

# FloTHERM 概述

## 1.1 FloTHERM 软件介绍

FloTHERM 是一款专门用于电子散热领域的三维热仿真和优化设计软件，可应用于封装元件、PCB 板、系统设备和数据中心等不同层级。在任何实体样机建立之前，用户可通过 FloTHERM 软件创建产品的虚拟模型，预测产品内部的气流流动、温度分布和热量传递过程。根据 FloTHERM 提供的仿真结果可以识别产品存在的热风险，并且进一步提高产品的可靠性。

## 1.2 FloTHERM 软件背景原理

电子设备内外部的流体流动和热量传递受物理守恒定律的控制，基本的守恒定律包括：质量、动量和能量守恒定律。

对于三维、瞬态、可压缩牛顿流体的流动与传热现象，其守恒控制方程如下：

质量守恒方程：

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho u) = 0 \quad (1-1)$$

X 方向动量守恒方程：

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \text{div}(\rho u u) = \text{div}(\mu \text{grad} u) - \frac{\partial P}{\partial x} + S_u \quad (1-2)$$

Y 方向动量守恒方程：

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \text{div}(\rho v u) = \text{div}(\mu \text{grad} v) - \frac{\partial P}{\partial y} + S_v \quad (1-3)$$

Z 方向动量守恒方程：

$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \text{div}(\rho w u) = \text{div}(\mu \text{grad} w) - \frac{\partial P}{\partial z} + S_w \quad (1-4)$$

能量守恒方程：

$$\frac{\partial(\rho T)}{\partial t} + \text{div}(\rho u T) = \text{div}\left(\frac{k}{c} \text{grad} T\right) + S_T \quad (1-5)$$

关于守恒控制方程的详细内容可以参考参考文献[1]。上述守恒方程均为偏微分方程，在数学上无法获得这些方程的解析解，特别是由于动量守恒方程的高度非线性，使得通过数学的手段无法直接进行求解。

自 20 世纪 60 年代左右起计算流体力学（CFD）技术逐渐形成了一门独立的学科。其主要思想是把原来在时间域及空间域上连续的物理量场，如温度场和速度场，用一系列有限个离散点上的变量值的集合来替代，通过一定的原则和方式建立起关于这些离散点上场变量之间关系的代数方程组，然后求解代数方程组获得场变量的近似值[2]。

FloTHERM 软件正是基于计算流体力学技术解决电子设备散热的问题，软件工作流程如图 1-1 所示。

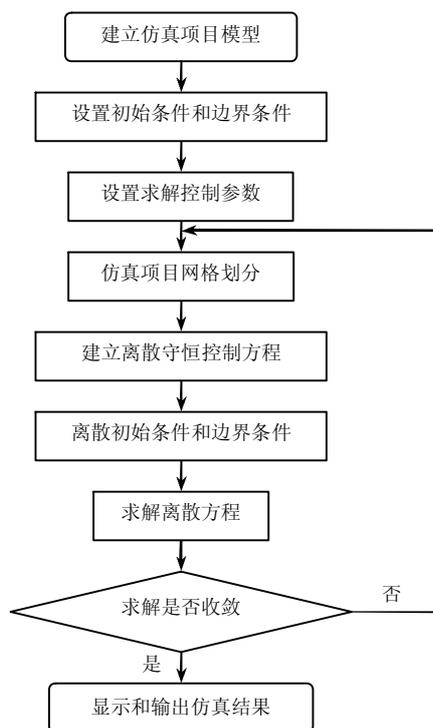


图 1-1 FloTHERM 软件工作流程

### 1.3 FloTHERM 功能特点

(1) MCAD 和 EDA 软件模块接口。

FloTHERM 软件具有 MCAD 和 EDA 软件模块接口，用于提高仿真项目的建模效率。其中 FloMCAD 软件模块接口支持 Pro/ENGINEER、CATIA 和 Solidworks 等主流 MCAD 软件模

型数据，同时也支持三维模型数据的导出。FloEDA 软件模块接口支持 Allegro、APD、Boardstation、CR5000 和 Expedition 等主流 EDA 软件数据，同时也支持 EDA 软件常用的 IDF 格式数据。

#### (2) 智能元件和模型库数据。

FloTHERM 软件提供了电子设备中常见器件的智能元件模型。例如封装元件、热管、风扇、散热器、PCB 板、热电制冷器、打孔板、机箱、机柜和空调。此外，软件模型库中包含了数千种电子器件的特性数据和几何模型。例如风扇、封装元件、散热器、导热界面材料、机柜和空调等。

#### (3) 几何建模易用性。

FloTHERM 软件支持参数化建模的同时，也支持通过鼠标拖放来改变模型的几何位置和尺寸。其所见即所得的建模方式具有操作简单、直观和高效等特点。

#### (4) 网格系统。

FloTHERM 软件采用笛卡尔网格系统。笛卡尔网格系统在求解计算时间、求解数据存储空间以及求解的健壮性方面要优于其他网格系统。此外，FloTHERM 软件中网格与模型紧密相关，对于模型设置的网格加密作为模型的属性存在和保存。模型网格属性可以与模型一起保存至模型库中，之后调用模型时可不必要再次进行网格划分。

#### (5) 求解器。

FloTHERM 软件具有多重网格和分离耦合残差两个求解器。其中多重网格求解器在计算时可以将各种频率分量的误差比较均匀衰减掉，因此加快了迭代收敛的速度，对于线性温度方程的求解尤为明显。

#### (6) 后处理。

FloTHERM 可视化后处理模块 Visual Editor 专为提高电子设备热设计效率而研发，完全逼真的模型、三维流体流动动画和瞬态温度动态显示可协助工程师快速高效地了解产品热特性以及可能存在的热风险，并且将产品优化设计结果以可视化形式快速呈现出来。

#### (7) 优化设计。

FloTHERM 的 Command Center 优化设计模块可以根据目标函数进行仿真项目自动优化设计，其包括了 DOE（实验设计）、SO（顺序优化）和 RSO（响应面优化）等先进的优化方法，使软件不仅作为项目方案热风险验证和评估的工具，更能作为项目优化设计的工具。

## 1.4 FloTHERM 工程应用背景

应用 FloTHERM 软件可以快速地大量项目仿真分析，在此基础之上再结合一定的实验测试，可以大幅缩短产品研发时间和降低产品研发成本，提高企业的研发能力和竞争力。电子设备散热领域任何涉及流体流动和热量传递的物理现象都可以通过 FloTHERM 软件进行仿真分析。除此之外，FloTHERM 软件也被用于瞬态、红外辐射、太阳辐射和液体冷却等物理现象的仿真分析。历经 25 年的发展和改进，FloTHERM 软件已经被广泛地应用在通讯、电力能源、计算机、消费电子、半导体、汽车、航天和机车等行业领域。

## 1.5 FloTHERM 软件模块

FloTHERM 软件主要有以下模块：Pre-Processor、Solver、Visual Editor、Command Center、FloEDA、FloMCAD 和 FloTHERM PACK。

### (1) Pre-Processor。

Pre-Processor 是软件的前处理模块，主要用于创建仿真项目模型和网格划分。软件提供了封装元件、散热器、风扇、PCB 板、热电制冷器、机箱、热管和打孔板等智能元件。通过这些智能元件用户能快速准确地建立仿真模型。软件中的 Grid Summary Dialog 窗口可以快速确定仿真项目网格质量，定位最差网格所在位置和引起差质量网格的模型。

### (2) Solver。

Solver 是软件的求解模块，其基于笛卡尔网格系统，具有较高的求解计算效率。软件具有多重网格和分离耦合残差两个求解器。多重网格求解器可以加快线性温度方程的求解，并且对于耦合热交换的项目，它可以改善项目的收敛性和缩短求解时间。通常情况下，多重网格求解器的易用性更好。

### (3) Visual Editor。

Visual Editor 后处理模块（如图 1-2 所示）主要用于仿真结果的处理和提供仿真结果数据。其提供的仿真结果可以分为图形结果和表格结果。通过平面云图、表面云图、等值面云图、粒子流等载体将温度、速度、压力、热流、速率等标量和矢量呈现出来，并且通过图片或者视频形式输出。同时 Visual Editor 也支持将温度、压力、速度、热流密度、对流换热热量、热传导热量和热辐射热量等仿真结果数据以\*.CSV 或\*.txt 格式输出。

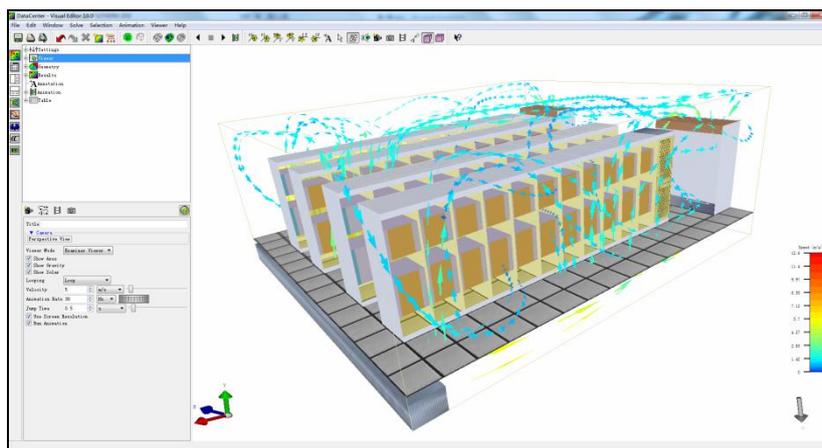


图 1-2 Visual Editor 模块

### (4) Command Center。

Command Center 模块（如图 1-3 所示）用于仿真项目的优化设计，其中包括实验设计（DOE）、响应面优化（RSO）和顺序优化（SO）三种优化设计方法。实验设计功能可以有效地提升项目优化设计的效率。基于实验设计创建的方案，顺序优化和响应面优化功能可以进一步地进行方案项目优化设计。用户在确定元件温度、散热器温度或重量等目标函数之后，软件

在用户设定的输入变量变化范围内自动逐步寻找各可变设计参数，例如散热器几何尺寸、元件位置、材料物性和热功耗等参数的最优组合。Command Center 模块也可用于 PCB 板的器件布局优化、系统通风口位置及形状优化、模块及系统的流道设计和风扇选型及安装位置优化等各种项目的优化设计。

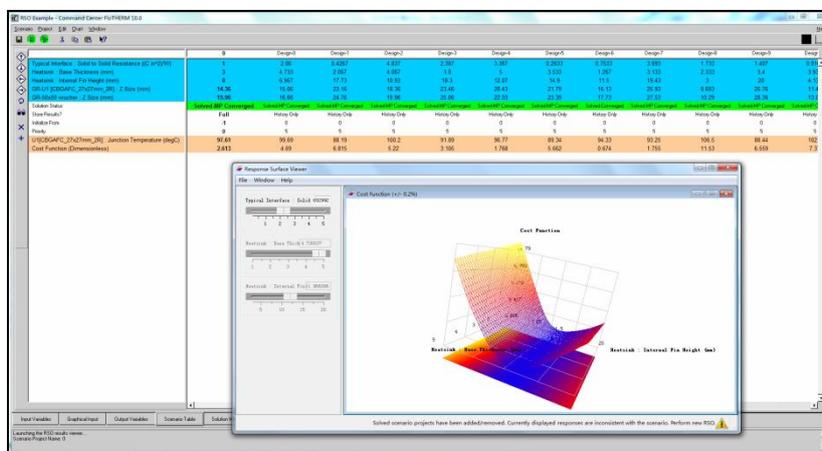


图 1-3 Command Center 模块

#### (5) FloEDA.

FloEDA 模块 (如图 1-4 所示) 的主要目的是帮助工程师提升 PCB 和封装元件建模速度以及获得精确 PCB 和封装元件仿真结果。其支持将 Allegro、APD、Boardstation、CR5000 和 Expedition 等 EDA 软件所创建的导电层、过孔和封装元件等数据直接导入至 FloTHERM 软件中。FloEDA 不仅支持数据的导入，而且支持模型数据的简化。

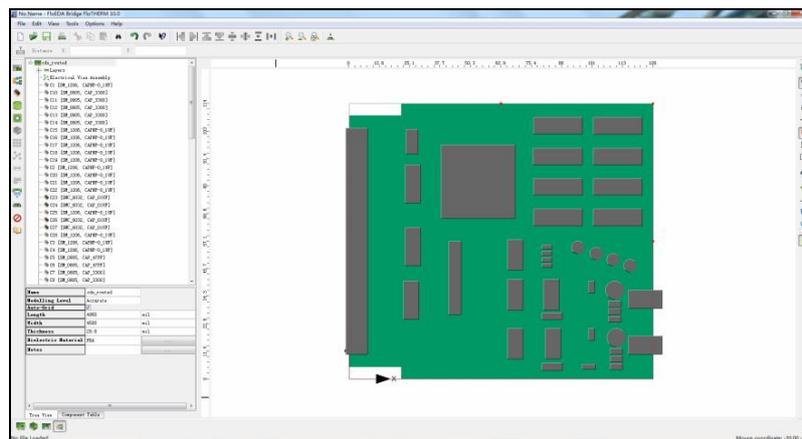


图 1-4 FloEDA 模块

#### (6) FloMCAD.

FloMCAD 模块 (如图 1-5 所示) 的主要目的是帮助工程师提升仿真项目几何建模速度，提高仿真效率。其支持将主流机械设计软件 Pro/ENGINEER、CATIA 和 Solidworks 所创建的零件或组件，以及 IGES、STL、SAT、STEP 和 DXF 等通用结构数据导入至 FloTHERM 软件中。FloMCAD

不仅支持数据的导入，而且支持模型数据的简化。由于结构模型中包含了许多结构工艺的信息，但这些模型信息会耗费太多的计算资源，而通过 FloMACD 模块可以去除这些不必要的信息。

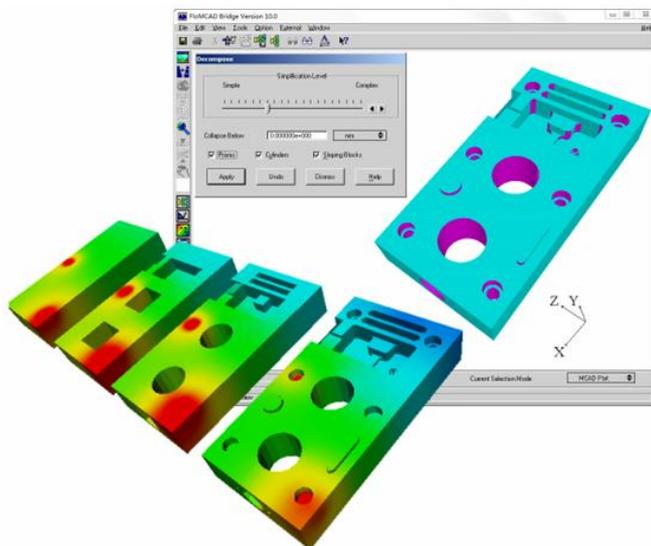


图 1-5 FloMACD 模块

#### (7) FloTHERM PACK。

FloTHERM PACK 是一款基于网络的软件程序，可以提供可靠、准确的 IC 封装以及相应的热阻模型，如图 1-6 所示。FloTHERM PACK 为每一款 IC 封装元件设计了参数化设置的菜单，输入封装 Die、基板和封装尺寸等详细信息就可以构建封装模型。如果没有封装元件内部的详细信息，FloTHERM PACK 内部的 JEDEC 标准模型库可以协助创建封装模型，其中包括了业内广泛采用的球栅阵列封装 (BGA)、引线封装 (Leaded Packages)、针脚格栅阵列封装 (Pin Grid Arrays)、晶体管外形封装 (Transistor Outline Packages)、芯片级封装 (Chip-Scale Packages) 和堆栈封装 (Multi-Die Packages)。

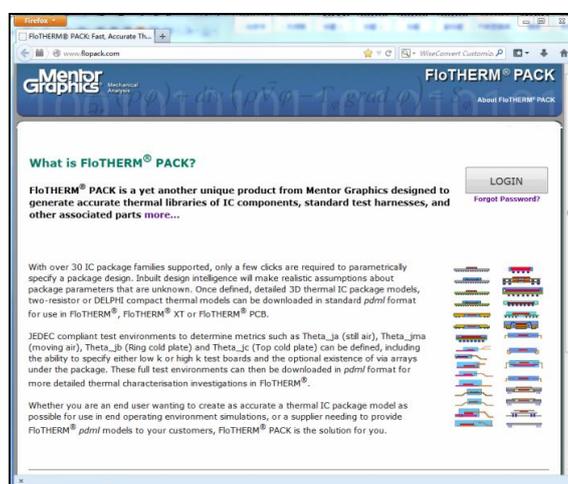


图 1-6 FloTHERM PACK 模块

## 1.6 FloTHERM 软件安装

FloTHERM 软件支持在 Windows 和 Linux 操作系统下运行。FloTHERM 10.0 支持的 Windows 操作系统有 Windows 8、Windows 7、Windows Vista、Windows XP Professional、Windows Server 2008/2012。

### 1.6.1 FloTHERM 软件 Windows 版本安装

解压缩文档 flotherm\_10\_0\_win\_self\_extract\_esdm.zip, 双击 flotherm\_instal.exe 可执行文件。在弹出的安装对话框中单击“确定”按钮, 再在弹出的 WinZip Self-Extractor-flotherm\_install.exe 对话框中单击 Setup 按钮, 如图 1-7 所示。



图 1-7 WinZip Self-Extractor-flotherm\_install.exe 对话框

安装程序进入安装准备阶段, 如图 1-8 所示为软件安装介绍, 单击 Next 按钮。

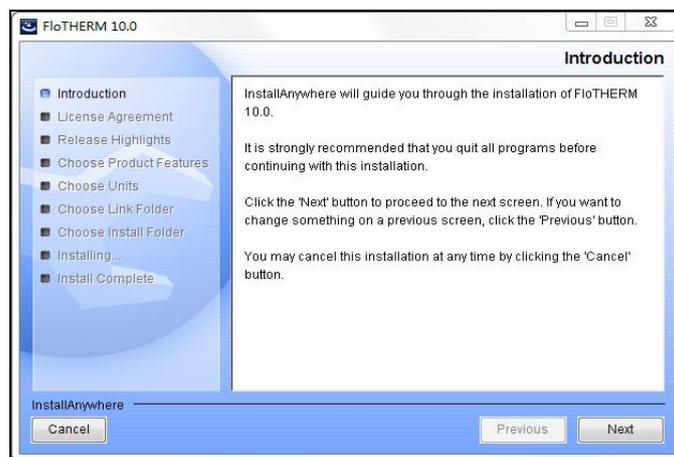


图 1-8 软件安装介绍

如图 1-9 所示为软件许可证协议, 选择 I accept the terms of the License Agreement 并单击 Next 按钮。

如图 1-10 所示为软件介绍界面, 阅读软件功能介绍并单击 Next 按钮。

如图 1-11 所示为安装程序选择界面。Typical 选项用于安装 FloTHERM 软件程序和许可证管理器, 适用于单机版或浮动版服务器端的安装; Client 选项用于安装 FloTHERM 软件程序, 适用于浮动版客户端的安装; Volunteer Only 选项用于安装 Command Center 优化方案的求解器; FLEX Only 用于安装许可证管理器, 适用于浮动版软件服务器端的安装。

此处选择 Typical 选项并单击 Next 按钮。



图 1-9 软件许可证协议

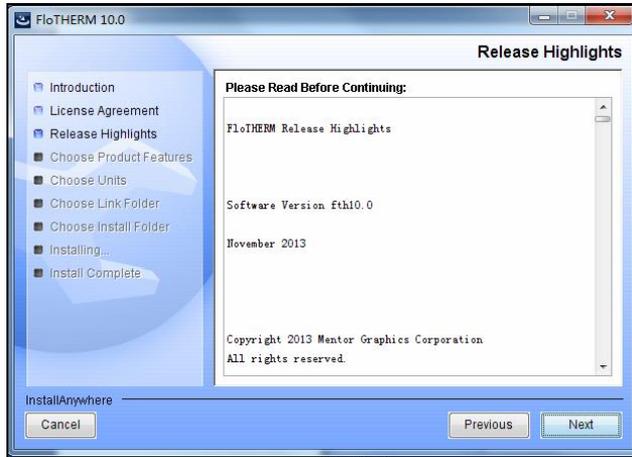


图 1-10 软件介绍



图 1-11 安装程序选择

如图 1-12 所示为软件单位系统选择界面。SI 选项表明软件默认采用国际单位制；US 选项表明软件默认采用英制单位制。此处选择 SI 选项并单击 Next 按钮。

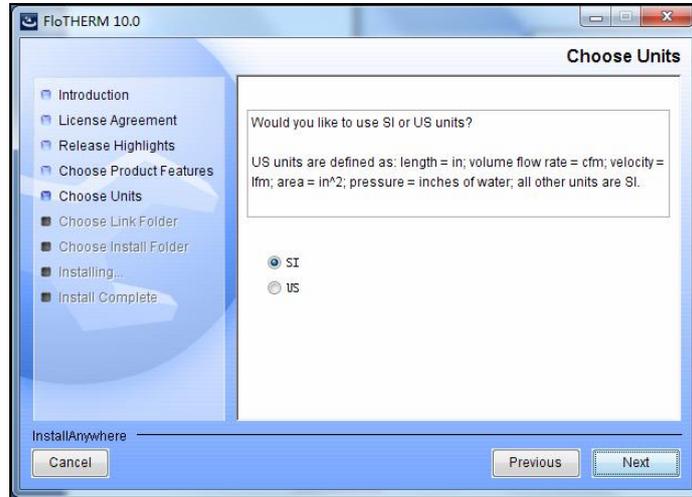


图 1-12 单位系统选择

如图 1-13 所示为软件图标选择界面。In a new Program Group 表明软件图标创建在一个新的开始程序组中；In an existing Program Group 表明软件图标创建在现有的开始程序组中。如果已经存在 MentorMA 的程序组，则选择 In an existing Program Group，否则选择 In a new Program Group，单击 Next 按钮。



图 1-13 软件图标选择

如图 1-14 所示为软件安装路径选择界面，此处可以采用默认安装路径，单击 Install 按钮。

如图 1-15 所示软件进入安装过程，如图 1-16 所示软件安装完成，单击 Done 按钮确认软件安装完成。

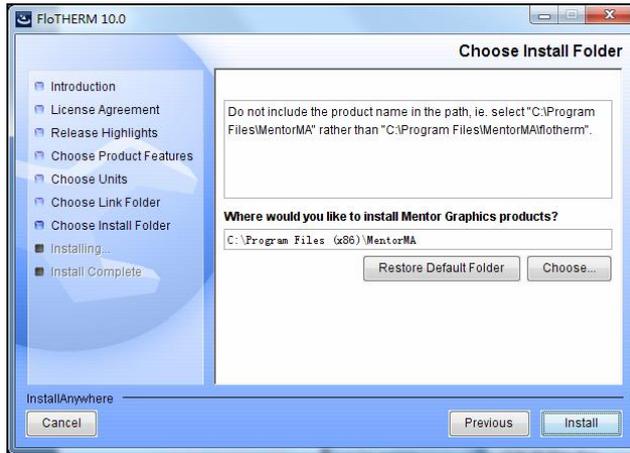


图 1-14 软件安装路径选择

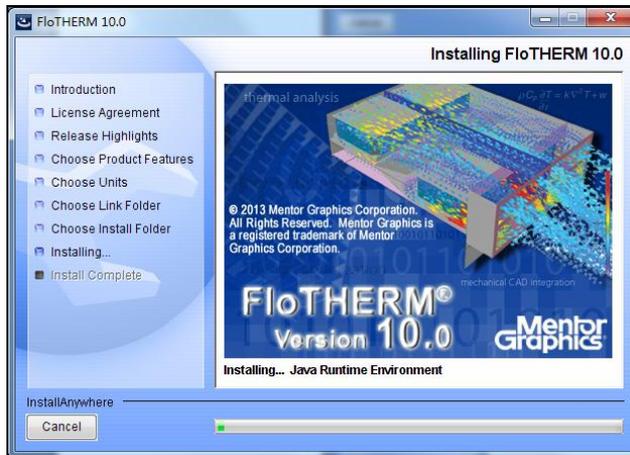


图 1-15 软件安装过程

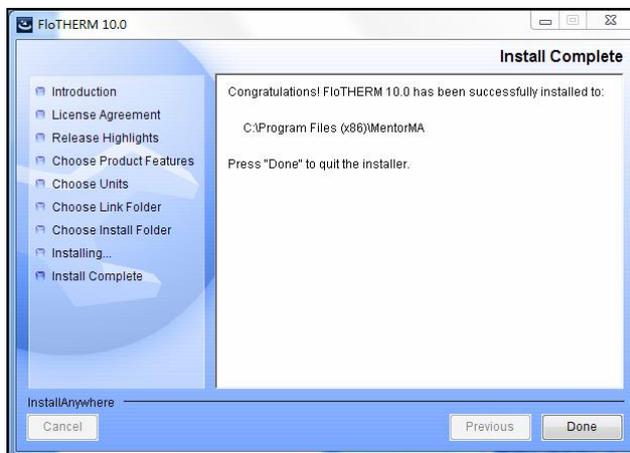
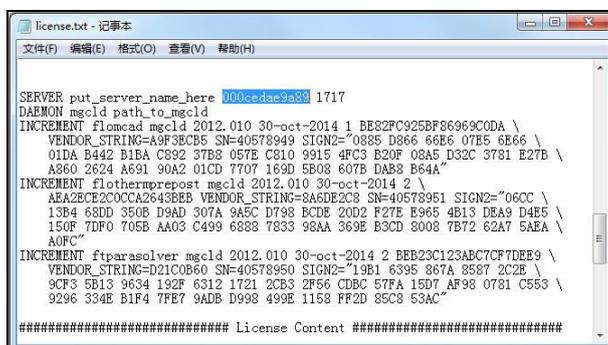


图 1-16 软件安装完成

## 1.6.2 许可证安装

采用记事本程序打开软件许可证文件，如图 1-17 所示，确定许可证所安装计算机的物理网卡地址包含在许可证文件中。



```

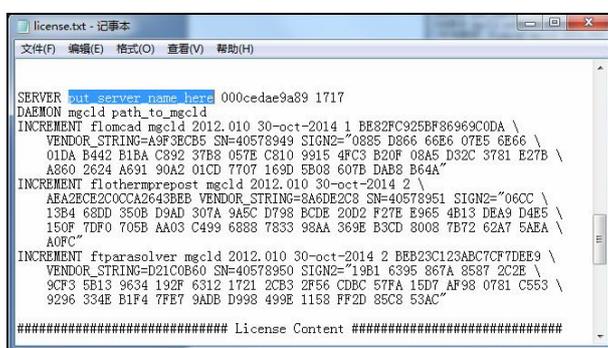
license.txt - 记事本
文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)

SERVER put_server_name_here 000cedae9a89 1717
DAEMON mgcld path_to_mgcld
INCREMENT flomcad mgcld 2012.010 30-oct-2014 1 BE32FC925BF86969C0DA \
  VENDOR_STRING=A9F3ECB5 SN=40578949 SIGN2="0885 D866 6E66 07E5 6E66 \
  01DA B442 B1BA C892 37B8 057E C810 9915 4FC3 B20F 08A5 D32C 3781 E27B \
  A860 2624 A691 90A2 01CD 7707 169D 5B08 607B DAB8 B64A"
INCREMENT flothermprepost mgcld 2012.010 30-oct-2014 2 \
  AEA2ECE2C0CCA2643BEB VENDOR_STRING=8A6DE2C8 SN=40578951 SIGN2="06CC \
  13B4 68DD 350B D9AD 307A 9A5C D798 BCDE 20D2 F27E E965 4B13 DEA9 D4E5 \
  150F 7DF0 705B AA03 C499 6888 7833 98AA 369E B3CD 8008 7B72 62A7 5AEA \
  A0FC"
INCREMENT ftparasolver mgcld 2012.010 30-oct-2014 2 BEB23C123ABC7CF7DEE9 \
  VENDOR_STRING=D21C0B60 SN=40578950 SIGN2="19B1 6395 867A 8587 2C2E \
  9CF3 5B13 9634 192F 6312 1721 2CB3 2F56 CDBC 57FA 15D7 AF98 0781 C553 \
  9296 334E B1F4 7FE7 9ADB D998 499E 1158 FF2D 85C8 53AC"

##### License Content #####
  
```

图 1-17 许可证文件

如图 1-18 所示，把许可证中加底色标识的 `put_server_name_here` 替换为许可证所安装计算机的名称。



```

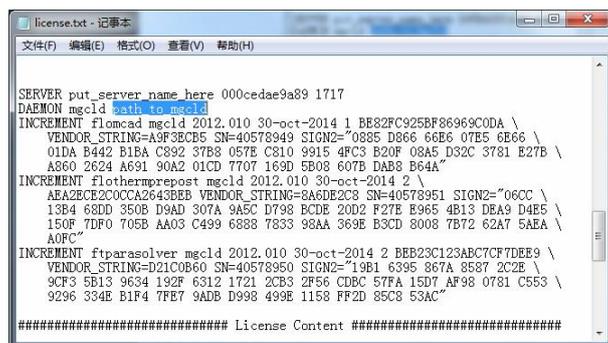
license.txt - 记事本
文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)

SERVER put_server_name_here 000cedae9a89 1717
DAEMON mgcld path_to_mgcld
INCREMENT flomcad mgcld 2012.010 30-oct-2014 1 BE32FC925BF86969C0DA \
  VENDOR_STRING=A9F3ECB5 SN=40578949 SIGN2="0885 D866 6E66 07E5 6E66 \
  01DA B442 B1BA C892 37B8 057E C810 9915 4FC3 B20F 08A5 D32C 3781 E27B \
  A860 2624 A691 90A2 01CD 7707 169D 5B08 607B DAB8 B64A"
INCREMENT flothermprepost mgcld 2012.010 30-oct-2014 2 \
  AEA2ECE2C0CCA2643BEB VENDOR_STRING=8A6DE2C8 SN=40578951 SIGN2="06CC \
  13B4 68DD 350B D9AD 307A 9A5C D798 BCDE 20D2 F27E E965 4B13 DEA9 D4E5 \
  150F 7DF0 705B AA03 C499 6888 7833 98AA 369E B3CD 8008 7B72 62A7 5AEA \
  A0FC"
INCREMENT ftparasolver mgcld 2012.010 30-oct-2014 2 BEB23C123ABC7CF7DEE9 \
  VENDOR_STRING=D21C0B60 SN=40578950 SIGN2="19B1 6395 867A 8587 2C2E \
  9CF3 5B13 9634 192F 6312 1721 2CB3 2F56 CDBC 57FA 15D7 AF98 0781 C553 \
  9296 334E B1F4 7FE7 9ADB D998 499E 1158 FF2D 85C8 53AC"

##### License Content #####
  
```

图 1-18 许可证文件

如图 1-19 所示，把许可证中加底色标识的 `path_to_mgcld` 替换为文件 `mgcld.exe` 所在的路径。默认情况下此路径为 `C:\Program Files (x86)\MentorMA\FLEXLM11.10`。注意，路径名需要加双引号。



```

license.txt - 记事本
文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)

SERVER put_server_name_here 000cedae9a89 1717
DAEMON mgcld "C:\Program Files (x86)\MentorMA\FLEXLM11.10\mgcld.exe"
INCREMENT flomcad mgcld 2012.010 30-oct-2014 1 BE32FC925BF86969C0DA \
  VENDOR_STRING=A9F3ECB5 SN=40578949 SIGN2="0885 D866 6E66 07E5 6E66 \
  01DA B442 B1BA C892 37B8 057E C810 9915 4FC3 B20F 08A5 D32C 3781 E27B \
  A860 2624 A691 90A2 01CD 7707 169D 5B08 607B DAB8 B64A"
INCREMENT flothermprepost mgcld 2012.010 30-oct-2014 2 \
  AEA2ECE2C0CCA2643BEB VENDOR_STRING=8A6DE2C8 SN=40578951 SIGN2="06CC \
  13B4 68DD 350B D9AD 307A 9A5C D798 BCDE 20D2 F27E E965 4B13 DEA9 D4E5 \
  150F 7DF0 705B AA03 C499 6888 7833 98AA 369E B3CD 8008 7B72 62A7 5AEA \
  A0FC"
INCREMENT ftparasolver mgcld 2012.010 30-oct-2014 2 BEB23C123ABC7CF7DEE9 \
  VENDOR_STRING=D21C0B60 SN=40578950 SIGN2="19B1 6395 867A 8587 2C2E \
  9CF3 5B13 9634 192F 6312 1721 2CB3 2F56 CDBC 57FA 15D7 AF98 0781 C553 \
  9296 334E B1F4 7FE7 9ADB D998 499E 1158 FF2D 85C8 53AC"

##### License Content #####
  
```

图 1-19 许可证文件

保存修改的许可证文件并退出记事本程序。如图 1-20 所示，单击“开始”→“所有程序”→MentorMA→License Wizard 命令。

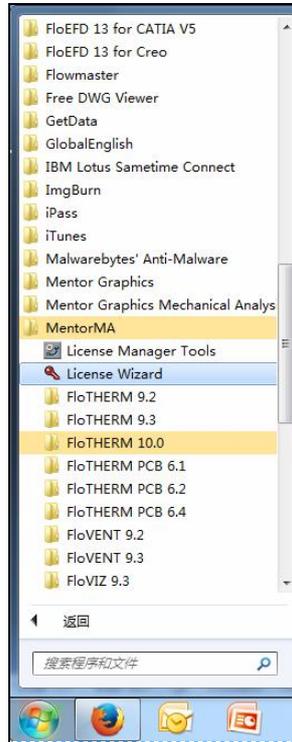


图 1-20 打开 License Wizard

如图 1-21 所示，在弹出的 Mentor Graphics License Administration Wizard 对话框中选择 Import a Mentor Graphics License File 单选项，单击“下一步”按钮。

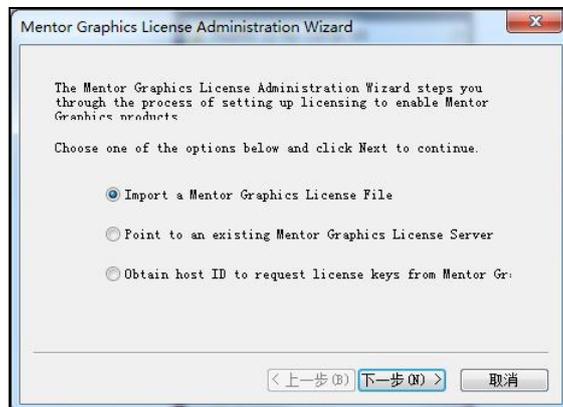


图 1-21 License Administration Wizard 对话框

如图 1-22 所示，在 Mentor Graphics License Administration Wizard 对话框中阅读许可证相关内容，单击“下一步”按钮。

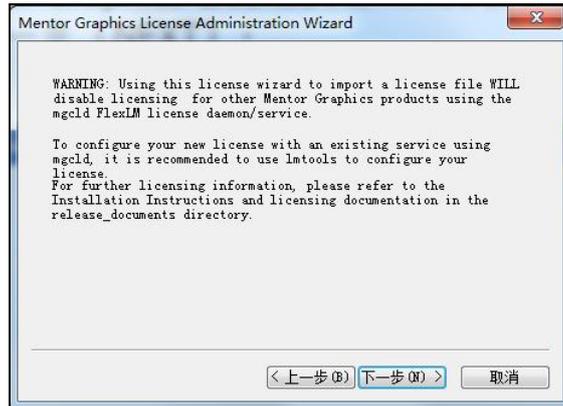


图 1-22 License Administration Wizard 对话框

如图 1-23 所示，在 Mentor Graphics License Administration Wizard 对话框中单击 Browse 按钮找到之前修改的许可证文件，单击“打开”按钮。



图 1-23 许可证导入

如图 1-24 所示，在弹出的 Mentor Graphics License Administration Wizard 对话框中单击“下一步”按钮。

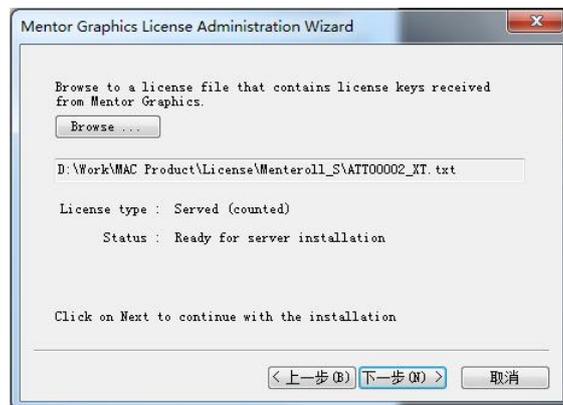


图 1-24 License Administration Wizard 对话框

如图 1-25 所示，在弹出的 Mentor Graphics License Administration Wizard 对话框中单击 Install and Start License Service 按钮，再单击“完成”按钮，退出许可证安装。

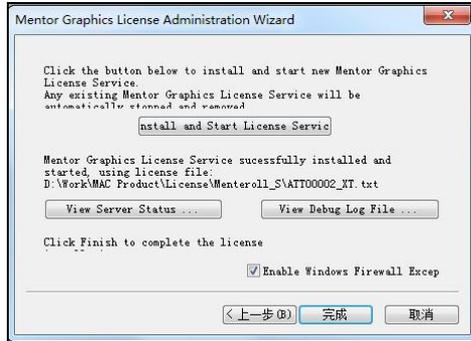


图 1-25 License Administration Wizard 对话框

### 1.6.3 浮动版软件客户端许可证设置

如图 1-26 所示，右击浮动版客户端计算机桌面上的“我的电脑”图标，选择“属性”命令。在“高级”选项卡中单击“环境变量”按钮。在“系统变量”列表框下方单击“新建”按钮新建一个系统变量，变量名为 MGLS\_LICENSE\_FILE，变量值为 1717@Host\_Name，其中 Host\_Name 为浮动版软件服务器的计算机名。

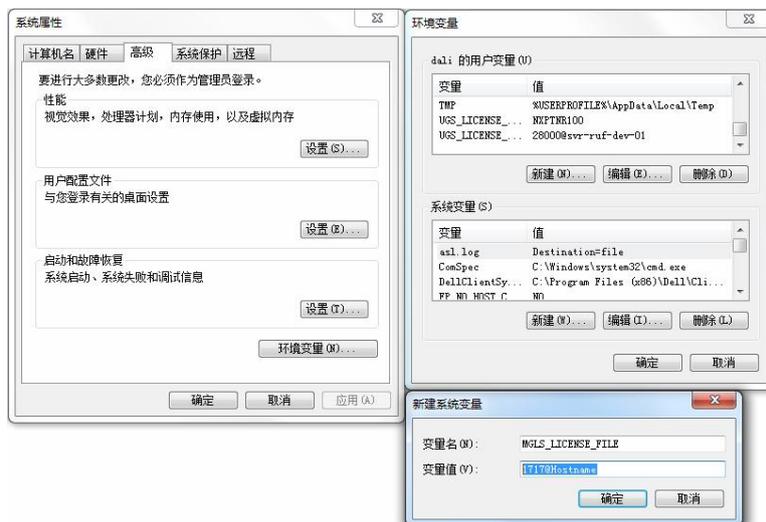


图 1-26 新建系统变量

依次单击“新建系统变量”、“环境变量”和“系统属性”对话框中的“确定”按钮退出环境变量设置。

## 1.7 FloTHERM 软件主界面

如图 1-27 所示，软件主界面由菜单栏、快捷菜单栏、Drawing Board、项目特性与数据库、

特性参数、网格特性、信息窗口、智能元件栏、智能元件特性和模型树等组成。

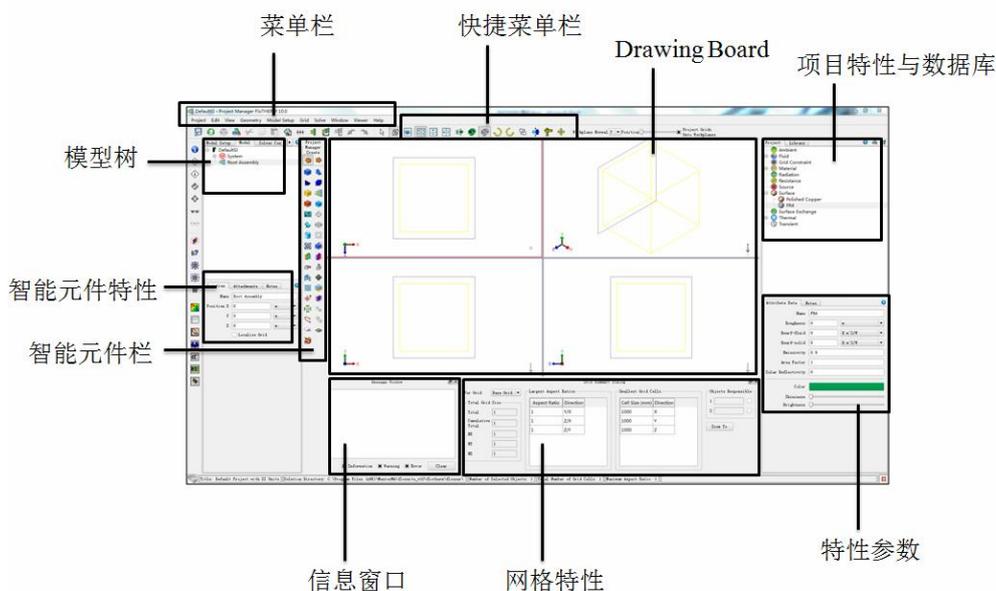


图 1-27 软件主界面

菜单栏中包括了仿真项目的保存、打开、模型建立、网格划分、求解、应用窗口启动等操作命令。快捷菜单栏中提供了保存、求解等常用的项目仿真操作命令，同时也提供了旋转、对齐和移动等针对模型操作的命令。Drawing Board 区域用于显示仿真项目几何模型和网格划分的状况。项目特性与数据库区域显示了仿真项目中所使用的特性或者软件自带的数据库。特性参数区域显示了某一特性的具体参数。网格特性区域显示了仿真项目的网格总数、最大长宽比和最小网格等信息。信息窗口用于显示仿真项目中存在的错误、警告和提示等信息。智能元件栏显示了软件包括的简化模型，通过这些简化模型可以快速地建立仿真项目。模型树中包括了仿真项目的求解域、系统网格和所有的智能元件。智能元件特性区域显示了智能元件所具有的特性和相关信息。

## 1.8 FloTHERM 简单实例分析

本实例通过创建一个简单的仿真项目使读者对 FloTHERM 软件有一个基本的了解。这是一个发热钢板在空气中的自然对流散热实例，仿真分析具体步骤如下：

- (1) 创建和保存一个新的项目。
- (2) 创建钢板。
- (3) 划分网格、求解。
- (4) 结果分析。

打开 FloTHERM 软件，如图 1-28 所示，在弹出的软件主界面中单击 Project→Save as 命令。

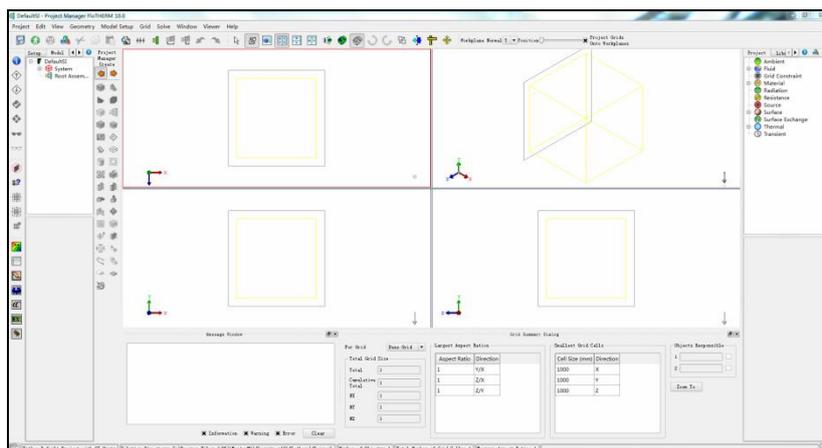


图 1-28 软件主界面

如图 1-29 所示，弹出 Save Project 对话框。在 Project Name 文本框中输入仿真项目名称 Example，在 Title 文本框中输入 Natural Convection，在 Notes 文本框中可以输入当前的时间和日期，以及仿真项目的仿真目标和目的等信息。单击 OK 按钮退出 Save Project 对话框。

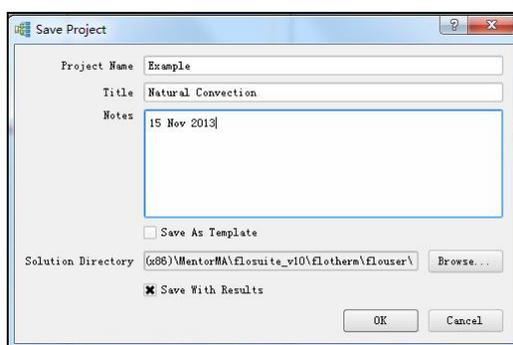


图 1-29 Save Project 对话框

单击模型树中的 System，在其下方智能元件特性区域的 Location 页中修改 System 的尺寸，如图 1-30 所示。

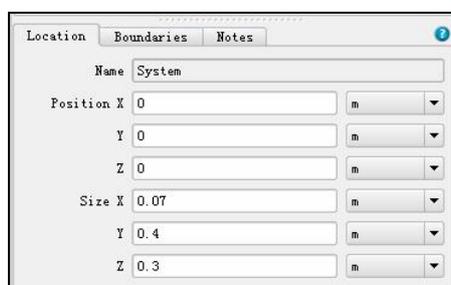


图 1-30 System 特性参数

选中模型树中的 Root Assembly，将智能元件栏设置为 Project Manager Create 状态，单击智能元件栏中的 Cuboid 图标创建 Cuboid。在 Root Assembly 中选择创建的 Cuboid，如图 1-31

所示设置 Cuboid 特性参数。

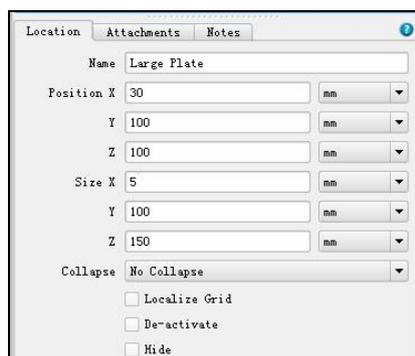


图 1-31 Cuboid 特性参数

如图 1-32 所示, 单击 Large Plate 的 Attachments 页, 在 Material 下拉列表框中选择 Copper (Pure), 设置 Large Plate 材料属性。

在 Thermal 下拉列表框中选择 Create New, 如图 1-33 所示设置 Thermal 特性参数。

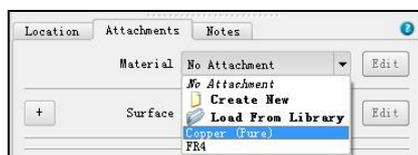


图 1-32 Larger Plate 材料属性

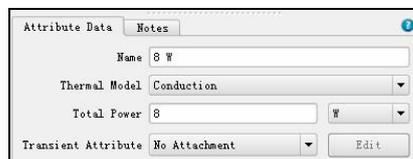


图 1-33 Thermal 特性参数

如图 1-34 所示, 在 Drawing Board 区域中查看所建立的仿真模型, 其中黄色线框为求解域, 蓝色线框为 Large Plate 模型。单击 Viewer→Solid 命令, 可以使 Large Plate 以实体显示。单击 Project→Save 命令, 保存建立的仿真模型。

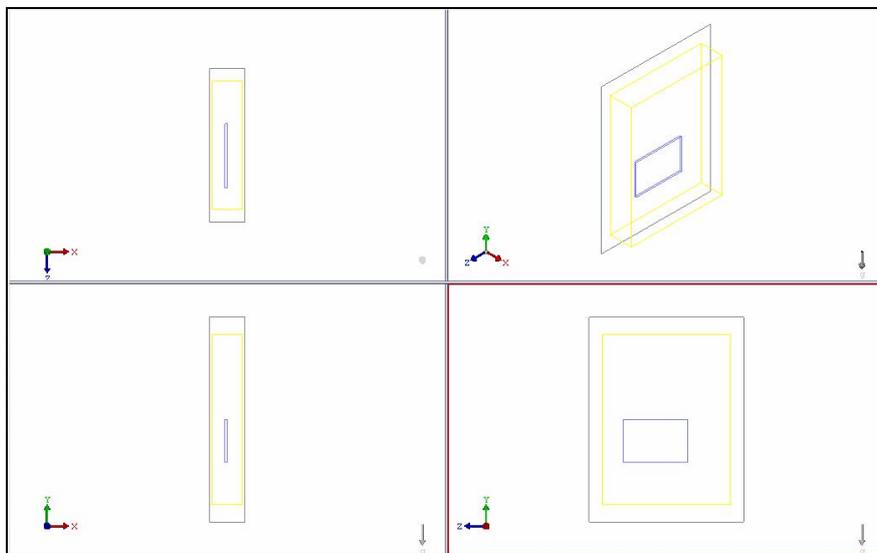


图 1-34 Drawing Board 中的仿真模型

单击 Viewer→Show Grid Toggle 命令，在 Drawing Board 区域中显示仿真项目网格，如图 1-35 所示。此时显示的网格为通过 Large Plate 边界面创建的网格，软件称此网格为 Keypoint 网格。由于此时的网格还很稀疏，如果需要进行求解计算，则必须加密网格。

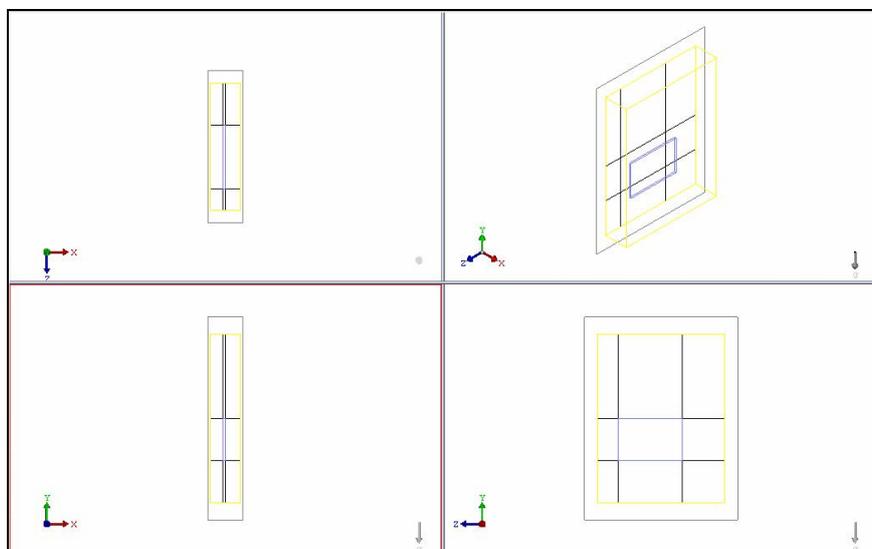


图 1-35 Drawing Board 中仿真项目网格

在模型树中选择 System Grid，在其下方的智能元件特性区域中单击 Fine。软件自动设置求解域内的最大网格尺寸和最小网格尺寸，如图 1-36 所示。如图 1-37 所示为 Drawing Board 中仿真项目网格。

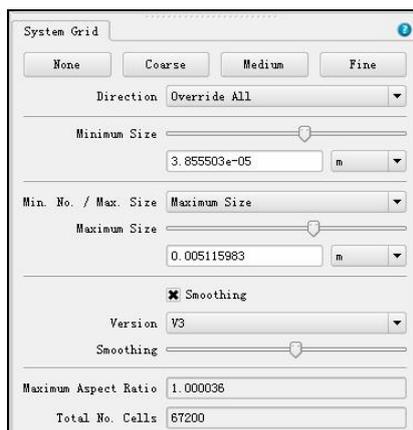


图 1-36 System Grid 特性参数

单击 Solve→Re-initialize and Solve 命令进行项目仿真计算。在进行仿真计算前软件会自动进行一次模型检查。如图 1-38 所示，此时会在 Message Window 中出现一个关于外部边界条件没有设定的提示信息。在这里忽略这个提示信息，因为本实例可以默认为使用缺省设定。

仿真项目检查完成之后，求解计算开始进行。如图 1-39 所示，Profiles 窗口自动开启，其中显示了温度、速度和压力的残差曲线。

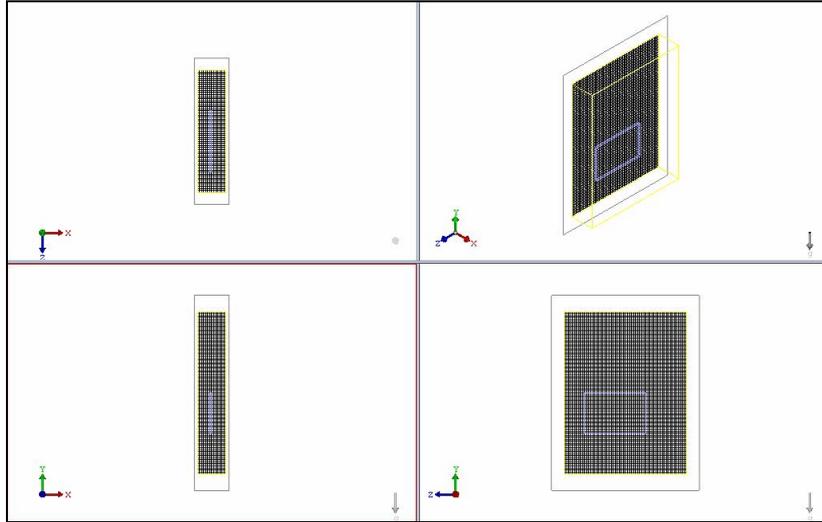


图 1-37 Drawing Board 中仿真项目网格



图 1-38 Message Window 对话框

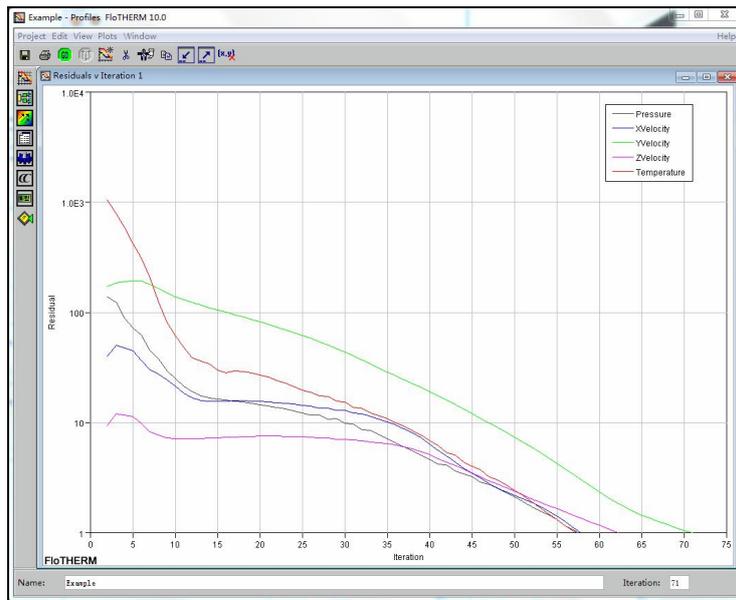


图 1-39 求解计算残差曲线

单击 Window→Launch Visual Editor 命令，打开 Visual Editor 后处理窗口，如图 1-40 所示。

单击 Visual Editor 窗口中的 Viewer→Isometric View 命令，在 Visual Editor 窗口中以等轴测视角观察仿真模型。

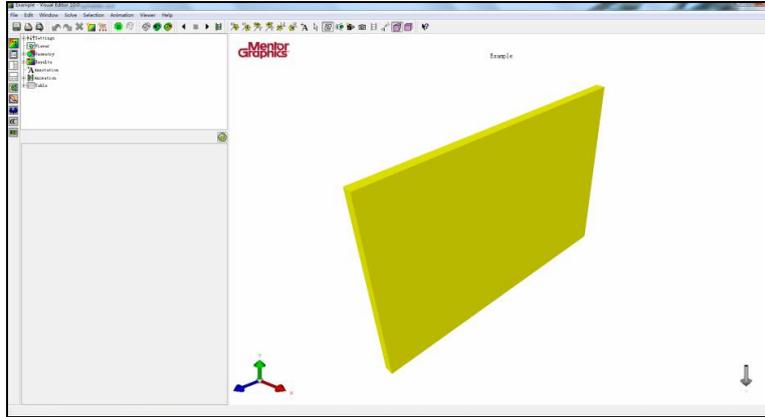


图 1-40 Visual Editor 中仿真模型

单击 Selection→Temperature Surface Plot 命令，显示 Large Plate 的表面温度，如图 1-41 所示。

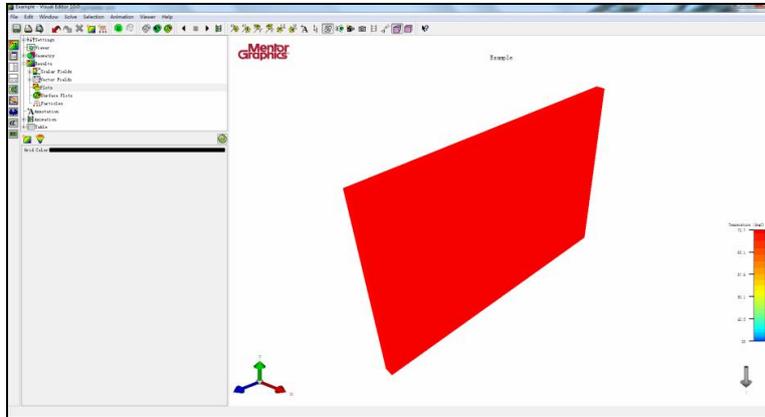


图 1-41 Large Plate 表面温度

单击 Edit→Create Plane 命令，设置 Plane1 特性参数，如图 1-42 所示。

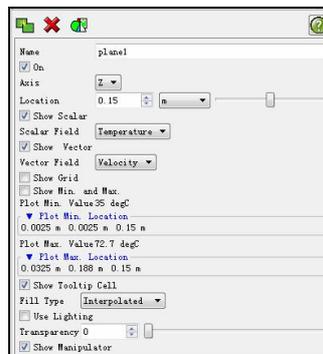


图 1-42 Plane1 特性参数

单击 Viewer→Refit View 命令，在 Visual Editor 中显示温度和速度切面云图，如图 1-43 所示。

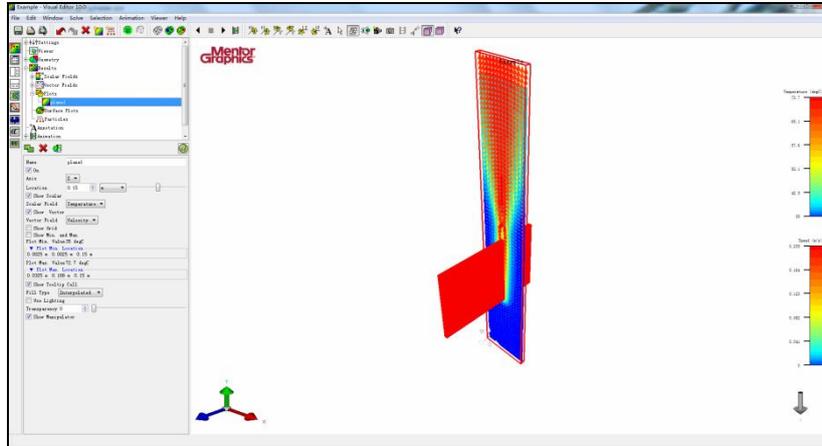


图 1-43 温度和速度切面云图