

热桥线传热系数 Ψ 计算软件 PTemp

操 作 手 册

《民用建筑热工设计规范》编制组

中国建筑科学研究院建筑环境与节能研究院

2016 年 10 月

目 录

一、围护结构热桥软件开发背景及特点.....	1
二、界面组成.....	2
1、控制栏.....	2
2、工具条.....	2
3、绘图区.....	3
4、状态栏.....	3
三、构建模型.....	4
1、材料选择.....	4
2、输入计算模型几何尺寸.....	4
3、修改计算区域的属性.....	5
4、计算区域编号查询.....	7
5、边界条件的设置.....	8
6、快速构图.....	9
7、图形操作示例.....	11
四、热工计算.....	14
1、网格计算.....	14
2、标注矩形的边界信息.....	15
3、设定计算结束条件.....	16
4、计算温度场.....	16
5、温度分布图形的显示.....	17
6、计算线性传热系数.....	19
7、露点温度计算.....	22
五、联系我们.....	23

一、围护结构热桥软件开发背景及特点

《民用建筑热工设计规范》GB50176—2016 给出了完整的线传热系数的计算理论和方法。由于该方法需要计算温度分布，计算量巨大，已不可能采用手工计算的方式完成。中国建筑科学研究院建筑环境与节能研究院对围护结构热桥问题开发了专门的二维温度场计算软件，作为规范配套的热桥计算分析工具。本软件用 Visual C++ 6.0 开发而成。可以模拟多达 20 万个温度节点的二维空间温度分布，可以获取所模拟围护结构的温度分布、边界热流和露点温度等信息，并给出包含热桥部位的线传热系数，能够很好地处理建筑围护结构的热传导问题。

本软件的特点：

1. 针对各种节能墙体、窗户、屋面等不同部位以及热桥部位的传热问题，本软件建立了一系列解决稳定热传导问题的结构化格子法，包括基于二维离散网格问题的计算方法。

2. 基于上述所建立的热量扩散分析算法，本软件的计算速度快、精度高并且通用性强，可对各种节能墙体、窗户、屋面等不同部位的传热损失规律进行细化研究，特别是对外保温复合墙和夹芯复合墙主体部分的稳定热传导损失规律进行研究，认识清楚这两种墙体的主体部分受各种影响因素作用时的热传导损失规律。

3. 完全符合标准所提出的线传热系数的计算理论和方法的规定和要求，弥补以前使用的面积加权计算围护结构传热系数方法的缺陷，通过各种形式的热桥进行数值模拟，为建筑节能标准的贯彻执行和围护结构节点构造节能设计提供技术支持。

4. 对一些可能发生的缺少保温材料、孔洞和保温材料受潮等围护结构的热工缺陷情况进行数值模拟研究，进一步加深对含有热工缺陷的节能建筑的热工状况的认识，在节能建筑的热工缺陷检测分析方面开展有益的工作。

二、界面组成

1、控制栏

文件(F) 编辑(E) 查看(V) 矩形区域(R) 图形操作(P) 温度计算分析(T) 帮助(H)

将鼠标停留在控制栏上的选项上，单击鼠标左键，出现功能下拉菜单。

2、工具条



由许多工具块组成，操作时将鼠标放于需要的块上单击左键即可。工具条上的功能块分别是控制栏下拉菜单的宏观表现形式，即快捷方式，其操作分别对应控制栏下拉菜单中的相应操作。

3、绘图区

屏幕中白色区域，用于绘制模型。

4、状态栏

当前窗口左下角坐标：X=0 Y=0	X = 3430	Y = 160
-------------------	----------	---------

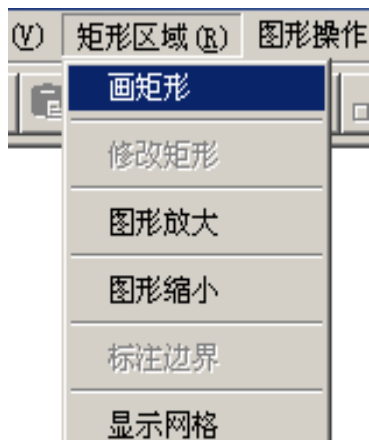
显示当前鼠标在构图区域的具体坐标位置。


三、构建模型

PSI 计算软件构建矩形模型。

1、材料选择

单击控制栏中的“矩形区域 (R)” – “画矩形”



或者单击工具条中的  控件，这时将弹出图一“材料选择”对话框如下：



图一

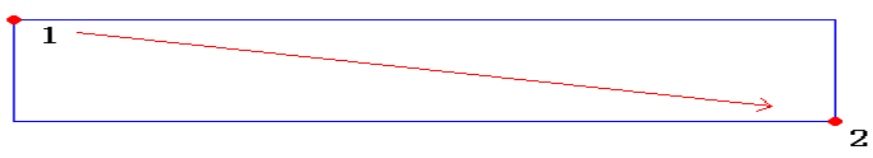
系统提供了“钢筋混凝土”、“混凝土空心砌块”、“加气混凝土”、“聚苯板”、“水泥砂浆”、“保温砂浆”六种可供选择的材料，并分别赋予了相应的导热系数和容重。如果需要其它类型材料时，可以自定义。




2、输入计算模型几何尺寸

选择该矩形的构成材料后，单击确定按钮。然后就可以在绘图区域画矩形了，画矩形时，无需在拖动鼠标的同时压住左键，点击一下左键确定矩形的起点，拖

动鼠标到矩形的另一个对角点，第二次点击左键，便完成了画矩形。画完一个矩形，程序自动将该矩形的起始点坐标自动取整到 10 毫米级。（如下图，在点 1 处单击鼠标左键一下，然后拖动鼠标到点 2 处再单击一下鼠标左键，于是便完成了一个矩形）




3、修改计算区域的属性

当画完一个矩形后，将鼠标放于矩形中，单击右键，或者选择后左键单击该矩形区域，将弹出如下图所示的“修改所选矩形区域属性”对话框。



说明：

- ① 当画出一个矩形后，系统自动赋予该矩形一个编号，如上图左上角 ，以方便以后查询。
- ② 如“修改所选矩形区域属性”对话框左上角所示：



网格选项中的 NX 数值 表示将我们所画矩形的

X 方向既水平方向分为了多少小单元，每一小单元的 X 方向宽度为 dx 中的数值。
既：

$$dx = \text{矩形 X 方向上的总长度} / NX$$

同理，矩形在 Y 方向既竖直方向上与上述相同，既：

$$dy = \text{矩形 Y 方向上的总长度} / NY$$

③ “修改所选矩形区域属性”对话框中还给出了该矩形的材料情况，这与前面画矩形时所选择的材料是对应的，当我们画完矩形后，也可以在这里对矩形材料进行修改。

材料名称: 钢筋混凝土

导热系数: 1.74 W/(m*K)

容 重: 2500 kg/(m*m*m)

比 热: 0 kJ/(kg*K)

材料列表:

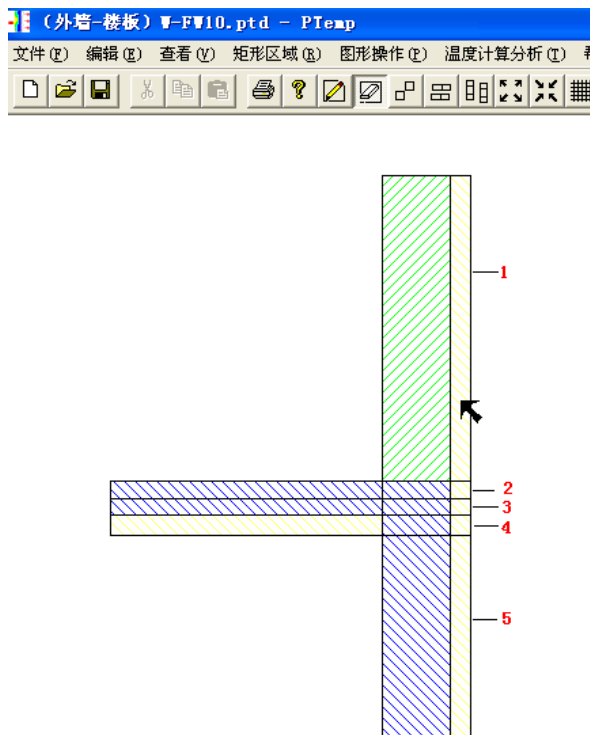
- 钢筋混凝土
- 混凝土空心砌块
- 加气混凝土
- 聚苯板
- 水泥砂浆
- 保温砂浆
- ??

④ 坐标及边界：矩形区域边界分为左右上下。

坐标:		边界条件:		放热系数:	温度:	热流:
mm				W/(m*m*K)	C	W/m*m
左	640	宽 1000	内部边界	?	0	0
右	1640		内部边界	?	0	0
上	1130	高 60	内部边界	?	0	0
下	1070		内部边界	?	0	0

可以通过修改矩形的左右上下的起始坐标来改变它在画图区的位置（修改矩形的坐标时，点击坐标框边上的 \uparrow 或 \downarrow 按钮，坐标增减 1。按住 **Ctrl** 的同时点击 \uparrow 或 \downarrow 坐标增减 10。按住 **Shift** 的同时点击 \uparrow 或 \downarrow 坐标增减 100mm。按住 **CapsLock** 的同时点击 \uparrow 或 \downarrow 坐标增减 0.5）。也可以在宽和高选项中输入相应数值来改变矩形的大小，但只能输入整数值。

⑤修改边界属性的不同方法



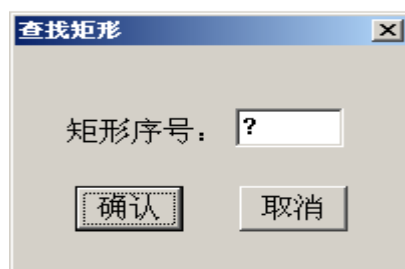
按下工具条上“橡皮”按钮，然后将鼠标移至图中箭头所示区域：

如果点击鼠标左键，弹出矩形属性对话框，如果修改了该矩形的右边界的边界条件（边界条件的类别、边界温度、边界热流、边界的放热系数、边界的外界气温），那么关闭对话框后，图形的一整条边界都会自动作相同的修改。（即在图中改了 1，2、3、4、5 自动修改）；

如果点击鼠标右键，则只修改一个矩形的边界。

4、计算区域编号查询

以后可以单击“矩形区域 (R)” - “查找矩形”可以进行对应编号 NO 的矩形查询。



只需输入需要查询的矩形序号，单击确定按钮，系统便会用其它颜色标出所查询的矩形区域。



5、边界条件的设置

一般设置：

当边界相邻内部空间和外部空间，即与流体接触时，定义为“第三类边界”。其中与外部空间相邻时，放热系数一般为 $23.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ；与内部空间相邻时，放热系数一般为 $8.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

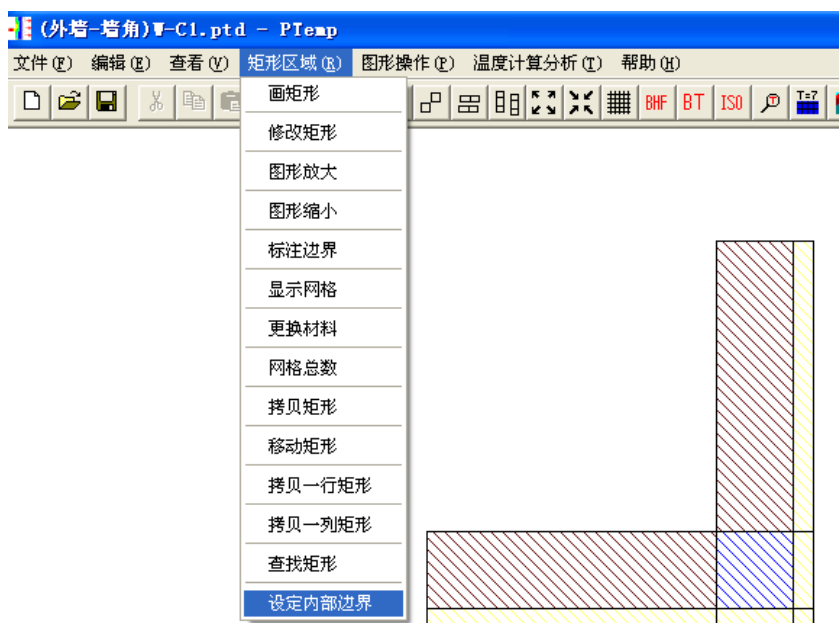
当边界与其它材料层相邻时，定义为“内部边界”。

当给出边界上任何时刻的温度分布时，定义为“第一类边界”。

当给出边界上任何时刻的热流密度时，定义为“第二类边界”。

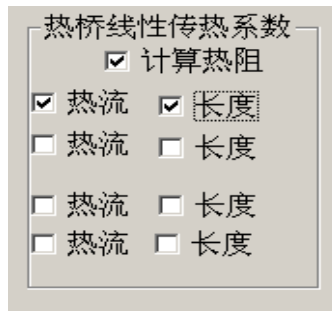
设定内部边界：

点击“矩形区域 (R)”然后点击“设定内部边界”，可将所有矩形两两相交的边界自动设定为内部边界。




线传热系数计算边界条件设置：

在矩形区域属性对话框中增加了计算 Ψ 所需的内容，提供计算 Ψ 时是否需要计算本区域的热阻（传热系数）、是否需要计算某条边界的长度、是否需要计算某条边界上的热流 3 项选择。

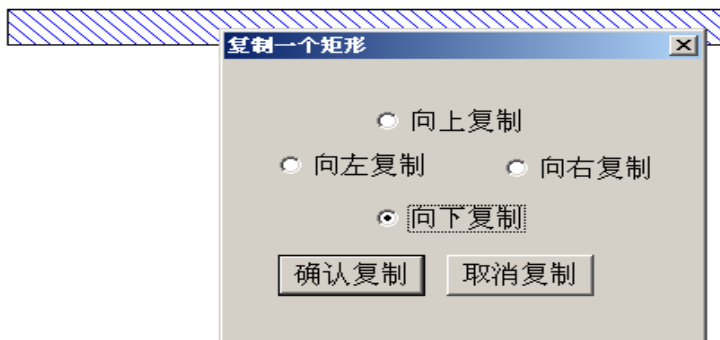
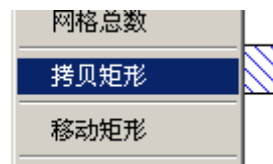


6、快速构图

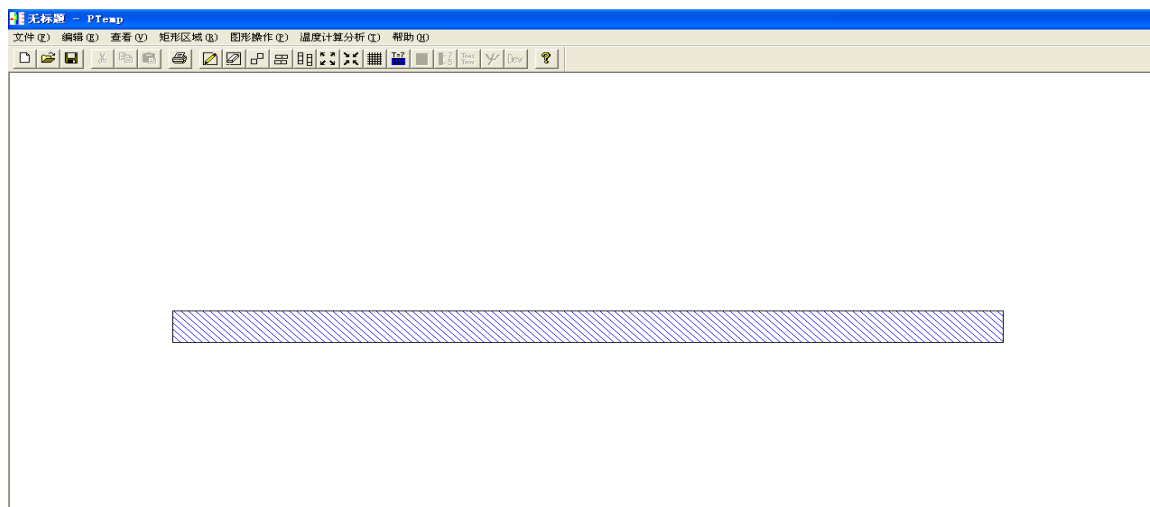
矩形复制：

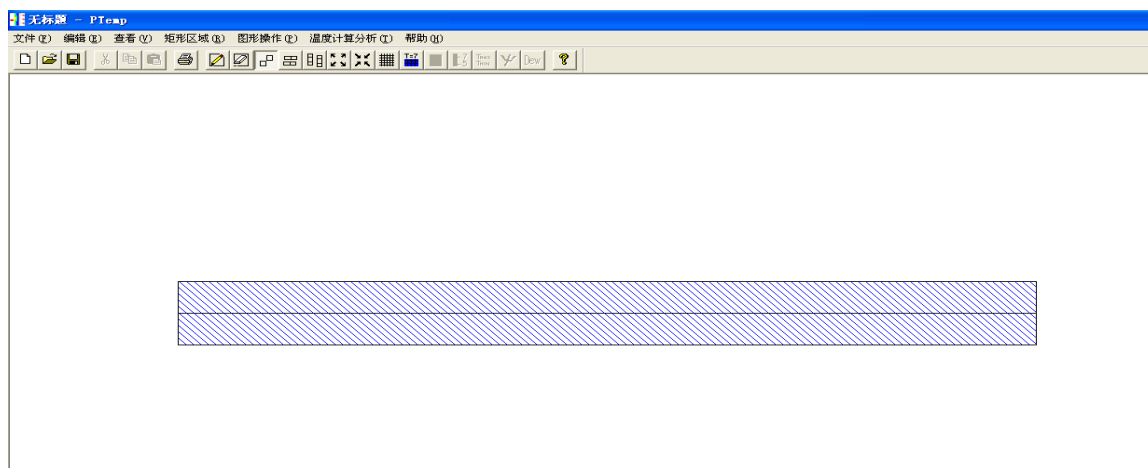
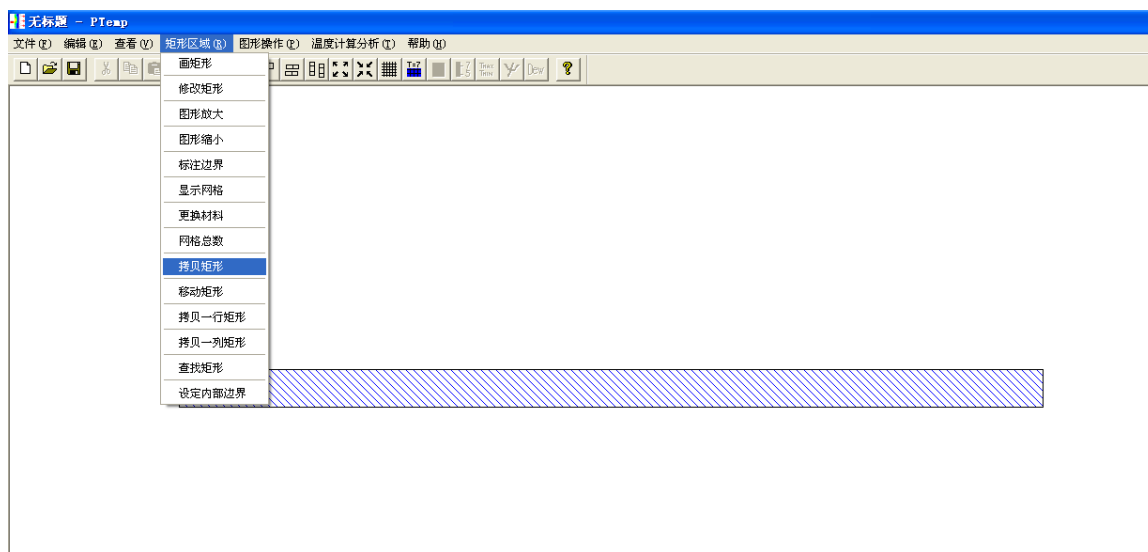
一个模型由多个矩形区域组成，可以逐个的画，但很麻烦。我们可以通过控制栏“矩形区域（R）”下拉菜单和工具条中的来方便的完成构图。

点击“矩形区域（R）”下拉菜单中的“拷贝矩形”，然后用鼠标左键单击需要拷贝的一块矩形，此时系统将弹出一个对话框提示你需要将该矩形向哪个方向拷贝。



选定方向后点击“确认复制”按钮，则很方便的扩展出一个新的矩形，反复进行此操作则最终可以构建出一个我们需要的模型。演示如下：





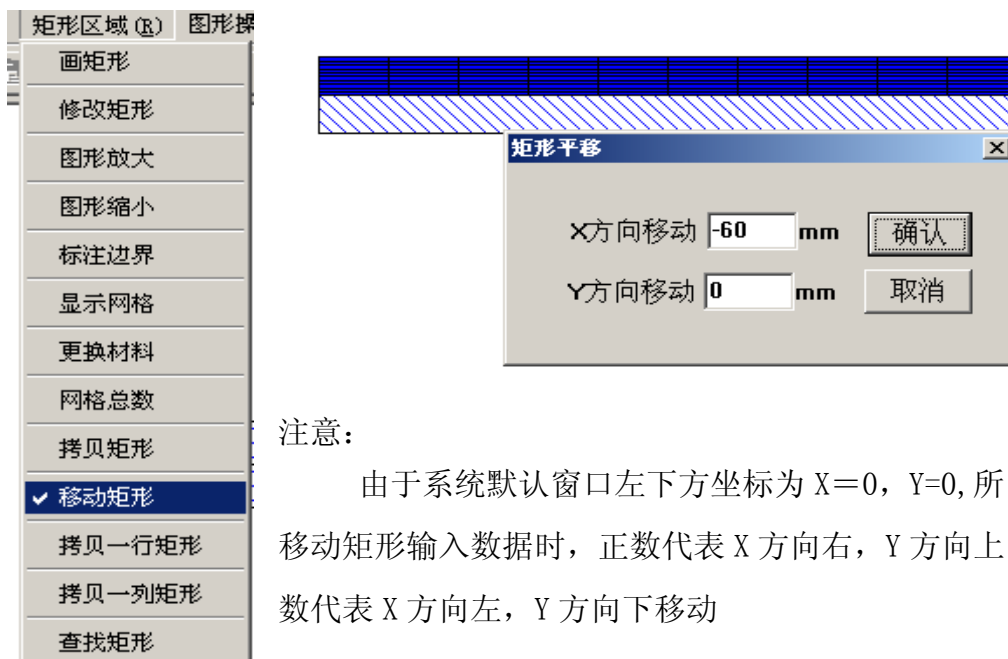
系统还提供了更为精确的矩形拷贝方法，既向上下“拷贝一行矩形”和向左右“拷贝一列矩形”。拷贝复制完成后的矩形也分别有各自的序号，也可通过上述的方法进行拷贝复制。

所有的矩形画完后，需要依次对它们的属性进行设置和检查（上述修改所选矩形区域的属性操作），特别是其边界条件的设置。如果有所疏忽，则不必担心，在以后的计算中，系统会自动提醒你哪个编号的矩形出现了哪种错误，此时我们也可以再对其进行修改。

矩形移动：

前面讲过了可以通过修改矩形的坐标来移动该矩形，系统还提供了另一中更加直观的方法来移动矩形。点击““矩形区域 (R)”下拉菜单中的“移动矩形”项，然后用鼠标左键单击需要移动的矩形，则此时将弹出一个对话框，在 X 和 Y


方向上输入相应的数据，则可以将蓝色选定矩形进行移动。



注意：

由于系统默认窗口左下方坐标为 $X=0$, $Y=0$, 所以在移动矩形输入数据时，正数代表 X 方向右， Y 方向上；负数代表 X 方向左， Y 方向下移动

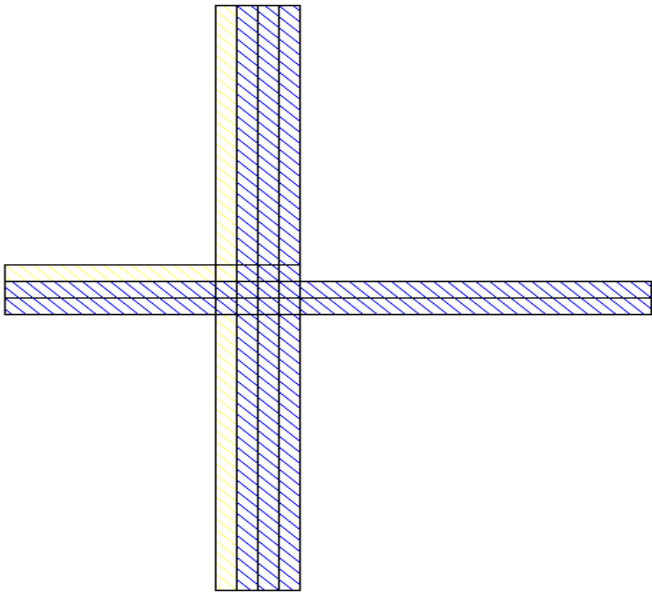
图形的放大缩小

一个模型完成后，如果整体尺寸在屏幕上不便于观察，可以通过工具条中的  来放大和缩小图形。当然也可点击“矩形区域 (R)”下拉菜单中的“图形放大”“图形缩小”来进行调节。

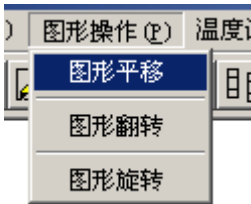
7、图形操作示例

当一个由多个矩形构成的模型建立以后，有时需要对整个模型的位置、方向进行调节，这是如果按照前面所讲的移动矩形的方法依次改变矩形的位置显然是相当麻烦的。所以控制栏中的“图形操作 (P)”选项就很方便了。

如：我们建立了封闭阳台外保温的模型



①如果点击“图形平移”



则弹出一个对话框

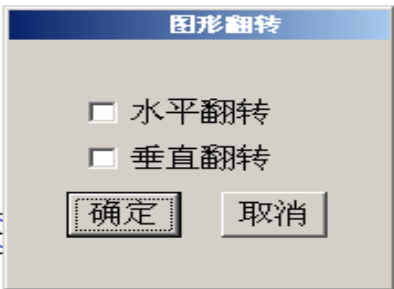


与前面所述的“矩形平移”操作一样，输入需要移动的数值，则可以将模型整体进行相应的移动。

②如果点击“图形翻转”

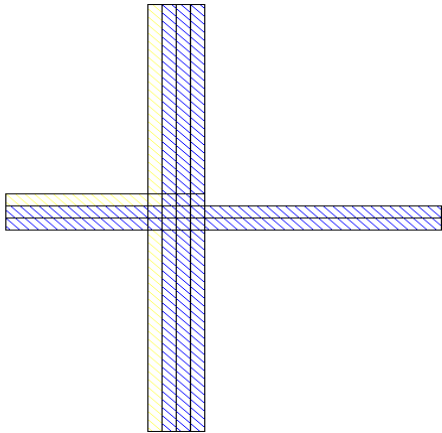


弹出一个对话框：

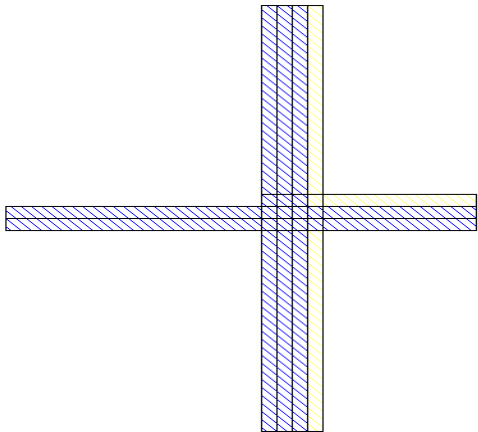


对比原模型，分别选择“水平翻转”和“垂直翻转”，可见其位置的变化如下：

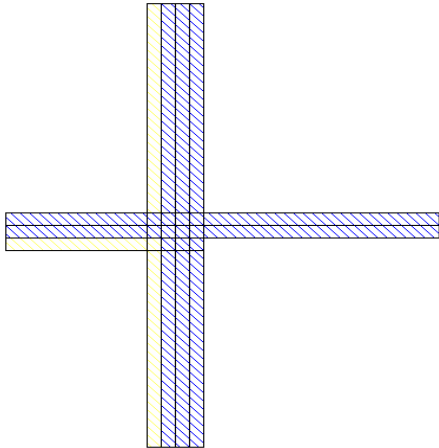
原模型：



水平翻转后：



垂直翻转后



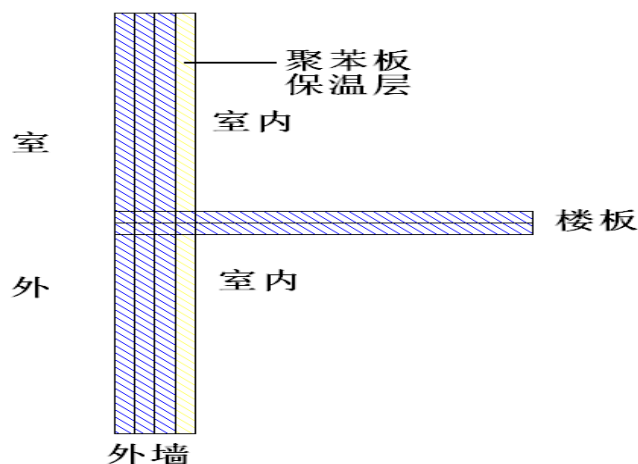
③如果点击“图形旋转”




则每用鼠标左键点击一次
模型就在顺时针方向上旋九十度。

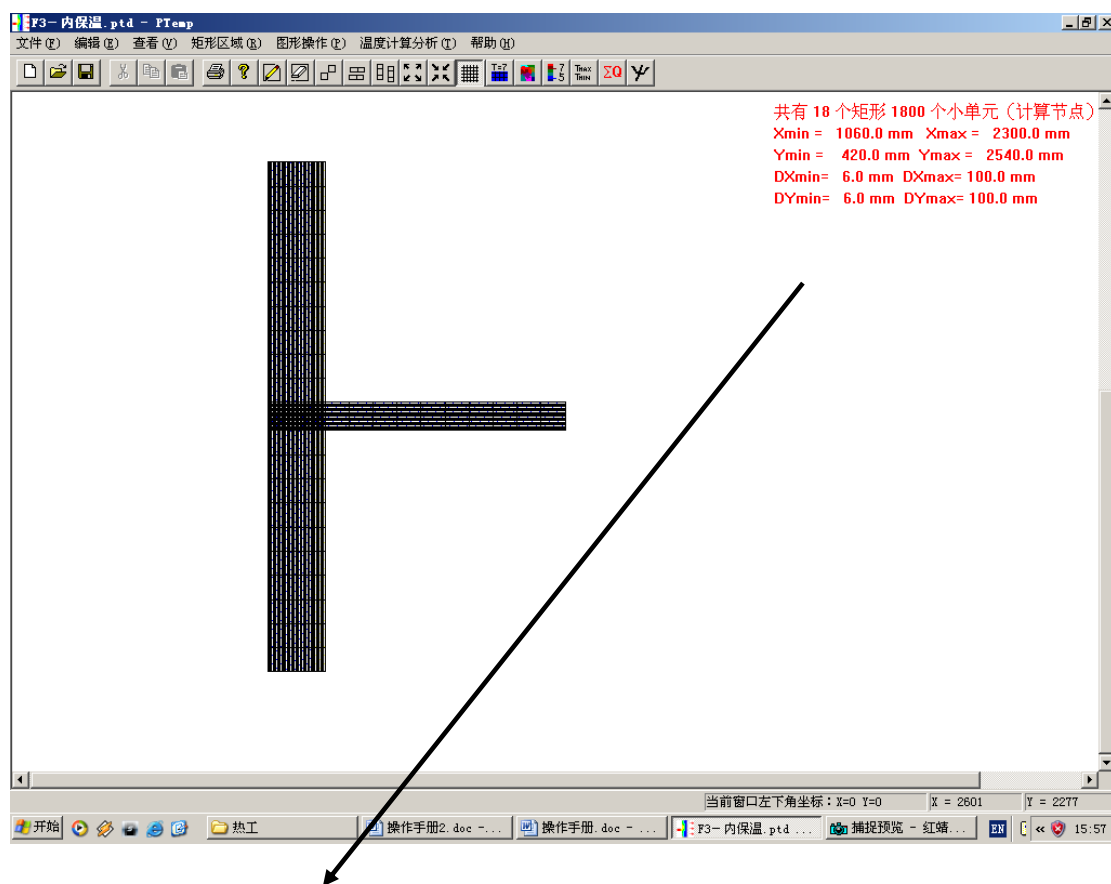
四、热工计算

这里以“外墙与楼板内保温处理模型”为例。模型如下：



1、网格计算

当一个模型建成后，可以通过点击控制栏“矩形区域 (R)”下拉菜单中的“显示网格”或者工具条中的按钮，将在屏幕右上角自动显示模型的网格信息。



共有 18 个矩形 1800 个小单元 (计算节点)

Xmin = 1060.0 mm Xmax = 2300.0 mm

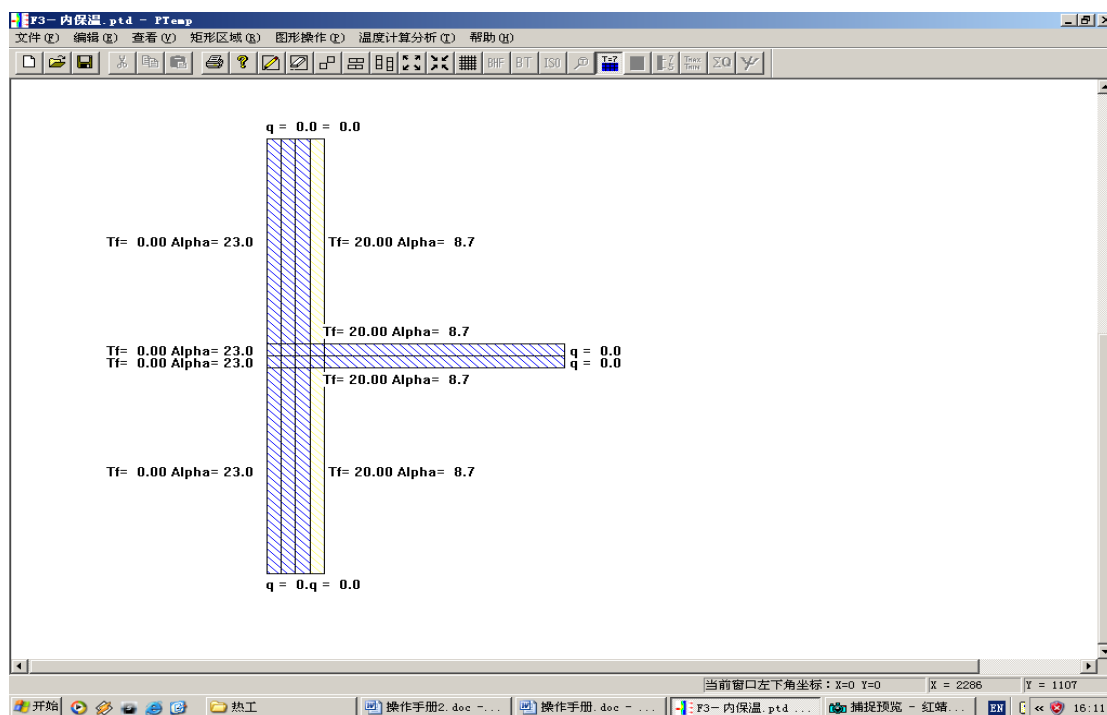
Ymin = 420.0 mm Ymax = 2540.0 mm

DXmin = 6.0 mm DXmax = 100.0 mm

DYmin = 6.0 mm DYmax = 100.0 mm

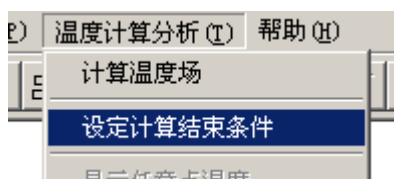
Y_{\max} 表示模型 Y 方向上的最大坐标

DYmin 表示模型 Y 方向上的最小单元长度, DYmax 表示模型 Y 方向上的最大单元长度;



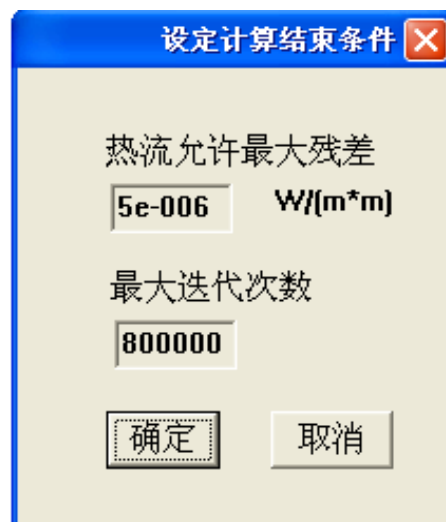
3、设定计算结束条件

点击控制栏中的“温度计算分析 (T)” - “设定计算结束条件”。



将会弹出一个对话框：我们可以在上面设定热流允许最大残差和最大迭代次数，来设定将要进行的计算结束条件。

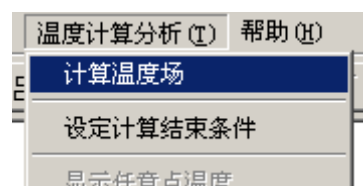
目前提供的软件允许最大残差和最大迭代次数是固定不变的。

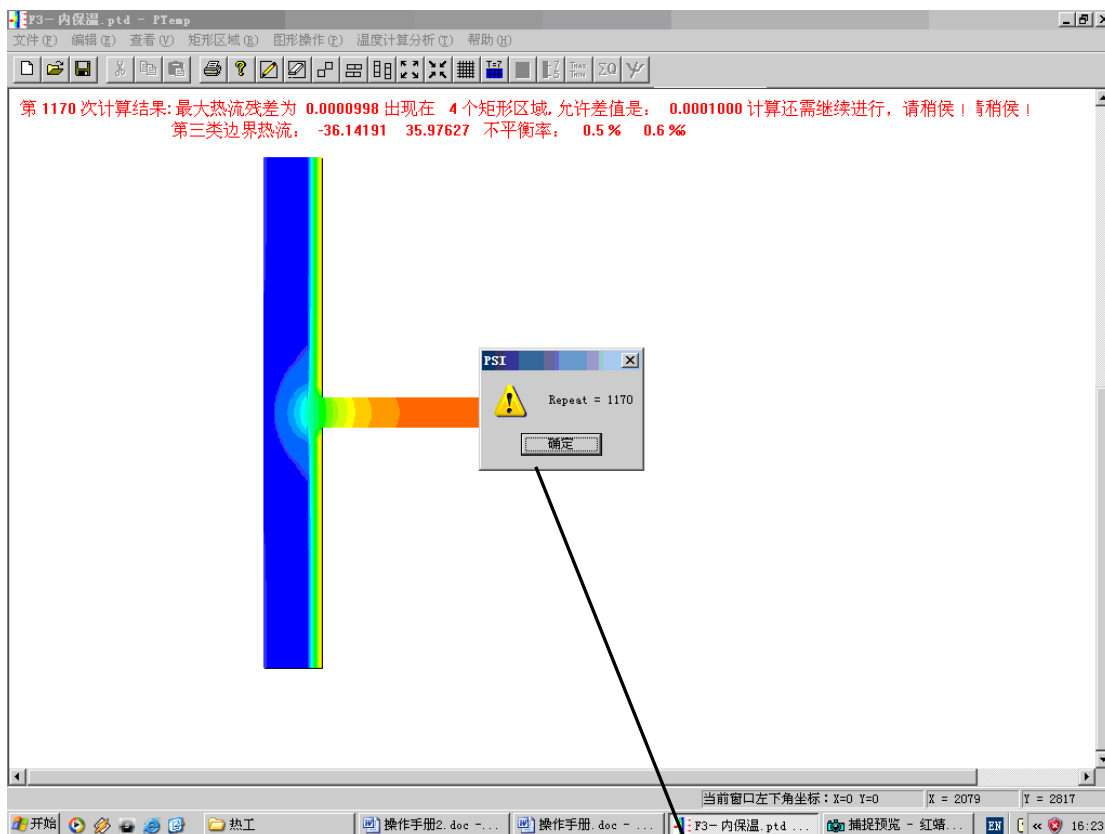


4、计算温度场

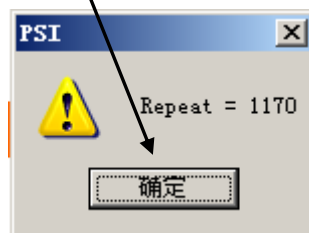
点击控制栏中的“温度计算分析 (T)” - “计算温度场”

则系统开始进行模型的温度计算分析




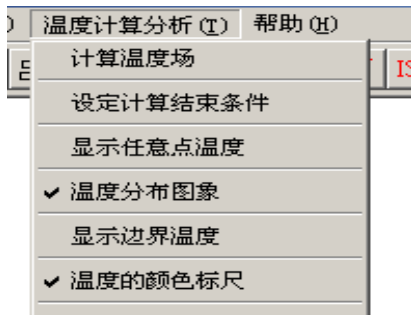


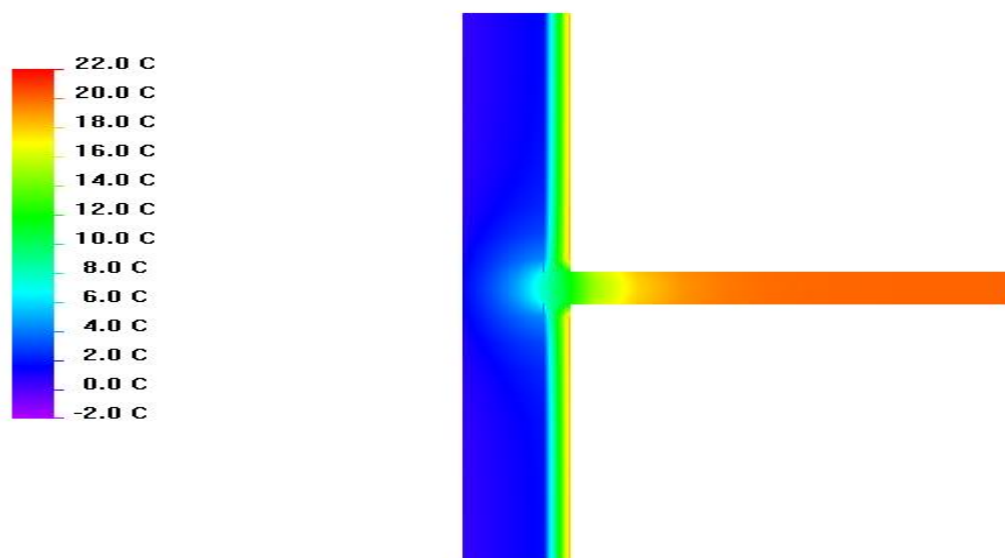
其计算过程用红色显示于屏幕上方。当计算结束后，将弹出屏幕中间所示的一个对话框，点击“确定”按钮。




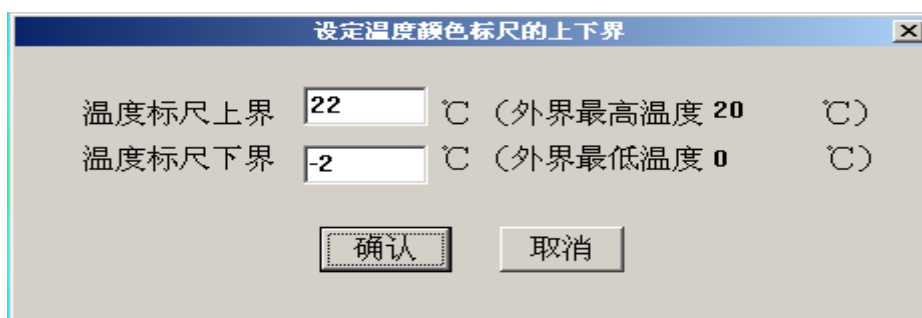
5、温度分布图形的显示

计算完成后，我们可以看见工具条中的被自动按下，控制栏中的“温度计算分析 (T)”下拉菜单中的“温度分布图象”和“温度颜色标尺”对应自动打上了对勾。也即是说此时的模型被用温度颜色形象的表示出来了。






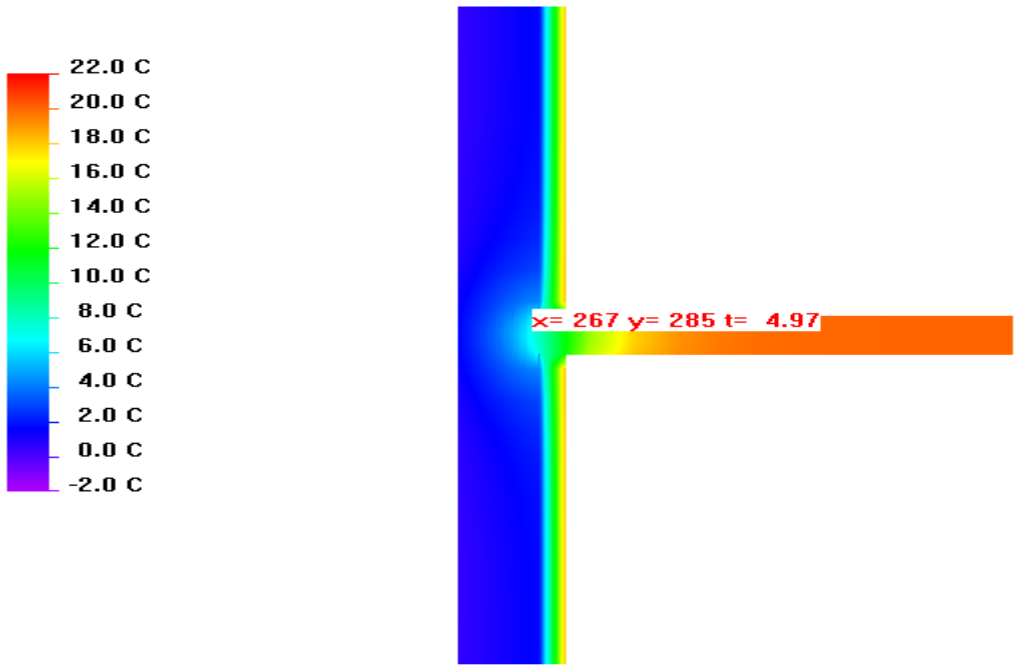
我们可以通过在“温度计算分析 (T)”下拉菜单中的“温度颜色标尺的上下限”旁打对勾或则点击工具条中的  来自定义温度颜色标尺的上下限。



前面已经说过了工具条是控制栏的快捷方式，二者具有相同的操作。这里对控制栏中的“温度计算分析 (T)”下拉菜单和对应的工具条按钮分别进行说明。



“温度分布图像”对应, 点击后, 将显示出整个计算区域的温度场分布;



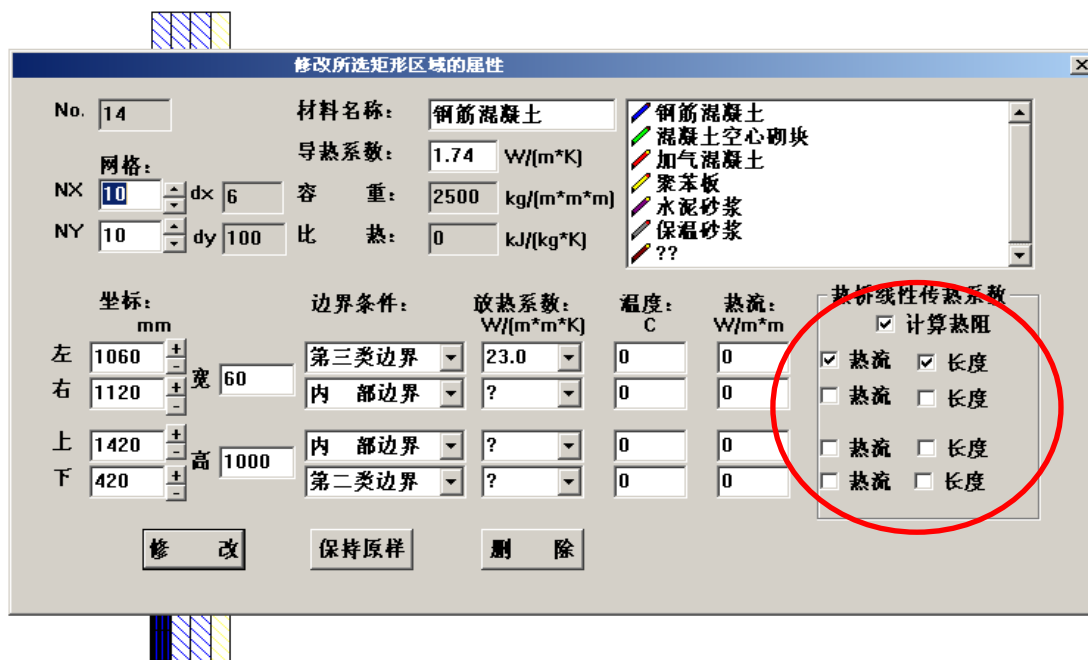
6、计算线性传热系数

建筑外围护结构中, 墙角、窗间墙、凸窗、阳台、屋顶、楼板、地板等处形成的热桥称为结构性热桥。结构性热桥对墙体、屋面传热的影响利用线性传热系数 ψ 来描述。

在矩形区域属性对话框中增加了计算 ψ 所需的内容, 提供计算 ψ 时是否需


要计算本区域的热阻（传热系数）、是否需要计算某条边界的长度、是否需要计算某条边界上的热流 3 项选择。

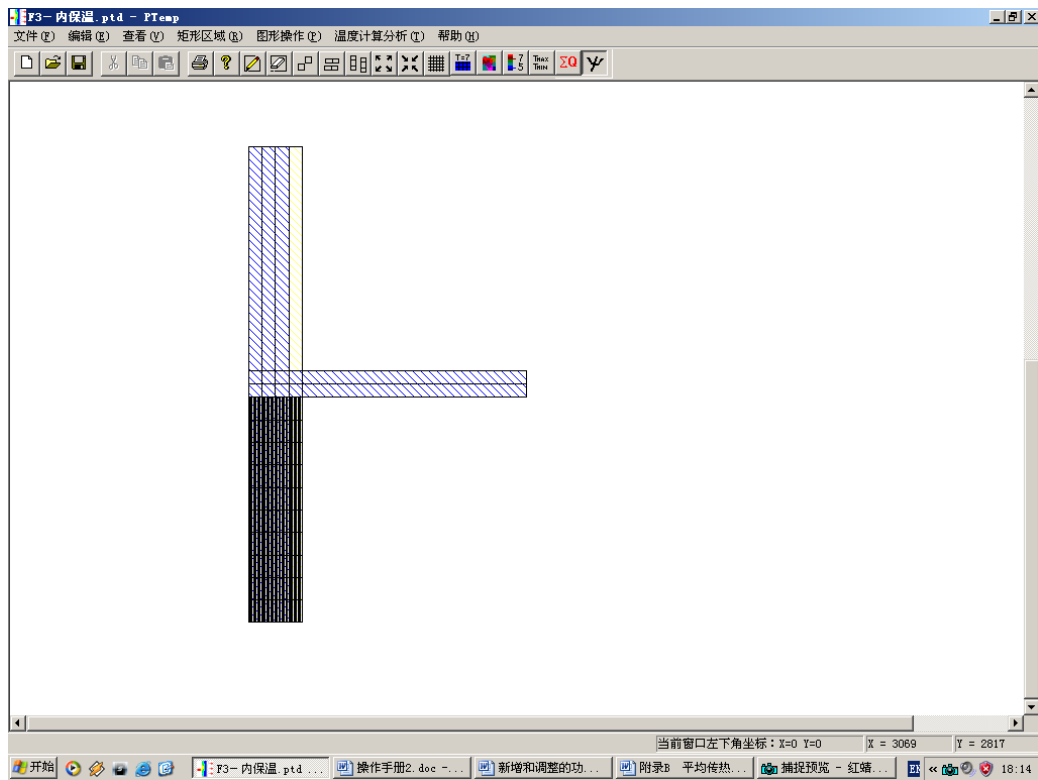
需要注意，热阻只是计算主体墙体热阻，不要重复计算。这是为了计算主体墙体传热系数。边界长度是指墙体立面高度。计算热流的边界是指与室外空气接触的墙体表面。需要计算长度的边界与需要计算热流的边界可能不同。



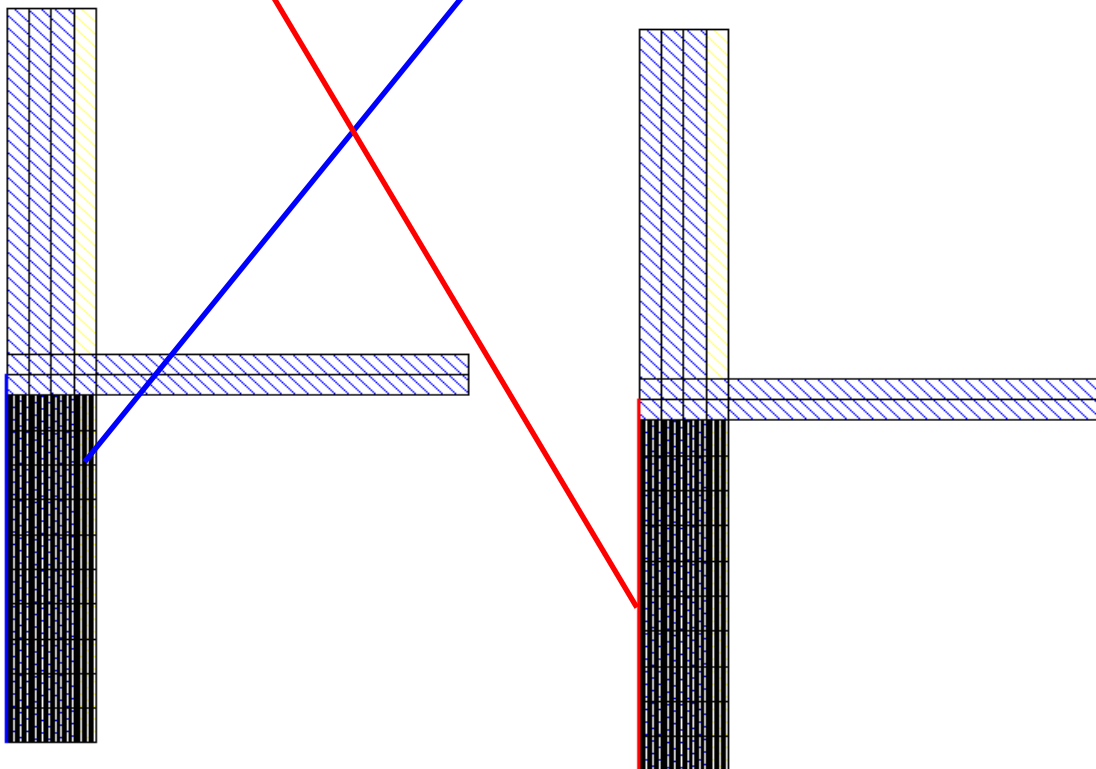
在工具条中提供计算“ ψ ”的按钮。



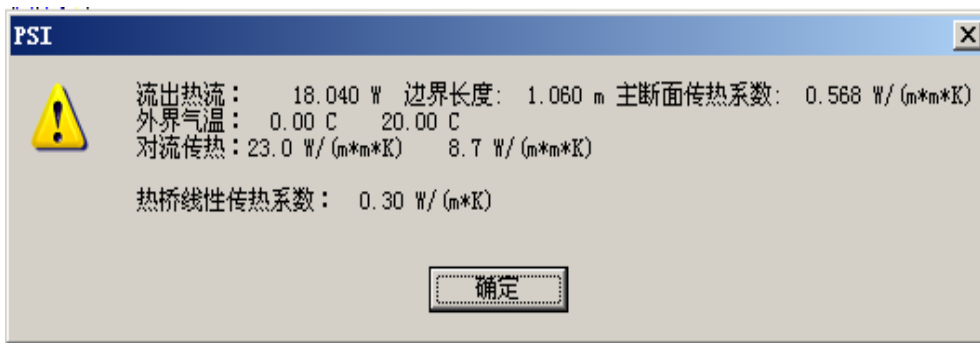
计算完温度场后，点击 。先显示计算主断面传热系数涉及的矩形（黑色的区域），如下图：



两秒钟后显示计算 ψ 时涉及的边界（蓝色线条），又两秒钟后显示计算 ψ 时涉及的统计热流的边界（红色线条），




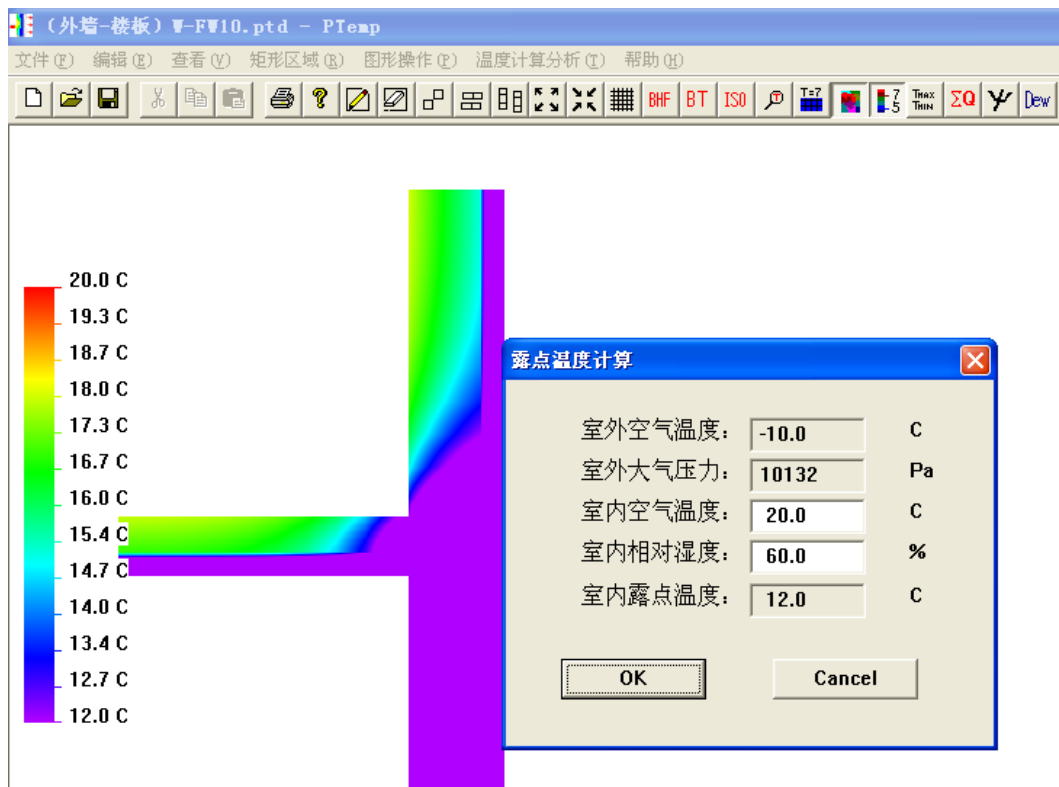
最后显示数值。



7、露点温度计算

计算完成后，可以显示计算条件下的露点温度分布。

点击工具条上  按钮，弹出露点温度计算对话框，点击对话框的“确认”按钮，程序自动给出室内露点温度值，并在温度场分布图中显示出露点温度以上的区域和温度分布，温度颜色标尺的下限自动设定为露点温度。



五、联系我们

如有意见或建议可以随时联系我们。

联系人：董宏

中国建筑科学研究院建筑环境与节能研究院

地址：北京市朝阳区北三环东路 30 号

联系电话：010-88366046

邮编：100013

Email: dh_ong@126.com

----- 完 -----