



3S技术系列

即输 Synchronous Input

即算 Synchronous Calculation

即见 Synchronous Display

中华人民共和国版权局注册软件

计算机软件著作权登记号: XXXXXX

集成数据界面，智能实时响应，即输即算即见^{3S}——

内置盘管间歇加热器计算软件

Vessel Heater

for

Tube-Inside Batch Heater Calculator

VHeater[®]用户手册

VHeater[®] Manual

容器内置 盘管/U 型管 间歇加热—严格热力计算

西安市维维计算机技术有限责任公司

2012-01-05

<http://www.htcsoft.com>

[email:htcsoft@tom.com](mailto:htcsoft@tom.com);htcsoft@163.com

前言

工业上的换热除了稳态换热之外，还有大量的非稳态换热。非稳态换热即被加热（冷却）流体的温度随时间而变，在数学上，温度 T 对时间 t 的导数不为零： $\frac{dT}{dt} \neq 0$ ，比如用蒸汽盘管加热球罐中的煤油，从 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 加热到 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。关于此类换热的书籍、资料、研究很多，但是到了工程上，都变成了一些比较粗略的估算公式，计算精度有时候很差。因为受到手算的速度限制，这类文献所载的非稳态传热的精确模型不多，最常见的传热模型中没有考虑保温、环境因素，因为这样会使数学模型高度非线性，增加了建模和求解的难度。文献上有些模型看似非常严格，但是并没有给出求解方法，终是摆饰。**VHeater 在建立了比较完整的数学模型和求解方案，最终用软件实现，从而为工程设计提供强大的支持工具。**

VHeater 适用范围：容器中定量流体在给定时间内加热，加热介质可以是有相变的蒸汽冷凝或者是其它无相变的热流体；容器不带夹套。

VHeater®建模时，作了如下规定：

- 容器中的被加热流体，如果不带搅拌，传热系数计算使用大空间的自然对流传热模型；如果有搅拌，使用搅拌传热模型；
- 容器外壁可以带有保温层；
- 热量向环境扩散时候，可以是大气或者地表；
- 容器内的加热元件：直管 U 型管或者盘管，盘管内部可以有搅拌。加热介质可以是各种蒸汽或者是单相流体；

VHeater®建模时，热平衡方程考虑了容器外壁向环境的热损失，这样使得换热计算更加精确，但是增加了方程组的方程数、变量数和求解难度。比如：器壁向环境散热，膜系数使用： $\alpha_e = a + b(T_w - T_a)$ ，等等。

VHeater建立的方程组中的微分方程，部分能得到了解析解，部分用数值方法解。所有迭代算法的收敛精度不小于 1.0×10^{-4} 。

VHeater挟维维软件“自由输入、智能相应、即输即算即见^{3S}”的专有技术，是一款最容易掌握、计算精确的容器传热计算软件。设计院、设备制造厂、最终用户，都可以使用它来进行容器热力计算，提高装备的换热技术水平。

在容器、换热设备制造厂，对于这一大类设备的机械设计本不成什么问题，制造难度更是门槛低，热力、工艺设计计算将成为抢占市场的核心技术之一，而 VHeater 可以助你站在竞争的制高点上。

版本更新历史：

日期	版本	描述	功能
2012-03-01	2012.03.01.10	首发版本	商业销售，优惠销售期 1 年
2012-02-01	2012.02.01.01	内部测试版	基本功能测试

目 录

第一章 系统安装.....	1
1.1 系统需求.....	1
1.1.1 OS运行环境.....	1
1.1.2 硬件运行环境.....	1
1.1.3 软件安装.....	1
1.2 使用许可证.....	1
第二章 入门.....	2
2.1 数据输入.....	2
2.1.1 VHeater的智能响应.....	2
2.1.2 VHeater数据输入注意事项.....	2
2.1.3 VHeater物性数据来源.....	2
2.2 VHeater操作.....	3
2.2.1 入门例子.....	3
2.2.2 菜单系统.....	4
第三章 各型换热器分论.....	6
3.1 直管套管换热器.....	6
3.2 螺旋套管换热器.....	7
3.3 夹套釜.....	10
第四章 系统参数.....	12
4.1 概述.....	12
4.2 设置参数.....	12
附录 术语.....	13



第一章 系统安装

1.1 系统需求

1.1.1 OS 运行环境

VHeater®运行在MS Windows XP, 2000, 2003 以上的OS上, 不支持 Win 95/98/Me。

1.1.2 硬件运行环境

VHeater®试用版本需要 Web 连接; LAN 网络版本需要小型局域网络; 单机版本对计算机硬件没有特殊要求。

1.1.3 软件安装

VHeater®有非常人性化的安装程序 Setup.exe, 在 Setup.exe 的向导下你会轻松地完成安装。**一些病毒防火墙**可能阻挡安装的顺利进行, 甚至错误地报告 Setup.exe 是病毒, 因此强烈建议在安装前关闭所有病毒防火墙。

1.2 使用许可证

VHeater®分为试用版本、单机版本和 LAN 网络版本。后两个版本为正式版本, 功能齐全, 需要硬件许可; 试用版本无需任何许可即可使用, 但是功能有限。单机版本的许可为 USB 卡, 安装在本地机器上; LAN 网络版本的许可也是 USB 卡, 安装在服务器上。各种许可汇总如表一:

表一

Xheater®许可形式汇总表

序号	许可类型	许可证形式	功能
1	试用版本	无	功能有限
2	单机版本	USB 卡	正式版本, 功能完全, 单用户
3	LAN 网络版本	USB 卡	正式版本, 功能完全, LAN 网络多用户

在没有许可的情况下, 安装正式版本是无用的。一些破解的版本**肯定不会有正确的计算结果**。

第二章 入门

2.1 数据输入

2.1.1 VHeater 的智能响应

在数学计算中，相关自由变量指定受到自由度的限制，比如我们熟悉的欧姆定律：

$I = \frac{V}{R}$ ，我们只能输入其中的 2 个变量数值，第 3 个变量就由计算决定了，它是因变量。就

是说它的自由度为 2。维维软件在你输入变量的个数达到自由度时候，软件会立即计算出因变量，因此自动阻止你输入多余的数据。因此你输入数据时候，优先输入设计要求的数据，不要见到数据就输入。举例：

冷水量 $w=20000$ kg/h，从 $t_1=38$ °C 加热到 $t_2=40$ °C。

热水温度 $T_1=80$ °C，出口温度 $T_2=50$ °C

如果你输入以上 5 个数据，热水的流 W 量就自动被 VHeater 计算出来了，你就不能输入。你如果确实想输入热水的流 W 量，首先应当把前面输入的 5 个变量其中 1 个清空，这时候，就可以输入热水的流 W 量了。

2.1.2 VHeater 数据输入注意事项

VHeater 的数据，输入框带有背景色，白色背景的数据的可以自由输入；黑色边框的数据必须输入，一般地它是物性数据或者设计指定数据；其它背景颜色的是计算数据，不必输入也不能输入。

每个数据的后面带有单位选择，你随时可以选择单位。每个数据输入后回车，系统会立即响应计算。

一些数据旁边有下拉箭头，点开它，会有供你选择的数据。

如果不带搅拌，自然对流传热计算需要流体的体积膨胀系数。VHeater 自动已算气体的体积膨胀系数，对于液体的体积膨胀系数 VHeater 数据库自带了一些，但是不可能囊括所有流体，特别是液体混合物。

2.1.3 VHeater 物性数据来源

- 手工输入。物性数据用户收集、查找，然后输入到 VHeater 中。
- 使用物性数据库。VHeater 自带了一个简易的物性数据库，使用方法：1) 在界面中按下“平均比热”右边的箭头，打开物性数据库；2) 选择物质种类；3) 填写温度和压力；4) 按下“计算”按钮；5) 按下“确定”按钮。见图 2.1。
- 使用流程模拟软件。VHeater 能够连接 Hysys，倒入其中的换热器模块数据，使用方法见图 2.2。

2.2 VHeater 操作

2.2.1 入门例子



图 2.1 使用自带的物性数据库

计算一个直套管换热器。直套管换热器是多段同心圆管组装而成的。中心管称为管程，各直线段的连接端加工成 U 型弯管；外管是直管段，用管口法兰连接，内外管之间的环形通道是壳程。

设计型计算时，如果选择“**管径自动计算**”，Xheatr 会根据流量选择合适的内外管规格，以便使流体处在湍流换热区，提高传热系数。用户要输入**基本参数**、**物性**和**工艺数据**外，这些参数很好理解和输入。除此之外，需要指定的**结构**、**管道参数尺寸**有：单程管（即每个直管段的）长、内管、外管的绝对粗糙度、管子材质以及保温层参数；**经验参数**有内外壁面污垢阻力。在你输入的过程中，由于智能响应，一些空白数据自动计算出来了。直到窗口底部计算“进度”为 100% 为止。

校核型算法中，用户需要输入你的内外管子规格，它比**设计型计算**需要输入更多的结构参数。

现在从一个例子开始：

基本参数：

计算类型：设计型

要求富裕度：10%

流型：逆流

管径自动计算：是

物性数据：

自带数据库中选取

主要工艺参数：

壳程：160 kg/h 的热水，12 °C 加热到 26 °C；

管程：38 °C 的热水降温到 32 °C。

两侧污垢均取：0.0001 m² K/W

主要结构参数：

单程管长：500 mm

这些数据输入完成后，XHeater 的画面如 2.3 所示。操作这个计算过程十分简洁，计算结果

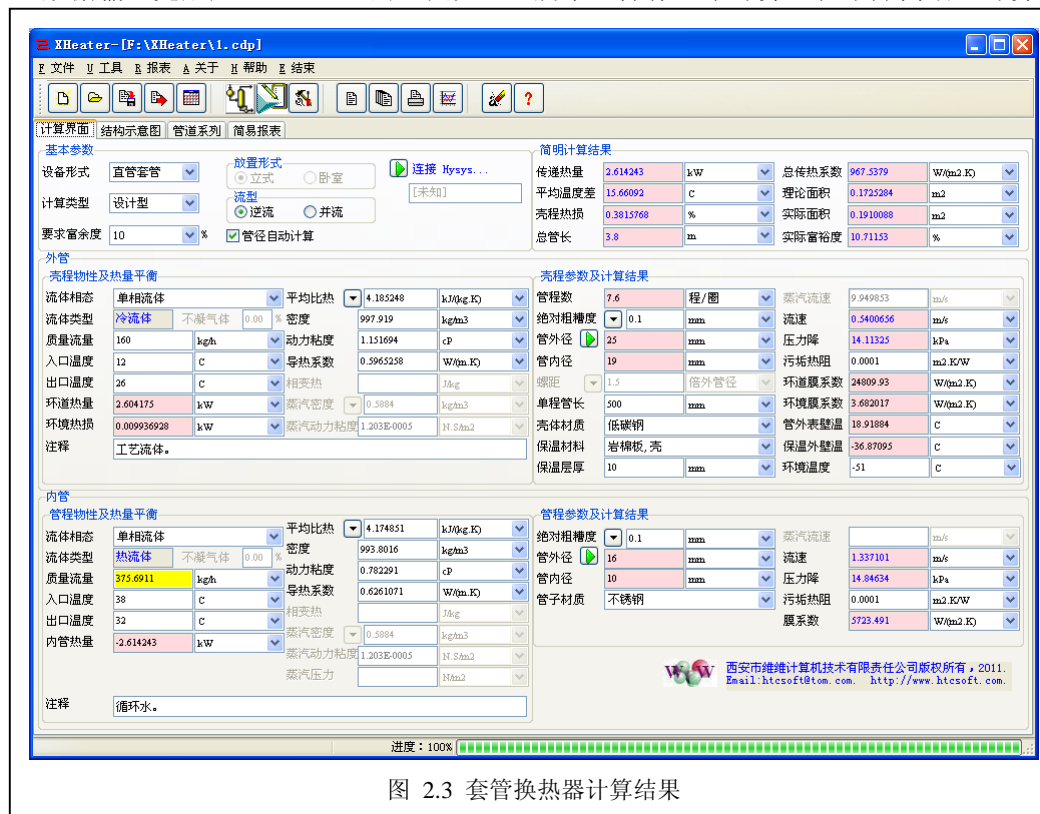


图 2.3 套管换热器计算结果

也是一目了然：全部集中在用户界面中。

现在简要说明一下部分比较特殊的计算结果：

- 理论面积：富裕度为 0 时的面积，刚好达到传热效果；
- 实际面积：实际富裕度下的面积；
- 实际富裕度：它可能略高于要求富裕度，因为管长作了圆整；
- 管程数：7.6，表示第 8 程是 0.6 根单程管长，你可以圆整到整数 8 根（程），具体做法：选择校核模式，然后直接把管程数修改成 8；
- 壳程热损：就是向环境散热量，它用总体传热量的百分比表示。如果小于 0，说明壳程从环境吸热；
- 环境膜系数：向环境散热时候的传热系数；

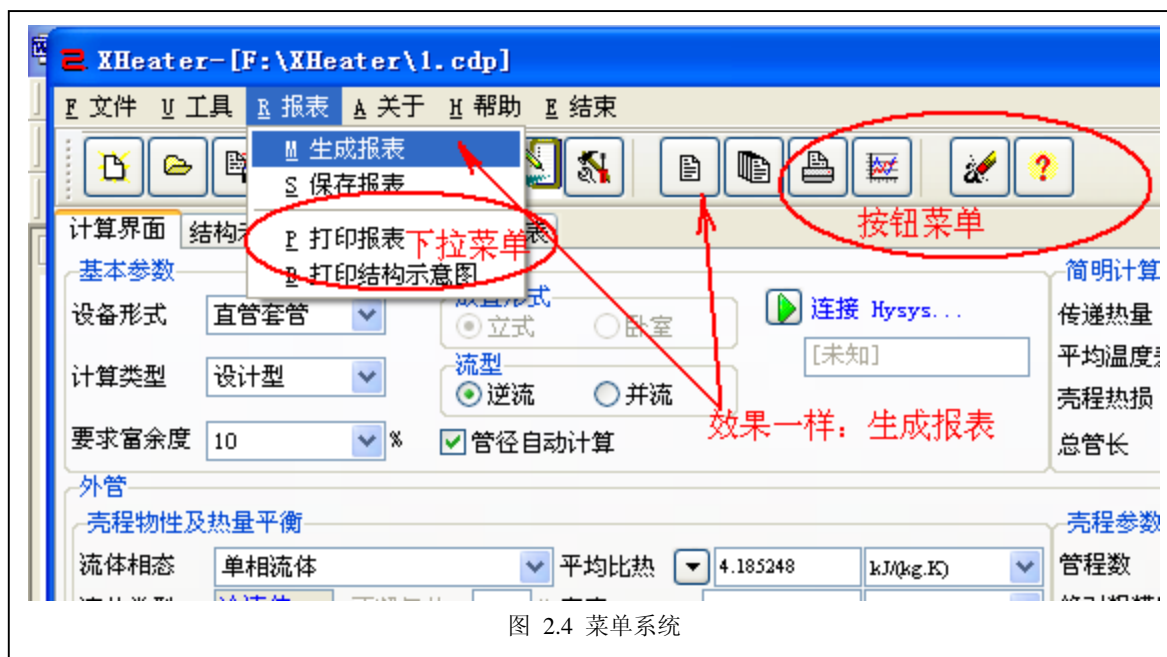
有了这个入门例子，需要进一步了解 XHeater 的菜单系统，以便保存数据文件、生成报表、打印报表等。

2.2.2 菜单系统

XHeater 的菜单系统分为“下拉菜单”和“按钮菜单”，前者是文字形式，后者是按钮。二者功能一致，便于你灵活使用，如图 2.4。现在介绍一下主要的菜单和功能：

1) **F** 文件 菜单：包括 5 个子菜单：

- **新建**。新建立一个换热器计算，这个操作要求你选择一个模板；
- **打开**。打开以前保存的计算；
- **保存**。保存当前计算数据；
- **另存为**。更名保存当前计算；
- **存为模板**。把当前计算作为模板保存，不影响当前的计算文件；
- **退出**。结束 XHeater。



2) **U** 工具 菜单：包括 3 个子菜单：

- **连接 PROII**。连接 PROII 的换热模块；
- **连接 HYSYS**。连接 HYSYS 的换热模块；
- **系统设置**。在这里，设置 XHeater 的缺省参数；

3) **R** 报表 菜单：包括 4 个子菜单：

- **生成报表**。在“简易报表”页面上生成报表；
- **保存报表**。保存“简易报表”页面上的报表为 Word 文件；
- **打印报表**。打印“简易报表”页面上的报表；
- **打印结构示意图**。打印“结构示意图”页面上的结构示意图。

第三章 各型换热器分论

3.1 直管套管换热器

3.1.1 简介

在“2.2.1 入门例子”中介绍了该型换热器的概念。这种换热器的计算在“**设计型**”算法中，如果选择了“管径自动计算”，内外管径不需要输入，XHeater 在它的数据库中会自动选择合适的管子的规格，这些规格是工业上常用的管径规格，管子内径的范围是 7.0~756.6 mm，这几乎能满足所有的需求。对于新手来说，“管径自动计算”是最简洁有效的方法。如果要自行改变内经，请选择“**校核型**”算法。

强烈推荐首先使用“**设计型**”算出一个大致的换热器，如有必要，然后选择“**校核型**”算法去做细微的调整。

3.1.2 有相变的换热

套管换热器**不适合液体蒸发**，因此相变只有蒸汽冷凝。蒸汽冷凝可以在管程，也可以在壳程。蒸汽冷凝不仅仅是水蒸气，任何介质的蒸汽冷凝都是适合的。

蒸汽冷凝时，需要输入**冷凝液**和**蒸汽**的物性参数。管程或者壳程的蒸汽冷凝，都有两部分物性数据。“平均比热”右边的箭头按下，打开物性数据库输入冷凝液物性；“蒸汽密度”



图 3.1 壳程蒸汽冷凝时的冷凝液物性数据定义

右边的箭头按下，打开物性数据库输入蒸汽物性。比如，100 C 的饱和水蒸气在沸点(100 °C)下冷凝为饱和温度的水，使用 XHeater 物性数据库输入冷凝液的数据的步骤如图 3.1 所示。

务必注意：输入**冷凝液**的物性数据，第 2 步骤选择“纯水”；输入**蒸汽**的物性数据，第 2 步骤选择“饱和水蒸气”。XHeater 的物性数据有限，很多情况下这些数据由业主提供，或者



用专业的软件计算的倒，此时需要手工键入。下面给出一个例子：

凉水流量 5000 kg/h，从 12℃ 加热到 40℃，水走管程。使用 100℃ 的饱和蒸汽加热，出口为 100℃ 的饱和水。管道材质、保温、污垢等数据见计算。

首先输入卫星数据，然后输入工艺等数据。数据输入完成后，计算结果也同步出来，如图



图 3.2 壳程蒸汽冷凝计算

3.2 所示。管程的蒸汽冷凝计算非常类似，不再赘述。

3.2 螺旋套管换热器

3.2.1 简介

这种换热器和直套管相比，主要区别在：

- 传热系数比较大；
- 当“盘管直径”较小时候，阻力比较大；
- 容易通过调整“盘管直径”来调整外形尺寸；
- 小管径制造、安装比较方便；
- 大管径对制造设备要求比较高；
- 污垢难清洗；
- 管程泄漏难维修。

螺旋盘管换热器的和直管换套管热器的计算差别不大，它多了一个结构参数**螺距**，需要用户指定。**螺距**是指相邻两个盘管管心距离，用**外管外径的倍数表示**。**螺距的最小值是 1**，此时盘管一圈紧挨着一圈，没有缝隙。当有保温层时，螺距必须大于 1，以便留出空隙安装保温层。图 3.3 给出了一个**螺旋套管**换热器的例子，图 3.4 是它的结构示意图。



图 3.3 螺旋套管换热器

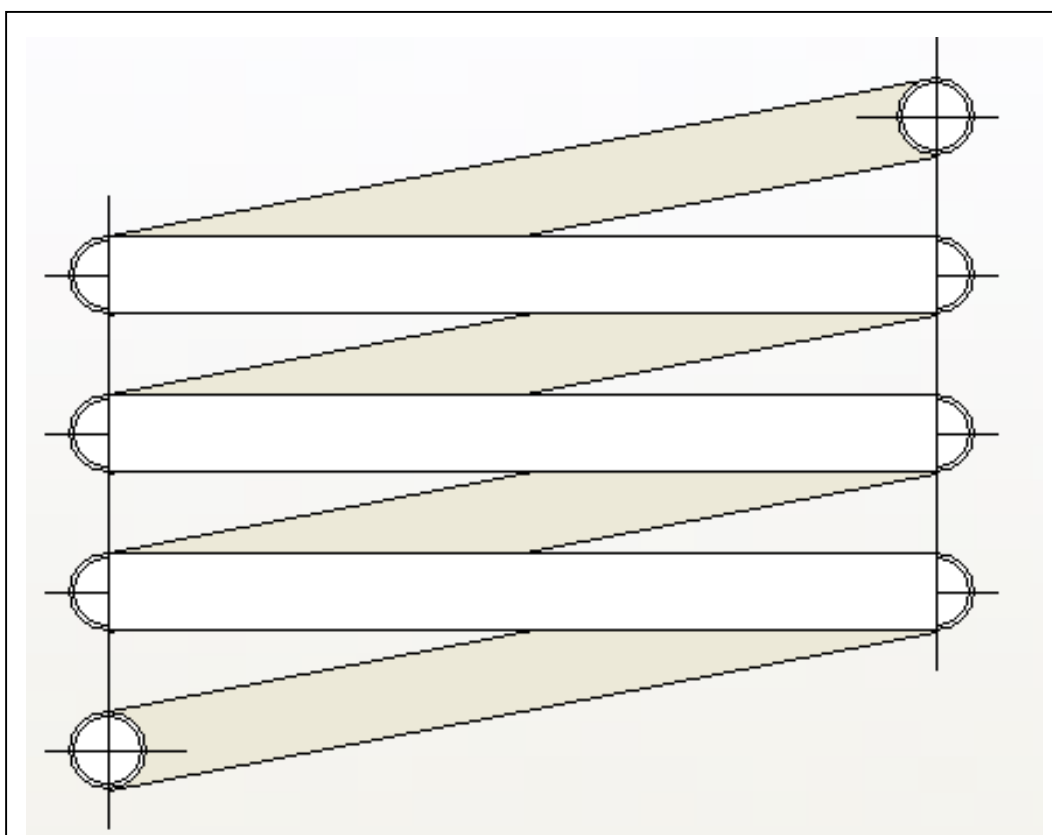


图 3.4 螺旋套管结构示意图

下面是 XHeater 生成的计算报告，它可以保存为 Word (*.doc) 文件：



XHeater 计算报告

~~~~~

## 0. 基本参数

|        |      |   |
|--------|------|---|
| 设备形式   | 螺旋套管 | — |
| 计算类型   | 设计型  | — |
| 流型     | 逆流   | — |
| 要求富余度  | 10   | % |
| 管径自动计算 | 是    | — |

## 1. 外管数据

## 工艺数据

|      |            |      |
|------|------------|------|
| 流体相态 | 单相流体       | —    |
| 流体类型 | 冷流体        | —    |
| 不凝气体 | 0.00       | %    |
| 质量流量 | 3599.9712  | kg/h |
| 入口温度 | 50.0000    | C    |
| 出口温度 | 57.7364    | C    |
| 环道热量 | 32300.0048 | W    |
| 环境热损 | 1235.0293  | W    |

## 物性数据

|      |          |                   |
|------|----------|-------------------|
| 平均比热 | 4.1751   | kJ/(kg. K)        |
| 密度   | 986.3006 | kg/m <sup>3</sup> |
| 动力粘度 | 0.5027   | cP                |
| 导热系数 | 0.6520   | W/(m. K)          |

## 壳程参数及计算结果

|       |            |                        |
|-------|------------|------------------------|
| 管程数   | 3.7000     | 程/圈                    |
| 管外径   | 89.0000    | mm                     |
| 管内径   | 73.0000    | mm                     |
| 螺距    | 1.5000     | 倍外径                    |
| 盘管直径  | 600.0000   | mm                     |
| 壳体材质  | 低碳钢        | —                      |
| 保温材料  | 岩棉板, 壳     | —                      |
| 保温层厚  | 0.0000     | mm                     |
| 环境温度  | -20.0000   | C                      |
| 流速    | 0.7466     | m/s                    |
| 压力降   | 6.3487     | kPa                    |
| 污垢热阻  | 0.0001     | m <sup>2</sup> . K/W   |
| 环道膜系数 | 33774.1884 | W/(m <sup>2</sup> . K) |
| 环境膜系数 | 13.1296    | W/(m <sup>2</sup> . K) |
| 管外表壁温 | 53.3866    | C                      |
| 保温外壁温 | 53.3866    | C                      |

## 2. 内管数据

## 工艺数据

|                  |             |            |
|------------------|-------------|------------|
| 流体相态             | 单相流体        | —          |
| 流体类型             | 热流体         | —          |
| 不凝气体             | 0.00        | %          |
| 质量流量             | 7199.9424   | kg/h       |
| 入口温度             | 80.0000     | C          |
| 出口温度             | 76.0000     | C          |
| 内管热量             | -33534.7651 | W          |
| <b>物性数据</b>      |             |            |
| 平均比热             | 4.1918      | kJ/(kg. K) |
| 密度               | 973.2761    | kg/m3      |
| 动力粘度             | 0.3314      | cP         |
| 导热系数             | 0.6726      | W/(m. K)   |
| <b>管程参数及计算结果</b> |             |            |
| 管外径              | 60.0000     | mm         |
| 管内径              | 42.0000     | mm         |
| 管子材质             | 低碳钢         | —          |
| 流速               | 1.4832      | m/s        |
| 压力降              | 5.8134      | kPa        |
| 污垢热阻             | 0.0001      | m2. K/W    |
| 膜系数              | 9242.2721   | W/(m2. K)  |
| <b>3. 简明计算结果</b> |             |            |
| 运行结果             | 进度: 100%    | —          |
| 传递热量             | 33534.7651  | W          |
| 平均温度差            | 24.0835     | C          |
| 壳程热损             | 3.8236      | %          |
| 总管长              | 6.8000      | m          |
| 总传热系数            | 1202.4589   | W/(m2. K)  |
| 理论面积             | 1.1580      | m2         |
| 实际面积             | 1.2818      | m2         |
| 实际富裕度            | 10.6892     | %          |

## 3.3 夹套釜

### 3.3.1 简介

**夹套釜加热器**和直套管换热器有相似的几何结构。所不同的是这种结构实际上是一种容器，因为它的中心有很大的空间来容纳流体。在夹套釜计算中，有一个重要的概念（参数）**空时**，它是容器的重要参数之一。容器的体积为  $V$ ，注入容器的流体的体积流速为  $v$ ，空时  $\tau$  定义为：

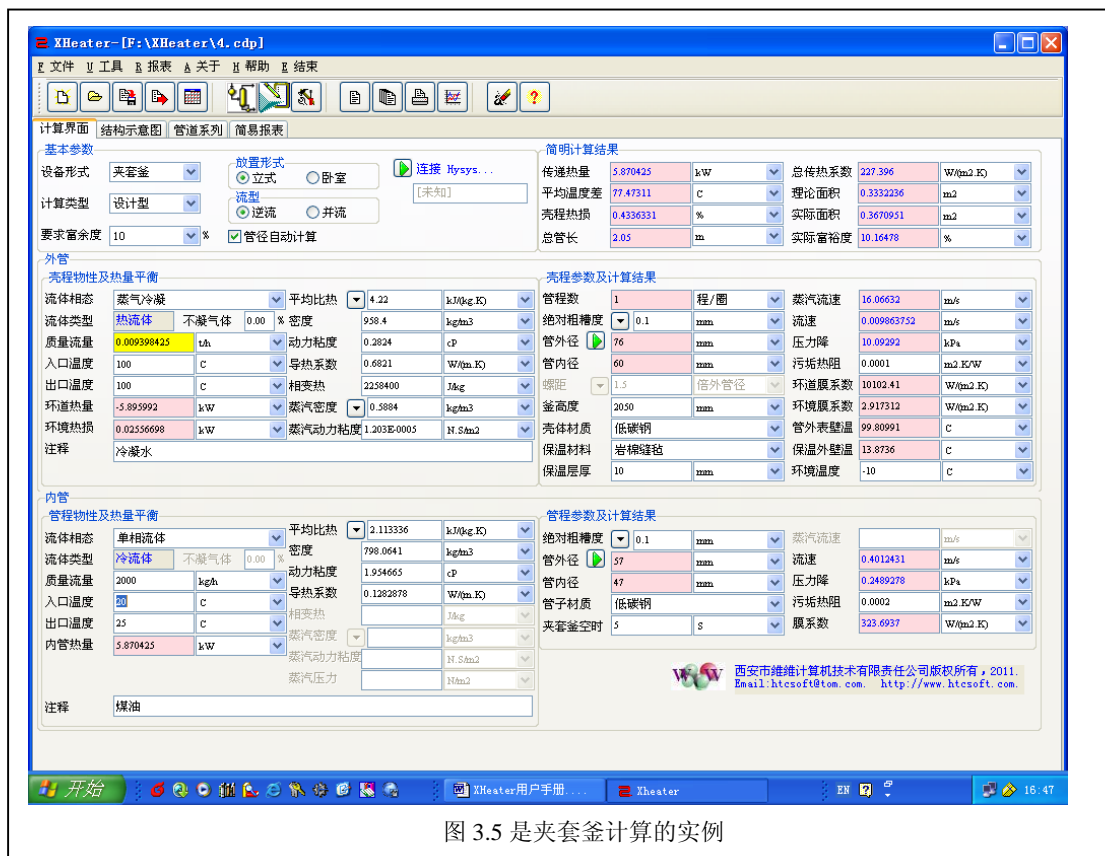
$$\tau = \frac{V}{v} \quad (3-1)$$

**空时**的物理意义是，流体注满容器所需要的时间。作为容器（反应器、加热釜等）的设计指标之一，**空时**常常是预先规定的，XHeater 同样需要用户规定它。在 XHeater 中， $V$  是加热



釜中心的体积。对于液体来说， $V$  是有效液位以下的体积；对于气体来说， $V$  就是釜的体积。

XHeater 在计算**夹套釜加热器**时候，如果是**设计模式**，并且选择了“**管径自动计算**”，那么在釜内径 $\leq 800$  mm 时候，会使用**管道系列的直径**，当釜内径 $>800$  mm 时候，所有直径（包括外壳的外径、内径）都使用计算值而不使用管道直径系列。在设计模式完成后，如果觉得有必要调整各个直径，请选择“**校核模式**”，然后微调这些数据。图 3.5 是一个夹套釜计算的实例。



需要指出的是，**没有搅拌的夹套釜**，中心流体的换热膜系数一般而言相当低，因此釜中流体的温度变化（升高或者降低）都很小，不要期望它能有较大的加热或者冷却温差。XHeater 会在未来的版本中增加搅拌，尽管它已经超出了换热器的狭义范围。



## 第四章 系统参数

### 4.1 概述

Xheater 有一些预定义的常数，这些常数是按照经验或者习惯定义的，你可以根据自己的需要设置（更改）它的数值。应当注意的是，更改这些常数需要丰富的知识和经验，否则不要轻易修改它。

### 4.2 设置参数

按下“U 工具”菜单，打开设置界面你就可以设置了：直接修改参数值，如图 4.1 所

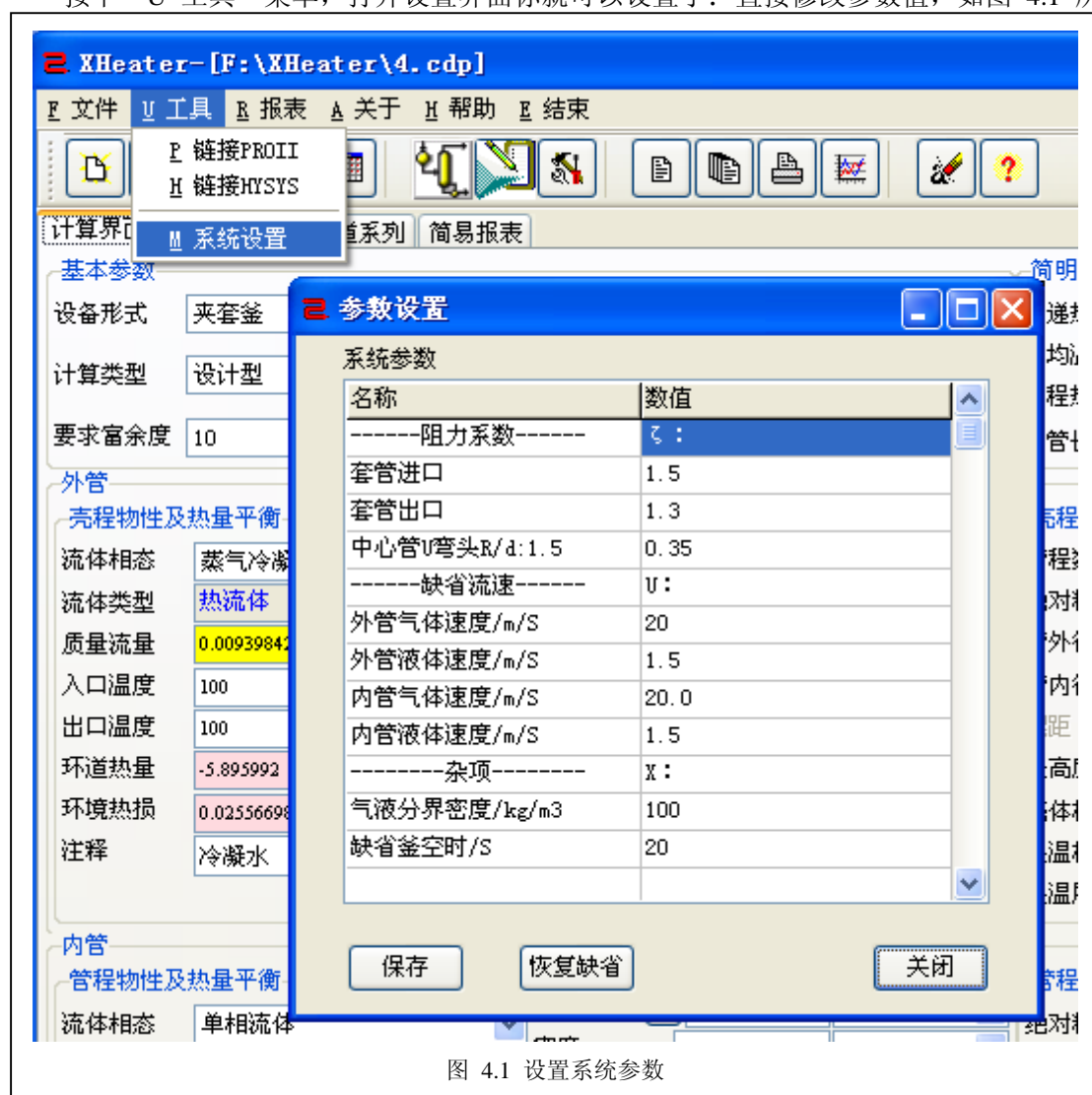


图 4.1 设置系统参数

示。设置参数后，对于当前计算立即起作用。要让设置永久起作用，请按下“保存”；要恢复缺省值，请按下“恢复缺省”。这些参数的含义比较清晰，不再赘述。





## 附录 术语

### 质量

被加热流体的质量, kg。

### 初始温度

流体开始加热时的温度,  $^{\circ}\text{C}$ 。

### 基本参数:

#### 加热时间

流体从初始温度加热到, 目标温度的时间, hr

### 收敛误差

迭代计算的误差, 一般取:  $1\text{E-}6$

### 富余度

传热管面积的富余量, %

### 容器几何参数:

#### 容器选择

选择容器的几何形状, 分为球罐、圆柱(平底)、立方体和拱顶罐(水平)

### 容器体积

容器的最大容积,  $\text{m}^3$

### 充装系数

装料体积和最大容积之比

### 有效散热积

容器中, 实际装料部分对应的容器外壁面积,  $\text{m}^2$

### 直径

球罐、圆柱和拱顶罐的直径, m

### 高度

圆柱和立方体储槽的高度, m

### 容器物性及热量平衡, 物性:

#### 平均比热

物料在平均温度下的比热,  $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$

### 密度

物料在平均温度下的密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$

**动力粘度**

物料在平均温度下的动力粘度, Pa/S

**导热系数**

物料在平均温度下的导热系数, W/(m. K)

**膨胀系数**

物料在平均温度下的膨胀系数, 1/K

**容器物性及热量平衡, 工艺和热量平衡数据:****流体相态**

容器的流体相态只有: 单相流体

**流体类型**

容器的流体类型只有: 吸热流体

**质量**

容器中被加热流体的质量, kg

**初始温度**

容器中被加热流体的开始温度, C

**目标温度**

容器中被加热流体的要求(终了)温度, C

**容器热量**

容器中被加热流体吸收的总热量, kJ

**环境热损**

整个加热过程中向环境散热的平均速率, W

**容器参数及计算结果:****散热面积**

即有效散热面积: 容器中, 实际装料部分对应的容器外壁面积, m<sup>2</sup>

**容器材质**

容器壁的材质

**容器壁厚**

容器壁厚度, mm

**保温材料**

保温材料的种类

**保温层厚**

保温层的厚度, mm

**散热方向**

散热的对象, 分为空气和地表 (大地)

**环境传热系数**

整个加热过程中的平均散热 (热损失) 的传热系数,  $W/(m^2 \cdot K)$

**维持传热系数**

加热到目标温度后, 维持这个目标温度, 即保温时的散热 (热损失) 膜系数,  $W/(m^2 \cdot K)$

**保温外壁温**

保温层外面 (对着环境) 在整个加热过程中的平均温度,  $^{\circ}C$

**环境温度**

环境的极端低温,  $^{\circ}C$

**管程物性及热量平衡, 物性:****密度**

管程流体 (加热介质), 对于蒸汽冷凝, 指冷凝液的密度,  $kg/m^3$

**动力粘度**

管程流体 (加热介质), 对于蒸汽冷凝, 指冷凝液的动力粘度,  $Pa/S$

**导热系数**

管程流体 (加热介质), 对于蒸汽冷凝, 指冷凝液的导热系数,  $W/(m \cdot K)$

**相变热**

管程流体为蒸汽冷凝时的蒸发潜热,  $kJ/kg$

**蒸汽密度**

管程流体为蒸汽冷凝时的蒸汽密度,  $kg/m^3$

**蒸汽动力粘度**

管程流体为蒸汽冷凝时的蒸汽动力粘度,  $Pa/S$

**管程物性及热量平衡, 工艺和热量平衡数据:****流体相态**

管程流体分为单相流体和蒸汽冷凝两种

**流体类型**

管程流体始终是: 放热流体

**不凝气体**

蒸汽冷凝情况下，蒸汽中含有不凝气体的质量百分数，%

**质量流量**

管程流体的质量流量，kg/h

**入口温度**

管程流体的入口温度，℃

**出口温度**

管程流体的出口温度，℃

**内管热量**

整个加热过程管程流体放出的总热量，kJ

**管程参数及计算结果：****管子形式**

分为U型管和螺旋管两种

**绝对粗糙度**

管内壁的绝对粗糙度，mm

**管外径**

加热管外径，m

**管内径**

加热管内径，m

**管子材质**

加热管材质

**螺距**

加热管为螺旋管时的螺距，以管外管径的倍数表示

**管间距**

加热管为U型管时的相邻两管的间距，以管外管径的倍数表示

**盘管直径**

加热管为螺旋管时的盘管圆周的直径，m

**管程数**

加热管为螺旋管，程数指螺旋的圈数；加热管为U型管，程数指U型弯的个数+1

**蒸汽流速**



流体相态为蒸汽冷凝时，蒸汽在管中的入口（最大）流速， $\text{m/s}$

### 流速

流体相态为单相流体时为流体的流速；流体相态为蒸汽冷凝时，为蒸汽在管中的入口（最大）流速， $\text{m/s}$

### 压力降

管程压降， $\text{Mpa}$

### 管内污垢

管内污阻力， $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$

### 管外污垢

管外污垢阻力， $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

### 管外膜系数

管外向容器传热的膜系数， $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

### 简明计算结果：

#### 理论面积

传热所需最小面积，无富裕， $\text{m}^2$

#### 实际面积

指定富裕度下的传热面积，有富裕， $\text{m}^2$

### 总管长

换热管总长度， $\text{m}$

### 时均温差

整个加热过程中的平均温度差， $^{\circ}\text{C}$

### 时均传热系数

整个加热过程中的平均传热系数， $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

### 维持质量流量

维持目标（终了）温度，即保温所需要的加热流体的质量流量， $\text{kg/h}$