

Getting started

履带车辆动力学仿真

UM 软件入门系列教程

(08)

四川同算科技有限公司 译

2021年3月

前言

本教程介绍使用UM Tracked Vehicle模块进行履带车辆动力学建模和仿真的基本方法和步骤。UM Tracked Vehicle模块用于履带车辆动力学建模和仿真,包含一系列履带专用工具和算法,可以模拟多种结构形式的履带车辆,如装甲车、坦克、工程机械和机器人等。

请读者在学习本课程之前务必先学习《UM软件入门系列教程01:多体系统 动力学仿真》,并熟悉UM软件的基本操作:新建模型,创建几何图形、刚体、 较和力元。

本例模型位于本地目录{UM Data}\SAMPLES\Tracked_Vehicles\gsTV。

本教程只是帮助用户快速熟悉UM Tracked Vehicle模块的基本使用方法,有 关更详细的理论和先进的技术介绍请查阅用户手册第十八章。

请先运行**UM Input**或**UM Simulation**程序,选择菜单**Help**|**About**,在弹出 窗口查看**UM Tracked Vehicle**一栏是否为 "+"标记,若显示为 "-",则请重新 申请试用或购买正版许可。



版权和商标

本教程仅供读者参考,不同的版本其界面可能有个别不同之处,我们会不定 期进行修订。对于本文档中可能出现的任何错误,我们不承担任何责任或义务。

版权所有© 2021 Computational Mechanics Ltd.

俄罗斯计算力学有限公司保留所有权利。

联系方式

最新版的UM软件和相应的用户手册下载地址:

<u>http://www.universalmechanism.com/en/pages/index.php?id=3</u>. 若无法访问,请点击: <u>http://www.umlab.ru/en/pages/index.php?id=3</u>. 在使用过程中,读者如有任何报错、疑问和建议,请发送邮件至:

um@universalmechanism.com

UM总部

Computational Mechanics Ltd.

Vostochnaya str. 2-14, Glinischevo, Bryansk region, 241525, Russia

Phone, fax: +7 4832 568637

www.universalmechanism.com www.umlab.ru

UM中国

四川同算科技有限公司

四川省眉山市彭山区蔡山西路2号伟业广场1911室

办公电话: 028-38520556

公司网站: <u>www.tongsuan.cn</u>

电子邮件: <u>um@tongsuan.cn</u>





微信公众号

QQ 交流群

1.	履带学	乍辆动力学建模	1
1.1	车车	两原型	1
1.2	添な	加履带子系统	2
1.3	履节	节构造	3
1.4	添な	加悬挂	4
1.5	添な	加主动轮	7
1.6	添な	加诱导轮	
1.7	添な	加履带环	11
1.8	添な	加减振器	12
1.9	完成	成整车建模	15
	1.9.1	添加车体	15
	1.9.2	连接车体和行动装置	
	1.9.3	添加右侧履带	
	1.9.4	调整垂向位置	20
2.	履带ゴ	乍辆动力学仿真	24
2.1	说明	月	24
2.2	模型	型调试	
	2.2.1	计算平衡位置	
	2.2.2	履带张紧测试	
	2.2.3	垂向谐载测试	
	2.2.4	计算初始速度	
2.3	直纟	线行驶仿真	
	2.3.1	起伏路面	
	2.3.2	跳跃垂直墙	





1. 履带车辆动力学建模

1.1 车辆原型





图 1.1

本课程将建立一个典型的履带车辆模型,其原型是俄罗斯某轻型装甲运输车, 其行动装置结构如图 1.1 所示。

本课程的目的仅仅是演示模块基本功能和使用方法,因此在建模时有些参数 取值与实际有所不同。





1.2 添加履带子系统

- 运行 UM Input 程序,选择菜单 File | New object 或点击按钮 □新建一 个模型。
- 2. 选择菜单 File | Save as 或点击按钮 Ⅰ, 保存模型, 请读者自定义模型名称和路径, 如: {UM Data}\My models\gsTV。
- 3. 在左侧模型树选中 Subsystems, 点右键(或在右侧交互界面点击按钮 +),

添加一个子系统(Add element to group of "Subsystems"),从中选择 Caterpillar 履带子系统,如图 1.2 所示。 E - C - C - K - C - C - M -Object 🗸 🖓 Object F Variables ab Attributes - 🕒 Subsysteme Add element to group "Subsystems" Type: (none) ÷ 7 Images 🗾 Bodies included 🔍 Joints external 🔊 Bipolar forces Wheelset 🕞 Scalar torques ++ Linear forces ₽ Linear FEM subsystem 🚼 Contact forces Ballast 22 T-Forces 😽 Special forces Caterpillar -GO Connections # Flexible Railway Track 123 Indices 图 1.2

4. 在右侧交互界面将子系统重命名为 Left Track。

Name: Left Type: 🧐	track Caterpi	illar			+	•
Comments/T	'ext att	tribu	te C			
			Edit sub:	system		
Parameters	Positio	on	Identifier	s		
Identifier:	[Sub	s1			
Structure	Track	Su	uspension	Rollers	Sprocket	Idler
Sprocket po Rear	osition			O Front		
Track positi	ion			() Right		
Idler exis Suspension s Supporting w	its subsyst vheels:	tems	s: 6 3	14		
Tracks: Additional su	Isnensi	on s	60 ubsystem	2		
Addredfial Su	арспы	015	0	<u>.</u>		





1.3 履带构造

- 1. 在右侧交互界面,定位到 Parameters | Structure 页面,定义履带车辆行动装置的总体结构。
- 这车辆每侧有6个负重轮,无托带轮,共计108块履带板,请按图 1.4 所示修改相应数值。

	Name: Left track 🕇 🚺	
	Type:	
	Comments/Text attribute C	
		K.
	Edit subsystem	
	Parameters Position Identifiers	
	Identifier: Subs1	
	Structure Track Suspension Sprocket Idler	
	Sproket position Rear Front	
	Track position © Left Right	
	☑ Idler exists	
	Suspension subsystems: 6	
	Supporting wheels: 0 💃	
	Tracks: 108 🟒	
	Additional suspension subsystems:	
	0 14	
	Track sagging till road wheels	
	~///» /	
	图 1.4	
_		





1.4 添加悬挂

 转到 Parameters | Suspension 页面,缺省悬挂类型为扭杆弹簧。上一步 设置了 6 个负重轮子系统(含悬挂系统),因此这里会列表显示 6 个纵 坐标(Xc1……Xc6),对照图 1.5 输入(此时我们认为纵坐标零点位于 主动轮(后置)轮心,因此负重轮沿 X 轴正向依次排列)。此外,还需 要指定负重轮的半径和宽度。请注意,这里所有数据的单位均为 m。

Parameters Positi	on Identifiers		
Identifier:	Subs1		
Structure Track	Suspension Sproo	ket Idler	
Type of suspension	:		
torsion_bar_whee	l	~	
Generate			
Number of subsyst	ems:		
Parameter	Value		
R	0.35		
w	0.3		
Xc1	0.755		
Xc2	1.5		
Xc3	2.245		
Xc4	2.99		
Xc5	3.735		
Xc6	4.445		•

2. 点击 Generate, 生成 6 个负重轮系统(包含平衡肘和扭杆弹簧), 如图 1.6 所示。







3. 定位到 Identifiers | Suspension 页面,修改参数符号 l_road_arm 的数值 为 0.36m,在弹出窗口点 OK,应用到所有子系统。



4. 修改平衡肘方位,双击参数符号 rear_arm,修改数值为1(决定方向的 系数),在弹出窗口,取消选择最后一个,如图 1.7 所示,点击 OK。



图 1.8











1.5 添加主动轮

 转到 Parameters | Sprocket 页面,点击按钮,打开曲线编辑器,再点 击 ➡按钮,从本地目录添加主动轮(链轮)齿形文件{UM Data}\ Caterpillar\Profiles \Sprocket1.spf。

Sprocket1.spf - Curve editor				l line		-		e: Le	eft Track	he] + [•
		T T	· · · ·	X	Y	Тип	Smoo	iment	s/Text attr	ibute C		
		E- Cur	1	-0.0607102	0.0158691	Line	Yes		Ē	dit subsyster	<u>n</u>	
	/		2	-0.0547835	0.0170649	Line	Yes	imeter	rs Positio	n Identifier	s	
	· · / · ·		3	-0.0315034	-0.0174493	Line	Yes	tifier:	s	Subs1		
-0.04 0	24		4	0.0315034	-0.0174493	Circle	Yes	ucture	e Track	Suspension	Sprocket	Idler
	1		5	0.0547835	0.0170649	Line	Yes	file:	Numbe	er of points: ()	
								Gen	erate			
		<						mated	fradius:	271.7		
						OK	Cancel		~		(alua	
								ick	et teeth		7aiue 15	
Read data								×	t/Track step	p ratio 1	1	
← → ✓ ↑ _ « 9 → Catery	oillar → Profiles			5 V	● 搜	索"Profiles	5"			().3	
								-		()	
组织 ▼ 新建文件夹							▼ □■ 0	8		().8	
^ 名称 ^		修改	日期		类型		大小					
⇒ miabrams.spf		2010	/1/5 1	6:15	UM Docu	ment	1 KB	÷				
Sprocket1.spf		2009	/9/23	10:25	UM Docu	ment	1 KB					
文件名(N): Spr	ocket1.spf				〜 Sprock 打开	et tooth p :(O)	orofile(*.spf) 取消	~				
//*				图	1.10			.1				

2. 设置主动轮轮心高度 Zc 值为 0.6m,其余参数保持不变,点击 **三**按钮可以预览其三维形状。





Image:	Image: Constraint of the second se	ot II.
Jertifie: Judentifie: Subjection Sprodet Identifie: Structure Trad. Suppersion Sprodet Identifie: Suppersion Structure Trad. Suppersion Structure Trad. Suppersion Structure	Identifier: Subs1 Structure Track Suspension Sprod Profile: Number of points: 5	rot til
Structure Track Suppension Structure Internet Profile: Number of points: 5 Structure Track Step ratio 1	Structure Track Suspension Sprod Profile: Number of points: 5	ot til
Image: second	Profile: Number of points: 5	et Idler
Interview Interview Interview Interview		5
	Generate 🗊	
Image: Name of State of St		
Parameter Value Sproket/Trad. step rato 1 0.3 2 0.5		
Image: second	Parameter Value	
	Sprocket (Track step ratio 1	
	Width 0.3	
	Xc 0	
	Zc 0.6	
1.11		
图 1.11		
图 1.11		
	図 111	
	[¥] 1.11	

Universal Mechanism 9





点击 Generate,将主动轮添加到当前模型,如图 1.12 所示。 3. 图 1.12





1.6 添加诱导轮

- 1. 切换到 Parameters | Idler 页面, 采用缺省诱导轮模型 idler_crank_simple。
- 2. 按图 1.13 所示,设置其几何和位置参数。







1.7 添加履带环

- 切换到 Parameters | Track 页面,从 Track link 下拉菜单选择 tracklink_bushing 模型, Joint type 设置为 Flexible,这是一种单销式挂 胶履带。
- 2. 根据图 1.15 所示设置履带板三个方向的尺寸,程序自动会估计出履带 环的周长 (约 12m)。

	<u>Edit subsystem</u>
	Parameters Position Identifiers
	Identifier: Subs1
	Structure Track Suspension Rollers Sprocket Idler
	Track envelope Length of envelope: 12.062
	Estimation of link length: 0.11157
	Estimation of error in length 0.0002
	Current error in length: -0.0099
	Track link: tracklink_bushing ~
	Generate
	Joint type Rigid Image: Constraint of type Parallel
	Profile:
	Parameter Value
	L 0.11167
	W 0.3
	H 0.03
	图 1.15
3 点击 Generate	, 生成履带环, 如图 116 所示。
	A STATE AND A ST
	ALL ALL
	图 1.16





1.8 添加减振器

1. 点击 Edit subsystem,进入左侧履带子系统。

Name: Le	eft track			- +	Ð	Î
Type:	🖗 Caterp	pillar				~
Comment	s/Text at	tribute C				
		Edit sub	<u>system</u>			
Parameter	s Posit	ion Identifiers	S			
Identifier:		Subs1				
Structure	Track	Suspension	Rollers	Sprocket	Idler	
图 1.17						

 选择菜单 Edit | Read from file 或点击工具栏图标 →,从本地目录读入 减振器力元文件{UM Data}\Caterpillar\Dampers\Damper1。



- 图 1.18
- 3. 在弹出窗口点击 Accept,这样就在子系统里添加了一个 Bipolar force 类型的力元,相应的几何图形添加到了 Images 列表中。

Initialization	of values		
Identifier	Value	Comment	
bfrc_damper_10	0.7	Length of damper	
bfrc_damper_r	0.05	Typical radius	
<			>
Accept Ad	d to the sheet:	Whole list	<u> </u>
		图 1.19	





 这是事先准备好的一个非线性的减振器力元,如图 1.20 所示,阻尼力 是速度相关的函数,与参考文献中的特性曲线(图 1.21)类似。



5. 在左侧模型树选中 Bipolar forces | BFcDamper,到右侧交互界面重命名 为 Rear damper,选择 Local hull 为 Body1, Bogie6 子系统里的 Road arm 为 Body2,并设置两端连接点坐标,如图 1.22 所示。

Name: RearDamper + Image: Comments/Text attribute C Comments/Text attribute C									
Comments/Text attribute C Body 1: Body 2: Local hull GO: Damper Autodetection Attachment points Local hull: 4.8 -0.2*side_key C 0.7 Road arm: -0.35 Length 0.447036	$\boldsymbol{\nearrow}$	Name:	RearDam	per			+	Ð	Î
Body 1: Body 2: Local hull Bogie6.Road arm GO: Damper Autodetection Attachment points V: Local hull: 4.8 -0.2*side_key 0.7 V: Road arm: -0.35 0 0.15+dz_damper Length 0.447036 0.447036 0.447036		Comme	nts/Text a	ittribute C					
Local hull Image: Bogie6.Road arm GO: Damper Autodetection Attachment points Image: Bogie between the second arm 4.8 Image: Bogie between the second arm -0.35 Image: Bogie between the second arm Length 0.447036		Body 1:			Boo	dy2:			
GO: Damper Autodetection Attachment points Local hull: 4.8 C -0.2*side_key C 0.7 Road arm: -0.35 C 0 C Length 0.447036		Local hu			▼ Bog	gie6.Road a	arm		-
Autodetection Attachment points		GO: Da	amper						\sim
Attachment points Local hull: 4.8 C -0.2*side_key C 0.7 Road arm: -0.35 C 0 C Length 0.447036	[Autod	letection						
Local hull: 4.8 C -0.2*side_key C 0.7 Road arm: -0.35 C 0 C 0.15+dz_damper Length 0.447036		Attachn	nent points	5					
4.8 C -0.2*side_key C 0.7 C -0.35 C 0 C 0.15+dz_damper C -0.35 C 0.15+dz_damper C -0.15+dz_damper C -0		to Loc	al hull:						
Road arm: 0.35 0 0 0.15+dz_damper 0 Length 0.447036 0.447036 0 <td></td> <td>4.8</td> <td></td> <td><u> </u></td> <td>*side_key</td> <td><u> </u></td> <td>7</td> <td></td> <td>U</td>		4.8		<u> </u>	*side_key	<u> </u>	7		U
Length 0.447036		ि Roa	ad arm:						
Length 0.447036		-0.35		0		<u> </u>	15+dz_(damper	
		Length	0.4470	36					

图 1.22





备注:

参数符号 side_key 用于确定左右履带减振器的横向位置(左右对称),这里 赋值为 1; dz_damper 初始设置为 0 即可,本例实际并未使用。

点击 • 按钮,复制生成一个 Bipolar force,重命名为 Front damper,选择 Bogie1 子系统里的 Road arm 作为 Body2,设置两端连接点坐标,如图 1.23 所示。

	Name: FrontDamper + 💽
	Comments/Text attribute C
	Body1: Body2:
	Local hull Bogie 1. Road arm
	GO: Damper
	Attachment points
	Local hull:
	0.4 C -0.2*side_key C 0.7 C
	Road arm:
	0.35 C 0 C 0.15+dz_damper C
	Length 0.447036
	图 1 23
-	
7. 点击 Accept	,元成对于系统的修改,回到王惧型窗口,如图 1.24 所示。
	Class subsystem
	Close subsystem
	Close subsystem Left track
X	Arrest
	Accept
	图 1.24

8. 保存模型。





1.9 完成整车建模

下面,我们还需要添加右侧履带和一个车体,才能完成整车建模。

备注:

使用 UM 软件还可以建立发动机、离合器、变速机构、转向机构、制动机 构和液力液压元件,本例略。

1.9.1 添加车体

1. 选择菜单 Edit | Read from file,从本地目录读入车体几何图形{UM Data}\Caterpillar\Images\Hull1.img。



图 1.25

- 2. 在左侧模型树选中 Bodies,到右侧交互界面点击 +按钮,添加一个刚体。
- 3. 重命名为Hull,从Image下拉菜单选择刚才导入的几何图形赋给刚体。





4. 设置参数化的刚体的质量、转动惯量和质心坐标参数,如图 1.26 所示。

Oriented points Parameters Coordinates (PP): Quate	Vectors Position	3D Contact Points		
Coordinates (PP): Quate	Position	Points		
Coordinates (PP): Quate				
to element	ernion	~		
o to ciciliciti		j)÷		
mage:	✓ Visible			
goHull		~		
Compute automatically				
Inertia parameters				
Mass: mHull		С		
Inertia tensor:				
xHull C	C	C	mhull	8000
iyHull	C	C	ixhull	5000
	iz	zHull	iyhull	4.000000E+4
Added mass matrix:	(none)	∢ izhull	4.000000E+4

5. 点击^{II} 按钮,选择 Create joint | 6 d.o.f,添加一个六自由度铰,自动连 接 Base0 和 Hull。

Oriented po	ints	Vecto	ors	3D Contact	t
Parameter	s	Posit	ion	Points	
Coordinates (Pl	P):	Quaternion			\sim
Go to element					
 Image: <	Rot	tational	+	Create join	t
goHull 📥	Tra	nslational	<u> </u>	Image	
Compu	6 d	.o.f.			
Inertia p	Ge	neral			
Mass: 🔊	Qu	aternion			C
Inertia tensor:					_
ixHull	С		C		C
		iyHull	C		C
			iz	Hull	С
Added mass ma	atrix:		(r	ione)	
Coordinates of	f cent	er of mass			
хс	<u> </u>		Ľ ZC		<u> </u>

图 1.27





6. 在 **Coordinate** 页面,选择方向角为卡尔丹角(3, 1, 2)。

Name: jB	ase0_Hull	+	•	\bigtriangledown	
Body1:		Body2:			
Base0	<u> </u>	Hull		<u> </u>	
Type: 🥄	6 d.o.f.			~	
Geometry	Coordinates				
Translatio	onal				
degrees (of freedom:				
✓ X	0.000000000000			1	
✓ Y	0.000000000000			1	
🗸 Z	0.000000000000			1	
Rotationa	al				
degrees (of freedom:				
Orientatio	on angles				
3,1,2				\sim	
✓ 1	0.000000000000			1	YZ,
✓ 2	0.000000000000			1	
✓ 3	0.000000000000			1	
	冬	1.28			

备注:

我们不推荐使用欧拉角(如:3,1,3或1,2,1等),因为当车体的第二 次有限转动为0°时,第一次和第三次有限转动轴重合,就会发生奇异(无穷多 个组合);而卡尔丹角,则在第二次有限转动90°时,会发生奇异。对于车辆动 力学仿真,推荐使用(3,1,2)转动顺序的卡尔丹角。而对于一个空间姿态是 任意的自由刚体,则需要使用欧拉四元素铰。





1.9.2 连接车体和行动装置



图 1.29

此时,车体和行动装置并未连接起来(无相互作用),如图 1.29(左)所示。

在每个履带子系统里有一个虚拟的车体 Local hull,需要将其与实际的车体 Hull 固结。

在 UM 里可以通过多种方法实现:如添加一个 0 自由度的铰,或添加一个 不含自由度的广义铰。

- 1. 在左侧模型树选中 Joints,到右侧交互界面点击按钮 ➡,添加一个铰。
- 2. 选择 Hull 作为 Body1,选择 Left track 子系统里的 Local hull 作为 Body2。
- 从 Type 下拉菜单选择 Generalized 类型,点击按钮+添加一个 ET(基本变换),选择 tc(平动定值),并设置横向移动量为 gauge/2,在弹出窗口给参数符号 gauge 赋值 2.6m。

Name: jHull_Local hull + 🚺 🗑	\bigtriangledown
Body1: Body2: Hull Left track.Local hull	-
Type: 🚼 Generalized	~
ТСу	
Enabled + +	Î
ET type: 🔄 tc (translation constant)	\sim
Comments/Text attribute C	
ex:	С
ey: gauge/2	С
ez:	С
	Name: jHull_Local hull + Image: Constraint of the system of the s



这样,我们就将左侧履带与车体连接好了。

Universal Mechanism 9





1.9.3 添加右侧履带

下面,我们来创建右侧履带。

- 在左侧模型树选中Left caterpillar 子系统,到右侧交互界面点击按钮Ⅰ, 复制生成一个履带子系统,重命名为 Right track。
- 2. 在 Parameters | Structure 页面,选择 Track position 为 Right。

Type:	Caterpilla	ar				~	
Comments/	Text attri	bute C					XX
		Edit sub:	system				
Parameters	Position	Identifiers	5				
Identifier:	Su	ubs11					
Structure	Track	Suspension	Rollers	Sprocket	Idler		
Sprocket p	osition		O Front				
Track posit	tion	Г	Right	٦		_,	
Idler exi	sts						
Suspension	subsyste	ms: 6					
Supporting	wheels:	0					
Tracks:		108					
Additional s	uspensior	n subsystems	:				
		0					
— .	aaina till r	oad wheels					

3. 在 Identifiers | Whole list 页面, 找到参数符号 side_key, 将其修改为-1, 在弹出窗口取消选择所有左侧履带相关的参数(缺省为全选), 然后点 击 OK。





	Name: Right Trac Type: Cater Comments/Text at	k pillar ttribute C	+ 🕩	~
		Edit subsystem		
	Parameters Posit	tion Identifiers		
Identifiers of the same name X	Right Track			-
Left Track side key (1)	Track	Roller	Suspension	1 I
Left Track.Bogie 1.side_key (1)	Whole list	Sprocket	Idler	
ft Track.Bogie2.side_key (1) ft Track.Bogie3.side_key (1)	Name	Expression	Value	^
Left Track.Bogie4.side_key (1)	crank_angle_0	0		
Left Track.Bogie6.side_kev (1)	sa	sin(crank_ang	e_0* 0	
Right Track.Bogie1.side_key (1) Right Track.Bogie2.side key (1)	са	cos(crank_ang	le_0°1	
Right Track.Bogie3.side_key (1)	y_crank_joint	0.15		
Right Track.Bogie5.side_key (1)	rear_drive_key	1		
Right Track.Bogie6.side_key (1)	side_key	-1		
	ix_idler	7		
	m_crank	10		
	ix_crank	1		
	iy_crank	1		
OK Cancel	iz_crank	1		

图 1.32

4. 用前面一样的方法将车体和右侧履带连接起来(注意添加负号)。

 Name: jHull_Local hull_1 +	\bigtriangledown
Body1: Body2: Hull Right track.Local hull	•
Type: 😤 Generalized	~
ТСу	
⊡ Enabled + + ‡ [+	Î
ET type: 🕌 tc (translation constant)	\sim
Comments/Text attribute C	
Transle Kan un star	
ex:	С
ey: -gauge/2	C
ez:	C

图 1.33

1.9.4 调整垂向位置

此时,建模工作已基本完成。但是,从左视图或右视图可以看到,履带着地 部分却位于水平面(Z=0)以下,如图 1.34 所示。为防止在计算初始出现较强 Universal Mechanism 9 20 Getting Started





的瞬态变化过程(履带板与地面接触作用),我们建议将车辆整体向上移动一定距离。







在左侧下方的参数符号表点**右键**,选择菜单 Add from subsystem,从 Left track 或 Right track 中找到参数符号 htracklink,其值为 0.03m,通过**单击**操作 将其添加到主模型列表。



图 1.35

定位到车体(Hull)和地面(Base0)相连的铰,在 Body1 的 Z 坐标处输入 htracklink。这样,就把车体相对总体坐标系提高了 0.03m,由于车体和履带子 系统里的虚拟车体是固结的,因此两个履带子系统也自动随之上移,无需单独设 置。







图 1.38





2. 履带车辆动力学仿真

2.1 说明

UM 履带车辆模型中每个履带板都作为一个六自由度刚体,因此整车模型的自由度数目通常非常大。本例模型就有 1332 个自由度,我们推荐使用多线程并行计算方法 Park parallel。

我们在建模过程中采用了参数化的方法,但有些参数(如:车轮半径、车轮 中心坐标、履带板尺寸等)在仿真界面是不能随意修改的,因为这些参数决定了 行动装置的基本构造。

bject simulation	n inspector						
Solver Io	lentifiers I	nitial conditions	Object variables	XVA	Information	Tools	Tracked vehicle
list of identifiers	Identifier control						
🖻 🖪 🔄	gstv.Left tr	ack					•
Whole list Sproc	ket Idler Tra	ack Rollers Su	spension				
Name	Expression	Value	Comment				^
wguide	0.02						
hguide	0.1						
Itracklink	0.11167						
wtracklink	0.3						
htracklink	0.03						
n_lug	7						
w_lug	wtracklink/(n_l	ug-1 0.05					
l_lug	0.025						
pin_key	-1						
r_pin	0.015						
r_pin_in	0.01						
wsproket	0						
l_lug_p	l_lug*1.1	0.0275					
la ide	0.07		图 21				

其他不影响模型构造的参数是可以随意修改的,如质量、转动惯量、刚度和 阻尼系数等。请注意,修改这些参数并不需要回到 UM Input 程序,直接在仿真 控制界面的 Identifiers 页面修改即可,还可将不同参数配置分别保存为.par 格式 文件,以用于后期不同的仿真工况。





用户也可以通过菜单 File | Save configuration 操作来保存工况配置,在以后 仿真时可通过菜单 File | Load configuration 加载某一个工况配置。这些配置包括 初始条件、参数符号值、求解选项、桌面绘图和动画窗口布置等。

UM - Simulation - c:\users\public\documents\um software lab\universal mechanism\9\my models\gstv
 File Analysis Scanning Tools Windows Help

Open Reopen Close Load configuration Save configuration Exit	F3 > Shift+F4 > Alt+X	Image: The second s
		图 2.2





2.2 模型调试

在正式进行履带车辆动力学仿真前,一般要做一些辅助测试(如:履带张紧、 计算平衡位置和初始速度),将模型调试好。

2.2.1 计算平衡位置

建模完成后,通常进行的第一项调试工作是计算整个系统的平衡位置。

在计算开始前,用户需要设置好某些参数值。其中最关键的是每个负重轮的静轮重,参数符号为*p_stat*。

- 1. 运行 UM Simulation 程序,加载 gsTV 履带车辆模型。
- 选择菜单 Analysis | Simulation (或按 F9 键),打开仿真控制界面(Object simulation inspector)。
- 定位到 Identifiers 页面,从下拉菜单点开任意一个履带负重轮的子系统, 找到参数符号 p_stat,将其设置为 7000N,在弹出窗口保持缺省的全选, 点击 OK。

Solver Id	entifiers	Initial conditions	Object variables	XVA	Information	Tools	Tracked veh
storici in of identifiers i Whole list Whole list Name xbogie rear_arm wguide guide_in_key hguide	Identifier con gstv.Le Ex 0.: 1 0.(1 0.(1 0.(httol Criticatoria ft track.Bogie1 gstv gstv Left track Bogie1 Bogie2 Bogie3 Bogie5 Bogie6				1005	
rroadwheel wroadwheel I road arm axle	0.: > 0.:	📲 Right track					
I_road_arm	0.36		(m) Length of tor	sional arm			
f_dyn	110		(mm) Dynamic mo	otion			
p_stat	1.1000000	E+4					
f_stat	70		(mm) Static motio	n			
aloha stat	20		(deg) Static and	e of torsional			

图 2.3

- 2. 定位到 Tracked vehicle | Tests 页面,缺省就是平衡位置试验 Equilibrium test。此处有两个子页面, Parameters 页面指定判断系统达到平衡位置 的条件,如图 2.4 所示,表示系统总动能若在连续 0.5s 之内都小于 0.1J, 则认为达到平衡,且最短计算时间为 1s。
- 5. 勾选 Save coordinates when test finishes, 程序会自动将计算得到的平衡 状态的坐标保存到初始条件 Initial conditions, 否则需要手动保存和读 取.xv 文件。





Solver Identifiers I	nitial conditions	Object variables	XVA	Information	Tools	Tracked vehicle
è 🖬 🖾 🔺 🙀 🖗						
Options Transmission Resistance	e Tools Iden	tification Tests				
Equilibrium test						~
Parameters Variables						
Save coordinates when test fin	ishes					
Numeric parameters						
Name	Value					
Kinetic energy for stop (J)	0.1					
KE avaluation time interval (a)	0.5					
RE Evaluation une interval (5)						I

- 图 2.4
- 在 Variables 页面有一个 Kinetic energy 变量,它用来测量系统的总动能。



- 6. 选择菜单 Tools | Graphic window, 打开一个绘图窗口。
- 7. 将变量 Kinetic energy 拖入绘图窗口。
- 8. 在 Solver 页面,设置求解器参数,如图 2.6 所示。

Object simulation inspe	ctor				
Solver Identifiers	Initial conditions	Object variables	XVA Inform	ation Tools	Tracked vehi
Simulation process paramet	ters Solver options Ty	pe of coordinates for bod	ies PP: Options		
Solver O BDF O ABM O Park	Type of solution	NSM)			
Gear 2 Park Parallel	Range space method	od (RSM)			
Distance - Vehicle distance	t >= ~ 500				
Step size for animation and Error tolerance	data storage 0.005				
Delay to real time simula Solution method	ition	GM			
CGM error Use of threads Number of threads (max=1	2) 4				
Use event handler					

图 2.6

9. 点击 Integration,开始计算,直到提示系统达到平衡位置,系统总动能时程曲线如图 2.7 所示。







图 2.7

10. 依次点击确定, Interrupt, 确定, 程序自动保存平衡位置到初始条件。

Solver	1	dentiners	L	di com			Objective	anduics	AVA	Information	TOOIS	Tracked Vehicle
Coordinate	s Cor	nstraints or	initial cor	ndition	s							
🖻 🖻	@	• ⊕ (Э ×=	0ν	0	V						
gstv.												
	ψV	Coordina	te		Veloci	ity		Con	nment			
1.1		0.00229	00698071	7	0			j Hu	ll 1c			
1.2		1.78247	796805E-	13	0			j Hu	ill 2c			
1.3		-0.03587	8208499	3	0			j Hu	ill 3c			
1.4		-6.38078	3483638E-	-15	0			j Hu	ill 4a			
1.5		2.65182	714865E-	13	0			j Hu	ill 5a			
1.6		-0.00378	5693527	08	0			j Hu	ill 6a			
1.7		0.00035	54654306	19	0			Lef	t Track.jTer	nsion crank 1a		
1.8		-0.06737	741449486	6	0			Lef	t Track.jIdle	er_Tension crank 1	la	
1.9		2.67038	829979		0			Lef	t Track.jTra	ick link1 1c		
1.10		1.08551	738632E-	5	0			Lef	t Track.jTra	ick link1 2c		
1.11		0.01217	5929102		0			Lef	t Track.jTra	ick link 1 3c		
1.12		-1.19298	808391E-6	5	0			Lef	t Track.jTra	ick link 1 4a		
1.13		2.98551	375793E-	5	0			Lef	t Track.jTra	ick link 15a		
1.14		-0.02146	6704154	2	0			Lef	t Track.jTra	ick link1 6a		
1.15		2.78209	752148		0			Lef	t Track.jTra	ick link2 1c		
1.16		1.06042	917631E-	5	0			Lef	t Track.jTra	ick link2 2c		
1.17		0.01535	43651718		0			Lef	t Track.jTra	ick link2 3c		
1.18		-1.01751	1888808E-	-6	0			Lef	t Track.jTra	ick link2 4a		
1.19		2.74578	457889E-	5	0			Lef	t Track.jTra	ick link2 5a		
1.20		-0.03529	3128529	7	0			Lef	t Track.jTra	ick link2 6a		
1.21		2.89368	579493		0			Lef	t Track.jTra	ick link3 1c		
1.22		1.05997	811578E-	5	0			Lef	t Track.jTra	ick link3 2c		
1.23		0.01347	92859045		0			Lef	t Track.jTra	ick link3 3c		
1.24		-1.84715	07626E-7	7	0			Lef	t Track.jTra	ick link3 4a		
1.25		2.42354	895498E-	5	0			Lef	t Track.jTra	ick link3 5a		
1.26		0.06925	51114223		0			Lef	t Track.jTra	ick link3 6a		
1.27		3.00532	136058		0			Lef	t Track.jTra	ick link4 1c		
Messag	e d	x=	0.1 📃	da=		0.1						

28

Universal Mechanism 9





平衡位置计算前后对比如图 2.9 所示。







2.2.2 履带张紧测试

在 Tests 列表中选择"Tension by joint preload"。通过计算,可以获得相邻 履带板之间挂胶铰链(Bushing)的预张力。请注意,列表中还有一个名为"Track tension"的试验,这种方法只适用于采用金属铰链(刚性)的履带结构。

 按图 2.10 所示,在 Parameters 页面设置履带张紧试验的参数,表示从 0s 开始加载,初始载荷为 10kN,终了载荷为 45kN,每秒的载荷增量为 3kN。

Object simulation	inspector				
Solver Ide	ntifiers Initial co	onditions Object variables	XVA Infor	mation Tools	Tracked vehicle
🍛 🔛 🖂 💊 💽	F				
Options Transmiss	ion Resistance Too	ols Identification Tests			
Tension by joint pre	load				~
Parameters Varial	bles				
Identifiers					
Name		Identifier	Value		
Bushing preload (L	eft track)	Left track.track_tension	0		
Bushing preload (F	light track)	Right track.track_tension	0		
Numeric parameter	rs				
Name	Value				
TStart (s)	0				
PStart (kN)	10				
PFinish (KN)	45				
PV (kN/s)	3				
Inte	gration	Message		Cl	ose
		图 2.10			





- 打开一个绘图窗口,将 Variables 页面的 Joint preload (Left track)和 Average tension (Left track)两个变量拖入其中。
- 3. 在绘图窗口选中变量 Joint preload (Left track), 点右键, 选择菜单 Use variable for X-axis values, 将履带预张力作为横坐标。

~ Plots				
Variables		1		
Joint preload	=	Options		
Average ten		Edit		
		Open copy in Wizard of Vriables		
	Û	Delete	Del	
		Copy as diagram to active MS Excel bo	ok Ctrl+E	
		Filter	Ctrl+F	-
		Calculate statistical data		
		Copy as table to active MS Excel book	Ctrl+T	
	ß	Copy to clipboard	Ctrl+C	
		Copy as static variables	Ctrl+S	
	2	Load from file		
	B	Save to file		
		Use variable for x-axis values		
		Use time for x-axis values		
		Delete all	Ctrl+Del	
		Select all	Ctrl+A	
		Refresh automatically		<u> </u>
0.0211		Hide/Show	+	4
		Position	•	
		Add		
		Save values for abscissa		

图 2.11

在仿真控制界面的 Solver 页面,点击按钮t,将仿真终止条件设置为时间,

并设定 12s。

点击 Integration 或按 F9 键,开始计算。





bject simulation inspector					
Solver Identifiers In	itial conditions C	Object variables XVA	Information	Tools Trad	ked vehicle
Simulation process parameters Solv	ver options Type of c	coordinates for bodies PP:	Options		
Solver Type o	fsolution				
OBDF					
O ABM O Null	space method (NSM)				
○ Park					
⊖ Gear 2	nce space method (RSN	(N			
Park Parallel	ige space meanor (ron	.,			
Time til >=	× 12 🕅				
Step size for animation and data stor	· · · ·				
Fror tolerance	1E-6				
Delay to real time simulation	12.0				
Solution method					
OBDJ	● CGM				
CGM error	0.1				
✓ Use of threads					
Number of threads (max=12)	4				
Use event handler					
Integration		Message		Close	
Integration	□图 2.13 所	Message 图 2.12 元的曲线。		Close	
Integration 计算完毕后得到如	口图 2.13 所	Message 图 2.12 示的曲线。		Close	
Integration 计算完毕后得到如 ☑Plots	口图 2.13 所	Message 图 2.12 示的曲线。		Close	
Integration 计算完毕后得到如 ☑ Plots ☑ □ Dont preload	口图 2.13 所	Message 图 2.12 示的曲线。		Close	
Integration 计算完毕后得到如 ♥Plots ♥ ■ Joint preload ♥ ■ Joint preload	口图 2.13 所	Message 图 2.12 示的曲线。		Close	
Integration 计算完毕后得到如 ♥Plots ♥ ■ Joint preload ♥ ■ Joint preload	口图 2.13 所	Message 图 2.12 示的曲线。		Close	
Integration 计算完毕后得到如 ♥ Plots ♥ ■ Joint preload ♥ ■ Average tens	口图 2.13 所	Message 图 2.12 示的曲线。		Close	
Integration 计算完毕后得到如 ♥Plots ♥ ■ Joint preload ♥ ■ Average tens	口图 2.13 所	Message 图 2.12 示的曲线。		Close	
Integration 计算完毕后得到如 ♥Plots ♥ ■ Joint preload ♥ ■ Average tens	口图 2.13 所	Message 图 2.12 示的曲线。		Close	
Integration 计算完毕后得到如 ♥Plots ♥ Joint preload ♥ Average tens	口图 2.13 所	Message 图 2.12 示的曲线。		Close	
Integration 计算完毕后得到如 ♥Piots ♥ Average tens 0 0 0	口图 2.13 所	Message 图 2.12 示的曲线。		Close	
Integration 计算完毕后得到如 ♥ Plots ♥ ■ Joint preload ♥ ■ Average tens	口图 2.13 所	Message 图 2.12 示的曲线。		Close	
Integration 计算完毕后得到如 ♥Plots ♥ abint preload ♥ Average tens	口图 2.13 所	Message 图 2.12 示的曲线。		Close	
Integration 计算完毕后得到如 variables variable	口图 2.13 所	Message 图 2.12 示的曲线。		Close	
Integration 计算完毕后得到如 variables variable	口图 2.13 所	Message 图 2.12 示的曲线。		Close	
Integration 计算完毕后得到如 ♥ Plots ♥ ■ Joint preload ♥ ■ Average tens	口图 2.13 所	Message 图 2.12 示的曲线。		Close	
Integration 计算完毕后得到如 ♥ Plots ♥ ■ Joint preload ♥ ■ Joint preload	口图 2.13 所	Message 图 2.12 示的曲线。		Close	
Integration 计算完毕后得到如 ♥ Plots ♥ ■ Joint preload ♥ ■ Joint preload ♥ ■ Joint preload ● ● verage tens	口图 2.13 所	Message 图 2.12 示的曲线。		Close	
Integration 计算完毕后得到如 ♥ Plots ♥ □ Joint preload ♥ □ Joint preload ■ □ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	口图 2.13 所	Message 图 2.12 示的曲线。		Close	
Integration 计算完毕后得到如 Variables Variables Variables Average tens	口图 2.13 所	Message 图 2.12 示的曲线。		Close	
Integration 计算完毕后得到如 Variables Variables Average tens	口图 2.13 所	Message 图 2.12 示的曲线。		Close	
Integration 计算完毕后得到如 Variables Variables Average tens	口图 2.13 所	Message 图 2.12 示的曲线。		Close	

图 2.13

结果分析:曲线主要由两个不同斜率的线段组成,第一段(预张力小于 36.5kN),此时张紧装置受力小于张紧弹簧的预张力,一旦进入第二段,张紧弹 簧开始变为受压状态。在本例模型中张紧弹簧的预张力为 50kN,可从图 2.14 看 出。

32

Universal Mechanism 9











备注:

读者可以中断当前仿真后,再按图 2.14 和图 2.15 所示定义相关变量,并设置 Joint preload 为横坐标。

在绘图窗口左侧变量列表,点右键,选择菜单 Position-Top,可以将变量列 表转到绘图区上部。

在绘图窗口点右键,选择菜单 Options,弹出绘图窗口参数,在 Axles-Marking 页面可以自定义横坐标和纵坐标的刻度(先取消 Automatic scale 自动模式)。

📑 Wizard of varial	oles					23
🥩 Variables for grou	p of bodies	C T-Force	es 🙎 Joint forces	🔊 Bipolar force	es 🛆 Angular variables	: 🛃 Linear variables
📫 All forces	id Io	lentifiers	🔐 Contact for	es 🛛 🥐 C	ontact forces for bodies	Bushing
a+b Expression	🌀 Track	ed vehicle	User variables	Mr Reactions	Coordinates	Solver variables
Je gstv Ground Ground Ground JiBase0_Hull JiHull_Local h JiHull_CGBod JiHull_CGBod JiHull_CGBod JiTension JiIder_Te JiTrack lir JiTrack l	null_1 ly o crank ension crank nk1 nk2 nk3 nk4	 ∧ Selectei JTensioi Type ● For Compo ● N Resolv Base0 Acts o ○ boo ◇ boo 	a n crank	⊖z	⊖ Torque ○ V	0 v
<	>					
jRFx(Left track.jTensio	n crank)	Reactive for	ce for joint Left track.j	Tension crank, proj	ection X	F
jRFx(Left track.j						
Nots						
Variables						
REx(left track.)	Tension cran	k) - Reactive f	orce for joint Left trac	k.iTension crank, pr	ojection X	
Joint preload (Le	ft track)					
60000	1	1	1	1	1	· · · · ·
		1				
50000						
E		1				
40000						
30000						
			-			
20000	1 month					
10000						
10	15	20	25	30	35	40 45
			冬 2			





📑 Wizard of variables					8
Variables for group of bodies	s 🕓 T-Forces	Joint force	es 🚀 Bipolar i	forces 🛆 Angular	variables 🛛 🛃 Linear variables
📫 All forces id	Identifiers	🔐 Contact f	orces	Contact forces for	bodies 🕒 Bushing
a+b Expression 🔞 Tra	cked vehicle	User variables	🕪 Reaction	ns 🥂 Coordina	ates 🕟 Solver variables
🖃 🔳 gstv	∧ Selected				
🖨 📃 jBase0_Hull	1.7				
1.1	Type of v	/ariable			
1.2	Coorr	linate			
1.3			0.1111,		0
1.5					
1.6					
🖃 🔳 Left track					
🖯 🗹 jTension cranl	k 🛛				
···· ▼ 1.7					
	'				
jTrack link1					
	×				
X1.7	Coordinate 7,	subsystem 1			
X1.7					
<u> </u>					
Plots					
Variables					
X1.7 - Coordinate 7, subs	ystem 1				
Joint preload (Left track)					
				1	
0.1			; ;		
0.08					
0.00					
0.06			+	1	
				le le	
0.04			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	/	
0.02			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	/	
<u></u>		<u> </u>	<u>.</u>	····	<u>_</u>
42,86 0.0296	20	25	su 35	40	45 50
		冬	2.15		

因此,根据图 2.13,假设张紧装置预张力为 20kN,则履带预张力为 30kN。 点击 Interrupt,中断仿真,在 Tracked vehicle | Options | General 页面,设 置左右履带的预张力为 30kN。





bject simulatio	n inspe	ctor							
Solver I	dentifiers	s Init	ial con	ditions Ob	ject variables	XVA	Information	Tools	Tracked vehicle
🕹 🔛 🖂 🔓	V 🖗								
Options Transmi	ission R	esistance	Tools	Identification	Tests				
General Irregul	arities N	Macrogeom	etry						
Rotation of spro	kets								
左履带			-7	7.2265					1/+
右履带			-7	7.2264					14
Track tension pa	arameters	;							
Name		Value							
dl, mm (左履带)	0							
dl, mm (右履带)	0							
F, kN (左履带)		30							
F, kN (右履带)		30							
Hull	Hull								~
Mass of TV (t)	12.38	Mass of hu	ll (t)	8.00					
						_		_	_

图 2.16

显然,预张力的大小能反映履带的松弛程度,因此系统的平衡位置并不相同, 需要重新计算平衡位置。

从 Tests 下拉列表选择 Equilibrium test。

大约完成 10s 左右的时域计算后,系统达到新的平衡状态,如图 2.17 所示。









2.2.3 垂向谐载测试

通过施加一定幅值和频率的垂向谐振载荷,可以获得履带车辆悬挂系统的垂 向非线性特征。

从 Tests 下拉菜单选择 Vertical harmonic loading, 在 Parameters 页面设置 激励幅值为 220kN,频率为 0.1Hz。

打开一个绘图窗口,将 Variables 页面的两个标准变量拖入其中,并设置 Suspension movement 为横坐标。

计算结果如图 2.18 所示,与之前定义的动行程 110mm(参数符号 f_dyn)相吻合。



备注:

在绘图窗口点右键,选择菜单 Options,弹出绘图窗口参数,在 Axles-Legend 页面可以自定义横坐标和纵坐标图例标签、位置及字体。

点击 Interrupt, 中断仿真, 回到仿真控制界面。





2.2.4 计算初始速度

由于履带结构的特殊性,在车辆运动的任意时刻,每块履带板的速度矢量都不同。而对于履带车辆行驶动力学仿真,一般从某一给定初始速度直接开始。因此,有必要计算出一组初始速度(每个刚体的每个自由度方向)作为基准(如5m/s)。这样,程序可以简单地用基准初始速度乘以一个系数获得任意初始速度的配置文件。

从 Tests 下拉菜单选择 Computation of initial velocities, 在 Parameters 页面 设置目标速度为 5m/s (请在工具栏确认速度单位为 m/s),加速时间为 5s。



点击 Interrupt-是(Y),程序自动保存当前时刻的速度配置到模型下(50.tvv 文件),该文件将自动用于之后行驶动力学仿真,切勿删除。





2.3 直线行驶仿真

下面演示履带车辆在硬路面直线行驶的两个工况例子,读者可查阅用户手册 第18章,了解有关软土、曲线和复杂地形等工况的详细介绍。

2.3.1 起伏路面

从 Tests 下拉菜单选择 Straight motion test, Parameters 页面有个 Amplification 参数,它用于匀速和变速模式的速度控制,而当速度为 Neutral 惰 行模式时,该参数不起作用。

Object simu	lation inspect	or					
Solver	Identifiers	Initial conditions	Object variables	XVA	Information	Tools	Tracked vehicle
📤 🔛 🖂 (🍂 🚺 🖗						
Options Tra	ansmission Res	istance Tools Iden	tification Tests				
Straight mot	ion test						~
Parameters	Options Varia	ables					
Numeric pa	rameters						
Name		Value					
Amplifier fo	or speed control	100000					
		-Y	图 2.21				I

定位到 Tracked vehicle | Options | Irregularities 页面,选择路面不平度类型 为**第三种**(谐波型),设置幅值为 0.2m,波长为 20m,左右相差 7m (该值为 0 时,左右相等,无相位差)。

Solve	r Identifi	iers Ini	tial conditi	ons Obje	ect variables	XVA	Information	Tools	Tracked vehicle
è 🔛 🐱	2 🕰 🚺 🖗	ſ							
Options	Transmission	Resistance	Tools	Identification	Tests				
General	Irregularities	Macrogeon	netry						
Type of	firregularities								
◯ File	*.irr			⊖File *.trp			A sin(2*p)	i*x/L)	
			H	larmonic irreg	ularities A*sir	n (2*pi*(x-	-x0)/L)		
Amplitue	de A (m)	0.2							
Wave le	ength L (m)	20.00							
Phase s	hift x0 for left i	track (m)							
		7							

图 2.22

点击一图标,可以查看当前设置的路面不平度。





Realizations of irregularities		
Variables		
Irregularities for left track		
Irregularities for right track		
		A BA AA BA I
	[\ [\ \ \ \ \ \ \ \	
100	┟╌┠╌╿╌╿╌╿╌╿╌╿╌╿╌╿╌╿╌╿╌╿╌╿	
- + / \ / / \ / / / / / / / / / / / / / /	N N E A N E A N E A N E A N E A N E E	1 14 8 17 8 14 8 1
	<u>↓ \{`. \. </u>	Distance, n
- °L \ \ /\ (P /\ \ /\ (P /\ \ P /\) \ P /\ (P /\ \ P /\)	\ {{ }{ }{ }{ }{ }{ }{ }{ }{ }{ }{ }{ }{	
	<u> </u>	\¥ \
-100	╶┧╌┨╌┨╌┨╌┨╌┨╌┨╌┨╌┨╌┨╌┨	╶┧╌┋╌┎╴┧╶┰╶╻╴╢╴╢
- E - 5 A F 5 A F 5 A F 5 A F 5 A F 5 A F 5 A F 5 A F 5 A F 5 A F 5 A F 5 A F 5 A F 5 A F 5 A F 5 A F 5 A F 5 A		\
	ANTAN ANTAN ANT	AND AND AND AN
		<u>VV VV VV V</u>
74.3 -190		

图 2.23

切换到 Identifiers 页面,将车辆初速度(注意:符号 v0 位于主模型参数列表)设置为 10m/s。

在 Tracked | Vehicle | Tests | Options 页面,检查是否勾选了 Take into account irregularities。

Solver Identifiers Initial condit	tions Object variables	XVA Information	Tools	Tracked vehicle
3 🖬 🖂 🙆 📓 👼				
Options Transmission Resistance Tools	Identification Tests			
Straight motion test				
Parameters Options Variables				
Take into account irregularities				
Reverse				
Type of soil				
 Linear elastic 	⊖ Wit	th sinking		
Longitudinal motion mode				
ONoutral	Avecanat	$\bigcirc u(t) h_{t}(s)$		

图 2.24

在动画窗口,将鼠标光标移动到车体上(注意光标形状应如图 2.25 所示), 点击**右键**,选择 Camera follows Hull,这样使得动画窗口的镜头始终跟随车体。









图 2.26

读者可以从变量向导创建一些变量并显示在绘图窗口,观察其动力学行为, 如车体质心加速度。

点击 Integration,开始仿真。





2.3.2 跳跃垂直墙

点击 Interrupt, 中断仿真, 回到仿真控制界面。

定位到 Tracked vehicle | Options| Irregularities 页面,选择 File 模式,并从本地目录读入路面不平度文件{UM Data}\Caterpillar\Irregularities \jump_25_1.irr,分配给左右履带。



图 2.28





点击 Integration,开始计算,仿真过程如图 2.29 所示。



图 2.29

参考文献

[1] Crawler transporters / Platonov W.F. (Ed.). Moscow: Mashinostroenie. 1972 (Rus).