universal mechanism

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	
	1.4	添加力元	17
	1.5	转换为子系统	
2	外	部建模过程	19
	2. 1	建立几何模型	
	2. 2	定义刚体参数	
	2. 3	描述铰	
3	U	M SIMULATION 仿真过程	26
	3. 1	创建变量控制器	
	3. 2	创建变量	27
	3.3	仿真计算	





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。

	≜. ₽		
	Name: SeatGO	+ 🖽 🔟	
	Comments/Text attribute C		
	Description GO position		
	Box Box		
	, , ,		
	Type: 🥑 Box 🗸 –	+ (+)	
	Comments/Text attribute C		
	Parameters Colors GE position	Material	
	A: 0.1	C	
	B: 0.5	C	
X	C: 0.5	C	
		- · · ·	
		-	
//*		<	
$\langle \langle \rangle$		\searrow	
$\langle \langle \rangle$			
K			
K			





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

Box2 GE Position:沿X 轴移动 0.25(m)。

	Description GO position
	Box Box
	Туре: 🥃 Вох 🗸 🕂 💽 (
	Comments/Text attribute C
	Parameters Colors GE position Material
	Translation
	x: 0.25
Description GO position	у:
Box Box	Z:
	Rotation
Type: 🔰 Box 🗸 🕂 ų	
Comments/Text attribute C	~
l	
Parameters Colors GE position Mate	erial Shift after rotation
A: 0.5	C X:
B: 0.5	с у:
C: 0.1	C Z:

-





ChainGO: 由 2 个 Elipsoid 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。

	Ellipsoid Type: • Ellipsoid Comments/Text attribute C	Û	X
	Parameters Colors GE position Material		()
	Semi-axes	C	
	b: 0.04	C	
	c: 0.04	C	
	Discretization		
	Slices: 5	1	
	Stacks: 5	1	
	1////		
Ż,			





Elipsoid2 Parameters: 复制 Elipsoid1 保持参数不变。

Elipsoid2 GE Position:沿 Z	轴方向	移动	0.4(1	n)∘			
	D	escripti	ion G	O positi	on		
	E	llipsoid	E	llipsoid			
					·	. —	æ
	1	ype:	9	Ellipsoid	~	+ +	
		Comm	ents/T	ext attri	bute C		
Description GO position							_
Ellipsoid Ellipsoid		Parame	eters	Colors	GE position	Material	
	æ	Trans	lation				
Type: 🥥 Ellipsoid 🧹 🛨 🌗		x:					C
Comments/Text attribute C		y:					C
	_	z: 0.	.4				C
Parameters Colors GE position Material		Rotati	ion				
Semi-axes			~	·			C
a: 0.04			~				С
b: 0.04			~	1			C
c: 0.04	C	Shift a	after ro	otation			_
Discretization	= 1	x:					C
Slices: 5	1	y:					С
Stacks: 5	1	z:					С
		_					
_ /							
		— <u> </u>					
	- 11						
/							
	\mathbf{T}						





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

Description GO position Ellipsoid Ellipsoid
Type: Polyhedron Comments/Text attribute C
GE position Material Texture Parameters Colors Verticies:





1.2 定义刚体参数

Seat: 选择几何 Seat GO, 定义 Mass=21.84(kg), Ix=1.118(kg*m²), Iy=1.189(kg*m²), Iz=1.241(kg*m²), Ixz=0.273(kg*m²), 质心坐标为: (0.125, 0, 0.15)。







Rod1: 选择几何 ChainGO, 定义 Mass=3.735(kg), Ix=Iy=0.1516(kg*m²),

Iz=0.00216(kg*m²),质心坐标为:(0,0,0.2)。



10





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。

			_
Oriented points	Vectors	3D Contact	
Parameters	Position	Points	
Internal joint			
🖸 6 d.o.f	🔾 0 d.a	p.f	
Coordinates (PP):	Quaternion	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	
Go to element		p	7
Image:	🗹 Visible	2	
No		~	
Compute automa	tically		
Inertia parameters			
Mass:		C	2
Inertia tensor:			_
	10	L C	2
C	<u> </u>	L	
C	C		2
C .	<u>c</u>	(none)	
C Added mass matrix:	ter of mass	(none)	





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*x-betta*v, 定义 alpha 和 betta 初始值为 0。 ▶

					Name: Joint1 +	Î ~
				···· Þ.	Body1: Body2:	
Name	: Joint1	+ 🕩	Î	\bigtriangledown	Seat 💌 Rod1	-
Body	1:	Body2:			Type: Seneralized	~
Seat	•	Rod1		-	Autodetection	
Type:	😤 Generalized			~	TCz RVx RVy RVz	
Au	todetection				✓ Enabled	•
TCz	RVx RVy	RVz			FT type: > py (rotational dio f)	
🗹 Er	nabled	+ +₹	(+	Û	Comments/Text attribute C	
ET typ	oe: 🔄 tc (translation ments/Text attribute	n constant) C		~	Transformation vector	
					axis X : (1,0,0)	~
Tra	nslation vector				ex: 1	n
ex:				С	ey: 0	n
ey:				С	ez: 0	n
ez:	0.5			C	Coordinate Force/Torque	
					? Type: (none)	~





	Name: Joint1 🕂 🗭 🗑 🗸
	Paduta Paduta
	Body 1: Body 2:
	Seat Rodi
D ₂ 4	Type: Generalized
Name: Joint1 + 🗭 🗑 🗸	Autodetection
Body1: Body2:	TCz RVx RVy RVz
Seat V Rod1 V	Enabled
Type: Seperalized	
	ET type: > rv (rotational d.o.f) ~
Autodetection	Comments/Text attribute C
TCz RVx RVy RVz	
✓ Enabled + + ↓ ① Enabled	Transformation vector
ET type:	axis Z : (0,0,1) ~
Commonite (Tout attribute C	ex: 0 [n]
Comments/Text attribute C	
	ey: o
Transformation vector	ez: 1
axis Y : (0,1,0) ~	Coordinate Force/Torque
ex: 0 <u>n</u>	The Evenencian
ev: 1	and Expression
	Description of force/moment Pascal/C expression: F=F(x,y,t)
	Example:
Coordinate Force/Torque	-cstiff*(x-x0)-cdiss*v+ampl*sin(om*t)
2 Type: (none)	F= -alpha*x-betta*v
	Name: Joint1 + 🖬 🛱 🗸
Mod1	Body1: Body2:
	Seat 💌 Rod1 💌
Rod4	Type: Ceneralized
✓ - Q Joints	Autodetection
Bipolar forces	
Linear forces	
Contact forces	ET type: > rv (rotational d.o.f)
Special forces	Comments/ ext attribute C
	Transformation vector
The Coordinates	axis Z : (0,0,1) ~
	ex: 0 n
	ey: 0 (n
Whole list	ez: 1 n
Name Expression Value	Coordinate Force/Torque
alpha 0	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-betta*v P
h-C	

Universal Mechanism 9

强基训练





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(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。

Name:	Joint2	+ 🕩	1	~						
Body1	:	Body2:								
Rod1	-	Rod2		-	Name:	Joint2	+	F	僃	\bigtriangledown
Type:	🔪 6 d.o.f.			\sim					-	
Geome	etry Coordinates				Body1:		Body2			_
Body	1 Body 2				Turner					<u> </u>
R	Visual assignment				Type:	₹ 6 d.o.t.				~
⊢∿s ⊡Tran	Islation				Geome	try Coordinates				
x:			l	0	Transl	ational				
v:				c /	degree	es of freedom:				
					□ ×	0.00000000	000			\angle
z:	J.8				O Y	0.000000000	000			1
Rota	ation			c		0.00000000	000			1
					Rotati	onal				
	~				degree	es of freedom:				
	~				Orient	ation angles				
Shift	after rotation				Carda	an (1,2,3)				~
x:					1	0.00000000	000			\angle
у:			l	9	2	0.000000000	000			1
z:			Ŀ	C	3	0.000000000	000			1/1
					Ē					





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。







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







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。

Conel Parameters: R2=0.2(m), R1=5(m), h=1(m); 设置离散点数 Bottom cirde

为9, Generatrix为2。

Cone Cone	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
Comments/Text a	ttribute C	
Parameters Colo	rs GE position Material	
Radius (R2): 0.	2	C
Radius (R1): 5		C
Height (h): 1		C
Number of points		
Bottom circle:	9	1
Generatrix:	2	1
Angles: 0.00	0.00	1
Closing:	(none)	~

19





Cone2 Parameters:	R2=R1=1(m),	h=5.5(m);
Conce i arameterst		

GE Position:沿 Z 轴负方向移动 4.8(m)。

	Description GO position
	Cone
Description GO position	Type: A Cono 🖌 🕂 🖬 🛱
Cone Cone	Comments/Text attribute C
Comments/Text attribute C	Parameters Colors GE position Material
	x:
Parameters Colors GE position Material	v: C
Radius (R2): 1	<u>c</u> -4.8 <u>c</u>
Radius (R1): 1	C Debelie
Height (h): 5.5	C Rotation
Number of points	
Bottom circle: 20	
Generatrix: 2	
4	Shift after rotation
Angles: 0.00 2 0.00 2	x:C
Closing: (none)	~ у: С
	z:







GO2: 由1个Cone组成,颜色灰色。

Cone Parameters: R2=R1=4.5(m), h=1(m); 设置离散点数 Bottom cirde 为 8,

Generatrix 为2。

GE Position:沿Z轴负方向移动 5.7(m)。

Name: GO2	<i>\$</i> + .		Description GO position	
Comments/Text	attribute C		Cone	
				æ
Description GO	position		Type: 🔥 Cone 🗸 🛨 🕒	
Cone			Comments/Text attribute C	
	<u></u>	æ		
Type: 💧 Co	ne 🗸 🕇 🖽		Parameters Colors GE position Material	
Comments/Tex	t attribute C		Translation	
			x:	
Parameters C	colors GE position Materia		y:	
Radius (R2):	4.5	C	z: -5.7	
Radius (R1):	4.5	C	Rotation	IC
Height (h):	1	C		
Number of poir	nts			
Bottom circle:	8	1		
Generatrix:	2	1	Shift after rotation	C
Angles: 0.00	0.00	1	y:	C
Closing:	(none)	~	Z:	C
			BFFB	
	目目			
	目	書		
	Æ	<u>+_</u>		
		4		





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), Ix=Iy=17140(kg*m²), Iz=33290(kg*m²)。



Universal Mechanism 9





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=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. f0/f=1 2. c=1e7. d=1e5.

	a 100 0					
Geometry Description Joint force		Geometry Description	Joint force			
👯 List of forces	\sim	tist of forces				~
sbFrc1		sbFrc1 sbFrc2				
Name: sbFrc1 +		Name: sbFrc2		+	Ð	Û
Comments/Text attribute C		Comments/Text attrib	oute C			
a-b Expression	~	- Frictional				
Description of force/moment Pascal/C expression: F=F(x,v,t)		Friction torque	momresist			
Example: -cstiff*(x-x0)-cdiss*v+ampl*sin(om*t)		Ratio (f0/f):	1.2			
F= torque	P	Stiffness coef. (c):	1.0e7			
		Damping coef. (d):	1.0e5			





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

Name	Body2	X	Y	Ζ
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

Body1 Translation 位置参数。







在左下角参数列表点击右键,选择 Add from system,将任一子系统中的三个参数 添加到此处。

Name	Expression	Value
torque	0	
momresist	0	
alpha	0	
betta	0	
cdiss	0	
	 Identifiers Subs1 Subs1 Identifiers alpha be Cd Subs2 Subs3 Subs4 Subs4 	oha=0 etta=0 ess=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 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。

🝰 Control panel editor		
🛏 🖪 🖽 🚟 🕨 🗚 🖾 🗹 🕂 🗺	i 🚣 🗈 🖪	
	Element properties	
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	Left 25	
	Тор 23	
	Width 271	
	Height 40	
	Access Always 🗸	
e l	Identifiers torque	
	Position 0.00000	
	Minimum -10000.00000	
	Maximum 10000.00000	
	Increment 100.00000	
	Reaction Always \checkmark	
	Increase V	

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

🛃 Control panel editor	
🕞 💾 🔜 🔛 📐 A 🖾 🗸 🕬	🚣 🗗 🖪
	Element properties
°	Left 140 🚺
, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	Тор 72
e Stop	Width 75
ee	Height 25
	Access Always \checkmark
	Text Stop
	Identifiers 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

 \square .

🖽 Wizard of variables				×
User variables 🛛 🕀 Reactions	Coordinates	🕑 Solver variables 🛛 🗐	All forces id Ider	ntifiers 😑 Bushing
🥩 Variables for group of bodies	🔍 Joint forces	🛕 Angular variables	🛃 Linear variables	a+b Expression
🖃 🔳 carousel	Selected			
Body1	Body 1			
Subs1	Type of variable Rot. vector	🔾 Ang. velocit	y 🔿 Ang.	acceleration
Rod1	Component O X	⊖y Oz	0111	٥v
🗖 Rod4	Resolved in SC of t	oody		
Rod5	Base0			-
SubS2				
Seat	Relative to body			
Rod1	Base0			<u> </u>
Rod3				
Rod4				
🗖 Rod5				
🖨 🔲 SubS3				
Seat				
Rod1				
Rod2				
om:z(Body 1)	Angular velocity of body	Body1relative to Base0, SC B	Base0, projection Z	7
om:z(Body 1)				





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。

📑 Wizard of variables					— ×
User variables 🛛 😚 Reactions	Coordinates	Solver variables	📫 All forces	id Identifiers	Bushing
🥩 Variables for group of bodies	🔍 Joint forces	🛕 Angular varial	bles 🛛 🛃 Linea	r variables 🛛 🕯	a+b Expression
🖃 🔳 carousel	Selected				
Body1	Seat				
🖻 🔳 Subs1	Type of variable				
🖂 🗹 Seat	Rot. vector	🖸 Ang. 🗤	elocity	O Ang. accelera	ation
Rod1	Component				
Rod2	Ox	Оү О	z O	IVI O	v
Rod3	- Deselved in SC of	hadu			
Rod5	Resolved in SC Of	bouy			1
SubS2	Daseu				<u> </u>
Seat	Relative to body				
Rod1	Base0				-
Rod2					
Rod3					
Rod4					
Seat					
Rod1					
Rod2					
Rod3					
om:z(Subs1.Seat)	Angular velocity of body	Subs1.Seat relative to F	Base0, SC Base0, pro	viection 7	
	ringular velocity of body			Jectorie	
UN:2(SUDS1.SEAL)					





从 Identifiers 页面添加参数 torque 并拖入绘图窗口。

🔄 Wizard of variables				×
🥩 Variables for group of bodi	es 🔍 🔍 Joint forces	🛆 Angular variabl	les 🛛 🛃 Linear variable	s a+b Expression
User variables 🛛 😚 Reaction	ns 💾 Coordinates	 Solver variables 	📫 All forces 🛛 id Ide	entifiers 🕒 Bushing
User variables (** Reaction Carousel Vorque momresist alpha betta cdiss Subs1 alpha betta cdiss SubS2 alpha betta cdiss SubS3 Carousel SubS3 alpha betta cdiss SubS3 alpha betta cdiss SubS3 alpha betta cdiss SubS3 alpha betta cdiss SubS4 betta	Selected torque	Solver variables		enumers Bushing
torque				7
torque				





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, betta 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。

Object simulati	on inspector			
3	KVA	Information		Tools
Solver	Ident	ifiers	Initial conditions	Object variables
List of identifiers	Identifier control			
🖻 🖪 📘	carousel			-
Whole list				
Name	Expression	Value	Comment	
torque	0			
momresist	2000			
alpha	5			
betta	5			
cdiss	10			

Object simulation in	nspector					
XVA			Information		Tools	
Solver	I	dentifiers	Initial conditions	Obj	ject variables	
Simulation process pa	rameters	Solver options	Type of coordinates for bod	ies PP: Options		
Solver BDF ABM Park Gear 2 Park Parallel	Typ	Type of solution Null space method (NSM) Range space method (RSM)				
Time t > 100 III Step size for animation and data storage 0.05 III-6 III-6 Error tolerance IIII-6 IIII-6 IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII						





仿真结果如下图:













