多体系统动力学仿真

UM 软件强基训练系列教程

(04)

四川同算科技有限公司

2022 年 6 月

《UM 软件强基训练系列教程》面向具有 UM 软件使用基础的用户，作为对《UM 软件入门系列教程》和《UM 培训教程》的补充和强化，教程中使用的部分例子取自 UM 软件自带的模型。

希望读者重视基础，勤加练习，多多思考，相信通过每一次练习都能有所收获。

目录

1 UM Input 建模过程

1.1 定义参数符号

开始建模之前，先在左下角参数列表处添加 6 个长度参数和 1 个角度参数：

r1=1

*a=r1*cos(pi/6)*

*b=r1*sin(pi/6)*

*r2=2*a*

*x1=sin(angle*dtor)*

angle=7.5(°)

*z1=cos(angle*dtor)*

注：r2 须在 a 之后，x1 和 z1 须在 angle 之后。

Whole list

Name	Expression	Value	Comment
r1	1		m
a	r1*cos(pi/6)	0.8660254	m
b	r1*sin(pi/6)	0.5	m
r2	2*a	1.7320508	m
angle	7.5		°
x1	sin(angle*dtor)	0.13052619	m
z1	cos(angle*dtor)	0.99144486	m

1.2 建立几何模型

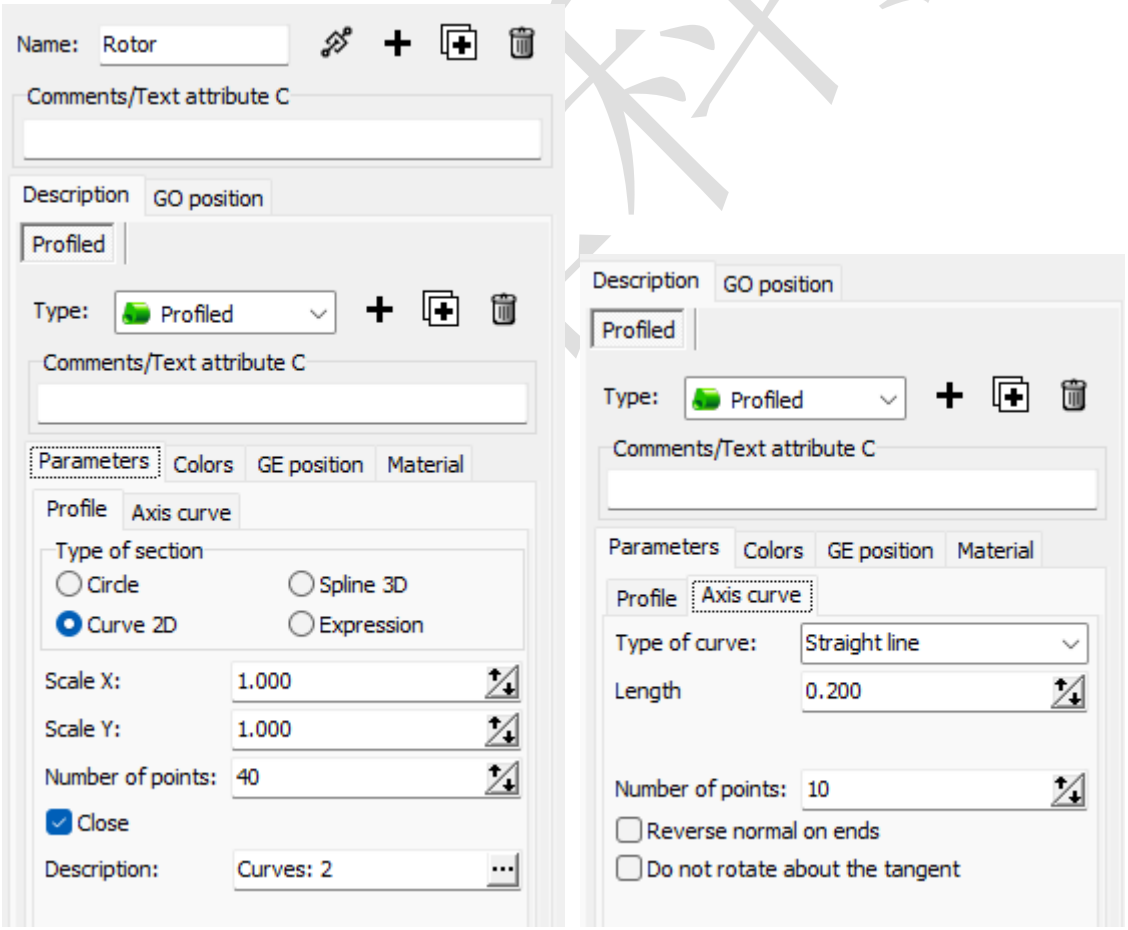
Rotor：由 1 个 Profiled（红色)和 3 个 Cone（颜色分别为：橙色、绿色、紫色）组成。

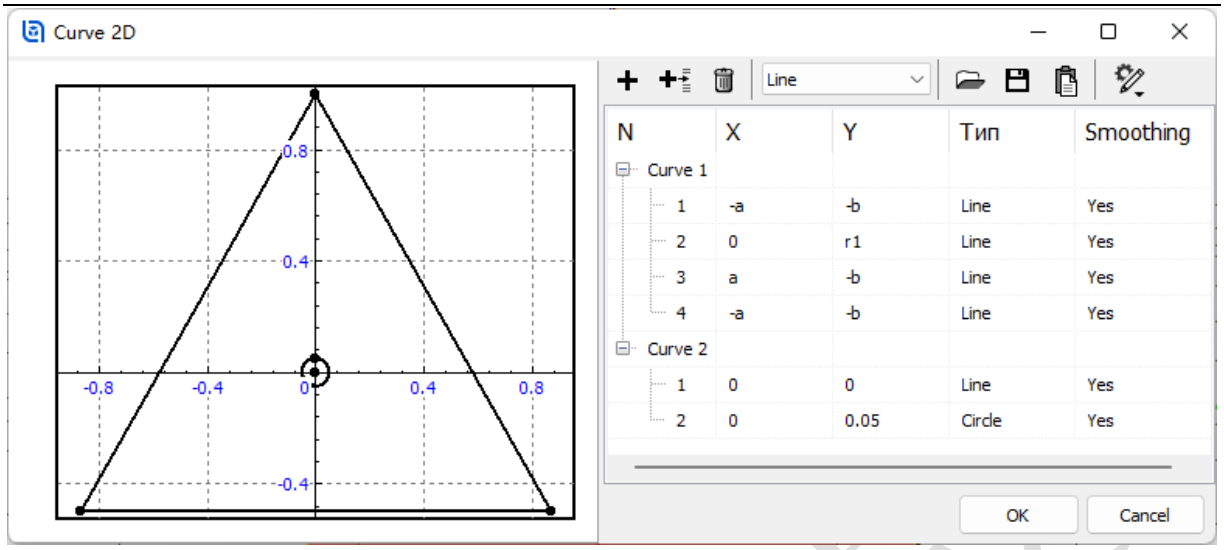
Profiled Parameters：

Profile：Type of section：Curve 2D; Scale X=1，Scale Y=1;

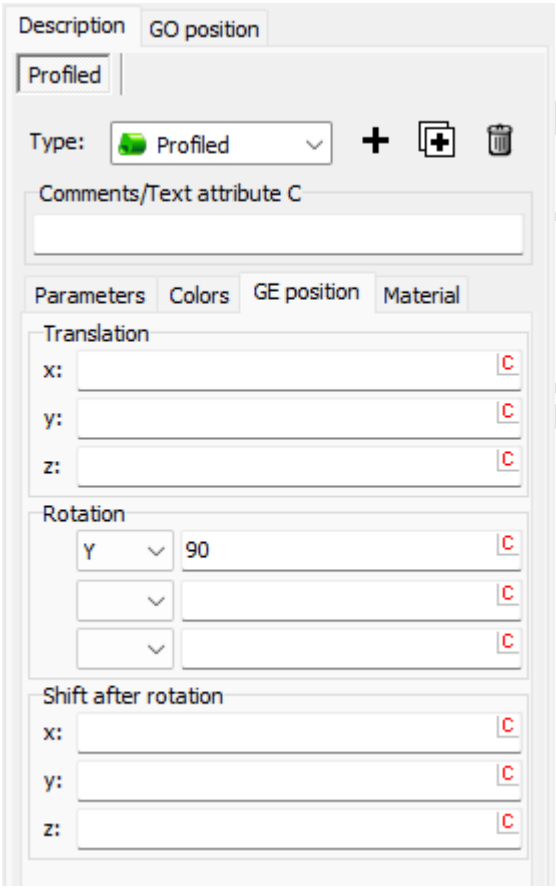
勾选 Close，点击 Description 右侧…图标，创建曲线：通过 4 个点，坐标分别为：（-a，-b）、（0，r1）、（a，-b）、（-a，-b），建立一个正三角形。点击右键，选择 Add new curve，添加第二条曲线：通过点（0，0）和（0，0.05）定义一个半径为 0.05(m)的圆。

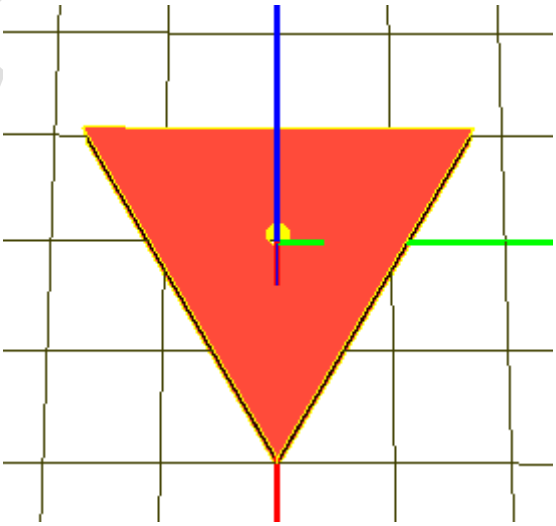
Axis curve：Type of curve：Straight line，Length=0.2(m)。





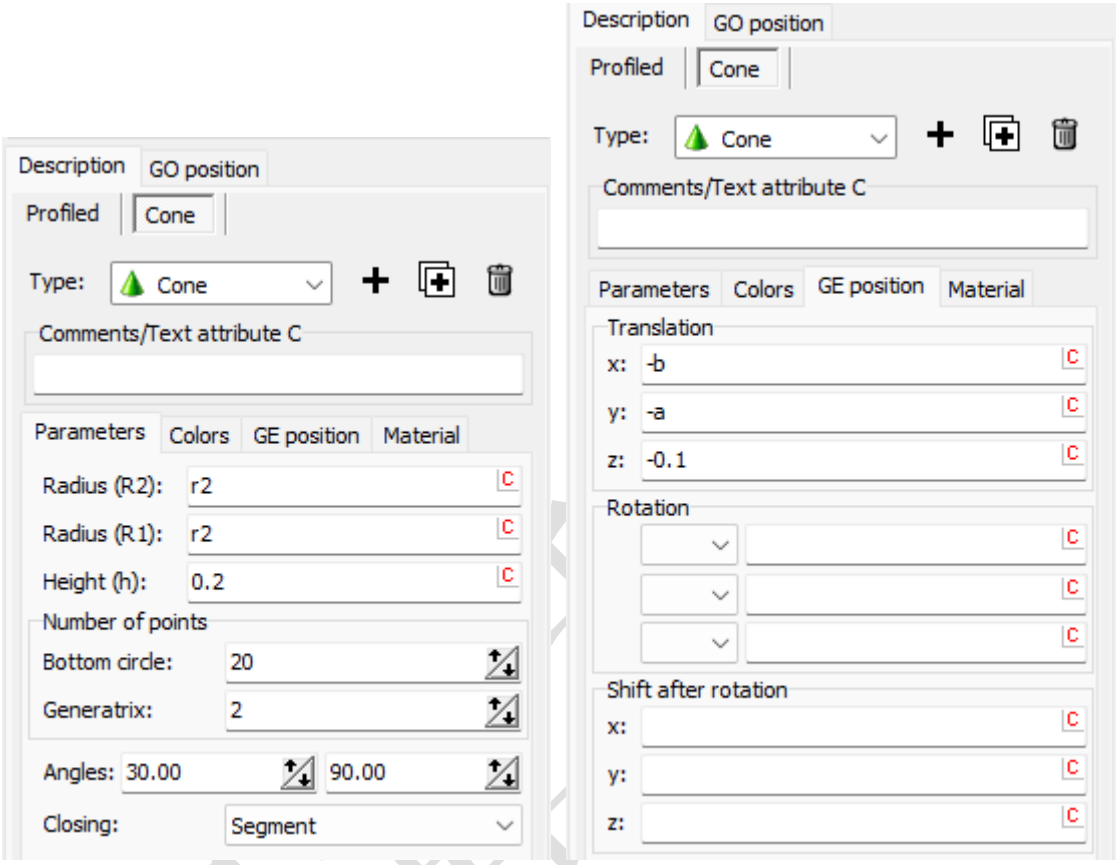
GE position：绕 Y 轴旋转 90(°)。

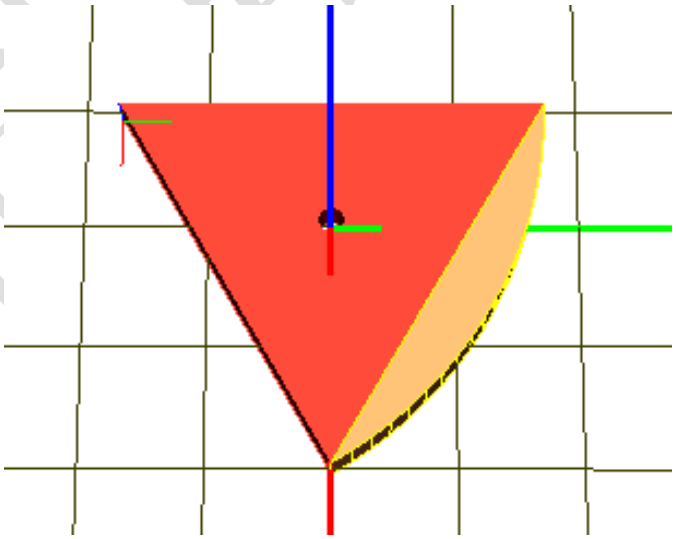




Cone1 Parameters：R2=R1=r2，h=0.2(m)，Angles 定义域：[30，90]，Closing 闭合方式选择 Segment。

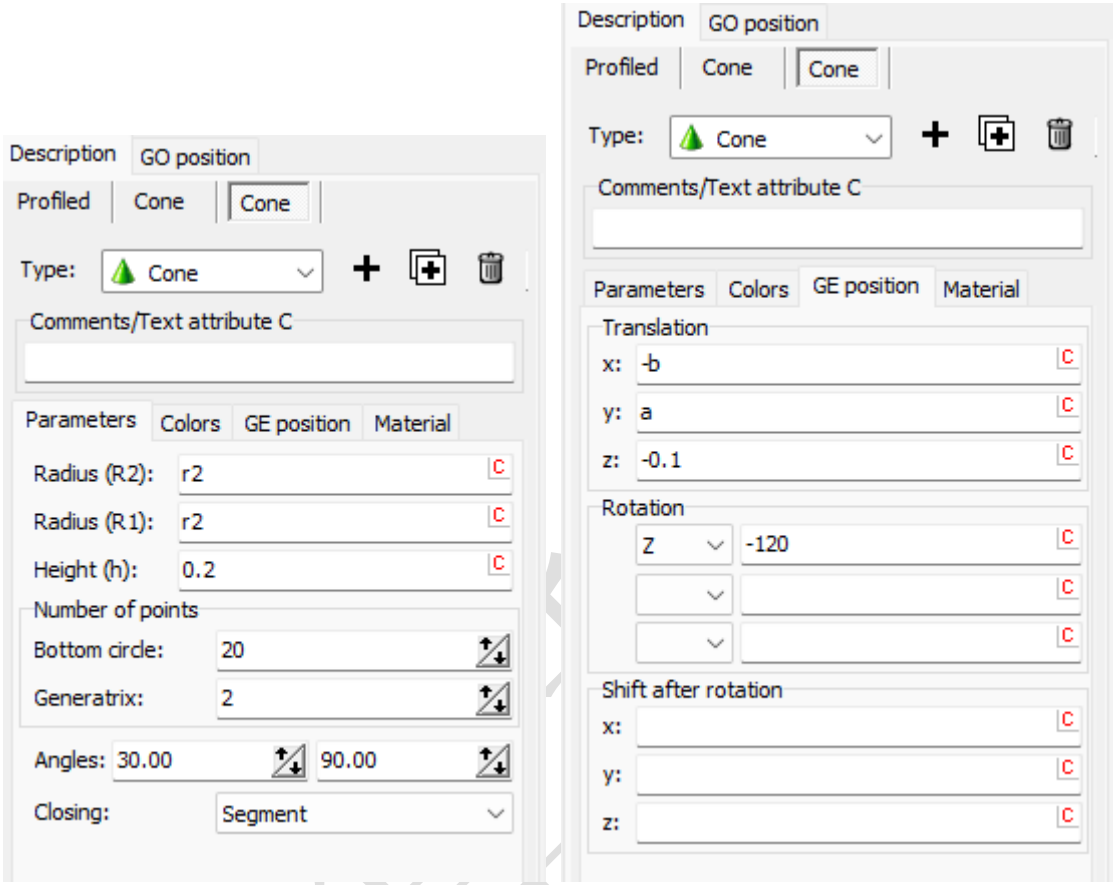
GE position：Translation：x=-b，y=-a，z=-0.1(m)。

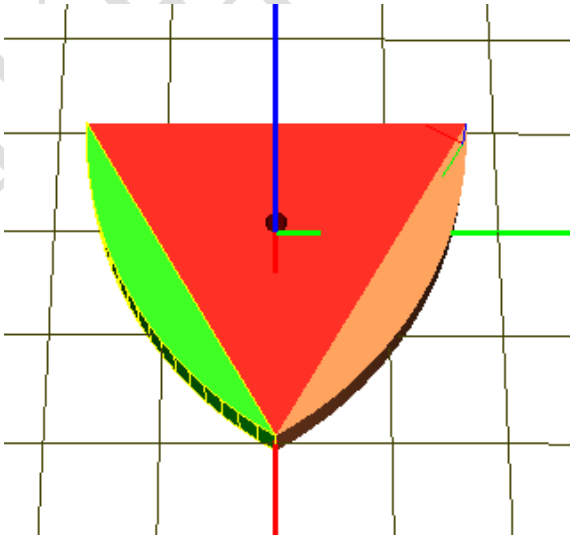




Cone2 Parameters：复制 Cone1，保持 Parameters 不变。

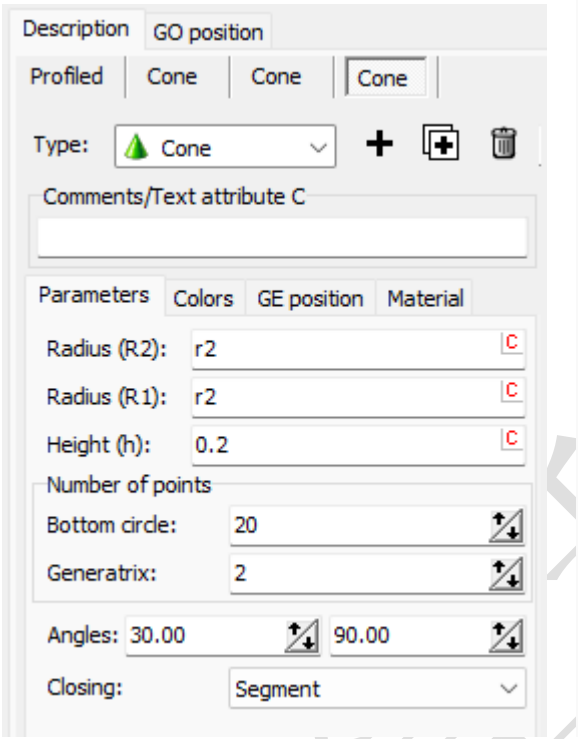
GE position：Translation：x=-b，y=a，z=-0.1(m)，Rotation：绕 Z 轴旋转-120(°)。

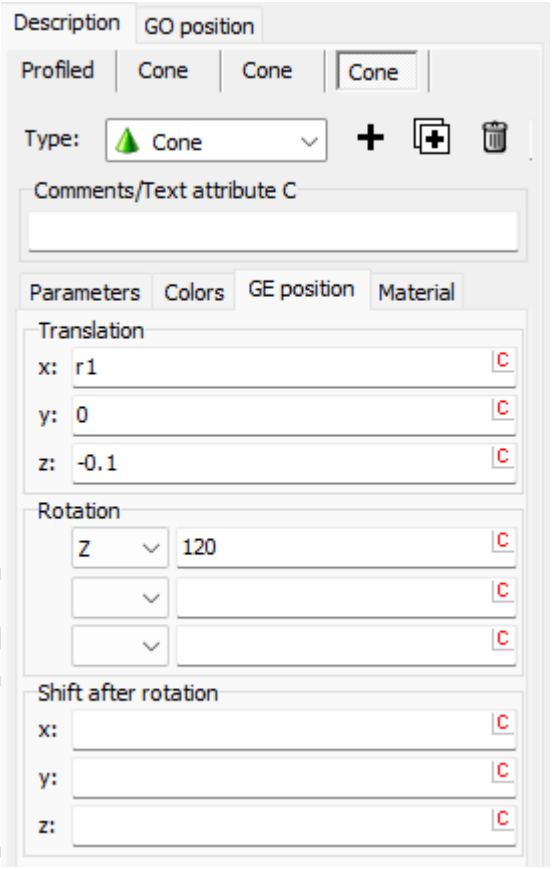


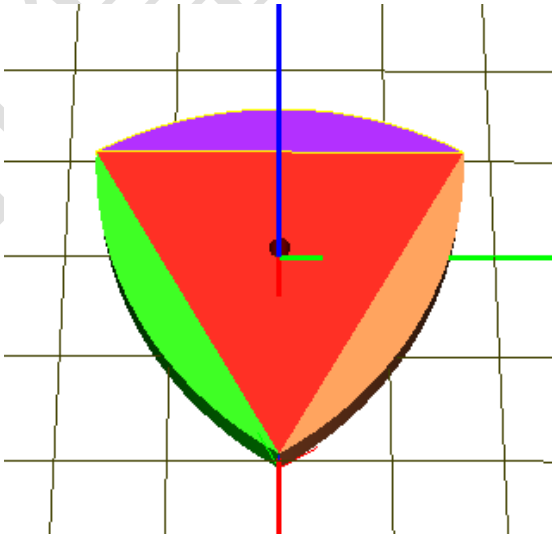


Cone3 Parameters：复制 Cone1，保持 Parameters 不变。

GE position：Translation：x=r1，y=0，z=-0.1(m)，Rotation：绕 Z 轴旋转 120(°)。

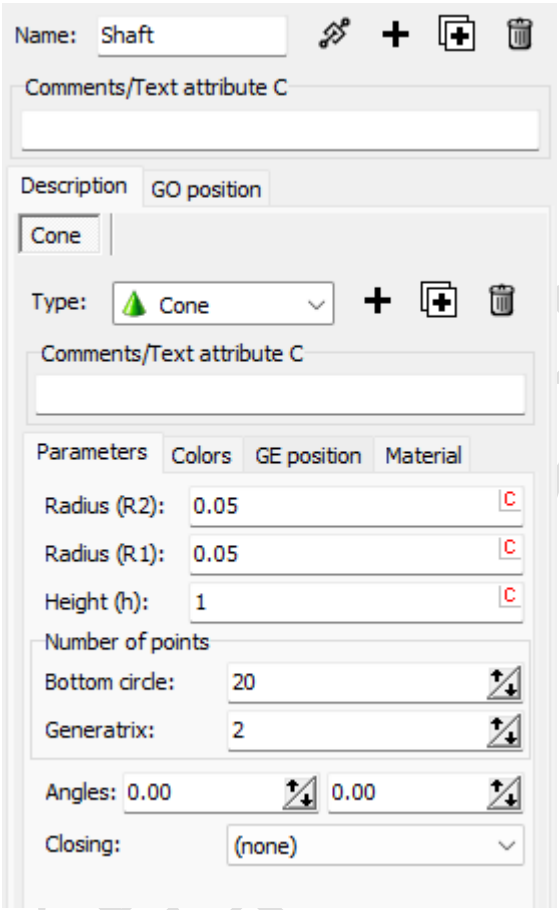


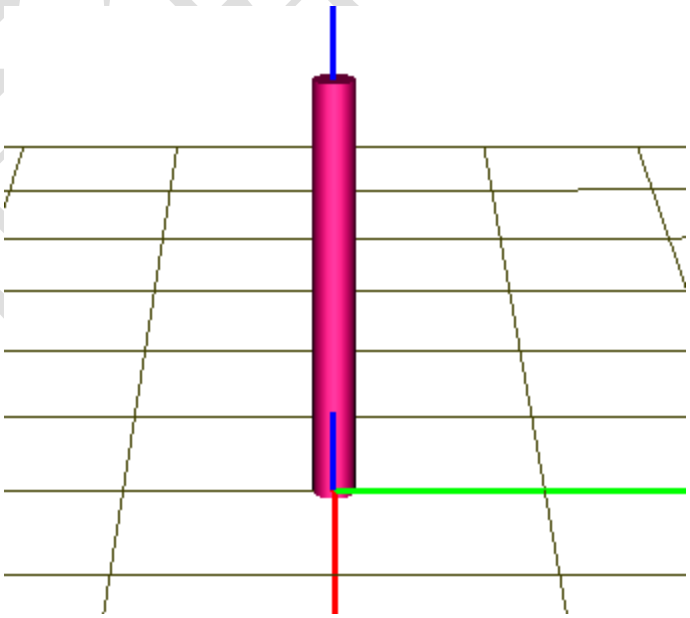




Shaft：由 3 个 Cone 组成，颜色分别为：紫色、蓝色、黄色。

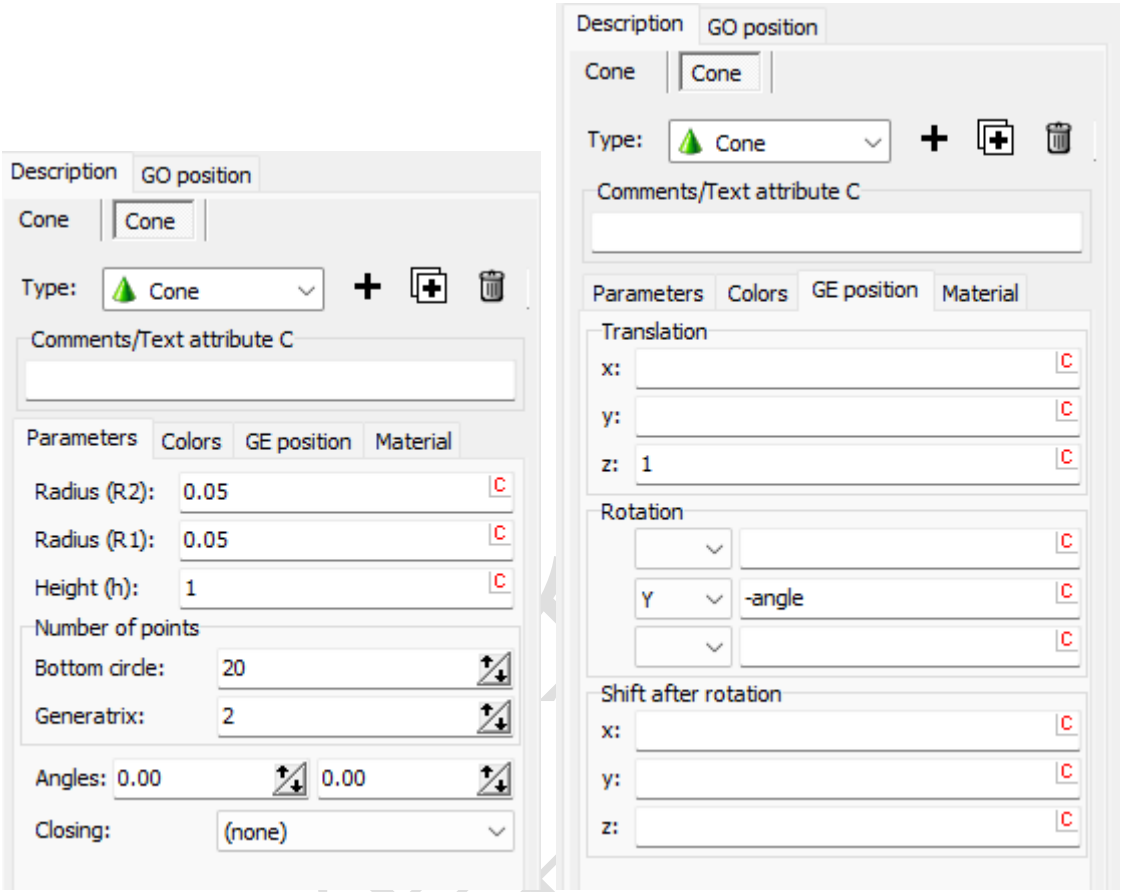
Cone1 Parameters：R2=R1=0.05(m)，h=1(m)。

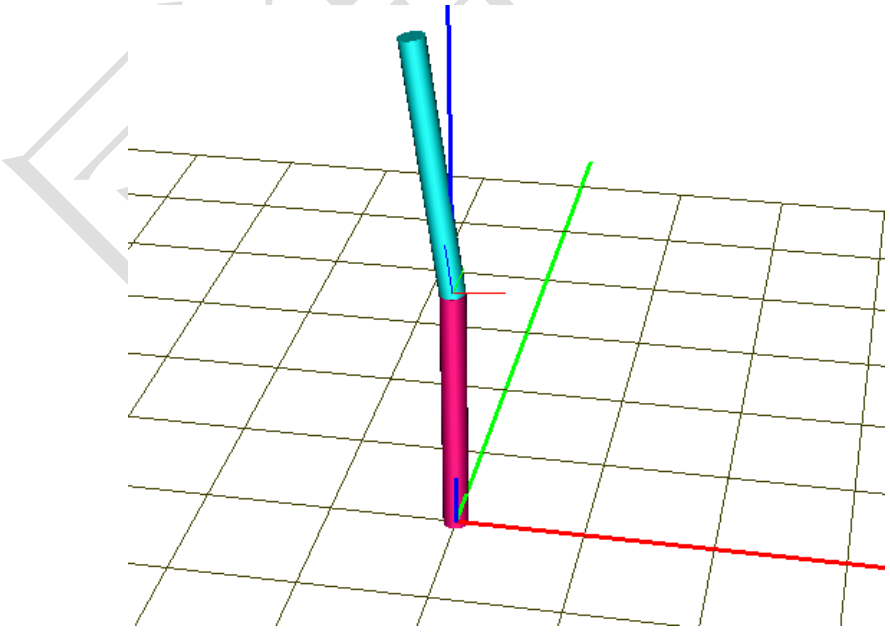




Cone2 Parameters：复制 Cone1，保持 Parameters 不变。

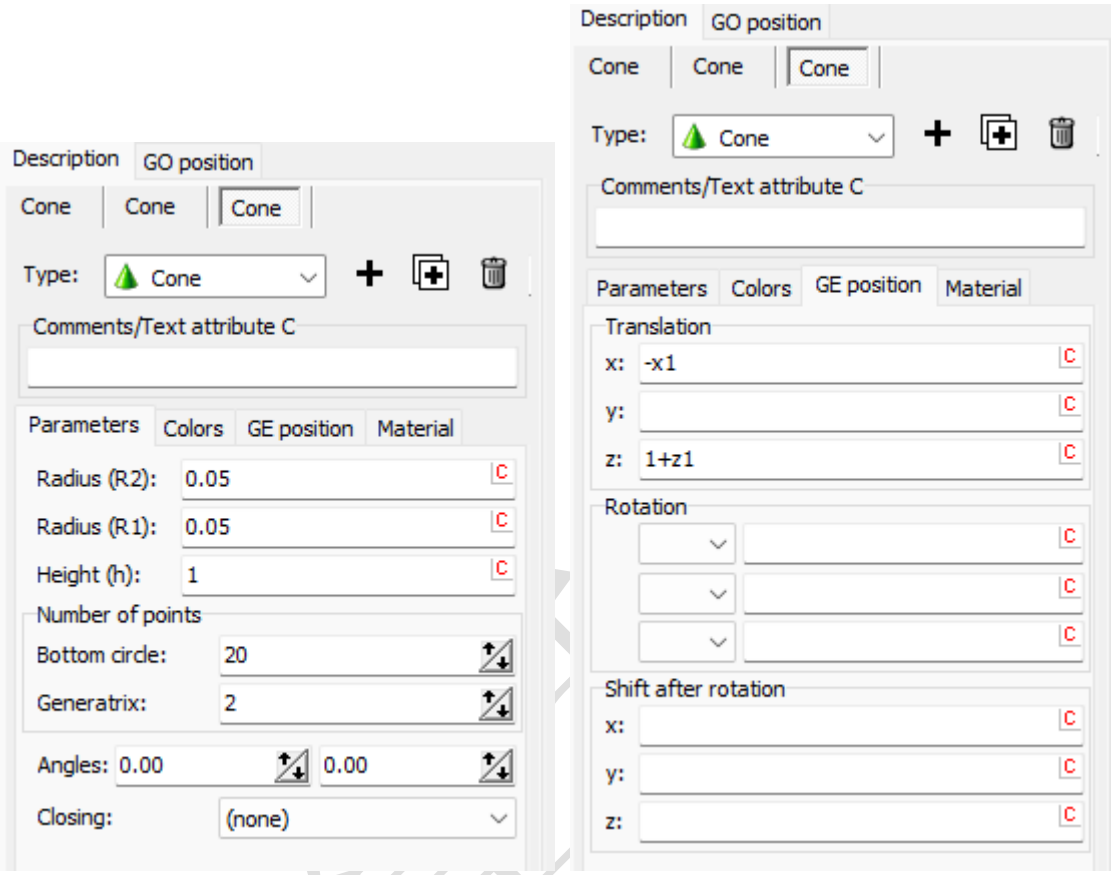
GE position：Translation：z=1(m)，Rotation：绕 Y 轴旋转-angle(°)。

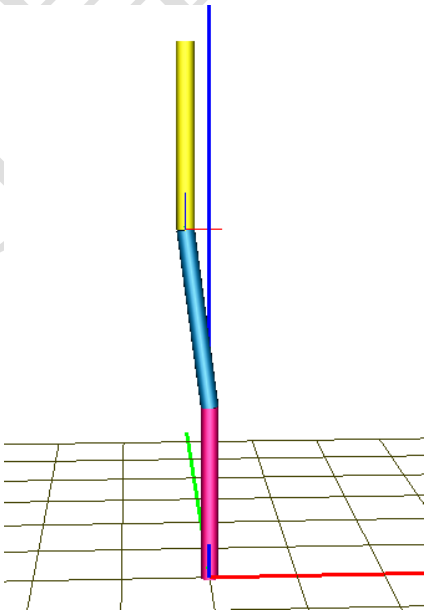




Cone3 Parameters：复制 Cone1，保持 Parameters 不变。

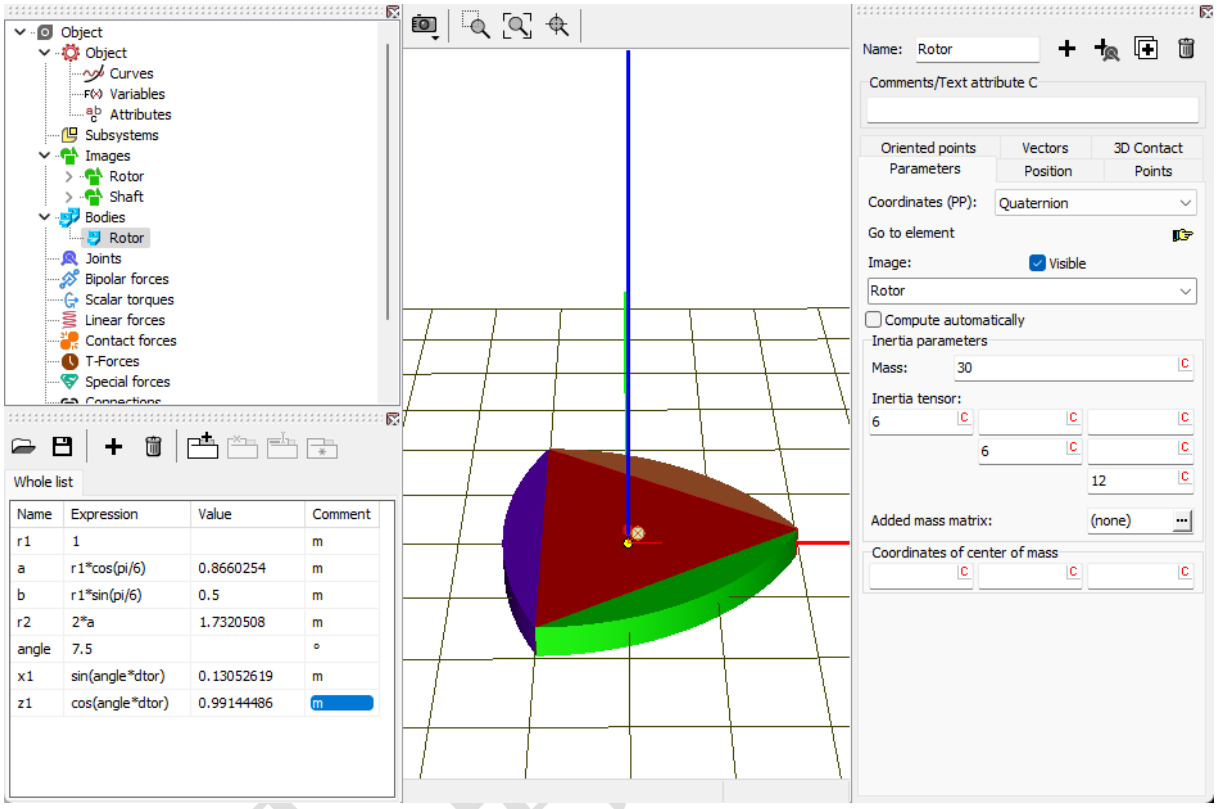
GE position：Translation：x= -x1，z= 1+z1。



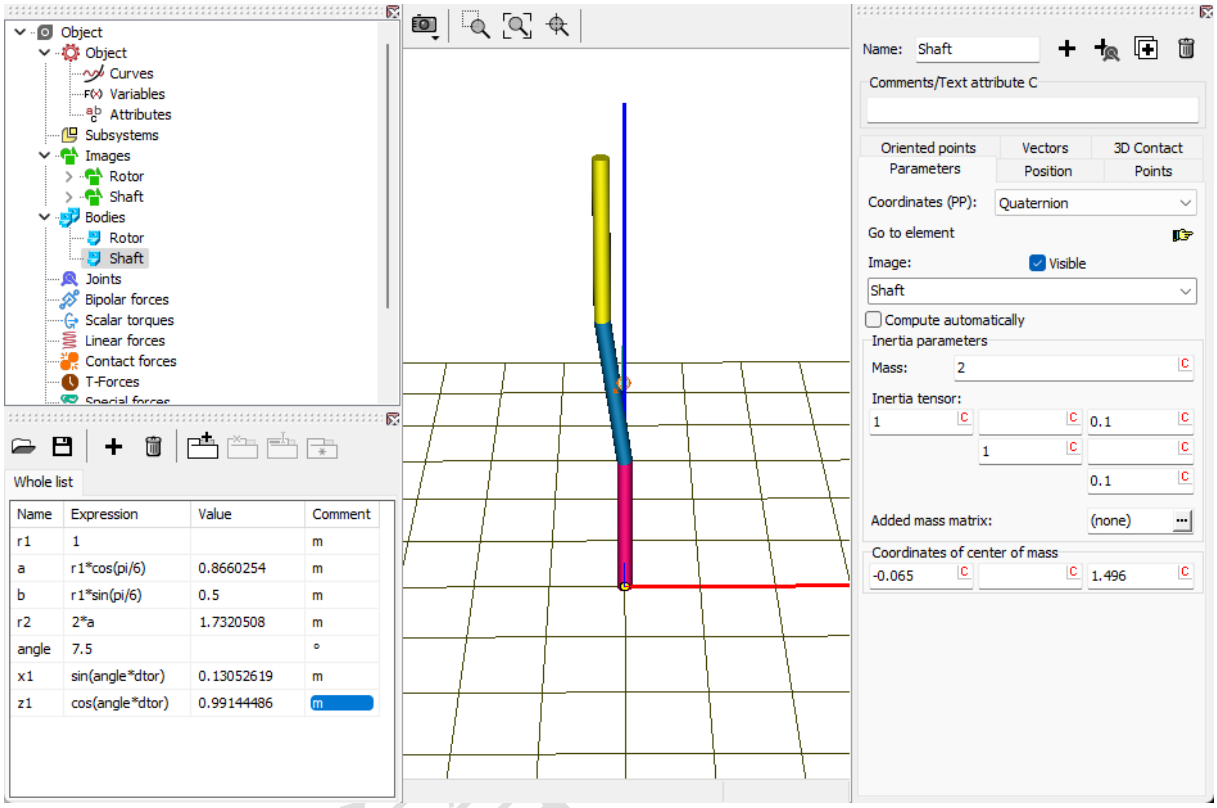


1.3 定义刚体参数

Rotor：选择几何 **Rotor**，定义 Mass=30(kg)，Ix= Iy=6（kg*m^2），Iz=12（kg*m^2），质心在坐标原点。



Shaft：选择几何 **Shaft**，定义 Mass=2(kg)，Ix= Iy=1（kg*m^2），Iz=Ixz=0.1（kg*m^2），质心坐标为：（-0.065，0，1.496）。

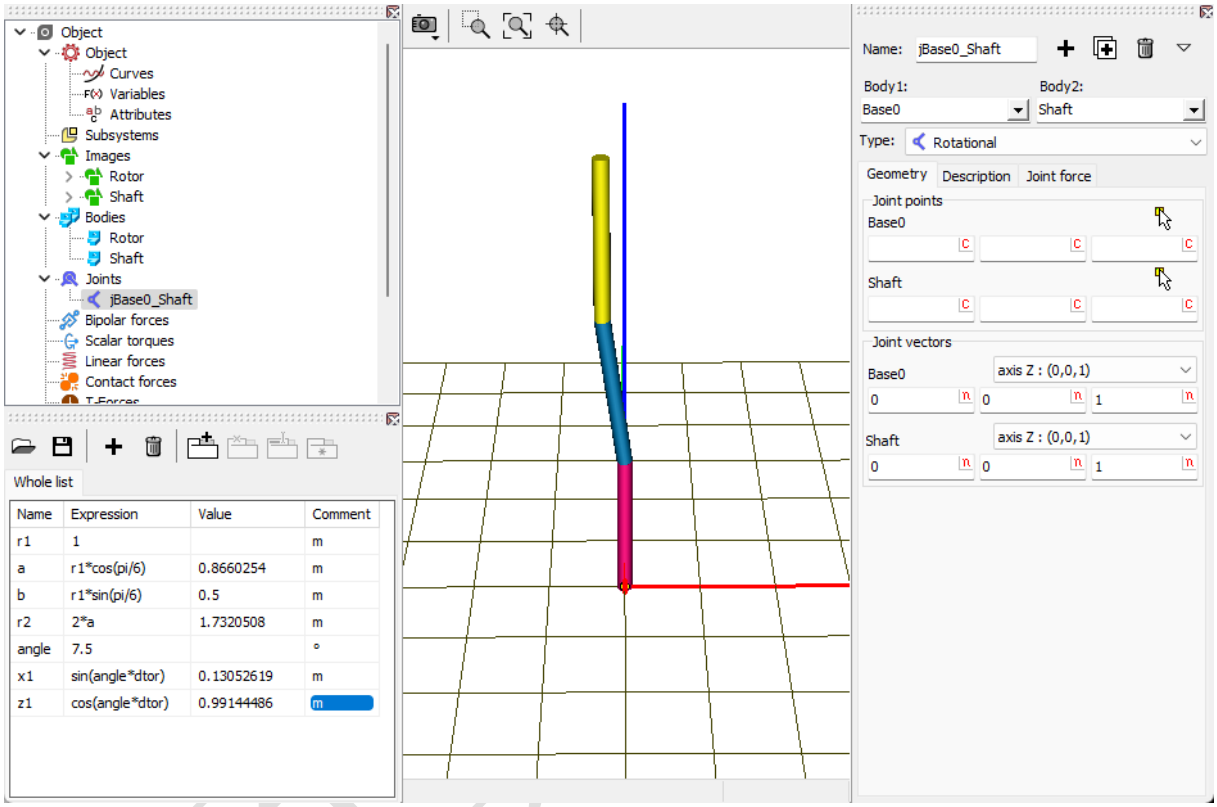


1.4 描述铰

jBase0_Shaft: 选择 **Base0** 作为铰的 1 号物体，**Shaft** 为 2 号物体，类型为 Rotational。

Joint points（0，0，0）和（0，0，0）；

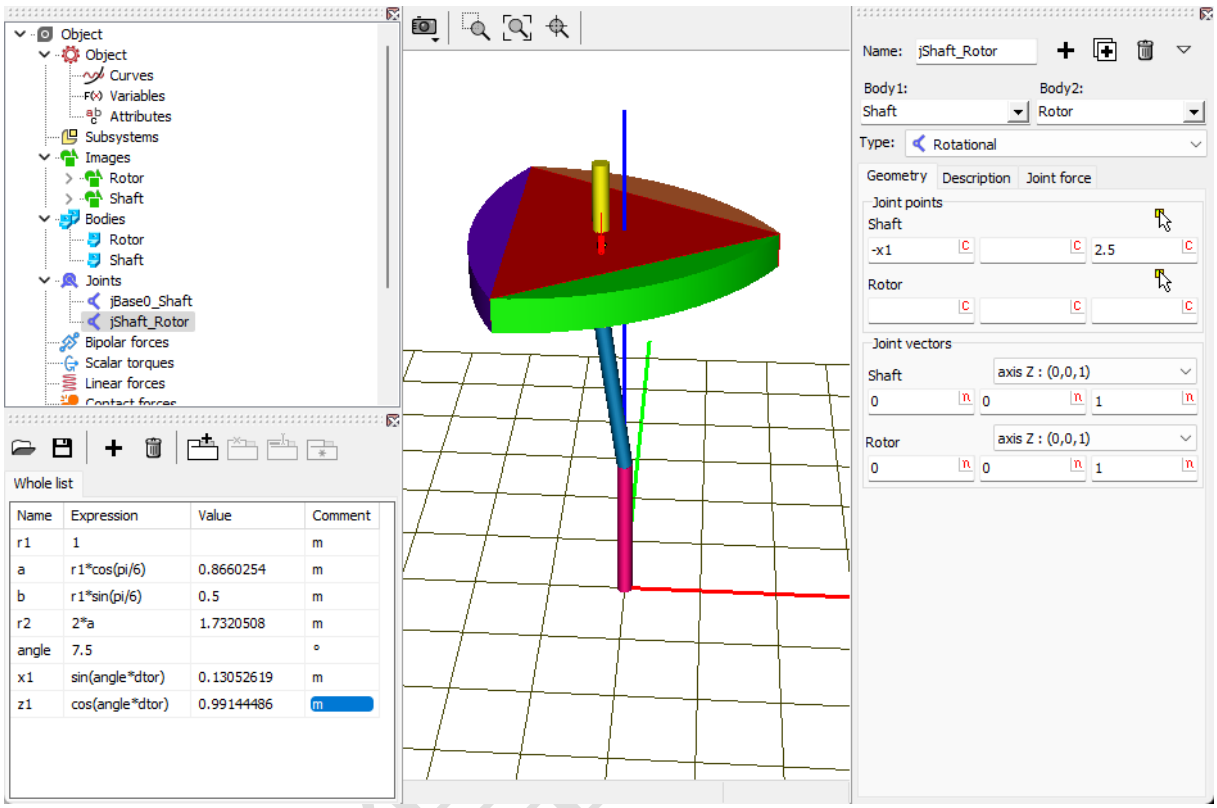
Joint Vectors（0，0，1）和（0，0，1）。



jShaft_Rotor：选择 **Shaft** 作为铰的 1 号物体，**Rotor** 为 2 号物体，类型为 Rotational。

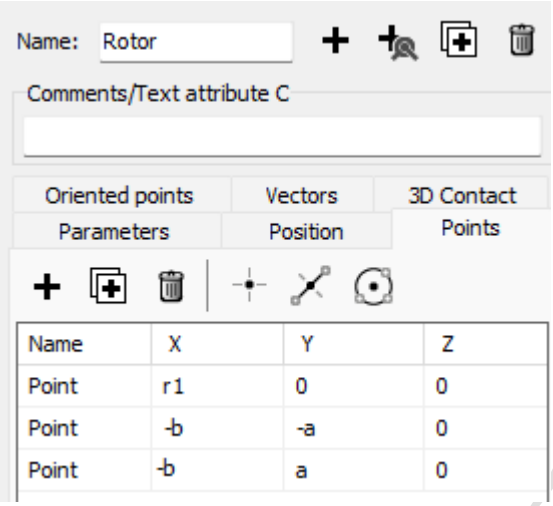
Joint points（-x1，0，2.5）和（0，0，0）；

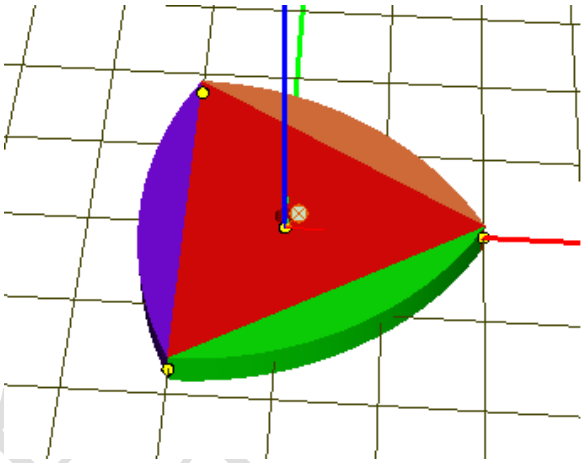
Joint Vectors（0，0，1）和（0，0，1）。



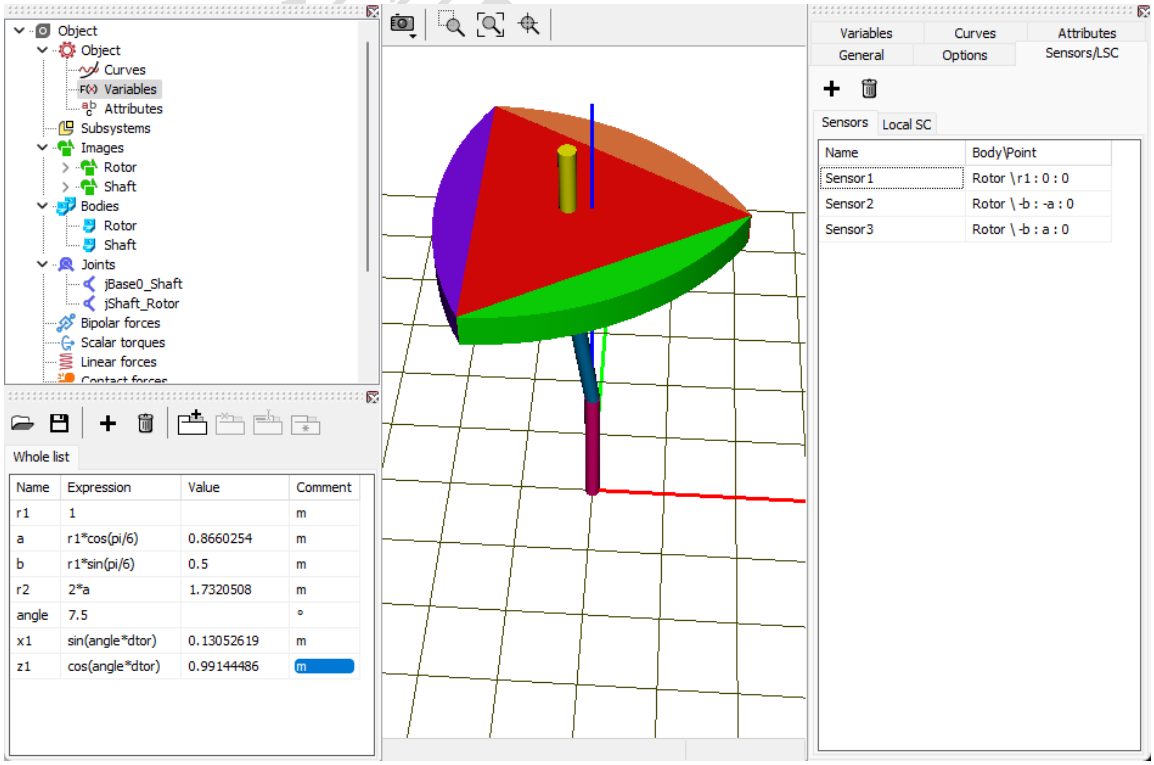
1.5 创建 Sensors

先在模型树中选中刚体 **Rotor**，然后在其 Points 页面，创建 3 个标记点，坐标分别为：（r1，0，0），（-b，-a，0），（-b，a，0）。





选中左侧模型树的第二级 Object，在右侧的 Sensors/LSC-Sensors 页面，点击 + 按钮，依次选择刚体 Rotor 上的 3 个标记点。



完成建模，保存模型。

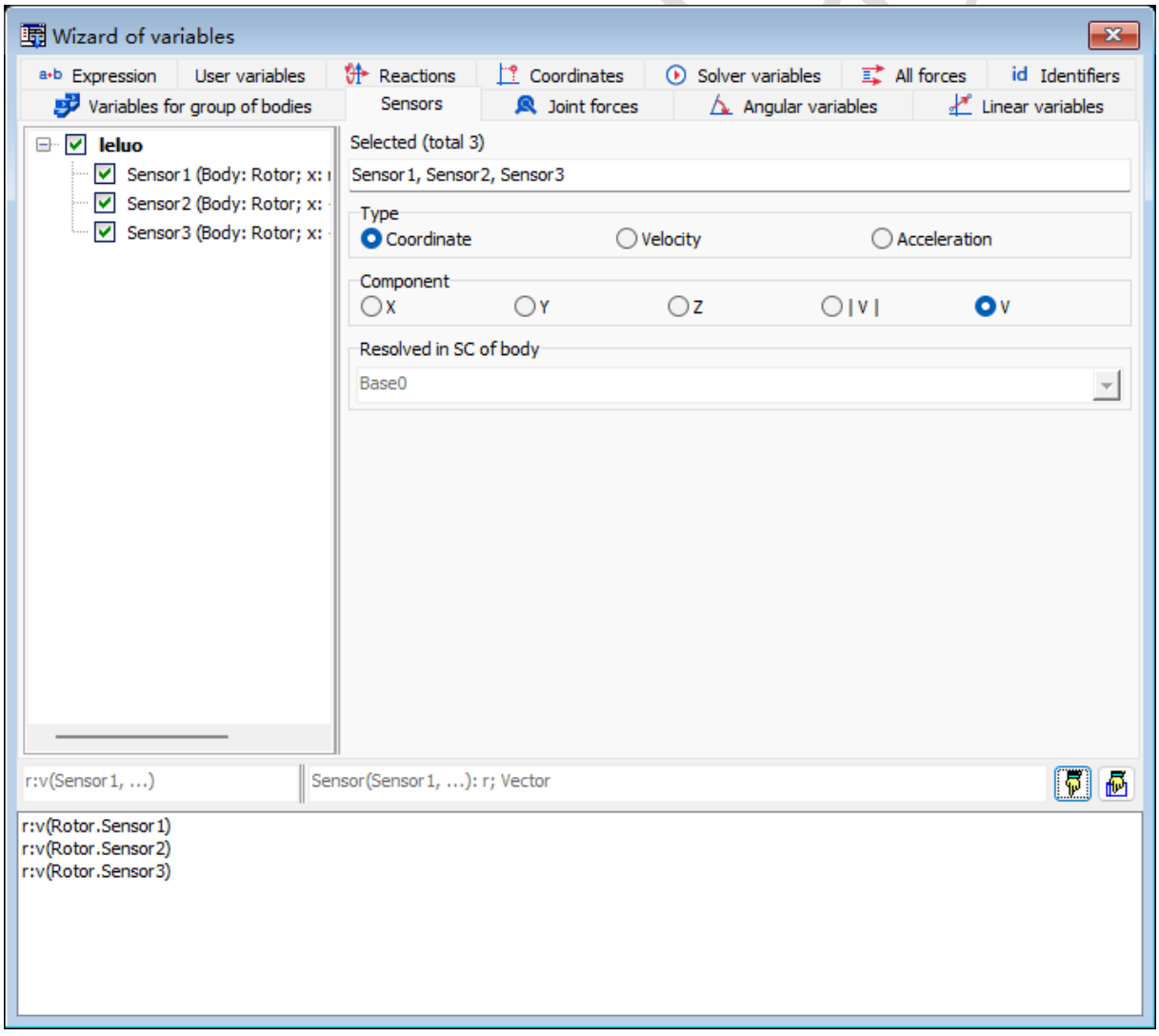
2 UM Simulation 仿真过程

2.1 创建变量

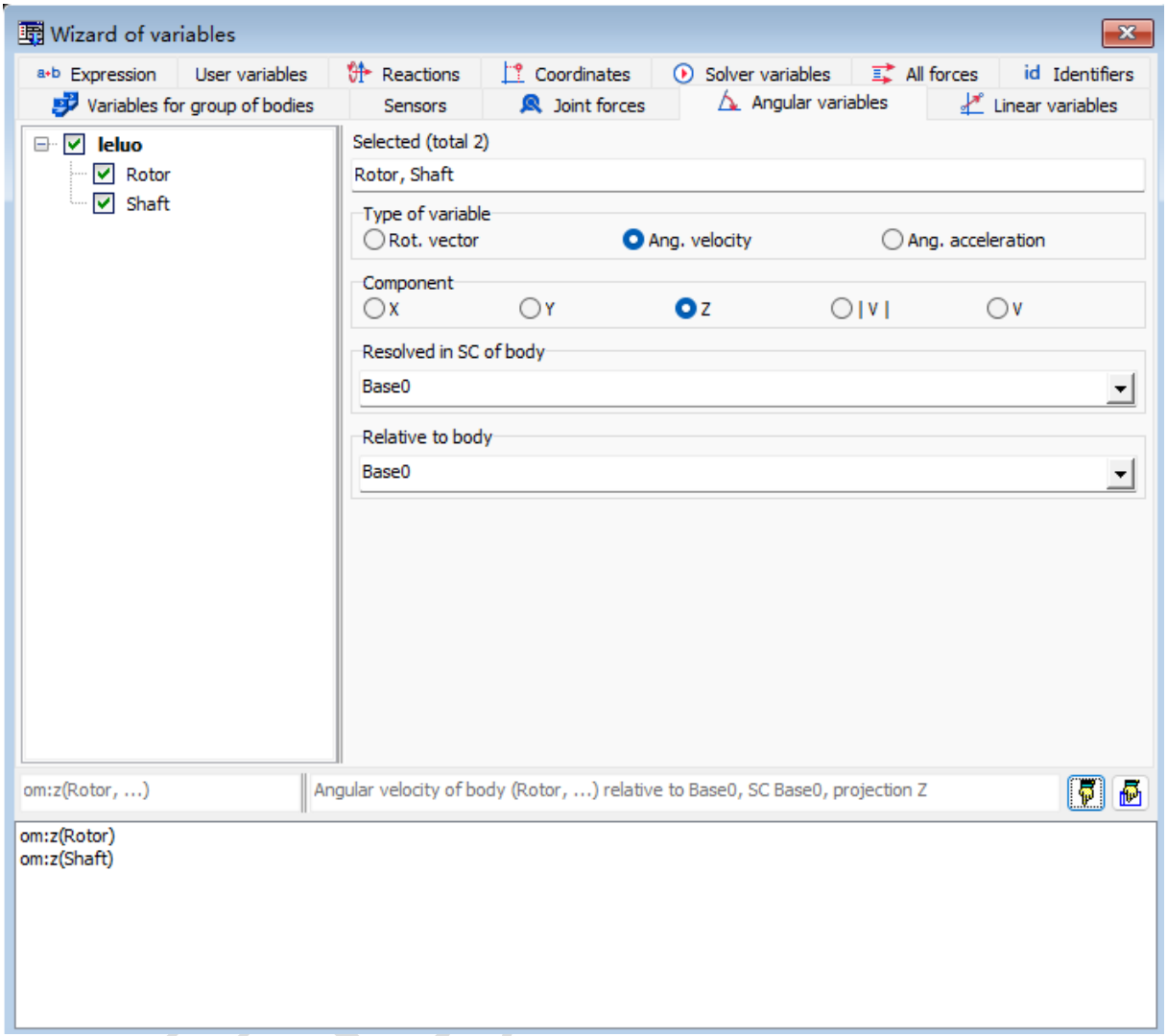
运行 UM Simulation 程序，加载模型（最好关闭 UM Input 程序），设置动画窗口背景颜色为黑色。

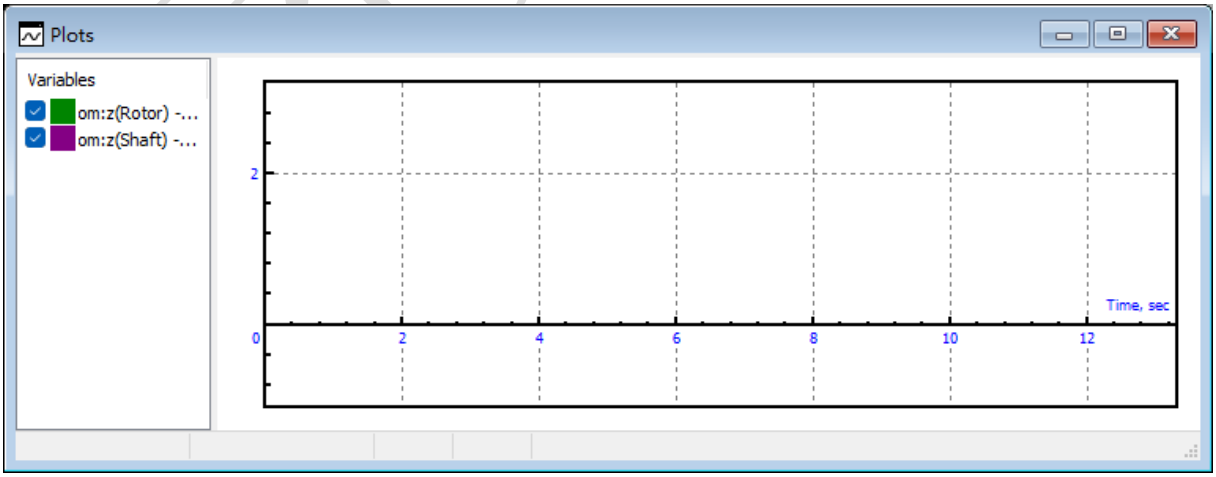
打开变量向导，从 Sensors 界面创建已有的 3 个点的 Coordinate 的矢量 V，拖入动画窗口，即可记录 **Rotor** 的 3 个顶点的运动轨迹。

注意：动画窗口中的变量列表默认是隐藏的，可通过右键菜单设置其显示的位置，双击某个变量可修改颜色和最大数据点数，本例运动轨迹皆设置为白色。



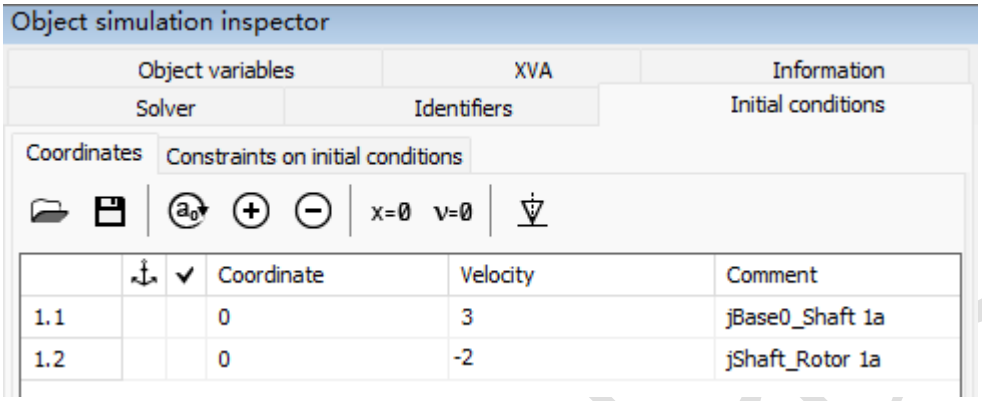
创建 **Rotor** 和 **Shaft** 相对于 **Base0** 的角速度 Ang.velocity 的分量 Z 并拖入绘图窗口。



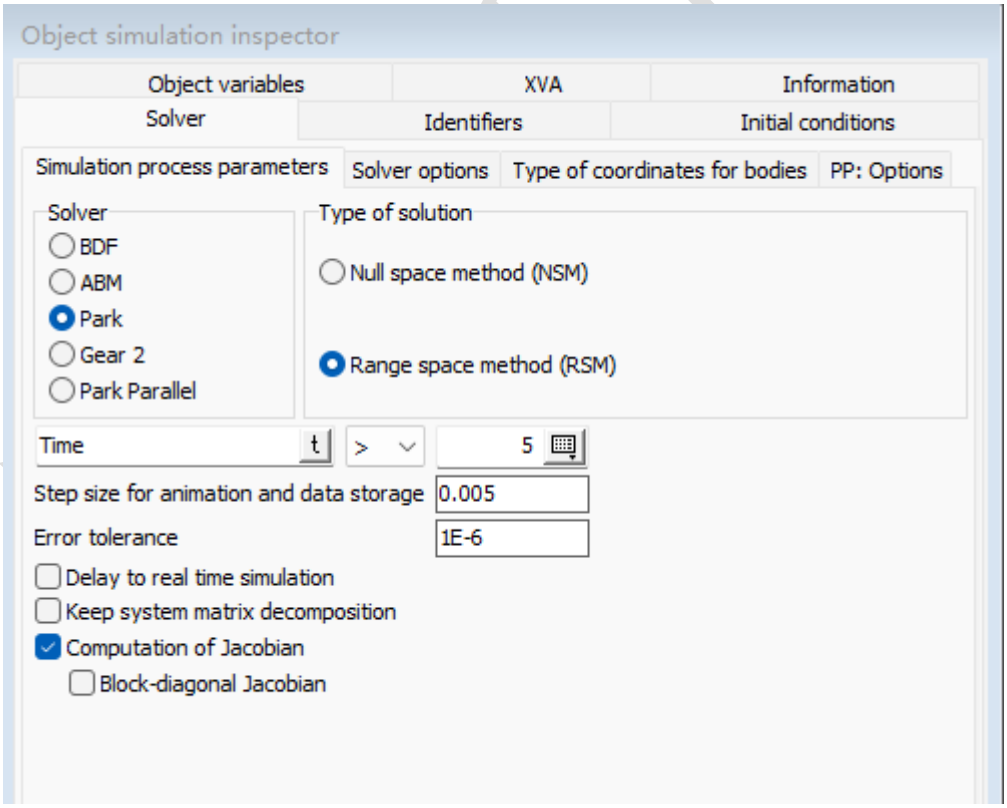


2.2 工况 1

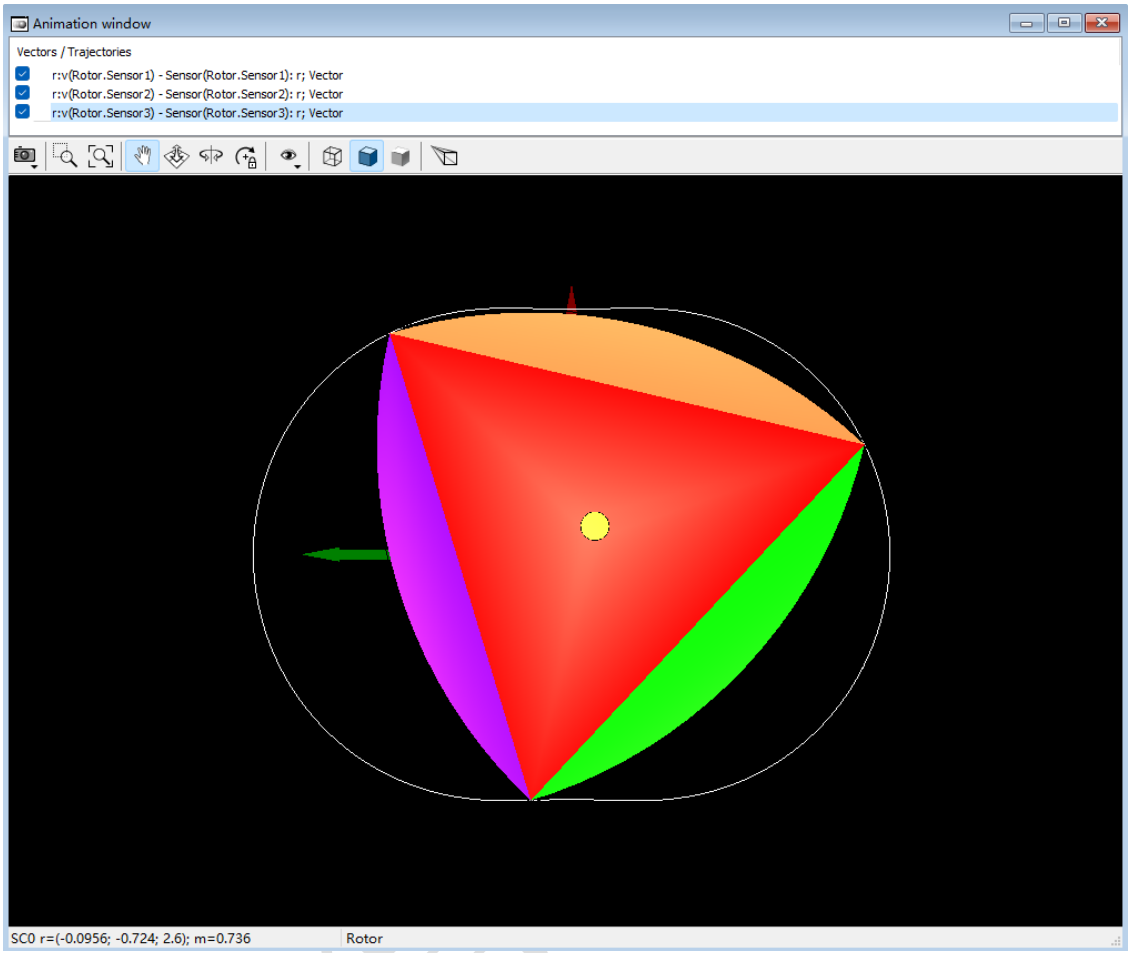
在仿真控制界面的 Initial conditions 页面可以查看铰坐标和系统自由度。设置 **Shaft** 相对 Base0 的 Z 轴转速为 3(rad/s)，**Rotor** 相对于 **Shaft** 的转速为-2(rad/s)。

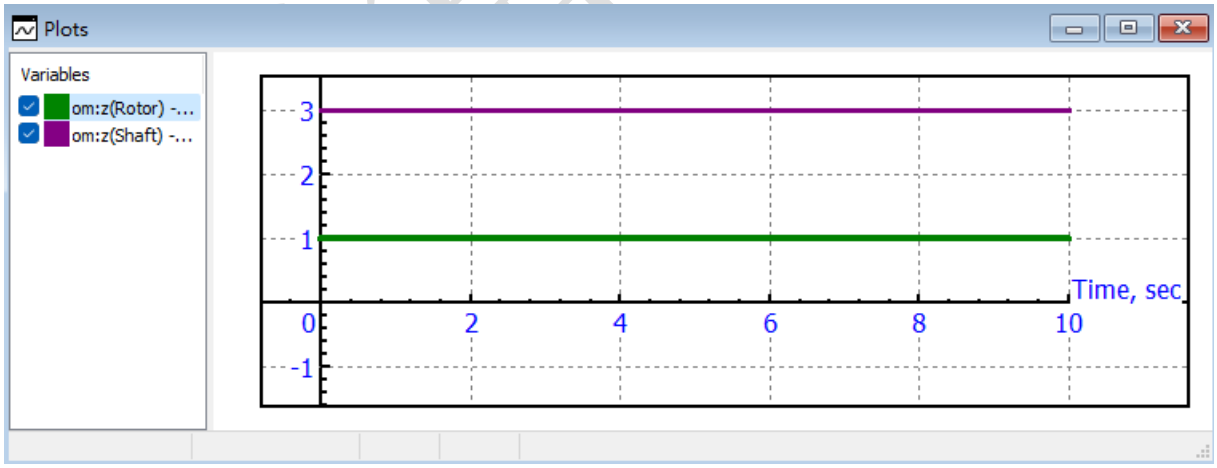


在 Solver 页面设置仿真时长为 5(s)，数据步长为 0.005(s)。



仿真结果如下图：

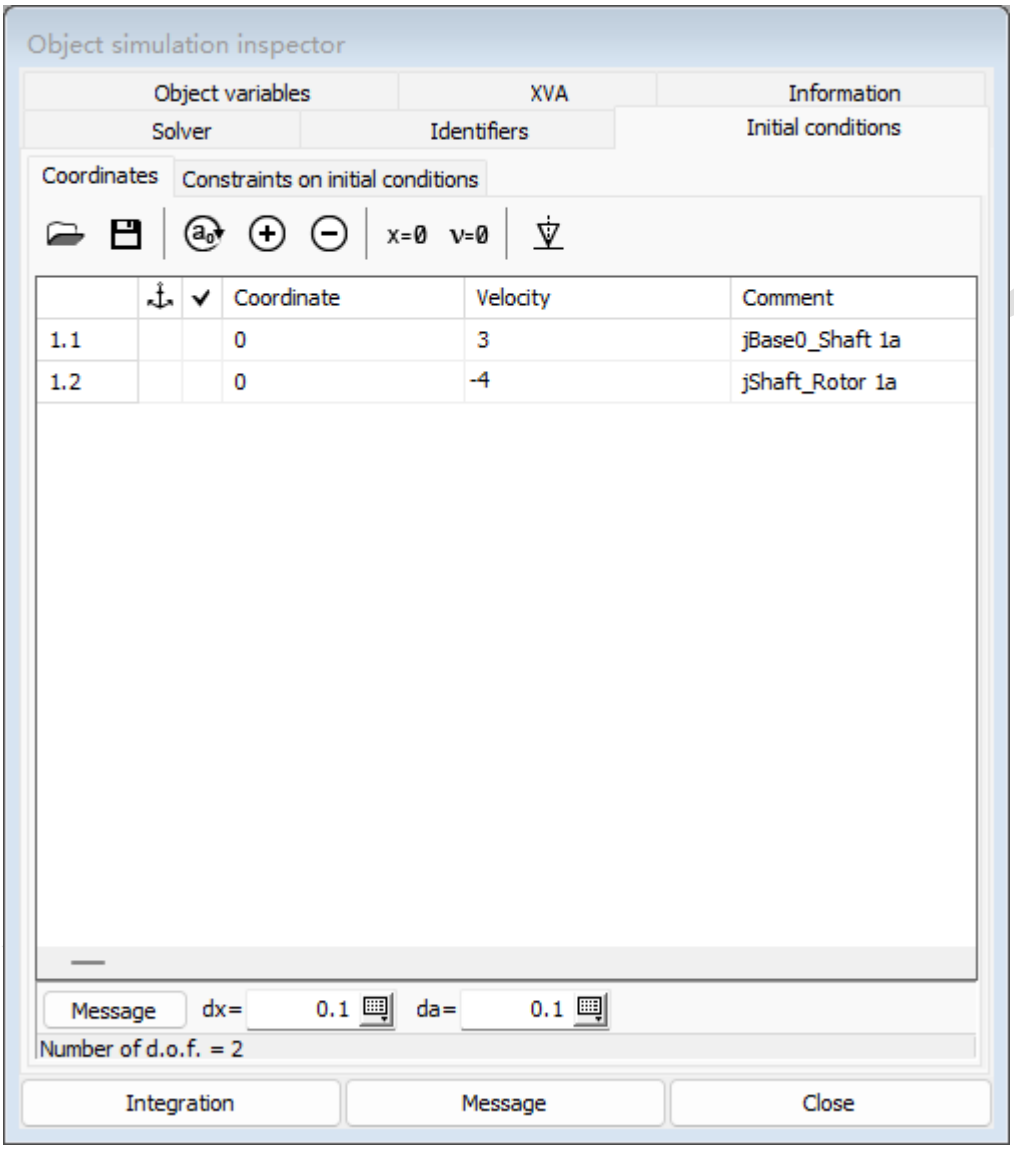




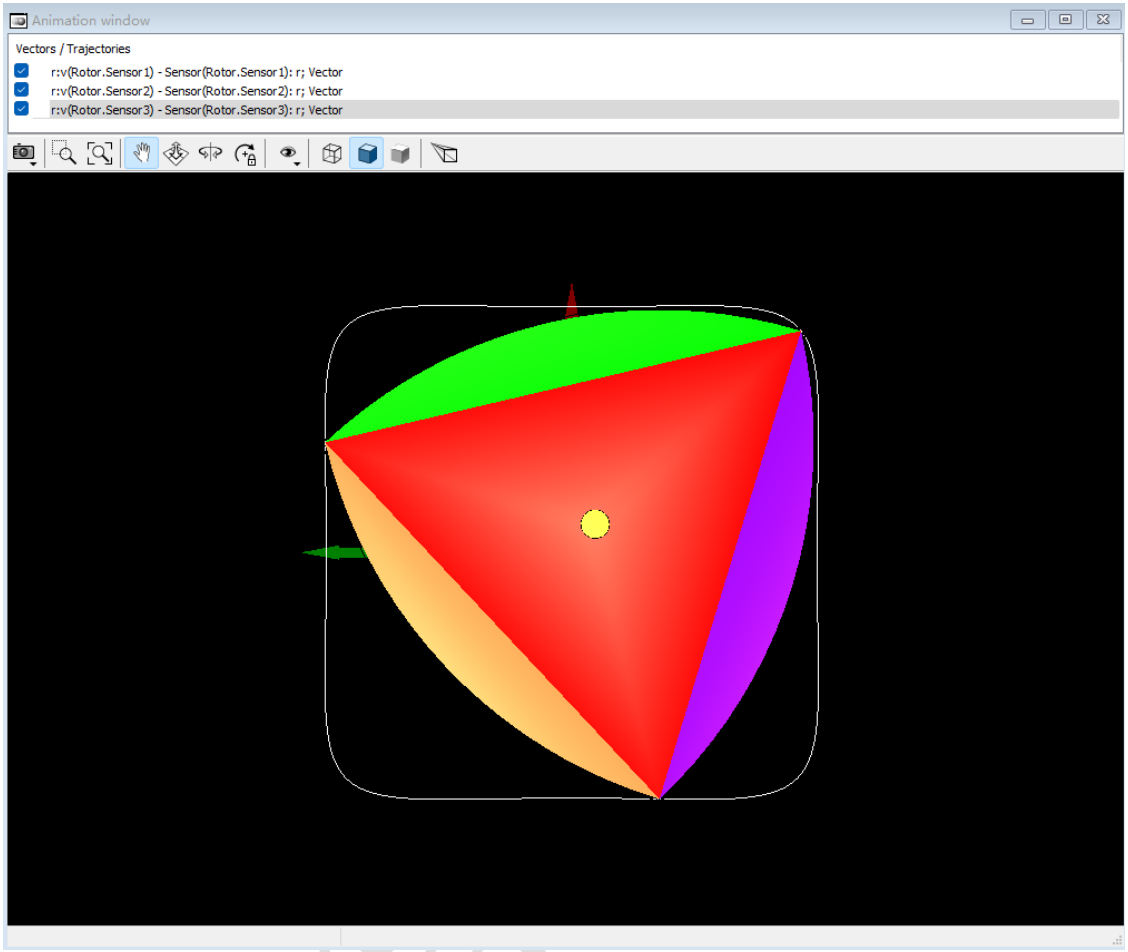
从动画窗口可以看出，**Rotor** 三个顶点的运动轨迹是重合的；从绘图窗口可以看出，**Rotor** 相对于 Base0 的转速为 3-2=1(rad/s)，Rotor 和 Shaft 的转速比为 3：1。

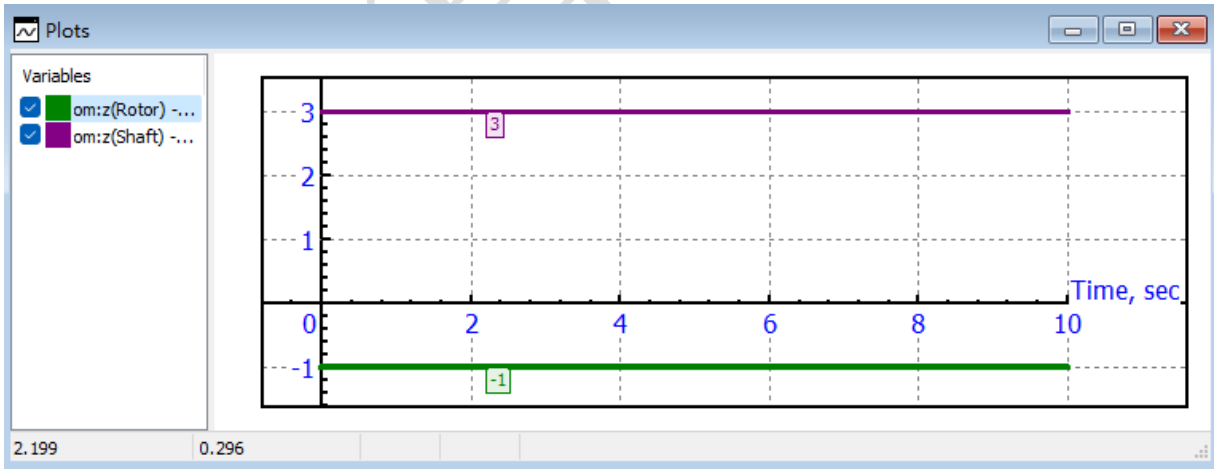
2.3 工况 2

在 Initial conditions 页面设置 **Shaft** 绕 Base0 的 Z 轴转速为 3(rad/s)，**Rotor** 相对于 **Shaft** 的转速为-4(rad/s)。



仿真结果如下图：

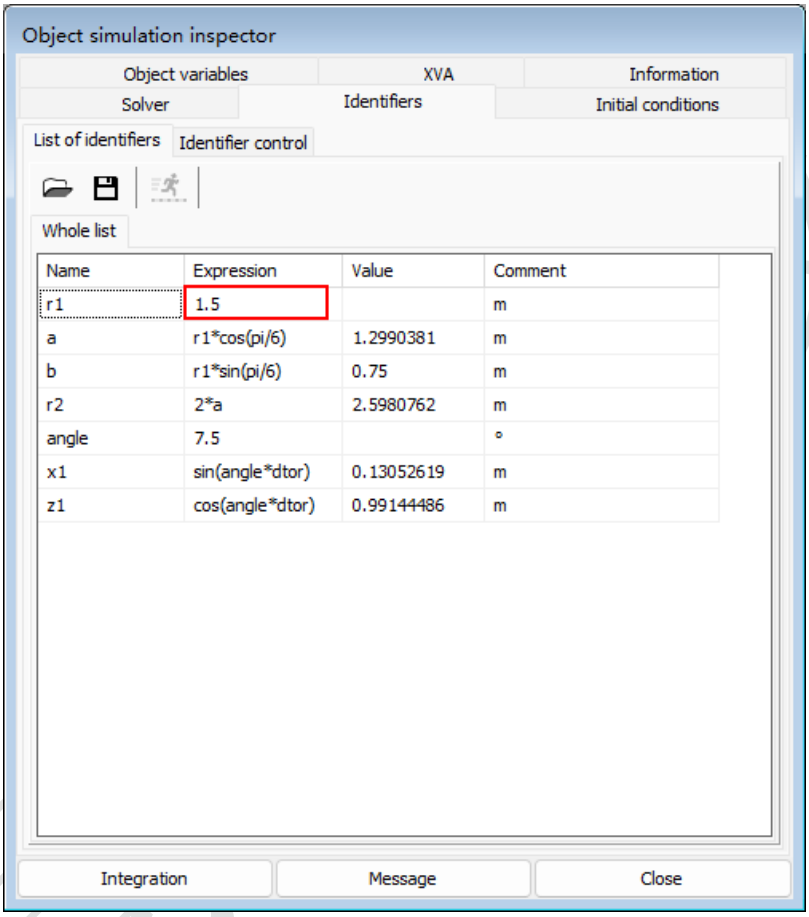


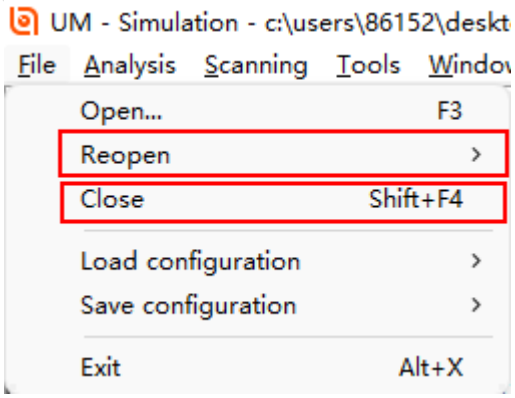


从动画窗口可以看出，**Rotor** 三个顶点的运动轨迹是重合的，形状接近一个圆角矩形；从绘图窗口可以看出，**Rotor** 相对于 Base0 的转速为 3-4=-1(rad/s)，Rotor 和 Shaft 的转速比为 3：-1。

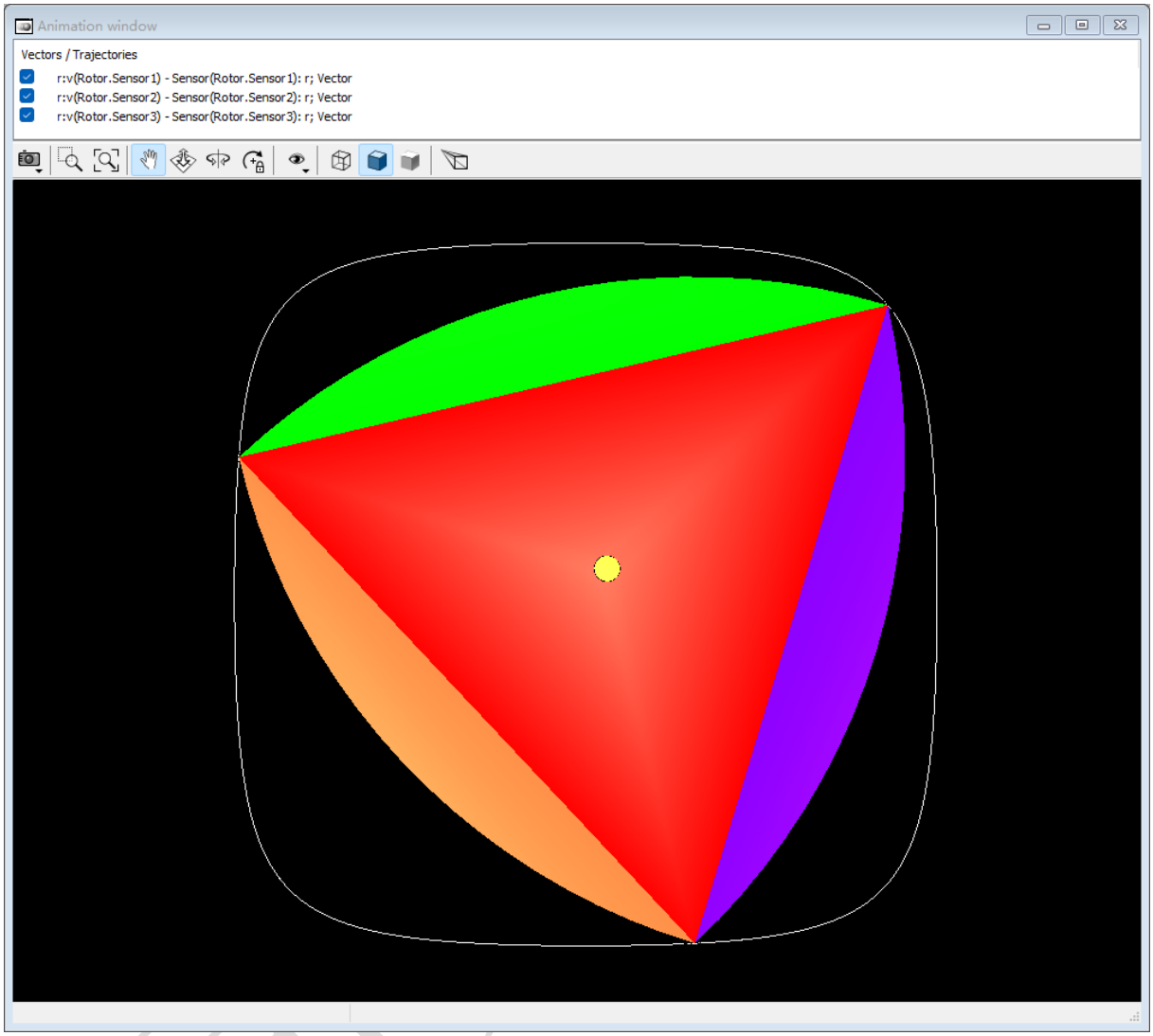
2.4 工况 3

在仿真控制界面的 Identifiers 页面设置 r1=1.5（m），此时 **Rotor** 的整体尺寸会发生改变（如果动画窗口未刷新，只需关闭仿真控制界面，然后点击 File-Close 关闭模型，再点击 File-Reopen 重新打开模型即可）。





仿真结果如下图：



本例中我们通过参数化的 Sensors 来创建仿真变量，并与几何图形尺寸关联，一旦模型的尺寸发生变化，输出变量也相应随之变化，无需重新定义。