

### 练习 3：进一步详细定义电子设备中的热量

本练习指导用户进一步详细定义电子设备中的热量，需完成以下步骤：

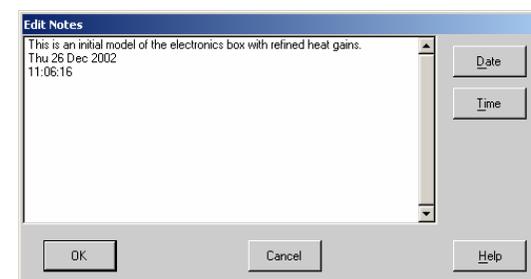
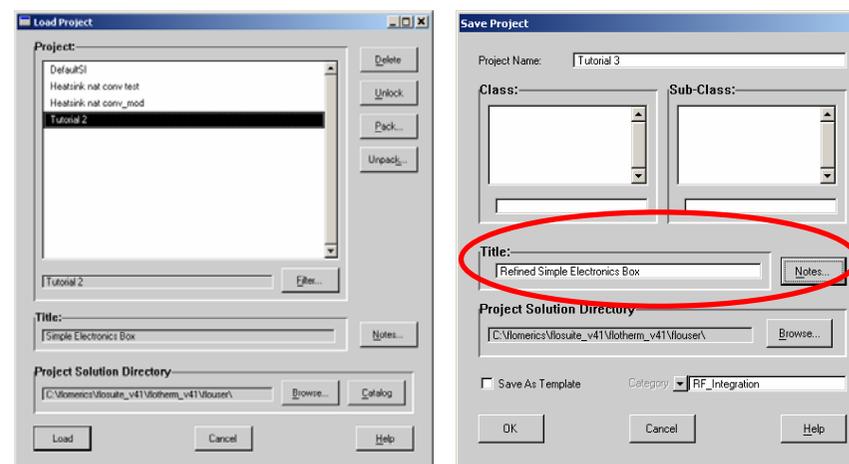
1. 读取一个现有的项目并保存为新的项目。
2. 用印刷电路板代替块状热源。
3. 使用热源和流场阻尼创建一个电源。
4. 改进网格并求解。
5. 分析结果。

#### 练习 3：进一步详细定义电子设备中的热量

如果还没有装载“Tutorial 2”，请在 PM 中选择[Project/Load]，在弹出的窗口中选“Tutorial 2”，单击‘OK’。

要将此项目保存为新项目，请在 PM 中选择[Project/Save As]，在‘Project Name’项中键入名称“Tutorial 3”。

右键点击“Tutorial 3”，在‘Title’项中键入“Refined Simple Electronics Box”。打开‘Notes’键入“This is an initial model of the electronics box with refined heat gains.”并点击‘Date’和‘Time’为项目创建日期和时间。在对话框中点击‘OK’，退出 Notes 编辑状态并保存新的项目名及上述设置。



## 练习 3：进一步详细定义电子设备中的热量

在模拟 Tutorial 3 之前，我们要在项目库中加入诸如 FR4 和 Copper（铜）等材料属性。这些材料属性将被用于建立印刷电路板。

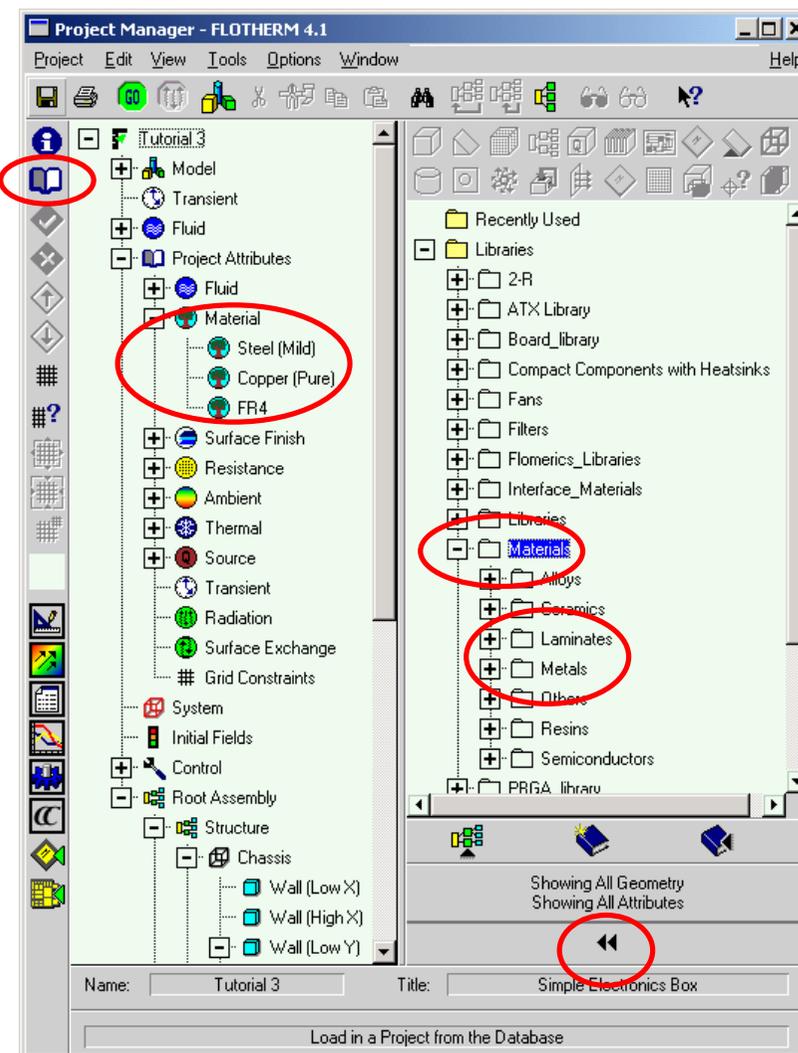
在 PM 中，点击‘Library Manager’（库管理器）图标。这样就可以在 PM 中 Tutorial 3 模型结构树的右面打开一个窗口，其中包含了所有 FLOTHERM 提供的库，诸如：材料，风扇，滤网，机箱等等以及用户自定义的库。

点击‘Libraries’旁边的‘+’号将其扩展。找到‘Materials’，同样扩展其子目录。

在子目录‘Metals’下寻找‘Copper (Pure)’。双击把它加入到项目材料库中。再在子目录‘Laminates’下找到‘FR4’并双击添加到项目材料库中。

在 PM 中的 Tutorial 3 装配树结构中点开[Project Attributes]并扩展‘Material’。您应该看到‘Copper (Pure)’和‘FR4’已被加载到项目材料列表中。由于我们在练习 2 中建立机箱模型时已应用了材料‘Steel (Mild)’（低碳钢），所以您会看到它已被列在项目材料列表中了。

要关闭‘Library Manager’（库管理器），点击位于库管理器底部的标记符即可。



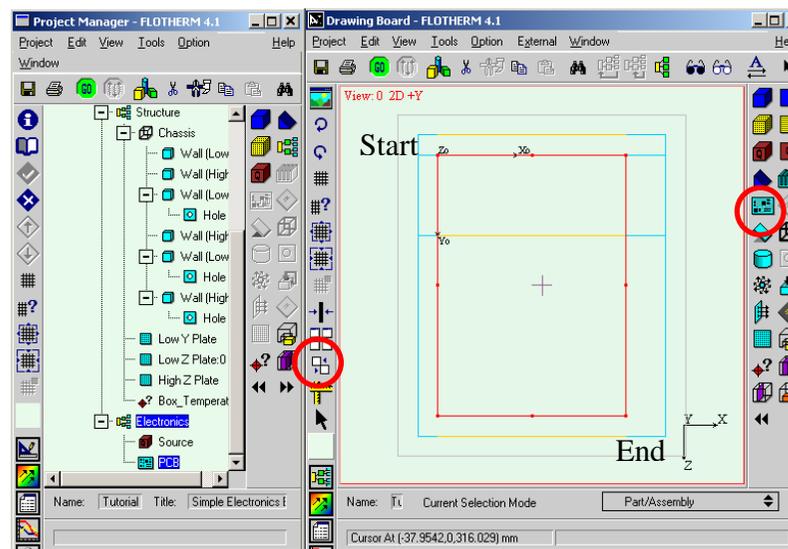
## 练习 3：进一步详细定义电子设备中的热量

下一步就是将位于子组件“Electronics”下的块状热源替换成两个使用 PCB 简单部件建模的印刷电路板。

选中 PM 中的“Electronics”子组件。激活绘图板中的视图 0。这时绘图板中的各个视图可能会出现计算网格，使用键盘热建“g”关掉网格。

检查‘Toggle Snap Grid’图标，保证它处于 （贴附于物体）状态。选择 PCB 图标 。从热源的左上角开始至右下角绘制出一个 PCB。

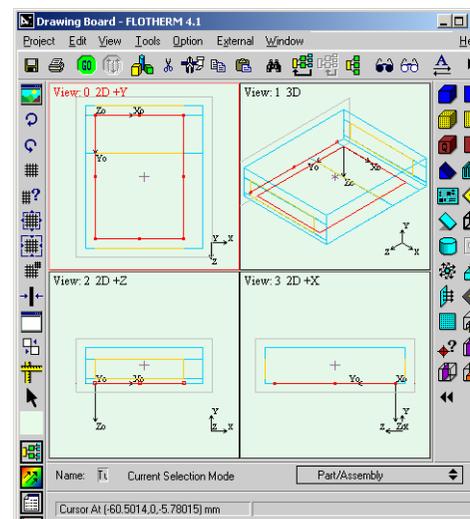
选中“Source”，使用键盘<Delete>键将其删除。



在绘图板中检查这个 PCB，注意它本身有局部坐标标记。每个 FLOTHERM 对象都有一个局部坐标，可定义此对象的  $X_o$ ,  $Y_o$  和  $Z_o$  坐标平面。

这个 PCB 的长、宽及厚度分别定义于  $X_o$ 、 $Y_o$  和  $Z_o$ 。因此在视图 2（+Z）中我们可以看到 PCB 的 Z 轴方向向下，这表明此 PCB 的顶部位于机箱的底部。

您在任何时候如果忘记 FLOTHERM 对象的长、宽或厚度，请到绘图板中检查此对象的局部坐标。选中此对象，它的局部坐标轴就会出现在视图中。



## 练习 3: 进一步详细定义电子设备中的热量

我们旋转这块板使其顶部与机箱的顶部相对。在绘图板中,通过<TAB>键切换至视图 3 (+X)。确定此 PCB 已被选中。点击图标  两次使此 PCB 旋转 180°。

出现消息窗口提示您由于 PCB 的位置提升网格将会改变。点击‘No’继续。

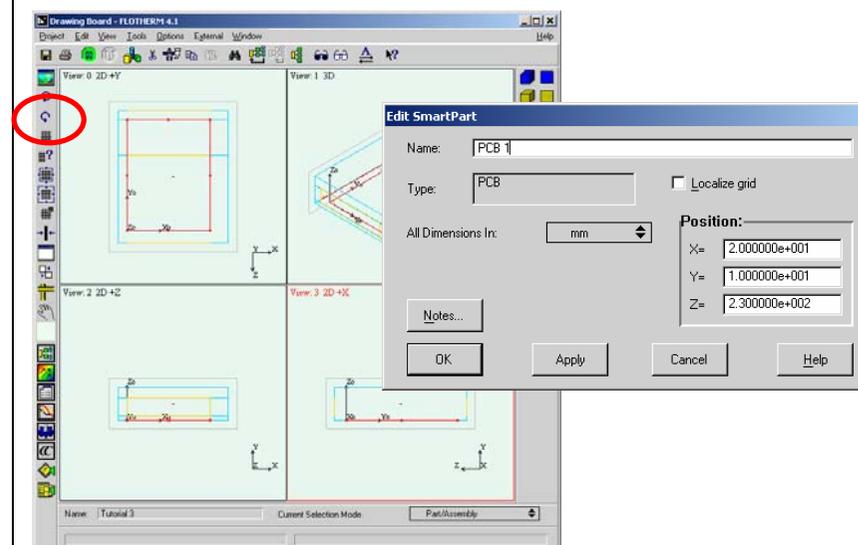
PCB 的 Zo 轴指向现在应该向上。

右键点击 PCB 进入‘Location’。

将 PCB 更名为“PCB 1”。设置位置坐标:

X = 20 mm; Y = 10.0 mm; Z = 230 mm

单击‘OK’关闭‘Edit SmartPart’编辑菜单。



右键点击 PCB 进入‘Construction’。

输入以下信息:

Length = 190 mm; Width = 210 mm; Thickness = 1.6 mm.

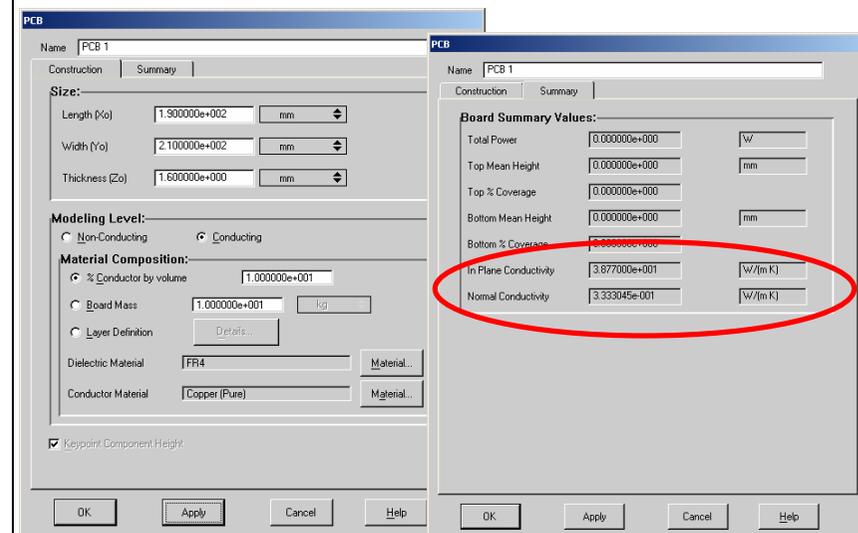
备注: 要激活 PCB 的厚度信息, 需要将‘Modeling Level’项设置在‘Conducting’。

将‘% Conductor by Volume’设为 10 %。在‘Dielectric Material’项中点击‘Material’选择‘FR4’。在‘Conductor Material’项中选择‘Copper (Pure)’。

点击‘Apply’应用。

点击标签‘Summary’检查平面热传导率“‘In Plane Conductivity’”和板厚度方向热传导率“‘Normal Conductivity’”两项的值。

点击‘OK’关闭 PCB 对话框。



## 练习 3：进一步详细定义电子设备中的热量

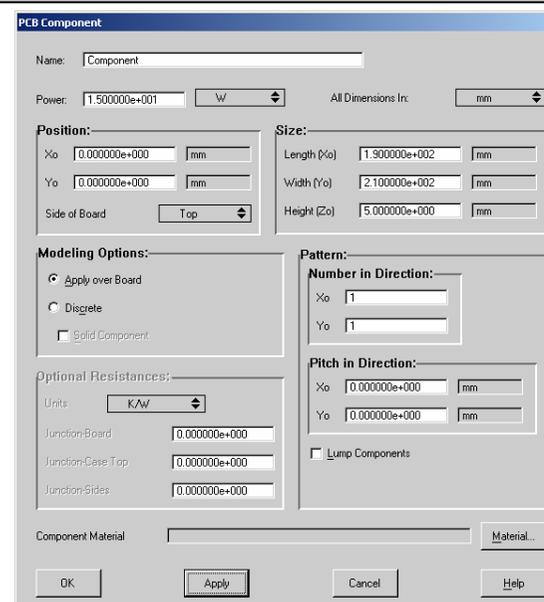
由于 PCB 板已建好，现在可加入元件。

在 PM 中选中“PCB 1”，然后到调色板中点击‘Component’（组件）图标。选中‘Component’右键进入‘Construction’菜单。

输入功耗值 15 W。将元件的尺寸设置为与 PCB 板相同(length = 190 mm; width = 210 mm)，但使元件的高为 5 mm。

在‘Modeling Options’选项中，选择‘Apply over Board’将热量加在板的整个上部。

点击‘OK’应用新设置并退出此窗口。



在 PM 中，选中“PCB 1”，使用键盘热键<Ctrl> + C 建立一个新的拷贝。选中“Electronics”子组件，在此使用<Ctrl> + V 粘贴。

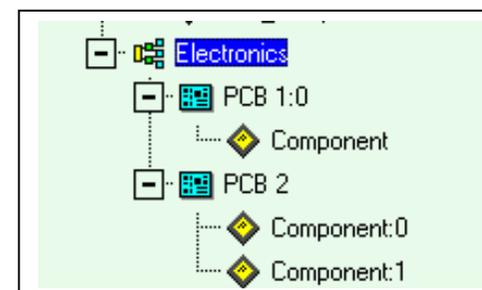
选中拷贝的 PCB，将其更名为“PCB 2”。

右键进入“PCB 2”的‘Location’菜单。将其位置改为 X = 20 mm; Y = 30 mm; Z = 110 mm.。

右键进入“PCB 2”的‘Construction’。将其尺寸改为 Xo = 150 mm; Yo = 90 mm; Zo = 1.6 mm.。

选择‘Component’并拷贝它。在选中“PCB 2”作为放置新拷贝的目标对象。

## 工程管理器 (PM) 树结构



## 练习 3: 进一步详细定义电子设备中的热量

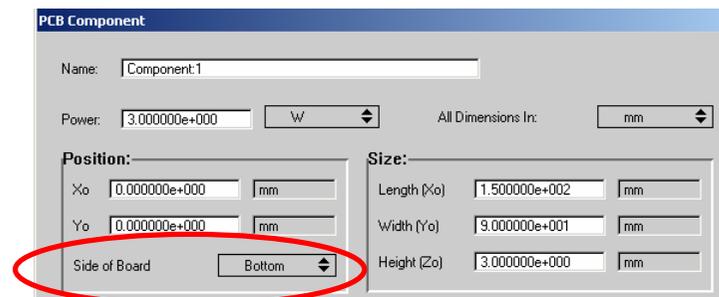
右键点击“Component:0”编辑‘Construction’菜单。

将功耗改为 2 W。修正元件尺寸，使其符合板的尺寸( $X_o = 150$  mm;  $Y_o = 90$  mm)并将元件的‘Height’（高度）设为 3 mm。

“Component:0”位于“PCB 2”的底部。将‘Side of Board’项设为‘Bottom’。

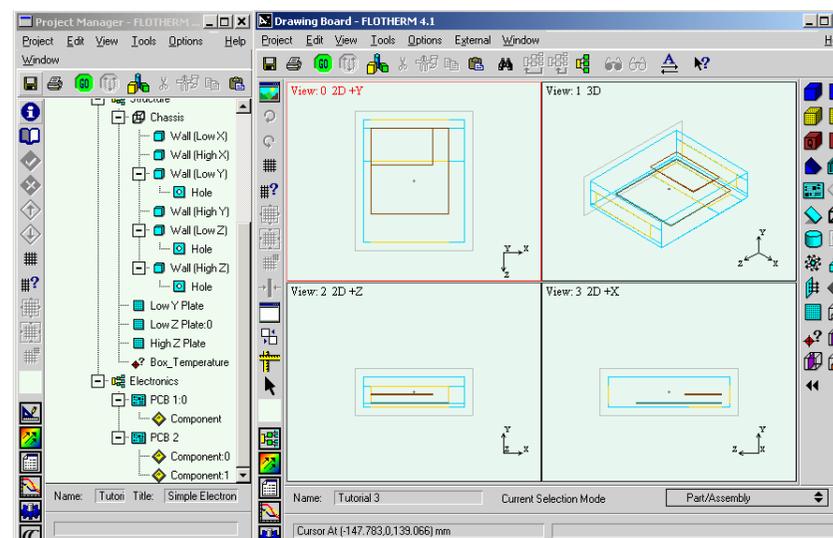
右键点击“Component:1”编辑‘Construction’菜单。

将功耗改为 3 W。修正元件尺寸，使其符合板的尺寸( $X_o = 150$  mm;  $Y_o = 90$  mm)并将元件的‘Height’（高度）设为 3 mm。



在定义功率源之前，您所看到的项目管理器（PM）和绘图板的显示应该如右图所示。

在绘图板中，检查 PCB 板的位置。



### 练习 3：进一步详细定义电子设备中的热量

用余下的热量定义电源。电源不作详细的表示，但要用一定的体积流场阻尼和一个块状热源代替。

使用图标  定义一个名为“PSU”的新的组件，将其放置于‘Root Assembly’（根组件）下。

在 FLOTHERM 中，一个对象的位置可基于‘Absolute Coordinates’绝对坐标或‘Local Coordinates’局部坐标。在菜单 [Option/Preferences] 中将‘Display Positions in’选项改为‘Local Coordinates’局部坐标。

当使用‘Absolute Coordinates’绝对坐标时，每个对象，无论它是部件还是一个组件，它的位置都将基于求解域‘Overall Domain’原点。它可以在绘图板中通过选择‘Overall Domain’显示出来。

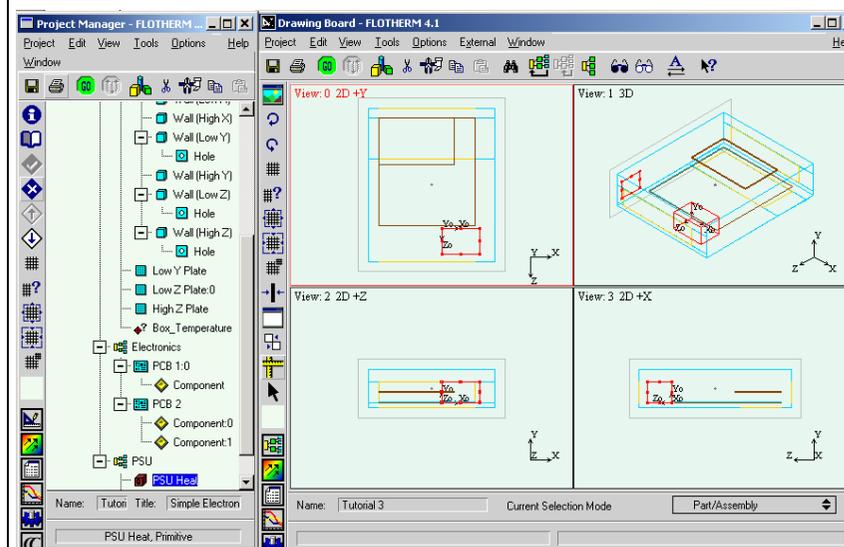
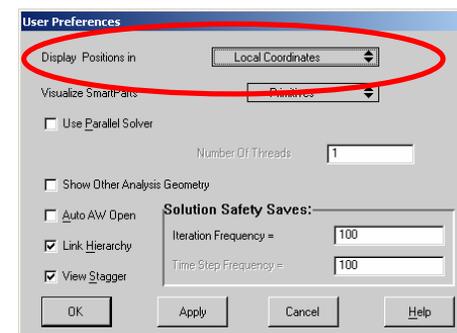
当使用‘Local Coordinates’局部坐标时，一个位于某一组件下的对象（部件或组件）将会有个基于这一组件原点的位置坐标。

在 PM 中，右键点击“PSU”进入‘Location’菜单。设置位置信息： $X = 145 \text{ mm}$ ;  $Y = 10 \text{ mm}$ ;  $Z = 235 \text{ mm}$ 。

现在“PSU”将离开‘Overall Domain’（求解域）原点。所有在它下面建立的对象都将把“PSU”的位置作为其坐标原点。

在 PM 中选中“PSU”并到调色板中选择一个‘Volume Heat Source’（体积热源）。输入“PSU Heat”作为此热源的名称。

右键点击“PSU Heat”进入‘Location’菜单。注意：位置坐标为(0,0,0)。将“PSU Heat”的尺寸设为： $X = 75 \text{ mm}$ ;  $Y = 40 \text{ mm}$ ;  $Z = 50 \text{ mm}$ 。



## 练习 3：进一步详细定义电子设备中的热量

右键点击“PSU Heat”进入‘Source’。

编辑我们在练习 2 中已建立的名为“25 Watts”的热源，将其更名为“5 Watts”。

点击‘Define’（定义）进入‘Source Option’窗口。将‘Total Source’（总功耗）由 25 W 改为 5W。将“5 Watts”应用于“PSU Heat”。

电源的第二个部分就是流场阻尼。

在 PM 中，选中“PSU Heat”。从调色板中选择一个‘Volume Flow Resistance’（体积流场阻尼）。这样就可以创建一个与“PSU Heat”尺寸相同的名为“Resistance”的体积流阻。通过右键点击它进入‘Location’可以检查它的尺寸和位置。

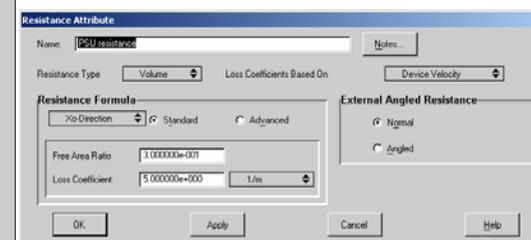
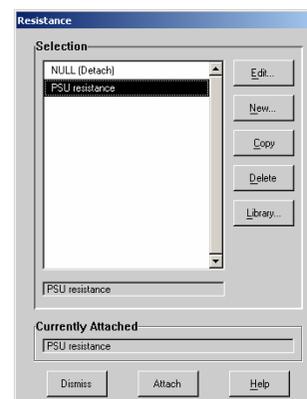
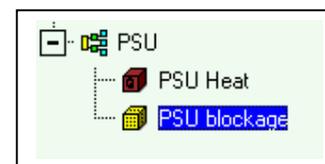
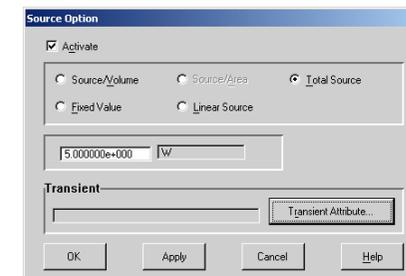
双击‘Resistance’将其更名为“PSU Blockage”。

右键点击“PSU Blockage”进入‘Resistance’菜单。单击‘New’创建一个新的阻抗属性。其名为“PSU resistance”。

将‘Resistance Type’改为‘Volume’。将‘Loss Coefficient Based On’（损失系数基于）设为‘Device Velocity’。在‘Free Area Ratio’项中输入“0.3”。  
‘Loss Coefficient’（损失系数）设为“5” 1/m。

保证以上设置被应用于此阻抗的 X<sub>o</sub>, Y<sub>o</sub> 和 Z<sub>o</sub> 三个方向上。点击 ‘OK’ 退出此窗口。

将“PSU resistance”应用于‘Flow Resistance’。

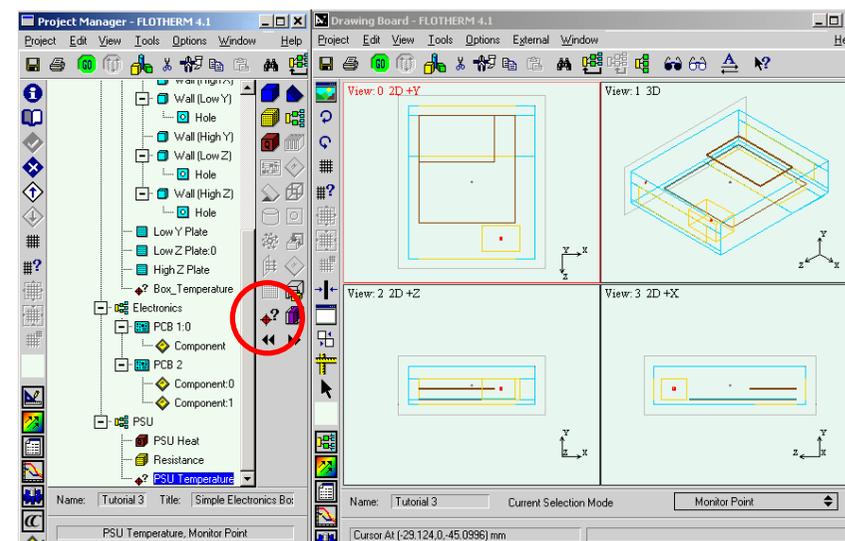


## 练习 3: 进一步详细定义电子设备中的热量

现在让我们在 PSU 组件的中心放置一个监控点(Monitor Point)

在 PM 中, 选中“PSU Blockage”并点击调色板中的‘Monitor Point’图标。这样, ‘Monitor Point’的位置就会在“PSU”组件的中心。在绘图板中检查一下。

编辑名称‘Monitor Point’, 将它改为“PSU Temperature”。



备注: 缺省情况下监控的是温度, 但所有其它变量 (X, Y, Z 方向的速度以及压力) 同样也被存储在此监控点中。

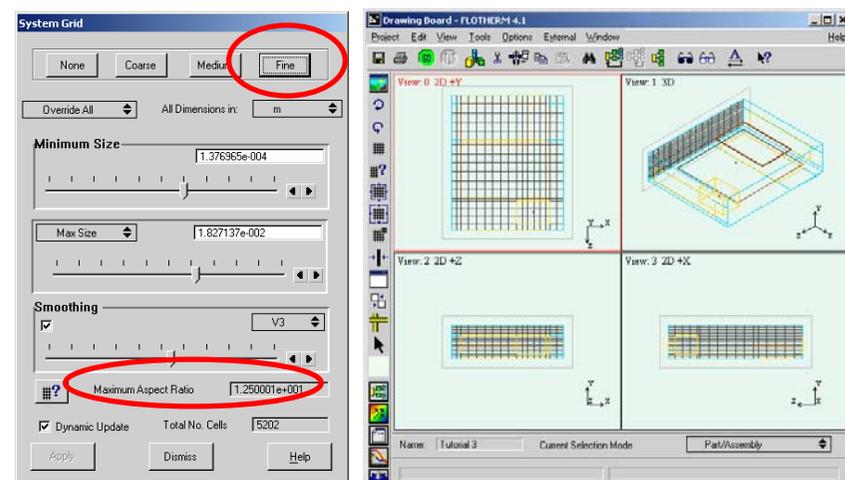
由于边界条件已被改进, 如果目前的网格定义足以解决此改进的模型, 那么就可以回到显示网格状态下。

单击键盘热键“g”, 在绘图板中激活网格。

点击图标  进入‘System Grid’ (系统网格设置)。检查网格纵横比 (grid aspect ratio)。其值应大于练习 2 中的值。这是因为定义了更小的几何体 (板厚为 1.6 mm)。

要减少网格的纵横比, 单击‘Fine’, 再检查此时的纵横比 (aspect ratio)。

网格纵横比的重要性会在讲义 5A 中进行讨论。



## 练习 3：进一步详细定义电子设备中的热量

点击图标 ，保存此项目文件。

在 PM 中，选择菜单[Project/Sanity Check]。这样您就会在弹出的消息窗口中看到一条诊断信息。点击 **Dismiss** 关闭此窗口。

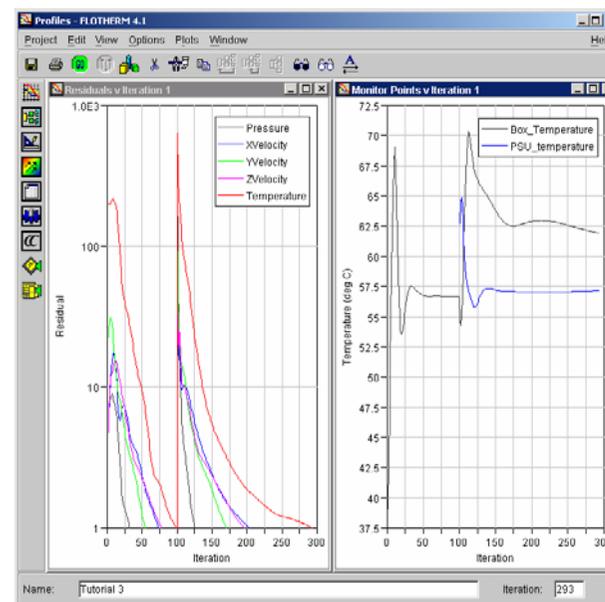
点击图标  开始求解并出现收敛曲线窗口。

由于此项目没有再进行初始化，所以求解过程从上次的曲线终点开始继续进行。并保存热场数据（heat transfer field），在此就是保存练习 2 的结果。

两个监控点的温度值分别为：

Box\_Temperature = \_\_\_\_\_ C

PSU\_Temperature = \_\_\_\_\_ C

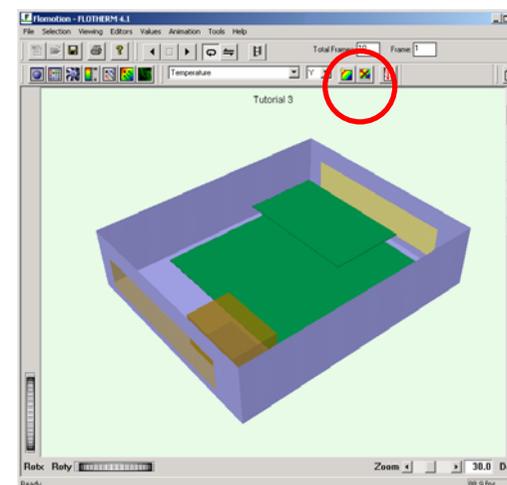


点击 FLOMOTION 图标  打开后处理视图。

使用键盘热键“i”切换至机箱等视图。

通过点击图标或使用热键 F9 切换至选择模式  下。

选中机箱顶部并按 F12 键将其隐藏。这样您就会看到机箱内部的情况：两块 PCB 板和一个电源。



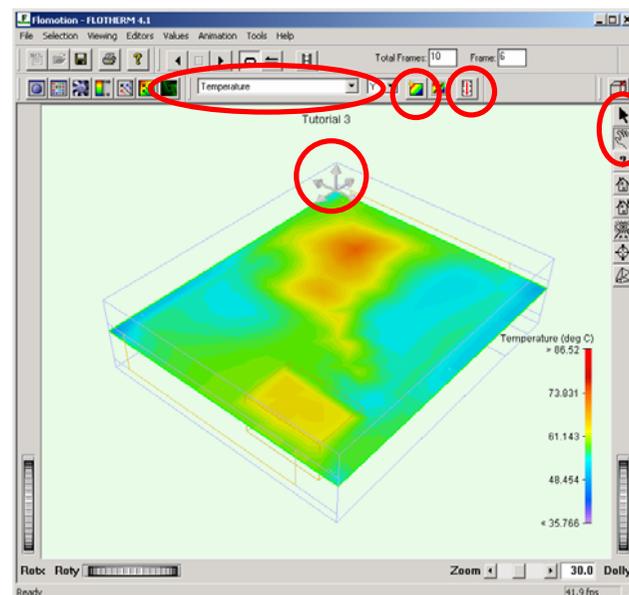
## 练习 3：进一步详细定义电子设备中的热量

点击图标  创建显示温度平面，它会自动位于机箱 Y 方向的中点。

通过点击图标  或使用热键 F11 转换至可视化选择模式。通过拖动控制器移动该平面。按“w”键将实体转换为线框结构。

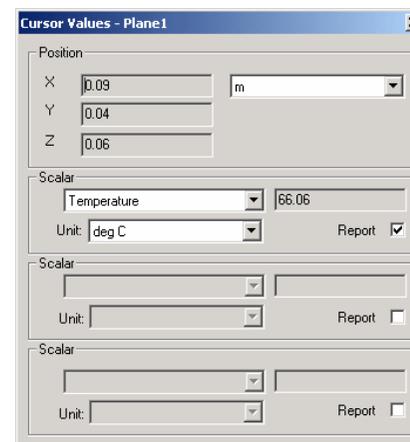
通过将 Y 方向切换至 X 或 Z 方向可改变平面的方向。转换到控制模式  下，旋转视图。滚动‘Dolly’滚轮进行缩放。

使用键盘热键“X”，“Y”或“Z”创建项目视图。并将视图从透视图  转换为笛卡尔视图 。



使用图标  可察看任意一个可视化平面的详细数值。

在选择模式下，将鼠标在温度平面上移动。您可以看到随着指针位置的移动会显示不同的温度值。使用控制器在 X, Y, 或 Z 方向上移动可视化平面，探测其变化。



## 练习 3：进一步详细定义电子设备中的热量

点击图标修改可视化平面的设置。注意：点击‘Create’可创建一个新平面，原有平面可使用‘Delete’键删除。

点击当前平面修改其设置。

将平面方向更改至 X 方向。

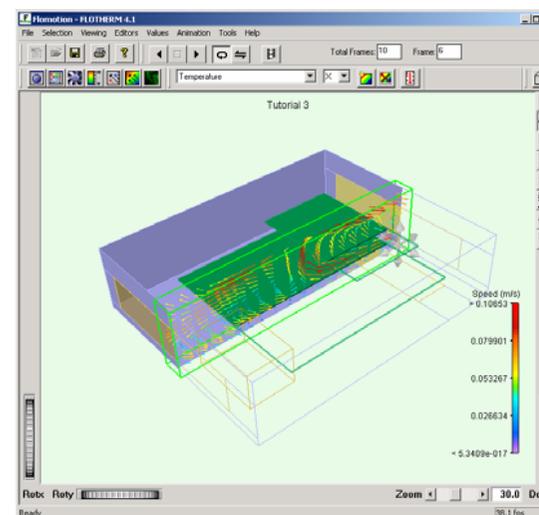
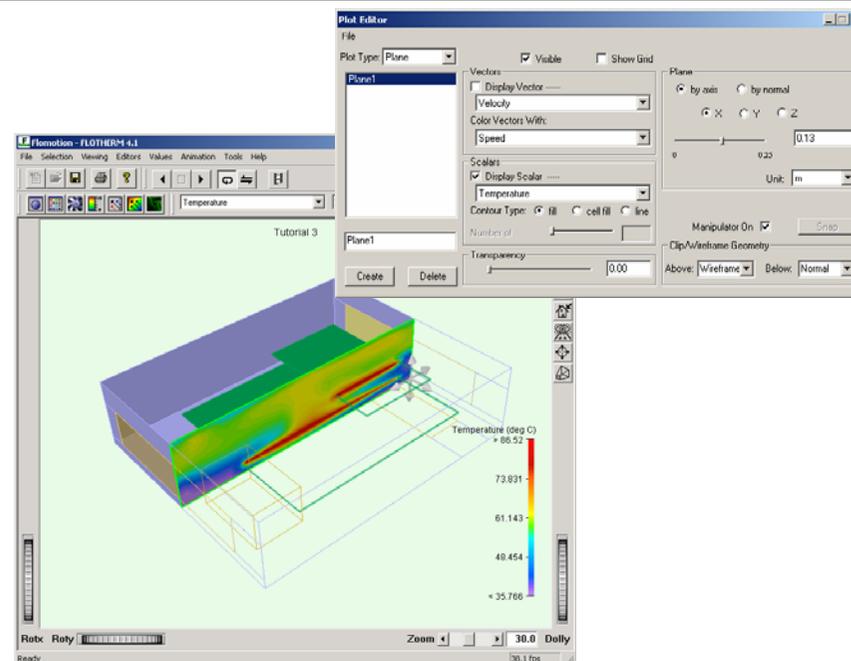
将可视化平面设在机箱中间。将‘Clip/Wireframe Geometry’项中的 Above 设为‘Wireframe’， Below 设为‘Normal’。这样机箱温度平面以下显示为实体，以上显示为线网结构。

将‘Contour Type’选项设置在‘line’。增加‘number of lines’（线的数量）。

选择‘Display Vectors’将显示的变量转变为‘Velocity’（速度）。取消选择‘Display Scalar’。

选择‘Show Grid’显示网格线。

点击图标保存在 FLOMOTION 中的设置并关闭 FLOMOTION。



## 练习 3：进一步详细定义电子设备中的热量

另外一种分析结果和抽取数值（诸如流速）的方法是使用表格窗口。

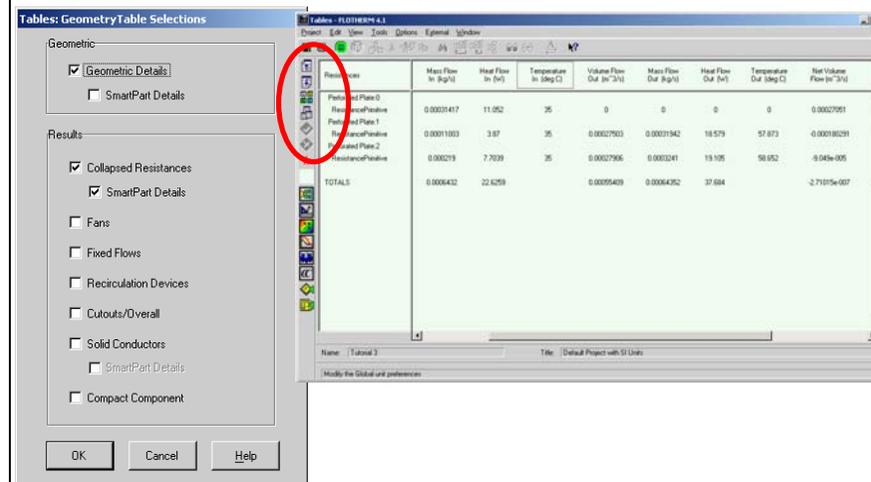
在 PM 中点击位于 FLOMOTION 图标下方的表格窗口图标 。表格窗口将打开不同几何体的有关位置、尺寸等的详细几何信息。

单击‘Select Table’（选择表格）图标 。由于我们对流入流出打孔面的流量感兴趣，因此我们在‘Results’选项中选择‘Collapsed Resistances’及‘SmartPart Detailed’。点击‘OK’关掉此窗口。

要显示含有打孔面信息的表格，点击‘Display next table’（显示下一表格）图标 。

对每一打孔面，注意其流入流出的气体流量。表格中‘Volume Flow in’表示流入机箱的流量，‘Volume Flow out’表示流出机箱的流量。

检查每个板的 Net Volume Flow。您会发现气流主要从下底板(“Low Y Plate”)流入，从侧面(“Low Z Plates”和“High Z Plates”)流出。从“Low Z Plate”板面流出的气流比从“High Z Plate”板面流出的多。



Results	Mass Flow In (kg/s)	Heat Flow In (W)	Temperature In (deg C)	Volume Flow Out (m³/s)	Mass Flow Out (kg/s)	Heat Flow Out (W)	Temperature Out (deg C)	Net Volume Flow (m³/s)
Printed Plate 0	0.0001417	11.052	35	0	0	0	0	0.0002761
Resistance/Plate0	0.00011003	3.67	35	0.00027903	0.0001942	18.579	57.873	-0.00018029
Printed Plate 1								
Resistance/Plate1								
Printed Plate 2	0.000219	7.7039	35	0.00027906	0.0002241	19.195	58.952	-0.0496905
Resistance/Plate2								
TOTALS	0.000432	22.6259		0.00054809	0.0004182	37.684		-2.71015e-007

备注：可通过选择表格窗口主菜单中的[External/Write to File]将表格数据导入到扩展名为.csv 的文件中。以便在 FLOTHERM 软件外进行进一步的后处理工作。