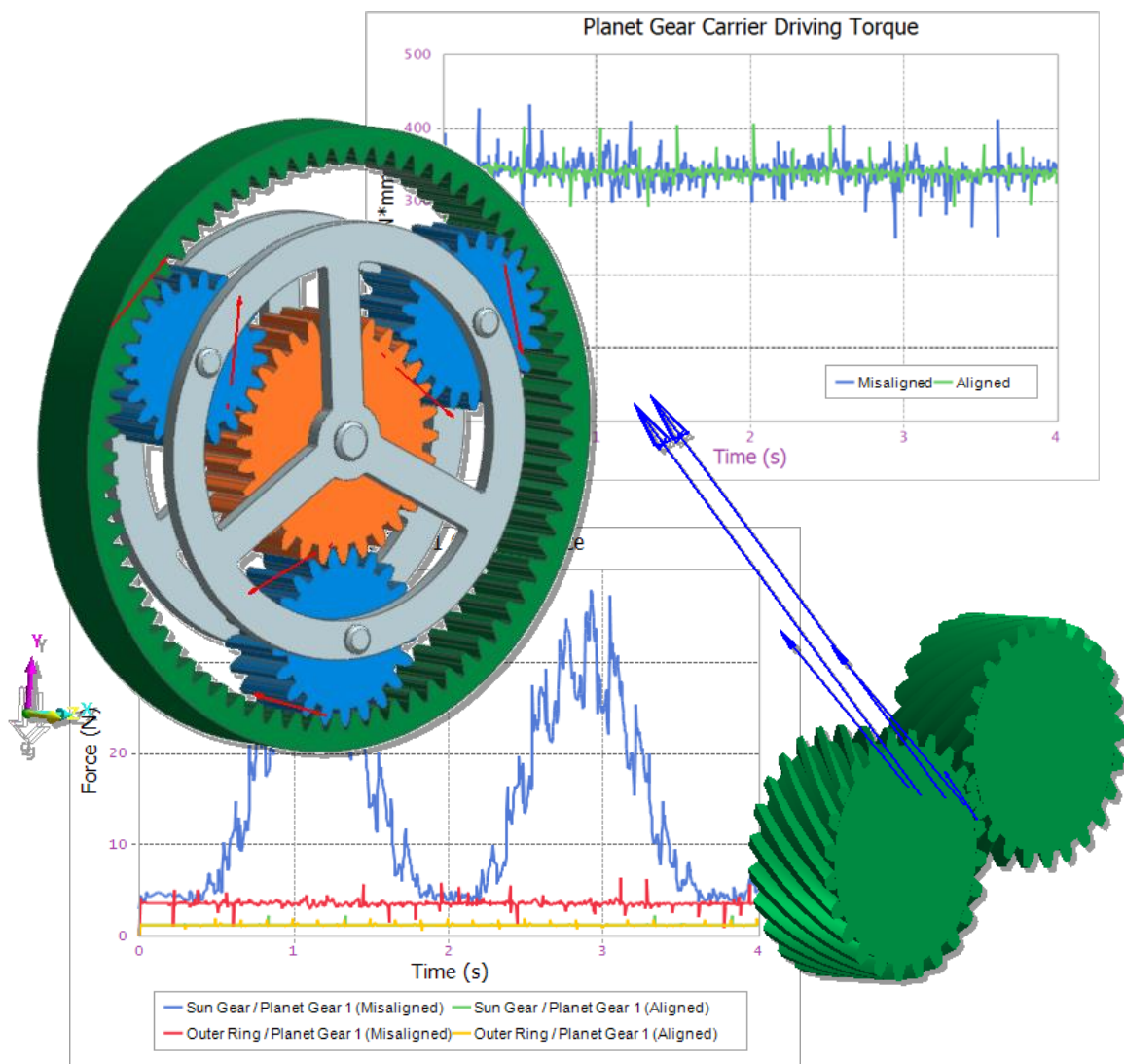


## 齿轮工具包教程



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*<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 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*<sup>™</sup> V9R1.

---

# 目录

预备工作.....	4
目标.....	4
读者.....	4
预备知识.....	4
步骤.....	4
预计完成的时间.....	5
创建行星轮组模型.....	6
任务目标.....	6
预计完成的时间.....	6
创建一个新模型和齿轮子系统.....	7
自定义设置.....	8
创建齿轮.....	8
布置齿轮.....	11
导入行星轮支架几何.....	15
创建运动副.....	16
创建 2D 接触.....	17
应用运动输入和扭矩负载.....	18
运行仿真.....	20
研究偏移影响.....	21
任务目标.....	21
预计完成的时间.....	21
转为 3D 接触.....	22
仿真并查看 3D 接触结果.....	24
移动行星轮.....	25
仿真偏移后的模型并比较结果.....	26
斜齿轮.....	29
任务目标.....	29
预计完成的时间.....	29
创建模型.....	30

## 预备工作

### 目标

本教程中，通过仿真一些简单的齿轮系统，熟悉 RecurDyn 齿轮工具包。第一个系统是采用直齿的行星轮组，研究其中一个齿轮偏移所造成的影响。第二个系统是两个齿轮副，一个采用直齿，一个采用斜齿轮，这个系统主要用来比较两种不同齿轮类型的性能。

### 读者

本教程适用于已经学过如何创建几何、运动副和力元素的 RecurDyn 的中级用户。所有新的任务都将做详细说明。

### 预备知识

学习本教程之前，读者应先学习 3D 曲柄滑块和带螺旋桨的发动机教程，或其它类似教程。读者必须具备一些基本的物理知识。

### 步骤

本教程包含了以下步骤，预计完成每个步骤的时间如下表所示。

步骤	时间（分钟）
创建行星轮组模型	20
研究偏移影响	15
斜齿轮	20
总计	55



## 预计完成的时间

本教程大约需要 55 分钟来完成。

# Chapter 2

## 创建行星轮组模型

### 任务目标

学习如何创建一个简单的齿轮系统。



### 预计完成的时间

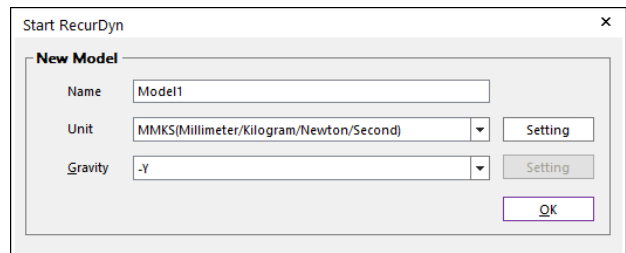
20 分钟

## 创建一个新模型和齿轮子系统

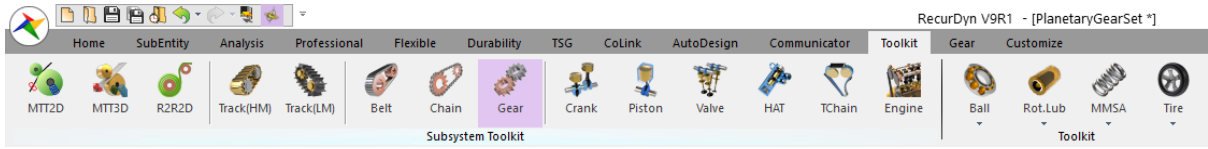
创建一个新模型：



1. 双击桌面上的 **RecurDyn** 工具。  
**RecurDyn** 启动，并弹出新模型窗口。
2. 输入 **PlanetaryGearSet**，作为模型名称。
3. 选择 **OK**。



创建一个新的齿轮子系统：



1. 在工具栏中，选择 **Wireframe** 按钮。
2. 在 **Toolkit** 标签的 **Subsystem Toolkit** 组中，点击 **Gear**。

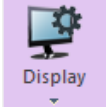


**RecurDyn** 进入新齿轮子系统，一个新的齿轮标签会出现在 **Ribbon** 中。

## 自定义设置

下面对软件和模型进行某些自定义设置。提高模型和结果的图像显示质量，关闭“Shift when Pasting”选项，以简化建模步骤。

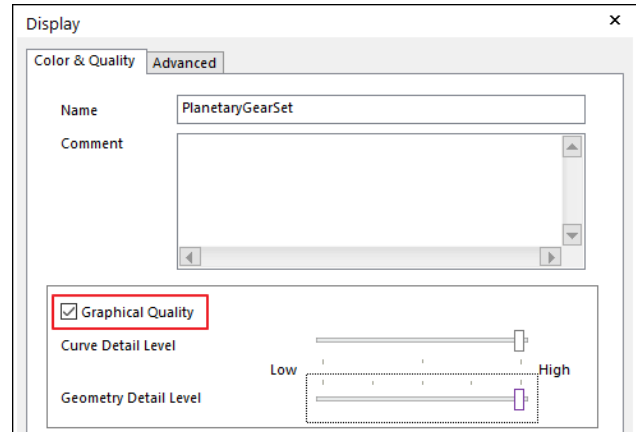
提高模型和结果的图像显示质量：



1. 在 **Home** 标签的 **Model Setting** 组中，点击 **Display**。

弹出显示对话框。

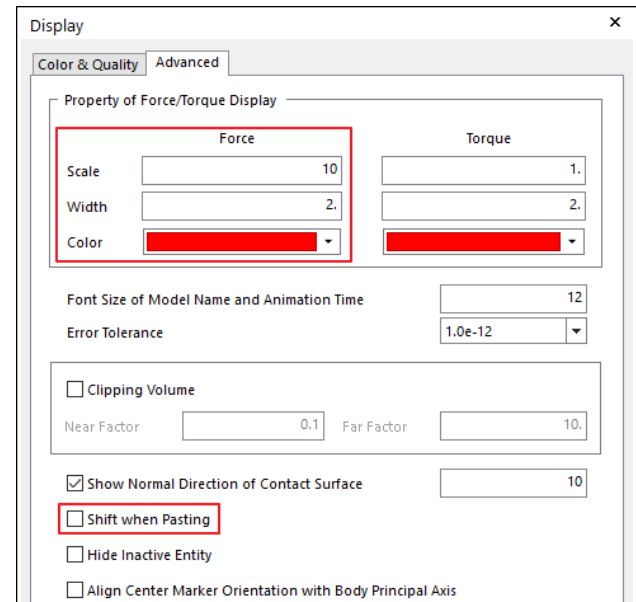
2. 勾选 **Graphical Quality** 勾选框。
3. 将两个侧边条向右移动，提高显示质量



4. 选择 **Advanced** 标签。
5. 在 **Force** 下，完成如下操作：
  - **Scale:** 10
  - **Color:** Red

关闭 **Shift When Pasting**

1. 取消 **Shift When Pasting** 的勾选。
2. 点击 **OK**。



## 创建齿轮

创建太阳轮：

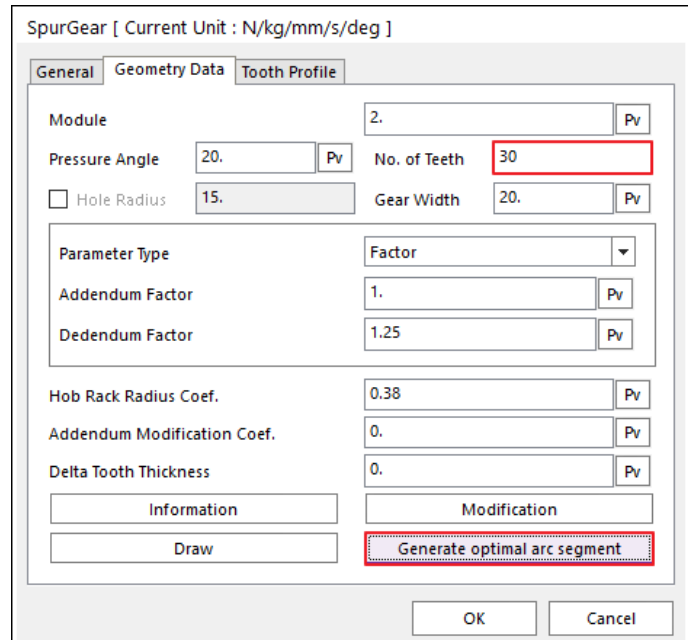


1. 在 **Gear** 标签的 **Gear** 组中，点击 **Spur**。
2. 在工作窗口中，选择点 0, 0, 0 来定义齿轮的中心，或在输入窗口的工具条中输入这些值。

弹出直齿对话框。

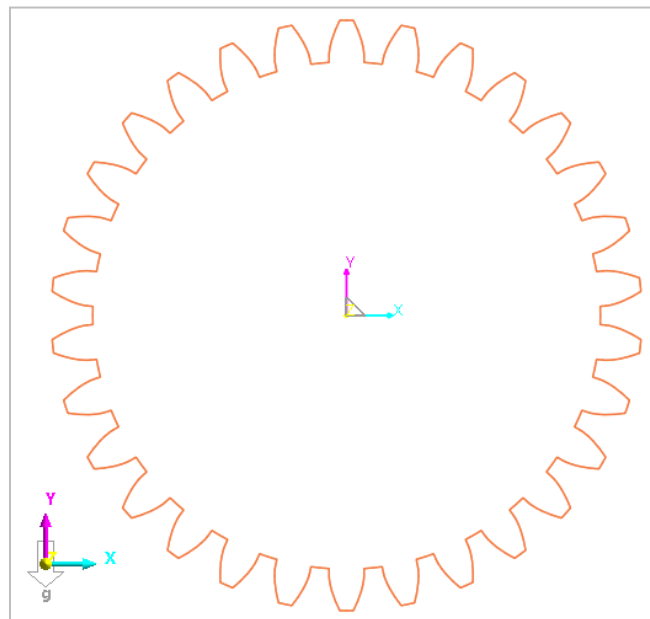


3. 选择 **Geometry Data** 标签。
4. 将 **Number of Teeth** 设为 30。
5. 点击 **Generate optimal arc segment**。
6. 点击 **OK**。



7. 在数据库窗口，右键点击 **SpurGear1**。
8. 选择 **Rename**。
9. 将齿轮重命名为 **SunGear**。

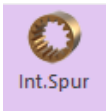
模型会显示如下。



创建行星轮：

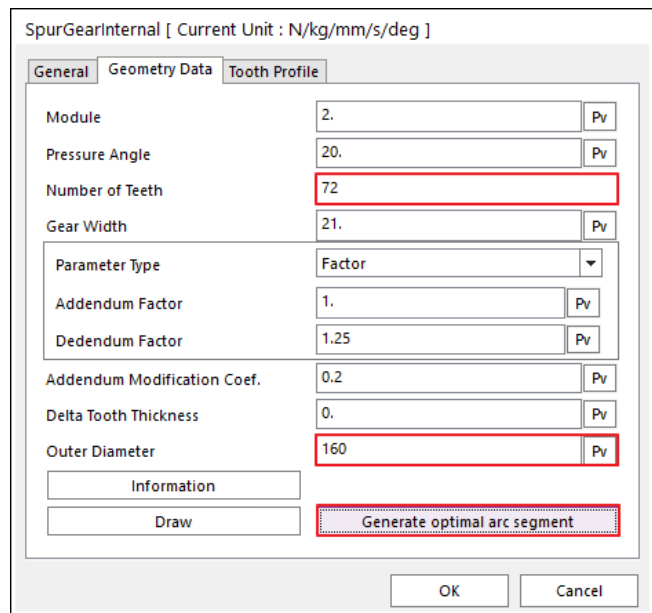
1. 重复以上步骤，创建另一个直齿，这次用 21 齿，命名为 **PlanetGear1**。
2. 在工作窗口中，选择刚创建的齿轮 **PlanetGear1**。
3. 按 **Ctrl-C** 复制齿轮。
4. 按 **Ctrl-V** 两次，来创建两个行星轮。稍后把它们移动到合适的位置。
5. 在数据库窗口将两个新建的行星轮重命名为 **PlanetGear2** 和 **PlanetGear3**。

创建外齿：



6. 在 **Gear** 标签的 **Gear** 组中，点击 **Int.Spur**。
7. 在工作窗口中选择点 0, 0, 0，来定义齿轮的中心。

弹出 **SpurGearInternal** 对话框。



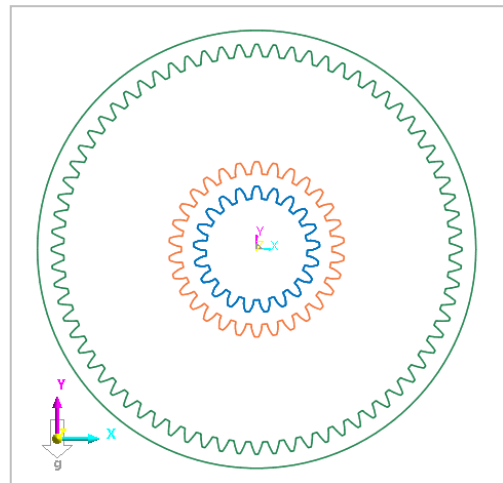
8. 选择 **Geometry Data** 标签。
9. 完成如下设置，如右图所示。
  - **Number of Teeth:** 72
  - **Outer Diameter:** 160

10. 选择 **Generate optimal arc segment**。

11. 选择 **OK**。

12. 将齿轮重命名为 **OuterRingGear**。

的模型会显示如右图。



## 齿轮布置

下面需要移动行星轮，使它们的齿与太阳轮正确啮合。

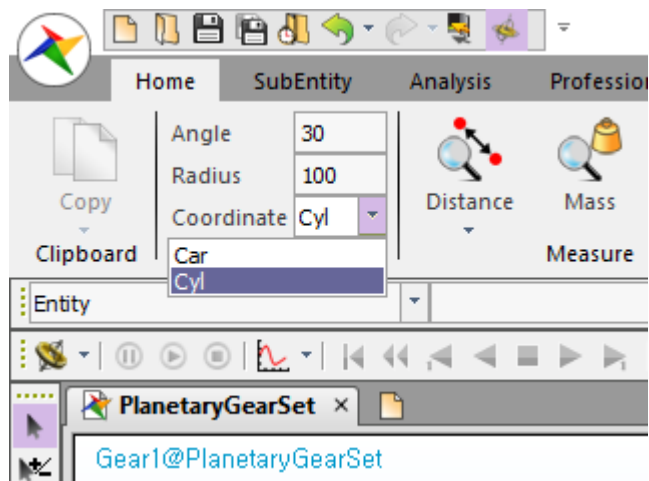
与第一个行星轮啮合：

1. 在 **ViewControl** 工具栏中，选择 **Grid On/Off** 按钮，来开启网格显示。



2. 在 **Home** 标签的 **Working Plane** 组中，将 **Coordinate** 从 **Car** (迪卡尔) 改为 **Cyl** (圆柱型)，如右图所示。

网格会改为如右下图所示，可以在太阳轮的中心轻松准确的选出  $120^\circ$  和  $240^\circ$  的点。



3. 将 **Radius** 改为 10。



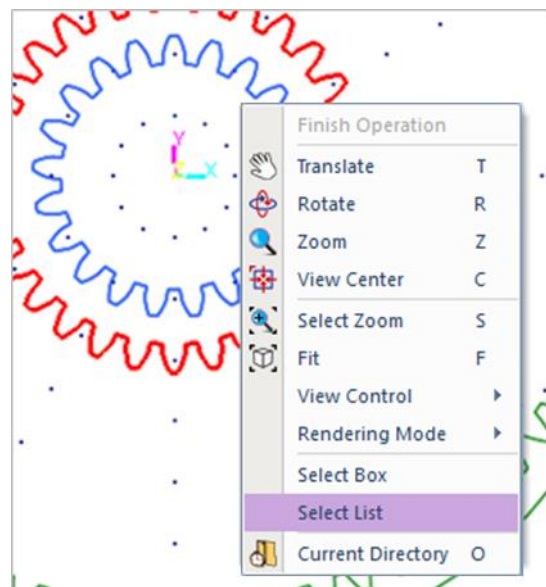
4. 在 **Gear** 标签的 **Assembly** 组中，点击 **Assembly**。

5. 在工作窗口中，选择太阳轮作为基础齿轮。

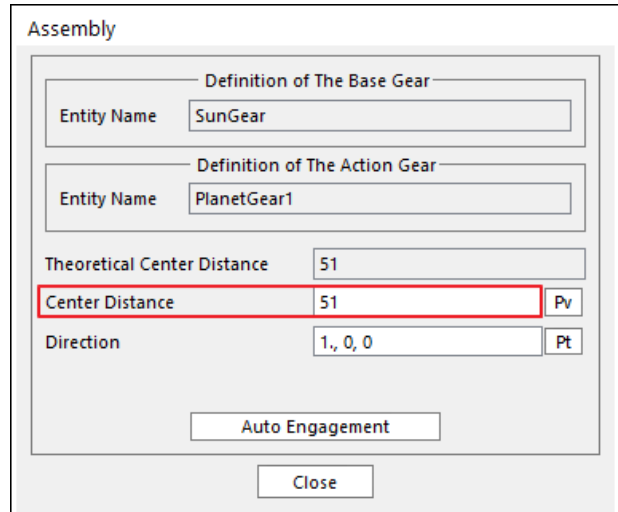
6. 选择行星齿轮时，在工作窗口中，右键点击行星轮，选择 **Select List**，如右图所示。

弹出可选的单元列表。

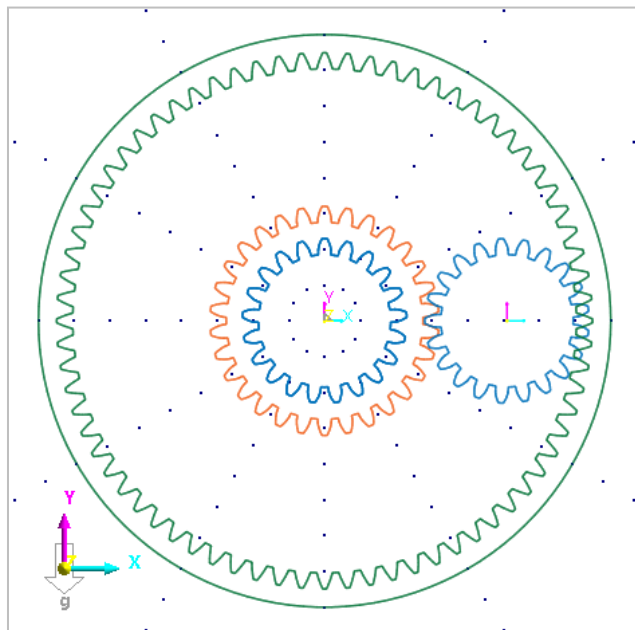
7. 在列表中选择 **PlanetGear1**，并点击 **OK**。



8. 对于 **Center Distance**，输入 51。
9. 点击 **Auto Engagement** 按钮。
10. 点击 **Close**。

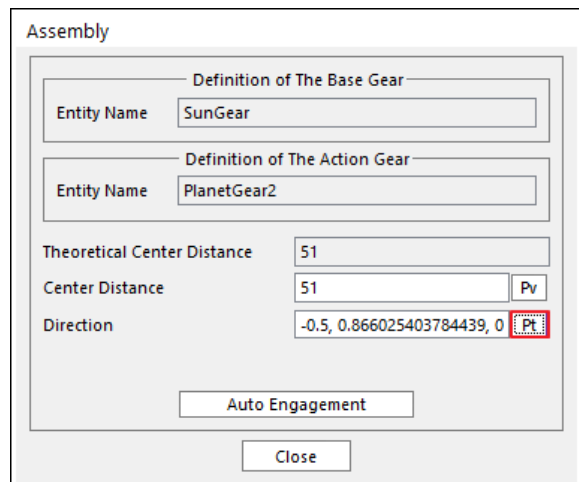


模型会显示如下。

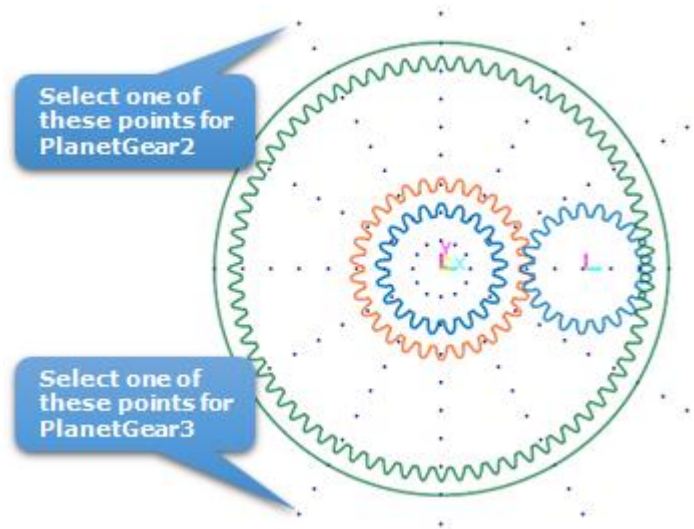


与剩余两个行星轮啮合：

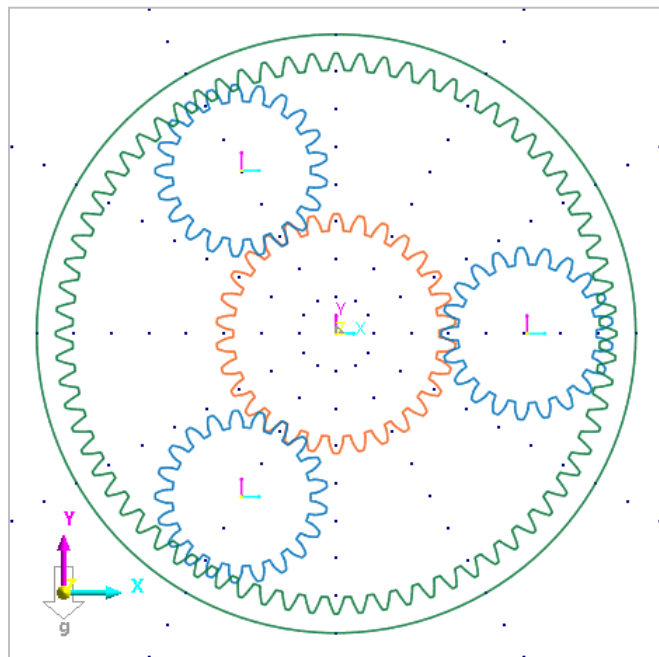
1. 重复上述步骤，这次选择 **PlanetGear2** 作为行动轮。
2. 这次，在 **Assembly** 对话框中，选择 **Direction** 右边的 **Pt** 按钮。



3. 在工作窗口中，选择沿 120°线的任意网格点。
4. 再次选择 **Auto Engagement** 和 **Close**，将 **PlanetGear2** 移动到与太阳轮呈 120°的位置。
5. 对 **PlanetGear3**，重复以上步骤，选择沿 240°线的任意网格点。



模型会显示如下。



至此，外齿轮看起来与行星轮正确啮合。然而实际上齿轮的角度相错半个齿，或  $\frac{1}{2} \times 360^\circ / 72 \text{ teeth} = 2.5^\circ$ 。下面可以旋转外齿轮，来与行星轮正确啮合。

对齐外齿轮：

1. 选择 **Outer Ring Gear**。

2. 在 **View control toolbar** 中，选择 **Object Control** 工具。

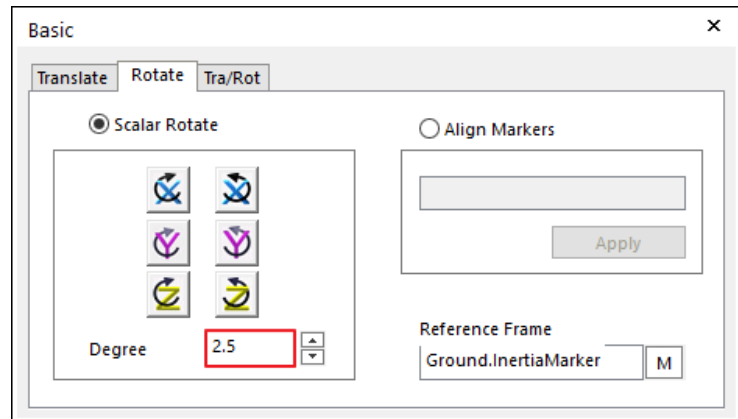


3. 选择 **Rotate** 标签。

4. 输入 2.5°的角度。

5. 点击 **Counter clockwise About Z-Axis** 按钮。

6. 关闭 **Basic Object Control** 对话框。



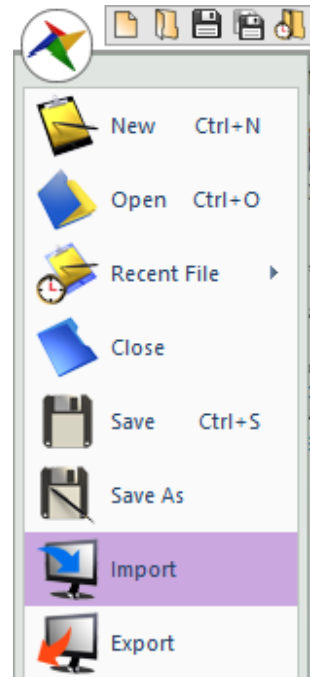
现在外齿轮齿应该与行星轮齿对齐。

## 导入行星轮支架几何体

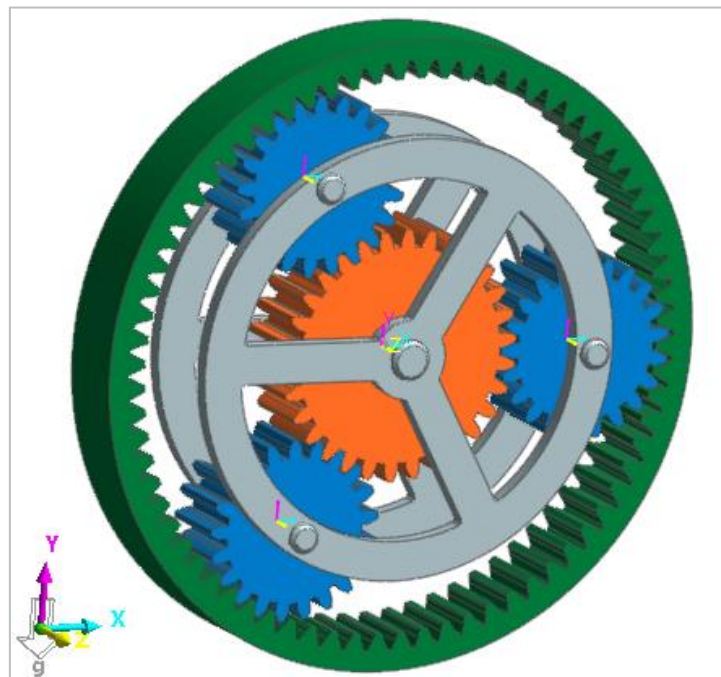
下面，导入表示行星轮支架的几何。

导入行星轮支架：

1. 选择 **System Button> Import**。  
弹出导入对话框。
2. 将文件类型改为 **ParaSolid File(\*.x\_t; \*.x\_b; \*.xmt; \*.xmt\_bin)**。
3. 转到齿轮教程目录，选择文件 **PlanetGearCarrier.x\_t**。（文件路径<Install Dir> /Help /Tutorial /Toolkit /Gear /PlanetGear）
4. 点击 **Open**。
5. 将新部件 **ImportBody1** 重命名为 **PlanetGearCarrier**。



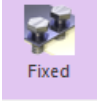
模型会显示如下。



## 创建运动副

下面创建几个旋转副，来将齿轮连接到部件上。外环齿轮会固定到地面上。

创建运动副：



1. 在 **Professional** 标签的 **Joint** 组中，点击 **Fixed**
2. 将创建模式工具栏设为 **Body, Body, Point**。
3. 通过点击工作窗口的背景，来选择 **MotherBody** 作为基础部件。
4. 选择 **OuterRingGear** 作为行动部件。
5. 在输入窗口工具栏中输入 0, 0, 0。



6. 在 **Professional** 标签的 **Joint** 组中，点击 **Revolute**。
7. 将创建模式工具栏设为 **Body, Body, Point**。
8. 选择 **MotherBody** 作为基础部件。
9. 选择 **PlanetGearCarrier** 作为行动部件。
10. 在输入窗口工具栏中，输入 0, 0, 0。
11. 重复步骤 6-10，来创建以下部件之间的旋转副 (利用齿轮质心坐标来将旋转副放置到齿轮的中心上)。

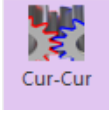
运动副	基础部件	行动部件
<b>RevJoint2</b>	<b>MotherBody</b>	<b>SunGear</b>
<b>RevJoint3</b>	<b>PlanetGearCarrier</b>	<b>PlanetGear1</b>
<b>RevJoint4</b>	<b>PlanetGearCarrier</b>	<b>PlanetGear2</b>
<b>RevJoint5</b>	<b>PlanetGearCarrier</b>	<b>PlanetGear3</b>



## 创建 2D 接触

为快速仿真，RecurDyn 允许创建只考虑轮齿外形的 2D 接触。下面，创建齿轮之间的 2D 接触。

创建 2D 接触：



1. 在 **Gear** 标签的 **Contact** 组中，点击 **Cur-Cur(2D 曲线对曲线接触)**。
2. 选择 **SunGear** 作为基础部件。
3. 选择 **PlanetGear1** 作为行动部件。
4. 重复步骤 1-4，来创建以下齿轮之间的接触：

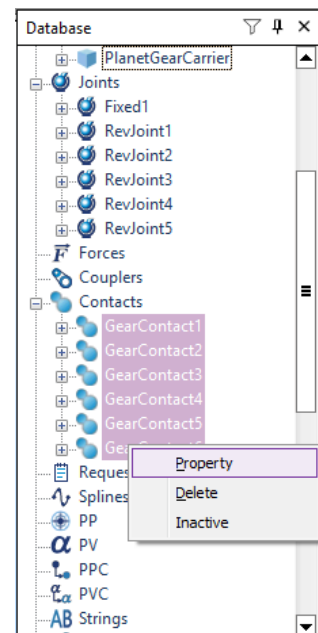
接触	基础部件	行动部件
<b>GearContact2</b>	<b>SunGear</b>	<b>PlanetGear2</b>
<b>GearContact3</b>	<b>SunGear</b>	<b>PlanetGear3</b>
<b>GearContact4</b>	<b>OuterRingGear</b>	<b>PlanetGear1</b>
<b>GearContact5</b>	<b>OuterRingGear</b>	<b>PlanetGear2</b>
<b>GearContact6</b>	<b>OuterRingGear</b>	<b>PlanetGear3</b>

下面，可以通过修改接触的参数，来改进仿真速度和此模型的结果。

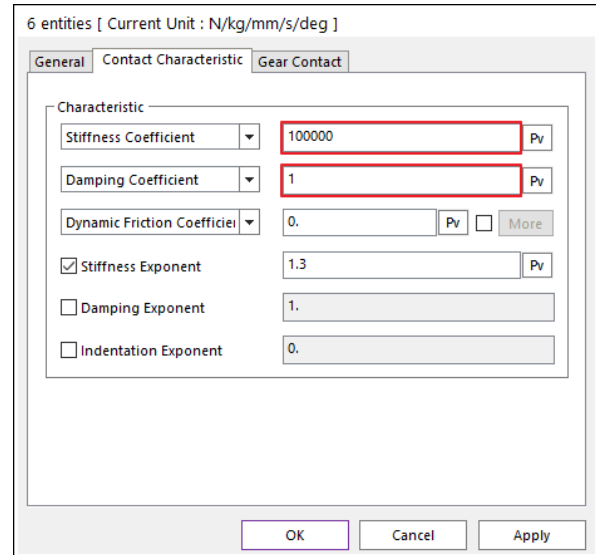
修改 2D 接触的参数：

1. 在数据库窗口中，通过以下操作，选择 **GearContact1 – GearContact6**。
  - a. 选择 **GearContact1**。
  - b. 按住 **Shift** 键，并向下拖动。
  - c. 选择 **GearContact6**。
2. 右键点击选中的元素之一，并选择 **Property**。

一个名为“6 entities”的属性对话框就会弹出来。



3. 选择 **Contact Characteristic** 标签。
4. 完成如下设置。
  - **Spring Coefficient:** 100000
  - **Damping Coefficient:** 1
5. 点击 **OK**。

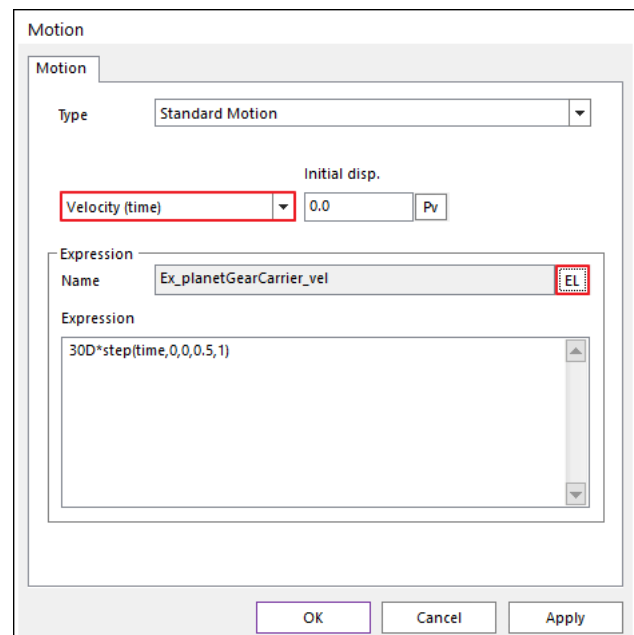


## 施加运动输入和负载扭矩

下面把运动施加到行星轮支架上，并将负载扭矩施加到太阳轮上。

施加一个运动输入：

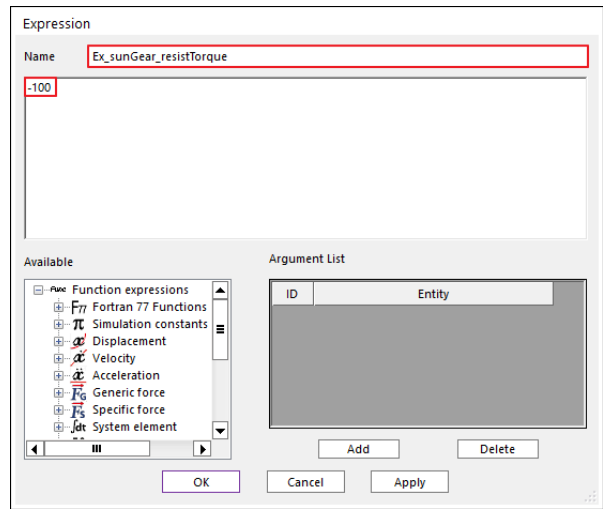
1. 打开 **MotherBody** 与 **PlanetGearCarrier** 之间的旋转运动副 **RevJoint1** 的属性窗口。
2. 勾选 **Include Motion** 勾选框，点击 **Motion** 按钮。
3. 在下拉菜单中，选择 **Velocity**。
4. 点击 **EL** 按钮。
5. 点击 **Create**。
6. 输入 **Ex\_planetGearCarrier\_vel**，作为表达式名称。
7. 输入以下表达式。
  - $30D * \text{step}(\text{time}, 0, 0, 0.5, 1)$
8. 点击 **OK** 四次，退出所有对话框。



施加负载扭矩：



1. 在 **Professional** 标签的 **Force** 组中，点击 **Rot.Axial**
2. 将 **Creation Method** 工具栏设为 **joint**。
3. 用 **Select List** 来选择 **MotherBody** 与 **SunGear** 之间的旋转运动副 **RevJoint2**。
4. 打开 **RotationalAxial1** 的属性对话框。
5. 点击 **EL** 按钮。
6. 点击 **Create** 按钮。
7. 输入 **Ex\_sunGear\_resistTorque**，作为表达式名称。
8. 输入 -100 作为表达式。
9. 点击 **OK** 三次。



建模已经完成，可以运行仿真了。

## 运行仿真

下面运行模型仿真，并验证观察到的行星轮支架与太阳轮之间的齿数比。

运行仿真：



1. 在 **Analysis** 标签的 **SimulationType** 组中，点击 **Dyn/Kin**

2. 完成如下设置。

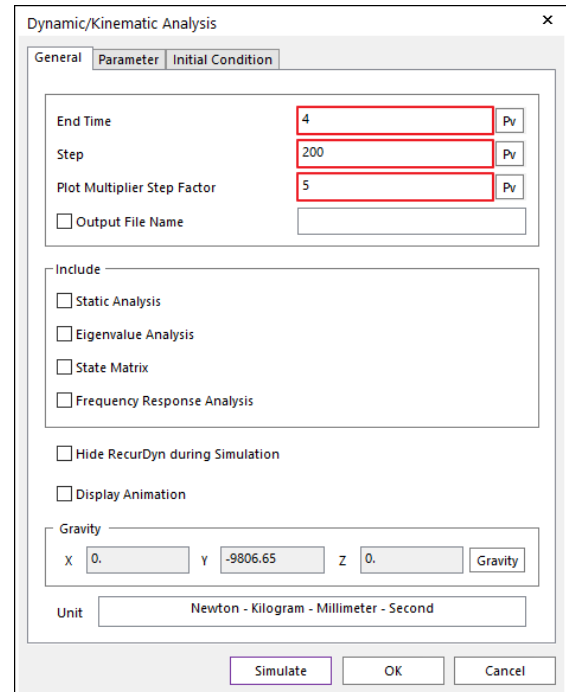
- **End Time:** 4
- **Step:** 200
- **Plot Multiplier Step Factor:** 5

3. 点击 **Simulate**。



4. 仿真完成后，可以通过工具栏中的 **Play** 按钮，播放动画。

动画会显示行星轮系统平稳的运行。



## 研究偏移影响

### 任务目标

观察行星轮的偏移如何影响行星轮系统。



### 预计完成的时间

15 分钟

## 转为 3D 接触

。因为想要研究齿轮之间非理想的 3D 接触，用 2D 接触不再正确。因此，第一步就是创建 3D 齿轮接触，关闭 2D 接触。

创建 3D 齿轮接触：



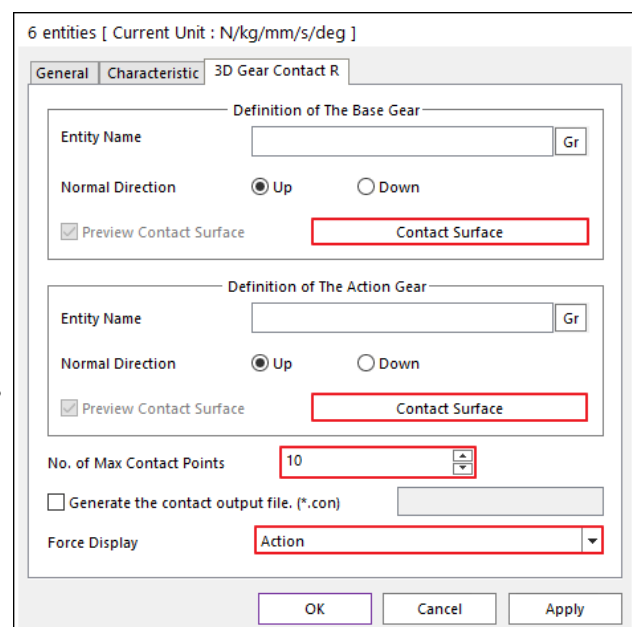
1. 在 **Gear** 标签的 **Contact** 组中，点击 **Solid**。
2. 选择 **SunGear** 作为基础部件。
3. 选择 **PlanetGear1** 作为行动部件。
4. 重复上述步骤 1-3，创建以下齿轮之间的接触。

接触	基础部件	行动部件
<b>GearContact3DR2</b>	<b>SunGear</b>	<b>PlanetGear2</b>
<b>GearContact3DR3</b>	<b>SunGear</b>	<b>PlanetGear3</b>
<b>GearContact3DR4</b>	<b>OuterRingGear</b>	<b>PlanetGear1</b>
<b>GearContact3DR5</b>	<b>OuterRingGear</b>	<b>PlanetGear2</b>
<b>GearContact3DR6</b>	<b>OuterRingGear</b>	<b>PlanetGear3</b>

下面，可以修改接触参数来提高此模型的仿真速度，并改进模型结果。

修改 3D 接触参数：

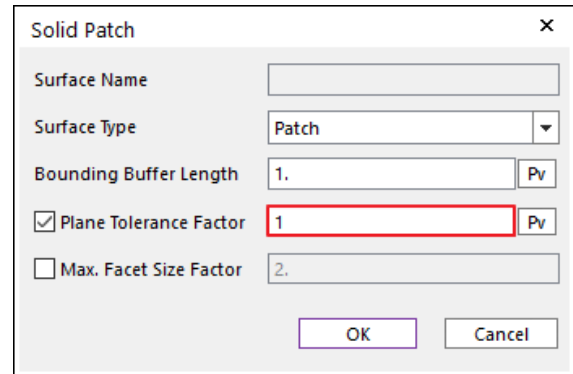
1. 在数据库窗口，使用 **Shift** 键，选择 **GearContact3DR1 – GearContact3DR6**。
2. 右键点击选中的元素之一，并选择 **Property**。  
弹出名称为“6 entities”的属性对话框。
3. 在 **3D Gear Contact R** 标签下，将 **No.of Max Contact Points** 设为 10。
4. 将 **Force Display** 设为 **Action**。



5. 在 **Base Gear** 区域，点击 **Contact Surface** 按钮。

6. 将 **Plane Tolerance Factor** 设为 1。

7. 点击 **OK**。

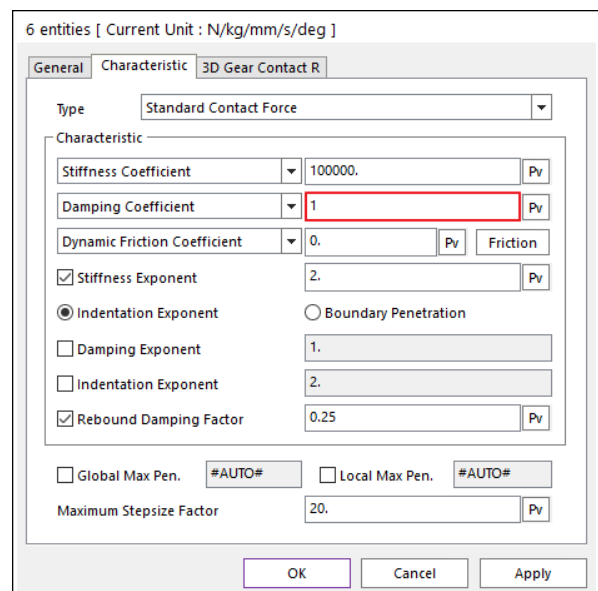


8. 对 **Action Gear**，重复上述步骤 5-6。

9. 选择 **Characteristic** 标签。

10. 将 **Damping Coefficient** 改为 1。

11. 点击 **OK**。

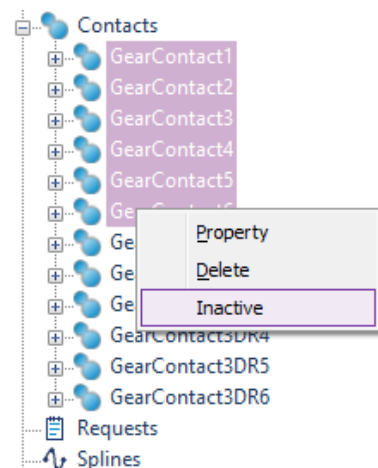


使 2D 齿轮接触失效：

1. 在数据库窗口中，选择 **GearContact1 – GearContact6**

。

2. 右击并选择 **Inactive**。



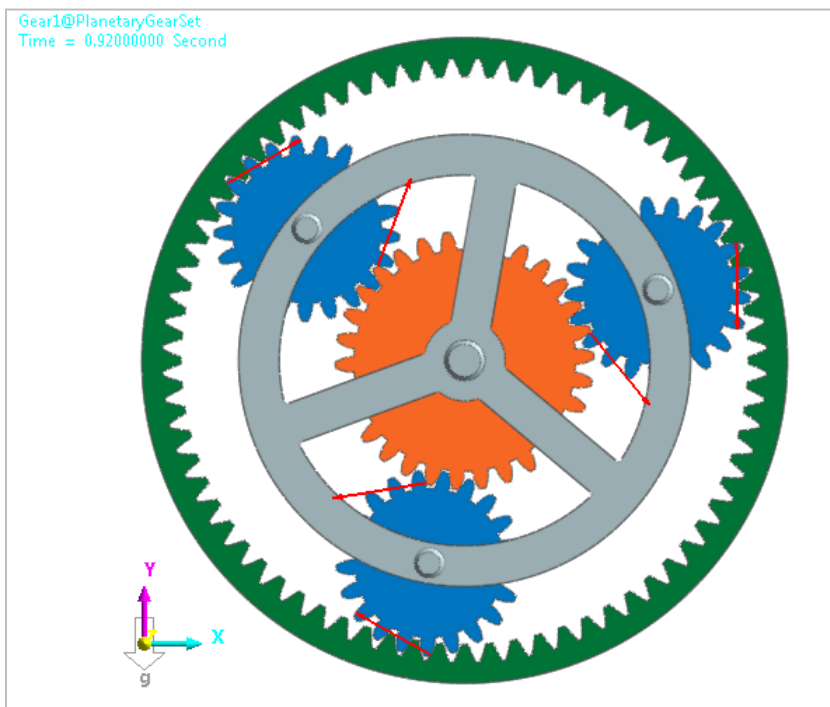
## 仿真并查看 3D 接触结果

在偏置齿轮之前，先运行带有 3D 接触的齿轮对齐工况的仿真结果，以便与有偏移的仿真结果进行对比。

仿真并查看结果：

1. 模型的仿真与之前一样。
2. 仿真结束后，播放动画结果。

结果会显示如下，接触力箭头在全部三个行星轮之间均匀分布。齿轮转动时，接触力箭头在不同齿间传递。





## 移动行星轮

下面把模型保存为另一个名称，并移动右侧的行星轮。

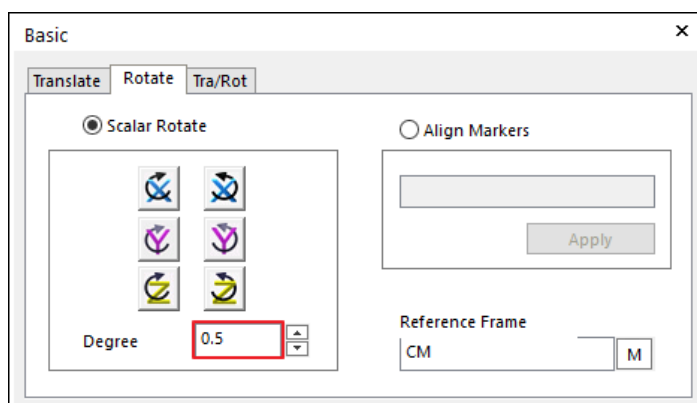
移动行星轮：

1. 选择 **System Button**> **Save As**。
2. 将模型另存为 **PlanetaryGearSet\_misaligned.rdyn**。
3. 在数据库窗口中的 **PlanetGear1** 上，右键点击，并选择 **Edit**。

下面，会进入 **PlanetGear1** 的部件编辑模式。

4. 在数据库窗口中，选择 **SpurGear1**。
5. 在 **Toolbar** 中，选择 **Basic Object Control** 工具。

6. 选择 **Rotate** 标签。
7. 输入  $0.5^\circ$  的角度。
8. 点击 **Counterclockwise About Y-Axis** 按钮。



9. 关闭 **Basic Object Control** 对话框。

在快捷工具栏中，选择 **Exit** 按钮，退出部件编辑模式，回到齿轮子系统。



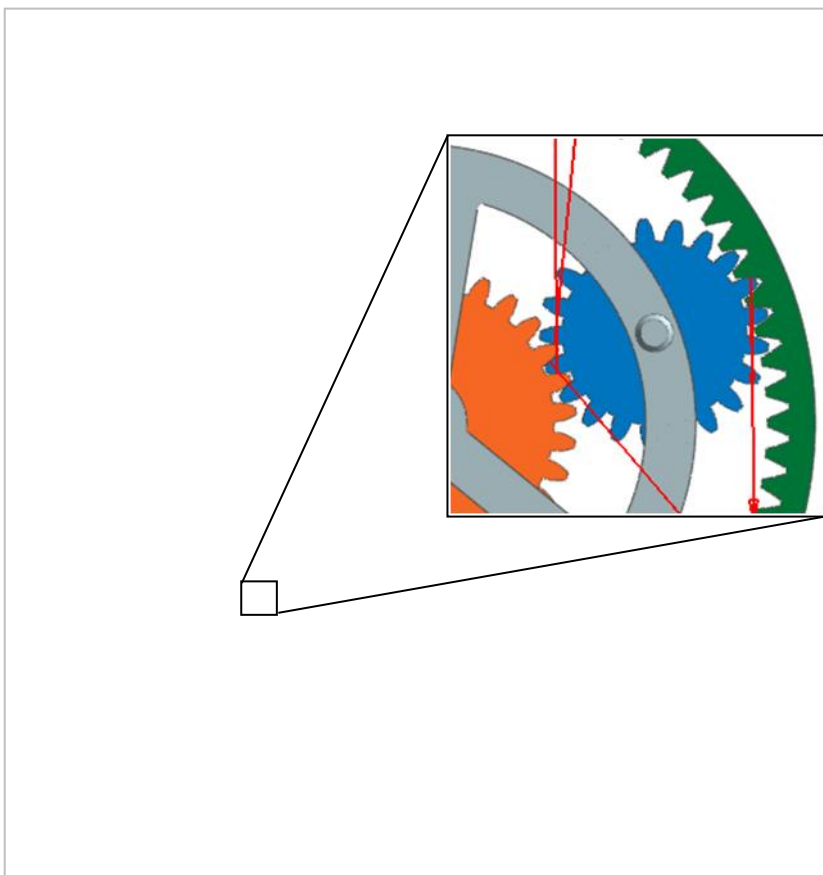
## 仿真偏移后的模型并比较结果

下面仿真偏移后的模型，并与理想模型对比。

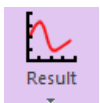
仿真模型：

1. 跟之前一样仿真模型，如果需要，将 **End Time** 改为 4 s。
2. 仿真结束后，再次播放动画结果。

可以看到，如下图所示，由于太阳轮和外环齿轮方向的偏移，在仿真的某些时刻，齿轮啮合力会变得特别大。

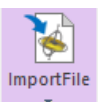


比较结果：



1. 在 **Analysis** 标签的 **Plot** 组中，点击 **Plot**。

打开绘图环境。



2. 在 **Home** 标签的 **Import and Export** 中，点击 **Import**。

3. 选择文件 **PlanetaryGearSet.rplt**，并点击 **OK**。

4. 对两组数据，绘制 **RevJoint1** 的驱动扭矩。

- 右键点击 **PlanetaryGearSet\_misaligned** > **Joints** > **RevJoint1** > **Driving\_Torque**。
- 点击 **Multi Draw**。

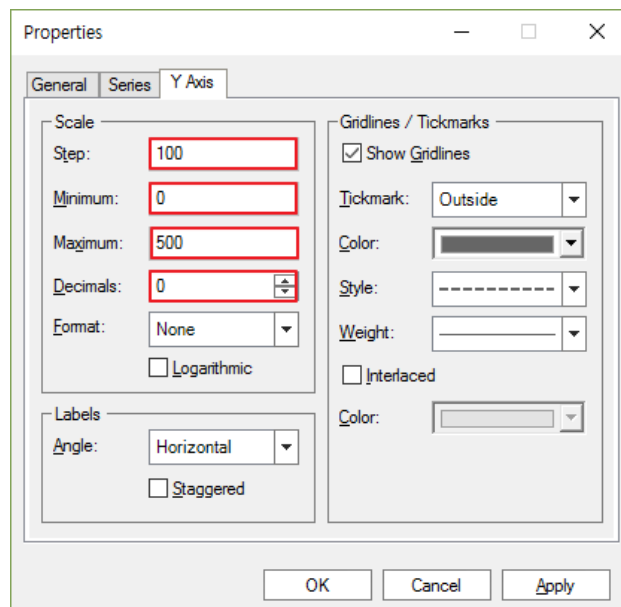
一开始在图中会出现负峰信号，导致 **y** 轴比例过大。调节 **y** 轴比例：

5. 在 **y** 轴的数字标签上，右击，并选择 **Properties**。

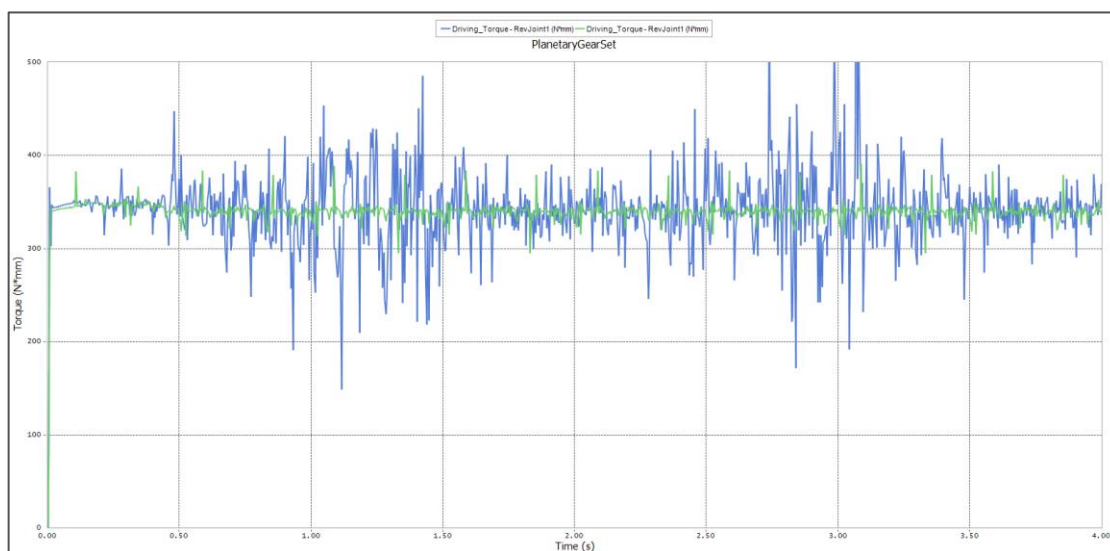
6. 完成以下设置，如右图所示。

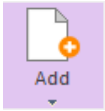
- **Step:** 100
- **Minimum:** 0
- **Maximum:** 500
- **Decimals:** 0

7. 点击 **OK**。



结果图形如下图所示。两条曲线都显示出以齿轮啮合为频率的周期性的波动，偏移模型的驱动扭矩噪音更多，并在偏移影响最大时，表现出更多的振荡。



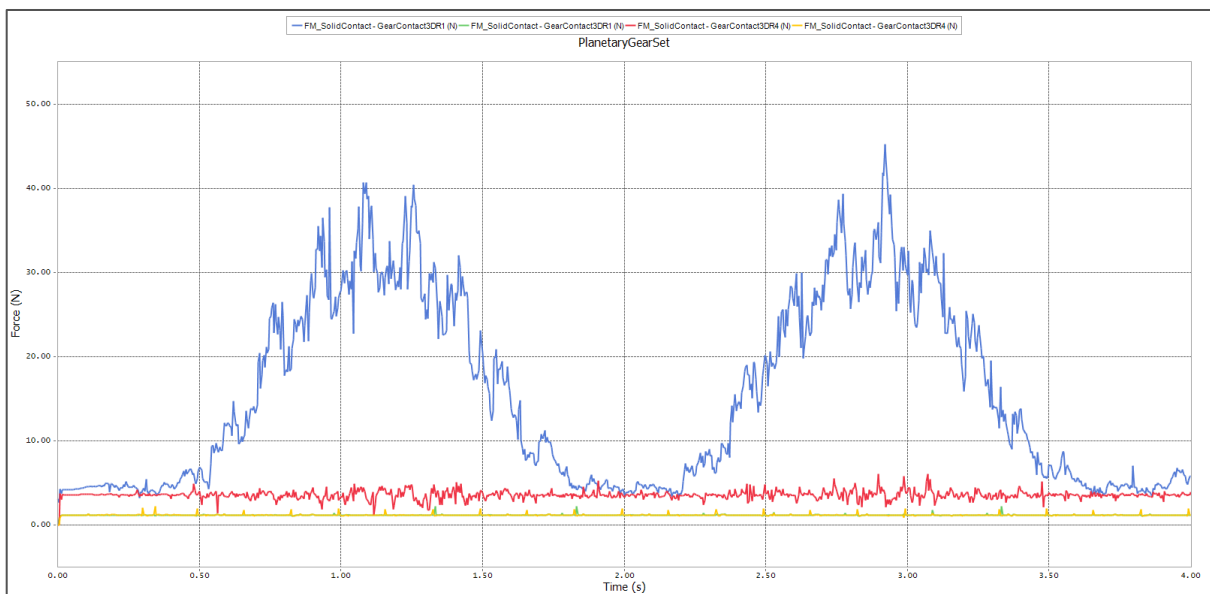


8. 在 **Home** 标签的 **Page** 组中，点击 **Add**。

9. 重复以上步骤，绘制两个模型的以下数据。

- **Contact > Solid Contact > GearContact3DR1 > FM\_SolidContact** (太阳轮和行星齿轮 1 之间的接触)
- **Contact > Solid Contact > GearContact3DR4 > FM\_SolidContact** (外环齿轮和行星齿轮 1 之间的接触)

结果如下图所示。在这里，偏移模型中接触力的周期性增加十分明显，而标准模型的接触力相对很平稳。



# 斜齿轮

## 任务目标

斜齿轮通常在需要考虑噪音的减少和运转的顺畅的工作场合。本章学习创建一个斜齿轮副，并将它的性能与一个相当的直齿轮副比较。

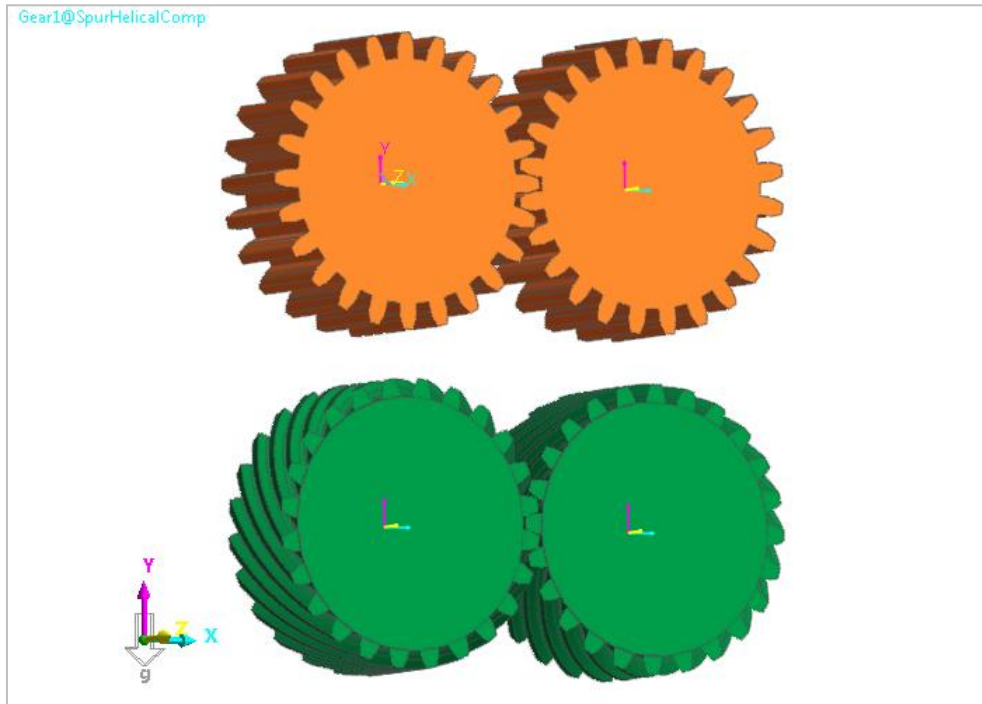


## 预计完成的时间

20 分钟

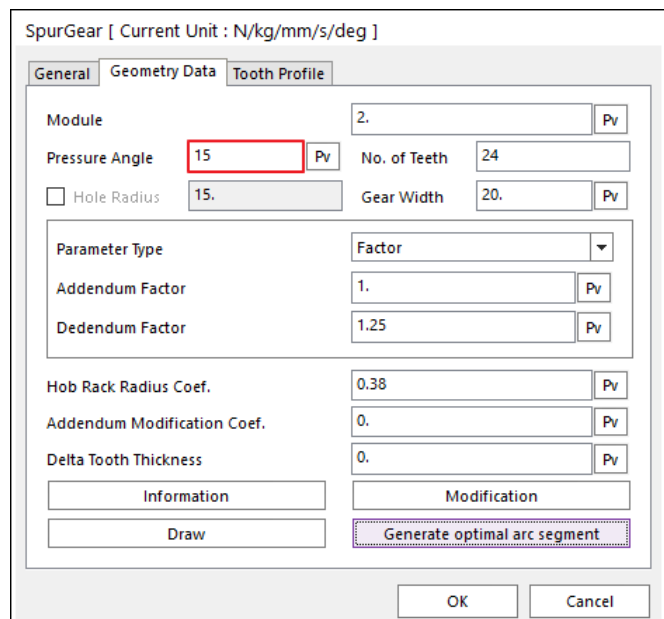
## 创建模型

下面，创建一个包含了斜齿轮副和直齿轮副的模型。完成这几个步骤后，模型会显示如下。



### 创建直齿

1. 创建一个新模型，命名为 **SpurHelicalComp**。
2. 在新模型中，创建一个齿轮子系统。
3. 在 **Gear** 标签的 **Gear** 组中，点击 **Spur**。
4. 选择点 0, 0, 0，作为齿轮中心。
5. 选择 **Geometry Data** 标签。
6. 将 **Pressure Angle** 设为 15。
7. 点击 **Generate optimal arc segment**
8. 点击 **OK**。



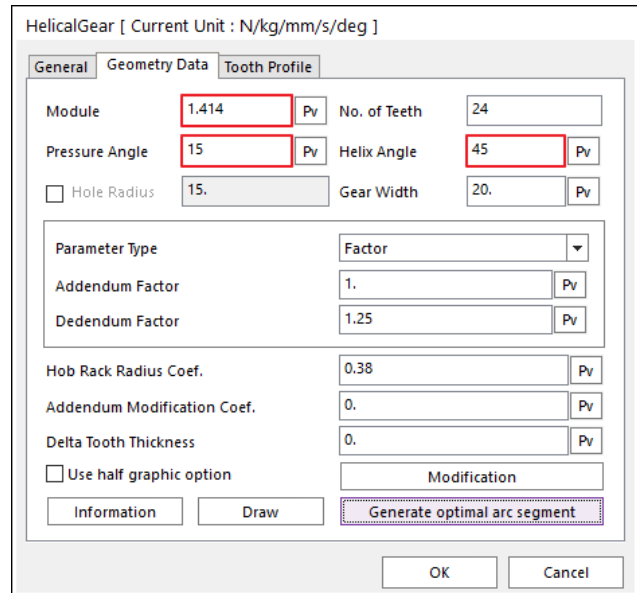
9. 复制上述齿轮，并将它在+X方向平移 50 mm。
10. 用 **Assembly** 工具，以中心距 48 mm 啮合齿轮。

### 创建斜齿轮



1. 在 **Gear** 标签的 **Gear** 组中，点击 **Helical**。
2. 选择点 0, -60, 0，作为齿轮中心。
3. 完成以下操作，如右图所示。

- **Module:** 1.414
- **Pressure Angle:** 15
- **Helix Angle:** 45



注意：要获得一个与相应直齿相同大小的斜齿轮，模块应为：

$$module_{helical} = module_{spur} \cdot \cos(helixangle)$$

4. 点击 **Generate optimal arc segment**。
5. 点击 **OK**。
6. 复制刚创建的齿轮，并将它在+X方向平移 50 mm。
7. 打开刚复制的齿轮的属性对话框。
8. 在 **Geometry Data** 标签下，将 **Helix Angle** 改为-45。为与在相同平面上的斜齿轮啮合，斜齿轮角度必须数值相同和正负相反。
9. 点击 **OK**。
10. 使用 **Assembly** 工具，以中心距 48 mm 啮合齿轮。

完成并仿真模型

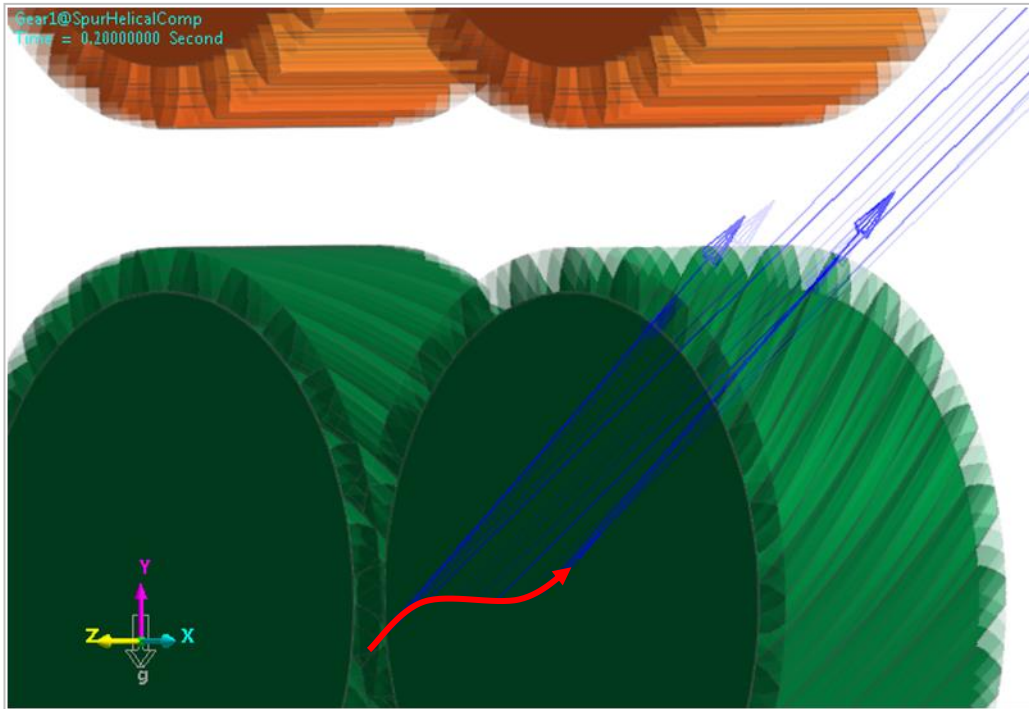
- 按以下顺序，在齿轮中心，创建四个旋转副 (将 **MotherBody** 设为基础部件，齿轮为行动部件)。

运动副	齿轮部件
<b>RevJoint1</b>	<b>SpurGear1</b>
<b>RevJoint2</b>	<b>C1_SpurGear1</b>
<b>RevJoint3</b>	<b>HelicalGear1</b>
<b>RevJoint4</b>	<b>C1_HelicalGear1</b>

- 创建以下表达式，命名为 **Ex\_drivGearDrive\_vel**。
  - $600D * \text{step}(\text{time}, 0, 0, 0.5, 1)$
- 将此作为 **RevJoint1** 和 **RevJoint3** 的速度驱动表达式。
- 创建两个作用于 **RevJoint2** 和 **RevJoint4** 的轴向旋转力。
- 创建如下表达式，命名为 **Ex\_resistTorque**。
  - 1000
- 将此作为两个轴向旋转力的驱动表达式。
- 创建两个实体(3DContactR)接触，一个作为直齿之间的接触，一个作为斜齿轮之间的接触。像之前一样通过以下步骤，修改接触设置：
  - **Plane Tolerance Factor**(基础和行动齿轮): 1
  - **No. of Max Contact Points**: 10
  - **Force Display**: Action
  - **Damping Coefficient**: 1
- 用以下设置，来仿真模型。
  - **End Time**: 1
  - **Step**: 200
  - **Plot Multiplier Step Factor**: 5



仿真结束后，播放结果动画。从接触力箭头中看到，接触点沿着曲线从齿轮前面(+Z 侧)移动到了齿轮后面(-Z 侧)，如下图所示。

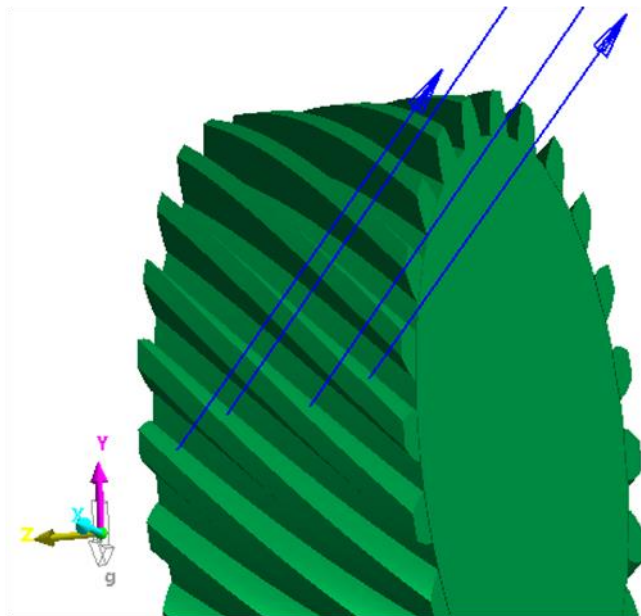


要理解具体细节，可以关闭右侧斜齿轮的显示。



9. 在 **Toolbar** 中，选择 **Render Each Object** 按钮。
10. 在数据库窗口中，右键点击 **HelicalGear1**，并选择 **Shade**。
11. 在数据库窗口中，右键点击 **C1\_HelicalGear1**，并选择 **Hide**。

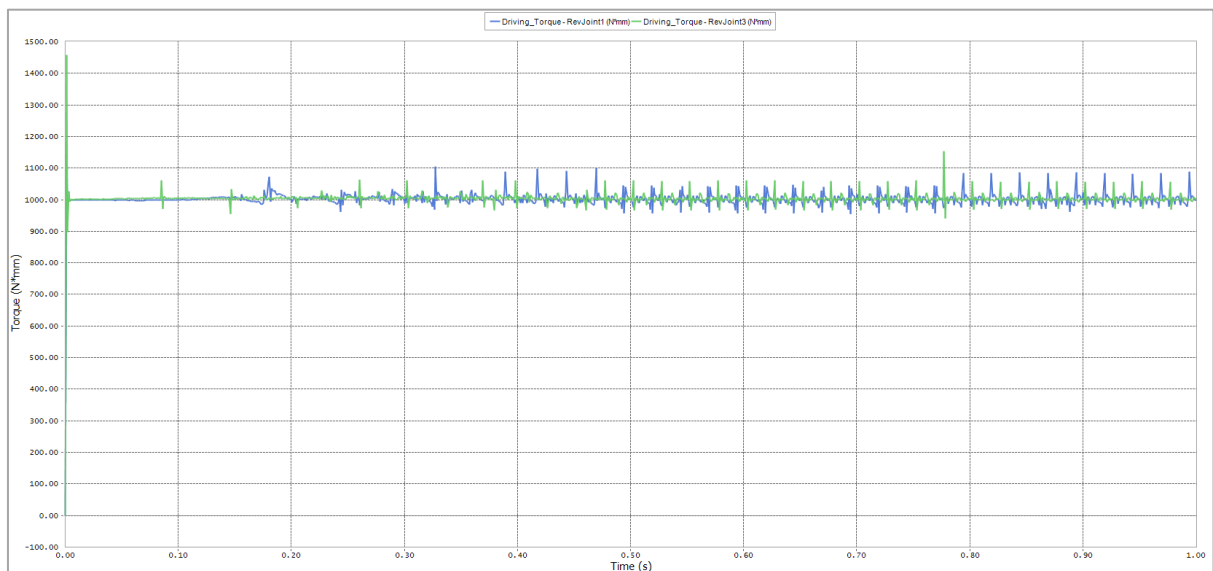
从右图中可以看到，每个接触点都在其自己的轮齿对中，对于给定的齿轮属性，四个轮齿一直处于接触状态。每个接触点都从轮齿面的前方末端(+Z)开始，一直到轮齿面另一端(-Z)，直到两个轮齿不再接触为止。接触点的这种变化属性以及接触在四个点之间的分布，就是斜齿轮比直齿运转地更安静和顺畅的原因。



### 比较驱动扭矩的结果

1. 打开绘图环境。
2. 绘制 **RevJoint1** 和 **RevJoint3** 的驱动扭矩。
  - **Joints > RevJoint1 > Driving\_Torque**
  - **Joints > RevJoint3 > Driving\_Torque**

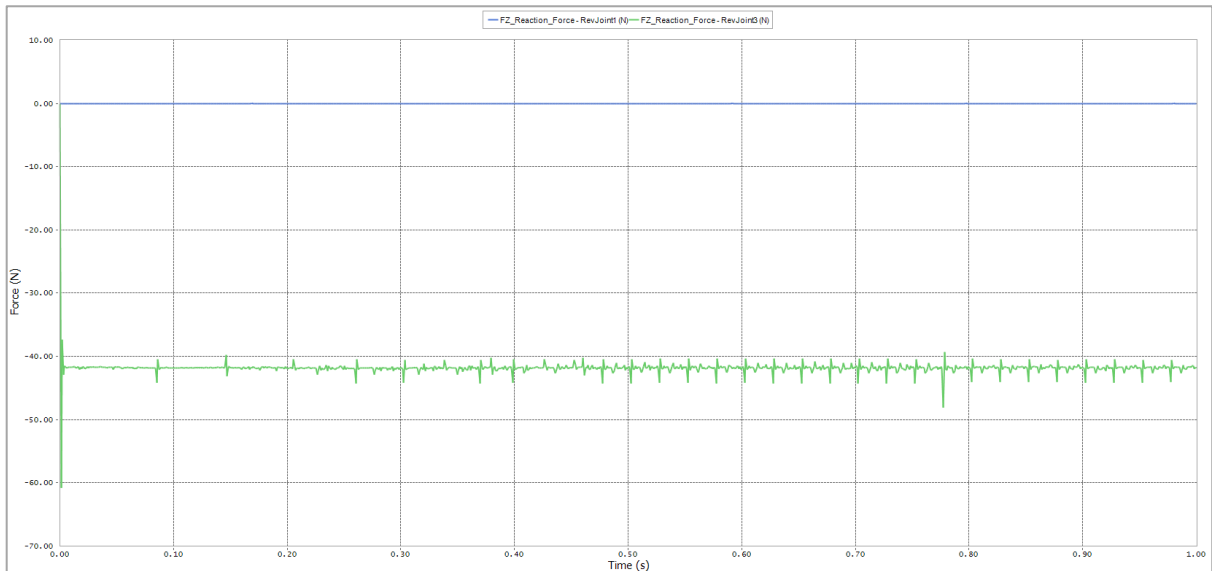
结果如下图所示。图形显示出斜齿轮的驱动扭矩比直齿要稍微更平滑。



3. 在 Z 方向上，绘制地面对驱动齿轮产生的力：

- Joints > RevJoint1 > FZ\_Reaction\_Force
- Joints > RevJoint3 > FZ\_Reaction\_Force

结果如下图所示。图形显示出使用斜齿轮的一个缺点，这是因为轮齿面设置的角度（斜角），产生了一个轴向推力。这需要使用额外的支撑来承受轴向负载。



感谢参与本教程学习!