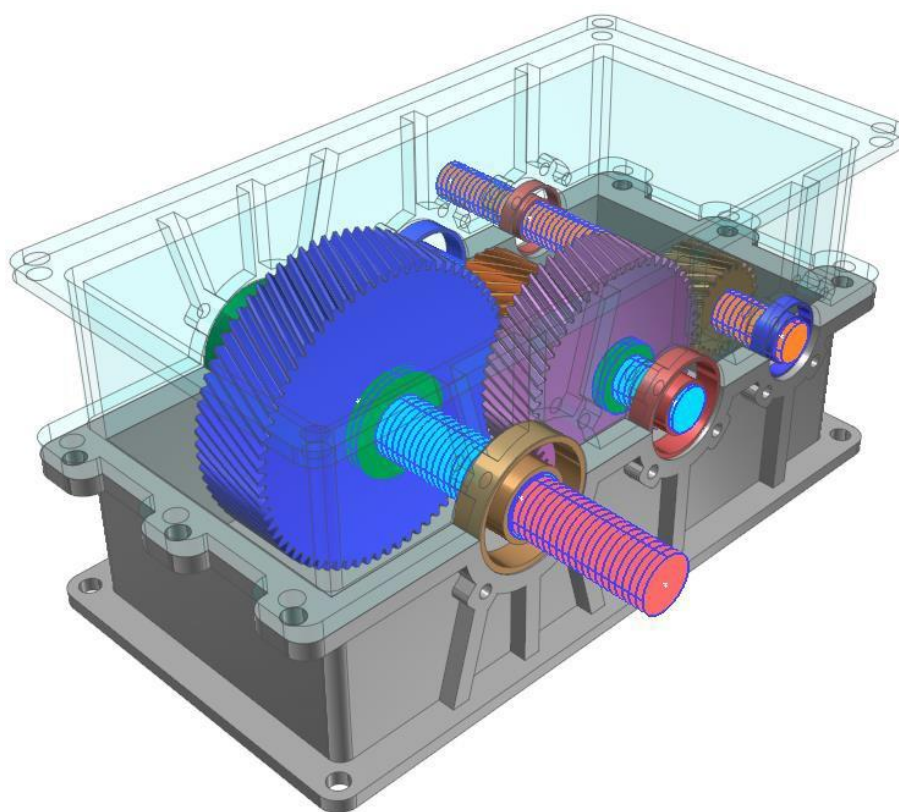




## 齿轮箱教程 (DriveTrain)



## **FunctionBay 版权所有，保留所有权利。**

FunctionBay 的用户和培训文档受大韩民国以及其他国家和地区的版权法保护，并遵守许可协议中禁止任何形式的对这类文档的复制，披露和使用。对于软件媒介，FunctionBay 特此授予许可用户以本文档的印刷形式复制的权利，但仅限于内部/个人使用，且仅适用于许可协议中规定的可应用软件。任何副本中应包括 FunctionBay 的版权声明和 FunctionBay 提供的其他任何所有权声明。本文档不得披露，转载，修改或简化为任何形式，包括未经 FunctionBay 事先同意在网络媒体上公布或者转载包括，不得以任何方式授权为此目的制作副本。

此上所述信息仅供一般参考，如有更改，恕不另行通知，且不被解释为 FunctionBay 的担保或承诺。FunctionBay 对于此文档中可能出现的任何错误或不准确之处不承担任何责任或义务。

本文档中描述的软件是根据书面许可协议提供的，包含商业机密和专有信息，受大韩民国和其他国家/地区的版权法保护。未经授权使用该软件或其文档可能导致民事损害赔偿和刑事诉讼。

## **FunctionBay 或其子公司的注册商标**

RecurDyn 是 FunctionBay 的注册商标。

RecurDyn/Professional, RecurDyn/ProcessNet, RecurDyn/Acoustics, RecurDyn/AutoDesign, RecurDyn/Bearing, RecurDyn/Belt, RecurDyn/Chain, RecurDyn/CoLink, RecurDyn/Control, RecurDyn/Crank, RecurDyn/Durability, RecurDyn/EHD, RecurDyn/Engine, RecurDyn/eTemplate, RecurDyn/FFlex, RecurDyn/Gear, RecurDyn/DriveTrain, RecurDyn/HAT, RecurDyn/Linear, RecurDyn/Mesher, RecurDyn/MTT2D, RecurDyn/MTT3D, RecurDyn/Particleworks I/F, RecurDyn/Piston, RecurDyn/R2R2D, RecurDyn/RFlex, RecurDyn/RFlexGen, RecurDyn/SPI, RecurDyn/Spring, RecurDyn/TimingChain, RecurDyn/Tire, RecurDyn/Track\_HM, RecurDyn/Track\_LM, RecurDyn/TSG, RecurDyn/Valve

都是 FunctionBay 的商标

## **版注**

本文档介绍了 RecurDyn V9R2 的发布信息。

---

# 目录

入门 .....	1
目标 .....	1
前提 .....	2
步骤 .....	2
预计完成时间 .....	2
设置仿真环境 .....	3
任务目标 .....	3
预计完成时间 .....	3
开始 RecurDyn .....	4
导入齿轮箱构型 .....	4
调整图标, 标记大小和层 .....	6
保存模型 .....	7
创建轴 .....	8
任务目标 .....	8
预计完成时间 .....	8
创建轴 .....	9
保存模型 .....	12
创建轴承 .....	13
任务目标 .....	13
预计完成时间 .....	13
创建轴承 .....	14
保存模型 .....	16
创建齿轮 .....	17
任务目标 .....	17
预计完成时间 .....	17
创建齿轮 .....	18
保存模型 .....	22
创建关节和力 .....	23
任务目标 .....	23

---

预计完成时间 .....	23
创建关节 .....	24
创建力 .....	26
执行运动学/动力学分析.....	27
分析仿真结果 .....	28
任务目标.....	28
预计完成时间 .....	28
分析轴 .....	29
分析轴承 .....	31
分析齿轮 .....	31
附录：渐开线分析接触 .....	32
任务目标.....	32
预计完成时间 .....	32
创建渐开线分析接触.....	33
执行运动学/动力学分析.....	34
分析轴 .....	34
分析轴承 .....	35
分析齿轮 .....	35
执行运动学/动力学分析.....	36
分析轴承 .....	36
分析齿轮 .....	37
分析关节 .....	37

---

---



# 入门

DriveTrain Toolkit 可以设计由轴，齿轮，轴承等组成的机械系统。它可以决定其零件的材料和动态特性。对于轴，它可以使用 FE Beam Element 设计和分析具有各种半径的轴。对于齿轮，它与 KISSsoft 共同仿真以获得更准确和详细的结果，并且可以与渐开线分析齿轮接触（Involute Analytic Gear Contact）一起使用以缩短仿真时间并获得准确的结果。对于轴承，它也可以与 KISSsoft 共同仿真以获得更准确和详细的结果。

在本教程中，你将学习使用 DriveTrain Toolkit 仿真齿轮箱系统的过程。你可以学习如何使用这些新功能并分析仿真结果。

## 目标

你将会学到以下内容

- 创建轴，轴承，齿轮
- 创建齿轮接触分析
- 分析轴，轴承，齿轮的仿真结果

## 前提

本教程适用于已经学习了基础教程和 FFlex 教程的用户。因此，你应该首先完成前面提到的教程，以增强对本教程的理解。此外，我们假设你具有动力学和有限元方法的基本知识。

## 步骤

本教程包含以下步骤。完成每个步骤的估计时间如下表所示。

步骤	时间 (分钟)
仿真环境设置	10
创建轴	10
创建轴承	10
创建齿轮	15
创建关节, 力	20
分析仿真结果	20
创建渐开线接触分析	20
总计	105



### 预计完成时间

本教程大约需要 1 小时 45 分钟才能完成，包括可选练习。



## 设置仿真环境

### 任务目标

在本章中，你将启动 RecurDyn 并设置其环境，包括导入已完成的齿轮箱 CAD 并更改其名称和层。



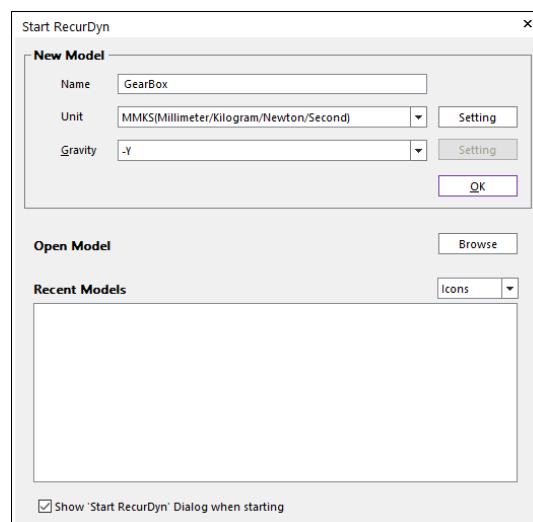
### 预计完成时间

本章大约需要 15 分钟才能完成。

## 开始 RecurDyn

### 启动 RecurDyn 并创建一个新模型:

1. 在桌面上, 双击 “RecurDyn” 图标, 将出现 “新建模型 (New Model)” 对话框。
2. 将 “模型名称 (Model Name)” 更改为 “齿轮箱 (GearBox)”, 如右图所示。
3. 确保单位与右侧显示的 “开始 (Start) RecurDyn” 对话框中的单位相同。如果没有, 请单击 “MMKS”。(毫米/千克/牛顿/秒)
4. 单击 “确定 (OK)”。

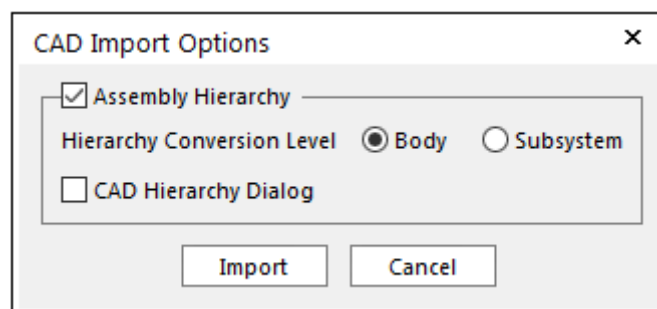


## 导入齿轮箱几何体 (Gearbox Geometry)

您将通过导入已完成的齿轮箱 CAD 开始为齿轮箱建模。

### 导入齿轮箱 CAD

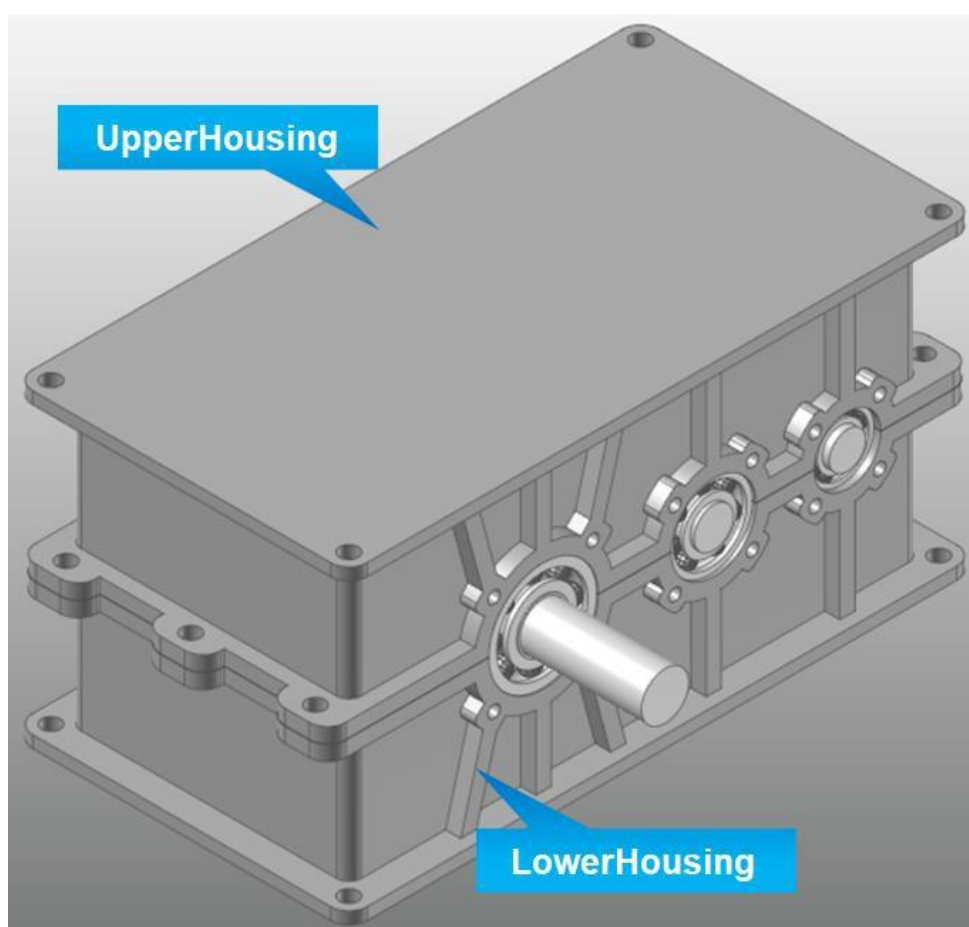
1. 从 “文件 (File)” 菜单中, 选择 “导入 (Import)”。
  2. 在 “打开 (Open)” 对话框中, 选择文件 GearBoxCAD.x\_t. (文件位置: <InstallDir>/Help/Tutorial/Toolkit/DriveTrain/GearBox)。
  3. 单击 “打开 (Open)”。
- 将出现 “CAD 导入选项 (Import Options)” 对话框。确保选中 “装配层次结构 (Assembly Hierarchy)” 选项, 并在 “层次结构转换水平 (Hierarchy Conversion Level)” 中选中 “物体 (Body)” 选项, 然后单击 “导入 (Import)”。





### 要更改 CAD 的名称并设置图层

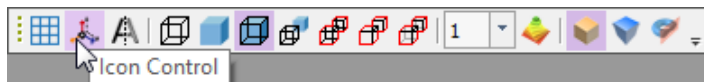
1. 右键单击 “Upper Housing” 物体，如下图所示，然后在弹出菜单中单击 “属性 (Properties) ”。
2. 在 “一般 (General) ” 选项卡中，您将使用以下信息调整值，然后单击 “OK” 。
  - 名称: UpperHousing
  - 层: 2
3. 对于 “Lower Housing” 物体，将 “名称 (name) ” 更改为 “LowerHousing” 和 “层(layer)” 更改为 “2” 。



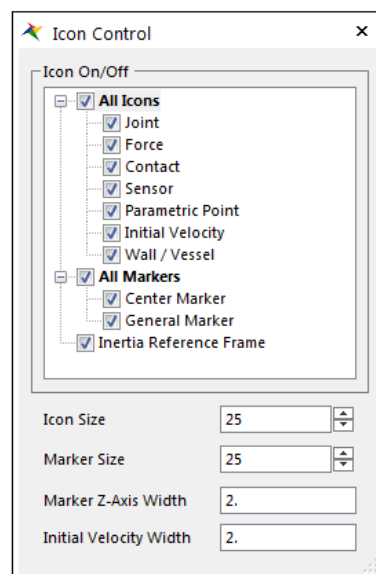
## 调整图标 (icon) , 标记大小(marker size)和层(layer)

### 调整图标和标记大小

1. 在“渲染工具栏 (Render Toolbar)”中, 单击“图标控件 (Icon Control)”, 如下图所示。

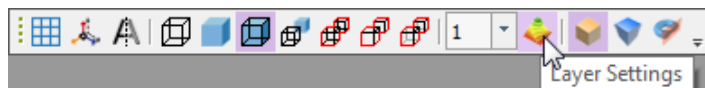


2. 将“图标大小 (Icon Size)”和“标记大小 (Marker Size)”设置为“25”, 如右图所示。

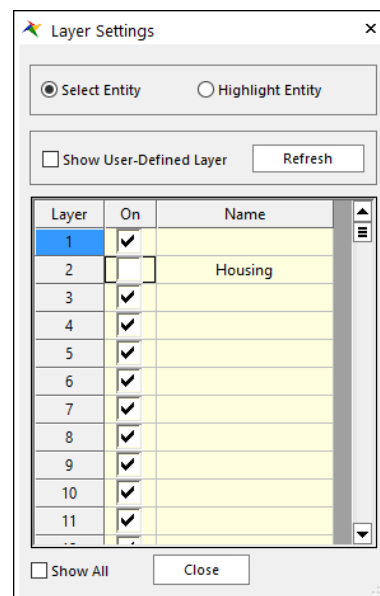


### 调整层设置

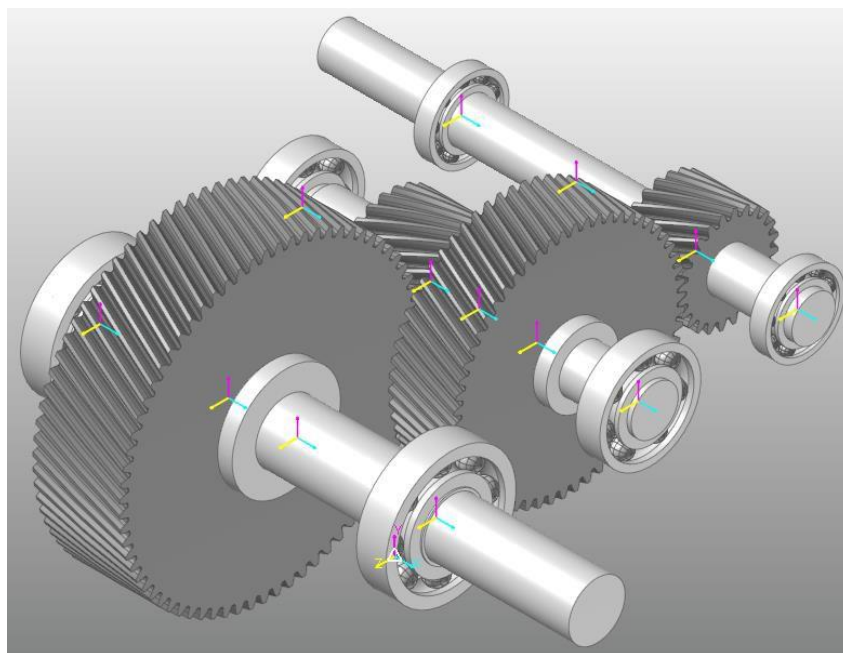
1. 在“渲染工具栏 (Render Toolbar)”中, 单击“图层设置 (Layer Settings)”, 如下图所示。



2. 将第 2 层的“名称 (Name)”更改为“外壳 (Housing)”并选中“关闭图层 (Check Off the Layer On)”选项, 如右图所示。



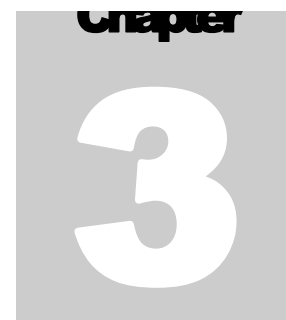
模型如下图所示。



## 保存模型

在继续下一章之前，请花点时间保存模型。（提示：从“文件 (File)”菜单中，单击“保存 (Save)”。）





## 创建轴

### 任务目标

在本章中，你将学习如何使用可以创建各种类型轴部分的轴模型，这些轴部分由具有不同圆形横截面的有限梁单元组成。



### 预计完成时间

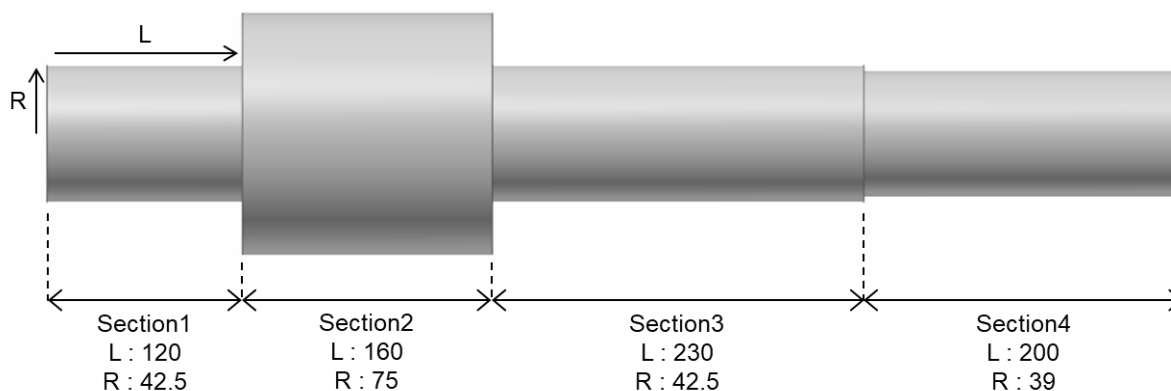
本章大约需要 10 分钟才能完

## 创建轴

您将创建带梁单元的轴，以分析齿轮箱系统中轴的压力和变形。

### 创建“轴 1 (Shaft1)”

RecurDyn 中的 Shaft Modeler 将截面定义为具有相同半径，长度和材料的零件。轴段数从起点向轴向增加。轴 1 的设计如下图所示。



1. 从 DriveTrain 选项卡的“轴 (shaft)”组中，单击轴 (shaft) ”。
2. 将创建方法设置为“点 (Point) ”，“方向 (Direction) ”，“WithDialog”，并使用以下信息输入值。
  - 点: -255, 250, 175
  - 方向: 1, 0, 0
3. 出现“轴 (Shaft)”对话框后，单击“添加 (Add)”按钮 3 次以生成 4 个“部分 (section) ”，并使用以下信息调整值。

部分(section)	长度(L)	齿轮根圆半径 (ri)	齿轮基圆半径 (ro)	要素尺寸
1	120	42.5	0	10
2	160	75	0	10
3	230	42.5	0	10
4	200	39	0	10

4. 单击“部分 (Sections)”框旁边的“FDR”按钮。出现“FDR”对话框后，单击“添加 (Add)”按钮 3 次以生成 3 个“FDR”并使用以下信息调整值。

编号	中心位置	宽度(Width)	类型(Type)
1	22.5	41	RBE2
2	200	120	RBE2
3	487.5	41	RBE2

5. 单击“关闭(Close)”以退出“FDR”对话框。
6. 单击“确定(OK)”以创建“轴(Shaft)”。
7. 删除已创建轴 1 (Shaft1) 的现有轴体。

#### 注意: FDR

大多数情况下，轴与齿轮，轴承等机器元件连接。而销，键，花键，卡环 (pin, key, spline, snap ring) 等连接器用于连接这些元件。在 RecurDyn 中，这些机器元件的连接表现为刚性元素的 FDR 元素。如果查看作为主节点的 FDR 的中心位置，可以看到主节点的大小大于其他节点的大小。

#### 注意: FDR 容差

创建 FDR 元素时，将中心位置和两个端侧 FDR 的 3 个节点添加到现有节点上。现有节点与添加的 FDR 节点之间的距离可以非常小。FDR 容差用于忽略由 FDR 创建引起的小元素。例如，如果 FDR 容差为 0.01 且两个节点之间的距离为 0.009，则添加的 FDR 元素将被忽略并更改为现有节点。

### 创建“轴 2 (Shaft2)”

使用以下信息与上述相同的方法创建轴 2 (Shaft2)。

- 将创建方法设置为“点 (Point)”，“方向 (Direction)”，“WithDialog”，并使用以下信息输入值。
  - 点: -255, 250, -105
  - 方向: 1, 0, 0
- 轴部分 (Shaft Section)

部分(section)	长度(L)	齿轮根圆半径(ri)	齿轮基圆半径(ro)	要素尺寸
1	50	32.5	0	10
2	235	37.5	0	10
3	125	50	0	10
4	100	32.5	0	10

## 3. FDR 部分

编号	中心位置	宽度(Width)	类型(Type)
1	22.5	33	RBE2
2	200	120	RBE2
3	347	90	RBE2
4	487.5	33	RBE2

## 创建“轴 3 (Shaft3)”

使用以下信息与上述相同的方法创建轴 3 (Shaft3)。

1. 将创建方法设置为“点 (Point)”，“方向 (Direction)”，“WithDialog”，并使用以下信息输入值。
  - 点: -402, 250, -325
  - 方向: 1, 0, 0

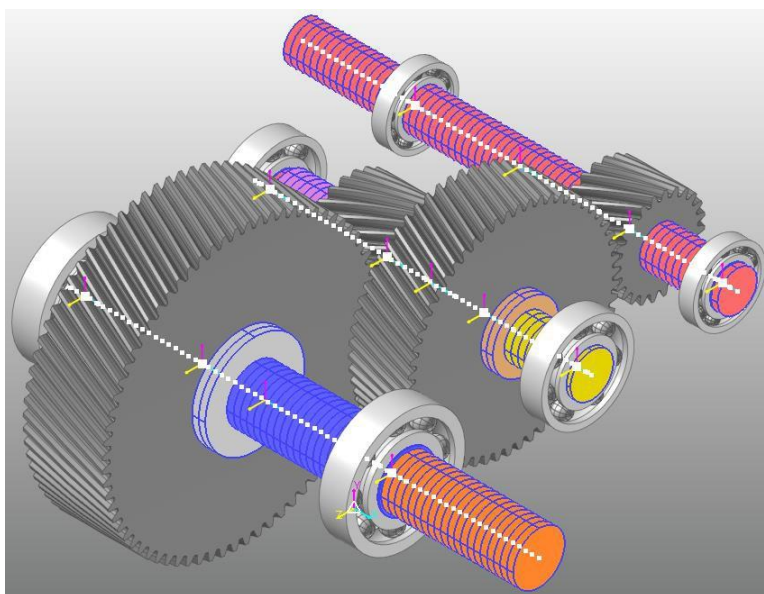
## 2. 轴部分 (Shaft Section)

部分(section)	长度(L)	齿轮根圆半径 (ri)	齿轮基圆半径 (ro)	要素尺寸
1	657	30	0	10

## 3. FDR 部分

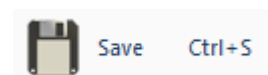
编号	中心位置	宽度(Width)	类型(Type)
1	169.5	22	RBE2
2	494	90	RBE2
3	634.5	22	RBE2

模型如下图所示。



## 保存模型

在继续下一章之前，请花点时间保存模型。（提示：从“文件 (File)”菜单中，单击“保存 (Save)”。）





## 创建轴承

### 任务目标

在本章中，你将学习如何使用 KISSsoft 球轴承库创建球轴承。



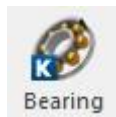
### 预计完成时间

十分钟

## 创建轴承

您将创建一个 KISSsoft 球轴承来分析连接到轴上的球轴承的动态特性。

### 创建轴承组 1, 2



1. 在 DriveTrain 选项卡中的 KISSsoft 组中，单击“轴承 (Bearing)”。
2. 将创建方法设置为“点 (Point)”，“方向 (Direction)”，“WithDialog”，并使用以下信息输入值。
  - 点: 232.5, 250, 175
  - 方向: 1, 0, 0
3. 出现“轴承 (Bearing)”对话框后，单击“轴承库 (Bearing Library)”旁边的“库 (Library)”按钮。

4. 出现“轴承库 (Bearing Library)”对话框后，使用以下信息调整值。
  - 轴承类型 (Bearing Type)：深沟球轴承 (单列)
  - 直径: (Diameter)：(内部) 85.000 mm
  - 轴承 (Bearing)：Timken 6317 (d=85.000 mm, D=180.000 mm, B=41.000 mm)
  - 游隙 (Internal Clearance)：C0

5. 单击“确定 (OK)”关闭“轴承库 (Bearing Library)”对话框。
6. 在“轴承 (Bearing)”对话框中单击“确定 (OK)”以创建“轴承组 1 (BearingGroup1)”。
7. 删除已创建轴承组 1 (BearingGroup1) 的现有轴承物体。

8. 重复步骤 1~7, 并将步骤 2 中的点 (point) 值更改为 (-232.5,250,175) 。

### 创建轴承组 3, 4

使用以下信息与上述相同的方法创建轴承组 3, 4 (BearingGroup3,4)。

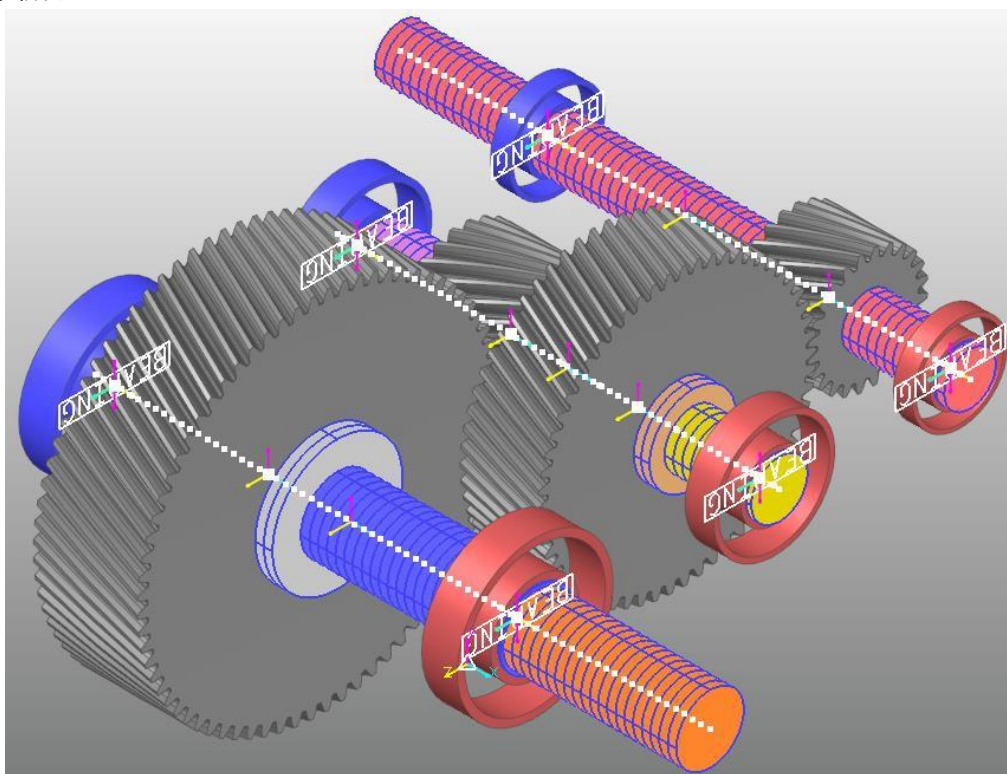
1. 点 (Point) , 方向 (Direction) , WithDialog
  - 点: (232.5, 250, -105), (-232.5, 250, -105)
  - 方向: 1, 0, 0
2. 轴承库 (Bearing Library)
  - 轴承类型 (Bearing Type) : 深沟球轴承 Deep groove ball bearing (single row 单行)
  - 直径: (Diameter) : (内部) (Inside) 65.000 mm
  - 轴承 (Bearing) : Timken 6313 (d=65.000 mm, D=140.000 mm, B=33.000 mm)
  - 游隙 (Internal Clearance) : C0

### 创建轴承组 5, 6

使用以下信息与上述相同的方法创建轴承组 5, 6 (BearingGroup5,6)。

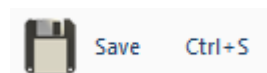
1. 点 (Point) , 方向 (Direction) , WithDialog
  - 点: (232.5, 250, -325), (-232.5, 250, -325)
  - 方向: 1, 0, 0
3. 轴承库 (Bearing Library)
  - 轴承类型 (Bearing Type) : 深沟球轴承 Deep groove ball bearing (single row 单行)
  - 直径: (Diameter) : (内部) (Inside) 60.000 mm
  - 轴承 (Bearing) : Timken 6212 (d=60.000 mm, D=110.000 mm, B=22.000 mm)
  - 游隙 (Internal Clearance) : C0

模型如下图所示。



## 保存模型

在继续下一章之前，请花点时间保存模型。（提示：从“文件（File）”菜单中，单击“保存（Save）”。）





## 创建齿轮

### 任务目标

在本章中，你将使用 KISSsoft 齿轮系（Gear Train）创建一个齿轮副（Gear Pair）。



预计完成时间

15 分钟

## 创建齿轮

你将创建一个 KISSsoft 齿轮系来分析齿轮箱系统中齿轮的动态行为。

### 创建圆柱齿轮组 1 (CylindricalGearGroup1)



- 在 DriveTrain 选项卡中的 KISSsoft 组中，单击“齿轮系 (GearTrain)”。
- 将创建方法设置为点 (Point)，点 (Point)，方向 (Direction)，WithDialog，并使用以下信息输入值。
  - 点: -55, 250, 175
  - 点: -55, 250, -105
  - 方向: 1, 0, 0
- 出现“圆柱齿轮 (CylindricalGear)”对话框后，在“齿轮几何 (Gear Geometry)”中输入值部分使用以下信息。
  - 法面模数 (Normal Module) : 5.25
  - 齿轮类型 (Gear Type) : Helix Right Hand
  - 参考圆的螺旋角 (Helix Angle at Reference Circle) : 23.256
- 对于齿轮 1, 2 (Gear1,2) 的其余参数，使用以下信息输入值。对话框将如下图所示。

齿轮 (Gear)	齿数	面宽度	变位系数
1	72	120	0
2	26	120	0

Gear Geometry

Normal Module:  Gear Type:

Pressure Angle at Normal Section:  Helix Angle at Reference Circle:

Gear	No. of Teeth	Face Width	Profile Shift Coefficient	Details	Profile	Tolerance	Modification	Material
1	72	120	0	...	Factors	...	...	18CrNiMo7-6, C...
2	26	120	0	...	Factors	...	...	18CrNiMo7-6, C...

- 单击“齿轮 1 (Gear1)”“详细信息 (Details)”中的“...”按钮。将“内径 (Inner Diameter)”值更改为 150，然后单击“关闭”以退出对话框。使用上述方法将齿轮 2 的内径更改为 75。
- 单击“齿轮容差 (Gear Tolerance)”中的“...”按钮。出现[齿轮 1]容差的对话框后，使用以下信息输入值，然后单击“关闭 (Close)”退出对话框。
  - 齿容差类型 (Tooth Tolerance Type) : 用户输入
  - 齿厚 (上/下) Tooth Thickness (Upper/Lower): (0, 0)
  - 顶圆直径 (上/下) Tip Diameter (Upper/Lower): (检查) (0, 0)
  - 根径 (上/下) Root Diameter (Upper/Lower): (检查) (0, 0)

然后出现如下图所示的对话框。

### 注意: 齿容差

在“容差 (Tolerance)”对话框中，可以设置齿厚，顶圆直径和根径的容差。如果将“上/下”值设置为 0，则表示齿轮形状没有容差。如果设置“上/下”值，KISSsoft 会自动计算上限和下限之间的适当值。

7. 重复步骤 6 至齿轮 2 的容差。
8. 在“齿轮副 (Gear Pair)”部分中，单击在中心距离 (Center Distance) 和间隙 (Backlash) 中的“计算 (Calc.)”按钮可计算这些值。
9. 单击“联系人 (Contact)”中的“...”按钮。出现 [组 1] “接触分析 (Contact Analysis)”对话框后，用以下信息输入值，然后单击“关闭 (Close)”按钮。

- 摩擦系数 Friction Coefficient: 0

### 注意: 接触分析

在“接触分析”对话框中，“网格位置数”确定啮合齿对间的“接触路径 (Path of Contact)”之后的计算次数。“切片数 (The Number of Slices)”决定了计算网格划分位置的齿轮对的轴向横截面数。例如，如果将网格数位数设置为 17，切片数量设置为 11，则 17 个网格位置均匀分布在 11 个切片中的每一个切片中的整个接触路径中，而齿轮齿面接触其他齿轮的齿面。



注意: **RecurDyn** 和齿轮工具箱 (**Gear Toolkit**) 之间的区别  
 DriveTrain 工具箱 (Toolkit) 中的齿轮箱 (Gear Train) 对话框是基于 KISSsoft 用户界面创建的。  
 一些命名法与 RecurDyn 和齿轮工具箱 (Gear Toolkit) 不同。以下是具有相同含义但名称不同的参数的比较。

<b>KISSsoft</b>	<b>RecurDyn</b>
法向模数 Normal Module	Module
法向截面的压力角 Pressure Angle at Normal Section	Pressure Angle
参考圆的螺旋角 Helix Angle at Reference Circle	Helix Angle
齿宽 Face Width	Gear Width
变位系数 Profile Shift Coefficient	Addendum Modification Coefficient
内径 Inner Diameter	Hole Radius
齿根系数 Dedendum Coefficient	Dedendum Factor
根半径系数 Root Radius	Hob Rack Radius Coefficient
齿顶高系数 Addendum Coefficient	Addendum Factor

然后, 出现 “圆柱齿轮 (CylindricalGear) ” 对话框, 如下图所示。

CylindricalGear [ Current Unit : N/kg/mm/s/deg ]

General Cylindrical Gear

Assembly Reference Point ( Gear1 )  Gear Normal Direction

Assembly Reference Direction    Use KISSsoft Z12 Module Files

Gear Geometry

Normal Module  Gear Type

Pressure Angle at Normal Section  Helix Angle at Reference Circle

Gear	No. of Teeth	Face Width	Profile Shift Coefficient	Details	Profile	Tolerance	Modification	Material
1	72	120	0	...	Factors ...	...	...	18CrNiMo7-6, C... ▼ ...
2	26	120	0	...	Factors ...	...	...	18CrNiMo7-6, C... ▼ ...

Gear Pair

Pair	Base Gear	Action Gear	Center Distance	Backlash	Axial Offset	Rot. Angle	Contact	Import	Export	KISSsoft UI
1	1	2	280.000040... Calc.	0.01267706 Calc.	0.	0.	...	...	...	...

Activate KISSsoft Gear Force ( Recommend RD/Gear Involute Contact ) Each Rendering

10. 选中“Activate KISSsoft Gear Force”选项以使用“KISSsoft Gear Contact”。
11. 在“圆柱齿轮 (CylindricalGear)”对话框中单击“确定 (OK)”以创建
12. 删除已创建圆柱齿轮组 1 (CylindricalGearGroup1) 的现有齿轮 (Gear) 物体。

---

#### 注意：齿轮修改

如果单击“修改 (Modification)”按钮，则可以创建各种类型的齿修改。轮廓 (Profile) / 齿修改 (Tooth Modification) 的类型有不同的输入值。相关详细信息，请参阅手册。(DriveTrain> DriveTrain 的功能 (Functions for DriveTrain) > KISSsoft> 齿轮系 (Gear Train) > 属性 (Properties) > 修改 (Modification) )

---

### 创建圆柱齿轮组 2 (CylindricalGearGroup2)

使用以下相同的方法和以下信息创建第二个齿轮副 (Gear Pair) 。

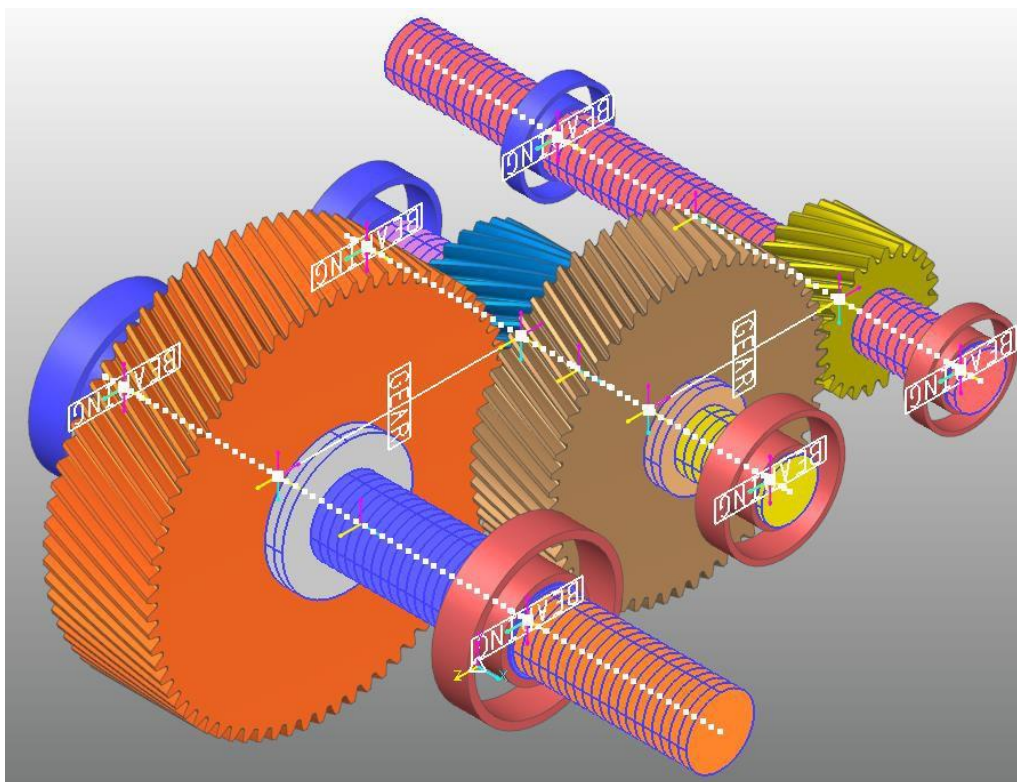
1. 点, 点, 方向, WithDialog
  - 点: 92, 250, -105
  - 点: 92, 250, -325
  - 方向: 1, 0, 0
2. 齿轮几何
  - 法面模数 (Normal Module) : 5
  - 齿轮类型 (Gear Type) : Helix Right Hand
  - 参考圆的螺旋角 (Helix Angle at Reference Circle) : 21.28

齿轮 (Gear)	齿数 (No. of Teeth)	面宽度 (Face Width)	变位系数
1	58	90	0
2	24	90	0

3. 内径 (Inner Diameter)
  - 齿轮 1: 100
  - 齿轮 2: 60
4. 齿轮 1 (Gear1) , 齿轮 2 (Gear2) 容差 (Tolerance)
  - 齿容差类型 (Tooth Tolerance Type) : 用户输入
  - 齿厚 (上/下) Tooth Thickness (Upper/Lower): (0, 0)

- 顶圆直径 (上/下) Tip Diameter (Upper/Lower): (检查) (0, 0)
  - 根径 (上/下) Root Diameter (Upper/Lower): (检查) (0, 0)
5. 单击在中心距离 (Center Distance) 和间隙 (Backlash) 中的 “计算 (Calc.) ”
6. 联系人 (Contact)
- 摩擦系数 Friction Coefficient: 0

然后，模型显示如下图所示。



## 保存模型

在继续下一章之前，请花点时间保存模型。（提示：从“文件（File）”菜单中，单击“保存（Save）”。）



## 创建关节和力

### 任务目标

在本章中，你将创建关节和力。

- 地面和外壳之间的刚性连接
- 外壳和外轴承之间的刚性连接
- 轴和内轴承之间的刚性连接
- 地面和轴之间的转动副
- 地面和轴之间的旋转轴向力
- 地面和轴之间的转动弹簧



### 预计完成时间

20 分钟

## 创建关节

### 创建固定关节 (刚性连接 fixed joint)



1. 从“专业 (Professional)”选项卡中的“关节 (Joint)”组中，单击“固定关节 (Fixed Joint)”。
2. 将创建方法设置为体 (Body)，体 (Body)，点 (Point)，并使用以下信息输入值。
  - 体: Ground
  - 体: LowerHousing
  - 点: 245, -5, 485
3. 使用以下信息创建外壳和体之间的刚性连接。

名称	体	体	点
Fixed1	地面 Ground	LowerHousing	245, -5, 485
Fixed2	LowerHousing	UpperHousing	205, 250, 500
Fixed3	LowerHousing	BearingOuterBody1	232.5, 250, 175
Fixed4	LowerHousing	BearingOuterBody2	-232.5, 250, 175
Fixed5	LowerHousing	BearingOuterBody3	232.5, 250, -105
Fixed6	LowerHousing	BearingOuterBody4	-232.5, 250, -105
Fixed7	LowerHousing	BearingOuterBody5	232.5, 250, -325
Fixed8	LowerHousing	BearingOuterBody6	-232.5, 250, -325

4. 使用以下信息在轴 (Shaft) 和物体 (body) 之间创建刚性连接。

名称	体	体	点
Fixed9	Shaft1	BearingInnerBody1	232.5, 250, 175
Fixed10	Shaft1	CylindricalGear1	-55, 250, 175
Fixed11	Shaft1	BearingInnerBody2	-232.5, 250, 175
Fixed12	Shaft2	BearingInnerBody3	232.5, 250, -105
Fixed13	Shaft2	CylindricalGear2	-55, 250, -105
Fixed14	Shaft2	CylindricalGear3	92, 250, -105
Fixed15	Shaft2	BearingInnerBody4	-232.5, 250, -105
Fixed16	Shaft3	BearingInnerBody5	232.5, 250, -325
Fixed17	Shaft3	CylindricalGear4	92, 250, -325
Fixed18	Shaft3	BearingInnerBody6	-232.5, 250, -325

### 创建转动副

您将创建转动副 (Revolute Joint) 以设置齿轮箱的输入扭矩 (input torque)。



- 从“专业 (Professional)”选项卡中的“关节 (Joint)”组中, 单击“转动副 (Revolute Joint)”。
- 将创建方法设置为体 (Body), 体 (Body), 点 (Point), 方向 (Direction), 并使用以下信息输入值。
  - 体: 地面 (Ground)
  - 体: 轴 3
  - 点: -402, 250, -325
  - 方向: 1, 0, 0
- 使用以下信息在轴 (Shaft) 和地面 (Ground) 之间创建转动副 (Revolute Joint)。

名称	体	体	点	方向
RevJoint1	Ground	Shaft3	-402, 250, -325	1, 0, 0
RevJoint2	Ground	Shaft1	455, 250, 175	1, 0, 0



## 创建力

### 创建旋转轴向力

你将创建旋转轴向力 (Rotational Axial Force) 以设置齿轮箱的输入扭矩 (input torque) 。



从“专业 (Professional)”选项卡中的“力 (Force)”组中，单击“旋转轴向力 (Rotational Axial Force)”。

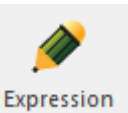
4. 将创建方法设置为“关节 (Joint)”，如下图所示。



5. 单击 RevJoint1 以创建 RotationalAxial1。

### 创建表达式

你将创建扭矩的表达式 (Expression of the torque) 。



1. 从“子实体 (SubEntity)”选项卡中的“表达式 (Expression)”组中，单击“表达式 (Expression)”。

2. 出现“表达式列表 (Expression List)”对话框后，单击“创建 (Create)”。

3. 出现“表达式 (Expression)”对话框后，使用以下信息输入值。

- 名称: Ex\_Torque
- STEP(TIME,0,0,0.05,3000)

### 创建旋转轴向力

1. 在数据库 (Database) 中，右键单击 RotationalAxial1，然后单击弹出菜单中的“属性 (Properties)”。

2. 在“旋转轴向力 (Rotational Axial Force)”选项卡中，单击“EL”按钮。

3. 出现“表达式列表 (Expression List)”对话框后，单击“选择 Ex\_Torque”，然后单击“确定 (OK)”。

4. 单击“确定 (OK)”关闭对话框。

### 创建转动弹簧

你将创建旋转弹簧 (Rotational Spring) 以设置齿轮箱输出轴的扭矩。



1. 从“专业 (Professional)”选项卡中的“力 (Force)”组中，单击“旋转弹簧 (Rotational Spring)”。

2. 将创建方法设置为“关节 (Joint)”，如下图所示。



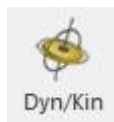
3. 单击“RevJoint2”以创建“旋转弹簧 1 (RotationalSpring1)”

### 调整旋转弹簧

1. 在数据库中，右键单击“旋转弹簧 1 (RotationalSpring1)”，然后单击弹出菜单中的“属性 (Properties)”。
2. 将“刚度系数 (Stiffness Coefficient)”改为“0”，“阻尼系数 (Damping Coefficient)”为“100”。它将作为输出轴旋转速度的反作用扭矩。
3. 单击“确定 (OK)”关闭对话框。

## 执行运动学/动力学分析

在本节中，你将运行运动学/动力学学 (dynamic/kinematic) 分析，以查看力和运动对刚刚创建的模型的影响。



1. 从“分析 (Analysis)”选项卡的“仿真类型 (Simulation Type)”组中，单击“Dyn / Kin”。
2. 在“常规 (General)”选项卡中，定义仿真的结束时间和步骤数：
  - 结束时间: 0.1
  - 步骤: 50
  - 绘图乘数步长系数 Plot Multiplier Step Factor: 2
3. 单击“仿真 (Simulate)”。完成分析大约需要 20 分钟。



## 分析仿真结果

### 任务目标

在本章中，你将分析齿轮箱箱仿真的结果。



### 预计完成时间

20 分钟

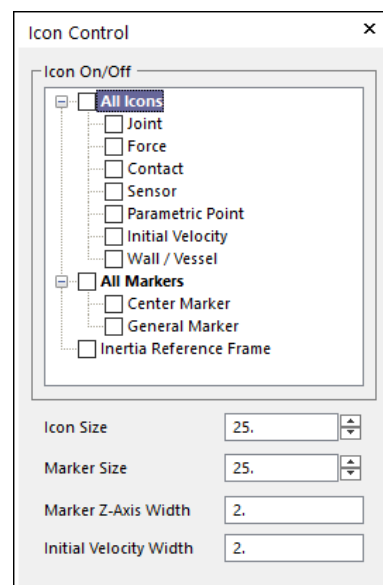
## 分析轴

### 调整图标控件

1. 在“渲染工具栏 (Render Toolbar)”中，单击“图标控件 (Icon Control)”，如下图所示。

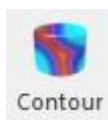
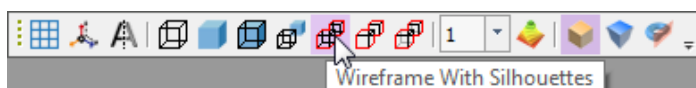


2. 选中所有“图标 (Icons)”，所有“标记 (Markers)”和“惯性参考系 (Inertia Reference Frame)”，如右图所示。



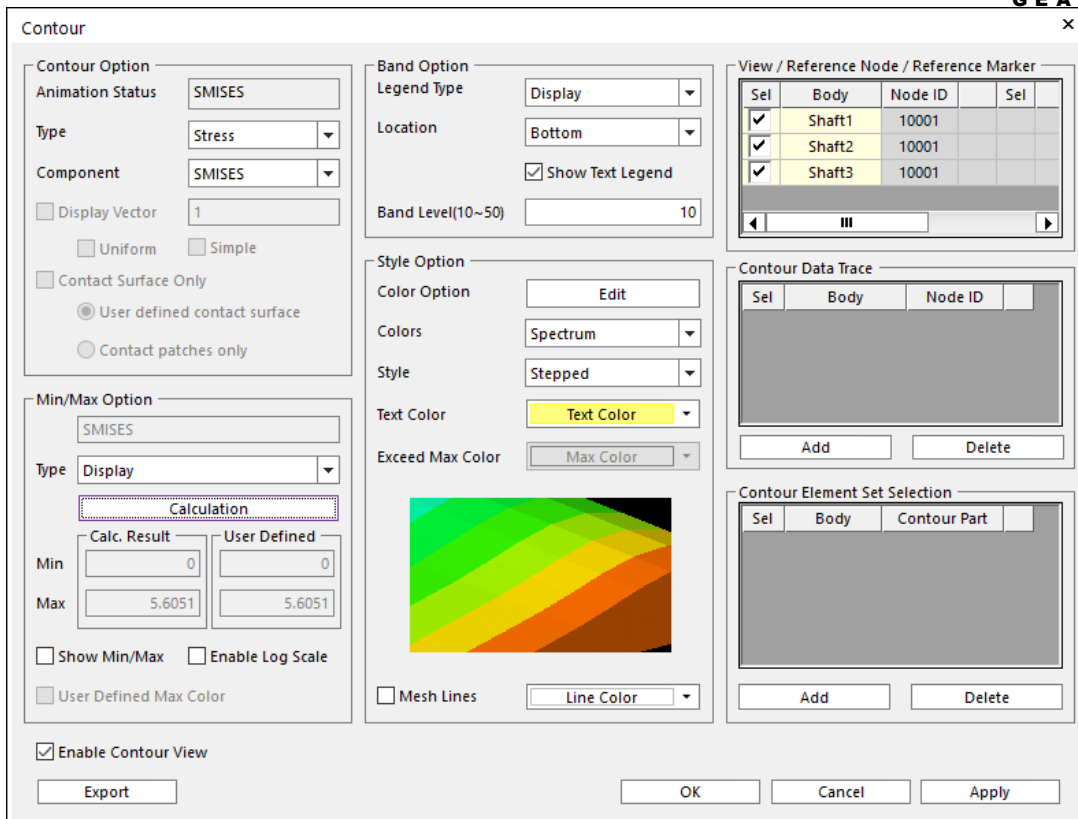
### 调整渲染模式

1. 在“渲染工具栏 (Render Toolbar)”中，单击“带有轮廓的线框 (Wireframe with Silhouettes)”。



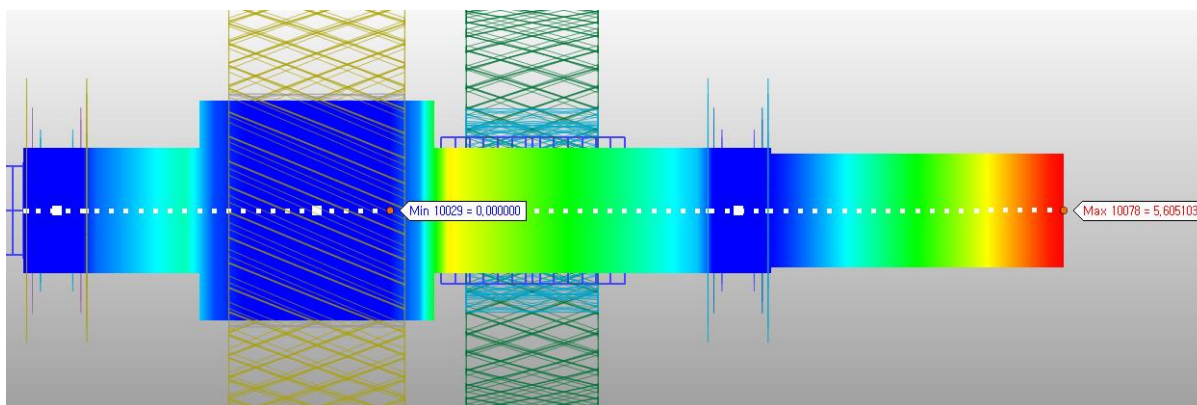
### 调整轮廓

1. 在“DriveTrain”选项卡的“轴 (Shaft)”组中，单击“轮廓 (Contour)”。
2. 在“轮廓选项 (Contour Option)”，将“类型 (Type)”更改为“压力 (Stress)”和“组件 (Component)”作为“SMISES”。
3. 在“样式 (Style)”选项中，将“样式 (Style)”从“步进 (Stepped)”更改为“平滑 (Smooth)”。
4. 单击“Calculation”按钮，选中“显示最小/最大 (Show Min/Max)”选项，然后单击“确定 (OK)”。然后，出现“轮廓 (Contour)”对话框，如下图所示。

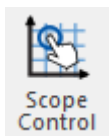


## 播放一个动画

1. 从“分析 (Analysis)”选项卡的“动画控制 (Animation Control)”组中，单击“播放 (Play)”。然后，在 3 帧之后在 Shaft1 中发生最大压力。



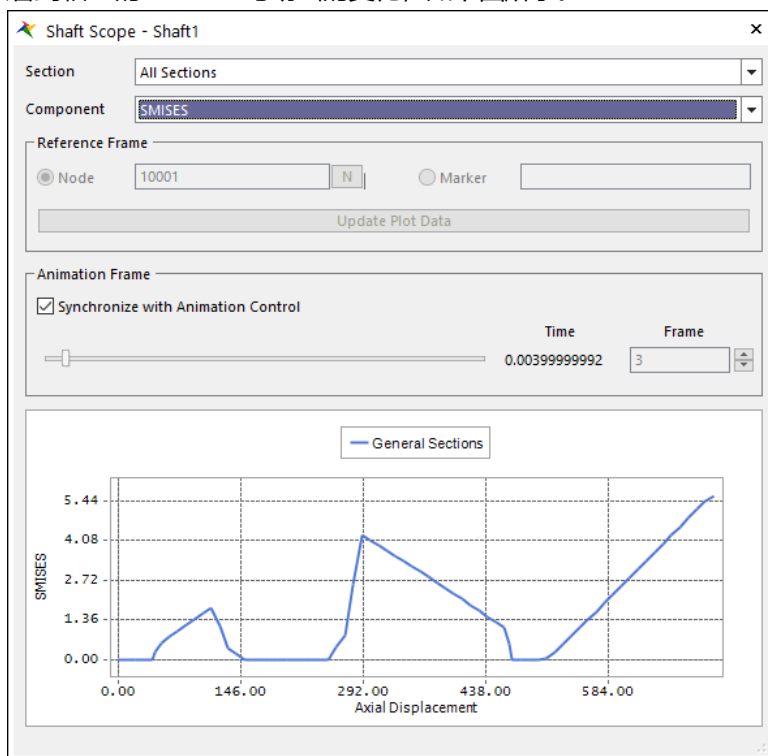
## 查看轴 1 的范围



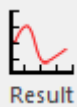
1. 在 KISSsoft 选项卡的“轴 (Shaft)”组中，单击“范围控制 (Scope Control)”。
2. 出现“轴范围控制 (Shaft Scope Control)”对话框后，选中“轴 1”旁边的“使用 (Use)”选项，然后单击“显示 (Display)”。

3. 出现“轴范围-轴 1 (Shaft Scope-Shaft1)”对话框后，将“成分 (Component)”调整为“SMISES”。
4. 确保在“动画框架 (Animation Frame)”部分选中了“与动画控制同步 (Synchronize with Animation Control)”选项。
5. 从“分析 (Analysis)”选项卡的“动画控制 (Animation Control)”组中，单击“动画播放 (Animation Play)”。

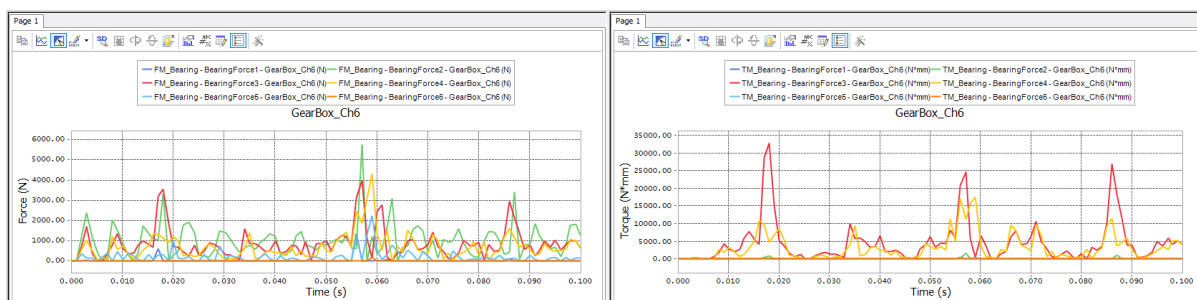
然后，你可以看到轴 1 的 SMISES 与动画的变化，如下图所示。



## 分析轴承



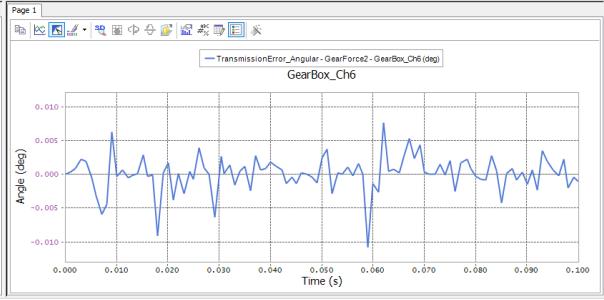
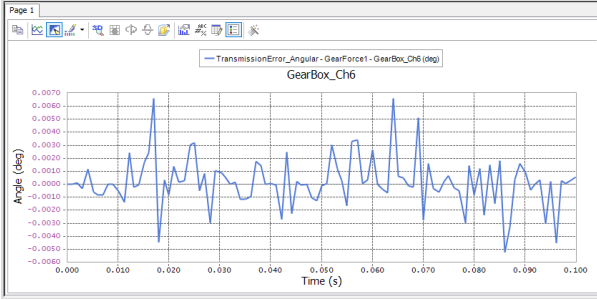
1. 从“分析 (Analysis)”选项卡的“绘图 (Plot)”组中，单击“绘图结果 (Plot Result)”。
2. 在“主页 (Home)”选项卡的“Windows”组中，单击“显示所有 Windows”。
3. 在绘图数据库中，单击“力 (Force)”旁边的“+”按钮。
4. 单击“DriveTrain\_BearingForce”旁边的“+”按钮。
5. 单击“BearingForce1”旁边的“+”按钮。
6. 单击“绘图窗口 (Plot Window)”的左上窗格，然后双击“绘图数据库 (Plot Database)”中的“FM\_Bearing”。
7. 单击“绘图窗口 (Plot Window)”的右上窗格，然后双击“绘图数据库 (Plot Database)”中的“TM\_Bearing”。
8. 对“BearingForce2~6”重复步骤 5~8。  
然后绘图窗口出现，如下图所示。



## 分析齿轮

1. 单击“DriveTrain\_GearForce”旁边的“+”按钮。
2. 单击“GearForce1”和“GearForce2”旁边的每个“+”按钮
3. 单击“绘图窗口 (Plot Window)”的左下方窗格，然后双击“GearForce1”中的“TransmissionError\_Angular”。
4. 单击“绘图窗口 (Plot Window)”的右下方窗格，然后双击来自“GearForce2”的“TransmissionError\_Angular”。  
然后绘图窗口出现，如下图所示。







## 附录：渐开线分析接触

### 任务目标

在本章中，你将学习如何使用渐开线分析接触。



### 预计完成时间

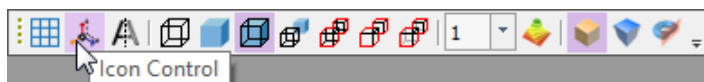
20 分钟

## 创建渐开线分析接触

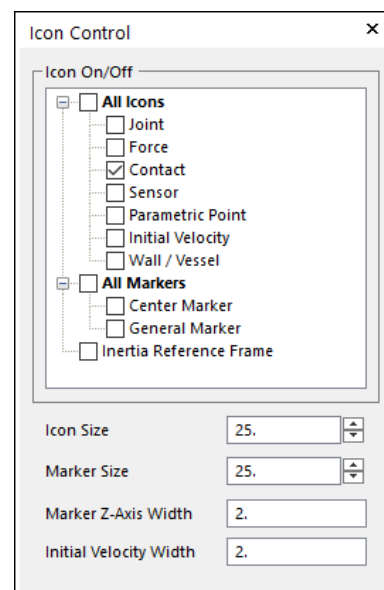
返回齿轮箱 (GearBox) 模型, 您将学习如何使用 RecurDyn 渐开线分析接触而不是 KISSsoft 齿轮接触。

### 调整图标控件

1. 在“渲染工具栏 (Render Toolbar)”中, 单击“图标控件 (Icon Control)”, 如下图所示。



2. 如右图所示检查触点。



### 不活跃的 kisssoft 齿轮接触

1. 在“数据库 (Database)”中, 右键单击“圆柱齿轮组 1 (CylindricalGearGroup1)”, 然后在弹出菜单中单击“属性 (Property)”。
2. 选中属性对话框底部的“Active KISSsoft Gear Force”选项。
3. 单击“确定 (OK)”关闭对话框。
4. 对“圆柱齿轮组 2 (CylindricalGearGroup2)”重复步骤 1~3。

### 创建渐开线分析接触



1. 在“DriveTrain”选项卡的“接触 (Contact)”组中, 单击“渐开线分析接触 (Involute Analytic Contact)”。
2. 将创建方法设置为 KISSsoft body 和 KISSsoft body 并选择“圆柱齿轮 1 (CylindricalGear1)”和“圆柱齿轮 2 (CylindricalGear2)”。
3. 对“圆柱齿轮 3 (CylindricalGear3)”和“圆柱齿轮 4 (CylindricalGear4)”重复步骤 1~2。

### 调整渐开线分析接触

1. 在“数据库 (Database)”中, 右键单击“GearContactInvolute1”, 然后在弹出菜单中单击“属性 (Property)”。
2. 在“Gear Involute Contact”选项卡中, 使用以下信息调整值。
  - 厚度方向的接触输出点数量 (Contact Output Points in Thickness Direction) : 11
  - 最大渐开线剖面数 (Maximum Involute Profile) : 9

3. 对“GearContactInvolute2”重复步骤 1~2。

## 执行运动学/动力学分析

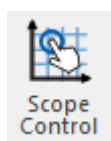
在本节中，你将执行运动学/动力学分析，以查看渐开线接触分析 (Involute Analytic Contact) 对刚刚创建的模型的影响。



1. 从“分析 (Analysis)”选项卡的“仿真类型 (Simulation Type)”组中，单击“Dyn / Kin”。
2. 单击“仿真 (Simulate)”

## 分析轴

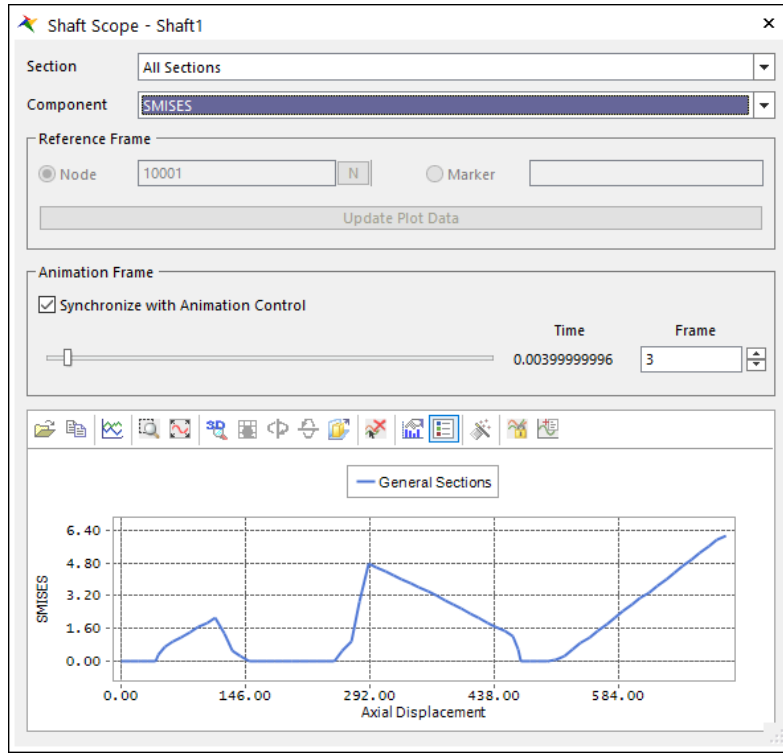
查看轴 1 范围



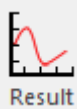
1. 在 KISSsoft 选项卡的“轴 (Shaft)”组中，单击“范围控制 (Scope Control)”。
2. 出现“轴范围控制 (Shaft Scope Control)”对话框后，选中“轴 1”旁边的“使用 (Use)”选项然后单击“显示 (Display)”。
3. 出现“轴范围-轴 1 (Shaft Scope-Shaft1)”对话框后，将“成分 (Component)”调整为“SMISES”。
4. 确保在“动画框架 (Animation Frame)”部分选中了“与动画控制同步 (Synchronize with Animation Control)”选项。
5. 从“分析 (Analysis)”选项卡的“动画控制 (Animation Control)”组中，单击“动画播放 (Animation Play)”。

然后，你可以看到轴 1 的 SMISES 与动画的变化，如下图所示。

该图与第 7 章中的 SMISES 图几乎完全相同。

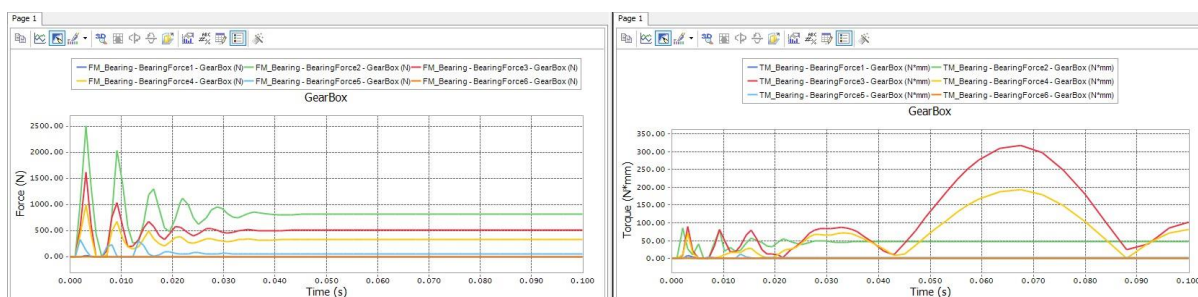


## 分析轴承



1. 从“分析 (Analysis)”选项卡的“绘图 (Plot)”组中，单击“绘图结果 (Plot Result)”。
2. 在“主页 (Home)”选项卡的“Windows”组中，单击“显示所有 Windows”。
3. 在绘图数据库中，单击“力 (Force)”旁边的“+”按钮。
4. 单击“DriveTrain\_BearingForce”旁边的“+”按钮。
5. 单击“BearingForce1”旁边的“+”按钮。
6. 单击“绘图窗口 (Plot Window)”的左上窗格，然后双击“绘图数据库 (Plot Database)”中的“FM\_Bearing”。
7. 单击“绘图窗口 (Plot Window)”的右上窗格，然后双击“绘图数据库 (Plot Database)”中的“TM\_Bearing”。
8. 对“BearingForce2~6”重复步骤 5~8。

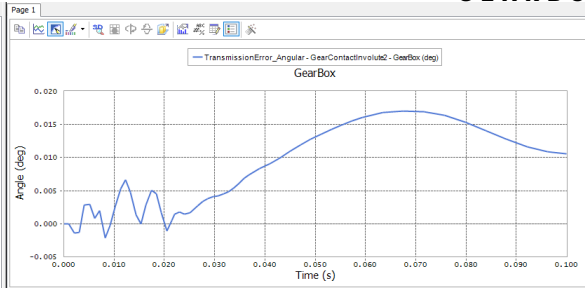
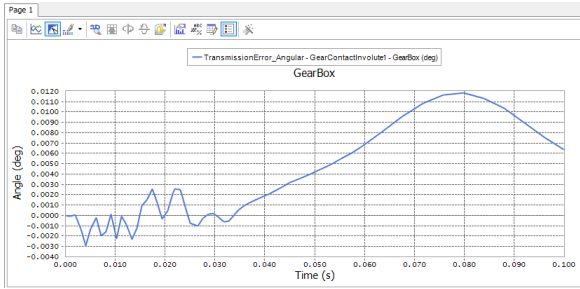
然后绘图窗口出现，如下图所示。



## 分析齿轮

1. 单击“接触 (Contact)”旁边的“+”按钮。
2. 单击“齿轮渐开线接触 (Gear Involute Contact)”旁边的“+”按钮。
3. 单击“齿轮渐开线接触 1 (GearContactInvolute1)”和“齿轮渐开线接触 2 (GearContactInvolute2)”旁边的每个“+”按钮。
4. 单击“绘图窗口 (Plot Window)”的左下方窗格，然后双击“GearContactInvolute1”中的“TransmissionError\_Angular”。
5. 单击“绘图窗口 (Plot Window)”的右下方窗格，然后双击来自“GearContactInvolute2”的“TransmissionError\_Angular”。

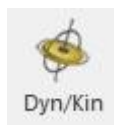
然后绘图窗口出现，如下图所示。





## 执行运动学/动力学分析

渐开线分析接触比任何其他齿轮接触更快，更准确。因此，结束时间将加长并需要再次分析系统。



1. 返回模型。从“分析 (Analysis)”选项卡的“仿真类型 (Simulation Type)”组中，单击“Dyn / Kin”。
2. 在“常规 (General)”选项卡中，使用以下信息调整仿真的结束时间和步骤。
  - 结束时间: 3
  - 步骤: 300
  - 绘制乘数步长因子: 2
3. 单击“仿真 (Simulate)”

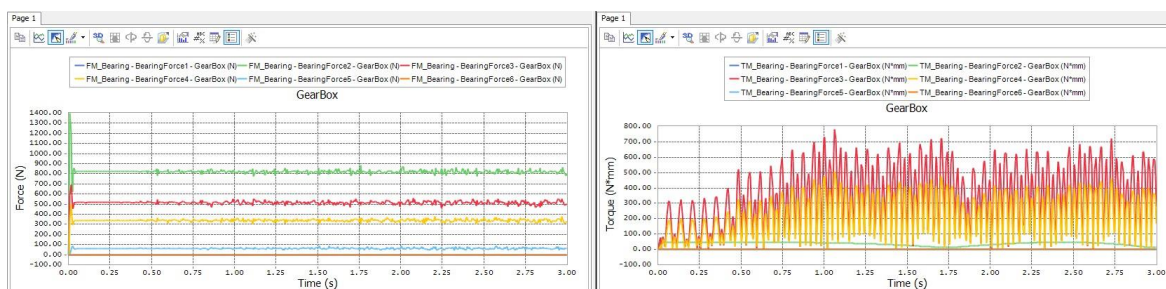
## 分析轴承



1. 从“分析 (Analysis)”选项卡的“绘图 (Plot)”组中，单击“绘图结果 (Plot Result)”。
2. 在“主页 (Home)”选项卡的“Windows”组中，单击“显示所有 Windows”。
3. 在绘图数据库中，单击“力 (Force)”旁边的“+”按钮。
4. 单击“DriveTrain\_BearingForce”旁边的“+”按钮。
5. 单击“BearingForce1”旁边的“+”按钮。
6. 单击“绘图窗口 (Plot Window)”的左上窗格，然后双击“绘图数据库 (Plot Database)”中的“FM\_Bearing”。
7. 单击“绘图窗口 (Plot Window)”的右上窗格，然后双击“绘图数据库 (Plot Database)”中的“TM\_Bearing”。
8. 对“BearingForce2~6”重复步骤 5~8。

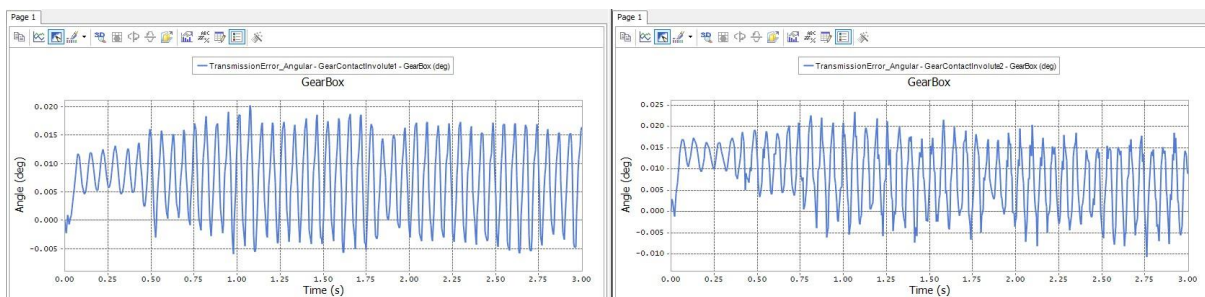


然后绘图窗口出现，如下图所示。



## 分析齿轮

1. 单击“接触 (Contact)”旁边的“+”按钮。
  2. 单击“齿轮渐开线接触 (Gear Involute Contact)”旁边的“+”按钮。
  3. 单击“GearContactInvolute1”和“GearContactInvolute2”旁边的每个“+”按钮。
  4. 单击“绘图窗口 (Plot Window)”的左下方窗格，然后双击“GearContactInvolute1”中的“TransmissionError\_Angular”。
  5. 单击“绘图窗口 (Plot Window)”的右下方窗格，然后双击来自“GearContactInvolute2”的“TransmissionError\_Angular”。
- 然后绘图窗口出现，如下图所示。

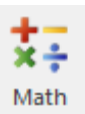


## 分析关节

您将分析齿轮箱系统的输入轴和输出轴的速度比。



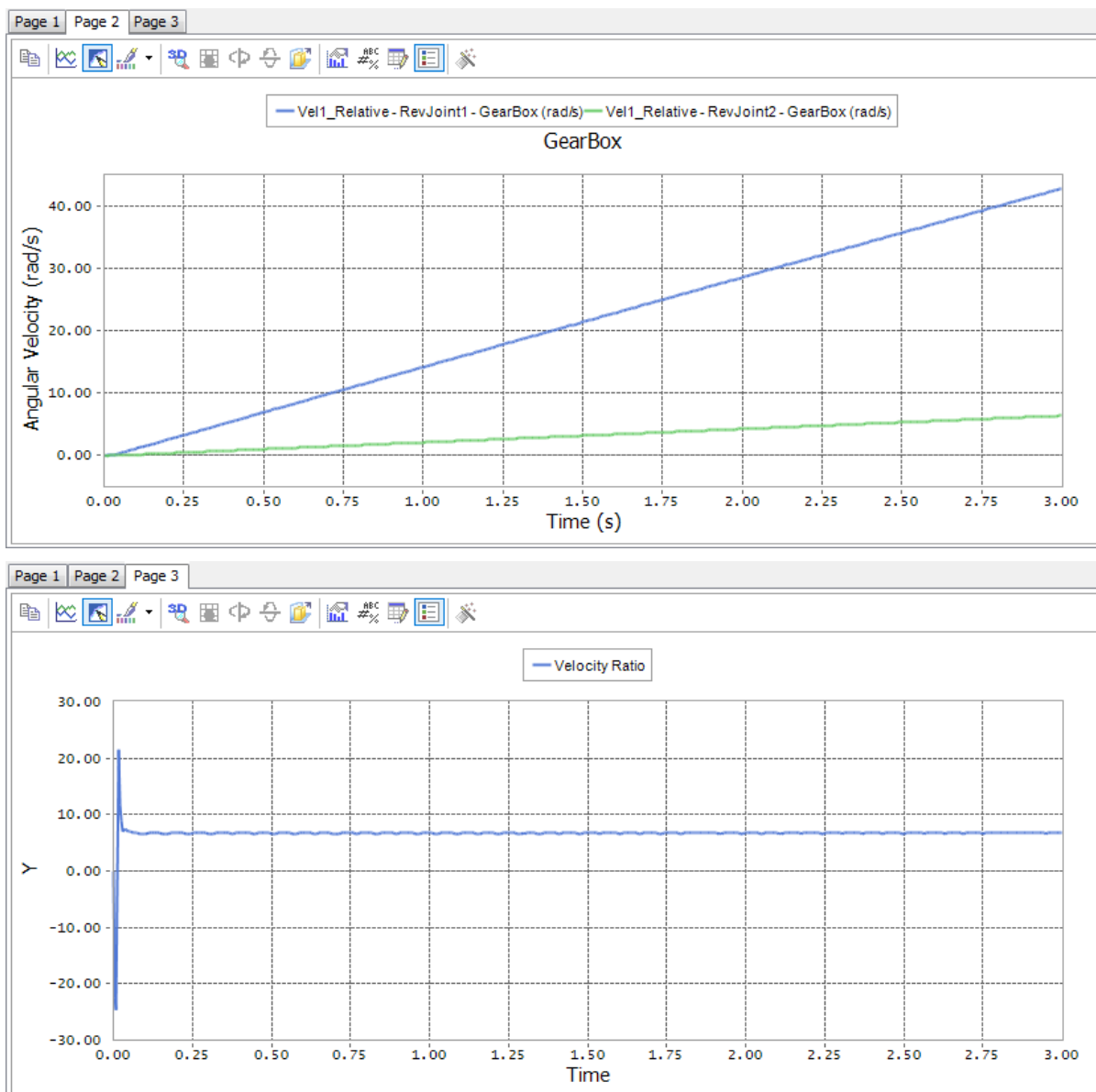
1. 单击“关节 (Joint)”旁边的“+”按钮。
2. 单击“RevJoint1”和“RevJoint2”旁边的每个“+”按钮。
3. 单击“绘图窗口 (Plot Window)”的左上窗格，然后单击在“主页 (Home)”选项卡中的“Windows”组中的“添加页面 (Add Page)”按钮。
4. 双击“RevJoint1”中的“Vel1\_Relative”和来自的“Rev1\_Relative RevJoint2”
5. 从“工具 (Tool)”选项卡的“分析 (Analysis)”组中，单击“数学 (Math)”。
6. 出现“数据分析 (Data Analysis)”对话框后 (Execute) ”。



- 数学类型: 除 (Divide) : F1/F2
- 绘制到新页面: Yes
- 添加到数据库: Yes
- 使用默认曲线名称: No
- 曲线名称: 速度比 (Velocity Ratio)

Data Analysis	
<b>Simple Math</b>	
Math Type	Divide : F1 / F2
Source Curve1 (F1)	1:Vel1_Relative - RevJoint1 - GearBox (rad/s)
Source Curve2 (F2)	2:Vel1_Relative - RevJoint2 - GearBox (rad/s)
Plot to New Page	Yes
Add to Database	Yes
Use Default Curve Name	No
Curve Name	Velocity Ratio
<b>Scale Option</b>	
Y Scale Factor Type	User Defined Value
Y Scale Factor	1.
X Scale Factor Type	User Defined Value
X Scale Factor	1.
<b>Translate Option</b>	
Translate Type	Offset
X	0.
Y	0.
Align to Curve	1:Vel1_Relative - RevJoint1 - GearBox (rad/s)
<b>Curve Name</b>	
Curve Name	
<input type="button" value="Execute"/> <input type="button" value="Close"/>	

然后，绘图窗口如下图所示。



齿轮箱系统的速度比为 6.7。

感谢你参与此次教程!