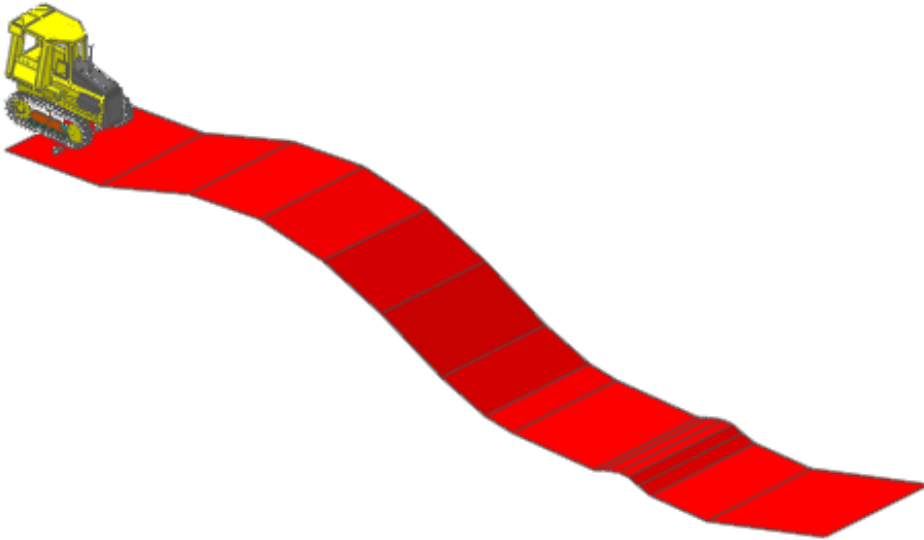




低机动履带式车辆教程 (**Track_LM**)



Copyright © 2017 FunctionBay, Inc. All rights reserved

User and training documentation from FunctionBay, Inc. is subjected to the copyright laws of the Republic of Korea and other countries and is provided under a license agreement that restricts copying, disclosure, and use of such documentation. FunctionBay, Inc. hereby grants to the licensed user the right to make copies in printed form of this documentation if provided on software media, but only for internal/personal use and in accordance with the license agreement under which the applicable software is licensed. Any copy made shall include the FunctionBay, Inc. copyright notice and any other proprietary notice provided by FunctionBay, Inc. This documentation may not be disclosed, transferred, modified, or reduced to any form, including electronic media, or transmitted or made publicly available by any means without the prior written consent of FunctionBay, Inc. and no authorization is granted to make copies for such purpose.

Information described herein is furnished for general information only, is subjected to change without notice, and should not be construed as a warranty or commitment by FunctionBay, Inc. FunctionBay, Inc. assumes no responsibility or liability for any errors or inaccuracies that may appear in this document.

The software described in this document is provided under written license agreement, contains valuable trade secrets and proprietary information, and is protected by the copyright laws of the Republic of Korea and other countries. UNAUTHORIZED USE OF SOFTWARE OR ITS DOCUMENTATION CAN RESULT IN CIVIL DAMAGES AND CRIMINAL PROSECUTION.

Registered Trademarks of FunctionBay, Inc. or Subsidiary

RecurDyn[™] is a registered trademark of FunctionBay, Inc.

RecurDyn[™]/SOLVER, *RecurDyn*[™]/MODELER, *RecurDyn*[™]/PROCESSNET, *RecurDyn*[™]/AUTODESIGN, *RecurDyn*[™]/COLINK, *RecurDyn*[™]/DURABILITY, *RecurDyn*[™]/FFLEX, *RecurDyn*[™]/RFLEX, *RecurDyn*[™]/RFLEXGEN, *RecurDyn*[™]/LINEAR, *RecurDyn*[™]/EHD(Styer), *RecurDyn*[™]/ECFD_EHD, *RecurDyn*[™]/CONTROL, *RecurDyn*[™]/MESHINTERFACE, *RecurDyn*[™]/PARTICLES, *RecurDyn*[™]/PARTICLEWORKS, *RecurDyn*[™]/ETEMPLATE, *RecurDyn*[™]/BEARING, *RecurDyn*[™]/SPRING, *RecurDyn*[™]/TIRE, *RecurDyn*[™]/TRACK_HM, *RecurDyn*[™]/TRACK_LM, *RecurDyn*[™]/CHAIN, *RecurDyn*[™]/MIT2D, *RecurDyn*[™]/MIT3D, *RecurDyn*[™]/BELT, *RecurDyn*[™]/R2R2D, *RecurDyn*[™]/HAT, *RecurDyn*[™]/曲柄, *RecurDyn*[™]/PISTON, *RecurDyn*[™]/VALVE, *RecurDyn*[™]/TIMINGCHAIN, *RecurDyn*[™]/ENGINE, *RecurDyn*[™]/GEAR are trademarks of FunctionBay, Inc.

Third-Party Trademarks

Windows and Windows NT are registered trademarks of Microsoft Corporation.

ProENGINEER and ProMECHANICA are registered trademarks of PTC Corp. Unigraphics and I-DEAS are registered trademark of UGS Corp. SolidWorks is a registered trademark of SolidWorks Corp. AutoCAD is a registered trademark of Autodesk, Inc.

CADAM and CATIA are registered trademark of Dassault Systems. FLEX//m is a registered trademark of GLOBEtrrotter Software, Inc. All other brand or product names are trademarks or registered trademarks of their respective holders.

Edition Note

These documents describe the release information of *RecurDyn*[™] V9R1.

目录

预备工作	5
目标	5
读者	6
预备知识	6
步骤	6
预计完成时间	6
设置仿真环境	7
任务目标	7
预计完成时间	7
启动 RecurDyn	8
导入底盘几何体	8
物体合并	9
定义履带部件	10
任务目标	10
预计完成时间	10
定义右侧履带组成	11
创建履带板	11
创建链轮	13
创建负重轮组	14
创建惰轮	15
创建托轮	15
完成履带子系统	17
任务目标	17
预计时间	17
装配履带	18
穿件履带框架	19
编辑履带框架	19
创建托轮支架	19
创建张紧轮	20
调整链轮位置	Error! Bookmark not defined.

创建运动副	21
增加运动输入.....	22
验证履带子系统的定义.....	23
搭建并运行全车模型	24
任务目标.....	24
预计完成时间.....	24
调整子系统属性	25
定位并测试右侧的履带总成.....	25
创建左侧的履带子系统.....	26
定义地形.....	27
履带子系统调整 (可选)	29
任务目标.....	29
预计完成时间.....	29
调整履带总成参数.....	30
调整履带部件参数.....	31
设置机械履带张紧器	32
增加叶片联动 (可选)	34
任务目标.....	34
预计完成时间.....	34
保存新的 RecurDyn 模型.....	35
导入并调整叶片总成几何体.....	35
增加液压缸	36
定位液压缸	37
调整液压缸的大小、颜色和运动.....	39
定义叶片总成的约束	40

预备工作

目标

本教程介绍低机动性履带运输工具包，学习如何仿真履带车辆在刚体，土壤和雪地地形的动力学行为。学习如何定义底盘部件和履带，以及如何有效地定义环绕底盘部件的履带装配。本教程包括几个主要的章节和两个可选的练习案例。在主要章节完成模型创建后，可选择进行任何一个可选的练习案例。

教程中的处理方法和将使用的定义低机动性履带的处理方法，与定义皮带/滑轮和链/轮系统的方法和工具类似。因此，在本教程学习到的概念和想法有助于更快地学习如何使用皮带和链的工具包。此外，如果已经学习过皮带或链教程，会发现本教程更容易学习。

低机动性和高机动性是履带车辆的两个不同形式。低机动性工具包注重：

- 由离散的钢履带板组成的履带
- 履带板定义为挤压型材。
- 外部导轨保持履带板不能从轴上掉落。
- 单齿与履带板中心接触。

高机动性工具包注重：

- 军事履带车辆。
- 履带板被定义为带有连接夹板的连接楔块。
- 履带板的中心导轨通过负重轮的凹槽和惰轮，从而保持履带不会从滚轴脱落。
- 双链轮与履带板在履带板侧板突出的销轴位置接触。

低机动性和高机动性是指车辆的行驶速度。通常情况下，施工设备在低速下运行，军事设备在高速下运行，特别是运输过程中。

读者

本教程适用于已有相关使用经验的 **RecurDyn** 用户。

预备知识

用户应该首先学习 **3D 曲柄滑块教程**和**螺旋桨发动机教程**。

步骤

本教程包括以下步骤，预计完成的时间如下表所示。

步骤	时间 (分钟)
仿真环境设置	15
履带组件定义	35
履带子系统完成	15
全车模型开发	15
子系统调整 (可选)	20
叶片连杆机构 (调整)	30
总:	130



预计完成时间

本教程大概需要 2 小时 10 分钟完成。包括可选的练习案例。

设置仿真环境

本章将启动 **RecurDyn**，并设置环境，包括导入已完成的带驾驶室的推土机底盘，并设置质心。

任务目标

学习设置 **RecurDyn** 环境，并导入数据。



预计完成时间

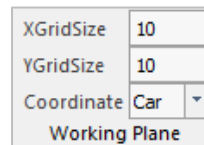
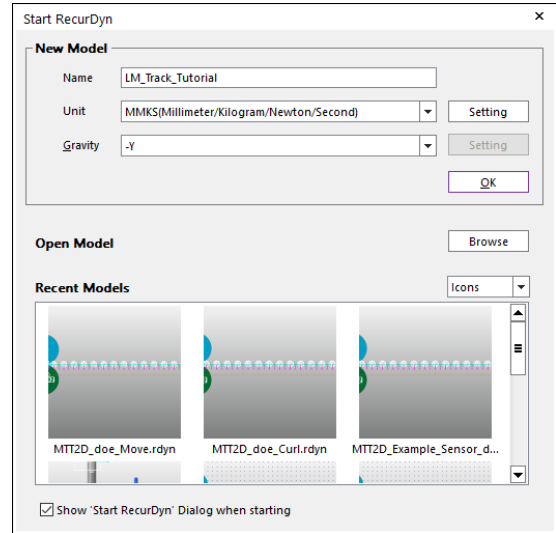
本章大约需要 15 分钟完成。

启动 RecurDyn

启动 RecurDyn，并创建新模型：



1. 双击桌面上的 RecurDyn 图标。
2. 确保单位和右图 Start RecurDyn 对话框相同，如果没有，点击 MMKS。
3. 改变模型名称为 LM_Track_Tutorial，并点击 OK。
4. 设置网格间距为 10mm。

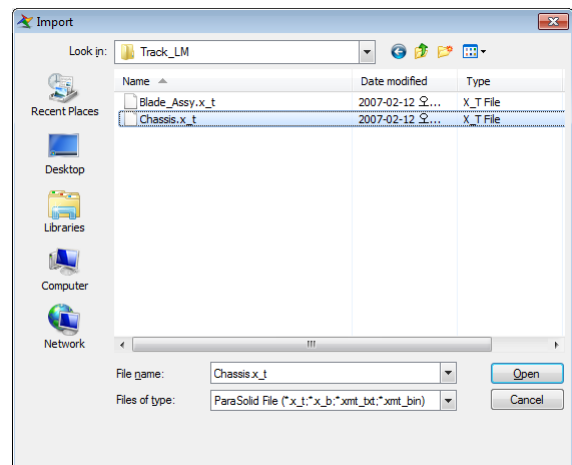


导入底盘几何体

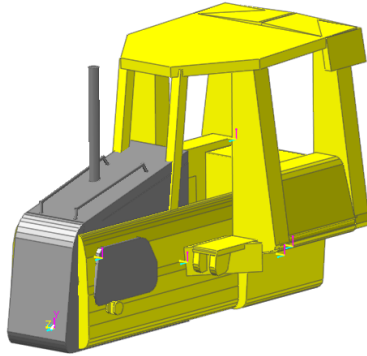
通过导入已经完成的推土机底盘几何体，对履带车辆进行建模。

导入底盘几何：

1. 在 File 菜单，选择 Import。
2. 在 Open 对话框，设置文件类型为 ParaSolid 文件，在 Track LM Files 文件夹，选择 Chassis.x_t，如右图所示。
(文件路径：<Install Dir>/Help/Tutorial/Toolkit/Track_LM/LowMobilityTrackedVehicle)
3. 点击 Open。



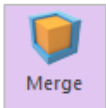
旋转模型，并设置渲染模式为带线阴影，推土机底盘显示如下。



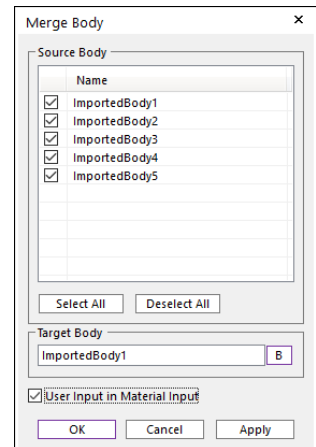
物体合并

底盘由五个物体组成。将五个物体合并为一个物体，方便更好地操作。并重新设置新合并体的质心。

物体合并



1. 在 **Home** 标签的 **Tools** 组，点击 **Merge**。
2. 在 **Merge Body** 对话框，选择所有物体。
3. 设置目标物体的名称为 **ImportedBody1**，或者通过在 **Target Body** 对话框中输入名称，或者点击 **B** 按钮，并点击 **cab geometry**。目标物体是上述物体的合并体。
4. 点击 **OK**。
5. 显示合并体的 **Property** 对话框 **ImportedBody1**，并设置如下：

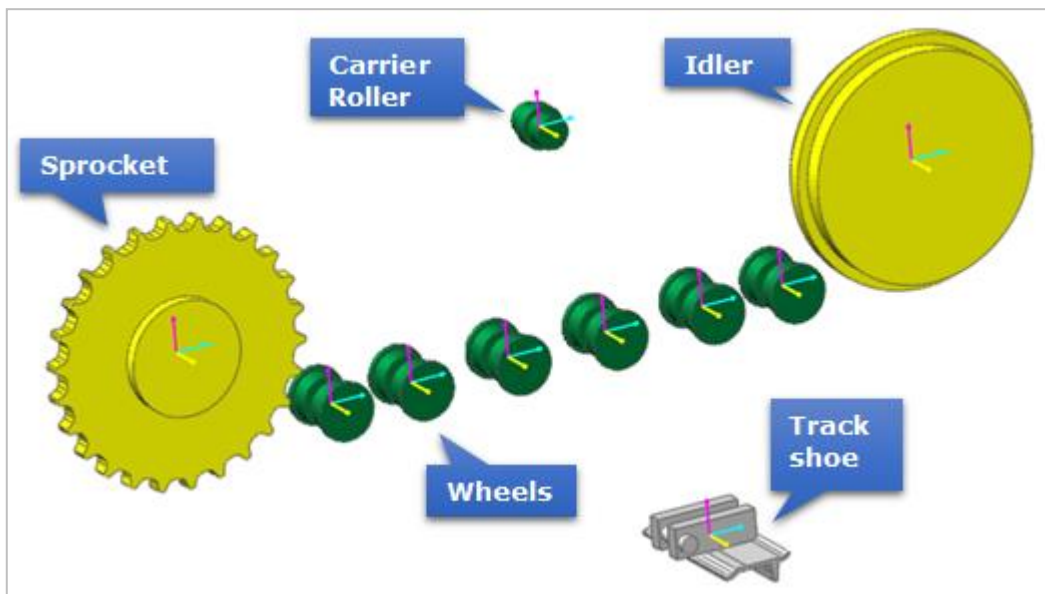


小贴士： 在数据库窗口，右键点击 **ImportedBody1**，并点击 **Property**。

- 在 **General** 标签，如果觉得需要，将 **ImportedBody1** 的名称改为 **Chassis**。
 - 点击 **Body** 标签，并设置 **Material Input Type** 为 **User Input**。
 - 点击 **Apply**。
 - 点击 **CM**，并将 **Origin** 改为 -1400, 500, 0。
 - 点击 **OK**，关闭 **CM** 对话框。
 - 再次点击 **OK**，关闭 **Chassis Properties** 对话框。
6. 保存 **RecurDyn** 模型为 **LM_Track_Tutorial.rdyn**。

定义履带部件

本章将使用 **TrackLMSub1** 工具，定义履带的部件。下一章将部件装配，要创建的部件如下图所示。



任务目标

学习创建履带的部件，并了解使用 **TrackLM** 工具，及其创建履带的过程。



预计完成时间

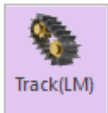
本章大约需要 35 分钟完成。

定义右侧履带组成

下面，利用 **LM TrackTransport** 工具栏的标准元素，创建低机动履带子系统，如：

- **Sprockets** 链轮
- **Rollers** 用于定义负重轮、惰轮和托轮。
- 履带链节和履带横向防护，地形生成器。

定义新的低机动性履带子系统：



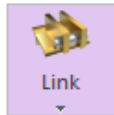
- 在 **Toolkit** 标签的 **Subsystem Toolkit** 组，点击 **Track(LM)**。

在 **RecurDyn** 创建子系统后，进入子系统编辑模式。图形窗口左上角的名称为 **TrackLM1@LM_Track_Tutorial**。数据库窗口的顶部节点是 **TrackLM1**。

创建履带板

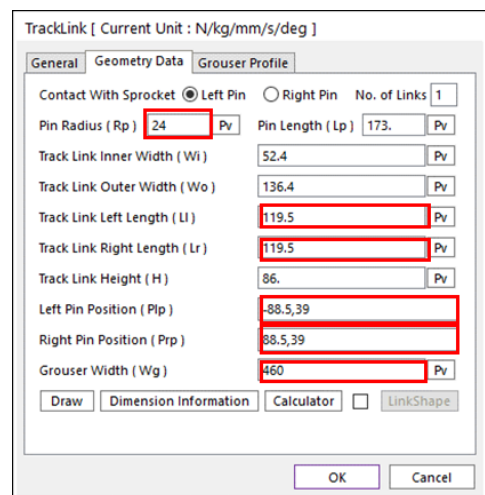
通过导入 **xy** 坐标数据，创建履带板，并定义履齿轮廓。可以通过在 **CAD** 软件导出轮廓数据或在 **Excel** 中的坐标数据，从而创建一系列点。导出的点分为两列，并由分隔符，如逗号或空格分隔。可以改变后缀名为 **.mat**。

创建履带板：



1. 在 **Track (LM)** 标签的 **Link** 组，点击 **Link**。（这个步骤在名称为 **TrackLM1** 的子系统编辑模式中进行）
2. 点击位置 -1400, -900, 0。
3. 在 **TrackLink** 对话框，点击 **Geometry Data** 标签，并按右下图填写文本框。调整的参数如：

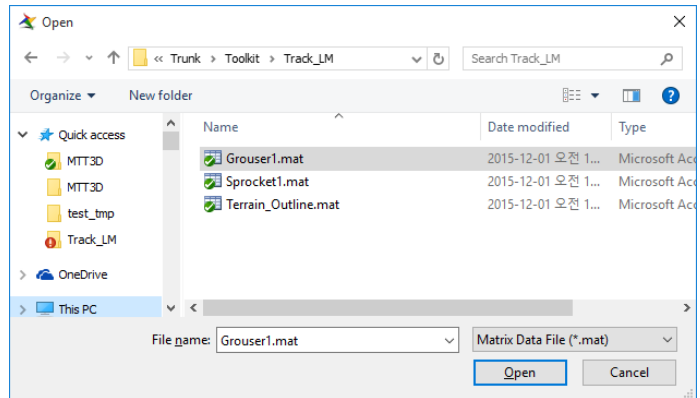
- **Pin Radius:** 24
- **Track Link Left Length:** 119.5
- **Track Link Right Length:** 119.5
- **Left Pin Position:** -88.5, 39
- **Right Pin Position:** 88.5, 39
- **Grouser Width:** 460



4. 查看几何体数据的图形描述，点击 **Dimension Information**。
5. 保持 **TrackLink** 对话框打开。

导入新的履带链节的履齿轮廓:

1. 在 **TrackLink** 对话框, 点击 **Grouser Profile** 标签, 并点击 **Import**。
2. 在 **Track LM Files** 路径下, 选择 **Grouser1** 文件 (可能看不到 .mat 文件扩展名) (文件路径: <Install Dir> /Help /Tutorial /Toolkit/Track_LM/ LowMobilityTrackedVehicle) , 并点击 **Open**。

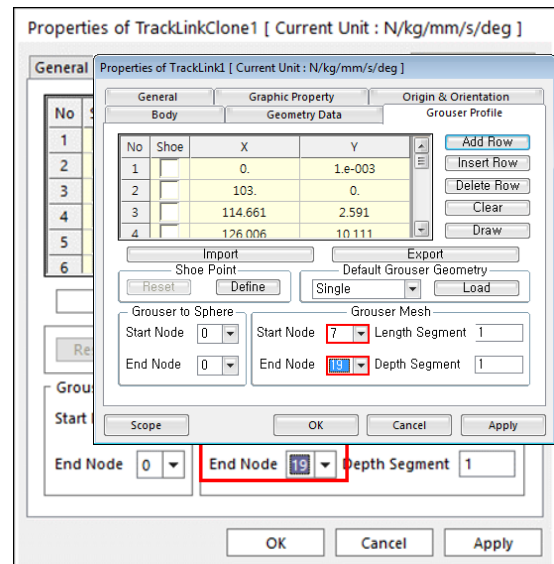


履齿坐标如右图所示。

3. 点击 **Draw**, 显示履齿轮廓。

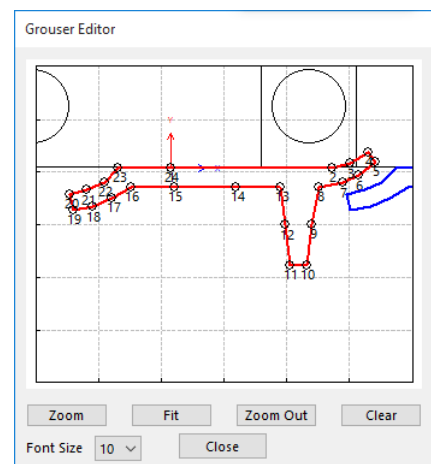
查看履齿轮廓, 履齿截面的 7-19 节点将与地形接触。这些点将包括在硬地形的接触计算中。

4. 在 **TrackLink** 对话框, **Grouser Mesh** 节中, 设置 **Start Node** 为 7, 设置 **End Node** 为 19。
5. 设置软地形的接触计算 (土壤、沙子、雪等)。



- 在 **TrackLink** 对话框, 右边的电子表格, 勾选 **Shoe** 列的 8, 10, 12, 14, 16 和 18 的复选框。
- 设置接触网格, 在 **Shoe Point** 节, 点击 **Define**。

6. 点击 **OK**, 关闭 **TrackLink** 对话框。
7. 显示 **TrackLink1** 属性对话框, 并设置颜色为 **light gray** (图形属性标签)。
8. 点击 **OK**。



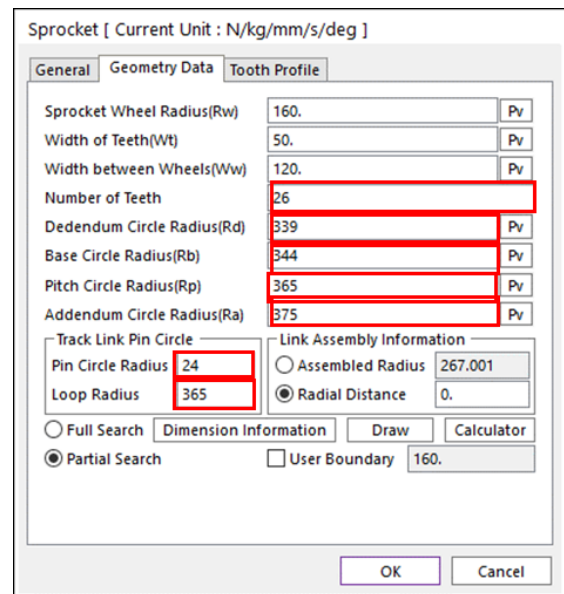
创建链轮

创建链轮



1. 在 **Track (LM)** 标签的 **Sprocket** 组，点击 **Sprocket**。
2. 点击位置-2900,0,0。
3. 在 **Sprocket** 对话框，点击 **Geometry Data** 标签。
4. 点击 **Dimension Information**，查看各种条目的意义。
5. 在右侧的对话框，填写文本框。调整：

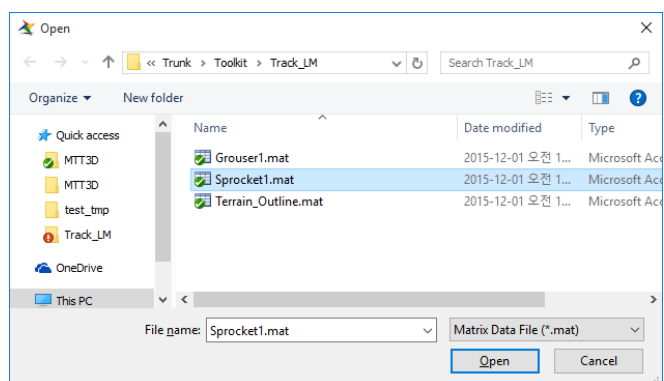
- **Number of Teeth:** 26
- **Dedendum Circle Radius (Rd):** 339
- **Base Circle Radius (Rb):** 344
- **Pitch Circle Radius (Rp):** 365
- **Addendum Circle Radius (Ra):** 375
- **Pin Circle Radius:** 24
- **Loop Radius:** 365 (通常与节圆半径相同)



6. 将对话框保持打开。

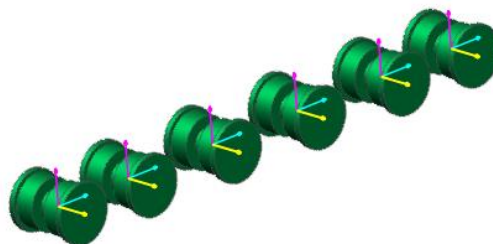
导入新的链轮齿形：

1. 在 **Sprocket** 对话框，点击 **Tooth Profile** 标签，然后点击 **Import**。
2. 在 **Track LM Files** 目录，选择 **sprocket1** (可能看不到.mat 文件扩展名) 文件 (文件目录: <Install Dir> /Help /Tutorial /Toolkit/Track_LM/ LowMobilityTrackedVehicle))。
3. 点击 **Open**。
4. 点击 **OK**。
5. 显示 **Sprocket Property** 对话框，并设置链轮齿形为 **yellow** (图形属性标签)
6. 点击 **OK**。

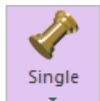


创建负重轮组

本节创建 6 个负重轮，如右图所示。设置属性，并改变名称。



创建负重轮组：

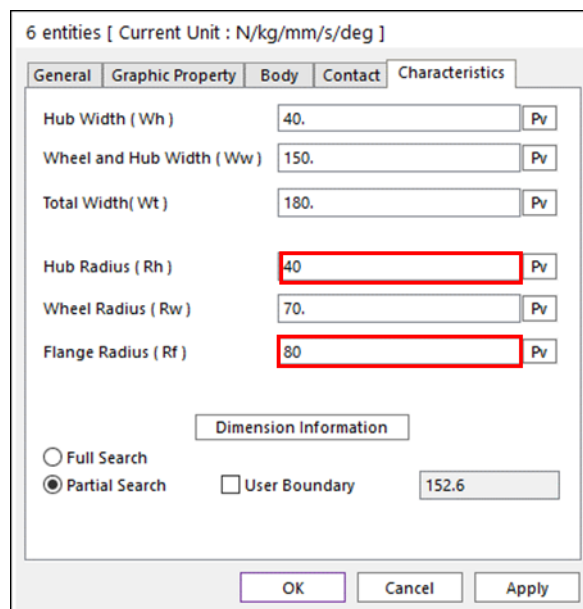


1. 在 **Track (LM)** 标签的 **Flange** 组，点击 **Single**。
2. 创建 6 个车轮，负重轮中心的位置如下表所示。可以单独建立每个负重轮，并单独修改属性，或者可以创建一个负重轮，并修改它的属性，复制并将其移动至正确位置，然后重复操作创建五个负重轮。如果复制，当粘贴时，关闭 **Shift when Pasting** (**Home Tap** → **Setting Group** → **Display** → **Advanced**)。下一步，对负重轮重命名，如表中所示。

Set the single flange	To point (X,Y)	With a distance (radius)	X offset (if copying)	Change name to RoadWheel_ #
SingleFlange1	-2460, -250	70		6
SingleFlange2	-2220, -250	70	240	5
SingleFlange3	-1930, -250	70	290	4
SingleFlange4	-1640, -250	70	290	3
SingleFlange5	-1350, -250	70	290	2
SingleFlange6	-1110, -250	70	240	1

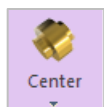
3. 显示每个负重轮的 **Properties** 对话框。

- 点击 **Characteristics** 标签，并设置参数与图中相同。
 - **Hub Radius (Rh)** : 40
 - **Flange Radius (Rf)** : 80
- 将颜色改为 **green**。
- 从 **SingleFlange1** 到 **SingleFlange6**, **RoadWheel_6** 到 **RoadWheel_1**, 按降序进行重命名，如上表所示。

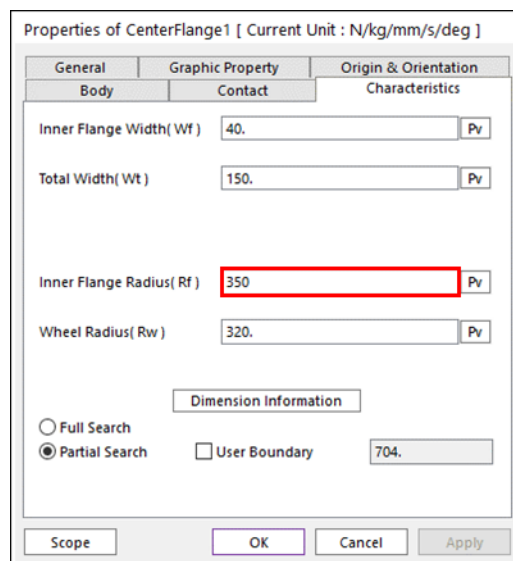


创建惰轮

创建惰轮：

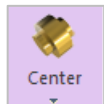


1. 在 **Track (LM)** 标签的 **Flange** 组，点击 **Center**。
2. 在 -700, 0, 0，创建凸缘的中心，半径为 320（或者在 **Command** 工具栏文本框输入，或者通过鼠标拖动直到数值为 320）。
3. 显示 **Center FlangeProperty** 对话框，并设置惰轮颜色为 **yellow**（图形属性标签）。
4. 点击 **Characteristics** 标签，并设置 **Inner Flange Radius (Rf)** 为 350。
5. 点击 **General** 标签，并命名为 **Idler**。
6. 点击 **OK**。

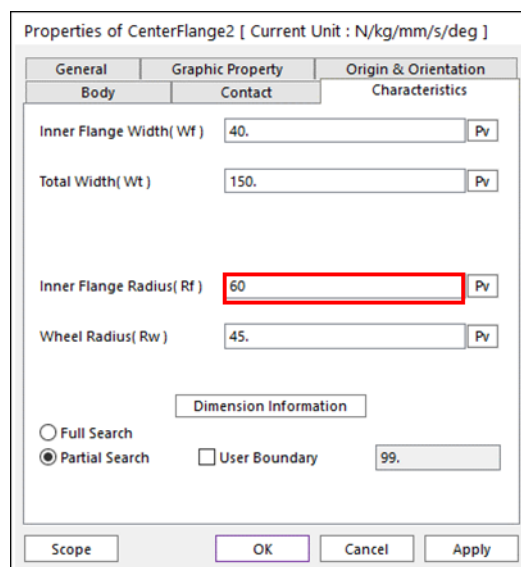


创建托轮

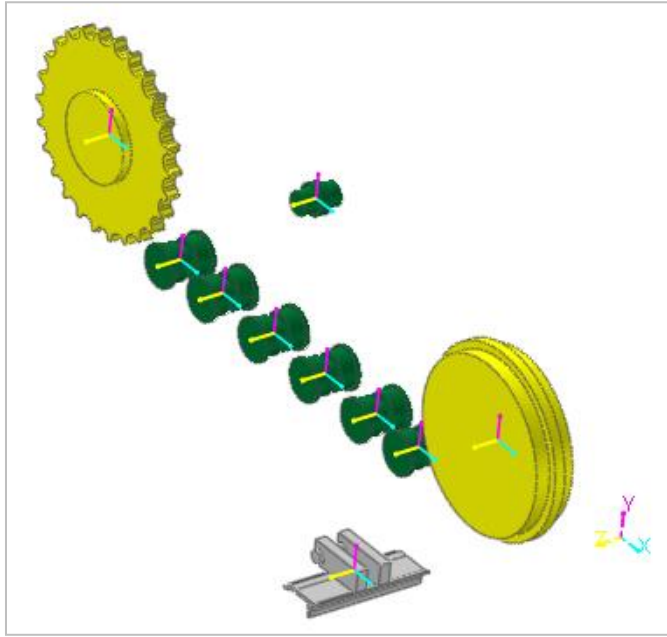
创建托轮：



1. 在 **Track (LM)** 标签的 **Flange** 组，点击 **Center**。
2. 创建一个凸缘，中心为 -1780, 360, 0，半径为 45（在 **InputWindow** 文本框中输入）。
3. 显示 **CenterFlange1 Properties** 对话框，并设置托轮颜色为 **green**（图形属性标签）。
4. 点击 **Characteristics** 标签，并设置 **Inner Flange Radius (Rf)** 为 60。
5. 设置 **General** 标签，并命名为 **Carrier**。
6. 点击 **OK**。



履带子系统如下图所示（旋转，设置渲染模式为 **Shade with wire**）。



下面，可以对履带进行装配。

完成履带子系统

本章将通过创建履带，履带框架几何体，并将履带部件与履带框架组装，完成履带系统的建模。增加链轮的运动属性，并仿真履带子系统的动态行为。

任务目标

学习装配履带，并创建履带框架，将履带部件与框架组装。



预计时间

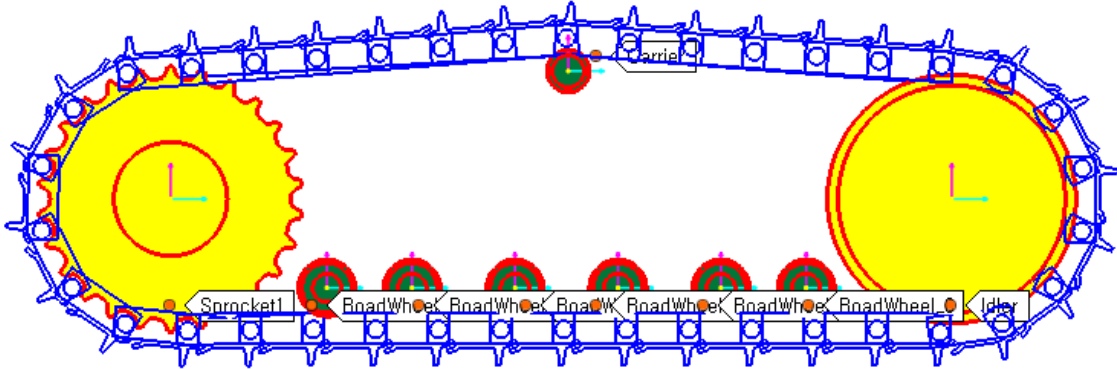
本章大约需要 30 分钟。

装配履带

装配履带：

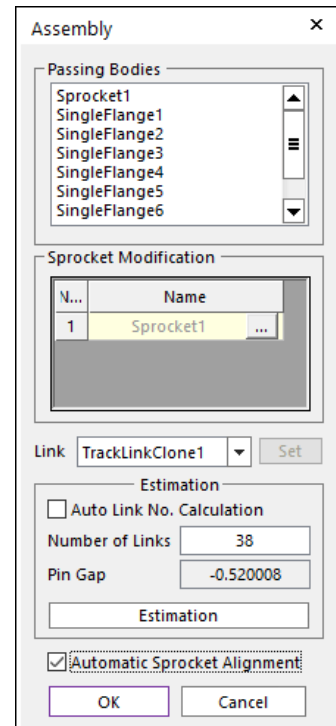


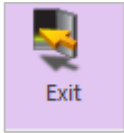
1. 在 Track (LM) 标签的 Assembly 组，点击 Assembly。
2. 对链轮建模，按逆时针顺序，选择履带的每个元素，直到完成如下图所示的循环。



建模完成后，弹出如右图所示的对话框。

3. 点击 OK，增加部件到数据库。





创建履带框架

创建履带框架体:

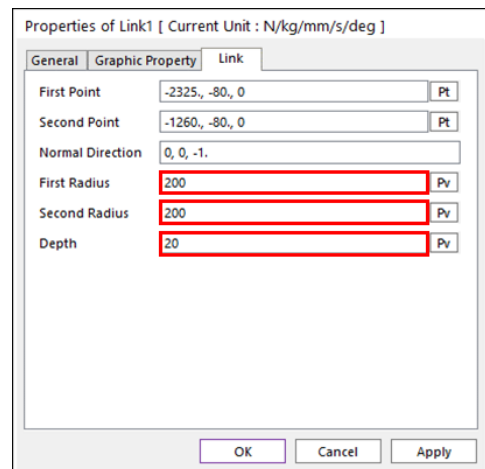


1. 在 **Professional** 标签的 **Body** 组, 点击链节。
2. 点击下面的两点, 创建链节。
 - $-2325, -80, 0$
 - $-1260, -80, 0$

编辑履带框架

编辑履带框架:

1. 对创建的链节, 通过以下方式之一进入 **Body Edit** 模式。
 - 双击刚创建的几何体。
 - 在数据库窗口, 右键点击 **Body1**, 并选择 **Edit**。
2. 显示链节的属性对话框, 并设置如下。
 - 修改 **First Radius** 和 **Second Radius** 为 200, **Depth** 值为 20。
 - 点击 **OK**。

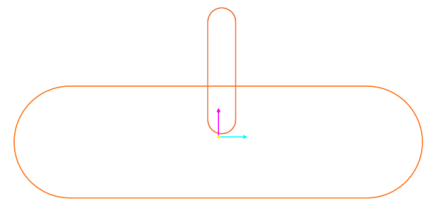


创建托轮支架

创建托轮支架:



1. 在 **Professional** 标签的 **Solid and Marker** 组, 点击 **Link**。
2. 点击下面的两点, 创建链节。
 - $-1780, 0, 0$
 - $-1780, 350, 0$
3. 显示第二个链节几何的属性对话框, 并设置如下。
 - 将 **First Radius** 和 **Second Radius** 值改为 50, **Depth** 值为 20。
 - 点击 **OK**。



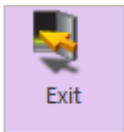
4. 点击 **Exit**，关闭 **Body Edit** 模式，返回子系统。
5. 显示属性对话框：
 - 命名为 **Track_Frame**。
 - 在 **Graphic Property** 标签，将颜色改为 **orange**。
 - 点击 **OK**。

创建张紧轮

创建张紧轮：

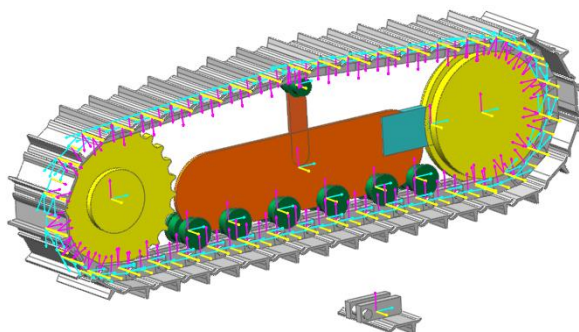


1. 在 **Professional** 标签的 **Body** 组，点击 **Box**。
2. 点击下面两点，创建 **Box**。
 - $-1300, 100, 0$
 - $-700, -100, 0$
3. 双击张紧轮，并进入 **Body Edit** 模式。
4. 显示张紧轮的属性对话框，并设置如下。
 - 在 **Box** 标签，将 **Depth** 设置为 40。
 - 在 **Origin & Orientation** 标签，将 **Origin** 设置为 $(-1000, 0, -20)$ 。
 - 点击 **OK**。



5. 点击 **Exit**，返回到子系统编辑模式。
 1. 显示张紧轮的属性对话框，设置如下。
 - 点击 **General** 标签，如果需要，命名为 **Tensioner**。
 - 点击 **Graphic Property** 标签，将颜色设置为 **Aqua**。
 - 点击 **OK**。

履带组件如右图所示。



创建运动副

本节创建旋转副和固定副，并将链轮，负重轮、惰轮和托轮，与履带框架固定（子系统的局部地面）。

创建运动副：

- 在 **Professional** 标签的 **Joint** 组，使用工具，创建下表中的运动副。使用运动副的 **Body**, **Body**, **Point** 选项。

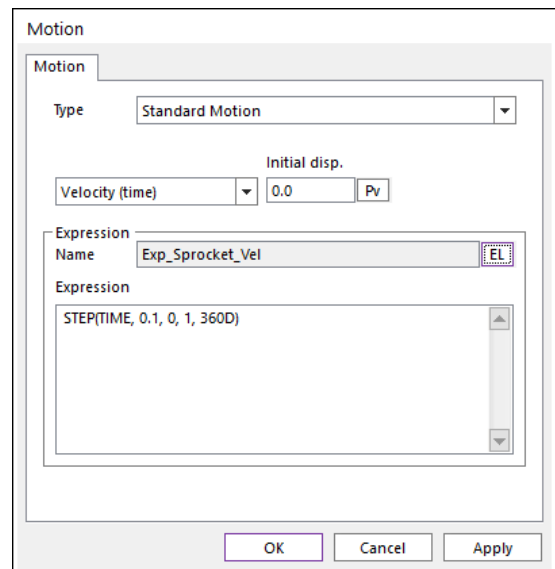
Create the joint of type	First Body	Second Body	At the location
Revolute	Sprocket1	MotherBody	-2900,0,0
Revolute	Idler	Tensioner	-700,0,0
Revolute	RoadWheel_6	Track_Frame	-2460, -250, 0
Revolute	RoadWheel_5	Track_Frame	-2220, -250, 0
Revolute	RoadWheel_4	Track_Frame	-1930, -250, 0
Revolute	RoadWheel_3	Track_Frame	-1640, -250, 0
Revolute	RoadWheel_2	Track_Frame	-1350, -250, 0
Revolute	RoadWheel_1	Track_Frame	-1110, -250, 0
Revolute	Carrier	Track_Frame	-1780, 360, 0
Fixed	Tensioner	Track_Frame	-1200,0,0
Fixed	Track_Frame	Mother Body	-1780, 0, 0

添加运动属性

本节将添加链轮旋转副的运动属性，使链轮速度达到每秒一圈（每秒 360 度）。速度在 0.1 秒开始上升，并将在 1 秒达到最大速度。

添加运动属性：

1. 右键点击链轮（**RevJoint1**）中心的旋转副，并点击属性。
2. 勾选 **IncludeMotion** 对话框。
3. 点击 **Motion** 按钮。
4. 设置下拉菜单为 **Velocity**。
5. 点击 **EL**，查看表达式列表。
6. 点击 **Create**，创建表达式。
7. 将表达式命名为 **Exp_Sprocket_Vel**，并定义表达式为：
 - **STEP(TIME, 0.1, 0, 1, 360D)**
8. 点击 **OK** 四次，关闭 **Joint Properties** 对话框。



验证履带子系统的定义

本节运行仿真验证子系统。履带系统固定在地面，没有与履带接触的地形。查看负重轮、惰轮和托轮的链轮运动和履带运动。

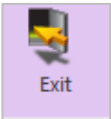
验证子系统：



1. 运行仿真 5s 和 250 步。



2. 使用动画控制按钮，查看动画。



3. 选择 **Exit**，进入装配模式。

搭建并运行全车模型

本章通过复制完整的履带系统，将履带系统与底盘连接，搭建全车模型。创建地形，并在地形上运行履带式车辆。

任务目标

学习在主模型级别上，将两个子系统与其它几何连接，以及如何定义地形。



预计完成时间

本章大约需要 30 分钟完成。

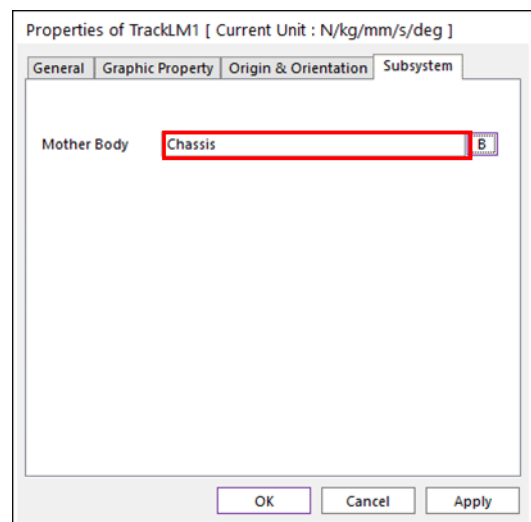
调整子系统属性

在模型级别，必须调整两个子系统的属性。

- 改变子系统的名称，使其更容易辨识。
- 定义映射，即改变子系统的 Mother Body 所关联的对象，在这里让子系统的 **Mother Body** 变为 **Chassis body**。这个映射设置非常有用，当在模型级别进行仿真时，子系统将与底盘连接。

调整子系统属性：

1. 显示 TrackLM1 子系统的属性对话框。
2. 点击 **General** 标签，并将子系统命名为 **Right_Track_Assy**。
3. 显示履带子系统的属性对话框。
4. 在 **Subsystem** 标签，将 **Mother Body** 改为 **Chassis Body**。
5. 点击 **OK**。



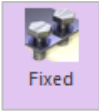
定位并测试右侧的履带总成

移动右侧的履带总成，至相对于底盘的合适位置。

定位子系统：

- ⏪
 ▪ 选择 **Right_Track_Assy** 子系统，并显示 **BasicObject Control** 对话框，移动子系统：
 - +X
 ▪ 在 **Offset Value** 文本框，输入 250mm，并点击+X。
 - Y
 ▪ 在 **Offset Value** 文本框，输入 300mm，并点击 - Y。
 - +Z
 ▪ 在 **Offset Value** 文本框，输入 1000mm，并点击+Z。

测试子系统:



1. 增加底盘和地面之间的固定副，支撑底盘。三个固定副的位置没有关系。
2. 运行仿真 5s 和 250 步，将结果与之前的动画做比较。

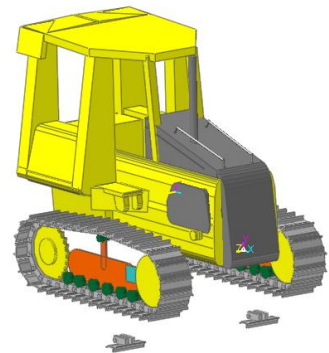
创建左侧的履带子系统

通过复制之前创建的履带子系统，创建左侧履带子系统，并移动至底盘另一侧。然后测试。

创建左侧履带子系统:

1. 在 **Home** 标签的 **ModelingSettings** 组，点击 **Display**。
2. 如果需要，清除 **Shift When Pasting** 旁边的勾选项（当创建负重轮时，可能已经清除勾选项）。
3. 点击 **OK**，关闭 **Display Settings** 对话框。
4. 选择右边的履带子系统，复制并粘贴。
5. 显示新创建的履带子系统旁边的属性对话框，并设置如下：
 - 点击 **General** 标签，如果需要，将名称改为 **Left_Track_Assy**。
 - 点击 **Origin & Orientation** 标签，将 **Origin** 改为 250, -300, -1000。
 - 点击 **Subsystem** 标签，将 **Mother Body** 改为 **Chassis**。
 - 点击 **OK**。

模型如右下图所示。



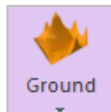
测试子系统:

- 运行 5s 和 250 步，然后将结果与之前的动画比较。

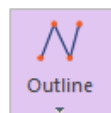
定义地形

编辑地面，定义地形。

定义地形：



1. 在地面编辑模式，点击 **Professional** 标签的 **Body** 组的 **Ground**。



2. 点击 **Ground** 的 **Curve** 组的 **Outline**。

3. 使用右边表中的数据，创建轮廓。

4. 选择完点后，右键点击 **Finish**。

小贴士：另一个选择是创建虚拟的轮廓，并从 *Terrain_Outline* 文件，导入坐标。

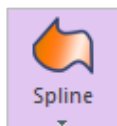
1. 选择屏幕上任意两个点，创建轮廓。右键点击，并选择 **Finish**。

2. 右键点击轮廓，并选择 **Properties**。

3. 点击 **Import**，并选择 *Terrain_Outline* (.mat 文件扩展名，文件路径：*<Install Dir>/Help/Tutorials/Toolkit/Track_LM*)。

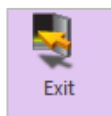
No.	X	Y
1	-3,500	-1,600
2	250	-1,350
3	3,700	-250
4	6,500	0
5	9,050	-450
6	11,450	-1,350
7	13,950	-2,600
8	15,750	-3,250
9	16,850	-3,400
10	20,100	-3,400
11	20,500	-3,250
12	21,050	-3,100
13	21,450	-3,100
14	21,850	-3,250
15	22,350	-3,400
16	24,600	-3,400
17	29,200	-2,100

5. 复制轮廓（复制并粘贴），并在+z 方向移动轮廓 2500mm，第一个轮廓在 -z 方向移动 2500mm。



6. 创建地形（路面），点击 **Ground** 标签的 **Road Data** 组的 **SplineRoad**。

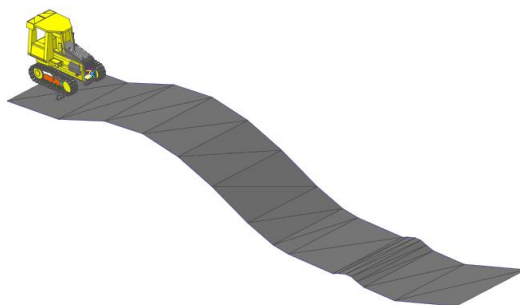
7. 点击较近的轮廓，然后点击较远的轮廓，右键点击 **Finish Operation**。



RecurDyn 创建了路面元素。

8. 选择 **Exit**，返回总成模式。

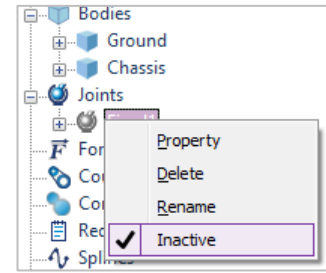
结果如下图所示。



测试带地形的整车模型:

1. 在数据库窗口, 扩展 **Joints**, 右键点击弹出的固定副的名称 (在底盘和地面之间), 并选择 **Inactive**, 将运动副冻结。

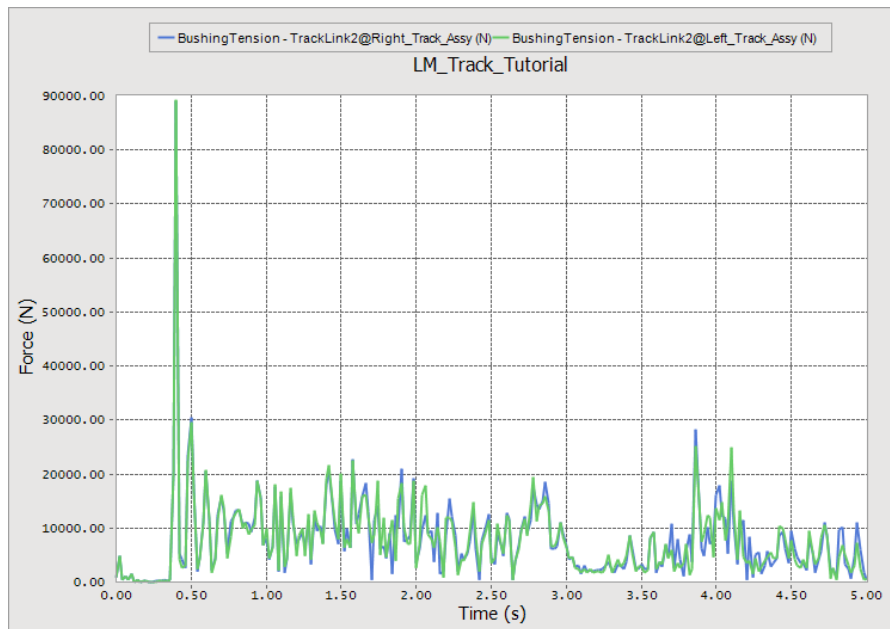
数据库窗口和图形窗口之间运动副图标颜色变为 **gray**。使固定副冻结, 并允许推土机落下, 与地形接触。



2. 运行 5s 和 250 步。并将结果与之前的动画比较。



3. 通过扩展 **Track-Force**, 扩展每个履带链节元素, 并双击 **Bushing Tension**, 显示 **Plot** 窗口并绘制履带的张力。



4. 再次运行仿真, 这次时间是 12s 和 600 步。推土机通过较多地形。
5. 保存 **RecurDyn** 模型。

感谢参与本教程学习!

教程剩余的章节包括可选的练习案例。

履带子系统调整 (可选)

本章考虑与履带车辆详细建模相关的各种课题。在前面的章节中，创建履带部件和履带总成都使用默认值。下面说明如何修改一些履带系统值。

任务目标

学习履带总成和履带部件相关的参数设置。当使用 **LM Track** 工具包，对产品建模时，根据工程和试验数据，调整这些参数，开发验证模型。

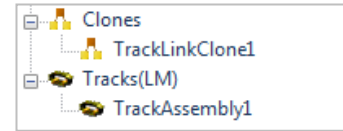


预计完成时间

本章大约需要 20 分钟。

调整履带总成参数

在进行 **Track Assembly** 操作时，**RecurDyn** 创建了履带总成元素。它出现在下图所示的数据库窗口的底部。右键点击履带总成元素，并点击 **Properties**，显示属性对话框。它包括几个标签，将在下节介绍。



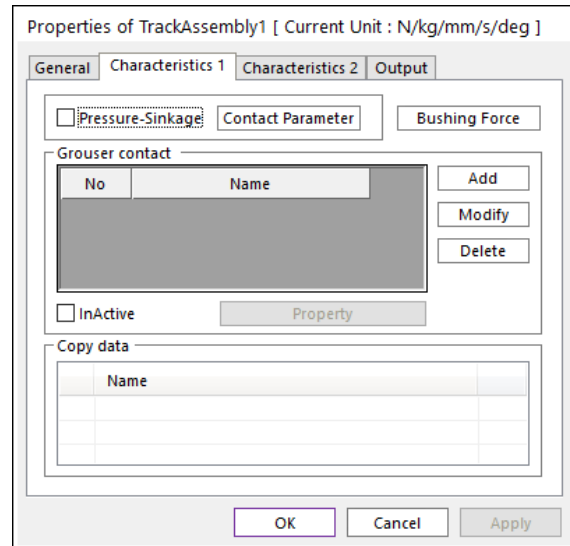
一般标签

使用 **General** 标签，修改履带总成的 **Name**。

Characteristics 1 标签:

使用以下的选项:

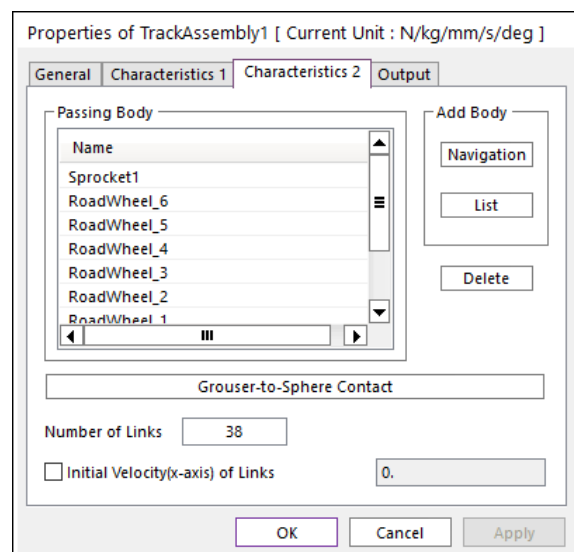
- 点击 **Bushing Force**，设置履带刚度。
- 设置两个履带板之间的连接衬套所有自由度的平移和旋转的刚度和阻尼。
- 在衬套力的轴向，通过设置 **preload**，设置 **track tension**。
- 通过选择 **Pressure-Sinkage**，然后点击 **Contact Parameter**，定义履带和软土之间相互作用。可以从选择列表选择土壤类型，并点击 **Load**，加载土壤的 **Bekker** 参数。可以修改参数，并保存为一个土壤库的文件。



Characteristics 2 标签:

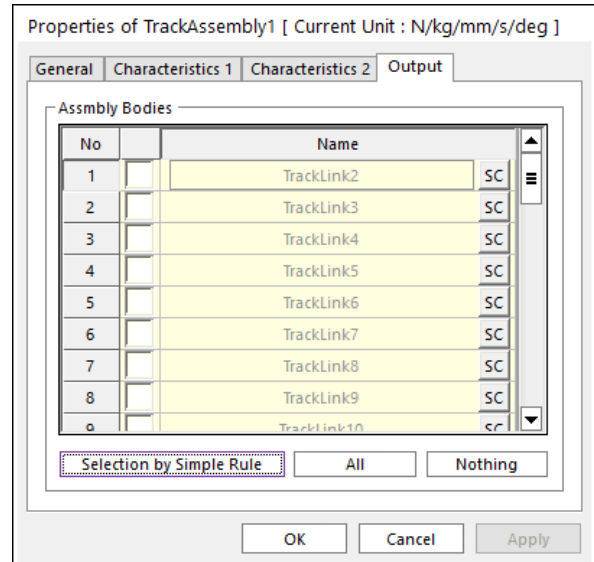
Characteristics 2 标签用来定义或修改履带接触的元素列表。

- 如果要增加另一个托轮，创建新的车轮，并使用 **Navigation** 或 **List**，从列表中，选择新的车轮。
- 使用 **Grouser to Sphere Contact**，选择用来表示地面石头的球，或其它与履带接触的物体。
- 通过在对话框的底部勾选 **Initial Velocity(x-axis) of Links** 对话框，并在文本框中输入初始速度，设置履带的 **Initial Velocity**。



输出标签:

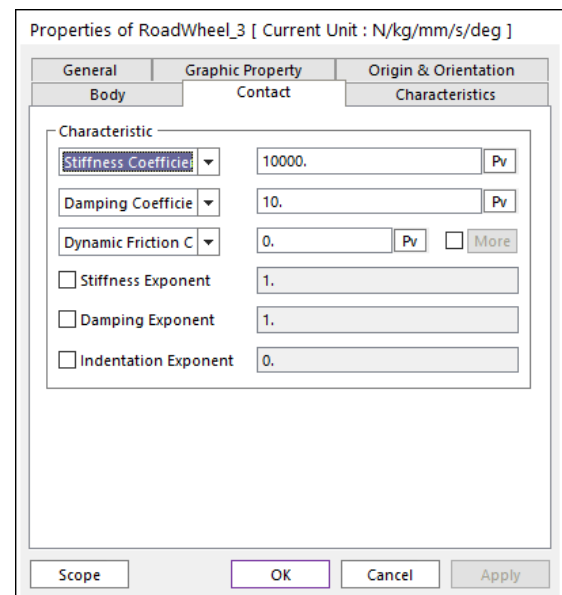
使用 **Output** 标签, 定义输出单独链节仿的真结果。默认是从第一个链节 **TrackLink2**, 保存数据。可以手动勾选对话框, 或根据编号增量, 通过 **Selection by Simple Rule** 自动选择链节。



调整履带部件参数

部件与履带之间的接触:

履带车轮或链轮之间的接触特性, 对履带总成是不同的。所以, 在每个部件的 **Contact Characteristic** 标签, 设置接触参数。根据每个部件中用到的材料和部件状态, 设置刚度、阻尼和摩擦。



设置机械履带张紧器

创建机械履带张紧器，对每个履带子系统设置如下。

用平动副，取代固定副：

1. 进入 **Right_Track_Assy** 子系统编辑模式（如果需要）。
2. 通过在数据库窗口的运动副中，选择 **Fixed1**，定义履带框架和张紧轮之间的固定副。将光标放在名称上，点击鼠标右键，在弹出菜单中，选择 **Delete**。
3. 通过在 **Home** 标签的 **Joint** 组，选择 **Translate** 图标，并选择 **Body, Body, Point, Direction** 输入方法，创建履带框架和张紧轮之间的平动副。
 - **Body1:** **Track_Frame**
 - **Body2:** **Tensioner**
 - **Joint Origin Point:** -1200, 0, 0 （使用固定副中保留的标记）
 - **Position Vector:** **Tensioner.Box1** (1,0,0)（在张紧轮上部，选择水平边，或使用 **Flip List**，选择边，将运动副定位于水平。）

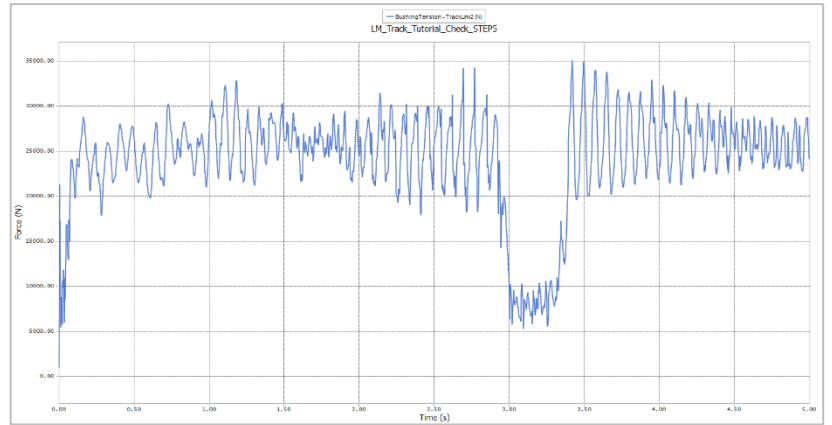
增加张紧弹簧

1. 在履带框架和张紧器之间，增加 **Spring**（在 **Professional** 标签的 **Force** 组）。
 - **Body1:** **Track_Frame**
 - **Body2:** **Tensioner**
 - **Point 1:** -1500, 0, 0 （on the **Track_Frame**）
 - **Point 2:** -1200, 0, 0 （on the **Tensioner**）
2. 通过将光标放置数据库窗口的 **Force** 组的 **Spring1** 上，并点击鼠标右键，选择 **Properties** 选项，引出 **Tensioner Spring** 的属性。
3. 在 **Spring** 标签，设置如下参数。弹簧设置为低刚度，这样，在张紧轮展开履带时，弹簧力仍然接近定值。
 - **Stiffness Coefficient:** 0.1
 - **Damping Coefficient:** 100
 - **PreLoad:** 50000

4. 在 **Graphic** 标签, 设置 **Spring Diameter** 为 50。
5. 点击 **OK**, 关闭 **Properties** 对话框。

验证履带张紧轮

1. 运行 5s 和 250 步, 设置 **Plot Multiplier** 为 8。
2. 回放动画, 看到履带张紧器推动惰轮向前延伸一些。
3. 在绘图窗口, 打开 **Track-Force** 组, 打开 **TrackLink2**, 对 **BushingTension** 绘图。会看到, 平均履带张紧力 (25000N) 是张紧器弹力的 50%。当 **TrackLink2** 与链轮接触时, 会显示较低的张力。
4. 调整弹簧属性, 获得目标履带张紧力。
5. 对 **Left_Track_Assy**, 重复刚刚的步骤 (通过平动副和弹簧, 取代固定副), 以进行下一个可选教程。



增加叶片连接 (可选)

本章增加叶片总成（前期搭建的推土机模型的一个叶片和两侧履带）。增加液压缸和所需的约束，提高或降低叶片。在地面上，运行更新的推土机。

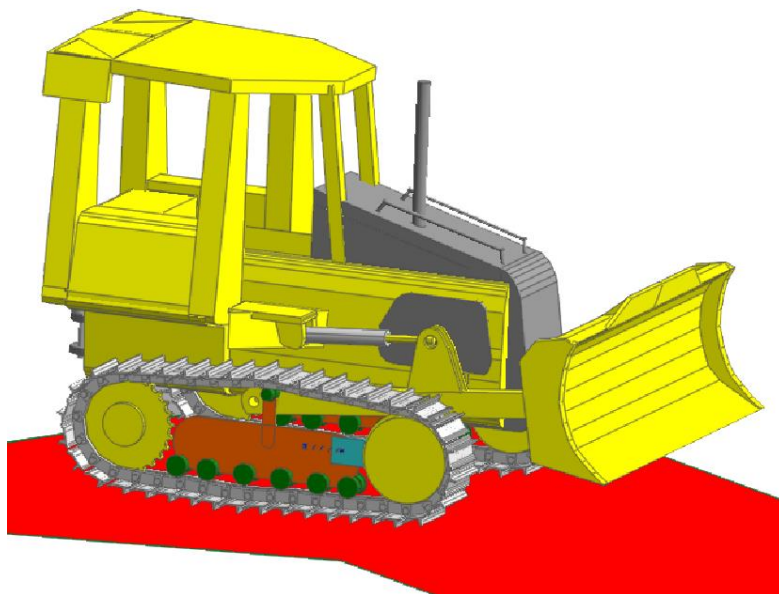
任务目标

学习如何预定义子系统，并如何在模型级别和子系统的体之间，增加约束。



预计完成时间

本章大约需要 30 分钟完成。



保存新的 RecurDyn 模型

此为可选练习案例，因此最好将 RecurDyn 模型保存为一个新文件，从而可单独利用基础推土机模型，或带叶片总成的推土机模型。

保存新的 RecurDyn 模型：

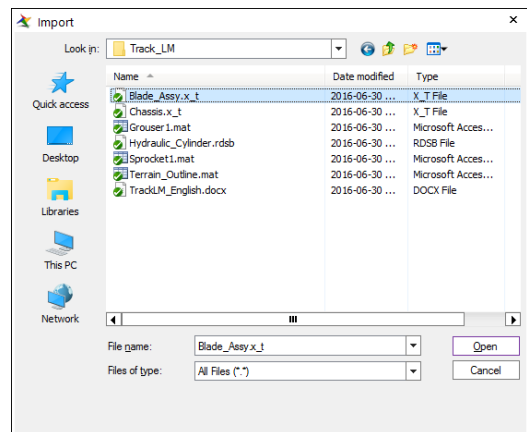
1. 在 **File** 菜单，选择 **Save As**。
2. 输入 **LM_Track_Blade.rdyn** 作为名称。

导入并对齐叶片总成几何体

叶片总成包括叶片和两侧履带。导入之后需将总成移动到相对于底盘合适的位置。

导入叶片总成几何：

1. 在 **File** 菜单，选择 **Import**（在总成模式）。
2. 在 **Open** 对话框，设置文件类型为 **ParaSolid** 文件，在 **Track LM Files** 文件夹，选择如右侧对话框的 **Blade_Assy.x_t**。（文件路径：
`<Install Dir>/Help/Tutorials/Toolkit/Trak_LM/LowMobilityTrackedVehicle`）
3. 点击 **Open**。

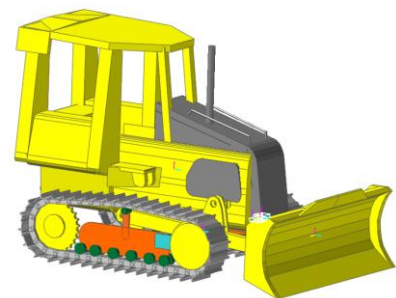


布置叶片总成几何：

显示 **BasicObject Control** 窗口。

- 确保已选择 **ImportedBody1**, **ImportedBody2** 和 **ImportedBody3**。
- 选择 **Rotate** 标签，设置 **Degree** 为 180，并绕全局坐标 **Y** 轴旋转，翻转叶片总成。
- 点击 **Translate** 标签，设置 **Offset Value** 为 3500，沿 **-X** 方向移动叶片总成。
- 设置 **Offset Value** 为 200，并沿 **-Y** 方向移动叶片总成。

模型应该如右图所示。



命名叶片总成部件:

- 显示每个叶片总成的 **Properties** 对话框，并重命名如下。
 - **ImportedBody1** 命名为 **Right_Rail**
 - **ImportedBody2** 命名为 **Left_Rail**
 - **ImportedBody3** 命名为 **Blade**

增加液压缸

液压缸包括上面的缸体和活塞杆。使用两个不同连接点创建和调整缸体是较为繁琐的。因此，可以通过导入液压缸系统，并采用参数点定位。

导入液压缸子系统:

1. 在 **File** 菜单，选择 **Import**。
2. 在 **Open** 对话框，文件类型默认为 **RecurDyn Subsystem** 文件。如果不是，选择文件类型。
3. 在 **Track LM Files** 文件夹，选择对话框中的 **Hydraulic_Cylinder.rdsb**。（文件路径：**<Install Dir>/Help/Tutorials/Toolkit/Track_LM/ LowMobilityTrackedVehicle**）
4. 点击 **Open**。

弹出 **Import SubSystem** 窗口。

5. 点击 **OK**，创建液压缸子系统。

创建第二个液压缸子系统:

1. 在 **Database** 窗口，点击 **SubSystem1**，并使用 **Copy** 和 **Paste** 命令，创建第二个液压缸子系统。
2. 显示每个子系统的属性对话框，并重命名如下。
 - **SubSystem1** 重命名为 **Left_Cyl**
 - **C1_Subsystem1** 重命名为 **Right_Cyl**

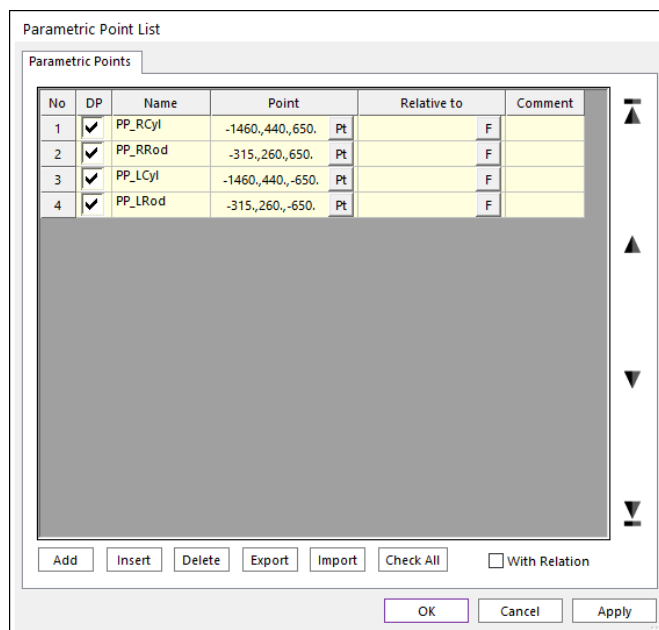
定位液压缸

液压缸子系统包含一些参数点。如果在模型级别定义液压缸的连接参数点，并将这些参数点与子系统内的某些参数点连接，那么液压缸会根据参数点自动定位。

在模型级别，定义参数点：



1. 在 **SubEntity** 标签的 **Parameter** 组，点击 **Parametric Point**。
2. 创建四个参数点，填写文本框，如下图所示。
 - 点击 **Add** 四次。
 - 将第一个点命名为 **PP_RCyl**，第二个点命名为 **PP_RRod**。
 - 设置第一个点的坐标为-1460, 440, 650，第二个点坐标-315, 260, 650。



- 将第一个点的数据复制到第三个点，将第二个点的数据复制到第四个点。将名称中的 **R** 改为 **L**，将底盘另一侧的第三个点和第四个点 **Z** 轴的坐标值改为负值。

3. 点击 **OK**，创建点，并关闭 **Parametric Points** 窗口。

将参数点和液压缸的位置连接：



1. 在 **SubEntity** 标签的 **Parameter** 组，点击 **Parametric Point Connector**。
2. 在 **Parametric Point Connector List** 窗口，点击 **Add** 四次。
3. 命名第一个连接为 **PPC_RCyl**，第二个点为 **PPC_RRod**。
4. 点击第一个连接的 **Pt** 按钮，并使用鼠标拖动名称为 **PP_RCyl** 的参数点，或者在 **Input window** 工具栏，直接输入位置信息。

No	Name	Point	Refs
1	PPC_RCyl	PP_RCyl Pt	0 ...
2	PPC_RRod	PP_RRod Pt	0 ...
3	PPC_LCyl	PP_LCyl Pt	0 ...
4	PPC_LRod	PP_LRod Pt	0 ...

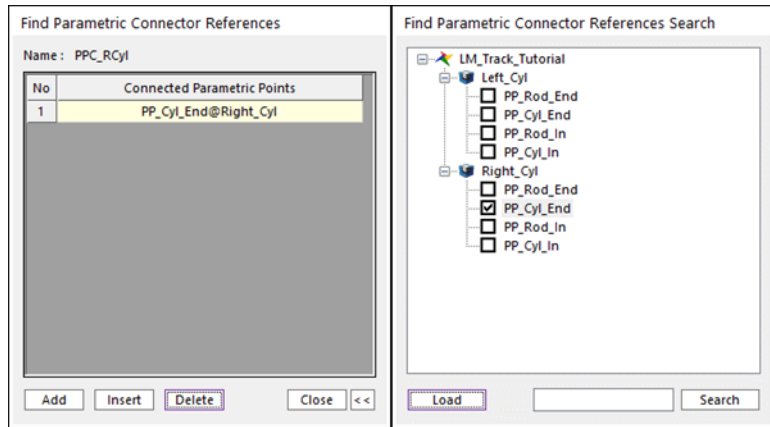
5. 点击…按钮。

弹出 **Find Parametric Connector References** 对话框。

6. 点击右下角的>>。

弹出 **Search** 对话框。

7. 勾选 **Right_Cyl** 子系统的 **PP_Cyl_End** 复选框。然后，点击 **Load** 按钮。



8. 在 **Find Parametric Connector References** 对话框，点击 **Close**。

9. 创建四个参数点，并按下图所示填写文本框。

Parametric Point Connector Name	Parametric Point Name (model level)	Parametric Point Name (subsystem level)
PPC_RCyl	PP_RCyl	PP_Cyl_End@Right_Cyl
PPC_RRod	PP_RRod	PP_Rod_End@Right_Cyl
PPC_LCyl	PP_LCyl	PP_Cyl_End@Left_Cyl
PPC_LRod	PP_LRod	PP_Rod_End@Left_Cyl

10. 点击 **OK**，关闭 **Parametric Point Connector List** 窗口，并创建连接。两个液压缸现在处于合适的位置。

调整液压缸的大小、颜色和运动

现在，液压缸处在合适的位置。由于液压缸组件太小，因此，应该调整组件的颜色使之与推土机匹配。最后，添加平动副运动，用来约束液压缸在 100mm，使得叶片在传输位置。

调整每个液压缸的组件尺寸：

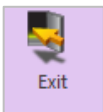
1. 对一个液压缸，进入编辑模式。
2. 对液压缸子系统，编辑参数值：
 - 设置 **PV_Cyl_Radius** 为 60。
 - 设置 **PV_Rod_Radius** 为 30。

调整每个液压缸的组件颜色：

1. 显示 **Body1**（活塞杆）的属性窗口，并改变颜色为 **Gray** 的 25%。
2. 显示 **Body2**（上边的缸体）的属性窗口，并改变颜色为 **yellow**。

调整每个液压缸的运动：

1. 显示运动副 **TraJoint1** 的属性窗口。
2. 在 **Joint** 标签，点击 **Include Motion**，并点击 **Motion**。
3. 点击 **EL**，显示 **Expression List** 窗口。
4. 点击 **Create**，显示 **Expression** 窗口。
 - 将 **Name** 设置为 **Exp_Cyl_Length**。
 - 在文本框，输入 **STEP(TIME, 0.1, 0.0, 0.5, -100)**。
 - 点击 **OK**，关闭 **Expression** 窗口。
5. 选择 **Expression 7**，并点击 **OK**，关闭 **Expression List** 窗口。
6. 点击 **OK**，关闭 **Motion** 窗口。
7. 点击 **OK**，关闭 **TraJoint1** 窗口。
8. 点击 **Exit**，返回到总成模式。
9. 对另一个液压缸，重复上述步骤。



定义叶片总成的约束

本节创建两个旋转副、四个球角，一个运动约束和一对衬套，并连接到叶片总成组件和底盘合适的位置。

定义约束

- 使用 **Professional** 标签的 **Joint** 组的工具，创建如下表所述的运动副。使用 **Body, Body, Point** 选项，确保引用的是正确的部件组，特别是，当其中一个在两个液压缸子系统内。

*小贴士：可以注意到，当创建运动副、力或接触时，不能以正常的方式选择子系统内的部件。然而，如果按住 **Shift** 键，会发现可以选择子系统的部件。*

Create the connection of type	First Body	Second Body	At the location
Joints:			
Revolute	Chassis	Body2@Right_Cyl	-1460, 440, 650
Revolute	Chassis	Body2@Left_Cyl	-1460, 440, -650
Spherical	Chassis	Right Rail	-1775., -90., 650
Spherical	Chassis	Left Rail	-1775., -90., -650
Spherical	Body1@Right_Cyl	Right Rail	-315, 260, 650
Spherical	Body1@Left_Cyl	Left Rail	-315, 260, -650
CMotion	Right Rail	Blade	885,-130,0 (for both points)
Forces:			
Bushing	Right Rail	Blade	659, -280, 650.
Bushing	Left Rail	Blade	659, -280, -650.

调整固定叶片角度的 CMotion:

1. 显示 CMotion1 的属性对话框。
2. 设置 Cartesian Motion Type 为 Displacement (time) 和 RZ。
3. 创建 constant_angle_of_zero(0, 0) 的表达式。

测试带有叶片总成的整车模型:

- 运行仿真 5s 和 250 步，将动画和结果与之前的结果和动画比较。

应该可以观察到，当推土机在地面运动时，叶片上升到传输位置，并保持固定。相对于 linkage，当推土机触碰到仿真开始阶段的地形时，可能注意到叶片有小的垂直运动，这是由于衬套具有一定的柔性。

发现了推土机整体行为有所不同吗？应该没有看到任何大的行为变化，但是由于推土机重心的前移和叶片总成的重量，还是有一些很小的变化。可以绘制链轮和惰轮在这两个案例中的垂直负载，看出重心前移的影响。

感谢参与可选教程学习!