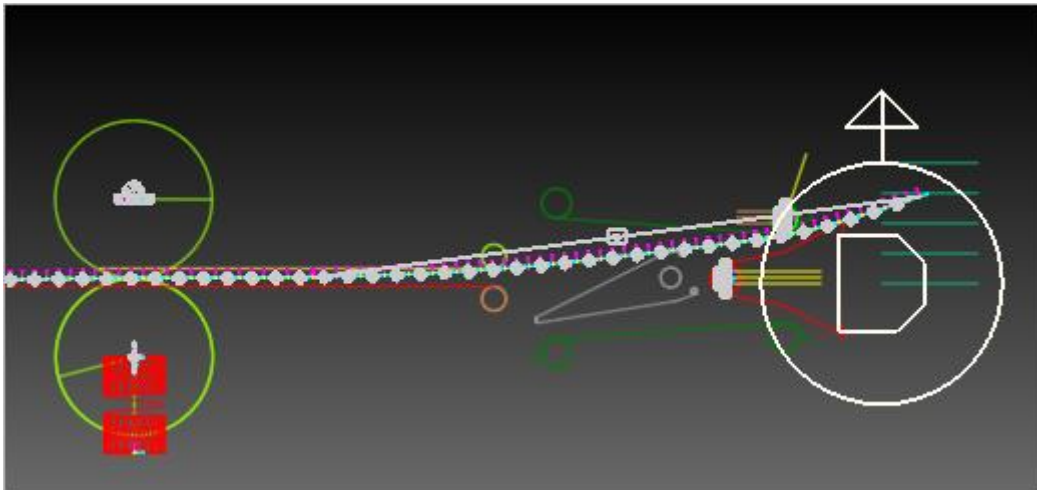




纸张分配系统教程(AutoDesign)



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[™] 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(Styret), *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 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*[™] V9R1.

目录

教程C概要	4
纸张分配系统问题	5
加载模型和观看动画	6
设计变量	7
定义性能指标	11
运行鲁棒性设计优化	14
运行6-Sigma设计优化	20

教程C概要

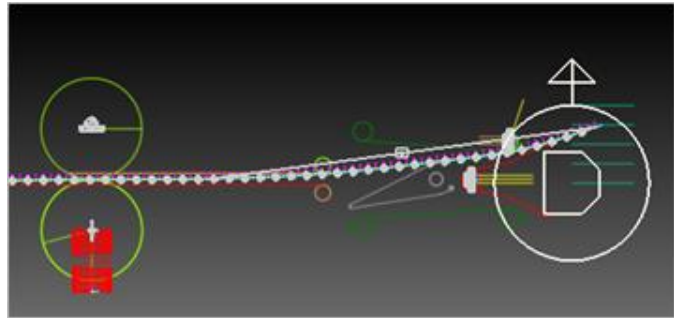
模型	描述
Sample_C	<p>纸张分配系统设计问题： 该设计是鲁棒性设计和 6-Sigma 设计问题。特别地，3 个变量为噪声因子，2 个变量为随机设计变量。与 Taguchi 方法或其他设计工具不同，AutoDesign 帮助设计者很容易地定义鲁棒性设计公式和 6-Sigma 约束。同样，该问题结果展示了 AutoDesign 在求解鲁棒性设计和 6-Sigma 约束问题时是十分高效的。</p> <p>关键点：学习鲁棒性设计和 6-Sigma 设计之间的概念区别。同时，理解如何用 AutoDesign 定义噪声因子和随机设计变量。</p>

注意：在 RecurDyn V8 中，求解器只能编译 IF(Intel Fortran) 11.0。因此，优化结果与老版本会有所不同。



纸张分配系统问题

鲁棒性设计优化与在 **Sample-A** 和 **Sample-B** 中进行的确定性设计优化不同，需要考虑组成优化系统组件的变化。例如，如果温度波动或生产条件引起前杆角度的变化，可以测量该变化并将标准偏差输入到鲁棒性设计优化中。优化之后会给出结果告诉系统性能的变化，因此辅助系统的设计使其对各独立组件保持鲁棒性。



RecurDyn 的 **AutoDesign** 允许定义想要优化的 **Sigma** 水平。也就是说，可以定义“可行的百分比”，或者满足质量约束的生产系统分数。一个共同的标准是设计达到 **6-Sigma**，这意味着 99.999998% 的生产系统将满足质量约束。更多鲁棒性设计优化和 **6-Sigma** 设计 (**DFSS**)，参照 **RecurDyn** 理论和指导手册。

打开与 Sample-C 相关的文件	
样例	1 <Install Dir>\Help\Tutorial\AutoDesign\PaperDistributingSystem\Examples\Sample_C1.rdyn
	2 <Install Dir>\Help\Tutorial\AutoDesign\PaperDistributingSystem\Examples\Sample_C2.rdyn
解决方案	1 <Install Dir>\Help\Tutorial\AutoDesign\PaperDistributingSystem\Solutions\Sample_C1.rdyn
	2 <Install Dir>\Help\Tutorial\ AutoDesign\PaperDistributingSystem\Solutions\Sample_C2.rdyn

注意：如果随意改变文件路径，它可以位于任何指定的文件夹下。

Chapter

1

加载模型和查看动画

加载基本模型和查看动画：



1. 双击桌面上的 RecurDyn 图标。
2. RecurDyn 启动，弹出 Start RecurDyn 对话框。



3. 关闭 Start RecurDyn 对话框。下面使用一个现有的模型。在 Quick Access 工具栏中，点击 Open 并从该教程所处相同目录下选择 'Sample_C1.rdyn'，MTT2D 出现在建模窗口。

4. 在屏幕上，点击模型进入 MTT2D 工具箱。然后，模型名在屏幕左上角由 Model1 更改为 MTT2D@Model1。



5. 点击 Dynamic/Kinematic 按钮。



6. 点击 Play 按钮。

薄片穿过上下挡板，并到达第二个托盘。

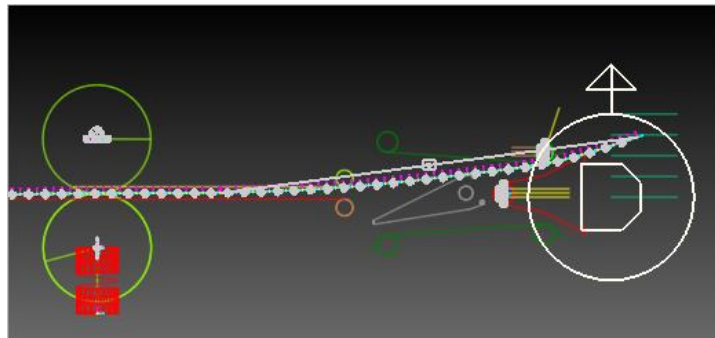
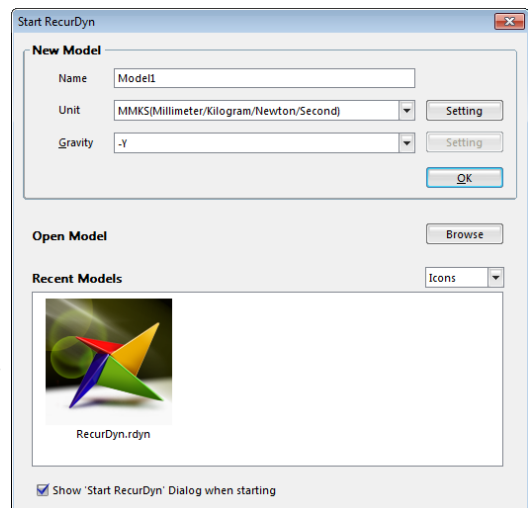


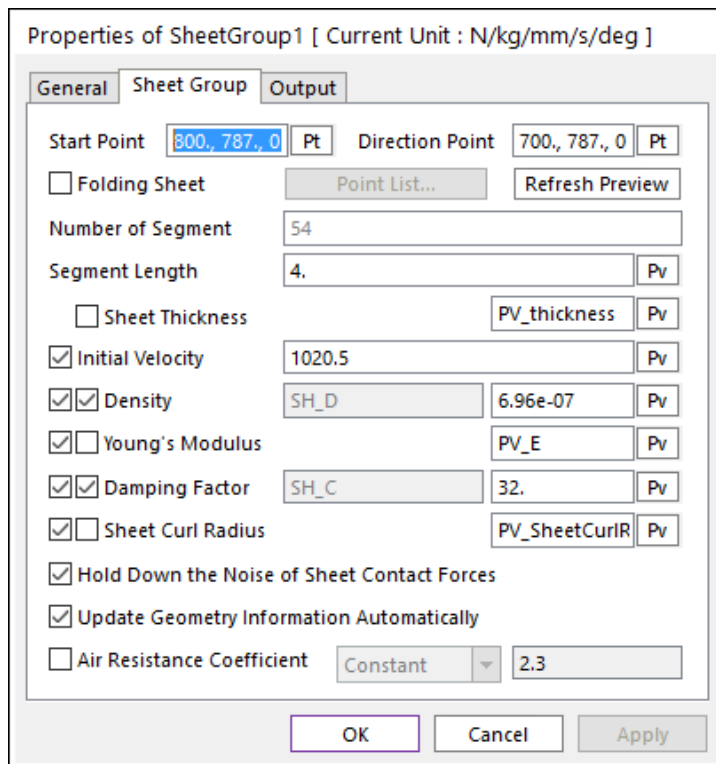
Figure C-1-1 当前设计动画

Chapter

2

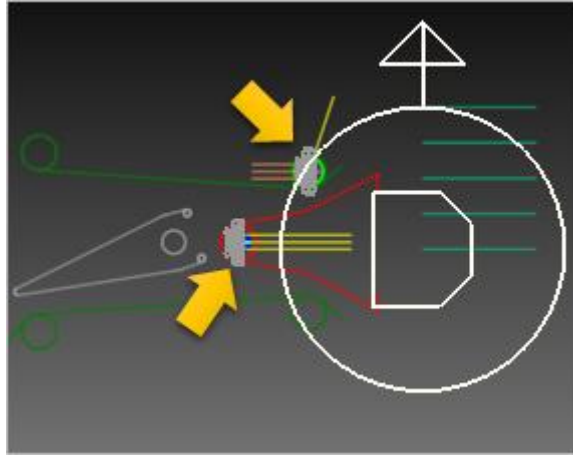
设计变量

设计变量将是被控制模型的因子。图 C-2-1 和图 C-2-2 是显示模型上这些因子的对话框和图形。



图C-2-1 随机常数的三个设计变量

在 **SheetGroup1** 对话框，厚度、杨氏模量和弯曲半径被选为设计变量 **DV1 ~ DV3**。从机构设计的角度来看，这些变量都是不可控因素。因此，我们将其考虑为随机常数。



图C-2-2 两个带公差的设计变量

在图 C-2-2 中，两个导轨的竖直位置被选为设计变量。在 **MTT2D** 中，导轨位置不能使用参数值定义。因此，它们不能直接作为设计变量。为了解决该问题，我们引入能够包含该参数值的运动。两个运动分别采用以下的表达式。

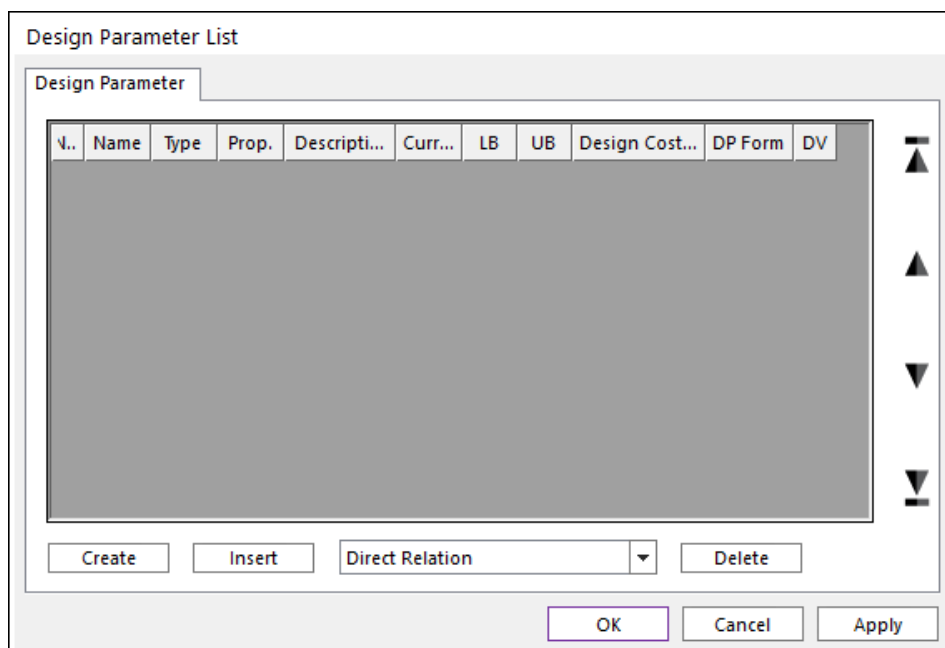
- $PV_Yupper * STEP(TIME, 0, 0, 0.01, 1)$
- $PV_Ylower * STEP(TIME, 0, 0, 0.01, 1)$

定义设计变量

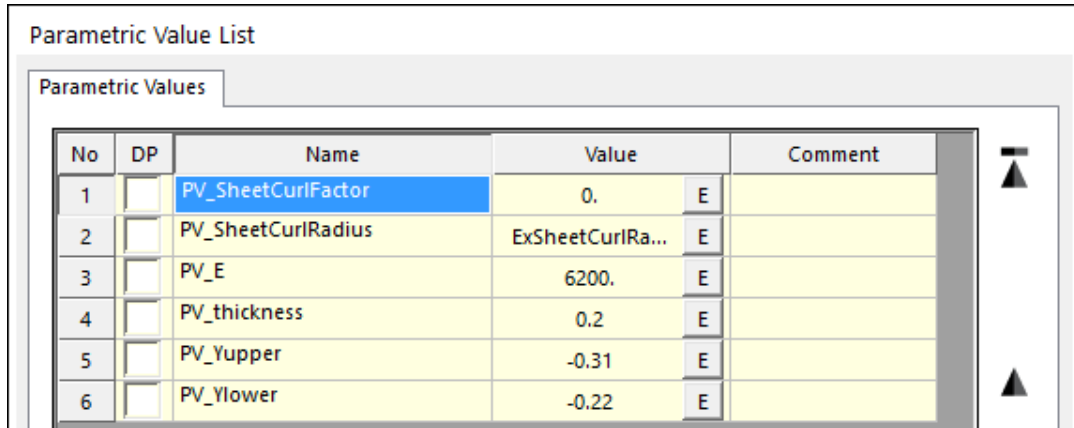
创建设计参数:



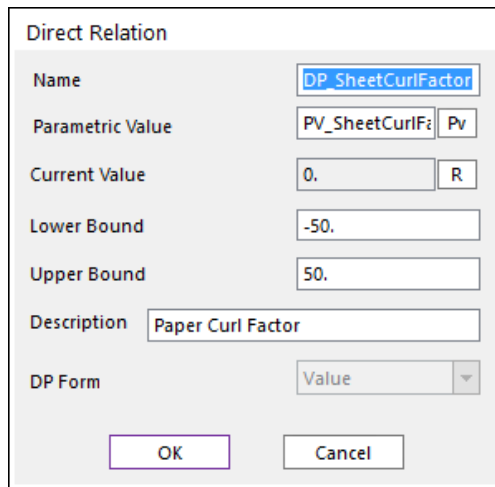
1. 从 **AutoDesign** 菜单中，点击 **Design Parameter**。将出现如下的 **Design Parameter List** 对话框。



2. 点击 **Create**，来创建一个新的设计变量。在 **Direct Relation** 对话框，将名字从 **DP1** 改为 **DP_SheetCurlFactor**。
3. 按下 **PV**，产生 **Parametric Value List** 对话框。通过点击名字，选择 **PV_SheetCurlFactor** 参数值。选中后，会以蓝色高亮显示，如下所示。



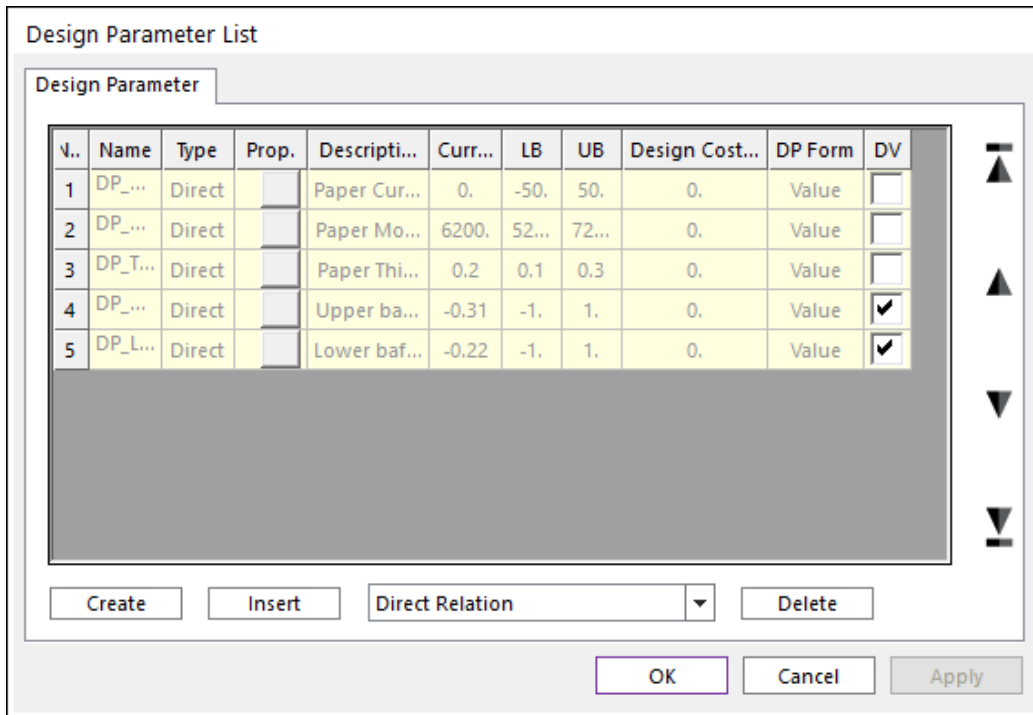
4. 点击 **OK**，选该参数作为设计变量。回到 **Direct Relation** 对话框，定义上下边界（-50, 50）。在描述区域，输入描述（“**Paper Curl Factor**”）。完成后，对话框显示如下。



5. 点击 **OK**，返回 **Design Parameter List** 对话框。
6. 为弹簧安装高度，创建设计参数，同样地，使用如下设置：

名称	参数值	下边界	上边界	描述
DP_Modulus	PV_E	5200	7200	Paper_Modulus_E
DP_Thickness	PV_Thickness	0.1	0.3	Paper_Thickness
DP_UpperPos	PV_Yupper	-1	1	Upper baffle Y loc
DP_LowerPos	PV_Ylower	-1	1	Lower baffle Y loc

7. 返回到 **Design Parameter List** 对话框，勾选复选框的 **DV** 列下刚才创建的设计参数。该操作将其同时激活作为设计变量，并在接下来的设计研究和设计优化中使用。完成后，**Design Parameter List** 对话框应如下图所示。

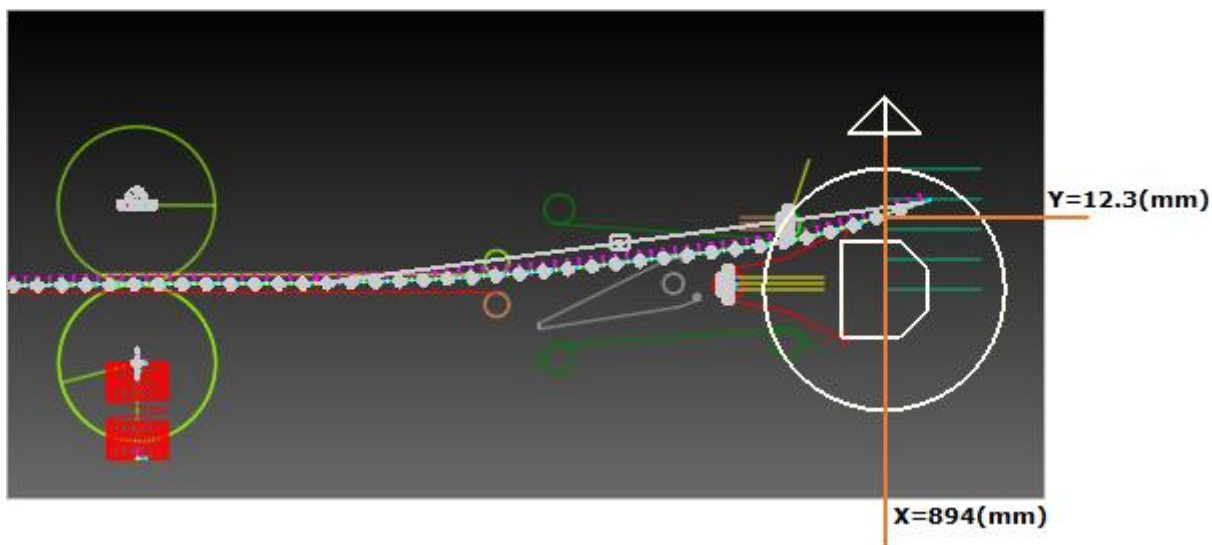


注意：点击 **Prop.**列下的按钮，返回和编辑设计变量。

8. 按下 **OK**，关闭 **Design Parameter List** 对话框。

定义性能指标

考虑图 C-3-1 中的纸张分配系统。该装置的目标是设计纸张通过目标位置的挡板的 y 方向位置，忽略纸张材料特性（杨氏模量、厚度和弯曲半径等）的变化。在本问题中，材料特性变化被称为“噪声因子”，挡板位置作为“设计变量”。如果设计变量有 +/- 公差，我们称之为“随机设计变量”。在 **AutoDesign** 中，噪声因子称为“随机常数”。

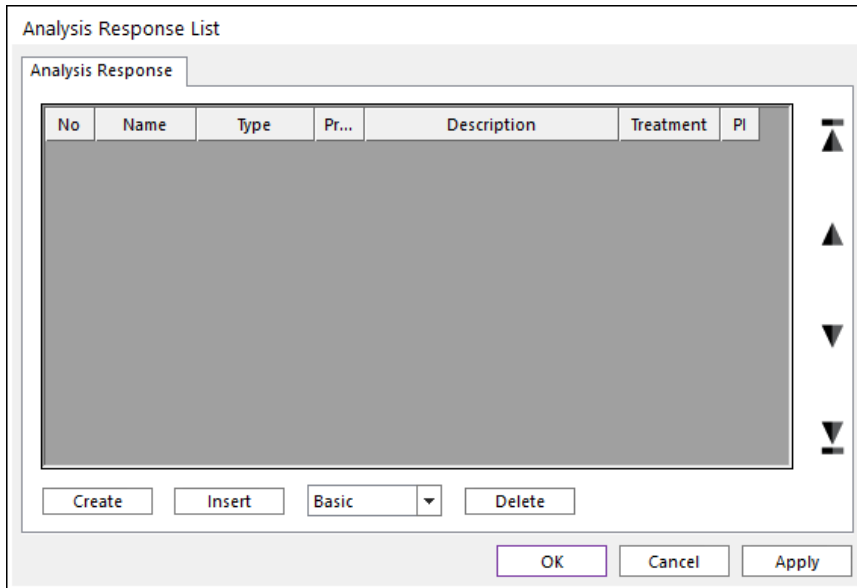


图C-3-1设计优化性能指标

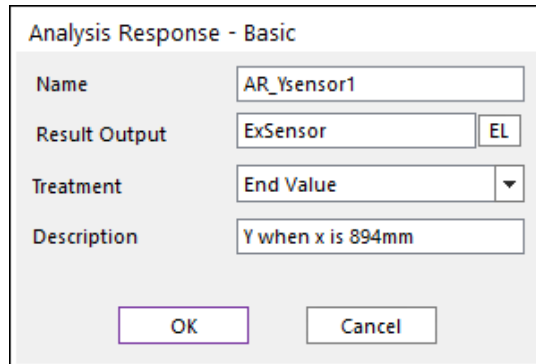
创建分析响应:



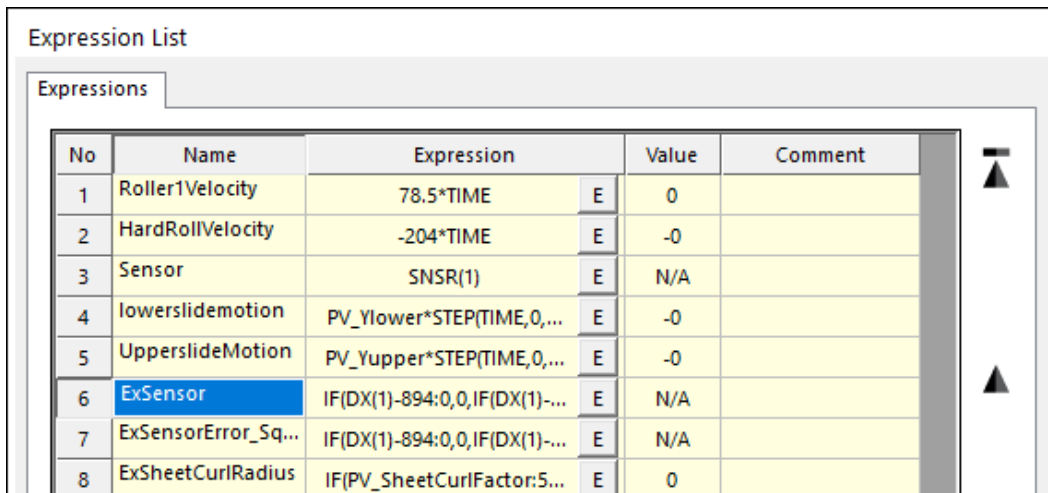
1. 在 AutoDesign 菜单, 点击 Analysis Response。弹出 Design Response List 对话框。



2. 点击 Create, 来创建一个分析响应。在弹出的 Analysis Response – Basic 对话框中, 将名字从 AR1 改为 AR_Ysensor1。



3. 按下 EL, 出现 Expression List 对话框。通过点击名称选择 ExSensor 表达式。选中后, 应以蓝色高亮显示, 如下所示。



4. 点击 **OK**，选此作为表达式。
5. 返回到 **Analysis Response – Basic** 对话框，对于 **Treatment** 项，从下拉列表中选择 **End Value**。在描述区域输入描述(“Y when x is 894mm.”)。完成后，应该出现如上所示的对话框。
6. 按下 **OK**。

注意：点击 **Prop.**列下的按钮，返回和编辑分析响应。

7. 使用如下的值，再创建一个分析响应：

- **Name:** Error_Sum
- **Expression Name:** ExSensorError_Square
- **Treatment:** End Value
- **Description:** Error Square

* **Treatment** 参数用来控制如何从一个随时间变化的曲线中提取单个数值。例如，设置 **treatment** 为 **EndValue**，将分配仿真结束时的值，设置为 **MinValue**，将分配仿真中的最小值。

8. 返回到 **Analysis Response List** 窗口中，勾选 **PI** 列对应的刚创建的分析响应的复选框。该操作将其激活为性能指标，并用于接下来的设计研究和设计优化。完成后，**Analysis Response List** 窗口应显示如下。

No	Name	Type	Pr...	Description	Treatment	PI
1	AR_Ysens...	Basic	<input type="checkbox"/>	Y when x is 894mm	End Value	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Error_Sum	Basic	<input type="checkbox"/>	Error_Square	End Value	<input checked="" type="checkbox"/>

9. 按下 **OK**，关闭 **Analysis Response List** 对话框。
10. 保存模型。

Chapter

4

运行鲁棒性设计优化

下面运行设计优化，优化目标是使位置误差的方差最小，约束为 y 向的位置误差。

随机设计变量和随机常数列在表 C-4-1。

表 C-4-1 随机设计变量和常数列表

描述	当前值	偏差	注意
上挡板位置	-0.31	-/+ 0.05	随机设计变量
下挡板位置	-0.22	-/+ 0.05	随机设计变量

鲁棒性设计优化问题定义如下：

目标函数：方差值最小

约束条件：

$$\text{纸张位置 } x=894 \text{ (mm)} = \text{目标位置}$$

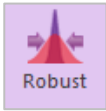
和

$$-1.0 \leq \text{上挡板位置} -/+ \text{偏差} \leq 1.0$$

$$-1.0 \leq \text{下挡板位置} -/+ \text{偏差} \leq 1.0.$$

方差值受设计变量公差和噪声因子偏差影响。因此，鲁棒性设计优化问题便是为了寻找到使位置误差的方差最小的设计变量，是一个典型的鲁棒性设计优化样例。

运行鲁棒性设计优化:



1. 在 AutoDesign 菜单, 选择 DFSS/Robust Design Optimization。Design Variable 对话框应显示如下。下面定义红色框中部分。

DFSS/Robust Design Optimization										
Design Variable		Performance Index	Optimization Control	Result Sheet	Summary Sheet					
DV	DP	Description	Current	LB	UB	Type	Value	Statistical In...	Dev.Type	Dev. Value
1	DP_Upper...	Upper baff...	-0.31	-1.	1.	Varia...	0.	Random	SD	5.e-002
2	DP_LowerP...	Lower baff...	-0.22	-1.	1.	Varia...	0.	Random	SD	5.e-002

与设计优化不同, 多出了三个选项。分别是‘Statistical Info’, ‘Dev. Type’ 和 ‘Dev. Value’。关于它们的详细描述在指导手册里有详细解释。在‘Statistical info’中, 可以定义哪个变量为‘random’ 或者 ‘deterministic’。如果变量有公差或者偏差, 它们便是‘random’。否则, 便是‘deterministic’变量。在‘Dev. Type’中, 可以定义变量的偏差是一个绝对幅值或设计值的比率。‘SD’表示绝对的幅值。‘COV’代表相对比率。纸张特性定义为‘random constant’, 这是由于它们只是噪声因子。

2. 点击 Performance Index 标签。
3. 根据下表内容更改目标函数。

AR	Definition	Goal	Weight/Limit Value	Robust Index	Alpha Weight
AR_Ysensor1	Constraint	EQ	12.3	NA	NA
AR_Ysensor1	Objective	MIN	1	1	0

注意到 Sample_C1 没有用到 AR2 。

完成这些更改后, 对话框显示如下。灰色部分是无效的值。

DFSS/Robust Design Optimization								
Design Variable		Performance Index	Optimization Control	Result Sheet	Summary Sheet			
PI	Use	AR	Description	Definition	Goal	Weight/Limit Va...	Robust Index	Alpha Weight
1	✓	A...	Y when x is 8...	Constraint	EQ	12.3	1.	1.
2	✓	A...	Y when x is 8...	Objective	MIN	1.	1.	0.

在 DFSS/Robust 设计优化中, 设计目标在内部表示为:

$$PI = Weight*(AR*Alpah_Weight+Sigma*Robust_Index)$$

值‘Weight’表示在多目标中选中的 AR 的相对重要性。Alpha_Weight 和 Robust_Index 是两个响应的标志。这些值应该为‘0’ 或者‘1’。 ‘0’表示对应的响应被忽略。

如果 Alpha_Weight=1 并且 Robust_Index=0，则使 Weight*AR 最小。

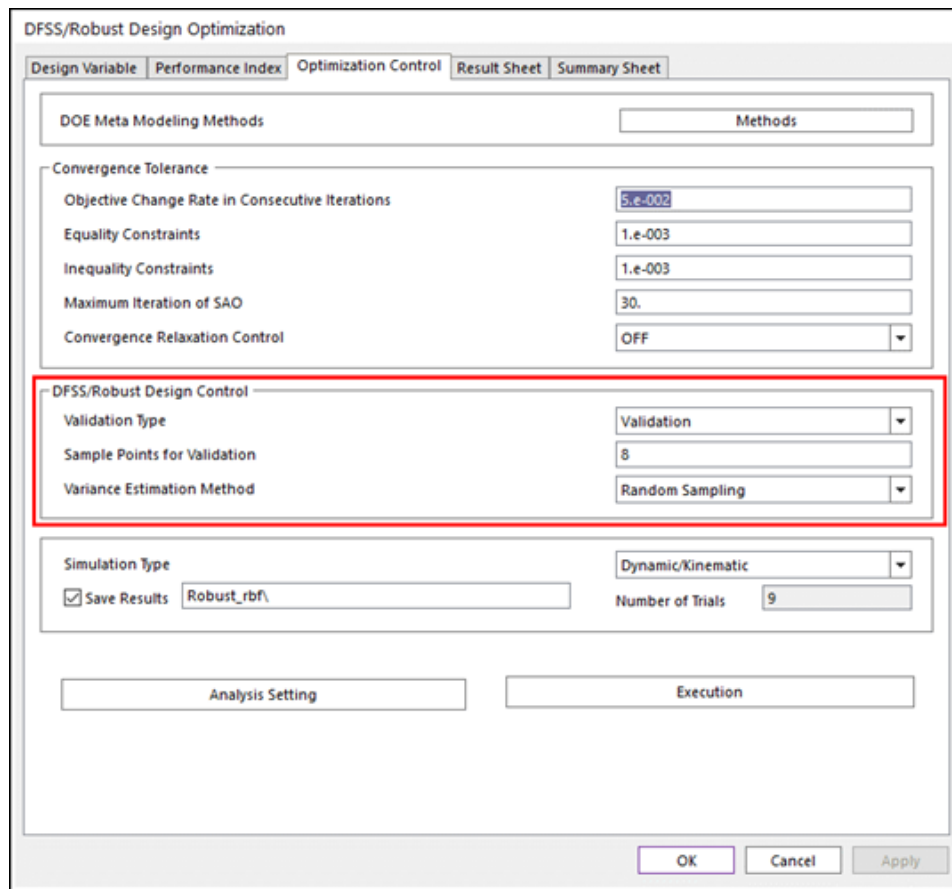
如果 Alpha_Weight=0 并且 Robust_Index=0，则使 Weight*Sigma 最小。

如果 Alpha_Weight=0 并且 Robust_Index=1，则使 Weight*(AR+Sigma)最小

如果所有值都为 ‘0’，则没有设计公式，这是一个逻辑错误。

4. 点击 **Optimization Control** 标签。

5. 更改设置，如下所示。

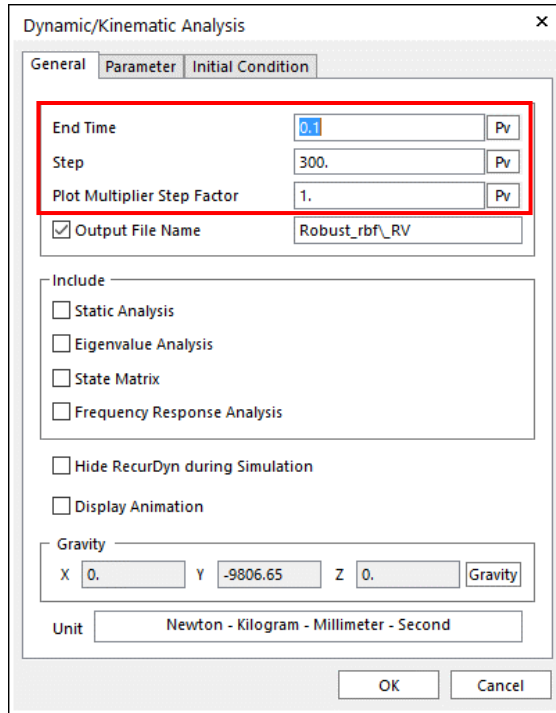


6. 对于收敛公差，使用默认值。与优化设计模块不同，**DFSS/Robust Design Control** 是新出现的。在上面的图形中，红色框中显示了 **DFSS/Robust Design Control**。详细信息在‘**Guideline Manual**’中有解释。**AutoDesign** 使用 meta-model 求解鲁棒性设计问题。

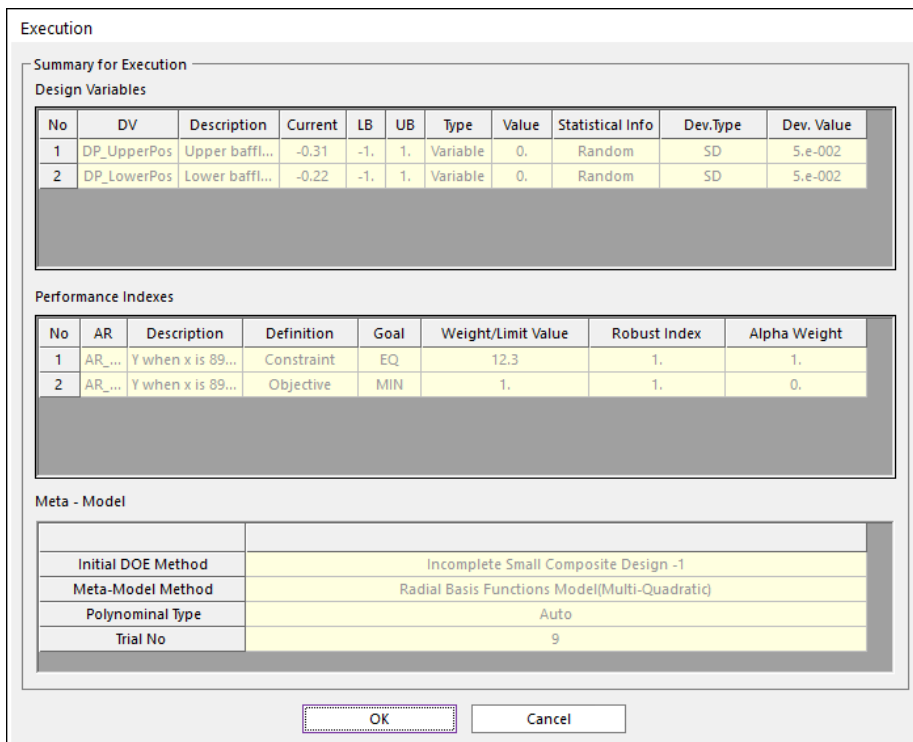
虽然当 meta-model 在优化过程中更新时分析响应得到验证，但是标准偏差通过 meta-model 估计。因此，最终设计的方差值并没有得到验证。在‘**Validation Type**’中，有三种类型，分别是‘**None**’，‘**Validation**’ 和 ‘**Validation & Re-Optimization**’。当‘**Validation**’选中后，**AutoDesign** 执行最终设计时偏差范围内采样点的精确分析。然后，估计样本方差。在‘**Variance Estimation Method**’中，有两种类型‘**Taylor Series method**’ 和

‘Random Sampling method’，是来自 meta-models 中的方差近似法，在‘Guideline manual’中有解释。

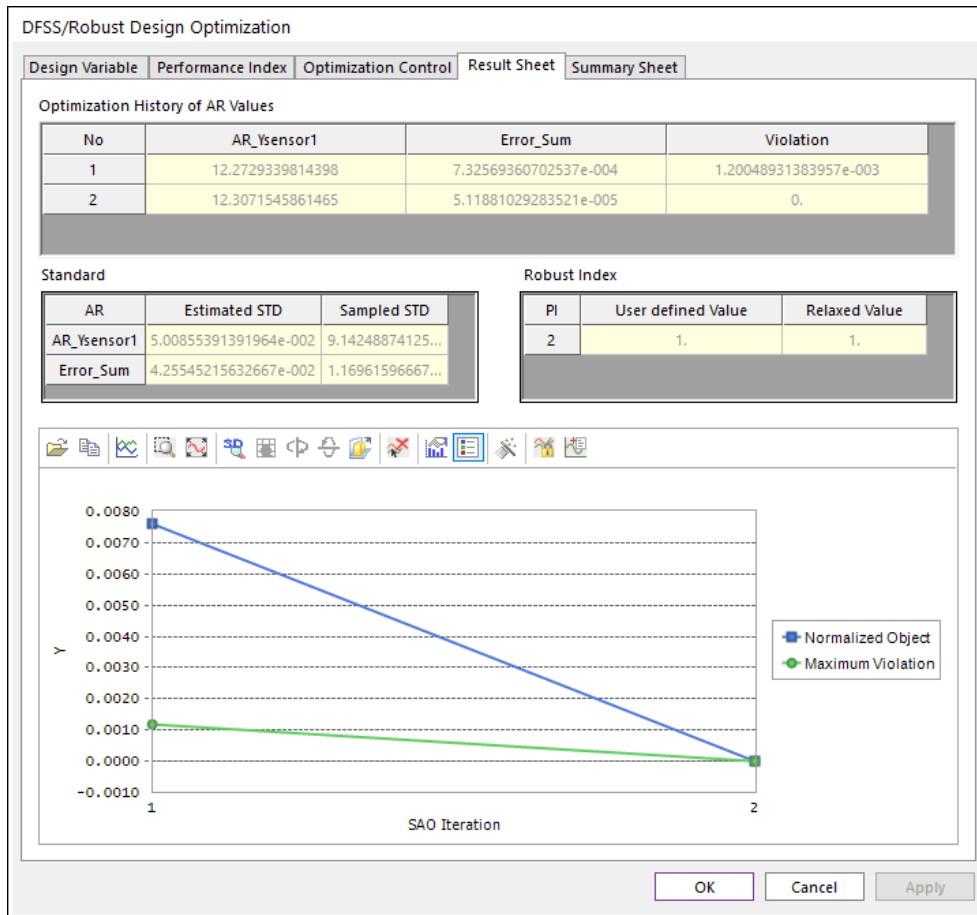
7. 通过点击 **Analysis Setting** 按钮，查看分析设置。如 **Sample-A** 和 **Sample-B** 中所解释的，需要注意的是分析响应的精确性依赖于 **STEP** 的数目。



8. 点击 **Execution** 按钮，运行刚设置完的优化。然后，可以看到优化公式的概要，如下所示。然后，点击 **OK** 按钮。优化将随后进行。



9. 点击 **Result Sheet** 标签，查看优化完成后的设计优化结果。



优化过程迭代到第 2 次收敛。最终设计表明 **AR1** 为 12.307，它的近似 **Sigma** 是 0.05，样本 **Sigma** 为 0.091。近似 **Sigma** 与样本 **Sigma** 之间的误差是由 **meta-models** 的精度引起的。当样本 **Sigma** 比预计值大时，可以使用‘**Get from Simulation History**’重新优化。

10. 下面，在‘**Summary Sheet**’中查看分析结果。当创建 **meta-models** 时，设计变量和常量的值在它们的边界和偏差范围内采样取值。如果下面参数定义为常数，则他们在优化过程中不发生变化。

在设计变量列表中，**DV1** 和 **DV2** 从(-0.31, -0.22) 到(-0.36, -0.22)变化，这是因为他们是设计变量。

在分析响应列表中，最优值是最优设计值的分析响应，样本 **STD** (标准差)值是从采样验证点计算而来。查看优化控制菜单参照之前步骤 7。

DFSS/Robust Design Optimization

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

Design Variables

No	Name	Description	Optimum	Current	LB	UB
1	DP_UpperPos	Upper baffle Y loc	-0.3611887249...	-0.31	-1.	1.
2	DP_LowerPos	Lower baffle Y loc	-0.2156179123...	-0.22	-1.	1.

Analysis Responses

No	Name	Description	Optimum	Sampled STD
1	AR_Ysensor1	Y when x is 894mm	12.3071545861465	9.14248874125973e-002
2	Error_Sum	Error_Square	5.11881029283521e-005	1.16961596667014e-002

Performance Indexes

No	AR	Description	Definition	Goal	Weight/Limit Value	Robust Index	Alpha Weight	Relaxed Robust Index
1	AR...	Y when x is...	Constraint	EQ	12.3	1.	1.	
2	AR...	Y when x is...	Objective	MIN	1.	1.	0.	

SAO

Initial DOE Method: Incomplete Small Composite Design -1

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

Initial Sample Runs: 9 SAO 2(0) Validation: 8 Total Evaluations: 19

Optimal Design: E:\Test\PT\V9R1\Tutorial\AutoDesign\AutoDesign_C\Solutions\Sample_C1_02\Robust_rbf_RO_002

Create New Optimum Model Apply to Current Model Open Summary file

OK Cancel Apply

在 SAO 概要中，计算总数为 34，其中包含初始采样时的 21 次计算。

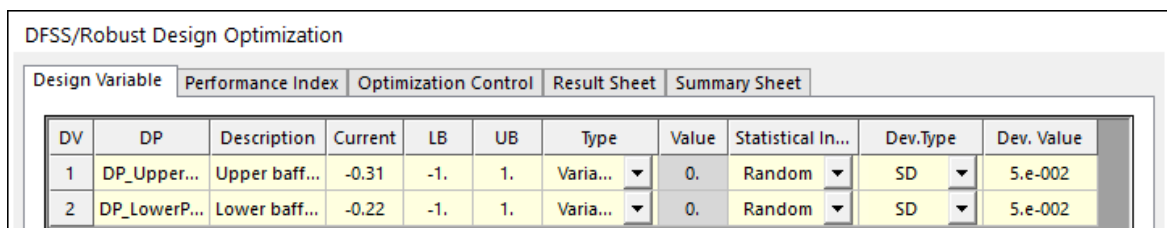
- 保存模型。为了进一步学习 6-Sigma 设计，将模型另存为 Sample_C2。

Chapter

5

运行6-Sigma 设计优化

加载模型‘Sample_C2.rdyn’。6-Sigma 设计使用与‘Sample_C1’中相同的设计变量和分析响应。只有设计公式与鲁棒性设计不同。图 C-5-1 中显示了这些设计变量，并与‘Sample_C1’中命名相同。



DFSS/Robust Design Optimization										
Design Variable		Performance Index	Optimization Control			Result Sheet	Summary Sheet			
DV	DP	Description	Current	LB	UB	Type	Value	Statistical In...	Dev.Type	Dev. Value
1	DP_Upper...	Upper baff...	-0.31	-1.	1.	Varia...	0.	Random	SD	5.e-002
2	DP_LowerP...	Lower baff...	-0.22	-1.	1.	Varia...	0.	Random	SD	5.e-002

图C-5-1 6-Sigma设计优化的设计变量

运行鲁棒性设计优化:

1. 让我们考虑 6-Sigma 设计优化公式，如图 C-5-2 所示。设计目标是使偏差和最小，表示为 $(Y_position - 12.3)**2$ 。从 6-Sigma 设计的角度来看， $Y_position$ 应该满足以下的不等式关系。

$$9.3 \leq Y_position \leq 15.3$$

AutoDesign 使用两个不等式约束描述以上关系。

$$9.3 \leq Y_position - 6*Sigma$$

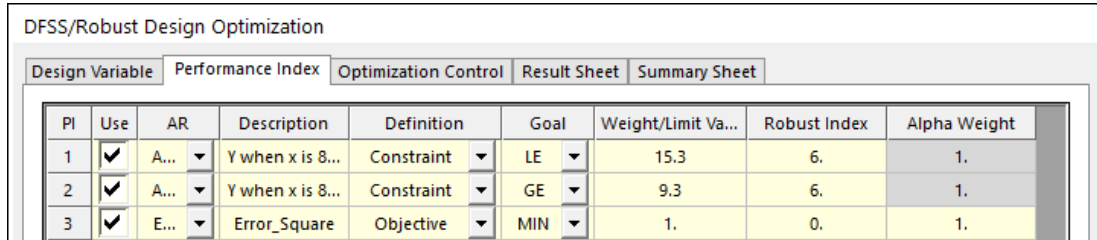
$$Y_position + 6*Sigma \leq 15.3$$

Sigma 前的‘-’和‘+’符号是不等式约束类型自动定义的，例如类型‘GE’和‘LE’。因此，可以定义如图 C-5-2 中所示的两个不等式约束。灰颜色的部分是无效的。

如“Sample_C1”中所解释的。DFSS/Robust 设计模块定义设计目标为

$$PI = \text{Weight} * (\text{AR} * \text{Alph_Weight} + \text{Sigma} * \text{Robust_Index})$$

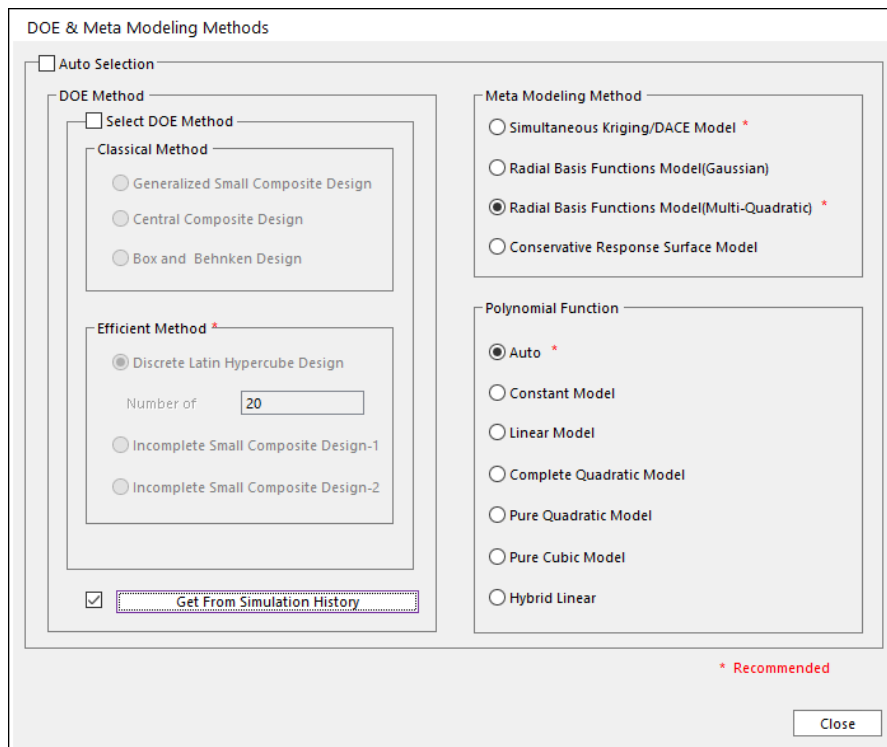
对于该问题，我们只想使 AR2 取得最小值。因此，我们定义 **robust index = 0** 和 **alpha weight = 1**。



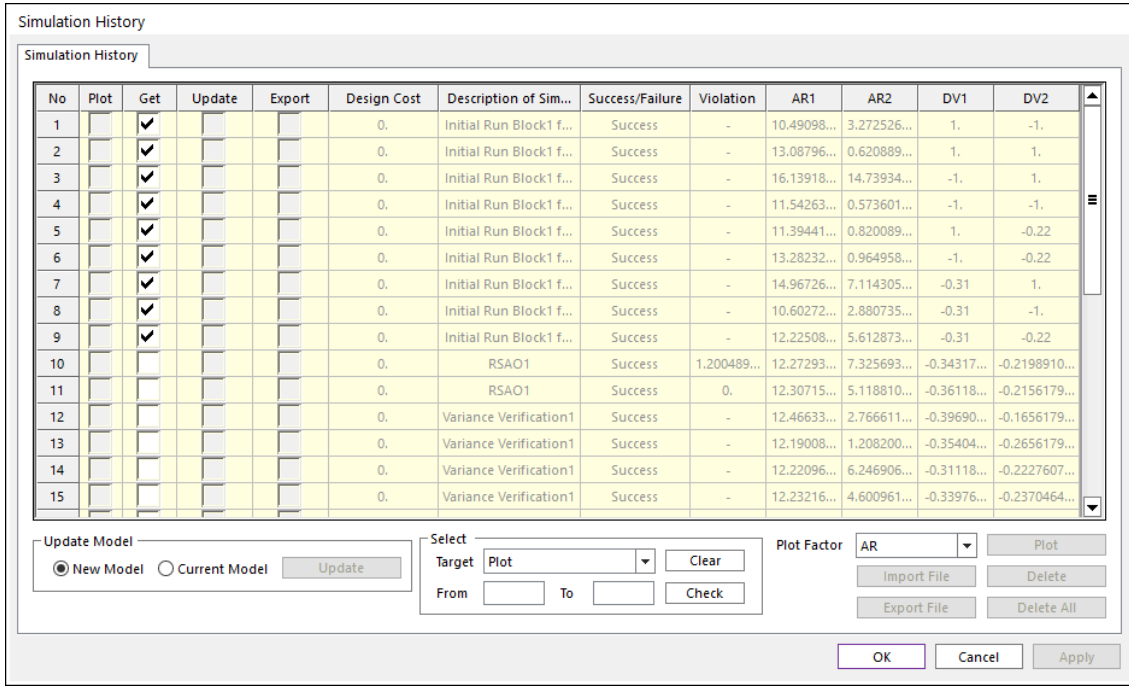
PI	Use	AR	Description	Definition	Goal	Weight/Limit Va...	Robust Index	Alpha Weight
1	<input checked="" type="checkbox"/>	A...	Y when x is 8...	Constraint	LE	15.3	6.	1.
2	<input checked="" type="checkbox"/>	A...	Y when x is 8...	Constraint	GE	9.3	6.	1.
3	<input checked="" type="checkbox"/>	E...	Error_Square	Objective	MIN	1.	0.	1.

图C-5-2 6-sigma约束设计优化公式

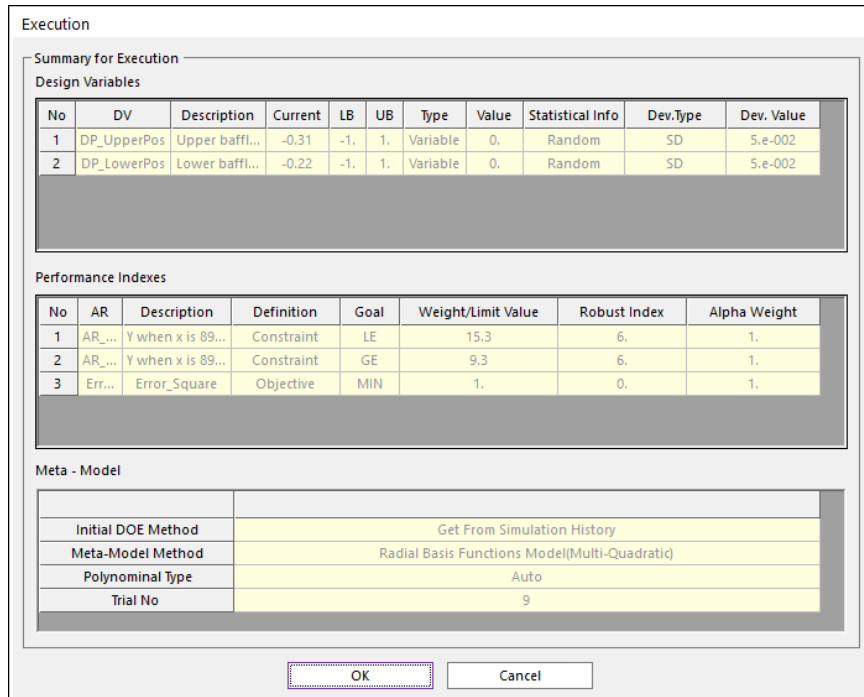
2. 点击 **Optimization Control** → **DOE Meta Modeling Methods**
3. 为了保存计算时间，我们将使用“Sample_C1”中的分析结果。取消勾选 ‘**Select DOE method**’并勾选‘**Get From Simulation History**’。随后 **Get From Simulation History** 按钮会被激活。点击 **Get From Simulation History** 按钮。



4. 随后，可以看到如下的仿真结果。然后查看‘**Get**’列中的运行结果。为了将 6-sigma 设计优化与鲁棒性设计结果比较，只选择‘**Initial Runs for Meta Model**’的结果。最后点击 **Confirm** 按钮。

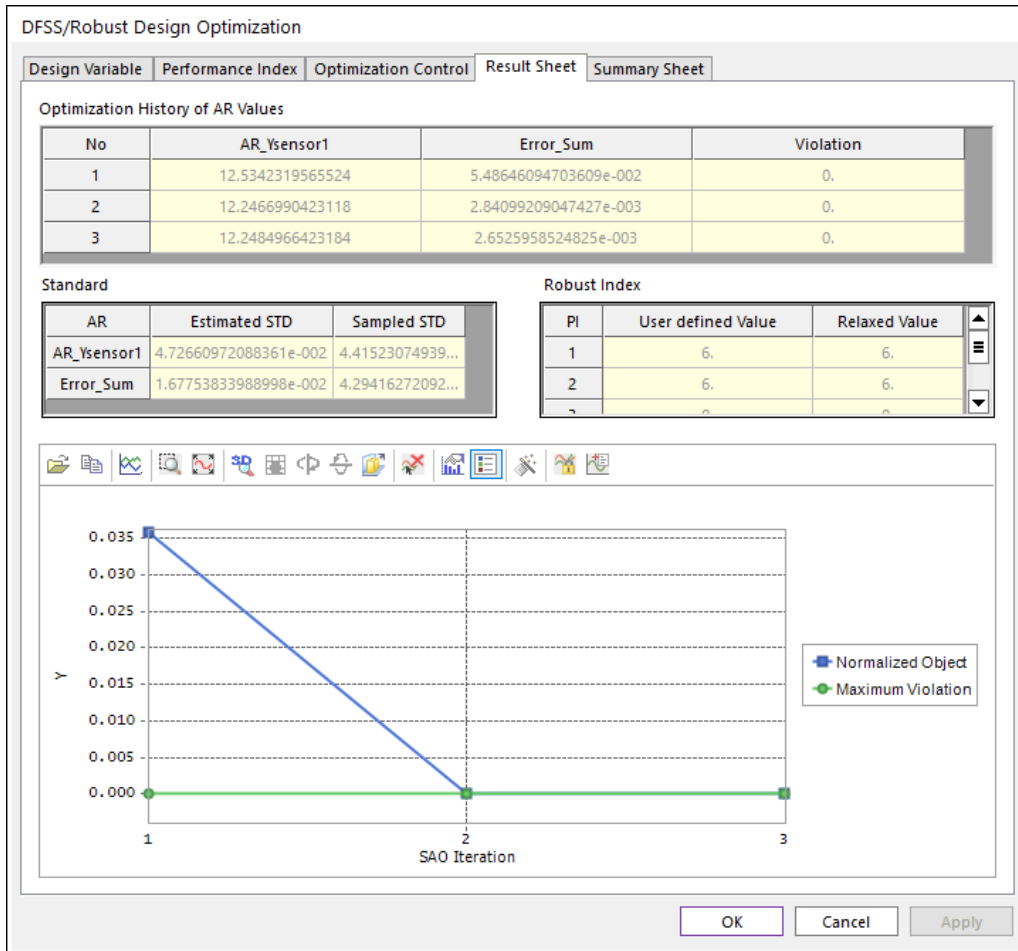


- 下面返回到 **DOE Meta Modeling Methods** 窗口。然后，为 **meta-model** 选择‘**Radial Basis Function Model(Multi-Quadratics)**’，‘**Auto**’ 选择为多项式类型。
- 返回 ‘**Optimization Control**’ 标签，点击 **Close** 按钮。我们想要相同的收敛公差与相同的验证信息。因此，点击 **Execution** 按钮。如果所有的信息与图 C-5-3 中所示，则按下 **OK** 按钮。



图C-5-3 6-Sigma设计优化公式概要

7. 当优化过程收敛后, 点击 **Result Sheet** 标签。然后, 优化结果如图 C-5-4 中所示。最终设计给出, $AR1=12.248$, 估计 **Sigma** 和样本 **Sigma** 分别为 0.047 和 0.044。检查 **Robust Index**, 关系式 $AR1 \pm 6 * 0.044$ 满足极限值 9.3 和 15.3。因此, 得到 **Robust Index** 的 **Relaxed Value** 值为 6。获取关于 6-Sigma 设计的更多信息, 参照指导手册。



图C-5-4 6-Sigma设计优化的收敛历史

现在, 比较‘Sample_C1’和‘Sample_C2’的优化结果。两个设计中虽然具有不同的设计变量(DV1 & DV2), 但是却得到近似相等的样本 **Sigma**。因此, 可以选择他们中的一个。根据比较结果, 我们认为鲁棒性设计结果比 6-sigma 设计结果要好, 这是由于虽然二者的样本方差近似相等, 但是鲁棒性设计中的纸张在目标位置的位置更准。

感谢参与本教程的学习!