

批处理仿真

UM 软件入门系列教程
(02)

四川同算科技有限公司 译

2021 年 3 月

前言

本教程介绍使用**UM**软件进行批处理计算（**UM Experiments**模块的**Scanning**工具）的建模、仿真和后处理方法。请读者在学习本课程之前务必先学习《**UM**软件入门系列教程01：多体系统动力学仿真》，并熟悉**UM**软件的基本操作：新建模型，创建几何图形、刚体、铰和力元。

入门系列教程有两个模型使用到批处理计算工具：第一个模型是自由振动和受迫振动的例子，接下来会演示；第二个模型是一个二轴铁道车辆，请见另一册《**UM**软件入门系列教程06：铁道车辆动力学仿真》。

UM Experiments模块用于对参数化模型进行多变量批处理计算。请先运行**UM Input**或**UM Simulation**程序，选择菜单**Help | About**，在弹出窗口查看**UM Experiments**一栏是否为“+”标记，若显示为“-”，则请重新申请试用或购买正版许可。

版权和商标

本教程仅供读者参考，不同的版本其界面可能有个别不同之处，我们会不定期进行修订。对于本文档中可能出现的任何错误，我们不承担任何责任或义务。

版权所有© 2021 Computational Mechanics Ltd.

俄罗斯计算力学有限公司保留所有权利。

联系方式

最新版的UM软件和相应的用户手册下载地址：

<http://www.universalmechanism.com/en/pages/index.php?id=3>.

若无法访问，请点击：<http://www.umlab.ru/en/pages/index.php?id=3>.

在使用过程中，读者如有任何报错、疑问和建议，请发送邮件至：

um@universalmechanism.com

UM总部

Computational Mechanics Ltd.

Vostochnaya str. 2-14, Glinischevo, Bryansk region, 241525, Russia

Phone, fax: +7 4832 568637

www.universalmechanism.com www.umlab.ru

UM中国

四川同算科技有限公司

四川省眉山市彭山区蔡山西路2号伟业广场1911室

办公电话：028-38520556

公司网站：www.tongsuan.cn

电子邮件：um@tongsuan.cn



微信公众号



QQ 交流群

目 录

1.	UM EXPERIMENTS.....	1
2.	课程内容	2
2.1	创建 SCANNING 项目	3
2.1.1	新建项目	3
2.1.2	加载模型	4
2.1.3	重命名家庭组	4
2.1.4	参数的层次结构	5
2.1.5	设置模型参数	7
2.1.6	设置初始条件	7
2.1.7	设置终止条件	7
2.1.8	设置保存变量	8
2.1.9	受迫振动	9
2.2	运行仿真	12
2.3	结果分析	14
2.3.1	单个工况的计算结果	14
2.3.2	统计图表	17

1. UM Experiments

在工程中，经常需要进行大量的数值仿真，如：分析系统的动力学性能和灵敏度以及寻找模型参数的最优解。**UM Experiments** 模块提供的 **Scanning** 高级仿真工具可以实现。

Scanning 工具可以自动完成一系列数值仿真工况，并保存每个工况的计算结果。因此，研究人员可以从繁琐枯燥的重复性手动操作工作中解放，既能节省时间，又能避免不必要的错误。利用 **Scanning** 工具，研究人员可以统一设计好仿真方案和工况，这些工况将自动地逐个运行。在进度条会显示已完成的工况数目和预计还需要的计算时间。如果在批量仿真进行中突然断电，则已经完成计算的工况的结果仍然保存在硬盘上，不会丢失，下次启动可以继续执行其它工况的计算。

在进行后处理分析时，可以在绘图窗口显示任意一个已保存结果变量的时程曲线。**Scanning** 工具并不限定参数变量的总数，对于多变量计算，可以直接获得单变量响应曲线和多变量响应曲面。

总的计算规模取决于研究人员的具体设定，需要针对研究的问题，预先对计算规模有所估计，不可盲目增加工况。当然每个工具都有他擅长的和不擅长的，不可能解决所有问题。

2. 课程内容

本课程基于《UM 软件入门教程：从零开始》里的 **Oscillator** 模型，利用 **Scanning** 工具进行批量仿真。

首先，请找到本地的 **Oscillator** 模型，UM 软件自带的模型位于 `{UM Data}\SAMPLES\TUTORIAL\oscillator` 目录¹，模型如图 2.1 所示。

此外，读者可以阅读 UM 软件用户手册第六章，获取更多关于 **UM Experiments** 模块的介绍，（`{UM Data}\MANUAL\06_UM_Experiments.pdf`）²。

这里，我们也准备好了一个已设置好的 **Scanning** 模型，它位于 `{UM Data}\SAMPLES\TUTORIAL\scan2` 目录³。

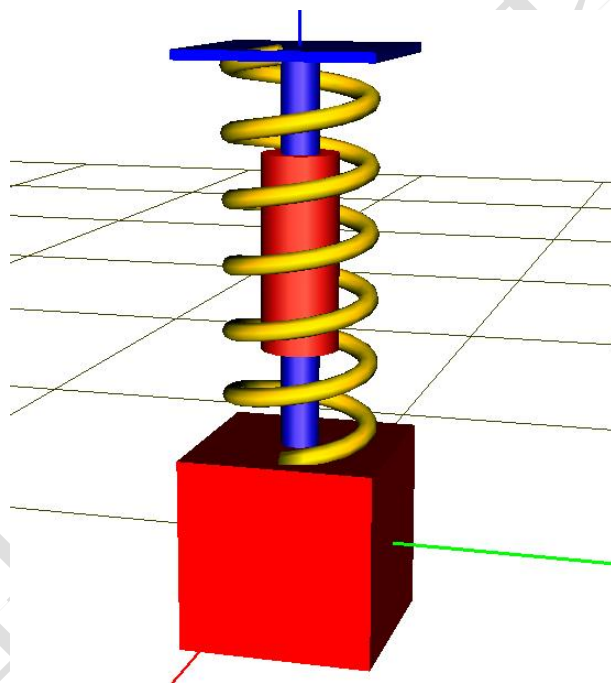


图 2.1 Oscillator 模型

¹ 官方网站下载链接：www.umlab.ru/download/90/oscillator.zip

² 官方网站下载链接：www.umlab.ru/download/90/eng/06_um_experiments.pdf

³ 官方网站下载链接：<http://www.umlab.ru/download/90/scan2.zip>

2.1 创建 Scanning 项目

下面，我们利用弹簧-阻尼振动系统模型，进行自由振动的变阻尼系数计算和受迫振动的变频率计算。

2.1.1 新建项目

1. 运行 **UM Simulation** 程序。
2. 选择菜单 **Scanning | New project**。
3. 在弹出对话框自定义项目的路径（包含项目名称），如图 2.2 所示。
4. 点击 **OK** 和是(Y)，创建一个 **Scanning** 项目，此时弹出 **Scanning** 项目界面，如图 2.3 所示。

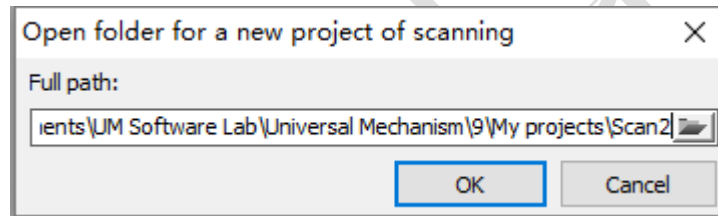


图 2.2 新建 Scanning 项目对话框

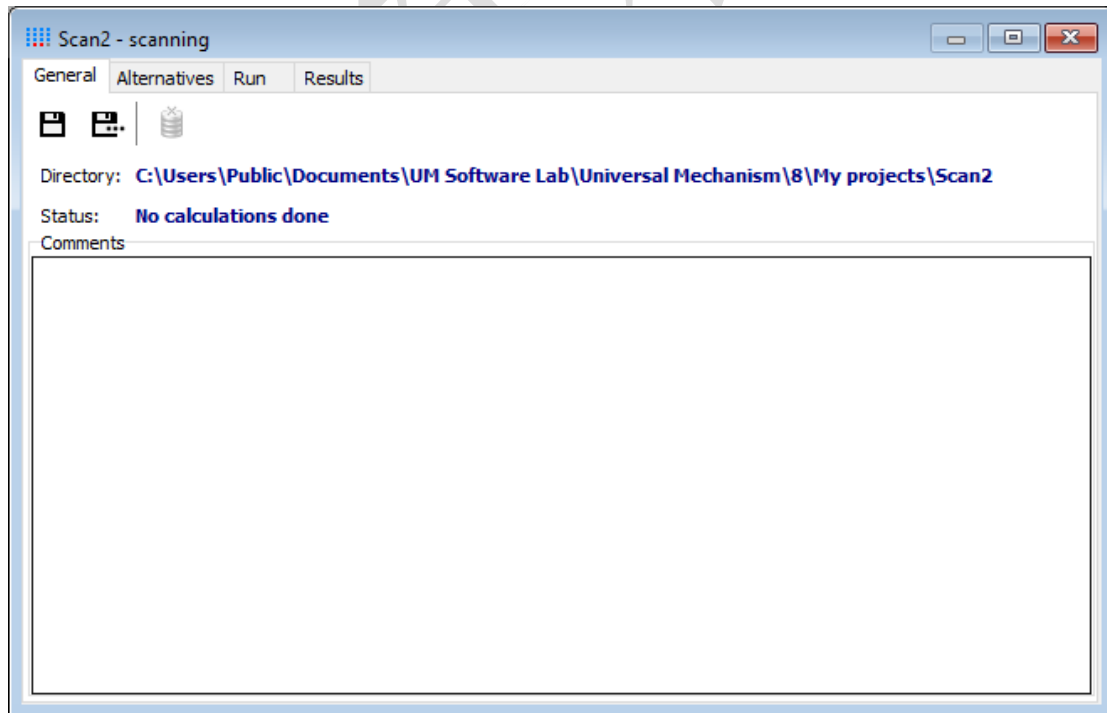


图 2.3 Scanning 项目界面

2.1.2 加载模型

1. 点击 **Alternatives**。
2. 点击按钮 **+**。
3. 在弹出对话框选择 **oscillator** 模型（路径 C:\Users\Public\Documents\UM Software Lab\Universal Mechanism\9\SAMPLES\TUTORIAL\）。

这样，**oscillator** 模型就加载到 **Scanning** 项目中，模型名称显示在左侧的家庭组 **Family of alternatives**，模型参数列表显示在右侧，如图 2.4 所示。

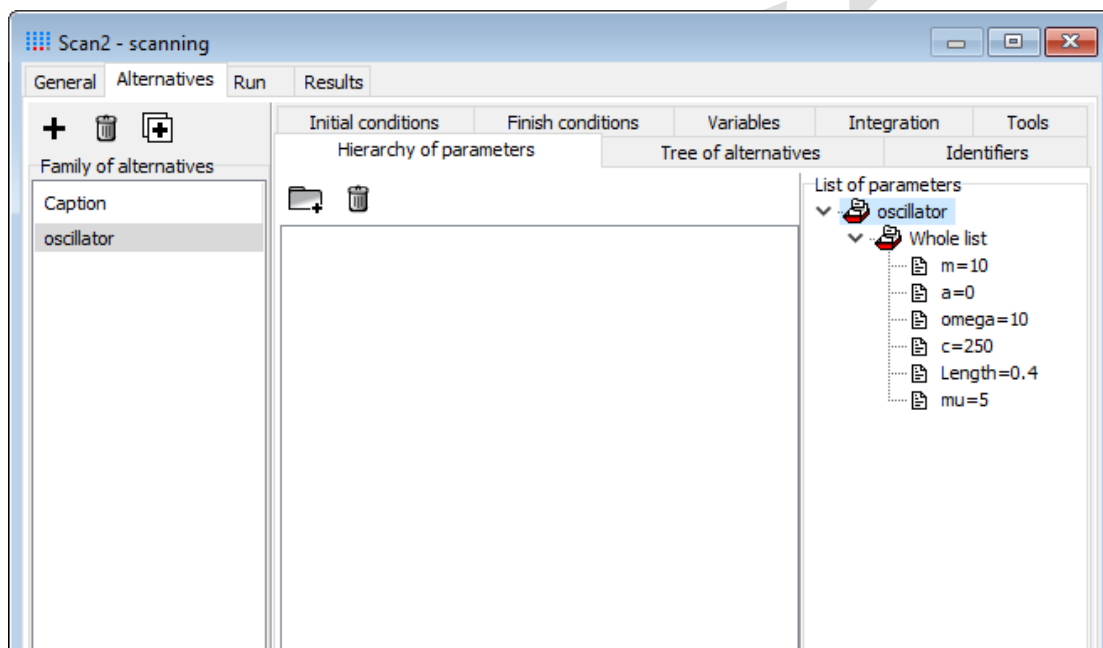
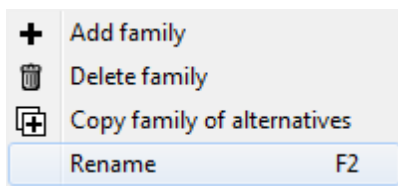


图 2.4 加载模型

2.1.3 重命名家庭组

一个 **Scanning** 项目可以添加多个模型，其每个模型为一个家庭组 (**Family**)，下面进行重命名操作。

1. 在 **Family of alternatives** 列表区选中 **oscillator**，点右键，选择菜单 **Rename**（或快捷键 **F2**）。



2. 输入新名称: **Free vibrations**。

2.1.4 参数的层次结构

在本例中，我们将分析两类工况：自由振动和受迫振动。

我们将已加载的模型用于自由振动分析，研究阻尼系数对系统性能的影响。

1. 在模型参数列表区（图 2.4 右侧）点击参数符号 **mu**（阻尼系数）。
2. 弹出 **Parameter values** 窗口，依次添加 {0, 10, 20, 30, …… , 100} 共 11 个参数值，如图 2.5 所示。
3. 点击 **OK**，回到 **Scanning** 项目界面。此时，窗口中部参数的层次结构（**Hierarchy of parameters**）页面显示了新添加的参数 **mu**，位于 **Group1**，如图 2.6 所示。
4. 选中 **Group1**，点右键，重命名为 **mu**。

这样，我们就定义了 11 个仿真工况，接下来我们将进行其它仿真设置。

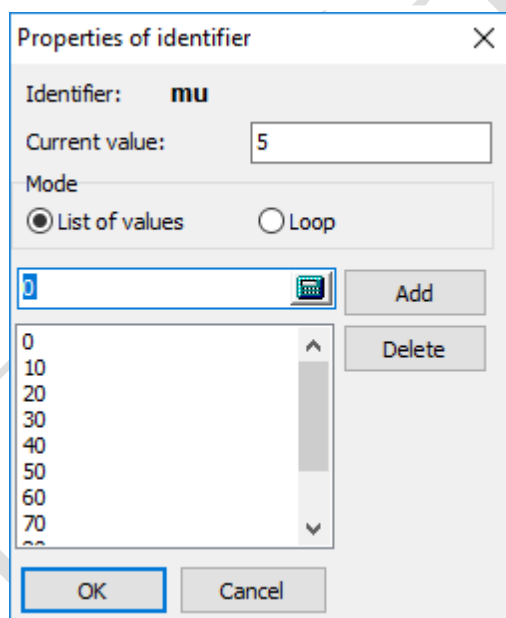


图 2.5 设置参数值

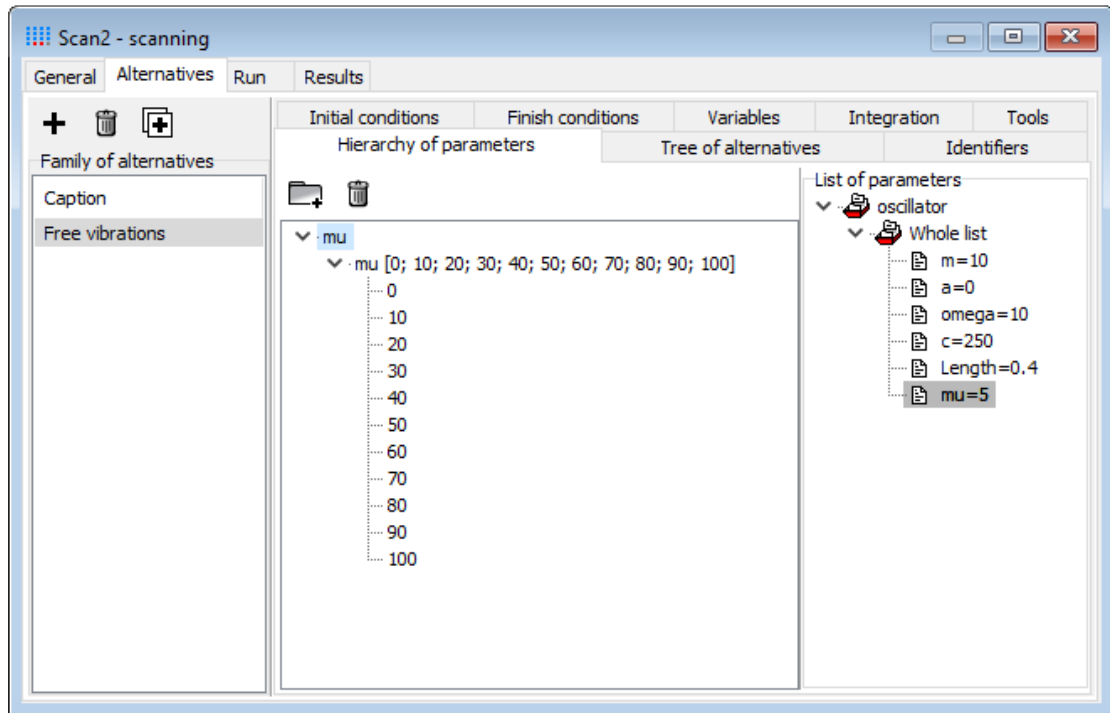


图 2.6 参数的层次结构

2.1.5 设置模型参数

为了模拟自由振动，我们需要将模型中的刚体 **Top** 固定，把参数 **a** 设为 **0** 即可实现。

1. 点击 **Identifier**。
2. 设置参数 **a** 为 **0**。

2.1.6 设置初始条件

1. 点击 **Initial conditions**。
2. 设置坐标 **Coordinate | 1.1** 为 **0.1**。

由于刚体 **Brick** 初始坐标很接近平衡位置，这里我们人为将其移动一定距离，以获得较大幅度的自由振动。

2.1.7 设置终止条件

我们需要为每个家庭组设置仿真终止条件，如图 2.7 所示。

终止条件的含义为：当至少一个条件满足时即停止计算。

终止条件格式为：变量[条件]变量值。

可以使用变量向导创建的任何变量作为终止条件，软件缺省的终止条件为仿真时间：

时间（**Time**）大于或等于 10 秒。

也就是说，一个家庭组里的所有工况仿真时间都为 10 秒。

1. 设置仿真时间为 **25** 秒，如图 2.7 所示。

备注：实际上可以设置任何变量作为结束仿真的判据，首先在变量向导里创建所需变量，然后拖入终止条件页面的变量框即可。

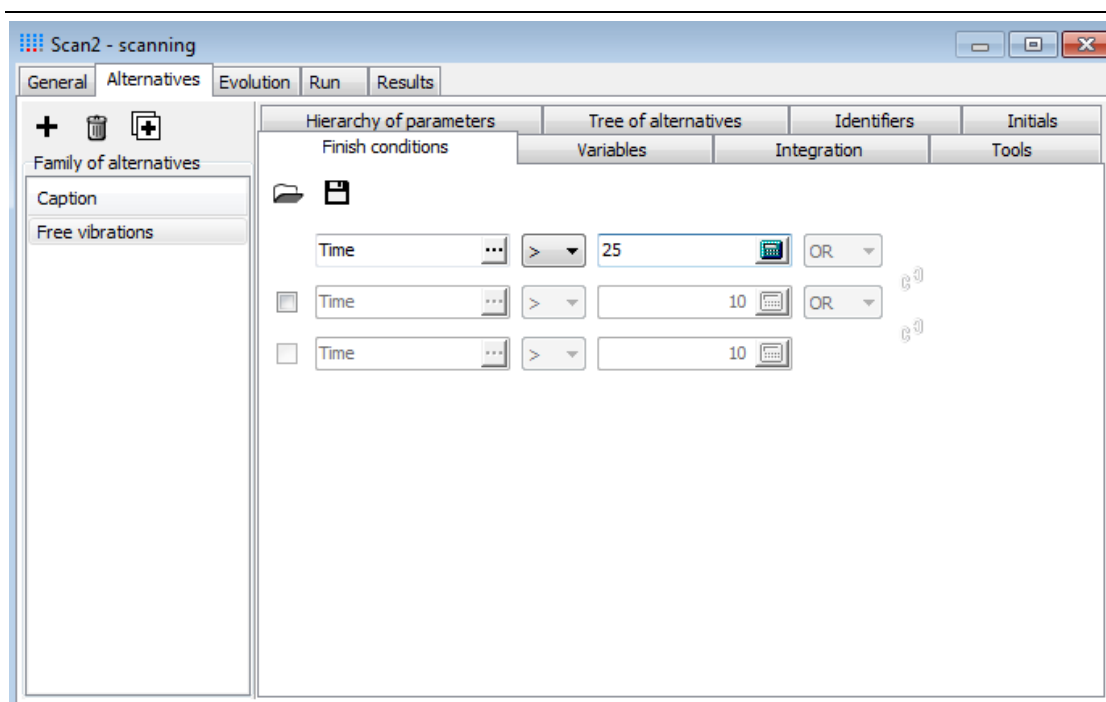


图 2.7 终止条件

2.1.8 设置保存变量


1. 点击 **Variables**。

这个页面用于存放需要保存计算结果的变量。

2. 点击按钮  将变量列表重命名为 **Position**。

下面我们来创建刚体 **Brick** 垂向位移变量，并拖入变量列表。

3. 选择菜单 **Tools | Wizard of variables**，打开变量向导。
4. 在 **Linear variables** 页面，左侧选中刚体 **Brick**，右侧设置位移分量 **Z**。

5. 点击  按钮创建变量，然后拖入 **Position** 变量列表。

6. 关闭变量向导。

至此，我们已经完成了自由振动家庭组工况的仿真设置，**Scanning** 项目界面如图 2.8 所示。接下来，我们进行受迫振动家庭组工况的设置。

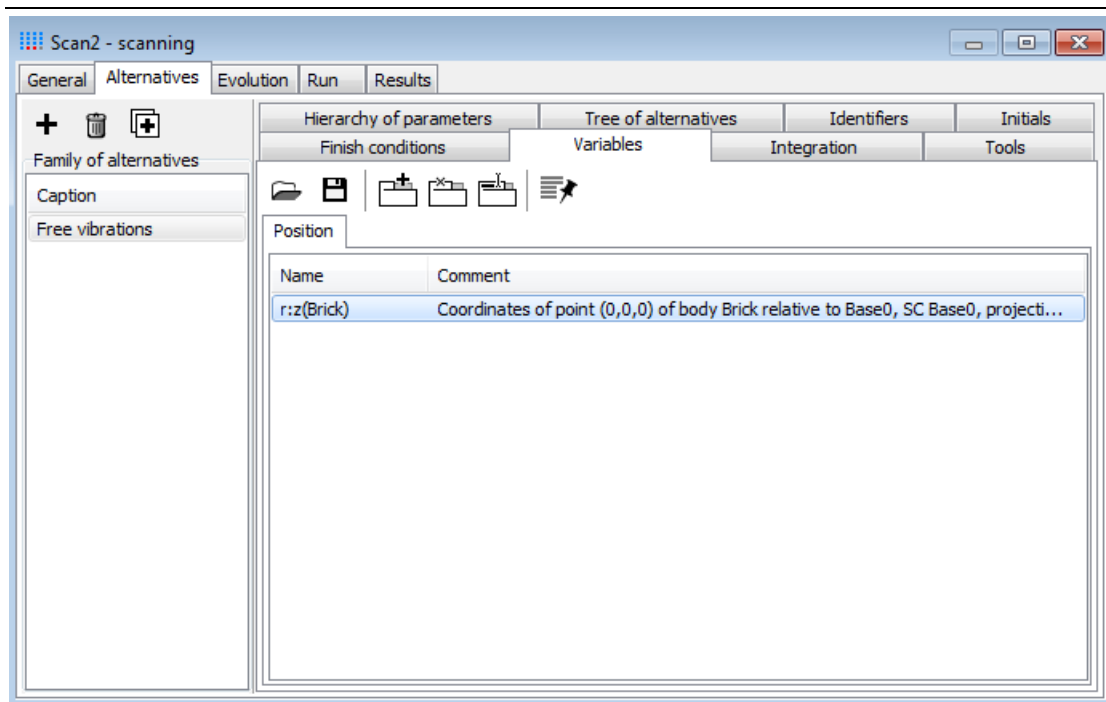



图 2.8 保存变量结果

2.1.9 受迫振动

下面我们将第一个家庭组复制一次，设置阻尼系数为 0，并设置不同的激励频率值。当外部激励的频率接近系统固有频率时，将出现共振现象。

复制家庭组

1. 在左侧家庭组列表，选中 **Free vibration**，点右键，选择 **Duplicate family**，这样就得到第二个家庭组（或点击 ），程序自动命名为 **Free vibration (1)**。
2. 将 **Free vibration (1)**重命名为 **Resonance**。

参数的层次结构

1. 先在左侧家庭组列表选中 **Resonance**，然后点击 **Hierarchy of parameters**。
2. 选中 **mu** 参数组，点右键，选择 **Delete group of parameters**，如图 2.9 所示。

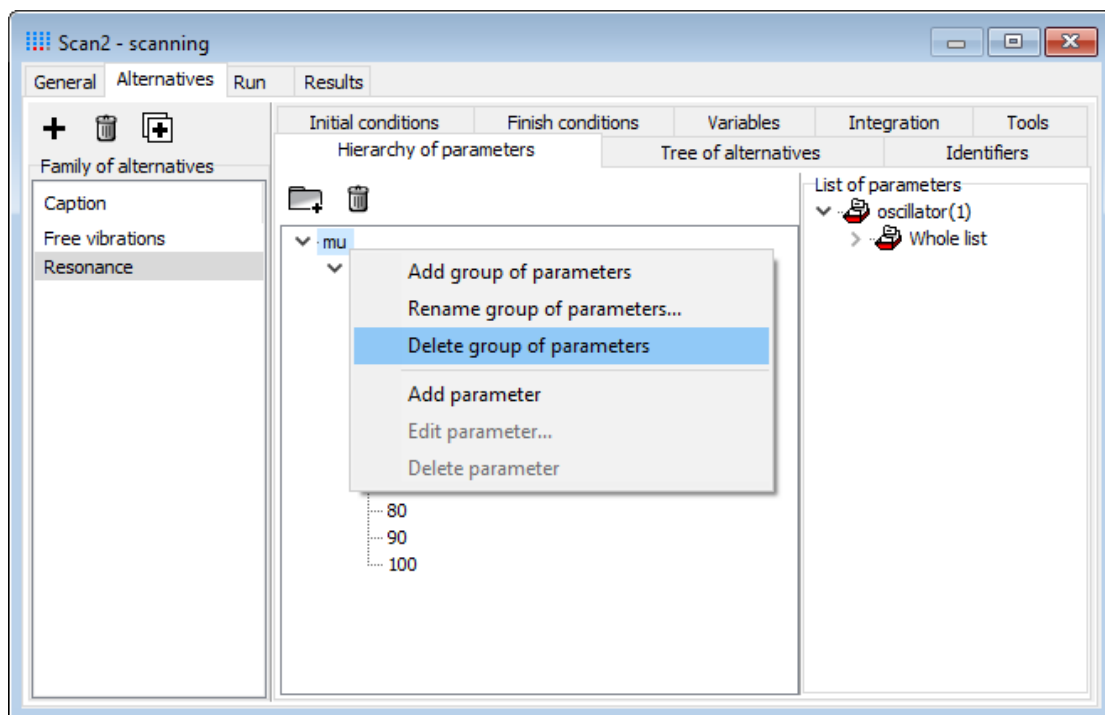


图 2.9 删除参数组

3. 确认删除 **mu** 参数组。
4. 在右侧参数表点击参数符号 **omega**，弹出 **Properties of identifier** 属性界面，如图 2.10 所示。
5. 选择 **Loop** 模式，并按图 2.10 所示设置参数值。点击 **OK**，这样就定义了从 **0** 到 **15** 共 **16** 个参数值。
6. 重命名参数组为 **omega**。

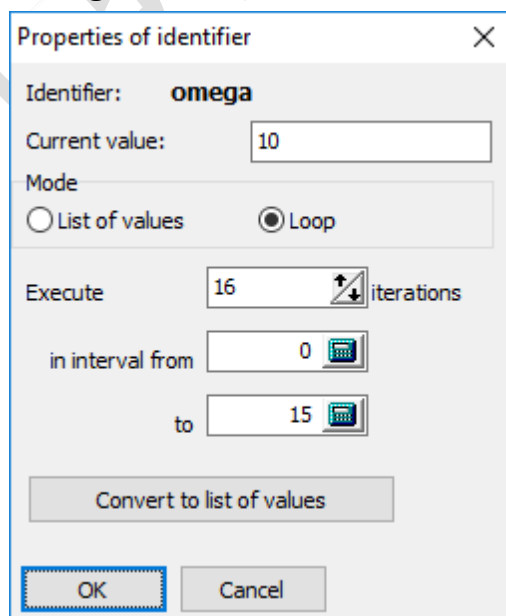


图 2.10 外部激励的频率

Resonance 家庭组的参数层次结构如图 2.11 所示。

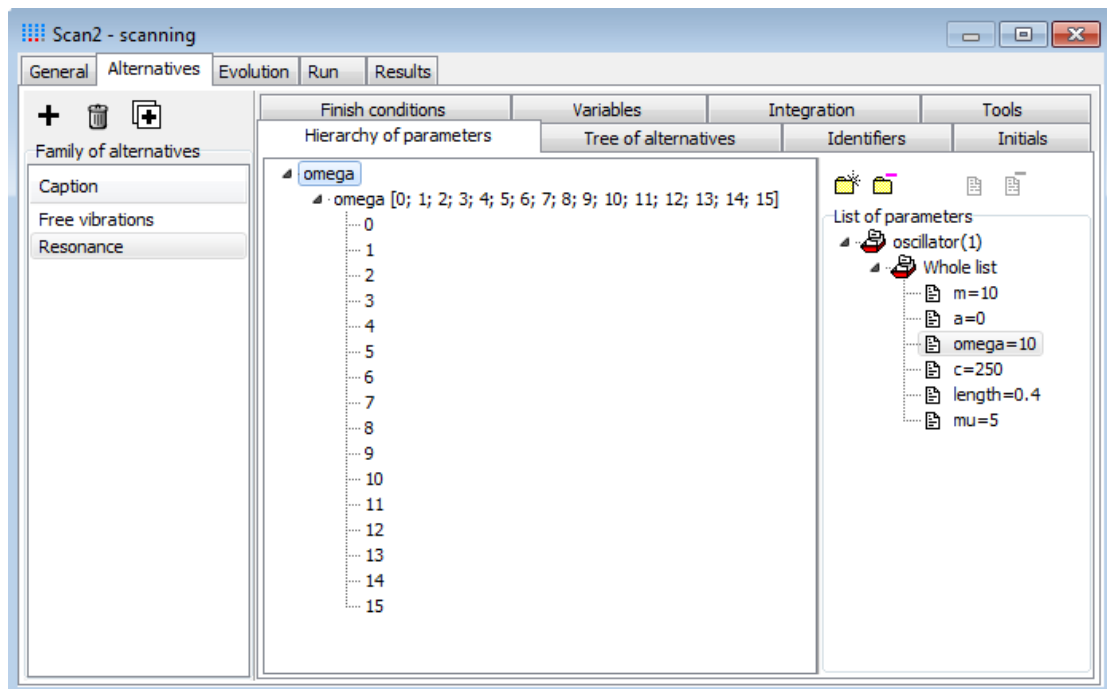


图 2.11 Resonance 家庭组参数层次结构

设置模型参数

1. 点击 **Identifiers**。
2. 修改参数 **a** 为 **0.05**，**mu** 为 **0**。

2.2 运行仿真

1. 点击 **Run** 页面。
2. 确保之前的每一步操作都正确，那么日志窗口将提示 “**Error not found**”，如图 2.12 所示。

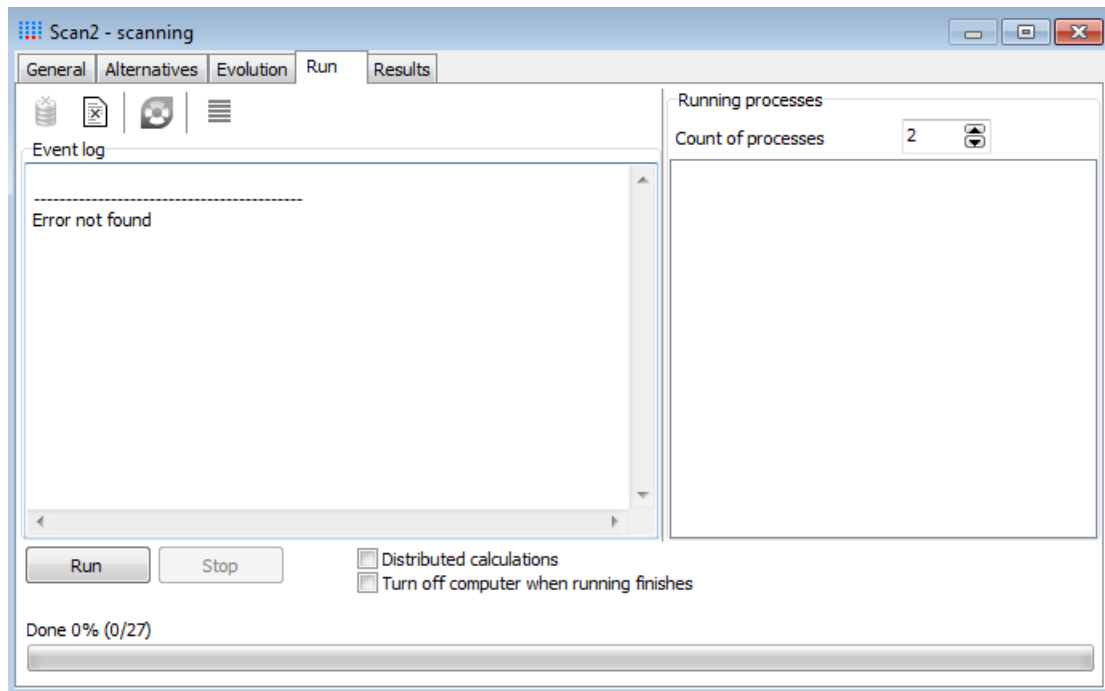


图 2.12 运行 Scanning 项目

3. 点击 **Run** 按钮，开始批量仿真。
日志窗口会显示每个计算工况对应的参数和所耗时间，如图 2.13 所示。由于这个模型非常简单，自由度少，因此近乎 1 秒完成一个工况。
4. 待全部计算完毕，出现提示 “**Calculation of project of scanning is over**”。

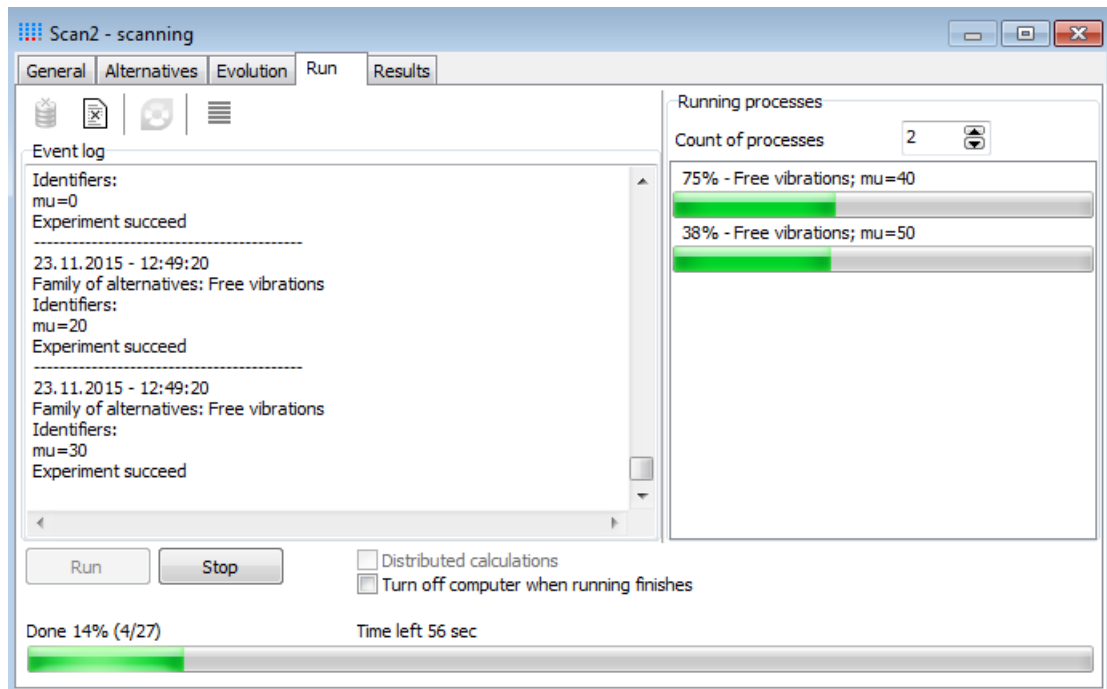


图 2.13 批量仿真过程

Scanning 进行批量仿真时，支持多线程并行计算，即多个独立工况同时计算，线程总数取决于处理器（比如，英特尔 i5 处理器支持 4 线程，英特尔 i7 处理器支持 8 线程）。软件界面缺省显示最大线程数。如果计算机有其它程序在工作，可适当减少线程数。

2.3 结果分析

2.3.1 单个工况的计算结果

自由振动

1. 点击 **Results | Families | Free vibrations** 页面，如图 2.14 所示。

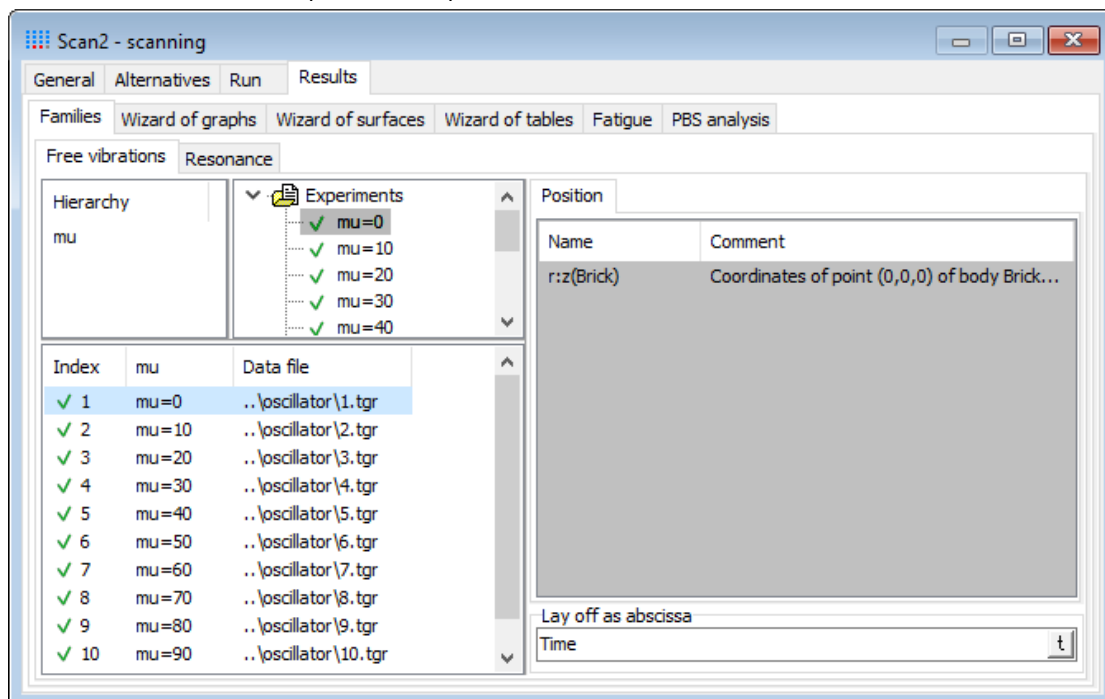


图 2.14 结果页面

我们来对比不同阻尼系数值对应的 **Brick** 刚体的垂向位移时程。

2. 选择主菜单 **Tools | Graphical window**，打开一个绘图窗口。
3. 在 **Scanning** 项目界面左侧选中 **Free vibrations** 家庭组的所有工况（右键菜单 **Select all** 或用 **Shift**、**Ctrl** 键），如图 2.15 所示。

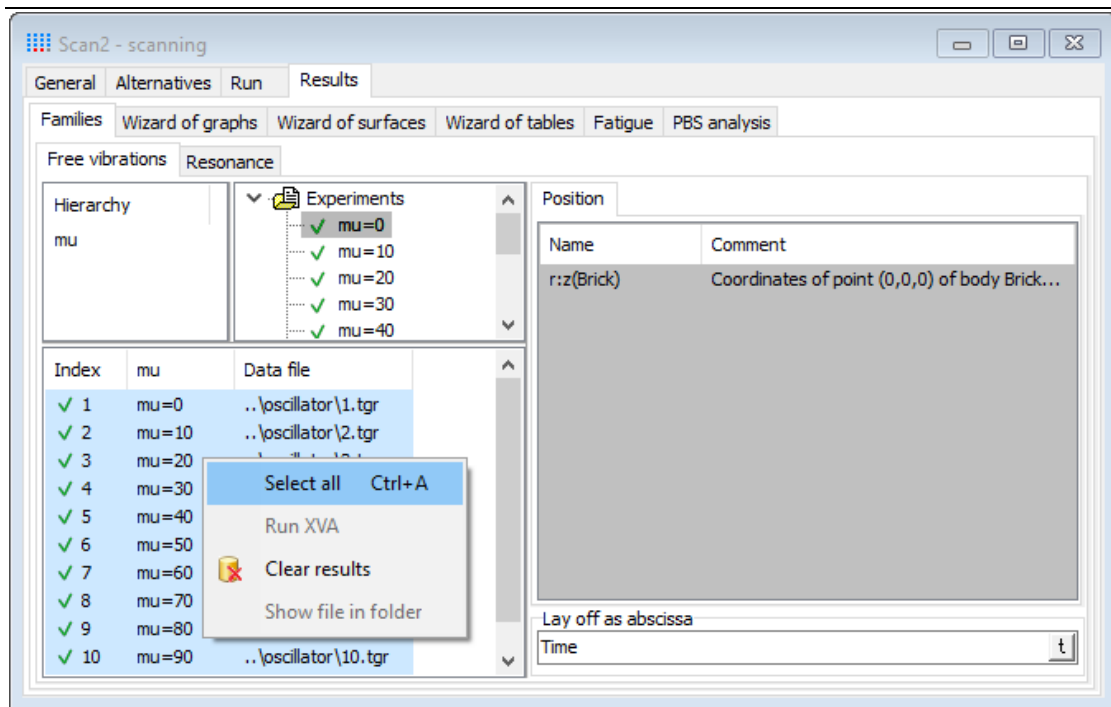


图 2.15 全选工况

4. 在右侧变量列表，选中 **Position** 变量列表的 **r:z(Brick)**变量并拖入绘图窗口，所有变阻尼系数工况下 **Brick** 垂向位移时程如图 2.16 所示。

备注：所有的变量结果都可以在绘图窗口中显示，用 Tools 里的 Table processor 和 Statistic 工具进行统计分析。

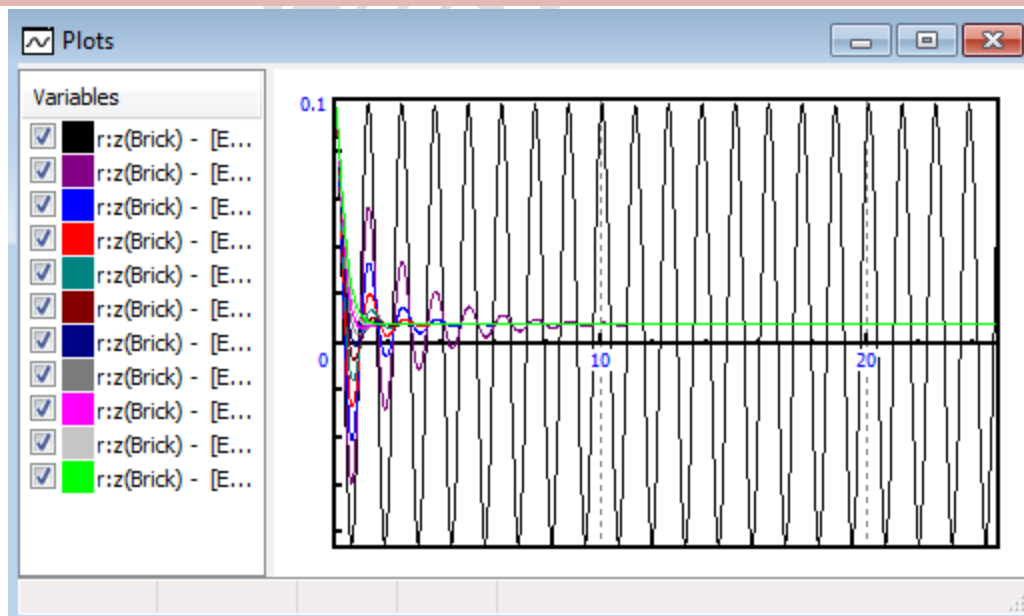


图 2.16 不同阻尼系数下 Brick 的垂向位移时程

受迫振动

1. 再打开一个绘图窗口。
2. 点击 **Results | Families | Resonance** 页面。
3. 全选 **16** 个工况，并将 **r:z(Brick)** 变量拖入绘图窗口，如图 2.17 所示。

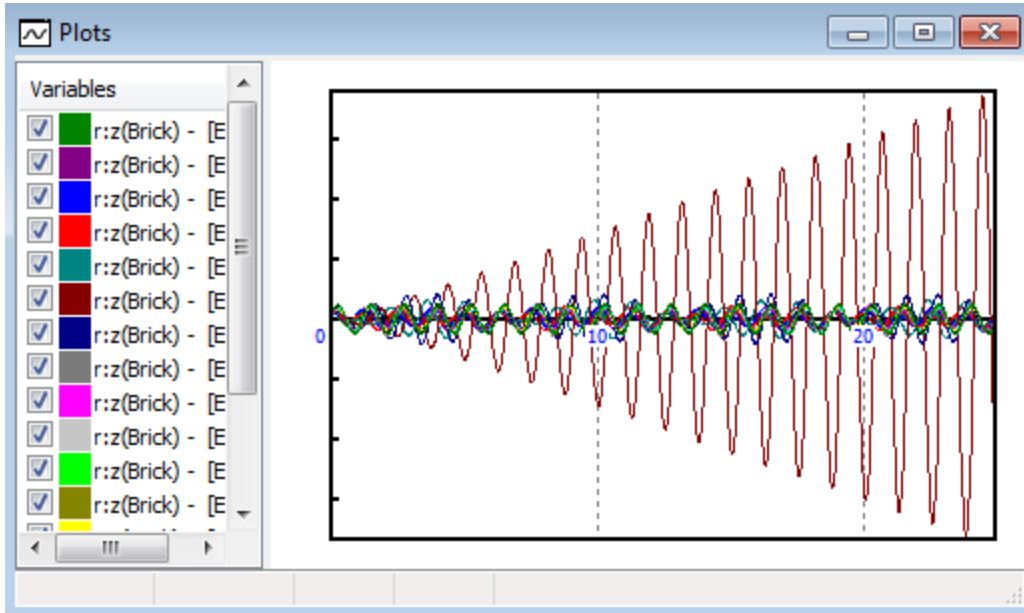



图 2.17 受迫振动

2.3.2 统计图表

UM 提供了多个后处理工具，用于模型整体性能对比分析：统计图、统计表和响应曲面。

这里我们以统计函数**标准差**为例，分析受迫振动家庭组的仿真结果。

1. 点击 **Results | Wizard of graphs** 页面。
2. 在左侧选择 **Resonance** 家庭组。
3. 在左侧选择变量 **r:z(Brick)**。
4. 在左侧选择统计函数 **Std_Dev**（标准差）。
5. 在右侧图表区下方选择横坐标变量 **omega**。
6. 点击右侧图表区上方按钮 。

这样，16 个工况标准差的统计结果自动绘制成随频率值变化的曲线，如图 2.18 所示。由图可见，标准差最大值发生在 **omega = 5 m/s** 时。如果读者熟悉振动理论，明显可以看出曲线与幅频特性非常相似。

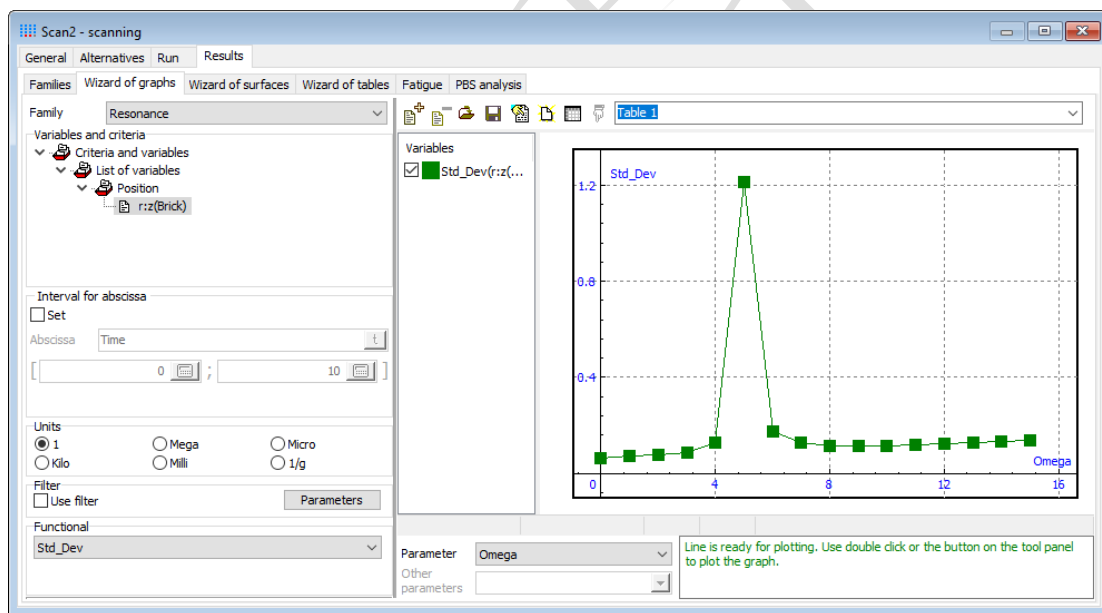


图 2.18 标准差统计结果