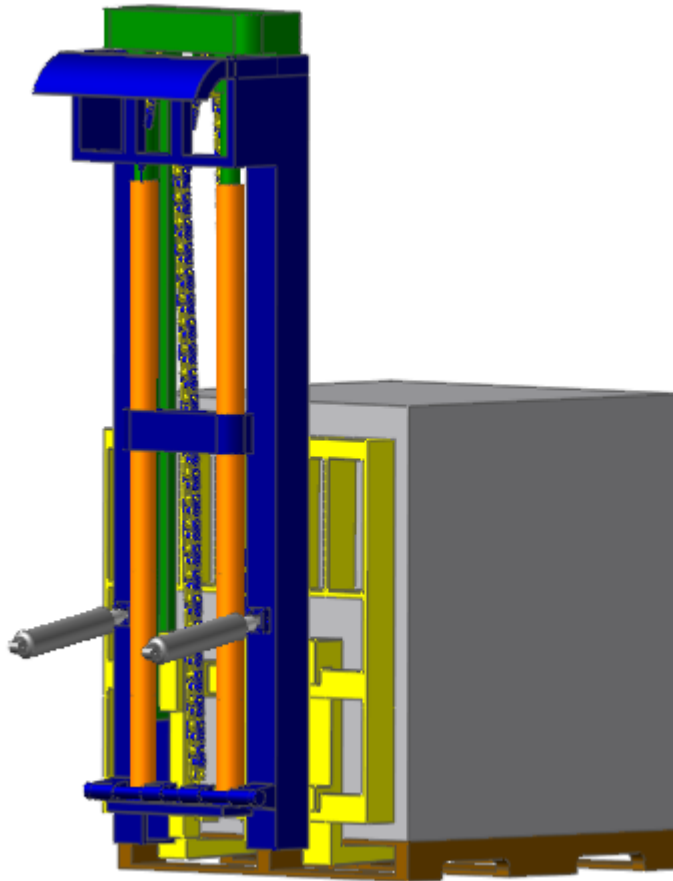




滚子链叉车教程(链)



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*TM is a registered trademark of FunctionBay, Inc.

*RecurDyn*TM/SOLVER, *RecurDyn*TM/MODELER, *RecurDyn*TM/PROCESSNET, *RecurDyn*TM/AUTODESIGN, *RecurDyn*TM/COLINK, *RecurDyn*TM/DURABILITY, *RecurDyn*TM/FFLEX, *RecurDyn*TM/RFLEX, *RecurDyn*TM/RFLEXGEN, *RecurDyn*TM/LINEAR, *RecurDyn*TM/EHD(Styer), *RecurDyn*TM/ECFD_EHD, *RecurDyn*TM/CONTROL, *RecurDyn*TM/MESHINTERFACE, *RecurDyn*TM/PARTICLES, *RecurDyn*TM/PARTICLEWORKS, *RecurDyn*TM/ETEMPLATE, *RecurDyn*TM/BEARING, *RecurDyn*TM/SPRING, *RecurDyn*TM/TIRE, *RecurDyn*TM/TRACK_HM, *RecurDyn*TM/TRACK_LM, *RecurDyn*TM/CHAIN, *RecurDyn*TM/MIT2D, *RecurDyn*TM/MIT3D, *RecurDyn*TM/BELT, *RecurDyn*TM/R2R2D, *RecurDyn*TM/HAT, *RecurDyn*TM/曲柄, *RecurDyn*TM/PISTON, *RecurDyn*TM/VALVE, *RecurDyn*TM/TIMINGCHAIN, *RecurDyn*TM/ENGINE, *RecurDyn*TM/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 GLOBEtrotter 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*TM V9R1.

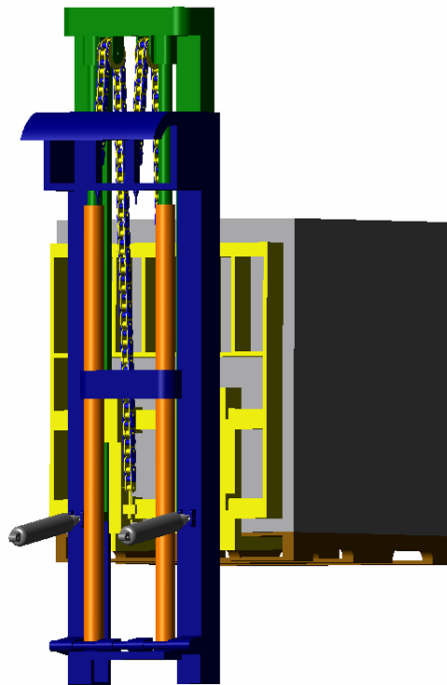
目录

预备工作	4
目的	4
读者	5
预备知识	5
创建子系统	6
任务目标	6
预计完成时间	6
启动 RecurDyn	7
创建链子系统	8
仿真模型与萃取模型	18
装配叉车	20
任务目标	20
预计完成时间	20
完成链的子系统	21
复制链系统并将其与叉车连接	22
仿真叉车模型	27
绘制结果图形	30

预备工作

目的

本教程帮助学习如何使用 **RecurDyn/Chain** 工具包仿真叉车的链传动。通过生成动画和曲线图，帮助理解模型的功能，并加强对链系统的直观理解。下图是一个完整的链叉车系统



RecurDyn/Chain 工具包可用于仿真各种类型和配置的链和链轮系统。本教程使用滚子和链节。当装配链系统时，**RecurDyn** 自动创建这些实体之间的接触。也可以使用其它 **RecurDyn** 构件、约束和驱动去仿真链系统。在建立链子系统之后，将它与现有的叉车模型装配，并进行仿真分析。

读者

本教程读者应为已经学习了如何用 **RecurDyn** 创建几何体、运动副、和力元素的有经验的用户。所有新的任务都将做详细说明。

预备知识

首先应该学习 **3D** 曲柄滑块机构和发动机螺旋桨，或其它类似教程。读者必须具备一些基本的物理知识。

Chapter

2

创建子系统

任务目标

利用现有的基础模型，学习如何建立一个链的子系统并使其处于稳定状态。下一章将链系统装配到叉车中，并运行仿真。



预计完成时间

20 分钟

启动 RecurDyn

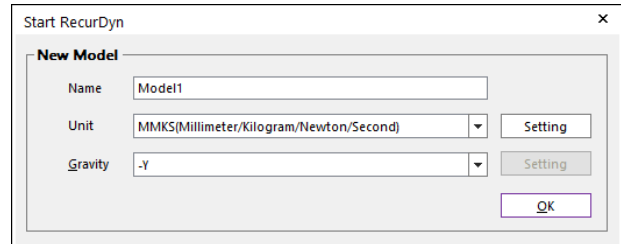
启动 RecurDyn，并打开基础模型。



1. 双击桌面上的 RecurDyn 图标。

启动 RecurDyn，并弹出 Start RecurDyn 对话框。

2. 由于使用现有模型，因而关闭 Start RecurDyn 对话框。



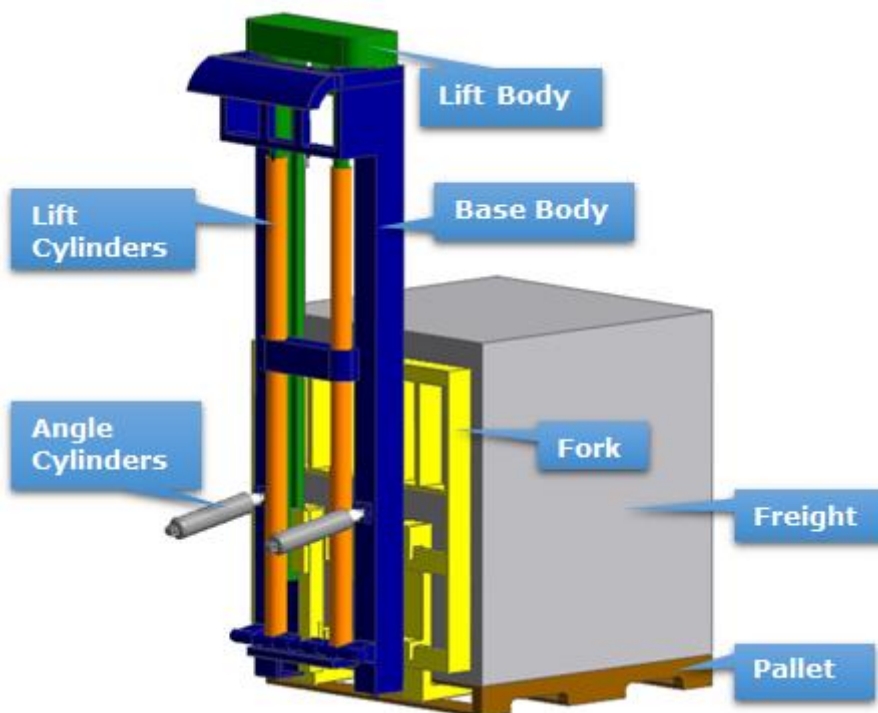
3. 在 File 菜单下，选择 Open。

4. 选择文件 ForkLift_Initial.rdyn. (文件目录<Install Dir>\Help\Tutorial\Toolkit\Chain, 若找不到，询问指导员文件的位置)。



5. 将渲染模式改为 Shade。

模型应如下所示：请注意，为了简单起见，举升油缸和基体被组合为一个刚体。同样，叉、货物和托盘是采用固定副刚性连接。感兴趣的用户可以删除这些固定副，代之以一个更现实的接触模型（如果需要的话）。接下来创建该模型的链系统。



保存原有模型：

1. 在 **File** 菜单下，点击 **Save As**。
2. 将模型保存到不同的目录，因为不能在教程目录里仿真。

创建链子系统

此节创建的链子系统包括链轮和链节。链末端暂时与地面使用弹性连接（衬套力）。当把链导入到叉车模型时，再将链末端连接到适当的叉车部件上。

右图即为要创建的链系统

创建子系统：



1. 在 **Toolkit** 标签下的 **Subsystem Toolkit** 中，点击 **Chain**。

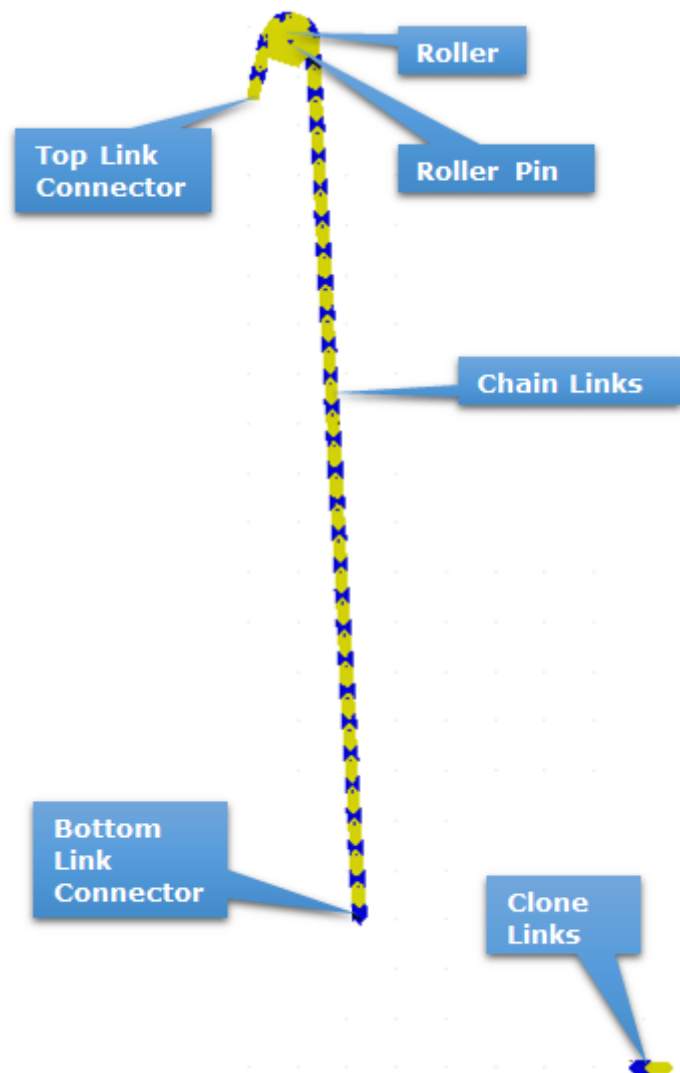
位于模型层的几何体将会消失，取而代之的是模型层里的空白界面。

接下来，创建链末端的连接体。

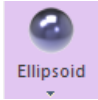
创建链顶端的连接件：



1. 在 **Professional** 标签下的 **Body** 中，点击 **Cylinder**。
2. 选择 **Point, Point, Radius** 方式。
3. 在命令栏中输入以下数值：
 - **Point:** 8, 1850, -13.75
 - **Point:** 8, 1850, 13.75
 - **Radius:** 9.54
4. 右键点击新建立的模型，选择 **Properties**。
5. 在 **Graphic Property** 标签下，将颜色改为蓝色。(Hex={00, 00, FF})。
6. 在属性对话框中，选择 **General** 项，重命名为 **Link_Connector_T**。
7. 点击 **OK**，保存更改并退出属性对话框。

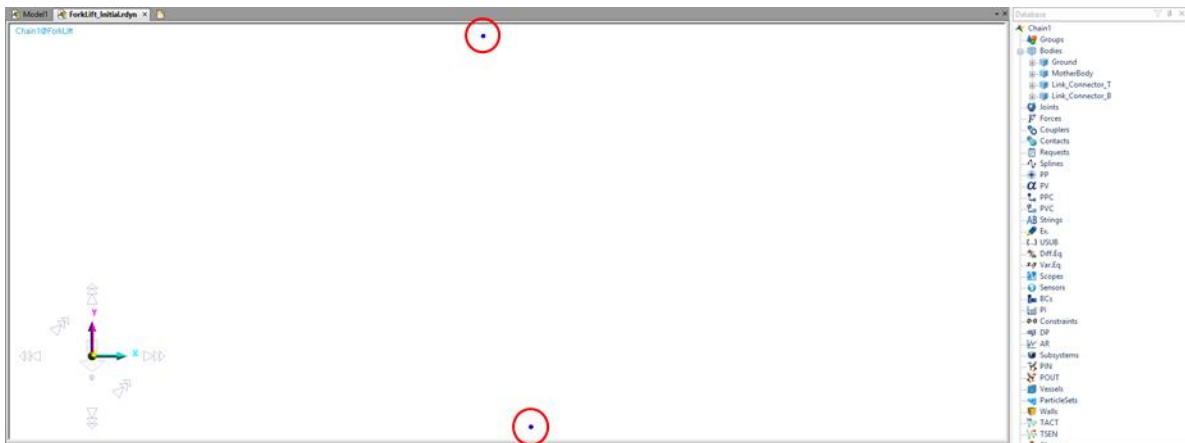


创建链底端的连接体：



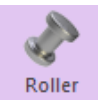
1. 在 **Professional** 标签下的 **Body** 选项中，点击 **Ellipsoid**。
2. 选择 **Point, Distance** 方式。在输入栏中输入点坐标 (210, 200, 0) 和距离 10。
3. 将颜色改为蓝色，并重命名为 **Link_Connector_B**。

模型如下图所示。



接下来创建滚轮和滚销，并将其固定在地面。此外，定义滚轮与链条之间的接触参数。

创建滚轮

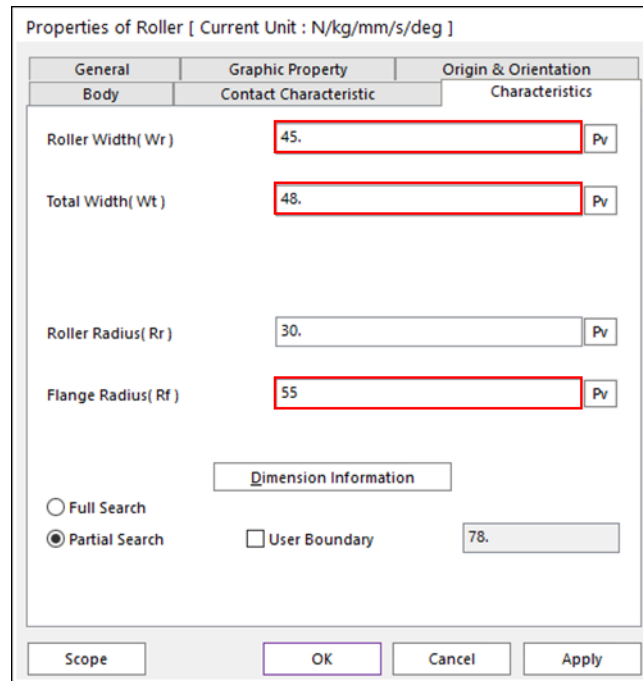


1. 在 **Chain** 标签下的 **Roller** 选项中，点击 **Roller**。
2. 使用默认的 **Point, Distance** 创建方式，输入 (85, 1970, 0) 作为滚轮的中心位置和 30 作为滚轮的半径。
3. 左键选中滚轮点击右键，选择 **Properties**。
4. 在 **General** 菜单中，可以重命名 **Roller**，在 **Graphic Properties** 菜单中将颜色改为黄色。在 **Contact Characteristic** 菜单中，定义弹簧刚度系数 3160，阻尼系数 0.75，摩擦系数为 0.075。

5. 最后，在 **Characteristics** 菜单中，设置以下数值：

- **Roller Width:** 45
- **Total Width:** 48
- **Flange Radius:** 55

属性对话框应该如下图所示：



6. 点击 **OK** 键，确定更改并退出。

创建滚轴销



1. 在 **Professional** 标签下的 **Body** 选项中，点击 **Cylinder**。
2. 选择 **Point, Point, Radius** 的创建方式，输入以下数值。
 - **Point:** 85,1970,-25
 - **Point:** 85, 1970, 25
 - **Radius:** 7
3. 重命名为 **Roller_Pin**，并将颜色改为绿色。

接下来，暂时将连接体和 **Roller_Pin** 固结到地面。同时，将滚轮连接到 **Roller_Pin** 的衬套力上。

建立固定副



1. 按字母 **a** 键或者点击 **Toolbar** 中 **Auto Operation** 图标，打开 **Auto Operation** 模式



Fixed

2. 在 **Joint** 标签下，从 **ToolkitBar** 中，选择 **Fixed** 工具。

3. 使用 **Body, Body, Point** 方法在下面的位置在以下部件之间建立固定副：

First (Base) Body	Second (Action) Body	Location
MotherBody*	Link_Connector_T	5, 1850, 0
MotherBody*	Link_Connector_B	210, 200, 0
MotherBody*	Roller_Pin	85, 1970, 0

*点击 **Working model window** 的任何地方（除部件外）来选择 **MotherBody**。此操作在装配模式下会选择地面，但在子系统中则选择 **MotherBody**（在子系统的编辑模式下 **MotherBody** 与地面类似）。

创建三个运动副之后，一定要按字母 **a** 键关闭自动操作模式，防止创建多余的固定副。

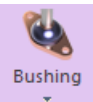
创建衬套力



1. 在 **Toolbar** 中点击 **Icon On/Off**。

2. 选择所有的勾选框。

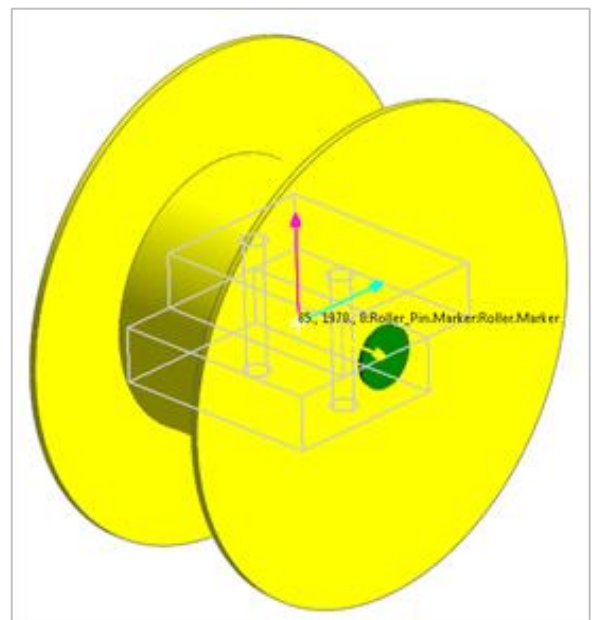
3. 关闭对话框。



Bushing

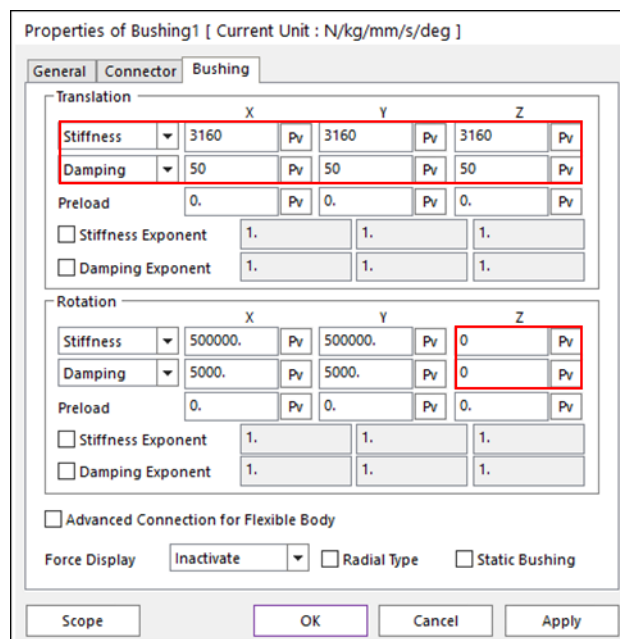
4. 在 **Professional** 的 **Force** 栏中，点击 **Bushing**。

如右图所示，放大黄色滚轮，并选择滚轮中心的 **Marker**。将鼠标悬停在该点上以确认 **Bushings** 是否将被创建在点 85, 1970, 0 上，并且 **bushing** 的两个 **Body** 分别为滚轮和 **Roller_Pin**。



5. 在此 **Bushing** 的 **Properties** 对话框中，将其重命名为 **B_Roller_Pin**，并改变刚度参数（如下图所示）：

- **Translational Stiffness (X, Y, and Z)** : 3160
- **Translational Damping (X, Y, and Z)** : 50
- **Rotational Stiffness (X and Y)** : 默认值
- **Rotational Stiffness (Z)** : 0
- **Rotational Damping (X and Y)** : 默认值
- **Rotational Damping (Z)** : 0



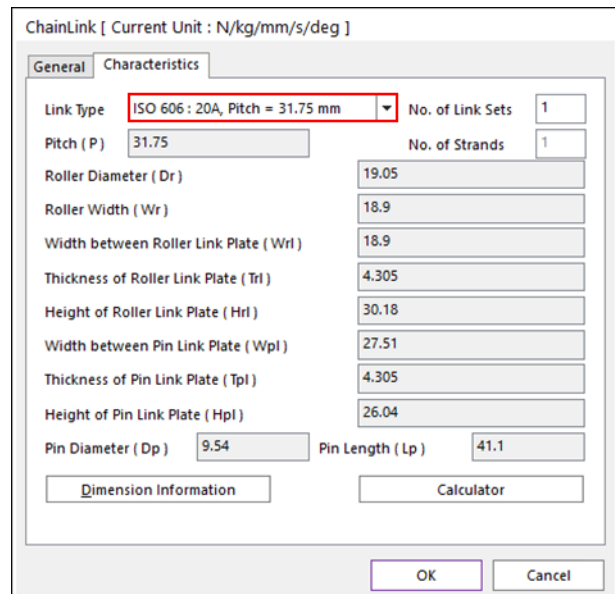
下面，创建链本身，首先定义链节，最后装配链系统。

定义滚子链节：

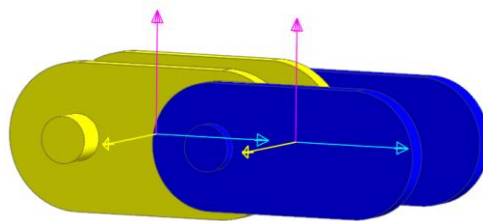


1. 在 **Chain** 标签下的 **Link** 组中，点击 **Roller**。
2. 选择 **Working model windows** 中的任意一点，在该位置创建链节。比如 800,-100,0 点。该点的选择只要不在链路上，或使用 **F** 键全屏显示时，不至于使视图变形即可。这一步创建的链节将用于构建整个链条。

3. 在弹出的对话框中，在 **Link Type** 中选择 **ISO 606: 20A**, **Pitch=31.75**, 从而自动定义链节尺寸。
4. 点击 **OK**, 保存并退出。

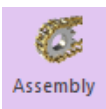


5. 左键选中链节点击右键，在 **Properties** 选项中，依次将颜色改为蓝色和黄色。
当完成后，所创建的链节如下所示。



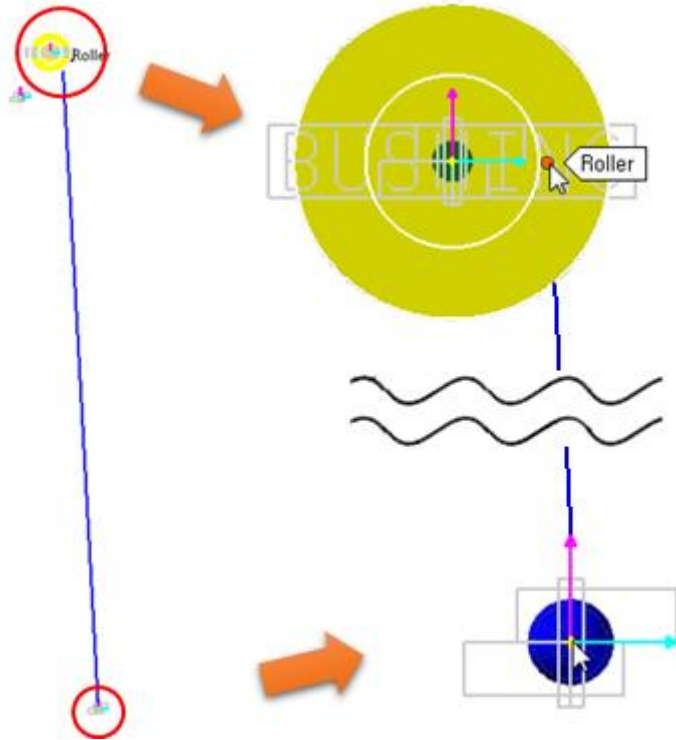
装配链条:

1. 按 **S** 键，并在 **Link_Connector_B** 周围画一个框，对其进行放大。
2. 点击下图所示的图标，检查它是否高亮，以确保对齐网格选项关闭。

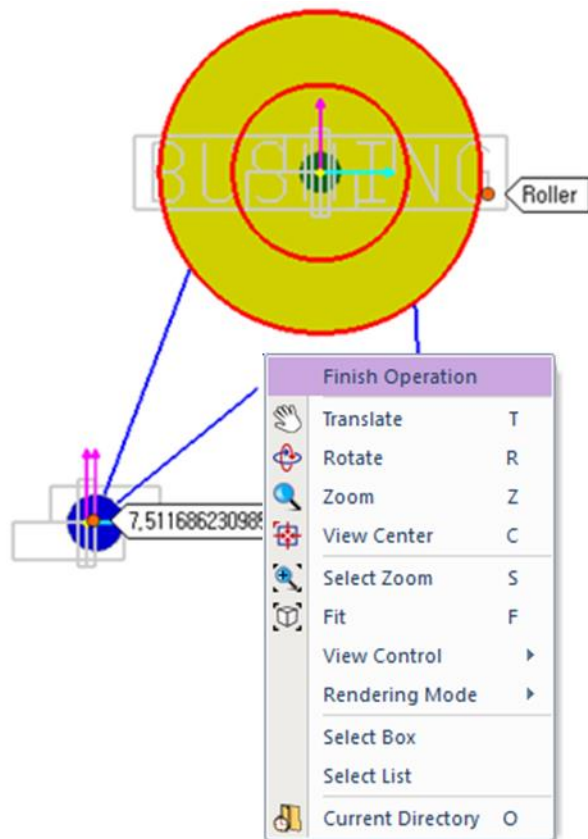


3. 在 **Chain** 标签下的 **Assembly** 组中，选择 **Assembly**。

4. 点击 **Link_Connector_B** 部件的中心区域。
5. 按 **F** 键，显示整个子系统。
6. 点击如右图所示的滚轮右上角，确认直线从 **Link_Connector_B** 的中心出发，延伸到滚轮右侧。
7. 不要在任何物体上点击左键，按 **S** 键并在 **Link_Connector_T** 周围画个框，从而放大该部件。



8. 点击 **Link_Connector_T** 圆柱体的中心区域。
9. 移动光标到 **Working model Windows** 工作模型窗口中其它位置，右键点击，然后选择 **Finish Operation** 来完成操作。

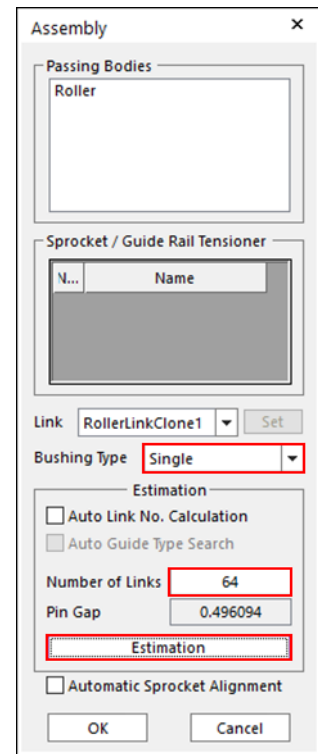


点击 **Finish Operation** 弹出一个对话框。在这个对话框中，定义链节的数量和衬套力的类型。**Working model Windows** 显示链条末端不直接与所创建的圆柱体成一条直线。此问题在下一节中解决。这种情况发生的唯一原因是我们创建了一个开环链。对于闭环链，第一个和最后一个链节将自动正确地连接。

10. 将 **Bushing Type** 改为 **Single**，同时将 **Number of Links** 改成 64。

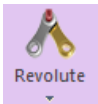
如果点击了 **Estimation** 键，**Pin Gap** 将会自动更新。这可用于计算链节数，从而获得预期的链条的预张力。**Pin Gap** 乘以链刚度即可得链的预张力。

11. 点击 **OK** 键，完成链系统的装配。

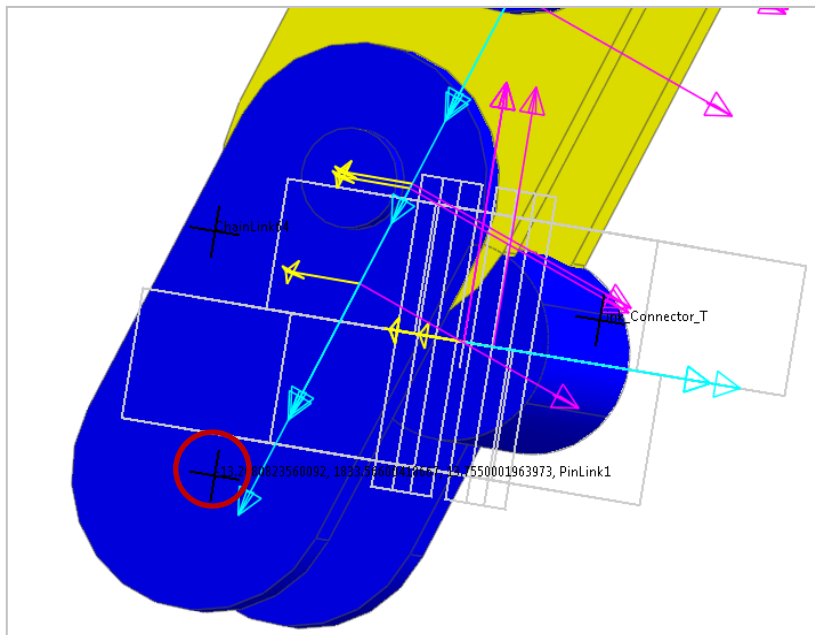


下面，将创建链末端和连接体之间的 **Revolute Connector**。还将定义连接体和链的刚度和阻尼。

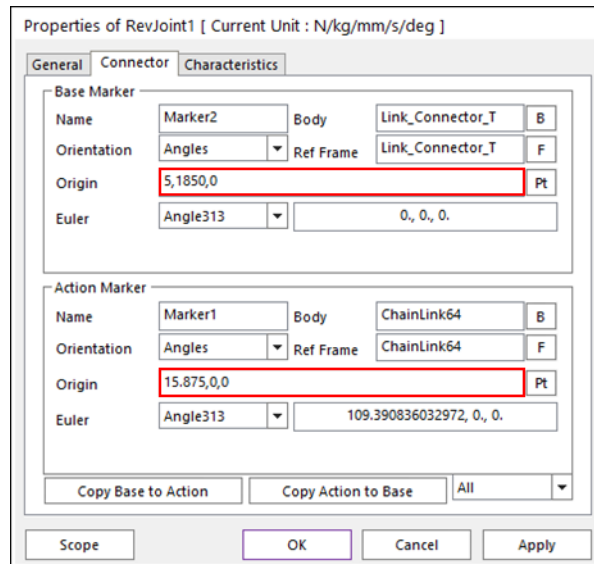
创建顶部 **Revolute Connector**



1. 在 **Chain** 栏的 **Connector** 组中，点击 **Revolute Connector**。
2. 使用 **Body, Body, Point** 创建方法，先点击 **Link_Connector_T**，然后点击末端链节。对于点，点击链节的圆形中心，如下所示。这将使得弹簧衬套创建点与链节底部边缘的圆弧中心对齐。

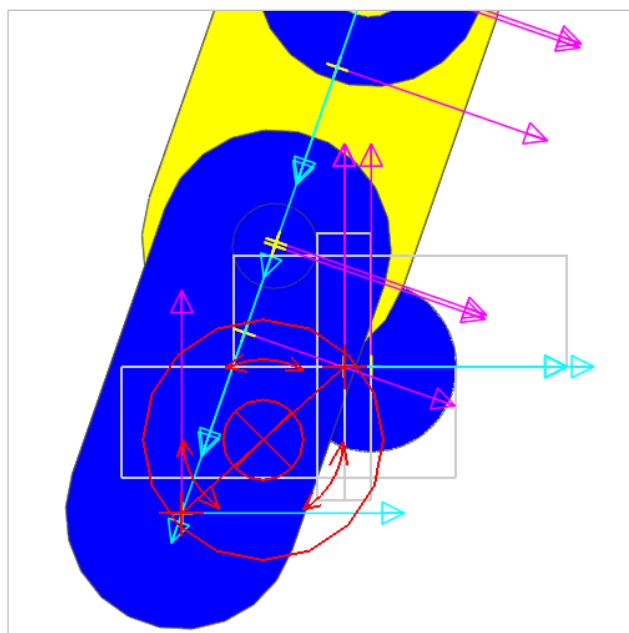


- 左键点击最新创建的运动副点击右键，选择 **Properties**。
- 分别将 **Translational Stiffness** 和 **Damping** 改为 10000 和 10。分别将 **Rotational Stiffness** 和 **Damping** 改为 10000 和 500。
- 在 **General** 标签中，重命名运动副为 **Rev_Link_Connector_T**。
- 在 **Connector** 标签中，将 **Base Marker Origin** 改为 (5, 1850, 0)（**Link_Connector_T** 的中心），将 **Action Marker Origin** 改为 (15.875, 0, 0)。对话框如下图所示。



- 点击 **OK**，保存并退出。

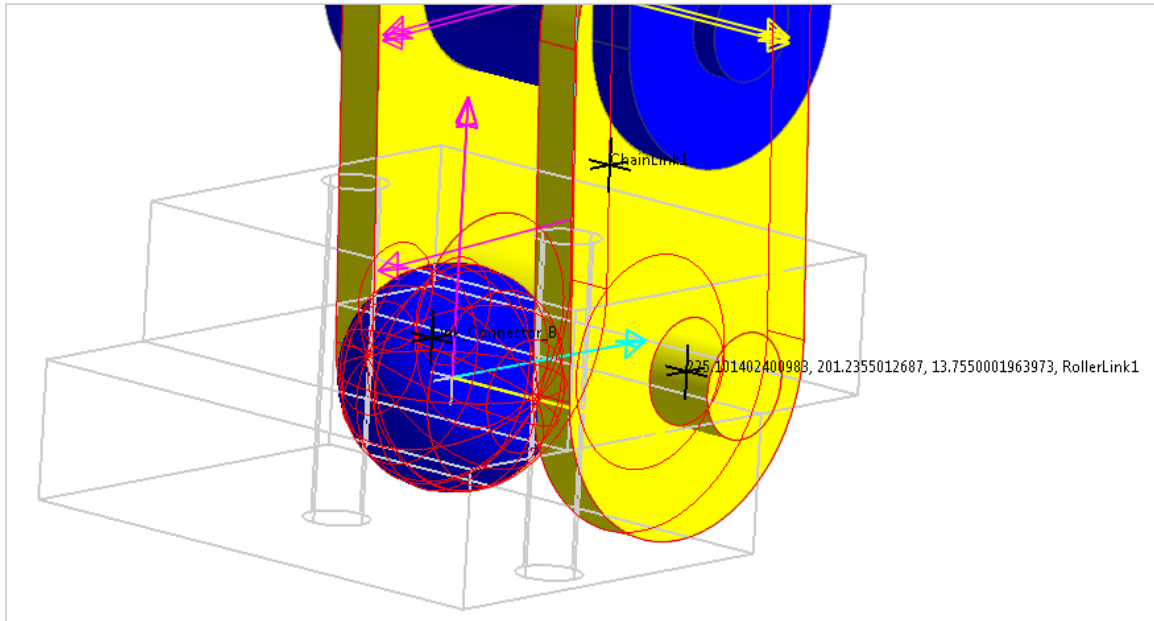
链条末端应如下图所示。



创建底部 Revolute Connector



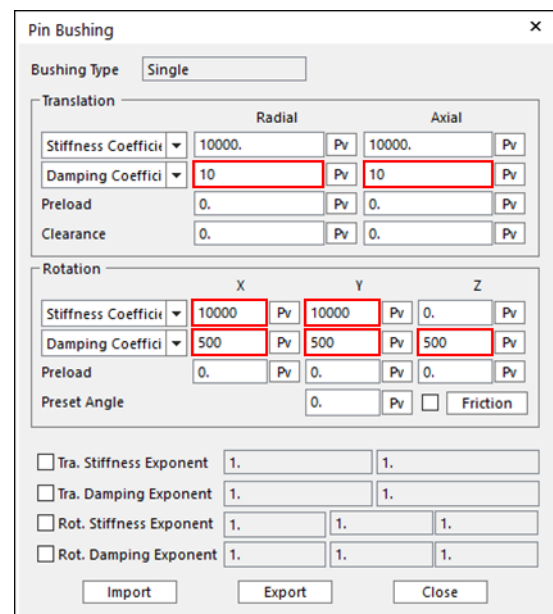
1. 类似于顶部连接器，在 **Chain** 标签下的 **Connector** 组中，选择 **Revolute Connector**。
2. 先点击 **Link_Connector_B**，然后选择底部链节，点击链节最底部圆的中心。这将使得运动副位置与圆弧中心对齐。



3. 打开旋转副的 **Properties**，改变其刚度值与之前的匹配，重命名为 **Rev_Link_Connector_B**。
4. 最后，将 **Base Marker Origin** 改为 (210, 200, 0)，将 **Action Marker Origin** 改为 -15.875, 0, 0，点击 **OK** 完成。

调整链条的阻尼与刚度

1. 右键屏幕右边的 **Database window** 中的 **ChainAssembly1**，选择 **Properties**，并点击 **Bushing Force** 按钮，进入链条 **Pin Bushing** 对话框。
2. 将 **Translational Damping Coefficient**（包括 **Radial** 和 **Axial**）改为 10，**Stiffness Coefficient** 为默认值 10000，右图所示。
3. 分别将 **Rotational Stiffness** 和 **Damping Coefficients** 改为 X 轴 10000 和 Y 轴 500，在 Z 轴 **Rotational Stiffness** 和 **Damping Coefficients** 分别为 0 和 500。



4. 点击 **Close**，并保存对链条的设置。

仿真模型与萃取模型

下面，仿真模型，将链末端与其连接体对齐。萃取模型之后，本章学习结束。在下一章中将连接链子系统与叉车并仿真整个系统。

仿真模型



1. 在子系统编辑模式中，在 **Analysis** 标签下的 **Simulation Type** 组中，选择 **Dyn/Kin**。
2. 用以下参数运行仿真：
 - **End Time:** 3
 - **Step:** 300
 - **Plot Multiplier Step Factor:** 10

仿真在子系统模式下完成的，因此只有子系统可以改变。目的在于调整链末端，因此不希望仿真时主系统层中的构件运动，否则在主系统层，连接体不能正确对齐。

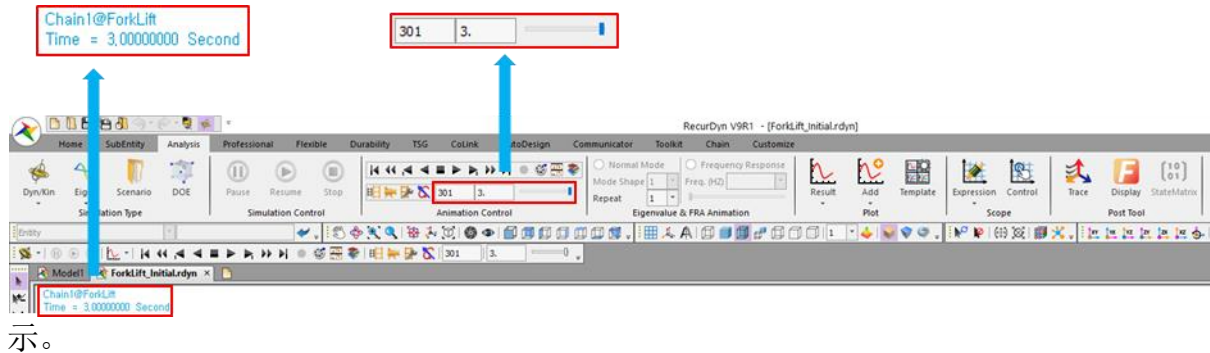
电脑为 3.4 **GHz** 的英特尔奔腾 4 处理器和 2.5 **gb** 的内存配置下，仿真时间不到 3 分钟。

3. 通过点击播放/暂停按钮来查看仿真结果。可以放大链末端确认链节末端对齐到正确的位置。

最后仿真有微小的链振荡。这个问题不大，下面萃取模型。

萃取模型：

确保正在查看最后一帧的动画。这一点可以在右上角 **RecurDyn** 窗口通过调整到 301(帧数)和 3(动画时间)的状态，如下所示，或 $t=3$ ，第二个工作模型窗口的左上角所示。



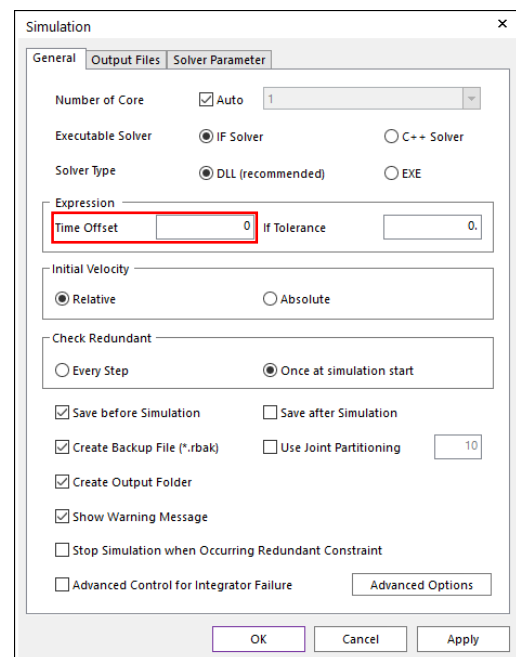
1. 在 **File** 菜单下，选择 **Extract**。
2. 保存萃取模型，并命名为 ForkLift_Step1_Extracted. **rdyn**。

在萃取模型中，**RecurDyn** 将时间设置为萃取时间(3秒)。对于某些模型和基于时间的表达式，这使得萃取后更容易继续建模过程。然而，对于这个模型，时间需要重置为零，因为基于时间的表达式都假设起始时间为零。

重置模型的时间偏移量：



1. 在 **Home** 标签下的 **Model Setting** 选项中，选择 **Simulation**。
2. **Time Offset** 重置为 0 值, 如右图所示。
3. 点击 **OK**，并保存更改。



Chapter

3

装配叉车

任务目标

复制前面章节中创建的链子系统并与叉车模型装配起来。运行仿真并得出结果。



预计完成时间

25 分钟

完成链的子系统

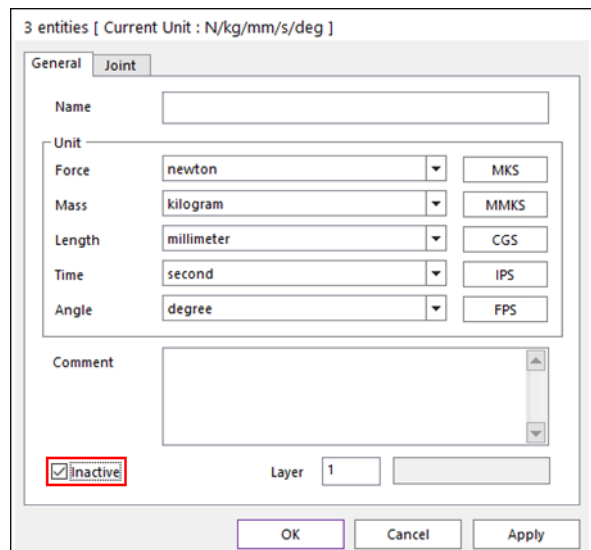
本节完成链子系统与叉车模型的装配。这包括复制链节，删除固定副，并定义输出仿真结果数据的链节。

复制链条

在前面章节中，创建的用于限制 **Link Connector** 的固定副现在不再需要，需要关闭它们。本章后面将在这些连接体和叉车上建立适当的运动副。

关闭固定副：

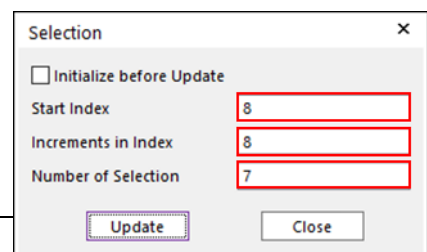
1. 选择所有的三个方向的固定副，右键选中的三个中的其中一个并选择 **Properties**，这允许同时修改所有三个运动副。
2. 在 **General** 选项上，选中 **Inactive** 项。
3. 点击 **OK** 键，保存并退出。



下面，设置链系统的输出链节，这样可以查看选中的链节的受力和运动情况，从而在仿真之后，可以绘制结果的曲线图。输出链节的数量可多可少。为简单起见，只选择其中 6 个沿着链的方向均匀分布的链节。

指定输出链节：

1. 在 **Database** 窗口中，右键点击 **ChainAssembly1** 后，选择 **Property**。
2. 在 **Output** 选项中，点击 **Selection by Simple Rule** 键。
3. **StartIndex**、**Increment**、**Number of Selections** 分别设置为 8、8、7。

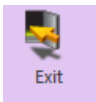


4. 点击 **Update** 后，点击 **OK** 键，保存并退出。

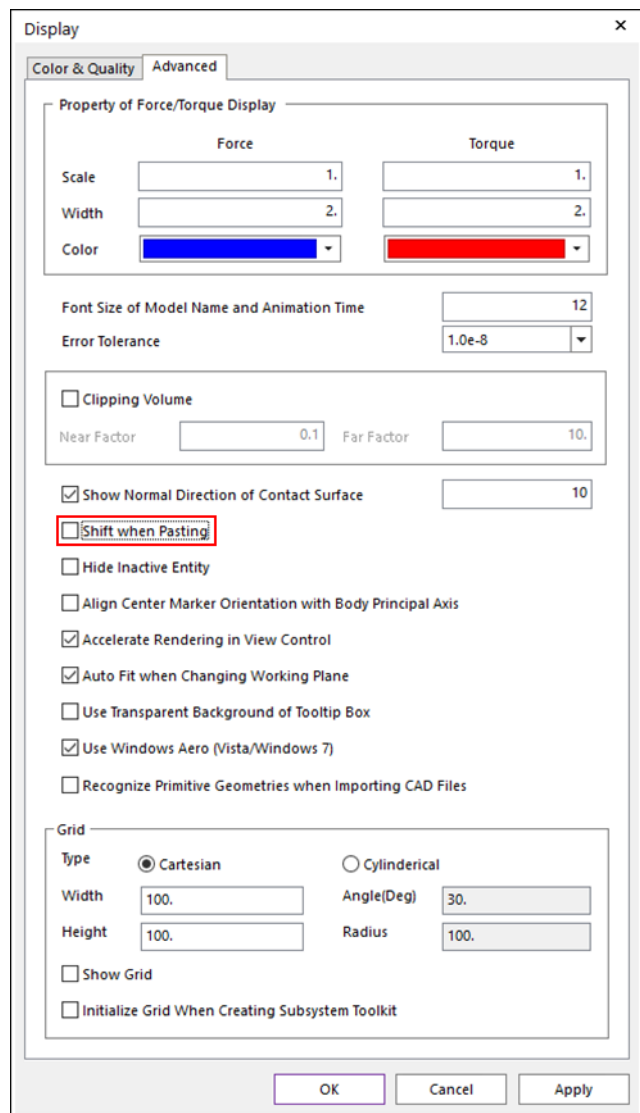
复制链系统并将其与叉车连接

下面，进入装配模式，将链系统和叉车模型装配。首先，需要创建一个链子系统的副本，然后创建必要的运动副并仿真模型。

复制链系统



1. 右键点击工作窗口，选择退出到装配模式。
2. 在 **Home** 菜单下，在 **ModelSetting** 选项中选择 **Display**。
3. 在高级选项中，取消 **Shift When Pasting** 的勾选。



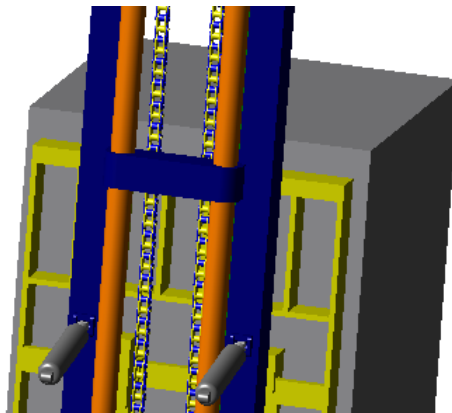
4. 在 **Database window** 中，选中 **Chain1** 按 **Ctrl-c** 复制，按 **Ctrl-v** 粘贴该模型。现在有两个相同且重合的链子系统。

接下来，将这些子系统移到正确的位置，重命名，并创建必要的运动副。

移动并重命名链子系统

1. 在 **Database 窗口** 中，选择 **Chain1**。打开 **Basic Object Control** 对话框在 **-Z** 方向移动 80。
2. 对另一个子系统 **C1_Chain1** 重复上述步骤，不同的是在 **+Z** 方向移动 80。

两个子系统应该平行，如下图所示。



3. 在 **Database** 窗口中，右键点击链系统，选择 **Property**，在 **General** 选项中重命名 **Chain1** 为 **Chain_L** 及 **C1_Chain1** 为 **Chain_R**。

下面，创建链条底部，链条顶部及滚轮的运动副。所创建的固定副将链子系统层的连接体固定到叉车适当的位置。

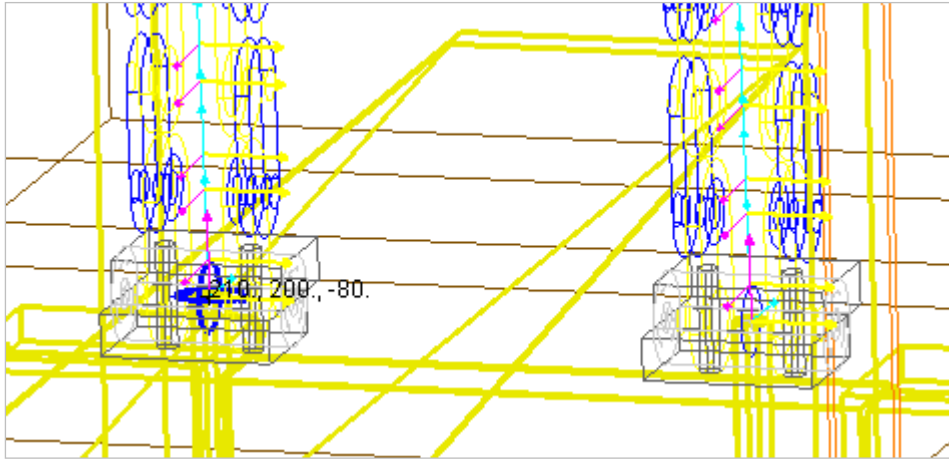
创建底部固定副：



1. 放大链条的底部，改变观察模式为 **Wireframe with Silhouettes**。
2. 选择 **Professional** 菜单项。
3. 在 **Professional** 标签下的 **Joint** 组中，点击 **Fixed**。



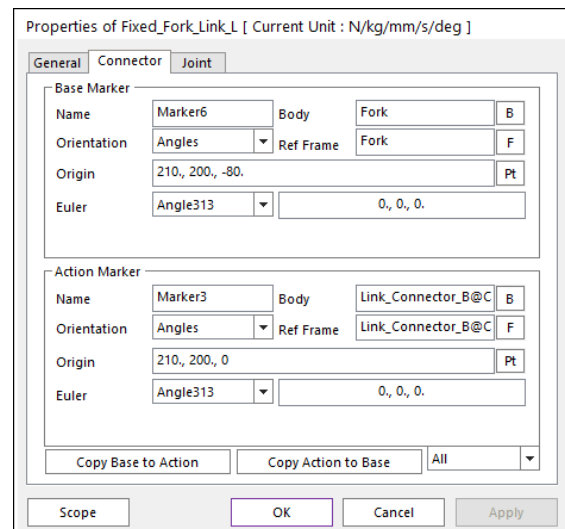
4. 使用先前的 **Body, Body, Point** 创建方式。先选择黄色的 **Fork**，按住 **Shift** 键，选择左边链条名为 **Link_Connector_B** 的球体。最后，点击球体的中心，在此位置创建固定副，如下所示。



小贴士: 如何在主装配模型中选择子系统中的一个零件？

按住 **shift** 键，就能够查看整个子系统的零部件，并通过单击选择它们。

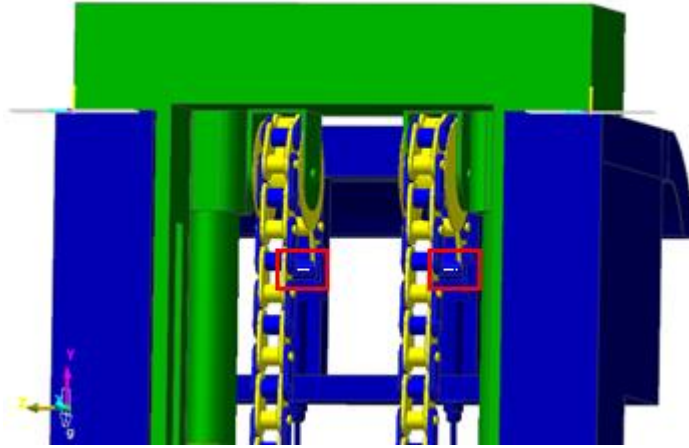
5. 如右图所示，需要验证固定副的以下数据，**Base Body** 为 **Fork**，**Action Body** 为 **Link_Connector_B@Chain_L**，**Base Marker Origin** 为 (210, 200, -80)，**Action Marker Origin** 应为 (210, 200, 0)，这是因为 **Action Marker Origin** 仍旧使用链子系统的局部坐标系下的坐标。



6. 对右边重复上述步骤，固定副位于 (210, 200, 80)，**Action Body** 应该选择 **Link_Connector_B@Chain_R**，坐标同样是 (210, 200, 0)。
7. 分别将固定副重命名为 **Fixed_Fork_Link_L** 和 **Fixed_Fork_Link_R**。

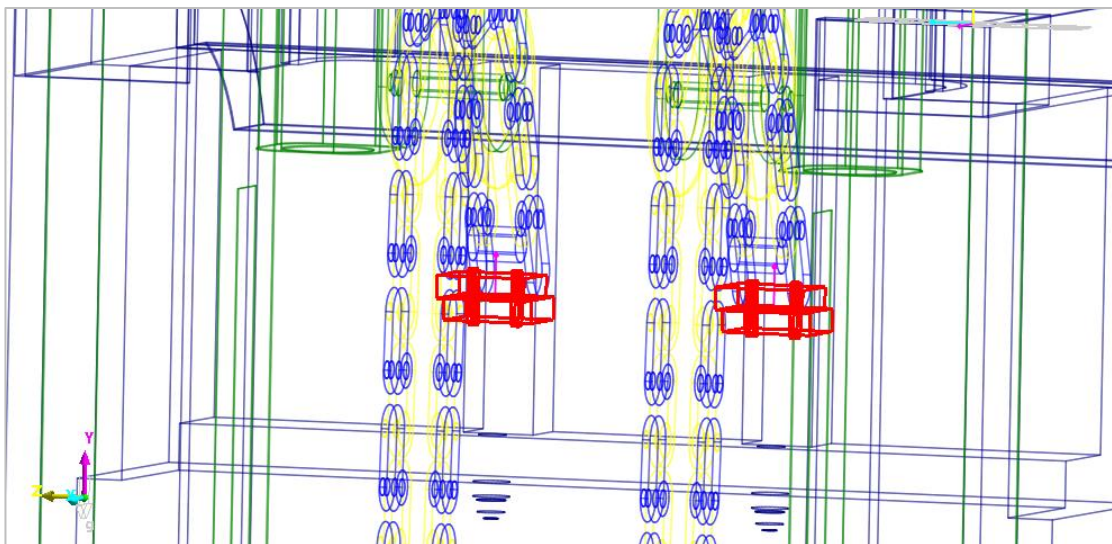
创建顶部固定副：

1. 放大顶部链条末端。
2. 旋转视图观察前面的叉车，确保可以看到下面隐藏的蓝色圆柱。



3. 在 **Professional** 标签下的 **Joint** 组中，点击 **Fixed**。使用 **Body, Body, Point** 创建方式。
4. 首先选择 **Base_Body**，然后在 **Command Toolbar** 中输入 **Link_Connector_T@Chain_L**，或者选择链末端的蓝色圆柱体。最后点击圆柱体中心点(5, 1850, 80)完成创建。与前面一样，在圆柱体的中心(5, 1850, -80)创建另一个固定副。

两固定副应如下所示。

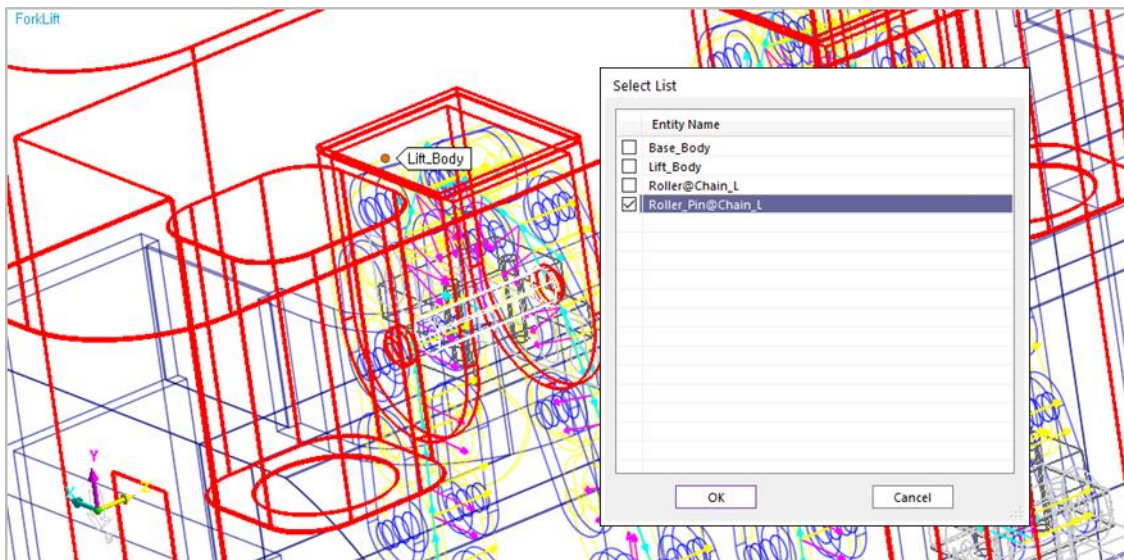


5. 分别将固定副重命名为 **Fixed_Base_Link_L** 和 **Fixed_Base_Link_R**。

创建滚销的固定副



1. 在 **Professional** 标签下的 **Joint** 选项中，点击 **Fixed**。
2. 选择 **Lift_Body** 作为基体。
3. 按住 **shift** 键，将鼠标移动到链系统上，直到其元素显示。然后，右键点击绿色圆柱体（**Roller_Pin**），从菜单中选择 **Select list**。勾选 **Roller_Pin@Chain_L** 作为 **Action Body**。最后，在圆柱体的中心上方移动光标，直到右边捕捉到 85, 1970, 80 及左边捕捉到 85, 1970, -80。或者可以在命令工具栏，手动输入这一点。



4. 验证固定副是否都以 **Lift_Body** 为基体和以 **Roller_Pin@Chain_L** 或 **Roller_Pin@Chain_R** 为 **Action Body**。
5. 分别将固定副重命名为 **Fixed_Lift_Roller_L** 和 **Fixed_Lift_Roller_R**。

仿真叉车模型

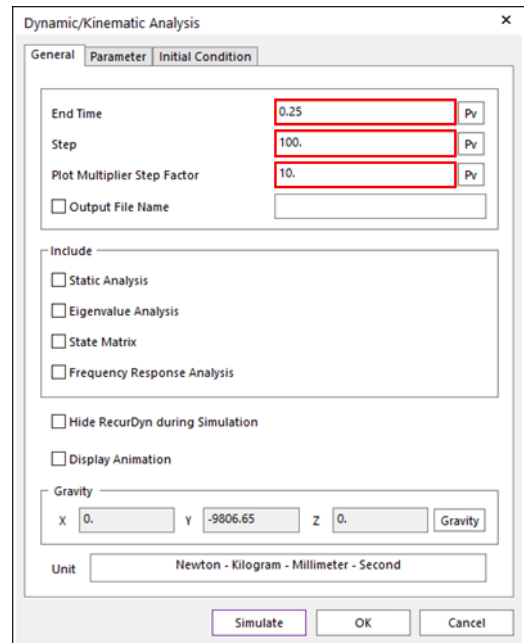
下面，运行仿真叉车模型和绘制结果图形。在运行 3 秒仿真之前，做一个测试运行验证模型装配完成，能正常工作。

仿真模型



1. 在 **Analysis** 标签下的 **Simulation Type** 选项中，点击 **Dyn/Kin.**
2. 仿真时间设置为 0.25 秒，**Steps** 设置为 100，**Plot Multiplier Step Factor** 为 10。运行仿真。

如果模型是正常运行，那么货架将首先垂直下降一小段距离，然后垂直反弹。在第二次开始下降时，结束仿真。



假定模型仿真正确，下面将重新运行相同的仿真，时间为 2 秒，并且萃取模型的准平衡位置。之后，将指定预期液压缸的位移并再次运行仿真。如果不进行萃取，则可以不进行该次仿真。但这将影响最终的仿真结果，包括会产生更多的初始瞬态振荡，但不会对于模型的理解有重大影响。

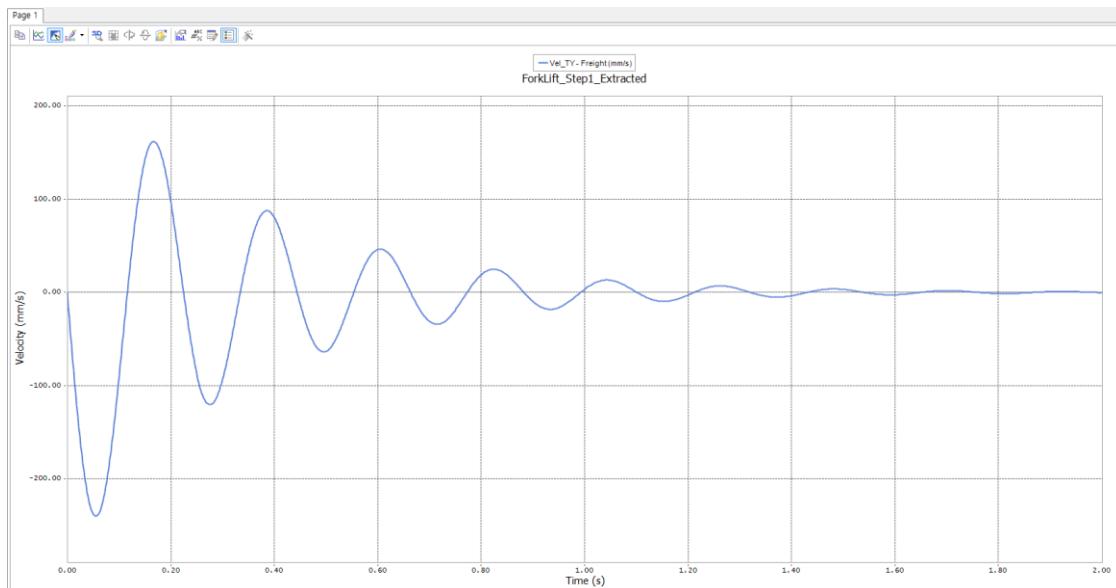
仿真模型

1. 执行与前一步相同的命令但是这次仿真 2 秒，步数和乘数为之前的值。

仿真只需要 6 分钟完成。



2. 在 **Analysis** 标签下的 **Plot** 选项中，点击 **Plot Result**。
3. 在 **Database window**，依次选择 **Bodies**>**Freight**>**Vel_TY**。双击 **Vel_TY** 得到货架的垂直速度。



上图显示 2 秒时间足以让系统接近它的平衡位置。下面，继续萃取模型。

萃取模型

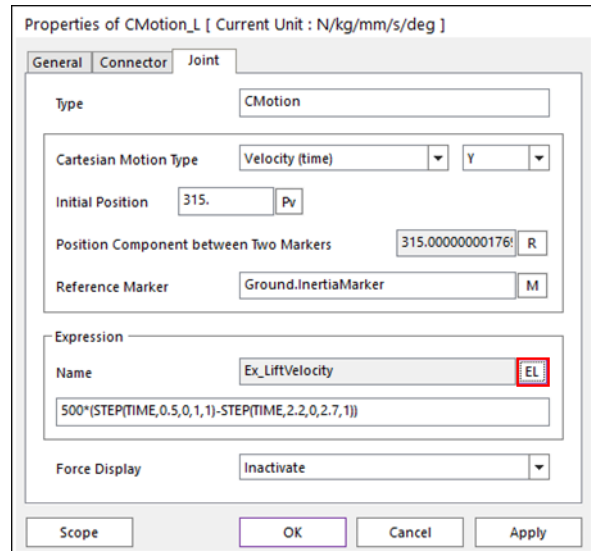


1. 正如在本教程中前面完成的，确保查看了仿真的最后一帧，然后从 **File** 菜单，选择 **Extract**。
2. 保存模型，命名为 **Forklift_Step2_Extracted.rdyn** 或其它有意义的名字。
3. 像以前一样，将 **time offset** 重设为 0。

接下来，将设置液压缸的运动。首先将改变液压缸的升降速度，然后将应用角度油缸调整油缸角度。

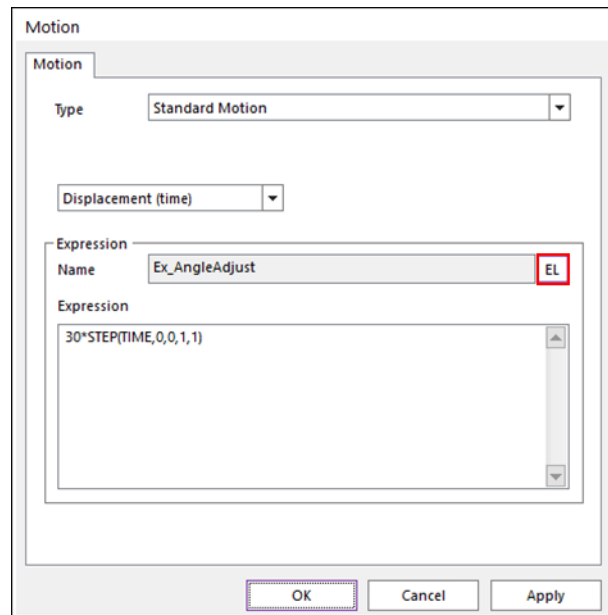
设置升降速度

1. 在 **Database** 窗口中，右键点击 **CMotion_L**，并选择 **Properties**。
2. 点击 **EL** 键，选择新的表达式定义速度。
3. 在弹出的对话框中的速度表达式列表中选择 **Ex_LiftVelocity**。
4. 点击 **OK**，确定更改，保存并退出 **CMotion Properties dialog box**。
5. 重复相同的步骤去设置 **CMotion_R** 的升降速度。



设置调整角度

1. 在 **Database window** 中，右键点击 **Tra_Piston_Cyl_L**。
2. 点击 **motion** 按钮定义（或者更正确地重新定义）运动副的运动。
3. 在弹出的 **motion** 对话框，在速度表达式，点击 **EL**，选择 **Ex_AngleAdjust**。
4. 点击 **OK**，保存更改并退出对话框。
5. 重复相同的步骤去设定 **Tra_Piston_Cyl_R**。

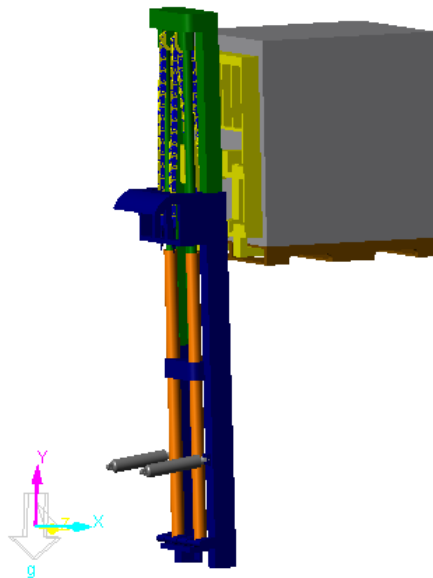


下面，进行仿真。仿真时间为 3 秒，叉车先向后倾斜，随后一路提升液压杆。中间短暂停留让系统静止。在 3.4GHz 的英特尔奔腾 4 处理器和 2.5GBRAM 的电脑上这个仿真花 10 分钟来完成，所以事先一定要确保设置正确。

运行最终的仿真

点击 **Dyn/kin** 图标，仿真时间为 3s，Steps 设置为 100，及 **Plot Multiplier Step Factor** 为 10。

下图显示叉车的最终位置。



绘制结果图形

最后，进入 **Plot** 环境，绘制货架速度以及衬套力和链节的作用力的图形。

生成曲线图

1. 在 **Analysis** 标签下的 **Plot** 选项中，点击 **Plot Result**。
2. 和之前相同，双击 **Bodies>Freight>Vel_TY**。
3. 双击 **Bodies>Lift_Body>Vel_TY** 在同一张图中增加轨迹曲线。

这个图显示链对于系统的影响。在提升过程中，货架的速度的稳态值几乎是举升机构的两倍。此外，它还显示了链条和 **Roller_Pins** 的弹性的影响。



4. 将图形标题改为 **Freight and Lift_Body Vertical Velocity**。
5. 点击 **Show All Windows** 图标，在窗口同时显示四个图形。
6. 点击激活右上图形窗。

7. 该图为叉车的右边的 **B_Roller_Pin** 的受力图，位于 **Force>Bushing Force>B_Roller_Pin@Chain_R>FM_Bushing**。
8. 重复上述步骤，获得 **Rev_Link_Connector_T** 和 **Rev_Link_Connector_B** 的受力图。
9. 将图像改名为 **Bushing Forces in the Chain Connectors**。
10. 点击激活右下图形窗。
11. 该图为叉车的 **ChainLink32** 右侧衬套力的张力图，位于 **Chain-force>ChainLink32@Chain_R>BushingTension**。
12. 重复上述步骤获得 **ChainLink40**，**ChainLink48** 和 **ChainLink56** 的受力图。

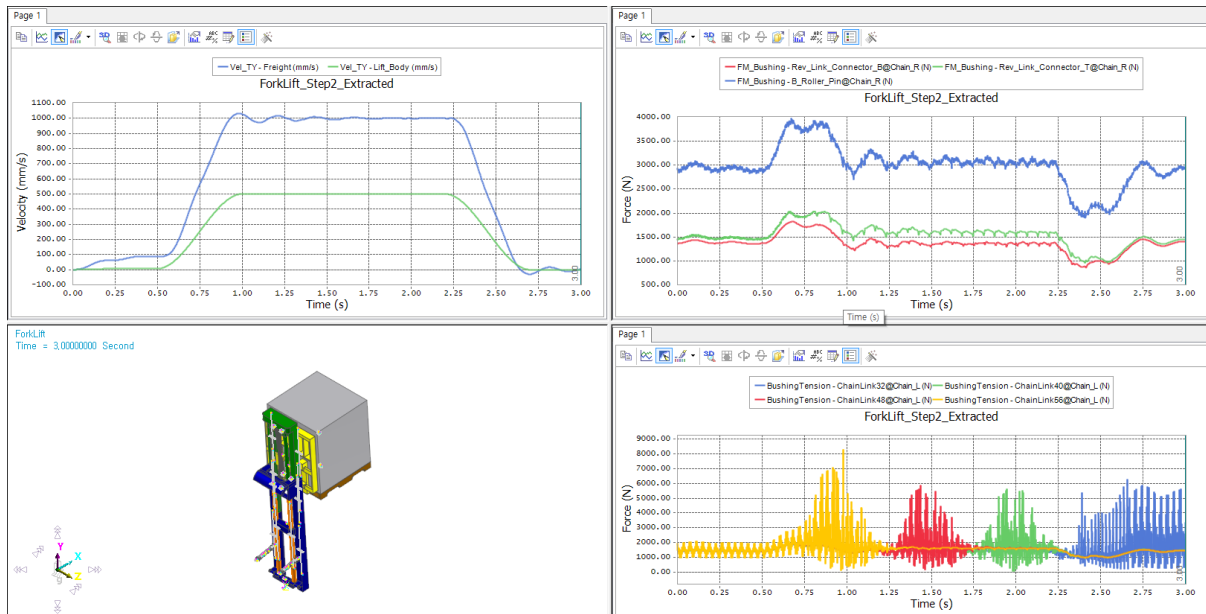
注：

衬套力从最高的一个峰值开始，呈现一个个直观连续的峰值，因为链从底部开始运动和到顶部停止，所以编号最高的链接是顶部的链。因此，他们第一批通过滚轮。由于阻尼相对较低，而接触刚度较大，且链条质量较小，从而经过滚轮时诱发链条振动。

13. 将图形改名为 **Tension in the Chain Links**。
14. 点击激活左下角图形窗。
15. 在 **Tool** 标签下的 **Animation** 选项中，点击 **Load Animation**。在此图形窗显示叉车模型。点击警告对话框中的 **yes**，忽略警告信息，因为此图形窗没有数据将被删除。
16. 调整图形到合适的位置和角度。
17. 点击 **Save** 图标，并选择文件名来保存图像。



图形如下所示。



此外，有许多其它的步骤，来研究该模型的动力学行为，让它更符合现实：

- 一个建议是删除货架和叉之间的固定副，代之以一个接触模型来研究升降速度对货架稳定性的影响。
- 进行 **Design Study**，研究链刚度和阻尼对振动的影响。
- 调节滚轮的接触参数，权衡高频噪声和表面变形。

这些都是作为感兴趣的用户的可选操作。

感谢参与本教程学习！