# universal mechanism

# 多体系统动力学仿真

## UM 软件强基训练系列教程 (11)

四川同算科技有限公司

2022年8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\Automotive\Suspensions \Double Wishbone Suspension

### 目录

1 双	双叉臂悬架建模	4
1. 1	导入几何模型	4
1.2	2 定义刚体参数	6
1.3	3 定义标识符	8
1.4	描述铰	9
1.5	5 添加力元	20





#### 1 双叉臂悬架建模

#### 1.1 导入几何模型

请先从同算科技网站(<u>www.tongsuan.cn</u>)资料下载页面下载本例模型素材(<u>双叉臂</u> 悬架几何素材.zip),然后解压缩。

运行 UM Input, 新建模型, 依次导入左上叉臂.img、左下叉臂.img、左转向节.img、 右转向节.img、轮毂.img、弹簧.img、减振器.img、左稳定杆.img、右稳定杆.img、转向 拉杆.img、转向柱.img、转向齿条.img、左轮.img, 共计 13 个几何模型。

这些几何模型全都是利用 UM Input 的建模工具搭建的,读者可以逐个点开学习建模方法。其中轮胎是参数化模型,读者可以尝试设置不同的参数(Radius,Width,Height),观察轮胎尺寸的变化。



由于对称性,我们可以根据已有的三个几何模型(**左上叉臂、左下叉臂、左轮**)得 到三个新的几何模型(**右上叉臂、右下叉臂、右轮**)。





	Name: 右上叉臂 🔗 🕂 🕩 🛅
	Comments/Text attribute C
	Description GO position
Name: 石上叉臂 67 十 1 1 1 1	GO
Comments/Text attribute C	
	Type: 🚰 GO 🗸 🛨 🖽
Description GO position	Comments/Text attribute C
GO	
туре: 😫 до 🗸 🛨 🖬 🕅	Parameters Colors GE position
Comments/Text attribute C	Translation C
Parameters Colora CE position	7. C
Element is a graphic object	Potation
左上叉臂 V IP 🖗	Z ~ 180 C
	~ 0 C
	~ 0 C
-	
$\langle \rangle$	
,	$\mathbf{X}$
	$\mathbf{X}$
	$\sim$
_	
	$\backslash$
	$\backslash$
-	$\backslash$





#### 1.2 定义刚体参数

首先,我们来创建一个虚拟车体,请点击刚体页面的 **\*** 按钮,命名为 Local Car Body, 选择 6 d.o.f. Internal joint(内部六自由度较),随意设置虚拟车体的质量和转动惯量。引入 虚拟车体,便于定义上下叉臂的铰,当有外部其他物体(真实车体)与虚拟车体建立铰 接时,在计算时虚拟车体会自动被去除。

	Name: Local Car Body		
	Comments/Text attribute C		
			Z
	Oriented aviate Viature		
	Parameters Position	Boints	
	Internal joint	Points	
	● 6 d.o.f ○ 0 d.o.f		
	Coordinates (PP): Quaternion	~	
	Go to element	<b>1</b>	
	Image: 🗸 Visible		
	No	~	
	Compute automatically		
	Inertia parameters		
	Mass: 10	C	
	Inertia tensor:		
		C	
/_	1 C	C	
		C	
	-		
	Added mass matrix: (no	ne) <u></u>	
	Coordinates of center of mass		
	C	C	

然后依次创建刚体:左上叉臂、左下叉臂、右上叉臂、右下叉臂、左转向节、右转 向节、左轮毂、右轮毂、左稳定杆、右稳定杆、转向柱、转向齿条、左轮和右轮,共14 个。





分别赋予同名的几何图形,并按下表输入质量、转动惯量和质心坐标参数。

名称	质量	Ixx	Іуу	Izz	质心
左上叉臂	14	0.06	0.06	0.12	(0, -0.114, 0)
左下叉臂	20	0.14	0.1	0.26	(0, -0.183, 0)
右上叉臂	14	0.06	0.06	0.12	(0, 0.114, 0)
右下叉臂	20	0.14	0.1	0.26	(0, 0.183, 0)
左转向节	4	0.06	0.06	0.02	(0.011, -0.006, 0.084)
右转向节	4	0.06	0.06	0.02	(0.011, 0.006, 0.084)
左轮毂	15	0.06	0.06	0.06	(0, 0, 0)
右轮毂	15	0.06	0.06	0.06	(0, 0, 0)
左稳定杆	4	0.24	0.48	0.3	(-0.282, -0.25, 0)
右稳定杆	4	0.24	0.48	0.3	(-0.282, 0.25, 0)
转向柱	10	0.115	0.304	0.304	(-0.323, 0, 0)
转向齿条	0.55	0.002	0.0001	0.0001	(0, 0, 0.007)
左轮	20	0.25	0.5	0.25	(0, 0, 0)
右轮	20	0.25	0.5	0.25	(0, 0, 0)





#### 1.3 定义标识符

在界面左下方,按下表依次添加标识符及其表达式,以备参数化建模之用。

Name	Expression	Comment
Camber	0	外倾角,°
CamberRad	Camber*pi/180	外倾角,rad
Тое	0	束角,°
ToeRad	Toe*dtor	束角, rad
Mlongitudinalcontrol	0	纵向速度控制力矩,Nm
SteeringColumnAngle	30	转向柱倾角,。
cSteering	5e4	扭转刚度系数, Nm/rad
SteeringWheelAngle	0	方向盘转角, rad
dSteering	90	扭转阻尼系数, Nms/rad
dSteeringWheelAngle	0	方向盘转角变化率, rad/s
SpringPreload	0	弹簧预压力,N

Radius	0.33	
Width	0.2	
Height	0.15	
Camber	0	
CamberRad	Camber*pi/180	0
Тое	0	
ToerRad	Toe*dtor	0
Mlongitudinalcontrol	0	
SteeringColumnAngle	30	
cSteering	5.000000E+4	
SteeringWheelAngle	0	
dSteering	90	
dSteeringWheelAngle	0	
SpringPreload	0	
*		

注意:标识符 CamberRad 和 ToeRad 都是表达式的形式,分别引用了 Camber 和 Toe,故必须保证 Camber 在 CamberRad 之前创建, Toe 在 ToeRad 之前创建(可按下鼠 标左键,上下拖动改变标识符的顺序)。

在UM中,dtor=pi/180,rtod=180/pi,用于角度和弧度之间的转换。





1.4 描述铰

jLocal Car Body 左上叉臂:选择 Local Car Body 作为铰的 1 号物体,左上叉臂为 2号物体,类型为 Rotational。

Joint points (0, 0.406, 0.257) 和 (0, -0.18, 0);

Joint vectors (1, 0, 0) 和 (1, 0, 0)。



jLocal Car Body 左下叉臂:选择 Local Car Body 作为铰的 1 号物体, 左下叉臂为 2 号物体,类型为 Rotational。

Joint points (0, 0.271, -0.053) 和 (0, -0.38, 0); Joint vectors (1, 0, 0) 和 (1, 0, 0)。 Name: jLocal Car Body\_左下叉臂 🕇 🖬 🐨 Body 1: Body2 ▼ 左下叉臂 Local Car Body Type: < Rotational Geometry Description Joint force Joint points Local Car Body C -0.053 0.271 左下叉臂 C -0.38 C Joint vectors axis X : (1,0,0) Local Car Body <u>n</u> 0 1 <u>n</u> 0 axis X : (1,0,0) 左下叉臂 n 0 **n** 0 1

Universal Mechanism 9

强基训练

-

₽\$

ß

 $\sim$ 





**jLocal Car Body\_右上叉臂**:选择 Local Car Body 作为铰的 1 号物体,右上叉臂为 2 号物体,类型为 Rotational。

Joint points (0, -0.406, 0.257) 和 (0, 0.18, 0); Joint vectors (1, 0, 0) 和 (1, 0, 0)。



**jLocal Car Body\_右下叉臂:**选择 Local Car Body 作为铰的 1 号物体,右下叉臂为 2 号物体,类型为 Rotational。

Joint points (0, -0.271, -0.053) 和 (0, 0.38, 0);

Joint vectors (1, 0, 0) 和 (1, 0, 0)。







**j** 左上叉臂\_左转向节:选择左上叉臂作为铰的1号物体,左转向节为2号物体,类型为 Generalized,依次添加两个 RV 和一个 TC。

**RV** Transformation vector: (1, 0, 0);

**RV** Transformation vector: (0, -0.226893, 1);

Name: 」左上叉臂_左转向节 🗕 🕂 📑 📋	$\bigtriangledown$	Name: i左上叉臂_左转向节 🛛 🕂 🖬 🗸
Body1: Body2:		Body1:         Body2:           五上又臂         ▼
在上文肖  Type:  Ceneralized		Type: Ceneralized
RVx		RVx RV
Enabled + +	Î	✓ Enabled
ET type: 🔈 rv (rotational d.o.f)	~	ET type: 🔈 rv (rotational d.o.f) 🗸 🗸
Comments/Text attribute C		Comments/Text attribute C
Transformation vector		Transformation vector
axis X : (1.0.0)	$\sim$	User 🗸
ex: 1	n	ex: 0
ev: 0	n	ey: -0.226893
		ez: 1 n
E2: 0		
Coordinate Force/Torque		Coordinate Force/Torque
Value of coordinate		Value of coordinate
×0: 0.0000000000	$\angle$	xu: 0.00000000000
Fixed		Fixed

**TC Transformation vector:** (0, 0.122, -0.307).



Name	: 佐上叉	2臂_左转	向节		+	ŧ	Î	$\bigtriangledown$
Body	1:			Body:	2:			
左上:	叉臂		-	左转	句节			-
Type:	器 Gene	eralized						~
RVx	RV	TC						
🗹 Er	nabled				+	<b>₽</b> -₹	Ð	Û
ET typ	oe: 독 tc	(translati	on cons	stant)				$\sim$
Con	nments/Tex	kt attribu	te C					
Tra	nslation ve	ctor						
ex:								С
ey:	0.122							С
ez:	-0.307							С





**j** 右上叉臂\_右转向节:选择右上叉臂作为铰的1号物体,右转向节为2号物体,类型为 Generalized,依次添加两个 RV 和一个 TC。(注:可先复制铰 j 左上叉臂\_左转向节,再修改)

**RV** Transformation vector: (1, 0, 0);

**RV Transformation vector:** (0, 0.226893, 1);

**TC Transformation vector:** (0, -0.122, -0.307).







j 左转向节\_左轮毂:选择左转向节作为铰的1号物体,左轮毂为2号物体,类型为 Generalized,依次添加一个TC、两个RT和一个RV。

**TC Transformation vector:** (0, 0.025, 0.05).

lame	: j左转	句节_左轮霸	n d	+ 🕩	Î	$\bigtriangledown$		
Body	1:		Body2:					
生转	向节		左轮毂			-		
ype:	器 Ger	eralized				~		
тс								
🗹 Er	nabled		-	<b>⊦ +</b> ₹	<b>I</b> ₽	î	Хл	
				-				
	H			• • =				
T typ	pe: 돌 t	: (translation	n constant)	• • •		~	$\boldsymbol{X}$	
T typ Con	pe: 볼 t	: (translation ext attribute	n constant) C	• • =		~	$\Delta$	
T typ Con	pe: 돌 t mments/Te	: (translation ext attribute	n constant) C	• • =		~	$\langle \cdot \rangle$	
T typ Con	pe: 놀 ti mments/Te	: (translation ext attribute	n constant) C	• • =		~ 	$\mathcal{E}$	
T typ Con Tra ex:	pe: 🔄 t mments/To anslation v	c (translation ext attribute ector	n constant) C					
T typ Con Tra ex:	pe: 🕌 t mments/Te	: (translation ext attribute ector	n constant) : C					
T typ Con Tra ex: ey:	pe: [ to mments/Te anslation v 0.025	: (translation ext attribute ector	n constant) : C					

**RT Transformation vector**: (-1,0,0),选择 Expression,定义外倾角 *CamberRad*; **RT Transformation vector**: (0, 0, -1),选择 Expression,定义束角 *ToeRad*;

Name:	佐转向节_左轮毂 🕇 🕩 📋	~	Name: i 左转向节_左轮毂 🗕 🕂 🖬 🦷	~
Body 1	: Body2:		Body1: Body2:	
左转向	同节 🗾 左轮毂	-	左转向节 🗾 左轮毂	•
Type:	Seneralized	$\sim$	Type: 🔮 Generalized	$\sim$
TC	RTx		TC RTx RTz	
🗹 Eni	abled	Î	✓ Enabled	Ì
ET typ	e: ≯ rt (rotational t-function)	$\sim$	ET type: 🎾 rt (rotational t-function)	$\sim$
Com	ments/Text attribute C		Comments/Text attribute C	_
Tran	nsformation vector		Transformation vector	
	axis X : (1,0,0)	$\sim$	axis Z : (0,0,1)	/
ex:	-1	n	ex: 0	n
ey:	0	n		n
ez:	0	n		
Tur	- of description		ez: -1	
() E	Expression OFile		Type of description	
OF	Function O Curve		Expression     O File	
Ŏ	Time-table		O Function O Curve	
			() Time-table	
Cam	iberRad		ToeRad	۹I
				- 1

Universal Mechanism 9

强基训练





**RV Transformation vector:** (0, 1, 0), 在 Force/Torque 页面选择 Expression,

定义纵向速度控制力矩 MLongitudinalControl。







**j 右转向节\_右轮毂:**选择右转向节作为铰的1号物体,右轮毂为2号物体,类型为 Generalized,依次添加一个TC、两个RT和一个RV。(注:可先复制铰**j 左转向节 左轮毂**,再修改)

**TC Transformation vector:** (0, -0.025, 0.05).

**RT Transformation vector**: (1,0,0),选择 Expression,定义外倾角 *CamberRad*; **RT Transformation vector**: (0, 0, 1),选择 Expression,定义束角 *ToeRad*; **RV Transformation vector**: (0, 1, 0),在 Force/Torque 页面选择 Expression, 定义纵向速度控制力矩 *MLongitudinalControl*。



Name:	话转向节_右转	论载	+	Ð	Ì	$\bigtriangledown$
Body 1:		Во	dy2:			
右转向	节	▼右	轮毂			-
Type:	器 Generalized					~
TC	RTx RTz	RVy				
🗹 Ena	bled		+	<b>+</b> ∔	Ð	Î
ET type	e: ≽ rv (rotation	nal d.o.f)				~
Com	nents/Text attribu	ute C				
Tran	oformation vector					
1141	axis Y : (0.1.0)					$\sim$
	)					n
ex. [						
ey: 1						I
ez: 0	)					n
Coor	dinate Force/To	orque				
a•b (	Expression					$\sim$
Des Pasc	cription of force/n al/C expression: I	noment F=F(x,v,t)	)			
Exa -cs	mple: tiff*(x-x0)-cdiss*\	v +ampl*sir	n(om*t)			
F=	MLongitudinalCo	ntrol				P





j 左轮毂\_左轮:选择左轮毂作为铰的1号物体, 左轮为2号物体, 类型为 Generalized。, 添加一个 TC, 保持缺省即可。如此, 与添加一个 0 自由度铰的效果一样, 表示将轮 胎与轮毂固结在一起。



j 右轮毂\_右轮:复制铰 j 左轮毂\_左轮,选择右轮毂作为铰的1号物体,右轮为2号物体。

16





jLocal Car Body\_左稳定杆:选择 Local Car Body 作为铰的 1 号物体, 左稳定杆为

2 号物体,类型为 Rotational。

Joint points: (-0.32, 0, -0.1) 和 (-0.32, -0.58, 0);

Joint vectors: (0, 1, 0) 和 (0, 1, 0)。



**jLocal Car Body\_右稳定杆:**选择 Local Car Body 作为铰的1号物体,右稳定杆为2号物体,类型为 Rotational。

Joint points: (-0.32, 0, -0.1) 和 (-0.32, 0.58, 0); Joint vectors: (0, 1, 0) 和 (0, 1, 0)。

	Name: jLocal Car Body_右稳定杆
$\langle \rangle$	Geometry Description Joint force
	右稳定杆 -0.32  © 0.58  ©  © Joint vectors Lacel Case Redu: avis Y : (0,1,0)
	Docal Car body         Dash 1 (01,10)           0         n         1         n         0         n           右稳定杆         axis Y: (0,1,0)         ✓         0         n         1         n         0         n

Universal Mechanism 9





**jLocal Car Body\_转向齿条**:选择 Local Car Body 作为铰的 1 号物体,转向齿条为 2 号物体,类型为 Translational。

Joint points: (-0.13, 0.25, -0.03) 和 (0, 0, 0);

**Joint vectors**: (0, 1, 0) 和 (0, 1, 0)。



**jLocal Car Body\_转向柱:**选择 Local Car Body 作为铰的 1 号物体,转向柱为 2 号 物体,类型为 Generalized,依次添加一个 TC、一个 RT、一个 RV 和一个 TC。

**TC Transformation vector:** (-0.13, 0.25, 0);

Name: jLocal Car B	Body_转向柱		-	• 🕩	Ĩ	$\bigtriangledown$
Body 1:		Body2:				
Local Car Body						_
i ype: 🔄 Generali	zed					`
тс						
Inabled			+	• ♣-≹	Ð	Î
ET type: 볼 tc (tra	nslation constant)	I				~
Comments/Text a	ttribute C					
-Translation vector						
ex: -0.13						C
ey: 0.25						C
ez:						С





**RT Transformation vector**: (0, 1, 0), 选择 Expression, 定义转向柱倾角 SteeringColumnAngle\*dtor;

**RV Transformation vector**: (-1, 0, 0), 在 Force/Torque 页面选择 Expression, 定义方向盘转角控制力矩-cSteering\*(x-SteeringWheelAngle)-dSteering\*(vdSteeringWheelAngle).

				Name: jLocal Car Body_转向柱 + 🕩 🛍	$\bigtriangledown$
Name: jLocal Car Body_转向柱	+ 🕩	$\bigtriangledown$		Body1: Body2:	
Body1: Body2:					
Local Car Body 🚽 转向柱		-		Type: 🔀 Generalized	~
Type: 🚼 Generalized		~	1	TC RTy RVx	
TC RTy				Enabled + +	Û
✓ Enabled	+ + []	僃		ET type: ≽ rv (rotational d.o.f)	~
ET type: 🎾 rt (rotational t-function)	🗆	~		Comments/Text attribute C	
Comments/Text attribute C					
				Transformation vector	_
Transformation vector				axis X : (1,0,0)	$\sim$
axis Y : (0,1,0)		$\sim$		ex: -1	n
ev: 0		n		ey: 0	n
				ez: 0	n
ey: 1		- N			
ez: 0		n		Coordinate Force/Torque	
Type of description				a+b Expression	$\sim$
Expression     OFile				Description of force/moment	
O Function O Curve				Pascal/C expression: F=F(x,v,t)	
○ Time-table				Example:	
SteeringColumnAngle*dtor		t		F = -cSteering*(x-SteeringWheelAngle)-dSteering*(v-dSteeringWheelAngle)	Р



Name: jLocal Car Body\_转向柱 + 🕂 🗊  $\bigtriangledown$ Body 1: Body2: ▶ 转向柱 Local Car Body Type: 😤 Generalized TC RTy RVx TCx Enabled + + 🖬 🖬 ET type: 🕌 tc (translation constant) Comments/Text attribute C Translation vecto ex: -0.25 ey: ez:

### Universal Mechanism 9





1.5 添加力元

选择 Bipolar forces 来建立弹簧、减振器和转向拉杆力元。

**左弹簧**:选择**左下叉臂**作为力元的1号物体,Local Car Body 为2号物体,**弹簧**为几何图形,勾选 Autodetection,类型为 Linear。

Attachment points: 1 号物体连接点坐标(0,-0.1,0.02),2 号物体连接点坐标(0,-0.2,0.32),自动计算出当前距离/长度为0.316228(m)。(注意:由于前面勾选了 Autodetection,故两个坐标都是在1号物体坐标系中定义的) Linear: 定义预压力 F0=*SpringPreload*,刚度系数 c=75000 (N/m),初始长度 x0=0.316228 (m)。



Name: 左弹簧	+ 🕂 🗊								
Comments/Text attribute C									
Body1:	Body2:	_							
左下叉臂	Local Car Body								
GO: 弹簧	~	•							
Autodetection									
Attachment points									
↓ 左下叉臂:									
	-0.1 0.02 0								
13 Local Car Body:									
	-0.2 0.32 0								
Length 0.316228		_							
🔽 Linear	~	•							
F=F0-c*(x-x0) - d* v	$v + Q^* sin(w^*t + a)$								
Force (F0):	SpringPreload C								
Stiffness coef. (c):	75000								
Coordinate (x0):	0.316228								
Damping coef. (d):	0								
Amplitude (Q):	0								
Frequency (w):	0								
Initial phase (a):	0								





右弹簧:复制力元左弹簧,选择右下叉臂作为力元的1号物体。

Attachment points: (0, 0.1, 0.02) 和 (0, 0.2, 0.32)。







按下面两图定义左、右减振器。



Name:	左減振器			+	Ð	Î
Comm	ents/Text attrib	ute C				
Body 1:			Body2:			
左下叉	臂	•	Local Car	Body		-
GO: Ja	城振器					$\sim$
Auto	detection					
Attach	ment points					
「い左	下叉臂: C	-0.1	C	0.02		С
1	cal Car Body:					
0.00		-0.2	C	0.32		C
Length	0.316228					
💪 Line	ear					$\sim$
F=F0-	c*(x- x0) - d*	v + Q*sin	(w*t+a)			
Force (F	=0):	0				C
Stiffnes	s coef. (c):	0				C
Coordin	ate (x0):	0				C
Dampin	g coef. (d):	1400				C
Amplitu	de (Q):	0				C
Frequer	ncy (w):	0				C
Initial pl	hase (a):	0				C
Name:	右頑振器			+	(+	Î
Name:	右减振器 nents/Text attrit	oute C		+	Ð	Î
Name:	右頑振器 nents/Text attrib	oute C		+	(+	Ĩ
Comm Body1	右减振器 nents/Text attrib	oute C	Body2:	+	Ð	Ĩ
Name: Comm Body1 石下叉	右减振器 nents/Text attrit : 2臂	oute C	Body2:	Body	Đ	1
Name: Comm Body1 右下交 GO:	右頑振器 ments/Text attrit : 2臂 咸振器	oute C	Body2:	Body		
Name: Comm Body1 石下叉 GO: 2 Auto	右頑振器 enents/Text attrib : ?臂 咸振器 odetection	oute C	Body2:	Body		
Name: Comm Body1 石下叉 GO: 公 Auto Attad	右减振器 ments/Text attrib : 2臂 威振器 odetection ment points	oute C	Body2:	Body		•
Name: Comm Body1 石下叉 GO: Auto Attad	右减振器 enents/Text attril : 空臂 或振器 odetection nment points 示又臂: C	oute C	Body2:	Body		C
Name: Comm Body1 石下叉 GO: 公 Autod	右减振器 eents/Text attrib : 2臂 威振器 odetection ment points 下叉臂: [C cocal Car Body:	0.1	Body2: Local Car	Body		الله الله الله الله الله الله الله الله
Name: Comm Body1 右下叉 GO: 公 Auto Attad	右减振器 eents/Text attrib : ? 障 感振器 odetection ment points 下又臂: 	0.1	Body2: Local Car	Body 0.02		
Name: Comm Body1 右下交 GO: 公 Attad 公 本 Length	右減振器 eents/Text attrib : ? 了 了 文 了 下 又 臂 · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	0.1	Body 2: Local Car (C (C	Body 0.02		1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
Name: Comm Body1 石下交 GO: 公 Autad Attad C Lengtt	右减振器 enents/Text attril : 空臂 或振器 odetection nment points 示又臂: 	0.1 0.2	Body2: Local Car	Body 0.02 0.32		
Name: Comm Body1 石下双 GO: 子 Auto Attad 公 左 上 に 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日	右减振器 ents/Text attril : 了臂 威振器 odetection ment points 下叉臂: C pocal Car Body: C n 0.316228 eear •••••••(x-x0) - d*	Dute C	Body2: Local Car (C (C (C (C (C (C) (C) (C) (C)	Body 0.02 0.32		
Name: Comm Body1 石下空 GO: 公和ttad 公式 Length 上ength	右减振器 ents/Text attrit : ? 了算 或振器 odetection ment points 下叉臂: [C cocal Car Body: [C n 0.316228 wear e-c*(x-x0) - d*	0.1 0.2 V + Q*sir 0	Body2: Local Car (C (C (w*t+a)	Body		1 
Name: Comm Body11 百下來 GO: 公 Auttad 公 在 代 Length 下 F=F0 Force ( Stiffne	右减振器 eents/Text attrit : ? 熠 odetection ment points 下叉臂: C ocal Car Body: C n 0.316228 eear (F0): ss coef, (c):	0.1 0.2 v + Q*sir 0 0	Body2: Local Car (C (C n(w*t+a)	Body 0.02 0.32		
Name: Comm Body11 五下交 GO: Auto Auto Attad Stiffne F=F0 Stiffne Coordii	右减振器 eents/Text attrit : ? 了 了 文 字 了 下 文 臂 C C C C C C C C C C C C C C C C C C	0.1 0.2 v + Q*sir 0 0 0	Body2: Local Car (C (C n(w*t+a)	+ Body 0.02 0.32		
Name: Comm Body1 五下交 GO: Autad Statad F=F0 Force ( Stiffne Coordii Dampir	右减振器 eents/Text attrib : ? 了 了 了 了 了 了 了 了 了 了 了 了 了 了 了 了 了 了	0.1 0.2 0.2 0 0 0 1400	Body2: Local Car (C (C (C (C (C (C (C (C (C) (C)	Body 0.02 0.32		
Name: Comm Body1 五下交 GO: Autod Attad Co t Lengti Z, Lin F=F0 Stiffne Coordii Dampir Ampliti	右减振器 ents/Text attril ? 算 威振器 detection ment points 下叉臂: C pocal Car Body: C n 0.316228 eear •c*(x-x0) - d* (FO): ss coef. (c): nate (x0): ng coef. (d): ude (Q):	Dute C 0.1 0.2 V + Q *sir 0 0 1400 0	Body2: Local Car (C (C (C (C (C (C (C (C) (C)	Body 0.02 0.32 0.		
Name: Comm Body1 百下災 GO: 公 Autod 公 太 Attad 公 太 Length 上 F=F0- Force ( Stiffne Coordii Dampir Freque	右减振器 ents/Text attrit ? ? 增 感振器 odetection ment points 下叉臂: [C cocal Car Body: [C n 0.316228 wear -c*(x-x0) - d* (F0): ss coef. (c): nate (x0): ng coef. (d): ude (Q): ency (w):	Dute C	Body2: Local Car (C (C (w*t+a)	Body		
Name: Comm Body1 百下交 GO: 公 Autta Attad 家 在 下交 Length 下交 F=F0 Stiffne Coordii Dampir Freque Initial p	右减振器 eents/Text attrit ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?	0.1 0.2 v + Q *sir 0 0 1400 0 0 0	Body2: Local Car (C (C n(w*t+a)	Body 0.02 0.32		





#### 按下面两图定义左、右转向拉杆。







选择 Special forces 来建立球铰、稳定杆、扭杆、齿轮齿条和轮胎等力元。 **左球铰:**选择类型 Bushing, **左下叉臂**为力元的 1 号物体,**左转向节**为 2 号物体, 勾选 Autodetection,这样只需在 Body1 上设置一个点,参数如下图。



在 Description 页面设置 X、Y 和 Z 三个方向的约束刚度和阻尼系数,如下图。

1	Name:	左球铰 + •	Û
	Comme	ents/Text attribute C	
지			
	Body1:	Body2:	
Ī	左下叉	」 左转向节	-
Т	ype: 🕻	Bushing	~
		letertion	
~	- Autou	Description	
	Position	Description	
	Гуре:	Linear	$\sim$
	СХ	5e6	
	CY	5e6	
	CZ	5e6	
	CAX		
	CAY		
	CAZ		
	DX	5e3	
	DY	5e3	
	DZ	5e3	

Universal Mechanism 9





**右球铰:**复制力元**左球铰**,选择**右下叉臂**为力元的1号物体,**右转向节**为2号物体 设置 Position 参数如下图,其余不变。







**左稳定杆**:复制力元**左球铰**或**右球铰**,选择**左下叉臂**为力元的1号物体,**左稳定杆**为2号物体,设置 Position 参数如下图。



在 Description 页面设置 Z 方向的约束刚度和阻尼系数,如下图。

	Name:	左稳定杆		+	Ð	Û
	Comme					
х	Body 1:		Body2:			
	左下叉	臂	左稳定杆			-
	Type:	Bushing				~
	Autor	detection				
	Position	n Description				
	Type:	Linear				$\sim$
	CX					
	CY					
	CZ	5e6				
	CAX					
	CAY					
	CAZ					
	DX					
	DY					
	DZ	5e3				
	DAX					
	DAY					

Universal Mechanism 9





**右稳定杆:**复制力元**左稳定杆**,选择**右下叉臂**为力元的1号物体,**右稳定**杆为2号物体,设置 Position 参数如下图,其余不变。







扭杆:复制力元**左稳定杆**或**右稳定杆**,选择**左稳定杆**为力元的1号物体,**右稳定杆**为2号物体,设置 Position 参数如下图。



在 Description 页面设置绕 Y 轴转动方向的约束刚度和阻尼系数,如下图。

Name	: [	扭杆			+	Ð	Î
Com	mer	nts/Text attrib	ute C				
Body	1:			Body2:			
左稳;	Èł	Ŧ	-	右稳定杆			-
Type:	C	Bushing					~
🗸 Aut	ode	etection					
Posit	on	Description					
Type:	L	inear					~
СХ							
CY							
CZ							
CAX							
CAY		2500					
CAZ							
DX							
DY							
DZ							
DAX							
DAY		5					
DAZ							
				• •			

Universal Mechanism 9





**齿轮齿条:**选择类型 Rack,转向柱为力元的1号物体,转向齿条为2号物体,按下 图设置齿轮齿条啮合参数。



最后,分别为左右轮添加一个轮胎力元,如下图所示,1号物体均为 Base0,轮胎的 力学特性参数将在仿真程序中设置。

Name: 左轮胎	+ 🕂	ti -	Name:	右轮胎		+ 🕩	Î
Comments/Text attribute C			Commer	nts/Text attribute 0	:		
Body1:	Body2:		Body1:		Body2:		
Base0	左轮		Base0		▲ 石轮		•
Type: 🔘 Tyre		$\sim$	Type:	🕽 Tyre			~
//x	$\mathbf{N}$						
	$\mathbf{i}$						
	-	$\backslash$	-	-90			
		$\rightarrow$					
(A)	8			X			
		~					
				V			
建模完成,保存模型	<u>빈</u> ,						