



带挖斗的斗杆教程（试验设计与批处理仿真）



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[™] is a registered trademark of FunctionBay, Inc.

RecurDyn[™]/SOLVER, *RecurDyn*[™]/MODELER, *RecurDyn*[™]/PROCESSNET, *RecurDyn*[™]/AUTODESIGN, *RecurDyn*[™]/COLINK, *RecurDyn*[™]/DURABILITY, *RecurDyn*[™]/FFLEX, *RecurDyn*[™]/RFLEX, *RecurDyn*[™]/RFLEXGEN, *RecurDyn*[™]/LINEAR, *RecurDyn*[™]/EHD(Styer), *RecurDyn*[™]/ECFD_EHD, *RecurDyn*[™]/CONTROL, *RecurDyn*[™]/MESHINTERFACE, *RecurDyn*[™]/PARTICLES, *RecurDyn*[™]/PARTICLEWORKS, *RecurDyn*[™]/ETEMPLATE, *RecurDyn*[™]/BEARING, *RecurDyn*[™]/SPRING, *RecurDyn*[™]/TIRE, *RecurDyn*[™]/TRACK_HM, *RecurDyn*[™]/TRACK_LM, *RecurDyn*[™]/CHAIN, *RecurDyn*[™]/MIT2D, *RecurDyn*[™]/MIT3D, *RecurDyn*[™]/BELT, *RecurDyn*[™]/R2R2D, *RecurDyn*[™]/HAT, *RecurDyn*[™]/曲柄, *RecurDyn*[™]/PISTON, *RecurDyn*[™]/VALVE, *RecurDyn*[™]/TIMINGCHAIN, *RecurDyn*[™]/ENGINE, *RecurDyn*[™]/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^{lm} is a registered trademark of GLOBEtrotter Software, Inc. All other brand or product names are trademarks or registered trademarks of their respective holders.

Edition Note

These documents describe the release information of *RecurDyn*[™] V9R1.

目录

预备工作	1
目标.....	1
使用的模型	1
读者	2
预备知识.....	2
步骤.....	2
预计完成时间.....	3
创建连杆	4
任务目标.....	4
预计完成时间.....	4
启动 RecurDyn.....	5
设置工作平面.....	5
创建参数点	5
创建右侧曲柄连杆	6
修改连杆形状和颜色.....	8
连接连杆.....	9
创建液压缸.....	10
任务目标.....	10
预计完成时间.....	10
导入通用液压缸子系统	11
设置液压缸子系统的位置.....	11

将液压缸连接至模型.....	14
练习模型.....	Error! Bookmark not defined.
增加液压缸的运动.....	16
任务目标.....	16
预计完成时间.....	16
创建参数值.....	17
增加平动副.....	17
创建参数值连接器.....	18
添加挖斗末端负载.....	20
任务目标.....	20
预计完成时间.....	20
创建哑元.....	21
将哑元与挖斗连接。.....	22
在球和挖斗之间，施加轴向力.....	22
定义轴向力的表达式.....	24
运行仿真.....	25
计算功率消耗.....	27
任务目标.....	27
预计完成时间.....	27
创建哑元.....	28
创建作用到 DrivingForceBody 的轴向力.....	29
将 DrivingForceBody 固定到地面.....	30
创建计算功率的表达式.....	31
创建输出请求.....	32

运行仿真并绘制结果.....	32
计算运动范围	35
任务目标.....	35
预计完成时间.....	35
计算挖斗的最大正旋转	36
计算挖斗运动范围	37
添加 Request 表达式	38
绘制表达式, 验证结果	38
运行并分析设计研究	41
任务目标.....	41
预计完成时间.....	41
设置设计变量.....	42
定义性能指标.....	43
运行设计研究.....	43
运行 What-if 研究.....	44
批处理模式运行仿真	46
任务目标.....	46
预计完成时间.....	46
设置并导出 RecurDyn 设计参数文件.....	47
设置和导出 RecurDyn 方案文件	48
创建批处理文件, 并运行仿真.....	49
绘制结果.....	52

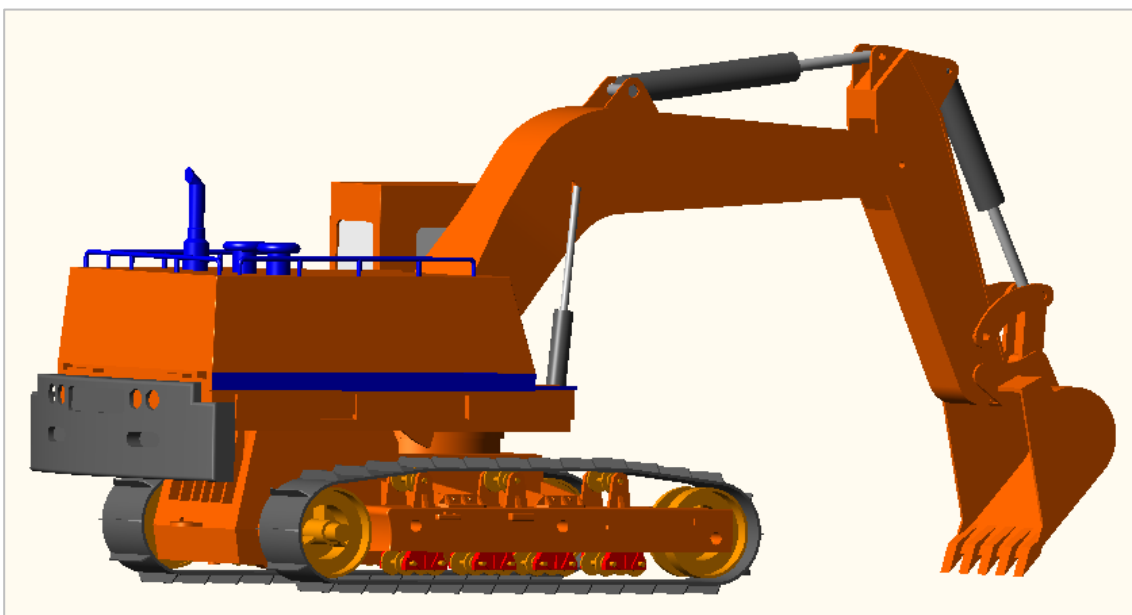
预备工作

目标

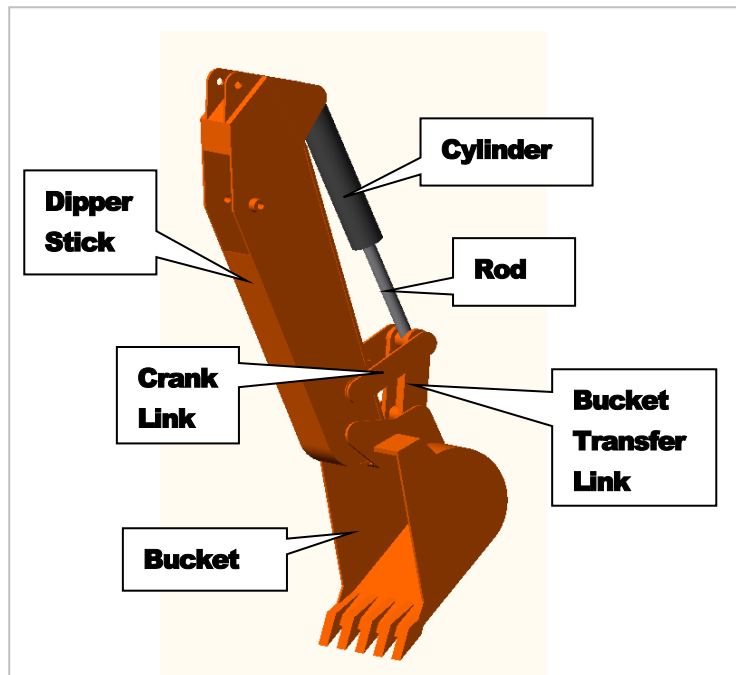
本教程将帮助你熟悉使用动态系统的设计方法。这包括主系统与子系统使用参数化点和参数化值、参数化部件和表达式等进行参数化建模。这也包括设置设计变量，性能指标和设计研究。本教程包括批处理仿真最佳设计和绘制结果的方法。

使用的模型

本教程使用的模型为挖掘机模型，特别关注连接液压缸的四连杆设计和斗杆挖斗，如下图所示。



为便于模型操作和减少仿真时间，本教程的模型只包括斗杆和挖斗。下图显示简化的模型，和主要部件与连杆的名称。



设计研究的目的是在挖掘和返回的动作中，减少驱动挖斗所需的功率，同时可以保持大挖斗工作范围。设计变量是曲柄连杆的长度和挖斗运动副的位置，即连接挖斗连接连杆的位置。当改变这两个设计变量时，液压缸的初始长度应保持不变，以便同一个液压缸可以在改进后的设计中使用。因为使用相同的执行器，这将对设计的比较分析更加客观。

约束的方程的推导超出本教程的范围，因此将在基础模型中提供。实际上，几乎所有的参数点和值都在基础模型中提供，本教程将在合理时间内完成，同时给出创建模型中使用的方法。如果对提供的模型参数感兴趣，读者可以花点时间去确认所提供的内容。当您完成本教程中剩余部件的建模，就会感觉很容易理解所提供的信息。

读者

本教程适用于已有使用经验的 RecurDyn 用户。所有新的任务都将会做详细说明。

预备知识

读者应该首先学习 3D 曲柄滑块机构、螺旋桨发动机、弹球（2D 接触）或其它类似教程。读者必须具备一些基本的物理知识。

步骤

本教程包括以下步骤。预计完成每个步骤的时间如下表所示。

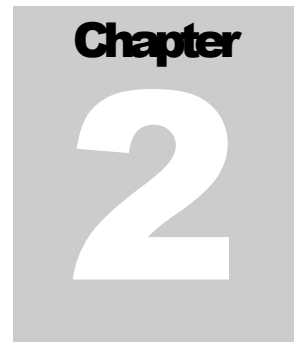
如果不想完成本教程模型构建部分，我们提供一个已经完成的模型，你可以在第六章开始操作，并创建表达式。简单地从教程路径，加载 **Excavator_final.rdyn**，并按第 6 章的指示开始。

步骤	时间（分钟）
创建连杆	15
创建液压缸	15
对液压缸增加运动	15
对挖斗末端增加负载	15
计算功率消耗	15
计算挖斗的运动范围	15
运行并分析设计研究	15
批处理运行仿真	15
总计：	120



预计完成时间

如果你进行所有任务，本教程大约需要 2 小时完成。如果从第 6 章的已构建模型开始，大约只要 1 小时。



创建连杆

任务目标

学习如何创建参数点和修改右侧的连杆。你也可以用旋转副，将连杆与子系统连接。



预计完成时间

15 分钟

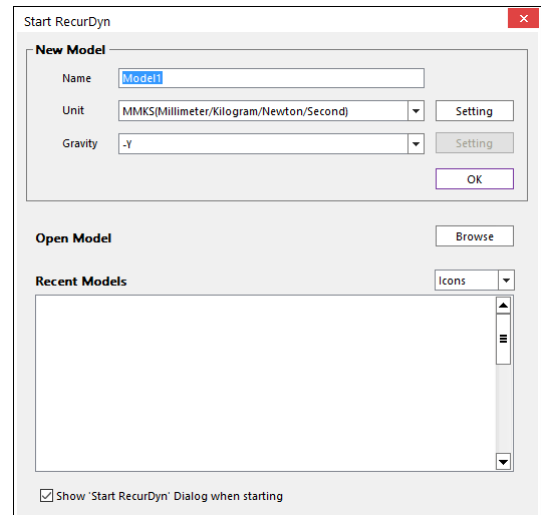
启动 RecurDyn

启动 RecurDyn，并打开基础模型。



1. 双击桌面上的 RecurDyn 图标。

RecurDyn 启动，并弹出 Start RecurDyn 对话框。



2. 关闭 Start RecurDyn 对话框，使用现有模型。

3. 在 Quick Access 工具栏，点击 Open，并选择 Excavator.rdyn（文件路径：<Install Dir>/Help/Tutorial/Professional/DOE_Batch）

在模型窗口中出现挖掘机。注意，这里没有液压缸。在下一章导入液压缸。

设置工作平面

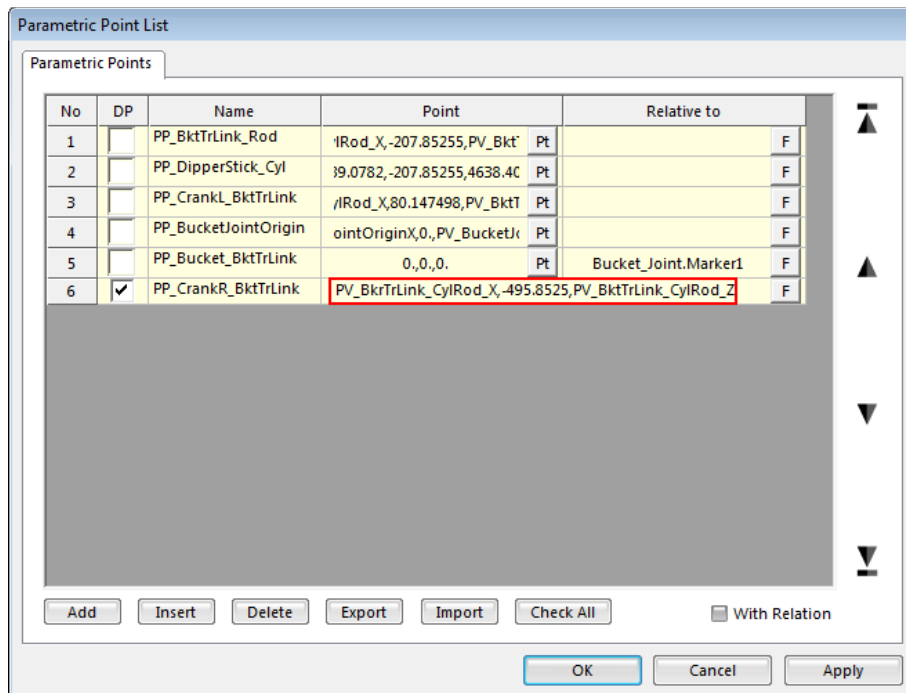
打开模型后，你会注意到工作平面是 **XZ** 平面，如网格所示。这个工作平面方向是设置好的，所有运动都在这个平面内发生。

确保本教程中创建的所有组件都在正确的方向，并确保模型的工作平面是 **XZ** 平面。如果不是，通过点击 Working Plane 工具，并选择 **XZ** 平面，将组件重置在正确的工作平面。

创建参数点

创建参数点：

1. 在 SubEntity 标签的 Parameter 组，点击 Parametric Point。
2. 点击 Add，创建新的参数点。
3. 将点的名称改为 PP_CrankR_BktTrLink。
4. 双击图中显示为 grey 的单元格，并在单元格中输入下面的设置，定义点的位置。



PV_BktTrLink_CylRod_X,-495.8525,PV_BktTrLink_CylRod_Z

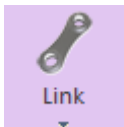
这意味着，参数点的 x 位置，由参数值 **PV_BktTrLink_CylRod_X** 决定； z 的位置，由 **PV_BktTrLink_CylRod_Z** 决定； y 的位置被设置为将创建的连杆的中心。

5. 点击 **OK**。

参数点允许自动参数化地改变模型的构型或设计。用于计算创建点的 x 和 z 位置的参数值的方程，是两个参数的函数，曲柄长度和挖斗运动副的角度。对于你创建的曲柄长度，当改变曲柄长度时，如果要移动连杆的末端，就需要使用参数点，定义末端点。

创建右侧曲柄连杆

创建右侧曲柄连杆：



1. 在 **Professional** 标签的 **Marker and Body** 组，点击 **Link**。
2. 设置 **Creation Method** 工具栏为 **Point,Point,HalfDepth**。
3. 创建方法，在 **Input Window** 工具栏，输入下面的坐标，创建第一个连杆点。

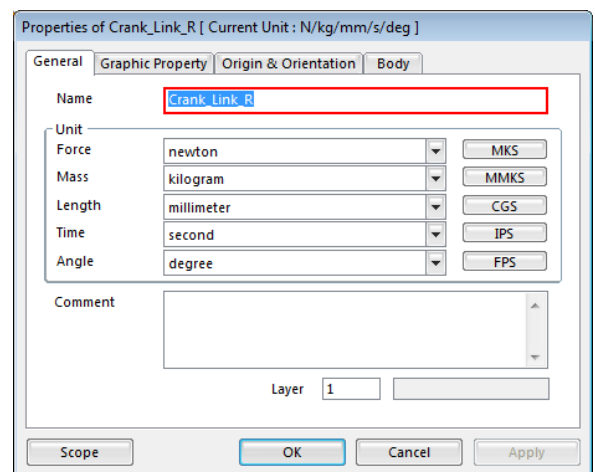
5506.1017, -495.8525, 2231.9958

4. 点击新创建的参数点 (**PP_CrankR_BktTrLink**)，从而选择第二个连杆点。

- 通过在 **Modeling Input** 工具栏的 **HalfDepth** 设置为 17.5，从而设置连杆的厚度，连杆应该如下图所示。



- 右键点击连杆，并点击 **Properties**。
- 在 **General** 页，将连杆名称改为 **Crank_Link_R**。
- 点击 **OK**。

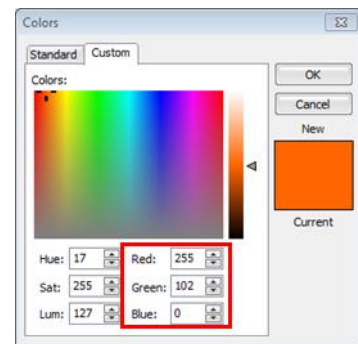
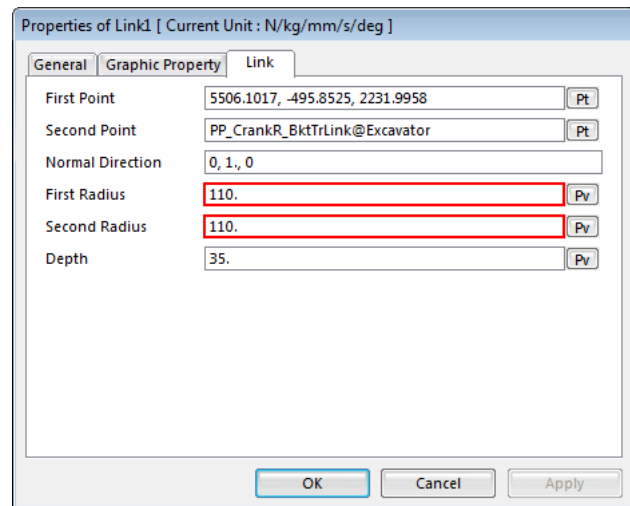


修改连杆形状和颜色

现在，修改连杆的形状和颜色，使它与模型的其他部分匹配。

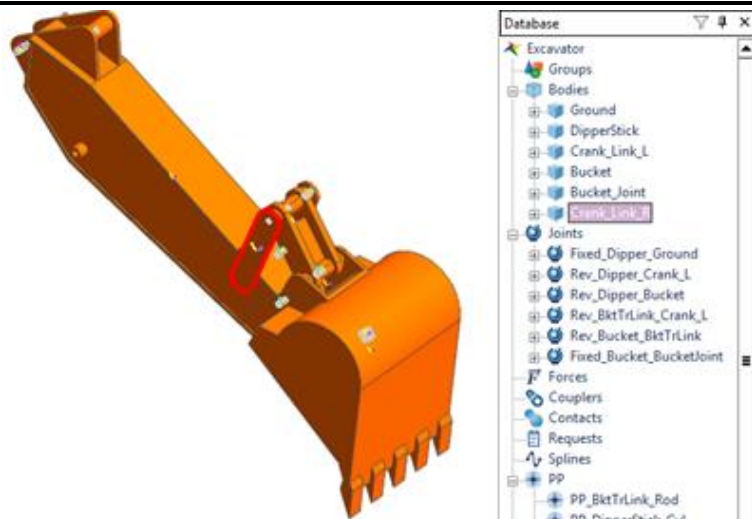
修改连杆形状和颜色：

1. 双击连杆，并进入 **Body Edit** 模式。
2. 右键点击连杆，并点击 **Properties**。
3. 首先，修改末端的半径与其它曲柄连杆匹配。点击 **Link** 标签，修改尺寸。
4. 设置 **First Radius** 和 **Second Radius** 为 110。
5. 点击 **Graphic Property** 标签，修改颜色。
6. 设置 **Color** 为 **More Colors**。
7. 在弹出的对话框，改变颜色，点击 **Custom** 标签，并设置如下：
 - **Red:** 255
 - **Green:** 102
 - **Blue:** 0



小贴士：不需要修改 **Hue**，**Saturation (Sat)**，或 **Luminosity (Lum)**，因为当改变 **RGB** 值时，它们会自动改变。

8. 点击 **OK**。
9. 再次点击 **OK**，直到返回 **Body Edit** 模式，所有的对话框关闭。
10. 点击 **Exit**，关闭 **Body Edit** 模式。
11. 模型应该如右图所示。



连接连杆

使用旋转副，将连杆与子系统的其它部分连接。

连接连杆：



1. 在 **Professional** 标签的 **Joint** 组，点击 **Revolute**。
2. 设置 **Creation Method** 工具栏为 **Body, Body,Point**。
3. 通过选择连杆 (**Crank_Link_R**) 和 **DipperStick**，并输入下面的点信息，可以在连杆的底部，创建运动副。

5506. 1017, -477. 85255, 2231. 9959

小贴士：只要工作平面是 **XZ** 平面（默认是这样），运动副的方向就是正确的。



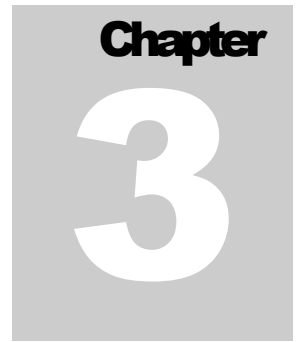
现在，使用同样的方法，在连杆的顶部，创建第二个运动副，但是因为挖斗传递连杆 (**BktTrLink**) 是子系统的一部分，你必须按住 **Shift** 键，同时选择 **BktTrLink** 作为运动副的第二个体。

4. 在 **Professional** 标签的 **Joint** 组，点击 **Revolute**。
5. 选择 **Crank_Link_R** 作为第一个体，**BktTrLink_CylRod_Cylinder@BktTrLink** 子系统底部的轴作为第二个体（同时按住 **Shift** 键）。点击新创建的点 **PP_CrankR_BktTrLink** 作为运动副的位置。

选择参数点作为运动副的位置，当参数点移动时，运动副的位置也会更新。



6. 在命名为 **Excavator** 的桌面路径下，保存模型。（**C:\Users\PC-Name\Desktop\Excavator**）



创建液压缸

任务目标

本章，在模型中导入液压缸和连杆，并使用参考点将其连接到模型，并测试模型。



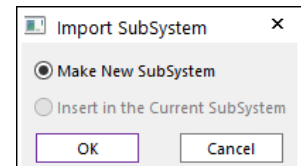
预计完成时间

15 分钟

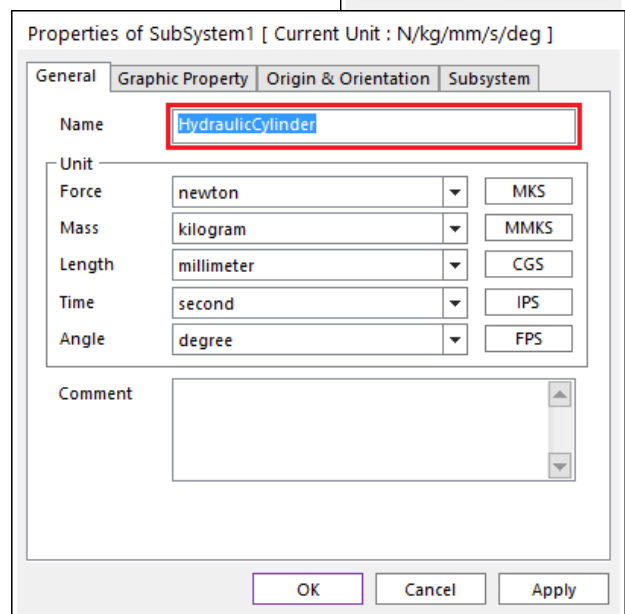
导入通用液压缸子系统

导入液压缸子系统：

1. 在 **File** 菜单，点击 **Import**。
2. 在文件列表下，选择 **Hydraulic_Cylinder.rdsb**。（文件路径：**<Install Dir>\Help\Tutorial\Professional\DOE_Batch**,如果不能找到文件位置，可以询问讲师）。
3. 点击 **Open**。
4. 在弹出的对话框中，点击 **OK**，创建新的子系统。
5. 现在，对导入的子系统重命名：



- 在数据库窗口，右键点击 **SubSystem1**，并选择 **Properties**。
- 点击 **General** 标签，并设置 **HydraulicCylinder** 作为名称，如右图所示。
- 点击 **OK**。



导入的液压缸有大量的参数点，参数值和表达式。这些参数点，参数值和表达式使液压缸完全参数化，并可用于任何模型。需要做的就是模型所在平面为液压缸的端点创建参数点，然后使用参数点连接器将它们连接到子系统。

设置液压缸子系统的位置

本节中，使用参数点连接器（**PPC**），通过将主模型级别的参数点连接到液压缸子系统的参数点，从而设置液压缸子系统的位置。在主模型级别的参数点是参数点列表的前两个，**PP_BktTrLink_Rod** 和 **PP_DipperStick_Cyl**，它们的名称表明，他们是用于连接的。

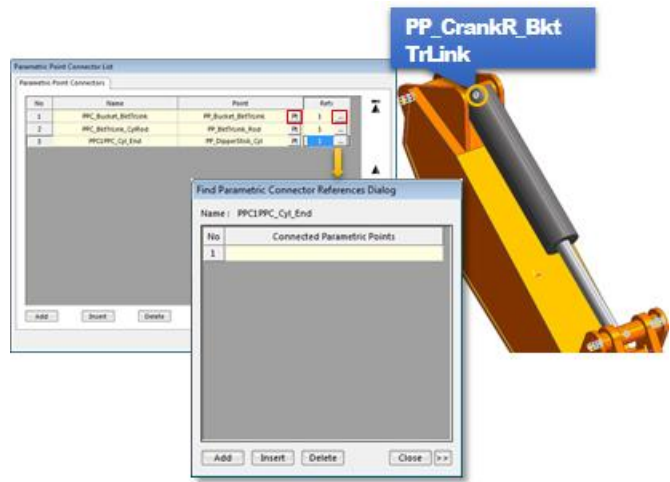
连接液压缸子系统：

1. 在 **SubEntity** 标签的 **Parameter** 组，点击 **Parametric PointConnector**。
2. 点击 **Add**，创建新的 **PPC**。
3. 双击 **PPC1**，并将 **PPC** 重命名为 **PPC_Cyl_End**。

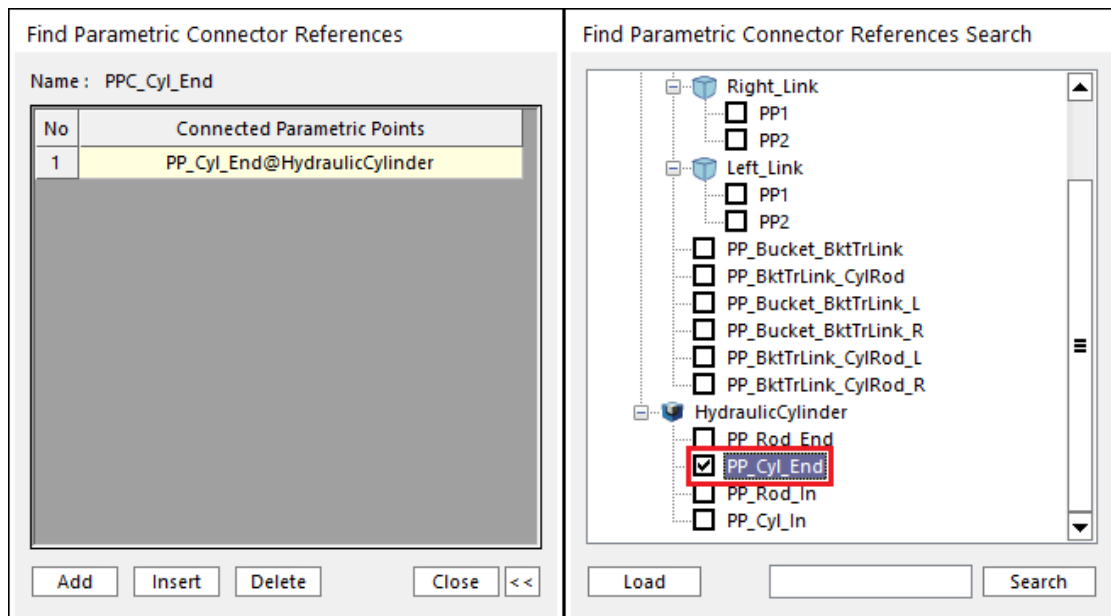


4. 在 **Point** 文本框，选择 **PP_DipperStick_Cyl**，并设置如下：

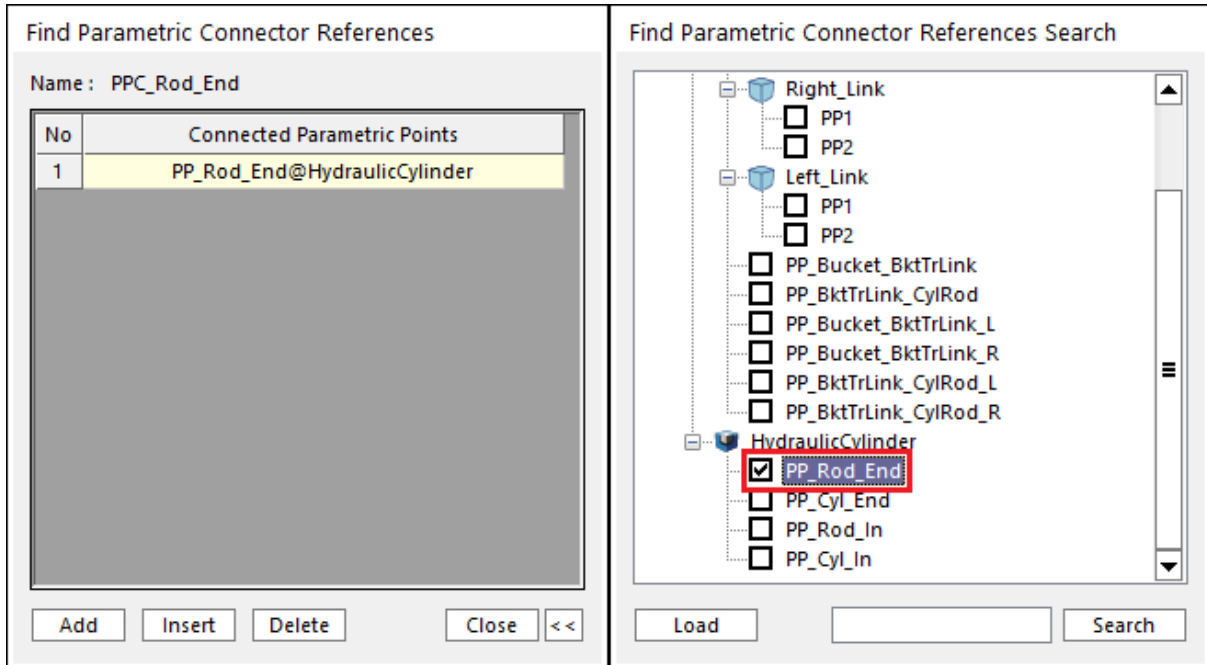
- 双击文本框，并设置参数点名称。
- 点击 **Pt**，然后点击如上图所示的工作窗口的参数点。



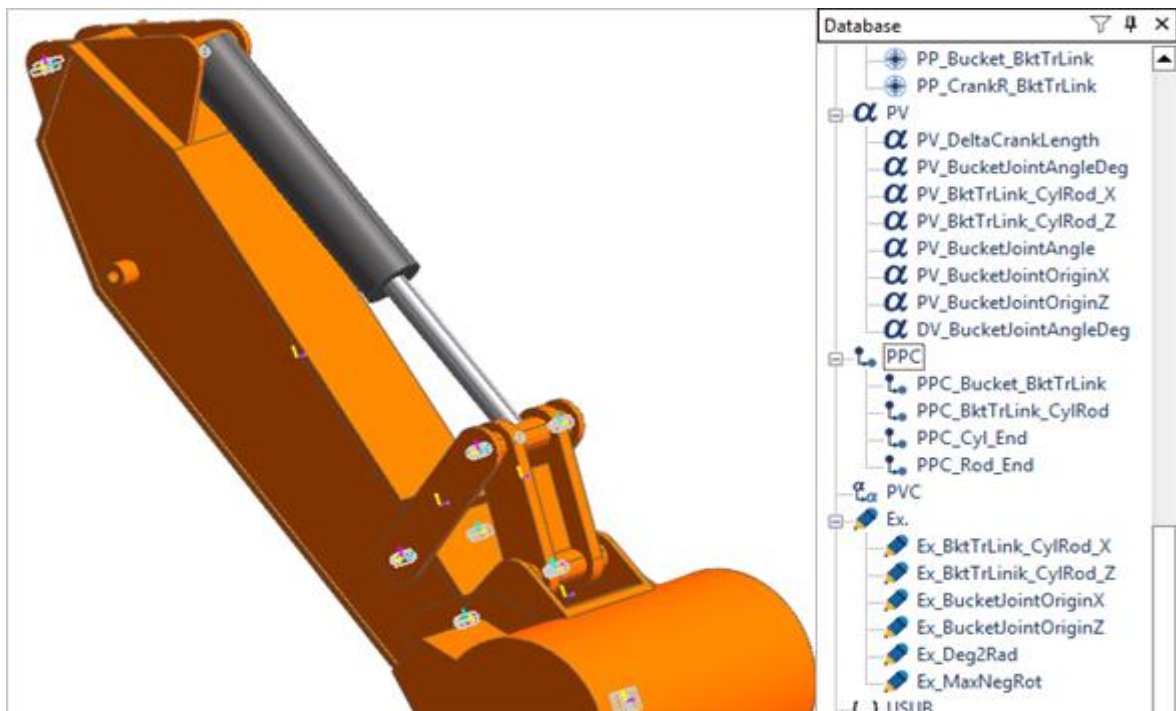
- 点击 **Pt**，然后点击并拖动数据库窗口中名称为 **PP_DipperStick_Cyl** 的参数点，到 **Input Window** 工具栏。
5. 点击 **Refs** 列的 **More** 按钮 (⋮)。
6. 点击右下角的 **Continue** 按钮 (>>>)，如第二张图中所示。
7. 在弹出的对话框，向下滚动，并点击 **HydraulicCylinder** 下 **PP_Cyl_End** 旁边的对话框，如右边第二张图所示。



8. 点击 **Load**，在左边对话框，输入合适的数据库，并点击 **Close** 按钮，关闭对话框。如下图所示。
9. 对液压缸的另一端，进行同样的操作，但这次，将 **PPC** 重命名为 **PPC_Rod_End**，并选择参数点 **PP_BktTrLink_Rod** 作为目标点。**PPC** 应该参考 **HydraulicCylinder** 子系统的 **PP_Rod_End**。这个设置将在下面的图中总结。



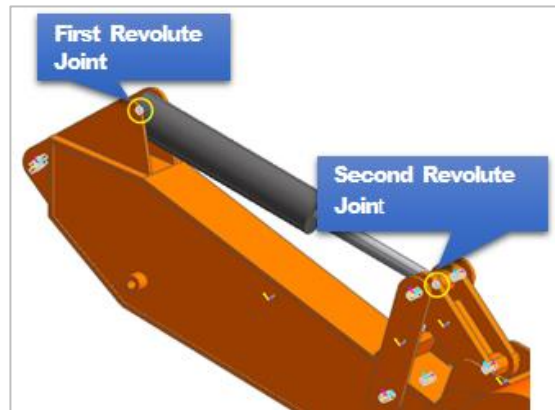
当点击 **OK**，确认 **Parametric Point Connector List** 对话框中的修改，液压缸会自动移动至正确的位置，如下图所示。



将液压缸连接至模型

下面将使用两个旋转副，将液压缸子系统连接到模型：

- 第一个旋转副连接斗和缸。
- 第二个旋转副连接挖斗传递连杆的轴和活塞杆。



连接液压缸：



1. 在 **Professional** 标签的 **Joint** 组，点击 **Revolute**。
2. 设置 **Creation Method** 工具栏为 **Body, Body, Point**。
3. 点击 **DipperStick**，同时按住 **Shift** 键，点击 **HydraulicCylinder** 子系统下的 **Cylinder**。然后，点击液压缸末端（**PP_Dipperstick_Cyl**）的参数点，作为运动副的位置。
4. 遵循同样的步骤，在液压缸末端，创建旋转副。这次，按住 **Shift** 键，点击 **HydraulicCylinder** 子系统的 **Rod**，然后点击 **BktTrLink** 子系统的 **BktTrLink_CylRod_Cylinder**。最后，松开 **Shift** 键，并点击位于活塞杆（**PP_BktTrLink_Rod**）末端的参数点。

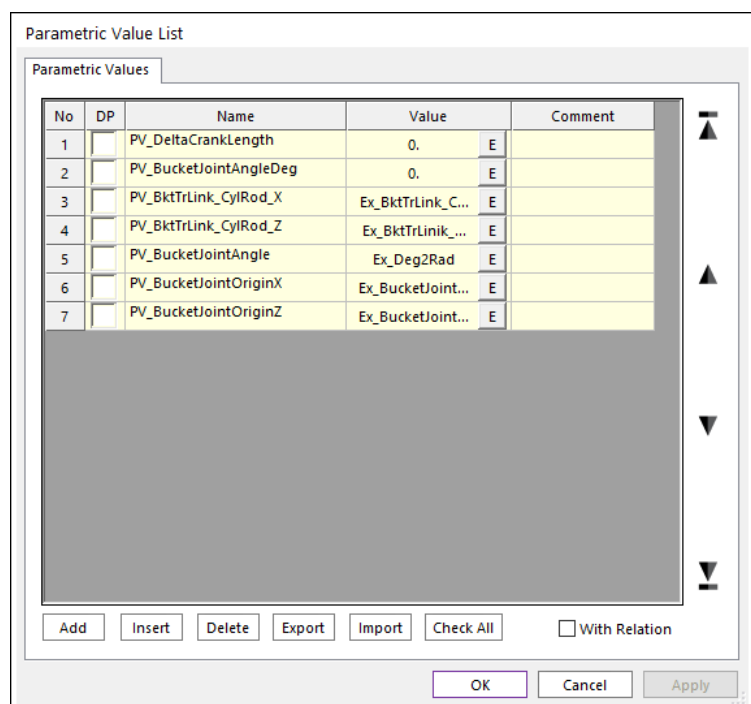
在选择运动副位置之前，确保松开 **Shift** 键，因为你想要的参数点位于系统级别。

测试模型

完成前面的步骤后，当 **PV_DeltaCrankLength** 和 **PV_BucketJointAngleDeg** 的值改变后，模型应该会自动更新几何图形。可以试一下，设置是否成功。（为保持教学过程连续性，可不进行这一步）

模型练习：

1. 在数据库窗口，双击任意的参数值（**PVs**），显示 **Parametric Value List** 对话框，如右图所示。



2. 试着在-150 和 150 之间，改变 **PV_DeltaCrankLength** 的值，点击 **Apply**，查看模型的更新。
3. 同样地，试着改变 **PV_BucketJointAngleDeg**，从 0，到-15 和 15 之间的任意值，然后点击 **Apply**，查看模型的更新。

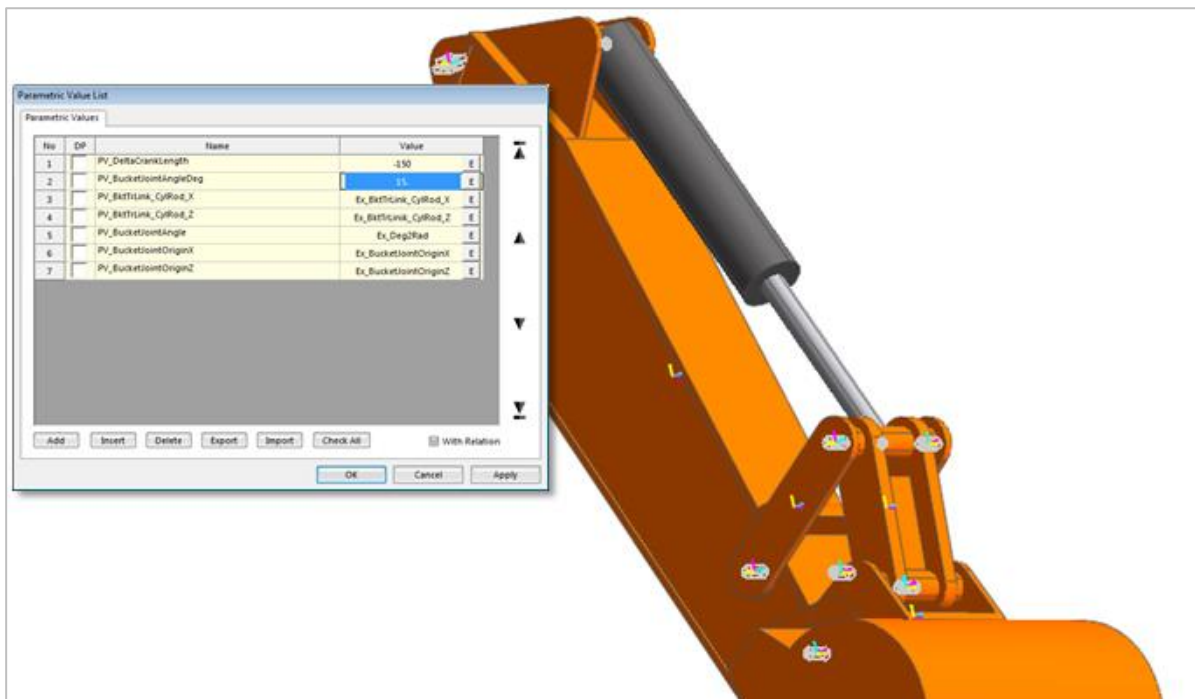
小贴士：为什么固定副是在挖斗运动副和挖斗固定位置之间，而不是在两个体之间的交叉？

当练习模型时，你可能注意到，运动副的位置不是在运动副力实际产生的位置。该位置通过一个角度，用于帮助确定挖斗运动副位置。这个位置是可以接受的，因为在模型中，你不用关注运动副的反应力，固定副的位置不会影响两个连接的刚体的相互行为。

小贴士：对这些 **PVs**，可以选择其它值。但是模型不一定更新，因为创建的表达式和参数元素没有超越这些限制。

为了进行比较，当值分别设置为-150 和 15 时，下图显示模型会怎样变化。

4. 完成试验后，确保将之前两个修改后的 **PVs** 值改为 0，并点击 **OK**。



5. 保存模型。

增加液压缸的运动

任务目标

本章，将增加液压缸的平动，从而驱动挖斗旋转。在平动副所处的液压缸子系统级别进行这些操作。在子系统定义一个参数化的值，并使用参数值连接器和在系统级别定义参数化幅值连接。



预计完成时间

15 分钟

创建参数值

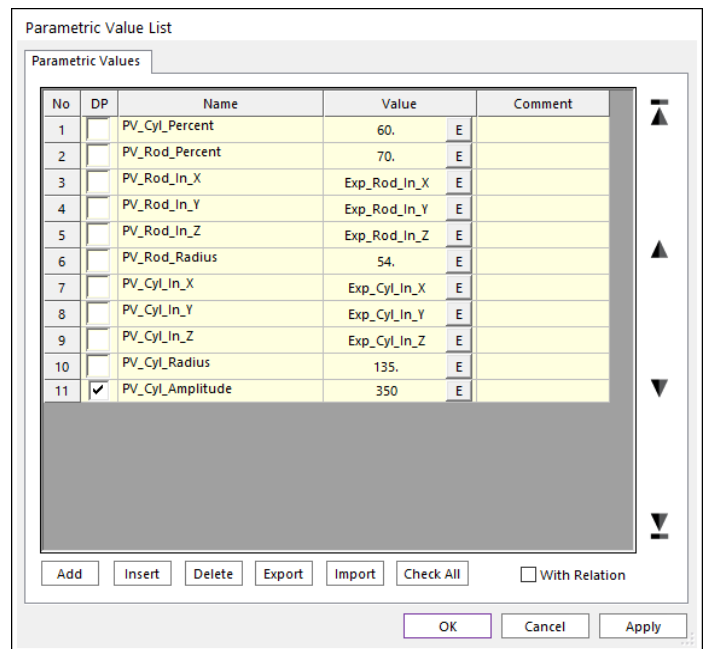
在液压缸子系统中，首先定义参数值（PV）。

创建 PV:

- 对液压缸，进入 **Subsystemedit** 模式。或者：
 - 在工作窗口，双击 **hydraulic cylinder**。
 - 在数据库窗口，右键点击 **HydraulicCylinder**，并点击 **Edit**。

只弹出液压缸。

- 如前面的描述，打开 **Parametric Value List** 对话框（小贴士：**Subentity**→**Parametric Value**）
- 点击 **Add**，创建新的 PV，并重命名为 **PV_Cyl_Amplitude**，如右图所示。
- 设置值为 **350**。（这表示，液压缸将在仿真中的每个方向振动 **350mm**）。
- 点击 **OK**。

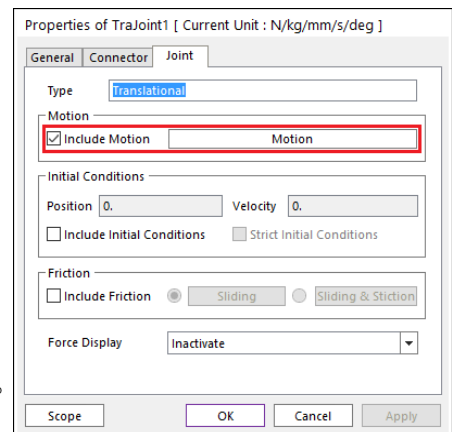


增加平动副

可以用不同的方式定义所需的运动，从简单的正弦运动到复杂的摆线或修正梯形运动，用于限制液压缸加速度导数（ **jerk**）的最大幅度。这里，使用阶跃变化的运动副速度，而非其中一个的运动定义。这将会使得 **Jerk** 最小，却仍保持简单的曲线（**RecurDyn** 中自带的阶跃（**Step**）函数在阶跃剖面线转角处使用立方函数，以最小化 **Jerk**）。

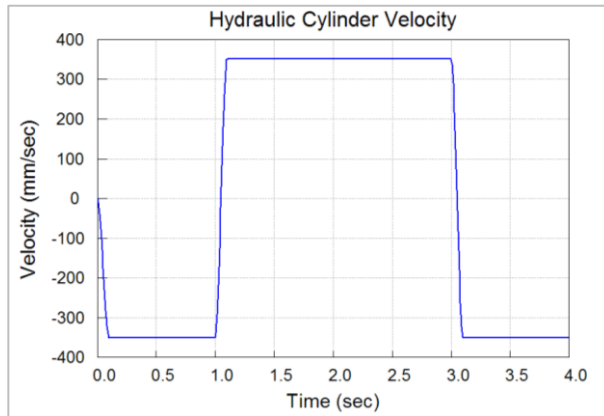
添加运动:

- 在数据库窗口，右键点击 **TraJoint1**，并选择 **Properties**。
- 点击 **Include Motion**，然后点击如右图所示的 **Motion**。
- 在弹出的 **Motion** 对话框，设置 **motion** 为 **Velocity**（第二个下拉框），保留初始位置在 0.0（默认），如右图所示。
- 点击 **EL**，查看定义速度分布的表达式列表。



已经存在大量表达式，但是你将创建一个新的表达式。

5. 点击 **Create**。



6. 对表达式 `Ex_StepCylVel` 重命名，并输入以下方程：

$$PV_Cyl_Amplitude * (\text{STEP}(\text{TIME}, 0, 0, 0.1, -1) + \text{STEP}(\text{TIME}, 1, 0, 1.1, 2) + \text{STEP}(\text{TIME}, 3, 0, 3.1, -2))$$

方程会以每秒负 `PV_Cyl_Amplitude` 的速度，驱动运动副一秒钟，然后以相同的速度，按正方向，运行两秒钟，然后再往相反的方向运行一秒钟，并返回到原来的位置。右图显示了 `PV_Cyl_Amplitude` 值为 350 时的结果函数。

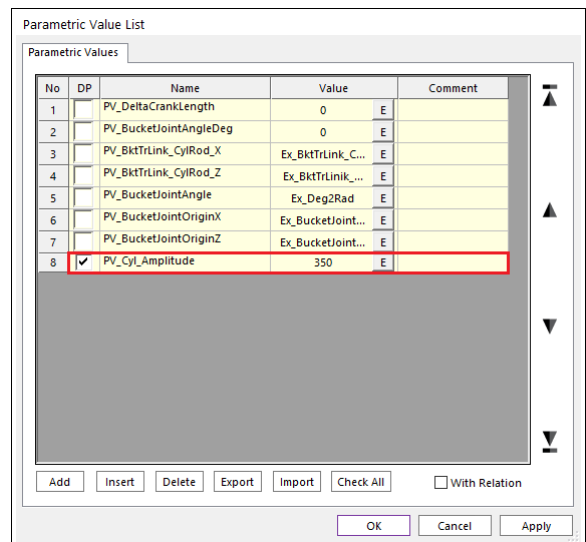
弹出的 **Expression** 对话框应该如右图所示。

7. 点击 **OK**，接受表达式定义，然后点击 **OK** 三次，接受创建运动副的所有步骤。
8. 点击 **Exit**，关闭 **Subsystem Edit** 模式。

Exit

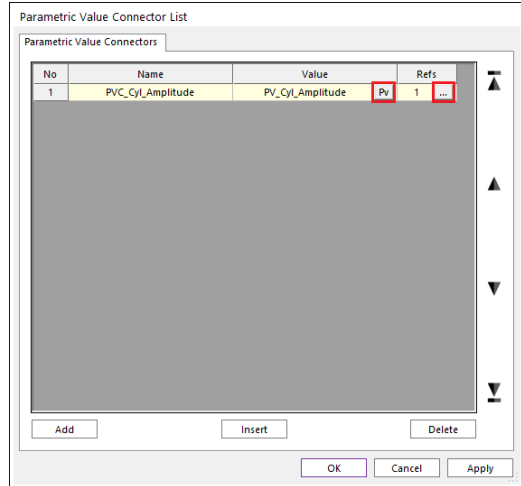
创建参数值连接器

创建参数值连接器（PVC），将总成中的 `PV_Cyl_Amplitude` 值，传递到液压缸子系统。



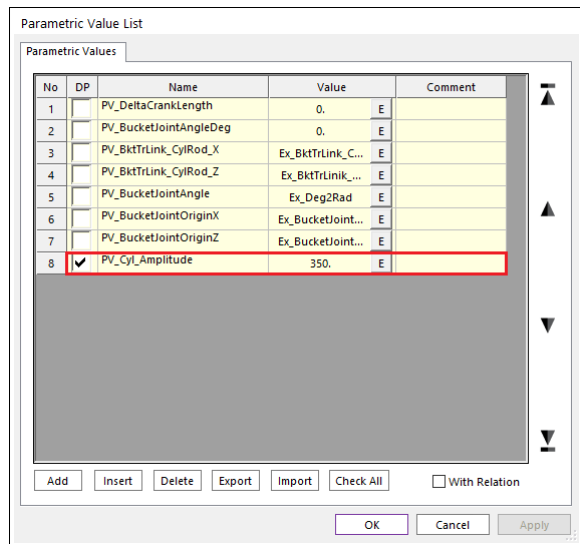
创建 PVC（参数值连接器）：

1. 与在子系统中设置的一样，在总成模式，创建名称为 **PV_Cyl_Amplitude** 的参数值，并设置为 **350**。
2. 在 **SubEntity** 标签的 **Parameter** 组下，点击 **Parametric Value Connector**。
3. 在 **Parametric Value Connector** 对话框，点击 **Add**，并将 **PVC** 重命名为 **PVC_Cyl_Amplitude**。



对话框应如右图所示。

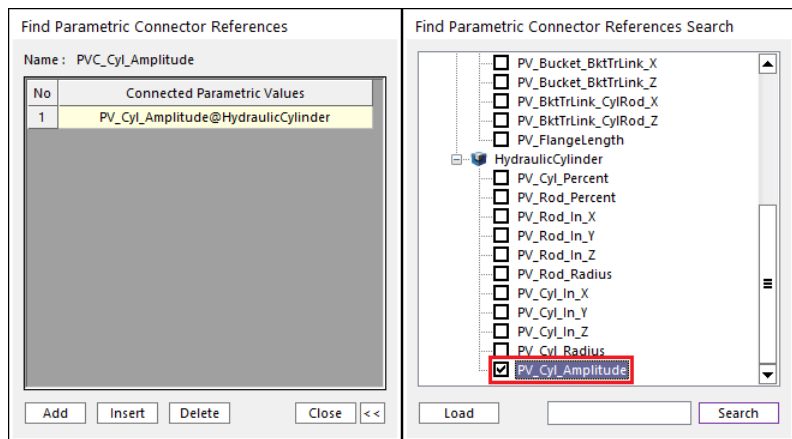
4. 点击 **Value** 列的 **PV**，确定合适的 **PV**。
5. 选择如下图所示的 **PV_Cyl_Amplitude**，然后点击 **OK**，返回到 **Parametric Value Connector List** 对话框。



6. 点击 **Refs** 列的 **More** 按钮 (...)，显示对话框，这里你将从 **HydraulicCylinder** 子系统选择合适的 **PV**。（这与教程第三章对 **PPs** 和 **PPCs** 的设置类似。）
7. 点击 **Close** 按钮旁边的 **Continue** 按钮 (>>)，并向下滚动，选择 **HydraulicCylinder** 子系统中 **PV_Cyl_Amplitude** 旁边的对话框。
8. 点击 **Load**，在对话框中设置合适的值。

对话框如下图所示。

9. 点击 **Close** 和 **OK**，完成创建过程。
10. 保存模型。



添加挖斗末端负载

任务目标

本章添加的负载表示挖掘时挖斗末端所受的力。因此，你希望负载相对于挖斗保持固定的方向。通过创建固定在挖斗上（保持正确的方向）的额外的部件（哑元），并在两者之间施加轴向力（仅对挖斗施加的力，哑元上没有反作用力），完成上述设置。你将运行第一次仿真。



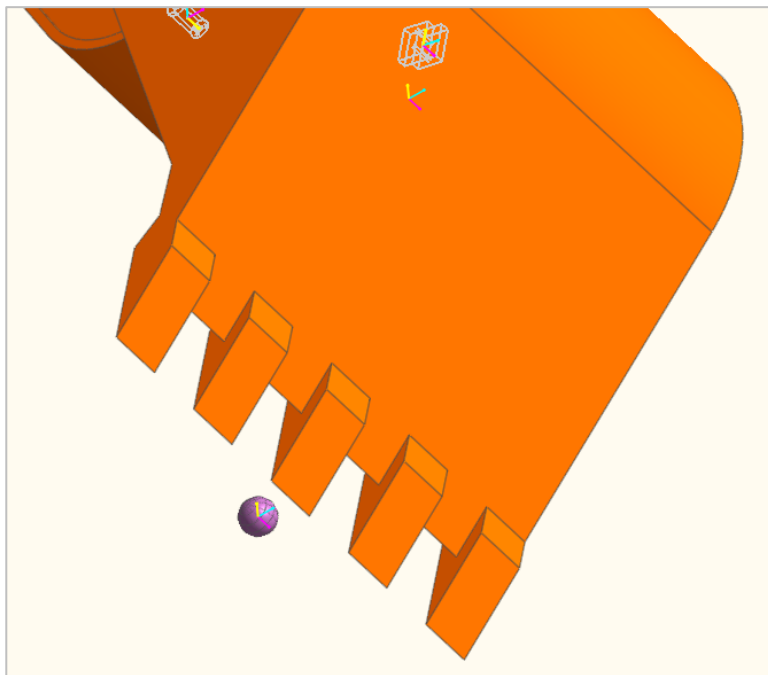
预计完成时间

15 分钟

创建哑元

创建哑元:

1. 在 **Professional** 标签的 **Body** 组，点击 **Ellipsoid**。
2. 设置球中心坐标：
5579. 2685, -207. 8525, 62. 560441
3. 设置球的半径为 **50**。
4. 放大挖斗的末端，可以看清创建的球。



5. 右键点击球，并点击 **Properties**。
6. 在 **General** 标签，将部件的名称改为 **BucketTip**。
7. 在 **Graphics** 标签，设置颜色为 50%的 **Gray**。
8. 点击 **OK**。

将哑元与挖斗连接。

这一步，将哑元与挖斗，用固定副连接。

将哑元与挖斗连接：



1. 在 **Professional** 标签的 **Joint** 组，点击 **Fixed**。
2. 设置 **Creation Method** 工具栏设置为 **Body, Body, Point**。
3. 点击 **sphere**，然后点击 **Bucket**，在 **Modeling Input** 工具栏，输入以下坐标。

5679. 2685, -207. 8525, 62. 560441

这将创建一个固定副，球（挖斗末端部件）作为 **Base body**，挖斗作为 **Action body**，固定副位于挖斗末端，即施加负载的位置。

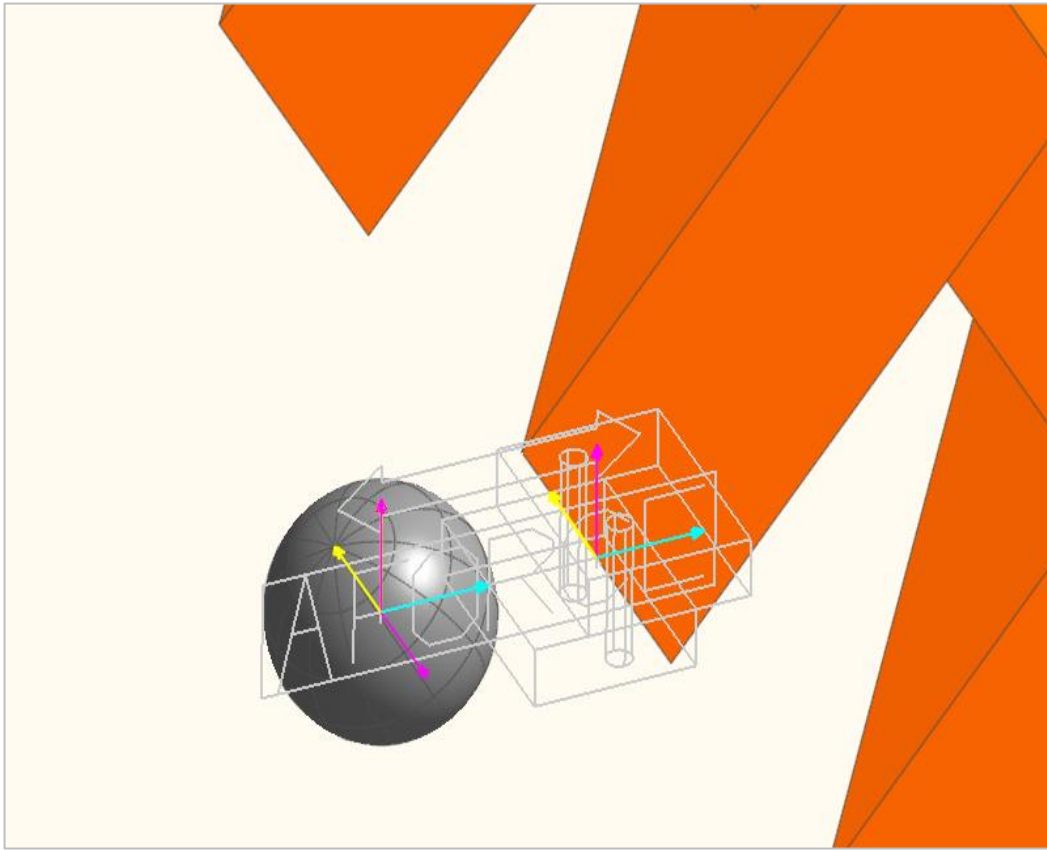


在球和挖斗之间，施加轴向力

施加轴向力：

1. 在 **Professional** 标签的 **Force** 组，点击 **Axial**。
2. 设置 **Creation Method** 为 **Point, Point**。
3. 点击球的中心，再点击固定副的中心。

挖斗末端的近视图应如下图所示：



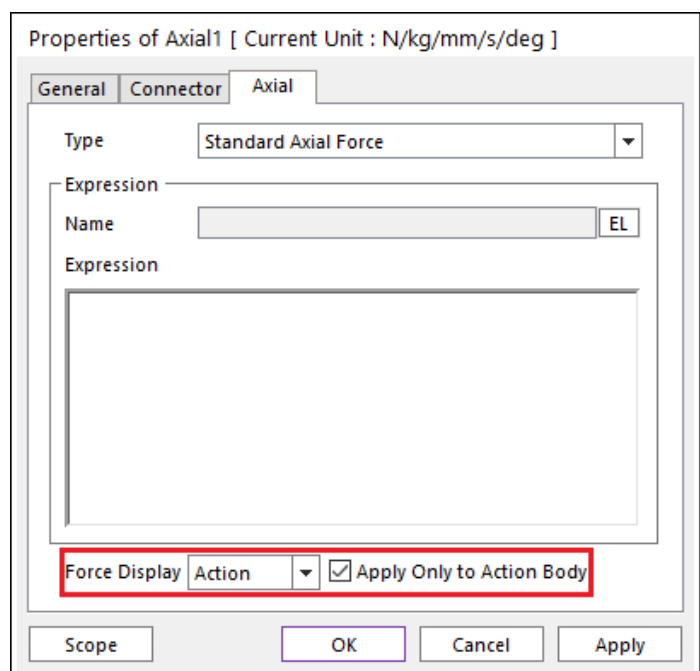
轴向力的特性是在两个点间的坐标 Z 轴上的传递力。如果仔细检查模型，你会看到 z 轴（黄箭头）需要旋转到正确的方向上。显示力的模式，并确保力会应用到 **Action body**（挖斗）。进行上述改变。

4. 右键点击 **A FORCE** 图标，并点击 **Properties**。

5. 在 **Axial** 页：

- 点击 **Applied on the Only Action Body**。
- 设置 **Force Display** 为 **Action**，如右图所示。

在对话框的 **Connector** 页，旋转 **markers**，并设置 z 轴在正确方向。

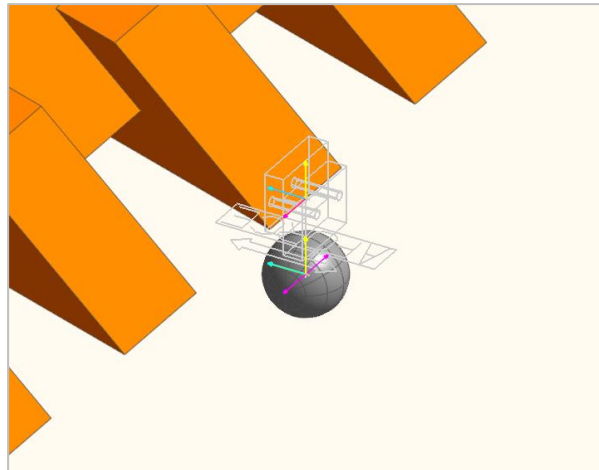
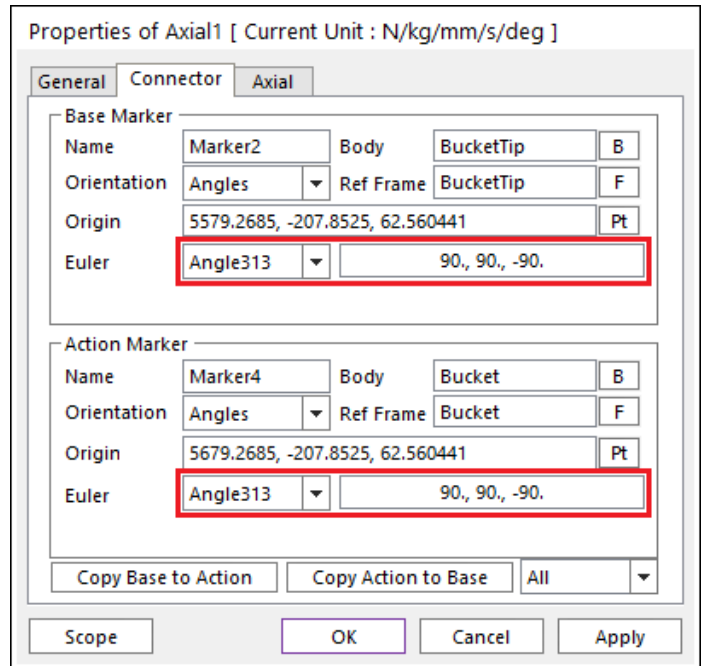


6. 点击 **Connector** 标签，改变两个 **markers** 的位置为 90., 90., -90, 如右边第二张图所示。

对 marker, 绕+z 轴旋转 90 度, 然后对新定位, 绕+x 轴旋转 90 度, 然后对新定位, 绕+z 轴旋转-90 度。结果是将 marker 的+z 轴方向, 定位在全局坐标中的+x 轴方向。

7. 点击 **General** 标签, 并设置名称为 **BucketTipLoad**。
8. 点击 **OK**。

模型应该如图所示：



定义轴向力的表达式

这一步与通常的做法有些不同。首先在 **Expression List** 对话框中定义表达式, 然后返回到 **Axial Force Properties** 对话框, 并选择已创建的表达式。

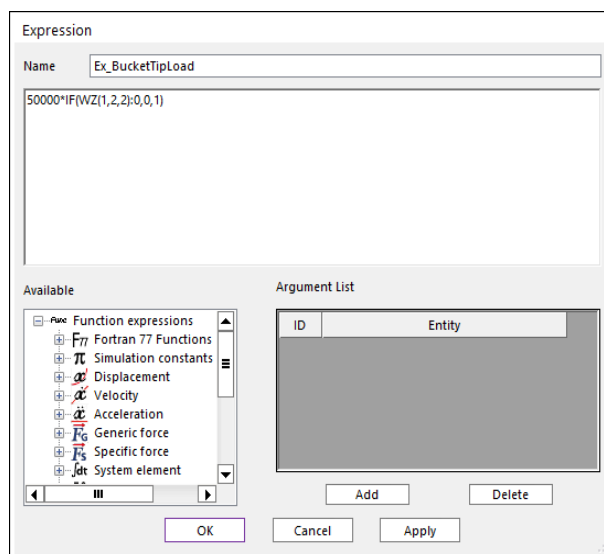
定义表达式:

1. 在数据库窗口，双击表达式，并打开 **Expression List** 对话框。
2. 点击 **Create**。
3. 将表达式命名为 **Ex_BucketTipLoad**，并设置如下：

$50000 * \text{IF}(\text{WZ}(1,2,2) : 0, 0, 1)$

当挖斗的旋转速度大于等于 0，这会在挖斗末端施加 50kN 的负载。想要更多了解 **IF** 函数的语法信息，在 **RecurDyn** 帮助中，搜索“**IP Statement**”。

WZ 函数需要将 **marker** 作为变量。编写函数作为 **WZ(1)**，并定义 **Bucket.Marker1** 为第一个元素。**Marker1** 作为变量列表的第一项，如右图所示。



4. 在 **argument** 列表增加元素，点击 **Add**，然后双击单元，并直接输入名称为 **Bucket.Marker1**，或从数据库窗口，拖出 **marker** 的名称，并将其放置在 **cell** 中（展开 **Bodies** → **Bucket** → **Markers** → **Marker1**）。
5. 同样的步骤，添加第二个名称为 **DippersStick.Marker2** 的元素。
6. 点击 **OK**，接受表达式，再次点击 **OK**，关闭 **Expression List** 对话框。
7. 返回到 **BucketTipLoad** 力的 **Properties** 对话框。
8. 在 **Axial** 页面，点击 **EL**，并从列表中选择 **Ex_BucketTipLoad**。
9. 点击 **OK**。

BucketTipLoad 属性对话框如右图所示。

10. 点击 **OK**。

运行仿真

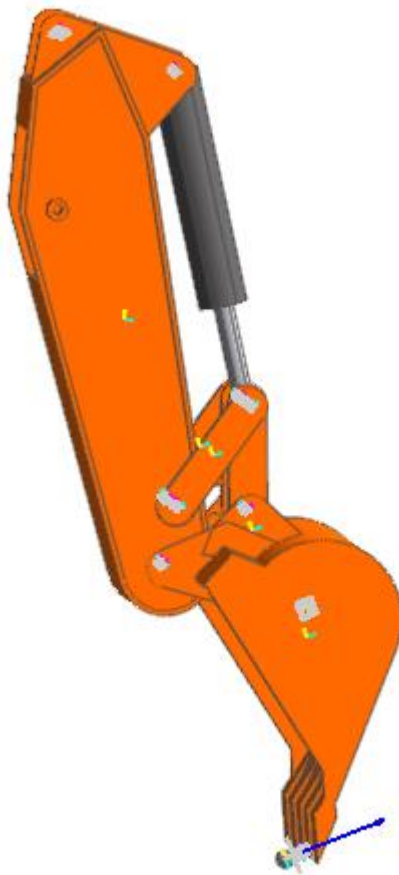
现在运行模型仿真，并验证力在正确的方向。

运行仿真

1. 在 **Analysis** 标签的 **Simulation Type** 组，点击 **Dyn/Kin**。
2. 设置如下：
 - **End time**: 4.0
 - **Step**: 400.
3. 点击 **Simulate**。
4. 点击 **Play**。

下图显示模型在 1.5s 时刻的状态。

注意，挖斗末端的蓝色力矢量显示作用在挖斗上的力应该是下图所示方向。



计算功率消耗

任务目标

小贴士：使用 `Excavator_final.rdyn` 开始本教程，`Excavator_final.rdyn` 含有已构建完成的所有模型，在教程路径中。

设计研究使用液压缸功率作为性能指标（或测量）。本章，你将学习如何获取所需的数据，如何创建表达式计算液压缸所需的功率。功率是力和速度的乘积。

计算液压缸的功率，你需要获取液压缸子系统平动副的驱动力，并将其传递至系统级别。通过使用在斗杆和液压缸之间的旋转副的反应力，可以实现上面的目的，但是这个值包括液压缸的质量和运动的力，所以并不准确。

使用特殊方法，获得准确的力值。你将在液压缸子系统中创建哑元，并在平动副的驱动力，施加一个大小相等的力。然后，你在系统级别，将这个部件固定在地面，并使用固定副的反应力作为想要测量的力。

在子系统级别，从定义平动副的两个 **markers** 的相对速度中，测量运动副速度。



预计完成时间

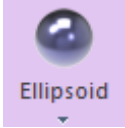
15 分钟

创建哑元

首先，创建液压缸子系统中的哑元。

创建哑元：

1. 在工作模型窗口，双击液压缸子系统，进入 **Subsystem Edit** 模式。
2. 在 **Professional** 标签的 **Body** 组，点击 **Ellipsoid**。
3. 设置 **Creation Method** 工具栏为 **Point, Distance**。



4. 按下面的坐标，创建球：

6100, -207.8525, 4200

5. 在 **Input Window** 工具栏输入 **50**，作为半径。
弹出的球如下图所示。

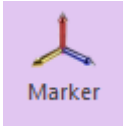


6. 右键点击新创建部件，并选择 **Properties**，改变部件的名称和颜色。
 - 在 **General** 页，将名称改为 **DrivingForceBody**。
 - 在 **Graphics Properties** 页，将颜色改为 **Gray** 的 50%。

创建作用到 DrivingForceBody 的轴向力

你需要做的第一件事就是定义地面反应力的 **Marker**。

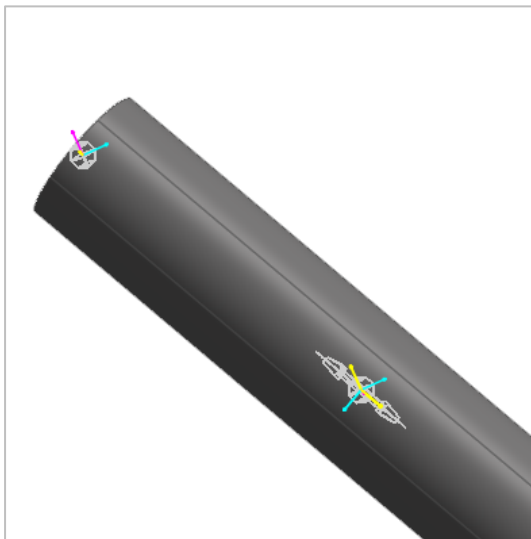
创建 **marker**:



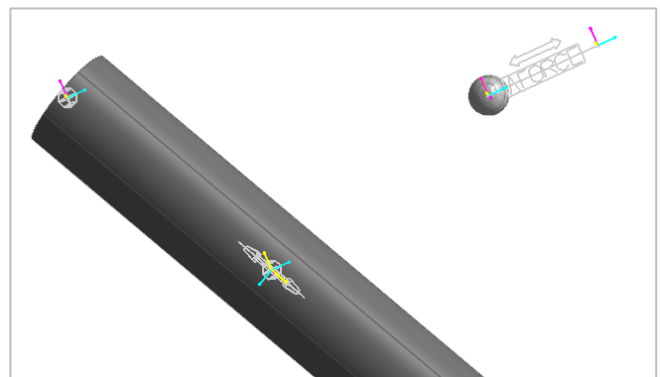
1. 在 **Professional** 标签的 **Body** 组，点击 **Marker**。
2. 设置 **Creation Method** 工具栏为 **Body, Point**。
3. 点击 **MotherBody**（屏幕任意位置，而不是液压缸和活塞杆），然后设置 **marker** 位置的坐标。

6400, -207.8525, 4200

刚体、**marker** 和球，如下图所示。



4. 在 **Professional** 标签的 **Force** 组，点击 **Axial**。
5. 设置 **Creation Method** 工具栏为 **Point, Point**。
6. 点击 **DrivingForceBody** 中心的 **marker**，然后点击新创建的 **marker**。
7. 右键点击轴向力，并点击 **Properties**。



8. 在 **Axial** 标签的 **Properties** 对话框，设置 **Force Display** 为 **Base**。

小贴士：因为首先点击 **DrivingForceBod**，这是 **base body**。

9. 定义里的表达式，点击 **EL**。

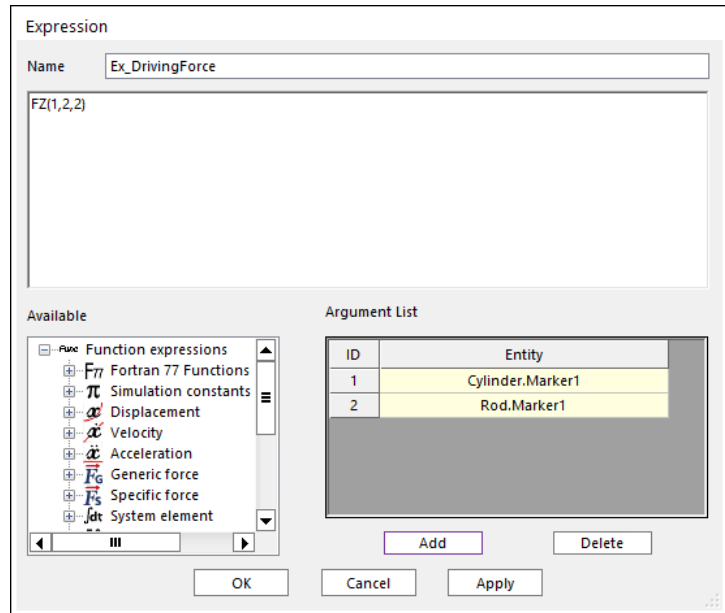
10. 在弹出的 **Expression List** 对话框，点击 **Create**，然后：

- 将表达式命名为 **Ex_DrivingForce**。
- 设置下面的表达式：

FZ(1,2,2)

FZ 的变量是在平动副中定义的 **markers**。

- **Cylinder.Marker1**
- **Rod.Marker1**



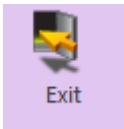
11. 点击 **Argument List** 中的 **Add**，然后输入参数。

小贴士：你可以在平动副下，展开 **markers** 的列表，将 **marker** 的名称拖动进 **Argument List**。

Expression 对话框应该如图所示。

12. 点击 **OK** 三次，完成更改。

13. 点击 **Exit**，返回到 **Assembly mode**。



将 **DrivingForceBody** 固定到地面

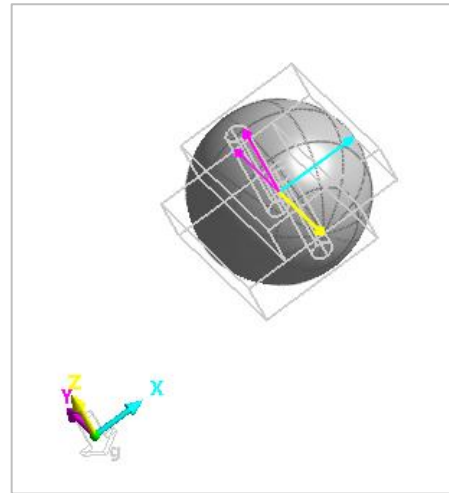
将 **DrivingForceBody** 固定到地面：

1. 在 **Professional** 标签的 **Joint** 组，点击 **Fixed**。
2. 设置 **Creation Method** 工具栏为 **Body, Body, Point**。
3. 点击地面，然后按住 **Shift** 键，点击 **HydraulicCylinder** 子系统的 **DrivingForceBody**。
4. 仍然按住 **Shift** 键，再次点击 **DrivingForceBody**，并将固定副定位在部件的中心。



markers 的方向很重要，因为方向用于在下步中计算力。

DrivingForceBody 应该如图所示。注意，**marker** 的 **x** 轴指向全局 **x** 方向（液压缸驱动力的方向是向内）。



创建计算功率的表达式

创建表达式：

1. 在数据库窗口，双击表达式。

在 **Expression List**，点击 **Create**，然后，**Expression** 窗口应该如右图所示。

2. 表达式重命名为 **Ex_CylinderPower**。

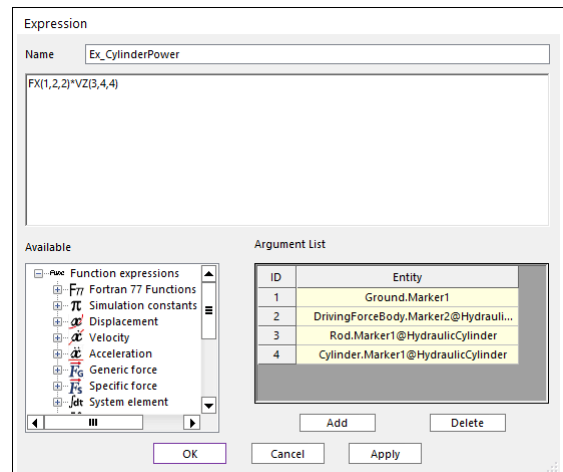
3. 设置以下表达式：

$FX(1,2,2)*VZ(3,4,4)$

4. 在下面的列表中，按顺序在 **Argument List**，设置四个元素：

- **Ground. Marker1**
- **DrivingForceBody. Marker2@HydraulicCylinder**
- **Rod. Marker1@HydraulicCylinder**
- **Cylinder. Marker1@HydraulicCylinder**

5. 点击 **OK** 两次，完成改变，并关闭 **Expression List** 对话框。



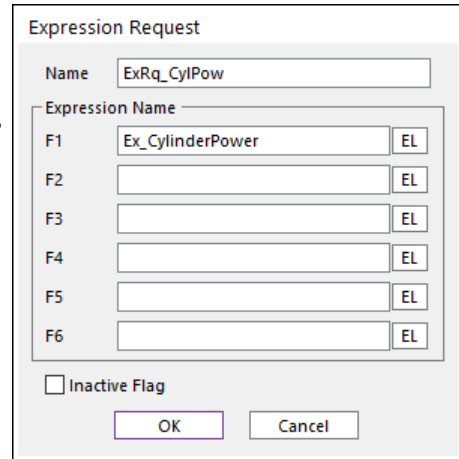
小贴士：元素名称中的**@HydraulicCylinder** 意味着指定的 **markers** 位于 **HydraulicCylinder** 子系统中。前面的两个元素可以从数据库中拖动并释放，因为他们是用于 **DrivingForceBody** 和地面之间的固定副的 **markers**，但是其它两个元素的名称必须直接输入，因为无法在总成模式下访问获取。

创建输出请求

本节，你将创建输出请求表达式，所以，你可以在绘图环境下，对 **Ex_CylinderPower** 绘图。

创建输出请求：

1. 在 **SubEntity** 标签的 **Expression** 组，点击 **Request**。
2. 点击 **Expression** 标签，然后点击 **Create**。
3. 将输出请求表达式名称改变为 **ExRq_CylPow**。
4. 点击 **F1** 行的 **EL**，并从 **Expression List** 中选择 **Ex_CylinderPower**。
5. 点击 **OK**。



Expression Request 对话框应该如右图所示。

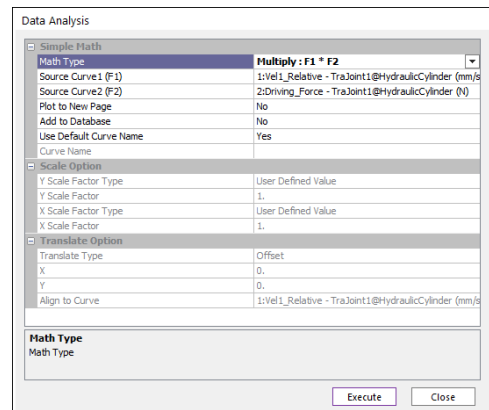
6. 点击 **OK** 两次，完成改变，并关闭对话框。

运行仿真并绘制结果

这一步，将验证表达式是否正确计算液压缸功率。如果表达式是正确的，那么计算的功率，与由平动副的相对速度和驱动力乘积获得的功率，应该是没有差别的。

运行仿真，并绘制结果：

1. 运行之前描述的仿真。
2. 点击 **Plot Results**。
3. 在数据库窗口，展开 **Joints**→**TraJoint1@HydraulicCylinder**。
4. 双击 **Vel1_Relative**，并绘制运动副速度。
5. 在数据库窗口，双击 **Driving_Force**。
6. 使用 **Simple Math** 工具，将这两条曲线相乘。
 - 在 **Tool** 标签的 **Analysis** 组，点击 **Simple Math**。
 - 在 **Operation Type** 中，选择 **Multiply: F1**



* F2 选项。

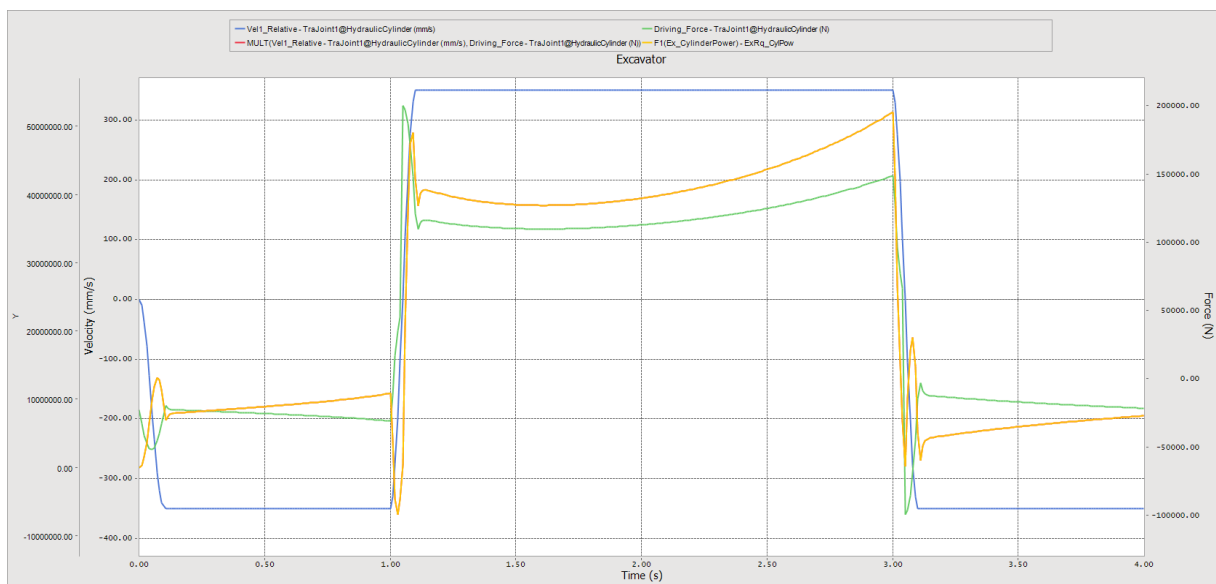
- 在下列表中，保留 **SourceCurve1 (F1)** 为 **Vel1_Relative**，但是将 **Source Curve2 (F2)** 改为 **Driving_Force**，如右图所示。
- 点击 **Execute**，创建新曲线。

现在绘制液压缸功率的表达式。

7. 在数据库窗口，展开 **Request**→**Expressions**→**ExRq_CylPow**。

8. 双击 **F1 (Ex_CylinderPower)**。

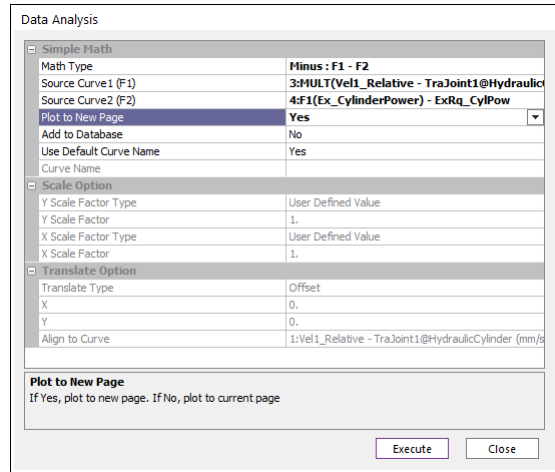
两条曲线几乎相同，如下图所示。



为验证两条曲线是相同的，你将再次使用 **SimpleMath** 工具，计算差别。

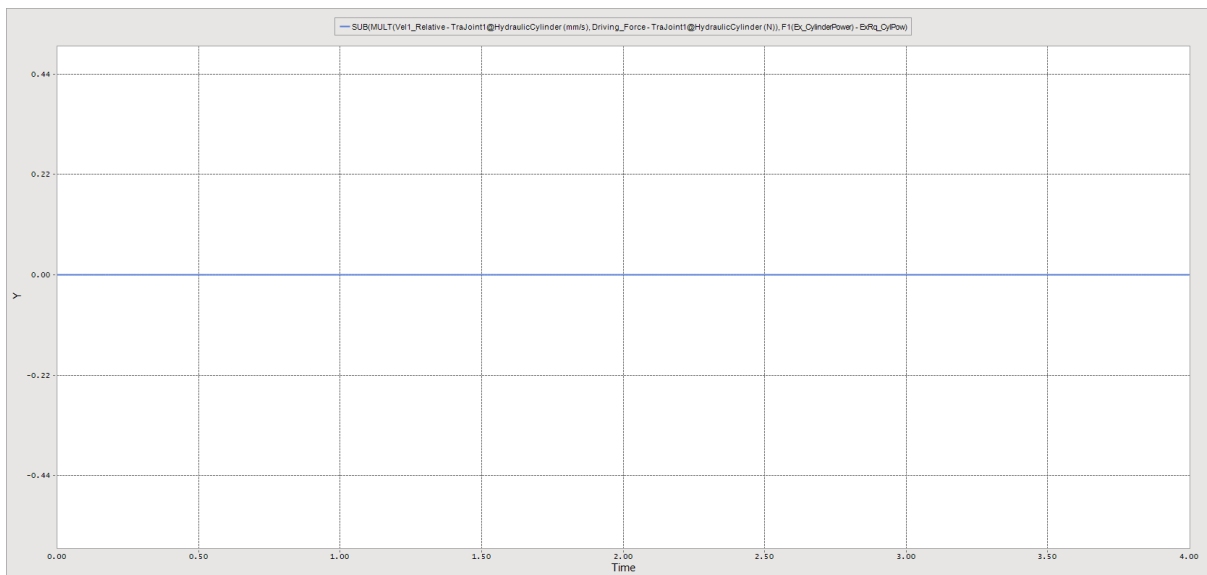
9. 和之前一样，打开 **Simple Math** 工具，但这次：

- 设置操作相减： $F1 - F2$ 。
- 通过右图所示的下拉列表，设置 **SourceCurve1 (F1)** 为 **MULT(Vel1_Relative-TraJoint1@...)**，设置 **Source Curve2 (F2)** 为 **F1(Ex_CylinderPower)**。
- 设置 **Plot to New Page** 为 **Yes**，并点击 **Execute**，你将看到一条整齐的错误曲线。



Simple Math 对话框的设置，应该如右图所示。

提示：你可以通过右键点击显示 **Edit title**，在弹出对话框的 **title** 文本框，改变绘图的标题。



计算运动范围

任务目标

本章，将创建用于计算挖斗运动范围的表达式。当调整曲柄连杆长度和挖斗运动副角度时，运动范围会随着改变，因为这两个参数值改变了斗杆末端的四杆传动的几何，即使液压缸的长度和运动范围没有变化。

下一章运行设计研究时，将运动范围作为性能指标，所以需要有一个表达式进行计算。已经创建了找到负方向最大旋转的表达式，因此，这一章，将创建找到正方向最大旋转的类似表达式，并将它们放在一起，计算运动的总范围。



预计完成时间

15 分钟

计算挖斗的最大正旋转

本节，将创建变量方程，计算挖斗的最大正旋转。

计算旋转：

1. 在 Subentity 标签的 Equation 组，点击 Variable Equation。
2. 在 Variable Equation List 对话框，点击 Create。
3. 改变名称为 VE_MaxPosRot。
4. 在 Variable Equation 对话框的 Expression 部分，点击 EL。
5. 在 Expression List 对话框，点击 Create。

表达式需要能够本身引用，这样可以在仿真的每一步，跟踪当前的旋转是否比之前的值更大。因此，你需要输入一个占位符表达式，当完成创建变量方程后，然后修改。

6. 改变表达式的名称为 Ex_MaxPosRot，然后输入 0 作为表达式本身。
7. 点击 OK 四次。
8. 返回到数据库的表达式列表，然后修改 Ex_MaxPosRot。
 - 点击 E，设置表达式如下：

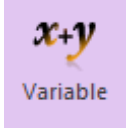
$$\text{IF}(\text{VARVAL}(3) - \text{AZ}(1,2) : \text{AZ}(1,2), \text{VARVAL}(3), \text{VARVAL}(3))$$

小贴士：VARVAL 评价变量表达式的参数，下一步设置为 VE_MaxPosRot。VE，相应地，调用正在编辑的表达式 EX_MaxPosRot。这个回路意味着 VARVAL(3) 提供这个表达式的当前值。上面的语句应该解读如下：

如果表达式的当前值减去挖斗的当前旋转 (VARVAL(3)-AZ(1,2)) 小于零，那么表达式等于当前挖斗旋转(AZ(1,2))。否则，表达式保持不变。

想了解 VARVAL 和 AZ 函数的信息，查看 RecurDyn 帮助。

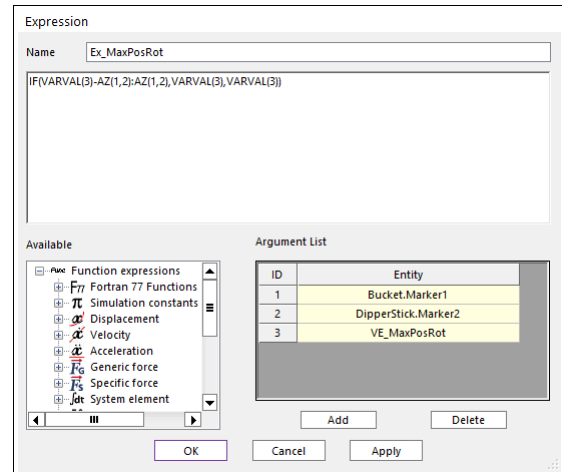
- 现在按顺序，在 Argument List，增加下面的两个元素：
 - Bucket.Marker1
 - DipperStick.Marker2



- **VE_MaxPosRot**

完成修改后，**Expression** 对话框应该如下图所示所示。

9. 点击 **OK**。



计算挖斗运动范围

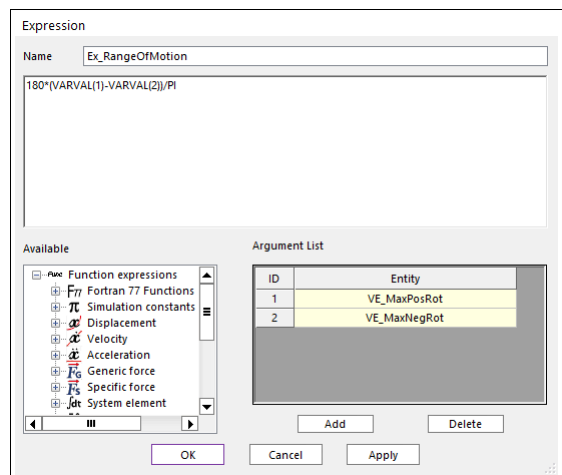
通过从最大正旋转中减去最大负旋转，计算挖斗的运动范围。这与增加它们的幅度是相同的，因为创建了负旋转，所以保留了负号。旋转从弧度转换为角度。

计算运动范围：

1. 在 **Expression List** 对话框，点击 **Create**，设置下面的表达式：

- **Name:**
Ex_RangeOfMotion
- **Expression:**
 $180 * (\text{VARVAL}(1) - \text{VARVAL}(2)) / \text{PI}$
- **Entities:**
VE_MaxPosRot and **VE_MaxNegRot**

Expression 对话框如右图所示。



2. 点击 **OK** 两次，关闭对话框。

添加 Request 表达式

添加表达式:

1. 在数据库窗口，双击请求表达式 **ExRq_CylPow**。
2. 在 **Request List** 对话框，点击 **Rq**，修改 request。
3. 点击 **F2** 行的 **EL**。
4. 选择 **Expression List** 对话框的 **Ex_RangeOfMotion**。
5. 点击 **OK** 三次，关闭对话框。

Expression Request 对话框应该如右图所示。

Expression Request	
Name	ExRq_CylPow
Expression Name	
F1	Ex_CylinderPower EL
F2	Ex_RangeOfMotion EL
F3	EL
F4	EL
F5	EL
F6	EL
<input type="checkbox"/> Inactive Flag	
OK Cancel	

绘制表达式, 验证结果

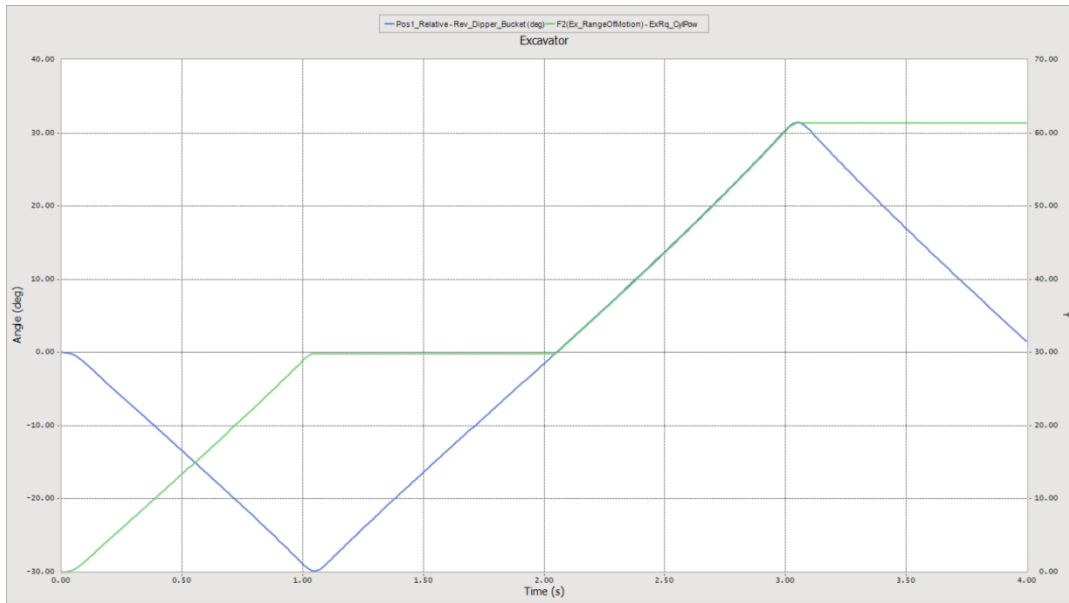
绘制结果:



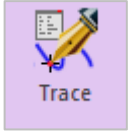
1. 和之前一样，运行仿真（小贴士：**End time: 4, Step: 400**）。
2. 点击 **Plot Result**，打开绘图对话框。
3. 绘制挖斗运动副的旋转曲线，在数据库窗口，展开 **Joints**→**Rev_Dipper_Bucket**，双击 **Pos1_Relative**。
4. 绘制 **Ex_RangeOfMotion** 曲线，在数据库窗口，展开 **Request**→**Expressions**→**ExRq_CylPow**，并双击 **Request**→**Expressions**→**ExRq_CylPow**。

曲线如下图所示。

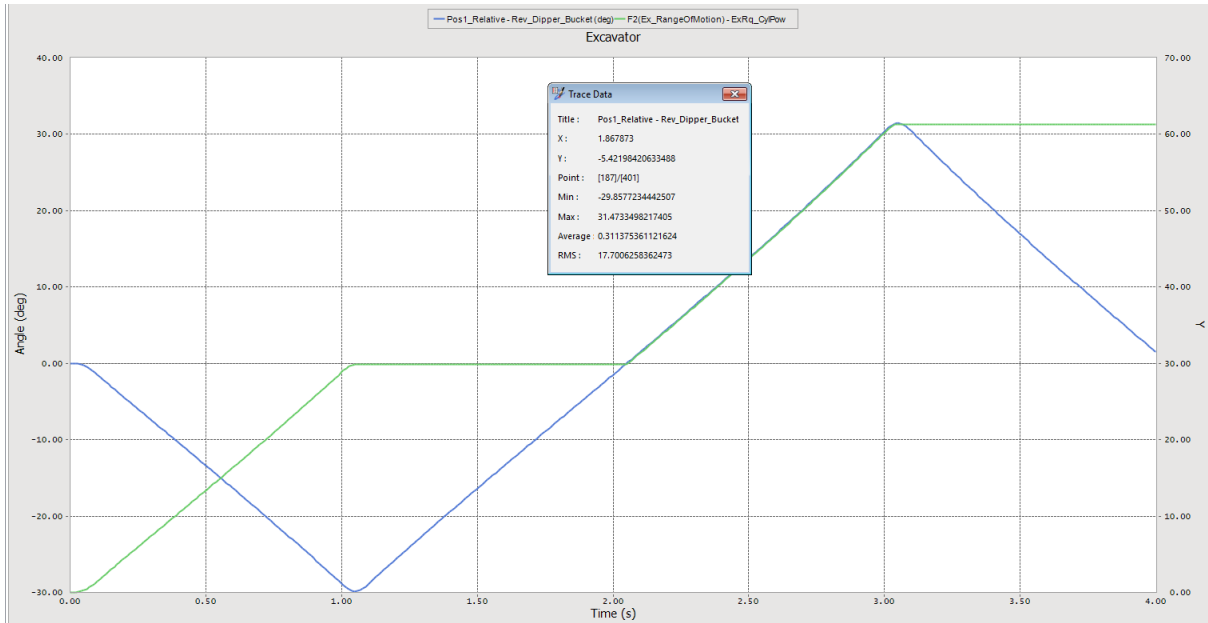
DIPPER STICK WITH BUCKET TUTORIAL



从曲线图看，函数是正确的，使用 **Trace Data** 工具，查看数值比较。



5. 点击 **Home** 标签中 **View** 组的 **TraceData**，滚动两条曲线。将光标放置表达式曲线，查看最大值是 61.34 度。将光标放置在红色曲线，显示如下。



最大的旋转是 31.47 度，最小是 -29.86 度，运动的范围为 31.47 度 - (-29.86 度) = 61.33 度。很小的区别是因为表达式计算仿真的每个点，而绘图只提供输出的点（本例中是 400）。挖斗比绘图数据中报告的多旋转了一些。

6. 返回到模型窗口。（小贴士：**File** → **Close**）
7. 保存模型。

运行并分析设计研究

任务目标

本章，你将设置并进行设计研究，查看曲柄长度的作用和挖斗运动副角度的影响。对每个变量，运行三个级别的试验设计，然后查看结果。



预计完成时间

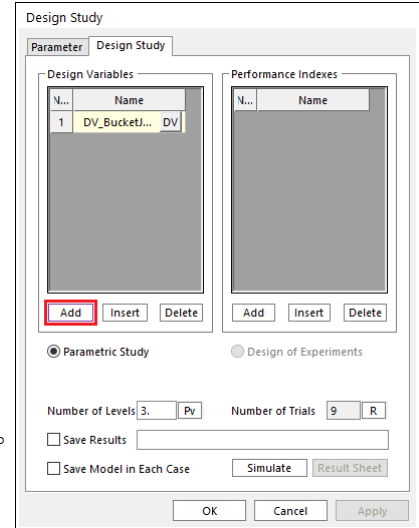
15 分钟

设置设计变量

设置设计变量：

1. 在 **Analysis** 标签的 **Simulation Type** 组，点击 **DOE**。

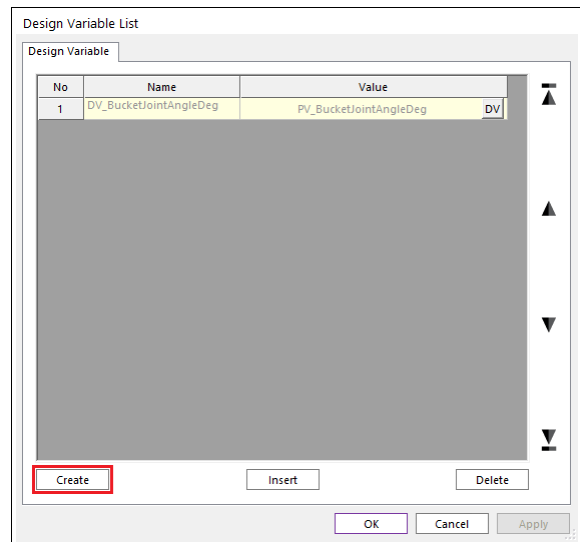
弹出的 **Design Study** 对话框如右图所示。注意，挖斗运动副角度已经定义为设计变量。



2. 在 **Design Variables** 区域，点击 **Add**。
3. 在弹出的 **Design Variable List** 对话框，点击 **Create**。
4. 在弹出的 **Design Variable** 对话框，改变设计变量的名称。

5. 点击 **Value** 文本框旁边的 **PV**，然后在 **Parametric Value List** 对话框，选择 **PV_DeltaCrankLength**。

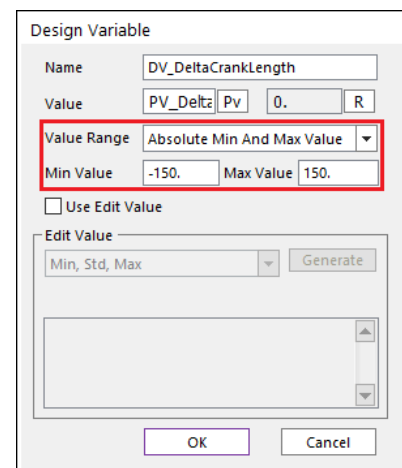
6. 点击 **OK**。



7. 在 **Design Variable** 对话框，设置 **Value Range** 为 **Absolute Min and Max Value**。

8. 设置 **Min Value** 为 **-150.0**，设置 **Max Value** 为 **150.0**，如下图所示。

9. 点击 **OK** 两次，完成设置，关闭对话框，保留 **Design Study** 对话框打开。



定义性能指标

定义性能指标：

1. 在 **Design Study** 对话框的 **Performance Indexes** 区域，点击 **Add**。

2. 在 **Performance Index List** 对话框：

- 点击 **Add**，将名称改为 **PI_RMSCylPower**。
- 设置 **Type** 为 **RMS Value**，并选择 **Ex_CylinderPower** 作为表达式名称（小贴士：点击 **EL**，选择表达式，并点击 **OK**）。

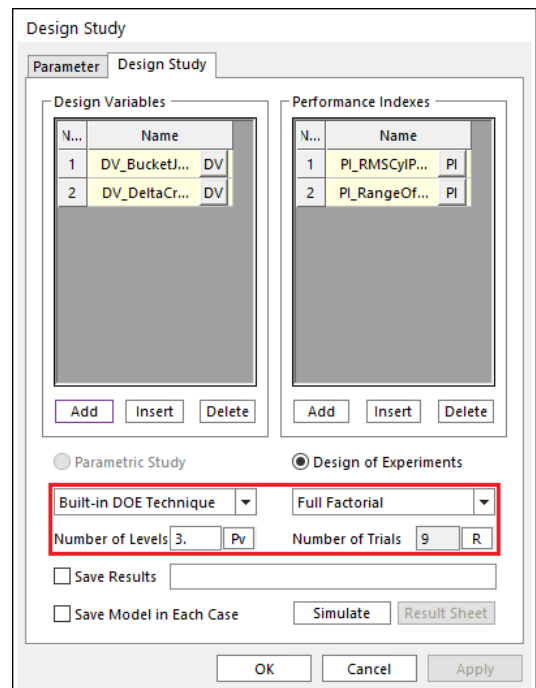
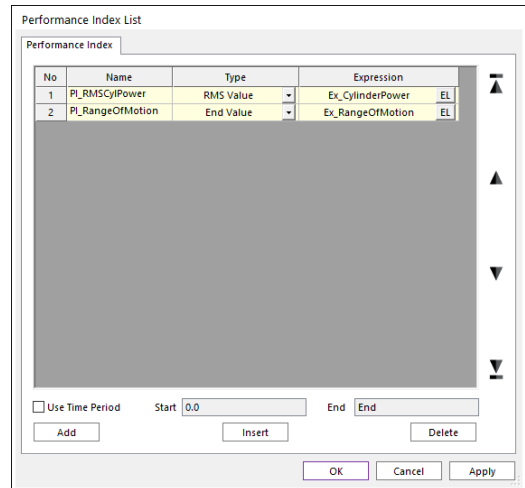
性能指标对话框如右图所示。

- 点击 **OK**。

3. 在 **Design Study** 对话框，点击 **Add**，添加另一个 **Performance Index**：

- 在 **Performance Index List**，再次点击 **Add**。
- 将名称改为 **PI_RangeOfMotion**。
- 保留 **Type** 为 **End Value**。
- 选择右图所示的表达式 **Ex_RangeOfMotion**。

4. 点击 **OK**，保持 **Design Study** 对话框打开。



运行设计研究

运行设计研究：

1. 在设计研究对话框：

- 保留 **Built-in DOE Technique** 和 **Full Factorial** 的设置。
- 设置 **Number of Levels** 为 3（如图所示）。

2. 点击 **Simulate**，运行设计研究。
3. 研究结束后，点击 **Result Sheet**，查看结果。

Result Sheet				
Trial	DV_BucketJoint...	DV_DeltaCrankL...	PI_RMSCylPower	PI_RangeOfMot...
1	-15.	-150.	44374469.5296259	88.2898011034668
2	-15.	0.	37643745.1000168	76.0766913973058
3	-15.	150.	33831501.8060963	68.9953019148872
4	0.	-150.	35910273.7758939	72.3474531711495
5	0.	0.	29942285.3762477	61.3136797018442
6	0.	150.	26919889.2559643	55.4754909439909
7	15.	-150.	31432745.4900811	63.7213078066177
8	15.	0.	25530994.3995387	52.8915637389387
9	15.	150.	22769144.8428996	47.4034853686642

Design Variables	Performance Indexes	Multi-variate
<input type="checkbox"/> DV_BucketJointAr	<input type="checkbox"/> PI_RMSCylPower	<input type="checkbox"/> PI_RMSCylPower
<input type="checkbox"/> DV_DeltaCrankLer	<input type="checkbox"/> PI_RangeOfMotio	<input type="checkbox"/> PI_RangeOfMotio
Plot	Plot	Plot

What-if Study	
Export	<input type="checkbox"/> Update DV
Trial 1	Close

在 **Result Sheet**，红色文本框和蓝色文本框分别表示变量或结果的最小值和最大值。这项研究结果表明，为减低液压缸功率 **RMS**，需要减小运动范围。在考虑机械和几何效率时是合理的。如果改变四连杆，增加机械效率，你将可以减小从执行器获得的力，抗拒挖斗末端的恒定负载。

机械效率的增加意味着几何效率的下降。也就是说，相同的执行器位移为导致更小的输出位置，结果是一个更小的运动范围。在运动范围和执行器力（影响执行力的功率）之间，有基本的权衡取舍。为进一步探索这种权衡，你将进行 **What-if** 研究。

运行 What-if 研究

运行 What-if 研究：

1. 在 **Result Sheet** 窗口，点击 **What-if Study**。
2. 设置运动范围的约束大于或等于 61.3（原始构造的值），目标函数 **Objective Function** 为最小化功率。在 **What-if Study** 对话框：
 - 在 **Objective Functions**，点击 **PI_RMSCylPower** 旁边的 **Use**。

What-if Study				
Objective Functions				
No	Use	Name	Min/Max	Weighting Facto
1	<input checked="" type="checkbox"/>	I_RMSCylPowe	Min	1.
2	<input type="checkbox"/>	RangeOfMoti	Min	1.

Constraints				
No	Use	Name	GE/LE	Value
1	<input type="checkbox"/>	I_RMSCylPowe	<=	1.
2	<input checked="" type="checkbox"/>	RangeOfMoti	>=	61.3

Weighting Factor 1

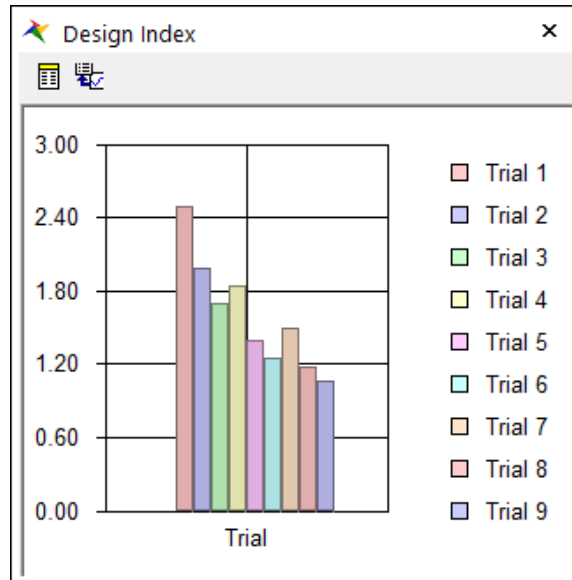
Design Index Multi-variate

Close

- 在 **Constraints** 下，点击 **PI_RangeOfMotion** 旁边的 **Use**，改变 **GE/LE** 运算符为 \geq ，设置值为 61.3。

弹出的对话框如右图所示。

- 点击 **Design Index**，查看基于这个标准的最佳配置设计。



计算出设计指标，最小值意味着最佳设计。更多设计指标计算的信息，可以在 **RecurDyn** 帮助中查找。

在滚动栏上的光标显示，**Trial 8** 是最小的，其次是 **Trial 9** 和 **Trial 6**。所有的试验有较小的功率，但是他们都有较小的运动范围，这是与约束违背的。增加约束的 **Weighting Factor**，查看 **Weighting Factor** 如何影响优化配置。

- 在 **What-if Study** 对话框，设置将约束的 **Weighting Factor** $\times 2$ 。
- 再次点击 **Design Index**。

现在结果显示，**Trial 5** 是最小的，其次是 **Trial 6** 和 **Trial 7**。**Result Sheet** 显示，**Trial 6** 会减小 **RMS** 功率，但在运动范围会有所减小。**Trial 7** 会增加功率，同时增加运动范围。**Trial 9** 看起来不是最好的设计，因为较大地违背了运动约束的范围。

显然，配置设计 5,6,7 是最值得用来分析的，所以它们将在下一节用于批处理运行，然后同时绘制三个配置设计的结果。

- 关闭 **Design Index** 窗口，**What-if Study** 对话框和 **Result Sheet** 窗口。
- 点击 **OK**，关闭对话框。

Chapter

9

批处理模式运行仿真

任务目标

本章，你将设置 3 个仿真，进行批处理模式。设置的仿真与在 **Design Study** 中进行的 **trial5**，**trial6**，**trial7** 一致。然后，绘制液压缸功率与挖斗运动的曲线。

注意，仿真的结果与 **Design Study** 的结果相同，但是学习批处理仿真有很重要的原因。**Design Study** 自动运行一系列试验，然而，一次只能运行一个 **Design Study**。批处理模式下，对运行仿真的数量没有限制。批处理模式下，运行 **RecurDyn** 可以充分发挥空余时间。



预计完成时间

15 分钟

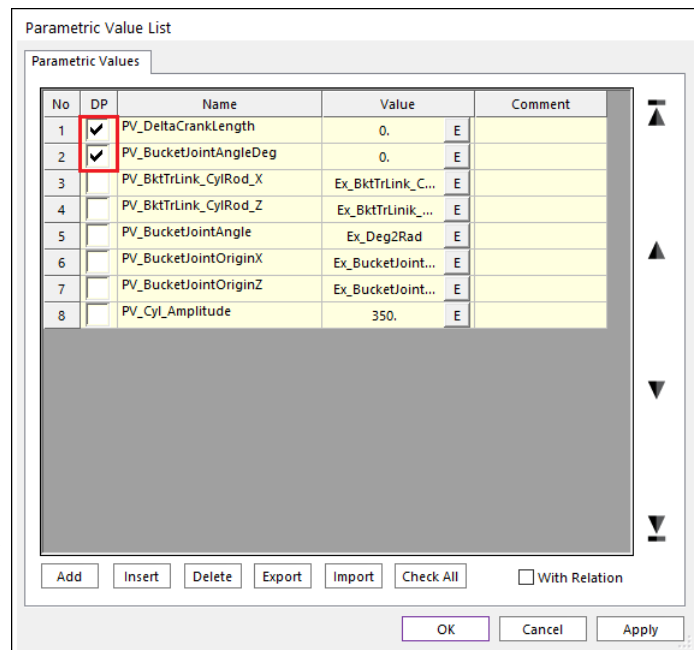
设置并导出 RecurDyn 设计参数文件

首先，你需要在 RecurDyn 设置，哪些点和值在批处理是仿真中用到的设计参数。这个模型只用两个参数值（PVs），对模型做改变。参数点同样可以用在批处理仿真中，步骤是相同的。

注意，只有参数点和参数值可以在主系统级别使用。如果参数点或参数值位于子系统中，必须在主系统级别进行设置，且与本教程之前讨论的参数点连接器（PPCs）和参数值连接器（PVCs）一致。

设置和导出文件：

1. 在数据库窗口，双击任意一个 PV，打开 Parametric Value List。
2. 勾选 PV_DeltaCrankLength 和 PV_BucketJointAngleDeg 的 DP 列，如右图所示。
3. 点击 OK。
4. 在 File 菜单，点击 Export。
5. 设置 Files of type 为 RecurDyn Design Parameter File (*.rdp)。
6. 设置 RrecurDyn 模型文件导出路径。
7. 将文件命名为 Excavator.rdp，并点击 Save。



这会在工作目录下，生成很多文件。RDP 文件是在批处理仿真下，让 RecurDyn 找到 PVs 和 PPs 文件的数据库。你也会注意到，.rpp 和.rpv 文件是为主系统创建的，每个子系统包含 PPs 和 PVs。因为你只在系统级别定义两个 PVs，只有 Excavator.rpv 文件含有所有的信息。当用记事本打开时，弹出以下内容：

```
!=====RecurDyn Parametric Value=====|
```

```
PV_DeltaCrankLength = 0.
```

```
PV_BucketJointAngleDeg = 0.
```

这意味着，这些设计参数的当前值为 0。当在下面的步骤中编写批处理文件时，改变这些值，RecurDyn 会自动更新。

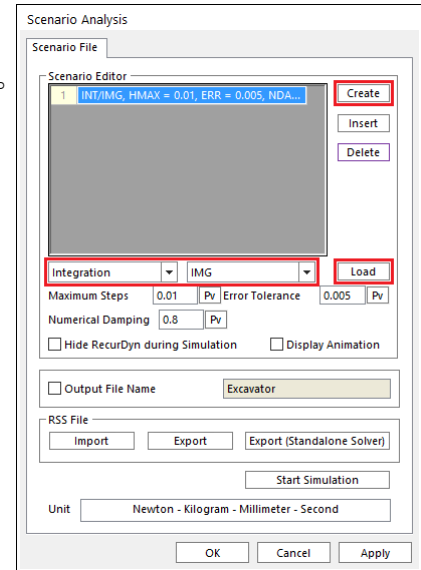
设置和导出 RecurDyn 方案文件

RecurDyn 方案文件 (.RSS) 指导 RecurDyn，如何进行批处理模式仿真。首先，你将确定用哪一个积分器，然后确定仿真设置，包括仿真时间和步数。

设置和导出 scenario 文件：



1. 在 Analysis 标签的 Simulation Type 组，点击 Scenario。
2. 在 Scenario Analysis 对话框，点击 Insert。
3. 通过改变 Scenario Editor 下的下拉文本框，进行积分设置：
 - 设置第一个文本框为 Integration。
 - 设置第二个文本框改为 IMG。（这里指，将要用到的积分器）
 - 其它项，使用默认值。

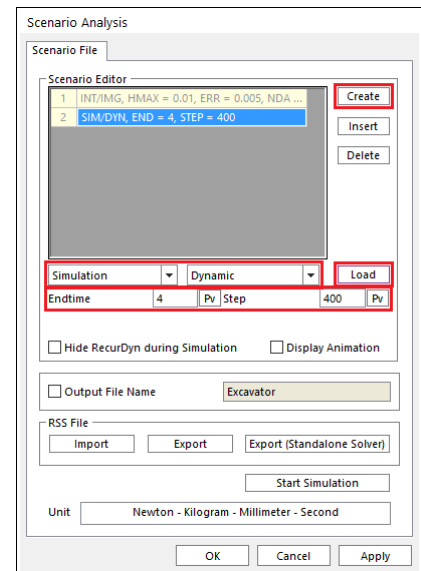


4. 在 Scenario Editor 中，点击 Load，加载这些设置到空行中。

窗口应该如右图所示。

5. 进行仿真设置：
 - 在 Scenario Editor，再次点击 Create，创建新行。
 - 改变最左边的下拉文本框，为 Simulation。
 - 设置 Endtime 为 4，Steps 为 400。
 - 点击 Load。

窗口应该如右图所示。



设置完成后，现在将测试 scenario。

测试 scenario:

1. 点击 **Start Simulation**。
2. 这与上节中，运行的是相同的仿真。
3. 在 **Scenario Analysis** 对话框，点击 **Export**。
4. 保存为 **Excavator.rss** 文件（**RecurDyn** 模型文件的位置）。

使用文本编辑器，打开文件，如记事本。如下所示：

```
INT/IMG, HMAX = 0.01, ERR = 0.005, NDA = 0.8
SIM/DYN, END = 4, STEP = 400
STOP
```

创建批处理文件，并运行仿真

现在，创建批处理文件。

创建批处理文件：

1. 打开文本编辑器，如记事本，设置如下：

```
mkdir out

"<Install Dir>\Help\DP_Study\ConvertDP.exe" /clean /convert Excavator.rdp
PV_DeltaCrankLength=0 PV_BucketJointAngleDeg=0

"<Install Dir>\Bin\Recurdyn.exe" "Excavator.rdyn" /rdp Excavator.rdp /rss Excavator.rss
/out out/out1

"<Install Dir>\Help\DP_Study\ConvertDP.exe" /clean /convert Excavator.rdp
PV_DeltaCrankLength=150 PV_BucketJointAngleDeg=0

"<Install Dir>\Bin\Recurdyn.exe" "Excavator.rdyn" /rdp Excavator.rdp /rss Excavator.rss
/out out/out2

"<Install Dir>\Help\DP_Study\ConvertDP.exe" /clean /convert Excavator.rdp
PV_DeltaCrankLength=-150 PV_BucketJointAngleDeg=15

"<Install Dir>\Bin\Recurdyn.exe" "Excavator.rdyn" /rdp Excavator.rdp /rss Excavator.rss
/out out/out3
```

注意，如果你可以打开本教程的电子文档，你可以在批处理文件中，直接复制上述文本

2. 文件保存为 **Excavator.bat**，并关闭。

下面是对每个命令的含义和功能的简短描述：

- **mkdir out**
在工作目录下，创建 **out** 路径。**RecurDyn** 会在这里存储仿真结果。

“<Install Dir>\Help\DP_Study\ConvertDP.exe”
运行 **ConvertDP** 执行文件，**ConvertDP** 位于 **Help>DP_Study** 文件夹的标准 **RecurDyn** 安装目录中。如果安装目录与上面的设置不同，你需要适当地改变。
- **/clean /convert Excavator.rdp PV_DeltaCrankLength=0 PV_BucketJointAngleDeg=0**
这些是 **ConvertDP** 执行文件的参数。**RecurDyn** 使用 **Excavator.rdp** 文件，并设置 **PV_DeltaCrankLength** 值为 0，**PV_BucketJointAngleDeg** 为 0。因为这些是默认值，所以没有必要设置，但还是展示设置方法。
- “<Install Dir>\Bin\Recurdyn.exe”
这提供了 **RecurDyn** 程序的完整路径。这是 8.1 版本的默认安装位置，但是如果你运行不同版本或设置了程序的不同位置，你应该适当地更新文本框。
- “Excavator.rdyn”
指导 **RecurDyn**，使用仿真的哪个模型文件（.rdyn）。当保存时，如果你重命名文件，你应该相应地更新文本。另外，你刚创建的批处理文件应该位于 **Excavator.rdyn** 文件的同一个文件夹，否则你必须设置完整的目录，如下所示。
- **/rdp Excavator.rdp /rss Excavator.rss**
定义你之前创建的文件，文件名为 **.RDP** 和 **.RSS**。
- **/out out\out1**
在批处理文件的第一行，且文件名为 **out1**，指导 **RecurDyn** 在你创建的输出文件夹，储存输出文件。本例中，不勾选 **Home** 标签的 **Simulation Model Setting** 组的 **Create Output Folder**。

批处理文件（.bat）的剩余部分包括同一代码的三个副本，除了 **PVs** 在你运行的设计研究中，在 **configurations 6** 和 **7** 中设置值。输出文件被分别命名为 **out2** 和 **out3**。

3. 运行仿真，首先关闭 **RecurDyn** 中的模型。你不需要退出 **RecurDyn**，但是如果模型在试着更新或仿真已经开始，批处理仿真无法运行。
4. 双击创建的 **Excavator.bat** 文件。

双击文件后，**DOS** 命令提示开启，弹出编码的前五行（三个命令：**mkdir**，**ConvertDP.exe**，and **recurdyn.exe**）。**RecurDyn** 打开，运行仿真，然后关闭。

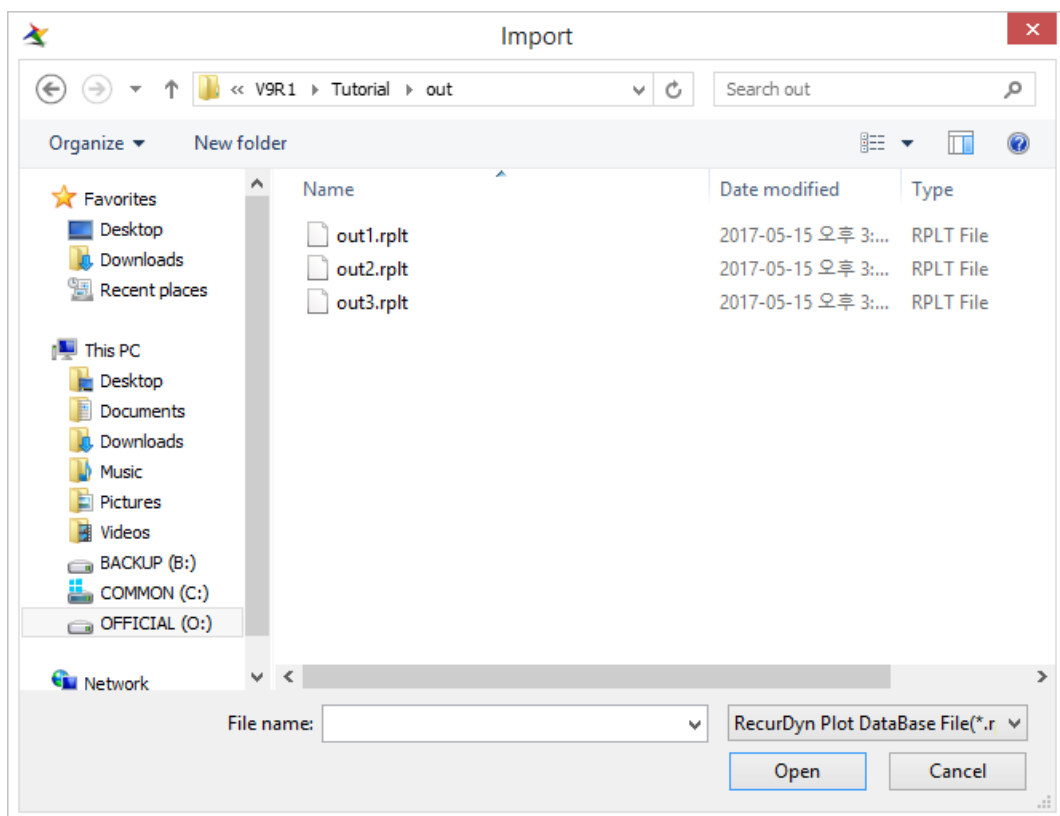
ConvertDP.exe 和 **recurdyn.exe** 出现，**RecurDyn** 再次运行并关闭，然后循环往复。

绘制结果



1. 再次打开 **RecurDyn** 模型，点击 **Plot Results** 工具，进入绘图环境。
2. 在 **File** 菜单，点击 **Import**，然后点击 **Import File**。
3. 双击 **out** 文件夹，然后选择所有三个输出文件。

小贴士：通过首先点击 **out3.rplt**，你可以轻松进行。然后，按住 **Shift** 键，点击 **out1.rplt**。



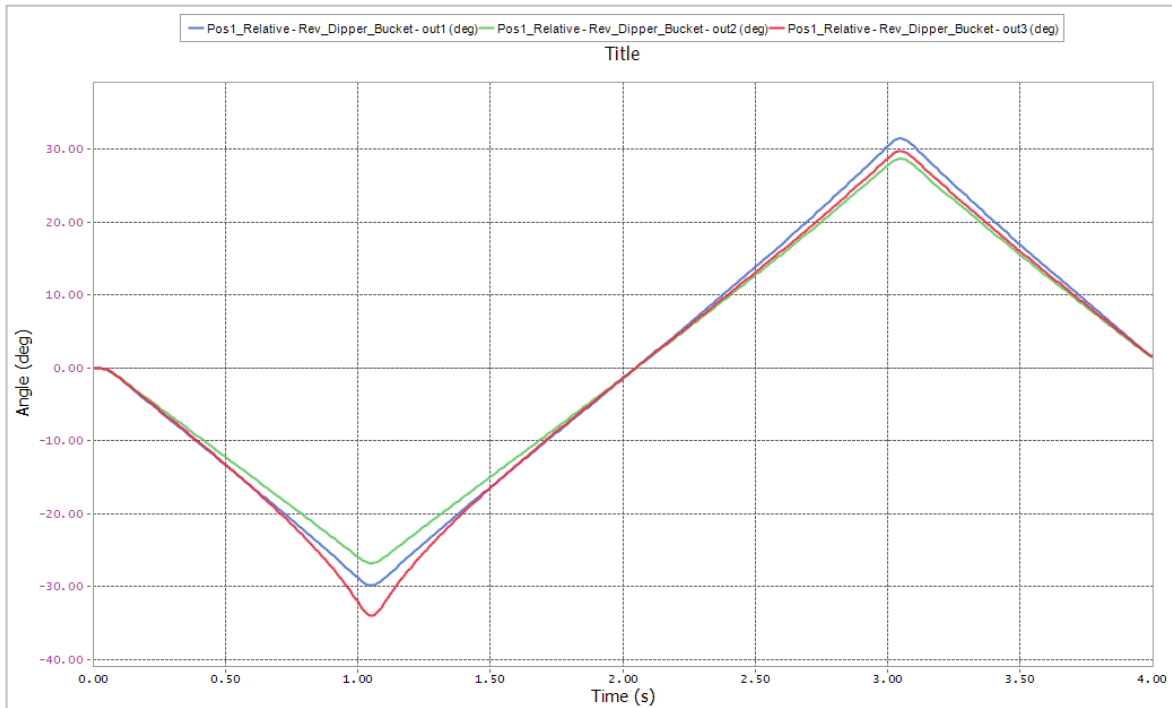
点击 **Open**

现在，你将对所有三个配置设计，绘制挖斗旋转和液压缸功率的曲线

4. 在数据库窗口，展开 **Joints**→**Rev_Dipper_Bucket**，右键点击 **Pos1_Relative**，然后选择 **Multidraw**。

绘图上添加三条曲线。注意，**out1**，**out2** 和 **out3** 在数据库窗口中的顺序可能是不同的，这取决于在 **Step 3** 中，如何选择 **RecurDyn** 绘制数据文件。

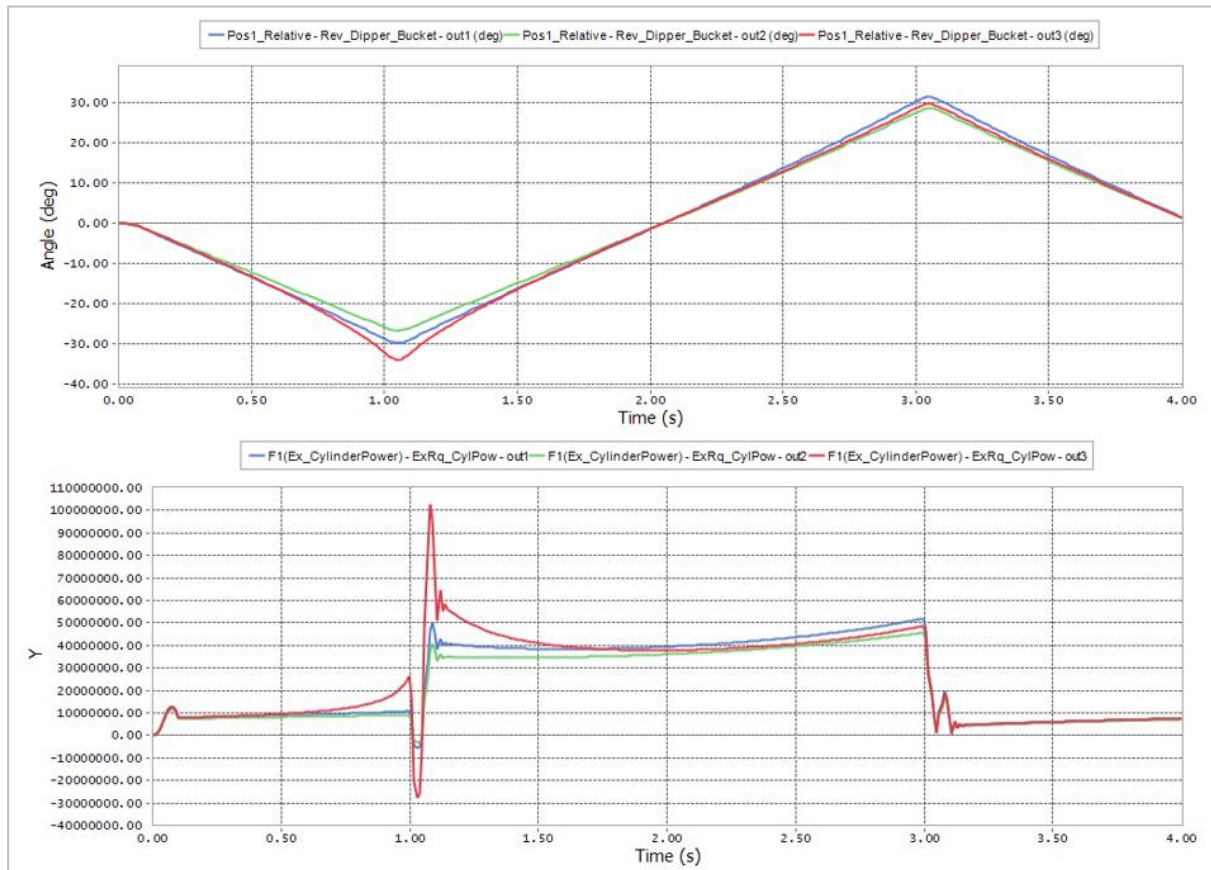
弹出绘图窗口，如下所示。



这个绘图显示，第一个配置设计（默认）有最大的正向旋转，但是第三个配置设计有最大的负向旋转，设置它最大的运动范围（正如你在设计研究中发现的那样）。第二个配置设计与第三个有同样大小的正向旋转，但是它有着较小的负向旋转，设置它最小的运动范围。



5. 点击 **View** 组的 **Show Right Windows**，打开新的绘图窗口。
6. 点击窗口中较低的绘图位置，以便激活它。
7. 在数据库窗口，展开 **Request**→**Expressions**→**ExRq_CylPow**，然后右键点击 **F1**，选择 **Multidraw**。



在这个图中，你可以看到，第三个配置设计在最大负旋转点是非常大的。这说明机械效率很差，意味着需要较大的输入力（液压缸），以维持较小的输出力（挖斗末端负载）。由于一个机械效率低对应一个较大的几何效率。这也就是为什么仿真中对于相同的输入位移，第三个配置设计比其它配置设计有更大的转动。

如果愿意，你可以改变绘图的标题，轴标签，和图例条目，使得它们与教程中的格式看起来相同。

改变标题或轴坐标标签:

1. 双击标题或轴坐标标签。
2. 进入新文本框。

改变图例:

1. 双击图例。
2. 点击 **Change Name**。

通过点击和拖动，你可以重新定位上面的任意一项。

感谢参与本教程学习!