



# Icepak

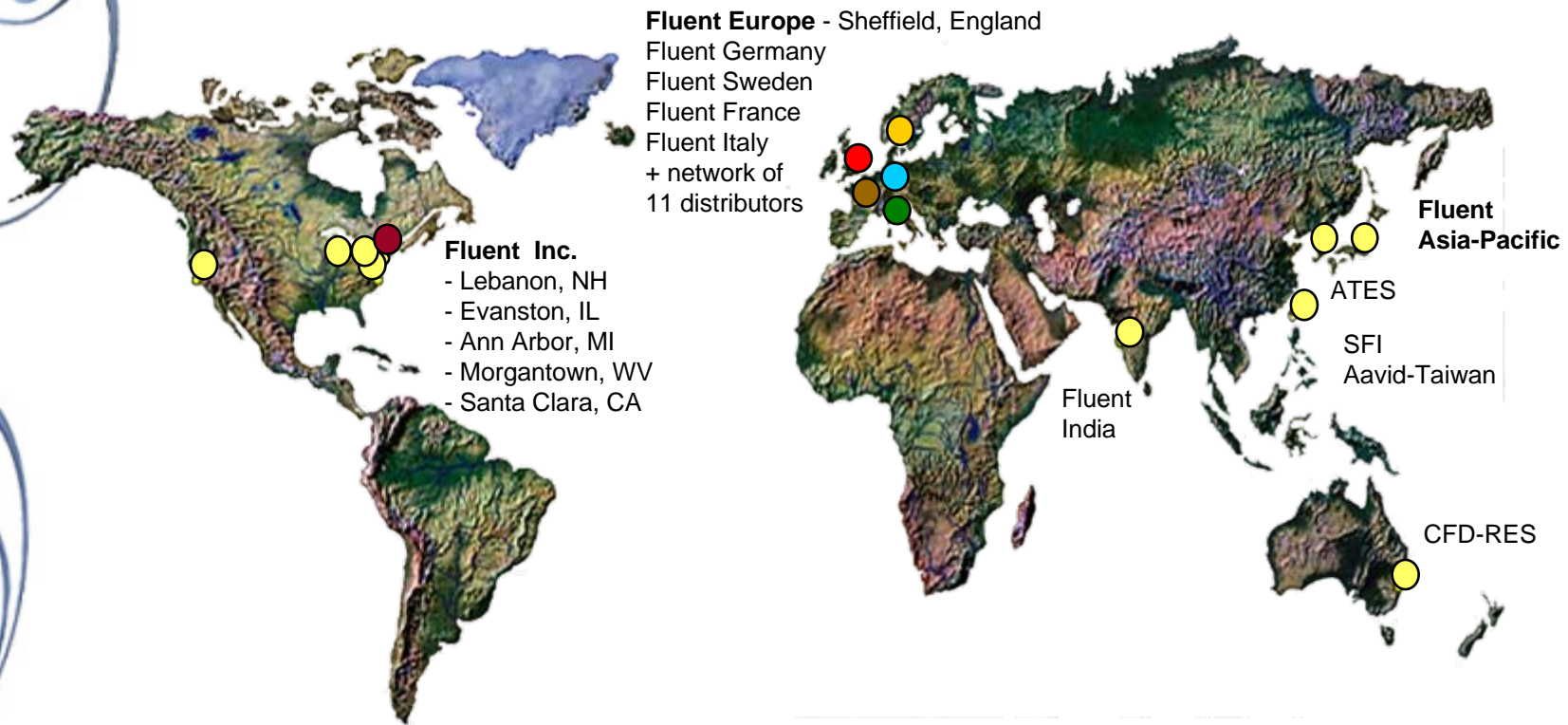
## 基本培训

热设计 <http://www.resheji.com>



# *Icepak* 概括介绍

# Fluent Inc. Worldwide



Fluent公司致力于是为用户提供流动模拟及热分析的仿真软件及服务，使用户大大改进设计,缩短设计时间，从而具有强大的核心竞争力和优势

# Fluent Inc.的软件产品

## FLUENT 6

- 基于CFD的有限体积法,适用于可压/不可压流, 层流/湍流,包括化学反应和多相流。

## FIDAP

- 基于CFD的有限元法,适用于不可压/可压流, 层流/湍流, 包括牛顿流体/非牛顿流体, 自由界面和流体结构接触面的相互作用

## POLYFLOW

- 基于CFD的有限元法,适用于模拟高粘性流动(如流变流体)和表面流动

## MixSim

- 模拟混合过程的专业软件

## Icepak

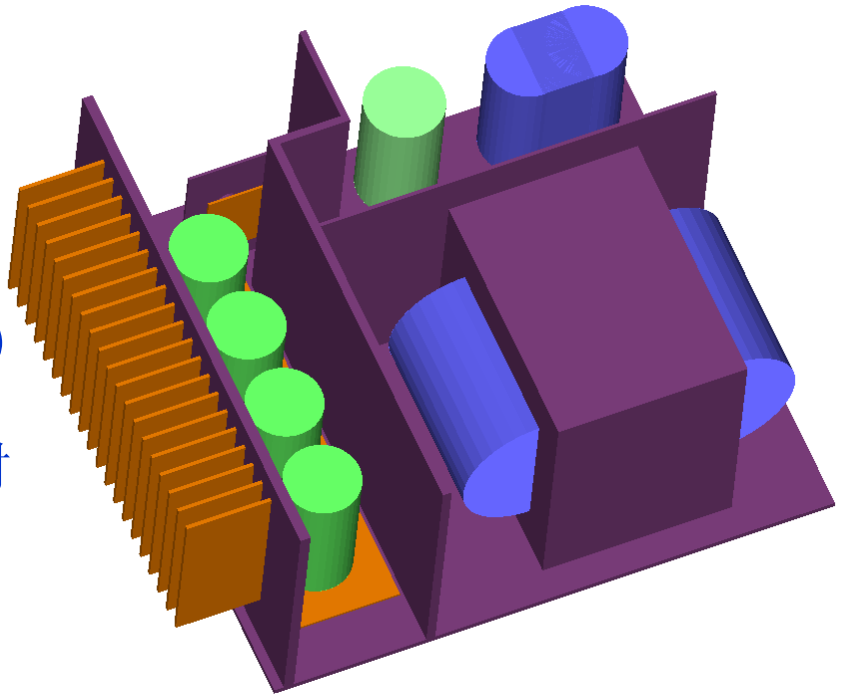
- 热管理和电子仪器散热分析的专业软件

## Airpak

- 热管理和电子仪器散热分析的专业软件

# Icepak: 基于对象的软件

- Icepak 是一种基于对象建模的软件.
- Icepak允许以下方式建模:
  - ▶ 主体对象:如块(blocks),板(plates),风扇(fans),通风口(vents),阻尼(resistance)等
  - ▶ 宏:如IC封装, PCBs,辐射散热器, 详细风扇曲线.



# Icepak 仿真能力

稳态/瞬态问题

层流/湍流模型

强迫对流/自然对流/混合  
对流

多流体问题

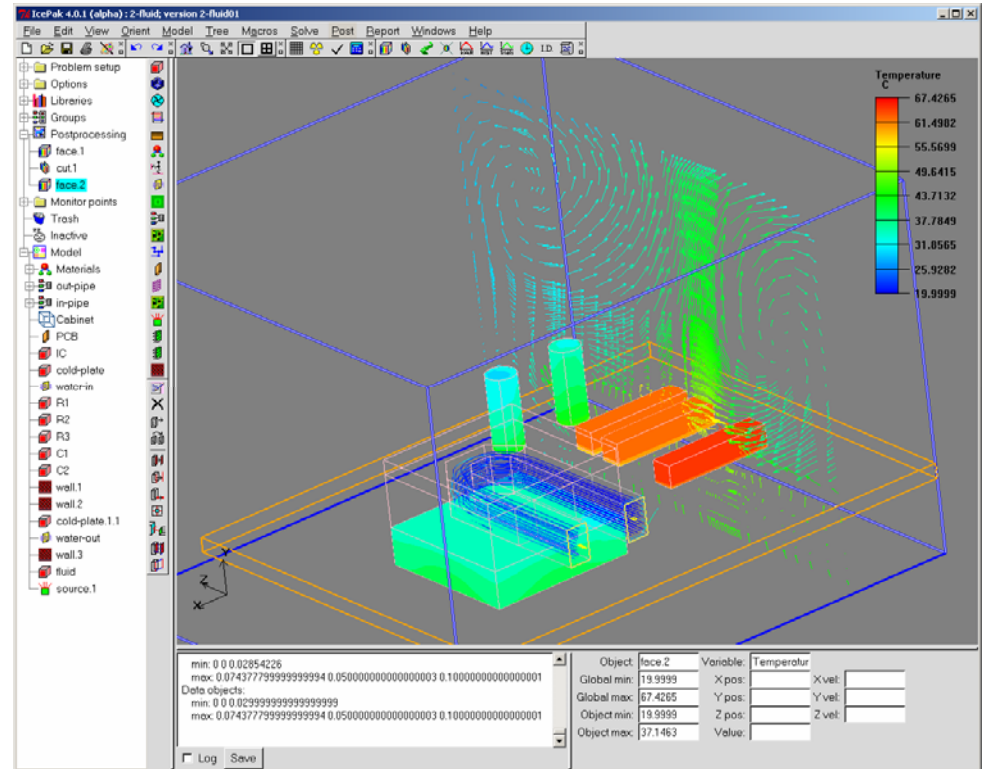
内/外流分析

耦合传热

辐射

固定边界条件/动边界条  
件/ 对称边界条件

依赖于时间的特性



# Icepak 仿真能力

强大的网格生成:

连续非结构网格

结构网格

非连续非结构网格

求解器特点:

参数化

并行处理

网格间插值

Zoom-in建模

灵活的单位定义

用户自定义封装库

从MCAD/ECAD文件导入

ProE-Icepak界面

先进的后处理和生成报告的功能



# 启动 *Icepak*

# Topics

- 怎样启动Icepak
- Icepak用户图形界面(GUI)
- 创建工程
- 打开已有的工程
- Icepak 文件结构 – job, model和 problem文件
- Icepak 菜单列表

# 启动 Icepak

## Windows:

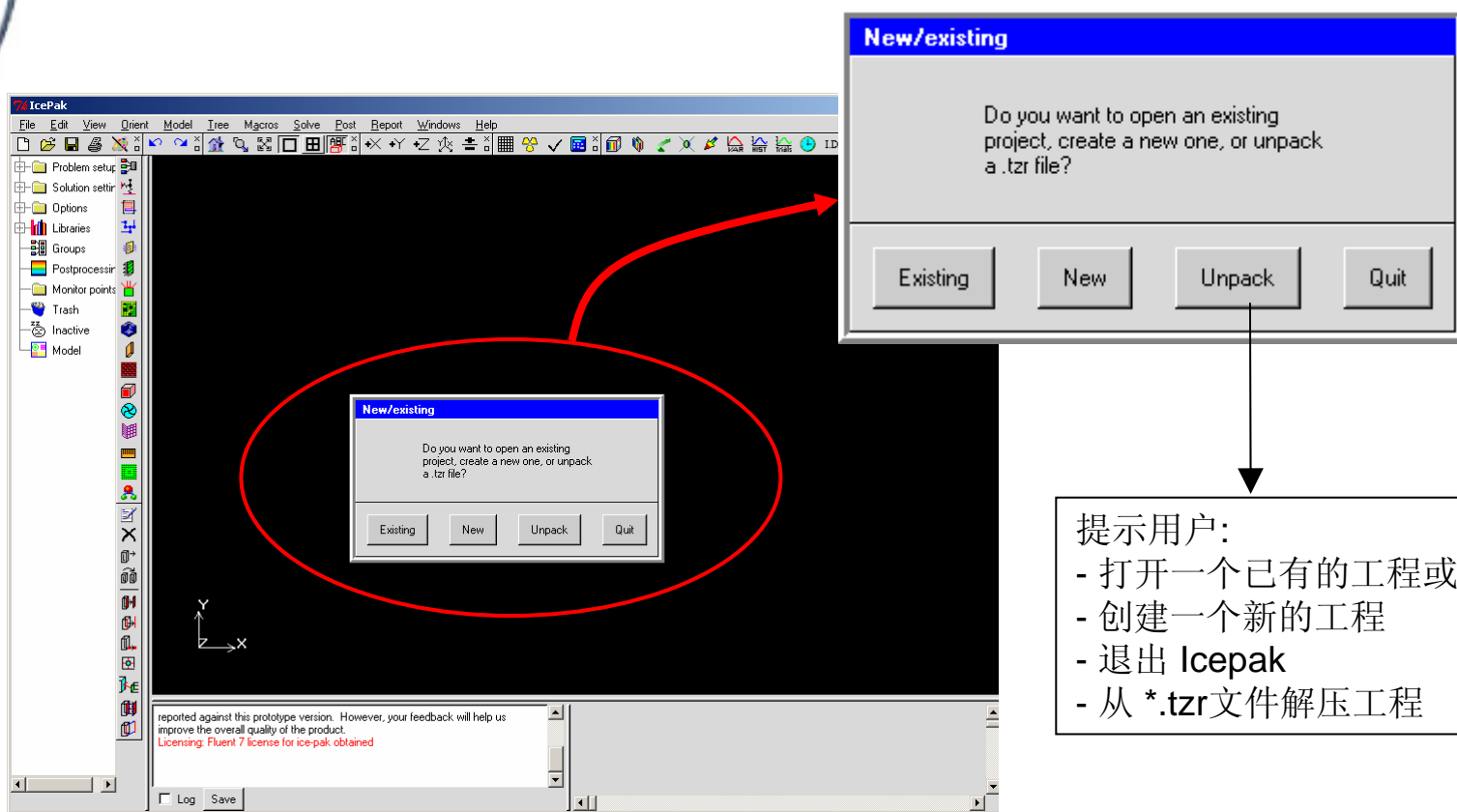
- 点击桌面上的快捷键 “Icepak4.3.10”
- 在开始菜单点击 **Programs/Fluent.Inc/Icepak4.0**

## UNIX:

- 从系统命令行中输入 “*icepak*”

# 创建新的工程

- Icepak 启动后,自动弹出 **New/existing** 面板



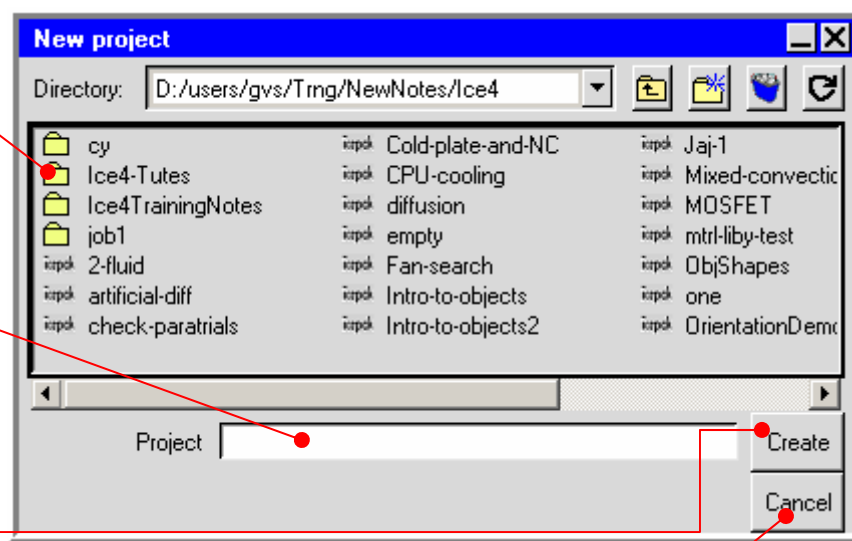
# 创建一个新工程

在 **New/Existing** 面板中点击 **New** 打开 **New project** 面板

1a. 选择路径

2. 输入工程名

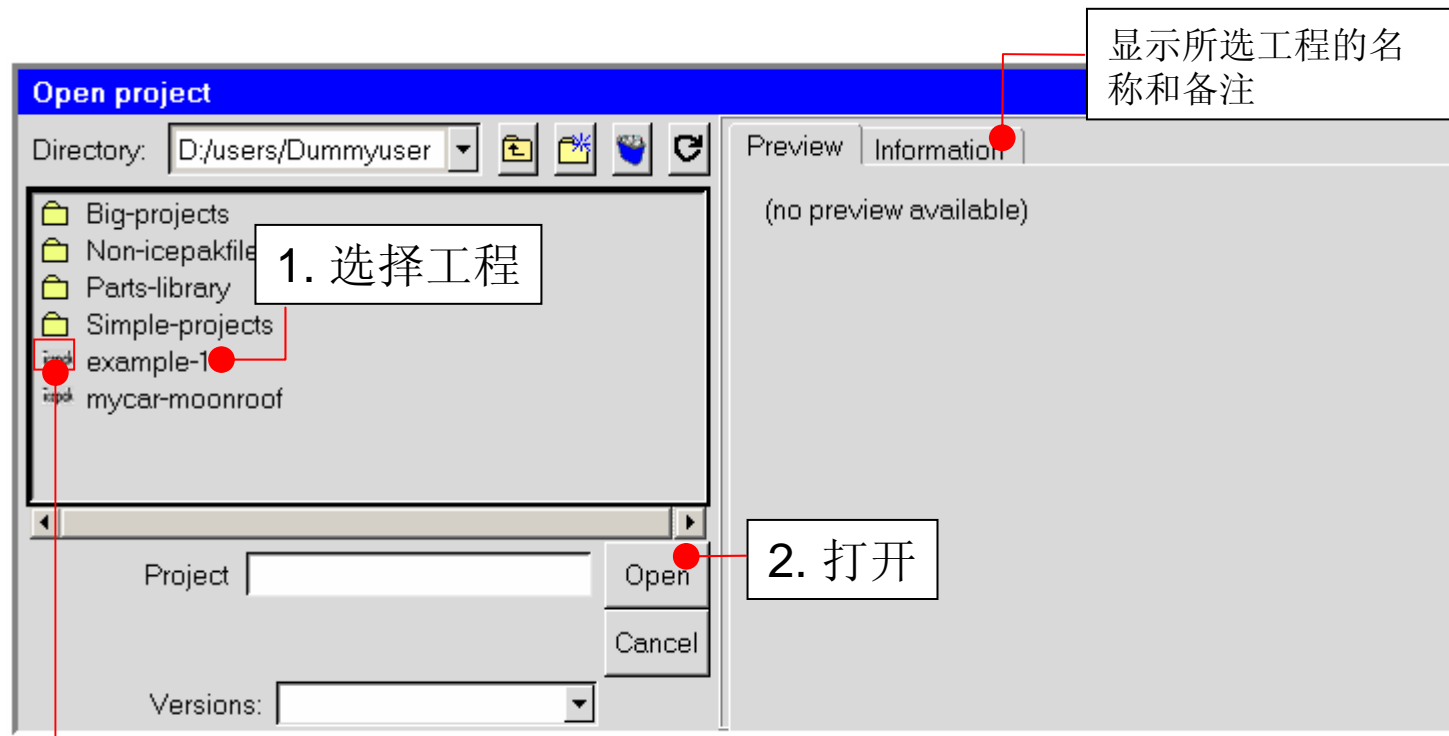
3. 创建工程



1b. 取消返回New/Existing面板

# 打开已有工程

在 **New/Existing** 面板中点击 **Existing** 打开 **Open project window** 面板



Icepak 工程文件前有  
*Icepak* 图标

# Icepak 文件结构

- ◆ 每个Icepak工程都是由包含路径的工程文件组成
- ◆ 工程名 = 路径名
- ◆ 文件种类包括:
  - 问题设置文件-**JOB**, **MODEL** 和 **PROBLEM** 文件
  - 网格文件
  - 求解文件
  - 后处理/ 报告文件
- ◆ 其中**Job**, **Model** 和 **Problem** 文件是重建工程必须有的

# 压缩/解压工程

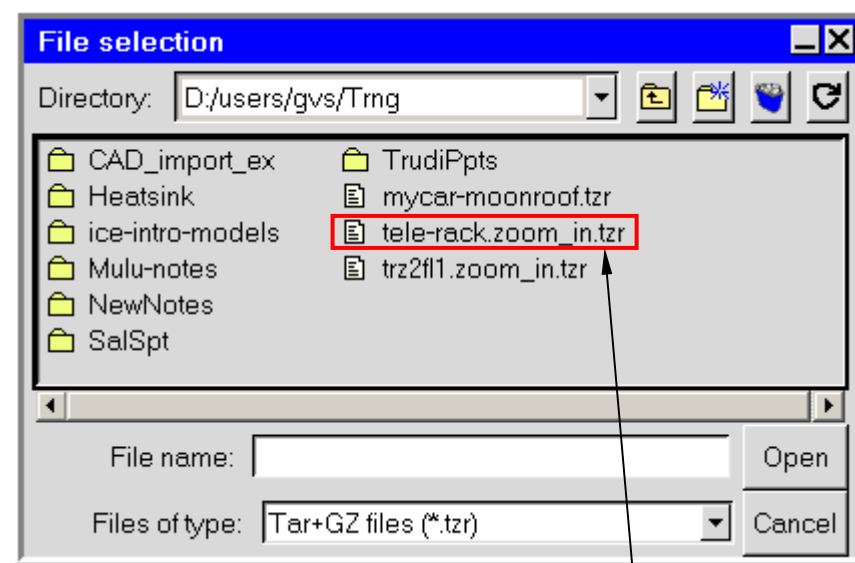
在 New/Existing 面板中点击 *Unpack* 打开 *File selection* 面板

Icepak 工程文件可以压缩成 \*.tzt 格式

只有 job, model 和 problem 文件被压缩

File>Pack 进行压缩操作

File>Unpack 进行解压操作



选择 \*.tzt 文件

# List of Icepak menus

Icepak 界面包括以下菜单:

- **File** – 新建/打开工程, 删除文件, **CAD**导入, 压缩/解压工程文件, 保存/另存为
- **Edit** – 编辑当前对象/组, 对齐, 撤消/恢复
- **View** – 对象显示, 几何测量
- **Orient** – 方位, zoom-in功能, 用户定义视图
- **Model** – 网格生成, **CAD** 导入, 辐射, 物性设置
- **Tree** – 控制模型树
- **Macros** – 从宏库中把宏添加到模型中
- **Solve** – 求解, 求解监视器, 定义实验, 定义报告
- **Post** – 图形结果, 为处理定义单位
- 报告 – 文本结果
- **Windows** – 所打开的窗口列表
- 帮助

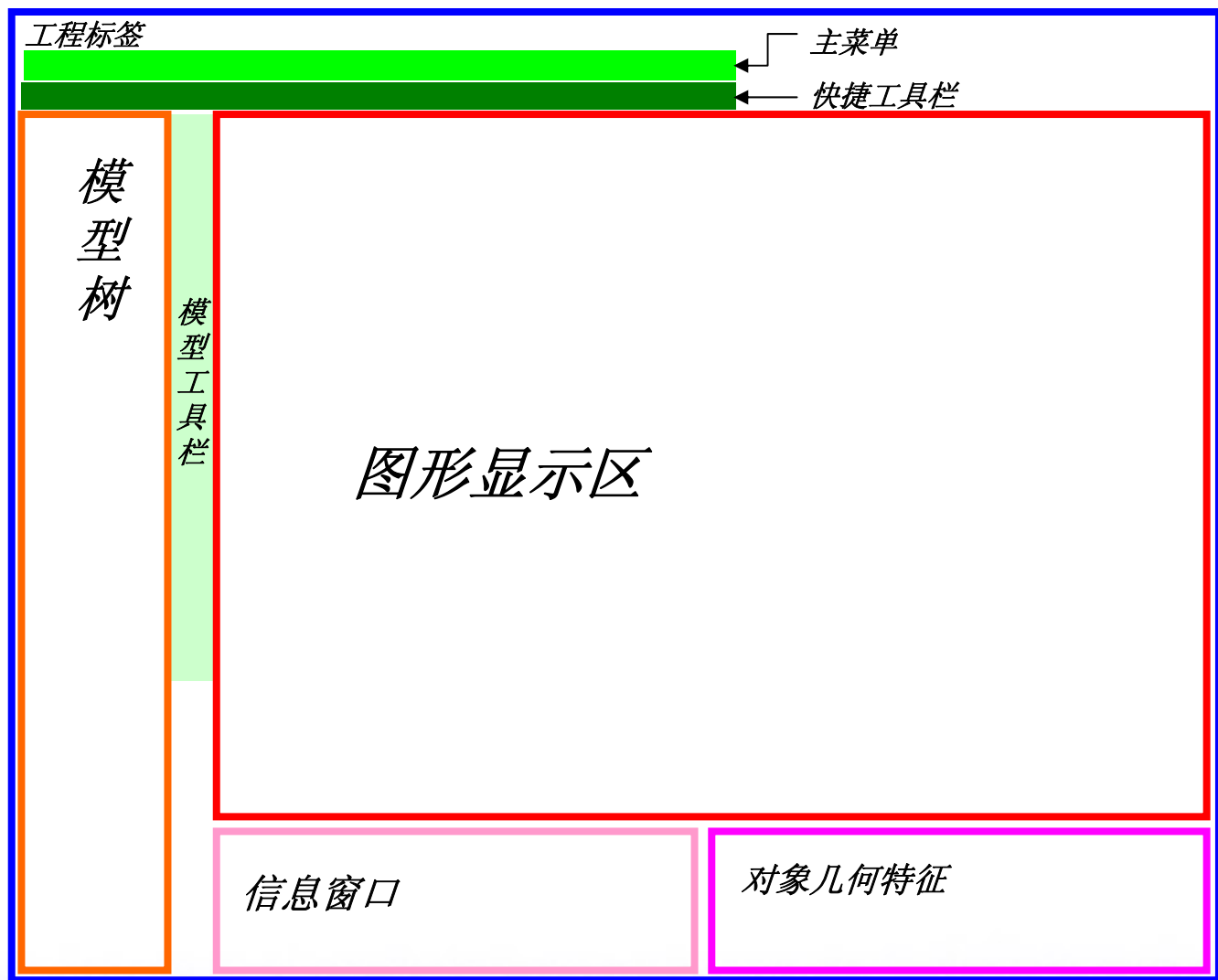


# *Icepak* 用户界面

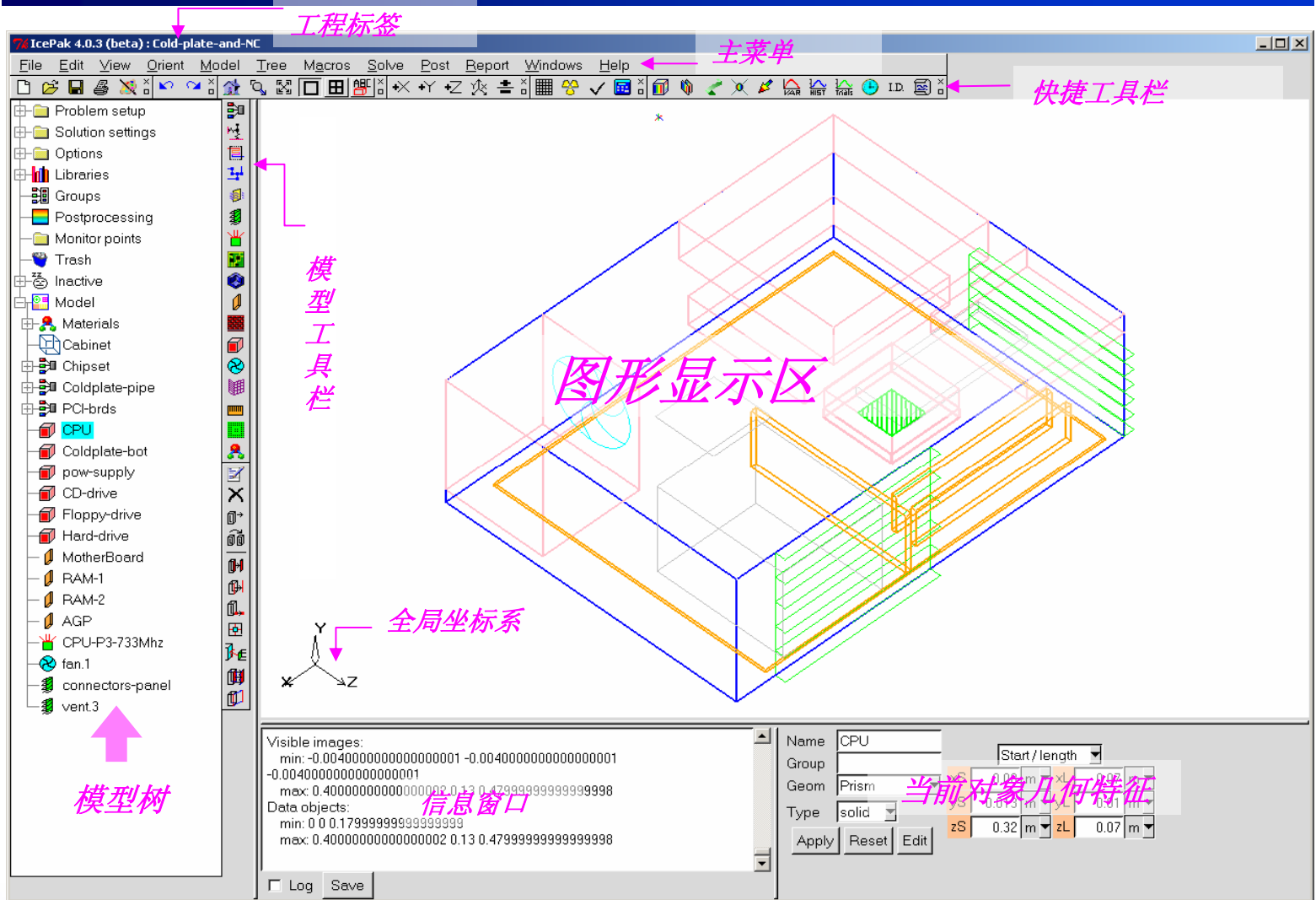
# Topics

- Icepak 图形用户界面
- Icepak 对象的简单介绍
- 建模工具栏
- 快捷菜单
- 模型树
- 鼠标功能介绍
- 模型的方位
- 交互编辑工具

# 用户图形界面 GUI



# 用户图形界面 GUI



# Icepak GUI: 定义

- ▶ **工程标签(Project label):** 名称和结果版本
- ▶ **主菜单(Main menu):** Icepak所有功能都可以在主菜单的下拉菜单里实现
- ▶ **模型工具栏(Model toolbar):** 创建/编辑对象,对齐功能
- ▶ **快捷菜单(Shortcuts toolbar):** 提供常用功能
- ▶ **图形显示区 (GDA):** 显示模型
- ▶ **信息窗口 (Messages window):** Icepak 通过文本信息提示用户, 例如 – 当前 Icepak的状态, 网格质量, 后处理信息
- ▶ **当前对象几何特征窗口 (COG):** 显示选中对象的几何信息
- ▶ **模型树(Model tree):** 工程中所有对象的列表,包括模型/库/问题设置/求解器,和一些普通选项
- ▶
- ▶ **全局坐标系 (Axes):** 在GDA中显示模型的方位

注意: 把鼠标放在图标上,会自动弹出相关的信息

# Icepak 对象的简单介绍

Icepak 对象是用来构建模型的实体

风扇(fan)类型: 具有特征曲线的吸入式风扇

板(plate)类型: 矩形斜板

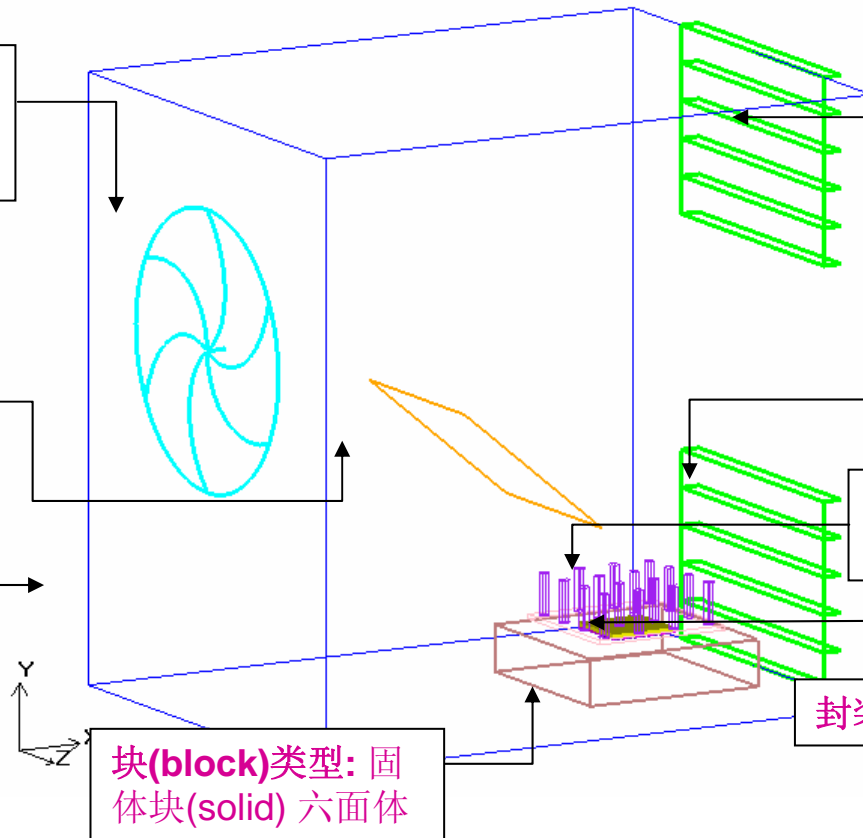
机柜(Cabinet): CFD 求解区域

块(block)类型: 固体块(solid) 六面体

过滤网(Grill)类型

散热器(Heat Sink)类型: 翅片散热器

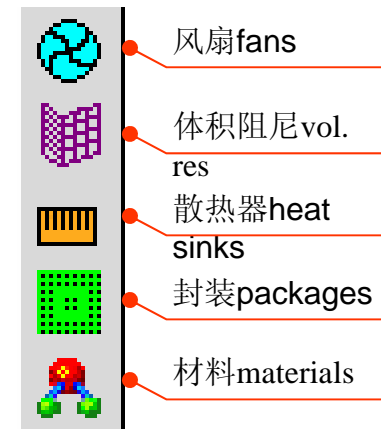
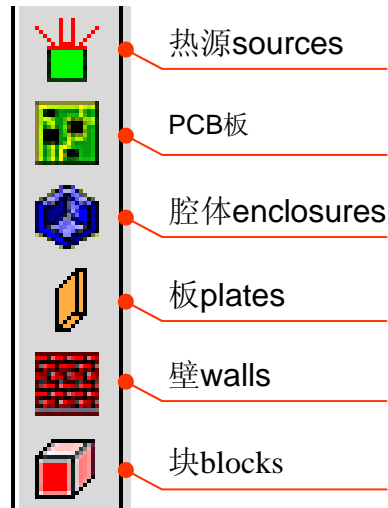
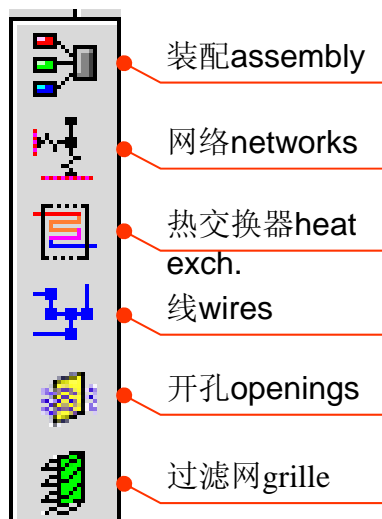
封装(Package)类型: PBGA



# 模型工具栏model toolbar: 创建对象

- Icepak 有两种对象类型: 简单类型和复合类型
- 每种对象类型在模型(Model)工具栏靠上的部分都有一个图标表示

## Icepak对象类型图标



- 点击相应的图标即可创建新的对象



# 模型工具栏model toolbar: 编辑和对齐功能

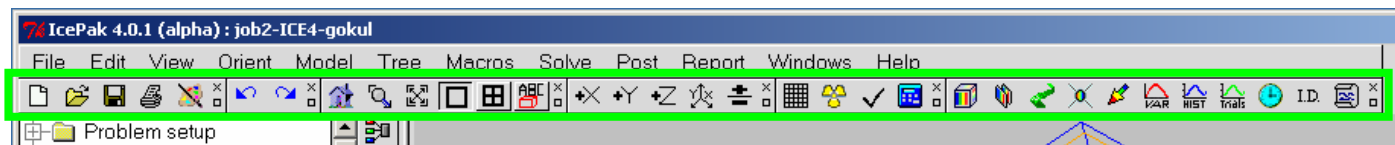
- 模型工具栏靠下的部分包括编辑图标和对齐图标

## Icepak 编辑和对齐图标

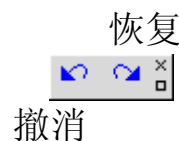
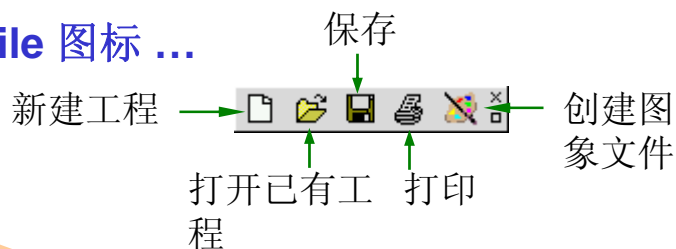


- 点击相应的图标即可创建新的对象

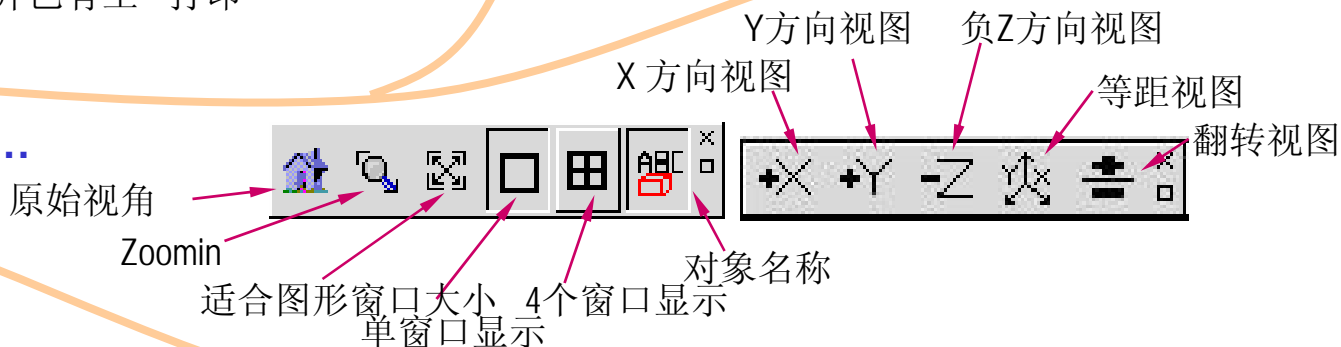
# 快捷工具栏 Shortcuts Toolbar



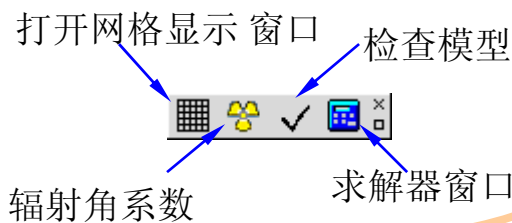
## File 图标 ...



## 方位图标 .....



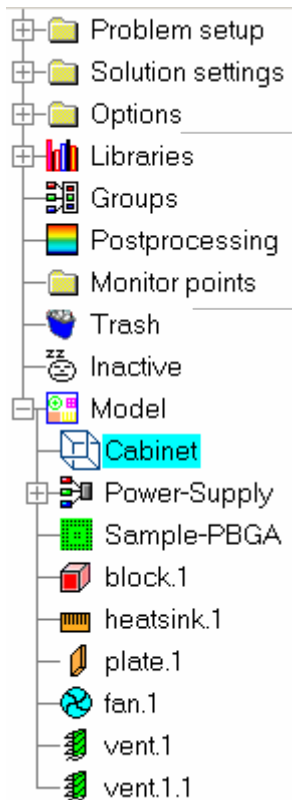
## 求解器图标 .....



## 后处理图标...



# 模型树: 简单介绍



模型树的上面部分包括参数设置:

- 问题定义
- 求解器设置
- 选项 - 图形, 单位等

中间部分包括:

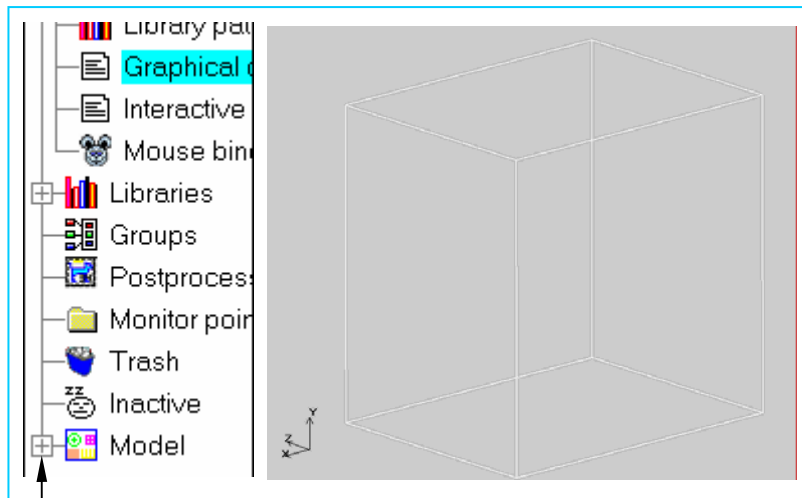
- 缺省及用户定义的库
- 组 - 多个对象构成一个组
- 后处理对象
- 求解监控点

下面部分包括:

- 回收站
- 休眠箱
- 物理模型枝 - 包括组成模型的所有对象

模型树的下面部分在下一页有进一步的详细说明.

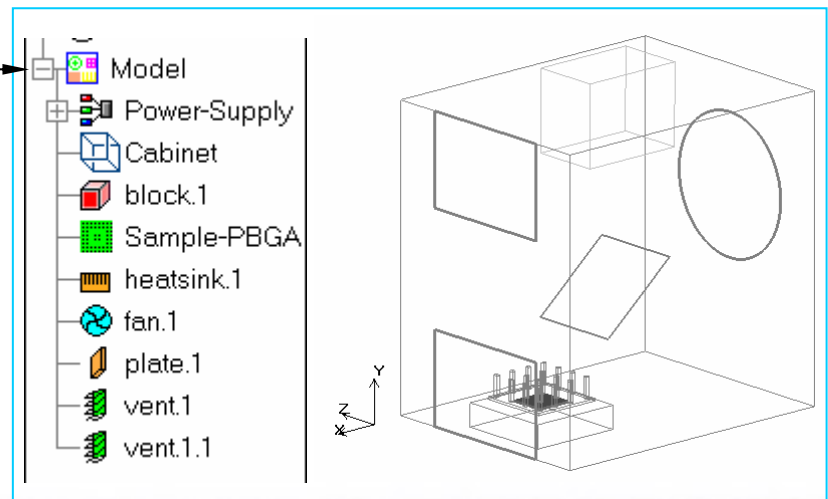
# 模型树: 物理模型枝 Physical model branch



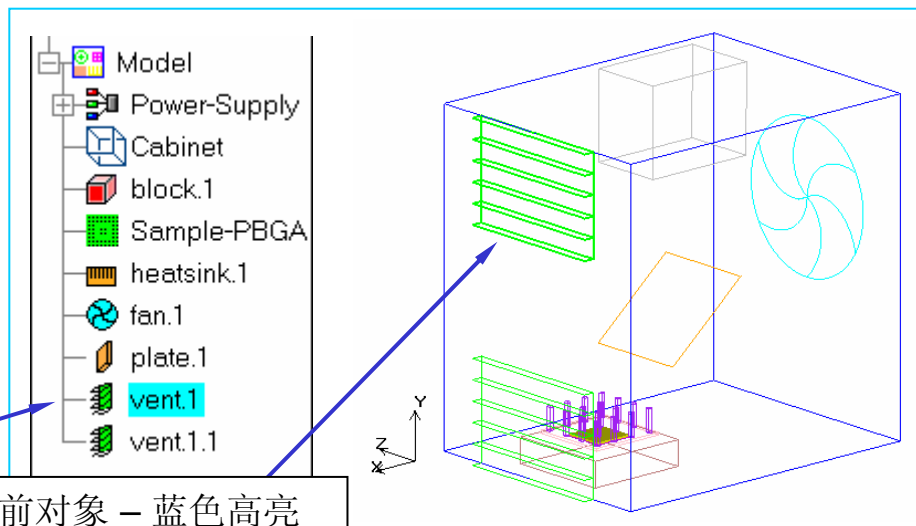
如果模型枝不是点开的, 则仅显示机柜(CFD求解区域)

如果模型枝是点开的, 但是没有选中任何对象, 则所有的对象都显示为灰色

点开或关闭模型枝



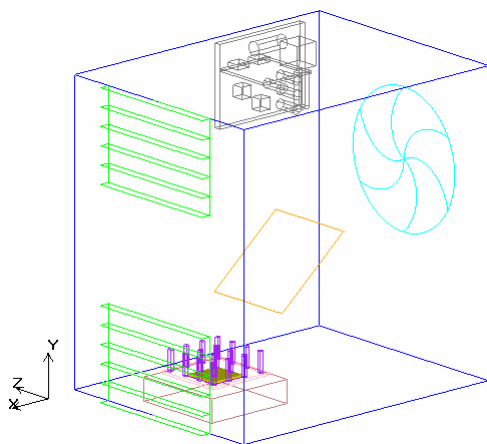
# 模型树:物理模型枝Physical model branch ...



当前对象 - 蓝色高亮  
粗体显示

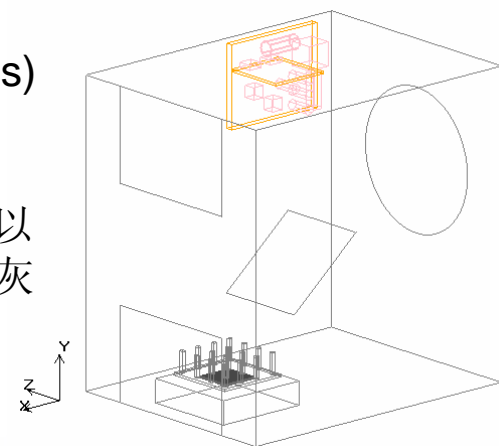
如果有对象被选中 (蓝色高亮), 其它所有的对象都将显示为缺省颜色 (或指定颜色). 选中对象粗线显示

一个装配类型的对象, 如例中的“电源”, 是由许多对象集合在一起组成一个复合的对象.

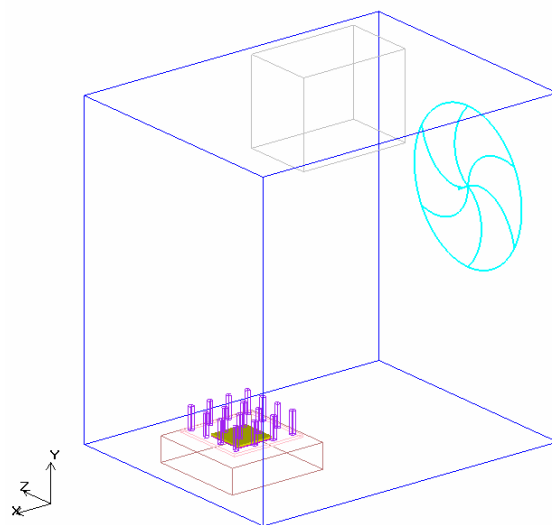
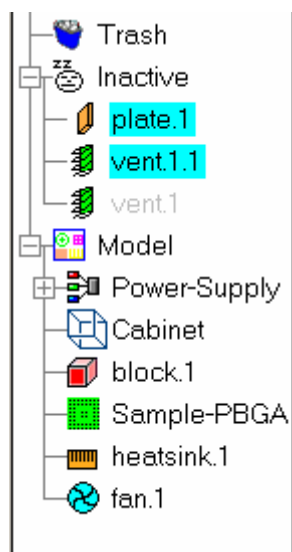
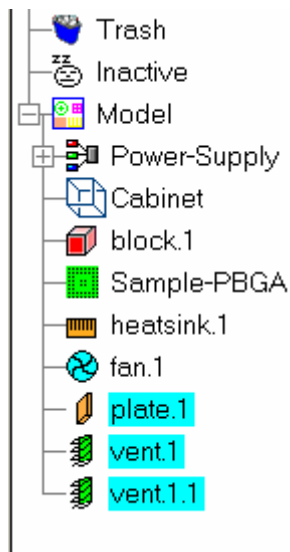


装配分枝(Assembly sub-branches) 和模型枝一样是可以展开的,

当装配的组件被选中, 则这个装配以缺省颜色显示, 而其它模型显示为灰色.



# 模型树: 休眠箱和回收站inactive & trash branches

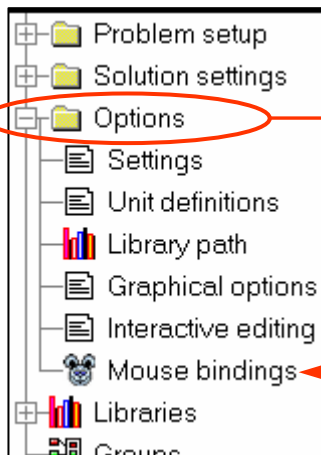


- 用鼠标在模型树中选中对象，或用**Ctrl +**鼠标选中多个对象
- 把对象拖到回收站或休眠箱中
- 放入休眠箱的对象将会从模型中移出,但并没被删掉,只是暂时放在休眠箱中被屏蔽了;当把该对象从休眠箱中拖回模型树时将被激活.
- 清空回收站将永久删除对象;后处理对象拖入回收站即被删除

# 鼠标功能

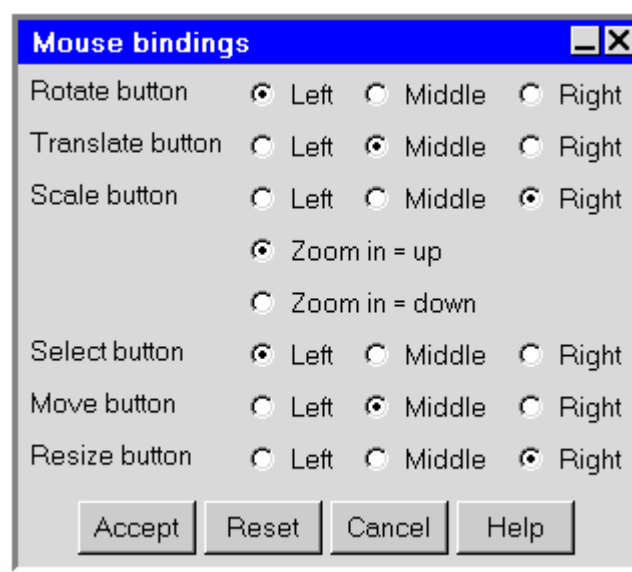
| 模型方位功能                |                                 |
|-----------------------|---------------------------------|
| 按住左键移动                | 在三维空间中旋转显示                      |
| 按住中键移动                | 平移                              |
| 按住右键- 向上移动/向下移动       | 放大 / 缩小                         |
| 按住右键- 向左移动/向右移动       | 在二维平面内旋转模型                      |
| 缩放和重新放置功能             |                                 |
| <b>Shift +</b> 按住左键移动 | 选中对象 - 单击选中单个对象, 用鼠标拖出一个框选中多个对象 |
| <b>Shift +</b> 按住中键移动 | 平移选中的对象                         |
| <b>Shift +</b> 按住右键移动 | 缩放选中的对象                         |

# 鼠标功能:鼠标功能设置

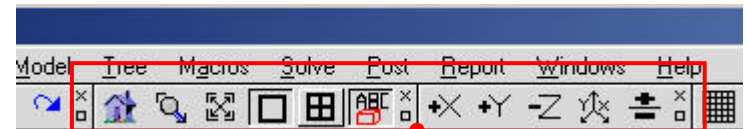
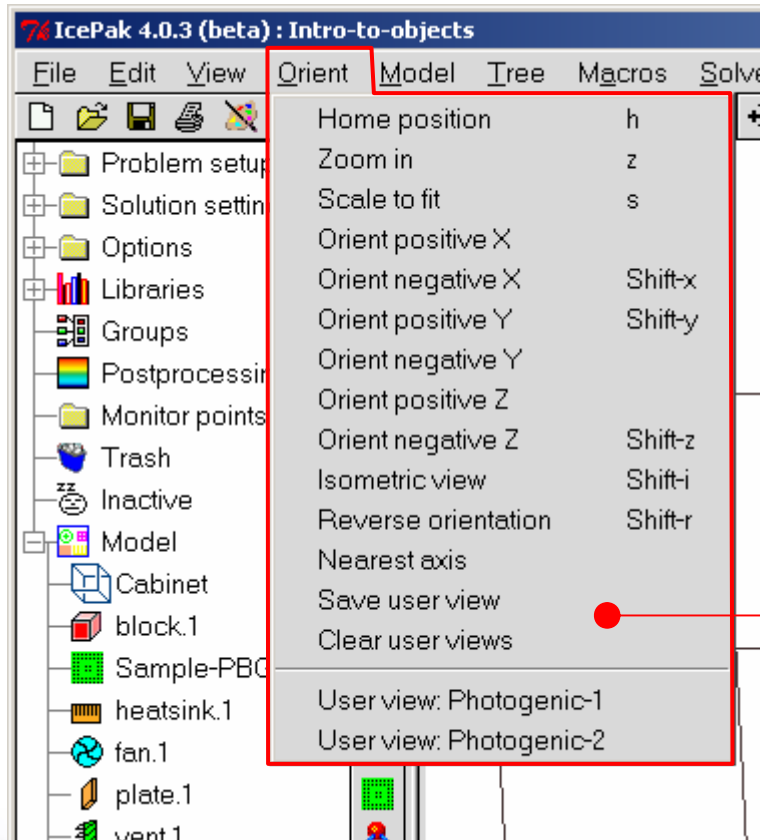


在模型树中, 点开选项枝(*Options branch*)进入鼠标功能设置面板(*Mouse bindings*)

双击打开鼠标功能设置(*Mouse Bindings*)面板, 进行修改



# 模型方位: 菜单及图标

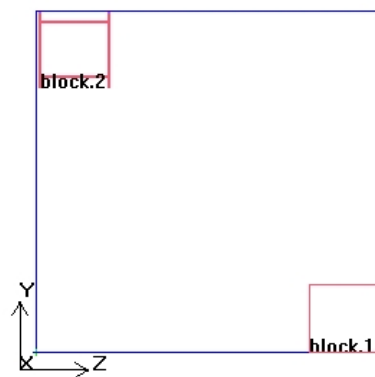


常用方位功能图标

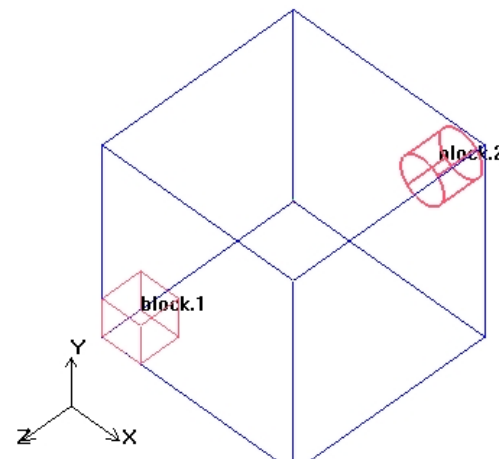
方位(Orient)下拉菜单共有  
14个选项

# 模型方位: 固定轴视图

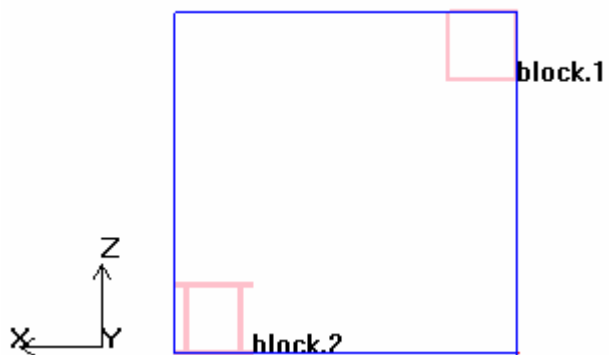
**X方位视图:** 的意思是指X正半轴垂直指向屏幕;



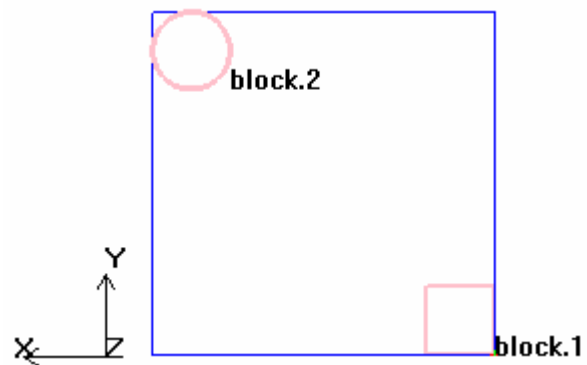
X方向视图



等视图

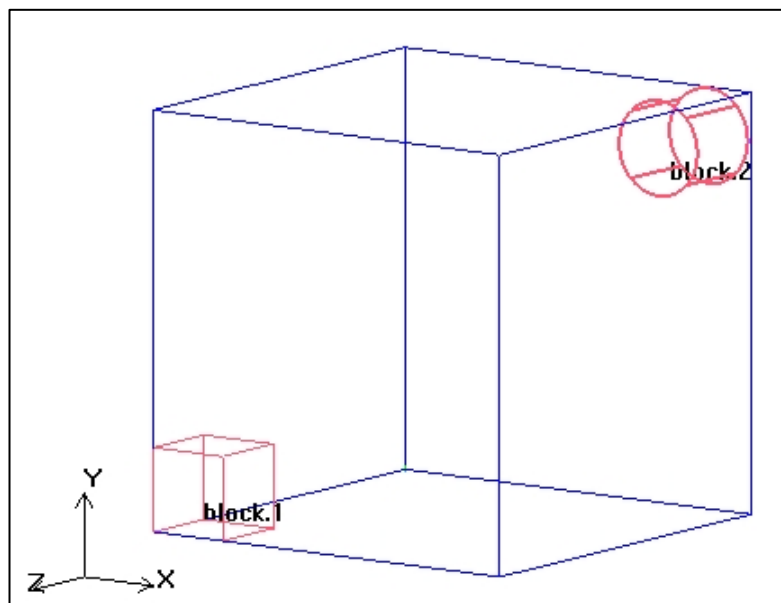


负 Y方向视图



Z方向视图

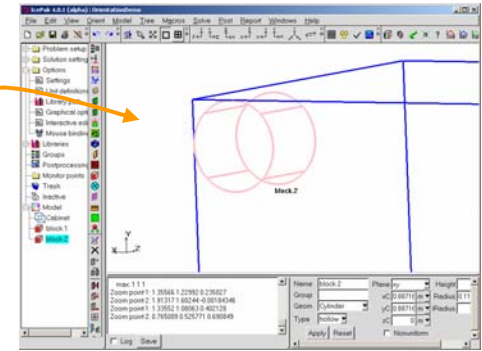
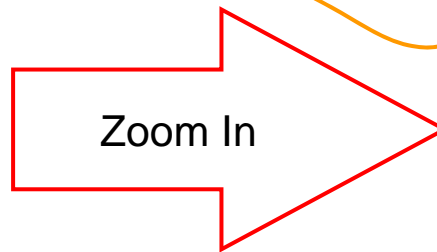
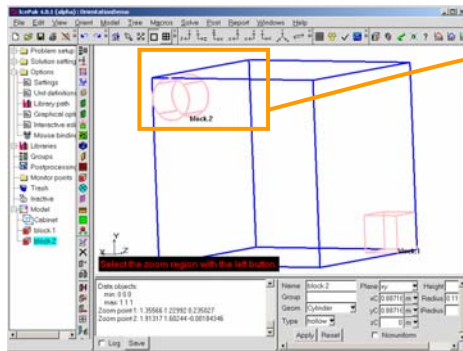
# 模型方位: 使用鼠标



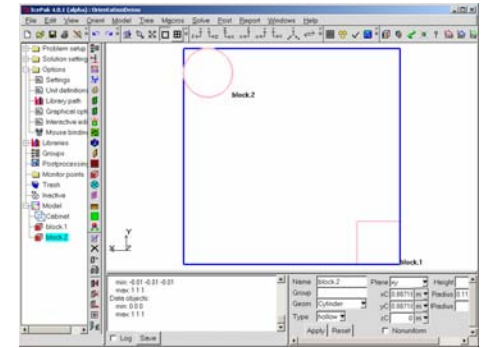
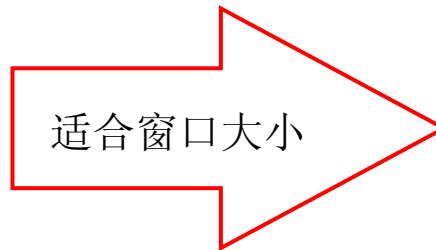
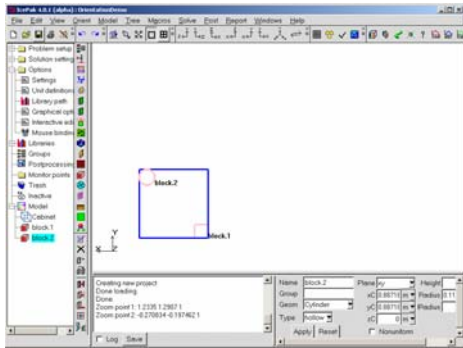
上图显示的方位是一系列鼠标动作的结果（左键：旋转，中键：平移，右键：缩放）

# 模型方位: Zoom/ un-zoom

- Zoom in:用鼠标拖出的框把需要zoom-in的对象/区域框住



- 适合窗口大小: 让机柜的大小按适合图形显示区的大小显示; 但不改变当前的方位显示

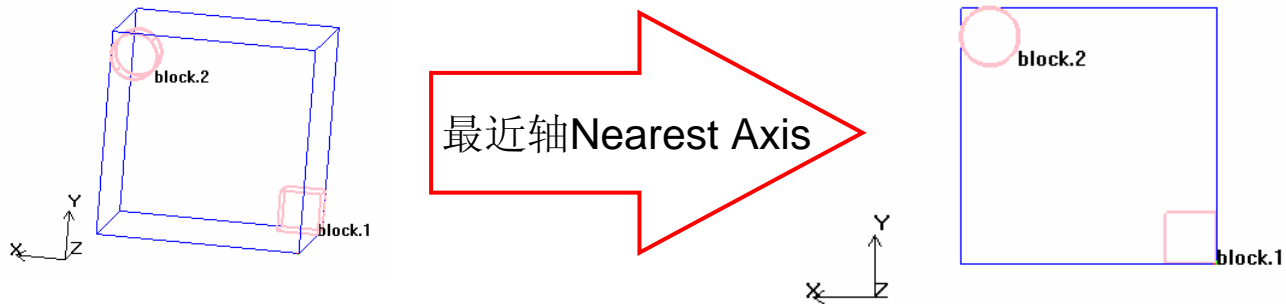


- Home position: 负z方向视图, 适合窗口大小显示; 是新建对象缺省的显示方式

# 模型方位: 其它选项

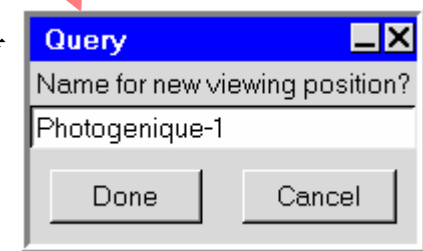
反转(Reverse orientation)– 水平反转方位(镜像)

最近轴(Nearest axis) – 改变为与当前方位最接近的固定轴方位;  
当使用鼠标改变方位后非常有用



保存用户定义视图 – 在 *query* 面板中指定名称保存当前的方位视图

清空用户定义视图 – 删除所有用户定义视图



# 模型方位: 快捷图标 Shortcut icons

显示/隐藏对象名称

恢复原位置

Zoom in

适合窗口大小

分区显示

单个显示

X方向视图

+Y

-Z

等视图

反转方位

IcePak 4.0.1 (alpha) : OrientationDemo

File Edit View Orient Model Tree Macros Solve Post Report Windows Help

max: 1 1 1  
Zoom point 1: 1.35566 1.22992 0.235027  
Zoom point 2: 1.91317 1.60244 -0.00184346  
Zoom point 1: 1.33552 1.00063 0.402128  
Zoom point 2: 0.785009 0.525771 0.690849

Name: block.2  
Group:   
Plane: yz  
Height:   
Geom: Cylinder  
Type: hollow  
xc: 0.88716 m  
yc: 0.88716 m  
zc: 0 m  
Radius:   
IRadius:   
Apply Reset Nonuniform

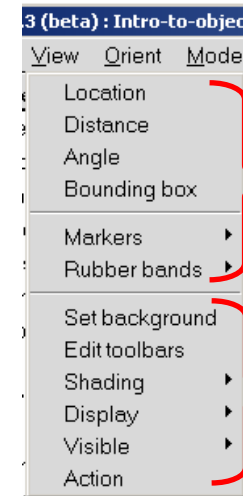
# 界面工具 Interactive tools : 视图菜单 (View menu)

• 视图菜单包括几个常用的工具:

- ▶ 几何测量
- ▶ 视图选项

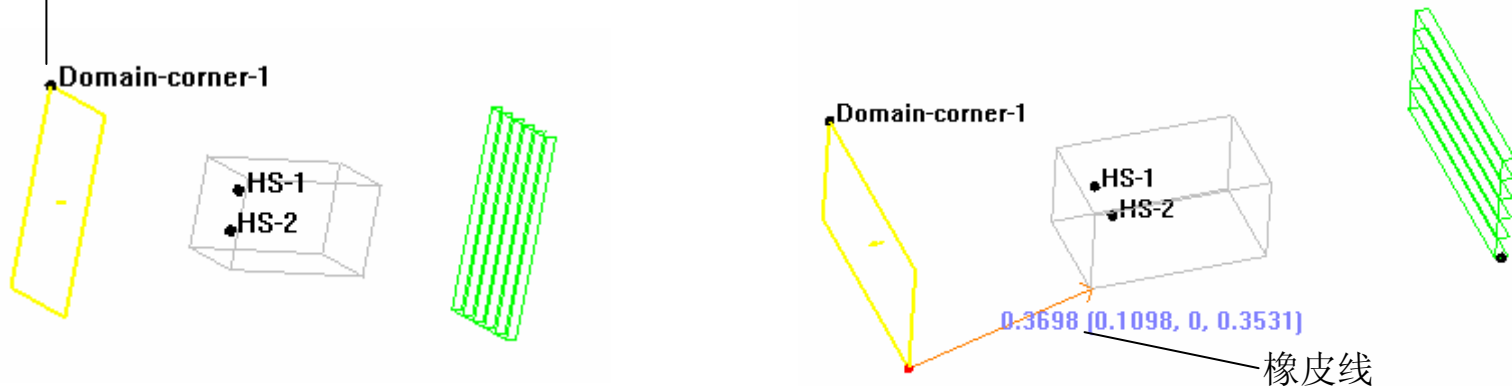
• 几何测量:

- ▶ **位置** – 在信息窗口显示点的坐标
- ▶ **距离** – 在信息窗口显示所选点之间的  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$
- ▶ **角度** – 在信息窗口显示由三个点定义的夹角的大小
- ▶ **Markers** – 图形显示坐标的功能
- ▶ **橡皮线** – 图形显示距离的功能



鼠标辅助几何测量

视图/显示选项



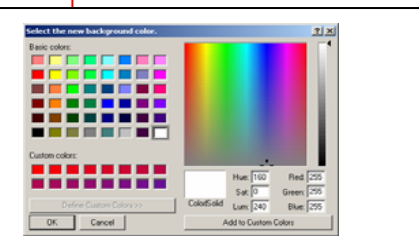
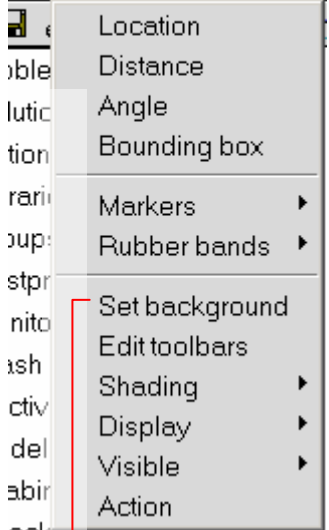
\*用户可以按照屏幕的提示选中点

# 界面工具Interactive tools: 视图菜单...

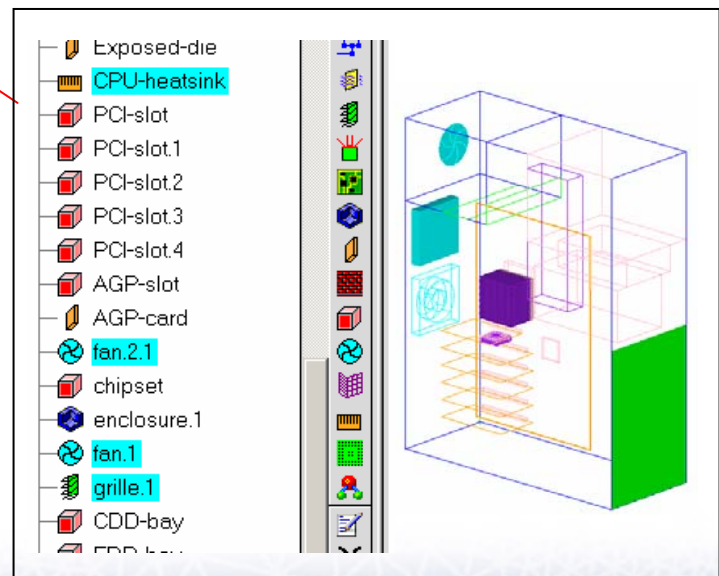
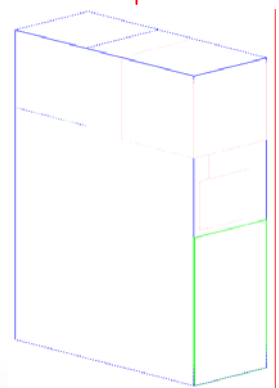
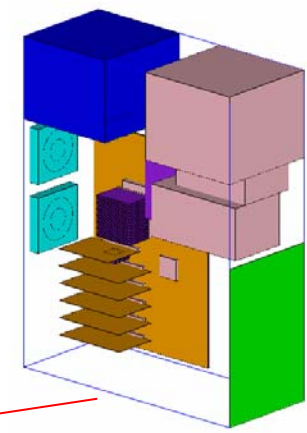
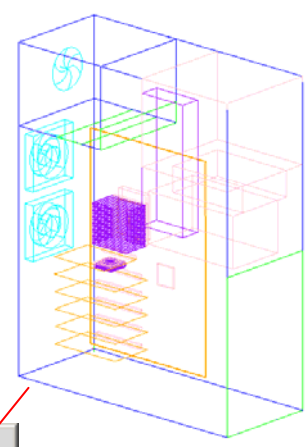
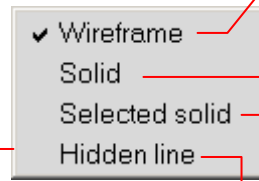
视图选项

## 4.0.3 (beta) : Intro-to-object

File Edit View Orient Model



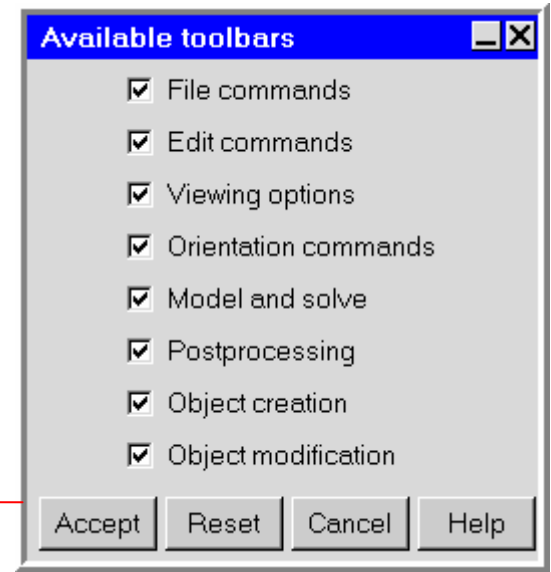
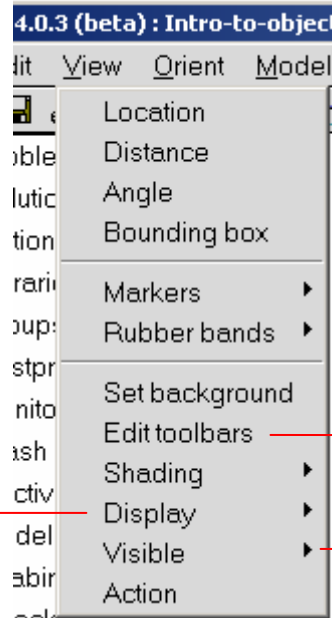
缺省的背景颜色为黑色; 可以在这个面板修改



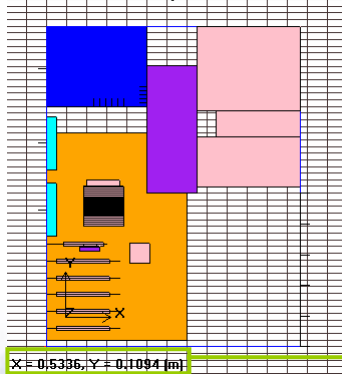
# 界面工具 Interactive tools : 视图菜单...

视图选项 (接上)

- ✓ Coord axes
- ✓ Visible grid
- ✓ Origin marker
- Rulers
- Project title
- Current date
- Construction lines
- Construction points
- Object names
- Mesh
- ✓ Mouse position
- Depthcue
- Tcl console



对齐网格 (不是计算网格)

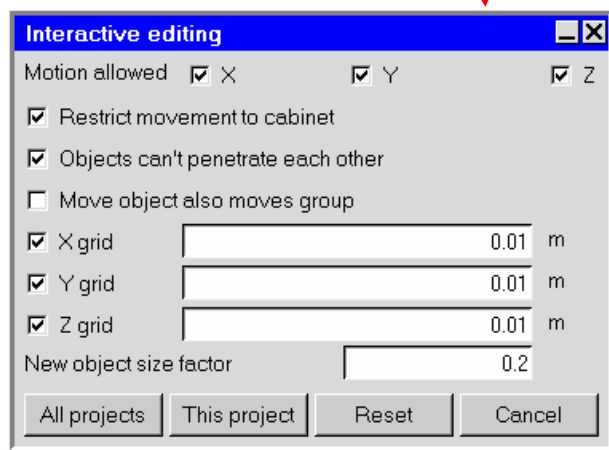
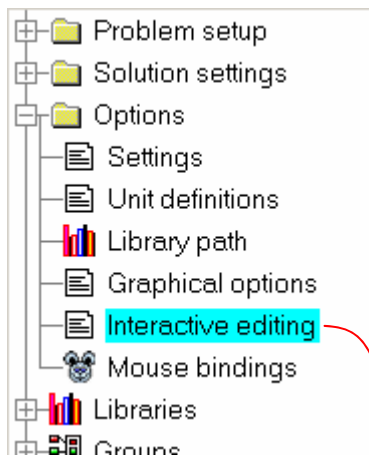


移动鼠标

- ✓ Cabinet
- ✓ Assemblies
- ✓ Networks
- Heat exchangers
- ✓ Blocks
- ✓ Fans
- ✓ Resistances
- ✓ Heat sinks
- ✓ Packages
- ✓ Materials

没有选中的 = 不显示

# 界面工具 Interactive tools : 界面编辑表



- 重新设置鼠标平移/缩放的功能
- 该面板控制这些操作实现的方式
- 允许移动 – 只能在已选中的方向移动
- 约束在机柜内移动
- 对象之间不能重叠堆彻
- 移动组
- 在缺省情况下鼠标平移/缩放是连续的,不是网格捕捉式的
- 给定网格捕捉的X,Y,Z 三个方向的网格大小X grid/Y grid/Z grid -- 鼠标的移动将会网格数字化
- 在主菜单里使用“View>Display>Visible grid”,则可以显示网格,这时网格捕捉功能可用。
- 新建对象的大小系数(size factor) – 对象尺寸与机柜尺寸的比值,缺省为0.2;新建对象会居于机柜的中心处

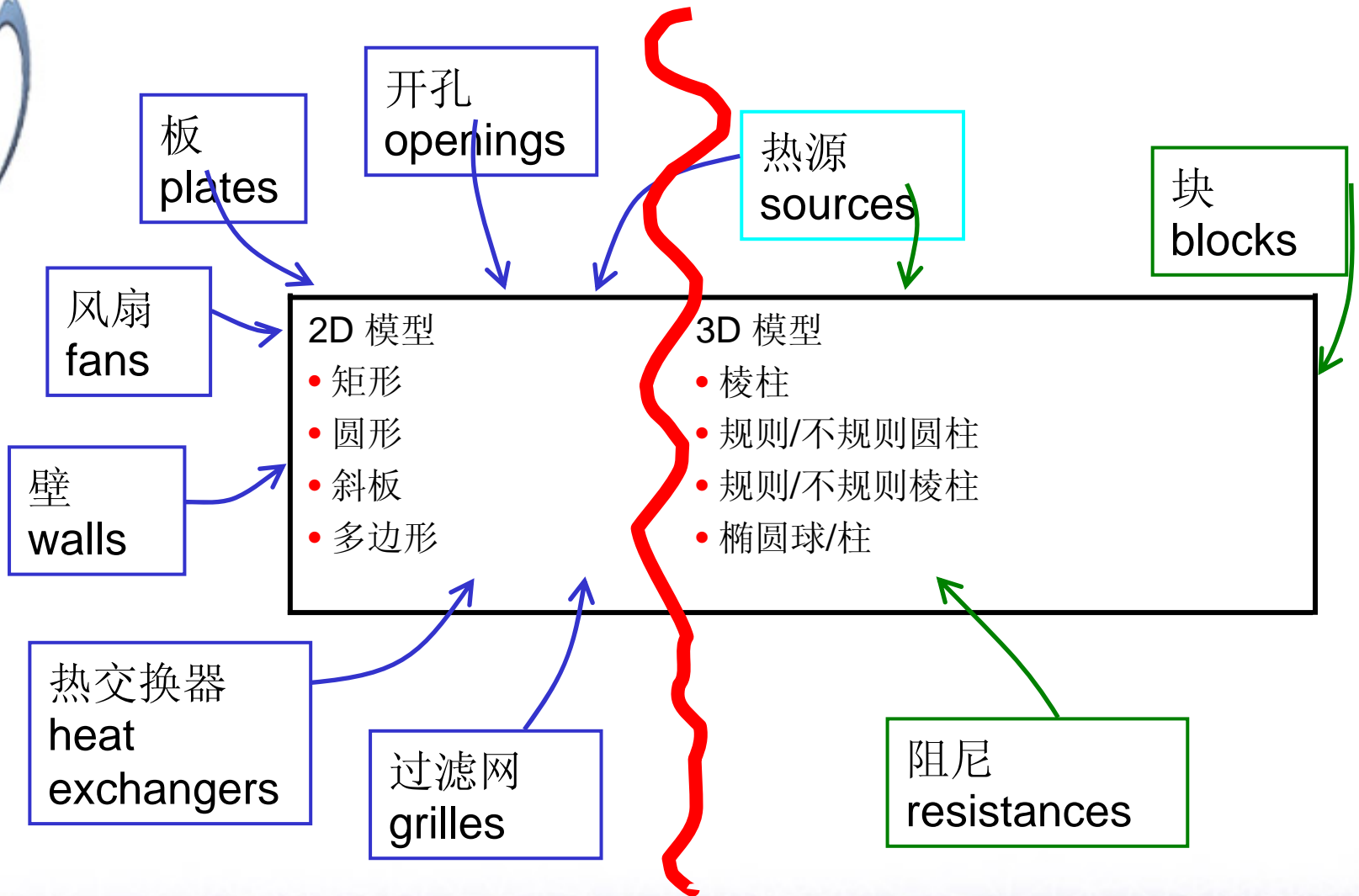


# 建模： 几何建模

# Topics

- Icepak对象的几何外形
- 编辑功能
- 对齐功能
- 单位

# Icepak 对象的外形: 简单对象外形



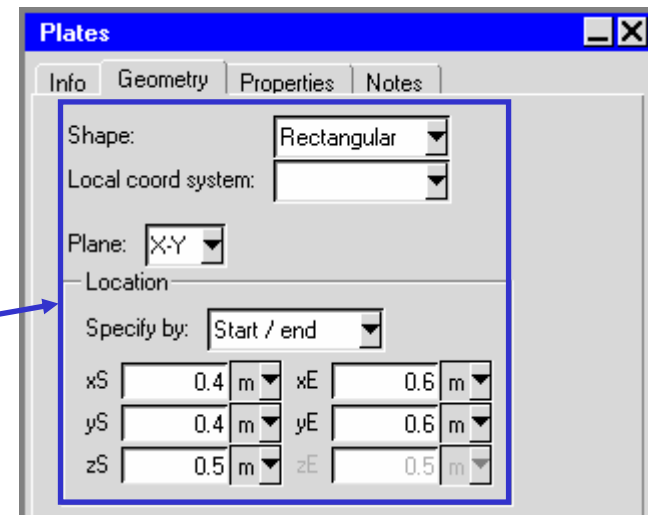
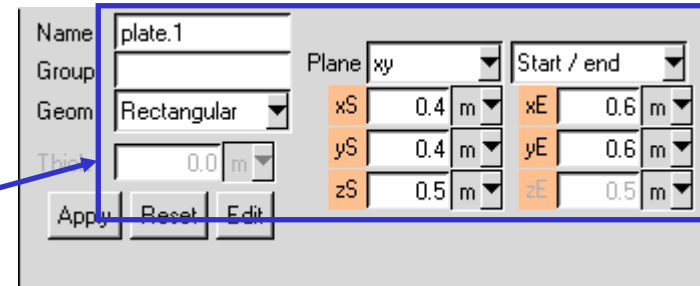
# Icepak 对象的几何外形: 改变对象的几何特征

对象的形状,大小,位置和方位都可以进行修改:

- 在图形用户界面 (GUI) 右下方的“当前对象几何特征” (COG)窗口中修改
- 在当前对象的编辑面板/几何面板(edit form/geometry section)中修改

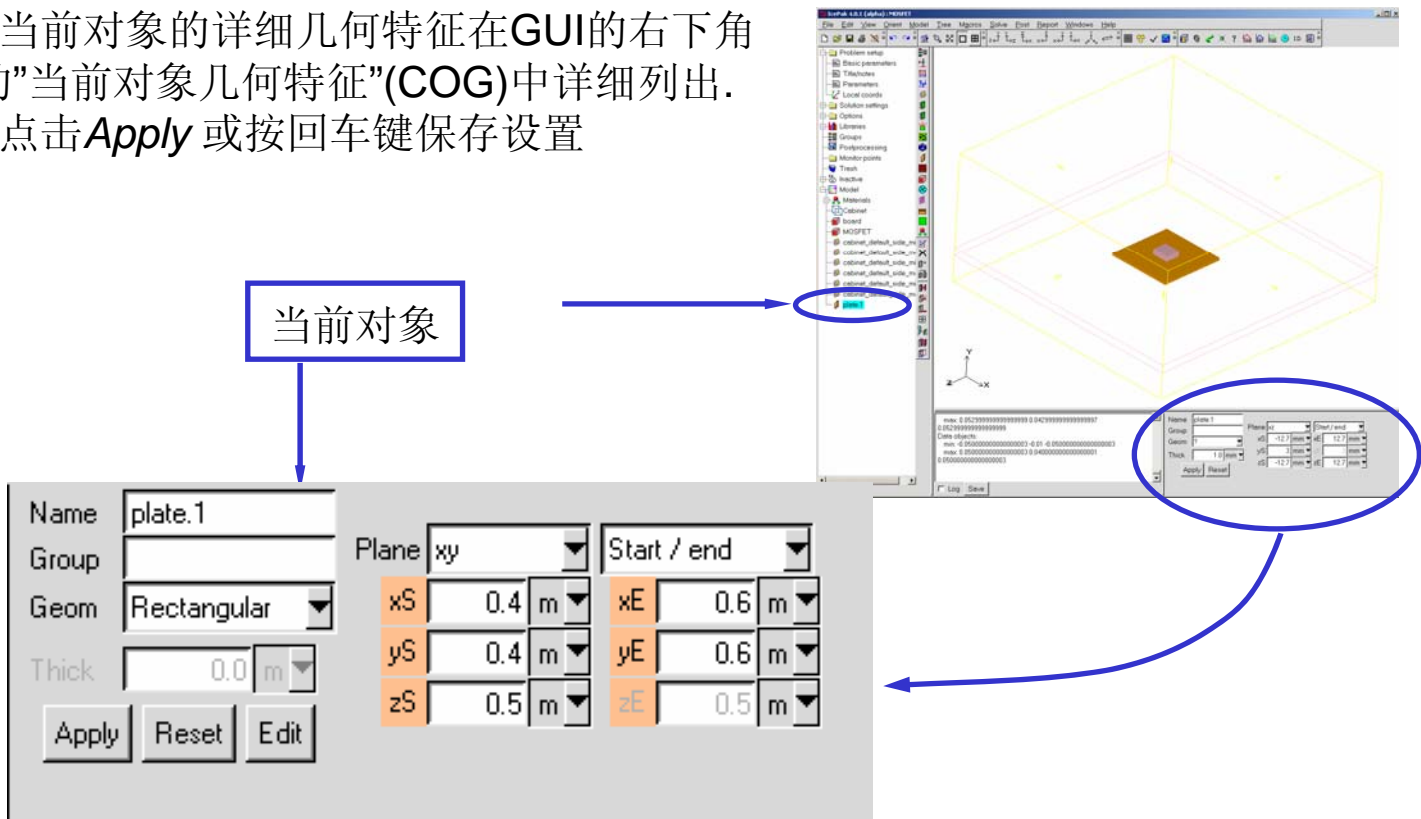
对象的几何特征包括:

- 形状,
- 位置和大小
- 局部坐标系
- 2-D对象的方位



# Icepak 对象的外形: 修改对象的几何特征

- 当前对象的详细几何特征在GUI的右下角的“当前对象几何特征”(COG)中详细列出。
- 点击 *Apply* 或按回车键保存设置



# Icepak 对象的外形: 物体的几何特征窗口

名字, 分组,  
形状

The screenshot shows the 'Start / end' mode of the geometry window. The 'Name' field contains 'plate.1', 'Group' is empty, and 'Geom' is set to 'Rectangular'. The 'Thick' field is '0.0 m'. The 'Plane' is 'xy'. The coordinate table is as follows:

| Plane | xS    | yS    | zS    | xE    | yE    | zE    |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| xy    | 0.4 m | 0.4 m | 0.5 m | 0.6 m | 0.6 m | 0.5 m |

Buttons: Apply, Reset, Edit.

选择:

确认(Apply), 重设  
为缺省值(Reset),  
编辑(Edit)

坐标可以用起点/终点  
或起点/长度来定义

The screenshot shows the 'Start / length' mode of the geometry window. The 'Name' field contains 'plate.1', 'Group' is empty, and 'Geom' is set to 'Rectangular'. The 'Thick' field is '0.0 m'. The 'Plane' is 'xy'. The coordinate table is as follows:

| Plane | xS    | yS    | zS    | xL    | yL    | zL  |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| xy    | 0.4 m | 0.4 m | 0.5 m | 0.2 m | 0.2 m | 0 m |

Buttons: Apply, Reset, Edit.

# Icepak 对象的外形: 2D模型

矩形板



|                  |             |       |       |             |       |
|------------------|-------------|-------|-------|-------------|-------|
| Name             | plate.1     | Plane | xy    | Start / end |       |
| Group            |             | xS    | 0.4 m | xE          | 0.6 m |
| Geom             | Rectangular | yS    | 0.4 m | yE          | 0.6 m |
| Thick            | 0.0 m       | zS    | 0.5 m | zE          | 0.5 m |
| Apply Reset Edit |             |       |       |             |       |

斜板



|                  |          |      |       |             |       |
|------------------|----------|------|-------|-------------|-------|
| Name             | plate.1  | Axis | x     | Start / end |       |
| Group            |          | xS   | 0.4 m | xE          | 0.6 m |
| Geom             | Inclined | yS   | 0.4 m | yE          | 0.6 m |
| Thick            | 0.0 m    | zS   | 0.4 m | zE          | 0.6 m |
| Apply Reset Edit |          |      |       |             |       |
| Orient +1        |          |      |       |             |       |

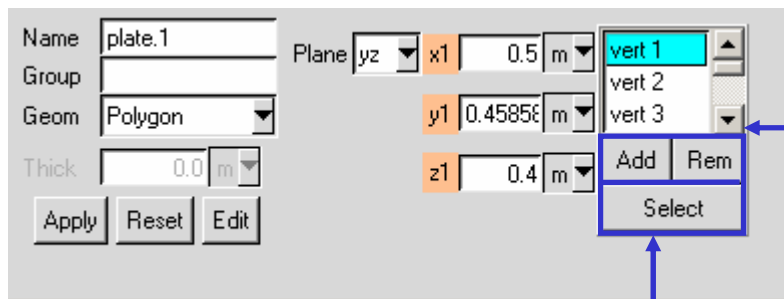
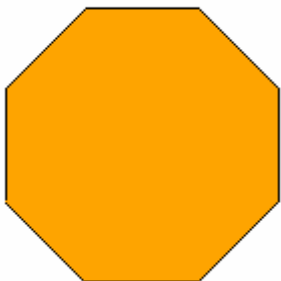
用 start/angle 定义位置

改变方向角

用对角线上的两个顶点坐标来定义位置

# Icepak 对象的外形: 2D模型

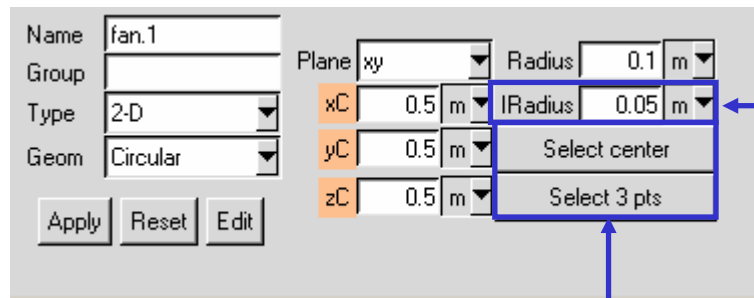
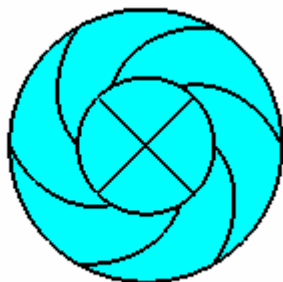
多边形



增加/减少顶点个数

用鼠标选择顶点位置

圆形

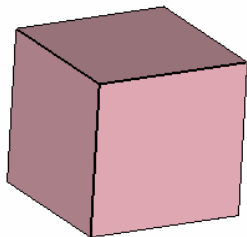


可以为风扇定义内半径

鼠标的选择选项

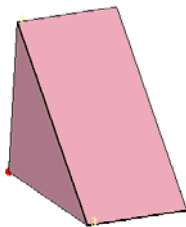
# Icepak 对象的外形: 3D模型—多面体

六面体



|                  |             |    |       |    |       |  |
|------------------|-------------|----|-------|----|-------|--|
| Name             | block.2     |    |       |    |       |  |
| Group            | Start / end |    |       |    |       |  |
| Geom             | Prism       | xS | 0.4 m | xE | 0.6 m |  |
| Type             | solid       | yS | 0.4 m | yE | 0.6 m |  |
|                  |             | zS | 0.4 m | zE | 0.6 m |  |
| Apply Reset Edit |             |    |       |    |       |  |

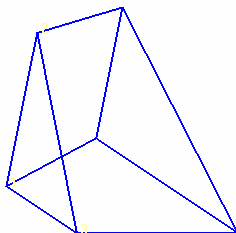
棱柱 – 规则 (顶面和底面相同)



|                  |         |  |        |       |    |           |                                     |
|------------------|---------|--|--------|-------|----|-----------|-------------------------------------|
| Name             | block.1 |  | Plane  | yz    | x1 | 0.4 m     | vert 1                              |
| Group            |         |  | Height | 0.2 m | y1 | 0.35857 m | vert 2                              |
| Geom             | Polygon |  |        |       | z1 | 0.35857 m | vert 3                              |
| Type             | solid   |  |        |       |    |           | Add Rem                             |
|                  |         |  |        |       |    |           | Select                              |
| Apply Reset Edit |         |  |        |       |    |           | <input type="checkbox"/> Nonuniform |

选择顶点个数

棱柱 – 不规则 (顶面和底面不同)

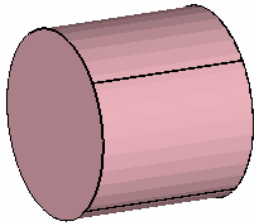


|                  |         |  |        |       |     |           |  |
|------------------|---------|--|--------|-------|-----|-----------|--|
| Name             | block.1 |  | Plane  | yz    | lx1 | 0.4 m     | low 1  |
| Group            |         |  | Height | 0.2 m | ly1 | 0.35857 m | high 1   |
| Geom             | Polygon |  |        |       | lz1 | 0.35857 m | low 2  |
| Type             | solid   |  |        |       |     |           | Add Rem  |
|                  |         |  |        |       |     |           | Select   |
| Apply Reset Edit |         |  |        |       |     |           | <input checked="" type="checkbox"/> Nonuniform |

顶面和底面的顶点个数可以不同,但必须平行,

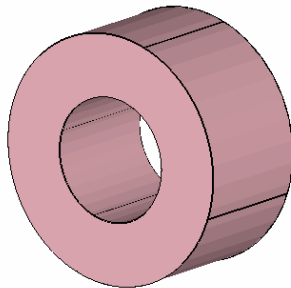
# Icepak 对象的外形: 3D模型—圆柱体

规则圆柱 – 不开内孔



|       |          |       |       |                                     |           |      |
|-------|----------|-------|-------|-------------------------------------|-----------|------|
| Name  | block.2  | Plane | yz    | Height                              | 0.2 m     |      |
| Group |          | xC    | 0.4 m | Radius                              | 0.11283 m |      |
| Geom  | Cylinder | yC    | 0.5 m | IRadius                             | 0 m       |      |
| Type  | solid    | zC    | 0.5 m |                                     |           |      |
|       |          |       |       | Apply                               | Reset     | Edit |
|       |          |       |       | <input type="checkbox"/> Nonuniform |           |      |

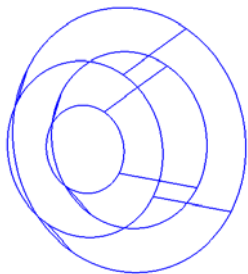
规则圆柱 – 开内孔



|       |          |       |       |                                     |       |      |
|-------|----------|-------|-------|-------------------------------------|-------|------|
| Name  | block.3  | Plane | yz    | Height                              | 0.2 m |      |
| Group |          | xC    | 0.4 m | Radius                              | 0.2 m |      |
| Geom  | Cylinder | yC    | 0.5 m | IRadius                             | 0.1 m |      |
| Type  | solid    | zC    | 0.5 m |                                     |       |      |
|       |          |       |       | Apply                               | Reset | Edit |
|       |          |       |       | <input type="checkbox"/> Nonuniform |       |      |

圆柱顶面和底面的内径相同

不规则圆柱 – 开内孔



|       |          |       |       |  |       |      |
|-------|----------|-------|-------|--|-------|------|
| Name  | block.3  | Plane | yz    | Height   | 0.2 m |      |
| Group |          | xC    | 0.4 m | Radius   | 0.2 m |      |
| Geom  | Cylinder | yC    | 0.5 m | IRadius  | 0.1 m |      |
| Type  | solid    | zC    | 0.5 m | Radius2  | 0.3 m |      |
|       |          |       |       | Apply  | Reset | Edit |
|       |          |       |       | <input checked="" type="checkbox"/> Nonuniform |       |      |
|       |          |       |       | IRadius2                                       | 0.2 m |      |

圆柱顶面和底面的内外半径都可以不同

# 对象编辑 Editing Objects

## 对象的修改



打开选中对象的编辑面板(Edit)



将选中对象删除到回收站



打开所选对象的move面板

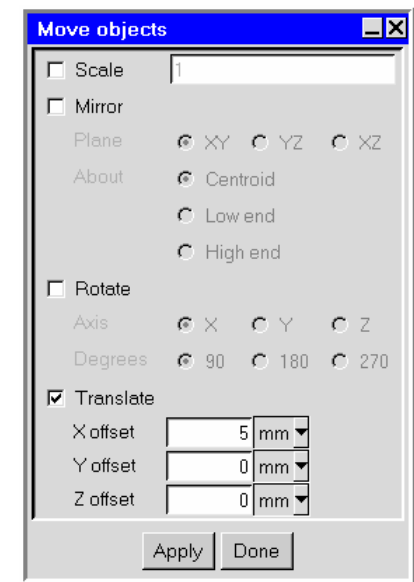
• 该面板可实现对物体的:

- 缩放
- 镜像
- 旋转
- 平移



打开选中对象的Copy 面板

• 实现对物体的分组,并能实现所有move面板的功能



# 对象对齐功能Alignment: 图标Icons ...



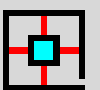
面对齐 - 一维对齐



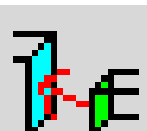
边对齐 - 二维对齐



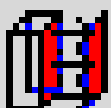
点对齐 - 三维对齐



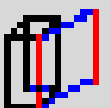
对象中心对齐 - 基于质心



对象面中心对齐 - 基于面中心



面匹配 - 2维匹配



边匹配 - 1维匹配

# 对象对齐功能Alignment: 图标Icons ...

两种方式:

- 左键单击图标
  - ▶ 对象在对齐过程中改变大小
- 右键单击图标
  - ▶ 对象在对齐过程中不改变大小
- 还可以在edit/alignment菜单中选择,代替直接点击图标

# 对象对齐功能Alignment: 图标Icons ...

对所有的对齐工具的操作都相同:

- 点击图标或在菜单中选择
- 左键选择拟修改的边/面/点(face/edge/vertex)
- 选中对象会高亮显示 – 如选错可以再点击一下该对象取消选择
- 点击中键确定
- 左键选择拟作为参照的边/面/点(face/edge/vertex)
- 点击中键确定
- 图形显示区的左下角会出现红色的提示怎样进行以上的操作
- 单击右键取消操作

# 对象对齐功能: 坐标对齐 Coordinate snapping

## 使用坐标对齐:

- 在COG中, 点击橙色的面板可以使其输入坐标为模型某边上一点的坐标.
- 可以设置:
  - 起点 (xS,yS,zS)
  - 终点 (xE,yE,zE)
  - 长度 (xL,yL,zL)
  - 中心点 (xC,yC,zC)
  - 顶点

|             |             |    |       |
|-------------|-------------|----|-------|
| Name        | plate.1     |    |       |
| Group       |             |    |       |
| Geom        | Rectangular |    |       |
| Thick       | 0.0 m       |    |       |
| Plane       | xy          |    |       |
| Start / end |             |    |       |
| xS          | 0.4 m       | xE | 0.6 m |
| yS          | 0.4 m       | yE | 0.6 m |
| zS          | 0.5 m       | zE | 0.5 m |

## 使用方法:

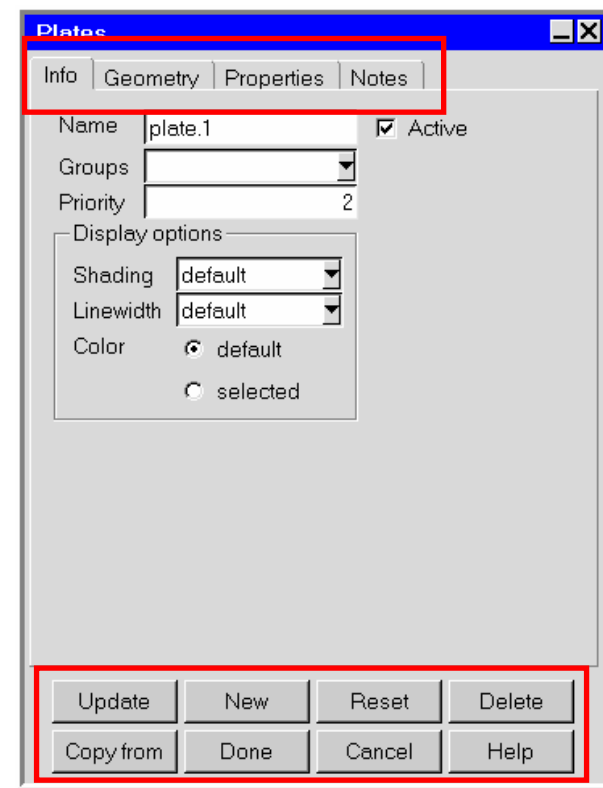
- 点击坐标的橙色面板, 然后用鼠标点击模型中的一个点.
- Icepak 将会把该坐标设置为所点中的点的位置坐标

# 对象编辑: 编辑面板the Edit Form

当前对象的编辑面板可以由下列方式打开

- ▶ 在模型树中双击该对象
- ▶ 在模型树中右键单击该对象,在下拉菜单中选择“Edit object”
- ▶ 在模型树中选中该对象后,然后在模型树工具栏中点击编辑面板 (edit)的图标
- ▶ 在主菜单中选择“Edit/ Current object/ Edit”
- ▶ 用快捷键ctrl+ e(小写)

4 部分

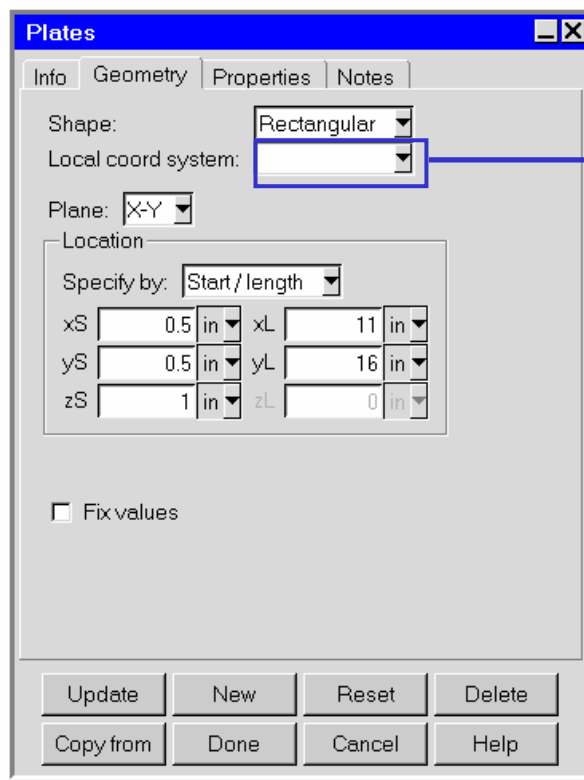


4部分的选项都相同

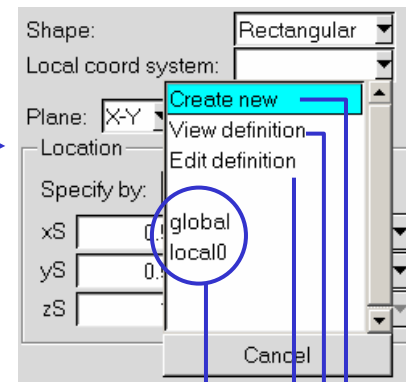
# 对象编辑:几何编辑部分Geometry

包括所有的几何信息:

- 形状
- 局部坐标系(如有)
- 方位
- 位置



下拉菜单



选择已有的点作为局部坐标系原点

编辑局部坐标系原点

检查局部坐标系原点

定义局部坐标系的新原点

# 对象编辑: 特性部分 Properties

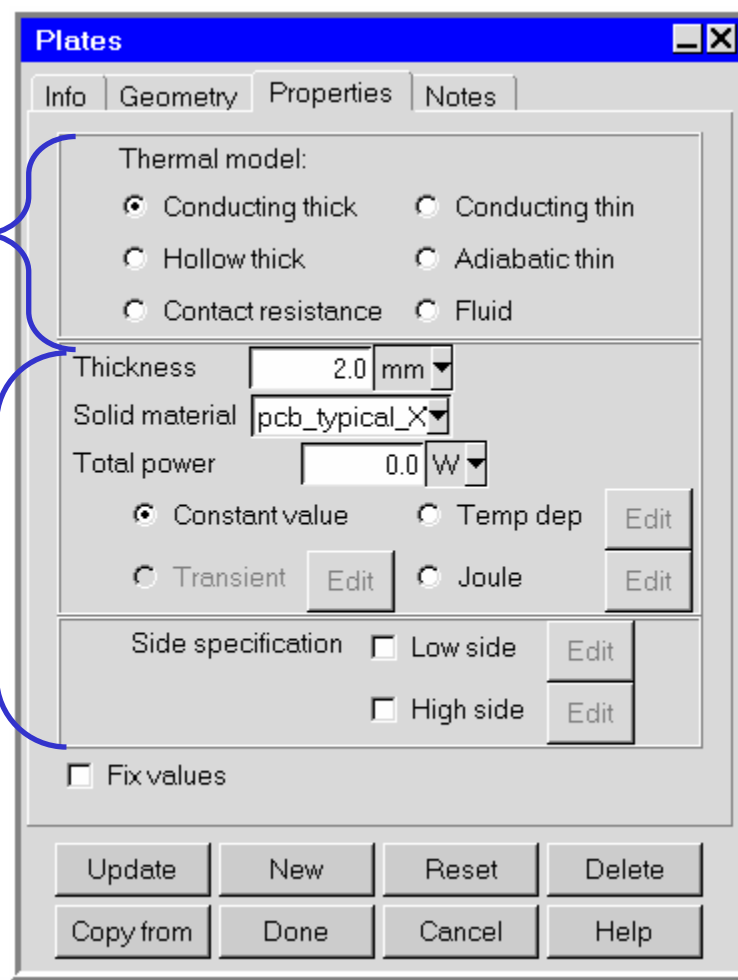
包括所有的流动/热学特性:

对象类型 - 例如:

- 热学模型
- Block类型

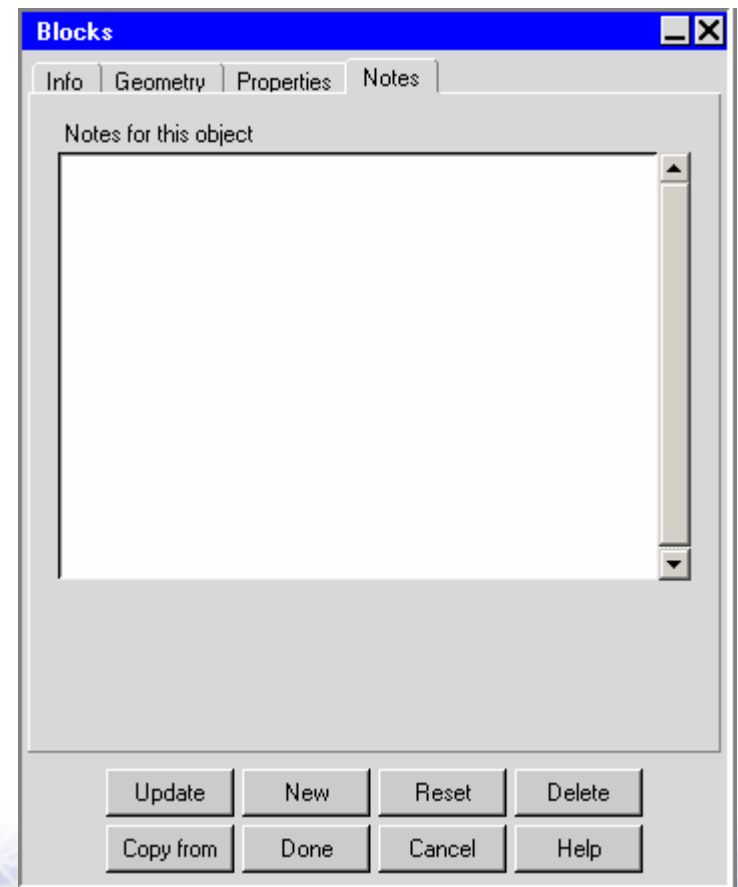
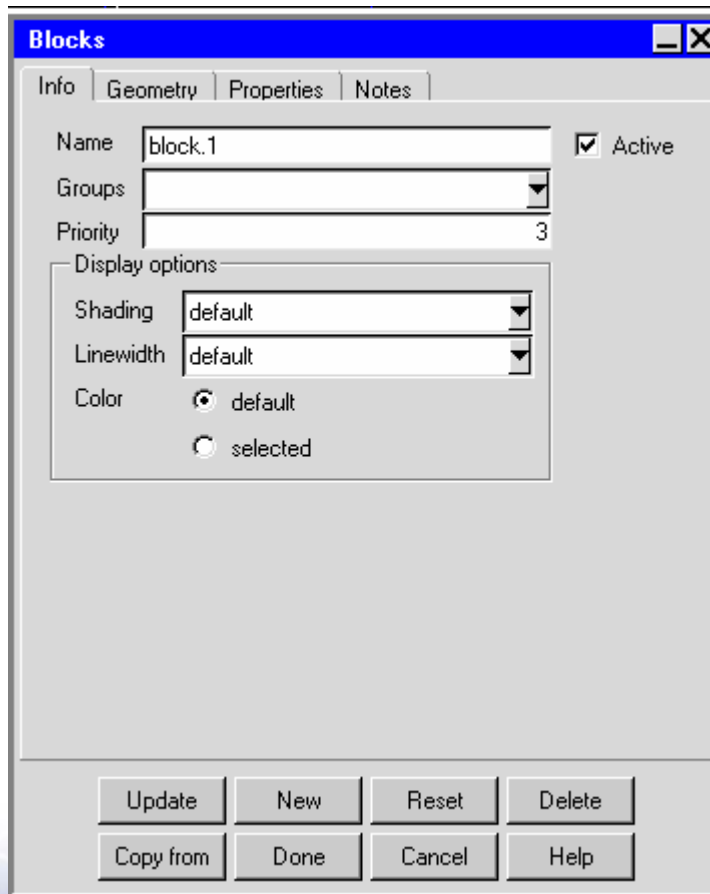
这一部分包括:

- 指定固体/流体及表面材料
- 边界条件 - 流量, 功率, 温度
- 面的定义
- 所选对象需要的附加信息(如: 厚度)



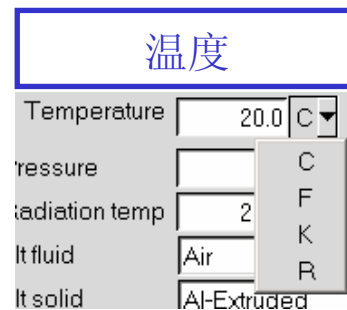
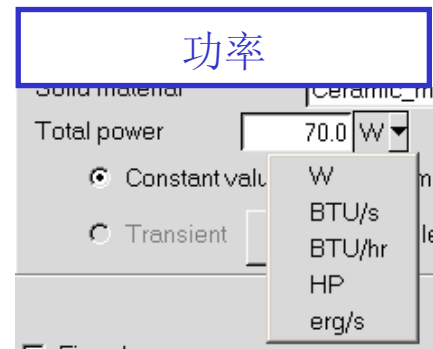
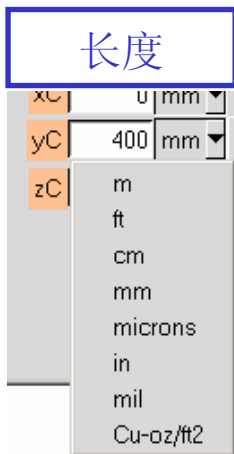
# 对象编辑: Info和Notes部分

- Info
  - 名称
  - 阴影等
- 备注(Notes)
  - 用户可以添加任何相关的附加信息



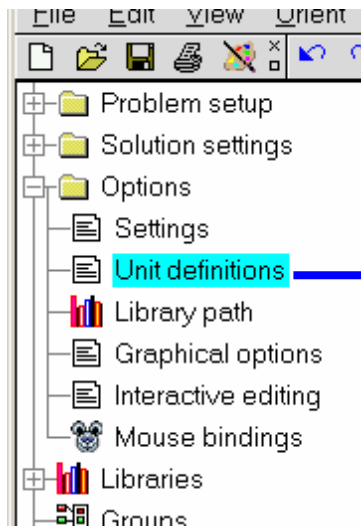
# 单位

- 物理量可以用不同的单位表示
- 例如:

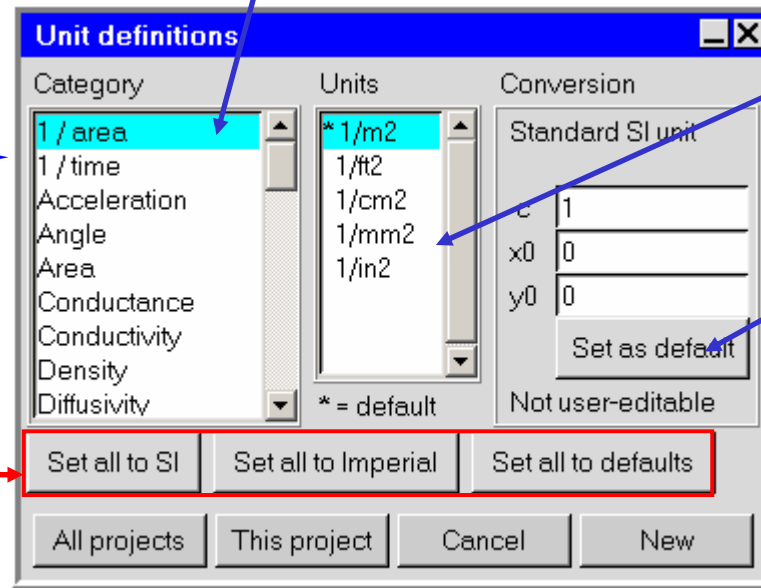


# 单位: 全局单位 Global Units

- 在Icepak中的物理量 (长度/质量等)都有一个缺省的全局单位
- 要改变物理量的全局单位,在 **Model Tree/ Options/ Unit Definitions**中,按步骤:



1. 选择想要改变的物理量



2. 选择或新建单位

3. 点击Set as default确认

所有物理量的单位设为: SI国际标准单位/ 英制单位/ Icepak默认单位

- 在建模中的任何时候都可以修改单位
- 修改全局单位后,所有新建的对象都将使用新的单位 – 已存在的对象则沿用原来的单位

# 单位: 对象的特定单位 Object Specific Units

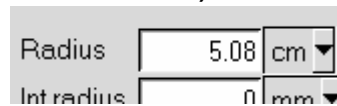
- 可以修改物理量的单位使之与全局单位不同.

使用下拉菜单改变单位



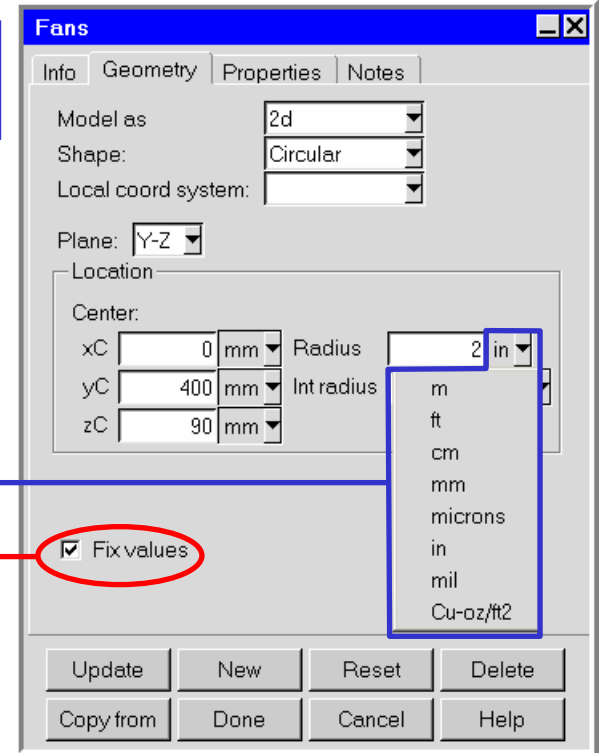
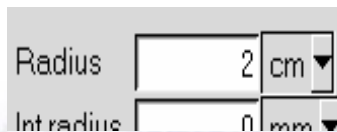
## 固定大小功能打开(Fix values on)

- 单位改变 → 物理量的量纲和实际大小保持不变  
(2" = 5.08cm)



## 固定大小功能关闭

- 单位改变, 但是数值大小不变 → 物理量的量纲和实际的大小改变了



当单位改变而数值大小不变时, 物理量的量纲和实际大小都将改变.



# 建模: *Icepak* 对象建模

# Topics

- 简单对象

无流体穿过的对象

机柜 (缺省)(Cabinet)

壁(Walls)

块(Blocks)

板(Plates)

热源(Sources)

有流体穿过的对象

开孔(Openings)

过滤网(Grille)

体积阻尼(Vol. Res)

2D – 风扇(Fans)

热交换器(Heat. Ex)

材料

固体材料(Solid)

液体材料(Fluid)

表面材料(Surface)

- 复合对象

3D – 风扇(Fans)

腔体(Enclosures)

PCB板

装配体(Assemblies)

散热器(Heat Sinks)

封装(Packages)

网络模型(Networks)

# 创建新对象

## 创建和放置新对象的方式:

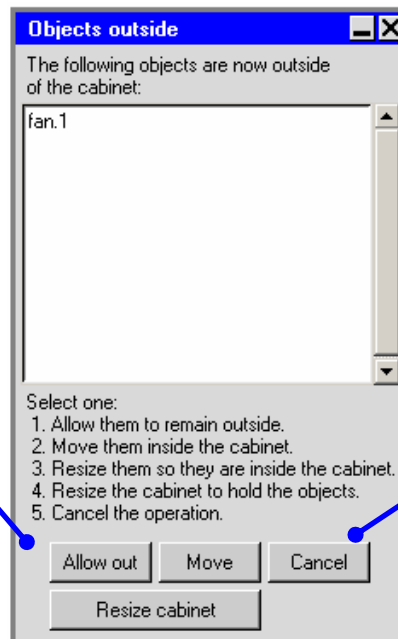
- 点击对象的图标并进行编辑, 或使用对齐工具创建
- 把该对象的图标拖入图形显示区
  - 使用这种方法时, 对象的位置对在**Options/Interactive**菜单中设置的网格捕捉的大小非常敏感. 因为新建的对象将会局限在捕捉网格上. 例如: 将**snap**设置为1mm, 则新建对象的位置将会定在离它最近mm的网格点上.
- 改变对象类型等....

## 修改对象的特性:

- 选中该对象
- 在该对象的编辑面板(**edit**)中进行修改(前面有详细说明)

# 机柜 Cabinet

- 定义计算区域 – 通常为立方体
- 在模型开始创建时就缺省存在
- 缺省大小:  $1 \times 1 \times 1 \text{ m}^3$
- 新建的对象都将缺省出现在机柜的中心处,并为机柜大小的1/5
- 所有的对象都不能超出机柜的范围 – 如下图所示的警告信息会在对象超出机柜范围时弹出



暂时允许对象超出机柜的范围,但是该消息会再次出现

撤消使对象超出机柜的操作

- 点击机柜编辑面板(edit)中的Autoscale按钮或点击上图 *resize cabinet* 按钮,使机柜适合对象大小
- 缩放/移动机柜时,机柜里的对象都将同时被缩放/移动

# 机柜Cabinet: 特性Properties

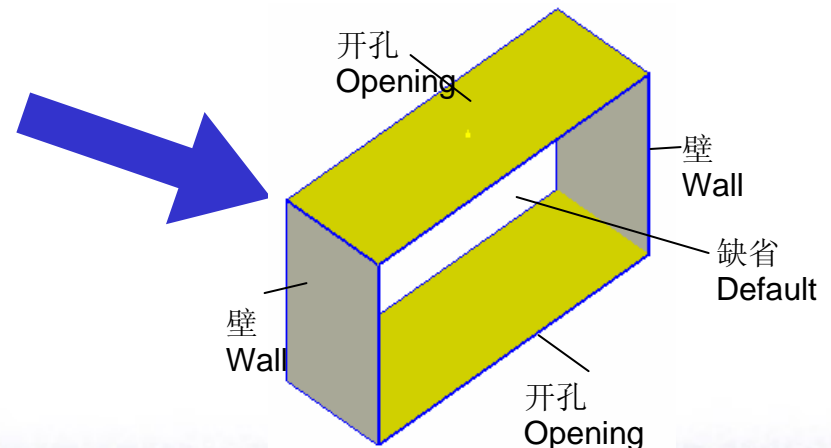
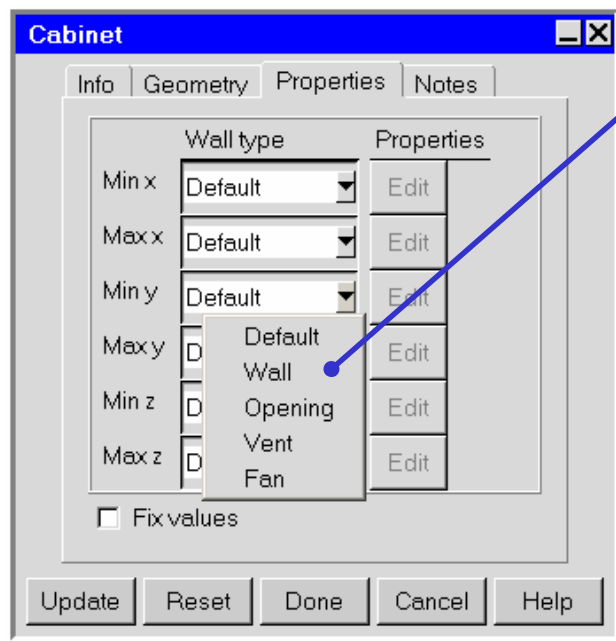
机柜的缺省特性:

- ▶ 壁面绝热
- ▶ 壁面处速度为零

可以在机柜的面上放置以下对象来打破机柜性缺省性质的限制:

- ▶ walls – 只有能量传递
- ▶ openings, vents and fans – 既有能量传递也有质量交换

机柜的编辑面板(edit)允许用户把任何对象放置在机柜的整个面上(一个或几个面) – 机柜的大小改变时,这些对象的大小也自动改变



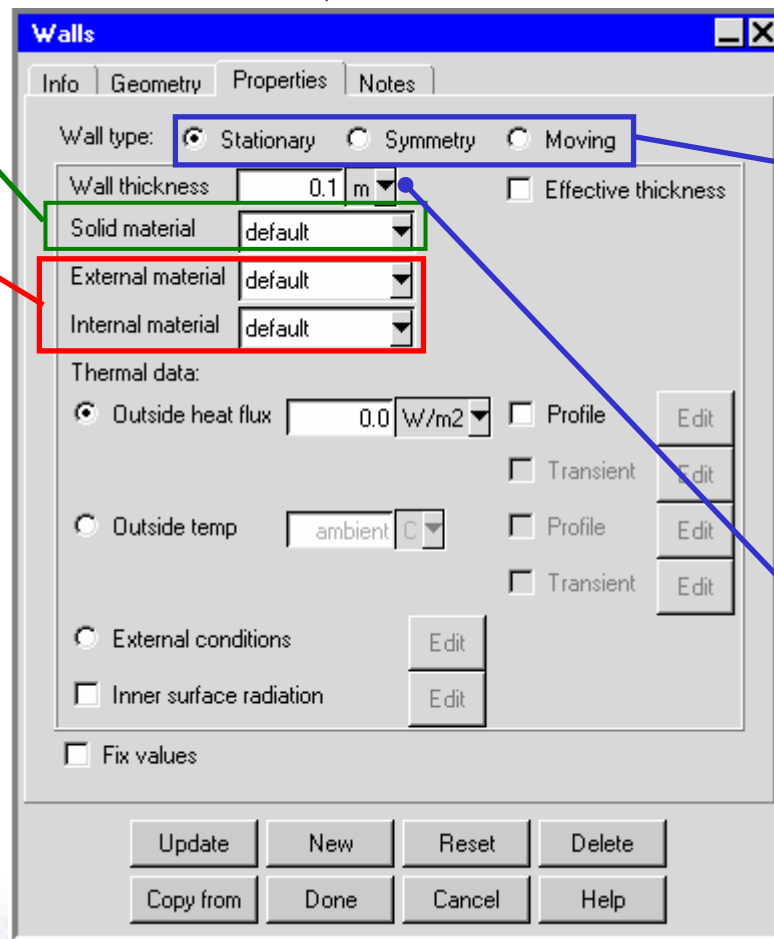
# 壁 Walls

缺省图标:



缺省颜色: 灰色

- 只能放置在机柜(cabinet)的面上或空心块(hollow blocks)的面上
- 壁的内表面与内部流体接触,壁的外表面为外部条件



固体材料

表面材料

三种类型:

- 固定边界
- 对称边界
- 动边界

- 壁的厚度可以为实际厚度或等效厚度
- 需要指定外部的材料
- 固体和内部表面在壁有厚度才需要指定

# 壁Walls: 热学数据Thermal data

缺省图标:



缺省颜色: 灰

固定壁面 – 指定向外的热传递

- ▶ 外界热流量
- ▶ 外界温度
- ▶ 外部条件/ 传热系数

对称壁 – 当模型关于一个平面对称时使用,减小模型的大小

- ▶ 绝热和无摩擦
- ▶ 零流动和零热流量

动壁 – 定义壁的运动

- ▶ 固定壁的热学输入参数
- ▶ 壁的速度向量

可以指定依赖空间不同的 profile

External material: default  
Internal material: default  
Velocity: X: 0.0 m/s, Y: 0.0 m/s, Z: 0.0 m/s

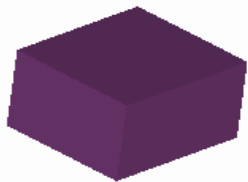
# 块 Blocks

缺省图标:



缺省颜色: 粉红

可以生成两种网格



Prism



Solid Cylinder



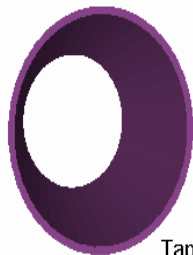
Uniform Polygon



Cylindrical shell

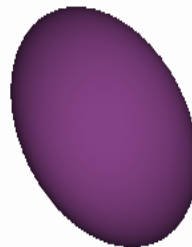


Nonuniform Polygon



Tapered cylinder

只能生成四面体网格



Full ellipsoid



Ellipsoid 2 corners removed



Elliptical cylinder  
1/4 removed



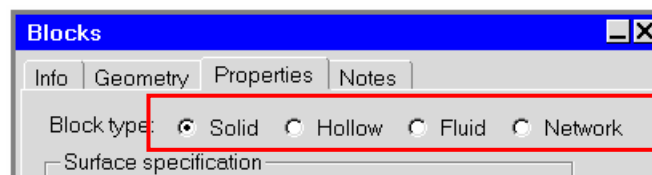
Elliptical cylinder

# 块Blocks: 热学模型Thermal models

缺省图标:



缺省颜色: 粉红

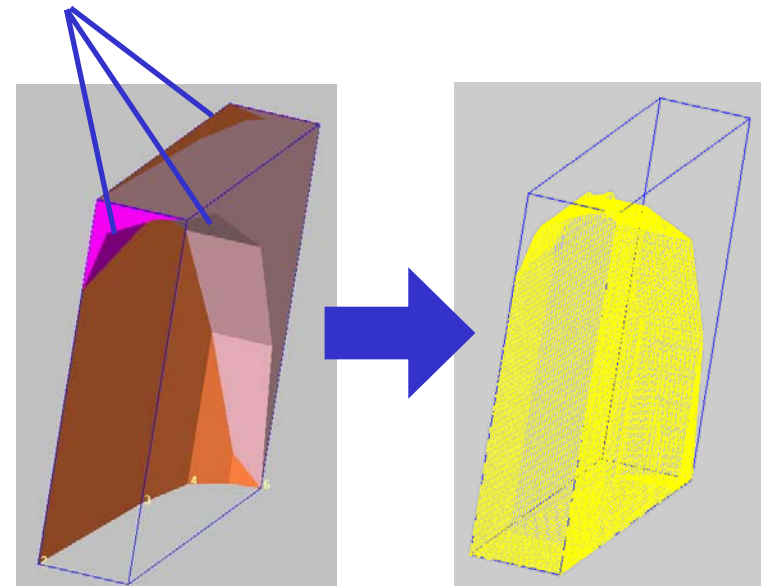


4 种热学模型

## 空心块 Hollow blocks

- 在block内部不生成网格  
⇒ 在内部不进行求解
- 沿block 面的方向没有热传导

空心棱柱块(Hollow Polygon blocks)用于改变求解区域



空心块 hollow blocks 的使用:

- 改变求解区域
- 简化模块的构造

# 块Blocks: 热学模型Thermal models

缺省图标:



缺省颜色: 粉红

## 固体块 Solid blocks

- 多种用途- 可以充当几乎所有的固体组件
- 当Openings/fans/vents的维数低于block时,可以在在block上开孔进行安装

## 流体块 Fluid blocks – 用法

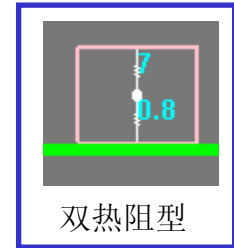
- 多流体模型
- 在固体块(solid blocks)中挖空一部分

## 网络块 Network blocks

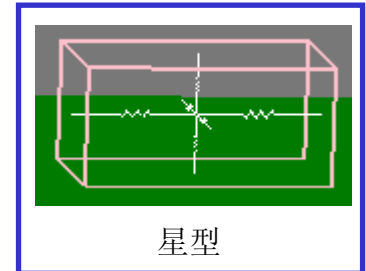
- 具有热阻网络模型的空心块(Hollow block)
- 4种网络模型(双热阻型, 星型, Shunt类型和一般类型)
- 在该block上显示网络模型的值.

## 网络块(Network blocks)的用途:

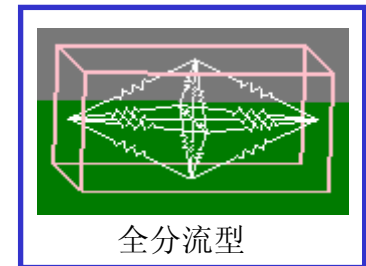
- 简化表述封装/六面体发热组件



双热阻型



星型



全分流型

一般网络模型 – 3  
结点网络

# 块Blocks: 热学参数Thermal data

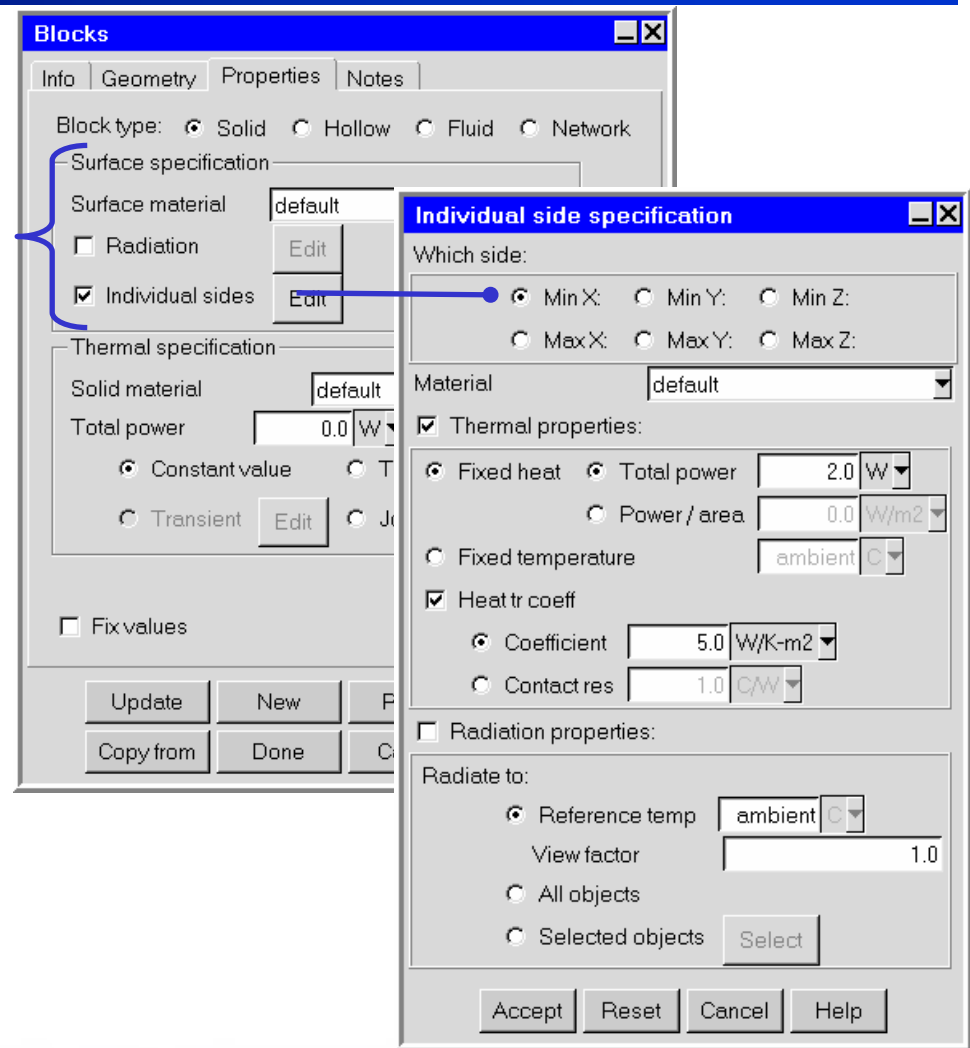
缺省图标:



缺省颜色: 粉红

表面参数 – 所有block类型

- 辐射
  - ▶ 后面讨论
- 对每个面的定义
  - ▶ 热学特性 -
    - 总功率,
    - 热流率或
    - 固定温度
  - ▶ 对模型的热传导率
    - 单位面积的传导率
    - 接触阻尼
  - ▶ 指定面的辐射



# 块Blocks: 热力学参数Thermal data

缺省图标:



缺省颜色: 粉红

## 热学参数 Thermal data -

### 固体和流体块 Solid and fluid blocks

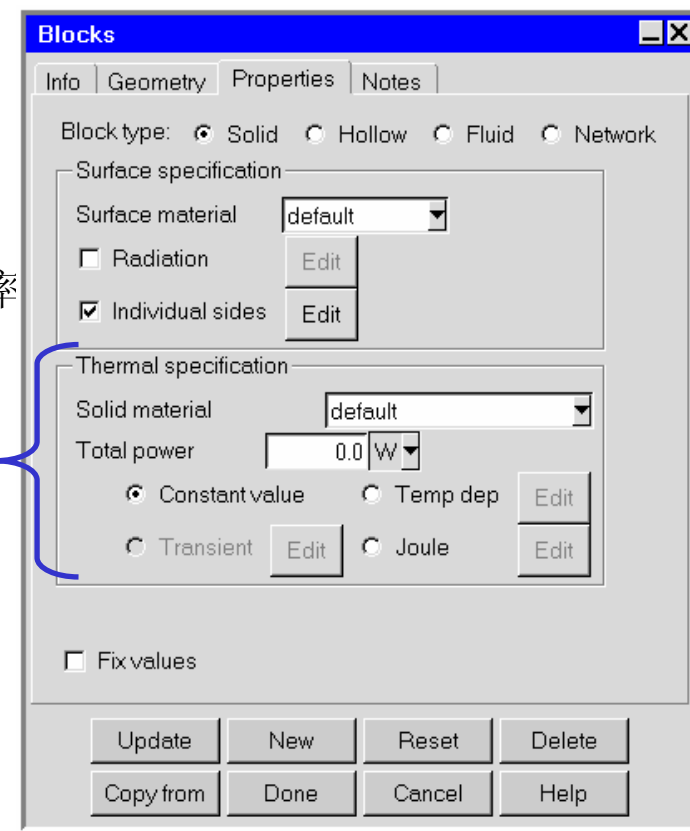
- 指定材料
- 总功率 – 体积功率
- 功率选项 – 温度相关的, 焦耳加热, 瞬时功率
- 注意: 在多流体问题中, 流体块不能有公共界面

### 网络模型块 Network blocks

- 标记电路板
- 结点功率(Junction power)
- 阻尼大小

### 空心块 Hollow blocks

- 表面和内部绝热
  - 对别的对象没有热传递

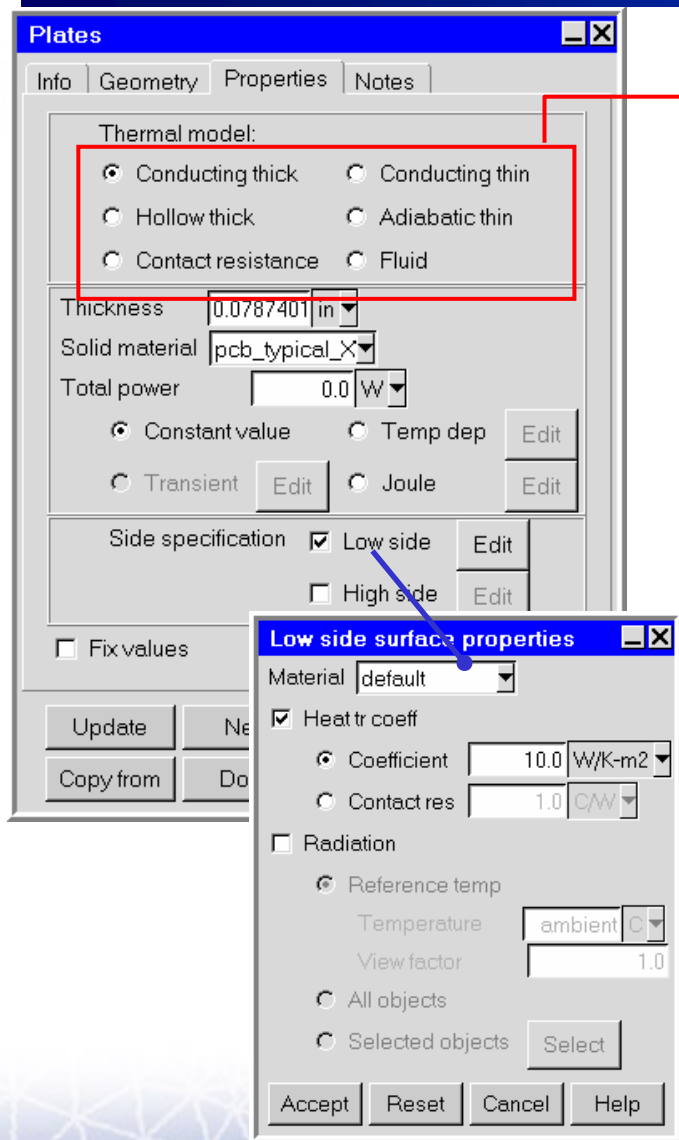


# 板Plates

缺省图标:



缺省颜色: 橙



## 6 种热学模型:

- 导热厚板 **Conducting thick** – 用于紧凑型 PCB 板, 小厚度的固体对象
- 导热薄板 **Conducting thin** – 小厚度的固体对象, 小薄板 (减少网格数量)
- 接触热阻 – 用于粘合剂, 界面物质
- 绝热薄板 **Adiabatic thin** – 用于阻风板, 无热传导的挡板
- 空心厚板 **Hollow thick** 和 空心流体板 **Fluid** – 等效于空心块 (hollow blocks) 和 流体块 (fluid blocks)

## 表面热学数据 (Surface thermal data):

- 只有两个面可用 – 不能侧面指定数据
- 可以指定热传导系数和接触阻尼
- 在单个的面上没的功率
- 局部辐射控制

# 板Plates: 热学模型

缺省图标:



缺省颜色: 橙

## 导热厚板 Conducting thick:

- 对板的厚度建模并生成网格
- 功率选项 – 定值, 温度相关, 焦耳加热, 瞬时功率

## 导热薄板 Conducting thin:

- 板的厚度仅为等效厚度, 板上不生成网格
- 在沿板和垂直板的两个方向上都有热传导
- 功率为定值

## 接触阻尼板 Contact resistance:

- 板的厚度仅为等效厚度
- 仅在垂直板的方向有热传导
- 功率为定值

## 绝热薄板 Adiabatic thin:

- 板的厚度视为零
- 板绝热 – 既没有热传递也不产生功率

## 空心厚板 Hollow thick:

- 等效于空心块 – 不同的是只能对两个面指定数据

## 流体板 Fluid plate:

- 对板的厚度建模并生成网格
- 不用指定功率和表面的数据
- 用于在厚度板(thick plate)上开孔

# 固体块Solid Blocks vs 固体板Solid Plates

下表列出了固体块(Solid Blocks)和固体板(Solid Plates)的区别:

| 对象类型       | 热学模型<br>Thermal model          | 网格                | 计算代价 | 热传导<br>Thermal conduction | 辐射热传递和对<br>面指定热学特性  |
|------------|--------------------------------|-------------------|------|---------------------------|---------------------|
| 块<br>Block | 固体<br>Solid                    | 内部生成3D<br>网格      | 最大   | 3维求解                      | 6个面                 |
| 板<br>Plate | 导热厚板<br>Conducting<br>thick    | 内部生成3D<br>网格      | 最大   | 3维求解                      | 两个面 - high &<br>low |
|            | 导热薄板<br>Conducting<br>thin     | 2D对象 -内部<br>无网格生成 | 中等   | 3维求解                      | 两个面 - high &<br>low |
|            | 接触阻尼<br>板Contact<br>resistance | 2D对象 -内部<br>无网格生成 | 最小   | 沿板法向一<br>维求解              | 两个面 - high &<br>low |

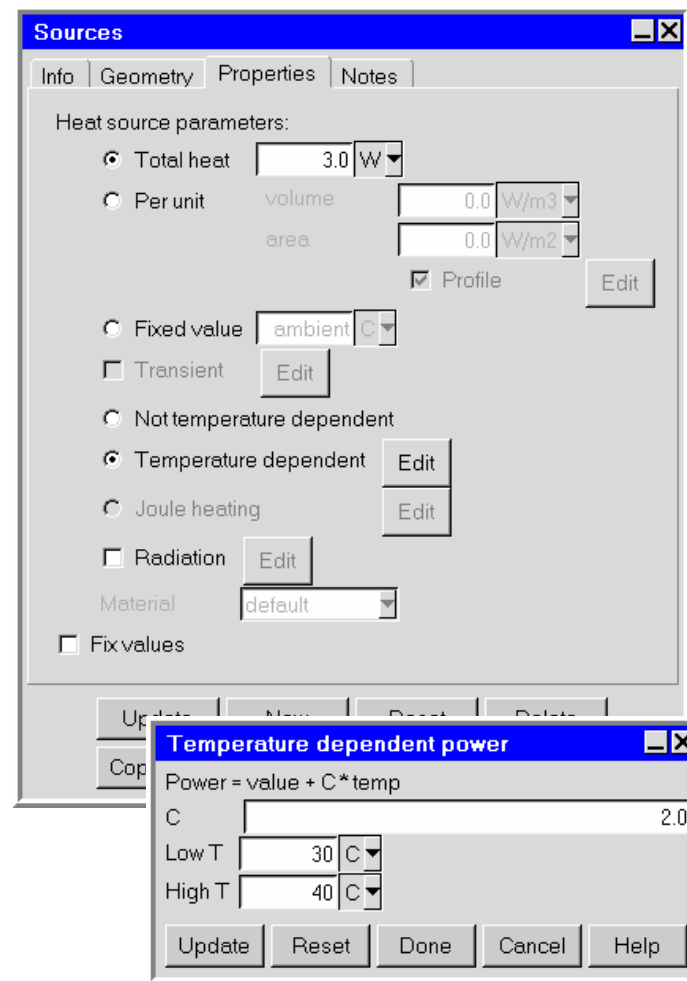
# 热源Sources

缺省图标:



缺省颜色: 绿

- 热源几何外形可为二维或三维
- 热源材料 = 对象表面或内部组成的材料
- 二维的热源的面没有流动穿过
- 2D热源可以加辐射
- 功率可以由总功/功率密度/固定温度给出
- 功率流量 (2D 热源)可以由依赖空间不同的 profile (x,y,z值)
- 总功率在指定的热源温度范围内是依赖于温度的函数  
例如: 在 $T_s < 30^\circ\text{C}$ 时  $P = 3.0 \text{ W}$ , 但是 $30^\circ\text{C} < T_s < 40^\circ\text{C}$ 时  $P = 3.0 + 2.0 \cdot (T_s - 30)$
- 焦耳加热(Joule heating) – 仅用于体积热源
- 用法 – 功率热源, 封装, 芯片, 组件印刷板

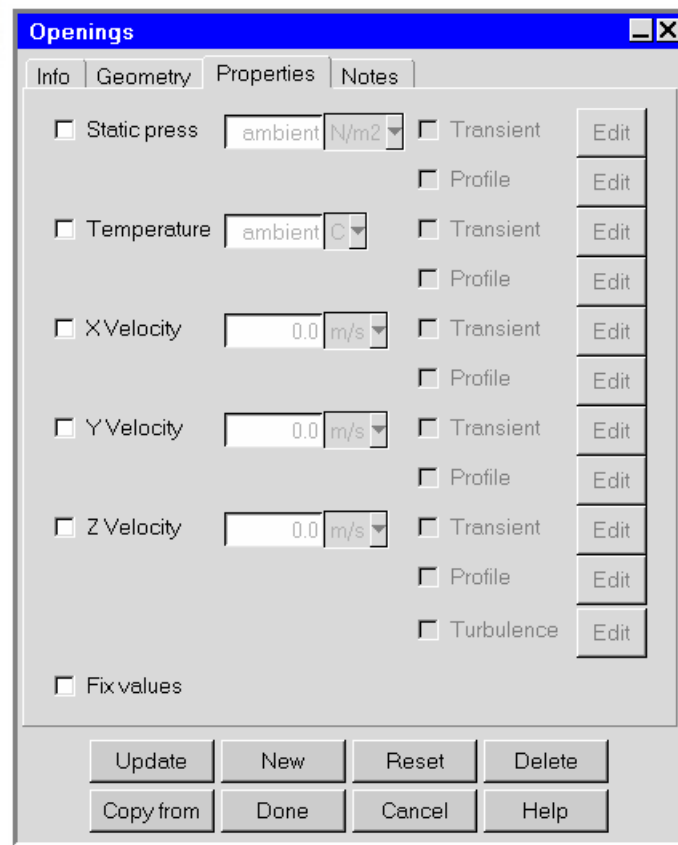


# 开孔openings: 自由开孔Free openings

缺省图标:



缺省颜色: 黄



两种类型:

自由开孔Free openings -  
流动和热学参数:

- X,Y,Z 速度分量, 温度, 静压
- 固定大小或依赖空间不同的profiles
- 放置在机柜的壁或空心块的壁上时才需要输入流动参数
- 在模型中的厚/薄固体对象上开洞
- 注: 应该避免同时设置速度参数和压力参数, 这可能导致不连续边界条件或过定义边界条件

用法:

- 自然对流边界条件
- 进口速度或压强profile已知数值风洞中

# 开孔 Openings: 循环开孔

缺省图标:



缺省颜色: 黄

**循环开孔 Recirculating opening** – 注入和抽出流体结合

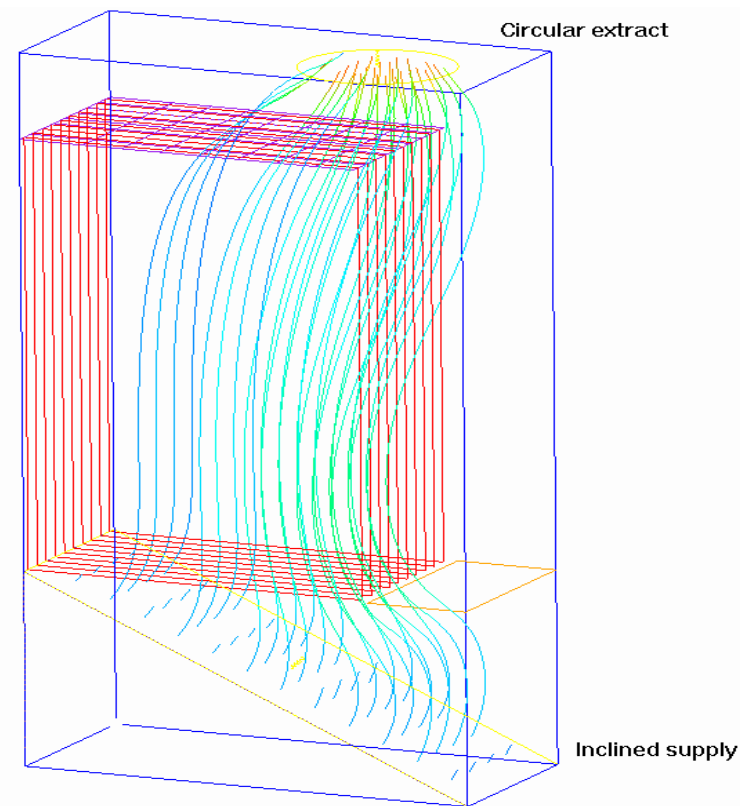
- 抽出 (Extract) – 把流体抽出求解区域
- 注入 (Supply) – 向求解区域注入相同的流体
- 在循环开孔处不求解 CFD 方程
- 在循环开孔处可能有热损失和增加
- 注入和抽出开孔都必须放置在机柜的壁上或是空心块的壁上
- 两处开孔的形状和几何特征可以不同

**流率 Flow rate**

- 质量流量 Mass flow
- 质量流率 Mass flux

**热交换 Heat transfer**

- 从抽出到注入开孔的温度变化
- 热量的增加和减少
- 有效热传导和外部流体温度



用法:

- 作为一种热交换器的黑匣子
- 作为简化环形弯管模型
- 固定流量的内部风扇

# 过滤网 Grilles

缺省图标:



缺省颜色:绿

用法: 模拟百叶窗, 筛网, 内置通风口, 开孔板等

- 可以放置在模型的任何位置
- 外形: 可为任何2D形状

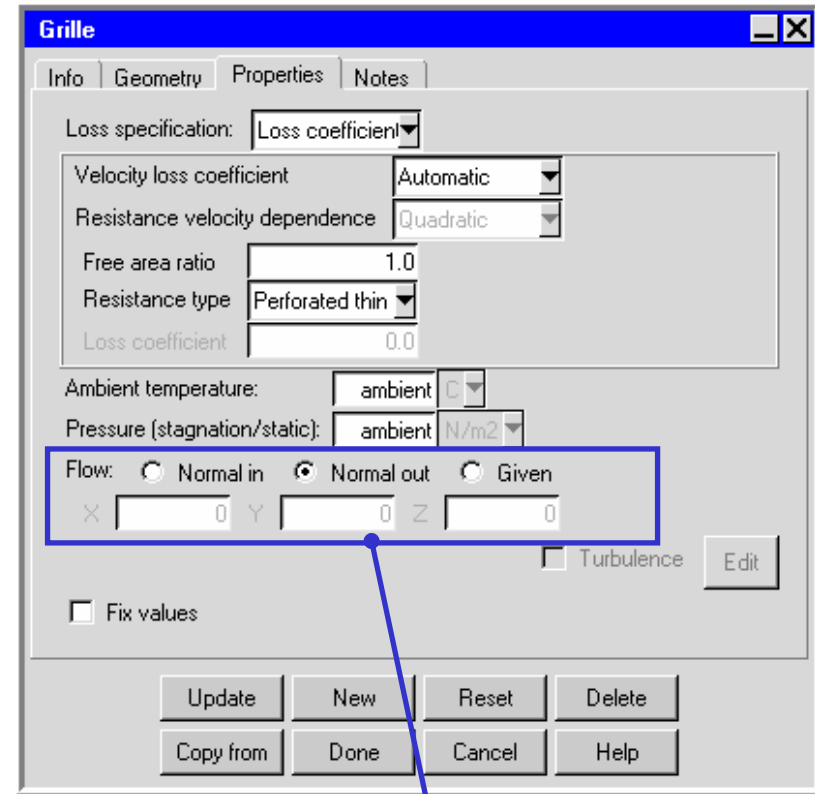
损失系数 – 二次曲线/ 一次函数/  
组合函数

可由以下方法计算:

- 设备速度- 必须给定自由面率
- 到达速度
- 自动选择 – 必须给定自由面率和过滤网类型
- 压力损失曲线

指定压力

- Inflow – 外部流体的静压
- Outflow – 外部压力为静压
- Default(环境) 压力



流动方向

- 垂流进/流出方向
- 指定方向

# 体积阻尼 Volumetric Resistances

缺省图标:



缺省颜色:紫

## 3D 流动阻尼

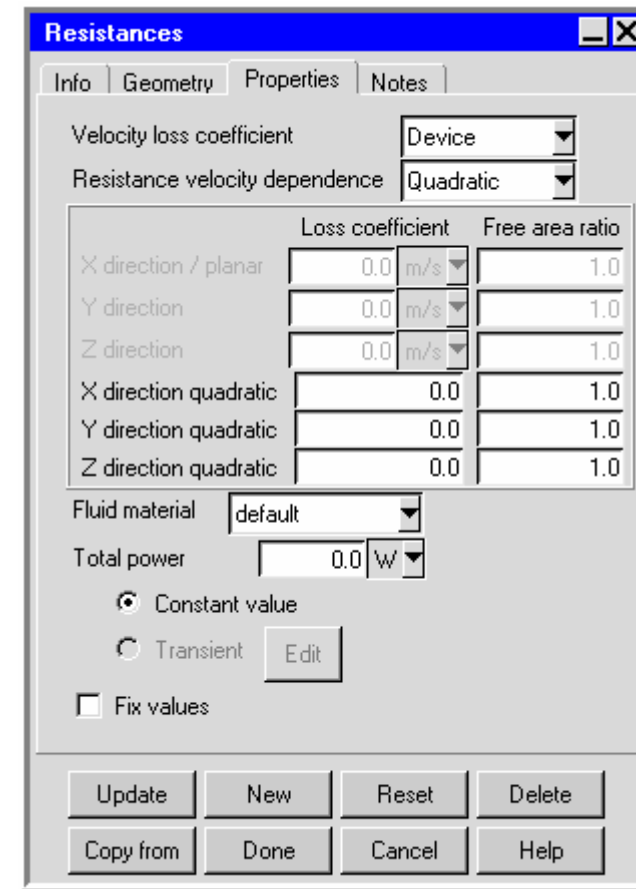
- 几何外形: 棱柱形/ 圆柱形/ 棱柱

## 特性(Properties) – 压力损失系数

- 设备速度和到达速度用二次曲线/一次曲线/连续函数给出损失系数
- 幂次 – 给出系数和速度的指数

## 特性(Properties) – 可以给出总功率

- 用法: 紧凑散热器模型(Compact heat sink models), 有厚度的过滤器(thick filters), 松散线体(loose wire bundles), 电源单元(power supply units)等



# 体积阻尼: 例子

缺省图标:



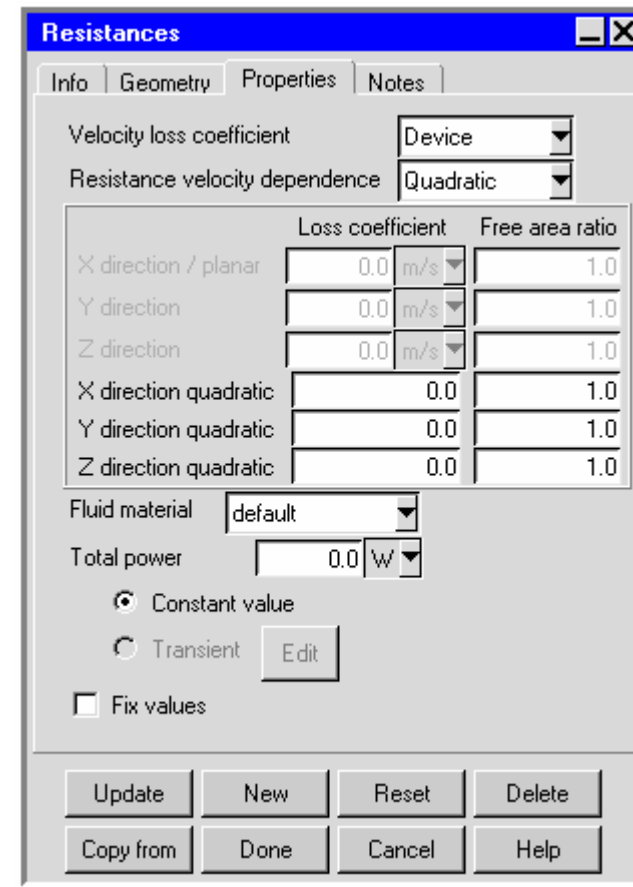
缺省颜色:紫

例如:紧凑散热器模型

- 合理的压力损失系数
- 阻尼中的修改流动特性—考虑热传导

例如: 紧凑电源模型

- 使用生产商数据/试验数据利用压力损失关系来定义等价体积
- 作为确保模型能产生正确压力损失/温度的数字风洞中的测试模型



# 风扇 Fans

缺省图标:

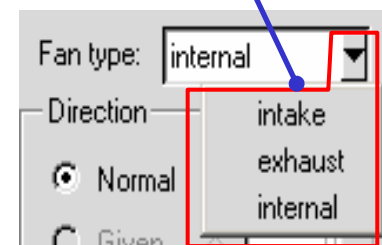
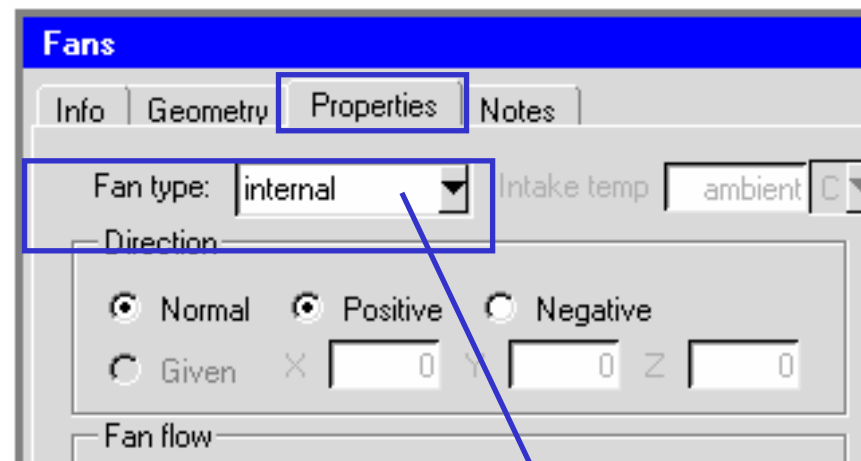


缺省颜色:青

- 风扇可以是二维(简单)模型也可以是三维(复合)模型
- 对这两种模型而言, 所输入的流动参数是相同的

## 风扇的特性(Properties)

- 排气风扇 – 流动垂直向外
- 吸入式风扇 – 流动垂直向内
- 内置风扇 – 流动正向或反向垂直于风扇
- GDA中的箭头表示风扇的方向



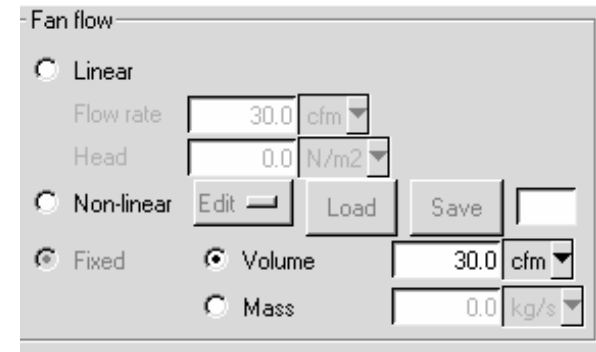
① 选择风扇类型



# 风扇 Fans: 流动参数

## ② 风扇的流动输入参数 – 选项:

- 固定体积/质量流动
  - ▶ 不适用于内置风扇
- 线性风扇曲线
  - ▶ 必须给定适当的最大压头和流量
- 非线性风扇曲线



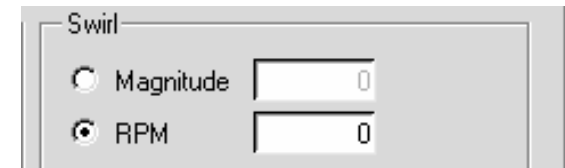
## ③ 输入转速 swirl

- 给定转速

$$u_{\theta}(r) = u_z(r) \frac{r}{R} S$$

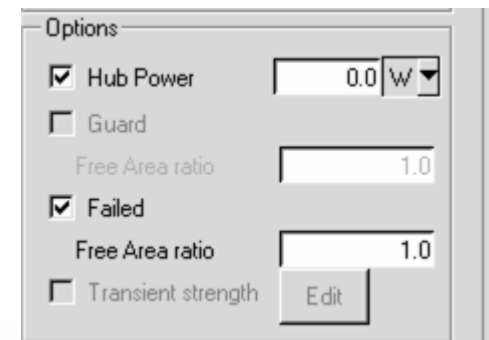
或者,

- 风扇 RPM – 假定: 只有风扇切向速度的5%传给流体
- $$u_{\theta}(r) = \left[ \text{RPM} \times \frac{2\pi}{60} \times r \right] \frac{1}{20}$$



## ④ 输入选项

- 如果风扇失效, 给定自由面率
- 模拟通过叶片截面的压力损失 (假设为开孔的板)



# 风扇Fans: 非线性风扇曲线Non-linear fan curves

缺省图标:

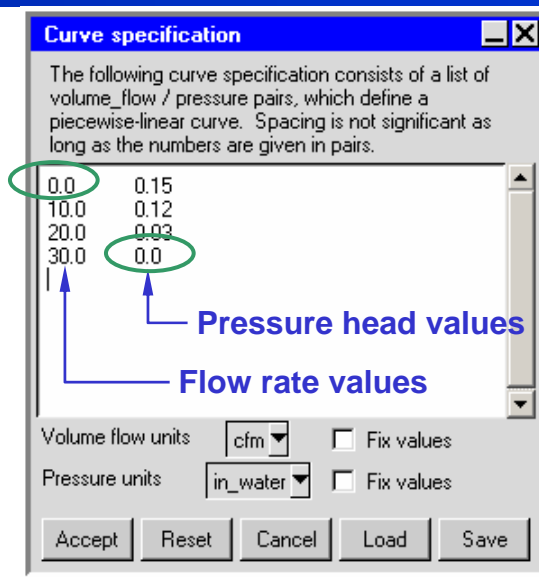


缺省颜色: 青色

- 风扇曲线可以由文本或图表编辑器给出,也可以由图表编辑器保存/载入。

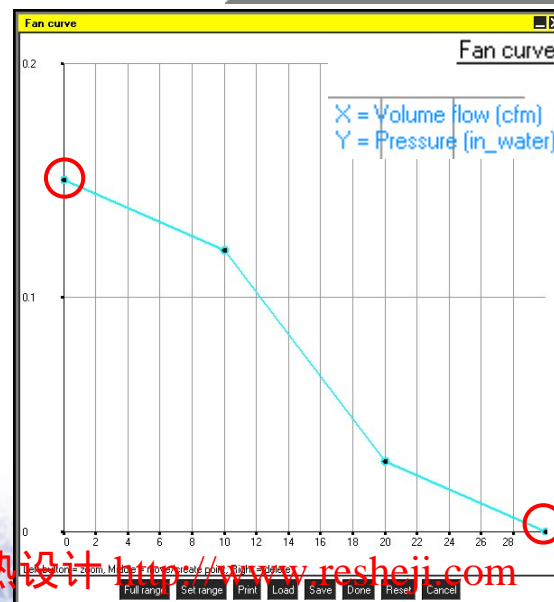
- 文本编辑器(Text editor)

- ▶ 成对输入流量和压头点-先输入流量,然后是压头
- ▶ 第一个流动和最后一个压头的输入必须为0.0.  
如不遵守上述规则,则会容易导致发散或结果错误



- 图表编辑器(Graph editor)

- ▶ 按上述规则
- ▶ 用鼠标画出曲线 → 按照图表下方的提示
  - 左键 = 放大
  - 中键 = 创建/移动
  - 右键 = 删除



热设计 <http://www.resheji.com>

# 热交换器Heat exchanger

缺省图标:



缺省颜色: 粉红

## 热交换器 (Heat Exchanger)

- 双循环热交换器
  - 同向或反向流动
  - 单个或多个通道
- 内循环和外循环
  - 可以为不同的流体
  - 在Icepak中内循环的流体特定为空气





# 热交换器Heat exchanger

## 目标

- 详细模拟一个系统模型的两个循环是不现实的
  - 计算代价太高

## 运用紧凑建模方法

- 不对这两个循环建模
  - 三维模型转化为二维模型
  - 大大节省了网格数量
- 通过热交换器的压力损失相同
  - 损失系数
- 循环间的能量交换相同
  - 用户指定的热传递系数
- 需要以下数据
  - 双循环的详细Icepak模型
  - 经验数据
  - 供应商数据

# 热交换器Heat exchanger : 流动flow

缺省图标:



缺省颜色 : 粉红

## 压力损失

- 定值损失系数

$$\Delta p = k_L \frac{1}{2} \rho v^2$$

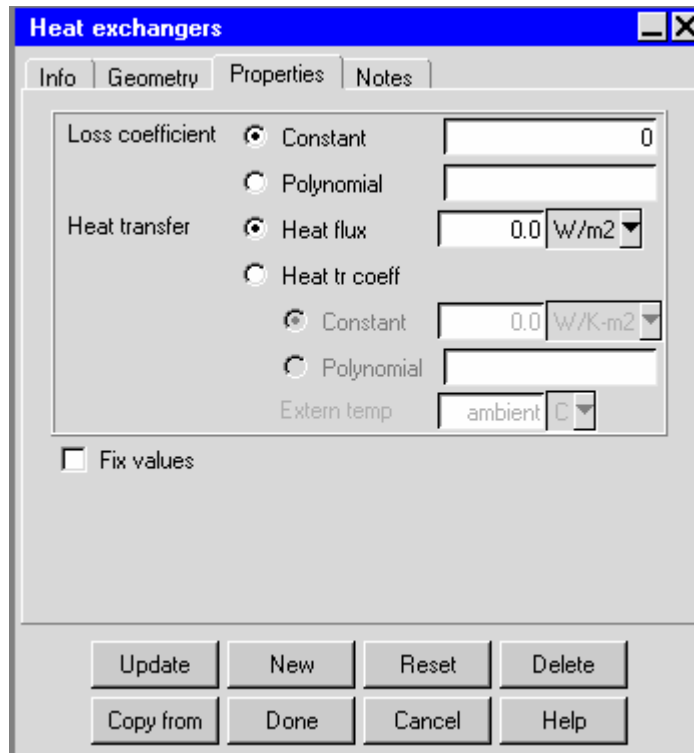
→ 根据经验, 计算数据或  
供应商数据指定 $k_L$ 。

- 多项式

→ 损失系数可以指定为速  
度的函数

$$k_L = \sum_{n=1}^N r_n v^{n-1}$$

→ 用户给定多项式系数 $r_n$ ,



# 热交换器Heat exchanger: 热传递

缺省图标:



缺省颜色: 粉红

## 热传递

- 固定热流率  
→ 如果已知循环间总热交换量
- 热交换系数  
→ 常数

$$h = \frac{\dot{m}_{\text{internal}} c_p (T_{\text{exit-internal}} - T_{\text{inlet-internal}})}{A_{\text{frontal}} (T_{\text{external}} - T_{\text{exit-internal}})}$$

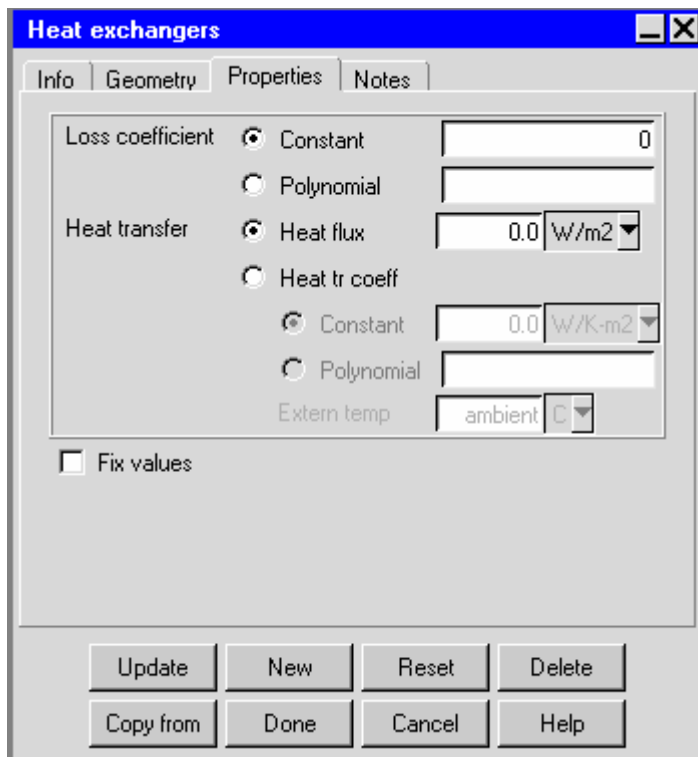
– 用户给定 h

→ 多项式:速度的函数,

$$h = \sum_{n=1}^N h_n v^n; 0 \leq N \leq 7$$

– 用户给定  $h_n$

→ 外部温度是外循环的进口条件





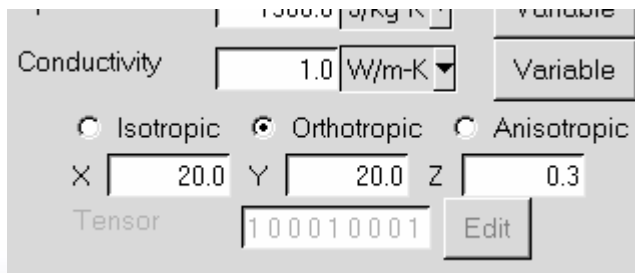
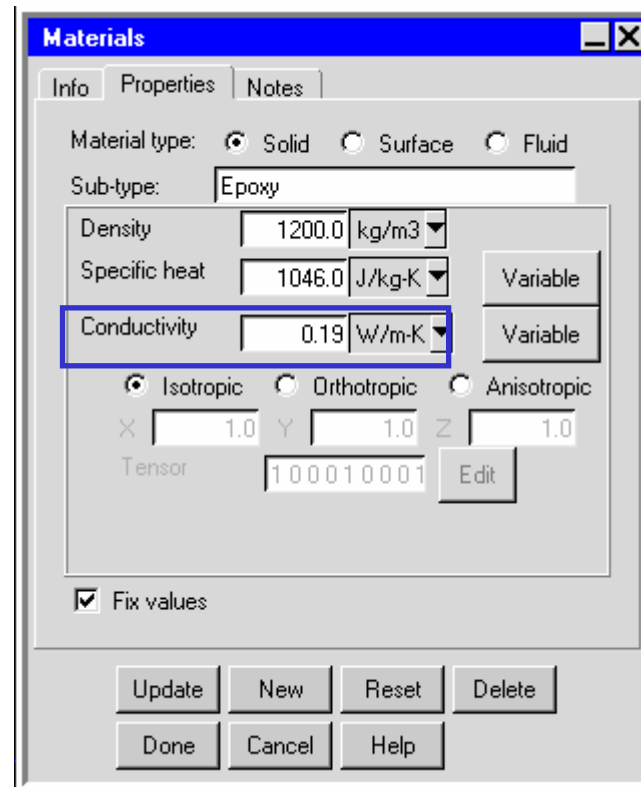
# 材料Materials

- 为对象/表面指定材料的方法:
  - ▶ 使用相关的下拉菜单选择材料
  - ▶ 在模型树中选择一种材料将其拖入模型树的对象中
- 所有材料分为三种类型
  - ▶ 固体材料: 绝缘体材料/半导体材料/金属/合金等
  - ▶ 流体材料: 液体/气体等
  - ▶ 表面材料: 给定发射率和表面粗糙度
- 用以下方式创建
  - ▶ 材料图标
  - ▶ 在对象物性面板的材料下拉菜单中有创建新材料的选项
- 也能在对象的assignment properties面板中编辑
  - ▶ 已编辑
  - ▶ 已选 – 在信息窗口显示的值
  - ▶ Icepak的缺省材料不能进行编辑



# 材料Materials: 特性Properties

- 流体和固体的特性值可以是
  - ▶ 常数
  - ▶ 与温度线性相关
  - ▶ 分段线性
- 对流体来说，传导率可以随速度改变
  - ▶ 紧凑散热器设计
- 对固体来说，传导率可以是
  - ▶ 各向同性的
  - ▶ 正交各向异性的一输入X, Y, Z 值
  - ▶ 各向异性的 – 用张量来定义
  - ▶ 对于正交各向异性和各向异性的，给定方向上的传导率等于法向值大小乘以传导率因子



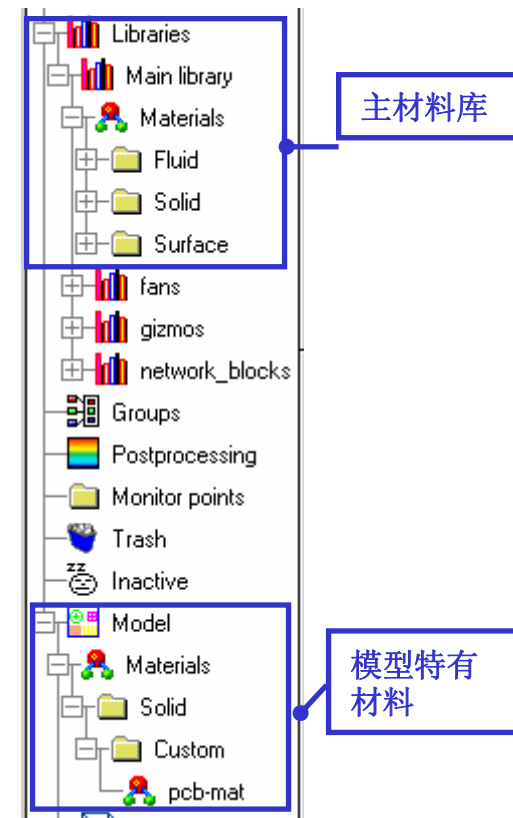
例子:

$$k_x = k_y = 20 \text{ W/m-K}; k_z = 0.3 \text{ W/m-K}$$



# 材料Materials

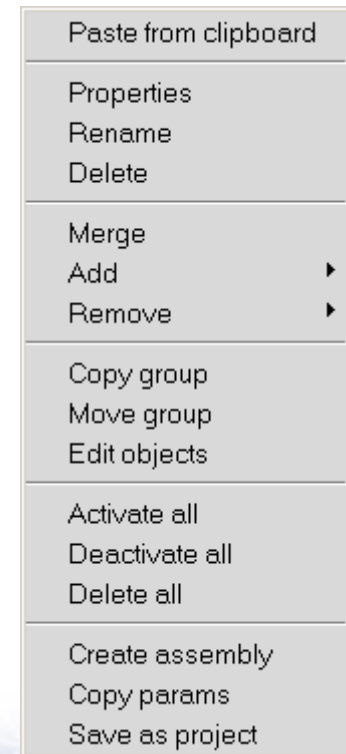
- 新材料保存在工程里，并且只有在该工程才是可用的
- 可以保存材料组成本地材料库
  - 创建材料库
  - 选择拟保存的材料
- 自动上传一个本地材料库
  - 添加一个新的材料库到模型中



# 组 Groups

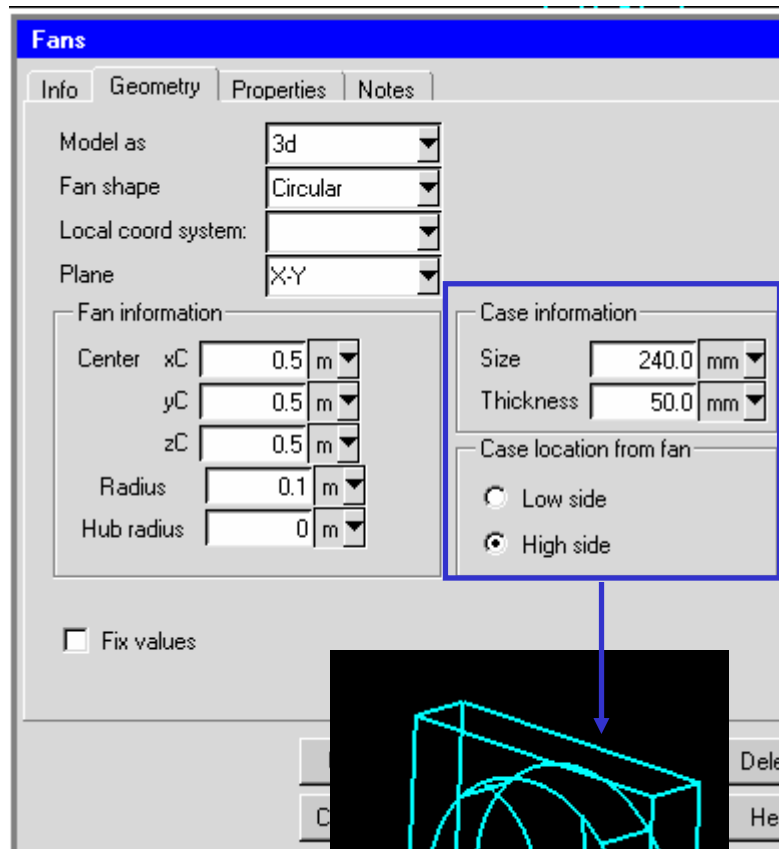
- 组的特性允许把对象进行分组
- 新建一个组
  - ▶ 在模型树中选中对象,右键单击选择“Create group”
  - ▶ 在模型树中右键单击组枝选择”create”新建一个组(空),然后把对象拖入组中.

- 对于组的操作:
  - ▶ 右键单击一个已存在的组来看该组的功能
  - ▶ 添加/移除对象
  - ▶ 拷贝/移动组
  - ▶ 同时对组中的所有对象进行编辑(确定这些对象都属于同种类型/子类型)
  - ▶ 激活/屏蔽/删除组成对象等
- 删除一个组时,仅仅是把组中对象的组别删除掉,不会删除对象

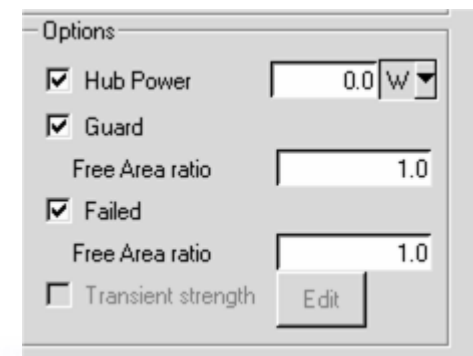




# 3-D风扇 3-D Fan



- 模拟风扇的风罩和转子,并且增加了依据风罩指定风扇的压力损失的选项.
- 创建一个由风扇组成的单一对象,其中一个block模拟风罩,一个block模拟转子.
- 在**Geometry**面板中输入风扇的大小,厚度和与扇面有关的位置信息.
- 在**properties**面板中给定风扇的风罩开孔率和转子的功率

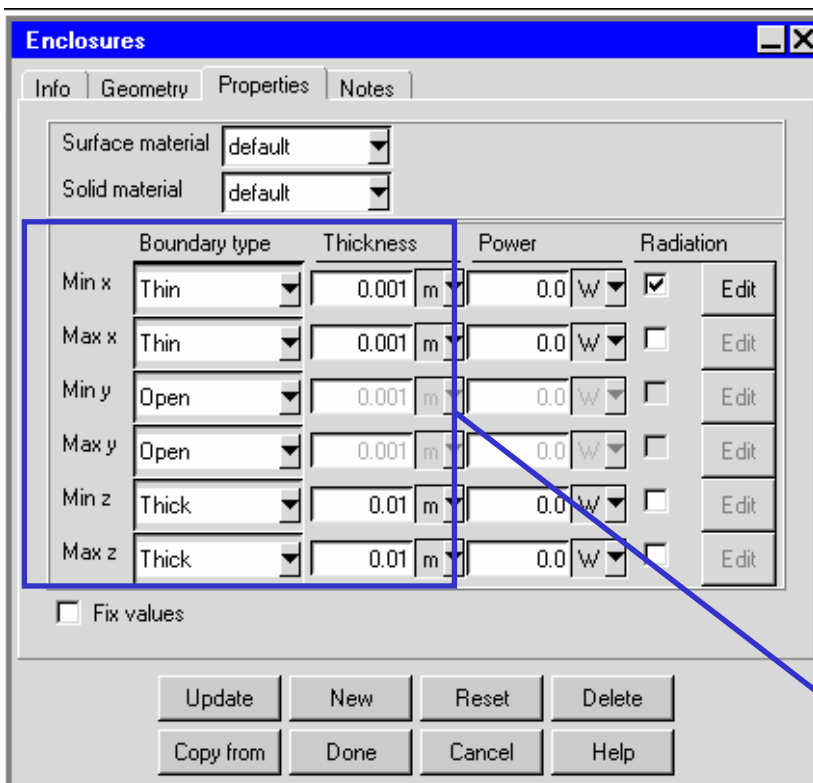


# 腔体 Enclosures

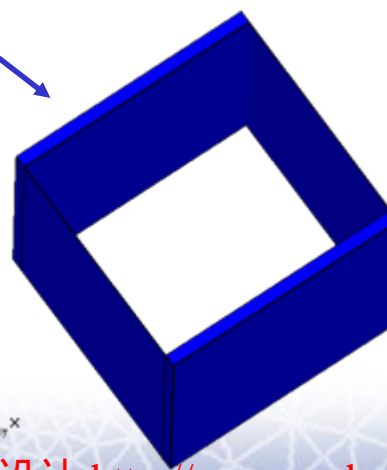
缺省图标:



缺省颜色:蓝



- 3D-box 对象由板(Plates)组成
- 面可以打开也可以关闭
  - 关闭的面可定义为薄板或厚板
  - 打开的面为自由边界条件
- 关闭的面上可以加功率和辐射
- 用法 – 机箱(chassis), 盒状(box-like)结构



# PCB板

缺省图标:



缺省颜色 :绿

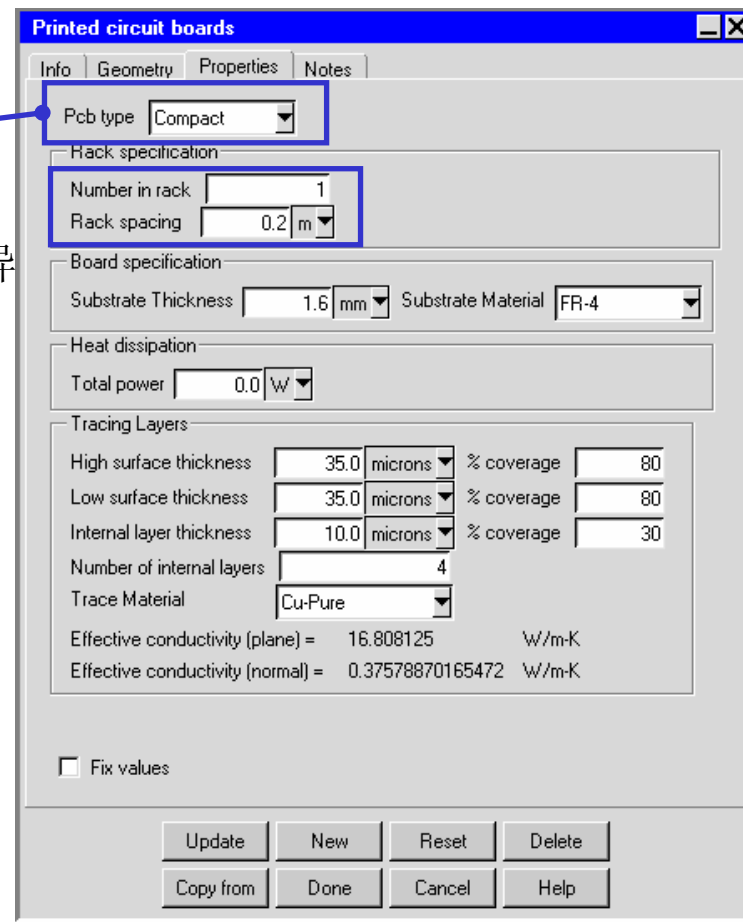
矩形PCB板可以在Icepak中自动创建

三种类型:

- 紧凑型 Compact
  - 对板(Board)建模,具有相同正交各向异性热传导率
- 详细型 Detailed
  - 对板(board)和各个层建模(layers)
- 空心型 Hollow
  - 给定High/Low面的功耗和组成高度
  - Board in effect a hollow block/plate

所有类型 For all types:

- 指定机架的个数及分布

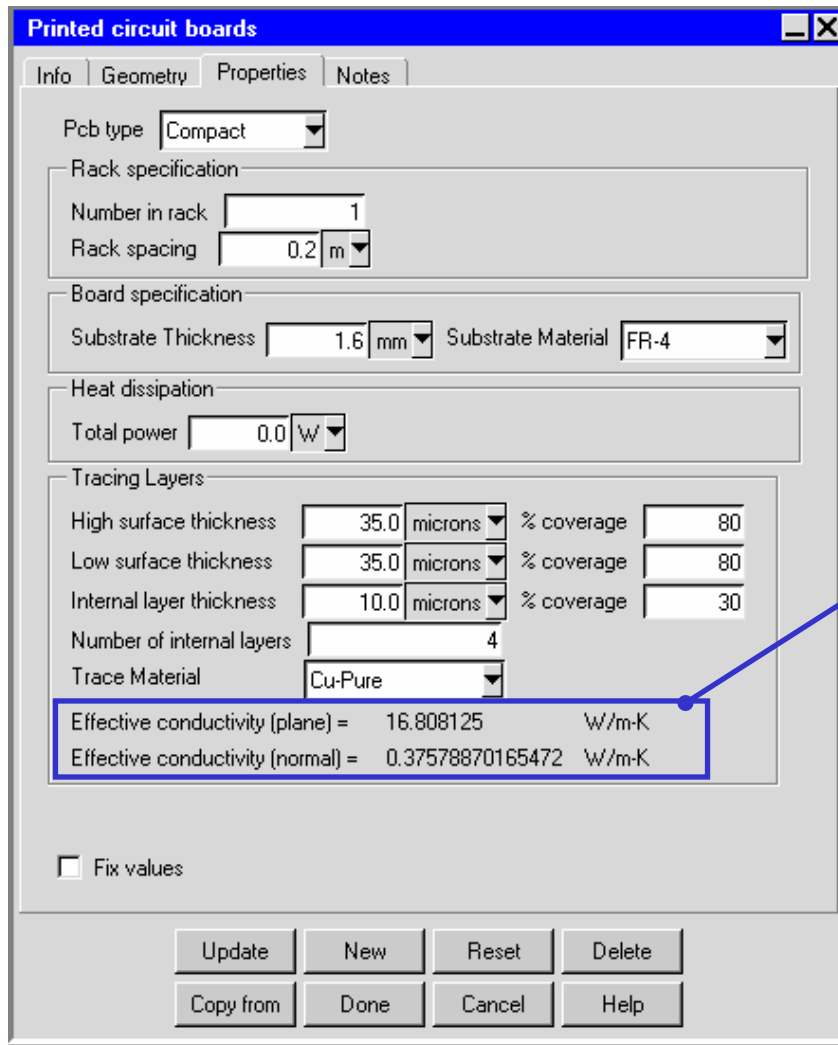


# PCB板: 紧凑型Compact

缺省图标:

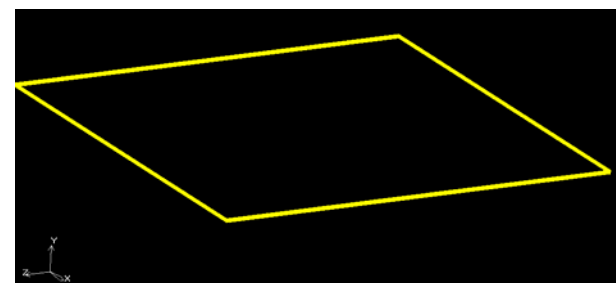


缺省颜色: 绿



## 紧凑型PCB板:

- 板(Board)的厚度 + 材料
- 总功耗
- 层的信息
  - High/Low面的层
  - 内层- 假设相同.
- Icepak 可以计算出适当的正交各向异性的热传导率





# PCB板: 详细型 Detailed

**Printed circuit boards**

Info | Geometry | Properties | Notes

Pcb type: Detailed

Rack specification

Number in rack: 1

Rack spacing: 0.2 m

Board specification

Substrate Thickness: 3.0 mm

Substrate Material: FR-4

Heat dissipation

Upper/Lower

Upper face power: 0.0 W

Lower face power: 0.0 W

Total

Total power: 0.0 W

Tracing Layers

|                           |              |            |    |
|---------------------------|--------------|------------|----|
| High surface thickness    | 35.0 microns | % coverage | 30 |
| Low surface thickness     | 35.0 microns | % coverage | 30 |
| Internal layer thickness  | 35.0 microns | % coverage | 30 |
| Number of internal layers | 2            |            |    |
| Trace Material            | Cu-Pure      |            |    |

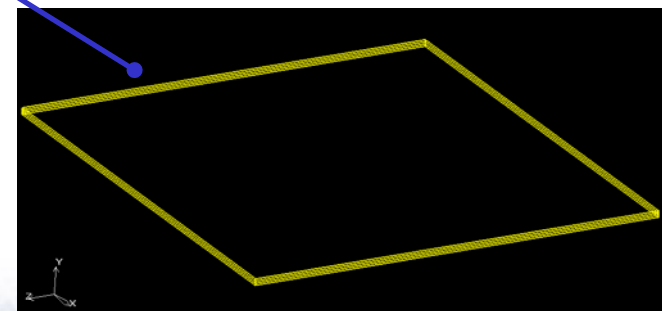
Fix values

Update | New | Reset | Delete

Copy from | Done | Cancel | Help

## 详细型PCB板:

- 给定厚度 + 底层的材料 (FR4)
- 功率
  - 总功耗
  - 每个面的功耗
- 层的信息
  - 内层相同
- 每个铜层给定适当的热传导率 (Cu)

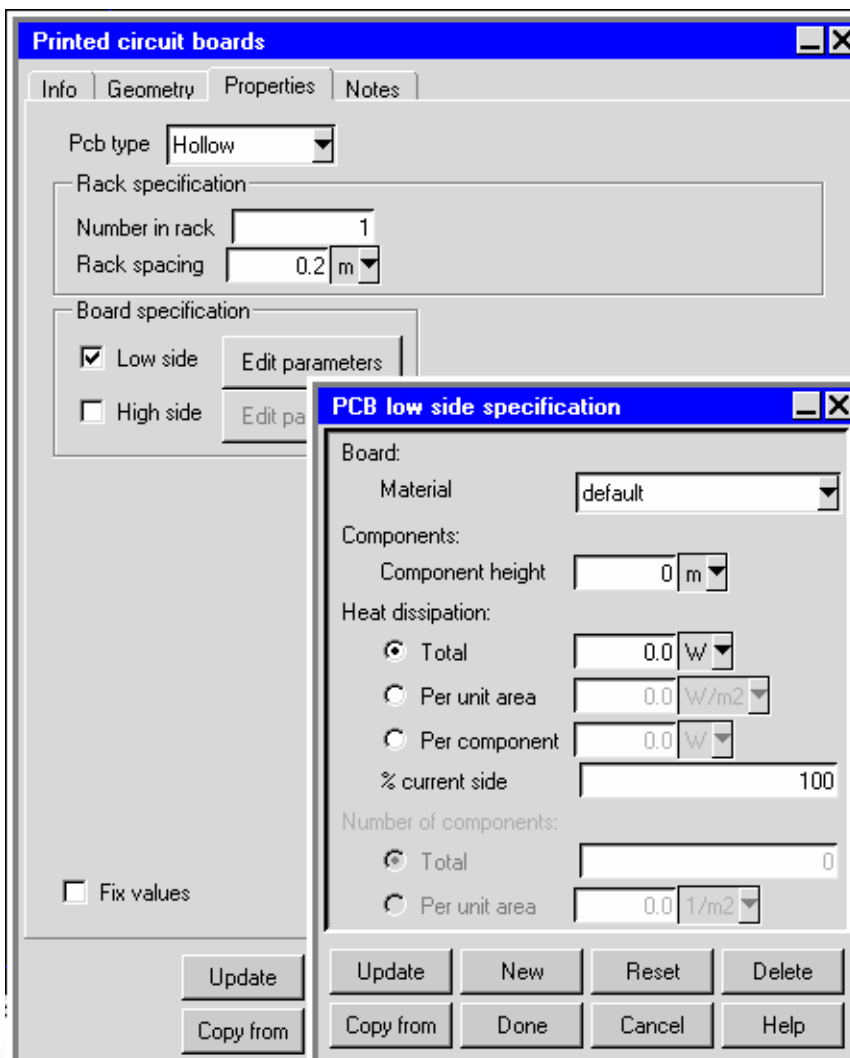


# PCB板: 空心型Hollow

缺省图标:



缺省颜色: 绿



## 空心型PCB板

• 为PCB板的Low and/or High面给定参数

- ▶ 表面材料
- ▶ 组成高度
- ▶ 功耗
  - 总功耗
  - 热流率
  - 每个组件 + 每种组件的数目
- ▶ 从该面耗散的百分比

• Icepak形成一个空心无厚度(如果组成的高度为零) 或是一个空心有厚度的对象

缺省图标:



# PCB板: 热学模型选择 Thermal model selection

缺省颜色 :绿

用法:

- 紧凑模型 – 系统/亚系统层次模型中的PCB板
- 详细模型 – 复合/封装层次模型中的PCB板
- 空心模型 – 用于获取环境条件/流动趋势的最初层次分析系统中的PCB板



# 装配 Assemblies

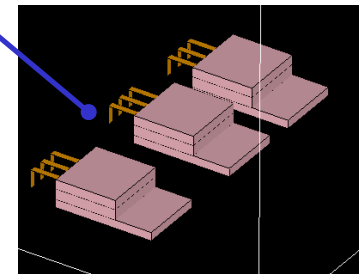
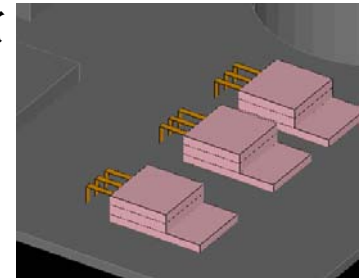
装配可以是内部的也可以是外部的

- 内部装配 – 在工程中用以下方式创建:
  - ▶ 选中对象, 右键单击该对象选择“create assembly”
  - ▶ 右键单击已有的组, 将其转换为装配
  - ▶ 新建一个装配, 选择对象并将其拖入该装配
- 外部装配 – 从外部载入
  - ▶ 外部装配体也是一个Icepak工程, 该工程包括组成装配的对象
  - ▶ 存储在用户自己的库里或是中心库里
  - ▶ 方便操作:
    - 在母体模型中合适的位置放置原点
    - 为装配改变母体机柜大小
- 注意: 删除一个装配体会把该装配所包含的内容一起删除



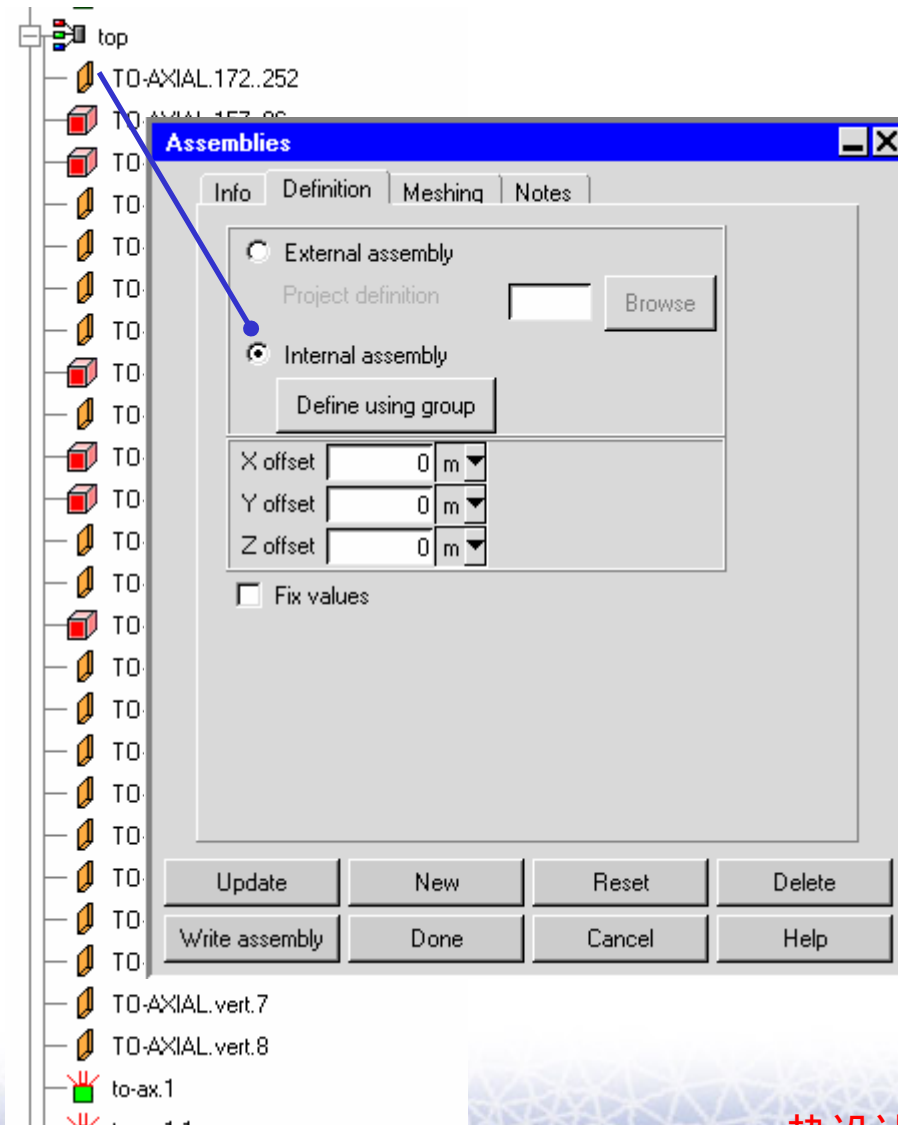
# 装配 Assemblies

- 装配可用于:
  - 把多个对象组成单一组件
  - 划出单独生成网格的区域 (非连续网格)
  - 创建子模型
  - 创建常用组件的库
- 装配中的对象可以用与其它对象完全相同的方式编辑或与其它模型分开编辑
  - 单击右键选择“View Separately”
  - 只显示装配所包含的对象
- 装配特性也可以用一般方法编辑.
  - 选择对象编辑面板(Edit Object)
  - Ctrl + “e” 等...





# 装配编辑面板 Assemblies Edit Panel



选择怎样:

- 定义装配
- 位置和比例
- 生成网格
  - 在后面会对生成网格作进一步讨论

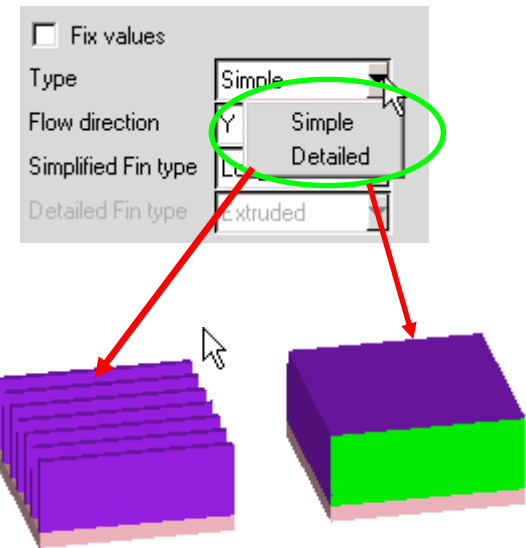
模型树中, 在装配(assembly)枝下列出所有该装配所包含的对象



# 散热器 Heat sink

## 散热器

- 散热器类型
  - 详细类型 vs. 简单类型
- 流动方向
  - 只有挤压式/联结式翅片需给定
- 详细型散热器
  - 每个翅片都作为固体块(solid blocks)建模
- 简单型散热器
  - 散热器的翅片部分作为体积阻尼建模



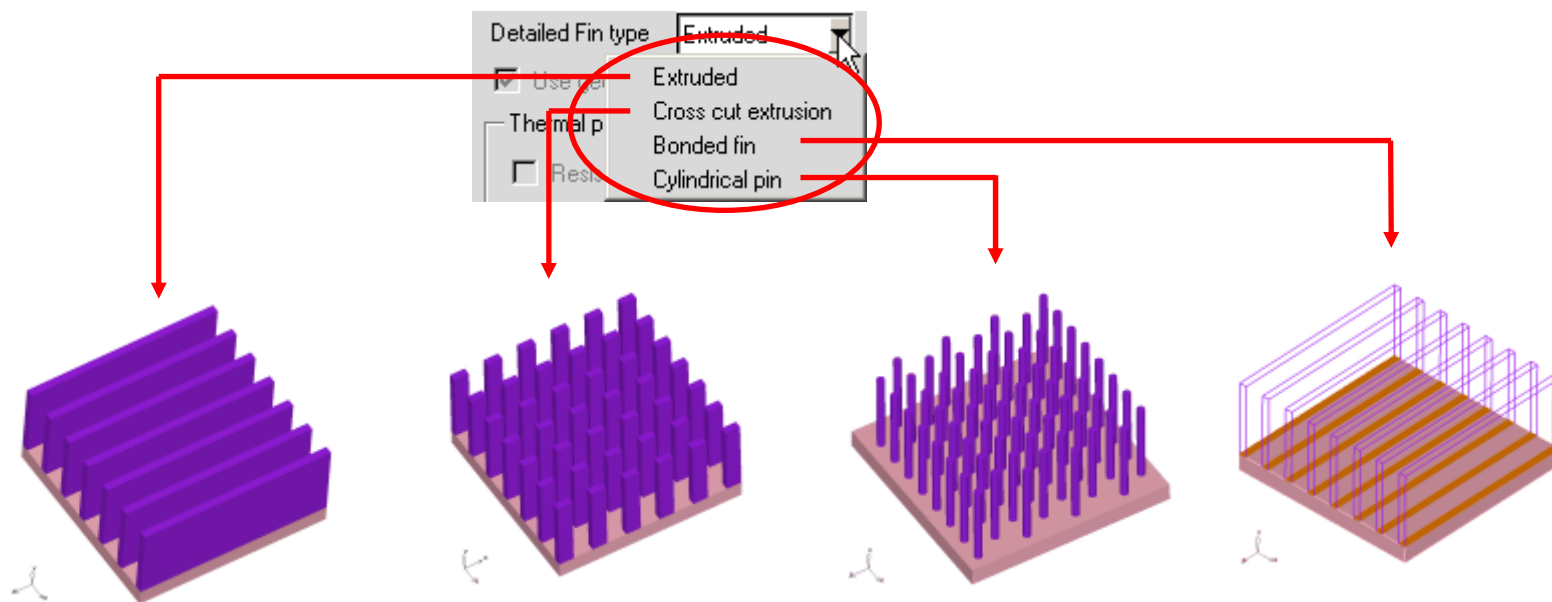


# 散热器Heat sink – 详细型 Detailed

## 详细型散热器

### - 翅片类型

- 挤压式/交叉挤压式/柱状针式/联结式翅片



挤压式  
**Extruded**

交叉挤压式  
**Cross-cut extrusion**

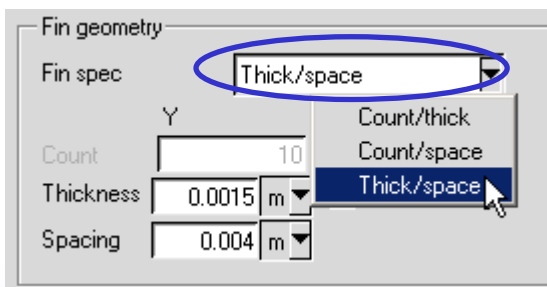
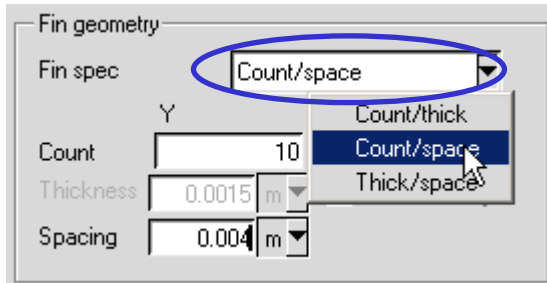
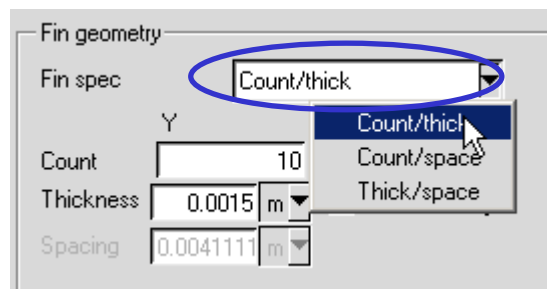
柱状针  
**Cylindrical pin**

联结式  
**Bonded fin**



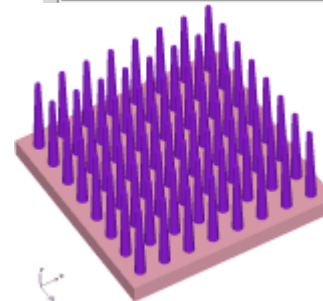
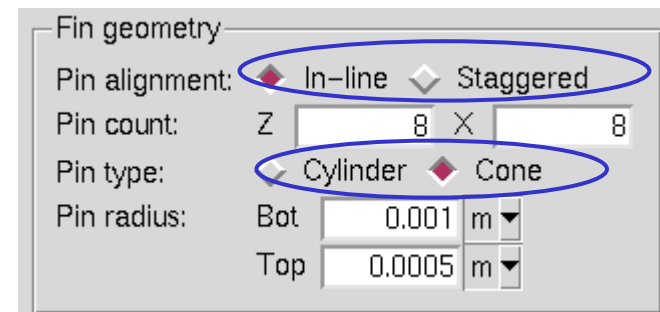
# 详细型散热器: 翅片几何特征 Fin geometry

挤压式/交叉挤压式联结式翅片  
给定翅片数目,分布,厚度

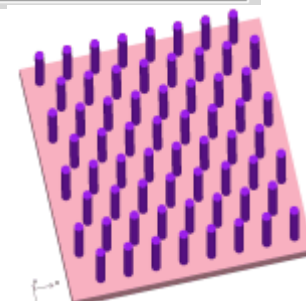


柱状针式翅片

- 翅片排列
- 翅片在两个方向的数目
- 翅片类型(圆柱形 / 圆锥形)
- 翅针半径



对齐阵列圆锥式  
Inline cone



交错圆柱式  
Staggered cylinder



# 详细型散热器: 选项Options

- 有效性:
  - 使用导热薄板对薄翅片建模
  - 厚度 ~ 散热片间距的10%
  - 仅用于挤压式/联结式翅片
- 翅片(fins)和底座(base)材料
  - 可以分别指定它们的材料
- 界面材料 **Interface material**
  - 在散热器和组件之间对热垫(thermal pad )建模
  - 使用接触阻尼的概念
- 翅片联接 **Fin bonding**
  - 作为接触阻尼板来建模
  - 仅用于联接翅片



# 散热器Heat sink – 简单型Simplified

## 简单型散热器

### - 方法 Methodology

- 使用压力损失系数来考虑流体穿过翅片的流动压力损失效应
- 增加局部流体的热传导率来考虑翅片的热交换

### - 优/缺点

- 减少网格数量和计算时间
- 结果更依赖于网格
- 可能需要调用宏(花费更多时间)
- 对于多个散热器构成的系列,背风面散热器的误差更大

### - 简单型散热器的两种模型

- 使用基于几何特征(**automatic geometry-based**)的自动相关性
- 给定热学特征和流动阻尼曲线



# 散热器: 自动相关性 Automatic correlation

## (1) 利用基于几何特征的相关性

- 选中“use geometry-based correlation”
- 指定翅片的几何特征和材料
- Icepak利用相关性计算 $\Delta p \sim V$  &  $R_{th} \sim V$  曲线
- 相关性应用于层流
- 速度范围 0.5~3.0 m/s
- 误差 (~10%)
- 仅用于挤压式散热器

Fix values

Type: Simple

Flow direction: ?

Simplified Fin type: Longitudinal

Detailed Fin type: Extruded

Use geometry-based correlations

Thermal properties

Resistance

Constant: 1.0 C/W

Curve: Load Save Edit

Flow material: default

Fin material: default

Base material: default

Fin geometry

Fin spec: Count/thick

Count: 10

Thickness: 0.0015 m

Spacing: 0.0041111 m

Effective only

Loss coefficient

Loss Specification: Loss coefficient

Linear: Quadratic

In-plane: 0.0 m/s

Normal: 0.0 m/s

Curve direction:

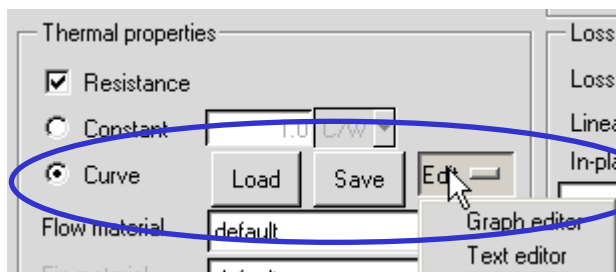


# 简单型散热器: 使用曲线 Use curve

## (2) 给定热传导阻尼和流动阻尼曲线

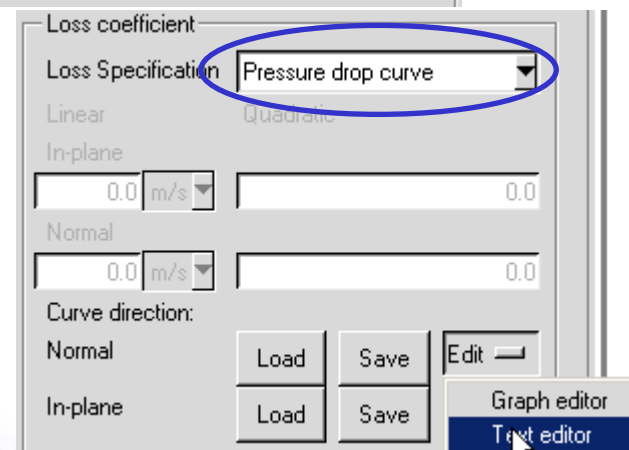
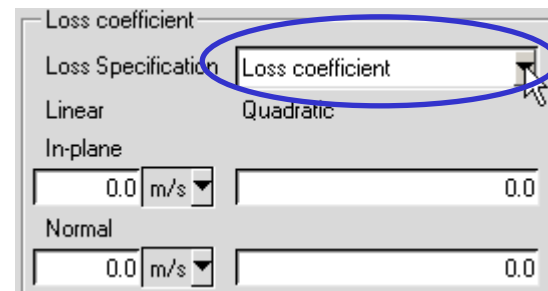
### 热传导阻尼

- 常数
- 输入  $R_{th} \sim V$  曲线



### 流动阻尼

- 给定压力损失系数
- 给定压降曲线





# 封装Package: 建模选项Modeling options

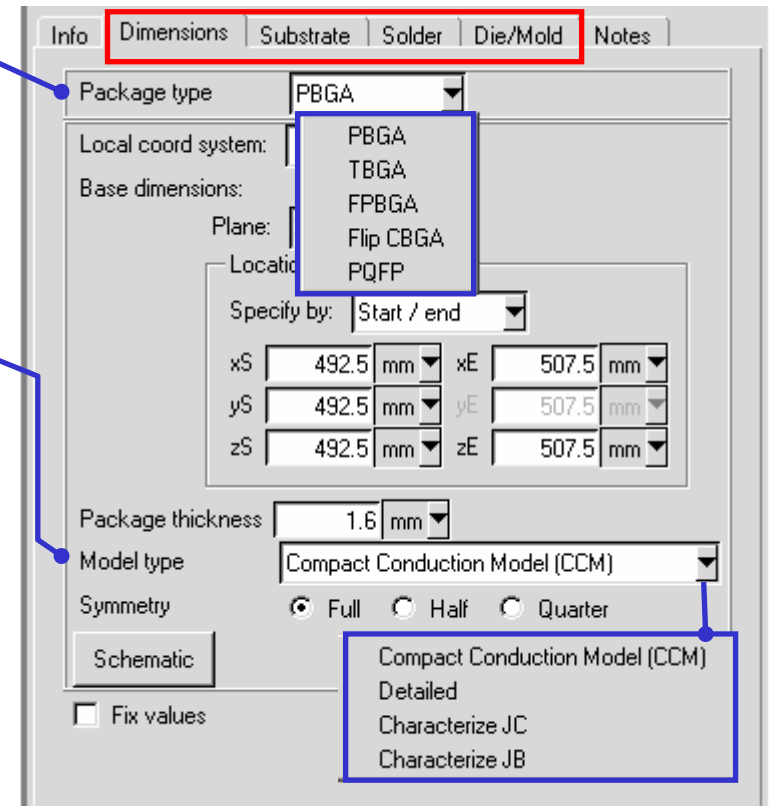
| 模型  | 精确度                     | ~ 网格数量          | Effort needed   | 应用   |
|---|-------------------------|-----------------|---|--|
| 固体块<br><b>Solid block</b><br>(k ~ 10 W/m-K)                             | 差                       | 少<br>(~ 10 个网格) | 最低: 需要近似的芯片功率<br>(die power)                                      | System / board<br>层次 – 无信息                                 |
| 双热阻网络<br><b>2 Resistor network</b><br>( $\theta_{jb}$ , $\theta_{jc}$ ) | 差 (30%) 用于非校准条件时精确      | 非常少<br>(零)      | 高: 在数据表中只有一个数据 ( $\theta_{jb}$ 或 $\theta_{jc}$ ) 已知, 其它的数据需要估计/计算 | 系统/board – 如果 $\theta_{jb}$ and $\theta_{jc}$ 的值都可以获取      |
| 多热阻网络<br><b>Multi-resistor network</b>                                  | 合理 – 优于双热阻网络            | 非常少<br>(零)      | 非常高: 依赖网络的拓扑结构; 有必要用详细型封装   | System / board   |
| 集中传导模型<br><b>Lumped conduction model</b>                                | 好(10%);<br>数据更多 → 有很大改进 | 中等<br>(~100)    | 最低: 如果你知道封装并且知道芯片功率 → 使用该模型                                       | System / board/<br>heat spreading studies/<br>heat sink的优化 |
| 详细型封装<br><b>Detailed package</b>  | 非常好 (误差小于5%)            | 多<br>(~ 10,000) | 高: 需要该封装特性的详细信息   | 封装特征描述和优化  |



# 封装 Package

- 5种可供选择的封装类型:
  - ▶ 4个BGA模型
  - ▶ 1个QFP模型
- 指定可用的输入参数 – 维数, 底层 (substrate), 焊球(solder)和芯片(die)/铸模 (mold)的信息
- 从4种热学模型中选择:
  - ▶ 详细型封装
  - ▶ 紧凑传导模型
  - ▶ 定义junction到case
  - ▶ 定义 junction 到board

封装的输入参数





# 封装 Package: 示意按钮 Schematic Button

Info Dimensions Substrate Solder Die/Mold Notes

Num balls:

Array type  Full array  Peripheral array

# of rows suppressed:

Central thermal balls?  Yes  No

# of central rows:

Ball pitch:  mm

Ball diameter:  mm

Ball height:  mm

Ball material:

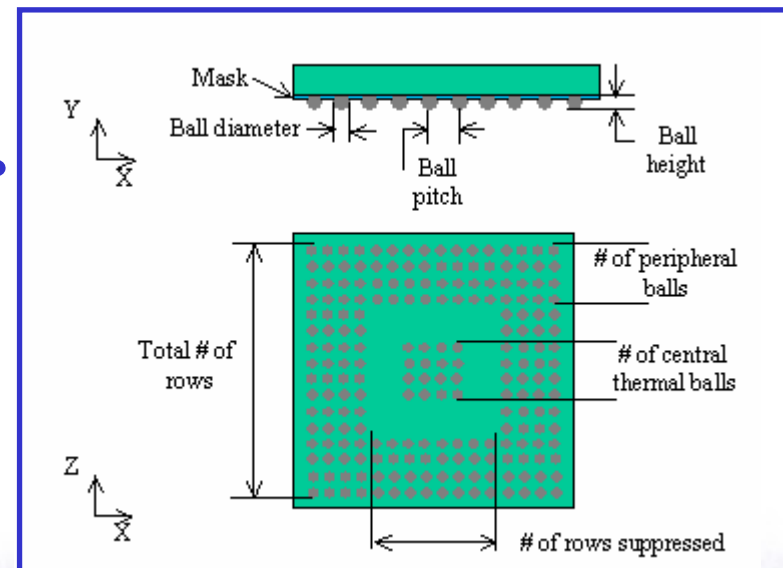
Mask thickness:  mm

Mask material:

**Schematic**

Fix values

点击示意按钮将会显示相关的输入参数的示意图 – 该例描述了PBGA上的金属熔球(Solder Balls)的示意信息





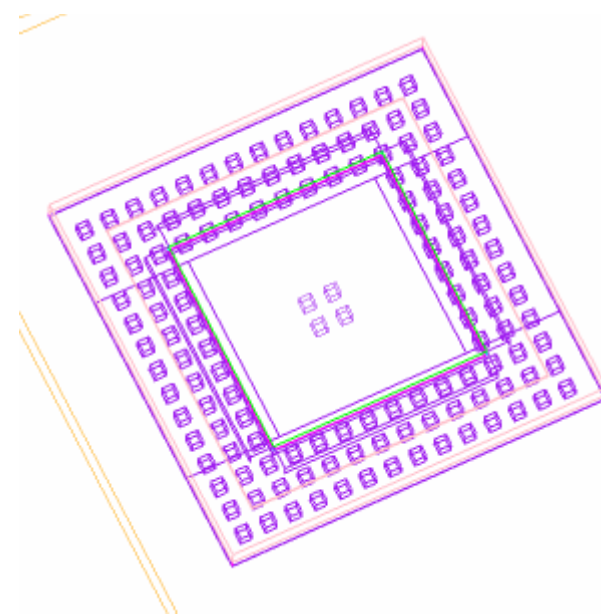
# 封装 Package: 热力学模型选择

- ◆ 模型选择
- ◆ 在board和系统(system)层次模型中使用的目的
  - 获取从package到board的精确的热耗散,周围有流体及其它的组件
  - 估计封装的芯片(die)的温度
  - 估计封装case的温度
- ◆ 在封装层次模型中使用的目的
  - 封装设计 – 金属嵌条(metal slug)的影响, 底层材料(substrate materials), 比较设计选项
  - 在标准测试环境下,刻画封装以估计热传导阻尼( $\theta_{JA}$ ,  $\theta_{JB}$ ,  $\Psi_{JT}$ )



# 封装 Package: 详细型模型

- 仅适于封装层次模型
- 不推荐用于board和系统(system)层次模型(网格代价太大)
- 所有建模的细节:
  - 芯片die
  - 底层substrate
  - case
  - 熔球 solder balls



# 封装 Package: 紧凑模型 Compact model

Icepak的紧凑模型用于board和系统(system)层次模型:

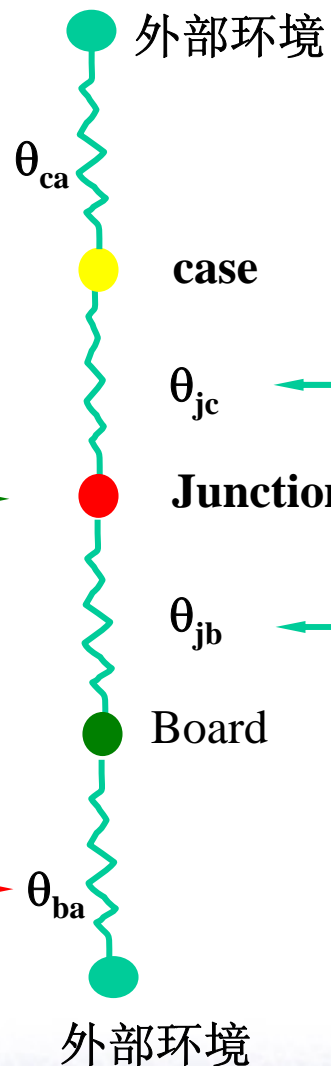
- 固体块(Solid block) – 具有合适的热传导率
- 双热阻网络Block ( $\theta_{JC}$ ,  $\theta_{JB}$ )
- 多热阻网络Block
- 紧凑热传导模型 (CCM)

*在块和网络模型上的提示*

# 封装 Package: 双热阻网络2 Resistor network

从外部到封装. 依赖于流体流动, 辐射和系统构造. Icepak会自动求解

依赖于IC的构造也依赖于环境, Icepak会基于 $\theta_{jc}$  &  $\theta_{jb}$ 对环境进行预测



从内部到封装. 依赖于IC的构造.  
可以由:

- 封装/装置的数据表得到
- 从Icepak封装对象的  $q_{jc}$  和  $q_{jb}$  的描述模型得到



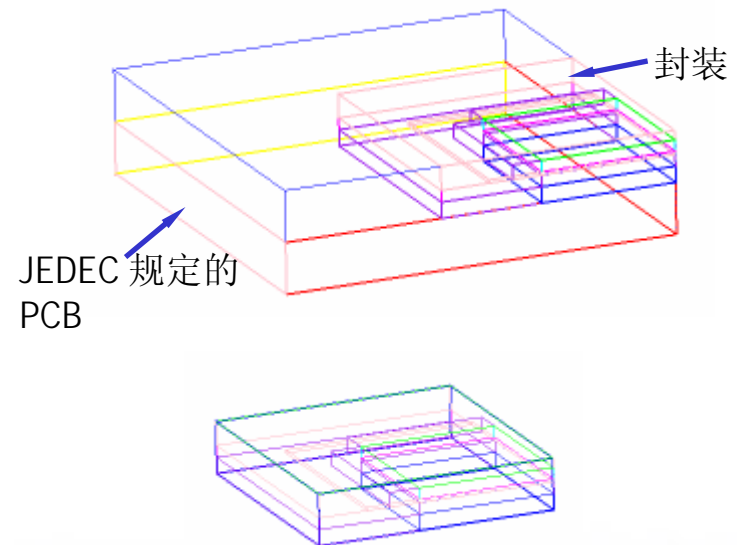
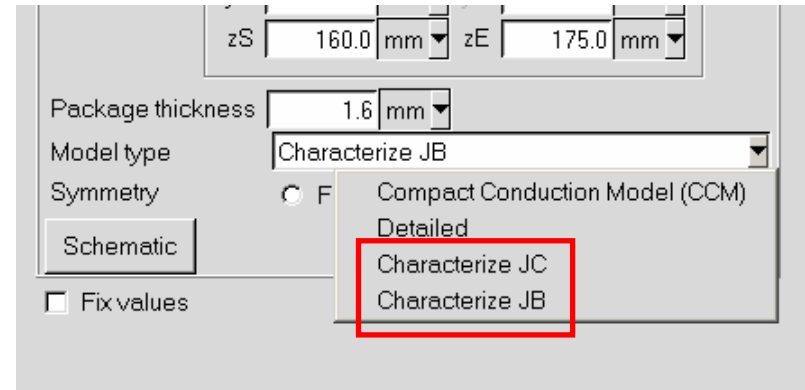
# 封装: $\theta_{jb}$ & $\theta_{jc}$ 描述模型 $\theta_{jb}$ & $\theta_{jc}$ Characterization model

## 从Junction到board的描述

- 模拟JEDEC标准的 $\theta_{jb}$  传导模型
- 热源功率 = 1 W
- PCB板边壁温度 = 0°C
- $\theta_{jb}$  = 最大封装温度

## 从Junction到case的描述

- 除顶面外其它面都是绝缘的
- 在顶面统一给定  $h = 25 \text{ W/m}^2\text{-K}$





# 紧凑热传导模型 Compact Conduction Model

- ◆ 仅对十分重要的传导路径进行建模
- ◆ 这些组件由于利用大量重复的对象并为其分配有效的特性进行了简化
- ◆ 充分利用导热薄板来对薄而传导率高的层建模



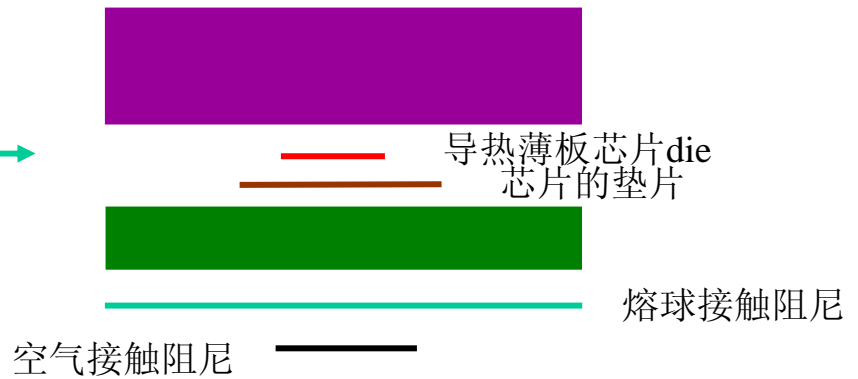
# BGA封装的CCM CCM of a BGA package

BGA: 球阵列封装(Ball Grid Array packages)

详细模型视图



CCM模型视图



仅比单块模型(single block)多一条水平的边

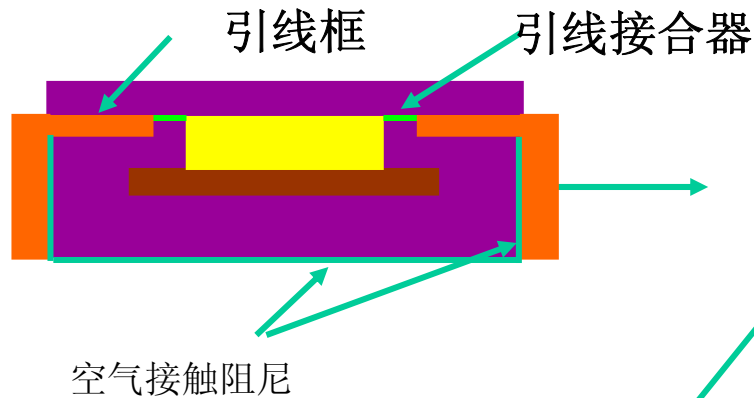




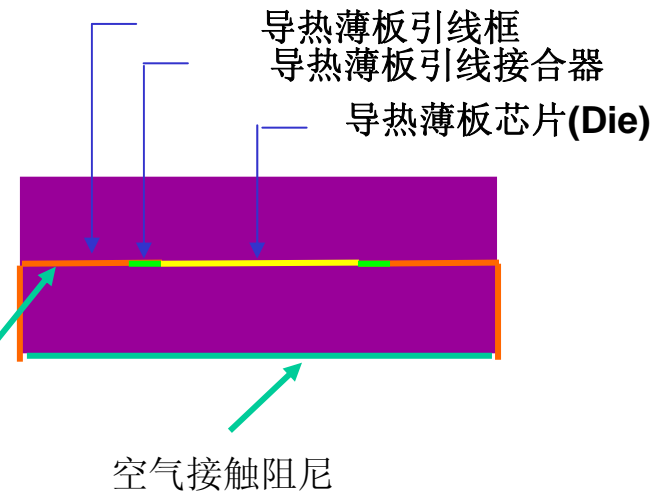
# QFP封装的CCM CCM of a QFP package

QFP:

详细视图



薄板视图



仅比单块模型(single block)多一条水平的边

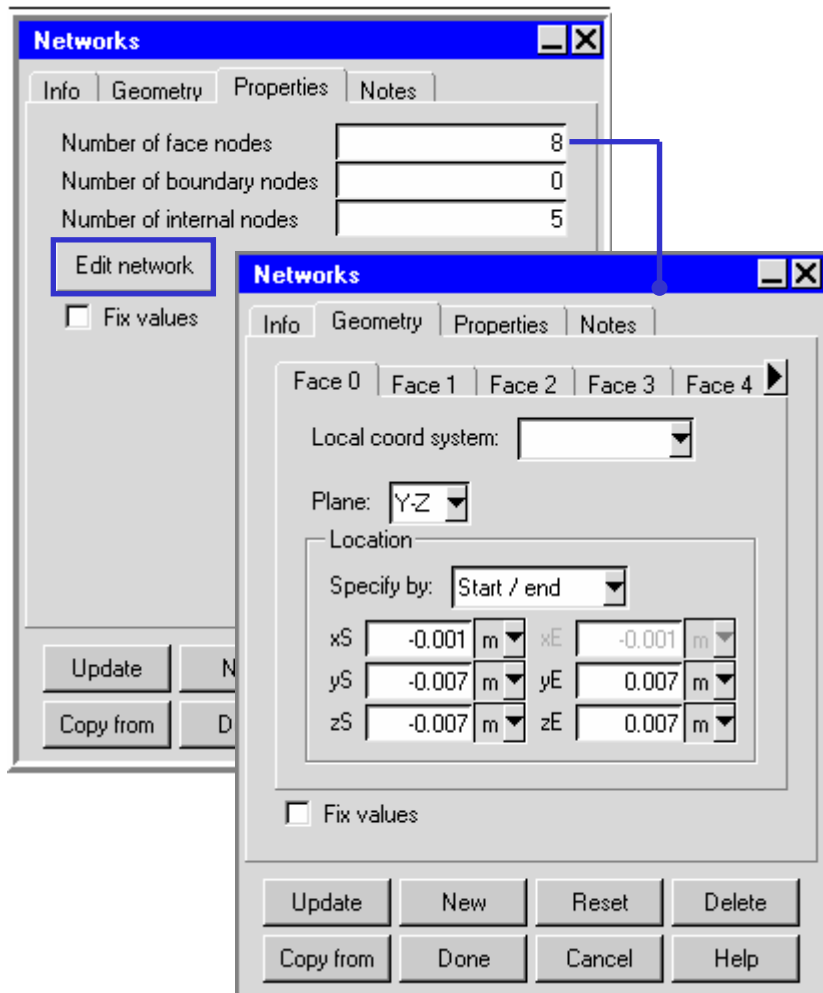


# 网络模型 Networks

- 网络块(network blocks)的一般表述
- 网络由面,边界和内部结点组成(faces, boundary, internal nodes)
  - 面必须放置在空心块(hollow block)或是机柜(cabinet)上
  - 面可以和内部结点/其它面连接
  - 边界上的结点只能连接到内部的结点
- 连接可以是对流式(C)或散布式(R)
- 对于非对流式的网络对象的瞬态分析计算需要给定阻尼的容量(质量和结点的比热)
- 热学模拟的多样性
  - 具有多个热源的复杂 IC 封装
  - 外部热交换器 (开环open loop)

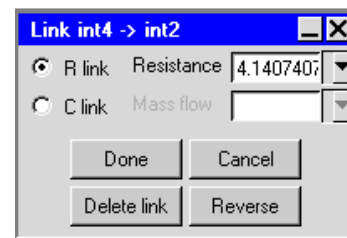


# 网络模型编辑面板 Networks Edit Panels

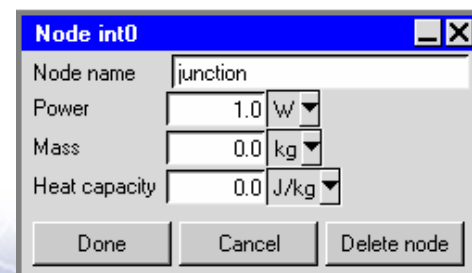


- 定义面的个数和内部结点数
- 定义面的位置
- 在特征面板(properties)中进行编辑新建一个网络

- 单击右键创建一个链接
- 双击链接设置参数

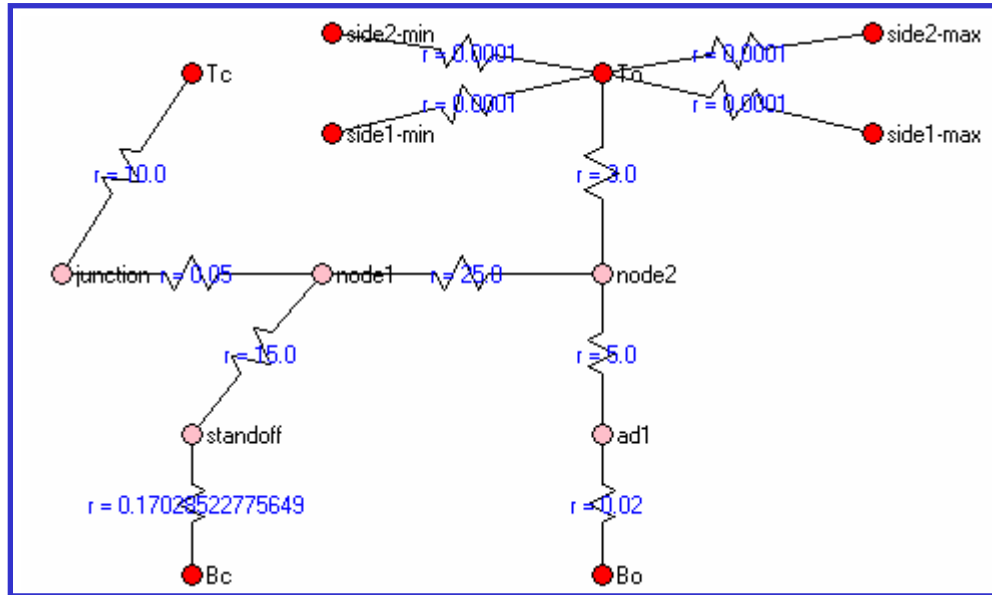


- 双击面或结点修改名称等

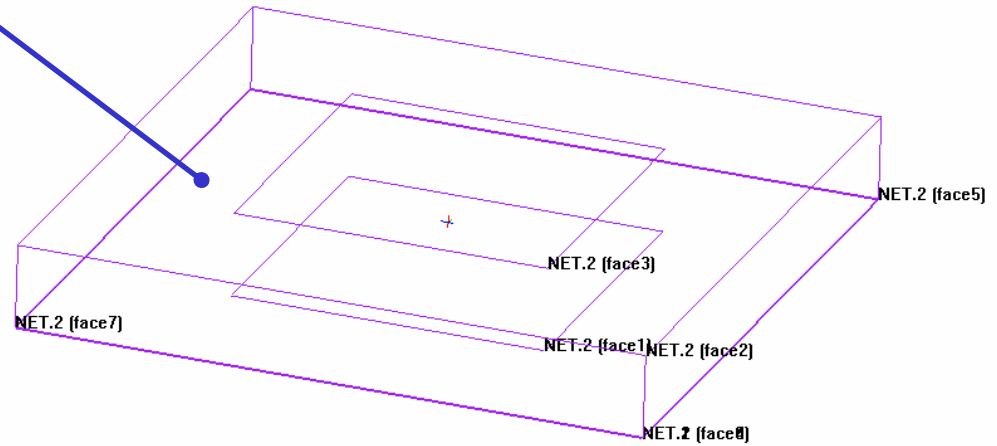




# 网络模型 Networks – 例



用网络来表述一个PBGA, 包括间隔热阻和外围到PCB板的组装阻尼



# 网格生成

# Icepak自动网格生成:概述

有三种网格生成器可供选择:

- 两种六面体网格生成器(Hexahedral mesher)

- 适用于大部分电子散热分析问题(99%).

- 非结构网格 **Unstructured**

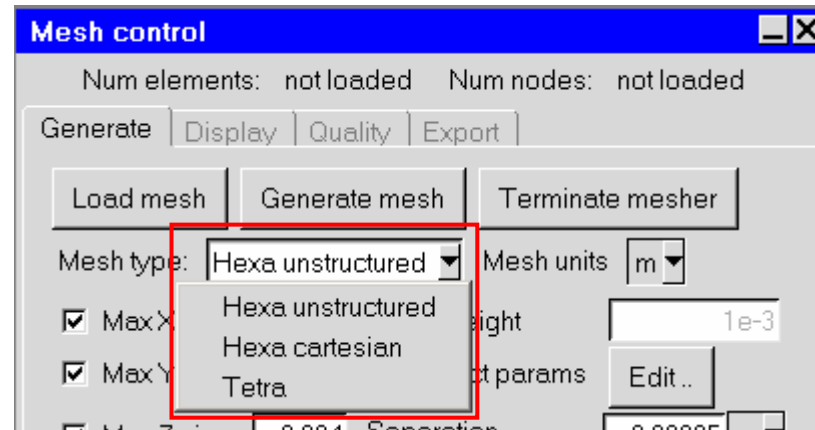
- 适用于大部分的问题,能得到满意的结果

- 笛卡尔网格 **Cartesian**

- 四面体网格生成器(Tetrahedral mesher)

- 用于一些复杂的几何外形

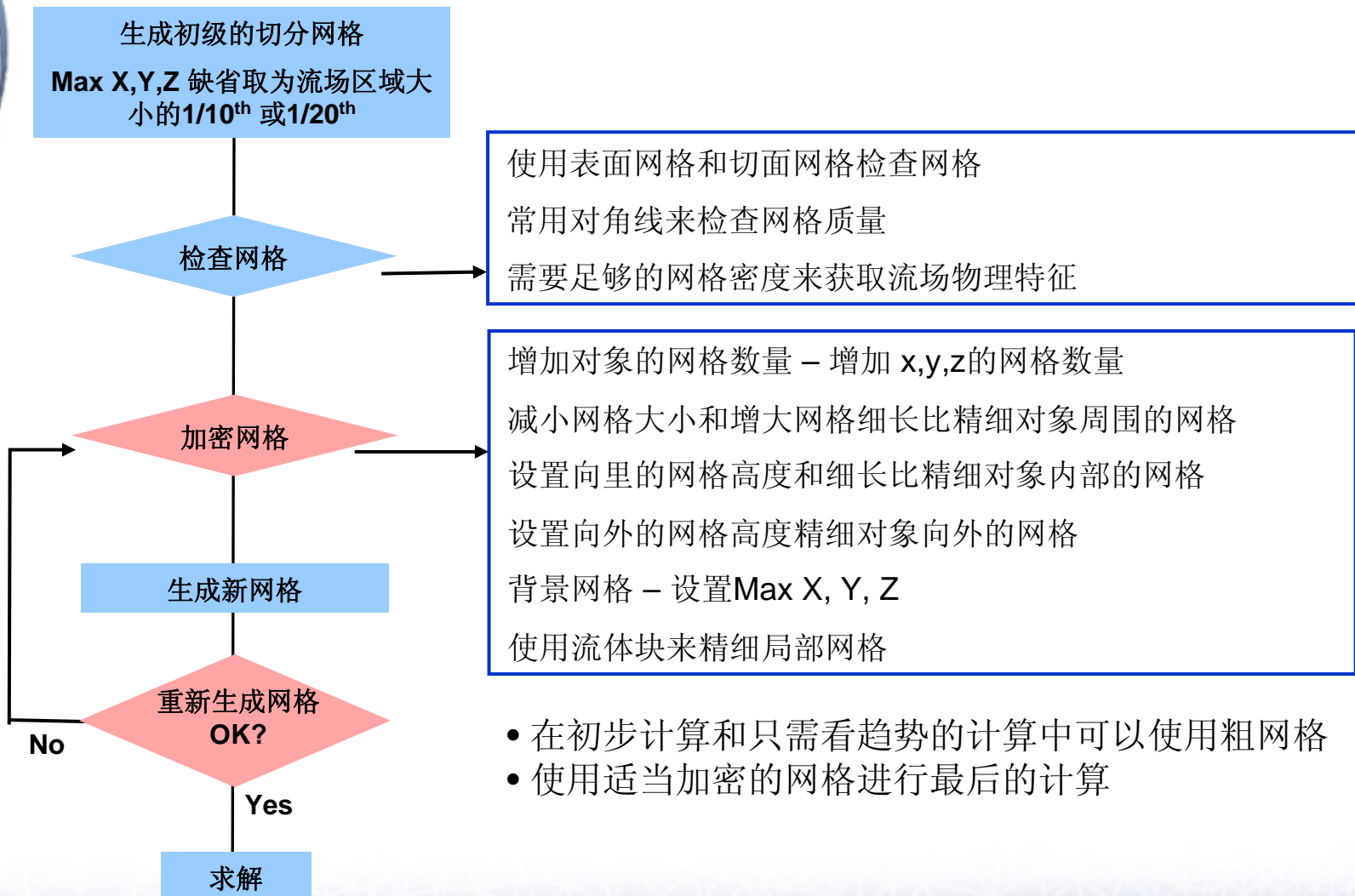
- 椭圆柱,椭圆柱或棱柱管道等外形必须使用四面体网格



# 自动网格生成

- 所有网格生成的方法都是完全自动的
- 可以生成不同复杂层次的计算网格
  - ▶ 无参数设置
  - ▶ 对单个对象设置参数
- 网格生成后, **Icepak** 将载入网格并检查网格质量关键的量度标准,在信息窗口报告这些量度标准的最小值.如果存在质量特别差的网格,**Icepak**将会自动显示出来.
- 关键的量度标准为:
  - 六面体网格的面对齐率(Face Alignment)
  - 四面体网格的细长比(Aspect Ratio)

# 网格生成的步骤和需考虑的因素



# 六面体网格生成Hexahedral meshing

两种六面体网格生成器

- ▶ 非结构网格 (Unstructured)
  - 网格依据几何外形生成
  - 使用所有的网格类型(element types)使网格与几何外形一致
  - 背景网格是六面体网格
- ▶ 笛卡尔网格 (Cartesian)
  - 属于结构网格,只由六面体网格构成
  - 逐级逼近非矩形的几何外形

两种网格生成器都可以用来生成封装的网格,后面会作详细讨论.

两种网格生成器具有相同的总体参数设置和针对每个对象的参数设置.

# 检查网格生成Checking during meshing

- 六面体网格生成器生成网格过程中, Icepak使用间距值进行模型检查.
- Icepak计算对象间各坐标方向上的间距,如果该间距小于所设置的容差量(tolerance),则将对象对齐.
- 容差量一般约为模型最小对象尺寸的1/10. 这确保了任何体积变化都不会显著的影响结果
- 如果间距设为在最小对象尺寸的10%到50% 之间, Icepak将会提示:
  - 停止生成网格并手动修改
  - 继续生成网格并自动修改为10%
  - 忽略,继续生成网格
- 如果间距大于50%, Icepak将会提示
  - 停止生成网格
  - 继续生成网格并自动修改
- 间距可以在meshing面板或在settings configuration面板中设置

# 六面体非结构网格生成方法

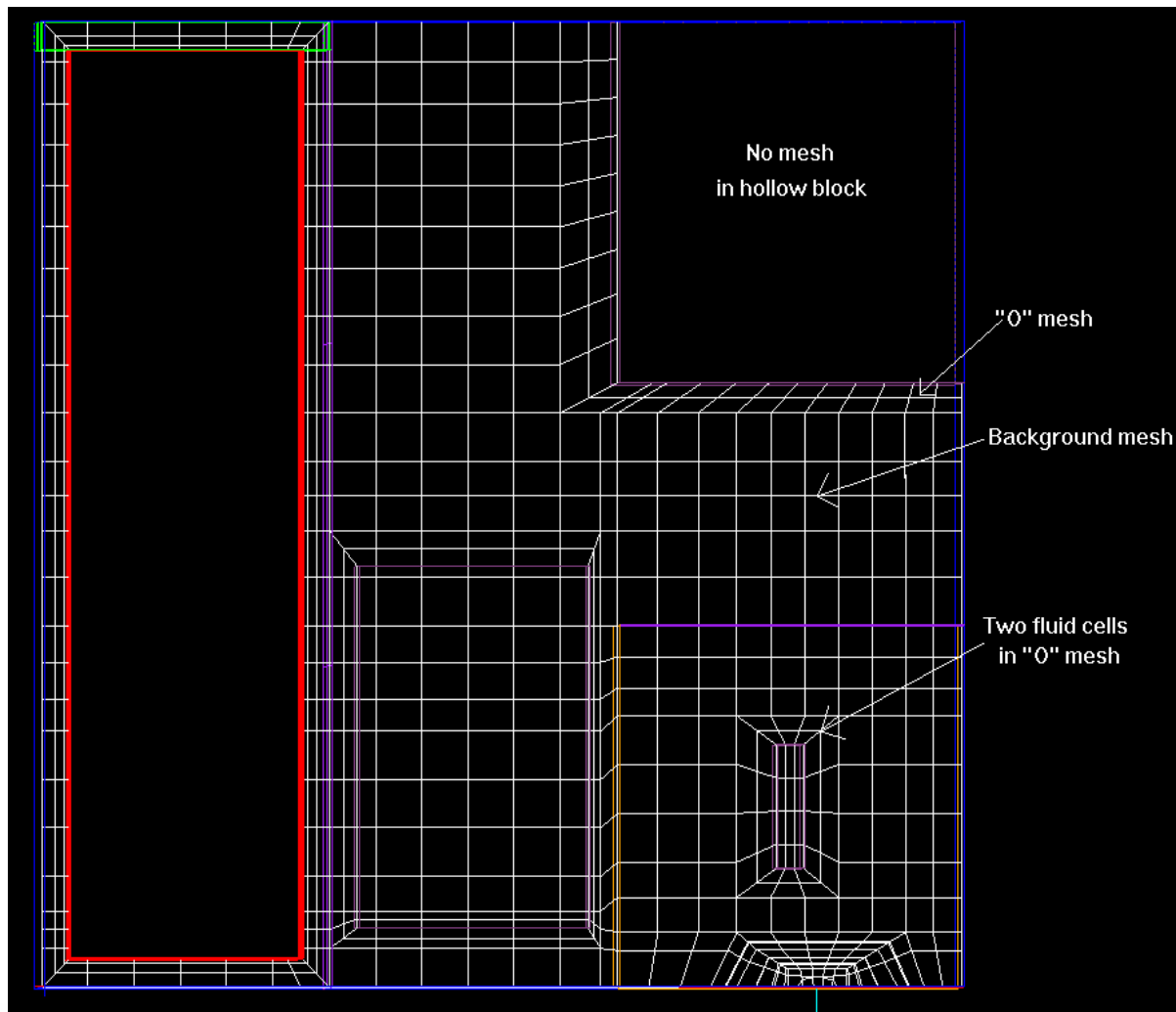
## Icepak “cocooning”方法

- ▶ 对每个对象单独进行网格生成,尽可能的满足设置要求
- ▶ 首先结合毗邻的对象
  - 对由多个对象组成的组生成“O”形网格
- ▶ 然后生成笛卡尔背景网格
  - 由 **Max x**, **Max y** 和 **Max z**控制最大的网格单元
- ▶ 在组周围挖掉一部分网格,用非结构网格来代替--“O”形网格区域.
  - 在对象附近生成质量更好的网格
  - 对象间较大的空间用较大的网格单元填充
  - 减小计算代价

网格生成是CFD建模中最重要的一方面:

- 一套好的网格是一个好的问题求解所必需的

# Icepak网格示意图



# 六面体网格: 网格生成面板 Generation panel

网格生成(generate), 网格显示 (Display), 检查网格质量(Check), 和输出网格(Export)面板

缺省设置: 网格生成器类型, 背景网格参数设置

总体参数设置 - 用于精细网格

Mesh control

Num elements: not loaded Num nodes: not loaded

Generate | Display | Quality | Export

Load mesh Generate mesh Terminate mesher

Mesh type: Hexa unstructured Mesh units: m

Max X size: 0.05  Init height: 0

Max Y size: 0.05  Object params: Edit..

Max Z size: 0.05 Separation: 1e-5 m

Global settings

Mesh parameters: Normal

Min elems in fluid gap: 3  No O-grids

Min elems on edge: 2  No group O-grids

Max size ratio: 2  Conformal

Max O-grid height: 0  Mesh assemblies separately

Min elems on cyl face: 4

Min elems on tri face: 4

Max elements: 10000000

Close

# 缺省参数设置 Default settings

## 网格生成器类型 Mesher Type

- 六面体非结构网格,六面体笛卡儿网格, 四面体网格

## Max X, Max Y, Max Z

- 控制背景网格的最大网格单元

## Init Height

- 模型所有对象第一层网格高度的最大值

## Object Params

- 每个对象的参数

## Separation

- 生成网格时,作为细缝/对齐误差移除标准的容差量

# 推荐使用 Recommendations

## Max X, Y, Z

- 缺省为机柜尺寸的1/20
- 生成粗网格时取为区域大小的1/10
- 不推荐取小于区域大小的1/20的值,因为很少用到
- 不用于物体附近网格加密,仅用来生成合理的背景网格

## Init Height

- 对于大型模型不推荐使用该选项,容易导致庞大的网格数量

## Separation

- 推荐设为模型最小对象尺寸的10%,以避免大体积变化引起结果错误

# 总体参数设置(1) Global settings

标准网格生成器 Normal Mesher –

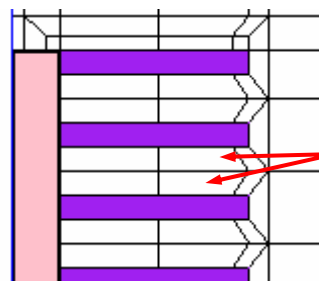
- 提供可接受的网格,大多数情况背景网格合理

粗网格生成器 Coarse Mesher –

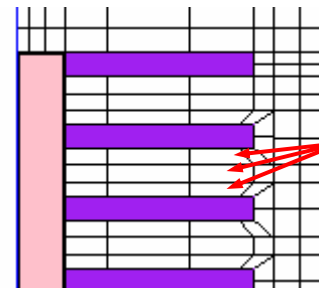
- 生成初级的切分网格,可以局部加密

缺省设置包括:

- 流体缝隙中的最小网格单元数
  - 相邻对象的相临面之间的最小网格单元数



缝隙中的最小  
网格单元数: 2



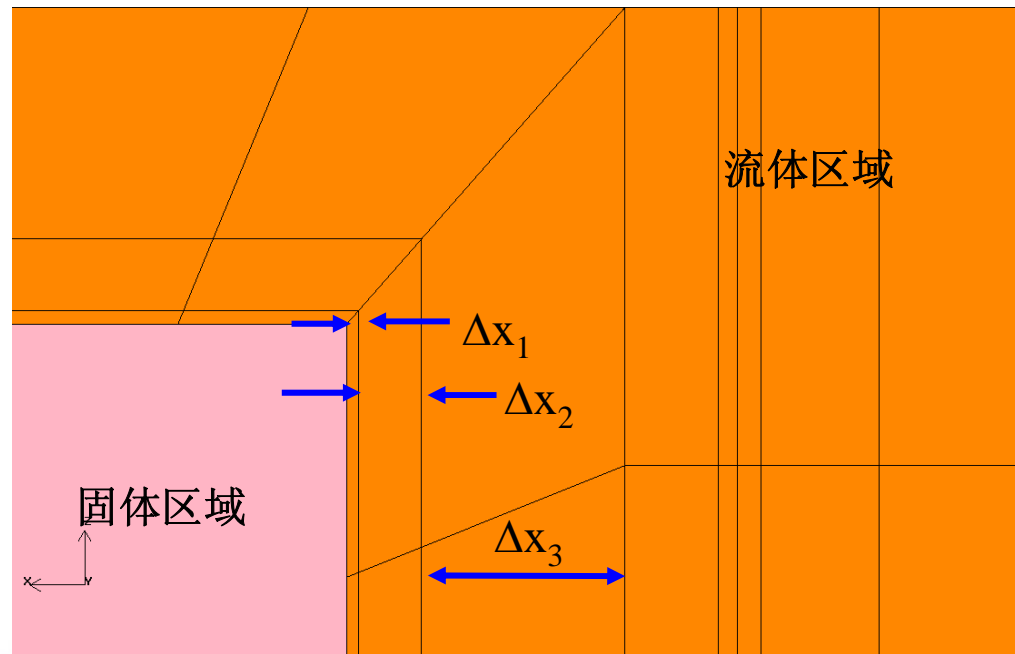
缝隙中的最小  
网格单元数: 3

- 固体对象边上的最小单元数 Min elements on solid edge
  - 固体对象边上的最小单元数
- “O”形网格最大高度 Max O-grid height
  - “O”形网格第一层物面网格的最大高度

# 总体参数设置(2) Global settings

## 最大网格面积比(Maximum Size Ratio)

- 控制网格增长因子
- 使用这个设置可以控制网格的增长因子.
  - $\Delta x_2 / \Delta x_1 < \text{最大网格面积比}$



# 总体参数设置(3)

圆面的最小单元数

三角形面上的最小单元数

附加选项

- 无“O”形网格(No “O” grid)
  - 避免在所有对象上生成“O”形网格
- 不按组生成“O”形网格(No group “O” grid)
  - 邻近对象不构成组,以组为单位生成 “O”形网格
  - 每个对象都单独生成“O”形网格
- 每个装配单独生成网格(Mesh assemblies separately)
  - 当装配选择单独生成网格时, Icepak将在装配边界框 (bounding box )处产生非连续网格界面,并在装配的内部生成精细的网格.
- 使用连续网格生成网格

# 推荐选择 Recommendations

## 流体缝隙的最小网格单元数 Min elements in fluid gap

- 取 2 或 3
- 超过4则可能在不需要的地方进行加密
  - 可以使用设置对象参数来进行局部加密

## 固体边最小单元数 Min elements on Solid edge

- 不大于2
  - 使用对象参数来实现局部设置

## 最大细长比 Max Size ratio

- 取2和10之间
  - 小于2可能过加密网格
  - 如需要,可以使用对象参数来局部加强得到更小的网格增长率

## 最大O形网格高度 Max “O” grid height

- 缺省设为0,说明对外截区域的网格高度不加任何控制
- 推荐设置一个合理的O形网格高度
  - 非常依赖于模型

# 使用对象参数 Using per-object parameters

控制特定对象周围的网格质量.

- 用法包括:
  - 控制对象附近的网格密度以捕捉流场梯度
  - 为重要的对象增加网格密度

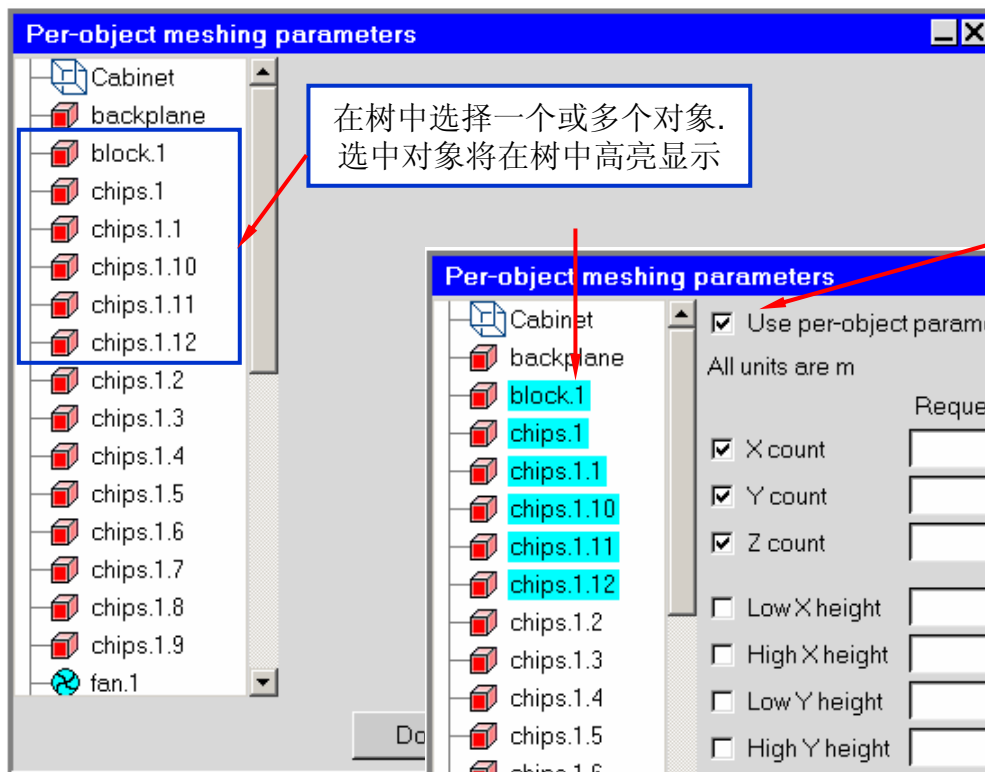
依赖于对象外形 (圆形/矩形, 2D/3D等)的参数设置  
仅设置要求的值

- 如可能,则互相匹配

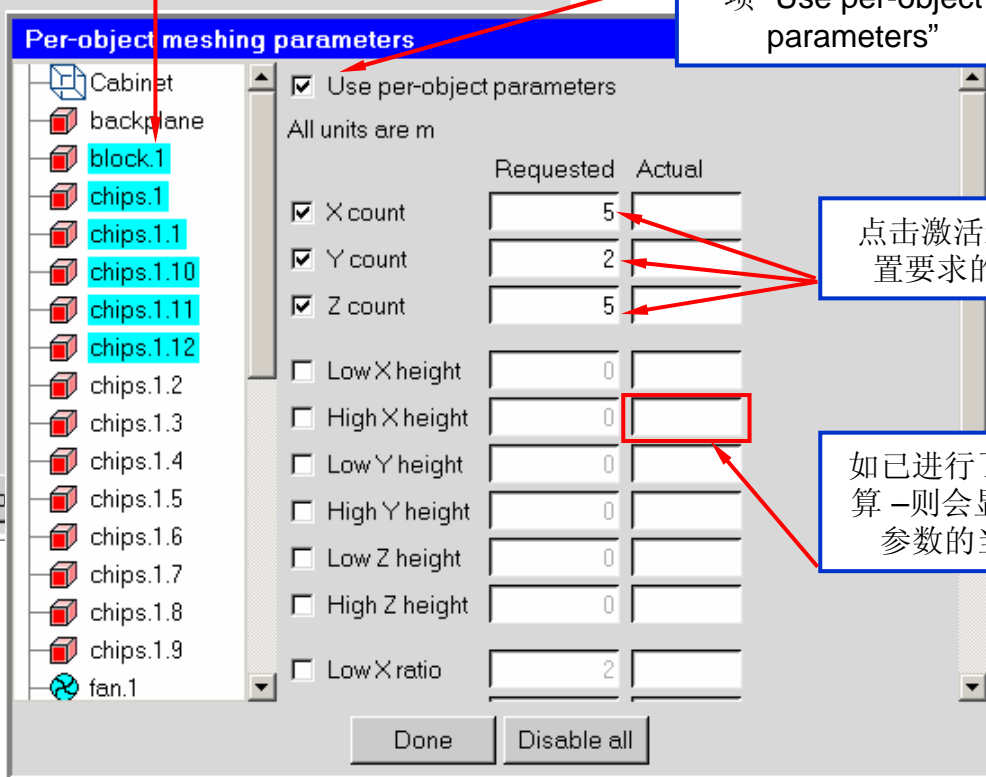
首先点击**object**旁边的方框,激活使用对象参数的功能  
输入一个要求的值

- Icepak会尽量使网格适合该要求值
- 注意:
  - 仅用于局部网格精细
    - 网格数量大于当前网格数量
    - 网格高度和细长比小于当前值

# 对象参数 Per-object parameters



在树中选择一个或多个对象.  
选中对象将在树中高亮显示



点击使用对象参数选项  
“Use per-object parameters”

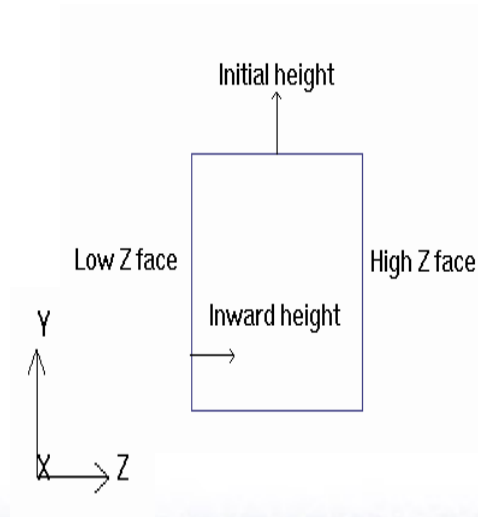
点击激活选项设置  
要求的参数

如已进行了网格计算 -则会显示每个  
参数的当前值

# 对象参数: 矩形几何外形 Rectangular geometry

矩形棱柱对象 **Rectangular Prism objects** – 例.: 块Block/阻尼Resistance

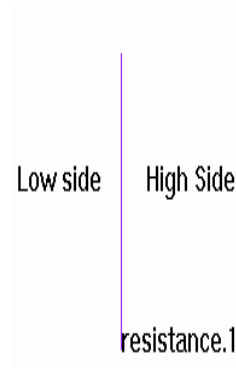
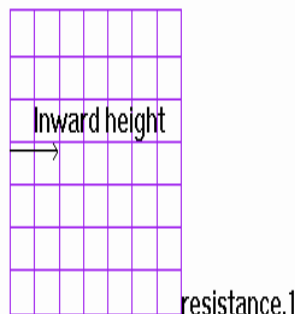
- X,Y,Z 网格数量
- Low/High X,Y,Z 网格高度
  - 对象向外第一层网格高度
- Low/High X,Y,Z 网格增长率
  - 对象向外的网格增长率
- 向内网格高度/网格增长率
  - 物面向内第一层网格高度/网格增长率



# 对象参数: 矩形几何外形 Rectangular geometry

矩形平板对象 Rectangular planar objects – 例. 矩形通风口, PCB板, Plates等

- X&Y, Y&Z, X&Z 网格数量
- Low/High 网格高度
  - 平板对象物面的每一层网格高度
- Low/High 网格增长率
  - 对象两个面的网格增长率
- 向内网格高度/网格增长率
  - 对象内部的网格高度/网格增长率



# 对象参数: 圆形几何外形 **Circular geometry**

**圆板形对象 Circular planar objects** – 例. 风扇(fan), 圆板形阻尼 (circular planar resistance)等

- 附加设置如下:
  - 直径网格数量
    - 直径网格数量
  - Low/High End的网格高度和增长率
  - 向外网格高度/增长率
    - 控制对象向外的网格高度和网格增长率



# 对象参数: 圆形几何外形 Circular geometry

圆柱形对象 – 例. 圆柱体(cylinder), 圆柱形阻尼(cylindrical resistance )等

- 附加设置如下:

- 直径网格数量

- 侧面网格数量

- 圆柱侧面的网格数量

- 侧面的网格高度/增长率

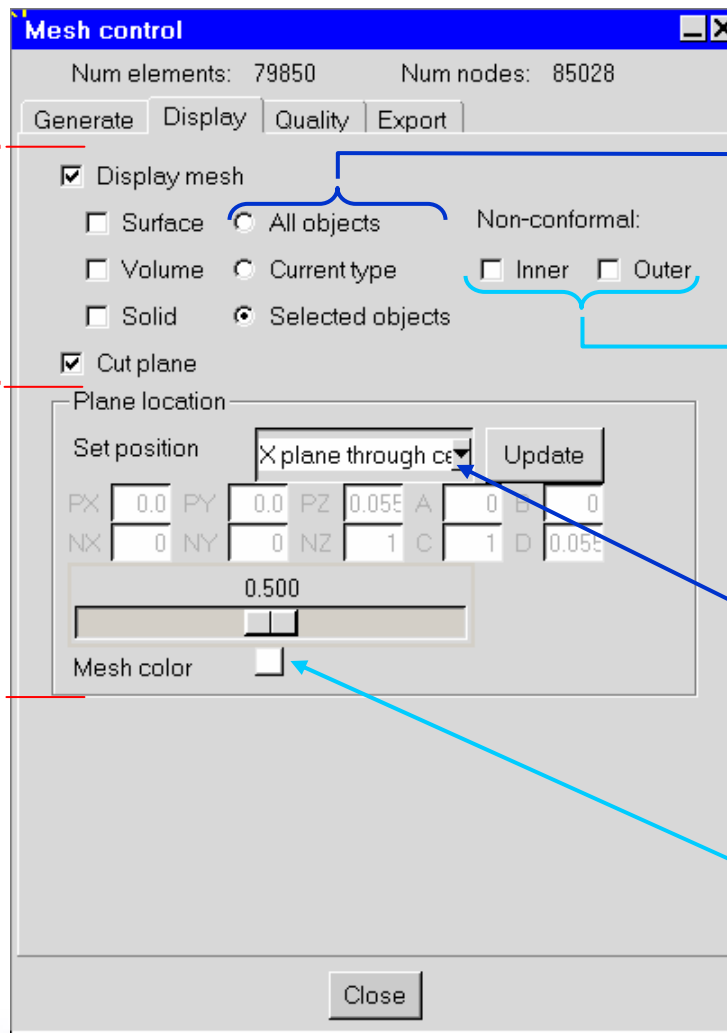
- 侧面向求解区域的第一层网格高度/增长率

# 查看网格 Viewing the mesh

显示方式:

表面网格/ 体网格/实网格/ 切面网格(surface/ volume/ solid/ cut plane)显示选项

切面位置/网格颜色(Cut plane location/ mesh color)



限制网格显示的类型以及指定网格显示的对象

查看非连续网格界面的内表面和外表面的网格

选择切面选项

改变切面的网格颜色

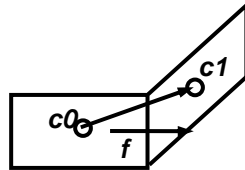
# 六面体网格质量的量度标准

## 细长比 Aspect ratio

- 最短对角线和最长对角线长度之比 – 应为正数,最好大于0.01

## 面对齐率 Face Alignment

- 在0 (差) 到 1 (好)之间
- 应大于0.15



$$\text{Face alignment index} = c0c1 \cdot f$$

## 体积

- 单精度求解器应大于1e-12
- 有些模型用双精度求解器可以处理到1e-15

# 六面体网格质量的判断(1)

选择网格质量的度量标准;

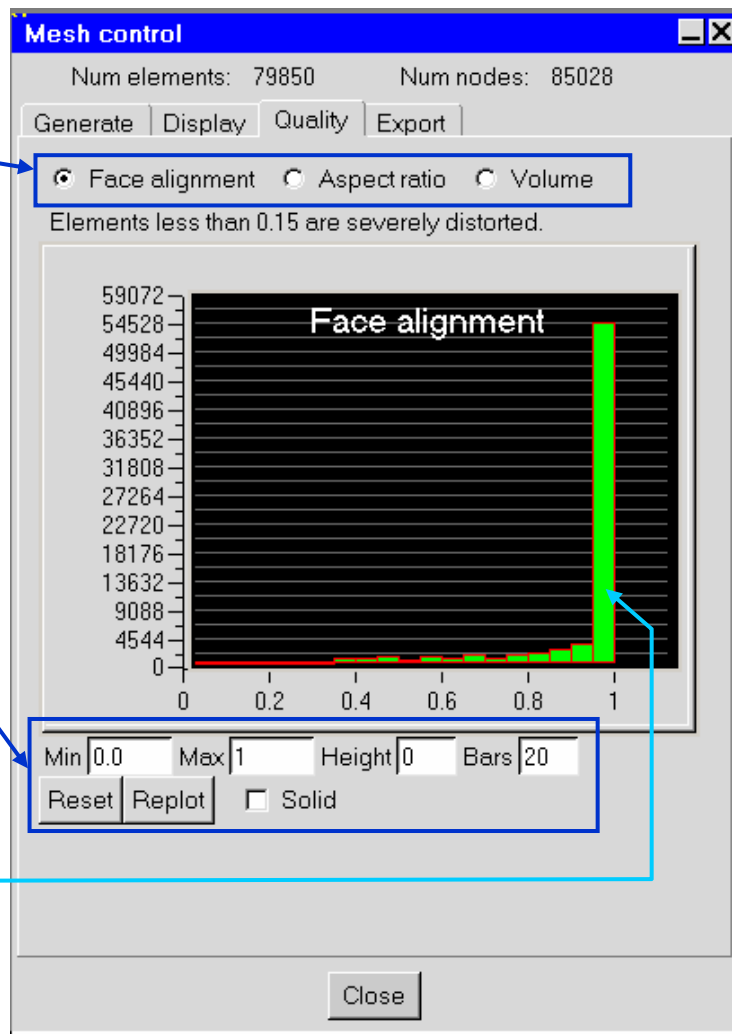
Icepak 计算每个网格的质量,在信息窗口及面板中报告最大/最小值

改变最大值以限制显示范围,点击replot-例: 将最大值改为0.15,则可以看到面对齐率较差的网格.

还可以改变柱状图中的柱条数.

Solid方式显示网格方便查看网格

点击柱状图中的柱条,Icepak会显示该柱条范围的网格



# 六面体网格质量的判断(2)

生成网格后,可以计算任何网格质量度量标准的大小 – 只用点击相应的选项

- Icepak在信息窗口和面板中报告最大/最小值
- 显示柱状图

可以改变显示的范围

- 改变最大或最小值
- 点击Replot

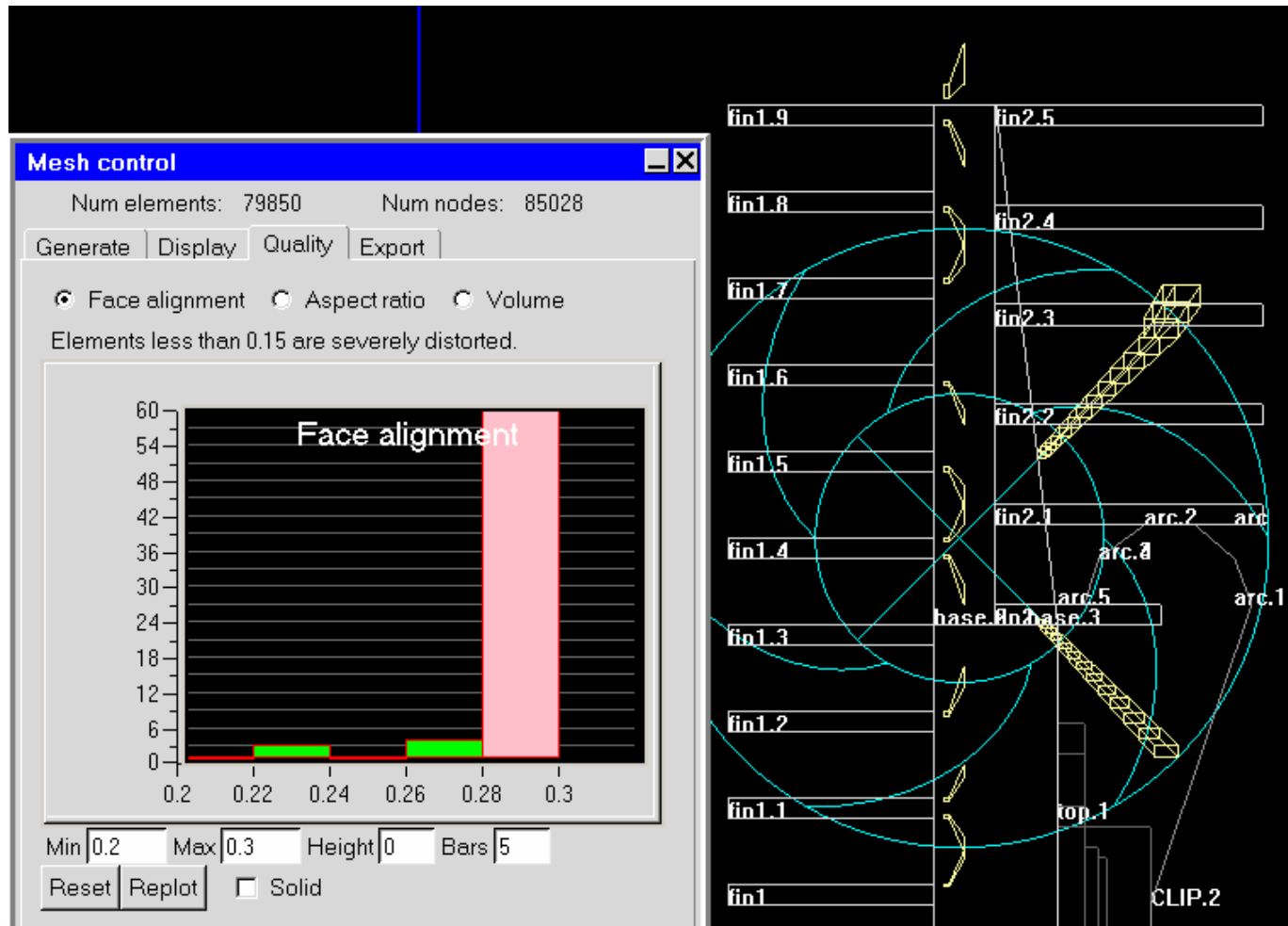
可以修改柱状图中的柱条的个数及高度

显示网格单元

- 在柱状图中点击其中的一个柱条,则会显示相应范围的所有网格  
→ 当显示网格时柱条会变红
- 再次点击柱条清空所显示的该范围的网格,柱条重新变为绿色.

*求解前仔细检查网格非常重要!*

# 显示网格单元 Displaying cells



# 窍门!

## 复杂几何外形

- 先生成精细的背景网格,确定能提高网格质量设置参数
- 按照这些设置参数在对象参数里进行设置,然后粗化背景网格

## 查看面对齐率较差的网格

- 可以使用以下方法移除:
  - 对象参数(Object params)
  - “O”形网格高度 (“O” grid height)
  - 增加其它几何外形来应用附加设置. 例:
    - 流体块 Fluid blocks
    - 流体区域的阻尼 Resistances in fluid regions
    - 固体区域的板 Plates in solid regions
  - 对模型作细小修改

# 窍门!

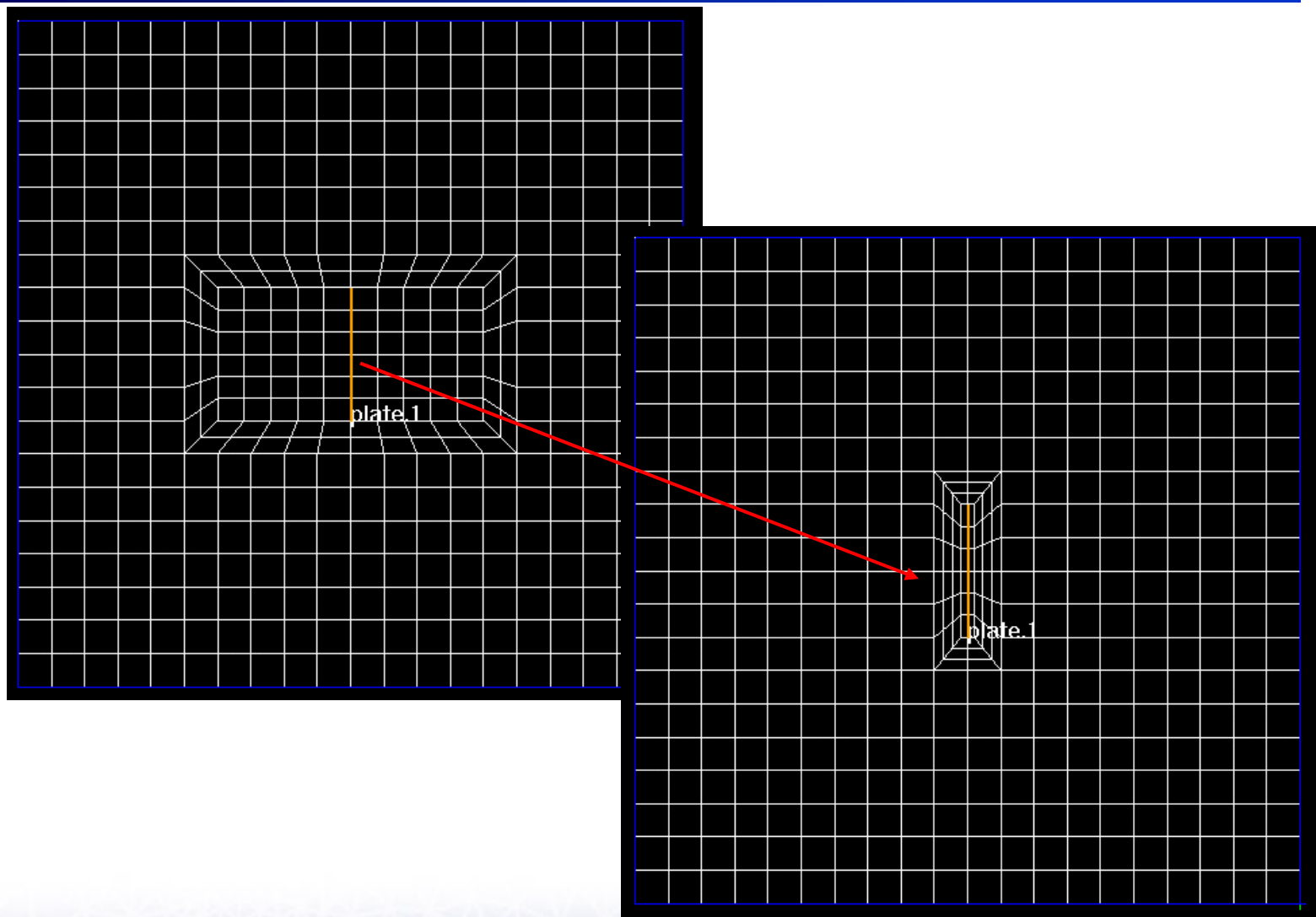
## Icepak使用max x,y,z生成背景网格

- 可能产生很小的网格单元
- 改变背景网格移除这些小网格单元
- 或控制部分对象(如开孔)的对象参数来生成背景网格,而不使用max x,y,z

用户还可以访问[Icepak FAQ](#) 网站查看其它的提示和窍门.

可以创建由一两个对象组成的简单模型,试试对象参数设置对生成网格的影响

# 例 1: 板无/有参数设置的网格比较图



# 网格优先权 Meshing priorities

- 当相同/不同类型的对象相贯时,公共部分只属于其中的一个对象
- 属于哪个对象取决于对象的优先权 – 谁的优先权最高就属于谁
- 公共部分的网格参数和边界条件按照其所有者的给定
- 优先权(Priority)由以下两个参数决定:
  - ▶ 对象类型 – 类型不同的情况
  - ▶ 优先权数大小 – 类型相同的情况
- 优先序号(Priority numbers)取决于对象创建的先后顺序 – 后创建的对象优先序号高于先创建的对象
- 优先序号可以用以下方式修改:
  - ▶ 在模型树中拖动对象的位置
  - ▶ 在Model菜单中编辑优先权序号
- 树可以按照对象的网格优先权分类

# 不同类型的对象优先级

- 封装 Package
- 阻尼 Resistance
- 厚壁 Thick wall
- 块 / 散热器 Block / Heat sink
- 薄壁 Thin wall
- 板 Plate / Enclosure
- PCB板
- 热源 Source
- 过滤网/开孔/风扇 Grille/ Opening / Fan (2D and 3D)
- 热交换器 Heat Exchanger
- 网络块/网络 Network Block, and Network
- 对称壁 Symmetry wall
- 装配 Assembly

优先级最低

优先级最高

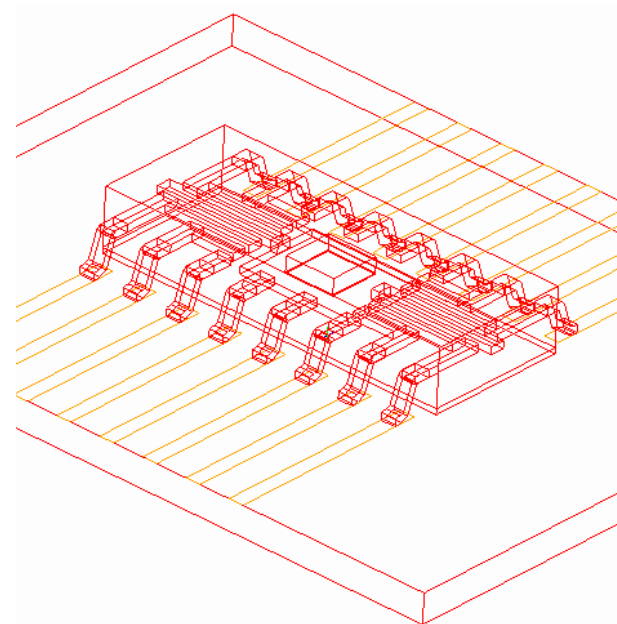


# 例 1: 相同对象类型

## 块相贯 (Blocks)

- 重叠区的所有权属于最后创建的 block, 或属于优先权最高的对象
- 块的埋入/相贯可以对复杂几何外形生成简单的网格
- EG: SO16
  - encapsulent
  - lead frame
  - tie bars
  - paddle
  - die attach
  - die
- 使用网格生成器检查
- 在 meshing 面板中的分类树 (sorting tree) 检查

优先权更高



缺省图标:



缺省颜色: 粉红

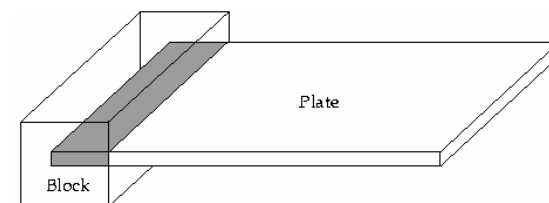
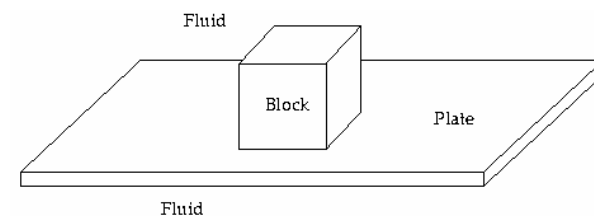
## 例2: 不同对象类型

### 有公共面的块和板(Blocks/Plates)

如果块为导热固体块(conducting solid block), 板(plate)有厚度, 板具有和块同样的操作, 并且具有块一样的规则

### 块和板相贯(Blocks/Plates)

此时板(包括公共部分)都用自己的热学特征而不用考虑块—不考虑它们的优先序号





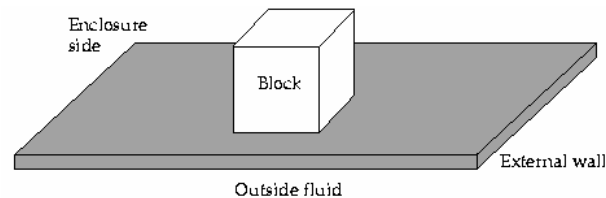
## 例 3: 不同对象类型

### 块和外壁面(Blocks/external walls)

一个导热固体块(conducting solid block)与非绝热壁进行热交换.

### 块和空心PCB板 (Blocks/Hollow PCBs)

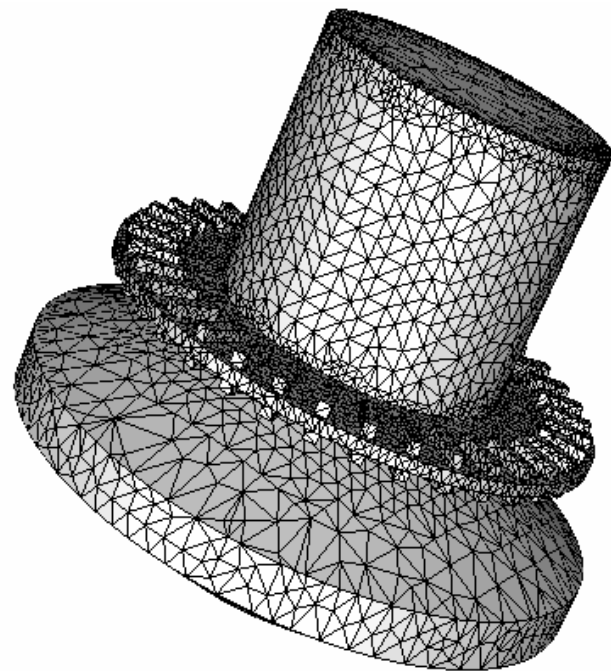
一个空心PCB板(hollow PCB)覆盖在块(Block)上.  
公共区域块(Block)没有向PCB板传热.



# 四面体网格生成器

四面体网格应该用于非常复杂的几何外形，  
这时六面体网格无法生成或不能生成合理的六面体网格

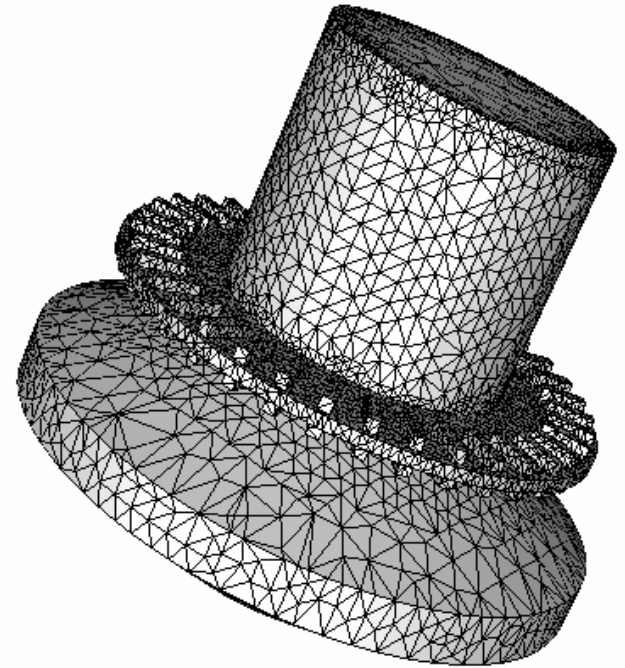
当有很多尺寸很小的对象 (如薄板) 时, 六面体网格可能导致庞大的网格数量



# 四面体网格生成器：总体参数控制Global controls

网格总体参数控制：

- 最大的四面体网格面积(Max tetra size):
  - 确定最大的四面体网格的大小
  - 网格单元四个面的最大长度
- 光顺网格 Smooth mesh:
  - 激活光顺运算来提高网格质量
- 粗化网格 Coarsen mesh:
  - 多个网格结合生成一个网格
- 一般总是让光顺和粗化网格这两种功能处于激活状态.
- 对象参数 object params:
  - 为每个对象指定网格参数



# 四面体网格质量的判断

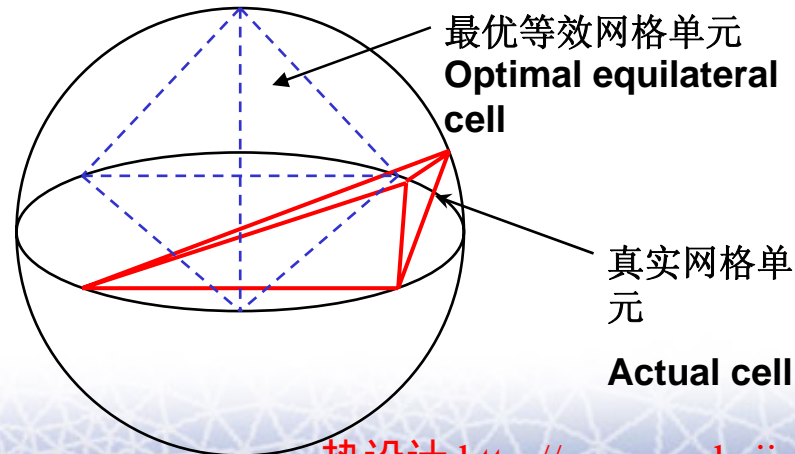
用细长比(aspect ratio)作为四面体网格质量的度量标准,定义如下:

- 网格单元的实际体积和最优等效四面体的体积之比,等效四面体适合网格单元外接圆球的大小

$$\text{Aspect ratio} = \frac{\text{true cell volume}}{\text{optimal equilateral cell volume}}$$

- 细长比越接近1.0网格质量越好,越接近0网格质量越差

→ 0 = BAD



# 四面体网格参数设置

三角容差量 **Triangulation Tolerance** – 网格对几何外形的匹配程度

- $> 0.01$  导致网格质量太差
- $< 1e-5$  导致网格数目太大

缝隙间网格数 **Cells in gap**

- 缝隙间网格数

边的标准 **Edge criterion**

- 控制对象边缘附近的网格分布

自然大小因子 **Natural size factor (NSF)**

- 指定最小网格大小 =  $NSF \times$  最小特征长度

自然大小设置 **Natural size refinement**

- 曲边上的最少节点数

# 四面体网格参数设置

缺省最大曲线/面网格大小 **Default max curve/surface size**

- 指定曲线/曲面的最大网格大小

增加相贯曲线 **Add intersection curves**

- 对相贯的公共部分单独求解  
→ 用于有曲率的对象与其它对象相贯时

自动修补洞 **Automatic hole repair**

- 生成网格时尽量使用已有网格

使用已生成的网格 **Reuse existing output**

- 使用已有网格作为计算的网格

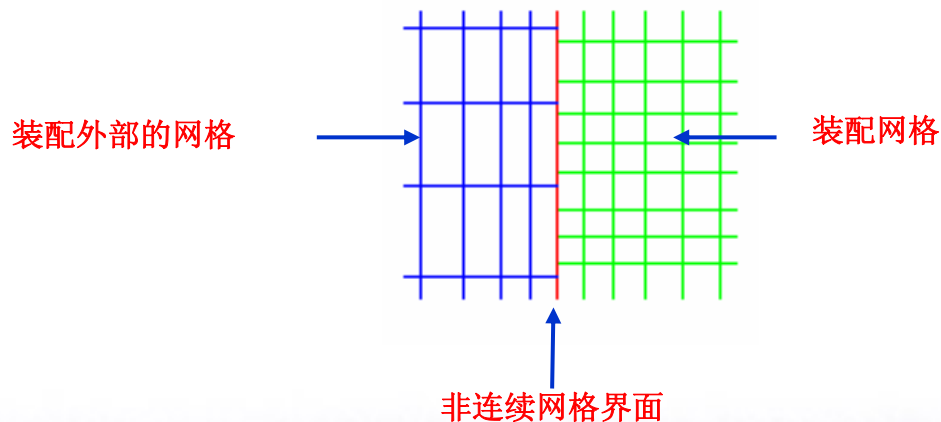
写表面网格 **Write surface**

- 需要把有问题的网格显示并记录下来的情况

# 非连续网格

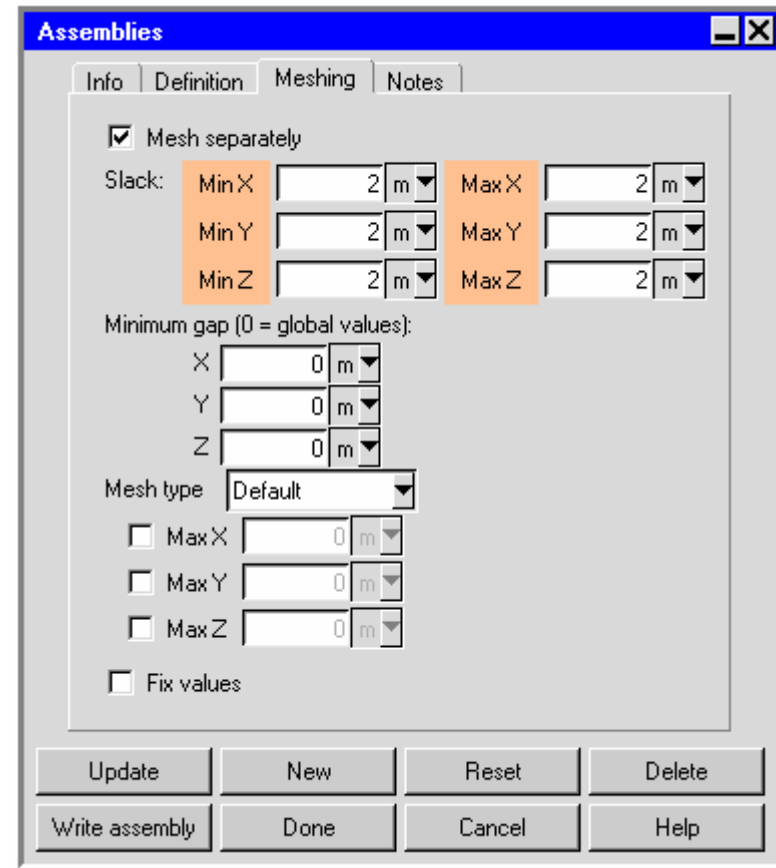
# 非连续网格 – 装配Assembly

- 在非连续网格中有多个网格向一个网格的过渡
- 在Icepak中, 对象的装配可以生成非连续网格
  - 可以在一个装配的周围定义一个松弛区域或一个包络范围, 则可以在结果区域生成与外部网格独立的网格
- 这种方法可以在装配内部生成精细网格, 在装配外部使用粗网格, 而不会导致网格数目的猛增.



# 装配 – 定义松弛因子 **defining slack**

- 首先打开装配的编辑面板, 然后打开“mesh separately”选项.
- 然后在装配的周围增加松弛(“slack”)区域
  - 缺省的装配非连续网格界面是组成该装配的组件的大小范围
  - 松弛区域允许用户定义边界框的大小, 使之略大于这些组件的大小范围

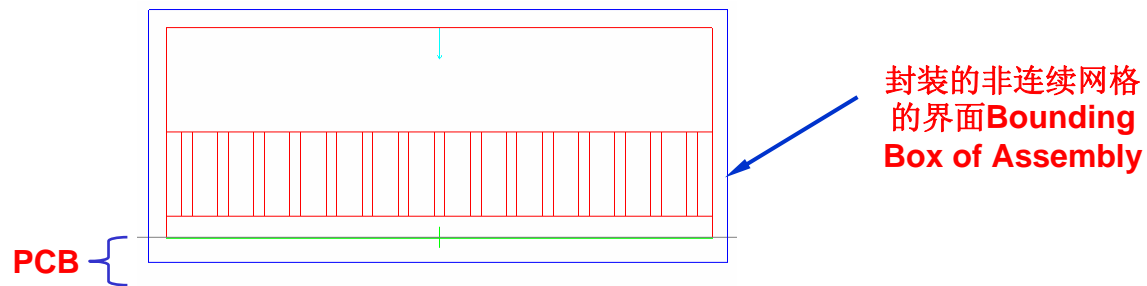


# 非连续网格生成的规则 (1)

- 装配的边界框必须有足够的松弛区域,以确保非连续网格界面不接触到任何对象
- 机柜(Cabinet), 壁(walls)和空心块(hollow block)这三种对象有可能接触到生成非连续网格装配的面
- 除了导热薄板(conducting thin plates)和空心块(hollow blocks)以外的其它对象都能相贯于非连续网格装配 – 在内的部分将生成非连续网格
- 任何对象都可以完全处于非连续网格封装内部,尽管它不是组成装配的对象

## 生成非连续网格的规则 (2)

- 例如, 一个1U 散热器设计作为装配建模
  - 缺省边界框在x-z面内为基座的大小,y方向从基座到风扇罩顶部
  - 翅片与边界框接触的界面,交界面向内应该生成固体网格单元,而交界面向外生成流体网格单元 – 目前的求解器无法求解
  - 必须给定适当的松弛,如下图,保证装配的边界框不接触翅片
  - 指定松弛区域后,装配能穿过固体或流体对象,如本例中的PCB被装配穿过

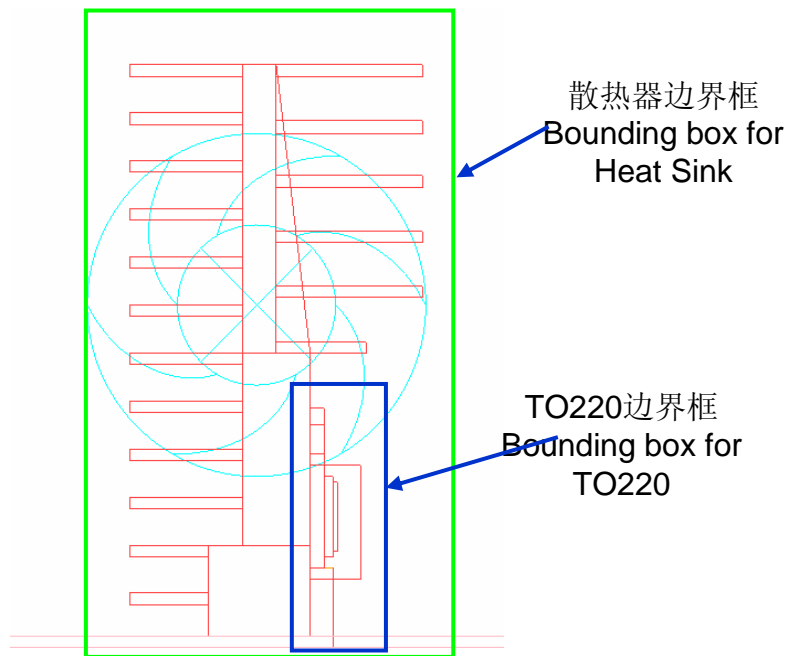


# 生成非连续网格的规则 (3)

- 多个装配可以分别生成网格,规定:
  - 装配不互相包含
    - 在这种情况下,选择不对被包含装配单独生成网格.那么,它将包含在大的装配的非连续网格分界面以内.
  - 装配互不接触
    - 边界框的之间不能有公共面
  - 装配之间不相贯

# 例子:

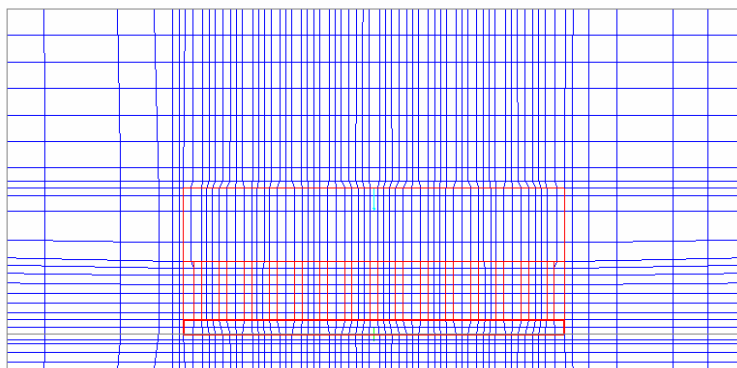
- 此例中, TO220或散热器都可以单独生成网格,因为TO220 的边界框位于散热器边界框的内部
  - 最好的选择是只对散热器单独生成网格



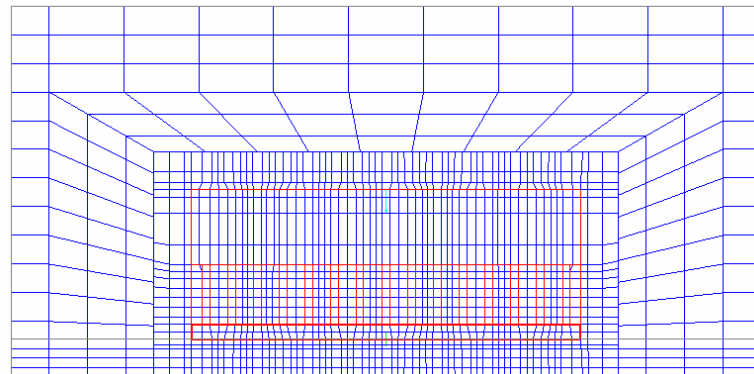
# 网格生成

- 每个装配的松弛区域都定义好以后,在meshing面板中打开**mesh assemblies separately**选项.
- Icepak将为模型生成网格,并在装配区域生成精细网格.
- 六面体非结构网格和六面体笛卡儿网格都可以用来生成装配的网格.

连续网格 - 111,329 个网格



非连续网格 - 77,149 个网格





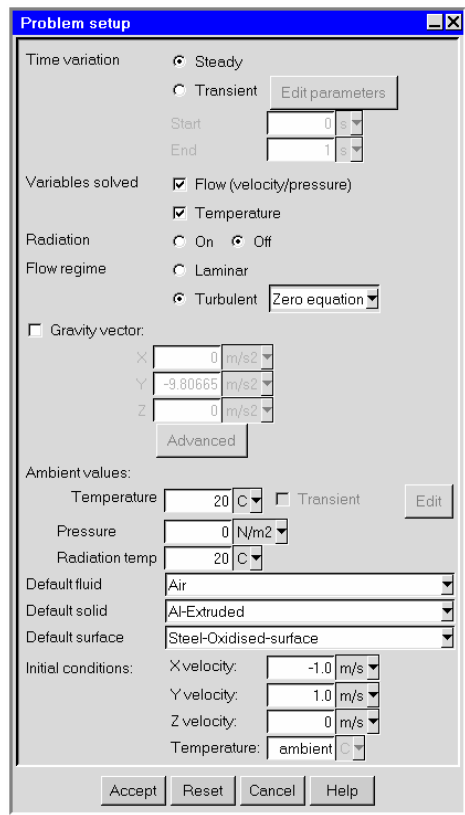
# 求解器 *Solver*

# Topics

- 问题设置(Problem setup)–基本参数 (basic parameters)
- 求解设置 Solution settings
- 求解器 Solver
- 监视求解过程 Monitoring solution progress
- 参数化学习 Parametric studies
- 瞬态求解 Transient solutions

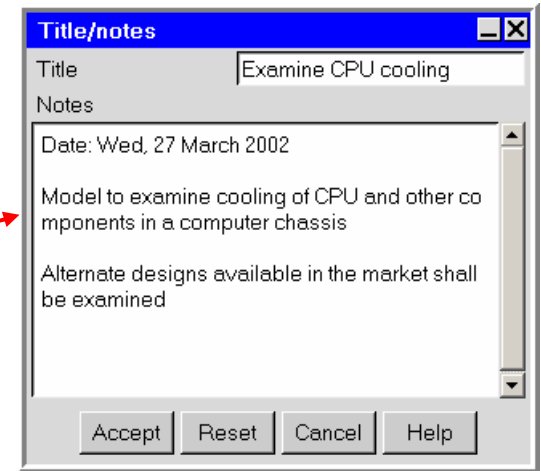
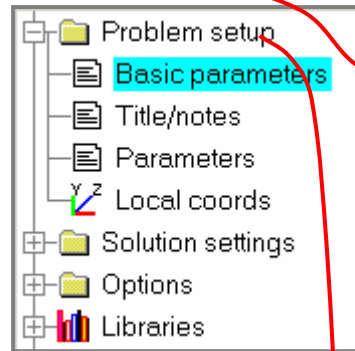
# 问题设置 Problem setup

模型树 Model Tree – 问题设置 Problem setup

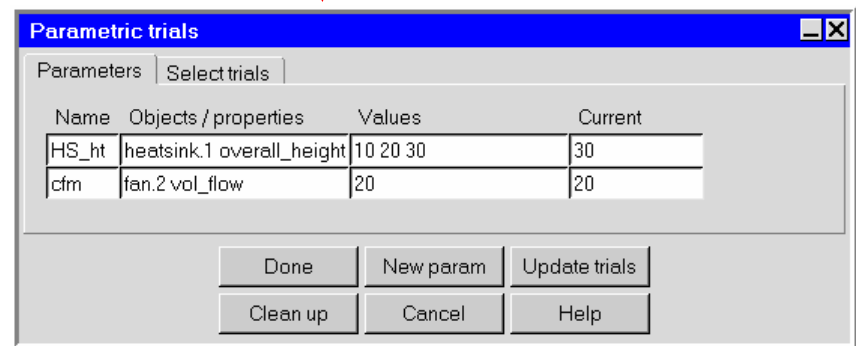


问题设置面板

Problem setup panel



标题和备注面板



参数试验面板 Parametric trials panel

# 问题设置 Problem setup: 基本参数

定义时间变化:

- 稳态 steady state
- 瞬态 transient

定义求解方程 Define equations to solve:

- 求解变量 Variables solved
- 流动状态 Flow situation
- Heat transfer mode

定义默认值:

- 环境设置
- 缺省材料
- 初始值

Problem setup

Time variation:  Steady,  Transient (Edit parameters)

Start: 0 s, End: 1 s

Variables solved:  Flow (velocity/pressure),  Temperature

Radiation:  On,  Off

Flow regime:  Laminar,  Turbulent (Zero equation)

Gravity vector:  Gravity vector: X: 0 m/s<sup>2</sup>, Y: -9.80665 m/s<sup>2</sup>, Z: 0 m/s<sup>2</sup> (Advanced)

Ambient values: Temperature: 20 C, Pressure: 0 N/m<sup>2</sup>, Radiation temp: 20 C (Transient, Edit)

Default fluid: Air, Default solid: Al-Extruded, Default surface: Steel-Oxidised-surface

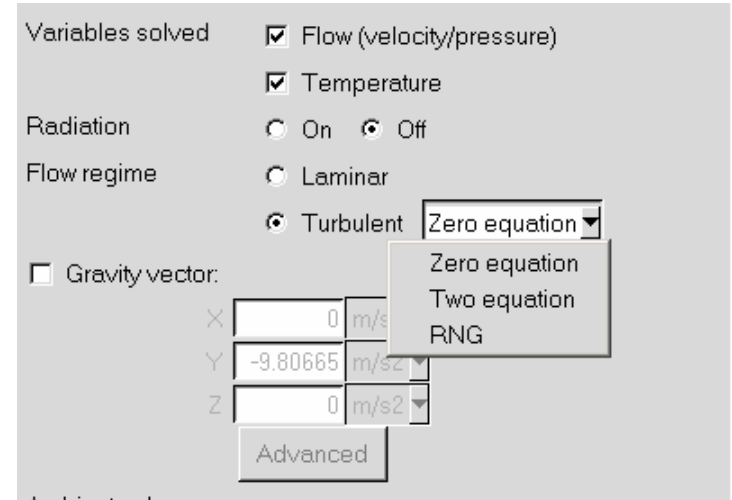
Initial conditions: X velocity: -1.0 m/s, Y velocity: 1.0 m/s, Z velocity: 0 m/s, Temperature: ambient

Accept, Reset, Cancel, Help

# 问题设置：求解方程 Equations to solve

问题设置面板(setup)中间部分

- 计算流场 – 求解N-S方程
- 计算温度场 – 求解能量方程
- 计算重力矢量– 在N-S方程中增加浮力项
- 辐射 – 在能量求解器中增加辐射传热项
- 流动类型 – 层流或湍流(零方程模型/两方程模型/RNG模型)

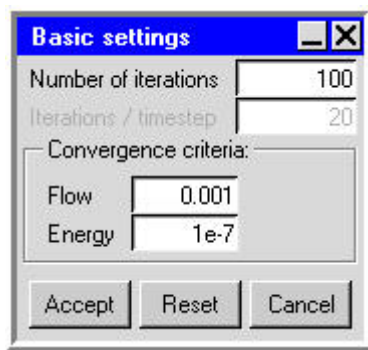
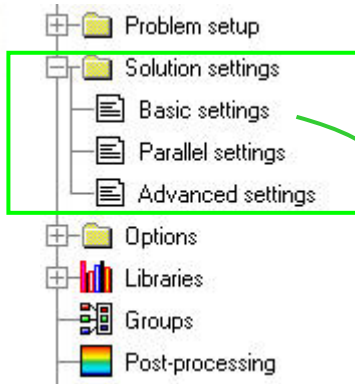


# 问题设置：求解方程 Equations to solve

## 有用提示

- 只考虑热传导的问题
  - ▶ 只计算温度场不计算流场
  - ▶ 确保壁面的适当的热交换
- 强迫对流问题
  - ▶ 流场通常与能量方程不相关
  - ▶ 可以先求解流场然后再单独求解能量方程
- 自然对流问题
  - ▶ 流场和能量方程是相互耦合的,必须同时求解
  - ▶ 必须添加辐射传热
- 湍流
  - ▶ 对大多数在电子散热问题可以使用零方程模型
  - ▶ 两方程模型和RNG模型可以用于详细尾痕流,射流等

# 问题设置 – 求解器设置 Solver setup



## 目的 – 停止求解

- 最大迭代步数
- 收敛标准
  - 流动方程 Flow equations
  - 能量方程 Energy equation

## • 选项

- **Accept** – 保存设置
- **Reset** – 所有值都修改为缺省值
- – 在信息窗口显示 Reynolds/ Grashoff\* 数

\*这两个数是基于机柜最大尺寸,特征速度和温度计算的,仅作参考,用户应该自己判断流动为层流还是湍流

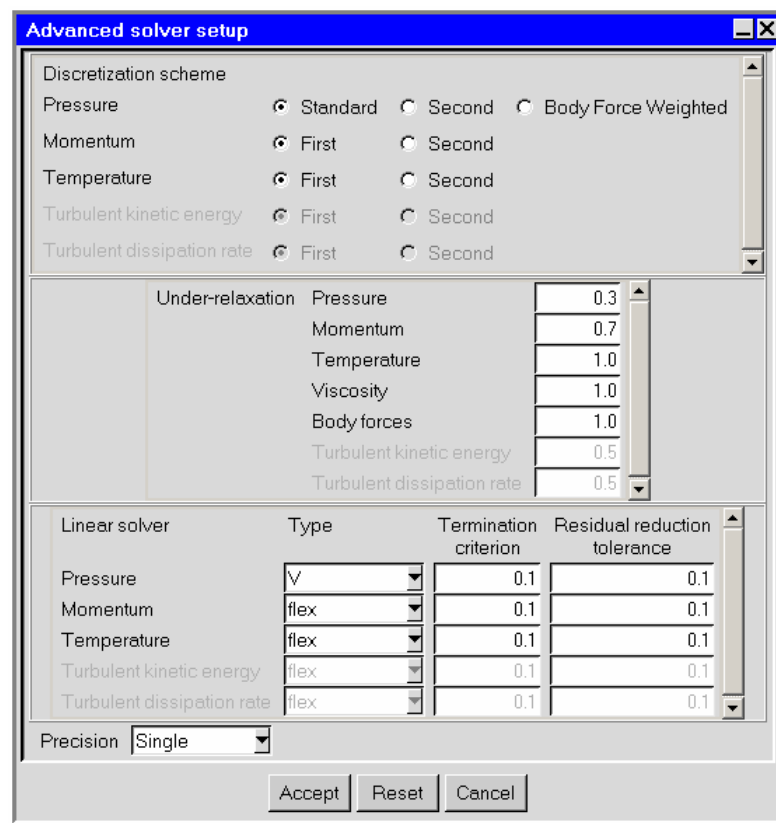
# 问题设置 – 求解器高级设置 Advanced solver setup

## 求解器高级控制

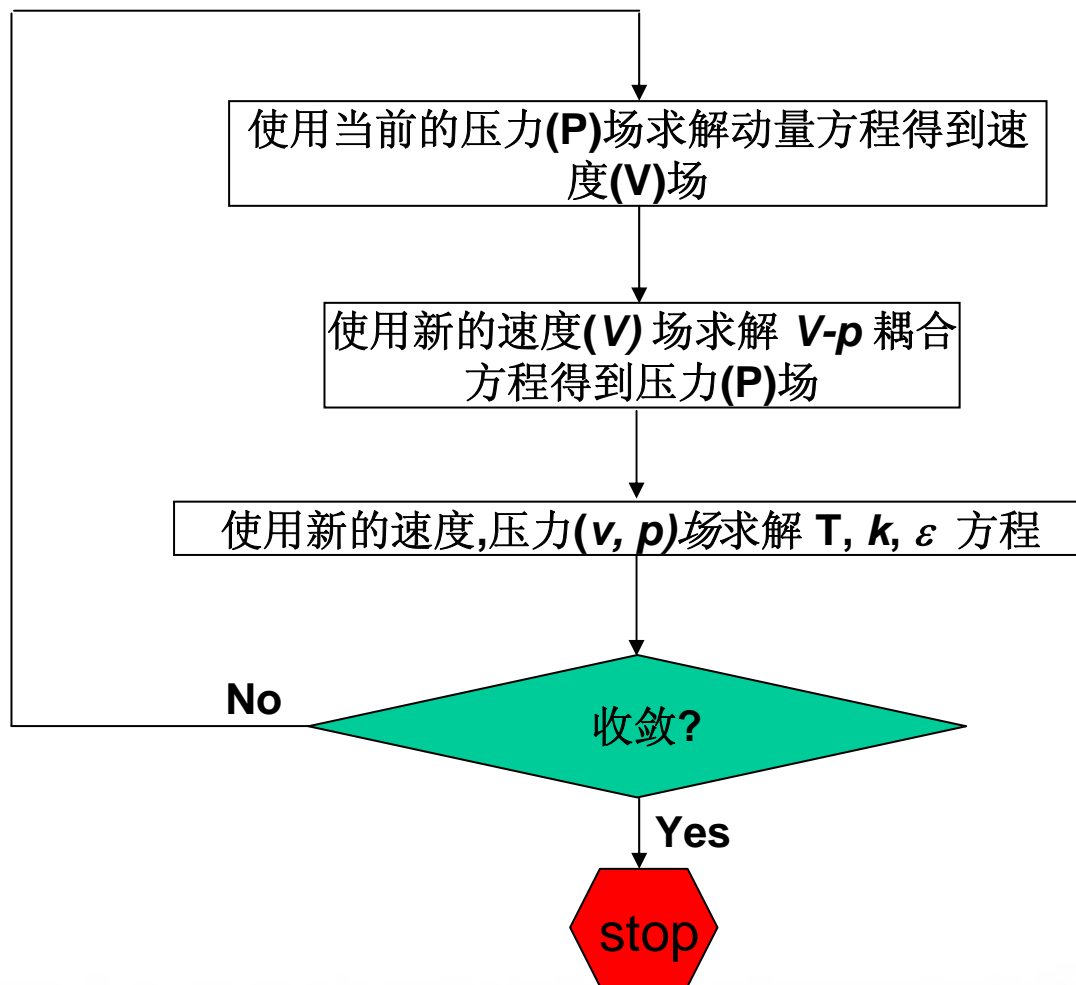
- 离散格式
- 松弛因子
- 多重网格线性求解器
- 精度 – 单精度/ 双精度

## 松弛

- 决定每迭代一步变量的相对变化量
- 简单强迫对流情况, 压力项松弛因子取0.3, 动量项取0.7
- 自然对流或复杂强迫对流情况(例– 弯曲流体通道, 截面急剧变化的流场, 密集模型) 压力项取 0.7, 动量项取0.3



# 求解器 - 简单图示



# 求解器 – 启动Fluent求解器

基本参数The basics:

求解ID Solution ID – 输入ID

- 缺省为 <工程名称>+<顺序号>

写结果摘要 – 质量和能量守恒, 风扇操作点等的结果报告等

开始求解 Start solution – 启动Fluent求解器

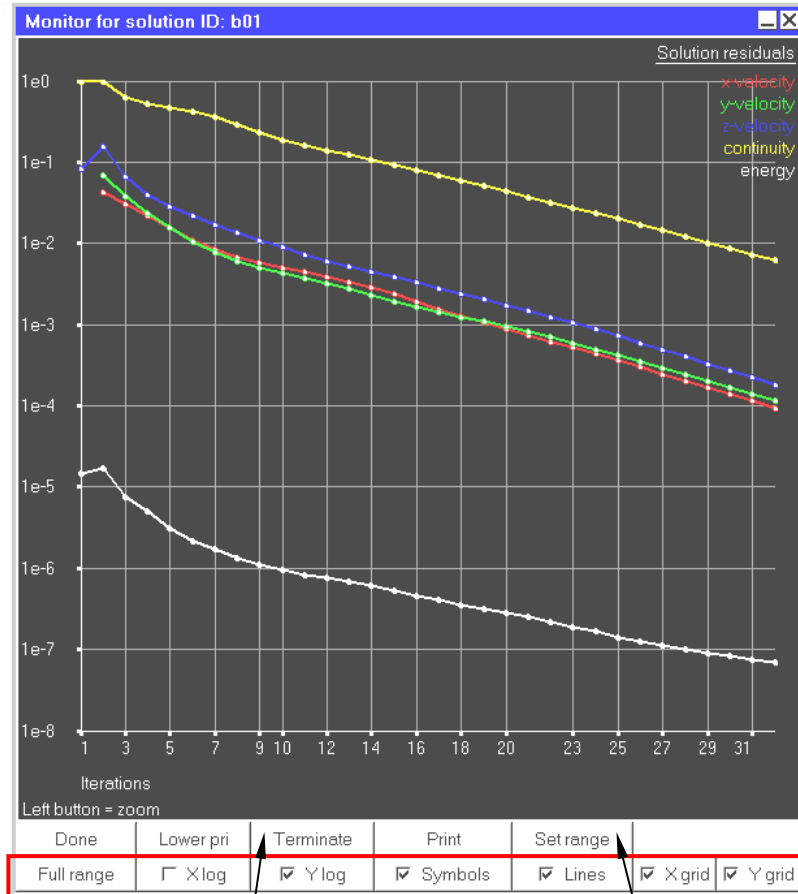
- 打开残差窗口
- 显示各方程的残差: 连续方程,  $x$ ,  $y$ ,  $z$  三个方向上的动量方程, 能量方程
- 当求解达到最大迭代步数或满足收敛标准时, 停止求解

The screenshot shows the 'Solve' dialog box with the following settings:

- Solution ID: a00
- Solution type:  New,  Restart
- Submit to:  This computer,  Another computer,  Script file
- Submission time:  Now,  Later time
- Start monitor
- Reuse existing solver input files
- Edit case file after writing
- Don't start solver
- Show diagnostic output from solver
- Enable sequential solve of flow and energy equations
- Disable radiation calculations
- Auto-save interval: 100
- Perform multiple trials
- Num concurrent: 1
- Write overview of results when finished
- Write report when finished
- Compress solution after reporting
- Export solution data (Format: Nastran)
- Buttons: Start solution, Cancel

# 求解器-残差&结果摘要 Residuals and overview report

Residual窗口

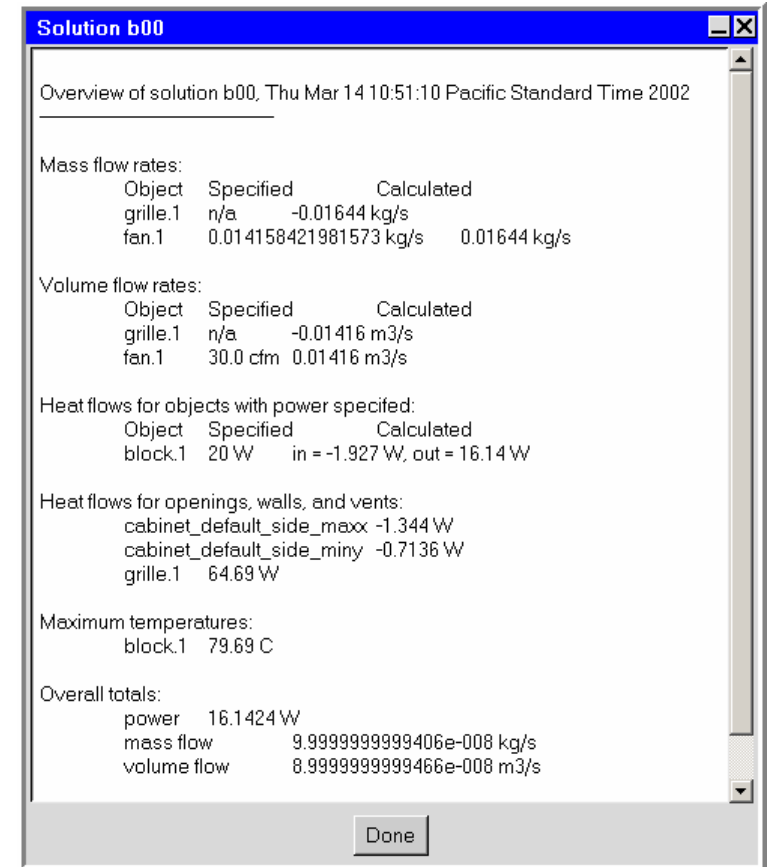


选项

停止计算

修改比例

结果摘要窗口



# 求解器 - 高级特征 Advanced features

Solve

Solution ID: a00

Solution type:  New  Restart

Submit to:  This computer  Another computer  Script file

Submission time:  Now  Later time

Start monitor

Reuse existing solver input files

Edit case file after writing

Don't start solver

Show diagnostic output from solver

Enable sequential solve of flow and energy equations

Disable radiation calculations

Auto-save interval: 100

Perform multiple trials: Trial info

Num concurrent: 1

Write overview of results when finished

Write report when finished

Compress solution after reporting

Export solution data: Nastran

Buttons: Start solution, Cancel

重新启动已有求解

指定已有求解的ID

如当前模型的网格和已求解问题的网格完全相同则选择**Full data**选项

如网格不同则选择内插数据 (**Interpolated data**)选项

在网络上可以把任务在任何时间提交到任何计算机上执行

可用于强迫对流问题 - 先单独求解流动方程直至收敛,然后求解能量方程 - 对大型模型十分有用

可以在这里取消辐射

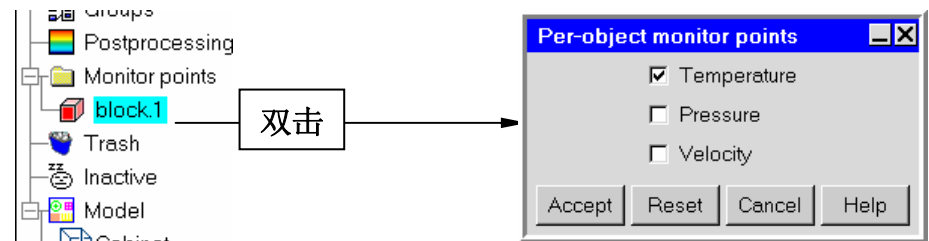
自动保存步数间隔 =N → 每迭代N步,保存一次数据

# 监视求解过程 Monitoring solution progress

- 目的: 作为一种确保收敛的方法
- 可以在指定的点监视速度, 温度和压力
- 两种方法定义点监视器: 对象中心监视点, 或定义任意监视点

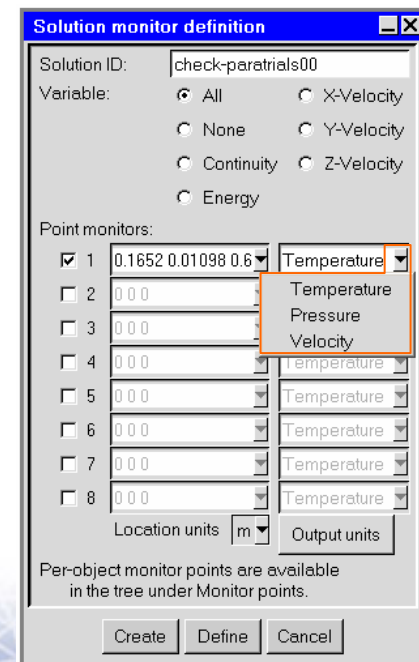
## 对象中心监视点:

- ▶ 把选中对象拖入监视点枝(Monitor points)
- ▶ 然后双击对象打开variables面板
- ▶ 选择变量后确认



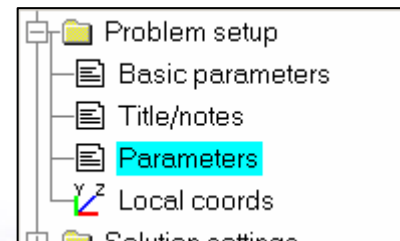
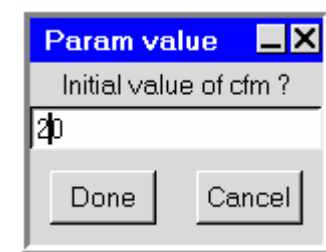
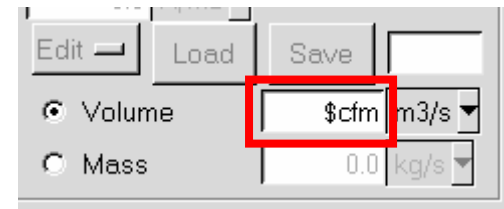
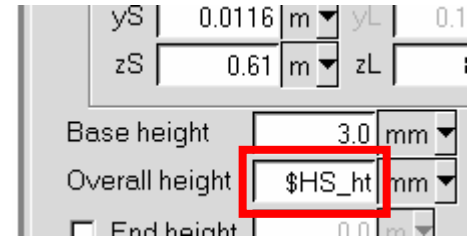
## 任意监视点:

- ▶ Main menu>Solve> Solution monitor
- ▶ 定义点和变量



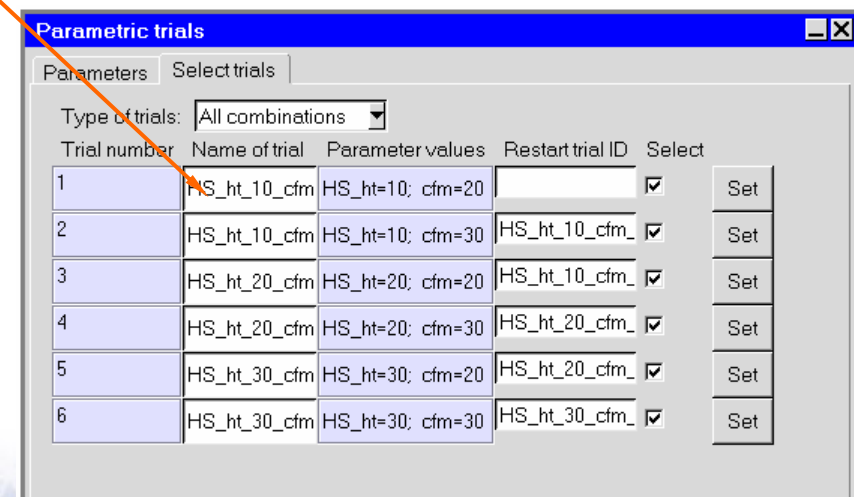
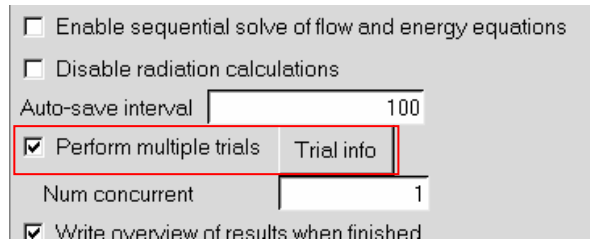
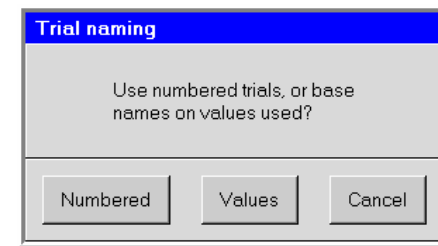
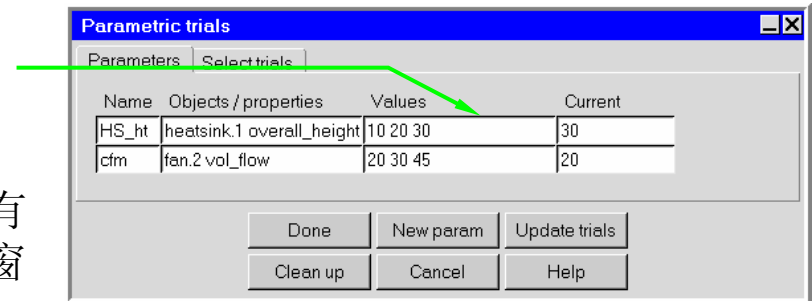
# 参数化学习 Parametric studies – 定义变量

- 用法: 优化工具 – 允许定义变量, 并且取变量的每个值进行求解
- 如何定义变量 – 不输入变量的大小, 输入一个字符串作为变量名
- 变量名必须以 \$ 开头
- 右图所示例中散热器的总高度“\$HS\_ht” 和风扇流率“\$cfm” 即定义的变量
- 定义变量后, Icepak 会提示用户设置变量的初始值
- 可以给变量设置附加的值: Model tree > Problem setup > Parameters
- 参数化变量能用方程给出, 例如: 散热器的总高设为“\$extra\_ht + 4” mm
- 变量名不能包含, ` , # 字符



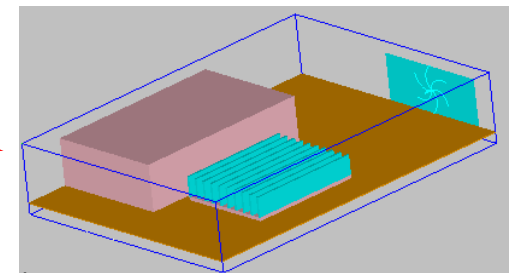
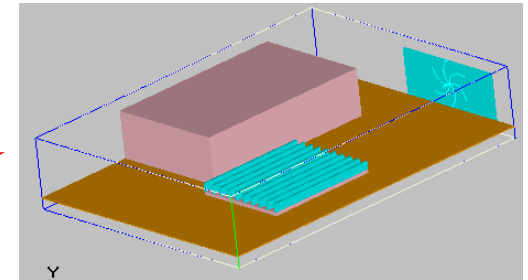
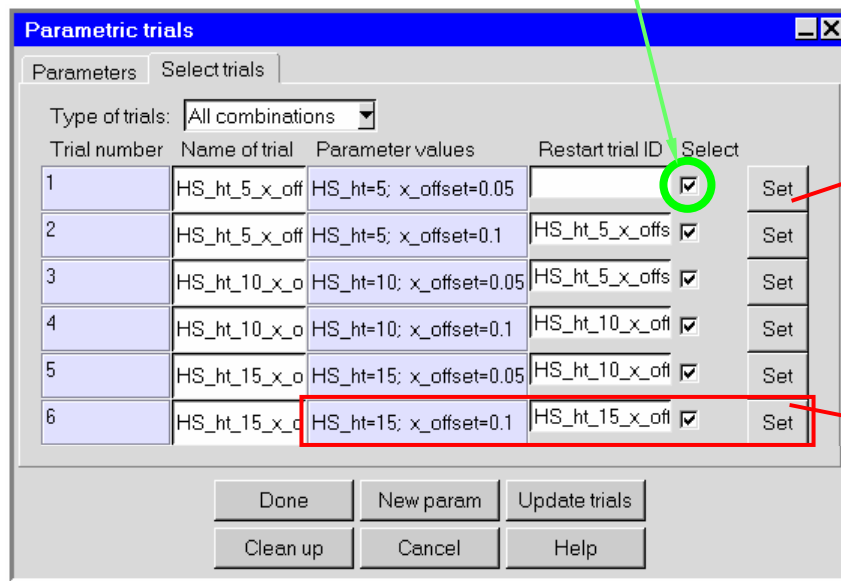
# 参数化学习-参数设置及求解 setting values & solving

- 在Parameters面板为变量指定值
- 点击update trials
- 该操作将更新Select trials面板里的所有变量的组合,并且打开Trial naming提示窗口
  - Numbered: 求解ID是由前缀加上顺序号命名
  - Values: 求解ID 由参数变量的值命名
- Solving: 在solve面板中选择perform multiple trials选项



# 参数学习 – 选择/设置/restart ID

所有选中的试验都会求解 – 未选中的不求解



## Set 按钮

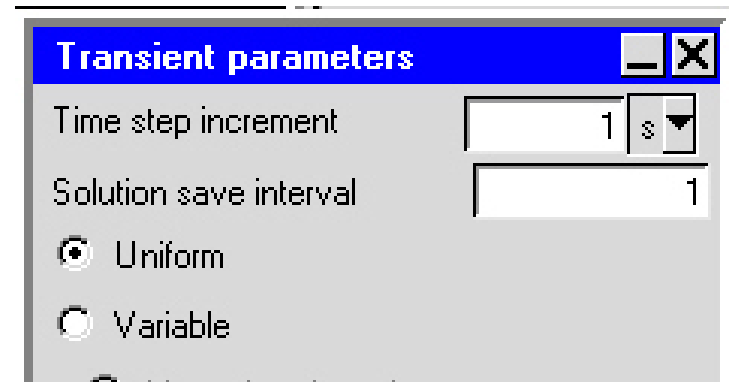
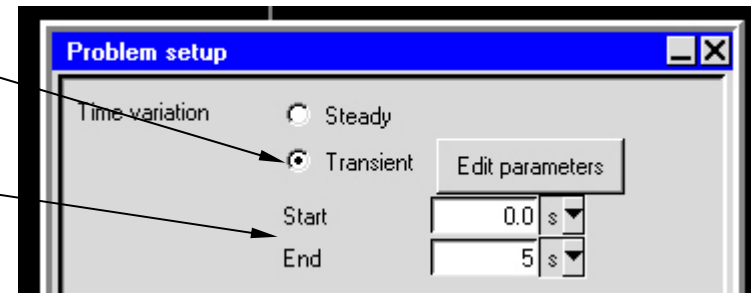
- 在模型中应用该行的参数值组合
- 在模型中选择不同试验时非常有用

## Restart trial ID

- 每个试验重启时都默认使用以前的试验求解,使用内插方法
- 从不同的求解重启试验,则在Restart trial ID输入所要试验的solution ID

# 瞬态求解 Transient solutions

- 在Problem setup中选择 Transient
- 指定开始/结束(Start/End)时间
- 编辑参数 Edit parameters  
选择时间步长(time steps)  
不变/可变的 uniform or variable  
自动保存间隔 Solution save interval
- 注意: 这里的设置必须和模型随时间变化参数的变化一致
- 给定块(block)和热源(sources)的瞬时功率特征





# 传热物理模型

# Topics

- 控制方程
- Icepak的湍流模型
- 自然对流
- 辐射热交换
- 网格优化
- 多流体问题

# 控制方程

Icepak流体流动和热交换控制方程如下,

- 连续方程 (质量守恒):

$$\nabla \cdot u = 0$$

- 动量方程(控制速度分布):

$$\rho \left( \frac{\partial u}{\partial t} + u \cdot \nabla u \right) = -\nabla p + \nabla \cdot \tau - \rho g$$

- 能量方程(控制能量分布):

$$\rho C_p \left( \frac{\partial T}{\partial t} + u \cdot \nabla T \right) = \nabla \cdot (k \nabla T) + Q$$

式中,

$u$  = 速度矢量

$\rho$  = 密度

$T$  = 温度

$p$  = 压力

$t$  = 时间

$\tau$  = 应力张量

$g$  = 重力加速度矢量

$b$  = 体积膨胀率

$C_p$  = 等压比热容

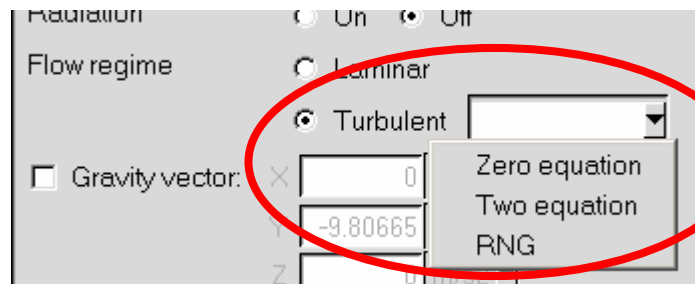
$k$  = 热传导率

$Q$  = 体积热源

# Icepak的湍流模型

- 湍流是一种不规则的,非周期的运动,三个速度分量都在波动  物质,能量和动量都在进行交换
- 使用包含经验常数和时均流动信息的方程来模拟时间平均的统计湍流速度波动
- Icepak提供三种湍流模型,在problem setup面板中进行选择:

- ▶ 零方程模型
- ▶ 两方程模型
- ▶ RNG模型



- 大多数电子散热问题使用零方程模型足够精确,并且非常经济
- 两方程模型和RNG模型应该用于精确计算或是湍流度很大的情况,如射流

# 湍流Turbulence

- 问题性质可由以下无量纲数来决定:
  - ▶ Reynolds 数 - 强迫对流的合理度量
    - $Re > 10^5$  – 使用湍流模型
    - $Re < 10^5$  – 使用层流
  - ▶ Rayleigh 数 – 自然对流的合理度量
    - $Ra > 10^9$  – 使用湍流模型
    - $Ra < 10^9$  - 使用层流

- Reynolds 数 :

$$Re = \frac{\rho UL}{\mu}$$

- Rayleigh 数:

$$Ra = g\beta\Delta TL^3\rho/\alpha\mu$$

- $\beta$  - 热膨胀系数:

$$\beta = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial T}$$

- $\alpha$  - 热扩散率

$$\alpha = \frac{k}{\rho c_p}$$

# 零方程模型或混合长度模型

- 流体粘性定义:  $\mu_t \equiv \rho l_m^2 S$

- $\rho$  = 密度,  $l_m$  = 混合长度, 例.

  - $l_m = \min(0.419y, 0.09W)$

  - $y$  = 到壁面的距离,  $W$  = 计算区域的最大尺度

- $S$  为应力张量的模, 定义为:

$$S \equiv \sqrt{2S_{ij}S_{ij}}$$

- $S_{ij}$  :

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \left( \frac{du_i}{dx_j} + \frac{du_j}{dx_i} \right)$$

- 流体传导率,  $k_t$  定义为湍流粘性 $\mu_t$ 的函数,

$$k_t = \frac{\mu_t c_p}{Pr_t}$$

- Prandtl数,  $Pr_t$  定义为:

- 远离物面  $Pr_t = 0.9$ ; 靠近物面时用一个经验方程来增大 $Pr_t$ .

- 零方程模型 – 计算速度快,适用于大多数情况

# 两方程或 $k$ - $\varepsilon$ 模型

- 湍流粘性定义:

$$\mu_t = c_\mu \rho \frac{k^2}{\varepsilon}$$

- $k$  = 湍流动能,  $\varepsilon$  = 小涡耗散; 求解两个偏微分方程得到

- 进口处,  $k$  和  $\varepsilon$  定义:

$$k = 0.01IU^2$$

$$\varepsilon = \frac{k^{3/2}}{L}$$

- $l$  = 湍流强度,  $U$  = 特征速度,  $L$  = 特征长度
- $k$ - $\varepsilon$  湍流模型要求任何壁面的每一层控制体积的中心放置在完全发展湍流区域. 要满足这一要求则需要使  $y^+ > 30$ .

$$y^+ = \frac{yu_f \sqrt{c_f / 2}}{\nu}$$

- $y$  = 网格中心到壁面的距离,  $u_f$  = 自由来流速度,  $c_f$  = 当地摩擦系数,  $\nu$  = 运动粘性系数

# RNG 模型

- 来源于瞬时N-S方程,使用严格统计技术,称为:re-normalization group theory (RNG).
- 和k- $\epsilon$ 模型的形式相同,但作了以下改进
  - 在  $\epsilon$  输运方程中添加附加项,提高计算rapidly strained flows的精确性
  - 考虑湍流的swirl
  - 湍流的Prandtl 数使用解析式,不使用常数
  - 标准 k- $\epsilon$  模型是一种高雷诺数模型, RNG理论给出一种考虑低雷诺数下的粘性效应的解析微分方程,
    - 有效的运用这一特征依赖于对近壁区域的近似处理.

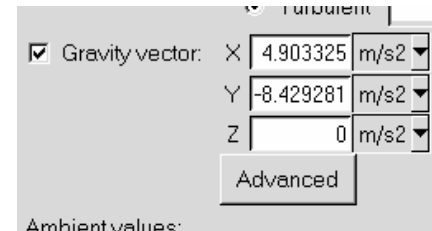
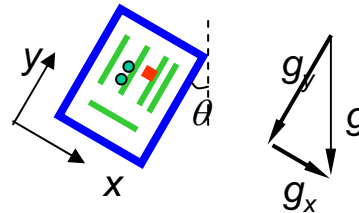
# 自然对流 Natural convection

- 动量方程的一般形式 (包括所有除重力外的所有体力):

$$\rho \left( \frac{\partial u}{\partial t} + u \cdot \nabla u \right) = -\nabla p + \nabla \cdot \tau - \rho g$$

浮力项  
buoyancy forces

- 缺省情况下忽略浮力项 – 强迫对流
- 在动量方程中添加浮力项, 在problem setup面板中打开重力矢量(**g**)选项



- 定义重力矢量 **g** 指定它在 x,y,z三个方向上的分量
- 缺省 **g** = (0, -9.80665, 0)
- **注意:** 自然对流时, 温度梯度是对流的主动力, 所以应该同时求解动量方程和能量方程 – 而不能分开求解

# 自然对流: Boussinesq模型

- 稳态纯自然对流问题(没有风扇/离心风机/速度开孔/压力开孔),动量方程能简化为:

$$\rho(u \cdot \nabla u) = g(\rho_\infty - \rho) + \nabla \cdot \tau$$

- $\rho_\infty$  为大体积中等密度
- Icepak 提供两种温度作用密度的模型
- **Boussinesq近似和理想气体规律**
- Boussinesq 近似:
  - ▶ 在动量方程中只考虑密度的变化而忽略其它变化量
  - ▶ 密度变化项近似为:

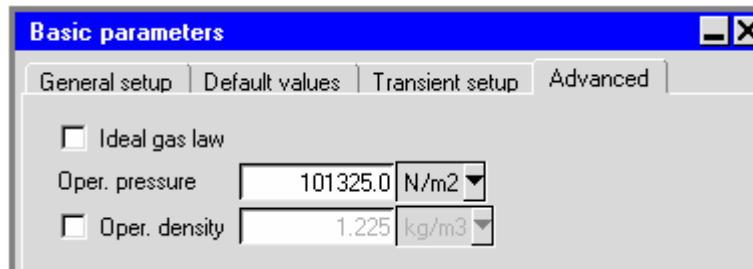
$$\rho_\infty - \rho = \rho\beta(t - t_\infty)$$

$\beta$  为体积热膨胀系数 (=1/T<sub>∞</sub> for ideal gas)

- **Boussinesq近似是Icepak里的缺省模型,在大多数电子散热问题中效果不错**

# 自然对流:理想气体模型Ideal gas model

- 不做类似Boussinesq近似的简化
- 在模型中流体密度有很大变化时使用
- 应用理想气体规律, 在problem setup->Basic parameters->Advanced中设置



- $\rho = (P_{op}/R T) \rightarrow$  必须设为平均压力
- 设平均密度的选项

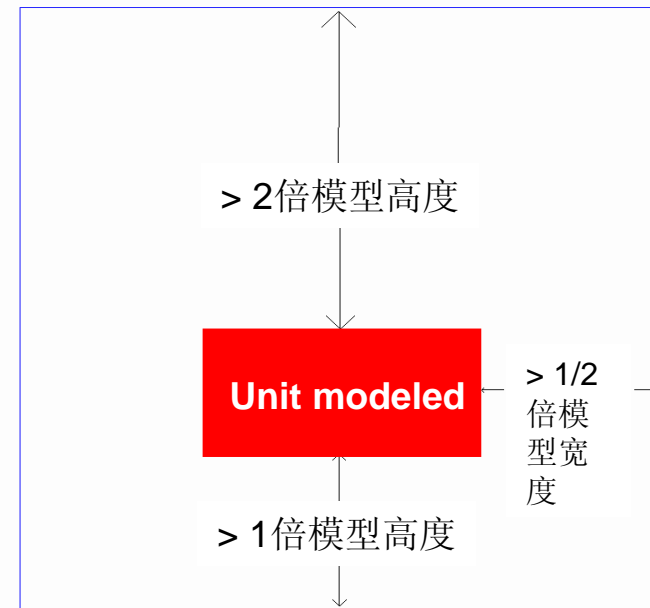
# 自然对流: 环境类型 Type of environment

## 开放环境 **open environment** :

计算区域必须足够大,使缺省边界条件不会影响计算结果 → 变量垂直于面的方向上梯度非常小

一般经验为:

- 上方取两倍模型高度
- 侧面取1/2倍模型宽度
- 下方取1倍模型高度
- 在计算区域的外边界使用开孔条件 (Opening), 模拟模型放置在开放的环境中



## 封闭环境 **Closed environment**:

- 确保在机柜边界上的壁面对象有热交换
- 否则会导致问题求解发散

# 辐射传热 Radiative heat transfer

Icepak 包含一个面到面的辐射模型

面与面之间隔辐射热流率取决于

- 表面温度(给定BC 或计算得到)
- 表面发射率 (给定材料的性质)
- 从一个面到另一个面的角系数(求解之前计算或给定)

什么时候需要添加辐射模型

- 在强迫对流问题中辐射的作用不重要 – 不加辐射
- 在自然对流/混合对流问题中需要添加

# 辐射传热: Icepak中的假设

流体介质通常为空气

- 所以质介的吸收,重反射,散射可以忽略
- 只对面到面的辐射进行了建模

表面为灰体(gray)

- 发射率和吸收率与波长无关
- Kirchoff 定律  $\Rightarrow$  发射率( $\varepsilon$ ) = 吸收率( $\alpha$ )

表面为漫反射面(diffuse)

- 反射率与射入/射出的方向无关

表面是热辐射不透明的 (红外光谱)

- 可以忽略透射率

# 辐射传热: 方程Equations

- 从面1(温度为  $T_1$ ) 到面2(温度为  $T_2$ ) 的辐射传热量由下式给出:

$$Q = \sigma f \varepsilon (T_1^4 - T_2^4)$$

$Q$  = 两个表面之间的辐射热流率 (SI单位Watt)

$\sigma$  = Stefan-Boltzmann 常数(5.669e-8 W/(m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>))

$\varepsilon$  = 发射率 (取 0 到 1之间)

$f$  = 角系数 (面2截取的能量与面1发出总能量的比值)

$T$  = 绝对温度 (K=C+273)

# 设置辐射计算 Setting up Radiation calculations

用户控制辐射计算的选项

- 可以选择哪些面参与辐射
- 可以指定一个固定的温度

参与辐射的对象表面可以在对象的 **edit panel** 面板中定义.

当面的材料不相同,辐射还可以在并排(**side by side**)的基础上定义.

或者,从 **form factor** 面板中选择参与辐射的对象,或使用在快捷菜单栏中的图标



# 角系数面板 Form factors panel

指定参与辐射的对象

选择显示角系数的对象

选择显示角系数的面

设置显示/载入角系数的最小值 - 推荐取为0.0

计算角系数

控制角系数计算时的网格粗化(-1 不粗化)

用户可以使用计算得到的角系数

选择方法及计算精度

Form factors

Enabled

Display

Sides: (none)

block.1  
block.1.1  
block.1.10  
block.1.11  
block.1.12  
block.1.2  
block.1.3  
block.1.4

All None

All None

All None

Compute Modify

Load Export

Save Import

Don't recompute

Show with self

Disp min 0.0

Load min 0.01

Coarse tol 1e-3

Hemicube  Adaptive

Coarse  Refined

Ref level 7

Close

# 角系数选项 Form factor options

- Hemicube 方法

- 对所有参与辐射的面的角系数都进行计算

- Adaptive

- 一对一计算角系数

- 因为基于几何环境的不同,运算法则也不同,所以命名为Adaptive

- 角系数基于几个运算法则进行选择

- 对于无阻挡的面 → 解析的 – 非常接近的面; 高斯积分 – 对其它面

- 对于有阻挡的面 → Monte-Carlo

每种方法都应该

- 确保一个面所有面的角系数加起来为1(守恒性)

- 如果区域封闭

# 角系数选项：比较Comparisons

比较：

**Hemicube** 快速用于大型复杂模型

- 对于高精度计算参考水平保持在7
- 缩短计算时间则参考水平降至3

**Adaptive** 对于简单模型更快

- **Coarse option** 将会更快,但是精度较低  
→ 16 packets
- **Refined option** 更慢,但是精度较高  
→ 64 packets

尽量沿用原有角系数

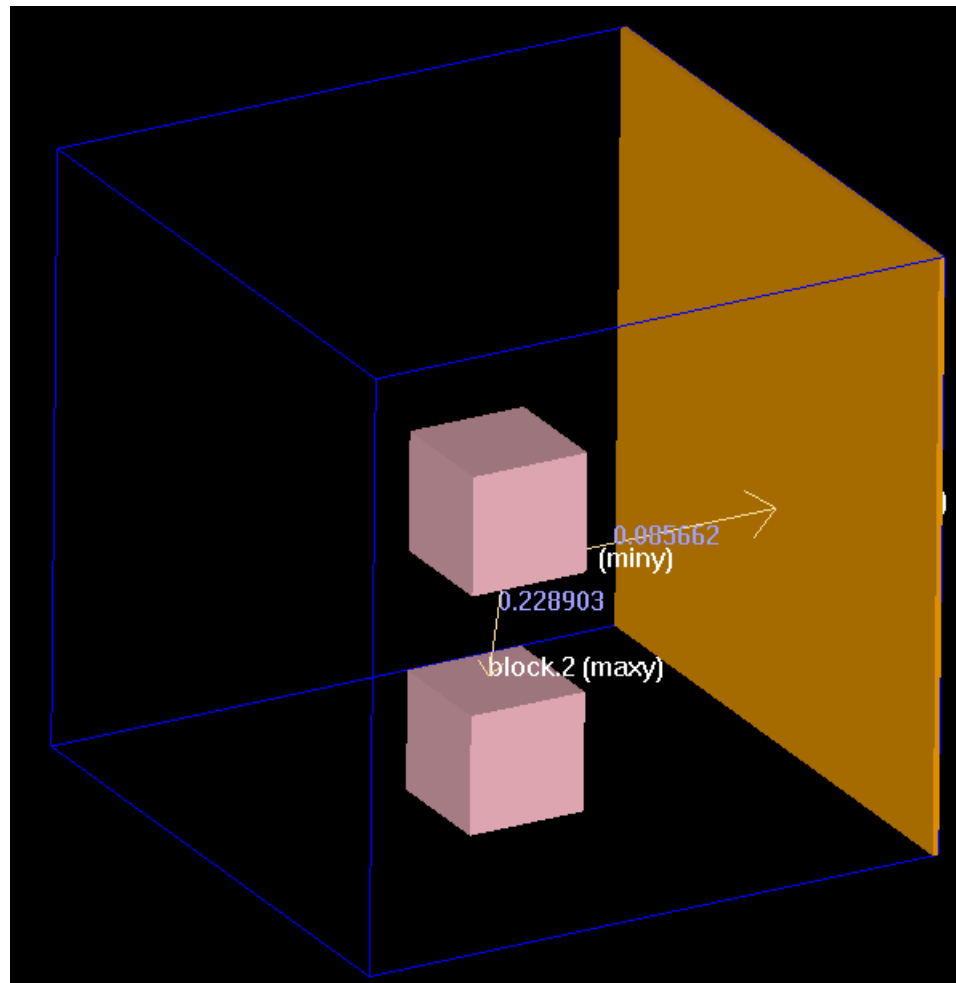
- 如果几何外形改变不大  
→ 打开**Don't re-compute**选项
- 尤其对于参数试验非常重要  
→ 角系数仅由几何外形决定
- 使用**Load**选项导入角系数文件  
→ 在后续计算中使用该文件

# 辐射传热: Tips

## 尽量沿用原有角系数

- 如果几何外形改变不大
  - 打开 **Don't re-compute** 选项
- 尤其对于参数试验非常重要
  - 角系数仅由几何外形决定
- 使用 **Load** 选项载入角系数文件
  - 在后续计算中使用该文件
- 对于非凸外形
  - 例 – 散热器翅片之间的辐射传热
  - 在 **form factors** 面板中打开 **Show with self** 选项
- **Export/ Import** – 保存角系数到 **ascii** 文件 / 从 **ascii** 文件读取角系数
- 减少计算量
  - 对辐射传热贡献不大的对象暂时休眠
  - 计算角系数
  - 输出
  - 重新激活所有对象
  - 导入

# 查看角系数 Viewing form factors



# 网格细化 Mesh refinement

- 细化网格的目的
  - 在固体和流体介质中对热流进行精确估计
  - 对流体流动的精确估计(尤其在边界层内)
  - 达到上述两个目的,但花费较少计算时间
- 在速度或温度梯度较大的地方加密网格
- 增加足够的网格来捕捉物理现象
  - 分离区/回流区
  - 速度形 - 散热通道
  - 压缩和膨胀区
- 保持合理的网格增长率
  - 在速度和温度梯度不大的地方,网格增长率取5 -10
  - 但有些地方则减至 1.2 - 2

# 网格细化 Mesh refinement

- 流动边界如grilles/ openings/ fans – 在每人方向上使用3个及以上网格
- 缝隙间网格数至少为3最好为4 (例如散热器翅片之间)
- 自然对流问题在热源,导热固体和导热壁面周围加密网格
  - 在速度或温度梯度较大的地方加密网格
- 增加足够的网格来捕捉物理现象
  - 分离区/回流区
  - 速度形 – 散热通道
  - 压缩和膨胀区
- 保持合理的网格增长率
  - 在速度和温度梯度不大的地方,网格增长率可以取5 到10 之间
  - 但是在有些地方要减至 1.2 到 2之间

# 多流体问题 Multiple fluid problems

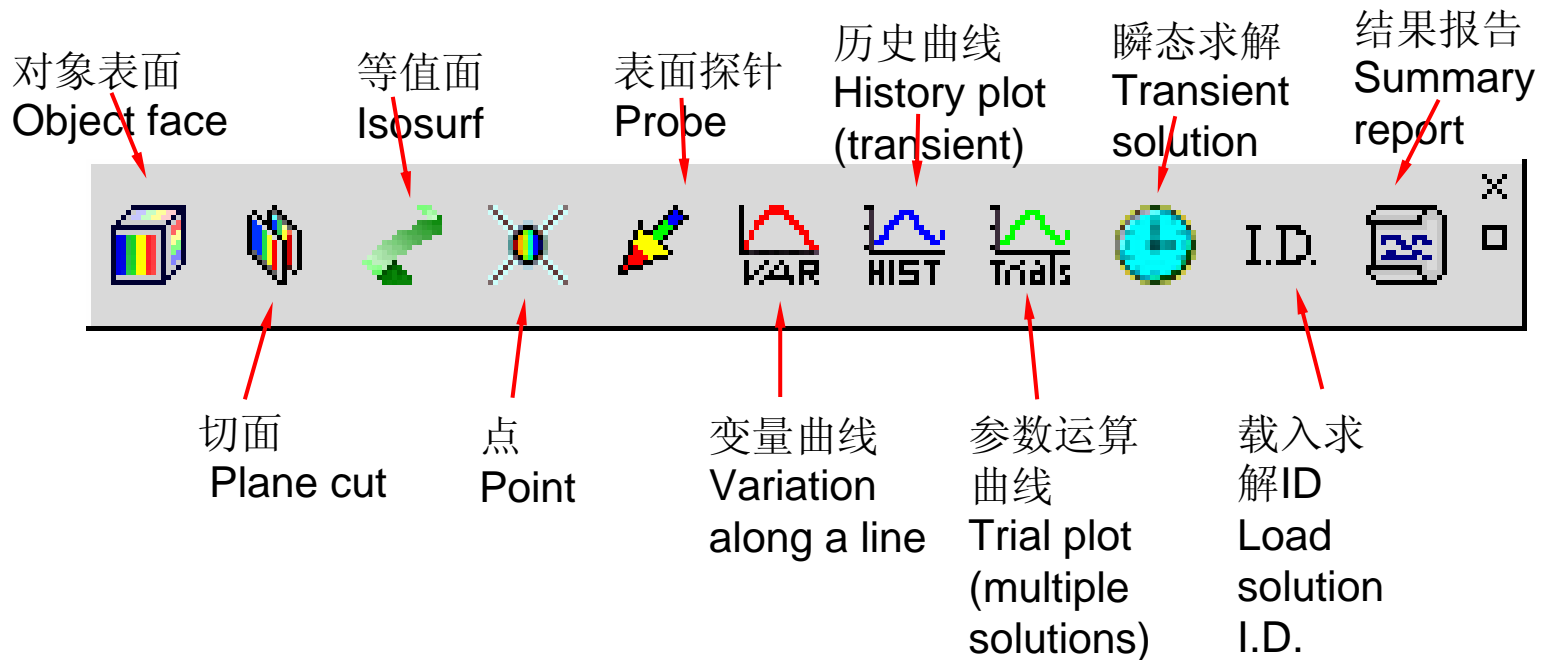
- 缺省情况,机柜内部的填充流体为空气,
  - 在 *Problem Setup/Basic Parameters* 中设置
  - 选择所需要的材料作为机柜缺省填充流体
- 要计算另一种流体(不同于机柜缺省流体)的混合,可以使用流体块(fluid blocks)并指定一种新的流体材料
  - Block可以使用不同的几何外形,如棱柱,圆柱等.
  - 多个Block可以连接起来形成一个第二流体的引导管.
  - 模拟真实流体
- 流流块必须用固体面把每二种流体和机柜里的缺省流体分开
- 例如构建一个圆柱形的每二流体(例:用于冷板分析)
  - 首先, 构建一个固体块
  - 然后在固体块中创建一个流体圆柱,使它的半径稍小于固体块的半径
  - 这两个Blocks组成了第二流体流动的管道



# 后处理和报告

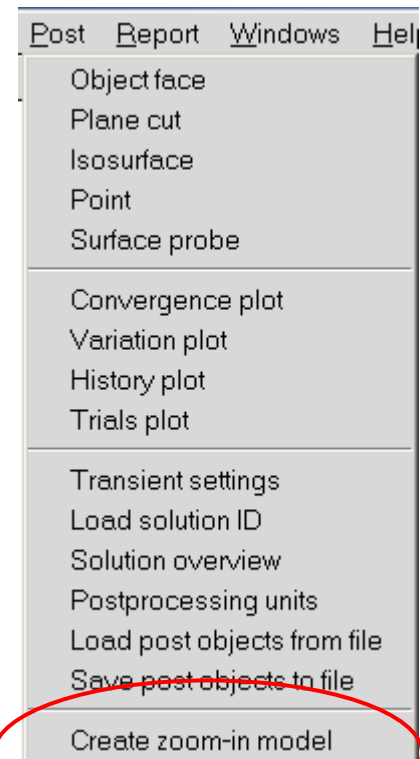
## *Post-Processing and Reporting*

# 后处理工具栏 Post-Processing Tool Bar



# 后处理菜单选项 Post-Processing menu options

- 工具栏和菜单选项的大部分功能是通用的
- 除这个菜单外，还有选项可以保存后处理对象，修改单位以及查看求解过程中生成的报告(如果生成了报告)
- Zoom-in模型也可以通过这个菜单创建



# 后处理及报告中的变量Variables

UX

UY

UZ

Speed

Pressure

Temperature

TKE

Epsilon

Viscosity ratio

Vorticity

X

Y

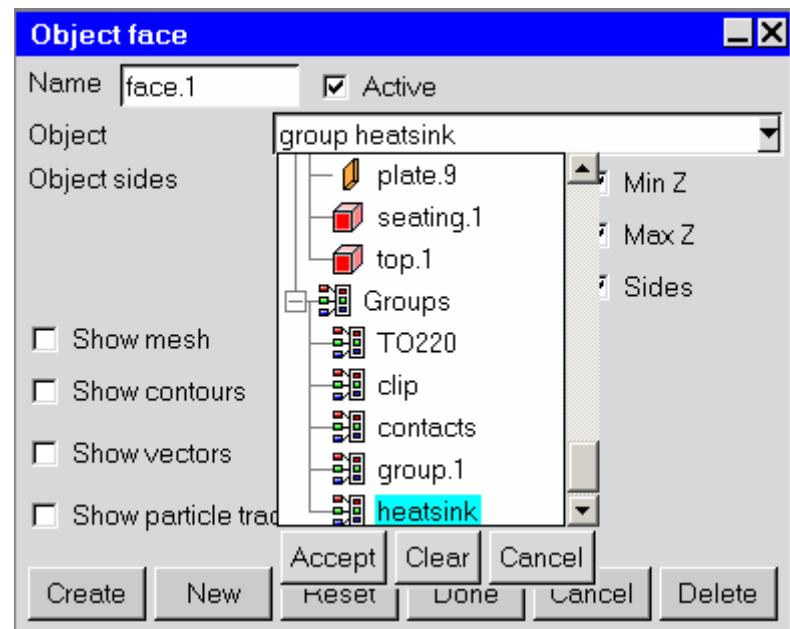
Z

Heat flow

Mass flow

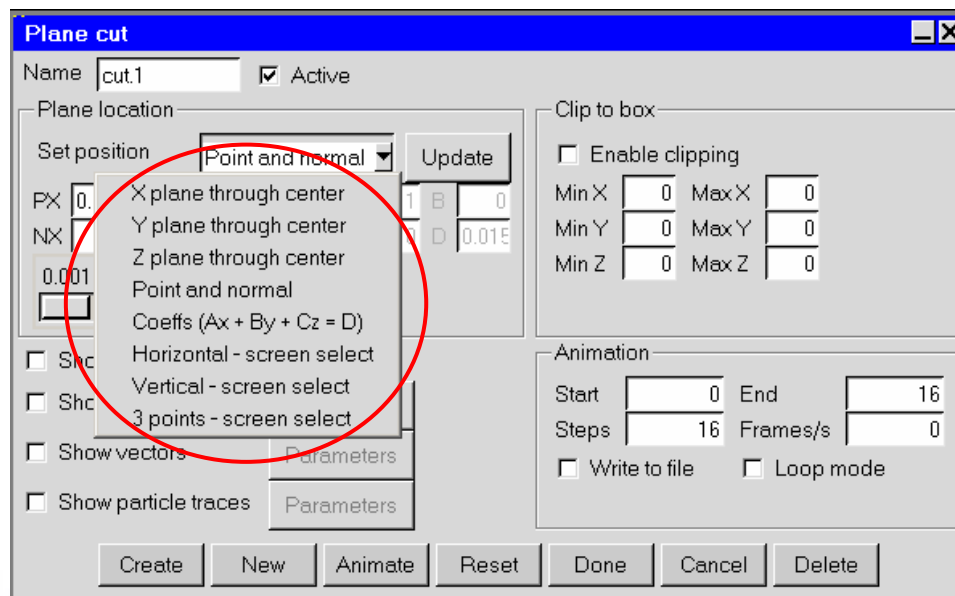
# 对象表面 Object Face

- 在一个或多个对象/封装/组的表面生成后处理绘图
- 在下拉菜单中选中对象,并选择所要显示的面及显示类型.
- 点击**Create**,查看这些表面的结果



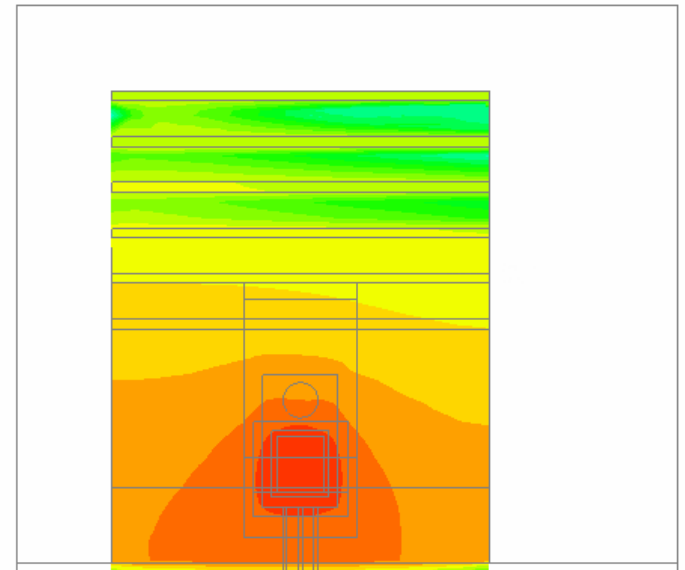
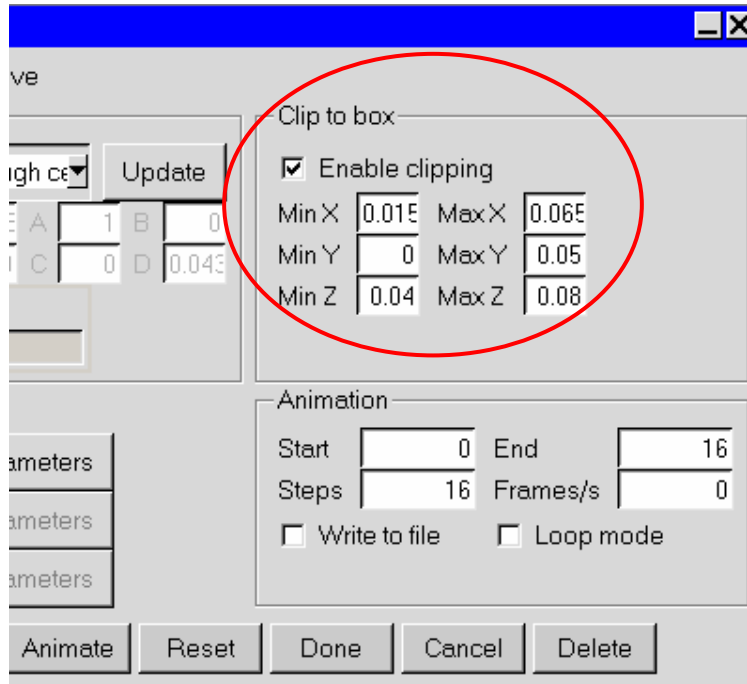
# 切面 Plane Cut

- 在模型的切面上显示计算结果
- 选择设置切面位置的方式,如需要,输入相关的值
- 选择要显示的内容,然后切面
- **Icepak**将在切面上显示数据
- 还可以用滚动条拖动切面
- 切面可以是动态的,可以沿着整个模型或沿着截出的区域一步步移动



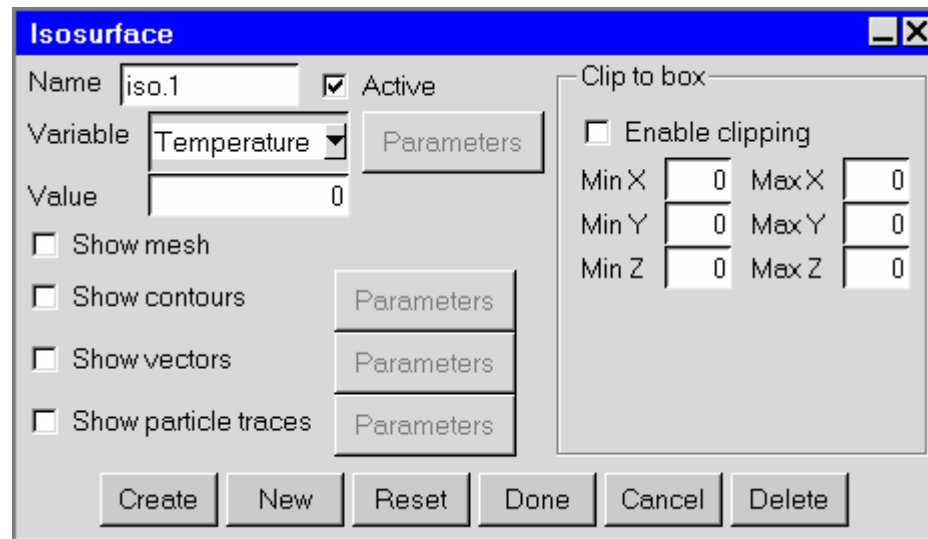
# Clip To Box

- 使用**Clip to box**选项，可以在模型中定义一个**box**，后处理对象的视图将会限制在**box**的内部区域里。后处理对象的视图将会限制在这个**box**中



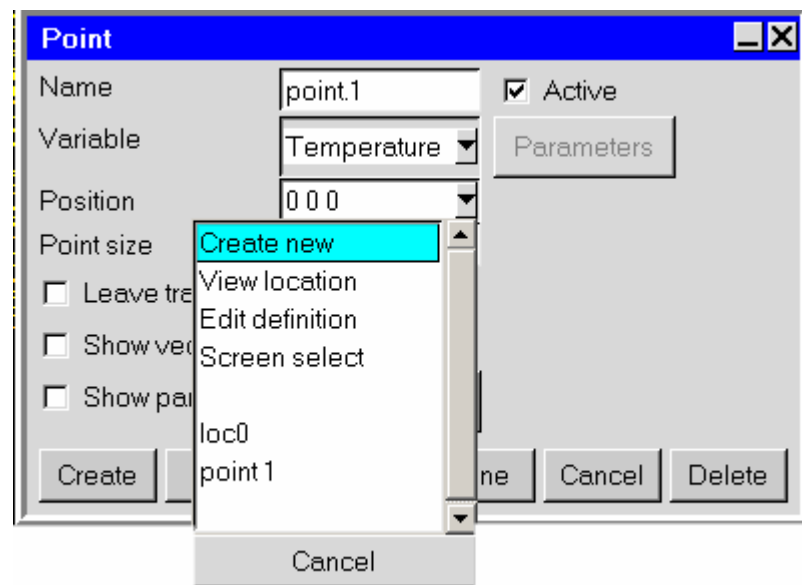
# 等值面 Iso-Surface

- 在表面上由一种特定变量定义的值显示计算结果.
- 还可以把显示限定在一个box中.



# 点 Point

- 创建或使用已有的监视点  
查看模型中指定点的温度
- 选项包括
  - 显示该点的当地速度矢量
  - 粒子显示
- **shift+**鼠标左键可以在模型中拖动监视点
- Icepak会在GUI的右下角报告监视点的位置信息和计算结果数据



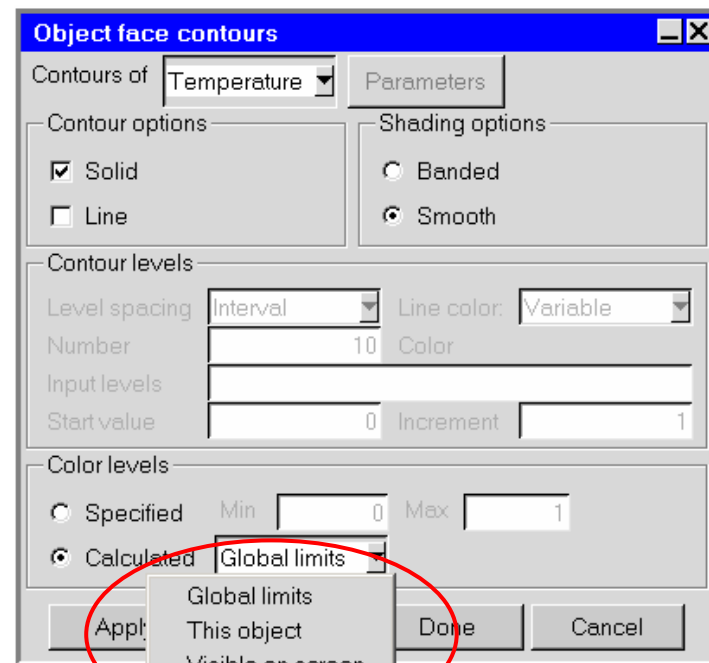
|             |         |           |             |        |           |
|-------------|---------|-----------|-------------|--------|-----------|
| Object:     | point.1 | Variable: | Temperature |        |           |
| Global min: | 19.9999 | X pos:    | 0.247732    | X vel: | 0.206948  |
| Global max: | 47.1596 | Y pos:    | 0.0932043   | Y vel: | -0.650178 |
| Object min: | 20      | Z pos:    | 0.155751    | Z vel: | 0.3731    |
| Object max: | 24.4116 | Value:    | 22.9927     |        |           |

# 表面探针 Probe

- 后处理对象创建以后，可以用鼠标表面探针来察看指定点的温度。
  - 创建对象，或激活已有对象
  - 在Icepak的edit panel面板中点击probe按钮
  - 左键点击对象上的一个点，
    - Icepak 在GDA中报告出该点变量的值
  - 使用F9键切换选择模型/平移模型
  - 点击右键退出
  - 建立多点探针则在每一个新点点击probe图标

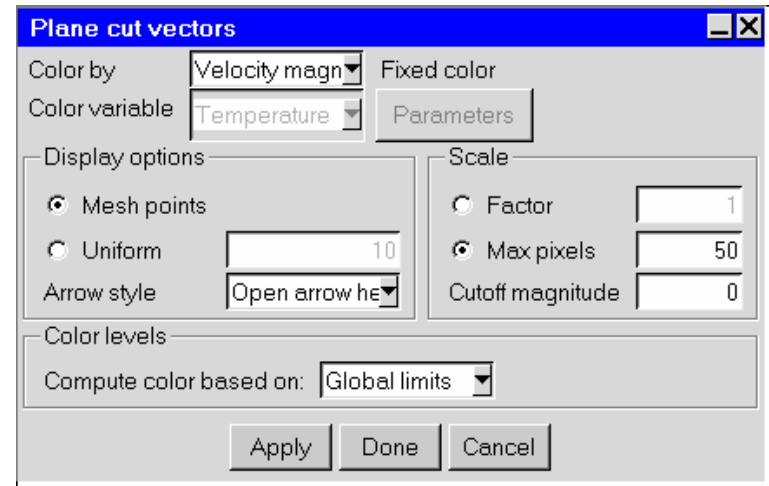
# 等值参数 Contour Parameters

- 等值图可以是：
  - 光滑过渡的云图或带状云图
  - 等值线
  - 两者混合
- 层(level)可以用以下选项定义
  - 间隔 Interval
    - 选择一个起点(start point)和增量(increment)
  - 固定 Fixed
    - 选择 bands数
  - 输入值 Input
    - 用户定义的值
- 颜色层(Colour Levels)可以：
  - 指定
  - 计算得到 – 整体限制, 当前对象范围或当前可视范围



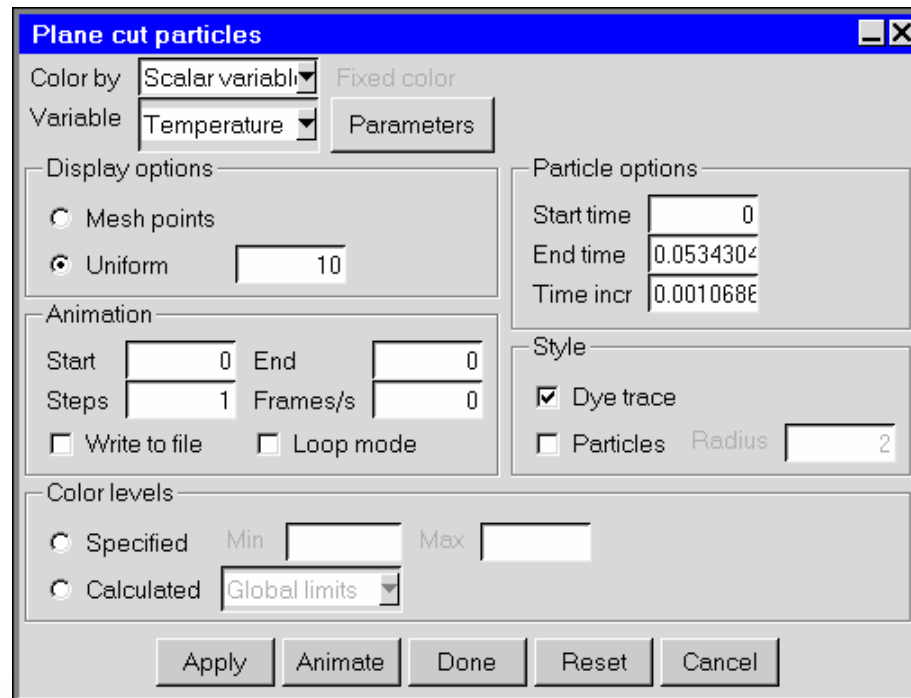
# 速度参数 Velocity Parameters

- 速度矢量可以使用温度,压力等变量的值着色,也可以用固定颜色着色,或使用当地速度的大小着色
- 可以在网格节点上显示或在表面或切面显示
- 可以改变箭头的类型选择显示/不显示箭头
- 速度向量可用以下方式调整范围
  - 乘以一个放大系数
  - 规定向量最大长度
- 高于指定值的向量不会在视图中显示
- 颜色层可以基于整体范围的,也可以基于当前范围的或可视范围



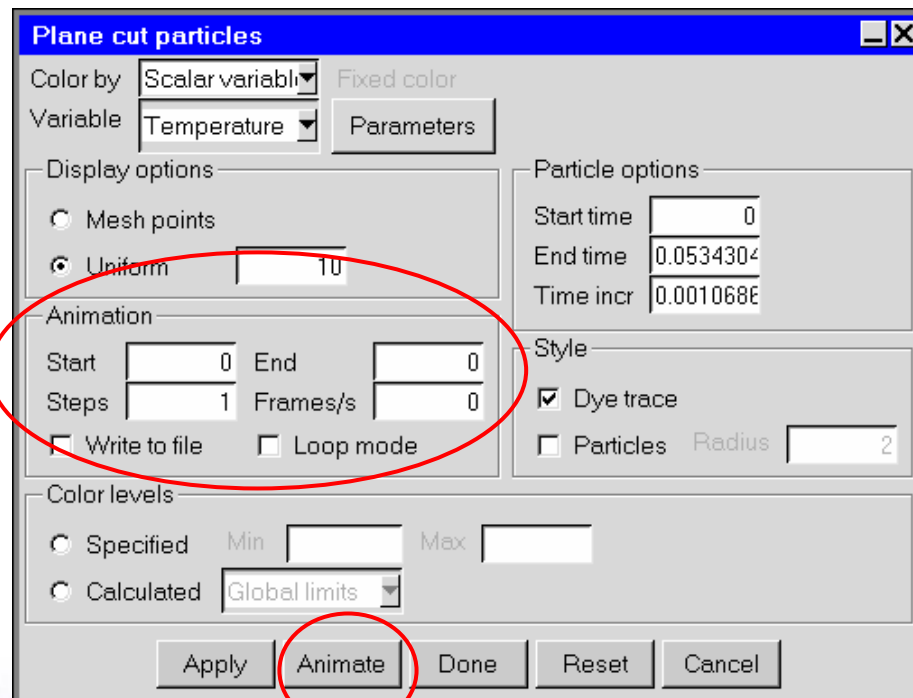
# 粒子示踪参数(1) Particle Track Parameters

- 粒子可以在任意表面,切面或点释放
- 粒子释放的位置可以等距也可以基于网格节点
- 必须设置粒子追踪的起始和结束时间及时间步长
- 颜色范围的控制方法和等值线图相同

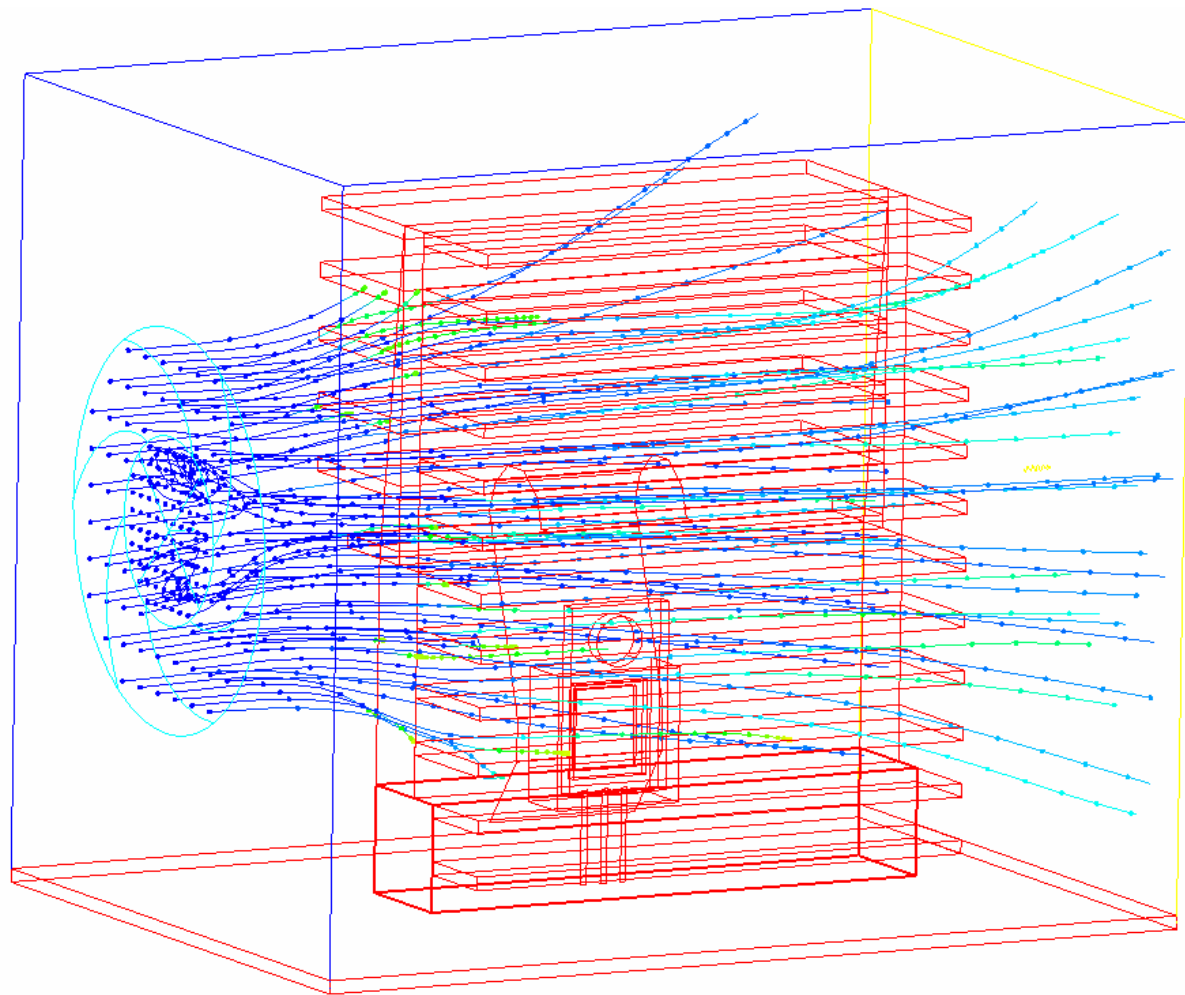


# 粒子示踪参数(2) Particle Track Parameters

- 示踪可以是
  - 染色线追踪或
  - 离散粒子
- 粒子示踪可以制作成动画,使用动画步长的完全控制,还可以将其写入文件

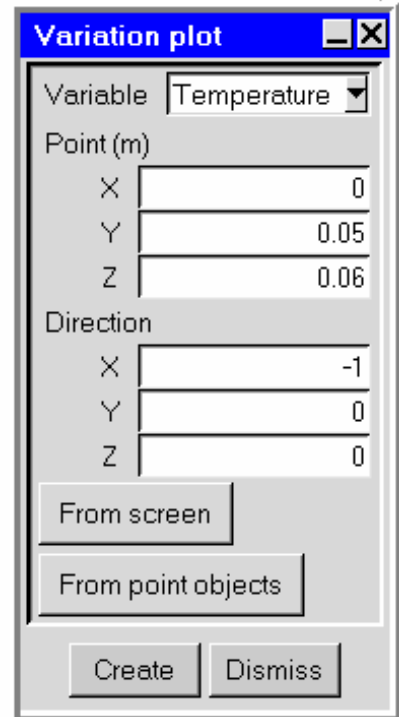


# 风扇粒子追踪显示 Particle Tracks from Fan

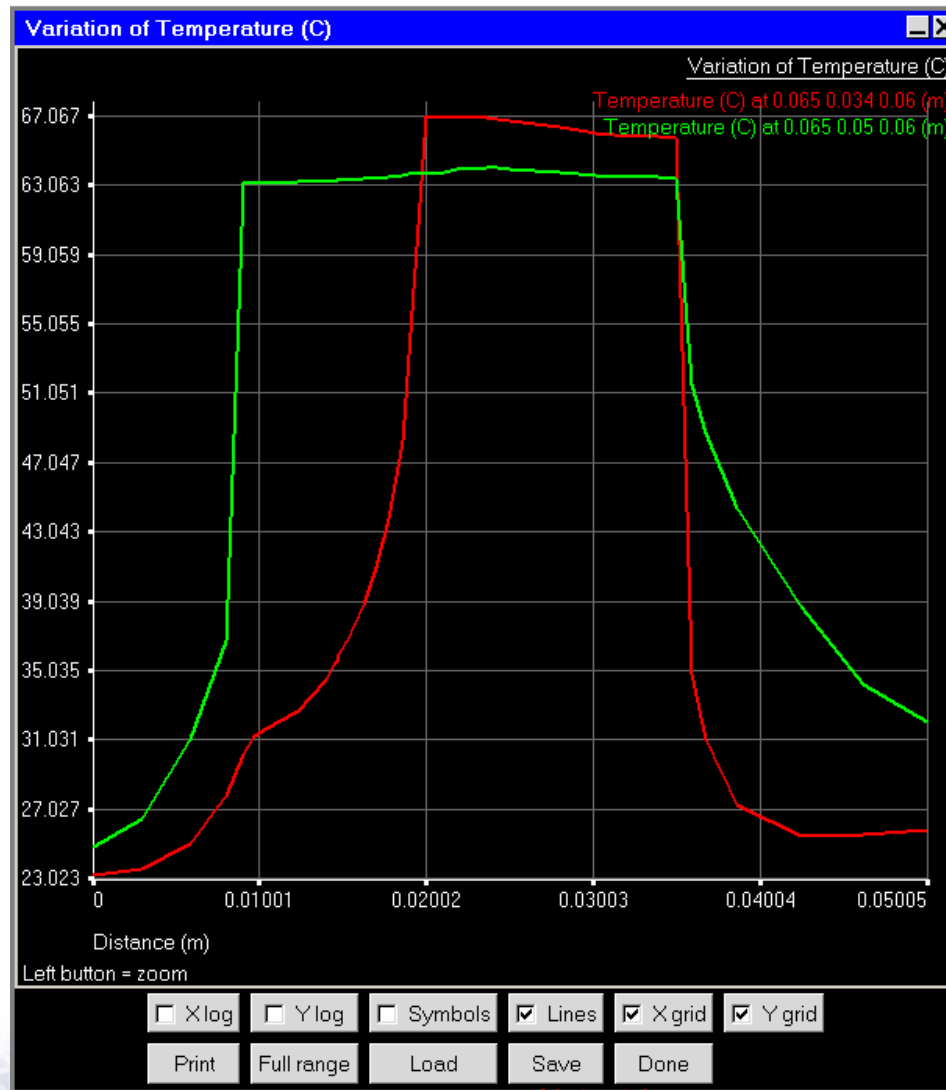


# 变量曲线 Variation Plot

- 沿一条线显示变量的变化
- 线可以用以下方式定义
  - 点和法线方向(The point and normal direction)
  - 从屏幕定义(From screen)
    - 设置视图后在屏幕上点击一个点
    - Icepak自动计算点的位置和线的方向
  - 从两个点对象定义(From two point objects)
- 可以同时显示变量沿不同线的变化
- 数据可以保存到文件中,也可以从文件中导入

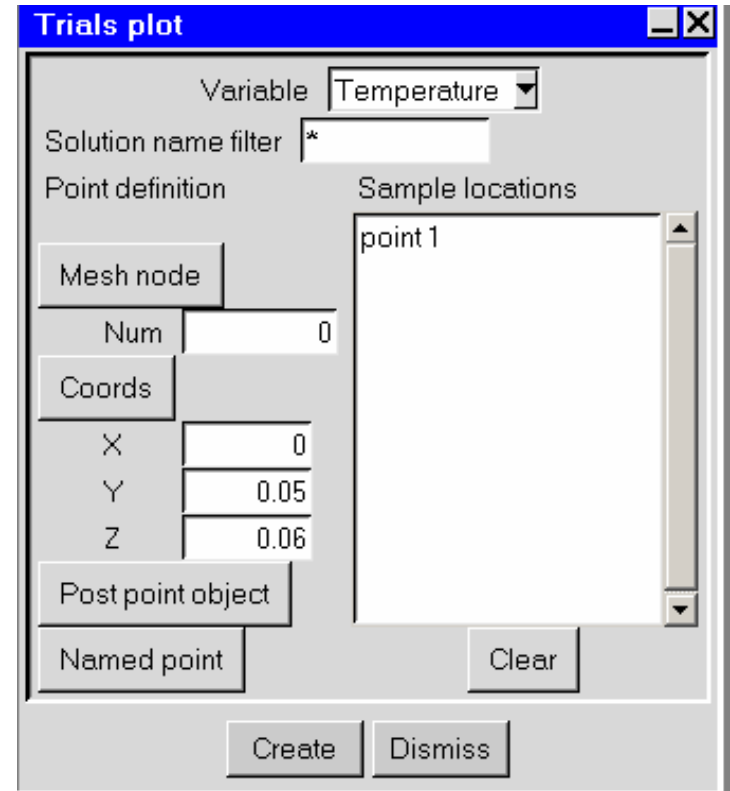


# 曲线创建 Plot Created

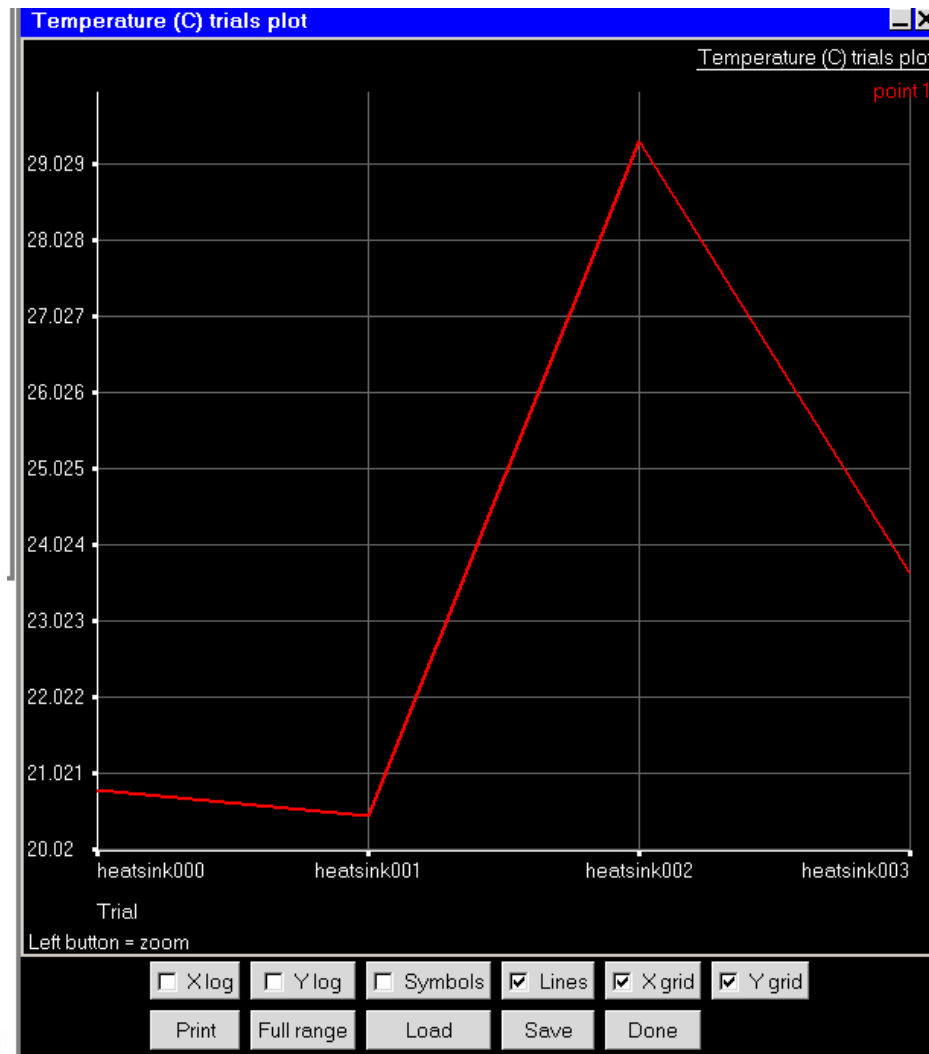


# 试验曲线 Trial Plot

- 当一个工程有多个求解时,例如运行了参数运算,可以对不同形式模型的指定点变量的值作比较

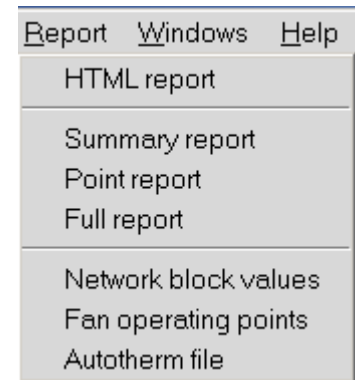


# 试验曲线创建 Plot Created



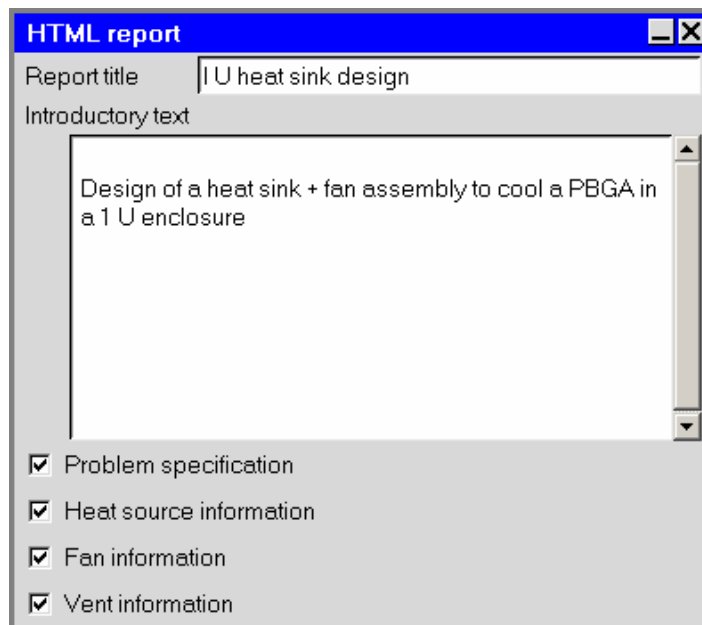
# 报告选项 Reporting Options

- 在报告菜单(Report)中可以选择创建:
  - HTML报告(HTML reports)
  - 结果报告(Summary reports)
  - 点报告(Point reports)
  - 详细报告(Full reports)
  - 网络块值(Network block values)
    - 网络块节点温度
  - 风扇操作点(Fan operating point)
    - 使用特征曲线来显示风扇的操作点.
  - 还可以输出Autotherm格式的报告



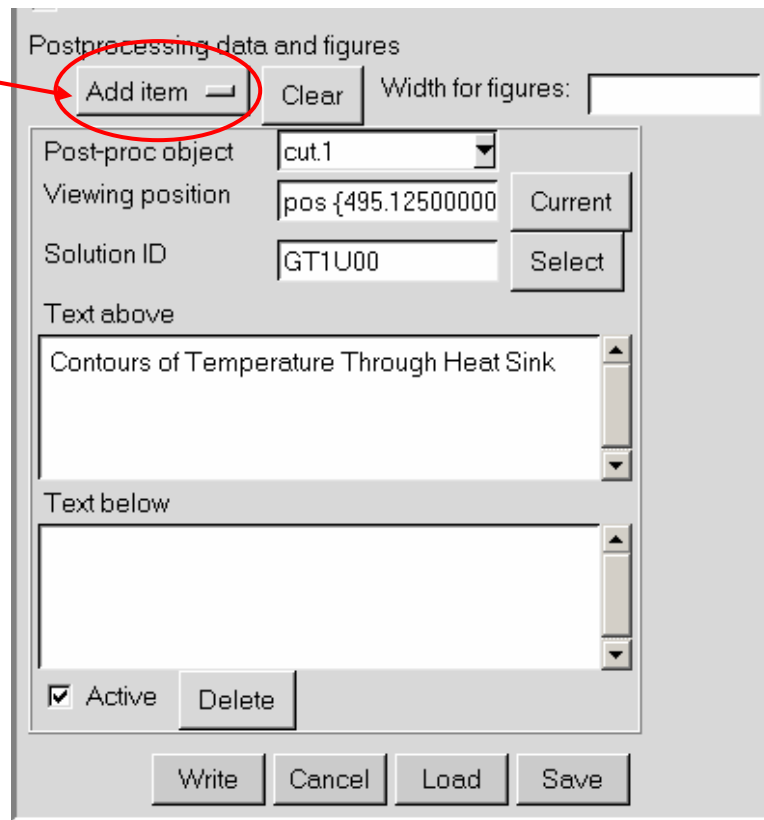
# 创建 HTML 报告

- 创建一个基于网页的报告,包括:
  - 题目(Title),正文(Text)
  - 建模信息
    - 问题叙述(Problem Specification)
    - 热耗散
    - 风扇信息(Fan information)
    - 通风口信息(Vent information)



# 创建 HTML 报告

- 还可以包括的项目：
  - 图形(Figures)
  - 后处理对象或不同的求解ID,
    - 还可以通过改变视图位置来改变模型的方位
  - 不同求解ID的报告
  - 置于所加项目的上方或下方的文字说明



# 结果报告 Summary Reports

写入文件或显示到屏幕

选择报告对象

创建一个新报告

报告限制在指定的面

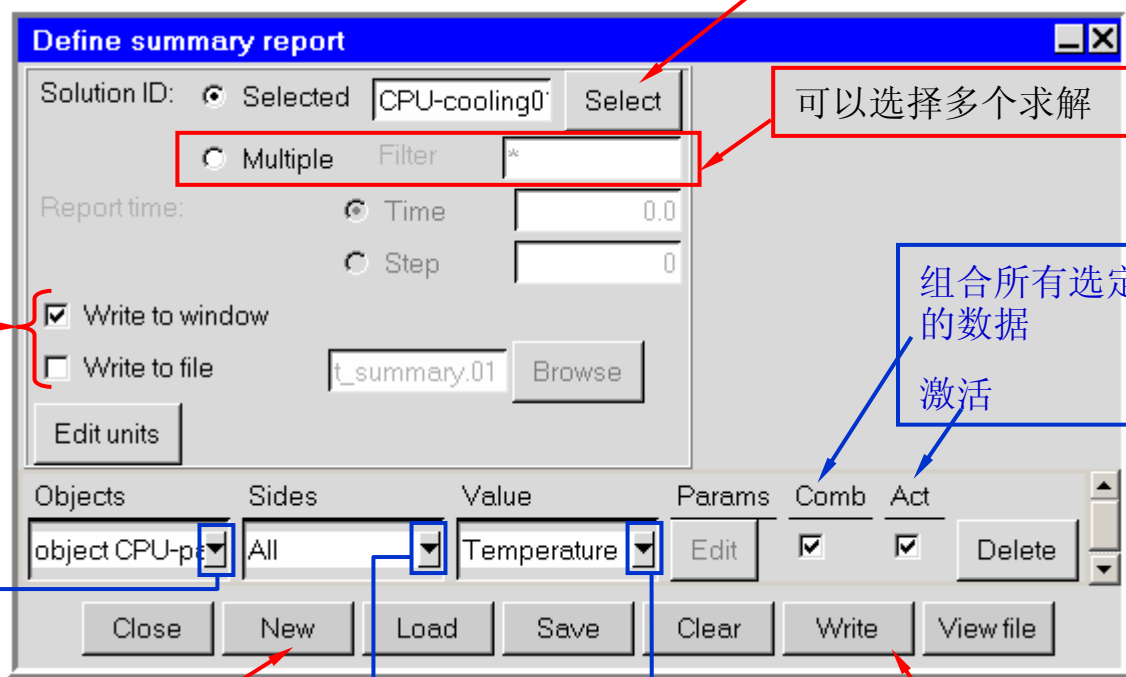
选择报告变量

点击生成报告

选择报告的求解ID,如为瞬态分析,选择时间步

可以选择多个求解

组合所有选定对象所有边的数据  
激活



# 输出结果报告 Output of Summary Report

**Define summary report**

Solution ID:  Selected    
 Multiple Filter

Report time:  Time   
 Step

Write to window  
 Write to file

| Objects         | Section | Sides | Value       | Params                              | Comb                                | Act   |
|-----------------|---------|-------|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| object source.1 | All     | All   | Temperature | <input type="button" value="Edit"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> <input type="button" value="Delete"/> |

**Report summary data**

| Object   | Section | Sides | Value           | Min           | Max           | Mean          | Total | Area/volume      |
|----------|---------|-------|-----------------|---------------|---------------|---------------|-------|------------------|
| source.1 | All     | All   | Temperature (C) | 6.841631e+001 | 6.873217e+001 | 6.856985e+001 |       | 2.703987e-003 m2 |

# 热流/热流率报告 Heat flow and Heat flux reporting

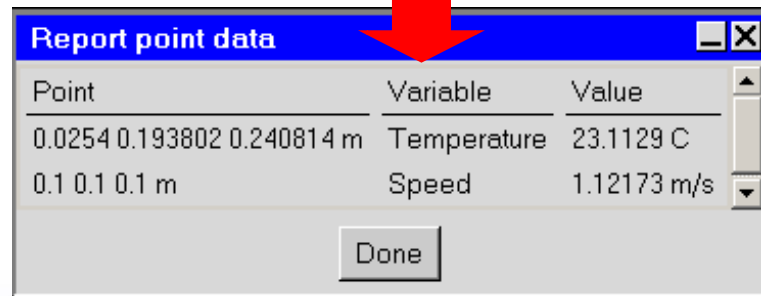
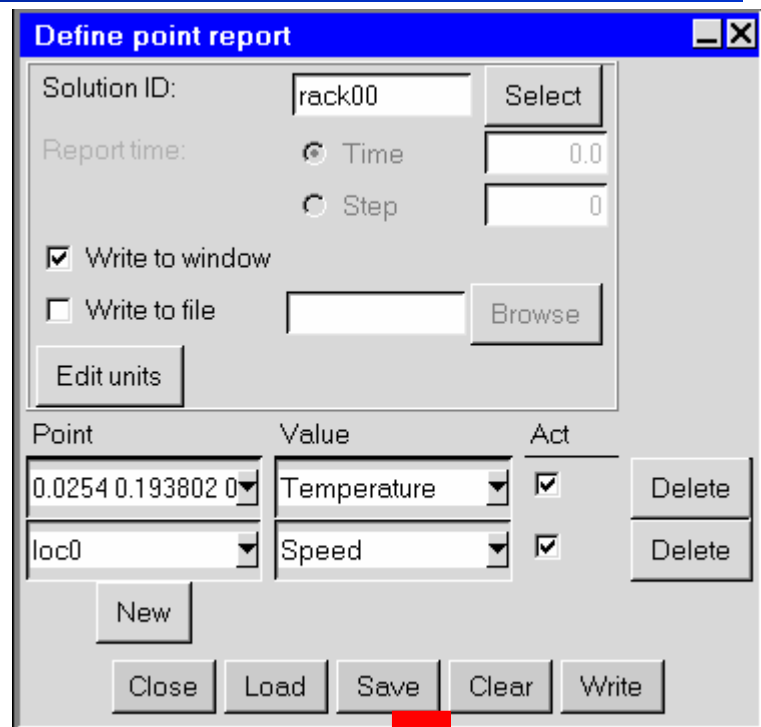
- 如果要创建一个热流或热流率的结果报告,需要指定是否让Icepak计算inflow/outflow.
- 如果给定固体块(solid block)表面温度或给定2D热源(source)的温度,应该在表面上选择 **Both**.
- 如果给定固体块(solid block)表面热流率或给定2D热源(source)的热流率,应该在表面上选择 **Both**.
- 如两个对象互相接触,则一个对象的inflow将作为另一个对象的outflow.
  - 例如,如果block.1 和block.2 互相接触(在交界面没有热产生),那么报告中block.1热流的outflow就是从block.1流入block.2的热流值.报告中block.1热流的流入值inflow就是从block.2流入block.1的热流值.
- 在其它的情况下,需要使用Outflow来确定边界的热流损失.

# 报告热传递系数 Reporting Heat Transfer Coefficient

- 如果在Value菜单下选择报告热传递系数(Heat tr. Coeff), 需要为热传递系数指定参考温度(reference temperature).
- 指定参考温度(reference temperature),
  - 在Params下方点击Edit按钮
  - 在Heat tr. Coeff面板里输入参考温度(缺省为环境温度)

# 点报告 Point Report

- 操作与结果报告基本相同,
  - 用选择点或用常用方法输入坐标
  - 选择报告变量
  - 写入文件或显示到窗口
  - Icepak 创建报告,包含:点的位置+指定变量的值



# 详细报告 Full Report

**Full report**

Solution ID: rack00

Variable: Temperature

Report region:

Entire cabinet

Sub-region

Start xS 0 m End xE 0.41 m

yS 0 m yE 0.61595 m

zS 0 m zE 0.3556 m

Specific objects

Entire objects

Sides

Min X  Min Y  Min Z

Max X  Max Y  Max Z

Top  Bottom  Sides

Report time:

Time 0

Step 1

Only summary information

Write to window

Write to file D:/users/trudi/ICEPAK\_CALCS/rack/report.01

报告整个机柜,指定区域,或指定对象的最小/最大/平均值的最方便的方法

**Report on Temperature (C)**

Listing of values for variable: Temperature (C)  
Object: block "HEATSINK.1..55" ----  
5180 nodes:

min 35.9136  
max 39.6302  
average 38.4046

整个对象

**Report on Temperature (C)**

Listing of values for variable: Temperature (C)  
Object: block "HEATSINK.1..55" ----  
2490 nodes:

min 35.9142  
max 39.6302  
average 38.4702

最小 X

**Report on Temperature (C)**

Listing of values for variable: Temperature (C)  
Object: block "HEATSINK.1..55" ----  
2310 nodes:

min 35.9148  
max 39.5103  
average 38.4204

最大 X

# 系统层次问题 System Level Questions

- 质量和热量守恒
- 系统冷却是否足够?
- 哪里是热点/问题区域?
- 风扇操作点
  - 是否合理?
  - 是否应该包括风扇的旋转?
- 通风口位置
  - 是否可以通过改变通风口位置来改进通风口流进/流出?
  - 是否有必要设置通风口?
- 系统中流体流动
  - 流体在系统中怎样流动?
    - 回流区域/滞止区
    - 是否可以改进流动的形式?
- 系统中热损失的基本模式

# 组件/封装层次问题 Component/Package Level

- 关键温度 – 节点温度(junction), 组件(components)和板(board)表面温度
- 组件顶部/侧面/基座热损失的划分– 主要传导途径
- 冷却装置的效率(cooling mechanism)



*Profiles* 建模和  
*Zoom-In* 建模

# Profile边界条件

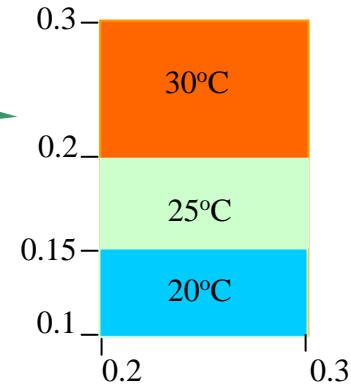
- Profile边界条件是一种随空间不同而改变的边界条件
- 用网格到网格的插值规则创建开孔/壁面的温度或速度分量的Profile
- 用法包括:
  - Zoom in/Zoom out求解
  - 应用完全发展通道的profile
    - 计算在风洞(无试验设备)简单模型中的发展的profile
    - 应用到有设备的模型
      - 减少迎风区域的大小
        - » 减少网格数量
      - 优化模型的运行时间和效率
      - 提高精度

# Icepak中可以使用Profiles的对象

- 壁面和开孔都可以应用变量的Profiles
- 开孔 Openings
  - 压力 Pressure
  - 温度 Temperature
  - X, Y, Z, 速度分量 velocity components
- 壁面 Walls
  - 外表面热流率 Outside heat flux
  - 外表面温度 Outside temperature
  - 外部热传递系数
    - 固定参考温度
- 热源 Sources
  - 单位面积热流率的Profiles

# 手动创建 profiles

- 目的: 在一个壁面对象(wall object)上建立温度分布
- 在壁面的edit form/properties sub-panel/ outside temp – 选中“Profile” 然后点击“Edit”按钮
- 指定曲线形成开孔(opens)
- 指定每个区域的中心点的坐标x, y, z (20°C, 25°C, 30°C 区域), 和该区域的温度边界条件 → 每一行都包含4个数: x y z T
- 这4个数可由空格键或tab键间隔



Curve specification

The following curve specification consists of a list of length / temperature sets, with 3 length values and 1 temperature value in each set. Spacing is not significant as long as the numbers are given in sets of 4.

|      |       |     |      |
|------|-------|-----|------|
| 0.25 | 0.125 | 0.2 | 20.0 |
| 0.25 | 0.175 | 0.2 | 25.0 |
| 0.25 | 0.25  | 0.2 | 30.0 |

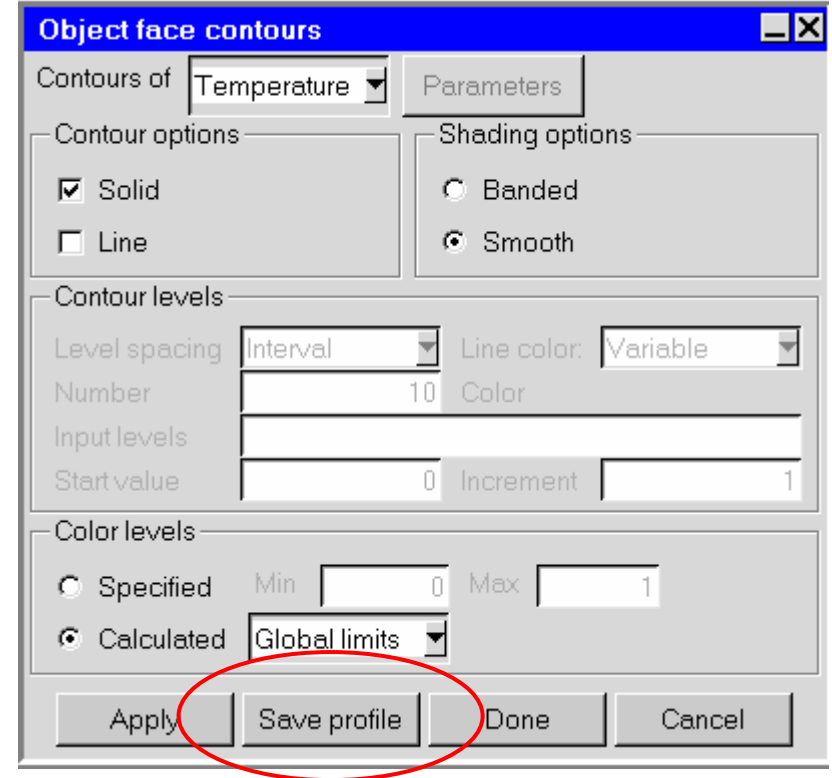
Length units:   Fix values

Temperature units:   Fix values

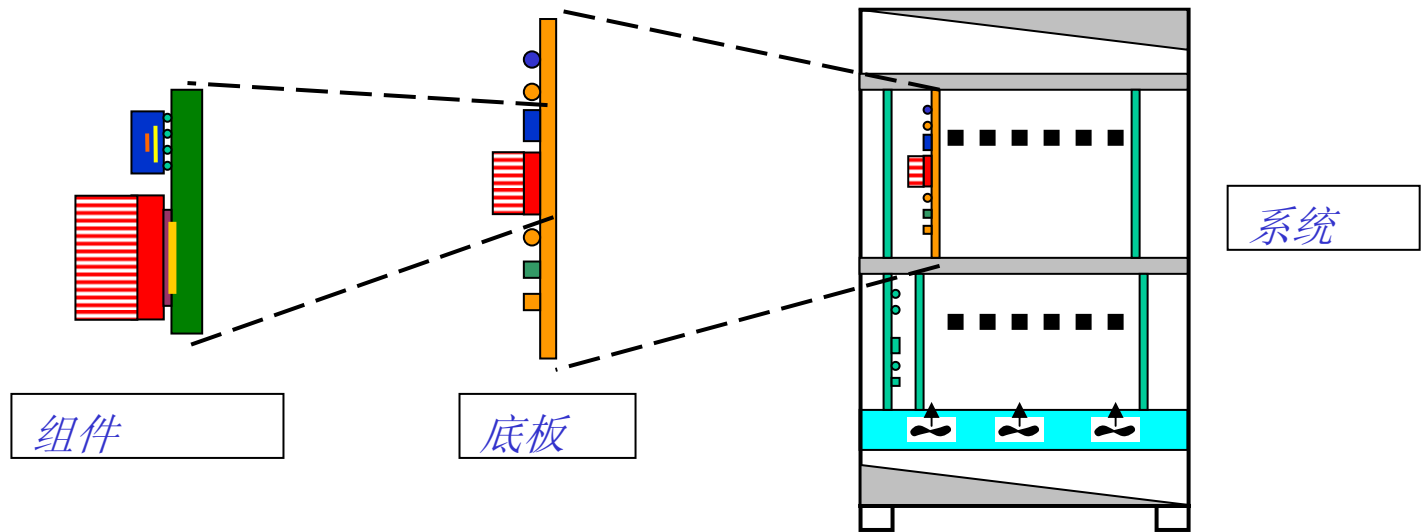
Accept Reset Cancel Load Save

# 由后处理创建profiles

- 如果使用zoom-in模型创建特征(creation feature)将自动创建profiles.
- Profiles可以由任何等值线图建立
  - 对象表面, 切面等
  - 在Parameters选项下选择“Save Profile”
    - 保存点的坐标和变量值



# Zoom-in 建模: 简单介绍



尺度范围:  $\sim \mu\text{m}$  (芯片dies),  $\sim \text{mm}$  (翅片fins/熔球solder),  $\sim \text{m}$  (enclosure)

系统(system)/板(board)层次详细建模

- 庞大的网格数目
- 增加计算要求
- 简化求解...是否精确?

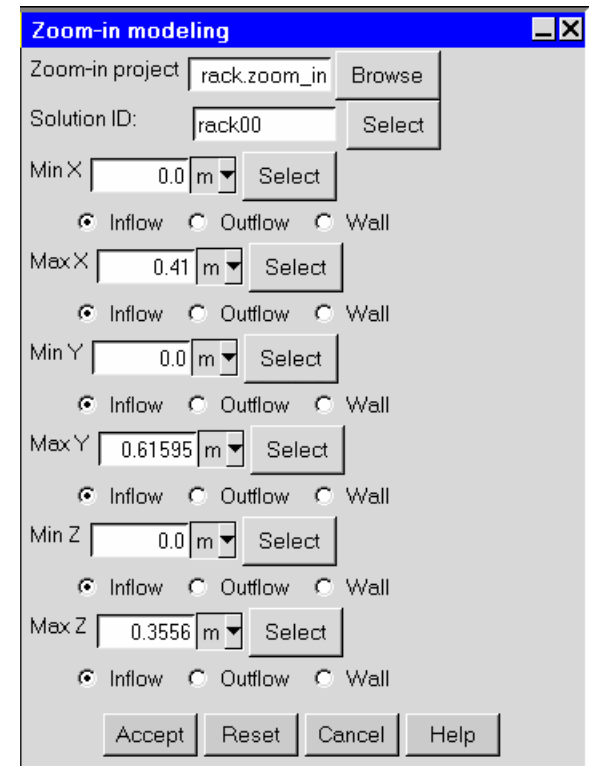
怎么处理: Zoom-in 建模是解决上述瓶颈问题的最好选择

# Zoom-in 建模:步骤Procedure

- 使用适当近似简化系统层次建模
  - ▶ 例 – 热敏体积替代散热器,同一集中的热源替代紧密功率热源
- 简化系统层次模型的求解和后处理
  - ▶ 确定风扇的操作点, 捕捉流场和温度场
  - ▶ 温度场 – 趋势远比精确性重要
  - ▶ 流场 – 可能具有较高精度
  - ▶ 确定zoomin区域 – 在zoomin box表面获得速度,压力和温度的profiles
- 在zoomin box中建立亚系统模型
  - ▶ 使用详细组件 – 不用系统层次的简化
  - ▶ 使用已获得的速度,压力和温度profiles作为亚系统模型的边界条件– EXACT BC

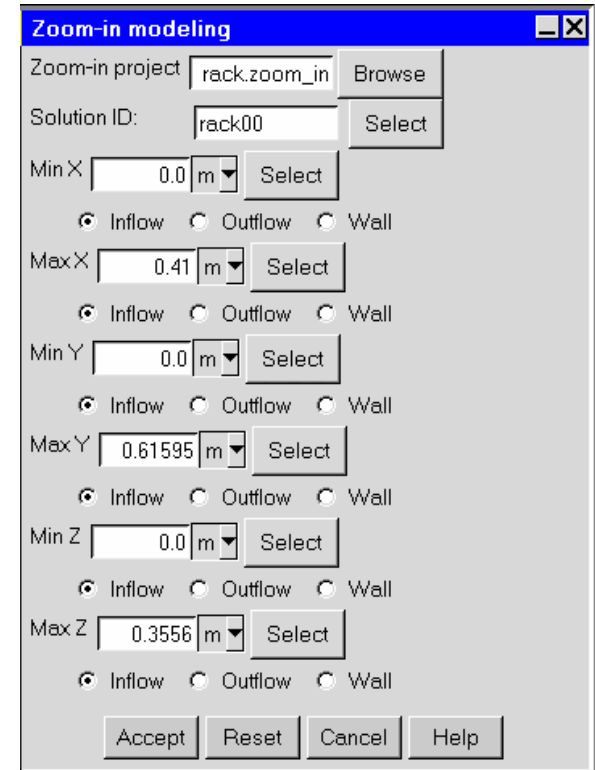
# Icepak 自动 zoom-in 功能

- 在main menu/ Post/ create zoom-in model 中打开zoom-in面板
- 用鼠标选择一个边界框(白色粗体外围线), 或输入坐标,或使用“Select”按钮.
- 指定每个面的边界条件 – inflow/ outflow/ wall
- Icepak创建一个由zoom-in box内部所有对象组成的新的工程 – 其中交错重叠的对象可以:
  - 调整到适合大小或
  - 不包含到zoom-in模型中
- 速度,压力和温度的Profiles将会自动生成



# zoom-in中的Profile变量

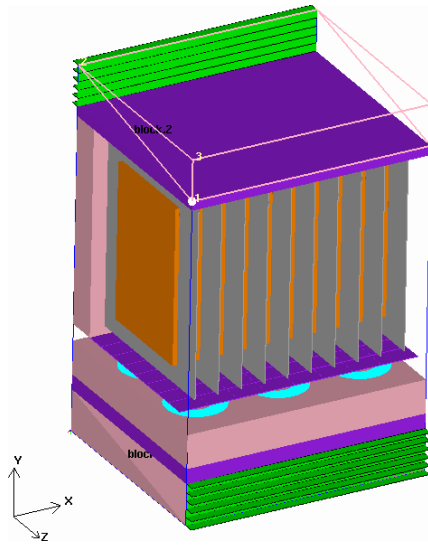
- Profile变量可以不同, 取决于指定边界条件的类型
- Inflow boundary:
  - ▶ zoom-in模型中的自由开孔
  - ▶ 变量 -  $u_x$ ,  $u_y$ ,  $u_z$ ,  $T$  (速度分量, 温度)
- Outflow
  - ▶ zoom-in模型中的自由开孔
  - ▶ 变量 -  $P$ ,  $T$  (静压, 温度)
- Wall
  - ▶ zoom-in模型中的固定壁面
  - ▶ 变量 -  $T$
- Note:
  - 如果在zoom-in模型中给定开孔边界条件, 那么至少有一个应为outflow
  - 应把outflow放置在主要的流动区域



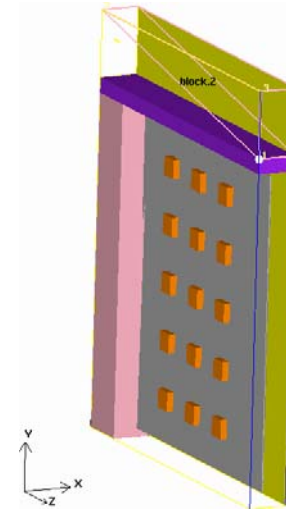
# 例子 Example

- 系统层次求解没有组件的详细表述
  - 选择感兴趣区域的边界
    - 写出 inflow/outflow/wall 条件
    - 改变 zoom-in 模型增加板上(board)的详细布局

系统层次

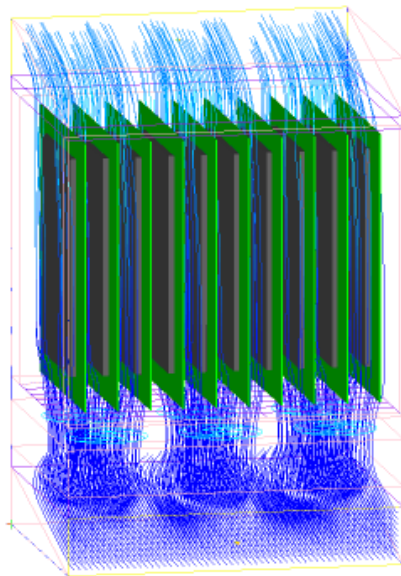


亚系统层次

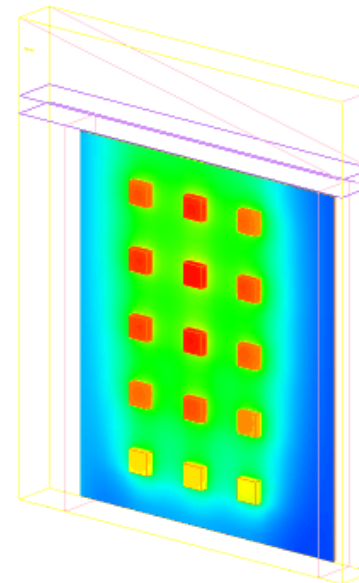
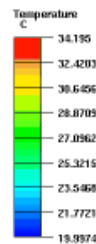


# 例子 Example

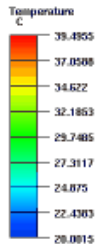
- 下例中, 6个边界条件都是流动边界条件
  - min/max x, y 面设置为inflow
  - min z 面设置为outflow
  - min z 面设置为壁面



系统层次模型



Zoom-In 模型





# *CAD* 模型导入

# IGES文件导入

直接把IGES文件导入Icepak

步骤:

用任一CAD软件进行建模

以IGES格式输出CAD模型

将IGES文件读入Icepak

Model/ CAD Data

把CAD几何模型转化为Icepak 对象

应用边界条件

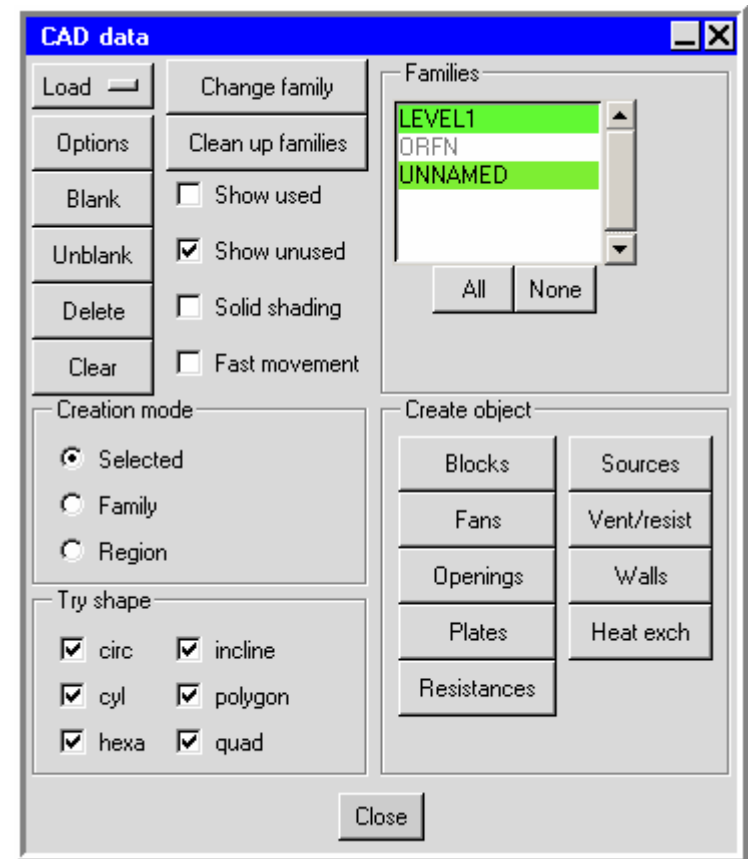
Icepak CFD求解

Icepak 可以导入

- 面
- 曲线
- 点或三种的任一组合

Icepak 将IGES文件 转化为TETIN 文件

- ICEM CFD 原有的几何格式
  - 把Tetin 文件读入Icepak
- 模型必须已包括一个机柜



# 文件导入 & IGES 文件

Model/ CAD Data 导入 IGES 文件

选择导入格式

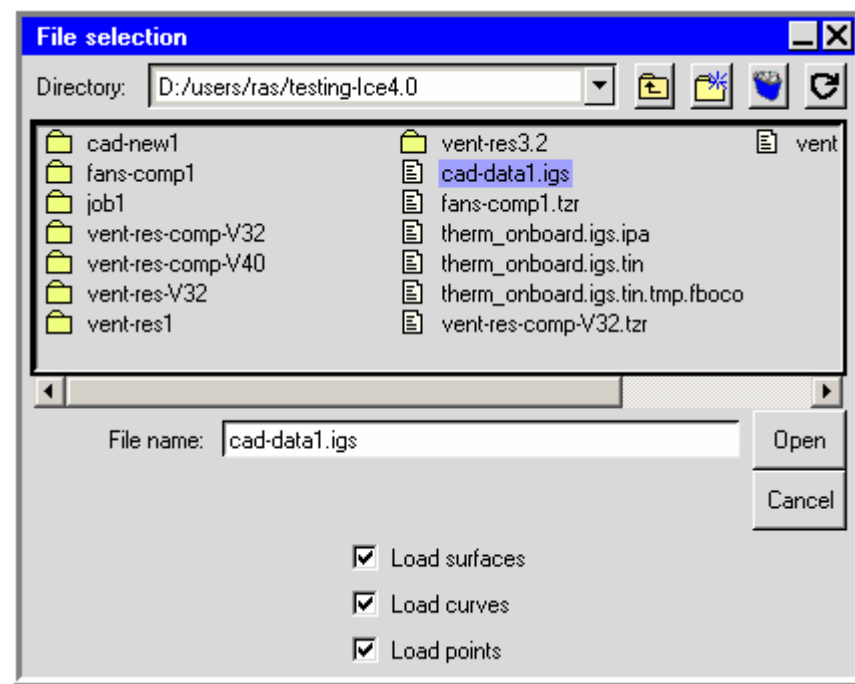
- IGES
- Tetin

选择 IGES 文件和要导入的数据

- 面
- 线
- 点
- 以上三者的组合

点击 **ACCEPT**

- 提示选择所用的单位
- 可以导入多个 IGES 文件到同一个 Icepak 模型中(重复以上步骤)



# CAD导入选项

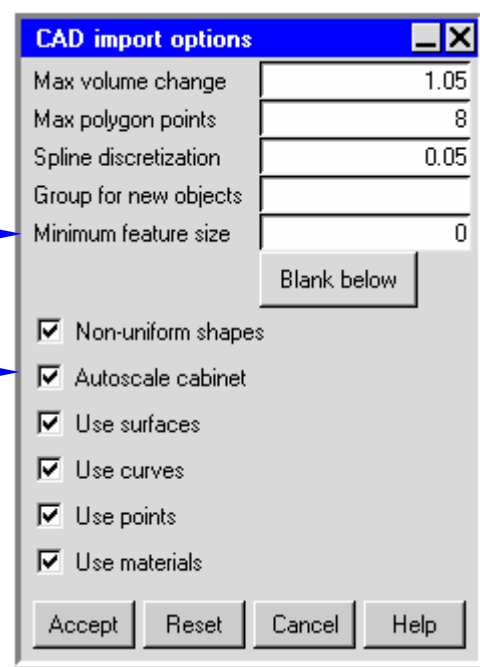
在Model/CAD data面板中点击Options按钮打开Options面板

## 最小特征大小(Minimum Feature size)

- 设置全局容差量,控制转化的细节层次,小于应特征大小的对象不予导入
- 小于指定大小的CAD几何模型在导入后将会被舍掉

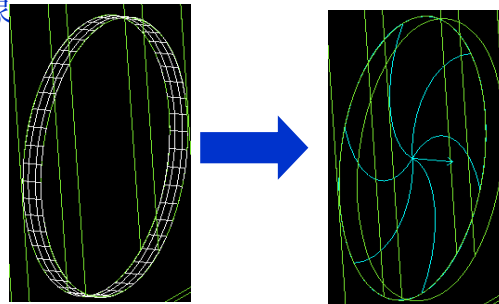
## 使用自动适合大小功能(Autoscale)让导入的CAD几何模型适合机柜的大小

- 导入后可以使用机柜的autoscale功能,自动进行适合大小调节

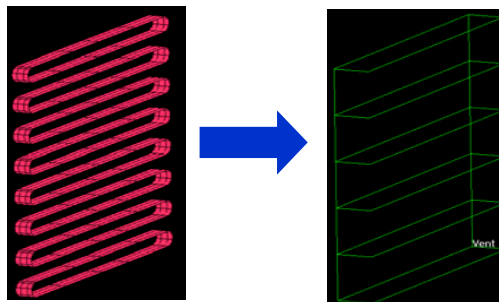


# CAD几何模型转化为Icepak对象

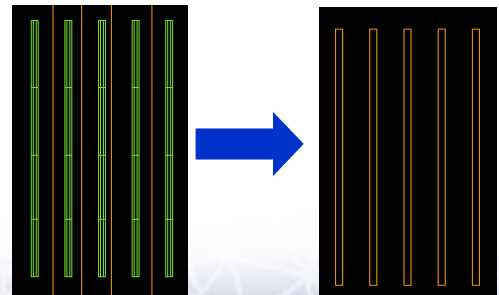
有三种方法可以把CAD几何模型转化为Icepak对象  
选中面或由面构成的组,并把它们转化Icepak对象



选中一个family或几个families,并把它们  
转化为Icepak对象



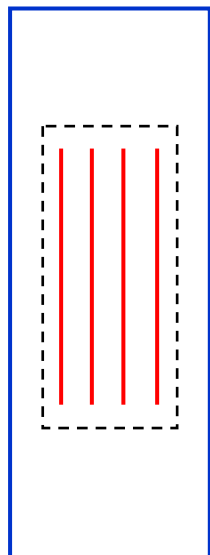
选中模型中的一个区域,把这个区域划分为几个  
部分,将每个部分都转化为一个Icepak对象



# 把CAD几何模型转化为Icepak对象

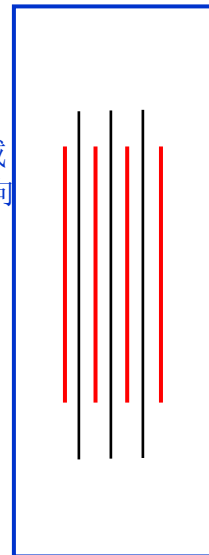
(i)在模型中定义一个区域(ii) 把该区域划分为几个部分,然后Icepak 把CAD几何对象转化为Icepak对象.

橡皮线选择一个包含面的区域(记住m) 中键结束选择



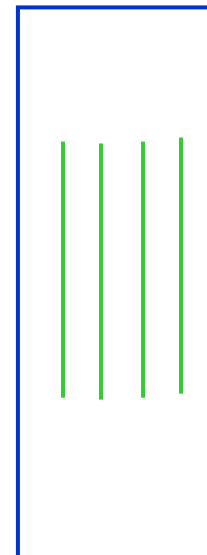
在区域里用来创建板(plates)的面

提示用户画线创建区域  
h-水平方向, v-垂直方向



用垂直方向的线  
划出几个区域

中键确定



在每个区域里  
Icepak 把一个面  
转化为一个板  
(plate)

# IDF 文件导入

Icepak 可以导入中间数据格式(IDF)文件

- IDF是许多ECAD封装所支持的中间文件格式
  - Allegro from Cadence
  - Boardstation from Mentor
  - Visula from Zuken-Redac
- 一些机械CAD封装支持IDF
  - Pro/Engineer
  - SCRC/IDEAS
  - Unigraphics

Icepak 支持 IDF 2.0 和IDF 3.0 - IDF 4.0 (封装以这种格式输出)

## IDF 2.0

- Board 文件 – board的外形,厚度和组件位置的数据
- Library 文件 – 组件大小,热学以及电学特征数据

## IDF 3.0

- Board 和 Library 文件
- Optional Panel文件 – 机架位置信息
- 还包括junction到case的热阻信息和工作功率
  - IDF 2.0中没有

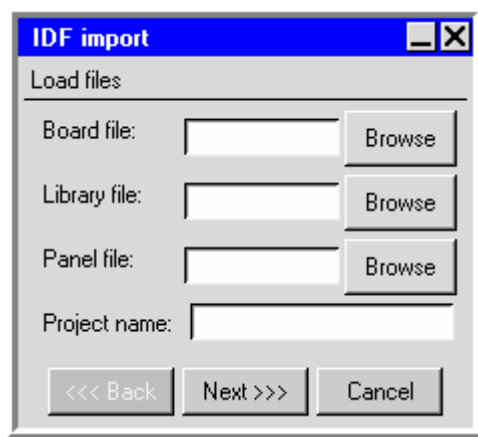
## Simple import

- Board作为块(block)建模, 在block上分布均一功率
- 初步分析

## Detailed import

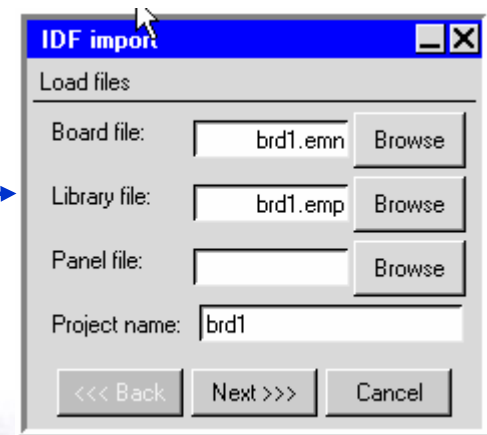
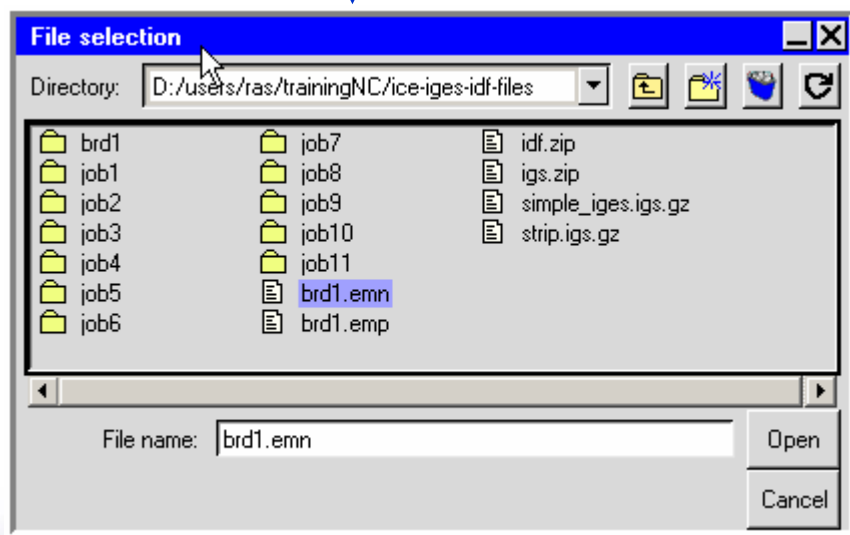
- 对从ECAD导入Icepak 的特征进行更多控制

# 把IDF文件导入Icepak



在File/Importand菜单中点击IDF file

- 这将打开Import IDF file面板指定用于board,library和panel的文件,
  - 点击粉色的Browse按钮,弹出选择窗口,然后选择文件
- 输入一个工程名(或使用Icepak分配的缺省工程名)
- 点击NEXT继续指定导入特征的细节
  - Icepak会自动发现所使用的IDF是哪一个版本



# 导入说明 Import Specification

选择Board的方位

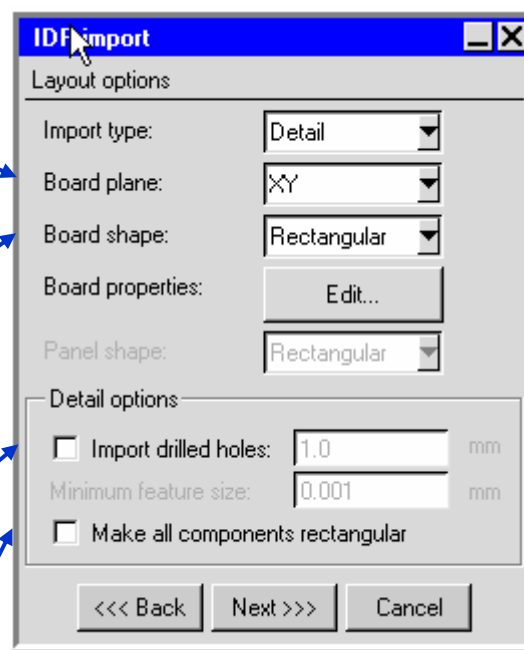
多边形变成矩形

导入钻孔 (Drilled Holes):

指定孔的大小,该值的孔将被忽略

把多边形组件转化为棱柱

点击Next 继续



导入类型

简单Simple – 只导入Board, 不需要另外的输入量,点击next 完成导入

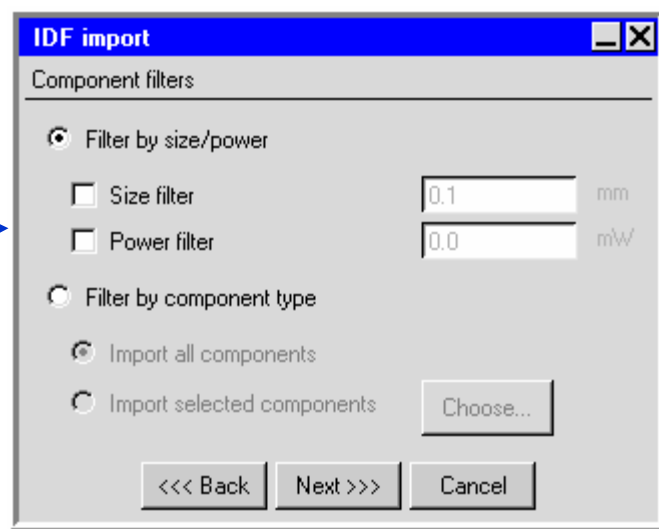
详细Detailed - Board 的特征和组件

最小特征大小Minimum feature size- 仅用于多边形导入

小于特征大小的模型将被忽略

# 详细导入中的附加导入

保证组件的大小大于指定值的大小



或保证组件的功耗大于指定值的大小  
- 仅包括导入的热学模型

点击 **Next** 继续

# 详细导入中的附加导入

选择组件模型和3D组件模型的高度

从文件导入数据或为每个组件给定值

围绕一个敏感的值 eg: 该例中 5mm

Model all components as: 3d blocks

Choose specific component model:

Load data from file Browse...

Specify values

Selected components:

Model using: 3d blocks

Rjc C/W

Rjb C/W

Power W

Apply

Cutoff height for modeling components as 3d blocks: 5.07999983744 mm

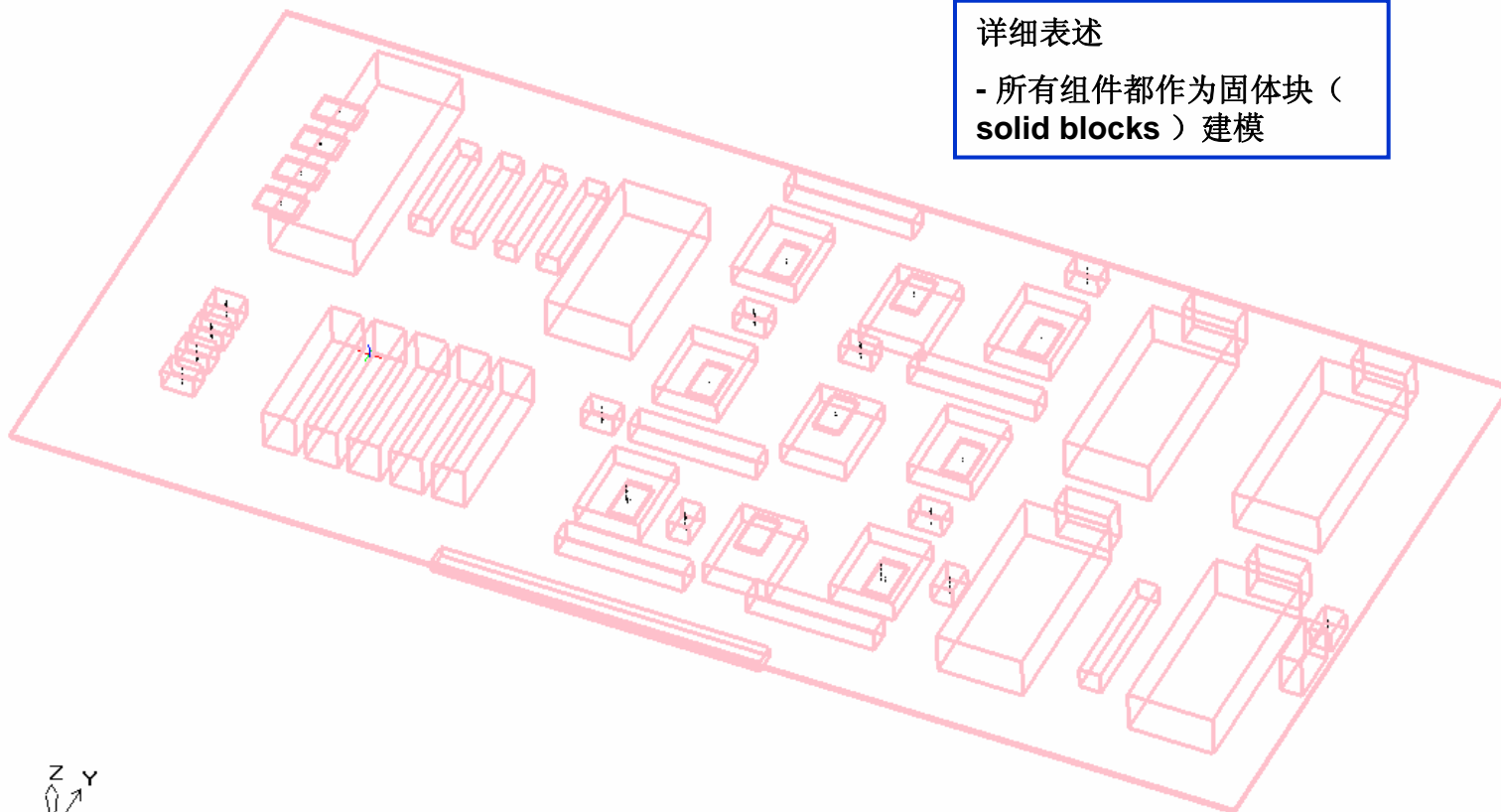
<<< Back Finish Cancel

点击Finish完成选择,创建board及其组件的Icepak模型

# 详细表述 (固体块) solid blocks

详细表述

- 所有组件都作为固体块 ( **solid blocks** ) 建模



# 详细表述 (热源) Sources

详细表述

- 所有的组件都作为平面热源建模

