



多体系统动力学仿真

UM 软件强基训练系列教程

(06)

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。

本例模型路径：C:\Users\Public\Documents\UM Software Lab\Universal Mechanism\9\SAMPLES\Mechanisms\Misc\carousel

目录

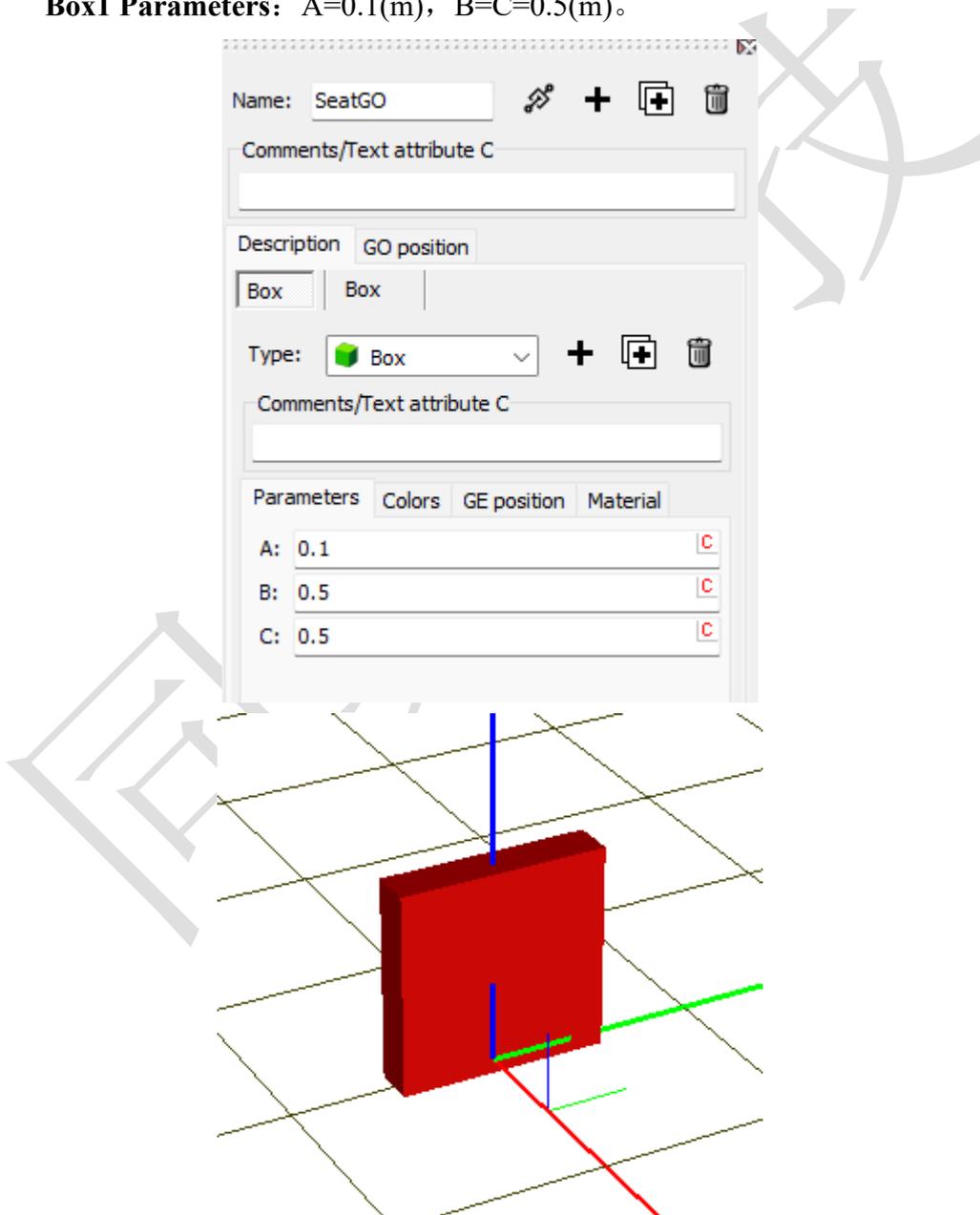
1 子系统建模过程	4
1.1 建立几何模型	4
1.2 定义刚体参数	9
1.3 描述铰	13
1.4 添加力元	17
1.5 转换为子系统	18
2 外部建模过程	19
2.1 建立几何模型	19
2.2 定义刚体参数	22
2.3 描述铰	23
3 UM SIMULATION 仿真过程	26
3.1 创建变量控制器	26
3.2 创建变量	27
3.3 仿真计算	30

1 子系统建模过程

1.1 建立几何模型

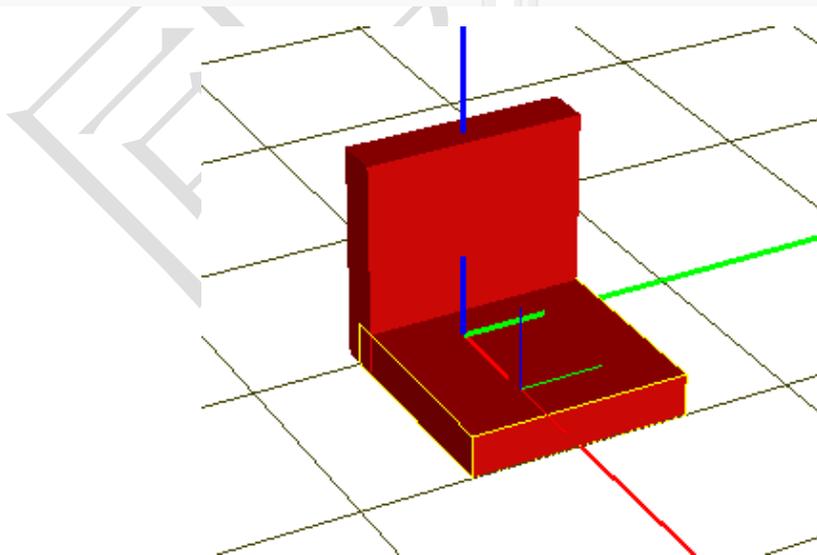
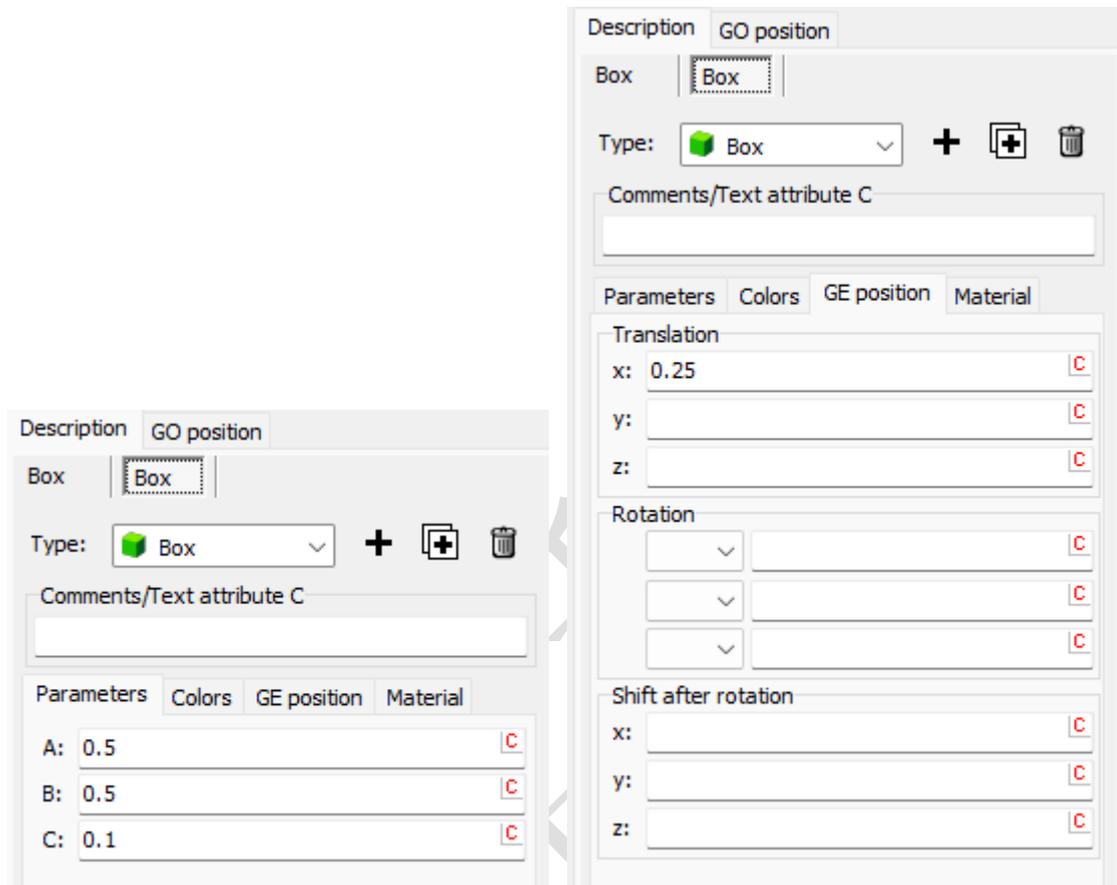
SeatGO: 由 2 个 box (红色)组成。

Box1 Parameters: $A=0.1(m)$, $B=C=0.5(m)$ 。



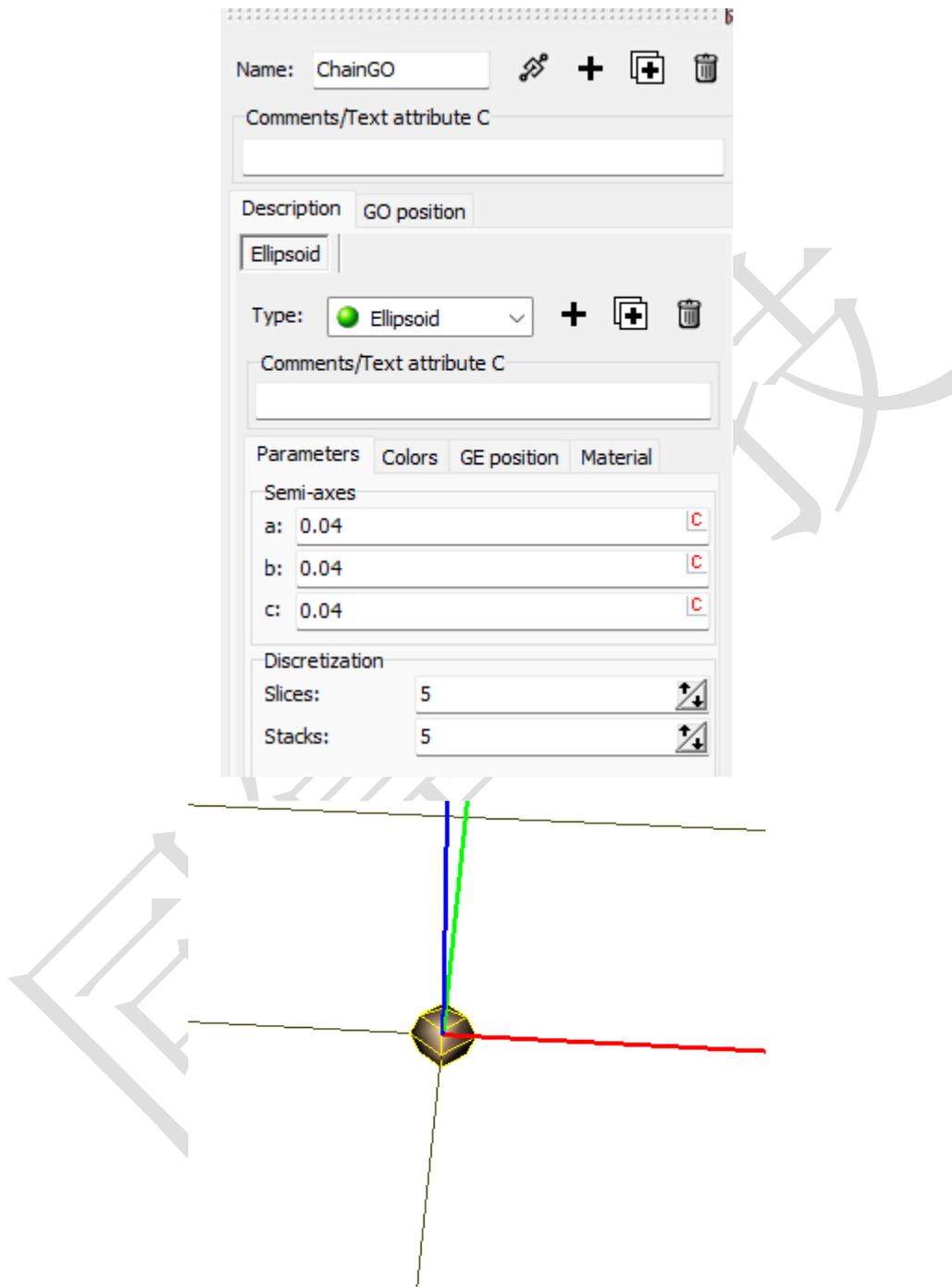
Box2 Parameters: $A = B = 0.5(m)$, $C = 0.1(m)$ 。

Box2 GE Position: 沿 X 轴移动 0.25(m)。



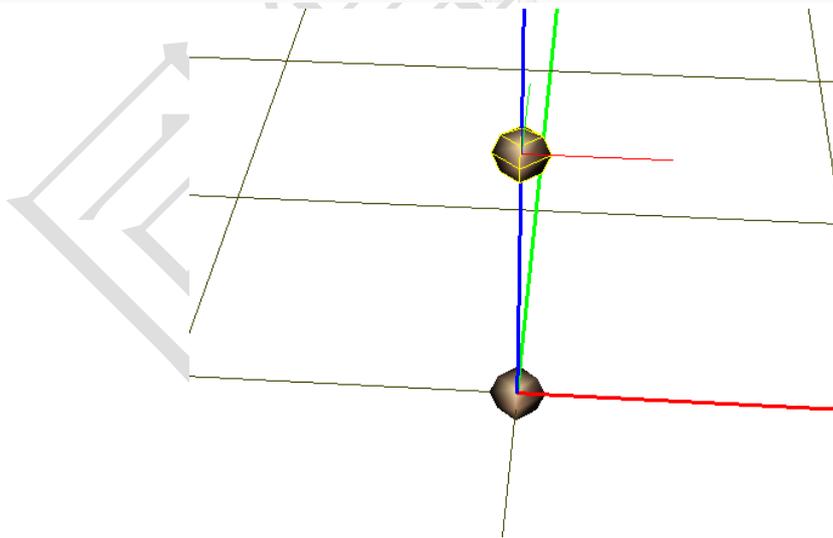
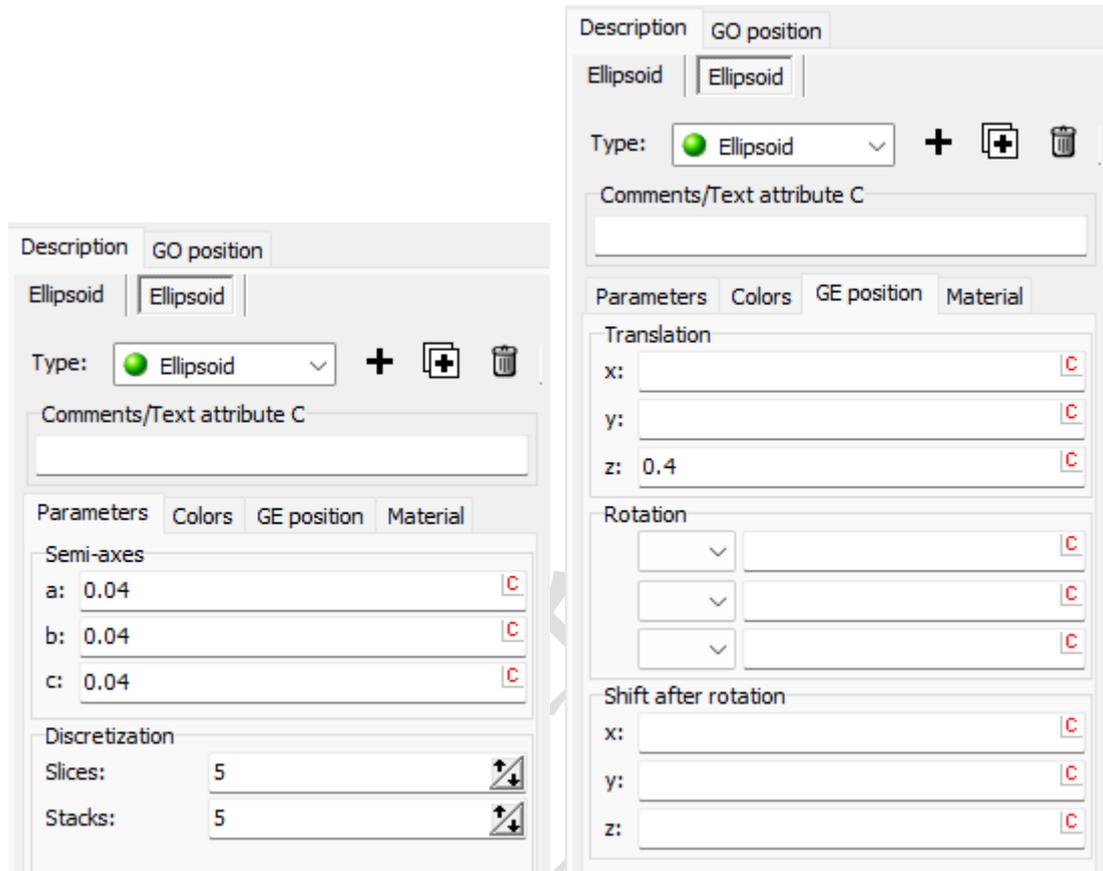
ChainGO: 由 2 个 Ellipsoid 和 1 个 Polyhedron 组成，颜色都为灰色。

Elipsoid1 Parameters: $a=b=c=0.04(m)$ ，离散点数 Slices=Stacks=5。

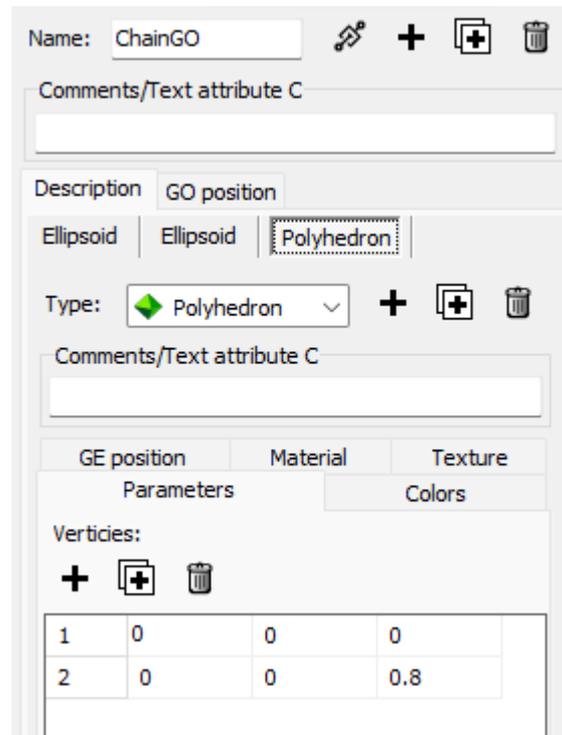


Elipsoid2 Parameters: 复制 **Elipsoid1** 保持参数不变。

Elipsoid2 GE Position: 沿 Z 轴方向移动 0.4(m)。

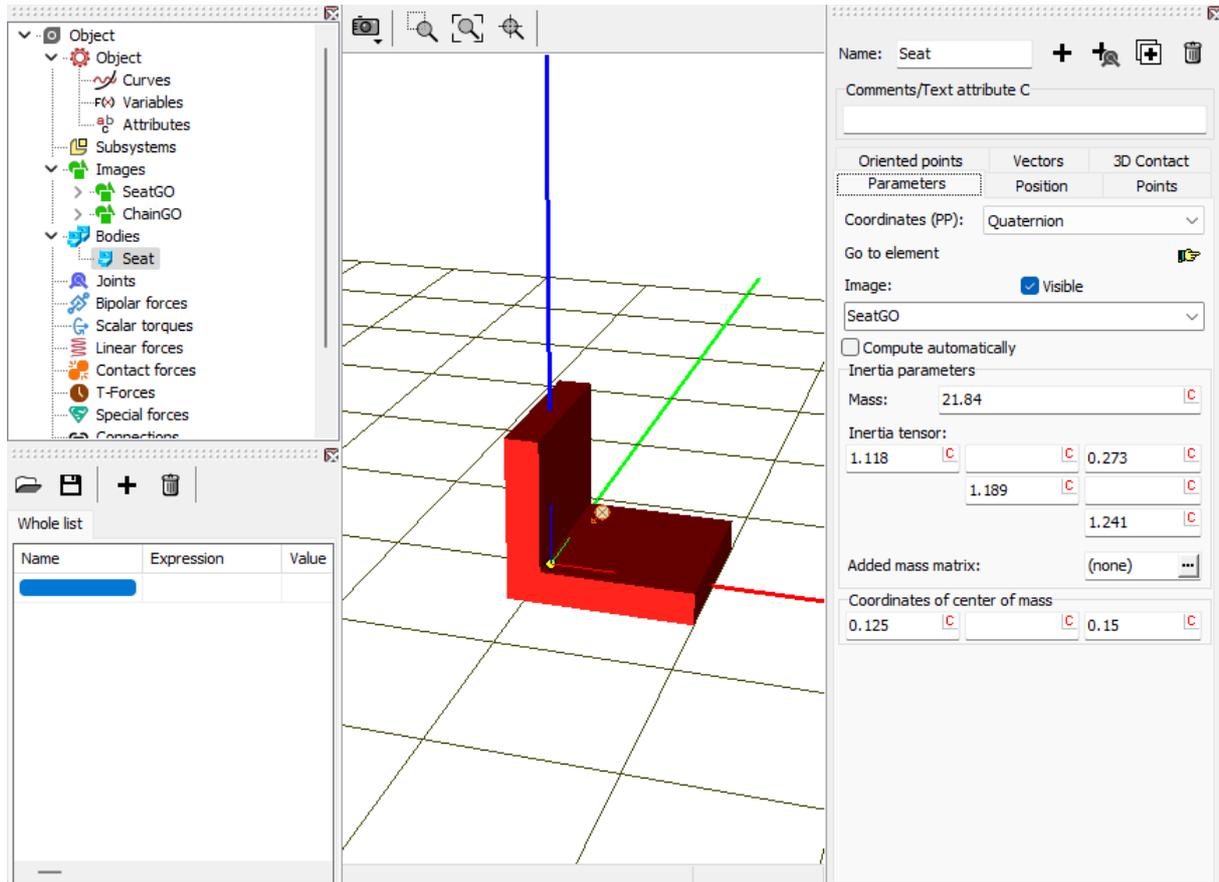


Polyhedron Parameters: 通过点 $(0, 0, 0)$ 和点 $(0, 0, 0.8)$ 定义一条线。

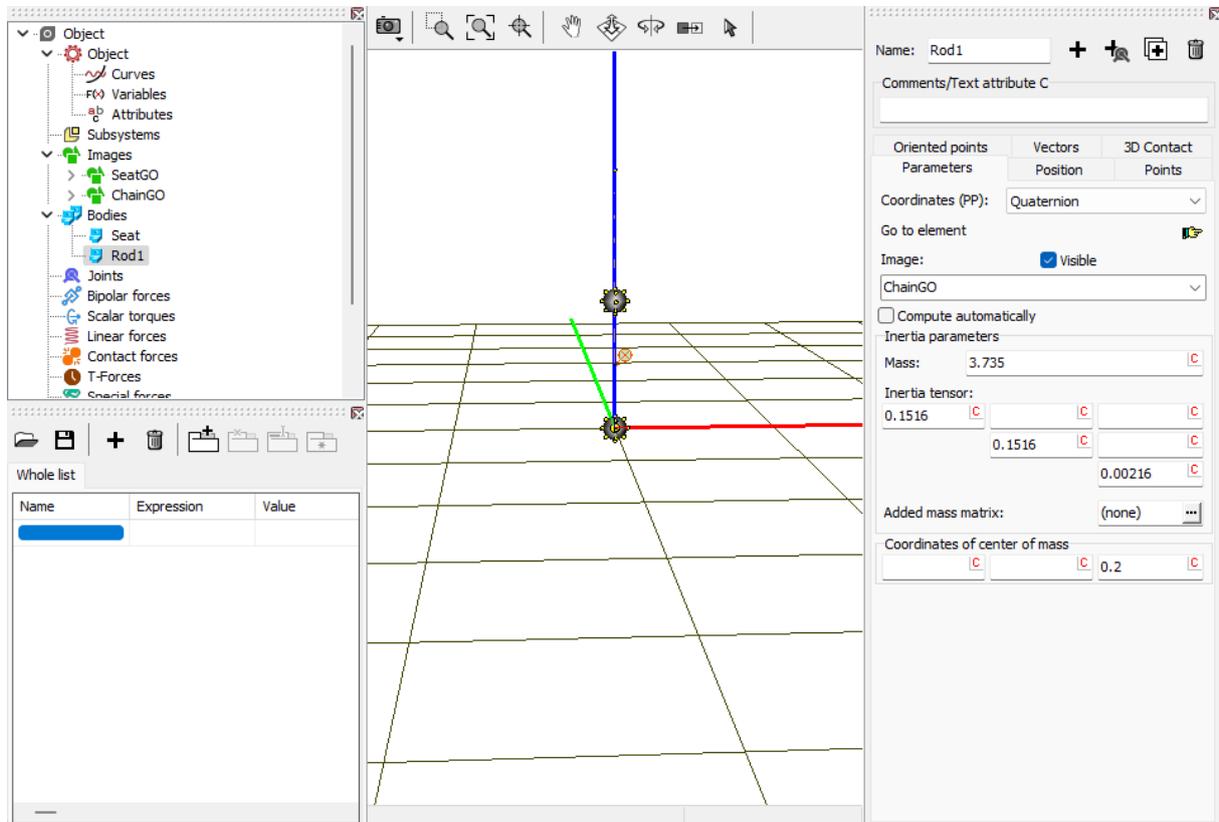


1.2 定义刚体参数

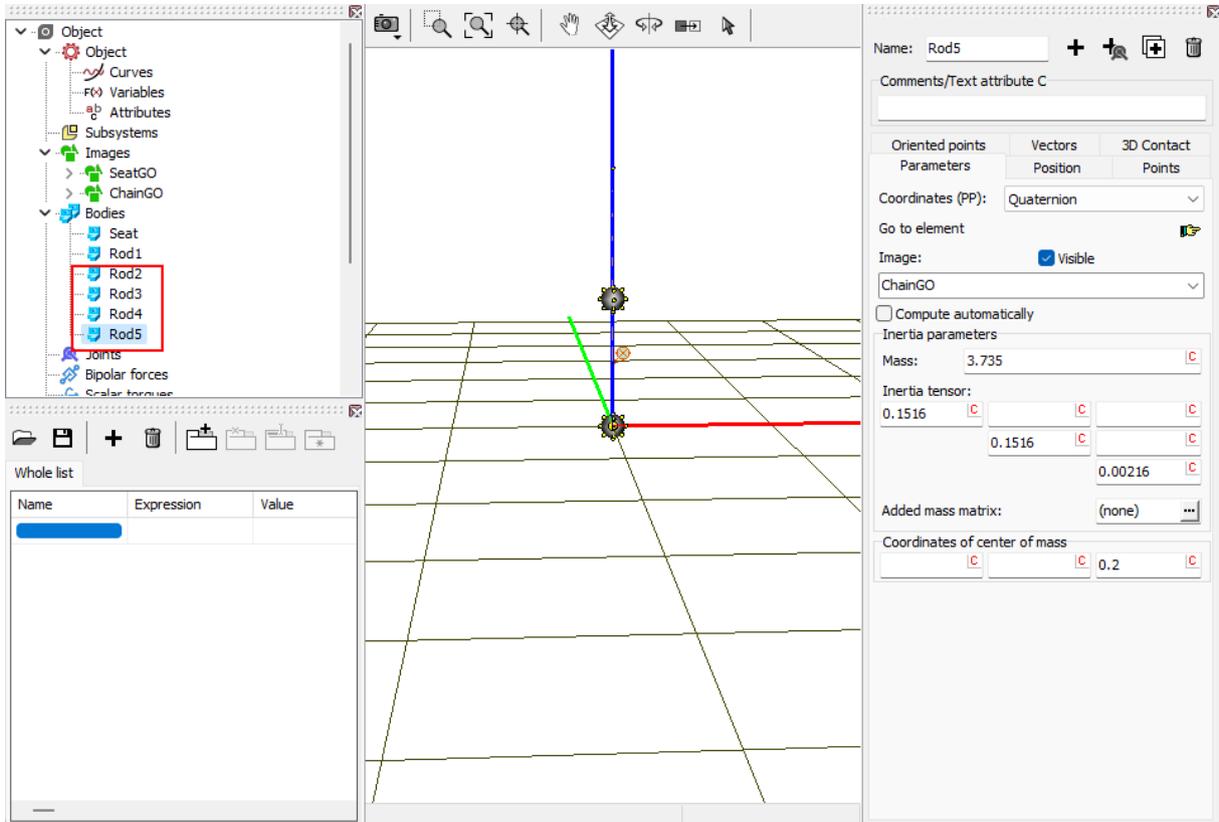
Seat: 选择几何 **Seat GO**, 定义 $Mass=21.84(\text{kg})$, $I_x=1.118(\text{kg}\cdot\text{m}^2)$, $I_y=1.189(\text{kg}\cdot\text{m}^2)$, $I_z=1.241(\text{kg}\cdot\text{m}^2)$, $I_{xz}=0.273(\text{kg}\cdot\text{m}^2)$, 质心坐标为: $(0.125, 0, 0.15)$ 。



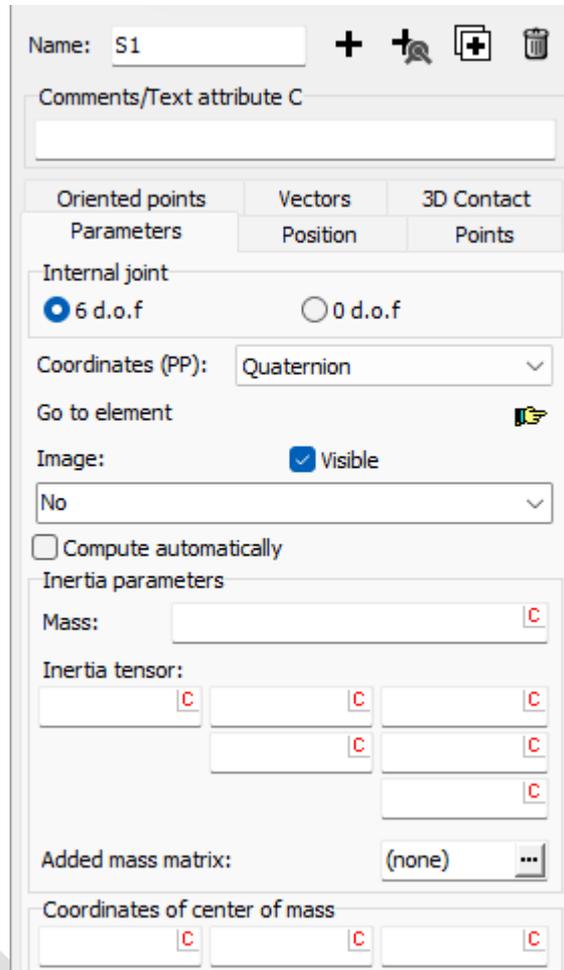
Rod1：选择几何 **ChainGO**，定义 $Mass=3.735(\text{kg})$ ， $I_x=I_y=0.1516(\text{kg}\cdot\text{m}^2)$ ， $I_z=0.00216(\text{kg}\cdot\text{m}^2)$ ，质心坐标为： $(0, 0, 0.2)$ 。



Rod2-Rod5: 重复复制 Rod1 四次, 保持参数不变, 分别命名为 Rod2 , Rod3, Rod4 , Rod5。



S1: 点击刚体交互界面  按钮，创建一个虚拟体，命名为 S1。Internal joint 选择 6 d.o.f，无需定义质量和转动惯量。



Name: S1

Comments/Text attribute C

Oriented points Vectors 3D Contact
Parameters Position Points

Internal joint
 6 d.o.f 0 d.o.f

Coordinates (PP): Quaternion

Go to element 

Image: Visible
No

Compute automatically

Inertia parameters
 Mass: C
 Inertia tensor:
 C C C
 C C
 C

Added mass matrix: (none) ...

Coordinates of center of mass
 C C C

1.3 描述铰

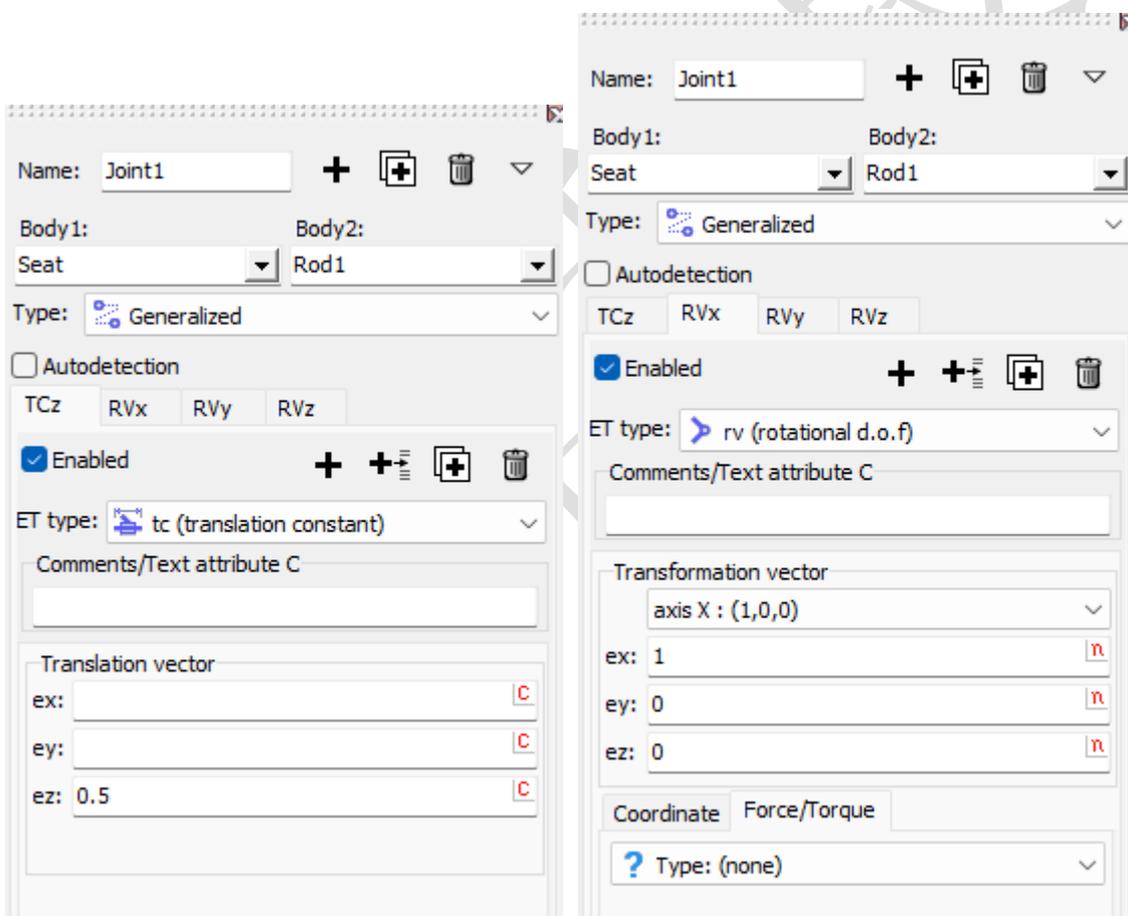
Joint1: 选择 **Seat** 作为铰的 1 号物体，**Rod1** 为 2 号物体，类型为 Generalized。依次按顺序添加如下 4 个分量：

TCz: $ez=0.5(m)$;

RVx: 转轴选择 X 轴，即 axisX: (1, 0, 0);

RVy: 转轴选择 Y 轴，即 axisY: (0, 1, 0);

RVz: 转轴选择 Z 轴，即 axisZ: (0, 0, 1), Force/Torque 类型选择 Expression, 输入 $F = -\alpha \cdot x - \beta \cdot v$, 定义 α 和 β 初始值为 0。



Name: Joint1

Body1: Seat Body2: Rod1

Type: Generalized

Autodetection

TCz RVx RVy RVz

Enabled

ET type: rv (rotational d.o.f)

Comments/Text attribute C

Transformation vector

axis Y : (0,1,0)

ex: 0 ey: 1 ez: 0

Coordinate Force/Torque

a·b Expression

Description of force/moment
Pascal/C expression: $F=F(x,v,t)$

Example:
 $-cstiff*(x-x0)-cdiss*v+ampl*sin(om*t)$

F= $-\alpha*x-\beta*v$

Name: Joint1

Body1: Seat Body2: Rod1

Type: Generalized

Autodetection

TCz RVx RVy RVz

Enabled

ET type: rv (rotational d.o.f)

Comments/Text attribute C

Transformation vector

axis Z : (0,0,1)

ex: 0 ey: 0 ez: 1

Coordinate Force/Torque

a·b Expression

Description of force/moment
Pascal/C expression: $F=F(x,v,t)$

Example:
 $-cstiff*(x-x0)-cdiss*v+ampl*sin(om*t)$

F= $-\alpha*x-\beta*v$

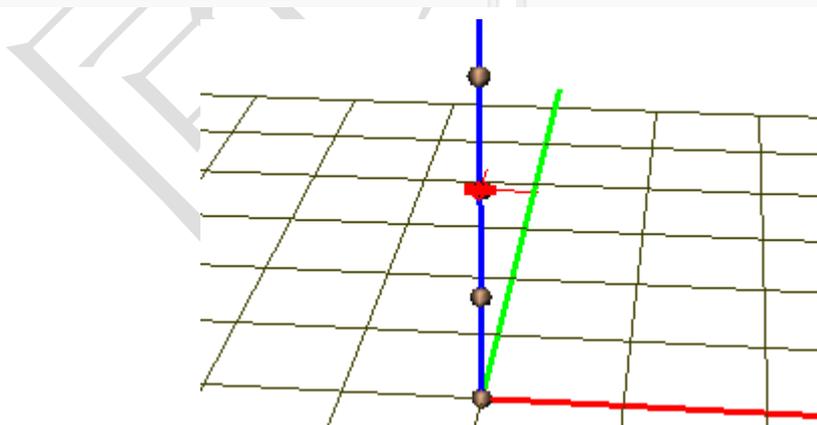
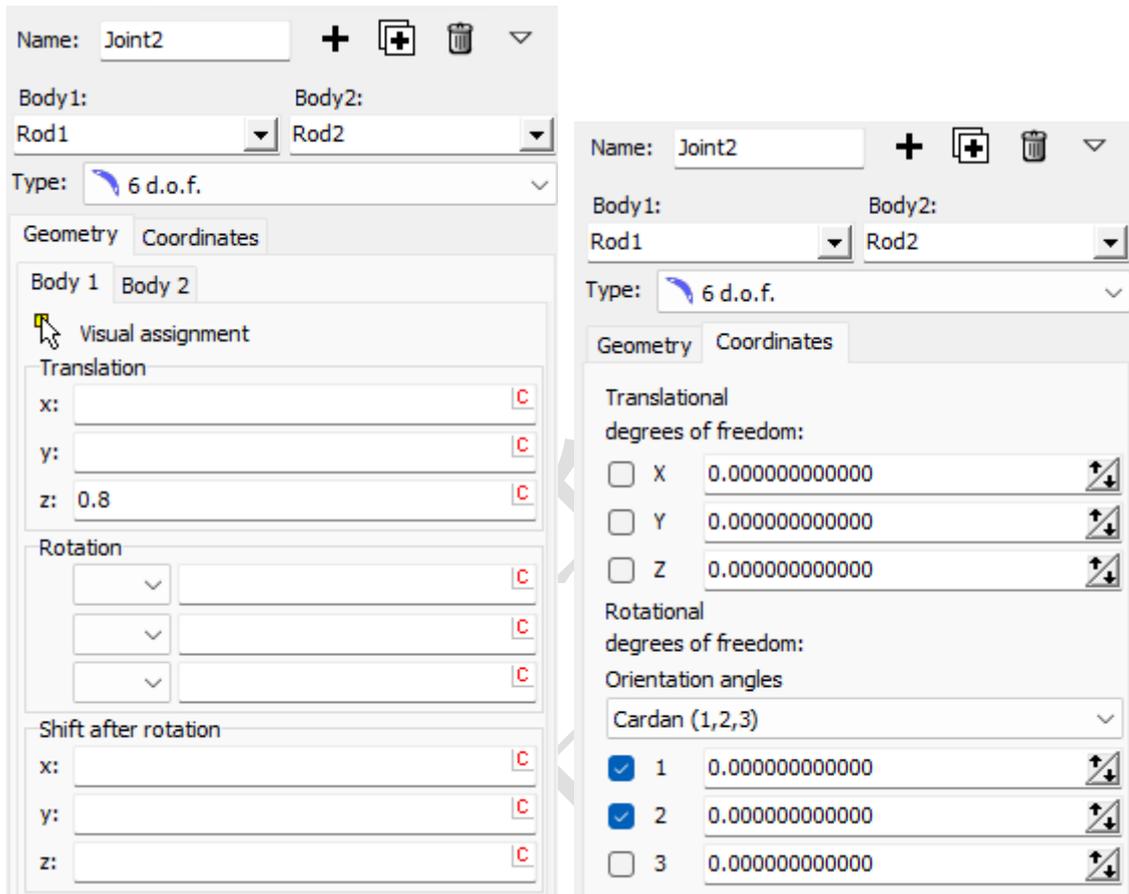
Name	Expression	Value
alpha	0	
beta	0	

beta = 0

Joint2: 选择 **Rod1** 作为铰的 1 号物体，**Rod2** 为 2 号物体，类型为 6 d.o.f。

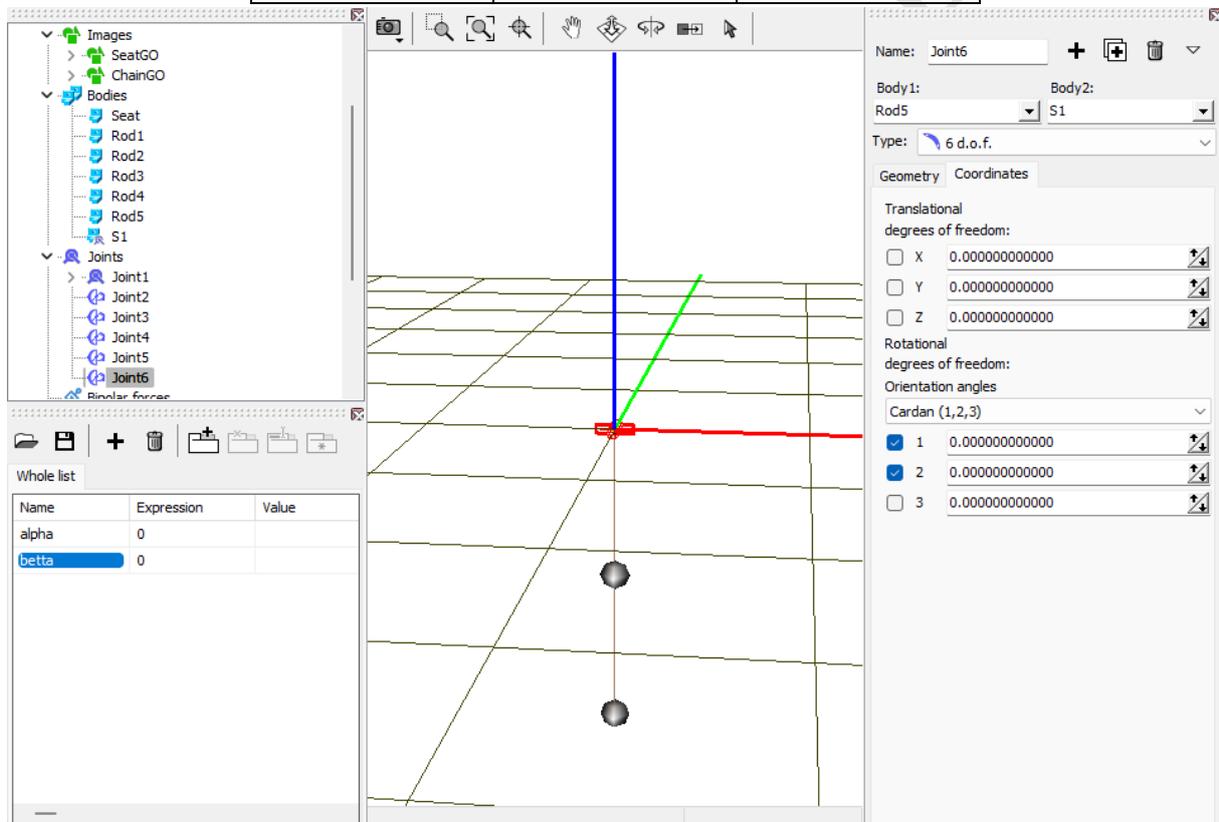
Geometry: Body1 Translation: $z=0.8(\text{m})$;

Coordinates: 定位方式选择 Cardan(1, 2, 3)，物体有绕 X 和 Y 轴方向转动的自由度，约束其余四个自由度。



复制 **Joint2**，按下表修改 1 号物体和 2 号物体，其余参数不变，生成其余 4 个铰。

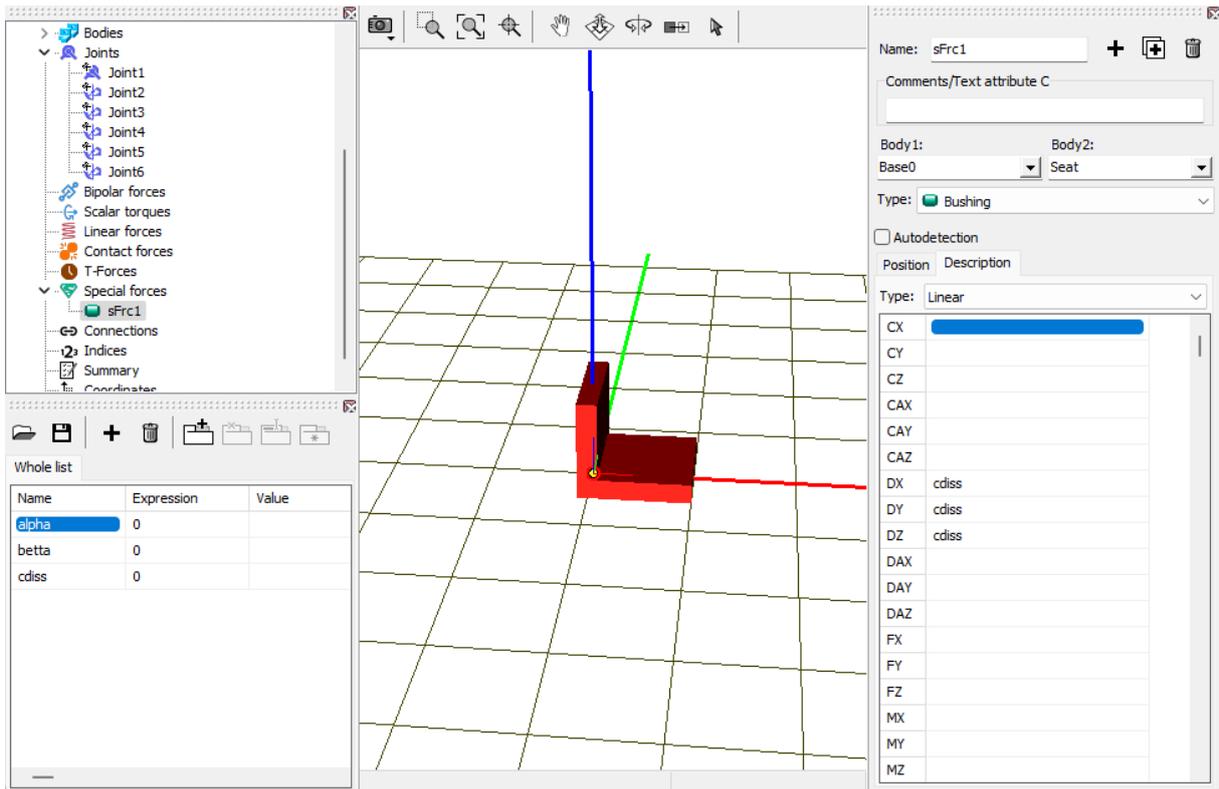
Name	Body1	Body2
Joint3	Rod2	Rod3
Joint4	Rod3	Rod4
Joint5	Rod4	Rod5
Joint6	Rod5	S1



1.4 添加力元

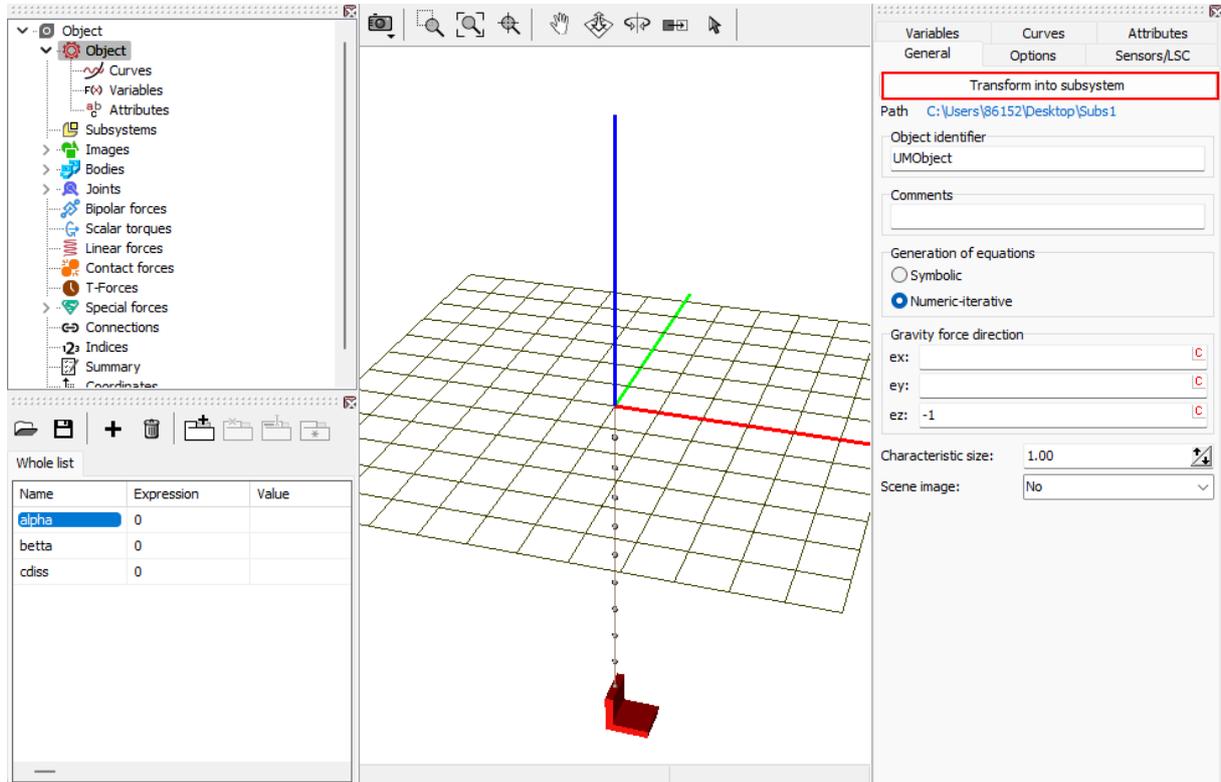
Special forces: 选择 **Base0** 作为力元的 1 号物体，**Seat** 为 2 号物体类型为 **Bushing**。

Description: Type 选择 **Linear**，定义 $DX=DY=DZ=cdiss$ ，定义 $cdiss$ 初始值为 0。

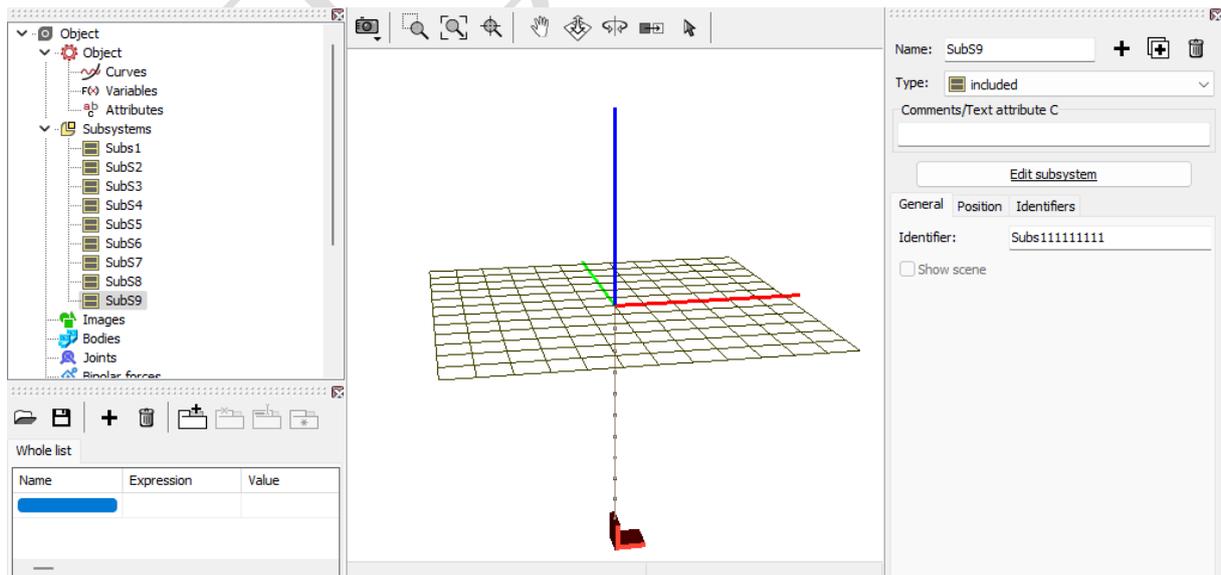


1.5 转换为子系统

选中模型树 Object，在 General 界面点击 Transform into subsystem 按钮，将之前创建的模型转换为一个子系统。



选中子系统 Subs1，将其复制 8 次。

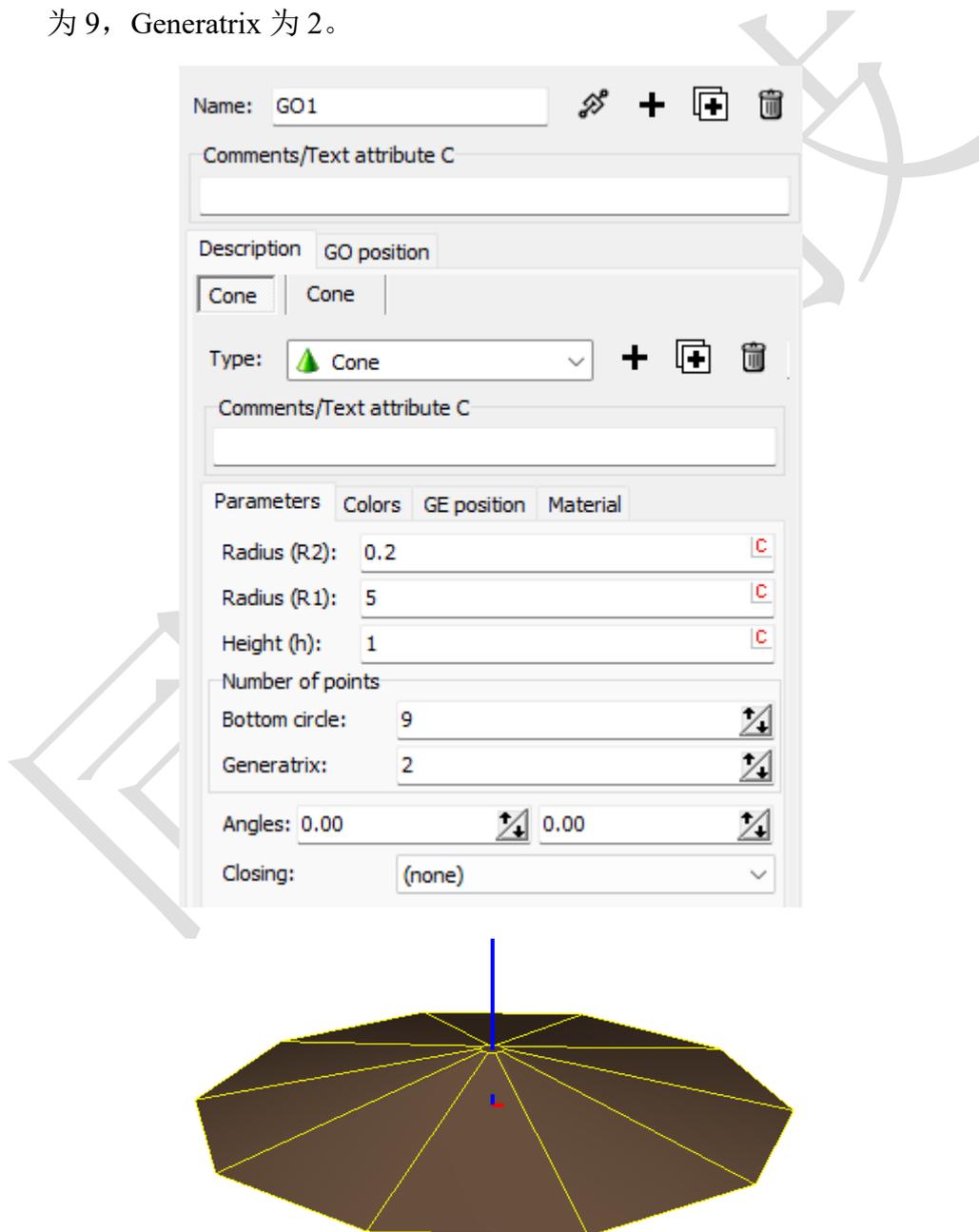


2 外部建模过程

2.1 建立几何模型

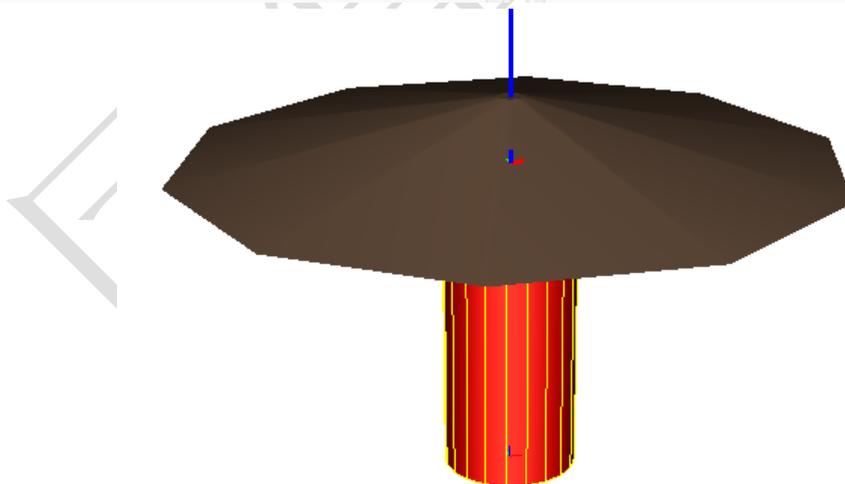
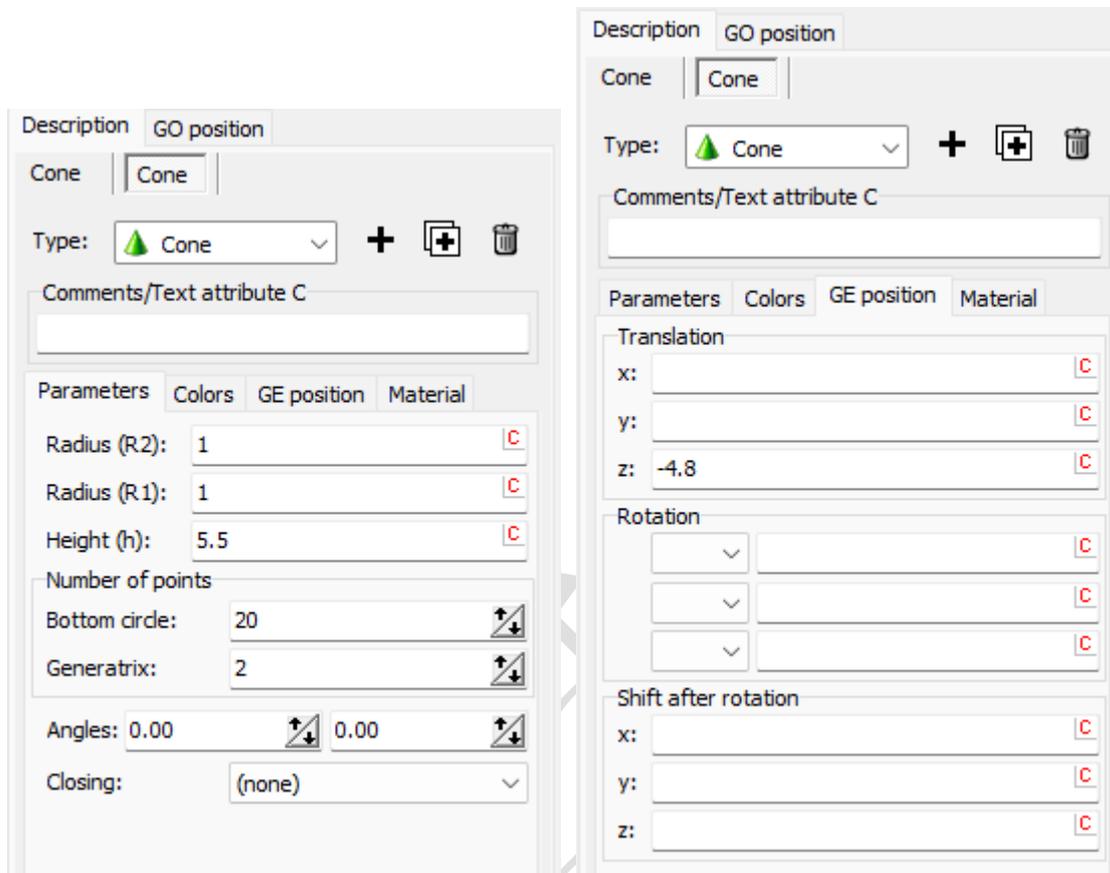
GO1: 由两个 Cone 组成，颜色为棕色和红色。

Cone1 Parameters: $R_2=0.2(m)$, $R_1=5(m)$, $h=1(m)$; 设置离散点数 Bottom circle 为 9, Generatrix 为 2。



Cone2 Parameters: $R_2=R_1=1(m)$, $h=5.5(m)$;

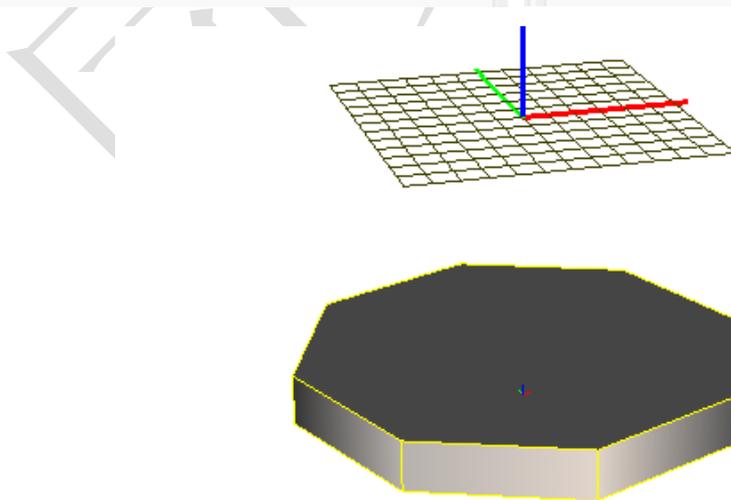
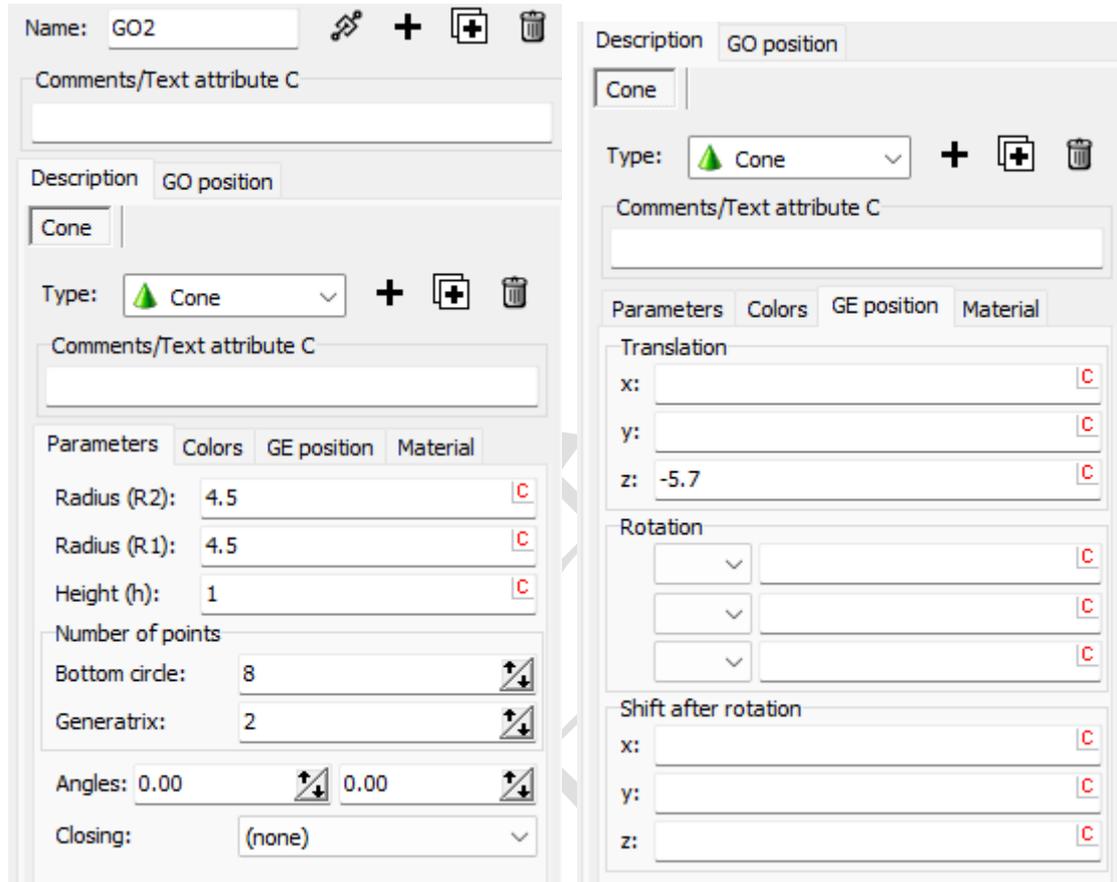
GE Position: 沿 Z 轴负方向移动 4.8(m)。



GO2: 由 1 个 Cone 组成，颜色灰色。

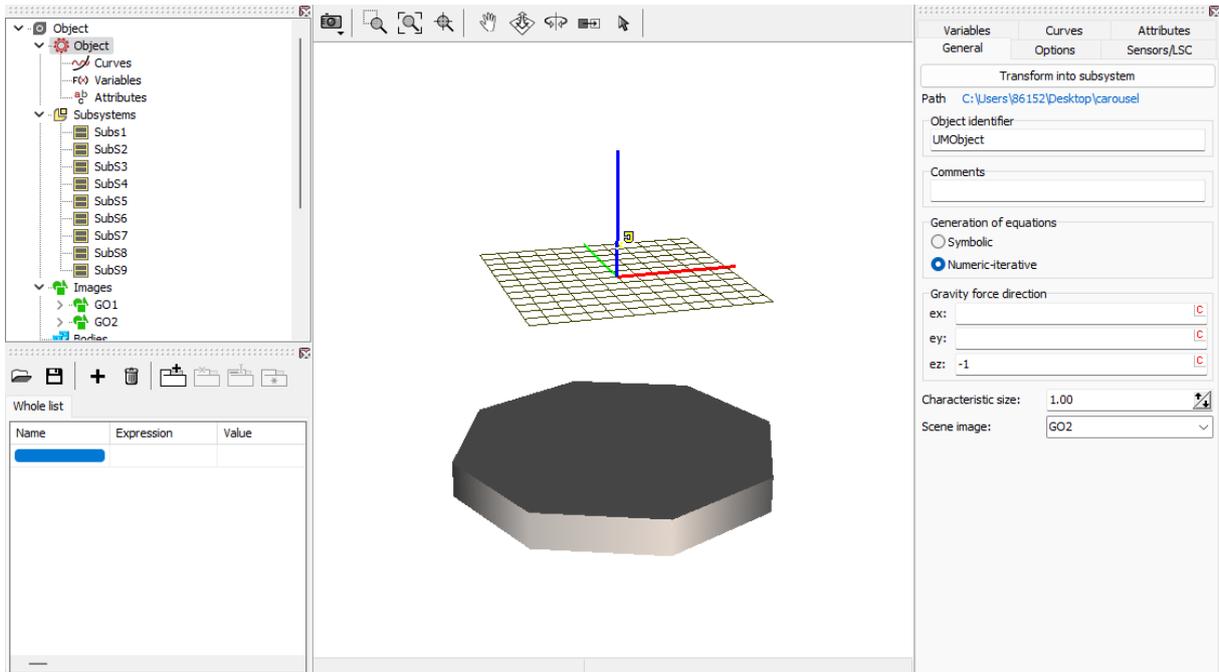
Cone Parameters: $R_2=R_1=4.5(m)$, $h=1(m)$; 设置离散点数 Bottom circle 为 8, Generatrix 为 2。

GE Position: 沿 Z 轴负方向移动 5.7(m)。

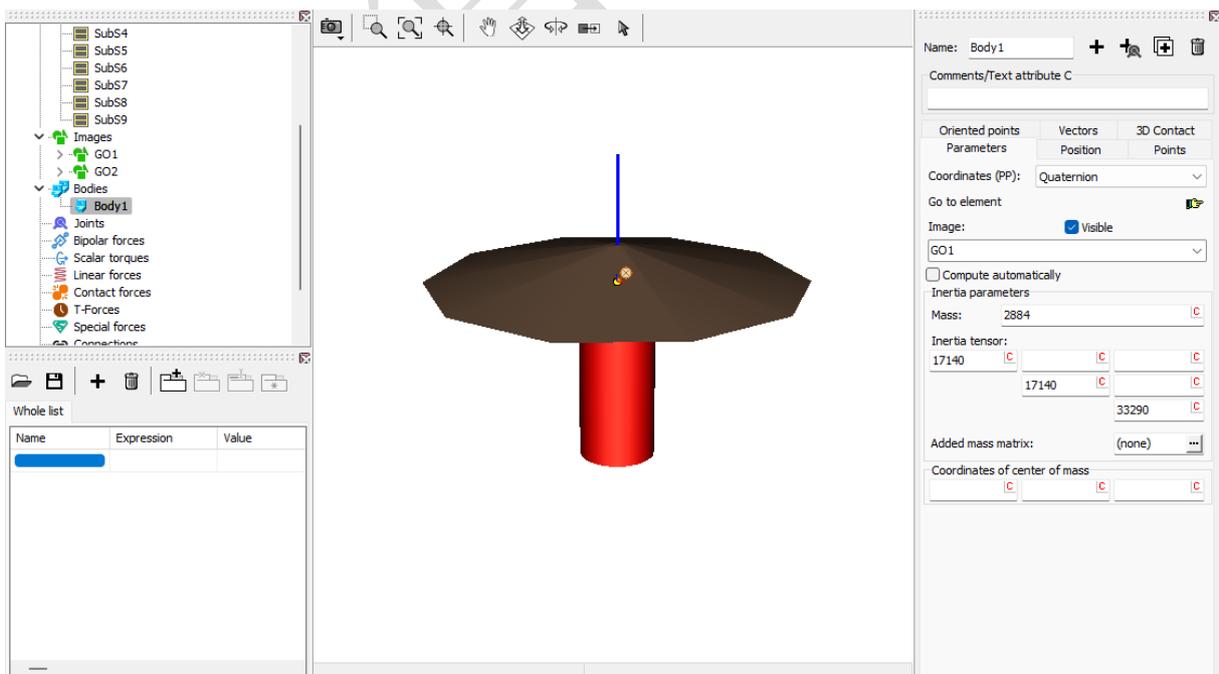


2.2 定义刚体参数

Base0: Base0 是每个 UM 多体系统中固有的零号物体，不需要单独创建，可以赋予几何图形，如下图，将 GO2 赋给 Base0，即作为 Scene image。



Body1: 选择几何 GO1, 定义 Mass=2884(kg), $I_x=I_y=17140(\text{kg}\cdot\text{m}^2)$, $I_z=33290(\text{kg}\cdot\text{m}^2)$ 。

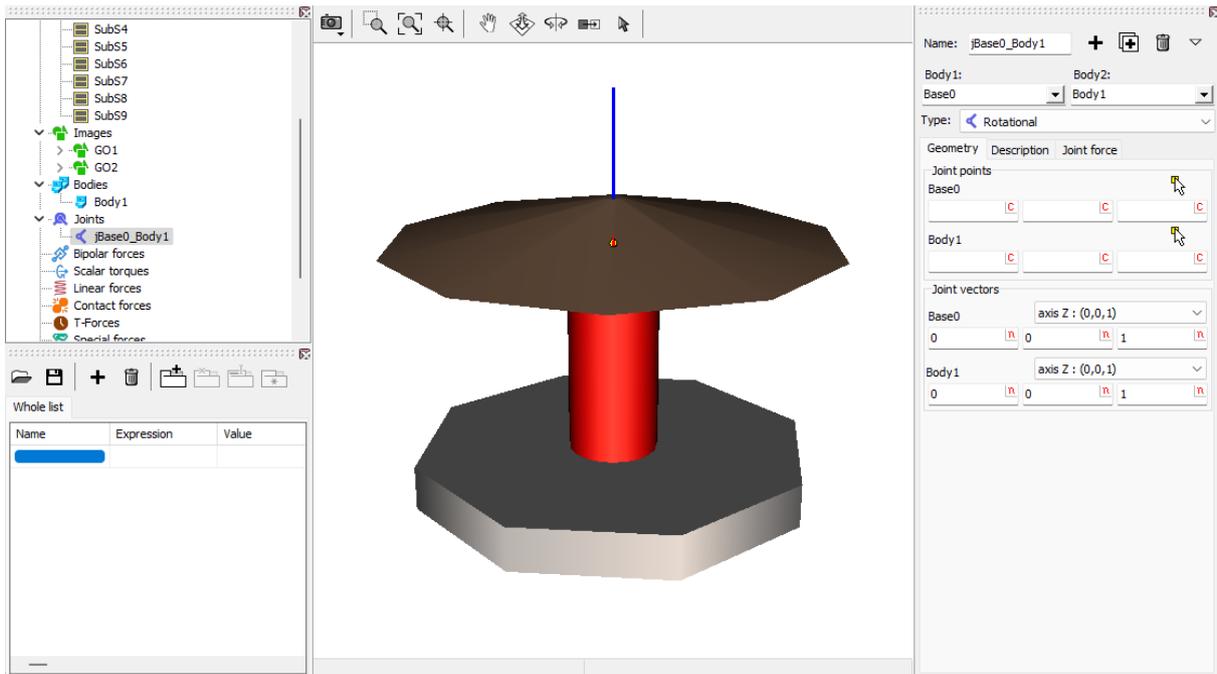


2.3 描述铰

jBase0_Body1: 选择 **Base0** 作为铰的 1 号物体, **Body1** 为 2 号物体, 类型为 Rotational。

Joint points (0, 0, 0) 和 (0, 0, 0);

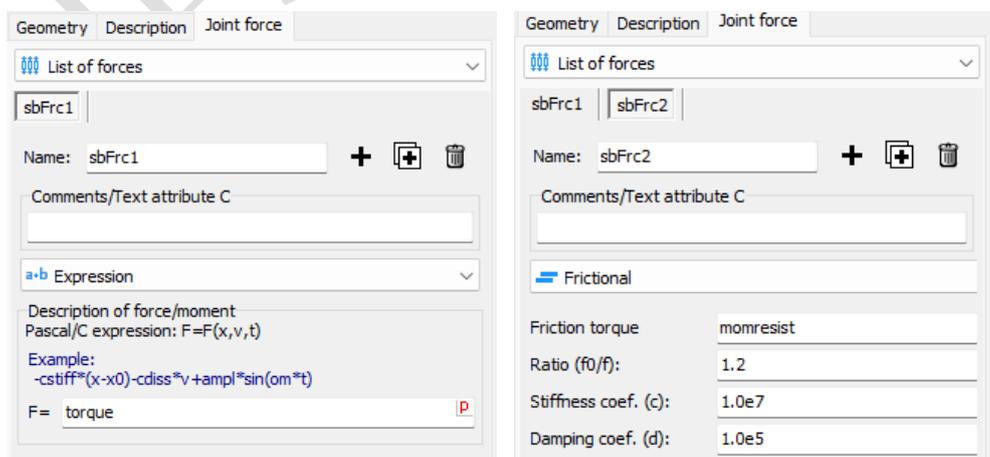
Joint Vectors (0, 0, 1) 和 (0, 0, 1)。



Joint force: 类型选择 List of forces。

Sbfrc1 选择 Expression, $F=\text{torque}$, 定义 torque 初始值为 0;

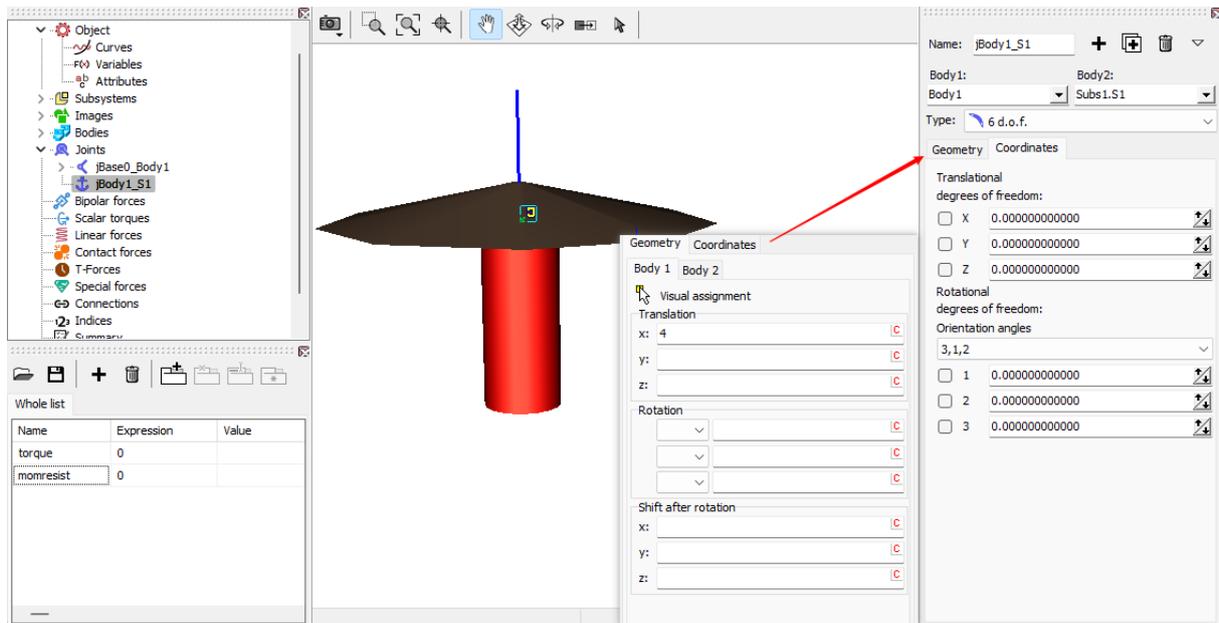
Sbfrc2 选择 Frictional, 设置 Frictional torque= momresist , 定义 momresist 初始值为 0, $f_0/f=1.2$, $c=1e7$, $d=1e5$ 。



JointBody1_S1: 选择 **Body1** 作为铰的 1 号物体, **Subs1.S1** 为 2 号物体, 类型为 6 d.o.f.。

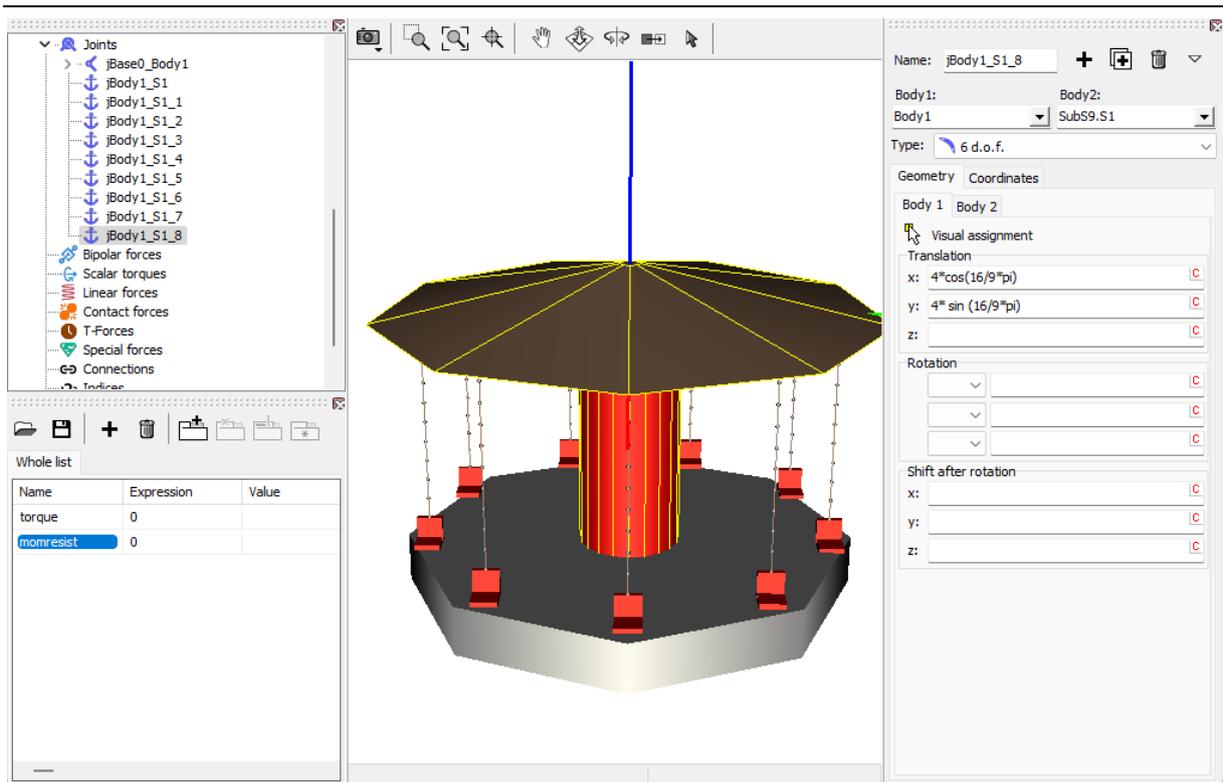
Geometry: Body1 Translation: $x=4(m)$;

Coordinates: 约束所有自由度。



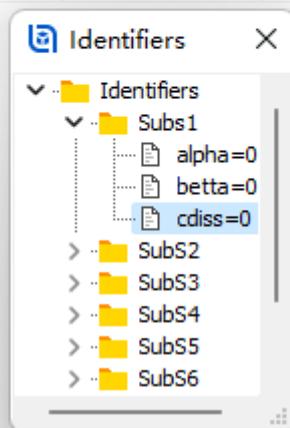
重复复制铰 **JointBody1_S1** 八次, 按下表修改此八个铰的 2 号物体和 Geometry 的 Body1 Translation 位置参数。

Name	Body2	X	Y	Z
JointBody1_S1_1	SubS2.S1	$4*\cos(2/9*\pi)$	$4*\sin(2/9*\pi)$	0
JointBody1_S1_2	SubS3.S1	$4*\cos(4/9*\pi)$	$4*\sin(4/9*\pi)$	0
JointBody1_S1_3	SubS4.S1	$4*\cos(2/3*\pi)$	$4*\sin(2/3*\pi)$	0
JointBody1_S1_4	SubS5.S1	$4*\cos(8/9*\pi)$	$4*\sin(8/9*\pi)$	0
JointBody1_S1_5	SubS6.S1	$4*\cos(10/9*\pi)$	$4*\sin(10/9*\pi)$	0
JointBody1_S1_6	SubS7.S1	$4*\cos(4/3*\pi)$	$4*\sin(4/3*\pi)$	0
JointBody1_S1_7	SubS8.S1	$4*\cos(14/9*\pi)$	$4*\sin(14/9*\pi)$	0
JointBody1_S1_8	SubS9.S1	$4*\cos(16/9*\pi)$	$4*\sin(16/9*\pi)$	0



在左下角参数列表点击右键，选择 Add from system，将任一子系统中的一个参数添加到此处。

Name	Expression	Value
torque	0	
momresist	0	
alpha	0	
beta	0	
cdiss	0	



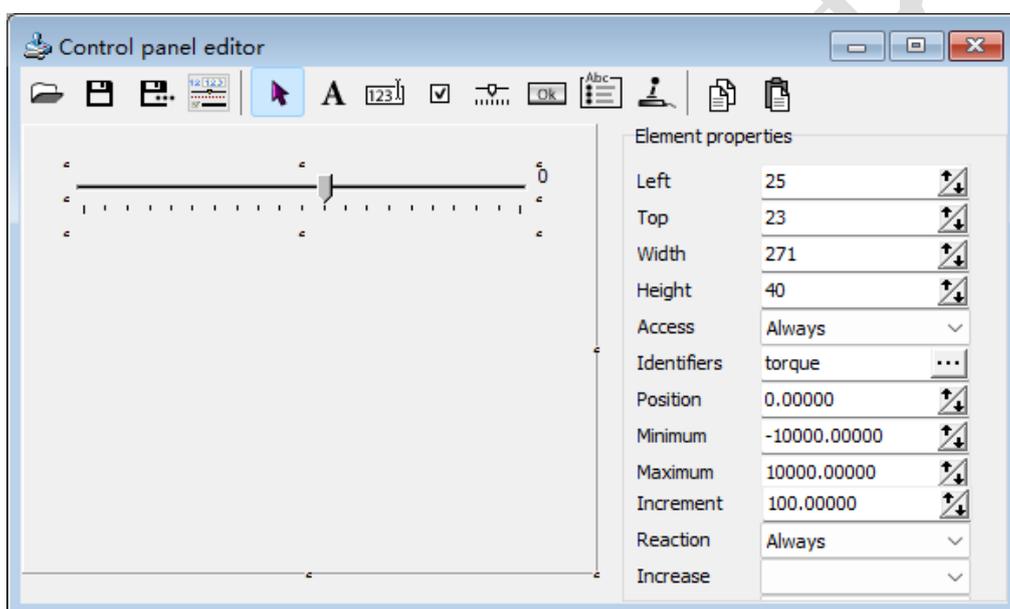
建模完成，保存模型。

3 UM Simulation 仿真过程

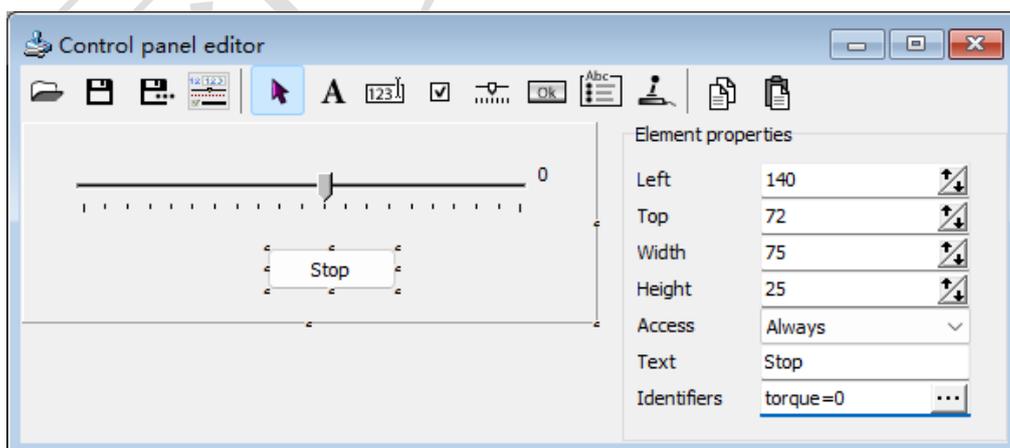
3.1 创建变量控制器

运行 UM Simulation 程序，加载模型（最好关闭 UM Input 程序）。

从 Tools 主菜单选择 Control panel editor，点击  添加一个滚动条控件，设置 Identifiers 为 torque，设置 torque 的数值区间为[-10000, 10000]，步长为 100。



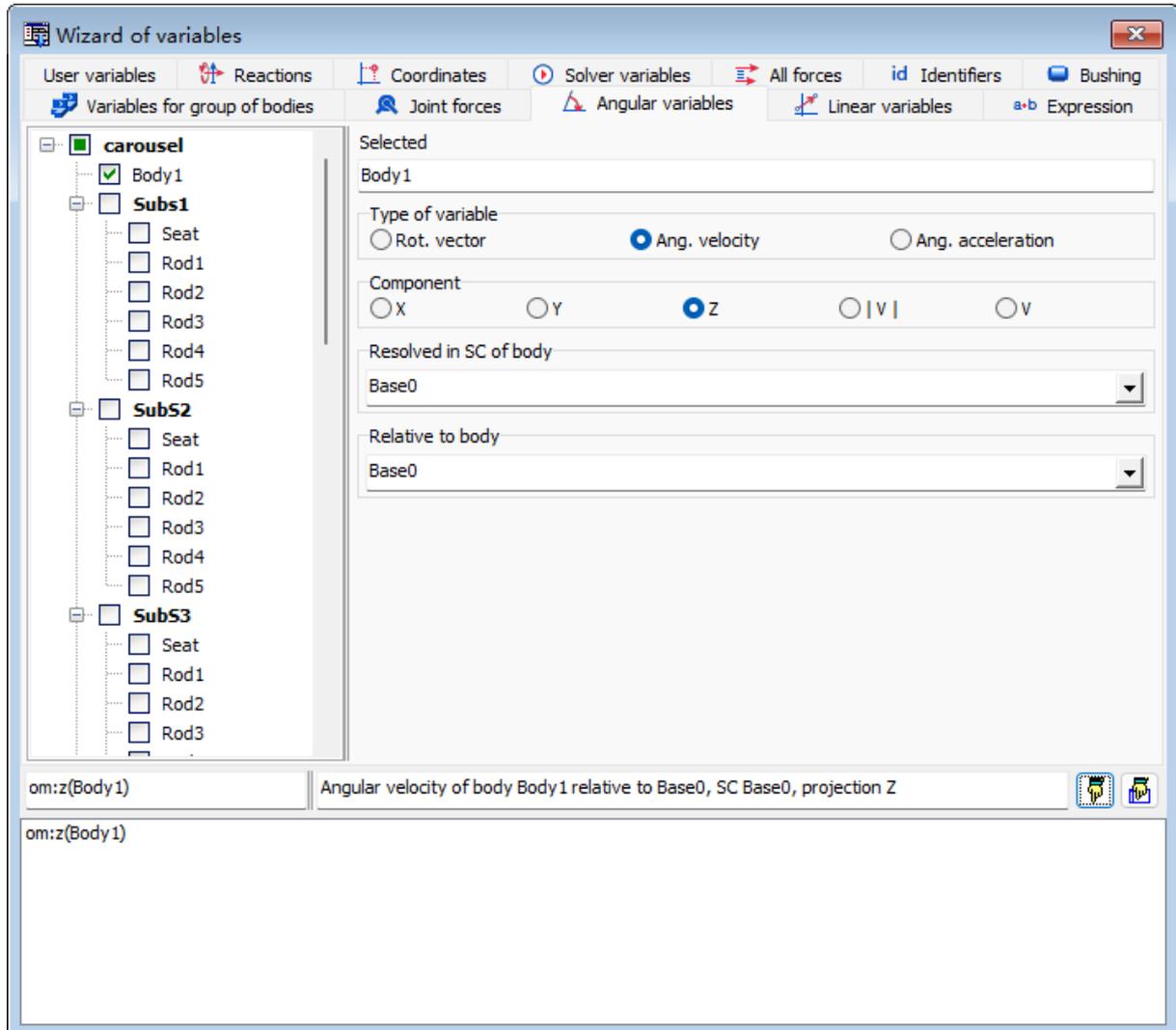
点击  添加一个按钮控件，设置 Text 为 Stop，Identifiers 为 torque=0。



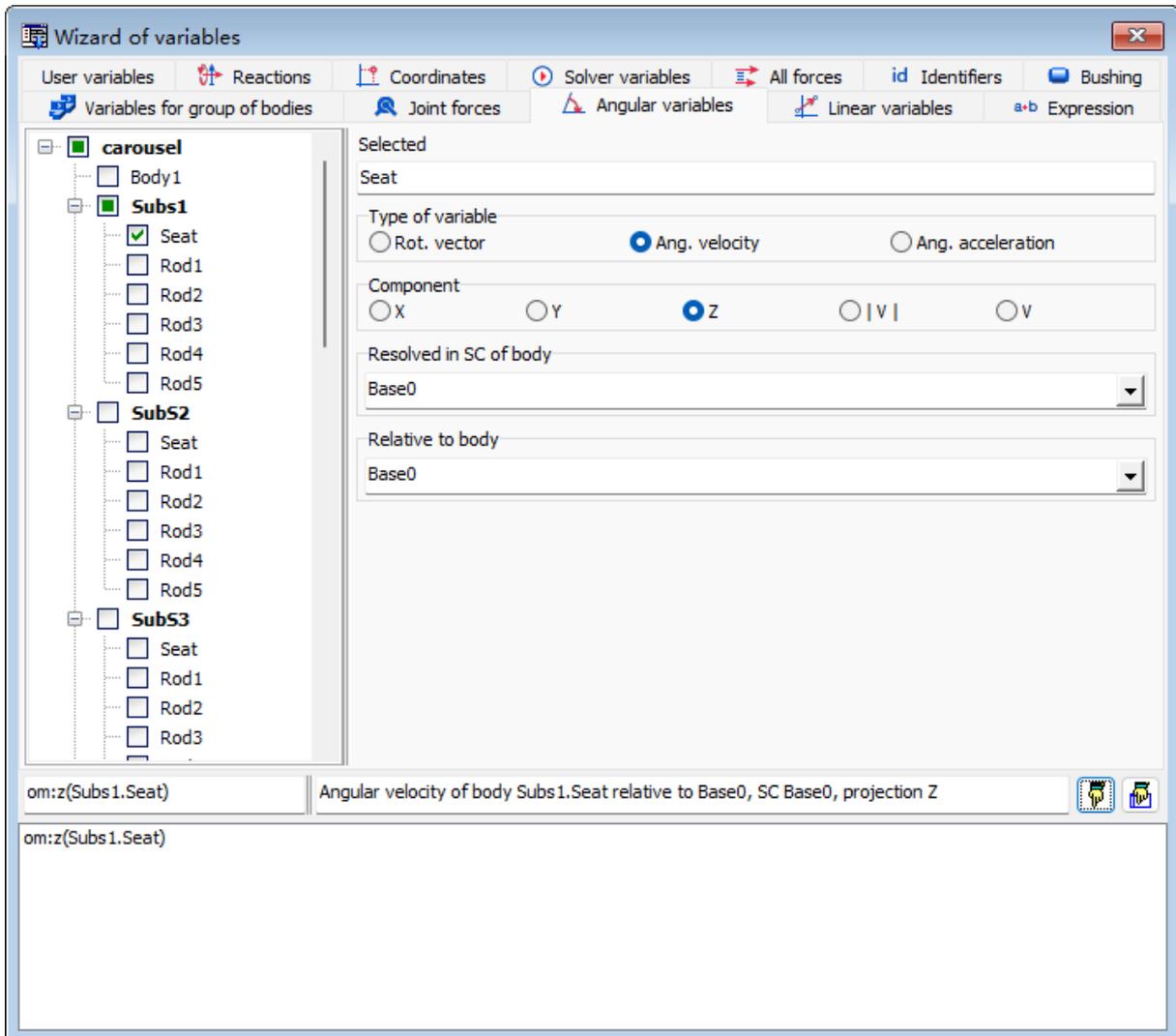
完成以上设置后，先保存控制器，再从主菜单 Tools-Open control panel，打开控制器。

3.2 创建变量

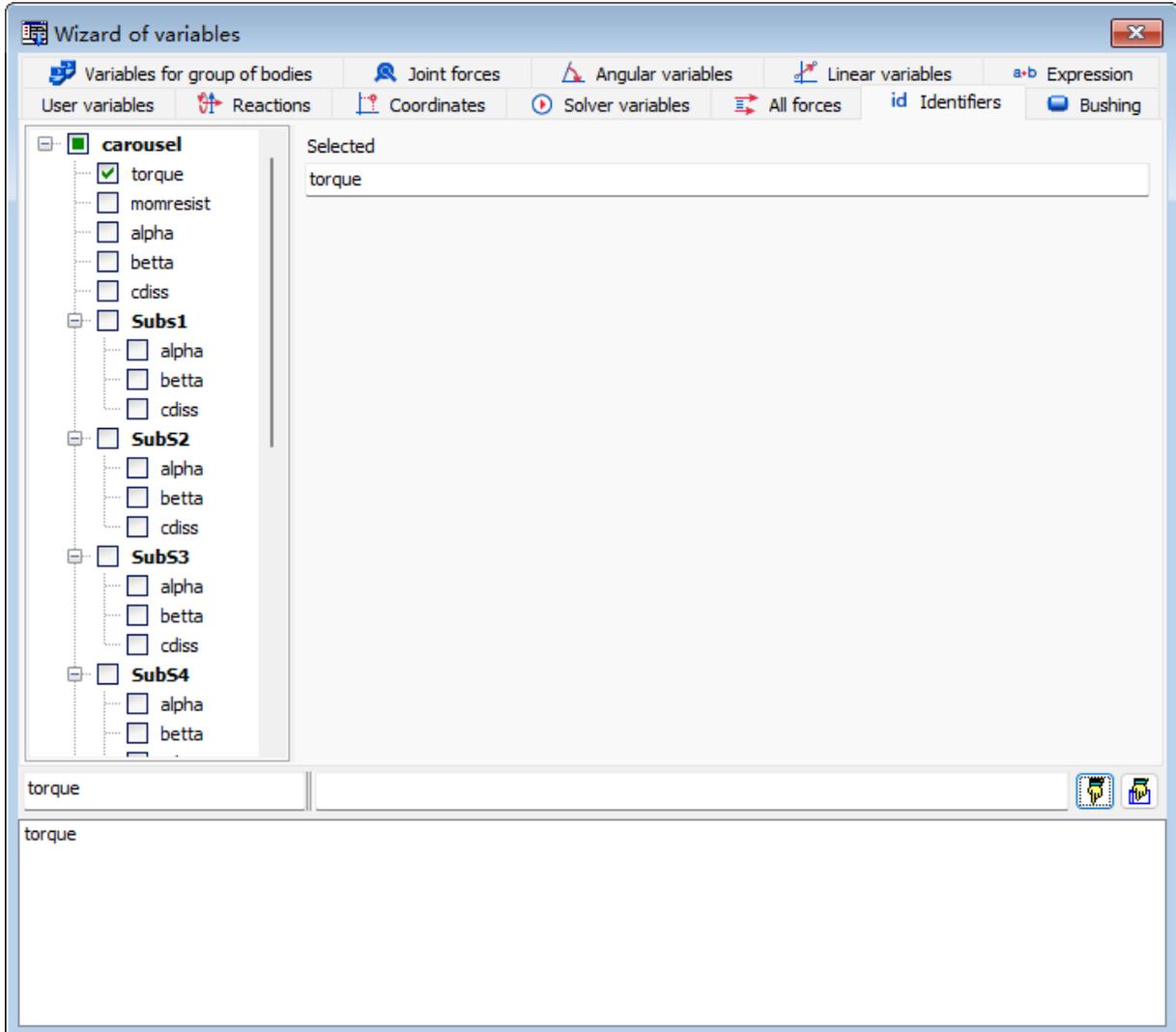
打开变量向导，创建 **body1** 角速度 **Ang.velocity** 绕 Z 轴转动的分量 Z 并拖入绘图窗口。



创建 **Subs1** 中 **Seat** 角速度 **Ang.velocity** 绕 Z 轴转动的分量 Z 并拖入绘图窗口。



从 Identifiers 页面添加参数 torque 并拖入绘图窗口。

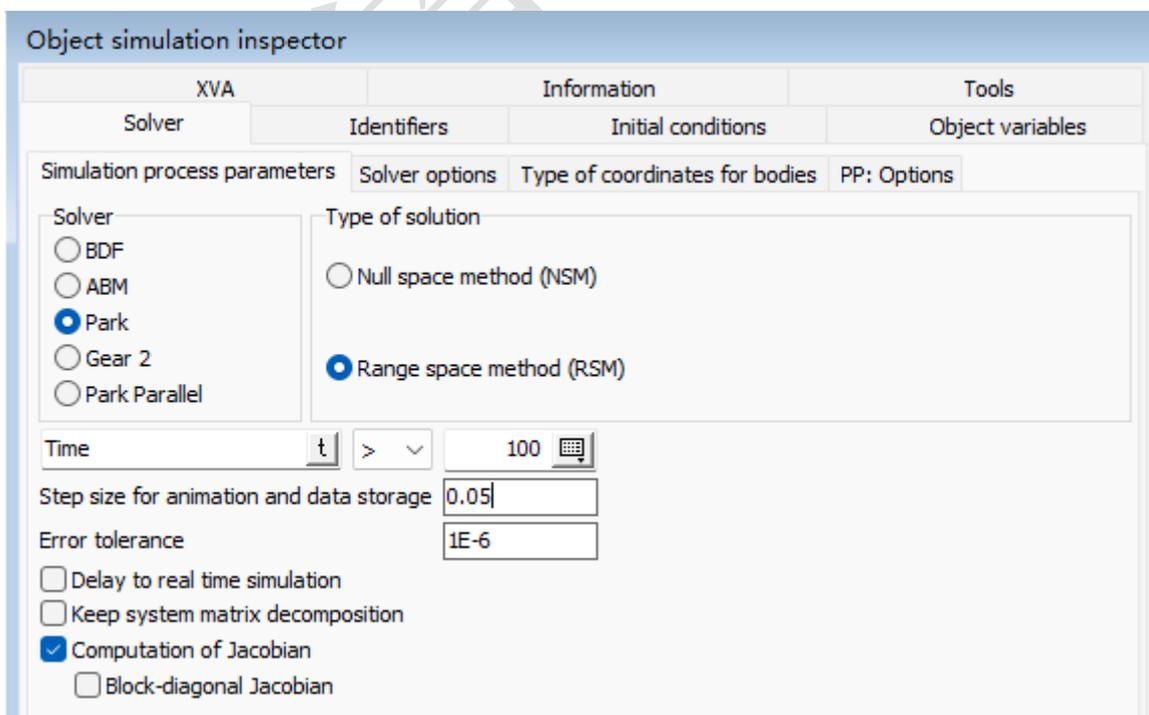
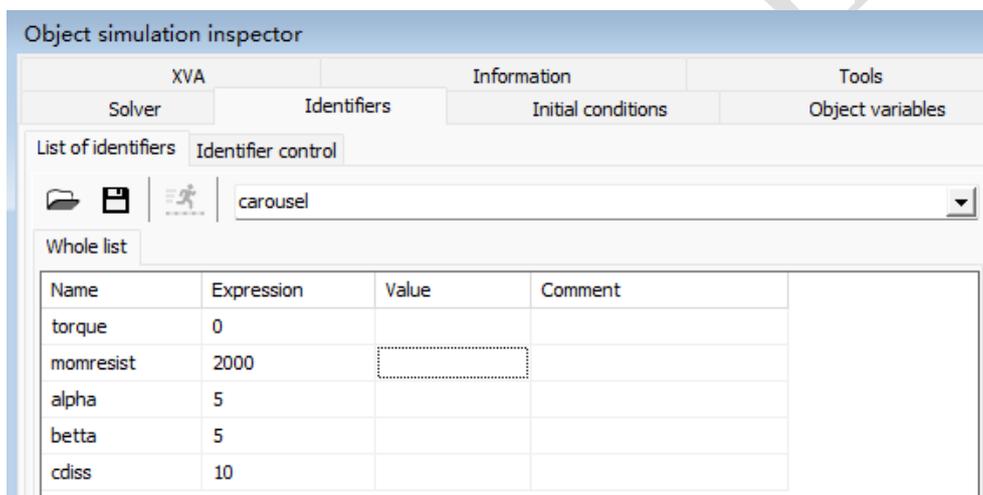


3.3 仿真计算

在仿真控制界面的 Identifiers 页面，设置 momresist 值为 2000，alpha 值为 5，beta 值为 5，cdiss 值为 10。

设置仿真时长为 100 秒，数据步长 0.05 秒，点击 Integration 开始仿真。

鼠标拖动变量控制器滚动条，调整 torque 至 6000，在计算至 80 秒左右时，点击变量控制器 Stop 按钮。



仿真结果如下图:

