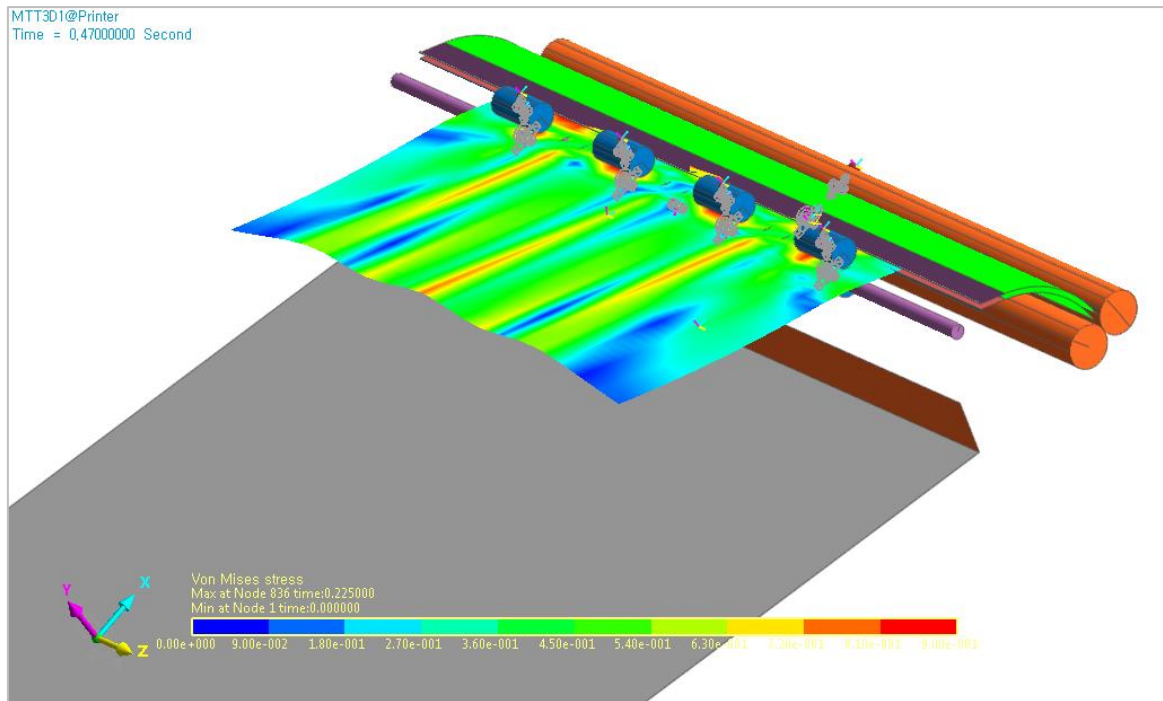




媒介传输 3D 工具箱教程



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 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*TM V9R1.

目录

| | |
|------------------------|-----------|
| 预备工作 | 4 |
| 目标 | 4 |
| 使用的模型..... | 4 |
| 读者 | 6 |
| 预备知识..... | 6 |
| 步骤 | 7 |
| 预计完成时间..... | 7 |
| 创建模型 | 8 |
| 任务目标..... | 8 |
| 预计完成时间..... | 8 |
| 创建新的模型和 MTT3D 子系统..... | 9 |
| 创建底部滚筒..... | 10 |
| 创建顶部滚筒副..... | 13 |
| 为固定滚筒副添加运动..... | 20 |
| 创建导轨..... | 23 |
| 创建纸片..... | 29 |
| 运行仿真 | 31 |
| 任务目标..... | 31 |
| 预计完成时间..... | 31 |
| 改进云图显示..... | 31 |
| 运行仿真..... | 33 |
| 查看完整的仿真结果..... | 35 |
| 修改设计 | 39 |
| 任务目标..... | 39 |
| 预计完成时间..... | 39 |
| 修改设计..... | 39 |
| 评估设计更改..... | 41 |



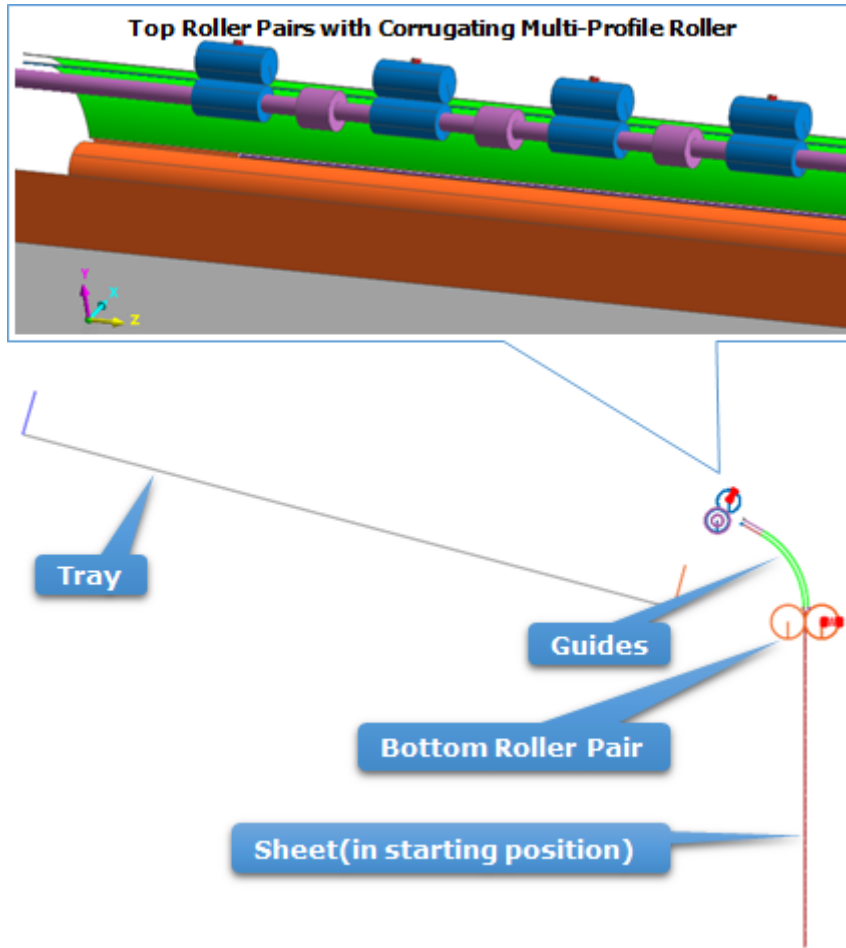
预备工作

目标

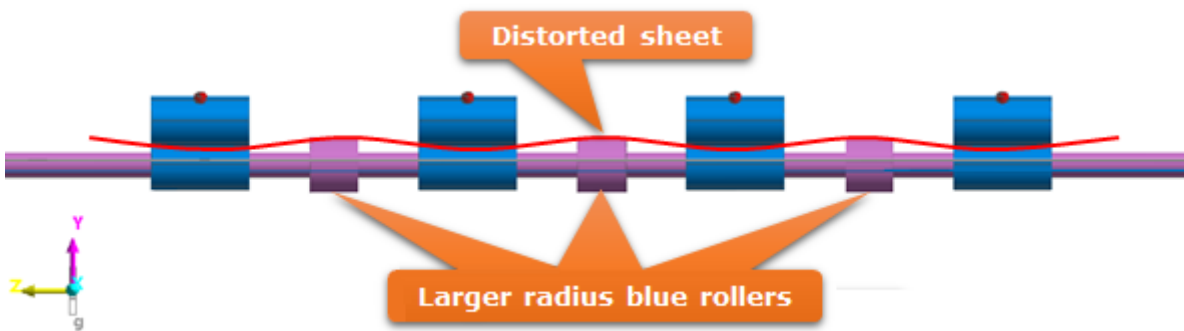
本教程介绍媒介传输 3D 工具箱(MTT3D)的特殊功能。MTT3D 允许在三维里模拟纸片穿过复杂路径，研究诸如纸片起皱和错边这样的 3D 现象。在本教程的目的是测试打印设备的纸片起皱问题。

使用的模型

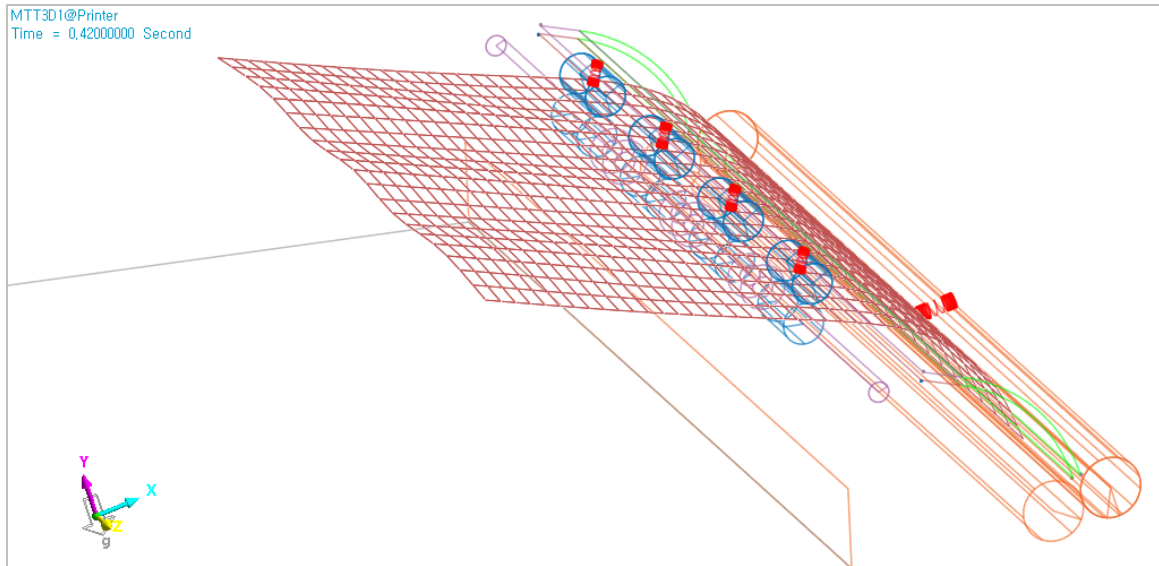
本教程中使用的模型是激光打印机纸片路径的最后一部分，也就是纸片落入托盘前经过的路径。为了防止纸片阻塞，并使纸片有序的落入输出托盘中，一个特殊的多轮廓滚筒用于使纸片起皱以使其落入托盘前保持平直。起皱的纸片使纸片前沿避免发生悬挂和沿着托盘表面（或者已经在托盘中的纸片）拖动。模型的侧视图如下所示。



如下所示，起皱滚筒发生作用，这是由于紫粉色滚筒比下面沿同一轴滚动的蓝色滚筒具有更大的半径。因此，紫粉色滚筒将两个蓝色滚筒之间的纸片向上推，使纸片扭曲。



如果起皱效果足够大，纸片中的褶皱使其在退出打印机时能够抵抗重力引起的弯曲保持平直，如下所示。



由于只有有限的时间来完成本教程，打印机的其余部分没有建模。同样，为了进一步简化模型，使用的纸片是标准 A4 纸的一半大小。由于纸片用网格建模，减少了纸片实体的数量。

读者

本教程面向熟悉 RecurDyn 基本操作的用户。所有的新任务都会做详细说明。

预备知识

用户需要学习过 3D 曲柄滑块机构、带螺旋桨发动机、弹性球（2D 接触）教程，或者类似教程。用户应具有基础的物理知识。

步骤

本教程包含以下步骤。预计完成每个步骤的时间如下表中所示。

| 步骤 | 时间（分钟） |
|------|--------|
| 创建模型 | 30 |
| 运行仿真 | 10 |
| 修改设计 | 10 |
| 总计： | 50 |



预计完成时间

本教程大概需要 50 分钟完成。

创建模型

任务目标

学习如何定义滚筒，导轨和纸片实体。



预计完成时间

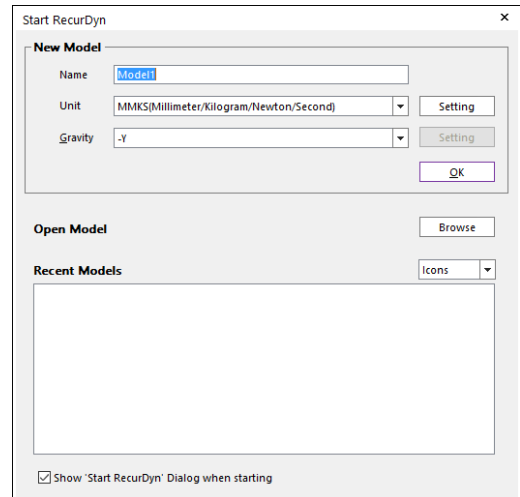
30 分钟

创建新的模型和 MTT3D 子系统

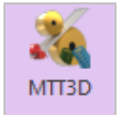
创建新的模型：



1. 双击桌面上的 **RecurDyn** 工具。
RecurDyn 启动，**Start RecurDyn** 窗口显示。
2. 输入 **Printer** 作为模型名称。
3. 选择 **OK**。



创建新的 **MTT3D** 子系统：



1. 选择功能区中的 **Toolkits** 标签。
2. 选择 **MTT3D** 工具。
3. **RecurDyn** 进入新的 **MTT3D** 子系统，在功能区中，为 **MTT3D** 功能显示了一个新的 **MTT3D** 标签。

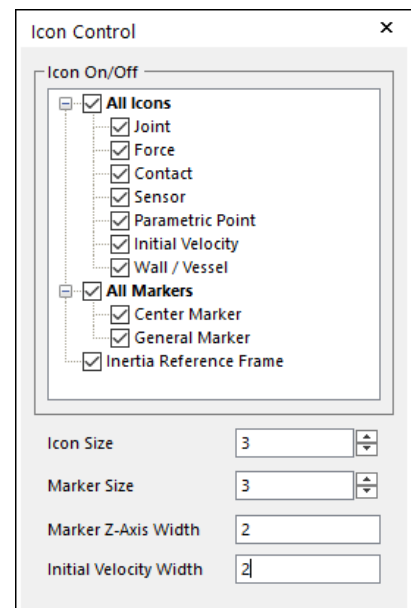
调整模型中的图标大小：



1. 从工具栏中，选择 **Icon Control** 工具。
2. 将 **Icon Size** 和 **Marker Size** 从默认值 10 改为 3。

将渲染模式改为 **Wireframe** 模式：

从工具栏中，选择线框着色工具。

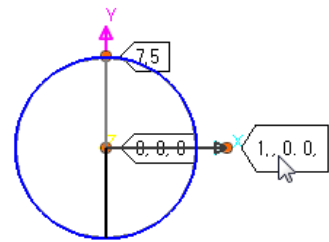


创建底部滚筒

下面创建纸片起始处的底部滚筒副。

创建底部滚筒副：

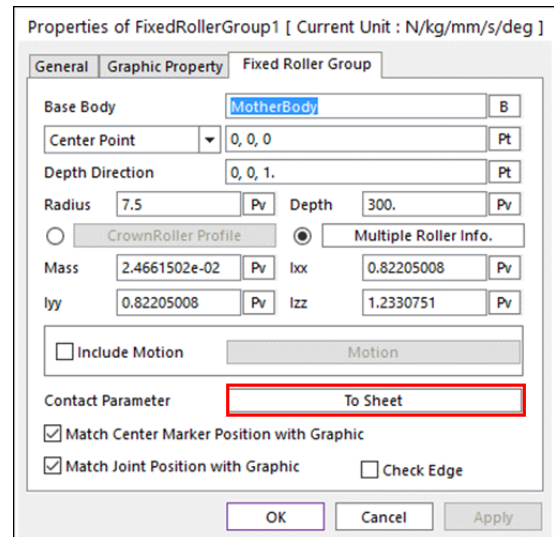
1. 在功能区，选择 **MTT3D** 标签。
2. 从 **Roller** 组中，选择 **Pair** 工具。
3. 在建模窗口中，选择点 0,0,0 定义固定滚筒副的中心，或者在输入窗口中输入数值。
4. 在输入窗口中，输入 7.5，并按下 **Enter** 键，设置固定滚筒的半径。
5. 通过 **点击** 在点 0,0,0 右侧一点，选择 **+X** 方向。显示方向的箭头应该直接指向右侧，如右图所示。
6. 在输入窗口中，输入 7.5，设置移动滚筒半径。



现在将编辑底部滚筒副，以使其具有正确特性。

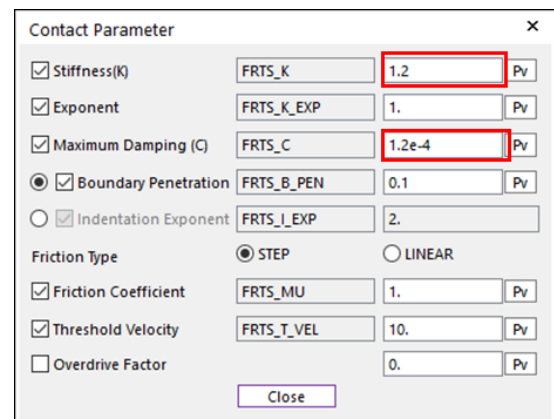
编辑底部固定滚筒副：

1. 从 **Database** 窗口中，打开 **MTT3D1 > Groups > FixedRollerGroup1** 的 **Properties** 窗口。
2. 对右侧的 **Contact Parameter**，选择 **To Sheet** 按钮。



3. 进行以下设置：

- **Stiffness:** 1.2
- **Maximum Damping:** 1.2e-4



注意：如果参数后的复选框被选中，显示的值将被当作特殊参数值(SPV)，并被用于该模型中所有同样复选框被选中的固定滚筒。对移动滚筒和其它模型元素，具有单独的 SPV 设置。

注意：此处，增加接触刚度值以避免滚筒过多地渗入纸片中，随后增加对面滚筒的夹紧弹簧刚度也是为了同样的目的。过度接触渗透会降低仿真的精度。与此同时，接触刚度增加太多会降低仿真速度。因此，一般的经验法则是允许穿过 25%的纸片厚度。

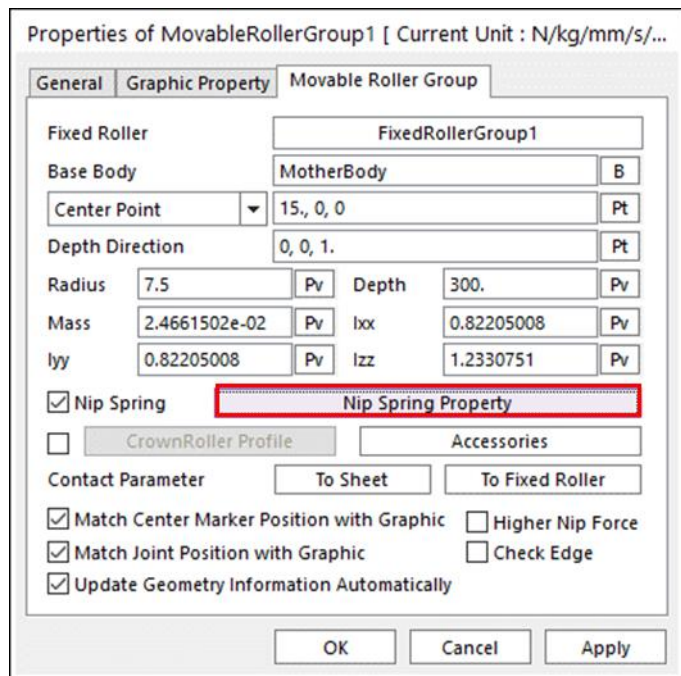
同样，出于与刚度相同的目的增加阻尼值。当调整刚度与阻尼值时，较好的方式是将在默认值的基础上同时乘以相同的比例因子。如果需要，随后也可以对它们进行单独调整。

4. 选择 Close。

5. 选择 OK。

编辑底部的移动滚筒：

1. 从 Database 窗口，打开 MTT3D1 > Groups > MovableRollerGroup1 的 Properties 窗口。
2. 选择 Nip Spring Property 按钮。



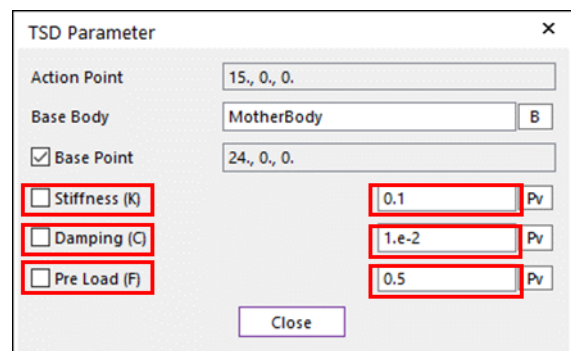
3. 取消 Stiffness, Damping, 和 Pre Load 后的复选框。

注意：通过取消这些复选框，下面为该滚筒指定参数，该参数将不连接到模型中其它移动滚筒中使用的特殊参数值。

4. 作如右图中所示的设定。

- Stiffness: 0.1
- Damping: 1e-2
- Pre Load: 0.5

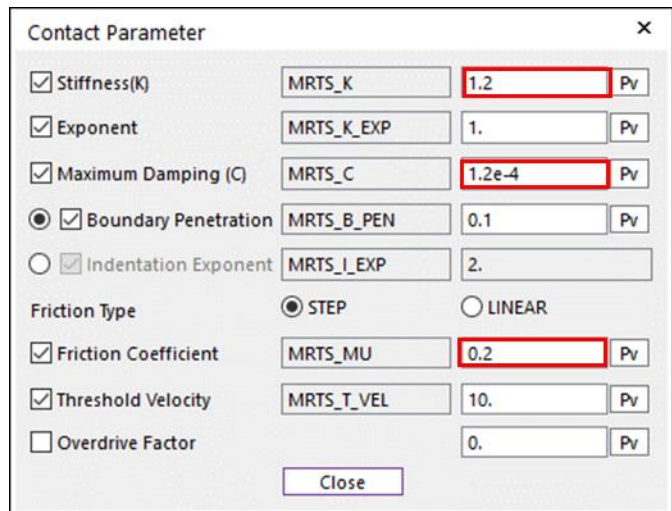
5. 点击 Close 按钮，返回到 Properties of MovableRollerGroup1 对话框。



6. 在 Contact Parameter 的右侧，选择 To Sheet 按钮。

7. 如右图所示，作以下设置。

- **Stiffness:** 1.2
- **Maximum Damping:** 1.2e-4
- **Friction Coefficient:** 0.2



注意：移动滚筒选取一个较低的摩擦系数 0.2，因为我们想要将其建模为塑性表面。固定滚筒采用默认的摩擦系数 1.0，换言之，我们想将其建模为橡胶表面，以便抓取纸片。

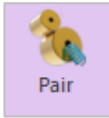
8. 点击 Close 按钮。

9. 点击 OK。

创建顶部滚筒副

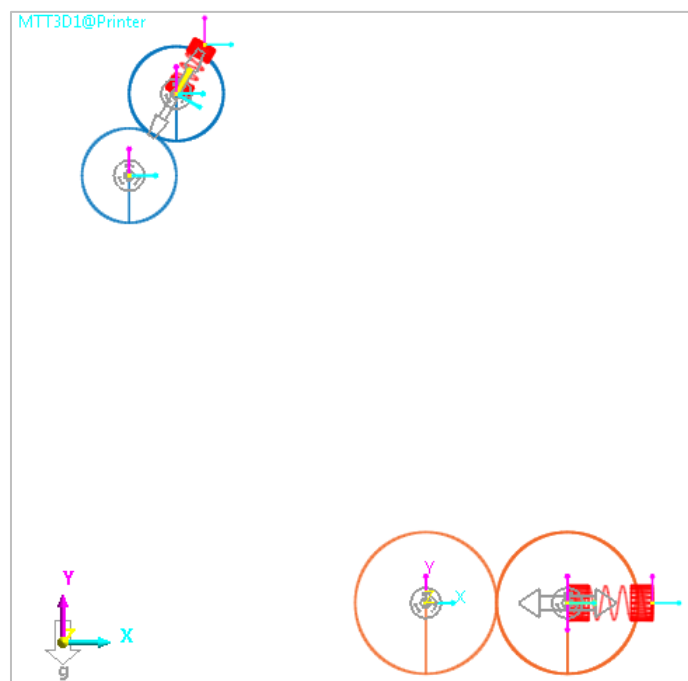
下面创建顶部滚筒副，以第一个顶部滚筒副为模板复制三次，总共创建四个顶部滚筒副。

创建第一个顶部滚筒副：



1. 在功能区的 **MTT3D** 标签的 **Roller** 组中，选择 **Pair** 工具。
2. 在输入窗口中，为固定滚筒副中心输入点 -31.446, 45.228, 81。
3. 在输入窗口中，为固定滚筒副输入半径 5。
4. 在输入窗口中，输入方向向量 1, 1.7321, 0，指定移动滚筒副位置。
5. 在输入窗口中，为移动滚筒副输入半径 5。

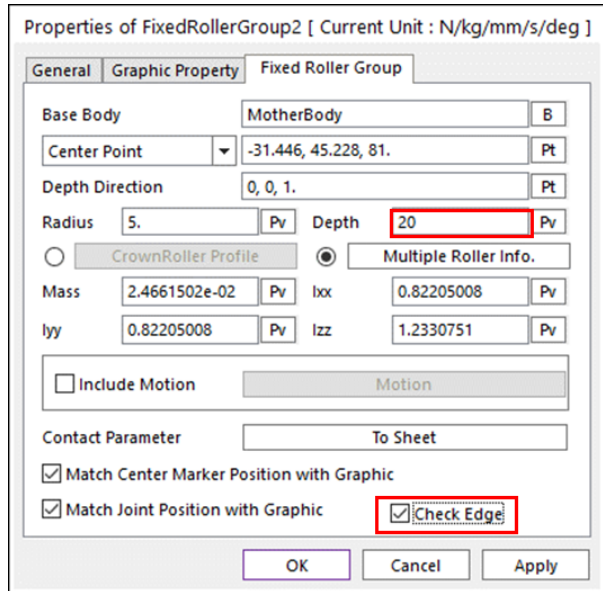
此时，模型应该如下所示。



下面编辑顶部的滚筒副，使其在复制前具有正确的特性。

编辑第一个顶部固定滚筒副：

1. 从 **Database** 窗口，打开 **MTT3D1 > Groups > FixedRollerGroup2** 的 **Properties** 窗口。
2. 输入 **Depth** 值为 20。
3. 在对话框右下角，勾选 **Check Edge** 的复选框。

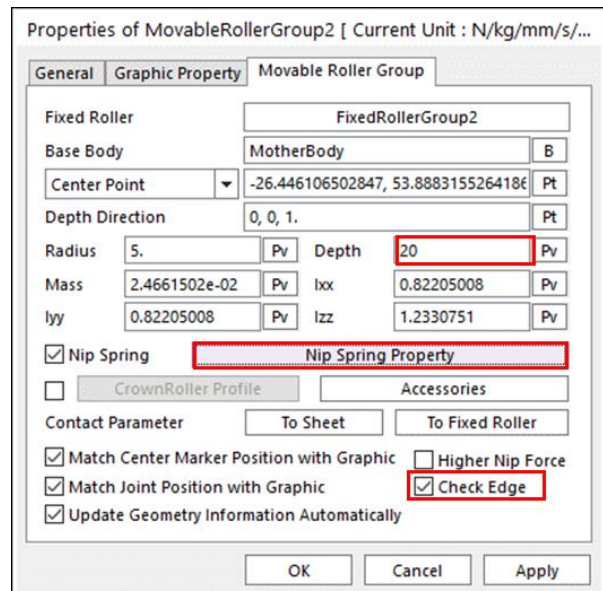


注意：当滚筒副半径比纸片网格中独立单元长度小时，**Check Edge** 选项应该勾选上。当该情况发生时，滚筒和纸片之间的接触应该考虑在内。

4. 点击 **OK** 按钮。

编辑第一个顶部移动滚筒：

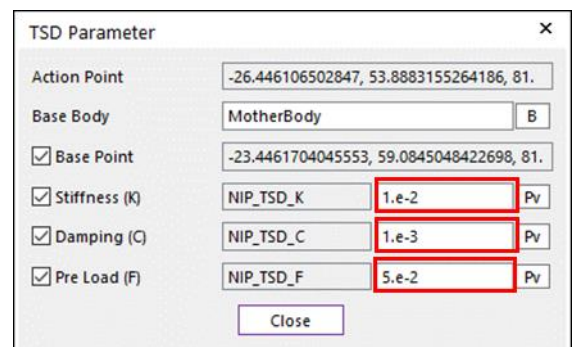
1. 从 **Database** 窗口，打开 **MTT3D1 > Groups > MovableRollerGroup2** 的 **Properties** 窗口。
2. 输入 **Depth** 值为 20。
3. 勾选 **Check Edge** 后复选框。
4. 选择 **Nip Spring Property** 按钮。



5. 进行如下设置，如右图所示。

- **Stiffness:** 1e-2
- **Damping:** 1e-3
- **Pre Load:** 5e-2

6. 点击 **Close** 按钮。



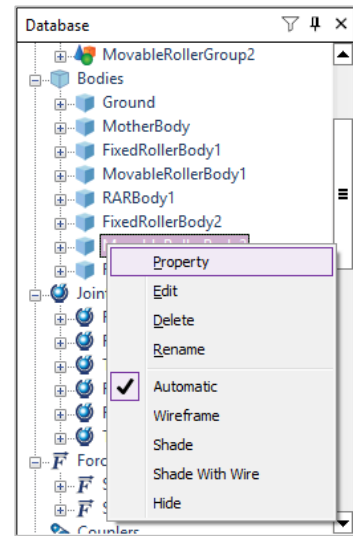
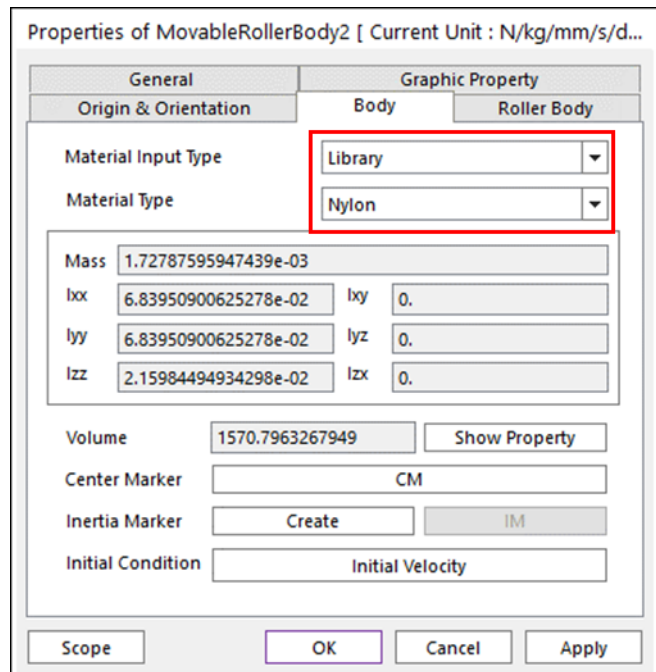
7. 点击 **OK**。

因为顶部的移动滚筒很小，且采用弹簧安装，并且它们的旋转运动并未指定运动输入，所以其行为特性受纸片和相应的固定滚筒影响很大。**因此**，将质量与惯性设置为合理值**是十分重要的**，它能保证结果的精确性。模型中，设定滚筒是由尼龙做成。

编辑第一个顶部移动滚筒副的质量特性：

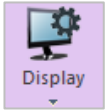
1. 调出体 **MovableRollerBody2** 而非组 **MovableRollerGroup2** 的 **Property** 对话框。

- 在 **Database** 窗口中，找到 **MTT3D1 > Bodies > MovableRollerBody2**，**但不要点击**。
- 在 **MovableRollerBody2** 的位置点击**右键**（不要点击**左键**），选择 **Property**，如右侧所示。

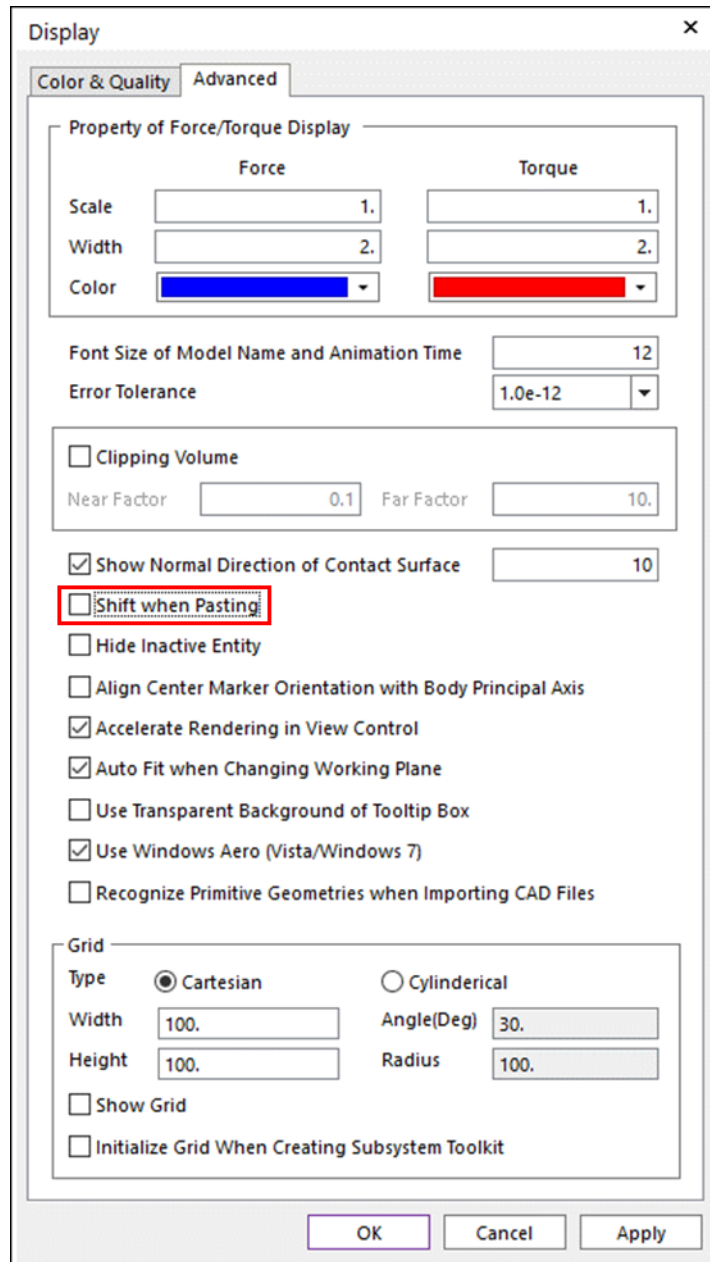
2. 选择 **Body** 标签。3. 对于 **Material Input Type**，选择 **Library**。在弹出的警示对话框中，点击 **OK**。4. 对于 **Material Type**，选择 **Nylon**。5. 点击 **OK**。

滚筒副已经可以复制。但是首先需要改变一些程序的设置，以使复制和粘贴更容易。

更改程序的用户复制/粘贴设置：



1. 从功能区的 **Home** 标签，选择 **Model Setting** 组中的 **Display** 工具。
2. 点击 **Advanced** 标签。
3. 取消 **Shift when pasting** 后的复选框。
4. 点击 **OK**。



下面复制第二个滚筒副并将其沿着-Z 方向排布，以此创建一行顶部驱动滚筒副。

复制第一个顶部滚筒副：

1. 在 **Database** 窗口，同时选中 **FixedRollerGroup2** 和 **MovableRollerGroup2**：
 - 首先选择 **FixedRollerGroup2**。
 - 然后按住 **Ctrl** 键，然后选择 **MovableRollerGroup2**。

相关联的体，运动副和力会自动选中，如右侧所示。

2. 从 **Home** 菜单下 **Clipboard** 组中，选择 **Copy**（或者按下 **Ctrl-C**）。
3. 从 **Home** 菜单下 **Clipboard** 组中，选择 **Paste**（或者按下 **Ctrl-V**）。
4. 重复之前步骤（**Paste**）两次，所以总共有 4 个相同的滚筒副。

移动复制的滚筒副到合适位置：

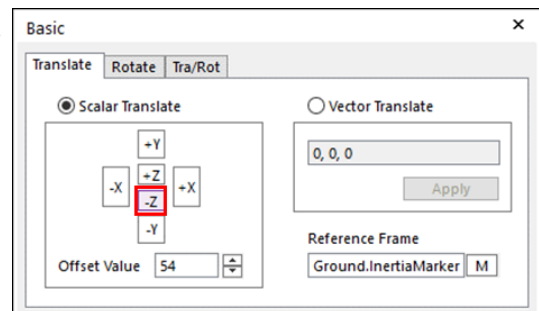
1. 在 **Database** 窗口中，使用 **Ctrl** 键，选择 **C1_FixedRollerGroup2** 和 **C1_MovableRollerGroup2**。

2. 从工具栏中，选择 **Basic Object Control** 工具。

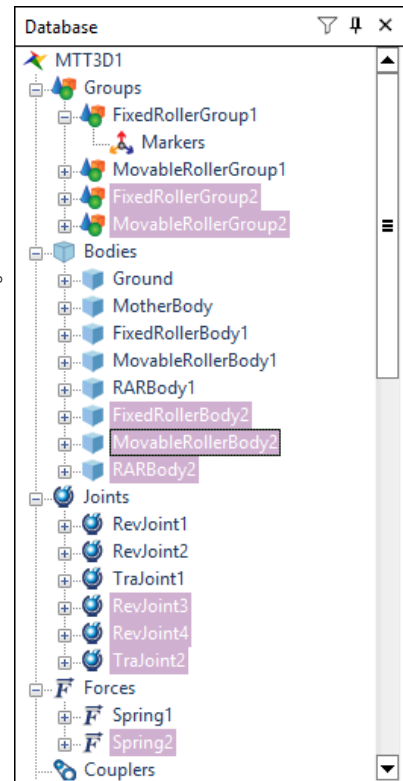
3. 在 **Offset Value** 处输入 54。

4. 点击 **-Z** 按钮。

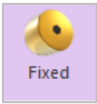
夹紧副的第一个拷贝应该在 **-Z** 方向移动 54mm。



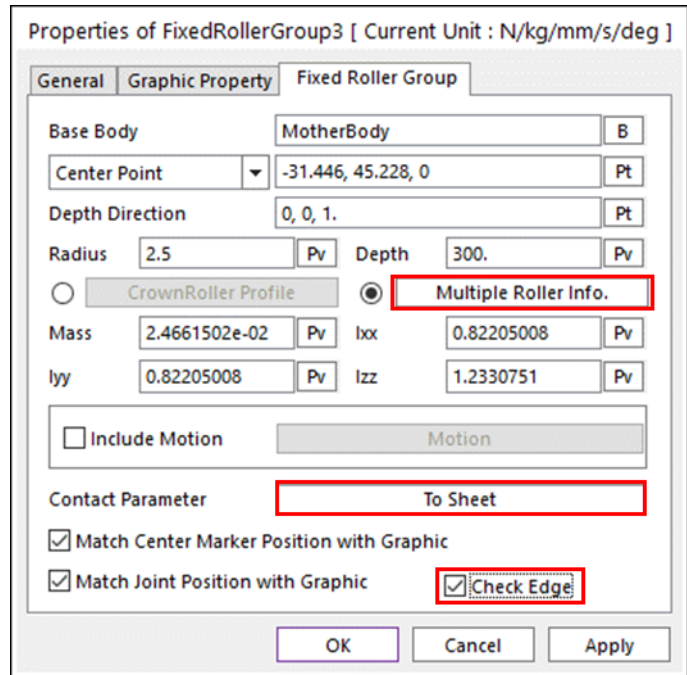
5. 在 **Database** 窗口，使用 **Ctrl** 键，选择 **C2_FixedRollerGroup2** 和 **C2_MovableRollerGroup2**。
6. 在 **Basic Object Control** 对话框，点击 **-Z** 按钮两次，使其沿 **-Z** 方向移动 108mm。
7. 在 **Database** 窗口，使用 **Ctrl** 键，选择 **C3_FixedRollerGroup2** 和 **C3_MovableRollerGroup2**。
8. 在 **Basic Object Control** 对话框，点击 **-Z** 按钮三次，使其沿 **-Z** 方向移动 -162mm。



创建多轮廓起皱滚筒:

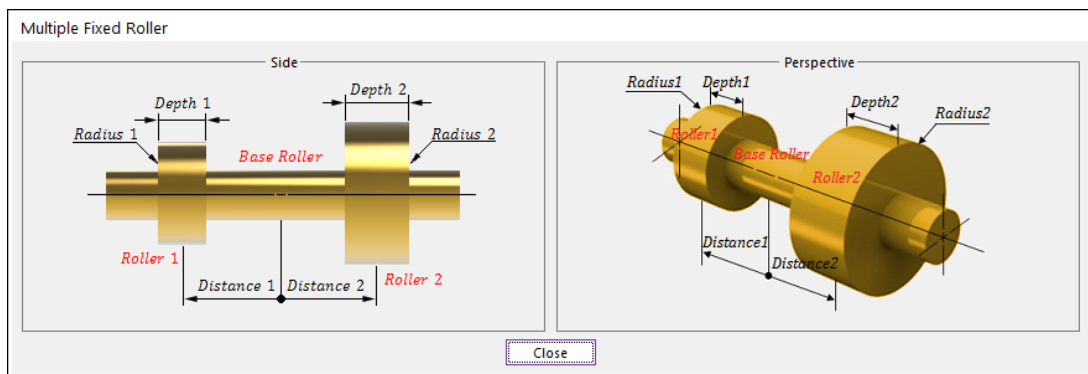
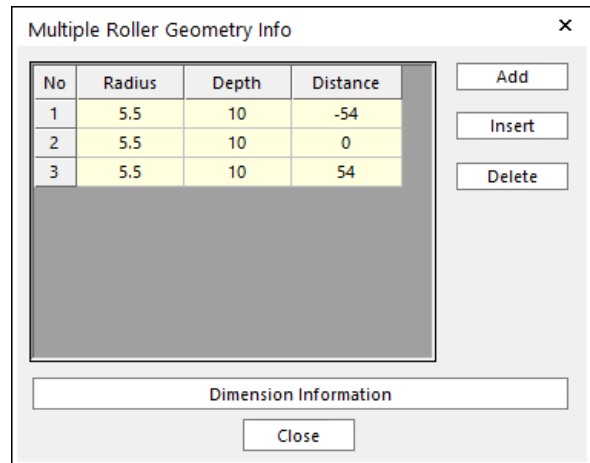


1. 从功能区的 **MTT3D** 标签的 **Roller** 组中, 选择 **Fixed** 工具。
2. 在输入窗口中, 输入 -31.446, 45.228, 0 作为 **滚筒** 中心。
3. 在输入窗口中, 输入 2.5 作为固定 **滚筒** 的半径。
4. 打开 **FixedRollerGroup3** 的 **Properties** 窗口。
5. 勾选 **Check Edge** 后的复选框。
6. 点击 **Multiple Roller Info.** 按钮。



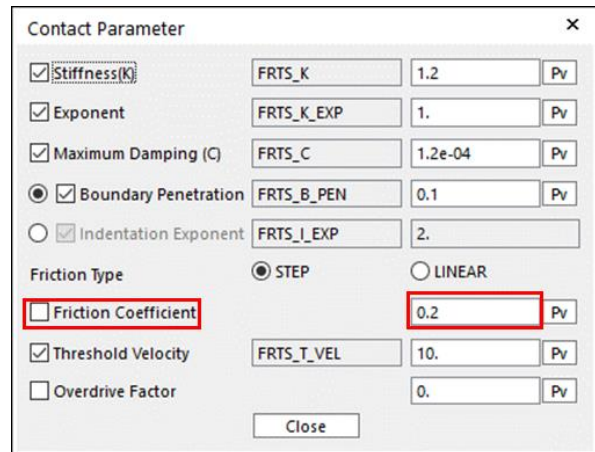
7. 点击 **Add** 按钮三次, 输入以下的 **滚筒** 数据, 如右图所示。

| Radius | Depth | Distance |
|--------|-------|----------|
| 5.5 | 10 | -54 |
| 5.5 | 10 | 0 |
| 5.5 | 10 | 54 |

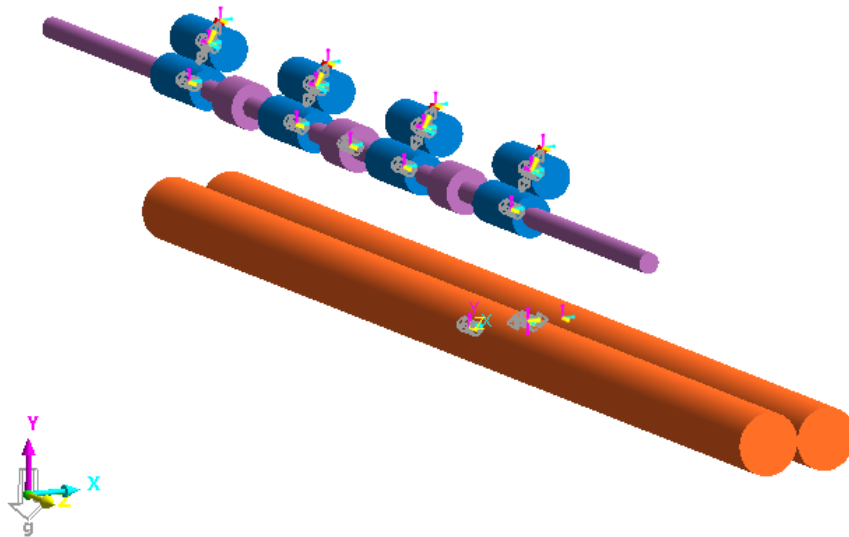


注意：为了了解如何将以上变量应用到滚筒，点击 **Dimension Information** 按钮，会显示如上所示图片。完成后，点击 **Close** 关闭窗口。

8. 点击 **Close** 按钮。
9. 在 **Contact Parameter** 的右侧，点击 **To Sheet** 按钮。
10. 取消 **Friction Coefficient** 的复选框。
11. 输入 **Friction Coefficient** 的值为 0.2。
12. 点击 **Close**。
13. 点击 **OK**。



所创建的模型应显示如下（旋转模型并采用着色渲染模式）。



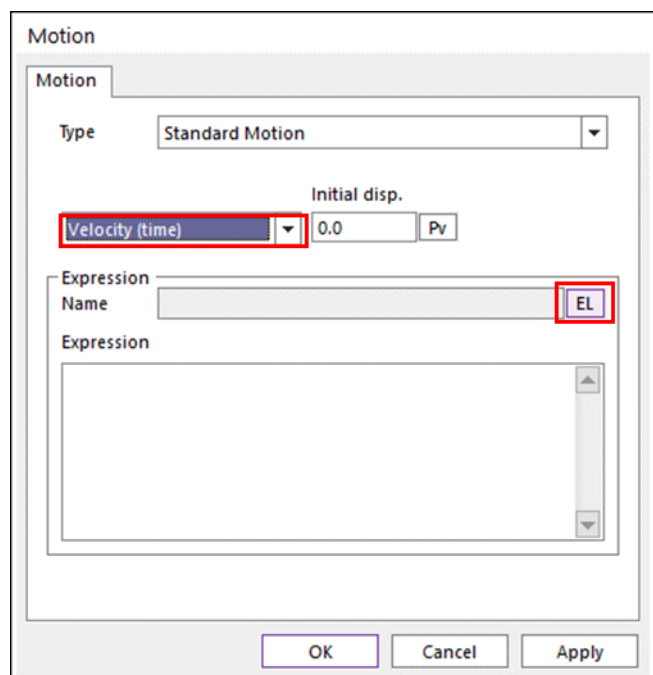
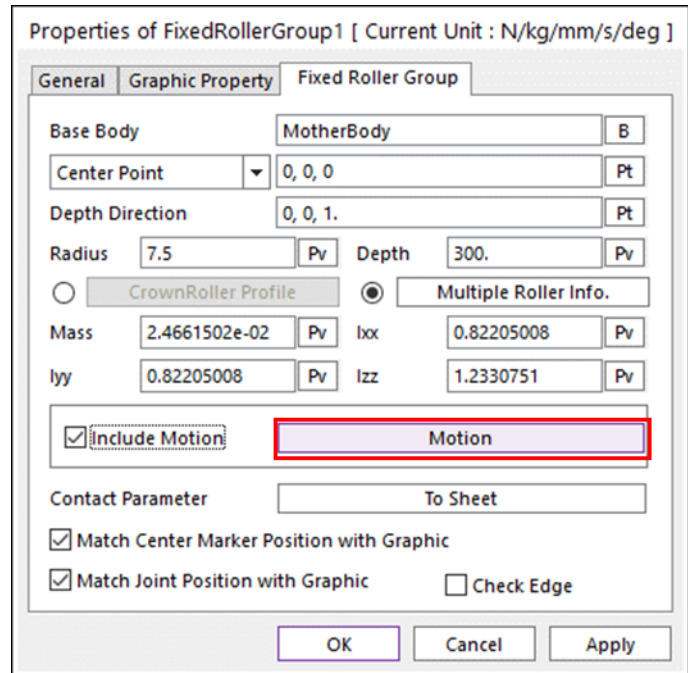
14. 保存模型。

为固定滚筒添加运动

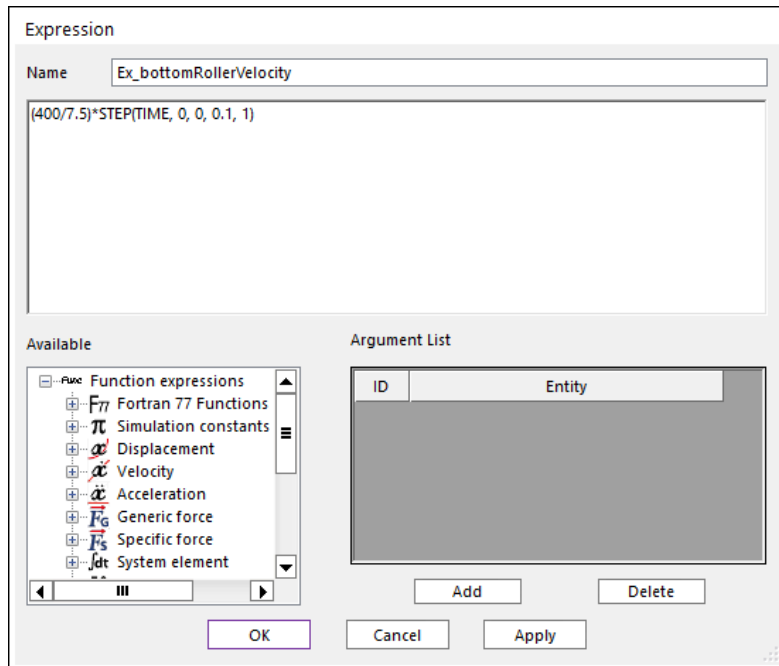
下面为固定滚筒添加运动，定义表达式使旋转速度从零斜线上升到最终值，以 400 mm/sec 的线性速度移动纸片。最终值根据滚筒半径不同而不同，但是应该依照该种方式定义表达式以便 RecurDyn 能够执行计算。

为底部滚筒副添加运动：

1. 从 Database 窗口，打开 MTT3D1 > Groups > FixedRollerGroup1 的 Properties 窗口。
2. 勾选 Include Motion 复选框，选择右边的 Motion 按钮。
3. 选择下拉列表中的 Velocity (time) 作为控制变量。
4. 选择 EL 按钮，打开 Expression List 对话框。



5. 选择 **Create** 按钮，创建一个新的表达式。
6. 如下所示，输入名字 **Ex_bottomRollerVelocity**。



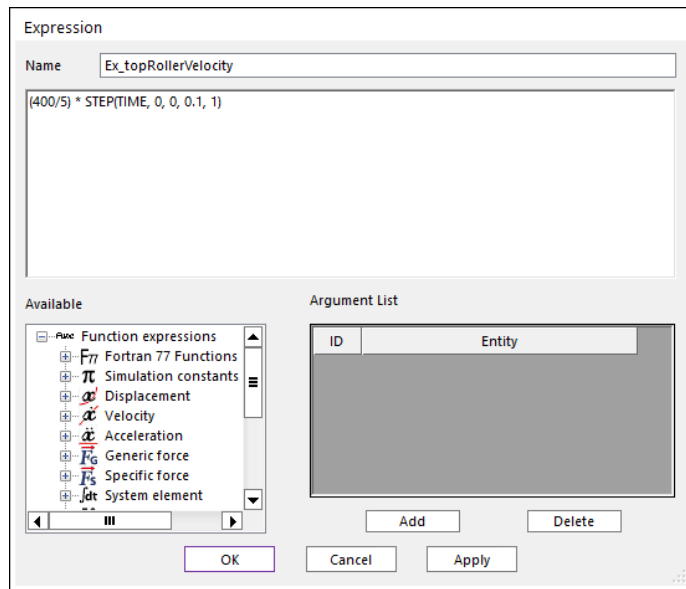
7. 参考所需速度和滚筒半径，输入以下表达式：

$$(400/7.5)*STEP(TIME, 0, 0, 0.1, 1)$$

8. 选择 **OK** 四次。

为顶部固定滚筒添加运动：

1. 从 **Database** 窗口中，使用 **Ctrl** 键选择以下内容。
 - **FixedRollerGroup2**
 - **C1_FixedRollerGroup2**
 - **C2_FixedRollerGroup2**
 - **C3_FixedRollerGroup2**
2. 右键点击该组件中之一，选择 **Property**。
3. 勾选 **Include Motion** 后的复选框，选择 **Motion** 按钮。
4. 从下拉列表中，选择控制 **Velocity (time)**。
5. 选择 **EL** 按钮，打开 **Expression List** 对话框。
6. 选择 **Create** 按钮，创建一个新的表达式。



7. 如上所示，输入名字 **Ex_topRollerVelocity**。
8. 输入以下表达式：

$$(400/5) * \text{STEP}(\text{TIME}, 0, 0, 0.1, 1)$$
9. 点击 **OK** 四次。

创建导轨

下面创建纸片通过的弧线，**直线**和边缘导轨。

创建内侧弧形导轨：

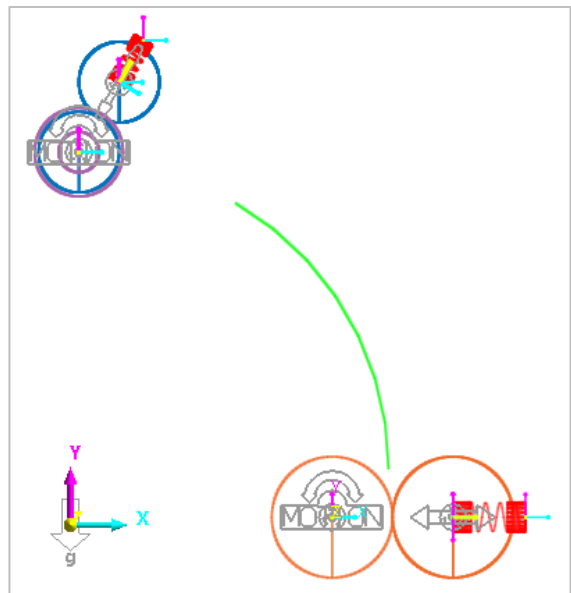


1. 返回查看标准的 **X-Y** 视图。（快捷键为 **Shift + x**。）

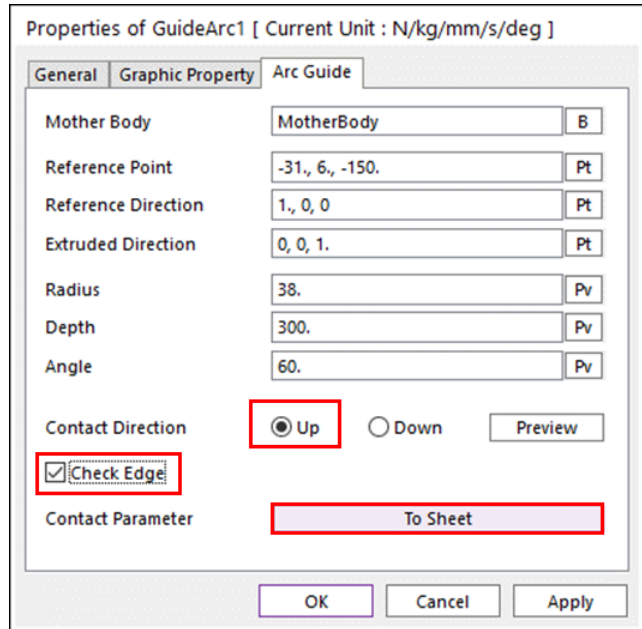


2. 从功能区的 **MTT3D** 标签的 **Guide** 组中，选择 **Arc** 工具。
3. 在输入窗口中，输入中心点-31,6。
4. 输入开始点 7,6。
5. 输入参考方向 0,1。
6. 输入 60度角度值。

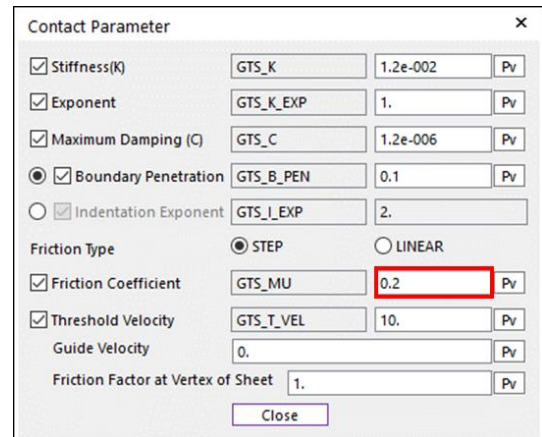
第一根导轨应如右图所示。（复制该内侧导轨来创建一根外侧导轨。）



- 从 Database 窗口，打开 MTT3D1 > Guides > GuideArc1 的 Properties 对话框。
- 勾选 Check Edge 后的复选框。
- 在右侧的 Contact Parameter 对话框中，选择 To Sheet。



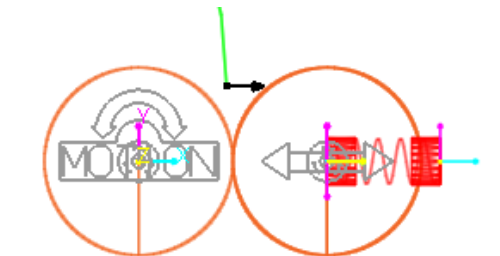
- 设置 Friction Coefficient 为 0.2。
这将为所有的导轨设置该默认摩擦系数。



- 调整接触方向，以确保其指向正确方向。

返回到 Properties of GuideArc1 对话框，在 Contact Direction 的右侧点击 Preview 按钮。点击 Up 按钮。

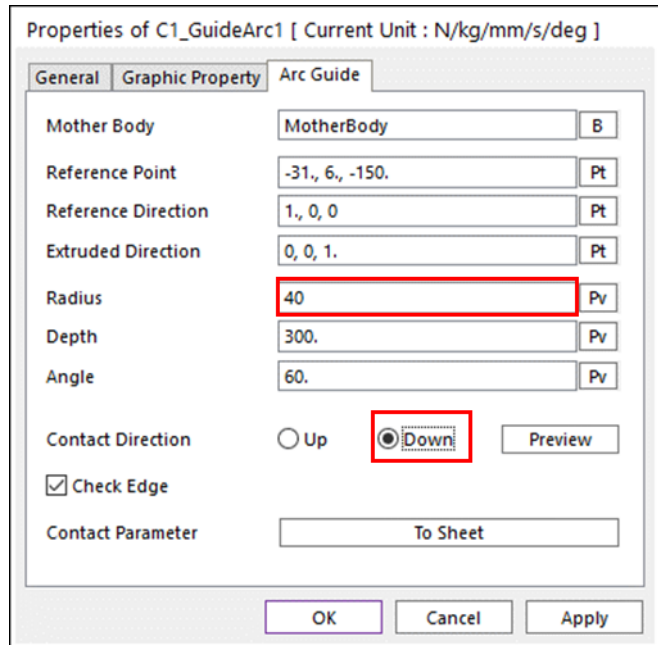
指示接触方向的小箭头应如右图所示。



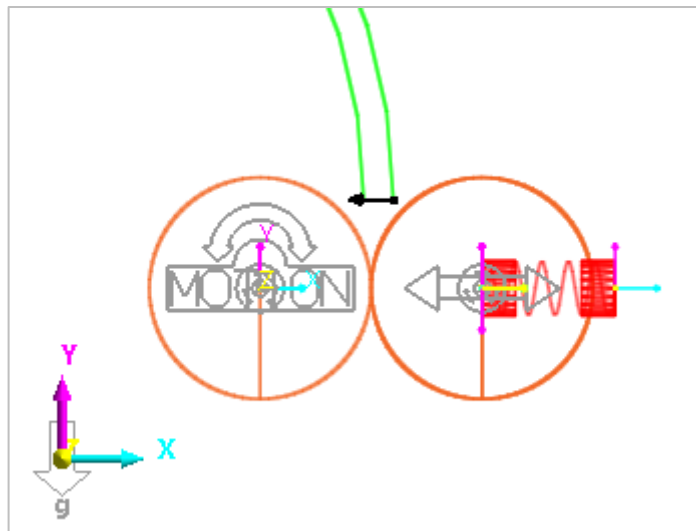
- 按下 Esc 键，退出之前的模式。
- 如果箭头并未指向右图所示的方向，使用 Up 和 Down 单选按钮，更改 Contact Direction。
- 点击 OK，退出 Properties 窗口。

创建外侧弧形导轨:

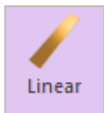
1. 在 **Database** 窗口, 选择 **MTT3D1 > Guides > GuideArc1**。
2. 和以前一样, 使用 **Copy** 和 **Paste** 命令复制 **GuideArc1** 创建相同的弧形导轨。
3. 在 **Database** 窗口, 打开 **MTT3D1 > Guides > C1_GuideArc1** 的 **Properties** 对话框。
4. 输入 **Radius** 值 40。
5. 选择 **Apply**。



6. 与之前相同, 确保接触方向指向正确方向。应如右图所示。
7. 点击 **OK**。

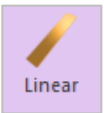


创建内侧**直线**导轨:



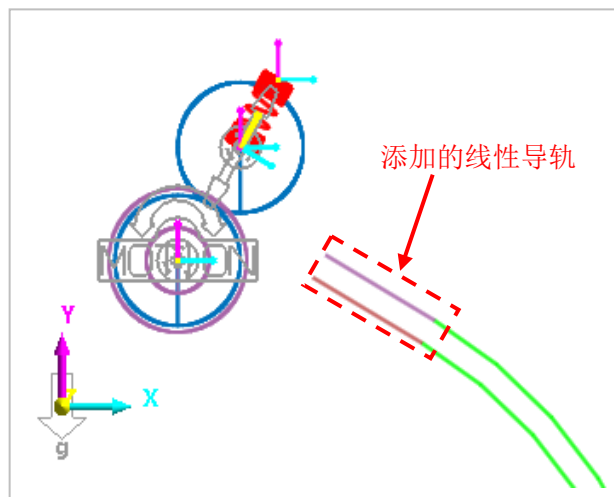
1. 在功能区的 **MTT3D** 标签的 **Guide** 组中, 选择 **Linear** 工具。
2. 在输入窗口中, 输入开始点-20.660, 43.909。
3. 在输入窗口中, 输入结束点-12.000, 38.909。

创建外侧**直线**导轨:



1. 在功能区的 **MTT3D** 标签的 **Guide** 组中, 选择 **Linear** 工具。
2. 在输入窗口中, 输入开始点-11.000, 40.641。
3. 在输入窗口中, 输入结束点-19.660, 45.641。

创建的模型如下所示。



下面需要为现存的导轨创建小型圆形导轨。这是一种避免导轨边缘渗透到纸片内的有效方式。因为弧形和**直线**导轨只与纸片**线性**接触, 但是圆形导轨与纸片既有**线性**接触又有**面**接触。

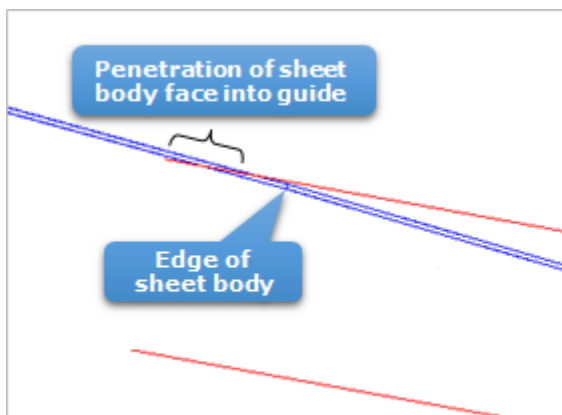


Figure 1: Sheet penetration at guides with no circular edges.

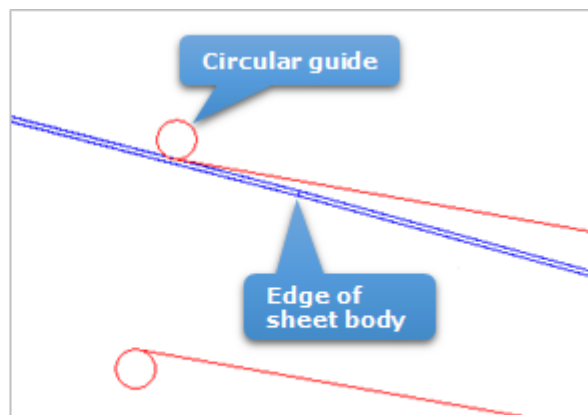
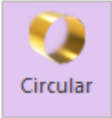
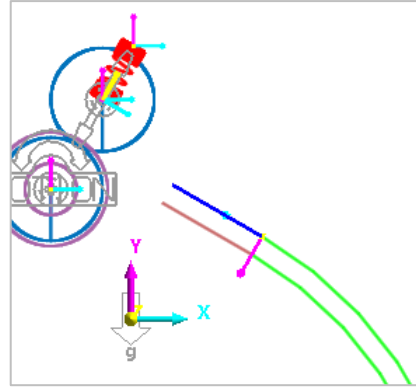


Figure 2: Sheet penetration prevented with circular guides.

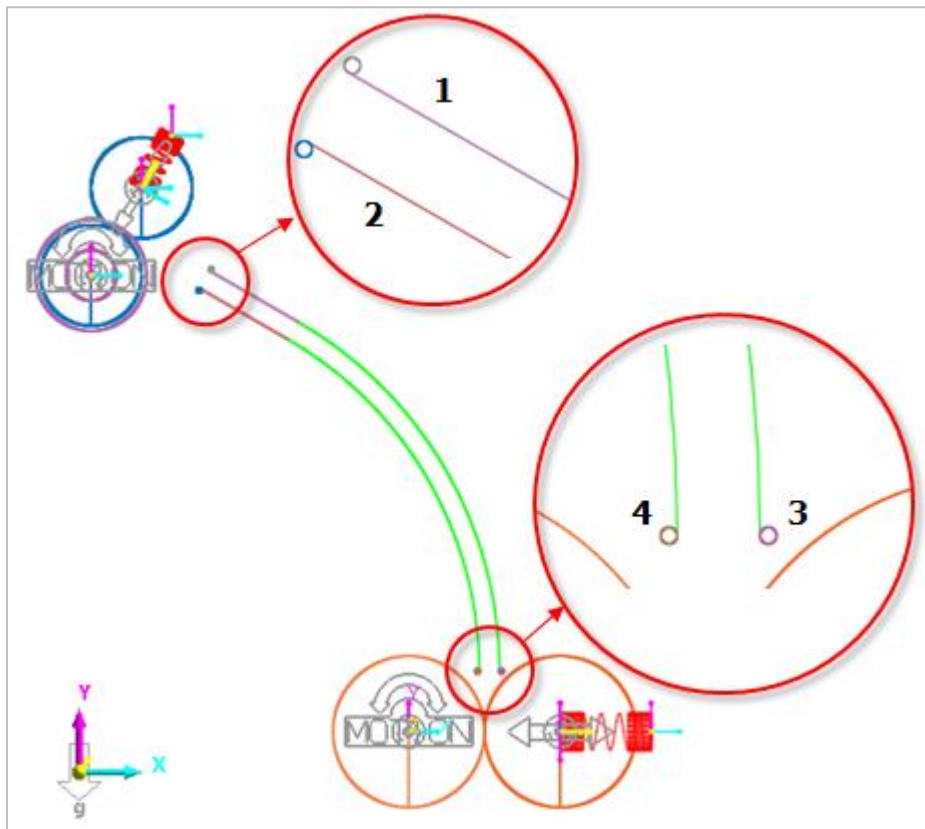
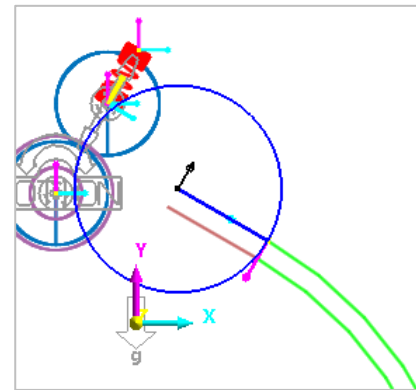
创建圆形导轨：



1. 在功能区的 MTT3D 标签的 Guide 组中，选择 **Circular** 工具。
2. 在建模窗口中，选择刚创建的外侧线性导轨 (**GuideLinear2**) 的左上端，如右图所示。



3. 在建模窗口中，将鼠标指针移到导轨上方以使箭头指向上方，如右图所示，然后点击鼠标左键。
4. 在输入窗口中，输入半径值 0.2。
5. 重复该步骤为其它三个导轨创建圆形导轨，如下所示。

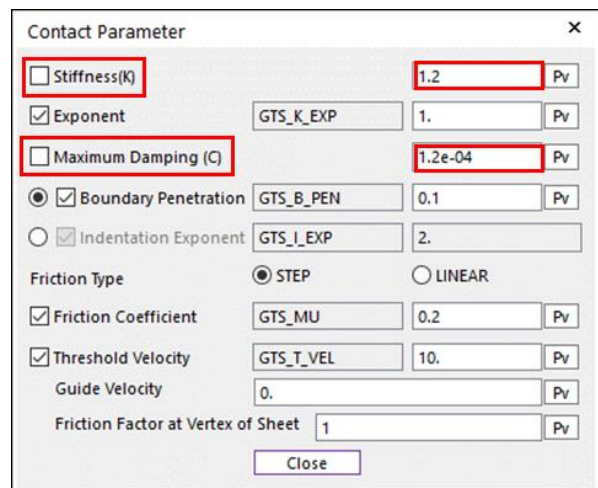


▪ 创建打印机托盘：

1. 创建三个新的直线导轨，使用以下的起点和终点。

| | 起点 | 终点 |
|---------------------|----------|---------|
| GuideLinear3 | -351, 6 | -51, 6 |
| GuideLinear4 | -351, 26 | -351, 6 |
| GuideLinear5 | -51, 6 | -51, 26 |

2. 打开托盘右侧导轨 **GuideLinear5** 的 **Properties** 对话框。
3. 在 **Contact Parameter** 的右侧选择 **To Sheet** 按钮。
4. 取消 **Stiffness** 和 **Maximum Damping** 的复选框。
5. 作以下设置。
- **Stiffness:** 1.2
 - **Maximum Damping:** 1.2e-4

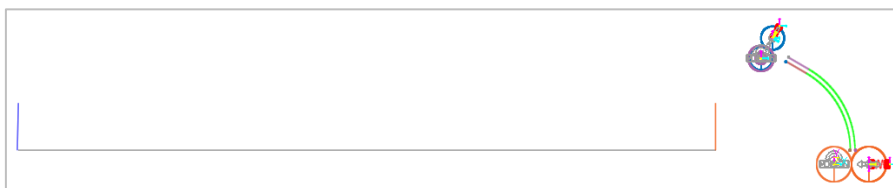


注意：应该增加 **GuideLinear5** 的接触刚度，以避免纸片在仿真结束时接触穿过导轨 **GuideLinear5**。出现这种情况的原因是纸片落入托盘后，会滑动直到撞到 **GuideLinear5**。当纸片的边缘接触到导轨 **GuideLinear5** 时，纸片的一部分会与导轨产生冲击，并且纸片运动的方向正对导轨的法线方向。这两种情况都使导轨更易被纸片穿过。另外的设置中，仿真的最大时间步长也需要调整以避免同样的事情发生。

6. 点击 **Close**。

7. 点击 **OK**。

模型应显示如下，并使托盘放平。接下来绕托盘右下角的参考点旋转托盘，以使其倾斜。



旋转纸片托盘：

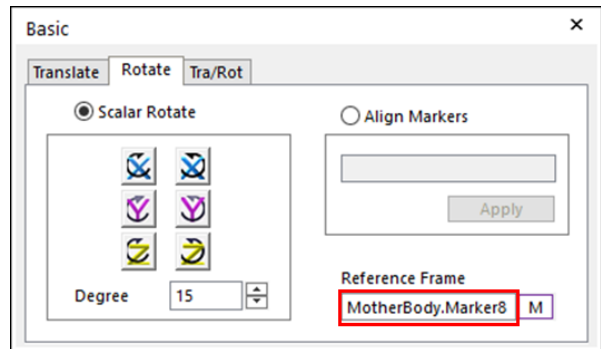


1. 在功能区的 **Professional** 标签的 **Body** 组中，选择 **Marker** 工具。
2. 在建模窗口中，点击任一处将标记与母体关联。
3. 在输入窗口，输入坐标-51,6。在纸片托盘右下角将看见一个新的标记。
4. 使用 **Ctrl** 键，选择组成托盘的三根导轨。



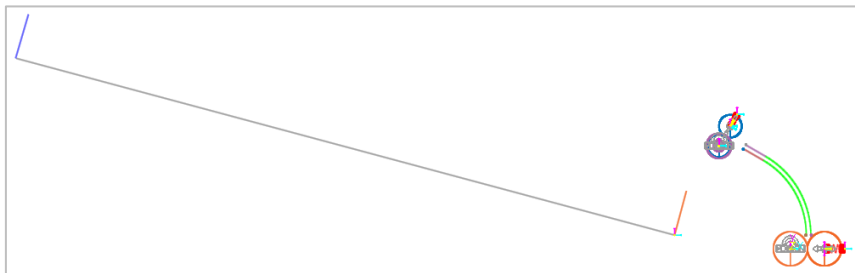
5. 从工具栏中，选择 **Basic Object Control** 工具。

6. 选择 **Rotate** 标签。
7. 角度值输入 15。
8. 在 **Reference Frame** 下，点击 **M** 按钮。
9. 从建模窗口中，选择 **MotherBody.Marker8** (刚创建的标记)。



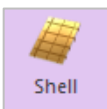
10. 点击绕 **Z** 顺时针旋转按钮。
11. 关闭 **Object Control** 对话框。

托盘应该显示如下。



创建纸片

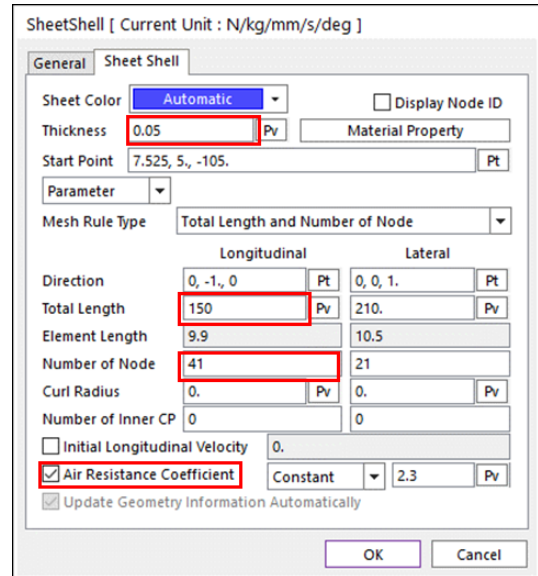
在滚筒下面创建纸片。



创建纸片：

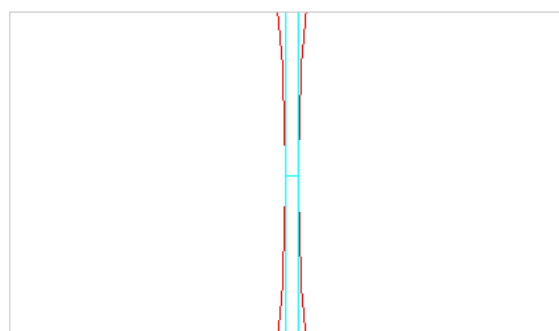
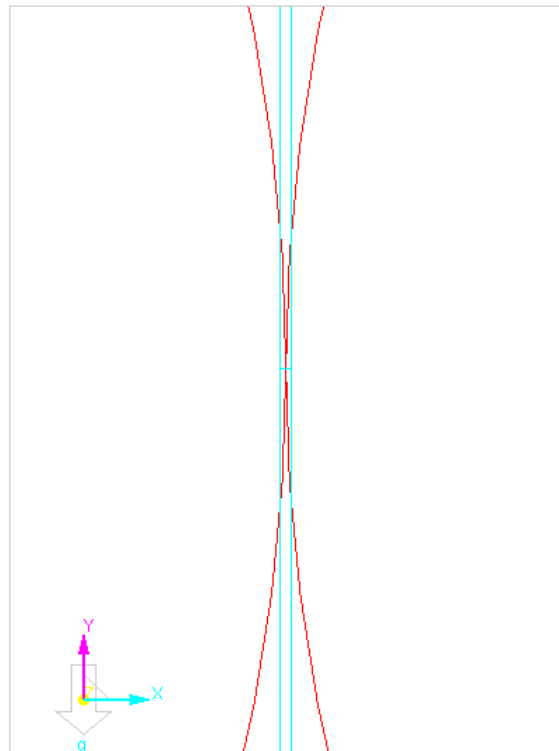
1. 在功能区的 **MTT3D** 标签的 **Sheet** 组中，选择 **Shell** 工具。
2. 在输入窗口，输入开始点 7.525,5。
3. 在输入窗口，输入方向 0,-1。

4. SheetShell 对话框应该显示如下。如果没有显示，将鼠标指针移到建模窗口使其显示。
5. 对 SheetShell 对话框作以下设置，如右图所示。
 - Thickness: 0.05
 - Total Length (Longitudinal): 150
 - Number of Node (Longitudinal): 41
6. 选择 Air Resistance Coefficient 前的复选框。
7. 点击 OK。



纸片已经创建完成，但是如果放大滚筒之间的纸片，会看到它穿过了滚筒，滚筒没有分开足够的空间以容纳纸片，如右图所示。因此，下一步是为纸片和滚筒找到一个合适的开始位置。

对其滚筒内的纸片：



1. 在功能区的 MTT3D 标签的 Roller 组中，选择 Align 工具。
2. 在建模窗口中，选择刚创建的纸片组 SheetShell1。
3. 在建模窗口中，选择纸片右侧滚筒 MovableRollerGroup1。

4. 询问是否需要对齐纸片时选择 OK。

纸片和移动滚筒现在应该被移动到右侧所示的位置。

5. 保存模型。



Align

运行仿真

任务目标

本章开始仿真并**观察**其过程。之后为节省时间，**可以打开一个已经有仿真加载结果的相同模型**，**观察其**结果。



预计完成时间

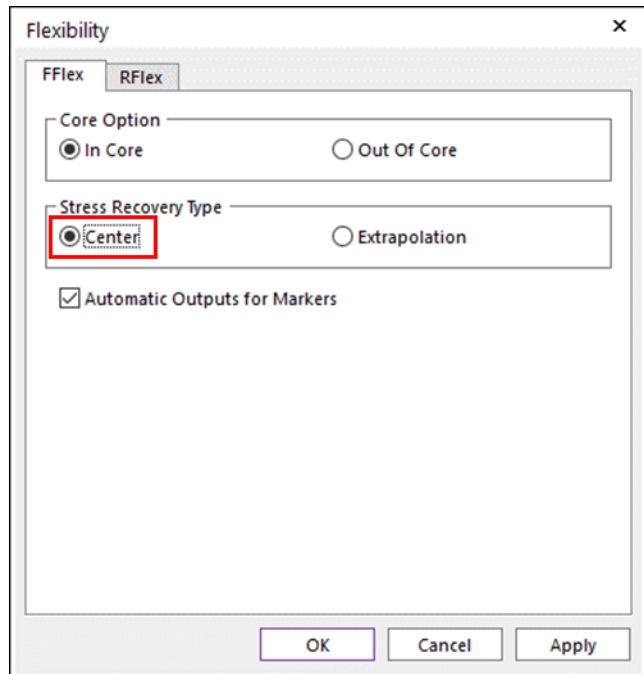
10 分钟

改进云图显示

在运行仿真之前，更改纸片 **Stress Recovery** 的设置。这项设置应该用于大多数带柔性体的模型，以便云图能被解释清楚。

设置应力恢复类型为 **center**：

1. 在功能区的 **Home** 标签的 **Model Setting** 组中，选择 **Flexibility** 工具。
2. 选择 **FFlex** 标签。
3. 在 **Stress Recovery Type** 下侧，选择 **Center**。
4. 点击 **OK**。



运行仿真

下面运行仿真并监测其进程。

运行仿真：

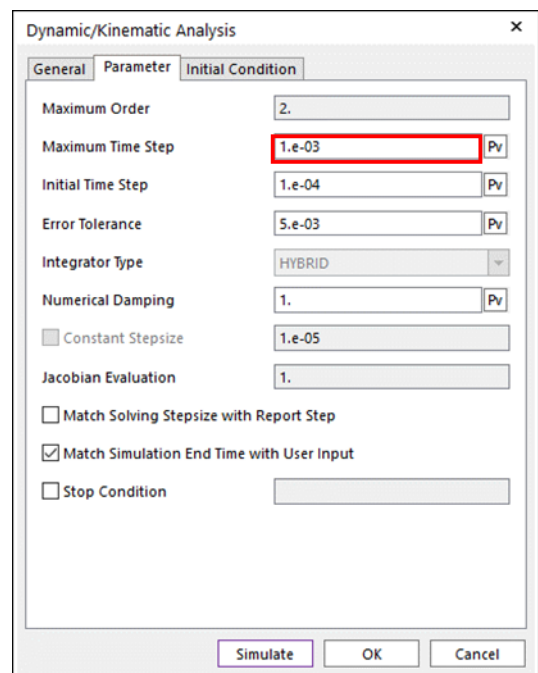
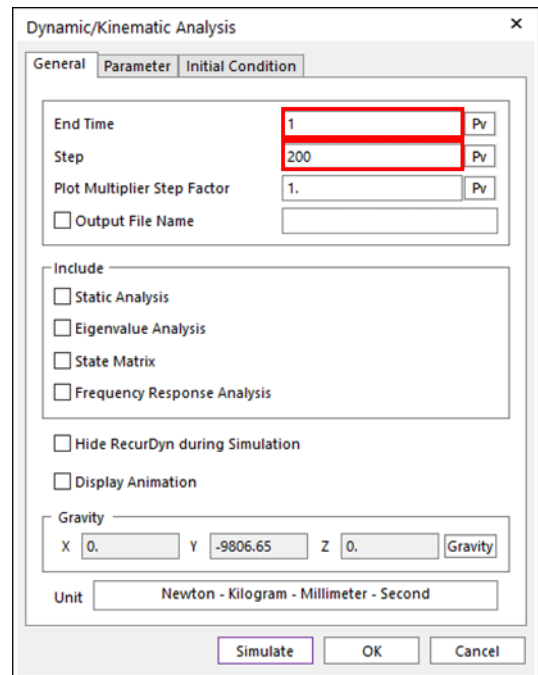


1. 在功能区的 **Analysis** 标签的 **Simulation Type** 组中，选择 **Dyn/Kin** 工具。
2. 作以下设置，如右图所示。
 - **End Time:** 1
 - **Step:** 200
3. 选择 **Parameter** 标签。
4. 更改 **Maximum Time Step** 为 $1e-3$ 。

注意：对于该仿真，最大时间步长应该减少，以防止纸片边缘穿过托盘右侧导轨 **GuideLinear5**。出现这种情况的原因是在接近仿真结束时，当纸片滑向托盘时，由于纸片运动太简单，迭代时间步长太大。纸片持续滑动直到撞到托盘右侧的缓冲块 **GuideLinear5**。如果该点的时间步长过大，仿真从纸片边缘在缓冲块一侧到缓冲块另一侧的状态切换过快，不能正确记录纸片与导轨之间的接触。

5. 点击 **Simulate**，仿真可能要运行几分钟。

当仿真运行时，可以将其停下，并播放已完成部分的结果动画来查看其进程。



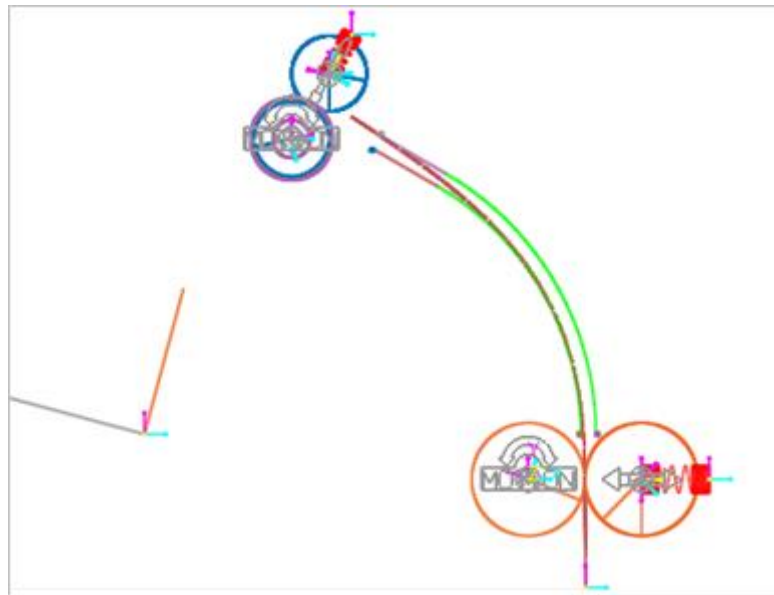
监控仿真：

1. 从工具栏中，点击 **Pause Analysis** 按钮。

Animation Controls 现在应该激活。

2. 从工具栏中，点击 **Play** 按钮。如果仿真完成，可以使用 **Animation Controls** 中的任意命令查看结果。

当仿真完成 20% 时，应该看到纸片通过导轨并开始进入起皱滚筒，如下图所示。这时仿真运行变慢，因为起皱过程中纸片变形量增大并发生接触。



3. 从工具栏中，点击 **Resume Analysis** 按钮，以便继续进行仿真。

查看完整的仿真结果

如果采用多线程的强大计算机，仿真将在一分钟内完成。然而，由于只有有限的时间完成本教程，**可以**打开一个已经有仿真加载结果的相同模型。

打开完成的模型：



1. 从工具栏中，点击 **Stop Analysis** 按钮。
2. 从 **File** 菜单，选择 **Open**。
3. 导航到教程目录 **Printer_complete**。
4. 选择文件 **Printer_complete.rdyn**。
5. 选择 **Open**。
6. 进入 **MTT3D1** 子系统。
 - 在 **Database** 窗口，右击 **Subsystems > MTT3D1**，然后选择 **Edit**。

或者

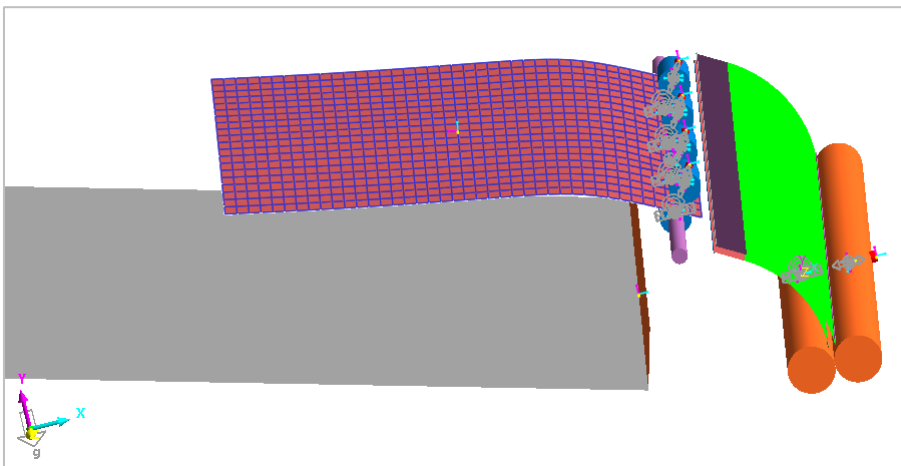
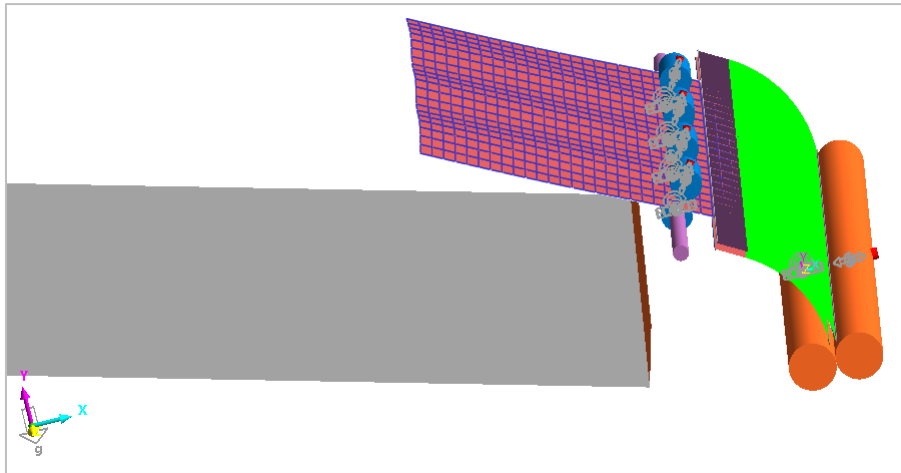
- 在建模窗口中，双击 **MTT3D1** 子系统的任意几何元素。

如果动画控制显示为灰色，**要**导入之前完成仿真的动画结果。

导入动画：

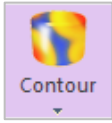
1. 从 **File** 菜单，选择 **Import**。
2. 选择文件 **Printer_complete.rad**。
3. 选择 **Open**。

现在可以使用标准动画控制查看该系统的完整仿真结果。可以看到纸片褶皱，但是在离开起皱滚筒后向下弯曲，如下所示。这使它掉入纸片托盘的过程很笨拙。

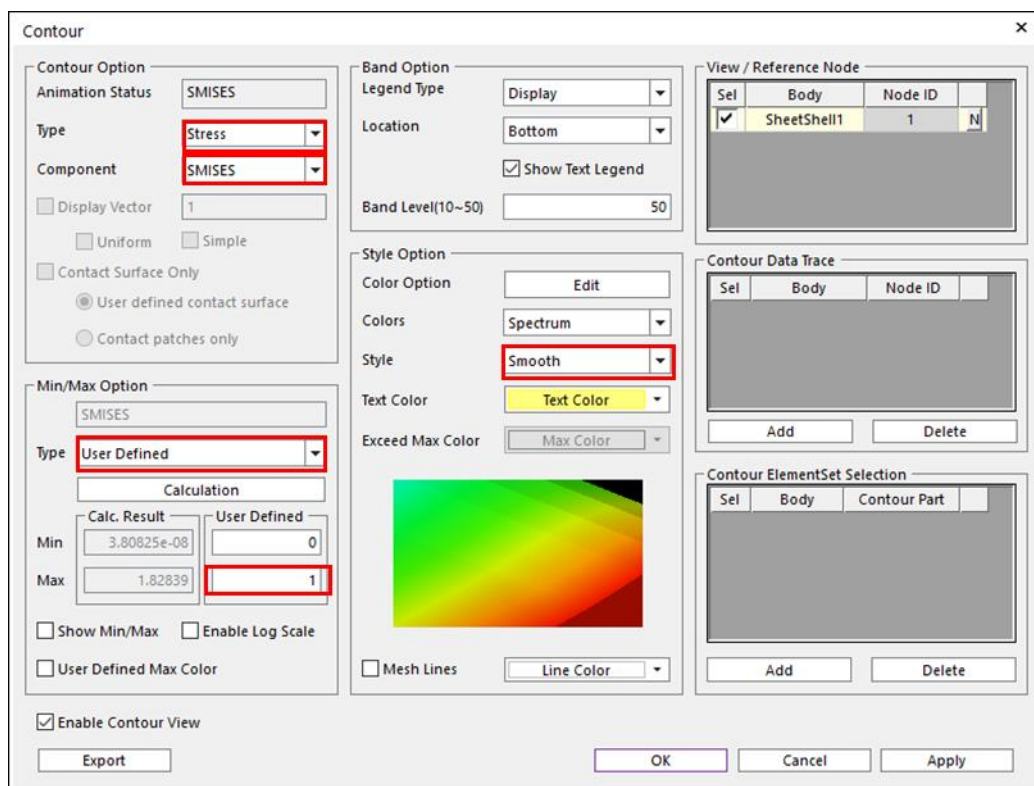


为了查看哪里更容易发生起皱，可以显示纸片内的应力云图。为了查看云图，需要在自己的电脑运行仿真，这样.erd, .rfa, 和 .srd FFlex 输出文件才可用。

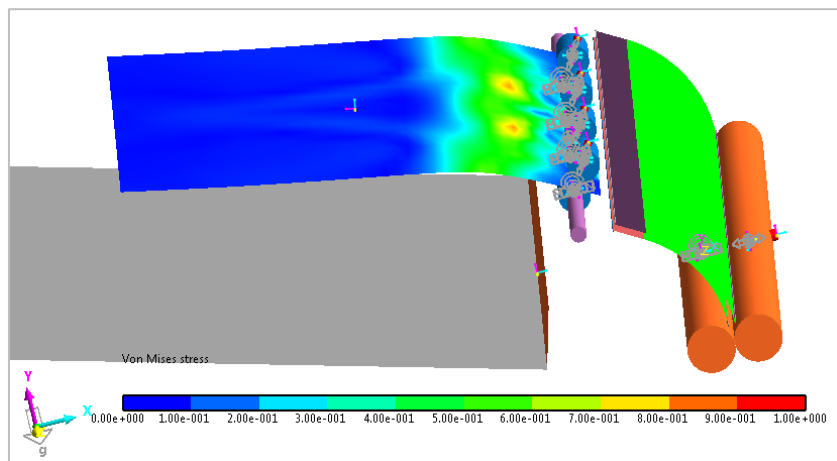
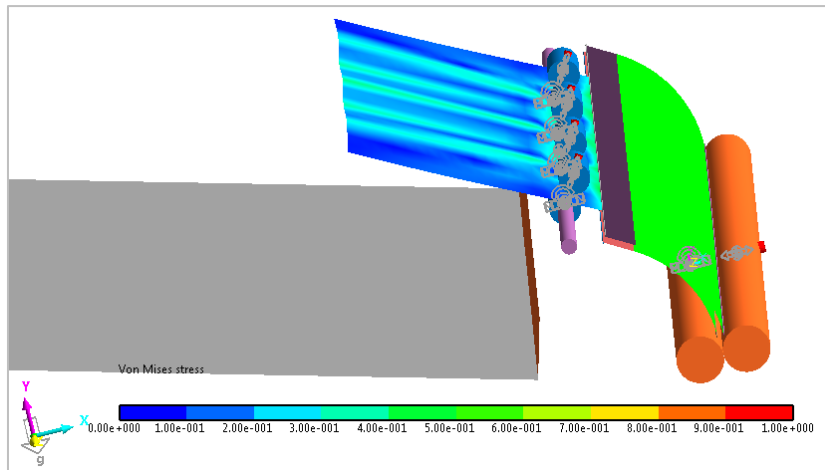
查看应力云图：



1. 在 MTT3D 标签的 Contour 组中，选择 Contour 工具。
2. 在 Contour 选项，从 Type 下拉列表中，选择 Stress。
3. 从显示的数据类型列表中，选择 SMISES。
4. 在 Min/Max 选项，从 Type 下拉列表中，选择 User Defined。
5. 输入 Max 值 1。
6. 在 Style 选项，从 Style 下拉列表中，选择 Smooth。
7. 设置 Text Color 为黑色。
8. 点击 OK。



高应力区域显示了纸片通过滚筒时褶皱发生的位置。在下面的第二幅图中，可以看到在纸片释放前，由于纸片通过滚筒的质量增加，褶皱逐渐消散。



仿真结果显示，设计没有使纸片保持足够长时间的褶皱。在下一章中，将修改设计，以增加起皱效果。

修改设计

任务目标

本章将修改起皱滚筒的设计，以增加其起皱效果，使纸片在离开打印机后都能保持平直。然后导入已经修改过的设计仿真结果并观看效果。

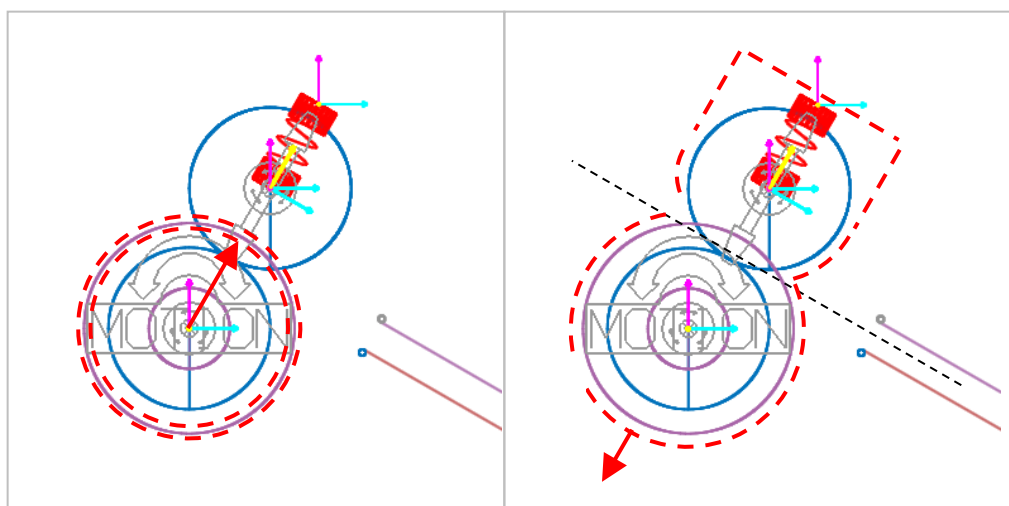


预计完成时间

10 分钟

修改设计

为了增加纸片的起皱效果，增加起皱滚筒的半径。之后，所有的上滚筒将重新定位，以使其与直线导轨的中心线对齐，如下所示。

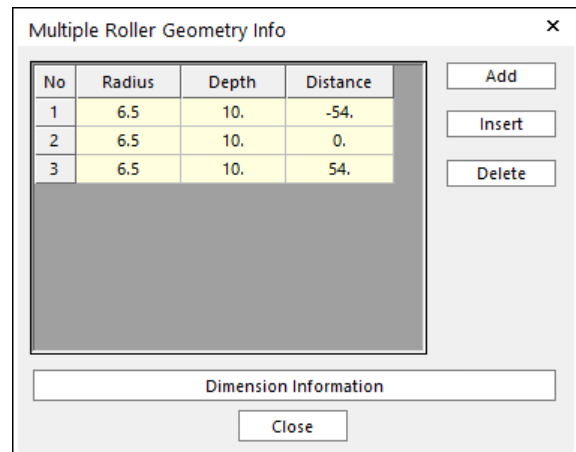


步骤 1:
增加起皱滚筒的半径

步骤 2:
对齐上滚筒与直线导轨中心线

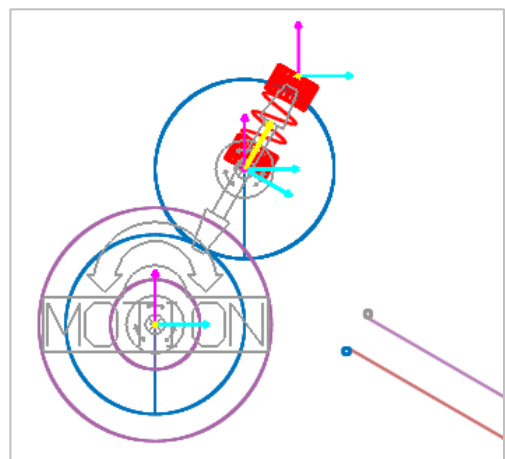
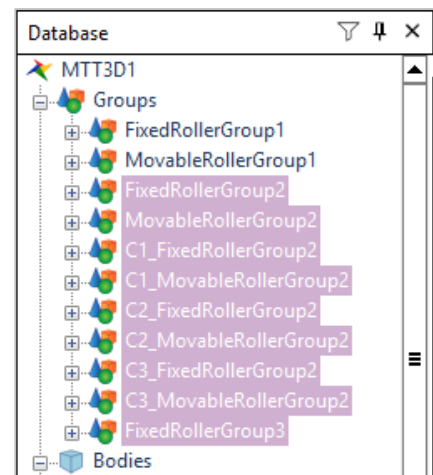
增加起皱滚筒半径:

1. 返回到模型中
2. 打开起皱滚筒 **FixedRollerGroup3** 的 **Properties** 对话框。
3. 点击 **Multiple Roller Info** 按钮。
4. 更改 **Radius** 值为 6.5, 如右侧所示。
5. 点击 **Close**。
6. 点击 **OK**。



对齐上滚筒:

1. 在 **Database** 窗口, 使用 **Shift** 键, 选择 **Groups** 组中除 **FixedRollerGroup1** 和 **MovableRollerGroup1** 外的所有组件。
 - 选择 **FixedRollerGroup2**。
 - 保持按住 **Shift** 键。
 - 选择 **FixedRollerGroup3**。
2. 从工具栏中, 选择 **Object Control** 工具。
3. 输入 **Offset** 值 0.5。
4. 在 **Reference Frame** 下, 点击 **M** 按钮。
5. 在建模窗口中, 选择与弹簧轴线对齐的标记, 如右侧所示。
6. 点击 **-Z** 按钮, 或者能将滚筒向左下移动的按钮。
7. 关闭 **Object Control** 对话框。
8. 将模型保存为一个不同的名字, 例如 **Printer_update.rdyn**。



评估设计更改

修改后的模型准备做仿真，但是与之前一样，可以打开一个已经完成仿真的相同模型，以节约时间。

打开之前已完成的模型：

1. 再次在 **Printer_complete** 教程子目录下，打开文件 **Printer_update.rdyn**。
2. 进入 **MTT3D1** 子系统。
3. 如果动画控制显示为灰色，导入动画文件 **Printer_update.rad**。
4. 和以前一样开启云图。

结果显示褶皱程度增加，并使纸张退出打印机时仍然保持平直，如下图所示。

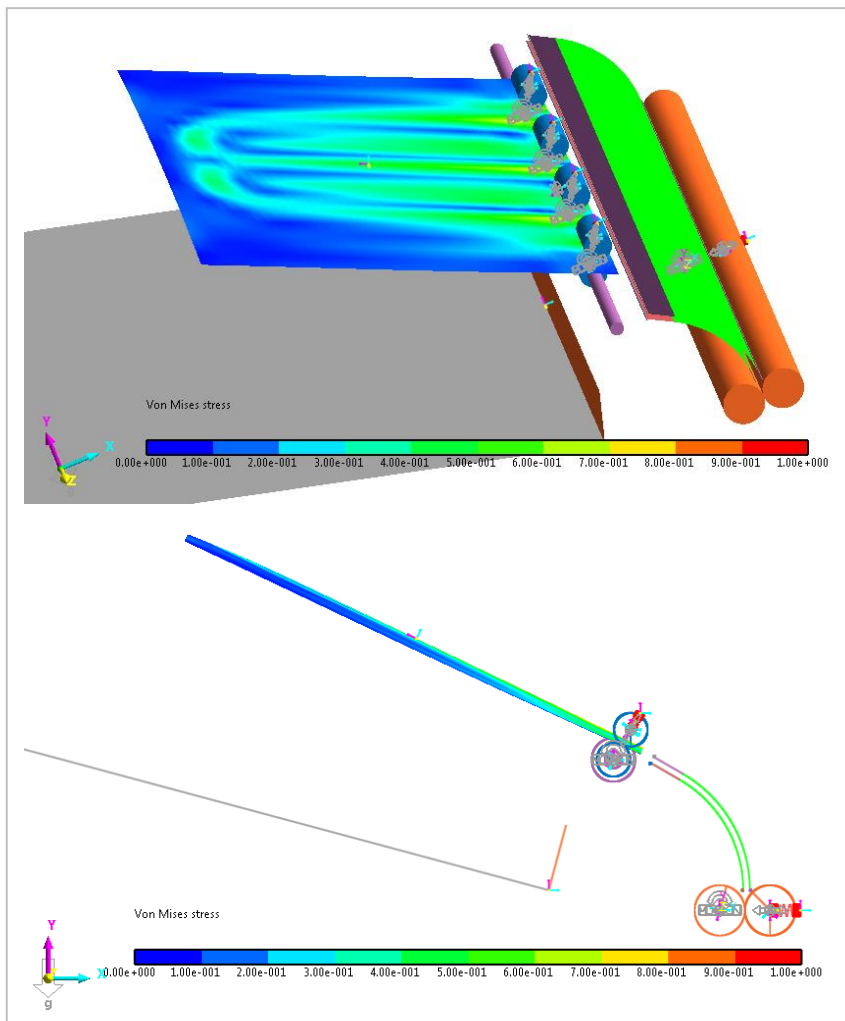


图 1: 纸张离开打印机之后仍保持平直.

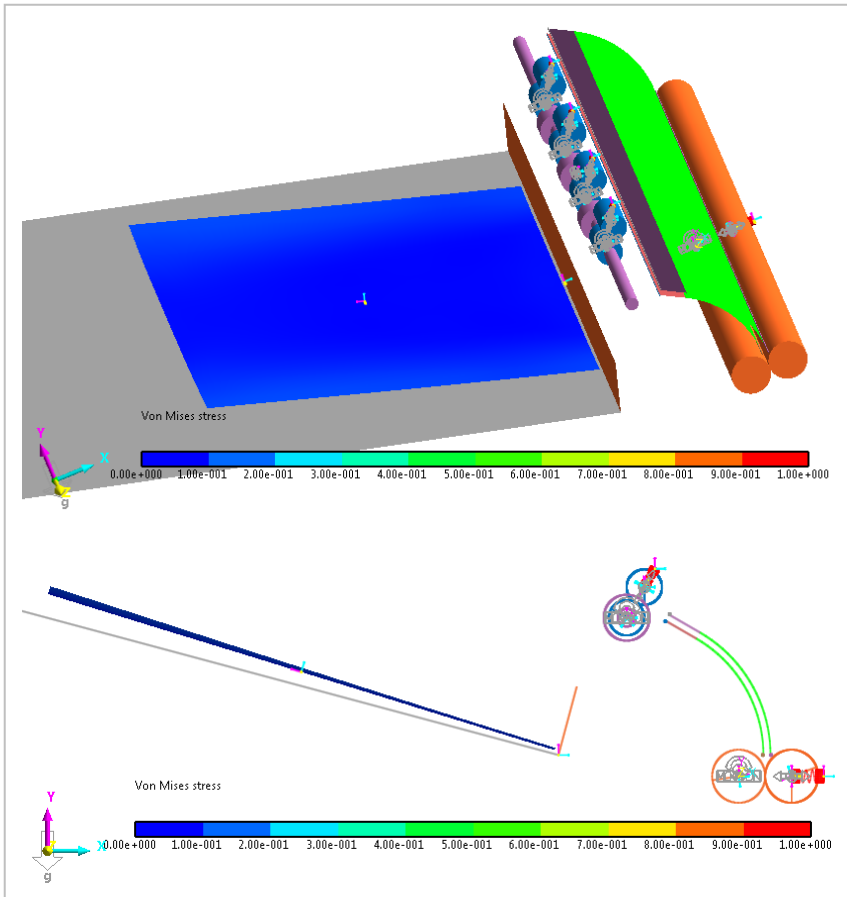
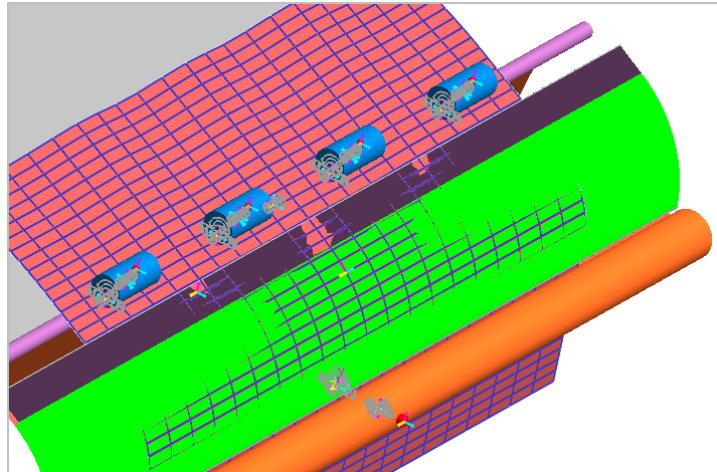
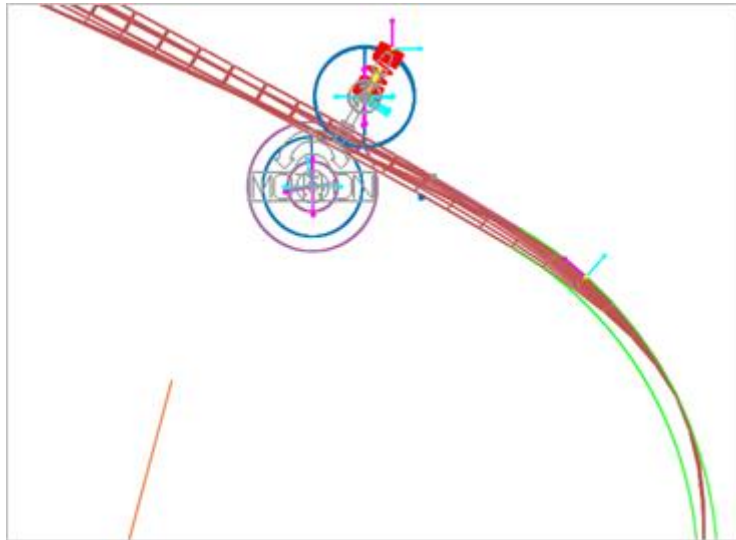


图 2: 纸张近乎平直落入托盘

注意：在修改后的模型，可能会注意到纸片渗透进入外侧弧形导轨，如下所示。



虽然可以看到很多地方发生干涉，但是实际上并不严重。如果从侧视图看，如下所示，可以看到纸片处在导轨的边界内，而渗透只有 0.1mm。



此外，干涉对仿真结果影响较小，这是由于纸片的表现非常合理。

如果导轨的接触刚度增加则渗透将会减少，然而，这也会减少迭代步长使仿真变慢。因此，一般的经验法则是，在尽可能降低接触刚度的同时还要确保模型行为的合理性。

感谢学习本教程!