

FLUENT 教程

赵玉新

I、目录

- 第一章、开始
- 第二章、操作界面
- 第三章、文件的读写
- 第四章、单位系统
- 第五章、读入和操作网格
- 第六章、边界条件
- 第七章、物理特性
- 第八章、基本物理模型
- 第九章、湍流模型
- 第十章、辐射模型
- 第十一章、化学输运与反应流
- 第十二章、污染形成模型
- 第十三章、相变模拟
- 第十四章、多相流模型
- 第十五章、动坐标系下的流动
- 第十六章、解算器的使用
- 第十七章、网格适应
- 第十八章、数据显示与报告界面的产生
- 第十九章、图形与可视化
- 第二十章、Alphanumeric Reporting
- 第二十一章、流场函数定义
- 第二十二章、并行处理
- 第二十三章、自定义函数
- 第二十四章、参考向导
- 第二十五章、索引 (Bibliography)
- 第二十六章、命令索引

II、如何使用该教程

概述

本教程主要介绍了 FLUENT 的使用，其中附带了相关的算例，从而能够使每一位使用者在学习的同时积累相关的经验。本教程大致分以下四个部分：第一部分包括介绍信息、用户界面信息、文件输入输出、单位系统、网格、边界条件以及物理特性。第二和第三部分包含物理模型，解以及网格适应的信息。第四部分包括界面的生成、后处理、图形报告、并行处理、自定义函数以及 FLUENT 所使用的流场函数与变量的定义。

下面是各章的简略概括

第一部分：

- 开始使用：本章描述了 FLUENT 的计算能力以及它与其它程序的接口。介绍了如何对具体的应用选择适当的解形式，并且概述了问题解决的大致步骤。在本章中，我们给出

了一个可以在你自己计算机上运行的简单的算例。

- 使用界面：本章描述了用户界面、文本界面以及在线帮助的使用方法。同时也提供了远程处理与批处理的一些方法。（请参考关于特定的文本界面命令的在线帮助）
- 读写文件：本章描述了 FLUENT 可以读写的文件以及硬拷贝文件。
- 单位系统：本章描述了如何使用 FLUENT 所提供的标准与自定义单位系统。
- 读和操纵网格：本章描述了各种各样的计算网格来源，并解释了如何获取关于网格的诊断信息，以及通过尺度化（scale）、分区（partition）等方法对网格的修改。本章还描述了非一致（nonconformal）网格的使用。
- 边界条件：本章描述了 FLUENT 所提供的各种类型边界条件，如何使用它们，如何定义它们 and how to define boundary profiles and volumetric sources.
- 物理特性：本章描述了如何定义流体的物理特性与方程。FLUENT 采用这些信息来处理你的输入信息。

第二部分：

- 基本物理模型：本章描述了 FLUENT 计算流体流动和热传导所使用的物理模型（包括自然对流、周期流、热传导、swirling、旋转流、可压流、无粘流以及时间相关流）。以及在使用这些模型时你需要输入的数据，本章也包含了自定义标量的信息。
- 湍流模型：本章描述了 FLUENT 的湍流模型以及使用条件。
- 辐射模型：本章描述了 FLUENT 的热辐射模型以及使用条件。
- 化学组分输运和反应流：本章描述了化学组分输运和反应流的模型及其使用方法。本章详细的叙述了 prePDF 的使用方法。
- 污染形成模型：本章描述了 NO_x 和烟尘的形成的模型，以及这些模型的使用方法。

第三部分：

- 相变模拟：本章描述了 FLUENT 的相变模型及其使用方法。
- 离散相变模型：本章描述了 FLUENT 的离散相变模型及其使用方法。
- 多相流模型：本章描述了 FLUENT 的多相流模型及其使用方法。
- Flows in Moving Zones（移动坐标系下的流动）：本章描述了 FLUENT 中单一旋转坐标系，多重移动坐标系，以及滑动网格的使用方法。
- Solver 的使用：本章描述了如何使用 FLUENT 的解法器（solver）。
- 网格适应：本章描述了 explains the solution-adaptive mesh refinement feature in FLUENT and how to use it

第四部分：

- 显示和报告数据界面的创建：本章描述了 explains how to create surfaces in the domain on which you can examine FLUENT solution data
- 图形和可视化：本章描述了检验 FLUENT 解的图形工具
- Alphanumeric Reporting：本章描述了如何获取流动、力、表面积分以及其它解的数据。
- 流场函数的定义：本章描述了如何定义 FLUENT 面板内出现的变量选择下拉菜单中的流动变量，并且告诉我们如何创建自己的自定义流场函数。
- 并行处理：本章描述了 FLUENT 的并行处理特点以及使用方法
- 自定义函数：本章描述了如何通过用户定义边界条件，物理性质函数来形成自己的 FLUENT 软件。

如何使用该手册

- 根据你对 CFD 以及 FLUENT 公司的熟悉，你可以通过各种途径使用该手册对于初学者，建议如下：

- 为了对 FLUENT 的计算能力以及启动方式有所了解，最好是阅读“开始”这一章。本章为你提供了选择解形式的建议，同时为你提供了一个简单的自学教程，在该教程中我们使用 FLUENT 解决了一个简单的问题。
- 要想知道如何使用界面与远程控制，请参阅“使用界面”一章
- 读写文件的方法在“读写文件”一章
- 在开始解决问题之前我们需要输入网格，要想知道如何输入及检查网格请参阅“读与操纵网格”一章。要想知道解适应过程，请参阅“网格适应”一章
- 选择物理模型请参阅“基本物理模型—动坐标系下的流动”
- 对于边界条件的信息请参阅“边界条件”一章。对于流体性质请参阅“物理特性”一章
- 设定解的参数请参阅“Using the Solver”一章
- 显示和分析结果请参阅“数据显示和数据报告界面的创建—Alphanumeric Reporting”一章
- 检查 FLUENT 中流动变量的定义请参阅“流场函数定义”一章
- 关于 FLUENT 并行计算解请参阅“并行处理”一章
- 关于如何使用 FLUENT 的在线帮助请参阅“用户界面”一章
- 对于特定的问题和你所要使用的工具，请查阅相关内容的列表以及索引

对于有经验的使用者，建议如下：

如果你是一个有经验的使用者，只需要查找一些特定的信息，那么有三种不同的方法供你使用该手册。目录列表和主题列表是按程序顺序排列的，从而使你能够按照特定程序的步骤查找相关资料。本手册为你提供了两个不同的索引：一、命令索引，该索引为你提供特定了面板和文本命令的使用方法。二、分类索引，该索引为你提供了特定类别的信息（在线帮助中没有此类索引，只能在印刷手册中找到它）。

本手册的排版协定

为了方便用户的学习，本教程有几个约定成俗的排版协定。

- 在下拉菜单中进入控制面板的过程我们采用“/”。例如，Define/Materials..告诉我们在 Define 下拉菜单中选择 Materials...
- 因尚未翻译完全，其它排版情况待定。

什么时候使用 Support Engineer

Support Engineer 能够帮助你计划你的 CFD 模型工程并为你解决在使用 FLUENT 中所遇到的困难。在遇到困难时我们建议你使用 Support Engineer。但是在使用之前有以下几个注意事项：

- 仔细阅读手册中关于你使用并产生问题的命令的信息
- 回忆导致你产生问题的每一步
- 如果可能的话，请记下所出现的错误信息
- 对于特别困难的问题，保存 FLUENT 出现问题时的日志以及手稿。在解决问题时，它是最好的资源。

第一章 开始

赵玉新（国防科技大学航天学院）

注意：此文只用于流体力学的教学和科学研究，如若涉及到版权问题请于本人联系。

本章对 FLUENT 做了大致的介绍，其中包括：FLUENT 的计算能力，解决问题时的指导，选择解的形式。为了便于理解，我们在本章演示了一个简单的例子，该例子的网格文件在安装光盘中已准备好。

引言

FLUENT 是用于模拟具有复杂外形的流体流动以及热传导的计算机程序。它提供了完全的网格灵活性，你可以使用非结构网格，例如二维三角形或四边形网格、三维四面体/六面体/金字塔形网格来解决具有复杂外形的流动。甚至可以用混合型非结构网格。它允许你根据解的具体情况对网格进行修改（细化/粗化）。

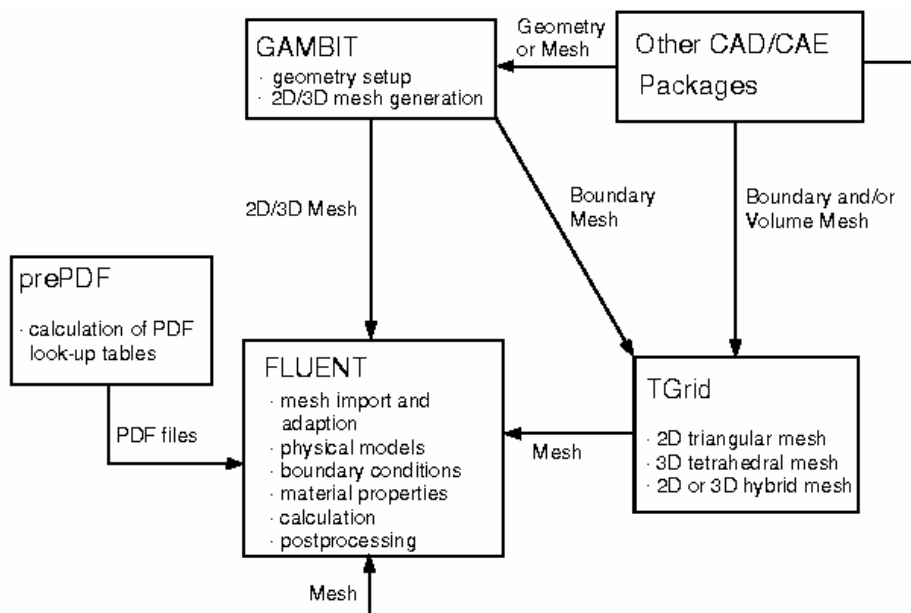
对于大梯度区域，如自由剪切层和边界层，为了非常准确的预测流动，自适应网格是非常有用的。与结构网格和块结构网格相比，这一特点很明显地减少了产生“好”网格所需要的时间。对于给定精度，解适应细化方法使网格细化方法变得很简单，并且减少了计算量。其原因在于：网格细化仅限于那些需要更多网格的解域。

FLUENT 是用 C 语言写的，因此具有很大的灵活性与能力。因此，动态内存分配，高效数据结构，灵活的解控制都是可能的。除此之外，为了高效的执行，交互的控制，以及灵活的适应各种机器与操作系统，FLUENT 使用 client/server 结构，因此它允许同时在用户桌面工作站和强有力的服务器上分离地运行程序。

在 FLUENT 中，解的计算与显示可以通过交互界面，菜单界面来完成。用户界面是通过 Scheme 语言及 LISP dialect 写就的。高级用户可以通过写菜单宏及菜单函数自定义及优化界面。

程序结构

该 FLUENT 光盘包括：FLUENT 解算器；prePDF,模拟 PDF 燃烧的程序；GAMBIT, 几何图形模拟以及网格生成的预处理程序；TGrid, 可以从已有边界网格中生成体网格的附加前处理程序; filters (translators)从 CAD/CAE 软件如: ANSYS, I-DEAS, NASTRAN, PATRAN 等的文件中输入面网格或者体网格。图一所示为以上各部分的组织结构。注意：在 Fluent 使用手册中 "grid" 和 "mesh"是具有相同所指的两个单词



图一：基本程序结构

我们可以用 **GAMBIT** 产生所需的几何结构以及网格（如想了解更多可以参考 **GAMBIT** 的帮助文件，具体的帮助文件在本光盘中有，也可以在互联网上找到），也可以在已知边界网格（由 **GAMBIT** 或者第三方 **CAD/CAE** 软件产生的）中用 **Tgrid** 产生三角网格，四面体网格或者混合网格，详情请见 **Tgrid** 用户手册。也可能用其他软件产生 **FLUENT** 所需要的网格，比如 **ANSYS**(Swanson Analysis Systems, Inc.)、**I-DEAS** (SDRC)；或者 **MSC/ARIES**,**MSC/PATRAN** 以及 **MSC/NASTRAN** (都是 MacNeal-Schwendler 公司的软件)。与其他 **CAD/CAE** 软件的界面可能根据用户的需要酌情发展,但是大多数 **CAD/CAE** 软件都可以产生上述格式的网格。

一旦网格被读入 **FLUENT**，剩下的任务就是使用解算器进行计算了。其中包括，边界条件的设定，流体物性的设定，解的执行，网格的优化，结果的查看与后处理。

PreBFC 和 **GeoMesh** 是 **FLUENT** 前处理器的名字,在使用 **GAMBIT** 之前将会用到它们。对于那些还在使用这两个软件的人来说，在本手册中，你可以参考 **preBFC** 和 **GeoMesh** 的详细介绍。

本程序的能力

FLUENT 解算器有如下模拟能力：

- 用非结构自适应网格模拟 2D 或者 3D 流场，它所使用的非结构网格主要有三角形/五边形、四边形/五边形，或者混合网格，其中混合网格有棱柱形和金字塔形。（一致网格和悬挂节点网格都可以）
- 不可压或可压流动
- 定常状态或者过渡分析
- 无粘，层流和湍流
- 牛顿流或者非牛顿流
- 对流热传导，包括自然对流和强迫对流
- 耦合热传导和对流
- 辐射热传导模型
- 惯性（静止）坐标系非惯性（旋转）坐标系模型
- 多重运动参考框架，包括滑动网格界面和 **rotor/stator interaction modeling** 的混合界面
- 化学组分混合和反应，包括燃烧子模型和表面沉积反应模型
- 热，质量，动量，湍流和化学组分的控制体源
- 粒子，液滴和气泡的离散相的拉格朗日轨迹的计算，包括了和连续相的耦合
- 多孔流动
- 一维风扇/热交换模型
- 两相流，包括气穴现象
- 复杂外形的自由表面流动

上述各功能使得 **FLUENT** 具有广泛的应用，主要有以下几个方面

- **Process and process equipment applications**
- 油/气能量的产生和环境应用
- 航天和涡轮机械的应用
- 汽车工业的应用
- 热交换应用
- 电子/**HVAC**/应用
- 材料处理应用
- 建筑设计和火灾研究

总而言之，对于模拟复杂流场结构的不可压缩/可压缩流动来说，FLUENT 是很理想的软件。对于不同的流动领域和模型，FLUENT 公司还提供了其它几种解算器，其中包括 NEKTON, FIDAP、POLYFLOW、IcePak 以及 MixSim。

FLUENT 使用概述

FLUENT 采用非结构网格以缩短产生网格所需要的时间，简化了几何外形的模拟以及网格产生过程。和传统的多块结构网格相比，它可以模拟具有更为复杂几何结构的流场，并且具有使网格适应流场的特点。FLUENT 也能够使用适体网格，块结构网格(比如：FLUENT 4 和许多其它的 CFD 结算器的网格)。FLUENT 可以在 2D 流动中处理三角形网格和四边形网格，在 3D 流动中可以处理四面体网格，六边形网格，金字塔网格以及楔形网格（或者上述网格的混合）。这种灵活处理网格的特点使我们在选择网格类型时，可以确定最适合特定应用的网格拓扑结构。

在流场的大梯度区域，我们可以适应各种类型的网格。但是你必须在解算器之外首先产生初始网格，初始网格可以使用 GAMBIT、Tgrid 或者某一具有网格读入转换器的 CAD 系统。

计划你的 CFD 分析

当你决定使 FLUENT 解决某一问题时，首先要考虑如下几点问题：定义模型目标：从 CFD 模型中需要得到什么样的结果？从模型中需要得到什么样的精度；选择计算模型：你将如何隔绝所需要模拟的物理系统，计算区域的起点和终点是什么？在模型的边界处使用什么样的边界条件？二维问题还是三维问题？什么样的网格拓扑结构适合解决问题？物理模型的选取：无粘，层流还湍流？定常还是非定常？可压流还是不可压流？是否需要应用其它的物理模型？确定解的程序：问题可否简化？是否使用缺省的解的格式与参数值？采用哪种解格式可以加速收敛？使用多重网格计算机的内存是否够用？得到收敛解需要多久的时间？在使用 CFD 分析之前详细考虑这些问题，对你的模拟来说是很有意义的。当你计划一个 CFD 工程时，请利用提供给 FLUENT 使用者的技术支持。

解决问题的步骤

确定所解决问题的特征之后，你需要以下几个基本的步骤来解决问题：

1. 创建网格.
2. 运行合适的解算器：2D、3D、2DDP、3DDP。
3. 输入网格
4. 检查网格
5. 选择解的格式
6. 选择需要解的基本方程：层流还是湍流（无粘）、化学组分还是化学反应、热传导模型等
7. 确定所需要的附加模型：风扇，热交换，多孔介质等。
8. 指定材料物理性质
8. 指定边界条件
9. 调节解的控制参数
10. 初始化流场
11. 计算解
12. 检查结果
13. 保存结果
14. 必要的话，细化网格，改变数值和物理模型。

第一步需要几何结构的模型以及网格生成。你可以使用 GAMBIT 或者一个分离的 CAD 系统产生几何结构模型及网格。也可以用 Tgrid 从已有的面网格中产生体网格。你也可以从相关的 CAD 软件包生成体网格，然后读入到 Tgrid 或者 FLUENT (详情参阅网格输入一章)。

至于创建几何图形生成网格的详细信息清查月相关软件使用手册

第二步，启动 FLUENT 解算器

后面将会介绍第三到十四步详细操作，下面的表告诉了我们哪一步需要什么软件

表一： FLUENT 菜单概述

解的步骤	菜单
读入网格	文件菜单
检查网格	网格菜单
选择解算器格式	定义菜单 (Define Menu)
选择基本方程	定义菜单
材料属性	定义菜单
边界条件	定义菜单
调整解的控制	解菜单 (Solve Menu)
初始化流场	解菜单
计算解	解菜单
结果的检查	显示菜单 (Display Menu) &绘图菜单 (Plot Menu) 报告菜单 (Report Menu)
保存结果	文件菜单
网格适应	适应菜单

启动 FLUENT

UNIX 和 Windows NT 启动 FLUENT 的方式是不同的，详细参阅相关介绍。不同的安装过程也是为了使 FLUENT 能够正确启动而设定的。

单精度和双精度解算器

在所有计算机操作系统上 FLUENT 都包含这两个解算器。大多数情况下，单精度解算器高效准确，但是对于某些问题使用双精度解算器更合适。下面举几个例子：

如果几何图形长度尺度相差太多（比如细长管道），描述节点坐标时单精度网格计算就不合适了；如果几何图形是由很多层小直径管道包围而成（比如：汽车的集管）平均压力不大，但是局部区域压力却可能相当大（因为你只能设定一个全局参考压力位置），此时采用双精度解算器来计算压差就很有必要了。

对于包括很大热传导比率和（或）高比率网格的成对问题，如果使用单精度解算器便无法有效实现边界信息的传递，从而导致收敛性和（或）精度下降

在 UNIX 系统启动 FLUENT 有如下几个启动方法：

- 在命令行启动适当的版本；
- 在命令行启动，但是不指定版本，然后在面板上选择适当的版本；在命令行启动，但是不指定版本，然后读入 case 文件（或者 case 文件和数据文件）来启动适当的版本。

命令行启动适当版本：可以指定维度和精度：fluent 2d 运行二维单精度版本；相应的 fluent 3d；fluent 2ddp；fluent 3ddp 都分别运行相应的版本。并行版本的启动请参阅相关的并行版本启动方法在此不予介绍。

在解算器的面板中指定版本

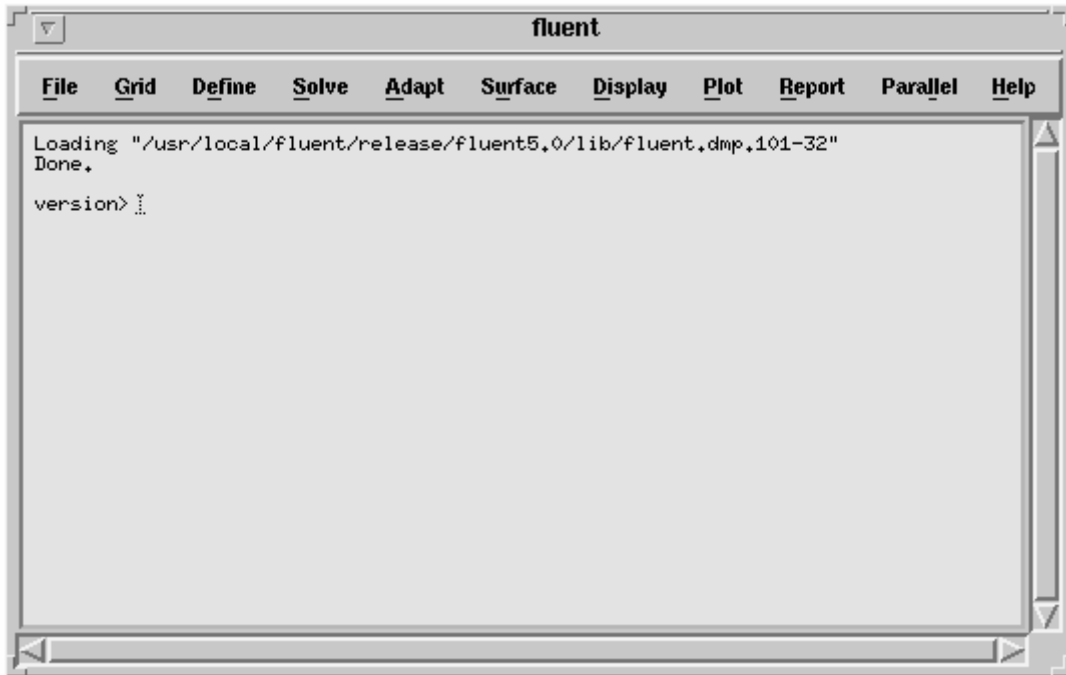


Figure 1:启动时的控制台窗口

在版本提示中键入 2d、3d、2ddp 或者 3ddp 启动相应版本。

如果是在图形用户界面（GUI）中启动适当的版本，请选择 File/Run...菜单，然后将会出现如下图所示的菜单，这样你就可以选择合适的版本了(你也可以在这个面板上启动远程机器上的 FLUENT 或者并行版本，详细的内容请参阅相关主题

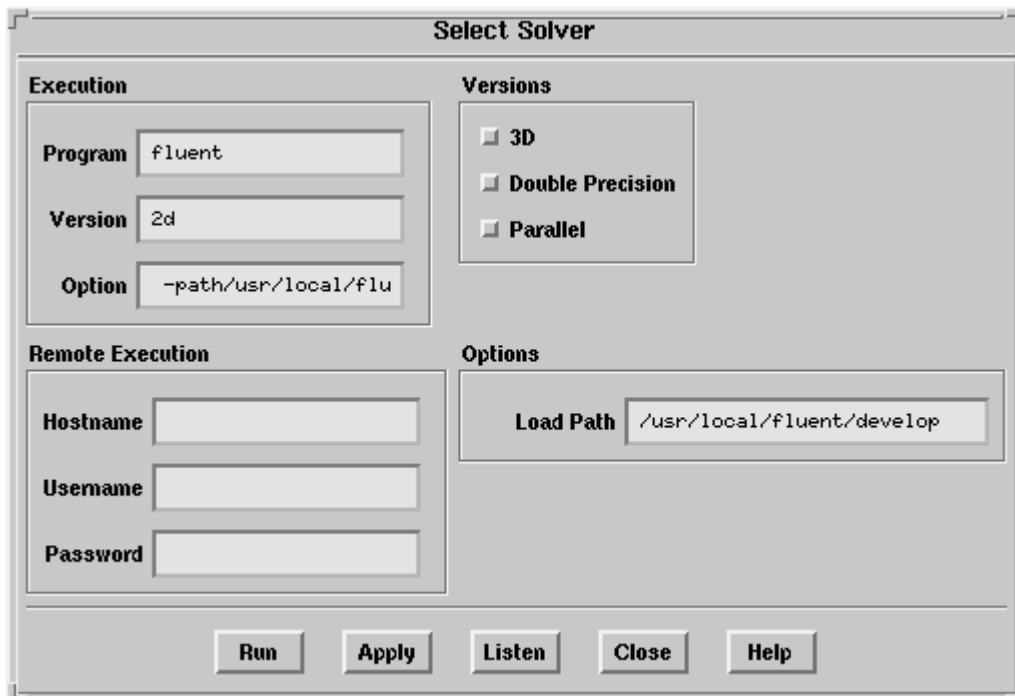


Figure 2: FLUENT 可以在选择结算器的面板上启动适当的版本

在面板上启动解算器一般遵循如下方法：

1. 开关 3D 选项指定 3D 还是 2D 解算器
2. 开关双精度选项启动双精度或者单精度解算器

3. 点击 Run 按钮

如果可执行程序不在你的搜索目录下，你可以在点击 Run 之前指定完全的文件名。

读 Case 文件指定解算器版本：

启动时如果未指定版本（在命令行输入 fluent），将会出现前面所看到的控制台窗口，在 File/Read/Case.. 或者 File/Read/Case & Data..菜单中择适当的 case 文件或者 data 文件，我们就可以启动适当的版本了。（详细内容参阅“读写 case 和 data 文件”部分）。当然也可以在版本的文本菜单中用 read-case 或者 read-case-data 命令。File/Read/Case & Data...菜单或者 read-case-data 命令中读入的 case 和 data 文件具有相同的名字，而且扩展名分别为.cas 和.dat。

在 Windows NT 中启动 FLUENT 有几种方法，下面做一介绍

Windows NT 4.0 中有两种方法启动 FLUENT:

开始菜单——程序菜单——Fluent.Inc（安装时可以改名）菜单——点击 FLUENT 6
在 MS-DOS 命令提示符中键入 fluent 2d、fluent 3d、fluent 2ddp 或者 fluent 3ddp 启动相应版本。需要注意的是，进行上述步骤之前你要设定用户环境以便于 MS-DOS 可以找到 fluent。你可以遵照如下做法：选择程序组的"Set Environment"，该程序会将 Fluent.Inc 目录加入到你的命令搜索行。

在 MS-DOS 命令提示符中你也可以启动并行 FLUENT。在 n 个处理器上运行并行版本，键入 fluent-version-tn (tn 在 2d, 3d, 2ddp, 或者 3ddp 之后), n 为处理器的个数。比如: fluent 3d -t3 表示在 3 个处理器上运行 3D 版本), 详细内容请参阅并行处理部分

在 Windows NT 3.51 上运行：有两个方式启动 FLUENT

鼠标双击 FLUENT 5 程序图标

MS-DOS 方式的方法同上

启动选项

启动解算器之前要想知道版本信息，你可以键入 fluent -help 命令，下面是该命令的选项：格式：fluent [version] [-help] [options]

options: -cl following argument passed to fluent,
 -cxarg following argument passed to cortex,
 -cx host:p1:p2 connect to the specified cortex process,
 -driver [gl | opengl | null | pex | sbx | x11 | xgl],
 sets the graphics driver (available drivers vary by platform),
 -env show environment variables,
 -g run without gui or graphics,
 -gu run without gui,
 -gr run without graphics,
 -help this listing,
 -i journal read the specified journal file,
 -nocheck disable checks for valid license file and server,
 -post run a post-processing-only executable,
 -project x write project x start and end times to license log,
 -r list all releases,
 -rx specify release x,
 -v list all versions,
 -vx specify version x,

- n no execute,
- hcl following argument passed to fluent host,
- loadx start compute nodes from host x,
- manspa manually spawn compute nodes,
- ncl following argument passed to fluent compute node,
- px specify parallel communicator x,
- pathx specify root path x to Fluent.Inc,
- tx specify number of processors x,

在 Windows NT 系统中，只有 -driver, -env, -gu(有限制), -help, -i journal, -r, -rx, -v, -vx, 和 -tx 可用。

前三个选项是用来指定 FLUENT 和 Cortex 的声明的。Cortex 为用户提供界面和 FLUENT 图形窗口的程序。选项 -cx host:p1:p2 只用于手动启动解算器的情况。

如果你输入 `fluent -driver`，你可以指定解算期间的图形驱动器（如：`fluent -driver xgl`）。输入 `fluent -env` 将会在 FLUENT 运行之前列出所有环境变量。命令 `fluent -g` 将会运行 Cortex 而没有图形窗口与图形用户界面。如果你不是用 X-Windows 显示或者你想提交一份批处理任务这一选项十分有用。命令 `fluent -gu` 将会运行 Cortex 而没有图形用户界面。命令 `fluent -gr` 将会运行 Cortex 而没有图形。（在 Windows NT 系统中，命令 `fluent -gu` 会以图标的形式运行 FLUENT，如果你去图标化，就会得到图形用户界面。这一选项用于和 -i journal 选项连接以后台模式处理任务

要启动解算器并立即读入日志文件，输入 `fluent -i journal`，journal 为所要读入的日志文件名。选项 -nocheck 加速了启动过程但不检查许可证服务器是否运行。这一功能在你知道许可证服务器已经运行时或者你根本就不想启动许可证服务器时（比如说：你根本就没有权力启动它）是很有用的。命令 `fluent -post` 将会运行一个解算器的版本，它可以允许你设定问题，或者进行后处理过程，但是不允许你进行计算。

选项 -project x 允许你对每一个工程分别记录 CPU 的时间。如果通过键入 -project x（x 是工程的名字）开始一项工作，与 CPU 事件有关的信息会记录在许可证管理的 log 文件中。要确定某项工程的 CPU 时间，将 license.log 文件中的 USER CPU 和 SYSTEM CPU 值加起来即可。

输入 `fluent version -r`（其中 version 为版本号），将会列出指定版本的所有版本号。选项 `fluent -rx` 运行 FLUENT 的 x 版本。当然你也可以输入 `fluent -v` 此时可以列出所有的版本号，然后指定版本。你可以输入 `fluent -n` 或者在任何其它的连接词中使用 -n 选项，来查看可执行程序在哪里而不必运行它。

剩下的选项是和并行计算有关的。选项 -hcl 用于通过 FLUENT 主机过程的声明，选项 -ncl 用于通过 FLUENT 计算节点的声明，选项 -loadx 用于远程前端机器的并行机器上启动并行计算节点过程，选项 -manspa 用于取消默认的计算节点过程产生，选项 -px 指定了并行通信装置 x 的使用，其中 x 是运行于多处理器 UNIX 机器上的任何一个通信装置，选项 -pathx 指定了 Fluent.Inc 安装的根目录，选项 -tx 指定了所使用的 x 处理器，关于启动并行版本的 FLUENT 的更多信息，请参阅解算器的并行版本的启动。

解算器中用户可以选择的输入

选择解的格式

FLUENT 提供三种不同的解格式：分离解；隐式耦合解；显式耦合解。三种解法都可以在很大流动范围内提供准确的结果，但是它们也各有优缺点。分离解和耦合解方法的区别

在于，连续性方程、动量方程、能量方程以及组分方程的解的步骤不同，分离解是按顺序解，耦合解是同时解。两种解法都是最后解附加的标量方程（比如：湍流或辐射）。隐式解法和显式解法的区别在于线化耦合方程的方式不同。详情请参阅相关章节。

分离解以前用于 FLUENT 4 和 FLUENT/UNS，耦合显式解以前用于 RAMPANT。分离解以前是用于不可压流和一般可压流的。而耦合方法最初是用来解高速可压流的。现在，两种方法都适用于很大范围的流动(从不可压到高速可压)，但是计算高速可压流时耦合格式比分离格式更合适。

FLUENT 默认使用分离解算器，但是对于高速可压流（如上所述），强体积力导致的强烈耦合流动(比如浮力或者旋转力)，或者在非常精细的网格上的流动，你需要考虑隐式解法。这一解法耦合了流动和能量方程，常常很快便可以收敛。耦合隐式解所需要内存大约是分离解的 1.5 到 2 倍，选择时可以通过这一性能来权衡利弊。在需要隐式耦合解的时候，如果计算机的内存不够就可以采用分离解或者耦合显式解。耦合显式解虽然也耦合了流动和能量方程，但是它还是比耦合隐式解需要的内存少，但是它的收敛性相应的也就差一些。

注意：分离解中提供的几个物理模型，在耦合解中是没有的：多项流模型；混合组分/PDF 燃烧模型/预混合燃烧模型/Pollutant formation models/相变模型/Roseland 辐射模型/指定质量流周期流动模型/周期性热传导模型。

用户选择解的格式：点击菜单 Define/Models/Solver..弹出下面图框，选择所需要的格式即可。

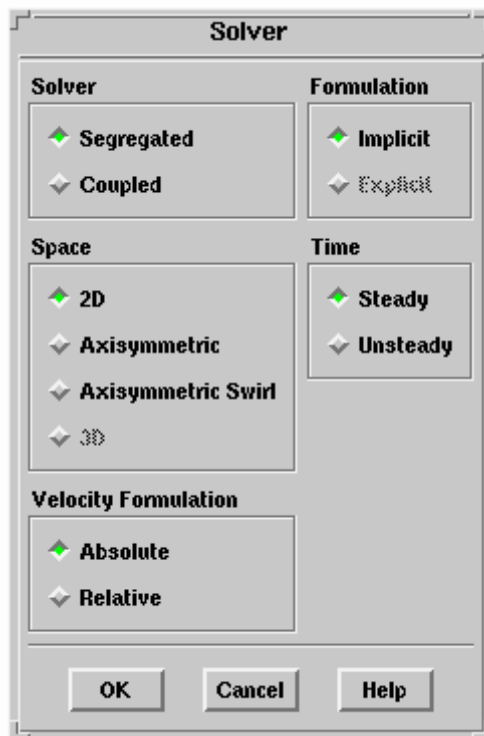


Figure 1:解算器控制面板

算例

为了演示 FLUENT 的问题解决和后处理能力，你可以用 CD 上提供的网格文件解决一个很简单的问题。所要解决的问题请看下图。在该问题中 a cavity in the shape of a

60° rhombus, 边长 0.1 米, 内部为常密度空气, 上部是一个速度为 0.1m/s 向右运动的壁面, 雷诺数大约为 500, 流动是层流。

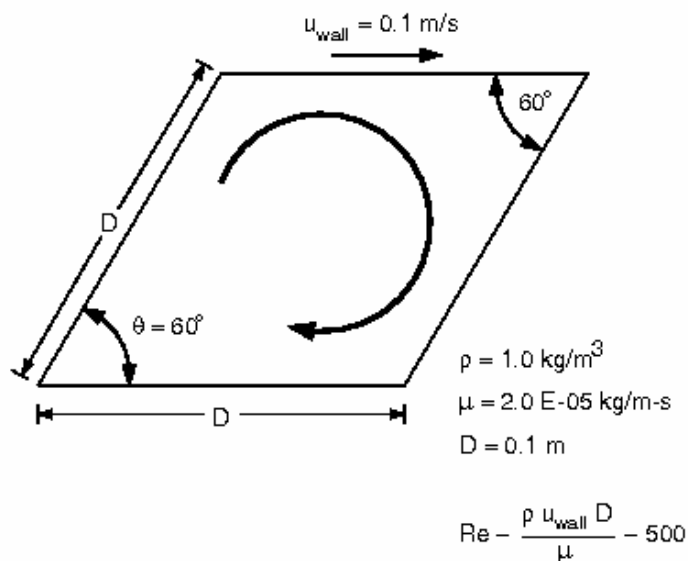


Figure 1: 驱动腔内的流体流动

程序概要

上述问题是一个简单的二维问题, 流动为层流, 无热传导, 不需考虑特殊的物理模型, 除此之外, 所有的问题, 如几何图形, 网格, 边界位置和类型已经在网格生成的时候定义了。你只需读入网格文件就可以读入全部信息了。

本问题模拟的步骤简化为: 读入并检查网格, 选择默认的分求解, 定义物理模型, 指定流体性质, 指定边界条件, 保存问题的设置, 初始化解域, 计算解, 保存结果, 检查结果。

在开始之前把安装 CD 上的 `/fluent_inc/fluent5/tut/sample/cavity.msh` 网格文件复制到工作目录。读入网格: 点击菜单 **File/Read/Case...** 弹出下面的对话框

一般说来, 一个 case 文件包括网格, 边界条件和解的控制参数。网格文件是它的子集, 本算例中的网格已经保存为 FLUENT 的格式了, 所以可以像读入其它 case 文件一样来读入它。(如果网格文件是其它格式, 请选择菜单 **File/Import**)

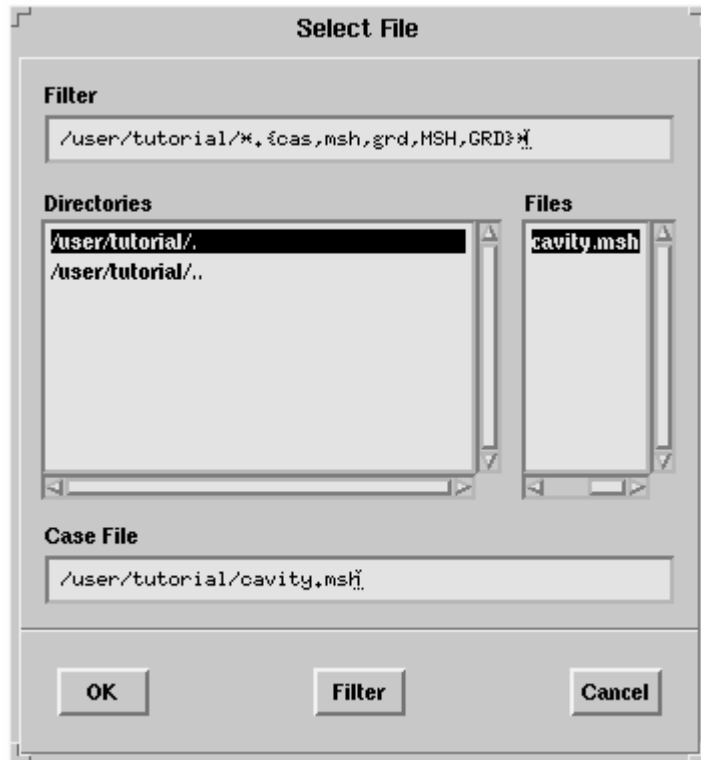


Figure 1: 读入网格

在上图中选择所需文件，双击便可读入。本例中选择了 `cavity.msh` 文件。FLUENT 在读网格的过程中会在控制台窗口显示进程。

检查网格

读入网格之后要检查网格：菜单 `Grid/Check`。在检查过程中，你可以在控制台窗口中看到区域范围，体积统计以及连通性信息。具体显示内容如下：

Domain Extents:

x-coordinate: min (m) = 0.000000e+00, max (m) = 1.500000e-01

y-coordinate: min (m) = 0.000000e+00, max (m) = 8.660000e-02

Volume statistics:

minimum volume (m3): 7.156040e-05

maximum volume (m3): 7.157349e-05

total volume (m3): 8.660000e-03

Face area statistics:

minimum face area (m2): 9.089851e-03

maximum face area (m2): 9.091221e-03

Checking number of nodes per cell.

Checking number of faces per cell.

Checking thread pointers.

Checking number of cells per face.

Checking face cells.

Checking face handedness.

Checking element type consistency.

Checking boundary types:
Checking face pairs.
Checking periodic boundaries.
Checking node count.
Checking nosolve cell count.
Checking nosolve face count.
Checking face children.
Checking cell children.
Done.

网格检查是最容易出的问题是网格体积为负数。如果最小体积是负数你就需要修复网格以减少解域的非物理离散。你可以在 **Adapt** 下拉菜单中选中 **Iso-Value...** 来确定问题之所在，其它关于网格检查的信息请参阅“网格检查”一章。

显示网格：菜单为 **Display/Grid...**。

在网格显示面板（下图）点击 **Display** 按钮便会打开图形显示窗口并画出网格，你将会看到下面第二个图所示的内容。

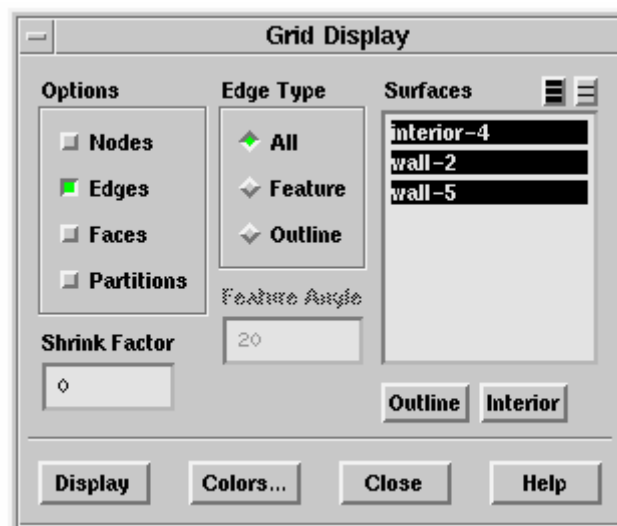


Figure 1: 网格显示面板

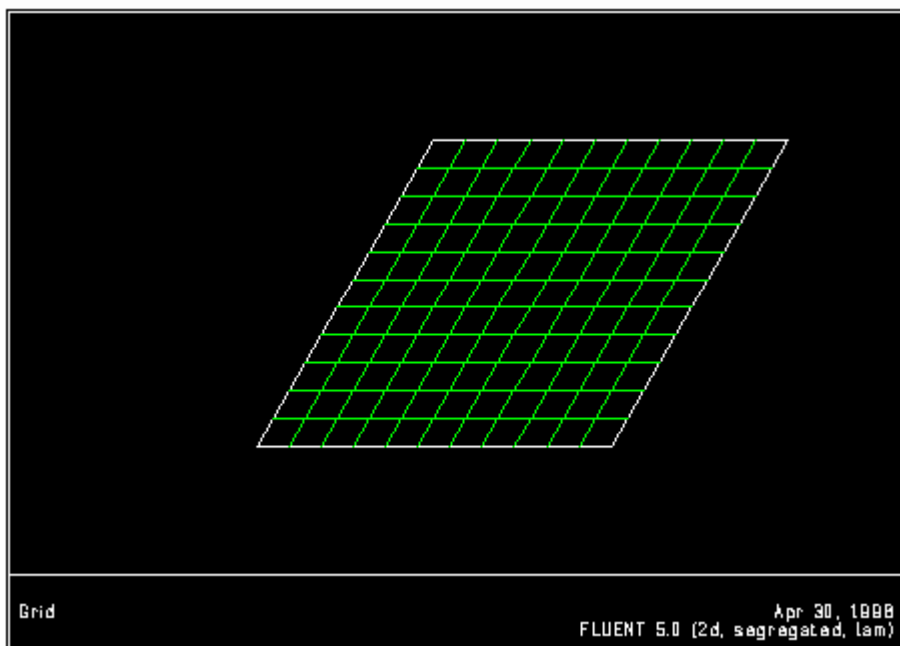


Figure 2: 默认视角的网格显示

该图可以用鼠标控制放大或缩小,用鼠标圈住的内容松开鼠标之后该内容就会在窗口内满屏显示。

选择解算器的具体格式

对于本问题,速度很小,可以假定为不可压流,所以使用分离解算器很合适。分离解算器是 FLUENT 默认的解算器,不需改变。如果你要选择一个耦合解算器,请参考在 Define/Models 菜单中的 Solver 面板。

定义物理模型

FLUENT 中默认物理模型是层流流动,本例是层流,不需修改模型的设定。如果你需要修改物理模型,则需要 Define/Models 子菜单中的粘性模型面板以及其它面板。

指定流体物理性质

选择菜单: Define/Materials...得到如下对话框

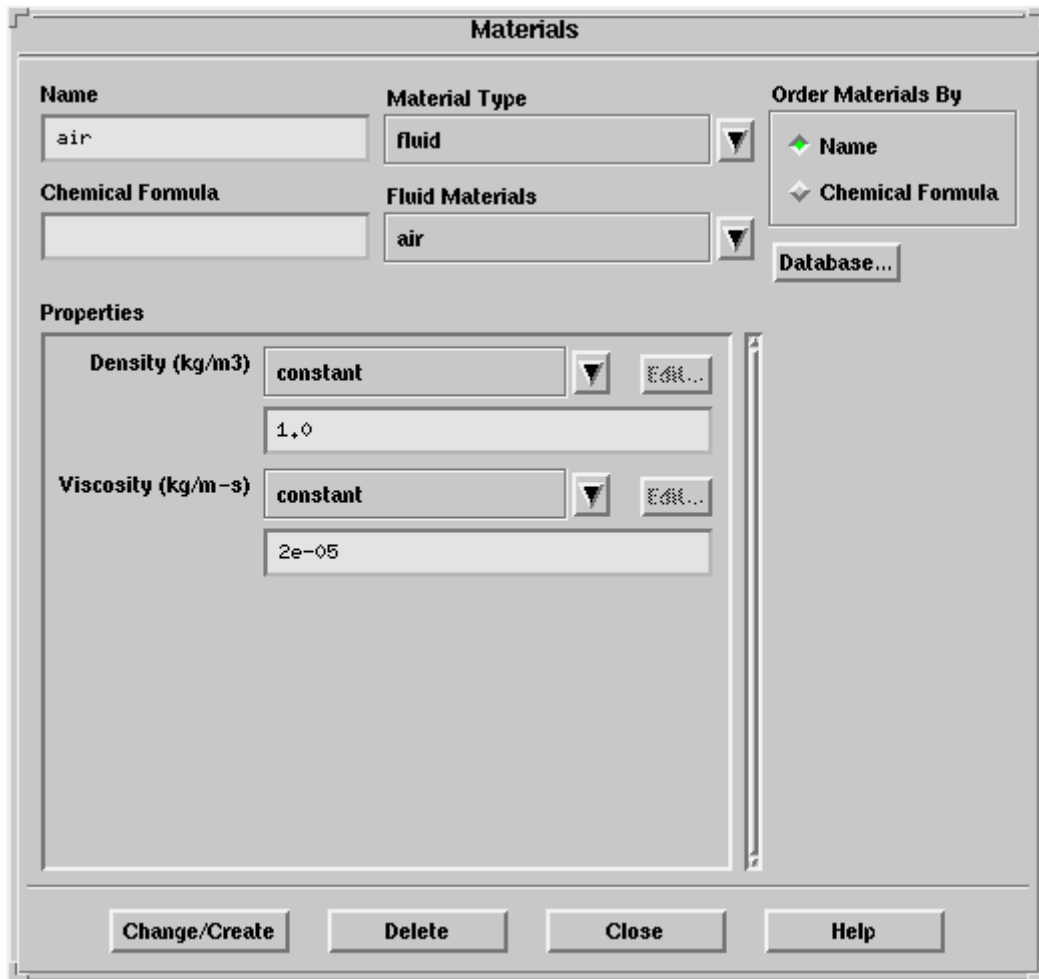


Figure 1:材料控制面板

如果不使用空气，可以在材料数据库中选择其它气体，或者创建自己的材料数据。对于这个问题，需要对空气的性质做一些修改：密度为 1.0 kg/m^3 ，粘性为 $2 \times 10^{-5} \text{ kg/m-s}$ ，点击 Change/Create 保存然后关闭面板。

指定边界条件

设定边界条件的数值与类型，使用菜单 Define/Boundary Conditions...得到下图

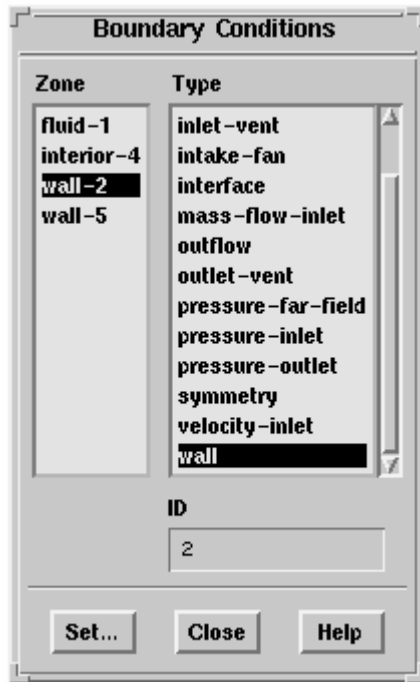


Figure 1: 边界条件面板

设定边界条件，首先在区域列表中选择，然后在类型列表中修改该区域的类型，确定完类型之后就可以点击 Set...按钮(双击区域名字和点击 Set...按钮具有相同功能)。

对于本问题，移动壁面的边界条件需要改为 x 方向速度 0.1 m/s。如果你不能确定哪一个是移动壁面，你可以在图形窗口的上壁面边界点击鼠标右键（该图形窗口仍然显示图 2 所示的网格），区域信息便会在 FLUENT 控制台窗口上显示出来，而且 wall-2 会在边界面板的区域列表中自动被选上。现在点击 Set...按钮便可以弹出下面图框：

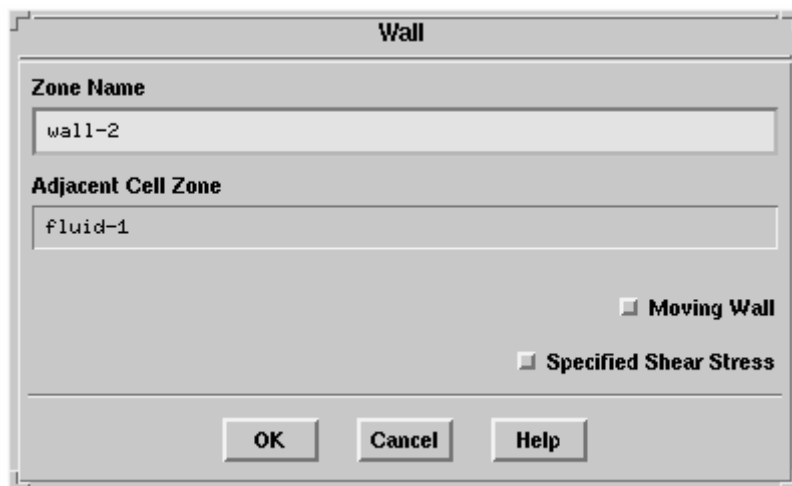


Figure 2: 壁面板

选择 Moving Wall 选项便可以得到下面图框，从而设定壁面速度了。速度方向默认为 X 向，所以只需设定速度大小为 0.1(注意：邻近的流体区域并没有运动，如果你模拟的是旋转参考系，你不必担心相对运动和绝对运动的设定，它们是等价的。

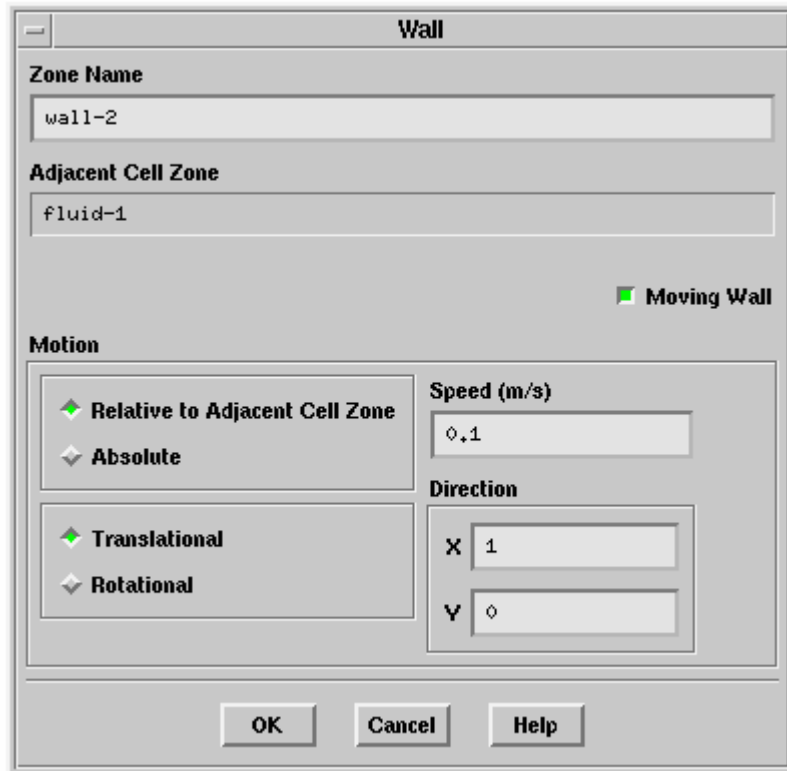


Figure 3: 移动壁面的壁面面板

输入数值之后，点击 OK 保存设定，关闭面板。

本问题的其它边界都是空腔的其它三个边的壁面边界条件(wall-5)。本例使用默认边界条件——静止边界条件。到此为止，边界条件设定完毕。

调整解的控制

在 Solve/Controls 子菜单中打开的面板里，你可以改变压松弛因子、多网格参数以及其它流动参数的默认值。在使用解算器一章可以找到它们的详细设定，一般说来这些参数不需要修改。对于本问题来说默认的设定已经足够

激活残差图 (Residual Plotting): 点击菜单 Solve/Monitors/Residual..., 在选项中，打开 Plot 选项激活残差图形，然后点击 OK，从而可以在计算过程中查看残差。

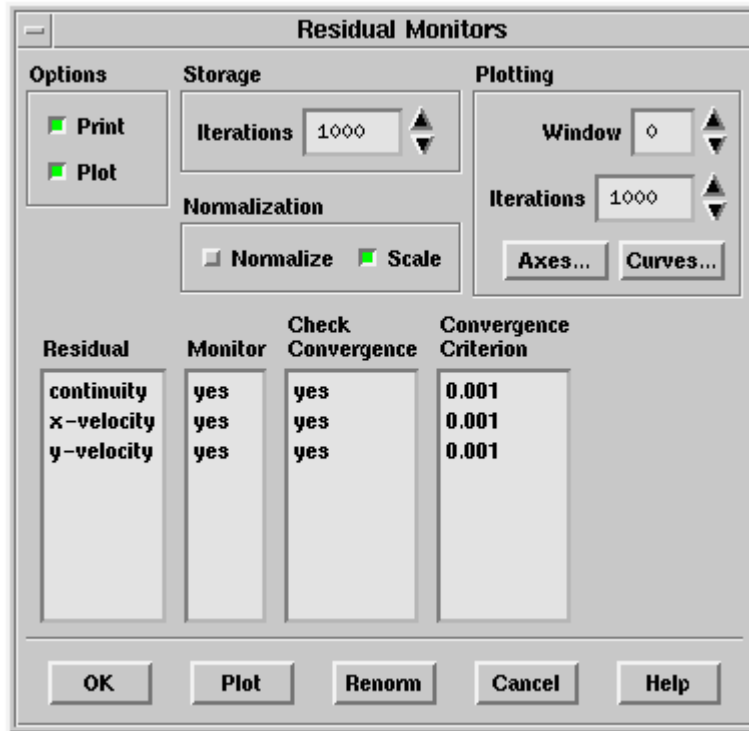


Figure 1: 残差监测面板

保存 Case 文件

有关问题定义的输入保存在 case 中，为了以后继续分析，你必须保存该文件（计算结果会保存在另一个 data 文件中）。选择 File/Write/Case...菜单，弹出下面对话框，保存 case 文件。

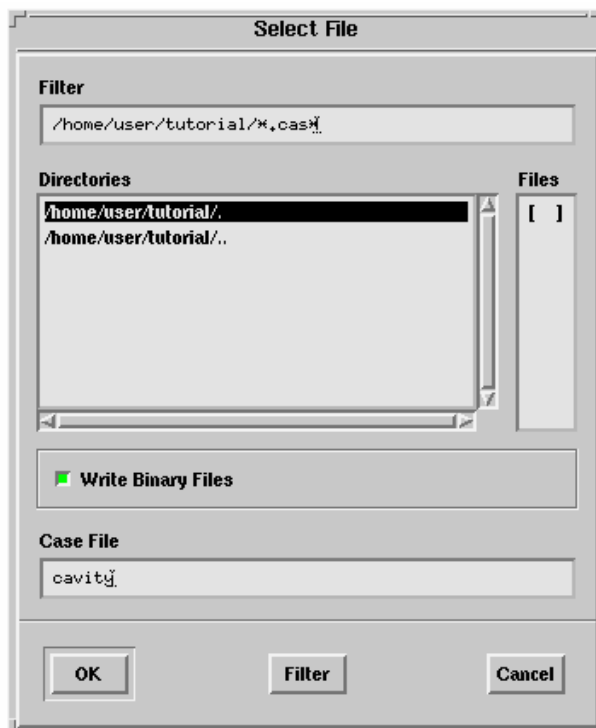


Figure 1:保存一个 Case 文件

输入文件名，FLUENT 会自动添加相应的扩展名，点击 OK 保存文件 cavity.cas。

解决问题

流场初始化

迭代之前你需要初始化流场提供一个初始解。你可以从一个或多个边界条件算出初始解，也可以分别输入流场的数值，相应菜单为 Solve/Initialize/Initialize...，点击得到 Figure 1. 虽然流动极为可能发展为强烈的循环流，所有的初值都为 0 也是可以的，因此你可以保持默认值不变，初始化流动，点击 Init 按钮，然后关闭面板

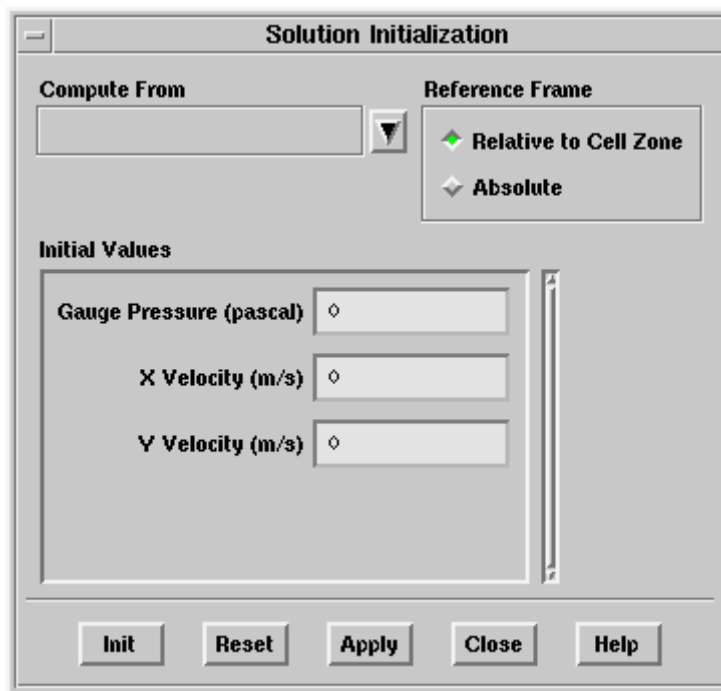


Figure 1:解的初始化面板

计算

现在可以迭代了，选择 Solve/Iterate...菜单，打开下图

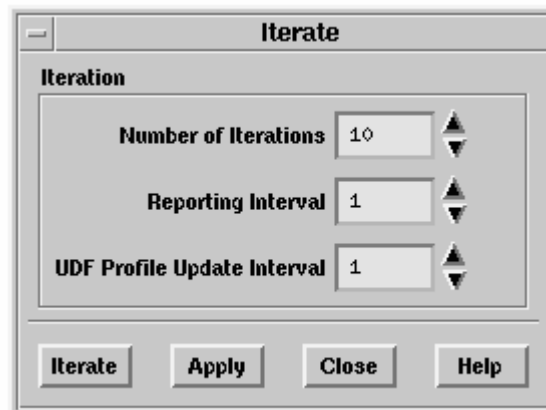


Figure 1: 迭代面板

在迭代按钮处的对话框中输入 10，表示迭代 10 步。迭代开始之后，你应该察看图形窗口中的残差图。迭代之后，你的图形窗口应该像下图一样。残差由上向下逐渐减少，这是很好的标志。对于不同的机器残差只会有稍微的不同，所以你的图形不一定和下图完全相同。

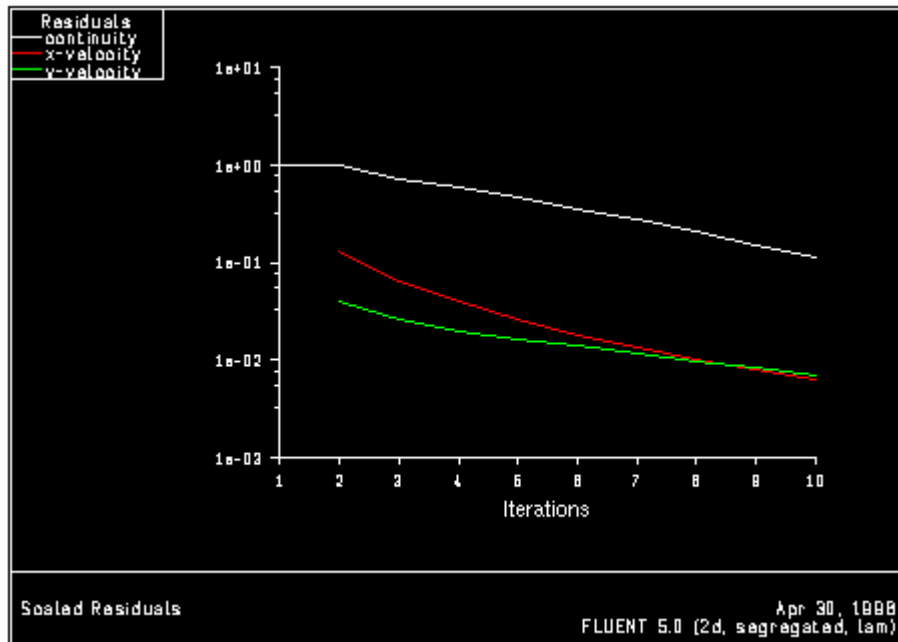


Figure 2: 10 次迭代之后的残差图

你可能也想检查流场，看它怎么发展。打开 Display/Velocity Vectors..菜单，弹出下面的速度矢量面板的图框

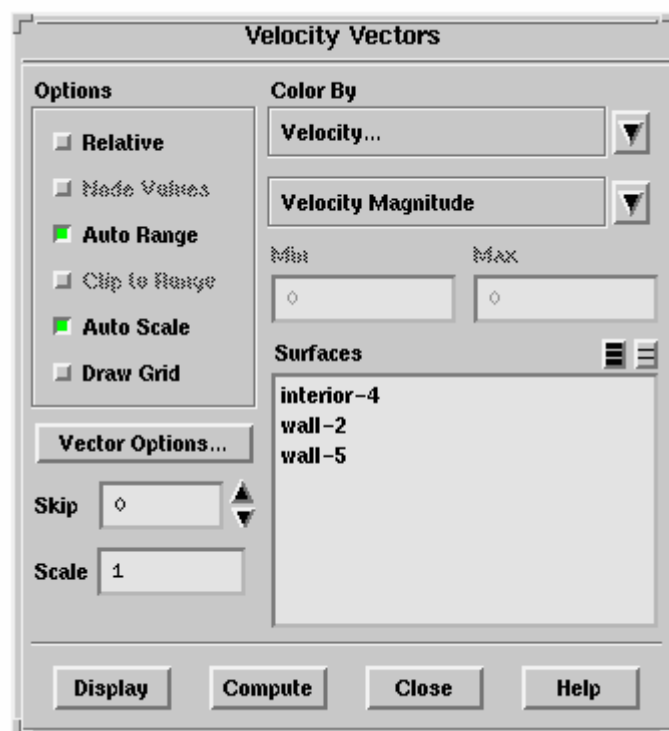


Figure 3: 速度矢量面板

此面板内的默认设定将会产生一个由速度大小标记颜色的矢量图，点击 Display 按钮得到下图：

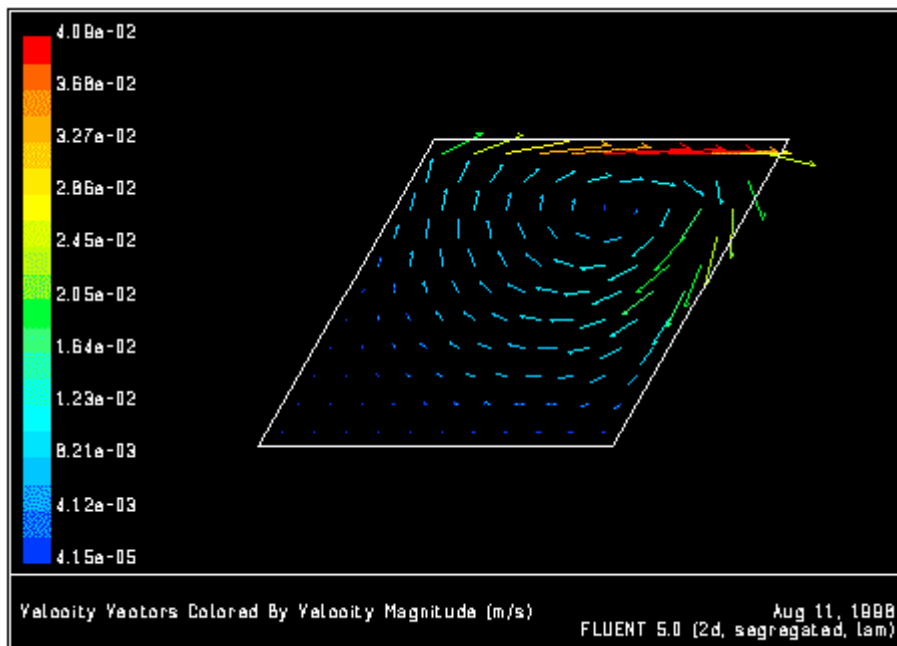


Figure 4: 10 步迭代之后的速度矢量

即使是 10 次迭代，旋转的图像已经很清晰了。看来该解的过程是可以接受的，我们可以增加迭代步骤完成该解。迭代 90 步时，你会发现大约在 50 步，迭代解就已经收敛到允许的误差范围了。在这个时候，残差图应该像下图一样，需要注意的是，不同的机器所需的收敛步是不同的。

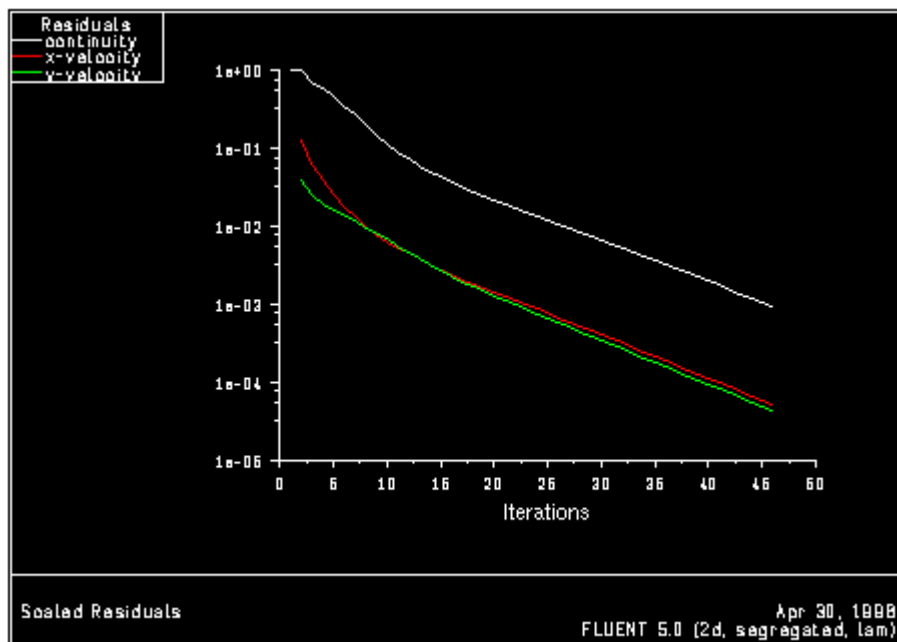


Figure 5: 收敛之后的残差

现在可以保存数据察看收敛结果了。

保存结果

如前所述，case 文件保存之后，问题的定义和 fluent 计算结果分别保存在 case 文件和 data 文件中。必须保存这两个文件以便以后重新启动分析。注意：FLUENT 不会自动保存这些文件，虽然在开始计算之前你已经保存了 case 文件和 data 文件，但是最好再保存一下。

保存 case 文件和 data 文件，选择 File/Write/Case & Data... 菜单，弹出下面的对话框

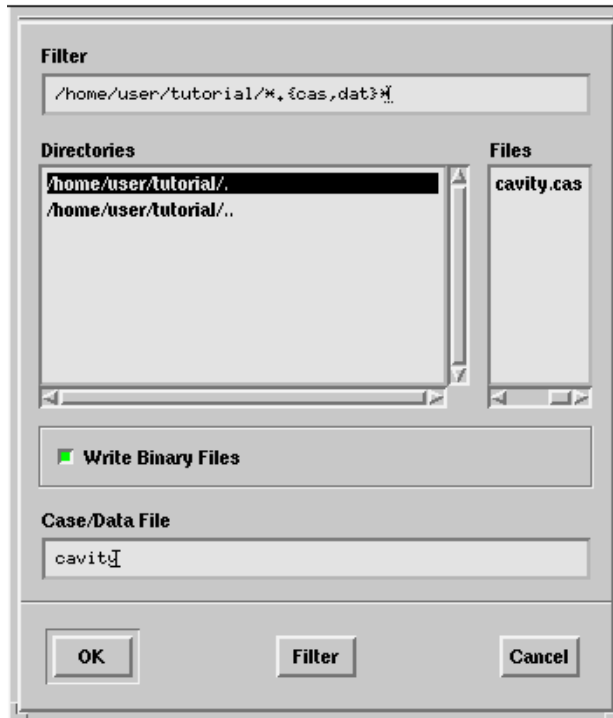


Figure 1: 保存 case 和 data 文件

在 Case/Data 文件窗口输入文件名，FLUENT 会自动添加相应的扩展名.cas 和.dat 在上图中你输入 cavity 作为文件名，FLUENT 会自动保存 case 文件为 cavity.cas，data 文件为 cavity.dat 输入文件名之后点击 OK 保存，如果 cavity.cas 已经存在，FLUENT 将会询问是否覆盖它，点击 OK 写入文件即可。

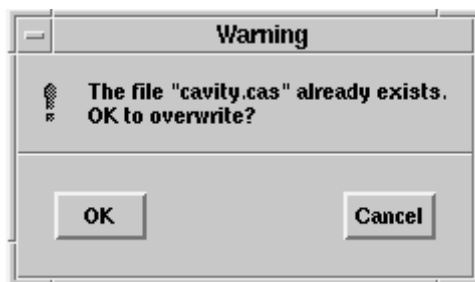


Figure 2: 确认覆盖

注意：在结束进程之前，你可以启动新的 FLUENT 进程，读入 case 文件和 data 文件，重新分析和修改算例。

检查结果——画等值线

前面画过速度矢量图，现在在 Display /Contours...中打开等值线面板如下图：

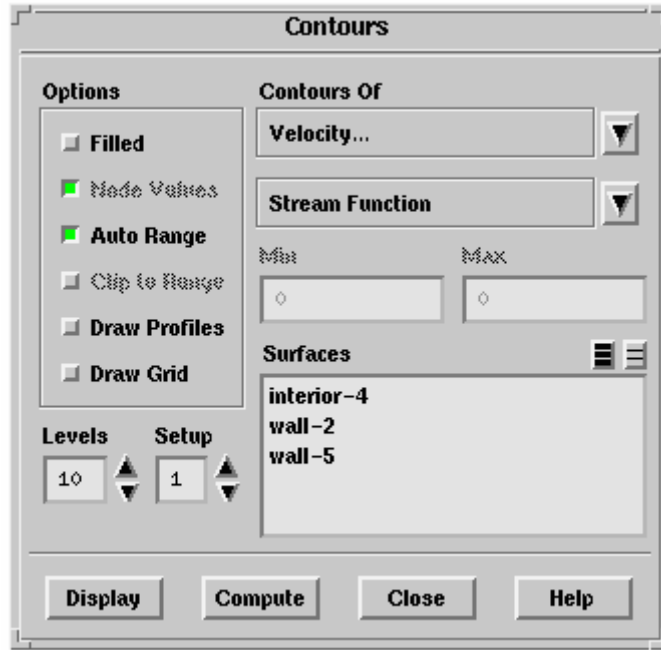


Figure 1: 等值线面板

在上面的“Contours Of”下拉菜单中选择 Velocity...然后选择 Stream Function，将等值线的 Levels 设为 10 点击 Display 按钮，显示结果如下。看完了别忘了关掉。

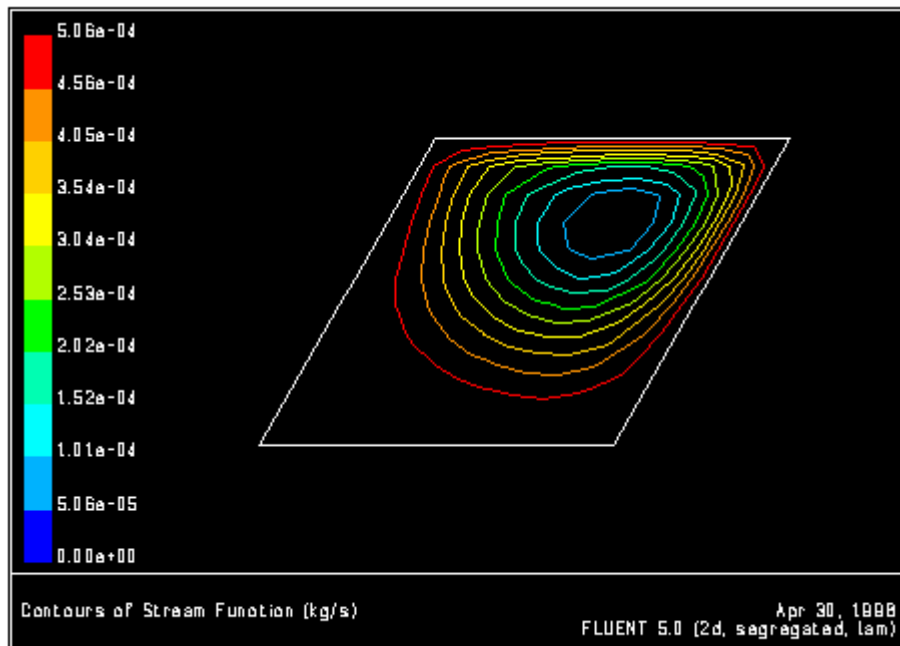


Figure 2:流函数等值线

从 FLUENT 退出

检验结果并保存算例和数据文件之后就可以在文件菜单的 Exit 选项中退出 FLUENT 了。

总结

本例使用 FLUENT 解决了一个非常简单的问题。该教程在后面将详细叙述 FLUENT 物理模型和解参数的问题以解决更为复杂的问题。

Fluent 用户界面

赵玉新（国防科技大学航天学院）

注意：本资料只用于学习心得的交流，未征得 Fluent 和海基公司的同意，如果涉及版权问题，请于作者联系

FLUENT 包括下拉菜单，面板和对话框还包括文本命令行的界面。本章详细介绍了上述几个部分的使用方法及相关功能。

图形用户界面(GUI)

它由控制台窗口，控制面板，对话框以及图形窗口组成。下图就是典型的 fluent 界面。上述四个部分将在下面详细介绍。在 UNIX 系统中，GUI (包括颜色和字体)可以自定义以适合操作系统的环境。

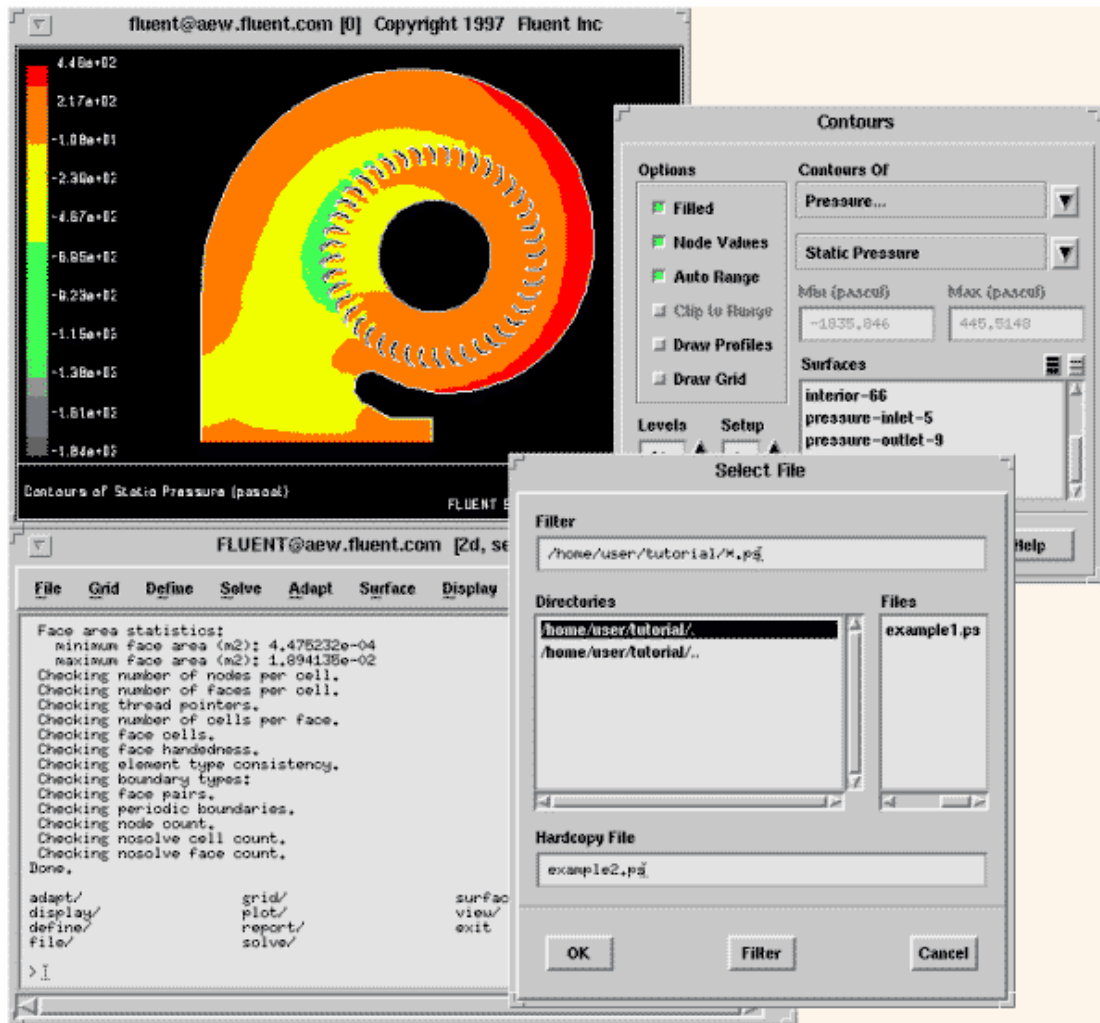


Figure 1: 屏幕显示的 GUI 各部分

控制台 (Console)

FLUENT 控制台是控制程序执行的主窗口。用户和控制台之间有两种交流方式：文本界面(TUI)，图形界面(GUI)。控制包括终端仿真程序和菜单按钮的图形界面。

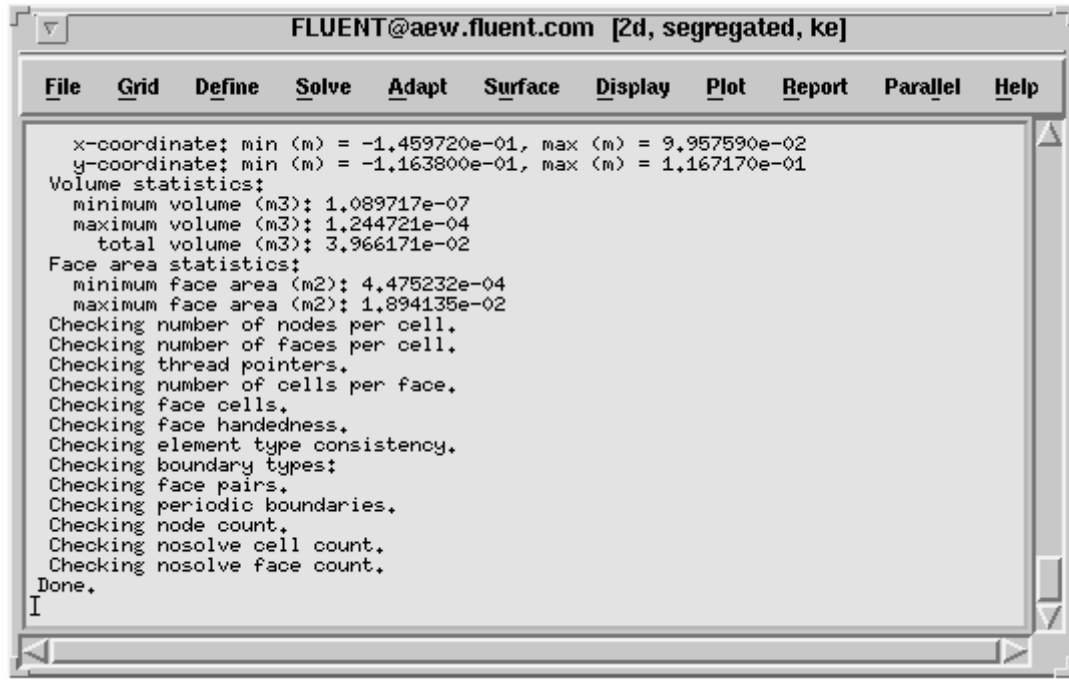


Figure 1: 控制台

终端仿真程序

终端仿真程序和 MS-DOS 命令提示符类似，它使你能够和 TUI 菜单交流。所有的文本都输出到终端仿真程序，所有的输入都从最底行开始。快捷键 Control-C 可以暂停正在计算的程序。它也支持控制台和其它 X Window 或 Windows NT 应用程序之间文本的复制和粘贴。下面是 UNIX 系统中复制和粘贴的方法：

1. 鼠标左键选中要复制的东东
2. 到新窗口点击中键便可粘贴

下面是在 Windows NT 系统中复制文本到剪贴板的方法：

1. 选中文本
2. Ctrl+Insert

菜单按钮

菜单按钮用下拉菜单组织图形界面的层次，下图就是下拉菜单的外观

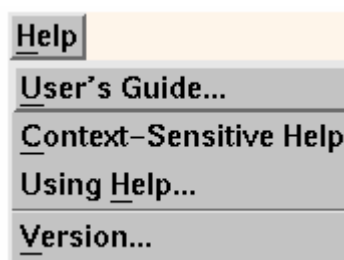


Figure 1: Help 下拉菜单

FLUENT 下拉菜单使用方法和 Windows 的一样。快捷方式也一样——Alt，然后下划线

字母选中，ESC 键退出。有些下拉菜单有快捷键，在相应的菜单后面会提示快捷键是什么，自己去找就可以了。

对话框

对话框用于完成简单的输入输出任务，比如说警告、错误和询问。对话框是临时窗口，出现时要注意，你对它作出选择之后关闭就可以做其它工作了。

下面是几种对话框

信息提示框



信息提示框告诉我们需要知道的信息，点击 OK 就关闭了警告对话框



警告对话框用于警告某些潜在问题，并询问是否继续当前操作，错误对话框



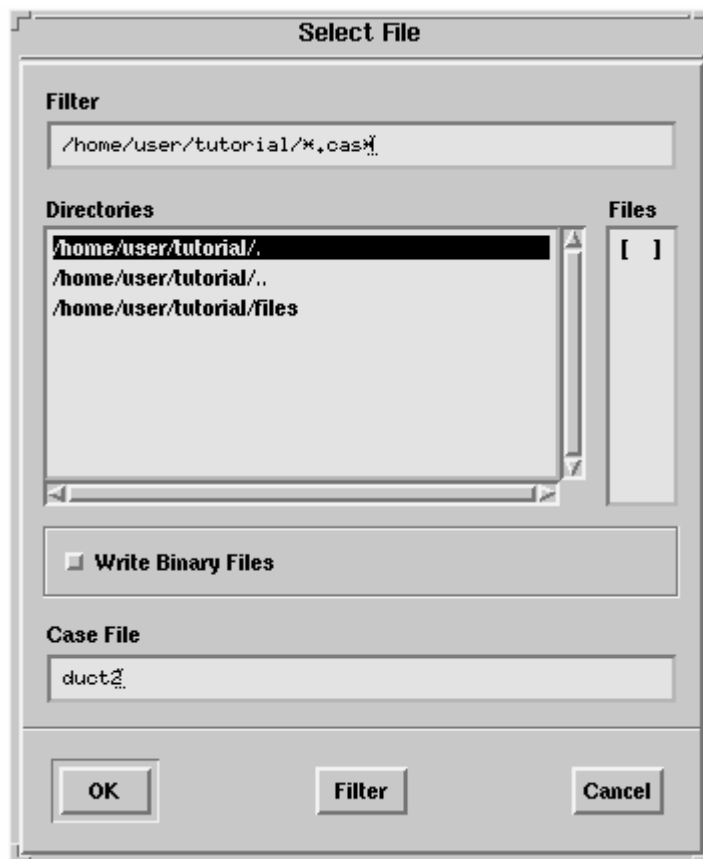
工作对话框



工作对话框显示正在进行的任务，这是一个特殊的对话框，你唯一的操作就是干掉它，否则它不需要你进行任何操作，只告诉你——等待吧!! 程序结束它也自动关闭了。
问题对话框



阅读，决定之后选择就可以了
文件选择对话框



文件选择对话框并不是完全一成不变，上面的是较为常见的，在用 XY 绘图读入外部数据文件时的文件对话框如下：



文件选择的步骤如下：

1. 找到适当的目录，两种方法：在 **Filter** 中输入路径，按回车键，要保证最后一个字符是“/”；双击一个目录，然后子目录……，**Filter** 按钮和双击的功能一样。注意“.”表示当前目录，“..”表示父目录
2. 在文件列表中指定文件名，或者输入文件名。注意：***.dat***表示扩展名为 **dat** 的文件，只输入*****表示所有文件。
3. 如果你是读入多重 **XY-plot data** 文件，所选的文件将被加入到 **XY** 文件列表中 **File(s)**。选错了文件的话你可以点击所选错的文件然后点击 **Remove** 按钮。
4. 如果你用 **Write Binary Files** 按钮选择二进制或文本文件来写 **case**、**data** 或者 **radiation** 文件。你可以阅读和编辑文本文件，但是它比二进制文件需要更多的存储空间，而且读写速度较二进制文件慢
5. 点击 **OK** 按钮读写特定的二进制文件，这步的捷径如下。

如果文件出现在列表中并且所读的不是 **XY** 文件，双击文件就和点击 **OK** 按钮具有相同的功能。如果是 **XY** 文件你就不能够通过双击文件来打开它，而只能将它选入文件列表中。

如果输入的是文件名，按回车键和点击 **OK** 按钮具有相同的功能

Windows NT 系统的文件选择使用标准的 **Windows NT** 文件选择对话框。详细介绍可以参阅相关内容。

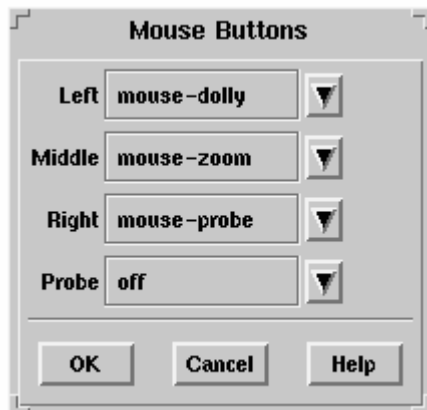
面板

面板用于处理复杂的输入任务。和对话框相似，面板也是一个独立的窗口，但是使用面板更像是填充一个表格。每一个面板都是独一无二的，而且使用各种类型的输入控制组成表

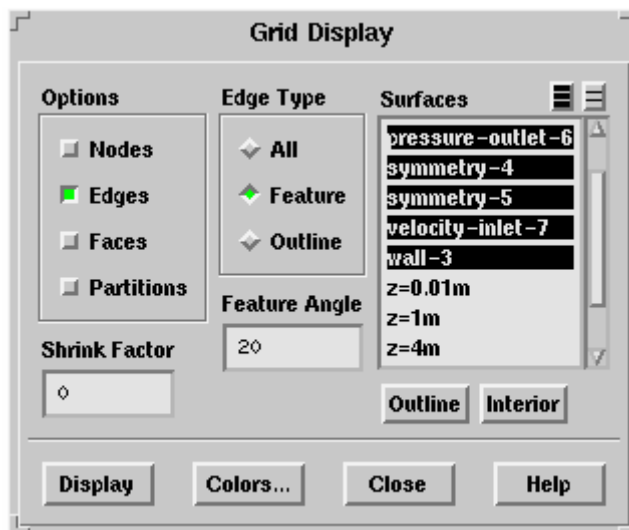
格。

在面板的控制下输入数据后，你需要应用所改变的设置，或者取消所改变的设置。具体的形式请看下面：

- 应用设置之后立刻关闭面板，这种面板有两个按钮：OK 应用设置并关闭面板；Cancel 关闭面板而且不做任何改变。如下图：

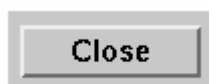


- 另一种面板是在你应用设置后仍然不关闭面板，这是我们可以很快的做更多的设置。后处理和自适应网格中经常会出现这样的面板。按钮功能为：Apply 应用设置不关闭面板，这一按钮经常也有其它的名称，比如后处理过程中该按钮的名字是 Display 自适应网格中这个按钮是 Adapt。Close 关闭面板。如下例：

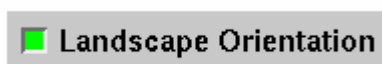


所有的面板都包含 Help 按钮，用于显示如何使用面板的信息
面板中的各种类型输入控制如下：

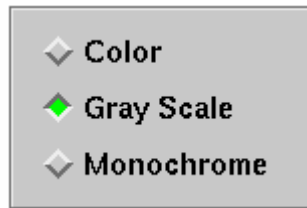
Push Button



Check Button

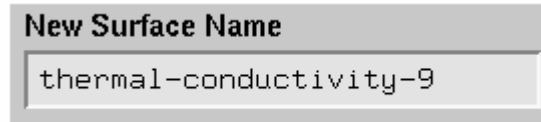


Radio Buttons



这类按钮中，只有一个选项可以打开。

Text Entry



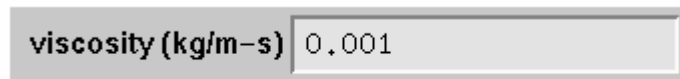
Integer Number Entry



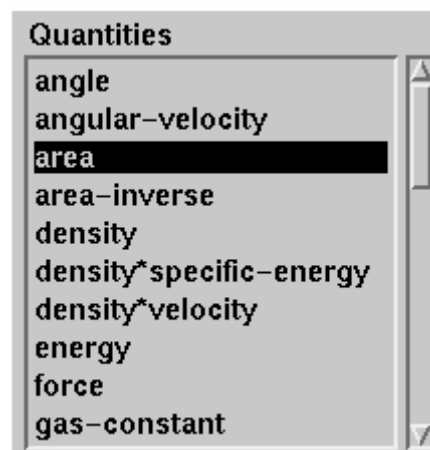
一般说来用鼠标点击上下箭头，会增加或者减少 1。如果结合键盘点击一次鼠标就可以增加更多的数量。用法如下表：

Key	Factor of Increase
Shift	10
Ctrl	100

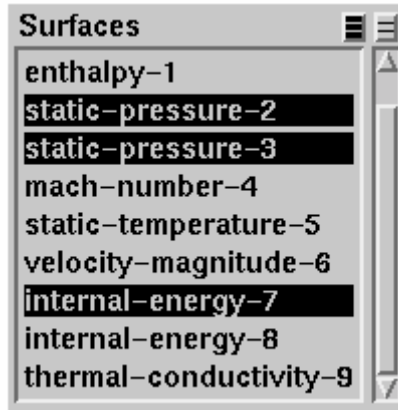
Real Number Entry



可以输入实数如 10, -10.538, 50000.45 和 5.e-4), 一般都会带有相应的单位。
单选列表



许多面板响应鼠标的双击功能，在实践中多试几次就熟练了
多选列表



鼠标点击一次选上；再点击一次取消选择
下拉菜单



使用方法和 Windows 的一样。
标尺



可以用鼠标操作，也可以用鼠标选择之后再用键盘左右选择

图形显示窗口

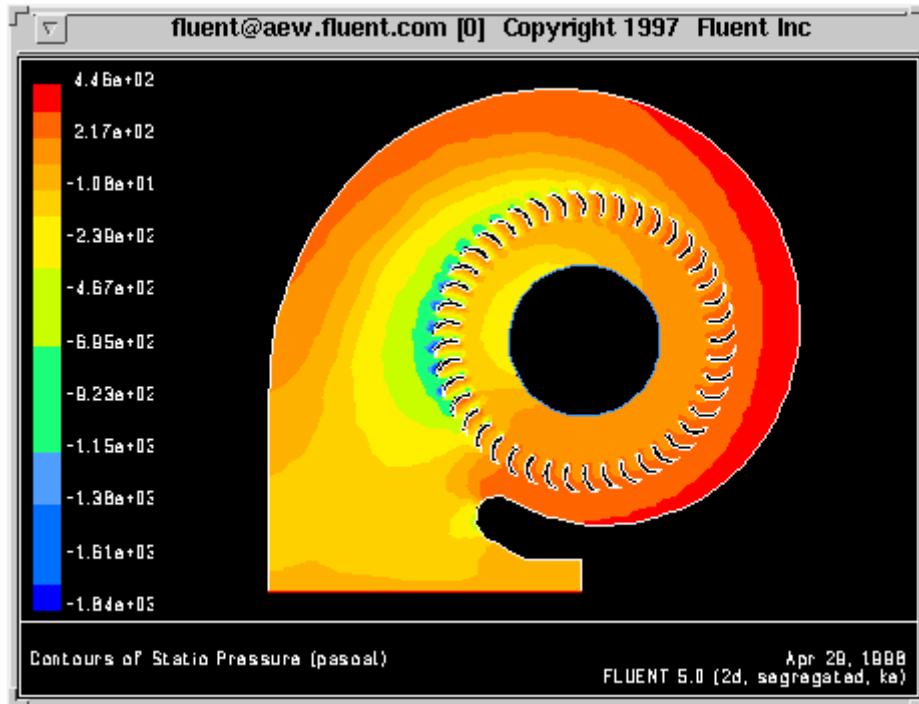


Figure 1: 图形显示窗口的例子

显示选项面板可以控制图形显示的属性也可以打开另一个显示窗口。鼠标按钮面板可以用于设定鼠标在图形显示窗口点击时所执行的操作。

当为图形显示处理数据时要取消显示操作可以按 **Ctrl+C**, 已经开始画图的话就无法取消操作了。

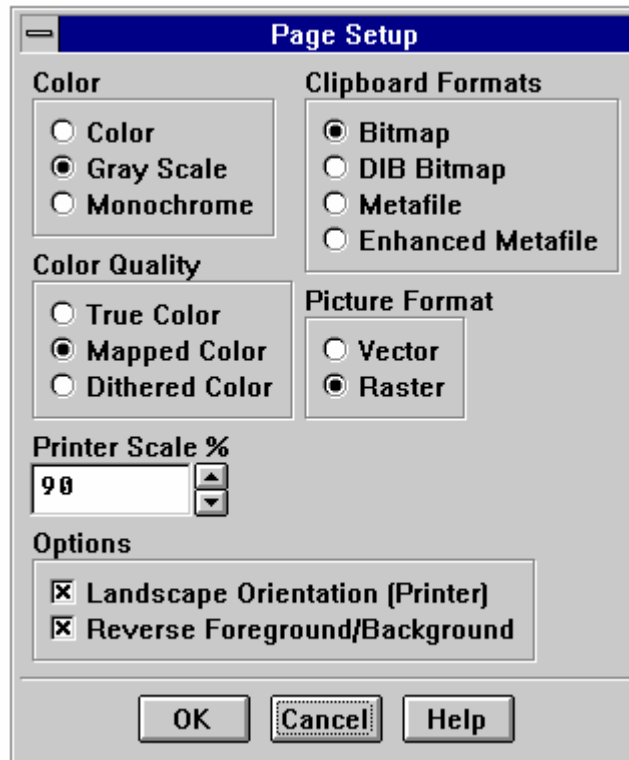
输出图形显示窗口是 Windows NT 系统的特有功能, UNIX 系统没有此项功能。页面设置面板也是 Windows NT 系统独有的功能

Windows NT 系统的特有的输出图形显示窗口功能

如果你选择的是 Windows NT 版本的 FLUENT, 点击图形窗口的左上角便可以显示图形窗口系统菜单, 该菜单包括常用系统命令如: **move**, **size** 和 **close**。连同系统命令一起, FLUENT 为支持打印机和剪贴板增加了三条命令:

1. 复制到剪贴板: 将当前图形复制到 Windows 的剪贴板。可以用页面设置面板改变复制的属性。图形窗口的大小影响了图形中所使用的字的大小。
2. 打印: 将当前图形复制到打印机。可以用页面设置面板改变打印的属性。
3. 页面设置: 显示页面设置面板。

Windows NT 系统独有的页面设置面板功能: 在图形显示窗口的 **system** 菜单中点击 **Page Setup..** 菜单, 弹出页面设置面板如下:



第一个 Color: 允许你选择是否使用彩色图

第二个 Color: 选择彩色图形

Gray Scale: 选择灰度比例图

Monochrome: 选择黑白图

Color Quality: 允许你指定图形的色彩模式

True Color: 创建一个由 RGB 值定义的图, 这假定了你的打印机或者显示器有至少 65536 个色彩或无限色彩。

Mapped Color: 用色彩图创建图形, 这对于只有 256 色的设备是一个不错的选择

Dithered Color: 用 20 个或更少的色彩创建一个颤动图

Clipboard Formats: 允许你选择所需格式复制到剪贴板。图形窗口的大小会影响剪贴板图形的尺寸。要得到最好的结果最好是调节图形窗口的尺寸并用 Windows 剪贴板查看器检查剪贴板图形。

Bitmap: 图形窗口以位图形式复制

DIB Bitmap: 是一个与设备有关的图形窗口位图复制

Metafile: 是一个 Windows 图元文件

Enhanced Metafile: 是一个 Windows 增强图元文件

Picture Format: 允许你指定光栅和矢量图

Vector: 创建矢量图, 这一格式在打印时有很高的清晰度, 但是一些大的 3D 图可能会花很长时间来打印

Raster: 创建光栅图, 这一格式在打印时有相对较低的清晰度, 但是一些大的 3D 图可能会花较少时间来打印

Printer Scale %: 控制打印图形覆盖页面的范围, 减少尺度会有效的增加图形页面的空白。

Options: 包括控制图形其它属性的选项

Landscape Orientation (Printer): 指定图形的方向。如果选上改选项, 图形将会在前景

(landscape) 模式中形成, 否则是在肖像 (portrait) 模式下形成。改选项只在输出时应用。
Reverse Foreground/Background: 如果选定就会使图形的前景和背景颜色互换。这一功能可以使你复制白前景黑背景的图为黑前景白背景。

文本用户界面(TUI)

文本用户界面(TUI)使用被称为 Scheme 的 Lisp 专业用语, 而且是用这一语言写成的。用户熟悉 Scheme 将能够使用界面的解释功能来创建自定义命令。(附注: Scheme 是 LISP 的一种方言。它不但设计非常干净, 而且非常强大。它只有 7 种最基本的语法结构, 1 种数据结构, 甚至连循环语句都没有, 但是它却有非常强大的宏, 它可以自己扩展自己的语法, 自己定义出循环语句, 定义出各种其它语言可以见到的数据结构, 定义出类, 对象, ……变成一个面向对象语言对它来说只是小菜一碟。用 Scheme 编程序, 你可以专注于设计算法本身, 而不是为语言本身的比如内存泄漏之类的事情而烦恼。所以用这种语言教学, 学生可以学会“解决现实世界的问题”而不是困惑于“电脑自己的问题”。Scheme 是很多大学, 比如 MIT 的计算机系学生首选的编程入门语言, 甚至有一个丹麦高中讲授这种语言。)

文本菜单系统

文本菜单系统为程序下的程序界面提供了分级界面。因为它是基于文本的, 所以你可以用标准基于菜单的工具操作它: 输入可以保存在文件中, 用文本编辑器修改, 并可以将执行的读入。因为文本菜单系统紧密地与 Scheme 扩展语言结合, 所以它可以很容易的形成程序来提供复杂控制和自定义函数。

菜单系统结构和 UNIX 操作系统的目录树很相似。当你第一次进入 FLUENT, 你是在根菜单下, 菜单的提示符只是一个简单的补字符: “>”。

要生成子菜单和命令的列表只需键入回车:

```
>
adapt/          grid/          surface/
display/        plot/          view/
define/         report/       exit
file/           solve/
```

方便起见, 子菜单的名字都以 “/” 结尾, 以区别于菜单命令。要执行一个命令, 键入命令名或该命令的简写就可以。与之相似, 进入子菜单, 只需键入菜单名字或其简写就可以, 提示符也会相应改变为当前菜单的名字。

```
> display
/display> set
/display/set>
```

要回到上一级菜单只需在命令提示中键入 q 或者 quit。

```
/display/set> q 回车
/display>
```

你可以键入菜单全路经名直接进入另一菜单

```
/display> /file
/display//file>
```

在上一例中, 控制直接从/display 转到/file 而不结束根菜单, 因此, 当你从/file 菜单退出时,

控制会直接退回到/display.

```
/display//file> q
```

```
/display>
```

而且,如果你直接执行一个命令而不结束路径上的任何菜单,控制会仍然回到你调用命令时的菜单。

```
/display> /file start-journal jrnl
```

```
Input journal opened on file "jrnl".
```

```
/display>
```

文本菜单系统为菜单命令提供了在线帮助,具体请见帮助界面介绍一节。

命令的缩写

选择菜单命令你不必输入全名;你可以输入匹配该命令的缩写。匹配命令的规则如下:命令由连字符分隔的短语组成。该命令与短语的初始序列匹配。连字符的匹配是可选的。短语和它的字符串的初始序列匹配,通过输入那个字符串来匹配。

如果一个缩写匹配多于一个命令,那么具有最大匹配字符数的命令将被选择。如果不止一个命令有相同的匹配短语,那么第一个出现在菜单中的命令将被选择。

例如下面的每一个都匹配命令 **set-ambient-color**: **set-ambient-color**, **s-a-c**, **sac**, 和 **sa**。当缩写命令时,通常你的缩写会匹配不止一条的命令。在这种情况下,第一个命令将会被选择。有时候会有不正常的情况,比如说 **lint** 并不匹配 **lighting-interpolation**, 因为 **li** 匹配 **lights-on** 但是 **nt** 并不匹配 **interpolation**。这一问题可以通过选择不同的缩写来解决,如 **liin** 或者 **l-int**。

Scheme Evaluation

如果你在菜单提示行中输入“(”,那么所有的插入语和所有的字符串加上“)”都会传送到被估值的 Scheme 中,而且估计的表达式显示如下:

```
> (define a 1)
```

```
a
```

```
> (+ a 2 3 4)
```

```
10
```

别名

在菜单系统中可以定义命令的别名。就 UNIX **csh** 外壳来说别名比命令执行的优先级要高。下面的别名是在 **Cortex** 中预定义的: **error**, **pwd**, **chdir**, **ls** 以及 **alias**。

Error: 显示最近 Scheme 错误中断中无效 Scheme 对象

Pwd: 打印工作目录,在这个工作目录中所有的文件操作都可以进行

Chdir: 改变工作目录

Ls: 列出工作目录的文件

Alias: 显示当前别名的符号列表。

文本提示系统

命令需要各种变量:数,文件名, yes/no 响应,字符串和列表。这些输入的统一界面是

一个文本提示系统，提示包括提示字符串以及相应的用方括号括起来的选项或者用方括号括起来的默认值。

filled grids? [no]

shrink-factor [0.1]

line-weight [1]

title [""]

获取提示的默认值只需要键入回车或者逗号

注意：逗号不是一个分隔符，它是默认值的分隔标志：“1,2”表示 3 个值，“1”是第一个提示值，第二个提示值为默认，“2”为第三个提示值。在任何提示中输入“a”会显示一个简短的帮助信息。要中断一个提示序列只需要按 Control-C 即可。

数

一般大多数的提示类型是数，即可是整数也可是实数，举例来说，有效的输入如：16, -2.4, .9e5, 和+1e-5。整数也可以是二进制，八进制和十六进制的格式。如：十进制数 31 可以输入为 31, #b11111, #o37, 或者#x1f。In Scheme, 整数是实数的子集，所以你不需加上小数点表明哪一个数是实数，2 也是实数 2.0。如果你在整数提示符中键入实数，那么小数部分会被省掉，如 1.9 就变成 1 了

布尔运算符

有些提示需要 yes 或 no 的响应。Yes 或 y 表示同意，no 或者 n 表示不同意。yes/no 提示通常用于证实某些潜在的危险操作如：覆盖文件，不保存文件就退出，数据，网格等是否进行。有一些提示符需要真正的布尔值（真或假），其输入分别为#t 和#f。

字符串

字符串的输入需要双引号括起，如：“red”。会址标题或者绘制图例就是字符串的一个例子，字符串可以包括任何的字符，包括空格和标点。

符号

符号的输入不需要加引号。区域名，表面名以及材料名就是符号的例子。符号必须以字母开始不能包括任何的空格或逗号。

文件名

文件名只是字符串的一种，为方便起见，文件名不需要加双引号括起来。如果有些例外——文件名中有空格，那么文件名必须加双引号括起来

这样“方便”结果使得文件名提示无响应值。例如：

```
> (define fn "valve.ps")
```

```
fn
```

```
> hc fn
```

会结束 fn, 文件名的硬拷贝，而不是 valve.ps。因为文件名提示无响应值，fn 没有机会求 "valve.ps" 的值，对于大多数其他的提示也是一样。

列表

FLUENT 中有些函数需要目标的列表，如：数，字符串，布尔运算值等。Scheme 对象的列

表是一个简单的由空白列表 “’()” 结束的对象序列。每次列表提示一个单元，最后一个空列表。这一结束列表组成了提示列表的末尾，既可能是空也可能包含任何值。为方便起见，空列表中可以输入 “()” 也可以输入标准格式 “’()”。通常地，列表提示默认保存先前声明的列表。要修改列表，覆盖所需单元并用空列表结束进程。例如：

```
element(1) [()] 1
element(2) [()] 10
element(3) [()] 100
element(4) [()]
```

相应的创建三个数 1, 10, 和 100 的列表

```
element(1) [1]
element(2) [10]
element(3) [100]
element(4) [()] 1000
element(5) [()]
```

增加第四个单元。然后

```
element(1) [1]
element(2) [10]
element(3) [100] ()
```

只有 1 和 10 在列表中。随后输入：

```
element(1) [1] ,, '(11 12 13)
```

创建一个五元素列表：1, 10, 11, 12, 和 13。最后一个空列表移走所有的单元

```
element(1) [1] ()
```

赋值

所有的响应（除了文件名）在被使用之前都被 Scheme 解释程序赋值了。因此你可以输入任何一个有效的 Scheme 表达式来响应提示。例如输入一个单位矢量，某一分量为 1/3 (不使用你的计算器)。

```
/foo> set-xy
```

```
x-component [1.0] (/ 1 3)
```

```
y-component [0.0] (sqrt (/ 8 9))
```

或者你可以输入一个有效函数，计算单位矢量的另一个分量

```
> (define (unit-y x) (sqrt (- 1.0 (* x x))))
```

```
unit-y
```

```
/foo> set-xy
```

```
x-component [1.0] (/ 1 3)
```

```
y-component [0.0] (unit-y (/ 1 3))
```

默认值绑定

任何提示的默认值被限制为 Scheme 符号 “_” (下划线) 以便于默认值可以形成 Scheme 表达式的一部分。例如，如果你想将默认值减去，你可以输入：

```
shrink-factor [0.8] (/ _ 3)
```

中断

代码的执行可以用<Control-C>停止，这时，目前的操作停止在下一个可恢复的位置。

系统命令

如果在 UNIX 操作系统中运行 FLUENT，你可以用字符! (bang)来执行系统命令。在 UNIX 基础的操作系统下你可以执行系统命令。以!开始的所有字符串一直到下一行开始都会在子外壳中执行。与这些系统命令有关的任何进一步的输入必须被输入到你启动程序的窗口中，而且任何的输出也是在这个窗口中。(注意：如果你远程启动 FLUENT，这些输入和输出必须是在你启动外壳 (Cortex) 的窗口中。

```
> !rm junk.*  
> !vi script.rp
```

别名 ls 和 pwd 在工作目录中调用 UNIX ls 和 pwd 命令。别名 chdir 改变了程序目前的工作目录。

!ls 和!pwd 将会在外壳启动的目录中执行 UNIX 命令。屏幕输出会在启动 FLUENT 的窗口中，除非你使用远程启动，在远程启动中会在你启动外壳的窗口中输出。(注意：!chdir 或者!cd 在子外壳中执行，所以它不会改变 FLUENT 或者 Cortex 的工作目录，因此它并不是很有用)。不带任何声明的输入 chdir 会将你移到控制台的父目录。

下面是控制台中输入系统命令的几个例子。输出会在启动 FLUENT 窗口中出现 (或者远程启动程序，就会在 Cortex 窗口中出现)

输入的例子 (在 FLUENT 控制台中):

```
> !pwd  
> !ls valve.*
```

例子的输出(FLUENT 或者 Cortex 启动的窗口中):

```
/home/cfd/run/valve  
valve1.cas  valve1.msh  valve2.cas  valve2.msh
```

从字符串进行文本菜单输入

通常说来，当为 FLUENT 写入 Scheme 扩展函数，在函数中能够包含菜单命令是很方便的。使用 ti-menu-load-string 就可以实现。例如，要打开图形窗口 1，使用：

```
(ti-menu-load-string "di ow 1")
```

一个 Scheme 循环会打开窗口 0 和窗口 1，并在窗口 0 中显示网格的前一次视图，窗口 1 的后一个视图由下面给出：

```
(for-each
```

```
(lambda (window view)
```

```
(ti-menu-load-string (format #f "di ow ~a gr view rv ~a"
```

```
window view)))
```

```
'(0 1)
'(front back))
```

`menu-load-string` 使用格式函数的循环来创建字符串。这一简单的循环也可以根本就不用菜单命令来写入，但是你需要知道菜单命令执行的 Scheme 函数：

```
(for-each

(lambda (window view)

  (cx-open-window window)

  (display-grid)

  (cx-restore-view view)))
```

```
'(0 1) '(front back))
```

在 FLUENT 中，字符输入也为创建别名提供了一种简单的方法。例如：要创建显示网格的别名，你可以键入：`(alias 'dg (lambda () (ti-menu-load-string "/di gr")))`

那么任何时候你在菜单层中的任何地方输入 `dg`，网格就会在被激活的窗口中显示。命令 `! ti-menu-load-string` 在顶层菜单中估计字符的声明。当你调用 `ti-menu-loadstring` 时它会忽略你所在的任何菜单。因此，命令：

```
(ti-menu-load-string "open-window 1 gr") ; incorrect usage
```

即使你在 `display/` 下键入它也不会工作。字符必须输入 `display/` 菜单才可能生效，如：

```
(ti-menu-load-string "display open-window 1 grid")
```

使用在线帮助

FLUENT 中有一个在线帮助工具，它提供了进入程序文档的简便方法。通过图形用户界面，你有完全的用户向导和参考向导，只需用鼠标键点击即可。用户向导和参考向导显示在 `Help Viewer` 面板中，它对于多重字体和图形轮廓起重要作用，对于浏览和交叉参考的按钮及超文本链接也起重要作用。

使用 GUI 帮助系统

有很多进入在线帮助的办法。对于特定条目和面板来说，你可以在面板或者上下文帮助中获取参考信息。你也可以跳到参考向导，或者将用户向导打开到当前页面，并使用超文本链接以及在线目录来查找你需要的信息。

注意：参考向导作为用户向导在线帮助的最后一章，包含了每一个菜单条目和面板的描述，还对文本界面命令的相关内容有简短描述。

Windows NT 用户请注意：这里所叙述的是应用于 UNIX 系统的在线帮助。有关于 FLUENT 在 Windows NT 系统上的在线帮助将是标准 Windows NT 帮助系统。要想获取有关使用 Windows NT 帮助的信息，在帮助下拉菜单中选择 `How to Use Help` 菜单条目。

面板帮助

要获得一个面板的帮助只需要在该面板中点击帮助按钮。`Help Viewer` 面板将会打开解释该面板中每一条目的功能的参考向导的相关章节。在这个章节中你还会发现到用户向导相

关章节的超文本链接，它讨论了如何使用面板并提供相关信息。

上下文（Context-Sensitive）帮助

如果你想知道如何或者什么时候使用某一菜单条目或面板，你可以使用上下文帮助功能。在帮助下拉菜单中选择 **Context-Sensitive Help** 条目：**Help/Context-Sensitive Help**。使用问题标定指针，在下拉菜单中选定一个条目，或者点击图形用户界面的另一部分（比如说：一个面板）。**Help Viewer** 面板就会打开讨论该条目的用户向导的相关章节。

打开用户向导

要第一次打开用户界面或者重新打开最近查看的章节，在帮助下拉菜单中选择 **User's Guide...** 菜单。**Help/User's Guide...**。当你第一次打开用户向导时，将会给出章节的列表。每一章节都是因个超文本链接以便于你查阅该章的内容。

打开参考向导

将 **Help Viewer** 面板打开到参考向导的第一页，这一页包含了每一面板和菜单条目的信息，它们以下拉菜单的方式排列，还包含了相关文本界面的描述（可以在用户向导中点击相关的超文本链接）。要在任何时候回到总面板，简单的点击 **Help Viewer** 面板底部的 **Overview** 按钮即可。

关于帮助的帮助

你可以获取关于在线帮助的帮助信息，方法是在帮助下拉条目中选择 **Using Help...** 菜单。**Help/Using Help...**。当你选择了该条目，**Help Viewer** 面板就会打开到 **Using On-Line Help** 部分。

文本界面命令的帮助 s

在 **GUI** 在线帮助中，执行比较功能的面板或者菜单条目中的部分描述了每一个文本界面命令。通过点击面板中的帮助按钮你可以知道哪一个文本命令符合特定的面板，然后在 **Help Viewer** 面板中移到下一页。文本命令也在用户向导最后的命令目录中列出。文本命令的帮助也通过文本界面提供。详细内容请参阅文本用户界面帮助。

使用 **Help Viewer** 面板

你可以以几种不同的方法在 **Help Viewer** 面板中存取信息。在 **Help Viewer** 面板中(Figure 1)，你可以用鼠标点击所要查看的内容。

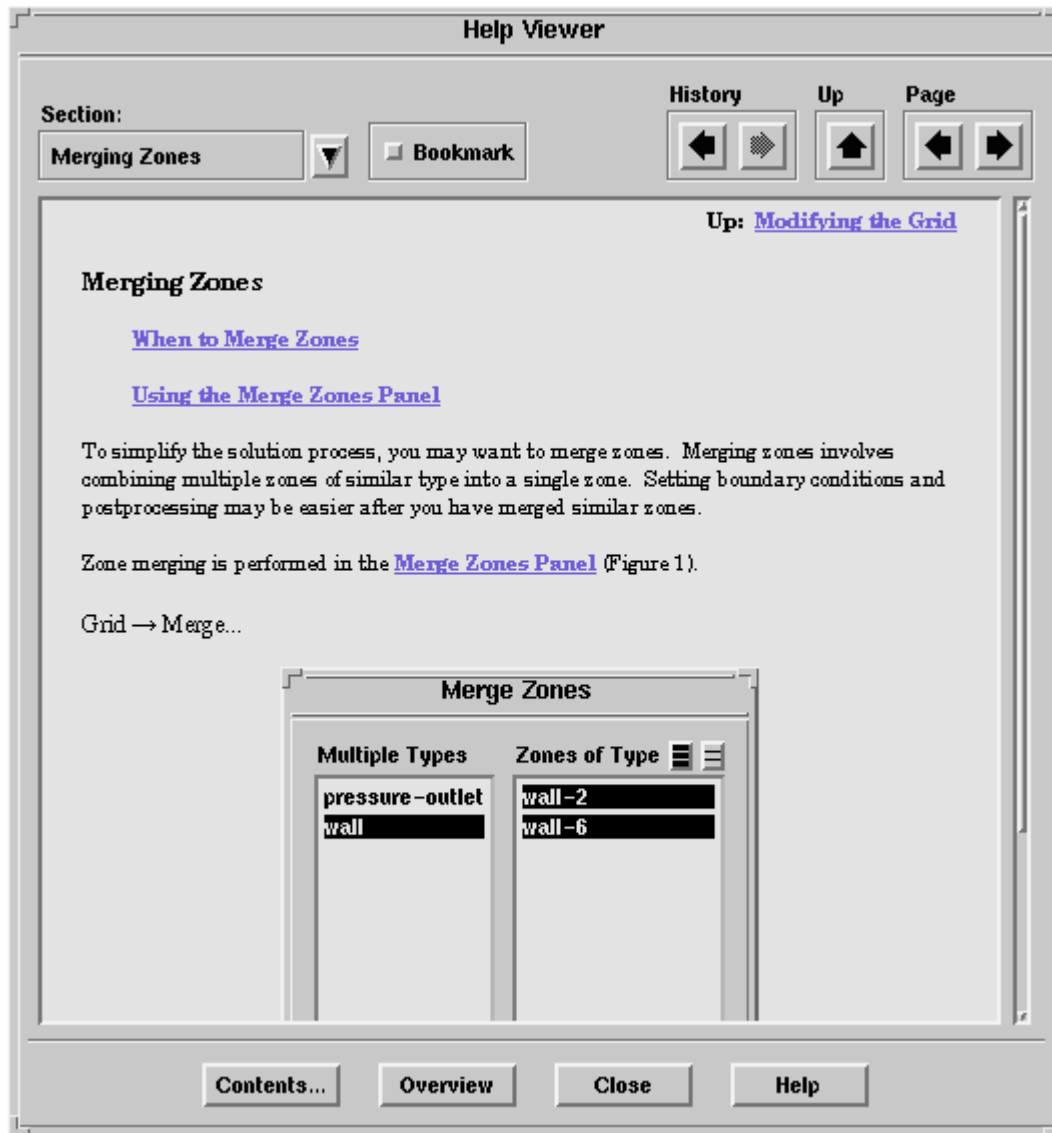


Figure 1: Help Viewer 面板

超文本链接可以使你很方便地跳到另一部分。这些内容就不详细介绍了，因为任何一个熟悉 Windows 的人都知道它的帮助怎么用，比如：向上一级，前进，后退，书签等。

使用帮助内容面板

帮助内容菜单显示了用户向导和参考向导的列表。它通常来源于 Help Viewer 面板或者和 Help Viewer 面板一起使用为我们提供了另一种浏览用户向导和参考向导的途径。要打开帮助内容面板，请在 Help Viewe 面板的底部点击 Contents...按钮。

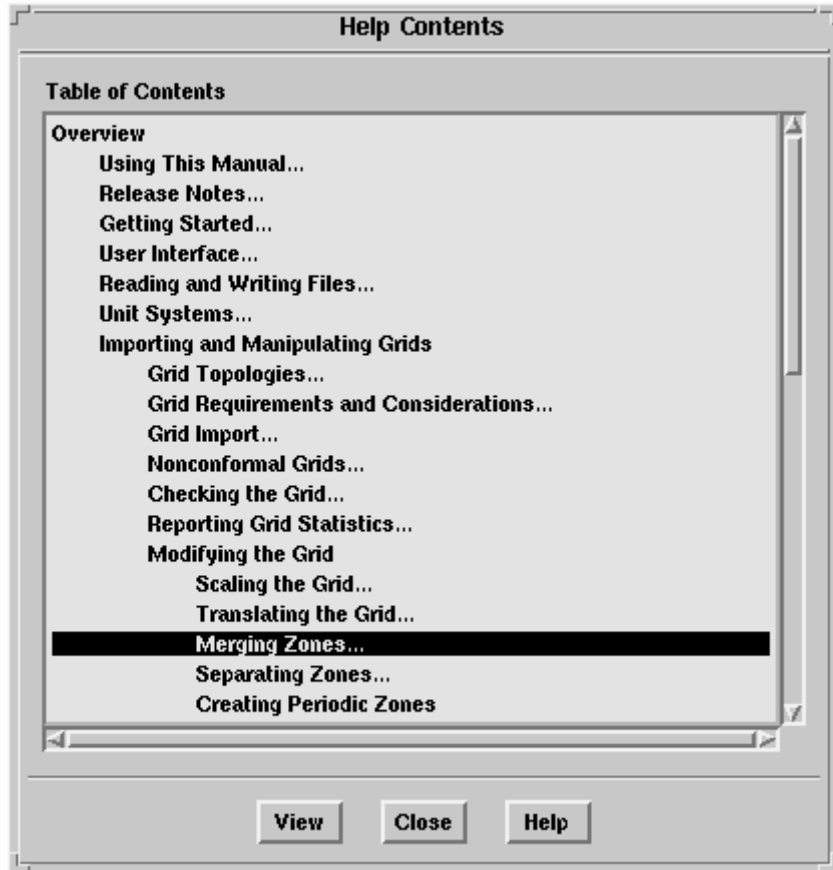


Figure 1:帮助内容面板

第一次打开帮助面板它将只列出最高层（每章）的列表。要详细察看下一层的内容用鼠标点击所要查看的名字就可以了。后面有三个点的内容表示它还有下一层的分类。双击名字就可以查看相关内容，单击名字然后点击 View 按钮也可以查看相关内容。

版本与发布信息：点击 Help/Version 察看。

使用文本界面帮助

文本用户列表提供了上下文在线帮助。在文本菜单系统中，通过输入?加命令名，就会输出有关该命令的简短描述

例子：

```
> ?dis
```

```
display/: Enter the display menu.
```

你可以仅输入?进入帮助模式。在这个模式下你只需要输入命令或者菜单名就可以显示帮助信息了。输入 q 或者 quit 就可以退出帮助模式了。

例子：

```
> ?
```

```
[help-mode]> di
```

```
display/: Enter the display menu.
```

```
[help-mode]> pwd
```

```
pwd: #[alias]
(LAMBDA ()
  (cx-send '(system "pwd")))
[help-mode]> q
```

你也可以在提示行输入?获取该提示行的帮助。

例子

```
display/annotate
Annotation text [""] ?
Enter the text to annotate the plot with.
Annotation text [""]
```

远程执行(只用于 UNIX 系统)

如果 FLUENT 已经启动但是没有版本声明(比如 3d), 你可以用选择解算器面板来确定解算器。File/Run...

以这种方式启动解算器允许你在远程处理器上运行它。在默认情况下, 当你键入命令启动 FLUENT 及相应版本, 事实上是启动了 Cortex (它是一个为 FLUENT 提供用户界面和图形窗口的程序), 然后 Cortex 在其运行的相同处理器上启动 FLUENT。当你键入启动命令但不指定版本时, 只启动了 Cortex。这一方法是你能够指定不同的运行解算器的版本。

远程机器运行的步骤

在远程处理器上运行 FLUENT 一般遵循如下步骤:

1. 在远程执行下, 在选择解算器面板中设定远程机器的名字(Hostname), 以及拟在那个机器上的用户名(Username)和密码。
2. 在选择解算器面板中的版本和选项中指定适当的解算器版本(关于该选项的更多信息请参阅启动 FLUENT 和启动并行版本解算器的相关章节)。
3. 点击 Run 按钮。

如果远程机器拒绝启动解算器, 你可能需要参阅下面所述的相关步骤。

在远程机器上手动启动解算器

上述第三步失败的话, 你可以使用"listen"选项在阻止 Cortex 创建远程程序的网络安全驱动程序之外来启动 FLUENT。点击 Listen 按钮而不是 Run 按钮就告诉了 Cortex 等待手动启动 FLUENT 解算器。选择这个按钮之后, 你将被提示输入声明-cx host:p1:p2 来启动解算器, 其中的 host 是正在运行的 host Cortex 名字, p1:p2 是被冒号分隔的两个代表端口的整数。这样, 解算器就会在另一个系统窗口中启动。输入

```
fluent version -cx host:p1:p2
```

version 为相关版本号, host 和端口号被显示在 FLUENT 文本窗口中。

通过读入 Case 文件进行远程执行

如果你打算通过读入 case 文件来启动适当的版本, 但是你希望在远程机器上启动, 你可以在第一步中指定远程机器, 然后点击 Apply 按钮。这将会保存远程执行的设定。当你指定 Case 文件来启动解算器时, 解算器就会在指定的远程机器上运行

批处理

FLUENT 可以以交互式人机界面运行，从屏幕中输入，并输出到屏幕。它也可以以批处理或者后台模式运行，此时输入从文件中获得，输出保存在文件中。一般说来，在问题设定、初始计算以及后处理时使用交互模式。当你打算大量的迭代时，你可能就希望 FLUENT 已批处理模式或者后台模式运行了。这使得计算机资源能够以重要性为顺序安排或处理，使你能够用文件控制（在计算过程中你就不必介入了），并将计算的历史记录（残数）输出到文件。FLUENT 以批处理模式运行依赖于你的操作系统，下面这节介绍了一下 UNIX 系统的后台处理。

UNIX 系统的后台处理

要在 UNIX 系统的 C-shell 中后台运行 FLUENT，请在系统层的提示行中键入下面的命令：

```
fluent -g < inputfile >&outputfile&  
或者在 Bourne/Korn-shell 中，键入
```

```
fluent -g < inputfile > outputfile 2>&1&
```

在这些例子中

- 你键入的 fluent 是用来交互执行 FLUENT 的。
- -g 表示没有图形用户界面或者图形窗口。
- inputfile 是 FLUENT 命令文件，该文件记录了你在交互模式下需要输入的内容。
- outputfile 是后台工作创建的文件。它包括了 FLUENT 正常输出时，将要输出到屏幕的内容(如：菜单提示和残数报告)。
- &告诉 UNIX 系统在后台执行任务，并将所有的标准系统错误（如果有的话）输出到文件。

文件“inputfile”可以是先前 FLUENT 进程的日志文件，也可以是你用文本编辑器编辑的文件。在这两种情况下，文件必须仅由文本界面命令组成（因为在批处理过程中图形用户界面已经被禁用了）。下面是一个典型的输入文件：

```
rc example.cas  
solve/init/init  
it 50  
wd example50.dat  
it 50  
wd example100.dat  
exit
```

这一文件读入了一个 case 文件 example.cas，对解进行了初始化并在两组中共迭代了 100 步。最后一行结束了进程。注意：这一输入文件使用了读写 case 和 data 文件的标准别名来读写 case 和 data 文件与迭代（rc 是 file/read-case 的别名，wd 是 file/write-data 的别名）。这些预定义的别名允许你执行常用命令而不必输入对应的文本菜单。一般说来，FLUENT 假定输入开始于顶层文本菜单，所以如果你使用没有别名的文本命令，你必须保证键入命令的全部

名字(比如: solve/init/init).

下面是提交批处理命令的另一种方法,这一方法的优点在于,输出的文件包含了输入文件的命令记录。具体命令如下:

```
fluent -g -i inputfile >&outputfile&
```

退出程序: 点击文件菜单中的 **Exit** 选项, 如果还有未保存的东西, 你会收到一个警告。这和一般的 Windows 程序是一样的。

第三章 读写文件

在使用 FLUENT 时你需要输入和输出几种类型的文件，其中读入的文件包括 grid, case, data, profile, Scheme, 以及 journal 文件，还有包括包含 case, data, profile, journal, 以及 transcript 的文件。FLUENT 也可以保存面板的布局以及图形窗口的硬拷贝。使用各种可视化以及后处理工具可以输出数据。下面详细介绍一下上述内容。

FLUENT 读写的文件

表一列出了 FLUENT 所能读写的文件。关于各种文件的使用，哪一代码写哪一类型的文件，每一类型的文件的更多信息都可以参阅这个表。(注意：下表中的一些文件格式并不是 FLUENT 的格式，但是当它们被读入的时候格式会被自动转换)

表一：FLUENT 读写的文件

文件类型	创建文件的程序	使用该文件的程序
Grid	GAMBIT, TGrid GeoMesh, preBFC	FLUENT
Third-Party Grid	ANSYS, PATRAN, I-DEAS, NASTRAN, etc.	FLUENT
Case	FLUENT	FLUENT
Data	FLUENT	FLUENT
FLUENT/UNS Case	FLUENT/UNS 3 or 4	FLUENT
FLUENT/UNS Data	FLUENT/UNS 4	FLUENT
RAMPANT Case	RAMPANT 2, 3, or 4	FLUENT
RAMPANT Data	RAMPANT 4	FLUENT
FLUENT 4 Case	FLUENT 4	FLUENT
FIDAP 7 Neutral	FIDAP 7	FLUENT
Ray	FLUENT	FLUENT
PDF	prePDF	FLUENT
Journal	FLUENT	FLUENT
Transcript	FLUENT	user
Hardcopy	FLUENT	assorted
Plot	FLUENT	FLUENT
Profile	user, FLUENT	FLUENT
Data Export	FLUENT	Other codes
Scheme	user	FLUENT

读写文件的捷径

FLUENT 有几个功能使得读写文件很方便，它们分别为：自动添加和检测文件的后缀；二进制文件的读写；文件格式的自动检测（文本文件和二进制文件）；压缩文件的读写；Tilde expansion；文件自动编号；使文件覆盖确认的提示失效；默认文件后缀；二进制文件；检测文件格式

FLUENT 读写的各种类型文件都有默认的后缀(见表一中的 FLUENT 读写的文件)。对

于某些常用文件，解算器会自动添加或者检测适当的后缀，比如写一个 case 文件只需要写出文件名 myfile 之后，FLUENT 会自动添加文件名为 myfile.cas，对于 PDF 文件和 ray 文件也一样。

二进制文件

对于 case, data, 或者 ray 文件，FLUENT 会默认存为二进制文件。二进制文件比文本文件占有更少的空间，而且读写更快。但是需要注意的是，你无法阅读和编辑二进制文件，但可以阅读和编辑文本文件。如果你要保存文本文件，你只需要在写文件的时候在文件选择对话框中关掉二进制文件选项。

FLUENT 可以读入不同平台下的二进制文件，但是其它软件如 TGrid 不能。如果你需要在不同平台上将一个 case 文件读入 TGrid，你应该在 FLUENT 中保存为文本文件

检测文件格式

读入 case, data, grid, PDF, 或者 ray 文件，解算器会自动检测它是二进制文件还是文本文件

读写压缩文件

读压缩文件

在选择文件对话框中可以读入压缩文件。如果压缩文件扩展名是.Z，FLUENT 会自动激活 zcat 来读入文件数据，如果文件扩展名是.gz 解算器会自动激活 gunzip 来读入文件数据。比如：文件名为 flow.msh.gz，解算器会自动报告如下消息：Reading "| gunzip -c flow.msh.gz"... 这表明读入的文件经过了一个操作系统的通道。

你也可以只键入文件名而不加任何后缀（比如：你不能确定文件是否为压缩文件）。首先，解算器尝试以所输入的名字打开文件，如果找不到那个名字的文件，它将尝试缺省的后缀和扩展名来搜索文件。比如：你键入了 file-name 为文件名，解算器将进行如下步骤直到找到一个文件：

- Name
- name.gz
- name.Z
- name.suffix
- name.suffix.gz
- name.suffix.Z

其中 suffix 是一个文件的常用扩展名，比如.cas 或者 msh，如果还是找不到文件，解算器将会返回一个错误报告。对于 Windows NT 系统，只有 gzip 压缩的文件可以读入(也就是文件的扩展名为.gz)。由 compress 压缩的文件在 Windows NT 系统是无法读入到 FLUENT 中的。注意：不要读压缩 ray 文件，FLUENT 无法正确读入。

写压缩文件

在选择文件对话框，可以通过加入扩展名 Z 或者 gz 写压缩文件。例如：你输入 flow.gz

作为 case 文件名，解算器会报告如下信息：Writing "| gzip -cfv > flow.cas.gz"...。状态信息表明 case 文件信息被 gzip 压缩，在这个特例中，cas 扩展名是自动加上的。Windows NT 系统的 FLUENT 文件只能被 gzip 压缩，如果是加.Z 扩展名就不会有文件的压缩了。不要写 ray 文件的压缩，FLUENT 将无法正确进入

Tilde Expansion (只用于 UNIX 系统)

在 UNIX 系统中，如果你指定“~/”作为文件名的头两个字符串，“~”会展开作为你的父目录。相似地，你也可以使用文件名~username/，~username 将会展开到“username”的父目录。如果你指定~/file 作为所要写入的 case 文件，FLUENT 会将文件 file.cas 保存在你的父目录中。你也可以指定一个父目录的分目录，如果你输入~/cases/file.cas，FLUENT 会在分目录中保存文件 file.cas。

文件的自动编号

在文件名中你可以包括几个特殊的字符串，这样你就可以在各种参数的基础上为文件快捷的计数。（这些参数包括：迭代步，时间步，或者迄今为止所保存文件的总数。）这样你就不必每次输入一个文件名了。

- 对于非定常流，你可以用反映时间步的名字来保存文件，相应的字符串为“%t”。例如：文件名 contours-%t.ps 会告诉解算器在适当的时刻保存文件，比如 contours-0001.ps 表示第一步保存的文件。
- 反映迭代步的符号为“%i”，例如：文件名 contours-%i.ps 表示在适当的迭代步中保存文件，contours-0010.ps 表示第十次迭代是保存的文件
- 要保存硬拷贝文件来反映硬拷贝文件在当前进程中迄今为止所保存的总数，使用的字符串为“%”。

下面的选项只用于硬拷贝文件

注意：使用上述方法保存文件时，FLUENT 系统不会提示你是否覆盖已经存在的同名文件。比方说，你重复使用文件名 myfile-%t.ps 来保存反映当前时间步的硬拷贝文件，如果你在第一个时间步中已经保存了文件 myfile-0001.ps，然后你又重新启动了计算并在第一个时间步中保存了另一个硬拷贝文件，解算器就会不检查先前的文件 myfile-0001.ps 而直接将它覆盖掉。

取消覆盖证实提示

作为默认设置，如果你要 FLUENT 写的文件名与原来已有的文件名相同，它会提示你是否覆盖原文件，如果你不想要解算器在覆盖文件时出现这个提示信息你可以选择 file/confirm-overwrite/text 命令，并回答 no。

网格文件的读入

网格文件是由 GAMBIT, TGrid, GeoMesh,和 preBFC 或者第三方 CAD 软件包生成的。从 Fluent 的角度来看，网格文件只是 case 文件的子集。网格文件包含所有节点的坐标系以及节点之间的连通性信息，连通性信息告诉我们节点如何与其它的面或单元连接和面的区域类型

和数量(比如 wall-1, pressure-inlet-5, symmetry-2)。网格文件不包括任何边界条件，流动参数或者解的参数。关于网格的详细信息请参阅网格操作一章

内部网格文件（文件已经保存为 FLUENT 格式）使用 File/Read/Case...菜单。GAMBIT, TGrid, GeoMesh,和 preBFC 能够写内部网格文件。读入这些文件的更多信息请参阅：GAMBIT 网格文件，GeoMesh 网格文件，TGrid 网格文件以及 preBFC 网格文件。

下面分别介绍：

读入 TGrid 网格文件

读入 GAMBIT 和 GeoMesh 网格文件

读入 preBFC 非结构网格文件

读入 preBFC 结构网格文件

读入 ANSYS 文件

读入 I-DEAS Universal 文件

读入 NASTRAN 文件

读入 PATRAN Neutral 文件

读入 an Unpartitioned Grid File Through the Partition Filter

读入新的网格文件

读入 TGrid 网格文件

TGrid 与 FLUENT 有相同的文件格式，所以可在 FLUENT 的 File/Read/Case...菜单中读入它的文件，TGrid 文件的详细信息请参阅 TGrid 网格文件一节。

读入 GAMBIT and GeoMesh Mesh 文件

如果你用 GAMBIT 或者 GeoMesh 创建 FLUENT 5, FLUENT/UNS,或者 RAMPANT 网格，你可以用 FLUENT 中的 File/Read/Case...菜单读入，点击 File/Read/Case..., 选择 Case...菜单就激活了选择文件对话框，在对话框中指定要读入的文件名。

读入 preBFC 非结构网格

因为 preBFC 的非结构网格和 FLUENT 格式一样，读入菜单 File/Read/Case...。注意：必须使用 MESH-RAMPANT/TGRI 命令保存文件

读入 preBFC 结构网格，菜单：File/Import/preBFC Structured Mesh。。点击弹出选择文件对话框，选择文件之后便可以读入网格信息和区域类型

读入 ANSYS 文件，菜单 File/Import/ANSYS..., 点击进入，方法同上。

读入 I-DEAS Universal 文件，菜单 File/Import/IDEAS Universal...点击进入，方法同上

读入 NASTRAN 文件，菜单 File/Import/NASTRAN...点击进入，方法同上

读入 PATRAN Neutral 文件，菜单 File/Import/PATRAN...点击进入，方法同上

通过划分转换器读入未划分的网格文件

要用 METIS 划分器来划分网格，然后将网格读入到 Fluent，请使用菜单：File/Import/Partition/Metis...。注意：这个菜单只能在并行 FLUENT 中使用。

读入新的网格文件

用特定网格设定完 case 文件之后，你可以将新网格与已知边界条件，材料属性，解参数等结合。这一功能一般用于产生比正在使用更好的网格，此时你不用重新输入所有的边界条件，材料属性和参数。只要新网格和原来的网格有相同的区域结构即可

新旧网格应该具有同一区域，并具有相同的顺序，否则会有警告出现，因为相容性可能会造成边界条件的问题。在文本界面使用 file/reread-grid 命令读入新网格

Case 和 Data 文件的读写

FLUENT 仿真的新信息保存在两个文件中：case 文件和 data 文件，下面将会介绍文件读写的命令以及设定时间间隔自动存储文件。

FLUENT 既可以读入文本文件也可以读入二进制文件，二进制文件的读写速度和存储速度要快一些。在选择文件对话框中点击写二进制文件按钮可以选择写二进制文件还是文本文件。除此之外你还可以用压缩格式读写文本文件和二进制文件。读文件的时候 FLUENT 会自动检测文件类型。

在进行网格适应的时候必须保存新的 case 文件和 data 文件，否则新的 data 据文件将和 case 文件不符。如果你不保存一个更新的 case 或 data 文件，FLUENT 会给出警告。

读写 Case 文件

Case 包括网格，边界条件，解的参数，用户界面和图形环境。有关 Case 文件的格式请参阅相关内容。读入 case 文件的命令也可用于读入内部格式的网格文件，因为网格信息是 case 信息的子集。也可以用菜单 File/Read/Case...读写 case 文件。

默认后缀

为了方便 case 文件名后缀为.cas。读写文件时 FLUENT 会自动加上相应后缀。

读写 data 文件

Data 文件包含每个网格单元的流动值以及收敛的历史纪录（残数值）。具体格式参阅相关内容。菜单 File/Read/Data..读入网格文件，菜单 File/Write/Data..写入网格文件

默认后缀

为了方便 data 默认后缀为.dat。在读写文件是 FLUENT 会自动添加后缀

Case 和 Data 文件一起读写

Case 文件和 data 文件包含了重新启动解的所有信息，Case 文件包含了网格、边界条件以及解的参数，Data 文件包含了流场的数值以及收敛的历史（残数值）。

点击菜单 File/Read/Case & Data..弹出对话框，选择具有相同文件名的.dat 和.cas 文件读入。

点击菜单 File/Write/Case & Data...方法同上。

自动保存 Case 文件和 Data 文件

在计算过程中一般是需要自动保存文件的，否则因为断电等故障可能造成计算前功尽弃。FLUENT 允许我们在计算时设定间隔保存文件。这一功能在时间相关计算时是非常有

用的，因为它使得我们不必中断计算来保存结果。对于定常问题也可以使用自动保存功能，从而可以检验迭代过程中不同状态的解
点击菜单 File/wite/utosave...，弹出下图：

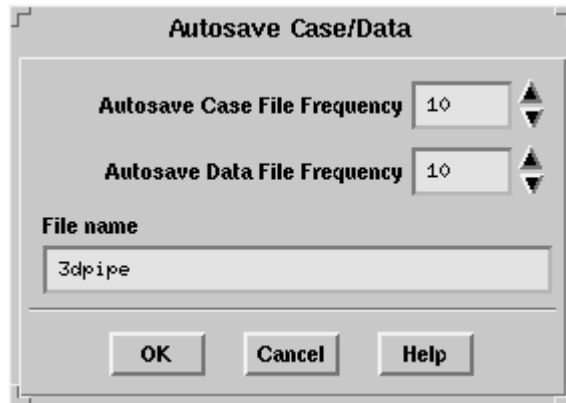


Figure 1:自动保存 Case/Data 面板

在这个面板中必须设定保存频率和文件名，保存频率的默认值是零，也就是说默认没有自动保存。

定常流是在迭代中指定保存频率，非定常流是在时间步中指定保存频率（若使用显式时间步进法也是在迭代中设定保存频率）。如果保存频率是 10，那么在定常计算中每迭代 10 步保存一次。FLUENT 自动保存不同的文件类型，用后缀来区分.cas、.dat、.gz 或者.Z。所有自动保存的设置都存在 case 文件中。

读入 FLUENT/UNS 和 RAMPANT 的 Case 文件和 Data 文件

FLUENT/UNS 3 或 4 以及 RAMPANT 2, 3,或 4 中创建的 case 文件可以和目前的 case 文件按相同的方式读入。如果读入的是 FLUENT/UNS 创建的 case 文件，FLUENT 将会在解控制面板种选择分离解。如果读入的是 RAMPANT 创建的 case 文件，FLUENT 将会在解控制面板种选择耦合显式解。

FLUENT/UNS 4 以及 RAMPANT4 中创建的 Data 文件可以按相同的方式读入到 FLUENT 中。

导入 FLUENT 4 的 Case 文件，点击菜单 File/Import/FLUENT 4 Case...出现对话框，选择所需文件。FLUENT 将只读入 FLUENT 4 case 文件的网格信息和区域类型，读入文件之后你必须指定边界条件，模型参数，材料属性等信息。

导入 FIDAP 7 Neutral 文件，点击菜单 File/Import/FIDAP7...，弹出对话框，选择所需文件。FLUENT 将只读入 FIDAP7...文件的网格信息和区域类型，读入文件之后你必须指定边界条件，模型参数，材料属性等信息。

创建和读入日志文件

日志文件包含了 FLUENT 命令序列，安排的方式就像它们将会输入到程序中或者通过图形用户界面输入一样。GUI 命令在日志文件中被记录为 Scheme 代码行。FLUENT 通过记录命令行中输入的所有内容和你输入到图形用户界面的所有内容创建日志文件。你也可以用

文本编辑器手动创建日志文件。

日志文件的目的是通常是自动执行一系列的命令而不是在命令行重复输入它们。另一个用途就是对程序进程中的输入作一记录便于以后参考，虽然 **transcript** 文件在这一方面更有用。命令的输入源于指定的文件直到结束，结束之后控制回到标准输入（通常是键盘）。日志文件的每一行的读入和处理时都会响应到标准输出（通常是显示器）。

注意：在设计之初，日志文件只是为了记录和重放方便，所以它并不知道所记录和重放的状态。因此在读入日志文件之前你应该首先使解算器的状态恢复为原状态。比方说，如果你的日志文件包括了保存文件的命令，你就需要检查那个文件是否已经存在，如果不存在就没问题，存在的话它就应该提示你是否覆盖文件，但是因为日志文件中不存在提示信息，所以此时解算器就无法完成日志文件所要完成的任务。在程序中的操作和修改也可能会影响日志文件指令的执行。

例如：如果你的日志文件创建了几个表面并显示表面上的信息，那么在读入日志文件之前你首先要读入适当的 **case** 和 **data** 文件。

注意：在记录时一次只能打开一个日志文件，但是你可以同时写入日志文件和 **transcript** 文件。你也可以在任何时刻读入日志文件。

用户输入

要开始日志文件进程，请选择菜单：**File/Write/Start Journal...**

在文件选择对话框中输入文件名之后，日志记录就开始了，**Start Journal...**选项也变成了 **Stop Journalmenu** 选项。退出程序或者选择 **Stop Journal** 都可以结束日志文件的记录。（**File/Write/Stop Journal**）

你可以在点击菜单 **File/Read/Journal..**之后在选择文件对话框中读入日志文件。日志文件通常是在主文本菜单（最上层菜单）中加载，而不管你在哪一个文本菜单层。

创建 Transcript 文件

Transcript 文件包含了 **FLUENT** 标准输入输出的完全记录（通常是键盘和图形用户界面的输入和屏幕的输出）。在 **transcript** 文件中，**GUI** 命令是作为 **Scheme** 代码行来记录的。**FLUENT** 将所有的键入和图形用户界面的输入以及文本窗口的输出记录下来作为 **transcript** 文件。

Transcript 文件对程序的进程作了记录以便于将来的参考。因为它们包括消息以及其它输入，所以它并不像日志文件，它不可以重新读入到程序中。

注意：在记录时，只有一个 **transcript** 文件可以打开，但是你可以同时写日志文件和 **transcript** 文件。当 **transcript** 记录正在运行时，你也可以读入日志文件。

用户输入

要启动 **transcripting** 进程，请选择 **File/Write/Start Transcript...**菜单。在选择文件对话框中输入文件名之后，**transcript** 记录过程就开始了，而且 **Start Transcript...**按钮就会变成 **Stop Transcriptmenu** 按钮。点击 **Stop Transcript** 按钮或者退出程序就会结束 **transcript** 进程。

轮廓文件的读写

边界轮廓用于指定解域的边界区域的流动条件。例如，它们可以用于指定入口平面的速度场。

读入轮廓文件

点击菜单 **File/Read/Profile...**弹出选择文件对话框，你就可以读入边界轮廓文件了。

写入轮廓文件

你也可以在指定边界或者表面的条件上创建轮廓文件。例如：你可以在一个算例的出口条件中创建一个轮廓文件，然后在其它算例中读入该轮廓文件，并使用出口轮廓作为新算例的入口轮廓。

要写一个轮廓文件，你需要使用 **Write Profile** 面板(Figure 1)，菜单：**File/Write/Profile...**

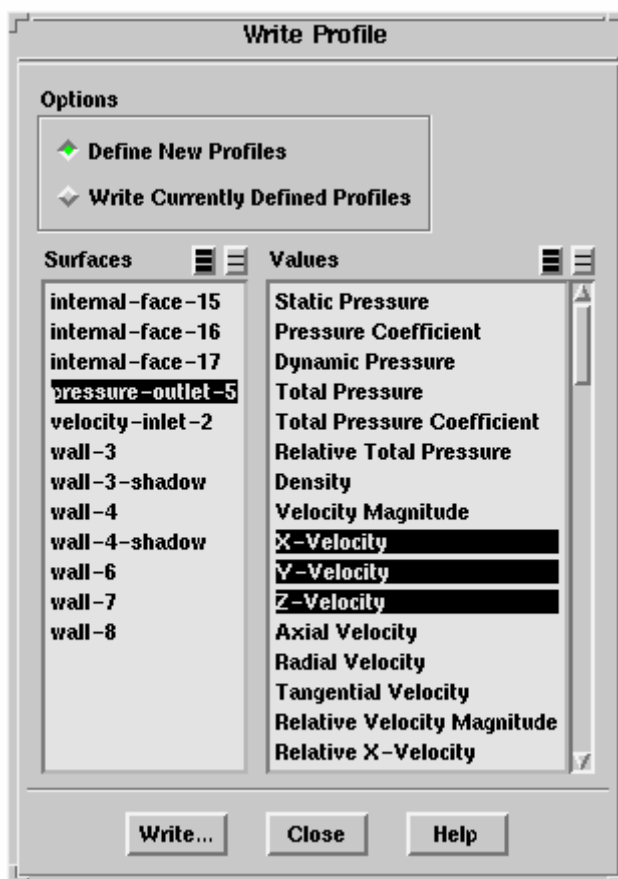


Figure 1:Write Profile 面板

1. 保留 **Define New Profiles** 的默认选项。
2. 选择表面，你想要在该表面上获取表面列表中的轮廓的数据
3. 选择变量，你想要在该值列表中创建轮廓
4. 点击 **Write...**按钮，并在选择文件对话框中输入轮廓文件的名称。
FLUENT 会保存表面上数据点的网格坐标，以及这些位置上所选定变量的值。当你将轮廓

文件读入到解算器中时，表面名将会是轮廓名，值的名字将是在边界条件控制面板的下拉菜单中出现的流场（field）名。

如果你在将轮廓读入时对边界轮廓进行了修改（比如：你将原轮廓再定位产生一个新的轮廓），或者你想将不同的轮廓文件用于一个 case 文件，你可以选择 **Write Currently Defined Profiles** 选项然后点击 **Write...**按钮。所有目前定义的轮廓都会保存在选择文件对话框中你所指定的文件中。不管你什么时候需要将该文件读入到解算器中，这个文件都可以读入

写边界条件网格

你可以将边界区域（表面网格）写进一个文件中。该文件可用 **TGrid** 读入来产生体网格。如果你对其它网格生成程序产生的网格不满意，你就会发现这项功能很有用。点击菜单 **File/Write/Boundary Grid...**打开选择文件对话框，你就可以将边界网格写入。

保存硬拷贝文件

图形窗口显示可以保存为各种格式，如：**TIFF, PICT,和 PostScript**。然而，在硬拷贝和所显示的图形窗口之间可能有略微的不同，这是因为硬拷贝是用内部软件着色生成的，而图形窗口可能是用特定的硬件进行性能优化的。许多系统提供了将图形窗口文件倒入（dump）到光栅文件的功能。这可能是生成硬拷贝最快的方法（因为整个图景已经在图形窗口中着色了），并且能够保证硬拷贝和窗口一样。

使用图形硬拷贝面板

要设定硬拷贝参数并保存硬拷贝文件，你就需要使用图形硬拷贝面板(Figure 1)。 点击菜单：**File/Hardcopy...**。

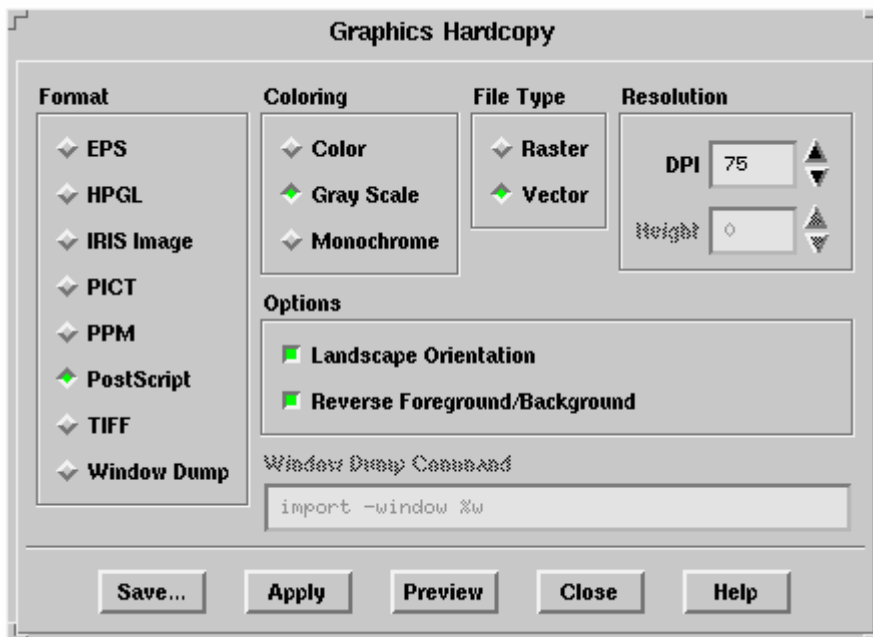


Figure 1:图形硬拷贝面板

下面是保存硬拷贝文件的程序，后面还会详细叙述

1. 选择硬拷贝格式
2. (可选)指定文件类型 (如果可用)
3. 设定颜色
4. (可选)定义分辨率 (如果可用)
5. 设定硬拷贝选项中的任何选项
6. 如果你产生一个窗口的倾倒 (**dump**), 制定青岛命令
7. (可选)预览结果
8. 点击保存按钮, 并在选择文件对话框中输入文件名

如果你想保存当前的硬拷贝设定, 但是还不想保存当前的硬拷贝, 你可以点击应用 (**Apply**) 按钮。应用的设定将会成为后来硬拷贝的默认设定。

选择硬拷贝文件的格式, 在格式下拉列表中选择:

EPS (**Encapsulated PostScript**) 该输出和 **PostScript** 输出一样, 只是附加了 **Adobe** 文档协议(v2)的声明。目前, 在 **EPS** 输出中不包括位图的预览。通常说来, 虽然实际的矢量 **PostScript** 信息是用来打印的, 但是读入 **EPS** 文件的程序是用预览位图来显示在屏幕上的。你可以将 **EPS** 文件保存为光栅或者矢量格式。

HPGL 为 **pen plotters** 设计的矢量文件格式。**HPGL** 驱动器支持有限的颜色设定, 对于有些场景无法正确着色。

IRIS Image 在 **SGI** 计算机上是自然的光栅格式图形文件, **IRIS** 图形驱动器并不是在哪个平台上都可以得到

PICT 在 **Macintosh** 计算机上是自然的图形文件。**PICT** 文件既可以包含光栅信息也可以包含矢量信息或者都包含。一般说来, "**draw**"程序产生矢量信息, "**paint**"程序使用光栅格式。你可以选择文件的保存格式。

PPM 输出为一般的光栅格式文件

PostScript 是一个一般的矢量文件格式, 你也可以将 **PostScript** 文件保存为光栅格式

TIFF 是一个一般的光栅格式, **TIFF** 驱动器并不是在哪个平台上都可以得到

Window Dump (只用于 **UNIX** 系统)选择窗口倾倒操作产生硬拷贝。这种格式需要你指定适当的窗口倾倒命令。

选择文件类型

如果你保存 **PostScript**, **EPS**, 或 **PICT** 文件, 你可以选择光栅或者矢量文件类型。矢量图形定义图形显示为原始几何图形如: 线、多边形和文本的组合。光栅文件定义图像中的每一个像素点的颜色。矢量图可以升级到任何分辨率, 光栅图只有固定的分辨率。支持矢量图的有 **PostScript**, **Encapsulated PostScript (EPS)**, **HPGL**, 以及 **PICT**。支持光栅图的有 **IRIS** 图像, **PICT**, **PostScript**, **Encapsulated PostScript**, 以及 **TIFF**。

一般说来, 对于最快的输出时间, 你应该将简单的二维图保存为矢量文件, 复杂场景保存为光栅图。

指定颜色模式

对于除了窗口倾倒格式之外的所有格式, 你都可以指定硬拷贝文件所要使用的颜色。对于彩色标度复制选择 **Color**, 对于灰色标度复制选择 **Gray Scale**, 对于黑白复制选择 **Monochrome**。注意: 对于大多数单色 **PostScript**, 会在灰的阴影处产生彩色图, 但是不能够

保证彩色梯度随着灰度梯度线性增长，你应该选择 **Gray Scale**。

定义分辨率

对于光栅硬拷贝文件，你可以通过制定大小来控制硬拷贝图形的分辨率。在分辨率选项中选择宽度和高度，如果宽度和高度都是零，因拷贝文件的分辨率和图形窗口的分辨率一样。要检查图形窗口以像素点为单位的尺寸键入文本命令：**display/set/rendering-options/device-info**。注意：对于 **PostScript**, **EPS**, 和 **PICT** 文件，你需要指定每一英寸的点的分辨率而不是高度和宽度。

硬拷贝选项

对于除了窗口倾倒之外的所有硬拷贝格式，你可以在选项中控制两个附加的设定。首先你可以用 **Landscape Orientation** 按钮来指定硬拷贝的方向。如果这一项打开，硬拷贝就是在前景（**landscape**）模式中，否则是肖像（**portrait**）模式。其次你可以用 **Reverse Foreground/Background** 来控制前景和背景的颜色。如果这一项打开，硬拷贝图形窗口的前景和背景的颜色就会交换。这一功能可以用于黑白背景的硬拷贝操作。

FLUENT 提供了可以加速 **PostScript** 文件保存的选项。这一选项可以在文本菜单 **display/set/hardcopy/driver/post-format** 中找到。

fast-raster 允许一个比标准光栅文件大的光栅文件，但是输出更快

raster 输出标准光栅文件

rle-raster 允许一个 **run-length** 编码的光栅文件，它和标准光栅文件一样大，但是输出稍快。（这是默认的文件类型）。

vector 允许标准的矢量文件

窗口倾倒 “Window Dumps”（只用于 UNIX 系统）

如果你选择窗口倾倒格式，程序会是用特定的窗口倾倒命令来保存硬拷贝文件。例如：如果你想用 **xwd** 来捕捉窗口，你选择的窗口倾倒命令为：

```
xwd -id %w >
```

在倾倒时，**FLUENT** 会自动解释 “%w” 为激活窗口的 **ID** 号。在选择文件对话框中点击保存按钮，输入文件名即可(比如：**myfile.xwd**)。

如果你打算做一个动画，你可以将窗口倾倒保存为几个标数的文件，变量为 “%n”。然后你就可以使用上面所述的窗口倾倒命令，但是在选择文件对话框中你的文件名应该输入为：**myfile%n.xwd**

每次你创建了一个新的窗口倾倒，“%n” 的值就会加一，所以不需要你手动添加。如果你打算使用 **ImageMagick** 动画程序，将文件保存为 **MIFF** 格式效率会更高。这是你需要使用 **ImageMagick** 工具输入。对于窗口倾倒命令你需要输入：**import -window %w**（这是默认命令）。当你点击保存按钮之后，会弹出选择文件对话框，文件名后缀 **.miff** 指定输出格式为 **MIFF**。

窗口倾倒命令是系统和图形驱动指定的，所以它强烈的依赖于你的详细配置。当保存的窗口倾倒时另一个需要考虑的问题是，窗口倾倒会在窗口显示时精确捕捉窗口，其中包括分辨率，颜色和透明度等。(正是这个原因使得你使用窗口倾倒格式时，在图形硬拷贝面板中的这些功能被取消了)。如果你使用 8 位图形显示，你可能需要使用一个内置的光

栅驱动器（如 TIFF）来产生高质量的 24 位颜色输出

预览硬拷贝图像

在你保存硬拷贝文件之前，你可能会选择预览所要保存的图形。点击预览按钮你就可以查看当前设定下的图形，如果不满意，可以在保存文件之前进行任何的修改，以提高硬拷贝的质量。

输出数据

当前版本的 FLUENT 允许你将数据输出到 AVS、Data Explorer、EnSight (以前叫做 MPGS)、FAST、FIELDVIEW、I-DEAS、NASTRAN、PATRAN 以及 Tecplot。使用输出面板一节解释了如何以这些格式保存数据，输出文件格式一节描述了每一类型的文件
注意：这些文件格式，只有 EnSight 和 FIELDVIEW 能用并行版本的 FLUENT 输出。

使用输出面板

要将数据写入到这些产品中来实现可视化和后处理，你需要使用 Export 面板(Figure 1)。点击菜单：File/Export...弹出下图：

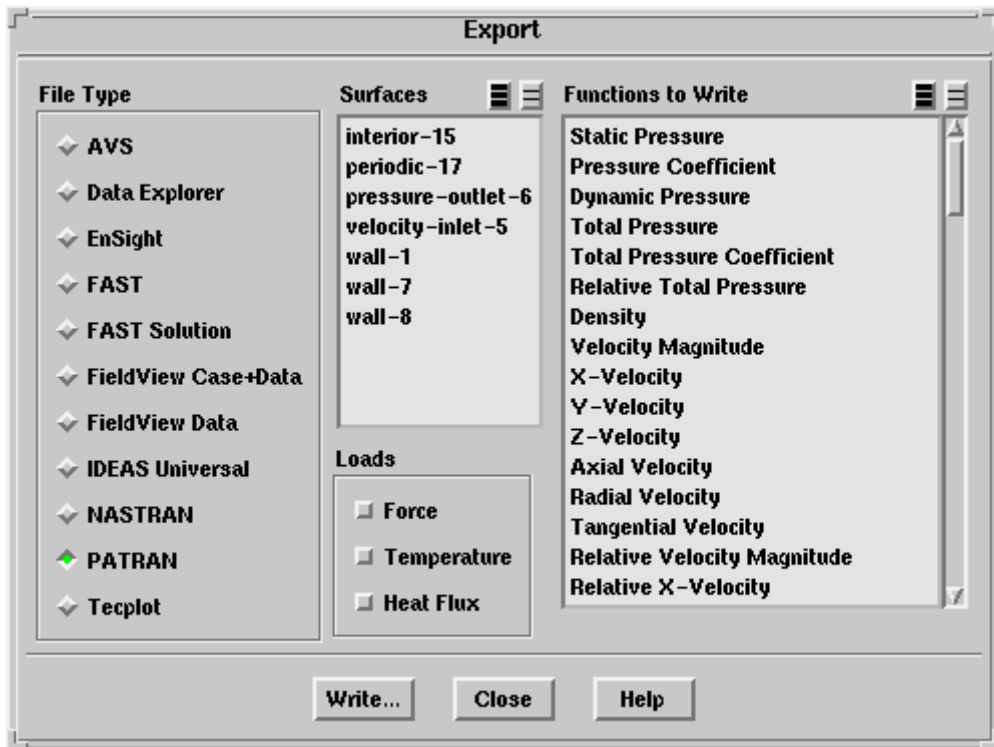


Figure 1:输出面板

步骤如下：

1. 在文件类型列表中选择文件类型。
2. 如果你选择 IDEAS Universal、NASTRAN 或者、PATRAN，在表面列表中选择你需要写入数据的表面。如果没有表面被选择，整个区域就会被输出。
3. 除了 FAST Solution 和 NASTRAN 所有文件类型，在 Functions to Write 列表中选择需要

保存数据的变量。

4. (可选)对于 IDEAS Universal、NASTRAN 和 PATRAN 文件, 选择需要写入的负载(力, 温度和/或热流量), 保存这些负载可以使你在有限元分析程序中分析结构应力(流体压力或者热) 注意: 当整个区域被输出时负载只被写入到边界壁面(即: 如果你不选择表面)。
5. 点击 Write...按钮, 使用选择文件对话框在指定的格式下为指定的函数保存文件。

输出文件的格式

下面是各种输出文件的类型:

AVS: AVS version 4 的 UCD 文件包括坐标和连通性信息以及指定标量函数的数据

Data Explorer: 包含坐标、连通性、速度和指定函数数据

EnSight(以前是 MPGS): 图形文件包括坐标和连通性信息, 速度文件包括速度, 标量文件包括每个变量和函数的信息, 结果文件列出了所有的文件名。

FAST: 扩展 Plot3D 格式的网格文件包含了坐标和连通性信息, 速度文件包含了速度信息, 标量文件包括每个变量和函数的信息。这一文件类型只适合于三角形和四面体网格。

FAST Solution: 一个文件包含了密度、速度和总能量, 这一文件类型只适合于三角形和四面体网格。

FieldView Case+Data: FLUENT case 文件, 可被 FIELDVIEW 读入, 数据文件包含了所选变量的节点平均值。

FieldView Data: 一个数据文件包含了所选变量的节点平均值。(对于瞬态流动模拟, 你需要总是输出多重 FIELDVIEW 数据文件, 但是通常只能保存一次 case 文件。在这种情况下, 你可以使用 FieldView Case+Data 选项用 case 文件来保存第一个数据设定, 然后用 FieldView Data 选项来保存后面的数据设定而不保存 case 文件)。

IDEAS Universal: 一个文件, 包含了坐标、连通性、选择的负载、区域组、速度和所选择的标量。

NASTRAN: 一个文件, 包含了坐标、连通性、选择的负载、区域组和速度。

PATRAN: 一个文件, 包含了坐标、连通性、选择的负载、区域组、速度和所选择的标量。

Tecplot: 一个文件, 以适当的格式保存了坐标和标量函数的信息。

读入 Scheme 源文件

Scheme 源文件有三种加载方式: 通过作为菜单系统的 scheme 文件, 通过作为菜单系统的日志文件, 或者通过 Scheme 本身。

对于大的源文件, 点击菜单 File/Read/Scheme..使用弹出选择文件对话框读入, 或者 Scheme 加载函数:

```
> (load "file.scm")
```

短的文件也可以用菜单 File/Read/Journal..加载, 或者在文本界面输入命令 file/read-journal (或者 source 别名)。

```
> . file.scm
```

```
> source file.scm
```

在这种情况下, 文件的每一特征都响应到控制台, 就像你用手键入文件内容一样。

Fluent 文件

在启动之初, FLUENT 会在你的父目录中查找一个叫做 `fluent` 的可选文件。如果找到了, 它就用 `Scheme` 加载函数加载它。这一文件包含了定义代码的操作的 `Scheme` 函数。

保存面板布局

文件下拉菜单中的保存面板命令允许你保存当前面板和窗口的布局。你可以将面板和图形窗口以你喜欢的配置排列, 然后调用保存布局命令。一个 `cxlayout` 文件就写到了你的父目录中了。(如果你后面又配置了不同的面板, 并将布局又一次保存。这些面板的位置将会加到先前保存的面板的位置。如果你将一个已保存的面板移位, 然后保存布局, 那么一个新的位置将会写进 `cxlayout` 文件。) 在随后的进程中, 当你调用一个面板, 或者创建新的图形窗口, 它将基于原来保存的设置来定位。任何在已存设置中未指定的窗口或面板将采用默认位置。注意: 父目录中的 `cxlayout` 文件适用于所有 Cortex 应用程序 (即: TGrid, FLUENT, FLUENT/UNS, RAMPANT, NEKTON, 以及 MixSim)。

Case 文件和 Data 文件的格式

本节描述了 FLUENT Case 文件和 Data 文件的格式。根据下面的原则, 我们将这些文件分为几个部分。

- 每一部分都用圆括号括起来, 并以十进制整数开头来表明它的类型。
- 所有组的条目都用圆括号括起来。这使得跳到每部分末尾或者分析它们都很容易。它也考虑到以后的版本增加新条目的简单性和兼容性。
- 条目列表的开头信息用前述条目的独立的各组括号括起来, 并且每一条目被它们自己的括号括起来。

根据功能的不同, 每一部分的介绍分组如下。如果你只是为解算器创建网格, 你只需要考虑网格部分所描述的内容。如果你尝试将结果读入到其它的后处理器中, 你就需要研究一下 Grid 部分和 Data 部分。其它(无网格)Case 部分, 存储了边界条件, 材料属性以及解算器控制的设定。

网格部分

网格部分存在 case 文件中。(网格文件是 case 文件的子集, 仅包含了与网格有关的部分)。下面是目前所定义的网格部分。

下面所表明的每一部分的 ID 数既有符号形式也有数值形式。符号形式的描述, 可以在 `Scheme` 源文件(`xfile.scm`)中作为符号而得到, 也可以作为 C 头文件(`xfile.h`)的宏。这两种方法都可以从 `Fluent Inc` 得到。

注释

Index: 0

Scheme symbol: `xf-comment`

C macro: `XF_COMMENT`

Codes: FLUENT, TGrid

Status: optional

注释部分可以在网格部分中出现在文件的任何位置，具体用法如：

```
(0 "comment text")
```

强烈推荐每一个较长的部分，或每组相关的部分，都有注释部分开始来解释下面的部分，如：

```
(0 "Variables:")  
(37 (  
  (relax-mass-flow 1)  
  (default-coefficient ())  
  (default-method 0)  
))
```

标题 (Header)

Index: 1

Scheme symbol: xf-header

C macro: XF_HEADER

Codes: FLUENT, TGrid

Status: optional

标题部分可以在网格部分中出现在文件的任何位置，具体用法如：

```
(1 "TGrid 2.1.1")
```

这一部分的目的是确定写入文件的程序。虽然它可以出现在任何位置，但是一般说来它是文件的第一部分。附加的头文件部分表明产生文件时所使用的其它程序，因此表明了该文件的来源，和处理过程。

维度

Index: 2

Scheme symbol: xf-dimension

C macro: XF_DIMENSION

Codes: FLUENT, TGrid

Status: optional

The dimensionality of the grid

```
(2 ND)
```

其中 ND 是 2 或 3，目前本部分用来检查有适当维数的网格。

节点

Index: 10

Scheme symbol: xf-node

C macro: XF_NODE

Codes: FLUENT, TGrid

Status: required

```
(10 (zone-id first-index last-index type ND)(  
  x1 y1 z1  
  x2 y2 z2
```



```

f10 f21
f20 f21
.
.
.
))

```

其中 **first-index** 是列表中的第一个周期性表面对应的 **index**, **last-index** 是最后一个, **periodic-zone** 是周期性表面区域的区域 ID, **shadow-zone** 相应的 shadow 表面的区域 ID, 上面是它们的十六进制格式。

在 **body (f*)** 部分的 **index** 是指每一周期性边界的表面 (十六进制) 以及偏移到网格的表面对应的 **index**。注意: **first-index** 和 **last-index** 并不是指表面 **index**, 它们是指周期对列表的 **index**。

下面是该部分的一部分例子:

```

(18 (1 2b a c) (
12 1f
13 21
ad 1c2
.
.
.
))

```

单元

Index: 12
Scheme symbol: xf-cell
C macro: XF_CELL
Codes: FLUENT, TGrid
Status: required

单元的声明部分和节点的声明很类似:

```
(12 (zone-id first-index last-index type element-type))
```

区域 ID 为零表明了单元总数的声明。如果 **last-index** 为零, 那么网格内没有单元。当文件只包含一个表面网格以告诉解算器该网格不可用时, 这一功能很重要。当 **element-type** 被完全忽略时, 这一类型在声明部分通常被忽略, 并通常被设为零。例如:

```
(12 (0 1 3e3 0))
```

表明网格中有 3e3 (hexadecimal) = 995 个单元。这一声明是必需的, 而且必须先于规则单元 (**regular cell**) 部分。规则单元部分标题内的 **element-type** 表明了该部分内的单元类型, 如下:

element-type	description	nodes/cell	faces/cell
0	mixed		
1	triangular 3	3	
2	tetrahedral 4	4	4
3	quadrilateral 4	4	4
4	hexahedral 8	8	6
5	pyramid 5	5	5

6 wedge 6 5

规则单元部分没有体,但是它们有一个具有相同格式的标题,其中 `first-index` 和 `last-index` 表明了特定区域的范围, `type` 表明是流体区域单元(`type=1`)还是固体区域单元(`type=0x11`, 或者十进制 17), 或者悬挂节点母体 (`parent`) (`type = 0x20`, or 32 decimal), `element-type` 表明区域内单元的类型。

类型为零表明无效区域,FLUENT 会略过它。如果一个区域是混合类型(`element-type=0`), 它将有一个体列在每一单元元素类型中。例如:

```
(12 (9 1 3d 0 0)(
  1 1 1 3 3 1 1 3 1
  .
  .
  .
))
```

表明在区域 9 中, 有 3d (十六进制) = 61 个单元, 这一区域中前三个是三角形, 下两个是四边形……。

当文件只包含表面网格时, TGrid 不需要单元部分。

表面 (Faces)

Index: 13

Scheme symbol: `xf-face`

C macro: `XF_FACE`

Codes: FLUENT, TGrid

Status: required

表面部分包含一个标题, 和单元的格式相同 (只是 `index` 为 13)。

```
(13 (zone-id first-index last-index type element-type))
```

区域 ID 为零表明声明部分没有体, 并且 `element-type` 表明了那个区域的表面类型。

规则表面部分的题包含了网格的连通性, 每一行显示如下:

```
n0 n1 n2 cr cl
```

其中 `n*` 是表面节点或者顶点的定义, `c*` 是邻近单元。这是一个三角形表面单元格式的例子, 节点的准确数目依赖于 `element` 类型。单元 `index` 的顺序是很重要的, 第一个单元 `cr` 是表面右边的单元, `cl` 是表面左边的单元,。旋向 (Handedness) 由右手定则确定: 如果你根据节点的顺序弯曲右手, 你的拇指将会指向表面的右边。如果没有临近单元 `cr` 或者 `cl` 是零。(所有的单元, 表面和节点都具有正的 `index`)。对于仅包含边界网格的文件, `cr` 和 `cl` 都是零,。如果是二维网格 `n2` 被省略。

如果表面区域是混合类型(`element-type = 0`), 本部分的体会包含表面类型, 如下:

```
type v0 v1 v2 c0 c1
```

其中 `type` 是表面类型, 如下表所定义:

element-type	face type	nodes/face
--------------	-----------	------------

0	mixed	
---	-------	--

2	linear	2
---	--------	---

3	triangular	3
---	------------	---

4	quadrilateral	4
---	---------------	---

下面是当前有效的边界条件类型

```
bc name bc id
interior 2
wall 3
pressure-inlet, inlet-vent, intake-fan 4
pressure-outlet, exhaust-fan, outlet-vent5
symmetry7
periodic-shadow 8
pressure-far-field 9
velocity-inlet 10
periodic 12
fan, porous-jump, radiator 14
mass-flow-inlet 20
interface 24
parent (hanging node) 31
outflow 36
axis 37
```

对于非一致网格界面，非一致网格交界处的表面被放进独立的表面区域。在交界处的类型加 1000，比方说：1003 就是一个壁面区域。

表面树 (Face Tree)

```
Index: 59
Scheme symbol: xf-face-tree
C macro: XF_FACE_TREE
Codes: FLUENT
Status: only for grids with hanging-node adaption
这一部分表明了包含悬挂节点的网格的表面层次。本部分的格式如下：
(59 (face-id0 face-id1 parent-zone-id child-zone-id)
(
  number-of-kids kid-id-0 kid-id-1 ... kid-id-n
.
.
.
))
```

其中 face-id0 是本部分第一个父表面的 index，face-id1 是本部分最后一个父表面的 index，parent-zone-id 包含父表面的区域的 ID，child-zone-id 包含子表面的区域的 ID，number-of-kids 父表面的所有子表面的数量，kid-id-n 是子表面的 ID。这些是十六进制格式。

本节所包含的文件无法用 TGrid 读入

单元树 (Cell Tree)

Index: 58

Scheme symbol: xf-cell-tree

C macro: XF_CELL_TREE

Codes: FLUENT

Status: only for grids with hanging-node adaption

这一部分表明了包含悬挂节点的网格的单元层次。本部分的格式如下：

(58 (cell-id0 cell-id1 parent-zone-id child-zone-id)

```
(  
  number-of-kids kid-id-0 kid-id-1 ... kid-id-n  
.)
```

其中 cell-id0 是本部分第一个父单元的 index，cell-id1 是本部分最后一个父单元的 index，parent-zone-id 包含父单元的区域 ID，child-zone-id 包含子单元的区域 ID，number-of-kids 父单元的所有子单元的数量，kid-id-n 是子单元的 ID。这些是十六进制格式。

本节所包含的文件无法用 TGrid 读入

界面表面的父子关系 “Interface Face Parents”

Index: 61

Scheme symbol: xf-face-parents

C macro: XF_FACE_PARENTS

Codes: FLUENT

Status: only for grids with nonconformal interfaces

本部分表明了交界表面和原始界面之间的关系。交界表面（子）产生于两个相互交界的非一致表面（父），它是原始表面的一部分。每一个“子”至少有一个“父”

本部分的格式如下：

(61 (face-id0 face-id1)

```
(  
  parent-id-0 parent-id-1  
))
```

其中 face-id0 是本部分第一个子表面的 index，face-id1 是本部分最后一个子表面的 index，parent-id-0 右边父表面的 index，parent-id-1 是左边父表面的 index。这些是十六进制格式。如果你将非一致网格从解算器读入到 TGrid，TGrid 会略过这一部分，所以它不会包含任何保留非一致界面的信息。当你将网格重新读入的解算器时，你需要重新创建界面。
例子：

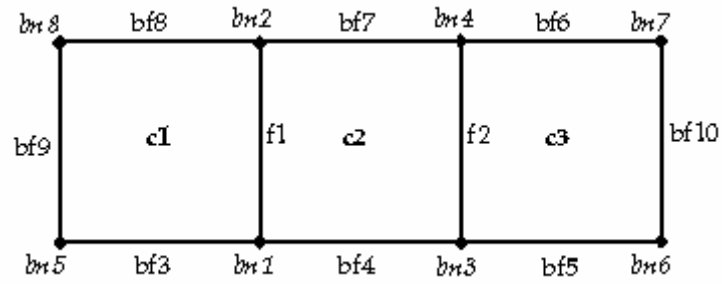


Figure 1 先是一个简单的不包含周期性和悬挂节点的四边形网格
下面是对该网络的描述

(0 "Grid:")

(0 "Dimensions:")

(2 2)

(12 (0 1 3 0))

(13 (0 1 a 0))

(10 (0 1 8 0 2))

(12 (7 1 3 1 3))

(13 (2 1 2 2 2)(

1 2 1 2

3 4 2 3))

(13 (3 3 5 3 2)(

5 1 1 0

1 3 2 0

3 6 3 0))

(13 (4 6 8 3 2)(

7 4 3 0

4 2 2 0

2 8 1 0))

(13 (5 9 9 a 2)(

8 5 1 0))

(13 (6 a a 24 2)(

6 7 3 0))

(10 (1 1 8 1 2)

(

```

1.00000000e+00 0.00000000e+00
1.00000000e+00 1.00000000e+00
2.00000000e+00 0.00000000e+00

2.00000000e+00 1.00000000e+00
0.00000000e+00 0.00000000e+00
3.00000000e+00 0.00000000e+00
3.00000000e+00 1.00000000e+00
0.00000000e+00 1.00000000e+00))

```

Figure 2 显示了具有周期性条件的简单的四边形网格，但是没有悬挂节点。在本例中，bf9 和 bf10 是周期性区域的表面。

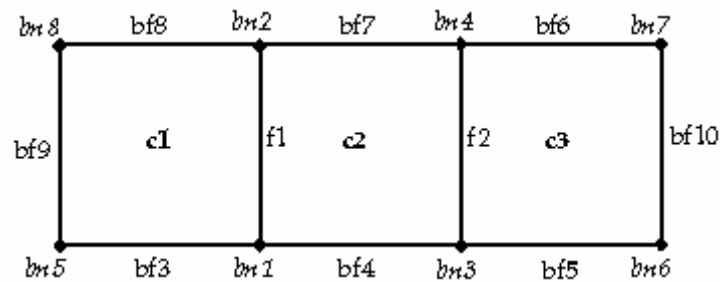


Figure 2: 具有周期性边界的四边形网格

下面是对该网格的描述:

```
(0 "Dimensions:")
```

```
(2 2)
```

```
(0 "Grid:")
```

```
(12 (0 1 3 0))
```

```
(13 (0 1 a 0))
```

```
(10 (0 1 8 0 2))
```

```
(12 (7 1 3 1 3))
```

```
(13 (2 1 2 2 2)(
```

```
1 2 1 2
```

```
3 4 2 3))
```

```
(13 (3 3 5 3 2)(
```

```
5 1 1 0
```

```
1 3 2 0
```

```
3 6 3 0))
```

```
(13 (4 6 8 3 2)(
```

```
7 4 3 0
```

```
4 2 2 0
```

2 8 1 0))

(13 (5 9 9 c 2)(
8 5 1 0))

(13 (1 a a 8 2)(
6 7 3 0))

(18 (1 1 5 1)(
9 a))

(10 (1 1 8 1 2)(

1.00000000e+00 0.00000000e+00

1.00000000e+00 1.00000000e+00

2.00000000e+00 0.00000000e+00

2.00000000e+00 1.00000000e+00

0.00000000e+00 0.00000000e+00

3.00000000e+00 0.00000000e+00

3.00000000e+00 1.00000000e+00

0.00000000e+00 1.00000000e+00))

Figure 3 显示了具有悬挂节点的简单的四边形网格。

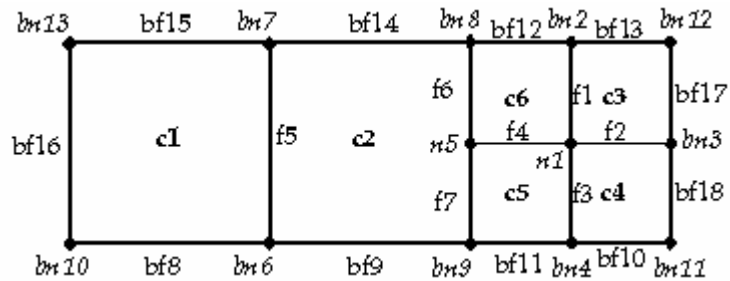


Figure 3: 具有悬挂节点的四边形网格

下面描述了这个网格

(0 "Grid:")

(0 "Dimensions:")

(2 2)

(12 (0 1 7 0))

(13 (0 1 16 0))

(10 (0 1 d 0 2))

(12 (7 1 6 1 3))

(12 (1 7 7 20 3))

(58 (7 7 1 7)(
4 6 5 4 3))

(13 (2 1 7 2 2)(
1 2 6 3
1 3 3 4
1 4 4 5
1 5 5 6
6 7 1 2
5 8 2 6
9 5 2 5))

(13 (3 8 b 3 2)(
a 6 1 0
6 9 2 0
4 b 4 0
9 4 5 0))

(13 (4 c f 3 2)(
2 8 6 0
c 2 3 0
8 7 2 0
7 d 1 0))

(13 (5 10 10 a 2)(
d a 1 0))

(13 (6 11 12 24 2)(
3 c 3 0
b 3 4 0))

(13 (b 13 13 1f 2)(
c 8 7 0))

(13 (a 14 14 1f 2)(
b c 7 0))

(13 (9 15 15 1f 2)(
9 b 7 0))

(13 (8 16 16 1f 2)(
9 8 2 7))

(59 (13 13 b 4)(

2 d c))

(59 (14 14 a 6)(
2 12 11))

(59 (15 15 9 3)(
2 b a))

(59 (16 16 8 2)(
2 7 6))

(10 (1 1 d 1 2)

(

2.50000000e+00 5.00000000e-01

2.50000000e+00 1.00000000e+00

3.00000000e+00 5.00000000e-01

2.50000000e+00 0.00000000e+00

2.00000000e+00 5.00000000e-01

1.00000000e+00 0.00000000e+00

1.00000000e+00 1.00000000e+00

2.00000000e+00 1.00000000e+00

2.00000000e+00 0.00000000e+00

0.00000000e+00 0.00000000e+00

3.00000000e+00 0.00000000e+00

3.00000000e+00 1.00000000e+00

0.00000000e+00 1.00000000e+00))

其它（非网格）Case 部分

下面的部分保存了边界条件、材料属性和解算器控制的设定

区域

Index: 39

Scheme symbol: xf-rp-tv

C macro: XF_RP_TV

Codes: FLUENT

Status: optional

参考网格的每一个区域具有典型的一区域部分。虽然有些网格区域可能没有相应的区域部分，但是每一个区域不可以有多于一个的区域部分。

区域部分有如下格式

(39 (zone-id zone-type zone-name)(

(condition1 . value1)

(condition2 . value2)

```
(condition3 . value3)
.))
```

网格生成和其它的前处理器只需要提供标题并保留一列空的条件，如：

```
(39 (zone-id zone-type zone-name)())
```

最后的空括号是必需的。解算器会在适当的时候参照区域的类型加入条件。在这里 zone-id 是十进制格式。这和网格部分的十六进制是有区别的。

区域类型是下面的一种：axis; exhaust fan; fan; fluid; inlet vent; intake fan; interface; interior; mass-flow-inlet; outlet vent; outflow; periodic; porous-jump; pressure-far-field; pressure-inlet; pressure-outlet; radiator; shadow; solid; symmetry; velocity-inlet; wall。

类型 interior, fan, porous-jump, 以及 radiator 只能被分配给流域内的表面区域。Interior 类型用于单元区域的表面，其它的类型用于组成流域内无限薄界面的表面。FLUENT 允许 wall 类型既可分配给在流域内部的表面区域也可分配给流域边界的表面区域。有些区域类型只对特定的网格部分的类型有效。例如：cell (element)区域只能分配给下面的类型：

```
fluid
solid
```

上面所列的其它类型只能用于边界（表面）区域。

区域名字是用户为区域指定的标志。它必须是有效的 Scheme 符号，而且在书写时不带引号。有效区域名字(Scheme symbol)的规则如下：

- 第一个字符必须是小写字母或者特定的初始字符
- 每一个后面的字符必须是小写字母，特定的初始字符，数字或者特定的跟随字符

其中特定的初始字符包括：! %&* / : < = > ? _ ^

特定的跟随字符包括：. + -

如：inlet-port/cold!, eggs/easy,和 $e=m*c^2$ 都是有效的区域名字。

下面是网格生成器或者前处理器生成的区域部分的例子：

```
(39 (1 fluid fuel)())
```

```
(39 (8 pressure-inlet pressure-inlet-8)())
```

```
(39 (2 wall wing-skin)())
```

```
(39 (3 symmetry mid-plane)())
```

划分

Index: 40

Scheme symbol: xf-partition

C macro: XF_PARTITION

Codes: FLUENT

Status: only for partitioned grids

这一部分表明了每一单元的划分，格式如下：

```
(40 (zone-id first-index last-index partition-count)(
```


p1
p2
p3
.
pn
)

其中，p1 是 ID 为 first-index 的单元的划分，p2 是 ID 为 first-index+1 的单元的划分，pn 是 ID 为 lastt-index 也就是最后一个单元的划分。划分 ID 必须在 0 和 partition-count-1 之间，其中 partition-count 是总划分数。

数据部分

下面部分保存了迭代、残数以及数据场的值。

网格尺寸

Index: 33
Scheme symbol: xf-grid-size
C macro: XF_GRID_SIZE
Codes: FLUENT
Status: optional

这一部分表明了网格中的单元数、表面数和节点数，它们和文件中的数据相对应。这一信息用于检查数据和网格的匹配。格式为：

(33 (n-elements n-faces n-nodes))

其中整数是十进制的

数据场 (Data Field)

Index: 300
Scheme symbol: xf-rf-seg-data
C macro: XF_RF_SEG_DATA
Codes: FLUENT
Status: required

本部分列出了单元或者表面区域的流场解变量的值。数据存储的顺序和 case 文件的表面或单元的顺序一样。变量存储的每一个表面或单元区域被分成独立的部分写出，格式为：

(300 (sub-section-id zone-id size n-time-levels
n-phases first-id last-id)
(data for cell or face with id = first-id
data-for-cell-or-face with id = first-id+1
..
data-for-cell-or-face with id = last-id

))

其中，sub-section-id 是识别变量场的十进制整数（如：1 为压力，2 为速度）。这些的完全列表可以在 Fluent Inc 的标题文件(xfile.h)中获得。Zone-id 是单元或者表面区域的 ID 数，并与 case 文件中的 ID 匹配。Size 表示矢量变量的长度(1 为标量，2 或 3 为矢量，与为每一组分定义的变量数相等)。N-time-levels 和 n-phases 目前还没有使用。

下面是一个简单的数据文件部分的例子，它描述了定常、单相、二维问题单元区域的的速度场。

```
(300 (2 16 2 0 0 17 100)
(8.08462024e-01 8.11823010e-02
8.78750622e-01 3.15509699e-02
1.06139672e+00 -3.74040119e-02
...
1.33301604e+00 -5.04243895e-02
6.21703446e-01 -2.46118382e-02
4.41687912e-01 -1.27046436e-01
1.03528820e-01 -1.01711005e-01
))
```

数据文件中列出的变量依赖于文件写入时所用的模型。当数据文件读入时，依赖于当前模型设定的解算器所需要的变量如果从数据文件中丢失了，那么它们将会被设定为默认值。数据文件中所描述的任何额外的变量如果与当前模型无关，那么都会被忽略。

残数

```
Index: 301
Scheme symbol: xf-residuals
C macro: XF_RF_SEG_RESIDUAL
Codes: FLUENT
Status: optional
```

本部分列出了每一迭代步中特定数据场变量的残数值。

```
(301 (n residual-subsection-id size)(
r1
r2
.
.
.
rn
))
```

其中，n 残数的数目，size 变量矢量的长度(1 为标量，2 或 3 为矢量，与为每一组分定义的变量数相等)。Residual-subsection-id 是十进制整数，根据头文件 xfile.h 定义的 C 常数，它表明了保存在该部分的残数的方程。这个头文件可以在 Fluent Inc 得到。

数据文件中列出的残数的方程依赖于文件写入时所用的模型。如果当前使用方程的残数的历史记录丢失了，它就会被初始化为零。

Fluent 单位系统

赵玉新（国防科技大学）

注意：本文只用于学习交流，如涉及版权问题请与作者联系

单位系统

本章介绍了 FLUENT 的单位系统及其控制方法。FLUENT 允许我们在任何单位系统下工作，即使是不相容的系统也可以。因此，举例来说，你既可以在英制单位下以瓦特作为热计算的单位又可以在长度定义上使用国际标准单位。FLUENT 解决该问题的办法就是在其他单位和国际标准单位之间设定转换因子，其实 FLUENT 解算器内部所使用的单位就只有国际标准单位，内部存储和计算全部是国际标准单位，只是输入和输出的时候中加了一个转换因子。

单位是可以在问题解决过程中转换的，转换的时间可以是在问题设定的时候也可以在完成计算的时候。如果以前输入一些国际单位的参数，后来转为输入其它单位，那么所有先前的输入和设定都会转换为新的单位系统。如果你的计算仿真是在国际单位下，而报告想在其它单位下做，你可以转换单位系统，FLUENT 会自动帮你将问题的所有数据转换为新的单位系统。需要强调的是 FLUENT 内部使用的是国际单位，所以单位的转换仅仅是将内部的数值转换到你所需的界面。

限制单位

需要注意 FLUENT 输入的单位 and 剩下问题单位的设定是不同的。必须在如下的定义中使用国际单位而不管你所使用的单位系统

- 边界特征
- 源项(参阅质量、动量、能量和其他源项的定义)
- 自定义流场函数
- 外部创建 XY 图形文件的数据
- 自定义函数

在定义材料属性时，所采用的是指定温度相关多项式或者分段多项式函数，请记住函数中的温度总是 Kelvin 或者 Rankine 单位。如果你使用的是 Celsius 或 Kelvin 作为你的温度单位，那么多项式的系数必须是 Kelvin；如果你使用 Fahrenheit 或者 Rankine 作为你的温度单位，你必须使用 Rankine 作为输入单位。关于温度相关的材料属性请参阅“用温度相关函数定义属性”一节。

网格文件的单位

一些网格文件允许我们对网格尺度定义一组单位。然而，当你将网格读入 FLUENT 的时候，它总是将长度单位假定为米，如果不是这样你就需要标度网格，具体内容请参阅“标度网格一节”

确定 FLUENT 中的单位系统

FLUENT 提供 British, SI, CGS, "default."单位系统。这些单位系统之间可以相互转换，转换方法是在设定单位面板中的 Set All To 选项中确定所要单位。菜单 Define/Units...

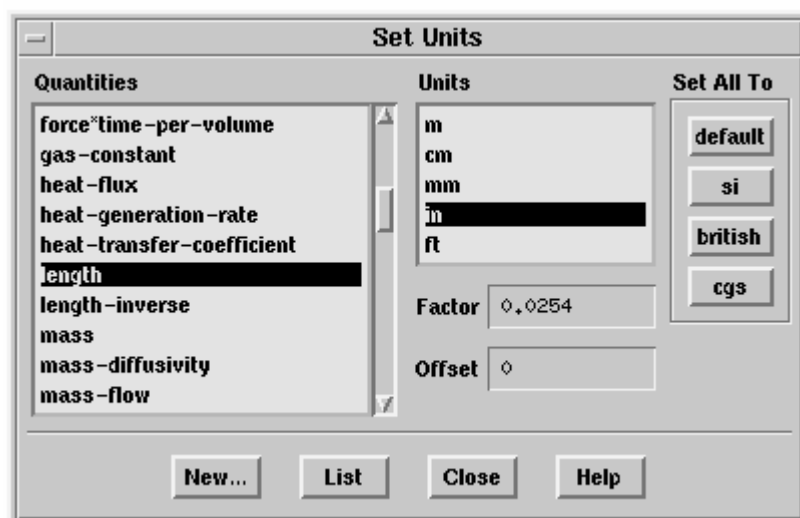


Figure 1:单位设定面板

英制单位点击 **british** 按钮；国际单位点击 **si** 按钮；CGS (centimeter-gram-second)单位点击 **cgs** 按钮；回到默认单位，点击 **default** 按钮。默认单位和国际单位相似，但角度单位是度而不是弧度。点击某一按钮之后单位系统马上就转换了，如果不想定义任何单位关闭面板就可以了。改变单位后，所有后来输入的单位都参照新的单位系统。

自定义单位系统

如果你想自己定义一个与上面所述四种单位都不同的单位，你可以用单位设定面板选择可选单位或者指定自己的单位名称及相关转换因子。

列出当前单位

在定义一个或多个数量的单位之前，你可能想要列出当前单位，那么你只需要点击单位设定面板上的 **List** 按钮，FLUENT 就会在文本窗口中列出当前的所有量以及它们的单位、转换因子和偏移量。

改变某一量的单位

FLUENT 允许改变个别变量的单位。当你使用某一设定单位，但是想改变某一量或者少数几个量的单位时这一功能是很有用的。比方说你想要使用国际标准单位，但是图形的尺寸是英寸。你就可以选择国际标准单位然后将长度单位从米转换到英寸。具体转换步骤如下：

- 1.在数量列表中选定某一数量（它们是按照字母排序的）
- 2.选择新的单位

像上面的例子，你在数量列表中选择长度，然后选择所需单位。转换因子马上更新为 0.0254 meters/inch。如果新的单位有非零偏移量，偏移量也会随之更新。例如你使用国际单位作为温度的单位，但是现在用华氏温度取代开尔文温度，转换因子将会变成 1，偏移量将会变成 273.15。选定数量和新单位后，单位的改变就已经完成了，不需要再做其它的工作。

定义新的单位

对某一数量定义新的单位步骤如下：

- 1.在单位设定面板选定需要修改单位的量
- 2.点击 **New...**按钮，出现下图

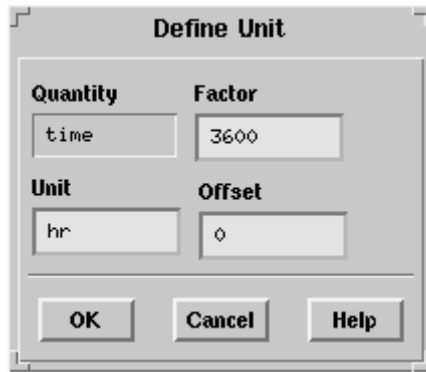


Figure 1:单位定义按钮

3.输入新单位的名字，转换因子以及偏移量

4.点击 OK 之后，新单位就出现在单位设定面板了

比如：你想要使用小时作为时间单位，你只需在数量列表中选择时间然后点击按钮，出现单位定义面板，输入转换因子 3600，点击 OK 即可。

在定义新单位时，转换因子都是相对国际单位的如果你想定义速度单位为 feet/min 你就可以

按照下式计算转换因子： $x \frac{ft}{min} \times \frac{0.3048m}{ft} \times \frac{min}{60s} = y \frac{m}{s}$ ，至此你也就知道转换因子的含

义了。

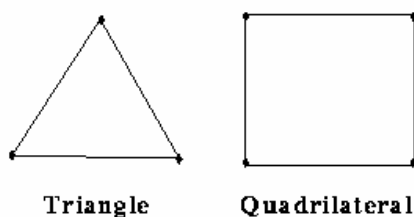
网格的读入和使用

FLUENT 可以从输入各种类型，各种来源的网格。你可以通过各种手段对网格进行修改，如：转换和调解节点坐标系，对并行处理划分单元，在计算区域内对单元重新排序以减少带宽以及合并和分割区域等。你也可以获取网格的诊断信息，其中包括内存的使用与简化，网格的拓扑结构，解域的信息。你可以在网格中确定节点、表面以及单元的个数，并决定计算区域内单元体积的最大值和最小值，而且检查每一单元内适当的节点数。以下详细叙述了 FLUENT 关于网格的各种功能。（请参阅网格适应一章以详细了解网格适应的具体内容。）

网格拓扑结构

FLUENT 是非结构解法器，它使用内部数据结构来为单元和表面网格点分配顺序，以保持临近网格的接触。因此它不需要 i, j, k 指数来确定临近单元的位置。解算器不会要求所有的网格结构和拓朴类型，这使我们能够灵活使用网格拓朴结构来适应特定的问题。二维问题，可以使用四边形网格和三角形网格，三维问题，可以使用六面体、四面体，金字塔形以及楔形单元，具体形状请看下面的图形。FLUENT 可以接受单块和多块网格，以及二维混合网格和三维混合网格。另外还接受 FLUENT 有悬挂节点的网格（即并不是所有单元都共有边和面的顶点），有关悬挂节点的详细信息请参阅“节点适应”一节。非一致边界的网格也可接受（即具有多重子区域的网格，在这个多重子区域内，内部子区域边界的网格节点并不是同一的）。详情请参阅非一致网格

2D Cell Types



3D Cell Types

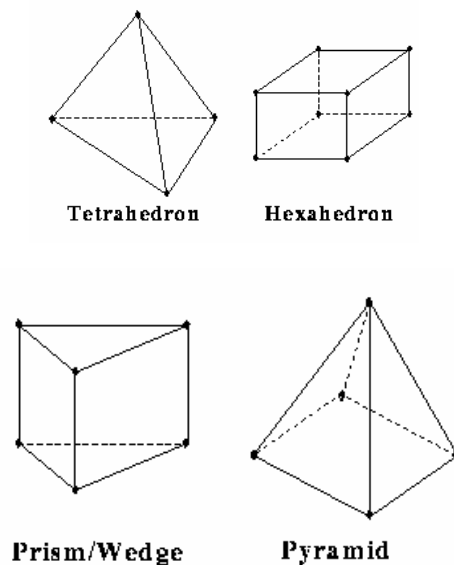


Figure 1: 单元类型

可接受网格拓朴结构的例子

正如网格拓扑结构一节所说，FLUENT 可以在很多种网格上解决问题。图 1—11 所示为 FLUENT 的有效网格。O 型网格，零厚度壁面网格，C 型网格，一致块结构网格，多块结构网格，非一致网格，非结构三角形，四边形和六边形网格都是有效的。Note that while FLUENT does not require a cyclic branch cut in an O-type grid, it will accept a grid that contains one.

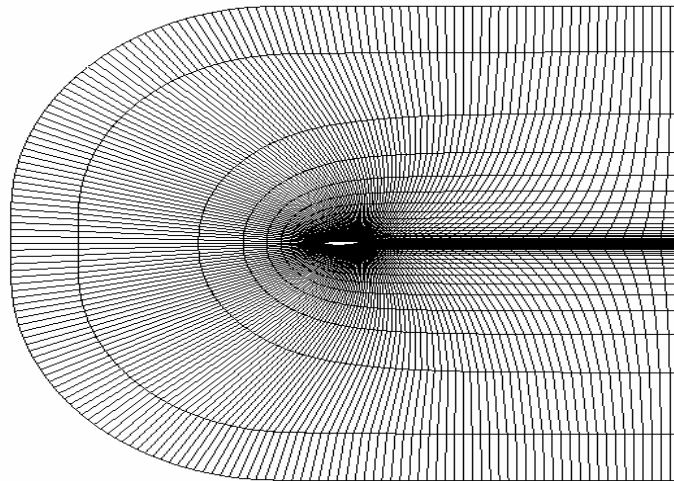


Figure 1: 机翼的四边形结构网格

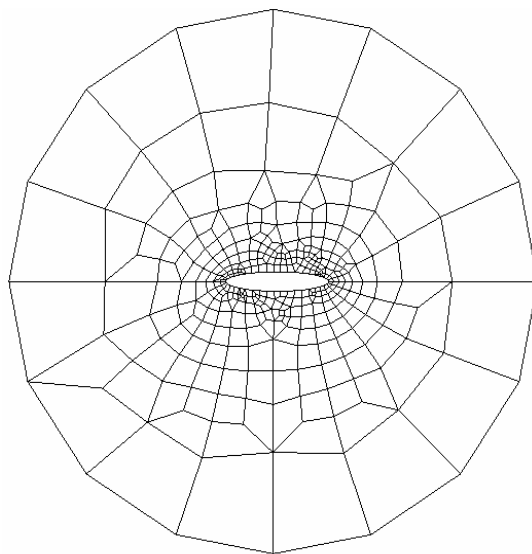


Figure 2: 非结构四边形网格

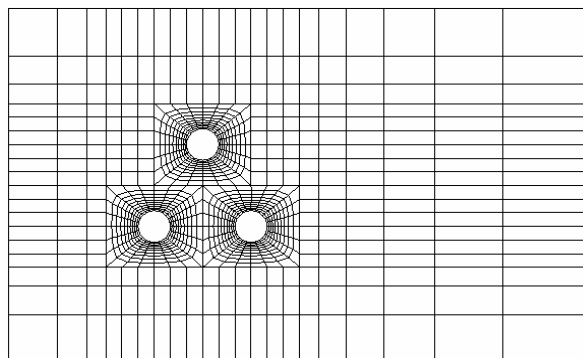


Figure 3: 多块结构四边形网格

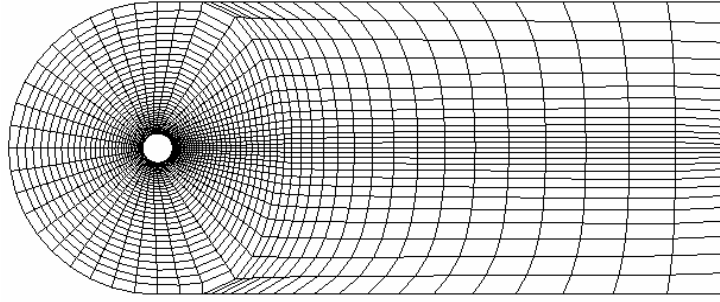


Figure 4: O型结构四边形网格

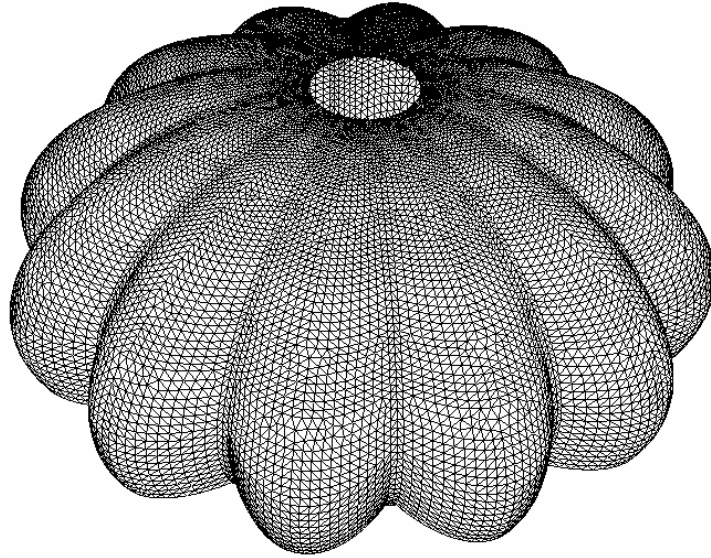


Figure 5: 降落伞的零厚度壁面模拟

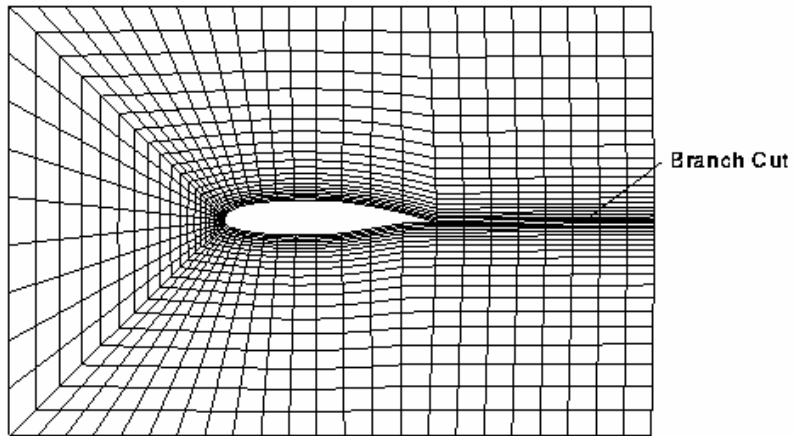


Figure 6: C型结构四边形网格

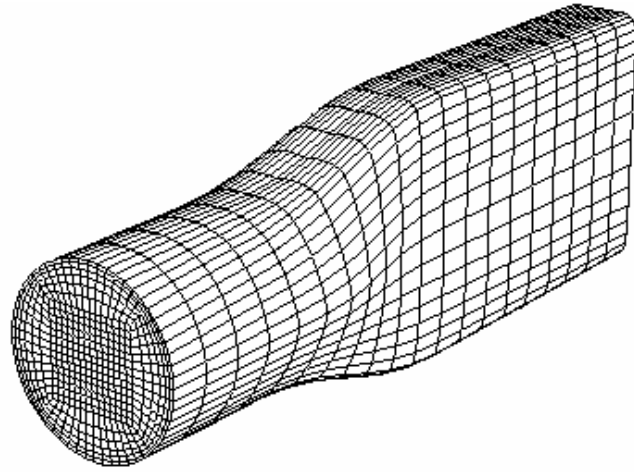


Figure 7: 三维多块结构网格

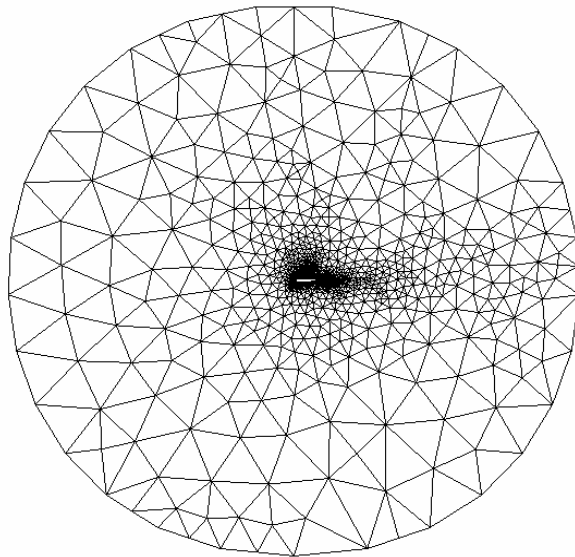


Figure 8: Unstructured Triangular Grid for an Airfoil

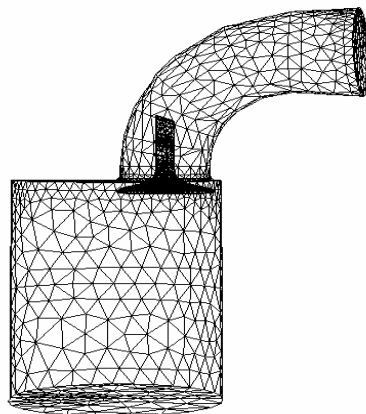


Figure 9: 非结构四面体网格

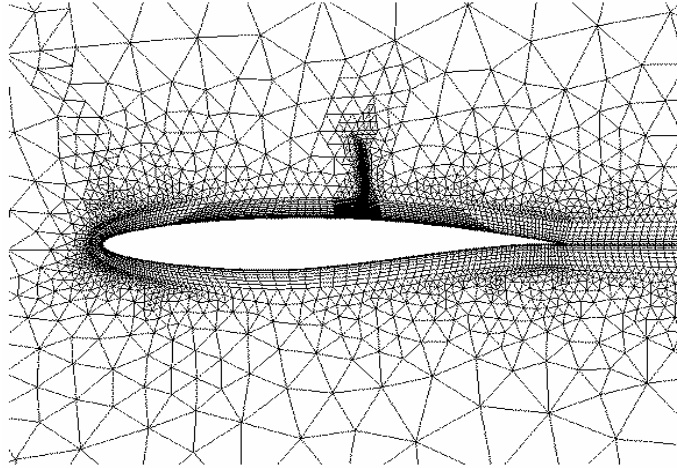


Figure 10:具有悬挂节点的混合型三角形/四边形网格

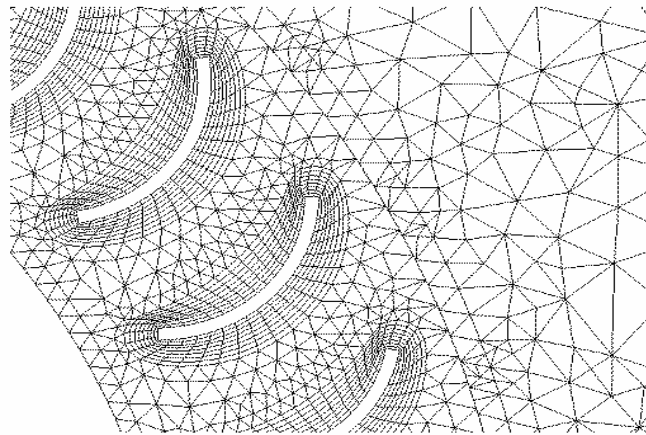


Figure 11:非一致混合网格 for a Rotor-Stator Geometry

选择适当的网格类型

FLUENT 在二维问题中可以使用由三角形、四边形或混合单元组成的网格，在三维问题中可以使用四面体，六面体，金字塔形以及楔形单元，或者两种单元的混合。网格的选择依赖于具体的问题，在选择网格的时候，你应该考虑下列问题：

- 初始化的时间
- 计算花费
- 数值耗散

后面将会详细讨论各种类型网格的特点。

初始化的时间

很多实际问题是具有复杂几何外形的，对于这些问题采用结构网格或块结构网格可能要花费大量的时间，甚至根本无法得到结构网格。复杂几何外形初始化时间的限制刺激了人们在非结构网格中使用三角形网格和四面体网格。然而，如果你的几何外形并不复杂的话，两种方法所耗费的时间没有明显差别

如果你已经有了结构网格代码如 FLUENT 4 生成的网格，那么在 FLUENT 中使用该网格会比重新生成网格节约大量的时间。这一特点也刺激了人们在 FLUENT 仿真中使用四边形网格和六面体网格。注意：FLUENT 有一个格式转换器允许你从其它程序中读入结构网格。

计算花费

当几何外形太复杂或者流动的长度尺度太大时，三角形网格和四面体网格所生成的单元会比等量的包含四边形网格和六面体网格的单元少得多。这是因为三角形网格和四面体网格允许单元聚集在流域的所选区域，而四边形网格和六面体网格会在不需要加密的地方产生单元。非结构的四边形网格和六面体网格为对于一般复杂外形提供了许多三角形和四面体网格的优点。

四边形和六边形单元的一个特点就是它们在某些情况下可以允许比三角形/四面体单元更大的比率。三角形/四面体单元的大比率总会影响单元的歪斜。因此，如果你有相对简单的几何外形，而且流动和几何外形很符合，比如长管，你就可以使用大比率的四边形和六边形单元。这种网格可能会比三角形/四面体网格少很多单元。

数值耗散

多维条件下主要的误差来源就是数值耗散又被称为虚假耗散（之所以被称为虚假的，是因为耗散并不是真实现象，而是它和真实耗散系数影响流动的方式很类似）。

关于数值耗散有如下几点：

- 当真实耗散很小时，即对流占主导地位时，数值耗散是显而易见的。
- 所有的解决流体问题的数值格式都会有数值耗散，这是因为数值耗散来源于截断误差，截断误差是描述流体流动的离散方程导致的。
- FLUENT 中所用的二阶离散格式可以帮助减少解的数值耗散的影响。
- 数值耗散量的大小与网格的分辨率成反比。因此解决数值耗散问题的一个方法就是精化网格。
- 当流动和网格成一条直线时数值耗散最小（所以我们才要使用结构网格来计算啊）

最后一点和网格选择最有关系。很明显，使用三角形/四面体网格流动永远不会和网格成一条直线，而如果几何外形不是很复杂时，四边形网格和六面体网格可能就会实现流动和网格成一条线。只有在简单的流动，如长管流动中，你才可以使用四边形和六面体网格来减少数值耗散，而且在这种情况下使用四边形和流面体网格有很多优点，因为与三角形/四面体网格相比你可以用更少的单元得到更好的解。

网格所需条件和所要考虑的问题

本节讨论了特殊几何图形和网格的必要条件以及网格质量的一般评价方法。

几何图形和网格的必要条件

在计划解决你的问题的开始，应该注意下面的几何图形设定以及网格结构的必要条件。

- 对于轴对称图形来说，必须定义笛卡尔坐标系的 x 轴为旋转轴 (Figure 1).

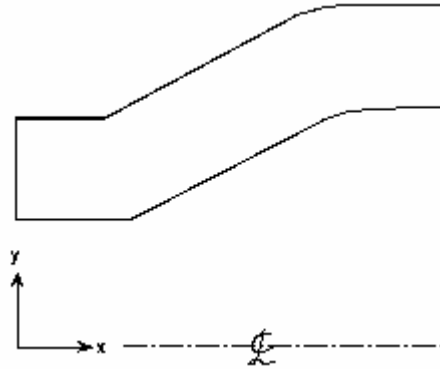


Figure 1:轴对称图形必须以 x 轴为中线

- 周期性边界条件要具有周期性网格，虽然 GAMBIT 和 TGrid 能够产生真正的周期性边界，但是 GeoMesh 和大多数 CAD 软件包是无法产生周期性边界条件的。如果下面的条件需要满足的话，TGrid 提供了 GeoMesh 和大多数 CAD 软件产生的三角形表面网格生成周期性边界的功能。

1. 周期及其内部在它们的边界曲线上有相同的节点分布。
2. 周期及其内部的节点与常数平动因子和转动因子有关。

详情请见 GAMBIT 和 TGrid 的帮助文件。

如果你用 GeoMesh 和大多数 CAD 软件产生四边形网格和六面体网格，你必须保证在周期性区域内的网格是相同的。然后便可以在 FLUENT 中使用 make-periodic 命令建立周期性边界。详细内容请参阅“创建周期性区域”一节。(你能够在解算器中对三角形或四面体网格创建周期性边界条件而不用上面所述的 TGrid 来创建)

网格质量

网格质量对计算精度和稳定性有很大的影响。网格质量包括：节点分布，光滑性，以及歪斜的角度 (skewness)。

节点密度和聚集度

连续性区域被离散化使得流动的特征解（剪切层，分离区域，激波，边界层和混合区域）与网格上节点的密度和分布直接相关。在很多情况下，关键区域的弱解反倒戏剧化的成了流动的主要特征。比如：由逆压梯度造成的分离流强烈的依靠边界层上游分离点的解。边界层解（即网格近壁面间距）在计算壁面剪切应力和热传导系数的精度时有重要意义。这一结论在层流流动中尤其准确，网格接近壁面需要满足：

$$y_p \sqrt{\frac{u_\infty}{\nu_x}} \leq 1$$

其中

y_p = 从临近单元中心到壁面的距离； u_∞ = 自由流速度； ν = 流体的动力学粘性系数； x =

从边界层起始点开始沿壁面的距离。上面的方程基于零攻角层流流动的 Blasius 解[139]。

网格的分辨率对于湍流也十分重要。由于平均流动和湍流的强烈作用，湍流的数值计算

结果往往比层流更容易受到网格的影响。在近壁面区域，不同的近壁面模型需要不同的网格分辨率。

一般说来，无流动通道应该用少于 5 个单元来描述。大多数情况需要更多的单元来完全解决。大梯度区域如剪切层或者混合区域，网格必须被精细化以保证相邻单元的变量变化足够小。不幸的是要提前确定流动特征的位置是很困难的。而且在复杂三维流动中，网格是要受到 CPU 时间和计算机资源的限制的。在解运行时和后处理时，网格精度提高，CPU 和内存的需求量也会随之增加。自适应网格技术可用于在流场的发展基础上提高和/或减少网格密度，并因此而提供了网格使用更为经济的方法。

光滑性

临近单元体积的快速变化会导致大的截断误差。截断误差是指控制方程偏导数和离散估计之间的差值。FLUENT 可以改变单元体积或者网格体积梯度来精化网格从而提高网格的光滑性

单元的形状

单元的形状（包括单元的歪斜和比率）明显的影响了数值解的精度。单元的歪斜可以定义为该单元和具有同等体积的等边单元外形之间的差别。单元的歪斜太大会降低解的精度和稳定性。比方说：四边形网格最好的单元就是顶角为 90 度，三角形网格最好的单元就是顶角为 60 度。比率是表征单元拉伸的度量。正如在计算花费一节所讨论的，对于各向异性流动，过渡的比率可以用较少的单元产生较为精确的结果。但是一般说来应该尽量避免比率大于 5:1。

流动流场相关性

分辨率、光滑性、单元外形对于解的精度和稳定性的影响强烈的依赖于所模拟的流场。例如：在流动开始的区域可以忍受过渡歪斜的网格，但是在具有大流动梯度的区域这一特点可能会使得整个计算无功而返。因为大梯度区域是无法预先知道的，所以我们只能尽量使整个流域具有高质量的网格。

网格的读入。

FLUENT 能够处理大量的具有不同结构的网格拓扑结构。因此我们有很多产生网格的工具，比如：GAMBIT，TGrid，GeoMesh，preBFC，ICEMCFD，I-DEAS，NASTRAN，PATRAN，ARIES，ANSYS，以及其它的前处理器，或者使用 FLUENT/UNS，RAMPANT，以及 FLUENT 4 case 文件中包含的网格，你也可以准备多个网格文件，然后把它们结合在一起创建一个网格。

GAMBIT 网格文件

你可以使用 GAMBIT 创建二维和三维结构/非结构/混合网格。详细内容请参阅 GAMBIT 建模向导，并将你的网格输出为 FLUENT 5 格式。所有的这样的网格都可以直接读入到 FLUENT，菜单：File/Read/Case...

GeoMesh 网格文件

你可以使用 GeoMesh 创建二维四边形网格或三角形网格以及三维六面体网格和三维四面体网格的三角网格面。具体请参阅 GeoMesh 用户向导。要完成三维四面体网格的创建你必须把表面网格读入到 TGrid 然后产生体网格。其它的网格都可以直接读入到 FLUENT：菜单 File/Read/Case...。

TGrid 网格文件

你可以用 TGrid 从边界或表面网格产生二维或三维非结构三角形/四面体网格。具体方法请参阅 TGrid 用户向导。在 FLUENT 中你可以点击 File/Write/Mesh...菜单保存网格。读入网格请点击 File/Read/Case...菜单，具体内容参阅读入网格文件一节。

preBFC 网格文件

你可以用 preBFC 产生两种 FLUENT 所使用的不同类型的网格：结构四边形/六面体网格和非结构三角形/四面体网格。下面详细介绍一下。

结构网格文件

要产生二维或者三维结构网格请参阅 preBFC 用户向导的第六章和第七章。产生的网格将包括四边形网格（二维）六面体网格（三维）单元。请记住要指定不多于 70 个壁面单元和不多于 35 个入口单元。读入网格请点击菜单：File/Import/preBFC Structured Mesh...。要手动将 preBFC 格式的网个文件转换到 FLUENT 格式，请输入以下命令：tfilter fl42seg inputfile outputfile。这样输出文件就可以点击菜单 File/Read/Case...读入到 FLUENT 中了

非结构三角形网格和四面体网格文件

产生二维非结构网格请参阅 preBFC 用户向导的第八章。并且你可以用 MESH-RAMPANT/TGRID 命令将网个文件保存为 RAMPANT 格式，因为目前的 FLUENT 格式和 RAMPANT 格式相同。所产生的网格会包含三角元。要读入网格点击菜单 File/Read/Case...。要产生三维非结构网格请参阅 preBFC 用户向导的第八章有关表面网格生成的内容。然后你可以将表面网格读入到 TGrid，在 TGRID 中完成网格的生成。更多信息请参阅 TGrid 网格文件一节。

ICEMCFD 网格文件

ICEMCFD 可以创建 FLUENT 4 的结构网格和 RAMPANT 格式的非结构网格。读入三角形和四面体 ICEMCFD 体网格，你需要光滑和交换网格以提高该网格的质量。

第三方 CAD 软件包产生的网格文件

FLUENT 可以使用 fe2ram 格式转换器从其它的 CAD 软件包读入网格，如：I-DEAS，NASTRAN，PATRAN，以及 ANSYS。

I-DEAS Universal 文件

对于该种文件，我们有三种转换方法来使 FLUENT 读入 I-deas 文件。

1. 你可以使用一个包含三角形、四边形、四面体、楔形或者六面体单元的 I-DEAS 生成的表面或体网格文件。用适当的命令并且遵守 TGrid 用户向导附录 B 所属的规则可以将它们读入到 TGrid 中，然后在 TGrid 中完成网格的生成（必要的话）。
2. 你可以用线性的三角形，四边形，四面体，楔形或者六面体单元产生 I-DEAS 体网格。然后直接用菜单 File/Import/IDEAS Universal...将网格读入 FLUENT 中。
3. 你可以用线性的三角形，四边形，四面体，楔形或者六面体单元产生 I-DEAS 体网格，然后用格式转换器 fe2ram 将 Universal 文件转换为 FLUENT 格式。具体转换方法会在相关章节介绍，请参阅相关目录查找。转换之后的文件可以点击菜单 File/Read/Case...读入网格。

FLUENT 网格可以识别如下 Universal 文件的数据表：

节点坐标数据表数 15, 781, 2411。

单元数据表数 780 或者 2412

参数组数据表数 752, 2417, 2429

对于二维体网格，单元必须存在于坐标为常数的 z 平面。

注意：网格面积/体积不能被识别。这意味着将多重网格面积/体积写进一个 Universal 文件会使 FLUENT 弄混。

在 I-DEAS 节点是用 Group 组织来创建边界表面区域。在 FLUENT 中，边界条件被应用到每一个区域。在同一组中包含节点的表面被集合到单一区域。因此不要将内部节点和边

界节点放到同一组是很重要的。

在曲线上或网格面上自动生成组是一个技巧，这样，在 FLUENT 中每一个曲线或网格区域都将在不同区域。你也可以手动创建组，生成的组是由所有和给定的二维曲线或三维网格面相关的节点组成。

用 GROUPE 命令可以将 I-DEAS 中的元素组成一组来创建多重单元区域。在 FLUENT 中所有的元素组被组织到一起放到同一个单元中。如果元素未被组织，FLUENT 会将所有的单元放到同一区域。

创建网格时，I-DEAS 可能会在创建单元时产生两层或者重合节点。这些节点必须在读入 FLUENT 之前在 I-DEAS 中去掉

NASTRAN 文件

有三种方法将 NASTRAN 文件读入 FLUENT：

1. 你可以使用一个包含三角形、四边形、四面体、楔形或者六面体单元的 NASTRAN 生成的表面或体网格文件。用适当的命令并且遵守 TGrid 用户向导附录 B 所属的规则可以将它们读入到 TGrid 中，然后在 TGrid 中完成网格的生成（必要的话）。
2. 你可以用线性三角形，四边形，四面体，楔形或者六面体单元产生 NASTRAN 体网格。然后直接用菜单 File/Import/NASTRAN..将网格读入 FLUENT 中。
3. 你可以用线性的三角形，四边形，四面体，楔形或者六面体单元产生 NASTRAN 体网格，然后用格式转换器 fe2ram 将 NASTRAN 文件转换为 FLUENT 格式。具体转换方法会在相关章节介绍，请参阅相关目录查找。转换之后的文件可以点击菜单 File/Read/Case...读入网格。

用上述第二种或第三种方法读入三角形或四面体 NASTRAN 体网格时，你需要光滑和交换网格以提高该网格的质量。

FLUENT 可以识别下面的 NASTRAN 文件数据表：

GRID 单精度节点坐标

GRID* 双精度节点坐标

CBAR 线元

CTETRA, CTRIA3 四面体和三角元

CHEXA, CQUAD4, CPENTA 六面体，四边形和楔形元

对于二维体网格，单元必须是在坐标为常数的 z 平面。创建网格时，可能会在创建单元时产生两层或者重合节点。这些节点必须在读入 FLUENT 之前在 NASTRAN 中去掉。

PATRAN Neutral 文件

该文件输入到 FLUENT 中有三种方法。

1. 你可以使用一个包含三角形、四边形、四面体、楔形或者六面体单元的 PATRAN 生成的表面或体网格文件。用适当的命令并且遵守 TGrid 用户向导附录 B 所属的规则可以将它们读入到 TGrid 中，然后在 TGrid 中完成网格的生成（必要的话）。
2. 你可以用线性三角形，四边形，四面体，楔形或者六面体单元产生 PATRAN 体网格。然后直接用菜单 File/Import/ PATRAN...将网格读入 FLUENT 中。
3. 你可以用线性的三角形，四边形，四面体，楔形或者六面体单元产生 PATRAN 体网格，然后用格式转换器 fe2ram 将 PATRAN 文件转换为 FLUENT 格式。具体转换方法会在相关章节介绍，请参阅相关目录查找。转换之后的文件可以点击菜单 File/Read/Case...读入网格。

用上述第二种或第三种方法读入三角形或四面体 PATRAN 体网格时，你需要光滑和交换网格以提高该网格的质量。

FLUENT 可以识别下面的 PATRAN 文件数据表：

节点数据 Packet Type 01

单元数据 Packet Type 02

名字组成 Packet Type 21

对于二维体网格，单元必须是在坐标为常数的 z 平面。在 PATRAN 中，单元是用 Named Component 命令组成一组来创建多重单元区域。在 FLUENT 中，所有组在一起的元素都被放在一个单元区域。如果元素没有被分组，FLUENT 会自动把所有的单元放进一个区域。

ANSYS Prep7 文件

该文件输入到 FLUENT 中有三种方法。

1. 你可以使用一个包含三角形、四边形、四面体、楔形或者六面体单元的 ANSYS 或 ARIES PATRAN 生成的表面或体网格文件。用适当的命令并且遵守 TGrid 用户向导附录 B 所属的规则可以将它们读入到 TGrid 中，然后在 TGrid 中完成网格的生成（必要的话）
2. 你可以用线性三角形，四边形，四面体，楔形或者六面体单元产生 PATRAN 体网格。然后直接用菜单 File/Import/ANSYS...将网格读入 FLUENT 中。
3. 你可以用线性的三角形，四边形，四面体，楔形或者六面体单元产生 ANSYS 体网格，然后用格式转换器 fe2ram 将 ANSYS Prep7 文件转换为 FLUENT 格式。具体转换方法会在相关章节介绍，请参阅相关目录查找。转换之后的文件可以点击菜单 File/Read/Case... 读入网格。

用上述第二种或第三种方法读入三角形或四面体 PATRAN 体网格时，你需要光滑和交换网格以提高该网格的质量。

FLUENT 可以识别下面的 Prep7 文件数据表：

N 节点数据

EN 带有单元标志的单元数据

NSEL 节点选择

ESEL 单元选择

单元必须是 STIF63 线性内核的单元。除此之外，如果单元数据没有明显的标志，转换器会在创建区域时假定单元的编号。

使用 fe2ram 转换器转换文件

如果你打算手动转换 CAD 文件然后再读入到 FLUENT，你可以输入下面的命令：

```
tfilter fe2ram [dimension] format [zoning] input-file output-file
```

其中方括号括起来的是可选内容（输入时不要加方括号）。维数表示数据表的维数。-d2 表示网格是二维的。如果不输入维数则默认为三维网格。格式表示你要转换文件的格式 -tANSYS 表示 ANSYS 文件，-tIDEAS 表示 I-DEAS 文件，-tNASTRAN 表示 NASTRAN 文件，-tPATRAN 表示 PATRAN 文件。要检查文件是否是从任何其它的 CAD 软件包转换来的请输入：tfilter fe2ram -cl -help。Zoning 表示 CAD 软件包有多少个区域被标识。-zID 表示区域被正确标识，-zNONE 表示忽略所有的区域组。对于被分组的网格区域，zoning 向不需要输入任何东西，因为这种情况是默认的。input-file 和 output-file 分别为需要转换的文件和转换后的文件名。

例如，你要将二维 I-DEAS 体网格文件 sample.unv 转换为 sample.grd 你就需要键入下面的命令：tfilter fe2ram -d2 -tIDEAS sample.unv sample.grd。

FLUENT/UNS 和 RAMPANT 的 Case 文件

FLUENT/UNS 3 或 4 的 case 文件或者 RAMPANT 2, 3, 或 4 的 case 文件中的网格可以通过菜单 File/Read/Case...读入到 FLUENT

FLUENT 4 Case 文件

如果你有 FLUENT 4 Case 文件，而且想要在 FLUENT 仿真中使用相同的文件你可以点击菜单 File/Import/FLUENT 4 Case...，这样 FLUENT 4 case 文件的网格信息和区域类型就被读入了。

注意：FLUENT 4 可能会在预测压力边界条件方面与目前的 FLUENT 版本不同。这个时候需要检查转换信息看看是否需要修改边界类型。如果要手动转换，可以使用如下命令：`tfilter fl42seg input-filename output-filename`。转换之后你可以点击菜单 File/Read/Case...将文件读入到 FLUENT。

FIDAP 7 Neutral 文件

如果你有 FIDAP 7 Neutral 文件，而且想要在 FLUENT 仿真中使用相同的文件你可以点击菜单 File/Import/FIDAP7...，这样 FLUENT 4 case 文件的网格信息和区域类型就被读入了。如果要手动转换，可以使用如下命令：`tfilter fe2ram [dimension] -tFIDAP7 input-file output-file`，其中方括号内容是可以选择的-d2 表示二维文件，默认为三维。转换之后你可以点击菜单 File/Read/Case...将文件读入到 FLUENT。

读入多重网格文件

有些情况下你可能会需要从计算区域读入多重网格文件（子域）。下面就是一些例子。

- 如果你要解多块网格，你可以用网格生成器分别生成每块网格并分别保存
- 对于复杂形状来说，分块保存网格效率更高一些

注意：在分离网格交界处你不必保证网格节点在同一位置。FLUENT 可以处理非一致网格边界。读入多重网格的步骤如下：

1. 在网格生成器中生成整个区域的网格，将每个单元区域保存成一个网格文件
2. 如果你所要输入的一个或多个网格是结构网格，你首先要使用转换器 `fl42seg` 转换为 FLUENT 所能识别的格式。
3. 在启动解算器之前你要用 TGrid 或者 `tmerge` 转换器将网格合并成一个网格文件。TGrid 方法更为方便，但是 `tmerge` 转换器允许你在合并之前旋转，标定和/或平移网格。

使用网格的程序如下：

1. 将所有的网格文件读入 TGrid。读入之后 TGrid 会自动合并网格。
2. 保存合并后的网格文件

详细内容请参阅 Tgrid 用户向导相关内容。

使用 `tmerge` 转换器，请参阅下面的步骤：

1. 输入 `tfilter tmerge3d` (对三维网格)或者 `tfilter tmerge2d` (对二维网格)。
2. 提示的时候，指定输入网格的文件名（分离网格文件）和保存为完整网格的输出文件名。对于每一个输入网格，你可以指定标度因子，平抑距离和/或旋转角度。下面的例子是既没有标度也没有平移和旋转的情况。

```
user@mymachine:>tfilter tmerge2d
Starting /Fluent.Inc/tfilter2.5/ultra/tmerge2d/tfilter.2.0.16
Append 2D grid files.
tmerge2D Fluent Inc, Version 2.0.16
Enter name of grid file (ENTER to continue):my1.msh
x,y scaling factor, eg. 1 1          : 1 1
```

```

x,y translation, eg. 0 1          : 0 0
rotation angle (deg), eg. 45     : 0
Enter name of grid file (ENTER to continue):my2.msh
x,y scaling factor, eg. 1 1      : 1 1
x,y translation, eg. 0 1          : 0 0
rotation angle (deg), eg. 45     : 0
Enter name of grid file (ENTER to continue):<ENTER>
Enter name of output file        :final.msh
Reading...
  node zone: id 1, ib 1, ie 1677, typ 1
  node zone: id 2, ib 1678, ie 2169, typ 2
done.
Writing...
  492 nodes, id 1, ib 1678, ie 2169, type 2.
  1677 nodes, id 2, ib 1, ie 1677, type 1.
done.
Appending done.

```

在上面例子中，既没有标度也没有平移和旋转，你就可以简化为下面的步骤：

```
tfilter tmerge2d -cl -p my1.msh my2.msh final.msh
```

3. 将合并后的网格读入到解算器中。

对于一致网格，如果你不想要临近单元区域之间的边界，你可以使用 **Fuse Face Zones** 面板将重叠的边界合并。匹配面就会被移动到具有内部边界类型的区域。如果所有的表面所在的最初的区域被移到新的区域，最初的区域将会作废。

如果你计划是用滑动网格，或者在临近单元之间有非一致边界，你不应该合并重合的区域，你必须将重合区域的边界类型改为界面

非一致网格

在 FLUENT 中可能会遇到具有非一致边界的区域组成的网格。也就是说，两个字区域的交界处网格节点位置并不相同。FLUENT 处理这类网格的技巧和滑动网格模型的技巧相同，虽然这类网格并不滑动。

非一致网格计算

要计算非一致边界的流动，FLUENT 必须首先计算组成边界的界面区域的交叉点。交叉点产生了一个内部区域，在这个内部区域内，两个界面区域重叠(见 Figure 1)。如果一个界面区域超出了另一个界面区域(见 Figure 2)。FLUENT 将会在两个区域不重叠的地方创建一个或两个附加的壁面区域。

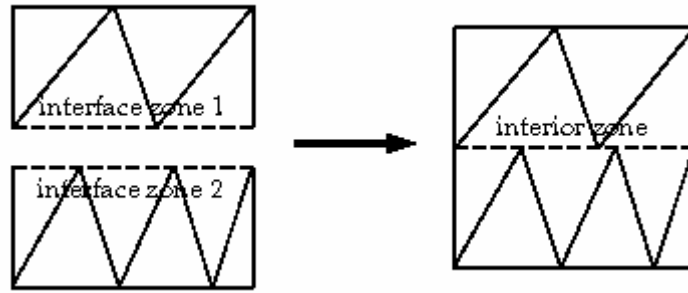


Figure 1: 完全重合网格界面交叉点

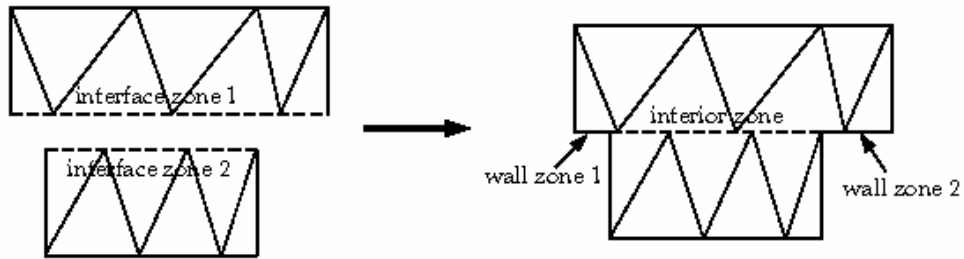


Figure 2: 部分重合网格界面交叉点

主要解决的方法在于，流过网格交接面的计算是使用两个界面区域交叉点的表面结果，而不是交界面区域表面。在 Figure 3 的例子中，界面区域由面 A-B、B-C、D-E 以 E-F 组成。这些区域的交界面产生了面 a-d、d-b、b-e 以及 e-c。产生在两个单元区域的重叠处的面(d-b, b-e, 以及 e-c)被分组形成一个内部区域，剩下的面(a-d)形成壁面区域。要计算通过界面流入到单元 IV 的话，面 D-E 就被忽略了，而面 d-b 和 b-e 被使用，它们分别将信息从单元 I 和 III 带入到单元 IV 中。

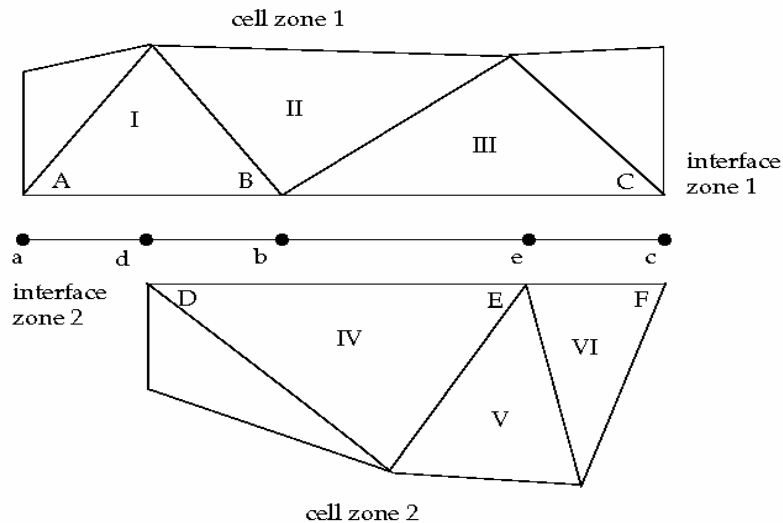


Figure 3: 二维非一致网格界面

非一致网格的所需条件与限制:

- 如果两个交界面的边界具有相同的几何形状，网格界面可以是任何外形（包括三维中的非平面表面）。如果网格中有尖锐的特征（比如 90 度的角），交界面的两边都应该遵从这一特征。
- 如果创建的是非一致边界分隔的区域组成的多重单元区域构成的网格，你必须保证每一

单元区域在非一致边界有清楚的界面。相邻单元区域的表面区域将会具有相同的位置和外形，但是其中一个会符合一个单元区域，另一个会符合另一个单元区域。(注意：此时也可能为每一个单元区域创建一个独立的网格文件，然后将它们合并。)

- 必须定位网格文件以便它在两边都有流体单元。在流体和固体区域的交界处不能够有非一致边界。
 - 在创建非一致界面之前，所有的周期性区域必须正确定向（平移或旋转）。
 - 对于三维问题，如果界面是周期性的，在相邻界面只能有一对周期性边界
- 使用非一致 FLUENT/UNS 和 RAMPANT 算例请参阅 FLUENT/UNS 或 RAMPANT 启动的相关内容。

在 FLUENT 中使用非一致网格

如果你的多重区域网格包括非一致边界，你必须遵循下面的步骤（首先要保证网格在 FLUENT 中可用）以保证 FLUENT 可以在你的网格上获取一个解。

1. 将已经合并后的网格读入 FLUENT。（如果还没合并请参阅有关网格合并的内容）。
2. 将网格读入之后，将组成非一致边界的承兑区域的类型改为界面。菜单为 Define/Boundary Conditions...。
3. 在网格界面面板中定义非一致网格界面(Figure 1)，菜单为 Define/Grid Interfaces...。

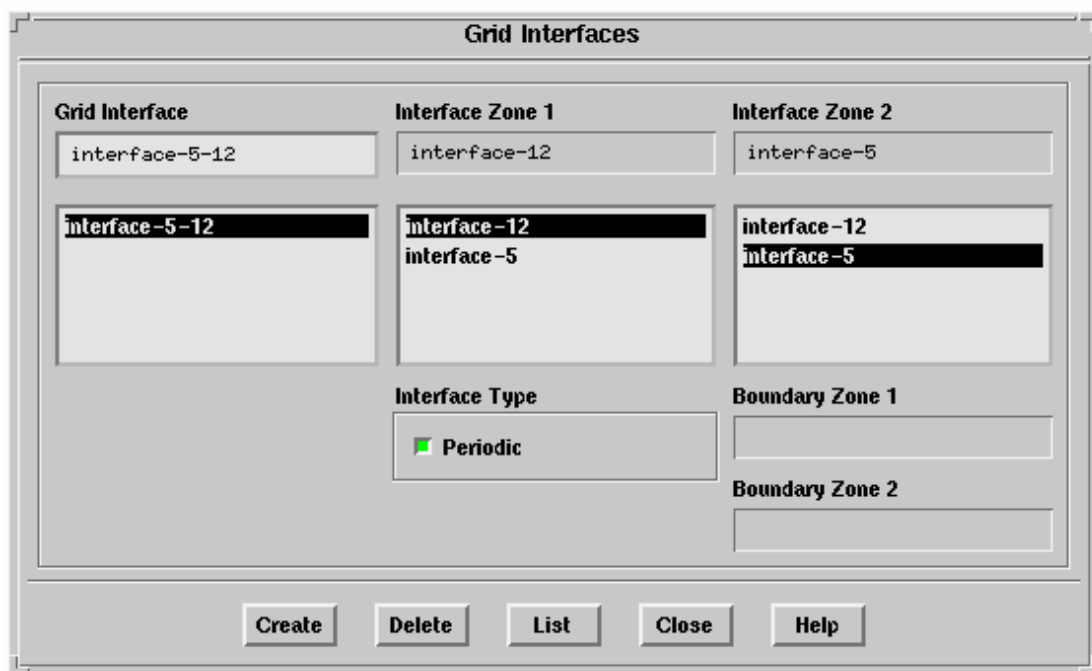


Figure 1: 网格界面面板

1. 在网格界面区域输入界面的名字。
2. 在界面区域的两个列表中制定组成网格界面的两个界面区域。注意：如果你的一个界面区域比另一个小，你应该把较小的界面指定为界面区域一以提高交界面计算的精度。
3. 对于周期性问题，点击界面类型选框以使其他类型无效。
4. 点击创建按钮来创建新的网格界面
5. 如果两个界面区域没有完全重合，检查边界的非重叠部分的边界区域类型。如果边界类型不对，你可以用边界条件改变它。如果你创建的网格界面不正确，可以选中然后删除它(此时界面创建所产生的任何边界区域都会被删除)。然后你可以像通常一样处理问题

的设定。

从 FLUENT/UNS 或者 RAMPANT Case 开始

具有非一致界面的 FLUENT/UNS 和 RAMPANT 可以不加任何变化的用于 FLUENT。然而你可能会想重新计算网格界面以利用 FLUENT 的优点提高交界面处的计算，此时你就不能简单的删除原来的网格界面然后重新计算，你必须使用 `define/grid-interfaces/recreatetext` 命令。选择这个命令之后，FLUENT 会在区域内重新创建所有网格界面，然后就可以像通常一样处理问题的设定。注意：如果你有非一致算例的 FLUENT/UNS 或者 RAMPANT data 文件你必须在使用创建命令之前将它读入。

检查网格

FLUENT 中的网格检查提供了区域扩展、体积统计、网格拓扑结构和周期性边界的信息，单一计算的确认以及关于 X 轴的节点位置的确认（对于轴对称算例）。菜单为：`Grid/Check`。注意：我们推荐读入解算器之后检查网格的正确性，以在设定问题之前检查任何网格错误。

网格检查信息

网格检查信息会出现在控制台窗口。下面是一个例子。

Grid Check

Domain Extents:

x-coordinate: min (m) = 0.000000e+00, max (m) = 6.400001e+01

y-coordinate: min (m) = -4.538534e+00, max (m) = 6.400000e+01

Volume statistics:

minimum volume (m3): 2.782193e-01

maximum volume (m3): 3.926232e+00

total volume (m3): 1.682930e+03

Face area statistics:

minimum face area (m2): 8.015718e-01

maximum face area (m2): 4.118252e+00

Checking number of nodes per cell.

Checking number of faces per cell.

Checking thread pointers.

Checking number of cells per face.

Checking face cells.

Checking face handedness.

Checking element type consistency.

Checking boundary types:

Checking face pairs.

Checking periodic boundaries.

Checking node count.

Checking nosolve cell count.

Checking nosolve face count.

Done.

区域范围列出了 X、Y 和 Z 坐标的最大值最小值，单位是米。体积统计包括单元体积的最大值、最小值以及总体积，单位是立方米。体积为负值表示一个或多个单元有不正确的连接。通常说来我们可以用 Iso-Value Adaption 确定负体积单元，并在图形窗口中察看它们。进行下一步之前这些负体积必须消除。

拓扑信息首先是每一单元的面和节点数。三角形单元应该有三个面和三个节点，四面体单元应该有四个面和四个节点，四边形单元应该有四个面和四个节点，六面体单元应该有六个面和八个节点。

下一步，每一区域的旋转方向将会被检测，区域应该包含所有的右手旋向的面。通常有负体积的网格都是左手旋项。在这些连通性问题没有解决之前是无法获得流动的解的。

最后的拓扑验证是单元类型的相容性。如果不存在混合单元（三角形和四边形或者四面体和六面体混合），FLUENT 会确定它不需要明了单元类型，这样做可以消除一些不必要的工作。

对于轴对称算例，在 x 轴下方的节点数将被列出。对于轴对称算例来说 x 轴下方是不需有节点的，这是因为轴对称单元的体积是通过旋转二维单元体积得到的，如果 x 轴下方有节点，就会出现负体积。

对于具有旋转周期性边界的解域，FLUENT 会计算周期角的最大值、最小值、平均值以及规定值。通常容易犯的错误是没有正确的指定角度。对于平移性周期边界，FLUENT 会检测边界信息以保证边界确实是周期性的。

最后，证实单一计算。FLUENT 会降解算器所建构的节点、面和单元的数量与网格文件的相应声明相比较。任何不符都会被报告出来。

网格统计报告

网格读入到 FLUENT 中之后有几种方法报告它的信息，你可以报告当前问题的内存使用信息，网格的尺寸，网格分割的统计也可以报告一个区域接一个区域的单元和表面的统计数据。

网格尺寸

点击菜单 Grid/Info/Size 你可以输出节点数、表面数、单元数以及网格的分区数。网格的分区是并行处理所需要的功能。

下面是一个输出的结果

Grid Information

Level	Cells	Faces	Nodes	Partitions
0	48	82	35	1

如果你对于不同区域内有多少节点和表面被分开有兴趣，请点击菜单 Grid/Info/Zones

如果你用的是耦合显式解，将会在每个网格层面的信息。网格层面的信息源于 FAS 多重网格加速方法所产生的粗糙网格层面。下面是一个输出结果：

Grid Information

Level	Cells	Faces	Nodes	Partitions
0	48	82	35	1
1	18	52	0	1
2	7	37	0	1

3	3	27	0	1
4	1	20	0	1

内存使用

在计算进程中你可能想要知道内存的使用和分配情况，FLUENT 可以报告下面的信息：节点数、表面数、边缘数以及目标指示器（各种网格和图形效用的指示器）所使用 and 分配的内存，阵列内存（表面所使用的高速暂存存储器）数量的分配和使用以及解处理时所用的内存。菜单：**Grid/Info/Memory Usage**。

UNIX 和 Windows NT 系统的内存信息是不同的

UNIX 系统：

- 处理器静态内存本质上是代码本身的大小
- 处理器动态内存用于存储网格变量和解变量的分配 heap 内存。
- 处理器总内存是静态内存和动态内存之和。

Windows NT 系统

- 处理器物理内存是当前贮存在 RAM 中的 heap 内存
- 处理器虚拟内存是当前与 Windows NT 系统页面交换的 heap 内存
- 处理器总内存是物理内存和虚拟内存之和。

注意：

- 内存信息不包括静态（代码）信息
- 在一系列版本的 FLUENT 中，heap 内存值包括解算器（网格和解变量）的存储以及程序外壳（图形用户界面，和图形内存）的存储，这是因为程序外壳和解算器在同一过程中。
- 在并行版本中，外壳运行自己的过程，所以 heap 内存值只包括网格和解变量的存储。

在 Windows NT 系统中，你可以在 FLUENT 运行过程中通过任务管理器获取更多的信息。在一系列版本中内存进程的名字好像是 fl542s.exe。对于并行版本内存进程的名字分别为：cx332.exe (外壳)，fl542.exe (解算器主机)和 fl_smpi542.exe (一个解算器节点)。

网格区域信息

点击菜单 **Grid/Info/Zones** 你可以在控制台窗口输出每一区域的节点、表面和单元的信息。网格区域信息包括节点总数，以及对于每一个表面和单元区域来说的表面和单元数、单元的类型，边界条件类型，区域标志等。下面是一个网格区域信息的例子：

Zone sizes:

```
21280 hexahedral cells, zone 4.
  532 quadrilateral velocity-inlet faces, zone 1.
  532 quadrilateral pressure-outlet faces, zone 2.
 1040 quadrilateral symmetry faces, zone 3.
 1040 quadrilateral symmetry faces, zone 7.
61708 quadrilateral interior faces, zone 5.
 1120 quadrilateral wall faces, zone 6.
23493 nodes.
```

划分 (Partition) 统计

获取划分统计的信息请点击菜单 **Grid/Info/Partitions menu item.**

统计包括单元数，表面数，界面数和与每一划分相邻的划分数。注意我们也可以在划分网格面板点击输出划分按钮生成这个报告。

修改网格

网格被读入之后有几种方法可以修改它。你可以标度和平移网格，可以合并和分离区域，创建或切开周期性边界。除此之外，你可以在区域内记录单元以减少带宽。还可以对网格进行光滑和交换处理。并行处理时还可以分割网格。

注意：不论你何时修改网格，你都应该保存一个新的 case 文件和数据文件（如果有的话）。如果你还想读入旧的 data 文件，也要把旧的 case 保留，因为旧的数据无法在新的 case 中使用。

标度网格

FLUENT 内部存储网格的单位是米——长度的国际单位。网格读入时她回假定网格的长度单位是米，如果你创建网格使用的是其它长度单位，你必须将网格的标度改为米。具体内容可以参阅单位系统一章。

标度也可以用于改变网格的物理尺寸，虽然这不是单位系统设计的初衷，但是，我们的确可以适当的单位系统来改变网格的尺寸，具体的方法，相信每一个聪明人都猜得到了吧。注意：无论你打算以何种方式标度网格，你必须在初始化流场或开始计算之前完成网格的标度。在你标度网格时，任何数据都会无效。点击菜单 **Grid /Scale...**，出现下面的面板：



Figure 1:标度网格面板

使用标度网格面板步骤如下：

1. 在下拉列表中，选择适当的在被创建网格中的厘米、毫米、英寸和英尺的缩写来标明单位。标度因子会自动被设为正确值（比如 0.0254 米/英寸或者 0.3048 米/英尺）如果你

所用的单位不再列表中，你可以手动自己输入标度因子（比如米/码的因子）。

2. 点击 **Scale** 按钮。区域范围会被自动更新并以单位米输出正确的范围。如果还是宁愿在 **FLUENT** 进程中使用最初的单位，你可以标度网格面板改变单位
3. 正如第二步中使用网格标度面板所提到的，当你不改变单位标度网格，你只是转换网格点的最初尺寸，转换方法就是网格坐标乘以转换因子。如果你想要在最初的单位下工作而不将单位改为米，你可以在设定单位面板中点击改变长度单位按钮。点击按钮之后区域范围就会被更新以表明最初单位的范围。这一单位在将来输入的时候将一直使用！

如果你使用了错误的标度因子，偶然点击了标度按钮两次或者就是想重新标度，你可以点击 **UnScale** 按钮。"Unscaling"用标度因子去除所有的节点坐标。（在创建的网格中选择 **m** 并且点击 **Scale** 按钮将不会重新标度网格。）

你也可以使用网格标度面板改变网格的物理尺寸。例如，你的网格是 5 英寸×8 英寸，你可以设定标度因子为 2 得到 10 英寸×16 英寸的网格。

平移网格

你可以指定节点的笛卡尔坐标的偏移量来平移网格。如果网格是通过旋转得到的而不是经过原来的网格得到的，这将对旋转问题很必要。对于轴对称问题，如果网格的设定是由旋转设定而与 x 轴不一致那么这对旋转问题也很必要。如果你想将网格移到特定的点处（如平板的边缘）来画一个距 x 轴有一定距离的 XY 图。

点击菜单 **Grid/Translate** 弹出平移网格面板（下图）可以平移网格：

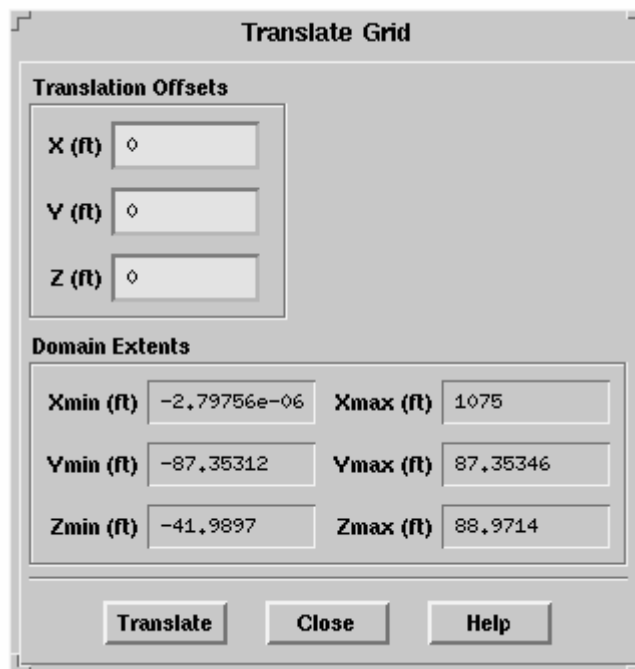


Figure 1: 平移网格面板

使用平移网格面板平移网格步骤如下：

1. 输入偏移量（可以是正负实数）
2. 点击平移按钮，下面的区域范围不可以在这个面板中改变。

合并区域

为了简化解的过程你可能会将区域合并为一个区域。合并区域包括将具有相似类型的多重区

域合并为一个。将相似的区域合并之后，会使设定边界条件以及后处理会变得简单。点击菜单 **Grid/Merge...**弹出合并网格面板如下：

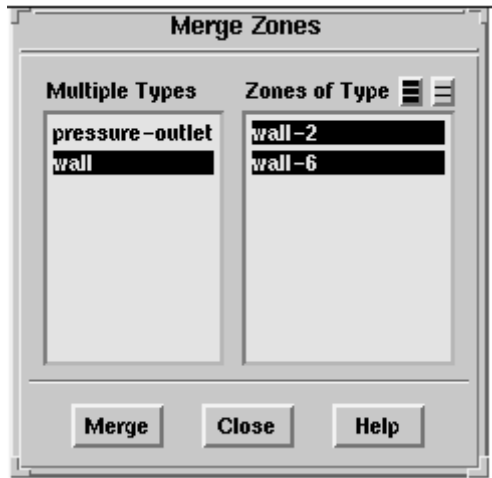


Figure 1: 合并区域面板

什么时候合并区域

FLUENT 允许你将相似类型的区域合并为一个。除非区域的数量已经限制了设置的速度以及数值分析的后处理，否则区域合并是不必要的。例如：对于大量的区域设定相同的边界条件会消耗很多时间而且会消除不相容性。除此之外，数据后处理通常包括使用区域生成表面的过程，大量的区域被转换成大量的表面，每一个表面都需要设定各种类型的选项，如颜色等值线，这会消耗大量的时间。幸好现在我们可以将表面合并从而尽量减小太多区域造成的负面影响的而高后处理过程的效率。

虽然合并区域很有用但是有些情况下你就是需要保持大量的区域。这是因为合并区域的过程是不可逆的，大量的区域使得强制（imposing）边界条件的设定更灵活。虽让大量的区域会使得表面的选择单调乏味，但是在表现网格和流场解的时候有更多的选择。例如，产生内部流场解可能很难，如果外部流域是由几个区域组成，这些区域的网格的相关子集可以随着解一起画出来以提供几何外形和解域的相关性。

使用合并区域面板将相同类型的区域合并为一个的步骤如下：

1. 在多重区域列表选择区域类型。这一列表中包多重区域的所有类型。当你选择区域类型之后，相应的区域就会在区域列表中出现。
2. 在区域列表中选择选择两个以上的区域
3. 点击合并按钮，合并所选区域

注意：一定要记住保存新的 case 文件和数据文件（如果数据文件存在）

分割区域

FLUENT 中有几种方法来将单一表面或者单元区域分为多个同一类型的单元。如果你想将一个区域分为几个更小的区域你就可以使用这个功能。例如：对管道创建网格时，你创建了一个壁面区域，而这些壁面区域在不同的位置有不同的温度，你就需要将这个壁面区域分为两个以上的小区域。如果你想用滑动网格模型或多重参考坐标来解决问题，但是你忘记了为具有不同滑动速度的流体区域创建不同的区域，你就需要将这个区域分割。

注意：在任何分割处理之后你都应该保存一个新的 case 文件。如果数据文件存在当分割开始时它们会自动分配到适当的区域，所以你要保存新的数据文件

表面区域有四种分割方法,单元区域有两种分割方法。下面先介绍表面区域的分割方法,然后是单元分割工具的介绍。周期区域的裁剪将在后面介绍。注意:所有的分割方法在你决定分割之前都可以报告分割的结果。

分割表面区域

对于有尖角的几何区域,在具有明显角度的基础上我们很容易分割表面区域。由角度大于或等于特定角度的具有法向矢量的表面会和小于特定角度的表面分为不同的区域。例如,你有一个由立方体组成的网格,立方体的所有六个边都在同一壁面区域,你可以指定特征角为 89 度。因为每一立方体的边的法向矢量由相边的法向 90 度分开,六个边会被分别放在六个壁面区域。如果你有一个小的表面区域,并且想将区域内的每一个表面放到它自己的区域,你就可以在表面的基础上通过分割表面实现。

你也可以在保存在适应寄存器中的标号分割表面区域。比如:你可以在单元所在区域位置(区域适应)的基础上为了适应而标记单元,或者在它们狭窄的边界(边界适应)或者在一些变量等值线或者在其它的适应方法的基础上标记单元(有关适应的内容请参阅相关章节)。当你指定了表面区域分割的寄存器,所有的被标记的单元表面将会放到同一个新区域。(关于你所要使用的寄存器的 ID,你可以使用管理寄存器面板来确定)

最后,你可以在连续性区域的基础上分割表面区域。例如:当你使用耦合边界条件,你需要区域内的表面有一致的方向。一致的方向只能在连续性区域保证,所以你需要将表面区域分开以保证指定适当的边界条件。使用角度、表面、适应标志或者区域来分割表面区域,请使用分割表面面板(Figure 1)。点击菜单 Grid/Separate/Faces...有如下面板:

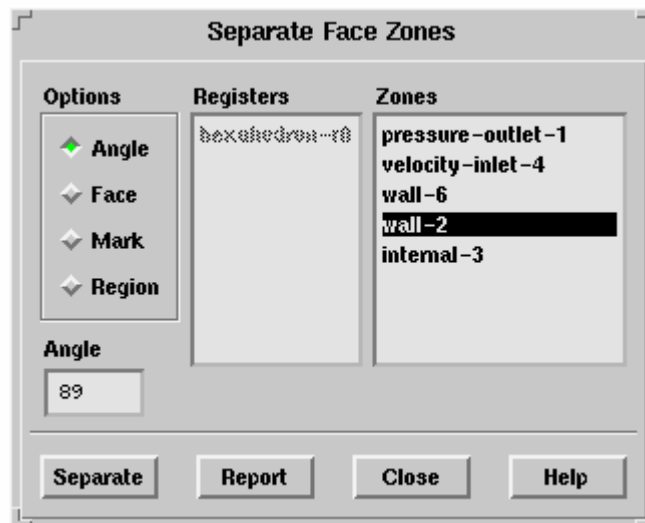


Figure 1:分离表面区域面板

注意:你应该在使用悬挂节点适应方法(默认)进行任何适应之前,先分割表面区域。包含悬挂节点的区域不能分割。

分离表面区域的步骤:

1. 选择分离方法(Angle, Face, Mark, 或者 Region)
2. 在区域列表中选择要分离的区域
3. 如果你用表面或者区域分割请跳到下一步,否则请遵照下面的步骤
 - 如果要用角度分割表面,请在角度集合中指定特征角。

- 如果你用标记分割表面，选择在寄存器列表中选择所要使用的适应寄存器。
4. （此步可选）在分割之前要检查分割结果请点击 **Report** 按钮，出现与下面类似的内容：


```
Zone not separated.
45 faces in contiguous region 0
30 faces in contiguous region 1
11 faces in contiguous region 2
14 faces in contiguous region 3
Separates zone 4 into 4 zone(s).
```
 5. 分离表面区域，请点击 **Separate** 按钮，FLUENT 会输出下列信息：


```
45 faces in contiguous region 0
30 faces in contiguous region 1
11 faces in contiguous region 2
14 faces in contiguous region 3
Separates zone 4 into 4 zone(s).
Updating zone information ...
  created zone wall-4:001
  created zone wall-4:002
  created zone wall-4:010
done.
```

当你使用适应标志分割网格时，你有时可能会发现表面的网格单元会放在错误的表面区域，你可以用附加的分割方法在角度的基础上解决该问题而将错误的单元放进新的区域。然后你可以将新区域和所要放的区域结合起来。

分割单元区域

如果你有两个及其以上共用内部边界的被包围的单元区域（如下图），但是所有的单元被包含在一个单元区域，你可以用区域分割方法将单元分割为不同的区域。注意，如果共用边界的类型是内部类型，你必须在分割之前把它们改为双边表面区域类型。

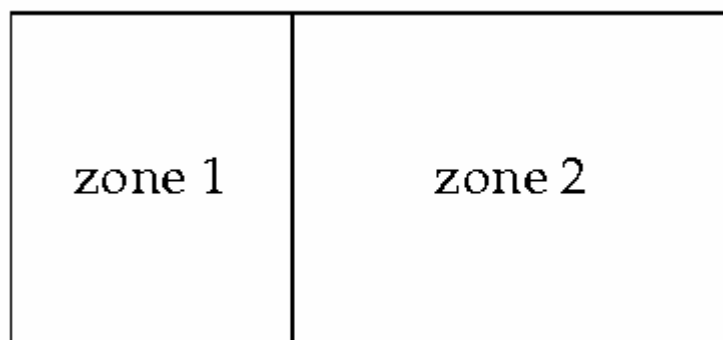


Figure 1: 在区域的基础上分割单元区域

你也可以用适应寄存器中的标志分割单元区域。你可以使用网格适应一章的任何一种适应方法标记单元。当你指定了分割单元区域的寄存器之后，被标记的单元会放在新的单元区域（使用管理寄存器面板确定你所要使用的寄存器的 ID）。要在区域或适应标志的基础上分割单元区域，请点击菜单：**Grid/Separate/Cells..**弹出如下面板：

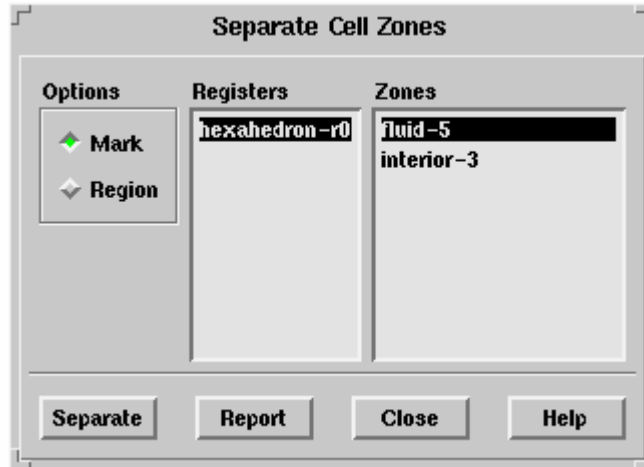


Figure 2: 分割单元区域面板

注意：你应该在使用悬挂节点适应方法（默认）进行任何适应之前，先分割表面区域。包含悬挂节点的区域不能分割。

分离表面区域的步骤：

1. 选择分离方法(Mark 或者 Region)
2. 在区域列表中选择要分离的区域
3. 如果你用标志分割区域，在寄存器列表中选择适应寄存器。
4. 此步可选) 在分割之前要检查分割结果请点击 Report 按钮，出现与下面类似的内容：

Zone not separated.

Separates zone 14 into two zones, with 1275 and 32 cells.

5. 分离表面区域，请点击 Separate 按钮，FLUENT 会输出下列信息：

Separates zone 14 into two zones, with 1275 and 32 cells.

No faces marked on thread, 2

No faces marked on thread, 3

No faces marked on thread, 1

No faces marked on thread, 5

No faces marked on thread, 7

No faces marked on thread, 8

No faces marked on thread, 9

No faces marked on thread, 61

Separates zone 62 into two zones, with 1763 and 58 faces.

All faces marked on thread, 4

No faces marked on thread, 66

Moved 20 faces from face zone 4 to zone 6

Updating zone information ...

Moved 32 cells from cell zone 14 to zone 10

created zone interior-4

created zone interior-6

created zone fluid-14:010

done.

如上例所示，单元区域的分离通常也会表面区域的分割。如果你用标志分割，被移到新区域的表面单元将会放在新的表面区域。当你用区域分割时，被移到新区域的表面单元将不必被放在新的表面区域。如果任何表面被放错，请参阅分割表面区域一节。

创建周期区域

如果两个区域有相同的节点和表面分布，你可以将这对表面区域耦合来为网格分配周期性。在前处理过程中，你必须保证所要分配周期性边界的两个区域具有相同的几何图形和节点分布，也即它们是相互的复制。这是在解算器中创建网格周期性区域的唯一需要，两个区域的最初边界类型是不相关的。

注意：在创建和裁剪周期性边界条件之后，保存新的 case 文件（如果有数据文件也要保存）。要匹配一对边界条件，请使用如下创建周期性文本命令：**Grid/modify-zones/make-periodic**。你需要指定组成匹配的成对边界条件的两个表面区域（你可以输入它们的全名或仅仅是他们的 ID，并指出它们是旋转性还是平移性边界条件。你指定周期性区域和该周期的匹配域（shadow）的顺序并不重要。

```
/grid/modify-zones> mp
Periodic zone [()] 1
Shadow zone [()] 4
Rotational periodic? (if no, translational) [yes] n
Create periodic zones? [yes] yes
  computed translation deltas: -2.000000 -2.000000
  all 10 faces matched for zones 1 and 4.
  zone 4 deleted
```

Created periodic zones.

当你创建周期性边界时，解算器会检查所选区域内的表面是否匹配（也就是说相应表面的节点是否一致）。表面匹配的公差是表面边缘最小长度的分数倍。如果周期性边界条件创建失败，你可以用 **matching-tolerance** 命令改变匹配公差，但是匹配公差不可以超过 0.5，否则周期性区域匹配将不正确，并且会破坏网格。菜单：**Grid/modify-zones/matching-tolerance**。

剪裁（slit）周期性区域

如果你想将周期性成对区域解耦你可以使用剪裁周期性命令：**Grid/modify-zones/slit-periodic**。然后你指定周期性区域的名字或者 ID，解算器就会将两个区域解耦，然后将它们改为两个对称性区域。

```
/grid/modify-zones> sp
periodic zone [()] periodic-1
Separated periodic zone.
```

熔合（Fusing）表面区域

在组合多重网格区域之后，表面熔合是一个很方便的功能，它可以将边界熔合将节点和表面合并。当区域被分为子区域，并且每一个子区域分别产生网格时，你需要在将网格读入解算器之前，把子区域结合为一个文件。（详细内容请参阅多重网格文件一节。比如说：在你产生多块网格的每一块并且将它们分别保存在不同的网格文件中，或者在网格生成过程中，为复杂几何图形的每一部分保存一个网格文件（注意：在子区域接触的位置，网格节点的位置在边界处不必相同，具体内容请参阅非一致网格一节），就需要熔合表面区域。点击

菜单 Grid/Fuse...弹出下面面板，允许你将双重节点合并，并将人工内部边界删除。

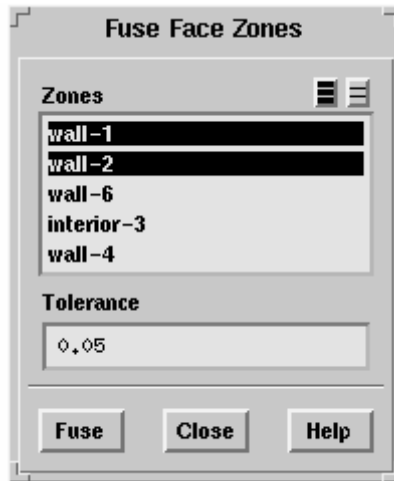


Figure 1: 熔合表面区域面板

如读入多重网格文件一节所叙述的，当网格文件被合并起来时，双重节点所在的边界被分配给区域 ID 号（就像任何其它边界一样）。你需要在 tmerge 或者 TGrid 报告过程中明了区域的 ID 号，或者当全部的网格被读入之后，显示所有边界网格区域并用鼠标指针按钮确定边界的名字（详细内容请参阅关于鼠标按钮函数信息控制的鼠标按钮函数）。

熔合表面区域所需要输入的东西

熔合表面区域的步骤如下：

1. 在区域列表中选择要熔合的区域。
2. 点击 Fuse 按钮熔合所选区域。

如果使用默认公差没有熔合所有适当的表面，你应该增加公差尝试重新熔合。（这一公差和创建周期性区域所讨论的匹配公差一致）。公差不应该超过 0.5，或者你可能熔合了错误的节点。千万要记住熔合表面之后保存新文件!!!

结构网格生成器或解算器读入的网格通常只能是具有凹角分支切口的 O 型或者 C 型网格，在这个切口上一致的双重节点在一个周期性边界。因为 FLUENT 使用非结构网格，所以不必保留人工内部边界。（当然你可以保持周期性边界，解算器就会使用周期性边界条件来解决问题）。

要让周期性区域自己熔合，你必须首先裁剪边界区域。这将会创建可以融合的对称性区域。注意：如果你需要熔合非周期性区域的部分和它自己，你必须使用文本命令：`fuse-face-zones`，菜单：`Grid/modify-zones/fuse-face-zones`。这一命令会提示你确定所要熔合区域的名字或者 ID（你需要输入同一区域两次）。改变节点公差请使用匹配公差（`matching-tolerance`）命令。

剪开表面区域

剪开表面区域功能有两种用途：

- 你可以将任何双边类型的单一边界区域剪开为两个不同的区域。
- 你可以将耦合壁面区域剪开为两个不同的非耦合壁面区域

当你剪开表面区域，解算器会将除了在区域的二维端点或三维边缘节点以外的所有的表面和节点复制。一组节点和表面将会属于剪开之后的一个边界区域，其它的在另一个区域。

每一个端点的共享节点的唯一坏的影响就是，当你用裁剪边界图形化显示数据解时，你会在那些点处看到一些错误。（注意：如果你裁剪完边界之后，你将不能再将边界熔合。）

一般说来，你不必手动剪彩表面区域。说边避免会被自动裁剪党仍然保持耦合（这一耦合只涉及网格，不涉及热耦合）。适应过程将这些周期性边界看成耦合壁面；在一个壁面的适应导致了在 shadow 处的相同适应。如果你想要独立于壁面的 shadow 适应一个壁面，你应该裁剪耦合壁面来获得两个不同的壁面。

你不可以混淆剪开表面"slitting"和分割表面"separating"命令。剪开表面是指，剪开表面后附加的表面和节点被创建并放到新的区域。分离表面是指新的区域将会被创建，新的节点和表面不会被创建，原表面和节点简单的重新分配到区域中。

剪开表面区域所需要输入的内容

要剪开表面使用下面命令：**Grid/modify-zones/slit-face-zone**。指定表面区域的名字或 ID，解算器会用两个区域替换原区域。

```
/grid/modify-zones> slfz  
face zone id/name [] wall-4  
zone 4 deleted  
face zone 4 created  
face zone 10 created
```

千万要记住：剪开表面后记住保存新文件，case 和 data 文件不管有哪个都要保存。

记录流域（Domain）和区域（Zones）

记录区域可以通过重新排列内存的节点、表面以及单元提高解算器的计算性能。**Grid/Reorder** 包含重新记录 domain 和 zones 的命令，并且能够输出目前网格划分的带宽。Domain 的记录可以提高内存的读写效率，并且可以为用户界面很方便的记录区域。带宽提供了察看内存中的单元分布。

记录区域菜单：**Grid/Reorder/Domain**

最后，你选择输出带宽菜单，输出目前网格的划分。这一命令输出每一网格划分的半带宽和最大的存储距离。菜单：**Grid/Reorder/Print Bandwidth**。每次做这些操作时，一定要记住保存新的文件！

关于记录

反 Cuthill-McKee 算法被用于记录过程，来创建区域内种子单元（seed cell）的层次树。首先使用 Gibbs, Poole,和 Stockmeyer[57]算法选择一个单元（被称为种子单元）。然后每一单元根据它距种子单元的距离被分配给一定的层次。这些层次被分配组成层次树。一般说来，表面和单元被记录以便于邻近单元在区域和内存之中是相互靠近的。因为大多数计算循环是在表面上的，所以希望你高速缓存中的两个单元在同一时刻，以减少缓存或者磁盘扫描的时间，也就是说，你希望在内存中的单元相互靠近以减少内存存取的时间。目前的格式记录了区域内的表面和单元以及内存中的节点、表面和单元。

你也可以选择记录这些区域，记录的区域首先是区域类型然后是区域的 ID。使用用户界面可以很方便地实现区域记录。

使用区域记录的典型输出如下：

```
>> Reordering domain: zones, cells, faces, done.
```

```
Bandwidth reduction = 809/21 = 38.52
```

```
Done.
```

如果你想察看带宽，可以看到如下报告：

```
Maximum cell distance = 21
```

带宽是相邻单元的最大差值，也就是说，在区域列表中的每一单元顺次标号，并比较这些索引的差别。

并行处理的网格分割

如果你打算使用 FLUENT 的并行解算器，你应该将网格划分或者再细分为成组的单元，以便于它们可以在并行处理器上得到解决（见 Figure 1）。划分可以采用 FLUENT 的一系列版本，也可以采用划分转换器。划分网格之后，请保存 case 文件并将它们读入到并行解算器中。一个被划分的网格可以被用于系列解算器中而不会丧失任何性能。如果你的主机工作站有足够的内存，你可以用划分转换器将网格直接读入到 FLUENT 中。然而如果你的网格太大而不能读入到系列解算器中也不能读入到划分转换器中，或者你不想自己划分网格，你可以将未划分的网格直接读入的并行解算器中，解算器会自动使用"Cartesian Strip"方法对它进行划分（这种方法没有前述两种方法好）。

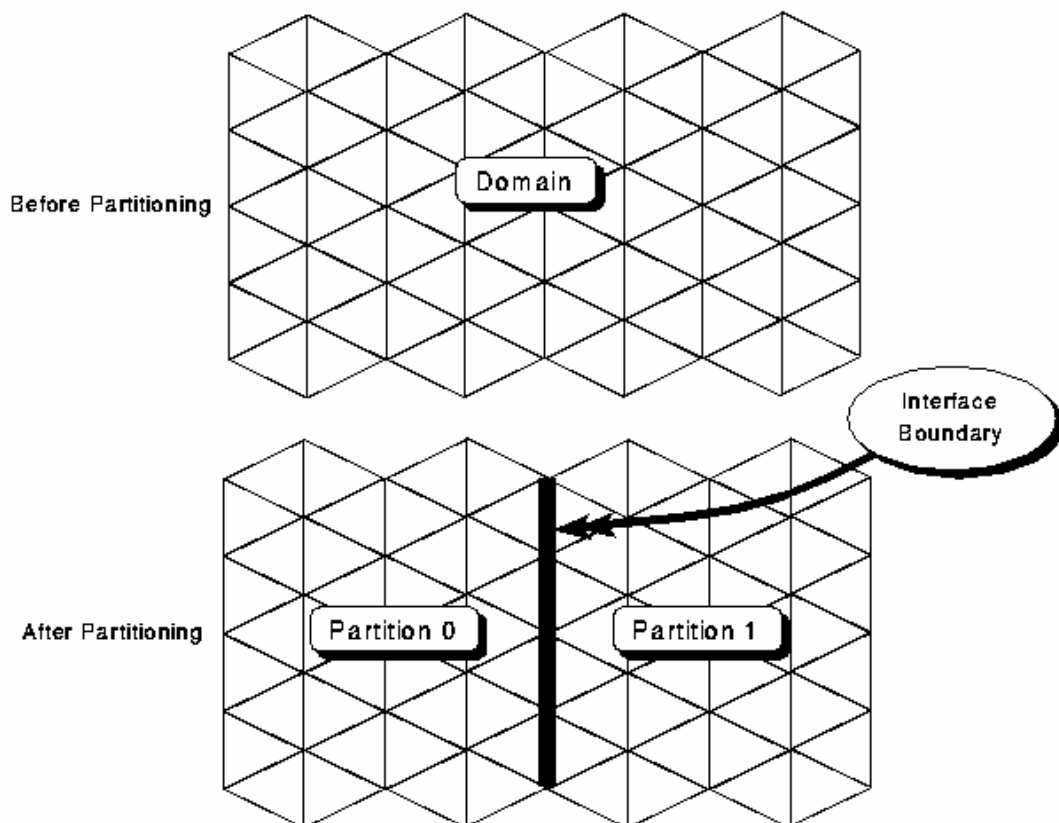


Figure 1: 划分网格

网格划分方法

并行处理的网格划分有三个目的

- 用等量单元创建划分

- 最小化划分界面的数量，也就是减少划分边界表面的面积
- 最小化相邻划分的数量。

平衡划分（使单元数量相等）保证每个处理器的负载相等，并保证各个划分在同一时间进行信息传递。因为划分之间的信息传递是相对耗时的过程，最小化界面的数量可以减少数据交换的时间。最小化划分邻域的数量可以减少网络和路由的竞争机会。除此之外，在初始信息传递的花费比更长信息的传递的花费更多的机器上，最小化划分邻域是十分重要的，尤其是对于网络连接的工作站来说。

FLUENT 中的划分格式是使用对分算法来创建划分的，但是不像其它的划分格式需要划分因子为二，这一格式对划分的数量没有限制。对于每一个处理器来说，你要创建相同数量的划分（也就是说划分的数量应该是处理器数量的整数倍）

对分（Bisection）方法

网格划分采用对分算法。所选算法首先用于父区域的划分，然后再用于子区域的划分。比如说：要将网格划分为四个部分，首先对分为相等的两个部分，然后再将这两个相等的部分分别对分为两个更小的子部分。如果要划分三部分的话，首先将网格划分为三分之一为一部分，三分之二为另一部分，然后再将三分之二的部分对分为两个部分。

网格划分可以用下面的列出的任何一种方法。至于最为有效的方法视具体问题而定，所以你可以试用不同的方法，直到找出最好的方法为止。详细内容请看：推荐划分策略的网格划分指导方针。

笛卡尔轴：在单元的笛卡尔坐标的基础上对分区域(见 Figure 1)。它用垂直于坐标轴的最长的区域范围来对分区域和子区域。通常被称为坐标对分

笛卡尔带：使用笛卡尔坐标对分，但是所有的对分线都限制在父区域的最长对分线方向。这种方法通常可以最小化对分邻域的数量

笛卡尔 X-, Y-, Z 坐标：在单元的笛卡尔坐标的基础上对分区域，但是它的父区域和子区域的对分线都垂直于特定的坐标方向(见 Figure 2.)。

笛卡尔 R 轴：对分的基础为单元中心到产生最小界面尺寸的距离的坐标轴的最短射线距离。这种方法只在三维网格中使用。

笛卡尔 RX-, RY-, RZ 坐标：对分的基础为单元中心到选定坐标轴的最短射线距离。

圆柱坐标：对分的基础为单元的柱坐标系,这种方法只在三维网格中使用。

圆柱 R-, Theta-, Z-坐标：对分的基础为选定的柱坐标系,这种方法只在三维网格中使用。

主轴：对分的基础为平行于主轴的坐标框架(见 Figure 3)。如果主轴平行于笛卡尔坐标轴，该方法就被简化为笛卡尔轴划分，这一算法也通常被称为动量、惯量或者惯量的动量划分。该方法是 FLUENT 默认的划分方法。

主带：使用动量划分，但限制在父区域最长的延长线的主轴方向(见 Figure 4)。通常用这种方法最小化划分邻域的数量。

主 X-, Y-, Z-坐标：划分的基础在于选定的主轴(见 Figure 4)。

极轴：划分的基础在于单元的极轴，这种方法只用于二维网格的划分。

极 R-轴、极 Theta-轴：划分的基础在于所选的极轴，只用于二维情况(见 Figure 5)。

球轴：划分是基于单元的球坐标系，只用于三维情况

球 Rho-, Theta-, Phi-坐标：划分基于所选的球坐标。只用于三维情况。

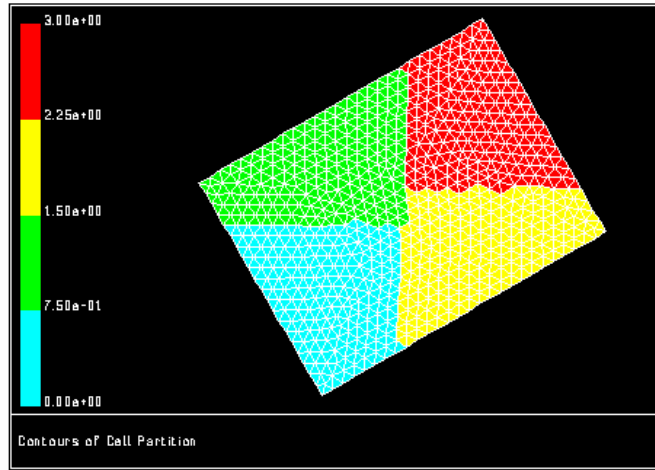


Figure 1: 笛卡尔轴方法

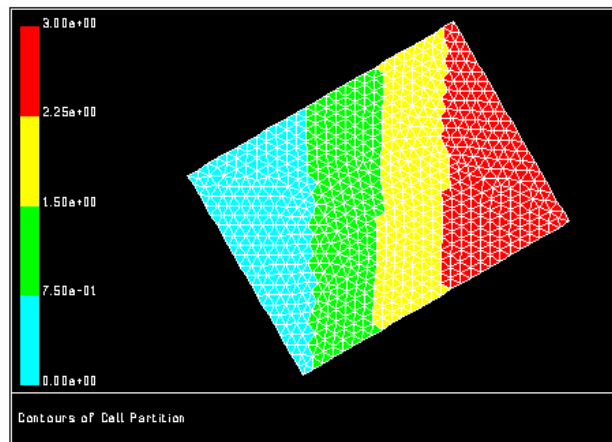


Figure 2: 笛卡尔带或者笛卡尔 X-坐标方法

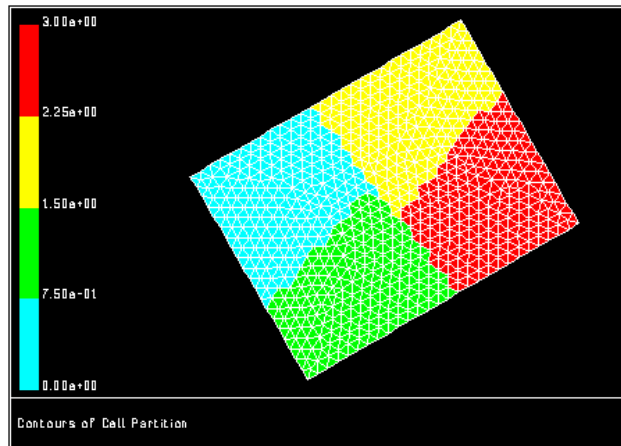


Figure 3: 主轴方法

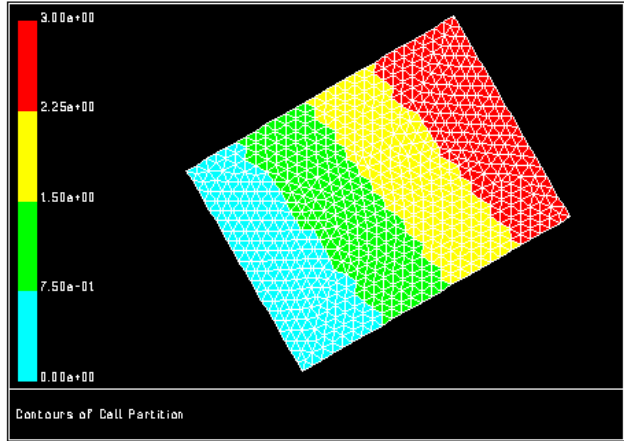


Figure 4:主带或者主 X-坐标方法

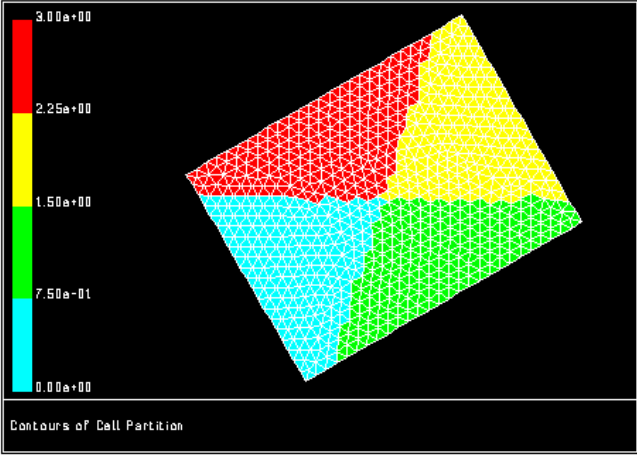


Figure 5:急轴或者极 Theta-坐标方法

最优化

附加的最优化可以提高网格划分的质量。垂直于区域最长宽度的划分未必是产生最小界面边界的方法。“预先测试 (pre-testing)” 操作(见预先测试一节)可以用于划分之前自动选择最优方向。除此之外还有下面的反复迭代最优化方法：

光滑：通过交换划分之间单元来最小化划分界面的数量。这一格式详细研究了划分边界，而且如果界面边界表面减少，它会将单元给相邻的划分。(见 Figure 1)

合并：尝试消除每一划分的孤立丛。孤立丛是指这样一组单元，它们组内的每一个单元至少有一个表面与界面边界一致(见 Figure 2.)。孤立丛会降低多重网格的性能，并导致大量的信息交流而花费时间。

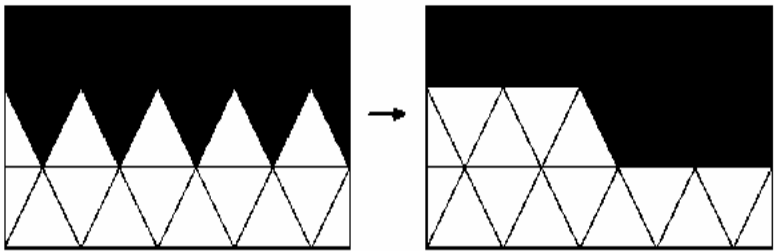


Figure 1: 光滑最优化方法

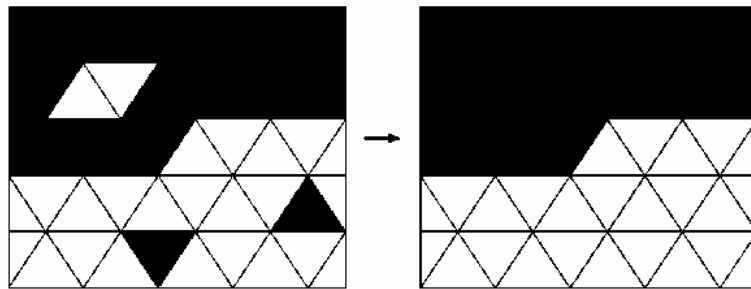


Figure 2: 合并最优化方法

一般说来，光滑和合并是相对耗费时间的最优化工具。

预先测试 (Pretesting)

如果你选择主轴方法或者笛卡尔坐标方法，你可以提前检测不同对分方法来提高对分的性能，默认是不选择预先测试，此时 FLUENT 在垂直区域最长范围方向进行对分。

如果使用提前预测，当你在划分网格面板点击划分按钮时自动执行提前预测。对分算法，会检测所有的坐标方向并选择产生最少对分界面的算法为最后的对分算法。注意：使用提前预测会增加对分所需的时间，对于二维问题会花费二倍的时间，对于三维问题会花费四倍的时间。

在区域和寄存器中划分

将对分限制在单元区域或者寄存器可以使你灵活的在流域的子区域中应用不同的划分方法。例如：对于连接矩形管道的圆柱形通风系统，你可以用柱坐标轴方法划分圆柱形通风系统，用笛卡尔坐标轴方法划分矩形管道。如果圆柱形和矩形在两个不同的单元区域，你可以选择一个区域执行所需要的划分。如果它们在同一个单元区域，你可以用适应方法中标记单元的函数为每一个区域创建一个单元寄存器（基本上是一个单元列表）。这些寄存器允许你在物理位置，单元体积，特定变量的梯度或等值线等参数的基础上标记单元。关于为适应标记单元的信息请参阅网格适应一章。管理适应寄存器提供了操作不同寄存器创建新寄存器的信息。一旦你创建了新的寄存器你就可以用它来进行网格划分了。

划分网格的指导方针

下面是划分网格的推荐步骤：

1. 用默认的划分方法（主轴划分）并最优化（光滑）。
2. 在解释划分统计中检查划分统计。你的目标是在保持平衡负载（单元变化）时实现界面比率变化和全局界面比率的最小值。如果统计不可接受可以选择其它的划分方法。
3. 如果对于你的问题已经选择了最好的对分方法，你就可以选择是否打开提前预测功能来进一步提高。
4. 如果需要的话，你也可以选择合并最优化方法提高划分的性能。

使用网格划分面板

对于网格划分，你可以选择创建网格划分的对分方法，设定划分数，选择区域和/或寄存器以及选择所要使用的最优化方法。有些方法，你可以执行提前预测功能保证尽可能好的划分。当你在网格划分面板中设定了所有参数，点击划分按钮将网格按照所选的方法和设定进行再细分。点击菜单 **Grid/Partition...**，弹出下面对话框：

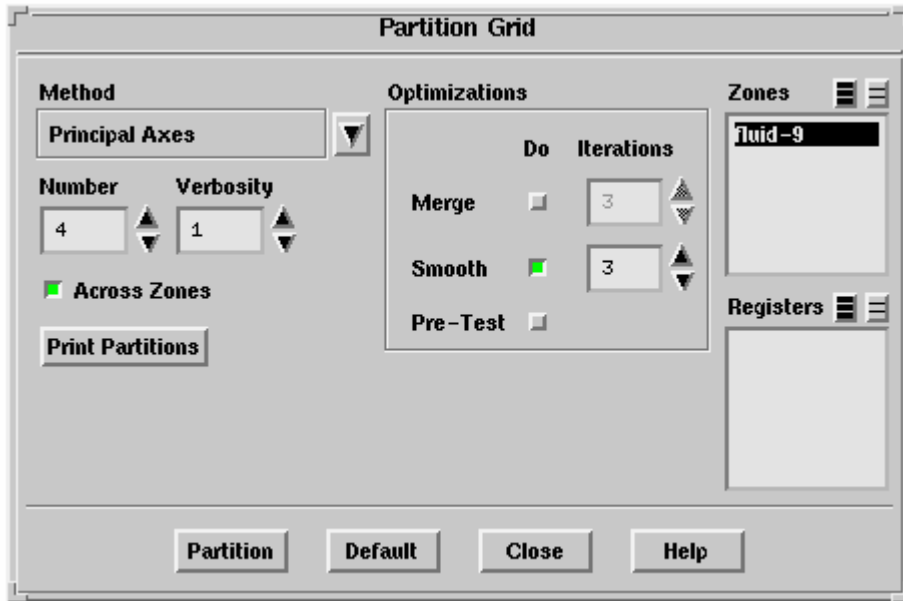


Figure 1: 网格划分面板

1. 在方法下拉列表中选择对份方法。选择是对分方法中所描述的技巧。
2. 在 **Number** 框中输入要划分的数量（必须是处理器数量的整数倍）。
3. 你可以选择在每一个单元区域独立应用划分，你也可以使用穿越区域检查按钮来允许划分穿越区域边界。除非在不同区域的单元需要大量的计算时间（比如包括固体和流体的区域），否则不推荐使用独立的单元划分（关掉区域检查按钮就可以实现独立的单元划分）。
4. 你可以在最优化条目中激活并控制所需的最优化方法。你也可以通过打开 **Do** 检查按钮来，激活合并和光滑格式。对于每一个格式你也可以选择重复的次数，这样，每一个最优化格式会被应用直到实现适当的判据或达到最大的重复步。如果重复步被设为零，最优化格式会被一直应用到最后，而没有最大重复步限制。
5. 如果你选择主轴方法、笛卡尔坐标或者笛卡尔带方法，你可以在划分执行之前应用不同对分方向的自动检测来提高划分的质量。（**Pre-Test**）
6. 在 **Zones** 和/或 **Registers** 列表中，选择你要划分的区域和/或寄存器。大多数情况下你会选择所有区域（默认情况）划分整个流域，详细内容请参阅在区域和寄存器内划分一节。
7. 点击划分按钮划分网格

在划分过程中报告划分信息

网格划分时，关于划分过程的信息会在文本（控制台）窗口中输出，解算器会输出所创建划分的数量，对分的数量，划分所需的时间，单元、表面、界面以及表面比率变化的最大值和最小值。**Verbosity** 的默认设定值是 1，如果你将它改为 2，那么控制台窗口还会输出所用的划分方法，划分的 **ID**，单元、表面和界面的数量以及每一划分的界面与表面的比值。如果 **Verbosity** 为 0，控制台窗口将只输出划分数量和所需时间。

划分完成后你可能需要这一报告的某一部分重新输出，你可以点击 **Print Partitions** 按钮，程序会自动在控制台窗口输出划分 **ID**，单元、表面和界面数以及每一划分的界面和表面的比率。除此之外还会输出单元、表面、界面以及表面比率变化的最大值和最小值。详情请见划分统计解释。

重置划分参数

如果你想改变划分参数的设定，你可以点击 **Default** 按钮回到 **FLUENT** 的默认设定。点

击默认设定之后，Default 按钮就变成了 Reset 按钮。Reset 按钮允许你回到最近保存的设定（也就是你点击 Default 按钮之前的设定值）。执行之后，Reset 按钮又会变成 Default 按钮。

划分统计解释

划分过程产生的输出包括循环的细分过程以及重复的最优化过程的信息。随后是最后划分网格的信息，包括：划分 ID，单元的数量，表面的数量，界面表面的数量，每一划分的界面和表面的比率，划分邻域的数量以及单元、表面、界面、邻域、平均单元、表面比率和全局表面比率的变化。全局表面比率的变化是指目前划分各自数量的最大值和最小值。例如，下面的输出，划分 0 和 3 具有最小的界面数(10)，划分 1 和 2 具有最大的界面数(19)，因此，变化为 10 - 19。

你的目标是实现界面比率变化和全局界面比率的最小值来平衡负载值（单元变化）。

>> Partitions:

P	Cells	I-Cells	Cell Ratio	Faces	I-Faces	Face Ratio	Neighbors
0	134	10	0.075	217	10	0.046	1
1	137	19	0.139	222	19	0.086	2
2	134	19	0.142	218	19	0.087	2
3	137	10	0.073	223	10	0.045	1

Partition count = 4
Cell variation = (134 - 137)
Mean cell variation = (-1.1% - 1.1%)
Intercell variation = (10 - 19)
Intercell ratio variation = (7.3% - 14.2%)
Global intercell ratio = 10.7%
Face variation = (217 - 223)
Interface variation = (10 - 19)
Interface ratio variation = (4.5% - 8.7%)
Global interface ratio = 3.4%
Neighbor variation = (1 - 2)

Computing connected regions; type ^C to interrupt.

Connected region count = 4

要获取更多的划分信息，你可以画出网格划分的等值线，如对分方法 5 的 Figures 1 所示。在等值线面板的下拉菜单的 Cell Info... 中关闭节点值的显示，选择单元划分。（关于等值线的显示请参阅画等值线与轮廓一节。）

使用划分转换器

运行并行 FLUENT 时，你可以通过划分转换器直接读入未划分的网格。菜单为：File/Import/Partition/Metis...。FLUENT 会使用过滤器划分网格，然后将划分后的网格读入到求解器中，划分的数量等于处理器的数量。然后你就可以处理模型定义和解法的定义。注意：这种直接读入的方法要求主机有足够的内存来运行特定网格的转换器。如果没有足够的内存，你需要在有足够内存的机器上运行划分网格转换器。当然也可以在具有足够内存的机器

上用转换器划分网格然后，然后将网格读入到主机中。在转换器中，手动划分网格请输入如下命令：`tfilter partition input-filename partition-count output-filename`。其中，`partition-count`为所需划分的数量。然后将划分后的网格读入到解算器中进行模型的定义和解法的设置。

METIS 为默认的划分器，它会产生高质量的划分网格。**METIS** 是由 Minnesota 大学和 Army HPC 研究中心的 Karypis 与 Kumar 开发的划分不规则图形的软件包。它使用多级方法，该方法将高质量图形的顶点和边缘接合形成粗糙图形，然后将粗糙图形划分，再然后去粗糙化为精细图形。在粗糙化和去粗糙化过程中，算法允许产生高质量的划分。有关 **METIS** 的详细信息可以参阅相关手册[79]。

边界条件

定义边界条件概述

边界条件包括流动变量和热变量在边界处的值。它是 FLUENT 分析得很关键的一部分，设定边界条件必须小心谨慎。

边界条件的分类：进出口边界条件：压力、速度、质量进口、进风口、进气扇、压力出口、压力远场边界条件、质量出口、通风口、排气扇；壁面、repeating, and pole boundaries: 壁面，对称，周期，轴；内部单元区域：流体、固体(多孔是一种流动区域类型)；内部表面边界：风扇、散热器、多孔跳跃、壁面、内部。(内部表面边界条件定义在单元表面，这意味着它们没有有限厚度，并提供了流场性质的每一步的变化。这些边界条件用来补充描述排气扇、细孔薄膜以及散热器的物理模型。内部表面区域的内部类型不需要你输入任何东西。)

下面一节将详细介绍上面所叙述边界条件，并详细介绍了它们的设定方法以及设定的具体合适条件。周期性边界条件在本章中介绍，模拟完全发展的周期性流动将在周期性流动和热传导一章中介绍。

使用边界条件面板

边界条件(Figure 1)对于特定边界允许你改变边界条件区域类型，并且打开其他的面板以设定每一区域的边界条件参数

菜单：Define/Boundary Conditions...

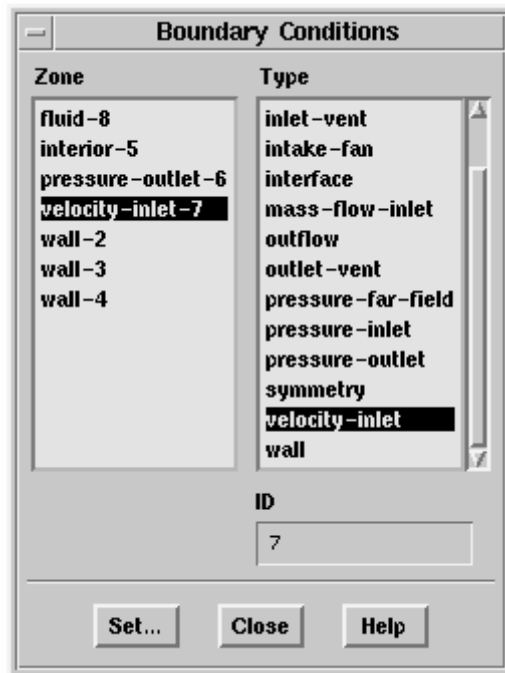


Figure 1: 边界条件面板

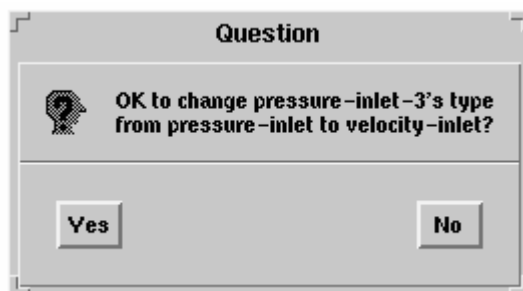
改变边界区域类型

设定任何边界条件之前，必须检查所有边界区域的区域类型，如有必要就作适当的修改。比方说：如果你的网格是压力入口，但是你想要使用速度入口，你就要把压力入口改为速度入口之后再设定。

改变类型的步骤如下：

- 1.在区域下拉列表选定所要修改的区域

- 2.在类型列表中选择正确的区域类型
- 3.当问题提示菜单出现时，点击确认



确认改变之后，区域类型将会改变，名字也将自动改变 (如果初始名字时缺省的请参阅边界条件区域名字一节),设定区域边界条件的面板也将自动打开。

！注意：这个方法不能用于改变周期性类型，因为该边界类型已经存在了附加限制。创建边界条件一节解释了如何创建和分开周期性区域。需要注意的是，只能在图一中每一个类别中改变边界类型(注意：双边区域表面是分离的不同单元区域。)

Category	Zone Types
Faces	axis, outflow, mass flow inlet, pressure far-field, pressure inlet, pressure outlet, symmetry, velocity inlet, wall, inlet vent, intake fan, outlet vent, exhaust fan
Double-Sided Faces	fan, interior, porous jump, radiator, wall
Periodic	periodic
Cells	fluid, solid (porous is a type of fluid cell)

Figure 1: 区域类型的分类列表

设定边界条件

在 FLUENT 中，边界条件和区域有关而与个别表面或者单元无关。如果要结合具有相同边界条件的两个或更多区域请参阅合并区域一节。

设定每一特定区域的边界条件，请遵循下面的步骤：

1.在边界条件区域的下拉列表中选择区域。2. 点击 Set...按钮。或者，1.在区域下拉列表中选择区域。

2.在类型列表中点击所要选择的类型。或者在区域列表中双击所需区域，选择边界条件区域将会打开，并且你可以指定适当的边界条件

在图像显示方面选择边界区域

在边界条件中不论你合适需要选择区域，你都能用鼠标在图形窗口选择适当的区域。如果你是第一次设定问题这一功能尤其有用，如果你有两个或者更多的具有相同类型的区域而且你想要确定区域的标号（也就是画出哪一区域是哪个）这一功能也很有用。要使用该功能请按下述步骤做：

1.用网格显示面板显示网格。2.用鼠标指针（默认是鼠标右键——参阅控制鼠标键函数以改变鼠标键的功能）在图形窗口中点击边界区域。在图形显示中选择的区域将会自动被选入在边界条件面板中的区域列表中，它的名字和编号也会自动在控制窗口中显示

改变边界条件名字

每一边界的名字是它的类型加标号数（比如 pressure-inlet-7）。在某些情况下你可能想要对边界区域分配更多的描述名。如果你有两个压力入口区域，比方说，你可能想重名它们

为 **small-inlet** 和 **large-inlet**。(改变边界的名字不会改变相应的类型)

重命名区域，遵循如下步骤：

1. 在边界条件的区域下拉列表选择所要重命名的区域。
2. 点击 **Set...**打开所选区域的面板。3.在区域名字中输入新的名字 4.点击 **OK** 按钮。

注意：如果你指定区域的新名字然后改变它的类型，你所改的名字将会被保留，如果区域名字是类型加标号，名字将会自动改变。

边界条件的非一致输入

每一类型的边界区域的大多数条件定义为轮廓函数而不是常值。你可以使用外部产生的边界轮廓文件的轮廓，或者用自定义函数(UDF)来创建。具体情况请参阅相关内容

流动入口和出口

FLUENT 有很多的边界条件允许流动进入或者流出解域。下面一节描述了每一种边界条件的类型的使用以及所需要的信息，这样就帮助你适当的选择边界条件。下面还提供了湍流参数的入口值的确定方法。

使用流动边界条件

下面对流动边界条件的使用作一概述

对于流动的出入口，**FLUENT** 提供了十种边界单元类型：速度入口、压力入口、质量入口、压力出口、压力远场、质量出口，进风口，进气扇，出风口以及排气扇。

下面是 **FLUENT** 中的进出口边界条件选项：

- 速度入口边界条件用于定义流动入口边界的速度和标量
- 压力入口边界条件用来定义流动入口边界的总压和其它标量。
- 质量流动入口边界条件用于可压流规定入口的质量流速。在不可压流中不必指定入口的质量流，因为当密度是常数时，速度入口边界条件就确定了质量流条件。
- 压力出口边界条件用于定义流动出口的静压（在回流中还包括其它的标量）。当出现回流时，使用压力出口边界条件来代替质量出口条件常常有更好的收敛速度。
- 压力远场条件用于模拟无穷远处的自由可压流动，该流动的自由流马赫数以及静态条件已经指定了。这一边界类型只用于可压流。
- 质量出口边界条件用于在解决流动问题之前，所模拟的流动出口的流速和压力的详细情况还未知的情况。在流动出口是完全发展的时候这一条件是适合的，这是因为质量出口边界条件假定出了压力之外的所有流动变量正法向梯度为零。对于可压流计算，这一条件是不适合的。
- 进风口边界条件用于模拟具有指定的损失系数，流动方向以及周围（入口）环境总压和总温的进风口。
- 进气扇边界条件用于模拟外部进气扇，它具有指定的压力跳跃，流动方向以及周围（进口）总压和总温。
- 通风口边界条件用于模拟通风口，它具有指定的损失系数以及周围环境（排放处）的静压和静温。
- 排气扇边界条件用于模拟外部排气扇，它具有指定的压力跳跃以及周围环境（排放处）的静压。

决定湍流参数

在入口、出口或远场边界流入流域的流动，FLUENT 需要指定运输标量的值。本节描述了对于特定模型需要哪些量，并且该如何指定它们。也为确定流入边界值最为合适的方法提供了指导方针。

使用轮廓指定湍流参量

在入口处要准确的描述边界层和完全发展的湍流流动，你应该通过实验数据和经验公式创建边界轮廓文件来完美的设定湍流量。如果你有轮廓的分析描述而不是数据点，你也可以用这个分析描述来创建边界轮廓文件，或者创建用户自定义函数来提供入口边界的信息。一旦你创建了轮廓函数，你就可以使用如下的方法：

- Spalart-Allmaras 模型：在湍流指定方法下拉菜单中指定湍流粘性比，并在在湍流粘性比之后的下拉菜单中选择适当的轮廓名。通过将 m_t/m 和密度与分子粘性的适当结合，FLUENT 为修改后的湍流粘性计算边界值。
- k-e 模型：在湍流指定方法下拉菜单中选择 K 和 Epsilon 并在湍动能 (Turb. Kinetic Energy) 和湍流扩散速度 (Turb. Dissipation Rate) 之后的下拉菜单中选择适当的轮廓名。
- 雷诺应力模型：在湍流指定方法下拉菜单中选择 K 和 Epsilon 并在湍动能 (Turb. Kinetic Energy) 和湍流扩散速度 (Turb. Dissipation Rate) 之后的下拉菜单中选择适当的轮廓名。在湍流指定方法下拉菜单中选择雷诺应力部分，并在每一个单独的雷诺应力部分之后的下拉菜单中选择适当的轮廓名。

湍流量的统一说明

在某些情况下流动流入开始时，将边界处的所有湍流量指定为统一值是适当的。比如说，在进入管道的流体，远场边界，甚至完全发展的管流中，湍流量的精确轮廓是未知的。

在大多数湍流流动中，湍流的更高层次产生于边界层而不是流动边界进入流域的地方，因此这就导致了计算结果对流入边界值相对来说不敏感。然而必须注意的是要保证边界值不是非物理边界。非物理边界会导致你的解不准确或者不收敛。对于外部流来说这一特点尤其突出，如果自由流的有效粘性系数具有非物理性的大值，边界层就会找不到了。

你可以在使用轮廓指定湍流量一节中描述的湍流指定方法，来输入同一数值取代轮廓。你也可以选择用更为方便的量来指定湍流量，如湍流强度，湍流粘性比，水力直径以及湍流特征尺度，下面将会对这些内容作一详细叙述。

湍流强度 I 定义为相对于平均速度 u_{avg} 的脉动速度 u' 的均方根。

小于或等于 1% 的湍流强度通常被认为低强度湍流，大于 10% 被认为是高强度湍流。从外界，测量数据的入口边界，你可以很好的估计湍流强度。例如：如果你模拟风洞试验，自由流的湍流强度通常可以从风洞指标中得到。在现代低湍流风洞中自由流湍流强度通常低到 0.05%。

对于内部流动，入口的湍流强度完全依赖于上游流动的历史，如果上游流动没有完全发展或者没有被扰动，你就可以使用低湍流强度。如果流动完全发展，湍流强度可能就达到了百分之几。完全发展的管流的核心湍流强度可以用下面的经验公式计算：

$$I \equiv \frac{u'}{u_{avg}} \cong 0.16(\text{Re}_{D_h})^{-1/8}$$

例如，在雷诺数为 50000 是湍流强度为 4%

湍流尺度 l 是和携带湍流能量的大涡的尺寸有关的物理量。在完全发展的管流中， l 被管道的尺寸所限制，因为大涡不能大于管道的尺寸。 l 和管的物理尺寸之间的计算关系如下：
 $l = 0.07L$

其中 L 为管道的相关尺寸。因子 0.07 是基于完全发展湍流流动混合长度的最大值的，对于非圆形截面的管道，你可以用水力学直径取代 L 。

如果湍流的产生是由于管道中的障碍物等特征，你最好用该特征长度作为湍流长度 l 而不是用管道尺寸。

注意：公式 $l = 0.07L$ 并不是适用于所有的情况。它只是在大多数情况下得很好的近似。对于特定流动，选择 L 和 l 的原则如下：

- 对于完全发展的内部流动，选择强度和水力学直径指定方法，并在水力学直径流场中指定 $L=D_H$ 。
- 对于旋转叶片的下游流动，穿孔圆盘等，选择强度和水力学直径指定方法，并在水力学直径流场中指定流动的特征长度为 L
- 对于壁面限制的流动，入口流动包含了湍流边界层。选择湍流强度和长度尺度方法并使用边界层厚度 d_{99} 来计算湍流长度尺度 l ，在湍流长度尺度流场中输入 $l=0.4 d_{99}$ 这个值

湍流粘性比 m_t/m 直接与湍流雷诺数成比例($Re_t = k^2/(e n)$)。 Re_t 在高湍流数的边界层，剪切层和完全发展的管流中是较大的(100 到 1000)。然而，在大多数外流的自由流边界层中 m_t/m 相当的小。湍流参数的典型设定为 $1 < m_t/m < 10$ 。

要根据湍流粘性比来指定量，你可以选择湍流粘性比（对于 Spalart-Allmaras 模型）或者强度和粘性比（对于 k-e 模型或者 RSM）。

推导湍流量的关系式

要获得更方便的湍流量的输运值，如： I, L , 或者 m_t/m ，你必须求助于经验公式，下面是 FLUENT 中常用的几个有用的关系式。要获得修改的湍流粘性，它和湍流强度 I 长度尺度 l 有如下关系：

$$\tilde{\nu} = \sqrt{\frac{3}{2}} u_{avg} l I$$

在 Spalart-Allmaras 模型中，如果你要选择湍流强度和水力学直径来计算 l 可以从前面的公式中获得。

湍动能 k 和湍流强度 I 之间的关系为：

$$k = \frac{3}{2} (u_{avg} l I)^2$$

其中 u_{avg} 为平均流动速度

除了为 k 和 e 指定具体的值之外，无论你是使用湍流强度和水力学直径，强度和长度尺度或者强度粘性比方法，你都要使用上述公式。

如果你知道湍流长度尺度 l 你可以使用下面的关系式：

$$\varepsilon = C_\mu^{\frac{3}{4}} \frac{k^{\frac{3}{2}}}{l}$$

其中 C_μ 是湍流模型中指定的经验常数（近似为 0.09）， l 的公式在前面已经讨论了。

除了为 k 和 e 制定具体的值之外, 无论你是使用湍流强度和水力学直径还是强度和长度尺度, 你都要使用上述公式。

E 的值也可以用下式计算, 它与湍流粘性比 μ_t/μ 以及 k 有关:

$$\varepsilon = \rho C_\mu \frac{k^2}{\mu} \left(\frac{\mu_t}{\mu} \right)^{-1}$$

其中 C_μ 是湍流模型中指定的经验常数 (近似为 0.09)。

除了为 k 和 e 制定具体的值之外, 无论你是使用湍流强度和水力学直径还是强度和长度尺度, 你都要使用上述公式。

如果你是在模拟风洞条件, 在风洞中模型被安装在网格和/或金属网格屏下游的测试段, 你可以用下面的公式:

$$\varepsilon \approx \frac{\Delta k U_\infty}{L_\infty}$$

其中, Δk 是你希望的在穿过流场之后 k 的衰减(比方说 k 入口值的 10%), U_∞ 自由流的速度

L_∞ 是流域内自由流的流向长度 Equation 9 是在高雷诺数各向同性湍流中观察到的幂率衰减的线性近似。它是基于衰减湍流中 k 的精确方程 $U \partial k / \partial x = -e$ 。

如果你用这种方法估计 e , 你也要用方程 7 检查结果的湍流粘性比 μ_t/μ , 以保证它不是太大。

虽然这不是 FLUENT 内部使用的方法, 但是你可以用它来推导 e 的常数自由流值, 然后你可以用湍流指定方法下拉菜单中选择 **K** 和 **Epsilon** 直接指定。在这种情况下, 你需要使用方程 3 从 I 来计算 k 。

当使用 **RSM** 时, 如果你不在雷诺应力指定方法的下拉列表中使用雷诺应力选项, 明显的制定入口处的雷诺应力值, 它们就会近似的由 k 的指定值来决定。湍流假定为各向同性, 保证

$$\overline{u_i u_j} = 0$$

以及

$$\overline{u_\alpha u_\alpha} = \frac{2}{3} k$$

(下标 α 不求和)。

如果你在雷诺应力指定方法下拉列表中选择 **K** 或者湍流强度, FLUENT 就会使用这种方法。

对大涡模拟 (LES) 指定入口湍流

大涡模拟模型一节中所描述的 **LES** 速度入口中指定的湍流强度值, 被用于随机扰动入口处速度场的瞬时速度。它并不指定被模拟的湍流量。正如大涡模拟模型中介绍的边界条件中所描述的, 通过叠加每个速度分量的随机扰动来计算流动入口边界处的随机成分。

压力入口边界条件

压力入口边界条件用于定义流动入口的压力以及其它标量属性。它即可以适用于可压流，也可以用于不可压流。压力入口边界条件可用于压力已知但是流动速度和/或速率未知的情况。这一情况可用于很多实际问题，比如浮力驱动流动。压力入口边界条件也可用来定义外部或无约束流的自由边界。对于流动边界条件的概述，请参阅流动入口和出口一节。

压力入口边界条件的输入

综述

对于压力入口边界条件你需要输入如下信息

- 驻点总压
- 驻点总温
- 流动方向
- 静压
- 湍流参数（对于湍流计算）
- 辐射参数(对于使用 P-1 模型、DTRM 模型或者 DO 模型的计算)
- 化学组分质量百分比(对于组分计算)
- 混合分数和变化(对于 PDF 燃烧计算)
- 程序变量(对于预混和燃烧计算)
- 离散相边界条件(对于离散相的计算)
- 次要相的体积分数(对于多相计算)

所有的值都在压力入口面板中输入(Figure 1)，该面板是从边界条件打开的。

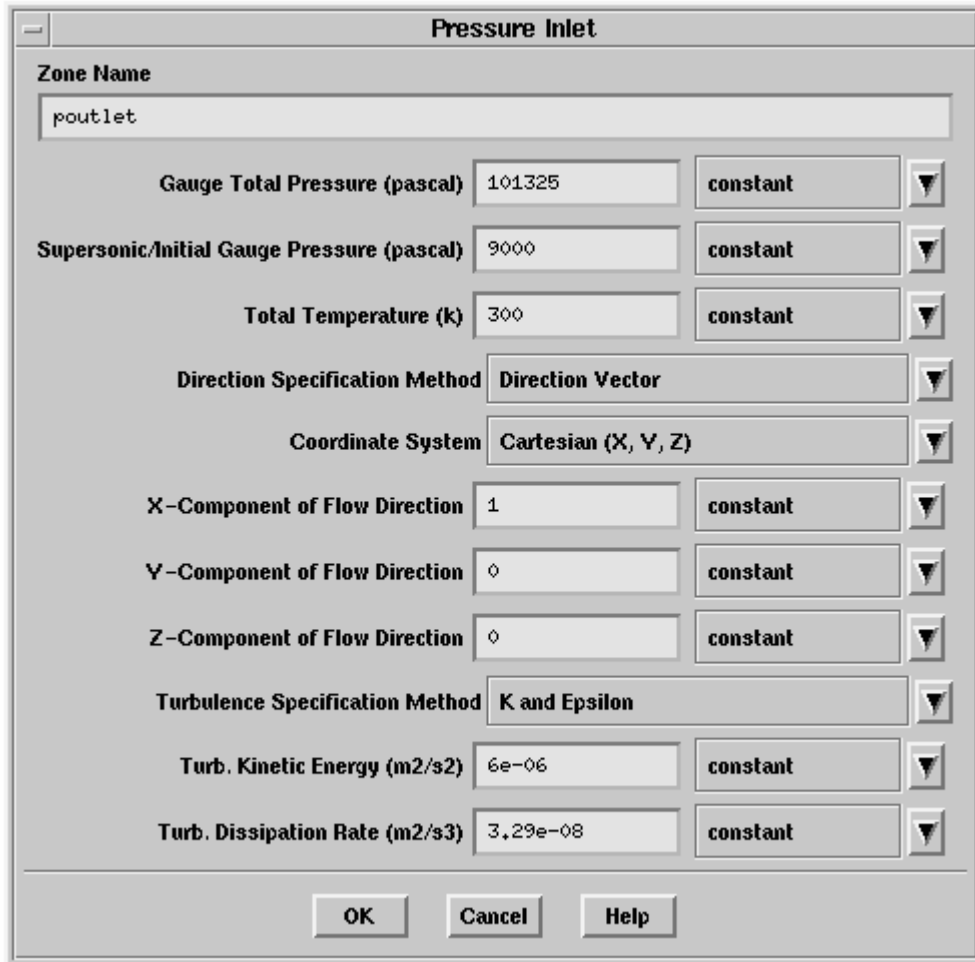


Figure 1: 压力入口面板

压力输入和静压头

压力场(p_s^{\wedge})和压力输入($p_{s^{\wedge}}$ or $p_{0^{\wedge}}$)包括静压头 $r_0 g x$ 。也就是 FLUENT 以下式定义的压力:

$$p_s^{\wedge} = \rho_0 g x + p_s$$

或者

$$\frac{\partial p_s^{\wedge}}{\partial x} = \rho_0 g + \frac{\partial p_s}{\partial x}$$

这一定义允许静压头放进体积力项($r - r_0$)g 中考虑, 而且当密度一致时, 从压力计算中排除了。因此你的压力输入不因该考虑静压的微分, 压力(p_s^{\wedge})的报告也不会显示静压的任何影响。有关浮力驱动流动的内容请参阅浮力驱动流动和自然对流的信息

定义总压和总温

在压力入口面板中的 Gauge Total Pressure field 输入总压值。总温会在 Total Temperature field 中设定。记住, 总压值是在操作条件面板中定义的与操作压力有关的总压值。不可压流体的总压定义为:

$$p_0 = p_s + \rho |v|^2$$

对于可压流体为：

$$p_0 = p_s \left[1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2 \right]^{\gamma/(\gamma - 1)}$$

其中： p_0 = 总压

p_s = 静压

M = 马赫数

c = 比热比(c_p/c_v)

如果模拟轴对称涡流，方程 1 中的 v 包括了旋转分量。如果相邻区域是移动的（即：如果使用旋转参考坐标系，多重参考坐标系，混合平面或者滑移网格），而且你是使用分离解算器。那么方程 1 中的速度（或者方程 3 中的马赫数）将是绝对的，或者相对与网格速度。这依赖于解算器面板中绝对速度公式是否激活。对于耦合解算器，方程 1 中的速度（或者方程 3 中的马赫数）通常是在绝对坐标系下的速度。

定义流动方向

你可以在压力入口明确的定义流动的方向，或者定义流动垂直于边界。如果你选择指定方向矢量，你既可以设定笛卡尔坐标 x, y 和 z 的分量，也可以设(圆柱坐标的)半径，切线和轴向分量。对于使用分离解算器计算移动区域问题，流动方向将是绝对速度或者相对于网格相对速度，这取决于解算器面板中的绝对速度公式是否被激活。对于耦合解算器，流动方向通常是绝对坐标系中的。

定义流动方向的步骤如下，总结请参考 Figure 1。

1. 在方向指定下拉菜单中选择指定流动方向的方法，或者是方向矢量或者是垂直于边界。
2. 如果你在第一步中选择垂直于边界，并且是在模拟轴对称涡流，请输入流动适当的切向速度，如果不是模拟涡流就不需要其它的附加输入了。
3. 如果第一步中你选择指定方向矢量，并且你的几何外形是 3 维的，你就需要选择定义矢量分量的坐标系。在坐标系下拉菜单中选择笛卡尔(X, Y, Z)坐标，柱坐标（半径，切线和轴），或者局部柱坐标。
 - 笛卡尔坐标系是基于几何图形所使用的笛卡尔坐标系。
 - 柱坐标在下面的坐标系统的基础上使用轴、角度和切线三个分量。
 - 对于包含一个单独的单元区域时，坐标系由旋转轴和在流体面板中原来的指定来定义。
 - 对于包含多重区域的问题（比如多重参考坐标或滑动网格），坐标系由流体（固体）面板中为临近入口的流体（固体）区域的旋转轴来定义。

对于上述所有柱坐标的定义，正径向速度指向旋转轴的外向。正轴向速度和旋转轴矢量的方向相同，正切向方向用右手定则来判断。参阅下图一目了然。

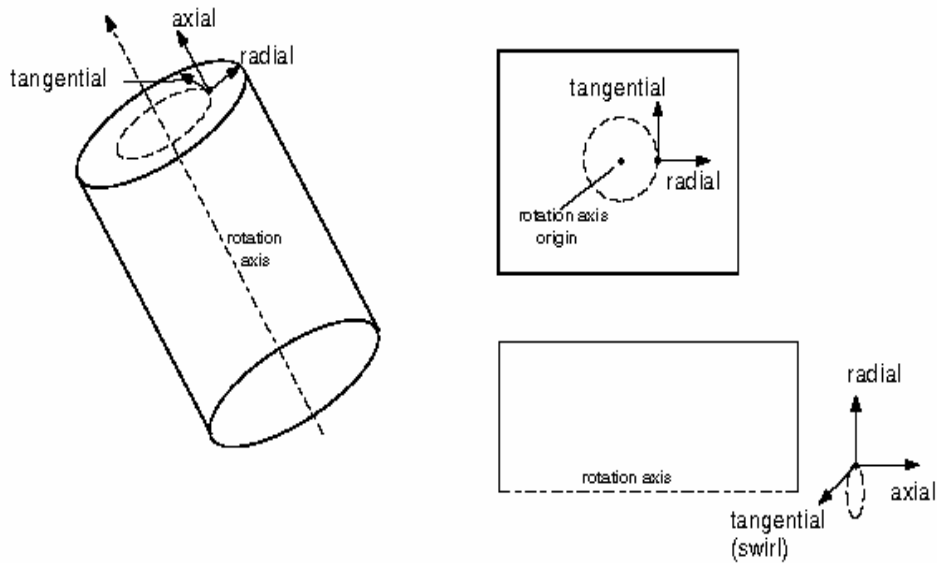


Figure 1: 在二维、三维和轴对称区域的柱坐标速度分量

当地柱坐标系统允许你对特定的入口定义坐标系,在压力入口面板中你就可以定义该坐标系统。如果你对于不同的旋转轴有几个入口,那么当地坐标系会很有用的。

4. 如果你在第一步中指定方向矢量,用如下的方法定义矢量分量:

- 如果是二维非对称图形或者你在第三步中选择矢量分量,请输入适当的 X, Y, 和(in 3D) Z 分量。
- 如果是二维轴对称图形或者第三部分选择了柱坐标,请输入适当的半径,角度以及切线方向的分量。
- 如果使用当地柱坐标系,请输入适当的半径,角度以及切线方向的分量,并指定轴向的 X, Y,和 Z 向分量,以及坐标起点的坐标。

图一就是各个坐标系统的矢量分量。

定义静压

如果入口流动是超声速的,或者你打算用压力入口边界条件来对解进行初始化,那么你必须指定静压(termed the Supersonic/Initial Gauge Pressure)。

需要记住的是这个静压和你在操作条件面板中的操作压力是相关的。请参阅有关于压力输入和静压头相关输入的解释。

只要流动是压声速的,FLUENT 会忽略 Supersonic/Initial Gauge Pressure,它是由指定的驻点值来计算的。如果你打算使用压力入口边界条件来初始化解域,Supersonic/Initial Gauge Pressure 是与计算初始值的指定驻点压力相联系的,计算初始值的方法有各向同性关系式(对于可压流)或者贝努利方程(对于不可压流)。因此,对于压声速入口,它是在关于入口马赫数(可压流)或者入口速度(不可压流)合理的估计之上设定的。

定义湍流参数

对于湍流计算,有几种方法来定义湍流参数。至于哪种方法合适请参阅决定湍流参数一节。湍流模型是在“湍流模型”一章中介绍

定义辐射参数

如果你打算使用 P-1 辐射模型、DTRM 或者 DO 模型,你就需要设定内部发散率以及(可选)黑体温度。详情请参阅设定边界条件一节(Rosseland 不需要任何边界条件的输入)。

定义组分质量百分比

如果你是用有限速度模型来模拟组分输运,你就需要设定组分质量百分比。详情请参阅组分边界条件的定义。

定义 PDF/混合分数参数

如果你用 PDF 模型模拟燃烧,你就需要设定平均混合分数以及混合分数变化(如果你是用两个混合分数就还包括二级平均混合分数和二级混合分数变化)。具体情况如第三步定义边界条件所述。

定义预混和燃烧边界条件

如果使用与混合燃烧模型,你就需要设定发展变量。请见发展变量的边界条件设定。

定义离散相边界条件

如果你是在模拟粒子的离散相,你就可以在压力入口设定粒子轨道详情请参阅离散向模型的边界设定。

定义多相边界条件

对于多相流如果使用 VOF, cavitation 或者代数滑移混合模型,你就需要指定所有二级相的体积分数。详情请参阅 VOF 模型、cavitation 模型或者代数滑移混合模型的边界设定。

压力入口边界条件的默认设定

压力入口边界条件的默认设定如下(国际标准单位):

Gauge Total Pressure 0
Supersonic/Initial Gauge Pressure 0
Total Temperature 300
X-Component of Flow Direction 1
Y-Component of Flow Direction 0
Z-Component of Flow Direction 0
Turb. Kinetic Energy 1
Turb. Dissipation Rate 1

压力入口边界处的计算程序

FLUENT 压力入口边界条件的处理可以描述为从驻点条件到入口条件的非自由化的过渡。对于不可压流是通过入口边界贝努力方程的应用来完成的。对于可压流，使用的是理想气体的各向同性流动关系式。

压力入口边界处的不可压流动计算

流动进入压力入口边界时，FLUENT 使用边界条件压力，该压力是作为入口平面 p_0 的总压输入的。在不可压流动中，入口总压，静压和速度之间有如下关系： $p_0 = p_s + \frac{1}{2} \rho v^2$ 。通过你在出口分配的速度大小和流动方向可以计算出速度的各个分量。入口质量流速以及动量、能量和组分的流量可以作为计算程序在速度入口边界的大纲用来计算流动

对于不可压流，入口平面的速度既可以是常数也可以是温度或者质量分数的函数。其中质量分数是你输入作为入口条件的值。在通过压力出口流出的流动，用指定的总压作为静压来使用。对于不可压流动来说，总温和静温相等。

压力入口边界的可压流动计算

对于可压流，应用理想气体的各向同性关系可以在压力入口将总压，静压和速度联系起来。在入口处输入总压，在临近流体单元中输入静压，有关系式如下：

$$\frac{p'_0 + p_{0p}}{p'_s + p_{0p}} = \left[1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2 \right]^{\gamma/(\gamma - 1)}$$

其中马赫数定义为：

$$M = \frac{v}{c} = \frac{v}{\sqrt{\gamma RT_s}}$$

马赫数的定义就不详述了。需要注意的是上面的方程中出现了操作压力 p_{op} 这是因为边界条件的输入是和操作压力有关的压力。给定 p_0' 和 p_s' 上面的方程就可以用于计算入口平面流体的速度范围。入口处的各个速度分量用方向矢量来计算。对于可压流，入口平面的密度由理想气体定律来计算： $\rho = (p'_s + p_{0p}) / RT_s$ 。

R 由压力入口边界条件定义的组分质量百分比来计算。入口静温和总温的关系由下式计算： $\frac{T_0}{T_s} = 1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2$ 。

速度入口边界条件

速度入口边界条件用于定义流动速度以及流动入口的流动属性相关标量。在这个边界条件中，流动总的（驻点）的属性不是固定的，所以无论什么时候提供流动速度描述，它们都会增加。

这一边界条件适用于不可压流，如果用于可压流它会导致非物理结果，这是因为它允许驻点条件浮动。你也应该小心不要让速度入口靠近固体妨碍物，因为这会导致流动入口驻点

属性具有太高的非一致性。

对于特定的例子，FLUENT 可能会使用速度入口在流动出口处定义流动速度（在这种情况下不使用标量输入）。在这种情况下，必须保证区域内的所有流动性。对于流动的概述请参阅流动入口和出口。

速度入口边界条件的输入

概述

速度入口边界条件需要输入下列信息

- 速度大小与方向或者速度分量。
- 旋转速度（对于具有二维轴对称问题的涡流）。
- 温度（用于能量计算）。
- Outflow gauge pressure (for calculations with the coupled solvers)
- 湍流参数（对于湍流计算）
- 辐射参数(对于 P-1 模型、DTRM 或者 DO 模型的计算)
- 化学组分质量百分数（对于组分计算）。
- 混合分数和变化（对于 PDE 燃烧计算）。
- 发展变量（对于预混和燃烧计算）。
- 离散相边界条件（对于离散相计算）
- 二级相的体积分数(对于多相流计算)

上面的所有值都有速度面板输入，它是从边界条件打开的（见设定边界条件一节）。

The image shows a dialog box titled "Velocity Inlet" with the following settings:

- Zone Name: velocity-inlet-2
- Velocity Specification Method: Components
- Reference Frame: Absolute
- Coordinate System: Cartesian (X, Y, Z)
- X-Velocity (m/s): 1 (constant)
- Y-Velocity (m/s): 0 (constant)
- Z-Velocity (m/s): 0 (constant)
- Temperature (k): 300 (constant)
- Turbulence Specification Method: Intensity and Length Scale
- Turbulence Intensity (%): 10
- Turbulence Length Scale (m): 1

Buttons: OK, Cancel, Help

Figure 1: 速度入口面板

定义速度

你可以通过定义来确定入口速度。如果临近速度入口的单元区域是移动的（也就是说你使用旋转参考坐标系，多重坐标系或者滑动网格），你也可以指定相对速度和绝对速度。对于 FLUENT 中的涡流轴对称问题，你还要指定涡流速度。

定义流入速度的程序如下：

1. 选择指定流动方向的方法：在速度指定方法下拉菜单中选择速度大小和方向、速度分量或者垂直于边界的速度大小。
2. 如果临近速度入口的单元区域是移动的，你可以指定相对或绝对速度。相对于临近单元区域或者参考坐标系下拉列表的绝对速度。如果临近单元区域是固定的，相对速度和绝对速度是相等的，这个时候不用察看下拉列表。
3. 如果你想要设定速度的大小和方向或者速度分量，而且你的几何图形是三维的，下一步你就要选择定义矢量和速度分量的坐标系。坐标系就是前面所述的三种。
4. 设定适当的速度参数，下面将会介绍每一个指定方法。

如果第一步中选择的是速度的大小和方向，你需要在流入边界条件中输入速度矢量的大小以及方向。

- 如果是二维非轴对称问题，或者你在第三步中选择笛卡尔坐标系，你需要定义流动 X , Y , 和(在三维问题中) Z 三个分量的大小。
- 如果是二维轴对称问题，或者第三步中使用柱坐标系，请输入流动方向的径向、轴向和切向的三个分量值。
- 如果你在第三步中选择当地柱坐标系，请输入流动方向的径向、轴向和切向的三个分量值。并指定轴向的 X , Y , 和 Z -分量以及坐标轴起点的 X , Y , 和 Z -坐标的值。

定义流动方向的 Figure 1 表明这些不同坐标系矢量分量。

如果你在定义速度的第一步中选择速度大小以及垂直的边界，你需要在流入边界处输入速度矢量的大小。如果你模拟二维轴对称涡流，你也要输入流向的切向分量。如果你在定义速度的第一步中选择速度分量，你需要在流入边界中输入速度矢量的分量。

- 如果是二维非轴对称问题，或者你在第三步中选择笛卡尔坐标系，你需要定义流动 X , Y , 和(在三维问题中) Z 三个分量的大小。
- 如果是模拟涡流的二维轴对称问题，你需要在速度设定中设定轴向、径向和旋转速度，。
- 如果是第三步中使用柱坐标系，请输入流动方向的径向、轴向和切向的三个分量值，以及（可选）旋转角速度。
- 如果你在第三步中选择当地柱坐标系，请输入流动方向的径向、轴向和切向的三个分量值。并指定轴向的 X , Y , 和 Z -分量以及坐标轴起点的 X , Y , 和 Z -坐标的值。

记住速度的正负分量和坐标方向的正负是相同的。柱坐标系下的速度的正负也是一样。如果你在第一步中定义的是速度分量，并在模拟轴对称涡流，你可以指定除了涡流速度之外的入口涡流角速度 W 。相似地，如果你在第三步中使用柱坐标或者当地柱坐标系，你可以指定除切向速度之外的入口角速度 W 。

如果你指定 W , v_q 作为每个单元的 $W r$ ，其中 r 从起点到单元的距离。如果你指定涡流速度和涡流角速度或者切向速度和角速度，FLUENT 会将 v_q 和 $W r$ 加起来获取每个单元的旋转速度或者切向速度。

定义温度

在解能量方程时，你需要在温度场中的速度入口边界设定流动的静温。

定义流出标准压力

如果你是用一种耦合解算器，你可以为速度入口边界指定流出标准压力。如果在流动要在任何表面边界处流出区域，表面会被处理为压力出口，该压力出口为流出标准压力场中规定的压力。(注意：这一影响和 RAMPANT 中得到的速度远场边界相似。)

定义湍流参数

对于湍流计算，有几种定义湍流参数的方法。至于选取哪种方法以及相关的输入值请参阅确定湍流参数一节。湍流模型的相关内容请参阅湍流模型一章。

定义辐射参数

如果你打算使用 P-1 辐射模型、DTRM 或者 DO 模型，你就需要设定内部发散率以及(可选)黑体温度。详情请参阅设定边界条件一节(Rosseland 不需要任何边界条件的输入)。

定义组分质量百分比

如果你是用有限速度模型来模拟组分输运，你就需要设定组分质量百分比。详情请参阅组分边界条件的定义。

定义 PDF/混合分数参数

如果你用 PDF 模型模拟燃烧，你就需要设定平均混合分数以及混合分数变化(如果你是用两个混合分数就还包括二级平均混合分数和二级混合分数变化)。具体情况如第三步定义边界条件所述。

定义预混和燃烧边界条件

如果使用与混合燃烧模型，你就需要设定发展变量。请见发展变量的边界条件设定。

定义离散相边界条件

如果你是在模拟粒子的离散相，你就可以在速度入口设定粒子轨道详情请参阅离散向模型的边界设定。

定义多相边界条件

对于多相流如果使用 VOF, cavitation 或者代数滑移混合模型，你就需要指定所有二级相的体积分数。详情请参阅 VOF 模型、cavitation 模型或者代数滑移混合模型的边界设定。

速度入口边界条件的默认设定

速度入口边界条件的默认设定（国际单位）：

Temperature 300
Velocity Magnitude 0
X-Component of Flow Direction 1
Y-Component of Flow Direction 0
Z-Component of Flow Direction 0
X-Velocity 0
Y-Velocity 0
Z-Velocity 0
Turb. Kinetic Energy 1
Turb. Dissipation Rate 1
Outflow Gauge Pressure 0

速度入口边界的计算程序

FLUENT 使用速度入口的边界条件输入计算流入流场的质量流以及入口的动量、能量和组分流量。本节介绍了通过速度入口边界条件流入流场的算例，以及通过速度入口边界条件流出流场的算例。

流动入口的速度入口条件处理

使用速度入口边界条件定义流入物理区域的模型，FLUENT 既使用速度分量也使用标量。这些标量定义为边界条件来计算入口质量流速，动量流量以及能量和化学组分的流量。

邻近速度入口边界流体单元的质量流速由下式计算：

$$\dot{m} = \int \rho v \cdot dA$$

注意只有垂直于控制体表面的流动分量才对流入质量流速有贡献。

流动出口的速度入口条件处理

有时速度入口边界条件用于流出物理区域的流动。比如通过某一流域出口的流速已知，或者被强加在模型上，就需要用这一方法。

注意：这种方法在使用之前必须保证流域内的全部连续性。

在分离解算器中，当流动通过速度入口边界条件流出流场时，FLUENT 在边界条件中使用速度垂直于出口区域的速度分量。它不使用任何你所输入的其它的边界条件。除了垂直速度分量之外的所有流动条件，都被假定为逆流的单元。

在耦合解算器中，如果流动流出边界处的任何表面的区域，那一表面就会被看成压力出口，这一压力为 Outflow Gauge Pressure field 中所规定的压力。

密度计算

入口平面的密度既可以是常数也可以是温度、压力和/或组分质量百分数（你在入口条件中输入的）的函数。

质量入口边界条件

该边界条件用于规定入口的质量流量。为了实现规定的质量流量中需要的速度，就要调节当地入口总压。这和压力入口边界条件是不同的，在压力入口边界条件中，规定的是流入驻点的属性，质量流量的变化依赖于内部解。

当匹配规定的质量和能量流速而不是匹配流入的总压时，通常就会使用质量入口边界条件。比如：一个小的冷却喷流流入主流场并和主流场混合，此时，主流的流速主要的由（不同的）压力入口/出口边界条件对控制。

调节入口总压可能会导致节的收敛，所以如果压力入口边界条件和质量入口条件都可以接受，你应该选择压力入口边界条件。

在不可压流中不必使用质量入口边界条件，因为密度是常数，速度入口边界条件就已经确定了质量流。关于流动边界条件的概述请参阅流动入口和出口一节。

质量入口边界条件的输入

概述

质量入口边界条件需要输入：

- 质量流速和质量流量
- 总温（驻点温度）
- 静压
- 流动方向
- 湍流参数（对于湍流计算）
- 辐射参数(对于 P-1 模型、DTRM 或者 DO 模型的计算)
- 化学组分质量百分数（对于组分计算）。
- 混合分数和变化（对于 PDE 燃烧计算）。
- 发展变量（对于预混和燃烧计算）。
- 离散相边界条件（对于离散相计算）

上面的所有值都由质量入口面板输入，它是从边界条件打开的（见设定边界条件一节）。

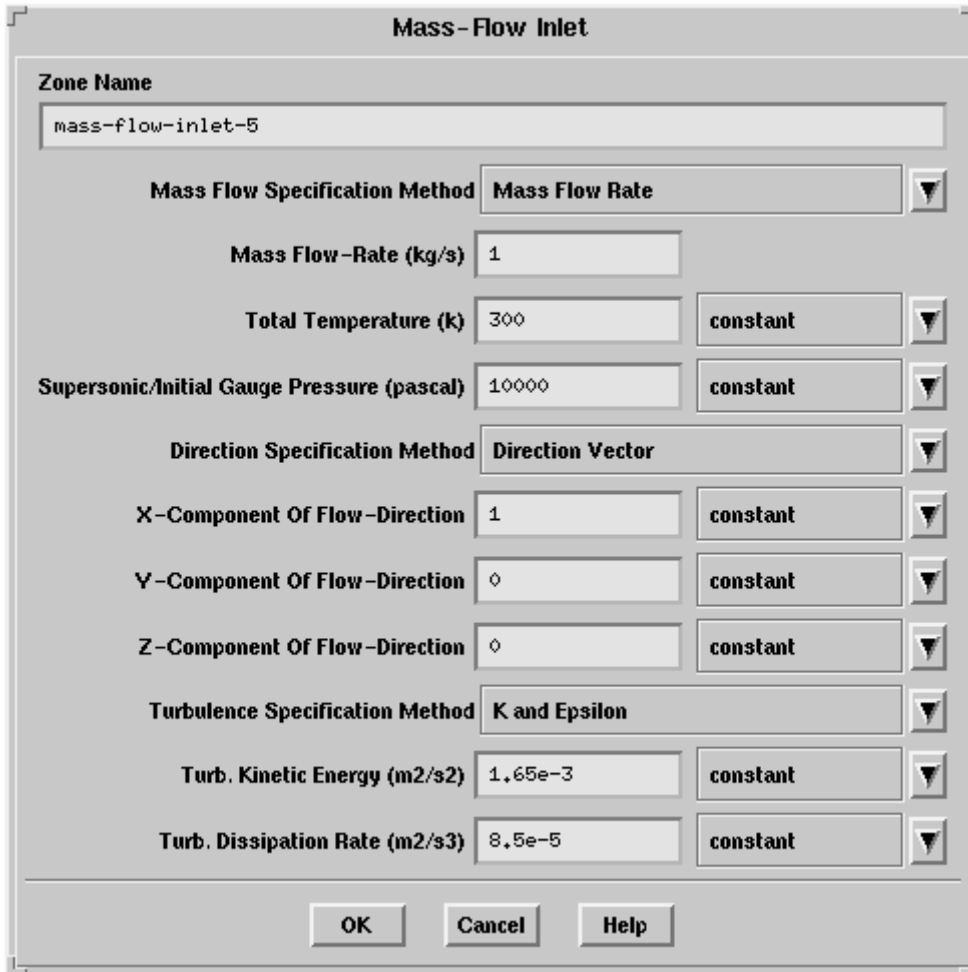


Figure 1:质量流动入口面板

定义质量流速和流量

你可以输入通过质量入口的质量流速，然后 FLUENT 将这个值转换为质量流量，或者直接指定质量流量。如果你设定规定的质量流速，它将在内部转换为区域上的规定的统一质量流量，这一区域由流速划分。你也可以使用边界轮廓或者自定义函数来定义质量流量（不是质量流速）。

质量流速或者流量的输入如下：

1. 选择质量流速的方法：质量流速或者质量流量
2. 如果是质量流速（默认），在质量流速框中输入规定的质量流速。

注意：对于轴对称问题，这一质量流速是通过完整区域(2p-radian)而不是 1-radian 部分的流速。

如果选择质量流量。请在 Mass Flux 框中输入质量流量。

注意：对于轴对称问题，这一质量流量是通过完整区域(2p-radian)而不是 1-radian 部分的流量。

定义总温

在质量流入口面板中的流入流体的总温框中输入总温（驻点温度）值。

定义静压

如果入口流动是超声速的，或者你打算用压力入口边界条件来对解进行初始化，那么你必须指定静压(termed the Supersonic/Initial Gauge Pressure)。

只要流动是亚声速的，FLUENT 会忽略 Supersonic/Initial Gauge Pressure，它是由指定的驻点值来计算的。如果你打算使用压力入口边界条件来初始化解域，Supersonic/Initial Gauge Pressure 是与计算初始值的指定驻点压力相联系的，计算初始值的方法有各向同性关系式(对于可压流)或者贝努力方程(对于不可压流)。因此，对于亚声速入口，它是在关于入口马赫数(可压流)或者入口速度(不可压流)合理的估计之上设定的。

需要记住的是这个静压和你在操作条件面板中的操作压力是相关的。请参阅有关于压力输入和静压头相关输入的解释。

定义流动方向

你可以在压力入口明确的定义流动的方向，或者定义流动垂直于边界。对于使用分离解算器计算移动区域问题，流动方向将是绝对速度或者相对于网格相对速度，这取决于解算器面板中的绝对速度公式是否被激活。对于耦合解算器，流动方向通常是绝对坐标系中的。

定义流动方向的步骤如下，总结请参考概述中的 Figure 1。

1. 在方向指定下拉菜单中选择指定流动方向的方法，或者是方向矢量或者是垂直于边界。
2. 如果你在第一步中选择垂直于边界，并且是在模拟轴对称涡流，请输入流动适当的切向速度，如果你选择垂直于边界并且你的流动是二维或者三维轴对称涡流，那就不需要流动方向上的其它的附加输入了。
3. 如果第一步中你选择指定方向矢量，并且你的几何外形是 3 维的，你就需要选择定义矢量分量的坐标系。在坐标系下拉菜单中选择笛卡尔(X, Y, Z)坐标，柱坐标(半径，切线和轴)，或者局部柱坐标。
 - 如果是二维非轴对称问题或者三维问题，你需要定义流动 X, Y, 和(在三维问题中) Z 三个分量的大小。
 - 如果是二维轴对称问题，请输入流动方向的径向、轴向和切向的三个分量值。

定义湍流参数

对于湍流计算，有几种定义湍流参数的方法。至于选取哪种方法以及相关的输入值请参阅确定湍流参数一节。湍流模型的相关内容请参阅湍流模型一章。

定义辐射参数

如果你打算使用 P-1 辐射模型、DTRM 或者 DO 模型，你就需要设定内部发散率以及(可选)黑体温度。详情请参阅设定边界条件一节(Rosseland 不需要任何边界条件的输入)。

定义组分质量百分比

如果你是用有限速度模型来模拟组分输运，你就需要设定组分质量百分比。详情请参阅组分边界条件的定义。

定义 PDF/混合分数参数

如果你用 PDF 模型模拟燃烧，你就需要设定平均混合分数以及混合分数变化（如果你是用两个混合分数就还包括二级平均混合分数和二级混合分数变化）。具体情况如第三步定义边界条件所述。

定义预混和燃烧边界条件

如果使用与混合燃烧模型，你就需要设定发展变量。请见发展变量的边界条件设定。

定义离散相边界条件

如果你是在模拟粒子的离散相，你就可以在速度入口设定粒子轨道详情请参阅离散向模型的边界设定。

质量流入口边界的默认设定

质量入口边界条件的默认设定（国际标准单位）为：

Mass Flow-Rate 1
Total Temperature 300
Supersonic/Initial Gauge Pressure 0
X-Component of Flow Direction 1
Y-Component of Flow Direction 0
Z-Component of Flow Direction 0
Turb. Kinetic Energy 1
Turb. Dissipation Rate 1

质量流入口边界的计算程序

对入口区域使用质量入口边界条件，该区域的每一个表面的速度被计算出来，并且这一速度用于计算流入区域的相关解变量的流量。对于每一步迭代，调节计算速度以便于保证正确的质量流的数值。

你需要使用质量流速、流动方向、静压以及总温来计算这个速度。

有两种指定质量流速的方法。第一种方法是指定入口的总质量流速 \dot{m} 。第二种方法是指定质量流量 ρv (每个单位面积的质量流速)。如果指定总质量流速，FLUENT 会在内部通过将总流量除以垂直于流向区域的总入口面积得到统一质量流量：

$$\rho v = \frac{\dot{m}}{A}$$

如果使用直接质量流量指定选项，可以使用轮廓文件或者自定义函数来指定边界处的各种质量流量。

一旦在给定表面的 ρv 值确定了，就必须确定表面的密度值 ρ ，以找到垂直速度 v 。密度获取的方法依赖于所模拟的是不是理想气体。下面检查了各种情况：

理想气体的质量流边界的流动计算

如果是理想气体，要用下式计算密度：

$$p = \rho RT$$

如果入口是超音速，所使用的静压是设为边界条件静压值。如果是亚音速静压是从入口表面单元内部推导出来的。

入口的静温是从总焓推出的，总焓是从边界条件所设的总温推出的。

入口的密度是从理想气体定律，使用静压和静温推导出来的。

不可压流动的质量流边界的流动计算

如果是模拟非理想气体或者液体，静温和总温相同。入口处的密度很容易从温度函数和（可选）组分质量百分比计算出来的。速度用质量入口边界的计算程序中的方程计算出。

质量流边界的流量计算

要计算所有变量在入口处的流量，流速 v 和方程中变量的入口值一起使用。例如，质量流量为 $r v$ ，湍流动能的流量为 $r k v$ 。这些流量用于边界条件来计算解过程的守恒方程。

进气口边界条件

进气口边界条件用于模拟具有指定损失系数、流动方向以及环境（入口）压力和温度的进气口。

进气口边界的输入

进气口边界需要输入：

- 总压即驻点压力
- 总温即驻点温度。
- 流动方向
- 静压
- 湍流参数（对于湍流计算）
- 辐射参数(对于 P-1 模型、DTRM 或者 DO 模型的计算)
- 化学组分质量百分数（对于组分计算）。
- 混合分数和变化（对于 PDE 燃烧计算）。
- 发展变量（对于预混和燃烧计算）。
- 离散相边界条件（对于离散相计算）
- 二级相的体积分数(对于多相流计算)
- 损失系数

上面的所有值都由进气口面板输入，它是从边界条件打开的（见设定边界条件一节）。

上面的前十一项的设定和压力入口边界的设定一样。下面介绍一下损失系数的设定：

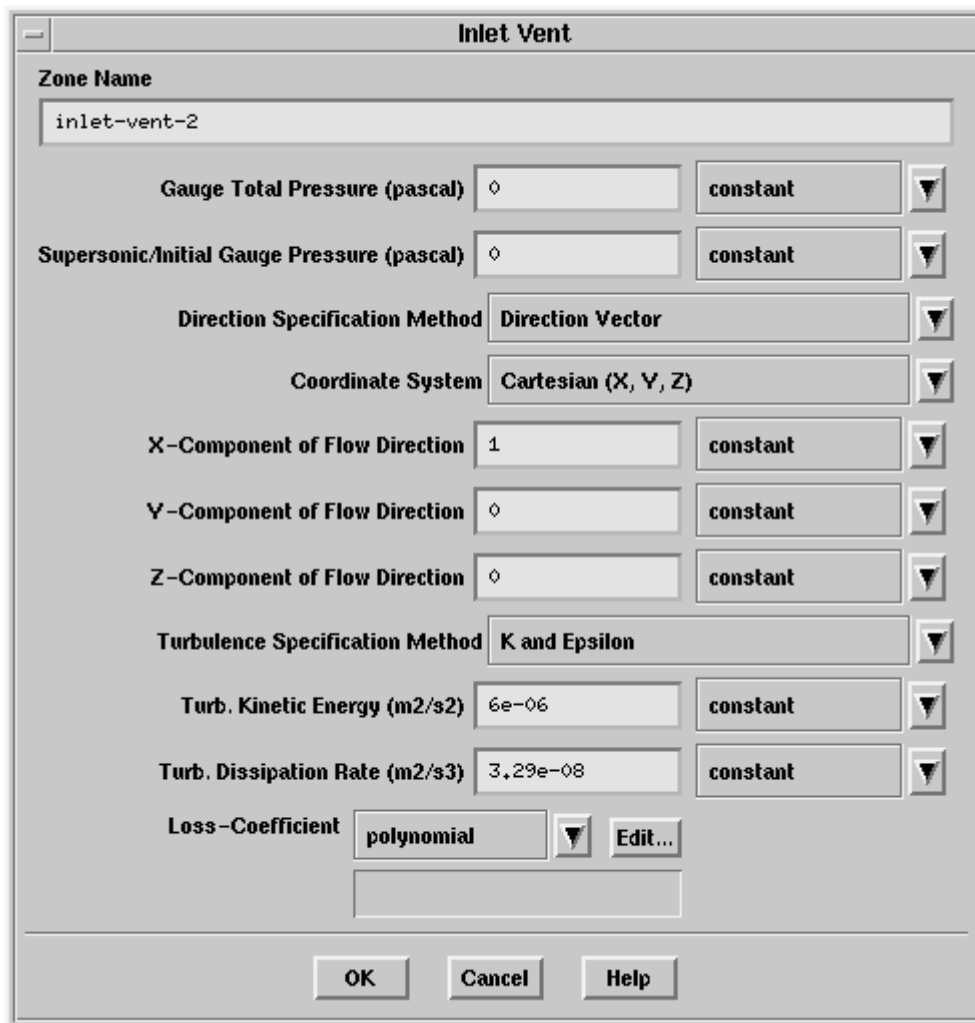


Figure 1: 进气口面板

指定损失系数

FLUENT 中的进气口模型，进气口假定为无限薄，通过进气口的压降假定和流体的动压成比例，并以经验公式确定你所应用的损失系数。也就是说压降 Δp 和通过进气口速度的垂直分量的关系为：

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

其中 ρ 是流体密度， k_L 为无量纲的损失系数。

注意： Δp 是流向压降，因此即使是在回流中，进气口都会出现阻力。

你可以定义通过进气口的损失系数为常量、多项式、分段线性函数或者垂向速度的分段多项式函数。定义这些函数的面板和定义温度相关属性的面板相同，详情请参阅使用温度相关函数定义属性一节。

进气扇边界条件

进气扇边界条件用于定义具有特定压力跳跃、流动方向以及环境（进气口）压力和温度的外部进气扇流动。

进气扇边界的输入

进气扇边界需要输入：

- 总压即驻点压力
- 总温即驻点温度。
- 流动方向
- 静压
- 湍流参数（对于湍流计算）
- 辐射参数(对于 P-1 模型、DTRM 或者 DO 模型的计算)
- 化学组分质量百分数（对于组分计算）。
- 混合分数和变化（对于 PDE 燃烧计算）。
- 发展变量（对于预混和燃烧计算）。
- 离散相边界条件（对于离散相计算）
- 二级相的体积分数(对于多相流计算)
- 压力跳跃

上面的所有值都由进气扇面板输入，它是从边界条件打开的（见设定边界条件一节）。

上面的前十一项的设定和压力入口边界的设定一样。下面介绍一下压力跳跃的设定：

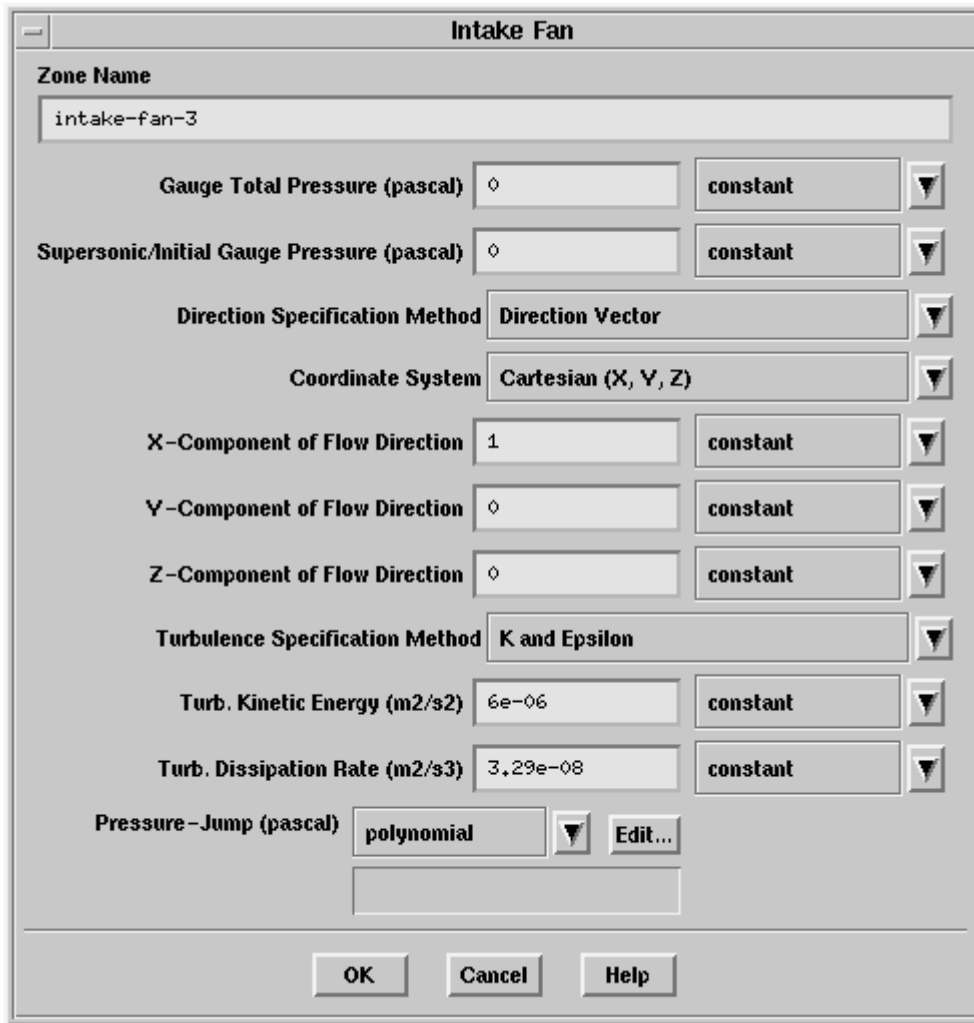


Figure 1: 进气扇面板

指定压力跳跃

所有的进气扇都被假定为无限薄，通过它的非连续压升被指定为通过进气扇速度的函数。在倒流的算例中，进气扇被看成类似于具有统一的损失系数的出气口。

你可以定义通过进气扇的压力跳跃为常量、多项式、分段线性函数或者垂向速度的分段多项式函数。定义这些函数的面板和定义温度相关属性的面板相同，详情请参阅使用温度相关函数定义属性一节。

压力出口边界条件

压力出口边界条件需要在出口边界处指定静（gauge）压。静压值的指定只用于压声速流动。如果当地流动变为超声速，就不再使用指定压力了，此时压力要从内部流动中推断。所有其它的流动属性都从内部推出。

在解算过程中，如果压力出口边界处的流动是反向的，回流条件也需要指定。如果对于回流问题你指定了比较符合实际的值，收敛性困难就会被减到最小。

FLUENT 还提供了使用辐射平衡出口边界条件，详情请参阅定义静压一节。
关于流动边界的概述请参阅流动入口和出口一节。

压力出口边界的输入

概述

压力出口边界条件需要输入：

- 静压
- 回流条件
- 总温即驻点温度（用于能量计算）。
- 湍流参数（对于湍流计算）
- 化学组分质量百分数（对于组分计算）。
- 混合分数和变化（对于 PDE 燃烧计算）。
- 发展变量（对于预混和燃烧计算）。
- 二级相的体积分数(对于多相流计算)
- 辐射参数(对于 P-1 模型、DTRM 或者 DO 模型的计算)
- 离散相边界条件（对于离散相计算）

上面的所有值都由压力出口面板输入，它是从边界条件打开的（见设定边界条件一节）。

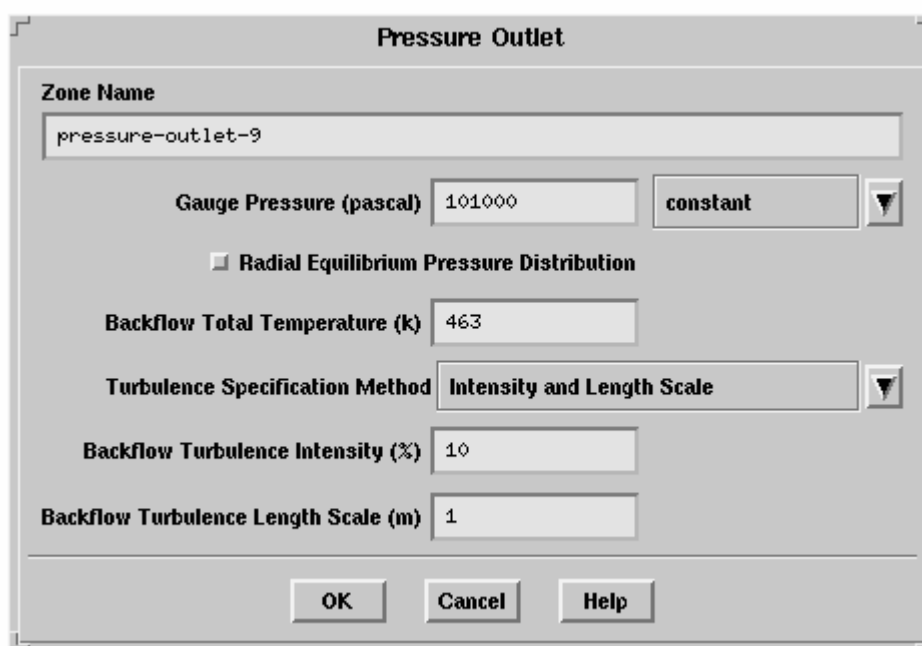


Figure 1: 压力出口面板

定义静压

要在压力出口边界设定静压，请在压力出口面板设定适当的 Gauge 压力值。这一值只用于压声速。如果出现当地超声速情况，压力要从上游条件推导出来。

需要记住的是这个静压和你在操作条件面板中的操作压力是相关的。请参阅有关于压力输入和静压头相关输入的解释。

FLUENT 还提供了使用平衡出口边界条件的选项。要使这个选项激活，打开辐射平衡压力分布。当这一功能被激活时，指定的 gauge 压力只用于边界处的最小最小半径位置（相对于旋转轴）。其余边界的静压是从辐射速度可忽略不计的假定中计算出来的，压力梯度由

下是给出：

$$\frac{\partial p}{\partial r} \equiv \frac{\rho v_{\theta}^2}{r}$$

其中 r 是从旋转轴的距离， v_{θ} 是切向速度。即使旋转速度为零也可以使用这一边界条件。例如，它可以用于计算通过具有导流叶片的环面流动。

注意：辐射平衡出口条件，只用于三维或者轴对称涡流计算。

定义回流条件

与你所使用的模型一致的回流属性会出现在压力出口面板中。指定的值只用于通过出口进入的流动。

- 在包含能量的计算中要设定回流总温。
- 对于湍流计算，有几种定义湍流参数的方法。至于采用哪种方法，需要输入哪些值，请参阅决定湍流参数一节。湍流模型的相关介绍请参阅湍流模型一节。
- 如果你是用有限速度模型来模拟组分输运，你需要在组分质量分数框中设定回流组分质量分数。详情请参阅组分边界条件的设定。
- 如果你是使用 PDF 或者混合分数模型来模拟燃烧，你需要设定回流混合分数以及变化值，详情请参阅定义边界条件一节的第三步。
- 如果使用预混合燃烧模型，你需要设定回流发展变量。详情请参阅发展变量边界条件的设定。
- 如果你在模拟多相流动，你需要在体积分数框中设定二级相的回流体积分数。详情请参阅 VOF 模型、Cavitation 模型以及 ASM 模型边界条件的设定。
- 如果产生回流，你所指定的 Gauge 压力将作为总压使用，所以你不必明确的指定回流压力值。这一算例中，流动方向垂直于边界。

如果邻近压力出口的单元区域是移动的（也就是说，如果你使用旋转参考坐标系、多重参考坐标系、混合平面或者滑移网格）而且你是用分离解算器，那么速度对总压的动态贡献（参阅定义总压和总温一节中的方程 1）将是绝对或者相对于单元区域的运动，这取决于解面板中的绝对速度公式是否被激活。对于耦合解算器，定义总压和总温一节中方程 1 的速度（或者定义总压和总温一节中的方程 3 的马赫数）通常是在绝对坐标系中。即使在收敛解中没有回流，你也应该设定比较现实的值来最小化收敛的困难，这是因为回流在计算过程中确实出现了。

定义辐射参数

如果你打算使用 P-1 辐射模型、DTRM 或者 DO 模型，你就需要设定内部发散率以及（可选）黑体温度。详情请参阅设定边界条件一节(Rosseland 不需要任何边界条件的输入)。

定义离散相边界条件

如果你是在模拟粒子的离散相，你就可以在速度入口设定粒子轨道详情请参阅离散向模型的边界设定。

压力出口边界的默认设定

Default settings (in SI) for pressure outlet boundary conditions are as follows:

Gauge Pressure 0

Backflow Total Temperature 300

Backflow Turb. Kinetic Energy 1

Backflow Turb. Dissipation Rate 1

压力出口边界的计算程序

在压力出口，FLUENT 使用出口平面 p_s 处的流体静压作为边界条件的压力，其它所有的条件从区域内部推导出来。

压力远场边界条件

FLUENT 中使用的压力远场条件用于模拟无穷远处的自由流条件，其中自由流马赫数和静态条件被指定了。压力远场边界条件通常被称为典型边界条件，这是因为它使用典型的信息（黎曼不变量）来确定边界处的流动变量。

这一边界条件只应用于当密度是用理想气体定律计算出来的情况。不可以适用于其它情况要有效地近似无限远处的条件，你必须建这个远场放到所关心的计算物体的足够远处。例如，在机翼升力计算中远场边界一般都要设到 20 倍弦长的圆周之外。

关于流动边界的概述，请参阅流动入口和出口一节。

压力远场边界的输入

概述

压力远场边界条件需要输入：

- 静压
- 马赫数
- 温度
- 流动方向
- 湍流参数（对于湍流计算）
- 辐射参数(对于 P-1 模型、DTRM 或者 DO 模型的计算)
- 化学组分质量百分数（对于组分计算）。
- 离散相边界条件（对于离散相计算）

上面的所有值都由压力远场面板输入（Figure 1），它是从边界条件打开的（见设定边界条件一节）。

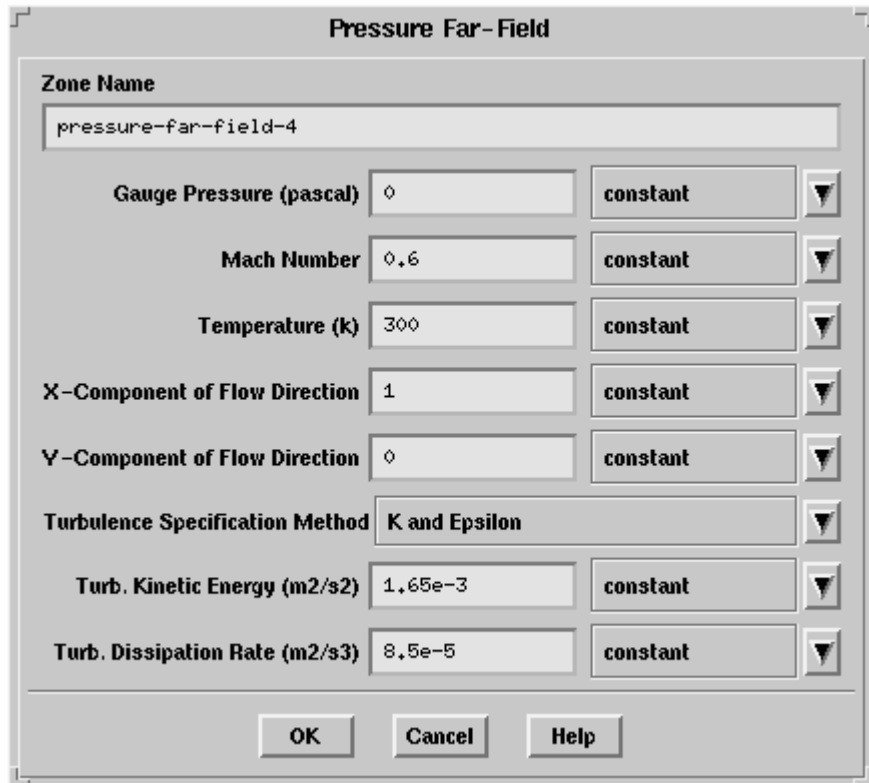


Figure 1: 压力远场面板

定义静压、马赫数和静温。

要设定远场边界的静压和静温，请在压力远场面板中输入适当的 Gauge 压力值和温度值以及马赫数。马赫数可以是亚音速，音速或者超音速。

定义流动方向

通过设定方向矢量的分量，你可以定义压力远场的流动方向。如果是二维非轴对称问题或者三维问题请在压力远场面板中输入刘道方向上适当的 X, Y 和(三维问题)Z 分量。如果是二维轴对称问题请输入适当的径向、轴向以及（如果模拟轴对称涡流）切向流动分量。

定义湍流参数

对于湍流计算，有几种方法来定义湍流参数。至于哪种方法合适该输入哪些相应数值请参阅决定湍流参数一节。湍流模型是在“湍流模型”一章中介绍

定义辐射参数

如果你打算使用 P-1 辐射模型、DTRM 或者 DO 模型，你就需要设定内部发散率以及(可选)黑体温度。详情请参阅设定边界条件一节(Rosseland 不需要任何边界条件的输入)。

定义组分输运参数

如果你用有限速度模型来模拟组分输运，你需要在组分质量分数框中设定组分质量分数，详情请参阅组分的边界条件定义。

定义离散相边界条件

如果你是在模拟粒子的离散相，你就可以在压力入口设定粒子轨道详情请参阅离散向模型的边界设定。

压力远场边界条件的默认设定

Default settings (in SI) for pressure far-field boundary conditions are as follows:

Gauge Pressure 0

Mach Number 0.6

Temperature 300

X-Component of Flow Direction 1

Y-Component of Flow Direction 0

Z-Component of Flow Direction 0

Turb. Kinetic Energy 1

Turb. Dissipation Rate 1

压力远场边界的计算程序

对于垂直于边界的一维流动在引入黎曼不变量（特征变量）的基础上，压力远场边界条件是非反射边界条件。对于压声速流动，有两个黎曼不变量，它符合入射波和反射波：

$$R_{\infty} = V_{n_{\infty}} - \frac{2c_{\infty}}{\gamma - 1}$$

$$R_i = V_{n_i} - \frac{2c_i}{\gamma - 1}$$

其中 V_n 垂直于边界的速度量， c 是当地声速， γ 为气体比热比。下标 ∞ 是指应用于无穷远处的条件，下标 i 是用于内部区域的条件（即邻近于边界表面的单元）。将这两个变量相加减有如下两式：

$$V_{n_i} = \frac{1}{2} (R_i + R_{\infty})$$

$$c = \frac{\gamma - 1}{4} (R_i - R_{\infty})$$

其中 V_n 和 c 变成边界处应用的垂直速度分量值以及声速值。在通过流动出口的表面，切向分速度和焓有内部区域推导出来，在流入表面这些被指定为自由流的值。使用 V_n , c , 切向速度分量以及焓可以计算出边界表面的密度、速度、温度以及压力值。

质量出口边界条件

当流动出口的速度和压力在解决流动问题之前是未知时，**FLUENT** 会使用质量出口边界条件来模拟流动。你不需要定义流动出口边界的任何条件（除非你模拟辐射热传导、粒子的离散相或者分离质量流）：**FLUENT** 会从内部推导所需要的信息。然而，重要的是要知道这一

边界类型的限制。

注意：下面的几种情况不能使用质量出口边界条件：

- 如果包含压力出口，请使用压力出口边界条件
- 如果模拟可压流
- 如果模拟变密度的非定常流，即使流动是不可压的也不行。

关于流动边界的概述，请参阅流动入口和出口一节。

质量出口边界的 FLUENT 处理

FLUENT 在质量出口边界使用的边界条件为：

- 所有的流动变量具有零扩散流量
- 全部的质量平衡修正

流出单元应用零扩散流量意味着流出边界的平面是由区域内部推导出来，而对上游流动没有影响。当流出边界面积不变时，在假定与完全发展的流动相容的基础上，FLUENT 使用相应的推导程序，更新流出速度和压力。

FLUENT 在流出边界所应用的零扩散流量条件在物理上接近于完全发展流动。所谓的完全发展流动是指在流动方向上流动速度轮廓（和/或其它诸如温度属性的轮廓）不改变。注意，在质量出口边界条件中垂直于流向可能会由速度梯度。只有在垂直于出口平面的扩散流量被假定为零。

使用质量出口边界

正如前面所述，质量出口边界条件要保证流动是完全发展的，出口方向上的所有流动变量的扩散流量为零。但是，你也可以在流动没有完全发展的物理边界定义质量出口边界条件，在这种情况下你首先要有把握保证出口处的零扩散流量对流动解没有很大的影响。下面是使用质量出口边界的一个例子：

- 质量出口边界的法向梯度可以忽略不计：下图是一个简单的二维问题，有几个可能的质量出口边界。位置(D)表明流动边界在通风口的出口。在这里，假定对流占支配优势，边界条件非常符合，质量出口的位置也很得当。位置(C)是在通风口出口的上游，在这里流动是完全发展的。因此质量出口边界条件在这里也很合适。

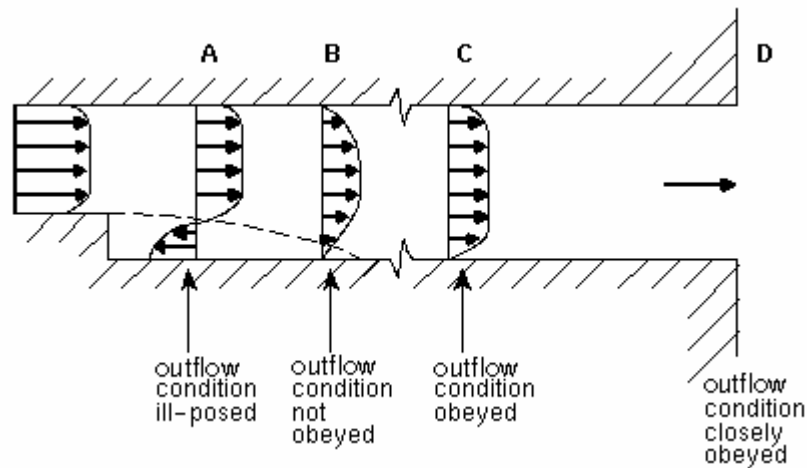


Figure 1:质量出口边界位置的选择

- 质量出口边界的错误位置: 位置(B) 表明质量出口边界在后向表面步中, 接近流动的再附着点。这样的选择是错误的, 因为在回流点处垂直于出口表面的梯度相当的大, 它会对流场上游有很大的影响。因为质量出口边界条件忽略这些流动的轴向梯度, 所以位置(B)是一个较差的质量出口边界。出口位置应该移到再附着点的下游。
- 位置(A)是第二个质量出口边界的错误位置。在这里流动又通过质量出口边界回流到 FLUENT 计算域中。像这种情况, FLUENT 计算就不会收敛, 计算的结果根本就没有用。这是因为当流动通过质量出口又回流到计算区域时, 通过计算区域的质量流速是浮动的或者是未定义的。除此之外, 当通过质量出口流入计算区域时, 流动的标量属性是未定义的 (FLUENT 在流域内使用邻近于质量出口流体的温度来选择温度)。因此你应该以怀疑的观点来察看包括通过质量出口进入流域的所有计算。对于这样的计算, 推荐使用压力出口边界条件。

注意: 如果在计算中的任何点有回流流过质量出口边界, 甚至解的最后结果不排除到区域内有任何的回流, 收敛性都会受到影响。这一情况在湍流中尤其要注意。

质量流分离边界条件

在 FLUENT 中, 可能会使用多重质量出口边界并指定流过边界的每一部分流动速度。在质量出口面板, 设定流速权重以表明是哪一部分质量出口通过边界。

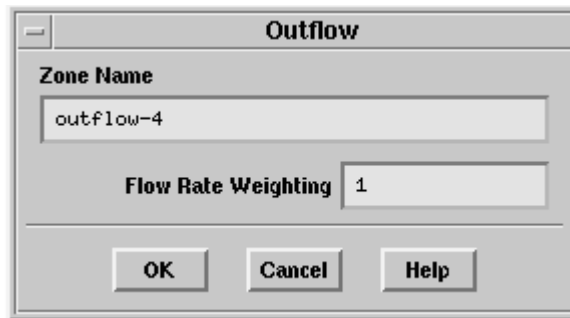


Figure 1: The Outflow Panel

流速权重是一个权因子:

$$\text{percentage flow through boundary} = \frac{\text{flow rate weighting specified on boundary}}{\text{sum of flow rate weighting}}$$

流速权重在所有的质量出口默认为 1。如果所有的流动出口边界是等分的或者只有一个质量出口边界, 你就不必改变权重因子。FLUENT 会依比例决定通过所有质量出口边界的流动速度以获取相等的分数。因此, 如果你有两个出口边界, 并且希望通过每一个边界的流动为总流动的一半, 你就不需要输入其它的东西了。然而如果你希望其中一个边界流出的为 75%, 另一个为 25%, 那么就必须明确的指定两个流速权重, 也就是其中一个边界为 0.75, 另一个为 0.25。

注意如果你指定一个出口的流速权重为 0.75, 另一个不指定也就是默认为 1, 那么流过每一个边界的分别为:

$$\text{Boundary 1} = 0.75 / (0.75 + 1.0) = 0.429 \text{ 或者 } 42.9\%$$

Boundary 2 = $1.0 / (0.75 + 1.0) = 0.571$ 或者 57.1%

质量出口边界的输入

质量出口边界的辐射输入

一般说来，对于质量出口边界你不需要设定任何边界条件。然而，如果你打算使用 P-1 辐射模型、DTRM 或者 DO 模型，你就需要在出口面板设定内部发散率以及（可选）黑体温度。详情请参阅设定辐射边界条件一节。内部发散率的默认设定为 1，黑体温度的默认值为 300。

定义离散相边界条件

如果你是在模拟粒子的离散相，你就可以在压力入口设定粒子轨道详情请参阅离散相模型的边界设定。

通风口边界条件

通风口边界条件用于模拟具有指定损失系数以及周围（流出）环境压力和温度的通风口。

通风口边界的输入

通风口边界需要输入：

- 静压
- 回流条件
- 总温即驻点温度（用于能量计算）。
- 湍流参数（对于湍流计算）
- 化学组分质量百分数（对于组分计算）。
- 混合分数和变化（对于 PDE 燃烧计算）。
- 发展变量（对于预混和燃烧计算）。
- 二级相的体积分数(对于多相流计算)
- 辐射参数(对于 P-1 模型、DTRM 或者 DO 模型的计算)
- 离散相边界条件（对于离散相计算）
- 损失系数

上面的所有值都由通风口面板输入（Figure 1），它是从边界条件打开的（见设定边界条件一节）。

前四项的指定方法和压力出口边界的方法相同。详情请参阅压力出口边界的输入一节。损失系数的指定在指定损失系数一节中描述。

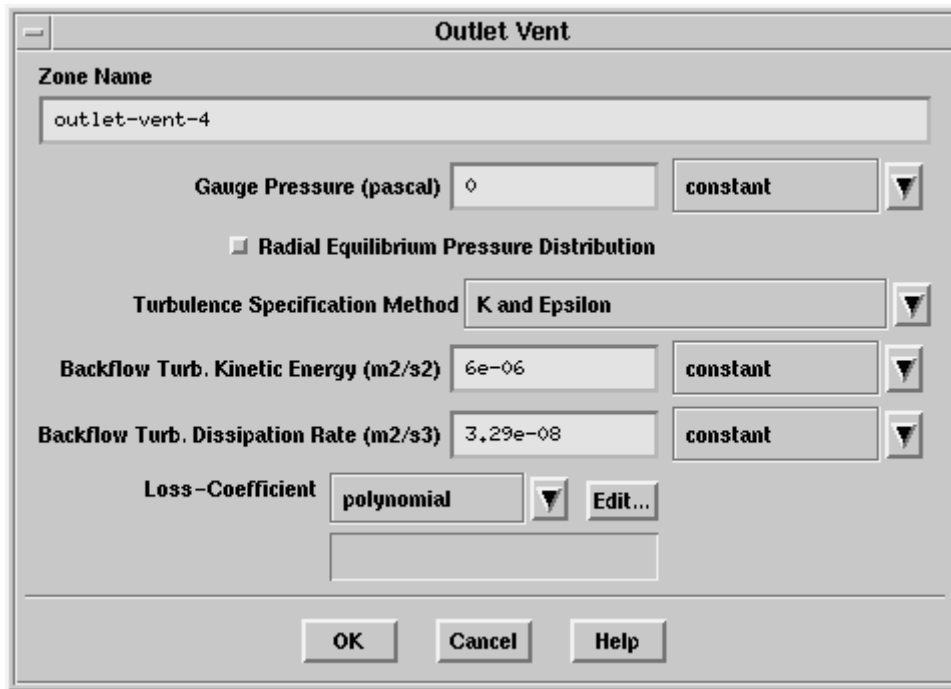


Figure 1: 通风口面板

指定损失系数

通风口被假定为无限薄，而且通过通风口的压降被假定与流体的动压头成比例，同时也要使用决定损失系数的经验公式。压降 Δp 和垂直于通风口的速度分量 v 之间的关系式如下：

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

其中 ρ 是流体密度， k_L 无量纲损失系数。

注意： Δp 是流向压降，因此即使是在回流中，通风口都会出现阻力。

你可以定义通过通风口的损失系数为常量、多项式、分段线性函数或者垂向速度的分段多项式函数。定义这些函数的面板和定义温度相关属性的面板相同，详情请参阅使用温度相关函数定义属性一节。

排气扇边界条件

排气扇边界条件用于模拟具有指定压力跳跃和周围（流出）环境压力的外部排气扇

排气扇边界条件的输入

排气扇边界条件需要输入：

- 静压
- 回流条件
- 总温即驻点温度（用于能量计算）。
- 湍流参数（对于湍流计算）
- 化学组分质量百分数（对于组分计算）。
- 混合分数和变化（对于 PDE 燃烧计算）。
- 发展变量（对于预混和燃烧计算）。

- 二级相的体积分数(对于多相流计算)
- 辐射参数(对于 P-1 模型、DTRM 或者 DO 模型的计算)
- 离散相边界条件 (对于离散相计算)
- 压力跳跃

上面的所有值都由排气扇面板输入 (Figure 1), 它是从边界条件打开的 (见设定边界条件一节)。

前四项的指定方法和压力出口边界的方法相同。详情请参阅压力出口边界的输入一节。压力跳跃的指定在指定压力跳跃一节中描述。

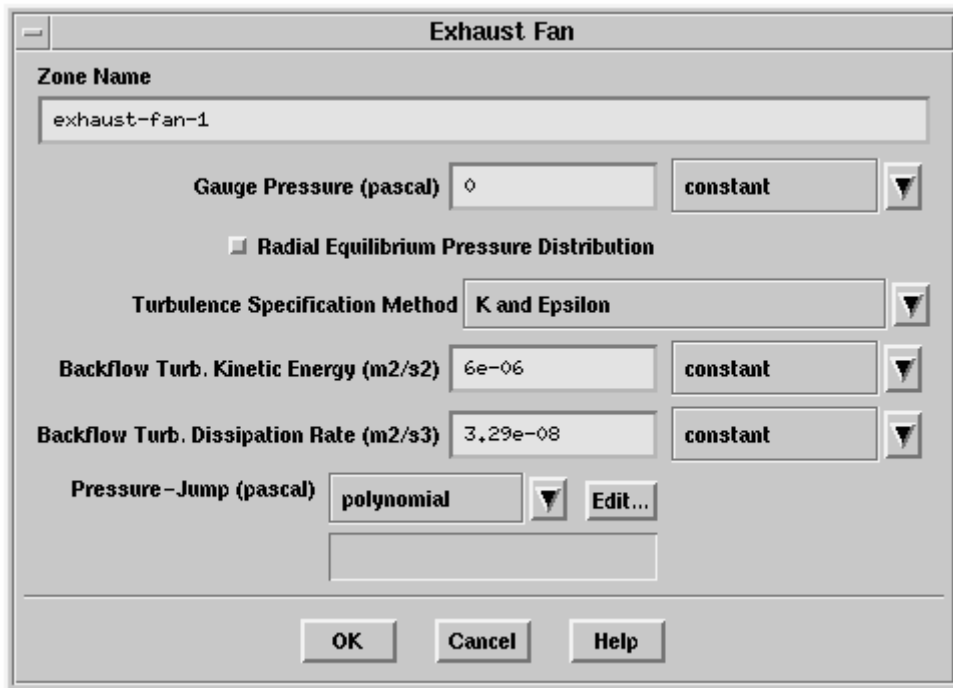


Figure 1: The Exhaust Fan Panel

指定压力跳跃

FLUENT 中模拟了排气扇, 排气扇被假定为无限薄, 并且通过排气扇具有不连续的压力升高, 它是垂直于排气扇的当地流体速度的函数。你可以定义通过排气扇的压力跳跃为常量、多项式、分段线性函数或者分段多项式函数。定义这些函数的面板和定义温度相关属性的面板相同, 详情请参阅使用温度相关函数定义属性一节。

模拟排气扇必须小心谨慎, 要保证通过排气扇向前的流动压力有所升高。在回流算例中, 排气扇被看成具有同一损失系数的进气口。

壁面边界条件

壁面边界条件用于限制流体和固体区域。在粘性流动中, 壁面处默认为非滑移边界条件, 但是你也可以根据壁面边界区域的平动或者转动来指定切向速度分量, 或者通过指定剪切来模

拟滑移壁面(你也可以在 FLUENT 中用对称边界类型来模拟滑移壁面，但是使用对称边界就需要在所有的方程中应用对称条件。详情请参阅对称边界条件一节)。
在当地流场的详细资料基础上可以计算出流体和壁面之间的剪应力和热传导。

壁面边界的输入

概述

壁面边界条件需要输入下列信息：

- 热边界条件（对于热传导计算）
- 速度边界条件（对于移动或旋转壁面）
- 剪切（对于滑移壁面，此项可选可不选）
- 壁面粗糙程度（对于湍流，此项可选可不选）
- 组分边界条件（对于组分计算）
- 化学反应边界条件（对于壁面反应）
- 辐射边界条件(对于 P-1 模型、DTRM 或者 DO 模型的计算)
- 离散相边界条件（对于离散相计算）

在壁面处定义热边界条件

如果你在解能量方程，你就需要在壁面边界处定义热边界条件。在 FLUENT 中有五种类型的热边界条件：

- 固定热流量
- 固定温度
- 对流热传导
- 外部辐射热传导
- 外部辐射热传导和对流热传导的结合

如果壁面区域是双边壁面（在两个区域之间形成界面的壁面，如共轭热传导问题中的流/固界面）就可以得到这些热条件的子集，但是你也可以选择壁面的两边是否耦合。详情请参阅在壁面处定义热边界条件。

下面各节介绍了每一类型的热条件的输入。如果壁面具有非零厚度，你还应该设定壁面处薄壁面热阻和热生成的相关参数，详情请参阅在壁面处定义热边界条件。

热边界条件由壁面面板输入（Figure 1），它是从边界条件打开的（见设定边界条件一节）。

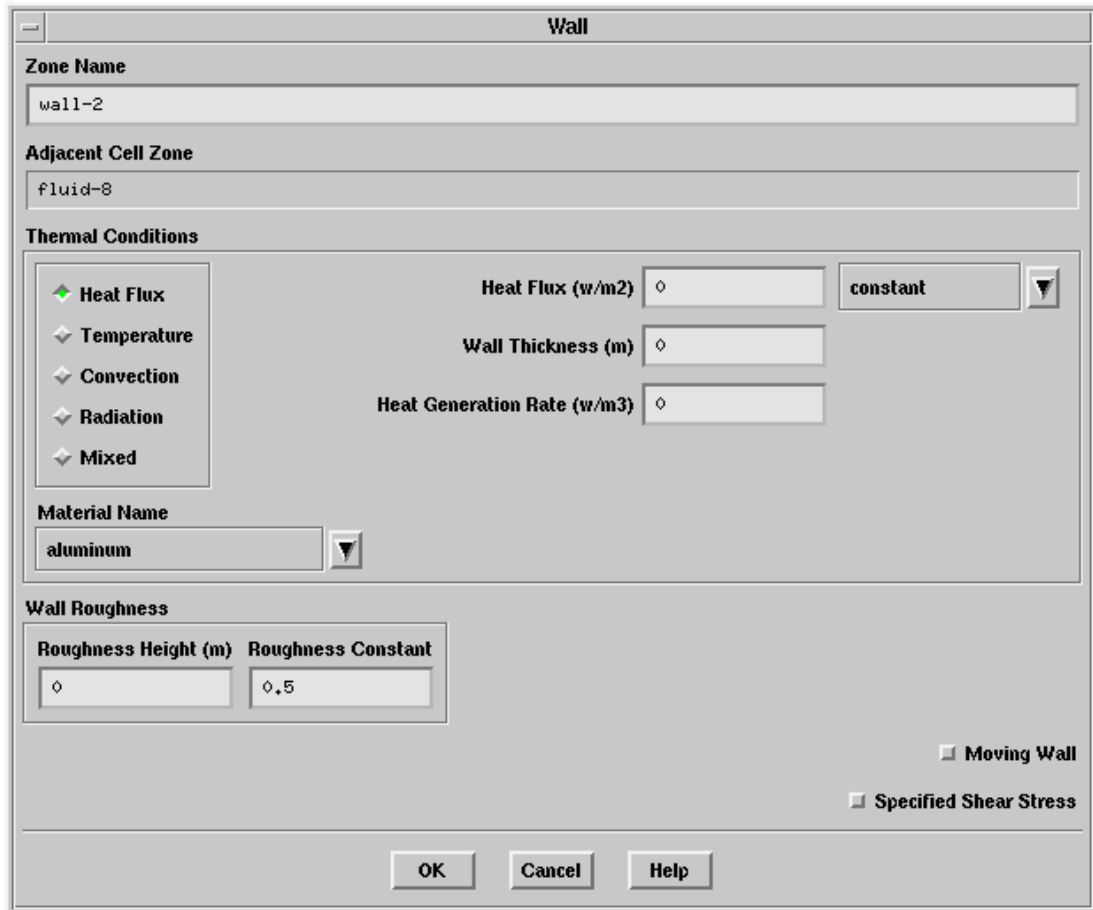


Figure 1:壁面面板

对于固定热流量条件，在热条件选项中选择热流量。然后你就可以在热流量框中设定壁面处热流量的适当数值。设定零热流量条件就定义了绝热壁，这是壁面的默认条件。

选择固定温度条件，在壁面面板中的热条件选项中选择温度选项。你需要指定壁面表面的温度。壁面的热传导可以用温度边界条件一节中的方程 1 或 3 来计算。

对于对流传热壁面，在热条件中选择对流。输入热传导系数以及自有流温度，FLUENT 就会用对流传热边界条件中的方程 1 来计算壁面的热传导。

如果你所模拟的是从外界而来的辐射热传导，你可以在壁面面板中激活辐射选项，然后设定外部发射率以及外部辐射温度。

如果选择混合选项，你就可以选择对流和辐射结合的热条件。对于这种条件，你需要设定热传导系数、自由流温度、外部发射率以及外部辐射温度。

默认情况下壁面厚度为零。然而你可以结合任何的热条件来模拟两个区域之间材料的薄层。例如：你可以模拟两个流体区域之间的薄金属片的影响，固体区域上的薄层或者两个固体区域之间的接触阻力。FLUENT 会解一维热传导方程来计算壁面所提供的热阻以及壁面内部的热生成。

在热传导计算中要包括这些影响，你就需要指定材料的类型，壁面的厚度以及壁面的热生成速度。在材料名字下拉菜单中选择材料类型，然后在壁面厚度框中指定厚度。壁面的热阻为 D_x/k ，其中 k 是壁面材料的热传导系数， D_x 是壁面厚度。你所设定的热边界条件将在薄壁面的外部指定，如图 2 所示，其中 T_b 壁面处所指定的固定温度。

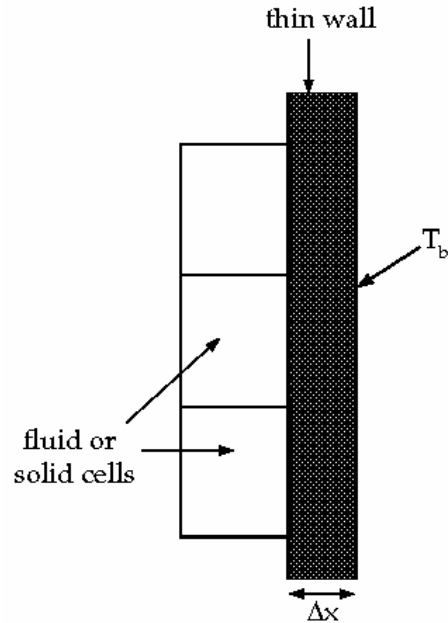


Figure 2: 热条件被指定在薄壁面的外侧

在热生成速度框中指定壁面内部热生成速度。这一选项是非常有用的，比方说，模拟已知电能分布的印刷电路板。

如果壁面区域的每一边是流体或者固体区域。当你具有这类壁面区域的网格读入到 FLUENT，一个阴影区域会自动产生，以便于壁面的每一边都是清楚的壁面区域。在壁面区域面板中，阴影区域的名字将在阴影表面区域框中显示出来。你可以选择在每一个区域指定不同的热条件或者将两个区域耦合：

- 要耦合壁面的两个边，在热条件选项中选择耦合选项(只有壁面是双边时这一选项才会出现在壁面面板中)。不需要输入任何附加的热边界信息，因为解算器会直接从相邻单元的解中计算出热传导。然而你可以指定材料类型、壁面厚度以及热生成速度来计算壁面热阻，详情请参阅壁面处热边界条件的定义一节。注意，你所设定的壁面每一边的阻抗参数会自动分配给它的阴影壁面区域。指定壁面内的热生成速度是很有用的，比如，模拟已知电能分布但是不知道热流量或者壁面温度的印刷电路板。
- 要解耦壁面的两个边，并为每一个边指定不同的热条件，在热条件类型中选择温度或者热流作为热条件类型(对于双边壁面，不应用对流和热辐射)。壁面和它的阴影之间的关系会被保留，以便于你在以后可以再次耦合它们。你需要设定所选的热条件的相关参数，前面对这方面的内容已经叙述过了不再重复。两个非耦合壁面具有不同的厚度，并且相互之间有效地绝缘。如果对于非耦合壁面指定非零厚度的壁面，你所设定的热边界条件就会在两个薄壁的外边的那个边指定，如图 3 所示，其中 T_{b1} 和 T_{b2} 分别是两个壁面的温度或者热流量。 k_{w1} 和 k_{w2} 是非耦合薄壁面的热传导率。注意图 3 中两个壁面之间的缺口并不是模型的一部分，它只是在图形中用来表明每一个非耦合壁面的热边界条件在哪里应用。

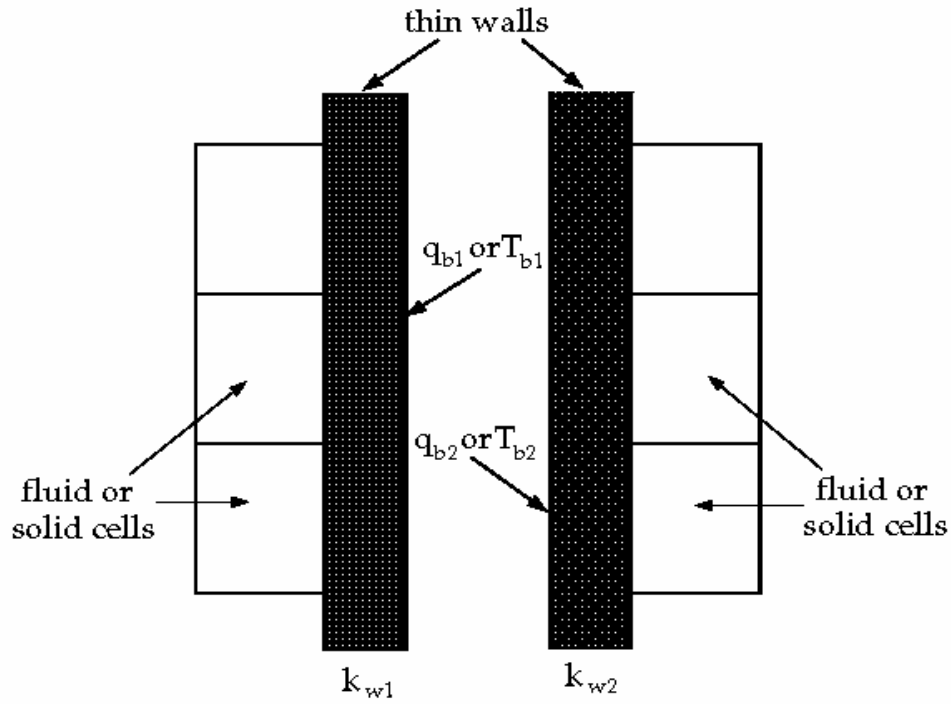


Figure 3: 热条件在非耦合薄壁的外边指定

对移动壁面定义速度条件

如果你希望在计算中包括壁面的切向运动，你就需要定义平动或者转动速度。壁面速度条件在壁面面板的运动部分输入，在这里你可以激活面板底部的移动壁面选项来显示和编辑，此时壁面面板会扩大显示为下图：

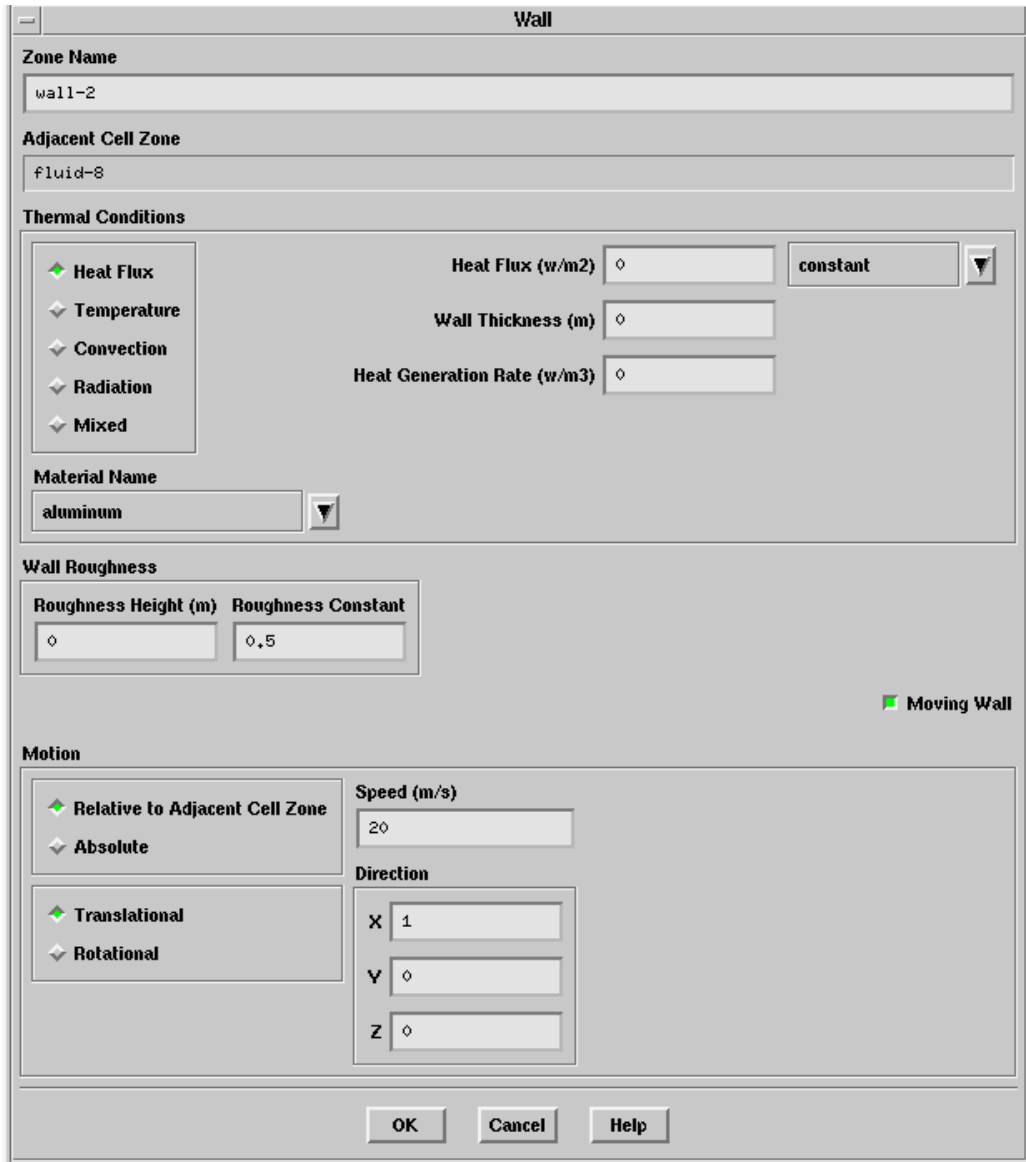


Figure 1: 移动壁面的壁面面板

如果邻近壁面的单元区域是移动的，（比如你使用移动参考系或者滑动网格）你可以激活相对邻近单元区域选项来选择指定的相对移动区域的移动速度。如果指定相对速度，那么相对速度为零意味着在相对坐标系中壁面是静止的，因此在绝对坐标系中以相对于邻近单元的速度运行。如果选择绝对速度（激活绝对选项），速度为零就意味着避免在绝对坐标系中是静止的，而且以相对于邻近单元的速度以动，但是在相对坐标系中方向相反。

如果你使用一个或多个移动参考系、滑动网格或者混合平面，并且你希望壁面固定在移动参考系上。推荐你指定相对速度（默认）而不是绝对速度。然后，如果你修改邻近单元区域的速度，就像你指定绝对速度一样，你就不需要对壁面速度做任何改变。

注意：如果邻近单元不是移动的那么它和相对选项是等同的。

对于包括线性，壁面边界是平动的问题（如以移动带作为壁面的矩形导管），你可以激活平动选项，并指定壁面速度和方向(X,Y,Z 矢量)。作为默认值，通过指定平动速度为零，壁面移动是未被激活的。

对于包括转动壁面运动的问题，你可以激活转动选项，并对指定的旋转轴定义旋转速度。要定义轴，请设定旋转轴方向和和旋转轴原点。这一轴和邻近单元区域所使用的旋转轴是无

关的，而且和其它的壁面旋转轴无关。对于三维问题旋转轴是通过指定坐标原点的矢量，它平行于在旋转轴方向框中指定的从(0,0,0)到(X,Y,Z)的矢量。对于二维问题，你只需要指定旋转轴起点，旋转轴是通过指定点的 z 向矢量。对于二维轴对称问题，你不必定义旋转轴：通常是绕 x 轴旋转，起点为(0,0)。

需要注意的是，只有在壁面限制表面的旋转时，模拟切向旋转运动才是正确的(比如圆环或者圆柱)。还要注意只有对静止参考系内的壁面才能指定旋转运动。

如定义壁面处热边界条件所讨论的，当你读入具有双边壁面的网格时（它在流/固区域形成界面），会自动形成阴影区域来区分壁面区域的每一边。对于双边壁面，壁面和阴影区域可能指定不同的运动，而不管它们耦合与否。然而需要注意的是，你不能指定邻近固体区域的壁面（或阴影）的运动。

模拟滑移壁面

作为默认，无粘流动的壁面是非滑移条件，但是在 FLUENT 中，你可以指定零或非零剪切来模拟滑移壁面。要指定剪切，在壁面面板中选择指定剪切应力项（见下图），然后你可以在剪切应力项中输入剪切的 x, y, 和 z 分量指定剪切应力选项不是用壁面函数。

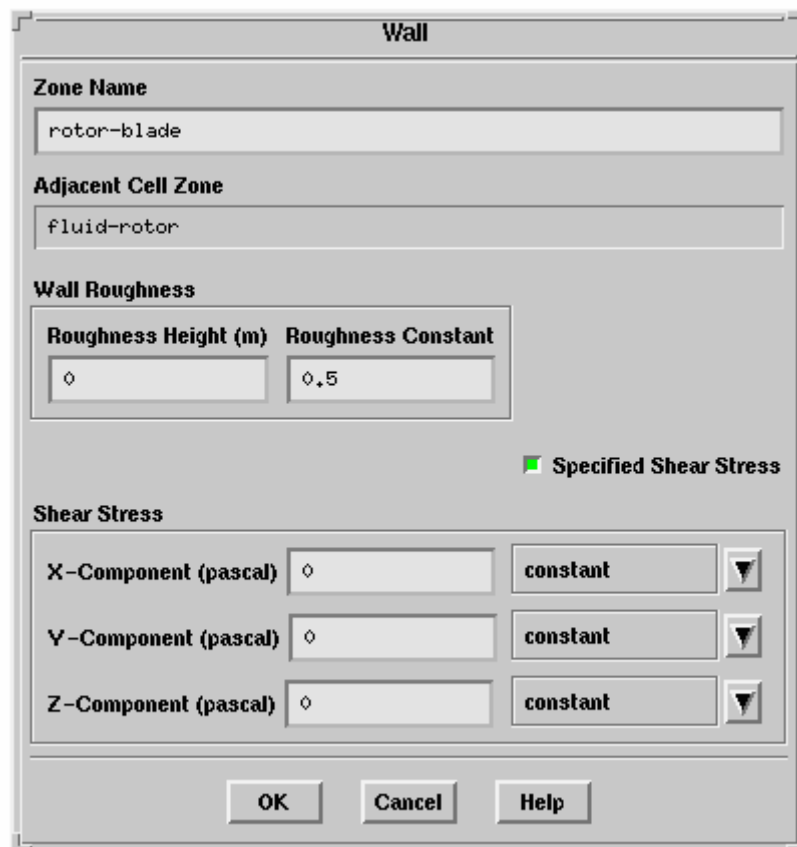


Figure 1: 滑移壁面的壁面面板

在湍流壁面限制的流动中模拟壁面粗糙度的影响

流过粗糙表面的流体会各种各样的情况。比如流过机翼表面、船体、涡轮机、换热器以及管系统的流动，还有具有各种粗糙度的地面上的大气边界层。壁面粗糙度影响了壁面处的阻力、热传导和质量运输。

如果你是在模拟具有壁面限制的湍流流动，壁面粗糙度的影响是很大的，你可以通过修改壁面定律的粗糙度来考虑避免粗糙度影响。

粗糙管和隧道的实验表明了当用半对数规则画图时，近粗糙壁面的平均速度分布具有相同的坡度(1/k)但是具有不同的截止点(在对数定律中附加了常数 B)。对于粗糙壁面，平均速度的壁面定律具有的形式为：

$$\frac{u_p u^*}{\tau_w / \rho} = \frac{1}{\tau} \ln \left(E \frac{\rho u^* y_p}{\mu} \right) - \Delta B$$

其中 $u^* = C_m^{1/4} k^{1/2}$ ； ΔB 是粗糙度函数，它衡量了由于粗糙影响而导致的截止点的转移。一般说来， ΔB 依赖于粗糙的类型(相同的沙子、铆钉、螺纹、肋、铁丝网等)和尺寸。对于各种类型的粗糙情况没有统一而有效的公式。然而，对于沙粒粗糙情况和各种类型的统一粗糙单元，人们发现 ΔB 和无量纲高度 $K_s^+ = r K_s u^* / m$ 具有很好的相关性，其中 K_s 是物理粗糙高度 $u^* = C_m^{1/4} k^{1/2}$ 。实验数据分析表明粗糙函数 ΔB 并不是 K_s^+ 的单值函数，而是依赖于 K_s^+ 的值有不同的形式。观察表明有三种不同的类型：

- 液体动力光滑($K_s^+ < 3 \sim 5$)
- 过渡区($3 \sim 5 < K_s^+ < 70 \sim 90$)
- 完全粗糙($K_s^+ > 70 \sim 90$)

根据上述数据，在光滑区域内粗糙度的影响可以忽略，但是在过渡区域就越来越重要了，在完全粗糙区域具有完全的影响。

在 FLUENT 中，整个粗糙区域分为三个区域。粗糙函数 ΔB 的计算源于 Nikuradse's 数据[27]基础上的由 Cebeci 和 Bradshaw 提出的公式：

对于液体动力光滑区域($K_s^+ < 2.25$):

$$\Delta B = 0$$

对于过渡区($2.25 < K_s^+ < 90$):

$$\Delta B = \frac{1}{\kappa} \ln \left[\frac{K_s^+ - 2.25}{87.25} + C_{K_s} K_s^+ \right] \times \sin \left\{ 0.4258 (\ln K_s^+ - 0.811) \right\}$$

其中 C_{K_s} 为粗糙常数，依赖于粗糙的类型。

在完全粗糙区域($K_s^+ > 90$):

$$\Delta B = \frac{1}{\kappa} \ln (1 + C_{K_s} K_s^+)$$

在解算器中，给定粗糙参数之后，粗糙函数 $\Delta B (K_s^+)$ 用相应的公式计算出来。方程 1 中的修改之后的壁面定律被用于估计壁面处的剪应力以及其它的对于平均温度和湍流量的壁面函数。

要模拟壁面粗糙的影响，你必须指定两个参数：粗糙高度 K_s 和粗糙常数 C_{K_s} 。默认的粗糙高度为零，这符合光滑壁面。对于产生影响的粗糙度，你必须指定非零的 K_s 。对于同沙粒粗糙情况，沙粒的高度可以简单的被看作 K_s 。然而，对于非同一沙粒平均直径(D_{50})应该是最有意义的粗糙高度。对于其它类型的粗糙情况，需要用同等意义上的沙粒粗糙高度 K_s 。

适当的粗糙常数(C_{K_s})主要由给定的粗糙情况决定。默认的粗糙常数($C_{K_s} = 0.5$)是用来满足在使用 k - ϵ 湍流模型时,它可以在具有同一沙粒粗糙的充满流体的管中再现 Nikuradse's 阻力数据。当你模拟和同一沙粒粗糙不同的情况时,你就需要调解粗糙常数了。例如,有些实验数据表明,对于非同一沙粒、肋和铁丝网,粗糙常数($C_{K_s} = 0.5 \sim 1.0$)具有更高的值。不幸的是,对于任意类型的粗糙情况还没有一个清楚的选择粗糙常数 C_{K_s} 的指导方针。需要注意的是,要求邻近壁面单元应该小于粗糙高度并不是物理意义上的问题。对于最好的结果来说,要保证从壁面到质心的距离要比 K_s 大。

定义壁面的组分边界条件

FLUENT 默认所有的组分在壁面处具有零梯度条件(除了参加表面化学反应的组分),但是可以指定壁面处的组分质量分数。也就是如同在入口处指定的 Dirichlet 边界条件,也可以用于壁面。

如果你希望保留默认的零梯度条件,你就不必输入任何东西了。如果你希望指定壁面处的组分质量分数,步骤如下:

1. 在壁面面板的组分边界条件中,选择组分名字右边的下拉列表指定的质量分数(而不是零梯度),此时面板会扩展为包含组分质量分数的对话框。

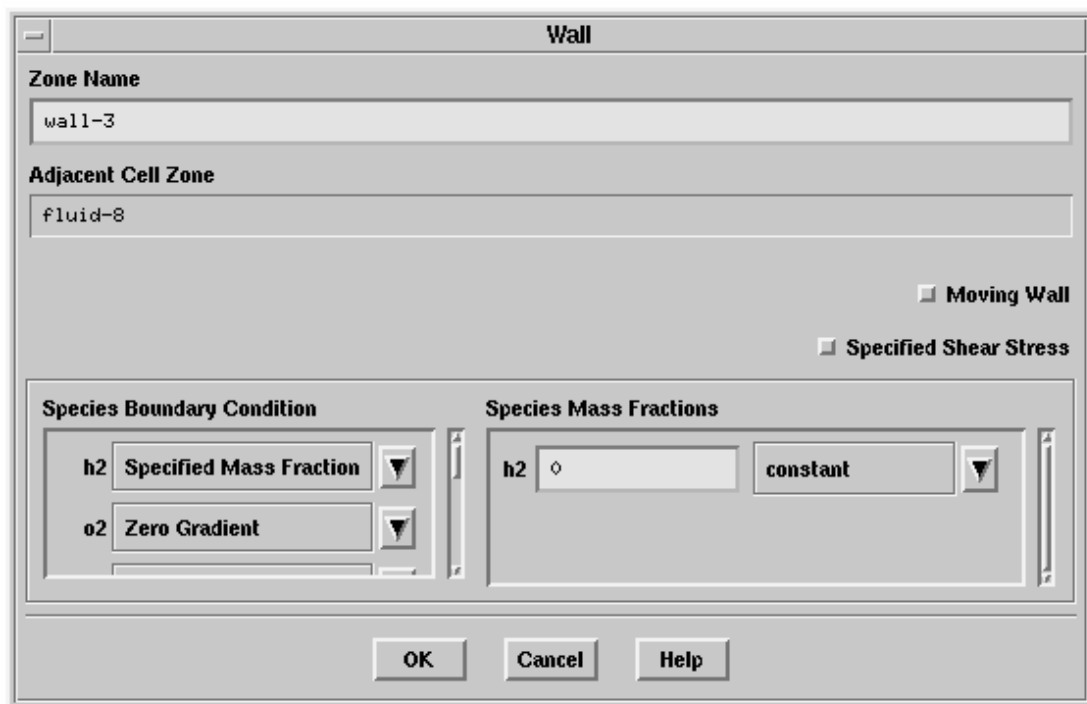


Figure 1: 组分边界条件输入的壁面面板

2. 输入相应的组分质量分数。

每一组分的边界条件类型是分别指定的,所以对于不同的组分你可以采用不同的方法。

注意:如果在湍流流动中你使用组分的 Dirichle 条件,FLUENT 就不会是用壁面函数来计算壁面处的组分扩散流量。

定义壁面的反应边界条件

如果你在组分模型面板中激活了表面反应的模拟,你就可以表明在壁面处表面反应是否被激

活。激活或关闭表面反应，壁面面板就会相应地打开或关闭表面反应选项。
注意：组分在壁面处是假定为零梯度条件的，它不参加任何表面反应。

定义壁面的辐射边界条件

如果你打算使用 P-1 辐射模型、DTRM 或者 DO 模型，你就需要设定壁面的（内部）发射率以及（可选）黑体温度。详情请参阅设定边界条件一节(Rosseland 不需要任何边界条件的输入，因为 FLUENT 假定发射率为 1，如果你使用 DO 模型你也要定义壁面为漫反射、镜面反射或者半透明，详情请参阅设定辐射边界条件)

定义壁面的离散相边界条件

如果你是在模拟粒子的离散相，你就可以在壁面处设定粒子轨道详情请参阅离散向模型的边界设定。

壁面边界的默认设定

默认热边界条件为固定的热流为零，壁面默认为不移动。

壁面处的剪应力计算程序

对于非滑移壁面条件，FLUENT 使用邻近壁面或者流体边界的流动性来预测壁面处流体的剪应力。在层流流动制，这一计算简单地依赖于壁面处的速度梯度，在湍流流动中则使用壁面限制湍流流动的近壁面处理方法。

对于指定剪切的壁面，FLUENT 会在边界处计算切向速度。

如果是无粘流动，所有的壁面都使用滑移条件，所以它们是无摩擦的而且对邻近流体单元不施加剪应力。

层流中的剪应力计算

在层流流动中壁面剪应力和法向速度梯度的关系为：

$$\tau_w = \mu \frac{\partial v}{\partial n}$$

当壁面处的速度梯度很大时，你必须保证网格足够精细，这样才能解出边界层的精确结果。层流流动中近壁面节点放置的指导方针在节点密度和节点束中介绍。

湍流中的剪应力计算

湍流流动的壁面处理，在壁面限制的湍流流动的近壁面处理一节中叙述。

壁面边界的热传导计算

温度边界条件

当在壁面处应用固定温度条件，从流体单元到壁面的热传导，由下式计算：

$$q'' = h_f(T_w - T_f) + q''_{rad}$$

其中：

h_f = 流体边界当地热传导系数

T_w = 壁面表面温度

T_f = 当地流体温度

q'' = 壁面处传来的对流热流量

q''_{rad} = 辐射热流量

注意：流体边界热传导系数是基于当地流场条件计算得来的（比如说湍流层次、温度以及速度轮廓），请参阅流体边界热传导计算一节的方程 1，以及标准壁面函数 9。

从固体单元到壁面边界的热传导公式为：

$$q'' = \frac{k_n}{\Delta n}(T_w - T_s) + q''_{rad}$$

其中：

k_s = 固体的热传导率

T_s = 当地固体温度

Δn = 壁面表面和固体单元中心的距离。

热流边界条件

当你在壁面处定义热流边界条件时，你需要在壁面表面指定热流量。FLUENT 使用温度边界条件中的方程 1，然后你就可以输入热流量来确定邻近流体单元的壁面表面温度：

$$T_w = \frac{q'' - q''_{rad}}{h_f} + T_f$$

其中，流体边界热传导系数已经在温度边界条件中叙述了，它是基于当地流场条件计算得到的。当壁面和固体区域交界时，壁面表面的温度为：

$$T_w = \frac{(q'' - q''_{rad})\Delta n}{k_n} + T_s$$

上述两式的变量请参阅温度边界条件一节。

对流热传导边界条件

当你在壁面处指定对流热传导系数作为边界条件时，FLUENT 使用你所输入的外部热传导系数以及外部热沉（heat sink）温度来计算到壁面的热流量：

$$q'' = h_f(T_w - T_s) + q''_{rad} = h_{ext}(T_{ext} - T_w)$$

其中：

h_{ext} = 你所定义的外部热传导系数

T_{ext} = 你所定义的外部热沉温度

q''_{rad} = 辐射热流量

上述方程假定壁面零厚度。

外部辐射边界条件

当使用外部辐射条件时，流入壁面的热流量为：

$$q'' = h_f(T_w - T_s) + q''_{rad} = \epsilon_{est}(T_\infty^4 - T_w^4)$$

其中：

ϵ_{ext} =你所定义的外部壁面表面的发射率

s =Stefan-Boltzmann 常数

T_w =壁面的表面温度

T_∞ =区域外部的温度的辐射源或者消失 (sink) 处

q''_{rad} =从内部去向壁面辐射的热流量

Equation 1 假定壁面厚度为零。

外部对流和辐射结合的边界条件

当你选择组合的外部热传导方程条件时，到壁面的热流量为：

$$q'' = h_f(T_w - T_f) + q''_{rad} = h_{ext}(T_{ext} - T_w) + \epsilon_{ext}\sigma(T_\infty^4 - T_w^4)$$

其中的变量已经在对流热传导边界条件和外部辐射边界条件中定义了。Equation 1 假定壁面厚度为零。

流动边界热传导系数的计算

在层流流动中，壁面处流体边界热传导是用应用于壁面的 Fourier 定律计算得到的，FLUENT 使用它的离散格式为：

$$q'' = k_f \left. \frac{\partial T}{\partial n} \right|_{wall}$$

其中 n 是垂直于壁面的当地坐标。

对于湍流流动，FLUENT 对于从热和动量迁移中类比得到的温度使用壁面定律[93]。详细内容请参阅标准壁面函数。

对称边界条件

对称边界条件用于所计算的物理外形以及所期望的流动/热解具有镜像对称的特征的情况下。也可以用它们来模拟粘性流动的滑移壁面。本节描述了对称平面内流动的处理，并提供了一些使用对称边界的例子。在对称边界条件中你不需要定义任何边界条件，但是你必须谨慎地定义对称边界的位置。

在对称外形的中线处，你应该使用轴边界类型而不是对称边界类型，如轴边界条件一节中的图 1，详细内容请参阅轴边界条件。

对称边界的计算程序

FLUENT 假定所有量通过对称边界的流量为零。经过对称平面的对流流量为零，因此对称边界的法向速度为零。通过对称平面没有扩散流量；因此所有流动变量的法向梯度在对称平面内为零。因此对称边界条件可以总结如下：

- 对称平面内法向速度为零
- 对称平面内所有变量的法向梯度为零

如上所述，对称的定义要求这些条件决定流过对称平面的流量为零。因为对称边界的剪应力为零，所以在粘性流动计算中它也可以用滑移壁面来解释。

对称边界的例子

对称边界用于减少计算模拟的范围，它只需要模拟所有物理系统的一个对称子集。下面两个图是通过该方法使用对称边界的例子。

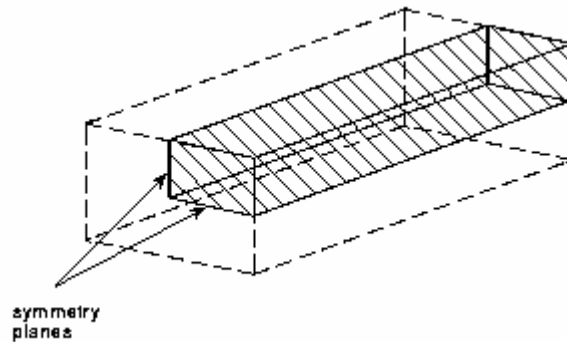


Figure 1: 使用对称边界模拟三维管道的四分之一

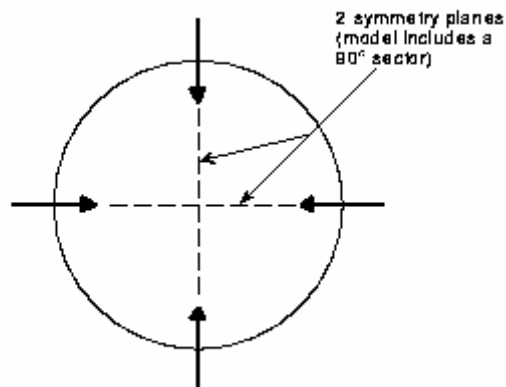


Figure 2: 使用对称边界模拟圆形截面的四分之一

下面的图则是误用对称平面的两个例子，在这两个例子中，虽然几何外形是对称的，但是流动本身却不符合对称边界条件的要求。在第一个例子中浮力产生了非对称流动。在第二个例子中，流动中的涡流产生了一个垂直于应该是对称平面的流动。。需要注意的是，这两个粒子都要使用旋转周期性边界（请参阅周期性边界一节的图一）

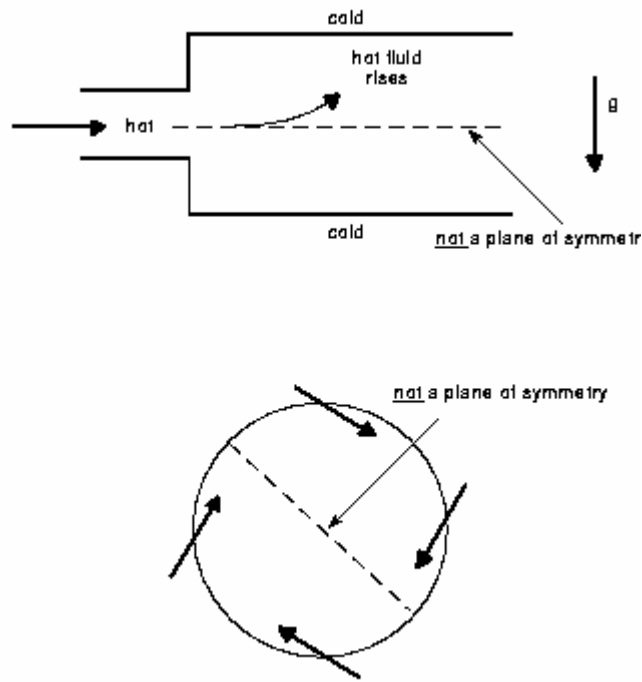


Figure 3: 对称的误区

周期性边界条件

周期性边界条件用来解决，物理模型和所期待的流动的流动/热解具有周期性重复的特点。FLUENT 提供了两种类型的周期性边界条件。第一种类型不允许通过周期性平面具有压降（对于 FLUENT4 用户来说：这一类型的周期性边界是指 FLUENT4 中的圆柱形边界）。第二种类型允许通过平移周期性边界具有压降，它是你能够模拟完全发展的周期性流动（在 FLUENT4 中是周期性边界）。

本节讨论了无压降的周期性边界条件。在周期性流动和热传导一节中，完全发展的周期性模拟能力得到了详尽的描述。

周期性边界的例子

周期性边界条件用于模拟通过计算模型内的两个相反平面的流动是相同的情况。下图是周期性边界条件的典型应用。在这些例子中，通过周期性平面进入计算模型的流动和通过相反的周期性平面流出流场的流动是相同的。正如这些例子所示，周期性平面通常是成对使用的。

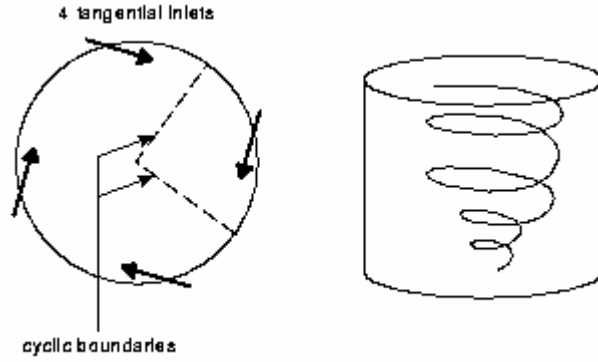


Figure 1: 在圆柱容器中使用周期性边界定义涡流

周期性边界的输入

对于没有任何压降的周期性边界，你只需要输入一个东西，那就是你的所模拟的几何外形是旋转性周期还是平移性周期。（对于有周期性压降的周期流还要输入其它的东西，请参阅周期性流动和热传导一节。）

旋转性周期边界是指关于旋转对称几何外形中线形成了一个包括的角度。本节中的图一就是旋转性周期。平移性周期边界是指在直线几何外形内形成周期性边界。下面两图是平移性周期边界：

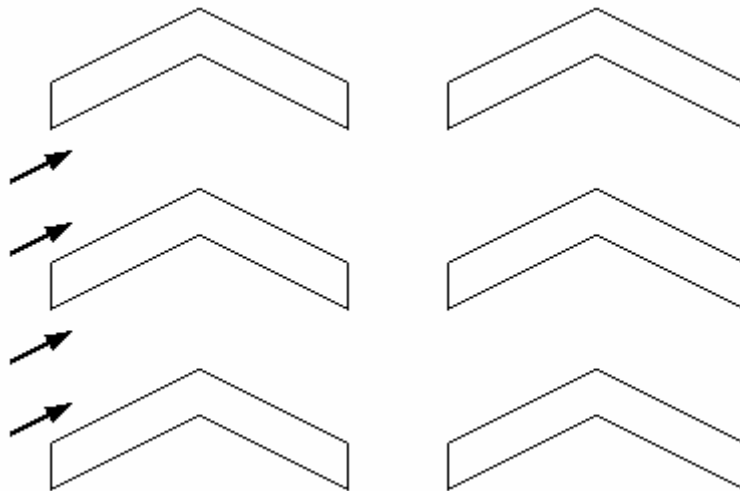


Figure 1: 物理区域

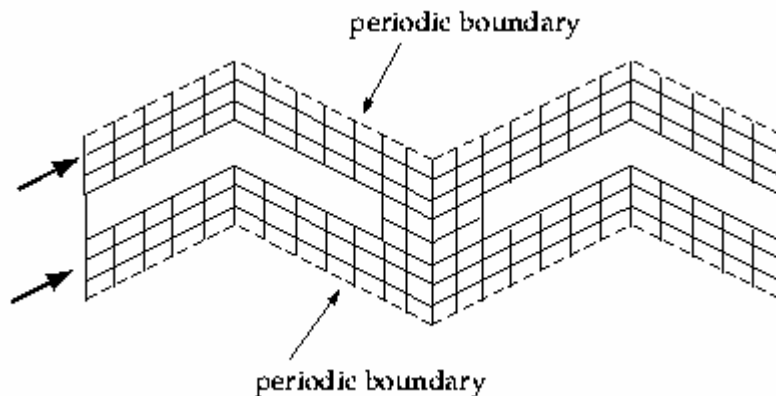


Figure 2: 所模拟的区域

对于周期性边界，你需要在周期性面板（下图）中指定平移性边界还是旋转性边界，该面板是从设定边界条件菜单中打开的。

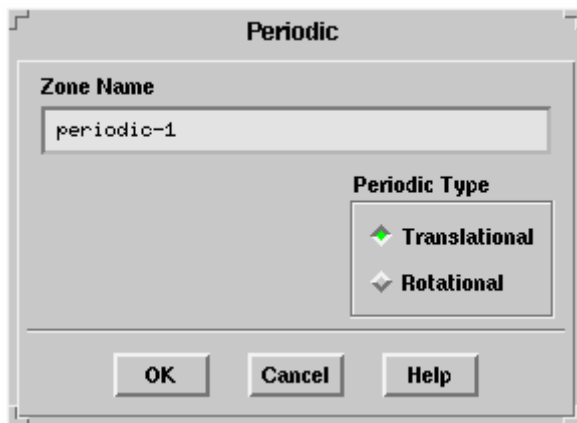


Figure 3: 周期性面板

(对于耦合解算器，周期性面板中将会有附加的选项，这一选项允许你指定压力跳跃，详细内容请参阅周期性流动和热传导一节。)

如果区域是旋转性区域，请选择旋转性区域类型。如果是平移性就选择平移性区域类型。对于旋转性区域，解算器会自动计算通过周期性区域的旋转角度。旋转轴是为邻近单元指定的旋转轴。

注意：对于使用旋转周期性边界来说，你不必指定邻近单元区域为移动的。例如，你能够使用具有管的平切片的非旋转坐标系来模拟三维管流，管的切片需要具有旋转性周期。

你可以使用 **Grid/Check** 菜单选项（参阅检查网格一节）来计算和显示周期性边界所有表面的旋转角度的最大值、最小值和平均值。如果最大值、最小值和平均值之间的差别可以忽略，那么网格有一个问题：对于指定轴来说网格几何外形不是周期性的。

周期性边界的默认设定

默认为平移周期性边界条件

周期性边界的计算程序

FLUENT 在周期性边界处理流动就像反向周期性平面是和前面的周期性边界直接相邻一样，因此，当计算流过邻近流体单元的周期性边界时，就会使用与反向周期性平面相邻的流体单元的流动条件。

轴边界的计算程序

轴边界条件

轴边界类型必须使用在对称几何外形的中线处（见下图）。它也可以用在圆柱两极的四边形和六面体网格的中线上（比如：像 FLUENT4 之类的结构网格生成代码所产生的网格）。在轴边界处，你不必定义任何边界条件。

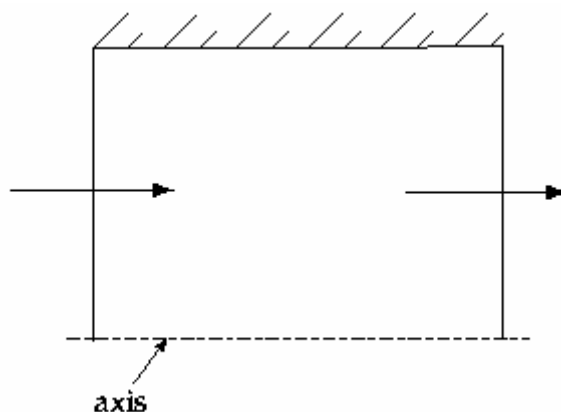


Figure 1: 在轴对称几何外形的中线处轴边界条件的使用

轴边界的计算程序

要确定轴上特定点的适当物理值，FLUENT 使用邻近单元中的单元值。

流体条件

流体区域是一组所有现行的方程都被解出的单元。对于流体区域只需要输入流体材料类型。你必须指明流体区域内包含哪种材料，以便于使用适当的材料属性。

如果你模拟组分输运或者燃烧，你就不必在这里选择材料属性，当你激活模型时，组分模型面板中会指定混合材料。相似地，对于多相流动你也不必指定材料属性，当你在多相流模型面板中激活模型时，你会选择它们。

可选择的输入允许你设定热、质量、动量、湍流、组分以及其它标量属性的源项。你也可以为流体区域定义运动。如果邻近流体区域内具有旋转周期性边界，你就需要指定旋转轴。如果你使用 k-e 模型或者 Spalart-Allmaras 模型来模拟湍流，你可以选择定义流体区域为层流区域。如果你用 DO 模型模拟辐射，你可以指定流体是否参加辐射。对于多孔区域的信息，请参阅多孔介质条件一节。

流体区域的输入

在流体面板中（下图），你需要设定所有的流体条件，该面板是从设定边界条件菜单中打开的。

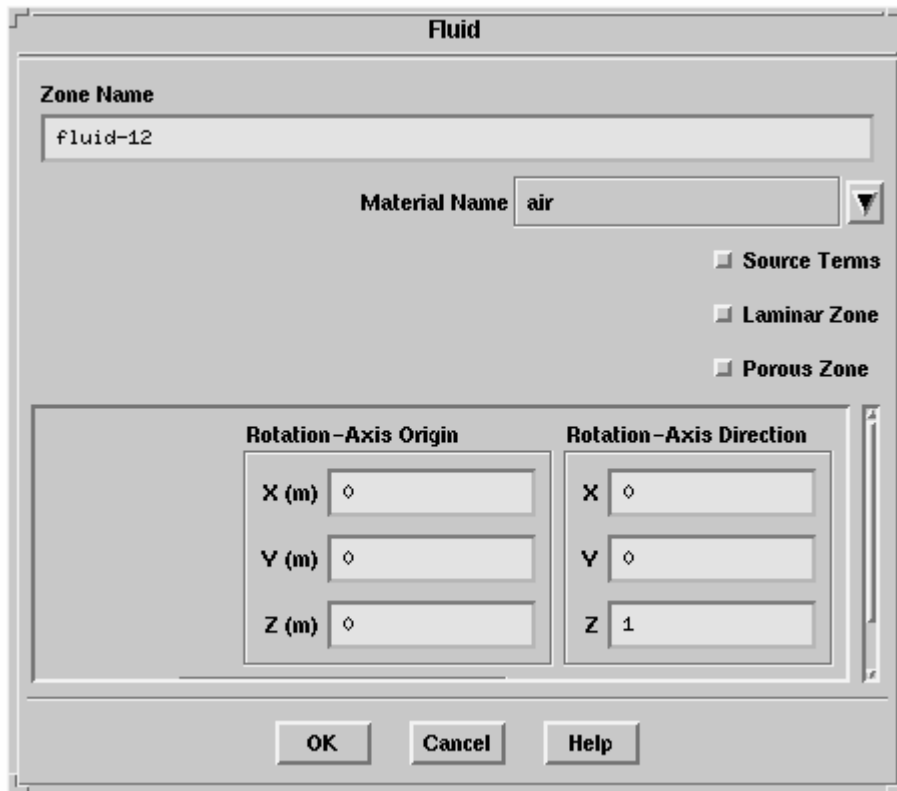


Figure 1: 流体面板

定义流体材料

要定义流体区域内包含的材料，请在材料名字下拉列表中选择适当的选项。这一列表中会包含所有已经在使用材料面板中定义的流体材料（或者从材料数据库中加载）。

如果你模拟组分输运或者多相流，在流体面板的下拉列表中不会出现材料名。对于组分计算，所有流体区域的混合材料将会是你在组分模型面板中所指定的材料。对于多相流，所有流体区域的材料将会是你在多相流模型面板中所指定的材料。

定义源项

如果你希望在流体区域内定义热、质量、动量、湍流、组分以及其它标量属性的源项，你可以激活源项选项来实现。详情请参阅定义质量、动量、能量和其它源项一节。

指定层流区域

如果你使用 k-e 模型或者 Spalart-Allmaras 模型来模拟湍流，在指定的流体区域关掉湍流模拟是可能的（即：使湍流生成和湍流粘性无效，但是湍流性质的输运仍然保持）。如果你知道在某一区域流动是层流这一功能是很有用的。比方说：如果你知道机翼上的转捩点的位置，你可以在层流单元区域边界和湍流区域边界创建一个层流/湍流过渡边界。这一功能允许你模拟机翼上的湍流过渡。要在流体区域内取消湍流模拟，请在流体面板中打开层流区域选项。

指定旋转轴

如果邻近流体区域存在旋转性周期边界，或者区域是旋转的，你必须指定旋转轴。要定义旋转轴，请设定旋转轴方向和起点。这个轴和任何邻近壁面区域或任何其它单元区域所使用的旋转轴是独立的。对于三维问题，旋转轴起点是从旋转轴起点中输入的起点，方向为旋转轴方向选项中输入的方向。对于二维非轴对称问题，你只需要指定旋转轴起点，方向就是通过指定点的 z 方向。(z 向是垂直于几何外形平面的，这样才能保证旋转出现在该平面内)。对于二维轴对称问题，你不必定义轴，旋转通常就是关于 x 轴的，起点为(0,0)。

定义区域运动

对于旋转和平移坐标系要定义移动区域，请在运动类型下菜单(如果你用滚动条向右滚动到旋转轴起点和方向，就是可见的了)中选择运动参考坐标系。然后在面板的扩展部分设定适当的参数。

要对移动或者滑移网格定义移动区域，在移动类型下拉列表中选择移动网格，然后在扩展面板中设定适当的参数。详情请参阅滑动网格。

对于包括线性、平移运动的流体区域问题，通过设定 X , Y 和 Z 分量来指定平移速度。对于包括旋转运动的问题，在旋转速度中指定旋转速度。旋转轴的定义请参阅指定旋转轴一节。关于在移动参考系中模拟流动的详细内容请参阅移动区域的流动一节。

定义辐射参数

如果你使用 **DO** 辐射模型，你可以用参加辐射选项指定流体区域是否参加辐射的计算。详情请参阅辐射边界条件一节。

固体条件

固体区域是仅用来解决热传导问题的一组区域。作为固体处理的材料可能事实上是流体，但是假定其中没有对流发生。固体区域仅需要输入材料类型。你必须表明固体区域包含哪种材料，以便于计算是使用适当的材料。可选择的输入允许你设定体积热生成速度（热源）。你也可以定义固体区域的运动。如果在邻近的固体单元内有旋转性周期边界，你就需要指定旋转轴。如果你模拟 **DO** 辐射模型，你可以指定固体材料是否参加辐射的计算。

固体区域的输入

流体区域的输入

在固体面板中（下图），你需要设定所有的固体条件，该面板是从设定边界条件菜单中打开的。

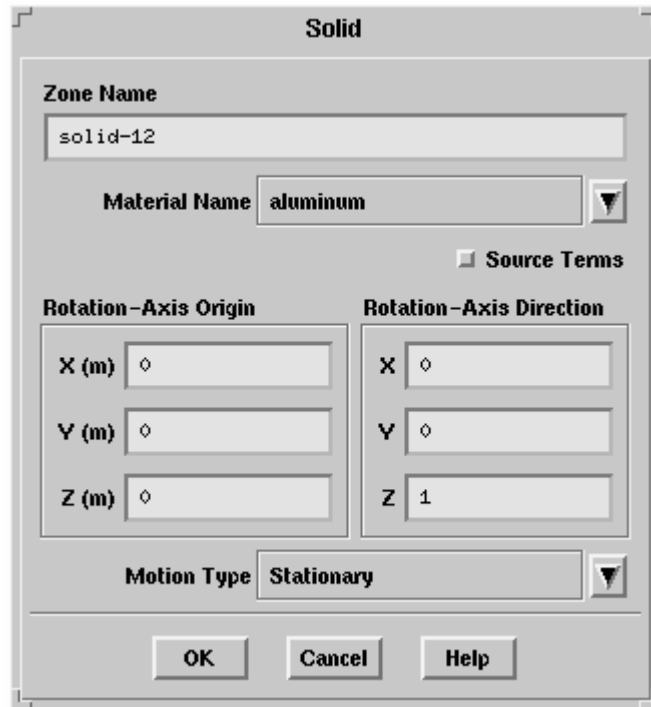


Figure 1: 固体面板

定义流体材料

要定义固体区域内包含的材料，请在材料名字下拉列表中选择适当的选项。这一列表中会包含所有已经在使用材料面板中定义的固体材料（或者从材料数据库中加载）。

定义热源

如果你希望在固体区域内定义热源项，你可以激活源项选项来实现。详情请参阅定义质量、动量、能量和其它源项一节。

指定旋转轴

如果邻近固体区域存在旋转性周期边界，或者区域是旋转的，你必须指定旋转轴。要定义旋转轴，请设定旋转轴方向和起点。这个轴和任何邻近壁面区域或任何其它单元区域所使用的旋转轴是独立的。对于三维问题，旋转轴起点是从旋转轴起点中输入的起点，方向为旋转轴方向选项中输入的方向。对于二维非轴对称问题，你只需要指定旋转轴起点，方向就是通过指定点的 z 方向。（z 向是垂直于几何外形平面的，这样才能保证旋转出现在该平面内）。对于二维轴对称问题，你不必定义轴，旋转通常就是关于 x 轴的，起点为(0,0)。

定义区域运动

对于旋转和平移坐标系要定义移动区域，请在运动类型下菜单(如果你用滚动条向右滚动到旋转轴起点和方向，就是可见的了)中选择运动参考坐标系。然后在面板的扩展部分设定适当的参数。

要对移动或者滑移网格定义移动区域，在移动类型下拉列表中选择移动网格，然后在扩展面板中设定适当的参数。详情请参阅滑动网格。

对于包括线性、平移运动的流体（??? 原文是流体，按理说应该是固体）区域问题，通过设定 X, Y, 和 Z 分量来指定平移速度。对于包括旋转运动的问题，在旋转速度中指定旋转速度。旋转轴的定义请参阅指定旋转轴一节。

关于在移动参考系中模拟流动的详细内容请参阅移动区域的流动一节。

定义辐射参数

如果你使用 DO 辐射模型，你可以用参加辐射选项指定固体区域是否参加辐射的计算。详情请参阅辐射边界条件一节。

多孔介质条件

多孔介质模型可以应用于很多问题，如通过充满介质的流动、通过过滤纸、穿孔圆盘、流量分配器以及管道堆的流动。当你使用这一模型时，你就定义了一个具有多孔介质的单元区域，而且流动的压力损失由多孔介质的动量方程中所输入的内容来决定。通过介质的热传导问题也可以得到描述，它服从介质和流体流动之间的热平衡假设，具体内容可以参考多孔介质中能量方程的处理一节。

多孔介质的一维简化模型，被称为多孔跳跃，可用于模拟具有已知速度/压降特征的薄膜。多孔跳跃模型应用于表面区域而不是单元区域，并且在尽可能的情况下被使用（而不是完全的多孔介质模型），这是因为它具有更好的鲁棒性，并具有更好的收敛性。详细内容请参阅多孔跳跃边界条件。

多孔介质模型的限制

如下面各节所述，多孔介质模型结合模型区域所具有的阻力的经验公式被定义为“多孔”。事实上多孔介质不过是在动量方程中具有了附加的动量损失而已。因此，下面模型的限制就可以很容易的理解了。

- 流体通过介质时不会加速，因为事实上出现的体积的阻塞并没有在模型中出现。这对于过渡流是有很大的影响的，因为它意味着 FLUENT 不会正确的描述通过介质的过渡时间。
- 多孔介质对于湍流的影响只是近似的。详细内容可以参阅湍流多孔介质的处理一节。

多孔介质的动量方程

多孔介质的动量方程具有附加的动量源项。源项由两部分组成，一部分是粘性损失项 (Darcy)，另一个是内部损失项：

$$S_i = \sum_{j=1}^3 D_{ij} \mu v_j + \sum_{j=1}^3 C_{ij} \frac{1}{2} \rho |v_j| |v_j|$$

其中 S_i 是 i 向(x, y, or z)动量源项，D 和 C 是规定的矩阵。在多孔介质单元中，动量损失对于压力梯度有贡献，压降和流体速度（或速度方阵）成比例。

对于简单的均匀多孔介质：

$$S_i = \frac{\mu}{\alpha} v_i + C_2 \frac{1}{2} \rho |v_j| v_j$$

其中 α 是渗透性， C_2 是内部阻力因子，简单的指定 D 和 C 分别为对角阵 $1/\alpha$ 和 C_2 其它项为零。

FLUENT 还允许模拟的源项为速度的幂率：

$$S_i = C_0 |v_j|^{C_1} = C_0 |v|^{(C_1-1)} v_i$$

其中 C_0 和 C_1 为自定义经验系数。

注意：在幂律模型中，压降是各向同性的， C_0 的单位为国际标准单位。

多孔介质的 Darcy 定律

通过多孔介质的层流流动中，压降和速度成比例，常数 C_2 可以考虑为零。忽略对流加速以及扩散，多孔介质模型简化为 Darcy 定律：

$$\nabla p = -\frac{\mu}{\alpha} \mathbf{v}$$

在多孔介质区域三个坐标方向的压降为：

$$\Delta p_x = \sum_{j=1}^3 \frac{\mu}{\alpha_{xj}} v_j \Delta n_x$$

$$\Delta p_y = \sum_{j=1}^3 \frac{\mu}{\alpha_{yj}} v_j \Delta n_y$$

$$\Delta p_z = \sum_{j=1}^3 \frac{\mu}{\alpha_{zj}} v_j \Delta n_z$$

其中 $1/\alpha_{ij}$ 为多孔介质动量方程 1 中矩阵 D 的元素 v_j 为三个方向上的分速度， $D n_x$ 、 $D n_y$ 、以及 $D n_z$ 为三个方向上的介质厚度。

在这里介质厚度其实就是模型区域内的多孔区域的厚度。因此如果模型的厚度和实际厚度不同，你必须调节 $1/\alpha_{ij}$ 的输入。

多孔介质的内部损失

在高速流动中，多孔介质动量方程 1 中的常数 C_2 提供了多孔介质内部损失的矫正。这一常数可以看成沿着流动方向每一单位长度的损失系数，因此允许压降指定为动压头的函数。

如果你模拟的是穿孔板或者管道堆，有时你可以消除渗透项而只是用内部损失项，从而得到下面的多孔介质简化方程：

$$\frac{\partial p}{\partial x_i} = \sum_{j=1}^3 C_{2ij} \frac{1}{2} \rho v_j |v_j|$$

写成坐标形式为：

$$\Delta p_x = \sum_{j=1}^3 C_{2,yj} \Delta n_x \frac{1}{2} \rho v_j |v_j|$$

$$\Delta p_y = \sum_{j=1}^3 C_{2,xj} \Delta n_x \frac{1}{2} \rho v_j |v_j|$$

$$\Delta p_z = \sum_{j=1}^3 C_{2,zj} \Delta n_x \frac{1}{2} \rho v_j |v_j|$$

多孔介质中能量方程的处理

对于多孔介质流动，FLUENT 仍然解标准能量输运方程，只是修改了传导流量和过度项。在多孔介质中，传导流量使用有效传导系数，过渡项包括了介质固体区域的热惯量：

$$\frac{\partial}{\partial t} (\phi \rho_f h_f (1-\phi) \rho_s h_s) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho_f u_i h_f) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(k_{eff} \frac{\partial T}{\partial x_i} \right) - \phi \frac{\partial}{\partial x_i} \sum_j h_j J_j + \phi \frac{Dp}{Dt} + \phi \tau_{ik} \frac{\partial u_i}{\partial x_k} + \phi S_f^h + (1-\phi) S_s^h$$

其中：

h_f =流体的焓

h_s =固体介质的焓

f =介质的多孔性

k_{eff} =介质的有效热传导系数

S^h_f =流体焓的源项

S^h_s =固体焓的源项

多孔介质的有效传导率

多孔区域的有效热传导率 k_{eff} 是由流体的热传导率和固体的热传导率的体积平均值计算得到：

$$k_{eff} = \phi k_f + (1-\phi) k_s$$

其中：

f =介质的多孔性

k_f =流体状态热传导率（包括湍流的贡献 k_t ）

k_s =固体介质热传导率

如果得不到简单的体积平均，可能是因为介质几何外形的影响。有效传导率可以用自定义函数来计算。然而，在所有的算例中，有效传导率被看成介质的各向同性性质。

多孔介质中的湍流处理

在多孔介质中，默认的情况下 FLUENT 会解湍流量的标准守恒方程。因此，在这种默认的方法中，介质中的湍流被这样处理：固体介质对湍流的生成和耗散速度没有影响。如果

介质的渗透性足够大，而且介质的几何尺度和湍流涡的尺度没有相互作用，这样的假设是合理的。但是在其它的一些例子中，你会压制了介质中湍流的影响。

如果你使用 $k\text{-}\epsilon$ 模型或者 Spalart-Allmaras 模型，你如果设定湍流对粘性的贡献 m_t 为零，你可能会压制了湍流对介质的影响。当你选择这一选项时，FLUENT 会将入口湍流的性质传输到介质中，但是它对流动混合和动量的影响被忽略了。除此之外，在介质中湍流的生成也被设定为零。要实现这一解策略，请在流体面板中打开层流选项。激活这个选项就意味着多孔介质中的 m_t 为零，湍流的生成也为零。如果去掉该选项（默认）则意味着多孔介质中的湍流会像大体积流体流动一样被计算。。

概述

模拟多孔介质流动时，对于问题设定需要的附加输入如下：

1. 定义多孔区域
2. 确定流过多孔区域的流体材料
3. 设定粘性系数（多孔介质动量方程 3 中的 $1/a_{ij}$ ）以及内部阻力系数（多孔介质动量方程 3 中的 $C_{2_{ij}}$ ），并定义应用它们的方向矢量。幂率模型的系数也可以选择指定。
4. 定义多孔介质包含的材料属性和多孔性
5. 设定多孔区域的固体部分的体积热生成速度（或任何其它源项，如质量、动量）（此项可选）。
6. 如果合适的话，限制多孔区域的湍流粘性。
7. 如果相关的话，指定旋转轴和/或区域运动。

在定义粘性和内部阻力系数中描述了决定阻力系数和/或渗透性的方法。如果你使用多孔动量源项的幂律近似，你需要输入多孔介质动量方程 5 中的 C_0 和 C_1 来取代阻力系数和流动方向。

在流体面板中（下图）你需要设定多孔介质的所有参数，该面板是从边界条件菜单中打开的（详细内容请参阅边界条件的设定一节）



Figure 1: 多孔区域的流体面板

定义多孔区域

正如定义边界条件概述中所提到的，多孔区域是作为特定类型的流体区域来模拟的。要表明流体区域是多孔区域，请在流体面板中激活多孔区域选项。面板会自动扩展到多孔介质输入状态。

定义穿越多孔介质的流体

在材料名字下拉菜单中选择适当的流体就可以定义通过多孔介质的流体了。如果你模拟组分输运或者多相流，流体面板中就不会出现材料名字下拉菜单了。对于组分计算，所有流体和/或多孔区域的混合材料就是你在组分模型面板中指定的材料。对于多相流模型，所有流体和/或多孔区域的混合材料就是你在多相流模型面板中指定的材料。

定义粘性和内部阻力系数

粘性和内部阻力系数以相同的方式定义。使用笛卡尔坐标系定义系数的基本方法是在二维问题中定义一个方向矢量，在三维问题中定义两个方向矢量，然后在每个方向上指定粘性和/或阻力系数。在二维问题中第二个方向没有明确定义，它是垂直于指定的方向矢量和 z 向量所在的平面的。在三维问题中，第三个方向矢量是垂直于所指定的两个方向矢量所在平面的。对于三维问题，第二个方向矢量必须垂直于第一个方向矢量。如果第二个方向矢量指定失败，解算器会确保它们垂直而忽略在第一个方向上的第二个矢量的任何分量。所以你应该确保第一个方向指定正确。

在三维问题中也可能会使用圆锥（或圆柱）坐标系来定义系数，具体如下：

定义阻力系数的过程如下：

1. 定义方向矢量。

- 使用笛卡尔坐标系，简单指定方向 1 矢量，如果是三维问题，指定方向 2 矢量。每一个方向都应该从 $(0,0)$ 或者 $(0,0,0)$ 到指定的 (X,Y) 或 (X,Y,Z) 矢量。（如果方向不正确请按上面的方法解决）
- 对于有些问题，多孔介质的主轴和区域的坐标轴不在一条直线上，你不必知道多孔介质之前的方向矢量。在这种情况下，三维中的平面工具或者二维中的线工具可以帮你确定这些方向矢量。
 1. 捕捉 "Snap" 平面工具（或者线工具）到多孔区域的边界。（请遵循使用面工具和线工具中的说明，它在已存在的表面上为工具初始化了位置）。
 2. 适当的旋转坐标轴直到它们和多孔介质区域成一条线。
 3. 当成一条线之后，在流体面板中点击从平面工具更新或者从线工具更新按钮。
FLUENT 会自动将方向 1 矢量指向为工具的红（三维）或绿（二维）箭头所指的方向。
- 要使用圆锥坐标系（比方说环状、锥状顾虑单元），请遵循下面步骤（这一选项只用于三维问题）：
 1. 打开圆锥选项
 2. 指定圆锥轴矢量和在锥轴上的点。圆锥轴矢量的方向将会是从 $(0,0,0)$ 到指定的 (X,Y,Z) 方向的矢量。FLUENT 将会使用圆锥轴上的点将阻力转换到笛卡尔坐标系。
 3. 设定锥半角（锥轴和锥表面之间的角度，如下图），使用柱坐标系，锥半角为 0 。

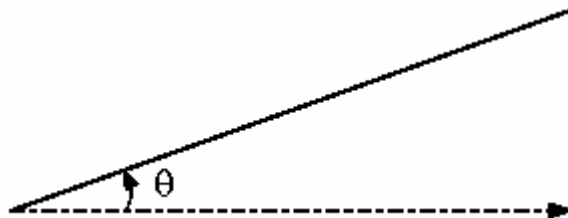


Figure 1: 锥半角

- 对于有些问题，锥形过滤单元的主轴和区域的坐标轴不在一条直线上，你不必知道锥轴之前的方向矢量以及锥轴上的点。在这种情况下，三维中的平面工具或者二维中的线工具可以帮你确定这些方向矢量。一种方法如下：
 1. 在点击捕捉到区域按钮之前，你可以在下拉菜单中选择垂直于锥轴矢量的轴过滤单元的边界区域。

2. 点击捕捉到区域按钮，FLUENT 会自动将平面工具捕捉到边界。它也会设定锥轴矢量和锥轴上的点（需注意的是你还要自己设定锥半角）。
 - 另一种方法为：
 1. 捕捉"Snap"平面工具到多孔区域的边界。（请遵循使用面工具和线工具中的说明，它在已存在的表面上为工具初始化了位置）。
 2. 旋转和平移工具坐标轴，直到工具的红箭头指向锥的轴向。工具的起点在轴上。
 3. 当轴和工具的起点成一条线时，在流体面板中点击从平面工具更新按钮。FLUENT 会自动设定轴向矢量以及在轴上的点（注意：你还是要自己设定锥的半角）。
2. 在粘性阻力中指定每个方向的粘性阻力系数 $1/a$ ，在内部阻力中指定每一个方向上的内部阻力系数 C_2 （你可能需要将滚动条向下滚动来查看这些输入）。如果你使用锥指定方法，方向 1 为锥轴方向，方向 2 为垂直于锥表面（对于圆柱就是径向）方向，方向 3 圆周（ q ）方向。

在三维问题中可能有三种可能的系数，在二维问题中有两种：

 - 在各向同性算例中，所有方向上的阻力系数都是相等的（如海绵）。在各向同性算例中你必须将每个方向上的阻力系数设定为相等。
 - 在三维问题中只有两个方向上的系数相等，第三个方向上的阻力系数和前两个不等，或者在二维问题中两个方向上的系数不等，你必须准确的指定每一个方向上的系数。例如，如果你得多孔区域是由具有小洞的细管组成，细管平行于流动方向，流动会很容易的通过细管，但是流动在其它两个方向上（通过小洞）会很小。如果你有一个平的盘子垂直于流动方向，流动根本就不会穿过它而只在其它两个方向上。
 - 在三维问题中还有一种可能就是三个系数各不相同。例如，如果多孔区域是由不规则间隔的物体（如针脚）组成的平面，那么阻碍物之间的流动在每个方向上都不同。此时你就需要在每个方向上指定不同的系数（请注意指定各向同性系数时，多孔介质的解策略的注解）。

推导粘性和内部损失系数的方法在定义粘性和内部阻力系数一节中介绍。

当你使用多孔介质模型时，你必须记住 FLUENT 中的多孔单元是 100% 打开的，而且你所指定 $1/a_{ij}$ 和/或 $C_{2,ij}$ 的值必须是基于这个假设的。然而，假如你知道通过真实装置压降和速度之间的变化，它只是部分地对流动开放。下面的练习会告诉你如何对 FLUENT 模型计算适当的 C_2 值。

假定穿孔圆盘只有 25% 对流动开放。已知通过圆盘的压降为 0.5。在圆盘内真实流体速度基础上，即通过 25% 开放区域的基础上，损失系数由下式定义的损失系数 K_L 为 0.5：

$$\Delta p = K_L \left(\frac{1}{2} \rho v_{25\% \text{ open}}^2 \right)$$

要计算适当的 C_2 值，请注意在 FLUENT 模型中：

1. 通过穿孔圆盘的速度假定圆盘为 100% 开放的。
2. 损失系数必须转化为多孔区域每个单位长度的动压头损失。

对于第一条，第一步是计算并调节损失因子 K_L' ，它应该是在 100% 开放区域的速度基础上的：

$$\Delta p = K_L' \left(\frac{1}{2} \rho v_{100\% \text{ open}}^2 \right)$$

或者注意对于相同的流速， $v_{25\% \text{ open}} = 4 \times v_{100\% \text{ open}}$,

$$K_L' = K_L \times \frac{v_{25\% \text{ open}}^2}{v_{100\% \text{ open}}^2} = 0.5 \times \left(\frac{4}{1} \right)^2 = 8$$

调节之后的损失系数为 8。对于第二条，你必须将它转换为穿孔圆盘每个单位厚度的损失系数。假定圆盘的厚度为 1.0 mm。内部损失系数为（国际标准单位）：

$$C_2 = \frac{K_L}{\text{thickness}} = \frac{8}{10^{-3}} = 8000 m^{-1}$$

注意，对于各向异性介质，这些信息必须分别从每一个坐标方向上计算。

第二个例子，考虑模拟充满介质的流动。在湍流流动中，充满介质的流动用渗透性和内部损失系数来模拟。推导适当常数的方法包括了 Ergun 方程[49]的使用，对于在很大范围雷诺数内和许多类型的充满形式，有一个半经验的关系式：

$$\nabla p = \frac{150\mu (1-\varepsilon)^2}{D_p^2 \varepsilon^3} v + \frac{1.75\rho(1-\varepsilon)}{D_p \varepsilon^3} Vv$$

当模拟充满介质的层流流动时，上面方程中的第二项可能是个小量，从而得到 Blake-Kozeny 方程[49]：

$$\nabla p = \frac{150\mu (1-\varepsilon)^2}{D_p^2 \varepsilon^3} v$$

在这些方程中， μ 是粘性， D_p 是平均粒子直径， ε 空间所占的分数（即空间的体积除以总体积）。比较多孔介质中 Darcy 定律的方程 1 和内部损失系数为 9 的方程 1，则每一方向上的渗透性和内部损失系数定义为：

$$\alpha = \frac{D_p^2 \varepsilon^3}{150 (1-\varepsilon)^2}$$

$$C_2 = \frac{3.5 (1-\varepsilon)}{D_p \varepsilon^3}$$

第三个例子我们会考虑 Van Winkle 等人[146]，[121]的方程，并表明如何通过具有方孔圆盘的多孔介质输入来计算压力损失。

作者所声明的应用在通过在等边三角形上的方洞圆盘的湍流中的表达式为：

$$\dot{m} = CA \sqrt{(2\rho\Delta p) / (1 - (A_f/A_p)^2)}$$

其中：

\dot{m} = 通过圆盘的质量流速

A_f = 剩下的面积或者洞的总面积

A_p = 圆盘的面积（固体和洞）

C=对于不同 D/t 的不同雷诺数范围被列成不同的表的系数

D/t=洞的直径和圆盘厚度的比例

对于 $t/D > 1.6$ 和 $Re > 4000$ ，系数 C 近似为 0.98，其中雷诺数是基于洞的直径与速度的使用下式整理方程 17：

$$\dot{m} = \rho v A_p$$

除以圆盘的厚度 $D \times t$ 有：

$$\frac{\Delta p}{\Delta x} = \left(\frac{1}{2} \rho v^2 \right) \frac{1}{C^2} \frac{(A_p/A_f)^2 - 1}{t}$$

其中 v 是表面速度而不是洞内的速度。与多孔介质内部损失系数中的方程 1 比较可以看出，对于垂直于圆盘方向，常数 C₂ 可由下式计算：

$$C_2 = \frac{1}{C^2} \frac{(A_p/A_f)^2 - 1}{t}$$

考虑通过由随机方向的纤维或者玻璃材料组成的垫子或者过滤器的层流。对于可以二选一的方程 Blake-Kozeny(方程 11)，我们可能会选择将实验数据列成表。很多类型的纤维都由这一类相关的数据[70]。

固体体积分数 f 玻璃丝织品的无量纲渗透性 Q

0.262	0.25
0.258	0.26
0.221	0.40
0.218	0.41
0.172	0.80

其中 $Q = \alpha/a^2$ ，a 为纤维直径。使用多孔介质的 Darcy 定律中的方程 1 可以很容易从给定的纤维直径和体积分数种计算出 α 。

使用幂律模型

对于多孔介质动量源项（多孔介质动量方程中的方程 5），如果你使用幂律模型近似，你只要在流体面板的幂律模型中输入系数 C₀ 和 C₁ 就可以了。如果 C₀ 或 C₁ 为非零值，解算器会忽略面板中除了多孔介质幂律模型之外的所有输入。

定义热传导

如果你选择在多孔介质中模拟热传导，你必须指定多孔介质中的材料以及多孔性。要定义多孔介质的材料，向下拉流体面板中阻力输入下面的滚动条，然后在多孔热传导的固体材料下拉列表中选中适当的固体。

然后在多孔热传导下设定多孔性。多孔性 f 是多孔介质中流体的体积分数（即介质的开放体积分数）。多孔性用于介质中的热传导预测，处理方法请参阅多孔介质能量方程的处理一节。它还对介质中的反应源项和体力的计算有影响。这个源项和介质中流体的体积成比例。如果你想要模拟完全开放的介质（固体介质没有影响），你应该设定多孔性为 1.0。当多

孔性为 1.0 时，介质的固体部分对于热传导和（或）热源项/反应源项没有影响。注意：多孔性永远不会影响介质中的流体速度，这已经在多孔介质的动量方程一节中介绍了。不管你将多孔性设定为何值，FLUENT 所预测的速度都是介质中的表面速度。

定义源项

如果你想在多孔流动的能量方程中包括热的影响，请激活源项选项并设定非零的能量源项。FLUENT 会计算多孔区域所生成的能量，该能量为能量源项值乘以组成多孔区域的单元所有体积值。你也可以定义质量、动量、湍流、组分或者其它标量的源项，详细内容请参阅、质量、动量、能量和其它源项的定义。

在多孔区域内压制湍流源项

如多孔介质的湍流处理中所讨论的，湍流在多孔介质中的计算和大量（bulk）流体流动是一样的。如果你使用 k-e 模型或者 Spalart-Allmaras 模型，你想要压制湍流在多孔区域的影响可以打开流体区域面板中的层流区域选项（从而使得多孔区域的湍流生成为零）。

指定旋转轴并定义区域运动

旋转轴和区域运动的输入和标准流体区域的输入是相同的，详细情况可以参阅流体区域的输入一节。

多孔介质的解策略

一般说来，在模拟多孔介质时，你可以使用标准的解算步骤以及解参数的设置。然而你会发现如果多孔区域在流动方向上压降相当大（比如：渗透性 a 很低或者内部因子 C_2 很大）的话，解的收敛速度就会变慢。这就表明由于动量源项中出现了多孔介质的压降（方程的矩阵不再是对角占优了），收敛性问题就出现了。解决多孔介质区域收敛性差最好的补救办法就是对于通过介质的流向压降有一个很好初始预测。猜测的办法之一就是，在介质流体单元的上游或者下游补偿一个压力值，详细内容请参阅所选单元的补偿值一节。必须记住的是，当补偿压力时，你所输入的压力可以定义为解算器所使用的 gauge 压力（即在操作条件面板中定义的相对于操作压力的压力）。

另一个处理收敛性差的方法是临时取消多孔介质模型（在流体面板中关闭多孔区域）然后获取一个不受多孔区域影响的初始流场。取消多孔区域后，FLUENT 会将多孔区域处理为流体区域并按相应的流体区域来计算。一旦获取了初始解，或者计算很容易收敛，你就可以激活多孔模型继续计算包含多孔区域的流场（对于大阻力多孔介质不推荐使用该方法）。

对于高度各向异性的多孔介质，有时会造成收敛性的麻烦。对于这些问题你可以将多孔介质的各向异性系数（ $1/a_{ij}$ 和 $C_{2,ij}$ ）限制在二阶或者三阶的量级。即使在某一方向上介质的阻力为无穷大，你也不需要将它设定超过初始流动方向上的 1000 倍。

多孔介质的后处理

可以通过检查速度分量和压力值来确定多孔区域对于流场的影响。你可能对下列变量或函数的图形（XY 图，等值线图或者矢量图）或者文档报告感兴趣：

- X,Y,Z 速度（在速度类别中）

- 静压（在压力类别中）

这些变量会在后处理面板的变量选择下拉菜单制定类别中出现。

需要注意的是多孔区域的热报告不影响固体介质的属性。所报告的多孔区域内的热容、传导率以及焓是流体的属性不包括固体介质的影响。

排气扇边界条件

排气扇模型是集总模型，可用于确定具有已知特征的排气扇对于大流域流场的影响。排气扇边界类型允许你输入控制通过排气扇单元头部（压升）和流动速率（速度）之间关系的经验曲线。你也可以制定排气扇旋转速度的径向和切向分量。排气扇模型并精确模拟经过排气扇叶片的详细流动。它所预测的是通过排气扇的流量。排气扇的使用可能和其它流动源项关联，或作为模拟中流动的唯一源项。在后面的算例中，系统的流动速度由系统的损失和排气扇曲线之间的相互平衡决定。

FLUENT 还提供了与用户自定义模型之间的连接，这个模型在计算时更新了压力跳跃函数。该功能在自定义排气扇模型一节介绍。

排气扇方程

模拟通过排气扇的压升

在 FLUENT 的排气扇模型中，排气扇被看成无限薄，通过排气扇的不连续压升被指定为通过排气扇速度的函数。它们之间的关系可能是常数，多项式、分段线性函数或者分段多项式函数，也可以是自定义函数。

多于多项式情况，关系式为：

$$\Delta p = \sum_{n=1}^N f_n v^{n-1}$$

其中 Δp 为压力升高（单位：Pa）， f_n 为压力跳跃多项式系数， v 垂直于排气扇的当地流体速度。速度 v 既可以是正也可以是负。你必须正确的模拟排气扇以保证从排气扇流过之后流体有个压力升高的现象。

对于排气扇区域内所有表面，你可以选择使用垂直于排气扇的质量平均速度来确定单独的压力跳跃值。

模拟排气扇漩涡速度

对于三维问题，对流的切向何径向速度值可以加到排气扇表面来产生涡流。这些速度可以指定为到排气扇中心的径向距离的函数。它们之间的关系可以是常数、多项式函数或者自定义函数。注意：所有涡流速度输入都使用国际单位。

对于多项式函数，切向何径向速度公式为：

$$U_\theta = \sum_{n=-1}^N f_n v^n; -1 \leq N \leq 6$$

$$U_r = \sum_{n=-1}^N g_n v^n; -1 \leq N \leq 6$$

其中 U_q 和 U_r 分别为排气扇表面的切向和径向速度，单位为 m/s， f_n 和 g_n 是切向和径向速度的多项式系数， r 为到排气扇中心的距离。

排气扇的用户输入

概述

一旦排气扇区域被确定（在边界条件面板），你需要在排气扇面板（下图）中设定所有的模型输入。该面板是从边界条件菜单中打开的，详细内容请参阅边界条件的设定一节。

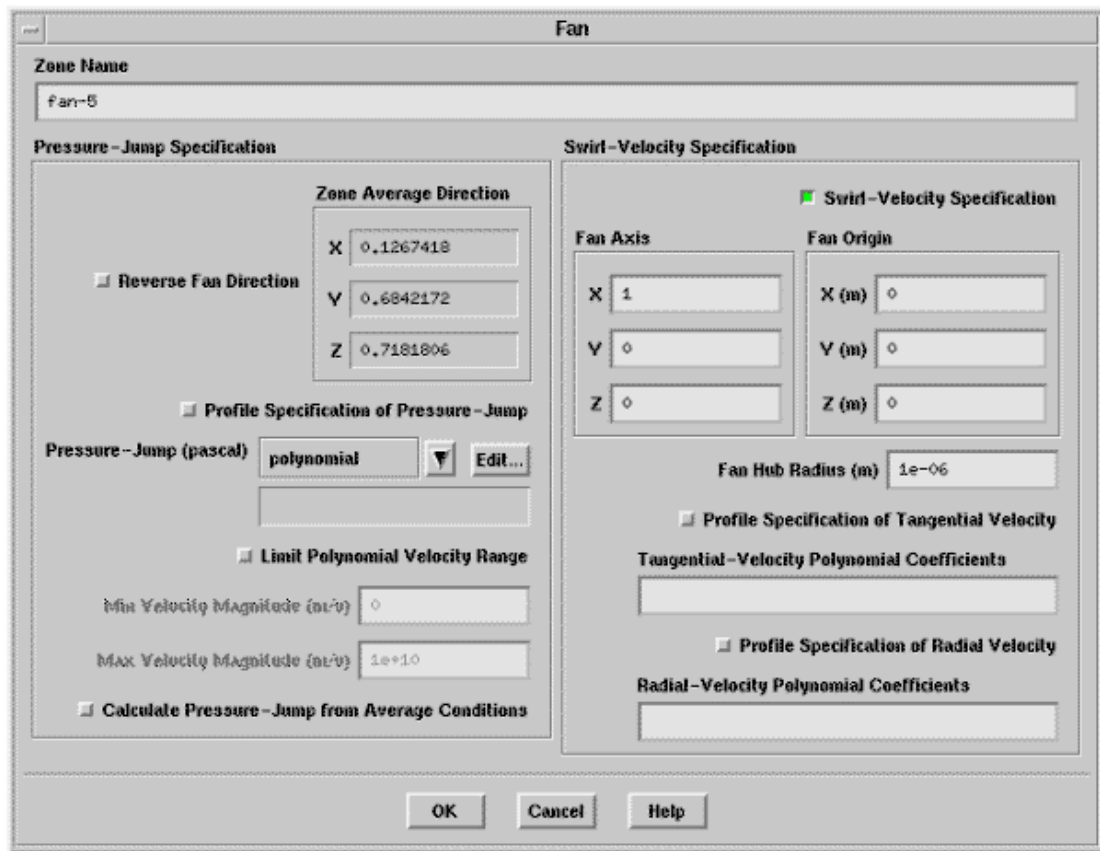


Figure 1: 排气扇面板

对于排气扇，需要输入如下：

1. 确定排气扇区域
2. 定义通过排气扇的压力跳跃
3. 为排气扇定义离散相边界条件（对于离散相计算）
4. 需要的话，定义漩涡速度（只用于三维）

确定排气扇区域

因为排气扇被定义为无限薄，所以它必须被模拟为单元之间的界面而不是单元区域。因此排气扇区域是内部表面区域类型（其中表面是二维中的线段或者三维中的三角形/四

边形)。当你将网格读入到 FLUENT 中时，如果排气扇区域被确定为内部区域，请使用边界条件（见改变边界区域类型）将适当的内部区域改变为排气扇区域。菜单：**Define/Boundary Conditions...**。内部区域改变为排气扇区域后，你可以打开排气扇面板并指定压力跳跃，以及（可选）漩涡速度。

定义压力跳跃

要定义压力跳跃，你需要指定速度的多项式函数、分段线性函数、分段多项式函数或者常数，也可以是自定义函数。你还应该检查区域平均方向矢量，保证流过排气扇有个压力升高。由解算器计算的区域平均方向是排气扇区域的表面平均方向矢量。如果这个方向指向和排气扇吹的方向一致就不用选择排气扇翻转方向了，否则选择排气扇翻转方向。

对于压力跳跃，请遵循下面的步骤定义多项式函数、分段线性函数、分段多项式函数：

1. 检查排气扇面板，其中的压力跳跃轮廓指定选项是关闭的。
2. 在压力跳跃右边的下拉菜单中选择多项式、分段线性或者分段多项式（如果所所要选择的类型已被选中，你就可以点击编辑按钮打开定义函数的面板了）。
3. 在定义压力跳跃函数的面板中（如下图）输入适当的数值。这些轮廓输入面板和温度相关属性的轮廓输入面板用法相同。请参阅使用温度相关函数定义属性来查看如何使用它。

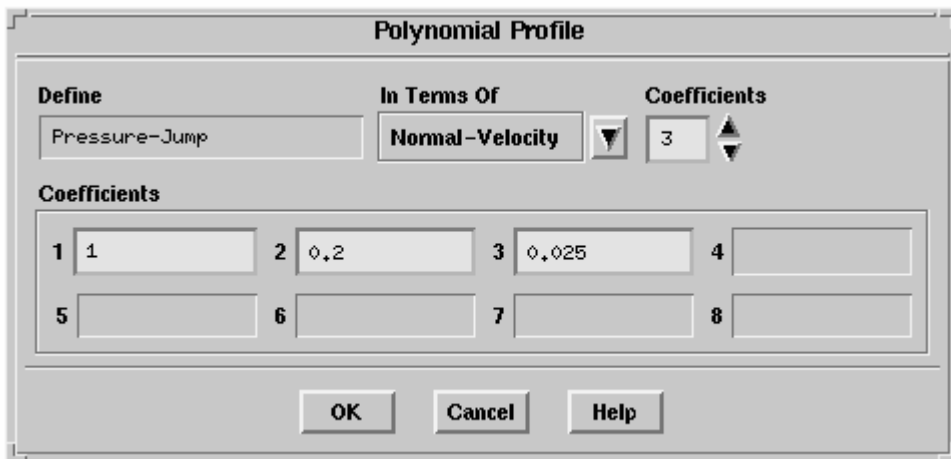


Figure 1: 压力跳跃定义的多项式轮廓面板

4. 设定下面所述的任何可选参数（此步可选）。

当你用这些函数的任何类型来定义压力跳跃时，你可以限定计算压力跳跃的速度值的最大和最小极限。打开多项式速度范围极限选项就可以设定速度范围的最大最小值了。如果计算的法向速度范围超出了你所指定的最大/最小速度范围，那么解算器就会用极限值来替换它。

你也可以选用垂直于风扇的质量平均速度来确定风扇区域内所有表面的单一的压力跳跃值。打开从平均条件计算压力跳跃可以激活这个选项。

要定义常数压力跳跃，请遵循如下步骤：

1. 在排气扇面板中打开指定压力跳跃轮廓选项。
2. 在压力跳跃右边的下拉菜单中选择常数。
3. 输入压力跳跃场中的 D_p 值。

如果更方便的话，你也可以使用如下步骤：

1. 打开压力跳跃的轮廓指定选项。
 2. 在压力跳跃轮廓下面的下拉菜单中选择常数，然后输入压力跳跃轮廓场的 Dp 值。
- 对于自定义压力跳跃函数或者边界轮廓中定义的函数，请遵循如下步骤：
1. 打开压力跳跃的轮廓指定选项。
 2. 在压力跳跃轮廓下面的下拉菜单中选择适当的函数，然后输入压力跳跃轮廓场的 Dp 值。

关于自定义函数的信息请参阅自定义函数一节，关于边界轮廓文件的信息请参阅边界轮廓一节。

下面的例子告诉了我们如何确定压力跳跃的函数。考虑简单的二维管流（如图 2）。进入长 2.0m 宽 0.4m 的导管的常密度空气的速度为 15 m/s。管的中心是个排气扇。

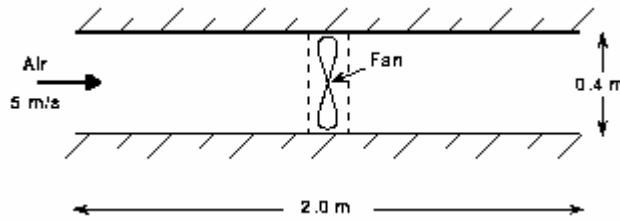


Figure 2: 定位于二维导管的排气扇

当风扇的转速是 2000rpm 时，假定风扇的特征如下：

Q (m³/s) Dp (Pa)

250.0

20175

15350

10525

5700

0875

其中 Q 时通过风扇的流动， Dp 时通过风扇的压升。在本例中，风扇的特征为压力升高和速度呈线性关系。要将这些特征转换为压力和速度的关系，必须知道风扇的截面信息。在本例中，假定导管是 1.0 米深，面积为 0.4 平方米。相应的速度值如下：

v (m/s) Dp (Pa)

62.50.0

50.0175

37.5350

25.0525

12.5700

0875

下面的对于一条线的方程是关系的多项式形式：

$$\Delta p = 875 - 14v$$

为风扇定义离散相边界条件

如果你是模拟粒子的离散相问题，你可以设定粒子在风扇处的轨迹。关于边界条件的设定请参阅离散相边界条件一节。

定义排气扇旋转速度

如果你想在风扇表面设定切向和径向速度来产生三维问题中的涡流，步骤如下：

1. 在排气扇面板打开漩涡速度指定选项。
2. 定义轴的起始点（风扇的起始点）和方向矢量（风扇的旋转轴）来指定风扇的旋转轴。
3. 设定风扇旋转轴的半径值。默认为 1×10^6 以避免多项式中出现除零问题。
4. 设定切向和径向速度为半径的多项式函数，常数值或者自定义函数。

注意：涡流的速度输入必须是国际标准单位。

要定义切向和径向速度的多项式函数，步骤如下：

1. 在排气扇面板中，检查切向速度的轮廓指定或者径向速度的轮廓指定选项是关闭的。
2. 输入模拟排气扇涡流中的方程 1 的系数 f_n ，或者在切向或径向速度多项式系数框中模拟风扇漩涡速度的方程 3 的 g_n 。首先输入 f_{-1} 然后是 f_0 等。记住用空格符将每一个系数分开，第一个系数是 $(1/r)$ 。

要定义常数切向或者径向速度，步骤如下：

1. 在排气扇面板中打开切向速度或者径向速度的轮廓指定选项。
2. 在切向或者径向速度轮廓中选择常数。
3. 在切向或者径向速度轮廓中输入相应的 U_q 或者 U_r 值。

如果更方便的话，你可以遵照如下步骤：

1. 在排气扇面板中打开切向速度或者径向速度轮廓指定选项。
2. 在切向或者径向多项式速度系数中输入 U_q 或者 U_r 的值。

对于自定义切向或者径向速度函数或者包括边界轮廓的文件的函数，步骤如下：

1. 打开切向速度或者径向速度的轮廓指定选项。
2. 在切向或者径向速度轮廓下拉列表中选择适当的函数。

如果你是自定义函数的信息，请参阅自定义函数一节，关于边界轮廓的信息请参阅边界轮廓文件一节。

排气扇的后处理

报告通过排气扇的压升

你可以使用表面整合面板报告通过排气扇的压升，具体请参阅表面整合一节。共有两步：

1. 在风扇区域的每一边创建一个界面。使用变形界面面板(参阅变形表面一节)分别向上和向下稍微平移一下风扇区域，从而创建两个新的界面。
2. 在界面整合面板中，报告上游和下游界面的平均整合压力（使用平均选项）。这样你就可以计算通过风扇的压力变化了。

图形绘制

图形绘制报告对风扇所感兴趣的是：

1. 静压和静温的轮廓或等值线图。

2. 静压和静温的 XY 图与位置的比较。

图形和可视化一章解释了如何产生数据的图形显示。

注意：生成这些图形时要保证关闭所有节点值的显示，以便于你在风扇的每一个边可以看到不同的值。（如果你显示节点值，风扇两边的单元值会被取平均来获取节点值，这样你就看不到通过风扇的压力跳跃和其它现象了。

辐射边界条件

FLUENT 中有热交换单元（如散热器和冷凝器）的集总参数模型。散热器边界类型允许你指定压降和热传导系数为垂直于散热器的速度的函数。关于 FLUENT 所提供的热交换模型的更多详细信息，请参阅热交换模型一节。

散热器方程

模拟通过散热器的压力损失

FLUENT 中所模拟的散热器被认为是无限薄，通过散热器的压降假定与流体的动压头成比例，并具有你所提供的损失系数的经验公式。也就是说，压降 Δp 与通过散热器的法向速度 v 分量的关系为：

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

其中 ρ 为流体密度， k_L 为无量纲损失系数，它可以指定为多项式函数、分段线性函数或者分段多项式函数。

对于多项式函数，有下式：

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

其中 r_n 为多项式系数， v 为垂直于散热器的当地流体速度的大小。

模拟通过散热器的热传导

从散热器到周围流体的热流量为：

$$q = h(T_{HX} - T_{exit})$$

其中 q 为热流量， T_{HX} 为热交换器（散热器）温度， T_{exit} 为流出流体的温度。对流热传导系数 h 可以指定为常数、多项式函数、分段线性函数或者分段多项式函数。

对于多项式，关系式的形式如下：

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

h_n 为多项式系数， v 为垂直于散热器的当地流体速度的大小（单位 m/s）。

实际的热流量（ q ）或者热传导系数和散热器温度（ h, T_{HX} ）都可以指定。 q （可以是

输入值也可以是用方程 1 计算出的值) 为热流在整个散热器表面的积分。

要模拟散热器的热行为, 你必须提供热传导系数 h 的详细表达式, 它是通过散热器的流体速度 v 。要获取这个表达式考虑热平衡方程:

$$q = \frac{\dot{m}c_p \Delta T}{A} = h(T_{HX} - T_{exit})$$

其中

q =热流量(W/m²)

\dot{m} (dot)=流体质量流速(kg/s)

c_p =指定的流体比热容(J/kg-K)

h =经验热传导系数(W/m²K)

T_{exit} =出口流体温度(K)

T_{HX} =热交换器(如水边)温度(K)

A =热交换器前缘面积(m²)

方程 5 可以写成:

$$q = \frac{\dot{m}c_p (T_{exit} - T_{inlet})}{A} = h(T_{HX} - T_{exit})$$

因此, 热传导系数 h 可以计算为:

$$h = \frac{\dot{m}c_p (T_{exit} - T_{inlet})}{A(T_{HX} - T_{exit})}$$

或者根据流体速度:

$$h = \frac{\rho v c_p (T_{exit} - T_{inlet})}{(T_{HX} - T_{exit})}$$

散热器需要的输入

概述

一旦在边界条件面板中确定了散热器区域, 你就该在散热器面板(下图)中为散热器模型的各项设定输入相应内容了。该面板是从边界条件菜单中打开的, 详细情况请参阅设定边界条件一节。

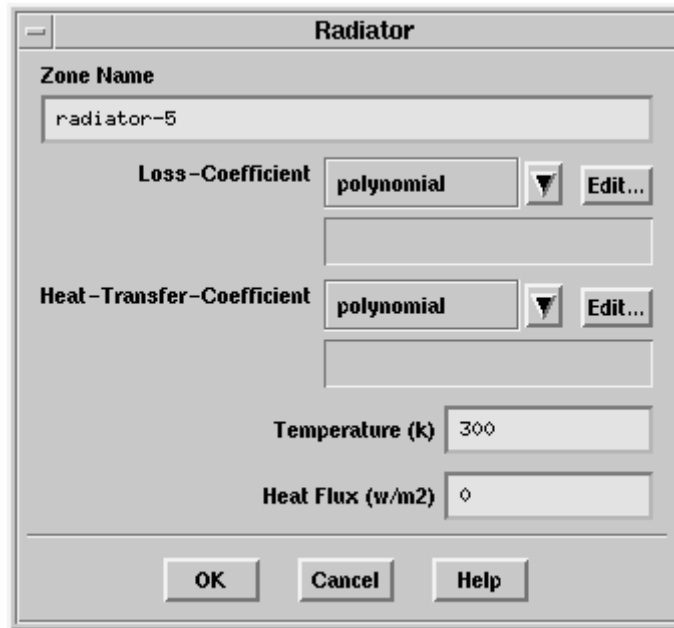


Figure 1:散热器面板

散热器需要输入如下：

1. 确定散热器区域
2. 定义压力损失系数
3. 定义热流量或者热传导系数和散热器温度
4. 为散热器定义离散相边界条件（对于离散相计算）

确定散热器区域

因为散热器被定义为无限薄，所以它必须被模拟为单元之间的界面而不是单元区域。因此排气扇区域是内部表面区域类型（其中表面是二维中的线段或者三维中的三角形/四边形）。当你将网格读入到 FLUENT 中时，如果散热器区域被确定为内部区域，请使用边界条件（见改变边界区域类型）将适当的内部区域改变为散热器区域。菜单：**Define/Boundary Conditions...**。内部区域改变为散热器区域后，你可以打开散热器面板并指定损失系数，以及热流量的信息。

定义压力损失系数函数

要定义压力损失系数 k_L ，你可以指定速度的多项式函数、分段线性函数、分段多项式函数或者常数。

遵循下面的步骤来设压力损失系数的多项式函数、分段线性函数或分段多项式函数：

1. 在损失系数右边的下拉列表中选择多项式函数、分段线性函数或分段多项式函数（如果你所需要的函数类型已经选中，点击编辑按钮打开定义函数的面板。
2. 在定义损失系数函数的面板中（如下图）输入适当的数值。这些轮廓输入面板和温度相关属性的轮廓输入面板用法相同。请参阅使用温度相关函数定义属性来查看如何使用它。

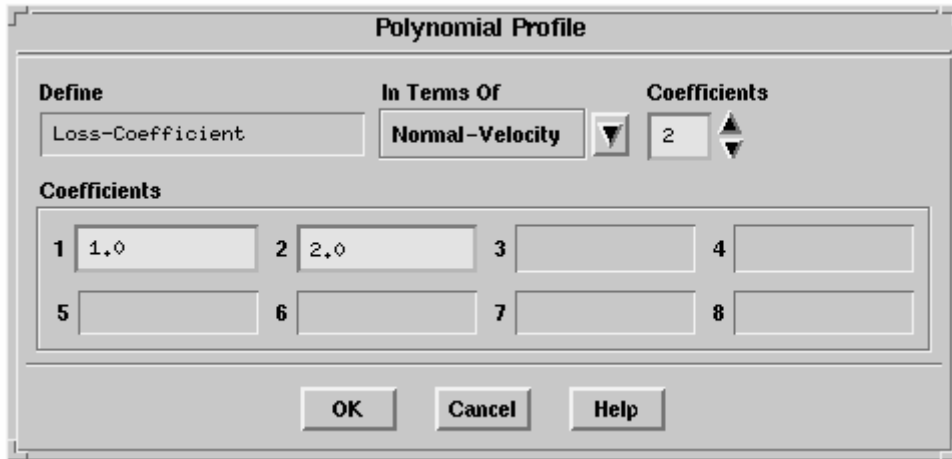


Figure 1:损失系数定义的多项式轮廓面板

设定常数损失系数步骤如下：

4. 在损失系数右边的下拉菜单中选择常数。
5. 在损失系数中输入 k_L 的值。

下面的例子告诉你如何确定损失系数函数。考虑通过水冷却散热器的简单的空气二维管流，如下图：

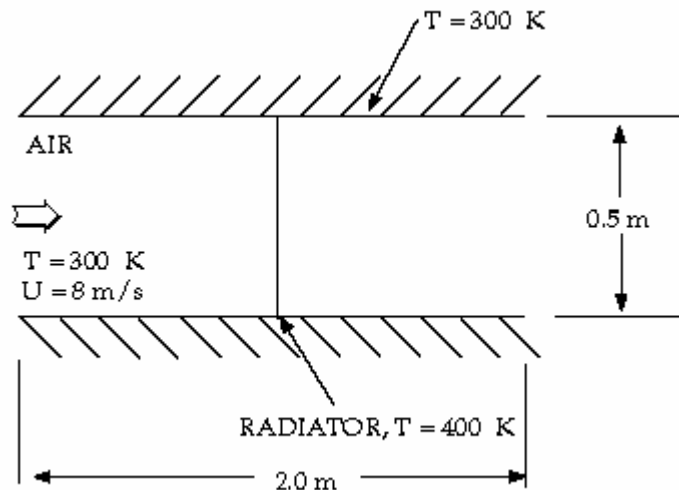


Figure 2:散热器的简单管流 r

首先必须经验地知道散热器的特征。在这个例子中，所模拟的散热器的测试数据如下表，水边的流速为 7 kg/min，入口水的温度为 400.0 K。要计算这个损失系数，创建一个动压头 $((1/2)\rho v^2)$ 的表格是很有帮助的，动压头是压降 D_p 以及这两个值的比 k_L （在通过散热器损失系数的模拟一节中的方程 1 中）的函数。（图 2 中定义的空气密度为 1.0 kg/m^3 。）简化的数据在表二中。

表一：空气边散热器数据

Velocity	Inlet Temp	Exit Temp	Pressure Drop
(m/s)	(K)	(K)	(Pa)
5.0	300.0	330.0	0.075
10.0	300.0	322.5	0.250
15.0	300.0	320.0	0.450

表二：简化的散热器数据

v (m/s)(1/2) ρ v² (Pa)D p (Pa) k_L

5.012.575.06.0

10.050.0250.05.0

15.0112.5450.04.0

损失系数是速度的线性函数，随着速度的增加而减少，关系式的形式为：

$$k_L = 7.0 - 0.2v$$

其中 v 在这里是通过散热器的绝对速度值。

定义热流量参数

正如散热器方程所提到的，你可以在热流量框中定义真实的热流量 (q) 也可以设定热传导系数和辐射温度 (h, T_HX) 所有的输入都在散热器面板中。

要定义热流量，指定温度为 0，然后设定热流量为常数值。

要设定温度，在温度框中输入 T_HX 的值。要定义热传导系数，你可以指定速度的多项式函数、分段线性函数或分段多项式函数或者常数值。

指定速度的多项式函数、分段线性函数或分段多项式函数或者常数值来定义热传导系数，步骤如下：

1. 在热传导系数右边的下拉菜单中选择多项式、分段线性或分段多项式。（如果你所要使用的函数类型已经被选中，你可以点击编辑按钮打开你所定义的函数的面板）。
2. 在热传导系数函数定义的面板中输入适当的值。这些轮廓输入面板和温度相关属性的轮廓输入面板用法相同。请参阅使用温度相关函数定义属性来查看如何使用它。

要定义常数热传导系数，步骤如下：

1. 在热传导系数下拉列表中选择常数。
2. 在热传导系数框中输入 h 的值。

下面的例子告诉你如何设定热传导系数。考虑通过水冷却散热器的简单的空气二维管流。

在定义压力损失系数的表一的数据以及空气密度值 (1.0 kg/m³) 和指定的热 (1000 J/kg-K) 可用于获取下面的的值，它们可用于计算热传导系数 h:

Velocityh

(m/s)(W/m²K)

5.02142.9

10.02903.2

15.03750.0

热传导系数符合速度的二阶多项式关系（与上面的点相符），形式如下：

$$h = 1469.1 + 126.11v + 1.73v^2$$

其中 v 在这里是通过散热器的绝对速度值。

为散热器定义离散相边界条件

如果你模拟粒子的离散相，你可以在散热器中设定粒子的轨迹，详细内容请参阅离散相边界条件的设定一节。

散热器的后处理

报告散热器的压降

你可以使用表面整合面板来报告通过散热器的压降，具体请参阅表面整合一节。共分两步来处理：

1. 在散热器区域的每一边创建一个界面。使用变形界面面板(参阅变形表面一节)分别向上和向下稍微平移一下风扇区域，从而创建两个新的界面。
2. 在界面整合面板中，报告上游和下游界面的平均整合静压（使用平均选项）。这样你就可以计算通过风扇的压力变化了。

要检查这个数值和通过散热器压力损失模拟中的方程 1 的预期值比较的话，你可以使用界面整合面板报告通过散热器的平均法向速度。（如果散热器和 x, y 或 z 轴不在一条线上，你需要使用自定义流场函数计算器来为垂直于散热器的速度生成一个函数。一旦你有了平均法向速度，你就可以使用模拟通过散热器压力损失中的方程 3 来确定损失系数，然后用模拟通过散热器压力损失中的方程 1 来计算所预期的压力损失。

报告散热器中的热传导

要确定通过散热器的温度，请参阅报告散热器压降产生散热器上游下游的界面的大致步骤。然后是用界面整合面板（关于压降报告的）报告每一个表面上的平均静温。然后你就可以计算通过散热器的温度了。

图形显示

你所感兴趣的散热器的图形报告有：

- 静压和静温的轮廓或等值线图
- 静压和静温的 XY 图与位置的比较

图形和可视化一章解释了如何生成数据显示图形。

注意：生成这些图形时要保证关闭所有节点值的显示，以便于你在散热器的每一个边可以看到不同的值。（如果你显示节点值，散热器两边的单元值会被取平均来获取节点值，这样你就看不到通过散热器的压力跳跃和其它现象了。

多孔跳跃边界条件

多孔跳跃条件用于模拟已知速度/压降特征的薄膜。它本质上是单元区域的多孔介质模型的一维简化。应用的实例有：模拟通过筛子和过滤器的压降，不考虑热传导影响的散热器模拟。我们应该尽可能的使用这一简化模型（取代完全的多孔介质模型），因为它具有很好的鲁棒性（robust）和收敛性。

薄膜介质是具有有限厚度的,通过它的压力变化定义为 Darcy 定律和附加内部损失项的结合:

$$\Delta p = -\left(\frac{\mu}{\alpha}v + C_2 \frac{1}{2}\rho v^2\right)\Delta m$$

其中, m 是层流流体粘性, α 是介质的渗透性, C_2 为压力跳跃系数, v 是垂直于介质表面的速度分量, $D m$ 为薄膜的厚度。 C_2 的适当值可以用多孔介质用户输入中所介绍的技巧来求得。

多孔跳跃模型的用户输入

一旦在边界条件面板中指定了多孔跳跃区域,你就需要在多孔跳跃面板中(如下图)设定所有的模型输入。这个面板是从边界条件菜单中打开的,详细方法请参阅设定边界条件一节。

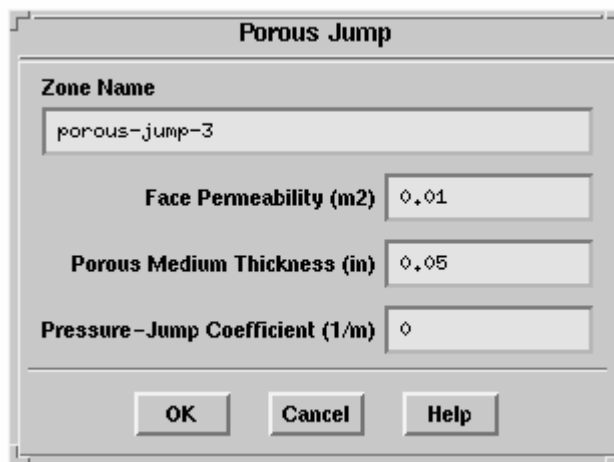


Figure 1: 多孔跳跃面板

多孔跳跃模型需要输入如下:

1. 确定多孔跳跃区域
2. 设定介质的表面渗透性(多孔跳跃边界条件的方程 1)
3. 设定多孔介质厚度 ($D m$)。
4. 设定压力跳跃系数 (C_2)。注意: 此项输入不管你是用什么单位系统, 所输入的值都要是国际标准单位对应的值。
5. 为多孔跳跃定义离散相边界条件(对于离散相计算)

多孔介质的一维简化模型,被称为多孔跳跃,可用于模拟具有已知速度/压降特征的薄膜。多孔跳跃模型应用于表面区域而不是单元区域,因此多孔跳跃区域是内部表面区域类型(表面在二维中是线段,在三维中是三角形或四边形)。如果多孔跳跃区域没有被确认(也就是说它被确认为其它内部表面区域类型)或者读入网格时为默认,你就需要使用边界条件来将适当的表面区域改为多孔跳跃区域。菜单为: **Define/Boundary Conditions...**

改变区域类型的程序在改变区域类型一节中介绍了,一旦区域被改成多孔跳跃区域,你就可以打开多孔跳跃面板(见设定边界条件一节)来指定上面所列的所有参数。

如果你模拟粒子的离散项模型,你可以在多孔跳跃区域设定粒子的轨迹。详细内容请参

阅离散相边界条件的设定一节。

多孔跳跃的后处理

和多孔介质的后处理一样，请参阅相关内容。

热交换模型

气候控制和工程冷却系统是典型的包含热交换器核心的例子。然而，对于大多数工程问题，要模拟个别的散热片或者热交换核心的管道是不切合实际的。从原则上讲，热交换核心增加了热量并对空气流引入了压降。在 FLUENT 中，集总参数模型用于说明压力损失和冷却剂热损(失)耗。热交换模型的冷却剂模型限制为单相。该模型用于计算冷却剂对于固定热损耗的入口温度或者对于固定的冷却剂入口温度的总的热损耗。

热交换模型概述

对于典型的热交换核心，冷却剂温度在冷却剂流动方向上是分层的。因此，热损耗在整个核心上并不是常数。在 FLUENT 中，描述热交换器核心的流体区域被再细分为几个沿着冷却路径的肉眼可见的单元以及防热瓦（见图一）。计算出相对于每一个防热瓦的冷却剂入口温度，然后用于计算每一个防热瓦的热损耗。这种方法可以很真实地提供热交换核心周围的热损耗分布。

要使用热交换模型，你必须定义描述如交换核心的流体区域。最为典型的处理是将流体区域的尺寸设定为核心自己的尺寸。作为程序的一部分，你需要定义冷却剂的路径，防热瓦的数量、核心的物理性质和操作条件（压降参数、热交换效力，冷却剂流速等）。定义完模型之后，FLUENT 会自动将流体区域设为多孔区域。

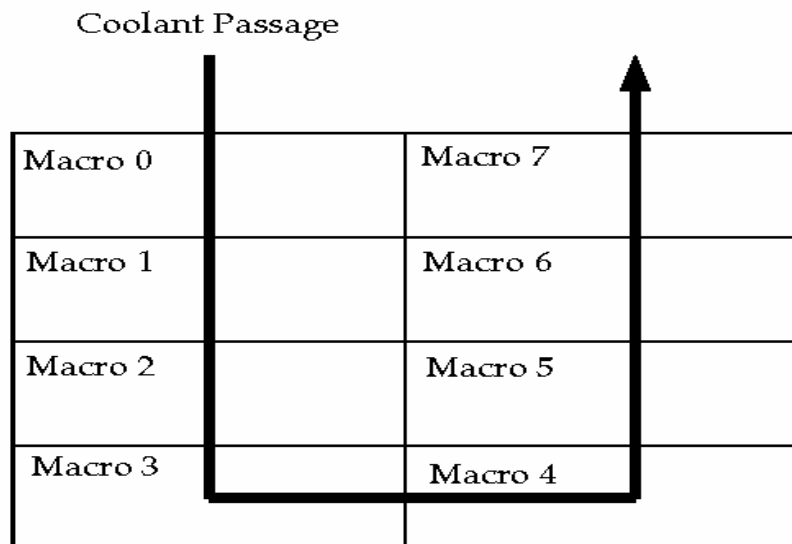


Figure 1: 核心被离散为 4×2 的防热瓦

热交换模型理论

在 FLUENT 中，热交换核心被处理成具有动量转移和热转移的流体区域。压力损失在动量方程中被模拟为动量损失项，热传导在能量方程中被模拟为热源项。

流向压降

在热交换器模拟中，压力损失用多孔介质模型来模拟。多孔介质的输入是在你向热交换器模型中输入的基础上自动设定的。流向压降可以表示为：

$$\frac{\partial p}{\partial s} = \frac{1}{2} f \rho_m U_{A_{\min}}^2$$

其中

$\frac{\partial p}{\partial s}$ = 流向压力梯度

f = 流向压力损失系数

r_m = 平均空气密度

U_A_min = 在最小流动面积处的空气速度

压力损失系数由下式计算：

$$f = (K_c + 1 - \sigma^2) - (1 - \sigma^2 - K_e) + f_c \frac{A}{A_c}$$

其中：

s = 最小的流到界面区域比例

K_c = 入口损失系数

K_e = 出口损失系数

A = 空气边界面积

A_c = 通过流动区域的最小截面

f_c = 核心的摩擦系数

当设定热交换模型时，你需要指定这些参数。

在方程 3 中，核心摩擦系数定义为：

$$f_c = a \text{Re}_{\min}^b$$

其中：

a = 核心摩擦系数

b = 核心摩擦指数

Re_min = 对于最小流动面积处速度的雷诺数

在设定热交换模型时，你需要指定核心摩擦系数与指数。

方程 5 中的雷诺数定义为：

$$\text{Re}_{\min} = \frac{\rho U_{A_{\min}} D_h}{\mu_m}$$

其中：

r_m = 平均空气密度

m_m =平均空气粘性

D_h =水力学直径

U_{A_min} =在最小流动面积处的空气速度

对于热交换器核心，水力学直径可以定义为：

$$D_h = 4L \left(\frac{A_c}{A} \right)$$

注意： U_{A_min} 可由下式计算：

$$U_{A_min} = \frac{U}{\sigma}$$

其中 U 是空气速度， σ 是流过表面面积比的最小流动。

热损耗

在隔热瓦每个单元的热损耗被计算出来，然后作为源项加到空气流动的能量方程中。给定单元的热量转移由下式计算：

$$q_{cell} = \varepsilon (\dot{m} c_p)_{air} (T_{in} - T_{cell})$$

where

ε =热交换器效力

$(\dot{m} c_p)_{air}$ =空气热容速度(流速乘以指定的热容

T_{in} =冷却单元的隔热瓦的冷却剂入口温度

T_{cell} =单元温度

从隔热瓦的热损耗为隔热瓦所有单元的总热量转移之和：

$$q_{marco} = \sum_{all \text{ cells in marco}} q_{cell}$$

从热交换核心的热损耗为所有隔热瓦的热损耗之和：

$$q_{total} = \sum_{all \text{ marcos}} q_{marco}$$

每个隔热瓦的冷却剂入口温度（方程 1 中的 T ）是基于冷却剂流动的能量平衡计算得到的。

对于给定隔热瓦：

$$q_{marco} = (\dot{m} c_p)_{coolant} (T_{out} - T_{in})$$

其中 T_{in} 和 T_{out} 分别为隔热瓦内冷却剂的入口和出口温度。 T_{out} 是下一个隔热瓦的入口温度。

假定第一个隔热瓦（Macro 0）在冷却剂核心的入口处（参阅热交换模型概述中的图 1）当从热交换器核心的热损耗被指定后，开始迭代计算第一块隔热瓦的入口温度，以便于使得方程 1、3、5、7 同时满足。当固定入口冷却剂温度指定之后，第一块隔热瓦的入口温度也就定了。热量的增加从方程 1 计算出来，下一块隔热瓦的冷却剂入口温度由方程 7 计算得到。

假设和约束

在热交换模型中作如下假设：

- 热交换器的效力 e 是为完全的热交换器定义的，可以应用于由计算单元所描述的热交换器的一小部分中。
- 空气热容量速度 $(m(\dot{c}_p))$ 小于冷却剂热容量速度。
- 单元温度（即单元质心值）可用于替代进入单元的流体的温度。
- 在计算压力损失系数时，流体加速的影响可以忽略。
- 冷却剂限定为单相。

使用热交换模型

设定热交换模型的步骤为：

1. 在能量面板中激活能量计算，菜单：Define/odels/energy...
2. 使用热交换器面板（下图）指定热交换模型的输入，菜单：Define/ser-Defined/eat Exchanger...

Heat Exchanger

Fluid Zone: fluid-1

Width (m): 1 Number of Passes: 1

Height (m): 1 Number of Macros/Pass: 5

Depth (m): 0.25 View Passes Draw Grid

Update From Plane Tool

Coolant Inlet Direction: X=1, Y=0, Z=0

Pass-to-Pass Direction: X=0, Y=1, Z=0

Fixed Heat Rejection / Fixed Inlet Temperature

Coolant Flow Rate (kg/s): 0.6

Specific Heat (j/kg-k): 4000

Heat Rejection (w): 8000

Initial Temperature (k): 340

Heat Exchanger Core Model: default-model Edit...

Set Delete Close Help

Figure 1: 热交换器面板

3. 选择描述热交换核心的流体区域。
4. 指定热交换核心的尺寸
5. 指定冷却剂入口和通道到通道方向
6. 定义隔热瓦网格
7. 指定冷却剂属性和条件
8. 指定热交换核心的压降参数和效力
9. 在热交换器面板中点击设定按钮保存所有的设定。
10. 对于其它热交换器流体区域重复以上步骤。

选择热交换区域

在流体区域下拉列表中选择你所要定义的热交换器的流体区域。

指定热交换核心的维度

设定热交换核心的宽度、高度和深度。高度为沿着冷却剂入口的方向定义（见定义隔热瓦中的图 1），宽度方向定义为通道到通道方向。

指定冷却剂入口和通道到通道方向

要定义冷却剂方向和流动路径，你需要指定冷却剂入口和通道到通道方向的方向矢量。定义隔热瓦一节中的图 1 表明了相对于隔热瓦的这些方向

如果热交换器核心的主轴和区域坐标轴不在一条直线上，你不必知道先前的冷却剂入口和通道到通道方向的方向矢量。在这种情况下，平面工具可以帮你确定这些方向矢量。

1. 捕捉平面工具到热交换器核心的边界（请遵照初始平面工具一节中有关于在已有表面上初始化工具位置的相关内容）。
2. 适当的平移和旋转工具的轴，直到它们和热交换器核心的主要方向成一条线。流向的方向用红轴确定，冷却剂入口方向为绿轴，通道到通道方向用蓝轴。
3. 一旦轴在一条线上，在热交换器面板中点击从面板工具更新按钮。方向矢量会自动设定（注意：从面板更新按钮也会设定热交换器核心的高度、宽度和深度）。

定义隔热瓦

正如热交换模型概述中所讨论的，描述热交换核心的流体区域被分成多块隔热瓦。隔热瓦的创建是基于指定通道数目、每一个通道的隔热瓦数目以及相应的冷却剂入口和通道到通道方向（见图 1）。隔热瓦在冷却剂流动方向上从 0 开始计数直到 $n-1$ ， n 为隔热瓦数量。

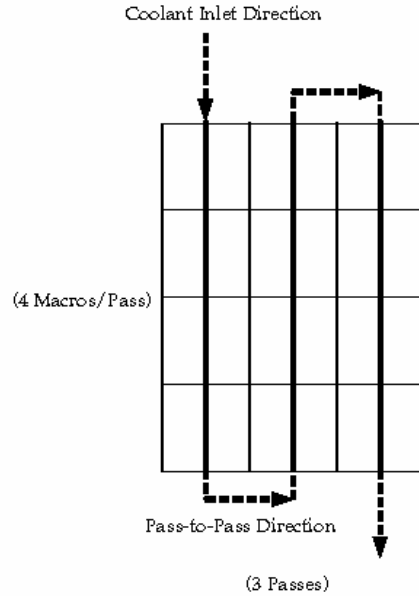


Figure 1: 3×4 的防热瓦

在热交换模型面板中，指定通道数量以及每个通道防热瓦的数量。模型会自动标定你指定了深度的热交换器核心的防热瓦数目。

你可以通过显示防热瓦来查看冷却剂的路径。为了看到你指定了通道数和每个通道的防热瓦数的所有防热瓦，你可以点击面板底部的设定按钮。然后点击查看通道按钮来显示它。冷却剂路径使用颜色来标定，第一个防热瓦为红色，最后一个为蓝色。

对于有些问题，尤其是复杂几何外形的问题，你可能需要在防热瓦图中包括几部分计算区域网格，作为空间参考点。例如，你可能要显示沿着防热瓦的入口和出口的位置。要实现这一目的，你只需要打开画网格选项，自动弹出网格选项面板，然后可以在那里设定网格显示参数。当你在热交换器面板中点击察看通道按钮，网格显示面板中定义的网格显示会被包含在防热瓦图形中（见下图）。

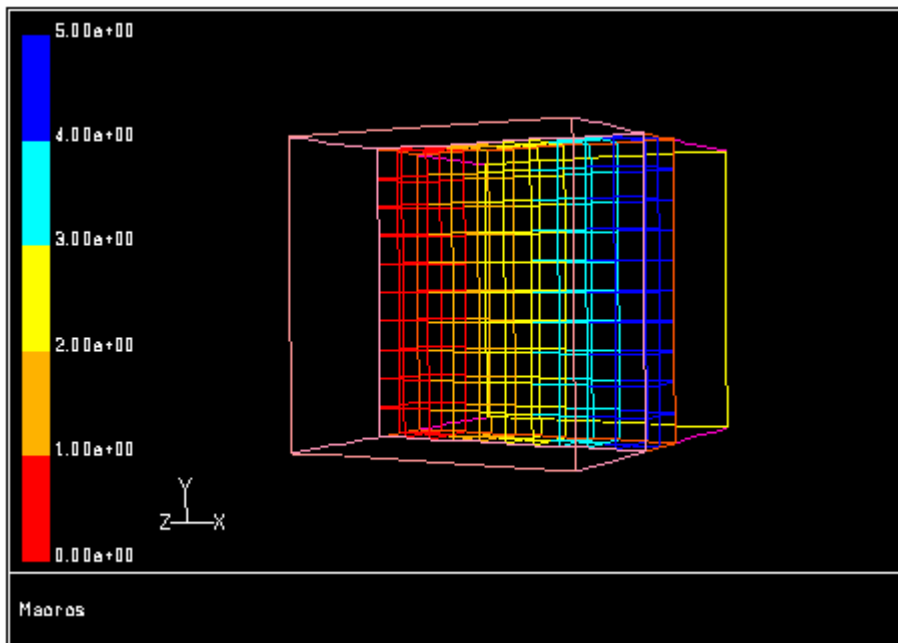


Figure 2:带隔热瓦的网格显示

指定冷却剂性质和条件

要定义冷却剂性质和条件，你需要分别指定热损耗一节中方程 7 的冷却剂流速，热量 (\dot{m})和 c_p ，以及热损耗和初始温度（模拟固定热损耗时）或者入口温度（模拟固定的入口冷却剂温度时）。

- 如果你要在指定热损耗的基础上用 FLUENT 计算冷却剂入口温度：步骤如下。
 - 激活固定热损耗选项。
 - 指定热损耗（热损耗一解方程 5 中的 q_{total} ）。
 - 指定初始温度，它将被 FLUENT 用于初始入口温度的预测（热损耗一节中方程 1 和方程 7 的 T_{in} ）。

- 如果你要用给定的入口冷却剂温度来计算核心的总热损耗，步骤如下：
 1. 激活固定入口温度选项
 2. 指定入口温度（热损耗一节中方程 1 和方程 7 的 T_{in} ）。

设定压降参数和效力

压降参数和效力定义了热交换器核心的模型。共有三种方法来指定热交换器核心模型的参数：

- 使用 FLUENT 磨人的热交换核心模型的参数。
- 用自己的值来定义新的热交换核心模型。
- 从外部文件中读入热交换核心模型。

你所定义的模型会保存在 case 文件中

FLUENT 为典型的热交换核心提供了默认的设置。要保留这些设置，只需要在热交换器面板中的热交换器核心下拉列表选择保留默认模型即可。（在热交换模型面板中你可以看到热交换核心的默认参数，具体请参阅设定压降参数和效力一节。）

如果你想要定义设定压降参数和效力，这和默认的热交换核心模型是不同的，你可以创建自己的新模型，创建新模型的方法如下：

1. 在热交换核心模型下拉菜单的右边电机编辑按钮，打开热交换模型面板（下图）

Figure 1: 热交换模型面板

2. 在面板顶部的名字框中输入新模型的名字
 3. 在空气边压降中指定流向压降一节中的方程 3 中的下面参数：
 - Min Flow to Face Area Ratio (s)
 - Entrance Loss Coefficient (K_c)
 - Exit Loss Coefficient (K_e)
 - Air Side Surface Area (A)
 - Min Cross Section Flow Area (A_c)
 以及流向压降一节中的方程 5 的
 - the Core Friction Coefficient 和 Core Friction Exponent (a 和 b)。
 4. 在效力框中，指定热核心的效力（热损耗一节中的方程 1）为常数或者包含 n 个点的分段线性轮廓。
 - 要指定常数效力，保留默认的点数，并在效力框中指定值。
 - 为效力指定轮廓，步骤如下：
 1. 在轮廓中指定点数
 2. 对于每个点输入速度和相应的效力
 5. 点击改变/创建按钮，将你的新模型添加到数据库中。
- 你可以从外部为你的热交换核心读入参数。下面是一个例子：

```
("modelname"  
(0.73 0.43 0.053 5.2 0.33 9.1 0.66)  
((1 1.0 .6234) (2 2.0 0.5014) (3 3.5 0.3932)  
(4 5.0 0.3244) (5 6.5 0.2762) (6 8.0 0.2405)  
(7 10.0 0.2050) (8 12.0 0.1785) (9 15.0 0.1495)))
```

文件的第一条为模型的名字（比如：`modelname`），第二个设定的数包含了空气边压降参数：`(s K_c K_e A A_c a b)`。第三条为一组描述效力轮廓的点。每一个轮廓中的点具有如下格式：`(point velocity effectiveness)`。

在这个例子文件中，效力轮廓中指定了九个点。

要读入外部热交换器文件，步骤如下：

1. 在热交换器模型面板中点击读入按钮。
2. 点击选择文件对话框，指定 HXC 参数文件名，并点击 OK。FLUENT 会读入热交换器核心模型参数，并将新的模型参数加入到数据库。

要察看你所定义的热交换器模型的相关数据，请在数据库下拉列表（热交换器模型面板）中选择模型名字。数据库中关于该模型的值会在热交换模型面板中显示出来。

热交换模型的后处理

要察看你的热交换核心的总热损耗、出口温度以及入口温度的值，你可以用下面的命令：`define/models/heat-exchanger/heat-exchanger-report`。当提示时，指定你想要计算结果的流体区域（如：1）。

边界轮廓

FLUENT 提供了非常灵活的边界轮廓定义机制。这一功能允许你用写轮廓面板（参阅读写轮廓文件一节），使用实验数据、外部程序产生的数据或者先前解写入的数据作为变量的边界条件。

边界轮廓指定类型

提供了四种轮廓

- 点轮廓由一组无序的 n ($1 \leq i \leq n$) 个点指定。使用写轮廓面板以及随机排列的实验数据写入的轮廓就是点轮廓的例子。FLUENT 会在点云中插值来获取所需的边界表面的值。对于非结构点数据为零阶插值。换句话说，对于边界的每一个单元表面，解算器使用轮廓文件中离单元最近的点。因此，如果你对入口轮廓有明确的指定，你的轮廓文件应该有足够高的点密度。
- 线轮廓是为二维问题指定的，它使用了 n 个有序的点 (x_i, y_i, v_i) ，其中 $1 \leq i \leq n$ 。点与点之间采用零阶插值。从外部程序计算边界层所获得轮廓数据就是线轮廓的例子。
- 网格轮廓是为三维问题指定的 m 乘以 n 的网格点，其中 $1 \leq i \leq n$ ， $1 \leq j \leq m$ 。点与点

之间是零阶插值。从结构网格解和规则阵列实验数据中获取的数据轮廓就是网格轮廓的例子。

- 放射状轮廓是为二维或者三维问题指定的，它使用了一组有序的点 (r_i, v_i) 其中 $1 \leq i \leq n$ 。放射状轮廓中的数据只是半径的函数。点与点之间使用线性插值。柱坐标系的轴向确定的方法如下：
 - 对于二维问题，为通过 $(0,0)$ 点的 z 向矢量。
 - 对于二维轴对称问题，为通过 $(0,0)$ 点的 x 向矢量。
 - 对于包含旋转风扇的三维问题，它就是风扇面板中定义的风扇轴（除非你在边界处使用下面所介绍的当地柱坐标系）。
 - 对于不包含旋转风扇的三维问题，它为流体面板中定义的邻近流体区域的旋转轴（除非你在边界处使用下面所介绍的当地柱坐标系）。
 - 对于使用当地柱坐标系指定边界处条件的三维问题，它为所指定的当地柱坐标系的轴。

边界轮廓文件格式

轮廓文件的格式相当简单。文件可以包含任意数量的轮廓。每一个轮廓都包含指定的轮廓名，轮廓类型（点、线、网格或者辐射），以及定义点的数目作为轮廓头，后面是任意数量名字为"fields"的行。其中的一些 fields 包含坐标点，剩下的包含边界条件。需要注意的是所有的量，包括坐标值都必须是国际标准单位，因为读入轮廓文件是没有执行单位转换。圆括号用于划分轮廓和轮廓中的场。用跳格符（tab）、空格符或者回车符可以分割单元。在下面所描述的一般的格式，“|”表示你只能选择“|”所分隔的一个选项。

```
((profile1-name point|line|radial n)
```

```
(field1-name a1 a2 ... an)
```

```
(field2-name b1 b2 ... bn)
```

```
.
```

```
.
```

```
.
```

```
(fieldf-name f1 f2 ... fn))
```

```
((profile2-name mesh m n)
```

```
(field1-name a11 a12 ... a1n
```

```
    a21 a22 ... a2n
```

```
    .
```

```
    .
```

```
    .
```

```
    am1 am2 ... amn)
```

```
.
```

```
.
```

```
.
```

```
(fieldf-name f11 f12 ... f1n
```

```
    f21 f22 ... f2n
```

```
    .
```

fm1 fm2 ... fmn))

点、线或者网格类型的轮廓必须包含名字为 x, y 或者 z (对于三维问题) 的场。辐射类型的轮廓必须包含名字为 r 的场。剩下的名字是任意的, 不过必须是 Scheme 符号。如果轮廓类型丢失的话, 为了与老版本的轮廓文件兼容, 将该文件假定为点轮廓文件。

例子

边界轮廓文件的最典型的使用就是定义入口的边界层。对于可压流计算, 就可以用总压、k 和 e 来指定轮廓。对于不可压流, 指定流向速度和 k、e 更好。下面就是一个例子。

```
((turb-prof point 8)
(x
  4.00000E+00  4.00000E+00  4.00000E+00  4.00000E+00
  4.00000E+00  4.00000E+00  4.00000E+00  4.00000E+00 )
(y
  1.06443E-03  3.19485E-03  5.33020E-03  7.47418E-03
  2.90494E-01  3.31222E-01  3.84519E-01  4.57471E-01 )
(u
  5.47866E+00  6.59870E+00  7.05731E+00  7.40079E+00
  1.01674E+01  1.01656E+01  1.01637E+01  1.01616E+01 )
(tke
  4.93228E-01  6.19247E-01  5.32680E-01  4.93642E-01
  6.89414E-03  6.89666E-03  6.90015E-03  6.90478E-03 )
(eps
  1.27713E+02  6.04399E+01  3.31187E+01  2.21535E+01
  9.78365E-03  9.79056E-03  9.80001E-03  9.81265E-03 )
)
```

使用边界轮廓

下面是用边界轮廓来定义边界条件的步骤:

1. 创建包含所需轮廓的文件, 格式请参阅边界轮廓文件一节。
2. 在边界轮廓面板中 (在检查和删除轮廓中的图 1) 或者点击点击 File/Read/Profile... 菜单读入边界轮廓文件。
3. 在边界条件面板中 (比如速度和压力入口面板), 轮廓文件定义的场 (以及其它你所读入的边界轮廓文件)。会出现在边界轮廓所指定的每一个参数的右边或者下边的下拉列表中。要使用某一轮廓在列表中选择即可。

注意: 如果你使用边界轮廓面板读入一个文件, 而文件中的轮廓名和已有的轮廓名相同, 旧的轮廓就会被覆盖掉。

例子

检查和删除轮廓

每一个轮廓文件包含一个或多个轮廓，每一个轮廓中会有一个或多个场定义于其中。一旦你读入一个轮廓文件，你就可以检查每一个文件中都定义了什么场，你还可以删除特定的轮廓。具体操作在边界轮廓面板中完成（如下图）。菜单：**Define/Profiles...**。

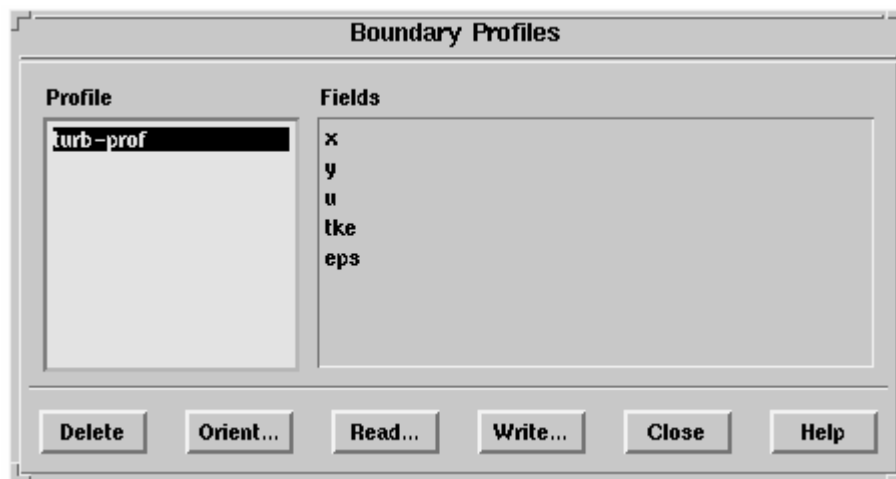


Figure 1:边界轮廓面板

要检查在特定的轮廓中指定了那些场，请在轮廓列表中选择轮廓名。然后其中所定义的场就会显示在场的列表中。上图中，轮廓文件所列的场就是上面那个例子所定义的。要删除轮廓文件，只需点击相应的轮廓名然后点击相应的按钮即可。轮廓删除之后相应的场列表也随之删除了。

例子

如下图所示，对于上面的那个例子，轮廓用于指定 x 方向速度、湍流动能、湍流动能耗散的入口值。（y 向速度设为零，因为假定它可以忽略。但是 y 向速度轮廓也被使用了。）

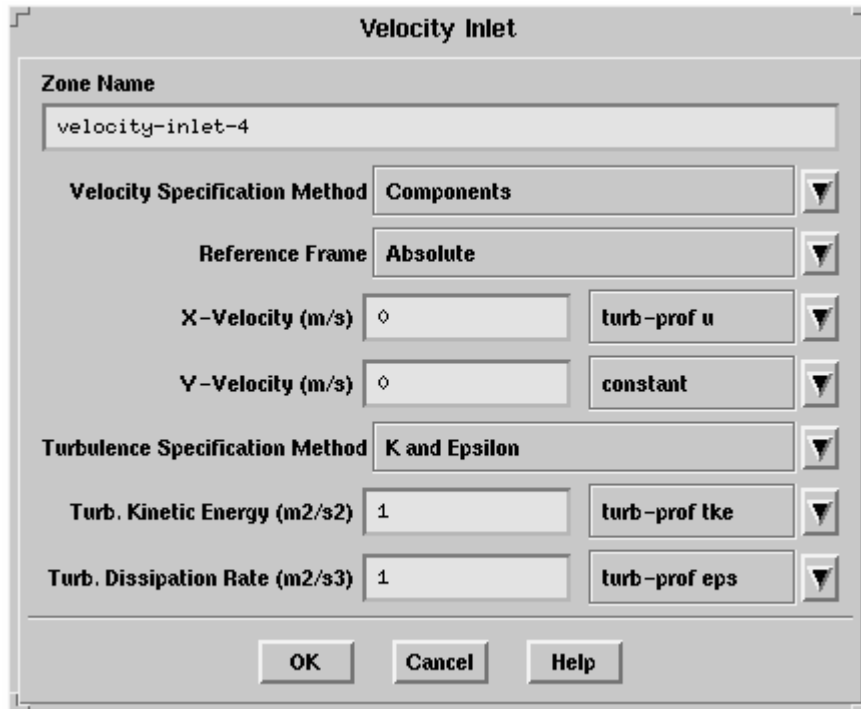


Figure 1:作为边界条件的轮廓的例子

轮廓文件被指定之后，边界条件也就被保存了，此时流动解被初始化了，你可以遵照下面的步骤察看轮廓。

- 对于二维计算，打开解的 XY 图面板。选择表面列表中适当的边界区域，然后在 Y 轴函数下拉列表中选择所感兴趣的变量，然后选择绘图方向。要保证节点值检查按钮是打开的，然后点击画图按钮。这样你就可以看到入口轮廓图了。如果所画的数据图和你所指定的轮廓不符，这意味着轮廓文件有错误。
- 对于三维计算，使用等值线面板来显示适当边界区域表面的等值线值。节点值检查按钮必须打开以保证你可以看到轮廓数据。如果所画的等值线图和你所指定的轮廓不符，这意味着轮廓文件有错误。

重定向边界轮廓

FLUENT 允许你改变已有边界轮廓的方向，以便于这一边界可以定位于空间任意位置。这一功能很有用，比方说，你可以将入口实验数据定位于一个方向，然后将它应用于具有不同方向的模型中。需要注意的是，FLUENT 假定轮廓和边界是平的。

改变轮廓方向的步骤

在边界的主要方向上重定向边界轮廓数据的程序如下：

1. 定义并读入边界轮廓（可参阅使用边界轮廓一节）。
2. 在边界轮廓面板中，在轮廓列表中选择轮廓，然后点击定向按钮，打开下面的定向面板：

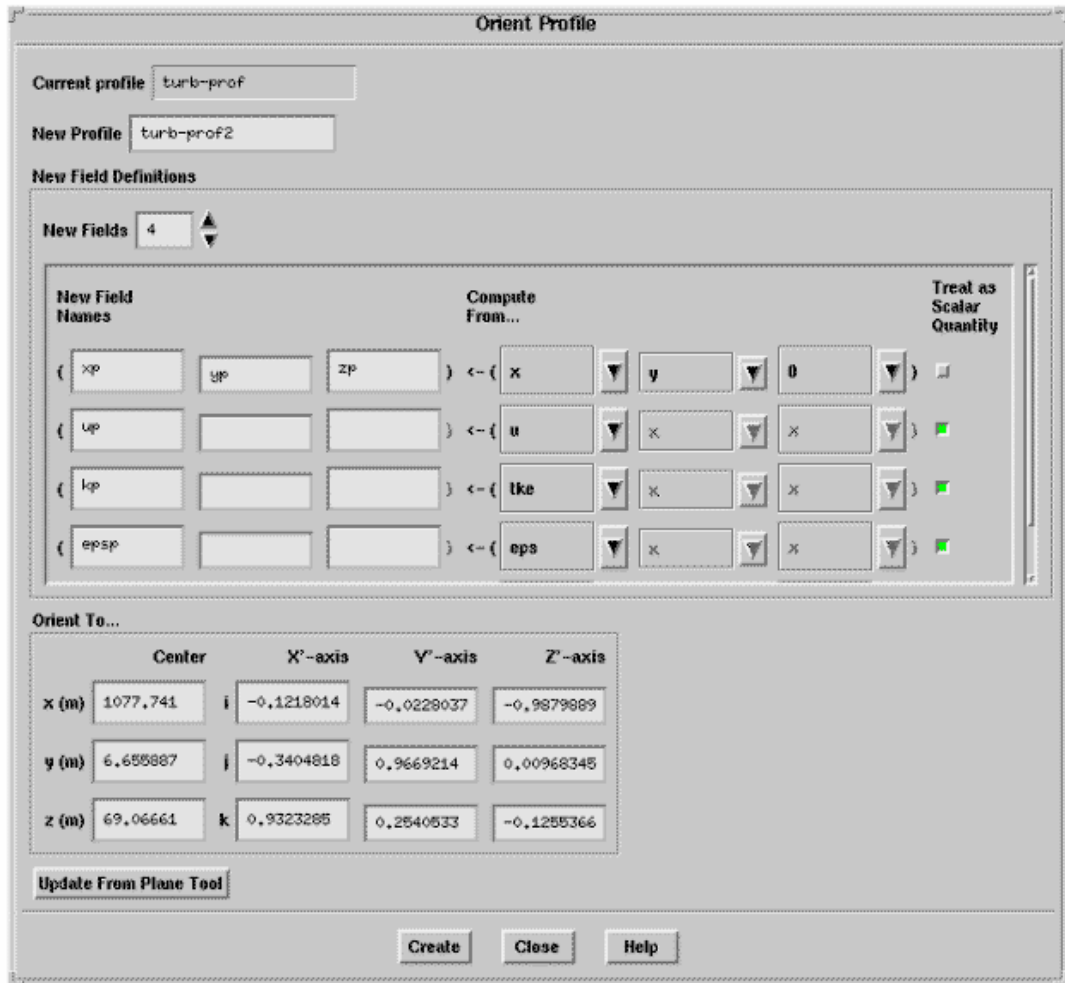


Figure 1: The Orient Profile Panel

3. 在定向轮廓面板中输入你在新轮廓框中所要创建的新轮廓名。
4. 使用新轮廓框的上下箭头来指定你所要创建的场的数目。新场的数目等于矢量和标量的数目加一（坐标系）。
5. 定义坐标场：
 1. 在新场名字下面的第一行输入三个坐标的名字。
 2. 在从……计算（Compute From...）的下面的下拉列表中选择 x、y 和 z 适当的当地坐标（选择 0 表明最初的轮廓文件中没有坐标存在，也就是说原始轮廓文件是在二维中定义的。）
6. 在新的轮廓中定义矢量场：
 1. 在新场名字框中输入边界坐标轴的三个分量的名字。
 2. 在从……计算（Compute From...）的下面的下拉列表中选择矢量在 x、y 和 z 三个方向上的边界轮廓的名字。
7. 在新的轮廓中定义标量场：
 1. 在标量场名字下面的第一行输入标量的名字。
 2. 在同一排，点击处理为标量下面的按钮。
 3. 在从……计算（Compute From...）下面的第一个下拉列表的中选择标量名。
8. 在定向到……（Orient To...）的下面指定在中心场中的当地坐标系的起点的坐标。
9. 在定向到……（Orient To...）的下面指定 X'、Y'和 Z'轴的方向矢量。X'、Y'和 Z'轴是主

轴的方向矢量、次轴的方向矢量以及垂直于边界的矢量。每一个方向都是从 (0, 0, 0) 到 (x, y, z) 的矢量。

对于有些问题，X'、Y'和 Z'轴与区域的坐标轴不在一条直线上，你不需要知道先前的方向矢量。在这种情况下，平面工具可以帮助你确定方向矢量和坐标轴的中心（起点）。

4. 捕捉平面工具到边界(请遵照初始平面工具一节中有关于在已有表面上初始化工具位置的相关内容)。
 5. 适当的平移和旋转工具的轴，直到它们和轴的主要方向成一条线，工具的起点和边界的中心重合。
 6. 在方向轮廓面板中点击从面板工具更新按钮。FLUENT 会自动设定平面工具轴的起点为中心，X'轴为工具绿箭头的方向，Y'轴为蓝箭头，Z'轴为红箭头。
10. 在方向轮廓面板中点击创建按钮，新的轮廓就创建出来了。它的名字（在新轮廓对话框中输入的）会在边界轮廓面板中出现。现在就可以使用这个轮廓来处理边界了。

定义质量、动量、能量和其它源项

你可以在流体区域定义质量（单或多组分）、动量、能量、湍流和其它标量的体积源项，或者在固体区域定义能量源项。当你已知源项时，这些功能是很有用的。（对于更为复杂的函数相关源项，你可以使用边界轮廓文件或者自定义函数（具体参阅相关内容）。要将源项加到一个活着一组单元，你必须将这个单元或者这组单元放进独立的区域。然后将源项应用到单元区域。下面是最为典型的用法：

- 流动的源项不能用入口描述，比如流出的量。如果你需要模拟比单元小的入口，你可以将小入口所在的单元放在它自己的流体区域中然后定义那个区域的质量、动量、能量源项。对于图 1 所示的例子，你需要设定质量源项 $(m(\dot{)} / V) = (r_j A_j v_j / V)$ 和动量源项 $(m(\dot{)} v / V) = (m(\dot{)} v_j / V)$ ，其中 V 是单元体积。
- 你的模型中没有明确定义由于热释放产生的源项（如：火）。对于这种情况，你可以将单元放在热最初释放的流体单元中，然后在那个区域定义能量源项。
- 对于共轭热传导应用，能量源项在固体区域。在这种情况下，你可以将单元放在热最初释放的固体单元中，然后在那个区域定义能量源项。
- 模型中没有明确包括由于反应而产生的组分源项。在上面模拟火的例子中，你可能需要定义由于描述烟的产生而定义的组分源项。

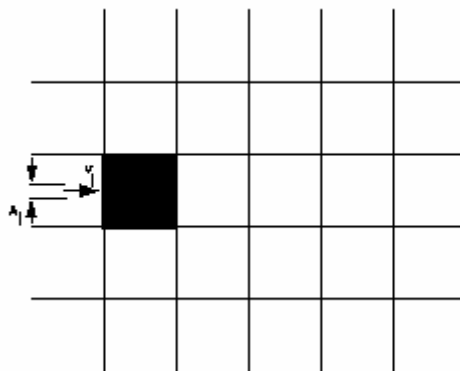


Figure 1: Defining a Source for a Tiny Inlet

注意：如果你定义单元区域的质量源项，你还要定义动量源项，而且在合适的情况下，

对于你的模型还要定义能量和湍流源项。如果你只定义质量源项，进入区域的质量不携带动量和热量。因此质量也就不得被流体加速或者加热，而且相应地会有一个速度或者温度下降。这一下降可能是显而易见的也可能不是，这依赖于源项的尺寸。(注于：只接受动量、能量或者湍流源项的定义。)

定义源项的程序

标记的约定和单位

所有正的源项表示的是源，负的是汇。单位必须是国际标准单位：

定义源项的步骤

要为一个或更多的区域定义源项，请遵循如下步骤（记住使用 SI 单位）：

1. 在流体或者固体面板打开源项选项。
2. 设定适当的源项值，注意下面的注释：
 - 要指定常数源项，在邻近源项框的下拉列表中选择（或者保持）常数，然后在框中输入常数值。
 - 指定温度相关或者其他函数源项，你可以用边界轮廓（见边界轮廓一节），或者自定义函数（见自定义函数一节）。
 - 记住你不应该只定义质量源项而不定义其它源项，请参阅定义质量、动量、能量和其它的源项一节。
 - 因为你所指定的源项时提及源项，所以要确定源项的适当值，你要确定定义了源项的区域的单元的体积。要实现这一目标你可以为单元区域创建界面，然后使用等值线面板来显示问题中的区域的单元体积（在网格类别中）。

质量源项

如果你的问题只有一个组分，你可以简单的只定义那个组分的质量源项。质量源项的单位是 $\text{kg/m}^3\cdot\text{s}$ 。在连续性方程中（质量守恒方程），所定义的质量源项在 S_m 项中出现。

如果不止一个组分，你可以为每一个组分指定质量源项。除了最后一个你所定义的，每一组分（例如： h_2 ， o_2 ）将会有有一个明确的源项列表。要为最后一个组分定义质量源项，请在质量源项框中指定数值。质量源项的单位为 $\text{kg/m}^3\cdot\text{s}$ 。在化学组分守恒方程（组分输运方程一节中的方程 1）中，所定义的质量源项会出现在 S_i 项中。

动量源项

要定义动量源项，请指定 X、Y 和/或 Z 方向的动量项。动量源项的单位为 N/m^3 。在动量方程中（动量守恒方程），所定义的动量源项会出现在 F_i 项中。

能量源项

要定义能量源项，请指定一个能量项，其单位是 W/m^3 。在能量方程（能量方程一节

中的方程 1) 中, 所定义的能量源项会在 S_h 项中出现。

湍流源项

要定义 k 或 e 的源项, 请指定湍流动能和湍流耗散速度项。其中, k 源项的单位是 kg/m-s^3 , e 源项的单位是 kg/m-s^4 。

所定义的 k 的源项会作为附加项出现在湍动能方程的右边 (比方说标准 k - e 模型的输运方程一节中的方程 1)。

所定义的 e 的源项会作为附加项出现在湍流耗散速度方程的右边 (比方说标准 k - e 模型的输运方程一节中的方程 3)。

物理性质

本章描述了用于计算物质的性质以及相应程序的物理方程,在程序中你可以输入物质的每一种性质。以下各节详细介绍了计算物质的物理性质

设定物理性质是模型设定中的重要一步。

材料属性是在材料面板中的 1 中定义的,它允许你输入各种属性值,这些属性值和你在模型面板中定义的的问题范围相关。这些属性可能会包括:

密度或者分子量

粘性

比热容

热传导系数

质量扩散系数

标准状态焓

分子运动论中的各个参数

属性可能是温度和/或成分相关的,温度相关是基于你所定义的或者有分子运动论计算得出的多项式、分段线性或者分段多项式函数和个别成分属性。

使用材料面板中的 1 就会显示所使用的模型需要定义的物理性质。需要注意的是,如果你所定义的性质需要借能量方程(如理想气体定律的密度,粘性的温度相关轮廓),FLUENT 会自动去解能量方程。此时你就需要定义热边界条件和其它参数。

固体材料的物理属性

对于固体材料,我们只需要定义密度,热传导系数和比热容(除非你所模拟的是半透明介质,此时需要定义辐射性质。对于热传导系数你可以指定它们为常值,也可以指定为温度的函数或者自定义函数;对于比热容你可以指定为常值或者温度的函数;对于密度你可以指定为常值

如果你使用非耦合解算器,除非我们是在模拟非定常流或者运动的固体区域,否则对于固体材料我们可以不需定义其密度和比热容。对于定常流来说固体材料列表中也会出现比热容一项,但是该值只被用于焓的后处理程序中,计算时并不需要它

材料类型

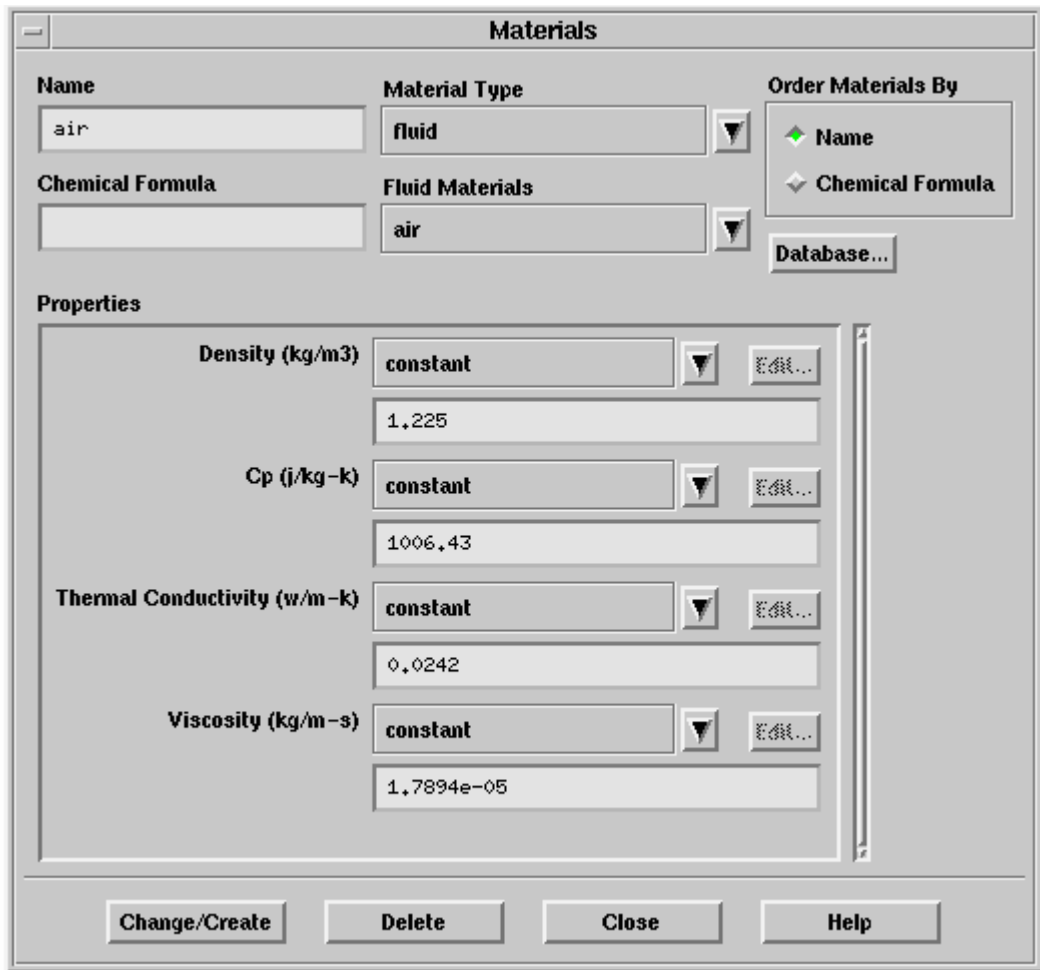
在 FLUENT 中,流体和固体的物理性质是与名字"materials"相关的,这些物理性质分配给区域作为边界条件。当你模拟组分输运时,你就需要定义混合材料,该材料包括所解决问题的各种各样材料。混合物的物理性质会被定义,其中也包括流体材料的组成部分(混合材料的概念将会在混合材料一节详细讨论)。离散相模型的附加材料类型也可以使用,请参阅离散相材料的概念一节。

材料的定义可以从零开始,也可以从全局(site-wide)数据库中下载并编辑。关于修改全局数据库请参阅自定义材料数据库一节。

注意:当前你的材料列表中所有的材料都会被保存在 case 文件中。如果你将这个 case 文件读入到新的解算器进程,你就可以使用这些材料。

使用材料面板

1(图 1)允许你创建新的材料,或者从全局数据库复制材料,也可以修改材料的属性。菜单: Define/Materials...



图一：材料类型面板

本节将会介绍本类函数，温度相关属性的输入将在使用温度相关函数定义属性一节介绍。要指定每一个材料属性的输入请参阅本章下面的其他节。

在解算器进程中，你目前的材料列表会包括一个单一的流体材料（空气）和单一的固体材料（铝）。如果你所解决的问题就是空气，你就可以是用默认值或者修改属性。如果流体是水，你可以从全局材料数据库中复制或者从新创建新的材料。如果是从数据库中复制的，你还可以修改所复制过来的材料的属性。

除非你激活组分输运（请参阅化学组分输运和反应流），否则混合材料不会出现在你的下拉列表中。相似地，惰性的，滴状的和燃烧的例子材料也不会出现，除非你为这些粒子类型创建离散相粒子射流（请参阅离散相模型）。当从数据库中复制离散相模型时，所有组成的流体材料（组分）也会自动复制过来。

修改已经存在的材料的属性

使用材料面板最常做的就是修改材料属性，下面是修改的步骤：

1. 在材料类型下拉菜单中选择材料类型（流体、固体等）。
2. 在流体、固体或其它材料下拉菜单中选择你所要修改属性的材料。（列表名和第一步中所选的材料类型一致）
3. 修改相关属性
4. 点击改变/创建按钮将所选择的材料的属性改变为新的属性。

要改变别的材料的属性只需要重复上述步骤即可。需要记住的是在改变每一个材料属性之后别忘了点击改变/创建按钮。

重命名已经存在的材料

每一个材料由名字和分子式（如果存在的话）定义。你可以改变材料名但是不能改变分子式，除非你创建新的材料。改变材料名字的步骤如下：

1. 在材料类型下拉列表中选择材料（流体、固体及其它）。
2. 在材料下拉列表中选择需要修改属性的材料。（列表名必须和第一步中所选的材料类型一致）。
3. 在面板顶部的名字框中输入新的名字。
4. 点击改变/创建按钮。会弹出一个问题对话框，询问你是否覆盖原来的材料。因为你只是简单的改变原来材料的名字所以你可以点击 **Yes** 覆盖掉。（如果你是创建新的材料，你就需要点击 **No**，保留原来的材料）

要修改别的材料，遵循上面的步骤就行，只是要记住改变每一个材料名字之后点击改变/创建按钮。

从数据库复制材料

全局(site-wide)材料数据库包含很多常用的流体、固体和混合材料，其数据来源于几个不同的资源[106]，[134]，[176]。如果你希望使用某一材料，你可以简单的从数据库中复制材料到当前材料列表中。复制步骤如下：

1. 在材料面板中点击数据库按钮，打开数据库材料面板（如下图）

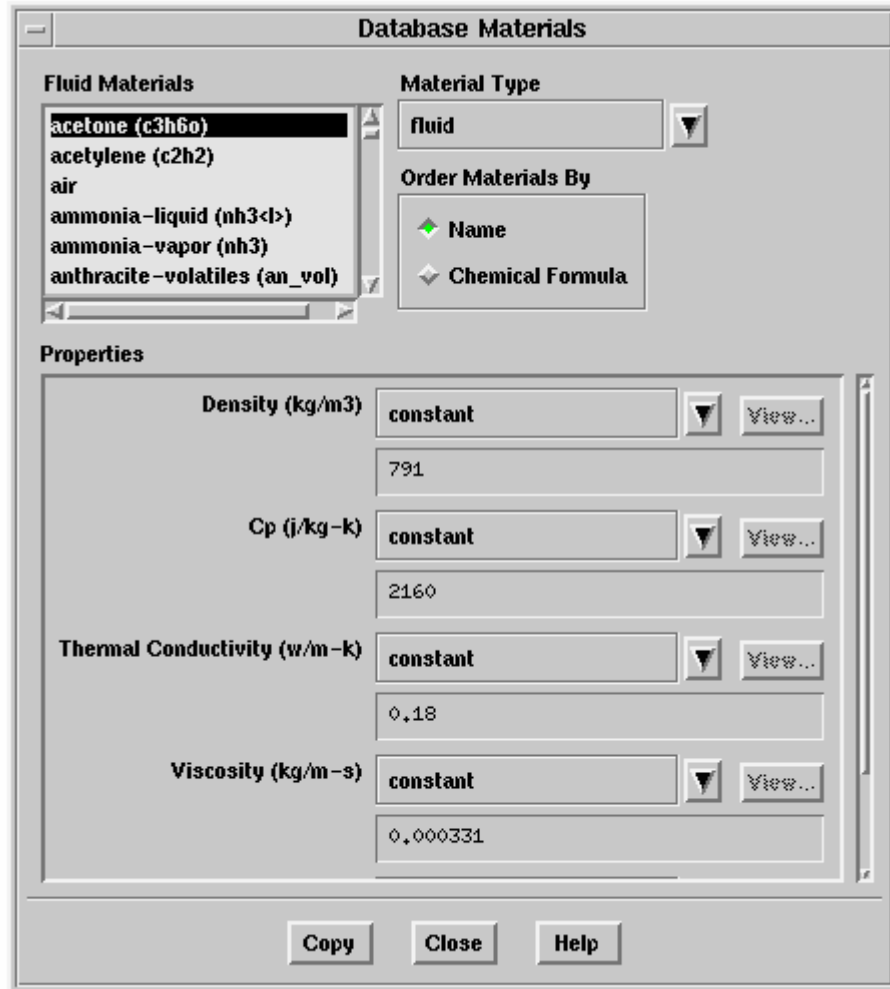


Figure 1: 数据库材料面板

2. 在材料类型下拉列表中选择材料类型（流体、固体等）。
3. 在材料列表中选择需要复制的材料（第二步已经选择了材料类型）。材料的属性会显示出来。
4. 如果要检查材料的属性，你可以用滚动条来选择。对于有些属性，除了常数值之外还有温度相关函数。你可以选择某一函数类型，相关的参数就会显示出来。你不可以编辑这些值，但是这个面板所显示的函数和你所设定的温度相关函数是一样的，详细的内容可以参阅，使用温度相关函数定义属性一节。
5. 点击复制按钮。这些属性就从数据库中复制到当前列表中了，所有复制的属性也会在材料面板中显示出来。
6. 遵循相同的步骤复制或者关闭材料数据库面板。
从数据库复制完材料之后，你可以修改它的属性和名字，而不影响原来数据库的材料属性。

创建新材料

如果数据库中没有你所要使用的材料，你可以简单的为当前列表创建材料。步骤如下：

1. 在材料类型下拉菜单中选择类型（流体、固体等）。在流体、固体或其它材料中选什么材料都没关系。

2. 在名字框中输入材料名。
3. 在属性区域设定材料属性，属性太多可以用滚动条。
4. 点击改变/创建按钮。弹出问题框询问你是否覆盖原来的属性。点击 No 保留原来的材料并将新的材料加到列表中。此时会要求你输入新材料的分子式。如果已知，输入分子式并点击 OK 否则保留空白并点击 OK。此时材料面板会更新，并在流体材料（固体材料等）列表中显示出新材料的名字和分子式。

保存材料和属性

当前列表的所有材料及相关属性会保存在 case 文件中，在新的进程中所有的材料和属性都可以使用。

删除材料

如果有些材料你不想使用了，你可以删除它们，步骤如下：

1. 在材料类型下拉列表中选择材料类型（流体、固体等）。
2. 在材料列表中选择要删除的材料。（列表名字和你在第一步中选择的材料类型相同）
3. 点击 Delete 按钮。

在当前表中删除材料对全局数据库中的材料没有影响。

改变材料列表的顺序

数据库中的材料列表的顺序默认是按名字排列。你可以选择按化学分子式排列，此时你可以在排列材料框中选择化学分子式选项。如：air、co2、o。改回去请点击名字选项。

注意：材料面板和数据库面板中材料的排序是相互独立的。你可以在数据库中按分子式排列，在当前列表中按名字排列，每一个面板都有自己的排列选项。

使用温度相关函数定义属性

材料属性可以定义为温度相关函数，如：你可以定义温度的多项式、分段线性或者分段多项式函数：

多项式：

$$\phi(T) = A_1 + A_2T + A_3T^2 + \dots$$

分段线性

$$\phi(T) = \phi_n + \frac{\phi_{n+1} - \phi_n}{T_{n+1} - T_n} (T - T_n)$$

其中： $1 \leq n \leq N$ ，N 为所分的段数。

分段多项式：

$$\text{for } T_{\min,1} < T < T_{\max,1} : \phi(T) = A_1 + A_2T + A_3T^2 + \dots$$

$$\text{for } T_{\min,2} < T < T_{\max,2} : \phi(T) = B_1 + B_2T + B_3T^2 + \dots$$

在上面的方程中，f 为属性。

注意：如果是温度的多项式函数或者分段多项式函数，其中的温度单位是 Kelvin 或者 Rankine。如果你使用 Celsius 或者 Kelvin 作为温度单位，相应的多项式系数也要根据 Kelvin 单位改变，如果使用 Fahrenheit 或者 Rankine 作为温度单位，相应的只要根据 Rankine 单位改变。

有一些属性有附加的函数，还有一些我们所用的只是这三个函数的子集。决定使用哪一个温度相关函数请参阅相关章节。

本节会讨论定义多项式函数、分段线性函数和分段多项式函数所需要的输入。

多项式函数需要的输入

定义材料属性的温度相关多项式函数步骤如下：

1. 在使用材料面板的 1 中，在属性名字（如：density）右边的下拉菜单中选择多项式。会打开如下的多项式轮廓面板。（因为这只是模式面板，所以，在进行以下步骤之前解算器不允许你做其它的任何事情）。

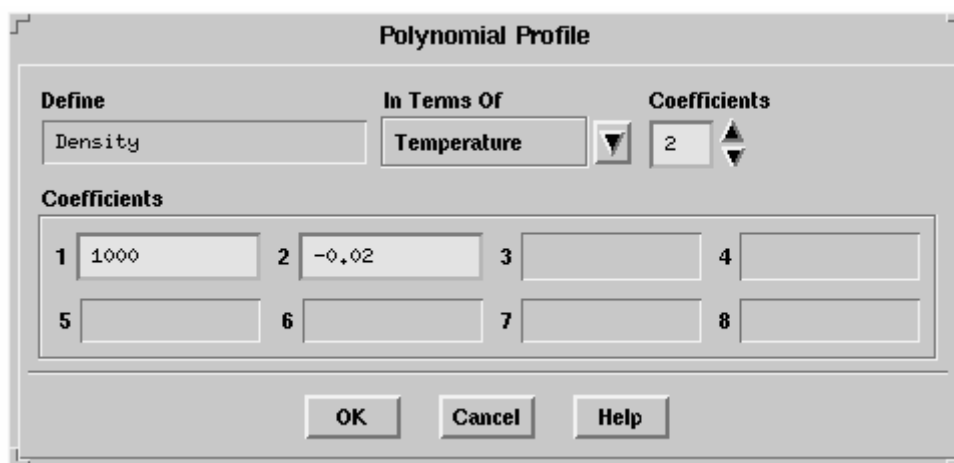


Figure 1: 多项式轮廓面板

2. 指定系数的数量（最多为 8 个）。系数的数量定义了多项式的阶数。默认的数量为一，也就是零阶多项式：属性为常值且等于唯一的系数 A_1；输入二则定义一阶多项式：属性随温度呈线性变化，如此等等。
3. 定义系数。系数 1, 2, 3,... 和使用温度相关函数定义属性中的方程 1 的 A_1, A_2, A_3,... 是一致的。上图的面板对应的就是下面的函数：

$$\rho(T) = 1000 - 0.02T$$

需要注意温度的单位限制！

分段线性函数所需要的输入

定属性的温度分段线性函数步骤如下：

1. 在使用材料面板的 1 中，在属性名字（如：Viscosity）右边的下拉菜单中选择分段线性函数。会打开分段线性函数轮廓面板如下。（因为这只是模式面板，所以，在进行以下步骤之前解算器不允许你做其它的任何事情）。

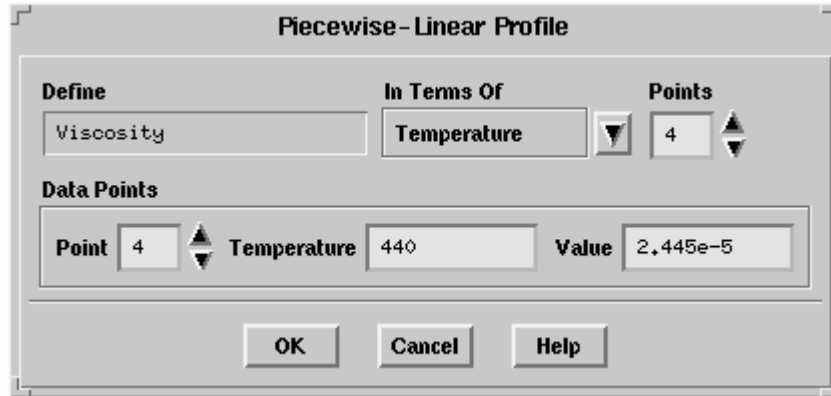


Figure 1: 分段线性轮廓面板

2. 定义分段的点数
3. 在数据点处输入每一个点的数据对，首先输入点 1 的无关和相关变量值，然后逐渐增加点的数目输入相关数值。所提供的点的数据对必须是按顺序的（随温度的增加而变化），解算器是不会为你分类的。每一个属性最大为 30 个分段点，下图是上面面板所描述的轮廓。

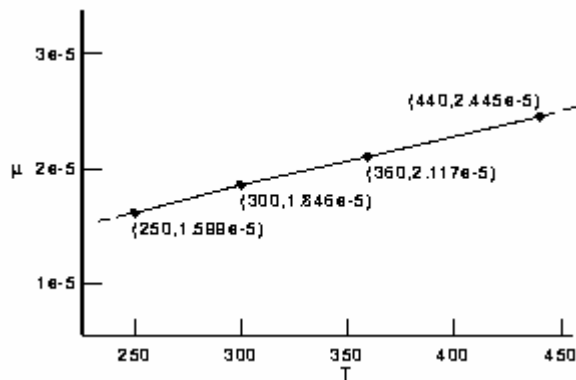


Figure 2: 粘性的分段线性定义 $\mu(T)$

分段多项式函数的输入

要定义材料属性的温度分段多项式函数，步骤如下：

1. 在使用材料面板的 1 中，在属性名字（如：Viscosity）右边的下拉菜单中选择分段多项式函数。会打开分段多项式函数轮廓面板如下。（因为这只是模式面板，所以，在进行以下步骤之前解算器不允许你做其它的任何事情）。

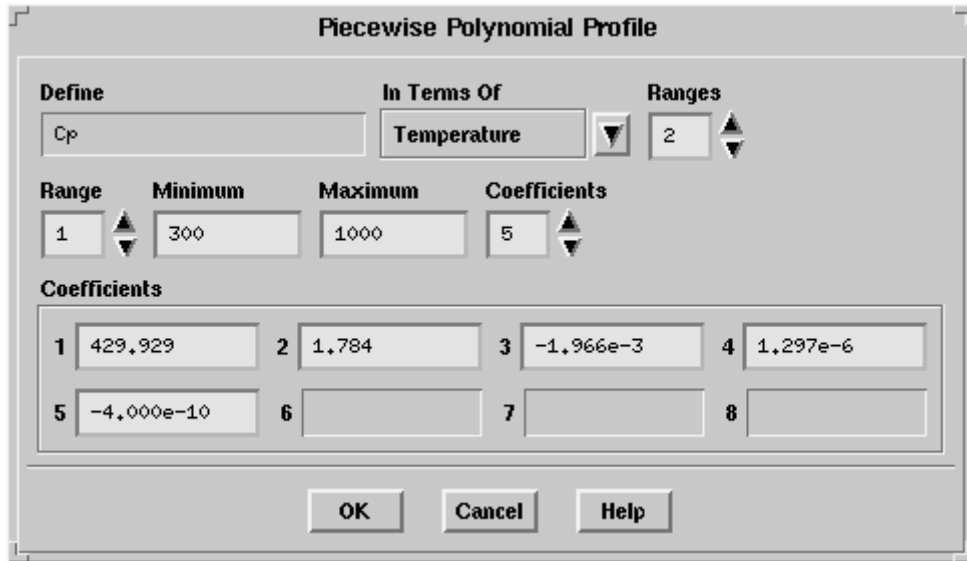


Figure 1: 分段多项式轮廓面板

- 指定范围的数目，如方程 1，分两个范围如下：

for $300 < T < 1000$:

$$c_p(T) = 429.929 + 1.874T - 1.966 \times 10^{-3}T^2 + 1.297 \times 10^{-6}T^3 - 4.000 \times 10^{-10}T^4$$

for $1000 < T < 5000$:

$$c_p(T) = 841.377 + 0.593T - 2.415 \times 10^{-4}T^2 + 4.523 \times 10^{-8}T^3 - 3.153 \times 10^{-12}T^4$$

最多定义 3 个范围，范围的顺序也要使随着温度的增加而增加，解算器不会为你自动排序。

- 对于第一个范围 (Range = 1)，指定最大和最小温度，以及系数的数目 (最多为 8)。系数的数目定义了多项式的阶数。这和多项式的是一致的。
- 定义系数，系数 1, 2, 3,... 和使用温度相关函数定义属性中的方程 5 的 A_1, A_2, A_3,... 是一致的。上图的面板对应的就是方程 1 的第一个范围。
- 增加变量的范围输入相应的温度最大值、最小值、系数的数目以及相应的系数，如果有第三个范围重复上述步骤。

注意温度的单位限制，前面已经讨论了！

检查和修改已经存在的轮廓

如果你要检查和修改系数、数据对或者范围，请点击属性名字右边的编辑按钮，此时便会打开适当的面板供你检查和修改。

注意：在数据库材料面板你不能修改轮廓，但是你可以点击察看按钮来检查数据。

自定义材料数据库

材料数据库在 Path/Fluent.Inc/fluent5.x/cortex/lib/propdb.scm 文件中。其中 Path 是 FLUENT 安装目录，x 为相关版本，如 fluent5.0，x 就为 0。

如果你想将常用的材料增加到材料数据库，步骤如下：

- 将上述目录的 propdb.scm 文件复制到当前的工作目录。

2. 使用文本编辑器，按照下面的格式增加其它材料。如果你所要定义的材料和已有的材料相似，你可能要复制已有的材料，然后改变它的名字。空气和铝的相关条目如下：

```
(air
  fluid
  (chemical-formula . #f)
  (density (constant . 1.225))
  (premixed-combustion 1.225 300))
  (specific-heat (constant . 1006.43))
  (thermal-conductivity (constant . 0.0242))
  (viscosity (constant . 1.7894e-05))
  (sutherland 1.7894e-05 273.11 110.56)
  (power-law 1.7894e-05 273.11 0.666))
  (molecular-weight (constant . 28.966))
)
(aluminum
  (solid)
  (chemical-formula . al)
  (density (constant . 2719))
  (specific-heat (constant . 871))
  (thermal-conductivity (constant . 202.4))
  (formation-entropy (constant . 164448.08))
)
```

当你在当前工作目录下的 FLUENT 进程中进行下一次加载材料数据库时。FLUENT 会加载你所修改的 propdb.scn 文件，而不是原来数据库的文件，此时你所定义的材料就会在数据库材料面板中可以得到了。

如果你想在其它情况下使用修改后的数据库，你可以将自定义的文件 propdb.scn 放到 cortex/lib 目录中，替换掉默认的数据库。在进行这项操作之前，你应该将原来的 propdb.scn 文件改个名字或者备份一下以便将来使用。

密度

FLUENT 为定义密度提供了几个选项：常数密度；温度相关和/或成分相关密度。本节描述了每一个输入选项和控制物理模型。在所有的情况下，你都要用使用材料面板中的 1 来定义密度。菜单：Define/Materials...

不同流动区域密度的定义

FLUENT 中密度的选择是非常重要的，你必须在流动区域的基础上设定适当的密度关系式。

- 对于可压流，理想气体关系式是适当的密度关系式。
- 对于不可压流你需要选择下面方法中的一种：
 1. 密度如果与温度无关，请选择常数。
 2. 对于完全不可压流中压力有很小的变化，但是你想要使用理想气体定律时来体现密度和温度之间的关系（如自然对流）时，你就应该使用不可压理想气体定律。不可

也理想气体定律不能计算封闭区域的时间相关自然对流。

3. 当密度是温度的函数时（如自然对流问题），我们就应该使用温度的多项式函数、分段线性函数或者分段多项式函数。
4. 对于温度有很小变化的自然对流问题，可以使用 Boussinesq 模型。

多重区域模型的混合密度关系式

如果模拟的是使用不同材料的多重流体区域，你需要注意如下问题：

- 对于分离解算器，可压理想气体定律不能和其它密度方法混合使用。这就意味着如果某一材料使用可压理想气体定律，那么其它所有的材料也必须使用可压理想气体定律。需要注意的是，耦合解算器不受该限制。
- 只有一个指定的操作压力和一个指定的操作温度。这就意味着如果你对不止一种材料使用理想气体定律，它们会共用相同的操作压力；如果你对不止一种材料使用 Boussinesq 模型，它们就会共用相同的操作温度。

常数密度的输入

要定义常数密度，请选择使用材料面板中的 1 密度右边的下拉菜单检查常数，并输入材料的密度值。对于默认流体（空气）密度为 1.225 kg/m^3 。

Boussinesq 近似所需要的输入

要激活密度的 Boussinesq 近似，选择使用材料面板中的 1 密度右边的下拉菜单中的 Boussinesq，并为密度制定常数值。你还要设定温度膨胀系数以及相关的操作条件，详细内容请参阅 Boussinesq 模型一节。

密度定义为温度的轮廓函数

如果你模拟包含热传导的问题，你可以定义密度为温度的函数，共有三种类型：
分段线性：

$$\rho(T) = \rho_n + \frac{\rho_{n+1} - \rho_n}{T_{n+1} - T_n} (T - T_n)$$

分段多项式：

$$\text{for } T_{\min,1} < T < T_{\max,1} : \rho(T) = A_1 + A_2 T + A_3 T^2 + \dots$$

$$\text{for } T_{\min,2} < T < T_{\max,2} : \rho(T) = B_1 + B_2 T + B_3 T^2 + \dots$$

多项式：

$$\rho(T) = A_1 + A_2 T + A_3 T^2 + \dots$$

这些方法的输入，首先在密度右边的下拉菜单中选择分段线性、分段多项式或者多项式，其余操作请参阅前面所介绍的使用温度相关函数定义属性一节。

不可压理想气体定律

在 FLUENT 中，对于不可压流如果使用理想气体定律来定义密度，密度的计算式为：

$$\rho = \frac{P_{op}}{RT}$$

其中 R 为普适气体常数， p_{op} 为你在操作压力面板定义的操作压力。在这种情况下，密度只与操作压力相关而与当地压力场无关。

不可压理想气体所需要的密度输入：

1. 在使用材料面板一节 1 中的密度右边的下拉列表中选择不可压理想气体来激活不可压流体的理想气体定律。你必须对每一个所使用的材料分别指定不可压理想气体定律。对于混合物的理想气体定律指定的信息请参阅多组分混合物的组分相关密度一节。
2. 在操作条件面板中的定义操作压力框中设定操作压力。菜单：**Define/Operating Conditions...**。需要注意的是当你计算理想气体定律的密度时操作压力的输入是很重要的。详情请参阅操作压力一节中关于设定操作压力适当值的建议。操作压力默认为 101325 Pa。
3. 如果不解化学组分输运方程，请设定同质或者单组分的分子量，或者对与多组分混合物设定每一种流体材料的分子量。对于每一种材料，请在使用材料面板中的 1 中输入分子量的值。

可压流动的理想气体定律

对于可压流，气体定律的形式为：

$$\rho = \frac{P_{op} + p}{RT}$$

其中 p 为 FLUENT 所预测的当地相对（或标准）压力， p_{op} 是你在操作压力条件面板中定义的操作压力。

可压流理想气体定律的密度输入：

1. 在使用材料面板一节 1 中的密度右边的下拉列表中选择理想气体来激活不可压流体的理想气体定律。你必须对每一个所使用的材料分别指定理想气体定律。对于混合物的理想气体定律指定的信息请参阅多组分混合物的组分相关密度一节。
2. 在操作条件面板中的定义操作压力框中设定操作压力。菜单：**Define/Operating Conditions...**。需要注意的是当你计算理想气体定律的密度时操作压力的输入是很重要的。绝对静压等于可压流动理想气体定律的方程 1 中的操作压力加上解算器所计算的相对压力。详情请参阅操作压力一节中关于设定操作压力适当值的建议。操作压力默认为 101325 Pa。
3. 如果不解化学组分输运方程，请设定同质或者单组分的分子量，或者对与多组分混合物设定每一种流体材料的分子量。对于每一种材料，请在使用材料面板中的 1 中输入分子量的值。

多成分混合的成分相关密度

如果你解组分输运方程，你就需要为混合材料和流体成分（组分）设定相关属性，详情请参

阅混合物与其流体成分（组分）的属性的定义。要定义混合物的组分相关密度，步骤如下：

1. 选择密度方法：
 - 对于非理想其体混合物，在使用材料面板的 1 中的密度右边下拉列表中选择混合材料的 **volume-weighted-mixing-law** 方法。
 - 如果你模拟可压流动，在使用材料面板的 1 中的密度右边下拉列表中选择混合材料的理想气体。
 - 如果使用理想气体定律模拟不可压流动，在使用材料面板的 1 中的密度右边下拉列表中选择混合材料的不可压理想气体。
2. 点击改变/创建按钮。
3. 如果你选择 **volume-weighted-mixing-law**，定义组成混合物的每一种流体材料的密度。你可以为每一个组分定义常数或者（适当的情况）温度相关密度。

如果所计算的是非理想气体混合物，FLUENT 以下面公式计算混合气体的密度

$$\rho = \frac{1}{\sum_{i'} \frac{m_i'}{\rho_i'}}$$

其中 m_i' 是质量分数， ρ_i' 是组分 i' 的密度。

对于可压流理想气体定律的形式为：

$$\rho = \frac{p_{op} + p}{RT \sum_{i'} \frac{m_i'}{M_i'}}$$

其中 p 是由 FLUENT 预测的当地相对（或标准）压力， R 是普适气体常数， m_i' 是组分 i' 的质量分数， M_i' 是组分 i' 的分子量， p_{op} 是在操作条件面板中的操作压力框中定义的操作压力。

如果所计算的是不可压流动的理想气体定律的密度，FLUENT 以下面公式计算混合气体的密度：

$$\rho = \frac{p_{op}}{RT \sum_{i'} \frac{m_i'}{M_i'}}$$

其中 R 是普适气体常数， m_i' 是组分 i' 的质量分数， M_i' 是组分 i' 的分子量， p_{op} 是在操作条件面板中的操作压力框中定义的操作压力。在这种形式中，密度只与操作压力有关而与当地相对压力无关。

粘性

FLUENT 提供了几种定义流体粘性的选项：

- 常数粘性
- 温度和/或组分相关粘性
- 分子运动论
- 非牛顿粘性

- 自定义函数

本节描述了上述每一个输入选项和控制物理模型(自定义函数将在自定义函数一章中介绍)。在所有的情况下你都需要在使用材料面板中的 1 种定义粘性。菜单: Define/Materials...

FLUENT 中粘性的输入是动力学粘性 m , 国际标准单位为 $kg/m\cdot s$, 英制单位为 $lbm/ft\cdot s$ 。FLUENT 不需要输入运动学粘性系数 n 。

常数粘性所需要的输入

如果你想定义流体的粘性为常数, 请在使用材料面板一节中的 1 的粘性右边的下拉列表中选择常数, 然后输入流体的粘性值。对于默认流体——空气, 其粘性默认为 $1.7894 \times 10^{-5} kg/m\cdot s$ 。

作为温度函数的粘性

如果你所模拟的问题包括热传导, 你可以将粘性定义为温度的函数。FLUENT 共提供了 5 种类型的函数:

- 分段线性:

$$\mu(T) = \mu_n + \frac{\mu_{n+1} - \mu_n}{T_{n+1} - T_n} (T - T_n)$$

- 分段多项式:

$$\text{for } T_{\min,1} < T < T_{\max,1} : \mu(T) = A_1 + A_2T + A_3T^2 + \dots$$

$$\text{for } T_{\min,2} < T < T_{\max,2} : \mu(T) = B_1 + B_2T + B_3T^2 + \dots$$

- 多项式:

$$\mu(T) = A_1 + A_2T + A_3T^2 + \dots$$

- Sutherland 定律

- 幂律

需要注意的是, 幂率粘性定律一节中的幂率和非牛顿流体的粘性一节中的非粘性幂率是不同的。

对于前三个的任何一个, 请在粘性右边的下拉列表中选择分段线性、分段多项式或者多项式。然后输入数据对 (T_n, μ_n) , 范围以及系数, 或者使用材料面板中的 1 所描述的这些函数的系数。详情请参阅使用温度相关函数定义属性一节。对于 Sutherland 定律或者幂率, 在下拉列表中选择 sutherland 或者幂率然后输入这两个定律相应的参数。

Sutherland 粘性定律

Sutherland (1893)由动力学理论所推出的 Sutherland 粘性定律使用理想化的分子间作用力势函数。公式是由二或三系数指定。

二系数的 Sutherland 定律为

$$\mu = \frac{C_1 T^{3/2}}{T + C_2}$$

其中粘性的单位为 kg/m-s, 温度的单位为 K, C_1 和 C_2 是系数。对于在适度的温度和压力下的空气, C_1 = 1.458 * 10^-6 kg/m-s-K^1/2, C_2 = 110.4 K.

三系数的 Sutherland 定律为:

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{T}{T_0} \right)^{3/2} \frac{T_0 + S}{T + S}$$

其中 μ 是粘性, 单位为 kg/m-s, T 是静温, 单位为 K, μ_0 是参考值, 单位为 kg/m-s, T_0 是参考温度, 单位为 K, S 是有效的温度, 单位是 K, 被称为 Sutherland 常数, 它是气体所特有的。对于适当的温度和压力: $\mu_0 = 1.716 * 10^{-5}$ kg/m-s, $T_0 = 273$ K, S = 111 K.

要使用 Sutherland 定律, 请在粘性右边的下拉列表中选择 sutherland, 此时 Sutherland 定律面板就会打开, 你可以遵照如下步骤输入系数:

1. 选择二系数或者三系数方法。需要注意的是, 二系数方法必须使用国际标准单位。
2. 对于二系数方法, 设定 C1 和 C2 即可。对于三系数方法, 设定参考粘性 μ_0 , 参考温度 T_0 以及有效温度 S。

幂律粘性定律

稀释气体粘性的另一个常用的近似方法是幂率形式。对于是当温度的稀释气体, 这一形式比 Sutherland 定律的精度稍差一点。

二系数的幂率粘性定律形式为:

$$\mu = BT^n$$

其中 μ 是粘性, 单位为 kg/m-s, T 是静温, 单位为 K, B 是无量纲系数。对于适当温度和压力的空气, B = 4.093 * 10^-7, n = 2/3。

三系数的幂率粘性定律的形式为:

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{T}{T_0} \right)^n$$

其中 μ 是粘性, 单位为 kg/m-s, T 是静温, 单位为 K, μ_0 是参考值, 单位为 kg/m-s。对于适当压力和温度的空气, $\mu_0 = 1.716 * 10^{-5}$ kg/m-s, $T_0 = 273$ K, n = 2/3。

粘性的非牛顿幂率在非牛顿流体的粘性一节中描述。

要使用幂率模型, 请在粘性右边的下拉列表中选择幂率。此时会打开幂率面板, 然后你就可以按下面的步骤输入系数值:

1. 选择二系数或者三系数方法。需要注意的是, 二系数方法必须使用国际标准单位。
2. 对于二系数方法, 设定 B 和温度指数 n。对于三系数方法, 设定参考粘性 μ_0 , 参考温度 T_0 以及温度指数 n。

用分子运动论定义粘性

如果你使用气体定律（见密度一节所述），你可以选择使用分子运动论定义流体粘性：

$$\mu = 2.67 \times 10^{-6} \frac{\sqrt{MT}}{\sigma^2 \Omega_\mu}$$

其中粘性 μ 的单位是 kg/m-s, T 的单位为 Kelvin, σ 的单位是埃, $\Omega_\mu = \Omega_\mu(T^*)$ 以及

$$T^* = \frac{T}{(\epsilon/k)}$$

请在使用材料面板一节中的 1 的粘性右边的下拉列表中选择分子运动论来提供分子运动论的计算，它需要输入 Lennard-Jones 参数 σ 和 ϵ/k 。解算器会使用方程 1 种输入的这些分子运动论参数来计算流体粘性。详情请参阅分子运动论参数一节所介绍的输入。

多组分混合物的组分相关粘性

如果你所模拟的流动包含不止一种化学组分（多组分流动），你可以选择定义组分相关粘性。需要注意的是混合物粘性的定义既可以是常数值也可以是温度的函数。

定义混合物的组分相关粘性，步骤如下：

1. 对于混合材料，在粘性右边的下拉列表中选择 `mass-weighted-mixing-law`，如果使用密度的理想气体定律，选择 `ideal-gas-mixing-law`。
2. 点击改变/创建按钮。
3. 定义组成混合物的每一个流体材料的粘性。你可以分别为每一个组分定义常数或者温度相关粘性。还可以使用分子运动论来定义每一组分的粘性，如果需要的话还可以指定非牛顿粘性。

如果你使用理想气体定律，解算器就会在分子运动论的基础上计算混合物的粘性：

$$\mu = \frac{\sum_i X_i \mu_i}{\sum_i X_i \phi_{ij}}$$

其中：

$$\phi_{ij} = \frac{\left[1 + \left(\frac{\mu_i}{\mu_j} \right)^2 \left(\frac{M_j}{M_i} \right)^{\frac{1}{4}} \right]^2}{\left[8 \left(1 + \frac{M_i}{M_j} \right) \right]^{\frac{1}{2}}}$$

其中 X_i 是组分 i 的摩尔百分比。

对于非理想气体混合物，粘性的计算是基于单组分粘性所取的平均值：

$$\mu = \sum_i m_i \mu_i$$

非牛顿流体的粘性

对于牛顿流来说，剪应力和剪切速度成比例：

$$\tau = \mu \dot{S}$$

其中：

$$\dot{S} = \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i}$$

μ 是粘性，它与 \dot{S} 无关。

对于非牛顿流来说，粘性是 \dot{S} 的函数，并由变量 h 所描述：

$$\tau = [\eta(\dot{S})] \dot{S}$$

FLUENT 提供了两种模拟非牛顿流的选项：

- 幂率
- 仿塑胶 (pseudo-plastics) 的 Carreau 模型。

需要注意的是，非牛顿流体的粘性一节中的非粘性幂率和幂率粘性定律一节中的幂率是不同的。

对于这些模型的参数的输入，你可以查阅相关文献（如[161]）。

非牛顿流体粘性系数的幂律：

$$\tau = ke^{\frac{T_0}{T}} \dot{S}^n = \left(ke^{\frac{T_0}{T}} \dot{S}^{n-1} \right) \dot{S}$$

等价于：

$$\tau = ke^{\frac{T_0}{T}} \dot{S}^{n-1}$$

FLUENT 还允许你设置幂率函数的上下限，产生如下方程：

$$\eta_{\min} < \eta = ke^{\frac{T_0}{T}} \dot{S}^{n-1} < \mu_{\max}$$

其中 k ， n ， T_0 ， h_{\min} 和 h_{\max} 为输入参数。 K 是流体（一致的指数）平均粘性的度量， n 是偏离牛顿流体的度量（幂率指数），具体请见下文， T_0 是参考温度， h_{\min} 和 h_{\max} 分别为幂率的下限和上限。如果从幂率模型计算出的粘性超出了上下限 h_{\max} 和 h_{\min} 会分别取代超出上限和下限的值。Figure 1 所示为低速或高速剪切流动中 h_{\min} 和 h_{\max} 是如何限制粘性的。

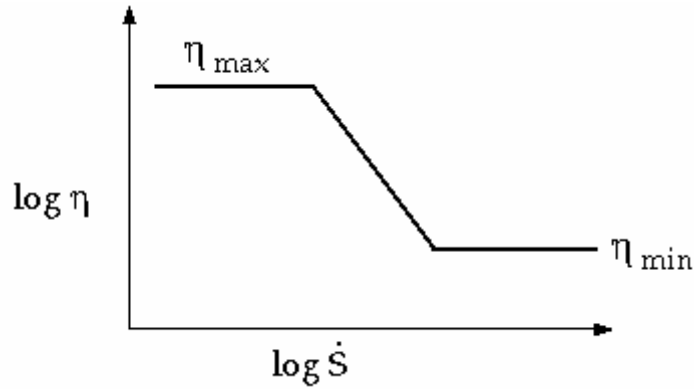


Figure 1: 根据牛顿幂率模型所得到的粘性和剪切速度变化关系

N 的值决定了流体的类别:

$n = 1$ 牛顿流体

$n > 1$ 剪切增厚过程 (膨胀流体)

$n < 1$ 剪切变薄过程 (仿塑胶流体)

要使用非牛顿幂率定率, 请在粘性右边的下拉列表中选择非牛顿幂率。此时非牛顿幂率面板就会打开, 你可以输入一致的指数 k , 幂率指数 n , 参考温度 T_0 , 最小粘性 h_{min} 以及最大粘性 h_{max} 。

仿塑胶的 Carreau 模型

非牛顿粘性的幂率模型一节所描述的幂率模型给出粘性和剪切速度的变化关系为:

$$\tau = [\eta(\dot{S})]\dot{S} = \left(k e^{\frac{T_0}{T}} \dot{S}^{n-1} \right) \dot{S}$$

对于 $\dot{S} \rightarrow 0, \eta \rightarrow 0$ 以及 $\dot{S} \rightarrow \infty, \eta \rightarrow \infty$, 其中 η_0 和 η_∞ 分别为流体粘性的上下限。

Carreau 模型尝试模拟大范围的流体流动, 它使用曲线拟和将牛顿流体和剪切变薄 ($n < 1$) 非牛顿流体定律整合在一起。在该模型中, 粘性为:

$$\eta = \eta_\infty + (\eta_0 - \eta_\infty) \left[1 + \left(\lambda e^{\frac{T_0}{T}} \dot{S} \right)^2 \right]^{(n-1)/2}$$

其中参数 n , 1 , T_0 , η_0 , 和 η_∞ 和流体有关。L 是时间常数, n 是幂率指数 (请参阅非牛顿

粘性的幂率一节所述的内容), T_0 为参考温度, η_0 和 η_∞ 分别为 0 和无穷剪切粘性。下图所

示为在低和高剪切速度情况下粘性如何被 η_0 与 η_∞ 所限制:

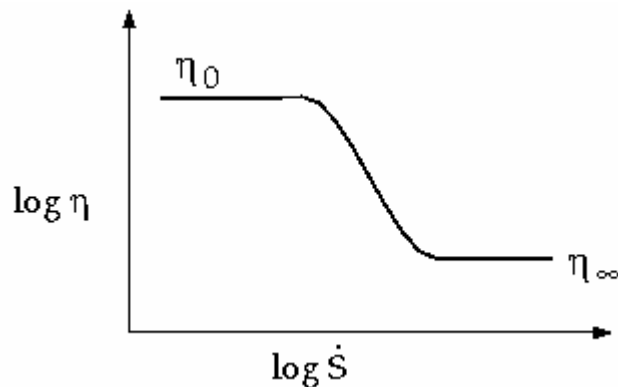


Figure 1: Carreau 模型中粘性和剪切速度的变化关系

要使用 Carreau 模型，在粘性右边的下拉列表中选择 carreau。然后便可以打开 Carreau 模型面板，此时你就可以输入时间常数 1，幂率指数 n，参考温度 T_0，零剪切粘性 η_0 以及无穷剪切粘性 η_∞ 。

热传导系数

当考虑热传导时，必须定义热传导系数。模拟能量和粘性流动时你需要定义热传导系数。

FLUENT 提供了几种定义热传导系数的方法：

- 常数热传导系数
- 温度和/或组分相关热传导系数
- 分子运动论
- 自定义函数
- 各向异性/正交（只对固体材料）

本节详细地介绍了每一个选项的输入和控制模型（自定义函数将会在自定义函数一章介绍）。在所有的情况下你都要在使用材料面板一节中的 1 的热传导系数项中定义。菜单：Define/Materials...。

所定义的热传导系数国际标准单位是 W/m-K，英制单位是 BTU/hr-ft-R。

常数热传导系数的输入

如果要定义常数热传导系数请在使用材料面板一节中的 1 的热传导系数右边的列表中选择常数，然后输入热传导系数的值。

对于默认流体空气来说，其热传导系数默认为 0.0242 W/m-K。

作为温度函数的热传导系数

你还可以定义热传导系数为温度的函数，FLUENT 共提供了三种类型的函数：

- 分段线性

$$k(T) = k_n + \frac{k_{n+1} - k_n}{T_{n+1} - T_n} (T - T_n)$$

- 分段多项式

$$\text{for } T_{\min,1} < T < T_{\max,1} : k(T) = A_1 + A_2 T + A_3 T^2 + \dots$$

$$\text{for } T_{\min,2} < T < T_{\max,2} : k(T) = B_1 + B_2 T + B_3 T^2 + \dots$$

- 多项式

$$k(T) = A_1 + A_2 T + A_3 T^2 + \dots$$

你可以输入数据对 (T_n , k_n), 范围和系数 A_i 与 B_i , 或者在使用材料面板 1 中的这些函数的系数 A_i , 详细内容请参阅使用温度相关函数定义属性一节。

使用分子运动论定义热传导系数

如果你使用气体定律 (如密度一节所述), 你可以用分子运动论定义热传导系数:

$$k = \frac{15}{4} \frac{R}{M} \mu \left[\frac{4}{15} \frac{c_p M}{R} + \frac{1}{3} \right]$$

其中 R 是普适气体常数, M 是分子量, μ 所指定的或计算的材料的粘性, c_p 所指定的或计算得到的材料的热容。

要用这个方程来计算热传导系数请在使用材料面板一节中的 1 的热传导系数右边的下拉列表中选择分子运动论。解算器就会使用上面的方程来计算热传导系数。

多组分混合物的组分相关热传导系数

如果所模拟的流动包含不止一种化学组分 (多组分流动), 你可以选择定义组分相关热传导系数。在这种情况下你还可以定义热传导系数为常数、温度的函数或者使用分子运动论来定义。

要定义某一混合物的组分相关热传导系数, 步骤如下:

1. 对于混合材料, 选择 `mass-weighted-mixing-law`, 如果你使用理想气体定律, 请在热传导系数右边的下拉列表中选择 `ideal-gas-mixing-law`。如果你使用 `ideal-gas-mixing-law` 计算混合物的热传导系数, 你必须使用 `ideal-gas-mixing-law` 或者 `mass-weighted-mixing-law` 计算粘性, 这是因为只有这两种方法计算出的粘性用于指定组分的粘性, 这里的热传导系数正是组分的热传导系数。

2. 点击改变/创建按钮。

3. 为组成混合物的每一个材料定义热传导系数。你可以分别为每一个组分定义常数或者 (需要的话) 温度相关函数。你还可以使用分子运动论来定义每一组分的热传导系数

如果你使用理想气体定律, 解算器会在分子运动论的基础上计算混合物的热传导系数:

$$k = \frac{\sum_{i'} X_{i'} k_{i'}}{\sum_{i'} X_{i'} \phi_{i'}}$$

其中:

$$\phi_{ij} = \frac{\left[1 + \left(\frac{\mu_{i'}}{\mu_{j'}} \right)^2 \left(\frac{M_{j'}}{M_{i'}} \right)^{\frac{1}{4}} \right]^2}{\left[8 \left(1 + \frac{M_{i'}}{M_{j'}} \right) \right]^{\frac{1}{2}}}$$

其中 $X_{i'}$ 是组分 i' 的摩尔百分比。

对于非理想气体，混合物的热传导系数是各组分的热传导系数的简单的质量平均：

$$k = \sum_{i'} m_i k_i$$

固体的各向异性热传导系数

FLUENT 中各向异性热传导系数选项解决固体的热传导方程时，所使用热传导系数被指定为一个矩阵。热流量为：

$$q_i = -k_{ij} \frac{\partial T}{\partial x_j}$$

由两个选项：正交和一般各向异性。

需要注意的是，各向异性热传导系数只在分离结算器中使用，它不可以用在耦合解算器中。

正交各向异性热传导系数

当使用正交热传导系数时，需要指定主轴方向 ($\hat{e}_x, \hat{e}_y, \hat{e}_z$) 上的热传导系数 (k_x, k_y, k_z)。热传导矩阵由下式计算：

$$k_{ij} = k_x \hat{e}_{xi} \hat{e}_{xj} + k_y \hat{e}_{yi} \hat{e}_{yj} + k_z \hat{e}_{zi} \hat{e}_{zj}$$

要定义正交热传导系数，请在材料面板中热传导系数右边的下拉列表中选择正交。然后打开正交热传导系数面板（如下图）

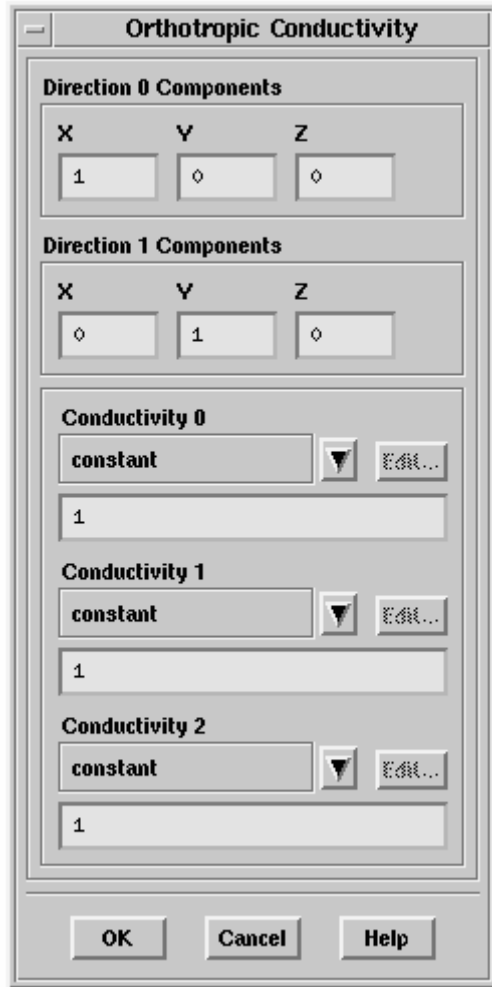


Figure 1:正交热传导系数面板

因为主轴方向($\hat{e}_x, \hat{e}_y, \hat{e}_z$)是相互正交的，所以对于三维问题只需要指定两个方向。 \hat{e}_x 在 0 方向上用 X, Y, Z 定义， \hat{e}_y 在 1 方向上用 X, Y, Z 定义。你可以在每一个热传导系数下面的下拉列表中定义热传导系数 0(k_x)、(k_y)和 2 (k_z)为常数、温度的分段线性函数或者分段多项式函数。(详细内容请参阅常数热传导系数和温度相关热传导系数的输入的相关章节)。

对于二维问题，只需要指定函数(k_x, k_y)和单位矢量(\hat{e}_x)。

一般的各项异性热传导系数

热传导矩阵由下式指定：

$$k_{ij} = k \hat{e}_{ij}$$

其中 k 是热传导系数， \hat{e}_{ij} 是矩阵（对于二维问题是 2×2 的矩阵，对于三维问题是 3×3 的矩阵）。

要定义一般的各向异性热传导系数，请在材料面板中的热传导系数右边的下拉列表中选择各向异性。此时会打开各向异性热传导面板（下图）。

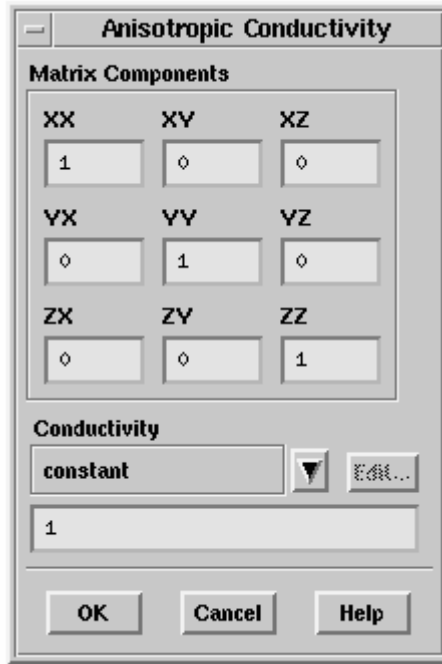


Figure 1:各向异性热传导面板

注意: \hat{e}_{ij} 可以是非对称矩阵, 你可以在各向异性热传导面板的矩阵分量中指定矩阵的各分量。K 可以指定为温度的函数或者其他常用的方法(常数、多项式、分段线性或分段多项式), 这些都是从传导系数下面的下拉列表中选择得到的(详细内容请参阅常数热传导系数和温度相关热传导系数的输入的相关章节)。

指定热容

当能量方程被使用时, 必须指定热容。FLUENT 提供了几种定义热容的方法:

- 常数热容
- 温度和/或组分相关热容
- 分子运动论

本节详细地介绍了每一个选项的输入和控制模型(自定义函数将会在自定义函数一章介绍)。在所有的情况下你都要在使用材料面板一节中的 1 的 Cp 中定义。菜单: Define/Materials...

指定热容的单位为国际标准单位的 J/kg-K 或者英制单位的 BTU/lbm-R。

注意: 对于燃烧方面的应用, 推荐使用温度相关方法指定热量。

指定热容所需要输入的常数

如果你要定义热容, 请在使用材料面板一节中的 1 的 Cp 右边的下拉列表中选择常数并输入相应的热容值。

默认流体空气的热容默认为 1006.43 J/kg-K.

- 分段线性

$$c_p(T) = c_{p_n} + \frac{c_{p_{n+1}} - c_{p_n}}{T_{n+1} - T_n}(T - T_n)$$

- 分段多项式

$$\text{for } T_{\min,1} < T < T_{\max,1} : c_p(T) = A_1 + A_2T + A_3T^2 + \dots$$

$$\text{for } T_{\min,2} < T < T_{\max,2} : c_p(T) = B_1 + B_2T + B_3T^2 + \dots$$

- 多项式

$$c_p(T) = A_1 + A_2T + A_3T^2 + \dots$$

你可以输入数据对(T_n, c_p_n) 范围和系数 A_i 与 B_i, 或者在使用材料面板 1 中的这些函数的系数 A_i, 详细内容请参阅使用温度相关函数定义属性一节。

用分子运动论定义指定热容

如果你使用气体定律（如密度一节所述），你可以用分子运动论定义热容：

$$c_{p,i'} = \frac{1}{2} \frac{R}{M_{i'}} (f_{i'} + 2)$$

其中 $f_{i'}$ 是气体组分 i' 的能量模式的数量（自由度），你可以在使用材料面板一节中的 1 的 Cp 右边的下拉列表中选择分子运动论。解算器就会使用上面的方程来计算热容。详情请参阅分子运动论的相关参数的输入。

指定热容为成分的函数

如果所模拟的流动包含不止一种化学组分（多组分流动），你可以选择定义组分相关热容。在这种情况下你还可以定义热容为常数、温度的函数或者使用分子运动论来定义。

要定义某一混合物的组分相关热容，步骤如下：

1. 对于混合材料，选择 Cp 右边的下拉列表中的 mixing-law。
2. 点击改变/创建按钮。
3. 为组成混合物的每一个材料定义热容。你可以分别为每一个组分定义常数或者（需要的话）温度相关函数。你还可以使用分子运动论来定义每一组分的热容

解算器会将混合物的热容定义为各组分的热容的质量平均：

$$c_p = \sum_{i'} m'_i c_{p,i'}$$

辐射属性

当你在 FLUENT 中使用，某种辐射模型，你就需要在使用材料面板一节中的 1 设定附加的属性：

- 对于 P-1 模型，你需要设定辐射吸收系数以及散射系数(P-1 模型方程中方程 1 的 a 和 s_s)。
- 对于 Rosseland 辐射模型，你也需要设定辐射吸收系数以及散射系数(P-1 模型方程中方程 3 的 a 和 s_s)。
- 对于 DTRM，只需要设定吸收系数（DTRM 方程中方程 1 的 a)。
- 对于 DO 模型，你需要设定辐射吸收系数以及散射系数(DO 方程中方程 1 的 a 和 s_s)。

除此之外，如果你模拟半透明介质，你可以指定折射指数（半透明壁面处 DO 模型的边界条件中的方程 3 中的 n_a 或者 n_b 。注意：对于 DO 模型，你可以指定固体材料的辐射属性，从而在模拟半透明介质时可以用到它。

下面各节介绍了定义每一个属性的信息。

吸收系数

要定义吸收系数，你可以指定常值，温度相关函数（请参阅使用温度相关函数定义属性一节），组分相关函数或者自定义函数。如果你模拟 DO 辐射模型的非灰度（non-gray）辐射，你还可以选择在每一个灰度带指定常数吸收系数。

所需要的吸收系数的单位为 $1/\text{length}$ 。以及散射系数，它被定义为通过流体介质路径的每一单位长度上的辐射强度的变化。吸收系数可以用 CO_2 和 H_2O 发射率的列表计算，这一列表通常可以在辐射热交换的教科书等相关资料中得到。

常数吸收系数的输入

要定义常数吸收系数，请在使用材料面板一节中的 1 的吸收系数下面的框中输入数值（如果没有被选中，请首先在下拉列表中选择常数）

组分相关吸收系数的输入

FLUENT 还允许你输入组分相关吸收系数，它是水蒸气或者二氧化碳的当地质量分数的 a 的函数。在燃烧模拟中，这些选项在模拟辐射时是非常有用的。FLUENT 所使用的 variable-absorption-coefficient 模型是模拟变化吸收系数一节中的 weighted-sum-of-gray-gases 模型 (WSGGM)。要使用它请在使用材料面板一节中的 1 的吸收系数右边的下拉列表中选择 wsggm-cell-based、wsggm-domain-based 或者 wsggm-user-specified。三个 WSGGM 选项在计算路径长度上所使用的方法是不同的，详情请参阅组分相关吸收系数的输入一节。（一定要记住，你必须首先激活组分计算，这样才能在列表中看到 wsggm 选项，而且二氧化碳和水必须出现在混合物中。）

当 WSGGM 用于计算吸收系数时，你可以选择 Weighted-Sum-of-Gray-Gase 模型中方程 1 的路径长度 s 的计算方法。你可以使用特征单元尺寸或者平均光程（beam）长度（解算器计算出来的活着你所指定的）。具体哪种模型适合哪种方法请参阅变化吸收系数的模拟一节。

当你在上面所介绍的方法中选择了适当的吸收系数输入方法，你就需要选择路径长度方法了。

- 如果你选择 wsggm-cell-based，就需要使用 characteristic-cell-size 方法，以后也不需要输入其它内容。
- 如果你选择 wsggm-domain-based， a 的计算就需要使用 mean-beam-length 方法，而且 FLUENT 会在计算区域平均尺度的基础上计算平均光程，以后不需要输入其它内容。
- 如果你选择 wsggm-user-specified，就会使用 mean-beam-length 方法，但是你需要在 WSGGM 用户指定面板中的路径长度框中自己设定平均光程长的。当你选择 wsggm-user-specified 是这一面板会自动打开，因为这是一个（对话框等）模式上的面

板，所以你必须马上使用它。

非灰度辐射吸收系数的输入

如果你使用非灰度 DO 模型（请参阅非灰度 DO 模型理论与方程以及 DO 模型的非灰度辐射定义），你可以对灰度模型所使用的每一个带（band）指定不同的常数吸收系数。在吸收系数下拉列表中选择灰度带，然后在灰度带吸收系数面板中为每一个带定义吸收系数。需要注意的是，因为这是一个（对话框等）模式上的面板，所以你必须马上使用它。

烟尘和粒子对吸收系数的影响

如果你在离散相模型面板中打开粒子辐射相互作用选项，FLUENT 会考虑粒子对于吸收系数的影响（只对 P-1 和 DO 辐射模型来说）。

如果你要模拟烟尘的信息，并想考虑烟尘对于吸收系数的影响，请在烟尘模型面板中打开烟尘辐射作用的一般模型。只要你使用 WSGGM 来计算组分相关吸收系数，任何一个辐射模型都可以考虑烟尘的影响。

散射系数

散射系数默认为 0，并假定为各向同性的。你可以指定它为常值、温度相关函数（请参阅使用温度相关函数定义属性一节）或者自定义函数。你还可以指定非各向同性相函数。

散射系数的单位为 $1/\text{length}$ 。以及吸收系数，它被定义为通过流体介质路径的每一单位长度上的辐射强度的变化。你可能希望在出现微粒的燃烧系统中增加散射系数。

常数散射系数的输入

要定义常数散射系数，请在使用材料面板一节中的 1 的散射系数下面的框中输入数值（如果还没有选中，请首先在下拉列表中选择常数）。

散射相函数的输入

在默认的情况下，散射假定为各向同性，但是你可以指定线性各向异性散射函数。如果你使用 DO 模型，那么可以选择 Delta-Eddington 或自定义散射函数。

要模拟各向同性散射，请在散射相函数下拉列表中选择各向同性，不需要其它输入，这是 FLUENT 默认的情况。

要模拟各向异性散射，请在散射相函数下拉列表中选择各向异性，然后设定相函数系数的值（P-1 模型方程中方程 3 中的 C）。

要使用 Delta-Eddington 相函数，请在散射相函数下拉列表中选择 delta-eddington。此时会打开 Delta-Eddington 散射函数面板，在面板中你可以指定前向散射因子和对称因子（各向异性散射中的方程 1 的 f 和 C）。需要注意的是，因为这是一个（对话框等）模式上的面板，所以你必须马上使用它。

要使用自定义相函数，请在散射相函数下拉列表中选择自定义相函数。自定义相函数中必须指定各向异性散射方程 3 中的 F^* 和 f。

折射指数

在默认的情况下，折射指数为 1。它只用于你使用 DO 模型模拟半透明介质。你可以在散射指数后面的得框中指定常数值。

辐射属性的报告

你可以在后处理面板中出现的变量选择下拉列表中的 Radiation...中使用吸收系数和散射系数来显示所计算的 a 和 s_s 的当地值。你还会在 Radiation...中发现折射指数。

质量扩散系数

层流质量扩散系数

湍流质量扩散系数

层流流动的 Fick 扩散定律

在多组分流动中，当你解组分输运方程时，需要质量扩散系数。质量扩散系数用于计算化学组分的扩散流量：

$$J_{i'} = -\rho D_{i',m} \frac{\partial m_{i'}}{\partial x_i}$$

其中 $D_{i,j}$ 是混合物中成分 i' 的扩散系数。

当混合物成分没有变化，即成分的 $D_{i,m}$ 无关时，上面的方程严格有效。因此，你不可以使用 FLUENT 计算层流流动的非稀释混合物的疏运。FLUENT 允许你以多种方法指定 $D_{i,m}$ ，包括 $D_{i,j}$ ，成分 i' 在 j' 中的二元质量扩散系数，但是 $D_{i,j}$ 并不是直接使用的，直接使用的是混合物的扩散系数， $D_{i,m}$ 由下式计算：

$$D_{i',m} = \frac{1 - X_{i'}}{\sum_{j', j' \neq i'} X_{j'} / D_{i'j'}}$$

其中 $D_{i,j}$ 是成分 i' 在 j' 中的二元质量扩散系数， X_i 是成分 i' 的摩尔百分数。你可以为每一个化学成分输入 $D_{i,m}$ 或 $D_{i,j}$ ，具体请参阅层流流动的质量扩散系数的输入。

湍流流动中扩散的计算

在湍流流动中，层流流动的 Fick 扩散定律的方程 1 由下式替代：

$$J_{i'} = -\left(\rho D_{i',m} + \frac{\mu_i}{Sc_t}\right) \frac{\partial m_{i'}}{\partial x_i}$$

其中 Sc_t 是湍流流动的有效 Schmidt 数:

$$Sc_t = \frac{\rho D_t}{\mu_t}$$

D_t 是由湍流引起的有效质量扩散系数。

湍流流动的质量扩散系数需要输入如下内容: 使用和层流流动相同的方法定义分子对扩散 $D_{i,m}$ 的贡献; 附加的选项, 来改变湍流 Schmidt 数的默认设定。如方程 3 所示, 这些参数和具有涡粘性 (m_t) 的湍流所导致的有效质量扩散系数有关。

层流质量扩散系数的输入

在层流流动中, 解算器使用层流流动的 Fick 扩散定律以及相关的输入 (混合物成分 i 的扩散系数 $D_{i,m}$) 来计算成分扩散。对于湍流流动, 成分扩散使用湍流流动扩散计算中的方程 1 来计算。

你可以使用下面任意一种方法输入质量扩散系数:

- 除了在使用材料面板一节中混合成分列表最后一个字分的扩散系数 $D_{N,m}$ 设定为零之外, 常数稀释近似为所有的 $D_{i,m}$ 定义为常数值。
- 稀释近似: 定义每一个 $D_{i,m}$ (除了 $D_{N,m}$ 设定为零) 为常数或者 (如果要计算热传导的话) 温度的多项式函数。
- 多成分方法: 定义成分 i 在每一个成分 j 中的扩散系数 $D_{i,j}$ 为常数值或者温度的多项式函数, 或者对于理想气体定律使用分子运动论来定义。

如果你模拟稀释混合物, 其中在高浓度的输运流体中具有低质量分数的化学组分, 你应该选择前两个方法输入 $D_{i,m}$ 。如果你模拟非稀释混合物, 你可能希望定义每一个二元质量扩散系数 $D_{i,j}$ 。如果你选择定义 $D_{i,j}$, 解算器会使用层流流动的 Fick 扩散定律中的方程 3 来计算混合物中组分 i 的扩散。

你需要使用材料面板为每一个化学组分定义 $D_{i,m}$ 或者 $D_{i,j}$ 。菜单: Define/Materials...

扩散系数的国际单位为 m^2/s , 英制单位为 ft^2/s 。

常数稀释近似输入

要使用常数稀释近似方法, 步骤如下:

1. 在质量扩散系数右边的下拉列表中选择 constant-dilute-appx

2. 输入 $D_{i,m}$ 的唯一值。混合物的每一个组分的扩散系数都使用相同的值。

稀释近似输入

要使用稀释近似方法，步骤如下：

1. 在质量扩散系数右边的下拉列表中选择 dilute-approx
2. 在出现的质量扩散面板中（下图）的列表中选择你打算定义质量扩散系数的组分。

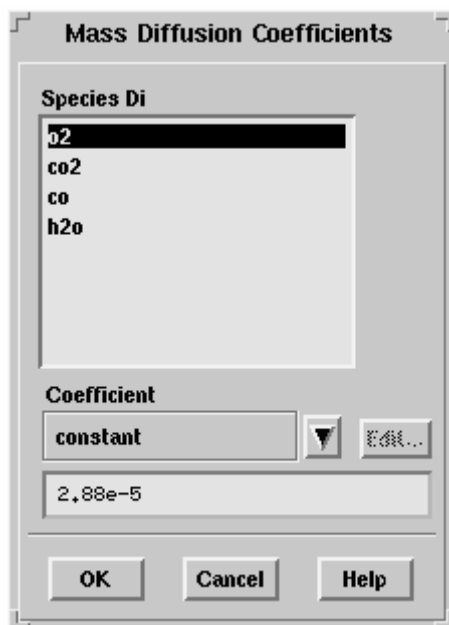


Figure 1: 稀释近似的质量扩散系数面板

3. 你可以定义所选组分的 $D_{i,m}$ 为常数值或者（如果存在热传导）温度的多项式函数：
 - 要定义常数扩散系数，请在系数下面的下拉列表中选择常数（默认），然后在列表的下面输入数值。
 - 要定义温度相关扩散系数，请在系数下拉列表中选择多项式，然后定义多项式系数（具体请参阅多项式函数的输入一节）。

$$D_{i,m} = A_1 + A_2T + A_3T^2 + \dots$$

4. 重复 2 和 3 步，直到你将质量扩散面板中的 Di 列表中的所有组分的扩散系数定义完毕为止。

多成分方法输入

要使用多成分方法定义常数或者温度相关扩散系数，步骤如下：

1. 在质量扩散系数右边的下拉列表中选择多成分。
2. 在出现的质量扩散面板中（下图）的列表中选择你打算定义质量扩散系数 $D_{i,j}$ 的组分 i' 和组分 j' （组分 i' 在组分 j' 中的系数）。

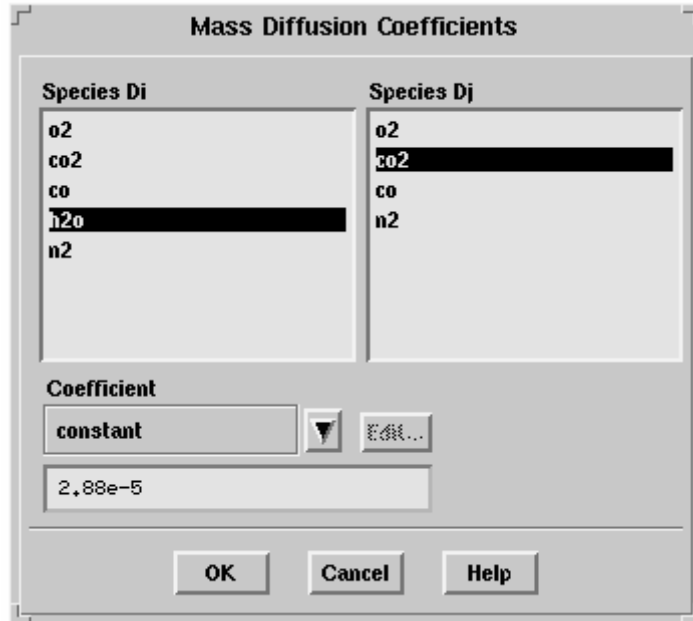


Figure 1:多成分方法的质量扩散系数面板

3. 你可以将所选的成对组分的 $D_{i,j}$ 定义为常数值或者温度的多项式函数（如果存在热传导）。
 - 要定义常数扩散系数，请在系数下面的下拉列表中选择常数（默认），然后在列表的下面输入数值。
 - 要定义温度相关扩散系数，请在系数下拉列表中选择多项式，然后定义多项式系数（具体请参阅多项式函数的输入一节）。

$$D_{i,j} = A_1 + A_2T + A_3T^2 + \dots$$

4. 重复 2 和 3 步，直到你将质量扩散面板中的 Di 列表和 Dj 列表中的所有组分的扩散系数定义完毕为止。。

要使用多成分方法，并使用分子运动论（只在使用理想气体定律时可用）定义扩散系数，步骤如下：

1. 在质量扩散系数右边的下拉菜单中选择分子运动论
2. 完成混合材料的其它适当的定义之后点击改变/创建按钮。
3. 为每一个组分定义 Lennard-Jones 参数 $s_{i,j}$ 和 $(\epsilon/k)_{i,j}$ ，详情请参阅分子运动论参数一节。解算器会使用分子运动论中的下面的公式计算扩散系数：

$$D_{i,j} = 0.0188 \frac{\left[T^3 \left(\frac{1}{M_i} + \frac{1}{M_j} \right) \right]^{\frac{1}{2}}}{p_{op} \sigma_{i,j}^2 \Omega_D}$$

其中： $W_D = W_D(T^*_D)$ ， p_{op} 是系统的操作压力，

$$T_D^* = \frac{T}{(\epsilon/k)_{i,j}}$$

$$(\varepsilon/k)_{ij} = \sqrt{(\varepsilon/k)_i (\varepsilon/k)_j}$$

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{2}(\sigma_i + \sigma_j)$$

湍流流动中质量扩散系数的输入

当流动是湍流时，你需要定义 $D_{i,m}$ 或者 $D_{i,j}$ ，具体请参阅层流流动的质量扩散系数的输入一节，而且你还可以选择改变湍流流动中扩散系数的计算中所描述的湍流 Schmidt 数 Sc_t 的默认设定。

一般说来，在湍流流动中，质量扩散由湍流 Schmidt 数（湍流流动的扩散计算中的方程 3）决定的湍流输运控制。湍流 Schmidt 数规定了由于湍流而引起的质量和动量的相对扩散，它是在所有湍流流动中一致相似的。因为湍流 Schmidt 是与有分子组成的湍流属性相对不敏感的经验常数，所以对于任何组分你基本上没有理由修改默认值（0.7）。

假如你希望修改 Schmidt 数，你可以在粘性模型面板中输入新的湍流 Schmidt 数的值。
菜单：Define/Models/Viscous...

分子运动论需要的输入

标准状态焓

当你使用有限速度方法或者涡扩散模型解决反应流时，你需要定义每一组分 j^* 的标准状态焓（焓的形式或者热的形式） $h^0_{j^*}$ 。这些输入用于定义混合焓：

$$H = \sum_{j^*} m_{j^*} \left[h_{j^*}^0 + \int_{T_{ref,j^*}}^T c_{p,j^*} dT \right]$$

其中 T_{ref,j^*} 是定义 $h_{j^*}^0$ 时的参考温度。标准状态焓的国际标准单位是 J/kgmol 英制单位是 BTU/lbmol。

对于和反应相关的每一组分（即，每一个流体材料都包含在混合材料中），你可以在材料面板一节中的 1 的标准状态焓和参考温度中设定。

标准状态熵

对于可逆反应如果你使用有限速度模型（参阅 Arrhenius 速度一节），你需要为每一组分 j^* 定义标准状态熵。这些输入用于定义混合熵：

$$S = \sum_{j^*} m_{j^*} \left[s_{j^*}^0 + \int_{T_{ref,j^*}}^T \frac{c_{p,j^*}}{T} dT \right]$$

其中 T_{ref,j^*} 是定义 $s_{j^*}^0$ 时的参考温度。标准状态熵的国际标准单位是 J/kgmol-K，英制

单位是 BTU/lbmol-R。

对于和反应相关的每一组分（即，每一个流体材料都包含在混合材料中），你可以在材料面板一节中的 1 的标准状态熵和参考温度中设定。

分子热传导系数

如果你模拟预混和燃烧（见模拟预混和燃烧一节），那么流体区域的流体材料应该分配为未燃烧混合物的属性，包括分子热传导系数（湍流燃烧速度一节中方程 1 的 c ），也是指定义为 $k/r c_p$ 的热扩散系数 c ，在标准状态下其数值可以查阅燃烧手册（如：[86]）。要确定非标准条件下的数值，你需要使用第三方具有详细化学说明的 1D 燃烧程序。你可以在使用材料面板一节中的 1 的分子热传导系数中设定它们。

分子运动论参数

当使用理想气体定律时，你可以选择使用分子运动论定义下面的属性：

- 粘性（流体）
- 热传导系数（流体）
- 指定热容（流体）
- 质量扩散系数（对于多成分混合物）

如果你使用分子运动论计算流体粘性（使用分子运动论定义粘性中的方程 1），你需要输入分子运动论参数以及该流体的 e/k 。这些参数是 Lennard-Jones 参数，在 FLUENT 被分别称为“特征长度”和“能量参数”。

当分子运动论只用于计算流体的热传导系数时，不需要输入任何内容。

如果你打算使用分子运动论计算流体指定的热容（使用分子运动论定义组分热容中的方程 1），你需要输入流体材料的自由度。

如果你使用分子运动论定义混合材料的质量扩散系数时（多成分方法中的输入一节中的方程 3），你就需要输入每一化学组分的 s_i 和 $(e/k)_i$ 。

分子运动论中需要的输入

使用分子运动论的程序如下：

1. 对于粘性、热传导系数或者流体材料的热容 C_p 以及混合材料的质量扩散系数选择分子运动论作为适当的指定方法。
2. 如果你选择使用分子运动论方法所指定的一种或多种属性是流体材料所具有的，你必须为这个材料设定分子运动论参数。如果你使用分子运动论设定混合材料的扩散系数，你需要为每一个组成成分（流体材料）定义分子运动论参数。

需要设定的参数如下：

- L-J 特征长度
- L-J 能量参数
- 自由度（仅用于使用分子运动论指定热容的情况）。

请参阅分子运动论一节来决定使用分子运动论计算每一属性所需要的参数。

特征长度的单位是埃（Angstroms），能量参数定义的单位是以绝对温度的单位为基准，自由度是无量纲数。在默认情况下，所有的分子运动论参数都设为零。不同材料的适当值可

以查阅相关文献（如[65]）。

操作压力

对于不同的流动状态，操作压力的指定以不同的方式影响你的计算。本节介绍了操作压力的相关信息，对不同情况的相关性，如何正确的设定它。

在低马赫数流动中压力计算的数值截断的影响

在低马赫数可压流动中，全部的压降和绝对静压相比很小，因此数值截断会对其有很大的影响。比方说吧，考虑 $M \ll 1$ 的可压流动。压力变化 Dp 与动压头 $(1/2) \rho c_p M^2$ 有关，其中 p 是静压， c 是指定的比热比。这就给出了 Dp/p 和 M^2 的关系式，以至于 $M \rightarrow 0$ 时 $Dp/p \rightarrow 0$ 。因此，除非给予足够的注意，否则低马赫数流动计算结果往往很容易会受到截断误差的影响。

操作压力、标准压力和绝对压力

FLUENT 通过从绝对压力中减去操作压力（一般说来大的压力粗略的等于流动中绝对压力的平均值）来避免截断误差（见在低马赫数流动中压力计算的数值截断的影响一节）产生的问题，并使用得到的压力来计算，这个压力称作标准压力。下面是操作压力，标准压力和绝对压力之间的关系式。绝对压力是操作压力和标准压力之和：

$$P_{abs} = P_{op} + P_{gauge}$$

你所指定的所有压力以及 FLUENT 所报告和计算的压力都是标准压力。

设定操作压力

操作压力的意义

操作压力对于不可压理想气体流动来说是十分重要的，因为它直接决定了不可压理想气体定律所计算出来的密度，不可压理想气体定律计算密度的关系式为： $\rho = (p_{op}/R T)$ 。因此，你必须保证适当的设定操作压力。

操作压力在低马赫数可压流动中具有十分重要的意义，因为它在避免截断误差问题中扮演了重要的角色，如操作压力，标准压力和绝对压力一节所述。同样地，你必须保证适当地设定操作压力。

对于高马赫数可压流动，操作压力的意义就不是很明显了。在这种情况下，压力的变化比低马赫数可压流动中压力的变化大得多，因此截断误差不会产生什么实际的问题，因此也就不真正需要使用标准压力。事实上，在这种计算中使用绝对压力通常会更方便。因为 FLUENT 总是使用标准压力，所以你可以简单的设定操作压力为零，而使标准压力和绝对压力相等。

如果密度假定为常数，或者密度是从温度的轮廓函数中推导出来，那么根本就不使用操作压力。需要注意的是：默认的操作压力为 101325 Pa。

如何设定操作压力

选择合适的操作压力的判据是基于流动马赫数的区域以及确定密度的关系式。例如：如果你在不可压流动的计算中使用理想气体定律（如自然对流问题），你应该使用平均流动压力的典型值。

下表是设定操作压力的推荐方法。请记住默认的操作压力为 101325 Pa。

Density Relationship	Mach Number Regime	Operating Pressure
Ideal Gas Law	$M > 0.1$	0 or \approx Mean Flow Pressure
	$M < 0.1$	\approx Mean Flow Pressure
Profile Function of Temperature	Incompressible	not used
Constant	Incompressible	not used
Incompressible Ideal Gas Law	Incompressible	\approx Mean Flow Pressure

Figure 1: 操作压力的推荐设定

你需要在操作压力面板中设定操作压力。菜单：Define/Operating Conditions...

参考压力位置

对于不包括任何压力边界的不可压流动，FLUENT 会在每次迭代之后调节标准压力场以避免它浮动。这一操作是通过在（或接近）参考压力位置的单元中使用的压力实现的。在完全的压力场中减去单元内的压力值，从而保证参考压力位置的标准压力总为零。如果包含了压力条件，就不需要调节了，参考压力位置也忽略了。

参考压力位置默认为单元的中心或者接近点(0, 0, 0)。有时候你可能想要移动参考压力位置，也许要将它定位于绝对压力已知的点处（比如：如果你想将计算结果和实验数据比较）。要改变位置，请在操作压力面板中输入参考压力位置的新的坐标值 (X, Y, Z)。菜单：Define/Operating Conditions...

基本物理模型

本章介绍了 FLUENT 所提供的基本物理模型以及相关的定义和使用。

基本物理模型概述

FLUENT 提供了从不可压到可压、层流、湍流等很大范围模拟能力。在 FLUENT 中, 输运现象的数学模型与所模拟的几何图形的复杂情况是结合在一起的。FLUENT 应用的例子包括层流非牛顿流的模拟, 涡轮机和汽车引擎的湍流热传导, 锅炉内煤炭粉碎机的燃烧, 可压射流, 空气动力外流, 以及固体火箭发动机的可压化学反应流。

为了与工业应用相结合, FLUENT 提供了很多有用的功能。如多孔介质, 块参数 (风扇和热交换), 周期性流动和热传导, 涡流, 以及移动坐标系模型。移动参考系模型可以模拟单一或者多个参考系。FLUENT 还提供了时间精度滑动网格方法以及计算时间平均流动流场的混合平面模型, 滑动网格方法在模拟涡轮机多重过程中很有用。FLUENT 中另一个很有用的模型是离散相模型, 这个模型何以用于分析喷雾和粒子流, 多项流模型可以用于预测射流的破散以及大坝塌陷之后流体的运动, 气穴现象, 沉淀和分离。

湍流模型是 FLUENT 中很重要的一部分, 湍流会影响到其它的物理现象如浮力和可压缩性。湍流模型提供了很大的应用范围, 而不需要对特定的应用做出适当的调节, 而且它涵盖了其它物理现象的影响, 如浮力和可压缩性。通过使用扩展壁面函数和区域模型, 它可以对近壁面的精度问题有很好的考虑。

各种热传导模式可以被模拟, 其中包括具有或不具有其它复杂性如变化热传导的, 多孔介质的自然的、受迫的以及混合的对流。模拟相应介质的辐射模型及子模型的设定通常可以将燃烧的复杂性考虑进来。FLUENT 一个最强大的功能就是它可以通过耗散模型或者和概率密度函数模型来模拟燃烧现象。对于燃烧应用十分有用的其它模型也可以在 FLUENT 中使用, 其中包括碳和液滴的燃烧以及污染形成模型。

连续性和动量方程

对于所有的流动, FLUENT 都是解质量和动量守恒方程。对于包括热传导或可压性的流动, 需要解能量守恒的附加方程。对于包括组分混合和反应的流动, 需要解组分守恒方程或者使用 PDF 模型来解混合分数的守恒方程以及其方差。当流动是湍流时, 还要解附加的输运方程。

本节所介绍的是层流流动的守恒方程 (在惯性 (无加速度) 的坐标系中)。后面几节将会讨论热传导、湍流模拟以及组分输运的守恒方程。关于旋转坐标系中的方程将在移动区域的流动中介绍。

欧拉方程用于解决无粘流动, 将在无粘流动一节中介绍

质量守恒方程

质量守恒方程又称连续性方程:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i) = S_m$$

该方程是质量守恒方程的一般形式, 它适用于可压流动和不可压流动。源项 S_m 是从分散的二级相中加入到连续相的质量 (比方说由于液滴的蒸发), 源项也可以是任何的自定

义源项。

二维轴对称问题的连续性方程为：

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho v) \frac{\rho v}{r} = S_m$$

具体各个变量的意义可以参阅相关的流体力学书籍，其中有具体而详细地介绍。

动量守恒方程

在惯性（非加速）坐标系中 i 方向上的动量守恒方程为[8]：

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + \rho g_i + F_i$$

其中 p 是静压， τ_{ij} 是下面将会介绍的应力张量， ρg_i 和 F_i 分别为 i 方向上的重力体积力和外部体积力（如离散相相互作用产生的升力）。 F_i 包含了其它的模型相关源项，如多孔介质和自定义源项。

应力张量由下式给出：

$$\tau_{ij} = \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] - \frac{2}{3} \mu \frac{\partial u_l}{\partial x_l} \delta_{ij}$$

上式的物理意义可以参阅流体力学教科书，其中会讲得很清楚。

对于二维轴对称几何外形，轴向和径向的动量守恒方程分别为：

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\rho u) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial x}(r \rho u u) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(r \rho v u) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial x} \left[r \mu \left(2 \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{2}{3} (\nabla \cdot \bar{v}) \right) \right] \\ + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[r \mu \left(2 \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] + F_x \end{aligned}$$

以及

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\rho v) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial x}(r \rho u v) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(r \rho v v) = -\frac{\partial p}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial x} \left[r \mu \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial r} \right) \right] + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[r \mu \left(2 \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{2}{3} (\nabla \cdot \bar{v}) \right) \right] \\ - 2 \mu \frac{v}{r^2} + \frac{2}{3} \frac{\mu}{r} (\nabla \cdot \bar{v}) + \rho \frac{w^2}{r} + F_r \end{aligned}$$

其中：

$$\nabla \cdot \bar{v} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{v}{r}$$

w 是漩涡速度（具体可以参阅模拟轴对称涡流中漩涡和旋转流动的信息）

热传导

FLUENT 允许在你模型的流体和/或固体区域包含热传导。本节中所介绍的物理模型和相关输入可以处理从流体内部热混合到复合固体的热传导等问题。自然对流问题会在浮力驱动流动一节介绍，自然对流与辐射模型将在辐射模拟一节介绍

FLUENT 可以预测周期性几何外形热传导，如密集的热交换器，它只需要考虑单个

的周期性模块进行分析。关于这样流动的处理，需要使用周期性边界条件，具体可以参阅周期性流动和热传导一节。

在两个分离的流动区域解决热传导问题

如果所模拟的流动包括了两个流体区域，其中被固体区域或者壁面分离开，如下图所示，你需要更细心的定义问题。主要需要指定：

- 两个流体区域都不可以使用质量出口边界条件
- 每一个流体区域可以选择不同的流体材料。（然而对于组分计算，你只能在整个区域选择唯一一种混合材料）

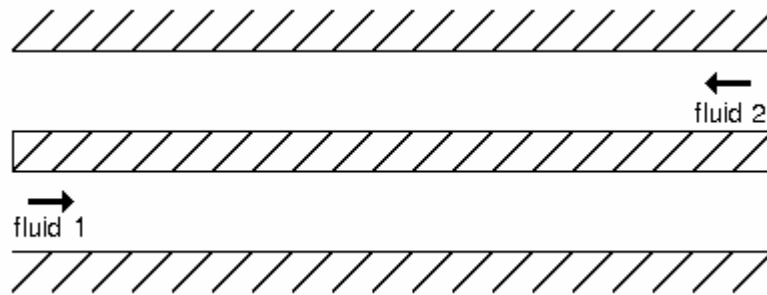


Figure 1:典型的逆流热交换，在两个流体区域包括了热传导

理论

能量方程

FLUENT 所解的能量方程的形式为

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho E) + \frac{\partial}{\partial x_i}(u_i(\rho E + p)) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(k_{eff} \frac{\partial T}{\partial x_i} - \sum_{j'} h_{j'} J_{j'} + u_j (\tau_{ij})_{eff} \right) + S_h$$

其中 k_{eff} 是有效热传导系数 ($k + k_t$, 其中 k_t 是湍流热传导系数，根据所使用的湍流模型来定义)， $J_{j'}$ 是组分 j' 的扩散流量。上面方程右手边的前三项分别描述了热传导、组分扩散和粘性耗散带来的能量运输。 S_h 包括了化学反应热以及其它用户定义的体积热源项。

在上面的方程中：

$$E = h - \frac{p}{\rho} + \frac{u_i^2}{2}$$

其中，理想气体的显焓定义为：

$$h = \sum_{j'} m_{j'} h_{j'}$$

对于可压流为：

$$h = \sum_{j'} m_{j'} h_{j'} + \frac{p}{\rho}$$

在方程 5 和 7 中， $m_{j'}$ 是组分 j' 的质量分数，而且

$$h_{j'} = \int_{T_{ref}}^T c_{p,j'} dT$$

其中 T_{ref} 为 298.15 K.

PDF 模型的能量方程

当激活非绝热 PDF 燃烧模型时，FLUENT 解总焓形式的能量方程：

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho H) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i H) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{k_i}{c_p} \frac{\partial H}{\partial x_i} \right) + \tau_{ik} \frac{\partial u_i}{\partial x_i} + S_h$$

假定 Lewis 数为 1，右手边第一项表示传导和组分扩散项。非守恒形式的粘性扩散项的贡献由第二项描述。总焓 H 定义为：

$$H = \sum_{j'} m_{j'} H_{j'}$$

其中 $m_{j'}$ 为组分 j' 的质量分数，而且

$$H_{j'} = \int_{T_{ref,j'}}^T c_{p,j'} dT + h_{j'}^0(T_{ref,j'})$$

$h_{j'}^0(T_{ref,j'})$ 是在参考温度 $T_{ref,j'}$ 下组分 j' 的生成焓

包括压力作用和动能项

能量方程中的方程 1 包含了不可压流动中常常忽略的压力作用和动能项。因此，在默认的情况下，分离解算器在解不可压流动时不考虑压力作用和动能项。如果你希望考虑这些作用，可以使用 `define/models/energy?` 文本命令将所需的项激活。

模拟可压流或者使用耦合解算器时，压力作用和动能项总是压考虑的。

包括粘性耗散项

能量方程中的方程 1 和 PDF 模型的能量方程中的方程 1 包括了粘性耗散项，该项所描述的是粘性剪切所产生的热能。使用分离解算器时，FLUENT 默认的能量方程不包括它（因为粘性热可以忽略）。当 Brinkman 数 Br 接近或者大于一，粘性热将会很重要。其中：

$$Br = \frac{\mu U_e^2}{k \Delta T}$$

ΔT 为系统温度的差分。

你需要考虑粘性耗散项并且使用分离解算器，你需要在粘性模型面板激活粘性热项。对于可压流动一般有 $Br \geq 1$ 。但是需要注意的是，当使用分离解算器时，如果你定义了可压流动模型，FLUENT 并不自动激活粘性耗散项。

当使用耦合解算器时，所解的能量方程总会包含粘性耗散项。

包括组分扩散项

能量方程一节中的方程 1 和 PDF 模型的能量方程一节中的方程 1 包括了由于组分扩散而导致的焓的输运的影响。当使用分离解算器时，在默认情况下， $\frac{\partial}{\partial x_i} \sum_j h_j J_j$ 会包含在能量方程一节的方程 1 中。如果你不想包括它，你可以在组分模型面板中关闭扩散能量源项的选项。

当使用非绝热 PDF 燃烧模型时，该项并不是显式的出现在能量方程中，因为对于 PDF 模型的能量方程一节中的方程 1 来说，该方程右手边的第一项已经包含了它。

当使用耦合解算器时，该项总是包含在能量方程中。

由于化学反应产生的能量源项

能量方程一节中的方程 1 的能量源项 S_h 包括了由于化学反应而产生的能量源项：

$$S_{h, reaction} = \sum_{j'} \left[\frac{h_{j'}^0}{M_{j'}} + \int_{T_{ref, j'}}^{T_{ref}} c_{p, j'} dT \right] R_{j'}$$

其中 $h_{j'}^0$ 是组分 j' 的生成焓， $R_{j'}$ 是组分 j' 的体积生成速度。

非绝热 PDF 燃烧模型的能量方程中，焓的定义已经包括了能量的生成（见 PDF 模型的能量方程一节中的方程 5，所以能量的反应源项不包括在 S_h 中。

由于辐射产生的能量源项

当使用某一辐射模型时，能量方程一节中的方程 1 和 PDF 模型的能量方程一节中的方程 1 的 S_h 也包括了辐射源项。详情参阅辐射模型一节。

相间的能量源项

需要注意的是，能量源项 S_h 还包括连续和离散相之间的热传导。在后面的离散与连续相耦合一节将会详细讨论。

壁面处热传导的边界条件

壁面处热传导边界条件在标准壁面函数一节中讨论。

固体区域的能量方程

FLUENT 所用的固体区域的能量输运方程的形式为：

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho h) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i h) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(k \frac{\partial T}{\partial x_i} \right) + \dot{q}'''$$

其中 ρ = 密度
 h = 显焓 ($\int_{T_{ref}}^T c_p dT$)
 k = 传导系数
 T = 温度
 \dot{q}''' = 体积热源

方程 1 左手边的第二项体现了由于固体的平移和旋转而导致的能量对流热传导。速度场 u_i 由指定固体区域的运动计算出来（见固体条件一节）。方程 1 右手边的项分别是固体内部热传导流量和体积热源的热流量。

固体的各向异性热传导

当使用分离解算器时，FLUENT 允许你制定固体材料的各向异性热传导系数。固体的各向异性传导项形式为：

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left(k_{ij} \frac{\partial T}{\partial x_j} \right)$$

其中 k_{ij} 是热传导系数矩阵。关于固体材料的各向异性热传导系数的制定可以参阅固体的各向异性热传导系数一节。

入口处的扩散

入口处能量的净输入既包括对流部分也包括扩散部分。对流部分由你所指定的入口温度确定。扩散部分依赖于计算出温度场的梯度。因此扩散部分（相应的净入口输运）不是提前指定的。

在某些情况下，你可能希望指定入口处的能量净输运而不是入口温度。如果你使用分离解算器，你可以通过取消入口能量扩散来实现这一目标。在默认的情况下，FLUENT 在入口处会考虑能量的扩散流量。要关闭入口扩散，可以使用文本命令：`define/models/energy?`。

如果你使用耦合解算器，入口扩散选项无法关闭。

热传导所需的用户输入

当 FLUENT 模型包含了热传导，你需要激活相关的模型，提供热边界条件，并输入控制热传导和/或随温度变化的材料属性。本节将会介绍这些输入。

下面将会介绍热传导问题的设定步骤。（注意：本步骤只包括热传导模型设定的必须步骤，你还要设定其它的模型，边界条件等。）

1. 要激活热传导的计算，请在能量面板中打开激活能量方程选项。菜单：`Define/Models ?Energy...`。

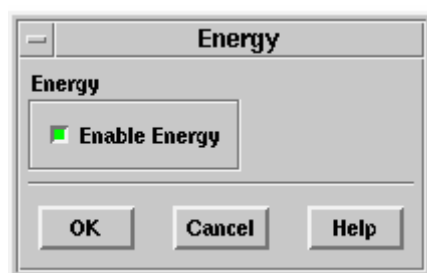


Figure 1: 能量面板

2. (可选, 只用于分离解算器)如果你模拟粘性流动, 而且希望在能量方程中包括粘性热传导项, 请在粘性模型面板中打开粘性热传导项。如包含粘性耗散一节中所述, 当使用分离解算器时, FLUENT 在默认的情况下会忽略能量方程中的粘性热传导项 (如果使用耦合解算器, 则会一直包含粘性热传导项。当流体中的剪切应力较大 (如: 润滑问题) 和/或速度较高、可压流动, 就应该激活粘性耗散项 (见包含粘性耗散项一节中的方程 1)。

菜单 **Define/Models/Viscous...**

3. 在流动入口、出口和壁面处定义热边界条件。菜单: **Define/Boundary Conditions...**

在流动的出入口你需要设定温度, 在壁面处你可能需要设定下面的某一热条件:

- 指定热流量
- 指定温度
- 对流热传导
- 外部辐射
- 外部辐射和外部对流热传导的结合

定义壁面处热边界条件一节详细地介绍了控制热边界条件的模型输入。入口处默认的热边界条件为指定的温度 300 K; 壁面处默认的条件为零热流量 (绝热)。关于边界条件的输入请参阅边界条件一章。

4. 定义适合于热传导的材料属性。菜单: **Define/Materials...**

如物理属性一节所述, 必须定义热容和热传导系数, 而且你可以指定很多属性为温度的函数。

温度的上下限

出于稳定性考虑, FLUENT 包括了预测温度范围的限制。设定温度上下限的目的是为了提高计算的稳定性, 从物理意义上说, 温度应该处于已知极限的范围之内。有时候方程中间解会导致温度超出这些极限, 此时就无法很好的定义属性。温度极限保证你的问题的温度在期待的范围之内。如果计算的温度超出最大极限, 那么所存储的温度就会固定在最大值处。默认的温度上限是 5000 K。如果计算的温度低于最小极限, 那么存储的温度就会固定在最小值处。默认的温度下限是 1 K。

如果你所预期的温度超过 5000 K, 你应该使用解限制面板来增加最大温度。菜单: **Solve/Controls/Limits...**

热传导的解过程

虽然使用 Fluent 默认的解参数可以成功的解决很多简单的热传导问题, 你还是可以使用本节所提供的指导方针来加速收敛速度和解的稳定性。

能量方程的亚松弛

使用分离解算器时, FLUENT 可以使用你在解控制面板所定义的亚松弛参数来处理亚松弛能量方程, 具体可以参阅设定松弛因子一节所介绍的内容。菜单: **Solve/Controls/Solution...**

如果使用非绝热 PDF 模型, 你需要像通常一样设定能量亚松弛因子, 但是你也可以设定温度的亚松弛因子, 其用法和解焓方程时温度的亚松弛一节所介绍的一样。

FLUENT 不会管所解能量方程是温度还是焓形式,它都会设定默认的亚松弛因子为 1.0。在能量场影响流体流动(通过温度相关属性或者焓)的问题中,你应该是用较小的亚松弛因子,一般在 0.8 到 1.0 之间。当流场和温度场解耦时(没有温度相关属性或者浮力),你可以保留松弛因子的默认值 1.0。

解焓方程时温度的亚松弛

当解焓形式的能量方程时(即当你使用非绝热 PDF 燃烧模型时),FLUENT 也对温度进行亚松弛,也就是说,只是用焓(亚松弛)变化对应的温度变化的某一分数来更新温度场。当你希望焓场变化较快时,二层的亚松弛很有用,只是温度响应比较之后,相应的温度对流场的影响也会滞后。FLUENT 对于温度的亚松弛默认设定为 1.0,此设定使用解控制面板来实现。

屏蔽组分扩散项

如果使用分离解算器来解决组分输运,而且遇到了收敛困难,你应该考虑在组分模型面板中关闭扩散能量源项。菜单: **Define/Models/Species...**

当改选项关闭时,FLUENT 会忽略能量方程的组分扩散影响。注意:当使用耦合解算器时组分扩散影响总会被考虑到的。

步进解

最为有效的预测热传导策略是先计算等温流动然后加入能量方程的计算。步骤稍有不同,主要取决于流动和热传导是否耦合。

如果流动和热传导是解耦的(没有温度相关属性或浮力),你可以首先解等温流动(关闭能量方程)来产生收敛的流场解,然后单独解能量输运方程。

注意:因为耦合解算器总是一起解流动和能量方程,所以单独解能量方程只应用于分离解算器。

你可以在解控制面板中的方程列表中取消能量选项来临时关闭流动方程或者能量方程(请参阅步进解一节)。菜单: **Solve/Controls/Solution...**

如果流动和热传导是耦合的(也就是模型中包括温度相关属性或浮力),你可以在打开能量方程之前首先解流动方程。一旦你有了收敛的流场解,你就可以打开能量选项然后同时解流动和能量方程完成热传导的模拟。

热传导的报告

FLUENT 为热传导模拟提供了附加的报告选项。你可以生成图形或者报告下面的变量或函数:

- 静温
- 总温
- 焓
- 相对总温
- 壁面温度(内部表面)
- 壁面温度(外部表面)

- 总焓
- 总焓误差
- 熵
- 总能量
- 内能
- 表面热流量
- 表面热传导系数
- 表面努塞尔（Nusselt）数
- 表面斯坦顿（Stanton）数

上面所示的前 11 个变量包含在后处理面板中的变量选择下拉列表的温度类别中，剩下的变量在壁面流量类别中。关于它们的定义可以参阅流场函数定义一节。

在报告和显示中焓与能量的定义

焓与能量报告值的定义是不同的，它取决于流动可压与否。完全的定义请参阅流场变量及其定义的列表。

报告通过边界的热传导

你可以使用流量报告面板来计算通过每一个边界的热传导或者将通过所有边界的热流量加起来来检查热平衡。菜单：**Report/Fluxes...**

推荐检查热平衡以确认你的解是收敛的。关于流量报告的生成请参阅通过边界的流量一节。

报告通过表面的热传导

你可以使用曲面积分面板（在曲面积分一节介绍）来计算通过任何边界的热传导或者计算通过曲面的热传导，这个曲面可以在显示和报告曲面数据一节中介绍的方法来创建。菜单：**Report/Surface Integrals...**

要报告焓的流速

$$Q = \int \rho H \vec{V} \cdot d\vec{A}$$

在曲面积分面板选择流动速度选项，选择焓（在温度类别中）作为流场变量，然后选择需要积分的一个或多个曲面。

报告平均热传导系数

曲面积分面板还可以报告在表面上的平均热传导系数 h ，菜单：**Report/Surface Integrals...**

在曲面积分面板中选择平均选项，选择曲面热传导系数（在壁面流量类别中）作为流场变量然后点击相应的曲面。

浮力驱动流动和自然对流

当加热流体，而且流体密度随温度变化是，流体会由于重力原因的而导致密度的变化。这种流动现象被称为自然对流（或者混合对流），Fluent 可以模拟这种流动。

理论

可以用 Grashof 数 Reynolds 雷诺数的比值来度量浮力在混合对流中的作用：

$$\frac{Gr}{Re^2} = \frac{\Delta \rho g h}{\rho v^2}$$

当这个数接近或者超过一，你应该考虑浮力对于流动的贡献。反之，你就可以忽略浮力的影响。在纯粹的自然对流中，浮力诱导流动由瑞利数（Rayleigh）度量：

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

其中热膨胀系数为：

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

热扩散系数为：

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

Rayleigh 数小于 10^8 表明浮力诱导为层流流动，当瑞利数在 10^8 到 10^{10} 之间就开始过渡到湍流了。

Boussinesq 模型

对于很多自然对流流动，你可以用 Boussinesq 模型来得到更好的收敛速度，它要比设定密度为温度的函数来解决问题收敛得快。除了动量方程的浮力项之外，该模型在所有解决的方程中将密度看成常数。动量方程为：

$$(\rho - \rho_0)g \cong -\rho_0 \beta (T - T_0)g$$

其中 ρ_0 是流动的常数密度， T_0 是操作温度， b 是热扩散系数。上面的方程是通过 Boussinesq 近似等于 $\rho_0 (1 - b D T)$ 来消除浮力项中的 ρ 得到的。只要真实密度变化很小，该近似是很精确的。

使用 Boussinesq 模型的时机

在封闭区域使用 Boussinesq 模型来计算时间相关自然对流是很必要的。假如温度变化很小，该模型也可以用于定常问题。

Boussinesq 模型不能用于组分，燃烧和反应流动的计算。

浮力驱动流动的用户输入

在混合或自然对流中，你必须提供下面的输入来考虑浮力问题：

1. 在能量面板中打开能量方程选项。菜单：Define/Models/Energy...
2. 在操作条件面板（下图）中打开重力选项，并在每一个方向上输入相应的重力加速度数值。菜单：Define/Operating Conditions

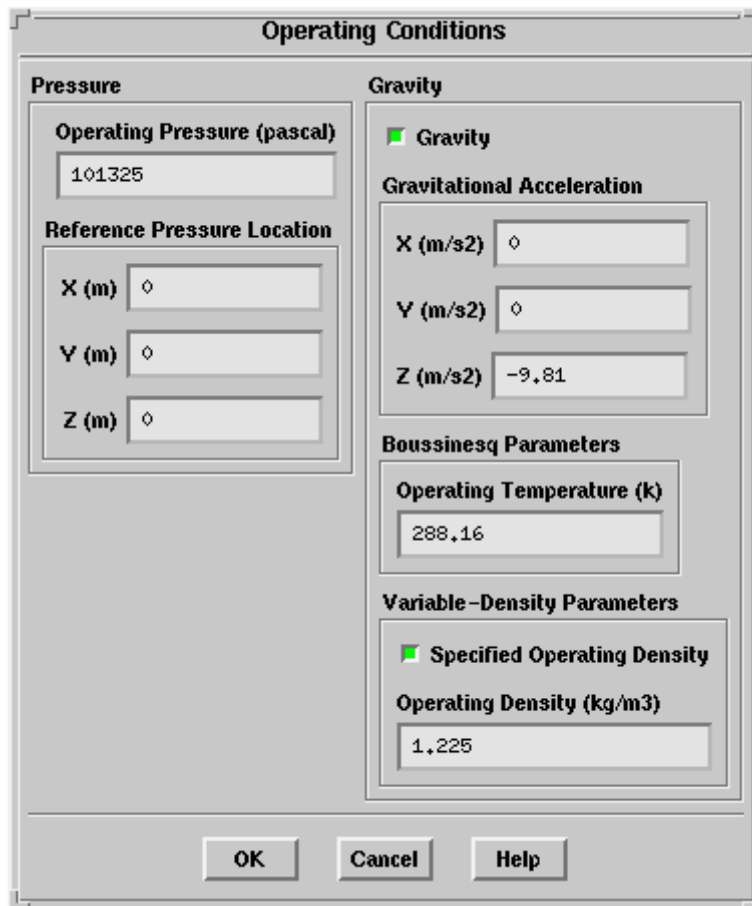


Figure 1: 操作条件面板

注意，FLUENT 中默认的重力加速度为零

3. 如果使用不可压缩理想气体定律，要在操作条件面板中检查操作压力的数值（非零值）。
4. 下面的选项取决于你是否使用 Boussinesq 近似：
 - 如果不使用 Boussinesq 模型，输入如下：
 1. 必要的话在操作条件面板中激活操作密度选项，然后指定操作密度，详细设置可以参阅定义操作密度一节。
 2. 定义流体密度为温度的函数，具体可以参阅使用温度相关函数和密度定义属性一节。菜单：Define/Materials...
 - 如果使用 Boussinesq 模型，输入如下：
 1. 在操作条件面板中指定操作温度（Boussinesq 模型一节中方程 1 的 T₀）
 2. 选择 Boussinesq 方法来计算在使用材料面板中的密度（具体可以参阅使用温度相关函数和密度定义属性一节）。
 3. 还是在材料面板中，设定热扩散系数并指定常数密度。

注意：如果模型包括多种材料，对于每一个材料你都可以选择是否使用 Boussinesq 模型。因此你可以对某些材料使用 Boussinesq 模型其它的可以不使用。关于每一个材料的设

定步骤都和上面所介绍的一样。

5. 在压力入口和出口边界处的你所输入的边界压力是重新定义的压力,该压力由操作密度的定义一节中的方程 3 给出。一般说来,如果没有外部强加的压力梯度,FLUENT 模型在入口和出口边界处的压力 p^* 应该是相等的。菜单: **Define/Boundary Conditions...**。
6. 在解控制面板中,选择加权的体积力或者二阶方法作为压力的离散方法。菜单: **Solve/Controls/Solution...**。

你需要在近壁面增加单元以解决边界层问题。

如果你使用四边形或六面体网格并使用分离解算器,推荐选择 **PRESTO!**作为压力的离散方法。也可以参阅热传导计算设定所需的用户输入。

操作密度的定义

当不使用 Boussinesq 近似时,操作密度 ρ_0 在动量方程中出现在体积力一项中:

$$(\rho - \rho_0)g$$

该种形式的体积力项遵从 FLUENT 中压力的重定义:

$$p'_s = \rho_0 g x + p_s$$

这样,静止流体可以保证静压平衡

$$\frac{\partial p_s}{\partial x} = \rho g$$

变成:

$$\frac{\partial p'_s}{\partial x} = (\rho - \rho_0)g$$

因此,在所有的浮力驱动流动中,参考密度的定义都是很重要的。

在默认的情况下,FLUENT 会通过对所有单元取平均来计算操作密度。在某些算例中如果你明确指定操作密度而不是让解算器来计算密度,你可能会得到更好的结果。比方说,如果你用压力边界条件解自然对流问题,知道你所指定的压力是方程 3 中的 p_s^* 是很重要的。。即使你知道真实压力 p_s ,你还是需要知道操作密度 ρ_0 ,以便于从 p_s 确定 p_s^* 。因此,你应该明确定义操作密度而不使用计算的平均值。但无论如何你所指定的密度都应该是对平均值的描述。

在某些情况下,指定操作密度会提高解的收敛性而不会改善实际的结果。对于这种情况,使用近似 bulk 密度值作为操作密度,并保证你所选的值对于区域的特征温度是合适的。

注意:如果你使用 Boussinesq 近似,就不会使用操作密度了,所以你也不必指定它。

浮力驱动流动的解策略

对于高瑞利数流动,你需要考虑下面的解决方针。除此之外,在解决其它热传导问题的处理过程中所介绍的指导原则也可以用于浮力驱动流动。但是,需要注意的是对于高瑞利数的某些层流流动是没有定常解存在的。

解决高瑞利 (Rayleigh) 数流动的方针