

# 如何在 CAXA CAE 中使用材料

---

## 1) 概述

### 1.1) 操作方式指导概述

CAXA CAE 指导提供了许多 CAXA CAE 中可用选项的例子。他们含有按步设置的例子、更多讨论和更多提示，因此比 F1 帮助材料提供的信息更多。他们也包含了常见错误对话框的例子，展示了他们产生的原因和解决方法。这里有足够多的屏幕截图，因此不需当成教程一样完成各例。但是如果使用自己的模型按照文件设置分析，文件中多数命令、菜单选择和按键名称已**加粗**，用户可以容易的看到。

规定：

未标明“右键”的单击或拖动表示使用鼠标左键的操作。

小字笔记提供操作的更多信息。

### 1.2) 材料操作方式指导（本指导）

CAXA 模型中的各零件可使用不同的材料。注意，相邻零件不会重叠，但是它们公用表面。

这篇指导包含 **2) 建立独立的 CAXA 零件**，这样他们可用不同的 FEA 材料，**3) 通过复制重叠区域中要保存的零件**，并用另一个零件减去它的方法来**处理重叠**的零件，**4) 向 FEA 模拟（SIM）添加新 FEA 材料**，**5) 改变材料参数**，和使用不同的参数创建编辑过的材料，以及添加编辑过的材料至 FEAMaterials.csv 文件，**6) (轻松一刻) 如果已分配材料的零件交换所用材料会怎么样**，展示如何再次分配零件至不同的材料，**7) 各向异性材料**展示了如何定义和使用各方向性质不同的材料（比如有纹理的木头），**8) CAXA 文件>另存为命令（和 FEA 模型）**展示了如何使用另存为同时保存 CAXA 模型和 FEA 模拟，此外，这里也展示了如何创建较小的分析文件，这样可以把文件压缩并发送给有 CAXACAE 的同事，**9) 热分析(和相关值)**展示了如何创建包含热膨胀的热模型，以及如何为热膨胀改变参考温度。

## 2) 建立独立的零件（拖动和释放）

### 2.1) 创建 5x3x2 长方体

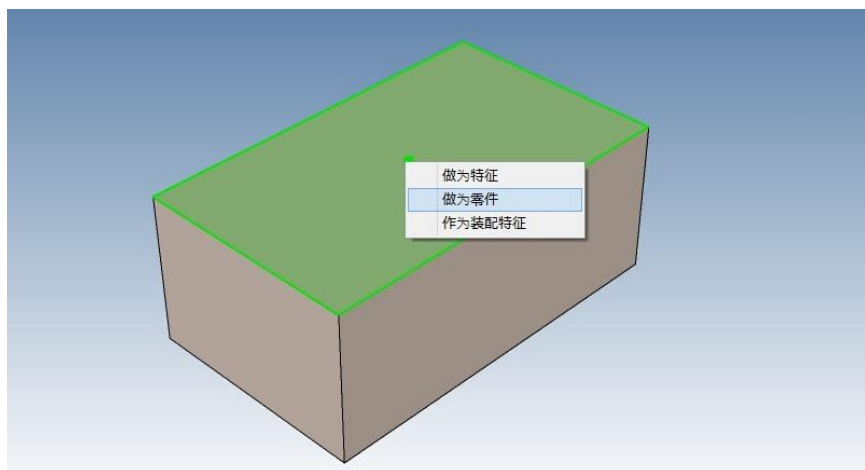
在操作方式指导中我们使用最基本的模型，我们创建一个 5 英寸乘 3 英寸乘 2 英寸的长方体。把长方体从设计元素库用**鼠标拖动**（使用鼠标左键）到场景中，再**单击**（未提右键的单击表示左键单击）长方体，这样红色的拖动把手出现了，再从把手上右键，从菜单中选择编辑包围盒。在编辑包围盒对话框中，输入长度为 5，宽度为 3，高度为 2。

### 2.2) 把圆柱作为独立的零件添加到长方体上

若使用右键从设计元素库把零件拖出，在释放鼠标后会出现一些选项，包括“作为零件”等。如果选择了作为零件选项，来自元素库的新条目会成为独立的零件，分析时可使用不同的材料。

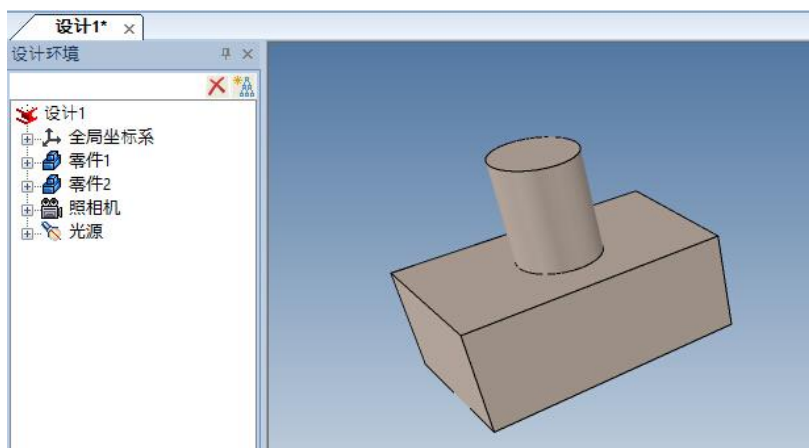
注意：从设计元素库中拖出、未释放在现存零件上的条目会自动成为独立的零件，而不需使用右键拖动的方法。

使用**鼠标右键**从设计元素库中拖出一个圆柱体，在代表长方体顶面中部的点处释放（见下图）。释放后会弹出一个对话框，选择**作为零件**：



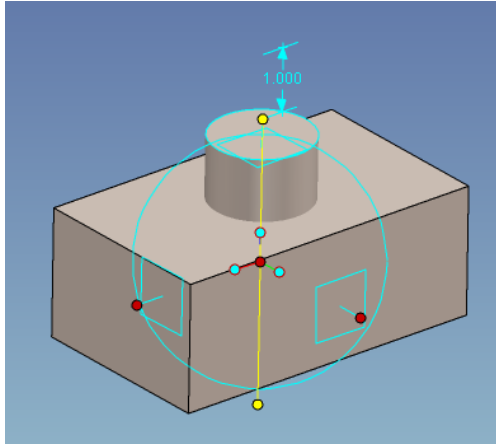
这里不需使用编辑包围盒命令改变圆柱尺寸，我们使用默认的直径 1.575 英寸和高 1.969 英寸。

设计环境显示添加了独立的零件，且圆柱在正方体之上。

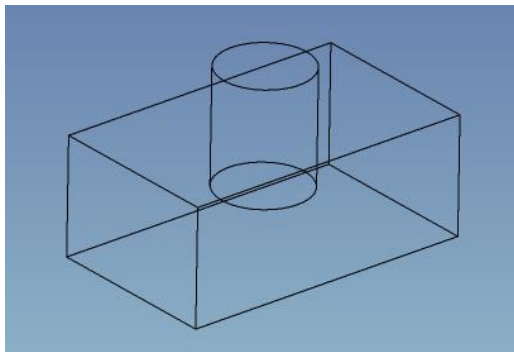


### 3) 处理重叠零件

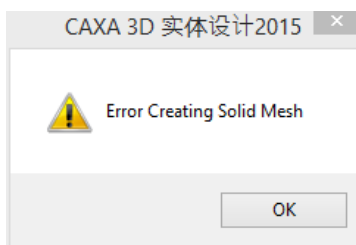
在圆柱长方体例子中，我们想把圆柱伸入长方体 1 英寸。我们可以使用三维球命令，把圆柱向下移动 1 英寸（长方体高度的一半），这样圆柱就进入长方体 1 英寸：



有限元分析不能接受这样的构造，因为长方体和圆柱体有部分重叠。带隐藏边的线框视图展示了长方体顶部、圆柱进入处的洞无边缘线：



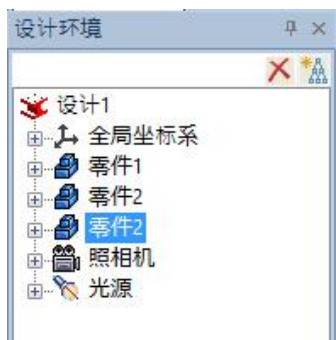
若尝试网格化模型，会得到以下警告：



在本例中，单击 **Ok** 后网格生成器会完成网格化。重叠区域的分配非常模棱两可，因为它同时属于圆柱和长方体。在本例中，重叠区域被分配给了长方体。这不是我们想要的。即使这是我们想要的，我们不能保证每次网格生成器都会把模棱两可的区域分配给长方体。我们可以通过复制圆柱，再使用布尔减操作从长方体中减去复制的零件来解决问题。

### 3.1) 复制圆柱体

在模型视图中右键单击圆柱或在设计环境中选择**拷贝**。再右键单击选择**粘贴**。设计环境中应当有两个零件 2 (圆柱体)：

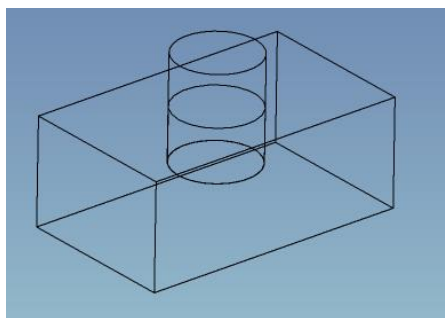


### 3.2) 布尔减运算

选择长方体 (零件 1) 再单击特征工具条修改部分的布尔选项 (或通过 CAXA 菜单的修改>布尔)。操作类型选择减，再单击圆柱体 (零件 2) 作为减去的实体：正确的面板显示为：




单击绿色的对号完成减运算。设计环境只有一个零件 2 (圆柱)，因为其中一个已用于减操作。带隐藏边的线框视图展示了长方体顶端洞的边缘：



这次如果我们再次网格化模型，警告将不会显示。我们可以隐藏圆柱的网格并确认长方体有洞。

### 4) 添加新材料

如果您已创建长方体-圆柱模型，应保存模型并单击 FEA 主工具条上的添加 FEA 图标：。在弹出的选择分析类型对话框中选择静态/稳态分析类型，单击确定。这样就在 CAXA 主窗口右部弹

出了 FEA 树状选项卡。单击模型标签已去除双问号（在确认单位后），单击**?? 默认材料**标签来观察默认材料的名称。

注意：默认材料是 **AFEMaterial.csv** (逗号分隔值) 文件的第一个材料，这个文件在 **CAXA\...\bin** 目录下。用户可编辑这个文件（或 **AFEMaterial.xlsx** Excel 文件，如果有 Excel）来添加材料。在“碳钢，AISI 1040 退火碳钢,..”行前添加材料会使新添加的材料成为默认材料（假定这种退火碳钢就是文件中的第一个材料）。

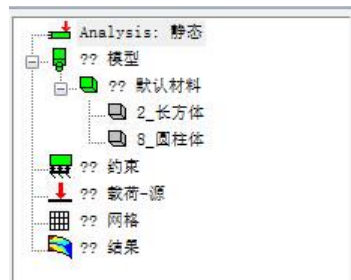
有限元树图为:



接下来我们想添加一个新的材料（聚合物 **ABS**）并把圆柱分配给这种材料。此外，我们会把长方体的材料由钢 1040 改为铜 H90。但是首先，我们要改变零件的名称，用圆柱和长方体来替换零件 1 和零件 2。

### 改变零件名称并同步

在设计环境中单击零件 1，再次单击来编辑文字，输入长方体。同样的，把零件 2 改为圆柱体。这不会改变 Multiphysics FEA 树内的名称。名称会在下次单击同步按钮后改变，但是当前同步按钮未被激活。若想现在就看到改变，需要让 CAXA 标记模型已变（这会打开同步键）。一种方法是右键单击一个零件，选择“隐藏所选”，再单击 CAXA 取消操作按钮。这样我们就激活了同步按钮，单击同步完成向 FEA 选项卡更新模型的信息，包括零件名称的变化。我的 FEA 树图为：



注意：FEA 树图的零件名会在每次读取 CAXA 模型时更新。所以若不使用之前提到的隐藏/取消/同步的方法，下次读取模型后 FEA 树图的零件名会与设计场景中的零件名一致。

注意：FEA 树图中长方体前的 2\_和圆柱体前的 8\_是 CAXA 分别给各零件分配的独特的值。它们也在边界条件列表中显示，来帮助区别相同名称的不同零件。注意这些数字不随零件名的改变而改变。

### 4.1) 创建新的材料叶

为了为聚合物 **ABS** 创建材料叶，单击 FEA 树图的**模型 – inch** 叶来显示模型页（蓝色椭圆），再单击**添加新材料**键（红色椭圆）：

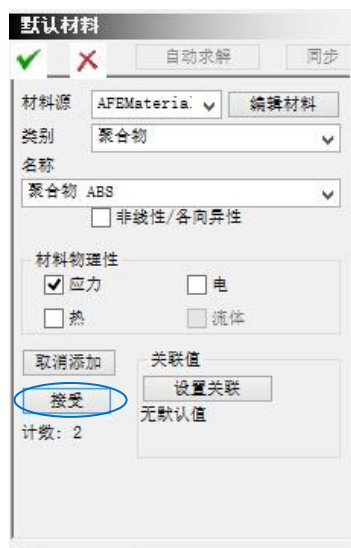


这个方法用默认材料（碳钢 1040）创建新的材料叶，并显示新材料的材料页面。在新的对话框中，使用类别下拉菜单中找到聚合物。这样就选择了聚合物 **ABS**，名称下拉菜单可用于选择其他聚合物。继续并单击绿色对号来保存材料改变：



#### 4.2) 把零件（实体）添加给材料

现在没有材料与新材料相关。单击**添加实体**键进入零件添加模式，再从**圆柱**上单击。再单击接受键（蓝色椭圆处，原添加实体键处）：



单击接受后，接受键下面的零件计数变为 **1**，页面出现绿色的对号和红色的差号，表示这个页面已经改变。单击**绿色对号**图标，FEA 树图会更新，表明一个零件与与碳钢 1040 相关，一个零件与聚合物 ABS 材料相关。

#### 4.3) 将长方体的材料改为铜 H90

单击 FEA 树图 **s-碳钢 AISI 1040 退火碳钢** 弹出这种材料的材料叶。使用**类别**下拉菜单选择**有色金属**，使用**名称**下拉菜单选择**铜 H90**。再单击绿色对号接受改变。

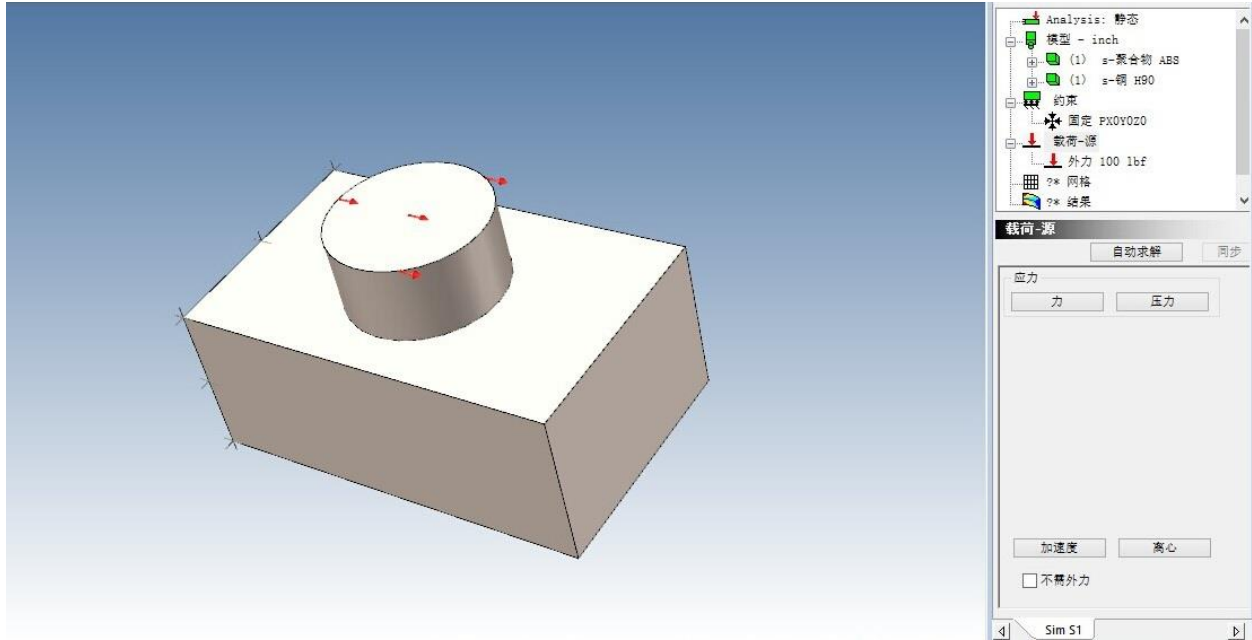
注意：

- 1) 当单击一个材料后，所有与这种材料相关的实体在模型窗口和设计环境都被突出。可以用这个方法确认实体被分配给了正确的材料。
- 2) 在材料名称前的 (1) 表示有一个实体与这种材料相关。如果没有实体与某种材料相关，向去除这种材料的话，可使用模型页面的**移除未用材料**键。
- 3) 在材料名称前的材料叶文字有 's-'。表明这种材料的应力物理性被激活。在材料页面有材料使用的物理性的勾选框。在多物理性模型中，若材料应力、热、电物理性均被激活，'s-' 变为 'ste-'。

### 5) 改变材料性质参数

这部分展示了编辑材料参数和向 AFEMaterials.csv 文件添加用户自己常用材料的方法。

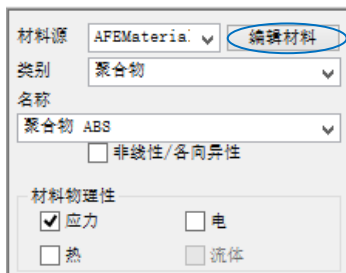
在改变材料参数之前，我们先固定模型的一边并向圆柱的顶端施加外力。我们把视角调为 TFR，接着固定模型左边（约束>位置和旋转），再向圆柱顶面沿施加大小为 **100 lbs**、**x** 方向的外力（载荷-源>力）：



分析完后，我们得到了圆柱顶端的最大位移为 0.00127 英寸。

### 5.1) 编辑材料参数

假设我们使用一种特殊的“软”聚合物，它的多数性质与聚合物 ABS 相同，但是它的杨氏模量仅为后者的 1/10，我们单击**(1) s-聚合物 ABS** 叶，再单击材料对话框顶部的**编辑材料**命令：



这样弹出材料编辑对话框。我们把材料名称改为聚合物软 ABS，而它的杨氏模量 E 为 29007（移去 5）。材料编辑对话框变为：



注意材料编辑对话框上的一些条目为灰色不可用。它们对应于这种材料当前不允许的物理性。

单位系统的下拉菜单可改为 SI (mks)。许多表格提供了 SI 单位的材料性质。事实上，CAXACAE 内部使用 SI 单位储存材料的参数。

单击**绿色对号**接受在材料编辑对话框中进行的改变。注意这种材料的源和类别均变为 **Edited**（已编辑）。它强调了当前材料与原 **AFEMaterial.csv** 文件中的材料不一致。如果我们忘记改变“聚合物 ABS”的名称，这里我们依然可知我们用了不同的材料。

树图叶中的材料名称已变为 **(1) E s-Polymer ABS Soft**。同样这里开始处的‘E’表示这是一种从 **AFEMaterial.csv** 文件中编辑过的材料。

单击**自动求解**会使用新材料再次分析模型。新的最大变形是 0.0121 英寸。变形变化的主要原因是使用了新的材料，“软聚合物”的变形大约为原更硬聚合物变形量的十倍。

### 5.1) 向 AFEMaterial.csv 文件中添加新材料

在本例中，我们将把聚合物软 ABS 添加到 **AFEMaterials.csv** 文件中。

打开 CAXA 的 bin 文件夹，我们会找到 **AFEMaterials.csv** 文件和 **AFEMaterials.xlsx** 文件。

提示：如果您桌面上有 CAXA 的快捷方式，可以右键单击它的快捷方式，在弹出的菜单中选择**打开文件位置**。如您正在使用 CAXA2015，这应当打开 CAXA\2015\bin 文件夹。

最好在编辑这些文件前备份一下。可以复制原文件，并将复制的文件命名为 **AFEMaterials - Copy.csv**，而原文件命名为 **AFEMaterials - Orig.csv**。如果您有 Excel，特别是如果您所在国家使用“；”作为分隔符而“，”作为十进位符号，那么对于您编辑.xlsx 文件会更容易，再此基础上使用“另存为”再把文件类型选为 **CSV (Comma delimited) (\*.csv)**，即可创建新.csv 文件。如果要使用 Unicode 字符（如中文），您需要直接编辑.csv 文件。

### 5.1a) 编辑 .csv 文件

备份好文件后，在 bin 文件夹中右键单击 AFEMaterials.csv，选择使用 Notepad 打开 (或其他 ascii 编辑器)。文件末尾为以下行：

```
聚合物, 聚合物 ABS ,2.00E+09,0.394,0.00E+00,1.02E+03,0.00E+00,,,1.39E+03,0.23,,,
```

复制这行并粘贴到下一行（在 Notepad，选择要复制的行，按下 Ctrl-C，单击该行的末尾按下 Enter 另起一行后，再按下 Ctrl-V，把内容粘贴到新行中）。我们在 ABS 前添加“软”，并把 2.00E+09 改为 2.00E+08。我们的原行和新行如下：

```
聚合物, 聚合物 ABS ,2.00E+09,0.394,0.00E+00,1.02E+03,0.00E+00,,,1.39E+03,0.23,,,  
聚合物, 聚合物软 ABS ,2.00E+08,0.394,0.00E+00,1.02E+03,0.00E+00,,,1.39E+03,0.23,,,
```

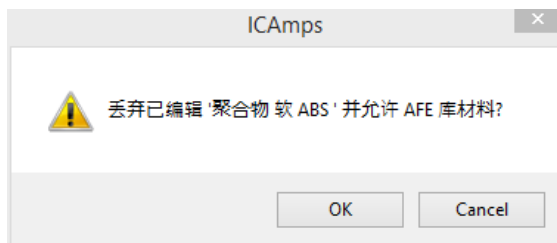
然后保存文件。

### 5.2) 使用新的 AFEMaterials.csv 文件

我们需要重启 CAXA 来观察改变，我们退出并再次打开 CAXA。

再次打开长方体圆柱体模型，单击**聚合物软 ABS** 叶显示与这种材料相关的材料页面。

把材料源下拉菜单改回 AFEMaterials，并在以下警告中单击确定：



注意：警告出现是因为之前的（编辑过的）材料信息会被材料库中的材料覆盖。事实上，用户单击确定后还有一次机会找回这些信息。如果用户后来单击了红色的差号来取消材料更改（在单击绿色对号接受改变），材料不会有更改而编辑过的聚合物软 ABS 值会被保存。

现在从类别下拉菜单中选择聚合物，从名称下拉菜单中选择聚合物软 ABS。单击绿色对号 FEA 选项卡显示为：



单击**自动求解**键进行模拟求解和最终检查，新的位移应该与之前结果相同（约 0.0121 英寸）。

### 5.1b) 编辑.xlsx 文件 (如果有 Excel 且不使用 Unicode)

因为这会改变 AFEMaterials.csv 文件和 AFEMaterials.xlsx 文件，我们应先备份再编辑。

双击 bin 文件夹中的 AFEMaterials.xlsx，这样会打开 Excel 进行编辑。Excel 用列显示数据，这样会更加容易编辑材料数据。例如我们将复制聚合物 ABS 行再创建新的“聚合物软 ABS”行。在聚合物...聚合物 ABS 的行序号上**右键**，从弹出的菜单中选择**复制**。在相同的位置再次**右键**，选择**插入复制的单元**。这部分英文 Excel 显示为：

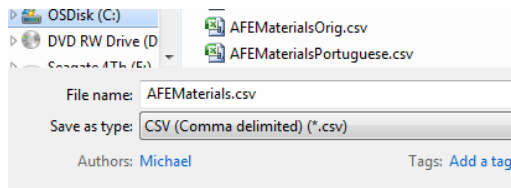
70	Non-Ferrous	Titanium TA11	1.20E+11	0.32	8.50E-06	4.37E+03	9.10E+08	
71	Polymer	Polymer ABS	2.00E+09	0.394	0.00E+00	1.02E+03	0.00E+00	
72	Polymer	Polymer ABS	2.00E+09	0.394	0.00E+00	1.02E+03	0.00E+00	
73	Polymer	Polymer Nylon 610	8.30E+09	0.28	3.00E-05	1.40E+03	6.89E+07	
74	Polymer	Polymer PE High Density	1.07E+09	0.41	0.00E+00	9.52E+02	0.00E+00	

编辑第 72 行(实际上 71 行也可)，把名称（第二列）改为聚合物软 ABS，并把 2.00E+9 改为 2.00E+8 (若显示 2000000000，编辑这行移除一个 0 即可)。英文的电子表格显示为：

70	Non-Ferrous	Titanium TA11	1.20E+11	0.32	8.50E-06			
71	Polymer	Polymer ABS	2.00E+09	0.394	0.00E+00			
72	Polymer	Polymer ABS Softer	2.00E+08	0.394	0.00E+00			
73	Polymer	Polymer Nylon 610	8.30E+09	0.28	3.00E-05			

在把电子表格保存为 CSV 版本前，单击**保存**图标（左上部）来用新值更新 AFEMaterials.xlsx。

选择左上部菜单的**另存为**，**保存类型**下拉菜单选择 **CSV (Comma delimited) (\*.csv)**。具体如下：



单击**保存**键，再单击**确定**代替原有 AFEMaterials.csv 文件。

接下来的对话框会询问是否在 csv 格式中保存工作簿。当不想保存时请输入否。这可能引起另存 AFEMaterial.csv 文件对话框再次出现。用户可取消保存并关闭工作簿。如果提示再次出现也不需再次保存。

接下来可重复之前的 **5.2) 使用新的 AFEMaterials.csv 文件**步骤，并在聚合物列表中选择**聚合物软 ABS**。

注意: 如果从 AFEMaterials.csv 中读取了某材料，而这种材料已不在这个文件中，名称下拉菜单会变空白。如果在这种情况下按照 5.1a) 和 5.2) 的步骤把材料改为**聚合物软 ABS**，原来的 AFEMaterials.csv 文件 (有聚合物软 ABS) 会被 5.1b 部分的 AFEMaterials.xlsx 保存得到的 AFEMaterials.csv 覆盖掉。当一种材料已经不在当前库、且材料值被存在模拟中时，旧的模拟依然可以使用这种材料进行分析，此时材料名称行为空。如果您从其他人那里得到了使用不同 AFEMaterial.csv 文件中材料的模型，材料名称行也可为空。若您想把这种材料添加到 AFEMaterials.csv 中，您可以从有材料参数值的.csv 文件中复制这些值，再把他们复制到 AFEMaterials.xlsx 或 AFEMaterials.csv 文件中。

### 5.3) 恢复原来的 AFEMaterials 文件

如果您把这篇文章当做教程并按照它修改您的系统，您会想删除您 AFEMaterials 文件中的假聚合物软 ABS 材料。现将使用备份文件还原原来的 AFEMaterials.csv 和 AFEMaterials.xlsx 文件。

如果之前忘记了备份，您可以编辑修改过的文件，并删除添加的聚合物， 聚合物软 ABS...行。

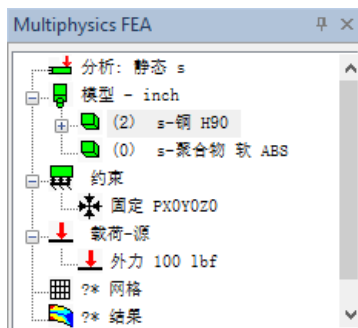
下次打开 CAXA（会再次读取 AFEMaterials.csv），再重新加载长方体圆柱体模型，在分析树中还有聚合物软 ABS。若单击这个分析叶，材料对话框中名称下拉菜单为空白，因为聚合物软 ABS 不在当前 AFEMaterials.csv 文件中。如果您没有阅读这部分之前的注意部分，可现在阅读这部分。

## 6) (轻松一刻) 如果已分配材料的零件交换所用材料会怎么样

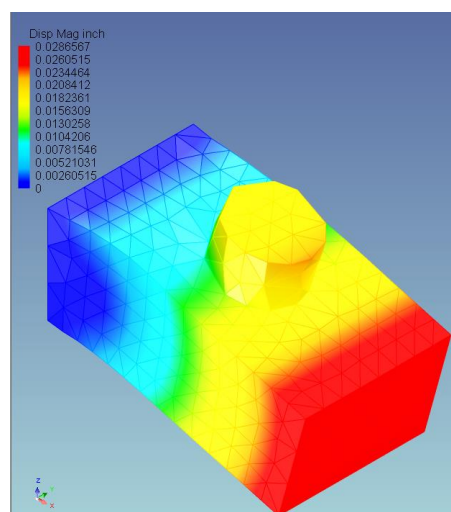
当前模型有一个软聚合物棒固定在硬铜长方体上。因为 FEA 很容易回答做出改变后模型会怎么样，这里我们将观察已分配材料的零件交换所用材料会怎么样。

我们继续进行之前的分析，并在分析中做些修改。**右键**分析叶，从弹出的菜单中选择复制模拟。这样我们就在 FEA 选项卡下面有了 Sim2 标签，而且 Sim2 标签已被激活。

为了改变零件的材料，直接单击**铜 H90** 叶，单击对话框底部的**添加实体**，**选择圆柱**后单击**接受**，再单击出现的**绿色对号**。分析树显示零件与**铜 H90** 相关：



单击**聚合物软 ABS** 叶，单击**长方体**后单击接受，再单击**绿色对号**。每个材料都有一个跟它们相关的零件。单击**自动求解**，结果显示最大位移模量为.028 英寸，它发生在软聚合物构成的长方体上。



## 7) 各向异性材料

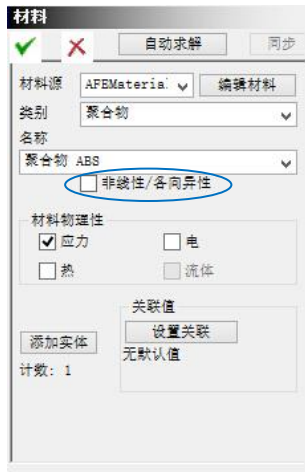
各向异性材料的性质在各空间方向不一致。CAXA CAE 支持沿三个垂直方向性质不同的材料，又称为正交各向异性材料。有些材料各方向性质不同，如木头（因为它的纹理）和层状材料（性质沿层方向不同）。

例如我们复制之前的 SIM2 创建 SIM3。SIM3 有软聚合物构成的长方体和硬一些的铜构成的圆柱体。我们把聚合物改为非线性/各向异性材料，它在 X 方向比 Y 向和 Z 向要软的多。

为创建 SIM3 首先确保 SIM2 标签被激活，**右键分析**叶（顶级叶），从弹出的菜单选择**复制模拟**。从弹出的选择**分析类型对话框**中选择静态/稳态分析的分析类型，单击**确定**。

### 7.1) 设置各向异性材料

单击**聚合物软 ABS** 叶，弹出这种材料的材料对话框。单击**非线性/各向异性**勾选框（下面蓝色椭圆处），以启用非线性和各向异性材料：



单击编辑材料键打开非线性/各向异性材料编辑器。忽略未在材料库找到材料的对话框（我们之前在 AFEMaterials.csv 文件中添加了聚合物软 ABS 材料，然后恢复了原 AFEMaterials.csv 文件，现在材料库中已没有聚合物软 ABS 材料）。

注意: 如果您有 CAXA CAE 的基本版证书，您无法使用非线性/各向异性材料。您依然可以查看这些对话框，但是会出现一些关于证书的警告。

非线性材料编辑菜单提供了所有参数的非线性乘数的选项，并在左边包含特殊材料模型。左下部为各向异性材料选项。单击各向异性应力（下面蓝色椭圆）或各向异性应力键，弹出各向异性/正交材料定义对话框：



各向异性材料定义对话框的起始参数与主对话框的杨氏模量，泊松比和可求的剪切模量一致。

材料应力各向异性/正交各向异性定义

材料电正交  $a_x, b_y, c_z$  轴向

方向a向量  $\begin{matrix} x & y & z \\ 1 & 0 & 0 \end{matrix}$

方向b向量  $\begin{matrix} x & y & z \\ 0 & 1 & 0 \end{matrix}$

杨氏模量  $\begin{matrix} E_a & E_b & E_c \end{matrix} \begin{matrix} 29007.5 & 29007.5 & 29007.5 \end{matrix}$  非线性乘数  $\begin{matrix} - & - & - \end{matrix}$  单位  $\begin{matrix} \text{psi} & \text{psi} & \text{psi} \end{matrix}$

泊松比  $\begin{matrix} \nu_{ab} & \nu_{ca} & \nu_{cb} \end{matrix} \begin{matrix} 0.394 & 0.394 & 0.394 \end{matrix}$

剪切模量  $\begin{matrix} G_{ab} & G_{bc} & G_{ca} \end{matrix} \begin{matrix} 104044 & 104044 & 104044 \end{matrix}$

确定 取消

在本例中，我们通过移去小数点，把  $E_b$  和  $E_c$  增大十倍(见蓝色箭头)。毕竟这是虚拟的材料，我们不改变泊松比或剪切模量。同时为了更好的展示，我们把  $E_a$  值改为 29007.6。对话框变为：

材料应力各向异性/正交各向异性定义

材料电正交  $a_x, b_y, c_z$  轴向

方向a向量  $\begin{matrix} x & y & z \\ 1 & 0 & 0 \end{matrix}$

方向b向量  $\begin{matrix} x & y & z \\ 0 & 1 & 0 \end{matrix}$

杨氏模量  $\begin{matrix} E_a & E_b & E_c \end{matrix} \begin{matrix} 29007.6 & 290075 & 290075 \end{matrix}$  非线性乘数  $\begin{matrix} - & - & - \end{matrix}$  单位  $\begin{matrix} \text{psi} & \text{psi} & \text{psi} \end{matrix}$

泊松比  $\begin{matrix} \nu_{ab} & \nu_{ca} & \nu_{cb} \end{matrix} \begin{matrix} 0.394 & 0.394 & 0.394 \end{matrix}$

剪切模量  $\begin{matrix} G_{ab} & G_{bc} & G_{ca} \end{matrix} \begin{matrix} 104044 & 104044 & 104044 \end{matrix}$

确定 取消

在离开这个对话框之前，注意在顶部确定  $a$  向量和  $b$  向量。本例中  $V_a$  沿  $X$  方向而  $V_b$  沿  $Y$  方向。 $V_c$  垂直于  $V_a$  和  $V_b$ ，所以  $V_c$  沿  $Z$  向。这里只使用  $V_b$  垂直于  $V_a$  的分量。本例中如向  $b$  方向向量添加  $X$  分量也会被忽略，因为  $X$  分量与  $V_a$  平行。材料性质参考这里的  $V_a, V_b$  和  $V_c$  坐标系。

现在单击**确定**关闭各向异性对话框，并保存更改。

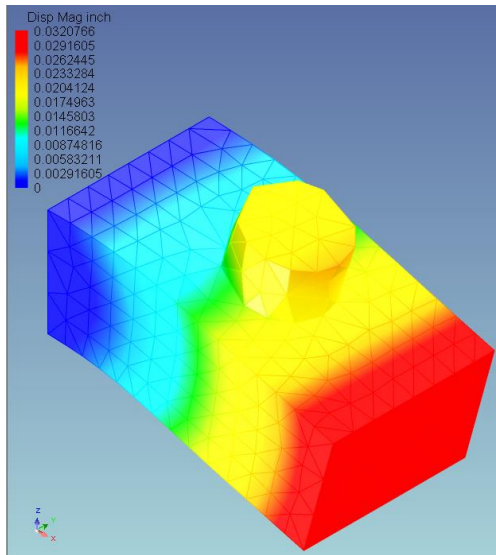
注意主页面德尔杨氏模量被改为 29007.6，与各向异性应力的  $V_a$  分量一致。如果我们改变了第一个泊松比， $\nu_{ab}$ ，它们也会显示在非线性材料主对话框中。如想查看其它值，您需要单击各向异性应力键。

单击**确定**关闭各向异性对话框，单击**绿色对号**保存对话框的更改。

注意叶图上的材料名称前多了‘E NL’。这表示材料已经过编辑，且使用非线性/各向异性的版本。

单击自动求解键解决 **SIM3** 和查看结果。刚度的改变造成的变化很少。模型多数延展是沿  $X$  方向的，因为力也是沿  $X$  方向施加的。





如有兴趣，我们可以回到各向异性应力对话框，并把较软的方向改为 Y 方向。我们可以通过把  $V_a$  向量改为  $(0,1,0)$ ， $V_b$  向量改为  $(0,0,1)$ 。 $V_c$  方向 (另一个较硬方向) 就成了  $(1,0,0)$ 。各向异性应力对话框如下：

材料应力各向异性/正交各向异性定义

材料电正交  $a_x, b_y, c_z$  轴向

方向a分量:  $x=1, y=0, z=0$

方向b分量:  $x=0, y=1, z=0$

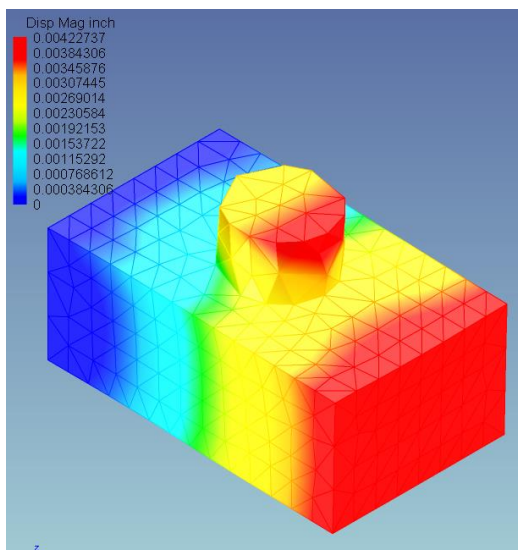
杨氏模量:  $E_a=29007.5, E_b=29007.5, E_c=29007.5$  非线性乘数:  $-$  单位:  $psi$

泊松比:  $\nu_{ab}=0.394, \nu_{ca}=0.394, \nu_{cb}=0.394$  非线性乘数:  $-$

剪切模量:  $G_{ab}=104044, G_{bc}=104044, G_{ca}=104044$  非线性乘数:  $-$  单位:  $psi$

确定 取消

单击确定后单击绿色接受对号，可使用自动求解键求解模型。显示变形（相同比例）结果如下：





这次位移量少十倍，因为模型在 x 方向刚度增大了十倍。

## 8) CAXA 文件>另存为命令 (与 FEA 模型一起)

这与材料不相关，但我们可用另存为把模型按照另一个名称保存，顺便介绍一下这样做的影响。

在更改模拟前最好使用文件>保存命令。我们将用原模型进行热分析，并删除一些我们不感兴趣的模拟。如果我们在使用文件>另存为前就删除了 SIMS，它们会从我们原模型中消失，我们应尽量避免这种操作。

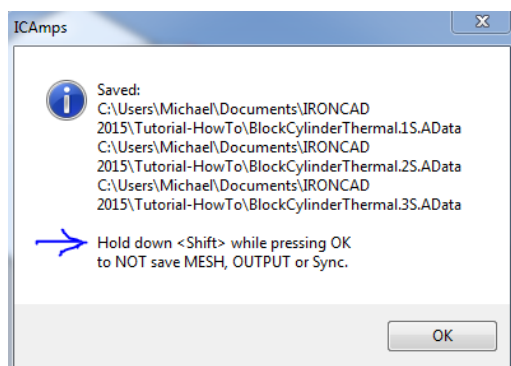
### 8.1) 在使用文件>另存为命令前使用工具条上 FEA 保存键，

在使用文件>另存为命令前保存 FEA 是一个很好的习惯。我们单击工具条上保存 FEA 键实现。

如果忘记保存 FEA，会弹出 FEA: 保存修改对话框 (与改变 FEA 后未保存而想关闭 CAXA 弹出的对话框相同)。但是您会得到一个确定模拟保存好的对话框，以及另外一个确定 FEA 信息的对话框，用户可以更改文件名并选择跳过复制网格和输出。因此分开这两个操作是很有必要的。

### 8.2) 在作出改变前使用文件>另存为命令

现在使用 CAXA 文件>另存为命令，把模型命名为长方体圆柱热保存。这次在模拟复制给新名字后，下面的对话框显示复制了模拟的全名，允许我不保存网格和输出文件（下面蓝色箭头）：



### 8.3) 何时不保存网格，输出或同步

为什么我不想保存网格，输出或同步文件？一些模型包含了太多元素，它们的网格和输出文件会太大。有时上千步的多步或动态分析的这些文件会大于 1G。这时无法把这些文件发送给有 CAXA 和 CAXA CAE 证书的同事。有时每个模拟的压缩 CAD 模型文件 (.ics)，模拟信息文件 (.ASims) 和数据文件 (.#?.AData，其中#为模拟编号，?由分析类型首字母代替) 只有几兆大。您的同事可以用这些文件再次得到网格和输出文件（可能要花些时间，但是可以得到）。

所以如果您想发送带 FEA 模拟的模型给您的同事，可使用文件>另存为，把文件存到另一个文件夹，在按下 Shift 键单击确定，这样网格、输出和同步文件不会复制到新文件夹中。若您这里启用了空文件夹，保存后就可以压缩并发送了。您的同事可以单击自动求解按钮得到网格和输出。

## 9) 热分析（以及相关值）

我们已保存模拟，并使用文件>另存为得到了使用不同名称的模型和模拟的备份。我们将删除模拟，然后建立新的模拟。在这里，我们将对模型进行热分析，观察它热膨胀的现象。

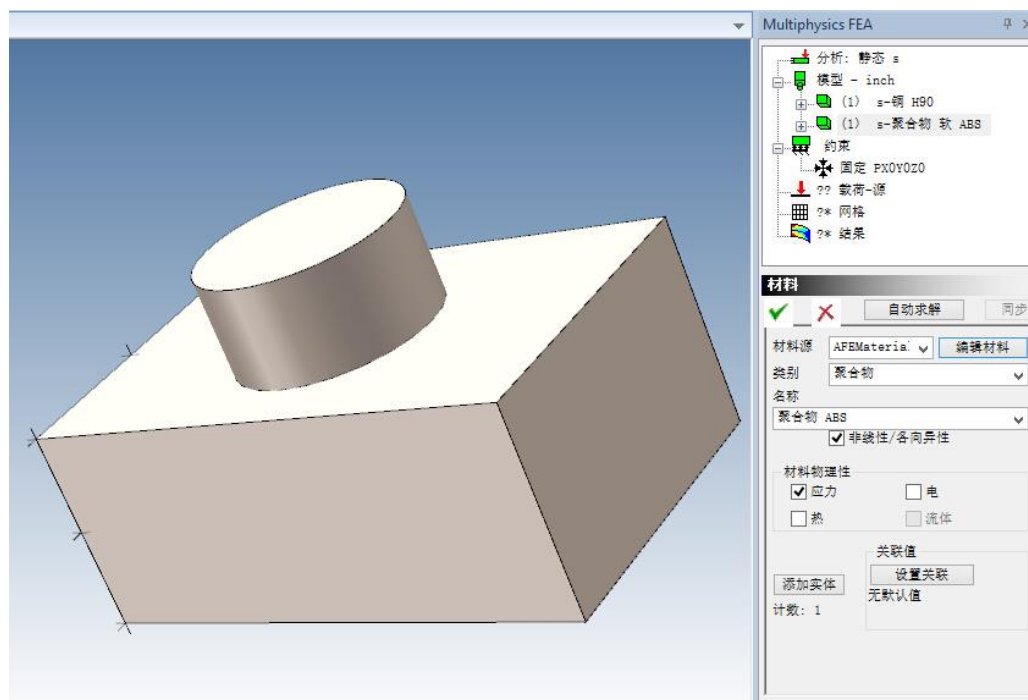
FEA 中有许多与 FEA 材料相关的性质无法在材料表格中找到。包括无膨胀的温度和材料的恒产热。此外，壳元素还与壳的厚度相关。.

我们将保留第一个模拟，删除其他所有模拟。首先在最后一个模拟中，**右键分析叶**，从菜单中选择**删除模拟**，在单击**确定**确认删除（删除后无法还原）。重复这步直到只剩下第一个模拟。

如果您按照这个文章制作模型，您将剩下应力模拟，其中长方体使用铜 H90，圆柱使用我们编辑的聚合物软 ABS。我们删除施加在圆柱顶端的外力，这样模型的所有变形都来自热膨胀。

### 删除原外力

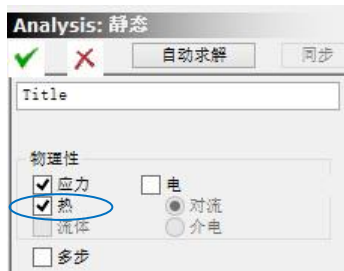
**右键外力 100 lb** 叶从弹出的菜单中选择**删除**。单击**确定**确定删除（删除后无法恢复）。模型变为：



下面的步骤可以为模型建立应力和热分析，并为约束面添加固定温度和为前表面添加热。

### 9.1) 在分析页面启用热分析

单击**分析叶**显示分析对话框。再单击**热**启用热分析（见下图蓝色椭圆）：



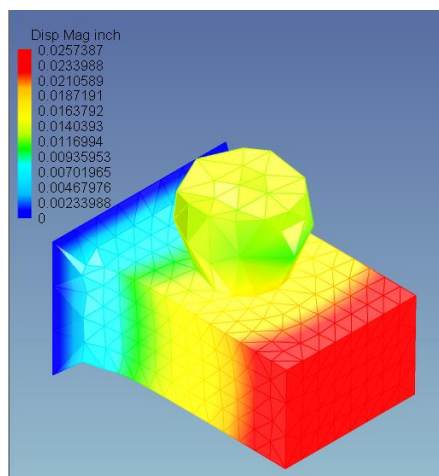
## 9.2) 为材料启用热物理性

本例中，我们启用所有材料的热物理性。单击**铜 H90** 叶，勾选**热物理性**勾选框（蓝色箭头）：



再单击绿色接受对号保存更改。

单击**自动求解**后查看结果，我们发现整个零件为 0 Kelvin (或-459.67 F)。位移模量的结果更加有趣：因为这种材料热膨胀的参考温度是 0 F (比-459.67 F 高很多，请看之前材料页面的设定相关值键部分  $T_{ref} = 0\text{ F}$ )，长方体因冷收缩。对模型使用 55 倍比例因子夸张变形后为：

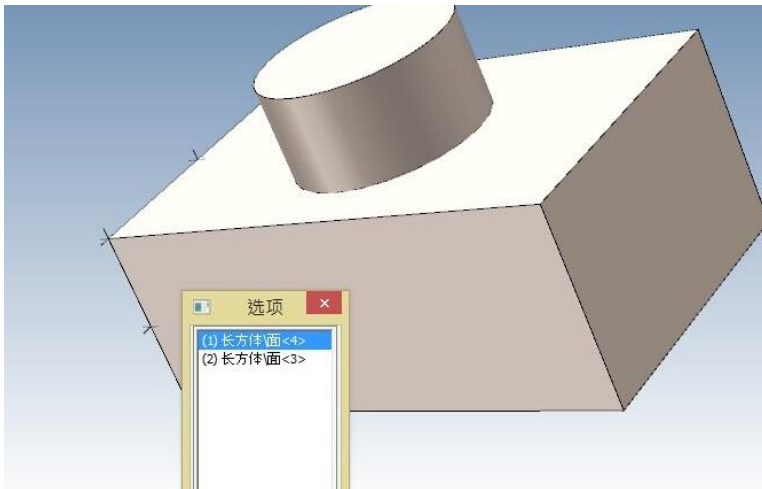


## 9.3) 为模型施加固定温度约束

为固定模型的左面为 0 F，单击约束叶，再单击热温度约束：



为选择在当前视角被挡住的左面，我们同时按下 **Ctrl, Alt 和 Shift**，再**从左面上单击**。这样就弹出了可以选择单击处面的菜单。把指针移到被挡住的平面的选项处单击，这个平面出现绿色边缘：



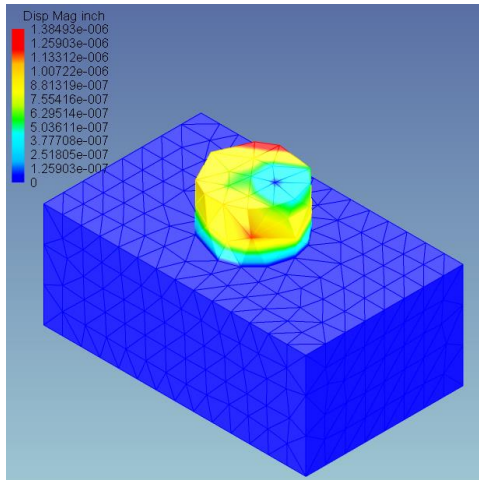
默认温度是 0 F，我们不做修改。固定温度对话框如下：



注意: 实体列表中的 **F 1** 表示所选的是第一个平面，**2\_Block** 表示包含上面平面的零件叫做长方体，它在 **CAXA** 中的编号为 2。多数情况下，我们仅关注第一个字母，它表示所选实体种类：**F** = 面, **E** = 边, **V** = 点，“空”表示整个实体被选。若选错了种类（或条目），可以在实体列表中单击名称选择确定来把条目从列表中移除。

**单击绿色接受对号来接受改变。**

**单击自动求解**再次求解模型。使用相同的 55 倍比例系数，变形如下：

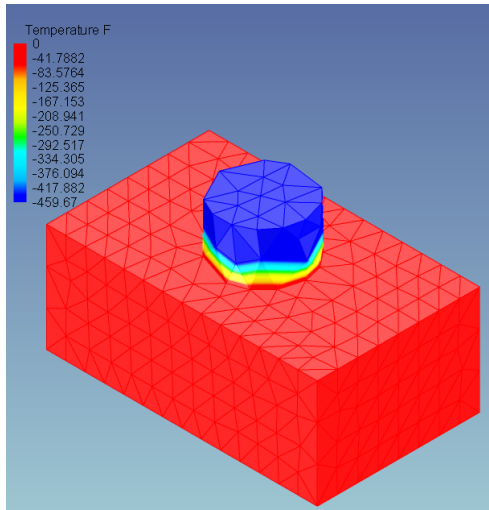


注意:圆柱的小变形是因为长方体中更小的变形 ( $1e-8$  英寸)。这里变形被模型几何放大。圆柱材料（聚合物软 ABS）未开启热物理性。事实上，聚合物软 ABS 的热膨胀系数等于 0，所以它不随温度变化而膨胀。

单击结果页面的**图解设置**后从图解显示对话框做的下拉菜单中选择**温度**可以观察温度图解。



我们得到了以下结果图解：

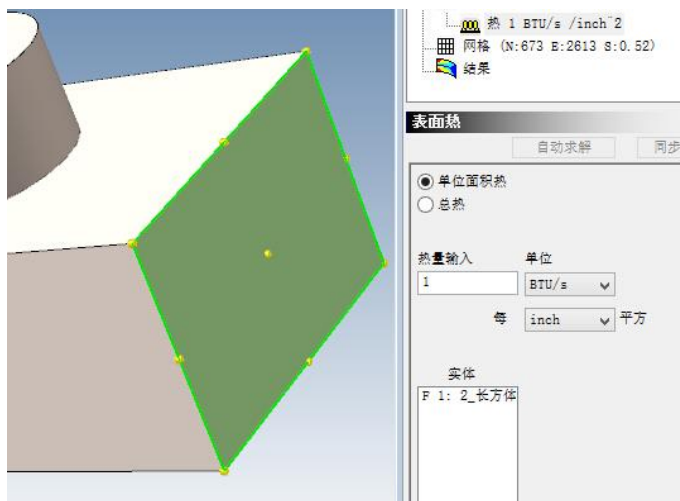


长方体的温度是 0 F，因为我们把温度约束为这个温度、而没有其他的热边界条件。仅在圆柱上的节点（不与长方体公用的）温度为 0 K (或 -459.67 F)。因为我们没有勾选圆柱材料的热物理性，圆柱的温度未使用。圆柱图解看起来像是温度在与长方体接触处由-459.67 F 变为 0 F。这其实是认为的结果，它基于仅使用节点温度显示温度的图解算法。

#### 9.4) 增加另一个温度边界条件

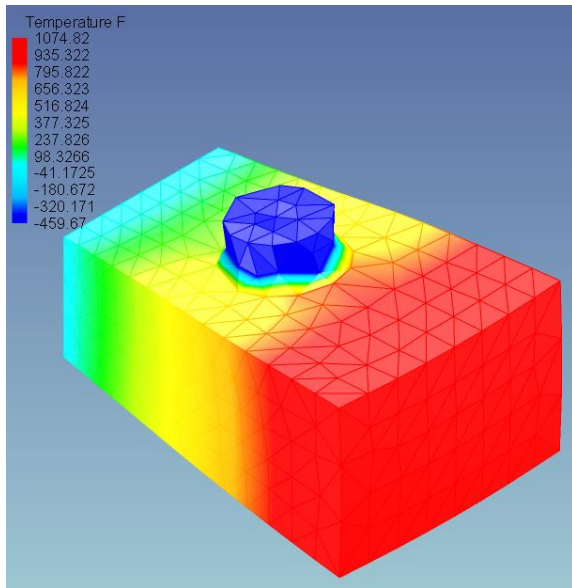
为了得到更有意义的热结果，我们需添加其他热边界条件。我们可以明确模型另一平面的温度或者我们可以为模型的一面添加热流。这里我向右面添加热流。

**单击载荷-源叶，单击热部分的热流键。单击模型的右面（下图蓝色箭头）热输入处键入 1 BTU/s 每平方英寸。**



单击绿色接受对号后单击自动求解计算模型。

以下显示了温度图解，和夸大 39.7 倍的变形：



正如预期，我们看到施加热流部分形成了热端并产生大膨胀，这里温度为 1070 F。

#### 9.4) 改变热膨胀参考温度

假设长方体本来为 500 F 时固定住它的左端，再向右端添加热流。那么热膨胀参考温度应该是 500 F。这样长方体冷于 500 F 的地方会收缩，高于 500 F 的地方会膨胀。

单击铜 H90 叶编辑材料性质。单击**设置相关值**键（见蓝色椭圆）：



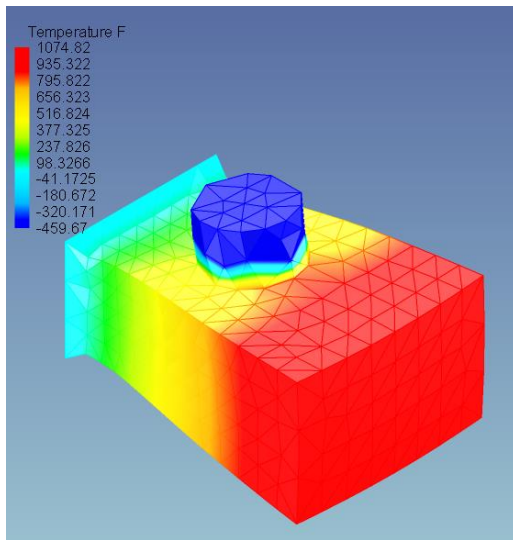
在**相关值**菜单上把 T (no 无膨胀) 值改为 500 再单击绿色对号：





现在单击绿色对号接受改变，再单击自动求解按钮。

以下展示了温度图解和 39.7 倍的变形：



结果显示冷于 500 F 的地方会收缩，高于 500 F 的地方会膨胀。

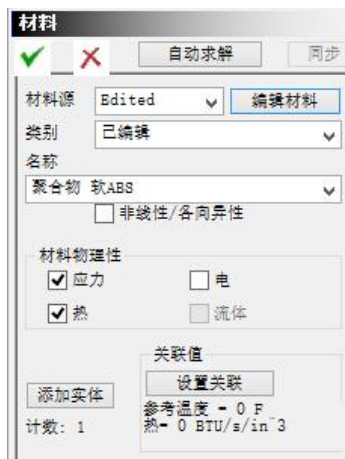
### 9.5) 向圆柱材料添加热物理性

我们将向所有材料添加热物理性。我们复制 **SIM 1** 建立新的模拟，它的圆柱有热物理性。

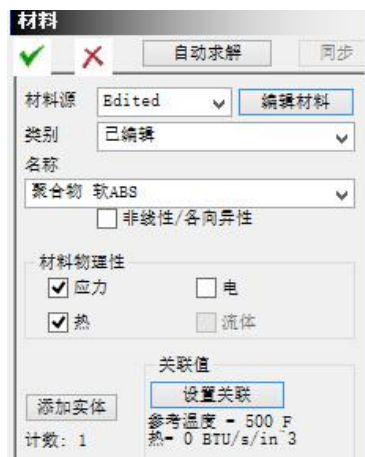
**右键分析叶**，从弹出的菜单中选择**复制模拟**。使用相同的静态分析，**单击确定**。这样就添加并激活了 **Sim 2** (底部标签为白色，且未被线与对话框分离)。

**单击聚合物软 ABS 叶**显示材料页面，单击材料物理性部分的热勾选框来激活这种材料的热物理性。注意设定相关值键下面的文字发生了变化，表示有值与含热物理性的材料相关：

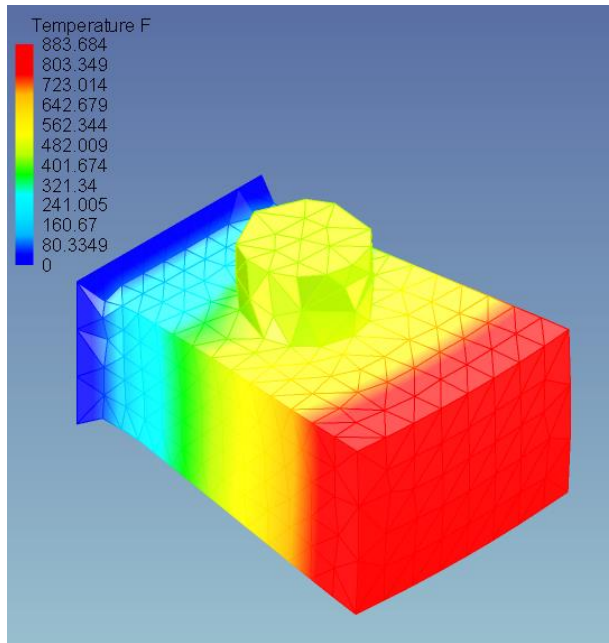




我们把 Tref 温度改为 500 F，这样它与铜长方体一致。单击**设置相关**按钮，在 **T(无膨胀)**处输入 **500**，单击设定相关页面的**绿色对号**，再单击材料页面的**绿色对号**。材料页面底部的 Tref = 0 F 变为 Tref = 500 F:



单击**自动求解**按钮分析模型。温度结果和 39.7 倍的变形为:



包含了聚合物的热属性，模型右端温度大概下降了 200 度。圆柱的温度更加现实。因为聚合物的热膨胀系数为 0，所以圆柱依然没有热膨胀（而且因为参考温度为 500 F，所以即使膨胀系数不为零膨胀也很小）。

可能模型右端温度下降的原因来自增加的圆柱热传提高了整个模型的热传。这也减少了相同热流所需的温度梯度，所以温度由热端到 0 F 端的温度差变小。下部分我们将不用圆柱得到与 Sim1 相同的结果。

## 9.6) 如果分析无圆柱的模型

### 9.6.1) 通过复制 Sim2 创建 Sim3

首先复制 Sim 2 来创建 Sim 3。确保 Sim 2 被激活后右键分析叶，从菜单中选择**复制模拟**。

我们有几种方法从 FEA 中删除圆柱。最简单的方法是通过右键零件叶 (需展开与零件相关的材料叶) 再从弹出的菜单中选择禁用/启用来禁用。可用这种方法禁用某种材料的所有零件。

### 9.6.2) 仅启用部分零件用于 FEA 分析

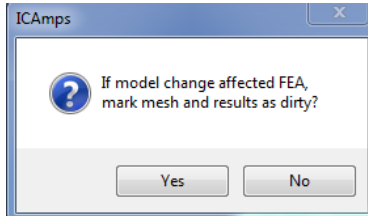
在设计环境中右键**零件或组装**，从弹出的菜单中使用**隐藏所选**命令。使用这种方法隐藏所有不想进行 FEA 的零件或组装。等到只有希望分析的零件可见后，单击 FEA 树图的**模型**叶显示模型页面，选择**仅分析可见零件**键（见下图蓝色椭圆）：



仅分析可见零件键禁用所有隐藏零件，启用可见零件。

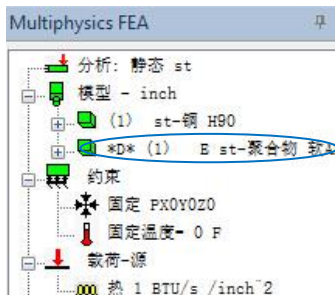
如想再次显示隐藏的零件，可以使用取消键或在模型窗口中右键，选择显示全部命令。

因为隐藏和显示改变了 CAXA 模型，这会打开所有与这个模型相关模拟的同步选项。可以单击每个模拟上的同步。因为可见性不影响分析结果（除非模拟改变了零件禁用/启用状态），当弹出是否把网格或结果标记为过时的对话框时，可以单击否（过时表示它们与模型或选项不一致，应当重新设置）：

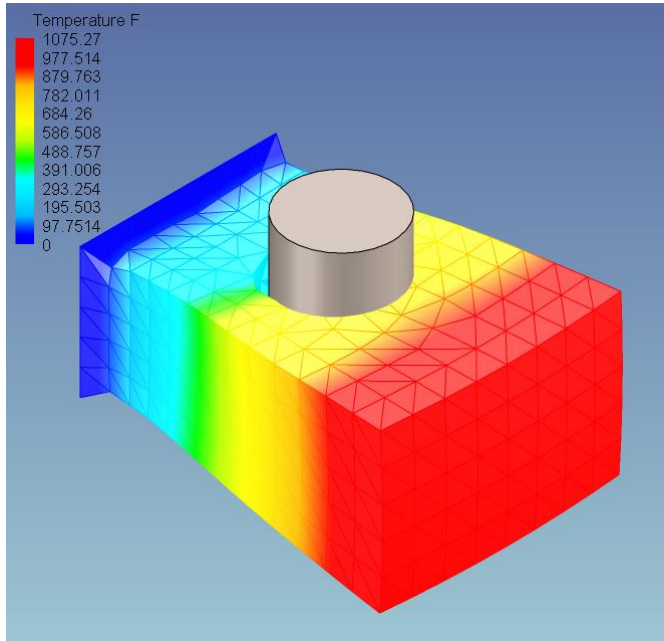


### 9.6.3) 禁用所有与聚合物相关的零件

因为模型简单，右键聚合物材料叶并选择禁用/启用即可。完成后模型叶前会多出‘\*D\*’，表示所有与这种材料相关的零件被禁用(见下图蓝色箭头):



单击**自动求解**分析模型。结果显示温度图解和 39.7 倍的变形如下：



注意:这里的最高温度与圆柱体不参与分析时相同 (请对比 9.4 部分的最后)。因为这里所有材料都包含热物理性，所以最低温度为 0 F (长方体的最低温度) 而不是 0 K (或 -459.67 F)，这是不包含热的零件的默认温度。