

附录 B

用TECPLOT进行有限元后处理

Tecplot是功能强大的数据可视化软件，可以将科学或工程计算中得到的大量数据形成直观图形，是进行科学研究的得力助手。Tecplot的功能包括绘制XY曲线、轮廓图、云图、等值线、向量图、离散点等。Tecplot也能够读取和处理二维和三维的有限元网格的数据，绘制应力云图，可作为有限元程序的后处理软件。本附录只重点介绍Tecplot进行有限元后处理的相关功能。

Tecplot的界面如图B.1所示，由菜单栏，工具栏，状态栏和 workspace(Workspace)组成。Tecplot带有一些指南(Tutorials)和实例(Demo,Example)，浏览这些内容并进行具体操作，可以帮助你很快了解Tecplot的各种功能。

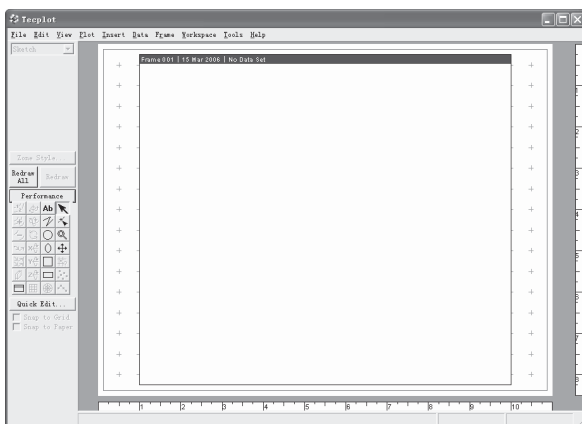


图 B.1 Tecplot的界面

Tecplot中的一个Workspace可以包含多个Frame（图中心的白色区域）。在一个Frame中可以存在若干Zone。对于比较复杂的图形，可在不同的Zone里绘制

不同的部分，方便组织。另外，也可以将不同时刻的图画在不同的Zone里，以便按下一节所述的方法形成动画。

Tecplot可读取的数据文件有两种：ASCII数据文件.dat和二进制数据文件.plt。下面用一个例子介绍一下.dat文件的格式以及Tecplot中的基本操作。假设现有一组平面上的离散点和在这些点上的取值，将这些数据写成一个如下的文本文件，存成2dtest.dat。

```
-1.0 0.0 100
 0.0 0.0 125
 1.0 0.0 150
-0.5 0.8 150
 0.5 0.8 175
 0.0 1.6 200
```

在Tecplot的菜单中点击 File - Load Data File(s)将文件读入，选择设置 Initial plot: 2D Cartesian。把左边工具栏中的Mesh复选框取消，选中Scatter，然后用CTRL-N或CTRL-F使图形大小合适，可以得到图B.2。点击左侧工具栏的Zone Style打开对话框，如图B.3。在这里可以设置点的形状、线形、颜色等。其中颜色可以选择Multi C1，这可以使离散点根据第三列数据的值染上不同颜色。读者可以逐一更改一下设置，检查效果。

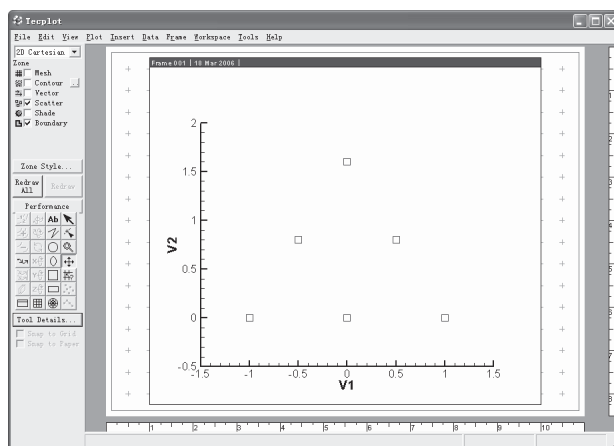


图 B.2 二维散点图

如果不加说明，Tecplot只能像上面的例子这样将数据读成离散点或一条折线，一般在二维情况下，默认认为前两列分别为X和Y坐标，在三维情况下，默认认为前三列为X、Y和Z坐标。如果希望画出复杂一些的图形甚至有限元网格，就需要在数据的前面加上说明，这就是下面要介绍的“文件头”。

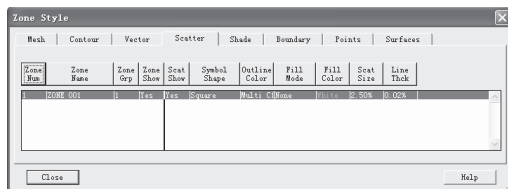


图 B.3 Zone Style对话框

下面这个例子就是一个带有文件头的的数据文件，文件的第一行是显示在Frame上的标题，是可选项。第二行定义变量名，如果不定义，Tecplot会自动命名变量为V1、V2、V3等。第三行是Zone的控制行，这一行中的参数定义了Zone的格式。I=5说明了数据文件是按I顺序组织的，其中指标I从1到5变化，共需输入5组数据。F=POINT说明数据以点的方式组织。本例中，共有2个变量，5个数据点。5行数据分别对应于I=1,2,3,4,5。每行2个数据，分别为2个变量的值。绘制的曲线图如图B.4所示。

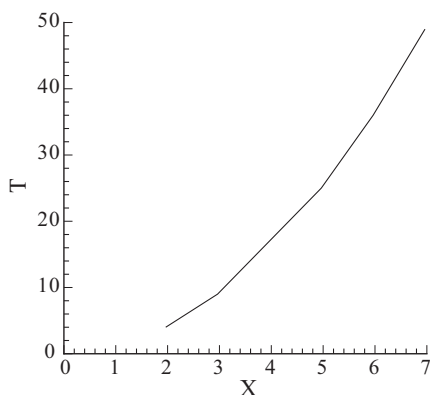


图 B.4 X-Y曲线

```
TITLE = "Example: I Ordered Data"
VARIABLES = "X", "T"
ZONE I=5, F=POINT
2 4
3 9
5 25
6 36
7 49
```

按I顺序定义的数据常用来画X-Y曲线图或散点图。如果要绘制二维或三维

的曲面图，需要按IJ顺序定义数据。在下面的例子中，ZONE控制行的I=2,J=3表示数据文件是按IJ顺序组织的，其中指标I从1到2变化，指标J从1到3变化，因此共需输入6组数据。F=POINT说明数据以点的方式组织。本例中，共有4个变量，6个数据点。6行数据分别对应于(I=1, J=1)、(I=2, J=1)、(I=1, J=2)、(I=2, J=2)、(I=1, J=3)和(I=2, J=3)。每行4个数据，分别为4个变量的值。

```
TITLE = "Example: IJ Ordered Data"
VARIABLES = "X", "Y", "Temperature", "Pressure"
ZONE I=2, J=3, F=POINT
3 0 0 50
7 2 0 43
2 4 1 42
6 6 0 37
1 8 1 30
5 9 1 21
```

用Tecplot读入该数据文件并点击工具栏上的contour，就可以得到如图B.5所示的根据第三列数据绘制的云图。在Zone Style中还可以设置按第四列数据绘制云图。

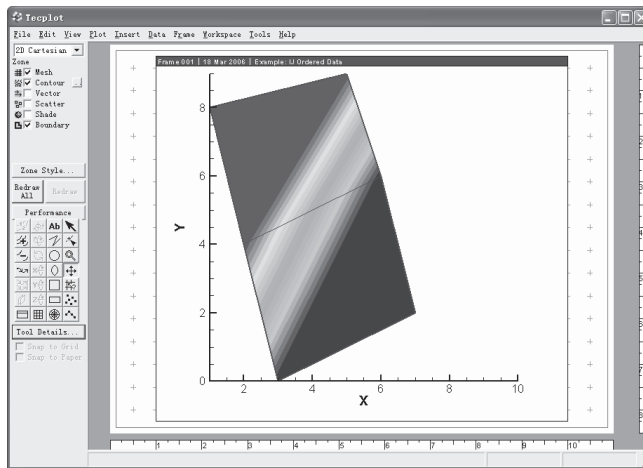


图 B.5 云图

在Tecplot中处理过的数据及图形可保存成.lay或.lpk文件。lay文件是一种指向数据文件的链接文件，它只包含线形、颜色、视角等信息以及数据文件的路径，因此它需要另外保留数据文件。lpk文件是将数据打包的二进制文件，它包括了所有信息，可以单独保存，但文件会比较大。

对于有限元数据，除了点的信息，还要有单元信息。Tecplot可以处理的单元

类型有三角形单元、四边形单元、四面体和六面体单元。下面是一个二维有限元数据文件的示例。

```
TITLE = "Example: 2D Finite-Element Data"
VARIABLES = "X", "Y", "P", "T"
ZONE T="2DFE", N=8, E=4, F=FEPOINT, ET=QUADRILATERAL, C=RED
0.0 1.0 100.0 1.6
1.0 1.0 150.0 1.5
3.0 1.0 300.0 2.0
0.0 0.0 50.0 1.0
1.0 0.0 100.0 1.4
3.0 0.0 200.0 2.2
4.0 0.0 400.0 3.0
2.0 2.0 280.0 1.9
1 2 5 4
2 3 6 5
6 7 3 3
3 2 8 8
```

第三行的N表示结点个数，E表示单元个数，F=FEPOINT表示数据以有限元方式组织，ET表示单元类型，TRIANGLE、QUADRILATERAL、TETRAHEDRON和BRICK分别表示三角形、四边形、四面体和六面体单元。数据分为两部分，第一部分是结点数据，第二部分是单元数据。结点数据中的前两列对应于结点坐标X和Y，第三列和第四列分别是变量P和T在各结点处的值，在Tecplot中可以画出这些物理量在整个连续体上分布的云图。单元数据的每一行定义一个单元，一行有几个结点取决于单元的类型。三角形单元需要3个结点，四边形单元和四面体单元需要4个结点，六面体单元需要有8个结点。在这个例子中既有三角形单元，也有四边形单元，可以让四边形单元最后两个结点重复以退化得到三角形单元。

点击工具栏上的 contour，可以得到如图B.6所示的云图。对于有限元分析结果，这一功能可以方便地绘制出位移、应力、应变的云图，便于观察分析结果。

在zone的控制行还可以有其他的参数设定。T可以为这个zone设定一个标题，C表示颜色可设为BLACK、RED、GREEN、BLUE、CYAN、YELLOW、PURPLE、WHITE等。把不同时刻的网格数据写在不同的zone里，可以方便地形成动画。点击菜单上的Tools-Animate-Zones... 就可以在屏幕上直接显示动画，动画也可以输出成avi或rm格式的文件。

如果不重新划分有限元网格，单元数据就不会发生变化，因此没有必要在每个zone中都重写单元信息。从第二个zone开始，可以在控制行加上D=(FECONNECT)，这样就可以不必再写单元信息而只写第一个数据段即可。如果结点坐标也不发生变化，可以使用这个控制命令进一步简化数据文件。在下面的例子中D=(1,2,FECONNECT)表示第一、二个变量和单元信息都不发生变化。于是在后面的zone里就只需要写第三个变量P的数据即可，这大大简化了数据文

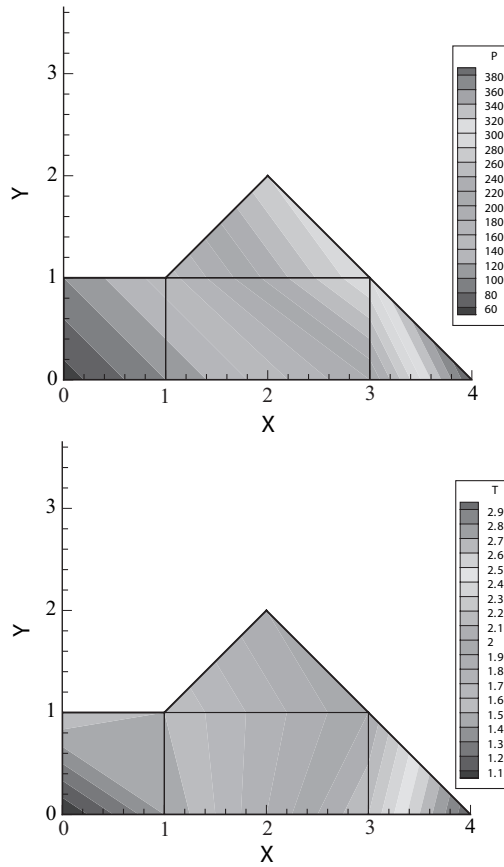


图 B.6 有限元结果云图

件的书写。下面就是一个这样的数据文件例子。

```

TITLE = "Example: Duplicated Variables and Connectivity Lists"
VARIABLES = "X", "Y", "P"
ZONE T="P_1", F=FEPOINT, N=6, E=4, ET=TRIANGLE
-1.0 0.0 100
0.0 0.0 125
1.0 0.0 150
-0.5 0.8 150
0.5 0.8 175
0.0 1.6 200
1 2 4
2 5 4
3 5 2
5 6 4

```

```
ZONE T="P_2", F=FEPOINT, N=6, E=4, ET=TRIANGLE, D=(1,2,FECONNECT)
110 135 160 165 185 200
ZONE T="P_3", F=FEPOINT, N=6, E=4, ET=TRIANGLE, D=(1,2,FECONNECT)
120 145 180 175 195 200
```

只要在有限元分析程序中按上述要求输出数据文件，就可以方便的用Tecplot进行后处理。具体做法可以参看EFEP90程序。