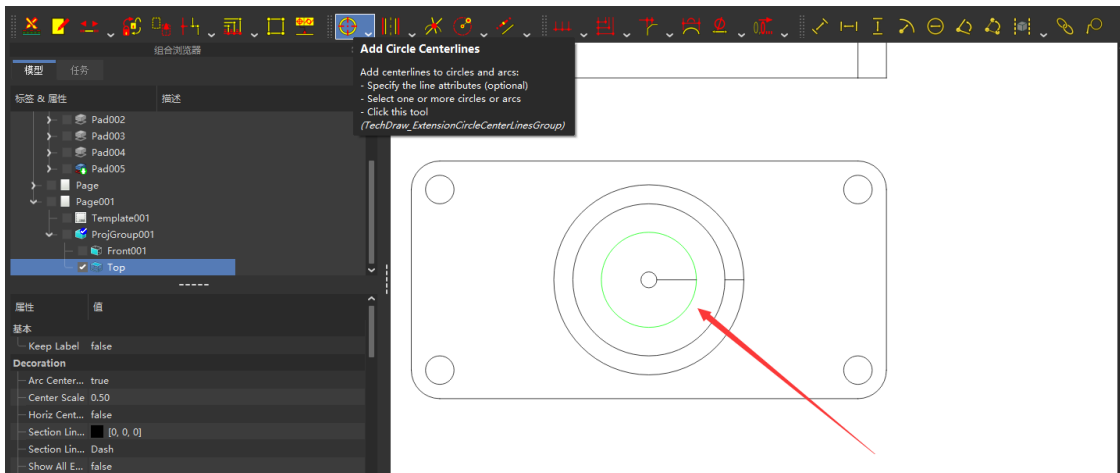
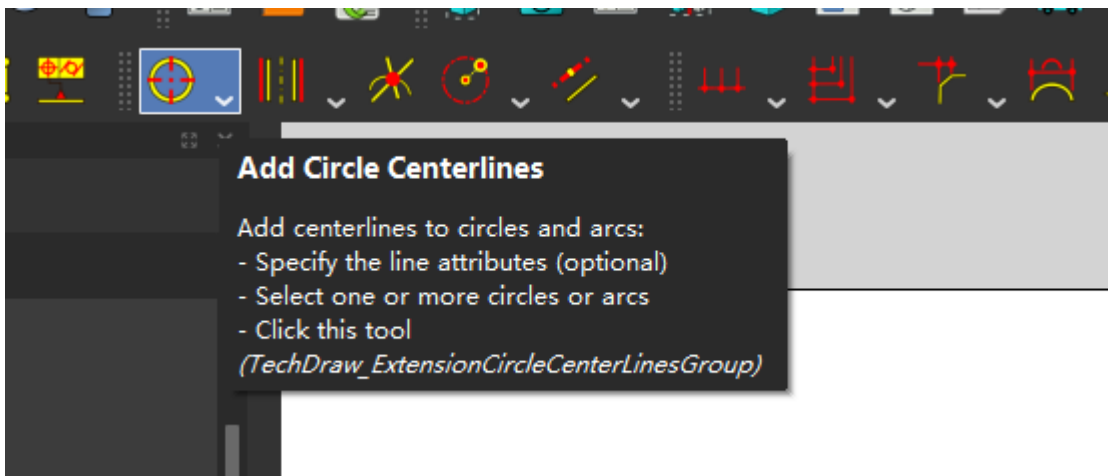
此窗口会显示已经选择过将要发生的输入窗口，可以在此窗口键入需要输入的文本或者数字信息。



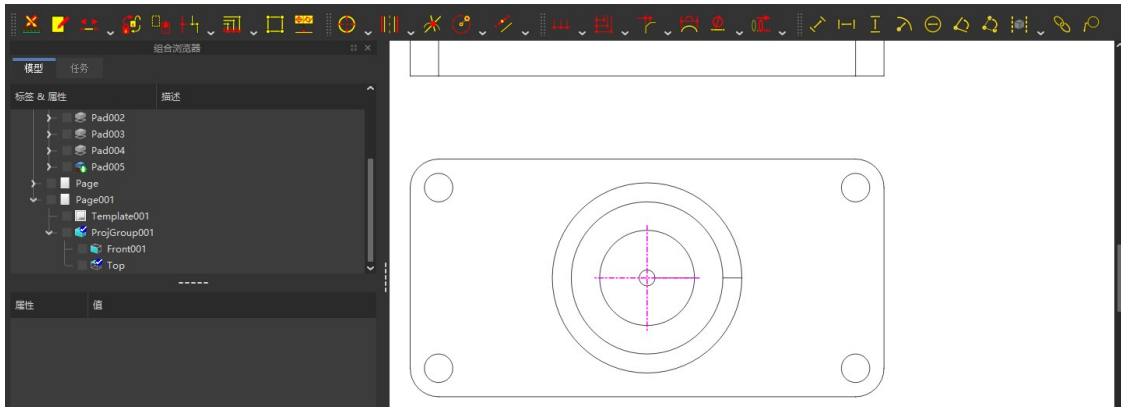
(创建完成)

## 添加中心线命令给圆形添加十字中心线

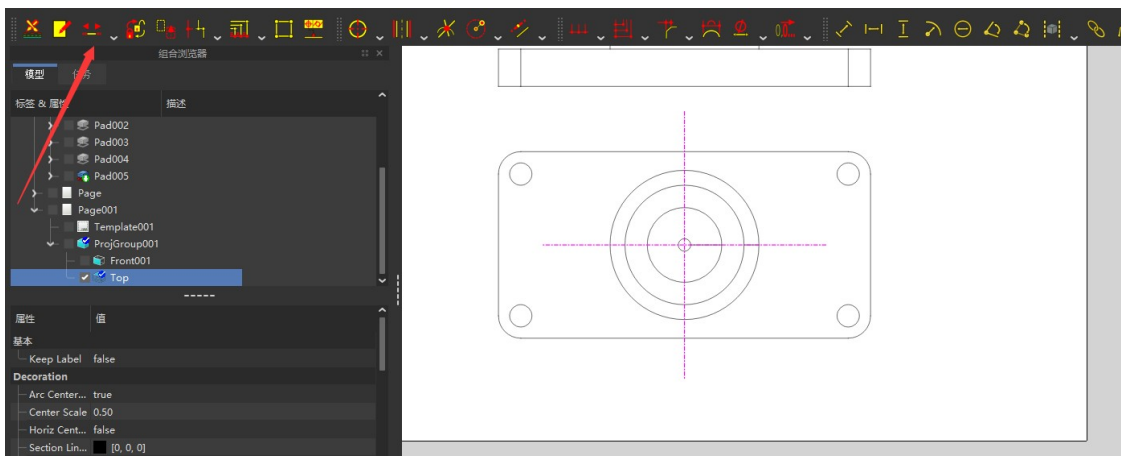
需要选中一个圆的面或者边线以创建一个十字中心线。



注意初始生成的十字线中心线长短有限，如需延请参照延伸线增量来去控制其长短延伸。



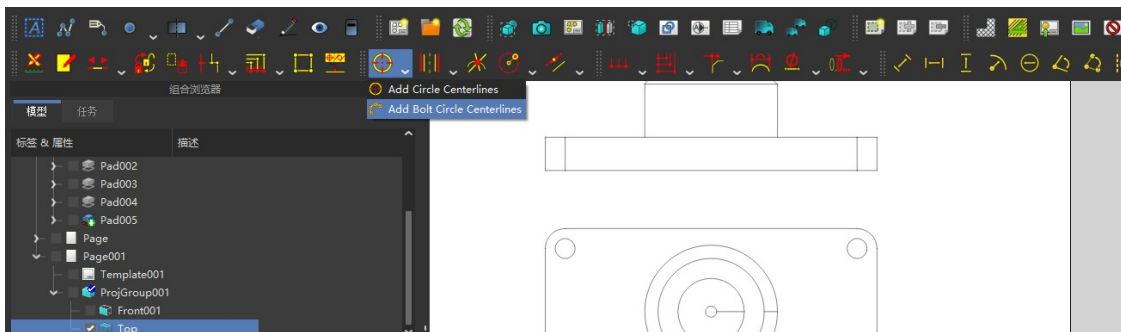
(默认中心线长宽)

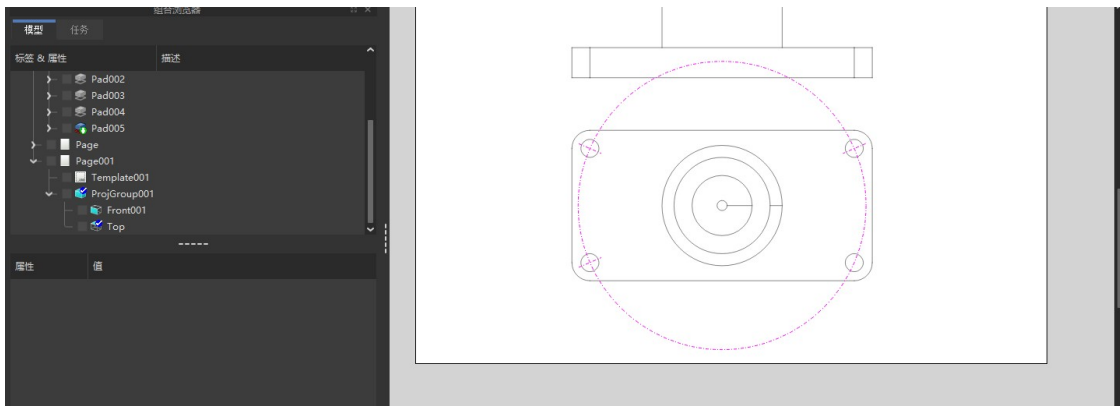
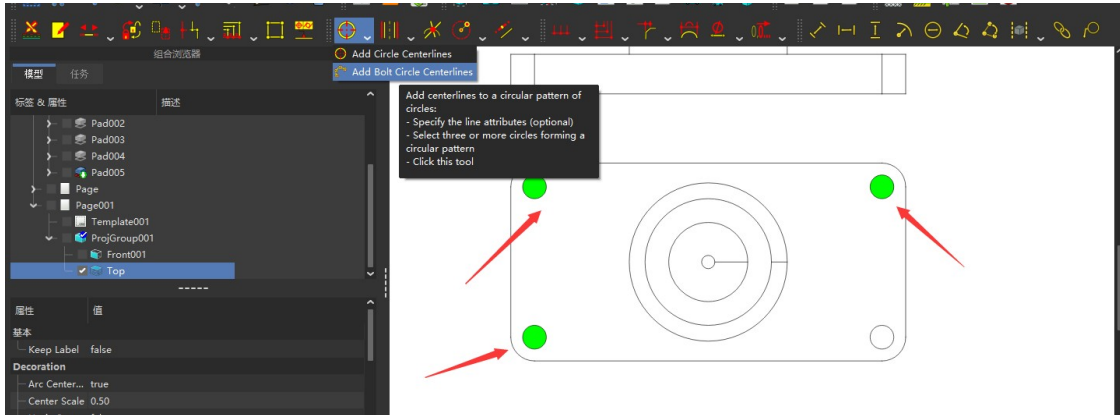
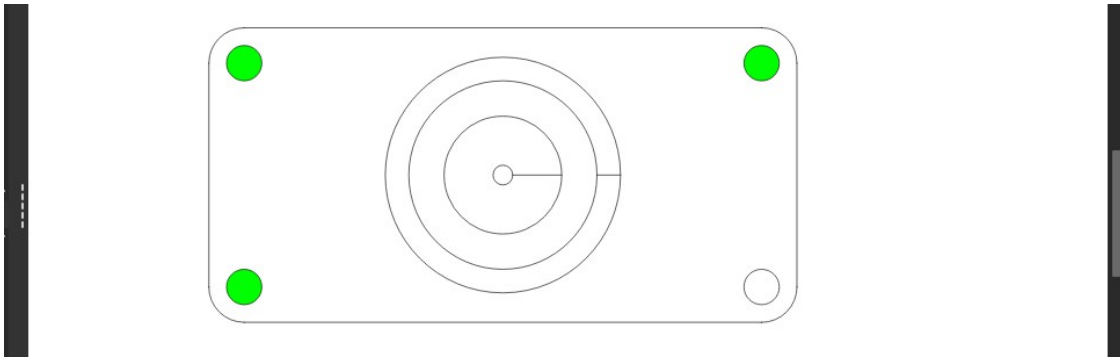


(延伸后)

## 添加螺栓圆中心线

将中心线添加到圆形图案中，使用方法：选中三个圆的边线或者三个以上的圆来形成多圆辅助圆中心线。

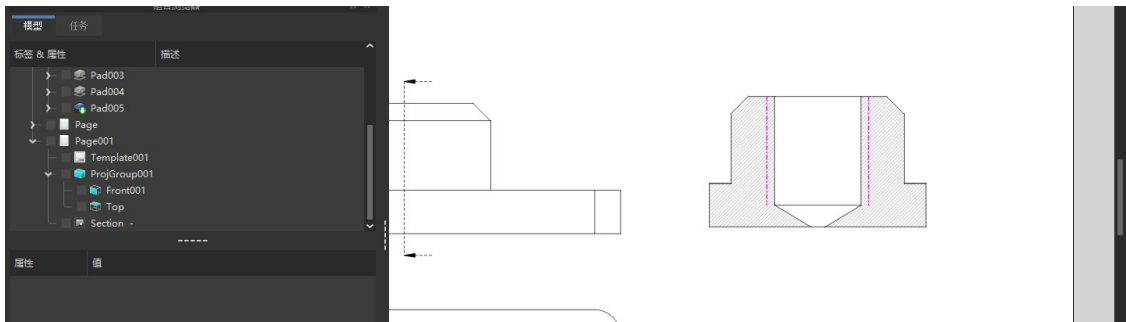
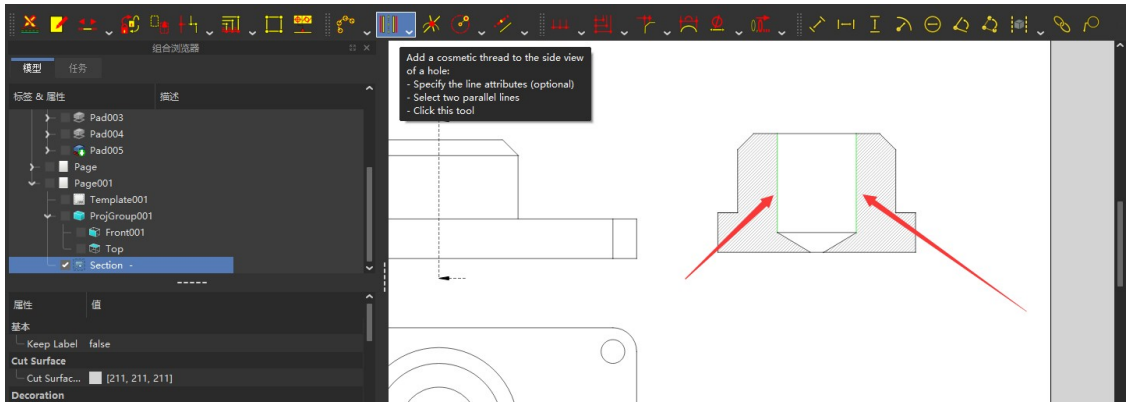
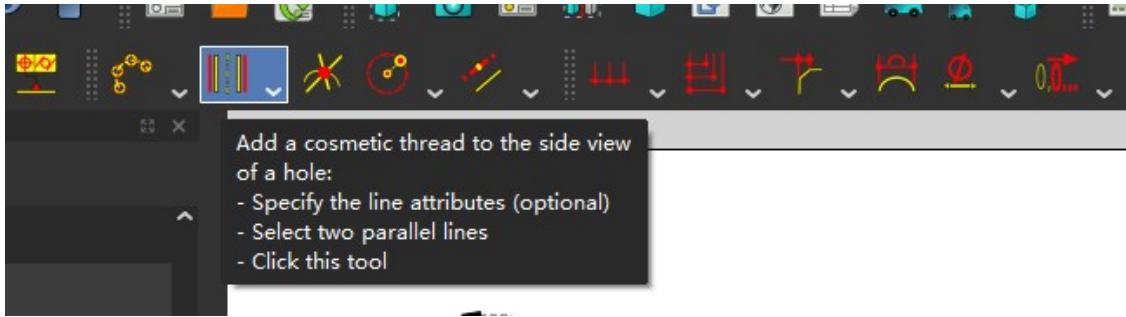




(螺栓圆中心线创建完毕)

### 孔螺纹螺柱装饰辅助线外侧建立

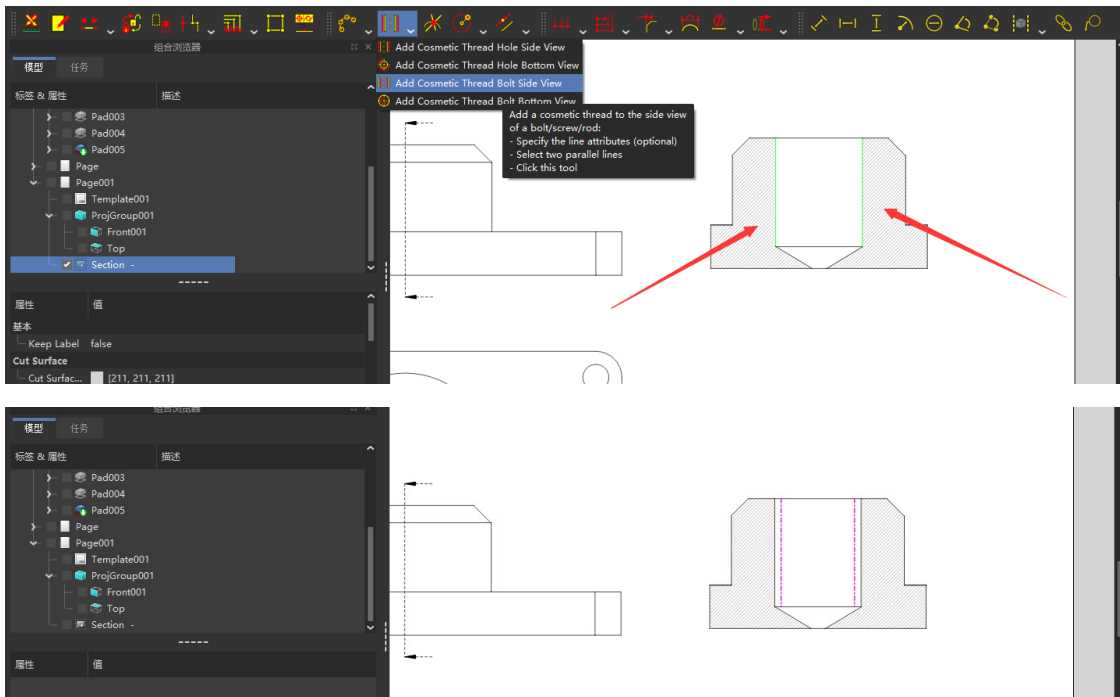
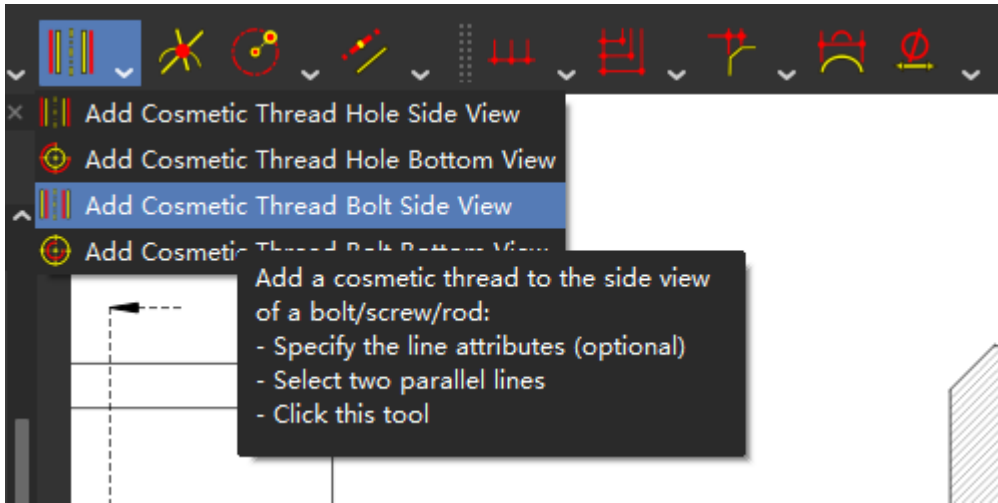
此功能需要有一个剖面视图具有孔特征的才可以形成启用条件；可以配合样式编辑器来去定义辅助线的样式和颜色，使用方法在需要创建外侧辅助线的孔选中两条边线以创建外侧装饰线。



(创建外侧孔螺纹螺柱辅助装饰线完成)

### 孔螺纹螺柱装饰辅助线内侧建立

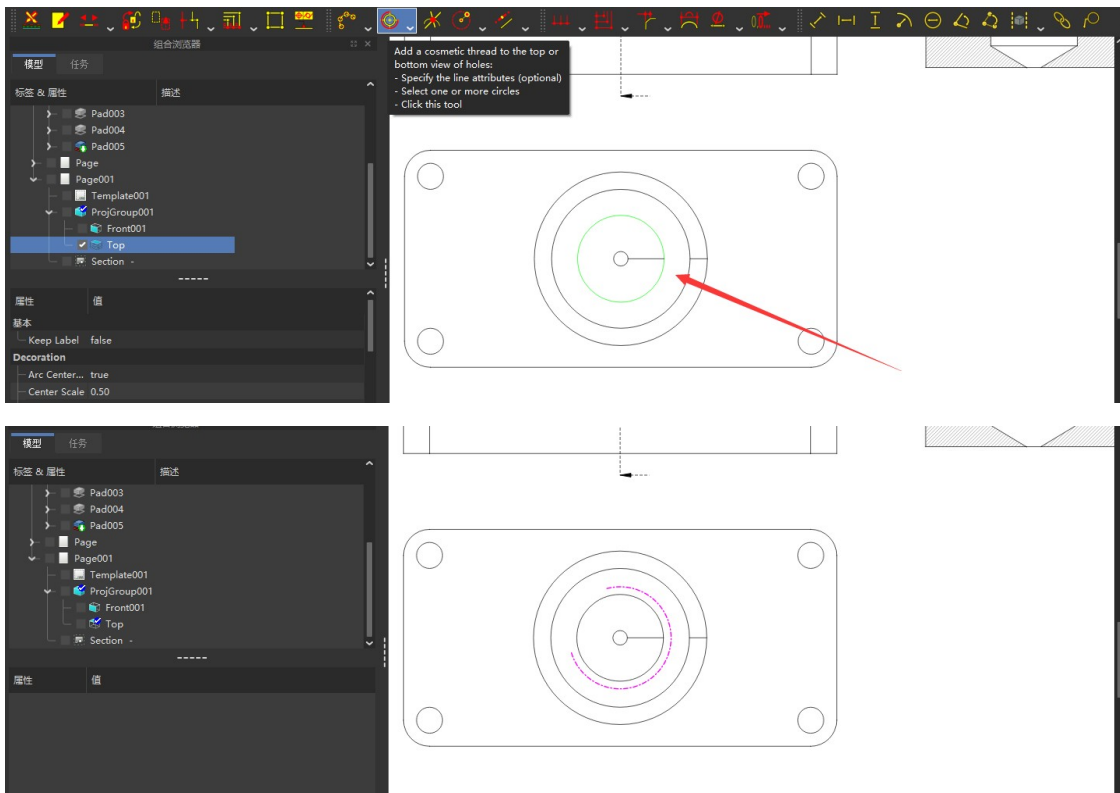
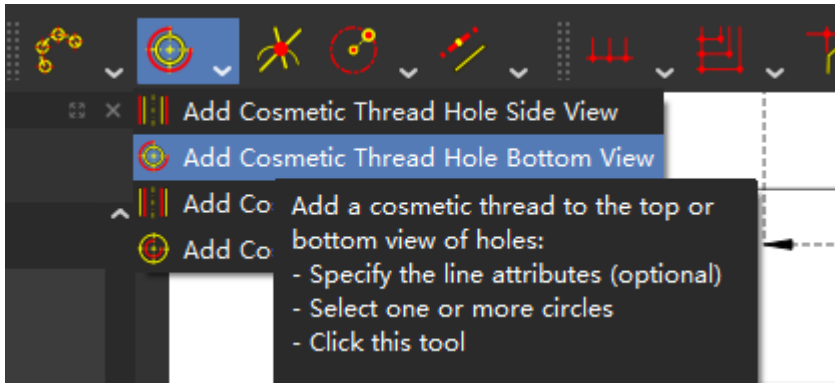
此功能需要有一个剖面视图具有孔特征的才可以形成启用条件；可以配合样式编辑器来去定义辅助线的样式和颜色，使用方法在需要创建内侧辅助线的孔选中两条边线以创建内侧装饰线。



(创建外侧孔螺纹螺柱辅助装饰线完成)

### 添加装饰线孔底部视图

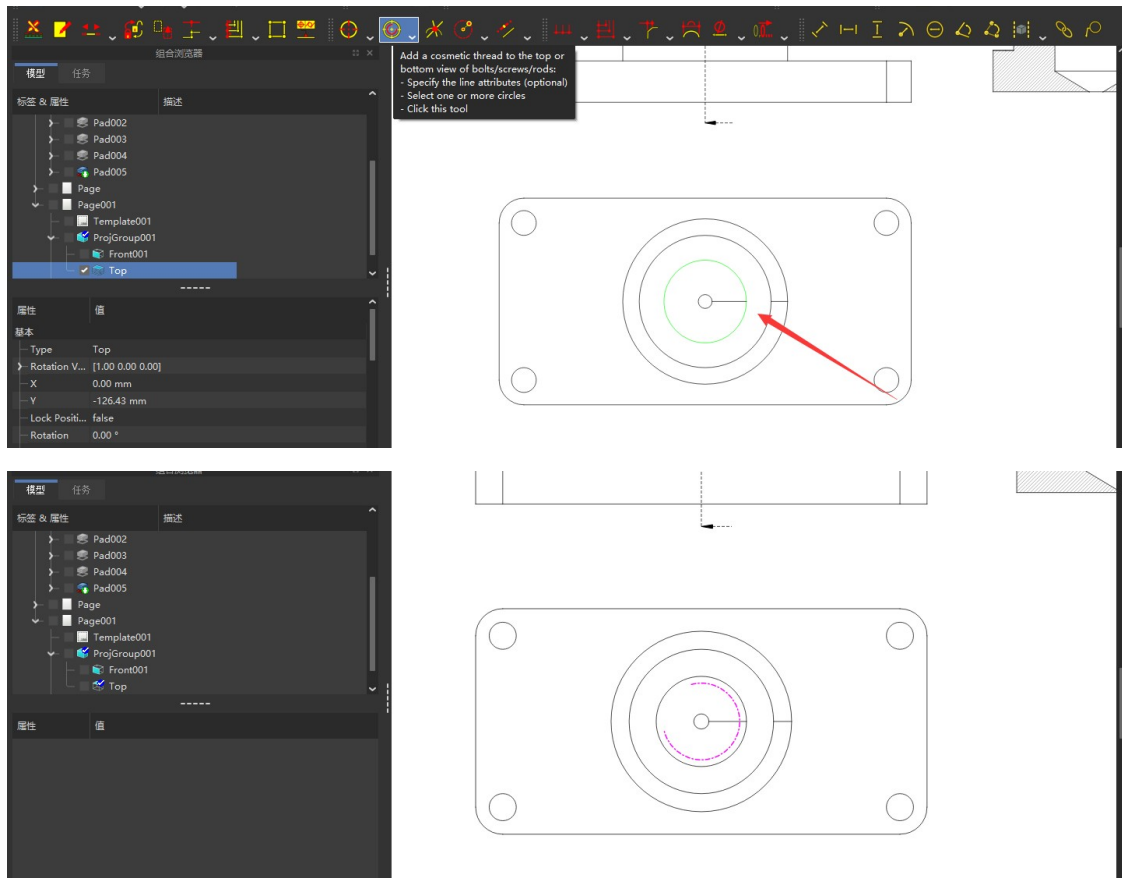
将装饰线添加到孔的顶部或底部视图，使用方法：选中孔圆的边线点击创建装饰线。



(孔底部顶部装饰线创建完毕)

### 添加装饰螺纹螺栓底视图

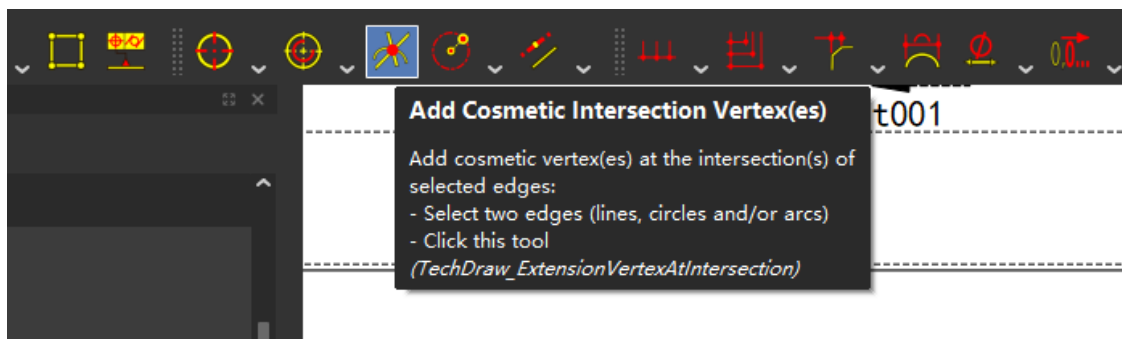
将装饰螺纹添加到螺栓/螺钉/杆的顶部或底部视图，使用方法：选中孔螺纹螺柱圆的边线点击创建装饰线。

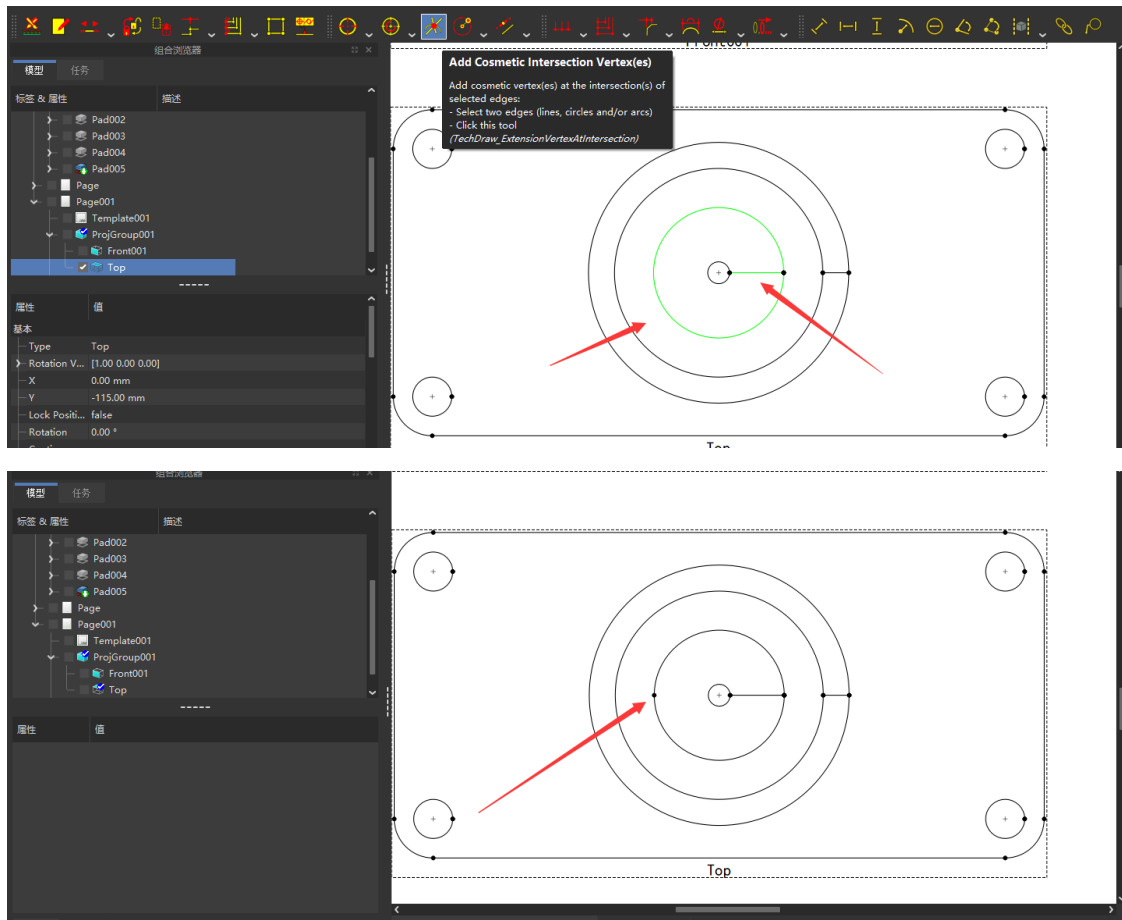


(添加装饰螺纹螺栓底视图创建完成)

## 添加装饰相交顶点

在选定边的相交处添加装饰顶点，使用方法：选择具有相交构成条件的两条线，在它们之间创建一个交点。

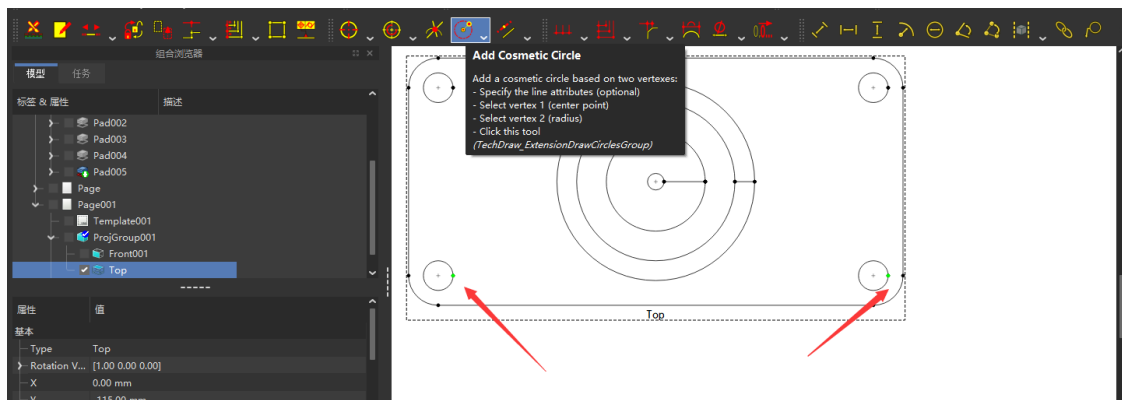


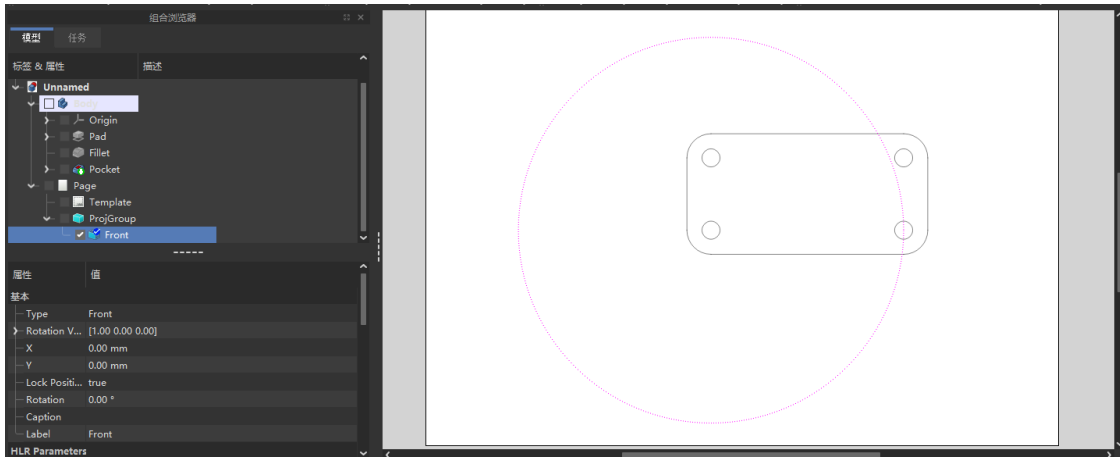


(交点创建完毕)

## 添加修饰圆或弧命令

可以对圆对象或者弧创建辅助线，使用方法：创建辅助圆需要选中两个顶点基于两个顶点创建辅助圆。

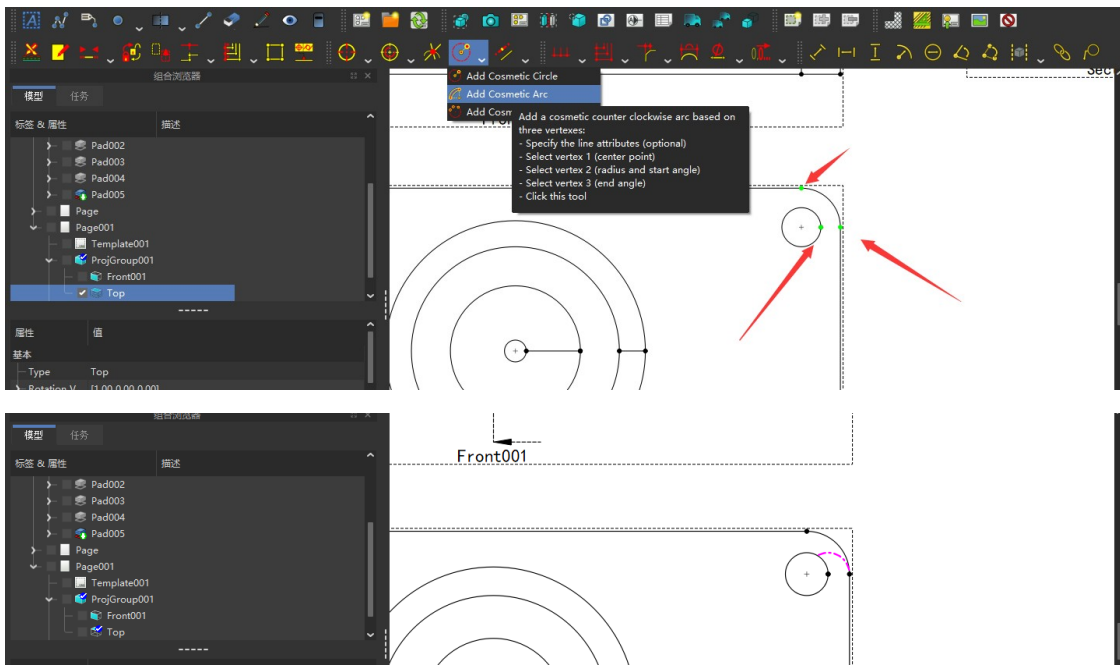




(基于两点的辅助圆创建完毕)

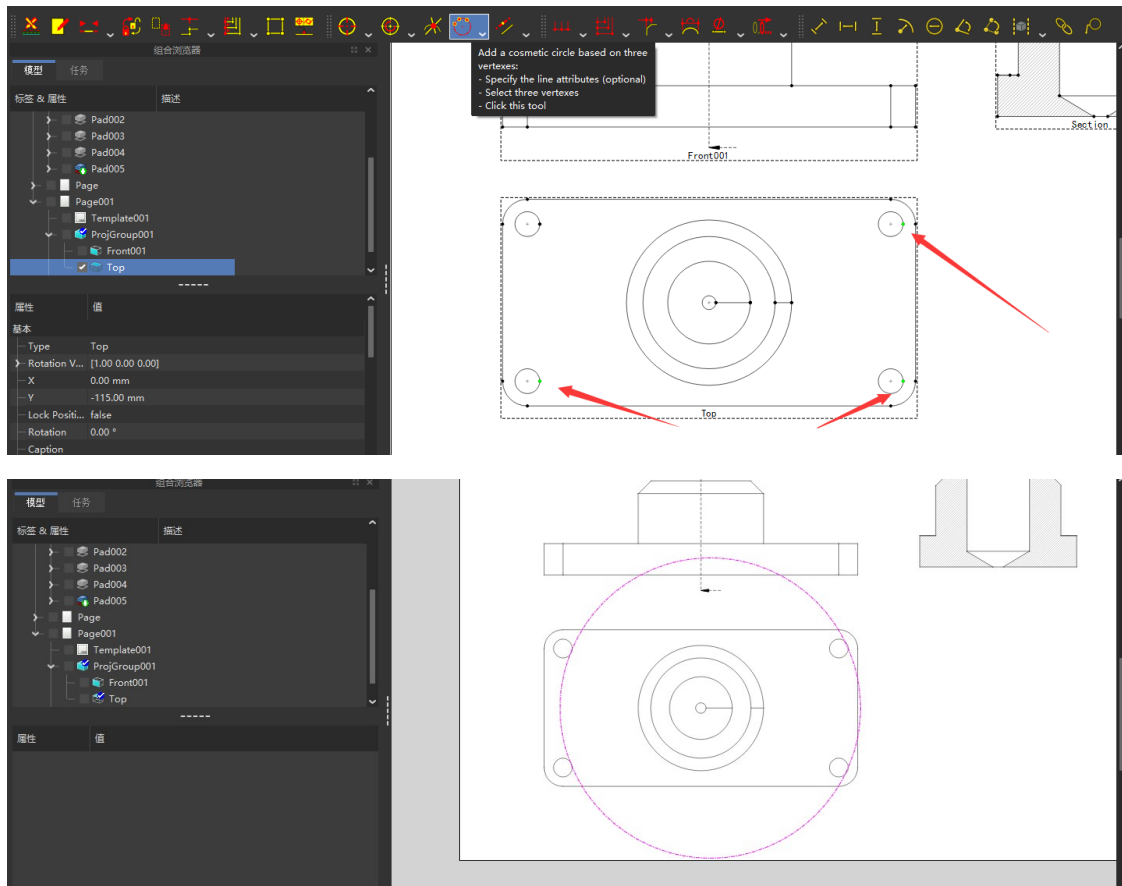
## 添加装饰弧

基于三个顶点添加逆时针装饰弧，使用方法基于三个顶点创建辅助弧，选中三个顶点来去定义。



## 添加装饰圆 3点

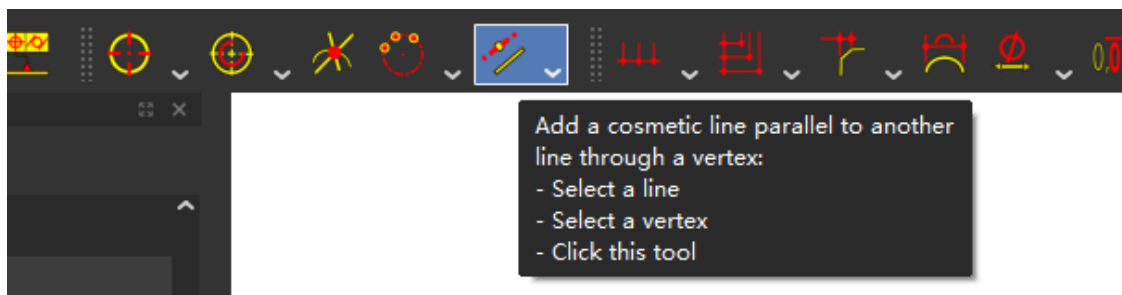
添加基于三个顶点的装饰圆，使用方法：选中三个顶点来去定义一个辅助圆。

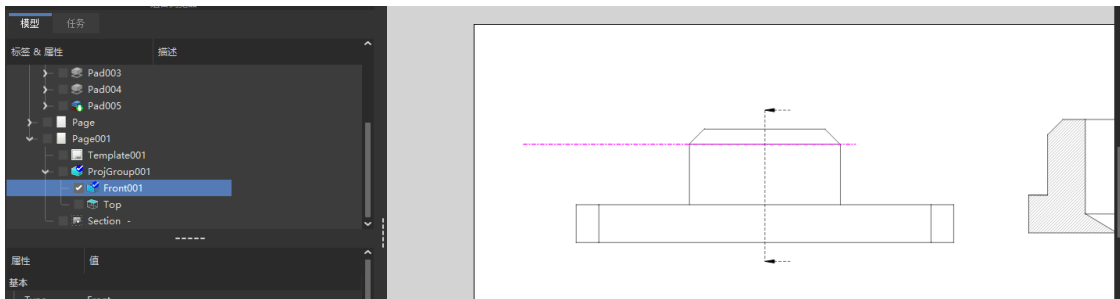
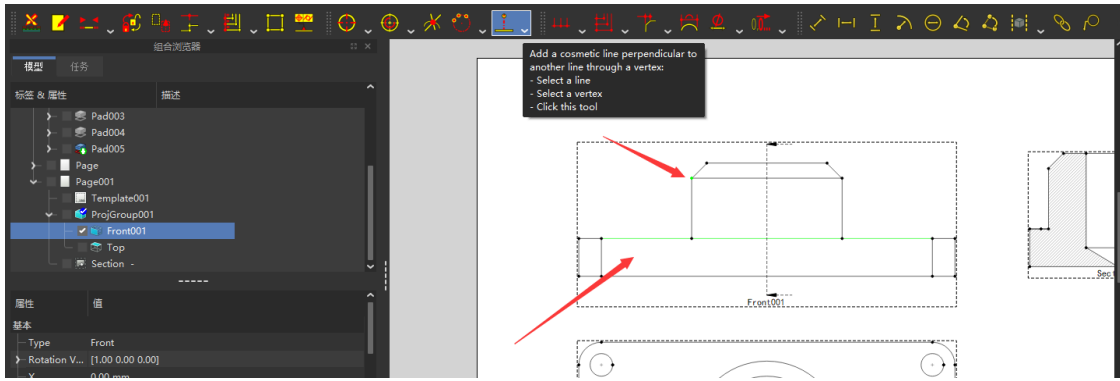


(三点辅助圆创建完毕)

## 添加装饰平行线

添加一条穿过顶点与另一条线平行的装饰线，使用方法选中一根边线和需要创建平行线的顶点来去创建基于边线的平行线。

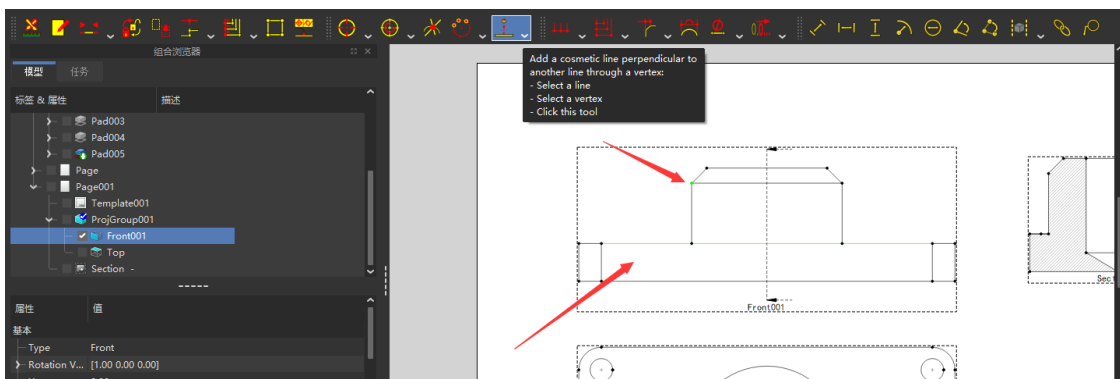
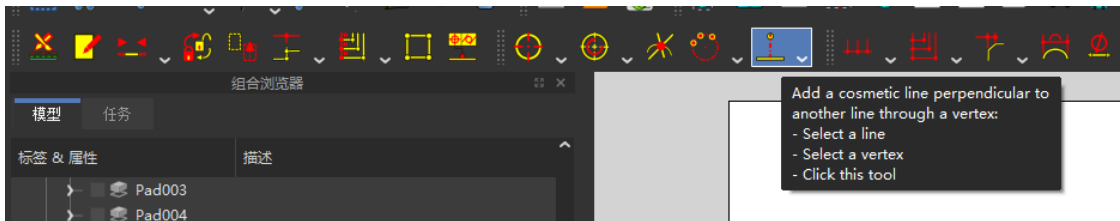


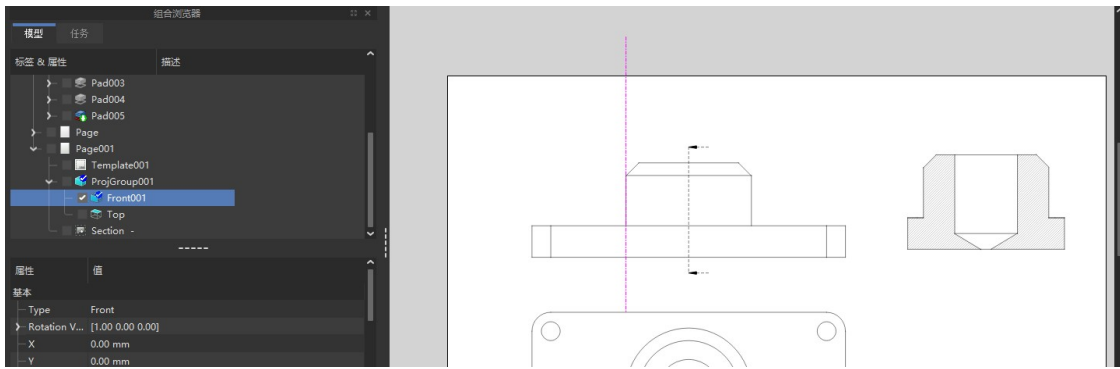


(平行线创建完毕)

## 添加装饰垂直线

添加一条穿过顶点与另一条线垂直的装饰线，使用方法选中一根边线和需要创建垂直线的顶点来去创建基于边线的垂直线。

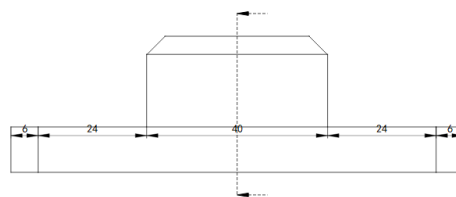
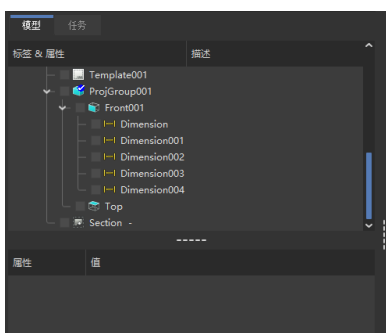
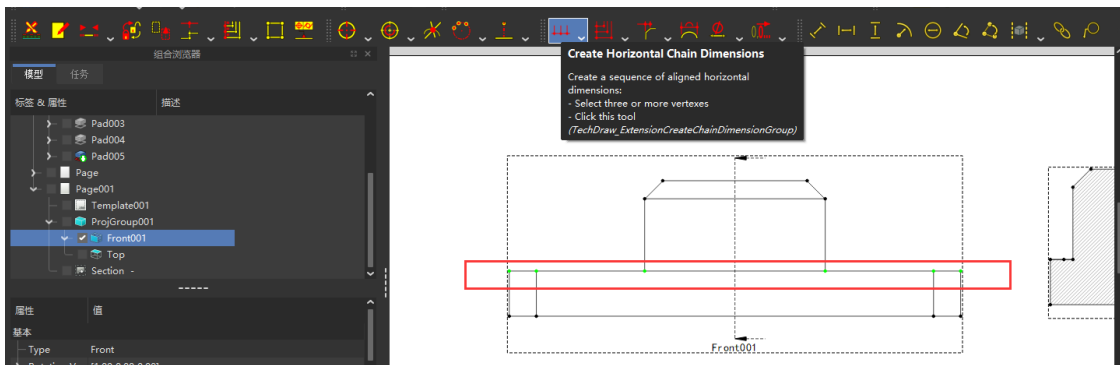
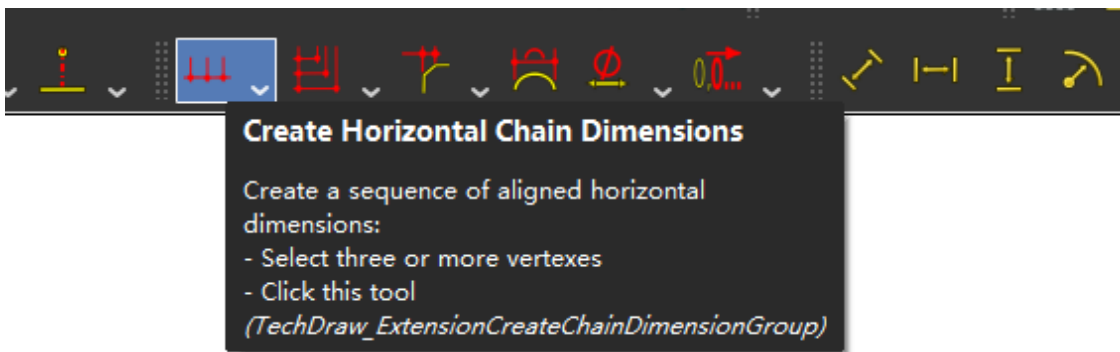




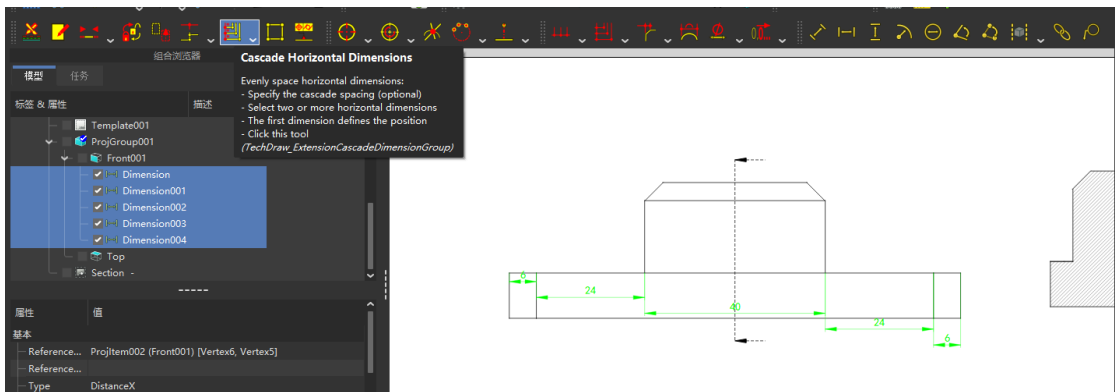
(垂直线创建完毕)

## 创建水平链尺寸

创建一系列对齐的水平尺寸，使用方法：和联级尺寸类似但是有所不同，根据选择的水平方向需要测量的顶点选中需要测量的顶点来构成一系列连接的水平尺寸。

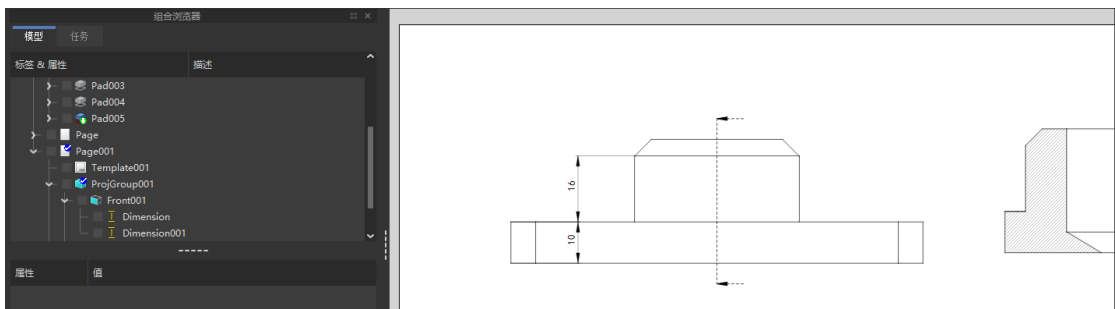
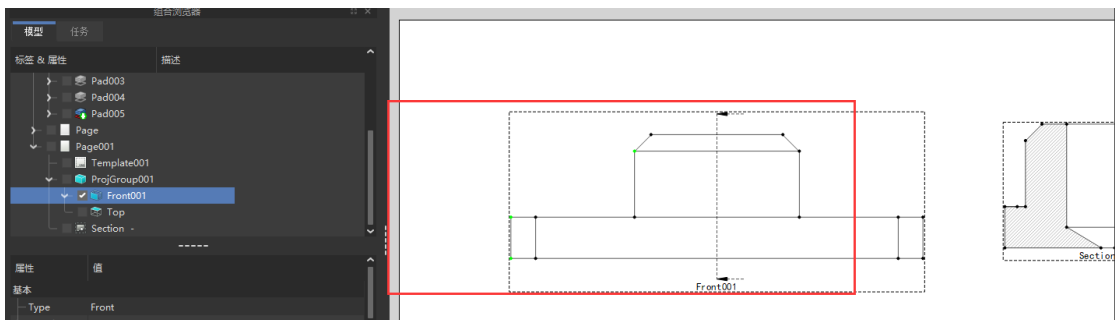
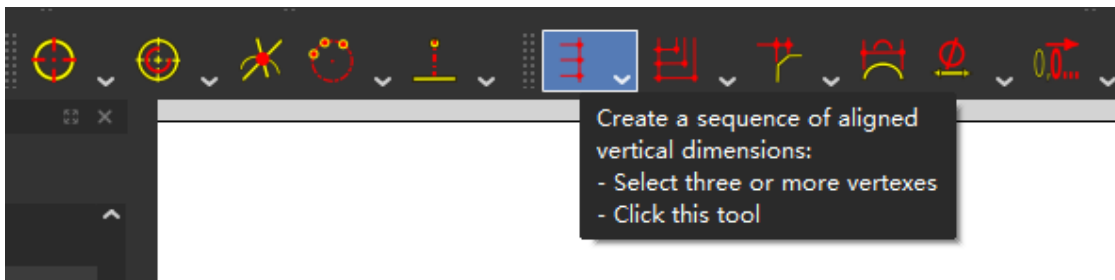


可以使用联级水平尺寸来去规范它们的间距。



## 创建垂直链尺寸

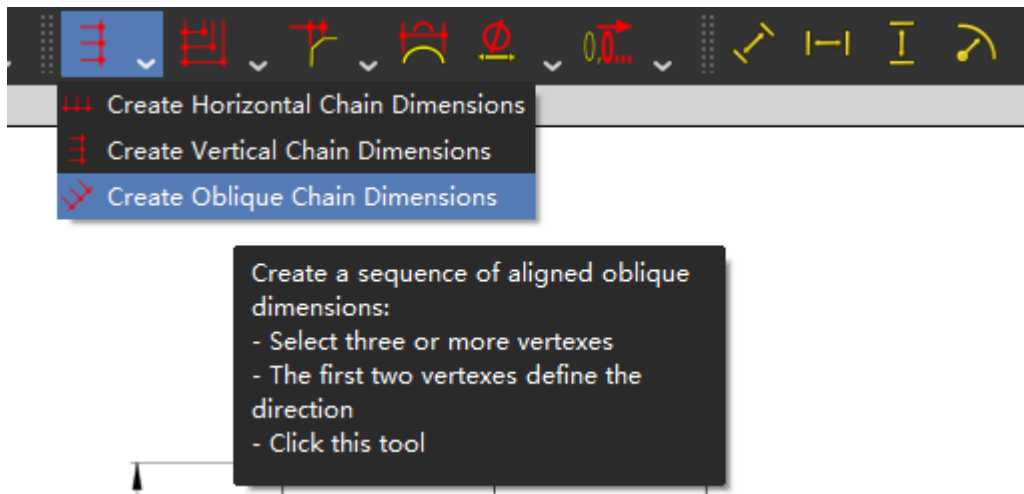
创建一系列对齐的垂直尺寸，使用方法：和联级尺寸类似但是有所不同，根据选择的垂直方向需要测量的顶点来构成一系列连接的垂直尺寸。



(垂直链尺寸创建完毕)

## 创建倾斜链尺寸

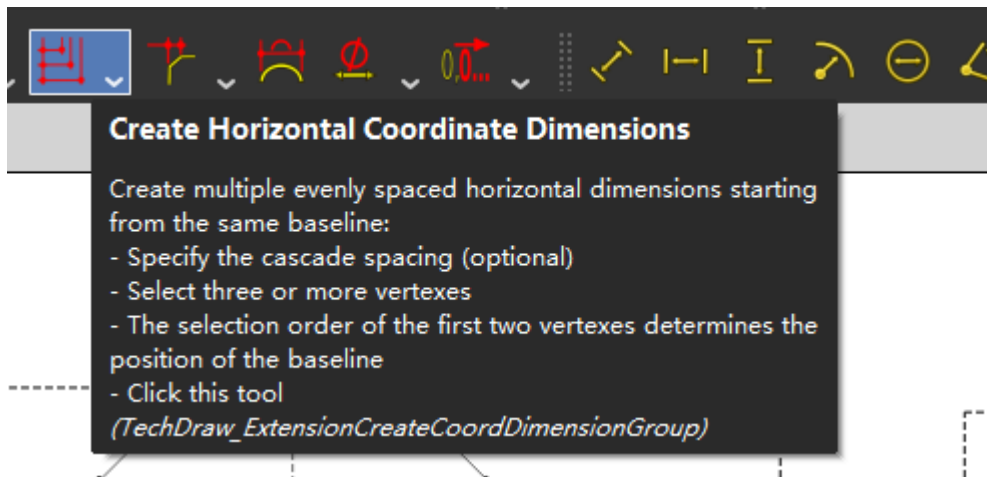
创建一系列对齐的倾斜尺寸，由于此功能和上述两项使用方法一致此处不做赘述。

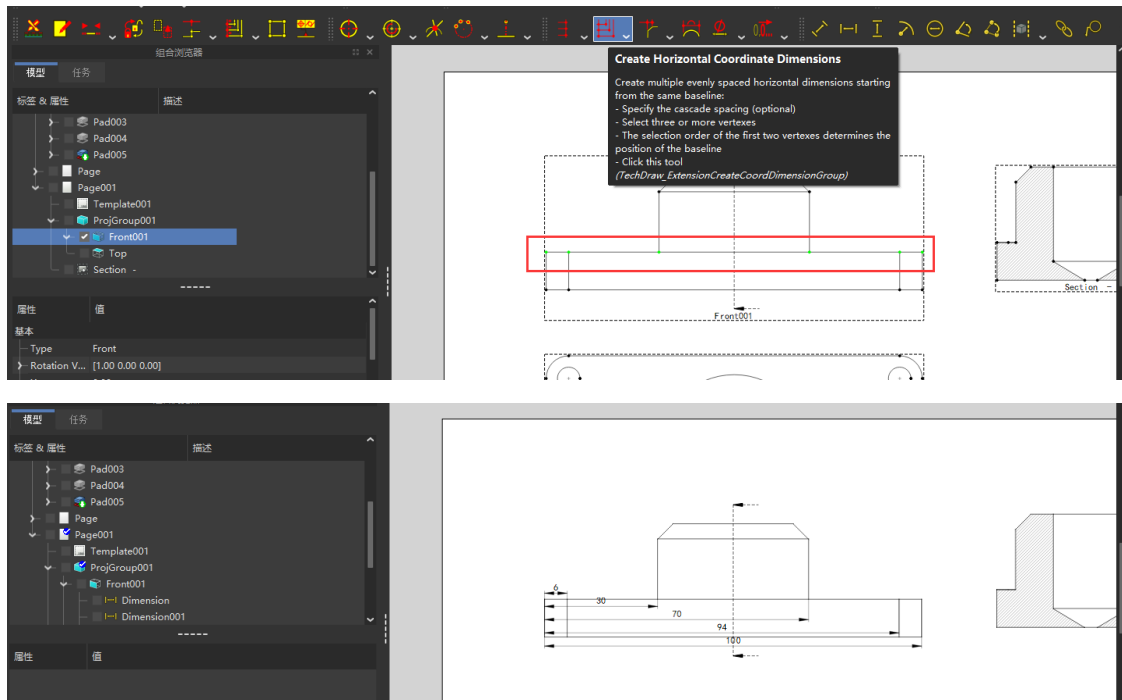


(斜向链接尺寸)

## 创建水平坐标尺寸

从同一基线开始创建多个均匀间隔的水平尺寸；此方法和联级尺寸相似不同点在于联级尺寸是通过已有尺寸标注进行水平或者垂直之间的对齐和间距扩散，此功能则是和链接尺寸基于顶点的创建一样只不过它们有距离间隔，方法同样是选中多个顶点来去创建间隔式联级尺寸。

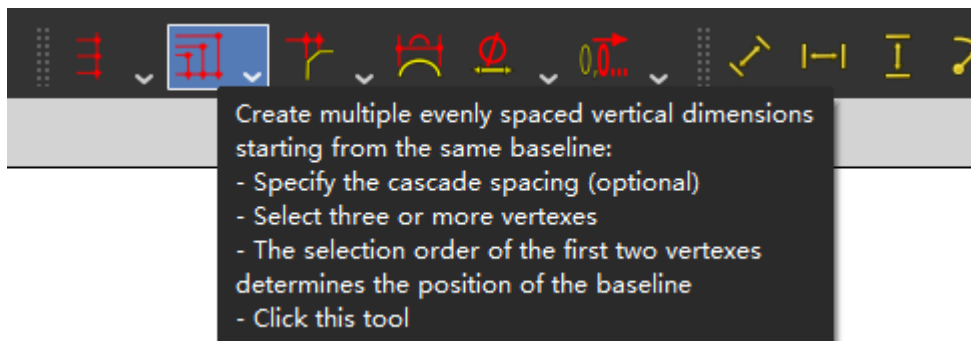


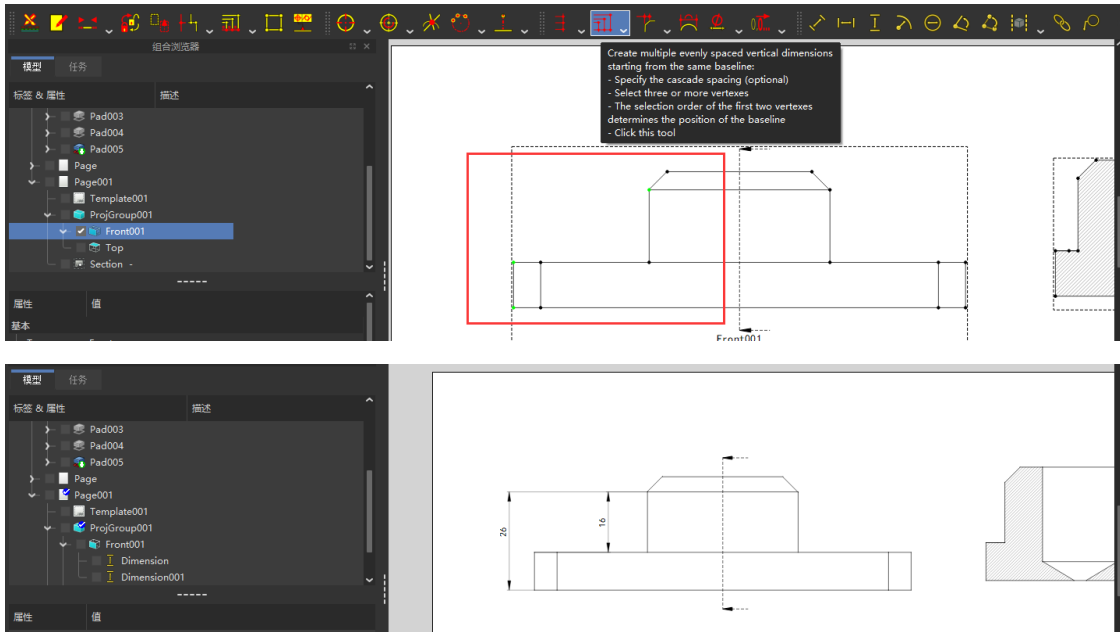


(基于顶点的水平坐标联级尺寸创建完毕)

## 创建垂直坐标尺寸

从同一基线开始创建多个均匀间隔的垂直尺寸，此方法和联级尺寸相似不同点在于联级尺寸是通过已有尺寸标注进行水平或者垂直之间的对齐和间距扩散，此功能则是和链接尺寸基于顶点的创建一样只不过它们有距离间隔，方法同样是选中多个顶点来去创建间隔式联级尺寸。

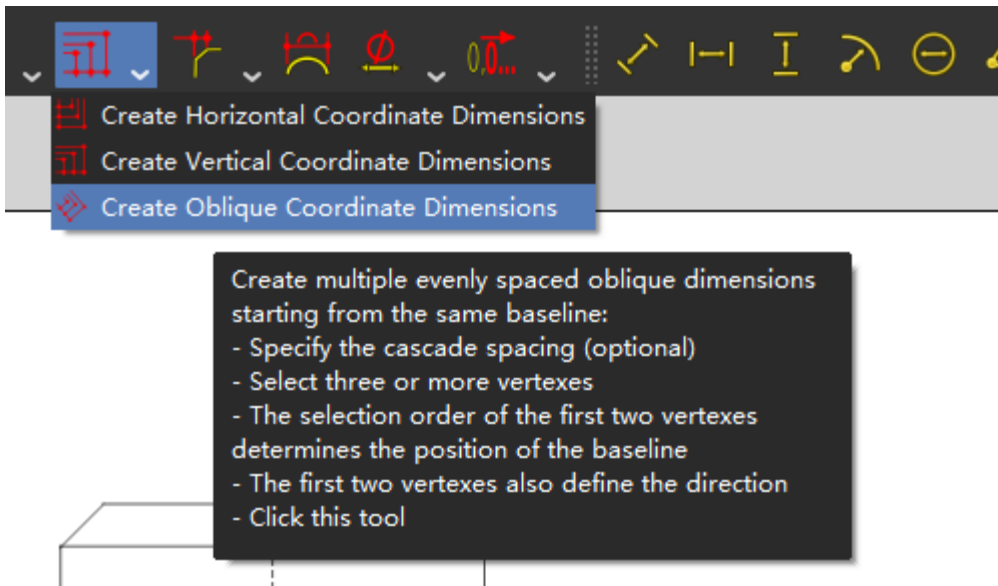




(基于顶点的垂直坐标联级尺寸创建完毕)

## 创建倾斜坐标尺寸

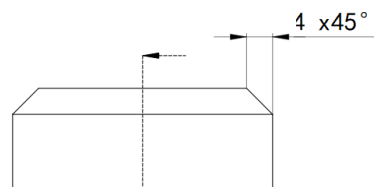
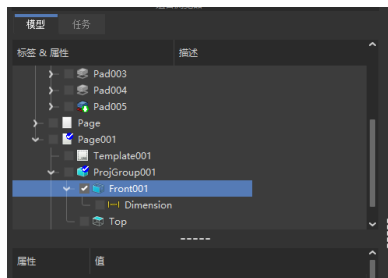
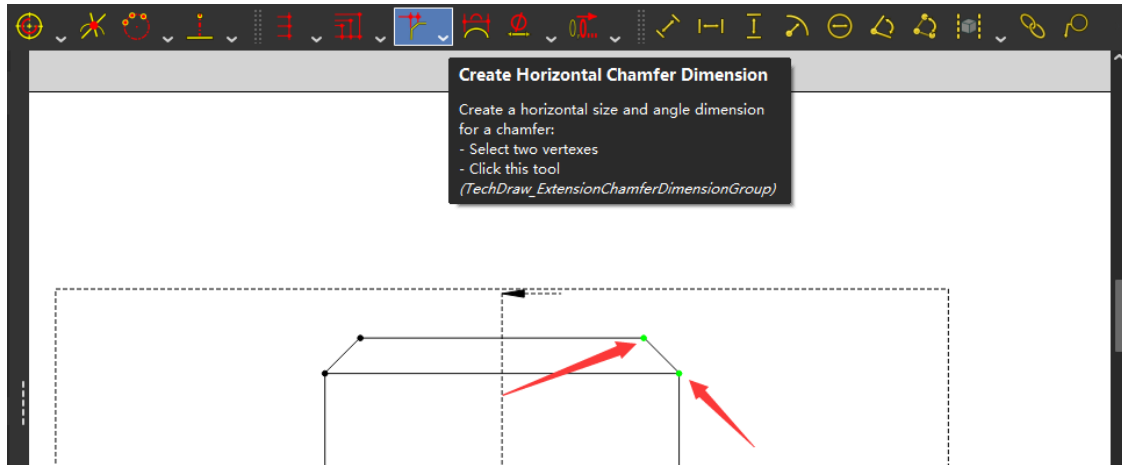
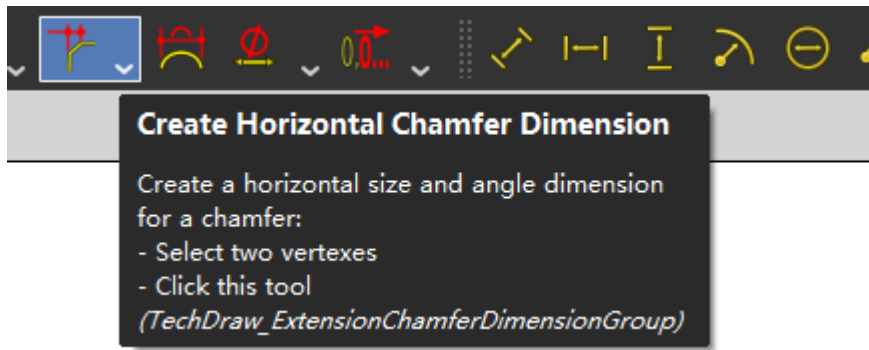
从同一基线开始创建多个均匀间隔的倾斜尺寸，由于此项功能和上述一样不做赘述。



(基于顶点的倾斜式坐标联级尺寸)

## 创建水平倒角尺寸

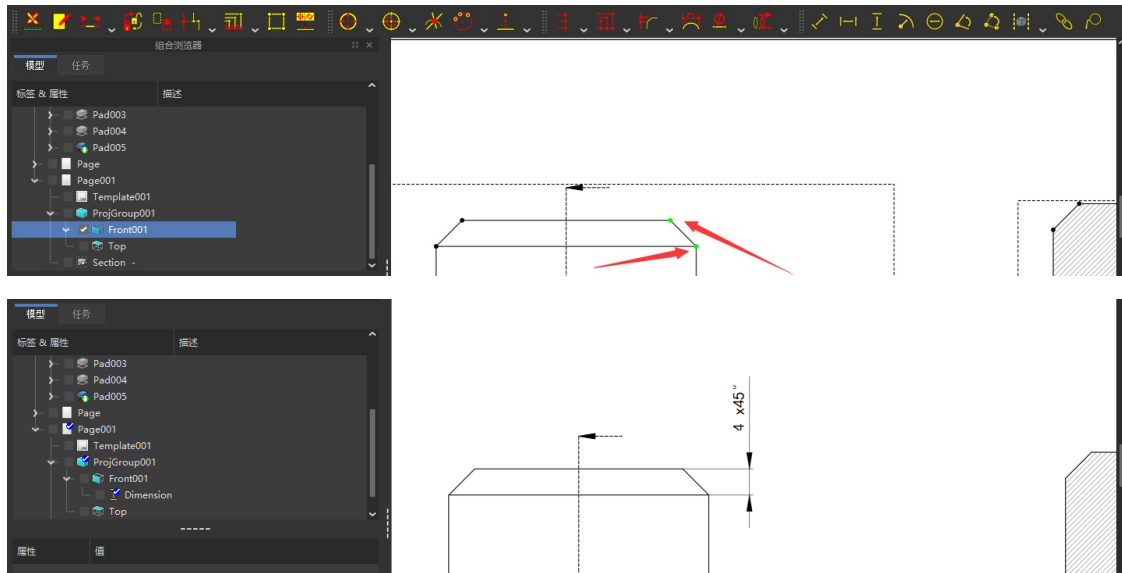
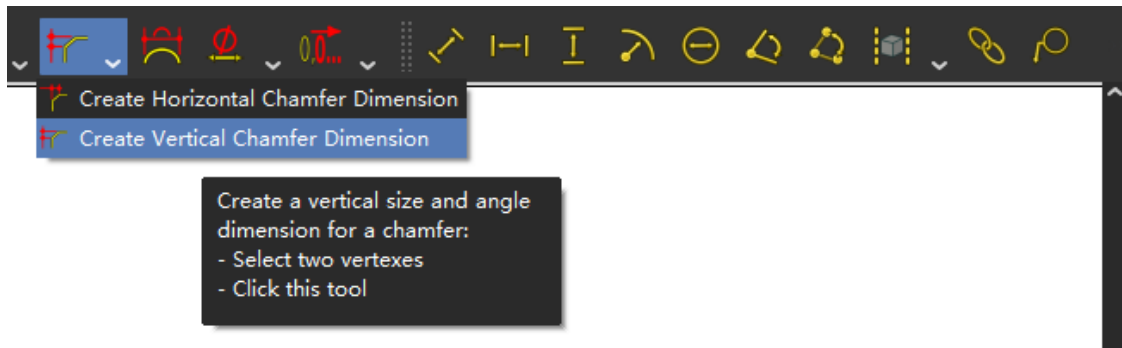
创建倒角的水平尺寸和角度尺寸，使用方法：选中倒角边的两个顶点进行倒角的测量。



(倒角测量完毕)

## 创建垂直倒角尺寸

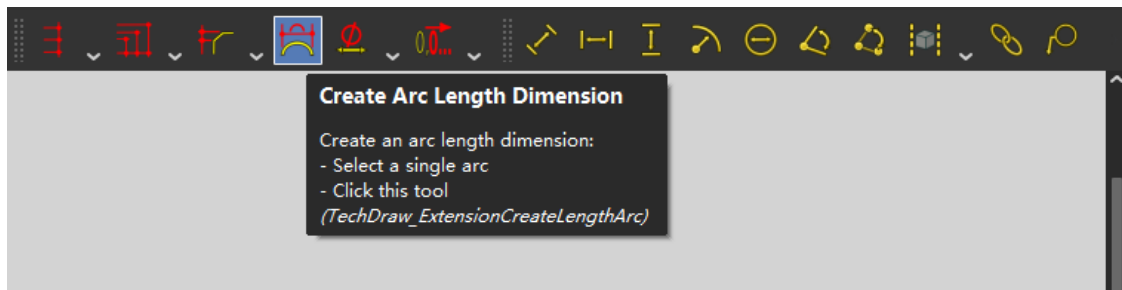
为倒角创建垂直尺寸和角度尺寸，使用方法：选中倒角边的两个顶点进行倒角的测量。



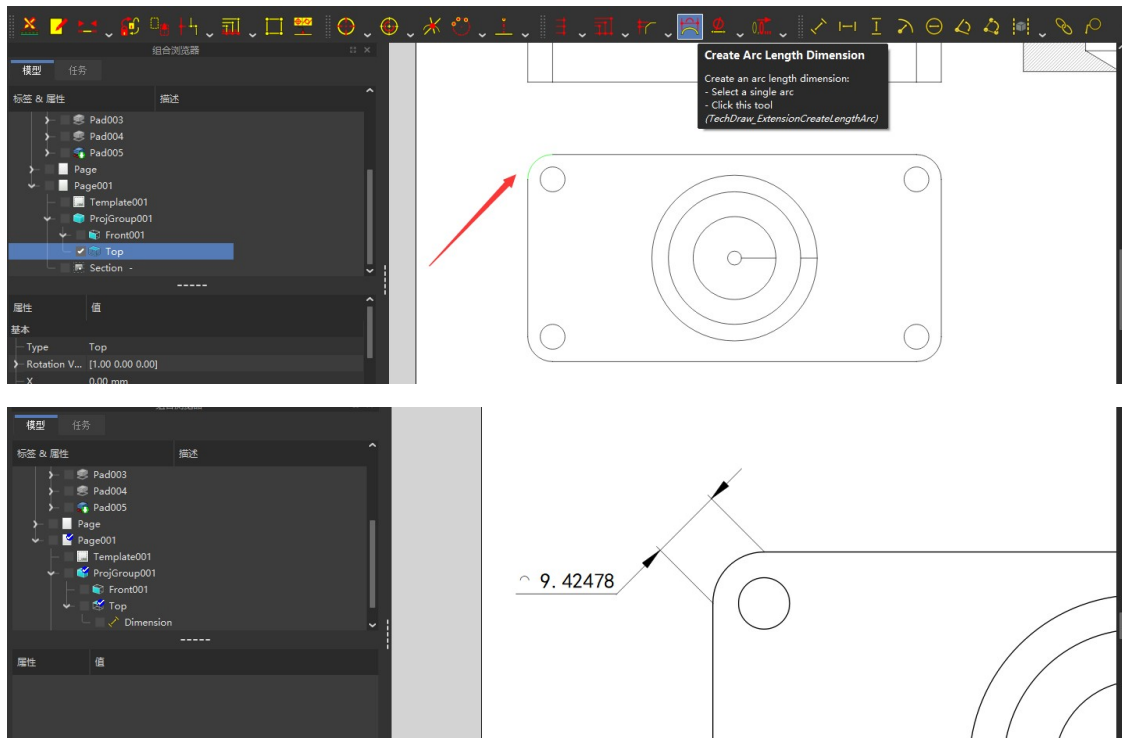
(倒角测量完毕)

## 创建弧长尺寸

创建弧长尺寸；通常用于测量弧半径 R，一般制图中都以标准半径 R 测量，此功能可以对半径标注的样式进行改变，美标中存在这样的标注法。



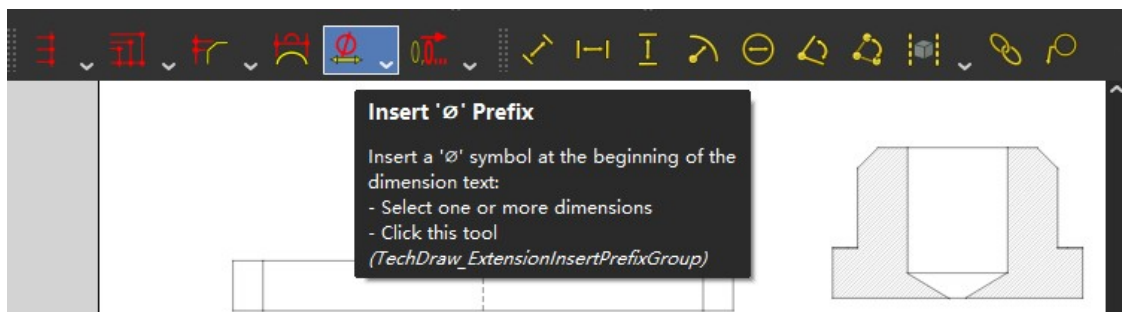
使用方法：选中需要测量的弧点击测量半径。

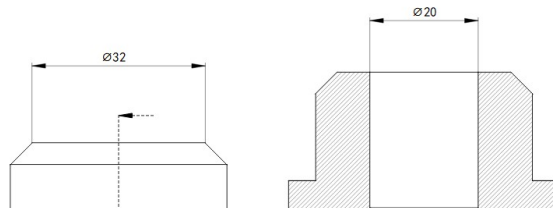
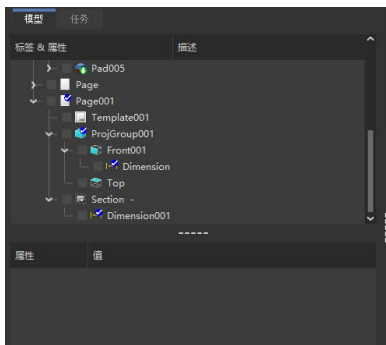
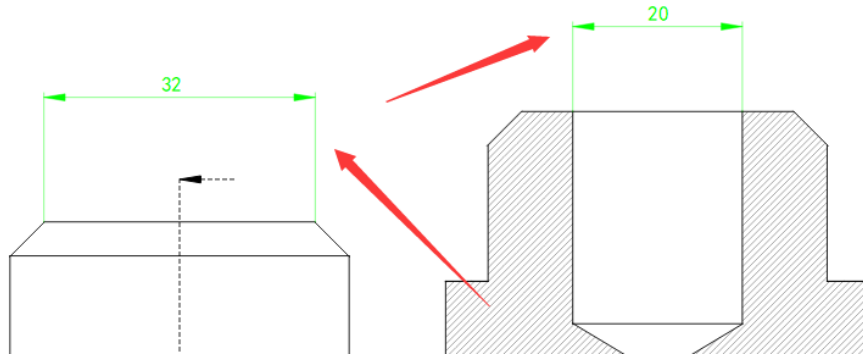
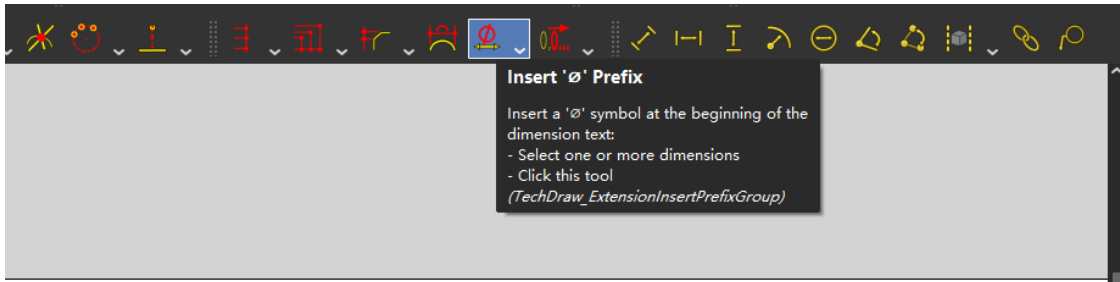


(弧半径测量完毕)

## 插入“ø”前缀

在尺寸文本的开头插入“ø”符号，使用方法选中原来的尺寸标注转换成直径标注。

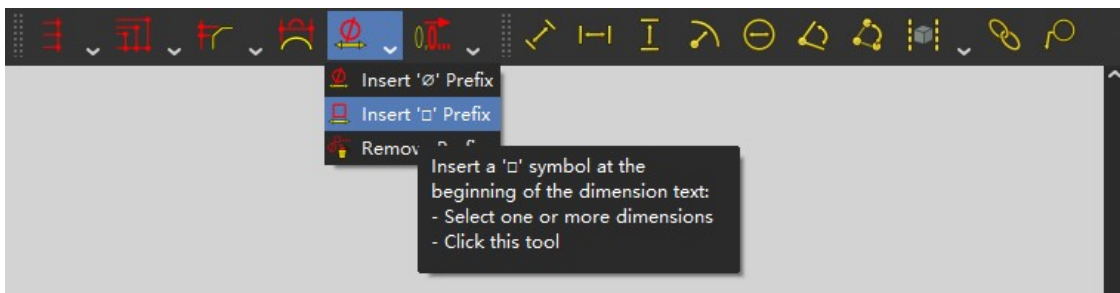


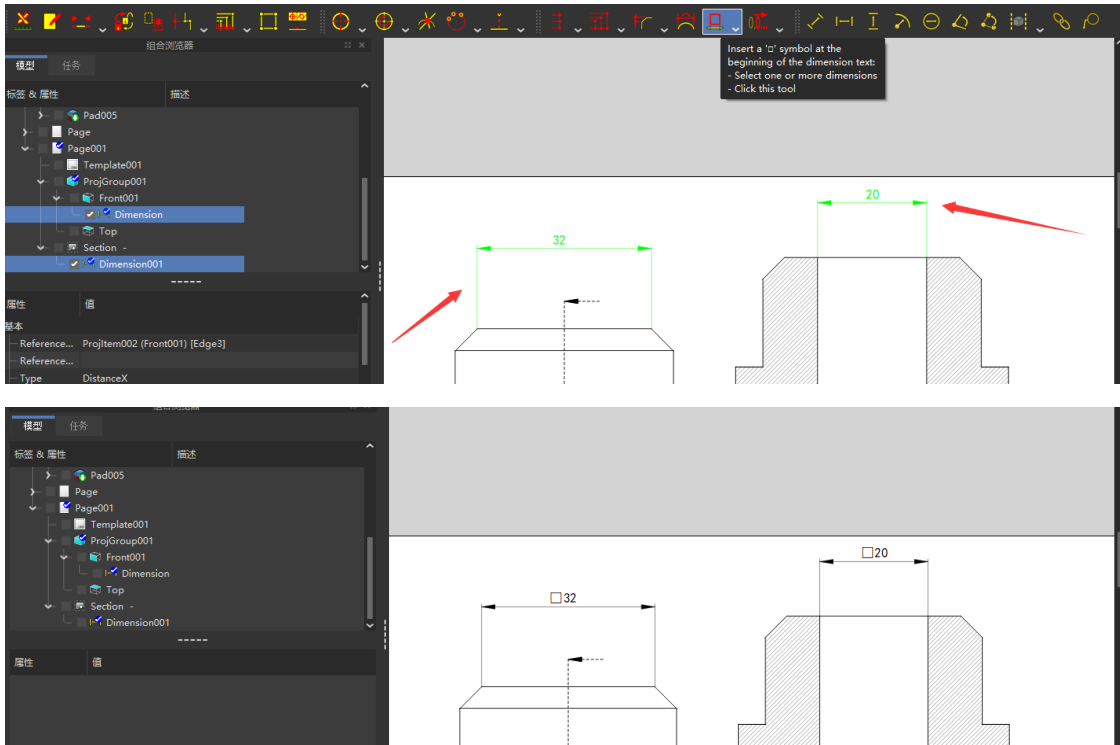


(已转换成直径标注)

## 插入“□”前缀

在尺寸文本的开头插入“□”符号，使用方法选中原来的尺寸标注转换成“□”标注。

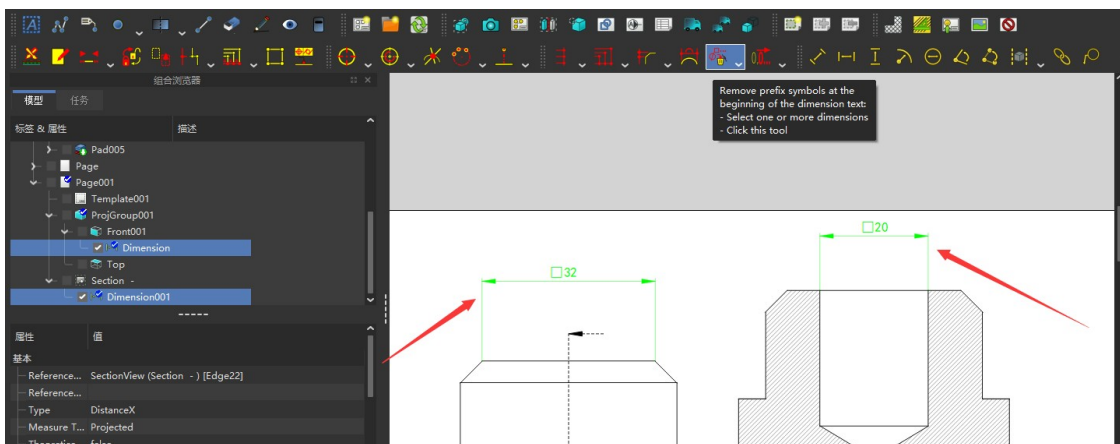
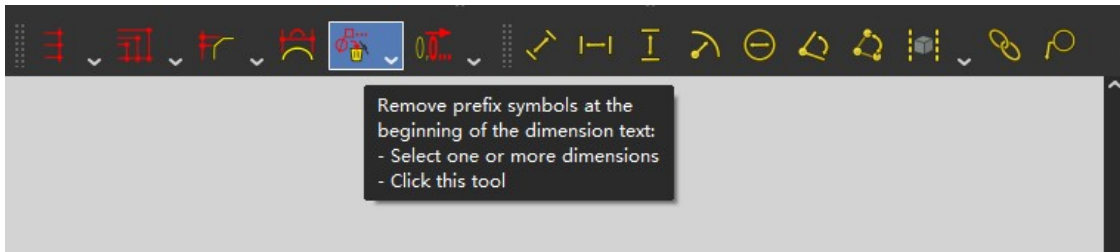


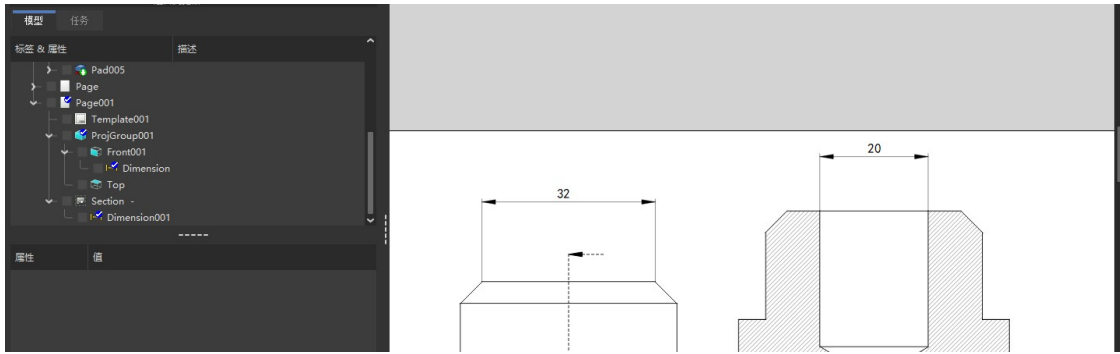


(前缀添加完毕)

## 删除前缀

删除尺寸文本开头的所有符号，使用方法选中原本带有前缀的尺寸标注，单击此功能删除前缀。

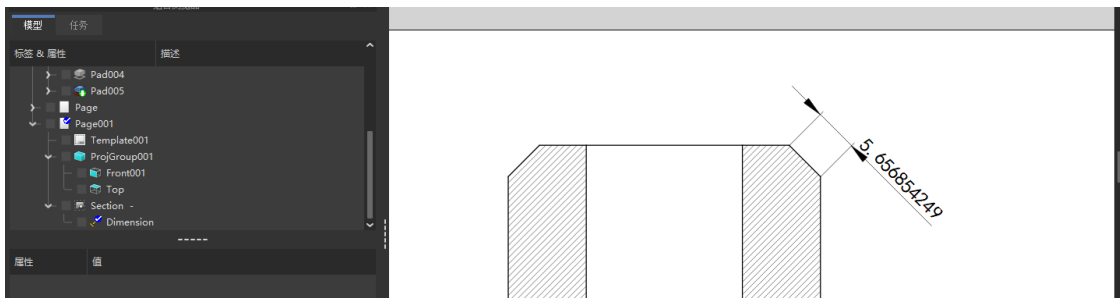
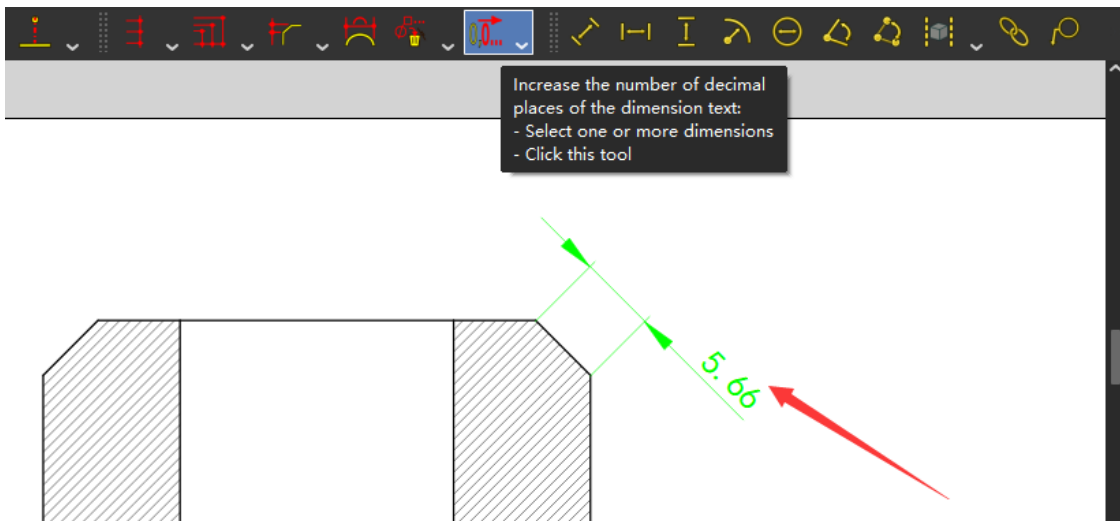
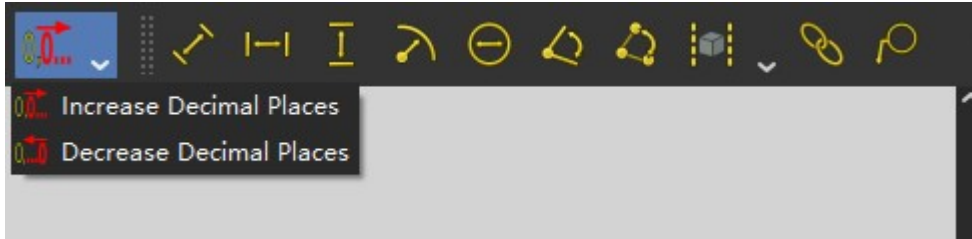




(删除前缀)

## 增加小数位数

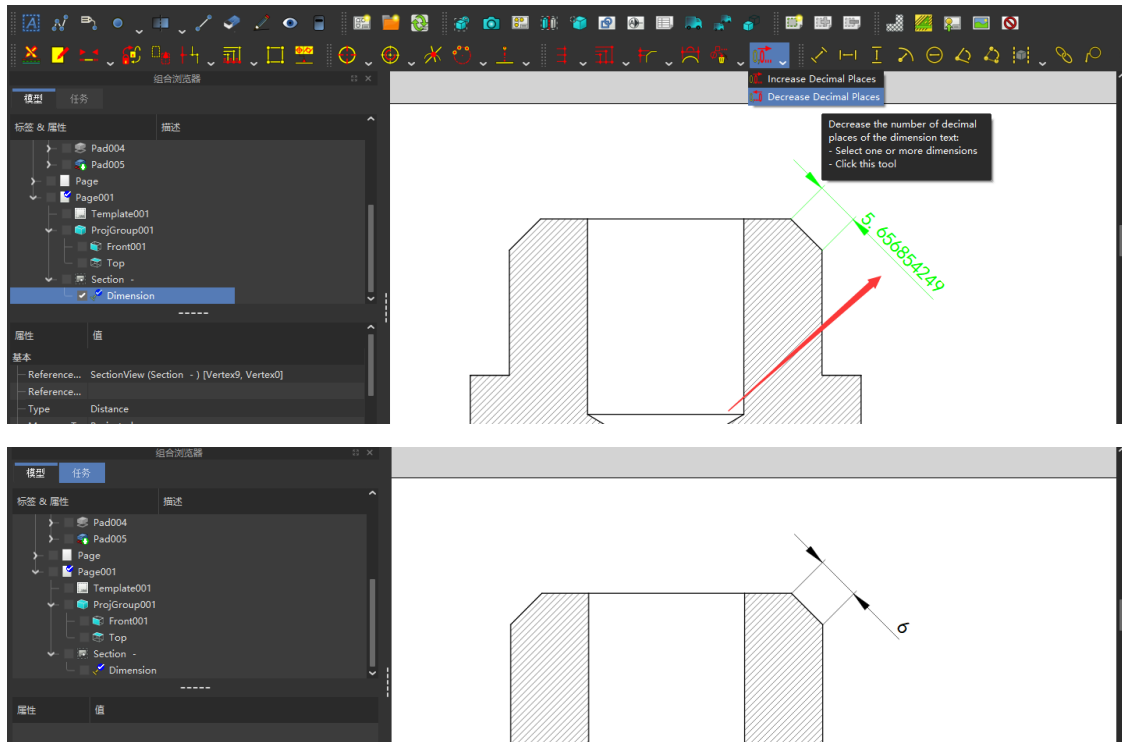
增加尺寸文本的小数位数，使用方法选中尺寸标注每一次点击都会增加一次小数位。



(增加小数位)

## 减少小数位数

减少尺寸文本的小数位数，使用方法选中尺寸标注每一次点击都会减少一次小数位。



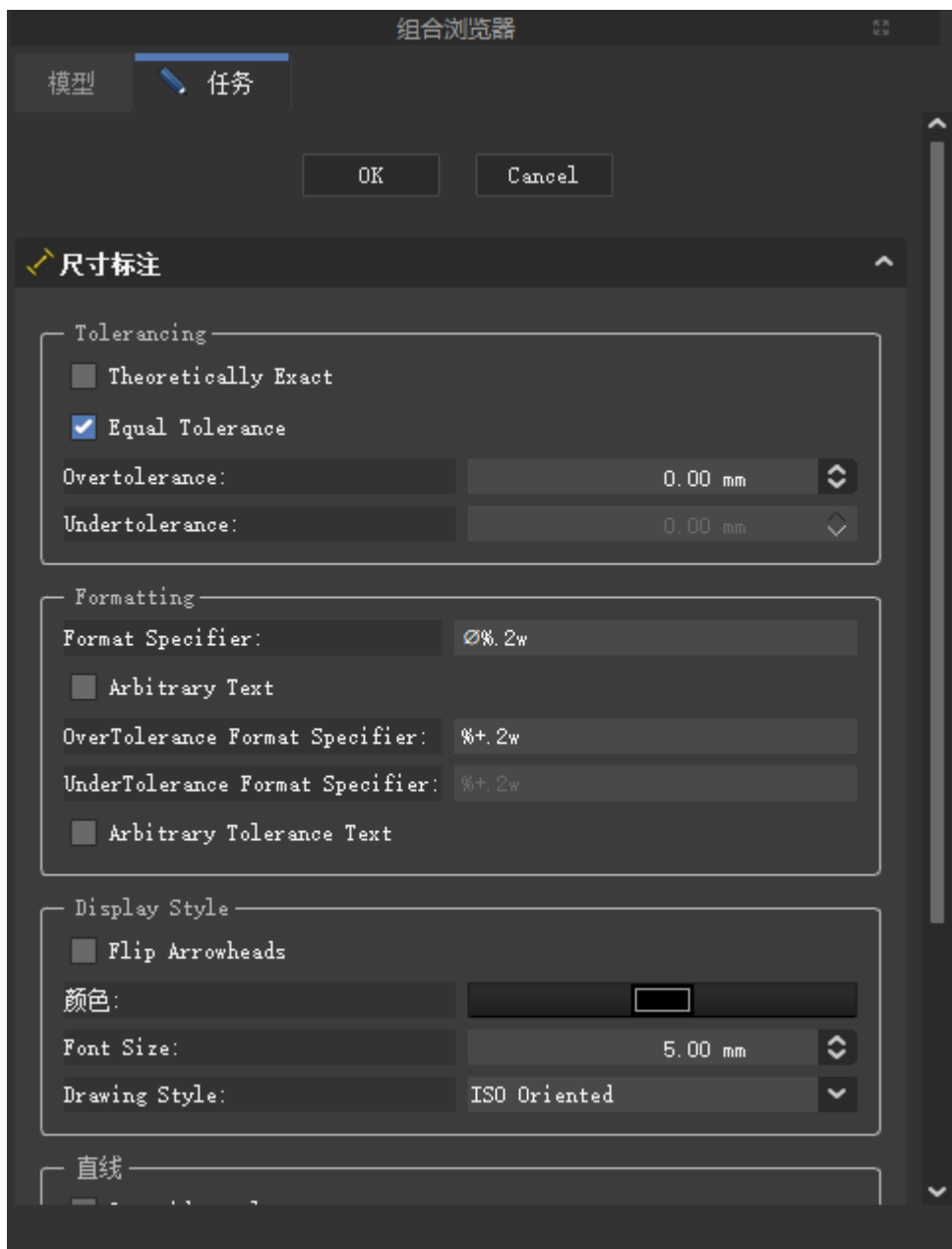
(减少小数位)

## 自定义尺寸

关于自定义尺寸可以查看视频讲解地址：

[https://www.bilibili.com/video/BV1mW4y1N7g8/?vd\\_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66](https://www.bilibili.com/video/BV1mW4y1N7g8/?vd_source=7cf9e4eb79c34e29229779e719e09c66)

在尺寸标注中选择需要修改的尺寸标注双击弹出左侧的面板中可以弹出相关选项可供修改。

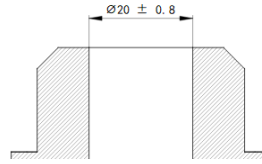
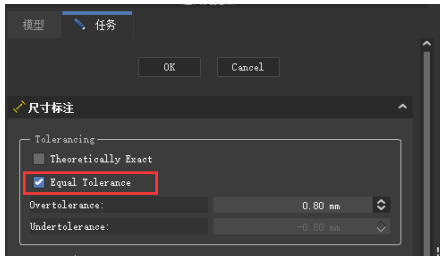


(尺寸标注控制面板)

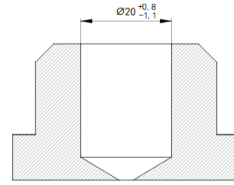
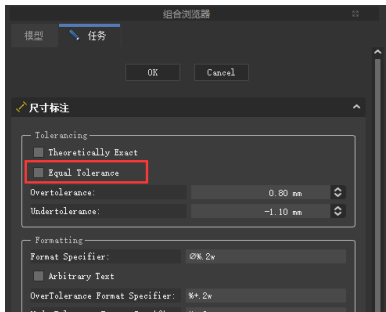


此功能勾选后不可自定义尺寸。

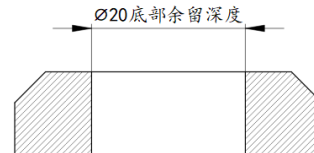
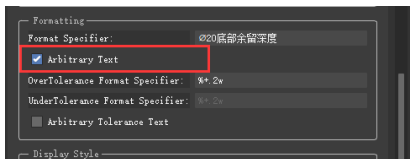
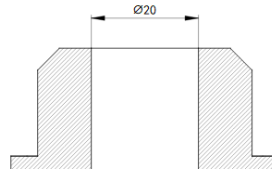
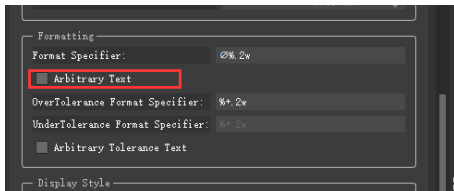
此项功能开启后可以对尺寸标注进行正负公差的双向数值给予。



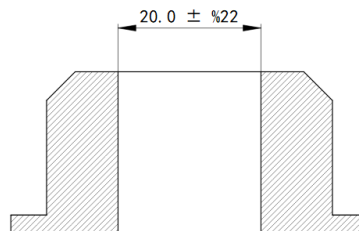
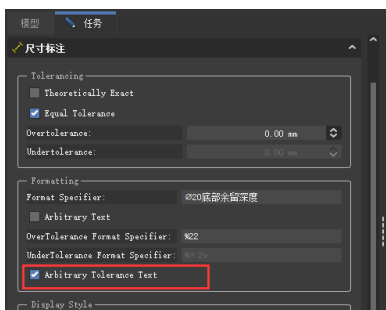
此项功能若关闭可以对正负公差进行不同数值的给予。



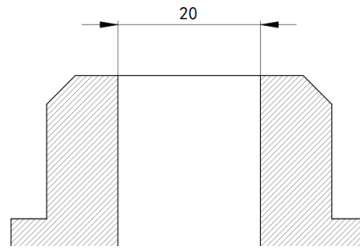
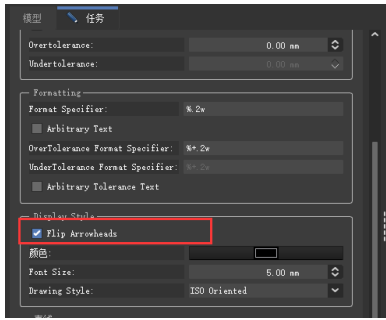
此项功能启用可以进行自定义尺寸以及进行文本的输入，若关闭则无法修改。



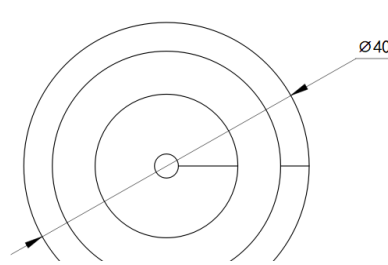
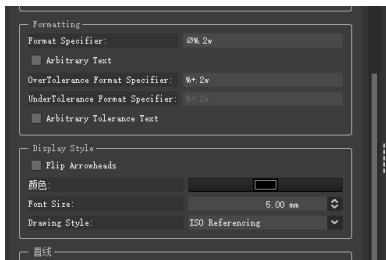
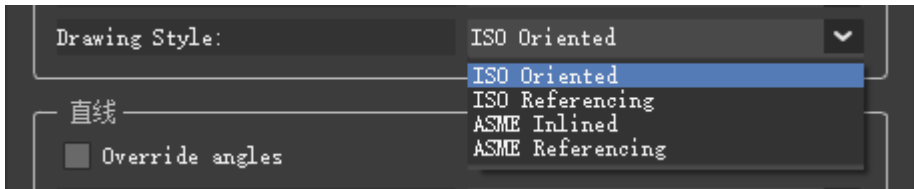
此项功能启用可以定义后缀百分号以及文本键入。



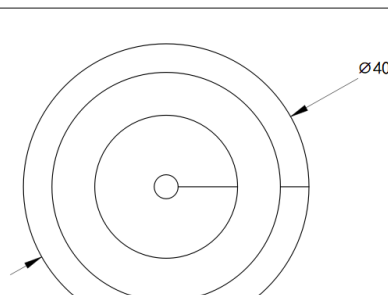
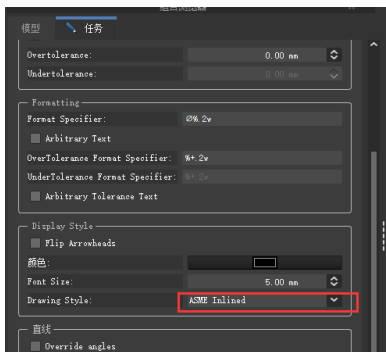
此项功能启用则可以改变标注箭头的朝向，若不勾选则保持默认方向。



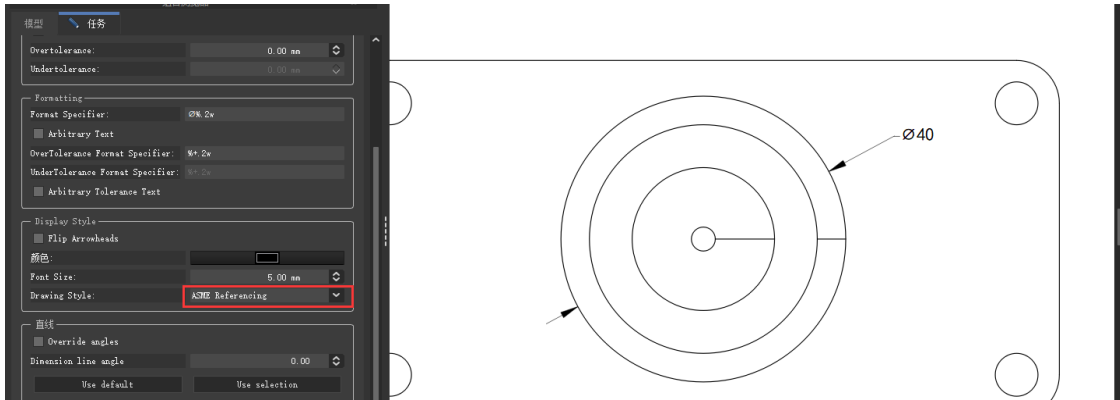
绘图样式可以在下拉菜单中选择国际标准或者美标的指引样式。



(国标带有延伸线)



(美标注样)



(美标带延伸线)

## 结尾

至此本 FreeCAD 学习手册彻底完成编写，希望大家能够基于这些内容温故而知新，希望大家能够去更多的关注推广开源在中国的发展；利用好开源尊重知识产权保护和软件正版意识，如果有条件的个人和企业可以访问 FreeCAD 官网进行资金上的捐助以帮助他们更好的去开发 FreeCAD。

FreeCAD 捐赠地址：<https://www.freecad.org/sponsor.php>

FreeCAD 官方网站地址：<https://www.freecad.org/>

---

本手册最后编辑日期：2023 年 7 月 31 日

最后校对日期：2023 年 7 月 31 日

编写人作者：VO 清鱼

校对人：VO 清鱼

作者个人视频教程播客地址：<https://space.bilibili.com/40499149>

作者联系方式：QQ：1870469065 微信：qq13162059607

合作联系：[1870469065@qq.com](mailto:1870469065@qq.com)

## 作者声明

此手册完全由作者本人独立编写；部分解析参考 FreeCAD 官网的解释，其余均是作为用户的个人理解和实践，禁止不法分子倒卖本手册非法获利，未经许可禁止转载贩卖刻录等任何形式传播；保留著作权和版权所有©

## 鸣谢

在此特别感谢大家这么久以来对于 **FreeCAD** 的坚持学习以及对于我视频教程的认可；本人也是一位普通的用户在视频平台上做着平凡的分享，在有些方面可能并不是讲的特别好，还请大家谅解。感谢您的一片好学之心，祝您一切美好。