

**E E S**

# 工程方程解答器

基于微软公司 Windows 操作系统  
商业和专业的版本

**F- 图表软件**

**[http:// www.fchart.com/](http://www.fchart.com/)**

**电子邮件 : [info@fchart.com](mailto:info@fchart.com)**

## 综述

EES 是工程方程解答器的英文字母的首字母缩写词。EES 的基本功能是解代数方程组。EES 也能解差分方程、有复杂变量的方程、做工程优化、提供线性和非线性回归并可绘出良好的二维图形。EES 的最早版本开发于 Apple Macintosh 计算机和 Windows 操作系统。这本使用手册描述了基于 Windows 操作系统的 EES 版本, 包括 Windows 95/98/2000/XP/7/8 和 Windows 10。

EES 和现有的方程组数值解程序之间有两个主要的差别。首先, EES 自动识别和求解必须同时求解的方程组。这个特点简化了用户的工作并可使解答器永远在最佳效率下工作。其次, EES 提供了很多对工程计算非常有用的内置数学和热物性函数。例如, EES 中内置有蒸汽性质表, 根据任意两个物性参数就可通过调用一个内置函数而获得其它的物性参数。对于大多数制冷剂(包括一些新的混合制冷剂)、氨、甲烷、二氧化碳和很多其它流体, 也提供了类似的功能。空气性质表是内置的, 很多常用气体的 psychrometric 函数和 JANAF 表中的数据一样也是内置的。同样也提供了这些物质的迁移性质。

虽然 EES 中的数学函数和热物性函数库是强大的, 但是并不能完全满足每个用户的需要。EES 允许用户用 3 种方式输入他/她自己的函数关系式。首先, 在 EES 中插入和添加表格数据非常方便, 这样列表数据可以在方程组的求解过程中直接使用。其次, EES 语言支持用户用类似于 Pascal 和 Fortran 语言编写的函数和子程序。EES 也支持用户自己用 EES 语言编写的模块, 这些模块可以被其他 EES 程序调用。那些函数、子程序和模块可以当作文件储存, 当启动 EES 时这些可自动读取。第三, 用任何一种高级语言(例如 Pascal、C 或者 Fortran)编写的外置函数和子程序, 可以通过使用 Windows 操作系统的动态连接程序库的功能而动态连接到 EES。添加的函数关系式的这三种方法为扩展 EES 的功能提供了非常强有力的手段。

提出 EES 的动机在于热力学和传热学的教学过程。为了学习这些课程, 学生经常需要解决问题。对于学生来说, 查找物性数据和求解决相似的方程组需要耗费大部分时间和精力, 一旦学生熟悉了这些物性数据表, 对这些物性数据表的进一步使用并不能对学生的能力有所帮助, 对代数表达式的使用也是如此。以通常的方式解决问题所需要的时间和精力实际上消耗了学生学习这些的学习兴趣, 因为它迫使学生去关心求解方程组所需要的语句(其实无关紧要)而使学习非常费力。一些涉及到热力学和传热学的有趣的实际问题可能因为他们的数学复杂性而并没有解析解。EES 允许用户摆脱平凡杂事而集中更多心思于开发上。

对于需要确定一个或更多参数的设计问题, EES 显得特别有用。EES 程序提供了物性参数表, 这类似于一张电子表格。用户需要确定独立变量并在表格里输入其数值, EES 将计算出表格中其他物性参数的数值。则表格内的参数的关系可以显示在平面图上。EES 也提供了实验数据误差引起计算变量误差的估计。利用 EES, 设计问题并不比求解一个具有固定自变量的问题难。

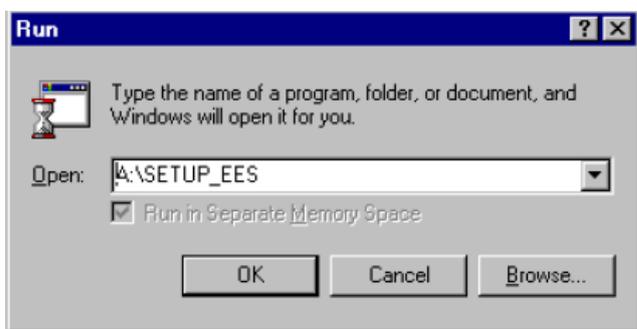
EES 的优势在于它提供一套简单而直观的命令, 这样初学者能迅速掌握解决任何代数学问题的方法。而且, 这个软件的功能对于专业人员来说也是强大而实用的。内置于 EES 软件中的庞大的关于热物性和迁移性质的数据库对于解决关于热力学、流体力学和传热学问题是大有裨益的。EES 可以用于很多工程问题; 尤其适用于在机械工程课程方面和解决实际工程问题的需要。

这本手册的其余部分由 7 个章节和 5 个附录组成。初学者应该学习第 1 章，其中举例从头到尾说明了解决简单问题的方法。第 2 章提供关于各种函数的具体信息以及对于每个 EES 窗口的控制。第 3 章是为每个菜单命令提供详细信息的一个参考部分。第 4 章描述内置数学函数和热物性函数，以及数据库立标的使用一览表。第 5 章提供了编写 EES 函数、程序和模块以及在库文件里加以保存的说明。第 6 章描述如何将编写的外部函数和程序（动态连接程序库(DLL)程序）融入到 EES 中。第 7 章在 EES 里描述许多先进的特征，例如使用字符串、复数和矩阵变量，同时求解差分和代数方程组的办法，以及绘制物性图。附录 A 包含的 EES 所给的建议。附录 B 描述了 EES 使用的数值解法。附录 C 显示了附加物性参数如何融入 EES 中。EES 中的例题目录包含有许多举例。附录 D 表明了 EES 提供的例子中具有的特征。

# 第一章 开始

## 在电脑上安装 EES

EES 以自安装的压缩形式被分配在一个叫做 SETUP\_EES.exe 的文件里，该文件可能提供在两个软盘上或者在 CD 上。为了安装 EES，执行 SETUP\_EES 安装程序是必须的。如果你正从 CD 中安装 EES，当 CD 被放进驱动器时，安装程序将自动开始。为了从一个软盘中安装 EES，把这个第一个磁盘放进驱动器中并且从“Start”菜单中选择“Run”命令，然后输入 A:\SETUP\_EES.exe。



这里 A: 是你的软驱指定。无论发生哪种情况，安装程序将提供一系列提示来引导你完成 EES 的安装程序。

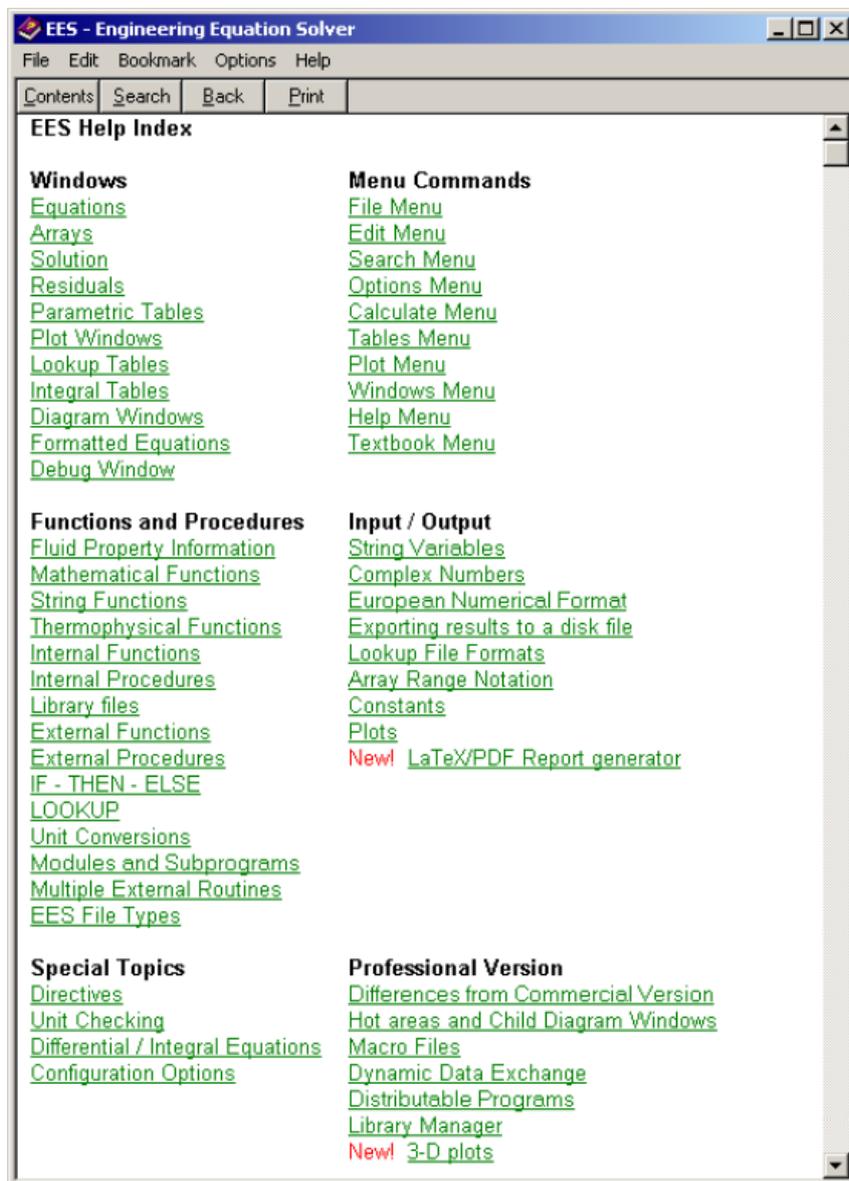
## 开始 EES



默认安装程序将创建命名为 C:\EES32 的目录，其中安置有 EES 文件。如上所示的 EES 程序图标将识别程序和 EES 文件。在 EES 程序或文件图象上双击左键将启动程序。如果你双击一个 EES 文件，文件将被自动调用。否则，EES 将调用简明描述了该版本新特征的 HELLO.EES 文件。如果在程序开始的时候你不希望让它出现，你能删除或者给 HELLO.EES 文件重新命名。

## 背景资料

EES 首先打开一个显示注册信息、版本号和其他信息的一个对话框。如果你请求技术支持，将需要版本号和登记信息。点击 OK 按钮关闭对话框窗口。详述帮助在 EES 内任一点可提供。按 F1 键将弹出一个与最前面的窗口有关系的帮助窗口。点击按钮将弹出显示如下的帮助索引的内容。点击一带有下划线的词将提供与主题有关的帮助（在颜色监测器上显示为绿色）。



EES 命令被分配为九个下拉菜单。用户确定的第 10 个菜单可以放到帮助菜单的右边。阅读第 3 章 File 菜单中的 Load Textbook 命令的讨论。下面将概要讲解它们的功能。各种命令将在第 3 章详细讲解。



注意到菜单条下面的工具条。工具条包含的小按钮提供了快速获得许多经常使用的 EES 菜单命令的入口。如果你在一个按钮上移动光标并且等几秒，一些文字将弹出来解释那个按钮的功能。如果你希望，用 Preferences 对话框(Options 菜单)里的一个控制，工具条能被隐藏。

代表 EES 图标的 System 菜单在 File 菜单上方。System 菜单不是 EES 的一部分，而是 Windows 操作系统的一个特征。用它可以移动、缩放窗口或转换到其他作业。File 菜单可以调用、合并和保存文件和库文件，以及提供打印命令。

编辑菜单提供剪切、复制、粘贴命令。

搜寻菜单提供查找和替换命令，供 Equations 窗口使用。

选择菜单提供变量的估计值和上下限、所采用的单位制、缺省信息和程序优先权的命令。也提供了显示内置和用户提供的函数信息的命令。

计算菜单包含检查、格式化和解方程组的命令。

表格菜单包含建立和改变参数和查找表格内容以及对这些表格里的数据做线性回归的命令。参数表格类似于电子表格，在改变一个或更多变量的值时使方程组反复求解。查找表格拥有可以被插入和使用于方程组求解的用户提供的的数据。

绘图菜单提供了修改现有物性图或者通过参数、查找或者阵列表格里的数据绘制新图的命令。同时也提供了曲线拟合的功能。

窗口菜单提供了将任意 EES 窗口提到前台或者组织窗口的一种简便方法的命令。

帮助菜单提供了访问在线帮助文档的命令。

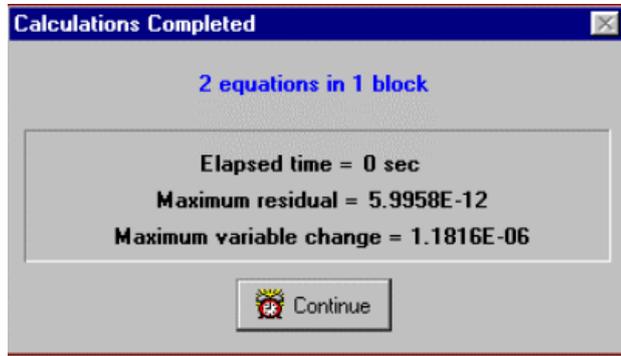
EES 的基本功能是非线性代数方程组的求解办法。为了阐明这种功能，启动 EES 并且在 Equations 窗口里输入一个简单的例子。注意到 EES 不区分上下标，故用 ^ 符号(或者 \*\*) 用来表示给升幂。



如果你希望，你可以通过从窗口菜单中选择 Formatted Equations 命令观看用数学表达式编写的方程式。



从 Calculate 菜单中选择 Solve 命令。将出现一个对话框窗口显示求解过程的进度。当计算完成时，按钮将从 Abort 变为 Continue。



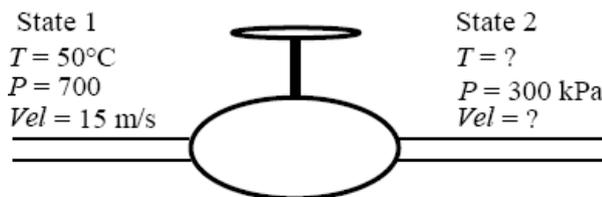
点击 Continue 继续按钮。然后将显示这个方程组的结果。



## 一个热力学问题例子

建立并且求解一个简单的热力学问题，以说明物性函数的调用和 EES 求解方程组的过程。下面是大学生热力学课程方面可能遇到的一种典型问题。

制冷剂 134a 以 700 kPa, 15m/s 的速度输入一个阀门，阀门的入口温度为 50°C，压力为 300 kPa。入口和出口流动面积都为 0.0110 m<sup>2</sup>。确定在阀门出口处的温度、干度和速度。



说明

1 T = 50°C, P = 700 Vel = 15 m/s 说明 2 T = ? P = 300 kPa Vel = ?

为了解决这个问题，必须选择一个系统然后利用质量和能量平衡。本例题中设系统为阀门。物质流动是稳定的，因此质量平衡是：

$$m_1 = m_2 \quad (1)$$

式中

$$m_1 = A_1 \text{ Vel}_1 / v_1 \quad (2)$$

$$m_2 = A_2 \text{ Vel}_2 / v_2 \quad (3)$$

m = 质量流量 [kg/s]    A = 横截面积 [m<sup>2</sup>]    Vel = 速度 [m/s]    v = 比容 [m<sup>3</sup>/kg]

我们知道

$$A_1 = A_2 \quad (4)$$

假设阀门被隔离得很好且没有运动部件。加热和做功两个都为零。在阀门上的稳态能量平衡是：

$$\dot{m}_1 \left( h_1 + \frac{Vel_1^2}{2} \right) = \dot{m}_2 \left( h_2 + \frac{Vel_2^2}{2} \right)$$

$h$  是比焓和  $Vel^2/2$  是比动能。用 SI 单位制，具体的焓通常用单位 [kJ/kg]，因此可能需要一些单位变换。EES 通过 CONVERT 功能提供有单位变换功能，该功能在第 4 章会加以说明。另外，使用“Check Unit”命令(“Calculate”菜单中)检查的所有单位转换，使每个方程式内的单位是量纲一致。根据 R134a 的物性之间的关系：

$$v_1 = v(T_1, P_1) \quad (6)$$

$$h_1 = h(T_1, P_1) \quad (7)$$

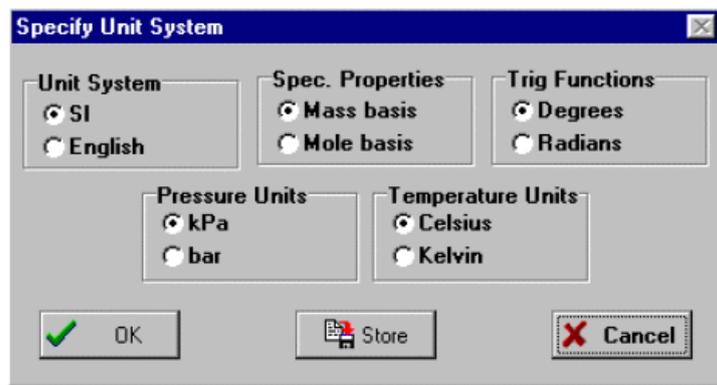
$$v_2 = v(T_2, P_2) \quad (8)$$

$$h_2 = h(T_2, P_2) \quad (9)$$

通常忽略与速度有关的项，主要因为动能通常很小，而且这些项将会使问题变得难解。不过，利用 EES，计算的困难不成问题。用户能用动能项解决问题并且判断该项的重要性。

$T_1$ ,  $P_1$ ,  $A_1$ ,  $Vel_1$  和  $P_2$  的值是已知的。存在有 9 个未知量： $A_2$ ,  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $Vel_2$ ,  $h_1$ ,  $v_1$ ,  $h_2$ ,  $v_2$ ,  $T_2$ 。因此存在 9 个方程式，这个问题的结果也就确定的。现在只要解方程组，而这是 EES 能帮助的地方。

启动 EES 并且从“File”菜单中选择“New”命令。将弹出一个空白的方程窗口。不过，在输入方程式之前，为内置热物性函数确定单位制。为了观看或者改变单位制，从“Options”菜单中选择“Unit system”。



最初 EES 在 SI 单位制中设定 T 的单位为℃，P 的单位为 kPa，在比性质中用常用的单位来与质量单位配套。这些默认可能在以前使用过程中改变过。点击如上所示控制筐确定单位。点击 OK 按钮(或者按回车键)以确定单位制设置。

现在能将等式输入到 Equations 窗口中。文本以和任何文字处理器的方式输入。格式化规章如下：

1.不区分大小写字母。EES 将(选择)改变所有变量的字母形式与他们首先出现的这种方

式相配。

2. 空白线和空格可能接近于被忽视。

3. 注释必须用花括号 {} 或内引号 "" 括起来。注释可能按需要为多行。括号内的注释可能会屏蔽掉只有 {} 最外的字母能被识别。在引号内的注释也将被显示在 Formatted Equations 被格式化的方程式窗口里。

4. 变量名称必须以字母开始和除 ( ) ' | \* / + - ^ { } : ; " 之外的任何键盘符号组成。矩阵变量(第 7 章)用在行标和列标外围加方括号表示, 例如, X[5,3]。字符串变量(第 7 章)用 \$ 作为变量名称最后一个符号表示。变量名的最大长度是 30 个字符。

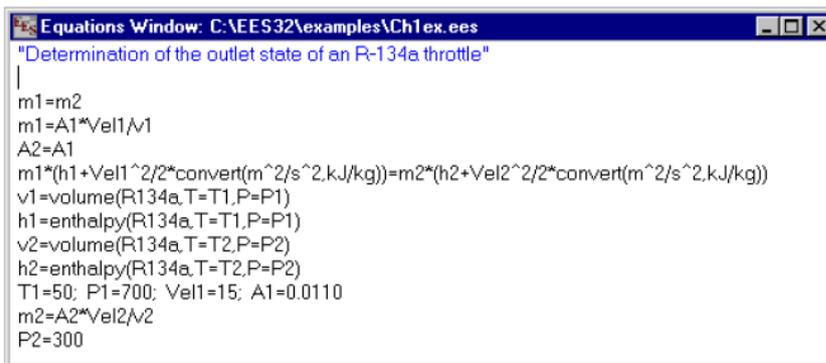
5. 多个方程式如果用分号 (;) 分开, 则可在同一行内输入, 但每行的最大长度不得超过 255 字符。

6. 字符 ^ 或者 \*\* 表明升幂。

7. 方程式输入的顺序不重要。

8. 方程式里的已知量和未知量的位置不重要。

针对某个问题, 输入方程式和利用在“Calculate”菜单里的“Check/Format”命令检查句法之后, “Equation”窗口将会显示如下图。在彩色显示器上注释通常显示为蓝色。其他格式化选项可用“Options”菜单中的“Preferences”命令来设置<sup>1</sup>。



```
Equations Window: C:\EES32\examples\Ch1ex.ees
"Determination of the outlet state of an R-134a throttle"
|
m1=m2
m1=A1*Vel1/v1
A2=A1
m1*(h1+Vel1^2/2*convert(m^2/s^2,kJ/kg))=m2*(h2+Vel2^2/2*convert(m^2/s^2,kJ/kg))
v1=volume(R134a,T=T1,P=P1)
h1=enthalpy(R134a,T=T1,P=P1)
v2=volume(R134a,T=T2,P=P2)
h2=enthalpy(R134a,T=T2,P=P2)
T1=50; P1=700; Vel1=15; A1=0.0110
m2=A2*Vel2/v2
P2=300
```

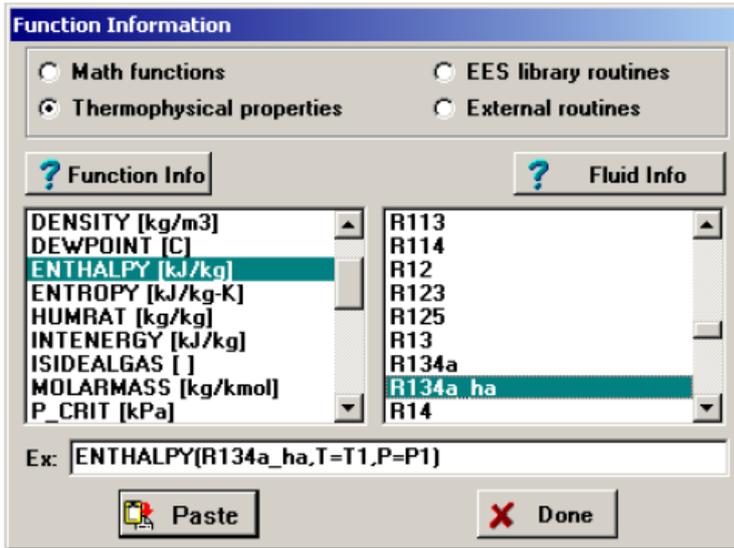
注意本题中使用“Convert”功能把动能单位[m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>]转化为焓的单位[kJ/kg]。“Convert”功能在这些问题里非常有用。关于其用法的详细描述请参阅第 4 章。

热力学的物性函数, 例如焓和比容的计算都有特别的形式。函数的第一个主题字是物质名字, 如本题里的 R134a。下一个主题字是由具有含意的单字母表示的变量和一个等号。可用的字母是 T, P, H, U, S, V 以及 X, 分别表示为温度、压力、比焓、内能、熵、比容和干度。对于空气湿度函数, 可用字母有 W, R, D 和 B, 分别表示为含湿量、相对湿度、露点温度和湿球温度。

不需要格式化命令的一种使用函数的简易方法, 是利用“Options”菜单里的“Function Information”命令。该命令将弹出如下所示的对话框窗口。点击“Thermophysical Properties”圆形按钮。内部热物性函数的列表将显示在右边, 而物质列表也显示在左边。通过点击函数名来选择物性函数, 如有必要使用滚动条使它显示在屏幕里, 以同样的方式选择物质。在按钮底部的“Example”方框里将显示函数格式的例子。如果需要, 在方框里的信息可以改变。点击“Paste”按钮将例题复制到“Equation”窗口光标所在的位置。点击“Function Info”

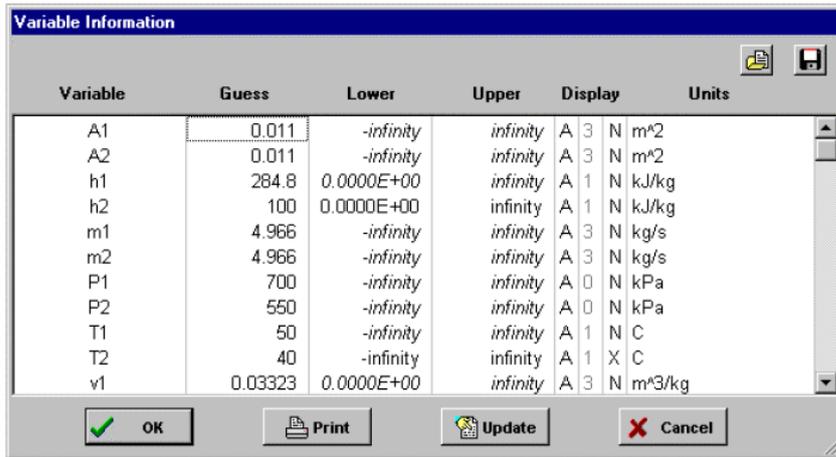
<sup>1</sup> 1 若在 Windows Regional Settings Control Panel 逗号被选择作为十进制小数符号, EES 将接受逗号(而不是小数点)为十进制分隔符, 选择分号(而不是逗号)作为主题分隔符; 选择冒号:(而不是分号)作为方程式分隔符。

和“Fluid Info”按钮可获得一些附加信息。



在解方程组之前最好能确定变量的推测值和上下限(可能的话)，这可利用“Option”菜单内的“Variable Information”命令做到。在展示“Variable Information”对话框之前，EES 检查句法并且编辑新近输入和/或改变了的方程式，然后用一个未知量解方程组。然后才出现“Variable Information”对话框。

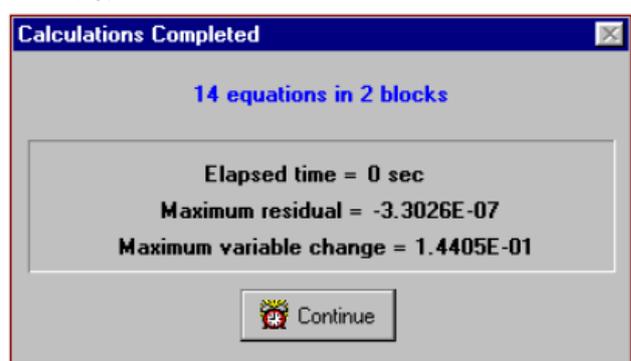
在“Equation”窗口中显示的“Variable Information”对话框中每个变量都会包含一行。默认情况下，所有变量的初值均为 1.0，上下限分别为正无穷和负无穷。(若 EES 先前计算过变量的值，则上边界和下边界以斜体的形式显示，这种情况下，初值列将显示计算值。这些斜体形式的值仍然可以修改，这将迫使 EES 重新计算变量的值。)



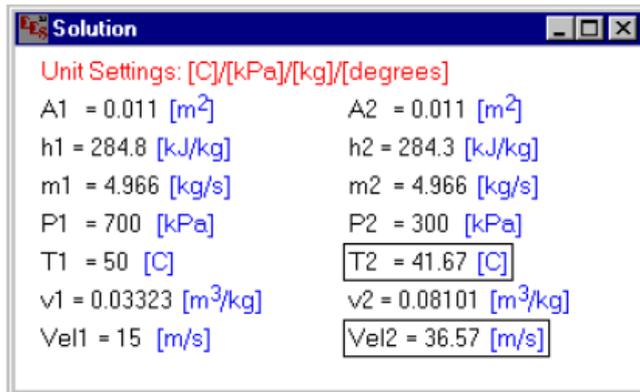
在“Display Option”展示选择栏中的 A 表明 当它显示在 Solution 解决办法窗口时，

EES 将自动为变量的数值确定显示形式。这样的话，EES 将选择合适的数字的数量，因此在 A 右边的数字栏将不发挥作用。默认为自动地面接收机终端格式化。其它的展示选项是 F(对固定的在小数点右边的数字的数量来说)和 E(对指数的形式来说)。显示和其他默认能容易随 Options 菜单内的 Default Information 缺省信息命令而变，这在第 3 章讨论。第 3 个 Display options 展示选择栏控制强光突出 highlighting 影响，例如正常的(默认)，加粗，框出。如果想要，变量的单位能被指定。单位将在 Solution 解决办法窗口和/或在 Parametric Table 参数表格里和变量一起显示。EES 不仅仅自动进行单位变换还能通过(第 4 章)Convert 转变的功能提供单位变换。

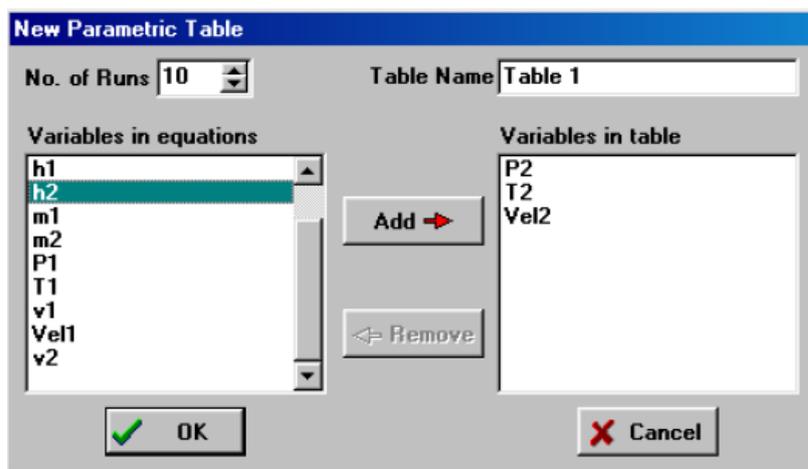
并且用计算菜单内的 Check Units 命令来校核单位。输入到这里的单位制信息只用于展示目的。利用非线性的方程式，为了确定所需的解决办法，提供合理的推测值和界限有时是必要的。(这对于本题不需要。)从问题的物理学出发可得到一些变量的界限。在事件例子内，出口焓，h2，应该合理接近于 h1 值。把它的推测值确定为 100 和它的下限为 0。确定出口比容，v2 的推测值为 0.1 和它的下限为 0。滚动变量信息目录使 Vel2 呈现在眼前。Vel2 的下限也应该是零。为了解决方程式组，从 Calculate 计算菜单中选择 Solve 解决命令。将弹出一个信息对话框说明耗费的时间，最大残余量(即在方程式左边和右边之间的差别)和自从最后一迭代在变量值内的最大变化。当计算完成时，EES 显示事件中的方程式的总数和块数。块是一个可以被独立解决的方程式的子集。EES 自动将方程式分块，在任何可能的情况下，以便改进计算效率，如附录 B 描述。当计算完成时，这个按钮将由 Abort 改变为 Continue 继续。



经默认，当发生到 100 次迭代，耗费的时间超过 60 秒，最大残余少于  $10^{-6}$  或者最大的变量的变化少于  $10^{-9}$  时，计算将停止。这些默认可以随选择菜单中的 Stop Criteria 命令而变。如果最大残余比关于 Stop Criteria 确定的值更大，则方程式计算错误，也许是因为在一个或更多变量上的边界限制这个解决办法。点击 Continue 继续按钮将除去信息对话框并且展示在下一页上显示的 Solution 解决办法窗口。由于 T2，m2 和 Vel2 的值被确定，问题现在就完成。



EES 的最有用的特征之一是提供参数研究的性能。例如，在本例题内，节流阀的出口温度和出口速度如何随出口压力变化是相当有趣的。利用 Tables 菜单中的命令可以自动进行一系列计算和平面绘制。选择 New Table 新表格命令。将弹出一个对话框以显示出现在 Equations 窗口内变量的清单。这样的话，我们将创建包含变量 P2, T2, Vel2 和 h2 的一张表格。在左边从变量的目录点击 P2。这将引起 P2 被强调，增加按钮将被激活。



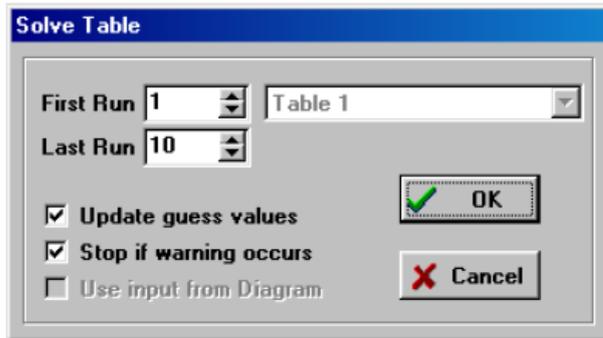
现在点击增加按钮把 P2 移到在右边的变量目录。如有必要，对 T2, h2 和 Vel2 重复该操作，使用滚动条使变量呈现在眼前。(作为捷径，你在左边的目录里双击变量名称把它移到右边的目录。)表格安装对话框现在应该如上所示出现。默认表格名字是 Table 1 表格 1。这个名字在这点或者稍后可以被改变。点击 OK 按钮建立表格。

参数表格的工作方式与电子表格相类似。你能直接打印数目进单元格。你输入的数目将以黑色来显示并且只要你把变量确定成那值用在方程式窗口里的一个方程式就能输出相同的效果。删除在当前方程式窗口内 P2 = 300 方程式或者用注释括号 {} 把它括起来。这个方程式将不需要，因为 P2 的值将在表格里确定。现在，因为 T2 已被确定则可输入 P2 的值。本题已经选择 100 到 550 的值。(使用在表格里改变值菜单，通过点击显示有 P2 的

元格并且从 popup 菜单中选择 Alter Values, 或者通过利用每个表格栏顶部的右上方里的 Alter Values 控制, 来自动输入值, 在第 2 章解释。) 参数表格现在应该象如下所示的那样出现。

Run	P2 [kPa]	T2 [C]	Vel2 [m/s]	h2 [kJ/kg]
Run 1	100			
Run 2	150			
Run 3	200			
Run 4	250			
Run 5	300			
Run 6	350			
Run 7	400			
Run 8	450			
Run 9	500			
Run 10	550			

现在, 选择解决 Calculate 计算菜单的 Solve Table 表格。Solve Table 对话框窗口将出现以允许你选择关于完成计算将做的运行。 如果不止一个参数表格确定, 表格的选择也将是多选择的。



当选择 Update Guess Values 更新猜测值控制时, 如图所示, 关于最后一次运行的解决办法将为下一次运行提供猜测值。 点击 OK 按钮。 一个地位窗口将被展示, 表明这个解决办法的发展进度。 当计算完成时, T2, Vel2, 和 h2 的值将输入表格。EES 计算的值 将用蓝色, 加粗或斜体的形式展示在屏幕内这取决于 Options 菜单里的 Preferences 对话框窗口的 Screen Display 条。

Parametric Table				
Table 1				
1..10	1 P2 [kPa]	2 T2 [C]	3 Vel2 [m/s]	4 h2 [kJ/kg]
Run 1	100	31.46	109.9	278.9
Run 2	150	36.32	73.8	282.2
Run 3	200	38.7	55.3	283.4
Run 4	250	40.33	44.08	283.9
Run 5	300	41.67	36.57	284.2
Run 6	350	42.86	31.19	284.4
Run 7	400	43.97	27.15	284.5
Run 8	450	45.03	24	284.6
Run 9	500	46.06	21.48	284.7
Run 10	550	47.07	19.42	284.7

现在在象 P2 和 T2 之间的变量关系就明显了，但是它用一个平面图观察就更清楚。从 Plot 平面图菜单中选择 New Plot Window。将显示下面所示的 New Plot Window 对话框窗口。选择 P2 为 x 轴是通过在 x 轴目录里点击 P2。选择 T2 为 y 轴则通过在 y 轴目录里点击 T2。选择适合 P2 和 T2 的刻度限制，并且确定给刻度的数量划分如图所示的那样。栅栏线使平面图更容易读。同时为 x 和 y 轴点击 Grid Lines 栅栏线路控制。当你点击 OK 按钮时，平面图将被建造，平面图窗口将如下所示的那样出现。

一旦创建，改变平面图的显示形式有多种方式，如第 2 章里的 Plot Windows 以及第 3 章里的 Plot 平面图菜单所描述。这个例子问题阐明了一些 EES 的性能。以此例为依据，你应该能解决问题的很多类型。不过，EES 有更多的性能和特征，例如适合曲线，不确定性分析，复杂的变量，阵列。

**New Plot Setup**

Title:

**X-Axis**

- P2
- T2
- Vel2
- h2

Format:

Minimum:

Maximum:

Interval:

Linear  Log

Grid lines

**Y-Axis**

- P2
- T2
- Vel2
- h2

Format:

Minimum:

Maximum:

Interval:

Linear  Log

Grid lines

**Table**

Parametric Table

Table 1

First Run:

Last Run:

Spline fit

Automatic update

Add legend item

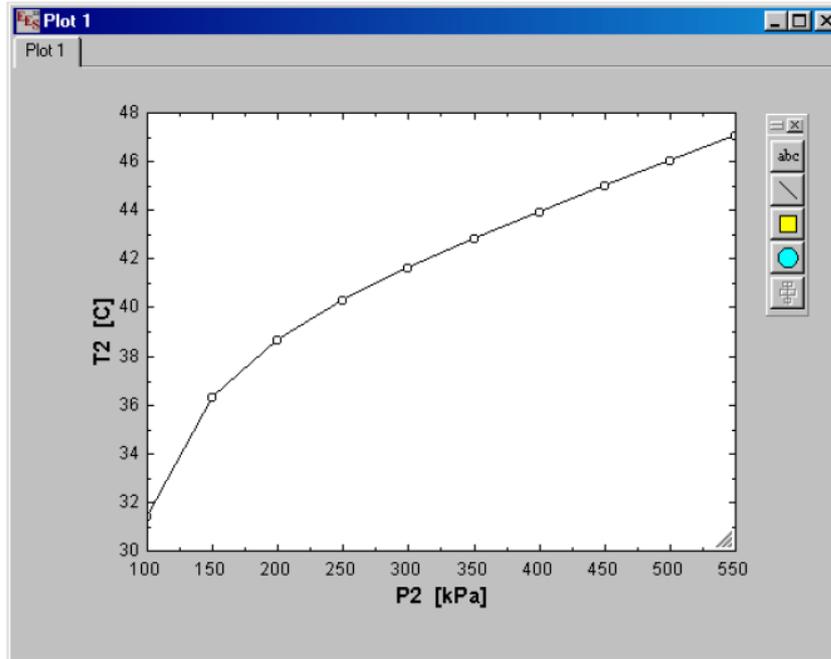
Show error bars

Line:

Symbol:

Color:

OK  Cancel

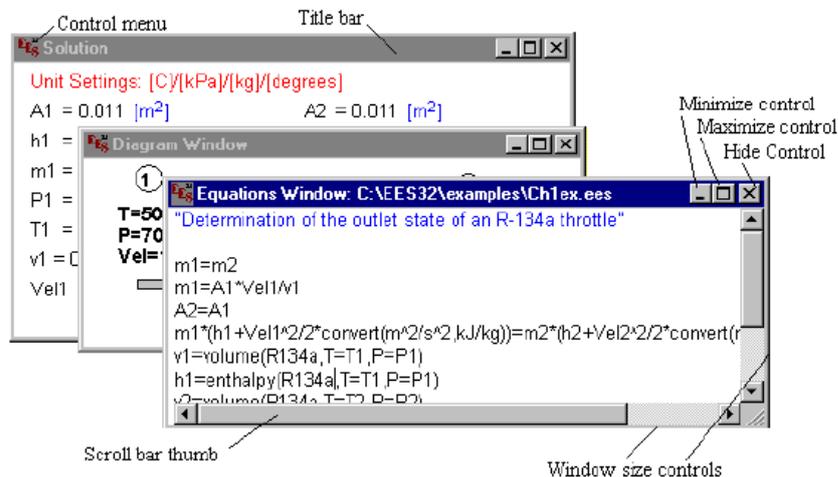


## 第二章 EES Windows

### 简介

#### 一般信息

与问题相关的数据(information)会呈现于一系列的窗口中:首先,方程及其注释被输入到方程窗口。求解方程之后,变量的结果显示在解方程窗口和数组窗口(Solution and Arrays window)中。方程残余值和计算规则可以通过余值窗口看到。附加窗口提供了参数和查找---一个图表和10个以上的坐标图。当然,还有一个修改窗口。本章将对每个窗口的功能和内容作详细的介绍。所以窗口项可以同时打开(如:可见窗口)。最前面的窗口为活动窗口,它的标题将以高亮度(黑色)显示,下图给出了EES窗口项在Microsoft Windows 95或NT4.0系统中的外观。在不同版本的 Windows 系统中EES外观会稍有不同。



值得一提的是,EES与其它应用程序有一个显著的不同点:它的关闭窗口控制按钮(“X”)仅用于隐藏窗口而不是关闭它。关闭后,这个窗口可以通过在Windows菜单中选择重新打开。

每一个窗口都有一系列控制钮:

1 把窗口移动到屏幕的另一个位置。将光标/鼠标移动到标题栏,按住鼠标左键,拖放到另一个位置即可。

2 隐藏一个窗口。在窗口标题栏左上方的“控制”(control)菜单中选择“关闭”(close)命令即可,或者直接用control+F4操作。(Windows 95和NT4.0在窗口的标题栏右上角也提供了一个关闭按钮)。你可以通过Window菜单中选择“还原”隐藏的窗口。

3 窗口右上角的最大化按钮可以使窗口放大至整个屏幕,最大窗口下方会出现一个带有向上、向下箭头的“还原”按钮(Restore),单击“还原”(Restore)按钮(或通过选择“还原”(Restore)生成“控制”(Control)钮)把隐藏的窗口恢复到原来的尺寸。

4 任何一个窗口的大小可以通过窗口的四个边界控制来调整。操作如下:将光标移到窗口边缘,此时,光标变成水平或垂直的双箭头形式。然后,按住鼠标左键,移动鼠标以调

整窗口大小，当窗口不能容纳所有内容时，窗口上会出现滑动条。

- 5 用鼠标左键双击标题栏左上方的EES图标可以隐藏该窗口。
- 6 在Windows菜单中使用“Cascade”命令可移动所有窗口或改变它们的尺寸。

### Equation Window (方程式窗口)

方程式窗口的操作与文本处理很相似。你只需将要求解的方程式输入到此窗口中。一些编辑命令如：“Cut、Copy、Paste”被置于“Edit”菜单中，你可以按一般的方式调用。更多有关方程式窗口的说明如下：

- 1 使用空行能让方程式窗口更具可读性。
- 2 说明项应该用大括号 ({} ) 或双引号 (“”) 括起来，而且可以跨越多行，并且括号内写入一组说明也是允许的。引号内的说明将出现在已经完成的方程式窗口；当你在“Option”菜单中选择了“Preferenc”命令后，说明可以以不同的字体和颜色显示。
- 3 方程式的输入不分次序。方程式的排列顺序不会影响对方程的求解，因为如附录B所描述的那样，EES会把方程进行组合，重排序，以便于对方程的求解。
- 4 式子中运算符的计算顺序符合FORTRAN、Basic、C或Passical语言中的规则。例

如：式子  $X = 3 + 4 * 5$  X等于23。“^”或“\*\*”可以用于表示乘幂。所引用的函数用圆括号“( )”括起来。正如FORTRAN或其它大多数程序语言一样，EES不要求变量单独放在等式

$$(X - 3) / 4 = 5$$

左边。所以，上例中的式子也可以输入成以下的形式：

- 5 不区分大小写形式。EES会有选择性的把所有变量调整为它们第一次出现在方程式窗口中的形式（这种形式可以通过“Option”菜单下的“Preference”对话框来进行设置）。但是，只有在一个方程式第一次被汇编、被修改、或对方程式执行了“Calculate”菜单下的“Check/Format”命令后，这种形式的改变才能实现。

6 变量名必须是由字母开头，并且由除去“( ) \* / + - ^ { }”；以外的任意键盘字符组成。其最大长度为30个字符。正如Basic语言中一样，串变量包含有字符信息，在名字最后以\$作为结尾标识。行列式变量都置于方括号 ( [ ] ) 中，例如：X[5,3]。除了在“Sum”、“Product”、“Dupliate”命令下，方括号中的变量必须为数字。作为通则，变量名不能与嵌入的函数符号相同，例如：不能使用“pi、sin、enthalpy”作为变量名。

- 7 当你输入方程时，不搭配的前后括号会以粗体字显示出来。

8 EES最多可容纳600个变量（32位）。

9 一般情况下，每行只能输入一个等式，并以回车键或返回键（Enter/Return）结束。如果复杂方程被分号分开，你可以把它们输入到同一行。当方程式长度超过窗口宽度，为了配合方程式，窗口会提供垂直滑条。但是，每个等式最长不得超过255字符。

10 EES会将方程式调整为压缩的堆栈形式。这种调整后的方程式会被存储起来，因此，一个方程式仅在它第一次被使用或被更改后才能被调用，在编译或程序应用进程中，任何被发现的错误都会被列在出错信息中，并且出错行将以高亮度显示。

11 方程式可以通过执行“Edit”菜单下的“Cut、Copy”或“Paste”命令输入/输出到其它应用程序中。方程式还可以通过执行“File”菜单下的“Merge、Load”和“Library”命令或者直接执行“\$INCLUDE”命令从已存的文件中调入。“Merge”命令可用于把方程式输入到方程式窗口中的光标所在处，而使用“\$INCLUDE”命令将不会把输入的方程式显示在方程式窗口中。

12 在方程式窗口中右击鼠标，你可以在已选文档附近的大括号 ( {} ) 中的说明项插入或移出说明。比如：有一个已选择部分带有说明项（即形如 { …… } ），那么该操作（右击鼠

Commented [x1]: 2

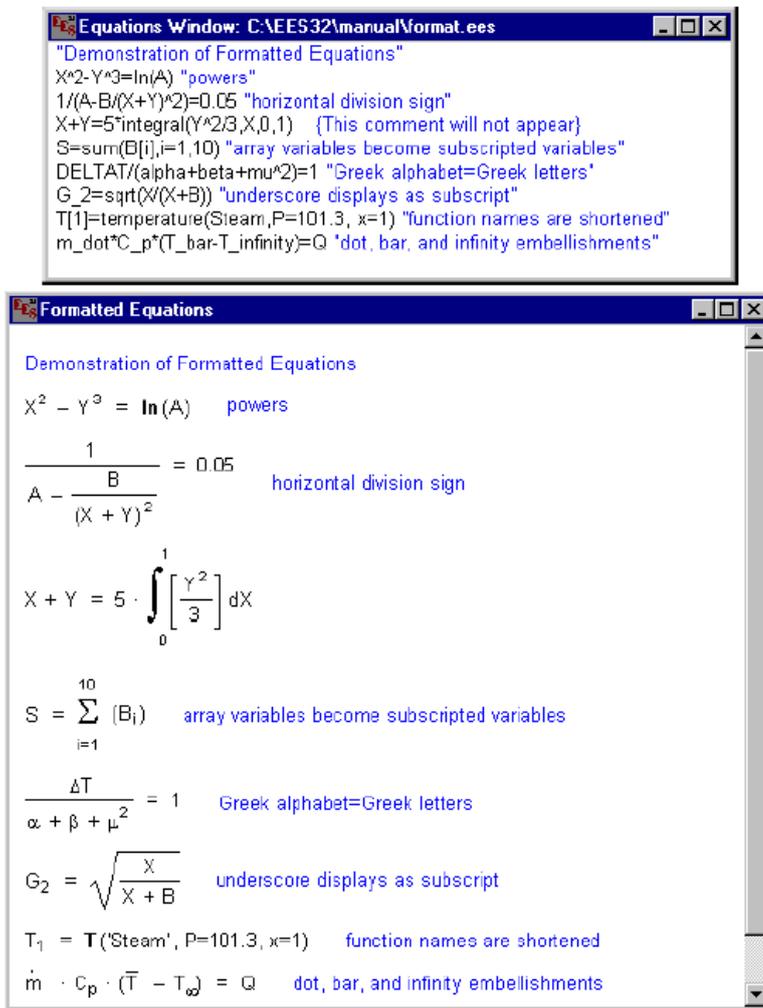
标)可以在大括号中移出或插入说明。

13 如果EES被设置为复数模式，所有的变量将由实数和虚数两部分组成。通过选择“Option”菜单下的“Preference”对话框或者执行“\$Complex On/Off”命令可以把变量更改为复数模式。

23页页脚注释：2、如果在Windows Regional Setting Control Panel中把逗号(,)作为小数点符号，EES将把逗号(,)而非小数点(.)识别为小数分隔点；把分号(;)而非逗号(,)作为自变量分隔符；把分隔符( )而非分号(;)作为方程式的分隔点。

### Formatted Equation Window (格式化的方程式窗口)

Formatted Equation 窗口把输入的方程式显示成易读的数学格式，如下图所示：



注意：只有引号中的说明会显示在格式化的方程式窗口中，而括号中的将不会显示。一个

Formatted Equation Window 检验将展示出EES除数学符号之外的另一些可以增强显示效果的特征。

对于数组结果，如：B[1]会被自动显示为带下标的数值，而求和与积分将以它们的数学符号形式显示。如果一个变量名包含有下划线，那么该下划线标志着一个下标的开始，例如，在G\_2中。然而，我们必须注意到，尽管G[2]和G\_2在格式化的方程式窗口中以相同的形式显示，但是它们属于不同的方程，代表不同的数值。数组变量的指数可以用于[?Scope of duplicated statement]或者用于求和、求积函数中，例如：G[2]计算结果也可以在数组窗口中显示，这些将在本章中详细讲述。

在变量名后所加“.”或者“\_”应居于变量名中间。极限结果一般用“∞”符号表示；变量名中的“|”符号后的字符为上标，如：G|o表示G°；变量名中含有的希腊字母仍表示为其相应的字母，如：变量名“beta”仍用“β”表示，变量“mu”仍用μ表示。当方程式窗口中变量名是用完整的并且不同于英文的大写字母时，那就使用大写的希腊字母，如：变量名“GAMMA”表示“Γ”，“TETTA”表示符号体的“J”，就像[? Theta θ带了一个弯曲的小尾巴]。而以“DELTA”开头的变量则有些特殊，如：DELTAT表示ΔT，因为大写的“β”（即“B”）看起来像“B”，所以它在EES中表示成对应的小写体“β”。在方程式和说明中都按照以上规则使用特殊字符。

在格式化的方程式窗口中，你可以方程式和说明项随意移动到其它地方，移动时，把鼠标移到要移动的部分，按下鼠标左键选择并拖放到一个新的位置即可。

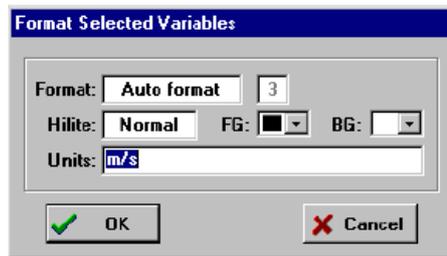
格式化的方程和说明本质上是Windows图元文件系列或图片，因此你可以以图片的形式在窗口中拷贝一个或多个方程式到其它应用程序（如：文档处理和画图程序）中。拷贝一个方程式的操作如下：首先，在方程式方框中任意位置单击鼠标左键选择该方程，此时被选择部分将以反色显示，像这样你还可以选择更多其它方程式。当然，你也可以通过执行“Edit”菜单中的“Select Display”命令以选择当前窗口中所有可视的方程式和说明项。然后，使用“Copy”命令把已选部分拷贝到剪贴板上。但是，执行了“Copy”命令后，这些方程式还是不能被选中，通常，说明项在Formatted Equation 窗口中以蓝色文字显示，在剪贴板上，它仍将保持蓝色。如果你想使说明项以黑色显示，你应该在执行“Copy”命令的同时按住shift键。

Formatted Equation 窗口中的文字是不能进行编辑的，当你在该窗口中的一个方程式上右击时，可以把当前窗口置最前，并且被选定的方程式进入可编辑状态。

### Solution Window (解方程式窗口)

在预先执行了“Calculate”菜单中的“Solve”或“Min/Max”命令，并且计算完成以后，Solution 窗口自动出现在所有其它窗口的最前面。Equation 窗口中的计算结果的单位将以字母顺序排列，并且，视窗口视大小使用尽可能多的列。

你可以通过如下方法更改数据结果的格式和单位：执行“Option”中的“Variable Info”命令，也可以采用更简单的方式，直接在 Solution 窗口中单击鼠标左键选择结果数据，此时，被选定项以反色显示（再次单击被选定项时，则取消选择），双击鼠标左键或单击右键会出现结果变量的对话框，在窗口中的更改将应用于所有被选择项中（按回车键也可以弹出该对话框）。



你可以在该对话框中选择被选项的数据格式和单位，若被选项已设置为复数模式，会再弹出另一个格式选择窗口，以确定是使用标量还是矢量模式。被选择的变量既可以以高亮度显示（带下划线、粗体字、前置、背景色等）也可隐藏于解方程式窗口中，如果一个变量已被隐藏，你可以使用“Variable Info”对话框中的“Display”控制项使再现，有关解方程式窗口操作的其它附属说明如下：

- 1 只有当计算结束以后才会又解方程式窗口。当解方程式窗口为不允许状态时，“Solution”的菜单项为灰色（即不可用）。
- 2 当任何属于热物理固有的函数或三角函数被调用时，你可以通过执行“Option”菜单中的“Unit System”命令，使出现的单位设置窗口置于解方程式窗口之上。
- 3 一般情况下，在方程式窗口下的的任何修改都将消除或隐藏目前的解方程式窗口，但是，若在“Option”菜单下的“Preference”对话框中，你可以允许解方程式窗口保持为可视窗口。
- 4 屏幕上可显示的栏目数可以通过调节窗口大小来改变。
- 5 如果 EES 不能求解方程组并且以错误结束，那么解方程式窗口的显示将变为最后重复的值，并且，最后重复的数值也会显示在解方程式窗口中。
- 6 当解方程式窗口处在最前时，EES 菜单下的“Copy”命令会以“Copy Solution”显示。“Copy Solution”命令会把已选定的变量（以反色显示）同时以文档和图片两种格式拷贝到剪贴板上，这种文档格式给每个变量（包括已选定的和未选定的）提供了一行包括变量名、它的值及其单位的说明信息，而图片格式的则完全是以已选项原来在解方程式窗口中那样显示。当你使用“Edit”菜单中的“Select Display”命令全解方程式窗口中显示的所有变量时（如果你一定要它们以黑白显示的话，你可以在按下 Shift 键的同时使用“Copy Solution”命令），这样文档和图片格式的变量还可以被粘贴到其它应用程序中，如：Word 程序。大多数 Word 程序在缺省情况下只能粘贴文档格式，要想粘贴图片格式的非文档格式的变量，你可以使用“Paste special”命令选择图片格式变量。

7 如果“Preference”对话框下“General Display”表中的“Display Subscript and Greek symbol”被选，EES 将显示变量单位的上下标，如： $m^2$  显示为将会以平方米的形式出现，而下划线用来指示下标，如： $lb_m$  将显示为  $lb_m$

#### Array Window (数组窗口)

EES 允许使用数组变量。EES 数组变量的参数写在方括号中，如：X[5]和 Y[6,2]，尽管大多数情况下，数组变量就如同矢量：每一个数组变量有其估计指值，上下限以及表示格式。但数组的数学处理非常简单，我们将在第七章讨论到使用数组变量解决某些问题的简便之处。

通常计算完成以后，所有变量（也包括数组变量）的数值显示在 Solution 窗口中，然

而，根据选择，数组变量还可以显示在一个独立的数组窗口中，在“Option”菜单中，找到“Preference”对话框，使用“Place array variable in the Array Window”控制按钮即可实现，当使用了该选择项，如下图示的 Array 窗口会在计算完成以后自动生成，在表中，所有被使用到的数组变量以字母顺序排列于第一栏。

	1	2	3
	$t_i$ [sec]	$y_i$ [observed]	$y_{p,i}$ [predicted]
[1]	1.1	3	2.998
[2]	1.2	2.9	3.16
[3]	1.3	3.6	3.322
[4]	1.9	4.2	4.297
[5]	2.3	5.1	4.948
[6]	3.1	5.9	6.257
[7]	3.3	7	6.586
[8]	4.1	7.8	7.903
[9]	4.4	8	8.399
[10]	4.6	9.1	8.73

我们可以通过“Plot”菜单下的“New Plot Window”命令将数组窗口中的数组值表示在坐标图上。通过以下操作，你可以把数组数值的部分数据拷贝到其它应用程序中，操作如下：先选择要使用数据的那一块范围，接着在“Edit”菜单下执行“Copy”命令。如果你想要一起拷贝过来所选择数据数值所在栏的栏目名和单位，只需在执行“Copy”命令的同时按ctrl键。数组窗口下，要改变任意一栏的数据格式可采用以下操作：首先，用左键单击第一列的数组名，随之会弹出一个对话框，在这个窗口中，P30 你可以对单位、显示格式和栏目位置进行修改。在数据栏中，若你输入的数据长度超过栏目中的数据，那么此栏将移到表格右边。

**Format Arrays Window Column 1**

**Column Header**

Title:

Units:

**Format: 2**

Style:  Digits:

Background color:

Column width:  pixels

**Position**

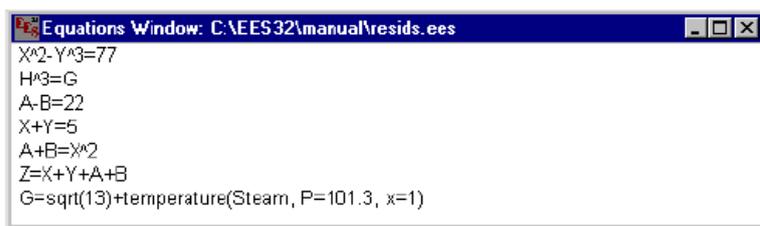
Move to column number:

### Residuals Window(余值窗口)

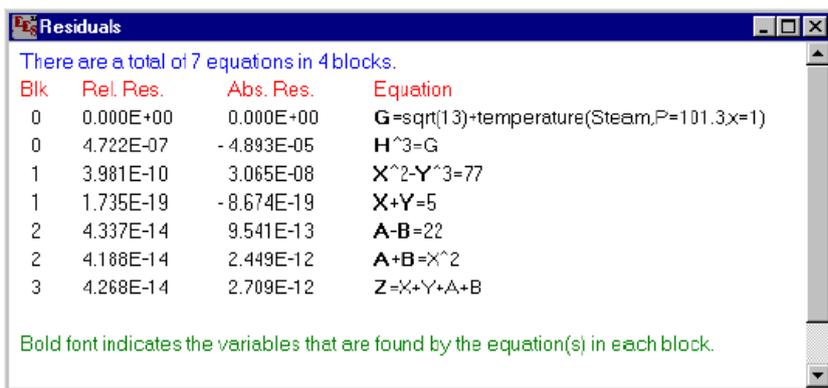
余值窗口除了显示绝对余值和相对余值之外,还显示了 EES 对方程的模块化和计算顺序。绝对余值指方程式左右两边的差值,而相对余值指绝对余值比上方程式左边的值。在方程的试算过程中,相对余值被用来检测并确定在何时方程的求解达到了某一确定的精度(这种精度可通过“Option”菜单下的“Stopping Criteria”命令来设置)

Commented [x2]: 3

对于下例中的一组六元一次方程组 EES 将识别出此方程组为可模块化方程组,如分成



两组或更多组(更详细的信息见附录 B),组合信息显示在余值窗口中。



变量的值可以直接确定,而不需同步地求出其它变量地结果,如上例中的变量 G 就可以首先被确定而后指定到子方程组 0 中,一旦 G 被确定为已知,那么 H 也可确定。它们出

Commented [x3]: 4

【页脚注解 3】:若方程式左边的值为 0,则绝对余值和相对余值相等。

现在余值窗口中的顺序就是第 0 组方程的求解顺序。求解完第 0 组方程后, EES 将同时对子方程组 1、2……相继进行求解,一直到所有方程都求解完毕。上例中,第 1 个和第 4 个方程的求解可以不依靠其它方程,因此它们被分在第 1 组。同时,由第 3 个和第 5 个可以确定 A 和 B,所以它们被分在第 2 组。在 X、Y、A、B 已知的情况下,Z 也可以确定,同理,它被分在第 3 组。

通常,在方程式窗口中的任何修改都会使余值窗口隐藏起来。通过执行“Option”菜单下的“Display Option”命令,可以取消这种自动隐藏。

在调试状态下是不可能显示余值窗口的。如果方程数少于变量数,则 EES 不能求解该方程组,但仍可以通过 Window 菜单选择余值窗口可见。通常,方程分组号是连续出现的,当其中有方程丢失, EES 将跳过缺失方程的这组的编号,剩下几组方程应反复检查以确定其

是否正确，是否是完整的输入。

余值窗口提供的信息对于诱导难解方程得收敛很有用，检查余值可以查出哪些方程已解出，而哪些还没有，这样可以确定 EES 不能求解的那组方程，为了确认这些方程是否有解，我们要在“Option”菜单下执行“Variable Info”命令，以修改这组方程中变量的估计值和边界范围。

用鼠标左键双击或单击右键余值窗口中的一个方程式，可以弹出一个方程式窗口到最前，在该窗口中，被选择的方程以高亮显示。

当余值窗口在最前时，使用“Copy”命令将把余值窗口中的全部内容以表格中的文档的形式拷贝到剪贴板。

[P32 页脚注释]：在图表窗口中确定的变量以“D”标识而非分组数字，详见 Diagram Window 部分，在复数格式下，每个方程分两次表示，一个为实数部分（以“r”标示），另一个为虚数部分（以“i”标示）

Parametric Table Window (参数列表窗口)

	1	2	3	4
1..1	P2 [kPa]	T2 [C]	Vel2 [m/s]	h2 [kJ/kg]
Run 1	100	31.46	109.9	278.9
Run 2	150	36.32	73.79	282.2
Run 3	200	38.7	55.29	283.4
Run 4	250	40.34	44.08	284
Run 5	300	41.67	36.57	284.3

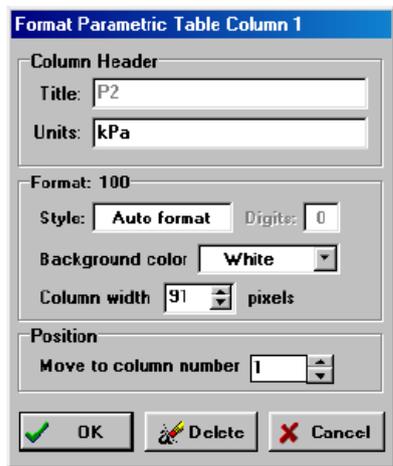
参数列表窗口包括有参数列表，这些表格的操作有点像电子数据表，数值可以输入到任何一个方格中，已输入表格中的数值被假定为独立变量，并且其字体、字号可通过“Preference”命令来选择。例如：上表中 P2 列的数值。在参数列表中输入数值产生的效果如同在方程式窗口中通过一个方程给变量赋值一样。执行了“Calculate”菜单下的“Solve Table”或“Min/Max Table”命令后，非独立变量在表格中被确定，并以蓝色粗斜体显示。

1 使用“Table”菜单下的“New Parametric Table”命令可以生成一张新表格，其中要显示的变量选自于当前方程式窗口中的一组变量。

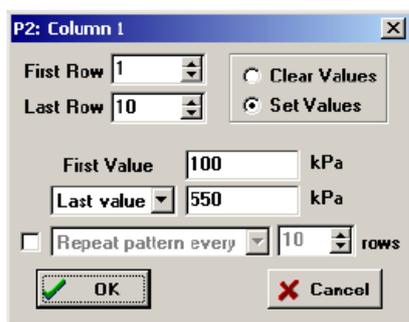
2 参数表中的每一列都是一个独立计算，当新表格生成时，它的列数就已确定，但我们还是可以用“Table”菜单下的“Insert/Delete Runs”命令来更改列数。广告描述上说此表格最多有 6500 列，其实从专业角度来说，它的列数是没有限制的。

3 在“Table”菜单下执行“Insert/Delete Vars”命令可以向表格中添加或从表格中删去变量。

4 表格中栏目的初始排列顺序可以由“New Parametric Table”对话框选择决定。要想更改栏目的排列顺序可执行以下操作：鼠标左键单击栏目顶格（而不是右上角的）更改数据按钮，此时会弹出一个如下所示的对话框，在此窗口中你可以通过上下方向键或直接输入来修改栏目序列，同时，你可以在此窗口中修改表示格式、单位、栏目背景色。



5 执行“Table”菜单下的“Alter Values”命令，可以实现数值的自动输入，当然，你也可以单击栏目右上角的[? ? 插入图标]控制按钮，此时弹出如下的对话框，该对话框也可以似乎更方便的自动输入。



6 参数表格左上方表格中有一个绿色的“转到”三角按钮[? 插入图标]，左键单击这个三角区域可以初始化在此三角区域下的列表参数计算。初始的列范围由最近一次的“Solve Table”对话框中选定。要想修改列范围，可执行如下操作：左键单击第一列，按下 Shift 键，再单击最后一列，继续按住 Shift 键的同时单击绿色三角符号。

Commented [x4]: P34 第二行三角符号，以图显示

7 总和列可以显示每一栏的数值总和。“Option”菜单的“Preference”对话框中有一个“Include a Sum row in the Parametric”控制按钮，用此按钮可以决定是显示还是隐藏总和列。]

8 利用参数表可以解决不同的方程和积分问题，更多有关信息见第 7 章。

9 “Table Run” 函数返回指定行和列的数值结果。

10 “The Run#” 函数返回当前正在计算的列的数值结果。

11 参数表中每一列的独立变量一般是不同的，然而，当所有列中的独立参变量都想同时，EES 将不再重复计算雅可比行列式和整理模块化情况信息，这样一来，计算进程就能更快。

12 在“Edit”菜单下执行“Copy”和“Paste”命令，借助于剪贴板，可以输入或输出参数表表中的数据，从任何一个 EES 表格中拷贝数据，其具体的操作如下：单击表格左上

角单元格（第一个单元格）按下 Shift 键，同时再单击单元格，需要翻页时，可以移动滚动滑块，已经确定的单元格以反色显示。放开 Shift 键后，光标所在的左上方单元格将恢复成一般的显示状态。尽管如此，执行“Copy”命令后，此单元格还是会同其它单元格一起拷贝到剪贴板上，执行“Edit”菜单下的“Select All”命令可以选择表格中的全部单元格。剪贴板上的数据在每两个数字之间有一个标签，每一行的末尾都有一个复原按钮（carriage return）。在这种格式下，表哥数据可以直接粘贴到电子表格的应用程序中。如果希望连同栏目名、单位一起拷贝的话，只需在按下 Ctrl 键的同时执行“Copy”命令。

### Lookup Window(查看窗口)

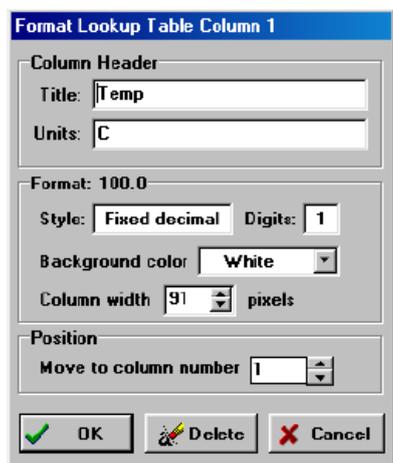
查询表格提供了一种在解方程过程中使用表格数据的途径。在“Table”菜单下执行“New Lookup Table”命令可以生成一个查询表格。表格的行列数在表格生成时已确定，当然你也可以更改它们，即：在“Table”菜单下执行“Insert/Delete Rows”和“Insert/Delete Cols”命令。执行“Table”菜单下的“Save Lookup”可以保存查询表格，保存格式有“EES Lookup”文件（以 a.TXT 作为扩展名）。这种格式的查询表格都为其它 EES 程序所允许。

在查询表格中，“Insert plot”命令提供了对数据进行线、面、体的插值或外推计算{详见第 4 章}。另外，“Lookup”、“Lookup Col”和“Lookup Row”函数允许先通过线性插值（向前和向后）对表格中的数据求解，而且表格中的数据还可以应用到方程的求解中。查询表格既可以保存在查询表格窗口中，也可以以 a.LKT 作为扩展名预存为 Lookup 文件。（详见第 4 章）

	1 Temp [C]	2 Time [sec]	3 Pos [m]
Row 1	100.0	0.00	5.50
Row 2	120.0	1.00	5.86
Row 3	140.0	2.00	6.11
Row 4	160.0	3.00	6.36
Row 5	180.0	4.00	6.53

列表如上所示，列号以小号数字显示于列标题单元格的左上方，尽管 Lookup 函数中需要列序号，但它也接受列名（列名即表格列首的名字）代替列序号。此处的‘列名’即列首名字加上单引号。列名的默认值为 Column、Column2……单击列首单元格可以弹出一个对话框，在此对话框中可以修改默认列名。

Commented [x5]: 5



P36 页脚注释 5: EES 也接受#列名代替列序号。

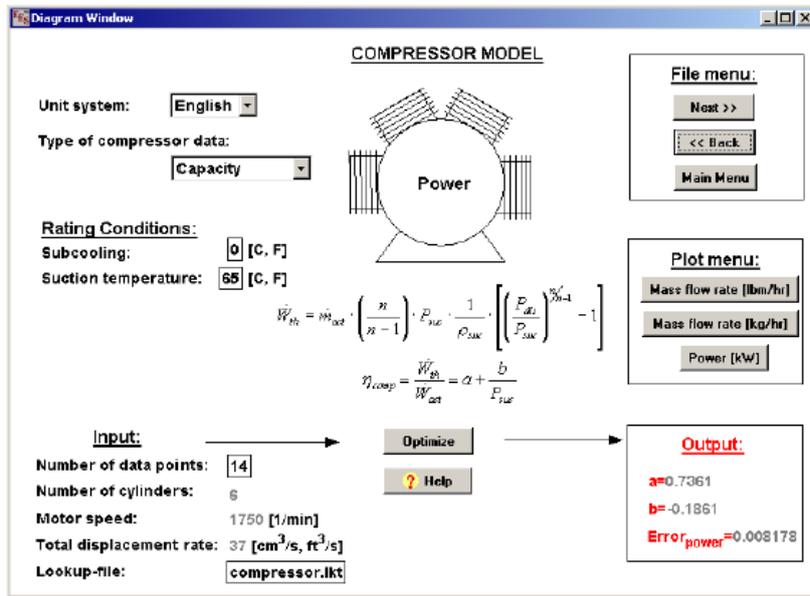
列名和表中数据的单位是可以修改和指定的。格式控制允许表格中的数据以其适合的数字格式表示，还有一个控制钮可用于修改表格每一列的背景色。列位置也是可以更改的，我们可以通过方向键改变序列号，也可以直接编辑序列号。

同参数表格中描述的一样，我们既可以以同样的方式使用剪贴板在查询表格中输入或输出数据，也可以单击栏首单元格右上角的[? 插入图标]控制钮来实现自动输入。如果你想要把数值连同列名和数值的单位一起拷贝到剪贴板上，只需要在执行“Copy”命令的同时按住 Ctrl 键。我们还可以在参数表格和查询表格窗口中交换数据，尤其要了解的是，参数表格各列的数据可存在查询表格中，这样它们可以被用来绘图或在稍后使用。

根据需要，我们可以通过“Option”菜单下的“Delete Lookup”选择来删除已存的查询表格，但是，在 EES 中不能删除以 a.LKT 或.TXT 为扩展名保存的文件。

### Diagram Window (图表窗口)

图表窗口有两种用途。第一，它提供了一个绘图的空间，在这个空间里可以显示正北求解问题相关的直观图，例如：在图表窗口中的系统关联点位置简图可以说明 Equation 窗口中的方程。第二，图表窗口可以输入或输出信息，并且有助于生成报告，从专业的角度来看，我们可以这样定义热区，当你点击此区时，可以打开一个子窗口。在图表窗口中可以加入一个计算控制钮以方便地进行计算。下图所示为一个带有简图，添加了输入 / 输出变量信息的图表窗口。



图表窗口及其子窗口的操作有两种模式。当工具栏可见时，图表窗口处于生成模式（可以通过“Show/Hidden Diagram tool Bar”命令或“Diagram Window”快捷按钮来实现工具栏的显示或隐藏）。在生成模式下，添加到图表窗口中的所有对象，包括图片、文字、几何图形（直线、箭头、矩形、椭圆）

在 EES 中你可以使用工具栏中的绘图命令来绘制图表，或者你也可以更方便的其它绘图程序（如：MSPaint、Microsoft Draw、Corel Draw、Designer、Power Point）。通过首先复制图片，再粘贴到图表窗口，你可以把扫描的图片放到图表窗口中，图表将同其它问题的信息一起保存下来，使用图表窗口中的工具栏下的绘图工具，你还可以对其它应用程序粘贴过来的图表进行修改，如：添加文字、行、框格、椭圆。

在图表框中按住鼠标左键并拖动，我们可以把图表窗口的图表移动到其它位置，此时，图表中的文字也会随之移动。

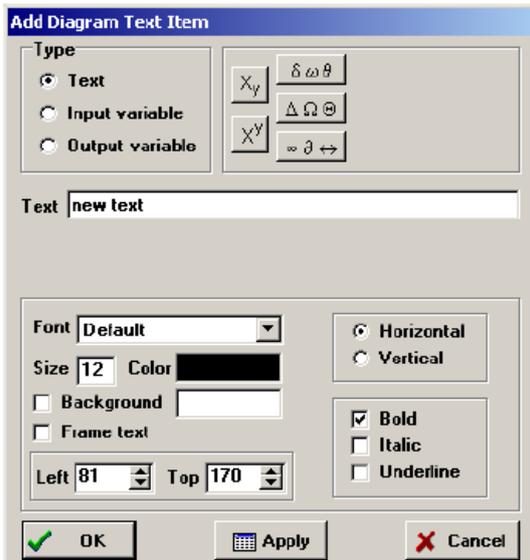
左键双击/右键单击除文字部分以外的图表窗口中的任意处，可以调整图表及相关文字的比例大小以适合图表窗口。首先，改变图表窗口的尺寸可以改变图表大小，接下来，双击左键又可以改变图表本身的大小，但改变图表大小时并不会改变图表的外观比例。

执行“Option”菜单的“Add Diagram Text”命令可以把文字移到图表窗口中的任意地方。通过图表窗口左上角的单选按钮我们可以选择三种类型的文字。

选择文字单选按钮时，将出现下图所示的窗口，在这个窗口中，可以指定文字及其特征。当不使用该对话框时，文字会自动出现在图表窗口中默认的位置。按住鼠标左键，我们可以把文字拖到想要的位置。接下来，我们还可以用鼠标选中文字部分，通过双击左键/单击右键改变文字及其特征。

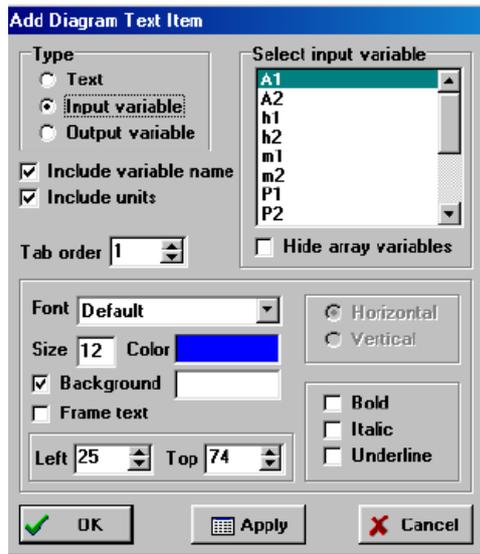
单击输入或输出单选按钮可以改变图表窗口的显示。此时，一组当前被定义的变量将取代文字编辑框，如下图所示。不管是选择了输入还是输出，变量值、变更名及其单位也将显示出来。输出变量将显示被选择变量在计算后得出的值，而输入变量将同方框中的结果一起显示，你可以对这些数值进行编辑，并且它也提供了和方程式窗口中方程式一样功能的函数

式，通过这些函数式可以设置变量值。



如果选择了串变量（变量名以\$结尾标示）作为输入变量，EES 将让你从你自己提供的一系列固定变量下拉菜单中选择一种，例如;本节开头所示的图表中使用了一组制冷工质的下拉菜单，用户选定的制冷工质被指定为串变量，并以流体名称提供给热动力函数。

在图表窗口中隐藏的情况下，如果执行了“Calculate”菜单下的“Solve”或“Max/Min”命令，EES 将首先检查图表窗口，以确定哪些变量（即便要）是固定值。图表窗口中设定的值不能在方程式窗口中重设。计算完成后，最近经计算的得出的输出变量结果会显示于图表窗口中，如果结果是当前指定的，输出结果以\*\*\*\*显示。



如果图表窗口处于隐藏状态，那么图表窗口的输入将被忽略；如果在“Solve Table”对话框中，“Use Input from Diagram”复选框已经被选择，那么图表窗口可以被应用到参数表格中（例如：“Solve Table”命令）。

在图表窗口中的工具栏中选择“Show/Hidden Calculate button”，可以在图表窗口中添加一个“Calculate”按钮（但不能添加到图表窗口的子窗口中），默认情况下“Calculate”按钮的名称为“Calculate”，点击此按钮能实现从“Calculate”菜单中使用“Solve”命令一样的功能，也等同于按 F2 键。在扩展模式下，“Calculate”按钮的名称和左键单击后实现的功能可以通过点击右键和提供需要的文字来更改。

在工具栏中选择“Add Plot Window button”项，可以在图表窗口或其子窗口中添加一个允许“Plot Window”按钮，此时将弹出一个对话框窗口，在此窗口中可以设置“Plot Window”允许按钮的说明及绘图窗口（如果绘图窗口不存在的话，它的单选按钮将为不可用状态）。最后点击对话框中的“OK”将生成一个绘图窗口的使用按钮。当工具栏可视时，用右键点击绘图窗口使用按钮，将产生一个前述的对话框，这样你就可以修改绘图窗口数目或按钮名称，当工具栏隐藏时，点击绘图窗口使用按钮将使指定的绘图窗口到最前，但是若绘图窗口根本就不存在，那么这个按钮不实现任何操作。

使用“Copy”命令可将图表窗口或其子窗口中的内容拷贝到剪贴板，因此，剪贴板上的内容可以粘贴到 WORD 程序或其它应用程序中，按下 Ctrl 键时，执行“Copy”命令，则图表窗口中用工具栏添加的文字将被排除在图表之外，使用“Clear”命令可以删除存在的图表及相关的文字。

#### 创建热区和子窗口（仅供专业人员参考）

热区是图表窗口中的一个矩形区域，当光标在区域内时，单击鼠标可以打开一个图表子窗口，除了热区自己的子窗口之外，该子窗口拥有主窗口的一些特征。要想生成一个热区，你可以执行以下操作：同时按下 Ctrl 和 shift 键，把光标从区域左上角移到右下角，当光标消失时，就会出现一个新窗口，在此窗口中，你需要为该子窗口命名。只有你在创建的热区内单击鼠标就可以弹出该子窗口。你可以把图形拷贝到这个窗口中，并且还可以如同在主窗口中一样的使用“Option”菜单下的“Add Diagram Text”命令来添加文本。

要改变子窗口的属性，可执行如下操作：同时按住 Ctrl 和 shift 键，在热区内单击鼠标，此时会弹出一个对话框，在此窗口中，你可以查看或修改名称，区域边界及其它信息，当然，也可以用此对话框来删除热区。

按住 Ctrl 和 shift 键，可以看到所有当前指定热区的轮廓线。

#### （Plot Window）绘图窗口

执行“Plot”菜单中的“New Plot Window”或“Overplay Plot”命令可以对出现在 Parametric、Lookup 或 Array 表格中出现的变量进行绘图。另外，执行“Property Plot”命令还可以生成关于热动力属性的图形。我们可以生成 10 个以上的图形窗口，每个窗口中可以描任意多个点。作图时有很多选择项设置，如：线形、点符、线性或对数刻度、样条拟和、点频率以及栅格线控制。这些设置在图形第一次绘成时自动生成，也可以用下面介绍的方法或“Plot”菜单中的“Modify Plot”和“Modify Axes”来进行设置。窗口中每个绘图菜单配置了一个工具栏，工具栏中有很多按钮可以用来添加文字、线、框或椭圆。此外，排列按钮可以对所有被选项进行某种方式排列。

使用“Plot”菜单中的绘图菜单命令和绘图窗口控制按钮可以把图形显示改变成不同的形式。绘图窗口控制按钮的说明如下：

- 1、 移动图形

在绘图窗口中通过如下操作可以移动整个图形（包括坐标轴图所有文字项），在图形框内（而不是文字项内）按住鼠标，然后拖动鼠标到新位置，此时，图形轮廓线将同光标一起移动到此，松开鼠标即可完成移动。

## 2、 添加文字

通过点击绘图窗口工具栏中的文字按钮，你可以向绘图窗口中添加文字项。点击该文字按钮时它会凹下，光标变成“I”形，把光标移到你想要的添加文字的地方并单击鼠标。这时会出现一个方框，在这个方框中你可以输入文字。随着文字的输入，这个方框会随之调整大小。按回车键或在文字添加框外任意处单击鼠标，即可结束文字输入。文字输入完成以后，你可以把文字项拖放到窗口中任意位置。输入的文字字体默认为先前的文字字体，你可以通过如下操作改变文字的字体属性：在文字项上双击鼠标或击右键，此时弹出一个“Format Text”对话框。把文字项与绘图符号联系起来，你可以把文字项转换成图例说明。双击鼠标或击右键可以生成一个添加文字的对话框，此窗口为文字输入提供了可选择的方式。该窗口的功能与“Format Text”对话框几乎完全相同，差别仅仅在于此时对话框只对新生成的文字项起作用，而不是对已存在文字项起作用。

## 3、 移动文字

当一个图形绘成以后，用于说明 X、Y 轴的文字区域将自动生成。执行“Plot”菜单中的“Add Text”命令，你可以在图形中再添加文字；你还可以把任意一个文字项移到屏幕中的任意位置，操作如下：把光标移到文字项，按住左键，拖动光标到另一个新的位置，文字项一般会移到与之最近的一个被设定的栅格中（这种设置可以通过优先对话框中的“the snap to grid item”来完成。）若在移动时按下 Ctrl 键来移动文字项，操作如下：用作键选择文字项，此时被选择的文字项被红色虚线框包围，每按一次方向键，将把所有的被选文字项向该按键方向移动单位像素距离。

## 4、 添加直线和箭头符号

你可以使用绘图窗口工具栏中的“Add Line”按钮在绘图窗口中任意位置添加直线或箭头，具体操作如下：单击工具栏中的直线按钮，此时光标会变成十字形，在你想要的直线起点处按住鼠标，然后再按住鼠标时将鼠标移到你想要的直线末端处，再放开鼠标即可。

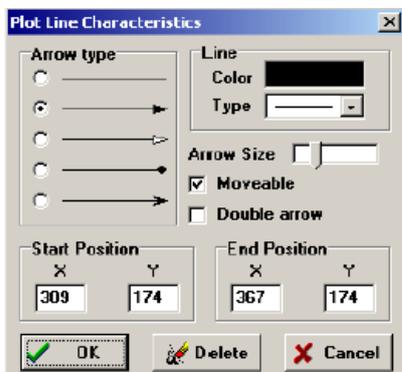
初始时，直线线形默认为上一次所选的线形。如果你想改变线形，例如添加或更改箭头，其操作为：双击或右击该直线，此时将弹出一个对话框，在此窗口中，你可以选择箭头类型、线粗细、线颜色。默认情况下，可以改变直线长度，移动或旋转直线。如果你不要这些功能，你可以不选择可移动复选框。

已有的直线和用添加直线按钮添加的直线属性将同先前直线一样。

## 5、 移动直线和箭头符号

单击一条直线时，直线首尾都将出现小的方格（你可以选择多条直线）。然后双击鼠标左键或击右键，此时将弹出“Modify Line”对话框，在此窗口中所有被选择属性（箭头类型、线条粗细、线颜色）可进行一次修改，使用“Edit”菜单中的“Cut”和“Copy”命令，你可将选定直线拷贝到剪贴板上。使用 Delete 键，你可以删除所有选定的直线。你还可以使用“Paste”命令把剪贴板上的直线原样地移动到任何一个其它 EES 窗口中。

你可以把生成的直线进行移动、修改长度或旋转。移动直线的操作如下：在直线中点附近点击并按住左键，拖动鼠标就可以把直线移到新的位置。你也可以使用方向键移动一条或一组直线。当你用鼠标修选定一条直线时，直线两端会各出现一个小方格，要旋转直线或修改直线长度，用鼠标点住其中一端的小方格，把直线此端移到一个新的位置再放开鼠标即可。



#### 6、修改图形尺寸

你可以很简单地修改图形尺寸和外观比例，操作如下：在图形框右下角单击鼠标并按住左键，当光标置于尺寸修改按钮时，光标由一个箭头形变成尺寸调整指针形（如下图所示）。当你把右下角拖放到一个新的位置时，图形的尺寸将随之改变。此时，所有文字和线条的尺寸、位置也将按比例作相应的条横。（你可以按住 **Ctrl** 键同时改变图形尺寸时，这样就能保持文字字体大小不变。）

#### 7、更改文字属性

当你点击了文字部分时，文字部分四周将出现一个红色虚线框，用来指示该部分文字已被选择多个文字部分。在文字部分双击左键或单击右键后，你可以看到一个对话窗口。在此窗口中，可以对所有被选定的文字部分的属性进行更改。如果你只是选择一部分文字，那么你将看到如下图所示的一个“Format Text Item”对话窗口，该窗口显示了这部分文字及其当前的属性。在文字编辑域里，你可以对文字进行编辑。下标、上标、希腊字母或粗体字的输入方法如下所述：首先，在文字框内选定要修改的文字，然后，点击[P46 第九行 X 加下标 y? ]（下标）、[P46 第九行 X 的 y 次幂? ]（上标）、 $\Sigma$ （希腊字母）或 N（一般字体）快捷按钮。要调用的字符将被添加到编辑域里的文字中，这些文字会以它们将在图形上显示的形式那样显示在此窗口的上端的方框中。EES 允许任何水平排列的文字于绘图符号联系在一起，以利于图形的创建。点击图形符框将产生一个下拉清单，此清单中包括了每个图形的描述符号。如果你选择了一个图形，则该图形的线形和符号将显示在靠近文字部分左边的地方。当文字部分移动时，它随之移动。

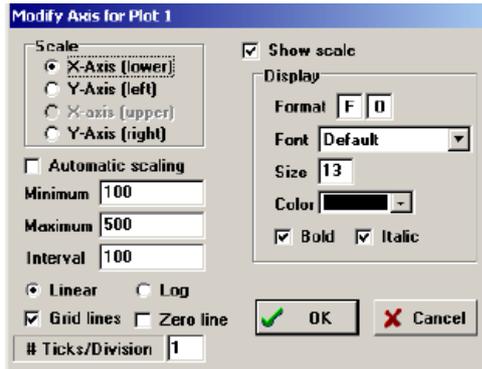
当你选择了不止一个文字项时，“Format Text Item”对话窗口将提供一系列按钮（在文字编辑框和文字显示的地方），这些按钮允许这些被选择的文字部分相互关联。当窗口第一次出现时，文字对话框显示第一个被选择的文字部分。如果文字的某些属性，如字号未被更改，那么被选择文字部分的自豪也将不变，这样的话，你可以对齐文字项或仅仅更改它们的字体，而不至于影响到文字的其他属性，如：字大小、字颜色等。你可以使用“Copy”或“Cut”命令对被选择文字部分进行复制或剪切，然后使用“Paste”命令把这些剪贴板上的文字移到此窗口的图形中获其它任何 EES 绘图窗口中。Delete 键的功能与“Cut”命令的功能一样，如果你不慎删除了文字或线条，可以使用“Paste”命令来恢复它们。

#### 8、修改坐标轴的信息

你可以通过如下方式来更改坐标轴刻度和外观：（1）双击横坐标或纵坐标刻度；（2）在“Plot”菜单下选择“Modify Axes”。这两种方式都可以生成一个“Modify Axes”对话窗口。

将要修改的坐标轴以左上角所谓单选按钮来标示。“Minimum”、“Maximum”和“Interval”部分初始值为当前坐标轴上的值，这些值都可以被更改，并且图的比例也将随之更改，图形

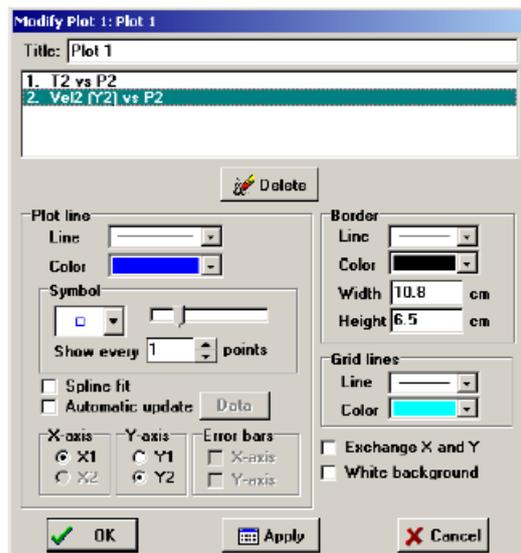
重新被绘制。当栅格线已被选择，刻度数字被置于每个间隔之间。选择“Zero Line”时，你可以在零刻度处为 X 轴绘制一条垂直线或为 Y 轴绘制一条水平线。“NO.Ticks/Division”是最小刻度值。例如：每个间隔中间刻度对应的数字。如果你选择了“Grid line”项，“NO.Dicks/Division”将变成“#Grid/Division”，这将允许你把栅格线放到最大单位刻度之间；如果你选择了“Show Scale”项（如下图所示），刻度数字将被显示。这些刻度数字和字属性可在该对话框右边（“Show Scale”下端）进行控制。



#### 9、修改图形信息

用鼠标左键双击图形框内任何地方（除了文字和线条），你可以浏览或更改每个图形的线型、颜色、绘图符号（或者“bar type or bar plots”）以及相关信息。此时，如下图所示将出现对话框，你也可以使用“Plot”菜单的“Modify Plot”项来生成该窗口。

当前所有的图形将它们创建的先后顺序列在窗口左上角方框中，图形名右边括号中的 R 表示该图形使用的是右边的 Y 轴[? the right y-axis]，你可以点击图形名来选择该图。



如果你选择了样条拟合项，那么，EES 在绘图时将根据数据使用方齿线来绘制平滑曲线，而“Automatic Update”设置了一个直线把图形和参数表格中的数据图形对应起来的链接。

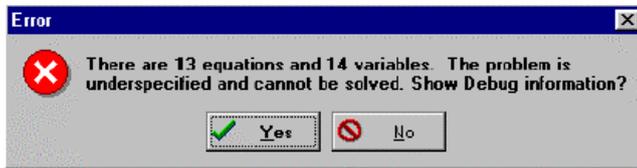
这样，图形将根据参数表格中数据的变更而自动重新绘制。“Show error bars”这个控制钮一般是不可用的，只有在通过使用“Calculate”菜单中的“Uncertainty Propagation Table”命令来获得绘图所用的数据时，它才可用。如果你想看到你所作的修改，点击“Apply”按钮。

#### 10、在绘图窗口中对各项进行排列

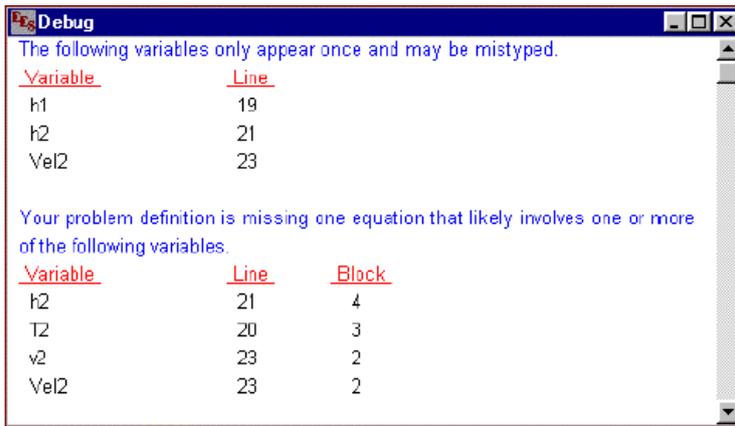
当你选择了两个以上的文字部分、线条、框或椭圆时（这些时由于使用了“Add Text”、“Add Line”、“Add Rectangle”和“Add Ellipse”工具按钮添加的），绘图窗口工具栏中的排列（Align）按钮才是可用的。当你选择了此按钮，你可以看到一个小小的对话框，该窗口显示了各种排列选择，再点击“OK”就可以对已选项进行排列。

### 调试窗口（Debug Window）

调试窗口是一个诊断工具，它能帮助你找出方程中的错误。当你试图解出一组变量个数与方程数不等的方程式时，你将看到如下图所示的一个提示信息栏。



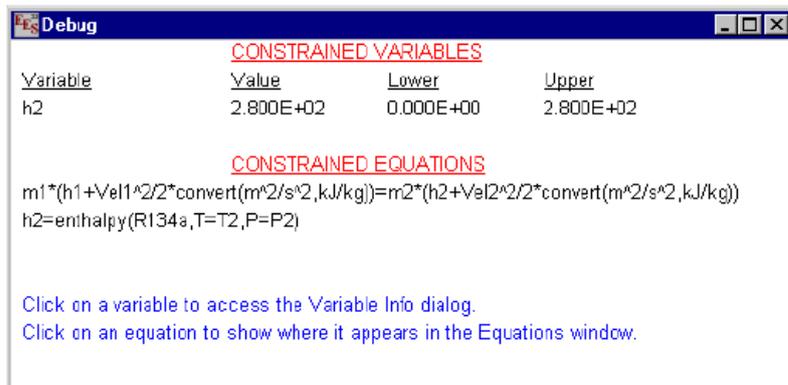
点击“Yes”按钮，将弹出一个调试窗口，例如下图。这个窗口提供变量的两份清单。



第一份清单列出了只在方程式窗口中出现过一次的变量，这些变量可能是拼写错误或不能直接用于该问题中（当然作为说明信息时除外）。第二份清单列出了最可能包含在丢失的方程或附加方程中的变量。组成第二份清单的信息由残余窗口（Residual）中检查方程组合顺序时确定。你也可以在残余（Residual）窗口中找到这些信息，以助于确认方程组中的错误。

单击调试窗口中的变量名，你将把含有此变量名的方程式窗口置于最前。

调试窗口也提供了关于限制变量（constrained variable）的信息。一些情况下，因为变量上下边界范围的约束，某个问题可能在设定的公差范围内得到求解。当这种情况出现时，EES 将显示一个对话框来提示你，并提供更多信息。如果用户想看到这些更多的信息，调试窗口中会出现一个形如下图所示的窗口，该窗口显示了这些受限的变量以及受此影响的方程，左键单击一个变量名，你将打开一个“Variable Info”对话框，在该窗口中，你可以对变量的上下界限进行修改。单击某个方程，你将使光标移到此方程所在的方程式窗口中。

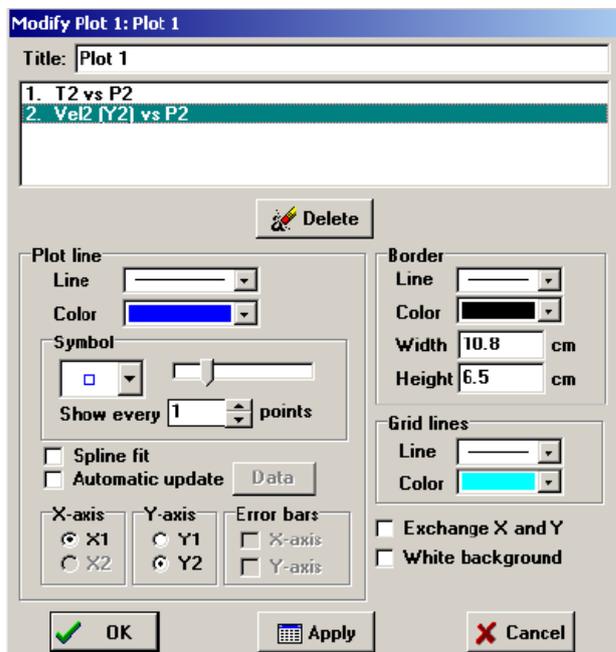


### 复制或删除一个平面图窗口

一整个平面图窗口可以复制或删除按理敲击它条在平面图窗口顶上。一次小的对话框将出现有复制品和一删除按钮。复制品平面图提供方便的创建一个平面图模板的方法你的所有平面图都有相同的外表。删除不能消除因此小心。

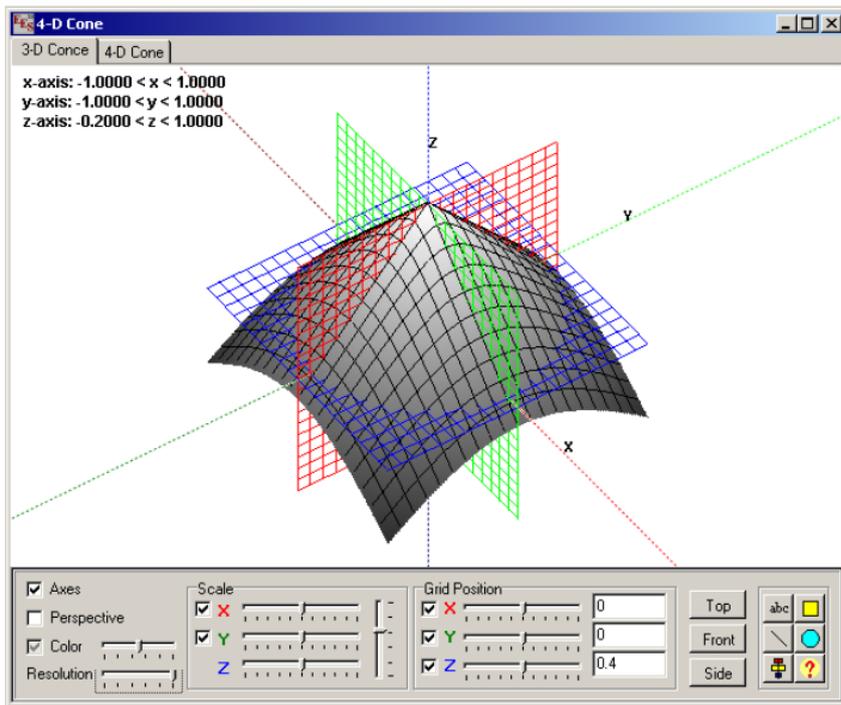
### Modifying the Plot Information

产品类型，颜色，平面图符号(或者类型给酒吧平面图的酒吧)，并且与每有关系平面图可以被观看或者被通过在那些平面图方框内的任何地方双击那些左鼠标键修改的其他信息(但不是，在文本或者一条线上。)显示下面的对话框窗口将出现。这对话框窗口能也被争，以出现与一起修改平面图那些平面图菜单菜单项。全部当今平面图在当今平面图窗口内将在方框内列举对在在哪个他们建造的命令内离开的上面。通过点击它的名字选择平面图。



### 3-D 平面图

3-D 平面图三维的平面图的包被在专业人士和学术版本里实现。这基于公用域 GLScene 包(<http://www.glscene.org/>)。3-D 平面图建造选择那些新平面图/ X-Y-Z 从那些平面图菜单平面图, 作为在第 3 章详细。平面图包的 EES 3-D 能平面图来自在参数, 查找, 阵列或者不可缺少的表格里的 3 个专栏的数据。数据不必在任何特别订单里, EES 将使用数据发展放射基础对 X 与 Y 值的功能关系插入 Z 值起作用。平面图能选择用颜色或者灰度等级显示第 4 方面的值。例如, 展示温度作为在一



个 X-Y-Z 表面上的一种颜色是可能的。颜色变量选择在敲击给在 X-Y-Z 内变量 z 轴的集箱时平面图安装对话框。

在它被建造之后, 三维的平面图可以通过在平面图上按鼠标按钮并且朝着被要求的方向离开被关于它的中心点旋转。许多控制被提供, 例如, 规模这幅图像, 确定颜色, 并且展示栅栏和表面栅栏线。这些控制被关于 3-D 提供平面图控制面板, 在 3-D 下面显示平面图。

3-D 平面图控制面板可以被弄成可见或者通过在平面图窗口双击或者右击鼠标可隐藏。在 Plot 平面图菜单内的 Show/Hide Toolbar 命令也提供这个功能。

Axes 复选框有 3 个位置。在方框里点击旋转位置。如果方框被检查, X, Y 和 Z 轴线分别被通过平面图起源用红, 绿色, 和蓝色的虚线得出。如果方框是以一个白色背景校核, 轴标签将被展示帮助鉴定旋转的位置。如果方框是未经检查的, 轴线没被画。如果 Perspective 复选框被检查, 3-D 表面的透视投影被展示。如果方框没被检查, 正射投影被应用。透视投影表面上看起来出现更正确, 但正射投影容易解释。Color 颜色复选框有 3 个位置。如果方框是未经检查的, 表面被一种普通的灰色展示。颜色可以被在颜色复

选框右边的滑块条制。如果方框被检查，Z(或者一可选择的颜色的变量值)的值被在灰度等级(以灰色的背景校核)或者彩色(以白色的背景校核)里的表面上描述。可选择颜色的变量被在 X-Y-Z plot Setup 内选择。如果一个变量没被选择，颜色变量是 Z 自己。

Resolution slider 控制用来形成表面平面图的多角形的尺寸。高分辨率(对右边的滑块条)导致一个脆的平面图，但是给予和旋转可能是呆滞的。你可能想要用这个控制试验确定在展示速度和质量之间的合适妥协。

### 比例方框

滑块控制分别提供给 X, Y 和 z 轴刻度。把滑块移到右边增加被选择的轴的比例因子。滑块能用鼠标或者左/右箭头键移动。X 和 Y 的复选方框控制表面栅栏线的可见性。垂直的滑块通常用于刻度 X, Y 和 Z 方向。向下移动滑块增加在窗口内的平面图的显著的大小。这个滑块也能用上/下箭头键控制。平面图的范围的上下限能通过通过在滑块条上右击来对 x 和 y 轴进行改变。60

### 栅栏位置方框

在每个正交的面板上显示栅格的选项被复选框控制。例如，如果在 X 之前的复选框被检查，在 YZ 面板里的栅栏将是可见的。栅栏可以用鼠标或左右箭头键移到任何在 X-Y-Z Plot Setup 内选择值的范围内的位置。现行栅栏的位置被显示在滑块右边的方框里。值可以直接输入到这个方框里以引起栅栏移到指定值。点击 Top 按钮将旋转显示，因此视野是沿着 Z 轴负方向看 X-Y 面板。Front 按钮提出沿着负 X 轴看的 Y-Z 面板。Side 按钮从 Y 轴负方向展示 X-Z 面板。

### 工具条

工具条提供按钮以和 X-Y 平面图窗口相同的方式安置在平面图中的文本，产品，方框和圆。一 align 按钮也被提供。help 按钮展示这页。

### 位置指示

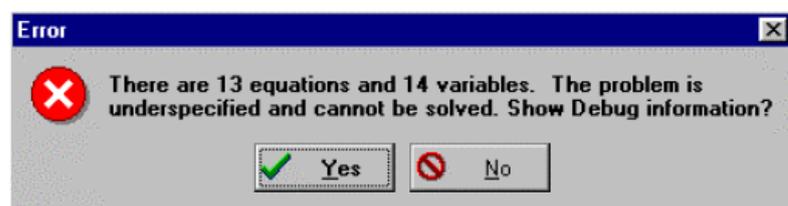
按住 Shift 和 Ctrl 键将引起 3-D 坐标显示在窗口标题内，假若 X 和 y 轴栅栏是可见的。展示的信息是 X 和 Y 栅栏的现行位置，随后有 Z 的值在表面上给予 X 和 Y。如果颜色相应于一个变量，除了 Z，在特定的 X 和 Y 表面上的它的值也被显示。如果 X 和 Y 栅栏被用鼠标移动，当 Shift 和 Ctrl 键被按住时，在窗口标题牌里的信息将被自动更新。

### 调试窗口

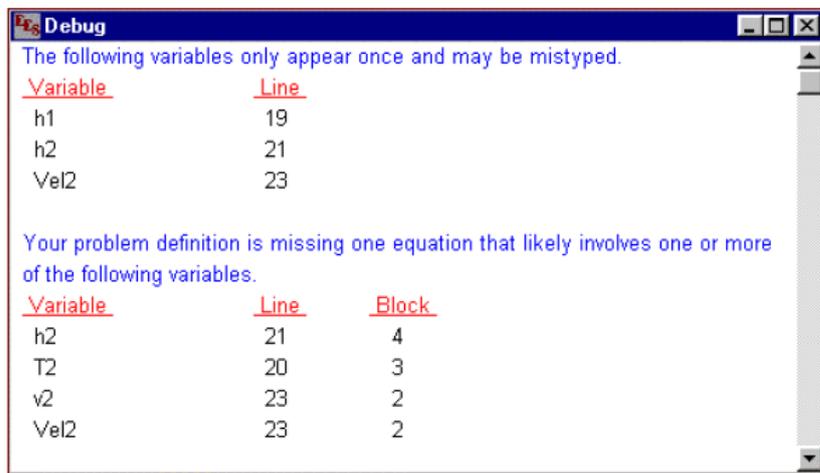
DebugWindow 显示诊断信息的 3 种类型：错误的自由度，强制解决办法，并且检查的单位报告。这些性能中的每个描述如下。

### 错误的自由度

无论何时尝试以解决方程式的数量不等于变量的数量的一套方程式，将弹出如下所示下的一个消息方框。



点击 Yes 按钮将提出调试窗口。例如，



这个窗口提供变量的两个目录。第一个目录显示在方程式窗口里被仅仅一次引用的全部变量。

除了参考目的，这些变量也许被拼写错误或者相反不被直接使用在问题里。第2个目录显示是很可能涉及任何丢失或者额外的方程式的变量。过去常常建造这个第二本目录的信息由在 Residuals 残余窗口里的方程式的块的顺序的检查被确定。

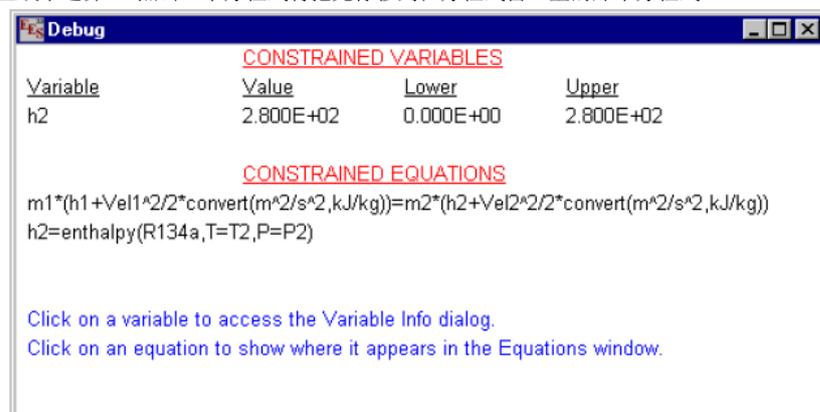
你可能也发现在 Residuals 窗口中的信息在用方程式组辨认问题时有用。

在 Debug 调试窗口里的一个变量名称上点击鼠标左键 将把方程式窗口带到选择的那个变量名称的前面。

#### 强制解决办法

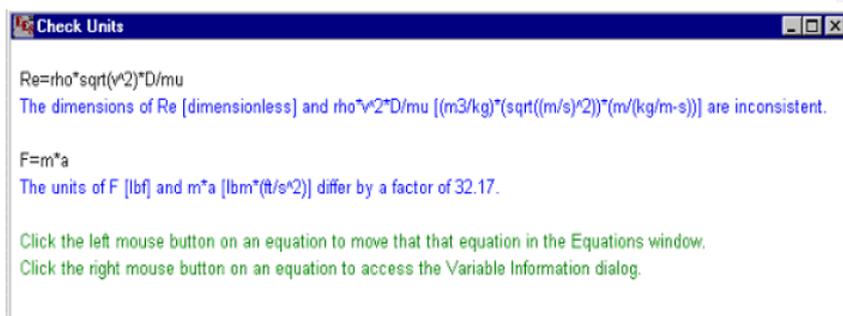
有时候，一问题不能对在指定的容差内解决，因为下和/或上边界，一或更多变量限制解决办法。如果这发生，EES 将提出警告这个问题的一个对话框方框并且提供更多的信息。如果用户希望看见附加信息，Debug 调试窗子将如下所示弹出以显示被强制的变量和被影响的方程式。

在一变量名字上点击鼠标左键将打开 Variable Info 变量信息对话框，在该对话框中可以改变上或下边界。点击一个方程式将把光标移到在方程式窗口里的那个方程式。



### 检查的单位报告

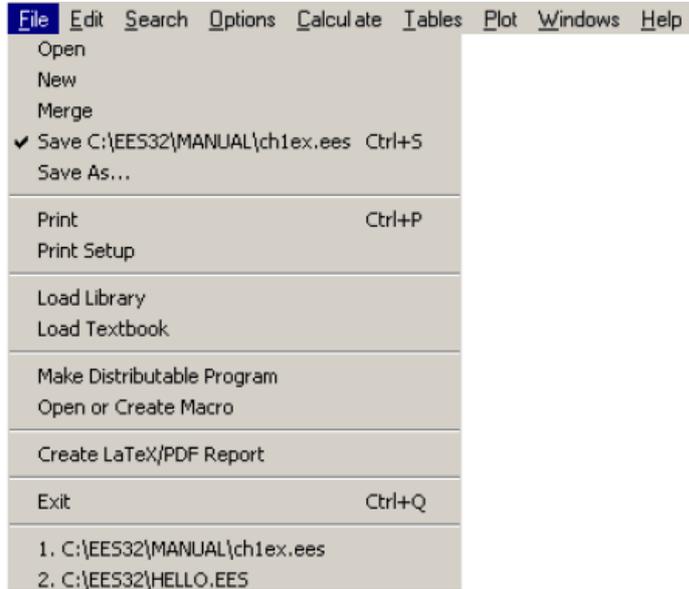
在 Calculate 菜单中的 Check Units 检查单位命令将展示在 Debug 调试的窗口内的发现。发现的每个方程式拥有一维或者单位不一致将被展示(用黑色)随后有解释(在蓝色)。在方程式上点击鼠标左键将为了冒犯在方程式窗口里的方程式跳过焦点。在于方程式点击鼠标右键将提出只显示在那个方程式里的变量的 Variable Information 变量信息对话框窗口的一个缩写形式。



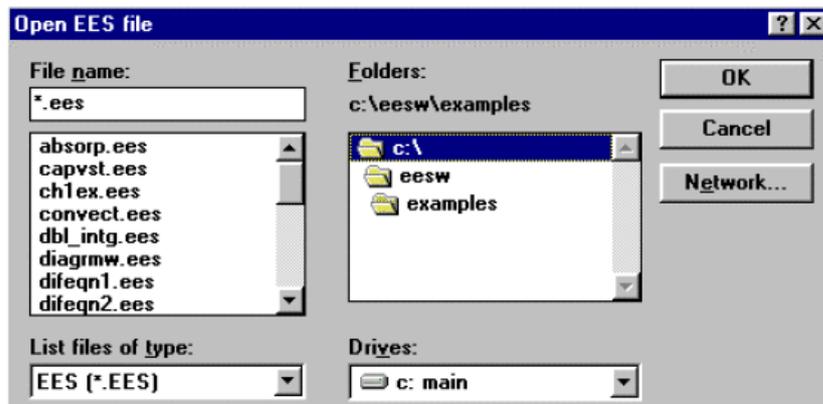
与每个变量有关的单位可以用许多方式输入。一种输入单位的直接的方式是直接将他们打印到 Variable Information 变量信息对话框(选择菜单)。在 Solution 解决办法窗口输入每个变量的单位在一定程度上更方便。左击将选择或者不选择变量。右击将提出全部选择的变量的单位可以被立刻修改的一个对话框窗口。常量的单位可以直接在方程式窗口申明通过由注释提供的单位与方程式一起跟随在方程式之后。比如, 跟随的方程式将确定 Q\_ 为 1000 其单位为 Btu/小时。Q\_ = 1000" [Btu/hr]" 在参数和阵列表格的变量单位可以通过在栏头右击被改变。Default Variable Info 命令(选择菜单)允许单位(以及其他信息)被基于变量名称的第一个字母设定。专业版本允许.var 文件保存在保存有单位和所有其他信息的 Variable Info 对话框里。在 Variable Info 对话框里用 Read Var File 按钮打开一个.var 文件或者用一个\$Include 指令设置关于先前保存的所有变量的变量信息。

EES 识别的单位可以用 Unit Conversion Info 单位展示变换信息命令(选择菜单)显示。注意到 Check Units 检查单位命令使用包含在放置 EES 程序的目录里存在的 Units.txt 文件里的尺寸的信息。你能用任何文本编辑器在这个文件里增加的新单位或者修改信息。

## CHAPTER 3 菜单命令 文件菜单



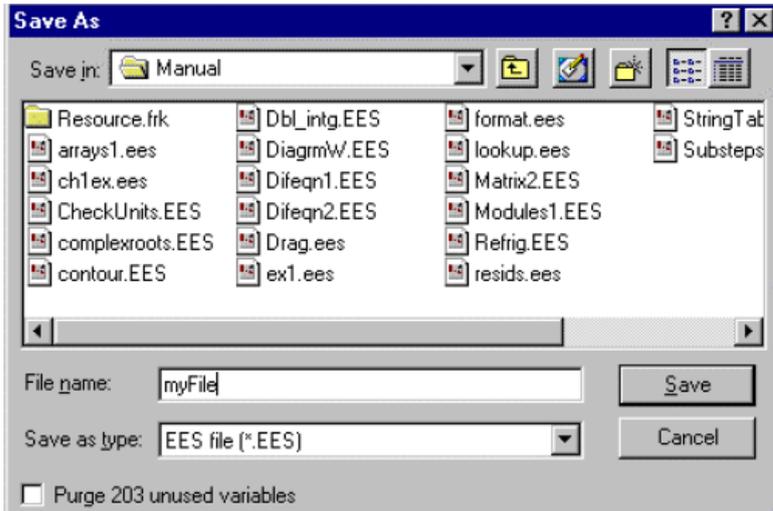
Open 将允许你存取并且继续先前用 Save 或 Save As...命令保存的任何文件。



在未保存工作确认之后，将弹出上面显示的对话框窗口。当前目录显示在文本文件夹下面并且在那个文件夹(目录)里的 EES 文被显示在左边的目录里。为了选择文件，点击目录里的文件名

或者在 File Name:编辑框里输入文件名。你能通过在 File Name:信息段里输入目录名在另一份目录或者通过在列举在 Folder 目录里点击文件夹。点击 Drives 目录展示可获得的驱动地址。点击 Drives 名字选择它。选择 OK 按钮以选择显示在 Filename 信息段里的文件(或者目录)。EES 能读取四种类型的 EES 文件，它们分别是 EES file, Import file, Text file 和 Library file 格式。用对话框窗口左下角的下拉式目录中选择格式。带有.EES 文件扩展名的 EES 文件是规范的。带有.XPT 文件扩展名的 Import 文件是有 EES 用来自一个不同的操

作系统的 Export 选项保存的文件, 例如 Macintosh。带有.TXT 文件扩展名的文本文件包含能被 Equations 方程式窗口读取的 ASCII 码。库文件是包含一个或更多功能, 程序或者模块, 能被自动在启动时下载的 EES 文件, 如第 5 章描述。



New 开始一新工作通路。全部变量和方程式将被清理。如果程序被重新开始, 单位系统将被恢复成将生效的设置。如果未保存问题定义存在, 你将被询问你是否首先保存当前问题信息。Merge 合并允许先前保存在一个.EES 文件里的方程式合并到 Equations 窗口当前内容中光标所在的位置。操作 Merge 对话框窗口的方式与 Open 命令一样。从一个文本中用 \$INCLUDE 指令也能输入方程式。EES 功能, 程序和模块可以通过 Load Library 命令或 \$INCLUDE 指令下载。Save 将与相同文件名字(保存在 File 文件菜单里和在 Equations 方程式窗口的标题栏里的名字)一起保存问题定义它最后被保存。对于未定义的新工作通路, 你将被促使提供文件名字, 只要给出 Save As... 命令。全部关于问题定义的信息被保存, 包括方程式, 变量信息, 表格, 平面图和窗口的尺寸和位置。经默认, 文件将以带有.EES 文件扩展名的标准 EES 文件形式保存。如果你希望把文件出口到另一个不同的操作系统上的一个 EES 的版本, 在 Save As...命令中的可获得的文件类型内使用 Export 形式。将在文字左侧出现一核对标签。若当前问题信息已经在磁盘上保存则会在 File 文件菜单内保存。在问题信息的任何变化将引起核对标签消失。

Save As ... 提供和 Save 命令相同的功能除了它首先促使你在 Save File 对话框窗口提供一个文件名。Save As...命令允许问题定义与另一文件名一起保存或者以一形式保存的那样, 可以被出口到 EES 在其他操作系统上的版本。在其位置上输入你选择的文件名字。

EES 的 32 位版本支持长的文件名字。文件名字可能包括驱动和目录信息。不过, 不需要输入一个文件扩展名, 只要 EES 将自动提供扩展。

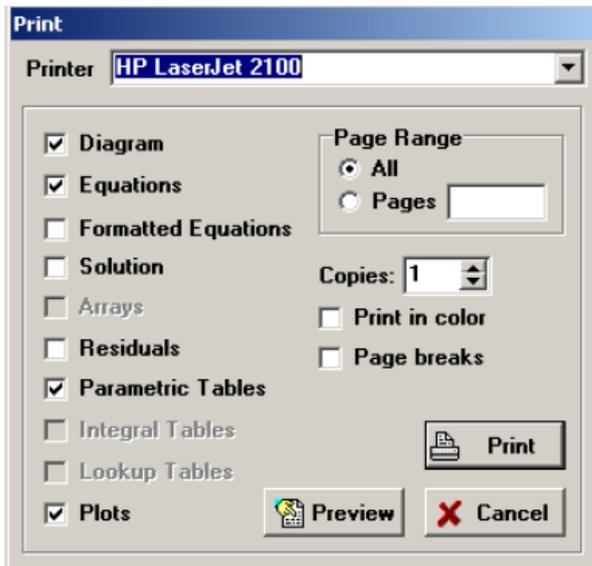
EES 识别 4 种文件类型。如果 EES 显示在 Type 方框的左下方, 在 File Name:信息段的扩展设置成扩展的 EES(规范)和文件将被在文件名目录里展示。Export 文件类型将会应用一个 .XPT 文件扩展名和用可以被转存到象 Macintosh 那样的其他操作系统的一般的 ASCII 形式保存文件。Text 文本文件类型将使用一个.TXT 文件扩展名并且只保存在方程式窗口里的, 用一个 ASCII 文件的文本。库文件类型将改变文件扩展名为.LIB。每当 EES 启动, 将打开在 USERLIB \ 附属目录里的所有.LIB 文件以及自动下载这些文件里功能, 程序和模块。这些功能可以完全象 EES 里的内部功能一样使用。库文件是 EES 的最强有力的特征

之一，因为用户能很容易的开发特殊功能。关于附加信息请参阅第 5 章。

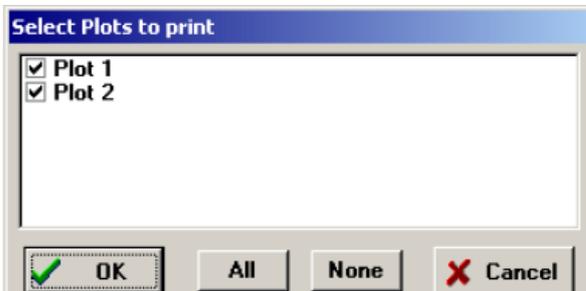
EES 通常保存在工作通路中确定的每个变量，不管在发布 Save 或 Save As 命令时这些是否正在使用中。例如，如果你用方程式  $X = 6$  确定一变量 X 并且过后决定方程式应读为  $X1 = 6$ ，EES 仍然会记忆保持变量 X 和它的所有特性，例如，猜测值，界限，单位和形式。EES 能储存直到 6000 个变量。对非常大的问题来说，特别是使用阵列变量的问题，EES 能运用所有空间。在有很多变量不使用的情况里，EES 将在 Save As 对话框窗口用 "Purge XXX unused variables" 的标题来显示一个复选方框，如上所示。为了只保存目前使用中的那些变量，点击这个复选方框。

当清扫变量时，用一个新名字保存文件是明智的。这样的话，如果一个问题发展，源文件可以被恢复。

Print 将任何或者所有 EES 窗口打印到打印机。每个窗口在它名字之前有一个小复选方框。该复选方框呈灰色，使窗口对打印无效(如下所示 Print 对话框窗口的阵列 Arrays 窗口)。如果一 X 在方框里出现，窗口将被打印。当光标置于方框里时，点击鼠标可在方框里放一 X 或者除去一现有的 X。



一些窗口，例如平面图窗口和参数和查找表格窗口，可以包含很多附属窗口，通过移动在窗口顶上的条可获得。这些窗口，在一复选框内点击将产生一个小的附加的窗口选择将被打印的平面图或者表格。



被打印的输出将被送到被选择的打印机。在对话框顶上的下拉方框允许改变打印机选择。通过 Printers applications 里的 Connect 选项引导输出到一个文件，而不是一台打印机，是可能的。参阅 Windows 手册获得更多的关于选择打印机的信息。

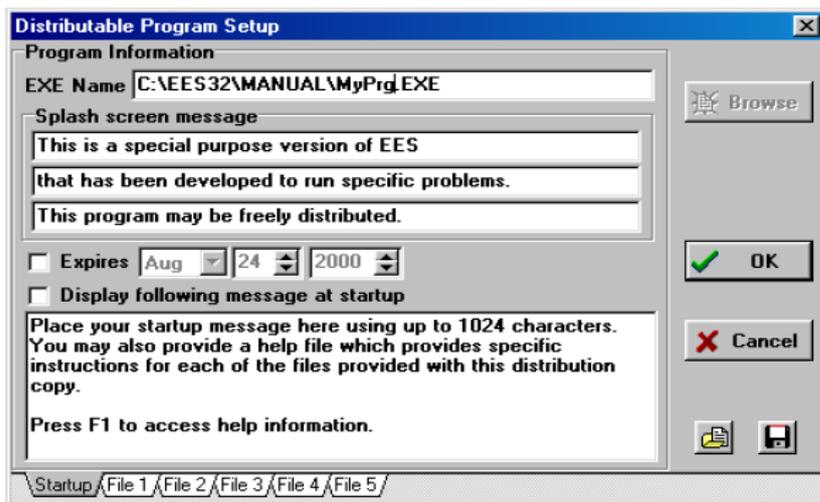
Printing 选项例如字体，行间距和字体尺寸被确定在 Preferences 对话框窗口(选择菜单)里。那些"Print in color 在颜色打印"复选方框被选择，EES 试图使用和屏幕出现相同的颜色来打印选择的窗口。彩色的文本可能不能在一些黑白打印机上清楚打印。当选择这个控制时，打印的全部将以黑白形式展现。如果"Page breaks 分页"复选方框被选择，将发生一个强作分页，因此对每个窗口的打印输出开始新的一页。这个 Preview 按钮将指导一个对屏幕的打印输出的传真。

Printer Setup 打印机安装提供利用打印选项，例如尺寸和定位，允许选择打印机。打印机选择也能在 Print 对话框窗口里产生。Load Library 库文件将会产生在文件选择方框内显示有 EES 库文件的标准打开文件(该文件拥有一个.LIB 文件扩展名)。库文件包含操作如第 5 章描述的 usersupplied 功能，程序和/或模块。一旦下载，这些库文件陆续保存在内存直到 EES 被关闭。

注意：当启动 EES 时，它 将预加载在 USERLIB \ 附属目录里能发现的所有信息库和外部编辑的文件因此 Load Library 命令对于这些文件不需要。Load Library 也能用来下载外部功能和带有.DLF, .DLP 和 .FDL 文件扩展名的程序。关于附加信息请参阅第 6 章。第 7 章描述的\$INCLUDE 指令也能用来下载库文件。

Load Textbook 读取用户产生的，带有文件扩展名 (.LIB) 的 Textbook index，使用在这个文件里的信息来在菜单条的远右方创建一个 Textbook 菜单。一个文本索引文件也能自动通过放置文本索引文件和相关问题文件在一 USERLIB 子目录内来下载。Textbook 菜单提供访问问题组的捷径，象那些发展起来的用于供文本使用的。

在本章的末端 Textbook 菜单部分提供创造和使用 Textbook 菜单的说明。Make Distributable Program (只用于专业版本)将创建一专用将运行 1 到 5 预选问题的 EES 的特殊版本。当这菜单命令被选择时，下列对话框将出现。当你选择这个 OK 按钮时，一个有 1 到 5 个 EES 问题和全部支持文件的 EES 程序的特殊版本被放在一个单个的可执行的文件里。这个可执行的文件能被自由地分配给其它的。能选择性的设置日期期限以防止程序此后被使用。这 Make Distributable Program 命令只在专业版本内是可获得的。



当可分配的程序开始时，第一个文件将自动经默认下载。但是，5 个文件中的任何一个可以被选择为一开始出现的通过提供/#作为一个参数（其中#为 1 和 5 之间的分隔）的文件。例如，输入 MyPrg.exe / 2 在 Windows Run 对话框窗口里将启动可分配的程序并且展示 EES file2。其它文件可以在 File 菜单的底部最近访问的文件目录中选出来。在文件菜单里出现的名字被输入到每个文件在第 3 个编辑领域里。经默认，名字是没有路径或者文件扩展名的文件名。不过，它能编辑成为你希望在 File 文件菜单里看见的任何名字。

当运转可分配的版本时，在对话框窗口中剩下的项目是控制用户将有的性能的一系列复选方框。若你想要用户拥有查看方程式窗口的性能，点击'Equations Window Visible' 可见的方程式窗口'复选方框。你能通过点击下列复选方框使这个窗口仅用于读。但是，即使用户改变方程式，变化不能被可分配的版本保存。这个特征的优势是你能够自由地分配你在 EES 里产生的任何程序到其他中去。两个小的按钮被提供在 Make Distributable 对话框内的 Cancel 按钮下。这些按钮允许保存和下载草稿以简化创建可分配的程序的过程。右边的那些按钮保存所有 Make Distributable 对话框窗口的信息到一个拥有 MDI(Make Distributable Information 做可分配的信息)文件扩展名的文件上。其它按钮将打开\* MDI 文件并且用文件内的信息填补 Make Distributable 对话框窗口里的所有领域第 3 章 菜单命令

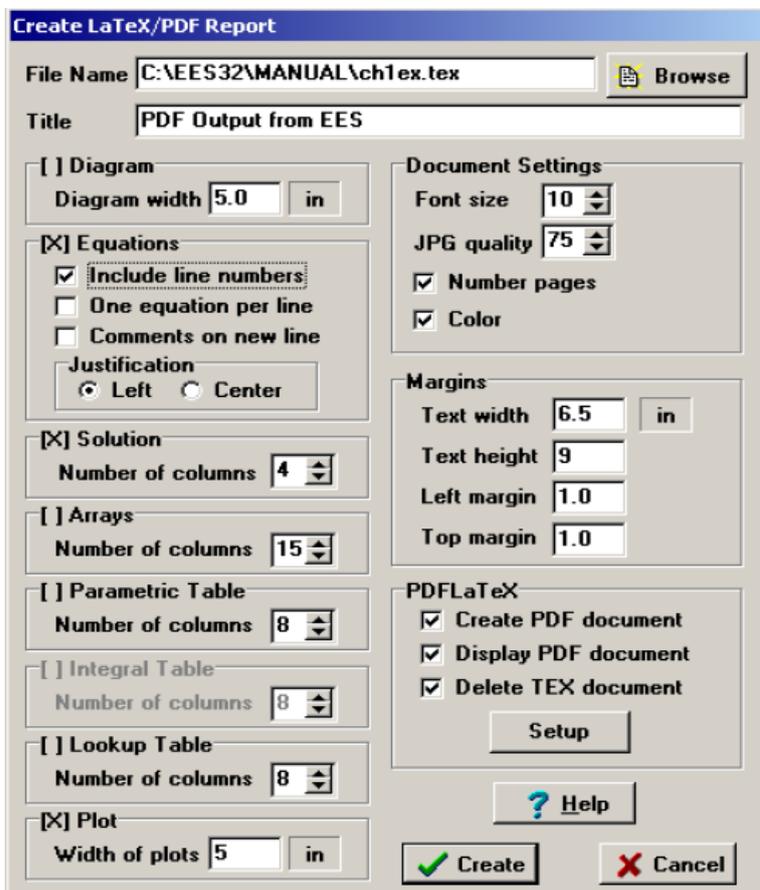
Open or Create Macro(只适合专业版本) 将起记录一系列 EES 指示的过程。该指示此后能从 Windows Run 命令开始，或者从一不同程序重新开始 Macro 文件里的所有指示。如此使用，EES 可以被告诉解决在一份指定的文本或者 EES 文件里的一套方程式，并且把这个解决办法放进另一件指定的文本文件而不用在屏幕上出现。

EES 也能通过 Dynamic Data Exchange 动态数据交换(DDE)上来运行需求中的 Macro 文件命令。附加关于 Macro 文件的信息被在第 7 章提供。Create Latex/PDF Report (创造 Latex/PDF 报告) 产生报告包括图解，方程式，解决办法，表格和平面图。在这方面，这命令类似于 Print 打印命令。不过，Create Latex/PDF Report (创造的 LaTeX/PDF 报告) 命令不直接打印但是改为创造一 TeX 资料在 LaTeX2e 内。TeX 资料是一个 .tex 文件扩展名的，必须由一个 LaTeX2e 编译器处理的一种 ASCII 文件。LaTeX2e 产生一个 .dvi(独立于的设备)，可以被各种各样的实用程序观看并且打印的输出文件。但是，PDFLaTeX 附件，那包括同样能够产生一个 .pdf(便携式资料连接装置)的，能被 Adobe Acrobat Reader 浏览和打印的 TeX 编辑器。

为了利用这命令产生的输出，你将需要安装 LaTeX2e 编译器和 Adobe Acrobat Reader，如果他们没被安装在你的计算机上。不需付出任何代价可获得这两个程序。被建议的安装 Latex2E 是 MiKTeX。MiKTeX 主页是 <http://miktex.org>。EES 已经被 MiKTeX 版本 1.20e 和  $\beta$ 2 版本测试。下列使用说明对 MiKTeX 版本 1.20e 适用。下载 在一步通过或者在 MiKTeX 主页里点击适当的连接或者把下列 URL 输入你的浏览器程序的分配拉链文件。

ftp: //ctan.tug.org / tex 档案/系统/ win32 / miktex / 1 .20.zip。保存名为 1.20.zip 分配拉链文件到一暂时目录在你的硬盘驱动上。当你解压缩这个文件时，分配文件将位于在暂时的目录里的 1.20 本文件夹。(如果它没被安装在你的机器上，你能从 [www.WinZip.com](http://www.WinZip.com) 中下载一个 WinZip 程序。)打开 1.20 文件夹然后在 SetupWiz.exe 应用上双击。这个安装程序将经默认安装 MiKTeX 进 C:\texmf\miktex 目录。EES 必须知道配有 MiKTeX 的 PDFLaTeX.exe 程序的位置。如果你安装 MiKTeX 进它的默认目录，这个程序将位于

C:\texmf\miktex\bin\pdflatex.exe.Adobe,Acrobat,Reader,4.0 可以被从 <http://www.adobe.com/products/acrobat/readstep.html> 下载。从在这网页上提供的对话框选择语言和操作系统并且下载文件 ar405eng.exe 到一暂时目录。执行这个文件安装 Adobe Acrobat Reader。当你安装 EES 时，Adobe Acrobat 也能被从 EES CD 安装。



在选择 Create LaTeX/PDF Report (建立 LaTeX/PDF 报告) 命令之后, 将弹出如上所示的对话框。在对话框顶上是关于一个文件名的一个编辑领域。经默认, 这文件名被属于 EES 文件名下但是用一个 .tex 文件扩展名确定。那些文件名能被改变, 但是它应该拥有 .tex 文件扩展名若它将被被 pdf<sub>l</sub>atex 应用识别。在文件名右边的 Browse 浏览按钮应该使为文件选择一个可选择的位置变的容易。Title field 经默认充满 EES 文件名和日期。这个标题, 可以变换成你所希望的, 将展示在报告顶上的中部。在对话框的左边是选择将被归入报告的窗口的控制。每个窗口被与一个带有一种或更多选项的组方框一起展现。如果组方框被展现呈灰色的文本, 则不可获得的相应窗口。每个组方框的标题以一种左括号符号开始。如果窗口被归入报告, 跟随左括号的符号必须是一 X 或者数目。点击组名改变选择。Parametric Table, Lookup Table, Integral Table 和 Plot Windows (参数表格, 查找表格, 不可缺少的表格)

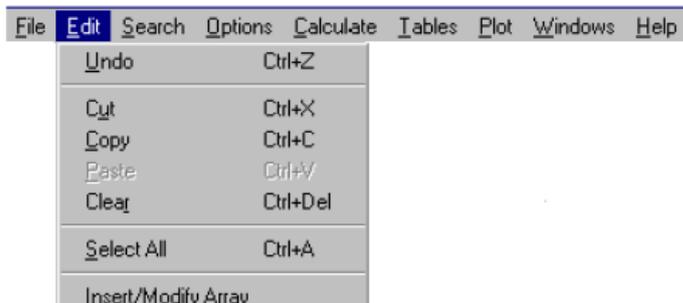
并且平面图窗口, 有与有可能访问不止一个窗口的条。如果有多窗口, 当你点击组名允许选择表格或被归入报告的平面图时, 将弹出一对话框窗口。这样的话, 在组名内用括号围住的数字是将被包括的表格或平面图的数量。如果只有一种可能性, 例如方程式, 解决办法和阵列窗口, 一 X, 而不是一数字将被在方括号内围住如果窗口将被包括。对 LaTeX 报告的一限制是它将不自动把内容固定到文章的宽度上。例如, 长的方程式可以最终排出

正确的边。 每组箱提供控制经营这种情况。 长的方程式是主要的问题。 你能多少通过修改你在 Equations 窗口中输入方程式来控制这种情况。例如，一长方程式可以分割成两个或更多短的方程式以产生一些新变量。 此外，EES 允许你分割方程式这样只要该行最后一符号是一&可以在下一行继续。(注意到： 一个 EES 方程式的总长度必须少于 255 个字符，即使用符号&分割成多个方程式。) 那些 LaTeX 报告试图将也那些方程式在&符号，但是取决于格式化，它可能产生一个 LaTeX 错误。 若你熟悉 LaTeX 代码，你当然能修改需要的 .TeX 文件。在 Equations 方程式组方框的复选方框允许在 EES 的一单行内输入多个方程式来在报告多行内展现和出现在和方程式同一行内的注释放置在分开的行中。 这两个选择有利于减短线的长度问题。 可处理长线的其他工具是在对话框的右边被指定的字体尺寸和边。解决办法和表格组方框各自有一个字段指定将用来展示在报告里的数据的专栏的数字。如果它对于页来说太宽，TeX 处理器不包装信息，但是你能通过指定栏的号码十分好地控制这个问题。图解和窗口的宽度能被直接输入。在保持现有的方面比例时将使图形比例于宽度。将被归入 LaTeX 资料的图解和平面图存储在有一 .jpg 文件扩展名的和 .tex 文件在相同目录上的分开文件上。这些 .jpg 文件和带有附加的对于图解的 \_D 和对于平面图的 \_P1, \_P2, 等等的 .tex 文件有着相同的父名。 当建立一个 .jpg 文件时，必须被做出一个决定，以使文件大小与文件质量平衡。用户有 JPG 质量输入方框能控制这个决定。 可允许的值是 1 到 99。 低值将导致小 .jpg 文件尺寸(将导致 .pdf 文件尺寸小)内的结果但是牺牲图表质量。 大值将产生在高质量的图形，但是将花费一个大的文件尺寸。 默认值，75，好像提供合理的平衡。

在对话框的右边 PDFLaTeX 组方框包含 3 个复选框。如果建立 PDF 资料复选框被选择，EES 将试图开始 PDFLatex.exe 申请来编辑它刚刚保存的那个 .tex 文件。 如果 Display PDF 资料复选框被选择，EES 将试图开始 Adobe Acrobat 以展示 .pdf 文件。如果 Delete TEX document 复选框被选择，LaTeX 文件将被删除只留下 .PDF 文件。 EES 必须知道 PDFLaTeX.exe 应用在哪里存在。 默认位置是 C:\textmf\miktex\bin\pdflatex.exe。 你能通过点击 Setup 安装按钮指定或者改变默认位置。当你点击 Create 按钮时，EES 将写信息到一个称为 EES \_ tex.ini 的小文件中这样下次你输入这次对话框时，这象默认一样可提供。 此外，注意到当开始用带有附加一个 ~到当前名字来创建的一个文件名的 Create LaTeX/PDF 时，EES 将保存你的文件。 任何问题发生那引起 EES 停止，你的文件可以被追回。

Exit 提供一种优雅的方法退出程序。，在 File 菜单里的剩下的项目是最近存取的文件名。选择任何文件名打开文件。 这个目录在 Preferences 对话框里不起作用。 建议如果程序被在一个网络上安装并且使用，这个目录将不起作用。

### 编辑菜单



Undo 使方程式窗口恢复到它在最后编辑的操作之前状态。 如果 Undo 是不可获得的，菜单将不发挥作用。Cut 删除被选择(强调)的文本或者选择项目。 被删除的项目被放在

Clipboard 剪贴板，在那里它可以被粘贴到用 Paste 命令的另一个位置上。

Copy 功能方式取决于最前面的那个窗口。Copy 将用 Paste 命令把选择的文本从 Equations 方程式窗口里的 Clipboard 放置恢复到光标所在的位置。当参数，查找，阵列表格窗口最前面，Copy 命令将复制(在逆相显示内显示)的被选单元格。从表格复制过来的数据以标准形式储存在剪贴板上，在该形式中在相同的排内的数字被一条分开并且每排以一次回车结束 - 换行。数据在这标准形式内可以在参数或者查找表格或者在其他应用的任何位置粘贴。(如果你也希望也复制专栏标题和单位，选择 Copy 命令时，按压换档键)

Copy 将移动选择平面图窗口或者图解窗口图形到可以到其他应用中粘贴的剪贴板上。EES 用两种形式将平面图窗口复制到剪贴板： 作为一张图和作为高分辨率位图。大多数程序， 例如一个文字处理器，提供 Paste Special 命令这样你能从已经放置在剪贴板上的可得到的形式中选择。位图需要更多的内存，但是当被打印时，它产生一幅高质量的图像。Picture format 照片形式正好产生你在屏幕上看见的图像。如果你正打算打印你已经复制的这幅图像并且你关心打印质量，使用 Paste Special 命令并且选择位图 选择。

如果在复制图解窗口时你按住 Ctrl key，文本项目与 Add Diagram Text 命令将不被包括。Plot 或者图解窗口的副本用 MetaFilePict 物体形式储存起来。Copy Solution 与每个变量位于不同行中的 ASCII 码文本和作为 formatted Solution 窗口中的一个图两个都将置于在剪贴板上的 Solution window 里的内容中。

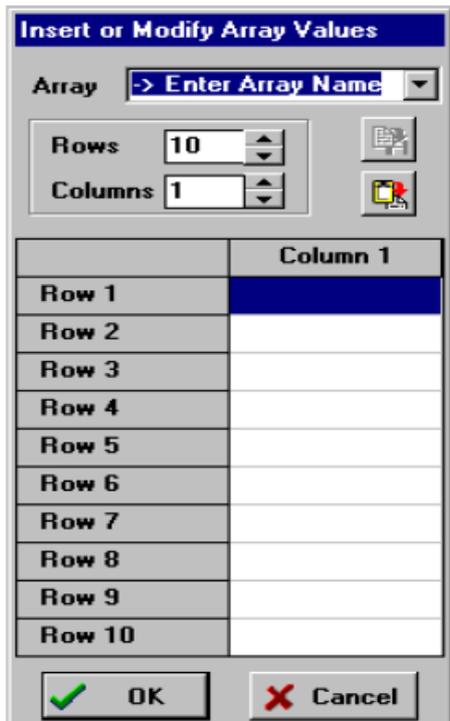
在另一应用使用 Paste Special，例如一个文字处理器，为粘贴选择文本或者图。参阅 Solution Window 关于更多的信息的描述。Copy 将把 Residuals 残余窗口的整个内容作为文本放置在剪贴板上。条分开在 Residuals 窗口每一行上不同项目。剪贴板内容可以被粘贴成一个文字处理器。Paste 激活方程式活跃，参数，查找，平面图和图解窗口。

粘贴移动以前用 Cut 或 Copy 命令放置在 EES 里或者在其他应用过程里的剪贴板上的文本 (或关于 Diagram window 的图形)。

当 Paste 用语参数或者查找表格窗口里时，在剪贴板上储存的值将复制到光标所的开始单元格的表格。由此

数据能在参数和查找表格之间移动。复制 Copy 并且粘贴 Paste 也能被用于在平面图窗口上安置的文本项目。Clear 不用将一个 Copy 放于剪贴板上就能移走被选择的文本。Clear 也能用来删除 Diagram 图解窗口的内容。

Select All 选择全部将在 Equations 方程式窗口里选择所有文本，或者在 3 张表格中的任何一个单元格这取决于 当命令被发布时，哪个窗口处于最前面的。Select All 选择全部命令都通常随后有将被选择的项目放于剪贴板上的 Copy。若 Formatted Equations window 或 Solution window 处于最前面时，Select All 命令显示为 Select Display。这命令将选择当前在窗口里的可见的所有项目。Insert/Modify Array 插入/ 修改阵列提供捷径以输入或者修改 EES 阵列的值。对话框窗口被显示如下。在对话框体顶上的下拉编辑方框展示在方程式窗口内定义的所有阵列的名字。选择你希望输入或者修改值的阵列的名字。如果没有阵列的被定义，这个方框将展示 -> Enter array name 输入阵列名字。输入新阵列的名字。在阵列里的栏和排的号码可以被调整相应于 Rows 和 Columns controls。滚动条将按需要以容许访问在窗口里不可见的阵列单元格。两个快速按钮提供访问 Copy 和 Paste 的途径。上面的按钮是 Copy 按钮。只要两个或更多在表格里的单元格被选择它能发挥作用。为了选择一行单元格，在单元格的左上方点击鼠标。按压 Shift 换档键并且在单元格右下方点击。则这个 Copy 按钮应该能产生作用。这个 Paste 按钮产生作用，只要文本已经被放在剪贴板上。为了把文本粘贴进窗口，在单元格的左上方点击鼠标开始粘贴操作。粘贴将着手右边，并沿着表格。复制 Copy 和粘贴性能使 Import 成为可能或者出口电子表格的数据。

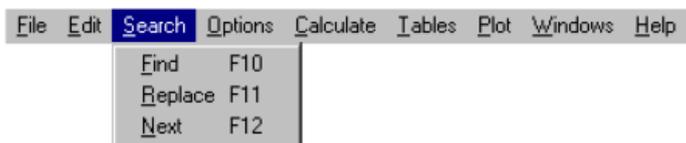


输入你希望在表格里定义的阵列元素的值。当你点击 OK 按钮时，EES 将转变你已经输入进 EES 方程式的值并且把这些输入 Equations 方程式窗口。输入将被置于形式的注释内：

```
{Array A}
A[1]=1
A[2]=2
...
{Array A end}
```

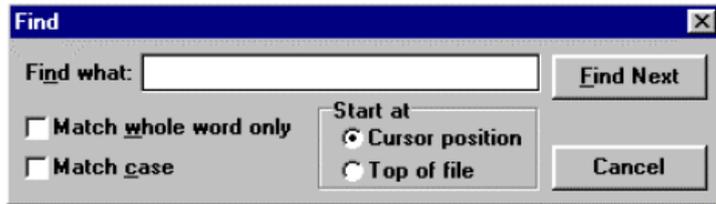
这里 A 是阵列名字。不要删除或者编辑这些注释。EES 使用这些注释在阵列元素被定义的方程式窗口里找到位置。如果你以后希望重新定义阵列，EES 将使用这些注释找到以前阵列并且用新近输入的值重写阵列。

#### 搜寻菜单

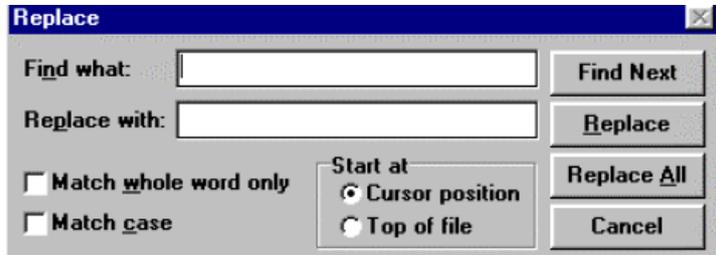


Find 将会搜寻 Equations 窗口以找到在 Find what: 字段输入的文本的第一个事件。搜寻是不区分大小写的，除非'Match case' 选项被选择。如果'Match whole word only' 选项被选择，文本将被发现，只要它被空格或者数学操作者限定。Cancel 按钮在发现过程完成后

会变为 Done。

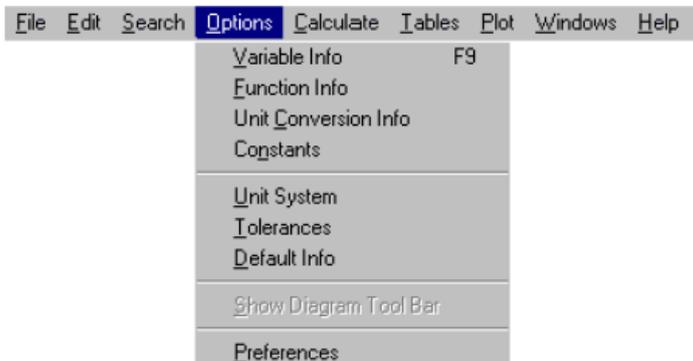


Replace 替换将会搜寻 Equations 窗口以找到在 Find what: 字段输入的文本的第一个事件并且用 Replace with: 字段里的文本替换它。搜寻选项象为 Find 命令描述的那样。 Replace All 替换全部按钮将用替换文本替搜寻换文本的每一事件。 Cancel 取消按钮在发现过程完成时将变为 Done。



Next 下一个将发现以前用 Find 或 Replace 命令 输入的文本的下一事件命令。如果他们被在 Find 发现命令设置内，搜寻选项仍将生效。

#### 选择菜单



Variable Info 变量信息将提供一个对话框窗口，象如下所示的那样，目前在 Equations 方程式窗口内出现的全部变量的推测值，上下边界，展示形式和单位可以看见并且被改变。这些数据一开始设置为默认值。默认值，选择基于变量名称的第一个字母，可能用 Default Info 命令设置。

Variable	Guess	Lower	Upper	Display	Units
A1	0.011	-infinity	infinity	A 3 N	m <sup>2</sup>
A2	0.011	-infinity	infinity	A 3 N	m <sup>2</sup>
h1	284.8	0.0000E+00	infinity	A 1 N	kJ/kg
h2	100	0.0000E+00	infinity	A 1 N	kJ/kg
m1	4.966	-infinity	infinity	A 3 N	kg/s
m2	4.966	-infinity	infinity	A 3 N	kg/s
P1	700	-infinity	infinity	A 0 N	kPa
P2	550	-infinity	infinity	A 0 N	kPa
T1	50	-infinity	infinity	A 1 N	C
T2	40	-infinity	infinity	A 1 X	C
v1	0.03323	0.0000E+00	infinity	A 3 N	m <sup>3</sup> /kg

如果程序包含一个或更多模块(关于一个模块的讨论请参阅第 5 章), 将在对话框顶上提供一个控制以选择模块或者主程序。 被选择的模块的信息然后能被改变或者观看。 "Show Array Elements"复选框 控制将在对话框窗口的左上面可见, 如果任何阵列在方程式窗口里使用。当这个控制被选择时, 全部阵列元素在变量信息对话框出现以及推测值, 界限, 展示形式, 和任何其他变量一样对每个独立变量进行设置。 不过, 当控制没被选择时, 一个单一表目描述全部的阵列元素。

例如, X []描述有父母名字 X 的全部阵列元素。如果改变关于父母阵列的任何特性, 那种变化被应用于全部阵列元素。 改变关于 X []的推测值, 将导致新推测值应用于阵列 X 内全部阵列元素。但是, 其他特性, 例如界限和单位, 将不被影响。另外, 阵列名字可以通过在 Variable Info 变量信息对话框的第一个栏里编辑名字被改变。 在对话框窗口的右边使用滚动条使变量信息呈现在眼前。 注意到这对话框体窗口的高度和宽度可以通过在通常的 Windows 方式内选择边缘并且拖动来改变。 全部领域, 包括变量名字, 可能被按要求的的那样改变。

如果变量名称被改变, EES 将在方程式, 参数表格和图解窗口里改变原先的变量名称的每次事件。 那些文字, -无穷和无穷能用来分别表明无限上下边界。推测, 上下值领域也将接受一个变量名称, 以及数目。当提供一变量的名字时候, EES 使用当前哪个变量的值作为边界或推测值。 在这展示出现之前, EES 试图解决有单个未知量的方程式。其值预先计算的变量通过让边界以斜体的形式显示以示区别。 预先计算的值在 Guess column 推测栏目中出现。这些推测值和界限可能仍然被编辑, 这将引起 EES 重新计算值。在 Solutions 或 Table 解决办法或者表格窗口的一个变量的展示形式由 Display columns 里的 3 个领域控制。 在这些领域点击将产生展示风格, 有效位的数字和强调突出影响的一个 pop-up menu。

变量(或者任何其他要求的)的单位可能被输入进单位专栏。 EES 使用的单位在 Solution 和 Parametric Table windows 里只用于展示目的。第 4 章描述的 Convert 功能用来转换单位。

注意到每个变量的展示形式和单位也能通过点击在 Solution Window 的变量被改变。 按压 OK 按钮时, 对话框体窗口出现的全部对变量信息的改变将被接受。这个 Update 更新按钮用当前值替换每个变量的推测值, 即在最后计算过程中确定的值。相同更新特征与 Calculate 菜单内的 Update Guesses 命令配套使用。 Print 按钮将表格里信息指导到被选择的打印机。 当 Variable Information 对话框被首先提出然后除去对话框时, Cancel 取消按

钮将使全部领域恢复到他们先前所在的状态。

Variable Info 变量信息对话框可能是通过拖右下角来 resized。 菜单命令

### 专业版本

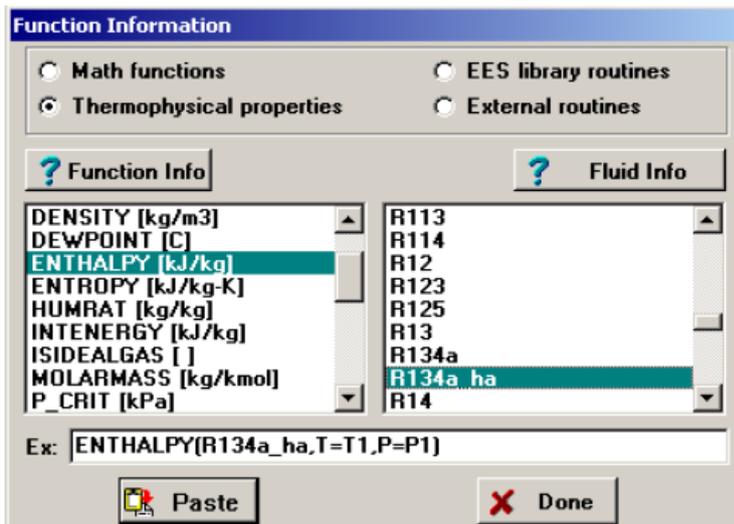
关于模块或者主要 EES 程序的变量信息可以保存或者从一个磁盘文件装载。文件操作被在 Variable Information 对话框的右上方使用两个小按钮完成。变量信息被保存在一个有.VAR 文件扩展名的文件。 变量文件扩展名。 不过，在这个文件里的信息用条限定的 ASCII 形式，以便它可以被打开，观看或者用一文字处理器或者电子表格修改。变量信息数据可以保存在一个已存的.VAR 文件里。 这样的话，文件被使用中的变量行情更新。在关于目前不使用中的变量的文件里的信息没被修改或者删除。例如，假定你有一个程序，该程序使用变量 X, Y 和 Z. 你把变量信息保存到一个现有的文件， 那文件已经有给变量 A, B, C, 和 X 的变量信息。关于变量 A, B 并且 C 的信息没被改变。 X 的变量信息被更新成当前的设置而变量信息 Y 和 Z 被附加到文件。

如果一个程序包含一个或更多模块， 一个下拉目录在模块或者主程序可以被选择的 Variable Info 变量信息对话框的顶部中心出现。这样的话，Save or Open Variable Information 保存或者打开的变量信息操作将只应用于被选择的模块或者主程序。 在一个模块里的变量和着模块名储存在变量信息文件里，这样相同变量名字可以在模块和主程序使用没有混乱。

有几份重要的变量信息文件的应用。 第一个应用将很难会聚的一个问题提供不同的推测值。 每套推测可以被储存在一个分离文件里并且按需要装载。 更一般的应用将使用一个变量信息文件储存在你的问题里反复使用的变量的信息。例如， 如果你通常在你的问题里使用变量 T1, T2 和 T3, 你能设置推测值，限制和单位在那些变量信息对话框内并且保存那些信息在变量信息文件。 然后，当你准备下一个问题时，你能打开这变量信息文件以及推测值，限制，单位将被自动更新。以这种方法使用， 变量信息文件利用 Default Variable Information 默认变量信息命令可得到的，提供相似的性能， 但是在这个情况里，被保存的信息不需要在变量名称方面与第一个字母有关。

在.VAR 文件里的信息利用 \$Include 指令能自动装载(第 7 章)。

Function Info 功能信息将产生下列对话框窗口。

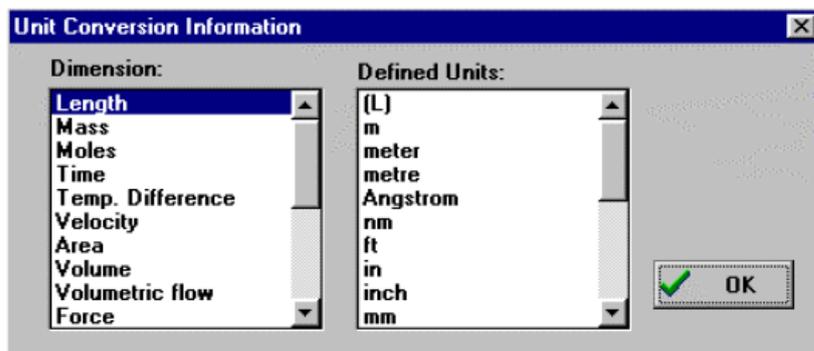


在对话框窗口顶上的 4 个按钮表明哪信息将被提供。 分别, Math Functions and Thermophysical Props 为数学和thermophysical 属性关系参考内部功能。这个 User Library 用户信息库按钮提供一个从库文件装载的用户功能, 程序和模块的名单。(关于关于库文件的附加信息请参阅第 5 章)。这个 External Routines 外部常规按钮指可能与 EES 有关系如第 6 章描述的外部常规。与被选择的按钮相关的功能将被在左边 Function 功能目录里显示。为了选择功能, 在 scrollable 目录里点击功能名字。 点击 Function Info 功能信息按钮获得与你已经选择的功能有关系的具体的信息。 Fluid Info 按钮提供有关源和属性关系的应用性的范围的信息。

thermophysical 属性功能的单位显示在功能列表框。Thermophysical 属性功能需要一种物质的说明。 属性数据可得到的物质在右边的 Substance 物质目录内显示。 在 scrollable 目录里点击物质名字选择这种物质。 如果被选择的物质的特性被计算使用理想的气体定律近似值, '理想气体' 将出现在物质目录之上。'理想物质' 将出现若液体蒸汽状态确定。由他们的化学公式描述的物质(例如, CO<sub>2</sub>)被视为理想气体并且使用 JANAF 表格参考值以获得焓和熵的值。 以他们的名字拼写的物质(例如, CarbonDioxide)被视为真正流体并且不使用 JANAF 表格参考值。 空气是这个规章的一个例外。 空气被作为一种理想气体的模本。 Psychrometric 功能只对物质 AirH<sub>2</sub>O 是适用的。 附加关于全部内部功能的信息被在第 4 章提供。

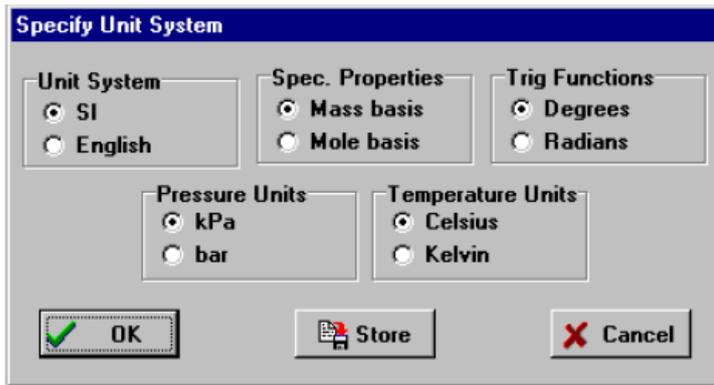
具有缺省变量功能的例子将在 Example 方框内显示在底部的。 你能以通常的方式编辑这信息。 如果你点击 Paste 按钮, Example 方框的内容将在 Equations 方程式窗口光标所在位置被粘贴。

Unit Conversion Info 单位变换信息提供信息支持使用转变和 ConvertTemp 变换功能。转变功能有下列形式: 转变('From ', 'To '), 其中 From 和 To 是字符串象 'Btu / hrft<sup>2</sup> R' 或者 '英里/小时'那样鉴定单位类型。(注意到在单位鉴定周围的单引号是可选择的。) 大多数单位标识符明显, 但不是全部。这命令的目的是列举已经被确定的单位标识符, 象如下所示的那样。

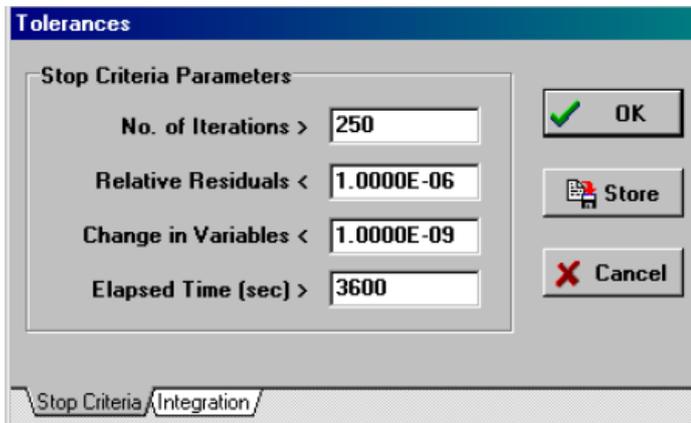


在左侧在目录里点击尺寸。已经被选择的尺寸确定的所有单位都在右边的目录里列举。 注意到只有被选择的尺寸的已确定的单位被列举。例如, 如果你点击 Area 面积, 只是 Acre 和 Hectares (土地和公顷) 将被展示。 不过, 有尺寸的单位的任何结合在右边的目录顶上注明(例如, L<sup>2</sup> 是对于面积来说的)可以被在 Convert 转变功能里使用。 如果需要, 你能增加附加单位。 他们被储存在主要 EES 目录里的 UNITS.TXT 文件里。 为增加信息的指示被提供在文件顶上。这文件可能被当作文本文件读取并且在 EES 内编辑。 Unit System 单位系统提供一对话框窗口显示在下面以示在哪个窗口用内置数学和 thermophysical

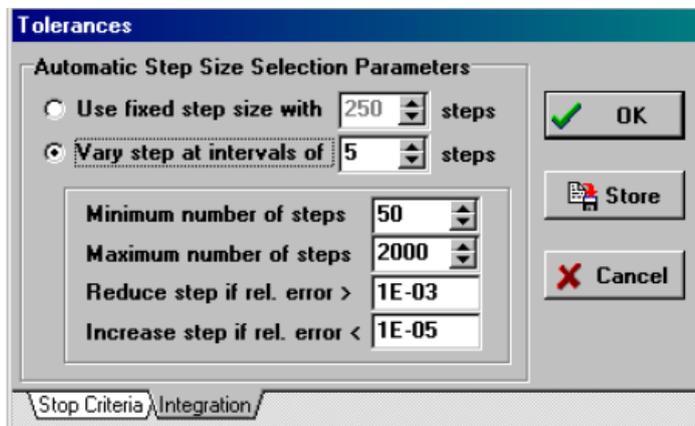
性质功能使用的变量的单位可能被设置。单位设置被显示在 Solution 解决办法窗口。单位系统只适合内置功能被叫。EES 不提供自动的单位变换。单位将被换成的剩余部分工作通路若按压 OK 按钮。这个选择的单位与其他问题一起保存当 File 文件菜单内的 Save 命令被讨论时。然后这些单位和着问题被用 pen 命令恢复。如果你希望永久改变默认值,按 Store 储存按钮。



Tolerances 将显示带有两个条窗口的一对话框以允许规范 Stop Criteria and Integration auto step parameters。



停止标准是迭代的数量,最大有关残余,从一迭代到下一次的在变量值方面的最大变化和耗费的时间。如果任何标准满足,计算结束。在 EES 里的全部计算在精确程度方面以 21 位有效数字完成。精确度的损失不可能是成为一个问题,即使当关于最大的残余或者变量变化设置非常小的值的时候。不过,在所需的解决办法上,这些小的数量值将增加迭代的数量以及计算时间。那些停止标准将通过按压 OK 按钮被确定作为适合这个通路的剩余部分来显示。那些停止标准与其他问题信息当 File 菜单里的 Save 命令被讨论时保存并且利用 Open 命令来恢复。为了更改 EES 在一新通路开始时呈现的缺省停止标准,按 Store 储存按钮。



EES 使用数值积分确定不可缺少的值或者解决微分方程。方程式基于整功能使用一固定 `usersupplied` 步骤或者一自动步长调整遇到一些准确标准。参数在 `Tolerances` 对话框体的条部分只影响 EES 自动在基于方程式的整功能的数值积分期间选择的步长尺寸。两个圆形按钮控制是否 EES 将使用一个固定还是一个变量步长。如果 "Use fixed step size 使用固定尺寸" 按钮选择, EES 将不试图在计算期间调整步长, 而是使用一固定步长等于那些中间休息时间除以有用户说明的步长的数量。如果 "Vary step at intervals of" 选择, EES 将检查先于每一个 N 步长的一体化进程的数字情况其中 N 由用户输入。在这个检查的过程期间, EES 可能减少, 增加, 或者保持当今的步长尺寸。控制是否步长尺寸被改变的最小和最大可允许的步长和容差是用户输入的。被做的试验如下: 每 N 步 EES 将用 2 半步获得的值来比较不可缺少的值。在这两值之间的差别是截去错误。截去错误通过关于 2 步半的不可缺少的值来划分它使之正常化, 假定它不同于 0。如果减少步长并假定它大于允许步长的最小值, 规范化的截去错误大于由 "Reduce step if rel. error >" 提供的值。如果正常化的截去错误小于由 "Increase step if rel. error <" 提供的值, 考虑到增加的步长不超过那些最大可允许步长, 步长增加。否则, 不对步长尺寸进行改变。

注意到在停止标准参数和综合截去错误参数之间有间接通信联络。停止标准参数准备允许与大于通常降低步长尺寸的错误一起的会并, 计算时间和解决办法准确将都被反向影响。

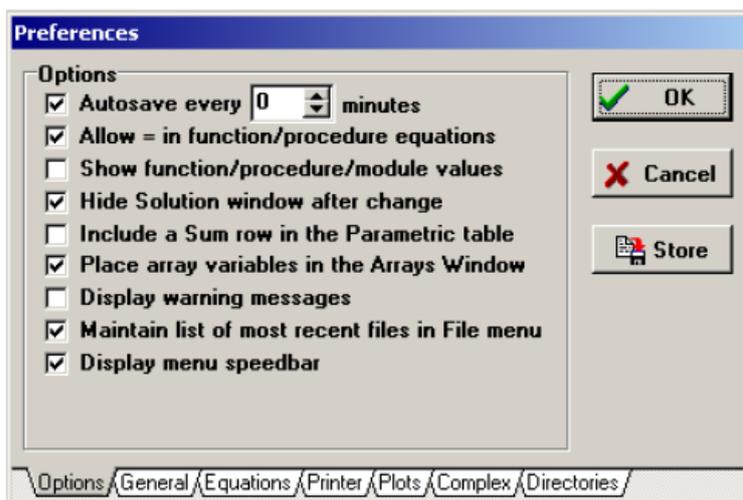
`Default Info` 提供说明新或者现有变量的默认猜测值, 界限, 展示的形式和单位的方法这取决于变量名的首字母。有两种方法使用这命令。如果你处理的问题全部倾向于有相同命名法, 最好设定默认变量信息并且通过按 `Store` 储存按钮保存它。这个 `Store` 按钮将引起当今的缺省设置永久被保存, 以便下次运行 EES 时, 这些默认将出现在程序开始时。

`Default Variable Information` 默认变量信息命令也能用来有选择对现有的变量进行更改。例如, 如果你对以字母 T 开始的变量变换为 [K] 并且按 `OK` 按钮, 以字母 T 开始的全部现有的变量将呈现这些新单位。对现有的变量的任何其他变化都不会产生。然后以字母 T 开始的每个新变量也将采用单位 [K]。这个 `OK` 按钮只为这个问题通路确定当前的缺省设置。

First Letter	Guess	Lower	Upper	Display	Units
A	1	-infinity	infinity	A 3	
B	1	-infinity	infinity	A 3	
C	1	-infinity	infinity	A 3	
D	1	-infinity	infinity	A 3	
E	1	-infinity	infinity	A 3	
F	1	-infinity	infinity	A 3	
G	1	-infinity	infinity	A 3	
H	1	-infinity	infinity	A 3	
I	1	-infinity	infinity	A 3	
J	1	-infinity	infinity	A 3	

Show/Hide Diagram Tool 显示/ 隐藏图解工具条被使成为可能当 Diagram 图解窗口或者 一个子 Diagram 窗口(专业版本)处于最前面的时候。 当使能够时, 选择这命令将为最前面的 Diagram 图解窗口系紧工具条的状况。当工具条是可见的时, Diagram 图解窗口处于开发模式。 文本和图表物体例如(线/箭头, 方框和省略)可能以开发模式被移动, 改变或者删除。 — Align 按钮被提供使与彼此有关的物体的调整变得容易。 当工具条被隐藏时, 全部文本和图表对象被锁住, 窗口用应用方式。输入被为输入变量接受, 计算可以被使用在图解窗口里提供的输入变量起动。 工具条能见度也能被在菜单条下在快速按钮 speedbutton 条上使用 Diagram Window 图解窗口按钮系紧。 阅读在第 2 章的 Diagram window 部分以获得更多细节。

Preferences 为用户选择提供 6 条, 程序选择, 一般的展示选择, 方程式展示, 打印机显示, 平面图窗口和复数选择。 这些选择被显示并且描述在下面。 如果 OK 按钮被点击, 被选择的 Preferences 为工作通路的剩余部分继续有效。 Store 按钮保存 Preferences, 以便下次 EES 被运转时, 他们将生效开始程序。



.. Autosave 每 XXX 分钟指示 EES 定期保存全部信息。 信息被保存成一个临时的, 有

与打开 EES 文件相同的名字的文件，但用在文件名之前有一个撇号符号(‘)。例如，文件 C:\EES32\ABC.EES 将会自动保存为 C:\EES32\‘ABC.EES。在正常的操作下，自动保存文件被删除，当一个新文件被创建或者打开或者当 EES 在工作通路 worksession 的末端被关闭，因此不为永久存储器所依赖它。你应该用 Save 或 Save As 命令保存任何你等会想用的文件。不过，如果 EES 意外退出，最后一次保存的候补的文件的副本仍然可在你的目录里获得。如果在 EES 功能和程序里未使用赋值符号(=)，.. Allow = 在功能/程序方程式将压制通常会发生的错误信息。EES Internal Functions and Procedures EES 内部功能和程序(第 5 章)雇用赋值语句作为用 FORTRAN 和 Pascal，而不是象在 EES 程序的主体里使用的那样的方程式。(EES 模块使用平等状态作为 EES 程序内的主体，因此不能使用 :=赋值语句符号。)一个赋值语句设置由左边鉴定的变量为数字式值并置于右边。X:=X+1 是一个有效的赋值语句，但是这显而易见不是等式。:=符号用来表示作业，但是如果这个控制被选择，EES 也将接受 X = X+1 。

.. Show function/procedure/module values 显示功能/程序/模值将允许在 EES 功能，程序和模块里的局部的变量的最新近的值被显示在 Solution 解决办法窗口。模块方程式也将 Residuals 残余窗口里出现。这些本地变量的值通常不仅仅是有趣的，而且是你可能希望知道的，特别是调试目的。只有出现在 Equations 窗口里的 Functions, Procedures, Modules 和 Subprograms (功能，程序，模块和子程序)被这设置所影响。已经从库文件里装载的 Functions, Procedures, Modules 和 Subprograms (功能，程序，模和子程序)的变量的本地值未被显示 (参阅第 5 章)。

改变后的 Hide Solution Window 隐藏解决办法窗口引起解决办法，阵列，和残余窗口被从屏幕显示除去若在 Equations 窗口内更改。如果这种选项没被选择并且 Equations 窗口内更改，Solution 解决办法窗口标题将转换成 Last Solution。

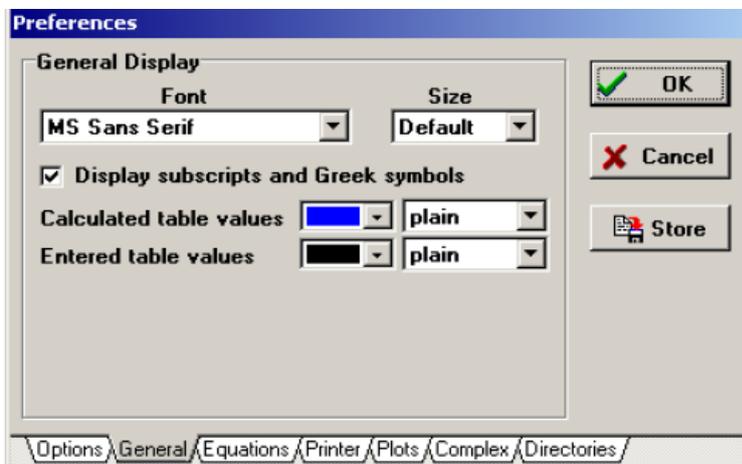
在参数表格里包括一总数排将导致一额外的排被增加到在每根栏里展示值的总数的 Parametric table 参数表格。如果当前显示的表格正由于不确定表格计算，总数排将显示被合计的值的的不确定度，即来自每排的平方不确定值的总数的平方根。

将阵列变量放置在 Arrays Window 阵列窗口内指示 EES 在计算被完成之后，展示全部阵列变量在 Arrays Window 阵列窗口内而不是在 Solution 解决办法窗口内。在 Arrays window 阵列窗口里的值可以被绘制在平面图并且正如在参数和查找表格里值一样复制。阅读第 2 章的阵列窗口部分获得更多信息。

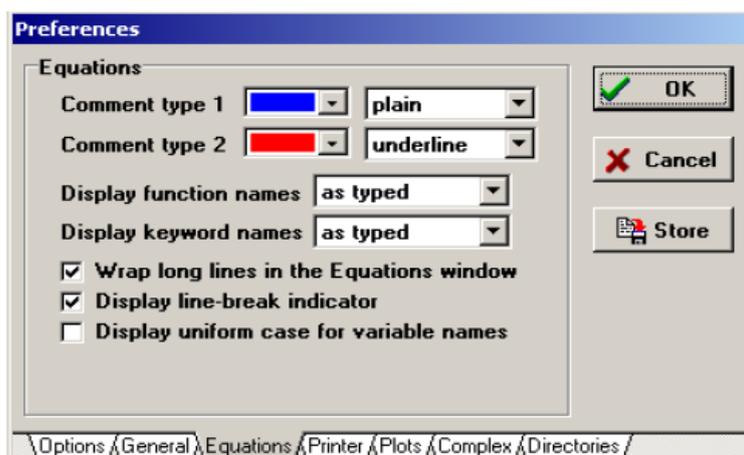
. 展示警告信息在计算期间使警告信息有效或者无效。如果 thermophysical 属性相互关系被应用于他们的应用性的范围之外，警告被发行。警告也能被开通或断开通过在 Equations 窗口里使用 \$Warnings On/Off 指令。。

保持一新近文件在 File 文件菜单内的目录使在文件菜单的底部的一个多达 8 个的新近文件的目录有效或无效。这个目录是你通常想要有的一条捷径。文件名保存在一个在 EES 目录里名为 EES.FNL 的文件里。不过，如果 EES 被置于多个用户能访问程序的一台服务器上，最好让这个特性无效。(这性能对于教育版本无效。)

展示菜单 speedbar 控制在菜单条下面出现的工具条的可见性。如果这个控制未选择，工具条将被隐藏。



字体和字体尺寸可以从下拉式目录中选出来。新字体和字体尺寸将在所有 EES 窗口内展示。打印机显示是不受影响的。打印机字体和字体尺寸分别在 Printer Display Tab 选择的。显示下标和希腊符号控制 EES 变量在 Solution, Formatted Equations, Parametric Table and Diagram 窗口的呈现。如果这个选项被选择, 那些下划线将用来表示下划线的开头。在变量名字的下列字母将显示为小字号和小写。在相同的变量的名字内的另外的下划线将被变成逗号。阵列变量也将被改变出现作为底线变量。有希腊字母符号的名字的变量, 例如  $\alpha$ ,  $\beta$  和  $\gamma$ , 将以符号字体形式出现。如果变量名称完全用大写字母, 希腊语符号将被展现为一个大大写字母。一个小圆点, 竖线或者冒号可以通过添加 \_ 小圆点, \_ 线, 或者 \_ 冒号到名字来将其置于变量名中。例如, X\_ 将显示为.. X。X\_ 无穷将作为  $X_{\infty}$  展示。X\_\* 将作为  $X^*$  展示。X\_ 冒号将展示作为 X。那些垂直条符号表示上标的开始。例如, G|o 将被展示为 Go。Calculated Table Values 和 Entered Table Values 属于在参数表格内的显示的值。输入的表格值是, 由用户提供, 或者直接通过打印值或者间接通过 Alter Values 改变值对话框的应用的值。计算的在 Solve Table 解决表格或者 Min/Max TableMin /最大的表格命令期间由 EES 提供。二个领域提供每个种类的颜色和字体的样式。注意到一分开的字体样式可以在 Printer Preferences tab 为打印作选择。

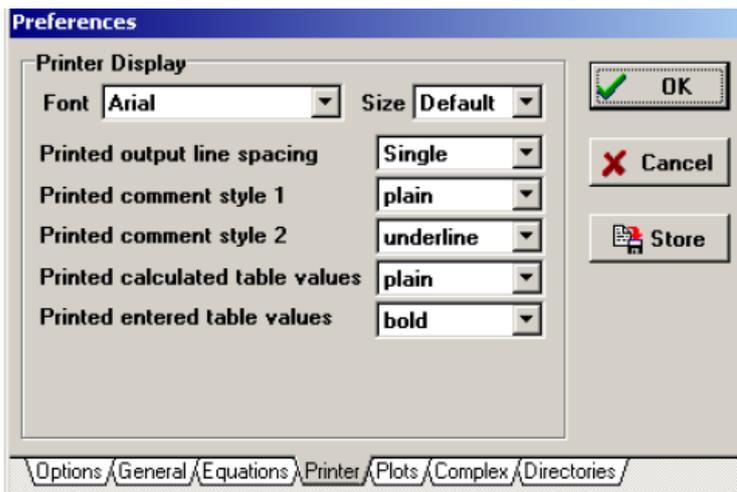


EES 能用两种不同的颜色和/或风格展示注释，这些用随后的两个下拉的控制由用户选择注释类型标签。Comment Type 2 通过有一种叹号！作为在注释里的第一个字符而与 Comment Type 1 区别开来。1 类型和 2 类型命令必须被在括号或者单引号内括上。如果括号使用，注释将在 Equations 方程式窗口里展示但不是被格式化的方程式窗口里。例如， {!This is a Type 2 comment} "！" 这也是一条 2 类型注释，它将在被格式化的方程式窗口里展示；"这是一条 1 类型注释。" 功能名字(象焓那样，Sin，等等)和关键字(例如功能，复制，流体的名字，等等) 可以被用大写字母，下档，或者象打字的那样，用下拉的控制选择。

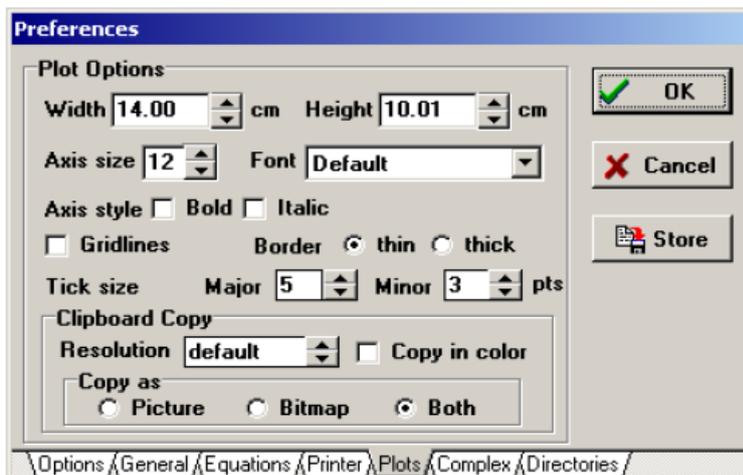
Wrap long lines in the Equations window 将隐藏水平的滚动条。太长而不能在 Equations 窗口显示的线将被在一个合适的点断开并且在下一行继续。如果 Display line-break indicator 被选择，一个红色符号 > 将被显示在下一行的左边空白处。

Display line-break indicator 只适用 Wrap long lines 选项被选择时。这种选择控制断点是否在续行的左边空白内出现。

为变量名字展示相同字体引起各个变量都以连续的大小写字母的形式出现，在 Equations 窗口中变量的第一个事件中设置。如果变量的第一个事件被改变，则 Calculate 计算菜单里的 Check/Format 命令将改变全部其他事件。

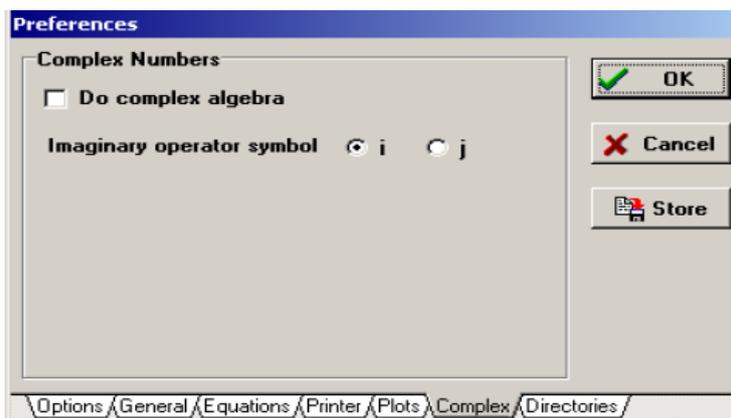


在 Printer Tab 的选项只影响打印输出的出现。字体和尺寸为打印输出将出现的类型提供选择。打印输出行间距提供单行，一行半，或者双倍行距的选择。打印注释样式 1 和打印注释样式 2 的领域允许为每种注释类型设置一种字体样式。注释类型 2 通过有惊叹号(!) 作为它的第一个字符来与注释样式 1 相区别。与被显示在屏幕上相比这些控制允许注释用另一种不同的风格打印。当那些注释被在屏幕上用彩色展示但是将被在一台黑色和白色的打印机上打印时，这种选择特别有用。A Print in Color control 提供在 Print 对话框窗口里。

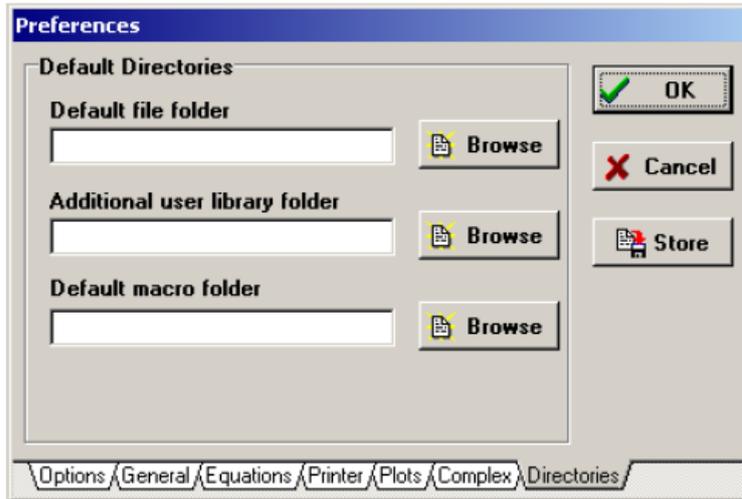


Plots tab 允许为平面图宽度和高度，字体，字体尺寸，字体样式缺省设置，和给轴刻度改变主要和较小的对号尺寸。平面图宽度和高度被输入恰当的单。取决于你的设备和录像设置，一个点是或者 1/96 或者 1/120 英寸。对号是在轴比例上的短的线部分。主要对号在刻度上设置而较小勾号在轴期之间发生的轴数目出现的点。被输入方框的对号被用正数展示。平面图可以在指定适合对号尺寸的值时使 *outdent* 对号成形。每当产生一个新平面图时，这些默认特性被应用。

在 Clipboard Copy 方框内的控制影响从 EES 平面图转换到其他应用的方式。平面图将作为一张照片(提高的 *metafile*)，作为位图，或者作为一张图和位图复制到剪贴板，这取决于 Copy as 方框里的圆形按钮设置。复制的决定可能被指定为每英寸 100, 300, 600 或者 1200 个小圆点。默认值是每英寸 300 个小圆点。高分辨率一般产生一幅质量好的图像，但是在位图情况下复复制制，特别是由于复制用彩色完成，他们特别导致大得多的内存使用。在平面图复制到剪贴板上后，它可以使用应用的 Paste 或 Paste Special 命令把粘贴到另一应用中。如果平面图被作为一张图和位图复制，Paste Special 命令提供图，图(加强)，位图，设备独立的位图的选择。Selecting Picture 选择图将粘贴被加强的 *metafile*。设备独立的位图 将粘贴位图。你可能想要测试这两个选择来看哪个在在你的应用中的高质量的图像提供最好的选择。Copy in Color check 命令将重新以彩色或黑白色形式产生平面图。



Complex Tab 允许在 EES 里的复杂的代数性能被开通或断开。该复杂性能也能用 \$COMPLEX ON/OFF 指令来接通或断开。显示-1 的平方根的虚变量可以有圆形按钮来确定是选择 i 或者 j。



Default File Folder 指定在 Open 或 Save As...命令讨论时 EES 打开的文件夹。如果在这个领域里规范的目录不存在或者没有目录被规范，EES 将最初使用 EES 程序启动和此后，它将使用最后访问目录的目录。显然，

当 EES 开始时，它从位于 EES 应用被放的目录的 USERLIB 文件夹装载库文件。但是，如果一个可用的目录名字被在 "Alternate user library folder 交替的用户信息库文件夹" 领域里提供，EES 也将使用在启动时在这目录内的的所有库文件。

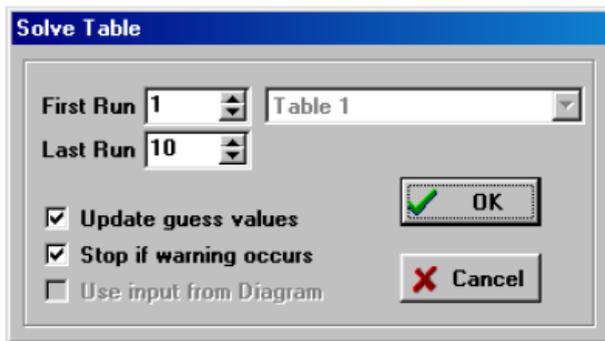
当 Build Macro 命令(专业版本)被讨论时，使用 Macro 文件的默认文件夹。如果没有提供文件夹名字，EES 将使用放置 EES 的目录。默认目录信息被储存在 EES.DIR 文件里。删除这个文件重新安放目录信息。在任何被选中的窗口里的任何 Preferences 里被改变，按 OK 按钮将只确定这个通路的优先权。这个 Store 按钮将引起 Preferences 永久被保存，以便下次运行 EES 开始程序时，他们将生效。

### 计算的菜单

File	Edit	Search	Options	Calculate	Tables	Plot	Windows	Help
				Check/Format				Ctrl+K
				Solve				F2
				Solve Table				F3
				Min/Max				F4
				Min/Max Table				F5
				Uncertainty Propagation				F6
				Uncertainty Propagation Table				F7
				Check Units				F8
				Update Guesses				Ctrl+G
				Reset Guesses				

Check/Format 检查/ 形式将重新编译全部方程式并且应用于在 Options 菜单内 Preferences 命令中选择的格式化的选项。发现的第一个句法错误将被一条消息表明。如果未碰到句法错误, EES 将表明在 Equations 方程式窗口内的方程式的数量和变量的数量。

Solve 解决首先检查在 Equations 方程式窗口里的方程式的句法。没有发现失误和如果方程式的数量等于变量的数量, 将试图方程式的解决方法。EES 使用的解方程式的方法被用附录 B 描述。一个信息对话框窗口总结这个解决办法的进度。当计算被完成时, 信息对话框显示耗费的时间, 块的数量, 最大残余(即 在一个方程式的左侧和右边之间的差别), 和从先前的迭代起在一个变量的值的最大的变化。如果方程式的数量不等于变量的数量, EES 将提供浏览可以帮助找到一个问题的 Debug 调试窗子的选项。如果 Diagram 图解窗口用来输入一或更多变量值, Solve 解决命令被发布时必须打开该窗口。更多的关于 Debug 和 Diagram 窗口的信息请参阅第 2 章。Solve Table 将利用 Parametric Table 开始计算。(在关于使用参数表格的信息的下列页上阅读参数菜单命令的说明。)对话框将如下显示。不止一张参数表格可能被定义, 在这种情况下关于哪个计算将被做的表格必须是从下拉式目录中选出来。在下拉式目录里的选项之一是 "All Parametric Table 全部参数表格"。选择这种选项导致 EES 为在顺序命令里的所有参数表格做计算。

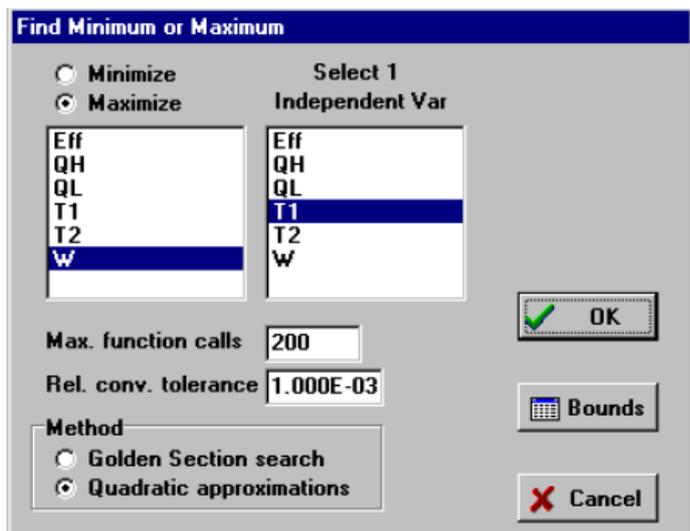


在一张 Parametric Table 参数表格里的每排是一个不同的问题。自变数的值以正常的类型显示。空白单元格(或者有加粗, 蓝色, 或者斜体的单元格从一以前 Parametric Table 表格命令)是因变数。这些变量的值将被弄清除, 新近计算的值将在表格里输入。如果 Update Guess Values 更新猜测值控制被选择, 运转的每一个的推测值将被设置成先前运行中计算的值; 否则每一次运行将开始于用 Variable Info 变量信息命令规范的推测值。在它被发展的范围之外, 如果属性相互关系被应用, 警告被发行。

如果停止警告发生控制被选择, EES 将结束警告发生的表格中的计算。否则, EES 将为剩下的排继续计算。在所有表格计算都被完成之后, 将会显示一条消息表明警告发生的排。

如果 Diagram 图解窗口是打开的和它有一个或更多输入变数, "Use input from Diagram 使用来自图解的输入"控制将被使成为可能。如果这个控制被选择, EES 将从 Diagram 图解窗口接受输入值, 就好象这些输入被在 Equations 方程式窗口里规范。

Min /Max 用来发现在一个方程式组里未决定变量的最小或者最大值, 再那个方程式组中至少有 1 和 10 或者更少的自由度。EES 将在 Equations 方程式窗口里首先检查方程式的句法。如果没发现失误, 将显示一对话框窗口呈现在二个目录内的尚未决定的变量。



在左目录之上点击 Minimize 或 Maximize 按钮。 将被减到最小/使最大化的变量通过在左边在目录里点击它的名字来选择。 为了寻求最佳值而改变其值 (s) 的自变量(s)在右边的目录内出现。 有必要选择和方程式窗口内自由度的数目一样的自变量的数目。必须被选择的自变数的数量注明在右边的目录之上。 为了选择(或者 unselect)为一个变量, 在目录里点击它的名字。 如果有一自由度, EES 将使被选择的变量最小化或最大化通过使用或者一个黄金分割查找或者一种递归的二次的估算法, 这取决于对话框窗口的底部的按钮的设置。(关于关于最优化算法的信息请参阅附录 B.) 这种递归的二次的估算法通常比较快, 但是这种黄金分割方法更可靠。多维的最优化可能通过使用 Direct Search 或 a Variable Metric algorithm (直接的搜寻或者一种变量测度算法) 完成。 Variable Metric method 变量米制方法, 使用数字衍生物, 通常比 Direct Search method 直接搜索法更好执行, 但是如果最佳条件边界限制就可能变的混乱。

EES 要求有限上下边界为每个自变量设置。 自变数的界限和推测值的仔细挑选将提高发现最佳化的可能性佳。你能观看或者改变界限并且被点击 Bounds 界限按钮选择自变数的每一个猜测值。 这将弹出只包含被选择的自变数的 Variable Info 变量信息对话框的一个缩写的版本。 看 Options 选项菜单里的 Variable Info 变量信息命令获得另外关于设置界限的信息。

在哪些方程式被解决的那些最多次的数量(即, 呼叫功能的数量)可能被指定, 跟有关的容差一起。计算将停止, 如果: 1)在在两个连续的步长之间的自变数(s)有关的变化少于被指定的容差; 或者 2)的数量步长超过指定的最大值。 EES 也将停止计算, 如果方程式不能被在容差内指定的自变数的值(s)解决并且由 Options 菜单中的 Stopping Criteria 停止准则命令中规范可允许的迭代的数量。

Min /Max Table 提供与 Min /Max 命令相同的性能, 除了计算将被在 Parametric Table 参数表格里为每排重复。(参阅 Parametric 参数菜单命令在关于使用 Parametric Table 参数表格下列页上的描述的另外信息。) 像 Min /Max 命令一样, 一个对话框窗口将出现, 使变量最大化或者最小化和自变数(s)可以被选择。这样的话, 不过, 将被最佳化的变量和所有自变数(其值将在寻找最佳化改变)都必须在参数表格内出现。 在 Parametric Table 运行的关于哪个计算将被完成的开始和停止可能被指定。 在 Parametric Table 参数表格里以常规类型显

示的值被修改，并且被处理调整为在方程式窗子里的一个方程式的那值。最佳化的变量和自变数(s)必须在每一行中是一样的。如果没遇到失误，计算最佳化和为每次运行输入在表格里剩下的栏的值。

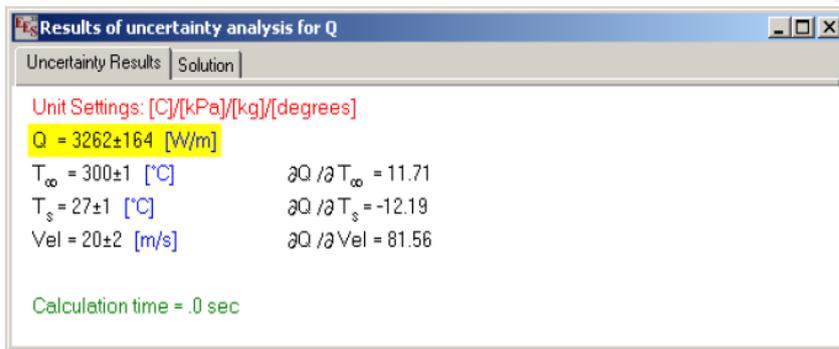
**Uncertainty Propagation** 确定选择计算变量不确定为一个或多个测量值的不确定的功能而这取决于它依赖于哪个。在很多实验过程中，重要的数量不是直接测量的，而是相当被作为一个被直接测量的一个或多个变量的功能计算的，即， $Y = f(X_1, X_2, \dots)$ 。被测量的变量  $X_1, X_2, \dots$  等等有一个与它的不确定有关的一个随便变化性。在 EES 里，不确定用一个 ± 符号展示，例如， $X_1 = 300 \pm 2$ 。这命令的目的是计算在所有被测量的变量里的不确定怎样传递到被计算的量，Y 的值。确定这不确定传递的这种方法被用尼斯特第 1297 技术说明描述(Taylor B.N. and Kuyatt, C.E., Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results, National Institute of Standards and Technology Technical

Note 1297, 1994) (泰勒 B.N. 和 Kuyatt, C.E., 评价和表示尼斯特测量结果，国家标准与技术局第 1297, 1994 技术说明的不确定的指南)。假定个别的尺寸是不相关和随机的，在被计算的量方面的不确定可以被估计作为

$$U_Y = \sqrt{\sum_i \left( \frac{\partial Y}{\partial X_i} \right)^2 U_{X_i}^2}$$

U 描述变量的不确定的。

在选择这命令之后，EES 将提出变量的两个目录。从左边目录里选择将决定哪个不确定被传递的变量。从右边的目录中选择一个或多个测量的变量。注意到 在被测量的变量目录里出现的变量一定是常量，以便他们的值能在 EES 方程式窗口里的一个方程式调整到数字常量。为了确切说明不确定与被测量的变量相关，在右边的目录下面点击 **Set Uncertainties** 定按钮。第 2 对话框窗口将出现以规范绝对或相对(测定值的小部分)不确定为选择测量的变量的每一个可以被指定。每一个的不确定值测量变量必须被提供。点击 **OK** 按钮确定不确定并且关闭 **Specify Uncertainties** 对话框窗口。点击 **OK** 按钮 **Uncertainty Propagation** 对话框开始计算。在计算完成之后，EES 将用两条展示一个 **Solution** 解决办法窗口，象如下所示的那样。**Uncertainty Results** 条展示计算并且测量的变量和他们的各自的不确定。计算变量的部分衍生物关于测量变量的每一个也将被展示。**Solution tab** 显示 **Solution** 窗口当通常没有不确定计算出现时。



**Uncertainty Propagation Table** 提供和 **Uncertainty Propagation** 命令相同的功能，即不确定

传递在计算变量方面的设定。它们的差别是这命令允许通过使用 Parametric Table 参数表格对一或更多尺寸而重复不确定计算。在这命令被使用之前，计算并且测量的变量必须全部在 Parametric Table 参数表格里。在选择命令之后，Uncertainty Propagation 对话框窗口将弹出，在该窗口中计算的数量从左边变量的目录中选出来以及测量的变量(s)从右边的目录中选出来。

在 OK 按钮被选择之后，就好像 Solve Table 命令被使用，参数表格计算将进行。在计算完成之后，关于计算变量和每一个测量的值和不确定将显示在 Parametric Table。计算的变量然后能通过使用 New Plot Window 命令与描述被传播的不确定的误差条一起绘制于平面图上。如果在表格里总数排用 Preferences 对话里的 ‘Show Sum Row in Parametric table’ 成为可见的，总数排将显示是来自每排的平方的不确定值的总和的平方根的被合计的值的的不确定。Check Units 将检查维和单位一致的主要部分的方程式窗口全部方程式。在内部功能和程序的方程式没有单位，他们没被检查。结果被报告在 Debug 调试窗口里。为检查的过程输入适当的每个变量的单位是必要的。单位可以被输入到 Variable Information 变量信息对话框窗口或者 Solution 解决办法窗口。在 Equations 方程式窗口内设置为一常量的变量的单位也能设置在一注释内通过用方括号把单位框住。例如：P = 140 “[kPa] this line will set P=140 and its units to kPa” 检查的算法不能知道变换常量的单位，因此在你的方程式里最好回避他们。Convert 转变功能应该被改为替换。例如，假定你有两个变量，L\_ 英寸和 L\_ 尺，其单位被调整到英寸和尺，分别被在下列方程式里使用。L\_ 英寸 = L\_ 尺 \* 12。当 Check Units 命令被讨论时，Debug 调试窗口将出现，这个方程式将被象有一个错误的那样标记起来，因为 12 的单位不知道。不过，如果 Convert 转变功能被用作显示下一步，方程式将被接受为无错误。L\_ 英寸 = L\_ 尺 \* 转变(英尺, in)

Check Units 命令将展示方程式和一说明每一变量的消息而该变量被发现有不一致或者单位一致的错误。如果你在一个方程式点击鼠标左键，焦点将跳至方程式窗口里的那个方程式。如果你在一个方程式点击鼠标右键，一缩小的 Variable Information 变量信息对话框窗口的形式将出现，只是显示在方程式内出现的变量。

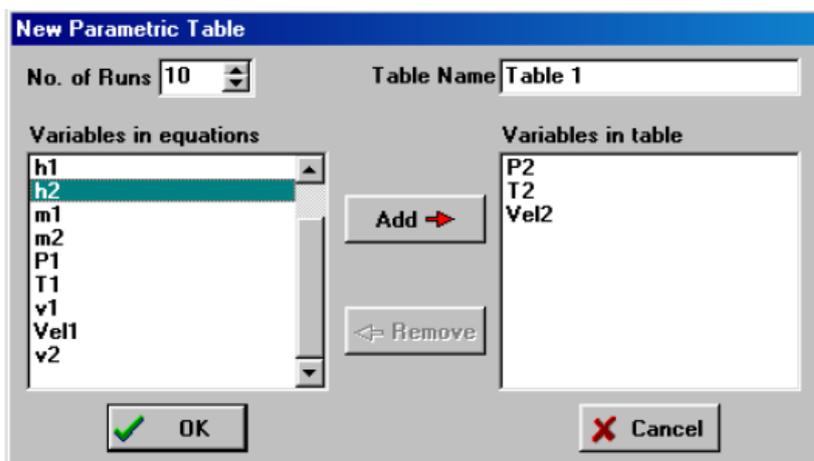
Update Guesses 更新猜测用最后一次计算的值替换在 Equations 窗口里的每个变量的推测值。在计算已经被成功完成之后，这命令可获得。Update Guesses 更新猜测改进 EES 计算的效率保证始终有一套推测值对下一次计算有效。

完全相同功能和着 Update 更新按钮提供在 Variable Info 变量信息对话框窗口内，Update Guesses 更新猜测命令更易获得。Reset Guesses 调节猜测用 Equations 窗口里的那个变量的缺省值替换每一变量的猜测值。除非另作说明，EES 假定全部推测值是 1.0。你能用 Optins 菜单里的 Default Info 命令更改缺省值。你应该重新设置推测值，只要你正经历合并困难并且你已经改变推测值以试图找到一个解决办法。

## 表格菜单



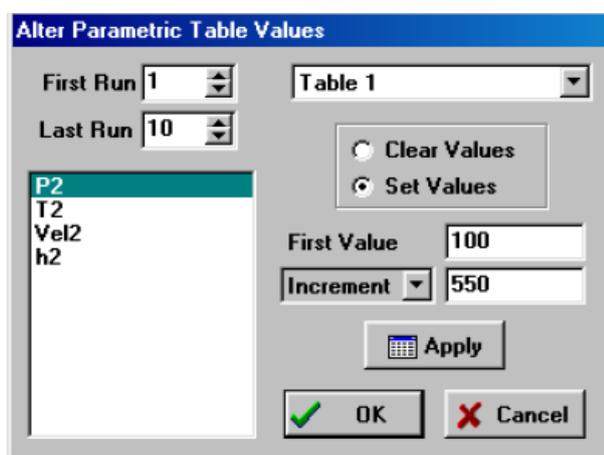
New Parametric Table 新参数表格在 Parametric Table Window 参数表格窗口内创建一新参数表格。 Parametric Tables 参数表格被在 EES 里使用使重复的计算自动化，解决微分方程，并且提出平面图或者适合曲线的数据。一对话框窗口将出现。在该对话框里必须输入信息以创建表格如例子所示。除了可用内存，在可能被创建的表格的数量上没有限制。



当表格被建立时，每张表格用输入的一个表格名字来相区分。表格名字显示在参数表格窗口顶上的一条上。然后表格名字能通过在这条上点击右边的鼠标键而改变。运行的数量，在表格里与行数相应，输入在字段的顶部。将出现在表格里里的全部变量(既包括独立也包括依靠的)从左边的变量清单中选出来。

为了选择一个变量，在清单中点击它的名字，这将引起它被强调突出。多个名字可以被选择。点击 Add 增加按钮把被强调突出的变量名称移动到右边的目录。(作为一个快捷方式，当你在左边目录里双击它的名字时，该变量被自动增加到右边的目录。)在右边目录里的变量将以他们在目录里出现的顺序相同的顺序出现在表格栏中。一个变量可以通过在右边

的目录里点击它的名字被表格目录然后点击 **Remove** 按钮或者通过双击变量名称除去，按 **OK** 按钮将创建参数表格，覆盖任何现有的表格。参数表格操作有点象一张电子表格。数字值可以在任何单元格里输入。输入的值被假设为自变数并且将以常规类型显示。在表格里输入值与在 **Equations** 方程式窗口里把设置那个变量为那个值产生相同的效应。因变数将被确定并且以蓝色，加粗，或者斜体(这取决于在 **Preferences** 对话框体内的选项)的形式输入表格，当 **Solve Table**, **Min/Max Table**, or **Uncertainty Propagation Table** 正讨论时。如果一个变量在表格里被确定，它不能被确定在方程式窗口里；否则问题将是 **overspecified**。每排表格都是一次单独的计算。自变数可以不同于下一排。不过，对于每一排，问题里的自变数的数量减去方程式的数量后的数量必须等于变量的总数。**Alter Values** 改变值提供自动方法进入或者清除适合多次运行的变量的值。这命令将弹出 **Alter Values** 对话框，显示如下。

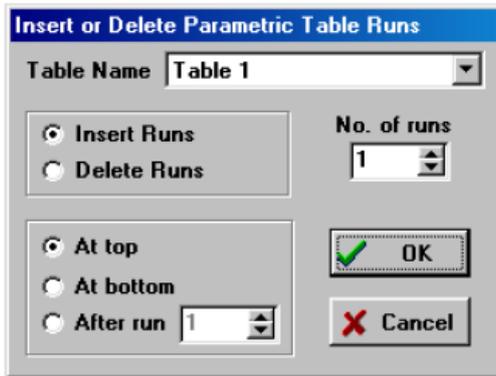


影响的运行(即, 排)被在对话框的左上方规范。将发生改变的变量通过点击它的名称来从目录中选出来。如果 **Clear Values** 控制被选择, 这个变量的栏将被清除。如果 **Set Values** 被选择, 被选择的变量的值将被自动输入在表格里并且在 **First Value** 第一个值字段里以该值开始。

在 **First Value** 第一个值下面的列表框控制在表格里产生逐次值的方式。选择是 **Last Value**, **Increment**, 和 **Multiplier**。增加或者乘数导致在表格里逐次值通过或者加或者乘来确定, 各自的, 先前表格提供在方框中的值里。如果 **Last Value** 上个值被选择(象显示的那样), 那些增加将被选择因此最后一个运行有那些指定标准。**Apply** 按钮将改变已规范的参数表格但是在 **Alter Table Values** 里的控制将保存这样可以做另外的改变。这个 **OK** 按钮接受并且使所有对参数表格做出的变化落实。

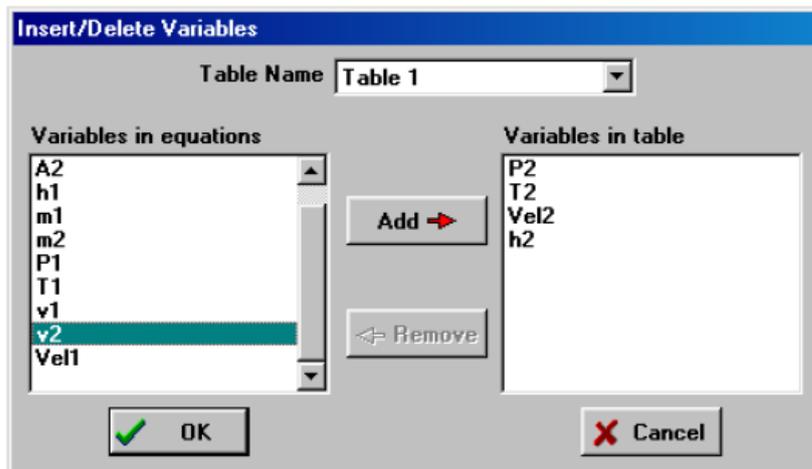
输入到表格里数字, 或直接或者通过 **Alter Values** 改变的值命令, 鉴定方程式组内的自变量; 他们将以常规类型显示。自变数对于每一次运行被固定到常量上, 就好象在方程式窗口存在一方程式把变量设置为常量。因变数将以斜体, 蓝色或者加粗的形式显示这取决于在 **Preferences** 对话框里所做的选择里。这些值被用 **Solve Table** 和 **Min/Max Table** 命令在表格里自动输入。如果值在表格里被确定, 它不能也确定在方程式窗口里; 否则将显示一条错误信息。在 **Parametric** 参数表格里存在改变数据其他方式。点击在每个单元格栏头右上方(或者在头部单元格点击右键时出现的 **popup** 菜单中选择 **Alter Values**)将提出如 **Alter Values** 改变值对话框一样操作的一个对话框窗口。此外, 你能简单地直接打印值到 **Parametric** 参数表格。**Retrieve Parametric Table** 挽回参数表格将读取指定的 **.PAR** 文件和使参

数表格恢复到当 Store Parametric Table 命令被讨论时候的相同状态。欲了解详细信息，参见下面的 Store Parametric Table 命令。Store Parametric Table 命令保存当前 Parametric Table 参数表格一个二进制磁盘默认有一个.PAR 文件扩展名的文件。与参数表格有关的全部信息被保存。然后文件能利用 Retrieve Parametric Table 命令再创建表格。Store 和 Retrieve Parametric Table 命令最初被发展用来克服在早期 EES 版本中的对单个参数表格的限制。不过，EES 现在允许无限 Parametric Tables 参数表格的数量被确定，因此没必要 Store 和 Retrieve Parametric Tables 储存和挽回参数表格。Retrieve Parametric Table 被提供以允许 Parametric Tables 参数表格在 EES 的旧版本内保存打开并且允许参数表格从一 EES 文件连接到另一 EES 文件。



Insert/Delete Runs 插入/删除运行允许在一存在的 Parametric Table 参数表格里的运行的数量被通过插入或者删除在一个指定的位置上的，一或多个指定的 Parametric Table 参数表格排被改变。在 Parametric Table 参数表格里的排也通过在表格里的第 1 个专栏点击鼠标右键然后从 Popup 菜单中选择 Insert Row 或 Delete Row 来插入或者删除。

Insert/Delete Variables 插入/删除变量允许一存在的 Parametric Table 参数表格变量被增加或者被除去。下列对话框窗口将出现。



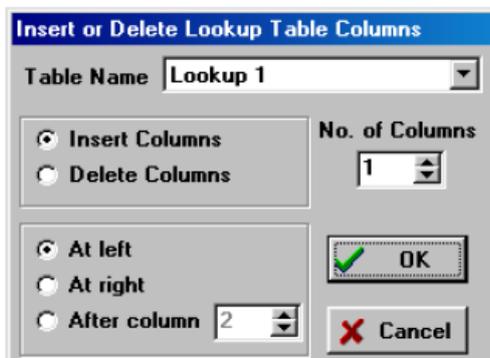
右边的目录展示当前出现在 Parametric Table 参数表格内的变量。可能被增加到表格的变量在左边在目录里出现。为了把一个或多个变量增加到表格，点击变量名称(s)以引起他

们被强调。点击 Add 增加按钮把被强调的变量名称移动到在右边的目录。(你也能通过双击变量名称增加一个变量。) 变量可以通过从右边目录中选择他们随后点击 Remove 按钮使之从表格删除。也能通过在栏头单元格点击鼠标右键随后从弹出的 Pop-up 菜单中选择 Insert Column 或 Delete Column 来把变量从参数表格增加或者删除。

变量将以在右边目录里出现相同的顺序在参数表格的专栏里出现。在目录里的变量的顺序可以通过在它上下滑动到一个目录里的新的位置时,在一个变量名称上压和按住鼠标左键而被改变。一个已存的 Parametric table 的栏顺序也能通过在栏头单元格上点击来改变如第 2 章描述。在确认之后, Delete Parametric Table 删除参数表格将删除 Parametric Table 参数表格并且追回它所占的内存。

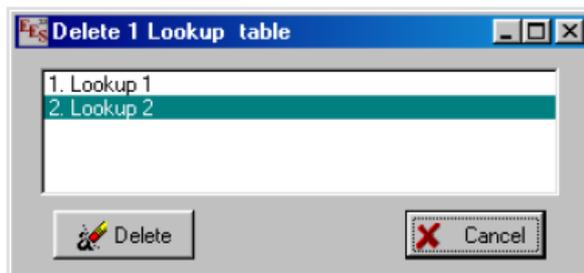
New Lookup 新查找创建与指定的的数量排和栏的表格,而在这些排和栏中列表的数字或者串数据可能输入。一个名字必须为 Lookup Table 查找表格提供。这是必须与用于 Lookup Table 的命令一起使用的名字。名字将在 Lookup Table 查找表格窗口顶上在条上出现。列表的数据可能通过 Interpolate, Differentiate, Lookup, LookupRow 和 LookupCol 功能被自动插入, 差异化, 并且使用于解决办法的问题中如第 4 章描述。(不是可用内存)在可能出现在 Lookup Table Window 的 Lookup Tables 查找表格的数量上没有限制。另外,在 Lookup Window 查找窗口中的数据可能被保存在一个 Lookup File 查找文件中(带有一个 .LKT, .TXT 或者 .CSV 文件扩展名), 和用磁盘文件储存的 Lookup File 查找文件而这些磁盘文件也能被 Interpolate, Differentiate, Lookup, LookupRow 和 LookupCol 功能存取。查找表格和文件通过允许变量之间的任何功能关系为 EES 提供很多性能, 而这些变量可以被将在方程式的解决方法输入和使用的列表的信息描述。

Open Lookup 打开查找将读取先前用 Save Lookup 命令或作为一个文本文件保存的查找表格窗口里的查找文件。从文件名派生来的一个名字被给到 Lookup Table 查找表格和这个名字在查找表格窗口顶上的条上出现。一个查找文件是一份已经被储存在一个磁盘文件内的数据的二维的表格。关于每个栏数据的名字和展示形式也可能被储存, 这取决于其文件形式。查找文件可以通过 Differentiate, Interpolate, Lookup, LookupCol, and LookupRow 命令被访问。EES 承认二进制和查找文件的 ASCII 形式。二进制文件以一个 .LKT 文件扩展名相区分。ASCII 查找文件通常有一个 .TXT 或者 .CSV 文件扩展名。每种文件形式有其利弊。二进制形式读取更快速并且所需文件尺寸更小。而 ASCII 形式更容易编辑, 而且它可以被电子表格或者其他应用编写。参阅第 4 章, 使用查找文件和查找表格, 获得更多细节。Save Lookup 保存查找将在 Lookup Window 里的数据复制到一个查找文件里。查找文件可以被作为带有 .LKT 文件扩展名的二进制文件或作为 .TXT 或者 .CSV 文件扩展名的 ASCII 文件保存。然后查找文件可能用 Open Lookup Table 命令读取或者用 Interpolate, Differentiate, Lookup, LookupRow, 和 LookupCol functions 从磁盘中直接使用。

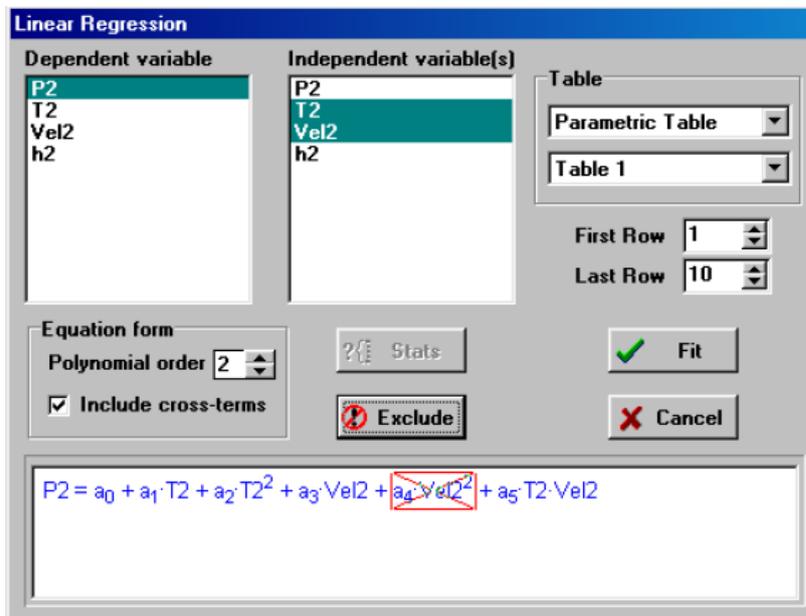


在查找表格窗口内的信息也被与问题信息储存当 Save 或 Save As 命令被给出时。参阅第 4 章, 使用查找文件和查找表格, 为获得与查找表格和文件相关的更多的信息。Insert/Delete Lookup Rows and Insert/Delete Lookup Cols 允许一排或者更多排或栏在一现有查找表格内的指定的位置插入或者删除。排和栏也能通过在栏头(对排来说)或在排头(对纵行来说)点击鼠标右键, 随后从 Popup 菜单中选择 Inset 或 Delete 被插入。

Delete Lookup 查找删除将从查找表格窗口选择的一个或多个查找表格然后追回它所占的内存。对于此操作没有 Undo。



Linear Regression 线性回归为在参数, 查找或者阵列表格里的数据提供回归性能。注意到在平面图菜单内的曲线适合命令也提供回归性能但是只适合一个自变数。利用 Linear Regression 线性回归命令, 在任何专栏内的数据可以作为回归的一个在多达 6 个其他栏功能数据。在命令被选择之后, 弹出如下所示的对话框窗口。选择从右上方的下拉式目录选择你想操作的表格和表格里的开始和结束排。通过在左边目录里点击变量名称来指定因变数。自变数(s)通过在右边的目录里点击名字被选择。为了取消选择一个项目, 再次点击它。



因变数将被描述为一个自变数的线性的多项式功能。通过点击'spin button 旋转按钮'上下箭头来设置多项式的顺序为 0 和 6 之间的值。如果交叉项方框被选择, 然后与自变数的

结果有关的项将被归入相互关系。当与方程式形式有关系的任何信息被输入后，一合适的方程式的表象显示底部方框内，如上所示。你可以通过点击项把一些项排除在回归之外。这次操作将在被选择的项周围展示一个方框并且使 Exclude 排除按钮成为可能。点击 Exclude 排除按钮从更进一步的考虑除去该项。一个除去的项将出现在一交叉的红色方框内，如上所示。如果你过后希望包括一个排除的项，点击它。Exclude 排除按钮于是将被命名为 Include 包括。点击 Include 包括按钮。

当方程式的形式你想要的，点击 Fit 按钮。如果适合的过程是成功的，被适合的方程式将在展示方框中出现。Stats 按钮使成为可能。点击 Stats 按钮将给列举所有系数，他们的相关标准误差，以及其他统计，例如根 meansquare(rms)错误，偏差和 R2 值，象如下所示的那样的一张表格。已经被排除的系数将用星占先在表格里。系数可以复制到剪贴板通过检查 Copy 给剪贴板箱。在成功过程之后，Linear Regression 线性回归对话框窗口 Fit 按钮将被改变为 Copy 复制以及 Cancel 取消按钮将改变 Done。两个按钮中的任一个将关闭对话框窗口。Copy 按钮将首先复制合适的方程式到剪贴板。然后将这方程式粘贴到 EES 方程式窗口或接受文本的任何其他应用中。不过，注意到，Copy 将覆盖在剪贴板内的任何其他信息，象从 Linear Regression Coefficients 系数临摹线性回归系数对话框窗口复制来的系数。

	Value	Std. Error
a0	-3.341901E+03	1.235098E+02
a1	1.104265E+02	5.223082E+00
a2	-5.933022E-01	5.537634E-02
a3	1.671453E+01	4.459992E-01
a4	-----	-----
a5	-3.360895E-01	9.407243E-03

No. points = 10  
 rms = 2.3561E-01  
 bias = 5.3013E-16  
 R^2 = 100.00%

Copy to Clipboard

OK

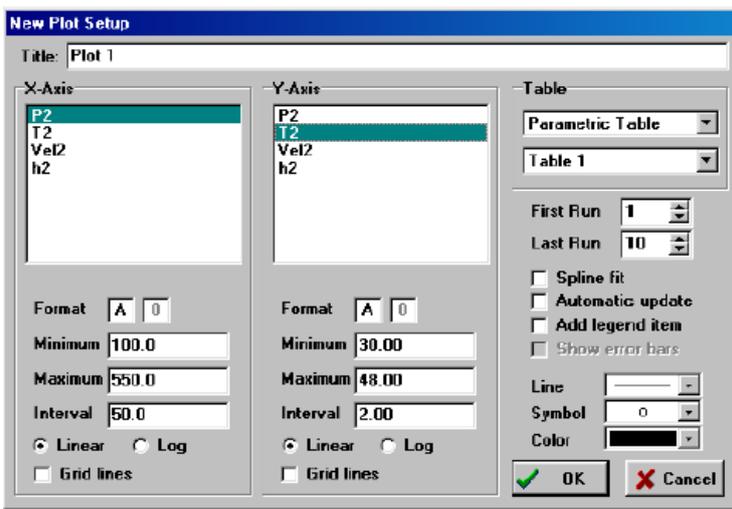
### 平面图菜单



New Plot Window 新平面图窗口 将展示一个子菜单以产生与两个或更多，在表格内由 Parametric, Lookup, Arrays, 或 Integrals Tables 定义的作为任何其他变量功能的变量有关的 X-Y, 条, 轮廓或者 3D 平面图。使用 Overlay Plot 命令你希望在一个现有的平面图窗口内绘制平面图。在平面图窗口的可允许数量上没有固有限制。用这命令创建的每个平面图被放在一个平面图窗口的各自单独的窗口里。全部平面图窗口与其他程序文件信息一起

被保存当 Save or Save As 命令被使用的那样。一旦一旦建立, 平面图可以利用 Plot Window 控制被修改或者复制。2-D 平面图窗口能有用 Overlay Plot 命令创建 平面图。产生平面图所需要的信息被在 New Plot Window 新平面图窗口对话框里指定。此后在这对话框窗口内的提供的所有信息能用 Modify Plot commands 和 the Plot Window controls 改变。如在第 2 章描述的。

### X-Y 和条平面图



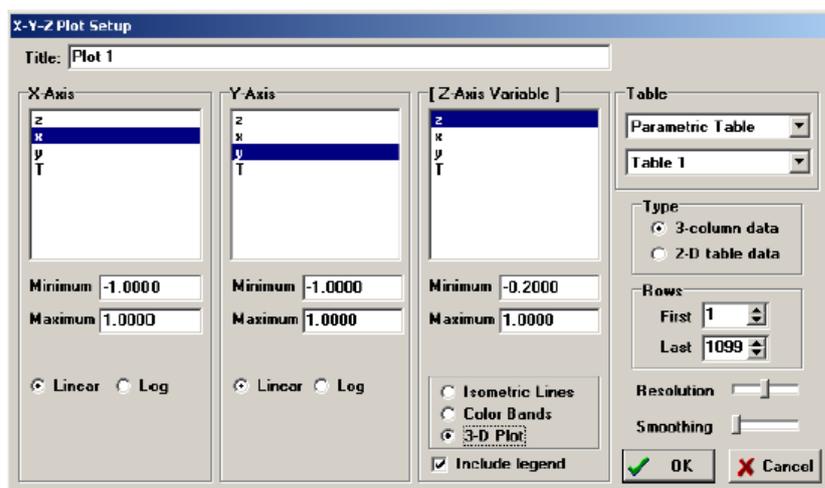
为了创建 X-Y 或者条的平面图, 首先使用窗口右上方的下拉式目录控制选择你希望绘制的表格。在对话框顶上在编辑框里为平面图输入一个名字。这个名字将在平面图窗口顶上在条栏上出现。

此后名字能通过通过点击他们的名字从清单中选出来, 利用滚动条或上下箭头, 如使变量名字呈现在眼前有必要的话。一个或更多 y 轴变量可以被选择。而点击一未选择的变量名字来选择那个变量。适合选择的 y 轴变量的各个平面图线将被产生。全部选择的变量将被相同的轴比例绘制。当选择好一个变量时, EES 将自动为展示数字, 最小和最大轴值和间隔的数量选择合适的值。所有格式化变量的轴可能被改变。在 word Format 右边的两个领域包含控制在每个轴的比例出现的数目的形式的 Popup 菜单。F 和 E 各自用一固定小数位或者指数表达式规范数量。在第 2 个领域的数目是小数位(对固定的表达式来说)或者有效数字(对指数的表达式来说)的数量。如果'Grid Lines 栅栏产品'复选框控制被选择, 栅栏线将被绘制。栅栏线和比例数的数量由指定的间隔值确定。平面图可能被以各种方式格式化。单击右边的 Line list 方框的 Spin 方框箭头, 通过关于线性清单来套住其显示。点击被要求的线类型或者用向上和向下箭键选择。平面图符号和线颜色以相似的方式选择。如果不止一个 y 轴变量被选择, 符号和颜色列表框将展示' auto'。利用' auto' 选项, 每个平面图线的符号和颜色将自动由 EES 选择, 这样每一平面图线有一个不同的符号和颜色。这个特征可以仅仅通过选择符号和颜色被推翻。' Spline fit' 控制在平面图的点上提供一个花键适合曲线。当' Automatic update' 控制被选择时, 将用在参数表格里的当前使用的数据来产生平面图, 而不是刚绘制平面图时已存在的数据。当数据在表格里被改变时, 平面图将被更新。Data 按钮允许排数和 X 和

Y 轴变量的数量被观看或者改变。如果'Add legend item'被选择，一个有 y 轴变量的名字的文本项目将被放在平面图的左上角，先于用于平面图的线和符号类型。传奇项目文本可以作为任何平面图窗口文本项目被移动，改变，或者删除，如第 2 章的平面图窗口部分描述。

"Show error bars"控制可访问到，只要一或者两个为平面图选择的变量都已经与用 Uncertainty Propagation Table 命令规范的不确定变量联系起来。经默认，错误栏产生于 X 和 Y 方向。X 和 Y 错误栏可能用 Modify Plot 命令分别控制与修改。

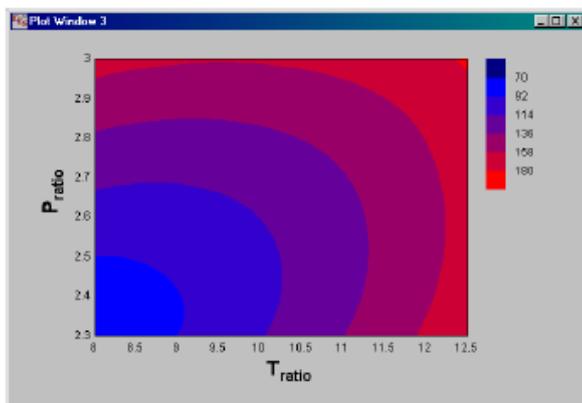
### X-Y-Z 平面图



X-Y-Z 平面图选项产生等值线和轮廓颜色组表明在 X-Y 空间里轮廓变量(Z)的固定的值的路径。另外，如果 3 D 平面图按钮被选择，3 维的可旋转的平面图将被产生。创建一个 X-Y-Z 平面图需要三维的数据。数据可能被来自参数，查找，阵列或者不可缺少的表格窗口用两种方式中的任何一个提供。如果那些 3-栏数据圆形按钮被选择，EES 将期望三维的数据被提供在表格窗口之一的 3 个专栏中。然后变量 X, Y, 和 Z 从 3 个目录中选出。

3 D 平面图能有选择性的用颜色或者灰度等级显示第 4 尺寸的值。例如，温度作为在一个 X-Y-Z 表面上的一种颜色来显示是可能的。颜色变量通过为变量 z 轴点击头部被选择。这个操作将引起目录展示为颜色变量的目录。颜色变量目录被显示为黄色使之能清楚的区别。如果一颜色变量没被选择，它将被假设为与 z 轴变量具有相同的颜色。

如果 2-D 列表数据圆形按钮被选择，EES 将假设表格里的栏数与 X 坐标轴成正比而排与 Y 坐标轴成正比。Z 值将从表格读取。提供控制以允许表格里的一个排和专栏的子集被绘制。经默认，X 和 Y 轴比例设置为表格里的栏和排的数目，但是它可以被改变以提供比例。



一 2 D 轮廓平面图显示在上面。为了准备一轮廓平面图或者 3-D 平面图，选择的数据一定插入或者查出以提供轮廓变量 Z 的值，在 X 和 Y 具有相对好的间隔的整个范围时。许多方法被为这项任务所检测。被发现成功的方法是 **multiquadric** 半径基础功能。随着这方法，选择的数据首先按比例绘制然后使之适合于一个功能表格

$$Z(x, y) = \sum_{j=1}^N w_j \sqrt{(x_j - x)^2 + (y_j - y)^2 + \sigma^2}$$

这里 N 是取值点的数量，w 值是重量因素，而 s 是基于实验的，相对平滑参数，最好将数量上产生的数据确定成零。无论怎样可能为试验数据或者为稀少数据集被需要的平滑。移动 **moothing slider bar** 以增加 s 以增加滑动系数。重量通过解决迫使上述方程式完好呈现被提供的数据的 N 方程式的线性系统而被发现。一旦重物被确定，方程式用来把 Z 的值插入或者查出并相应于 x 和 y 的特别的值。需要确定重物的计算是  $O(N^3)$ ，因此对可以被适应的点的数量(N)有一个实际的上限。而这个上限由 **Resolution slider** 控制。设定 **Resolution slider** 的范围是 400 到 1600。如果提供的数据点比由 **Resolution slider** 规定的还多，EES 将用一个聚类算法选择一数据的子集。在详尽解决之后，解决 1600 x 1600 系统是必要的，取决于你的计算机的速度，为了平面图准备好你可能必须等待片刻。

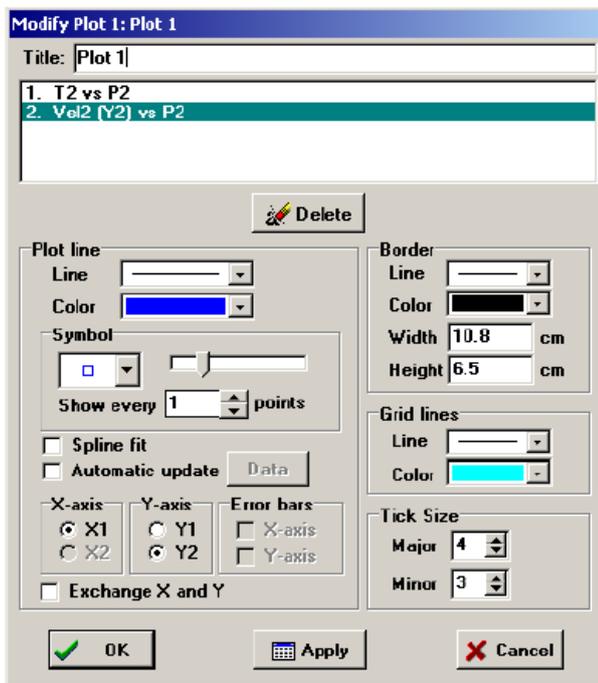
利用展示常数变量 Z 的等轴线或颜色组可能产生二维轮廓平面图。线数和组数由在极大和极小值除以间隔值之间的差别确定。每等轴线是一分开的平面图覆盖面，而颜色组平面图只是一个平面图。最多为 25 条等轴线以及允许 250 种颜色。注意到 选择大值颜色(>100) 导致平面图有从蓝色(低值)到红(高值)的接近连续颜色。能让平面图变的十分漂亮，但是展示平面图所需的时间将与颜色的数量一起增加。为等轴的轮廓平面图提供 **Label Contours** 标签轮廓复选框控制。这样的话，EES 将产生包含每条等值线的值的一个文本项目并且将它放于行中。这些文本项目可以和任何其他平面图窗口文本项目一样被移动或者改变。如果一组彩色平面图被选择，将提供一个 **Include Legend** 复选框。如果 **Include Legend** 复选框被选择，一个颜色图例将被展示到与 Z 值颜色有关的平面图的右边。注意到，在一彩色组轮廓平面图上，你能 直接在任何 X-Y 位置通过同时按住 **Ctrl** 和 **Shift** 换档键并且移动鼠标在平面图窗口标题栏里读取 Z 的值。

利用 **Overlay Plot** 命令可将一 X-Y 或者栏平面图覆盖到 2 二维轮廓平面图上。

3 D 平面图窗口在 **Plots** 菜单中的 **Show Tool Bar** 命令有效时将拥有一个显示在平面图下面的一控制面板。参阅第 2 章的 3 D 平面图窗口部分获得与 3-D 平面图窗口控制有关的具体信息。**Overlay Plot** 允许新平面图曲线被覆盖在现有平面图上。这个命令的使用与如

上所述 New Plot 新平面图命令使用一样只是除了它不首先清除 Plot 平面图窗口。将提供控制以创建或者选择一个存在的顶部的 x 轴或者右边的 y 轴。

Modify Plot 修改平面图允许现有的平面图曲线的特性被下列对话框窗口内的信息的信息的操作改变。这命令也能通过在平面图方框内双击鼠标键被激活。将产生变化的平面图被从左上方的目录中选出来。显示在目录中平面图的顺序与他们被产生的顺序一样。跟随在一个变量名称后的一(Y2)表明它用右边的 y 轴绘制。类似(X2)表明平面图在平面图顶上使用 x 轴。平面图使用的 x 轴和 y 轴刻度用对话框左下方的圆形按钮表示。通过点击这些按钮可以改变轴比例。线型, 图标, 图标尺寸, 图标频率, 和平面图曲线的颜色可以利用左下方的下拉式目录来改变。' Spline fit' 和' Automatic update' 选项可能被改变。(阅读新平面图窗口描叙这些选项的命令.)



控制被提供以改变平面图窗口标题, 平面图边界的尺寸和特性, 栅格线和主要和较小对号。负的对号尺寸被展示在平面图方框外面。在更改平面图线型之后和选择另一平面图之前点击 Apply 按钮。平面图窗口将立即显示任何变化。一单个平面图曲线可能有选择删除(完整的留下全部其他平面图)使用 Delete 删除按钮。平面图的图例文本也被删除。下面所叙的 Delete Plot Window 命令将删除整个平面图窗口, 包括所有覆盖的。

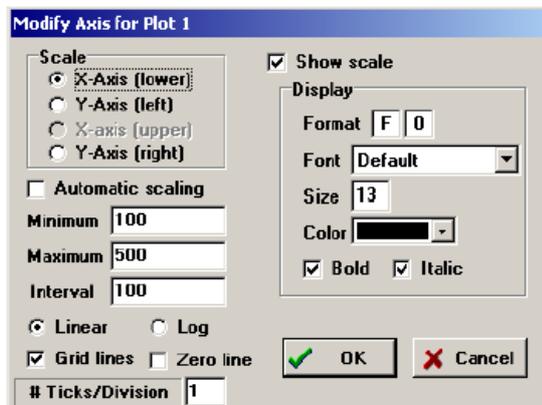
注意到多个平面图可以通过在平面图线目录内点击(或者拖)鼠标的同时按压 Shift 换档键被选择。这样的话, 平面图行参数将为最后的选择展示。如果对参数进行改变, 变化被应用于全部选择的平面图当 Apply 或 OK 被点击时。例如, 这性能能使一次性改变所有平面图的符号的大小变得容易。其他参数可以以相似的方式改变。不过, 当不止一个平面图被选择时, 数据源(用 Data 数据按钮访问)无效。它是可能的对交换选择的所只要他们从同一个表格中绘制, 可以一次性改变所有被选平面图的范围(第一排和最后一排)。

Modify Axes 允许一现有平面图的轴的表象被改变。这命令也能通过在将产生变化的轴

比例上双击鼠标被激活。将弹出如下所示的对话框窗口。将产生变化的轴用左上方的圆形按钮控制。当前的最小量,最大量,和被选择的轴的间隔值被显示。这些值可以被改变以及平面图将用新比例值来重新绘制。

#Ticks/Division 是每一个间隔的小对号符号的数量。如果选择, Grid lines 通常被放置在每个主要对号符号处。不过,如果你单击这个控制,#Ticks/Division 将套着#Grids/Division。Grid lines 通过设定 No. Grids/Division 的值为一大于 0 的值,能将其放置在主要对号之间的位置。展示形式, 字体, 字体尺寸, 字体风格和比例数的颜色可以用出现在对话框右边的下拉式菜单来改变。这些领域将被隐藏如果 Show Scale 复选框没被选择的话,在这种情况下将不会绘制比例。

点击 Apply 按钮应用改变,以便他们能在平面图窗口方面观看。OK 按钮接受变化并且退出对话框。Cancel 取消按钮将使平面图恢复到这个命令被使用之前的那些状态。



注意到第 2 轴刻度(最初 X 轴位于平面图顶上和 Y 轴位于平面图的右边) 可以通过按箭头键的同时按 Ctrl 键被移到其他位置。上/下箭头控制 X2 比例的位置以及左/右箭头控制 Y2 比例的位置。

Show/Hide Toolbar 显示/ 隐藏工具条控制工具条的可见性,而那些工具条为每 2-D 平面图窗口增加新文本或者把项目绘到平面图窗口或者操作这些个项目。当平面图窗口被建立时,工具条通常被显示。它可以通过在工具条右上方的带有十字架的小方框来隐藏。如果它之前被隐藏, Show Toolbar 命令将显示工具条。如果工具条是可见的,这命令将有一个 Hide Toolbar 标题,如果被选择,它将隐藏工具条。工具条包含按钮增加文本,增加行,增加方框,增加省略并且调整好选择的项目。在 3-D 平面图上,这命令系紧 3-D 控制面板的可见性。

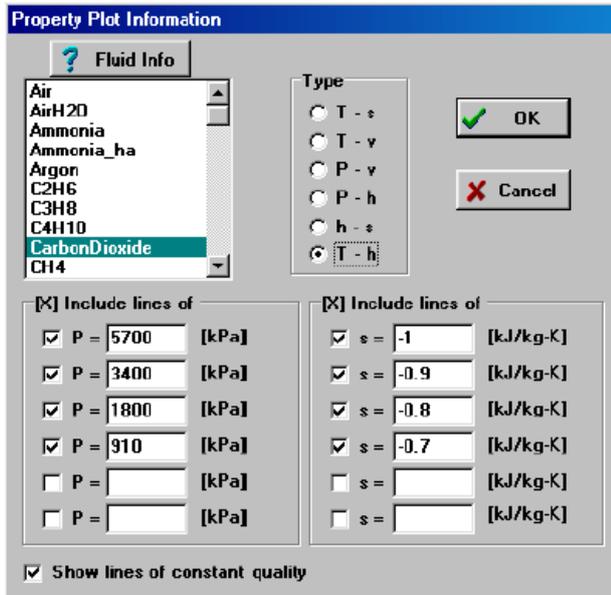
Delete Plot Window 将删除被选平面图的整个内容。如果希望只删除几个覆盖平面图中的一个,在 Modify Plot 对话框中使用 Delete 删除按钮。

Property Plot 属性平面图用热力学属性数据为一选择的物质创建一新平面图窗口。一旦创建,另外属性数据或者热力学循环状态点可以用 Overlay Plot 命令在平面图上叠加。另外,平面图特性和轴刻度可以用修改 Modify Axes 和 Modify Plot 命令以通常的方式来修改。

从左侧的目录中选择这种物质。物质类型(真正的流体或者理想气体)显示在目录之上。一般的规律是这种物质被作为一种真正的流体塑造,如果它的名字被详细说明(例如,氧),和作为一种理想气体,如果它的名字是一个化学公式(例如, O2)。空气是这个规章的例外。全部物质除 AIRH2O(psychrometric 空气水混合物)之外,存在按钮允许规范属性平面图的比例。AIRH2O 物质提供总压力可以被指定的一个领域。控制被提供允许最多 6 条等压线,

等温线或者 isentropes 的说明。

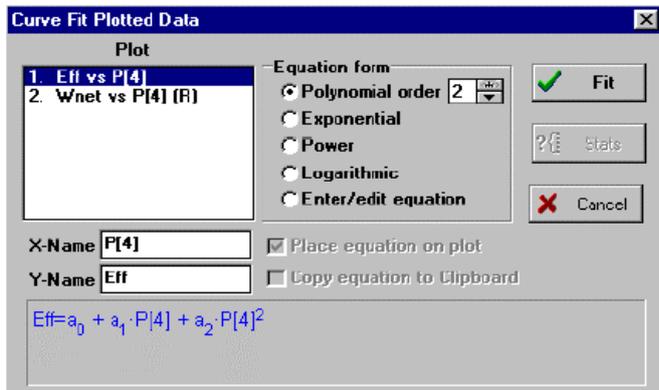
在一个方框里显示的值的一条线将被叠加在平面图上。建议的值被提供。如果你不希望展示这条线，点击值之前敲的复选方框。



Curve Fit 曲线适合将通过以前绘制的，用 unweighted least squares 的一组数据点来找到平滑曲线的最好的曲线度。(Curve fit 曲线适合对话框提供一项单个的自变数的曲线。在表格里 Linear Regression 线性回归命令菜单允许一个变量装载多达 6 项自变数。)将弹出如下所示对话框窗口。

从左侧的平面图目录适选择合适的数据。注意到数据能用 New Plot 或 Overlay Plot 命令从参数表格，查找表格，或者阵列表格与新平面图中绘制。通过点击合适的圆形按钮以选择合适曲线的形式。一方程式的样品将以蓝色出现在对话框窗口的底部内。

从左侧平面图目录里选择数据。注意到数据可以从参数表格，查找表格，或者阵列表格用 New Plot or Overlay Plot 命令绘制。通过点击适当比例按钮选择曲线的形式。一方程式的样品将以蓝色出现在对话框体窗口的底部内。



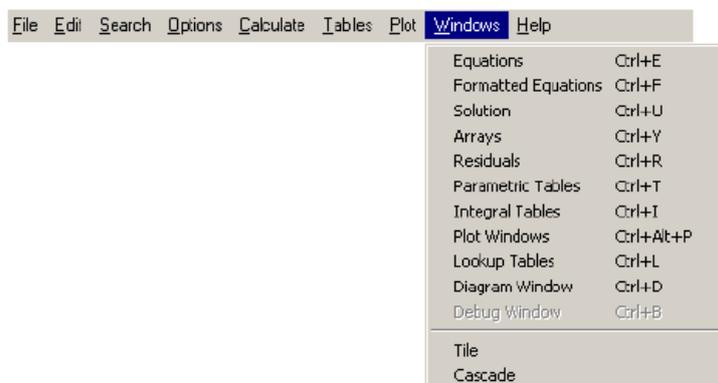
点击 Fit 按钮(或者按回车键)。被适合的方程式将被在对话框窗口的底部的方框里展示。将出现一个 Stats 按钮。 点击 Stats 按钮将显示与曲线有关系的下列统计信息。

	Value	Std. Error	
a0	3.473297E-01	9.770805E-04	No. points = 10
a1	6.560359E-05	4.946051E-06	rms = 3.3063E-04
a2	-6.825372E-08	5.755504E-09	bias = 1.6263E-20
a3			R <sup>2</sup> = 96.89%
a4			<input type="checkbox"/> Copy to Clipboard
a5			
a6			<input checked="" type="checkbox"/> OK

Std. Error 是曲线适合的参数值的标准误差； rms 是 fit 均方根错误； 偏见是 fit 偏差。R<sup>2</sup> 是由于回归的平方的总数和关于数据的平均值的平方的总数的比率。 Fit 按钮现在已经变成这个平面图按钮。 如果你希望让曲线把涂上的方程式安装在你的平面图上，点击平面图按钮。

如果 Plot Legend 复选框被选择, 包含方程式的一个图例将被建立并且显示在平面图上。曲线适合方程式将被复制到剪贴板上如果 To Clipboard 复选框被选择当或者 Plot 平面图或者 Cancel 取消按钮被选择。

### 窗口菜单



方程式通过把 Equations window 方程式窗口放在所有其他窗口的前面使它变为活动窗口， 如果它以前被隐藏就使之可见。Formatted Equations 格式化的方程式首先检查方程式的句法， 然后将格式化的方程式窗口置前并以数学形式显示 Equations window 内的内容。

Solution, Arrays and Residuals (解决办法, 阵列和残余) 各自引起解决办法, 阵列, 并且残余窗口移动到所有其他窗口的前面。这些窗口通常在 Solve, Min/Max, or Uncertainty Propagation 被成功完成之后被浏览。任何对 equations window 方程式窗口做出的变化将把这些窗口从屏幕除去， 如果在 Preferences 对话框(选项条)内 Change Option 之后的 Hide Solution 被选择。

如果 EES 不能解决方程式组并且以一个错误结束， 解决办法窗口的名字 将变为 Last Iteration Values 和最后一迭代的变量的值将在解决办法窗口内展示； 最后迭代的残余将被在

残余窗口里显示。

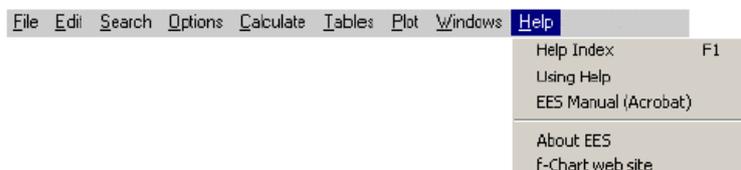
Plot Windows 将把 Plot Window 放在所有其他窗口的前面。每个平面图由在 Plot Window 平面图窗口顶上展示的条上出现的一个标题所鉴定。当平面图第 1 次创建时，将输入本标题。该标题可以通过在在条上右击或者通过在 Modify Plot 对话框里输入被修改的标题来被修改。条位置可以通过在在栏上右击而被修改。(不是内存)对可以被创建的平面图窗口的数量没有限制，以及覆盖平面图的一无限制数量可能通过使用 Overlay Plot 命令被绘制在每个平面图窗口中。如果没有平面图被创建，菜单项将被变成灰色。在任何平面图窗口内的图形可以通过从 Edit 菜单中选择 Copy 来把它复制到剪贴板上。

Parametric Table and Lookup Table 将各自将 Parametric and Lookup Table windows 放在所有其他窗口的前面，并且使它为活动窗口。在这些个窗口中的每个里可能有一张或更多表格。在窗口顶上点击可条访问被要求的表格。参数和查找表格窗口通过从 Windows control 菜单中选择 Close 或按压 Ctrl-F4 被隐藏。Diagram Window 将把 Diagram Window 或一个子 Diagram Window 放在所有其他窗口的前面。如果一张或更多子 Diagram Windows 已经被创建，Diagram Window 图解窗口菜单选项将展示列举所有 Diagram 图解和子 Diagram Window 图解窗口的一个 'fly-out' 菜单。一张图解可以被从绘图程序输入进 EES 或者它可以通过 iagram Window 绘图工具在 EES 内创建。

Debug Window 调试窗口通常无效。这窗口只在 Solve 解决命令在被方程式的数量不等于变量的数量完成之后可访问。这样的话，一种选项被提出展示 Debug Window 调试窗口，并这条菜单项被使成为可能。任何对方程式窗口做出的变化将清理 Debug Window 调试窗口并且使这条菜单项无效。

Tile 安排全部打开的窗口充满屏幕，以便每一个的部分可以被观看。Cascade 安排目前可见的窗口，因此每一个的标题栏被显示。

### 帮助菜单



Help Index 帮助索引的将使提供关于 EES 使用的具体的信息的 Help processor 帮助处理器激活。Help processor 帮助处理器将面向列举有哪个帮助可获得的主题的 EES 信息索引是可提供的。点击该主题把帮助窗口打开到那个主题的信息。Help 帮助也能按压将产生仅限与最前面的窗口或者对话框的帮助信息。

在线帮助提供包含在这本手册里的大多数信息。Using Help 使用帮助显示由关于如何 Help program 使用特性的 Windows Help processor 提供的信息。EES Manual (Acrobat) 将开始 Adobe Acrobat 并且展示在文件 ees\_manual.pdf 里的这本手册的电子版本。注意到那 ees\_manual.pdf 一定放置在与 EES 应用相同的文件夹里。

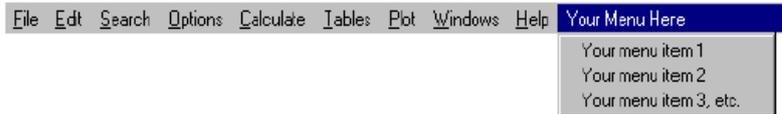
About EES 关于 EES 将产生 EES 顶部窗口。这窗口登记信息和注明你的 EES 程序的版本。这信息将在任何与 F 图表软件配套的需要。

f 图表网站将打开你的默认浏览器程序并且把 URL 设置到 f 图表网站。f 图表网站有一带有免费例子和 EES 的支持程序的 "goodies"。程序开发者可以通过网站被电子邮件接触。

帮助菜单可能也包含一条菜单项为已经被文本菜单访问的一个问题提供具体的帮助，

如下一部分描述。

### 文本菜单



Textbook menu 是一用于允许容易访问 EES 文件的一个用户确定的菜单。它已经用来提供方便的方法进入与一本文本相关的 EES 问题，由此它的名字。这菜单可以创建或者通过用 Load Textbook 命令(文件菜单)打开一个文本索引文件时或者通过在 USERLIB 子目录里安置文本索引文件。

文本索引文件是用一文件扩展名 (.TXB) 相区别的 ASCII 文件。当 EES 读取一个文本索引文件时，它在菜单条的远右方创建文本菜单，如上所示。文本索引文件的形式十分简单。上面显示的菜单被下列教科书索引文件创造。

```
Your Menu Here
1
Textbook information line 1
Textbook information line 2
Textbook information line 3
Reserved
>Your menu item 1
Descriptive problem name1 | FileName1.EES | HelpFile1.HLP | NO.BMP
Descriptive problem name2 | FileName2.EES | HelpFile2.HLP | NO.BMP
Descriptive problem name3 | FileName3.EES | HelpFile3.HLP | NO.BMP
>Your menu item 2
Descriptive problem name4 | FileName4.EES | HelpFile4.HLP | NO.BMP
Descriptive problem name5 | FileName5.EES | HelpFile5.HLP | NO.BMP
Descriptive problem name6 | FileName6.EES | NO.HLP | NO.BMP
>Your menu item 3, etc.
etc | FileName1.EES | HelpFile1.HLP | NO.BMP
```

在文件里的首行是菜单标题。该标题是将在帮助菜单右边的菜单条里出现的菜单的名字。下列行是 EES 内部使用的一个版本号。EES 目前忽视这方面但是 1 被提供，象显示的那样。以下的 3 行提供关于文本的信息或者问题确定。每当任何菜单项从文本菜单中选出来的时候，这信息将被展示。包含单词"reserved"的第 4 行为可能的将来使用提供。EES 目前忽视关于这方面的信息，但是它必须被提供。下列行包含一个菜单项名字(用辨别符号 > 领先)以及然后一或更多问题描述。菜单项名字是将在文本菜单目录里出现的名字。

每条问题描述行包含 4 条信息，被一个 | 符号分开。第一个项目是问题的一个描述性名字，可能达到 128 个字符。第 2 个项目是 EES 程序文件的文件名。这文件名可能部分或者用全部用目录信息合格化，例如，C:\myBook\Chapter1\Problem1.EES。不过，多数情况下，目录信息不必要，它不应该被包含。第 3 个项目是与这个文件有关的一个可选择的帮助文件。帮助文件可能是一件 ASCII 文本文件，一个由一个 Help formatting program 产生的 Windows HLP 文件，或者一个通过一个浏览器程序可读的 HTML 文件。按照惯例，帮助文件有.HLP 或者.HTM 文件扩展名。帮助文件，如果提供，可能从被安置在帮助菜单内的一条另外菜单项输入。如果不可获得帮助文件，在这个领域输入 NO.HLP。最后的项目是与问题相关的一个图形的文件名。EES 目前不使用数字，但是一个图形名字必须被提

供。使用 NO.BMP 作为一个位置标识符。

文本索引文件应该和所有引用的 EES 程序和帮助文件被放置在相同位置内(即软盘,子目录或者文件夹)。当用户从文本菜单中选择命令时,将弹出一个对话框窗口以显示那条菜单项的问题的描叙性的名字的目录。用户然后能从目录中选择一个名字,与那个问题相关的文件将被打开。

EES 目前使用文本菜单展示例子。例子菜单提供可能对一个新用户有用的许多说明性的 EES 程序的入口的捷径。你能通过把例子文件夹从 USERLIB 文件夹里移出来除去这个菜单。

第一章 开始——在电脑上安装 EES.....3

开始 EES .....3

背景资料.....3

## 第四章 嵌入函数

EES 拥有一个巨大的嵌入数学函数库，这个数据库中的许多函数（如 Bessel, hyper-bolic, error function 等）对于工程应用特别有用。EES 也提供转换单元和有助于操作复杂数据的函数。EES 区别于其它的方程求解程序的主要特点是它有一个大型的适用于热物理参数的嵌入函数库。水蒸气, R22, R134a, R407c, 空气, 氨, 二氧化碳以及其它一些工质和传输性质, 只要给出一系列相互独立的参数集就可以得出未知的参数值。EES 还提供了表格形式, 可以在表格中输入数据, 还能调入表格数据求方程组的解集。这一章的前两部分讲解了 EES 中的嵌入函数和热物理函数。第三部分介绍了表格的使用, 这一章的知识同样可以通过使用程序中的函数 INFOR 对话框的 INFO 按钮获得。

数学函数:

EES 中的数学函数按英文字母的顺序排列如下（表格操作的函数将在这章的最后一个部分的介绍如何使用表格中详细介绍）所有的函数（PI 和 tableRUN#除外），都要求在其后的括号内附上一个或两个参数, 并用逗号分开, 这些参数可能是数值, 变量名或既有变量值又有变量的代数表达式。

Abs(x) 返回参数的绝对值, 在复合模式中, abs 返回复合参数的最终结果。Angle(x), angleRad(x) 和 angleDeg(x) 这三个命令都是 返回复合变量 x 的角度值(也称作幅度), 有 X 表示  $x-r+i*x-1$ , 这个函数返回角  $(x-i/x-r)$ 。由单元系对话框的调用函数来决定究竟是返回其后角度值还是弧度值。AngleDeg 通常返回角度值, 而 AngleRad 则通常返回弧度值。这三个函数返回的角度在复合平面的四分之一圆内 ( $0\sim 90^\circ$ ), 注意, Angle 函数只用于复合数字变量或表达式 的角度的, 但它们不能设定角度的值, 例如, 等式  $\text{Angle}(x)=4$ , 将出现错误。

Arccos(x) 返回余弦值, 等于这个参数值得角度, 单元系统规定的三角函数来决定取角度还是弧度值。

Arccosh(x) 返回函数种参数所对应的余弦值。

Arcsin(x) 返回正弦值等于这个参数的角度, 单元系统所规定的三角函数来决定去角度还是弧度值。

Arcsin(x) 返回参数所对应的正弦值。

Arctan(x) 返回正切值为该参数的角度, 单元系统所规定的三角函数来决定去角度还是弧度值。

Arctanh(x) 返回参数所对应的正切值。

Average(Arg1, Arg2, Arg3) 返回这些参数的平均值, 参数的个数必须在 1-1000 之间。数组或数组的一部分可以用数组符号来决定参数列给出, 如  $x[1\dots 50]$ 。

Bessel\_I0(x) 返回在第一类零位被修正的 Bessel 函数中的值, 其中  $-3.75\leq x < \infty$ 。

Bessel\_I1(x) 返回在第一类第一位被修正的 Bessel 函数中的值, 其中  $-3.75\leq x < \infty$ 。

Bessel\_J0(x) 返回在第一类零位被修正的 Bessel 函数中的值, 其中  $-3\leq x < \infty$ 。

Bessel\_J1(x) 返回在第一类第一位被修正的 Bessel 函数中的值, 其中  $-3\leq x < \infty$ 。

Bessel\_K0(x) 返回在第二类零位被修正的 Bessel 函数中的值, 其中  $0\leq x < \infty$ 。

Bessel\_K1(x) 返回在第二类第一位被修正的 Bessel 函数中的值, 其中  $0\leq x < \infty$ 。

Bessel\_Y0(x) 返回在第二类零位被修正的 Bessel 函数中的值, 其中  $0\leq x < \infty$ 。

Bessel\_Y1(x) 返回在第二类零位被修正的 Bessel 函数中的值, 其中  $0\leq x < \infty$ 。

Cis(x) 这是一个复合模式的函数, 它返回的是  $\cos(x) + i*\sin(x)$  的结果。由单元系统规定的三角函数来控制参数要求给的是角度还是弧度值。但是你可以不受单元系统得限制, 只要你在值后加上角度或弧度的单位。如  $V=3*\text{cis}(20\text{deg})$ , 你就给复合变量 V 赋值竖 3 和  $20^\circ$ 。这就是不用考虑单元系统的设定值。

**Conj(X)** 返回复合变量的复数值，用 X 表示  $x_r + i*x_i$ ，这个函数返回  $x_r - i*x_i$ 。注意返回一个复合结果。EES 的这个等式  $Y = Conj(X)$ ，把 Y 的实部赋给 X 的实部，Y 的虚部的相反数赋给 x 的虚部。

**Convert ('From','To')** 返回有具体阐述的 'From'串转变到具体表达式的 'To' '串所必须的转变因素。单引号可标可不标。如  $FI = convert(ft^2,in^2)$  将给 FI 赋值 144，因为 1 平方英尺等于 144 平方英寸。括号内可输入单元组合和多个单元条件。在单元组合中，例如  $Btu/hr - ft^2-R$ ，独立单元用减号或  $v=$ 除号隔开。在任何一个条件中，除号只能出现一次。在名称中所有的单元假设出现在括号的右边。^符号也可有可无，所以  $ft^2$  和  $ft^2$  是没有区别的。只要每个条件都用括号表示，那 **Convertcos(x)**，返回参数提供的角度的余弦值。

函数可以允许许多单元条件出现。各个条件可用 \* 或 / 号分开，也可不用，例如， $P = 15 * convert((1bm / ft^3) * (ft) / (s^2 / ft), kpa)$  这些定义的单元符号可以通过 **Unit Concersion Info** 控制的 **Options** 菜单显示。如果你发现你所需的单元没有被定义，那么你可以在 EES 指南中通过编辑 the **UNITS.TXT** 文件来输入。

**ConverTemp('C','T','P')** 转换一个温度刻度到另一个温度刻度。四个刻度提供如下：C 摄氏温度，K 开尔文温度，F 华氏温度和兰金刻度的单位 K。前两个是常量或者是串变量而它们必须是 C, K, F 和 K。低阶和高阶的容器字母都是允许的。????????????

**Erf(x)** 返回 x 的 Gaussian Error 函数

**Erf(x)** 返回  $1 - erf(x)$

**Exp(x)** 返回  $e^x$  的值

**If (A,B,X,Y,Z)** 允许指定条件的陈述。如果  $A < B$ ，这个函数将返回 x 的值，如果  $A = B$ ，函数将返回 Y 的值，如果  $A > B$ ，函数激昂返回 Z 的值。在一些问题中，使用 if 函数可能会引起数字的震荡。在函数和程序中最好用 **if then else**，**repeat until** 和 **goto** 语句来进行条件的设定。第五章将会附加说明。

**Imag(x)** 返回复数变量 x 的虚部，x 代表  $x_r + i*x_i$ ，这个函数返回  $x_i$ 。注意，**Imag** 函数是用来提取复数或表达式的虚部。它不能用来设定复数的虚部。例如灯饰  $Imag(x)=4$  会出现错误。而你应该输入  $x=4*i$ ，将会设定 x 为  $0+4*i$ ，假如你只想设定 x 的虚部，那你应输入  $x_i=4.0$ 。

**Integral(Integral,VarName)** or **intergral (Integral,VarName,Start,Stop,Step)** 返回用被积分数以及其对应得积分变量，表示该式的积分。例如  $\int (Integral)d(VarName)$  这两种积分表达函数的区别在于它们对参数表的依赖程度。如果 **Start**，**Stop** 和 **step** 的值未给出，那么该积分函数只能与参数表格配合使用，在这种情况下，**VarName** 必须是定义在参数表中某一栏的合法变量名。**Integral** 可以是一个变量或者一个包含 **VarName** 和其他变量或值得表达式。如果 **Start**，**Stop** 和 **Step** 被给出，EES 将得出正确的包括变量 **VarName**，设定值的 **VarName** 在起始积分段的积分值。如果积分段 **Step** 没有给，EES 将运用自动积分段设定程序内部选择一个积分范围。积分函数可以用来求解初始值不同的方程式。

**Interpolate('Filename','ColName1','ColName2',ColName2=Value)** 返回在 **Lookup** 表，**Lookup** 文件（如文件名未给出）或使用立方插入的参数表中插入的是从表格数据推算的一个值。详细说明或举例可看这章的 **Using Lookup files and the Lookup Table**。

**Interpolate1('Filename','ColName1','ColName2',ColName2=Value)** 提供与 **interpolate** 命令相同的函数，不同之处是它采用线性插入。

**Interpolate2('Filename','ColName1','ColName2',ColName2=Value)** 提供和 **interpolate** 命令相同的函数，不同之处是它采用二次方插入。

**LookupCol ('Filename',Row, Column)** 返回 **Lookup** 列表和 **Lookup** 文件已明确规定的行和列中的值。文件名是可选择的。详情和举例请看这章的 **Using Lookup files and the Lookup Table** 部分。

Lookup \$ 函数的操作就像 Lookup 函数一样，但它是数据串操作而非一个数值。和 Lookup 函数一样，Lookup \$ 函数可以有两个或三个参数。如果三个参数均给出的话，第一个提供储存于磁盘中的一个 Lookup 表格名称的字符串。第二个参数是给出表格中行数的数值或表达式，行数值必须为整数。和在 Lookup 函数中一样，行之间插入语句是不允许的。最后一个残骸苏表示纵列行。总行是用一个数值或表达式来给出，它们用一个常数串或变量串给出总行数或纵列名称。注意，为了能接受数据串信息，Lookup 标中的纵行格式必须设定 STRING，要该百年格式，轻击表头，在表格对话框中进行修改。

LookupRow ('Filename', Row, Value) 用 LookupTable 或 Lookup 文件来确定列数，此列数与作为第二参数给出的值相一致。文件名可任选。详情和举例看这一章中 Using Lookup files and the Lookup Table 部分。

In(x) 返回参数的自然对数值

Log10(x) 返回以 10 为底的参数的对数

Magnitude(x) 返回一个复数百年两 x 的模块 (独立单元)。在复数模式中，the abs 函数也同样返回复数 x 的模块值。将 x 来表示  $x_r+i*x_i$ ，这个函数返回  $\sqrt{x_r^2+x_i^2}$ 。注意 magnitude 函数只用来设定复数的模块的模块表达式。例如等式  $\text{magnitude}(x)=4$  会出现错误。

Max(x1,x2,x3,...) 返回一组参数中的最大值，此参数值必须大于等于 1

Min(x1,x2,x3,...) 返回一组参数中的最小值，此参数值必须大于等于 1

Pi 是预存好的变量名，其值为 3.1415927

Product (Arg, Series\_info) 返回一个数列的阶乘。Arg 可以是任意袋鼠表达式。Series\_info 给出 Product 的索引变量名，和上限，下限。此上限和下限必须为整数或已经被赋予整数值得变量。Product(I,j=1,4) 将返回  $1*2*3*4$  或 24，即 4 的阶乘。Product 函数在与数组变量使用时非常有用，如  $x[j]$ 。Product( $x[j]*x[j]$ , j=1,10) 得到。

Real(x0) 返回复数的实部。用 x 来表示  $x_r+i*x_i$ ，此函数返回  $x_r$ 。注意 real 函数被用来提取复数变量或表达式的实部。它不能用来设定复数的实部。例如方程  $\text{real}(x)=4$  会出错。反而逆可以输入  $x=4$  就给 x 设值  $4+i*0$ 。如果你仅想给定变量 x 的实部值，你可以输入  $x_r=4$ 。

Round(x) 返回等于参数中最近的整数值的数。

Sinh(x) 返回所给残骸苏德双曲余弦值。

Sqrt(x) 返回所给残骸苏德平方根，该值必定大于等于的。

Step(x) 如果参数大于等于 0，则返回 1，否则 step 函数会返回 0。Step 函数的功能和 if 函数相似，可以用来作条件设定。Step 和 If 函数提供就噢能够与早期版本兼容的功能。条件设定用第对章中介绍的函数或程序中的 IF THEN ELSE 语句来执行将更加简单明了。

以下有两种窗体用来求和 sum 函数，EES 根据上下文来决定使用哪种编排格式。

Sum(Arg, series\_info) 返回数组各项求和。例如， $\sum Ar$ 。Arg 可以任意代数表达式。series\_info 要给出求和变量名和上下限。上下限必须为整数或已经设定整数值得变量。这个函数最好用例子来说明，Sum(1,j=1,4) 返回  $1+2+3+4$  或 10，sum 函数与数列变量例如， $x[j]$  使用最方便。举例如下：两组矢量数列 x 和 Y 的 10 项乘积的和可以通过  $\text{sum}(x[i]*x[j]=1,10)$  得到。第七章将介绍如何利用 sum 函数与数列变量来操作矩阵。

Sum(Arg1, Arg2, ..., ArgN) 返回这些参数的和。用数列范围标号对于列举格式很方便。例如，Sum( $x[1..100]$ ) 返回 x 数列中的 100 项的求和。

Table Run# 返回函数表中正在运行的数据，如果参数表没有在计算被使用的话，就会返回参数表的当前行或 0。此函数只能与 Calculate 菜单中的 Solve Table 或 Min/Ma Table 命令一起使用。

Table value (Row.column) or Table value (Row.'VariableName') 返回参数表中明确指定的行和列中储存的值，列数既可以直接用输入整数给出或者间接地用单引号引出想要找的列数的变

量名给出, 例 `Table value (6,'ABC')`。若指定的行数, 列数 (或相应的变量名) 在参数表中不存在, 又或者提到的单元中没有值, 将会产生错误信息。`Table value` 函数在求解变量当前的值由以前计算中的值来决定的“`marching_solution`”问题中很有用。

`Tan(x)` 返回参数的正切值, 究竟用角度还是弧度制由“`Unitsystem`”命令与 `trigonometric` 函数作的单元选择来决定。

`Tanh(x)` 返回参数给定值的双曲正切值。

`Trunk(x)` 返回与 0 接近的一个整数。

`Unitsystem('Unittype')` 这个函数是让 EES 程序允许了解 `Unitsystem` 命令是选择哪种单元设置。此函数的一个参数必须用单引号引出。合法参数

是“`Si`”, “`Eng`”, “`Mass`”, “`Molar`”, “`Deg`”, “`Rad`”, “`Kpa`”, “`bar`”, “`Psia`”, “`atm`”, “`c`”, “`k`”, “`F`”, 和 “`R`”。此函数返回 1 (真) 或 0 (假)。例如, 下面这个在 EES 函数或程序的设定语句: `g := Unitsystem('Si')+32.2*Unitsystem('Eng')` 若用户选择 `Si` 单元系统得话, `g` 等于 1, 若用户选择 `English` 单元系统得话, `g` 就等于 32.2。

### 热物理性质函数

所有嵌入热物理性质函数的第一个参数是物质的名称能被 EES 识别的物质名称有:

性质函数的可识别物质名有

Air AirH<sub>2</sub>O Ammonia C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> Carbondioxide CH<sub>4</sub> CO<sub>2</sub> CO H<sub>2</sub>  
H<sub>2</sub>O Helium Methane N<sub>2</sub> Nitrogen NO NO<sub>2</sub> O<sub>2</sub> Oxygen R<sub>11</sub> R<sub>12</sub> R<sub>13</sub> R<sub>14</sub> R<sub>22</sub> R<sub>32</sub>  
R<sub>114</sub> R<sub>123</sub> R<sub>134a</sub> R<sub>141b</sub> R<sub>290</sub> R<sub>404a</sub> R<sub>407c</sub> R<sub>410a</sub> R<sub>500</sub> R<sub>502</sub> R<sub>717</sub> R<sub>718</sub> R<sub>744</sub> SO<sub>2</sub>  
Steam Steam\_NBS Water

在外部文件的 `USERLIB` 的下拉菜单中由 EES。32-bit 版本提供的附加物质有 `R113`, `R125`, `R143a` 和 `R600a`。这些物质由一个以 `MHE` 为文件扩展名的用户使用性质文件的形式给出, 如附录 C 所述。`USERLIB` 下拉菜单是外部程序来提供, 溴化锂溶液 (`H_LIBR`, `T_LIBR`, `V_LIBR`, `Q_LIBR`, `P_LIBR`, `X_LIBR`) 氨水 (`NH3.H2O`) 和许多附加物质的比热 `enthalpy` 比焓和 `entropy` 比熵等与 `JANAF` 参考表有关的热力学性质参数。这些程序的文件是通过 `Options` 菜单中的 `the Fuction Info` 命令来提供。点击右上角的外部程序按钮, 然后从列表中选外部文件名。点击对话框底部的 `the Info` 按钮将给出外部文件 (`documentation`)。

似乎上面列表中的有些物质如 `N2` 和 `Nitrogen`, `CO2` 和 `Carbondioxide`, `H2O` 和 `steam(或 water)` 是重复的, 实际上并非如此。当用化学形式表示 (像 `N2`, `CO2`, `CH4`) 时, 这种物质被视为理想气体模型, 它的焓熵值是建立在 `JANAF` 参考表基础上的。`JANAF` 参考表对 `enthalpy` 熵的设定是基于每个分子在 `298K` (`573R`) 的温度时熵为 0。这下物质是如 `steam(or water)`, `Nitrogen`, `R12 Carbondioxide` `Methane` 给出, 则物质是被视为有过冷, 饱和, 过热状态的理想流体。但上面的规则在 `Air` 和 `AirH2O` 这里是个例外, 因为两者都表示理想气体。`AirH2O` 是时湿空气的标志, 例如 `Psychrometrics`。如附录 C 中说明的一样。用户可以添加 150 多种附加流体的性质信息。

属性关键词 `Water` 和 `Steam` 应区别对待。二者均能给出到达 基于非理论相互关系建立的与之对应得水性质函数, 此非理论相互关系是为了快速计算建立起来的。`Steam/Water` 性质相互关系的假设流体在过冷去内不可压缩; 这个假设在高于 `350 atm` 的压力和临界点附近的状态都不准确。`Steam_NBS` 这个关键词使用的是由 `Harr,Gallagher` 和 `Kell(Hemisphere, 1984)` 出版的性质相互关系。这种性质相互关系在任何条件下都非常准确。但是, 它要求比 `Steam/Water` 关系有更强的计算机运算力。

许多热力学函数可选择不同的参数组。如 `enthalpy` 函数对水蒸气可以用温度和压力作参数, 除此之外, 这个函数还可以以 `entropy` 和 `quality` 质量为参数。一般说明, 任何以组独立

的参数都可以提供给热力学函数。但是传递函数 (conductivity 和 viscosity) 要求对于理想气体以温度为参数, 理想流体以温度和压力为参数。

热力学性质函数种的所有参数, 除了物质名称外, 都可以用一个大写字母后面带一个等于号来表示。等于号后接用数值或代数式表示的参数的值。这些字母能被函数参数所辨识, 它们的代表一一如下: 热力学函数种使用的性质代号

B= Wetbulb Temperature T= Temperatuer 温度, 露点温度 D= Dewpoint Temperatuer U =Specific Internal 比内能, 比焓 H= Specific Enthalpy V= Spacific Volume Energy 比体积, 压力 P= Pressue W = Humidity Ratio 湿度, 相对湿度 R=RelativeHumidity X=Quality 质量, 比熵 S=Specific Entropy.

参数之间用逗号隔开, 顺序不限, 如以下例子给的一样, 先给出物质名称。EES 会将函数名显示在 Displays Options 对话框口中为寒食所选的编排格式中。我 izhi 名是一个 EES 的关键词。它将会显示在 Displays Options 对话框窗口中为关键词所选的格式中。

EES 不要求函数的参数有已知的值, 如  $h1 = \text{enthalpy}(\text{STEAM}, T= T1, P=P1)$  返回与已知温度 T1 和压力 P1 相对应的焓 h1 的值。但是如果 h1 的值一直, 而 T1 未知, 同一个方程将返回与之对应得温度值。或者, 温度值可以通过以下灯饰找到:

$T1 = \text{temperature}(\text{STEAM}, h=h1, p=p1)$

后一种方法更适用于水蒸汽的 iterative 计算中, 因为它不太可能出现前后不一致的问题。

嵌入热动函数如下按首字母的顺序列出。由我 Options 菜单中 UnitSystem 命令所选择的单元标在括号中。函数允许的格式将用一两个例子来给出。

Conductivity [w/m-k, Btu/hr-ft-R] 返回具体物质的传热系数。物质是为理想气体, 传递函数除了物质名称外只有温度这一个参数。理想气体以温度和压力为参数。Stesm, Water 和 vSteam\_NBS 还可以用比体积代替压力作参数。对于 AIRH2O (湿空气) 则必须给出温度, 压力和湿度 (或相对湿度)。举例:

k1 = conductivity (AIR, T=200)  
k2 = conductivity (AMMONIA, T=100, P=200)  
k3 = conductivity (STEAM\_NBS, T=100, x=1)  
k4 = conductivity (AIRH2O, T=80, P=14.7, R=0.5)

Density [kg/m<sup>3</sup>, kgmole/m<sup>3</sup>, lb/ft<sup>3</sup>, lbmole/ft<sup>3</sup>] 返回指定某物质的露点, 温度。这个函数所给的物质名称只能是 AirH<sub>2</sub>O。物质名后的三个参数顺序不限有温度, 总压力和相对湿度 (湿度或湿球温度)。例如: D1 = dewpoint (AirH<sub>2</sub>O, T=70, P=14.7, W=0.010), D2 = dewpoint (AirH<sub>2</sub>O, T=70, P=14.7, R=0.5), D3 = dewpoint (AirH<sub>2</sub>O, T=70, P=14.7, R=50).

Enthalpy [KJ/kg, KJ/kgmole, Btu/lb, Btu/lbmole] 返回指定物质的比焓。比焓函数的确定形式依赖于物质和独立变量的选取。遵循理想气体定律的物质如控诉其, 除了物质名称外只要求一个参数 (温度或内能), 而理想流体物质如 STEAM 和 CarbonDioxide 则一般要求两个独立参数。对于 AirH<sub>2</sub>O 来说需要三个参数。如:

$h1 = \text{enthalpy}(\text{Air}, T=300), h2 = \text{enthalpy}(\text{STEAM}, T=900, P=300),$   
 $h3 = \text{enthalpy}(\text{AirH}_2\text{O}, T=70, P=14.7, R=0.50).$

Entropy ( KJ/kg.k, KJ/kgmole.k, Btu/lb-R, Btu/lbmole-R)

返回指定物质的比熵。对所有纯物质, 比熵函数要求除物质名外有将各参数。对于 AirH<sub>2</sub>O 要求三个参数。

例:  $s1 = \text{entropy}(\text{O}_2, T=400, P=100), s2 = \text{entropy}(\text{AirH}_2\text{O}, T=70, P=14.7, R=0.50).$

HumRat [dimensionless] 返回湿空气的含湿量 (定义为单位干空气中水蒸汽的质量)。这个寒

食仅用于 AirH<sub>2</sub>O，此函数要求三个参数，这三个参数为压力，另两个可以是以下任意两个独立变量，温度，相对湿度，焓或露点。

如：`w1 = humRat (AirH2O ,-= 70, P= 14.7, R= 0.50),w2 =(AirH2O,T=70,P=1407,h=25) .`

`IntEnergy [J/kg.k,KJ/kgmole.k,Btu/lb,Btu/lbmole]` 返回指定物质的比内能。比内能函数的具体形式依赖于物质和独立变量的选择。遵循理想气定律得物质如空气，要求一个参数（温度或焓），而理想流体纯物质如 steam 除物质名外要有两个参数。AirH<sub>2</sub>O 要附加三个参数。

如：`u1 = intEnergy (Air,T=300), u2= intEnergy (STEAM, T= 1320,P= 300),u3 = intEnergy (AirH2O,T=70,P=14.7,R=0.50).`

`Molar-Mass` 返回作为参数给出的流体的分子质量

如：`M- CO2 = Molar-Mass (CarbonDioxide)`

`Pressure [kpa ,bar,psia,atm]` 返回具体指定物质的压力。压力函数的参数列要求物质名称后代两个参数。每一项用逗号隔开。压力函数不能用于 AirH<sub>2</sub>O。然后仍可以使用任何使用于湿空气的函数或以压力作为参数的函数来确定未知压力。

如：`p1 = pressure(STEAM,h =1450,T=900)`

`P_Crit [kpa ,bar,psia,atm]` 返回指定流体的临界压力。流体可以是流体名称或一系列变量名。理想气体没有临界性质之说。如：`Pc_Crit( R134a)` 返回 R<sub>134a</sub> 的临界压力

`Quality [dimensionless]`返回如 WATER 和 R12 等作为理想流体处理的物质的水蒸汽质量分数。要求给出两个独立参数。饱和状态时温度和压力是非独立参数。如果物质处于过冷状态，该函数将返回-100，若处于过热状态则返回 100。

如：`x1 = quality(R12,h=50,T=80)`

`Relhum [dimensionless]` 返回湿空气的相对湿度（是一个分数）。这个函数除了物质名 AirH<sub>2</sub>O 外需要三个独立参数。这三个参数是温度，总压力和任意两个如下的独立变量：湿度，湿球温度，焓，露点或含湿量。如：

`R1 = relhum(AIRH2O, T=70, P=14.7, w=0.01)`

`R2 = relhum(AIRH2O, T=70, P=14.7, h=25)`

`R3 = relhum(AIRH2O, T=70, P=14.7, B=55)`

`Specheat [g/kg.k,KJ/kgmole.k,Btu/lb-R, Btu/lbmole-R]` 返回指定物质在常压下的比热。对于遵循理想气体定律的纯物质来说，求比热的函数除了物质名之外只要求温度一个参数。而满足理想流体模型的物质则需要温度和压力两个参数。由给出的温度和压力的值给出流体或蒸汽的比热。如：

`Cp1 = specheat(AIR, T=350)`

`Cp2 = specheat (AMMONIA, T=100, P=30)`

`Temperature [°C, k, °F, R]` 返回该物质的温度。函数的确定形式依赖于物质和参数的选取。假设的遵循理想气体定律的物质如空气要求有一个或两个参数，而纯理想流体物质像 Steam 一般要求两个参数。如：

`T1 = temperature(AIR, h=300)`

`T2 = temperature(AIR, s=1.75, P=100)`

`T-Crit [°C, k, °F, R]` 返回指定流体的临界温度。理想气体物质没有临界性质。如：

`Tc=T_Crit(R134a)`

`Volume [m3/kg,m3/kgmole,ft3/lb,ft3/lbmole]` 返回指定物质的比容。纯物质要求二个参

数，湿空气要求三个参数。如：

```
v1 = Volume(AIR, T=300, P=100)
v2 = Volume(Steam, h=850, P=400)
v3 = Volume(AirH2O, T=70, R=0.5, P=14.7)
```

V-Crit [ $\text{m}^3/\text{kg}$ ,  $\text{m}^3/\text{kgmole}$ ,  $\text{ft}^3/\text{lb}$ ,  $\text{ft}^3/\text{ibmole}$ ] 返回指定流体的临界比容。理想气体物质无临界性质。

如  $V_c = V\text{-Crit}$  (R134a) 返回 R134a 的临界比容。

Wetbulb [ $^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{k}$ ,  $^{\circ}\text{F}$ ,  $R$ ] 返回湿空气的湿球温度。此函数只用于 AirH<sub>2</sub>O，除物质名外，它要求有三个参数。这三个参数是温度（或焓），总压和相对湿度（含湿量或露点）例：

```
B1 = wetbulb(AIRH2O, T=70, P=14.7, w=0.01)
B2 = wetbulb(AIRH2O, h=25, P=14.7, w=0.01)
B3 = wetbulb(AIRH2O, h=25, P=14.7, D=30)
```

Viscosity ( $\text{N}\cdot\text{sec}/\text{m}^2$ ,  $\text{lbm}/\text{ft}\cdot\text{hr}$ ) 返回指定的物质的动力年粘度。对于视为理想气体的物质，该动力粘度函数除了物质外只要求温度这一个参数。而理想流体要求温度和压力两个参数。STEAM 和 STEAM-NBS 要求温度和比体积两个参数，AIRH<sub>2</sub>O 则必须给出相对湿度或含湿量。如：

```
v1 = viscosity(AIR, T=300)
v2 = viscosity(R134a, T=40, x=1)
v3 = viscosity(STEAM_NBS, T=100, v=0.335)
v4 = viscosity(AIRH2O, T=80, P=14.7, R=0.5)
```

### 使用 Lookup 文件和 Lookup 表格

Lookup 文件是一个有具体指定行列数的二维数组。Lookup 文件提供了输入表格数据的函数关系的途径，并利用这些关系来解方程，Lookup 能被存在磁盘文件中。另一种方法是被称作 Lookup Table 的单独的一个文件能存在于 Lookup Table Window。从属于 Lookup Table Window 的六个菜单命令出现在底部的 Options 菜单中。下面将概括这六个命令。

New Lookup 在 Lookup Table Window 里创建一个确定行数和列数的新的表格。如果此 Lookup 表格在 Lookup Table Window 中已经存在的话，这就会被这一命令覆盖掉。

Open Lookup 将一个 Lookup 文件从磁盘中读到 Lookup Table 窗口里，如果 Lookup Table Window 里已经存在一个 Lookup 表格的话，它将被覆盖掉。有两种文件格式的扩展名.LKT 和.TXT。两种格式都可用 Open Lookup 命令打开。。LKT 格式是 EES 一种特有的用 Save Lookup 命令建立的二进制文件格式。而.TXT 格式是在 EES 中或其他文本应用程序中用 Save Lookup 命令创建的一种 ASCII 码文本文件。

#### Binary Lookup Files (。LKT)

二进制 Lookup 文件显示在 LookupTable 窗口中的信息包括数据，列名称，单元和每种文件的显示格式等都被存储在磁盘的一个二进制文件里。一个二进制（。LKT）Lookup 文件是用 Save LookupTable 命令来建立的。二进制文件占有较少的磁盘存储空间并且能快速被 EES 打开和保存。但是，它们不能被 EES 之外的任何应用程序所创建，编辑和查看。

#### ASCII Lookup Files (。TXT)

ASCII Lookup 文件有许多种不同的格式。最基本的形式是文本的首行包括表中的行数

和列数。接下来的每一行都会给出每一行的数据，列与列之间的有一个或多个空格健获 tab 符号隔开。基本格式没有具体给出名称，单元或数据的显示格式等的方法。EES 指定名称为“COLUMN1”，‘COLUMN2’等，这些名称将在文件使用 Interpolate 或 Differentiate 命令时使用。当文件使用 Open Lookup Table 名 iling 在 Lookup Table 中读取时，数据显示将采用自动格式。

以下举例表示使用 ASCII 数据的 5 行 3 列的 Lookup 文件。

```
5 3
1 11 111
2 22 222
3 33 333
4 44 444
5 55 555
```

如果文件的给出行数是负数的话，EEs 将决定文件数据的行数。若文件的列数给的是负数的话，EEs 将为每一列找到确定的格式（如 A3, F3 或 E4），加一个空格再是列的标题和单元块。单元块用中括号括起来。后面接每一行的数据，数据间用一个或多个空格或一个 Tab 隔开。以下举出一个建立 2 行 3 列表格的例子。列的格式是具体确定的格式 E4, F0 或 F3，列的名称是 COLA, COLB 和 COLC。

```
2 -3
E4 ColA [Btu]
F0 ColB
F3 Col
1.23E-12 2 4.56
2.34E-11 4 7.89
```

除了在 Lookup Table 中被读取外,Lookup 文件无论是二进制格式还是 ASCII 码格式都能直接通过 Interpolate, Diffreentiate, Lookup, LookupCol 和 LookupRow 函数存取。这些函数将在下面介绍。

Save Lookup 在 Lookup Table Window 将 Lookup Table 以 Lookup

文件的形式存在磁盘上。下面将描述怎样用 Lookup 函数存取 Lookup 文件。Lookup 文件可以用。LKT 的文件扩展名以二进制文件形式保存或作为 ASCII 文本文件保存。ASCII 格式允许数据被输出到另一种应用程序中，注意在有 Save 命令时，Lookup Table Window 中的内容也随其他问题信息一同保存下来。除非同时使用不止 EES 一个程序或程序要求操作不止一个 Lookup 表格，否则没有必要分别保存 LookupTable。

Insert/Delete Rows 允许改变 Lookup Table 中的行数。

Insert/Delete Col 允许改变 Lookup Table 的列数。

Delete Lookup 删除 Lookup Table，恢复原来的保存信息。

Lookup Table 中的数据可以用 Differentiate，Interpolate，Lookup，Lookup \$，Lookup Row 和 LookupCol 函数来存取。这些文件可以在 Lookup Table Window 或在磁盘上的 Lookup 文件中来操作数据。在后一种情况中，文件名必须作为函数的第一个参数给出。文件的名称可以用一串常量（用单引号扩起来）或一串变量并在变量名的末尾有 \$ 符号标出的两种形式给出。第七章将详细介绍变量串的使用。文件扩展名既可以是。LKT（二进制 Lookup 文件）或。TXT（ASCII Lookup 文件）。如果给出文件扩展名，EES 将假定文件格式为二进制（即 EES 将自动添加。LKT 扩展名）。

Diffreentiate ('Filename', 'ColName1', 'ColName2', ColName2 = Value) 返回基于三个插入值并由两列表格数据所决定的派生值。这些数据可以来自 Lookup 表格, Lookup 文件或参数表。'FileName' 是一个选用的参数。或给出的话, 这个文件名必须是已经用 Save Lookup Table 命令或以 .LKT 或以 .TXT 为文件扩展名存储的已有 Lookup 文件的名称。这个文件名既可以是输入的一串常数(单引号引出)也可以是以串以被指定为文件名的变量。如果文件名没给出, 则 Differentiate 函数将应用于已存在的 Lookuo Table 。

ColName1 和 ColName2 是列标题。列名上的单引号可有可无。这些列标题可以用一串变量给出。最后的参数是 ColName2=Value 的格式, 在等号的左边, 是死前每年已给出的列标题 (ColName1 或 ColName2)。Value 是一个数值或表达式。EES 将返回在某点估计的  $d \text{ ColName1} / d \text{ ColName2}$  的派生值, 这点由已明确给出的 ColName1 或 ColName2 的值所确定。若文件名定为 'Parametric' 那 "Differentiate" 函数可以用来操作 Parametric 表格中的数据。在这种情况下, Parametric 表格中必须已存在值, 如通过键盘输入的值。在用到 Solve Table 命令来进行计算的值是不能使用 Differentiate 命令的。

举例:  $dx/dy = \text{Differentiate}('X', 'Y', Y=2.34)$   
{返回在 Lookup Table 中当  $Y=2.34$  时  $dx/dy$  的结果。单引号可省略}  
 $Y = \text{Differentiate}('c:\text{myFile}', T, x, T=100)$   
{返回在 C 盘的 Lookup Filemyfile .LKT 中当  $T=100$  时,  $dT/dX$  的结果}

Interpolate ('Filename', 'ColName1', 'ColName2', ColName2 = Value) 返回基于三个插入值在 Lookup 表格 Lookuo 文件或参数中被插入的值或由表格数据推算出的值。

'FileName' 是选用参数, 它可以由一串常数(单引号引出)或一串变量给出。如果此参数未给出, 则 interpolate 函数将应用到已存在的 LookupTable。若 "FileName" 已给出, 那它必须具有文件扩展名为 .LKT 或 .TXT 的已存在 Lookup 文件。ColName1 和 ColName2 是列标题名称。列标题上的单引号可以省略。列的标题名还可以作为一串变量输入。最后参数以 ColName2 = Value 格式输出, 等号左边可以是以及军工明确给出的两个参数即列标题名中一个 (ColName1 或 ColName2)。Value 是一个数值或表达式。EES 则将返回与明确给出的 ColName2 的值相一致的列 ColName1 数据中的一个插入值。如果文件名是 ColName1 的一个值, EES 则返回 ColName2 的插入值。如果文件名是 'Parametric', interpolate 命令将应用在已存在的 Parametric 表中。在这种情况下, Parametric 表中的值必须已经存在, 如通过键盘输入的值。当 Solve Table 命令运行是用来计算的值不能使用 interpolate 命令。

例如:  $Z = \text{interpolate}('col1', 'col2', col1=2.3)$   
{返回 Lookup Table 中在三个参数输入时, 与 Col1 种等于 2.3 的值相一致的 Col2 中的一个值}

$X = \text{Interpolate}('c:\text{MyData}', X, Y, Y=4.5)$   
{返回 C 盘叫作 MyData. LKT 文件的 Lookup 表格中在三输入时, 与 Y 列中等于 4.5 的值相一致的 X 列中的一个值}

Interpolate1 ('FileName', 'ColName1', 'ColName2', ColName2=Value) 用线性插入时, 提供与 Interpolate 命令相同的函数。

Interpolate12 ('FileName', 'ColName1', 'ColName2', ColName2=Value) 使用平面二维插入时, 提供与 Interpolate 命令相同的函数

Lookup ('FileName', Row, Column) 返回 Lookup Table 或 Lookup 文件中明确的行列数中的值。注意列的给出既可以是表示列数的一个数值(或表达式), 也可以是一串常数(单引号引出)或一串变量, 给出的列名称。旧的格式即在列前标出一个 #号也同样支持。'FileName' 可以省略。如果文件名给出的话, EEs 首先会确认指定的 Lookup 文件是否已存在, 然后将 Lookup 等文件数据放入内存。行列参数不一定为整数。返回的值是在所指定的行与列之间

插入的值。如 Lookup (2, 5, 3) 将返回一个在第二第三行之间第三列的值。若给出的行或列小于 1, 那么第一行或第一列中的值将被返回。相似的道理, 若给出的行列数大于 Lookup 表格中的最大行列数时, 最后一行或最后一列的值将返回。Lookup 函数能和 LookupCol 和 LookupRow 函数一起使用来找出用户指定表格信息的插入数据。但是这一功能使用 Interpolate 命令更为方便。

例: `x=Lookup (1,2)`

{将 x 设定为 Lookup 表格中第 1 行第 2 列中的值}

`X=Lookup(1, 'x')` (将 x 设定为 Lookup 表格中第一行及被命名为 x 列中的值)

`X = Lookup ('c:\abc\copperk,R,'T')`

{设定 x 的值为 c:\abc\copperk 。LKT Lookup 文件中 R 行 T 列中的值}

Lookup \$ 功能相当于 Lookup 函数, 只是它返回的不是一个数值而是一个数串。和 Lookup 函数一样, Lookup \$ 函数有两到三个参数。若给出三个参数。第一个给定存在磁盘上的 Lookup 表格名称。接下来的这个参数是一个数值或表达式, 它给出表格中的行数。最后一个参数表示列数。列数的表示可以是一个数值或一个表达式。来给出列数或用一串常数或一串变量给出列的名称。注意, 为了能接收串信息, 在 Lookup 表格中的列的格式必须设为 STRING。要改变格式, 轻击列的标题, 在 Format Table 对话框中更改。

如: `R $ =Lookup $ (1, 2)` {第 2 列必须设定为 STRING 格式}

LookupCol ('FileName', Row, Value) 调用 Lookup Table 或 Lookup 文件中由确定的行以及作为第二参数给出的值所确定的列的数值。列值可以不是整数。可以根据需要给出列的插入值。LookupCol 函数的目的是为了给出一种 Lookup Table 或 Lookup 文件中不同行中相关的表格信息的方式。

如: `C = LookupCol (2, 100)`

{将 C 值设为 Lookup 表中第二行中值为 100 的列数值}

`C=LookupCol ('c:\abc\copperk', R, X)`

{将 C 值设为、=\Lookup file c:\abc\copperk. LKT 中的第 R 行值为 X 的列数值}

LookupRow ('Filename', Column, Value) 调用 Lookup Table 或 Lookup 文件中由确定给出的列以及作为第二个参数的给出的值所对应的行数。注意, 列数既可以直接给出数值或给出一串常数 (单引号引出) 或一串变量名定义的列名称。旧的版本可以不是整数。可以根据需要给出行与行之间的插入。Lookup Row 函数的目的是为了提供一种 Lookup 表格不同列中相关表格信息的方式。

例: `R=LookupRow (2, 100)` {将 R 值设为 Lookup 表中第 2 列里值为 100 的行值}

`R=LookupRow ('c:\abc\copperk', C, x)` {将 R 值设为 Lookup 文件 c:\abc\copperk 。LKT 中 C 列里值为 x 的行值}

当一个新的 Lookup 表格被建立时, 列的初始名为 Column1 和 Column2 等待。要改变这些命名和表格显示格式可以像第 2 章 Lookup Window 部分所介绍的那样在标题块上点击鼠标左键。

信息可以通过 Clipboard 从 Lookup Table 用这种方法, 数据可以在 Lookup Table 和 Parametric Table 间传送或其他应用程序间如 Spreadsheet 程序传送。要选择 Table 中的一个长方形单元块组, 先按鼠标左键点击左上角的单元块, 一直按下 Shift 键然后点击右下的单元块。被选中的单元块会显示反色调。使用 Edit 菜单中的 Select All 命令可选中 Lookup 表格中所有的单元块。接下来用 Edit 菜单中的 Copy 命令将所选的单元块组复制到 Clipboard。若你除了所选中的数据外你还希望能复制到列的标题和单元组的话, 就得同时按下 Ctrl 键, 数据要从 Clipboard 复制过来, 得用到 Paste 命令, 点击将数据复制到的左上单元。则 Clipboard 的数据将从被选单元传入到 Lookup Table。

## 第五章 函数、程序、模块和子程序

大多数高级编程语言允许用户编写程序 (subprograms), EES 也能用多种方式提供此项功能。EES 的程序是写在 EES 中的函数, 程序或模块。函数可以接受单个或多个输入而返回一个结果。一个程序可以返回一个或多个结果。模块与程序相同的是它也可以返回一个或多个结果, 然而, 它与程序的不同之处是模块运用的是等式而非设定语句, 这一点接下来会有解释。EES 既可以存取写在 EES 里的内部程序, 又可以存取用 Pascal, C, C++, FORTRAN 或其他编辑语言写的外部程序。外部程序的编写将在第 6 章介绍。内部和外部程序都可以从 EES 启动时它们自动存在的地方被存储到 USERLIB\subdirectory(下菜单)中。

EES 程序有一系列的优点。首先他们通过将问题分解成许多小部分可以很简单地形成复杂问题的解。第二, subprograms 能在二进制文件中保存, 又被其他 EEs 程序重新调用。第三, EES 函数和程序 (模块除外) 允许使用 if then else, repeat until 和 goto 语句。出现在这些函数和程序中的语句不同于 EES 主体中的表述, 在那里它们和在大多数高级编程语言使用时一样只作为设定语言而非等式表述。他们按他们出现的顺序运行。模块运用等式表述, 这一点和一个 EEs 程序的主体中使用的一样。EES 为了更高效解方程得需要对这些等式的表述重新排述。两种语句形式的组合为 EES 中问题的构建提供了更灵活的方法。

有很多种存取 subprograms 的方法。File 菜单下的 Merge 命令可以用来把 EES subprograms 从一个 EES 文件调到另一个 EES 文件中去。除此之外, EES 同样允许 subprograms 存在二进制文件中。Library 文件是一种 EES 文件, 它包含一个或多个函数, 程序和 (或) 模块, 并且是用 Save As 命令以 .lib 文件扩展名保存的。Subprograms 自动地存在属于 USERLIB\下目录为 Library 文件里, 当 EEs 运行时被无误地寄存。Library 文件也可用 File 菜单中的 Load Library 命令存入或用 \$ INCLUDE 指令寄存。二进制文件中的函数, 程序和模块像 EES 内部函数一样操作。它们也可以根据要求提供帮助。在这一章最后将介绍建立二进制文件的必要步骤。

### EES Functions and Procedures

#### EES Functions

EES 为用户提供使用 EES 等式编辑器直接在 Equation 窗口写函数的功能。Ees 函数和 Pascal 中的函数相似, 这些函数必须遵循的规则如下:

- 1, 用户函数必须显示在 Equation 窗口的上方, 在 EES 程序主体的任何模块和任何等式之前。
- 2, 用户函数以关键词 FUNCTION 开头, 函数名和参数写在同一行包含在括号内, 中间用逗号隔开。
- 3, 函数一关键词 END 结束。
- 4, 出现在 EES 函数和程序中的等式与出现在 EES 主体中的等式根本不同。函数和模块中的等式和 FORTRAN 以及 Pascal 中使用的一样更应该被称作为指指定语句。指定语句是这样设定变量的, 变量名在左边, 右边是定义的数值。X :=x+1 是一个有效的设定语句, 但是很明显它不是一个等式, 这和 EES 主体中所有等式的假设不一样。:= 这个符号 (不是=号) 是用来标志语句的, 然而, 如果选中了 Display Options 对话框 (Options 菜单) 中的  Allow= in Functions/Procedures 控制的话, EES 将接受语句指定中的等号。
- 5, EES 正常情况下按设定语言在函数或程序中的顺序来运行, 然而如果在函数和程序中使用 If Then Else, Repeat Until 和 goto 语句可以转换计算顺序。这些逻辑控制语句的格式将在后面介绍。
- 6, 在等式中通过函数名称来调用函数。参数在名称后面, 包含在括号内。被调用的函数必

须带有它在 Function 中同样数量的参数。

7, 用户函数中的等式可调用任意嵌入函数。除此之外, 它们还可以调用已经定义好的用户函数或程序或者作为 Library 文件已寄存的任何函数或程序。

8, 除了在 \$ COMMON 指令范围内定影的变量外, 函数体所使用的所有变量对函数都是本地的, 函数将返回设定名称的值。

9, 函数不考虑设定复数, 只用实数模式操作运行。

函数能用来分析二个或多个变量之间的关系

如: 流体的比 availability, 也称为  $\psi$  是

$$\psi = (h - h_0) - T_0 (s - s_0) + V^2/2 + gZ$$

其中  $h$  和  $s$  分别是比焓和比熵

$h_0$  和  $s_0$  是滞止参数状态下的比焓和比熵, 和

$V$  是速度,  $g$  是重力加速度,  $Z$  是相对所选零点的高度

一旦滞止状态的温度和压力选定,  $h_0$  和  $s_0$  就等于常数。一个关于流体 availability 的  $T_0 = 530R$ ,  $P_0 = 1 \text{ atm}$  的用户函数就可以在 Equation 窗口上部键入语句得以运行生效。在等式的参考点  $\Psi(T_1, P_1, V_1, Z_1)$  将返回相对所选滞止状态的单位 Btu/lbm 的流体的比 availability

```
Function psi (T,P,V,Z)
  T0 := 530 "R, 滞止状态温度"
  h0 := 38.05 "Btu/lbm, 滞止状态的比焓"
  s0 := 0.0745 "Btu/lbm-R, 滞止状态的比熵"
  h := enthalpy (STREAM, T=T, P=P)
  s := entropy (STEAM, T=T, P=P)
  g := 32.17 "ft/s^2 重力加速度"
  Psi = (h-h0) - T0 (s-s0) + (V^2/2 + g*Z) * Convert (ft^2/s^2, Btu/lbm)
```

END

函数也可用来改变任意嵌入函数名和/或缩短参数个数。如, 下面的函数改变含湿量嵌入函数的名字 humrat 为  $w$ , 消除在每次都要具体给出物质名 AIRH2O 这个参考数和设定总压为 100 Kpa 的必要程序:

```
FUNCTION w(T,RH)
  w := humrat(AIRH2O, T=T, P=100, R=RH);
END
```

以上两个例子函数都是调用 EES 内部性质函数, 如果它们依赖于 EES 单元的正确设定。使用 UnitSystem 函数 (第四章) 和 IF THEN ELSE 语句在任何单元设定下都能正确运行的一般函数是完全可能的。

### EES 程序

EES 程序除了它们允许多数出外非常像 EES 函数, 程序的格式是

```
PROCEDURE test(A,B,C : X,Y)
...
...
X := ...
Y := ...
END
```

程序必须放在 Equation 窗口之上，在 EEs 程序主体中任何模块和憾事之前。以上例子中程序名 TEST 可以是任意有效的 EES 变量名。参数列包含一系列输入和一系列输出，输入输出之间用冒号隔开。在上面的例子中，A，B，和 C 为输入，X 和 Y 为输出，每个程序至少有一个输入和一个输出。每个变量的定义是在等式中设定符号的左边写上输出变量名。END 语句来结束程序。

调用程序时，在你的的等式的任意一处用 CALL 语句，CALL 语句这样出现：

```
...  
CALL test(1,2,3 : X,Y)  
...
```

CALL 语句参数列中的输入和输出参数的个数必须正确地与 PROCEDURE 定义的语句相匹配。参数可以为常数，变量串，数字变量或代数表达式。附加的参数可以用 \$ COMMON 指令在 EEs 程序的主体和程序间传递。EES 将用参数列中给出的输入变量来估计输出量。程序可以调用已经定义的其他函数和程序。程序不能调用模块。

程序中的等式与模块或 EES 程序主体中普通的 EES 等式不同。首先除了输入和输出外对于程序来说所有变量都是 Local（当前的）。第二，等式也是指定语句而非相等的式子，为了清晰区别开来，用（:=）指定符号取代了等号。你可用 Preferences 对话框（Option

菜单）中  Allow= in Functions/Procedures 控制而可以忽略惯例。第三，if then

else ,repeat until 和 goto 语句以使用。流体控制语句的格式在下一步分介绍。

非直接表示的等式由于它们在模块里或主等式体中，所以不能直接在程序或函数里求解。用 If Then Else, Repeat Until 和 goto 语句可以编出自己的内部的循环程序。然而在程序内用 EES 解不直接的等式也是可能的。例如，考虑下面这两个非线性方程：

$$X^3+Y^2=66$$
$$X/Y=1.23456$$

为了在程序中解 X，Y 的值，将每个方程的右边减左边，将它们分别设为 residuals，R1 和 R2。现在用 EES 来求解 X 和 Y 直到 residuala 为 0。有一个做这项工作的程序。必须注意的是这种非直接等式用模块来解更快捷，这章待会介绍。

```
PROCEDURE Solve(X,Y:R1,R2)  
  R1:=X^3+Y^2-66  
  R2:=X/Y-1.23456  
END
```

```
CALL Solve(X,Y:0,0) {X = 3.834, Y = 3.106 when executed}
```

CALLSolve (X, Y: 0, 0) {x=3.834, Y=3.106 when executed} 程序为 EEs 用户提供一大堆好处。经常使用的程序会单独保存下来，并且在 File 菜单中 Merge 命令进入到 Equation 窗口。而且程序可作为二进制文件保存，这样每当 EES 运行，它就可以被自动的寄存。程序既可以选择用 Options 菜单中的 Local Library 命令存也可以用 \$ INCLUDE 指令寄存。例如，描述透平的等式可以输入一次并保存下来，每次需要进行透平计算，CALL 语句将被用于确定透平工作和出口的状态变量。

EES 支持内部和臆癌不编排的程序。内部程序如这部分所描述的在 Equation 窗口上部直接输入。用如 C, Paccal, 或 FORTRAN 等高级语言编写的程序从 EEs 调用。CALL 语句对两种程序是一样的。第 6 章将详细说明编写和调用编排函数和程序的细节。

### Single\_Line If Then Else Statements

EES 函数和程序支持多种条件语句。[这些条件语句不能用在模块或 EES 程序主体中](#)。最常见的条件语句是 If Then Else 语句。If Then Else 语句允许单行或多行格式。单行格式如下: If (Conditional Test) Then Statement1 Else Statement2 条件。文本会产生一个真的或假的结果。这个格式与它在 Pascal 中使用的格式非常的相似。要求有关箭词 Then 和 Statement1 , Statement1 既可以指定又可以是一个 Goto 语句。关键词 Else 语句必须排成一行不超过 255 个字。下面这个函数用 If Then Else 语句来返回三个参数中的最小值。

```
Function MIN ( x, y, z ) {返回三个值中的最小值}
  If (x<y) Then m:=x Else m:=y
  If (m>z) Then m:=z
  MIN3:=m
End
Y=MIN3 (5, 4, 6) {语句被执行时, Y 被设定为 4}
```

If Then Else 语句中的条件文本可以使用 AND 和 OR 这样的逻辑操作符。除非用括号来改变语法顺序, 否则 EES 将从左到右来执行这些逻辑符号。注意, 下面例子中 (x>0) 和 (Y<0) 外的括号是为了超越由左至右的逻辑过程从而产生所希望的逻辑效果。

```
If (x>y) or ((x<0) and (Y<3)) Then Z:=x/Y Else Z:=x
```

### Multitude\_Line If Then Else Statements

多行 If Then Else 语句允许有条件地执行一组语句。这种条件语句可以在函数和程序中使用, 但不能在模块或 EES 程序的主体中使用, 其格式如下:

```
If (Cinditional Test) Then
  Statement
  Statement
  . . .
Else
  Statement
  Statement
  ...
End If
```

关键词 If, [条件检测和关键词 Then 必须位于同一行](#)。条件检查外的括号可以省略。若条件检测为真则在以下几行的语句被执行。为了形成条件网, 这些语句还可以再使用 If Then Else 语句。关键词 Else (或 EndIf) 结束第一组语句。Else 这个关键词自己单起一行给出, 以下接着几行是在条件检测为假时执行的语句。关键词 EndIf 作为结束多行 If Then Else 语句来说要求独占一行。这种个格式举例如下。排版的缩进是为了使逻辑流程更加清晰。但是 EES 不计空格。上面和下面的情况也同样对待。

```
Function IF Test (x, y)
  If (x<y) and (Y<>0) Then
  A:=x/y
  B:= x*y
If (x<0) Then {再套以各 If 语句}
A:=-A ;B:=-B
  EndIf
Else
```

```

A:=x*y
B:=x/y
EndIf
IF Test :=A+B
End
C1 =IFTest (-3, 4) {当语句被执行时 C1 将设定为 12. 75}

```

### GOTO Statements

EES 通常运行函数或程序的语句是根据它们第一个语句的先后顺序来的，但是使用 GOTO 语句可以转变流程的控制。GoTo 语句的格式很简单 GOTO#

在这里#是一个语句标志数，这个必须是 1-30000 之间的一个整数。语句标志在指定语句之间并用 (:) 与之隔开。GoTo 函数必须与 If Then Else 语句一起使用才有效。以下这个函数就显示了 GoTo 和 If Then Else 语句在给定一个参数值得阶乘函数中的作用。

```

Function FACTORIAL (N)
F:=1
I:=1
10:i:=i+1    (语句标志)
F:=F*i
If (i<N) Then GoTo 10
FACTORIAL:=F
End
Y= FACTORIAL (5) {语句执行后 Y 给出 120}

```

### Repeat Until Statement

在上面所介绍的执行 If Then Else 和 Goto 语句的函数和程序中进行内部循环。使用 Repeat Until 结构总的说来讲更方便更具可读性。Repeat Until 语句格式如下所示。注意，Repeat Until 语句只能用在函数和程序中。

```

Repeat
Statement
Statement
...
Until (Conditional Test )

```

条件检测通过以下的操作符: =, <, >, <=, >= 和 <> (不等于) 而产生一个真或假的结果。这个格式与 Pascal 中使用的是一样的。下面是这个与前一部分相似的但使用的是 Repeat Until 结构的阶乘的例子。

```

Function FACTORIAL (N)
F:=1
Repeat
F:=F*N
N:=N-1
Until (N=1)
FACTORIAL :=F
End
Y= FACTORIAL (5) {语句被执行后 Y 将返回 120}

```

## Error Procedure

Error Procedure 允许当给函数或程序的值超过范围时，用户停止计算。Error 程序的格式是. Call Error ( 'error message ' ,x) or Call Error(x)其中' 错误信息' 这个用单引号的字符串可省略。X 是造成错误的参数值。若没有给出错误信息串，EES 在运行 ERROR 程序时会总结如下错误信息。

Calculations have been halted because a parameter is out of range .The value if the parameter is xxx.

Xxx 取代了给错误程序的 x 的值。若给出错误串，EES 会显示该串，并将 x 值插入字 xxx 出。如果如下面的例子所示，xxx 后有格式的选择如 F1 或 E4 ，则 x 值将会有相应的格式，否则将应用默认的格式。ERROR 程序极有可能如下面所示于 IF-THEN-ELSE 语句一起出现。

```
Function abc( x,y)
If (x<=0) then CALL E R R O R ( 'x must be greater than 0.A value of xxxE4 was
supplied ' ,x)
  Abc:=Y/X
End
G:= abc(-3,4)
当调用此函数时，将显示下面的信息，并且停止计算。
X must be greater than 0.A value of -3.000E0 was supplied .
```

## Modules

模块可以被认为是独立的 EES subprograms，这个 subprograms 可以从主要的 EES 程序中调用。模块的格式和内部程序中的格式相似。给定明确的输入则模块计算出输出。。模块的语句的正式格式是在参数列中使用冒号。冒号左边的参数个数是模块中自由度的个数。或用另一种方式描述，给定值的个数必须使方程个数等于未知数的个数。模块语句示例如下：

```
MODULE Testme (A,B,X,Y)
在这种情况下，EES 知道有两个输入和两个输出，然而，EES 模块不像程序中使用指定语句而是使用方程。大多数情况下，只要确定给出的相应的值，至于用什么变量给出输入这没什么关系。所以分隔输入和输出所有的冒号也没多大关系，可用逗号来代替（在欧洲数制中用分号）。下面的模块语句和上面的格式是一样的。
```

```
MODULE Testme (A,B,X,Y)
用 CALL 语句可以进入模块。如下面的语句将进入 Testme 模块
CALL Testme (77, 1.5, x,y)
注意，如果在 MODULE 语句中分隔输入与输出用了冒号，则在 CALL 语句中必须用。反之亦然。
```

当 EES 遇到 CALL 语句时，它会准确地将模块中的方程转化为主程序中的方程。这个过程的过程如下。首先，模块中的每个变量包括 MODULE 语句中的输入输出，都用 EES 能识别的一种特别的修饰词来重新命名。EES 为各个输入输出增加一个方程，为模块中应给的值在调用程序中给参数赋值。最后，带着它们被重新命名的变量的模块中的方程出现在 EES 程序调用它们的地方。若模块第二次被调用，则重复以上步骤，但模块中变量要用不同的修饰。这种网状效果是每次遇到 CALL 语句时，模块中所有方程都会复制到 EES 主程序中。

目前 EEs 允许出现 6000 个以上的方程，所以能解决相当大的问题。这样 EES 为了最佳的解决方法将使用高效的块技术来重组方程。这种重组的结果是，模块中的方程没有必要一定顺序调用。事实上也不常有这种情况。你能按 EES 在 Residuals 窗口重新编排的顺序查看这

些方程。模块中的方程是这样定义的，模块名后用斜杠然后是调用的次数，如下面在 Residuals 窗口下的等式：

**Turbine\2:  $h2=h1+Q/m$**

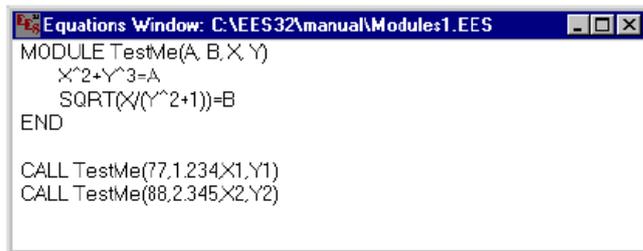
表示方程  $h2 = h1 + Q/m$ ，是来自对 Turbine 模块的第二次调用。

模块中的变量本身的值通常不会显示在 Solution 窗口中。你可以通过选择 Options tab of the preferences dialog 中的 'show function/procedure/module variables' 控制来查看出现在你方程窗口中模块本身的解。

变量值一般是通过参数列表传给模块的，但是，\$ COMMON 指令可以用来设定在主程序中被定义的变量的值。

模块内部定义的变量都假设为同样的隐含值，上下限和格式信息。变量的信息可以用 Variable Info 命令进入查看。模块中本身的变量总为实数，不考虑其为复数设定。

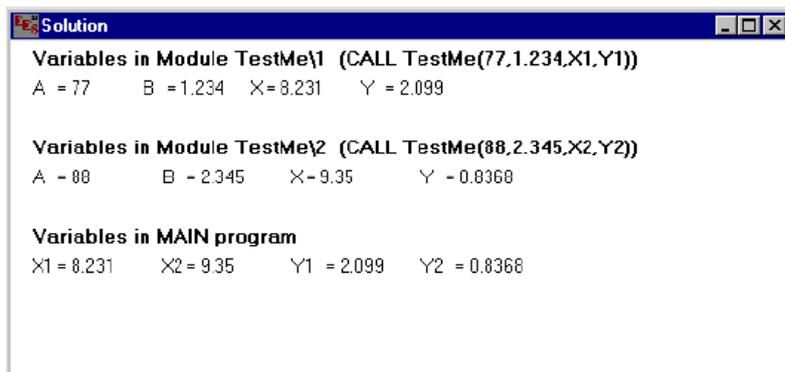
模块以 END 语句结束。CALL 语句和程序是用语句构成。所以，模块不支持如 IF THEN ELSE 这样的逻辑结构，但是它可以根据需要反复地求解方程，并且和在 EES 主要部分中一样为独立的方程输入排序。这有个例子。



```
Equations Window: C:\EES32\manual\Module:1.EES
MODULE TestMe(A, B, X, Y)
  X^2+Y^3=A
  SQRT(X/(Y^2+1))=B
END

CALL TestMe(77,1.234,X1,Y1)
CALL TestMe(88,2.345,X2,Y2)
```

当用 Solve 命令时，EES 将在方程中出现两次 Testme 模块方程，然后再解整个钢城，Solution 窗口将如下显示：



```
Solution
Variables in Module TestMe\1 (CALL TestMe(77,1.234,X1,Y1))
A = 77      B = 1.234    X = 8.231    Y = 2.099

Variables in Module TestMe\2 (CALL TestMe(88,2.345,X2,Y2))
A = 88      B = 2.345    X = 9.35     Y = 0.8368

Variables in MAIN program
X1 = 8.231   X2 = 9.35    Y1 = 2.099   Y2 = 0.8368
```

注意，只有选中了 Options tab of the preferences dialog 中的 'show function/procedure/module values' 控制时，才会显示每次调用时 Testme 模块本身的变量。

就像内部函数和程序一样,模块可以作为Library文件储存(Library文件在下部分介绍)。如果Library文件被置于USERLIB下目录时,它可自动存入。另外\$ INCLUDE指令可用来无误地存Library文件。模块包括与在程序使用相同的语法的Help,还可以给出独立的ASCII help文件或Windows help文件,这些文件和Library文件一眼又相同的。HLP文件扩展名。

模块可以极大地增强你的EES程序功能。

### Library Files

EES允许包含一个或多个函数,程序或模块(Subprograms)的文件存为Library文件。Library文件的扩展名是.LIB。当EES启动时,它会自动地将所有的函数,程序和模块都存入USERLIB下目录里的Library文件中。Library文件既可以通过File菜单下的Load Library命令人为地存入或是用\$ INCLUDE指令存入。Library Subprograms不会在Equations中显示。它们和EES嵌入函数一样地使用。输入一个或多个函数,程序和/或模块到Equations窗口就可以建立一个Library文件。用Check, Solve或Solve Table来编排方程然后用Save As命令以.LIB扩展名来保存文件。

和嵌入函数一样,Library文件中的Subprograms可以在Function Info对话框中提供帮助信息。帮助文本在文件中作为大括号中的注释。函数,程序或模块名的下一行大括号中的第一个字是\$。接下的直到大括号结束的这些是帮助文件,就像下面示例所示,当用户选择了Function Info对话框中的Info按钮时,将显示该文本。

Library文件概念是EES最强大的特色。因为它允许用户为个人使用或他人的使用简单地摆弄些自用的Subprograms,下面的例子就利用Library文件给出EES中的一个Fourth-order Runge-Kutta数字综合函数。Runge-Kutta程序是用来解决下面这种形式的微分方程:  $dy/dx=f(x,y)$

其中 $f(x,y)$ 可以是包含独立变量 $x$ 和 $y$ 的任意函数。 $Y$ 必须有已知的初始值 $Y_0$ 与之对应的有 $X$ 的初始值。

Runge-Kutta计算程序作为一个被叫做RK4带有具体目的的Library函数来执行。RK4要求有4个参数:  $x$ 的初始值(Lowx),  $x$ 的终了值(Highx), 范围(Step x)和 $x=Low x$ 时的 $Y$ 值( $Y_0$ )。函数将返回终了值 $x=High x$ 时的 $Y$ 值。RK4函数调用其它函数, fRK4( $x,y$ )得出给定 $x$ 和 $y$ 值的 $dy/dx$ 的结果。仿制的fRK4函数占有RK¥.LIB文件中的空间。在实际应用中,那会在EES Equations窗口下输入另一个fRK4函数。从而覆盖掉仿制的frk4.rk4和Frk4函数都被包存在USERLIB下目录中叫作RK4的Library文件中。当EES启动时会存入这些函数。如果你要在EES中打开RK4.LIB文件,你会看到如下的语句,注意函数如何给出作为注释的带有\$文件名关键词的帮助文本。帮助也可以是带有.HLP文件扩展名的ASCII文件。

```

FUNCTION fRK4(X,Y)
{$fRK4
fRK4 is a user-supplied function to evaluate dY/dX. This
function is used with the RK4 function to solve differential
equations with the Runge-Kutta method. Enter a fRK4(X,Y)
function in the Equations window to evaluate dY/dY for your
problem. See the RK4 function for additional information.}
  fRK4:=(Y+X)^2
END

FUNCTION RK4(LowX,HighX,StepX,Y0)
{$RK4
RK4 is a general purpose function which solves a first-order
differential equation of the form dY/dX=fRK4(X,Y) using the
Runge-Kutta 4th order algorithm. The RK4 function calls function
fRK4(X,Y) supplied by the user to evaluate dY/dX at specified values
of X and Y. The user must supply the fRK4 function.

RK4 requires four input parameters. LowX is the initial
value of independent variable X. HighX is the final value
of independent variable X and StepX is the step size. Y0 is
the value of Y when X is equal to LowX.}

  X := LowX
  Y := Y0;
  Tol := 0.1*StepX
10:
  IF (X>HighX-Tol) THEN GOTO 20
  k1 := fRK4(X,Y)*StepX
  k2 := StepX*fRK4(X+0.5*StepX,Y+0.5*k1)
  k3 := StepX*fRK4(X+0.5*StepX,Y+0.5*k2)
  k4 := StepX*fRK4(X+StepX,Y+k3)
  Y := Y+k1/6+(k2+k3)/3+k4/6
  X := X+StepX
  GOTO 10;
20:
  RK4:=Y
END

```

假设你想要用 RK4 函数解等式  $\int_0^2 x^2 dx$  你给出函数来估计  $x^2$  的积分值。你的函数将超越 RK4 Library 的 fRK4 函数。假设当 EES 启动时, Rk4 在 USERLIB\下目录中。所必须的是:

```

FUNCTION fRK4(X,Y)
  fRK4:=X^2
END
V=RK4(0,2,0.1,0)

```

当你解题时, EES 将在 Solution 窗口中显示 V=2.667。

\$COMMON Directive

\$COMMON 指令提供一个将信息从主程序传递到内部函数, 程序和模块的方法。\$COMMON 的使用提供了一种把值作为函数传送的方法。这个指令在概念上和 FORTRAN 中的 COMMON 语句相似。它与在那个信息流程中的不同在于它是单向的。变量值可以从主程序传递给函数或程序。但是, 函数或程序不能设定或转换这些值。

\$COMMON 指令必须独占一行直接接在 FUNCTION PROCEDURE 和 MODULE 名称之后。如下所示, 出现在 \$COMMON 语句中的变量要用逗号隔开。

```

FUNCTION TESTCOMMON (x)
$COMMON B,C,D {变量 B, C, D 均来自主函数}
    TESTCOMMON: = x+B+C+D
END
B=4; C=5; D=6;
C1 =TESTCOMMON (3)

```

\$COMMON 函数只能用在出现于 Equations 窗口的函数, 程序和模块里。不能用于 Library 函数。

\$ INCLUDE Directive

\$ INCLUDE 指令提供一种自动存在包含 EES 方程的 Library 文件或 ASCII 文本文件的方法。其格式是:

\$ INCLUDE FILENAME

FILENAME 包括。TXT, .LIB, .FDL, 或。DLP 之一的文件扩展名的文件名。这个文件可以包括全路径名, 如 C:\EESW\MYDEFN.TXT。然而, 如果来给路径名, EES 将在当前目录下寻找。若 EES 找不到这个文件, 它会给你一个浏览的机会, 这样你可定位。\$ INCLUDE 语句必须独占一行, 从第一列写起。最好把 \$ INCLUDE 指令放在 Equation Window 的上部, 从而确保指令在方程开始运行前开始工作。

### 。TXT Files

若文件扩展名。TXT, EES 认为 FILENAME.TXT 是一个包含 EES 方程的 ASCII 文本文件。在 Library File 中不能识别语法错误, 所以在保存为 Library 文件前要注意确定方程是正确的。在编程过程中 EES 会把些方程连同其它方程一起包括在 Equations 窗口里。然而, 这些方程和与方程有关的变量是隐藏的。\$ INCLUDE 指令的反复使用在这里是不允许的, 所以文本文件禁止包含任意 \$ INCLUDE 语句。

方程也可以用 File 菜单里的 Merge 命令从文件中输入。Merge 命令和 \$ INCLUDE 指令的不同在于, 用 Merge 命令输入的函数放在 Equations 窗口, 看起来它们被分好类而且可见。而用 \$ INCLUDE 指令输入的文本是隐藏的。注意随着 Equations 窗口里文本所占的空间增大, 在 Equation 窗口里的编辑的速度是下降的。使用 \$ INCLUDE 指令解决大问题会进行得很慢。

#### Library Files

若文件扩展名为。LIB, .FDL, .DLF, 或。DLP, EES 将认为文件是与其五年间扩展名一致形式的 Library 文件。EES 内部函数, 程序, 模块识别。LIB 扩展名, 然而外部函数用。DLF 扩展名, 外部程序既可以用。FDL 又可以用。DLP 扩展名。如果没有被存入, EES 将自动存为 Library 文件。注意 Library 在 EES 启动时能自动把它们存入 USERLIB 下目录或使用 Load Library 命令寄存。

## 第六章 外部程序和函数

EES 有一个很大的嵌入函数库, 但它不可能满足所有用户的需要。EES 一个很重要的特点是用户可以添加 (还可转移) 用任意编程语言如 Pascal, C, C++, 或 FORTRAN 写的函数或程序。这些编程的惯例是要有一系列参数。函数返回一个值而程序可能返回多个值。编程和内部 EES Subprograms 是用同样的方法。这项功能给了 EEs 无可限量的灵活性, 也是其重要特色之一。

外部函数和程序是在 Windows 操作系统下按 dynamic link library (DLL) 规则编写的。编写的函数定义为。DLF。有两种编写程序格式, 一个是用。DLP 文件扩展名, 一个是用。FDL

文件扩展名。当 EES 启动时，它会检查 EES USERLIB\ 目录下的文件。以 .DLF，.DLP 或 .FDL 为文件扩展名的文件都被认为是编写的函数或程序，它们会自动地寄存。外部程序既可以用 File 菜单中的 Load Library 命令寄存也可以用 \$ INCLUDE 指令寄存。在 EES 方程中提到的函数名即文件名（不带文件扩展名）。

编辑函数和程序可以用与 Options 菜单中的 FunctionInfo 命令一起使用。如此一来它们可以必要时举例和提供细节的帮助。这一章的下一部分将详细介绍并举例。

#### **EES Compiled Functions (.DLF files)**

外部函数可以用任何能产生 dynamic link library (DLL) 的语言如 C, C++, Pascal 来编写。函数语言的开头必须有确定的格式。为了免去不得不为输入值设定一个上下限的麻烦，编程函数的输入信息要作为关联表来实施。关联的表的记录或结构包括一个双精度值和一个到下个输入值的指针。

注意在 Windows Operating System 中有 16 位和 32 位 DLLs，他们不可以相互转变。16 位版本的 EES 只能用 16 位 DLLs 而 32 位版本的 EES 只能使用 32 位 DLLs。32 位版本 EES 的可以与 Windows 或 NT 一起用，而不能用在 Window3.1。16 位版本可以在任何 Windows 操作系统下运行，但它的运行速度远慢于 32 位版本。这一章也会给出两种 DDL 的说明。若你无法确定你用的是 16 位版本的 EES 还是 32 位版本的 EES，你可以启动程序和查看 Startup 屏。32 位版的 EES 会把 32 位显示在主窗口中与版本号同一行的地方。最后一个输入指向零。一些编程语言如 RORTRAN77 不支持指针，所以 .DLF 编程函数不能用这些语言来编写。这章所介绍的 .FDL 格式可以在这种情况下使用。

编程函数应该确认相关表中给出的输入量的个数等于函数所要求的个数。（下一部分的 PWF 函数例子将告诉我们怎样来确认）虽然输入量的值在函数中可以被改变，但这些改变是在函数内，EES 可以忽略。只是函数的结果被 EES 取用。用 Borland's Delphi 1.0 (16 位) 或 Delphi 3.0(32 位) 写的一个编程函数的基本框架如下：

```
library XTRNFUNC;
type
  charstring=array[0..255] of char;
  ParamRecPtr = ^ParamRec;
  ParamRec = record { defines structure of the linked list of inputs }
    Value: double;
    next: ParamRecPtr;
  end;

function FuncName (var S:charstring; Mode:integer; Inputs:ParamRecPtr):double; export; stdCall;
begin
  ...
  FuncName:=Value; { Funcname must be double precision }
end;

exports FuncName;

begin
end.
```

主要的考虑是函数标题。能被 EES 识别的函数名上面的例子中叫作 FuncName，它必须和文件名一样。函数语言有三个参数。

S 是一个标准的 255 字长的 Pascal 串。第一个字包括字串的确切长度。S 既可用作输入也可以用作输出。

如果 S 的长度不为零，EES 就会终止运算并显示 S 为一个错误信息。

Mode 是 EEs 设定的一个整数。如果 Mode=-1，EES 要求函数返回函数调用例子中的 S。若 Mode=0，那函数只返回函数值。当前，EES 不会用到返回 Mode 的值。

输入是一个指针，它指向 EES 给出的一个输入值相关联表的头。每个输入包括一个值（延展的精确值）和指向下一个输入的指针。就和在 ParamRec 结构中表示的一样。函数可有一个或多个输入。最后一个输入的下一块是零指针。函数会计算输入的个数保证它与相求的个数一致，否则将在 S 中给出错误信息。

注意，必须给出 Pascal 关键词确保调参数以 EES 理解的方式排序。

#### The PWF Cowpiled Function

EES 没有一个内部的经济函数。被称作 Present Worthfactor(PWF)被作为编程函数增加上来。PWF 是一系列 N 未来的花费的当前价值，由于钱的时间价值在一段时间内以 i 的比率上涨，加上一段时期内的市场的折息贴现率 d。PWF 的方程是。

$$PWF(N,i,d) = \sum_{j=1}^N \frac{(1+i)^{j-1}}{(1+d)^j} = \begin{cases} \frac{1}{d-i} \left[ 1 - \left( \frac{1+i}{1+d} \right)^N \right] & \text{if } i \neq d \\ \frac{N}{1+i} & \text{if } i = d \end{cases}$$

其中 N 是时间数（如年）

I 是用百分数表示的一段单位时期内的比率

D 是用百分数表示的单位时期内的市场折旧率

被称为 PWF 的一个编程函数就是写来作这种经济计算的。这个函数存在 EES 盘的 PWF.DLF 文件中。EES 把这类函数与其任意的内部函数来对待。下页就是一个用 Borland's Delphi 3.0(32 位版本)编写的 PWF 编程函数的整个内容。

```

while (P <> nil) do begin
  N := N + 1;
  P := P^.next
end;
CountValues := N;
end; {CountValues}

function PWFCalc: double;
var
  NArgs: integer;
  interest, discount, periods: double;
begin
  PWFCalc:=0; {in case of error exit}
  S := "";
  P := Inputs;
  Periods := P^.value;
  if (Periods < 0) then begin
    S := 'The number of periods for the PWF function must be >0.';
    exit;
  end;
  P := P^.next;
  interest := P^.value;
  if (interest >= 1) or (interest < 0) then begin
    S := 'The interest rate is a fraction and must be between 0 and 1.';
    exit;
  end;
  P := P^.next;
  discount := P^.value;
  if (discount >= 1) or (discount < 0) then begin
    S := 'The discount rate is a fraction and must be between 0 and 1.';
    exit;
  end;
  if (interest <> discount) then
    PWFCalc := 1 / (discount - interest) * (1 - exp(Periods * ln((1 + interest) / (1 + discount))))
  else
    PWFCalc := Periods / (1 + interest);
end; {PWF}

begin
  PWF:=1;

```

```

if (Mode = doExample) then begin
  S := 'PWF(Periods,Interest,Discount)';
  exit;
end;
if (CountValues(Inputs) <> 3) then
  S := 'Wrong number of arguments for PWF function.'
else begin
  PWF := PWFCalc;
end;
end; {PWF}

exports
  PWF;

begin
  {no initiation code needed}
end.

```

当用 Borland Delphi3.0 来编写 Pascal 码的时候，将会建立一个动力链接库的程序。编译器会自动地为编辑的程序加上 .DLL 文件扩展名。EES 必须区分编程函数和编程程序。它是通过文件扩展名来区分的。编程函数的扩展名一定是 .DLF，重命名编辑文件，所以有 .DLF 扩展名。

在你的 EEs 程序中用下列形式的语言进入外部的 PWF 函数：

```
P = PWF(Periods,Interest,Discount)
```

#### **EES External Procedures (.FDL and .DLP files)**

EES 编辑程序和 EES 编程函数非常相似。两种情况下，用户用编程形式给出作为 Windows 动力链接程序的函数和程序。函数和程序的主要差别是程序返回一个或多个值。程序很有用，如在热力学参数计算中，由给出的一套相互独立的变量（如温度和压力）来确定很多参数（如体积，焓，熵等）。

外部程序写为 DLL'S。注意，16 位版本的 EES 给出 16 位的 DLL'S，32 位版本的 EES 支持 32 位 DLL'S。有两种外部程序，EES 通过它们的文件扩展名加以区别。两种格式不同之处在于 EES 与外部程序交换信息的方法不同。.FDL 格式输入输出是双精度浮点，数可以包含 50 个以上的项。而 .DLP 格式输入输出作为相关列表（象在 .DLF 函数中一样）所以没有输入输出个数的限制。EES 只能通过它们必须有的文件扩展名 .FDL 或 .DLP 作为文件扩展名。通常情况下用 FORTRAN, C, C++ 和 Pascal 程序给出 DLLS 可以使用任何一种格式。

从 EES 用 CALL 语句进入编写程序，其格式如下

```
CALLProcedure ('text',A,B:X,Y,Z)
```

其中 Procedure 是程序名

'text' 是传递给程序的一个文本穿串（可省略）。这个文本既可以是单引号引出的常数串，也可以是一个变量串。

A, B 为输入。有一个或多个输入，之间用逗号隔开，位于冒号的左边。输入可以是数字常量，EES 变量名或代数表达式。变量串不能作为输入。

X, Y, Z 是由程序确定的输出。在冒号右边有一个或多个输出，之间也用逗号隔开。输

出必须是 EES 数字变量名, 变量串也不能输出。

注意, 用来进入编程程序的 CALL 语句在格式上于进入 EES 内部程序所用的 CALL 语句是一样的。

下面两部分将说明.FDL 和.DLP 外部程序格式, 给出一个作为模版的简单的例子。

.FDL 格式的编程程序—一个 FORTRAN 例子。

.FDL 格式通过以下 FORTRAN 程序片断给出。程序的细微区别在于究竟编辑的是 16 位还是 32 位的函数库以及使用是哪个编程器。

### 32-bit .FDL library using the Digital Visual FORTRAN 6.0 compiler

```
SUBROUTINE MYPROC(S,MODE,NINPUTS,INPUTS,NOUTPUTS,OUTPUTS)
!DEC$ATTRIBUTES ALIAS:'MYPROC' :: MYPROC
!DEC$ATTRIBUTES DLLEXPORT :: MYPROC
INTEGER(4) MODE, NINPUTS, NOUTPUTS
REAL(8) INPUTS(50), OUTPUTS(50)
CHARACTER(255) S
...
OUTPUTS(1)=...
...
RETURN
END
```

S 是一个无效结束的包括 255 个字符的 C 型的字串。如果 EES CALL 语句中第一个参数是一个文本串(单引号引出), EES 将在 S 里把这个串传给外部程序。当 EES 调入 MODE=-1 的 Subroutine 时, 则要求来自 EES 的一个程序的调用顺序的模版, 在 S 中代替, 这样它才能在 Function Info Dialog 窗口中显示。如果有必要的话 S 也会用来返回用户给出的错误信息。如果在程序中探测到错误, MODE 就应该被设定为一个大于 0 的值, 从而发信号给 EES 让它终止计算。若 S 被定义了, 那它将显示在 EES 错误信息里。在普通的操作中, MODE=0, S 不需要定义。

NINPUTS 和 NOUTPUTS 是由 EES 给的输入和输出的个数。这个程序是用来检查由 EES 给的输入和输出的个数是否与所要求的个数一致, 如果不一致则返回一个错误条件 (MODE) 0)。INPUTS 和 OUTPUTS 是双精度数值。因为 EES 会视需要来分配内存, 所以对数组元素此处无统一的限制。1000 个以上的变量可以使用数组元素符号将它们传递给外部函数和程序的参数列。入 X[1 .. 1000], EES 会给出 INPUTS 数组的值。由程序计算出来的值会放到 OUTPUTS 中。

外部程序必须编写到与 DLL 程序相关表。使用不同的编程语言和编程器。所以编程过程也不相同。为了编程和链接在 Microsoft FORTRAN5.1 环境下作为 DLL 的一个叫 MYPROC 的 FORTRAN 外部程序, 而产生一个 MYPROC.FDL16 位外部 EES 程序, 你可以输入:

```
SUBROUTINE MDASF(S,MODE,NINPUTS,INPUTS,NOUTPUTS,OUTPUTS)
C. The following two lines are specific to Microsoft Power Station 4.0
!MS$ATTRIBUTES ALIAS:'MDASF' :: MDASF
!MS$ATTRIBUTES DLLEXPORT :: MDASF
INTEGER(4) MODE, NINPUTS, NOUTPUTS
REAL(8) INPUTS(25), OUTPUTS(25)
CHARACTER(255) S
IF (MODE.EQ.-1) GOTO 900
IF (NINPUTS.NE.2) GOTO 100
IF (NOUTPUTS.NE.4) GOTO 200
```

```

C. DO CALCULATIONS
  X=INPUTS(1)
  Y=INPUTS(2)
  IF (ABS(Y).LE.1E-9) GOTO 300
  OUTPUTS(1)=X*Y
  OUTPUTS(2)=X/Y
  OUTPUTS(3)=X+Y
  OUTPUTS(4)=X-Y
  MODE=0
  S=''C
  RETURN
100 CONTINUE
C. ERROR: THE NUMBER OF INPUTS ISN'T WHAT THIS SUBROUTINE EXPECTS
C. NOTE: SET MODE>0 IF AN ERROR IS DETECTED. IF S IS EQUAL TO A
C. NULL STRING, THEN EES WILL DISPLAY THE MODE NUMBER IN AN ERROR
C. MESSAGE. IF S IS DEFINED, EES WILL DISPLAY THE STRING IN THE
C. ERROR MESSAGE. THE C AT THE END OF THE STRING INDICATES C-STYLE
C. S='MDASF REQUIRES 2 INPUTS'C
  MODE=1
  RETURN
200 CONTINUE
  S='MDASF EXPECTS TO PROVIDE 4 OUTPUTS'C
  MODE=2
  RETURN
300 CONTINUE
  S='DIVISION BY ZERO IN MDASF'C
  MODE=3
  RETURN
900 CONTINUE
C. PROVIDE AN EXAMPLE OF THE CALLING FORMAT WHEN MODE=-1
  S='CALL MDASF(X,Y:A,B,C,D)'C
  RETURN
END

```

编程器和链接选择在 Microsoft FORTRAN5.1 中被下了定义。链接器要求有定义的文件 MYPROC. DEF, 这个文件有如下的格式:

#### External Procedures with the .DLP Format – a Pascal Example

前一部分所介绍的.FDL 格式是用 FORTRAN 来表示的, 但是它可以用于任何编程语言来编写。这部分介绍的.DLP calling 格式使用联系列给出输入输出, 所以它不能使用 *background compatibility* 和很强的灵活性。

用.DLP 格式编程与前面介绍的编辑函数(.DLF) 基本相似, 唯一的不同点是除了给出一列相关联的输入值外, 程序必须有一列相关联的输出值。对于一个用 Pascal 程序编写得.DLP 格式的程序的调用次序有以下格式:

```
procedure procname (var S: string; Mode: integer; Inputs, Outputs: ParamRecPtr);
```

S, Mode 和 Inputs 与它们在 EEs 编程函数中的相应部分一样。输出是一串相关联的扩展值, 这列值根据它们在 CALL 语句中的出现顺序将计算结果传给 EES。下页是一个完整的被叫做 MDAS 的 EES 编辑程序, 它提供结果, 商和以及两个输入值的差别。做计算之间要确保 CALL 语句所给出的输入输出的个数和程序中要求的一样, 否则将 S 设定为错误信息。

#### Multiple Files in a Single Dynamic Link Library (.DLL)

EES 可识别三种不同形式的外部编程文件, 这三种类型是:

DLF - dynamically-linked function

DLP - dynamically-linked procedure

FDL - dynamically-linked procedure with calling sequence accessible from FORTRAN

本来，一个文本下只能有一个外部程序的。文件扩展名 (.DLE, DLP, FDL) 定义了外部编程文件的类型，外部程序必须和该文件有相同的文件名（无扩展名）。

但是也可能在一个文件中放一个或多个外部程序，而且单个文件可包含三种不同类型的外部程序。外部文件可任意命名但它必须以.DLL 为文件扩展名。如果位于 USERLIB 目录下，EES 将自动地将所有外部程序都存放在文件的 Startup 处。

EES 必须知道外部程序在.DLL 文件中的数字和类别 (.DLE, DLP, FDL) 因为对于 不同类型调用参数也不同。告诉 EES 外部程序名称和类型的机构会在 DLL 文件中给出分别叫 DLFNames, DLPNames 和 FDLLNames 的三个小程序，该机构只是返回 DLL 文件中每种程序类型的调用名称。DLL 中必须输出 DLFNames, DLPNames 和 FDLLNames 文件。它们有一个参数即一个字串。这个字串是由包括在 DLL 文件中的每种程序组成。每个文件名之间用逗号隔开。0 长度字串是用来表示没有此类型文件。以下是用 DELPHI5 码编程的小例子。

```
library MYEXTRNLS {This DLL file contains two DLF functions and one DLP procedure}
uses SysUtils;
const doExample = -1;
{*****}
type
  CharString = array[0..255] of char;
  ParamRecPtr = ^ParamRec;
  ParamRec = record
    Value : Double;
    Next : ParamRecPtr;
  end;
{*****}
{There are 2 functions; names are separated with commas}

procedure DLFNames (Names : PChar); export; stdcall;
begin
  StrCopy (Names, 'myFunc1, myFunc2');
end;

{*****}

{There is one DLP procedure}
procedure DLPNames (Names : PChar); export; stdcall;
begin
  StrCopy (Names, 'myDLP');
end;

{*****}
{no FDL procedures so return a null string}
procedure FDLLNames (Names : PChar); export; stdcall;
begin
  StrCopy (Names, '');
end;

{*****}
function myFunc1 (var S: CharString; Mode: integer;
  Inputs: ParamRecPtr): double; export; stdcall;
begin
  {Code for myFunc1}
  ...
  ...
end; {myFunc1}
```

```

(*****)
function myFunc2 (var S: CharString; Mode: integer;
  Inputs: ParamRecPtr): double; export; stdCall;
begin
  (Code for myFunc2)
  ...
end; {myFunc2}

procedure myDLP (var S: CharString; Mode: integer;
  Inputs, Outputs: ParamRecPtr); export; stdCall;
begin
  (Code for myDLP)
  ...
end; {myDLP}

(*****)
exports
  DLFNames,
  DLPNames,
  FDLNames,
  myFunc1,
  myFunc2,
  myDLP;

begin
end.

#include <windows.h>
#include <math.h>

// Defines the entry point for the dll
BOOL WINAPI DllMain( HANDLE hModule,
                    DWORD ul_reason_for_call,
                    LPVOID lpReserved
                  )
{
  return TRUE;
}

// Tell EES which functions and procedures are exported in the library :
// List of DLF format functions
__declspec(dllexport) void DLFNames(char* Names)
{
  strcpy(Names, "myFunc1,myFunc2");
}

// List of DLP format procedures
__declspec(dllexport) void DLPNames(char* Names)
{
  strcpy(Names, "myDLP");
}

// List of FDL format procedures
__declspec(dllexport) void FDLNames(char* Names)
{
  strcpy(Names, "myFDL");
}

// DLF functions implementation
__declspec(dllexport) double myFunc1(char s[256], int mode, EES_PARAM_REC *rec_in)
{Code for myFunc1}
  ...
  ...
  return;
}

```

```

__declspec(dllexport) double myFunc2(char s[256], int mode, EES_PARAM_REC *rec_in)
{Code for myFunc2}
    ...
    ...
    return;
}
// DLP procedure implementation
__declspec(dllexport) void myDLP(char s[256], int mode, EES_PARAM_REC *rec_in,
EES_PARAM_REC *rec_out)
{Code for myDLP}

    ...
    ...
    return;

}

// FDL procedures implementation (FORTRAN style)
// Note : fortran is always passing the length of the string after
// a string parameter. FORTRAN is always expecting parameters to be
// passed by reference
//
__declspec(dllexport) void myFDL(char s[256], int& clen, int& mode,
int& NInputs, double inputs[25], int& NOutputs, double outputs[25])
{
{Code for myDLP}
    ...
    ...
    return;
}

```

#### Help for Compiles Function and Procedures

Function Info 对话框 (Options 菜单) 有一个 INFO 按钮, 当使用这个按钮时, 它会帮助解释所选函数的功能。当用户点击 INFO 按钮时, EES 将寻找一个与所编程序同名以.HLP 为扩展名的文件。这个文件既可以是 ASCII 文本文件也可以是 Windows.HLP 文件。如果在外部库文件的目录下找到这样的文件的话, 将显示这个帮助文件。否则在这个问题上不能找到帮助的信息将显示出来。

速度如果给出一个 ASCII 文件, 它应该被格式化, 这样每一段末尾必须有一个 Carriage return (回车)。不适合放在 Help 窗口的较长的行会根据被打断或 word-wrapped (隐藏词)。加黑的行和空格用来使文本更加清楚。

注意, Windows.HLP 允许在.HLP 文件中选择数字和格式, 所以这是提供帮助的好方法。Window.HLP 文件在任何文字编辑器中可以编成一个 RTF 文件或更方便一点, 使用任意的商业 Help 形成程序。

## 第七章 高级特征

EES 中的高级特征允许程序使用字符串变量，复数变量，数组列变量，并能求解即时方程和微分方程。提供这些特征的命令和功能在本章有描述并举例说明。

### (一) 字符串变量

EES 提供数值变量和字符串变量两种类型。一个串变量包含字符串信息。一个字符串变量在 EES 中被定义为一个变量名，并以字符串结尾，正如 BASIC 语言一样。变量名必须以字母开头并包括不多于 30 个字符，这包括字符串在内。

字符串变量可被设置成字符串变量。一个字符串常量可最多有 255 个字符组成，并加上单引号，例如：

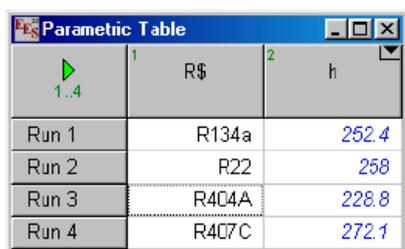
```
A$='carbon dioxide'
```

字符串变量可以用其它字符串变量赋值，例如  $B\$=A\$$ 。

字符串变量可被声明到内部功能，程序，也可声明到第六章所述的外部功能和程序。

一般而言，字符串变量可用于任何字符信息被提供的 EES 方程中。例如，在热力学物性功能中一个流体的名称可能是一个字符串变量，例如： $h = \text{enthalpy}(R$,  $T=t$ ,  $p=p$ )$

字符串变量也可用于“Parametric”（特征）表格中。下例中，一个“parametric”表格是将四种制冷剂在 0°C，100 Kpa 状态下的焓值制成表格。当定义一个字符串常量是用的单引号在将字符串输入“Parametric”表格时就不再使用。



1..4	R\$	h
Run 1	R134a	252.4
Run 2	R22	258
Run 3	R404A	228.8
Run 4	R407C	272.1

一个字符串变量可能用来代表一个“Lookup”文件的名称或是用来使用“Interpolate”或“Lookup”命令的一个专栏名称。例如：

```
m=Interpolate(File$,Col1$,Col2$,Col1$=x)
```

```
k=Lookup(File$,Row,Col$)
```

字符串变量也可以用来特别说明其它变量的单位，例如：

```
U$='kJ/kg'
```

```
h=15 "[U$]"
```

这个等式使变量 H 等于 15，它的单位是 U\$ 的单位。单位也可以在变量信息框中定义或者通过在方法窗口中敲击 H 来确定。在任何情况下，EES 将认定 U\$ 是一个字符串变量和认定字符串 H 的单位就是 U\$ 的单位。

串变量也可以在使用“Diagram Window”是应用于“Equation window”。有关这方面的更多信息可参阅第二章中“Diagram Window”部分。

### (二) 复数变量

如果“Preference”对话框‘Complex’标题栏中的“Do complex Algebra”控制可查到，那么 EES 可求解包含  $(a + b*i)$  形式的复数变量的方程。在“Preferences”对话框中虚变量可设置为 i 或 j。

一但在复数格式中设置，每一个（非字符串）EES 变量用来在内部代表一个复数变量相应得实变量和虚变量。实部在内部通过添加 ‘-r’ 到变量名来定义，虚部添加 ‘-i’。（你不能在变量名的尾部使用 ‘-r’ 或 ‘-i’，除非你特别提到实部和虚部。）例如：如果输入方程： $x=y$ ，EES 将自动创建相应得  $x-r$ 、 $x-i$ 、 $y-r$  和  $y-i$  到变量的实部和虚部。你将不得不重新定义变量名，但它们将以这些名称出现在‘Variable’和‘New Parametric Table’对话框和“Parametric Table”中的标题栏头。不过，早‘Equation’窗口中，你可通过在方程左部输入一个实变量名或虚变量名来设置一个复数的实部和虚部。例如：下面的方程将设置  $\omega$  的虚部为 0。 $\omega_{-i} = 0$ 。

对  $\omega$  的虚部进行任何后续设置将会使 EES 显示一个错误信息。例如，如果你在‘Equation’中输入方程  $\omega=3$ ，当你试图求解是，EES 将显示一个错误信息，因为  $\omega$  方程‘ $\omega=3$ ’已经设置 J ‘ $\omega$ ’的实部和虚部。当然，你也可输入  $\omega_{-r}=3$ 。

复数也可以直角坐标或极坐标输入。在直角坐标形式中，复数可通过使用虚部符号（i 或 j）利用称号‘\*’将虚部部分和变量及常量分开的方法输入。一个复数常量也可通过输入以‘<’符号分开的模和角度的大小以极坐标形式显示。角可以角度或弧度的形式输入。例如，Y 的值可通过下面栏中方法中的任一种设置同一复数变量常量。

$$Y=2 + 3 * i$$

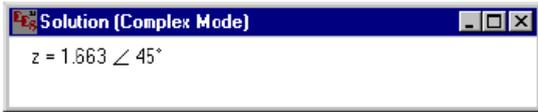
$$Y=3.606 < 56.31\text{deg}$$

$$Y=3.606 < 0.9828\text{rad}$$

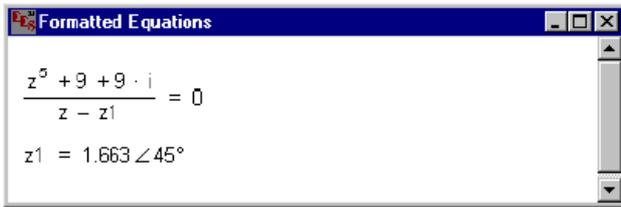
使用角度和弧度作为角的单位主要是考虑以下因素。首先，你输入的常量值不能通过单位制设置来修改；其次，你可以以角度的极坐标形式输入复数变量，但以弧度为单位设置做所有计算是更有效率的；第三，如果你将角表示为度数，角度标志将在‘Formatted Equation’窗口中以角形式显示。在‘Solution Window’中数值输出显示可以用角度或弧度设置，而不论输入形式如何。通过在数值点击鼠标右键和从‘Formatted Variable’对话框中选定显示可使显示改变。就本质而言，针对每一个在‘Equations’窗口中输入的方程，EES 可创建两个方程。一个方程列出变量的实部而另一个方程列出虚部。在复数模式中，实际的方程组大多通过预览可显示每个方程的块顺序的‘Residuals’窗口可清晰可辨。用来表示实部和虚部的方程分别用（r）和（i）等价表示。

在复数模式中一旦被设置，一些 EES 功能，例如，‘Min’和‘Max’就不易得到。但大多内在功能（包括热物性参数功能）已经被修改以适用于复数。例如，函数‘sin’、‘cos’、‘ln’、‘exp’、‘tanh’功能将接受并返回正确的复数。用户编制的功能，程序和外部路径也可使用，但它们仅仅接受和返回实数。（目前，没有程序可提供于复数模式。）仅仅一个复数变量的实部可在内部或外部功能，程序的声明列中设置。但也有一些仅能操作复数模式的内在功能。他们是“Real, Imag, Cis magnitude, Angle, Anglerad 和 conj”。这些功能都有一个（复数）声明并设置复数变量的实部为已选定的值。

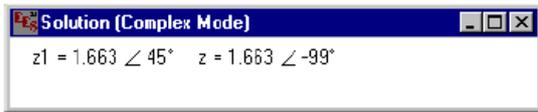
EES 提供复数的方式的一个缺陷是 EES 仅能返回一种求解方法，尽管两种或更多的方法也许存在。但也有一种简单方法可诱使 EEs 提供多种方法，考虑求解 5 次方程的复数方程  $E^5 + 9 + 9i = 0$  的问题。输入方程到‘Equation’窗口并用估值求解出  $E = 1.176 + 1.176i$ 。设置‘Solution’显示极坐标将产生以下方法：



对该方程，这是正确的方法，但还有四种方法。为了找到一个不同的方法（部改变估值），通过 E 和此根值得不同，分解该方程。‘Formatted Equations ‘窗口显示如下：

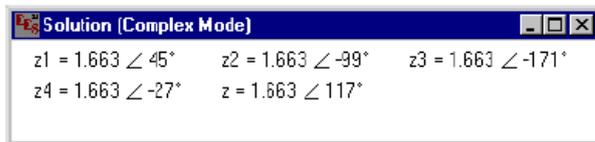
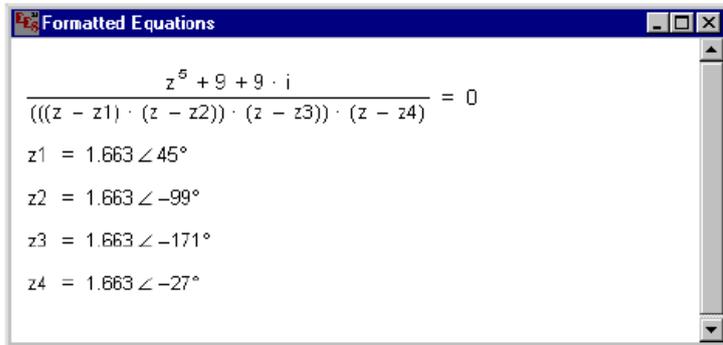


现在，第二方程找到。



重复此过程，直到发现第三，四，五个根。

‘Formatted Equatons ‘窗口和设置的步骤方法如下：



### (⇒) 列变量

通过添加指数在方括号内，如 X[5]，EEs 可识别列变量。多维列变量也可使用，用

逗号将指数分开，如 E[1, 2, 3]。数组变量的一些特征要求如下：

- 1, 一个列指数可以是整数，**之前已被设置成常量的 EES 变量**，'Tablerun#' 函数或一个包含运算符 +, -, \*, / 的代数表达式。**指数运算是由左至右进行的，无操作符优先顺序**。例如 X[2\*3 +1] 等效为 X[7]，X[1+2\*3] 等效于 X[9]。针对 'Duplicate' 命令或 'sum' 函数，'product' 函数的指数变量可以下面所示的列指数表达式形式使用。
- 2, 有效的指数值范围为 -32760 到 +32760，包括 0。
- 3, 右方括号必须是变量名的最后一个字符。
- 4, 变量名的总长度，包括方括号和指数的整数在内必须不能超过 30 个字符。EES 将视列变量与 'Fortran' 或 'Pascal' 区别对待。在 EES 中，每一个列变量，例如 X[99]，仅是一个奇特的变量名，正如上例，X[99] 出现在 EES 中就如其他诸如 'E E E' 的变量。估值和边界（还有其他信息）也许在使用 'Variable Info' 命令时对 X[99] 是特殊的，正如其他变量一样。在同一方程组中使用变量名 X, X[2], X[2, 3] 是合法的（但不是有效的）。X[99] 出现在 'Equations' 窗口中不会使 EES 保存 99 个元素的内存。内存仅仅分配给那些出现在方程中的变量。

列变量在一些方法上是有用的。他们提供一组相似类型的变量。例如，在一体系中的每一个状态，温度可被记作 T[1], T[2] 等。列变量也可分块。例如，在一热力学循环中每一状态的温度和焓可画出一张 T-S 状态图上。有关细节可查看第 3 章中 'Plot menu' 部分的 'Property plot'。最后，使用 'Duplicate' 命令，'sum' 和 'Product' 函数时，列变量可用来提供矩阵容量，因此可大量减少明确说明一些问题所必要类型的数量。

#### ④ 列区域符号

列区域符号是使列变量能便利输入到内部和外部功能和程序的一种速写符号。列变量的区域可通过把第一列指数值用两个小数点分开来指示。例如，X[1... 5] 用在 X[1], X[2], X[3], X[4], X[5] 的位置来作为一个功能的声明列表。这种速记符号也可用作二维列变量，例如 E[2, 1... 3]。EES 变量可在功能声明：'Call' 声明，'Fuction' 声明，'Procedure' 声明和 '\$ common' 指令中。

列区域符号十分便利，当列变量正在用作内部和外部功能的声明时。但符号的主要目的是允许声明通过。既然 EES 声明必须少于 255 个字符，一个很好列是不可能通过其他方式的。最大为 1000 字符的声明可通过该符号进入一个功能或程序。

下面的例子正说明列区域的此功能。

```

Equations Window:
function SumSquares(A[1..90])
  S:=0
  i:=1
  repeat
    S:=S+A[i]^2
    i:=i+1
  until (i=90)
  SumSquares:=S
end

N=90
duplicate i=1,N "initialize 90 elements array elements"
  X[i]=i
end
SumX2=SumSquares(X[1..N]) "returns the sum of the squares of 90 array elements."
AvgX=AVERAGE(X[1..N]) 'AVERAGE is a new built-in function. It can accept up to 1000 arguments.'

SumX=SUM(X[1..N]) 'SUM is a built-in function, but this notation is new.'
OldSumX=SUM(X[i],i=1,N) "This is the old notation for the SUM function; it is still supported."
MaxX=MAX(X[1..N]) 'MIN and MAX functions accept a variable number of arguments.'

```

**(五) ‘duplicate’ (复制)命令**

DUPLICATE 命令提供了将方程输入 EES 的一种速写方法。将被复制的方法伏击在 ‘DUPLICATE ‘和’ END ‘命令之间。仅仅在使用列变量时’ DUPLICATE ‘是有用的，例如，下面的声明：

```

N=5
X[1]=1
DUPLICATE j=2,N
  X[j]=X[j-1]+j
END

```

are equivalent to:

```

X[1]=1
X[2]=X[1]+2
X[3]=X[2]+3
X[4]=X[3]+4
X[5]=X[4]+5

```

在 DUPLICATE 命令范围内，DUPLICATE 指数变量（上例中的 J）可用一个代数表达式作为列指数使用。‘DUPLICATE ‘指数不是一个 EES 变量，而是一个存放应用于’ DUPLICATE ‘命令中的整数的寄存器。

‘DUPLICATE ‘命令的一些特殊要求如下：

- 1, DUPLICATE 命令在 ‘Equations ‘窗口必须有它自己的行或用’；‘将它与其他的方程分开。
- 2, 在 DUPLICATE 命令中指数变量的最低或最高特殊值必须是整数，之前已指定为常量

的 EEs 变量或 'TableRun#' 函数。

- 3, DUPLICATE 命令可重复使用。但每一个 DUPLICATE 命令必须用一个不同的指数变量名, 并且每一个命令必须以 'END '命令终止。一个外部的 DUPLICATE 的最低或最高值可以是一个外部。DUPLICATE 的指数值。例如:

DUPLICATE i=1,5; DUPLICATE j=1,6; X[i,j] = i\*j; END; END

- 4, END 命令终止最后一个打开的 DUPLICATE 命令。

#### (六) 矩阵特性

一些工程问题可用公式表示或代数方程的线性系统  $[A][X]=[B]$ , 这里  $[A]$  是一个系数矩阵,  $[X]$  何  $[B]$  是向量。一般地, 已知  $[A]$  和  $[B]$ , 可求解矩阵方程来确定向量  $[x]$  中的元素。这种情况下:  $[X]=[A]^{-1}[B]$ 。

通过将每一个方程以任何的格式和顺序直接输入到 'Equations '窗口中, EEs 可直接求解类似  $[A][x]=[B]$  这样的方程, 但是, 在 EEs 中求解这些方程的一个更简便的方法是利用矩阵特性。使用 DUPLICATE 命令和 SUM 函数, EEs 可求解包含列变量公式化的矩阵方程。例如, 看下面辐射传热的问题,  $[A]$  和  $[B]$  已经给出如下, 辐射向量  $[X]$  可确定。<sup>[13]</sup>

$$[A] = \begin{bmatrix} 10 & -1 & -1 \\ -1 & 3.33 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} \quad [B] = \begin{bmatrix} 940584 \\ 4725 \\ 0 \end{bmatrix}$$

在 EES 中所需求解问题的方程如下:

```
Equations Window: C:\EES32\example\Matrix2.ees
{Define the A matrix}
A[1,1]=10; A[1,2]=-1; A[1,3]=-1
A[2,1]=-1; A[2,2]=3.33; A[2,3]=-1
A[3,1]=-1; A[3,2]=-1; A[3,3]=2

{Define the B vector}
B[1]=940584; B[2]=4725; B[3]=0

{Now let B=A*X}
DUPLICATE i=1,3
B[i]=sum(A[i,k]*X[k]k=1,3)
END
```

在 X 列中计算得出的元素将出现在 'Arrays '窗口中。

	1	2	3	4	5
	$A_{i,1}$	$A_{i,2}$	$A_{i,3}$	$B_i$	$X_i$
[1]	10.00	-1.00	-1.00	940584	108339
[2]	-1.00	3.33	-1.00	4725	59093
[3]	-1.00	-1.00	2.00	0	83716

这里指出, 为了获得求解方法来确定  $[A]$  的逆矩阵式不必给出的。EES 在内部就已计算了逆矩阵, 正如求解其他方程和即时方程一样。但是, 逆矩阵  $[A]^{-1}$  可通过设置矩阵  $[A]$  何  $[A]^{-1}$  相

乘为单位矩阵求得，正如下面的方式。

```

Equations Window: C:\EES32\examples\Matrix2.ees
{Set up identity matrix using Step function}
N=3
DUPLICATE i=1,N
  DUPLICATE j=1,N
    Identity[i,j]=1-step(abs(i-j)-1)
  END
END
{Set identity matrix to the product of A and Ainv}
DUPLICATE i=1,N
  DUPLICATE j=1,N
    Identity[i,j]=sum(A[i,k]*Ainv[k,j],k=1,N)
  END
END

```

逆矩阵 Ainv 将出现在 ‘Arrays ‘窗口栏中

	4	5	6
	Ainv <sub>i,1</sub>	Ainv <sub>i,2</sub>	Ainv <sub>i,3</sub>
[1]	0.11	0.06	0.09
[2]	0.06	0.39	0.22
[3]	0.09	0.22	0.66

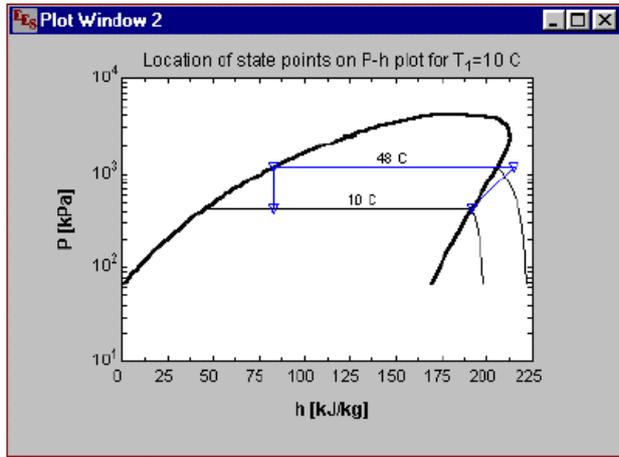
上面的两个例子提供了一个来确定一个矩阵和一个向量相乘或两个矩阵相乘的普通程序。在 EES 中使用 DUPLICATE 命令与列变量不比分别使用非列变量名来输入每个方程更有效，但是，EES 中的矩阵特性可明显减少输入问题所需类型的数目，更重要的是，可使方程更易求解。

**(c) 使用 ‘Property plot ‘ (状态参数图)**

在 ‘plot ‘菜单中的 ‘property plot ‘菜单选项可依据任何流体在 EES 中的数据绘制 T-s,T-v,P-v 或 P-h 图表。如果送定空气和水，可绘制两个空气湿度表。参数图被放置在 EES 平面图中的某一窗口位置。使用 ‘plot ‘菜单中的 overlay plot 命令附加的参数数据或热力学状态点信息可添加参数块中。

参数数据然后以一个简便表格形式出现在 ‘Arrays Table ‘中。而 P-h 平面图显示了一个在蒸发温度为 10℃，冷凝温度为 48℃，压缩机等熵效率为 0.7 的简单制冷循环的状态点。该平面图是首先利用 ‘Property plot ‘命令画 R12 的 10℃和 48℃两等温线构造 P-h 图，然后以 P[i]和 h[i]列作为制冷循环分析的四个状态点绘制而成的。

这些方程可在 ‘Examples 子目录的 REFRIG. EES 文件中查到。



(八) 积分和微分方程

‘INTEGRAL’ 函数用来评估一个积分并对微分方程进行求解。Integral 函数公式如下：

$$\int_{t_1}^{t_2} f dt = \text{Integral}(f, t)$$

这里依据 ‘Parametric’ 表格中所依据不同，可有两种基本的积分函数格式。

1, 以表格为依据的函数：

此函数有 ‘Parametric’ 表格提供积分变量的上下限和阶级。这种函数的格式是 `Integral(f,t)`. 此表格仅用于 ‘Parametric Table’ 连接的情形。积分变量 `t` 必须有一个合法的变量名。并在 ‘Parametric’ 表格栏中限定该变量名数值得上下界。积分变量的界限 `t1` 和 `t2` 的上下界限值。被积函数 `f` 是一变量或是包含变量，数值和积分变量 `t` 的显函数或隐函数。

2, 以方程为依据的积分函数

此函数与上一函数有相同的效果，但它不要求 ‘Parametric’ 表格的使用，此函数公式为

$$F = \text{INTEGRAL}(f, t, t1, t2, tStep)$$

or

$$F = \text{INTEGRAL}(f, t, t1, t2) \{ \text{automatic step size} \}$$

`t1` 和 `t2` 是积分变量的上下限。这些界限可用一常量或一个 EES 表格表示。但界限不能使包含积分变量或是在积分工程可变的其他变量的函数。

$\Delta t$  是当对积分在界限间进行数值计算估计时 EES 将用作积分变量的增量。  $\Delta t$  在积分工程中不能变化。这里指出，  $\Delta t$  的规定是可选择的。如果  $\Delta t$  没给定，EES 将使用自动的逼近调整算法来决定增量。

EES 使用预测修正的算法来估算一次积分。设计此算法用来求解当被积分函数是其他变量的复杂函数是的代数与微分方程组合。这种算法特别适用于 Stiff 算法。

EES 使用 `Integral` 函数求解初值得微分方程。任意的一阶微分方程可通过多两边积分转化为合适的积分形式。例如，微分方程  $dy/dx=f(x,y)$ , 可等效为： $y = y_0 + \int f(x, y) dx$ ,

这里  $y_0$  时  $y$  的初值。此方程可通过 'Integral' 函数上述的上述两种形式求解。以表格为基础的形式输入到 EES 'Equations Window' 即  $y = y_0 + \text{INTERGRAL}(f_{xy}, x)$ 。这里  $f_{xy}$  是一个 EES 变量函数或表达式。为了求解该方程，构建一个包含变量名  $x$  的栏 'Parametric' 表格是必要的。将  $x$  值输入 Parametric 表格中，在第一行输入  $x$  的下限值，最后一行输入  $x$  的上限值。增量可根据  $x$  在连续行中值得不同而确定，但不一定时一固定值。使用 'solve Table' 命令时，积分就可估算。

以方程为依据的形式将出现在 EES 'Equations' 窗口，即  $y = y_0 + \text{INTERGRAL}(f_{xy}, x, \text{low}, \text{high})$ ， $y_0$  和  $f_{xy}$  如上面所定义。Low 和 High 是  $x$  的下限和上限。既然，增量没确定，那么 EES 将使用自动增量选择。

(d) 求解具有初值得一阶微分方程

具有初值得微分可通过 EES 用一些方法求得。第 5 章介绍了在包含一阶 Runge\_kutta (龙格-库塔) 算法的 USERLIB 目录小中使用 EES 的一个 'Library' 函数。此法仅当导数作为自变量与因变量的一种函数被直接表示时才能使用。使用 'Integral' 函数或包含 'Parametric' 表格的 'Table Value' 函数，这部分列举了解解即时方程和微分方程的两种解法。

法 1: 用 Integral 函数求解微分方程

看下面一个半径为 5 mm，初始整体温度为 400°C 的球体的时间-温度变化关系问题。球体被放置在 20°C 的空气中，对流换热系数  $h = 10 \text{ w/m}^2\text{*k}$ ，球体材料的热物理参数入下：密度： $\rho = 3000 \text{ kg/m}^3$ ，传热系数  $k = 200 \text{ w/m}^2\text{*k}$ ，比热： $c = 1000 \text{ J/kg*k}$

计算 Biot 数可显示该球体可视为用集总参数法计算的系统，因此在任一时刻，该球体可视为一个温度均匀体。球体温度与时间可依据球体能量平衡求出，如果如下面的微分方程所示：

$$-hA (T - T_{\infty}) = \rho c V dT/dt$$

这里：  $h$  — 对流换热系数

$T$  — 任一时刻球体温度

$T_{\infty}$  — 空气流的温度，为 20 °C

$A$  — 球体表面积，为  $4 \pi r^2$

$V$  — 球体体积，为  $4/3 \pi r^3$

$t$  — 时间

该微分方程有用来核查由 EES 提供的数值方法的准确性的随下的解析方法。

$$\frac{T - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}} = \exp\left(\frac{-h A}{\rho c V} t\right)$$

为在 EES 中对该微分方程进行数值求解，输入下面方程。

```

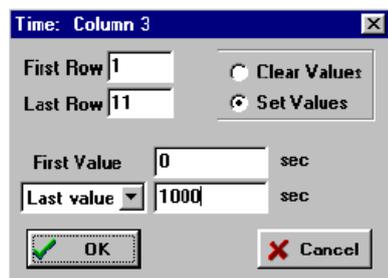
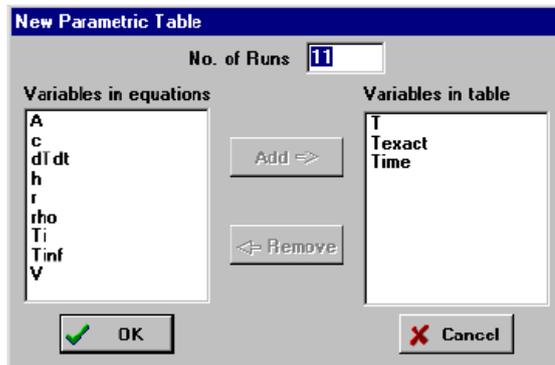
Equations Window: C:\EE532\examples\Difeqn1.ees
"Physical properties"
r=0.005; A=4*pi*r^2; V=4/3*pi*r^3
"Material properties"
rho=3000; c=1000
"Constants"
Tinf=20; Ti=400; h=10
"Energy balance to determine dTdt"
rho*V*c*dTdt=-h*A*(T-Tinf)

"Integrate dTdt to find T as a function of time"
T=Ti+integral(dTdt,Time)
"Exact solution"
(Texact-Tinf)/(Ti-Tinf)=exp(-h*A/(rho*c*V)*Time)

```

下面，在'Parametric'菜单中使用'New Table'命令可产生一个'Parametric table'。(这里指出，如果将开始时间和终止时间设置为'Integral'函数的第三个参数和第四个参数，使用'Parametric'表格是必要的。但是，作图时，在开始和终止时间之间的中间时刻的结果却得不到。)

选择 T, Time 和  $T_{exact}$  作为表格中包含的三个变量。在 Runs 中输入 '11' 将产生一副以 0 为起始时刻，100 秒为间隔长达 1000 秒的时间—温度变化关系图。'New Table' 对话框如下图所示：

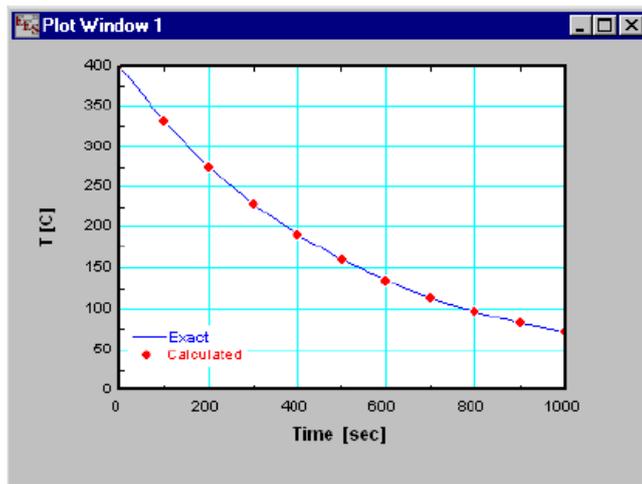


点击'ok'按钮，在表格中输入 Time 的=值对应计算温度 T 是下一步所必需的。以 100 秒为一个时间间隔，已经选定。有了固定的时间间隔，可通过按 Time 栏头空间右上方的 控制键来最容易地输入时间 Time 值，在'First Value'输入 0，设置向下移动时

列控制键到'Last Value'，并按图输入 1000 作为终值。

当你按'Ok'按钮后，时刻值将从 0 到 1000 将自动输入到表格中并按常规格式显示出来。现在从'Calculate'菜单选择'Solve Table'来计算表格中每一时刻对应得温度数值法求解和解析法求解值。计算值按粗体铅字显示。（在'parametric table'中计算的格式可使用菜单中的'parametric'命令来设置。）平面图表明按数值法求解的温度与按解析法求解的温度十分接近

	1	2	3
	T [C]	Texact [C]	Time [sec]
Run 1	400.00	400.00	0
Run 2	330.91	331.12	100
Run 3	274.38	274.72	200
Run 4	228.13	228.55	300
Run 5	190.29	190.75	400
Run 6	159.33	159.79	500
Run 7	133.99	134.45	600
Run 8	113.27	113.71	700
Run 9	96.31	96.72	800
Run 10	82.44	82.81	900
Run 11	71.08	71.43	1000



### 法 3：用'Table Value'函数求解微分方程

在此部分，我们求解如法 1 介绍的同样的一阶微分方程

$$-hA (T - T_{\infty}) = \rho c v \frac{dT}{dt}$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{T^{new} - T^{old}}{\Delta t}$$

该微分近似于

$T_{new}$  是要计算是刻的温度,  $T_{old}$  是之前用 'Table Value' 函数在 parametric 表格中可找到时刻的温度, 即已知时刻温度。'Table Value' 函数返回 'parametric' 中某一具体行和栏的值, 正如第四章所介绍的。使用该函数获得之前在 solve table 计算中的运行所要计算变量的值是可能的。在上面所示的方程中,  $\Delta t$  是时间间隔, 即变量 Time 在所要计算是刻于已知时刻的差值。

一种显性方法 (Euler's 方法) 和一种隐性方法 (Crank-Nicolson) 都用来求解一阶微分方程, 并与精确解相媲美。在 Euler 法中, 仅仅以前的温度可用俩估算微分方程的右边。在 Crank-Nicolson 法中, 之前的温度与当前的温度的平均值可使用。Crank-Nicolson 法是隐性的, 因为目前的温度是未知的。既然设计 EES 来求解隐函数方程, 那么隐性方法就不困难了。下面显示的是求解该问题所必要的所有方程的一个列表。

这里的大多数也可用法 1 来求解。T-Euler 是使用 Euler's 方法求解的温度, T-CN 是使用 Crank-Nicolson 方法求解的温度。(在 Formatted Equations 和 Solution 窗口, 这些变量将分别以  $T_{Euler}$  和  $T_{CN}$  显示。)为继续进行, 必须定义一个 'parametric' (特征) 表格, 正如法 1。对应  $T_{exact}$  的值是初始条件, 它们的值必须全部输入  $400^{\circ}\text{C}$ 。然后, 使用 'solve Table' 命令来完成表格, 按钮 Run2 标示计算开始。这里指出, Table Run# 功能表示返回在 Parametric Table 中目前正在进行的行, 'Table Value' 功能表示返回在 Parametric Table 中具体的行和列的值

```

Equations Window: C:\EES32\examples\Difeqn2.ees
"Physical properties"
r=0.005; A=4*pi*r^2; V=4/3*pi*r^3
"Material properties"
rho=3000; c=1000
"Constants"
Tinf=20 {C}; Ti=400 {C}; h=10 {W/m2-K}; delta=100 {s}
"Finite difference energy balance"
"Euler Method"
T_Euler_old=tablevalue(TableRun#1,#T_Euler) "retrieves previous T_Euler"
rho*c*(T_Euler-T_Euler_old)/delta=-h*A*(T_Euler_old-Tinf)
"Crank-Nicolson Method"
T_CN_old=tablevalue(TableRun#1,#T_CN) "retrieves previous T_CN"
rho*c*(T_CN-T_CN_old)/delta=-h*A*((T_CN_old+T_CN)/2-Tinf)
"Exact solution"
(T_exact-Tinf)/(Ti-Tinf)=exp(-h*A/(rho*c*V)*Time)

```

下面所显示的是有数值法和解析法求解的结果表格。计算结果用软体字显示。很明显, Euler 方法没有 (方法 1) "Integral" 函数或 Crank-Nicolson 方法精确。缩小时间间隔能获得更好的准确性, 但这要求额外的计算机处理和储存空间。

	1 Time [sec]	2 T <sub>Euler</sub> [C]	3 T <sub>CV</sub> [C]	4 T <sub>exact</sub> [C]
Run 1	0	400.0	400.0	400.0
Run 2	100	324.0	330.9	331.1
Run 3	200	263.2	274.4	274.7
Run 4	300	214.6	228.1	228.5
Run 5	400	175.6	190.3	190.7
Run 6	500	144.5	159.3	159.8
Run 7	600	119.6	134.0	134.5
Run 8	700	99.7	113.3	113.7
Run 9	800	83.8	96.3	96.7
Run 10	900	71.0	82.4	82.8
Run 11	1000	60.8	71.1	71.4

(+) 求解二阶和高阶微分方程

高阶微分方程也可重复使用'Integral'函数求得。下面所显示的是一个求解一个二阶微分方程来计算一个在空气中自由落体的速度和位置的 EES 程序。使用 Solve 命令 (F2 键) 后,'Solution'窗口会出现:

```

Equations Window: C:\EES32\Examples\dtag.ees
"This program demonstrates the use of the Integral function. Here it is used to
calculate the velocity and position of a freely falling object, subject to aerodynamic
drag."

F=M*g*Convert(lbm-ft/s^2,lbF) "[lb_f] Newton's Law - the Convert function replaces g_c"
M*a*Convert(lbm-ft/s^2,lbF)-F-F_d "force balance"
Area=0.04 "[ft^2] frontal area of object"
F_d=Area*C_d*(1/2*rho*v^2)*Convert(lbm-ft/s^2,lbF) "definition of drag coefficient"
C_d=0.2 "drag coefficient"
M=1.0 "[lb_m] mass of object"
rho=density(Air,T=70,P=14.7)
g=32.17 "[ft/s^2] gravitational acceleration"
V_o=0 "[ft/s] initial velocity"
Z_o=0 "[ft] initial position"
v=V_o+integral(a,t,0.5) "velocity after 5 seconds"
z=Z_o+integral(v,t,0.5) "vertical position after 5 seconds"

"The following directive instructs EES to store values of v (velocity) and z (elevation) as a function of
t (time) at increments of 0.2 sec."
$integraltable t:0.2, v,z

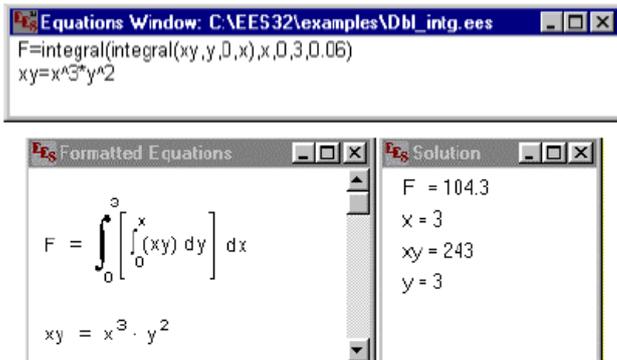
```

Unit Settings: [F]/[psia]/[lbm]/[degrees]		
a = 0.9194 [ft/s <sup>2</sup> ]	C <sub>d</sub> = 0.2	F = 0.9999 [lb <sub>f</sub> ]
F <sub>d</sub> = 0.9713 [lb <sub>f</sub> ]	g = 32.17 [ft/s <sup>2</sup> ]	M = 1 [lb <sub>m</sub> ]
ρ = 0.07488 [lb <sub>m</sub> /ft <sup>3</sup> ]	t = 5 [s]	v = 64.6 [ft/s]
z = 236.2 [ft]		

<十一> 多元变量积分

多元变量积分可通过重复求 Integral 功能提供。下面的例子显示了一个二元数值积

分。



<十二> 以表格和方程为依据的 Integral（功能联合使用）

Integral 功能的以表格为依据的形式较之以方程形式的二个优点是中间值可在'Parametric'表格中提供，以至于被积分数量的抛物线轨迹可观测和测绘，一个可能的缺点是对于积分的每一步被积分变量必须出现在表格中。因此，可将 Integral 功能以方程为基础的格式与 parametric 表格联合使用，这样仅仅一些结果可显现在 parametric 表格中，正如下例所示：

	1	2	3	4
	Row	x	y	y'
Run 1	1	0	1.0000	0
Run 2	2	0.1	1.0103	0.2103
Run 3	3	0.2	1.0428	0.4428
Run 4	4	0.3	1.0997	0.6997
Run 5	5	0.4	1.1837	0.9837
Run 6	6	0.5	1.2974	1.297
Run 7	7	0.6	1.4442	1.644
Run 8	8	0.7	1.6275	2.028
Run 9	9	0.8	1.8511	2.451
Run 10	10	0.9	2.1192	2.919
Run 11	11	1	2.4366	3.437

<十三>创建和使用大型文件（macro files）

一个大型文件（macro）是一套可从 AcslI 文件中读取得适用 EES 的指令。一个大型文件的扩展名是'.EMF Macro File'。指令允许 EES 打开一个文件，求解方法，创建和求解一个表格，在一个文件储存计算结果等其他功能。实际上在 EES 上使用某命令提供的一些功能也可通过使用一个 Macro 指令。

使用 Macro file 性能，可以行'windows'命令运行 EEs，或通过另一个程序控制 EES。

为了从命令行或另一个请求来应用一个 EES Macro，Macro 文件名被放在 EES 可执行文件名之后。例如，要开始 EES，并使它运行储存在 c:\EES32 目录下文件'mymac.emf'中的命令，你该进入：

C:\EES32\EES.EXE C:\EES32\myMac.emf

文件扩展名'.emf'是必须的。否则 EEs 将以为该文件时一个普通的 EEs 文件。当用该命令开始 EES, 在打开 Macro file 并执行法文件中的一条指令 时, EES 保持隐藏。例如没有遇到错误, 所有的指令按它们出现的顺序执行, 然后 EES 停止。EES 写一个 能显示什么指令 已被完成和任何错误信息, 名叫 EES Macro. LoG 的 AscII 纪录文件。这个纪录文件作为 EES 可执行文件储存在同一目录下。

- 1, 创建一个 EES Macro 文件的最简单方法是在'File'菜单中使用'Build Macro'命令。选择该命令后, EES 将让用户为该 Macro 文件提供一个名字。然后一个小 Macro 文件窗口将出现在屏幕的底部。否则它们是空白的。现在正如你从 EEs 菜单选择命令的 Macro 等价物将自动输入到 Macro 文件窗口。例如, 将你应用 open 命令, EEs 将添加一行到该形式窗口。

**OPEN C:\myfile.EES**

Macro 命令窗口是可编辑的, 因此, 如果你愿意, 你可以修正出现在这个窗口中的命令或删除它们。大多数 EES 菜单命令雕刻产生一个 Macro 指令。一些命令, 如在'windows'菜单中的 那些, 是不适用于一个 Macro 文件的, 因为在运行 Macro 命令时。EES 通常是不可见的。其他命令, 诸如用来修正平面图的命令, 此时也是不支持的。你打开一个 Macro 命令窗口后, Build Macro 命令名也改为 Close Macro 。当你完成了输入指令, 选择 Close Macro 命令来关闭一个 Macro 文件。

Macro 性能的主要目的是允许一个外部程序使用 EES 求解工具。使用 Macro 文件, 可指令 EES 打开一个存在的 EES 或。TXT '文件, 并在那个文件中求解方程。EES Macro 文件提供保存 Solution 和 Parametric Table 窗口内容的指令, 以保证求解方法可返回到名称 EES 的程序。

- 2, 通过动力学数据交换 (DDE) 运行一个 EES Macro 文件

按另一个应用运行 EES Macro 文件时的最简单方法是简单地打开 EES, 并提供 macro 文件名 (用一个.EMF 扩展名) 作为命令行的一个参数。但此方法的缺点是当 macro 文件命令被执行时, EES 就终止。如果重复请求 EES 必要的话, 当 EES 必然下载到内存时, 该方法就终止, 该方法非常低效。一个可供选择的方法是使用动力学数据交换 (DDE) 信息。

EES 必须正在运行来接收 DDE 信息。当使用'Windows Create Process'命令, 来自一个遥远的请求可开始 EES 时, 就不是问题小。为避免被 EES 显示斑点屏幕和合等待用户输入, 提供"/HIDE"作为一个命令行参数, 但如用下面命令开始 EES:

**C:\EES32\EES.EXE /HIDE**

接受这个命令后, EES 将按最小化模式开启。它的图像在'Windows'任务栏是可见的, 但程序在屏幕是不可见的。

访问程序下两步必须依照 DDE 信息协议发送一系列 EES 信息。第一步必须发送的信息是 Wm-DDE-intiate 信息。此信息一般使用"Windows send Message"命令。"Send Message"命令要求四个参数。第一个参数应该是一个可到达所有正在运行应用的广播信息。第二个参数必须是 Wm-DDE-intiate, 第三个参数是对请求应用的操作, EES 将用这种操作将信息返回到请求应用, 最后一个有关 EES 的全球原子 (global atom), 以使 EES 知道处理这个新加入的信息。下面所示是在 Dephi 4(地名, 特尔斐, 希腊古都)将 Wm-DDE-intiate 信息发送到 EEs 的一个代码段。

```

procedure TForm1.doInitiate(Sender: TObject);
  var theApp, theTopic:Atom;
      lParam:longInt;
begin
  theApp:=GlobalAddAtom('EES');
  theTopic:=GlobalAddAtom("");
  lParam:=MakeLong(theApp,theTopic);
  SendMessage(HWND(-1),wm_DDE_Initiate,Handle,lParam);
  GlobalDeleteAtom(theApp);
  GlobalDeleteAtom(theTopic);
end;

```

EES 通过请求一个 Wm-DDE-ack 信息响应 Wm-DDE-initiate 信息。该信息所包含的是有关 EES 请求的操作。这称为 EESWindowsHandle，请求程序必须在下面的信息中提供。一个接收 Wm-DDE-Ack 信息的代码也许正如下所示出现。

```

procedure TForm1.GetACK(var theMessage:TMessage);
  var AppName,TopicName:charString;
      S:shortString;
begin
  EESWindowHandle:=theMessage.wParam;
end;

```

EES 接收到 Wm-DDE-initiate 信息之后，请求应用下一步发送一个 Wm-DDE-Request 信息到一个 macro。发送到 EES 的信息包括一个有关符号'Play'的 global atom 和一个包含 macro 文件的字符串。应该发送完整的文件名，包括目录和EMF 文件扩展名。下面的代码段显示这是如何做的。

```

procedure TForm1.PlayMacro(Sender: TObject);
  var cfile,command:atom;
      lParam:longint;
      CSTR:charString;
begin
  StrCopy(CStr,'c:\ees32\myMacro.emf');
  cfile:=GlobalAddAtom(CStr);
  Command:=GlobalAddAtom('PLAY');
  lParam:=MakeLong(cfile,Command);
  PostMessage(EESWindowHandle,wm_DDE_REQUEST,Handle,lParam);
end;

```

\*\*\*

接收到该信息后，EES 将打开该 macro 文件并执行那里的指令。它然后将邮寄一个 Wm-DDE-Ack 信息告知请求程序（Calling program）计算已完成。当 EES 执行一个 macro 文件，它将结果写入到一个特定的文件中。Calling application(请求应用)能打开这个温江以恢复结果。

EES 将接受的其他信息仅仅是种植 EES 的停止命令。这里是表示如何发送的。

option will allow writing to the bottom of the file without deleting the existing information.}

Show Equations                    {Bring the Equations window to the front. Any window, e.g., PlotWindow 2, ParametricTable, DiagramWindow, etc. can be shown in this manner}

Solve    {Solve as if the Solve command has been issued}

StopCrit It=100 Time=3600 Res= 1.0E-0006 Var= 1.0E-0006  
 {Set the Stop Criteria properties as indicated}

Units C kPa MASS DEG    {Set the Units as indicated. Mixed units, e.g., C and psia, are not supported.}

UpdateGuesses                    {Update the guess values of all variables to the last set of calculated values}

VarInfo P2 Lower=200 Upper=500 Guess=300  
 {Set the lower bound, upper bound, and guess value for variable P as specified}

WORD.FileNew                    {Start WORD and create a new empty document.}

WORD.FileOpen('FileName') {Start WORD and open the specified Word file. It is necessary to provide the complete file name.}

WORD.FileSaveAs('FileName')    {Save the current WORD document with the specified filename.}

WORD.Hide                        {Hide the open WORD document.}

WORD.Insert('any text here') {Insert the text contained with single quotes into the WORD document at the current position.}

WORD.Paste                        {Paste the current contents of the Clipboard into WORD.}

WORD.PasteSpecial(formatType)    {Paste the current contents of the Clipboard into WORD in the specified format. The formatType can be TEXT, PICTURE, BITMAP, DEVICE INDEPENDENT BITMAP, and ENHANCED METAFILE.}

WORD.Quit                        {Close the communication with WORD.}

WORD.Show                        {Make the open WORD document visible.}

P181                            附录 A: 使用 EES 的提示

- 1, 在菜单“options”(选择)中的“Variable Information”命令提供将“Equation”窗口出现的所有变量按字顺序排列的列表。可以核查列表以确保你没有误拼变量名。
- 2, “Residuals”(剩余)窗口提供显示作用, 它可表明一个在“Equation”窗口的重要方程被解得准确性及各方程被解的顺序。当 EES 显示一种方法不能找到时, 其与窗口的测试可表明哪一些方程没有解。
- 3, 如果方程不收敛, 那可能是估值不理想。在此情况下此问题可通过输入设定的一个或多个未知变量估值的方程和对方程进行必要调整以确保变量与方程数

目相同这两种方法解决。如果一种方法能够做到，可针对它们目前的值使用“calculate”菜单中的“update Gusses”设定估值。然后返回“Equation”窗口到原始形式并再次求解。

- 4, 如EES不能求解你的非线性方程组, 可尝试改变一些自变量和因变量来产生更易求解的方程组。例如, 通过错误的估值和边界, EES也许不能求解下面的热交换器方程来确定NTU值。Eff=.9

$$C_{max} = 432$$

$$C_{min} = 251$$

$$eff = (1 - \exp(-NTU * (1 - (C_{min}/C_{max})))) / (1 - (C_{min}/C_{max}) * \exp(-NTU$$

\*

$$(1 - (C_{min}/C_{max})))$$

However, the equations would be easily solved if the value of NTU were specified in place

of Eff.

$$NTU = 5$$

$$C_{max} = 432$$

$$C_{min} = 251$$

$$eff = (1 - \exp(-NTU * (1 - (C_{min}/C_{max})))) / (1 - (C_{min}/C_{max}) * \exp(-NTU * (1 - (C_{min}/C_{max}))))$$

一些试验表明: 当EFF= 0.9 时, NTU 值在 3 到 5 之间。设定 NTU=4 可使 EEs 迅速解出 NTU 的最终值为 3.729。

5, 使用 EES 解得出的一种有效方法是增加一个额外的变量, 这样就多了一个自由度。然后, 为了使上面所加的那个变量有一个零值使用“Parametric table”(特征表格)改变一个隐变量值。例如, 考虑下面温度 T 值已定的辐射计算问题。第一组三个方程一定可以同时求解, 并且它们是非线性的, 因为 T 是以四次方形式出现的。仅仅通过估值, EES 会很难解决此问题

$$QL = AL * \text{Sigma} * (T^4 - TL^4)$$

$$QB = AH * \text{Sigma} * (TH^4 - T^4)$$

$$QL = QB$$

$$\text{Sigma} = 0.1718E-8$$

$$AL = .5; AH = 1; TL = 300; TH = 1000$$

Alternatively, add a variable, Delta, such that

$$QL = AL * \text{Sigma} * (T^4 - TL^4)$$

$$QB = AH * \text{Sigma} * (TH^4 - T^4) + \text{Delta}$$

$$QL = QB$$

$$\text{Sigma} = 0.1718E-8$$

$$AL = .5; AH = 1; TL = 300; TH = 1000$$

可选择加入一个变量 DELTA, 这样  $QL = AL * \text{Sigma} * (T^4 - TL^4)$

$$QB = AH * \text{Sigma} * (TH^4 - T^4)$$

$$QL = QB$$

$$\text{Sigma} = 0.1718E-8$$

$$AL = .5; AH = 1; TL = 300; TH = 1000$$

Alternatively, add a variable, Delta, such that

$$QL = AL * \text{Sigma} * (T^4 - TL^4)$$

$$QB = AH * \text{Sigma} * (TH^4 - T^4) + \text{Delta}$$

$$QL = QB$$

$$\text{Sigma} = 0.1718 \text{E} - 8$$

$$AL = .5; AH = 1; TL = 300; TH = 1000$$

现在，建立包括变量 T 和 DELTA，的”Parametric table”，使用“Alter values”（改变值）命令来设定 T 值得变化并使用“Solve table”命令计算 DELTA 相应的值。DELTA 为零时 温度 T 的值即为方程 组的解。“Newplot window”命令在弄清 T 和 Delta 间关系方面非常便利的。如果 Delta 的值不穿越零，表明 T 值变化范围内该方程组无解。这也许是解非线性复杂方程组最有用的方法。

6，在“Default info”对话框中“store”按钮也许是特别快捷的，如果你对变量名有一套惯用的命名法时。例如，如果以字母 T 开头的变量常常意味着温度，那么设定边界，显示有关字母 T 的公式和单位，然后储存该信息。你以后使用“Load”按钮来再次储存这套缺省的变量信息。EES 将一直为你在以后的问题中设置该信息。

7，箭头键帮助用户在“Equation”“parametric”和”look up.tables”窗口中可快捷地操作。”how”和“end”键移动到目前开始和结尾。在表格中，箭头键按箭头的方向移向下一个单元，“Return”和“tab”键分别产生同下箭头和右箭头相同的效果。

8，在“Equation”窗口中使用“Tab”键是为增强可读性而分开方程。

9，除了“Stream-NBs”物质，EES的参数相互关系在可压缩流体范围内很难建立，相反地，如果假定流体不可压缩，并且物性参数取饱和液体是的参数，那么在可压缩范围， $v(T,P) = v(T,P_{\text{sat}})$ ， $u(T,P) = u(T,P_{\text{sat}})$  和  $s(T,P) = s(T,P_{\text{sat}})$ 。例如，为了计算一台泵的理 论功  $h_2 - h_1 = -W_{\text{pump}} = \int v \, dP = v * (P_2 - P_1)$ ，这里对于一个可压缩流体，V 相应于 P 是独立的。

10，“Array”窗口对于在包含多种状态的热力学问题中组织参数信息是相当作用的，使用系列变量，例如 T[1]，P[1]和 H[1]（而不是 T1，P1，H1）来表示每一个状态的参数。状态参数将出现在“Array”窗口中一个整齐表格中，而不是在“Solutions”窗口中混杂在一起。确保在“display options”对话框中的”Use Arrays”窗口选择已被选择。

11，大量努力已费在设计 EES 上，因此在任何情况下它都不能意外地停止。但是这仍可能发生，在此情况下，在 EES 终止前，EES 将你的工作保存在以“EES ERROR”文件名的文件中。你可重启 EES 并下载 EES ERROR 文件，因此你的信息不会丢失。

12，使用“\$INCLUDE”指令下载共用常量，单元转移或其他方程到”Equation”窗口。你可能看不见它们，但它们是存在的，可供使用。你也可使用”\$INCLUDE”指令下载图书管理文件。

13，如果你编写一个囊括任一内含热力学信息的“EES Library Function”或三角学的功能，使用“Unit system”命令来决定目前的单元体制设定。然后你可以用“IF then Else”声明以确保被提供的热力学或三角学功能的论据有正确值。

14，如果你正在准备一种其他人将要输入数据到专栏中的 EES 程序，那么在“Parametric Table”中背景颜色的选择是很有用的。为数据能进入的专栏设置背景颜色是为了将这些与计算结果将出现的栏区分开。

15，如果你在使用“Complex Mode”（复数模式），在“Equation”窗口的顶部适用“\$Complex ON”指令。它比在”Preferences”对话框中改变”Complex Mode”设置更便利。

## 附录 B 数值方法在EES中的应用

EES使用不同的牛顿方法[1-4]来求解非线性代数方程体系。在牛顿法中所需的“Jacobian”矩阵在每次重复时都要进行数值估计。” Sparse “(零星)矩阵技术被用来提高计算效率并允许在一个微机的有限存储中求解巨大的问题。求解方法的有效性和收敛性可通过逐步改变和补充” Jacobian “调度算法(即把问题分割成一系列更易求解的小问题)来很好地求解。一些算法用来决定某特殊变量的最小值或最大值。[9-10] 下面所描述的是这些方法的简介,目的是给用户对EES使用程序有所理解。

(一) 代数方程求解法

看下面这个一元方程:  $x^3 - 3.5x^2 + 2x = 10$

为了应用牛顿法求解,最好使用一函数  $\epsilon$  来代替方程,这里  $\epsilon = x^3 - 3.5x^2 + 2x - 10$ , 此方程功能如图1 所描述。仅有一个真实值(即使  $\epsilon = 0$ 的X值)在所列范围内,  $X=3.69193$ 。

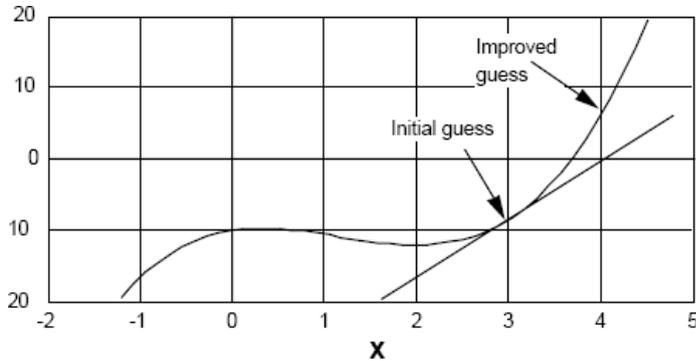


Figure 1: Residual of  $x^3 - 3.5x^2 + 2x = 10$  as a function of  $x$

牛顿法可获得  $\epsilon$  的全导数值J。对于此方程, 导数为:  $J = 3x^2 - 7x + 2$   
为了求解该方程, 牛顿法步骤如下:

- 1, 给X一个初始值(如X=3)
- 2, 利用公式, 由X值计算出  $\epsilon$  值, 即当X=3 时,  $\epsilon = -8.5$
- 3, 计算导数J, 当X=3 时,  $J = 8$
- 4, 利用公式  $J\Delta x = \epsilon$  算出  $\Delta x$ ; 在该例中,  $\Delta x = -1.0625$ , 然后改变X的估值
- 5, 取X的新估值为  $X - \Delta x = 4.0625$ ; 在新估值下可得  $\epsilon = 7.4084$ 。

重复以上步骤2到5, 直到  $\epsilon$  的绝对值或  $\Delta x$  小于“Stop Criteria”对话框中特设的容许值。当该方法收敛时, 它会迅速收敛。但是, 一个差的初估值会导致该方法失效或收敛缓慢。例如, 尝试该X的初估值设为2 使可知。

牛顿法也可扩展到解非线性方程。在此情况下, “导数”的概念归纳为“Jacobian”“矩阵概念(以下简称J矩阵)。下面的二元方程组:

$$x_1^2 + x_2^2 - 18 = 0$$

$$x_1 - x_2 = 0$$

用  $\epsilon_1$  and  $\epsilon_2$ : 代替上面的方程组:

$$\epsilon_1 = x_1^2 + x_2^2 - 18 = 0$$

$$\epsilon_2 = x_1 - x_2 = 0$$

J 矩阵为 2 行 2 列的矩阵，第一行包括第一个方程的两个变量各自得偏导数。在上例中， $\varepsilon_1$  对  $x_2$  的偏导数是  $2x_2$ 。本例中 J 矩阵为

$$J = \begin{bmatrix} 2x_1 & 2x_2 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

上述的牛顿法可应用于线性和非线性方程组。如果方程是线性的，即使设定一个很差的初估值，收敛性也可保证。非线性方程则需要反复计算，设初值

$$x = \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \end{bmatrix} \quad \text{则 } \varepsilon \text{ and } J \text{ 分别为} \quad \varepsilon = \begin{bmatrix} -10 \\ 0 \end{bmatrix} \quad J = \begin{bmatrix} 4 & 4 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

向量 X 的值可通过求解包含 J 和  $\varepsilon$  的下面矩阵问题来改善。

$$\begin{bmatrix} 4 & 4 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -10 \\ 0 \end{bmatrix}$$

解这个线性方程的结果为：

$$\begin{bmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1.25 \\ -1.25 \end{bmatrix}$$

可用  $x_1$  和  $x_2$  的初估值分别减去  $\Delta x_1$  和  $\Delta x_2$  来计算  $x_1$  和  $x_2$  值：

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.25 \\ 3.25 \end{bmatrix}$$

该方程的真实值为  $x_1=x_2=3.0$ ，可以看出，计算所得的  $x_1$  和  $x_2$  值比估计值  $x_1$  和  $x_2$  更接近真实值。将最近计算所得的  $x_1$  和  $x_2$  作为新的估值重新计算，重复该过程直到收敛为止。

J 矩阵在解代数方程方面起着关键作用。J 矩阵可用符号或数值表示，J 用符号表示是很准确的，但是需要更多过程。但是“Jacobian”的准确性并不意味着在解方程方面的更加准确性，仅仅有时会减小重复计算。EES 在数值上评价“Jacobian”，因为 EES 用 96 位精度进行所有计算，“Jacobian”的数值评价在收敛问题方面是很准确的。

在大多数方程组中，J 矩阵的一些元素为 0。一个含有很多 0 元素的矩阵叫做“Sparse”矩阵（零星矩阵）。专门的顺序和程序技术在求解“SPARSE”矩阵方面是相当有效的。实际上，若不采用零星矩阵技术，用 EES 技术求解同时方程会使方程数目多达 6000。有关如何处理零星矩阵可参考文献[5,6]，设计正确的途径求解巨大的零星矩阵可参阅文献[7]。

牛顿法并不是一直有效的，特别是给向量 X 设定一个较差的初估值时。通过应用修正量  $\Delta x$  到以前向量 X 获得的方法比不应用  $\Delta x$  的方法更加可靠。EES 经常核查这种情况，如果正确，EES 将二等分步骤  $\Delta x$  并再次评价  $\varepsilon$ 。如果这样仍不能改善，步骤将再次二等分（直到 20 次）。如果这样的方法仍不比没有应用修正量的方法好，那么 EES 将重估“Jacobian”并再尝试直到有一停止标准迫使计算停止。当初值设置不当时，步骤二等分法是非常有用的。

图 2 表示在第一个例子中一元方程： $x^3 - 3.5x^2 + 2x = 10$  求解的过程，初值  $x=2.5$ 。在此情况下，步骤二等分法起到很好的作用。

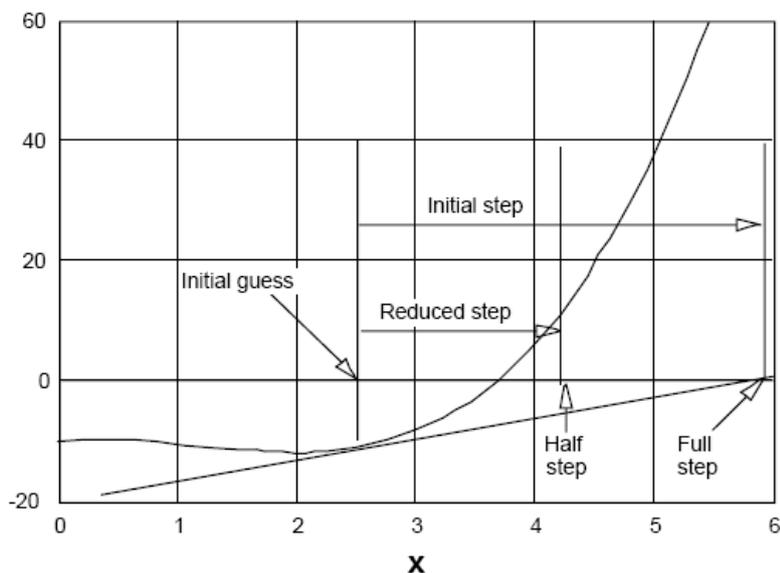


Figure 2: Use step-halving for improving the convergence

(二) “Blocking “(块)方程组

即使一些方程组像似同时方程组，但它通过分组来求解方程式可行的，而把整个方程作为一组却不可行。分组求解 方程使牛顿法使用可靠。由此，EES 在求解之前把方程分块。例如，看下面的方程组：

$$\begin{aligned} x_1 + 2x_2 + 3x_3 &= 11 \\ 5x_3 &= 10 \\ 3x_2 + 2x_3 &= 7 \end{aligned}$$

这些方程可当作同时方程组求解。但是，如果将这些方程重新排序并分块的话，它们将很易求解，最好是先排序，EES 可自动判别利用方程 2 可直接求解 X3，之后利用方程 3 求解 X2，最后利用方程 1 求解 X1。这样可划分三个方程块，每一方程可直接对应求解一个未知量。因为本例中的方程是线性的，求解过程看上去简单。看看下面含有 8 个未知量的线性方程的例子：

$$\begin{array}{rcccccccl} & & x_3 & & & & + x_8 & = & 11 \\ & & & & & & & & = 7 \\ & & & & x_5 & - x_6 & - x_7 & & = -8 \\ x_1 & & & + x_4 & & - x_6 & & & = -1 \\ & x_2 & & & & & & + x_8 & = 10 \\ & & x_3 & & - x_5 & & & + x_8 & = 6 \\ & & & x_4 & & & & & = 4 \\ x_1 & & & & & + x_6 & + x_7 & & = 14 \end{array}$$

这些方程和变量可重新排序和分块。每一个块都可轮流求解。在上例中，按 6 块分块求解方程如下：

Block 1: Equation 7	$x_4 = 4$		
Block 2: Equation 2	$x_7 = 7$		
Block 3: Equations 4 and 8	$x_1 + x_4 - x_6 = -1$	From here	$x_1 = 1$
	$x_1 + x_6 + x_7 = 14$	and:	$x_6 = 6$
Block 4: Equation 3	$x_5 - x_6 - x_7 = -8$	From here:	$x_5 = 5$
Block 5: Equations 1 and 6	$x_3 + x_8 = 11$	From here:	$x_3 = 3$
	$x_3 - x_5 + x_8 = 6$	and:	$x_8 = 8$
Block 6: Equation 5:	$x_2 + x_8 = 10$	From here:	$x_2 = 2$

前两块包含一个变量的一元方程，这些块可定义变量为常量。EES 能够从单个变量开始识别方程是实变量还是常量的定义。这些参变量在求解余下方程之后就已经确定。即使这些参变量的值可通过求解方程立即确定，那么对它们来说估计上下限就没有必要了。其余的方程求解就简单了，尽管在过程的开始时它看起来不简捷。

当方程是线性时，对方程进行分块是有用的，但它并不是必要的。但当方程是非线性时，对方程分组就几乎不可缺少，否则巨大的方程组会以初始变量的坏值进行重复计算，结果也常不收敛。通过观察 J 矩阵和使用“Tarjan”算法，EES 能够识别方程的分组。有关该算法的具体细节请参阅文献[6]。

#### (三) 确定最小值或最大值

当方程组有一到十个自由度（自由度即变量数目减去方程的数目）时，EES 有寻求最小或最大值的功能，对于单个自由度问题，EES 可使用两种基本算法中的一种来确定最小或做最大值：即以 Brent 方法或 Golden section 寻找而著名的一个递归二次方程式近似值[9]。用户可指示方法，变量最优化和值由专门的上下届控制的独立变量。当有两个或更多的自由度时，EES 反复使用 Brent 方法确定变量沿某一特殊方向的最小或最大值，方向是由一个名为 Powell 分陆或共轭测定法的直接寻求算法来确定[9, 10]。

递归二次方程式近似值算法程序是确定使三个独立变量值为最优的那一变量。一个二次方程式功能适用于通过该三点，然后二次方程式功能在解析上被区分来定位极值点的估值。如果最优化变量与独立变量间关系是真实的二次方程式，那么最佳值可直接查找到。如果不是这样，那么算法将使用最近获得的最佳点的估值和它最近的两点值进行重复的二次方程式适宜性，重复该过程直到设置最小化或最大化的收敛标准符合。

Golden section (黄金分割法)搜寻方法是一种区域淘汰法，该方法是多次重复计算时移动用户指定的变量上下界，直到彼此更接近。边界的区域被分为两段，如图 3 所示：

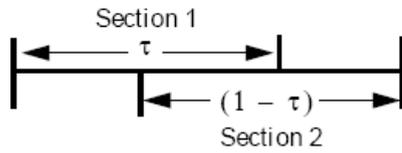


Figure 3: Region Elimination using the Golden Section Method

因变量的值在每一段上可确定。包含极小或极大因变量的分段的边界在下一步重复中取代间隔边界。每次重复通过因子  $(1 - \tau)$  (这里的  $\tau = 0.61803$ , 即有名的黄金分割比率) 减小两区域的距离。

④ 数值微分

使用梯形规则的概念和一种预测—修正算法, EES 可对函数积分并求解微分方程。在解释该方法方面, 将数值图表与用图解法来确定某一积分的值得方法相比较是有用的。

下面是用图解法估算一个函数积分的问题:  $f = 5 - 5x + 10x^2$ 。

这里  $x$  在 0 到 1 之间。图解积分法要求有 1 个  $f - x$  平面图。该图的横坐标被分成如下系列区段。曲线下每一区段的面积被估算为一矩形面积, 该矩形的长为区段的长度, 高为该区段纵坐标的平均值。例如, 在下面  $X = 0.2$  分别对应纵坐标为 5, 4.4 这一段, 面积  $0.2 \cdot (5 + 4.4) / 2$  或 0.94。在 0 和 1 之间的近似积分值是 5 个区段组成面积之和。这种方法的准确性随着区段划分数目的增加而提高。

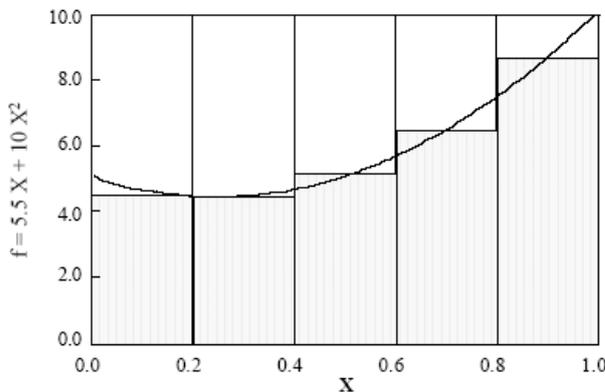


Figure 4: Numerical approximation of an integral

EES 中的积分法在方式上很类似图解表示法。上例中横坐标  $X$  在 Parametric (特征) 表格中所示。在表格中输入  $X$  的值来确定每一部分的宽度。EES 不要求每一部分有相同的宽度。将要被积分的函数  $f$  的某一特殊值下是不能明显求到的。  $F$  的值也许决定于求解不收敛的非线性代数方程的方法, 此外,  $F$  的值也许还决定于那一点时的积分数值。在这种情况下, 重复叠代是必要的。EES 将使用在  $X$  当前值下  $F$  的最新估值叠代计算, 直至收敛。用后来信息内容修正上一步计算的积分估值的积分可参考一种“预测—修正”算法。

参考文献:

## References

1. A. W. Al-Khafaji and J. R. Tooley, *Numerical Methods in Engineering Practice*, Holt, Rinehart and Winston, 1986, pp. 190 & ff.
2. C. F. Gerald and P. O. Wheatley, *Applied Numerical Analysis*, Addison-Wesley 1984, pp. 135 & ff.
3. J. H. Ferziger, *Numerical Methods for Engineering Application*, Wiley-Interscience 1981, Appendix B.
4. F. S. Acton, *Numerical Methods that Usually Work*, Harper and Row 1970.
5. I. S. Duff, A. M. Erisman and J. K. Reid, *Direct Methods for Sparse Matrices*, 1986 Oxford Science Publications, Clarendon Press.
6. S. Pissanetsky, "Sparse Matrix Technology," Academic Press 1984.
7. F. L. Alvarado, "The Sparse Matrix Manipulation System," *Report ECE-89-1*, Department of Electrical and Computer Engineering, The University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, January 1989.
8. Tarjan, R. "Depth-First Search and Linear Graph Algorithms," *SIAM J. Comput.* 1, 146-160, (1972)
9. Powell's Method of Successive Quadratic Approximations, Reklaitis, Ravindran and Radsdell, *Engineering Optimization*, John Wiley, New York, (1983)
10. W. H. Press, B. P. Flannery and S. A. Teukolsky, and Vetterling, W.T., *Numerical Recipes in Pascal*, Cambridge University Press, Chapter 10, (1989)

## 附录 C: 添加物性数据到 EES

### 一, 背景知识

EES 使用状态方程得方法而不是内部'Tabular'(列表计算机)数据来计算流体参数。对一些物性和条件,理想气体定律是适用的。EES 使用一个“naming conventiong”来区别理想气体和实际流体物质。由化学特征可代表的物质,如 N<sub>2</sub>,可适用理想气体定律;而把物质名称全部用字母拼出的被认为实际流体(空气和水蒸汽不适用这种“naming convention”)。

理想气体为物质依据“JANAF”表格数据[Stull, 1971]来提供 th 298k,1 atm 为参考状态点时焓信息和绝对熵。利用这些气体和理想气体定律的特殊热性关系来计算一定条件下而不是参考状态向德热力学参数。一些理想气体物质已构建在 EES 中。外部“JANAF”程序为数百个附加物质提供热力学参数信息。附加的理想气体工质数可以“IDG”为文件在“USERLIB” folder 中添加,正如一下解释。

“Martin-Hou”状态方程适用于除水以外的所有实际流体。(一些状态方程适用于水,如更加准确并且计算机精度由 Harr ,Gallagher 和 Kell[1984]编写的状态方程。)依据状态方程以及流体密度,蒸发压力和零压下特殊的热物性三者之间的关联性,利用热力学参数关系来确定焓值和熵值。由 Bivensetal.[0996]t 提出的有关 Martin\_Hou 状态方程得一种修正允许该状态方程应用于混合物,如混合制冷剂 R400。

流体哈低压气体的粘度在温度上是多项式关系的。温度仅决定理想气体传递性

能, 对于实际流体, 压力在气体传递性能方面的影响通过使用来自 Reidetal.[1997] 的相关性来估计。

EES 被设计用来允许附加的 (理想的和实际的) 流体被添加到物性参数数据库。用户必须提供有关热力学和传递性能相关性的必要参数。EES 将在 EES\VSERLIB 子目录中下载所有被发现的流体文件。附加的流体将以任一个构建流体的相同方法出现以下部分介绍要求物性参数数据的公式。

(1) 理想气体文件

理想气体文件必须有一个 “。IDG” 扩展文件名。既然假定流体遵循理想气体 I 状态方程, 那么就不必再要另一个状态方程。但是, 在计算中包含气体化学反应, 就必须特别关注参考状态。在以 298K, 1 atm 为参考状态下的焓值和第三定律的熵值必须给出。下面是一个提供 Co2 的参数的样本文件。通过对新工质修改文件公式, 可输入理想气体工质参数。

**SAMPLE TESTCO2.IDG File**

```
TestCO2
44.01      {Molar mass of fluid}
100.0     {Tn Normalizing value in K}
250       {Lower temperature limit of Cp correlation in K}
1500      {Upper temperature limit of Cp correlation in K}
-3.7357 0  {a0, b0 Cp=sum(a[i]*(T/Tn)^b[i], i=0,9 in kJ/kgmole-K}
30.529 0.5 {a1, b1}
-4.1034 1.0 {a2, b2}
0.02420 2.0 {a3, b3}
0 0        {a4, b4}
0 0        {a5, b5}
0 0        {a6, b6}
0 0        {a7, b7}
0 0        {a8, b8}
0 0        {a9, b9}
298.15    {TRef in K}
100       {PRef in kPa}
-393520   {hform - enthalpy of formation in kJ/kgmole at TRef}
213.685   {s0 - Third law entropy in kJ/kgmole-K at Tref and PRef}
0         {reserved - set to 0}
0         {reserved - set to 0}
```

```

200      {Lower temperature limit of gas phase viscosity correlation
in K}
1000     {Upper temperature limit of gas phase viscosity correlation
in K}
-8.09519E-7 {v0 Viscosity = sum(v[i]*T^(i-1)) for i=0 to 5 in Pa/m^2}
6.039533E-8 {v1}
-2.8249E-11 {v2}
9.84378E-15 {v3}
-1.4732E-18 {v4}
0         {v5}
200     {Lower temperature limit of gas phase thermal conductivity
correlation in K}
1000    {Upper temperature limit of gas phase thermal conductivity
correlation in K}
-1.1582E-3 {t0 Thermal Conductivity = sum(t[i]*T^(i-1)) for i=0 to 5
in W/m-K}
3.9174E-5  {t1}
8.2396E-8  {t2}
-5.3105E-11 {t3}
3.1368E-16 {t4}
0          {t5}
0         {Terminator - set to 0}

```

## (2) 实际流体文件

一个纯的实际流体有一个相同的文件扩展名。MHE（代表 Martin-Hou Equation）。一个名为“X FLUID.MHE”的文件名列于下一页，用来说明被要求的文件公式。（样本文本包含异丁烷参数。）该文件有 75 行组成。第一行提供 EES 能在参数功能声明中识别的流体名称。例如，在样本文件的第一行包 USER FLUID.该工质的熵可通过下面获得：

$$h = \text{Enthalpy}(\text{UserFluid}, T = T1, P = P1)$$

该流体名称与其他流体名称在 Function Information (功能信息)对话框中以字母顺序出现。紧接着的 74 行每行包含一个数字，并在相同行或以下的一行或几行紧跟一个声明以识别该数字。除了压力—体积—温度关系外，其他相关联参数的形式呈现在 XFLUID.MHE 文件中。压力，体积和温度三者相互关系可见下面 ‘Martin Hou’ 状态方程。获得关联性的一种方法由 Martinhe 和 Hou 描述[1955]。

**Martin-Hou Equation of State** (parameters in lines 18-36)

$$P = \frac{RT}{v-b} + \frac{A_2 + B_2T + C_2e^{-\beta TT_c}}{(v-b)^2} + \frac{A_3 + B_3T + C_3e^{-\beta TT_c}}{(v-b)^3} + \frac{A_4 + B_4T + C_4e^{-\beta TT_c}}{(v-b)^4} + \frac{A_5 + B_5T + C_5e^{-\beta TT_c}}{(v-b)^5} + \frac{A_6 + B_6T + C_6e^{-\beta TT_c}}{e^{a1}(1 + C^1 e^{a1})}$$

where

$$P [=] \text{psia}, T [=] \text{R}, \text{ and } v [=] \text{ft}^3/\text{lb}_m$$

你可能需要将用以列表计算的参数数据或从一个关联式获得的数据作曲线。大多数关联是线性的，因此这些参数可由线性回归确定。可提高由 Martin-Hou 方法获得的结果的准确的参数组可由非线性回归确定。EES 可用来做这些回归。

### SAMPLE XFLUID.MHE File for pure fluids

```

UserFluid
58.1      { molecular weight}
0         { not used}
12.84149 { a}  Liquid
Density=a+b*Tz^(1/3)+c*Tz^(2/3)+d*Tz+e*Tz^(4/3)+f*sqrt(Tz)+g*(Tz)^2
33.02582 { b}   where Tz=(1-T/Tc) and Liquid
Density[=]lbm/ft3
-2.53317 { c}
-0.07982 { d}
9.89109  { e}
0         { f}
0         { g}
-6481.15338 { a}  Vapor pressure fit: lnP=a/T+b+cT+d(1-
T/Tc)^1.5+eT^2
15.31880  { b}   where T[=]R and P[=]psia
-0.0006874 { c}
4.28739   { d}
0         { e}
0         { not used}
0.184697  { Gas constant in psia-ft3/lbm-R}
1.5259e-2 { b}   Constants for Martin-Hou EOS/English_units
-20.589   { A2}
9.6163e-3 { B2}
-314.538  { C2}
0.935527  { A3}
-3.4550e-4 { B3}
19.0974   { C3}
-1.9478e-2 { A4}
0         { B4}
0         { C4}

```

```

0          { A5}
2.9368e-7 { B5}
-5.1463e-3 { C5}
0          { A6}
0          { B6}
0          { C6}
5.475     { Beta}
0         { alpha}
0         { C'}
-7.39053E-3 { a}   Cv(0 pressure) = a + b T + c T^2 + d T^3 +
e/T^2
6.4925e-4  { b}           where T[=]R and Cv[=]Btu/lb-R
9.0466e-8  { c}
-1.1273e-10 { d}
5.2005e3   { e}
124.19551  { href offset}
0.0956305  { sref offset}
550.6      { Pc [=] psia}
765.3      { Tc [=] R}
0.07064    { vc [=] ft3/lbm}
0          { not used}
0          { not used}
2          { Viscosity correlation type: set to 2: do not change}
260        { Lower limit of gas viscosity correlation in K}
535        { Upper limit of gas viscosity correlation in K}
-3.790619e6 { A}   GasViscosity*1E12=A+B*T+C*T^2+D*T^3
5.42356586e4 { B}   where T[=]K and GasViscosity[=]N-s/m2
-7.09216279e1 { C}
5.33070354e-2 { D}
115        { Lower limit of liquid viscosity correlation in K}
235        { Upper limit of liquid viscosity correlation in K}
2.79677345e3 { A}   Liquid Viscosity*1E6=A+B*T+C*T^2+D*T^3
-2.05162697e1 { B}   where T[=]K and Liquid Viscosity[=]N-s/m2
5.3698529e-2 { C}
-4.88512807e-5 { D}
2          { Conductivity correlation type: set to 2: do not
change}
250        { Lower limit of gas conductivity correlation in K}
535        { Upper limit of gas conductivity correlation in K}
7.5931e-3   { A}   GasConductivity=A+B*T+C*T^2+D*T^3
-6.3846e-5  { B}   where T[=]K and GasConductivity[=]W/m-K
3.95367e-7  { C}
-2.9508e-10 { D}
115        { Lower limit of liquid conductivity correlation in K}
235        { Upper limit of liquid conductivity correlation in K}
2.776919161e-1 { A}   LiquidConductivity=A+B*T+C*T^2+D*T^3
-8.45278149e-4 { B}   where T[=]K and LiquidConductivity[=]W/m-K
1.57860101e-6 { C}
-1.6381151e-9 { D}
0          { not used: terminator}

```

## 二、混合物流体参数

Martin-Hou 状态方程通过修正可适用混合物，正如 Bivers et.al.所赞成的。使纯净物

状态也适用于混合物的大多比要的修正是提供气泡与露点蒸发压力的独立关系和压焓图, 因为状态方程不能提供这种关系。

下面所示是用来提供 R410A 的蚕食数据的 R410A。MHE 文件列表并附带文件中对每一行的解释。

```

R410A
72.584      {molecular weight Bivens and Yokozeki}
400         {Indicator for blend}
30.5148     {a} Liquid density = a+b*Tz^(1/3)+c*Tz^(2/3)+d*Tz
60.5637     {b}      +e*Tz^(4/3)+f*sqrt(Tz)+g*(Tz)^2}
-5.39377    {c} where Tz=(1-T/Tc) and Liquid Density[=]lbm/ft3
55.5360815  {d}
-21.88425   {e}
0           {f}
0           {g}
-5.9789E+03 -5.9940E+03 {a} Bubble and Dew Pt Vapor pressure fit:
24.06932 24.04507 {b}      lnP=a/T+b+cT+d(1-T/Tc)^1.5+eT^2
-2.1192E-02 -2.1084E-02 {c}      where T[=]R and P[=]psia fit
-5.5841E-01 -4.4382E-01 {d}
1.3718E-05 1.3668E-05 {e}
0 0         {not used}
0.1478     {Gas constant in psia-ft3/lbm-R}
0.006976   {b} Constants for Martin-Hou EOS/English_units from Bivens
-6.40764E+00 {A2}
3.40372E-03 {B2}
-2.34220E+02 {C2}
1.41972E-01 {A3}
4.84456E-06 {B3}
9.13546E+00 {C3}
-4.13400E-03 {A4}
0           {B4}
0           {C4}
-9.54645E-05 {A5}
1.17310E-07 {B5}
2.45370E-02 {C5}
0           {A6}
0           {B6}
0           {C6}
5.75       {Beta}
0          {alpha}
0          {C'}
0.036582   {a} Cv(0 pressure) = a + b T + c T^2 + d T^3 + e/T^2

```

```

2.808787E-4  (b)          where T[=]R and Cv[=]Btu/lb-R from Bivens
-7.264730E-8 (c)
2.6612670E-12 (d)
0 (e)
65.831547 (href offset)
-0.082942 (sref offset)
714.5 (Pc [=] psia)
621.5 (Tc [=] R)
0.03276 (vc [=] ft3/lbm)
0 (not used)
7 (# of coefficients which follow - used for blends)
1 (DeltaH Correlation type)
0.5541498 (Xo)
87.50197 (A) DeltaH_vap=A+B*X+C*X^2+D*X^3+E*X^4 Bivens
185.3407 (B) where X =(1-T/Tc)^.333-X0, T in R and enthalpy in Btu/lb
13.75282 (C)
0 (D)
0 (E)
2 (Viscosity correlation type: set to 2: do not change)
200 (Lower limit of gas viscosity correlation in K)
500 (Upper limit of gas viscosity correlation in K)
-1.300419E6 (A) GasViscosity*1E12=A+B*T+C*T^2+D*T^3
5.39552e4 (B) where T[=]K and GasViscosity[=]N-s/m2
-1.550729e1 (C)
0 (D)
-999 (Lower limit of liquid viscosity correlation in K)
-999 (Upper limit of liquid viscosity correlation in K)
0 (A) LiquidViscosity*1E6=A+B*T+C*T^2+D*T^3
0 (B) where T[=]K and LiquidViscosity[=]N-s/m2
0 (C)
0 (D)
2 (Conductivity correlation type: set to 2: do not change)
200 (Lower limit of gas conductivity correlation in K)
500 (Upper limit of gas conductivity correlation in K)
-8.643088e-3 (A) GasConductivity=A+B*T+C*T^2+D*T^3
7.652083e-5 (B) where T[=]K and GasConductivity[=]W/m-K
2.144608e-9 (C)
0 (D)
-999 (Lower limit of liquid conductivity correlation in K)
-999 (Upper limit of liquid conductivity correlation in K)
0 (A) LiquidConductivity=A+B*T+C*T^2+D*T^3
0 (B) where T[=]K and LiquidConductivity[=]W/m-K
0 (C)
0 (D)
0 {terminator}
{The forms of the correlations and in some cases the coefficients have been
adapted from D.B. Bivens and A. Yokozeki, "Thermodynamics and Performance
Potential of R-410a," 1996 Intl. Conference on Ozone Protection Technologies
Oct, 21-23, Washington, DC.}

```

参考文献:

ASHRAE **Handbook of Fundamentals**, (1989, 1993, 1997), American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta, GA

ASHRAE, **Thermophysical Properties of Refrigerants**, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA, (1976)

D.B. Bivens and A. Yokozeki, "Thermodynamics and Performance Potential of R-410a," 1996 Intl. Conference on Ozone Protection Technologies Oct, 21-23, Washington, DC.

Downing, R.C. and Knight, B.W., "Computer Program for Calculating Properties for the

"FREON" Refrigerants," DuPont Technical Bulletin RT-52, (1971); Downing, R.C., "Refrigerant Equations", ASHRAE Transactions, Paper No. 2313, Vol. 80, pt.2, pp. 158-169, (1974)

Gallagher, J., McLinden, M., Morrison, G., and Huber, M., REFPROP - NIST Thermodynamic Properties of Refrigerants and Refrigerant Mixtures, Versions 4, 5, and 6, NIST Standard Reference Database 23, NIST, Gaithersburg, MD 20899, (1989)

Harr, L. Gallagher, J.S., and Kell, G.S (Hemisphere, 1984). **NBS/NRC Steam Tables**, Hemisphere Publishing Company, Washington, (1984)

Howell, J.R., and Buckius, R.O., **Fundamentals of Engineering Thermodynamics**, McGraw-Hill, New York, (1987)

Hyland and Wexler, "Formulations for the Thermodynamic Properties of the Saturated Phases of H<sub>2</sub>O from 173.15 K to 473.15 K, ASHRAE Transactions, Part 2A, Paper 2793 (RP-216), (1983)

Keenan, J.H., Chao, J., and Kaye, J., **Gas Tables**, Second Edition, John Wiley, New York, (1980)

Keenan, J.H. et al., **Steam Tables**, John Wiley, New York, (1969)

Irvine, T.F. Jr., and Liley, P.E., **Steam and Gas Tables with Computer Equations**, Academic Press Inc., (1984)

Martin, J.J. and Hou, Y.C., "Development of an Equation of State for Gases," A.I.Ch.E Journal, 1:142, (1955)

McLinden, M.O. et al., "Measurement and Formulation of the Thermodynamic Properties of Refrigerants 134a and 123, ASHRAE Trans., Vol. 95, No. 2, (1989)

Reid, R.C.Prausnitz, J.M. and Sherwood, T.K., **The Properties of Gases and Liquids**, McGraw-Hill, 3rd edition, (1977)

Shankland, I.R., Basu, R.S., and Wilson, D.P., "Thermal Conductivity and Viscosity of a New Stratospherically Safe Refrigerant - 1,1,1,2 Tetrafluoroethane (R-134a), published in **CFCs:**

**Time of Transition**, American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc., (1989)

Shankland, I.R., "Transport Properties of CFC Alternatives", AIChE Spring Meeting, Symposium on Global Climate Change and Refrigerant Properties, Orlando, FL, March, (1990)

Stull, D.R., and Prophet, H., **JANAF Thermochemical Tables**, Second Edition, U.S. National Bureau of Standards, Washington, (1971)

Reiner Tillner-Roth, "Fundamental Equations of State", Shaker, Verlag, Aachen, 1998.

Van Wylen, G.J., and Sonntag, R.E., **Fundamentals of Classical Thermodynamics**, Third Edition, John Wiley, New York, (1986)

Vesovic et al., The Transport Properties of Carbon Dioxide, J. Phys. Chem Ref, Data, Vol. 19, No. 3, 1990.

Wilson, D.P. and Basu, R.S., "Thermodynamic Properties of a New Stratospherically Safe Working Fluid - Refrigerant 134a", paper presented at the ASHRAE meeting, Ottawa, Ontario, Canada, June, (1988), published in **CFCs: Time of Transition**, American Society of Heating,

Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc., (1989)

附录 D: 例题信息

在 EES 目录中的子目录 EXAMPLES 包含一些已求解出的事例问题。每一个事例列举了 EES 的一个或更多的特点，正如下面的信息所示。

## *Example Problem Information*

The EXAMPLES subdirectory within the EES directory contains many worked-out example problems. Each example problem illustrates one or more EES features, as indicated in the information below.

<u>Feature</u>	<u>EES Example Files</u>
Arrays	MATRIX.EES, MATRIX2.EES, RANKINE.EES, REFRIG.EES, REGEN.EES
Complex numbers	COMPLEXROOTS.EES
Comments	HEATEX.EES
Curve-fitting	COPPER.EES
Diagram window	DIAGRMW.EES, DIAGRAM_IN_OUT.EES, STMPROPS.EES
Differential equations	DRAG.EES, RK4_TEST.EES, DIFEQN1.EES, DIFEQN2.EES
Differentiate function	COPPER.EES
DUPLICATE command	MATRIX.EES, MATRIX2.EES, NLINRG.EES, REGEN.EES
Formatted Equations	HEATEX.EES, DRAG.EES
Functions, user-written	CONVECT.EES, MOODY.EES, RK4_TEST.EES
Greek symbols	HEATEX.EES, NLINRG.EES
Integration	DBL_INTEG.EES, DIFEQN1.EES, DIFEQN2.EES, DRAG.EES, RK4_TEST.EES
Interpolate function	COPPER.EES
JANAF table	FLAMET.EES, JANAF.EES
LOOKUP table	NLINRG.EES, COPPER.EES
Macro files	EXCEL_EES.XLS, EXCEL_EES.EES
Minimize or maximize	MAXPOWER.EES, NLINRG.EES, RANKINE.EES
Modules	MOODY.EES
Overlay Plot	CH1EX.EES, RANKINE.EES
Parametric table	CAPVST.EES, CH1EX.EES, DIFEQN1.EES, FLAMET.EES, SUBSTEPS.EES
Plotting	CAPVST.EES, DIFEQN2
Procedures, user-written	REGEN.EES
Procedures, external	ABSORP.EES
Properties, thermodynamic	REFRIG.EES, CATVST.EES, CH1EX.EES, FLAMET.EES, REGEN.EES, STMPROPS.EES
Property Plot	RANKINE.EES, REFRIG.EES
Psychrometric functions	SUPERMKT.EES
Regression	NLINRG.EES
Subscripted variables	MATRIX.EES, MATRIX2.EES, HEATEX.EES
SUM function	MATRIX.EES, MATRIX2.EES, NLINRG.EES
Systems of equations	HEATEX.EES, CH1EX.EES
TABLEVALUE	DIFEQN2.EES
Transport properties	CONVECT.EES, DRAG.EES
Unit conversion	DRAG.EES