

## 共轭传热（A2 - Conjugate HT）

本教程介绍了，设置一种包含了固体热传导的流动分析问题——所需的基本步骤。这个例子特别适合，对分析电子设备内的流动和热传导感兴趣的用户，尽管这些基本原理适用于所有热问题。

假设您已完成了“球阀设计”教程，因为它更详细地教授了使用 Flow Simulation 的基本原理。

打开模型 .....	68
准备模型 .....	69
创建 Flow Simulation 项目 .....	71
指定风扇 .....	79
指定边界条件 .....	82
指定热源 .....	84
在工程数据库中创建固体材料 .....	87
指定固体材料 .....	90
指定工程目标 .....	92
指定网格设置 .....	99
运行计算 .....	100
查看目标 .....	101
目标进度条 .....	103
调整模型透明度 .....	104
查看流动迹线 .....	105
查看切面图 .....	109
使用探测工具 .....	113
查看表面图 .....	115

### 打开模型

您可以打开模型。

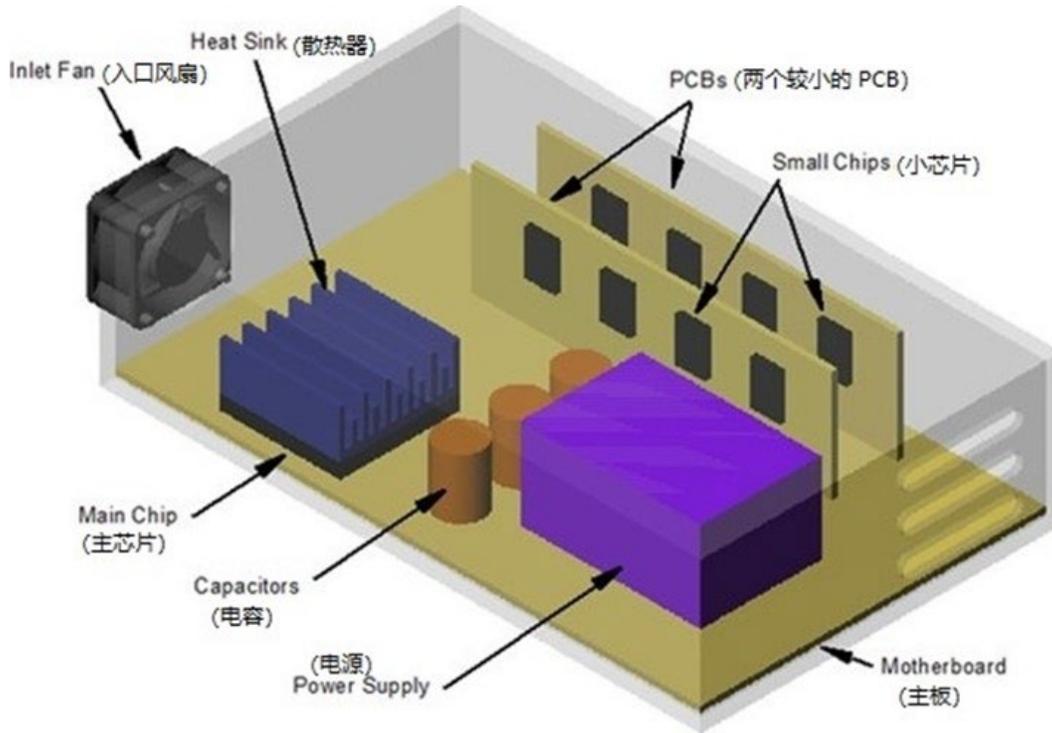
#### 步骤

1. 将 *A2 - Conjugate HT* 文件夹复制到您的工作目录中，并确保文件不是只读的，因为 Flow Simulation 会将输入数据保存到这些文件。
2. 单击 **文件 > 打开**，来打开 SOLIDWORKS 模型。
3. 在 **打开** 对话框中，浏览到 *A2 - Conjugate HT* 文件夹位置的 *assembly.sldasm* 装配文件，然后单击 **打开**。

您也可以将 *assembly.sldasm* 文件拖放到 SOLIDWORKS 窗口的空白区域。

### 注意

要跳过项目定义, 并运行根据教程定义的 Flow Simulation 项目, 您需要打开位于 *A2 - Conjugate HT \Ready* 文件夹的 *assembly.sldasm* 模型, 并运行项目。



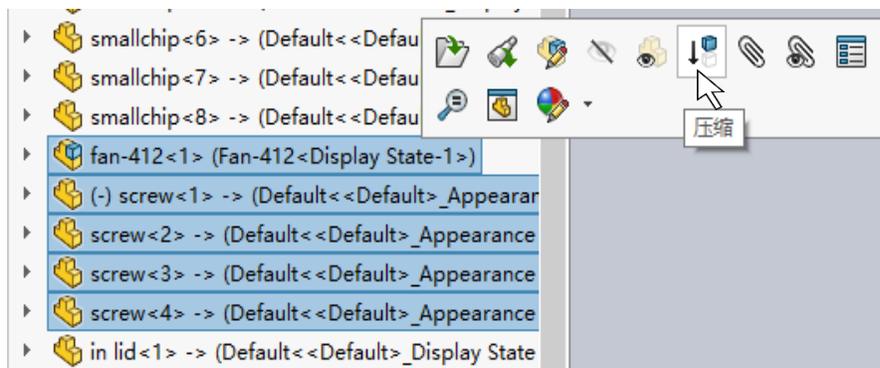
## 准备模型

在典型装体中, 可能有许多分析中不需要的特征、零件或子装配体。在创建 Flow Simulation 项目之前, 检查模型, 以查找可从分析中删除的组件, 这是一种较好的习惯。排除这些组件, 可减少分析所需的计算机资源和计算时间。

本例的装配模型由以下组件组成: 机箱外壳、主板和两个较小的 PCB、电容、电源、散热器、芯片、风扇、螺钉、风扇壳以及一些封盖。您可以切换到“FeatureManager 设计树”里, 通过单击这些零部件来高亮显示它们。在本教程中, 我们将通过在“入口封盖”的内表面上指定一个 **风扇** 边界条件来模拟风扇。风扇具有非常复杂的几何形状, 在重建模型时可能会导致延迟或卡顿。由于它位于机箱壳之外, 我们可以通过“压缩”功能来排除它。(“压缩”功能有的三维 CAD 软件中叫做“抑制”或叫“禁用”)

## 步骤

1. 在弹出的“FeatureManager 设计树”中，选择“**fan-412**”和所有的 **螺钉** 零件（要选择多个零件，请在选择时按住 **Ctrl** 键）。



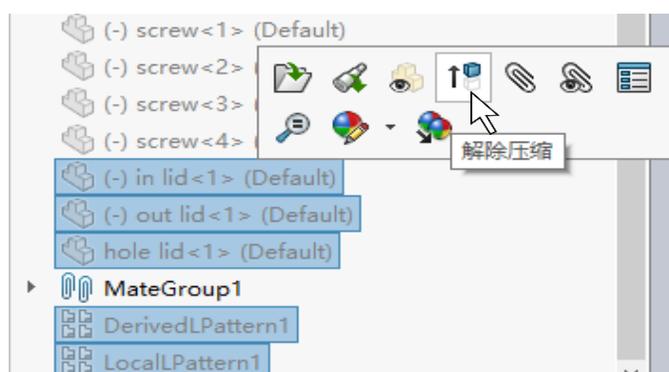
2. 右击任何选定的零件并选择 **压缩** 。（上图实际展示的是：鼠标悬停时浮现的快捷工具栏，与右击效果相同；下图显示的也是通过鼠标悬停的快捷工具栏）

抑制风扇及其螺钉会在机箱外壳上留下五个孔。由于我们要进行内部分析，因此必须用封盖封闭所有的孔。

为了节省您的时间，我们已经创建了封盖零件，并将它们包含在此模型中。

您只需要对它们“解除压缩”。

3. 在弹出的“FeatureManager 设计树”中，选择“**in lid**”、“**out lid**”和“**hole lid**”零件和阵列零件“**DerivedLPattern1**”和“**LocalLPattern1**”（这些阵列零件包含了出口封盖和螺丝孔封盖的克隆副本）。



4. 右击任何选定的组件并选择 **解除压缩** 。

## 结果

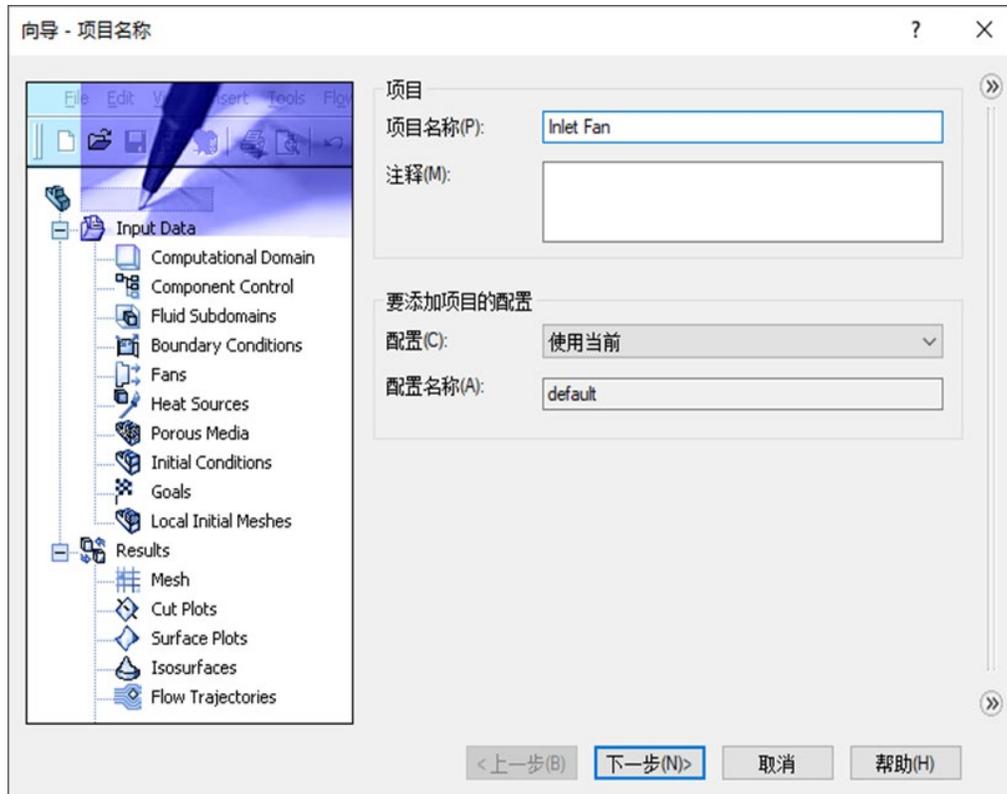
现在，您可以启动 Flow Simulation。

## 创建 Flow Simulation 项目

您可以创建 Flow Simulation 项目。

### 步骤

1. 在主菜单中，单击 **工具 > Flow Simulation > 项目 > 向导** 。
2. 进入 **向导** 后，输入新的 Flow Simulation 项目名称：**Inlet Fan** 。



3. 单击 **下一步** 。

现在，我们再来创建一个名为“USA Electronics”的新单位系统，该单位制更适合我们的这个分析。

4. 在 **单位系统** 列表中，选择 **USA** 。勾选 **新建** ，从而将新的单位制添加到“工程数据库”，并将其命名为“**USA Electronics**”。

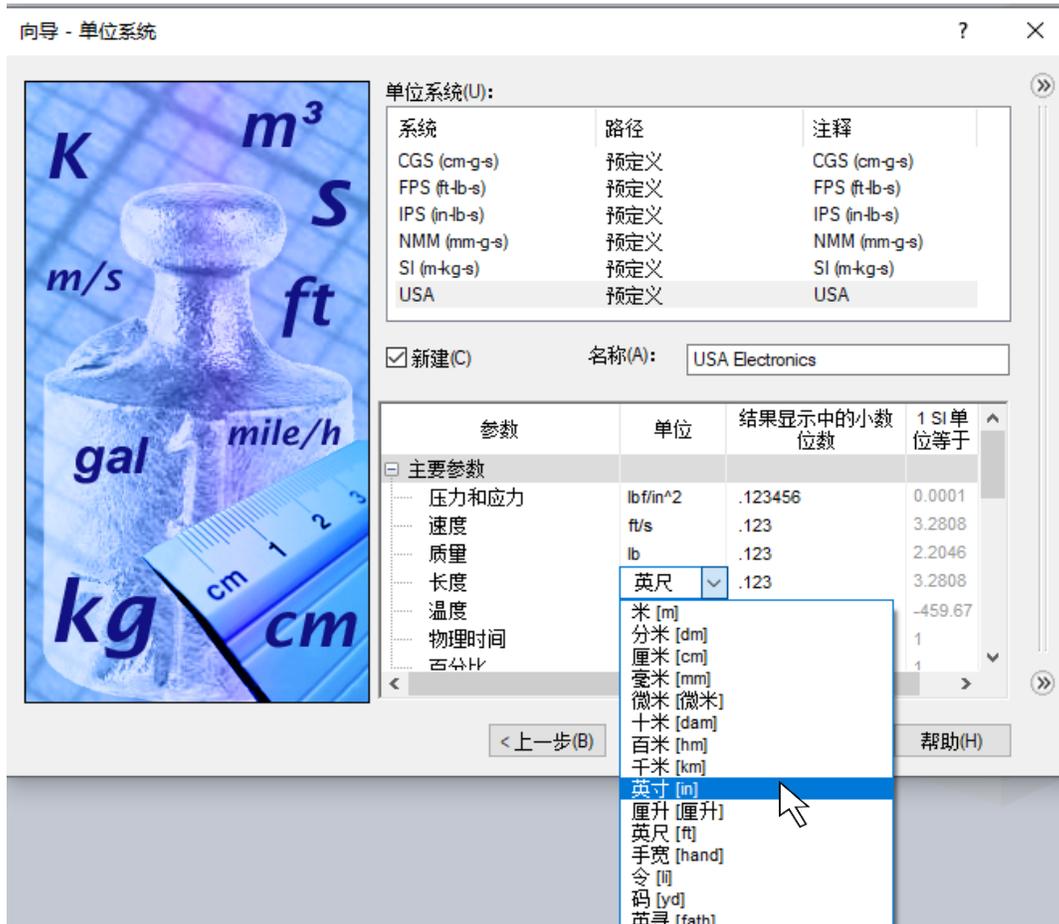


### 注意

 Flow Simulation 允许您使用多个预定义的单位系统，但通常定义自己的自定义单位系统更方便。预定义和自定义单位系统，都存储在 **工程数据库** 中。您可以在 **工程数据库** 或 **向导** 中创建所需的单位系统。

通过在“**参数树**”中的不同组滚动浏览，您可以看到为参数选择的单位。尽管大多数参数都有方便的单位，例如速度的 **ft/s** 和体积流量的 **CFM**（立方英尺/分钟），但我们将更改几个单位，使其更适合此模型。由于模型的物理尺寸可能相对较小，因此选择英寸，而不是英尺作为长度单位更方便。

5. 对于 **长度** 项，双击其在 **单位** 一列中的单元格并选择 **英寸[in]** 。



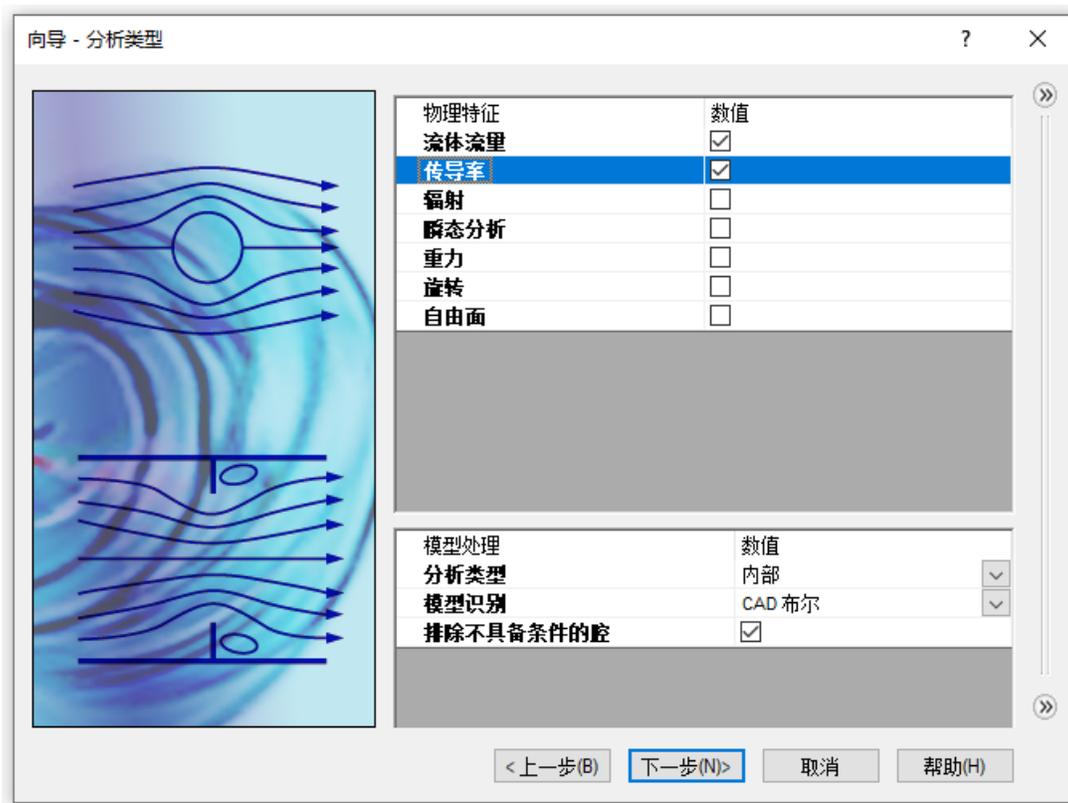
6. 接下来，展开“参数”树中的 **热量** 那一组。

7. 选择 瓦、瓦/米<sup>2</sup>、瓦/米<sup>2</sup>/开 分别作为 总热流和功率、热通量、热交换系数 的单位，因为这些单位在处理电子元件时更方便。



8. 单击 下一步 。
9. 在 物理特征 下，除默认预选的 流体流量 之外，勾选 传导率 复选框。

在 **模型处理** 下，将 **分析类型** 设置为 **内部** ，并单击 **下一步** 。

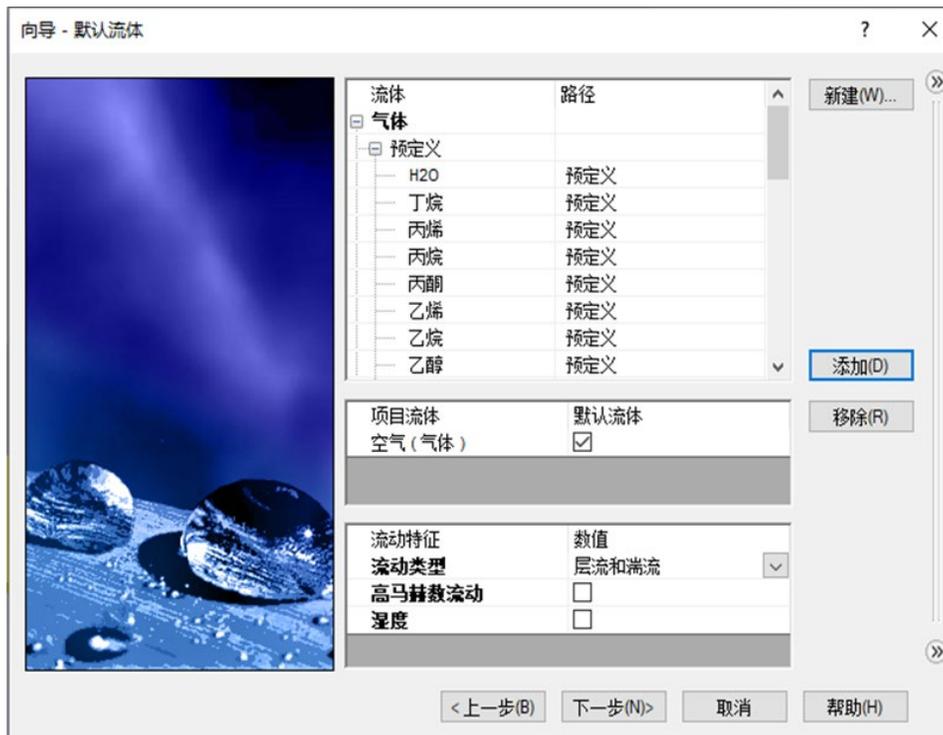


### 注意

 之所以选择 **传导率** ，是因为热量是由多个电子元件产生的，我们感兴趣的是观察热量如何通过散热器和其他固体零件发散，然后散布向流体。

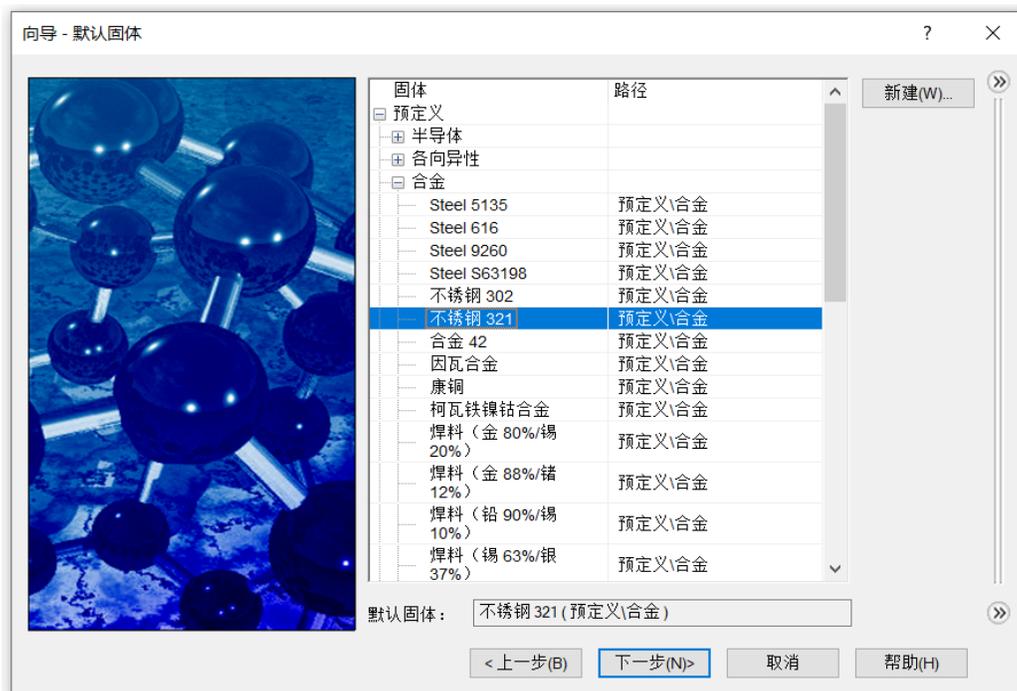
10. 展开 **气体** 文件夹，然后双击 **空气**。

11. 保持默认的 **流动特征** 。



12. 单击 **下一步** 。

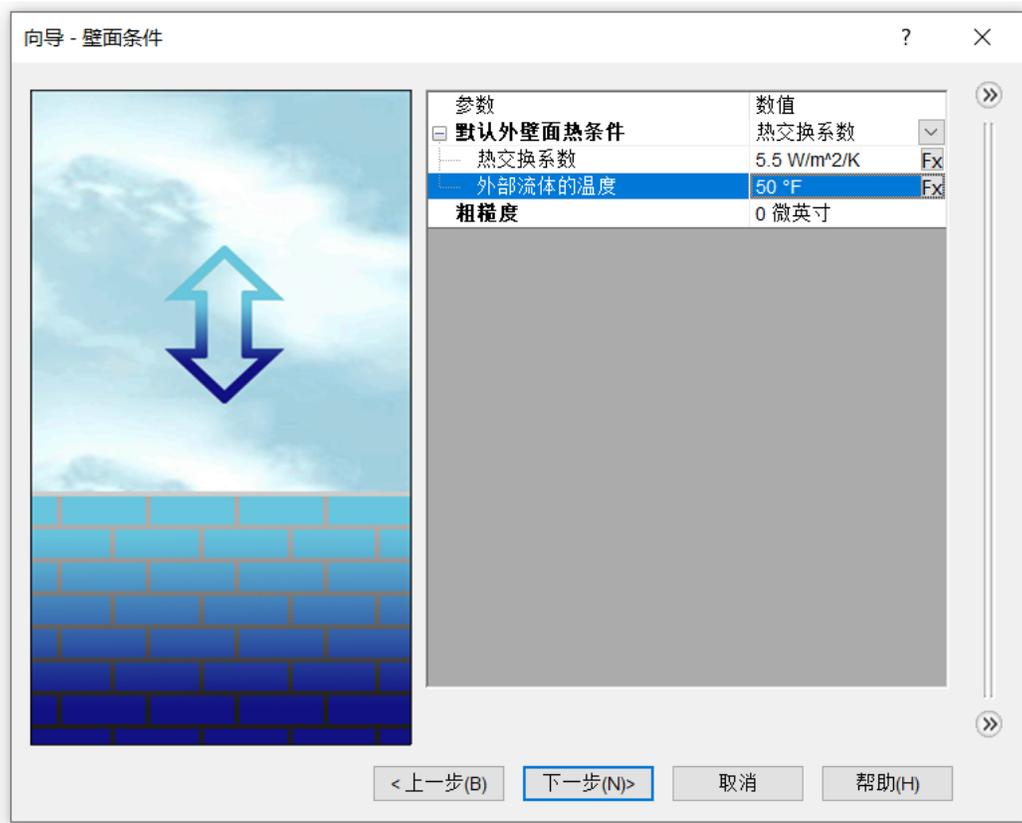
13. 展开 **合金** 文件夹，然后单击“**不锈钢 321**”将其指定为 **默认固体** 。



**注意**

 在 **向导** 中，指定应用于 Flow Simulation 项目中所有固体元件的默认固体材料。要为一个或多个组件指定不同的固体材料，在创建项目后，您可以为这些固体组件定义 **固体材料** 条件。

- 单击 **下一步** 。
- 选择 **热交换系数** 作为 **默认外壁面热条件**，并将 **热交换系数** 的数值指定为  $5.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ，并将 **外部流体的温度** 指定为  $50^\circ\text{F}$ 。输入的“热交换系数”数值会自动转换为选定了的单位制（USA Electronics）。

**注意**

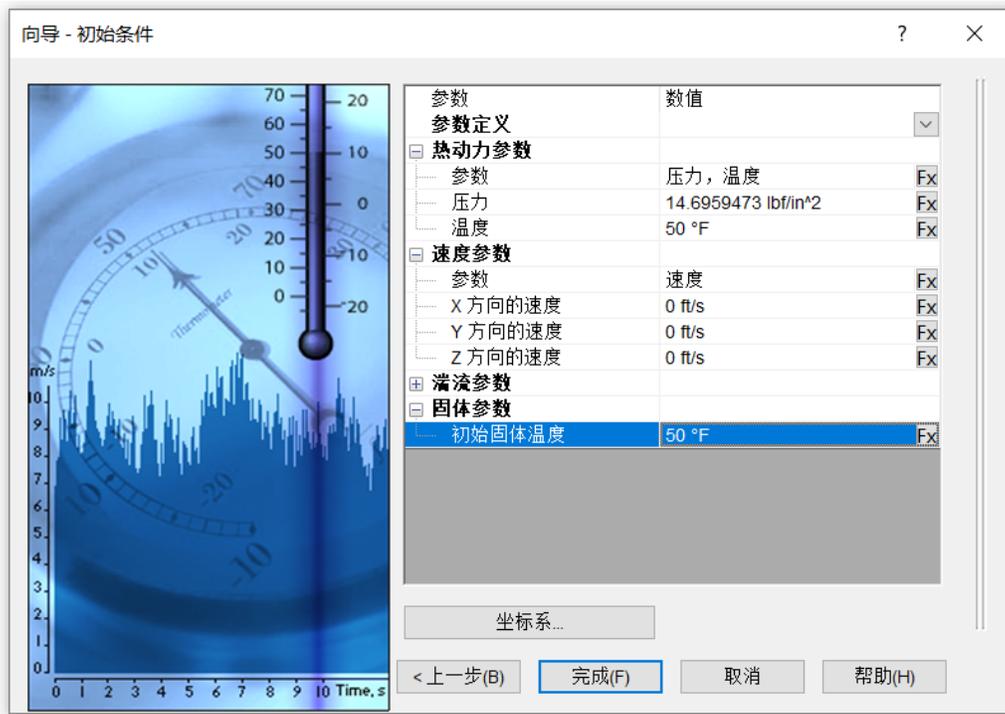
 在 **向导** 的 **壁面条件** 对话框中，可以指定模型的默认壁面条件。在内部分析中启用 **传导率** 时，**默认外壁面热条件** 参数允许您模拟模型外壁与周围环境之间的热交换。在我们的案例中，机箱外壳位于空调室中，空气温度为  $50^\circ\text{F}$ ，由于房间内的对流，通过机箱外壁的热传递，可以显著促进外壳冷却。

- 单击 **下一步** 。

虽然初始温度对于瞬态计算更为重要，可以查看达到特定温度所需的时间；但在稳态分析中，将初始温度设置为接近预期的最终解，以加快收敛的速度。在这种

情况下，我们将空气和不锈钢（代表机箱外壳材料）的初始温度设置为 50°F，因为机箱位于空调房间内。

17. 将初始流体 **温度**（在 **热动力参数** 下）和 **初始固体温度**（在 **固体参数** 下）设置为 50 °F。



18. 单击 **完成**。

## 结果

现在，我们在 Flow Simulation 里创建了一个附加了 Flow Simulation 数据的新项目。

单击  可隐藏“Flow Simulation 项目树”。

### 注意

 我们将使用“Flow Simulation 分析树”来定义我们的分析，就像您使用选项卡上的“FeatureManager 设计树”来设计模型一样。

右击 **计算域** 图标并选择“隐藏”，以隐藏计算域的边框线。



## 指定风扇

风扇是定义流动边界条件的类型之一。您可以在没有 **边界条件** 和 **热源** 的表面上，指定 **风扇**。在由封盖封闭的模型开口处，您可以指定 **入口** 或 **出口风扇**。您还可以在流动区域内任何面上指定风扇，它作为所谓的 **内部风扇**。风扇被认为是一种理想的设备，可以产生一定的体积（或质量）流量，并取决于所选面上的“入口和出口之间”的压差。

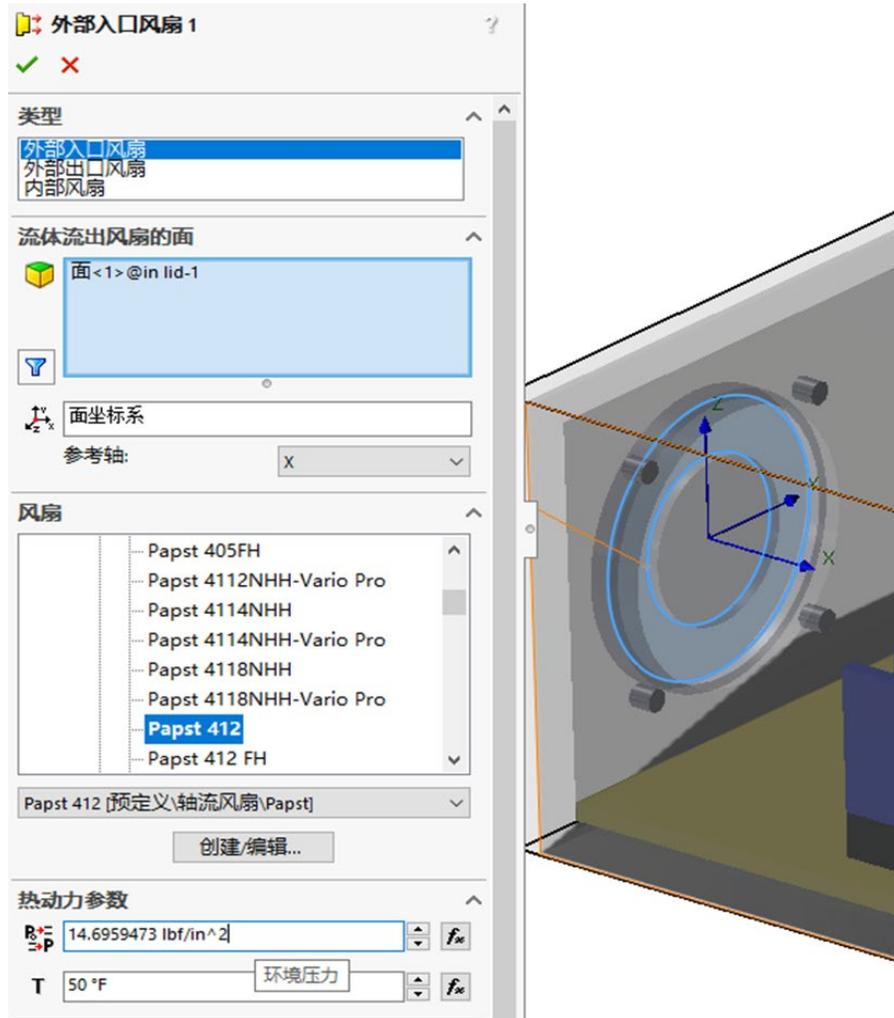
如果您分析带有风扇的模型，则应熟悉风扇特性。在此示例中，我们使用 **工程数据库** 中提供的“预定义风扇”之一。如果您在“工程数据库”中找不到合适的“风扇”，则可以根据风扇规格“自定义风扇”。

### 步骤

1. 单击 **工具 > Flow Simulation > 插入 > 风扇**。  
出现“风扇”对话框。
2. 如图所示，选择“**in lid**”零件的内表面。

### 注意

 要访问内表面，请右击图形区域中的“in lid”零件并选择“**选择其他**”，将鼠标指针移动到特征列表（即“**选择其他**”对话框下的列表）中的项上，直到内表面高亮显示，然后单击鼠标左键。



3. 在 **类型** 下，选择 **外部入口风扇** 。
4. 在 **风扇** 列表中的“**预定义/轴流风扇/Papst**”下，选择“**Papst 412**”项。

5. 在 **热动力参数** 下，检查 **环境压力** 对应于大气压。
6. 接受 **面坐标系** 作为参考 **坐标系**，并接受 **X** 作为 **参考轴**。

### 注意

当您选择了应用于边界条件或风扇的面时，将自动在平面的中心创建 **面坐标系**。此坐标系的 **X** 轴垂直于所选表面。仅当选择一个平面时，才会创建 **面坐标系**。

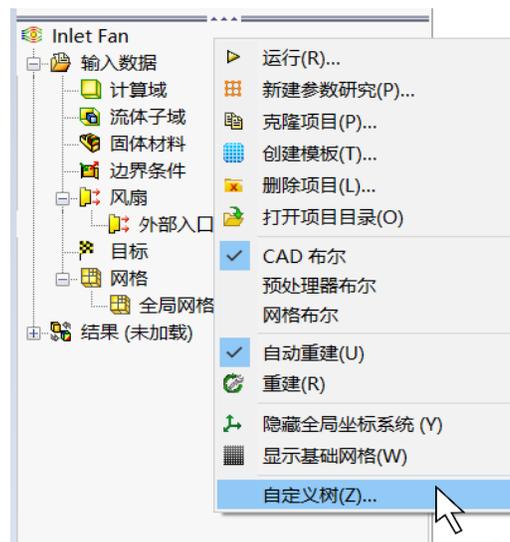
7. 单击 **确定**。

新的 **风扇** 文件夹和“**外部入口风扇 1**”项出现在“Flow Simulation 分析树”里。



### 注意

现在，您可以使用“Flow Simulation 分析树”编辑“**外部入口风扇 1**”条目，或添加新风扇。此文件夹将保持可见，直到此类型的最后一项被删除。您还可以使某一功能的文件夹，一开始就在显示在分析树中。办法是：右击项目的名称项并选择 **自定义树**，以此来添加或删除一些功能文件夹。



### 注意

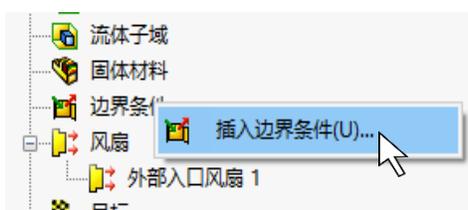
由于机箱外壳的出口封盖处于环境大气压下，因此，风扇产生的压力上升，等于（**流体**）通过电子机箱外壳的压降。

## 指定边界条件

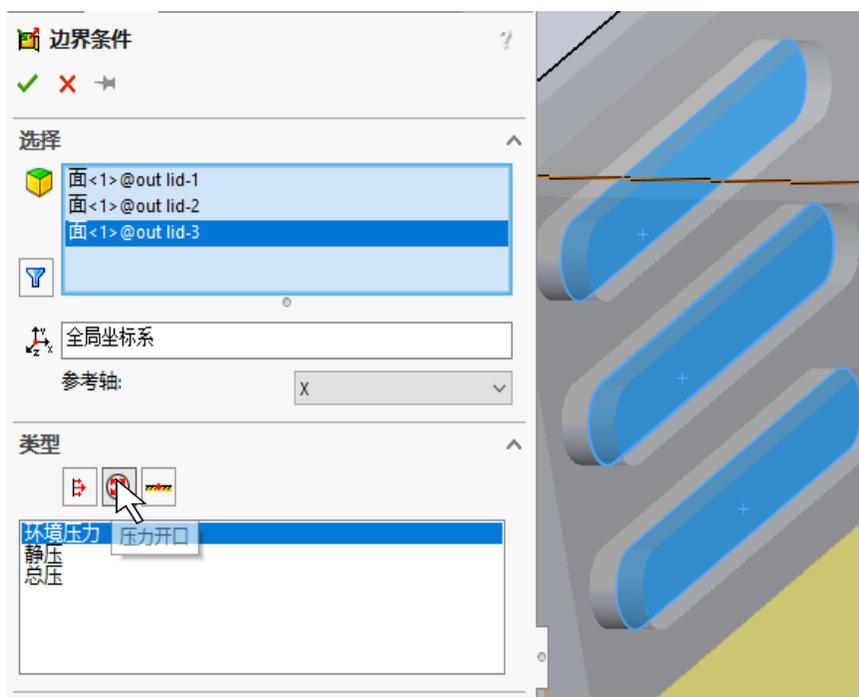
任何有流体进入或离开模型的地方，都需要边界条件，除非指定了风扇的开口（**风扇也可看作一种边界条件**）。边界条件可以：以“**压力、质量流量、体积流量或速度**”的形式指定。您也可以在 **边界条件** 对话框指定 **理想壁面** 条件，即绝热的、无摩擦的壁面（**项目向导中的默认壁面条件即是这样的条件**）；或者 **真实壁面** 条件，即在选定的模型表面上，设置壁面的粗糙度和/或温度，和/或热交换系数。对于启用了 **传导率** 的内部分析，您还可以通过指定 **外壁面** 条件，来设置模型外壁上的壁面热条件。

### 步骤

1. 在 Flow Simulation 分析树 中，右击 **边界条件** 图标并选择 **插入边界条件** 。



2. 选择所有“out lid”零件的内表面，如图所示。



3. 选择 **压力开口**  和 **环境压力**。

**注意**

 **环境压力** 条件被解释为：出口流动的静压和入口流动的总压。

(因此，当指定的面作为出口时，选择环境压力条件与静压条件在结果上没有区别。如果指定的面是作为入口时【即该面存在吸入流体效果时】，则相应的压力数值为总压=动压+静压。)

---

4. 保持 **热动力参数**、**湍流参数**、**边界层**，以及它们的相关 **选项** 为默认值。

单击 **确定** 。

新的“**环境压力 1**”项出现在 Flow Simulation 分析树里。

## 指定热源

您可以指定热源。

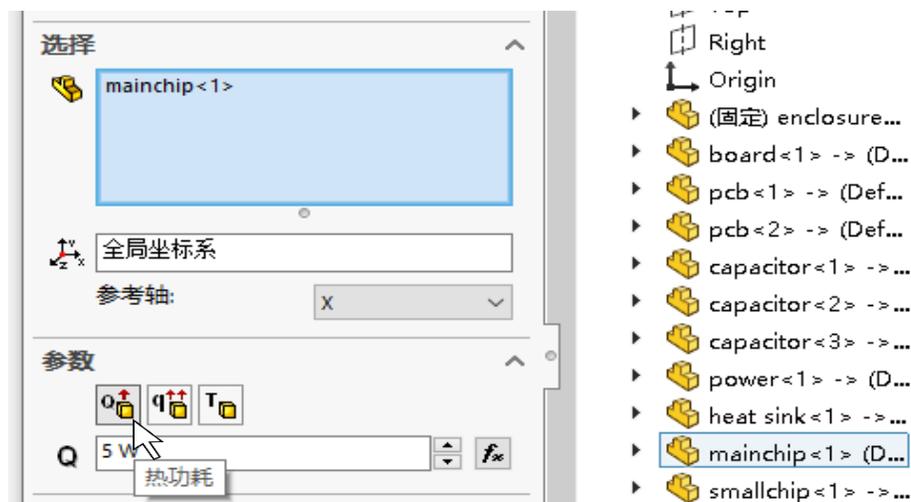
定义主芯片的功耗 .....	84
定义电容的热特性 .....	85
定义小芯片和电源的热特性 .....	86

## 定义主芯片的功耗

您可以定义主芯片的功耗。

### 步骤

1. 单击 **工具 > Flow Simulation > 插入 > 体积热源** 。
2. 从弹出的“FeatureManager 设计树”中，选择“**mainchip**”零件，将其添加到 **可应用体积热源的组件** 列表中。



3. 选择 **热功耗** 作为 **参数**。
4. 在 **热功耗 Q** 框中输入 5 W。
5. 单击 **确定** 。
6. 在 **Flow Simulation 分析树** 中，对新创建的“**VS 热功耗 1**”项，单击 > 停顿一下 > 再单击，对其重命名为“**Main Chip**”。（也可右击->属性对话框里修改名称）



**注意**

 **体积热源** 允许您指定：热功耗（比如以“瓦”为单位）、或单位体积热功耗（比如以“瓦/单位体积”为单位）、或以恒定温度作为体积的边界条件。也可以对热功耗（比如以“瓦”为单位）、或热通量（比如以“瓦/单位面积”为单位）（即单位面积热功耗），来指定 **表面热源**。

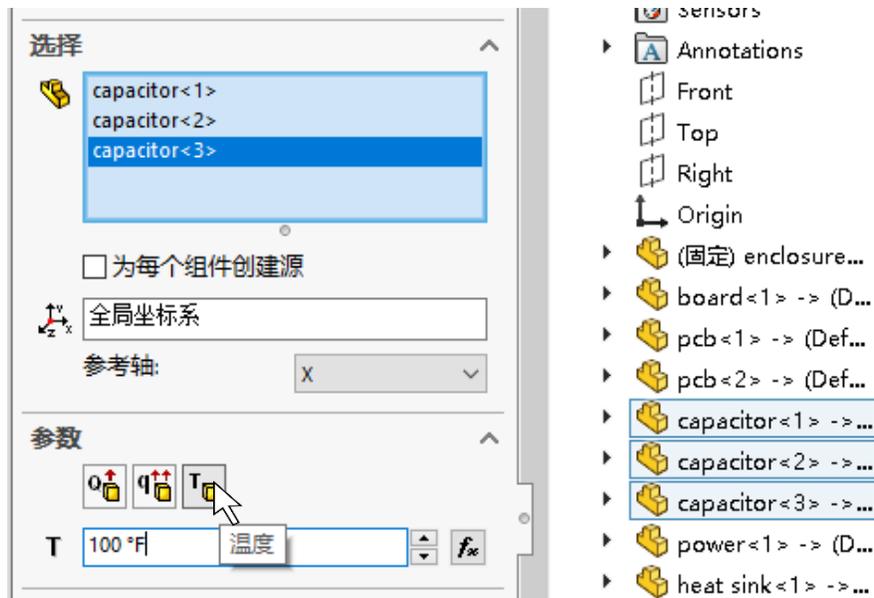
7. （可选）单击图形区域中的任意位置以清除选择。

## 定义电容的热特性

您可以定义电容的热物理性质。

### 步骤

1. 在 Flow Simulation 分析树 中，右击 **热源** 图标并选择 **插入体积热源**。
2. 在弹出的 FeatureManager 设计树中，选择所有的三个 **电容 (capacitor)** 元件。



3. 选择 **温度 T** 作为参数，然后在 **温度 T** 框中输入 100 °F。
4. 单击 **确定** .
5. 对新创建的“VS 温度 2”项，单击 > 停顿一下 > 再单击，将其重命名为“Capacitors”。
6. （可选）单击图形区域中的任意位置以清除选择。

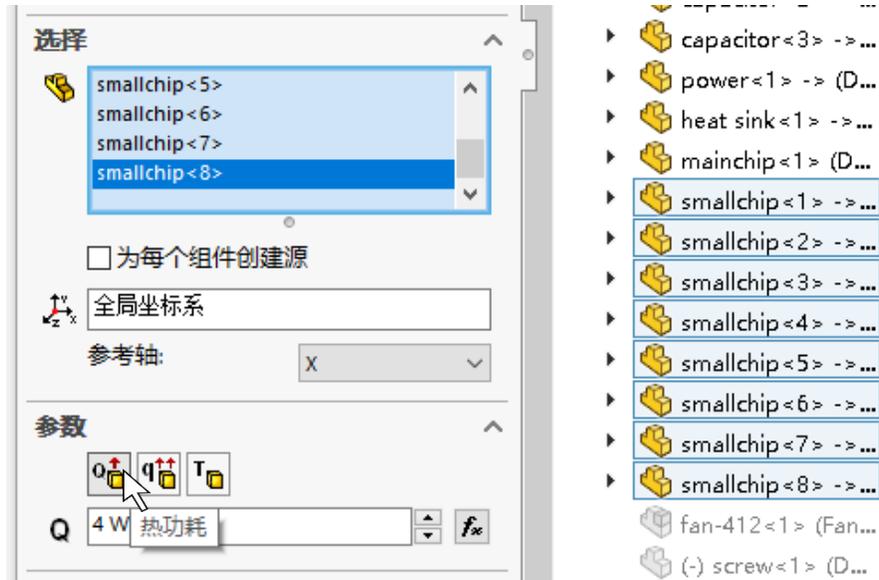
## 定义小芯片和电源的热特性

您可以定义那些小芯片和电源的热特性。

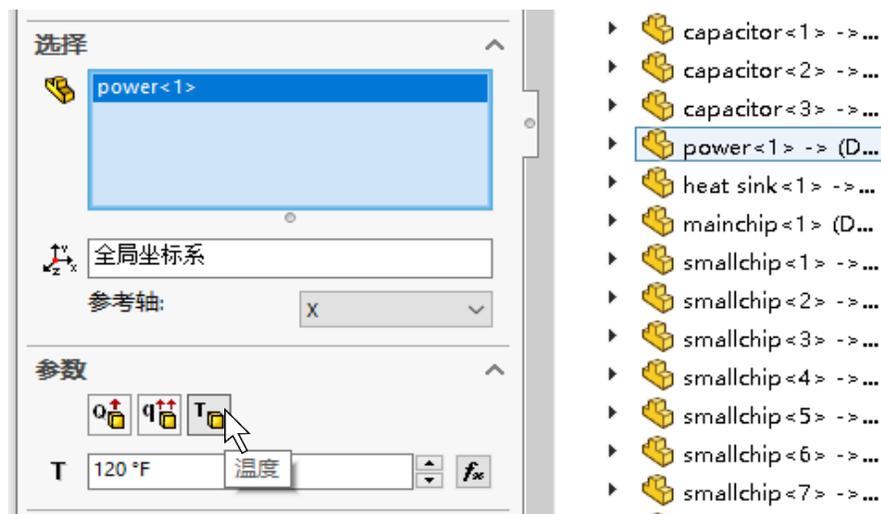
### 步骤

1. 按照与上述相同步骤，指定其他体积热源，如下所示：

所有 PCB 上的芯片（小芯片 元件），总热功耗为 **4 W**，



电源（power supply）的温度为 **120 °F**。



2. 将应用于芯片的热源重命名为“**Small Chips**”，将应用于电源的热源重命名为“**Power Supply**”。



3. 单击 文件>保存。

## 在工程数据库中创建固体材料

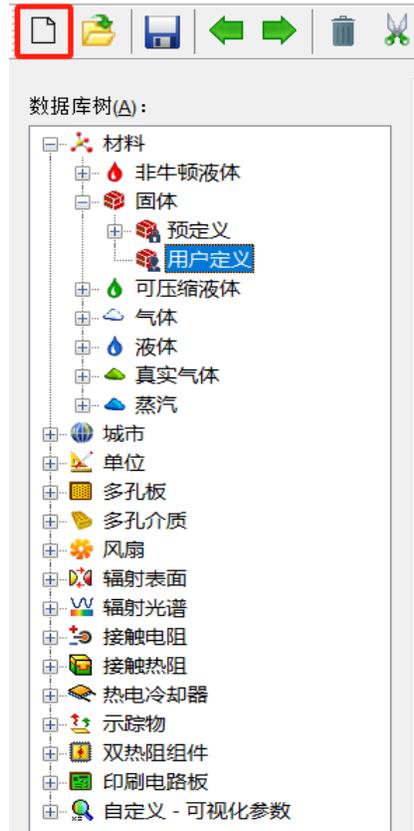
真正的 PCB 由层压材料制成，由几层薄金属导体与环氧树脂电介质层交错组成。对于大多数层压材料，典型 PCB 材料的性能，可能会有很大方向上的差异——沿着或穿过层，即它是各向异性的。工程数据库包含一些具有各向异性导热性的预定义 PCB 材料。

在本教程示例中，PCB 的各向异性导热性，对整体冷却性能影响不大，因此我们将创建一个在所有方向上具有相同导热性的 PCB 材料，用以学习如何将新材料添加到工程数据库，并将其赋予给零件。

### 步骤

1. 单击 工具>Flow Simulation>工具>工程数据库。

- 在 数据库树 中，选择 材料/固体/用户定义 。



- 单击工具栏上的 新建项目  。
- 此时出现空白的 项目属性 选项卡。
- 双击空单元格以设置相应的属性值。
- 按如下方式指定材料属性：
  - 名称 = Tutorial PCB ，
  - 注释 = Isotropic PCB ，
  - 密度 =  $1120 \text{ kg/m}^3$  ，
  - 比热 (Specific heat) =  $1400 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$  ，
  - 传导类型 (Conductivity type) = 各向同性 (Isotropic) ，

热导率 (Thermal conductivity) =  $10 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  ,  
熔点温度 (Melting temperature) =  $390 \text{ K}$  。

属性(P):	数值
名称	Tutorial PCB
注释	Isotropic PCB
密度	$1120 \text{ kg}/\text{m}^3$
比热	$1400 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
传导类型	各向同性
热导率	$10 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
电导率	绝缘体
辐射属性	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> 熔点温度	<input checked="" type="checkbox"/>
温度	$390 \text{ K}$

我们还需要添加一种新的材料，来模拟电子元件的热导率和其他热属性。

6. 切换到 **项目** 选项卡，然后单击工具栏上的 **新建项目**  。
7. 指定芯片材料的属性：

名称 = Tutorial component package ,  
注释 = Component package ,  
密度 =  $2000 \text{ kg}/\text{m}^3$  ,  
比热 =  $120 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$  ,  
传导类型 = 各向同性 ,  
热导率 =  $0.4 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  ,  
熔点温度 =  $390 \text{ K}$  。

属性(P):	数值
名称	Tutorial component package
注释	Component package
密度	$2000 \text{ kg}/\text{m}^3$
比热	$120 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
传导类型	各向同性
热导率	$0.4 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
电导率	绝缘体
辐射属性	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> 熔点温度	<input checked="" type="checkbox"/>
温度	$390 \text{ K}$

8. 单击 **保存**  。
9. 单击 **文件 > 退出** ，以退出数据库。

### 注意

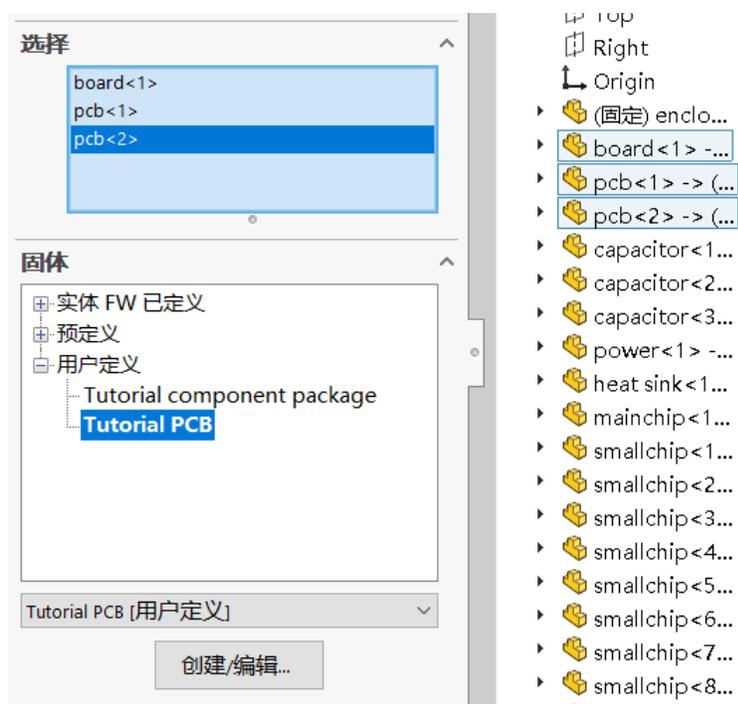
 您可以在材料属性数值后，键入单位名称，来输入所需的任何单位制中的数值，Flow Simulation 会自动将输入的数值转换为 SI 单位制。您还可以使用 **表和曲线** 选项卡，指定依赖于温度的材料属性。

## 指定固体材料

**固体材料** 特征，用于指定装配中实体零件的材料。

### 步骤

1. 在 **Flow Simulation** 分析树 中，右击 **固体材料** 图标并选择 **插入固体材料**。
2. 在 弹出的 **FeatureManager** 设计树 中，选择 **“board”**，同时选择 **“pcb<1>”** 和 **“pcb<2>”** 元件。



3. 在 **固体** 列表中，展开 **用户定义** 并选择 **“Tutorial PCB”**。
4. 单击 **确定** 。
5. 按照相同的过程，为其他元件指定固体材料：
  - 为 **主芯片 (mainchip)** 和所有的 **小芯片 (smallchip)**，赋予新的 **“Tutorial component package”** 材料（在 **用户定义** 下可见）；

- 散热器 (**heat sink**) 由 **铝** 制成 (可在 **预定义/金属** 下可见) ;
- 封盖 (“**in lid**”、“**out lid**”、“**hole lid**”, 以及 “**DerivedLPattern1**” 和 “**LocalPattern1**” 这两个阵列, 等所有的封盖) 均由 **绝缘体** 制成 (可在 **预定义/玻璃和矿物质** 下找到) 。

要选择零件, 请在弹出的 FeatureManager 设计树, 或者在 SOLIDWORKS 图形区, 点击该零件。

6. 单击 **文件 > 保存** 。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/447014151050006113>