



PHTC

帮助文档

傅秋华 娄军峰

濮阳濮耐高温材料（集团）股份有限公司



## 欢迎使用 PHTC 传热计算软件

PHTC 传热计算软件是一款计算高温容器内壁传热的工具软件，界面友好，操作简单。

您将从本帮助文档里了解到 PHTC 软件的主要内容。

[传热学理论与原理](#)

[术语](#)

[安装 PHTC 软件](#)

[PHTC 软件界面介绍](#)

[PHTC 软件操作](#)

[示例](#)

[版权说明](#)

## 传热学理论与原理（自然科学分支）

传热学（heat transfer），是研究热量传递规律的科学，是研究由温差（temperature difference）引起的热能传递规律的科学。大约在上世纪 30 年代，传热学形成了独立的学科。

凡是有温度差的地方，就有热量自发地从高温物体传向低温物体，或从物体的高温部分传向低温部分。由于自然界和生产技术中几乎到处存在着温度差，所以热量传递就成为自然界和生产技术中一种非常普遍的现象。

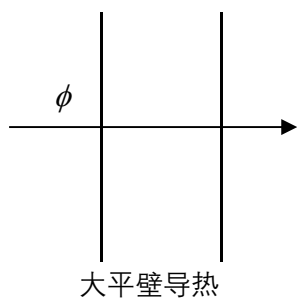
传热学的作用是利用可以预测能量传递速率的一些定律去补充热力学分析，因后者只讨论在平衡状态下的系统。这些附加的定律是以 3 种基本的传热方式为基础的，即导热、对流和辐射。传热学是研究不同温度的物体或同一物体的不同部分之间热量传递规律的学科。

在工程领域，传热学通常与热力学一起被称为热科学。

### 一、传热的基本方式

传热的基本方式有热传导、热对流和热辐射三种。

1、热传导是指在不涉及物质转移的情况下，热量从物体中温度较高的部位传递给相邻的温度较低的部位，或从高温物体传递给相接触的低温物体的过程，简称导热。



$$\textcircled{1} \quad \phi = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t A \quad \text{或} \quad q = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t$$

A—面积， $m^2$

$\delta$ —壁厚，m

$\lambda$ —导热系数， $W/m \cdot ^\circ C$

$\Delta t$ —温差， $^\circ C$

②导热热阻

$$q = \frac{\text{温度差} \Delta t}{\text{热阻} R_t}$$

$$R_t = \frac{\delta}{\lambda}$$

③ $\lambda$ 的物理意义：具有单位温差的单位厚度物体，在它的单位面积上每单位时间的导热热量， $W/m \cdot ^\circ C$

从微观角度来看。气体、液体、导电固体和非导电固体的导热机理是有所不同的。

(1) 气体中，导热是气体分子不规则热运动时相互碰撞的结果。众所周知，气体的温度越高，其分子的运动动能越大。不同能量水平的分子相互碰撞的结果，使热量从高温处传到低温处。

(2) 导电固体中有相当多的自由电子，它们在晶格之间像气体分子那样运动。自由电子的运动在导电固体的导热中起着主要作用。

在非导电固体中，导热是通过晶格结构的振动，即原子、分子在其平衡位置附近的振动来实现的。

(3) 至于液体中的导热机理，还存在着不同的观点。有一种观点认为定性上类似于气体，只是情况更复杂，因为液体分子间的距离比较近，分子间的作用力对碰撞过程的影响远比气体大。另一种观点则认为液体的导热机理类似于非导电固体。

2、热对流是指不同温度的流体各部分由相对运动引起的热量交换。工程上广泛遇到的[对流换热](#)，是指流体与其接触的固体壁面之间的换热过程，它是热传导和热对流综合作用的结果。影响对流换热强度的主要因素有流体流动的起因、流动状态、流体物性、流体物相变化、壁面的几何参数等。

①对流换热：流体与固体壁间的换热称为对流换热。

$$\text{对流换热量：} q = \alpha(t_w - t_f) \quad \frac{W}{m^2}$$

$t_w$ —固体壁表面温度， $^{\circ}\text{C}$

$t_f$ —流体温度， $^{\circ}\text{C}$

$\alpha$ —换热系数， $\frac{W}{m^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$

$$\text{②对流换热热阻：} q = \frac{\Delta t}{\frac{1}{h}} \quad R_a = \frac{1}{h}$$

③h的物理意义：单位面积单位温差、单位时间内所传递的热量。 $\frac{W}{m^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$

就引起流动的原因而论。对流换热可区分为[自然对流](#)与强制对流两大类。

(1) 自然对流是由于流体冷、热各部分的密度不同而引起的。暖气片表面附近受热空气的向上流动就是一个例子；

(2) 如果流体的流动是由于水泵、风机或其他压差作用所造成的，则称为强制对流。冷油器、冷凝器等管内冷却水的流动都由水泵驱动，它们都属于强制对流。

另外，工程上还常遇到液体在热表面上沸腾及蒸气在冷表面上凝结的对流换热问题，分别简称为沸腾换热及凝结换热，它们是伴随有相变的对流换热。

3、热辐射是指物体因自身具有温度而辐射出能量的现象。它是波长在0.1~100微米之间的电磁辐射，因此与其他传热方式不同，热量可以在没有中间介质的真空中直接传递。太阳就是以辐射方式向地球传递巨大能量的。每一物体都具有与其绝对温度的四次方成比例的热辐射能力，也能吸收周围环境对它的辐射热。辐射和吸收所综合导致的热量转移称为辐射换热。

自然界中各个物体都不停地向空间发出热辐射，同时又不断地吸收其他物体发出的热辐射。辐射与吸收过程的综合结果就造成了以辐射方式进行的物体间的热量传递—辐射换热。当物体与周围环境处于热平衡时，辐射换热量等于零、但这是动态平衡，辐射与吸收过程仍在不停地进行。

①辐射换热：物体间靠热辐射进行的热量传递称为辐射换热。

②平壁间辐射换热：
$$q = C_{1,2} \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] W/m^2$$

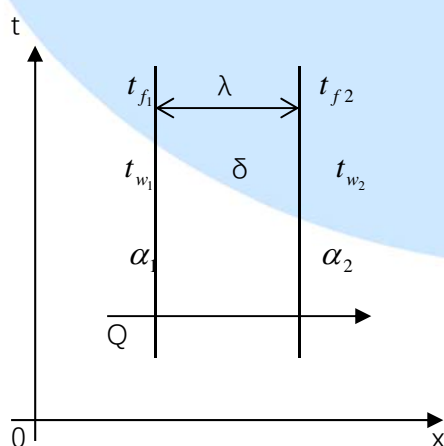
$C_{1,2}$ —辐射系数,  $W/m^2 \cdot K^4$

$T_1, T_2$ —表面间的温度, K

## 二、传热过程

实际传热过程一般都不是单一的传热方式，如火焰对炉壁的传热，就是辐射、对流和传导的综合，而不同的传热方式则遵循不同的传热规律。为了分析方便，人们在传热研究中把三种传热方式分解开来，然后再加以综合。

**传热过程**



1.热量从壁一侧的流体通过壁传递给另一侧流体，称为传热过程。

2.传热量：
$$Q = kA(t_{f1} - t_{f2}) \quad W$$

$K$ —传热系数,  $W/m^2 \cdot ^\circ C$

$A$ —传热面积,  $m^2$

$t_{f1}, t_{f2}$ —流体温度,  $^\circ C$

3.传热热阻：
$$R_k = \frac{1}{h_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{h_2}$$

介绍公式推导：

$$q = h_1(t_{f1} - t_{f2})$$

$$q = \frac{\lambda}{\delta}(t_{w1} - t_{w2})$$

$$q = h_2(t_{w_1} - t_{f_2}) \quad \Rightarrow \quad q = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{h_2}}(t_{f_1} - t_{f_2})$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{h_2}}$$

$$R_k = \frac{1}{k} = \frac{1}{h_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{h_2}$$

### 三、温度求解基本步骤

1、初始化温度：假设每个物理层的热阻相等，在已知热面冷面温度的情况下初始化各层最高温度和最低温度。

其中第三类边界热阻也与各物理层热阻相等；热阻层的热阻是确定的，所以不参与初始化步骤。

2、按照当前各层温度查询表格或者计算函数求得各层导热系数，并求取各层热阻。

由于各层不同区域温度也不同，求取该层导热系数时，采用离散该层的方法，将该层微分为 N 个子层，每次求取自己平均温度，查询导热系数，最后求取自己的热阻，由于各层是串联方式，热阻累加即为物理模型总热阻。

其中辐射热阻和对流换热热阻单独计算，并采用并联方式计算第三类边界总热阻。

上文中的 N 由“层微分参数”确定，默认参数 0 与参数 1 都代表不进行微分。



3、通过总热阻和温差求取热流量

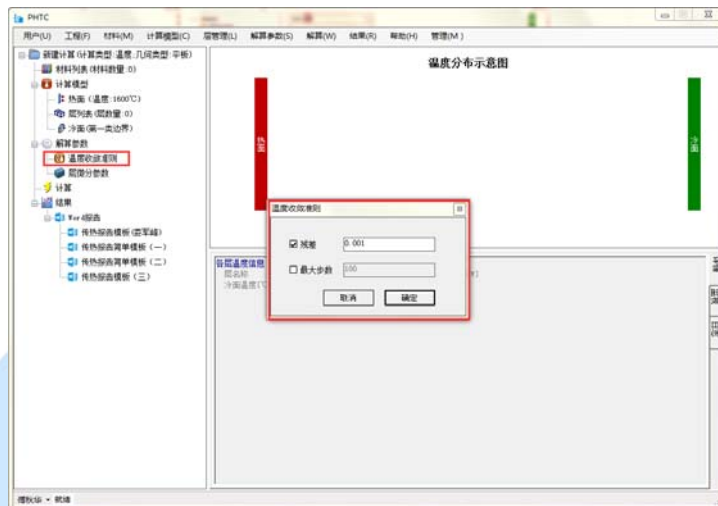
对于一、二类边界，温差直接取热面冷面温度差即可，第三类边界温差是由热面以及环境温度温差计算。

4、通过热流量以及各层热阻计算各层温度

本次各层温度与上次计算各层温度差的绝对值，称之为迭代残差，该值越小代表计算结果越准确。如果该值达到了收敛值 ResT，则停止计算，否则重复 2-4 步骤直到迭代残差达到 ResT 为止。

同时软件还可以设定 2-4 步骤循环的最多次数 CN，必须满足迭代残差小于 ResT，或者循环次数达到 CN 迭代计算都会停止。

ResT 和 CN 由温度收敛准则确定。



## 四、厚度求解基本步骤

- 1、按照用户设定初始目标层厚度  $l_0$  利用温度求解器计算目标值  $v_0$ 。
- 2、设定目标层厚度  $l_1 = l_0 + \delta$ ，利用温度求解器计算目标值  $v_1$
- 3、假设目标值随目标层厚度变化为线性，计算目标值随目标厚度变化的函数斜率以及截距。
- 4、通过第 3 步求得函数计算用户设定目标值  $V_c$  对应的目标层厚度  $l_2$
- 5、设定目标层厚度  $l_2$ ，利用温度求解器计算目标值  $v_2$
- 6、利用  $l_2$  和  $v_2$  修正目标值随目标层厚度变化的函数，并且计算当前目标层厚度与上次计算目标层厚度差的绝对值，我们称之为厚度计算迭代残差。
- 7、如果厚度计算迭代残差达到了收敛准则设定的值 ResL 则停止计算，否则重复 3-6 步骤，直到残差达到 ResL 为止。

同时软件还可以设定 3-6 步骤循环的最多次数 CN，必须满足迭代残差小于 ResL，或者循环次数达到 CN 迭代计算都会停止。ResL 和 CN 由厚度收敛准则确定。



## 术语

**传热**：传热（或作热传、热传递）是物理学上的一个物理现象，是热能从高温向低温部分转移的过程，传热有三种方式：热传导、热对流、热辐射。

**导热系数**：是指在稳定传热条件下，1m 厚的材料，两侧表面的温差为 1 度（K，C°），在 1 秒内（1s），通过 1 平方米面积传递的热量，单位为瓦/米·度（W/(m·K)，此处为 K 可用 C°代替）。

导热系数仅针对存在导热的传热形式，当存在其他形式的热传递形式时，如辐射、对流和传质等多种传热形式时的复合传热关系，该性质通常被称为表观导热系数、显性导热系数或有效导热系数（thermal transmissivity of material）。

此外，导热系数是针对均质材料而言的，实际情况下，还存在有多孔、多层、多结构、各向异性材料，此种材料获得的导热系数实际上是一种综合导热性能的表现，也称之为平均导热系数。

**热流量(热流)**：是一定面积的物体两侧存在温差时，单位时间内由导热、对流、辐射方式通过该物体所传递的热量。通过物体的热流量与两侧温度差成正比，与厚度成反比，并与材料的导热性能有关。单位面积的热流量为热流通量。稳态导热通过物体热流通量不随时间改变，其内部不存在热量的蓄积；不稳态导热通过物体的热流通量与内部温度分布随时间而变化。记为： $\Phi$ ；单位：瓦特（W）。热流量可以理解为流量的变化率， $\Phi = K_r A \Delta T / \Delta X$

其中  $K_r$  为传热系数， $A$  为物体的表面积， $\Delta T$  为物体两侧的温差， $\Delta X$  为物体的厚度。

**发射率**：指物体的辐射能力与相同温度下黑体的辐射能力之比称为该物体的发射率或黑度，也称为辐射率，比辐射率。凡是将辐射热全部反射的物体称为**绝对白体**，能全部吸收的称为**绝对黑体**，能全部透过的则称为绝对透明体或热透体。在应用科学中，常把吸收系数接近于 1 的物体近似的当作**黑体**。 $\epsilon$  介于 0~1 之间。**发射率一般取经验值：0.8。**

**壁面类型**：热学计算中，导热壁面分为平壁和圆筒壁，所以 PHTC 中壁面类型有平壁和圆筒壁之分。

**内壁半径**：如果当前壁面类型为圆筒壁，则需要指定内壁半径。

**热学边界**：计算一个算例之前，需要指定计算对象两个壁面的参数。如果已知壁面表面温度，则指定边界条件为表面温度；如果对象的壁面与流体相连，请指定热学边界为流体边界，事实上大多数情况如此。比如钢包内壁与钢水相连，外壁与空气相连。

**对流换热系数**：流体与固体表面之间的换热能力，比如说，物体表面与附近空气温差 1C°，单位时间（1s）单位面积上通过对流与附近空气交换的热量。单位为 W/(m<sup>2</sup>·C°)或 J/(m<sup>2</sup>·s·C°)。表面对流换热系数的数值与换热过程中流体的物理性质、换热表面的形状、部位、表面与流体之间的温差以及流体的流速等都有密切关系。物体表面附近的流体的流速愈大，其表面对流换热系数也愈大。如人处在风速较大的环境中，由于皮肤表面的对流换热系数较大，其散热（或吸热）量也较大。对流换热系数可用经验公式计算，通常用巴兹公式计算。在不同的情况下，传热强度会发生成倍直至成千倍的变化，所以对流传热是一个受许多因素影响且其强度变化幅度又很大的复杂过程。

对流换热系数的大致量级：

空气自然对流 5 ~ 25

气体强制对流 20 ~ 100

水的自然对流 200 ~ 1000



水的强制对流 1000 ~ 15000

油类的强制对流 50 ~ 1500

水蒸气的冷凝 5000 ~ 15000

有机蒸汽的冷凝 500 ~ 2000

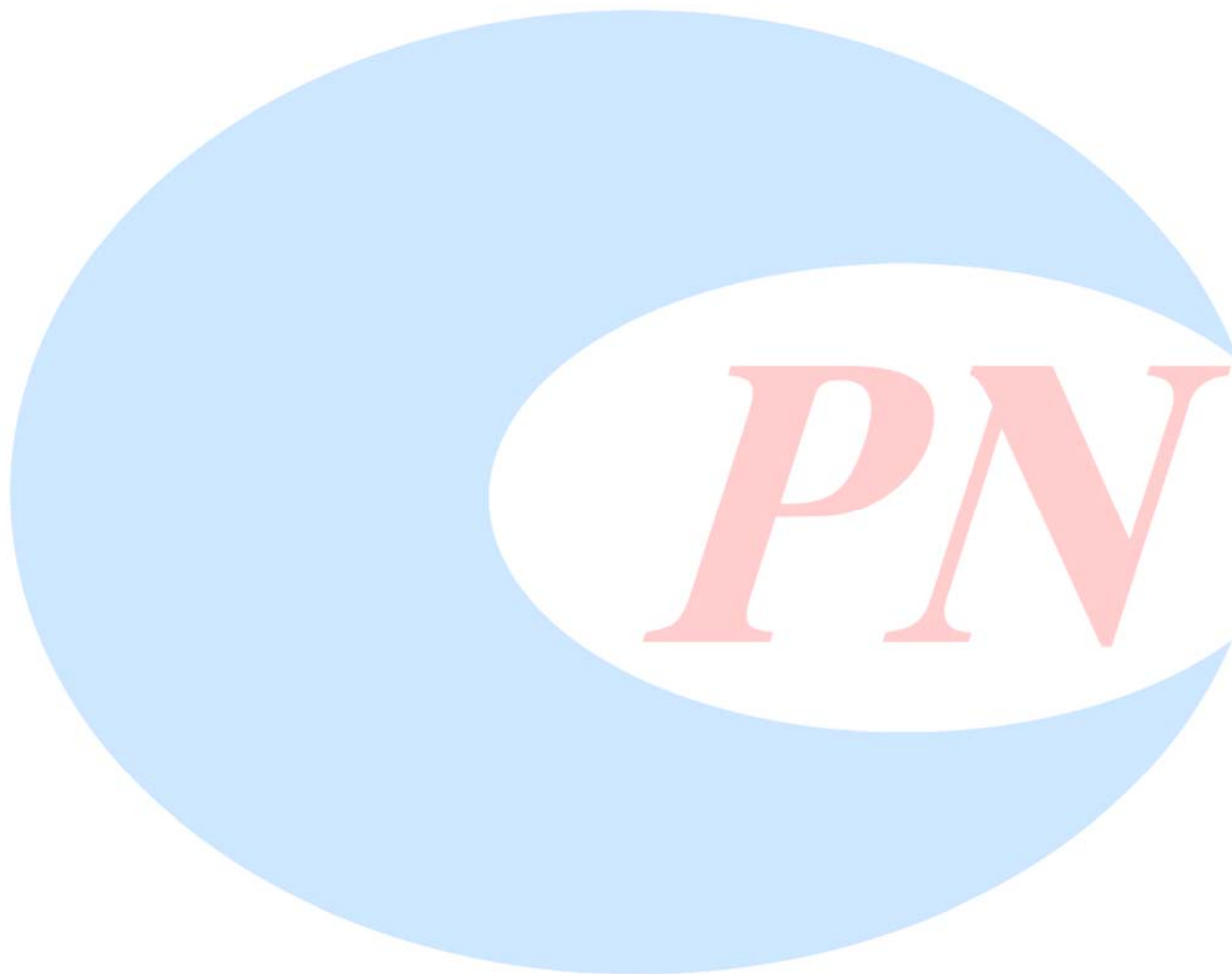
水的沸腾 2500 ~ 25000

在 PHTC 软件中，对流换热系数取值原则：

侧壁散热 取值 10

顶部散热 取值 15

底部散热 取值 5



## 安装 PHTC 软件

本指南介绍 PHTC 软件安装、许可、升级和管理。

PHTC 可以通过安装包安装或以便携版运行。

PHTC 安装包和便携版可以在 OA 共享文件夹下载页面下载。

安装

在一台或几台计算机上安装。

许可管理

激活许可或通过网络办法许可。

升级

将单台计算机升级到新发行版本。

管理

删除安装。

启动安装：打开安装包存放目录，并双击 PHTC.exe，根据提示进行安装。

当安装完毕后，启动 PHTC 应用程序并激活许可。

许可管理

启动 PHTC 应用程序，自动弹出用户登录窗口，您可以输入用户名和密码进行登录。目前 PHTC 程序暂不支持注册功能，如您需要使用 PHTC 程序，可以联系傅秋华或娄军峰注册账号。PHTC 程序必须在用户登录后才能使用。

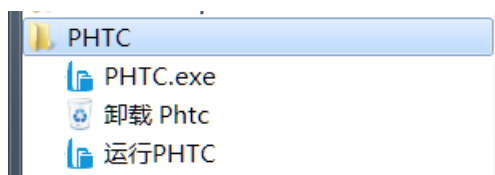
升级到新版本

您可以从菜单-帮助中找到升级菜单，单击升级，可联网升级到新的发行版本。

删除安装

您可以在单台计算机中删除安装。

确认无激活的 PHTC 进程。在系统开始菜单中找到 PHTC 快捷目录，单击卸载 Phtc，根据提示删除安装。



## PHTC 软件界面介绍

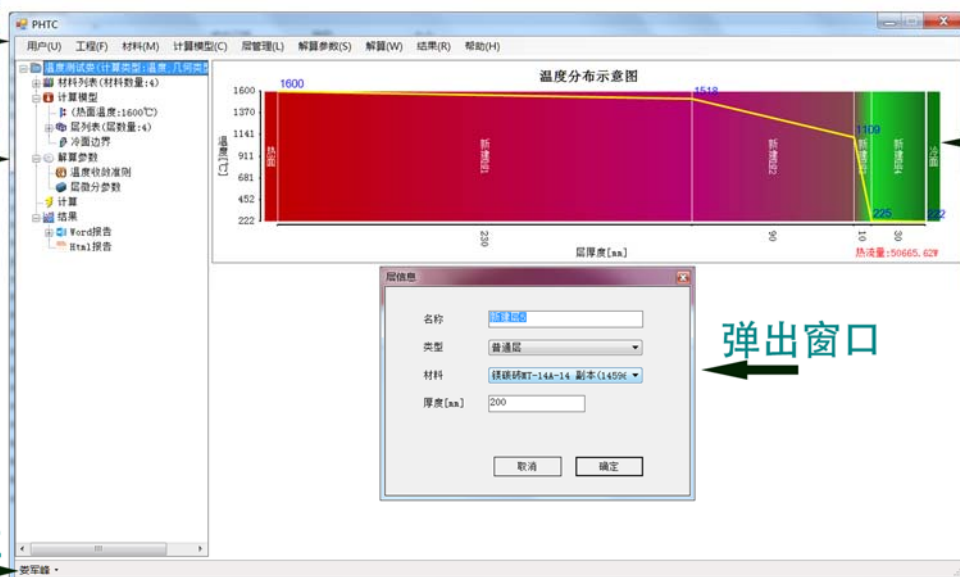
PHTC 用户界面的主要内容为:

菜单栏 图形区域 状态栏 设计树 弹出窗口

菜单栏

设计树

状态栏



图形区域

弹出窗口

菜单几乎包括所有 PHTC 命令，菜单栏包括：

用户	<div> <div>用户(U)</div> <div> <div>注销(L)</div> <div>修改密码...(C)</div> <div>退出(X)</div> </div> </div>
工程	<div> <div>工程(F) 材料(M) 计算模型(C)</div> <div> <div>新建(N)</div> <div>从模板新建...(M)</div> <div>打开...(O)</div> <div>载入...(L)</div> <div>保存(S)</div> <div>另存为...(A)</div> <div>保存到云(C)</div> <div>另存到云...(Q)</div> </div> </div>
材料	<div> <div>材料(M)</div> <div> <div>材料库导入...(L)</div> <div>新建...(N)</div> <div>管理材料库...(M)</div> </div> </div>
计算模型	<div> <div>计算模型(C)</div> <div> <div>热面参数...(H)</div> <div>冷面边界...(C)</div> </div> </div>
层管理	<div> <div>层管理(L)</div> <div> <div>添加层...(I)</div> </div> </div>

解算参数（厚度）	
解算参数（温度）	
解算	
结果	
帮助	

PHTC 弹出窗口将在软件操作章节按实际遇到情况介绍。

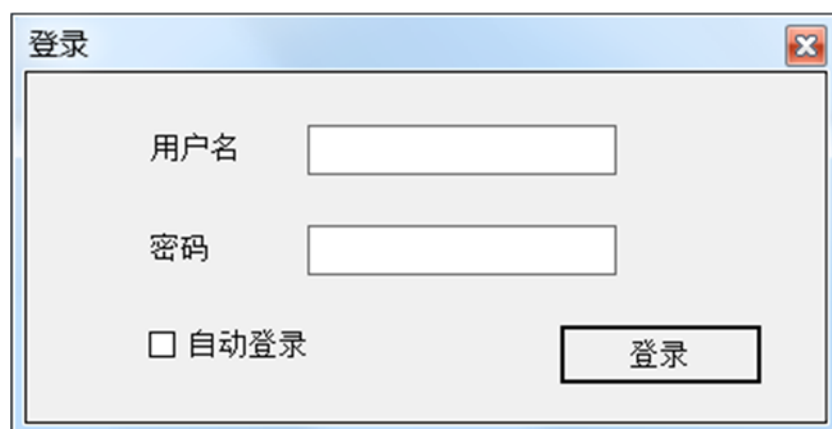
PN

# PHTC 软件操作

## 1. 用户登录

PHTC软件要求用户登录后使用，使用用户系统，可以建立专属于各用户的材料库以及各用户的工程文件库。

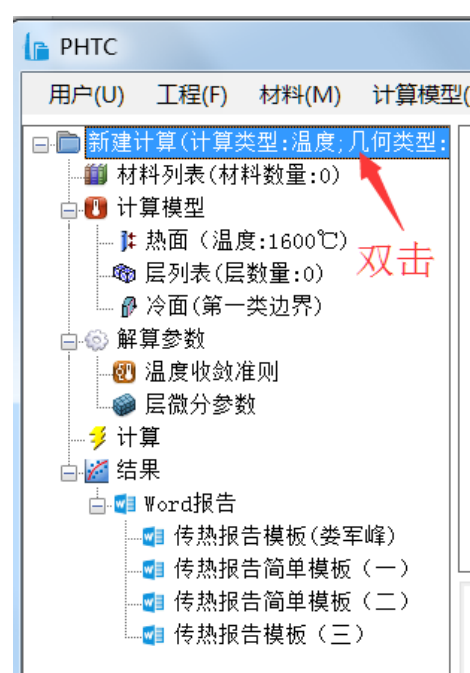
双击PHTC.exe，启动PHTC软件，在弹出的用户登录界面，输入用户名和密码后，点击登录，进入软件主界面。当勾选自动登录选择框，则下次可直接进入



软件主界面。

## 2. 新建工程计算

PHTC软件在用户登录后默认界面为新建平板温度计算界面。用户可以鼠标左键双击设计树标题，弹出工程参数对话框，用户可以修改工程计算模型。



工程参数

工程名称: 新建计算 ☒ 共享

计算类型: 温度

几何类型: 平板

备注: 新建计算

取消 确定

在模型参数对话框里，用户可以定义工程名称，选择计算类型以及几何类型，在备注栏里添加关于本工程计算的备注。用户可以选择是否将本工程文件共享给其他用户。在设定好参数后，点击确定。

用户可以从菜单“工程”里选择从“从模板新建”，也可以选择打开或载入已保存的工程文件。PHTC软件里已预先制作了几种计算类型模板。

工程模板选择界面：

ProjectTemplateForm

类别	模板	简介
类别一 冶金	底部钢壳温度计算 钢包侧壁钢壳温度计算	钢包类底部钢壳温度计算模板
类别二 钢铁		
类别三 钢包		

取消 确定

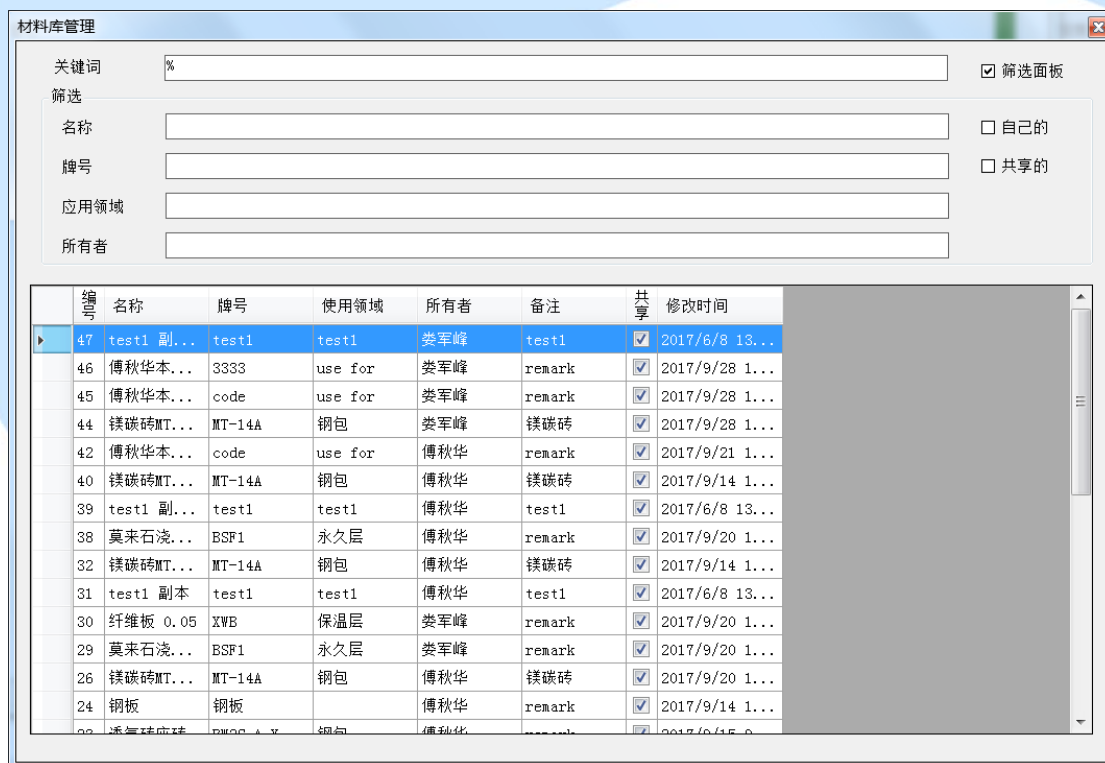
### 3.材料导入

传热计算离不开材料，不同材料具有不同的导热系数，当需要进行计算时，需要先选择所需的材料。

从菜单-材料-材料库导入，可以进入材料库界面。



当材料库中材料种类过多时，用户可以通过筛选面板选择所需的材料。在材料库管理界面，勾选筛选面板，即可出现筛选面板，用户可以通过名称、牌号、应用领域、所有者等参数的关键词来筛选查询所需的材料。



点击选择需要的材料，右键菜单中选择载入，可以将该材料导入到工程计算的材料列表中。用户也可以通过鼠标左键双击需要的材料，将该材料导入到工程计算的材料列表中。

## 4.材料库管理

如材料库中缺少某种材料，需要用户添加新材料。  
从菜单-材料-管理材料库，可以进入材料库管理界面。



材料库管理							
关键词					<input type="checkbox"/> 筛选面板		
编号	名称	牌号	使用领域	所有者	备注	共享	修改时间
42	傅秋华本...	code	use for	傅秋华	remark	<input checked="" type="checkbox"/>	2017/9/21 1...
41	镁碳砖MT...	MT-14A	钢包	姜军峰	镁碳砖	<input checked="" type="checkbox"/>	2017/9/20 1...
40	镁碳砖MT...	MT-14A	钢包	傅秋华	镁碳砖	<input checked="" type="checkbox"/>	2017/9/14 1...
39	test1 副本	test1	test1	傅秋华	test1	<input checked="" type="checkbox"/>	2017/6/8 13...
38	莫来石浅...	BSF1	永久层	傅秋华	remark	<input checked="" type="checkbox"/>	2017/9/20 1...
32	镁碳砖MT...	MT-14A	钢包	傅秋华	镁碳砖	<input checked="" type="checkbox"/>	2017/9/14 1...
31	test1 副本	test1	test1	傅秋华	test1	<input checked="" type="checkbox"/>	2017/6/8 13...
30	纤维板 0.05	XWB	保温层	姜军峰	remark	<input checked="" type="checkbox"/>	2017/9/20 1...
29	莫来石浅...	BSF1	永久层	姜军峰	remark	<input checked="" type="checkbox"/>	2017/9/20 1...
27	镁碳砖MT...	MT-14A	钢包	姜军峰	镁碳砖	<input checked="" type="checkbox"/>	2017/9/20 1...
26	镁碳砖MT...	MT-14A	钢包	傅秋华	镁碳砖	<input checked="" type="checkbox"/>	2017/9/20 1...
24	钢板	钢板		傅秋华	remark	<input checked="" type="checkbox"/>	2017/9/14 1...
23	透气砖座砖	EW2S-A-X	钢包	傅秋华	remark	<input checked="" type="checkbox"/>	2017/9/15 9...
22	粘土砖	N-1	钢包、铁...	傅秋华	remark	<input checked="" type="checkbox"/>	2017/9/15 9...

## 添加新材料

- 新建(N)...

复制副本(C)

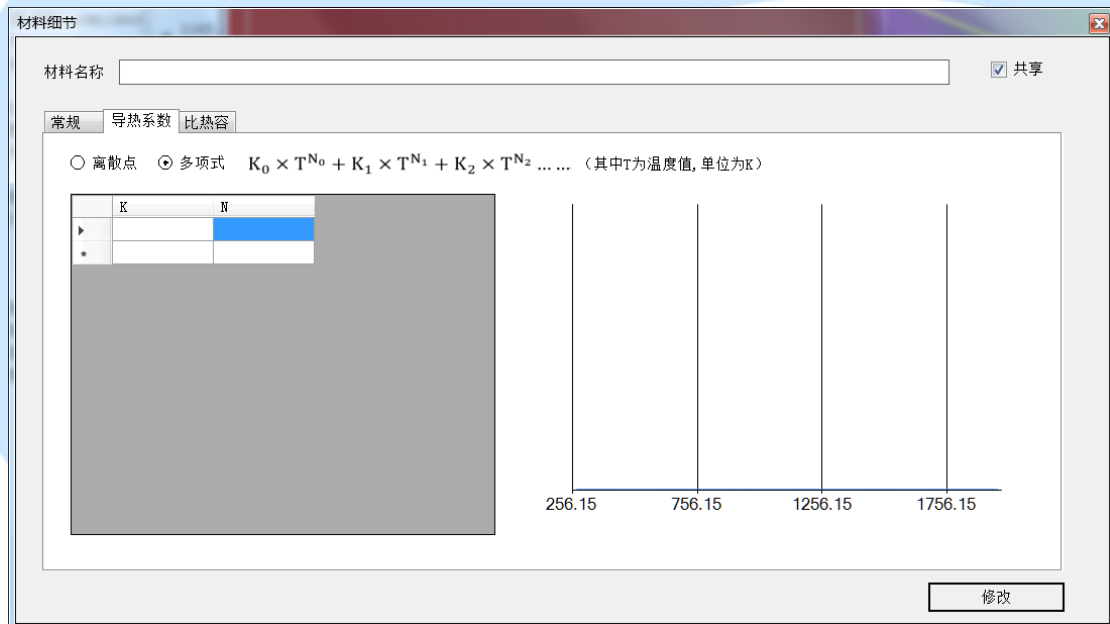
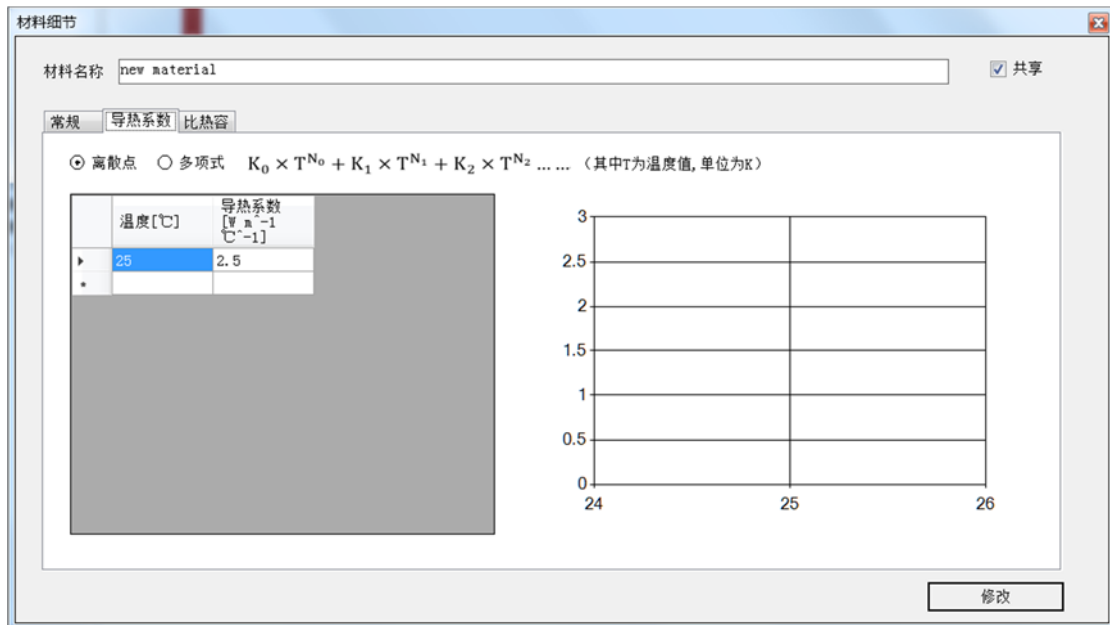
详情(T)...

删除(D)

在材料库管理界面点击鼠标右键，弹出右键菜单，左键单击新建，弹出新建材料细节对话框，

材料名称		new material	<input checked="" type="checkbox"/> 共享
常规	导热系数	比热容	
牌号	code		
应用领域	use for		
建立人	姜军峰		
密度[kg m <sup>-3</sup> ]	2000		
备注	remark		
<div>更新</div>			

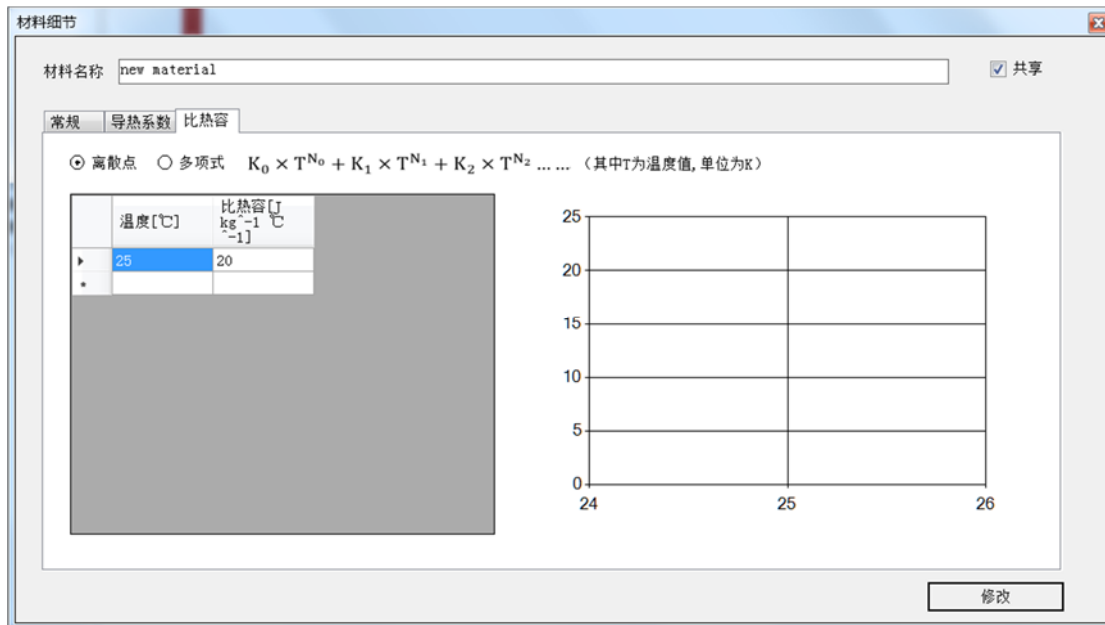
。在该对话框里输入材料信息，包括材料名称，牌号，应用领域，密度，备注，导热系数，比热容等参数，输入完毕后，单击更新按钮，材料可添加到材料库里。



在 PHTC 软件中，材料的导热系数可以用离散点得出近似曲线来表达，也可以用多项式函数来表达，在右边坐标体系中可实时显示材料导热系数与温度的函数曲线。

离散点表达：指通过填入该材料已知在某些温度点时的导热系数，从而近似得出导热系数与温度函数曲线图。

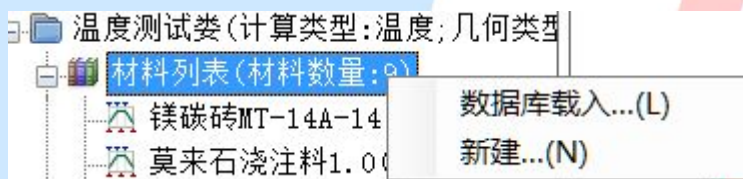
多项式函数表达：可以理解为一元多次方程式的表达方法，多项式函数  $\lambda = K_0 \times T^{N_0} + K_1 \times T^{N_1} + K_2 \times T^{N_2} \dots$  是由系数与自变量 T 经过有限次乘法与加法运算得到的。显然，当 N=0 时， $T^0=1$ ， $K \times T^0 = K$ ，为常数；当 N=1 时， $K_n \times T^1$  为 T 的一次函数  $K_n T$ ，当 N=2 时， $K_n \times T^2$  为 T 的二次函数  $K_n T^2 \dots$



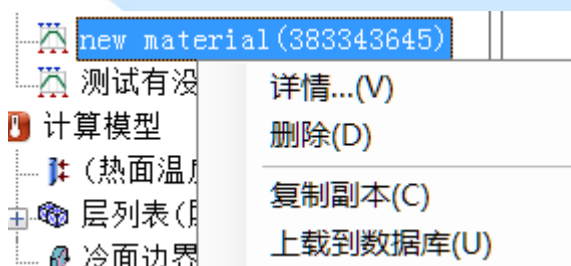
目前材料比热容参数可以不填，比热容参数是为将来的版本而设置的，在本版本中比热容参数不参与计算。

用户可选择是否共享给其他用户，如取消勾选共享，其他用户将不会看到这个材料。

用户也可以在设计树-材料列表项单击鼠标左键，从弹出菜单中选择新建，



可以弹出新建材料细节界面，用户根据需要设定材料。用户在此处建立的材料仅存储在当前工程文件中，用户可以选择将新建材料上传到数据库中以便将来的使用。用户在新建材料名称上单击鼠标右键，从弹出右键菜单中选择上传到数据库，可将该材料上传到数据库中。



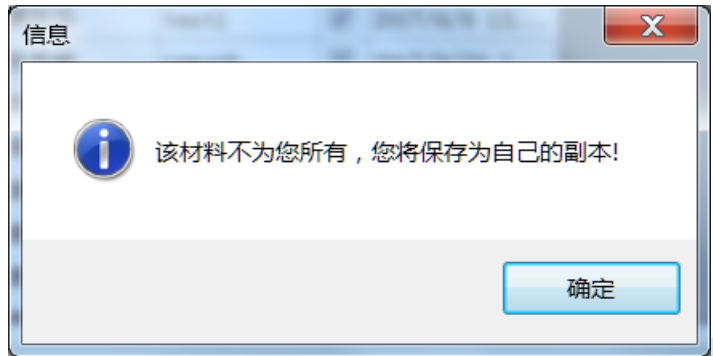
删除一种材料

用户可以删除自己创建的材料，点击选择你需要删除的材料，然后单击鼠标右键，从弹出菜单中选择删除，即可删除该材料。请注意，没有撤销删除功能，如不慎删除，用户可重新新建该材料。当前用户不能删除其他用户创建的材料。

修改一种材料

点击选择你需要修改的材料，然后单击鼠标右键，从弹出菜单中选择详情，可弹

出材料细节界面，用户可以修改其中的参数。请注意，用户只能修改自己创建的材料，如修改其他用户创建的材料，在点击更新后，将弹出通知信息，



点击确定后，软件自动生成该材料的副本，并将该材料副本所有者改为当前用户。  
创建材料副本

点击选择你需要复制的材料，然后单击鼠标右键，从弹出菜单中选择复制副本，可直接生成该材料的副本，名称为原材料名称后加上副本，所有者改为当前用户。

筛选材料

当材料库中材料种类过多时，用户可以通过筛选面板选择所需的材料。在材料库管理界面，勾选筛选面板，即可出现筛选面板，用户可以通过名称、牌号、应用领域、所有者等参数的关键词来筛选查询所需的材料。

材料库数据在服务器端存储，用户在公司局域网内不同的电脑上均可使用。

## 5.为计算模型配置材料

5.1 当用户将所需要的材料添加到材料列表中后，可以进行计算模型的材料配置工作。

鼠标左键双击“计算模型”目录下的“层列表”，将弹出“层信息”对话框，用户可以定义层名称，选择层类型、材料，输入厚度。

用户依次从热面到冷面添加材料层。

请注意材料层的顺序，最上面的材料与热面边界接触对应，最下面的材料与冷面边界接触对应。

建好材料层后，可以在该层上点击右边右键，通过弹出菜单来修改层信息，或删除该层，也可以通过上移或下移改变该材料层在计算模型中的位置。

用户也可以通过选择该层，并按 Delete 键来删除该层。

### 5.2 设置热面参数

用户可以鼠标左键双击“热面”，弹出“热面参数”对话框，修改热面相关参数，如温度，长，宽，如工程几何模型为圆筒时，热面相关参数，将需要用户填写温度、半径、轴向长度等参数。半径取值为需计算区域处中心轴到热面边界处的距离。

### 5.3 设置冷面参数

用户可以鼠标左键双击“冷面”，弹出“冷面边界”对话框，用户可以选择冷面边界类型，目前支持选择的冷面边界类型有：表面温度、热流密度以及对流辐射三种类型。我们一般常用第三种类型，“对流 辐射”。

在“对流 辐射”类型下，用户需要设置环境温度、对流换热系数和发射率。对

流换热系数取值原则为：

侧壁散热 取值 10

顶部散热 取值 15

底部散热 取值 5

发射率取值原则为：一般情况下为 0.8 。

## 6.设置解算参数

解算参数主要影响计算耗时与计算精度。

用户鼠标左键双击“温度收敛准则”，弹出“温度收敛准则”对话框，用户可以设置“残差”或“最大步数”来限制软件计算耗时，一般情况下按系统默认即可。

用户鼠标左键双击“层微分参数”，弹出“层微分参数”对话框，用户可以设置层微分数量，层微分数量数值越大计算精度越精准，同时计算耗时也会更多，一般情况下按系统默认即可。

## 7.计算

用户鼠标左键双击“计算”，软件将进行计算。

计算完毕后，图形区域会将计算结果以图表形式表达温度分布示意图。

## 8.查看结果

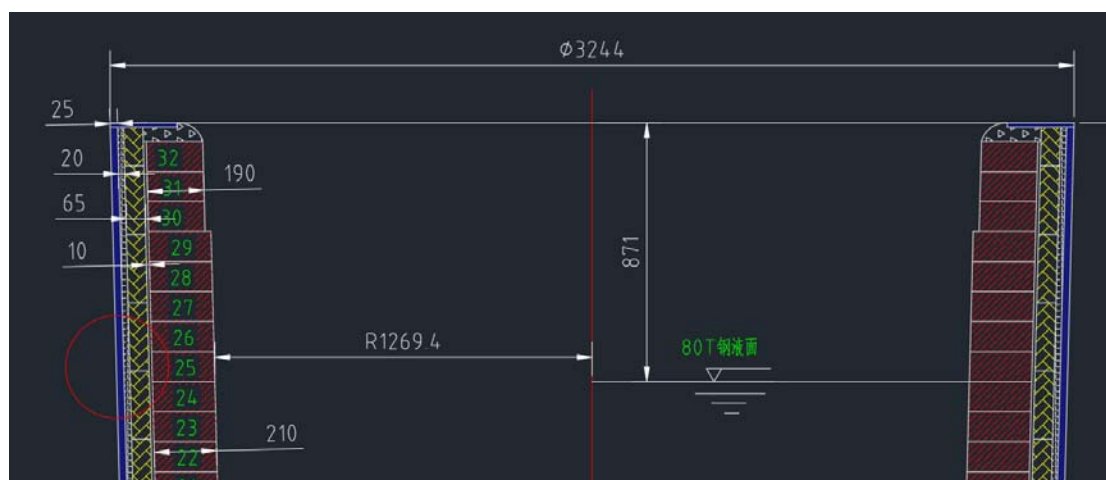
用户鼠标左键双击“结果”目录下的“传热报告模板”，弹出计算结果，计算结果以 word 文档方式提供，用户可以选择保存结果。用户可以根据需要，选择相应的传热报告模板。

上述鼠标左键双击操作，均可以从软件菜单篮里找到相应的命令。

## 示例

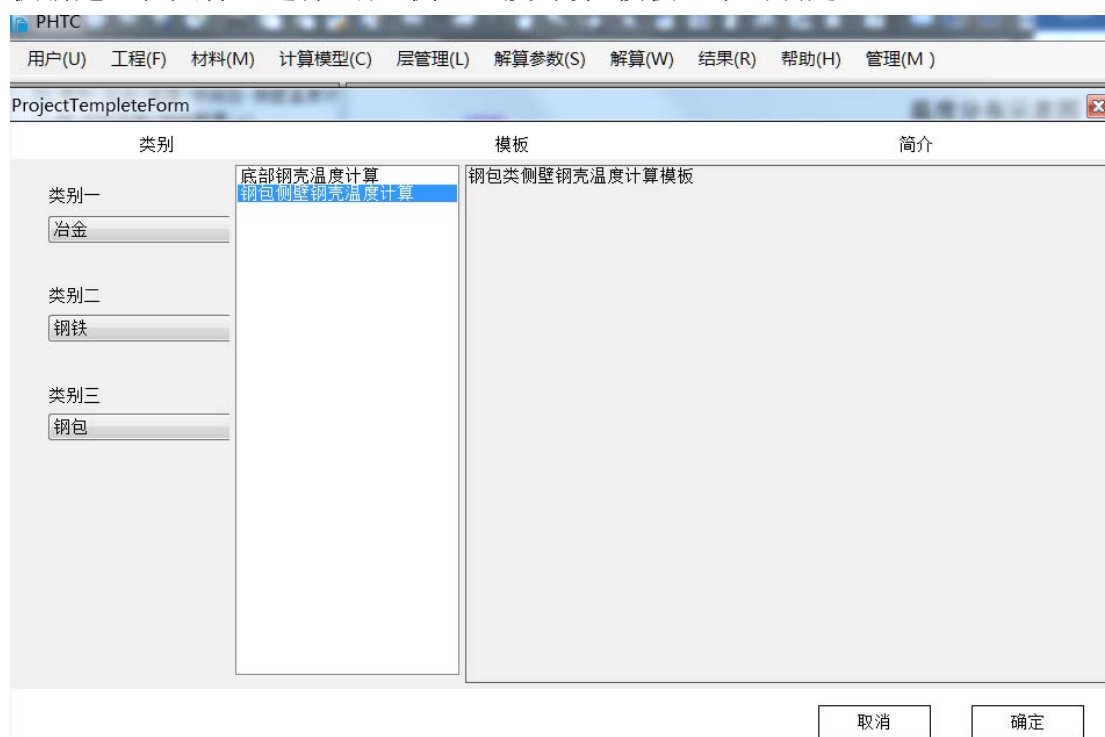
### 一、温度求解

某钢厂钢包配置如下图，保温层为 20mm 纤维板，永久层为 65mm 高铝砖 LZ65，填缝料为 10mm 镁砂，渣线为 210mm 镁碳砖 MT-14A，钢水平均温度为 1650℃，渣线处内壁半径为 1269.4mm，当地气温平均在 25℃，需计算渣线处钢壳温度。

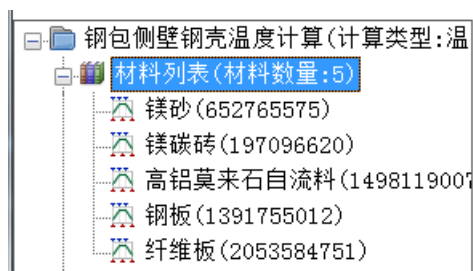


计算方法及过程：

- 1) 运行 PHTC 软件，由于本方案要求计算钢包钢壳温度，因此我们选择从模板新建工程文件，选择“钢包侧壁温度计算”模板，单击确定：







2) 展开材料列表，

检查材料是否与待求方案选材一致，发现没有高铝砖 LZ65，需补充材料， 双击“材料列表”，弹出“材料库管理界面”，找到高铝砖 LZ65，

材料库管理

关键词 %

	编号	名称	牌号	使用领域	所有者	备注	共享	修改时间
	65	镁砖	M91	转炉永久...	娄军峰	remark	<input checked="" type="checkbox"/>	2017/10/16 ...
	64	叶腊石砖	YLS	永久层	娄军峰	remark	<input checked="" type="checkbox"/>	2017/10/16 ...
	63	镁砖	M-87	永久层	娄军峰	最高使用...	<input checked="" type="checkbox"/>	2017/10/16 ...
	62	高铝砖	LZ-65	永久层	娄军峰	最高使用...	<input checked="" type="checkbox"/>	2017/10/16 ...
	61	高铝砖	LZ-55	永久层	娄军峰	最高使用...	<input checked="" type="checkbox"/>	2017/10/16 ...
	60	高铝砖	LZ-48	永久层	娄军峰	最高使用...	<input checked="" type="checkbox"/>	2017/10/16 ...
	59	轻质粘土砖	NG130-1.0	保温层	娄军峰	最高使用...	<input checked="" type="checkbox"/>	2017/10/16 ...

鼠标左键双击该材料，将高铝砖 LZ-65 添加到工程材料列表中。



3) 修改计算模型相关参数。

展开层列表，检查各层参数是否与待求方案配置一致，修改不一致的地方，鼠标左键双击工作层，弹出“层信息”对话框，将工作层镁碳砖厚度改为 210mm，

同样，将永久层材料改为高铝砖 LZ65，厚度改为 65mm，将保温层纤维板厚度改为 20mm。

双击“热面”，弹出“热面参数”对话框，

热面参数

温度[℃] 1600

半径[mm] 1400

轴向长度[mm] 1000

取消 确定



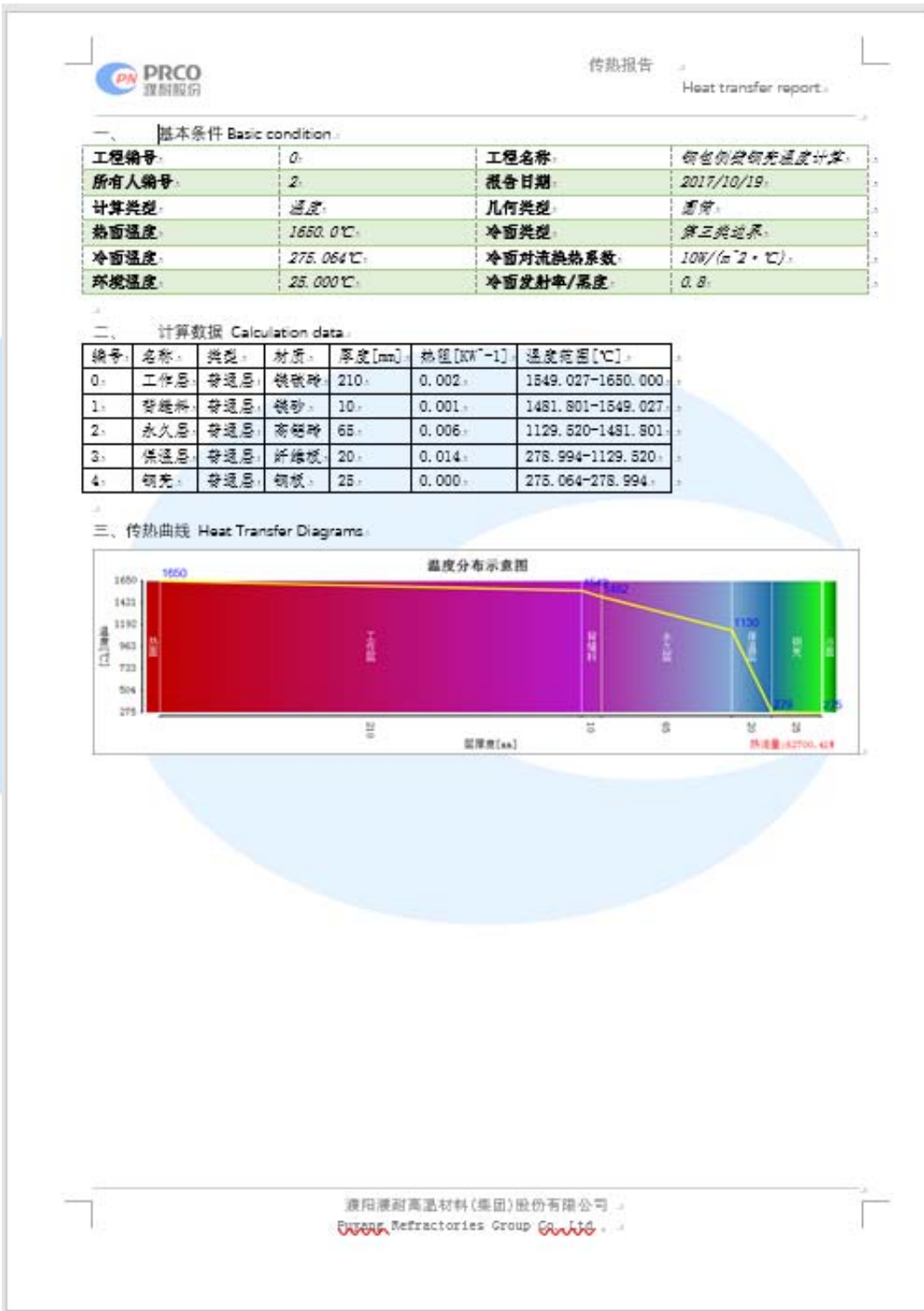
修改温度为 1650℃，修改半径为 1269.4mm。

双击“冷面”，检查冷面参数，符合要求，点击确定。

4) 检查解算参数是否符合要求。

5) 双击“计算”，求解钢壳温度，从图表区，可以直接看到钢壳温度为 275℃。

6) 双击“传热报告模板（三）”，查看传热报告。

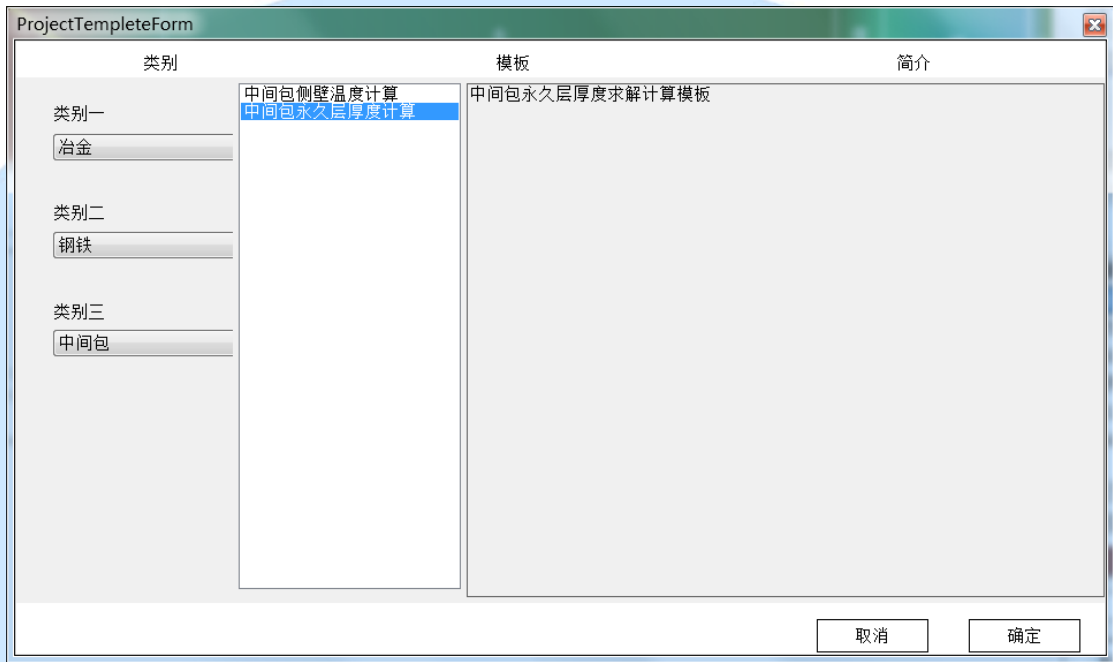


## 二、厚度求解

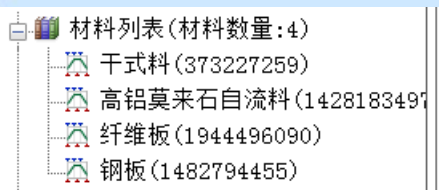
某钢厂中间包由于对钢水温降控制严格，要求浇钢过程中，中间包包壳温度不得高于  $105^{\circ}\text{C}$ ，已知配置如下，保温层为 10mm 纤维板，工作层为 50mm 干式料，永久层采用高铝莫来石浇注料，钢水平均温度为  $1550^{\circ}\text{C}$ ，当地气温平均在  $25^{\circ}\text{C}$ ，需求解在满足钢壳温度要求下永久层至少要浇注多厚？

计算方法及过程：

- 1) 运行 PHTC 软件，由于本方案要求计算永久层厚度，因此我们选择从模板新建工程文件，选择“中间包永久层厚度计算”模板，单击确定：



- 2) 展开材料列表：



- 3) 检查材料是否与待求方案选材一致，如需补充材料， 双击“材料列表”，弹出“材料库管理界面”，找到并添加所需材料到工程材料列表中。

- 4) 修改计算模型相关参数。

展开层列表，检查各层参数是否与待求方案配置一致，修改不一致的地方，鼠标左键双击“永久层”，弹出永久层“层信息”对话框，永久层厚度为本方案待求项，勾选“待求”前选择框，并根据经验填入大概厚度值。

**层信息**

名称	永久层		
类型	普通层		
材料	高铝莫来石自流料(142818349)		
厚度[mm]	150	<input checked="" type="checkbox"/>	待求

取消 确定

双击“热面”，弹出“热面参数”对话框，

**热面参数**

温度[℃]	1550
长[mm]	1000
宽[mm]	1000

取消 确定

热面参数符合要求。

双击“冷面”，检查冷面参数，选择“类型”为“对流 辐射”，修改相应参数，在“目标温度”框里，填入 105，点击确定。

**冷面边界**

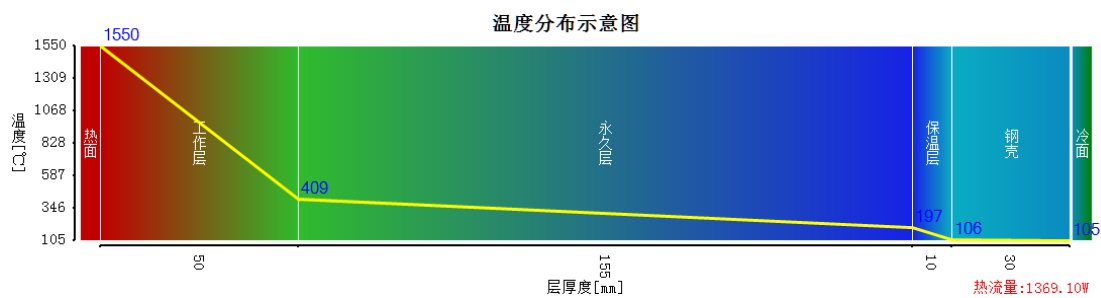
类型	对流 辐射	取消	确定
----	-------	----	----

环境温度[℃]	25	计算
对流换热系数[W/m <sup>2</sup> ℃]	10	
发射率	0.8	
目标温度[℃]	105	

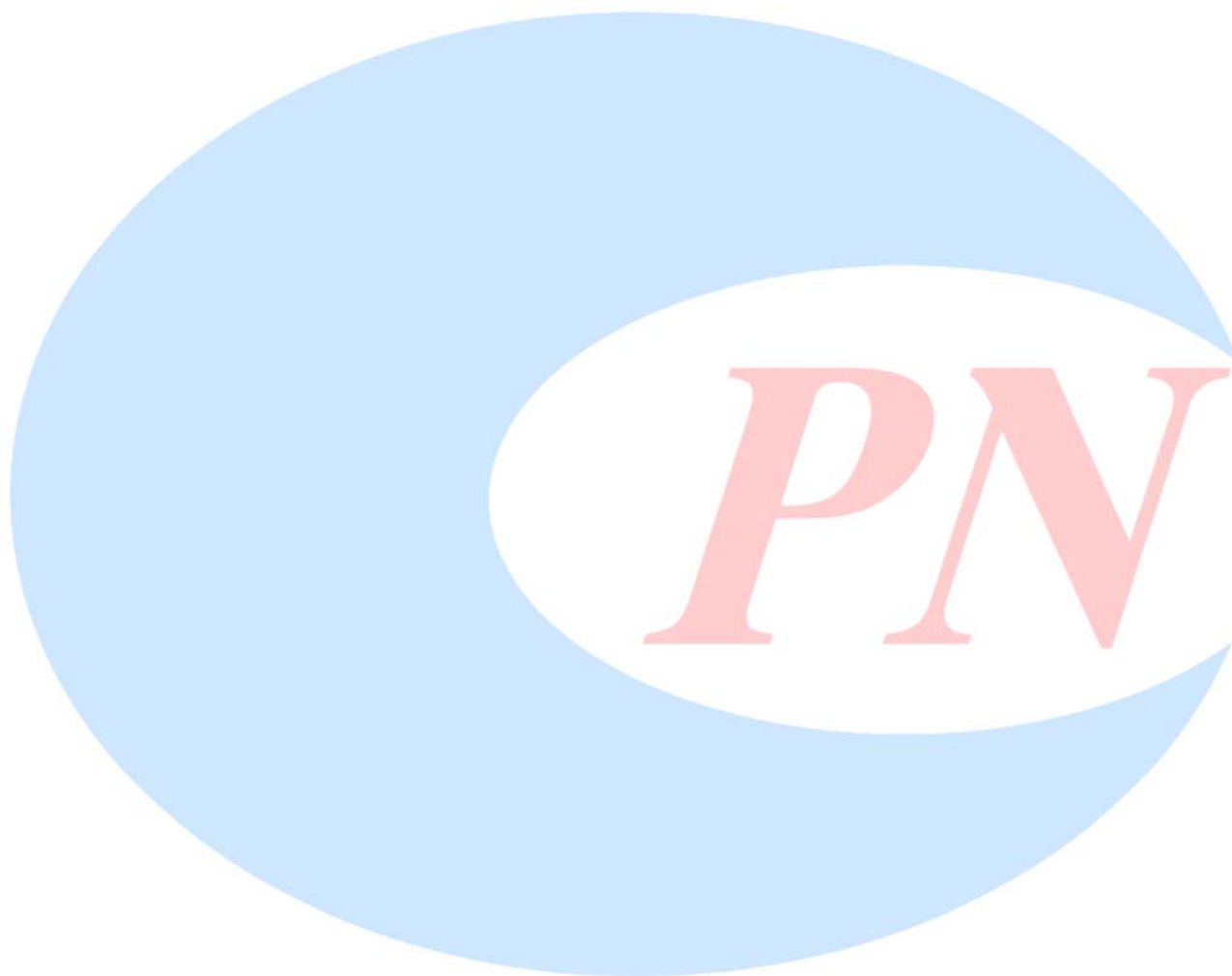
5) 检查解算参数是否符合要求。

将厚度收敛准则，选择“残差”，值为 0.0001

6) 双击“计算”，求解永久层厚度，从图表区，可以直接看到永久层厚度为 155mm。



7) 双击“传热报告模板（三）”，查看传热报告。



## 版权说明

PHTC 软件属于濮耐集团，濮耐集团保留所有权利。

软件开发者傅秋华对该软件享有各项权利。

未经濮耐集团明确书面许可，任何人及公司禁止传播、拷贝该软件，禁止将该软件用于任何商业用途，对未经许可擅自使用者，本公司保留追究其法律责任的权利。

本文档中提及的信息和软件如有更改，恕不另行通知，濮耐集团对此概不负责。

未经濮耐集团明确书面许可，不得以任何形式或通过任何手段（电子或手工方式）以及出于任何目的翻印或传播任何相关资料。