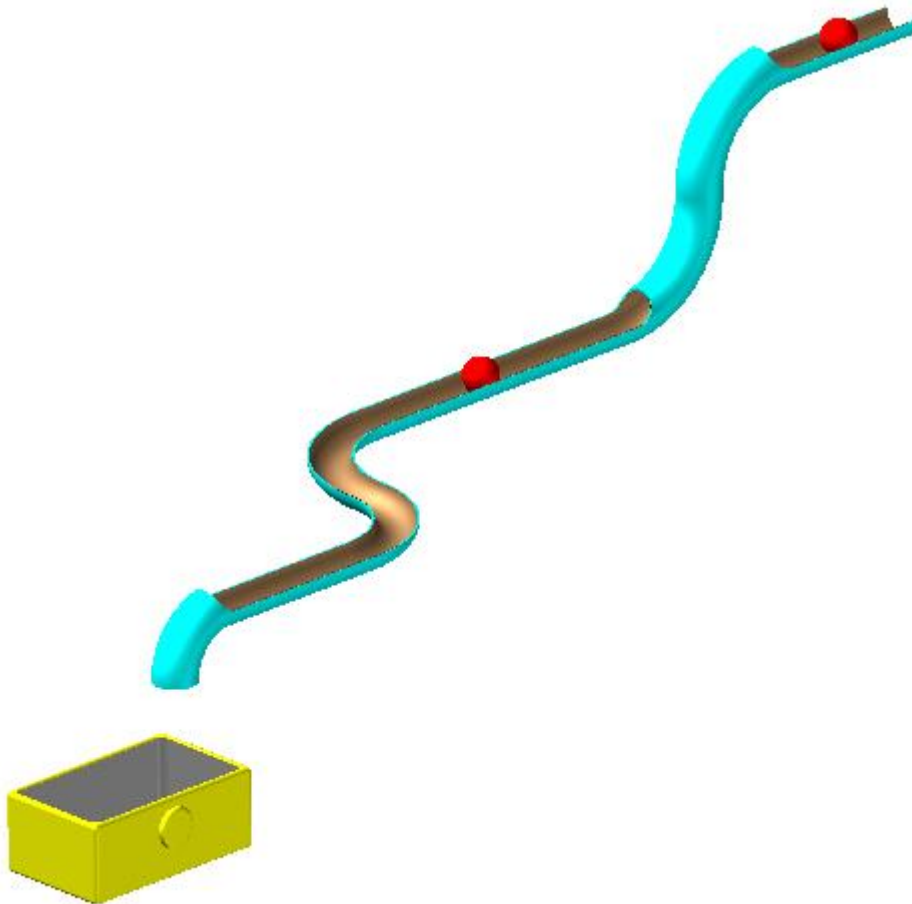




---

## 球回收装置教程（基础）



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*<sup>™</sup> is a registered trademark of FunctionBay, Inc.

*RecurDyn*<sup>™</sup>/SOLVER, *RecurDyn*<sup>™</sup>/MODELER, *RecurDyn*<sup>™</sup>/PROCESSNET, *RecurDyn*<sup>™</sup>/AUTODESIGN, *RecurDyn*<sup>™</sup>/COLINK, *RecurDyn*<sup>™</sup>/DURABILITY, *RecurDyn*<sup>™</sup>/FFLEX, *RecurDyn*<sup>™</sup>/RFLEX, *RecurDyn*<sup>™</sup>/RFLEXGEN, *RecurDyn*<sup>™</sup>/LINEAR, *RecurDyn*<sup>™</sup>/EHD(Styer), *RecurDyn*<sup>™</sup>/ECFD\_EHD, *RecurDyn*<sup>™</sup>/CONTROL, *RecurDyn*<sup>™</sup>/MESHINTERFACE, *RecurDyn*<sup>™</sup>/PARTICLES, *RecurDyn*<sup>™</sup>/PARTICLEWORKS, *RecurDyn*<sup>™</sup>/ETEMPLATE, *RecurDyn*<sup>™</sup>/BEARING, *RecurDyn*<sup>™</sup>/SPRING, *RecurDyn*<sup>™</sup>/TIRE, *RecurDyn*<sup>™</sup>/TRACK\_HM, *RecurDyn*<sup>™</sup>/TRACK\_LM, *RecurDyn*<sup>™</sup>/CHAIN, *RecurDyn*<sup>™</sup>/MIT2D, *RecurDyn*<sup>™</sup>/MIT3D, *RecurDyn*<sup>™</sup>/BELT, *RecurDyn*<sup>™</sup>/R2R2D, *RecurDyn*<sup>™</sup>/HAT, *RecurDyn*<sup>™</sup>/曲柄, *RecurDyn*<sup>™</sup>/PISTON, *RecurDyn*<sup>™</sup>/VALVE, *RecurDyn*<sup>™</sup>/TIMINGCHAIN, *RecurDyn*<sup>™</sup>/ENGINE, *RecurDyn*<sup>™</sup>/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 GLOBEtrouter 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*<sup>™</sup> V9R1.

# 目录

概要 .....	5
目标 .....	5
读者 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
预备知识 .....	6
步骤 .....	6
预计完成时间 .....	6
设置仿真环境 .....	3
任务目标 .....	3
预计完成时间 .....	3
启动 RecurDyn .....	3
导入几何体 .....	4
任务目标 .....	4
预计完成时间 .....	4
导入 CAD 几何体 .....	5
.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
创建球几何 .....	7
保存模型 .....	8
定义运动副和作用力 .....	9
任务目标 .....	9
预计完成时间 .....	9
创建地面与 Body 间的运动副 .....	10
定义扭簧 .....	11
定义 3D 接触 .....	12
任务目标 .....	12
预计完成时间 .....	12
定义球体 Ball_1 和回球管道之间的接触 .....	13
定义 Ball 和收球箱之间的接触 .....	15
Ball 和收球箱之间创建接触: .....	16
定义 Ball_1 和 Ball_2 之间的接触 .....	16
调整接触面的分辨率 .....	17
保存模型 .....	20

---

分析和查看结果.....	22
任务目标.....	22
预计完成时间.....	22
进行动态/运动分析.....	23
查看结果.....	24
运行新的仿真.....	28
比较两次仿真的结果.....	30

---



## 概要

### 目标

物体间接触的建模和仿真是多体动力学研究的重要课题。**RecurDyn** 具有定义和仿真三维接触的强大功能。本教程中的案例仿真回球系统和收球箱。

本章教程对如何建立复杂的接触模型进行指导。对简单的问题，定义完整的体与体接触看起来是很简单的。然而，对于真实模型，当考虑每个可能的接触时，很可能由于太复杂不能有效仿真。**RecurDyn** 提供选择面和创建合理接触面的强大功能。当定义接触时，可以使用合理接触面，这种复杂接触的建模，其结果是有效的。

本教程提供 **3D** 接触建模的介绍，将学习到：

在导入的几何体中创建多面接触面。

定义物体间的 **3D** 接触。

调整接触参数，正确表示物理系统。

确定结构分析中使用的加载情况。

同时将：

仿真两个保龄球穿过回球通道，掉进收球箱过程中的运行状态。

研究仿真结果定义的收球箱载荷情况。

---



本教程大概需要 **51** 分钟完成。

## 用户须知

本教程用于 **RecurDyn** 的新手学习如何创建几何体，运动副，力元素和 **2D** 接触。所有使用到的新功能都会详细讲解。

## 预备知识

用户应先学习 **3D** 曲柄滑块教程，螺旋桨发动机教程，弹球（**2D** 接触）教程，或类似知识。要求具备基本物理知识。

## 步骤

本教程包括以下步骤。预计完成每个教程所需的时间如下表所示。

Procedures	Time (minutes)
Simulation environment setup	1
Geometry import	5
Joint and force definition	10
3D contact definition	5
Analysis and review	5
Contact parameter adjustment	10
Analysis and review	15
<b>Total</b>	<b>51</b>



预计完成时间

# 设置仿真环境

## 任务目标

学习如何设置仿真环境



### 预计完成时间

1 分钟

### 启动 RecurDyn

启动 **RecurDyn**，并创建新的模型：

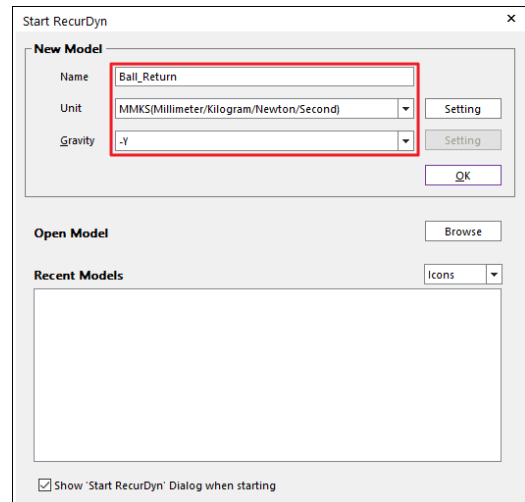
双击在桌面上的 **RecurDyn** 图标。

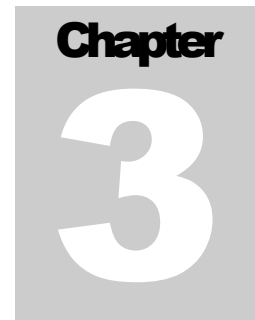
启动 **RecurDyn**，弹出 **Start RecurDyn** 对话框。

在 **Name** 栏中输入新模型的名称，**Ball\_Return**。

1. 将 **Unit** 设置为 **MMKS**。
2. 将 **Gravity** 设置为 **-Y**。

点击 **OK**。





## 导入几何体

在本模型中导入回球通道几何体和收球箱几何体。并使用导入的几何体定义接触面。

### 任务目标

将学习以下内容：

导入 **Parasolid** 格式的实体几何。

使用 **FaceSurface tool**，在导入的几何体上创建接触面。



### 预计完成时间

5 分钟



## 导入 CAD 几何体

现在导入回球通道和收球箱的 CAD 几何体。此案例中，在 CAD 系统的正确位置进行几何体建模。不需要调整几何体的位置。

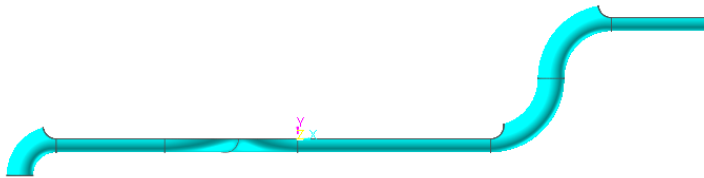
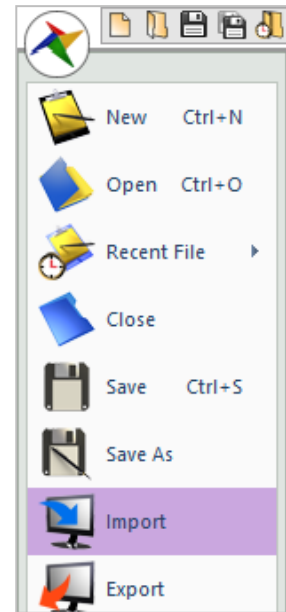
导入回球系统的几何体

1. 在 **File** 菜单下，点击 **Import**。
2. 设置 **Files of type** 为 **ParaSolidFile(\*.x\_t;\*.x\_b...)**。
3. 在 **RecurDyn** 安装目录的 **BasicTutorials** 文件中，选择文件：**Return\_x\_t** (文件目录：**<InstallDir>/Help/Tutorial/Professional/BallReturn**)。
4. 点击 **Open**。

弹出输出窗口，并显示成功导入的消息。

**小贴士：** 通过点击主页选项卡 Window 分组中的 Message 按钮可以打开或关闭 Message 窗口。

回球通道的几何体会出现在工作窗口，命名为 **ImportBody1** 的物体会出现在 **Database** 窗口。



**小贴士：** 将模型的视图更改为所需的状态。

使用 **View Control Toolbar** 功能自动将模型视图放到屏幕上。

 在 **View Control Toolbar** 中点击 **Fit**，该模型会被调至适合的屏幕尺寸。

(该功能的快捷键是 ‘K’ 键。)

 在 **View Control Toolbar** 中点击 **View Snap**，它会从当前视图状态设置为最接近的 Plane 视图或者 Isometric 视图状态。

(该功能的快捷键是 ‘G’ 键。)

可以通过变更 **Render Toolbar** 中的 **Rendering Mode** 来变更图像渲染的方式。

**Wireframe:** 通过 Wireframe 显示实体。



**Shade:** 通过 Shade 显示实体。

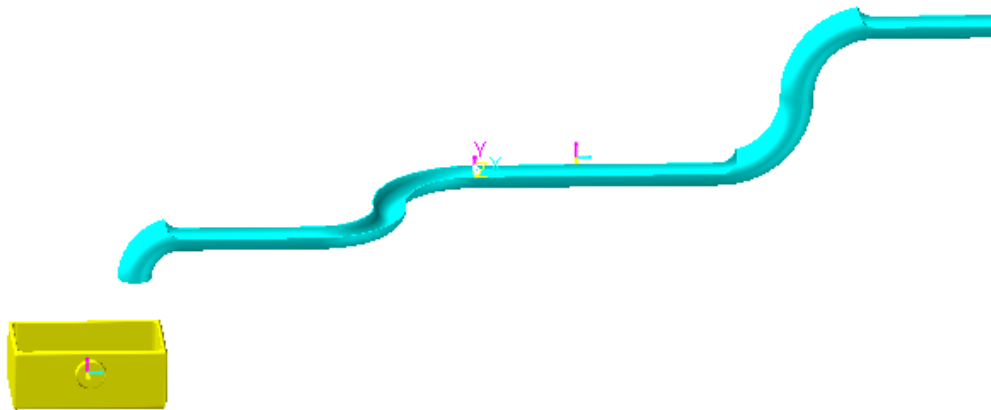
**Shade With Wire:** 通过 Shade 和 Wireframe 显示实体。

**Each Render:** 对于每个实体，用户可以指定所需的 Rendering 类型。

## 导入收球箱几何体

根据上面的介绍，导入 **Container.x\_t** 文件。（文件目录：**<InstallDir>/Help/Tutorial/Professional/ BallReturn**）

表示收球箱的几何体显示在工作窗口（如下图），并且命名为 **ImportBody2** 的物体出现在 **Database** 窗口。



设置两个物体的命名：

1. 打开 **ImportBody1** 的 **Property** 对话框。
2. 选择 **General** 选项后将 **Name** 更改为 **ReturnPipe**。
3. 点击 **OK**。
4. 打开 **ImportBody2** 的 **Property** 对话框。
5. 选择 **General** 选项后将 **Name** 更改为 **Container**。
6. 点击 **OK**。

## 创建球几何

创建仿真中的两个保龄球。在该过程中需要创建球几何体，设置正确的质量属性和名称。另外对 **Ball\_1** 赋予 **2m/s** 的初速度 进行仿真。

创建两个球的几何：

1. 在 **Professional** 标签的 **Maker and Body** 组下，点击 **Ellipsoid**。输入以下设置：

**Point: 3000,1000,0。**

**Distance: 90。**

2. 在 **Professional** 标签的 **Maker and Body** 组下，点击 **Ellipsoid** 工具，输入以下设置：

**Point: 700,0,0。**

**Distance: 90。**

更新两个球体

1. 显示 **Body1**，即第一个球的 **Property** 对话框：

在 **General** 标签，更改 **Name** 为 **Ball\_1**。

在 **Graphic Property** 标签，更改 **Color** 为 **Red**。

在 **Body** 标签，按照以为内容设置 **Material**：

更改 **MaterialInputType** 为 **UserInput**。

更改 **Mass** 为 **30**。

更改 **Ixx**, **Iyy**, **Izz** 为 **100000**。

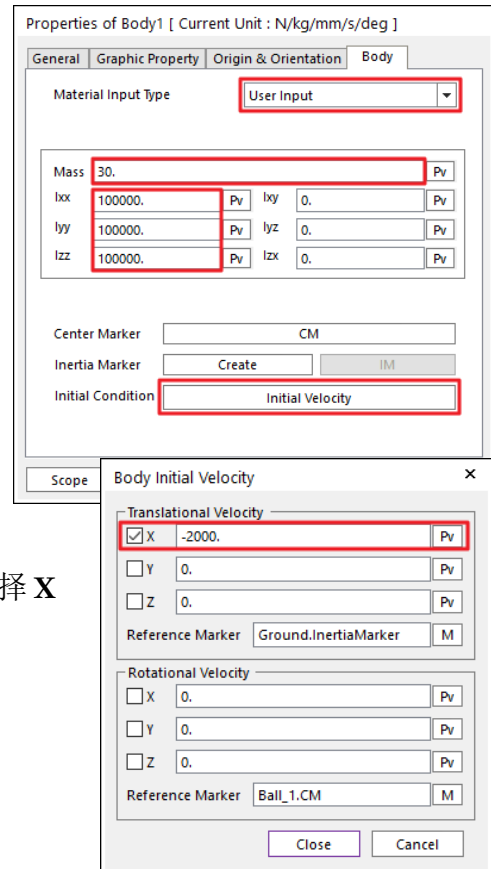
在 **Body** 标签，点击 **Initial Velocity** 进行以下设置：

在弹出的 **Body Initial Velocity** 窗口中，选择 **X Translational Velocity**。

设置速度值为 **-2000**。

点击 **Close**，关闭 **Body Initial Velocity** 对话框。

点击 **OK**，关闭 **Ball\_1** 的 **Property** 对话框。



## 2. 显示 Body2 的 Property 对话框:

在 **General** 标签下, 更改 **Name** 为 **Ball\_2**。

在 **Graphic Property** 标签下, 更改 **Color** 为 **Red**。

在 **Body** 标签下, 按照以下内容设置 **Material**:

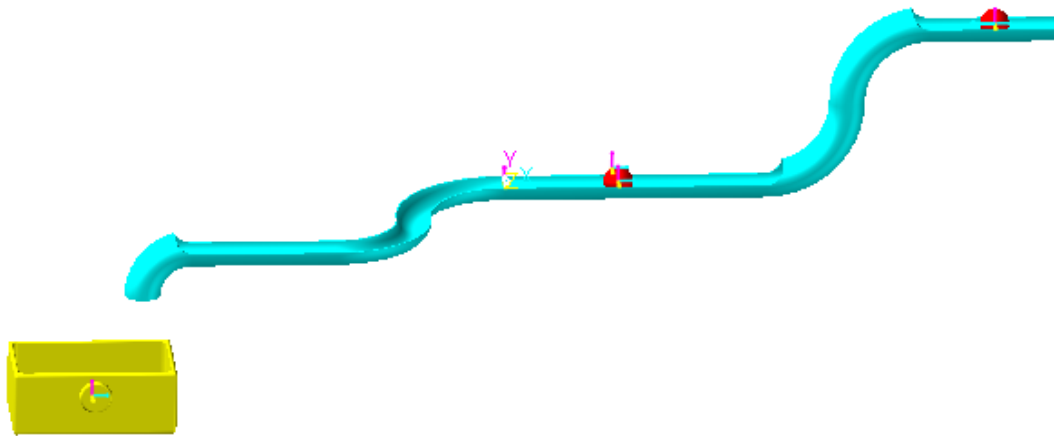
更改 **Material InputType** 为 **User Input**。

更改 **Mass** 为 **30**。

更改 **Ixx**, **Iyy**, **Izz** 为 **100000**。

点击 **OK**, 关闭 **Ball\_2** 的 **Property** 对话框。

创建的模型如下图所示。



在继续下一章之前先保存当前  
Chapter

保存模型



# 定义运动副和作用力

本章学习如何创建必需的运动副和作用力。

## 任务目标

本章将创建

将回球通道固定的固定铰。

定义收球箱支点的旋转副。

采用扭簧定义螺旋弹簧，在球落下时控制收球箱的转动



## 预计完成时间

10 分钟

## 创建地面与 Body 间的运动副

将球回收管道用固定连接，固定在地面：



1. 在 **Professional** 标签的 **Joint** 组下，点击 **Fixed**。
2. 设置 **Creation Method** 工具栏为 **Body, Body, Point**。
3. 选择地面作为 Base Body，点击工作窗口中没有几何体的任意位置。（或者直接输入地面。）
4. 单击 **ReturnPip** 作为 **Action Body**。
5. 将 **Point** 设置为 **1600, 0, 0**。

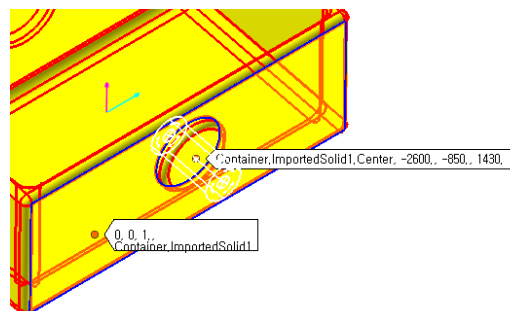
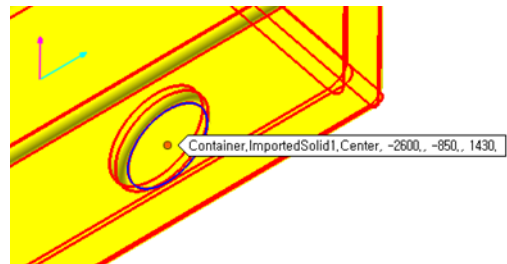
用旋转副连接球箱与地面：



1. 在 **Professional** 标签下的 **Joint** 组中，点击 **Revolute**。
2. 设置 **Creation Method** 工具栏为 **Body, Body, Point, Direction**。
3. 选择地面作为 Base Body，点击工作窗口中没有几何体的任意位置。
4. 单击 **Container** 作为 **Action Body**。

放大收球箱后，利用几何体的信息定义剩余的点和方向。

5. 如右图所示，将光标移到圆的边缘。当指向圆中心的坐标显示为 **(-2600, -850, 1430)** 时，点击鼠标左键，输入点。
6. 同样如右图所示，将光标移到方形的面上。当指向选中面的法向量的值为 **(0, 0, 1)** 时，点击鼠标左键，输入方向。



如下图所示生成 **RevJoint1**。



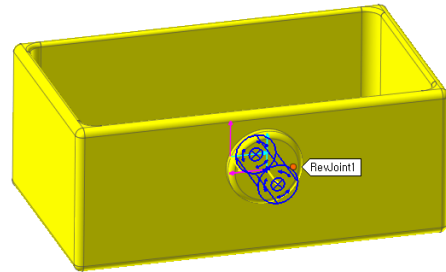
## 定义扭簧

创建一个控制收球箱旋转的扭簧。

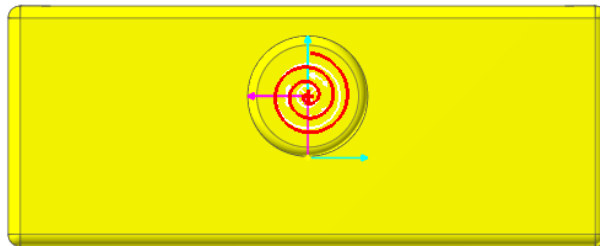
创建扭簧：



1. 在 **Professional** 标签的 **Force** 组下，点击 **Rotational Spring**。
2. 设置 **Creation Method** 工具栏为 **Joint**。
3. 在工作窗口中点击刚刚创建的旋转副的图标 **RevJoint1**。

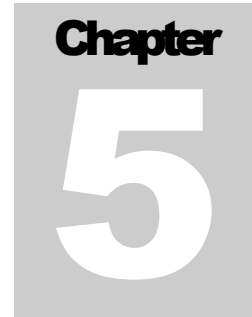


如下图所示生成 **RotationalSpring1**。



# 定义 3D 接触

本章学习创建两球体之间、两球体与管道、两球体与收球箱的接触。



## 任务目标

在下面的物体间创建接触：

球体 **Ball\_1** 和收球管道。

球体 **Ball\_2** 和收球管道。

球体 **Ball\_1** 和收球箱。

球体 **Ball\_2** 和收球箱。

球体 **Ball\_1** 和球体 **Ball\_2**。



## 预计完成时间

10 分钟



## 定义球体 Ball\_1 和回球管道之间的接触

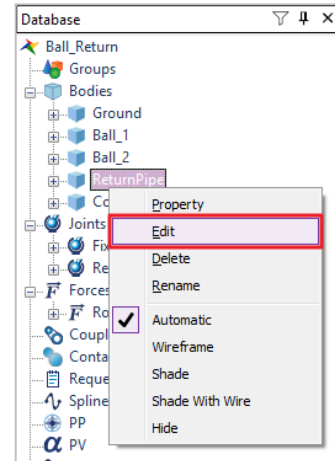
在回球管道的 Solid 几何体中，只定义所需的面为接触表面并使用该表面定义回球管道与两个球体的接触。

创建回球管道的接触表面：

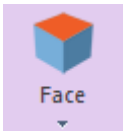
1. 使用以下方法进入 ReturnPipe Body 的 Edit 模式：

在 Database 窗口，右键点击 ReturnPipe。

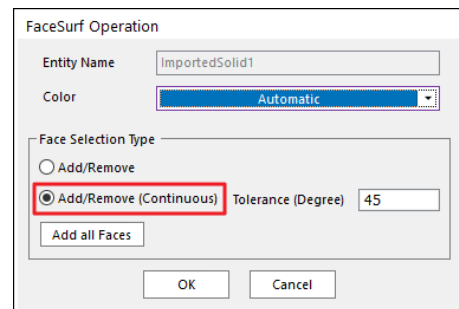
在弹出的菜单下，点击 Edit。



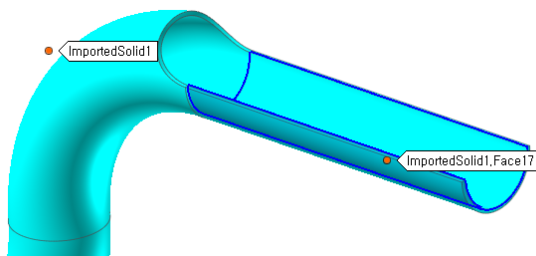
2. 在 Geometry 标签下的 Surface 组中，点击 Face。
3. 设置 Creation Method 工具栏为 Solid (Sheet)， MultiFace。



4. 单击 ImportedSolid1 作为 Solid。然后弹出 FaceSurf Operation 对话框。

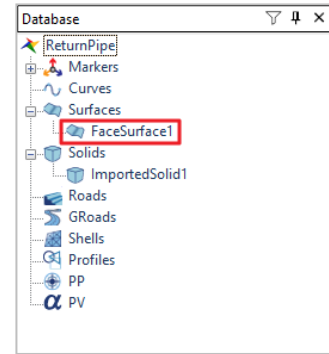
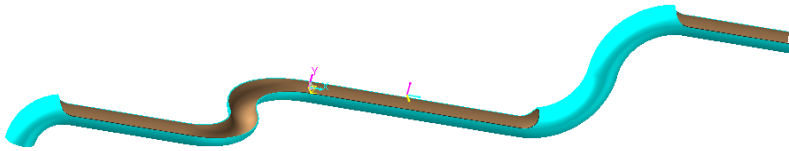


5. 选择 Add/Remove (Continuous) 选项。
6. 如下图所示，点击管道的内表面。
7. 选中所有内表面后，点击 OK，结束接触表面的

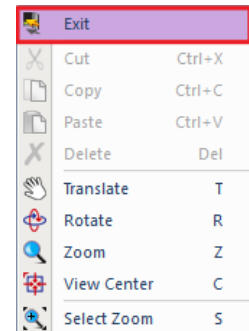


定义。

新定义的接触表面在 Contact Surface 的 Database 窗口以选项形式出现，如下图的 FaceSurface1。



8. 右键单击工作窗口和 **Exit**，退出回球管道的 **Edit** 模式。

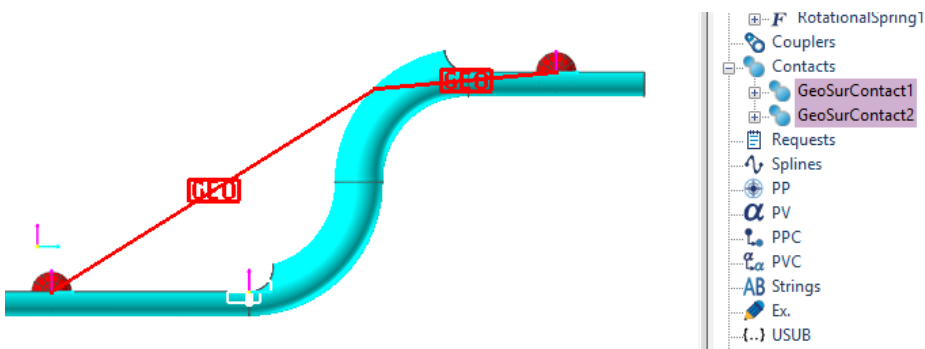


在 Ball 和回球管道之间创建接触：



1. 在 Professional 标签的 Contact 组下，点击 GeoSph。
2. 设置 Creation Method 工具栏为 Surface (PatchSet)，MultiSphere。
3. 选择 ReturnPipe.FaceSurface 作为 Surface (PatchSet)。
4. 依次选择 Ball\_1.Ellipsoid1 及 Ball\_2.Ellipsoid1 作为 MultiSphere。
5. 右键单击工作平面并单击 Finish Operation。

如下图所示 Database 中生成 GeoSurContact1 和 GeoSurContact2。



## 定义 Ball 和收球箱之间的接触

与回球管道相同，只定义所需的面为接触表面并使用该表面定义收球箱与两个球体的接触。

创建收球箱几何的接触表面：

1. 使用以下方法进入 **Container Body** 的编辑模式：

在 **Database** 窗口，右键点击 **Container**。

在弹出的菜单下，点击 **Edit**。

2. 在 **Geometry** 标签的 **Surface** 组下，点击 **Face**。

3. **Creation Method** 工具栏设置为 **Solid (Sheet)**，**MultiFace**。

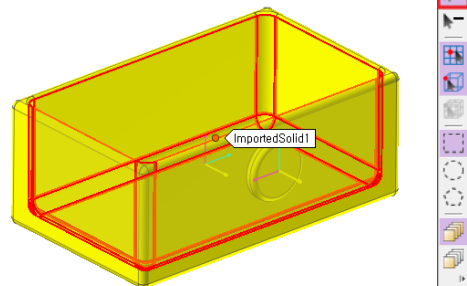
4. 点击 **ImportedSolid1** 作为 **Solid**。

5. 选择 **Add/Remove** 选项。

6. 在 **Select Toolbar** 中将 **Select State** 变更为 **Add**。

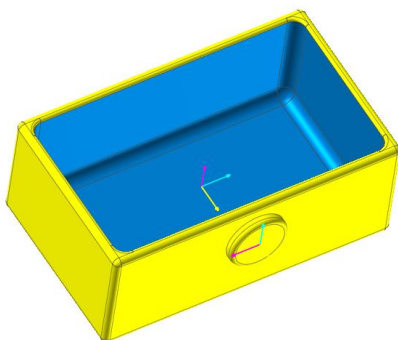
7. 如右图所示，逐一单击 **Container** 的内表面进行添加。

（如果出现选择错误的情况，请将 **Select State** 变更为 **Delete**，然后单击删除。）

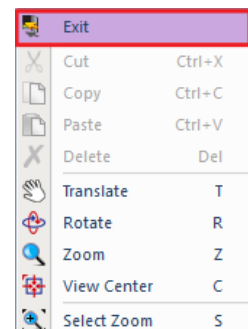


8. 如右图所示选中所有内表面，点击 **OK**，完成接触面的定义。

如下图所示生成 **FaceSurface1**。



9. 通过右键点击工作窗口，然后点击 **Exit**，退出 **Body** 的 **Edit** 模式。

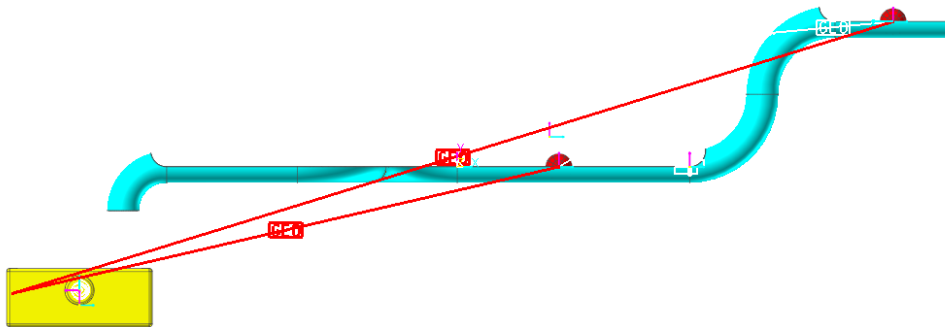


Ball 和收球箱之间创建接触：



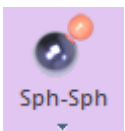
1. 在 Professional 标签的 Contact 组下，点击 GeoSph。
2. 设置 Creation Method 工具栏为 Surface (PatchSet) ， MultiSphere。
3. 选择 Container.FaceSurface 作为 Surface (PatchSet) 。
4. 依次选择 Ball\_1.Ellipsoid1 及 Ball\_2.Ellipsoid1 作为 MultiSphere。
5. 右键单击工作平面并单击 Finish Operation。

如下图所示 Database 中生成 GeoSurContact3 和 GeoSurContact4。



定义 Ball\_1 和 Ball\_2 之间的接触

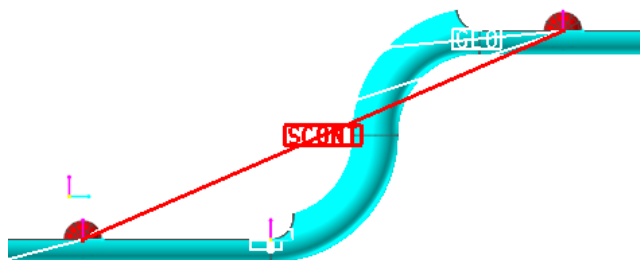
创建球体间的接触：



在 Professional 标签的 Contact 组下，点击 Sph-Sph。输入如下操作：

Sphere: 点击 Ball\_1.Ellipsoid1。

Sphere: 点击 Ball\_2. Ellipsoid1。



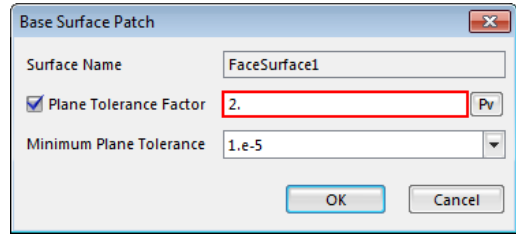
## 调整接触面的分辨率

在上面定义的 GeoSphere Contact 中，可以调整接触面的分辨率以进行更精确的分析。

调整 GeoSurContact1 的分辨率：



1. 为了更准确的看到接触面的 Faceting 状态，在 Render Toolbar 中将 Rendering Mode 变更为 Wireframe。
2. 打开 GeoSurContact1 的 Property 对话框。



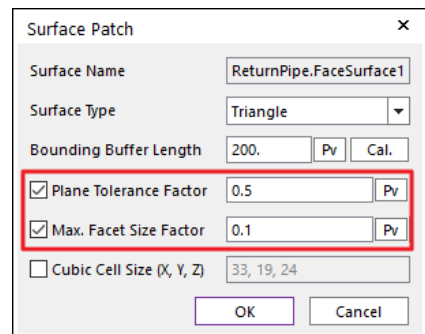
如下图所示出现 ReturnPipe.FaceSurface1 的 Faceting 状态。



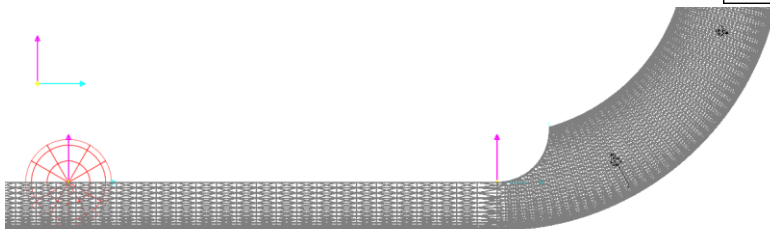
3. 在 Geo Contact 标签的 Base Geometry 组下，单击 Contact Geometry。

弹出 Surface Patch 对话框。

4. 将 Plane Tolerance Factor 变更为 0.5。
5. 打开 Max. Facet Size Factor 选项输入 0.1 作为 Factor 值。
6. 在 Surface Patch 对话框中单击 OK。



如下图所示 Facet Size 变得更详细。



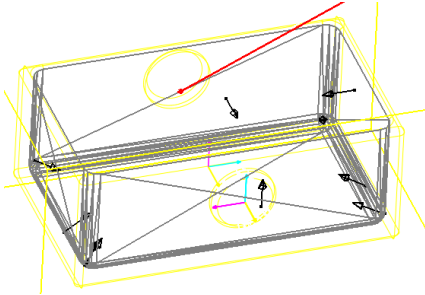
7. 在 GeoSurContact1 对话框中单击 OK。

GeoSurContact2 与 GeoSurContact1 具体相同的几何结构，因此不需要修改。

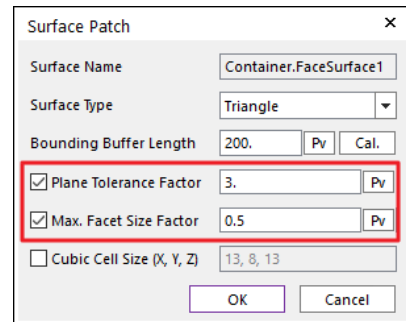
调整 GeoSurContact1 的分辨率:

1. 打开 GeoSurContact3 的 Property 对话框。

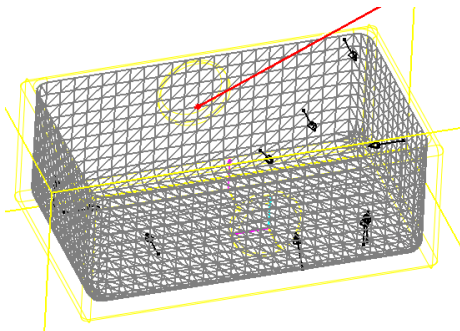
如下图所示出现 Container.FaceSurface1 的 Faceting 状态。



2. 在 GeoContact 标签的 Base Geometry 组下, 单击 Contact Geometry。弹出 Surface Patch 对话框。
3. 打开 Max. Facet Size Factor 选项输入 0.5 作为 Factor 值。
4. 在 Surface Patch 对话框中单击 OK。



如下图所示 FacetSize 变的更详细。



5. 在 GeoSurContact1 对话框中单击 OK。

GeoSurContact3 与 GeoSurContact4 具体相同的几何结构, 因此不需要修改。



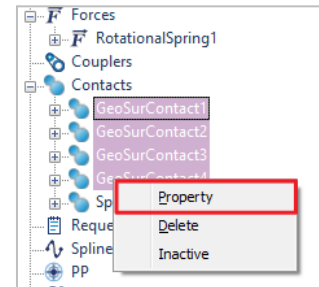
6. 在 Render Toolbar 中将 Rendering Mode 变更为 Shade With Wire。

## 修改 GeoSurContact 的 Property

变更回球管道与两球体间接触的 Property。

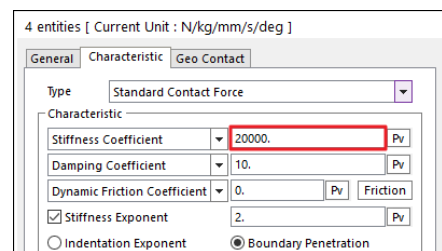
1. 在 Database 中选中四个 **GeoSurContact**，按住 **Ctrl** 键，单击鼠标右键，然后单击 **Property**。

弹出 Multi-Property 对话框，在该对话框中可以一次修改多个 Entity 的 Property。



2. 在 **Characteristic** 标签中作如下变更。

- **Stiffness Coefficient: 20000**

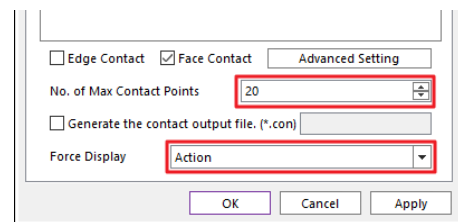


需要定义 **Force Display** 的相关选项，使得在播放动画的时候，可观察回球管道与两球体之间的接触力，。

3. 在 **Geo Contact** 标签中作如下变更。

- **No. of Max Contact Points: 20**
- **Force Display: Action**

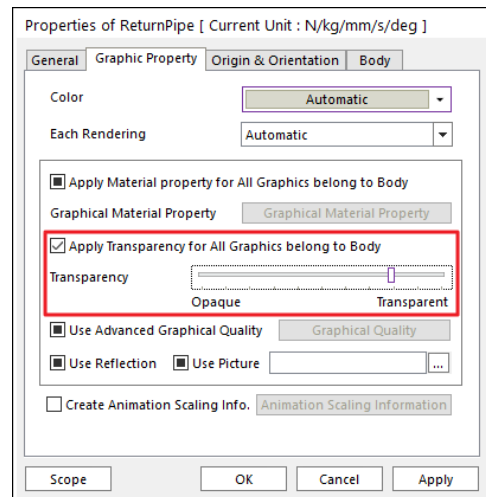
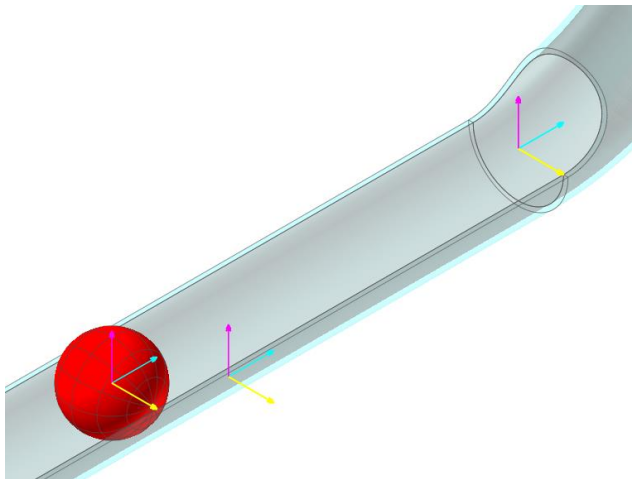
4. 单击 **OK**。



## 调整回球管道的透明度

通过球的移动调整回球通道的透明度。

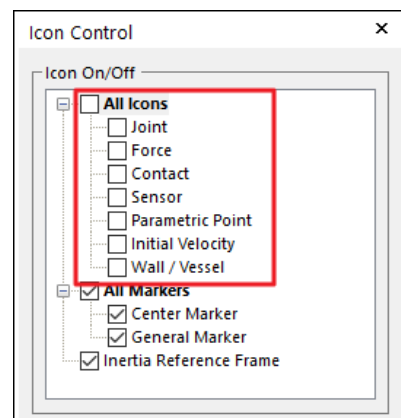
1. 打开 ReturnPipe 的 Property 对话框。
2. 在 Graphic Property 标签中选择 Apply Transparency for All Graphics belong to Body，如图所示增加 Transparent Level。
3. 单击 OK。



## 隐藏图标



1. 在 View Control 工具栏中单击 Icon Control。
2. 取消选中 All Icon 以隐藏工作窗口中的所有图标。
3. 关闭 Icon Control 工作窗口。



## 保存模型

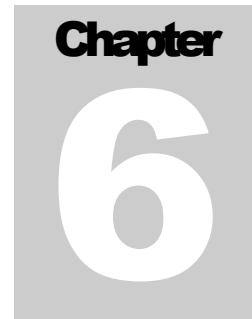
在开始下一章之前，保存模型。





# 分析和查看结果

本章内容，运行刚刚创建的仿真模型。检查计算结果并为提高结果的准确性需要对



模型进行哪些调整。

## 任务目标

学习使用高级绘图，包括动态绘图、使用 Plot Template 和 Trace Data 工具。



### 预计完成时间

5 分钟

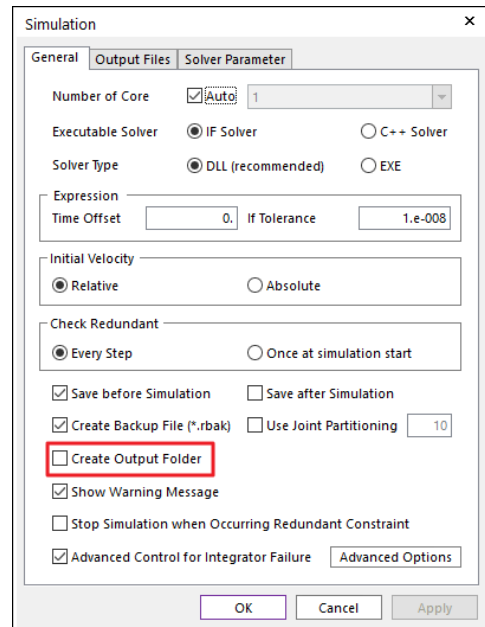
## 进行动态/运动分析

本章运行一个动态/运动分析，查看刚创建模型的力和运动效果。

变更 Simulation Output 选项为有效地使用 Output File Name 函数，关闭 Create Output Folder 选项。



1. 在 Home 标签的 Setting 组下，点击 Simulation。弹出 Simulation 对话框。
2. 选择 General 标签，确保 Create Output Folder 未被勾选。
3. 点击 OK。



进行动态/运动分析：



1. 点击 Analysis 标签下 Simulation Type 组中的 Dyn/Kin。

弹出 Dynamic/Kinematic Analysis 对话框。

2. 定义仿真结束的时间和步数：

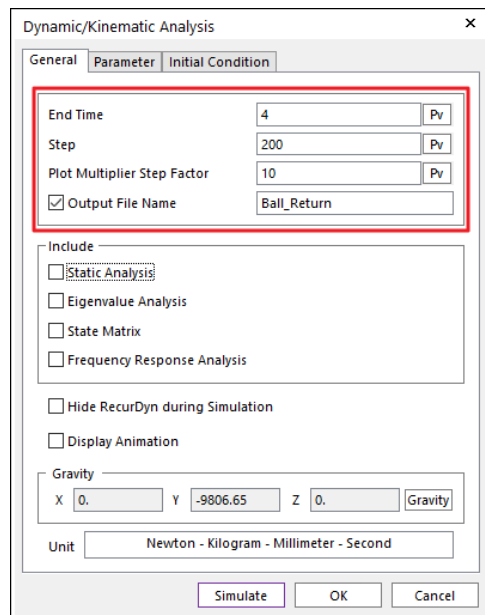
EndTime: 4。

Step: 200。

Plot Multiplier Step Factor: 10。

3. 选择 Output File Name，并设置输出文件的名称：Ball\_Return。

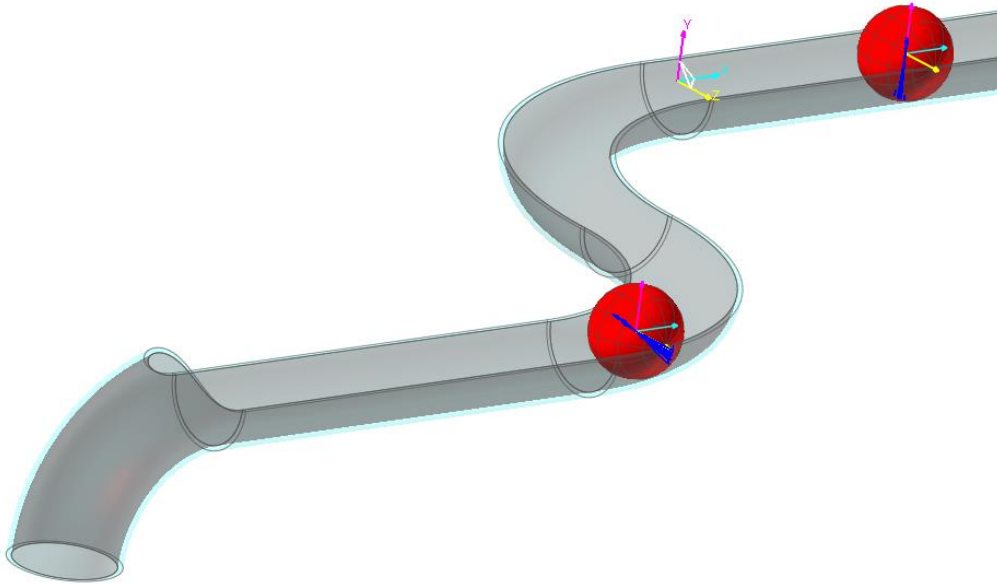
4. 点击 Simulate。



## 查看结果

### 查看动画结果

在 **Analysis** 标签的 **Animation Control** 组下，单击 **Play** 按钮，播放模型。注意，**Ball\_1**（右边的球）移动到左侧，撞击 **Ball\_2**。**Ball\_2** 沿着回球管道的路径移动落入收球箱中。。



运动状态大体上是合理的，但一步一步的进行动画播放来观察 **Ball\_2** 的移动就会发现 **Ball\_2** 并没有滚动，原因是回球通道与 **Ball\_2** 之间不存在摩擦力。

## 查看绘图结果



1. 在 **Analysis** 标签的 **Plot** 组下，单击 **Results**。

由模型窗口移动到绘图窗口。



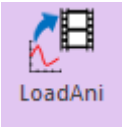
2. 为了查看 **Home** 标签的 **Windows** 组下的 4 个绘图窗，单击 **All**。

3. 在四分区的绘图窗口中，单击**左上角**的窗口，然后在 **Database** 中按照以下路径双击 **Ball\_2** 的 **Vel\_RM** 进行绘制。

**Ball\_Return**→**Bodies**→**Ball\_2**→**Vel\_RM**

4. 在四分区的绘图窗口中，单击**右上角**的窗口，然后在 **Database** 中按照以下路径双击 **GeoSurContact2** 的 **FrictionForce1** 进行绘制。

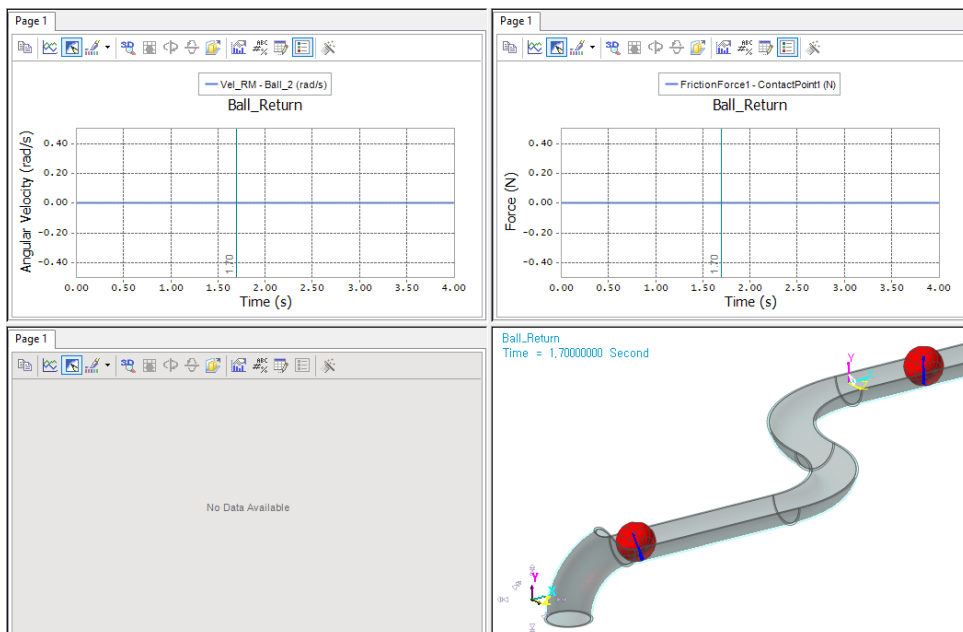
**Ball\_Return**→**Contact**→**Geo Contact**→**GeoSurContact2**→**ContactPoints**→**ContactPoint1**→**FrictionForce1**



5. 在四分区的绘图窗口中，单击**右下角**的窗口，然后在 **Tool** 标签的 **Animation** 组下，单击 **LoadAni**。

6. 出现警告消息时单击 **Yes**。

7. 点击 **Play** 按钮查看动画。

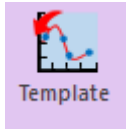


同上面的动画结果一样，可以确认 **Ba11\_2** 与回球通道没有产生摩擦，因此 **Ba11\_2** 并没有滚动。为了得到更真实的结果，将对 **Ba11\_2** 及回球通道之间的接触产生的摩擦等信息进行调整。



## 创建绘图模板

分析结束后，需要重新按照上面的顺序进行结果的绘制，为了避免这种繁琐，创建绘图模板。



1. 在 Home 标签的 **Export** 组下，单击 **Template**。

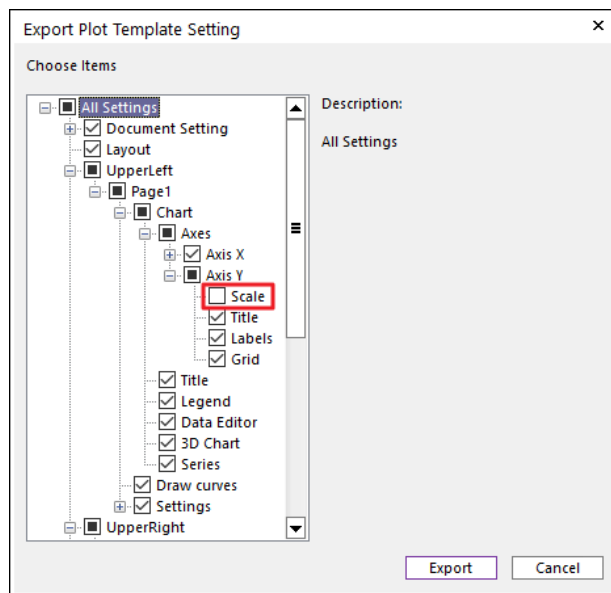
弹出 Export Plot Template Settings 对话框。该对话框中显示已绘制的绘图相关的 Property 信息列表。

2. 从对话框的列表中排除以下信息。

UpperLeft→Page1→Chart→Axes→Axis Y→Scale

UpperRight→Page1→Chart→Axes→Axis Y→Scale

(如果不排除 Axis Y 的 Scale，绘制下一个图时，Y 轴不会自动进行 Scale 的缩放。)



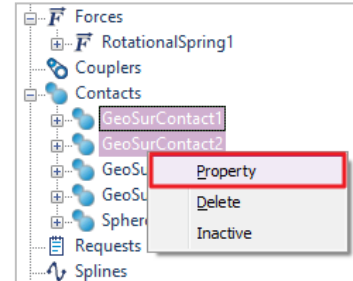
3. 单击 **Export** 保存 Template 文件。

## 运行新的仿真

定义球与回球管道接触的摩擦值：

1. 再次返回到模型的工作窗口。
2. 在 Database 中选择 **GeoSurContact1** 和 **GeoSurContact2**，按住 **Ctrl** 键，单击鼠标右键，然后单击 **Property**。

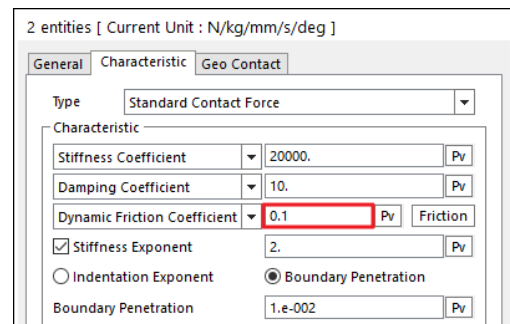
弹出 Multi-Property 对话框，该对话框中可以一次性修改多个 Entity 的 Property。



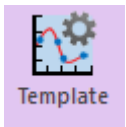
3. 在 **Characteristics** 标签下，作如下更改。

- **Damping Coefficient: 0.1**。

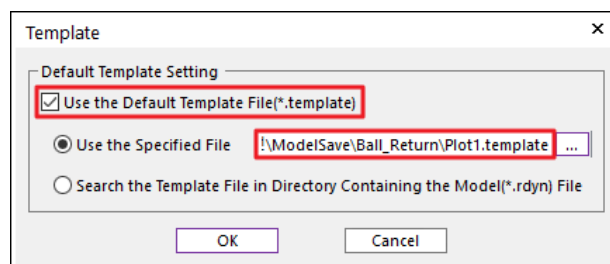
4. 点击 **OK**。



## 分析前链接绘图模板文件



1. 在 **Analysis** 标签的 **Plot** 组下，单击 **Template**。
2. 弹出 **Template** 对话框后打开 **Use the Default Template File (\*.template)**。
3. 选择 **Use the Specified File**，输入上面保存的 \*.template 文件的路径。
4. 点击 **OK**。





### 进行动态/运动分析:

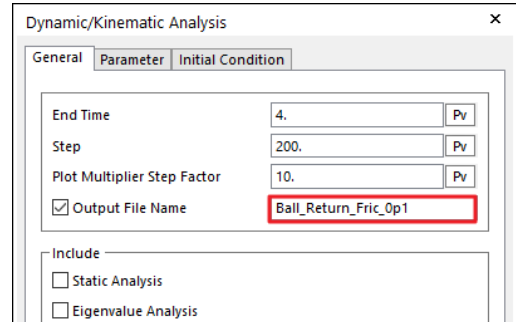


1. 在 Analysis 标签的 Simulation Type 下，点击 Dyn/Kin。

弹出 Dynamic/Kinematic Analysis 对话框。

2. 选择 Output File Name，设置文件名称为 Ball\_Return\_Fric\_Op1。

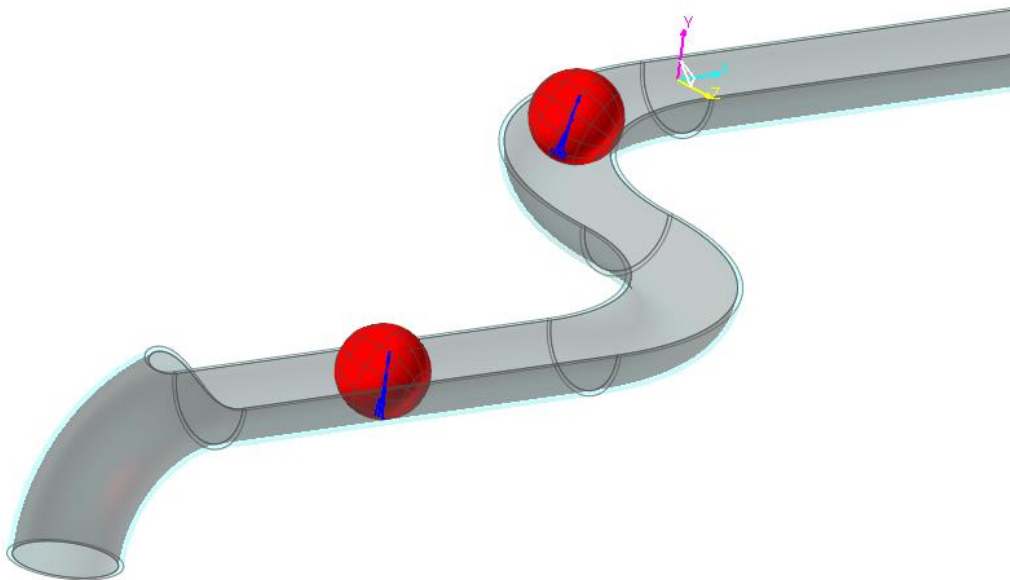
3. 点击 Simulate。



### 查看动画结果:

- 在 Analysis 标签的 Animation Control 组下，单击 Play 按钮播放动画。

一步一步的播放动画观察的移动，会发现因 Ball\_2 与回球管道间存在摩擦力，Ball\_2 发生滚动。



## 比较两次仿真的结果

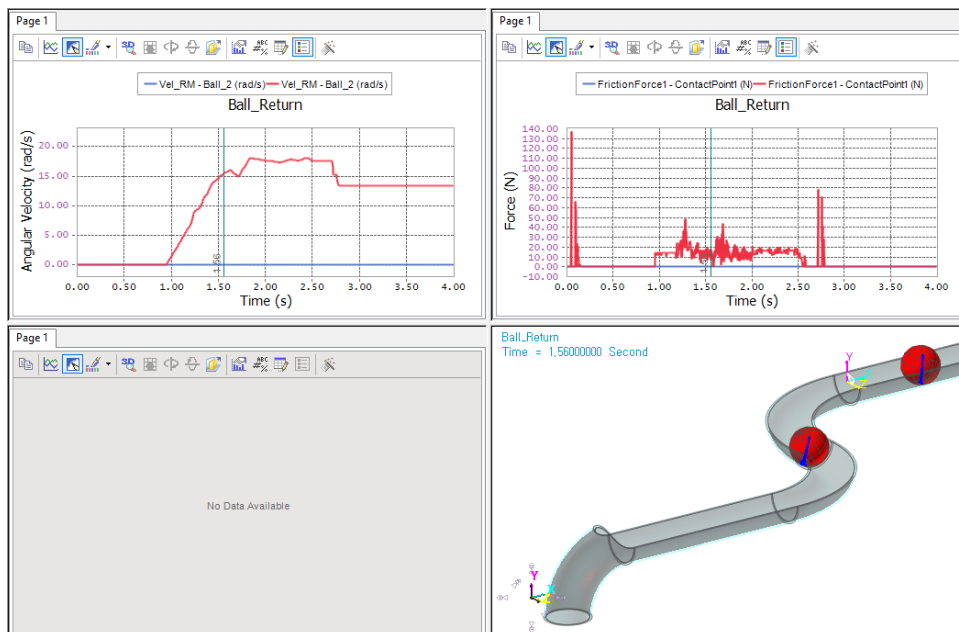
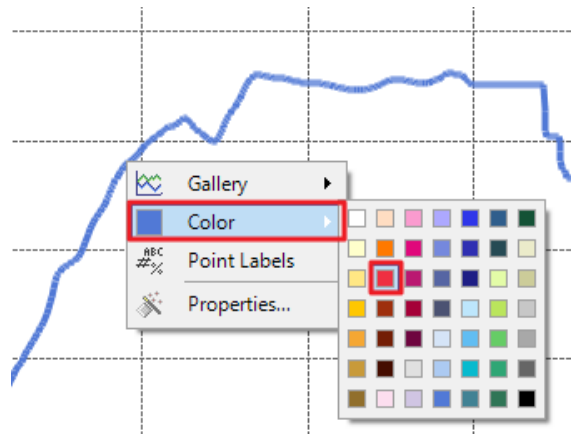
通过绘图添加与之前的绘图结果进行比较：



1. 在 Analysis 标签的 Plot 组下，点击 Add。

之前的绘图窗口会重新打开，新的分析结果图形会自动绘制在它上面。为了区分两个重叠的图形，必须更改第二个绘制图形的颜色。

2. 在绘图窗口中选择第二个绘制的图形，然后右键单击。
3. 弹出菜单出现后将 Color 更改为红色。



比较两个图形可以发现 Ball\_2 与回球管道之间存在接触摩擦力。另外还可以看出由于存在接触摩擦力 Ball\_2 产生了旋转角速度。

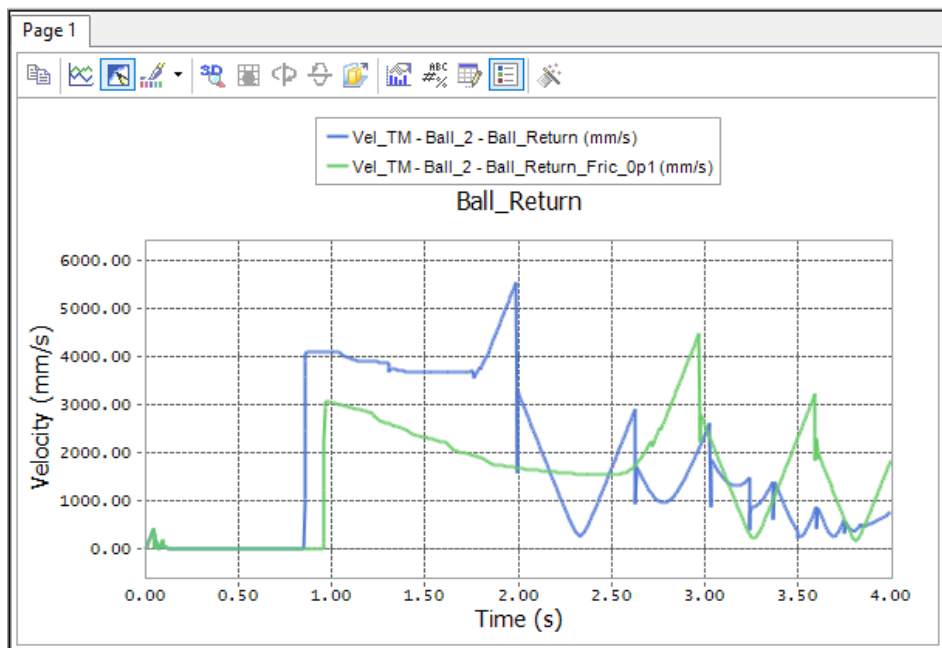
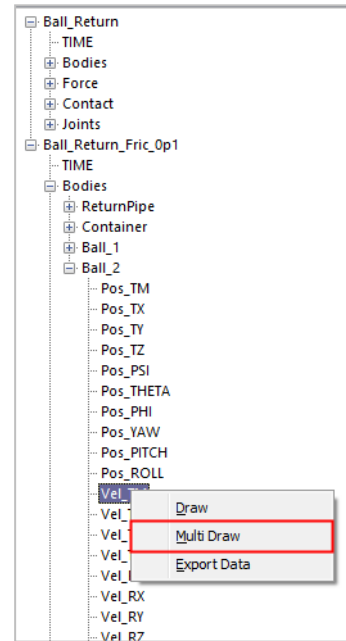
## 使用 Multi Draw 同时进行绘图

1. 在四区分的绘图窗口中单击左下角的空白窗口。
2. 在 Database 中，沿着以下路径展开 Ball\_2 的 Vel\_TM。

Ball\_Return->Bodies->Ball\_2->Vel\_TM

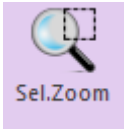
3. 右键单击并在弹出的菜单中选择 Multi Draw。

Ball\_Return 和 Ball\_Return\_Fric\_Op1 相关的图形被同时绘制。



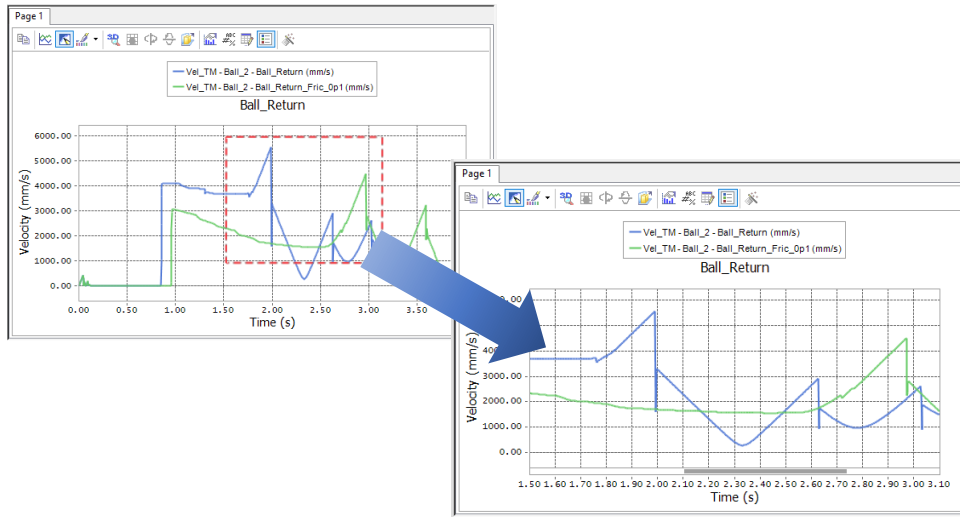
通过两个结果图的比较，可以看到 Ball\_2 在回球管道中移动时，由于摩擦力的原因速度在不断降低。

## 使用 Trace Data 查找最高值



1. 在 Home 标签的 View 组下，单击 Zoom。
2. 在绘制 Vel\_TM 图形的绘图窗口中，如下图所示拖动最高点的峰值部分。

如下图所示拖动的部分被放大。Vel\_TM 图中涨幅最高的区间就是 Ball\_2 下跌的区



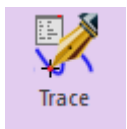
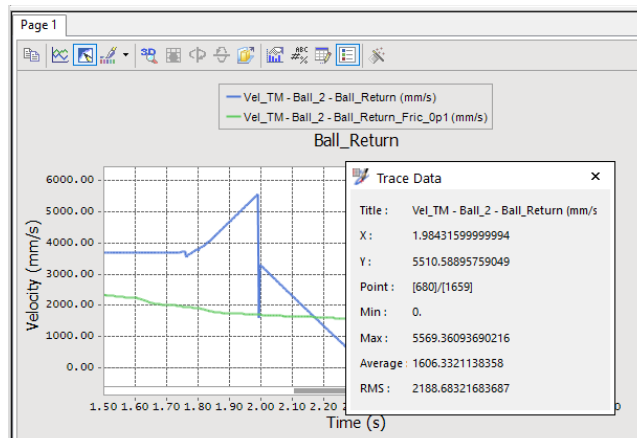
间。

3. 在 Home 标签的 View 组下，单击 TraceData。
4. 在绘图窗口中，将光标放在图形的最高点，数据显示如右图所示。

第一列是动画中的帧数。

第二列是 X（时间）值。

第三列是 Y（速度）值。



感谢参与本教程学习！