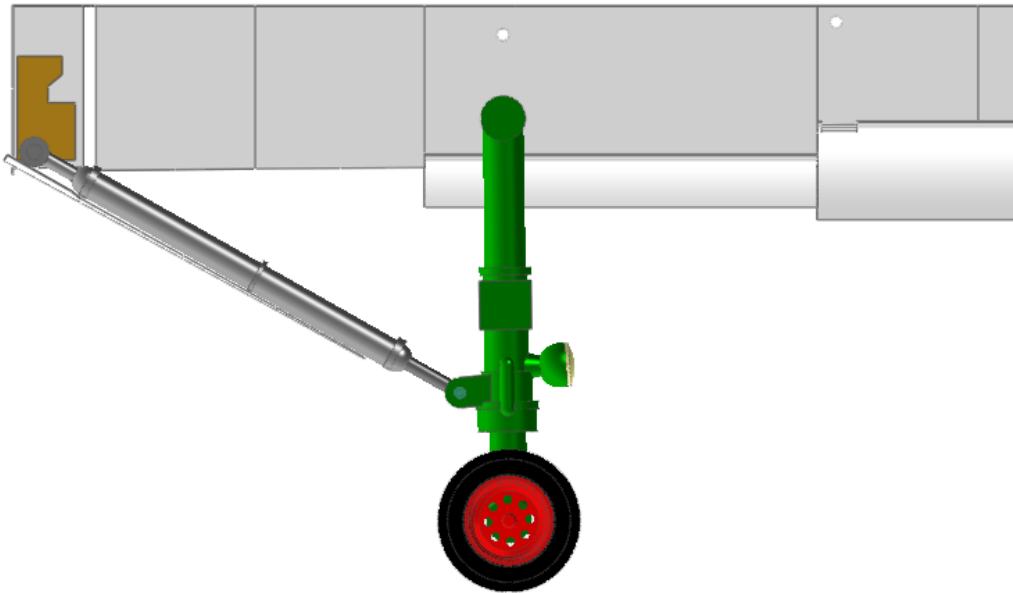




---

## 起落架系统教程(AutoDesign)



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<sup>™</sup> 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.



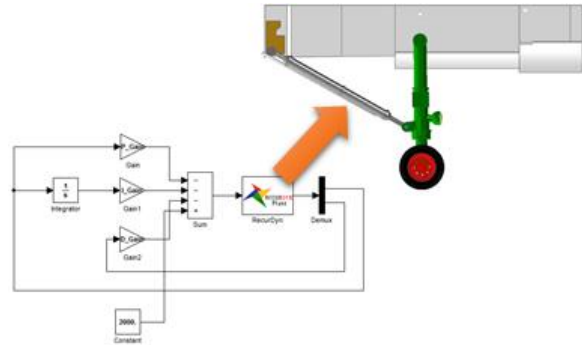
# 目录

起落架系统设计问题 .....	5
加载模型和运行控制系统 .....	6
定义设计变量 .....	8
定义分析响应 .....	9
运行设计优化 .....	12
分析结果比较 .....	16



## 起落架系统设计问题

RecurDyn 提供 CoLink 模块用于建立控制系统的模型。在 RecurDyn 中使用 CoLink 模块，可以建立起控制系统的近似模型。这意味着使用 CoLink 可以直接控制 RecurDyn 建立的模型。因此，如果 RecurDyn 中的模型经过完全验证后，可以采用此方法建立一个虚拟的控制系统。假定采用一个 PID 控制器来控制起落架系统的驱动力，控制器的目标是将车轮移动到舱内，使其在 2 秒内稳定。由于 CoLink 使用的是定义在 RecurDyn 中的参数值，所有的增益值都可以用参数值定义，而且，控制目标也可以采用表达式进行表示。因此，采用 AutoDesign 可以很容易找到满足系统目标的最优增益值。



导入 Sample-F 中的相关文件	
样例	<b>1</b> <Install Dir> \Help\Tutorial\AutoDesign\AutoDesign_F\Examples\Sample_F.rdyn
	<b>2</b> <Install Dir> \Help\Tutorial\AutoDesign\AutoDesign_F\Examples\Sample_F.clk
解决方案	<b>1</b> <Install Dir> \Help\Tutorial\AutoDesign\AutoDesign_F\Solutions\Sample_F.rdyn
	<b>2</b> <Install Dir> \Help\Tutorial\AutoDesign\AutoDesign_F\Solutions\Sample_F.clk

**注意:**如果修改文件存放路径，文件可以放在任何指定文件目录下。

## Chapter

## 1

## 加载模型和运行控制系统

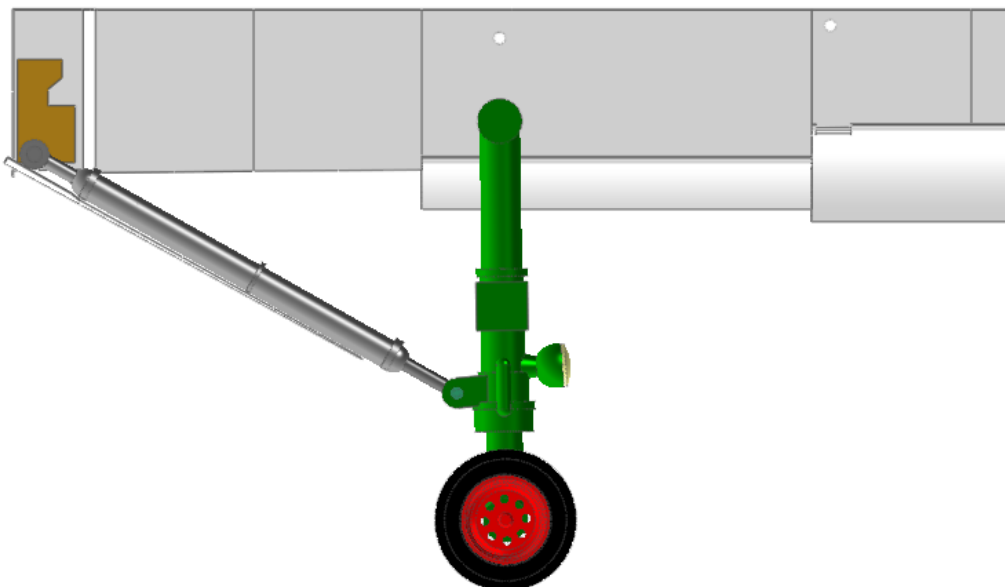
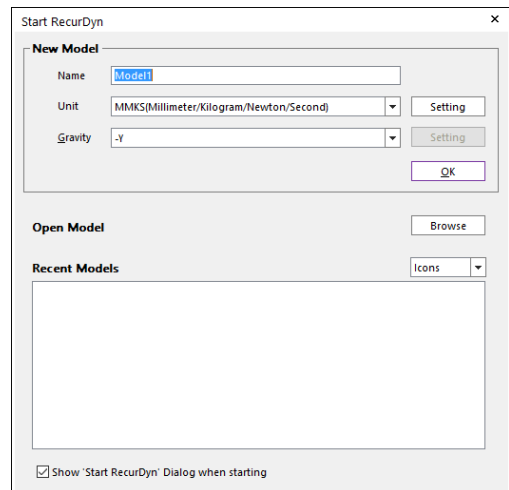
加载基本模型并查看演示动画：



1. 双击桌面上的 **RecurDyn** 图标。
2. **RecurDyn** 启动，并弹出 **Start RecurDyn** 对话框。
3. 关闭 **Start RecurDyn** 对话框，使用一个现有的模型。

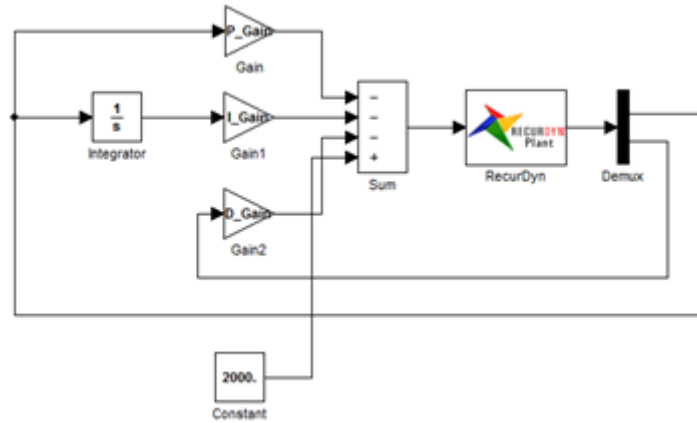


4. 在快速访问工具栏中，点击 **Open**，并从教程所在目录下选择‘**Sample\_F.rdyn**’。
5. 起落架系统显示在窗口中。





6. 在 CoLink 标签下，点击 **Run CoLink** 图标，随后弹出 CoLink。在工具栏中，点击 **open tool** 并在 'Sample\_F.rdyn' 所处的目录下，选择 'Sample\_F.clk'。



7. 在 CoLink 中，点击 **Start** 按钮。



8. 在 RecurDyn 中，点击 **Play** 按钮。

起落架系统将移动到舱体内，如果没有出现这种情况，表明 CoLink 模型没有连接到 RD 模型。重新加载 CoLink 模型或者点击 CoLink 中的 **Connect CoLink** 按钮。

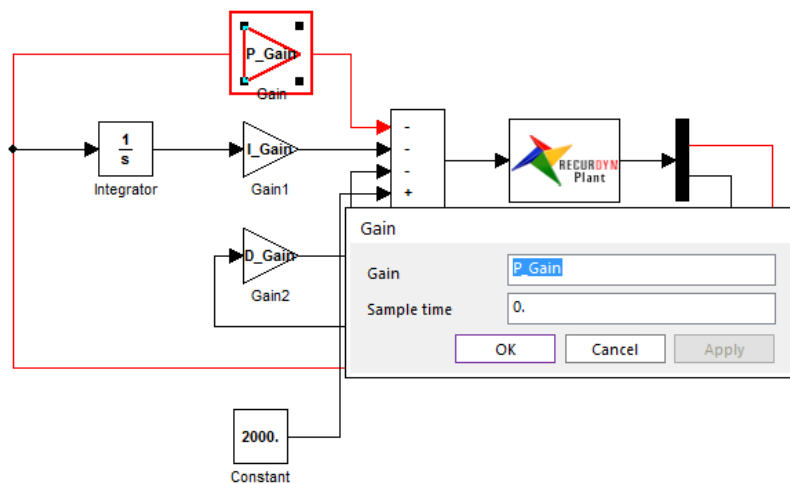
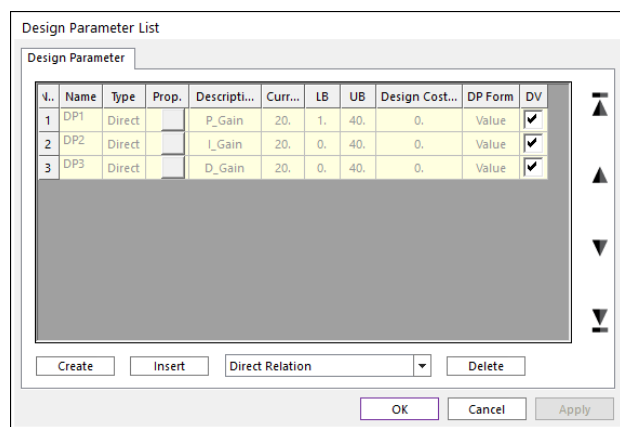
## Chapter

## 2

## 定义设计变量

设计变量是指 **PID** 控制器的增益值。因此，需要建立三个设计变量并定义其初始值。

将窗口切换到 **CoLink** 窗口。然后，三个变量显示在 **data base** 窗口中。下一步，便可以将参数变量连接到 **P, I, D** 的增益值，如下图所示。



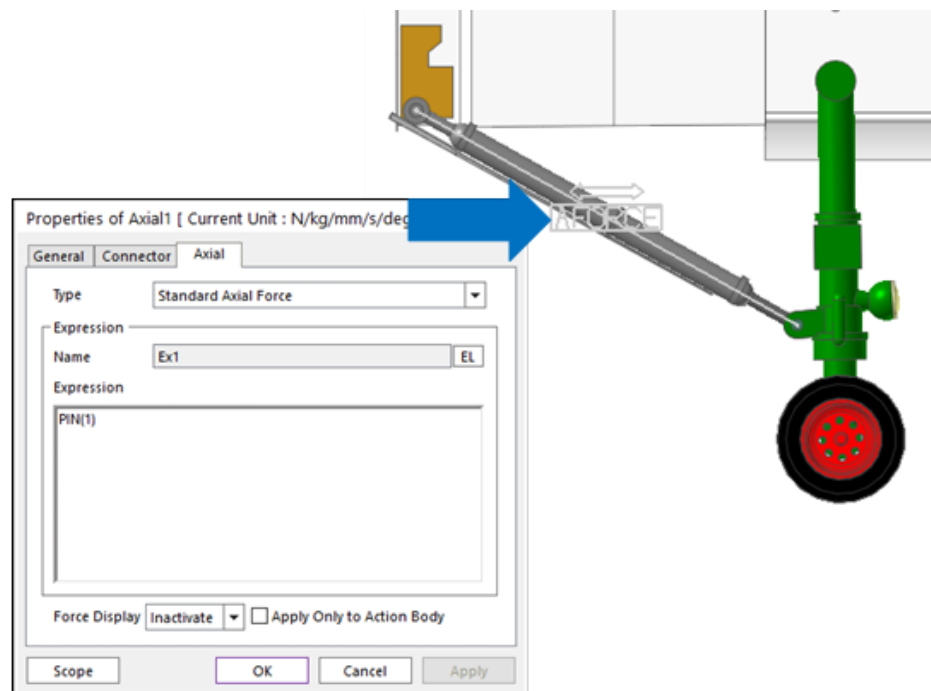
现在，点击 **Design Parameter** 图标并将这三个变量参数连接到设计参数。除了 **P-Gain** 之外，其余的参数上下边界可以任意选取。一般来说，**P-Gain** 应该按定义使用，它的下边界被设为‘1’。



## 定义分析响应

该 **Plant** 代表被控制的系统模型。因此，**Plant Input** 是控制器的输出，**PlantOutput** 变成了控制器的输入响应。

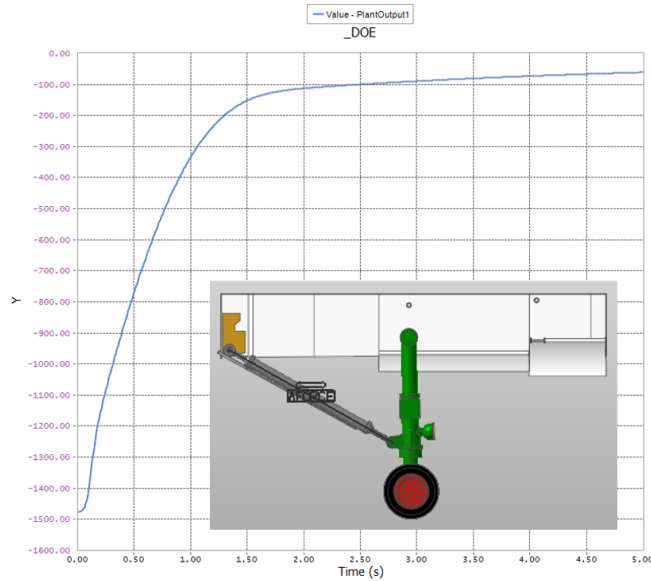
在该模型中，**Plant Input** 是前起落架支柱的 **Axial Force**，**Plant Output** 是轮心与目标点之间沿垂直方向的相对位置和相对速度。



为了将 **Plant Input** 与 **Axial Force** 连接，首先，**Plant Input** 需要采用表达式表示。然后，用该表达式定义轴向力。

同样，该表达式也用于定义 **Plant Output**。要获取 **CoLink** 更多信息，请参考 **CoLink** 手册。

控制器的目标是在 2 秒内，最小化车轮中心和目标位置之间的偏差。初始增益值给出以下结果。在 5.0 秒内偏差不为零。



现在，来考虑设计优化问题：

使偏差在 2.0 秒内最小，以满足控制目标。

为了安全起见，偏差的最大瞬态响应不能碰到舱体的上壁。

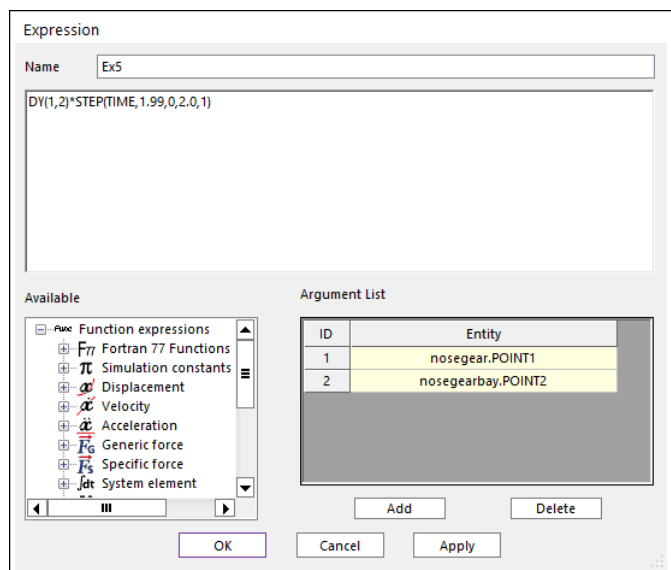
考虑制造因素，**Plant Input** 应小于一个限定值。

虽然偏差已经最小化，但是仍无法保证其值趋于零。因此，为了确保偏差值趋于零，引入以下的额外约束。

偏差的最终值应该为零。

考虑用表达式代表设计公式并定义分析响应。

1. 采用表达式定义偏差。**STEP** 函数用于将参数值过滤到 2.0 秒内。
2. 列出所有表达式。在这些表达式中，**Ex1** 是 **Plant Input**，**Ex4** 是轮心和目标位置之间的偏差，**Ex5** 是 **Ex4** 过滤后的响应。
3. 下一步，创建 **Analysis Response**：



AR 和表达式之间的详细信息罗列如下:

AR名	表达式名	处理方式
AR1	Ex4	Max Value
AR2	Ex1	Max Value
AR3	Ex5	RMS Value
AR4	Ex4	End Value

## Chapter

## 4

## 运行设计优化

优化问题定义如下：

最小化偏差的 **RMS**

约束条件

- 偏差瞬态响应的最大峰值 $\leq$ 限定值
- **Plant Input**  $\leq$ 限定值
- 偏差瞬态响应的最终值=0

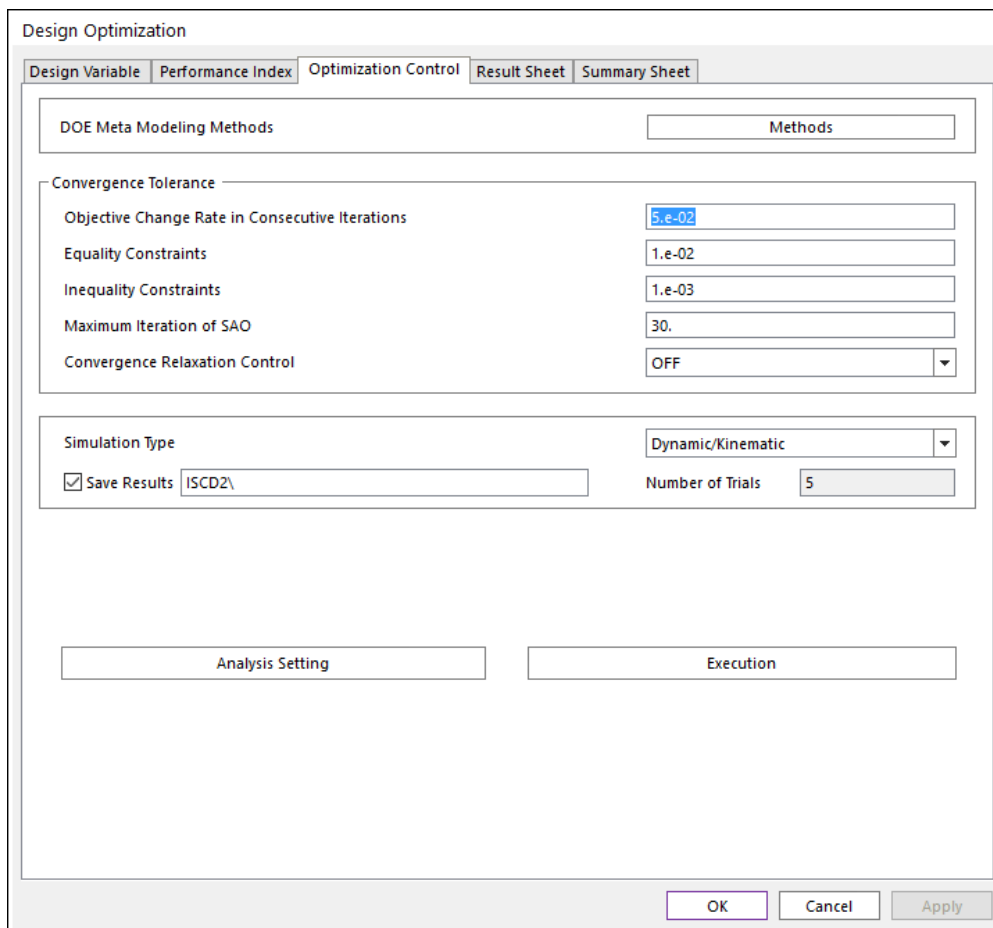
1. 点击 **Design Optimization** 图标，可以看到如下图所示的 **design variable** 列表：
2. 点击 **Performance Index** 标签，可以看到以下列表。如果现实的窗口是空的，需要创

Design Optimization							
Design Variable							
DV	DP	Description	Current	LB	UB	Type	Value
1	DP1	P_Gain	20.	1.	40.	Variable	0.
2	DP2	I_Gain	20.	0.	40.	Variable	0.
3	DP3	D_Gain	20.	0.	40.	Variable	0.

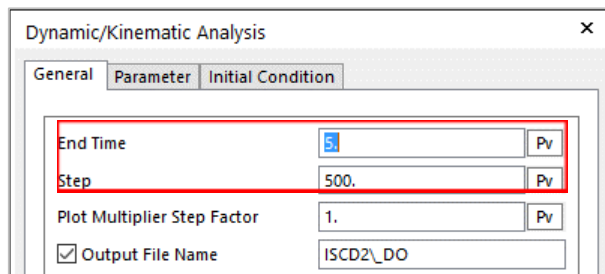
建如下的 **PI**。

Design Optimization							
Performance Index							
PI	Use	AR	Description	Definition	Goal	Weight/Limit Value	
1	<input checked="" type="checkbox"/>	AR3	Over Shooted Resp...	Objective	MIN	1.	
2	<input checked="" type="checkbox"/>	AR1	Y_Deviation Betwee...	Constraint	LE	50.	
3	<input checked="" type="checkbox"/>	AR4	End_Response	Constraint	EQ	0.	
4	<input checked="" type="checkbox"/>	AR2	Plant Input 1	Constraint	LE	40000.	

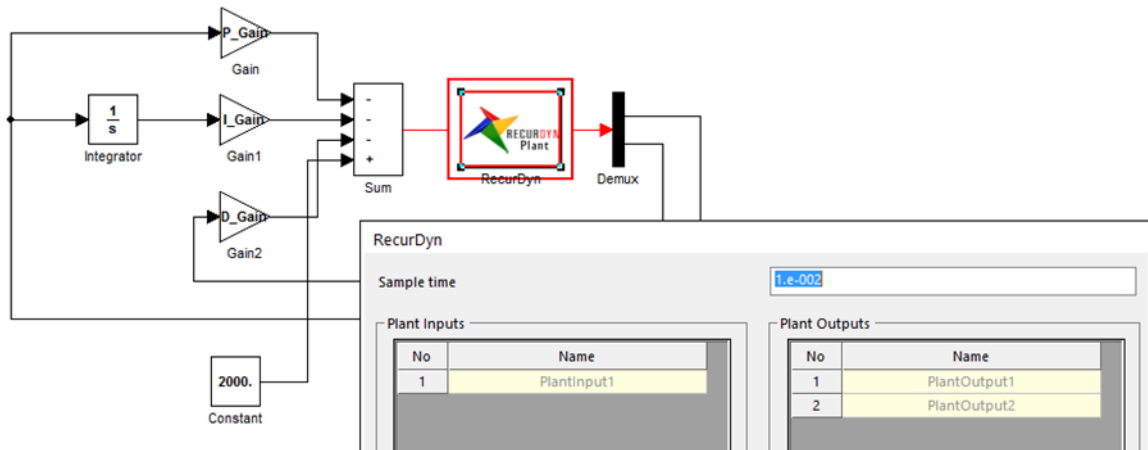
3. 点击 **Optimization Control** 标签。所有的 **Convergence Tolerance** 采用默认值。在点击 **Execution** 按钮之前，应该着重检查分析设置当中的时间步长。特别地，当使用到 **CoLink** 时，动态分析的采样时间步长应与 **Colink** 中设置的相同。



4. 点击 **Analysis Setting** 按钮，可以看到以下信息。**End Time** 是 5 秒，**Step** 的数量是 500。因此，表达式的值接近在 0.01 秒的时间间隔内计算一次。



5. 将窗口切换到 **CoLink**。然后，双击 **RecurDyn Plant**。随后，采样时间出现在弹出的窗口中。二者的采样时间应该相同。获取更多信息，参照 **CoLink** 手册。



6. 点击 **Execution** 按钮。检查执行对话框，如果所有的选项都正确，点击 **OK** 按钮。

Execution

Summary for Execution

Design Variables

No	DV	Description	Current	LB	UB	Type	Value
1	DP1	P_Gain	20.	1.	40.	Variable	0.
2	DP2	I_Gain	20.	0.	40.	Variable	0.
3	DP3	D_Gain	20.	0.	40.	Variable	0.

Performance Indexes

No	AR	Description	Definition	Goal	Weight/Limit Value
1	AR3	Over Shooted Response in ...	Objective	MIN	1.
2	AR1	Y_Deviation Between Nose ...	Constraint	LE	50.
3	AR4	End_Response	Constraint	EQ	0.
4	AR2	Plant Input 1	Constraint	LE	40000.

Meta - Model

Initial DOE Method	Incomplete Small Composite Design -2
Meta-Model Method	Radial Basis Functions Model(Multi-Quadratic)
Polynomial Type	Auto
Trial No	5

OK Cancel

7. 如果优化完成，点击 **Result Sheet** 标签。优化过程迭代了 19 次。**AR** 的最终值是 (2.062,35681.28,0.7808,-1.59e-003)。包括初始的采样分析，总共分析了 24 次。下一步，查看 **Summary Sheet**。

Design Optimization

Design Variable | Performance Index | Optimization Control | Result Sheet | Summary Sheet

Optimization History of AR Values

No	AR1	AR2	AR3	AR4	Violation
16	3.18617392159194	35821.0726444291	0.750854737138167	0.347494381559045	0.337494381559045
17	1.92983454828777	35674.2580311022	0.82774563523953	6.98326879264641e-	5.98326879264641e-
18	2.16581475915291	35696.6274403635	0.7817739549752	6.01001650445596e-	5.01001650445596e-
19	2.06269622424156	35681.2836928225	0.780844778172767	-1.5944600434068e-	0.

OK Cancel Apply

Design Optimization

Design Variable | Performance Index | Optimization Control | Result Sheet | Summary Sheet

Design Variables

No	Name	Description	Optimum	Current	LB	UB
1	DP1	P_Gain	9.52981384593	20.	1.	40.
2	DP2	I_Gain	25.1493245960	20.	0.	40.
3	DP3	D_Gain	27.8728838870	20.	0.	40.

Analysis Responses

No	Name	Description	Optimum
1	AR1	Y_Deviation Between Nose Gear	2.06269622424156
2	AR2	Plant Input1	35681.2836928225
3	AR3	Over Shotteed Resp	0.780844778172767

Performance Indexes

No	AR	Description	Definition	Goal	Weight/Limit Value
1	AR3	Over Shotteed Resp	Objective	MIN	1.
2	AR1	Y_Deviation Between Nose ...	Constraint	LE	50.
3	AR4	End_Resp	Constraint	EQ	0.
4	AR2	Plant input1	Constraint	LE	40000.

SAO

Initial DOE Method: Incomplete Small Composite Design -2

Meta - Model: Radial Basis Functions Model(Multi-Quadratic) | Polynomial Type: Auto

Initial Sample Runs: 5 | SAO: 19(0) | Total Evaluations: 24

Optimal Design: E:\SVN\GT\Trunk\AddFile\Tutorial\10.AutoDesign\06.LandingGearSystem\LandingGearSystem\_Ch4\_25\SC

Create New Optimum Model | Apply to Current Model | Open Summary file

OK Cancel Apply

## 分析结果比较

让我们比较下初始设计和最终设计时的动画。初始设计采用增益值(20, 20, 20)。最终设计时采用最优的增益值(9.529,25.149,27.872)。图 F-5-1 给出了初始设计时的动画结果。

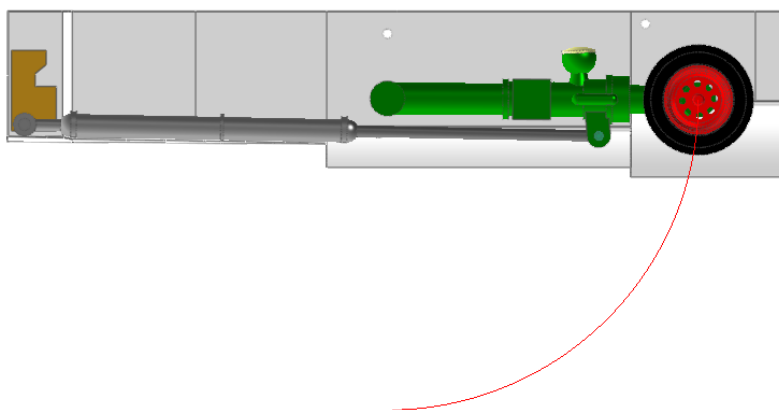
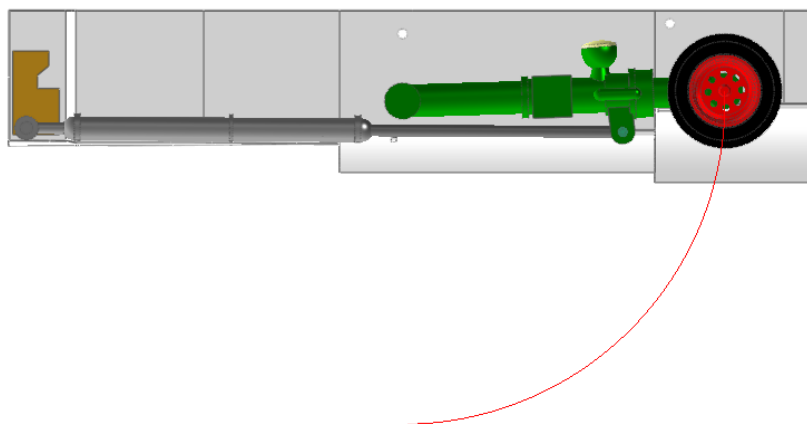


图 F-5-1 初始设计时的动画结果

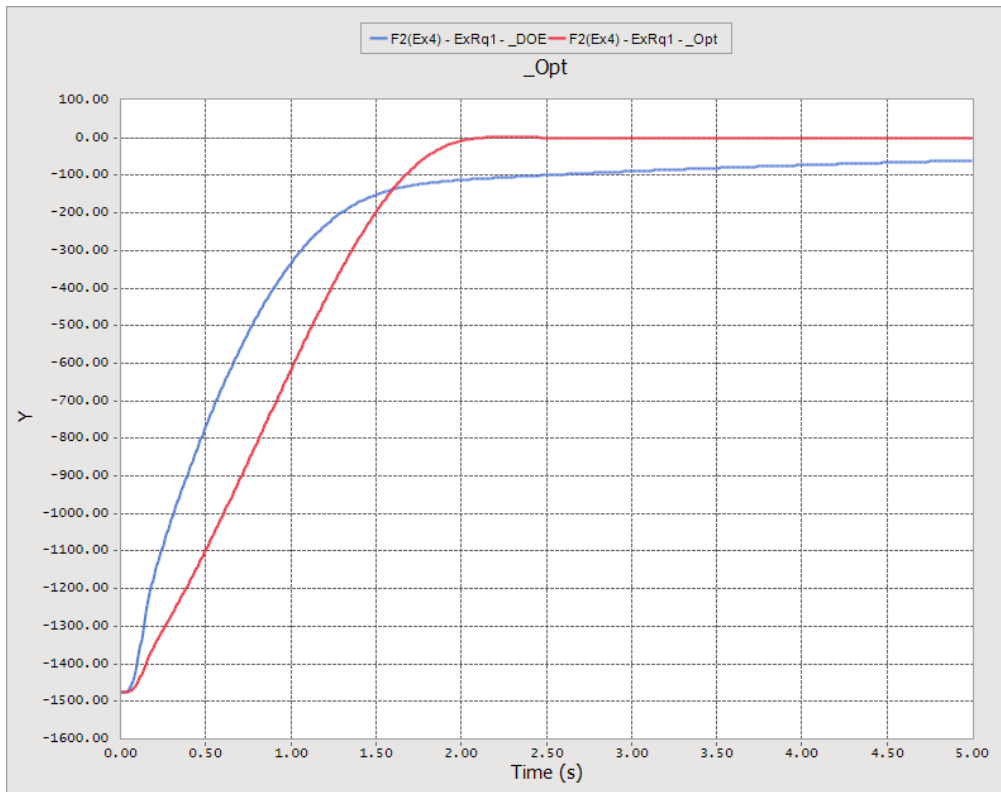
随后，图 F-5-2 给出了最终设计后的动画结果。该设计比初始设计将轮心的位置移动到更高位置。



图F-5-2 最终设计后动画结果



图 F-5-3 比较了初始设计和最终设计的偏差响应。红线代表最终设计。蓝线代表初始设计。2.0 秒过后，最终设计的偏差为 0。



图F-5-3 偏差响应比较

感谢学习本教程!