

## 目 录

第 1 章 开始使用 ANSYS	1
1.1 完成典型的 ANSYS 分析	1
1.2 建立模型	1
第 2 章 加 载	23
2.1 载荷概述	23
2.2 什么是载荷	23
2.3 载荷步、子步和平衡迭代	24
2.4 跟踪中时间的作用	25
2.5 阶跃载荷与坡道载荷	26
2.6 如何加载	27
2.7 如何指定载荷步选项	68
2.8 创建多载荷步文件	77
2.9 定义接头固定处预拉伸	78
第 3 章 求解	85
3.1 什么是求解	84
3.2 选择求解器	84
3.3 使用波前求解器	85
3.4 使用稀疏阵直接解法求解器	86
3.5 使用雅可比共轭梯度法求解器 (JCG)	86
3.6 使用不完全乔列斯基共轭梯度法求解器 (ICCG)	86
3.7 使用预条件共轭梯度法求解器 (PCG)	86
3.8 使用代数多栅求解器 (AMG)	87
3.9 使用分布式求解器 (DDS)	88
3.10 自动迭代 (快速) 求解器选项	88
3.11 在某些类型结构分析使用特殊求解控制	89
3.12 使用 PGR 文件存储后处理数据	92
3.13 获得解答	96
3.14 求解多载荷步	97
3.15 中断正在运行的作业	100
3.16 重新启动一个分析	100
3.17 实施部分求解步	111
3.18 估计运行时间和文件大小	113

3.19 奇异解	114
<b>第4章 后处理概述</b>	<b>116</b>
4.1 什么是后处理	116
4.2 结果文件	117
4.3 后处理可用的数据类型	117
<b>第5章 通用后处理器(POST1)</b>	<b>118</b>
5.1 概述	118
5.2 将数据结果读入数据库	118
5.3 在 POST1 中观察结果	127
5.4 在 POST1 中使用 PGR 文件	152
5.5 POST1 的其他后处理内容	160
<b>第6章 时间历程后处理器 (POST26)</b>	<b>174</b>
6.1 时间历程变量观察器	174
6.2 进入时间历程处理器	176
6.3 定义变量	177
6.4 处理变量并进行计算	179
6.5 数据的输入	181
6.6 数据的输出	183
6.7 变量的评价	184
6.8 POST26 后处理器的其它功能	187
<b>第7章 选择和组件</b>	<b>190</b>
7.1 什么是选择	190
7.2 选择实体	190
7.3 为有意义的后处理选择	194
7.4 将几何项目组集成部件与组件	195
<b>第8章 图形使用入门</b>	<b>198</b>
8.1 概述	198
8.2 交互式图形与“外部”图形	198
8.3 标识图形设备名 (UNIX 系统)	198
8.4 指定图形显示设备的类型 (WINDOWS 系统)	201

8.5 与系统相关的图形信息	202
8.6 产生图形显示	205
8.7 多重绘图技术	207
<b>第9章 通用图形规范</b>	<b>210</b>
9.1 概述	210
9.2 用 GUI 控制显示	210
9.3 多个 ANSYS 窗口, 叠加显示	210
9.4 改变观察角、缩放及平移	211
9.5 控制各种文本和符号	214
9.6 图形规范杂项	217
9.7 3D 输入设备支持	218
<b>第10章 增强型图形</b>	<b>219</b>
10.1 图形显示的两种方法	219
10.2 POWERGRAPHICS 的特性	219
10.3 何时用 POWERGRAPHICS	219
10.4 激活和关闭 POWERGRAPHICS	220
10.5 怎样使用 POWERGRAPHICS	220
10.6 希望从 POWERGRAPHICS 绘图中做什么	220
<b>第11章 创建几何显示</b>	<b>223</b>
11.1 用 GUI 显示几何体	223
11.2 创建实体模型实体的显示	223
11.3 改变几何显示的说明	224
<b>第12章 创建几何模型结果显示</b>	<b>233</b>
12.1 利用 GUI 来显示几何模型结果	233
12.2 创建结果的几何显示	233
12.3 改变 POST1 结果显示规范	235
12.4 Q-SLICE 技术	238
12.5 等值面技术	238
12.6 控制粒子流或带电粒子的轨迹显示	239

第 13 章 生成图形	240
13.1 使用 GUI 生成及控制图	240
13.2 图形显示动作	240
13.3 改变图形显示指定	241
第 14 章 注释	245
14.1 注释概述	245
14.2 二维注释	245
14.3 为 ANSYS 模型生成注释	246
14.4 三维注释	246
14.5 三维查询注释	247
第 15 章 动画	248
15.1 动画概述	248
15.2 在 ANSYS 中生成动画显示	248
15.3 使用基本的动画命令	248
15.4 使用单步动画宏	249
15.5 离线捕捉动画显示图形序列	249
15.6 独立的动画程序	250
15.7 WINDOWS 环境中的动画	251
第 16 章 外部图形	253
16.1 外部图形概述	253
16.2 生成中性图形文件	254
16.3 DISPLAY 程序观察及转换中性图形文件	255
16.4 获得硬拷贝图形	258
第 17 章 报告生成器	259
17.1 启动报告生成器	259
17.2 抓取图象	260
17.3 捕捉动画	260
17.4 获得数据表格	261
17.5 获取列表	264
17.6 生成报告	264

---

17.7 报告生成器的默认设置	267
<b>第 18 章 CMAP 程序</b>	<b>269</b>
18.1 CMAP 概述	269
18.2 作为独立程序启动 CMAP	269
18.3 在 ANSYS 内部使用 CMAP	271
18.4 用户化彩色图	271
<b>第 19 章 文件和文件管理</b>	<b>274</b>
19.1 文件管理概述	274
19.2 更改缺省文件名	274
19.3 将输出送到屏幕、文件或屏幕及文件	275
19.4 文本文件及二进制文件	275
19.5 将自己的文件读入 ANSYS 程序	278
19.6 在 ANSYS 程序中写自己的 ANSYS 文件	279
19.7 分配不同的文件名	280
19.8 观察二进制文件内容 (AXU2)	280
19.9 在结果文件上的操作 (AUX3)	280
19.10 其它文件管理命令	280
<b>第 20 章 内存管理与配置</b>	<b>282</b>
20.1 内存管理	282
20.2 基本概念	282
20.3 怎样及何时进行内存管理	283
20.4 配置文件	286

# 第 1 章 开始使用 ANSYS

## 1.1 完成典型的 ANSYS 分析

ANSYS 软件具有多种有限元分析的能力，包括从简单线性静态分析到复杂的非线性瞬态动力学分析。在 ANSYS 分析指南手册中有关于它开展不同工程应用领域分析的具体过程。本章下面几节中描述了对绝大多数分析皆适用的一般步骤。

一个典型的 ANSYS 分析过程可分为三个步骤：

- 建立模型
- 加载并求解
- 查看分析结果

## 1.2 建立模型

与其他分析步骤相比，建立有限元模型需要花费 ANSYS 用户更多时间。首先必须指定作业名和分析标题，然后使用 PREP7 前处理器定义单元类型、单元实常数、材料特性和几何模型。

### 1.2.1 指定作业名和分析标题

该项工作不是强制要求的，但 ANSYS 推荐使用作业名和分析标题。

#### 1.2.1.1 定义作业名

作业名是用来识别 ANSYS 作业。当为某项分析定义了作业名，作业名就成为分析过程中产生的所有文件名的第一部分（文件名）。（这些文件的扩展名是文件类型的标识，如 .DB）通过为每一次分析给定作业名，可确保文件不被覆盖。如果没有指定作业名，所有文件的文件名均为 FILE 或 file（取决于所使用的操作系统）。可按下面方法改变作业名。

- 进入 ANSYS 程序时通过入口选项修改作业名。可通过启动器或 ANSYS 执行命令。详见 [ANSYS 操作指南](#)。
- 进入 ANSYS 程序后，可通过如下方法实现：

命令行方式：**/FILENAME**

菜单方式：**Utility Menu>File>Change Jobname**

**/FILENAME** 命令仅在 Begin level（开始级）才有效，即使在入口选项中给定了作业名，ANSYS 仍允许改变作业名。然而该作业名仅适用于使用 **/FILNAME** 后打开的文件。使用 **/FILNAME** 命令前打开的文件，如记录文件 *Jobname.LOG*、出错

文件 *Jobname.ERR* 等仍然是原来的作业名。

### 1.2.1.2 定义分析标题

**/TITLE** 命令 (**Utility Menu>File>Change Title**) 可用来定义分析标题。ANSYS 系统将在所有的图形显示、所有的求解输出中包含该标题。可使用 **//STITLE** 命令加副标题，副标题将出现在输出结果里，而在图形中不显示。

### 1.2.1.3 定义单位

ANSYS 软件没有为分析指定系统单位，除了磁场分析外，可使用任意一种单位制，只要保证输入的所有数据都是使用同一单位制里的单位（对所有输入数据单位必须一致）。

对尺寸按照微米规则的微电子力学系统（MEMS），参见 ANSYS 藕合场分析指南中的单位制的转换规则。

使用 **/UNITS** 命令，可在 ANSYS 数据库中设置标记指定正在使用的单位制，该命令不能将一个单位制的数据转换到另一单位制，它仅仅为后续的分析作一个记录。

## 1.2.2 定义单元的类型

在 ANSYS 单元库中有超过 150 种的不同单元类型，每个单元类型有一个特定的编号和一个标识单元类别的前缀，如 **BEAM4**, **PLANE77**, **SOLID96** 等，下面一些单元类型可用：

BEAM	MESH
CIRCUit	PIPE
COMBINation	PLANE
CONTACT	PRETS (Pretension)
FLUID	SHELL
HF (High Frequency)	SOLID
HYPERelastic	SOURCE
INFINite	SURFace
INTERface	TARGET
LINK	TRANSducer
MASS	USER
MATRIX	VISCOelastic (or viscoplastic)

单元类型决定了单元的：

- 自由度数（又代表了分析领域—结构、热、磁场、电场、四边形、六面体等）
- 单元位于二维空间还是三维空间

如 **BEAM4** 有 6 个结构自由度 (UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ)，是一个线性单元，可在 3D 空间建模。**PLANE77** 有一个温度自由度 (TEMP)，是 8 节点的四边形单元，只能在 2D 空间建模。

必须在通用前处理器 **PREP7** 内定义单元类型，使用 **ET** 命令族 (**ET**, **ETCHG**

等)或基于 GUI 的等效命令来实现。详见[ANSYS Commands Reference](#) (ANSYS 命令参考手册)。通过单元名并给定一个单元参考号定义单元。例如, 下面的两个命令分别定义了两种单元类型: [BEAM4](#) 和 [SHELL63](#), 并给它们分配了相应的参考号 1 和 2:

```
ET,1,BEAM4
```

```
ET,2,SHELL63
```

与单元名对应的类型参考号表称为单元类型表。在定义实际单元时, 可通过 **TYPE** (**Main Menu>Preprocessor> Create>Elements>Elem Attributes**) 命令指向恰当的类型参考号。

许多单元类型有称为 KEYOPTs 的另外选项, 称之为 KEYOPT(1), KEYOPT(2) 等。例如对于 [BEAM4](#) 的 KEYOPT(9) 允许选择在每个单元的中间位置处计算结果。对于 [SHELL63](#) 的 KEYOPT(3) 允许抑制过度的位移变形。可通过 ET 命令、**KEYOPT** 命令 (**Main Menu>Preprocessor>Element Type> Add/Edit/Delete**) 指定 KEYOPTs。

### 1.2.3 定义单元实常数

单元实常数是依赖单元类型的特性, 如梁单元的横截面特性。例如 2D 梁单元 [BEAM3](#) 的实常数是面积 (AREA)、惯性矩 (IZZ)、高度 (HEIGHT)、剪切变形常数 (SHEARZ)、初始应变 (ISTRN) 和附加的单位长度质量 (ADDMAS)。并不是所有的单元类型都需要实常数, 同类型的不同单元可以有不同的实常数值。

可通过 **R** 族命令 (**R**, **RMODIF** 等) 或相应的等效菜单路径来指定实常数, 进一步信息见[ANSYS Commands Reference](#) ([ANSYS 命令参考手册](#))。对应于单元类型, 每组实常数有一个参考号, 与实常数组对应的参考号表称为实常数表。在定义单元时可通过 **REAL** 命令 (**Main Menu> Preprocessor>Create>Elements>Elem Attributes**) 来指定它对应的实常数号。

在定义实常数时, 必须牢记以下规则:

- 当使用 R 族命令时, 必须按照 ANSYS Elements Reference (ANSYS 单元参考手册) 中表 4.n.1 所示的顺序为每个单元类型输入实常数。
- 当用多种单元类型建模时, 每种单元类型使用各自的实常数组 (即不同的实常数参考号)。如果多个单元类型参考相同的实常数号, ANSYS 会发出一个警告信息, 然而每个单元类型可以参考多个实常数组。
- 使用 **RLIST** 和 **ELIST** 命令可以校验输入的实常数。**RKEY=1** (如下所示) 时, **RLIST** 列出所有实常数组的实常数值, **ELIST,,,,,1** 命令产生一个简单易读的列表, 包括每个单元、实常数号和它们的值。

Command(s):

**ELIST**

GUI:

**Utility Menu>List>Elements>Attributes + RealConst**

**Utility Menu>List>Elements>Attributes Only**

**Utility Menu>List>Elements>Nodes + Attributes**

**Utility Menu>List>Elements>Nodes + Attributes + RealConst**

Command(s):



**RLIST**

GUI:

**Utility Menu>List>Properties>All Real Constants****Utility Menu>List>Properties>Specified Real Const**

- 对于一维和面单元需要几何数据（截面积、厚度、直径等），这些数据都被作为常数。可以通过下列命令查看输入值。

Command(s):

**/ESHAPE** and **EPLLOT**

GUI:

**Utility Menu>PlotCtrls>Style>Size and Shape****Utility Menu>Plot>Elements**

ANSYS 采用实体单元显示单元，对于 Link 和壳单元使用矩形截面显示。管单元使用圆形截面显示。截面特性取决于实常数值。

**1.2.3.1 创建横截面**

如果使用 [BEAM188](#) 或 [BEAM189](#) 创建模型，可以在建模时使用截面命令（[SECTYPE](#), [SECDATA](#) 等（**Main Menu>Preprocessor>Sections>-Beam-Common Sects**））来定义或使用横截面。关于如果使用 Beam Tool 创建截面请参阅[ANSYS Advanced Analysis Techniques Guide](#)中的梁分析和横截面（《ANSYS 高级分析技术指南》）。

**1.2.4 定义材料特性**

绝大多数单元类型需要材料特性。根据应用的不同，材料特性可以是线性（见线性材料特性）或非线性（见非线性材料特性）。

与单元类型、实常数一样，每一组材料特性有一个材料参考号。与材料特性组对应的材料参考号表称为材料表。在一个分析中，可能有多个材料特性组（对应的模型中有多种材料）。ANSYS 通过独特的参考号来识别每个材料特性组。

当定义单元时，可以通过[MAT](#)命令来指定合适的材料参考号。

**1.2.4.1 线性材料特性**

线性材料特性可以是常数或温度相关的，各向同性或正交异性的，用下列方式定义常数材料特性（各向同性或正交异性）

Command(s):

**MP**

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Material Props > Material Models**

（详见 GUI 中的材料模型界面）

同样要指定恰当的材料特性标号，如 EX, EY, EZ 表示弹性模量，KXX, KYY, KZZ 表示热传导性等。对各向同性材料，只要定义 X 方向的特性，其它方向的特性缺省值与 X 方向同，如：

MP,EX,1,2E11      ! 材料参考号 1 的弹性模量为 2E11

MP,DENS,1,7800 ! 材料参考号 1 的密度为 7800

MP,KXX,1,43 ! 材料参考号 1 的热传导系数为 43

除了 Y 方向和 Z 方向特性的缺省值 (缺省值取 X 方向的特性), 可采用其它的材料特性缺省值来减少输入量。如泊松比 (NUXY) 缺省值取 0.3, 剪切模量 (GXY) 的缺省值取  $EX/2(1+NUXY)$ , 发散率缺省值取 1.0。详见 ANSYS 单元参考手册。

同样可通过 GUI 从材料库中选择常数, 各向同性, 线性材料特性。对 10 种材料的四种单位制有弹性模量、密度、热膨胀系数、泊松比、热传导系数及特定的热供选择。

注意:

材料库中的特性值是为了方便而提供的, 这些数值是材料的典型值, 供用户进行基本分析及一般应用场合, 用户必须自己对输入数据负责。

要定义温度相关的材料特性, 可使用 **MP** 命令并结合 **MPTEMP** 或 **MPTGEN**, 同样可使用 **MPTEMP** 和 **MPDATA** 命令。**MP** 命令允许定义以多项式的形式定义温度函数的材料特性, 多项式可以是线性、二次的、立方形式的或四次的。

$$\text{特性} = C_0 + C_1T + C_2T^2 + C_3T^3 + C_4T^4$$

Cn 为系数、T 为温度。可通过 **MP** 命令的变元 C0、C1、C2、C3、C4 输入系数, 如果仅指定 C0, 则材料特征为常量。如果指定 C0 和 C1, 则材料特征随温度线性变化; 等等。当按上述方法定义温度相关的特性时, 程序用点间线性插值方法 (即: 分段线性表达式) 计算离散温度点的多项式值, 而在端点外则使用等值外插值方法。在 **MP** 命令之前, 必须使用 **MPTEMP** 或 **MPTGEN** 命令为二次或更高次特性定义合适的温度步长。

第二种定义温度相关的材料特性的方法是: 运用 **MPTEMP** 和 **MPDATA** 命令组合。**MPTEMP** (或 **MPTGEN**) 命令定义一系列温度。通过 **MPDATA** 命令定义相应的材料特性值。例如: 下列命令定义材料号 4 与温度有关的焓:

MPTEMP,1,1600,1800,2000,2325,2326,2335 ! 6个温度数据点(temps 1-6)

MPTEMP,7,2345,2355,2365,2374,2375,3000 ! 6个以上的温度数据点(temps 7-12)

MPDATA,ENTH,4,1,53.81,61.23,68.83,81.51,81.55,82.31 ! 对应的焓值

MPDATA,ENTH,4,7,84.48,89.53,99.05,112.12,113.00,137.40 !

如果特性数据点的数量与温度数据点数不相等, ANSYS 程序仅使用定义特性函数表的具有两类数据点的位置。要为下一个材料特性定义一组不同的温度, 首先须通过执行 **MPTEMP** 命令 (不带任何变元) 删除当前的温度表, 然后定义新的温度 (使用 **MPTEMP** 或 **MPTGEN** 命令)。

**MPPLOT**命令(Main Menu>Preprocessor>Material Props>Graph)显示特性与温度的关系图。图 1-1 表示上例所定义的热焓与温度关系曲线。**MMPLIST**命令(Main Menu>Preprocessor>Material Props>List)列出材料的特性值。

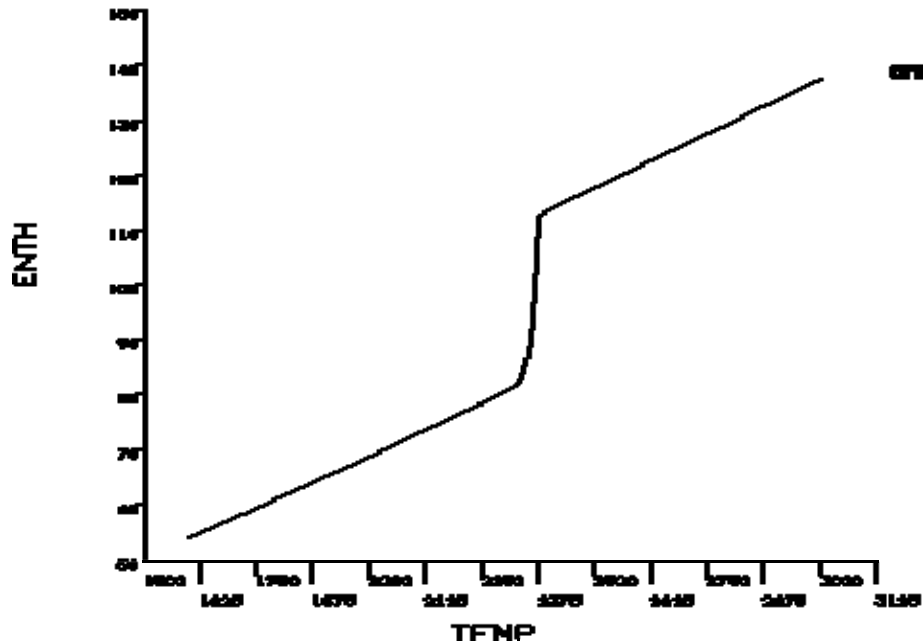


图 1-1 MPPLOT 命令显示实例

下面是关于温度相关材料特性的一些注意事项：

- 要修改已存在曲线的特性数据点，只需发出带有相应位置号的**MPDATA**命令，重新定义所需的数据点。例如，要将上面热焓与温度关系曲线中位置为 6 的 ENTH 值从 82.31 改为 83.09，使用的命令为：  
MPDATA,ENTH,4,6,83.09
- 要修改已存在曲线的温度数据点，需要两个命令：带有相应位置号的**MPTEMP**命令，指定新温度值；而**MPDRES**命令(Main Menu>Preprocessor>Material Props>Modify Temps)则将新的温度表与材料特性相关联。如，要将上面热焓与温度关系曲线中位置为 7 的温度从 2345 改为 2340，使用的命令为：

```
MPTEMP,7,2340          ! 修改位置7，其他位置不变
MPDRES,ENTH,4          ! 使材料4的ENTH与新的温度值相关联
```

使用 **MPDRES** 命令的原因是：无论何时定义一个温度相关的特性，温度与特性数据对就被立即存入数据库中。修改温度数据点仅仅影响随后定义的材料特性，而不影响已存储的特性。**MPDRES** 命令强制对已存储的特性进行修改。**MPDRES** 命令的另外两个用途是可以修改已存储特性并将它存储在一个新标识或新材料的参考号下。

**MPTRES**命令(Main Menu>Preprocessor>Material Props>Restore Temps)允许用先前已定义在数据库中的材料特性替换当前的温度表。然后能使用先前的温度数据点定义其他特性。

对于与时间相关的热膨胀系数 (ALPX, ALPY, ALPZ)，如果定义它们的基准温度 (定义温度) 与参考温度 (热应变为 0 的温度，是通过**MP,REFT** 或 **TREF** 命令定义的) 不同，那么，使用**MPAMOD**命令该数据转换为参考温度。对与该

命令等价的 GUI 路径, 参见[ANSYS Commands Reference](#) (ANSYS 命令参考手册)。

ANSYS 程序在求解中形成单元矩阵时, 考虑温度相关的材料特性。程序首先计算每个单元中心 (或每个温度单元的集中点) 的温度, 通过特性-温度表进行线性插值确定相应的材料特性值。有关 ANSYS 如何对温度相关材料进行估计, 见“线性材料特性”小节。

可以将线性材料特性 (不论是温度相关的特性还是常数) 存储到一文件或从文本文件调用它们。(关于材料库文件的讨论, 参见“使用材料库文件”小节), 也可用 [CDWRITE](#), *MAT* 将线性或非线性材料特性写入文件。

注意:

如果在任何 ANSYS 衍生产品 (ANSYS/Emag, ANSYS/Thermal, 等.) 中使用 [CDWRITE](#) 命令时, 必须编辑 [CDWRITE](#) 命令创建的 *Jobname.CDB* 文件, 去掉衍生产品中不支持的命令。必须在读 *Jobname.CDB* 前完成此工作。

### 1.2.4.2 非线性材料特性

非线性材料特性通常是表格数据, 如塑性数据 (不同硬化法则的应力-应变曲线)、磁场数据 (B-H 曲线)、蠕变数据、膨胀数据、超弹性材料数据等。定义非线性材料特性的第一步就是使用 [TB](#) 命令 (见 GUI 的材料模型界面) 激活数据表。例如: [TB](#), [BH](#), 2 命令激活材料参考号 2 的 B-H 表。

要输入表格数据, 使用 [TBPT](#) 命令。例如, 下列命令是定义一个 B-H 曲线。

```
TBPT,DEFI,150,21
TBPT,DEFI,300,55
TBPT,DEFI,460,80
TBPT,DEFI,640,95
TBPT,DEFI,720,1.0
TBPT,DEFI,890,1.1
TBPT,DEFI,1020,1.15
TBPT,DEFI,1280,1.25
TBPT,DEFI,1900,1.4
```

通过 [TBPLOT](#) 或 [TBLIST](#) 命令显示或列表以验证输入的数据。

样例显示了一个用 [TBPLOT](#) 命令定义的上述 B-H 曲线:

[TBPLOT](#) 命令实例

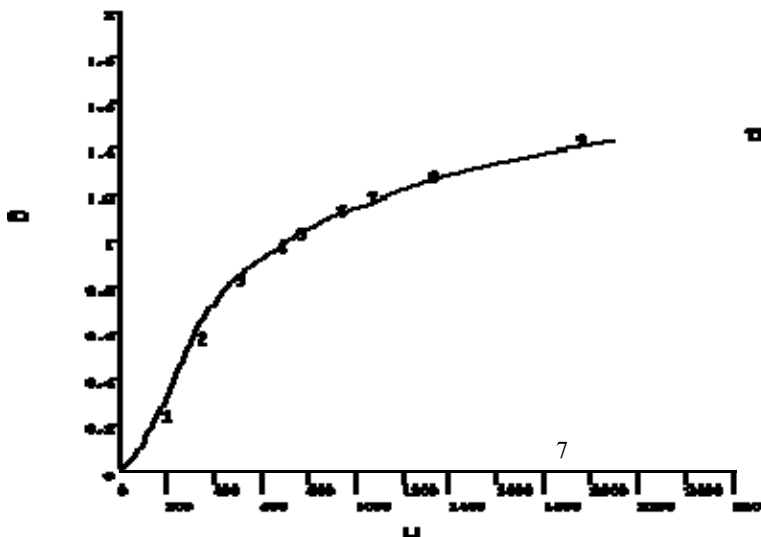


图 1-2 TBPLOT 命令的显示实例

### 1.2.4.3 各向异性弹性材料特性

有些单元类型允许采用各向异性弹性材料特性，这些特性通常是以矩阵形式输入。（这些特性不同于各向异性塑性，在各个不同方向它们需要不同的应力-应变曲线），允许采用各向异性弹性材料的单元类型有：[SOLID64](#)（3-D 各向异性实体单元）、[PLANE13](#)（2-D 耦合场实体）、[SOLID5](#) 和 [SOLID98](#)（3-D 耦合场实体）。

定义各向异性弹性材料特性的过程类似于定义非线性材料特性。首先使用**TB**命令（带变元 *Lab=ANEL*）激活一个数据表，然后使用**TBDATA**命令定义弹性系数矩阵。一定要通过**TBLIST**命令验证输入数据。更多的信息参见[ANSYS Elements Reference](#)（ANSYS 单元参考手册）的[Data Tables - Implicit Analysis](#)节和相应的单元描述。

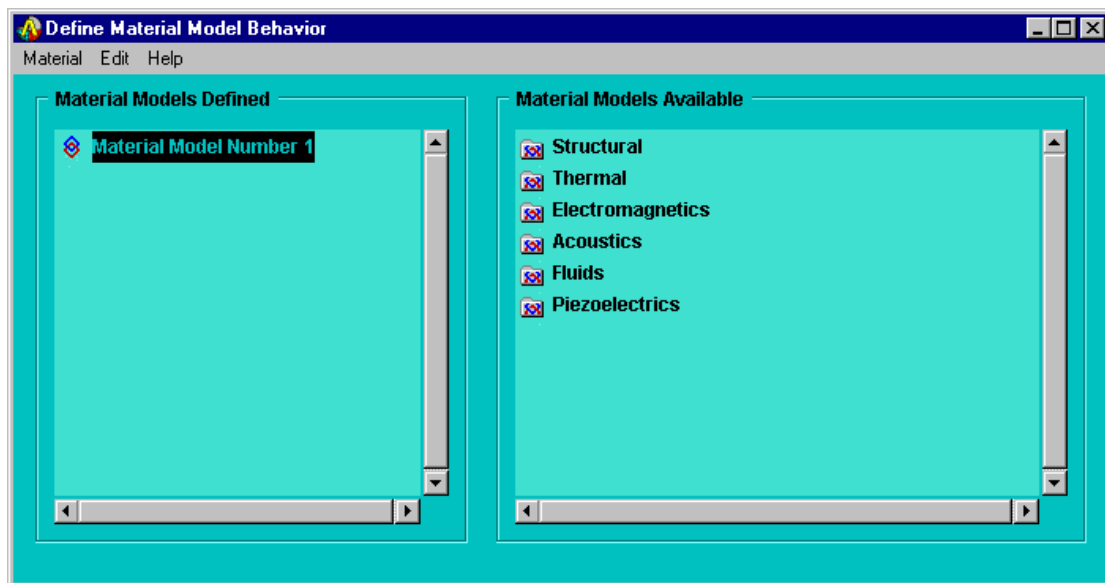
### 1.2.4.4 材料模型界面

ANSYS 包含直观的分级树结构界面来定义材料模型，逻辑上自顶向下材料类型分类指导用户为分析定义恰当的材料模型，用户可在除了需要使用**FLDATA**命令族的 CFD 分析外的所有其它分析中使用该材料模型界面。

#### 1.2.4.4.1 进入界面

可从 [Main Menu>Preprocessor>Material Props>Material Models](#) 接近材料模型，定义材料模型行为的对话框出现，该对话框通常显示结构树的顶端，如[Material Model Interface Initial Screen](#)所示。

材料模型界面初始屏幕



#### 1.2.4.4.2 选择材料行为

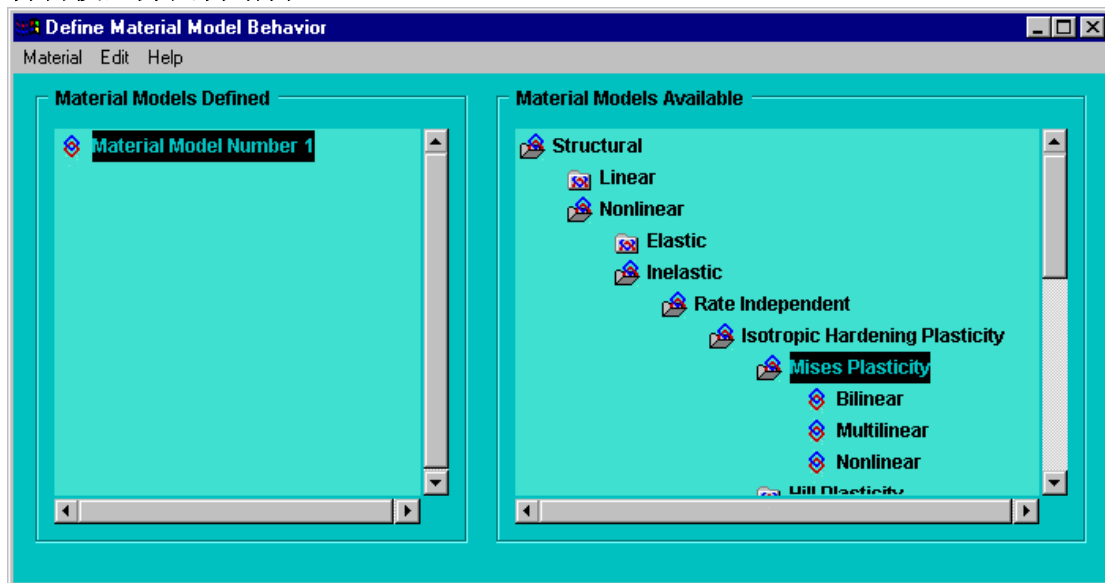
右边的可用材料模型窗口显示了材料类型列表 (例如, Structural, Thermal, Electromagnetics).

#### 注意:

如果选择 ANSYS/LS-DYNA 单元类型, 只有一种类型, LS-DYNA 出现。

如果某一类前出现文件夹图标, 则在该类下有子类, 当双击该类时, 子类相继出现, 下面是 [Material Model Interface Tree Structure](#) 所示的分类。

#### 材料模型界面树结构

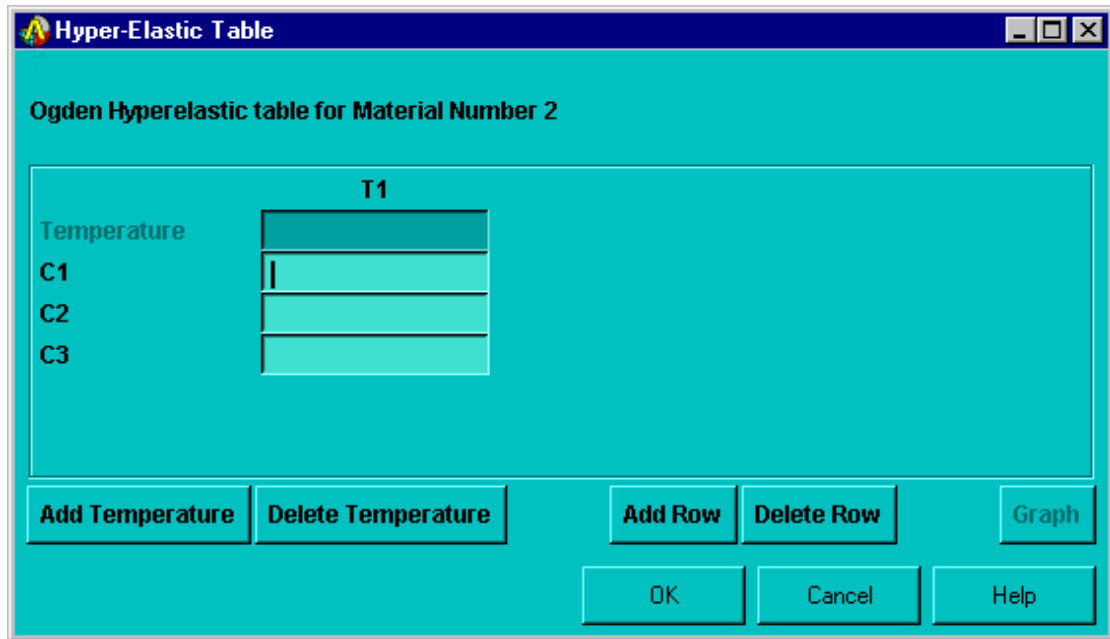


例如, 在 Structural 下有类型 Linear、Nonlinear 和 others, 材料模型进一步分类到最终可看到垂直的材料特性组列表或该类下的材料模型 (如, 在 Mises Plasticity 下有: Bilinear、Multilinear、Nonlinear)。一旦决定使用哪一种材料模型, 那就双击该项。这时就出现一个对话框提示用户针对某个特定的材料模型或特性组需要的输入数据, 数据输入对话框的详细内容在下面的 [输入材料数据](#) 中介绍。

#### 1.2.4.4.3 输入材料数据

数据输入对话框是一个表格, 用户可以更改的行和列数取决于所选择的特定材料特性或模型, 典型的数据输入框如 [数据输入对话框](#) 所示。

#### 数据输入对话框



在材料输入对话框内有两个交互输入区：数据输入表，及出现在底部的一系列动作按钮。按所定义的材料项不同，表中的标签也随之改变，原先出现的行和列数也会变化。材料项同样规定了用户可以增加或删除的行和列数。在大多数情况下，列代表温度，行表示数据值（例如，密度作为线性各向同性的特性，或对某一特定的非线性模型作为常数）

### 温度相关的数据

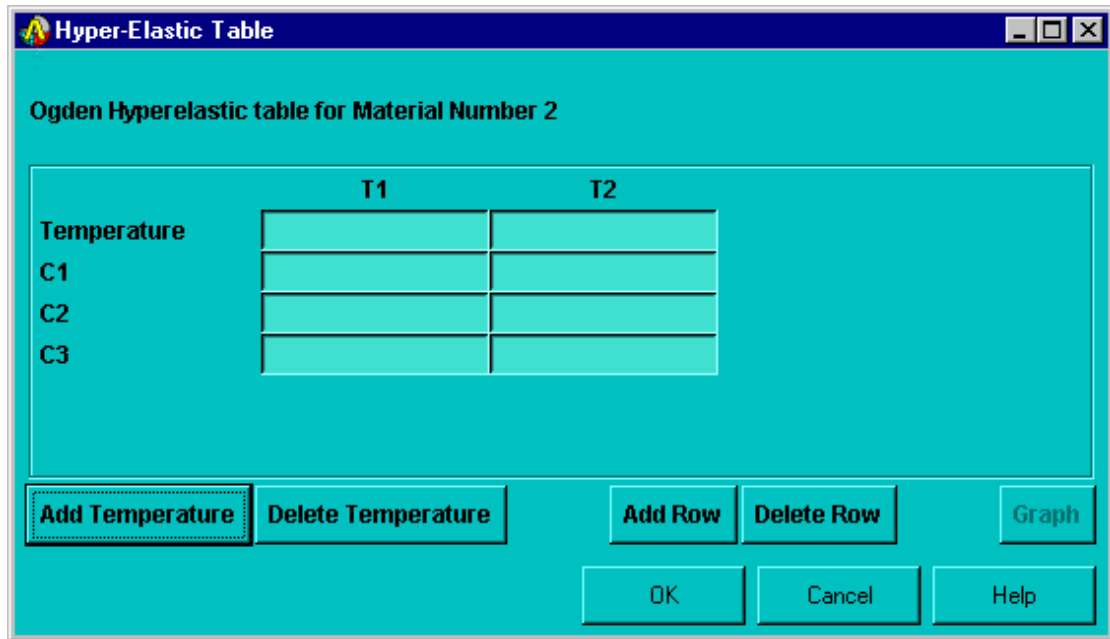
最初，数据表为温度相关数据而设置，所以温度区段变灰，这时，如果决定输入各种温度对应的数据，可很快为代表每一温度的数据加上文本区段的列。任何时候都可以增加或删除温度相关的数据。如果数据是温度相关的，不需要预先定义。

### 添加和删除列

要增加一列，将文本状态下的光标定位于现有的列中的任一区段，然后单击增加温度按钮，在现有的列的右边就出现新的一列，现有的和新增的列中的温度区段变成激活状态，如数据输入对话框-新增的列所示。

### 数据输入对话框-新增的列





用户在行中输入两个温度以及相对应的数据值，可根据需要按照同样的程序添加更多的温度列。在要插入新列的左边一列的某一区段，单击文本状态下的光标，然后单击添加温度按钮就可以在现有列之间插入新的列。当列数超过对话框的宽度时，在数据表的底部会出现一滚动条。

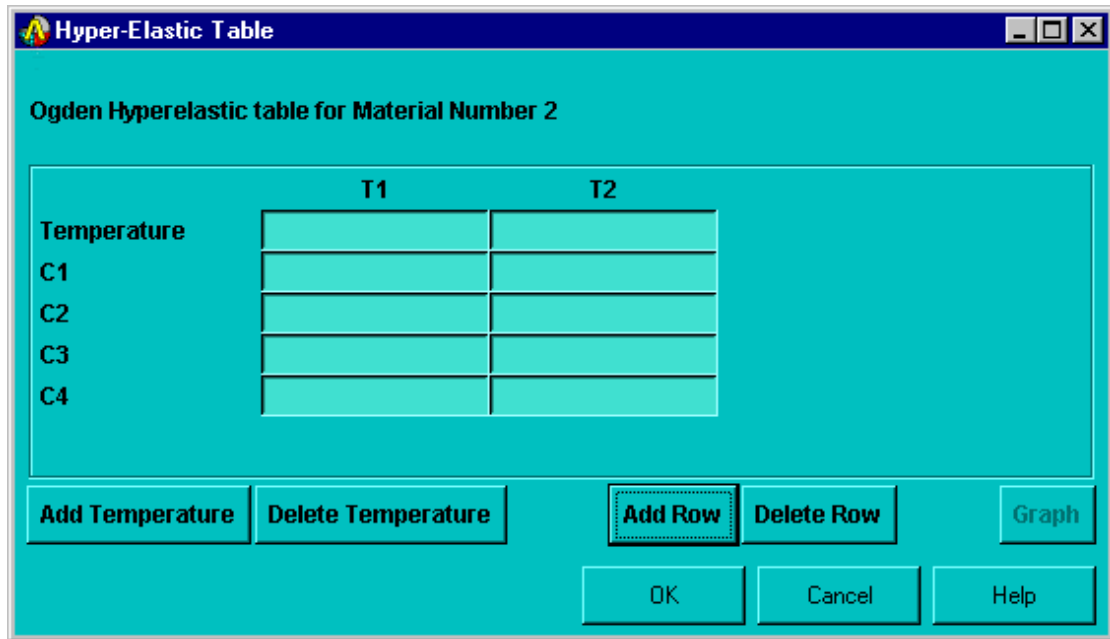
要删除某一温度列，将光标定位于所要删除的列的任一区段中，单击删除温度按钮。

### 添加和删除行

对某一特定的温度，用户可能需要添加另一常数行或其它数据，可按与上面介绍的添加和删除列类似的方法添加行。要添加一行，将文本光标放在现有行的任一区段，单击添加行（或添加点）按钮，在现有行的下方就出现一新行，如数据输入对话框-添加的行所示。

### 数据输入对话框-添加的行





按照同样的程序，可根据需要添加更多的行，将光标定位于上一行的任一区段，单击添加行（或添加点）按钮，可在现有的两行之间插入新的行。当行数超过对话框的高度时，表格中就会出现一垂直滚动条。

将文本光标定位于某一行的任一区段，单击删除行（或删除点）按钮，可删除该行。

### 在文本段输入/编辑数据

当数据对话框开始出现时，选择某一文本段（以黑色高对比显示），这就意味着该段准备接受用户输入的数据。可使用箭头键移动选择状态到其它文本段，同样，按下 Tab 键，允许用户移动选择状态到当前选择的文本段的右边的文本段。当开始在某一文本段内输入文本时，加亮区被用户输入的字符所取代。可使用左右箭头键将文本光标定位于想要取代或删除的任一段。

要编辑数据，必须首先选择文本去段，这可通过单击该段或使用箭头键移动选择状态到特定的段。

要拷贝/粘贴数据，选择要拷贝数据的文本，用 Ctrl-c 拷贝数据到剪贴板，选择空白的目标文本段，使用 Ctrl-v 将数据粘贴到该。要选择多个相邻的文本段，拖动鼠标从要选择的第一段到最后一段，或单击第一段，按下 Shift 键不放，然后再单击最后一段。要选择不相邻的多个段，按下 Ctrl 键不放，然后再选择要选取的段。

### 动作按钮

- 添加温度：添加一系列新的数据段到当前文本光标所在区段的右边列。如果不出现按钮，材料项与温度无关。
- 删除温度：删除一系列新的数据段到当前文本光标所在区段的右边列。如果不出现按钮，材料项与温度无关。

- 添加行 (或添加点):在文本光标当前所在行的下方添加一新的数据段, 如果不出现按钮, 对添加的更多数据没有提供材料项。
- 删除行 或删除点): 在文本光标当前所在行的下方删除一新的数据段, 如果不出现按钮, 材料项要求所有的数据输入段必须输入数据。
- 图形: 在 ANSYS 图形窗口下显示当前数据的图形。如果需要, 在单击 OK 键前可以改变表中的数据, 再单击 Graph 按钮。
- OK: 提交输入的所有数据到 ANSYS 的数据库, 并删除该对话框<sup>1</sup>。材料模型号 # 出现在材料模型定义树结构窗口, 对第一种模型 # = 1 , 或为用户在定义材料号对话框中指定的某一编号。
- Cancel: 取消所有输入的数据, 删除对话框<sup>1</sup>
- Help: 显示该帮助文件

<sup>1</sup>单击 OK 或 Cancel 删除输入数据对话框, 按下 Enter 键将不删除对话框。

如果按钮出现, 但是变灰的, 那么该功能是为特定的材料模型而定义的, 而用户还没有输入足够的数据使该功能被激活。

某些材料输入对话框可能包含其它按钮或交互输入元件, 这些是为完整定义某一材料模型而设置的。如想要这些交互输入元件的帮助文件, 见[ANSYS 操作指南](#)中的 [对话框及其元件](#)

#### 结构分析注意事项

执行结构分析时, 几种非弹性材料模型(双击下列树结构列表显示: Structural, Nonlinear, Inelastic)要用户输入数值代替弹性材料特性 (弹性模量和 / 或泊松比), 除了针对特定模型的非弹性常数外 (例如, 对双线性各向同性硬化模型是屈服应力和切线模量), 这些情况下, 在输入非弹性常数前, 必须输入弹性材料特性。如果试图首先输入非弹性材料常数, 就出现一个注释告知你必须首先输入弹性材料特性。单击注释的 OK 键后, 出现数据输入对话框, 提醒用户输入弹性材料特性并单击 OK, 然后又出现另一数据输入对话框告知用户为选择的特定材料模型输入非弹性常数。

#### 1.2.4.4.4 记录/编辑材料数据

材料模型定义窗口(定义材料模型行为对话框的左边窗口)显示用户指定的每个材料模型的记录, 在数据输入框选中 OK 后, 该窗口显示一文件夹图标、材料模型号 # (缺省状态, 第一个 # 是 1), 紧接着是所定义的该材料模型的特性。选择 Material > New Model , 然后在定义材料编号对话框中输入一新的编号, 可为材料模型定义另外的编号。如果双击任一材料模型或特性 (树结构的最右边), 相关的数据输入对话框出现在用户编辑数据的地方。

#### 1.2.4.4.5 范例：定义简单材料模型

这个范例及下面的两个范例显示了结构分析中材料模型界面的典型使用情况。如果用户的专业或兴趣在执行分析而不是结构分析，建议你仍然要阅读并执行这些例子，以使你对操作材料模型界面较熟悉。然后才能有勇气试着完成自己的特定领域的问题，或试着做各种 ANSYS 分析指南里的样例。这里是这些问题的一个样例：

- [在 ANSYS 热分析指南中完成一个稳态热分析（GUI 方式）](#)。
- 在 [ANSYS 电磁场分析指南](#) 中的 [3 维静态基于边缘的分析样例\(GUI 方式\)](#)。
- 在 [ANSYS 电磁场分析指南](#) 中的共轴波导高频谐振响应分析样例
- 在 [ANSYS 藕合场分析指南](#) 中的热-结构直接藕合的分析样例（GUI 方式）

下面的第一个样例打算让用户看看如何完整地定义简单的材料模型。该样例一步步地引导用户完成使用材料模型界面，在两种温度的大应变结构分析中，用 Voce 法则为模拟非线性各向同性硬化定义模型。

1. 从 ANSYS 主菜单，单击下列菜单路径： Preprocessor > Material Props > Material Models，出现 Define Material Model Behavior 对话框。
2. 在可用的材料模型窗口，双击下列选项： Structural, Linear, Elastic, Isotropic，出现一个对话框。
3. 按需要输入材料特性值 (EX 代表弹性模量，XY 代表泊松比)，并单击 OK，在材料模型定义窗口出现材料模型编号 1 的特性。
4. 在可用的材料模型窗口，双击下列选项： Nonlinear, Inelastic, Rate Independent, Isotropic Hardening Plasticity, Mises Plasticity, Nonlinear，出现包含表格的对话框，在表格中可按分析问题增加温度列或材料数据行。注意温度区段是变灰的，这是因为缺省状态下，ANSYS 假定是温度无关的应用场合，所以不需要输入温度值。由于本问题是温度相关的 (包含两个温度值)，所以必须首先增加另外一个温度列，这在下一步介绍。
5. 单击 Add Temperature 按钮，出现第二列。
6. 在温度行和 T 1 列输入第一个温度值。
7. 在 T 1 列的下面行中为第一个温度输入需要的 Voce 常数 (见[ANSYS 单元参考手册中的 非线性各向同性硬化](#))。
8. 在温度行的 T 2 列中输入第二个温度。
9. 在 T 2 列的下面行中为第二个温度输入需要的 Voce 常数。

注意，如果需要为第三个温度输入常数，必须将光标定位于 T 2 列的温度行中，然后再单击 Add Temperature 按钮，这将使第三个温度列出现。

这个材料模型对每一温度仅需要四个常数，如果使用允许更多常数的另外的模型，Add Row 按钮将激活，对那些材料模型，使用 Add Row (或 Add Point) 按钮同样有添加或插入行数的功能。

10. 单击 OK 键，对话框关闭，为该材料定义的特性列在 Material Model Number 1 下面。

#### 1.2.4.4.6 范例：编辑材料模型数据

这个例子告诉用户如何在材料模型界面中使用基本的编辑特征，假定用户已完成了前面的样例(见[范例：定义简单的材料模型](#))，并且已完成的材料模型列在 Material Models Defined 窗口。

编辑的数据通常分两类：更改已有的材料特性，拷贝整个材料特性组，形成与该模型差别不大的另一个材料模型。  
考虑这样一种情况，用户需要更改已指定给非线性各向同性模型的常数，按下列方式操作：

1. 双击 Nonlinear Isotropic，出现相关的对话框，对话框中的数据段中已有的数据也显示出来。
2. 在适当的区段中编辑常数，并单击 OK 键。

注意，如果需要更改任一其它材料特性，则在前面一步中双击 Linear Isotropic，这将使与 linear isotropic 特性相关的对话框出现，然后就可以编辑那些数据。

考虑另外一种情况，用户需要两种材料模型，第二种材料模型与第一种材料模型基本相同，不同之处在于第二种模型需要包含对应另外一个温度的数值。按下列方式操作：

1. 在 Define Material Model Behavior 对话框中，单击下列菜单路径：Edit > Copy，然后选择 1 表示来自那一个材料号，输入 2 表示到那个材料号，并单击 OK。Material Models Defined 窗现在包含列表形式的 Material Model Number 2，如果双击 Material Model Number 2，在 Material Model Number 2 下面就出现与 Material Model Number 1 一样的材料特性数据。
2. 在 Material Model Number 2 下面双击 Nonlinear Isotropic，出现相应的对话框。
3. 将文本光标移到最右边一列的 Temperature 行，单击 Add Temperature 按钮。就出现 T3 列。
4. 在新列中输入新的温度及与该温度相关的四个常数。

5. 单击 OK 键，关闭对话框，如果在 Material Model Number 2 下双击 Nonlinear Isotropic，则出现相关的对话框，并反映出为 Material Model Number 2 添加的新的温度值。

#### 1.2.4.4.7 范例：定义材料模型组合

这个范例目的是告知用户如何基于两种材料模型的组合来定义材料模型，它一步一步地示范如何使用材料模型界面定义模拟在某一温度四周软化的材料，这可通过组合 Nonlinear Isotropic 模型和 Chaboche 模型来实现。

如果你做过这一节前面的任一个范例，在开始下面的范例前启动一个新的 ANSYS 会话。

1. 从 ANSYS 主菜单单击下列菜单路径：Preprocessor > Material Props > Material Models，Define Material Model Behavior 对话框出现。
2. 在可用的 Material Models 窗口，双击下列选项：Structural, Linear, Elastic, Isotropic，出现一个对话框。
3. 按需要为材料特性输入数值 (EX 代表弹性模量, PRXY 代表泊松比)，单击 OK 键，在定义的 Material Models 窗口出现 Material Model Number 1 和 Linear Isotropic。
4. 在可用的 Material Models 窗口，双击下列选项：Nonlinear, Inelastic, Rate Independent, Combined Kinematic 和 Isotropic Hardening Plasticity, Mises Plasticity。
5. 双击 Chaboche 和 Nonlinear Isotropic，出现为 Chaboche 模型定义常数的对话框。
6. 输入与 Chaboche 模型相关的开始三个常数(见[ANSYS 单元参考手册](#)中的 *Nonlinear Kinematic Hardening*)。
7. Chaboche 模型允许用户指定更多的常数，要指定更多的常数，单击 Add Row 按钮,输入下一个常数。
8. 对余下的想要定义的 Chaboche 常数，重复前面的步骤。
9. 单击 OK 键，对话框关闭，出现定义 Nonlinear Isotropic 模型的另一对话框。
10. 输入与 Nonlinear Isotropic 模型相关的常数 (见 [ANSYS 单元参考手册](#)中的 *Nonlinear Isotropic Hardening*)。
11. 单击 OK 键，对话框关闭，在 Material Model Number 1 下，列出下述内容：Linear Isotropic, Chaboche, 和 Nonlinear Isotropic。用户可编辑其中的任何数据(见 [范例：编辑材料模型数据](#))。



#### 1.2.4.4.8 材料模型界面 – 杂项

材料模型界面的其它特征如下：

- 用来输入材料数据的任何批处理文件转换到材料模型中，并在 Define Material Model Behavior 对话框中的 Material Models Defined 窗口以列表的形式出现。
- 材料模型界面不从 ANSYS 材料库输入数据。ANSYS 材料库将在[Using Material Library Files](#)中讨论。
- 材料模型界面不支持用 **TB,MOONEY**, 或 **\*MOONEY** 命令输入。

#### 1.2.4.5 使用材料库文件

尽管可以为每一个有限元分析分别定义材料特性，ANSYS 程序可让用户以档案文件的形式存储材料特性组，然后在多种分析中恢复该数组并再次使用(每一材料特性数组有其自己的库文件)。材料库文件同样可让几个 ANSYS 用户共享常用的材料特性数据。

材料库特征还向用户提供其它一些优点：

- 因为材料库文件的存档内容可以重新使用，用户可用它来快速定义另外一个类似的材料特性组，并且不易出错。例如，假如已为一种钢定义了材料特性，想为另一种差别不大的钢生成材料特性，可以将现有的材料特性组写入材料库文件，再在一个不同的材料号下将其读入到 ANSYS 中，然后在 ANSYS 中，只要根据需要作很少的修改就可为第二种钢定义材料特性。
- 使用[/MPLIB](#) 命令(Main Menu>Preprocessor>Material Props> Material Library>Library Path)，可定义材料库读写路径。这样做可以允许用户以只读文档方式保护材料数据资源，而又提供 ANSYS 用户不需切换路径就可在本地图录写材料数据的功能。
- 用户可给自己的材料库文件起个有意义的名字来反映库中数据的特征，例如，描述铸钢材料特性的库文件可以是 STEELCST.SI\_MPL。(见 [创建\(写\)材料库文件](#) 有关文件名约定的说明)。
- 可以为材料库文件设计自己的目录层，这使用户可以按单位或任何其它选择的类别对材料类型进行分类和编目录 (plastic, aluminum, 等)。

下面几段是对如何创建和读入材料库文件的描述,参见 [ANSYS 单元参考手册](#)中对 [/MPLIB](#), [MPREAD](#), 和 [MPWRITE](#) 命令的进一步介绍。

#### 1.2.4.6 材料库文件的格式

材料库文件是 ANSYS 命令文件，文件格式支持线性和非线性材料特性，可以重复使用材料库文件，因为材料库文件是按下面的格式写的：一旦用户将材料特性组数据读入 ANSYS 数据库，就可以将该特性组与用户希望的任一材料号联系起来。

#### 1.2.4.7 为材料库文件指定缺省的读/写路径

在创建任何材料库文件前，为这些文件定义一个缺省的读/写路径：

Command(s):

**MPLIB**,*R-W\_opt,PATH*

GUI:

Main Menu>Preprocessor>Material Props>Material Library>Library Path

注：

ANSYS 提供的材料库位于： /ansys60/matlib/

在 *R-W* 选项处，指定 READ (设置读路径)，WRITE (设置写路径)，或 STAT，观察当前使用的是何种读/写路径。在 *PATH* 处，为将要使用的材料库文件指定路径。

#### 1.2.4.8 创建（写）材料库文件

按下列步骤操作来创建归档材料库文件：

发出 **UNITS** 命令，告知 ANSYS 程序当前使用的单位制。例如，要指定国际单位制，就发出 **UNITS**,SI 命令。不能在 GUI 模式下接近 **UNITS** 命令。

1. 使用 **MP** 命令 (Main Menu> Preprocessor>Material Props>Isotropic) 定义材料特性，要这样做，必须指定材料号及至少一种材料特性数值（例如，磁渗透性或 MURX）。
2. 从 PREP7 前处理器中发出下述命令：

**MPWRITE**,Filename,,,LIB,MAT

文件名是分配给材料库文件的名称，发出 **MPWRITE** (Main Menu>Preprocessor> Material Props>Material Library>Export Library)，并为该材料库文件指定文件名。

发出 **MPWRITE** 命令将由材料号 MAT 指定的材料数据写入当前工作目录中已命名过的文件中，(如果以前已发过 **MPLIB** 命令(Main Menu> Preprocessor>Material Props>Material Library>Library Path)指定了材料库的写路径，ANSYS 就将文件写到该路径。

材料库文件的命名约定如下：

- 文件名是在 **MPWRITE** 命令给定的名字，如果不指定文件名，缺省的文件名是 JOBNAME 。

- 材料库文件的扩展名为 `.xxx_MPL`, 这里 `xxx` 用来识别该材料特性组的单位制, 如果单位制是 CGS 制, 则文件的扩展名为 `.CGS_MPL`. 若在创建材料库文件前不指定单位制, 则缺省的扩展名是 `.USER_MPL` (表示采用用户定义的单位制)。

#### 1.2.4.9 读入材料库文件

按下列步骤将材料库文件读入 ANSYS 数据库中:

1. 使用 [UNITS](#) 命令或相应的 GUI 方式通知 ANSYS 程序使用何种单位制。注:

ANSYS 的缺省单位制是 SI, GUI 仅用当前激活的单位列出材料库文件。

2. 指定希望覆盖的新的材料参考号或已有的参考号:

Command(s):

[MAT](#)

GUI:

Main Menu>Preprocessor>Create>Elements>Elem Attributes

注:

覆盖 ANSYS 数据库中已有的材料会删除与之相连的所有数据。

3. 用下列命令将材料库文件读入数据库:

Command(s):

[MPREAD](#), *Filename*, *LIB*

GUI:

Main Menu>Preprocessor>Material Props>Material Library>Import Library

*LIB* 变元支持文件搜索层级, 程序首先在当前工作目录搜索已命名的材料库文件, 然后在由 [MPLIB](#) 命令指定的读路径查找, 最后在 ANSYS 提供的目录 `/ansys60/matlib` 中查找。如果忽略 *LIB* 变元, 程序仅在当前工作目录中查找。

#### 1.2.5 创建几何模型

一旦定义了材料特性, 在分析中下一步是生成确当地描述模型几何性质的有限元模型—节点和单元。下列图形显示了一些有限元模型实例。

有两种创建有限元模型方法: 实体建模和直接生成。使用实体建模, 描述模型的几何形状, 然后指示 ANSYS 程序自动对几何实体进行单元划分产生节点和单元。可以控制程序生成的单元的大小和形状。对于直接产生法, 手工定义每个节点的位置和每个单元的连接。可采用一些简便的操作, 如节点和单元的复制阵列、对称投影等。

关于这两种方法的细节和关于模型生成有关的其它方面-坐标系、工作平面、



耦合、约束方程等，在[ANSYS Modeling and Meshing Guide](#)（ANSYS 建模和网格划分指南）中描述。

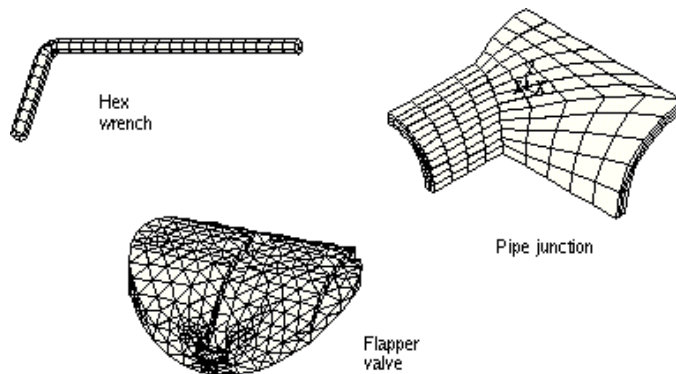


图 1-3 一些有限元模型实例

## 1.2.6 加载和求解

在这一步，运用 SOLUTION 处理器定义分析类型和分析选项，加荷，指定载荷步长选项，并对有限元求解进行初始化。也可使用 PREP7 前处理器加载。

### 1.2.6.1 定义分析类型和分析选项

可以根据载荷条件和要计算的响应选择分析类型。例如，要计算固有频率和模态振型，就必须选择模态分析。在 ANSYS 程序中，可以进行下列类型的分析：静态（或稳定）分析、瞬态分析、谐响应分析、模态分析、谱分析、屈曲和子结构。

并不是所有的分析类型对任何学科有效。例如，模态分析对于热分析模型无效。ANSYS 文档资料中的分析指南手册描述了每个学科可用的分析类型和进行分析的步骤。

分析选项允许自定义分析类型。典型的分析选项如求解的方法、应力硬化打开或关闭和 Newton-Raphson 选项。

要定义分析类型和分析选项，使用 **ANTYPE** 命令 (**Main Menu>Preprocessor>Loads>New Analysis** or **Main Menu>Preprocessor>Loads>Restart**) 和相应的分析选项命令 (**TRNOPT**, **HROPT**, **MODOPT**, **SSTIF**, **NROPT**, 等)。与其它命令等价的 GUI, 参见[ANSYS Commands Reference](#)（ANSYS 命令参考手册）。

如果执行静态或全瞬态分析，可利用求解控制对话框为该分析定义许多选项，求解控制对话框的详细内容见[Solution](#)。

可以指定一个新分析或重新开始分析，但绝大多数情况是进行一个新的分析。允许用户在结束点或放弃点恢复作业的单构架的重启动分析对静态（或稳

态)、谐响应（仅对 2-D 磁场）以及瞬态分析可用，允许用户在任意点恢复分析的多构架的重启动分析对静态或全瞬态结构分析可用。有关部门执行重启动分析的完整信息见 [Restarting an Analysis](#)。各种分析指南对重启动分析的其它细节都有讨论。在第一次求解后，不能改变分析类型和分析选项。

下面显示的是结构瞬态分析中输入列表的一个例子。记住：模型中使用的单元类型隐含了分析的学科类型（结构、热力、磁场等）。

```
ANTYPE,TRANS
TRNOPT,FULL
SSTIF,ON
NLGEOM,ON
```

一旦定义了分析类型和分析选项，下一步是加载。有些结构分析类型要求首先定义其它项目，如主自由度和间隙条件。[ANSYS Structural Analysis Guide](#)（ANSYS 结构分析指南）描述了这些项目在什么场合必需。

### 1.2.6.2 加载

本手册中使用的载荷（loads）包括边界条件（约束、支承，或边界区域规定）和其它外部或内部作用载荷，在 ANSYS 程序中，载荷分成 6 类：

- DOF 约束
- 力
- 表面分布载荷
- 体积载荷
- 惯性载荷
- 耦合场载荷

这些载荷绝大多数可施加到实体模型（关键点、线和面）或有限元模型（节点和单元）。关于载荷类型的细节以及如何将载荷施加到模型上，参见本手册的 [Loading](#)。

必须知道与载荷相关的两个重要术语：载荷步和子步。载荷步仅指可求得解的载荷配置。例如，在结构分析中，可将风引起的载荷施加于第一个载荷步，第二个载荷步施加重力。载荷步对于将一个瞬态载荷历程曲线划分成几段也是有用的。

子步是指一个载荷步中增加的步数。主要是为了瞬态分析或非线性分析中提高分析精度和收敛。子步还称为时间步，代表一段时间。

注：ANSYS 程序在瞬态分析和静态（或稳态）分析中使用时间的概念。在瞬态分析中，时间代表实际时间，用秒、分、小时表示；在静态或稳态分析中，时间仅作为计数器以标识载荷步和子步。

### 1.2.6.3 指定载荷步选项

载荷步选项是在一个载荷步到另一载荷步改变的选项，如子步数、载荷步的

结束时间和输出控制。根据所作分析的类型，载荷步选项可有可无。在分析指南手册的分析步骤中描述了所需的载荷步选项。载荷步选项的一般描述参见 [Loading](#)。

#### 1.2.6.4 开始求解

使用下列任一方法开始求解：

Command(s) (命令)：

[\*\*SOLVE\*\*](#)

GUI:

**Main Menu>Solution>Current LS**

**Main Menu>Solution>solution\_method**

当发出该命令后，ANSYS 程序从数据库中获取模型和载荷信息，并计算结果。结果被写入结果文件（*Jobname.RST*, *Jobname.RTH*, *Jobname.RMG*, 或 *Jobname.RFL*）以及数据库。唯一的差别是每次仅有一组结果驻留在数据库中，而可以将所有组结果（所有子步的结果）写入结果文件中。

可用常规方法求解多个载荷步：

Command(s) (命令)

[\*\*LSSOLVE\*\*](#)

GUI:

**Main Menu>Solution>From LS Files**

[Solution](#) 中讨论该主题和其它与求解有关的主题。

#### 1.2.7 检查分析结果

一旦完成计算，可通过 ANSYS 后处理器察看结果。可使用两个后处理器：POST1 和 POST26。

POST1 为通用后处理器，可用于查看整个模型或选定的部分模型在某一子步（时间步）的结果。键入 POST1 的命令为 [\*\*/POST1\*\*](#) (**Main Menu>General Postproc**)，仅在开始阶段有效。可获得等值线显示、变形形状以及检查和解释分析的结果的列表。POST1 提供了许多其他功能，包括误差估计、载荷工况组合、结果数据的计算和路径操作。

POST26 为时间历程后处理器，用于查看模型的特定点在所有时间步内的结果。键入 POST26 的命令为 [\*\*/POST26\*\*](#) (**Main Menu>TimeHist Postpro**)，仅在开始阶段有效。可获得结果数据对时间(或频率)的关系的图形曲线及列表。POST26 的其它功能包括算术计算和复数。关于 POST1 和 POST26 的功能和使用方法的细节在本文档的后面章节中描述。

## 第 2 章：加 载

### 2.1 载荷概述

有限元分析的主要目的是检查结构或构件对一定载荷条件的响应。因此，在分析中指定合适的载荷条件是关键的一步。在 ANSYS 程序中，可以用各种方式对模型加载，而且借助于载荷步选项，可以控制在求解中载荷如何使用。

### 2.2 什么是载荷

在 ANSYS 术语中，载荷（loads）包括边界条件和外部或内部作用力函数，如图 2-1 所示。不同学科中的载荷实例为：

结构分析：位移，力，压力，温度（热应变），重力

热分析：温度，热流速率，对流，内部热生成，无限表面

磁场分析：磁势，磁通量，磁场段，源流密度，无限表面

电场分析：电势（电压），电流，电荷，电荷密度，无限表面

流体分析：速度，压力

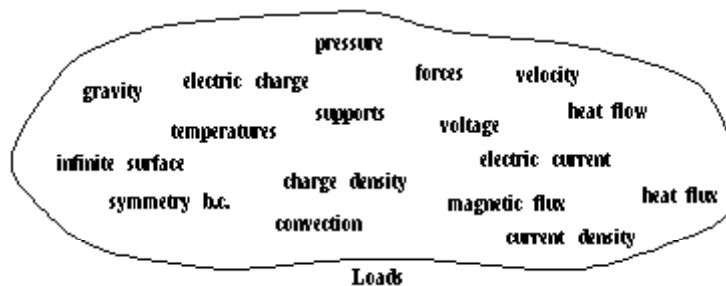


图 2-1 “载荷”包括边界条件以及其它类型的载荷

载荷分为六类：DOF 约束，力（集中载荷），表面载荷，体积载荷、惯性力及耦合场载荷。

- *DOF constraint*（DOF 约束）将用一已知值给定某个自由度。例如，在结构分析中约束被指定为位移和对称边界条件；在热力分析中指定为温度和热通量平行的边界条件。
- *Force*（力）为施加于模型节点的集中载荷。例如，在结构分析中被指定为力和力矩；在热力分析中为热流速率；在磁场分析中为电流段。
- *Surface load*（表面载荷）为施加于某个表面上的分布载荷。例如，在结构

分析中为压力；在热力分析中为对流和热通量。

- **Body load**（体积载荷）为体积的或场载荷。例如，在结构分析中为温度和 fluences；在热力分析中为热生成速率；在磁场分析中为流密度。
- **Inertia loads**（惯性载荷）由物体惯性引起的载荷，如重力加速度，角速度和角加速度。主要在结构分析中使用。
- **Coupled-field loads**（耦合场载荷）为以上载荷的一种特殊情况，从一种分析得到的结果用作为另一分析的载荷。例如，可施加磁场分析中计算出的磁力作为结构分析中的力载荷。

其它与载荷有关的术语的定义在下文中出现。

## 2.3 载荷步、子步和平衡迭代

载荷步仅仅是为了获得解答的载荷配置。在线性静态或稳态分析中，可以使用不同的载荷步施加不同的载荷组合—在第一个载荷步中施加风载荷，在第二个载荷步中施加重力载荷，在第三个载荷步中施加风和重力载荷以及一个不同的支承条件，等等。在瞬态分析中，多个载荷步加到载荷历程曲线的不同区段。

ANSYS 程序将把在第一个载荷步选择的单元组用于随后的所有载荷步，而不论你为随后的载荷步指定哪个单元组。要选择一个单元组，可使用下列两种方法之一。

Command(s)（命令）：

**ESEL**

GUI:

**Utility Menu>Select>Entities**

图 2-2 显示了一个需要三个载荷步的载荷历程曲线—第一个载荷步用于（ramped load）线性载荷，第二个载荷步用于载荷的不变部分，第三个载荷步用于卸载。

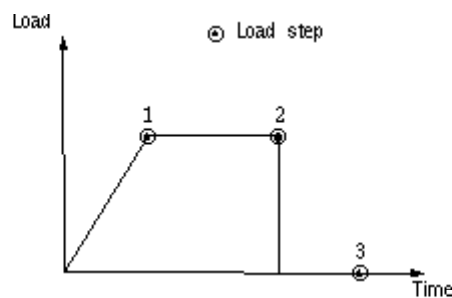


图 2-2 使用多个载荷步表示瞬态载荷历程。

子步为执行求解的载荷步中的点。使用子步，有如下原因。

- 在非线性的静态或稳态分析中，使用子步逐渐施加载荷以便能获得精确解。
- 在线性或非线性瞬态分析中，使用子步满足瞬态时间累积法则（为获得精确解通常规定一个最小累积时间步长）。
- 在谐波响应分析中，使用子步获得谐波频率范围内多个频率处的解。

，平衡迭代是在给定子步下为了收敛而计算的附加解。仅用于收敛起着很重要的作用的非线性分析（静态或瞬态）中的迭代修正。

例如,对二维非线性静态磁场分析,为获得精确解,通常使用两个载荷步。(如图 2-3 所示)

- 第一个载荷步，将载荷逐渐加到 5 至 10 个子步以上，每个子步仅用一次平衡迭代。
- 第二个载荷步，得到最终收敛解，且仅有一个使用 15-25 次平衡迭代的子步。

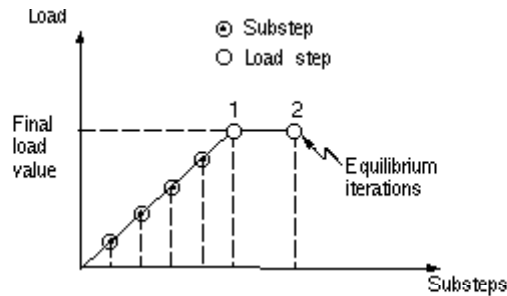


图 2-3 载荷步, 子步和平衡迭代

## 2.4 跟踪中时间的作用

在所有静态和瞬态分析中，ANSYS 使用时间作为跟踪参数，而不论分析是否依赖于时间。其好处是：在所有情况下可以使用一个不变的“计数器”或“跟踪器”，不需要依赖于分析的术语。此外，时间总是单调增加的，且自然界中大多数事情的发生都经历一段时间，而不论该时间多么短暂。

显然，在瞬态分析或与速率有关的静态分析（蠕变或粘塑性）中，时间代表实际的、按年月顺序的时间，用秒、分钟或小时表示。在指定载荷历程曲线的同时（使用 **TIME** 命令），在每个载荷步结束点赋时间值。使用下列方法之一赋时间值：

Command(s) (命令):

## TIME

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Time/Frequenc>Time and Substps or Time - Time Step**

Main Menu&gt;Solution&gt;Sol'n Control:Basic Tab

**Main Menu>Solution>Time/Frequenc>Time and Substps or Time - Time Step**

**Main Menu>Solution>Unabridged Menu>Time/Frequenc>Time and Substps or Time - Time Step**

然而，在不依赖于速率的分析中，时间仅仅成为一个识别载荷步和子步的计数器。缺省情况下，程序自动地对 **time** 赋值，在载荷步 1 结束时，赋 **time=1**；在载荷步 2 结束时，赋 **time=2**；依次类推。载荷步中的任何子步将被赋给合适的、用线性插值得到的时间值。在这样的分析中，通过赋给自定义的时间值，就可建立自己的跟踪参数。例如，若要将 100 个单位的载荷增加到一载荷步上，可以在该载荷步的结束时将时间指定为 100，以使载荷和时间值完全同步。



那么，在后处理器中，如果得到一个变形-时间关系图，其含义与变形-载荷关系相同。这种技术非常有用，例如，在大变形屈曲分析中，其任务是跟踪结构载荷增加时结构的变形。

当求解中使用弧长方法时，时间还表示另一含义。在这种情况下，时间等于载荷步开始时的时间值加上弧长载荷系数(当前所施加载荷的放大系数)的数值。ALLF 不必单调增加(即：它可以增加、减少或甚至为负)，且在每个载荷步的开始时被重新设置为 0。因此，在弧长求解中，时间不作为“计数器”。

弧长方法是一先进的求解技术，关于使用该方法的细节，参见[ANSYS Structural Analysis Guide](#) (ANSYS 结构分析指南)的[Nonlinear Structural Analysis](#)。

载荷步为作用在给定时间间隔内的一系列载荷。子步为载荷步中的时间点，在这些时间点，求得中间解。两个连续的子步之间的时间差称为时间步长或时间增量。平衡迭代纯粹是为了收敛而在给定时间点进行计算的迭代求解方法。

## 2.5 阶跃载荷和坡道载荷

当在一个载荷步中指定一个以上的子步时，就出现了载荷应为阶跃载荷或是线性载荷的问题。

- 如果载荷是阶跃的，那么，全部载荷施加于第一个载荷子步，且在载荷步的其余部分，载荷保持不变。如图 2-4(a)所示。
- 如果载荷是逐渐递增的，那么，在每个载荷子步，载荷值逐渐增加，且全部载荷出现在载荷步结束时。如图 2-4(b)所示。

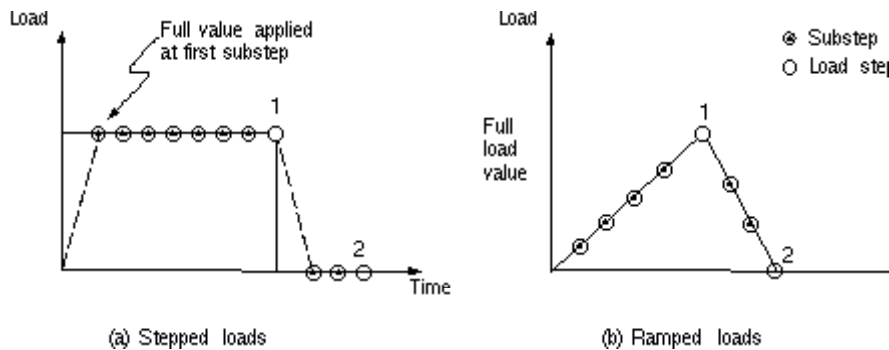


图 2-4 阶跃载荷与坡道载荷

**KBC** 命令 (Main Menu>Solution>Sol'n Control:Transient Tab, Main Menu>Solution>Time/Frequenc>Freq & Substeps / Time and Substeps / Time & Time Step, or Main Menu>Solution>Unabridged Menu>Time/Frequenc>载荷 Freq & Substeps / Time and Substeps / Time & Time Step)用于表示载荷为坡道载荷还是阶跃载荷。**KBC,0** 表示载荷为坡道载荷；**KBC,1** 表示载荷为阶跃载荷。缺省值取决于学科和分析类型[以及**SOLCONTROL** 处于 ON 或 OFF 状态。

**Load step options** (载荷步选项)是用于表示控制载荷应用的各选项(如时间，子步数，时间步，载荷为阶跃或逐渐递增)的总称。其它类型的载荷步选项包括收敛公差(用于非线性分析)，结构分析中的阻尼规范，以及输出控制。

## 2.6 如何加载

可将大多数载荷施加于实体模型（关键点，线和面）上或有限元模型（节点和单元）上。例如，可在关键点或节点施加指定集中力。同样地，可以在线和面或在节点和单元面上指定对流（和其它表面载荷）。无论怎样指定载荷，求解器期望所有载荷应依据有限元模型。因此，如果将载荷施加于实体模型，在开始求解时，程序自动将这些载荷转换到节点和单元上。

### 2.6.1 实体模型载荷：优点和缺点

#### 优点

- 实体模型载荷独立于有限元网格。即：你可以改变单元网格而不影响施加的载荷。这就允许你更改网格并进行网格敏感性研究而不必每次重新施加载荷。
- 与有限元模型相比，实体模型通常包括较少的实体。因此，选择实体模型的实体并在这些实体上施加载荷要容易得多，尤其是通过图形拾取时。

#### 缺点

- ANSYS 网格划分命令生成的单元处于当前激活的单元坐标系中。网格划分命令生成的节点使用整体笛卡尔坐标系。因此，实体模型和有限元模型可能具有不同的坐标系和加载方向。
- 在简化分析中，实体模型不很方便。此时，载荷施加于主自由度。（你仅能在节点而不能在关键点定义主自由度。）
- 施加关键点约束很棘手，尤其是当约束扩展选项被使用时。（扩展选项允许你将一约束特性扩展到通过一条直线连接的两关键点之间的所有节点上。）
- 不能显示所有实体模型载荷。

#### 关于实体模型载荷的说明

如前所述，在开始求解时，将实体模型载荷自动转换到有限元模型。如果你将实体模型载荷与有限元模型载荷、耦合或约束方程混合起来，应该预防以下冲突：

- 转换过的实体模型载荷将取代现有的节点或单元载荷，而不管这些载荷的输入顺序。例如，转换的时候，在一条线上的 **DL,,,UX** 命令将改写任何这条线上节点的 **D,,,UX's** 命令。
- 删除实体模型载荷将删除所有对应的有限元载荷。例如，在一个面上的 **SFADELE,,,PRES** 命令将立即删除任何在这个面上单元用 **SFE,,,PRES's** 命令定义的载荷。
- 线或面的对称或反对称条件 (**DL,,,SYMM**, **DL,,,ASYM**, **DA,,,SYMM**, 或 **DA,,,ASYM**) 经常引入节点旋转，而属于被约束的线或面的节点，它的节点约束，节点力，联结，或约束平衡将受到影响。



## 2.6.2 有限单元载荷：优点和缺点

### 优点

- 在简化分析中不会产生问题，因为可将载荷直接施加在主节点。
- 不必担心约束扩展，可简单地选择所有所需节点，并指定适当的约束。

### 缺点

- 任何有限元网格的修改都使载荷无效，需要删除先前的载荷并在新网格上重新施加载荷。
- 不便使用图形拾取施加载荷。除非仅包含几个节点或单元。

以下几节讨论如何施加各类载荷-约束，集中力，表面载荷，体积载荷，惯性载荷和耦合场载荷，并解释如何指定载荷步选项。

## 2.6.3 DOF 约束

表 2-1 显示了每个学科中可被约束的自由度和相应的 ANSYS 标识符。标识符（如 UX, ROTZ, AY 等）标识符所指的方向基于节点坐标系。对不同坐标系的描述，参见[ANSYS Modeling and Meshing Guide](#) (ANSYS 建模和网格划分指南)。

表 2-2 显示了施加、列表显示和删除 DOF 约束的命令。注意：可将约束施加于节点，关键点，线和面上。

表 2-1 每个学科中可用的 DOF 约束

学科	自由度	ANSYS 标识符
结构分析	平移 旋转	UX, UY, UZ ROTX, ROTY, ROTZ
热分析	温度	TEMP
磁场分析	矢量势 标量势	AX, AY, AZ MAG
电场分析	电压	VOLT
流体分析	速度 压力 紊流动能 紊流扩散速率	VX, VY, VZ PRES ENKE ENDS

表 2-2 DOF 约束的命令

位置	基本命令	附加命令
节点	<a href="#">D</a> , <a href="#">DLIST</a> , <a href="#">DDELE</a>	<a href="#">DSYM</a> , <a href="#">DSCALE</a> , <a href="#">DCUM</a>
关键点	<a href="#">DK</a> , <a href="#">DKLIST</a> , <a href="#">DKDELE</a>	-
线	<a href="#">DL</a> , <a href="#">DLLIST</a> , <a href="#">DLDELE</a>	-
面	<a href="#">DA</a> , <a href="#">DALIST</a> , <a href="#">DADELE</a>	-
转换	<a href="#">SBCTRAN</a>	<a href="#">DTRAN</a>

下面是一些可用于施加 DOF 约束的 GUI 路径的例子：

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>-Loads->Apply>load type>On Nodes**

**Utility Menu>List>Loads>DOF Constraints>On Keypoints**

**Main Menu>Solution>Apply>load type>On Lines**

其它 GUI 路径信息和表 2-2 所列的命令说明参见[ANSYS Commands Reference](#) (ANSYS 命令参考手册)。

## 2.6.4 施加对称或反对称边界条件

使用 **DSYM** 命令在节点平面上施加对称或反对称边界条件。该命令产生合适的 DOF 约束。生成的约束列表参见[ANSYS Commands Reference](#) (ANSYS 命令参考手册)。

例如，在结构分析中，对称边界条件指平面外移动和平面内旋转被设置为 0，而反对称边界条件指平面内移动和平面外旋转被设置为 0。（参见图 2-5。）在对称面上的所有节点根据 **DSYM** 命令的 KCN 字段被旋转到指定的坐标系中。对称和反对称边界条件的使用示于图 2-6。当在线和面上施加对称或反对称边界条件时，**DL** 和 **DA** 命令的作用方式与 **DSYM** 命令相同。

对于 FLOTRAN 分析，可使用 **DL** 和 **DA** 命令在线和面上施加速度，压力，温度和紊流量。在线的端点和面的边上，你可以根据判断自由施加边界条件。

注：

在使用通用后处理器 (POST1) 时如果数据库中的节点旋转角度与正在处理的解中所用的节点旋转角度不同，POST1 可能会显示不正确的结果。如果在第二个或其后的载荷步中通过施加对称或反对称边界条件引入节点旋转，通常会导致这种状况。当执行 **SET** 命令 (Utility Menu> List>Results>Load Step Summary) 时，在 POST1 中错误情况显示下列信息：

\*\*\*警告\*\*\*使用与当前存储内容不同的模型或边界条件数据的累积迭代 1 可能已求解。  
POST1 结果可能是错误的，除非你从一个与该结果相配的.db 文件中恢复。

图 2-5 在结构分析中的对称和反对称边界条件

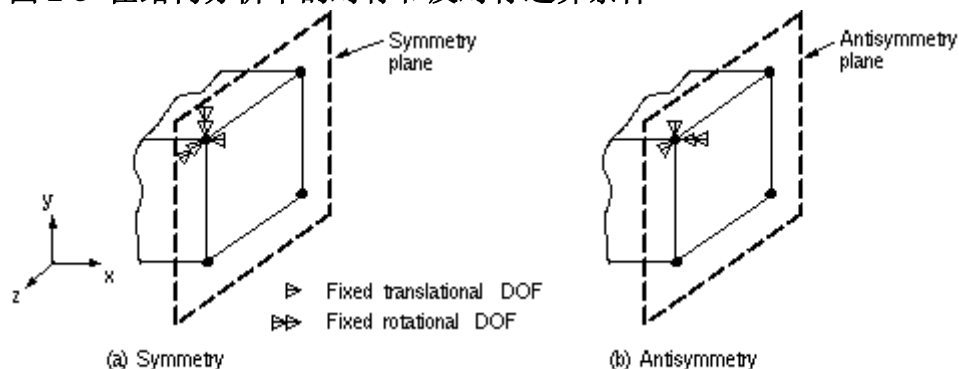
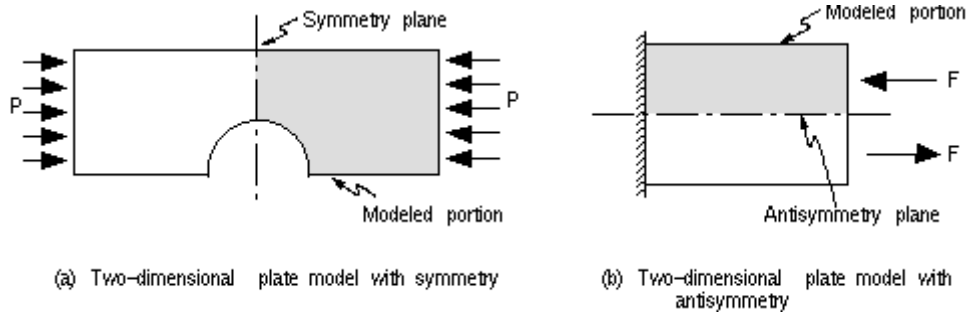


图 2-6 使用对称和反对称边界条件实例



## 2.6.5 传递约束

要将已施加在实体模型上的约束传递到对应的有限元模型，使用下列方法之一：  
Command(s)（命令）：

### DRAN

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Operate>-Transfer to FE->Constraints**

**Main Menu>Solution>Operate>-Transfer to FE->Constraints**

要传递所有实体模型的边界条件，使用下列方法之一：

Command(s)（命令）：

### SBCTRAN

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Operate>-Transfer to FE->All Solid Lds**

**Main Menu>Solution>Operate>-Transfer to FE->All Solid Lds**

### 2.6.5.1 重新设置约束

缺省情况下，如在同一自由度处重复设置一个 DOF 约束，则新约束替代原先的约束。用 DCUM 命令 (**Main Menu>Preprocessor>Loads>Settings>-Replace vs. Add->Constraints**) 可将该缺省值改变为增加（对累积）或忽略重复设置。例如：

```
NSEL,...           ! 选择一组节点
D,ALL,VX,40        ! 在所有节点设置 VX = 40
D,ALL,VX,50        ! 将 VX 值改变为 50 (替换)
DCUM,ADD           ! 接着待加的自由度
D,ALL,VX,25        ! 在所有节点 VX = 50+25 = 75
DCUM,IGNORE        ! 接着待忽略的自由度
D,ALL,VX,1325      ! 这些 VX 值被忽略!
DCUM               ! 将 DCUM 重新设置为缺省 (替换)
```

关于 NSEL, D, and DCUM 命令的讨论参见 [ANSYS Commands Reference](#) (ANSYS 命令参考手册)。

使用 DCUM 设置的任何 DOF 约束保持设置不变直到发出另一个 DCUM

命令。要重新设置缺省设置（替换），仅需发一个不带变元的DCUM 命令。

### 2.6.5.2 比例缩放约束值

可以缩放已存在的 DOF 约束值，方法如下：

Command(s)（命令）：

#### DSCALE

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Operate>-Scale FE Loads->Constraints**

**Main Menu>Solution>Operate>-Scale FE Loads->Constraints**

DSCALE 和 DCUM 命令对所有被选择的节点和所有被选择的 DOF 标识都起作用。缺省情况下，激活的 DOF 标识为与模型中单元类型相联系的那些。

Command(s)（命令）：

#### DOFSEL

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Operate>-Scale FE Loads->Constraints (or Forces)**

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Settings>-Replace vs. Add->Constraints (or Forces)**

**Main Menu>Solution>Operate>-Scale FE Loads->Constraints (or Forces)**

**Main Menu>Solution>Settings>-Replace vs. Add->Constraints (or Forces)**

例如，如果仅要缩放 VX 的值而不要缩放任何其他 DOF 标识，使用下列命令：

DOFSEL,S,VX	! 选择 VX 标识
DSCALE,0.5	! 将所有被选择节点的VX缩小0.5
DOFSEL,ALL	! 重新激活所有DOF标识

在热分析中缩放温度约束时，可以使用DSCALE命令的 *TBASE* 字段缩放对基准温度的温度偏差（即：缩放|TEMP-TBASE|）而不是缩放实际温度值。如下图所示。

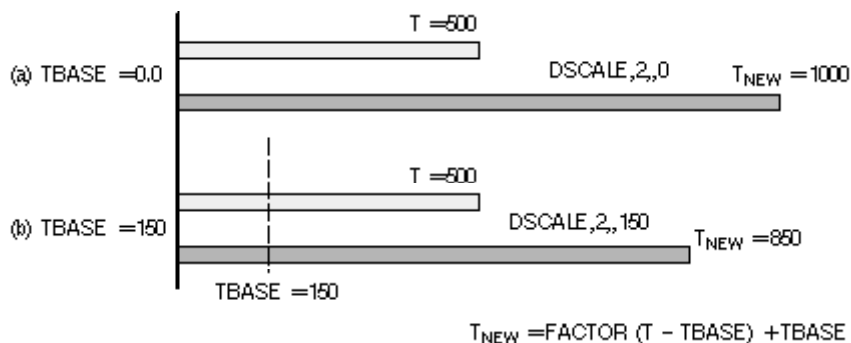


图 2-7 使用 DSCALE 缩放温度约束

### 2.6.5.3 消除冲突的约束指定

必须注意 **DK**, **DL**, 和 **DA** 约束参数冲突的可能性和 ANSYS 程序是如何处理这些冲突的。下列冲突可能会出现：

- **DL** 指定会与相邻线（共享的关键点）上的 **DL** 指定冲突
- **DL** 指定会与任一关键点上的 **DK** [.././././Documents and Settings/Administrator/My Documents/com\\_55/chapter3/CS3-D.htm - DL指定冲突](#)
- **DA** 指定会与相邻面（共享的线/关键点）上的 **DA** 指定冲突
- **DA** 指定会与其任何线上的 **DL** 指定冲突
- **DA** 指定会与其任何关键点上的 **DK** 指定冲突

ANSYS 程序按下列顺序将有施加到实体模型上的约束转换到相应的有限元模型：

1. 按面号增加的顺序，将 DOF **DA** 约束转换到面（和边界线以及关键点）上的节点
2. 按面号增加的顺序，将 SYMM and ASYM **DA** 约束转换到面（和边界线以及关键点）上的节点
3. 按线号增加的顺序，将 DOF **DL** 约束转换到线（和边界关键点）上的节点
4. 按线号增加的顺序，将 SYMM and ASYM **DL** 约束转换到线（和边界线以及关键点）上的节点
5. 将 **DK** 约束转换到关键点（和相连线，面以及体，如果满足扩展边界条件）上的节点

因此，对冲突的约束，**DK** 命令改写 **DL** 命令，**DL** 命令改写 **DA** 命令。对冲突的约束，指定给较大线号或面号的约束分别改写指定给较低线号或面号的约束。与约束指定发出顺序无关。

**注：**在实体模型约束的转换中检测到的任何冲突都会产生与下列相似的警告信息

\*\*\*WARNING\*\*\*

线号为8的DOF 约束 ROTZ (第一个 value=22) 正在替换以前从另一个 DA, DL 或 DK's 组转换到节点 18 上的 D (第一个 value=0)。

在求解过程中改变 **DK**, **DL**, 或 **DA** 约束的值，在下次或其后的边界条件转换过程中可能会产生许多这类警告信息。如果在求解过程中使用 **DADEL**, **DLDEL**, 和/或 **DDELE** 命令删除节点的 **D** 约束，则可防止这些警告的产生。

**注：**对流体分析自由度 VX, VY, 或 VZ 上冲突的约束，给定 0 值(管壁条件)总是优先于非 0 值入口/出口条件)。在这种情况下的冲突将不会产生警告。

### 2.6.6 力（集中载荷）

表 2-3 显示了每个学科中可用的集中载荷和相应的 ANSYS 标识符。标识符（如 FX, MZ, CSGY 等）所指的任何方向都在节点坐标系中。对不同坐标系的说明，参见 [ANSYS Modeling and Meshing Guide](#)（ANSYS 建模和网格划分指南）的第三章。表 2-4 显示了施加、列表显示和删除集中载荷的命令。注意：可将集中载荷施加于节点和关键点上。

表 2-3 每个学科中可用的“力”

学科	力	ANSYS 标识符
结构分析	力 力矩	FX, FY, FZ MX, MY, MZ
热分析	热流速率	HEAT
磁场分析	Current Segments 磁通量 电荷	CSGX, CSGY, CSGZ FLUX CHRG
电场分析	电流 电荷	AMPS CHRG
流体分析	流体流动速率	FLOW

表 2-4 用于施加力载荷的命令

位置	基本命令	附加命令
节点	<a href="#">F</a> , <a href="#">FLIST</a> , <a href="#">FDELETE</a>	<a href="#">FSCALE</a> , <a href="#">FCUM</a>
关键点	<a href="#">FK</a> , <a href="#">FKLIST</a> , <a href="#">FKDELETE</a>	-
转换	<a href="#">SBCTRAN</a>	<a href="#">FTRAN</a>

下面是一些用于施加集中力载荷的 GUI 路径的例子：

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>-Loads-Appl>load type>On Nodes**

**Utility Menu>List>Loads>Forces>On Keypoints**

**Main Menu>Solution>-Loads-Appl>load type>On Lines**

表 2-4 所列命令的说明参见[ANSYS Commands Reference](#)（ANSYS 命令参考手册）。

### 2.6.6.1 重复设置集中载荷

缺省情况下，如果在同一自由度处重复设置一个集中载荷，则新指定替代原先的指定。使用下列方法之一可将该缺省设置改变为增加（对累积）或忽略：

Command(s)（命令）：

[FCUM](#)

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>-Loads-Settings>Forces**

**Main Menu>Solution>-Loads-Settings>-Replace vs. Add->Forces**

例如：

```

F,447,FY,3000      ! 在节点447施加集中载荷FY = 3000
F,447,FY,2500      ! 将FY值该为2500 (替换)
FCUM,ADD           ! 接下来待加的集中力
F,447,FY,-1000     ! 在节点447FY = 2500-1000 = 1500
FCUM,IGNORE        ! 接下来将忽略的集中力
F,25,FZ,350        ! 该载荷被忽略!
FCUM               ! 重新设置FCUM为缺省值(替换)

```

关于**F**与 **DCUM** 命令的讨论参见 [ANSYS Commands Reference](#)（ANSYS 命令参考手册）。

使用**DCUM**设置的任何集中载荷保持设置不变直到发出另一个 **DCUM** 命令。要重新设置缺省设置（替换），仅需发一个不带变元的**DCUM** 命令。

### 2.6.6.2 比例缩放集中载荷值

**FSCALE**命令允许你缩放已存在的集中载荷值：

Command(s)（命令）：

#### **FSCALE**

GUI：

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Operate>-Scale FE Loads->Forces**

**Main Menu>Solution>Operate>-Scale FE Loads->Forces**

**FSCALE** 和 **FCUM** 命令对所有被选择的节点和所有被选择的集中载荷标识都起作用。缺省情况下，激活的集中载荷标识为与模型中单元类型相关联的标识。可以使用**DOFSEL**命令选择这些标识中的子组。例如，要缩放 FX 值而不需缩放任何其他标识，可以使用下列命令：

```
DOFSEL,S,FX          ! 选择FX标识
FSCALE,0.5           ! 将所有被选择节点的FX缩小0.5
DOFSEL,ALL           ! 重新激活所有DOF标识
```

### 2.6.6.3 转换集中载荷

要将已施加在实体模型上的集中载荷转换到对应的有限元模型，使用下列方法之一：

Command(s)（命令）：

#### **FTRAN**

GUI：

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Operate>-Transfer to FE->Forces**

**Main Menu>Solution>Operate>-Transfer to FE->Forces**

要转换实体模型的所有边界条件，使用**SBCTRAN**命令：

GUI：

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Operate>-Transfer to FE->All Solid Lds**

**Main Menu>Solution>Operate>-Transfer to FE->All Solid Lds**

## 2.6.7 表面载荷

表 2-5 显示了每个学科中可用的表面载荷和相应的 ANSYS 标识符。表 2-6 显示了施加，列表显示和删除表面载荷的命令。注意：不仅可将表面载荷施加于线和面上，还可加于节点和单元上。

表 2-5 每个学科中可用的表面载荷

学科	表面载荷	ANSYS 标识符
结构分析	压力	PRES <sub>L</sub>



热分析	对流 热流量 无限表面	CONV HFLUX INF
磁场分析	麦克斯韦表面 无限表面	MXWF INF
电场分析	麦克斯韦表面 表面电荷密度 无限表面	MXWF CHRG INF
流场分析	流体结构界面 阻抗	FSI IMPD
所有学科	超级单元载荷矢	SELV

1. 不要将它与 PRES 自由度混淆。

表 2-6 用于施加表面载荷的命令

位置	基本命令	其它命令
节点	<a href="#">SF</a> , <a href="#">SFLIST</a> , <a href="#">SFDELE</a>	<a href="#">SFSCALE</a> , <a href="#">SFCUM</a> , <a href="#">SFFUN</a> , <a href="#">SFGRAD</a>
单元	<a href="#">SFE</a> , <a href="#">SFELIST</a> , <a href="#">SFEDELE</a>	<a href="#">SFBEAM</a> , <a href="#">SFFUN</a> , <a href="#">SFGRAD</a>
线	<a href="#">SFL</a> , <a href="#">SFLIST</a> , <a href="#">SFLDELE</a>	<a href="#">SFGRAD</a>
面	<a href="#">SFA</a> , <a href="#">SFALIST</a> , <a href="#">SFADELE</a>	<a href="#">SFGRAD</a>
转换	<a href="#">SFTRAN</a>	-

下面是一些用于施加表面载荷的 GUI 路径的例子：

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>-Loads->Apply>load type>On Nodes**

**Utility Menu>List>Loads>Surface Loads>On Elements**

**Main Menu>Solution>-Loads->Apply>load type>On Lines**

表 2-6 所列命令的详细说明参见[ANSYS Commands Reference](#)（ANSYS 命令参考手册）。

注：ANSYS 程序根据单元和单元面存储在节点上指定的面载荷。因此，如果对同一表面使用节点面载荷命令和单元面载荷命令，则使用后者的规定。

ANSYS 按适当方式将压力施加于轴对称壳单元或梁单元的内外表面。对于分层壳([SHELL91](#) 和 [SHELL99](#))，面内压力载荷矢量施加在节点平面上。[KEYOPT\(11\)](#) 决定壳内节点平面的位置。当用平面单元代表二重曲面时，应为实际子午半径的函数的值是不精确的。

### 2.6.7.1 将压力载荷施加于梁上

要将压力载荷施加于梁单元的侧面和两端，使用下列方法之一：

Command(s)（命令）：

[SFBEAM](#)

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Apply>-Structural->Pressure>On Beams**

**Main Menu>Solution>Apply>-Structural->Pressure>On Beams**



可以施加侧向压力，其大小为每单位长度的力，分别沿法向和切向。压力可以沿单元长度线性变化，可指定在单元的部分区域，如下图所示。通过将 JOFFST 设置为-1，还可以将压力减少为梁单元上任何位置处的力（点载荷）。端部压力的单位为力。

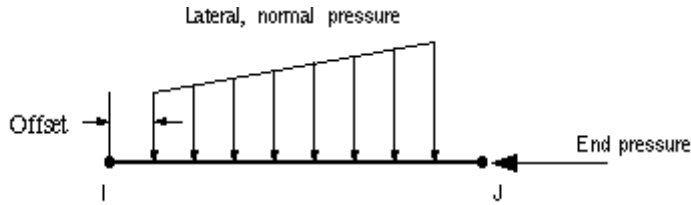


图 2-8 梁表面载荷的示例

### 2.6.7.2 给定节点号与表面载荷的函数关系

当将表面载荷施加于节点或单元上时，**SFFUN** 命令 (**Main Menu>Preprocessor >Loads>Settings>-For Surface Ld->Node Function**, 或 **Main Menu>Solution>Settings>-For Surface Ld->Node Function**) 用于指定节点号与待施加的表面载荷的函数关系。当你要施加其他地方（例如，由其他软件包）计算出的节点表面载荷时，该命令是有用的。首先你应以一个包含载荷值的数组形式定义该函数。在数组参数中值的位置代表节点号。例如，下面所示的数组参数分别指定节点 1，2，3 和 4 处的四个表面载荷。

$$ABC = \begin{bmatrix} 400.0 \\ 587.2 \\ 965.6 \\ 740.0 \end{bmatrix}$$

假设这些是热流量值，将按下列方法施加：

```
*DIM,ABC,ARRAY,4           ! 声明数组ABC的大小
ABC(1)=400,587.2,965.6,740  ! 定义ABC的值
SFFUN,HFLUX,ABC(1)         ! ABC 用于热流量函数
SF,ALL,HFLUX,100           ! 在所有选择的节点，热流量为100,
                             ! 在节点i 热流量为100 + ABC(i).
```

关于**\*DIM**, **SFFUN**, 和 **SF** 命令的讨论，参见 [ANSYS Commands Reference](#) (ANSYS 命令参考手册)

在上例中，**SF** 命令指定所有被选择节点的热流量为 100。如果节点 1-4 为所选节点组中的部分节点，这些节点被指定的热流量为 100+ABC(i): 在节点 1 为 100+400=500, 在节点 2 为 100+587.2=687.2, 依此类推。

注：使用**SFFUN**命令的设定对其后的所有**SF** 和 **SFE** 命令都起作用，要消除该设定参数，仅需发一个不带变元的**SFFUN** 命令。

### 2.6.7.3 指定斜率

可以使用下列两个方法之一指定倾斜率（斜度），用于随后施加的表面载荷。  
Command(s) (命令):

**SFGRAD**

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Settings>-For Surface Ld->Gradient****Main Menu>Solution>Settings>-For Surface Ld->Gradient**

还可以使用该命令施加线性变化的表面载荷，例如，浸入水中结构上的静液压力。

要创建梯度规定，指定待控制的载荷类型(*Lab* 变元)、坐标系和坐标方向，在（分别为 *SLKCN* 和 *SLDIR*）中定义斜率，载荷（如其后的表面载荷命令所指定的载荷）值作用的位置（*SLZER*）及斜率（*SLOPE*）将起作用。

例如：要施加图 2-9 所示的静液压力（*Lab*=PRES）可在整体笛卡尔坐标系（*SLKCN*=0）的 Y 方向（*Sldir*=Y）指定其斜率。在  $Y=0$ （*SLZER*=0）处，压力（在其后的 **SF** 命令中将被指定为 500）的值为已知的被指定值（500），且沿 Y 的正方向（*SLOPE*=-25）每个单位长度下降 25。

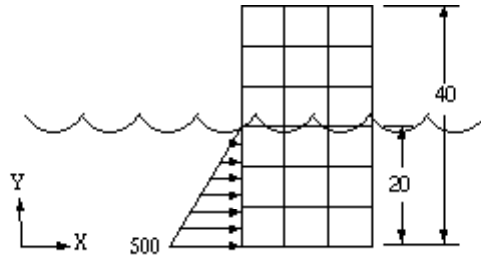


图 2-9 表面载荷斜率[SFGRAD]的示例

使用的命令如下：

```
SFGRAD,PRES,0,Y,0,-25      ! 全局笛卡尔坐标系中 Y斜率为-25
NSSEL,...                  ! 选择压力施加的节点
SF,ALL,PRES,500            ! 所有被选择节点的压力:
                           ! 在Y=0处为500, 在Y=10处为250, 在Y=20处为0
```

在圆柱坐标系(例如 *SLKCN*=1)中给定梯度时，还应记住以下几点。第一，*SLZER* 以度表示，*SLOPE* 以载荷大小/度表示。第二，应遵循下列两个规则：

**规则 1:** 设置 **CSCIR** （为了控制坐标系奇异点位置）使待加载的表面不通过坐标系奇异点。

**规则 2:** 选择 *SLZER*，使之与**CSCIR** 设置一致。即：如果奇异点在  $180^\circ$  处 [**CSCIR**,*KCN*,0]，*SLZER* 应在  $\pm 180^\circ$  之间；如果奇点在  $0^\circ$  处 [**CSCIR**,*KCN*,1]，*SLZER* 应在  $0^\circ$  - $360^\circ$  之间。

下例说明为什么要给出这些规则。对图2-10所示位于局部柱坐标系 11 的半圆壳，将对半圆壳施加一个作用外部的楔形压力，压力从 $-90^\circ$ 位置的 400 逐渐变化到  $90^\circ$ 位置的 580。缺省情况下，奇异点位于柱坐标系中的  $180^\circ$ ，因此，壳的坐标范围从 $-90^\circ$  to  $+90^\circ$ 。下列命令将用于施加所需的压力载荷。

```
SFGRAD,PRES,11,Y,-90,1    ! 使压力沿C.S. 11的  $\theta$  方向线性变化
```

! 指定压力作用于-90度，斜率为1个单位/度  
 SF,ALL,PRES,400 ! 在所有被选择的节点压力:  
 ! 在-90度为400., 在0度为490., 在+90度为580.  
 在-90°, 压力值为 400 (指定), 以 1 个单位/度的斜率增加, 在 0 度位置增加到 490,  
 在+90 度位置增加到 580。  
 对于 *SLZER*, 可能会诱导用户使用 270°而不是-90°。  
 SFGRAD,PRES,11,Y,270,1 ! 使压力沿C.S. 11的  $\theta$  方向线性变化  
 ! 指定压力作用于270度，斜率为1个单位/度  
 SF,ALL,PRES,400 ! 在所有被选择的节点压力:  
 ! 在-90度为400., 在0度为490., 在+90度为580.

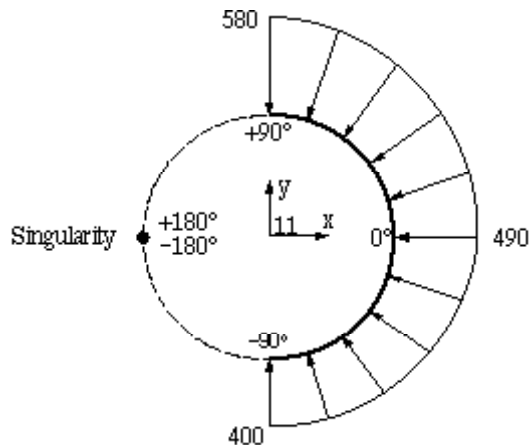


图 2-10 圆柱壳上线性增加的载荷

然而，如图 2-11 左边所示，这可能导致所施加的逐渐变化载荷与要求的载荷值不同。这是因为奇点仍位于 180°（坐标范围从-90° 到 +90°，而 *SLZER* 不在-180°到+180°范围内）。结果，程序将使用 270°位置处的载荷 400，和 1 个单位/度的斜率计算得到：施加于+90°位置处的载荷为 220，施加于 90°位置处的载荷为 130，施加于-90°位置处的载荷为 40。依照第二个规则，则可避免这种情况的发生。即当奇点在 180°位置时，选择 *SLZER* 在±180°之间；当奇点在 0°位置时，选择 *SLZER* 在 0°到 360°之间；

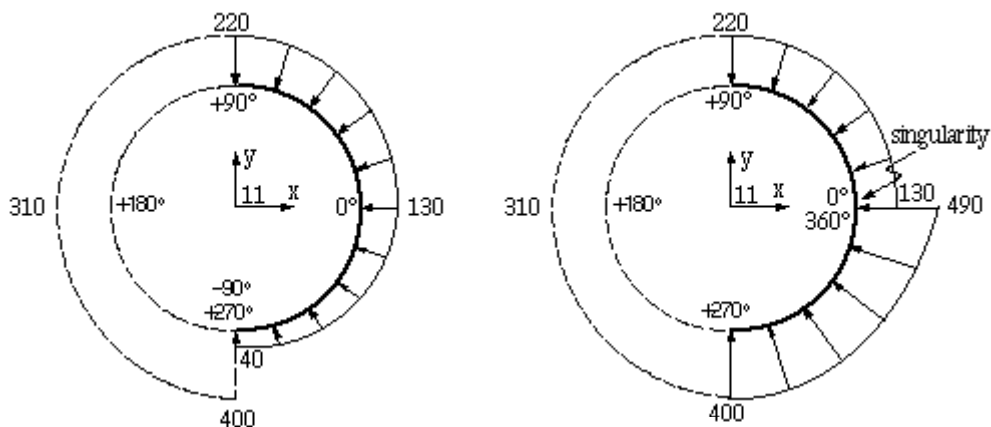


图 2-11 违背规则 2（左）和规则 1（右）

假设将奇点位置改变到  $0^\circ$ ，因此满足第二条规则（ $270^\circ$  在  $0^\circ$  到  $360^\circ$  之间）。但壳的上半部分，节点坐标的范围在  $0^\circ$  到  $+90^\circ$  之间，而壳的下半部分，节点坐标的范围在  $270^\circ$  到  $360^\circ$  之间，待加载的表面过奇点，违背规则 1。

```
CSCIR,11,1          ! 将奇点改变到零度
SFGRAD,PRES,11,Y,270,1  ! C.S. 11.的  $\theta$  方向施加线性变化的压力
                        压力作用于270度位置，斜率为1单位/度，SF,ALL,PRES,400
! 所有被选择的节点压力：
                        ! 在270度位置为400，在360度位置为490
                        ! 在0度位置为130
```

程序将使用 270 度位置的载荷 400 和 1 单位/度的斜率计算得到：施加于 270 度位置的载荷值为 400，360 度位置的载荷为 490，90 度位置的载荷为 220，0 度位置的载荷为 130。违背规则 1 在逐渐变化的载荷上将产生 1 个奇点，如图 2-11 右所示。由于节点离散化，实际施加的载荷在奇点将不会发生如图所示的剧烈变化。反而，在所示的情况下，0 度处节点的载荷为 130，下一个沿顺时针方向的节点（比如在 358 度位置）的载荷为 488。

注：**SFGRAD**指定对所有随后的载荷施加命令都起作用。要去除该指定，仅需发一个不带变元的**SFGRAD**命令。而且在读取载荷步文件时，如果**SFGRAD**指定起作用，那么程序在读取文件前将删除该指定。

大变形作用会显著改变节点位置。基于节点位置的**SFGRAD**斜率和载荷值计算不会根据这些变化作相应更新。如果需要这种功能，使用表面 3 加载的**SURF19** 或 **SURF153**命令，或使用表面 4 加载的**SURF22** 或 **SURF154**命令。

#### 2.6.7.4 重复设置表面载荷

缺省情况下，如果在相同自由度处重复设置一个表面载荷，则新指定替代原先的指定。使用下列方法之一可将该缺省值改变为增加（对累积）或忽略重复设置：

Command(s)（命令）：

**SFCUM**

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Settings>-Replace vs. Add-Surface Loads**

**Main Menu>Solution>Settings>-Replace vs. Add-Surface Loads**

使用**SFCUM**设置的任何表面载荷保持设置不变直到发出另一个 **SFCUM** 命令。要重新设置缺省设置（替换），仅需发一个不带变元的**SFCUM** 命令。**SFSCALE**命令允许比例缩放已存在的表面载荷值。**DFCUM**和**SFSCALE**命令仅对被选择的单元组起作用。*Lab* 字段允许选择表面载荷标识。

#### 2.6.7.5 转换表面载荷

要将已施加在实体模型上的表面载荷转换到对应的有限元模型，使用下列方

法之一：

Command(s) (命令)：

**[SFTRAN](#)**

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Operate>-Transfer to FE->Surface Loads**

**Main Menu>Solution>Operate>-Transfer to FE->Surface Loads**

要转换实体模型的所有边界条件，使用 **[SBCTRAN](#)** 命令（参见[2.6.3](#)节对DOF约束的描述）。

### 2.6.7.6 使用表面效应单元施加载荷

有时可能需要施加一个所使用的单元不能接受的表面载荷。例如：有时可能需要在结构实体单元上施加均布切向（或任何非法向，或定向）压力，在热分析实体单元上施加辐射指定等。在这些情况下，可以使用表面效果单元覆盖所要施加载荷的表面，并用这些单元作为“管道”施加所需的载荷。目前可使用下列表面作用单元：对 2-D 模型，可使用 [SURF151](#)和 [SURF153](#)；对 3-D 模型，可使用 [SURF152](#)和 [SURF154](#)。

### 2.6.8 体积载荷

表 2-7 显示了每个学科中可用的体积载荷和相应的 ANSYS 标识符。表 2-8 显示了施加、列表显示和删除体积载荷的命令。可将体积载荷施加于节点，单元，关键点，线，面和体上。

表 2-7 每个学科中可用的体积载荷

学科	表面载荷	ANSYS 标识符
结构分析	温度	TEMP <a href="#">1.</a>
	Fluence	FLUE
热分析	热生成速率	HGEN
磁场分析	温度	TEMP <a href="#">1.</a>
	磁场密度	JS
	虚位移	MVDI
	电压降	VLTG
电场分析	温度	TEMP <a href="#">1.</a>
	体积电荷密度	CHRGD
流体分析	热生成速率	HGEN
	力密度	FORC

1. 不要将它与 PRES 自由度混淆。

表 2-8 用于施加体积载荷的命令

位置	基本命令	附加命令
节点	<a href="#">BF</a> , <a href="#">BFLIST</a> , <a href="#">BFDELE</a>	<a href="#">BFSCALE</a> , <a href="#">BFCUM</a> , <a href="#">BFUNIF</a>
单元	<a href="#">BFE</a> , <a href="#">BFELIST</a> , <a href="#">BFDELE</a>	<a href="#">BFESCAL</a> , <a href="#">BFECUM</a>
关键点	<a href="#">BFK</a> , <a href="#">BFKLIST</a> , <a href="#">BFKDELE</a>	-
线	<a href="#">BFL</a> , <a href="#">BFLLIST</a> , <a href="#">BFLDELE</a>	-
面	<a href="#">BFA</a> , <a href="#">BFALIST</a> , <a href="#">BFADELE</a>	-
体	<a href="#">BFV</a> , <a href="#">BFVLIST</a> , <a href="#">BFVDELE</a>	-
转换	<a href="#">BFTRAN</a>	-

对于使用表 2-8 所列的命令可施加, 列表显示和删除特定的体积载荷, 参见[ANSYS Commands Reference](#)。(ANSYS 命令参考手册)。

下面是一些用于施加体积载荷的 GUI 路径的例子:

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>-Loads-Apply>load type>On Nodes**

**Utility Menu>List>Loads>Body Loads>On Picked Elems**

**Main Menu>Solution>-Loads-Apply>load type>On Keypoints**

**Utility Menu>List>Loads>Body Loads>On Picked Lines**

**Main Menu>Solution>-Loads-Apply>load type>On Volumes**

表 2-8 所列命令的说明参见[ANSYS Commands Reference](#) (ANSYS 命令参考手册)。

注: 在节点指定的体积载荷独立于单元上的载荷。对于一给定的单元, ANSYS 程序按下列方法决定使用哪一载荷。

- ANSYS 程序检查你是否对单元指定体积载荷。
- 如果不是, 则使用指定给节点的体积载荷。
- 如果单元或节点上无体积载荷, 则通过[BFUNIF](#)命令指定的体积载荷生效。

### 2.6.8.1 对单元施加体积载荷

[BFE](#)命令逐个对单元施加体积载荷。然而, 对应需要施加多个载荷值的单元, 可以在一个单元上的多个位置指定体积载荷。所使用的位置随单元类型的不同而异, 如下例所示。缺省位置 (对未指定体积载荷的位置) 也随单元类型的不同而异。因此, 在单元上指定体积载荷前, 一定要参阅在线的单元文档或参阅[ANSYS Elements Reference](#) (ANSYS 单元参考手册)。

- 对 2-D 和 3-D 实体单元 (PLANE $n$  和 SOLID $n$ ), 体积载荷的位置通常位于单元角点。

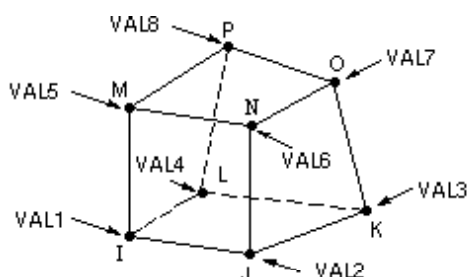
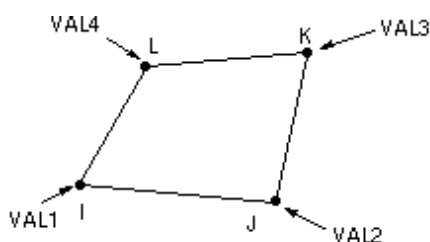
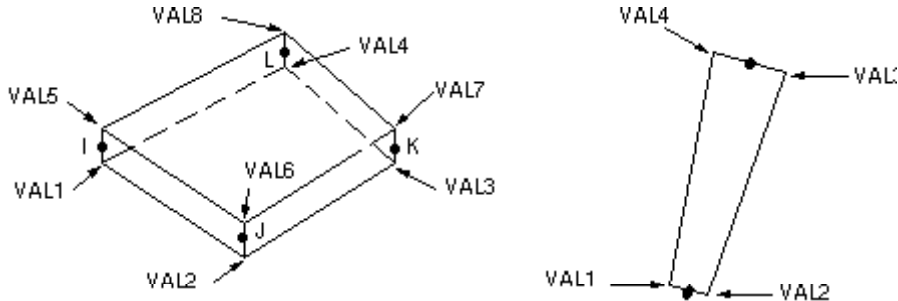
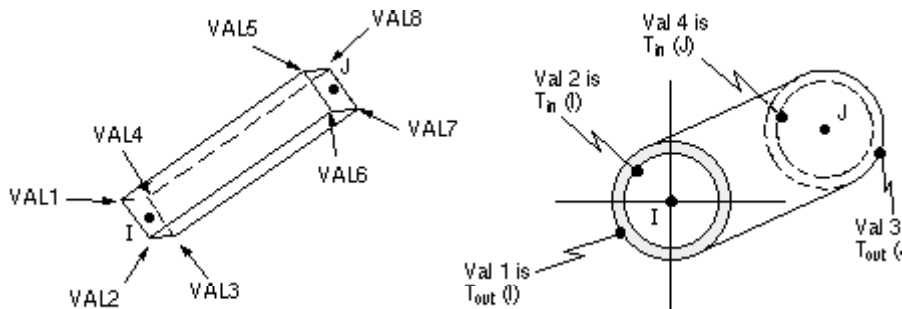


图 2-12 对 2-D 和 3-D 实体单元，**BFE**命令施加的体积载荷位置

- 对壳单元 (SHELL $n$ ), 体积载荷的位置通常位于顶面和底面的“伪节点”。如下图所示。

图 2-13 对壳单元(左侧的**SHELL63**, 右侧的**SHELL51**), **BFE** 命令施加的体积载荷位置

- 一维单元 (BEAM $n$ , LINK $n$ , PIPE $n$ , 等) 与壳单元相同, 体积载荷的位置通常位于单元每端的“伪节点”。

图 2-14 对于梁单元和管单元，**BFE** 命令施加的体积载荷位置

- 在所有情况下, 如果包含退化单元, 必须在所有位置指定单元载荷, 包括在重合 (退化) 节点处施加重复载荷值。另一个简单可用的方法是使用 **BF**命令在节点直接指定体积载荷。

### 2.6.8.2 对关键点施加体积载荷

可以使用**BFK**命令在关键点施加体积载荷。如果在面或体的角部关键点施加体积载荷, 对于待转换到面或体的内部节点的载荷, 所有的载荷值必须相等。如果指定了不相等的载荷值, 这些载荷将仅仅被转换到与关键点 (线性插值) 连线的节点上。如图2-15所示。



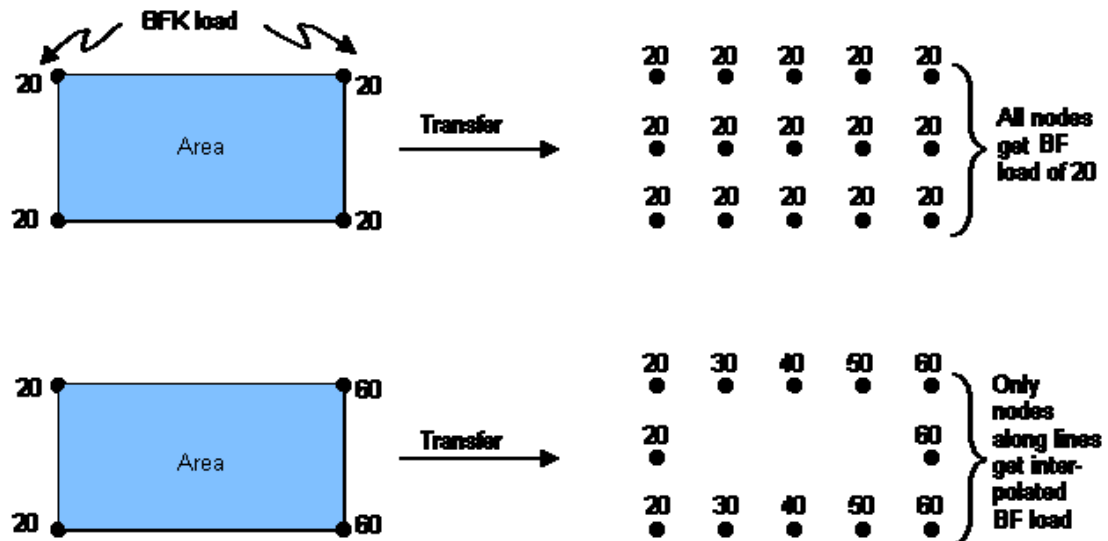


图 2-15 BFK 载荷向节点转换

### 2.6.8.3 在线、面和体上施加体积载荷

可以使用 **BFL**, **BFA** 和 **BFV** 命令分别在实体模型的线、面和体上施加体积载荷。施加在实体模型的线上的体积载荷被转换到对应的有限元模型的节点；施加在实体模型的面或体上的体积载荷被转换到对应的有限元模型的单元上。

### 2.6.8.4 施加均布体积载荷

使用 **BFUNIF** 命令可对模型中所有节点施加均布体积载荷。最常见的是使用该命令或路径指定一均布温度场，即：结构分析中的一均布温度体积载荷或瞬态热力分析或非线性热力分析中的均布起始温度。也就是在该缺省温度下，ANSYS 程序评价与温度相关的材料的特性。

另一种指定均布温度的方式如下：

Command(s) (命令):

**BFUNIF**

GUI:

Main Menu>Preprocessor>Loads>Apply>Temperature>Uniform Temp

Main Menu>Preprocessor>Loads>Settings>Uniform Temp

Main Menu>Solution>Apply>Temperature>Uniform Temp

Main Menu>Solution>Settings>Uniform Temp

### 2.6.8.5 重复体积载荷指定

缺省情况下，如果在相同节点或单元处重复指定一个体积载荷，则新指定替代原先的指定。使用下列方法之一可将该缺省值改变为忽略重复指定：

Command(s) (命令):

**BFCUM**, **BFECUM**

GUI:

Main Menu>Preprocessor>Loads>Settings>Nodal Body Ld

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Settings>Elem Body Lds**

**Main Menu>Solution>Settings>Nodal Body Ld**

**Main Menu>Solution>Settings>Elem Body Lds**

使用该命令或其等价的路径进行的设置保持设置不变直到在使用该命令或路径。要重新设置缺省设置（替换），仅需发一个不带变元的该命令或路径命令。

### 2.6.8.6 转换体积载荷

要将已施加在实体模型上的体积载荷转换到对应的有限元模型，使用下列方法之一：

Command(s)（命令）：

**BFTRAN**

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Operate>Body Loads**

**Main Menu>Solution>Operate>Body Loads**

要转换所有实体模型的边界条件，使用**SBCTRAN**命令（参见 2.6.3 节 DOF 约束的说明）：

### 2.6.8.7 比例缩放体积载荷值

使用下列命令可以缩放已存在的体积载荷值

Command(s)（命令）：

**BFSCALE**

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Operate>Nodal Body Ld**

**Main Menu>Solution>Operate>Nodal Body Ld**

Command(s)（命令）：

**BFESCAL**

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Operate>Elem Body Lds**

**Main Menu>Solution>Operate>Elem Body Lds**

**BFCUM** 和 **BFSCALE** 命令对已选择的节点组起作用，而 **BFECUM** 和 **BFESCAL** 命令对已选择的单元组起作用。

### 2.6.8.8 消除冲突的体积载荷指定

必须了解**BFK**、**BFL**、**BFA**和 **BFV**体积载荷指定冲突的可能性和 ANSYS 程序是如何处理这些冲突的。

**BFV**、**BFA**、和 **BFL**指定分别转换到已存在的相关的体、面和线单元。如果无单元，这些指定将转换到体、面和线的节点上，包括区域边界节点。指定冲突的可能性取决于如何使用**BFV**、**BFA**、**BFL**和 **BFK**命令，如下列情况所述。

情况 A：有针对每个**BFV**、**BFA**、或 **BFL**指定的单元，且每个单元分别属于具有**BFV**、**BFA**、或 **BFL**指定的体、面或线。每个单元的体积载荷由对应的实体体积载荷决定。任何 **BFK's** 都不起作用。不会有任何冲突。

情况 B：有针对每个**BFV**、**BFA**、或 **BFL**指定的单元，但有些单元不属于具有**BFV**、

**BFA**,或 **BFL**指定的体、面或线。

未从**BFV**, **BFA**, 或 **BFL**得到直接的**BFE**转换的单元不会受到影响。但其体积载荷按下列方法确定: (1 – 最高优先级)直接定义的**BFE**载荷 (2) **BFK** 载荷, (3) 直接定义的**BF** 载荷, 或 (4) **BFUNIF** 载荷。实体模型体积载荷之间不会有任何冲突。

情况 C: 至少有一个**BFV**, **BFA**,或 **BFL**不能转换到单元。

未从**BFV**, **BFA**, 或 **BFL**得到直接的**BFE**转换的单元, 其体积载荷按下列方法确定: (1 – 最高优先级)直接定义的**BFE**载荷 (2) **BFK** 载荷, (3) 不转换到线单元的连接线上的**BFL** 载荷 (4) 不转换到面单元的连接面上的**BFA** 载荷 (5) 不转换到体单元的连接体上**BFV** (6) 直接定义的**BF** 载荷, 或 (7) **BFUNIF** 载荷。在"情况 C"下, 会产生下列冲突:

- **BFL** 指定会与相邻线 (共享的关键点) 上的**BFL** 指定冲突。
- **BFL** 指定会与 either 关键点上的**BFK** 指定冲突。
- **BFA** 指定会与相邻面 (共享的线/关键点) 上的 **BFA**指定冲突
- **BFA** 指定会与其任何线上的 **BFL** 指定冲突
- **BFA** 指定会与其任何关键点上的 **BFK** 约束指定冲突
- **BFV** 指定会与相邻体 (共享的面/线/关键点) 上的**BFV** 指定冲突。
- **BFV** 指定会与其任何面上的 **BFA** 指定冲突
- **BFV** 指定会与其任何线上的 **BFA** 指定冲突
- **BFV** 指定会与其任何关键点上的 **BFA** 指定冲突

ANSYS 程序按下列顺序将有施加到实体模型上的体积载荷转换到相应的有限元模型:

1. 按体序号增加的顺序, **BFV** 载荷转换为体单元的**BFE** 载荷, 或者, 如果无体单元, 则转换为体 (和边界线以及关键点)节点的**BF** 载荷。
2. 按面序号增加的顺序, **BFA** 载荷转换为面单元的**BFE** 载荷, 或者, 如果无面单元, 则转换为面 (和边界线以及关键点)节点的**BF** 载荷。
3. 按线序号增加的顺序, **BFL** 载荷转换为线单元的**BFE** 载荷, 或者, 如果无一维单元, 则转换为一维 (和边界关键点)节点的**BF** 载荷。
4. 将**BFK** 载荷转换为关键点 (和相连线, 面以及体, 如果遇到扩展边界条件)的节点**BF** 载荷。

因此, 在"情况 C"下, 对冲突的实体模型体积载荷, **BFK** 命令改写 **BFL** 命令, **BFL** 命令改写 **BFA** 命令, 而**BFA** 命令改写 **BFV** 命令。对冲突的体积载荷, 指定给较大线序号、面序号或体序号的体积载荷分别改写指定给较小线序号、面序号或体序号的体积载荷。与体积载荷指定的发出顺序无关。

注: 在实体模型体积载荷的转换中检测到的任何冲突都会产生与下列相似的警告信息

\*\*\*WARNING\*\*\*

从行 11 的体积载荷 TEMP (第一个 value=77) 替换从另一个 BFV, BFA, BFL 或 DFK's 组转换到节点 43 上的 BF (第一个 value=99) 。

在求解之间改变 **BFK**, **BFL**, **BFA** 或 **BFV** 约束的值, 在第二或其后的实体 BC 转换过程中可能会产生许多这类警告信息。如果在求解之间使用**BFVDEL**, **BFADEL**, **BFLDEL**, 和/或 **BFDELEDADEL**, **DLDEL**删除节点的 **BF** 载荷, 则可

防止这些警告的产生。

## 2.6.9 惯性载荷

施加惯性载荷的命令组列于下表：

表 2-9 惯性载荷命令

命令	GUI 菜单路径
<a href="#"><u>ACEL</u></a>	Main Menu>Preprocessor>FLOTRAN Set Up>Flow Environment>Gravity Main Menu>Preprocessor>Loads>Apply>Gravity Main Menu>Preprocessor>Loads>Delete>Gravity Main Menu>Solution>FLOTRAN Set Up>Flow Environment>Gravity Main Menu>Solution>Apply>Gravity Main Menu>Solution>Delete>Gravity
<a href="#"><u>CGLOC</u></a>	Main Menu>Preprocessor>FLOTRAN Set Up>Flow Environment>Rotating Coords Main Menu>Preprocessor>Loads>Apply>Other>Coriolis Effects Main Menu>Preprocessor>Loads>Delete>Other>Coriolis Effects Main Menu>Solution>FLOTRAN Set Up>Flow Environment>Rotating Coords Main Menu>Solution>Apply>Other>Coriolis Effects Main Menu>Solution>Delete>Other>Coriolis Effects
<a href="#"><u>CGOMG</u></a> <a href="#"><u>A</u></a>	Main Menu>Preprocessor>FLOTRAN Set Up>Flow Environment>Rotating Coords Main Menu>Preprocessor>Loads>Apply>Other>Coriolis Effects Main Menu>Preprocessor>Loads>Delete>Other>Coriolis Effects Main Menu>Solution>FLOTRAN Set Up>Flow Environment>Rotating Coords Main Menu>Solution>Apply>Other>Coriolis Effects Main Menu>Solution>Delete>Other>Coriolis Effects
<a href="#"><u>DCGOM</u></a> <a href="#"><u>G</u></a>	Main Menu>Preprocessor>Loads>Apply>Other>Coriolis Effects Main Menu>Preprocessor>Loads>Delete>Other>Coriolis Effects Main Menu>Solution>Apply>Other>Coriolis Effects Main Menu>Solution>Delete>Other>Coriolis Effects
<a href="#"><u>DOMEG</u></a> <a href="#"><u>A</u></a>	Main Menu>Preprocessor>Loads>Apply>Other>Angular Accel Main Menu>Preprocessor>Loads>Delete>Other>Angular Accel Main Menu>Solution>Apply>Other>Angular Accel Main Menu>Solution>Delete>Other>Angular Accel
<a href="#"><u>IRLF</u></a>	Main Menu>Preprocessor>Loads>Other>Inertia Relief Main Menu>Preprocessor>Loads>Output Ctrls>Incl Mass Summry Main Menu>Solution>Other>Inertia Relief Main Menu>Solution>Output Ctrls>Incl Mass Summry
<a href="#"><u>OMEGA</u></a>	Main Menu>Preprocessor>Loads>Apply>Other>Angular Velocity Main Menu>Preprocessor>Loads>Delete>Other>Angular Velocity Main Menu>Solution>Apply>Other>Angular Velocity Main Menu>Solution>Delete>Other>Angular Velocity

注意：没有用于列表显示或删除惯性载荷的专门命令。要列表显示惯性载荷，执行 [STAT](#)，[INRTIA](#) (Utility Menu>List>Status>Solution>Inertia Loads)。要去

除惯性载荷，只要将载荷值设置为 0。可以将惯性载荷设置为 0，但不能删除惯性载荷。对逐渐上升的载荷步，惯性载荷的斜率为 0。(当施加惯性载荷时，其斜率也是 0)

[ACEL](#)、[OMEGA](#)、和 [DOMEGA](#) 命令分别用于指定在整体笛卡尔坐标系中的加速度，角速度和角加速度。

注：[ACEL](#)命令用于对物体施加一加速度场（非重力场）。因此，要施加作用于负 Y 方向的重力，应指定一个正 Y 方向的加速度。

使用[CGOMGA](#) 和 [DCGOMG](#)命令指定一旋转物体的角速度和角加速度，该物体本身正相对于另一个参考坐标系旋转。[CGLOC](#)命令用于指定参照系相对于整体笛卡尔坐标系的位置。例如：在静态分析中，为考虑 Coriolis 效果，可以使用这些命令。

惯性载荷仅当模型具有质量时有效。惯性载荷通常是通过指定密度来施加的。（还可以通过使用质量单元，如[MASS21](#)，对模型施加质量，但通过密度的方法施加惯性载荷更常用、更有效。）对所有的其它数据，ANSYS 程序要求质量为恒定单位。如果习惯于英制单位，为方便起见，有时希望使用重量密度( $\text{lb/in}^3$ )代替质量密度( $\text{lb-sec}^2/\text{in/in}^3$ )。

只有在下列情况下可使用重量密度代替质量密度：

- 模型仅用于静态分析。
- 未施加角速度或角加速度。
- 重力加速度为单位值 ( $g=1.0$ )。

为了能够以“方便的”重力密度形式或以“一致的”质量密度形式使用密度，指定密度的一种简便的方法是将重力加速度  $g$  定义为参数。

表 2-10 指定密度的方式

方便形式	一致形式	说明
$g=1.0$	$g=386.0$	参数定义
MP,DENS,1,0.283/g	MP,DENS,1,0.283/g	钢的密度
ACEL,,g	ACEL,,g	重力载荷

## 2.6.10 耦合场载荷

在耦合场分析中，通常包含将一个分析中的结果数据施加于第二个分析作为第二个分析的载荷。例如，可以将热力分析中计算的节点温度施加于结构分析（热应力分析）中，作为体积载荷。同样的，可以将磁场分析中计算的磁力施加于结构分析中，作为节点力。要施加这样的耦合场载荷，用下列方法之一。

Command(s)（命令）：

[LDREAD](#)

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>-Loads->Apply>load type>From source**

**Main Menu>Solution>Apply>load type>From source**

在不同的耦合场分析中，如何使用这些命令的细节参见[ANSYS Coupled-Field Analysis Guide](#)（ANSYS 耦合场分析指南）

## 2.6.11 轴对称载荷和反作用力

对约束，表面载荷，体积载荷和 Y 方向加速度，可以象对任何非轴对称模型上定义这些载荷一样来精确地定义这些载荷。然而，对集中载荷的定义，过程有所不同。因为这些载荷大小、输入的力、力矩等数值是在  $360^\circ$  范围内进行的，即：根据沿周边的总载荷输入载荷值。例如：如果 1500 磅/单位英寸圆周的轴对称轴向载荷被施加到直径为 10 英寸的管上（图 2-16），47,124 lb( $1500 \times 2\pi \times 5 = 47,124$ ) 的总载荷将按下列方法被施加到节点 N 上：  
F,N,FY,47124

轴对称结果也按对应的输入载荷相同的方式解释，即：输出的反作用力，力矩等按总载荷（ $360^\circ$ ）计。

轴对称协调单元要求其载荷以程序能作为傅立叶级数来说明的形式施加。对这些单元，要求用 **MODE** 命令 (**Main Menu>Preprocessor>Loads>Other>For Harmonic Ele** 或 **Main Menu>Solution>Other>For Harmonic Ele**)，以及其它载荷命令 (**D**, **F**, **SF**, etc.)。细节参见 [ANSYS Elements Reference](#) (ANSYS 单元参考手册)。

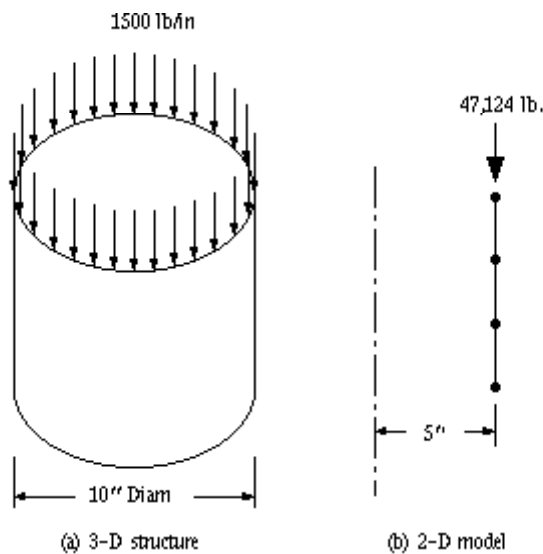


图 2-16 在  $360^\circ$  范围内定义集中轴对称载荷

### 2.6.11.1 进一步的提示及限制

注意要指定足够数量的约束以防止产生不期望的刚体运动、不连续或奇异性。例如，对实心杆这样的实体结构的轴对称模型，缺少沿对称轴的 UX 约束，在结构分析中，就蕴藏了允许形成虚“voids”。(见图2-17.)



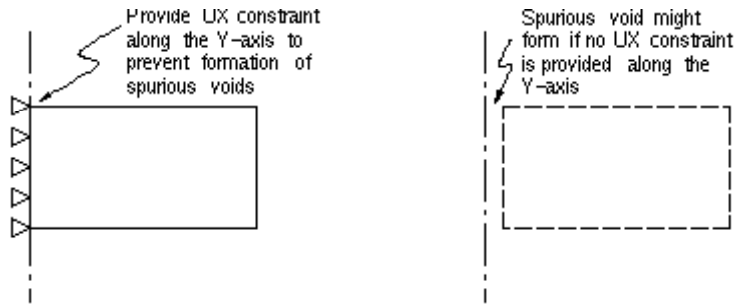


图 2-17 实体轴对称结构的中心约束

## 2.6.12 施加到不产生任何阻力的 DOF 上的载荷

如果施加的载荷作用于对载荷不产生任何抵抗（即：完全零刚度）的 DOF 上，ANSYS 程序将忽略该载荷。例如，考虑一系列相连接的共线的 [LINK1](#) 单元。当将与连接线垂直的载荷施加到该线除两端点外的 DOFs 时，这些载荷被忽略。然而，如果连接处于张紧状态，且使用应力强化。载荷不会被忽略。因为在载荷方向有抵抗（刚度）。该原则同样适用于壳单元。

## 2.6.13 初应力载荷

在用 ANSYS 做结构分析时，可以把初始应力指定为一项载荷，只在静态分析和全瞬态分析中被承认(分析可以是线性,也可以是非线性), 初始应力载荷只能在分析的第一载荷步中施加.恒应力可以用 [ISTRESS](#) 命令指定.运用 [ISFILE](#) 命令从输入文件中获取初始应力值,为了列表或是删除初始应力,命令变元允许初始应力被限制为具体的材料类型.

要在分层的 [SHELL181](#) 单元中的一指定层上施加初始应力,可以使用指定层的材料 ID 号。在初始应力命令中使用 **MATx** 字段可以根据层的材料 ID 号施加需要的应力，或者可以在 [SHELL181](#) 单元的所有层上施加初始应力，然后删除那些不希望有初始应力的层上的初始应力。用 `delete, elementID, 层号` 命令，还可以用初始应力命令列表或删除分层 [SHELL181](#) 单元上指定层上的初始应力值。

初始应力功能只支持以下单元类型: [PLANE2](#), [PLANE42](#), [SOLID45](#), [PLANE82](#), [SOLID92](#), [SOLID95](#), [LINK180](#), [SHELL181](#), [PLANE182](#), [PLANE183](#), [SOLID185](#), [SOLID186](#), [SOLID187](#), [BEAM188](#), 还有 [BEAM189](#). [ISFILE](#) 命令可以将合成初始应力写入文件。这些命令可以在 /SOLUTION 处理器中运用，在 [ANSYS Commands Reference](#)（ANSYS 命令参考手册）中可以看到所有初始应力命令的描述。

只有一种方法([ISFILE](#), [ISTRESS](#), 或 `USTRESS` 用户子程序)可以用来为一个单元输入初始应力，执行初始应力命令一次以上将覆盖先前的初始应力指定。

### 2.6.13.1 初应力文件格式

[ISFILE](#) 命令中的 *LOC* 变元允许指定从文件中读取的初始应力的位置。初始应力可以加到单元的质心或单元积分点上，对应于单元质心 *LOC* 的缺省值是 0，对应于单元积分点的缺省值是 1。还可通过设定 *LOC* =2 为网络上每一个单独的



单元指定不同的初始应力位置。在这种情况下，在初始应力文件中单个单元记录里，每个单元的初始应力位置将被表示为当地位置符， $LOC=3$  指定网格中每个单元的初始应力状态都相同。在这种情况下，只要指定一个应力张量就会影响所有单元。各种单元类型的单元积分点的位置与编号在 *ANSYS 理论参考手册* 章节 13.1 与 14 中给出，对于梁与壳体单元的初始应力必须指定在所有主要部分和截面积分点上。

要使用 **ISFILE** 命令，初始应力必须在一个外部 ASCII 文件中列表。初始应力文件中的注释可用这样的方式指定：在注释行中以符号 ! 开头。每个单元纪录的头一行应该以字符串 "EIS" 开始，接着是单元号和一个可选的当地位置符，这些项目必须以逗号分隔。当 **ISFILE** 命令中  $LOC$  变元的值为 0,1,3 时，当地位置符将被忽略。如果  $LOC=2$ ，那么每个单元必须指定当地位置符。当地位置符必须取以下值之一：单元质心取 0(缺省)，积分点取 1，其它值将产生错误从而导致 **ISFILE** 命令被忽略。

每个单元记录的第一行后有好几行，将指定单元中每个应力点的单元应力记录，当  $LOC=0$  时，只须指定单元质心处一个应力记录，当  $LOC=1$  时，每个单元的应力记录数要等于这个单元的应力积分点数。ANSYS 要求在每个应力记录中有 6 个应力张量的分量。基于单元类型不同，ANSYS 将只从每个应力记录中读取相应的应力张量分量。当  $LOC=3$  时，初始应力文件中第一个单元的应力记录将被用作所有单元统一的初始应力，初始应力必须在单元局部坐标系中被指定。如果一个单元坐标系(ESYS) 是为一个单元定义的，初始应力必须在这个坐标系中被指定。

用 **ISWRITE** 命令编写的初始应力文件与上述的输入文件有着相同的格式。

## 2.6.13.2 运用 ISFILE 命令的初应力问题示例

下面的例子介绍了如何定义一个初始应力文件并且用 **ISFILE** 命令读取该文件。

模型是一个长 10 单位，高为 1 单位的悬臂梁，这根梁由五个 **PLANE42** 单元模拟。在  $x=0$  点处，所有节点被固定，因而没有位移。

下面的 **istress.ist** 文件，包含将被读入 ANSYS 的初始应力，每个单元的单元主要部分有四个积分点，因此，对应这四个积分点，每个单元必须有四个应力记录。

```
! ***** STRESS INITIALIZATION FILE FOR ANSYS *****
                        ANSYS 应力预化文件
!
! This file, istress.ist, contains initial stress data
这个文件包含初始应力数据
! for 5 PLANE42 elements.
有 5 个 PLANE42 单元
!
! Stress for element 1
单元 1 的应力
!      Sx          Sy          Sz          Sxy          Syz  Sxz
eis,      1
-3117691.453622 , -87.56555196445 , 0.0, -99999.99999990 , 0.0, 0.0
```

```

-3117691.453622 , -326.7990889251 , 0.0, -99999.999999990 , 0.0, 0.0
  3117691.453622 , -326.7990889248 , 0.0, -99999.999999990 , 0.0, 0.0
  3117691.453622 , -87.56555196422 , 0.0, -99999.999999990 , 0.0, 0.0
!
! Stress for element 2
单元 2 的应力
!      Sx              Sy              Sz              Sxy              Syz  Sxz
eis,    2
-2424871.130595 ,  23.46311893908 , 0.0, -99999.999999991 , 0.0, 0.0
-2424871.130595 ,  1219.630803748 , 0.0, -99999.999999991 , 0.0, 0.0
2424871.130595 ,  1219.630803748 , 0.0, -99999.999999991 , 0.0, 0.0
  2424871.130595 ,  23.46311893943 , 0.0, -99999.999999991 , 0.0, 0.0
!
! Stress for element 3
单元 3 的应力
!      Sx              Sy              Sz              Sxy              Syz  Sxz
eis,    3
-1732050.807568 , -6.286923759268 , 0.0, -99999.999999989 , 0.0, 0.0
-1732050.807568 , -4551.724125935 , 0.0, -99999.999999990 , 0.0, 0.0
  1732050.807568 , -4551.724125935 , 0.0, -99999.999999989 , 0.0, 0.0
  1732050.807568 , -6.286923743552 , 0.0, -99999.999999989 , 0.0, 0.0
!
! Stress for element 4
单元 4 的应力
!      Sx              Sy              Sz              Sxy              Syz  Sxz
eis,    4
-1039230.484542 ,  1.684576148808 , 0.0, -99999.999999990 , 0.0, 0.0
-1039230.484542 ,  16987.26570008 , 0.0, -99999.999999991 , 0.0, 0.0
  1039230.484542 ,  16987.26570014 , 0.0, -99999.999999991 , 0.0, 0.0
  1039230.484541 ,  1.684576134896 , 0.0, -99999.999999990 , 0.0, 0.0
!
! Stress for element 5
单元 5 的应力
!      Sx              Sy              Sz              Sxy              Syz  Sxz
eis,    5
-346410.1615140 , -0.4513808515767 , 0.0, -100000.00000001 , 0.0, 0.0
-346410.1615140 , -63397.33867442 , 0.0, -100000.00000001 , 0.0, 0.0
  346410.1615140 , -63397.33867442 , 0.0, -100000.00000001 , 0.0, 0.0
  346410.1615140 , -0.4513808514312 , 0.0, -100000.00000001 , 0.0, 0.0
!
! End of initial stress file
初始应力文件结束
!*****

```

In the following ANSYS input listing, initial stresses are read in as loading (using the **ISFILE** command) in the first load step from the file istress.ist. These initial stresses result in a deflection corresponding to a tip loaded cantilever beam with a tip load of 1e5 units.

在下面的 ANSYS 输入列表中,初始应力被作为第一加载步中的载荷从文件 istress.ist 中读入(使用**ISFILE**命令).这些初始应力导致了悬臂梁顶端的变形,相当于在悬臂梁顶端加了 1e5 单位载荷。

```
/prep7
/title, Example of Initial stress import into ANSYS
标题,初始应力输入 ANSYS 示例
et,1,PLANE42      ! Plane stress PLANE42 element
                  PLANE42 单元平面应力

mp,ex,1,1.0e9
mp,nuxy,1,0.3
!
! Define the nodes
  定义节点
!
n,1
n,2,2.0
n,3,4.0
n,4,6.0
n,5,8.0
n,6,10.0
n,7,,1.0
n,8,2.0,1.0
n,9,4.0,1.0
n,10,6.0,1.0
n,11,8.0,1.0
n,12,10.0,1.0
!
! Define the 5 elements
  定义 5 个单元
!
e,1,2,8,7
e,2,3,9,8
e,3,4,10,9
e,4,5,11,10
e,5,6,12,11
! Constrain all dof's on all nodes at x=0 to be zero
  将 x=0 点所有节点自由度限制为 0
nsel,s,loc,x,
d,all,all
```

```

nall
finish
!
/solu
! Read in the initial stresses from istress.ist file
    从 istress.ist 文件读入初始应力
! as loading in the 1st load step.
    作为第一载荷步载荷
! Input stresses correspond to the element integration
    输入对应单元综合点应力
! point location. This is done by setting
    指出位置
! the LOC field on ISFILE to 1.
    ISFILE 中 LOC 字段置 1
!isfile,read,istress,ist,,1
    isfile,读文件 istress,ist
! List the initial stresses
    初始应力列表
isfile,list
outres,all,all
solve
解答
finish
结束
!
/post1
set,last
prnsol,u
finish

```

### 2.6.13.3 用 ISTRESS 解决初始应力问题示例

用 ISTRESS 可以将常应力施加到所有选中单元，在应力施加以后，用 [ISFILE](#) 命令可以删除单个单元上已施加的应力。[ISFILE](#) 命令还可以用来将已施加的应力列表。以下示例程序说明如何运用这些命令。

```

solution
!
! Apply a constant state of the initial stresses.
    施加初始应力定常态
!
istress,1322.34,2022.21,302.43,4040.32,5076.32,6021.456
!
! Verify the applied stresses then delete those of element #1

```

```

验证已施加应力并删除属于单元#1 的
!
isfile,list
isfile,dele,1
!
! Verify the final result, then solve.
验证最后结果,解答
!
isfile,list
solve
FINISH
结束

```

### 2.6.13.4 ISWRITE 输出示例

ISWRITE 命令写入的初始应力文件与上述输入文件有相同格式，当非线性分析中发生收敛时，文件中的应力是在积分点计算出来的。如果分析类型是线性，应力值是解答结束时计算出来的，用如下所示的命令产生初始应力文件：

```

!
! ***** INITIAL STRESS FILE   ev181-64s.ist           <---- File Name
                        初始应力文件                        文件名
!
!
!INITIAL STRESS RECORD FOR ELEMENT           1           <---- Element Records.
      单元初始应力纪录 1                                单元记录
!      SX              SY              SZ              SXY              SYZ              SXZ
eis,      3,1
      78.6886      122.471      0.000000E+00      55.7557      0.000000E+00 0.000000E+00
      47.2161      73.4892      0.000000E+00      33.4552      0.000000E+00 0.000000E+00
      0.730024E-02 0.167903E-01 0.000000E+00      0.442187E-02 0.000000E+00 0.000000E+00

-47.2015      -73.4556      0.000000E+00 -33.4464      0.000000E+00 0.000000E+00
      -78.6740      -122.437      0.000000E+00 -55.7469      0.000000E+00 0.000000E+00
!
!
!INITIAL STRESS RECORD FOR ELEMENT           2
      单元初始应力纪录 2
!      SX              SY              SZ              SXY              SYZ              SXZ
eis,      2,1
      111.393      -10.2521      0.000000E+00 -5.40234      0.000000E+00 0.000000E+00
      66.8419      -6.14723      0.000000E+00 -3.24392      0.000000E+00 0.000000E+00
      0.149626E-01 0.101159E-01 0.000000E+00 -0.630216E-02 0.000000E+00 0.000000E+00
      -66.8120      6.16746      0.000000E+00      3.23132      0.000000E+00 0.000000E+00
      -111.363      10.2724      0.000000E+00      5.38973      0.000000E+00 0.000000E+00

```

```

!
!
!INITIAL STRESS RECORD FOR ELEMENT      3
    单元初始应力纪录 3
!      SX          SY          SZ          SXY          SYZ          SXZ
eis,      1,1
    -486.946      -146.209      0.000000E+00  -82.7928      0.000000E+00 0.000000E+00
    -292.163      -87.7187      0.000000E+00  -49.6735      0.000000E+00 0.000000E+00
    0.121788E-01  0.172217E-01  0.000000E+00  0.534346E-02  0.000000E+00 0.000000E+00
    292.187       87.7531      0.000000E+00  49.6842      0.000000E+00 0.000000E+00
    486.971       146.244      0.000000E+00  82.8035      0.000000E+00 0.000000E+00
!
!

```

## 2.6.14 用表格型矩阵参数施加载荷

用表格型参数施加载荷,可以用分析的加载命令或菜单路径,并不是要为具体的载荷指定实际值,而仅需指定表格型矩阵参数的名称。并不是所有的边界条件都支持表格型载荷;请查阅所操作的具体载荷的文件,以确定是不是支持表格型载荷。

**注:**

用命令定义载荷时,必须把表格名装入 **% symbols: %tablename%**。例如,为了指定一个对流值表,你应该执行类似如下的命令:

```
SF,all,conv,%syncnv%,tbulk
```

如果你的的数据不方便表达为表格形式,你会想使用函数边界条件,可以参考 [Applying Loads Using Function Boundary Conditions](#)。(使用函数边界条件施加载荷)

在你施加载荷时可以选择"new table"选项定义一个新表格,这时你将通过一系列对话框定义表格。也可以在加载前选择菜单路径 **Utility Menu>Parameters>Array Parameters>Define/Edit** 来定义一个表格,或者通过使用 **\*DIM**命令。如果工作在批处理模式,需要在执行任何加载命令签订义表格。

要进一步了解有关定义表格型矩阵参数的内容 (**interactively** 或通过命令),参考 [ANSYS APDL Programmer's Guide](#)。(ANSYS APDL 程序指南)中的 [TABLE Type Array Parameters](#) (表格型矩阵参数)

### 2.6.14.1 定义基本变量

当你定义表格型矩阵参数时,你可以根据你所做的分析类型定义不同基本变量。为支持的分析类型列举了边界条件及其相关联的基本变量。使用函数边界条件时附加基本变量可用,参考 [Using the Function Editor](#) (使用函数编辑器) 可获取更多内容。使用 **\*DIM**命令时,基本变量表示为有效标号。

当定义表格时，初始变量在表格中必须以升序排列（和一些表格矩阵一样）

## 边界条件型式及相应基本变量

边界条件	基本变量	命令
<b>热分析</b>		
固定温度	TIME, X, Y, Z	<a href="#">D</a> ,,TEMP
热流	TIME, X, Y, Z, TEMP	<a href="#">F</a> ,,HEAT
膜层散热系数（对流）	TIME, X, Y, Z, TEMP, VELOCITY	<a href="#">SF</a> ,,CONV
体积温度（对流）	TIME, X, Y, Z	<a href="#">SF</a> ,,TBULK
热流量	TIME, X, Y, Z, TEMP	<a href="#">SF</a> ,,HFLU
热生成	TIME, X, Y, Z, TEMP	<a href="#">BFE</a> ,,HGEN
均匀热生成	TIME	<a href="#">BFUNIF</a>
<b>结构分析</b>		
位移	TIME, X, Y, Z, TEMP	<a href="#">D</a> ,(UX,UY,UZ,ROTX,ROTY,ROTZ)
力和力矩	TIME, X, Y, Z, TEMP	<a href="#">F</a> ,(FX,FY,FZ,MX,MY,MZ)
压力	TIME, X, Y, Z, TEMP	<a href="#">SF</a> ,,PRES
温度	TIME, X, Y, Z	<a href="#">BF</a> ,,TEMP
<b>电学分析</b>		
电压	TIME, X, Y, Z	<a href="#">D</a> ,,VOLT
电流	TIME, X, Y, Z	<a href="#">F</a> ,,AMPS
<b>流体分析</b>		
压力	TIME, X, Y, Z	<a href="#">D</a> ,,PRES
流量	TIME, X, Y, Z	<a href="#">F</a> ,,FLOW
<b>FLOTRAN 分析</b>		
节点自由度	TIME, X, Y, Z, TEMP, VELOCITY, PRESSURE	<a href="#">D</a> ,,(VX,VY,VZ,PRES,TEMP,ENKE,ENDS,SP01-SP06)
ALE 公式化节点自由度	TIME, X, Y, Z, TEMP, VELOCITY, PRES, Xr, Yr, Zr	<a href="#">D</a> ,,(UX,UY,UZ)
热通量	TIME, X, Y, Z, TEMP, VELOCITY, PRESSURE	<a href="#">SF</a> ,,HFLU
膜层散热系数		<a href="#">SF</a> ,,CONV
单元热生成	TIME, X, Y, Z, TEMP, VELOCITY, PRESSURE	<a href="#">BFE</a> ,,HGEN
节点热生成	TIME, X, Y, Z, TEMP, VELOCITY, PRESSURE	<a href="#">BF</a> ,,HGEN
节点质量力	TIME, X, Y, Z, TEMP, VELOCITY, PRESSURE	<a href="#">BF</a> ,,FORCE
辐射	TIME, X, Y, Z, TEMP,	<a href="#">SF</a> ,,RAD



边界条件	基本变量	命令
	VELOCITY, PRESSURE	

VELOCITY 标号表示速度自由度大小或是在 [FLUID116](#) 单元中计算出的流速  
另外，一些 [SURF151](#), [SURF152](#), 和 [FLUID116](#) 单元的实常数可能有相关的基本变量。

#### 实常数与相应的初始变量

实常数	基本变量
<a href="#">SURF151</a> , <a href="#">SURF152</a>	
转速	TIME, X, Y, Z
<a href="#">FLUID116</a>	
转速	TIME, X, Y, Z
滑移因素	TIME, X, Y, Z

### 2.6.14.2 定义独立变量

如果需要指定一个与列出基本变量不同的变量，可以定义一个独立变量。要指定一个独立变量，必须为独立变量定义一个附加表格，这个表格必须与独立变量有相同的名字，而且有既可作基本变量或其它独立变量的函数。可以按需要决定独立变量定义数目，但每个独立变量必须联系一个基本变量。

例如，考虑对流系数(HF)作为转速(RPM)和温度(TEMP)的函数变化。这里基本变量是 TEMP，独立变量是 RPM，它随时间变化。在这种设定下，你需要两个表格：一个关联 RPM 与 TIME,另一个关联 HF 与 RPM 和 TEMP。

```
*DIM,SYCNV,TABLE,3,3,,RPM,TEMP
SYCNV(1,0)=0.0,20.0,40.0
SYCNV(0,1)=0.0,10.0,20.0,40.0
SYCNV(0,2)=0.5,15.0,30.0,60.0
SYCNV(0,3)=1.0,20.0,40.0,80.0
*DIM,RPM,TABLE,4,1,1,TIME
RPM(1,0)=0.0,10.0,40.0,60.0
RPM(1,1)=0.0,5.0,20.0,30.0
SF,ALL,CONV,%SYCNV%
```

当定义表格时,独立变量在表格中必须以升序排列 (如同一些表格矩阵) 。

### 2.6.14.3 表格参数上的操作

为了方便,你可以用常量乘以表格参数、将一个表格添加到另一个中,还可以加一个常量作偏移值。可用 **\*TOPER** 命令 (Utility Menu>Parameters>Array Operations>Table Operations) 操作，两个表格必须是维数相同,每行每列要有相同变量名和索引值,等等。

### 2.6.14.4 验证边界条件

如果你使用表格矩阵参数定义边界条件,想验证正确表格与正确的值是否已被运用,可通过以下数步验证:

检查输出窗口,如果在有限元或实体上施加表格型边界条件,表格的名字,而不是数值将出现在输出窗口。

可以将边界条列表件,如果在执行/PREP7 时将边界条列表件,将列出表格名。然而,如果是在对特定实体或特定时间点进行解答或后处理阶段,边界条件列表将列出所在位置与时间的实际值。

观看图形显示,如果表格编号方式打开(/PNUM,TABNAM,ON). 在表格型边界条件被施加的位置,运用 ANSYS 基本图形显示功能(/PBC, /PSF, etc.), 可以显示表格名及相应符号(表面轮廓,箭头等)。

可以查看 POST1 中用数值替代的表格的值(/PNUM,SVAL)。

用\*STATUS命令(Utility Menu>List>Other> Parameters)在任一给定变量的组合处恢复表格参数的值。

在[Doing a Thermal Analysis Using Tabular Boundary Conditions](#).(用表格型边界条件进行热分析)中描述了如何运用表格型边界条件进行稳态热分析的例子。

### 2.6.15 用函数边界条件加载

可以用函数工具在一个模型上施加复杂边界条件。函数工具有两部分:产生任意方程式或函数(多重方程式)的函数编辑器,得到函数并将其当作表格型矩阵加载的函数载入器。然后它们被施加到一个运用表格型边界条件的模型上,此过程在[Applying Loads Using TABLE Type Array Parameters](#) (用表格型矩阵参数加载)中有进一步说明。

在把一个函数当作载荷添加之前,必须定义这个函数并把它当作表格型矩阵加载。通过路径 Utility Menu>Parameters>Functions>Define/Edit 或 Main Menu>Solution>-Loads-Apply>-Functions-Define/Edit 可以打开函数编辑器,通过路径 Utility Menu>Parameters>Functions>Read from file 或 Main Menu>Solution>-Loads-Apply>-Functions-Read file 可以打开函数载入器。

在你使用函数边界条件时,还应该理解以下几点:

如果数据可以方便地表达为表格形式,推荐使用表格型边界条件。要获取更多信息,参看[Applying Loads Using TABLE Type Array Parameters](#) (使用表格型矩阵参数加载)

函数在表格型矩阵中以方程格式储存,而不是不连续的表格值。

与表格型边界条件下不同,不可以使用函数边界条件覆盖边界条件及其相应基本变量的约束。例如,在结构分析中,压力载荷支持的基本变量是 TIME, X, Y, Z,和 TEMP,因此,但使用函数边界条件时,方程式中允许的基本变量仅有 TIME, X, Y, Z,和 TEMP。[Using the Function Editor](#) (使用函数编辑器)中的列表说明了对于每种类型的操作哪些基本变量可用。

使用函数工具时,你应该熟悉一些特定术语。

函数: 定义一个高级边界条件的在一起的一组方程。

基本变量: 解答过程中在程序中计算或使用的独立变量

状态: 为表现为单独状态变量特征的操作范围或设计空间的一部分,状态依

照状态变量的高低程度分隔。在全部状态中状态变量必须连续，每个状态都包含一个独一无二的计算函数的 equation。

状态变量：定义用来管理计算函数的一组方程的变量。

方程变量：在一个方程中使用用户指定的变量，在函数载入时该变量值被定义。

### 2.6.15.1 使用函数编辑器

函数编辑器定义状态和方程，你使用一组基本变量，方程变量，和数学函数去建构方程。你可以建构一个单一的方程，或者一个函数，也就是一系列方程，每个方程应用于一个特定状态，方程是为每个状态定义的，放到一起就定义了函数，函数整体作为边界条件应用。这个过程在本节将详细描述。

函数编辑器工作起来像一个计算器，要建构方程，可有如下操作：

下列列表中选择一个基本变量。可选的基本变量如下：

Time\* (TIME)

时间

X location\* (X) in global Cartesian coordinates

全局笛卡尔坐标系中 x 的位置

Y location\* (Y) in global Cartesian coordinates

Z location\* (Z) in global Cartesian coordinates

全局笛卡尔坐标系中 z 的位置

Temperature\* (TEMP degree of freedom)

温度 (TEMP 自由度)

Velocity\* (VELOCITY) (magnitude of the Velocity degrees of freedom or the computed fluid velocity in FLUID116 elements)

(速度自由度或单元中计算流速的大小)

Applied surface pressure\* (PRES)

施加的表面压力

Tsurf\* (TS) (element surface temperature for SURF151 or SURF152 elements)

SURF151或SURF152单元的单元表面温度

Density ( ) (material property DENS)

密度 (材料特性 DENS)

Specific heat (material property C)

比热 (材料特性 C)

Thermal conductivity (material property kxx)

热传导率 (材料特性 kxx)

Thermal conductivity (material property kyy)

热传导率 (材料特性 kyy)

Thermal conductivity (material property kzz)

热传导率 (材料特性 kzz)

Viscosity (material property )

粘性 (材料特性)

Emmissivity (material property )

Reference location\* (Xr) (ALE formulations only)

基准位置(Xr) (仅用 ALE 公式表达)

Reference location\* (Yr) (ALE formulations only)

基准位置(Yr) (仅用 ALE 公式表达)

Reference location\* (Zr) (ALE formulations only)

基准位置(Zr) (仅用 ALE 公式表达)

Contact gap (GAP)

接触间隙(GAP)

Rotational speed (OMEGS) (rotational speed for SURF151 or SURF152 elements)

转速(OMEGS) (SURF151或SURF152单元的转速)

Rotational speed (OMEGF) (rotational speed for FLUID116 elements)

转速(OMEGF) ( FLUID116单元的转速)

Slip factor (SLIP) (slip factor for **FLUID116** elements)

滑动系数(SLIP) ( **FLUID116**单元的滑动系数)

标有星号(\*)的基本变量也可以用在表格型边界条件下,其余的基本变量只能用在函数边界条件下。

在函数编辑器中打入任何变量名,将被解释为方程变量。可以用你想用的名字,但建议不要用与基本变量相同的名字。在一个函数中最多可用十个自定义方程变量(最多 6 个状态)。当实际载入函数时,将定义这些变量的值。(在[Using the Function Loader](#)中介绍)。

点击键区的一个键,键区包括数字 0-9,括号和一系列数学算符,作为默认算符集的扩充,也可以点击 INV 键获得预备算符集。

在创建方程时,方程以标准数学语法显示在键区上面的方程框里。不同部分(基本变量,方程变量,数学算符和数字)以不同颜色显示。这样,可以检验所输入的方程,也可以使用方程编辑器对话框上的 GRAPH/LIST 按钮图示或列表方程。要了解这一特征的细节,参看[Graphing BC Functions](#) (图示 BC 函数)。

## 注:

函数编辑器并不认可方程结构,你必须确保一些方程的数学有效性被正确表达,这里包括所定义、插入和执行的方程等等;例如,必须确保不会不经意地创造 0 作除数的情形。

如果你想把一个方程或方程的一部分用在以后的函数中(例如在另一状态),你可以点击按钮来储存它。当你点击 **STO** 按钮时,键区的数字变为一系列记忆缓存号,点击其中一个,就可将方程存入它所代表的缓存。例如,先点击 **STO** 按钮在点击 **M1** 按钮将把方程保存在一号缓存中,要得到一个保存了的方程,先点击 **INV** 按钮在点击 **INS MEM** 按钮,接着是相应的缓存按钮,缓存中存储的内容将显示在方程框,点击 **RCL** 按钮也可以看到存储的小型内容,如果你中止了一个缓存按钮的指针,工具条顶端将显示这个缓存中的内容。

在你把一个函数当作一个载荷添加前,你必须定义它并把它作为表格型矩阵载入。

下面是一个使用函数编辑器的详细过程。

1. 选择 **Utility Menu>Parameters>Functions>Define/Edit or Main Menu>Solution>-Loads-Apply>-Functions-Define/Edit**. 打开函数编辑器
  2. 选择函数类型。选择单个方程或多值函数。如果选择后者，必须键入你的状态变量名。也就是管理函数中方程的变量。当你选择一个多值函数时，六状态表格将被激活。
  3. 选择度或弧度，这一选择仅决定方程如何被运算，而不会影响 **\*AFUN** 设置。
  4. 使用初始变量，方程变量，和键区定义结果方程（单个方程）或描述状态变量的方程（多值函数）。如果你定义单方程函数，跳到第 10 步并保存方程。如果你是定义多值函数，继续看第 5 步。
  5. 点击状态 1 表格，键入你在函数表格下定义的状态变量的相应的最大最小值限制。
  6. 定义这个状态的方程。
  7. 点击状态 2 表格，注意状态变量的最小值限制已被定义并且不可更改，这一特征确保状态保持连续而无间隙。定义这个状态的最高值限制。
  8. 定义这个状态的方程。
  9. 在六个状态中连续如上操作。在每个状态里，你不必要储存或保存单个方程，除非你想在另一状态中重用某个方程。
  10. 输入一个注释描述函数（可选）选择 **Editor>Comment and type your comment in the area provided**.
  11. 保存函数. 选择 **Editor>Save and type in a name**. 文件名必须有 **.func** 扩展名。一旦函数被定义并保存，就可在一些适用的 **ANSYS** 分析中被应用或是被一些有权使用文件的用户使用。例如，你可以创建一个共享函数库并把它放在公共目录下，这样所有用户就可以通过网络访问它。
- 要是用函数，首先要载入它，在特定分析中为一些方程变量分配值并提供表格型参数名供使用。所有这些工作可以用函数载入器完成。

### 2.6.15.2 使用函数载入器

在分析中，你准备为方程变量指定值，指定表格型参数名并使用函数时，需要把函数载入载入器。

1. 选择 **Utility Menu>Parameters>Functions>Read from file** 打开函数载入器。
2. 找到你保存函数的目录，选择相应文件并打开。
3. 在函数载入器对话框中键入表格型变量名。这时你在指定这个函数为表格型边界条件时要用到的名字(**%tabname%**)。
4. 在对话框下半部，你可看到为函数定义的每个状态的函数表和状态表。点击函数表，你可看到每个你指定的方程变量的数据输入区，如果你使用需要材料 **IDs** 的变量的话，你还可以看到材料 **IDs** 数据输入区。输入区中输入相应值。

**注：** 函数载入器的对话框中的常量只支持数字数据。而不支持字符数据与表达式。

5. 在每个定义的状态中重复以上过程
6. 点击 **Save**，直到你为函数中所有状态的所有变量提供值，你才能将它



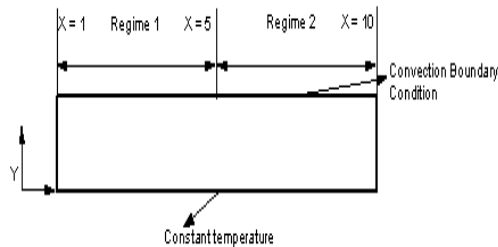
保存为表格型矩阵参数。

一旦你用函数载入器将函数保存为命名表格型矩阵参数，就可以把它当作表格型边界条件使用。关于在分析中使用表格型边界条件的详细情况，参看 [Applying Loads Using TABLE Type Array Parameters](#)（用表格型矩阵参数加载）。

**注：**函数作为一个编码方程载入表格。在中，计算引用表格时执行这些编码方程。

### 2.6.15.3 示例

下例说明了如何用函数表示创建和施加边界条件。在这个例子中，平板上流体的对流热传导系数用作函数边界条件。使用相关的薄片热传导系数。下面描述了施加了边界条件的平板。



平板底部是恒温，平板顶部，也就是施加对流边界条件的地方，分为两个状态。

**状态 1** 为 X (1<X<5)定义，对流热传导系数由下式给出：

$$h(x) = 0.332 * (k_{xx}/x) * Re^{1/2} * Pr^{1/3}$$

**Regime 2** 为 X (5<X<10)定义，对流热传导系数由下式给出：

$$h(x) = 0.566 * (k_{xx}/x) * Re^{1/2} * Pr^{1/3}$$

在以上方程中，雷诺数 Re 由下式给出：

$$Re = (dens * vel * x) / visc$$

Prandtl 数 PR 由下式给出：

$$Pr = (visc * c) / k_{xx}$$

平板上流体特性：

密度 (dens) = 1，热传导率 (k<sub>xx</sub>) = 10，比热(c) = 10，和粘度(visc) = 0.01

平板上流体流速(vel)在状态 1 中等于 100，在状态 2 中等于 50，两个状态下流体体积温度都是 100 度。

1. 首先，创建矩形并分配 [PLANE55](#) 型单元，定义材料特性和网格

```
/prep7
rect,1,10,,5
et,1,55
!Define Fluid Properties
    定义流体特性
mp,KXX,1,10    !Thermal conductivity
                热传导率
mp,DENS,1,1    !Density
```

```

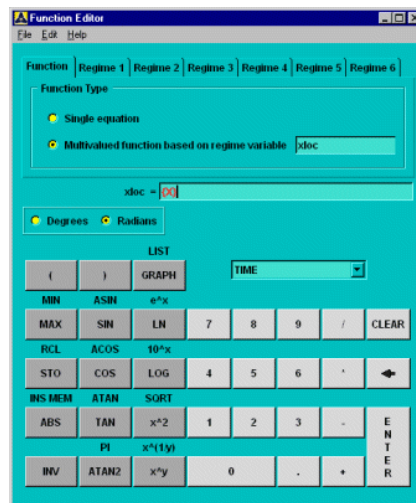
                                密度
mp,C,1,10      !Specific heat
                                比热
mp,VISC,1,0.01 !Viscosity
                                粘性

!Define Plate Properties
    定义平板特性
mp,kxx,2,10
mp,dens,2,10
mp,c,2,5
mat,2
esize,,25
amesh,all

```

接着，要定义要把对流边界条件定义为函数，这是一个两步过程。先用函数编辑器定义函数，然后用函数载入器把函数作为表格型参数应用。

2. 定义函数. 选择 **Utility Menu>Parameters>Functions>Define/Edit** 调用函数编辑器，这个例子中应用的函数边界条件是多值函数.它的终值决定于 X 再定义域中的位置。在函数编辑器对话框中，点击“Multivalued function based on regime variable”单选按钮，然后在文本编辑框中键入 xloc 作为状态变量名，xloc 就代表状态变量。要定义 xloc，To define xloc，选择对话框下半部分卧倒框中的“X”。你的对话框应该像这样。



3. 现在要定义两个状态下的热传导系数方程。点击状态 1 表格，在这个表格内，你要定义状态 1 的方程 ( $1 < X < 5$ )。在状态 1 限制文本输入框内输入“1”和“5”。
4. 为了方便使用，你会想定义一些方程中的表达式并存入存储器，这些方程你会运用不止一次或是很长的方程的一部分。这个例子中，雷诺数的表达式在两个方程中重复使用；因此，这时储存表达式的好例子，储存后在函数编辑器中每个状态下都始终可用。

要储存雷诺数，填写如下所示的结果框。在对话框下半部分的卧倒列表中选择 **DENS**, **X**, 和 **VISC** (在 {brackets} 中显示)。使用键区输入例如 \* 和 / 的数学函数，你的对话框应该像下面这样。



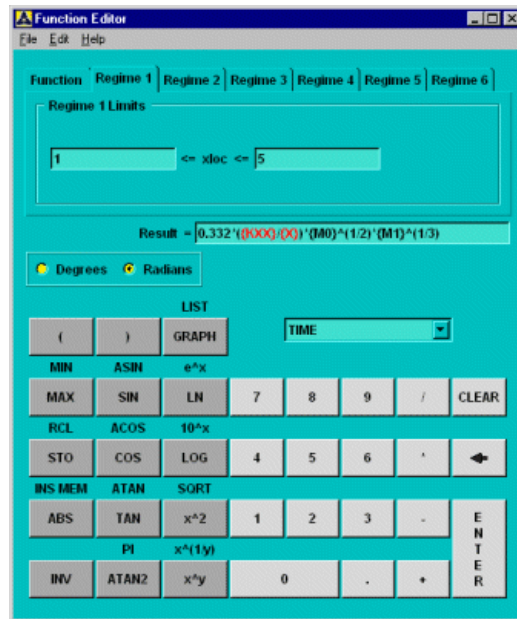


现在点击 **STO**,接着点击 **M0** 把表达式存入 0 号存储单元。

5. 要储存 Prandtl 数, 点击 **Clear** 按钮清除结果框, 然后重新填写, 如下所示。在列表中选择 **VISC**, **SPHT**, 和 **KXX**, 接着点击 **STO** 然后点击 **M1** 按钮, 你的对话框应该像下面这样。



6. 现在定义状态 1 的热传导系数表达式。点击 **Clear** 按钮清除文本输入框中的内容, 键入如下所示的状态 1 的热传导系数表达式。从卧倒列表中选择括号中的项目(**{KXX}** 和 **{X}**). **M0** 和 **M1** 使你先前存储的项目, 要将它们放入方程, 点击 **INV** 按钮, 接着是 **RCL** 按钮, 然后分别是 **M0** 和 **M1**。

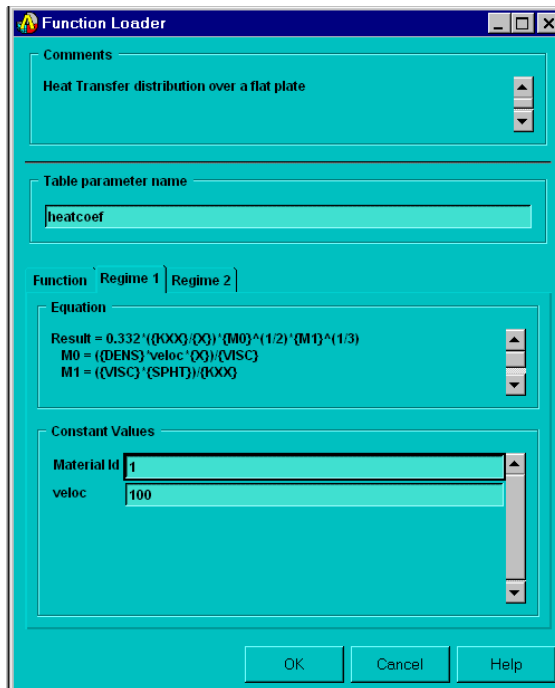


7. 现在定义状态 2 的方程，点击状态 2 表格。首先，输入作为状态变量的上限，这样这个方程就会生效。注意：这个状态变量的下限就是状态 1 的上限。这一特征保证了状态之间连续。接着，键入如下所示的热传导系数表达式。你可以分别地使用一单元 M0 与 M1 以替代雷诺数和 Prandtl 数的表达式。你的对话框应该像下面这样。



8. 现在你可以输入这个函数的注释。选择 File>Comments.
9. 选择 File>Save 保存方程。你必须保存方程，方程保存时有一个 .func 后缀名。  
函数保存好后，你就可以把它作为表格型参数加载入 ANSYS。
10. 要载入函数并为方程变量指定值，选择 UtilityMenu>Parameters>Functions>Read from File。选择前几步里你保存的 .func 函数。就会出现函数载入对话框。
11. 提供一个表格型变量名，你将在把函数诸位边界条件施加时用到它。例如，输入“heatcf”（这个变量名要少于或等于 7 个字符）。接着你必须为你在函数编辑器中定义的任何变量提供值。在这个例子中，唯一的变量是速度“veloc”。点击状态 1 表格，输入“1”为材料 ID，输入 100 为速度。只有你在表达式中

使用材料特性时才会要求你输入材料 ID 的数字。你的对话框应该像下面这样：



注：

函数载入器对话框中常值只支持数字数据，而不支持字符数据和表达式。

12. 点击状态 2 表格并输入“1”为材料 ID，输入 50 作为速度。注意：只有所有的需要的变量值被输入后，OK 按钮才会被激活。当 OK 按钮激活时，点击它。
13. 这时你可以结束分析。在你把时使用你分配的表格名。

```
nsel,s,loc,y,0
```

```
d,all,temp,25
```

```
nsel,s,loc,y,0.5
```

```
sf,all,conv,%heatcf%,100
```

Apply the function as a boundary condition

函数作为边界条件施加

```
finish
```

结束

```
/solu
```

```
time,1
```

```
deltim,.1
```

```
outres,all,all
```

```
allsel
```

```
solve
```

```
finish
```

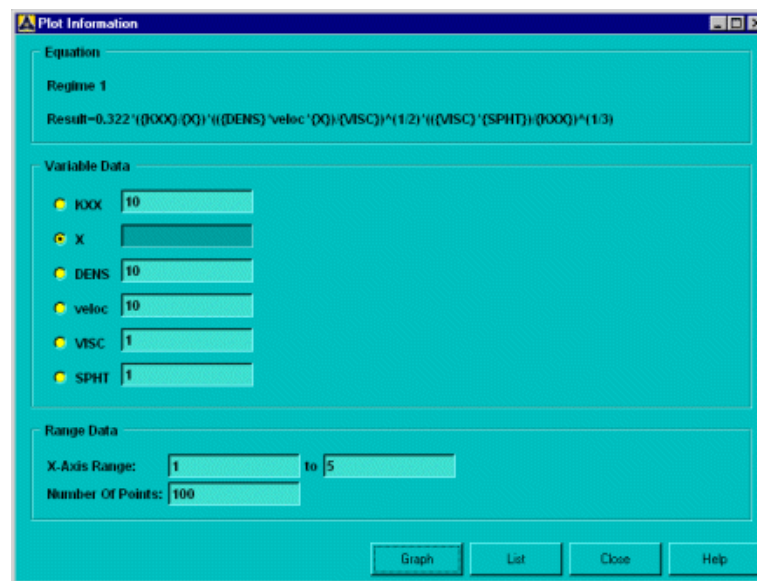
```
/post1
```

```
set,last
/psf,conv,hcoe,2,0.e+00,1
/replot !show surface load symbols 显示表面载荷符号
finish
```

## 2.6.15.4 图示或列表边界条件函数

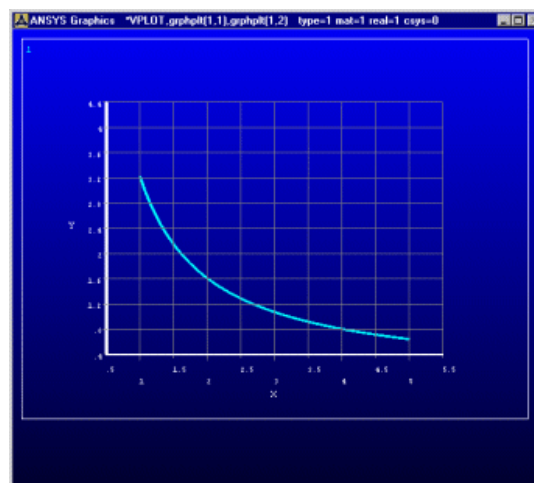
可以图示你输入的函数并且看到当前边界条件函数的可视化描绘。或者你可以把方程结果列表。这些可以让你确认你的方程是否如你所想得那样运行。

如下图中所示，不管是图示还是列表，你需要选择变量以重新图示结果。你还要设定 X 轴变化范围和图商点数。



### 2.6.15.4.1. 图示边界条件函数

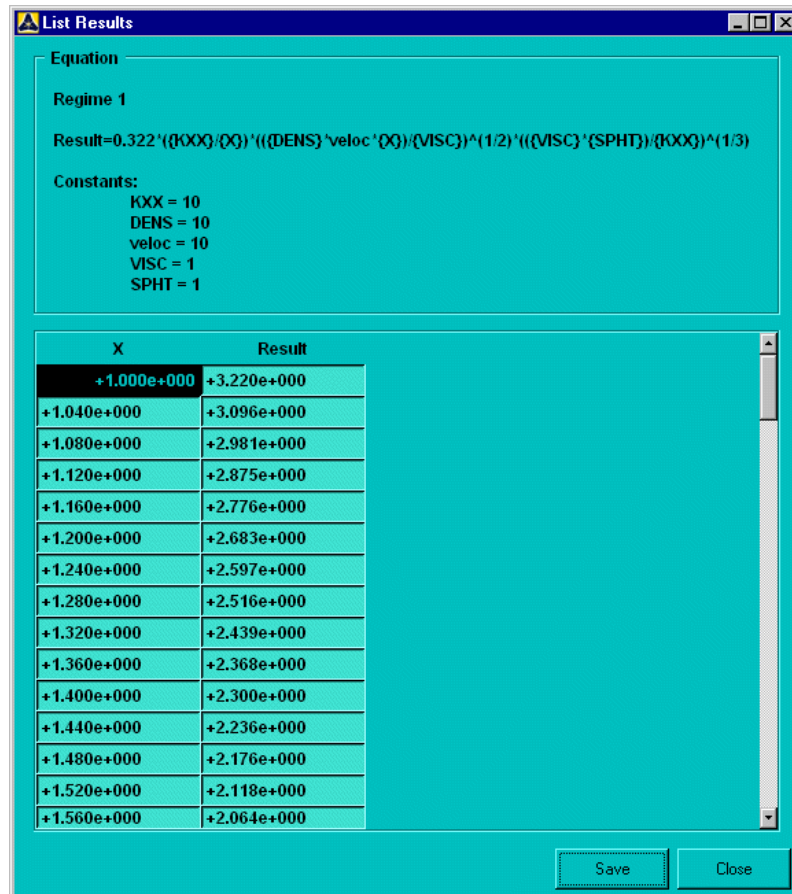
在设定好图示后，选择图示信息对话框中的 **Graph** 按钮，下面是一个图式的例子。



你可以使用任何标准图形函数 (例如,在曲线下填充使用命令 [input window](#) 或功能菜单 [PlotCtrls->Style->Graphs](#)). 你也可以保存图像留待后用 ([Image Capture](#))。

#### 2.6.15.4.2. 列表边界条件函数

当你在图示信息对话框中选择列表选项,生成一个表格显示图示点值。在图示信息对话框中选择的设置将用于生成这些值.下面是一个列表的例子。



X	Result
+1.000e+000	+3.220e+000
+1.040e+000	+3.096e+000
+1.080e+000	+2.981e+000
+1.120e+000	+2.875e+000
+1.160e+000	+2.776e+000
+1.200e+000	+2.683e+000
+1.240e+000	+2.597e+000
+1.280e+000	+2.516e+000
+1.320e+000	+2.439e+000
+1.360e+000	+2.368e+000
+1.400e+000	+2.300e+000
+1.440e+000	+2.236e+000
+1.480e+000	+2.176e+000
+1.520e+000	+2.118e+000
+1.560e+000	+2.064e+000

你不可以编辑这个表格,但是如果你需要的话可以复制病传入制表软件。或者你可以保存信息为文本文件,它将包括所有方程数据和相应坐标系。

## 2. 7 如何指定载荷步选项

如前所述, *Load step options* (载荷步选项) 是各选项的总称, 这些选项用于在求解选项中及其它选项 (如输出控制、阻尼特性和响应频谱数据) 中控制如何使用载荷。载荷步选项随载荷步的不同而异。有 6 种类型的载荷步选项:

- 通用选项
- 动态选项
- 非线性选项

- 输出控制
- Biot-Savart 选项
- 谱选项

## 2.7.1 通用选项

通用选项包括：瞬态或静态分析中载荷步结束的时间，子步数或时间步大小，载荷阶跃或递增，以及热应力计算的参考温度。以下是对每个选项的简要说明。

### 2.7.1.1 求解控制对话框

如果你是执行静态或是全瞬态分析，你可以使用解答控制对话框设置许多载荷步选项，如下所述。当可用的时候，通往解答控制对话框的路径就会包括在菜单中。要了解关于使用解答控制对话框的细节请参阅[Solution](#)（解答）。

### 2.7.1.2 时间选项

**TIME** 命令用于指定在瞬态或静态分析中载荷步结束的时间。在瞬态或其它与速率有关的分析中，**TIME** 命令指定实际的、按年月顺序的时间，且要求指定一时间值。在与非速率无关的分析中，时间作为一跟踪参数。在 ANSYS 分析中，决不能将时间设置为 0。如果执行 **TIME,0** 或 **TIME,<空>** 命令，或者根本就没有发出 **TIME** 命令，ANSYS 使用缺省时间值：第一个载荷步为 1.0，其它载荷步为 1.0 + 前一个时间。要在“0”时间开始分析，如在瞬态分析中，应指定一个非常小的值，如 **TIME,1E-6**。

### 2.7.1.3 子步数和时间步大小

对非线性或瞬态分析，要指定一个载荷步中需用的子步数。指定子步的方法如下：

Command(s)（命令）：

**DELTIM**

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Time/Frequenc>Time & Time Step**

**Main Menu>Solution>Sol'n Control:Basic Tab**

**Main Menu>Solution>Time/Frequenc>Time & Time Step**

**Main Menu>Solution>Unabridged Menu>Time/Frequenc>Time & Time Step**

Command(s)（命令）：

**NSUBST**

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Time/Frequenc>Freq & Substeps**

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Time/Frequenc>Time and Substps**

**Main Menu>Solution>Sol'n Control:Basic Tab**

**Main Menu>Solution>Time/Frequenc>Freq & Substeps**



**Main Menu>Solution>Time/Frequenc>Time and Substps**

**Main Menu>Solution>Unabridged Menu>Time/Frequenc>Freq & Substeps or Time and Substps**

**NSUBST** 命令指定子步数，**DELTIM** 命令指定时间步的大小。在缺省情况下，ANSYS 程序在每个载荷步中使用一个子步。

#### 2.7.1.4 自动时间分步

**AUTOTS** 命令激活时间步自动分步。等价的 GUI 路径为：

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Time/Frequenc>Time & Time Step**

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Time/Frequenc>Time and Substps**

**Main Menu>Solution>Sol'n Control:Basic Tab**

**Main Menu>Solution>Time/Frequenc>Time & Time Step**

**Main Menu>Solution>Time/Frequenc>Time and Substps**

**Main Menu>Solution>Unabridged Menu>Time/Frequenc>Time & Time Step or Time and Substps**

在时间步自动分步时，根据结构或构件对施加的载荷的响应，程序计算每个子步结束时最优的时间步。在非线性静态（或稳态）分析中使用**AUTOTS**命令确定了子步之间载荷增量的大小。

#### 2.7.1.5 阶跃或递增载荷

在一个载荷步中指定多个子步时，需要指明载荷是逐渐递增还是阶跃形式。**KBC**命令用于此目的：**KBC,0** 指明载荷是逐渐递增；**KBC,1** 指明载荷是阶跃载荷。缺省值取决于分析的学科和分析类型。（与**KBC**命令等价的 GUI 路径和与**DELTIM** 和 **NSUBST** 命令等价的 GUI 路径相同。）

Command(s): （命令）

### **KBC**

GUI:

**Main Menu>Solution>Sol'n Control:Transient Tab**

**Main Menu>Solution>Time/Frequenc>Freq & Substeps or Time and Substps or Time & Time Step**

**Main Menu>Solution>Unabridged Menu>Time/Frequenc>Freq & Substeps or Time and Substps or Time & Time Step**

关于阶跃载荷和逐渐递增载荷的几点说明：

- 如果指定阶跃载荷，程序按相同的方式处理所有载荷（约束，集中载荷，表面载荷，体积载荷，和惯性载荷）。根据情况，阶跃施加、阶跃改变或阶跃移去这些载荷。
- 如果指定逐渐递增载荷，那么：
  - 在第一个载荷步施加的所有载荷，除了薄膜系数外，都是逐渐递增的（根据载荷的类型，从 0 或从**BFUNIF**命令或其等价的 GUI 路径



所指定的值逐渐变化，参见表 2-11)。薄膜系数是阶跃施加的。

注：

阶跃与线性加载不适用于温度相关的薄膜系数（在对流命令中，作为  $N$  输入），总是以温度函数所确定的值大小施加温度相关的薄膜系数。

- 在随后的载荷步中，所有载荷的变化都是从先前的值开始逐渐变化。注意：在全谐波(**ANTYPE**,HARM with **HROPT**,FULL)分析中，表面载荷和体积载荷的逐渐变化与在第一个载荷步中的变化相同，且不是从先前的值开始逐渐变化。除了**PLANE2**, **SOLID45**, **SOLID92**, 和 **SOLID95**, 是从先前的值开始逐渐变化外。
- 对于表格型边界条件，载荷从不是逐渐变化的，而在当前时间被计算。如果在一个载荷步中指定使用表格形式载荷，而下一个载荷步却改为非表格型载荷，载荷将被当作新引进由 0 或由**BFUNIF**逐渐变化的载荷，但不是从先前的表格值变化。
- 在随后的载荷步中新引入的所有载荷是逐渐变化的（根据载荷的类型，从 0 或从**BFUNIF**命令所指定的值递增，参见表 2-11）。
- 在随后的载荷步中被删除的所有载荷，除了体积载荷和惯性载荷外，都是阶跃移去的。体积载荷逐渐递增到**BFUNIF**，不能被删除而只能被设置为 0 的惯性载荷，则逐渐变化到 0。
- 在相同的载荷步中，不应删除或重新指定载荷。在这种情况下，逐渐变化不会按用户所期望的方式作用。

表 2-11 不同条件下逐渐变化载荷(KBC=0)的处理

载荷类型 <sup>1</sup>	施加于载荷步 1	输入随后的载荷步
DOF 约束 · 温度 · 其它	从 <b>TUNIF</b> <sup>2</sup> 逐渐变化 从 0 逐渐变化	从 <b>TUNIF</b> <sup>3</sup> 逐渐变化 从 0 逐渐变化
"力"	从 0 逐渐变化	从 0 逐渐变化
表面载荷 · <b>TBULK</b> · <b>HCOEF</b> · 其它	从 <b>TUNIF</b> <sup>2</sup> 逐渐变化 阶跃 从 0 逐渐变化	从 <b>TUNIF</b> 逐渐变化 从 0 逐渐变化 <sup>4</sup> 从 0 逐渐变化
体积载荷 · 温度 · 其它	从 <b>TUNIF</b> <sup>2</sup> 逐渐变化 从 <b>BFUNIF</b> <sup>3</sup> 逐渐变化	从 <b>TUNIF</b> <sup>3</sup> 逐渐变化 从 <b>BFUNIF</b> <sup>3</sup> 逐渐变化
惯性载荷 <sup>1</sup>	从 0 逐渐变化	从 0 逐渐变化

1. 对 **OMEGA** 载荷，注意：**OMEGA** 本身为逐渐变化的，因此，产生的力在该载荷步上是二次变化。

2. **TUNIF** 命令在所有节点指定一均布温度。

3. 在这种情况下，使用的**TUNIF** 或 **BFUNIF**值是先前载荷步的，而不是当前值。

4. 总是以温度函数所确定的值大小施加温度相关的膜层散热系数，而不论**KBC**的设置如何。

5. **BFUNIF** 命令仅是**TUNIF**命令 的一个同类形式。用于在所有节点指定一均布体积载荷。

### 2.7.1.6 其它通用选项

还可以指定下列通用选项：

- 热应力计算的参考温度，其缺省值为 0 度。指定该温度的方法如下：

Command(s) (命令)

**TREF**

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Other>Reference Temp**

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Settings>Reference Temp**

**Main Menu>Solution>Other>Reference Temp**

**Main Menu>Solution>Settings>Reference Temp**

- 对每个解（每个平衡迭代）是否需要一个新的三角矩阵。仅在静态（稳态）分析或瞬态分析中，使用下列方法之一，可用一个新的三角矩阵。

Command(s): (命令)

**KUSE**

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Other>Reuse Tri Matrix**

**Main Menu>Solution>Other>Reuse Tri Matrix**

缺省情况下，程序根据 DOF 约束的变化，温度相关材料特性，以及 Newton-Raphson 选项确定是否需要一个新的三角矩阵。如果 **KUSE** 设置为 1，程序再次使用先前的三角矩阵。在重新开始过程中，该设置非常有用：对附加的载荷步，如果要重新进行分析，而且知道所存在的三角矩阵（在文件 *Jobname.TRI* 中）可再次使用，通过将 **KUSE** 设置为 1，可节省大量的计算机时。**KUSE,-1** 命令迫使在每个平衡迭代中三角矩阵再次用公式表示。在分析中很少使用它，主要用于调试中。

- 模式数（沿周边谐波数）和谐波分量是关于全局 X 坐标轴对称还是反对称。当使用反对称协调单元（反对称单元采用非反对称加载）时，载荷被指定为一系列谐波分量（傅立叶级数）。要指定模式数，使用下列方法之一：

Command(s): (命令)

**MODE**

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Other>For Harmonic Ele**

**Main Menu>Solution>Other>For Harmonic Ele**

关于协调单元的说明参见 [ANSYS Elements Reference](#)（ANSYS 单元参考手册）

- 在 3-D 磁场分析中所使用的标量磁势公式的类型，通过下列方法之一指定：

Command(s): (命令)

**MAGOPT**

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Magnetics>potential formulation method**

**Main Menu>Solution>Magnetics>potential formulation method**

- 要在受限制的分析的扩展通道中扩展解决方式, 要求通过执行下述命令之一。

Command(s) (命令)

**NUMEXP, EXPSOL**

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>ExpansionPass>Range of Solu's**

**Main Menu>Solution>ExpansionPass>Range of Solu's**

**Main Menu>Preprocessor>Loads>ExpansionPass>By Load Step**

**Main Menu>Preprocessor>Loads>ExpansionPass>By Time/Freq**

**Main Menu>Solution>ExpansionPass>By Load Step**

**Main Menu>Solution>ExpansionPass>By Time/Freq**

## 2.7.2 动力学分析选项

这些是主要用于动态和其它瞬态分析的选项。包括:

表 2-12 动态和其它瞬态分析命令

命令	GUI 菜单路径	用途
<b><u>TIMINT</u></b>	<b>Main Menu&gt;Preprocessor&gt;Loads&gt;Time/Frequenc&gt;Time Integration</b> <b>Main Menu&gt;Solution&gt;Sol'n Control:Basic Tab</b> <b>Main Menu&gt;Solution&gt;Time/Frequenc&gt; Time Integration</b> <b>Main Menu&gt;Solution&gt;Unabridged Menu&gt;Time/Frequenc&gt; TimeIntegration</b>	激活或取消时间积分
<b><u>HARFRQ</u></b>	<b>Main Menu&gt;Preprocessor&gt;Loads&gt;Time/Frequenc&gt;Freq &amp; Substeps</b> <b>Main Menu&gt;Solution&gt;Time/Frequenc&gt; Freq &amp; Substeps</b>	在谐波响应分析中指定载荷的频率范围
<b><u>ALPHAD</u></b>	<b>Main Menu&gt;Preprocessor&gt;Loads&gt;Time/Frequenc&gt;Damping</b> <b>Main Menu&gt;Solution&gt;Sol'n Control:Transient Tab</b> <b>Main Menu&gt;Solution&gt;Time/Frequenc&gt;Damping</b> <b>Main Menu&gt;Solution&gt;Unabridged Menu&gt;Time/Frequenc&gt;Damping</b>	指定结构动态分析的阻尼
<b><u>BETAD</u></b>	<b>Main Menu&gt;Preprocessor&gt;Loads&gt;</b>	指定结构动态分析的阻尼

	Time/Frequenc>Damping Main Menu>Solution>Sol'n Control: Transient Tab Main Menu>Solution> Time/Frequenc>Damping Main Menu>Solution>Unabridged Menu>Time/Frequenc>Damping	
<u>DMPRA T</u>	Main Menu>Preprocessor>Loads> Time/Frequenc>Damping  Main Menu>Solution> Time/Frequenc>Damping	指定结构动态分析的阻尼
<u>MDAMP</u>	Main Menu>Preprocessor>Loads> Time/Frequenc>Damping  Main Menu>Solution> Time/Frequenc>Damping	指定结构动态分析的阻尼

### 2.7.3 非线性选项

这些是主要用于非线性分析的选项。包括：

表 2-13 非线性分析命令

命令	GUI 菜单路径	用途
<u>NEQIT</u>	Main Menu>Preprocessor>Loads> Nonlinear> Equilibrium Iter Main Menu>Solution>Sol'n Control: Nonlinear Tab Main Menu>Solution>Nonlinear> Equilibrium Iter Main Menu>Solution>Unabridged Menu>Nonlinear>Equilibrium Iter	指定每个子步最大平衡迭代的次数 (缺省=25)
<u>CNVTOL</u>	Main Menu>Preprocessor>Loads> Nonlinear> Convergence Crit Main Menu>Solution>Sol'n Control: Nonlinear Tab Main Menu>Solution>Nonlinear> Convergence Crit Main Menu>Solution>Unabridged Menu>Nonlinear>Convergence Crit	指定收敛公差
<u>NCNV</u>	Main Menu>Preprocessor>Loads> Nonlinear> Criteria to Stop Main Menu>Solution>Sol'n Control: Advanced NL Tab Main Menu>Solution>Nonlinear> Criteria to Stop Main Menu>Solution>Unabridged Menu>Nonlinear>Criteria to Stop	为终止分析提供选项

## 2.7.4 输出控制

输出控制用于控制分析输出的数量和特性。有两个基本输出控制：

表 2-14 输出控制命令

命令	GUI 菜单路径	用途
<a href="#"><u>OUTRES</u></a>	Main Menu>Preprocessor>Loads> Output Ctrls> DB/Results File Main Menu>Solution>Sol'n Control:Basic Tab Main Menu>Solution>Output Ctrls> DB/Results File Main Menu>Solution>Unabridged Menu>Output Ctrls> DB/Results File	控制 ANSYS 写入数据库和结果文件的内容以及写入的频率
<a href="#"><u>OUTPR</u></a>	Main Menu>Preprocessor>Loads> Output Ctrls> Solu Printout Main Menu>Solution>Output Ctrls> Solu Printout Main Menu>Solution>Unabridged Menu>Output Ctrls> Solu Printout	控制打印（写入解输出文件 Jobname.OUT）的内容以及写入的频率

下例说明[OUTRES](#) 和 [OUTPR](#)命令的使用：

OUTRES,ALL,5 ! 写入所有数据；每到第5子步写入数据

OUTPR,NSOL,LAST ! 仅打印最后子步的节点解

可以发出一系列[OUTPR](#) 和 [OUTRES](#)命令（达 50 个命令组合）以精确控制解得输出。但必须注意：命令发出的顺序很重要。例如，下列所示的命令把每到第 10 子步的所有数据和每到第 5 子步的节点解数据写入数据数据库和结果文件。

OUTRES,ALL,10

OUTRES,NSOL,5

然而，如果颠倒命令的顺序（如下所示），那么第二个命令优先于第一个命令，使每到第 10 子步的所有数据被写入数据数据库和结果文件，而每到第 5 子步的节点解数据则未被写入数据数据库和结果文件。

OUTRES,NSOL,5

OUTRES,ALL,10

注：程序输出所有单元解数据的缺省情况取决于分析类型，参见[ANSYS Commands Reference](#)（ANSYS 命令参考手册）中的[OUTRES](#)说明。要限制输出的解数据，使用[OUTRES](#)有选择地抑制(FREQ = NONE)解数据的输出，或首先抑制所有解

数据([OUTRES](#),ALL,NONE)的输出,然后通过随后的[OUTRES](#)命令有选择地打开解数据的输出。

第三个输出控制命令[ERESX](#)允许你在后处理中观察单元积分点的值。

Command(s) (命令):

[ERESX](#)

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Output Ctrls>Integration Pt**

**Main Menu>Solution>Output Ctrls>Integration Pt**

**Main Menu>Solution>Unabridged Menu>Output Ctrls>Integration Pt**

缺省情况下,对材料非线性(例如,非 0 塑性变形)以外的所有单元,ANSYS 程序使用外推法根据积分点值计算在后处理中观察的节点结果。通过执行[ERESX](#),NO 命令,可以关闭外推法,相反,将积分点的值复制到节点,使这些值在后处理中可用。另一个选项[ERESX](#),YES,迫使所有单元都使用外推法,而不论单元是否具有材料非线性。

### 2.7.5 Biot-Savart 选项

这些是用于磁场分析的选项。该类选项中的两个命令为:

**表 2-15 Biot-Savart 命令**

命令	GUI 菜单路径	用途
<a href="#">BIOT</a>	<b>Main Menu&gt;Preprocessor&gt;Loads&gt;Magnetics&gt; Biot-Savart</b>  <b>Main Menu&gt;Solution&gt;Magnetics&gt; Biot-Savart</b>	计算由于所选择的源电流场引起的磁场密度
<a href="#">EMSYM</a>	<b>Main Menu&gt;Preprocessor&gt;Loads&gt;Magnetics&gt; Copy Sources</b>  <b>Main Menu&gt;Solution&gt;Magnetics&gt; Copy Sources</b>	复制呈周向对称的源电流场

[ANSYS Electromagnetic Field Analysis Guide](#) (ANSYS 电磁场分析指南)解释了这些命令的使用方法。

### 2.7.6 谱分析选项

这类选项中有许多命令,所有命令都用于指定响应谱数据和功率谱密度(PSD)数据。在频谱分析中,使用这些命令,参见[ANSYS Structural Analysis Guide](#) (ANSYS 结构分析指南)说明。

## 2.8 创建多载荷步文件

所有载荷和载荷步选项一起构成一个载荷步，程序用其计算该载荷步的解。如果有多个载荷步，可将每个载荷步存入一个文件，调入该载荷步文件，并从文件中读取数据求解。

**LSWRITE** 命令写载荷步文件(每个载荷步一个文件，以 *Jobname.S01*, *Jobname.S02*, *Jobname.S03*,等识别)。使用以下方法之一：

Command(s) (命令)

### **LSWRITE**

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Write LS File**

**Main Menu>Solution>Write LS File**

如果你使用解决控制对话框设定分析和载荷步选项，使用基本制表符定义每个载荷步。(只有在静态或是全瞬态分析中才可使用解决控制对话框，参看 [Solution](#) (解答))

所有载荷步文件写入后，可以使用命令在文件中顺序读取数据，并求得每个载荷步的解（见第 3 章）。

下例所示的命令组定义多个载荷步：

```
/SOLU                                ! 输入 SOLUTION
...
! 载荷步1:
D,...                                ! 载荷
SF,...
...
NSUBST,...                           ! 载荷步选项
KBC,...
OUTRES,...
OUTPR,...
...
LSWRITE                              ! 写载荷步文件: Jobname.S01

! 载荷步 2:
D,...                                ! 载荷
SF,...
...
NSUBST,...                           ! 载荷步选项
KBC,...
OUTRES,...
OUTPR,...
...
LSWRITE                              ! 写载荷步文件: Jobname.S02
...
```



[NSUBST](#), [KBC](#), [OUTRES](#), [OUTPR](#) 和 [LSWRITE](#) 命令的说明参见[ANSYS Commands Reference](#) (ANSYS 命令参考手册)。

关于载荷步文件的几点说明：

- 载荷步数据根据 ANSYS 命令被写入文件。
- [LSWRITE](#) 命令不捕捉实常数 (R) 或材料特性 (MP) 的变化。
- [LSWRITE](#) 命令自动地将实体模型载荷转换到有限元模型，因此所有载荷按有限元载荷命令的形式被写入文件。特别地，表面载荷总是按[SFE](#) (或 [SFBEAM](#)) 命令的形式被写入文件，而不论载荷是如何施加的。
- 要修改载荷步文件序号为 *n* 的数据，执行命令[LSREAD,n](#) 在文件中读取数据，作所需的修改，然后执行[LSWRITE,n](#) 命令(将覆盖序号为 *n* 的旧文件)。还可以使用系统编辑器直接编辑载荷步文件，但这种方法一般不推荐使用。与[LSREAD](#)命令等价的 GUI 菜单路径为：

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Read LS File**

**Main Menu>Solution>Read LS File**

- [LSDELE](#) 命令允许你从 ANSYS 程序中删除载荷步文件。与[LSDELE](#)命令等价的 GUI 菜单路径为：

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Operate>Delete LS Files**

**Main Menu>Solution>Operate>Delete LS Files**

- 与载荷步相关的另一个有用的命令是[LSCLEAR](#)，该命令允许你删除所有载荷，并将所有载荷步选项重新设置为其缺省值。例如，在读取载荷步文件进行修改前，可以使用它“清除”所有载荷步数据。

与[LSCLEAR](#)命令等价的 GUI 菜单路径为：

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Delete>All Load Data>data type**

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Reset Options**

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Settings>Reset Factors**

**Main Menu>Solution>Reset Options**

**Main Menu>Solution>Settings>Reset Factors**

## 2.9 定义接头固定处预拉伸

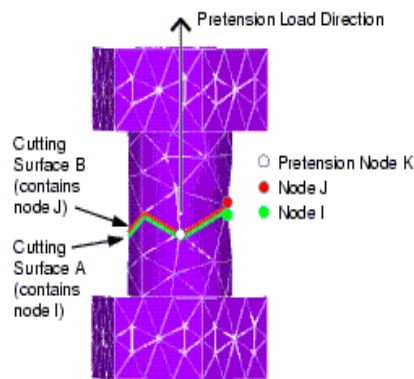
在螺栓和其他结构零件上预加应力常常会给变形和应力带来很大影响。两个 ANSYS 特征，[PRETS179](#)预拉伸单元和[PSMESH](#)预拉伸网格命令可以用于这种类型的分析。如果固定件被网格划分为两个独立的部分，使用[EINTF](#)命令可以把预拉伸单元插入两块之间。

预拉伸载荷是用来模拟接头固定处的预装配载荷。固定件可以是由任何 2D 和 3D 结构，低次或高次实体，梁，壳，管，或联接单元构成。使用[PSMESH](#)命令时，施加了预拉伸载荷的预拉伸部分必须定义在固定件内部。（[Pre-tension Definition](#)（预拉伸定义）中有螺栓联接的例子）。

### 2.9.1 使用 **PSMESH** 命令

到目前为止，最方便的在固定件上使用预拉伸单元的方法是通过**PSMESH**命令。只有固定件没被网格分为独立部分时这个命令才可以使用。这个命令将定义预拉伸部分并生成预拉伸单元。它自动把网格化固定件分割为两部分并插入拉伸单元。如果你决定要删除拉伸单元，删除拉伸部分就会自动删除拉伸单元(Main Menu>Preprocessor>Sections>Delete Section)。这个特征也允许你通过合并节点“undo”分割操作。

#### 预拉伸定义



正常的方向是由**PSMESH**命令指定的，它是拉伸部分数据的一部分。这里和早先的方法（**PTSMESH** 命令）有些差异，后者用实常值指定正常方向。

网格化拉伸部分不一定是平面，拉伸部分的下面几乎可以是任何形状：线，三角形，四边形，四面体，楔形或六面体。可是，在拉伸部分的两面(A 和 B)必须有一致的节点。拉伸部分的面和面由一个或多个拉伸单元联接，每个单元对应一对节点。

一个拉伸节点(K)用来控制和监控总的应力载荷。当拉伸部分是由**PSMESH**命令生成时，拉伸部分的拉伸载荷方向可以相对于面 A 指定。在一个指定拉伸部分上的所有拉伸单元必须使用同一平面并且有相同的拉伸节点 K。节点 K 是拉伸单元定义的第三步。

### 2.9.2 使用**EINTF** 命令

如果固定物已被网格分为两个独立部分（例如在现行法定模型中），使用**EINTF**命令, **TOLER,K** (Main Menu> Preprocessor>Create>elements> pretension> At Coincident Nodes...)命令可以将拉伸单元 (**PRETS179**)插入两部分之间。如果 K 没定义，ANSYS 将自动生成。在使用**EINTF**命令前，单元型 ID 和实常值设定必须已完全定义。相连的表面(A 和 B)必须有匹配的网格模式和一致的节点。如果一些两面间的节点对与拉伸单元不相连，将会导致后继分析不准确。

### 2.9.3 使用 PSMESH 示例

下面是一个使用 **PSMESH** 命令执行拉伸分析的典型过程。要了解命令语法细节，参考 [ANSYS Commands Reference](#) (ANSYS 命令参考)。

1. 网格化螺栓联接,然后分割网格并插入拉伸单元以形成拉伸部分.例如,下例通过分割网格并在体 1 中插入部分以生成名为“example”的拉伸部分.注意:零件生成最好有助于绘制和选择拉伸单元.

```
psmesh,,example,,volu,1,0,z,0.5,,,,npts
```

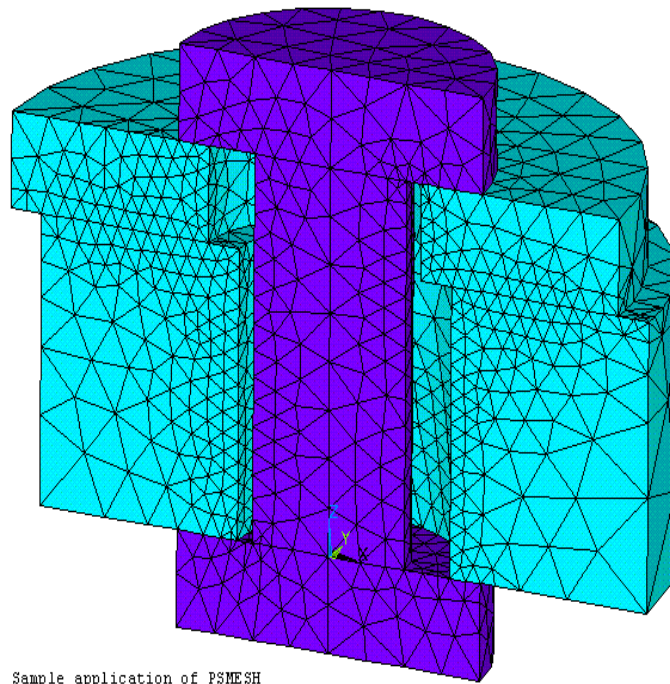
2. 在第一载荷步中,对节点 K 施加一个力或位移.这样,载荷被当作一个力施加.力“锁定”在第二载荷步,允许你添加另外的力.初始载荷的效果在载荷“锁定”后作为位移保存.如下示.

```
sload,1,9,tiny,forc,100,1,2
```

3. 使用 **SLOAD** 命令施加所需的其他外部载荷.

下例会帮助你理解拉伸过程如何工作.

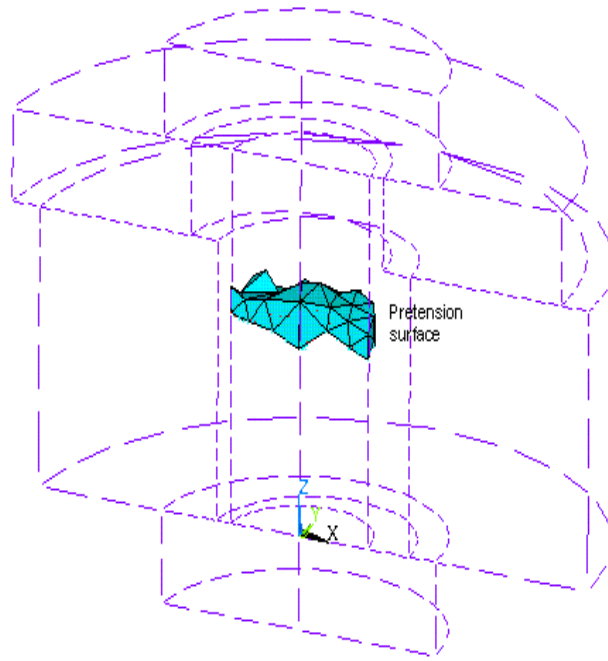
#### 初始网格结构



Sample application of PSMESH

模型表现了两环形板 180 度部分与一个螺栓偏移装配. 螺栓材料是碳钢,板的材料是铝.(参阅 [Initial Meshed Structure](#) (初始网格结构)).

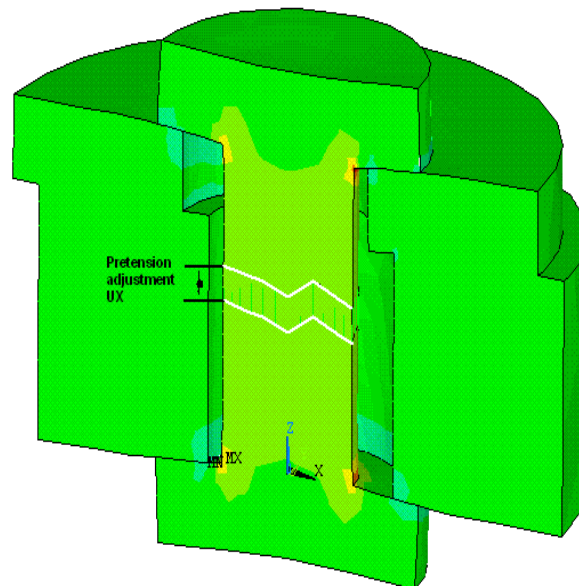
#### 拉伸部分



Sample application of PSMESH

使用 **PSMESH** 操作把螺栓单元分割为两个不相连的组，并与拉伸单元 **PRETS179** 连接。然后绘制拉伸界面上的单元和节点。(参阅 [Pre-tension Section](#))。

### 拉伸应力



Sample application of PSMESH - preload only

对称地施加约束以防止刚性运动。注意：统一的缺省参考温度是 70°F。在 **PSMESH** 命令生成的预拉伸节点上施加一半的载荷（这是一个半模型），求解并绘制轴向的法向应力。正如我们所料，螺栓中的轴向应力是张力，而平板上被螺栓肩部所压的部位是压缩力。(参阅 [Pre-tension Stress](#). (预拉伸应力))

```
/prep7
/title,Sample application of PSMESH
标题, PSMESH 运用示例

et,1,92
mp,ex,1,1e7
mp,alpx,1,1.3e-5
mp,ex,2,3e7
mp,alpx,2,8.4e-6
tref,70

/foc,,-.09,.34,.42
/dist,.,99
/ang,.,-55.8
/view,.,39,-.87,.31
/pnum,volu,1
/num,1
cylind,0.5,,-0.25,0, 0,180
cylind,0.5,., 1,1.25, 0,180
cylind,0.25,., 0,1, 0,180
wpoff,.05
wpstyle,,,,,,,,,0
cylind,0.35,1, 0,0.75, 0,180
wpoff,-.1
wpstyle,,,,,,,,,0
cylind,0.35,1, 0.75,1, 0,180
vglue,all
numc,all
vplot
mat,1
smrt,off
vmesh,4,5
mat,2
vmesh,1,3
/pnum,mat,1
eplot
psmesh,,example,,volu,1,0,z,0.5,,,,n
CM,lines,LINE
/dist,.,1.1
cmplot
/solu
eqslve,pcg,1e-8
asel,s,loc,y
da,all,symm
```

```
asel,all
dk,1,ux
dk,12,ux
dk,1,uz
sload,1,9,tiny,force,100,1,2
/title,Sample application of PSMESH - preload only
solve
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!Finally, we construct the actual solution of interest. We want to

!know what happens to the preload in the bolt, and the stress field around
!it, when the assembly temperature rises to 150 F.
!Both the preload and the stresses increase because, for a uniform
!temperature rise, there is greater thermal expansion in the aluminum plates
!than in the steel bolt. Any method for applying preload that did not
!allow the load to change would be unable to predict this result.
最终，我们构造所要知道的实际的解答，我们想知道，当整体温度升到 150 F 时，螺栓中以及它
周围的应力区在预加载到底发生了什么，预加载和引力都增大了，这是因为温度增加，铝盘的热
膨胀比钢螺栓的要大。不支持载荷变化的任何应用预加载的方法都不能预测这个结果。
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
/post1
plnsol,s,z
/solu
antype,,restart
tunif,150
/title,Sample application of PSMESH - uniform 150 deg
solve

/post1
plnsol,s,z
```

## 第 3 章：求解

### 3.1 什么是求解

ANSYS 在求解方面，计算机能够克服和求解由有限元方法建立的联立方程，求解的结果为：

节点的自由度值，为基本解

原始解的导出值，为单元解

单元解通常是在单元的公共点上计算出的，ANSYS 程序将结果写入数据库和结果文件（*Jobname.RST*，*RTH*，*RMG*，和 *RFL* 文件）。

ANSYS 程序中有几种解联立方程系统的方法：稀疏矩阵直接解法，直接解法，雅可比共轭梯度法（JCG），不完全乔类斯基共轭梯度法（ICCG），预条件共轭梯度法（PCG），自动迭代法（ITER）。除了子结构分析的生成过程与电磁分析（使用正向直接解法），缺省为稀疏矩阵直接解法，作为这些求解器的补充，ANSYS 并行处理包括两个多处理器求解器，代数多栅求解器(AMG)与分布式求解器(DDS)。

可用以下方法选择求解器：

命令行方式：**EQSLV**

图形界面方式：

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Analysis Options**

**Main Menu>Solution>Sol'n Control:Sol'n Options Tab**

**Main Menu>Solution>Unabridged Menu>Analysis Options**

**Main Menu>Solution>Analysis Options**

参考[Selecting a Solver](#)（选择求解器）获取更多信息

注：AMG 和 DDS 求解器都是 ANSYS 并行处理的一部分。是具有独自许可证的产品。想获取更多信息，参阅[ANSYS Advanced Analysis Techniques Guide](#)（ANSYS 高级分析技巧指南）中的[Improving ANSYS Performance and Parallel Performance for ANSYS](#)(改进的 ANAYS 处理与并行处理)。

### 3.2 选择求解器

下表提供了一般的准则，可能有助于针对给定的问题选择合适的求解器。

表 3—1 求解器选择准则

解法	典型应用场合	模型尺寸	内存使用	硬盘使用
正向直接解法(直接消除法)	要求稳定性（非线性分析）或内存受限制时	低于 50000 自由度	低	高
稀疏矩阵直接解法	要求稳定性和求解速度（非线性分析）；线性分析时迭代法收敛很慢时（尤其对病态矩	自由度为 10000～500000	中	高



解法	典型应用场合	模型尺寸	内存使用	硬盘使用
	阵，如形状不好的单元)	(多用于板壳和梁模型)		
雅可比共轭梯度法	在单场问题(如热，磁，声，多物理问题)中求解速度很重要时	自由度为 50000~1000000 以上	中	低
不完全乔斯基共轭梯度法	在多物理模型应用中求解速度很重要时，处理其它迭代法很难收敛的模型(几乎是无穷矩阵)	自由度为 50000~1000000 以上	高	低
预条件共轭梯度法	当求解速度很重要时(大型模型的线性分析)尤其适合实体单元的大型模型	自由度为 50000~1000000 以上	高	低
代数多栅求解器	与预条件共轭梯度法相同，此外，可以在共享存储器的并行机升级到 8 处理器。	自由度为 50000~1000000 以上	高	低
分布式求解器	这个解答器在网络上的多重系统中可升级到数打处理器	自由度为 100000~1000000 以上	高	低

### 3.3 使用波前求解器

ANSYS 直接求解法不组集整体矩阵，而是在求解器处理每个单元时，同时执行整体矩阵的组集和求解，其方法如下：

- 每个单元矩阵计算出后，求解器读入第一个单元的自由度(DOF)信息。
- 程序通过写入一个方程到 TRI 文件，消去任何可以由其它自由度表达的自由度，该过程对所有单元重复进行，直到所有的自由度都被消去，只剩下一个三角矩阵在 TRI 文件中。
- 程序通过回代法计算节点的自由度解，用单元矩阵计算单元解。

在直接求解法中经常提到 *wavefront* “波前”这一术语，它是在三角化过程中因不能从求解器消去而保留的自由度数。随着求解器处理每个单元及其自由度时，波前就会膨胀和收缩，最后，当所有的自由度都处理过以后波前变为零。波前的最高值称为最大波前，而平均的、均方根值称为 *RMS* 波前。

一个模型的 *RMS* 波前值直接影响求解时间：其值越小，CPU 所用的时间越少，因此在求解前可能希望能重新排列单元号以获得最小的波前值。ANSYS 程序在开始求解时会自动进行单元排序，除非已对模型重新排列过或已选择了不需重新排列（[ANSYS Modeling and Meshing Guide](#) ([ANSYS 建模和网格划分指南](#)）中提供了如何进行单元重新排序的详细内容）。最大波前值直接影响内存的需求，尤其是分配给临时数据的内存量，有关内存管理的详细内容见[Memory Management and Configuration](#)。

### 3.4 使用稀疏阵直接解法求解器

稀疏矩阵直接解法是建立在与迭代法相对应的直接消元法基础上的。迭代法通过间接的方法（也就是通过迭代法）获得方程的解。既然稀疏矩阵直接解法是以直接消元为基础的，不良矩阵不会构成求解困难。

注释一稀疏矩阵直接解法不适用于 PSD 光谱分析。

### 3.5 使用雅可比共轭梯度法求解器（JCG）

雅可比共轭梯度法求解器也是从单元矩阵公式出发，但是接下来的步骤就不同了，雅可比共轭梯度法不是将整体矩阵三角化而是对整体矩阵进行组集，求解器于是通过迭代收敛法计算自由度的解（开始时假设所有的自由度值全为零），图 3-2 概述了这些步骤。雅可比共轭梯度法求解器最适合于包含大型的稀疏矩阵三维标量场的分析，如三维磁场分析。

有些场合，1.0E-8 的公差缺省值（通过命令 **EQSLV**，**JCG** 设置）可能太严格，会增加不必要的运算时间，大多数场合 1.0E-5 的值就可满足要求。

雅可比共轭梯度法求解器只适用于静态分析、全谐波分析或全瞬态分析（可分别使用 **ANTYPE**，**STATIC**；**HROPT**，**FULL**；**TRNOPT**，**FULL** 命令指定分析类型）。

对所有的共轭梯度法，用户必须非常仔细地检查模型的约束是否恰当，如果存在任何刚体运动的话，将计算不出最小主元，求解器会不断迭代。

### 3.6 使用不完全乔列斯基共轭梯度法求解器（ICCG）

不完全乔列斯基共轭梯度法与雅可比共轭梯度法在操作上相似，除以下几方面不同外：

不完全乔列斯基共轭梯度法比雅可比共轭梯度法对病态矩阵更具有稳固性，其性能因矩阵调整状况而不同，但总的来说不完全乔列斯基共轭梯度法的性能比得上雅可比共轭梯度法的性能。

不完全乔列斯基共轭梯度法比雅可比共轭梯度法使用更复杂的先决条件，使用不完全乔列斯基共轭梯度法需要大约两倍于雅可比共轭梯度法的内存。

不完全乔列斯基共轭梯度法只适用于静态分析，全谐波分析（**HROPE**，**FULL**）或全瞬态分析（**TRNOPT**，**FULL**），（可以通过 **ANTYPE** 命令指定分析类型），不完全乔列斯基共轭梯度法对具有稀疏矩阵的模型很适用，对对称矩阵及非对称矩阵同样有效。不完全乔列斯基共轭梯度法比直接解法速度要快。

### 3.7 使用预条件共轭梯度法求解器（PCG）

预条件共轭梯度法与雅可比共轭梯度法在操作上相似，除以下几个不同的

地方：

1.预条件共轭梯度法解实体单元模型比雅可比共轭梯度法大约快 4~10 倍，对壳体构件模型大约快 10 倍，储存量随问题规模的增大而增大。

2.预条件共轭梯度法使用 EMAT 文件（如图 3-2 所示），而不是 FULL 文件。

3.雅可比共轭梯度法使用整体装配矩阵的对角线作为先决条件，预条件共轭梯度法使用更复杂的先决条件。

4.预条件共轭梯度法通常需要大约两倍于雅可比共轭梯度法的内存，因为在内存中保留了两个矩阵。

a.先决条件矩阵，几乎与刚度矩阵大小相同。

b.对称的、刚度矩阵的非零部分。

可以使用 **/RUNST** 命令（**Main Menu>Run-Time Stats**）来决定所需的内存或波前的大小，需分配专门的内存（详细内容见[Memory Management and Configuration](#)）。

预条件共轭梯度法通常只需少于直接求解法所需空间的四分之一，存储量随问题规模大小而增减。运算大模型(波前大于 1000 左右)时，预条件共轭梯度法总是比直接解法要快。

预条件共轭梯度法最适用于结构分析。它对具有对称、稀疏、有界和无界矩阵的单元有效，适用于静态或稳态分析和瞬态分析或子空间特征值分析（强动力学）。

预条件共轭梯度法主要解决位移/转动（在结构分析中）、温度（在热分析中）等问题，其它导出变量的准确度（如应力、压力、磁通量等）取决于原变量的预测精度。

直接求解法（如直接求解法，稀疏直接求解法）可获得非常精确的解向量，间接迭代法（如预条件共轭梯度法）主要依赖于用户指定的收敛准则，因此放松缺省公差将对精度产生重要影响，尤其对导出量的精度。

对具有大量的约束方程的问题或具有 **SHELL150** 单元的模型，建议不要采用预条件共轭梯度法，对这些类型的模型可采用直接求解法。同样，预条件共轭梯度法不支持 **SOLID63** 和 **MATRIX50** 单元。

所有的共轭梯度法，用户必须非常仔细地检查模型的约束是否合理，如果有任何刚体移动，将计算不出最小主元，求解器会不断迭代。

**注：**—当预条件共轭梯度法遇到一个无限矩阵，求解器会调用一种处理无限矩阵的算法，如果这预条件共轭梯度法的无限矩阵算法也失败的话（这种情况出现在当方程系统是病态的，如子步失去联系或塑性链的发展），将会触发一个外部的 Newton-Raphson 循环，执行一个二等分操作，通常，刚度矩阵在二等分后将会变成良性矩阵，而且预条件共轭梯度法能够最终求解所有的非线性步。

### 3.8 使用代数多栅求解器（AMG）

代数多栅求解器(AMG)是基于多级方法的迭代求解器，可以在单或多处理器环境下工作.要使用这个求解器，你必须有 ANSYS 高级任务并行认证.想了解这一求解器的更多信息，参阅[ANSYS Advanced Analysis Techniques Guide](#) (ANSYS 高级技术指南)中的[About the Algebraic Multigrid \(AMG\) Solver](#) (关于代数多栅求解器(AMG)).

代数多栅迭代方程求解器可用于静态分析与全瞬态分析.对于单体结构分析

(自由度由 UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, 和 ROTZ 组合而成)非常有效率.在诸如单体热力学分析(其中求解自由度是温度)的应用中,效率不高.推荐在 PCG 与 ICCG 求解法很难收敛的差条件问题中使用.它可用于单或多处理器环境下.当使用在单处理器环境下,根据占用处理器时间,对于坏条件问题执行好于 PCG 和 ICCG 求解法.对于普通问题,表现与 PCG 和 ICCG 求解法处于同一档次.在多处理器环境中,在共用处理器并行机上 AMG 求解法比 PCG 和 ICCG 求解法表现出色.

代数多栅求解法还可用于解决非线性分析中的无限矩阵问题.

### 3.9 使用分布式求解器(DDS)

分布式求解法将大模型分解为小域,然后将这些小域送到多处理器中求解.要使用这个求解器,你必须有 ANSYS 高级任务并行认证.想了解这一求解器的更多信息,参阅[ANSYS Advanced Analysis Techniques Guide](#) (ANSYS 高级技术指南)中的 ([About the Distributed Domain Solver \(DDS\)](#)(关于分布式求解器)).

分布式求解器是个面向大型静态分析与全瞬态分析(包括对称矩阵但不含预应力,惯性消解,联结,约束方程,与使用概率设计系统(PDS)的问题)可以升级的求解器.对于纯梁/壳问题,我们不推荐使用这一求法,那样会引发收敛困难.这一求解法适合由实体,梁与壳组合而成的模型.但包 LINK 单元, CONTAC 单元, TARGE 单元, p-单元, superelements, [PRETS179](#)单元的模式或纯捆绑问题不适宜用这一解法.通过使用多处理器这一解法可显著改善运算时间.

### 3.10 自动迭代（快速）求解器选项

自动迭代解法选项[[EQSLV](#), ITER]将选择一种合适的迭代法 (PCG, JCG 等), 它基于正在求解的问题的物理特性.使用自动迭代法时, 必须输入精度水平, 该精度必须是 1~5 之间的整数, 用于选择迭代法的公差供检验收敛情况.精度水平 1 对应最快的设置 (迭代次数少), 而精度水平 5 对应最慢的设置 (精度高, 迭代次数多), ANSYS 选择公差是以选择精度水平为基础的.例如:

- 1.线性静态或线性全瞬态结构分析时,精度水平为 1,相当于公差为  $1.0\text{e-}4$ ,精度水平为 5,相当于公差为  $1.0\text{e-}8$ 。
- 2.稳态线性或非线性热分析时,精度水平为 1,相当于公差为  $1.0\text{e-}5$ ,精度水平为 5,相当于公差为  $1.0\text{e-}9$ 。
- 3.瞬态线性或非线性热分析时,精度水平为 1,相当于公差为  $1.0\text{e-}6$ ,精度水平为 5,相当于公差为  $1.0\text{e-}10$ 。

该求解器选项只适用于线性静态或线性全瞬态的瞬态结构分析和稳态/瞬态线性或非线性热分析。

因解法和公差以待求解问题的物理特性和条件为基础进行选择,建议在求解前执行该命令 (一旦问题被完全定义)。

当选择了自动迭代法选项,且满足适当条件时,在结构分析和热分析过程中将不会产生 **Jobname.EMAT** 文件和 **Jobname.EROT** 文件,对包含相变的热分析不建议使用该选项.当选择了该选项,但不满足恰当的条件时,ANSYS 将会使

用直接求解法，并产生一个注释信息：告知求解时所用的求解器和公差。

### 3.11 在某些类型结构分析使用特殊求解控制

当你进行特定类型结构分析时，可以利用以下特殊求解工具。

1. Abridged Solution menus(简化求解菜单)，适合静态，瞬态(所有求解方法)，模态，与屈曲分析.参看[Using Abridged Solution Menus](#) (使用简化求解菜单)，
2. 求解控制对话框，适用于静态和瞬态分析(仅包括完整求解方法).参看[Using the Solution Controls Dialog Box](#).(使用求解控制对话框)

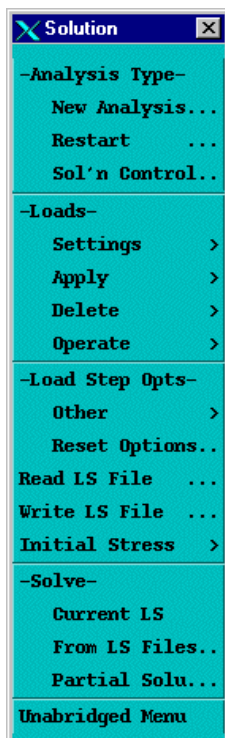
#### 3.11.1 使用简化求解菜单

如果你使用图形用户界面 GUI 执行静态，瞬态，模态，与屈曲结构分析，你可以选择使用简化菜单或非简化菜单。

1. 非简化菜单列出所有求解选项，而不考虑是否是当前分析的推荐选项或是可用选项.(如果某选项在当前分析中不可用，则在列表中以灰色显示)。
2. 简化菜单非常简洁，仅仅列出应用于你进行的分析的选项.例如:如果你进行静态分析，模式循环选项将不会出现在简化菜单中.只有那些当前分析可用或被推荐的选项才会显示。

如果你进行结构分析，，当你进入求解处理器(Main Menu>Solution)时，简化菜单显示如下缺省状态。

#### Default Abridged Solution Menu





如果你的分析既不是静态又不是全瞬态的话，你可以使用上面显示菜单 ([Default Abridged Solution Menu](#)) 中的选项完成你分析中求解阶段。可是，如果你选择了另外的分析类型。上面看到的缺省简化求解菜单将被另外的求解菜单替换。新的菜单适用于你选择的分析类型。

各种简化求解菜单都包含了非简化菜单选项，如果你喜欢非简化求解菜单，这一选项一直可用。

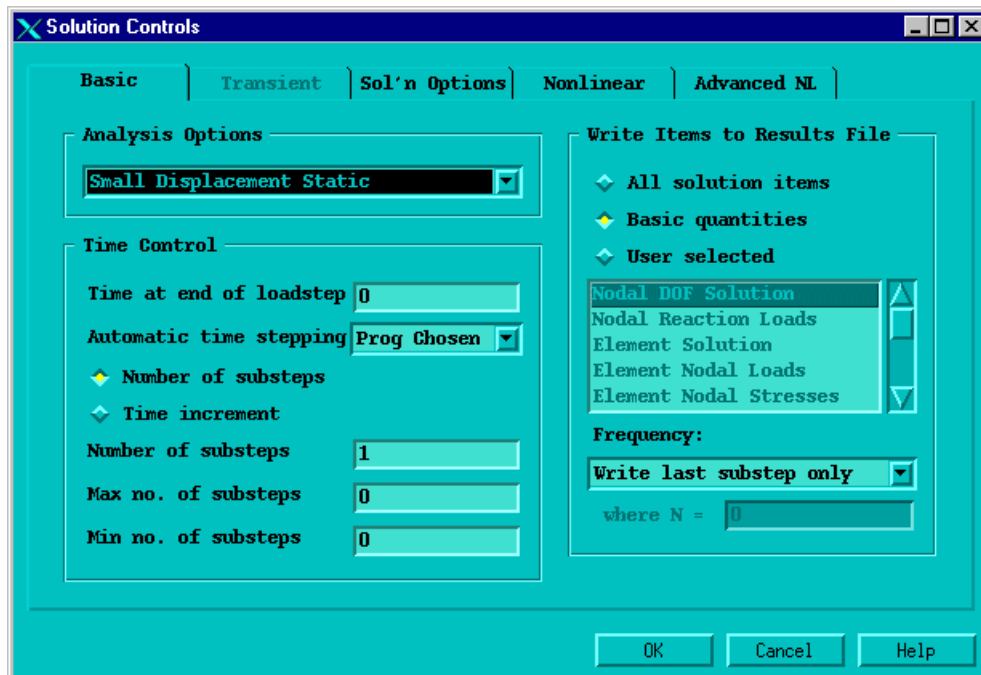
如果你在做分析时选择开始一个新的分析，ANSYS 将会显示你前一分析所用的求解菜单。例如，如果你选择使用非简化求解菜单进行静态分析并且选择了一个新的屈曲分析。ANSYS 将显示非简化求解菜单以供屈曲分析使用。然而，在分析求解阶段的任何时候，你都可以选择相应菜单选项在简化与非简化求解菜单中切换。 ([Main Menu>Solution>Unabridged Menu or Main Menu>Solution>Abridged Menu](#))。

### 3.11.2 使用求解控制对话框

如果你在进行静态与全瞬态分析，你可以使用改进的求解界面(称为求解控制对话框)设置许多分析选项。求解控制对话框由五个标签页组成，每个标签页都包含了相关的求解控制。在指定多载荷步分析中每个载荷步的设置时，对话框非常有效。

只要你是进行结构静态或全瞬态分析，你的求解菜单将包含 [Sol'n](#) 选项。当你点击 [Sol'n](#) 控制菜单项，求解控制对话框就会出现。这个对话框为分析设置与载荷步选项设置提供了统一的界面。参看 [Solution Controls Dialog Box](#) (求解控制对话框) 的解释。

#### Solution Controls Dialog Box



当你进入对话框时上面所示的基本标签页将被激活。完整的标签页列表，按从左到右的顺序如下所列：

- Basic 基本
- Transient 瞬态
- Sol'n Options 求解选项
- Nonlinear 非线性
- Advanced NL 高度非线性

每个控制都被逻辑分类于标签页，最基本的控制在第一个标签页.后面的标签页将提供逐渐高级的控制.瞬态标签页包含瞬态分析控制，仅当你选择瞬态分析时可用，如果你选择静态分析，它将保持灰色。

求解控制对话框上每个控制对应一个 ANSYS 命令，下表解释了标签与功能命令之间的关系，两种方式都可使用。

求解控制对话框标签页与命令之间的关系

求解控制对话框标签	标签的功能	与该标签对应的命令
Basic 基本	指定想执行的分析类型 控制不同的时间设定 指定你希望 ANSYS 写入数据库的求解数据	<a href="#"><u>ANTYPE</u></a> , <a href="#"><u>NLGEOM</u></a> , <a href="#"><u>TIME</u></a> , <a href="#"><u>AUTOTS</u></a> , <a href="#"><u>NSUBST</u></a> , <a href="#"><u>DELTIM</u></a> , <a href="#"><u>OUTRES</u></a>
Transient 瞬态	制定瞬态选项,例如对阶跃载荷的瞬时效应与渐变 指定阻尼选项 指定积分参数	<a href="#"><u>TIMINT</u></a> , <a href="#"><u>KBC</u></a> , <a href="#"><u>ALPHAD</u></a> , <a href="#"><u>BETAD</u></a> , <a href="#"><u>TINTP</u></a>
求解选项	指定想用的方程求解器类型 指定多架构重启的参数	<a href="#"><u>EQSLV</u></a> , <a href="#"><u>RESCONTROL</u></a>
Nonlinear 非线性	控制非线性选项,例如线搜索与求解预测 指定每个子步允许的最大迭代数目 显示你是否想在分析中包括蠕变计算 控制对分 设定收敛标准	<a href="#"><u>LNSRCH</u></a> , <a href="#"><u>PRED</u></a> , <a href="#"><u>NEQIT</u></a> , <a href="#"><u>RATE</u></a> , <a href="#"><u>CUTCONTROL</u></a> , <a href="#"><u>CNVTOL</u></a>
高度非线性	指定分析终止标准 控制弧长法的激活与终止	<a href="#"><u>NCNV</u></a> , <a href="#"><u>ARCLEN</u></a> , <a href="#"><u>ARCTRM</u></a>

一旦对基本标签页上的设定满意，你不需要改变其他标签页，除非你要改变一些高级控制.只要你在对话框任一标签上点击 OK，设置将被应用到 ANSYS 数据库，对话框也将关闭。



**注:**

如果你改变了一个或多个标签设置, 仅当你点击 OK 关闭对话框时改变才会应用到 ANSYS 数据库.

### 3.11.3 获得更多的信息

关于求解控制对话框的讨论贯穿于 ANSYS 手册的始末. 欲了解更多, 参考以下内容:

- 求解控制对话框在线帮助
- [ANSYS Structural Analysis Guide](#)(ANSYS 结构分析指南) 中的[Structural Static Analysis](#) (结构静态分析)
- [ANSYS Structural Analysis Guide](#) (ANSYS 结构分析指南)中的[Transient Dynamic Analysis](#) (瞬时动态分析)
- [ANSYS Structural Analysis Guide](#) (ANSYS 结构分析指南)中的[Nonlinear Structural Analysis](#) (非线性结构分析)

## 3.12 使用 PGR 文件存储后处理数据

在许多分析中, 为了得到特殊求解数据, 产生了大量预备图形信息. 最终解标准达到时, 这些信息经常被丢弃, 即使你以后还会需要用到这些数据, 在 POST1 操作中. 你可以通过制定 PGR 文件让 ANSYS 为 POST1 快速存取保存这些信息. PGR 文件是专门的 ANSYS 数据保存格式. 用来为 POST1 快速存取保存先前的数据.

在求解中你可以指定 PGR 文件中包含的项目. 你也可以在 POST1 中创建 PGR 文件, 添加新型数据进入 PGR 文件. 或是利用现有结果文件创建新 PGR 文件.

使用指定的后处理工具- -访问你存储在 PGR 文件中的信息. 结果阅读器是一个用来查看分析结果的紧凑的工具箱. 虽然它是设计用来显示 PGR 文件中的信息的, 你也可以用它来访问有效结果文件(\*.RST, \*.RFL, \*.RTH, \*.RMG, etc.)中的任何数据. 想了解更多关于结果阅读器信息, 参阅本手册后面的[The Results Viewer Layout](#)(结果阅读器的使用)。

### 3.12.1 PGR 文件功能

在后处理过程中你使用 PGR 文件快速存取复杂显示数据. 在你分析的求解阶段, 数据将由机器数信息转换为显示数据(图示). 虽然这些信息被当作求解参数写入

结果文件，但为了在 POST1 中查看而进行的再转换可能会很耗时。PGR 文件把造型与显示数据作为图示对象来保存。允许数据在 POST1 中很快的存取与显示。PGR 用现有的 ANSYS 命令结构定义，生成和访问将被保存和再访问的数据。要了解不同的 PGR 命令，参阅本节后面的 [PGR Commands](#) (PGR 命令)。你的文件将一直包含 [POUTRES](#) 命令定义的节点求解数据。你也可以指定下列将要包含在你的 PGR 文件中的项目：

- 应力
- 结构非线性数据
- 接触数据(三维)
- 总应变
- 弹性应变
- 热应变
- 蠕变
- 热梯度
- 热流量
- 电场
- 电流密度
- 磁场密度
- 磁流密度
- 磁力
- 压力梯度
- 体温度
- 拓扑优化密度

因为 PGR 文件构造与 .db 文件不同步，以下单元不会为 PGR 文件提供有效数据：

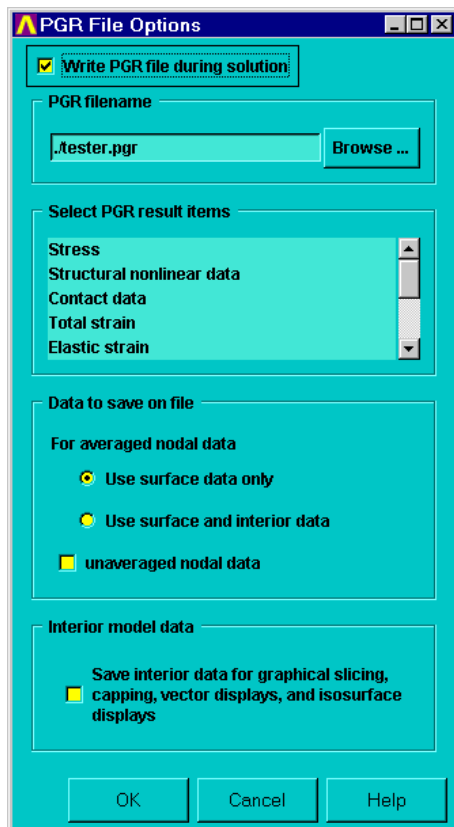
- Sourc36 单元
- Super 单元
- Circuit 单元

### 3.12.2 为 PGR 文件选择信息

求解中你选择的信息将被存入 PGR 文件，虽然在 POST1 中你可以创建或添加 PGR 文件(访问.rst 文件)，求解中选择信息将提供最大的速度/存取效益。

访问非简化求解菜单(MainMenu>Solution>Unabridged)你可以指定 PGR 求解数据。在非简化求解菜单中选择 Output Cntrls，然后选择 PGR 文件，PGR 文件选项对话框如下所示：

#### PGR File Options



在面板中你可以指定 PGR 文件的路径与名字，文件中要包含的数据类型，数据平均方案类型，以及是否包含来自模型内部的数据。在第一次求解以前，你可以改变任何你想在 PGR 文件中包含的项目。求解以后（即使只是第一载荷步）你不能再作改动。关于求解后如何添加文件参阅[Appending to an Existing PGR File in POST1](#)(在 POST1 中添加已有 PGR 文件)。

PGR 文件选项面板中可用选项对应 **PGWRITE** 和 **POUTRES** 命令，**AVRES** 命令(某些范围内)。

通过 PGR 文件选项面板你可以访问以下操作：

求解过程中写 PGR 文件- 创建文件，如果你是重启求解，你将覆盖现有文件。

**PGR 文件名**-在这里，你可以为你的文件提供一个指定名并指定创建它的目录。缺省的文件名为 `Jobname.pgr`，缺省路径就是现行分析的工作路径。

**选拔 PGR 结果项目**- 使用这一列表框选择你想在 PGR 文件中包含的项目。你可以压下 **ctrl** 键选择多个项目。拖动鼠标拉过多选项目。或是使用 **shift** 键选择包含列表的边界。以下项目可以包含进 PGR 文件（可用项目随你的分析情况变化）：

- 节点求解数据
- 应力
- 结构非线性数据
- 接触数据(三维)
- 总应变
- 弹性应变
- 热应变
- 蠕变
- 热梯度
- 热流量
- 电场
- 电流密度
- 磁场密度
- 磁流密度
- 磁力
- 压力梯度
- 体温度
- 拓扑优化密度

**保存于文件的数据** –从该位置，可以指定保存平均数据或平均数据加非平均节点数据，也可以指定使用表面数据或是与内部数据关联的表面数据。平均数据使用 **PLNSOL** 和 **PRNSOL** 命令，非平均数据使用 **PLESOL** **PRESOL** 命令。

用于“表面和内部数据”选择的平均方案将产生等应力条纹，这与在 Full Model Graphics 模式或 PowerGraphics 模式下用 **AVRES**，FULL 命令选项的结果相同。用“仅表面数据”选择获得的数据和通过缺省的 **AVRES** 命令选项（仅在外部单元表面使用）在 PowerGraphics 模式下获得的数据相同，内部数据仅在节点

数据可以进行平均的情况下才能获得。如果打算追加 PGR 文件，该功能不能被更改。

内部模型数据 – 实际上是为以后利用 slicing、capping、矢量显示、或轴对称显示技术(参考 [/TYPE](#)，[/CTYPE](#) 和 [PLVECT](#) 命令)保存内部结果数据，选中该项后，保存的数据可以在模型中显示或是导入数据表格或列表。如果想追加 PGR 文件，该功能就不能更改。

应力只能在写文件时被激活的坐标系中显示，如果你想用结果浏览器查看其他坐标系中显示的应力，必须在 POST1 中那个坐标系里重载结果文件(\*.RST, \*.RFL, \*.RTH, \*.RMG, etc.)。

### 3.12.3 PGR 命令

ANSYS PGR 文件使用以下命令产生和存取 PGR 数据：

求解命令

[PGWRITE](#)，[POUTRES](#)，和 [AVRES](#)。

后处理命令

[POUTRES](#)，[PGSAVE](#)，[PGRAPH](#)，[PGRSET](#)，[PLESOL](#)，[PLNSOL](#)，[PLTRAC](#) and [PLVECT](#)。

### 3.13 获得解答

进行以下操作开始求解：

命令：

[SOLVE](#)

图形界面：

**Main Menu>Solution>Current LS or Run FLOTRAN**

因为求解阶段与其它阶段相比，一般需要更多的计算机资源，所以批处理(后台)模式要比交互模式更适宜。

求解器将输出写入输出文件 (*Jobname*.OUT) 和结果文件中，如果你以交互模式运行求解的话，输出文件就是屏幕。当执行 SOLVE 命令前使用下述操作，你可以将输出送入一个文件而不是屏幕。

命令：

[/OUTPUT](#)

图形界面：

**Utility Menu>File>Switch Output to>File or Output Window**

写入输出文件的数据由如下内容组成：

1. 载荷概要信息。

2. 模型的质量及惯性矩。
3. 求解概要信息。
4. 最后的结束标题，给出总的 CPU 时间和各过程所用时间。
5. 由 **OUTPR** 输出命令或其它的图形界面副本所需的数据。

在交互模式中，大多数输出是被压缩的，结果文件（RST，RTH，RMG，或 RFL）包含以二进制方式的所有数据，可在后处理程序中进行浏览。

在求解过程中产生的另一有用文件是 **Jobname.STAT** 文件，它给出了解答情况。程序运行时可用该文件来监视分析过程，对非线性和瞬态分析的迭代分析尤其有用。

**SOLVE** 命令还能对当前数据库中的载荷步数据进行计算求解。

### 3.14 求解多载荷步

定义和求解多载荷步有三种方法：

1. 多重求解法
2. 载荷步文件法
3. 矩阵参数法

#### 3.14.1 使用多步求解法

这种方法是最直接的，它包括在每个载荷步定义好后执行 **SOLVE** 命令。主要的缺点是，在交互使用时必须等到每一步求解结束后才能定义下一载荷步，典型的多重求解法命令流如下所示：

```
/SOLU
...
!载荷步 1:
D, ...
SF, ...
...
SOLVE, !求解载荷步 1

!载荷步 2
F, ...
SF, ...
...
SOLVE ! 求解载荷步 2
Etc
.
```

#### 3.14.2 使用载荷步文件法

当想求解问题而又远离终端或 PC 机时（如整个晚上），可以很方便地使用

载荷步文件法。该方法包括写入每一载荷步到载荷步文件中（通过 **LSWRITE** 命令或相应的 GUI 方式），通过一条命令就可以读入每个文件并获得解答。见第 2 章了解产生载荷文件的详细内容）

要求解多载荷步，执行 **LSSOLVE** 命令（Main Menu>Solution>From Ls Files）。**LSSOLVE** 命令其实是一条宏指令，它按顺序读取载荷步文件，并开始每一载荷步的求解。载荷步文件法的示例命令输入如下所示：

```
/SOLU    !进入 SOLUTION 模块

...
! Load step1:
D, ...      !载荷
SF, ...
...
NSUBST, ... ! 载荷步选项
KBC, ...
OUTRES, ...
OUTPR, ...
...
LSWRITE    !写载荷步文件 :Jobname.SO1
!Load step 2:
D, ...      !载荷
SF, ...
...
NSUBST, ... ! 载荷步选项
KBC, ...
OUTRES, ...
OUTPR, ..
...
LSWRITE    ! 写载荷步文件 :Jobname.SO2
...
...
LSSOLVE, 1, 2    !开始求解载荷步文件 1 和 2
```

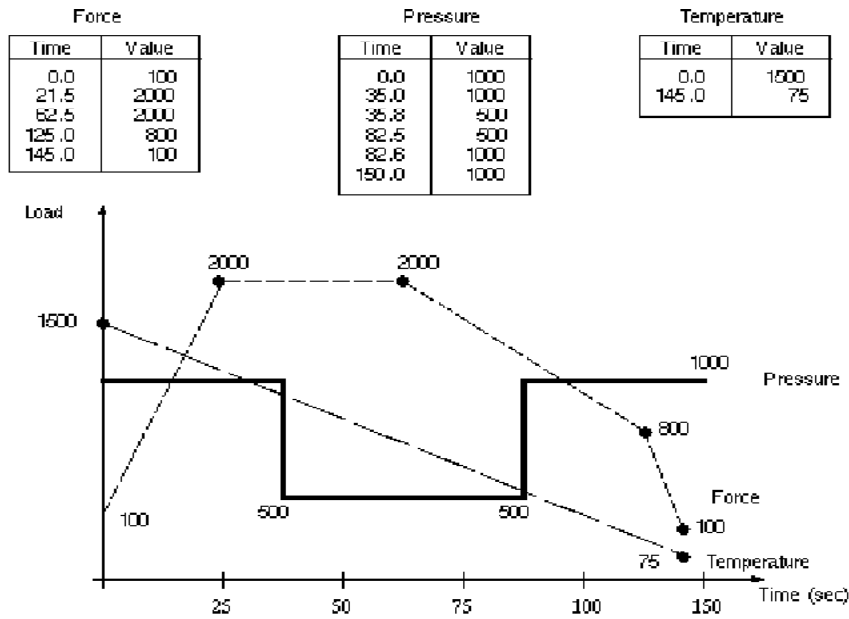
对 **NSUBST**, **KBC**, **OUTRES**, **OUTPR**, **LSWRITE**, **LSSOLVE** 命令的讨论，见《[ANSYS 命令参考](#)》。

### 3.14.3 使用数组参数法

主要用于瞬态或非线性静态（稳态）分析，需要了解有关数组参数和 DO 循环的知识，这是 APDL（ANSYS 参数设计语言）中的部分内容，详细内容可见 [ANSYS APDL Programmer's Guide](#) 《APDL 程序员指南》了解 APDL。数组参数法包括用数组参数法建立载荷—时间关系表，下例给出最好的解释。

随时间变化的载荷示例





假定有一组随时间变化的载荷，如上图所示的载荷。有三个载荷函数，所以需要定义三个数组参数，所有的三个数组参数必须是表格形式，力函数有 5 个点，所以需要 5×1 的数组，压力函数需要一个 6×1 的数组，温度函数需要一个 2×1 的数组，注意到三个数组都是一维的，载荷值放在第一列，时间值放在第 0 列（第 0 列、0 行，一般包含索引号，如果你把数组参数定义为一表的话，第 0 列、0 行必须改变，且填上单调递增的编号组）。

要定义三个数组参数，必须申明其类型和维数，要做到这一点，可以使用以下的命令。

命令：**\*DIM**

图形界面：**Utility Menu>Parameters>Array Parameters>Define/Edit**

例：

\*DIM, FORCE, TABLE, 5, 1

\*DIM, PRESSURE, TABLE, 6, 1

\*DIM, TEMP, TABLE, 2, 1

可用数组参数编辑器或一系列 '=' 命令（**Utility Menu>Parameters>Array Parameters>Define/Edit**）填充这些数组，后一种方法如下所示：

```
FORCE(1, 1)=100, 2000, 2000, 800, 100      !第 1 列力的数值
FORCE(1, 0)=0, 21.5, 50.9, 98.7, 112      !第 0 列对应的时间
FORCE(0, 1)=1                              !第 0 行
PRESSURE(1, 1)=1000, 1000, 500, 500, 1000, 1000
PRESSURE(1, 0)=0, 35, 35.8, 74.4, 76, 112
PRESSURE(0, 1)=1
TEMP(1, 1)=800, 75
TEMP(1, 0)=0, 112
TEMP(0, 1)=1
```

现在已经定义了载荷历程，要加载并获得解答，需要构造一个如下所示的 DO

循环（使用命令**\*DO**和**\*ENDDO**）:

```

TM_START=1E16                                !开始时间 (必须大于 0)
TM_END=112                                    !瞬态结束时间
TM_INCR=1.5                                  !时间增量
*DO, TM, TM-START, TM_END, TM_INCR!TM 从 TM_START 开始到 TM_END

                                !结束，步长 TM_INCR
TIME, TM                                    !时间值

F, 272, FY, FORCE(TM)                        !随时间变化的力(节点 272 处, FY 方向)
NSEL, ...                                    !在压力表面上选择节点
SF, ALL, PRES, PRESSURE(TM)                !随时间变化的压力
NSEL, ALL                                    !激活全部节点
NSEL, ...                                    !选择有温度指定的节点
BF, ALL, TEMP(TM)                           ! 激活全部节点
NSEL, ALL                                    !开始求解计算
SOLVE
*ENDDO

```

有关**\*DO**, **TIME**, **F**, **NSEL**, **SF**, **BF**和**\*ENDDO**命令的讨论见[ANSYS Commands Reference](#)(ANSYS 命令参考手册)。

用这种方法，可以非常容易地改变时间增量（TM\_INCR 参数），用其它方法改变如此复杂的载荷历程的时间增量将是很麻烦的。

### 3.15 中断正在运行的作业

如果有必要的话，可以中断正在运行的 ANSYS 作业。通过系统的帮助函数，如系统中断，发出一个删除信号，或在批处理文件队列中删除项目。然而，对于非线性分析，这不是好的方法。因为以这种方式中断的作业将不能重启动。

在一个多任务操作系统中完全中断一个非线性分析时，会产生一个放弃文件，命名为 **Jobname.ABT**（在一些区分大小的系统上，文件名为 **Jobname.abt**）。第一行的第一列开始含有单词“非线性”。在平衡方程迭代的开始，如果 ANSYS 程序发现在工作目录中有这样一个文件，分析过程将会停止，并能在以后的时候重启动。

注:若命令是通过由**INPUT**命令后指定的文件来读取的话，（**Main Menu>Preprocessor>Material Props>Material Library** 或 **Utility Menu>File>Read Input from**），那么放弃文件将会中断求解，但程序仍将继续从这个指定的输入文件中读取命令。于是，任何包含在这个输入文件中的后处理命令将会被执行。

### 3.16 重新启动一个分析

有时，在第一次运行完成后也许要重新启动分析过程，例如想将更多的载荷

步加入到分析中，在线性分析中也许要加入别的加载条件，或在瞬态分析中加入另外的时间里程加载曲线，或者在非线性分析收敛失败时需要恢复。

ANSYS 允许两种不同类型的重启：单架构重启与用于静态和全瞬态结构分析的多架构重启。单架构重启只允许你在工作停止点恢复它。而多架构重启可以在分析的任何点恢复工作，条件是保存了信息。这项功能允许你在一个模型上作多个分析并且给了你从异常中断恢复的更多选择。

要重启分析，模型必须符合以下条件：

- 分析类型必须是静态（稳态）、谐波（二维磁场）或瞬态（只能是全瞬态），其它的分析不能被重新启动。
- 在初始运算中，至少已完成了一次迭代。
- 初始运算不能因“删除”作业、系统中断或系统崩溃被中断。

### 3.16.1 一般重启动

一个传统的重启需要有工作初始运算的特定文件，并且需要你在使用 **SOLVE** 命令前改变输入。

#### 3.16.1.1 一般重启动的要求

在初始运算时必须得到以下文件：

**Jobname.DB** 文件— 在求解后、POST1 后处理之前保存的数据库文件，必须在求解以后保存这个文件，因为许多求解变量在求解程序开始以后设置的，在进入 POST1 前保存该文件，因为在后处理过程中，**SET** 命令（或功能相同的 GUI 路径）将用这些结果文件中的边界条件改写存储器中的已经存在的边界条件。接下来的 **SAVE** 命令将会存储这些边界条件（对于非收敛解，数据库文件是自动保存的，见下面的注释项）。

**Jobname.EMAT** 文件— 单元矩阵。（如果已建立）

**Jobname.ESAV** 或 **Jobname.OSAV** 文件— **Jobname.ESAV** 文件保存单元数据，**Jobname.OSAV** 文件保存旧的单元数据。**Jobname.OSAV** 文件只有当 **Jobname.ESAV** 文件丢失、不完整或由于解答发散，或因位移超出了极限，或因主元为负引起 **Jobname.ESAV** 文件不完整或出错时才用到（见表 3-2）。在 **NCNV** 命令中，如果 **KSTOP** 被设为 1（缺省）或 2、或自动时间步长被激活，数据将写入 **Jobname.OSAV** 文件。如果需要 **Jobname.OSAV** 文件，必须在重新启动时把它改名为 **Jobname.ESAV** 文件。

结果文件—不是必需的，但如果有，从重新启动运行得出的结果将通过适当的有序的载荷步和子步号追加到这个文件中。如果因初始运算结果文件的结果设置数超出而导致中断的话，需在重新启动前将初始结果文件名改为另一个不同的文件名。这可通过执行 **ASSIGN** 命令（Utility Menu>File>ANSYS File Option）实现。

**注：**—如果由于不收敛、时间限制、中止执行文件（**Jobname.ABT** 文件）、或其它程序诊断错误引起程序中断的话，数据库会自动保存，求解输出文件

(**Jobname.OUT** 文件) 会列出这些文件和其它一些在重新启动时所需的信息。中断原因和重新启动所需的保存的单元数据文件见[Restart Information for Nonlinear Analyses](#)(表 3-2)。

如果文件 **.RDB**, **.LDHI**, 或 **.Rnnn** 在先前运算中偶然生成, 在进行单架构重启前你必须删除他们。

在交互模式中, 已存在的数据库文件会首先写入到备份文件 (**Jobname.DBB** 文件) 中。在批处理模式中, 已存在的数据库文件会被当前的数据库信息所替代, 不进行备份。

表 3-2 非线性分析重新启动信息

中断原因	保存的单元数据文件	所需的正确操作
正常 (无错误)	Jobname.ESAV	在作业的末尾添加更多载荷步
不收敛	Jobname.OSAV	定义较小的时间步长, 改变自适应衰减选项或采取其它措施加强收敛, 在重新启动前把 Jobname.OSAV 文件改名为 Jobname.ESAV 文件
因平衡迭代次数不够引起的不收敛	Jobname.ESAV	如果解正在收敛, 允许更多的平衡方程式 (NEQIT 命令)
超出累积迭代极限 (NCNV 命令)	Jobname.ESAV	在 NCNV 命令中增加 ITLIM
超出时间限制 (NCNV 命令)	Jobname.ESAV	无 (仅需重新启动分析)
超出位移限制 (NCNV 命令)	Jobname.OSAV	(同不收敛)
主元为负	Jobname.OSAV	(同不收敛)
Jobname.ABT 文件 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 如果解是收敛的</li> <li>● 如果解是分散的</li> </ul>	Jobname.ESAV Jobname.OSAV	做任何必要的改变, 以便能访问引起主动中断分析的行为
结果文件 “满” (超过 1000 子步) 时间步长输出	Jobname.ESAV	可以出了问题一检查 CNVTOL, DELTIM 和 NSUBST 或 KEYOPT(7) 中的接触单元的设置, 或在求解前在结果文件 [/CONFIG, NRES] 中指定允许的较大的结果数, 或减少输出的结果数, 还要为结果文件改名 (/ASSIGN)
“删除” 操作 (系统中断), 系统崩溃, 或系统超时	不可用	不能重新启动

### 3.16.1.2 一般重启的步骤

重启分析的步骤如下:

1. 进入 ANSYS 程序, 给定与第一次运行时相同的文件名 (执行 **/FILNAME** 命令 (**Utility Menu>File>Change Jobname**))。
2. 恢复数据库文件 (**RESUME** 命令 (**Utility Menu>File>Resume Jobname. db**))

于是进入求解处理器（/**SOLU** 命令(Main Menu>Solution)）

3. 说明这是重启动分析（执行 **ANTYPE**, **REST** 命令（Main Menu>Solution>Restart））
4. 按需要规定修正载荷或附加载荷，从前面的载荷值调整坡道载荷的起始点，新加的坡道载荷从零开始增加，新施加的体积载荷从初始值开始。删除的重新加上的载荷可视为新施加的负载，而不用调整。待删除的表面载荷和体积载荷，必须减小至零或到初始值，以保持 **Jobname.ESAV** 文件和 **Jobname.OSAV** 文件的数据库一致。

如果你是从收敛失败重新启动的话，务必采取所需的正确操作。

5. 指定是否要重新使用三角化矩阵（TRI 文件），可用以下操作：

命令：

### **KUSE**

图形界面

**Main Menu>Preprocessor>Loads>other>Reuse>Reuse Tri Matrix**

**Main Menu>Solution>Other>Reuse Tri Matrix**

缺省时，ANSYS 为重启动第一载荷步计算新的三角化矩阵，通过执行 **KUSE**, 1 命令，可以迫使称许再使用已有的矩阵，这样可节省大量的计算时间。然而，仅在某些条件下才能使用 **Jobname.TRI** 文件，尤其当规定的自由度约束没有发生改变，且为线性分析时。详细内容见 *ANSYS 理论参考手册*。

通过执行 **KUSE**, -1，可以使 ANSYS 重新形成单元矩阵，这样对调试和处理错误是有用的。

有时，可能需根据不同的约束条件来分析同一模型，如一个四分之一对称的模型（具有对称—对称(SS)，对称—反对称(SA)，反对称—对称(AS)反对称—反对称(AA)条件)。在这样的情况，必须牢记以下要点：

四种情况（SS，SA，AS，AA）都需要新的三角化矩阵。

可保留 **Jobname.TRI** 文件的副本用于各种不同工况，在适当时候使用。

可以使用子结构（将约束节点作为主自由度）以减少计算时间（见[ANSYS Advanced Analysis Techniques Guide](#)。）*ANSYS 高级分析技术指南*Substructuring第 5 章）。

6. 发出 **SOLVE** 命令初始化重启动求解（详情见[Obtaining the Solution](#)3.9）。7. 对附加的载荷步（若有的话）重复步骤 4、5，和 6，或使用载荷步文件法产生和求解多载荷步，使用下述命令：

命令：

### **LSWRITE**

图形界面：

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Write Ls File**

**Main Menu>Solution>Write Ls File**

命令：

### **LSSOLVE**

图形界面：

**Main Menu>Solution>From Ls File**

8. 按需要进行后处理，然后退出 ANSYS。  
重新启动输入列表示例如下所示：

```

!Resart run:
/FILNAME, .... !作业名
RESUM
/SOLU
ANTYPE,, REST !指定为前述分析的重启动
!
!指定新载荷、新载荷步选项等
!对非线性分析，采用恰当的正确操作。
!
SAVE
SOLVE !开始重启动求解。
SAVE !SAVE 可选项供后续可能进行的重启动用。
FINISH
!
!按需要进行后处理
!
/EXIT, NOSAV

```

### 3.16.1.3 从不兼容的数据库重新启动非线性分析

有时，后处理过程先于重启动，如果在后处理期间执行 **SET** 或 **ASVE** 命令的话，数据库中的边界条件会发生改变，变成与重启动分析所需的边界条件不一致。缺省条件下，程序在退出前会自动的保存文件。在求解的结束时，数据库存储器中存储的是最后的载荷步的边界条件（数据库只包含一组边界条件）。

POST1 中的 **SET** 命令（不同于 **SET**, **LAST**）为指定的结果将边界条件读入数据库，并改写存储器中的数据库。如果接下来保存或退出文件，ANSYS 会从当前的结果文件开始，通过 D'S 和 F'S 改写数据库中的边界条件。然而，要从上一求解子步开始执行边界条件变化的重启动分析，需有求解成功的上一求解子步边界条件。

#### 3.16.1.3.1 边界条件重建

要为重启动重建正确的边界条件，首先要运行“虚拟”载荷步，过程如下：

1. 将 **Jobname**.OSAV 文件改为 **Jobname**.ESAV 文件。
2. 进入 ANSYS 程序，指定使用与初始运行相同的文件名（可执行 **FILNAME** 命令，(Utility Menu>File>Change Jobname)）。
3. 恢复数据库文件（**RESUME** 命令(Utility Menu>File>Resume Jobname)），然后进入 SOLUTION 程序（/SOLU 命令(Main Menu>Solution)）。
4. 指明这是重启动分析，命令为 **ANTYPE**, REST(Main Menu>Solution>Restart)。
5. 从上一次已成功求解过的子步开始重新规定边界条件，因解答能够立即收敛，故一个子步就够了。
6. 执行 **SOLVE** 命令。(Main Menu>Sloution>Current Ls or Main Menu>Solution>Run Flotran)

7. 按需要施加最终载荷及加载步选项。如加载步为前面(在虚拟前)加载步的延续, 需调整子步的数量(或时间步步长), 时间步长编号可能会发生变化, 与初始意图不同。如果你需要保持时间步长编号(如瞬态分析), 可在步骤 6 中使用一个小的时间增量。
8. 继续如[Restarting an Analysis](#)3.12 节描述的过程。

### 3.16.2 多点重新启动

如果在做一个非线性静态或全瞬态结构分析, ANSYS9(缺省)将设立面向多重架构重启的参数, 多重架构重启允许你在运行过程中的许多子步保存分析信息。然后在这些子步重启分析。在你进行初始分析前, 你需要用[RESCONTROL](#)命令建立在每个子步保存重启文件的频率。

当需要重启工作, 使用[ANTYPE](#)命令指定重启点和重启类型, 可以在重启动点继续工作(做好必须的修正工作).或者可以在重启动点终止一个载荷步(改变加载比例), 然后接着做下一载荷步。

如果你想不用特多架构重启特征而使用单架构重启, 执行[RESCONTROL](#)命令, DEFINE, NONE. Upon doi, DEFINE, NONE.ng a singleframe restart ([ANTYPE](#),, REST), 确保任何.LDHI, .RDB, 和.Rnnn 文件已从当前目录中删除。

下例输入列表说明如何在分析中建立重启文件参数, 然后重启动分析, 在指定载荷步或子步继续分析。

! Restart run:

/prep7

et, 1, 42, , , !Define nodes and elements  
定义节点与单元

mp, ex, 1, 10

mp, alpx, 1, 0.1

mp, alpy, 1, 0.1

mp, alpx, 1, 0.1

mp, nuxy, 1, 0.2

n, 1

n, 2, 1

n, 3, 1, 1

n, 4, , 1

n, 5, 2

n, 6, 2, 1

e, 1, 2, 3, 4

e, 2, 5, 6, 3

finish

/solu

rescontrol, , all, 1, 5 !For all load steps, write the restart  
对于所有载荷步, 写 restart

!file .Rnnn at every substep, but allow

!a maximum of 5 restart files per load step



每载荷步最多 5 次重启

```
nlgeom, on      !Large strain analysis with temperature loadings
                有温度载荷的大应变分析

nsubst, 2
d, 1, all
d, 2, uy
outres, all, all
solve
bfe, 1, temp, 1, 1
bfe, 2, temp, 1, 5
solve
rescontrol, file_summary  !List information contained in all the Rnnn files for this job
                          列出本工作所有 Rnnn 文件包含的信息
```

```
finish
/post1
set, last
presol
finish
/solu
antyp, , rest, 1, 3      !Restart the analysis at load step 1, substep 3
                          在载荷步 1 与载荷步 3 重启
```

```
solve
rescontrol, file_summary
finish
/post1
set, last
prnsol
presol
finish
```

下面的输入列表例说明如何在指定子步中断一个载荷步，然后继续下一载荷步

```
/solu
antype, , rest, 1, 3, endstep !End load step 1 at substep 3
                                在子步 3 时结束载荷步 1
                                !when time(load factor) = 0.6125
                                !ldstep = 1, substep = 3, load
solve                          !execute ENDSTEP, loads are
                                !rescaled to time = 0.6125

rescontrol, file_summary
bfe, 1, temp, 1, 2            !apply higher loads,
                                施加更高载荷

bfe, 2, temp, 1, 6
solve                          !execute solve to advance load
```

执行预载荷求解

!factor from previous

!time = 0.6125 to time = 1.6125

/post1

set, last

presol

finish

下面输入列表例说明如何用旧的或新的参数重启动分析

/title, Multiframe Restart with Tabular Load.

使用表格型载荷的多架构重启

/prep7

et, 1, 42 ! Build model

n, 1, 0.0, 0.0

n, 2, 0.0, 0.5

n, 3, 0.0, 1.0

n, 4, 1.0, 0.0

n, 5, 1.0, 0.5

n, 6, 1.0, 1.0

e, 1, 4, 5, 2

e, 2, 5, 6, 3

mp, ex, 1, 1000.0

mp, nuxy, 1, 0.3

mp, alpx, 1, 1.e-4

d, 1, all

d, 2, ux, 0.0

d, 3, ux, 0.0

d, 4, uy, 0.0

\*dim, ftbl, table, 4, 1, , time ! Make tabular point load

表格型点载荷

ftbl(1, 0)=1, 2, 3, 4

ftbl(1, 1)=2.5, 5.0, 7.5, 10.0

nsel, all

f, all, fx, %ftbl% ! Apply it to all nodes

施加到每个节点

flist

/solu

rescont, , all, all ! Save all substeps for possible restart

为可能的重启保存所有子步

nlgeo, on

time, 4

DELTIM, 1

```

outres, all, all
solve
! Solve with point loads and the *.RDB file is saved
! at the moment. The parameterized tabular point load
! FTBL is also saved into *.RDB
用点载荷求解, 保存*.RDB 文件, 同时参数化表格型点载荷,
FTBL 保存到*.RDB
*dim, temtbl, table, 4, 1, , time ! Define table TEMTBL and use it for bodyload: temperature
定义表格 TEMTBL 并使用作体载荷:温度
temtbl(1, 0)=1, 2, 3, 4
temtbl(1, 1)=250, 500.0, 750, 1000.
! bf, all, TEMP, %temtbl% ! May use this to apply the bodyload table
施加体载荷表格

! bflist
parsave, all, moreload ! Save all the APDL parameters and tables to file: moreload
! NOTE: *.RDB does not have information of table TEMTBL.
保存所有 APDL 参数和表格到文件: moreload
注意: *.RDB 文件不包含表 TEMTBL 的信息

fini

/clear, nstart
/solu
ANTYPE, , RESTART, 1, 3, endstep ! Do restart ENDSTEP because we want to apply TEMTBL
at
! TIME = 3.5 (LDSTEP=1, SUBSTEP=3) because we want to
! Apply the temperature load from TIME=3.5 onwards.
! Here, RESTART has resumed *.RDB database where the
! Table FTBL is saved.

solve
! Activate ENDSTEP
激活 ENDSTEP

parresu, , moreload ! For further loadstep, we want to apply table TEMTBL
! as bodyforce. NOTE: table TEMTBL is not in *.RDB.
Therefore, ! we have to use PARRESU command. APDL file "moreload" is
! saved earlier.
为更多的加载步, 需要施加表格 TEMTBL 作为体力, 注意表
TEMTBL 不在*.RDB 文件里, 因此, 我们只好用 PARRESU 命
令 APDL 文件 "moreload"已预存

*status
! List all the ADPL information available at this point
列出该点所有可用信 ADPL 息

bf, all, TEMP, %temtbl% ! Apply temperature table load TEMTBL
施加温度表格型载荷 TEMTBL

bflist

```

```

time, 4                                ! Solve up to to TIME = 4.0 because the loadstep ENDSTEP only
                                       ! carries up to TIME = 3.5

solve
fini
/post1
set, last
prdis
prrsol
fini

```

### 注:

如果你使用求解控制对话框做一个静态或全瞬态分析,你可以指定 Sol'n 标签页上的基本多架构重启选项. 那些选项包括一个载荷步重启文件的最大数目, 以及你希望文件生成的频率.要了解求解控制对话框, 参阅[Using Special Solution Controls for Certain Types of Structural Analyses](#).关于对话框上选项设定的细节, 请访问对话框 (Main Menu>Solution>Sol'n Control) , 选择你感兴趣的标签页, 点击帮助按钮.

### 3.16.2.1 多点重启的要求

要进行多架构重启, 需要下列文件:

- Jobname.RDB 文件- 这是 ANSYS 在第一载荷步的第一次迭代时系统自动保存的数据库文件.这个文件提供了规定了所有初始条件的求解的完整描述.而且不管对于特定工作进行了多少次重启都一直保持不变.当执行一个工作时.在执行第一次命令之前, 你需要输入所有求解必须的信息.包括参数 (APDL), 构成, 和强制求解设定信息.如果你在执行第一次命令前未指定参数, 参数将不会保存到.RDB 文件, 这样的话, 在开始求解前你必须使用命令 **PARSAV**, 重启时使用命令 **PARRES** 保存参数.如果.RDB 文件中保存的信息不足以进行重启, 你必须在执行 **SOLVE** 命令之前将附加信息输入重启文件.
- Jobname.LDHI 文件-这是指定工作的加载历史文件, 他是一个 ASCII 码文件, 类似 **LSWRITE** 命令生成的文件, 它存储了每个载荷步的载荷与边界条件.载荷与边界条件是为 FE 网格存储的, 在被存入文件 Jobname.LDHI 前就被施加到实体模型并转换到 FE 网格.当执行多架构重启时, ANSYS 从这个文件读取重启载荷步的载荷与边界条件(类似于 **LSREAD** 命令).通常, 因为重启的渐变载荷条件, 你需要两相邻的载荷步的载荷与边界条件.你不能修改这个文件.因为任何改动都会引发难以预料的的重启情况.这个文件在每个载荷步末被修改, 也可能是执行 **ANTYPE**, , **REST**, **LDSTEP**, **SUBSTEP**, **ENDSTEP** 命令.对于表格型载荷或边界条件, 你应该确认 APDL 参数表在重启时可用.
- Jobname.Rnnn 文件 - 这个文件包含单元保存记录, 类似于 OSAV 和.ESAV 文件.它包含所有求解命令和一个载荷步的特定子步的状态. 所有.Rnnn 文件在收敛载荷步被保存, 因此所有单元保存记录是有效的. 如果子步不收

敛, 这个子步将不会保存.Rnnn 文件.或者说, 来自前面收敛载荷步的.Rnnn 文件被保存了.

- 它不支持**KUSE**. 一个新的硬度矩阵及其相关的.TRI 文件将被新建.
- .Rnnn 文件不保存**EKILL**和**EALIVE**命令. 如果 **EKILL** 或 **EALIVE** 命令在重启时需要, 你必须重新执行这些命令.
- .RDB 文件在第一载荷步的第一子步时仅当数据库信息有效时才保存.如果在第一载荷步后输入其它信息, 并且这些信息为重启所需, , 那么你必须在重启阶段输入这些信息, 当使用参数(APDL)时, 这种情况经常发生.你必须在初始运行时用**PARSAV**命令保存参数.用**PARRES**命令在重启中恢复参数. 当你想改变单元实常值时, 这种情况也会出现.这时就要在重启期间重执行**R**命令
- 在方程求解器层次你不能重启工作, (例如, 预条件共轭梯度法)工作只能在子步层次上重启(不管是瞬态还是 Newton-Raphson loop).
- 当使用弧长法时, 多架构重启不支持**ANTYPE**中的 ENDSTEP 选项.
- 所有载荷与边界条件都保存在 Jobname.LDHI 文件中;因此.对于重启.排除和删除实体模型的载荷与边界条件不会导致条件从无线单元模型上被删除.你必须直接从节点和单元上删除这些条件才有效.

### 3.16.2.2 多点重启的过程

使用下列过程重启动分析:

1. 进入 ANSYS 程序并指定与初始运行相同的 jobname , 这要执行 **/FILNAME**命令 (Utility Menu>File>Change Jobname) 命令, 使用**/SOLU** (Main Menu>Solution)进入求解处理器。
2. 执行**RESCONTROL**, FILE\_SUMMARY 命令决定在哪个载荷步和子步重启动, 这个命令将打印当前目录中所有.Rnnn 文件的子步与载荷步信息。
3. 执行**ANTYPE**, , REST, LDSTEP, SUBSTEP, Action (Main Menu>Solution>Restart)命令恢复数据库文件并指出这是一个重启分析.
4. 指定所需的修正载荷与附加载荷, 如果你从收敛失败的分析中重启, 一定要确定修改是真正所需的.
5. 执行**SOLVE**命令开始重启解答(See [Obtaining the Solution](#) for details.) 当进行重启时, 你必须执行**SOLVE**命令, 包括 ENDSTEP 和 RSTCREATE.
6. 按预期后处理.然后退出 ANSYS 程序.
7. 如果文件 Jobname.LDHI 和 Jobname.RDB 存在, **ANTYPE**, , REST 命令将执行如下:
  - 恢复数据库文件 Jobname.RDB
  - 从 Jobname.LDHI 文件中重建载荷与边界条件.
  - 从 the .Rnnn 文件中重建求解命令与状态.

这时, 你可以进入其他命令重写**ANTYPE**命令恢复的输入.

#### 注:

从 Jobname.LDHI 文件恢复的载荷与边界条件用于 FE 网格.在 Jobname.LDHI.文件中未存实体模型载荷与边界条件.

作业重启动后, 文件在下列几种方式下受到影响.:

- .RDB 文件不变.

- 所有晚于重启点的载荷步与子步将从.LDHI 文件中删除，每个新载荷步的信息将添加到文件中。
- 所有含有早于重启点的载荷步与子步的.Rnnn 文件将被保存不变，所有含有晚于重启点的载荷步与子步的文件将在重启求解前被删除，以免发生文件冲突。
- .RST 文件根据重启更新，所有晚于重启点的载荷步与子步得来的结果将被删除以防冲突，新的求解信息将被添加到.RST 文件末尾。

当一个作业再从头(第一子步，第一载荷步)开始，在新的求解开始之前，当前目录中当前 jobname 的所有重启文件(.RDB, .LDHI, .Rnnn) 将被删除。

**ANTYPE**, REST, LDSTEP, SUBSTEP, RSTCREATE 可以用来生成分析中特定载荷步与子步的结果文件，它必须与**OUTRES**命令联用以写下结果。RSTCREATE 进程不会更新或删除任何重启文件，在一些保存的点允许使用 RSTCREATE。

下面输入列表示例说明如何为分析中特定子步创建结果文件

```
! Restart run:
/solu
antype, , rest, 1, 3, rstcreate !Create a .RST file from load
                                创建一个.RST 文件
                                !step 1, substep 3
outres, all, all !Store everything into the .RST file
                                保存所有到.RST 文件
outpr, all, all
solve !Execute the .RST file creation
                                执行.RST 文件生成
finish
/post1
set, , 1, 3 !Get results from load step 1,
                                从载荷步 1 获得结果
                                !substep 3
prnsol
finish
```

### 3.17 实施部分求解步

当开始一次求解，ANSYS 程序通过预定义的一系列步骤来计算解，形成单元矩阵、三角化矩阵等。另一个 SOLUTION 命令，**PSOLVE** (Main Menu>Solution>Partial Solu) 允许单独执行每一步骤，每次只完成求解过程的一部分。例如：可在单元矩阵形成这一步停下来，而进入别的路径，进行惯量释放计算；或可停在 Guyan 简化步骤（矩阵简化）而继续计算简化后的特征值。

**PSOLVE** 命令可能的一些用法如下所示：

- 可以用作单架构重启动工具。例如：你可以从 EMAT 文件启动，执行不同的分析。
- 可用于预应力模型的大变形静力分析。
- 可将中间求解步的结果（如三角化矩阵）作为另一软件包或用户程序的输入。
- 如果仅对惯量释放计算或这样一些中间结果感兴趣，**PSOLVE** 法将很有用。

详细内容见[ANSYS Structural Analysis Guide](#) 《ANSYS 结构分析指南》。  
下例说明如何分别使用部分求解步，分别使用直接和迭代求解器

! This outline describes how to use the PSOLVE commands in combination

这一概要描述如何在联合中使用 PSOLVE 命令

! with a direct solver (the Frontal solver in this case).

使用直接求解器(本例使用直接求解法)

!

/prep7

!

! define model geometry

定义几何模型

! define model materials

定义材料模型

!

fini

/solu

!

! apply boundary conditions

施加边界条件

! define psolve commands

定义 psolve 命令

!

psolve, elform                      ! Note the psolve commands in a single loadstep  
注意单载荷步中的 psolve 命令

psolve, elprep

psolve, triang

!

fini                      ! Finish required to end psolve loadstep

/solu

kuse, 1                      ! Needed for stiffness created by the psolve commands used  
需要 psolve 命令产生的硬度

outres, all, all

solve

fini                      ! End of direct solver outline  
直接求解器要点结束

!

! This outline describes how to use the PSOLVE commands in combination

! with an iterative solver (the JCG solver in this case).

使用迭代求解器(使用雅可比梯度求解法)

! Although documented to work, using the PSOLVE commands with an

! iterative solver is not likely to decrease solution-processing time.

使用 PSOLVE 命令与迭代求解器并没有减少求解过程时间

!

/prep7



```

!
! Define model geometry
! Define model materials
!
fini
/solu
!
! Apply boundary conditions
! Define psolve commands
!
eqslv, jcg      ! This first loadstep can be any loadstep which creates
solve          ! jobname.full file.  If a jobname.full exists,  this loadstep
fini           ! is unnecessary
               . 第一载荷步可以是任何创建 jobname.full 文件的载荷步，如果 jobname.full
                 存在，这一载荷步不需要

/solu
psolve, cgsol   ! Need jobname.full in place before psolve, cgsol
outres, all, all
fini           ! End of iterative solver outline
               迭代求解法要点结束

```

### 3.18 估计运行时间和文件大小

对不太复杂的、“小规模到中等规模”的 ANSYS 分析，大多数用户会按本章前面所述简单地开始求解。然而，对大模型或有复杂的非线性选项，了解在开始求解前需要些什么会感到更舒服。例如：分析求解需要多长时间？在运行之前需要多少磁盘空间？该分析需要多少内存？尽管没有准确的方法预计这些量，ANSYS 程序可在 RUNSTAT 模块中进行估算。

RUNSTAT 模块是一个处理器，或说是他自己的程序，在开始级可通过执行 [/RUNST](#) (Main Menu>Run-Time Stats)命令进入它。

RUNSTAT 模块根据数据库中的信息估计运行时间和其它统计量。因此，必须在键入 [/RUNSTAT](#) 命令前定义模型几何量（节点、单元等）、载荷及载荷选项、分析选项。在开始级可用 [RUNSTAT](#) 命令。

#### 3.18.1 估计运算时间

要估算运行时间，ANSYS 程序需要计算机的性能信息：MIPS（每秒钟执行的指令数，以百万条计），MELOPS（每秒钟进行的浮点运算，以百万条计）等。，可用 [RSPEED](#) 命令（Main Menu>Run-Time Stats>System Setting）获得该信息。

如果不清楚计算机的这些细节，可运用宏操作 SETSPEED，它会代替用户执行 [RSPEED](#) 命令，有关 SETSPEED 宏操作的信息见 [ANSYS Operations Guide](#) [ANSYS 操作指南](#) 的 [Estimating ANSYS Run Time](#) (3.7 节)。

估算分析过程总运行时间所需的其它信息有迭代次数（或线性、静态分析

中的载荷步数)，要获得这些信息，可用下述两种方法中任一种：

命令：**RTITER**

图形界面：**Main Menu>Run-Time Stats>Iter Setting**

要获得运行时间估计值，可用下述两种方法中任一种：

命令：**RTIMST**

图形界面：**Main Menu>Run-Time Stats>Individual Stats**

根据由 **RSPEED** 和 **RTITER** 命令所提供的信息和数据库中的模型信息，**RTIMST** 命令会提供运行时间估计值。

### 3.18.2 估计文件的大小

**RFILSZ** 命令可以估计以下文件的大小：ESAV, EMAT, EROT, TRI, FULL, RST, RTH, RMG 和 RFL 文件。与 **RFILSZ** 命令相同的图形界面方式与 **RTIMST** 命令的图形界面方式相同。结果文件的估计值基于一组结果（一个子步），需要将其乘以实际结果文件规模总数。

### 3.18.3 估计内存需求

**RWFRNT** 命令(Main Menu>Run-Time Stats>Individual Stats)可给出波前估计值和求解所需的内存，可通过 ANSYS 工作空间的入口选项申请内存量（详见 [Memory Management and Configuration](#) 第 19 章有关内存管理）。如果你以前没有重新排列过单元，**PWFRENT** 命令会自动重新排列单元。

另一 **RWFRNT** 命令为 **RSTAT**—给出模型的统计量（节点和单元信息），**RMEMORY**—给出内存统计量，**RALL**（Main Menu>Run-Time Stats>All statistics）—是执行 **RSTAT**，**RWFRNT**，**RTIMST** 和 **RMEMORY** 命令的一条简便命令。除了 **RALL**，其它与这些命令相同的图形界面方式都为 **Main Menu>Run-Time Stats>Individual Stats**。

## 3.19 奇异解

奇异解出现于可能产生不定解或非唯一解的分析中，求解方程的主元为负或零会产生这样的奇异解。有些情况下，尽管遇到主元为负或零，仍需继续进行分析。出现这种情况时，可用 **PIVCHECK** 命令指定是否要停止分析。

**PIVCHECK** 命令的缺省值为 ON。当 **PIVCHECK** 命令为 ON 时，遇到主元为负或零，线性静态分析（只在批处理模式）将会停止。会出现“Negative Pivot Value”或“Pivots Set to Zero”信息。如果 **PIVCHECK** 命令设置为 OFF，将不检查主元。如果希望批处理模式下线性静态分析在遇到主元为负或零时继续运行的话，可以将 **PIVCHECK** 命令设置为 OFF。**PIVCHECK** 命令的设置对非线性分析不起作用，因为在有效分析过程中会出现主元为负或零。当 **PIVCHECK** 命令被设置为 OFF 时，ANSYS 会自动以比机器“零”值小 10~100 倍的值增加主元值。机器零是一个很小的值，用于在某一公差范围内定义“零”。该值因计算机不同而变化。

下述条件会引起求解过程出现奇异性：

- 约束条件不足
- 模型中有非线性单元：如间隙元、滑动元、铰链元、缆束员等。结构的一部分可能已经塌陷或分散了
- 材料特性为负：如在瞬态热分析中规定的密度或温度
- 连接点无约束，单元排列可能会引起奇异性。例如：两个水平梁单元在连接点的垂直方向存在无约束自由度，在线性分析中，将会忽略加在该连接点的垂直载荷。另外，考虑一个与梁单元或管单元垂直相连的无板面内的旋转刚度的壳单元，在连接点处不存在板面内的旋转刚度。在线性分析中，将会忽略加在该点处的板面内力矩。
- 屈曲。当应力刚化效果为负（压缩）时，结构受载后变弱。若结构变弱到刚度减小到零或为负值，就会出现奇异解，且结构已经屈曲。会打印出“主元值为负”的消息。
- 零刚度矩阵（在行或列上）。如果刚度的确为零，线性或非线性分析都会忽略所加的载荷。

## 第 4 章 后处理概述

### 4.1 什么是后处理

建立有限元模型并获得解后，就想要得到一些关键问题答案：该设计投入使用时，是否真的可行？某个区域的应力有多大？零件的温度如何随时间变化？通过模型表面的热损失有多少？如何流过该装置的磁通量如何？物体的位置是如何影响流体的流动的？ANSYS 软件的后处理会帮助回答这些问题和其它问题。

后处理是指检查分析的结果。这可能是分析中最重要的一环，因为你总是试图搞清楚作用载荷如何影响设计、单元划分的好坏等。

检查分析结果可使用两个后处理器：通用后处理器 POST1 和时间历程后处理器 POST26。POST1 允许检查整个模型在某一载荷步和子步（或对某一特定时间-点或频率）的结果。例如，在静态结构分析中，可显示载荷步 3 的应力分布；或在瞬态热力分析中，可显示 time =100 秒时的温度分布。图 4-1 的等值线图是一种典型 POST1 图。

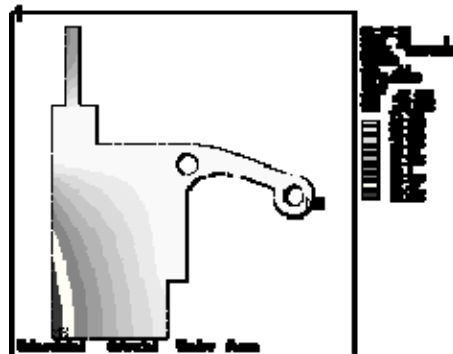


图 4-1 一个典型的 POST1 等值线显示

POST26 可以检查模型的指定点的特定结果相对于与时间、频率或其它结果项的变化。例如，在瞬态磁场分析中，可以用图形表示某一特定单元的涡流与时间的关系。或在非线性结构分析中，可以用图形表示某一特定节点的受力与其变形的关系。图 4-2 中的曲线图是一典型的 POST26 图。

必须记住：ANSYS 的后处理器仅是用于检查分析结果的工具。仍然需要使用你的工程判断能力来分析解释结果。例如，一等值线显示可能表明：模型的最高应力为 37800 psi，必须由你确定这一应力水平对你的设计是否允许。

### 4.2 结果文件

在求解中，可使用 **OUTRES** 命令指引 ANSYS 解算器按指定时间间隔将选择的分析的结果写入结果文件中，结果文件的名称取决于分析类型：

Jobname.RST: 结构分析

Jobname.RTH: 热力分析

Jobname.RMG: 电磁场分析

Jobname.RFL: FLOTRAN 分析

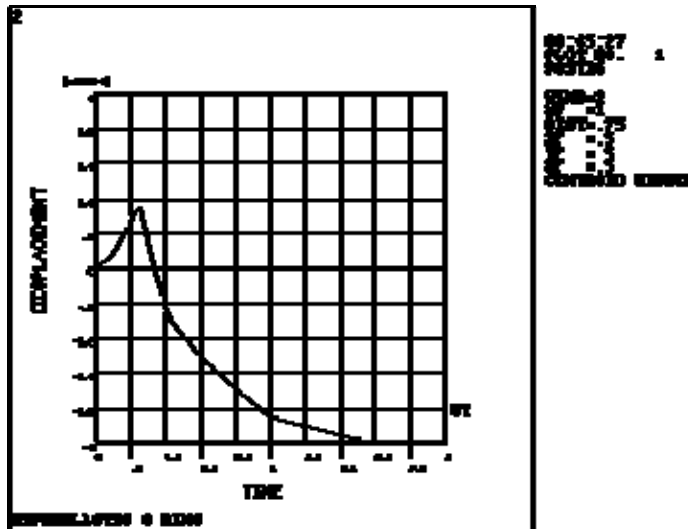


图 4-2 一个典型的 POST26 图

对于 FLOTRAN 分析,文件的扩展名为.RFL; 对于其它流体分析, 文件扩展名为.RST 或.RTH, 取决于是否给出结构自由度。(对不同的分析使用不同的文件标识有助于在耦合场分析中使用一个分析的结果作为另一分析的载荷。 [ANSYS Coupled-Field Analysis Guide](#) (ANSYS 耦合场分析指南) 给出了耦合场分析的完整说明。

### 4.3 后处理可用的数据类型

求解阶段计算两种类型结果数据:

- 基本数据包含每个节点计算自由度解: 结构分析的位移、热力分析的温度、磁场分析的磁势等 (参见表 4-1)。这些被称为节点解数据。
- 派生数据为有基本数据计算得到的数据, 如结构分析中的应力和应变; 热力分析中的热梯度和热流量; 磁场分析中的磁通量等。对每个单元, 通常计算这些数据, 可以是下列位置的数据: 每个单元的所有节, 每个单元的所有积分点或每个单元的质心。派生数据也称为单元解数据。在这些情况下, 它们成为节点解数据。

表 4-1 不同分析的基本数据和派生数据

学科	基本数据	派生数据
结构分析	位移	应力, 应变, 反作用力等
热力分析	温度	热流量, 热梯度等
磁场分析	磁势	磁通量, 磁流密度等
电场分析	标量电势	电场, 电流密度等
流体分析	速度, 压力	压力梯度, 热流量等

## 第 5 章 通用后处理器(POST1)

### 5.1 概述

使用**POST1**通用后处理器可观察整个模型或模型的一部分在某一时间点(或频率)上针对指定载荷组合时的结果。**POST1**有许多功能,包括从简单的图象显示到针对更为复杂数据操作的列表,如载荷工况的组合。

要进入**ANSYS**通用后处理器,输入/**POST1**命令 (**Main Menu>General Postproc**)。

### 5.2 将数据结果读入数据库

**POST1**中第一步是将数据从结果文件读入数据库。要这样做,数据库中首先要有模型数据(节点,单元等)。若数据库中无模型数据,输入**RESUME**命令(**Utility Menu>File>Resume Jobname.db**)读入数据文件**Jobname.db**。数据库包含的模型数据应该与计算模型相同,包括单元类型、节点、单元、单元实常数、材料特性和节点坐标系。

注:数据库中被选来进行计算的节点和单元组应和模型中的节点和单元组属于相同组,否则会出现数据不匹配。有关数据不匹配的详细信息见5.2.2.3章。

一旦模型数据存在数据库中,输入**SET**、**SUBSET**或**APPEND**命令均可从结果文件中读入结果数据。

#### 5.2.1 读入结果数据

输入**SET**命令 (**Main Menu>General PostProc>datatype**),可在一定的载荷条件下将整个模型的结果数据从结果文件中读入数据库,覆盖掉数据库中以前存在的数据。边界条件信息(约束和集中力)也被读入,但这仅在存在单元节点载荷或反作用力的情况下,详情请见**OUTRES**命令。若它们不存在,则不列出或显示边界条件,但约束和集中载荷可被处理器读入,而且表面载荷和体积载荷并不更新,并保持它们最后指定的值。如果表面载荷和体积载荷是使用表格指定的,则它们将依据当前的处理结果集,表格中相应的数据被读入。加载条件靠载荷步和子步或靠时间(或频率)来识别。命令或路径方式指定的变元可以识别读入数据库的数据。例如:**SET, 2, 5**读入结果,表示载荷步为2,子步为5。同理,**SET, , , , 3.89**表示时间为3.89时的结果(或频率为3.89,取决于所进行分析的类型)。若指定了尚无结果的时刻,程序将使用线性插值计算出该时刻的结果。

结果文件(**Jobname.RST**)中缺省的最大子步数为1000,超出该界限,需要输入**SET, Lstep, LAST**引入第1000个载荷步,使用/**CONFIG**增加界限。

注：对于非线性分析，在时间点间进行插值常常会降低精度。因此，要使解答可用，务必在可求时间值处进行后处理。

对于**SET**命令有一些便捷标号：

- **SET**, FIRST 读入第一子步， 等价的GUI方式为First Set。
- **SET**, NEXT 读入第二子步， 等价的GUI方式为Next Set。
- **SET**, LAST 读入最后一子步， 等价的GUI方式为Last Set。
- **SET**命令中的**NSET**字段（等价的GUI方式为Set Number）可恢复对应于特定数据组号的数据，而不是载荷步号和子步号。当有载荷步和子步号相同的多组结果数据时，这对**FLOTRAN**的结果非常有用。因此，可用其特定的数据组号来恢复**FLOTRAN**的计算结果。**SET**命令（或GUI中的List Results）LIST选项列出了其对应的载荷步和子步数，可在接下来的**SET**命令的**NSET**字段输入该数据组号，以申请处理正确的一组结果。
- **SET**命令中的**ANGLE**字段规定了谐调元的周边位置（结构分析—**PLANE25**,**PLANE83**和**SHELL61**；温度场分析—**PLANE75**和**PLANE78**）。

## 5.2.2 其他用于恢复数据的选项

其他GUI路径和命令也可恢复结果数据。

### 5.2.2.1 定义待恢复的数据

**POST1**中的命令**INRES**(Main Menu>General PostProc>Data&File Opts)与**PREP7**和**SOLUTION**处理器中的**OUTRES**命令是姐妹命令，**OUTRES**命令控制写入数据库和结果文件的数据，而**INRES**命令定义要从结果文件中恢复的数据类型，通过命令**SET**，**SUBSET**和**APPEND**等命令写入数据库。尽管不须对数据进行后处理，但**INRES**命令限制了恢复和写入数据库的数据量。因此，对数据进行后处理也许占用的时间更少。

### 5.2.2.2 读入所选择的结果信息

为了只将所选模型部分的一组数据从结果文件读入数据库，可用**SUBSET**命令（Main Menu>General Postproc>By characteristic）。结果文件中未用**INRES**命令指定恢复的数据，将以零值列出。

**SUBSET**命令与**SET**命令大致相同，除了差别在于**SUBSET**只恢复所选模型部分的数据。用**SUBSET**命令可方便地看到模型的一部分的结果数据。例如，若只对表层的结果感兴趣，可以轻易地选择外部节点和单元，然后用**SUBSET**命令恢复所选部分的结果数据。



### 5.2.2.3 向数据库追加数据

每次使用SET, SUBSET命令或等价的GUI方式时, ANSYS就会在数据库中写入一组新数据并覆盖当前的数据。APPEND命令 (Main Menu>General Postproc>By characteristic) 从结果文件中读入数据组并将与数据库中已有的数据合并 (这只针对所选的模型而言)。已有的数据库并不清零 (或重写全部), 而允许将被查询的结果数据并入数据库。

可用SET, SUBSET, APPEND命令中的任一命令从结果文件将数据读入数据库。命令方式之间或路径方式之间的唯一区别是所要恢复的数据的数量及类型。追加数据时, 务必不要造成数据不匹配。例: 请看下一组命令:

```
/ POST1
INRES,NSOL           !节点DOF求解的标志数据
NSEL,S,NODE,,1,5     !选节点1至5
SUBSET,1             !从载荷步1开始将数据写入数据库
```

此时载荷步1内节点1到5的数据就存在于数据库中了。

```
NSEL,S,NODE,,6,10    ! 选节点6至10
APPEND,2             ! 将载荷步2的数据并入数据库中
NSEL,S,NODE,,1,10    ! 选节点1至10
PRNSOL,DOF           ! 打印节点DOF求解结果
```

数据库当前就包含有载荷步1和载荷步2的数据。这样数据就不匹配。使用PRNSOL命令 (Main Menu>General PostProc> List Results>Nodal Solution) 时, 程序将通知从第二个载荷步中取出数据, 而实际上数据是从现存于数据库中的两个不同的载荷步中取得的。程序列出的载荷步仅为与此同时最近一次存入的载荷步相对应的载荷步。当然, 若希望将不同载荷步的结果进行对比, 将数据加入数据库中是很有用的。但若有目的地混合数据, 要极其注意跟踪追加数据的来源。在求解曾用不同单元组计算过的模型子集时, 为避免出现数据不匹配, 按下列任一方法进行。

- 不要重选在后处理的当前解答中未被选中的任何单元
- 从ANSYS数据库中删除以前的解答。可在多步的求解过程中从每步的求解后退出ANSYS或在求解中间存储数据库。

详见ANSYS命令参考中对 NSEL, APPEND, PRNSOL, SUBSET命令的描述。

若想清空数据库中所有以前的数据, 使用下列任一方式:

命令:

LCZERO

GUI:

Main Menu>General PostProc>Load Case>Zero Load Case

上述两种方法均会将数据库中所有以前的数据置零。因而可重新进行数据存储。若在向数据库追加数据之前将数据库置零，假如SUBSET和APPEND命令中的变元等价，其结果与使用SUBSET命令（或等价的GUI路径）一样。

注：SET命令可用的全部选项对SUBSET命令和APPEND命令完全可用。

缺省情况下，SET，SUBSET和APPEND命令将寻找这些文件中的一个：

Jobname.RST, Jobname.RTH, Jobname.RMG, Jobname.RFL。在使用SET，SUBSET和APPEND命令之前用FILE命令可指定其它文件名（Main Menu>General Postproc>Data&File Opts）。

### 5.2.3 创建单元表

ANSYS程序中单元表有两个功能：第一，它是在结果数据中进行数学运算的工具。第二，它能够访问其他方法无法直接访问的单元结果。例如：从结构一维元派生的数据（尽管SET，SUBSET和APPEND命令将所有申请的结果项读入数据库中，但并非所有的数据均可直接用PRNSOL命令和PLESON等命令访问）。将单元表作为扩展表，每行代表一单元，每列则代表单元的特定数据项。例如：一列可能包含单元的平均应力SX，而另一列则代表单元的体积，第三列则包含各单元质心的Y座标。

使用下列任一命令创建或删除单元表：

命令:

ETABLE

GUI:

Main Menu>General Postproc>Element Table>Define Table or Erase Table

#### 5.2.3.1 填上按名字来识别变量的单元表

为识别单元表的每列，在GUI方式下使用Lab字段或在ETABLE命令中使用Lab变元给每列分配一个标识，该标识将作为所有的以后的包括该变量的POST1命令的识别器。进入列中的数据靠Item名和Comp名以及ETABLE命令中的其它两个变元来识别。例如：对上面提及的SX应力，SX是标识，S将是Item变元，X将是Comp变元。

有些项，如单元的体积，不需Comp。这种情况下，Item为VOLU，而Comp

为空白。按Item和Comp（必要时）识别数据项的方法称为填写单元表的“元件名”法。使用“元件名”法访问的数据通常是那些针对大多数单元类型和单元类型组而经过计算的数据。

ETABLE命令的文档通常列出了所有的Item和Comp的组合情况。要清楚何种组合有效，见ANSYS单元参考手册中每种单元描述中的“单元输出定义”。表5—1是一个对于BEAM4的列表示例，可在表中的NAME列中的冒号后面使用任意名称作为名字，通过“Component Name”法将单元表填满。冒号前面的名字部分应输入作为ETABLE命令的Item变元，冒号后的部分（如果有的话）应输入作为ETABLE命令的Comp变元，O列与R列表示在Jobname.OUT文件（O）中或结果文件（R）中该项是否可用：Y表示该项总可用，数字则表示表的脚注，描述何时该项在一定条件下可用，而a则显示该项不可用。

表5—1 三维BEAM4单元输出定义

名 称	定 义	O	R
EL	单元号	Y	Y
NODES	单元节数点号	Y	Y
MAT	单元的材料号	Y	Y
VOLU:	单元体积	-	Y
CENT:X,Y,Z	单元质心在整体坐标中的位置	-	Y
TEMP	积分点处的温度T1,T2,T3,T4,T5,T6,T7,T8	Y	Y
PRES	节点（ I,J）处的压力P1,OFFST1,P2,OFFST2,P3,OFFST3,I处的压力P4,J处的压力P5	Y	Y
SDIR	轴向应力	1	1
SBYT	梁单元的+Y侧的弯曲应力	1	1
SBYB	梁上单元-Y侧弯曲应力	1	1
SBZT	梁上单元+Z侧弯曲应力	1	1
SBZB	梁上单元-Z侧弯曲应力	1	1
SMAX	最大应力（正应力+弯曲应力）	1	1
SMIN	最小应力（正应力-弯曲应力）	1	1
EPELDIR	端部轴向弹性应变	1	1
EPELBYT	梁单元+ Y侧弯曲弹性应变	1	1
EPELBYB	梁单元-Y侧弯曲弹性应变	1	1
EPELBZT	梁单元+Z侧弯曲弹性应变	1	1
EPELBZB	梁上单元-Z侧弯曲弹性应变	1	1
EPTHDIR	端部轴向热应变	1	1
EPTHBYT	梁单元+ Y侧弯曲热应变	1	1
EPTHBYB	梁单元-Y侧弯曲热应变	1	1
EPTHBZT	梁单元+ Z侧弯曲热应变	1	1

EPTHBZB	梁单元-Z侧弯曲热应变	1	1
EPINAXL	单元初始轴向应变	1	1
MFOR(X,Y,Z)	单元坐标系X,Y,Z方向的力	2	Y
MMOM(X,Y,Z)	单元坐标系X,Y,Z方向的力矩	2	Y

1. 项目经I端、中间位置(见KEYOPT(9))、及J端重复进行。
2. 若KEYOPT(6)=1

### 5.2.3.2 填充按序号识别变量的单元表

可对每个单元加上不平均的或非单值载荷，将其填入单元表中。该数据类型包括积分点的数据、从结构一维单元（如杆，梁，管单元等）和接触单元派生的数据、从一维温度单元派生的数据、从层状单元中派生的数据等。这些数据将列在“Item and Sequence Numbers for the ETABLE and ESOL Commands”表中，而每一单元类型在ANSYS单元参考指南中都有描述。表5—2是BEAM4的示例。表中的数据分成项目组（如LS,LEPEL,SMISC等），项目组中每一项有一用于识别的序号。将项目组（如LS,LEPEL,SMISC等）作为ETABLE命令的Item变元，将序列号作为Comp变元，将数据装入单元列表中，称之为填写单元表的“序列号”法。例如：BEAM4单元的J点处的最大应力为Item=NMISC及Comp=3。而单元（E）的初始轴向应变（EPINAXL）为Item=LEPYH, Comp=11。

表5-2梁单元（KEYOPT（9）=0）的ETABLE和ESOL命令中的项目及序号

KEYOPT（9）=0				
标号	项目	E	I	J
SDIR	LS	-	1	6
SBYT	LS	-	2	7
SBYB	LS	-	3	8
SBZT	LS	-	4	9
SBZB	LS	-	5	10
EPELDIR	LEPEL	-	1	6
EPELBYT	LEPEL	-	2	7
EPELBYB	LEPEL	-	3	8
EPELBZT	LEPEL	-	4	9
EPELBZB	LEPEL	-	5	10
SMAX	NMISC	-	1	3
SMIN	NMISC	-	2	4
EPTHDIR	LEPTH	-	1	6
EPTHBYT	LEPTH	-	2	7
EPTHBYB	LEPTH	-	3	8

EPHBT	LEP	-	4	9
EPHBT	LEP	-	5	10
EPHBT	LEP	-	-	-
MFORX	SMISC	-	1	7
MFORY	SMISC	-	2	8
MFORZ	SMISC	-	3	9
MMOMX	SMISC	-	4	10
MMOMY	SMISC	-	5	11
MMOMZ	SMISC	-	6	12
P1	SMISC	-	13	14
OFFST1	SMISC	-	15	16
P2	SMISC	-	17	18
OFFST2	SMISC	-	19	20
P3	SMISC	-	21	22
OFFST3	SMISC	-	23	24
P4	SMISC	-	25	-
P5	SMISC	-	-	26

		伪节点							
		1	2	3	4	5	6	7	8
TEMP	LBFE	1	2	3	4	5	6	7	8

对于某些一维单元，如BEAM4，KEYOPT设置控制了计算数据的量。这能改变特定数据项的序号。因此，在这些情况下提供了有关每个KEYOPT设置的表格。表5-3如表5-2一样显示了关于BEAM4的相同信息，但列出的为KEYOPT (9) =3时的序号（3个中间计算点）。例如：当KEYOPT (9) =0时，单元J端Y向的力矩（MMOM）在表5-2中是序号11（SMISC项），而当KEYOPT (9) =3时，其序号（表5-3）为29。

表5-3 ETABLE命令和ESOL命令的BEAM4(KEYOPT(9)=3) 的项目名和序号

KEYOPT(9)=3							
LABEL	ITEM	E	I	IL1	IL2	IL3	J
SDIR	LS	-	1	6	11	16	21
SBYT	LS	-	2	7	12	17	22
SBYB	LS	-	3	8	13	18	23
SBZT	LS	-	4	9	14	19	24
SBZB	LS	-	5	10	15	20	25

EPELDIR	LEPEL	-	1	6	11	16	21
EPELBYT	LEPEL	-	2	7	12	17	22
EPELBYB	LEPEL	-	3	8	13	18	23
EPELBZT	LEPEL	-	4	9	14	19	24
EPELBZB	LEPEL	-	5	10	15	20	25
SMAX	NMISC	-	1	3	5	7	9
SMIN	NMISC	-	2	4	6	8	10
EPTHDIR	LEPTH	-	1	6	11	16	21
EPTHBYT	LEPTH	-	2	7	12	17	22
EPTHBYB	LEPTH	-	3	8	13	18	23
EPTHBZT	LEPTH	-	4	9	14	19	24
EPTHBZB	LEPTH	-	5	10	15	20	25
EPINAXL	LEPTH	26	-	-	-	-	-
MFORX	SMISC	-	1	7	13	19	25
MFORY	SMISC	-	2	8	14	20	26
MFORZ	SMISC	-	3	9	15	21	27
MMOMX	SMISC	-	4	10	16	22	28
MMOMY	SMISC	-	5	11	17	23	29
MMOMZ	SMISC	-	6	12	18	24	30
P1	SMISC	-	31	-	-	-	32
OFFST1	SMISC	-	33	-	-	-	34
P2	SMISC	-	35	-	-	-	36
OFFSET2	SMISC	-	37	-	-	-	38
P3	SMISC	-	39	-	-	-	40
OFFSET3	SMISC	-	41	-	-	-	42
P4	SMISC	-	43	-	-	-	-
P5	SMISC	-	-	-	-	-	44

		伪节点							
		1	2	3	4	5	6	7	8
TEMP	LBFE	1	2	3	4	5	6	7	8

### 5.2.3.3 定义单元表的注释

• ETABLE命令仅对选中的单元起作用，即只将所选单元的数据送入单元表中。在ETABLE命令中改变所选单元，可以有选择地填写单元表的行。

• 相同序号的组合表示对不同单元类型有不同数据。例如：组合SMISC，1对梁单元表示MFOR(X)（单元X向的力），对SOLID45单元表示P1（面1上的压力），

对CONTACT48单元表示FNTOT（总的法向力）。因此，若模型中有几种单元类型的组合，务必要在使用ETABLE命令前选择一种类型的单元（用ESEL命令或Utility Menu>Select>Entities）

- ANSYS程序在读入不同组的结果（例如对不同的载荷步）或在修改数据库中的结果（例如在组合载荷工况），不能自动刷新单元表。例如：假定模型由提供的样本单元组成，在POST1中发出下列命令：

```
SET,1           ! 读入载荷步1结果
ETABLE,ABC,1S,6  ! 在以ABC开头的列下将J端（KEYOPT（9）=0的SDIR
                  !移入单元表中
SET,2           ! 读入载荷步2中结果
```

此时，单元表“ABC”列下仍含有载荷步1的数据。用载荷步2中的数据更新该列数据时，应用命令ETABLE，REFL或 通过GUI方式指定更新项。

- 可将单元表当作一“工作表”，对结果数据进行计算。详见5.4章对该特征的描述。
- 使用POST1中的SAVE,FNAME,EXT或/EXIT,ALL在退出ANSYS程序时，可以对单元表进行存盘（若使用GUI方式，选择Utility Menu>File>Save as或Utility Menu>File>Exit后按照对话框内的提示进行）。这样可将单元表及其余数据存到数据库文件中。
- 为从内存中删除整个单元表，用ETABLE，ERASE(Main Menu>General Postproc>Element Table>Erase Table),或用ETABLE，LAB, ERASE删去单元表中的Lab列。用RESET命令(Main Menu>General Postproc>Reset)可自动删除内存中的单元表。

### 5.2.4 对主应力的专门研究

在POST1中，SHELL61单元的主应力不能直接得到，缺省情况下，可得到其它单元的主应力，除以下两种情况之一：

- 在SET命令中要求进行时间插值或定义了某一角度
- 执行了载荷工况操作时

在上述情况（对SHELL61单元包括所有情况）下，必须用Main Menu>General Postproc>Load Case>Line Elem Stress或用LCOPER,LPRIN命令以计算主应力。然后通过ETABLE命令或用其他适当的打印或绘图命令访问该数据。

### 5.2.5 读入 FLOTRAN 的计算结果

使用命令FLREAD (Main Menu>General Postproc>FLOTRAN 2.1A)可以将结果从FLOTRAN的“剩余”文件读入数据库。FLOTRAN的计算结果(Jobname.RFL)可以用普通的后处理函数或命令（例如SET命令）（Utility Menu>List>Results>Load



Step Summary) 读入。

### 5.2.6 数据库复位

RESET命令 (Main Menu>General Postproc> Reset) 可在不脱离POST1情况下初始化POST1命令的数据库缺省部分, 该命令在离开或重新进入ANSYS程序时的效果相同。

## 5.3 在 POST1 中观察结果

一旦所需结果存入数据库, 可通过图象显示和表格方式观察。另外, 可映射沿某一路径的结果数据 (详见5.3.4节)。

### 5.3.1 图象显示结果

图象显示可能是观察结果的最有效方法。POST1可显示下列类型图象:

- 云图显示
- 变形后的形状显示
- 矢量图显示
- 路径绘图
- 反作用力显示
- 粒子流轨迹

#### 5.3.1.1 云图显示

云图显示表现了结果项 (如应力、温度、磁场磁通密度等) 在模型上的变化。云图显示中有四个可用命令:

命令:

PLNSOL

GUI:

Main Menu>General Postproc> Plot Results>Nodal Solu

命令:

PLESOL

GUI:

Main Menu>General Postproc>Plot Results>Element Solu

命令:

PLETAB

GUI:

Main Menu>General Postproc> Plot Results>Elem Table

命令:

PLLS

GUI:

Main Menu>General Postproc> Plot Results>Line Elem Res

PLNSOL命令生成连续的过整个模型的云图。该命令或GUI方式可用于原始解或派生解。对典型的单元间不连续的派生解，在节点处进行平均，以便可显示连续的云图。下面将举出原始解（TEMP）和派生解（TGX）梯度显示的示例。

PLNSOL, TEMP !原始解：自由度TEMP

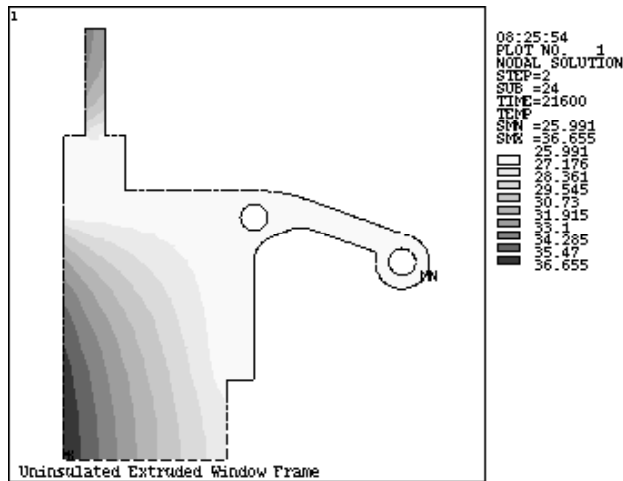


图5-1：使用PLNSOL得到的原始解的云图

若有PowerGraphics(性能优化的增强型RISC体系图形), 可用下列任一命令中控制派生数据的平均。

命令:

**AVRES**

GUI:

Main Menu>General Postproc> Options for Outp

Utility Menu>List>Results>Options

上述任一命令均可确定在材料及（或）实常数不连续的单元边界上是否对结果进行平均。详见第10章“性能优化的增强型RISC体系图形”。

当心：若PowerGraphics无效（对大多数单元类型而言，这是默认值），不能用AVRES命令去控制平均计算。平均算法则不管连接单元的节点属性如何，均会在所选单元上的所有节点处进行平均操作。这对材料和几何形状不连续处是不合适的。当对派生数据进行云图显示时（这些数据在节点处已做过平均），务必选择相同材料、相同厚度、（对板单元），相同坐标系等下的单元。

PLNSOL,TG,X ! 派生数据：温度梯度函数TGX

详见PLNSOL命令的描述。

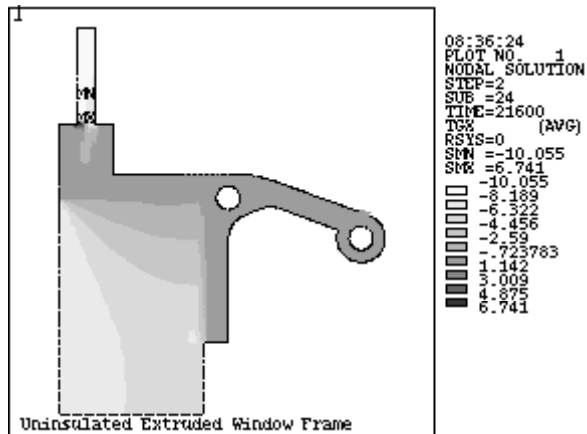


图5-2: 用PLNSOL命令对派生数据进行云图显示

**PLESOL**命令在单元边界上生成不连续的云图，该显示主要用于派生的解数据。如：

PLESOL, TG,X

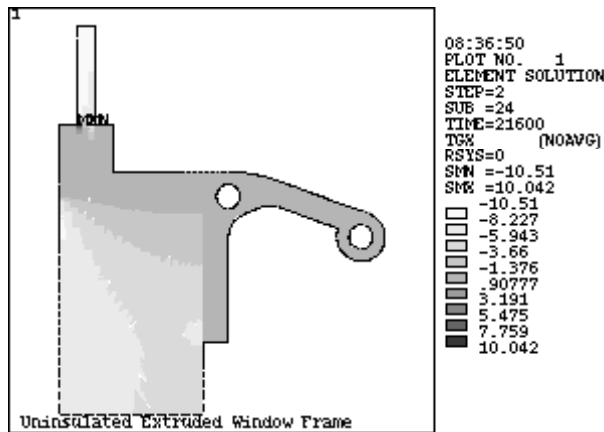


图5-3显示不连续云图的PLESOL图样

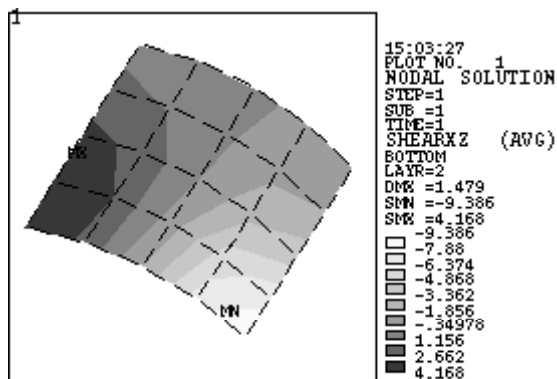


图5-4: 平均的PLETAB云图

**PLETAB**命令云图显示单元表中的数据。在**PLETAB**命令中的AVGLAB字段，提供了是否对节点处数据进行平均的选择项（对连续云图，平均；缺省状态，

对不连续云图，不平均）。下例假设采用SHELL99单元（层状壳）模型，对结果进行平均和不平均之间的差异如图所示。

```
ETABLE,SHEARXZ,SMISC,9      !在第二层底部存在层内剪切(ILSXZ)
PLETAB,SHEARXZ,AVG          ! SHEARXZ的平均云图。
PLETAB, SHEARXZ,NOAVG       ! SHEARXZ的未平均(默认值)的云图。
```

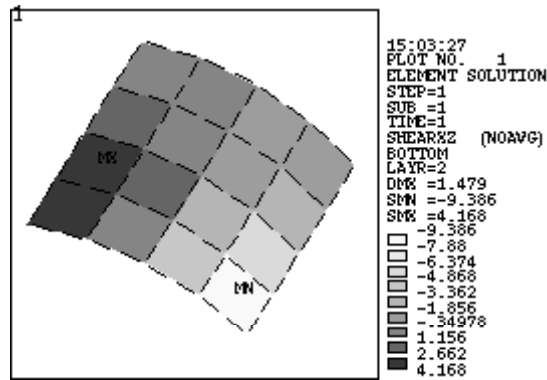


图5-5：未平均的PLETAB云图。

**PLLS**命令用云图的形式显示一维单元的结果。该命令也要求数据存储在单元表中。该形式的显示常用于梁分析中对剪力和力矩图进行表示。下例假定有KEYOPT(9)=1梁模型BEAM3(二维的梁)：

```
ETABLE,IMOMENT,SMISC,6      !I端的弯矩，命名为IMOMENT
ETABLE,JMOMENT,SMISC,18     !J端的弯矩 命名为JMOMENT
PLLS,IMOMENT,JMOMENT       !显示IMOMENT,JMOMENT结果。
```

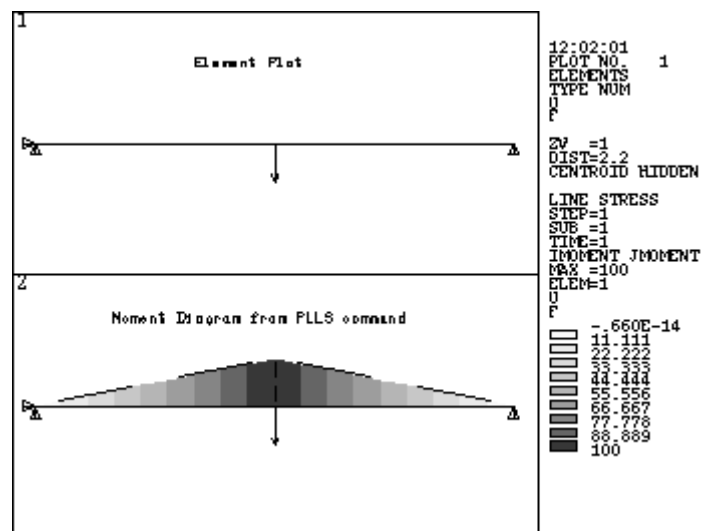


图5-6用PLLS命令显示的弯矩图

**PLLS**命令只会在单元的I,J节点处的数值间画一直线，不管结果沿单元长度如何变化。可用负的比例因子将图形倒过来。

注释：

- 可用**/CTYPE**命令（**Utility Menu>PlotCtrls>Style>Contours>Contour Style**）首先设置KEY为1来生成等轴侧的云图显示。见第6章有关等轴侧的信息。
- 平均主应力：缺省情况下，各节点处的主应力根据平均分应力计算。也可反过来做，首先计算每个单元的主应力，然后在各节点处平均。步骤如下：

命令：

### **AVPRIN**

GUI:

**Main Menu>General Postproc> Options for Outp**

**Utility Menu>List >Results>Options**

该法不常用，但在特定情况下很有用。在不同材料的结合面处不应采用平均算法。

- 矢量求和数据：与主应力的做法相同。缺省情况下，在每个节点处的矢量和的模（平方和的开方）是按平均过的分量来求的。用**AVPRIN**命令，可反过来计算，先计算每单元矢量和的模，然后在节点处进行平均。
- 壳单元或分层壳单元：缺省情况下，壳单元或分层壳单元得到的计算结果假定为其上表面处的结果。要显示上表面、中部或下表面的结果，用**SHELL**命令（**Main Menu>General Postproc> Options for Outp**）。对于分层单元，使用**LAYER**命令（**Main Menu>General Postproc> Options for Outp**）指明需显示的层号。
- Von Mises当量应力（EQV）：使用命令**AVPRIN**可以改变用来计算这些量的有效泊松比。

命令：

### **AVPRIN**

GUI:

**Main Menu>General Postproc>Plot Results>-Contour Plot-Nodal Solu**

**Main Menu>General Postproc>Plot Results>-Contour Plot-Element Solu**

**Utility Menu>Plot>Results >Contour Plot>Elem Solution**

典型情况下，对弹性当量应变（EPEL,EQV），可将有效泊松比设为输入泊松比，对非弹性应变（EPPL,EQV或EPCR,EQV），设为0.5。对于整个当量应变（EPTOT,EQV），应在输入泊松比和0.5之间选用一有效泊松比。另一种方法是，用命令ETABLE存储当量弹性应变，使有效泊松比等于输入泊松比；在另一张表中用0.5作为有效泊松比存储当量塑性应变，然后用SADD命令将两张表合并，得到整个当量应变。

- /EFACET命令的效果：当你看连续的云图时(PLNSOL),通过不同的/EFACET命

令设置,你将看到不同的线图。当设置/EFACET,1,时,区域中间位置的梯度值由平均过后的相邻角点的梯度值插值得到;当/EFACET,2,时,先计算将每个单元中点节点的梯度值,由未平均过的角点处的梯度值插值得到,然后所有中点节点的梯度值由(PLNSOL)平均再描绘出线图;当/EFACET,4,时,ANSYS利用形状函数(高阶P单元除外)在每个单元的边界处计算三个网格交叉节点的梯度值,交叉节点值首先在每个单元内计算然后再由(PLNSOL)一起平均。因此,区域中间位置的梯度值将在不同的/EFACET设置下不同。当你选用一个不是全局坐标系时(KCN=1,2等),梯度值首先在全局坐标系中平均,然后将该平均值转化为你指定的结果坐标系值。

大多数情况下,不管/EFACET设置如何,PLNSOL命令将得到相同的云图。但是,若在连接处存在着除KCN=0的其他RSYS设置时,改变/EFACET的设置时使用PLNSOL你将看到不同的云图。

### 5.3.1.2 变形后的形状显示

在结构分析中可用这些显示命令观察结构在施加的载荷下的变形情况。用下列方法之一可产生变形形状显示:

命令:

#### **PLDISP**

GUI:

**Utility Menu>Plot>Results>Deformed Shape**

**Main Menu>General Postproc>Plot Results> Deformed Shape**

例如: 可用以下**PLDISP**命令:

PLDISP, 1      ! 变形后的形状与原始形状叠加在一起

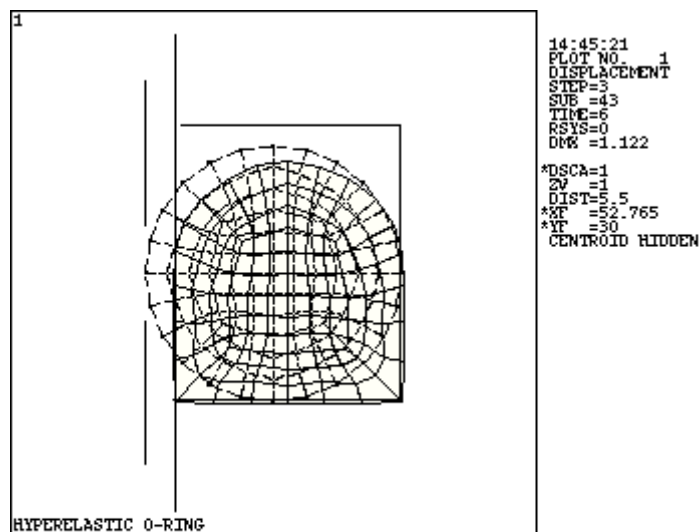


图5-7: PLDISP图样。

可用命令/DSCALE 来改变位移比例因子。

在你进入POST1时，当心所有载荷符号被自动关闭。以后再次进入PREP7或SOLUTION处理器时仍不会见到这些载荷符号。若在POST1中打开所有载荷符号，结果会在变形形状图上显示载荷。

### 5.3.1.3 矢量显示

矢量显示用箭头显示模型中某个矢量大小和方向的变化。平移(U)、转动(ROT)、磁力矢量势(A)、磁通密度(B)、热通量(TF)、温度梯度(TG)、液流速度(V)、主应力(S)等都是矢量的例子。

用下列方法可产生矢量显示：

命令：PLVECT

GUI: Main Menu>General Postproc>Plot Results>Predefined or User-Defined

可用下列方法改变矢量箭头长度比例：

命令：/VSCALE

GUI: Utility Menu>PlotCtrls>Style>Vector Arrow Scaling

PLVECT,B ! 磁通密度(B)的矢量显示

在PLVECT命令中定义两个或两个以上分量，你可生成自己所需的矢量值。

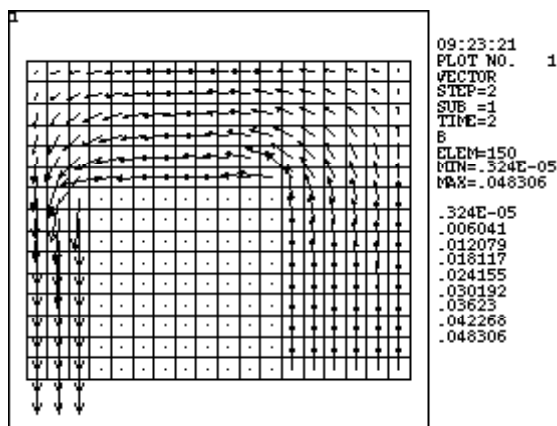


图5-8磁场强度的PLVECT矢量图

### 5.3.1.4 路径图

路径图是显示某个量沿过模型的某一预定路径的变化图。要产生路径图，执行下述步骤：

用命令PATH定义路径属性(Main Menu>General Postproc>Path Operations>Define Path>Defined Paths)。



用命令**PPATH**定义路径点(Main Menu>General Postproc>Path Operations>Define Path>Modify Path)。

用命令**PDEF**将所需的量映射到路径上(Main Menu>General Postproc> Map Onto Path)。

用命令**PLPATH**和**PLPAGM**显示结果(Main Menu>General Postproc>Path Operations> Plot Path Items)。

有关路径图的进一步内容见5.3.4节。

### 5.3.1.5 反作用力显示

与边界条件显示相同，用命令/**PBC**下的**RFOR**或**RMOM**来激活。以后的任何显示（由**NPLOT**,**EPLOT**或**PLDISP**命令生成）将在定义了DOF约束的点处显示反作用力符号。约束方程中某一自由度节点力之和不应包含过该方程的力。详见15.8.2节中的**ANSYS理论参考**。

如反作用力一样，也可用命令/**PBC**(Utility Menu>Plotctrls>Symbols)中的**NFOR**或**NMOM**项显示节点力，这是单元在其节点上施加的力。每一节点处这些力之和通常为0，约束点处或加载点除外。

缺省情况下，打印出的或显示出的力（或力矩的）的数值代表合力（静力、阻尼力和惯性力的总和）。**FORCE**命令(Main Menu>General Postproc>Options For Outp)可将合力分解成各分力。

### 5.3.1.6 粒子流和带电粒子轨迹

粒子流轨迹是一种特殊的图象显示形式，用于描述流动流体中粒子的运动情况。带电粒子轨迹是显示带电子粒子在电、磁场中如何运动的图象显示。详见12章图形显示及15章粒子轨迹动画的信息。见**ANSYS理论参考**的第15章对电磁粒子轨迹的简化假设。

粒子流或带电粒子轨迹需要两个函数：

**TRPOIN**命令(Main Menu>General Postproc>Plot Results>Defi Trace Pt)。任一方式都在路径轨迹上定义一点（起点、终点或两点中的任意一点）。

**PLTRAC**命令(Main Menu>General Postproc>Plot Results>Plot Flow Tra)。任一方式都在单元上显示上产生流动轨迹，能同时定义和显示多达50点。

**PLTRAC**图样如下所示：

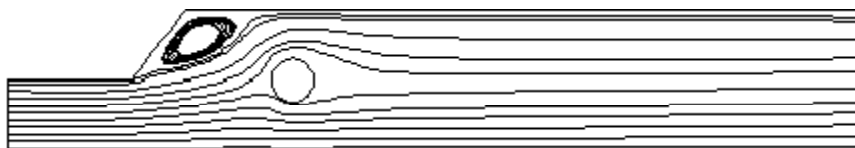


图5-9：粒子流轨迹示例

**PLTRAC**命令中的 **Item** 字段和 **comp** 字段能使用户看到某一特定项的变化情

况（如：对粒子流动轨迹为速度、压力和温度或对带电粒子轨迹为电荷）。项目的变化情况沿路径用按梯度变化的色带显示出来，其他命令有：

- **TRPLIS**命令（Main Menu>General Postproc>Plot Results>List Trace Pt）：列出轨迹点。
- **TRPDEL**命令（Main Menu>General Postproc>Plot Results>Dele Trace Pt）：删除轨迹点。
- **TRTIME**命令（Main Menu>General Postproc>Plot Results>Time Interval）：定义流动轨迹时间间隔。
- **ANFLOW**命令（Main Menu>General Postproc>Plot Results>Paticle Flow）：生成粒子流的动画序列。

注意：

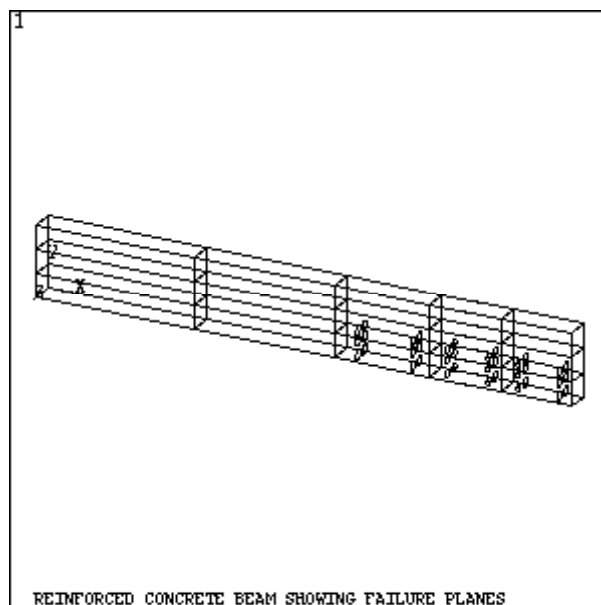
- 在描绘粒子流轨迹时会生成三个数组参数：TRACPOIN, TRACDATA, TRACLABL. 这些参数可以用来得到以粒子的速度和已经过去的时间为变量的粒子轨迹方程。利用这些参数来得到一个命名为PATHNAME的轨迹的示例如下：

```
*get,npts,PARM,TRACPOIN,DIM,x
PATH,PATHNAME,npts,9,1
PAPUT,TRACPOIN,POINTS
PAPUT,TRACDATA,TABLES
PAPUT,TRACLABL,LABELS
PRPATH,S,T_TRACE,VX_TRACE,VY_TRACE,VZ_TRACE,VS_TRACE
```

- 粒子流轨迹偶尔会无明显原因地停止。在靠近管壁处的静止流体区域，或当粒子沿单元边界运动时，会出现这种情况。为解决这个问题，在流线交叉方向轻微调整粒子初始点。

- 对带电粒子轨迹，用**TRPON**命令（Main Menu>General Postproc>Plot Results>Defi Trace Pt）输入的变量Chrg和Mass在MKS单位制中具有相应的单位“库仑”和“千克”。

- 粒子轨迹跟踪算法会导致死循环，例如某一带电粒子轨迹会导致无限循环。要避免出现死循环，**PLTRAC**命令的MXLOOP变元设置了极限值。



### 5.3.1.7 破碎图

图5-10 具有裂缝的混凝土梁

若在模型中有SOLID65单元，你可用PLCRACK命令(Main Menu>General Postproc>Plot Results>Crack/Crush)确定那些单元已断裂或碎开。以小圆圈标出已断裂，以小八边形表示混凝土已压碎（见图5-10）。在使用不隐藏矢量显示的模式下，可见断裂和压碎的符号。为指定这一设备，用命令/DEVICE,VECTOR,ON(Utility Menu>Plotctrls>Device Options)。

### 5.3.2 合成表面结果

INTSRF命令(Main Menu>General Postproc>Nodal Calcs>Pressure Intgrl)允许合成外表面处的节点结果，首先必须要在外表面选择所需要合成的节点。

利用INTSRF计算升力和阻力时，当表面为流-固表面时，仅需选择流体表面节点来进行合成。利用NSEL命令(Utility Menu>Select>Entities)和EXT选项选择节点。

利用INTSRF计算升力和阻力时，必须指定一个结果坐标系，其X方向为流体区域的引入方向，其Y方向为重力的方向。以便使的升力方向为X方向，阻力方向为Y方向。然后利用INTSRF, PRES和INTSRF, TAUW分别得到升力和阻力，也可以利用INTSRF, FLOW得到分开的升力和阻力。结果将写入输出文件中(jobname.OUT)。

合成结果为结果坐标系下的数值(见RSYS命令)，结果坐标系的类型必须和分析中使用的坐标系类型相匹配，但可以对力和力矩进行所需的转换和旋转。利用\*GET命令得到结果。

```
*****
*****
*****PAUSE  PAUSE  PAUSE  PAUSE  PAUSE  PAUSE  PAUSE*****
```

### 5.3.3 用表格形式列出结果

将结果存档的有效方法（例如：报告、呈文等）是在POST1中制表。列表选项对节点、单元、反作用力等求解数据可用。

PRESOL,ELEM的样表

PRINT ELEM ELEMENT SOLUTION PER ELEMENT

\*\*\*\*\* POST1 ELEMENT SOLUTION LISTING \*\*\*\*\*

```
LOAD STEP      1  SUBSTEP=      1
TIME=      1.0000      LOAD CASE=  0
```

```

EL=      1  NODES=      1      3  MAT=  1
BEAM3
TEMP =      0.00      0.00      0.00      0.00
LOCATION  SDIR          SBYT          SBYB
  1 (I)   0.00000E+00  130.00      -130.00
  2 (J)   0.00000E+00  104.00      -104.00
LOCATION  SMAX          SMIN
  1 (I)   130.00      -130.00
  2 (J)   104.00      -104.00
LOCATION  EPELDIR      EPELBYT      EPELBYB
  1 (I)   0.000000    0.000004   -0.000004
  2 (J)   0.000000    0.000003   -0.000003
LOCATION  EPTHDIR      EPTHBYT      EPTHBYB
  1 (I)   0.000000    0.000000    0.000000
  2 (J)   0.000000    0.000000    0.000000
EPINAXL =      0.000000
EL=      2  NODES=      3      4  MAT=  1
BEAM3
TEMP =      0.00      0.00      0.00      0.00
LOCATION  SDIR          SBYT          SBYB
  1 (I)   0.00000E+00  104.00      -104.00
  2 (J)   0.00000E+00  78.000      -78.000
LOCATION  SMAX          SMIN
  1 (I)   104.00      -104.00
  2 (J)   78.000      -78.000
LOCATION  EPELDIR      EPELBYT      EPELBYB
  1 (I)   0.000000    0.000003   -0.000003
  2 (J)   0.000000    0.000003   -0.000003
LOCATION  EPTHDIR      EPTHBYT      EPTHBYB
  1 (I)   0.000000    0.000000    0.000000
  2 (J)   0.000000    0.000000    0.000000
EPINAXL =      0.000000

```

### 5.3.3.1 列出节点、单元求解数据

用下列方式可以列出指定的节点求解数据（原始解及派生解）：

命令：PRNSOL

GUI:Main Menu>General Postproc>List Results>Nodal Solution

用下列方式可以列出所选单元的指定结果：

命令：PRNSOL

GUI:Main Menu>General Postproc>List Results>Element Solution

要获得一维单元的求解输出，在PRNSOL命令中指定ELEM选项，程序将列出所选单元的所有可行的单元结果。

PRNSOL, S的样表

PRINT S NODAL SOLUTION PER NODE

\*\*\*\*\* POST1 NODAL STRESS LISTING \*\*\*\*\*

LOAD STEP= 5 SUBSTEP= 2  
TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0

THE FOLLOWING X,Y,Z VALUES ARE IN GLOBAL COORDINATES

	NODE	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SXZ
	1	148.01	-294.54	.00000E+00	-56.256	.00000E+00	.00000E+00
	2	144.89	-294.83	.00000E+00	56.841	.00000E+00	.00000E+00
	3	241.84	73.743	.00000E+00	-46.365	.00000E+00	.00000E+00
	4	401.98	-18.212	.00000E+00	-34.299	.00000E+00	.00000E+00
	5	468.15	-27.171	.00000E+00	.48669E-01	.00000E+00	.00000E+00
	6	401.46	-18.183	.00000E+00	34.393	.00000E+00	.00000E+00
	7	239.90	73.614	.00000E+00	46.704	.00000E+00	.00000E+00
	8	-84.741	-39.533	.00000E+00	39.089	.00000E+00	.00000E+00
	9	3.2868	-227.26	.00000E+00	68.563	.00000E+00	.00000E+00
	10	-33.232	-99.614	.00000E+00	59.686	.00000E+00	.00000E+00
	11	-520.81	-251.12	.00000E+00	.65232E-01	.00000E+00	.00000E+00
	12	-160.58	-11.236	.00000E+00	40.463	.00000E+00	.00000E+00
	13	-378.55	55.443	.00000E+00	57.741	.00000E+00	.00000E+00
	14	-85.022	-39.635	.00000E+00	-39.143	.00000E+00	.00000E+00
	15	-378.87	55.460	.00000E+00	-57.637	.00000E+00	.00000E+00
	16	-160.91	-11.141	.00000E+00	-40.452	.00000E+00	.00000E+00
	17	-33.188	-99.790	.00000E+00	-59.722	.00000E+00	.00000E+00
	18	3.1090	-227.24	.00000E+00	-68.279	.00000E+00	.00000E+00
	19	41.811	51.777	.00000E+00	-66.760	.00000E+00	.00000E+00
	20	-81.004	9.3348	.00000E+00	-63.803	.00000E+00	.00000E+00
	21	117.64	-5.8500	.00000E+00	-56.351	.00000E+00	.00000E+00
	22	-128.21	30.986	.00000E+00	-68.019	.00000E+00	.00000E+00
	23	154.69	-73.136	.00000E+00	.71142E-01	.00000E+00	.00000E+00
	24	-127.64	-185.11	.00000E+00	.79422E-01	.00000E+00	.00000E+00
	25	117.22	-5.7904	.00000E+00	56.517	.00000E+00	.00000E+00

26	-128.20	31.023	.00000E+00	68.191	.00000E+00	.00000E+00
27	41.558	51.533	.00000E+00	66.997	.00000E+00	.00000E+00
28	-80.975	9.1077	.00000E+00	63.877	.00000E+00	.00000E+00

## MINIMUM VALUES

NODE	11	2	1	18	1	1
VALUE	-520.81	-294.83	.00000E+00	-68.279	.00000E+00	.00000E+00

## MAXIMUM VALUES

NODE	5	3	1	9	1	1
VALUE	468.15	73.743	.00000E+00	68.563	.00000E+00	.00000E+00

### 5.3.3.2 列出反作用载荷及作用载荷

在POST1中有几个选项用于列出反作用载荷及作用载荷。PRRSOL命令

(Main Menu>General Postproc>List Results>Reaction Solu)列出了选择设置中约束节点处的反作用力。命令FORCE陈述了哪一种反作用载荷数据被列出:合力(默认值)、静力、阻尼力或惯性力。PRNLD(Main Menu>General Postproc>List Results>Nodal Loads)列出所选节点处的总的单元节点力, 值为零的除外。

列出反作用载荷及作用载荷是检查平衡的一种好方法。在求解后检查模型的平衡状况总是好的做法。也就是说, 在给定方向上所加的作用力应总等于该方向上的反力(若反力不是所期望的, 检查加载情况, 看加载是否恰当)。

出现耦合分析或约束方程会诱发实际上的或明显的失去平衡。由于指定的耦合不好或约束方程会造成载荷平衡的实际丧失(一种通常不太希望的效果)。由CPINTF生成的耦合组和由CEINTF或CERIG生成的约束方程在几乎所有情况下能保持实际的平衡。

约束方程也能造成明显的平衡丧失。因如前所述, 属于约束方程约束DOF处的反力不包括过该方程的力。这将影响单个反力和总反力。(所以最好不要约束属于约束方程的DOF)。同样, 对属于某个约束方程的节点力之和也不应包括过该方程的节点力, 这将影响单个反力和总反力。在批处理求解(用OUTPR命令请求)中可得到约束方程反力的单独列表, 但这些反作用不能在POST1中进行访问。对大多数恰当联立的约束方程, FX、FY、FZ方向合力应为零。(合力矩可能不为零, 因为合力矩本身必须包含力的作用效果)。可能见到失衡的其它情况有:

(A) 四节点壳单元, 其四个节点不是位于同一平面内。(B) 有弹性基座指定的单元。(C) 发散的非线性求解。见ANSYS理论参考 中的15.8.2节。

另一个有用的命令是FSUM。FSUM对所选的节点进行力、力矩求和运算和列表显示。

GUI:

Main Menu>General Postproc>Nodal Calcs>Total Force Sum

FSUM输出样本:

\*\*\*\*\*NOTE\*\*\*\*\*

Summations based on final geometry and will not agree with solution reactions.

\*\*\*\*SUMMATION OF TOTAL FORCE AND MOMENTS IN GLOBAL  
COORDINATES\*\*\*\*\*

FX=.1147202

FY=.7857315

FZ=.0000000E+00

MX=.0000000E+00

MY=.0000000E+00

MZ=39.82639

SUMMATION POINT=.00000E+00 .00000E+00 .0000E+00

NFORCE命令除了总体求和外，还对每一个所选的节点进行力、力矩求和。

GUI:Main Menu>General Postproc>Nodal Calcs>Sum@Each Node

NFORCE输出示例:

\*\*\*\*\*POST1 NODAL TOTAL FORCE SUMMATION\*\*\*\*\*

LOADSTEP=3 SUBSTEP=43

THE FOLLOWING X,Y,Z FORCES ARE IN GLOBAL COORDINATS

NODE	FX	FY	FZ
1	-.4281E-01	.4212	.0000E+00
2	.3624E-03	.2349E-01	.0000E+00
3	.6695E-01	.2116	.0000E+00
4	.4522E-02	.3308E-01	.0000E+00
5	.2705E-01	.4722E-01	.0000E+00
6	.1458E-01	.2880E-01	.0000E+00
7	.5507E-02	.2660E-01	.0000E+00
8	-.2080E-02	.1055E-01	.0000E+00
9	-.5551E-03	-.7278E-02	.0000E+00
10	.4906E-03	-.9516E-02	.0000E+00

\*\*\*\*\*NOTE\*\*\*\*\*

Summations Based On Final Geometry And Will Not Agree With Solution Reactions.

\*\*\*\*SUMMATION OF TOTAL FORCE AND MOMENTS IN GLOBAL  
COORDINATES\*\*\*\*\*

FX=.1147202

FY=.7857315

FZ=.0000000E+00

MX=.0000000E+00

MY=.0000000E+00



MZ=39.82639

SUMMATION POINT=.00000E+00 .00000E+00 .00000E+00

SPOINT命令定义在哪些点（除原点外）求力矩和

GUI:Main Menu>General Postproc>Nodal Calcs>At Node

GUI:Main Menu>General Postproc>Nodal Calcs>At Xyz Loc

### 5.3.3.3 列出单元表数据

用下列命令之一可列出储存在单元表中的指定数据：

命令：PRETAB

GUI:Main Menu>General Postproc>Element Table>List Elem Table

GUI:Main Menu>General Postproc> Element Table> Elem Table Data

为列出单元表中每一列的和，可用命令SSUM(Main Menu>General Postproc>Element Table> Sum of Each Item)。

PRETAB和SSUM输出示例：

\*\*\*\*\*P[OST1 ELEMENT TABLE LISTING\*\*\*\*\*

STAT	CURRENT	CURRENT	CURRENT
ELEM	SBYTI	SBYBI	MFORYI
1	.95478E-10	-.95478E-10	-2500.0
2	-3750.0	3750.0	-2500.0
3	-7500.0	7500.0	-2500.0
4	-11250	11250	-2500.0
5	-15000	15000	-2500.0
6	-18750	18750	-2500.0
7	-22500	22500	-2500.0
8	-26250	-2500	-2500.0
9	-30000	30000	-2500.0
10	-33750	33750	-2500.0
11	-37500	37500	-2500.0
12	-33750	33750	-2500.0
13	-30000	30000	-2500.0
14	-22500	22500	-2500.0
15	-18750	18750	-2500.0
16	-15000	15000	-2500.0
17	-11250	11250	-2500.0
18	-7500.0	7500.0	-2500.0
19	-3750.0	3750.0	-2500.0
20	.95478E-10	-.95478E-10	-2500.0

## MINIMUM VALUES

ELEM	11	1	8
VALUE	-37500	-.95478E-10	-2500

## MAXIMUM VALUES

ELEM	1	11	11
VALUE	-.95478E-10	37500	2500

## SUM ALL THE ACTIVE ENTRIES IN THE ELEMENT TABLE

TABLE LABEL	TOTAL
SBYTI	-375000.
SBYBI	375000.
MFORYI	.552063E-09

## 5.3.3.4 其他列表

用下列命令可列出其他类型的结果：

**PRVECT**命令（Main Menu>General Postproc>List Results>Vector Data）列出所有被选单元指定的矢量大小及其方向余弦。

**PRPATH**命令（Main Menu>General Postproc>List Results>Path Items）计算然后在模型中沿预先定义的几何路径上列出指定的数据。必须定义一路径并将数据映射到该路径上。见 5.3.4 节。

**PRSECT**命令（Main Menu>General Postproc>List Results>Linearized Strs）计算然后列出沿预定的路径线性变化的应力。

**PRERR**命令（Main Menu>General Postproc>List Results>Percent Error）列出所选单元在能量级的百分比误差。

**PRITER**命令（Main Menu>General Postproc>List Results>Iteration Summry）列出迭代次数概要数据。

## 5.3.3.5 对单元、节点排序

缺省情况下，所有列表通常按节点号或单元号的升序来进行排序。可根据指定的结果项先对节点、单元进行排序来改变它。**NSORT**命令（Main Menu>General Postproc>List Results>Sort Nodes）基于指定的节点求解项进行节点排序，**ESORT**命令(Main Menu>General Postproc>List Results>Sort Elems)基于单元表内存入的指定项进行单元排序。例如：

NSSEL,...	!选节点
NSORT,S,X	!基于SX进行节点排序
PRNSOL,S,COMP	!列出排序后的应力分量

进一步信息见[ANSYS命令参考手册](#)中对NSEL, NSORT, PRNSOL命令描述。

[NSORT](#)后的输出结果及[PRNSOL,S](#)示例:

\*\*\*\*\* POST1 NODAL STRESS LISTING \*\*\*\*\*

LOAD STEP= 3 SUBSTEP= 43  
TIME= 6.0000 LOAD CASE= 0

THE FOLLOWING X,Y,Z VALUES ARE IN GLOBAL COORDINATES

NODE	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SXZ
111	-.90547	-1.0339	-.96928	-.51186E-01	.00000E+00	.00000E+00
81	-.93657	-1.1249	-1.0256	-.19898E-01	.00000E+00	.00000E+00
51	-1.0147	-.97795	-.98530	.17839E-01	.00000E+00	.00000E+00
41	-1.0379	-1.0677	-1.0418	-.50042E-01	.00000E+00	.00000E+00
31	-1.0406	-.99430	-1.0110	.10425E-01	.00000E+00	.00000E+00
11	-1.0604	-.97167	-1.0093	-.46465E-03	.00000E+00	.00000E+00
71	-1.0613	-.95595	-1.0017	.93113E-02	.00000E+00	.00000E+00
21	-1.0652	-.98799	-1.0267	.31703E-01	.00000E+00	.00000E+00
61	-1.0829	-.94972	-1.0170	.22630E-03	.00000E+00	.00000E+00
101	-1.0898	-.86700	-1.0009	-.25154E-01	.00000E+00	.00000E+00
1	-1.1450	-1.0258	-1.0741	.69372E-01	.00000E+00	.00000E+00

MINIMUM VALUES

NODE	1	81	1	111	111	111
VALUE	-1.1450	-1.1249	-1.0741	-.51186E-01	.00000E+00	.00000E+00

MAXIMUM VALUES

NODE	111	101	111	1	111	111
VALUE	-.90547	-.86700	-.96928	.69372E-01	.00000E+00	.00000E+00

使用下述命令恢复到原来的节点或单元顺序

命令: NUSORT

GUI: Main Menu>General Postproc>List Results>Unsort Nodes

命令: EUSORT

GUI:Main Menu>General Postproc>List Results>Unsort Elems

### 5.3.3.6 用户化列表

有些场合, 需要根据要求来定制结果列表。/STITLE命令 (无对应的GUI方式)

可定义多达四个子标题，与主标题一起在输出列表中显示。输出用户化可用的其他命令为：/FORMAT，/HEADER，和/PAGA（同样无对应的GUI方式）。这些命令控制下述事情，如重要数字的编号、表顶部的表头、打印页中的行数等。这些控制仅适用于PRRSOL，PRNSOL，PRESOL，PRETAB,PRPATH命令。

### 5.3.4 映射结果到某一路径上

POST1的一个最有用、功能最强的特征是能够虚拟映射任何结果数据到过模型的任意路径上。这样一来就可沿该路径执行许多数学运算和微积分运算，从而得到有意义的计算结果：开裂处的应力强度因子和J-积分，通过该路径的热量、物体上的磁场力等。有用的附带好处是，能以图形或列表方式观察结果项沿路径的变化情况。

注释：仅能在包含实体单元（二维或三维）或板壳单元的模型中定义路径。对一维单元不可用。

这些步骤包含在沿某一路径观察结果中：

定义路径属性(PATH命令)

定义路径点 (PPATH命令)

沿路径插值（映射）结果数据(PDEF命令)

一旦进行了数据插值，可用图象显示 [PLPATH或PLPAGM命令] 和列表方式观察，或执行算术运算，如+， /， 积分等。PMAP命令（在PDEF命令前发出该命令）中提供了处理材料不连续及精确计算的高级映射技术。

其他可执行的路径运算包括将路径及路径数据存入档案文件或某一数组参数中，以及再调用存在的路径及其数据。紧接着的几个主题讨论路径定义及用法。

#### 5.3.4.1 定义路径

要定义路径，首先要定义路径环境然后定义单个路径点。通过在工作平面上拾取节点、位置或填写特定坐标位置表来决定是否定义路径，然后通过拾取或使用下列命令或下列菜单路径中的任一种方式可生成路径：

命令：PATH，PPATH

GUI:

Main Menu>General Postproc>Path Operations>Define Path> By Nodes

Main Menu>General Postproc>Path Operations>Define Path>On Working Plane

Main Menu>General Postproc>Path Operations>Define Path>By Location

关于PATH命令有下列信息：

- 路径名（不多于 8 个字符）
- 路径点数（2 — 1 0 0 0）仅在批处理模式或用“By Location”选项定义路径点时需要，

使用拾取时，路径点数等于拾取点数

- 映射到该路径上的数据组数（最小为4，默认值= 3 0，无最大值）
- 相临点的子分数（默认值= 2 0，无最大值）
- 用“By Location”选项时，出现一个单独的对话框，用于定义路径点（PPATH命令），

输入路径点的整体坐标值，插值过的路径的几何形状依据激活的CSYS坐标系。另外，

也可定义一坐标系用于几何插值（用PPATH命令中的CS变元）。

注释：选择命令PATH,STATUS观察路径设置的状态。

PATH和PPATH命令在激活的CSYS坐标系中定义了路径的几何形状。若路径是直线或圆弧，只需两个端点（除非想高精度插值，那将需要更多的路径点或子分点）

注释：必要时，用CSCIR(Utility Menu>Workplane>Local Coordinate Systems>Move Singularity)命令在定义路径前移动奇异坐标点。

要显示已定义的路径，需首先沿路径插值数据（见5.3.4.3节），然后用命令/PBC,PATH,,1（Utility Menu>Plotctrls>Symbols），接着用EPLOT或NPLOT命令（Utility Menu>Plot>Elements或Utility Menu>Plot>Nodes）。ANSYS将路径用一系列直线段显示路径。下列显示的路径定义在柱坐标系中：

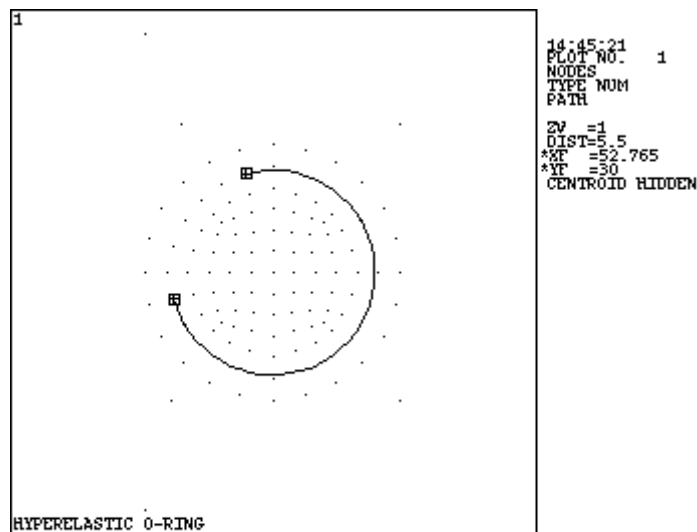


图 5 — 1 1：显示路径的节点图：

### 5.3.4.2 使用多路径

一个模型中并不限制路径数目。但是，一次只有一个路径为当前路径。选择PATH,NAME命令改变当前路径。在PATH命令中不用定义其它变元。已命名的路径将成为新的当前路径。

### 5.3.4.3 沿路径插值数据

用下列命令可达到该目的：。

命令： PDEF

GUI:

Main Menu>General Postproc>Path Operations>Path Operation

命令： PVECT

GUI:

Main Menu>General Postproc>Path Operations>Unit Vector

这些命令要求路径被预先定义好。

用PDEF命令，可在一激活的结果坐标系中沿着路径虚拟插值任何结果数据：原始数据（DOF节点解）、派生数据（应力、通量、梯度等）、单元表数据、FLOTRAN节点结果数据，等等。本次讨论的余下部分（及在其它文档中）将插值项称为路径项。例如：沿着X路径方向插值热通量，命令如下：

PDEF, XFLUX, TF, X

XFLUX值是用户定义的分配给路径项的任意名字，TF和X放在一起识别该项为X方向的热通量。

注释：发出下列命令对可使结果坐标系与激活的坐标系（用于定义路径）相配。

\*GET , ACTSYS, ACTIVE, CSYS

RSYS, ACTSYS

第一条命令创建了一个用户定义参数（ACTSYS），该参数表征了定义当前激活的坐标系的值。第二条命令则设置结果坐标系到由ACTSYS指定的坐标系上。

### 5.3.4.4 映射路径数据

POST1用 $\{nDiv (nPts-1) + 1\}$ 个插值点将数据映射到路径上（这里，nPts是路径上点数，nDiv是在点间的子分数 [PATH] ）。创建第一路径项时，程序自动地插值下列另外的几何项：XG, YG, ZG和S。开头三个是插值点的三个整体坐标值，S是距起始节点的路径长度。在用路径项执行数学运算时这些项是有用的（例如：S可用于计算线积分）。要在材料不连续处精确映射数据，在PMAP命令（Main Menu>General Postproc>Path Operations>Define Path>Path Options）中使用DISCON=MAT选项。

为从路径上删除路径项（除XG, YG, ZG和S），用PDEF,CLEAR。例如：用PCALC命令(Main Menu>General Postproc>Path Operations>Operations)可从一个路径存储路径项、定义一平行路径及计算两路径间路径项之差。

PVECT命令定义了沿路径的法矢量、切矢量或正向矢量。对该命令，笛卡尔坐标系应被激活。例如：下列命令定义了在每个插值点处与路径相切的单位矢量。

PVECT,TANG,TTX,TTY,TTZ

TTX,TTY和TTZ是用户定义的分配给矢量的X,Y,Z分量的名字。在断裂力学的J-

积分、点积和叉积等运算中可使用这些矢量。为精确映射法矢量和切矢量，在 **PMAP** 命令中使用 **ACCURATE** 选项，在映射数据之前用命令 **PMAP**。

#### 5.3.4.5 观察路径项

要得到指定路径项与路径距离的关系图，使用下述方法之一：

命令： **PLPATH**

GUI:

Main Menu > General Postproc > Path Operations > Plot Path Items

要得到指定路径项的列表，使用下述方法之一：

命令： **PRPATH**

GUI:

Main Menu > General Postproc > List Results > Path Items

可为 **PLPATH** 和 **PRPATH** 或 **PRANGE** 命令控制路径距离范围 (Main Menu > General Postproc > Path Operations > Path Range)。在路径显示的横坐标项中路径定义变量也能用来取代路径距离。

可用两个其它命令， **PLSECT** (Main Menu > General Postproc > Path Operations > Linearized Strs) 和 **PRSECT** (Main Menu > General Postproc > List Results > Linearized Strs)，来计算和观察在 **PPATH** 命令中由最初两个节点定义的沿某一路径的线性应力。尤其在压力容器应用场合，可用其将应力分解成各分量：膜应力，膜应力加弯曲应力等。路径在激活的显示坐标系中定义。

可沿路径几何形状用一彩色云图显示路径数据项。从路径上的云图显示不均匀可清晰度量。要产生这样的显示，使用下列方式之一：

命令： **PLPAGM**

GUI:

Main Menu > General Postproc > Plot Results > Plot Path Items > On Geometry

#### 5.3.4.6 在路径项中执行算术运算

下列三个命令可用于在路径项中执行算术运算：

**PCALC** 命令： (Main Menu > General Postproc > Path Operations > Operation) 允许对路径项进行 +, ×, /, 求幂, 微分, 积分。

**PDOT** 命令： (Main Menu > General Postproc > Path Operations > Dot Product) 计算两路径矢量的点积。

**PCROSS** 命令： (Main Menu > General Postproc > Path Operations > Cross Production) 计算两路径矢量的叉积。

#### 5.3.4.7 将路径数据从一文件中存档或恢复

若想在离开 POST1 时保留路径数据，必须将其存入文件或数组参数中，以便于以



后恢复。首先可选一条或多条路径。然后将当前路径写入一文件中：

命令：PSEL

GUI:

Utility Menu>Select>Paths

命令：PASAVE

GUI:

Main Menu >General Postproc>Path Operations>Archive Path>-Store->Paths  
In File

要从一个文件中取出路径信息及将该数据存为当前激活的路径数据，可用下列方式：

命令：PARESU

GUI:

Main Menu >General Postproc>Path Operations>Archive  
Path>-Retrieve->Paths From File

可选择仅存档或取出路径数据（用PDEF命令映射到路径上的数据）或路径点（用PPATH命令定义的点）。恢复路径数据时，它变为当前激活的路径数据。（已存在的激活路径数据被取代）。若用PHRESH并有多路径时，列表中的第一条路径成为当前激活路径。

输入输出示例如下所示：

/Post

Path, Radial, 2, 30, 35 ! 定义路径名，点号，组号，分组号

Ppath, 1, , . 2 ! 由位置来定义路径

Ppath, 2, , . 6

Pmap, , Mat ! 在材料不连续处进行映射数据

Pdef, Sx, S, X ! 描述径向应力

Pdef, Sz, S, Z ! 描述周向应力

Plpath, Sx, Sz ! 绘应力图

Pasave ! 在文件中存储所定义的路径

Finish

/Post1

Paresu !从文件中恢复路径数据

Plpasm,Sx,,Node !绘制路径上径向应力

Finish

#### 5.3.4.8 将路径数据存档或从数组参数中恢复

若想把粒子流或带电粒子轨迹映射到某一路径（用PLTRAC命令）上，将路径数

据写入数组是有用的。若想把路径数据保存在一数组参数内，用下列命令或等价的GUI路径将当前路径数据写入一数组变量：

命令：

PAGET,PARRAY,POPT

GUI:

Main Menu >General Postproc>Path Operations>Archive

Path>-Retrieve->Path Points

Main Menu >General Postproc>Path Operations> Archive Path>-Retrieve->Path Data

要从一数组变量中恢复路径信息并将数据存储为当前激活的路径数据，用下列方式：

命令：

PAPUT,PARRAY,POPT

GUI:

Main Menu >General Postproc>Path Operations> Archive Path>-Store->Path Points

Main Menu >General Postproc>Path Operations> Archive Path>-Store->Path Data

可选择仅存档或取出路径数据（用PDEF命令映射到路径上的数据）或路径点（用PPATH命令定义）。PAGET和PAPUT命令中POPT变元的设置决定了存储或恢复什么数据，必须在恢复路径数据和标识前恢复路径点。恢复路径数据时，它会变成当前激活的路径数据（已存在的路径数据被取代）。

输入输出示例如下：

```
/post
path, radial, 2, 30, 35      ! 定义路径名，点号，组号，分组号
ppath, 1, , .2              ! 按位置定义路径
ppath, 2, , .6
pmap, , mat                  ! 在材料不连续处进行映射数据
pdef, sx, s, x               ! 描述径向应力
pdef, sz, s, z               ! 描述周向应力
plpath, sx, sz               ! 绘应力图
paget,radpts,points          !将路径点存档于radpts数组中
paget,raddat,table           ! 将路径数据存档于raddat数组中
paget,radlab,label           ! 将路径标识存档于radlab数组中
finish
```

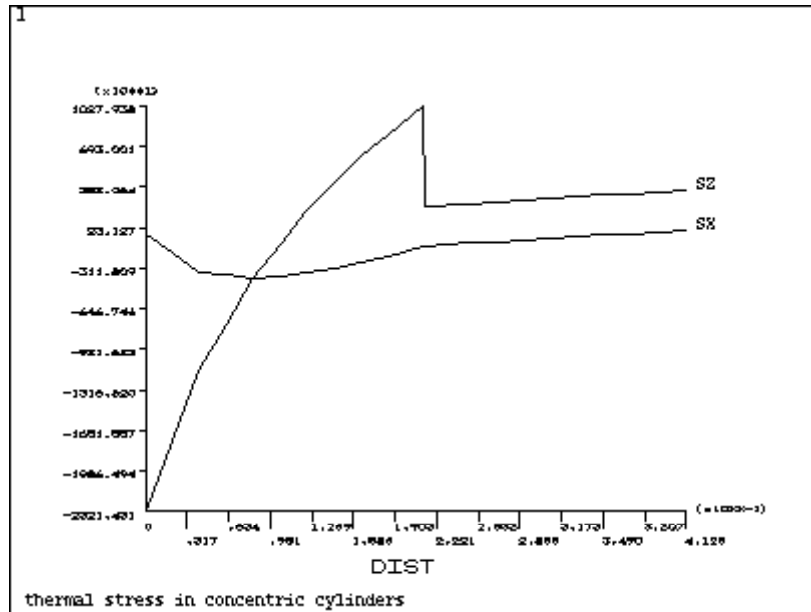


图5-12: 在不同材料结合面处显示应力不连续的PLPATH显示示例

```

/post1
*get,hpts,parm,radpts,dim,x      ! 从Radpts数组中取出点号
*get,ndat,parm,raddat,dim,x     ! 从Raddat数组中取出路径数据点号
*get,nset,parm,radlab,dim,x     ! 从Radlab数组中取出数据标识号
ndiv=(ndat-1)/(npts-1)          !计算子分数
path,radial,npts,ns1,ndiv       !用组号ns1> nset生成路径“radial”
paput,radpts,points             ! 取出路径点
paput,raddat,table              ! 取出路径数据
paget,radlab,label              ! 取出路径列表
plpagn,sx,,node                 ! 绘制路径上径向应力图
finish

```

### 5.3.4.9 删除路径

删除一个或多个路径时，用下列方式之一：

命令；

**PADELE, DELOPT**

GUI:

Main Menu >General Postproc>Path Operations>Delete Path

Main Menu >General Postproc>Elec&Mag Calc>Delete Path

可按名字选择删除所有路径或某一路径。用PATH,STATUS命令可浏览当前路径名列表。

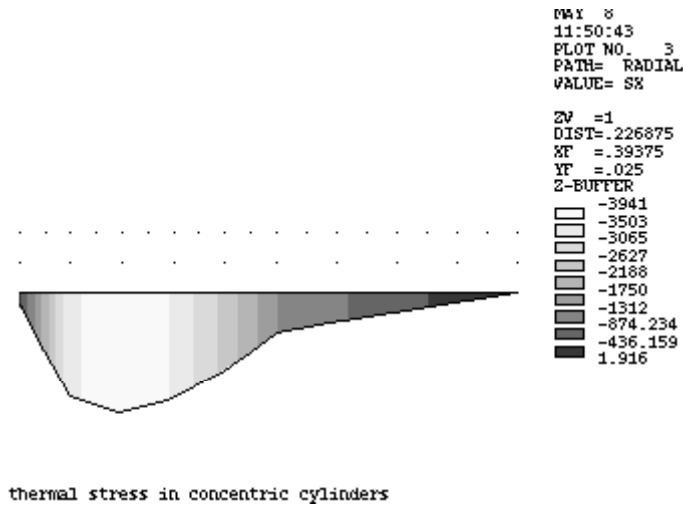


图 5-13: PLPAGM 显示的例子

### 5.3.5 分析计算误差

有限元分析中的主要考虑之一是有限元网格数量是否足够。网格是否细到能获得好的计算结果？若不是，模型哪一部分网格要进行进一步划分？用ANSYS误差分析技术可得到该问题的答案，该技术估计由于网格离散化产生的计算误差量。该技术只对使用二维或三维实体单元或板壳单元的线性结构和线性/非线性温度场可用。

在后处理器中，程序为模型中每个单元计算能量误差。能量误差在概念上与应变能相似。结构能量误差（以SERR为标识）是单元到单元应力场跃变的度量。热能误差（TERP）是单元到单元热能跃变的度量。用SERR和TERR，ANSYS可计算能量级的百分误差（SEPC表示结构的百分误差，TEPC表示热能的百分误差）。注释：误差估计是基于参考温度（TREF）下被评价的刚度及传导模型之上的。因此，如果单元在与参考温度TREF相差很大的温度下，误差估计对于与温度有关的材料特性的单元有可能不正确。

在很多情况下，通过抑制误差估计可以大大提高程序运算速度。在热分析中关闭误差估计时，性能改善尤为显著。因此，你可只在需要时才用误差分析。例如：你想确定网格是否易于得到良好的结果时。

用ERNORM, OFF (Main Menu > General Postproc > Options For Outp) 命令可关闭误差估计，在缺省情况下，误差估计是激活的。由于ERNONM命令所设置的值未存储在Jobname.DB文件中，重新进行分析后，如果要再次关闭误差估计，需要再次执行ERNORM, OFF命令。

在POST1中，使用PRERR命令(Main Menu > General Postproc > List Results) Percent Error]可显示所有被选单元的SEPC和TEPC。SEPC和TEPC的值表示由于特定的网格离散化而引起的相对误差。要发现应在何处细化网格，只须生成SERR和TERR

的云图显示，并寻找高误差区域即可。使用该种误差分析技术，可建立一自动程序，利用该程序在高误差区对网格进行自动细化。这种技术被称为自适应网格划分技术。参见ANSYS ADVANCED ANALYSIS TECHNIQUES GUIDE（ANSYS 高级分析技术指南）的第3章。关于误差估计的理论细节，参见ANSYS THEORY REFERENCE（ANSYS理论参考手册）。

## 5.4 在 POST1 中使用 PGR 文件

PGR 文件是一个用于特定目的的图形对象，它用来存储在分析的求解阶段中所产生的可以用来绘图的信息。通过存储这些预先定制的信息，可以在 POST1 中非常快速的访问(大于 10 倍速)。为了达到快速访问的效果，尽管必须在开始求解之前指定所要存储的项目，但在已得到的结果文件中，也可产生一个 PGR 文件，它具有和结果文件相符的信息。在 POST1 中还可以向 PGR 文件中添加新的求解数据。在求解中如何 PGR 文件更详细的信息请参见 Using PGR File to Store Data For PostProcessing(手册第三章)。

如下三个小节描述了在 POST1 所有的可用操作。在 POST1 中指定一个新 PGR 文件；在 POST1 中向一个 PGR 文件添加数据；利用结果观察器了解结果信息。

### • 5.4.1 在 POST1 中指定一个新的 PGR 文件

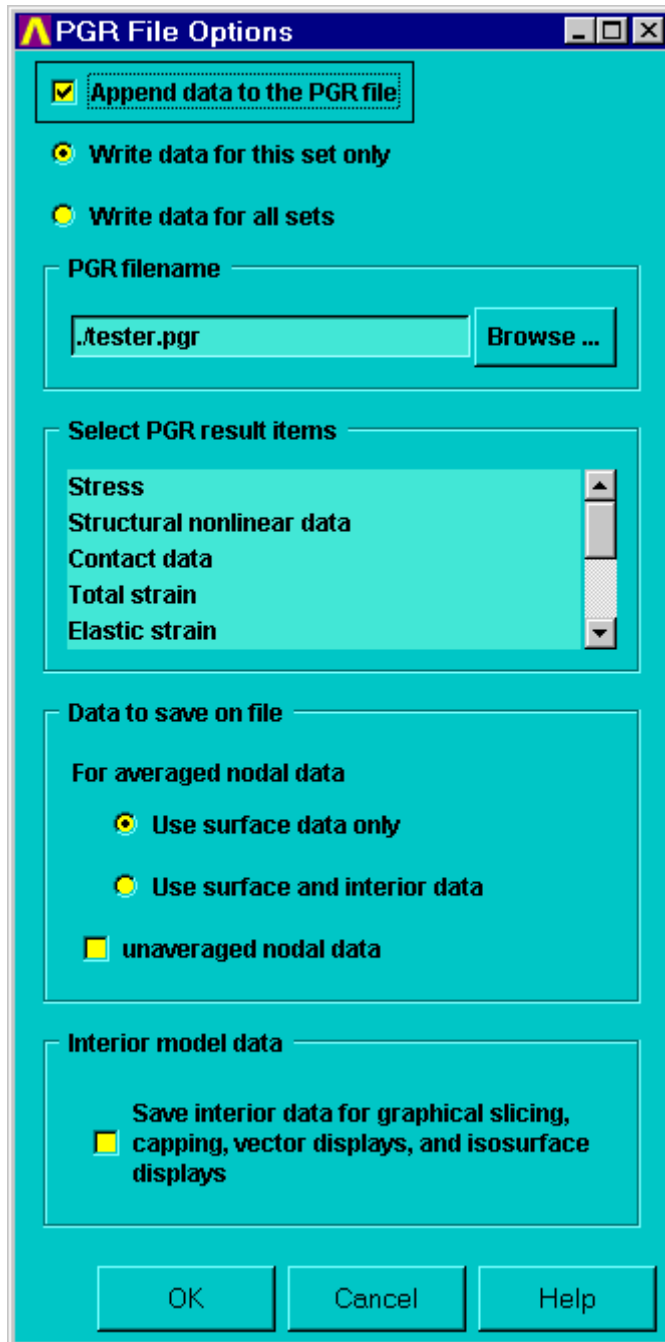
尽管可以在求解之前制定PGR文件，以获得极大的快速访问的好处。也可以在完成求解之后产生PGR文件，这个过程是，从结果文件(\*RST,\*RFL,\*RTH,\*RMG等)读取数据，然后主要通过拼凑生成显示数据。生成一个新PGR文件的好处是，可以结合利用结果观察器的灵活性和PGR文件的对结果数据快速访问的优点来进行绘图，显示数据表格，和动画处理。对于评价和处理结果数据的不同部分，以及快速访问和比较多次不同求解的数据，结果观察器提供了一个理想的操作平台。

一旦完成了求解或是装载入结果文件，就可在POST1中生成PGR文件，选择 Main Menu > General Postprocessor > Write PGR File，对话框如下所示：

从对话框中选择生成一个新PGR文件还是向已有的文件中添加数据。缺省的文件名为jobname.pgr,但可利用Browse按钮来指定一个新的文件名和文件存储位置，或是搜索选择其他已存在文件用来被覆盖或添加数据。

对话框中的Select PGR Result Items部分可以用来指定PGR文件中计划需要包括的数据，只要对于当前的分析类型可得到的数据都将显示在数据选择部分，其它的数据还可通过求解之后再返回然后添加进PGR文件中。可在PGR文件中指定的数据有：

应力，结构非线性数据，接触数据(仅3-D)，总应变，弹性应变，热应变，蠕变应变，温度梯度，热流量，电场，电流强度，磁场强度，磁流强度，磁场势，压力梯度，体温度，拓扑优化密度。



还可通过结果观察器来创建PGR文件，结果观察器文件菜单有PGR文件选项对话框的链接，以便使用一个已装载的结果文件来向PGR文件写入和添加数据，这样你就可在随后的运行中充分利用观察器的速度和灵活性，并且可以快速的访问数据。其详细信息，请参看The Results Viewer Main Menu部分。

应力只能在写PGR文件时激活的坐标系中显示，若你想利用结果观察器来显示在不同坐标系中的应力，必须重新装载结果文件。

PGR文件的创建操作由PGWRITE来控制，你可以利用如上所述的菜单来访问也可在命令行中来进行文件创建操作。

### • 5.4.2 在 POST1 中向已存在 PGR 文件添加数据

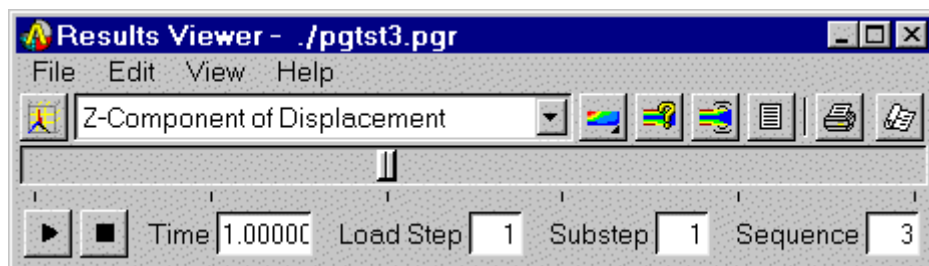
在求解时，你可制订 PGR 文件中你所需要的数据选项。通常，需要向一个已经存在的 PGR 文件添加其他数据。在同一个分析中，可向 PGR 文件添加数据，以同时访问已存在的数据和求解后产生的新数据。还可以改变分析参数(载荷,子步数据,约束数据等)，并将新的求解结果添加进 PGR 文件中。必要的限制是，不能修改 PGR 文件选项对话框中的 data to save on file 标准，也不能修改分析的模型的几何参数。若你修改了 data to save on file 标准，并欲向 PGR 文件中添加数据，ANSYS 将产生一个出错信息，分析工作将不能继续进行，只有当你选择和已存在的数据有相同的标准时，分析才能继续。当你改变了分析的几何模型，ANSYS 也会产生出错信息。当然不能修改 PGR 参数来向文件添加数据，你必须重新启动分析，并写入一个新的 PGR 文件。

当选择在 PGR 文件中添加数据，将显示当前的分析文件名。当改变分析文件名，将产生一个新的 PGR 文件，而不是向已有的文件添加数据。当改变分析模型的载荷，产生的新的求解结果和原来的数据独立，并作为一个额外的结果集加入文件，可用结果观察器进行访问。若在 PGR 文件 results item 选项中选择了新的项目，新选项的数据将添加入每个结果集中。Results item 选项的改变能有效的向已存在的结果集中添加数据，并在整个 PGR 文件内能被有效访问。

PGR 文件的添加操作由 PGWRITE 来控制，你可以利用如上所述的菜单来访问也可在命令行中进行文件添加操作。

### • 5.4.3 使用结果观察器访问结果文件数据

结果观察器



进入 POST1 后，对 PGR 文件数据可用的操作有，Results Viewer 和 Write PGR File，关于 Write PGR File 命令上面已介绍。选择结果观察器将使的 ANSYS 许多其他 GUI 命令失效，失效的原因是 PowerGraphics 的限制。但是 POST1 中大量的命令被包含在结果观察器的菜单系统中。在使用结果观察器时，可利用鼠标的中键和右键展开上下文菜单。下面的段落将介绍结果观察器。

结果观察器是查看 ANSYS 分析结果数据的一个紧凑的工具栏。尽管它被设计成是用来显示 PGR 文件中的信息，但可以用它来访问存储在结果文件中的任何数据(\*.RST,\*.RFL,\*.RTH,\*.RMG)。当打开结果观察器，若在当前分析中存在一个 PGR 文件，则会打开该文件。你也可选择打开其它 PGR 文件或结果文件，因为观察器访问你所存储的数据并不需要装载你的整个分析数据库。可见，这里是一个你比较不同分析中数据的好地方。

即使你装载了其他的 PGR 文件或结果文件，你还是可以回到你初始的分析中。你可以在关闭结果观察器前重新装载当前分析所对应的 PGR 文件或结果文

件，也可以在关闭观察器后使用 PGRAPH, ON, S 命令，此处的 S 是你当前分析的工作名。

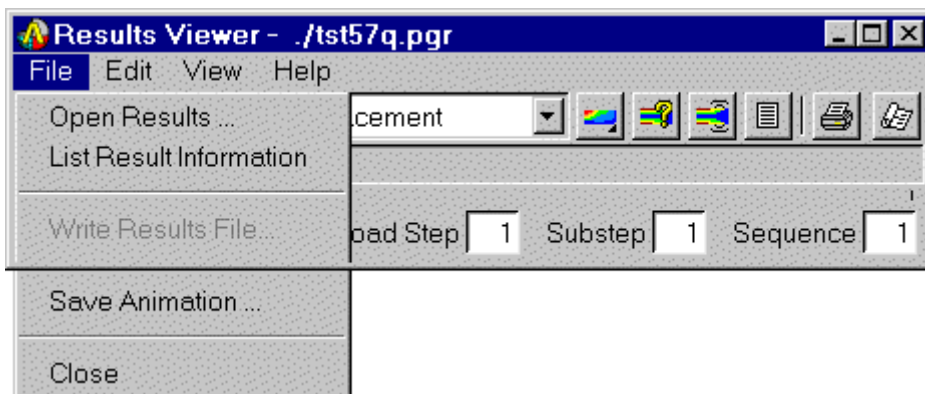
### • 5.4.3.1 结果观察器的布局

结果观察器中有三块基本的控制区域。主菜单，工具栏和阶段/顺序数据访问控制。下面将介绍每一块控制区域。

#### • 5.4.3.1.1 结果观察器主菜单

结果观察器主菜单位于观察器上端,提供对 File,Edit,View 和 Help 菜单命令的访问。下面介绍的功能可从上述菜单命令中访问。

##### The Results Viewer File Menu



#### File-

##### Open Results-

你可以打开在你文件系统中任何位置的任何 PGR 文件或结果文件(\*.RST, \*.RFL, \*.RTH, \*.RMG 等)。

##### List Result Information-

将当前文件中包括的所有数据列表显示,若为 PGR 文件，还显示当前的系列信息。

##### Write Results-

使用当前结果文件中的数据来创建一个新的 PGR 文件。该命令将弹出一个 PGR 文件选项对话框，并允许你指定从任何结果文件来创建新的 PGR 文件。

##### Save Animation-

存储一个动画文件(\*.anim,\*.avi)到指定位置。利用结果观察器创建的动画不存储在 PGR 文件中，也不写入数据库。

##### Close-

关闭结果观察器，并返回到标准 ANSYS GUI。如果你打开了其他分析中的 PGR 文件或结果文件，在关闭结果观察器前，最好是返回到初始文件。

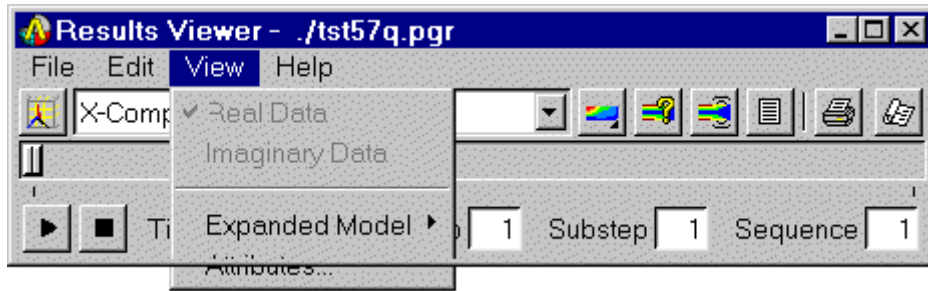
#### Edit-

你可根据模型特征(材料,单元类型,实常数,和单元组成)来选择模型子结构。该选项将会产生一个专门的 PGR 菜单，使你可在一个有材料，单元类型，实常数，和单元组成名称的列表中来选择。对于结果文件，将弹出



一个适当的单元选择窗口，或拾取窗口。

### The Results Viewer View Menu



#### View-

##### Real Data-

将分析中的实际数据以图形窗口显示。当分析中只存在实际数据时，该选项将变灰。

##### Imaginary Data-

将分析中的假想数据以图形窗口显示。当分析中没有有效的假想数据时，该选项将变灰。

##### Expanded Model-

完成可在/EXPAND 命令中进行的循环对称模型，轴对称模型的扩展操作。

##### Attributes-

根据/PNUM 命令所做的转换，对模型的属性进行访问。

#### Help-

该选项引导你到 PGR 命令列表，并有本节开始部分的文档链接。然后，你可根据链接浏览文档的适当区域。

### • 5.4.3.1.2 结果观察器工具栏

结果观察器工具栏位于观察器中部。你可选择结果数据的类型来进行画图，并可对信息如何显示进行指定。还可以从显示的图形中得到结果数据，以及创建动画，生成结果列表，将显示的内容生成文件，和打开 HTML 报告生成器来对结果数据生成报告。

### The Results Viewer Toolbar



#### Element Plot

工具栏中的第一项是单元绘制图标，这是唯一可用的模型显示命令。

#### Result Item Selector

该下拉菜单允许你选择不同的数据类型，该选项在你的结果文件中并不是总能有效的显示。

#### Plot Type Selector

在该按钮上点击鼠标左键，并保持按下状态，会有一个展开，你将有四种可用的结果类型的绘制选择。

#### Query Results

利用该请求工具，你可直接从图形窗口选择的区域得到结果数据。此时，ANSYS 的拾取菜单将出现，你可选择多重项目。但只有当前视图中的信

息被显示。

#### Animate Results

你可利用 PGR 文件中包含的信息来创建动画，因为动画信息作为一个单独的文件创建，它并不保存入 PGR 文件中，你需利用结果观察器主菜单中的 Save Animation 命令来单独保存动画。

#### List Results

该按钮将依据你选定的顺序号和结果项目来把节点结果数据创建一个文本列表。你可直接将这些数据打印出来，也可存为一个文件以便在其他的应用中使用。

#### Image Capture

你可直接将图形窗口中的内容作为可打印的脚本，也可将当前内容进行捕获在另一个窗口自动显示出来，或将该内容作为下面所列的任意通用格式的文件输出：

PNG：可移动网络图形

EPS：封装的可打印图形

JPEG：可交换的图形组的联合

WRL：虚拟现实图形语言

EPSI：能预览标签的可打印图形的封装

BMP：Windows 位图

WMF：Windows 图元文件

EMF：Windows 增强图元文件

当在 PC 机上使用 Windows 时，需安装可支持打印预览，以便获得输出格式，如果未安装，将不能得到输出文件。

#### Report Generator

该命令打开 ANSYS 报告生成器，利用该生成器，可将显示的内容，动画，及结果列表存入一个报告生成工具。使用该工具，你可组织数据，并添加文本，形成一份完整的报告。关于报告生成器更详细的信息，请参见手册中后面更详细的内容介绍。

### • 5.4.3.2 结果观察器阶段/顺序数据访问控制

当你存取一个 PGR 文件或结果文件，展示给你的数据是在你初始分析中有顺序的数据集。这些数据对应着分析中相应的指定时间点，载荷步和子步。当你向 PGR 文件中添加数据，或是在一个已有的分析中重做一个载荷改变的分析，被单独存储的数据同样有一定的序列。可利用如下的控制去访问不同的结果集。

注：当你向 PGR 文件中添加数据，有可能使 ANSYS 结果文件中标准的按年月日排列的时间格式被打乱。这样，存取那些时间相关的数据的命令所呈现给你的数据有可能不是按年月日的顺序线性排列。

#### The Results Viewer Step/Sequence Data Access Controls



#### 数据时序滑动条

滑动条直接位于结果观察器工具栏下方，并对应着当前结果文件中可用的各

个独立的时间序列数据。滑动条上的每个记号表示着一个结果集，在滑动条上一系列的文本框的最右边的那个框中显示着数据的时序号。你可通过移动滑块，也可通过在文本框中输入一个时序号来访问任何时序号的数据。

注：向 PGR 文件中添加的数据并不是按年月日顺序排列，对应的数据的相应时序号是按数据写入文件的时间顺序排列，而不是按 ANSYS 实际分析的过程顺序。

#### The Play and Stop Buttons

利用该按钮，你可在选定的时序号中访问你所定义的各个载荷步或子步中的数据集。Play 按钮使你按顺序访问各个数据集，当达到最后的数据集时，将快速的返回。

#### Time

这个文本框将显示每个数据集的时间。

#### Load Step

显示每个单独的载荷步序号，你可输入一个有效的载荷步序号，该序号的数据集将被显示出来。

#### Substep

显示每个载荷子步序号，你可输入一个有效的载荷子步序号，该序号的数据集将被显示出来。

#### Sequence

在一次分析中，结果集数据按时序写入结果文件中，该文本框显示结果文件中数据集对应的时序号。当你向 PGR 文件中添加数据时，或是改变载荷重做分析时，将产生增加的时序号。

### • 5.4.3.3 结果观察器上下文菜单

当你进入结果观察器，其他的 ANSYS GUI 命令将不可用，因为为了防止在 PGR 模式下受限数据的操作和通过其他 GUI 区域的命令对数据访问操作的冲突。许多你需要对结果数据进行处理的操作移到了结果观察器的上下文菜单中，可通过鼠标的右键或中键进行访问。

任何时候你将光标移到图形窗口中时，结果观察器将设置你的光标为拾取模式。这使得你可多次动态的选择数据集和其他显示操作，而不用每次都进入 ANSYS 拾取菜单。在结果观察器中，利用鼠标的右键来改变拾或取的 ANSYS 标准方式被改为使用鼠标中键来操作。使用鼠标中键来改变拾取模式，而且你可选择你想要的拾取类型(工作平面中点的选择，结果集中已有的实体的选择，屏幕上点的选择)。你甚至可利用实体过滤器来限制某些实体的选取。在有些两键鼠标的机器上，通过使用 SHIFT+鼠标右键操作来代替中键。

使用鼠标右键来访问上下文菜单。该菜单提供对当前选择集的可用操作的选择。如果你选择屏幕拾取模式，当光标停留在一个图例项时，你可得到该图例项数据的上下文菜单，若光标停留在其他任何地方，你将得到图形窗口的上下文菜单。

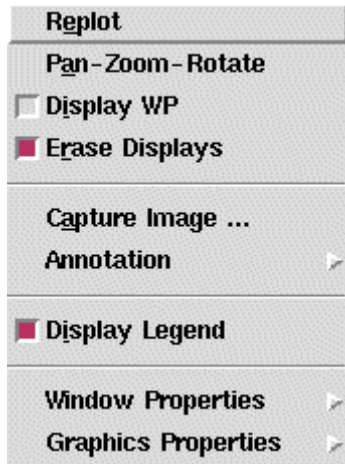
若你选择工作平面拾取模式，当你没有选择任何点时，你将得到图例或窗口上下文菜单。若你在工作平面中已选择了点，你可得到一个对应你当前分析类型的可用的上下文菜单(Flotran 分析为关于点的轨迹的菜单项，等)。若你为实体拾取模式，若无实体选取，你将得到标准的图例或窗口的上下文菜单，若

选择了实体，你将得到一个对应当前分析类型的上下文菜单。

#### Graphics Window Context Menu

当你在图形窗口中除图例项目的任何地方点击鼠标右键，你将得到包含如下项目的上下文菜单。

#### Graphics Window Context Menu



#### Replot-

整合你所做的改变，并重绘屏幕。

#### Pan-Zoom-Rotate-

打开 Pan-Zoom-Rotate 对话框，关于该对话框的帮助可参见 GUI。

#### Display WP-

打开或关闭工作平面的(三角形,网格,等)显示开关。

#### Erase Display-

打开屏幕的刷新开关，具体参见/ERASE-/NOERASE 命令。

#### Capture Image-

你可直接将图形窗口中的内容作为可打印的脚本，也可将当前内容进行捕获在另一个窗口自动显示出来，或将该内容作为下面所列的任意通用格式的文件输出：

PNG：可移动网络图形

EPS：封装的可打印图形

JPEG：可交换的图形组的联合

WRL：虚拟现实图形语言

EPSI：能预览标签的可打印图形的封装

BMP：Windows 位图

WMF：Windows 图元文件

EMF：Windows 增强图元文件

当在 PC 机上使用 Windows 时，需安装可支持打印预览，以便获得输出格式，如果未安装，将不能得到输出文件。

#### Animation-

你可选择静态(2D),或动态(3D)动画。也可打开或关闭动画开关。参见手册中关于相关类型动画的详细描述。

#### Display Legend-

打开或关闭图例显示开关。

**Window Properties-**

你可进行限制图例和显示属性的控制，各种视角的控制，和旋转及放大倍数的控制。图例设置允许你选择可显示出那些图例，并可指定它们在图形窗口的位置。显示属性设置允许你指定隐藏显示，冠状显示，切片显示，并可对 Z 向缓冲区进行修改，包括平滑功能，光源的方向性设置和其他 3D 功能。

**Graphics Properties-**

该选项是对一些属性设置的修改，如在多窗口布局中对指定的窗口的设置，工作平面的设置，工作平面的位移设置，窗口布局控制对话框的访问等。

**Legend Area Context Menus**

图例区域的上下文菜单内容将随着你的光标在图例上不同位置而改变，也随着已显示的图例数据的内容而改变。在图例数据位置点击鼠标右键，可得到一些关于图例信息的操作控制，当点击标签时，会得到关于时间显示及其他多种功能调用的控制。当点击等值线区域时，你可得到一个完整的菜单集来定制你的等值线图。

图例设置和字体控制菜单可从任何位置的图例上下文菜单中访问。

**• 5.4.3.4 相关的 PGR 命令**

如下相关命令涉及到 PGR 文件的创建，添加，读取。

求解器中命令：

PGWRITE,POUTRESS

POST1 命令：

POUTRESS,PGSAVE,PGRAPH,PGRSET,PGSELE.

**5.5 POST1 的其他后处理内容**

该节描述POST1后处理的其它一些方法。

**5.5.1 将计算结果旋转到不同坐标系中**

在求解计算中，计算结果数据包括位移（UX,UY,ROTX等）、梯度（TGX,TGY等）、应力（SX,SY,SZ等）、应变（EPPLX,EPPLXY等）等。这些数据以节点坐标系（基本数据或节点数据）或任意单元坐标系（导出数据或单元数据）坐标存入数据库和结果文件中。然而，结果数据通常变换到激活的结果坐标系（缺省情况下为整体直角坐标系）中，用于显示、列表和单元表格数据存储。

使用RSYS命令（Main Menu >General Postproc>Options For Outp），可以将激活的结果坐标系转换成整体柱坐标系（RSYS,1），整体球坐标系（RSYS,2），任何存在的局部坐标系（RSYS,N,这里N是局部坐标系序号）或求解中所使用的节点和单元坐标系（RSYS, SOLU）。若对结果数据进行列表、显示或操作，首先

将它们变换到结果坐标系。也可将这些结果坐标系设置回整体坐标系(RSYS,0)。图5-14显示在几种不同的RSYS设置下，位移是如何被输出的。位移根据节点坐标系（一般总是笛卡儿坐标系）给出，但用RSYS命令可使这些节点坐标系变换为指定的坐标系。例如：RSYS,1可使结果变换到与整体柱坐标系平行的坐标系，使UX代表径向位移，UY代表切向位移。（类似地，在磁场分析中AX和AY，及在流场分析中VX和VY也用RSYS,1变换的整体柱坐标系径向、切向值输出）

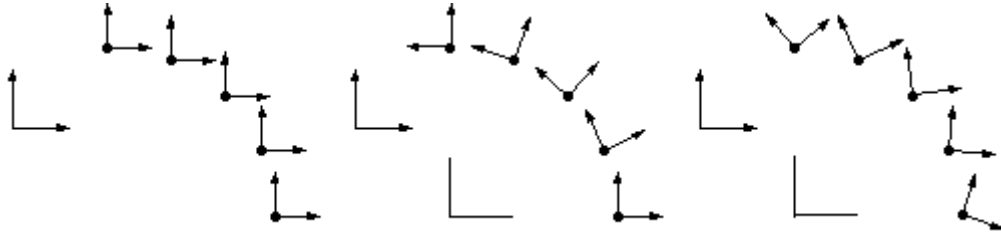


图5-14：用RSYS的结果变换

注释：某些单元结果数据总是以单元坐标系输出，而不论激活的结果坐标系为何种坐标系。这些是各种各样的、期望仅用单元坐标系表述的结果项。包括力，力矩，应力，梁、管和杆单元的应变，及一些壳单元的分布力和分布力矩。

在多数情况下，例如：当在单个载荷或多载荷的线性叠加情况下，将结果数据变换到结果坐标系中并不影响最后结果值。然而，大多数模型叠加技术

（PSD,CQC,SRSS等）是在求解坐标系中进行，且涉及到开方运算。由于开方运算去掉了与数据相关的符号，叠加结果在被转换到结果坐标系后，可能会与所期望的值不同。在这些情况下，你可用RSYS,SOLU命令来避免变换，使结果数据保持在求解坐标系中。

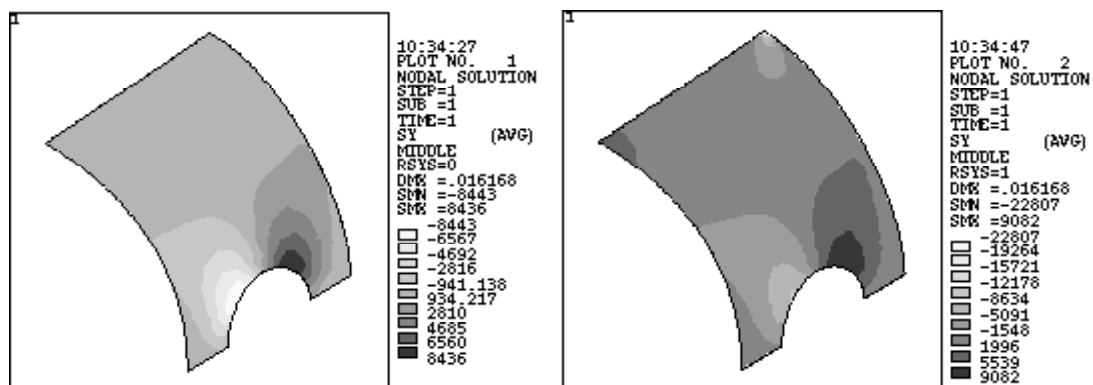


图5-15 (a)：SY在整体笛卡儿坐标系中 (b)：SY在整体柱坐标系中（注意节点、单元仍在整体笛卡儿坐标系中）

例如：当需要改变结果坐标系时，考虑圆柱壳模型情况，在该模型中你可能会对切向应力结果有兴趣。这种情况下，坐标系转换前后的SY应力轮廓显示如下：

PLNSOL,S,Y !显示a: SY是在整体笛卡儿坐标系下（默认值）

RSYS,1

PLNSOL,S,Y                   !显示b: SY是在整体柱坐标系下

详见RSYS和PLNSOL命令描述。

注释：在一大型变形分析中（例如：若你用命令NLGEOM,ON，且单元有大变形能力），单元坐标系首先按单元刚体转动量旋转。因此各应力、应变分量及其它派生出的单元数据包含有刚体旋转的效果。用于显示这些结果的坐标系是按刚体转动量旋转的特定结果坐标系。

HYPER56,HYPER58,HYPER74,HYPER84,HYPER86和HYPER158例外，这些单元总是在指定的结果坐标系中生成应力、应变（无附加刚体转动）。

在大变形分析中的原始解（例如：位移）并不包括刚体转动效果，因为节点坐标系不会按刚体转动量旋转。

## 5.5.2 在结果数据中进行数学运算

前述对在路径项中运算的讨论局限于沿路径映射的项。从POST1 CALC模块中使用命令，可对数据库中的任何结果数据进行运算，唯一的要求是要用单元表。单元表用作为“工作表”，允许在其列间进行数学运算。

对结果进行运算的简单步骤有三：

1. 用ETABLE命令（Main Menu>General Postproc>Element Table>Define Table）将一个或多个结果项引入单元列表或“工作表”
2. 从CALC模块（SADD,SMULT,SEXP等）中使用命令执行所要的算术运算
3. 用命令PRETAB(Main Menu>General Postproc>Element Table>List Elem Table) 或PLETAB（Main Menu>General Postproc>Element Table>Plot Elem Table）浏览运算结果。

本节前面出现过对单元表的讨论。ETABLE命令对所有被选单元将指定的结果数据移入单元表。每个单元存储一个值。例如：若你选10个单元，用下列命令，那么对每个单元的平均UX值根据节点位移进行计算，并存入单元表的“ABC”列中。

ETABLE,ABC,U,X

单元表将有10行（因为仅选择了10个单元）。若现在要将位移扩大一倍，命令为：

SMULT,ABC2,ABC,,2

进一步的信息见ANSYS COMMANDS REFERENCE（ANSYS命令参考手册）中对SMULT命令的描述。

单元表现在有了第二列，以ABC2为标识，其值为ABC列的两倍。只要选PRETAB（Main Menu>General Postproc>Element Table>List Elem Table）命令即可列出单元表。

PRETAB命令的输出示例：

PRINT ELEMENT TABLE ITEMS PER ELEMENT

\*\*\*\*\* POST1 ELEMENT TABLE LISTING \*\*\*\*\*

STAT	CURRENT	CURRENT
ELEM	ABC	ABC2
1	.21676	.43351
11	.27032	.54064
21	.23686	.47372
31	.47783	.95565
41	.36171	.72341
51	.36693	.73387
61	.13081	.26162
71	.50835	1.0167
81	.35024	.70049
91	.25630	.51260

MINIMUM VALUES

ELEM	61	61
VALUE	.13081	.26162

MAXIMUM VALUES

ELEM	71	71
VALUE	.50835	1.0167

算术运算的另一例是计算所选单元的总容积。这需要在单元表中存储所有单元体积，选择所需单元，用SSUM命令求和：

ETABLE,VOLUME,VOLU !将单元体积（VOLU）存入VOLUME中

ESEL,... !选择所需的单元

SSUM !计算并打印出VOLUME列的总和

详见命令ETABLE、ESEL和SSUM。

注释：

- 所有操作命令（SSAD、SMULT、SSUM等）只对所选单元有效
- ANSYS在将一组不同的结果读入数据库时，并不自动刷新单元表项。单元表



输出列表显示了与当前数据库相关的每列的状态标题。CURRENT表示列数据来自于当前数据库，PREVIOUS表示列数据来自以前的数据库，MIXED表示列数据来自以前、现在的数据库。（一旦某一列标识为混合，该列将不会改变状态，除非删去之或用所有被选单元来重定义之）。下列命令可以将表头从CURRENT变为PREVIOUS:

<u>S</u> ET	Main Menu>General Postproc>Selection Criteria
<u>L</u> CASE	Main Menu>General Postproc>Load Case>Read Load Case
<u>L</u> COPE <u>R</u>	Main Menu>General Postproc>Load Case>Operation
<u>L</u> CZER <u>O</u>	Main Menu>General Postproc>Load Case>Zero Load Case
<u>F</u> LREA <u>D</u>	Main Menu>General Postproc>Flotran 2.1a
<u>D</u> ESOL	Main Menu>General Postproc>Elem Results

- ETABLE,REFL项并不影响计算项。该项是用数据库中当前值填写单元表。在上述将UX加倍的例子中，若你输入一不同组数据，然后用命令ETABLE，只有“ABC”列被更新（“当前”状态）。ABC2列保持不变（保持其“以前”状态）。
- 可根据ANSYS在新的SET命令后不会自动更新单元表这一事实获得好处：如比较两个或多个载荷步间甚至两个或多个分析间的单元结果。
- 下列CALC模块命令适用于使用单元表的计算：

**SABS**命令（Main Menu>General Postproc>Element Table>Abs Value Option）在后续的单元表操作中使用绝对值。

**SADD**命令（Main Menu>General Postproc>Element Table>Add Items）在单元表中加入两个指定列。

**SALLOW**命令（Main Menu>General Postproc>Safety Factor>Factor Type）对安全系数计算定义许用应力值

命令**SEXP**（Main Menu>General Postproc>Element Table>Exponentiate）对单元表中两列进行幂运算及乘法运算。

命令**SFACT**（Main Menu>General Postproc>Safety Factor>Restore Nodestr或main Menu>General Postproc>Safety Factor>Sf For Node Strs）定义在后续的显示、选择或排序操作中执行何种安全系数的计算。

**SFCALC**命令（Main Menu>General Postproc>Safety Factor>Sf For Elemtable）计算安全系数（用于ETABLE项）

**SMAX**命令（Main Menu>General Postproc>Element Table>Find Maximum）比较并存储两列中的最大值。

**SMIN**命令（Main Menu>General Postproc>Element Table>Find Minimum）比较并存储两列中的最小值。

**SMULT**命令 (Main Menu>General Postproc>Element Table>Multiply) 对单元表中指定的两列进行乘法运算。

**SSUM**命令 (Main Menu>General Postproc>Element Table>Sum Of Each Item) 计算并打印每单元表列之和。

**TALLOW**命令 (Main Menu>General Postproc>Safety Factor>Reset Temps或main Menu>General Postproc>Safety Factor>Temp-Depend) 用于为安全系数计算定义温度表。

**VCROSS**命令 (Main Menu>General Postproc>Element Table>Cross Product) 计算存储于单元表中的两矢量的叉积。

**VDOT**命令 (Main Menu>General Postproc>Element Table>Dot Product) 计算存储于单元表中的两矢量的点积。

### 5.5.3 产生及组合载荷工况

在典型的后处理中，读入一组数据（例如，载荷步1的数据）到数据库并进行处理，每次存入一组新数据，POST1清除数据库中结果部分的内容并装入新的结果数据到数据库。若想在两组完整的结果数据中执行运算（例如，比较和存储两组中最大值），必须创建载荷工况。

载荷工况是一组赋以任意参考号的结果数据。例如，可以将载荷步2，子步5的一组结果数据定义为载荷工况号1，将时间为9.32时的一组结果数据定义为载荷工况号2，以此类推。最多可定义达99个载荷工况，但在数据库中一次只能存储一个载荷工况。

载荷工况组合是载荷工况之间的运算，典型情况为当前在数据库中的载荷工况和在另外一结果文件中的载荷工况（或在载荷工况文件中，后述）间的运算。运算结果将改写数据库中的结果数据部分，可以显示及列出载荷工况组合。

典型的载荷工况组合包括下几步：

用**LCDEF**命令定义载荷工况 (Main Menu>General Postproc>Load Case >Create Load Case)

用**LCASE**命令将载荷工况之一读入数据库 (Main Menu>General Postproc>Load Case >Read Load Case)

用**LCOPER**命令执行所需的运算 (Main Menu>General Postproc>Load Case >Operation)

作为例子，假设结果文件包括针对几个载荷步的结果，若想比较载荷步5和载荷步7，并将最大值存入内存，做法如下：

```
LCDEF,1,5      ! 将载荷工况1指向载荷步5
LCDEF,2,7      ! 将载荷工况2指向载荷步7
LCASE,1        ! 将载荷工况1读入内存
LCOPER,MAX,2   ! 与载荷工况2比较数据库并将最大值存入内存
```

数据库现在包含两载荷工况的最大值，可执行任何所需的后处理函数。

注释：载荷步运算（LCOPER）仅在求解坐标系中针对粗略的求解结果进行求解结果为：

- 单元坐标系中的单元应力应变分量
- 节点坐标系中的节点自由度值、力、反力

要使载荷工况运算对主应力/当量应力进行而不是对应力分量进行，用 SUMTYPE,PRIN命令。

清楚载荷工况运算如何执行很重要。许多载荷工况运算，例如，mode combinations，涉及到平方，使得计算结果不适于向结果坐标系（典型情况为整体笛卡儿坐标系）转换，也不适于对节点、单元结果进行平均运算。典型的后处理函数，如打印或显示平均节点应力[PRNSOL,PLNSOL]，既涉及到某一坐标系向结果坐标系的转换又涉及到对节点进行平均。而且，除非SUMTYPE，PRIN命令已被请求处理，否则，当用应力分量的平方来计算主应力/当量应力时，其结果就毫无意义。因此，无论何时做平方运算，如谱分析（SPRS,PSD）时，建议只用没有经过转换[RSYS,SOLU]和平均[PRESOL,PLESOL]的结果。

### 5.5.3.1 存储组合载荷工况

缺省情况下,载荷工况组合的结果存在内存中，并改写数据库中的结果部分。要保存这些结果，作为以后浏览或与以后的载荷工况组合，用下列方法之一：

- 将数据写到载荷工况文件中
- 将数据追加到结果文件中

用LCWRITE命令（Main Menu>General Postproc>Load Case>Write Load Case）把当前内存中的载荷工况写到载荷工况文件中。文件名为Jobname.Lnn。这里nn为分配的载荷工况号。在后续的载荷工况组合中用nn指的是存入载荷工况文件的载荷工况。

下例表述了LCWRITE命令的用法：

```
LCDEF,1,5      ! 载荷工况1指向载荷步5
LCDEF,2,7      ! 载荷工况2指向载荷步7
LCDEF,3,10     ! 载荷工况3指向载荷步10
LCASE,1        !将载荷工况1读入内存
LCOPER,MAX,2    ! 比较载荷工况1与载荷工况2的数据库，并将最大值存入内存
LCWRITE,12     !写当前载荷工况到文件Jobname.L12
LCASE,3        ! 将载荷工况3读入内存
LCOPER,ADD,12   !在Jobname.L12文件中将数据库加到载荷工况中
LCDEF,STAT     !下为输出结果
```

来自LCDEF,STAT命令的输出示例：

```
LOAD CASE=1   SELECT=1           ABS KEY=0   FACTOR   =1.0000
LOADSTEP=5    SUBSTEP=2          CUM.ITER.=4   TIME/FREQ=  .25000
FILE=beam.rst
Simply supported beam
LOAD CASE=2   SELECT=1           ABS KEY=0   FACTOR   =1.0000
LOADSTEP=7    SUBSTEP=3          CUM.ITER.=10  TIME/FREQ=  .7 5000
FILE=beam.rst
Simply supported beam
LOAD CASE=3   SELECT=1           ABS KEY=0   FACTOR   =1.0000
LOADSTEP=10   SUBSTEP=2          CUM.ITER.=12  TIME/FREQ= 1.0000
FILE=beam.rst
Simply supported beam
LOAD CASE=12   SELECT=1           ABS KEY=0   FACTOR   =1.0000
LOADSTEP=0     SUBSTEP=0          CUM.ITER.=0   TIME/FREQ= 0.00000
FILE=beam.112
```

Simply supported beam

用RAPPND命令（Main Menu>General Postproc>Write Results）能把当前内存内的载荷工况追加到结果文件中。该数据存在结果文件中，存储设置与其他结果数据一样，仅在以下几点不同：

- 是用户，而不是程序来分配用于识别数据的载荷步号和子步号。
- 缺省情况下，只可用可求和数及常数，不可求和数不写入结果文件，除非有请求处理（LCSUM命令）。

下例子阐述了RAPPND命令的用法：

```
/POST1           ! 观察一个2载荷步的分析
SET,1            ! 储存载荷步1
LCDEF,1,2        ! 将载荷步2识别为载荷工况1
LCOPER,ADD,1     ! 将载荷工况1加到数据库中 （ls1+ls2）
RAPPND,3,3       ! 追加组合结果到结果文件中，名为ls3，time=3
SET,LIST         ! 观察新加到结果文件中其它载荷步
```

小窍门：可用RAPPND命令组合来自两个结果文件中的结果（用同一数据库创建），可用POST1中的FILE命令（Main Menu>General Postproc>Data&File Opts）在两结果文件中来回切换，以便来回地存入来自一个文件的结果或将其追加到另一个文件中。

注释：

- 可用LCFILE命令（Main Menu>General Postproc>Load Case>Create Load Case）设置指向载荷工况文件的指针定义一个载荷工况。然后用LCASE和LCOPER命令将数据从文件读入内存。

- 用`LCDEF,LCNO,ERASE`命令可删除任何工况号，这里`LCNO`是载荷工况号。要删除所有载荷工况，用`LCDEF,ERASE`命令。这些选项不仅删除所有载荷工况指针，而且删除所有的载荷工况（带有缺省扩展文件名的）文件。
- 要将数据库中结果部分置零，用`LCZERO`命令（Main Menu>General Postproc>Load Case>Zero Load Case）或`LCOPER,ZERO`命令。
- `LCABS`和`LCFACT`命令（Main Menu>General Postproc>Load Case>Scale Factor）允许对指定载荷工况规定绝对值及比例因子。当用`LCASE`或`LCOPER`命令时，程序采用这些指定。ANSYS在计算绝对值之后施加比例因子。
- 从结果文件（用`SET`或`LCASE`命令）读入数据库的结果数据包括边界条件信息（约束及集中力载荷）。但是，从载荷工况文件中读入的载荷工况不包括边界条件信息。因此，若你在使用`LCASE`命令（Main Menu>General Postproc>Load Case>Read Load Case）后在图形显示上出现边界条件，它们是来自于以前已处理过的一个载荷工况。`LCASE`命令不会在内存中重新设置边界条件信息。
- 对结构一维元，载荷工况组合完成后，数据库中的主应力数据不会自动更新。用`LCOPER,LPRIN`命令根据当前各应力分量值重新计算一维单元的主应力。
- 用`LCSEL`命令（Main Menu>General Postproc>Load Case>Sele Ld Cases）可选择一载荷工况的子组。一旦选定子组，在载荷工况操作中可用标识`ALL`替代载荷工况号。
- 对`FLOTRAN`结果数据不能用载荷工况组合。

### 5.5.3.2 在谐调单元模型中组合载荷工况

对含有谐调单元（载荷非轴对称的轴对称元）的模型，载荷常基于傅里叶分解，按一系列载荷步来施加（见`ANSYS单元参考手册`）。要得到有用的结果，需在`POST1`中组合每一载荷步的结果。使用载荷工况组合，在给定的圆周角处对所有结果数据存储及求和即可达到此目的。下例阐述了该过程：

```
/POST1
SET,1,1,,,90      ! 读圆周角90° 的载荷步1?
LCWRITE,1          ! 写载荷工况1到载荷工况文件
SET,2,1,,,90      ! 读圆周角90° 的载荷步2?
LCOPER,ADD,1       ! 使用载荷工况运算将第一个载荷工况
                  ! 的结果加到第二个载荷工况中
ESEL,S,ELEM,,1     ! 选择单元编号1
NSLE,S             ! 选择该单元上的所有节点
PRNSOL,S           ! 计算并列出各应力分量
PRNSOL,S,PRIN      ! 计算并列出主应力
                  ! 应力S1, S2, S3; 应力强度
                  ! SINT; 及当量应力SEQV
FINISH
```

详见ANSYS命令参考手册中对命令SET, LCWRITE, LCOPER, ESEL, NSLE, PRNSOL的描述。

### 5.5.3.3 可求和数、不可求和数及常数

缺省情况下，在POST1中执行载荷工况组合时，ANSYS程序只组合对线性叠加有效的数据，如：位移和应力分量。其他数据，如：塑性应变和单元体积，就不进行组合，因为组合这些数据不合适或无意义。要确定应该或不应组合哪些数据，结果项分为可求和数、不可求和数及常数。这种分组法适用于下列POST1数据库运算：

- 载荷工况组合（LCOPER命令）
- 用激活的比例因子读入载荷工况（用LCFACT或LCASE）
- 用SET命令的FACT或ANGLE字段读入及修改结果数据。

可求和数是能“参与”数据库运算的数据。所有原始解数据（DOF解）都被认为是可求和数。在派生数据中，应力分量、弹性应变、热量梯度和热通量、磁通密度等都被认为是可求和数（见表5-14）（对可求和数的全部列表，见ANSYS命令参考手册中对ETABLE命令的描述）。

注释：有时，组合可求和数会产生无意义的结果。例如：加上来自线性纯传导分析中的两个载荷工况的节点温度会给出有意义的结果。但若包含对流，则加上温度便无意义。因此，在观察载荷工况组合时要作出工程技术方面的判断。

不可求和数是那些对线性叠加无效的数据。例如：非线性数据（塑性应变、静液压力）、热应变、磁力、焦尔热等（见表5-5）。程序在进行数据库运算时将这些数据置零。可在用LCOPER命令前用LCSUM，ALL命令组合不可求和数据，但在恰当地阐述这些值时要小心。

常数是那些不能有意义地组合起来的数据。例如：单元体积、单元质心坐标（见表5-6）。这些数据在程序进行数据库运算时保持为常量（不变）。

表5-4：可求和的POST1结果示例：

”矢量”数据		“标量”数据
项目	分量	项目
U	X, Y, Z	TEMP
ROT	X, Y, Z	PRES
V	X, Y, Z	VOLT
A	X, Y, Z	MAG
S	X, Y, Z, XY, YZ, XZ	ENKE
EPEL	X, Y, Z, XY, YZ, XZ	ENDS
TG	X, Y, Z	TTOT
TF	X, Y, Z	HFLU

PG	X, Y, Z	HFLM
EF	X, Y, Z	TCON
D	X, Y, Z	PCOE
H	X, Y, Z	PTOT
B	X, Y, Z	MACH
F	X, Y, Z	STRM
M	X, Y, Z	NDEN
VF	X, Y, Z	NVIS
CSG	X, Y, Z	EVIS
JS	X, Y, Z	ECON
LS	(ALL)	HEAT
LEPEL	(ALL)	FLOW
SMISC	(ALL)	AMPS
		FLUX

Table 5-5不可求和的POST1结果示例

”矢量”数据		“标量” 数据
项目	分量	项目
EPPL	X, Y, Z, XY, YZ, XZ	EPSW
EPH	X, Y, Z, XY, YZ, XZ	SENE
NL	SEPL, SRAT, HPRES,	KENE
	EPEQ, PSV, PLWK	JHEAT
FMAG	X, Y, Z	
BFE	TEMP	
LEPTH	(ALL)	
LEPPL	(ALL)	
LEPCR	(ALL)	
NLIN	(ALL)	
LBFE	(ALL)	
NMISC	(ALL)	

Table 5-6常数的POST1结果示例

”矢量”数据		“标量” 数据
项目	分量	项目
CENT	X, Y, Z	VOLU

### 5.5.4 将计算结果映射到不同网格上或已划分网格的边界上

正如命令PDEF (Main Menu>General Postproc>Path Operations> Map onto Path)可将结果映射到模型的任意路径, POST1也有能力将结果映射到全部或部分新网格。该功能主要用于子模型建立。在子模型建立中, 首先对粗网格分析, 然后对感兴趣的区域建立一精细的网格子模型, 并将数据从粗模型映射到精细子模型上。

POST1提供两个选项用于建计算结果映射到不同网格上:

命令:

CBDOF

GUI:

Main Menu>General Postproc>Submodeling>Interpolate DOF

命令:

BFINT

GUI:

Main Menu>General Postproc>Submodeling>Interp Body Forc

CBDOF命令可将自由度结果从粗模型映射到子模型的已划分网格边界上。BFINT命令将体力载荷(对结构分析, 主要是温度)从粗模型映射到子模型。这两个命令均需要一个节点文件, 结果将被映射到这些节点上。而且, 这两个命令均生成一合适的载荷命令文件。这些映射功能或命令不适用于与SHELL91或SHELL99 [KEYOPT(11) 0] 一起使用的偏移。子模型建立技术的细节, 见 ANSYS Advanced Analysis Techniques Guide (ANSYS高级分析技术指南)。

### 5.5.5 在数据库中创建或修改结果数据

可以进行后处理而不生成ANSYS结果文件。所要做的是创建一个包含节点、单元和特性数据的ANSYS数据库, 然后用下列命令将计算结果存入数据库。

命令:

DESOL

GUI:

Main Menu>General Postproc>Elem Results

命令:

DETAB

GUI:

Main Menu>General Postproc>ElemTabl Data

命令:

DNSOL

GUI:

Main Menu>General Postproc>Nodal Results



一旦定义了数据，可以使用几乎所有的后处理功能：图象显示，列表，路径运算等。

注释：执行DNSOL命令要求在单元节点记录中已存放数据类型（应力/应变）。要满足这一要求，使用DESOL命令，增加一“哑”单元应力/应变记录。

ANSYS在求解坐标系中进行所有载荷工况组合。载荷工况组合的结果数据按求解坐标系坐标储存。在列表或显示时，结果数据再被转换到激活的结果坐标系中。因此，除非设定RSYS,SOLU（无结果数据转换），否则可能得到一些不期望的结果，如：在平方后得到负值或求绝对值后得到负值等。

该特征主要用于从你的特殊用途的程序读入数据。按上述命令格式，通过从程序中写输出数据，可将数据读入POST1，并用与处理ANSYS结果相同方式处理这些数据。如果你确有一ANSYS结果文件，它不会受这些命令的影响。

### 5.5.6 用于磁场后处理的宏命令

可用下列磁场命令宏计算并打印输出磁场分析的结果：

- CURR2D命令 (Main Menu>General Postproc>Elec&Mag Calc>Current) 计算二维导体中的电流
- EMAGERR命令 (Main Menu>General Postproc>Elec&Mag Calc >Error Eval)计算静电场或电磁场分析中的相对误差
- EMF命令 (Main Menu>General Postproc>Elec&Mag Calc>EMF)计算沿预先定义的路线的电荷力(emf)及电压降
- FLUXV命令 (Main Menu> General Postproc>Elec&Mag Calc>Path Flux)计算通过一闭合环路的电通量
- FMAGBC命令 (Main Menu>Preprocessor>Loads>Apply>Flag> Comp. Force)将力边界条件施加于一单元分量
- FMAGSUM命令(Main Menu>General Postproc>Elec&Mag Calc> Comp. Force)计算单元分量上的电磁力的和
- FOR2D命令(Main Menu>General Postproc>Elec&Mag Calc>Mag Forces)计算体上的电磁力
- HFSWEEP命令(Main Menu>Solution>Electromagnet>Freq Sweep) 用于求高频电磁波导管分析的谐波响应（在一定的频率范围内），并进行后处理计算
- HMAGSOLV命令 (Main Menu>Solution>·Solve·Electromagnet>·Harmonic Analys·Opt&Solv)给定二维谐波电磁求解的选项，并对谐波分析的求解进行初始化
- IMPD命令 (Main Menu>General Postproc>Elec&Mag Calc>Impedance)计算特定参考平面上装置的阻抗
- LMATRIX命令(Main Menu>Solution>·Solve·Electromagnet>·Static Analysis· Induct Matrix)计算任意组导体的传导率
- MAGSOLV命令 (Main Menu>Solution>·Solve·Electromagnet>·Static

Analysis·Opt&Solv)给定磁场求解选项, 并对静力分析的求解进行初始化

- **MMF**命令(Main Menu>General Postproc>Elec&Mag Calc>MMF) 计算沿某一路径的磁力
- **PERBC2D**命令(Main Menu>Solution>Apply>Boundary>Periodic BCs) 为二维平面分析生成阶段性约束
- **PLF2D**命令 (Main Menu>General Postproc>Plot Results>2D Flux Lines) 打印等势轮廓线
- **PMGTRAN**命令 (Main Menu>TimeHist Postpro>Elec&Mag>Magnetics) ·总结瞬态电磁分析的结果
- **POWERH**命令(Main Menu>General Postproc>Elec&Mag Calc> Power Loss) 计算导体中RMS功率损失
- **QFACT**命令 (Main Menu>General Postproc>Elec&Mag Calc>Q·factor)从模型 ·频率解中, 计算高频电磁振荡的质量系数
- **RACE**命令 (Main Menu>Preprocessor>Create>Racetrack Coil)定义 “粒子轨道”电流源
- **REFLCOEF**命令(Main Menu>General Postproc>Elec&Mag Calc> ReflCoeff)计算电压波动系数、驻波比 (VSWR) 及在同轴装置中的回流损失
- **SENERGY**命令(Main Menu>General Postproc>Elec&Mag Calc>Energy)确定储存的磁能或同能量
- **SPARM**命令(Main Menu>General Postproc>Elec&Mag Calc> S·Parameters)计算同轴波导或带有模式TE<sub>10</sub>激励的矩形波导的两端口间的散射参数
- **SRCS**命令 (Main Menu>General Postproc>Elec&Mag Calc>Terminal Par)计算线性分析中线圈的终端参数
- **TORQ2D**命令(Main Menu>General Postproc>Elec&Mag Calc>Torque)计算磁场中物体上的扭矩
- **TORQC2D**命令 (Main Menu>General Postproc>Elec&Mag Calc> Circular Torq)计算环形路径上磁场中物体上的扭矩
- **TORQSUM**命令 (Main Menu>General Postproc>Elec & Mag Calc>·2D·Comp. Torque)总结二维平面问题中单元分量上的电磁麦克斯韦和假想的工作扭矩计算详细信息参见ANSYS Electromagnetic Field Analysis Guide(ANSYS电磁场分析指南) 的第11章。

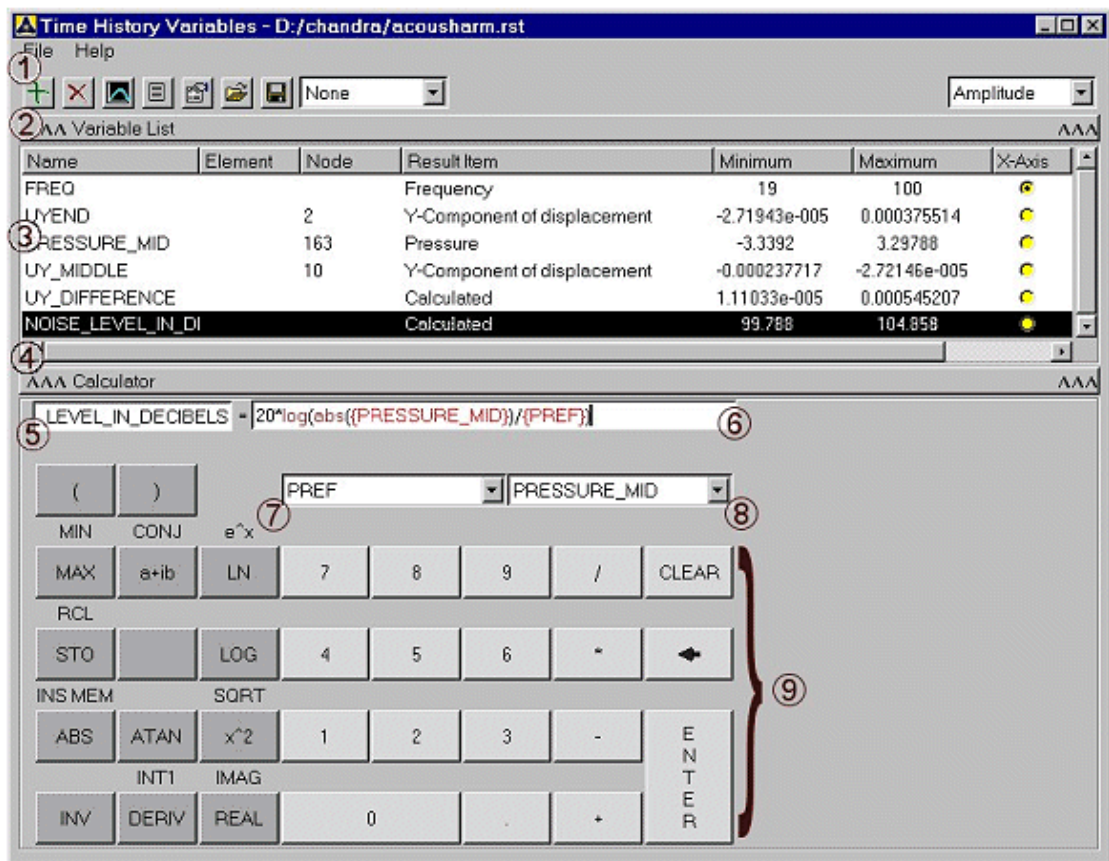
## 第 6 章 时间历程后处理器 (POST26)

时间-历程后处理器 POST26 可用于检查模型中指定点的分析结果与时间、频率等的函数关系。它有许多分析能力：从简单的图形显示和列表到诸如微分和响应频谱生成的复杂操作。POST26 的一个典型用途是在瞬态分析中以图形表示产生结果项与时间的关系或在非线性分析中以图形表示作用力与变形的关系。

使用时间-历程后处理器的基本步骤：

- 1, 交互式或通过命令行启动时间-历程处理器。
- 2, 定义时间-历程变量。不仅包括定义变量，还要求存储变量。
- 3, 处理变量：对数据计算，或进行数据的提取，或产生相关的数据集。
- 4, 准备你的数据输出，可通过图形，列表，及文件形式。

### 6.1 时间历程变量观察器



#### 1, 工具条

利用工具栏可控制大多数时间-历程处理操作。你可关掉两个扩展的工具栏以保持一个具有如下项目的紧凑工具栏。

Add Data: 打开 Add Time-History Variable 对话框

Delete Data: 从变量列表中删除选定的变量

Graph Data: 由预先定义的属性，拟合有 10 个变量的曲线

List Data:	生成数据列表，最多可包括 6 个变量
Properties:	定义选定的变量和全局的某些属性
Import Data:	打开对话框，以将信息输入变量空间
Export Data:	打开对话框，将数据输出到文件和 APDL 数据数组
Overlay Data:	在下拉菜单中选择用于图形覆盖的数据
Results to View:	在下拉菜单中选择复杂数据的输出格式

## 2, 显示/隐藏变量列表

为了暂时缩减观察器的尺寸大小，可点击该工具栏的任何位置以隐藏变量列表。

## 3, 变量列表

该区域显示预定义的时间-历程变量，你可以从该列表中选择数据来进行处理。

## 4, 显示/隐藏计算器

为了暂时缩减观察器的尺寸大小，可点击该工具栏的任何位置以隐藏计算器。

## 5, 变量名输入区域

对你想创建的派生变量命名。

## 6, 表达式输入区域

输入定义派生变量的表达式。

## 7, APDL 变量下拉菜单

在输入表达式时，使用该菜单选择预定义的 APDL 变量。

## 8, 时间-历程变量下拉菜单

输入表达式时，使用该菜单选择已存储的变量。

## 9, 计算器区域

使用计算器，你可以在输入表达式时，加入标准的数学操作符和函数调用，你只需点击按钮，就可把函数加入表达式中。点击 INV 按钮，可轮流改变有些按钮的函数表示。

**PARENTHESIS** 使用圆括号就象你在一般的代数计算中一样，可改变表达式中运算顺序。许多函数调用在需要时，会自动加上括号。

**MAX/MIN** 变量中最大值的封装/变量中最小值的封装

**COMPLEX/** 形成一个复变量/

**CONJUGATE** 对一个变量做复数变量操作

**LN/e^X** 求一个变量的自然对数/求变量的 e 次幂

**STO/RCL** 将表达式区域信息存储在内存中/读内存重复调用表达式

**LOG** 求一个变量的普通对数

**ABS/INS MEM** 求实变量的绝对值，复变量的模/将内存区域的内容插入到表达式中

**ATAN** 求复变量的反正切值

**X^2/SQRT** 求变量的平方值/求变量的平方根值

**INV** 转换函数键盘上的函数表示

**DERIV/INT** 求变量的导数/对变量取整

**REAL/IMAG** 取复变量的实部/取复变量的虚部

11KEY	NUMBER	输入表达式中的实数
PAD		
/		求两个变量的商
*		求两个变量的积
-		求两个变量的差
+		求两个变量的和
CLEAR		清除表达式区域中所有的数据和变量
BACKSPACE		回退光标，并删除前一个字符
ENTER		完成在表达式区域中的表达式输入，并将之存储为在变量输入区域输入的变量名

## 6.2 进入时间历程处理器

进入时间-历程处理器来解决时间和频率相关的结果数据。一旦你已完成了分析，ANSYS 利用结果数据来生成一个结果文件。在你进入处理器时，当前激活的结果文件自动载入(\*.RST,\*.RFL,\*.RTH,\*.RMG,等)。若当前的分析中没有任何结果文件，你可以请求装载进一个文件。你也可以利用文件命令选项来装载任何一个结果文件进入处理器。

### 6.2.1 交互式

选择 Main Menu>TimeHist PostPro 启动时间历程处理器。以下讨论的关于交互式的模式问题，涉及到如何在 GUI 部分观察数据变量。关于如何转换 GUI 方式在适当的命令描述中讲解。选择 Main Menu>TimeHist PostPro>Variable Viewer 来打开时间-历程变量的观察器。

### 6.2.2 批处理方式

使用/POST26 命令在批处理方式，或命令行中来打开时间历程处理器。

注：

- 1，为了进行时间历程处理(交互或批处理方式),先必须装载有几何模型，并有一个有效的结果文件。
- 2，缺省状态，时间历程处理器寻找一个在通用处理器中使用过的结果文件你也可使用 FILE 命令(批处理下)，或通过变量观察器中的文件菜单，来指定一个不同的文件名。
- 3，在时间历程处理器中所创建的数据集和定义的变量可在当前 ANSYS 会话中给与保存。这样你就可以在 POST1 或 POST26 处理器间转换，而不用担心丢失掉存储的数据信息。
- 4，当变量观察器打开时，在命令行中对数据的操作不会在观察器中更新，并且通常有可能使的通过 GUI 的操作变的无效。
- 5，关掉或重新打开变量观察器将更新观察器中的内容，但计算表达式的信息将被丢失掉。

## 6.3 定义变量

POST26 的所有操作都是对变量而言的，是结果项与时间（或频率）的简表。结果项可以是节点处的 UX 位移、单元的热流量、节点处产生的力、单元的应力、单元的磁通量等。用户对每个 POST26 变量任意指定大于或等于 2 的参考号，参考号 1 用于时间（或频率）。因此，POST26 的第一步是定义所需的变量，第二步是存储变量，这些内容在下面描述。

### 6.3.1 交互式

使用变量观察器，采用如下步骤进入时间历程处理数据：

1，点击 Add Data 按钮

将弹出添加时间历程变量的对话框，利用其中的结果项目框所提供的树状结构的结果项目，来选择你要添加的结果类型。结果项目以一种树形结构来表示，从该结构中你可选择你想要的标准类型(只有你当前分析中可用的项目才会被显示)。利用“favorites”功能，你可以方便的访问你以前所定义的数据集。该功能可以存储最后 50 个条目。

2，对选定的结果选项指定一个名字，并可附加有用的信息。在结果选项区域的变量名字段内显示有 ANSYS 的命名，当然你可用任何你喜欢的名字来代替。如果你所用的名字不唯一，将会询问你是否覆盖以前存储的数据。根据你在结果项目的区域中所选择的类型，你可提供更多的关于该项目的信息，如适当的壳表面，载荷组成以及层标号信息等。

3，点击 OK 按钮

如果现需要一个实体信息，则将出现一个拾取窗口，以便你可选择模型中适当的节点或单元。然后，添加时间历程变量的对话框将关闭，并将会在结果观察器中变量列表显示区域显示适当的变量列表。

如果你需要输入更多的变量定义，点击 APPLY 按钮，这时结果数据将会被定义，并被放入变量列表区域，但此时添加时间历程变量的对话框将保持打开状态。

4，增加或改变属性信息

根据你所选择的结果变量类型，你也许希望定义更多的时间历程属性。时间历程信息包括有特定的变量信息,X 轴向数据定义,和数据定义列表。通过 properties(5)按钮，你可在任意时刻编辑以上信息。

注：

- 1，在变量列表区域，你可见到所有变量定义的数据，包括相关的指定单元和节点，以及变量的取值范围。
- 2，当利用变量观察器来定义变量，你可通过点击变量，再使用 properties 按钮来非常容易的修改它的不同属性。在随后弹出的时间历程属性对话框你可修改或添加特殊的变量(结果数据)属性，也可修改全局属性(X 轴向数据属性，变量列表)。
- 3，变量名 TIME,FREQ 为保留字。
- 4，在交互模式下，使用 NUMVAR 命令将自动设置 200 个变量，其中变量

观察器在对数据的操作中将使用 200 个变量的最后 10 个，对于用户而言，有剩下的 190 个可用。

5, 交互模式下，结果文件中所有的时间点被自动存储并保持可用。

### 6.3.2 批处理方式

在交互模式下，变量在定义时将被自动存储。而在命令行模式下，完成该过程需两个独立的步骤，定义，然后存储。

定义变量时依据结果文件中的结果项，这意味着对结果项建立相应的指针，并创建标签来表示存储该数据的区域。例，以下命令定义了时间历程变量 2, 3, 4:

```
NSOL,2,358,U,X,UX_at_node_358
ESOL,3,219,47,EPEL,X,Elastic_Strain
ANSOL,4,101,S,X,Avtg_Stress_101
```

变量 2 为节点 358 的 UX 位移，变量 3 为 219 单元的 47 节点的弹性约束的 X 分力。变量 4 为 101 节点的 X 方向的平均应变。其后为了对于这些结果项的引用将给它们分配参考号和标签。如果用相同的参考号定义一个新的变量，则原有的变量将被替换。以下的命令被用来定义变量：

```
ANSOL,EDREAD,ESOL,FORCE*,GAPF,LAYERP26,NSOL,RFORCE,SHELL*,S
OLU
```

(标有\*的命令定义结果项的存储)

第二步是存储数据(使用 STORE 命令)。存储数据意味着从结果文件中读取数据并将它写入数据库中。除了 STORE 命令外，当使用显示命令(PLVAR,PRVAR)或者是时间历程数据操作命令(ADD,QUOT 等)，程序将自动存储数据。一个使用 STORE 命令的例子如下：

```
/POST26
```

```
NSOL,2,23,U,Y!    变量 2=节点 23 处的 UY
SHELL,TOP!        指定壳的顶面结果
ESOL,3,20,23,S,X! 变量 3=单元 20 的节点 23 的顶部 SX
PRVAR,2,3!        存储并打印变量 2 和 3
SHELL,BOT!        指定壳的底面为结果
ESOL,4,20,23,S,X! 变量 4=单元 20 的节点 23 的底部 SX
STORE!            使用命令缺省，将变量 4 和变量 2、3 置于内存
PLESOL,2,3,4!     打印变量 2, 3, 4
```

在某些场合，需要使用 STORE 命令(Main Menu>TimeHist Postpro>Store Data)直接请求变量存储。这些情况将在下面的命令描述中解释。如在发出 TIMERANGE 或 NSTORE 命令(这两个命令等价的 GUI 路径为 Main Menu>TimeHist Postpro>Settings>Data)之后使用 STORE 命令，则缺省为 STORE, NEW，否则为 STORE,MERGE。如下列命令说明。由于 TIMERANGE 和 NSTORE 命令为存储数据重新定义了时间(或频率)点和时间增量，因而需要改变命令的缺省。可以使用下列操作存储数据：

MERGE:

将新定义的变量增加到为储存在内存的时间点的先前存储的变量中。即：更多的数据列被加入数据库。在某些变量已经存储（缺省）后，如果希望定义和存

储新变量，这是十分有用的。

**NEW:**

替代先前存储的变量，删除先前计算的变量，并存储新定义的变量及其当前的参数。

**APPEND:**

添加数据到先前定义的变量中。即：如果将每个变量看作一数据列，APPEND 操作就为每一列增加行数。当要将两个文件(如瞬态分析中两个独立的结果文件)中相同变量“集中”在一起时，这是很有用的。使用 FILE 命令(Main Menu>TimeHist Postpro>Settings>File)指定结果文件名。

**ALLOC,N:**

为顺序存储操作分配 N 个点(N 行)空间，先前定义的变量，如果存在则被清零。由于程序会根据结果文件自动确定所需的点数，所以正常情况下不需用该选项。

注：

- 缺省情况下，可以定义的变量数为 10 个,使用命令 NUMVAR 可增加该限值(最大值为 200)。
- 时间和频率总为变量 1。
- 缺省情况下，力（或力矩）值表示合力（静态力、阻尼力和惯性力的合力）。FORCE 命令允许对各个分力操作。但在单元的力分量并不受 FORCE 命令影响，对于任一单元类型，它们保持描述它们时的独立状态。
- 定义变量的其它有用命令：
  - NSTORE, 定义待存储的时间点或频率点的数量。
  - TIMERANGE, 定义待读取数据的时间或频率范围。
  - TVAR, 将变量 1 表示时间改变为表示累积迭代号。
  - VARNAM,给变量赋名称。
  - RESET, 并将所有参数重新设置为缺省值。
- 壳单元和分层壳单元的结果数据假定为壳或层的顶面。SHELL 命令允许指定是顶面、中面或底面。对于分层单元可通过 LAYERP26 命令指定层号。

## 6.4 处理变量并进行计算

通常，通过对从结果文件得到的指定分析数据进行处理，可产生能提供更有价值的附加变量集。例如，在一个瞬态分析中定义一个位移变量，可通过求它对时间的导数来得到速度和加速度，这样做，将产生一个全新的变量，我们在以后的分析中可结合其它数据来使用该变量。

### 6.4.1 交互式

变量观察器提供了一个直观的计算器用来进行计算，所有的命令功能均可通过在该区域的操作来访问，而且通过点击该区域上面的工具条可显示或隐藏该区域。



按如下步骤使用变量观察器来进行时间历程数据的处理：

- 1, 在变量名输入区域命名一个变量，命名必须唯一，否则将提示你是否覆盖先前命名过的变量。
- 2, 点击适当的按键，或从下拉菜单中选择时间历程变量，或 APDL 参数。操作后，表达式输入区域将显示输入的操作符，变量名，APDL 参数。
- 3, 点击变量观察器的计算器区域中的 Enter 按钮。完成计算，得到的计算数据使用结果变量名出现在变量列表区域，而且直到观察器关闭，表达式一直可有观察器使用结果变量名来访问。

注：

- 1, 表示一个变量 UYBLOCK 对一个变量的求导  
VBLOCK=deriv((UYBLOCK),(TIME))
- 2, 对一个时间历程复变量 PRESMD 取模  
AMPL\_MID=abs(PRESMD) 或  
AMPL\_MID=sqrt(real((PRESMD))^2+imag((PRESMD))^2)
- 3, 求一个复变量 UYFANTIP 的相位角  
PHAS\_TIP=atan((UYFANTIP))\*180/(pi)  
此处 pi=acos(-1)
- 4, 求一个复变量 PRESMD 和一个因子(2+3i)的积  
SCAL\_MID=cplx(2,3)\*(PRESMD)
- 5, 定义一个沿直线变化的变量  
PAMP\_25BY\_0.5=.25+(.05\*({nset}-1))
- 6, 定义一个关于时间函数的变量  
FUNC\_TIME\_1=10\*({TIME}-.25)

## 6.4.2 批处理方式

在批处理模式下，可使用命令的联合，某些用来标识变量名和输出格式，某些来标识创建新变量的变量数据。计算器命令由它们相应的自身命令来执行。

- 1, 表示一个变量 UYBLOCK 对一个变量的求导  

NSOL,2,100,u,y,UYBLOCK	!Variable 2 is UY of node 100
DERIV, 3,2,1,,VYBLOCK	!Variable 3 is named VYBLOCK It is the derivative of variable 2 with respect to variable 1 (time)
- 2, 对一个时间历程复变量 PRESMD 取模  

NSOL,2,123,PRES,,PRESMD	!Variable 2 is the pressure at node 123
ABS, 3,2,,,AMPL_MID	!Absolute value of a complex variable is its amplitude
- 3, 求一个复变量 UYFANTIP 的相位角  

Pi = acos(-1)	
ATAN,4,2,,,PHAS_MID,,,180/pi	!ATAN function of a complex variable (a + ib) gives atan (b/a)

4, 求一个复变量 PRESID 和一个因子(2+3i)的积

```
CFACT,2,3                                !Scale factor of 2+3i
ADD,5,2,,,SCAL_MID                       !Use ADD command to store variable
                                           2 into variable 5 with the scale
                                           factor of (2+3i)
```

5, 定义一个沿直线变化的变量

```
FILLDATA,6,,,25,.05,ramp_func           !Fill a variable with ramp function
                                           data.
```

以下的命令被用来对变量数据进行计算,生成可计算的表达式,或存储数据。关于更详细的时间历程变量的处理请参考命令的说明。

ABS, IMAGIN, SMALL, ADD, INT1, SQRT, ATAN, LARGE, CLOG, NLOG, CONJUG, PROD, DERIV, QUOT, EXP, REALVAR

## 6.5 数据的输入

该功能使用的用户可从结果文件读取数据集到时间历程变量中。这就使用的用户可以显示和比较试验数据与相应的 ANSYS 分析结果数据。

### 6.5.1 交互式

利用变量观察器中的 Import Data 按钮,用户可以交互式的完成数据输入的过程。点击该按钮,用户浏览和选择适当的文件,但文件中数据的格式要求如下:

#试验数据文件

#所有的注释行需以#开始

#空白行将被忽略

#

#不以#开始的第一行,需包括用来表示读入处理器的每一列数据的变量名。要注  
#意的是对于复变量的一对数据(实部和虚部)只用一个变量名表示,如下所示。

#其后的一行,可以为空白,也可为对该数据列的描述,如实部,虚部等。

#

#数据列中的数据可为任意格式,但每列需由逗号,或空格,或制表符分开。

#通常第一列数据被保留为不受约束的变量,如时间,频率

#

FREQ	TEST1		TEST2	
	REAL	IMAGINARY	REAL	IMAGINARY
1.00000E-02	-128.32	0.17764	5.6480	-4.47762E-03
2.00000E-02	-150.08	0.36474	5.6712	-8.99666E-03
3.00000E-02	-163.12	0.57210	5.7097	-1.35897E-02
4.00000E-02	-147.63	0.81364	5.7629	-1.82673E-02
5.00000E-02	-133.90	1.1091	5.8298	-2.29925E-02
6.00000E-02	-172.38	1.4886	5.9080	-2.76290E-02

对文件中的数据处理,用户有两种选择:

- 1, 覆盖的图形信息: 如果你仅想在同一幅图中将理论的或试验的数据与通过 ANSYS 有限单元法分析的结果数据对比, 可使用此选择。当用该方法时, 通过显示一个覆盖数据的下拉菜单而引入数据集, 选择下拉菜单中的一个数据集, 引入的数据将覆盖当前显示的图形中的变量数据。你可选择 NONE 来不覆盖任何数据。用该方法引入的数据集来覆盖变量曲线表示的数据, 可以非常明显的, 而且形象的进行试验数据和有限元分析数据的对比。
- 2, 线性插值法: 若你想进行有限元分析的结果数据和试验或理论数据在相同的时间点上对比, 你可选择对 FEA 时间点插值选项。该选项对试验数据进行线性插值, 而计算得到在 ANSYS 时间/频率点上的结果数据。然后该结果数据被作为一个时间历程变量存储, 而且添加到变量观察器的变量列表。这些新加的变量可象任何时间历程变量一样的被显示或操作, 但必须确保线性插值对输入的数据有效。另外, 那些未经过插值的来自于文件的原始数据可在方法 1 中所讲的下拉列表中得到。

## 6.5.2 批处理方式

可利用下面的任一种方式来将文件中的数据引入时间变量中去:

- 1, 使用 DATA 命令从已格式化的文件中读取数据, 文件格式见 DATA 命令。
- 2, 从一任意格式的文件读取数据, 文件由逗号, 空格, 或制表符分隔。通过如下的两个步骤, 你可将数据存储为一个时间历程变量:
  - 1, 使用\*TREAD 命令将文件数据读入数组列表中, 因为要先定义数组的大小, 所以该步要求知道文件中数据点的数目。
  - 2, 使用 VPUT 命令将数组列表存储为时间历程变量, 你可一次将一个数组存储为一个时间历程变量。
- 3, 如下的两个外部命令, 可用来使将数据读取为时间历程变量更容易些。
  - 1, ~eui,ansys::results::timeHist::TREAD 目录路径/文件名 数组名, 该命令可获的数据文件的大小, 并以你给的数组名创建一个数组列表, 数组大小将由文件中的数据集数目来决定, 然后将数据读入到数组中。该命令必在下面这个命令之前使用。
  - 2, ~eui,ansys::results::timeHist::vputData 数组名 变量序号, 该命令将假设你以 1) 中所示的方法创建了数组。然后命令将数组中存储的数据转化为时间历程变量, 并且转化后的变量标识以你所给出的变量序号开始。

例:

```
~eui,'ansys::results::timeHist::TREAD
      d:\test1\harmonic.prn TESTMID'
~eui,'ansys::results::timeHist::vputData TESTMID 5'
```

如上的第一个命令将将目录 d:\test1\下的文件 harmonic.prn 数据读入以 TESTMID 命名的数组列表中。第二个命令将 TESTMID 数组中的数据引入到 ANSYS 的时间历程变量中, 并以序号 5 开始存储, 紧接着的数据集存储为变量 6, 等。如果这些变量已经被定义, 则将覆盖以前的定义。

## 6.6 数据的输出

该功能允许用户将选定的时间历程变量输出到 ASCII 文件中或输出为 APDL 数组参数。这样用户就可执行其他的功能调用，如传递数据到另一个应用程序中做进一步处理，或将数据转储为另一种易获取的格式。

### 6.6.1 交互式

利用 Export Data 按钮可将变量观察器变量列表窗口中当前选定的变量输出到一个文件。点击该按钮，用户有三种输出选项：

1，输出到文件：

该选项使用户可将选定的变量输出到 ASCII 文件中，可用来被其他的应用程序做进一步的处理。其文件格式和在数据的输入中所讨论的格式一致。数据在文件中可有两种格式：逗号分隔(文件扩展名为.csv)，或空格分隔(文件扩展名为.prn)。一次可输出的数据条目被限制为 4 变量(变量为复数)加上时间变量，或 9 变量(变量为实数)加上时间变量。并且变量观察器窗口中的变量名将做为输出文件中的数据列首的描述信息。

2，输出到 APDL 表中：

该选项使用户将时间变量数据存储到用户指定列表名的列表中，从而可以使用户利用 ANSYS 中的 APDL 扩展功能来对时间历程变量进行操作(如 \*VFUN, \*VOPER, 等)，该表的索引(第 0 列)通常为独立变量，如时间，频率。若有多个时间历程变量被输出，则它们将被存储在以列号 1 开始的连续列中。若输出变量中存在复变量，则该复变量将占用两列，一列为实部，一列为虚部。

注：若在变量观察器中选择多个时间历程变量输出，则按变量此刻在观察器中变量列表框中的显示顺序(从上到下)来顺序存储。记录下该顺序由用户来完成。

3，输出到 APDL 数组中：

该选项使用户将时间历程变量输出到由用户指定的数组参数中，从而可以使用户利用 ANSYS 中的 APDL 扩展功能来对时间历程变量进行操作。其中第一列被保留为独立变量使用，如时间，频率。其他变量从第二列开始按序存储，顺序为变量在观察器窗口中的显示顺序。

### 6.6.2 批处理方式

将时间历程变量输出到一个文件有两个步骤：

1，将变量输出到数组参数中。VGET 命令可将一个单独的时间历程变量输出到一个定义好大小(\*DIM)的数组参数中，该数组的大小可由 \*GET,size,vari,nsets 命令来得到。

2，一旦数组被填充完毕，可利用 \*VWRITE 命令将数据输出到文件。

例：

```

NSOL,5,55,U,X
STORE,MERGE          ! 在节点 55 存储 UX
*GET,size,VARI,,NSETS
*dim,UX55,array,size  ! 创建数组参数
VGET,UX55(1),5        ! 将变量 5 中的时间历程数据存储到 UX55 中
*CFOPEN,disp,dat
*VWRITE,UX55(1)        ! 将数组以给定格式写入到文件 disp.dat
(6x,f12.6)
*CFCLOSE

```

## 6.7 变量的评价

一旦变量被定义，可利用图形或列表来对数据进行评价。

### 6.7.1 图形显示结果

图形显示结果，可利用变量观察器交互式的进行，也可从命令行来完成。

#### 6.7.1.1 交互式

在变量观察器中利用 **Graph Data** 按钮可将你选定的变量以图表显示。在一个图表中最多可显示 10 个变量。缺省下，图表中 X 轴在静态或瞬态分析中为时间变量，而在谐分析中为频率变量。你也可利用 **X-AXIS** 列下的单选按钮来改变 X 轴坐标为你在变量列表中选择的一个变量。

当需要绘制复变量的图形时，如在一个谐分析中，你可利用变量观察器的右上角的 **results to view** 下拉列表来选择是绘制振幅(缺省)，还是相位角，实部，或虚部。

变量观察器中存储了结果文件中可用的所有时间点。你可通过选择 X 坐标的范围，来仅显示结果中的一部分。这对你仅对某一时间点附近的响应特别感兴趣时比较有用，或是在一个衰减试验分析中的某一范围的碰撞力矩。该设置在 **Data Properties** 对话框中的 **X-AXIS** 标签下。注意，该项为全局设置，将影响后面所有的图形绘制。

#### 6.7.1.2 批处理方式

**PLVAR** 命令(Main Menu>TimeHist Postpro>Graph Variables)可在一个图框中显示多达 9 个变量的图形。缺省的横坐标 (X-轴) 为变量 1：静态或瞬态分析表示时间；谐波分析表示频率。使用 **XVAR** 命令(Main Menu>TimeHist Postpro>Settings>Graph)可指定不同的变量号（表示应力、变形等）作为横坐标指定不同的变量号。下面是图形输出的两个实例：

当对复变量进行图形绘制时，缺省情况下，**PLVAR** 命令显示的为幅值。使用 **PLCPLX** 命令 (Main Menu>TimeHist Postpro>Settings>Graph). (MAIN) 切换

到显示相位、实部或虚部。

你可通过/XRANGE 命令来选择 X 轴的范围，从而仅显示存储数据的部分。  
如下，有两个图例：

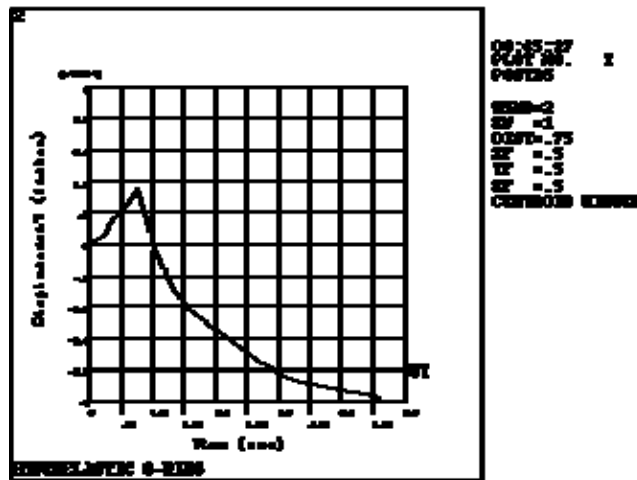


图 6-1 使用 XVAR=1（时间）作为横坐标时的 POST26 输出

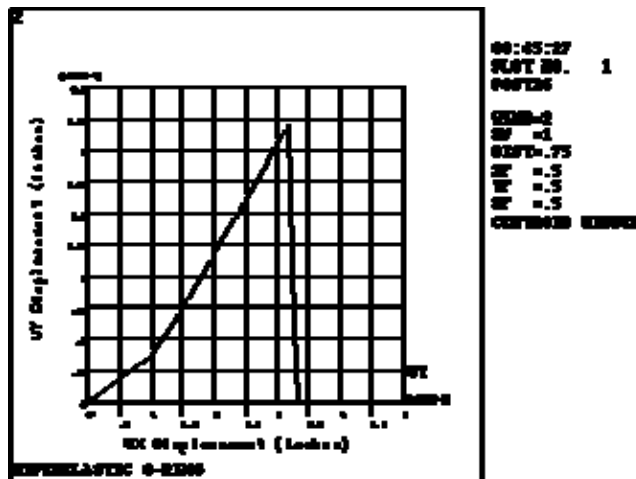


图 6-2 使用 XVAR 0 1 指定不同的变量号作为横坐标时的 POST26 输出

关于如何调整图形显示的更多信息，请参见本手册稍后的 Creating Graphs。

## 6.7.2 列表显示结果

可以采用交互式或命令行方式来完成结果的列表显示。

### 6.7.2.1 交互式

变量观察器中的 List Button 按钮可对 6 个观察器中的变量进行列表显示。

当需要显示复变量的列表时，如在一个谐分析中，你可利用变量观察器的右上角的 results to view 下拉列表来选择是显示振幅(缺省)，还是相位角，实部，或

虚部。

你可限制显示的数据为一定范围的时间或频率。通过 **Data Properties** 对话框中的 **Lists** 标签的选择可控制本次列表显示及随后的列表。除了设置时间或频率范围外，你还可进行如下选择：

- 1，在重复输出列表头前指定显示的行的数目。
- 2，显示输出变量的极值。
- 3，指定显示第几个数据点。

### 6.7.2.2 批处理方式

可通过 **PRVAR** 命令 (**Main Menu>TimeHist Postpro>List Variables**) 在表格中列出多达 6 个变量。可用于获得某一时刻或频率处的结果项的值。可控制打印输出的时间或频率段。操作如下：

Command(s): (命令)

**NPRINT, PRTIME**

GUI:

**Main Menu>TimeHist Postpro>Settings>List**

通过 **LINES** 命令 (**Main Menu>TimeHist Postpro>Settings>List**) 可对列表输出的格式做微量调整。下面是 **PRVAR** 的一个输出示例：

\*\*\*\*\* ANSYS POST26 VARIABLE LISTING \*\*\*\*\*

TIME	51 UX	30 UY
	UX	UY
.10000E-09	.000000E+00	.000000E+00
.32000	.106832	.371753E-01
.42667	.146785	.620728E-01
.74667	.263833	.144850
.87333	.310339	.178505
1.0000	.356938	.212601
1.3493	.352122	.473230E-01
1.6847	.349681	-.608717E-01

POST26 SUMMARY OF VARIABLE EXTREME VALUES

VARI TYPE	IDENTIFIERS	NAME	MINIMUM	AT TIME	MAXIMUM	AT TIME
1 TIME	1 TIME	TIME	.1000E-09	.1000E-09	6.000	6.000
2 NSOL	51 UX	UX	.0000E+00	.1000E-09	.3569	1.000
3 NSOL	30 UY	UY	-.3701	6.000	.2126	1.000

对于由实部和虚部组成的复变量，**PRVAR** 命令的缺省列表是实部和虚部。可通过命令 **PRCPLX** 命令选择实部、虚部、幅值、相位中的任何一个。

另一个有用的列表命令是 EXTREM (Main Menu>TimeHist Postpro>List Extremes), 可用于打印设定的 X 和 Y 范围内 Y 变量的最大和最小值。也可通过命令\*GET(Utility Menu>Parameters>Get Scalar Data)将极限值指定给参数。下面是 EXTREM 命令的一个输出示例:

EXTREM 命令的输出示例

POST26 SUMMARY OF VARIABLE EXTREME VALUES						
VARI TYPE	IDENTIFIERS	NAME	MINIMUM	AT TIME	MAXIMUM	AT TIME
1 TIME	1 TIME	TIME	.1000E-09	.1000E-09	6.000	6.000
2 NSOL	50 UX	UX	.0000E+00	.1000E-09	.4170	6.000
3 NSOL	30 UY	UY	-.3930	6.000	.2146	1.000

## 6.8 POST26 后处理器的其它功能

### 6.8.1 PSD 响应和协方差计算

#### 6.8.1.1 交互式

该方式在变量观察器中未提供相应操作。

#### 6.8.1.2 批处理方式

PSD 响应和协方差在一个随机振动分析的计算中, 可对任意数量的 jobname.RST 或 jobname.PSD 文件进行处理。具体计算程序请参见 ANSYS 结构分析指南和 POST26 中 PSD 响应的计算。

### 6.8.2 产生响应谱

#### 6.8.2.1 交互式

该方式在变量观察器中未提供相应操作。



### 6.8.2.2 批处理方式

该方法允许在给定的时间历程中生成位移、速度、加速度响应谱，频谱分析中的响应谱可用于计算结构的整个响应。

POST26 的 RESP 命令用来产生响应谱：

Command(s): (命令)

RESP

GUI:

Main Menu>TimeHist Postpro>Generate Spectrm

RESP 命令需要先定义两个变量：一个含有响应谱的频率值(*LFTAB* 字段)；另一个含有位移的时间历程(*LDTAB* 字段)。*LFTAB* 的频率值不仅代表响应谱曲线的横坐标，而且也是用于产生响应谱的单自由度激励的频率。可通过 **FILLDATA** 或 **DATA** 命令产生 *LFTAB* 变量。

*LDTAB* 中的位移时间历程值常产生单自由度系统的瞬态动态分析。通过 **DATA** 命令（位移时间历程在文件中时）和 **NSOL** 命令(Main Menu>TimeHist Postpro>Define Variables)创建 *LDTAB* 变量。系统采用数据时间集分法计算响应谱。

### 6.8.3 数据的平滑

若你进行一个会产生很多噪声数据的分析，如动态分析，则我们通常会平滑响应的数据。通过消除一些局部的波动，而保持响应的整体特征来使我们更好的理解和观察响应。时间历程中的 **smooth** 操作通过一个 *n* 阶的多项式来对实际的响应进行平滑。

该操作仅适合静态或瞬态分析的结果数据，并且复变量也不适合。

#### 6.8.3.1 交互式

该功能通过变量观察器中的计算器部分的函数 **smooth(x1,x2,n)**来实现，其中 *x1* 受约束的变量(如某点的响应),*x2* 为独立的变量(如时间变量), *n* 为平滑函数的阶数。该函数只能通过计算器中的表达式区域输入来实现。

如现用一个二阶的平滑函数来对某结构中点的 UY 响应来平滑，  
smoothed\_response=SMOOTH({UY\_AT\_MIDPOINT},{TIME},2).

#### 6.8.3.2 批处理方式

如果产生了一些噪音数据，你将平滑数据来得到一个更有代表性的曲线。

利用 4 个数组来平滑数据。前两个数组来分别保存独立变量和受约束的变量，后两个来保存平滑后的独立变量和约束变量。在进行数据的平滑前必须首先用 **\*DIM** 命令来创建前两个数组，然后用 **VGET** 命令来填充这两个数组。当在交互

模式下, ANSYS 将自动产生后两个数组, 但若在批处理方式下, 在平滑数据前, 你必须自己来创建后两个数组(ANSYS 将用平滑后的数据来对之填充)。

当四个数组被建立, 便可利用 SMOOTH 命令来对数据进行平滑处理。

(Main>Menu>TimeHsit PostPro>Smooth Data), 你可在 `datap` 域中来选择是平滑部分还是全部数据, 在 `fitpt` 域中来选择来平滑函数的最高阶数(缺省是对所有点), 通常, 缺省的阶数为数据点数目的一半。在对结果进行绘制时, 可选择绘制对数据平滑前的曲线, 或平滑后, 或者是两者都绘制出来。

## 第 7 章 选择和元件

### 7.1 什么是选择

如果有一个大模型，那么对模型载荷数据的一部分加载、加快图形显示、有选择性地观察结果等是很有帮助的。由于所有的 ANSYS 数据都在数据库内，利用选择功能，可以很方便地选择数据的子集。

选择能够帮助选择节点、单元、关键点、线等子集，以便能够在一些实体上工作。ANSYS 软件把在分析阶段所定义的所有数据都存储在数据库内，该数据库的设计使得可以选择其中的一部分数据而不损坏其它数据。

利用选择功能的典型例子是在指定载荷时，通过选择同一平面上的节点，可以很方便地把一个压力作用在子集所有的节点而不是作用在每个单独的节点。

选择的另一个有用的特征是：能够选择实体的子集并给这个子集命名。例如：可以选择组成热交换器散热片部分的所有单元，并把它命名为子集 FIN。象这样命名的子集叫作元件。能够把几组元件组成一组组件

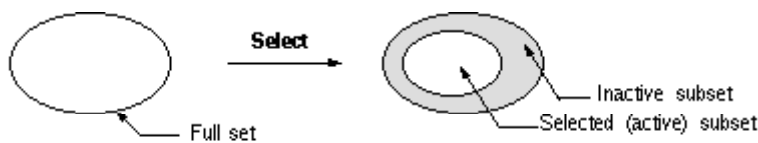
### 7.2 选择实体

可以利用下面的七个基本选项功能的组合来选择一个实体的子集：

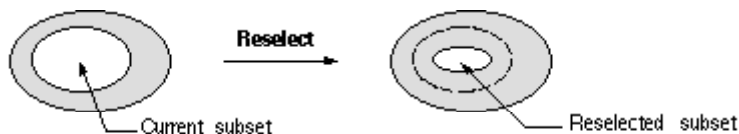
- Select
- Reselect
- Also Select
- Unselect
- Select All
- Unselect None
- Invert

这些功能的解释说明如下：

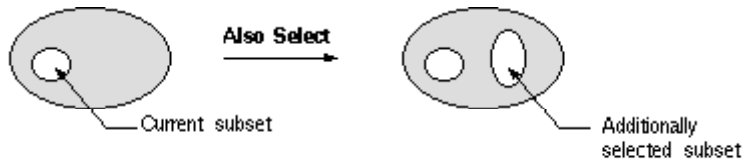
*Select*—从数据的全集中选择项目，以下面 Venn 图的方式显示。



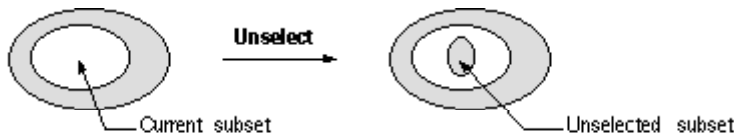
*Reselect*—从选择的子集中(再)选择。



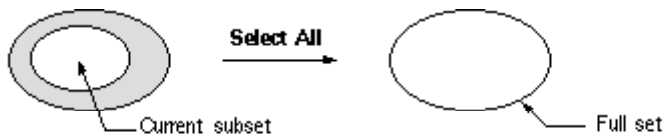
*Also Select*—加一个不同的子集到当前的子集。



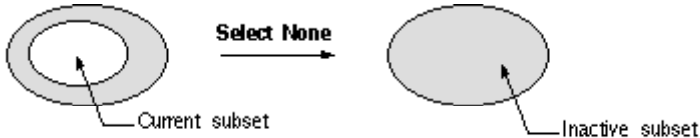
*Unselect*—去掉当前子集的一部分。



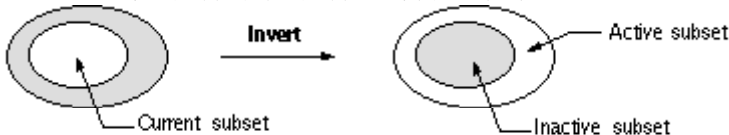
*Select All*—恢复全集。



*Select None*—抑制全集



*Invert*—在激活与非激活的部分的转换。



与命令一样，在图形用户界面的 Utility Menu 菜单中，这些功能对所有的实体(节点，单元，关键点，线，平面，体)都有效。

关于拾取的进一步信息，参阅 *ANSYS 操作指南* 第 5 章“图形拾取”。

### 7.2.1 利用命令来选择实体

表 7-1 显示了可用来选择实体子集的命令概述。注意‘crossover’命令，该命令允许基于一个实体选择另一个实体。例如，可以选择所有的依附在当前线的子集上关键点。下面是选择命令的典型顺序：

```
LSEL, S, LOC, Y, 2, 6    !选择中心位置在 Y=2 和 Y=6 之间的线
LSEL, A, LOC, Y, 9, 10  ! 加上中心位置在 Y=9 和 Y=10 之间的线
NSLL, S, 1              !选择在所选线上的所有节点。
ESLN                    ! 选择依附在被选择节点上的所有单元。
```

进一步信息，参阅 [ANSYS 命令参考手册](#)中对 **LSEL**，**NSLL**，和 **ESLN** 命令的描述。

注意：‘crossover’命令是从实体模型的实体(如关键点，面等等)来选择有限单元模型实体。(节点和单元)，这个命令只有在实体模型(包含相关联的实体模型实体)上的网格操作生成了有限单元实体后，该命令才有效。

表 7-1 选择命令

实体	基本命令	Crossover 命令
点	<a href="#">NSEL</a>	<a href="#">NSLE</a> , <a href="#">NSLK</a> , <a href="#">NSLL</a> , <a href="#">NSLA</a> , <a href="#">NSLV</a>
单元	<a href="#">ESEL</a>	<a href="#">ESLN</a> , <a href="#">ESLL</a> , <a href="#">ESLA</a> , <a href="#">ESLV</a>
关键点	<a href="#">KSEL</a>	<a href="#">KSLN</a> , <a href="#">KSLL</a>
硬点	<a href="#">KSEL</a> , <a href="#">ASEL</a> , <a href="#">LSEL</a>	无
线	<a href="#">LSEL</a>	<a href="#">LSLA</a> , <a href="#">LSLK</a>
面	<a href="#">ASEL</a>	<a href="#">ASLL</a> , <a href="#">ASLV</a>
体	<a href="#">VSEL</a>	<a href="#">VSLA</a>
组件	<a href="#">CMSEL</a>	无

## 7.2.2 用 GUI 选择实体

与表 7-1 列出的大多数命令等效的 GUI 路径是: **Utility Menu>Select>Entities**，GUI 选项显示出选择实体对话框。从对话框中，可以在其它东西中选择欲选择的实体类型以及选择它们的准则。例如：可以选定 ‘Elements’和 ‘By Num/Pick’，意思是通过编号或拾取来选取单元。在实体对话框中，可以按下帮助按钮来获得关于通过 GUI 来选择的更为详细的信息。帮助是上下文相关的，并反映了选择实体对话框中作出的任何选择。

通常，我们希望组合实体来形成元件或组件来更清楚，更容易的使用。关于使用元件或组件的详细信息请参见 **Grouping Geometry Items into Components and Assemblies**。以下的 GUI 命令提供了对构件的定义：

GUI:

**Utility Menu>Select>Comp/Assembly>Select All**

**Utility Menu>Select>Comp/Assembly>Select Comp/Assembly**

**Utility Menu>Select>Comp/Assembly>Pick Comp/Assembly**

**Utility Menu>Select>Comp/Assembly>Select None**

## 7.2.3 选择线条来修改 CAD 几何图形

当 CAD 的几何形状输入到 ANSYS 时，这种转换将会定义短线单元的显示，使得在屏幕上很难辨别，通过选择线条选择选项，能发现和显示出这些短线。

Command(s): (命令)

[LSEL](#)

GUI:

Utility Menu>Select>Entities>Lines>By Length/Radius

在 *VMIN* 和 *VMAX* 字段里输入长度与半径的最小值与最大值。这些字段，当用于该选项时，代表着相应的短线单元的长度与半径值的范围。在 *VMIN* 与 *VMAX* 中应当输入合理的值来确保所被选择的集合内仅仅包含想要显示的短线单元。当被选择的集合在屏幕上显示时，可在集合中拾取单个线条并根据需要改变几何图形。

注：不是圆弧的线条返回 0 半径值，*RADIUS* 仅对圆弧线有效。

## 7.2.4 其它用于选择的命令

要把所有的实体恢复到它们的全部的集合中，用下面的命令：

Command(s): (命令)

**ALLSEL**

GUI:

Utility Menu>Select>Everything Below>Selected Areas

Utility Menu>Select>Everything Below>Selected Elements

Utility Menu>Select>Everything Below>Selected Lines

Utility Menu>Select>Everything Below>Selected Keypoints

Utility Menu>Select>Everything Below>Selected Volumes

这个命令等效于下列一系列命令：**NSEL**,*ALL*; **ESEL**,*ALL*; **KSEL**,*ALL*。

也可以利用**ALLSEL**或它的等效 GUI 在分层方式中选择一组相关实体。例如，给定一个面的子集合，可以选择所有定义这些面的线条、所有定义这些线的关键点、所有属于这些面、线和关键点的单元及所有属于这些单元的节点。仅需简单应用一个命令：**ALLSEL**,*BELOW,AREA*。

可用下列方法来选择自由度和力标识符的子集：

Command(s): (命令)

**DOFSEL**

GUI:

Main Menu>Preprocessor>Loads>Operate>-Scale FE Loads->Constraints

Main Menu>Preprocessor>Loads>Operate>Forces

Main Menu>Preprocessor>Loads>Settings>-Scale FE Loads->Constraints

Main Menu>Preprocessor>Loads>Settings>Forces

Main Menu>Solution>Operate>-Scale FE Loads->Constraints

Main Menu>Solution>Operate>Forces

Main Menu>Solution>Settings>-Scale FE Loads->Constraints

Main Menu>Solution>Settings>Forces

选择了这些标识符的子集，可在某些命令的 *Label* 字段中简单地使用 *ALL* 来

指定整个的子集，例如：**DOFSEL,S,UX,UZ** 命令紧接着**D,ALL,ALL** 命令把 UX 与 UZ 约束加到所有被选节点上。**DOFSEL**不影响求解自由度。

### 7.3 为有意义的后处理选择

在后处理过程中，选择也是有益的。例如：在 POST1 中，可以选择模型的一部分来显示或列出结果。在 POST1 中，当模型不连续时，应总是利用选择来获得有意义的结果。

当用**PLNSOL**命令(**Utility Menu>Plot>Results>Contour Plot>Nodal Solution**)来请求等值线的显示时，ANSYS 软件通过将节点处的数据平均来产生光滑、连续的等值线，只要模型中不包含下列间断点，这种平均是可行的。

- 相邻部分的模型具有两种不同材料或模型具有不同的厚度 (参阅图 7-1)。
- 相邻的层状壳体具有不同的层数(参阅图 7-2 和 7-3)。

出现这些间断时，注意利用选择单独处理间断点的每一部分。

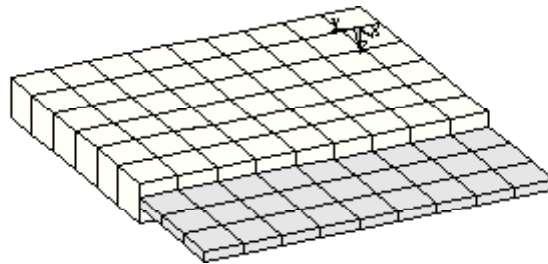


Fig7-1 具有不同厚度的壳体模型

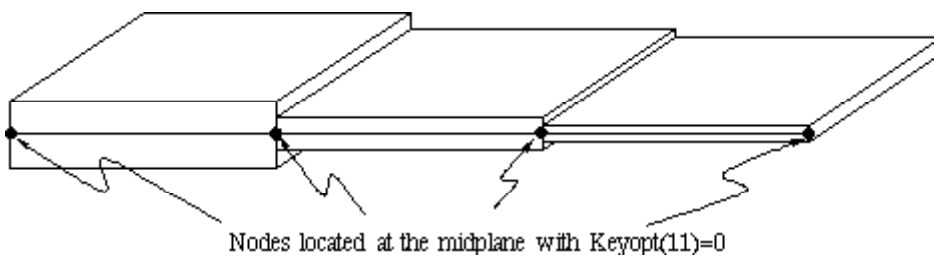


Fig7-2 具有中面节点的层状壳体(SHELL91 或 SHELL99)

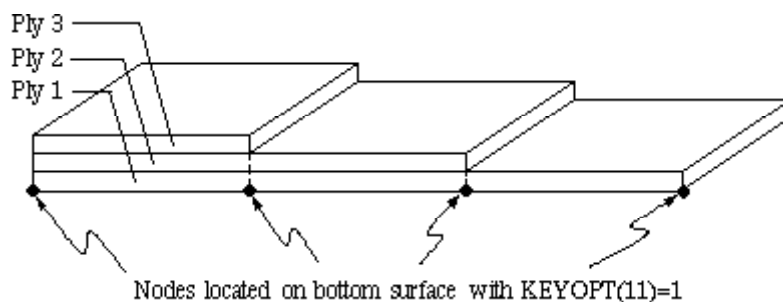


Fig7-3 具有底面节点的层状壳体(SHELL91 或 SHELL99)

## 7.4 将几何项目组集成元件与组件

有时候把模型的一部分组集起来并给它们以可识的名字，如 FLANGE, WHEEL2, FIN7, IRONCORE, STATOR, ROTOR, 等是很方便的。这样可以很方便地选择从属于它们(例如 WHEEL2)的所有项目并对其进行处理：加边界条件，用节点和单元来划分网格、产生图形显示等等。

该组合叫元件或组件，一个元件由一种实体类型组成：节点、单元、关键点、线、面、体。用 **CM** 命令(**Utility Menu>Select>Comp/Assembly>Create Component**)来定义一个元件。例如，可以选择组成电机模型的转子部分的所有单元，把它们组合成一个元件：

```
ESEL,,MAT,,2           ! 选择转子单元(材料2)
```

```
CM,ROTOR,ELEM          ! 利用所有被选单元定义元件ROTOR
```

[ANSYS Commands Reference](#)(ANSYS 命令参考手册)详细叙述了 **ESEL** 和 **CM** 命令。

一个组件可能包含很多的元件与其它组件，用 **CMGRP** 命令(**Utility Menu>Select>Comp/Assembly>Create Assembly**)来定义组件，例如：可以把元件 ROTOR 和 WINDINGS(两个都必须在先前被定义过)来组成一个组件 ROTORASM：

```
NSEL,...               ! 选择组成 wings 的单元合适的节点和单元
```

```
ESLN
```

```
CM,WINDINGS,ELEM       ! 定义 WINDINGS 组件
```

```
CMGRP,ROTORASM,WINDINGS,ROTOR ! 定义 ROTORASM 组件
```

[ANSYS Commands Reference](#) (ANSYS 命令参考手册)详细叙述了 **NSEL**, **ESLN**, **CM** 和 **CMGRP** 命令。

### 7.4.1 镶嵌组件

可以镶嵌深达五层的组件，例如，可用其它的组件与元件来构造一个叫 **MOTOR** 的组件，如下图所示

假定组件 **ROTORASM** 和元件 **STATOR**, **PERMMAG** 和 **AIRGAP** 已定义过，可以用形如下面的命令来定义组件 **MOTOR**：

```
CMGRP, STATASM, STATOR, PERMMAG
```

```
CMGRP, MOTOR, STATASM, ROTORASM, AIRGA
```

详见[ANSYS Commands Reference](#) (ANSYS 命令参考手册)对 **CMGRP** 命令的描述。



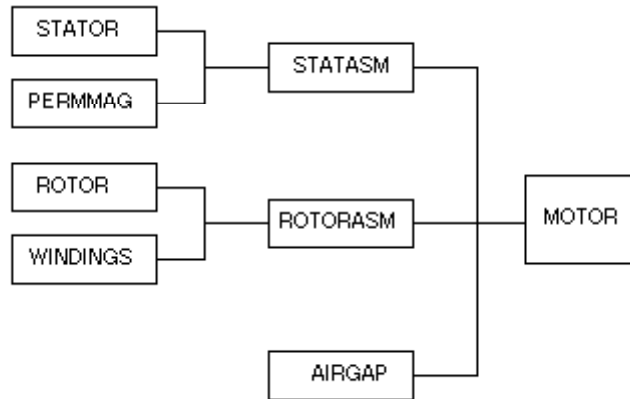


图 7-4 镶嵌组件示意图

## 7.4.2 通过元件和组件来选择实体

定义元件与组件的最大好处在于可以用 **CMSEL** 和 **ALLSEL** 命令组合方便地选择属于它的项目。**CMSEL** 命令按名字来选择属于某一元件或组件的所有实体，然后可用 **ALLSEL**, **BELOW** 来选择依附它们的较低一级的实体。例如，可以选择属于 **WINDING** 元件的所有单元，对它们全部施加一个当前的密度载荷，然后选择所有依附在这些单元上的节点：

```
CMSEL,, WINDINGS
BFE, ALL, JS, -1000
ALLSEL, BELOW, ELEM
```

有关**CMSEL**, **BFE** 和 **ALLSEL** 命令，及下述**CMEDIT**, **CMDELE**和**CMLIST**命令的进一步信息，参阅[ANSYS Commands Reference](#)（ANSYS 命令参考手册）。

## 7.4.3 增加和删除组件

用**CMEDIT**命令（**Utility Menu>Select>Comp/Assembly>Edit Assembly**）允许从一个组件中增加或删除组件，例如，下列命令从组件 **MOTOR** 中删除组件 **AIRGAP**。

```
CMEDIT,MOTOR,DELE,AIRGAP
```

用**CMDELE**命令（**Utility Menu>Select>Comp/Assembly>Delete Comp/Assembly**），可以删除一个元件或组件的定义。用**CMLIST**命令（**Utility Menu>Select>Comp/Assembly>List Comp/Assembly**），可以列出组成特定元件的实体。

#### 7.4.4 自动更新部件与组件

如果一个实体发生了修改（例如，通过[KMODIF](#)命令），这个实体可以被删除并被重新定义。删除将会导致实体从部件中删除。如果所有的实体都从部件中删除的话，那么部件也将会被删除。

## 第 8 章 图形使用入门

### 8.1 概述

ANSYS 程序（和相关的 DISPLAY 程序）能够利用图片和图形描述模型的任何一个方面，这些图片和图形可以在终端屏幕上观看、存入文件、或者作为硬拷贝输出图表。ANSYS 具有许多特征可用来定制或增强图形显示以满足个人需要。

### 8.2 交互式图形与“外部”图形

任何关于图形的讨论都似乎意味着在交互方式下运行 ANSYS 软件并在终端屏幕上观看图片。本章的大部分内容就是关于这方面的。但是，为了以后观察与处理，可以在交互式或批处理方式下运行 ANSYS 软件并把图像储存在文件中，这个过程叫做创建外部图形。第 16 章讨论了外部图形的产生过程，第 9 章至第 15 章讲述了在屏幕上获得交互图形显示。

### 8.3 标识图形设备名(UNIX 系统)

用 ANSYS 程序时，要做的第一件事就是指定图形设备名（有时指图形设备驱动程序），ANSYS 需要该信息以便正确地将图形指令指向显示设备。对于大多数系统来说，缺省的图形设备名为 X11，如果有 3-D 图形设备来运行 ANSYS 时，可以把设备名由 X11 改为 3D。

在激活图形用户界面（GUI）之前，必须定义图形设备名。一旦激活 GUI，便不能改变图形设备名了，参见 ANSYS Operations Guide（ANSYS 操作指南）获得更多的 GUI 方面的信息。

确定图形设备名的最好方法就是在程序启动时就定义它。ANSYS 启动器在 Interactive Set Up 下包含一个图形设备名的入口选项。如果在启动时定义了图形设备名，进入 ANSYS 程序时便可以立即激活 GUI 了；另一种方法为，一旦已进入程序（但在激活 GUI 之前）用 /SHOW 命令指定图形设备名。

#### 8.3.1 可用的图形设备名

ANSYS 所支持的常用设备名是 X11（或 X11C）和 3D，下面对它们逐个进行简要叙述。

##### 8.3.1.1 X11 和 X11C

*图形设备名=X11:* X11 图形驱动程序包含 X-a 分布式窗口系统，这是一个在 Massachusetts 工业学院开发的、能被许多平台支持的分布式窗口系统。它提供了

2 维图形能力。目前 ANSYS 软件支持 X-Window 系统版本 6 的第 11 版（因此称为 X11）。

X 把传统的图形系统功能分为两部分：X 服务器和 X 客户机，服务器是控制物理显示设备的系统部分，客户机是应用程序如 ANSYS 或 DISPLAY 的一部分。一个服务器对应着多个客户机，服务器与客户机能驻留在连接在网络上的不同机器上，X 能够透明地处理服务器与客户机的所有通讯。

图形设备名=X11C：在有多于 16 种颜色（多于四个图形位平面，通常是 8 个）的 2-D 显示设备上，ANSYS 通常用光源消隐技术显示模型，光源消隐技术显示是指当模型被模糊地观察时，将呈现三维显示，可以用/SHOW 命令下的 NCPL 字段来激活另外的颜色（Utility Menu>PlotCtrls>Device Options）。

这些设备也提供 128-等值线彩色选项（“C-选项”），该选项允许用通过对每个的亮度增加更多的色彩而得到的额外色彩进行等值线彩色显示。缺省时，额外色彩被用于显示用来模拟光源消隐技术的不同亮度的九条等值线颜色，在/SHOW 命令中，可用 X11C 作为图形设备名来激活 128-等值线颜色选项。

在 2-D 设备上，单个项目也能被选择和显示，并具有不同程度的半透明效果，由于 2-D 驱动程序仅能产生可见面，半透明选项在开始的重绘时将显示黑色。/SHRINK（UtilityMenu>PlotCtrls>Style>Translucency）命令将迫使硬件绘制所有的平面并提供所需的半透明效果。

### 8.3.1.2 3D

图形设备名=3D：如果有三维图形设备，就应当把图形设备名指定为 3D，二维设备中包含一个模型的‘平面的’2-D 投影(图象控制是在软件中进行的)，但是 3-D 设备在本地存储器中包含一个 3-D 模型(图形控制是在显示硬件中执行的)。因此，3-D 设备能够更加有效地执行 ANSYS 程序的某些功能，二维设备不支持某些功能。ANSYS 的 3-D 功能包括实际模型的‘实时’动态变换（旋转，平移等）、半透明、包括反射、光强、光线方向、消隐等各种光线选项的控制。如果用 3-D 设备，可以用/DV3D（Utility Menu>PlotCtrls>Device Options）命令来设置某些显示选项的模式。

### 8.3.2 UNIX 系统支持的图形驱动程序和功能

下表列出了 3-D 图形驱动程序和在各种 UNIX 环境中 ANSYS 支持的功能，在驱动器栏中，Y 表示是被可支持的能力。

表 8-1 ANSYS 支持的三维驱动程序和在 UNIX 下的功能

	DEC OpenGL	HP Starbase	HP OpenGL	IBM OpenGL	SGI OpenGL	Solaris XGL
Window 设备	Y	Y	Y	Y	Y	Y

热键/鼠标	Y	Y	Y	Y	Y	Y
3-钮鼠标	Y	Y	Y	Y	Y	Y
远程访问	Y <sup>1</sup>	-	Y	Y	Y	-
隐藏线消除	Y	Y	Y	Y	Y	Y
半透明效果	Y	Y	Y	Y	Y	Y
光源消隐	Y	Y	Y	Y	Y	Y
3-D 本地转换	Y	Y	Y	Y	Y	Y
双缓冲	Y	Y	Y	Y	Y	Y
退化模式	Y	Y	Y	Y	Y	Y

1. 远程网络访问限于支持 OpenGL 系统。

### 8.3.3 UNIX 系统支持的图形设备类型

下表概述了各种 UNIX 环境中 ANSYS 支持的图形设备类型。

表 8-2 ANSYS 支持的图形设备类型 (UNIX 系统)

平台	设备	描述
Digital Alpha (Digital UNIX), HP, IBM, SGI, Sun SPARC (Solaris)	X11 或 x11 X11C 或 x11c	X11 彩色 X11 彩色等值线
Digital Alpha (Digital UNIX)	3D 或 3d	3-D OpenGL 图形设备
HP	3D 或 3d og 1.1	3-D Starbase 图形设备 3-D OpenGL 图形设备
IBM	3D 或 3d	3-D OpenGL 图形设备
SGI	3D 或 3d	3-D OpenGL 图形设备
Sun SPARC (Solaris) Sun UltraSPARC	3D or 3d 3D or 3d	3-D XGL Graphics 3-D OpenGL 图形设备

1. 在 OpenGL 支持下可单独执行。

#### 8.3.3.1 不支持的图形设备

ANSYS 软件不完全支持下列图形显示设备：

- .Tektronix 4xxx
- .Digital VT 240/340

尽管这些设备在 **ANSYS/SHOW** 命令下有效，但不能用它们访问 ANSYS 菜

单系统、在图形显示中拾取项目或访问 ANSYS 联机帮助。

### 8.3.4 图形环境变量

下表列出了执行 ANSYS 和 DISPLAY 程序前可以设定的环境变量。设定这些选项改变了 X11 设备驱动程序的性能并(在显式说明处)同时改变了三维图形的性能。

表 8-3 图形环境变量

环境变量	受影响的驱动程序	描述/例子
<b>ANSCURS</b>	<b>X11</b>	选择光标样式, 例如: <code>setenv ANSCURS 22</code>
<b>ANSCREV</b>	<b>X11</b>	光标颜色反色, 仅当 ANSCURS 被设置时
<b>ANSVIS</b>	<b>X11</b>	ANSYS 可视键, 指定 ANSYS 用特定可视
<b>ANS_SNGLBUF</b>	<b>3-D</b>	不能利用双缓冲, 仅用于 HP 和 SGI 的 12-位平面

## 8.4 指定图形显示设备的类型(WINDOWS 系统)

对于 WINDOWS 用户, ANSYS 支持下述驱动程序和功能

窗口设备  
热键/鼠标  
二按钮或三按钮鼠标  
隐藏线删除  
光源消隐

注: 在两按钮鼠标中, 切换键加上鼠标右按钮, 其功能与三按钮鼠标的中按钮功能相同。

如果在 Window 平台上运行该程序, 有三种选择来指定图形设备类型:

- 双击 ANSYS 文件夹的交互输入图标, 然后击一下与“图形设备名”相邻的向下箭头, 选择合适的设备。
- 在 ANSYS 程序中, 利用 ANSYS **/SHOW** 命令 ( **Utility Menu>PlotCtrls>Device Options**)。
- 在 ANSYS 执行命令行中包含设备类型, 命令选项-d 或-D 必须在设备类型之前。如下所示:

```
ansys60 -d device_type
```

设备类型是如下之一:

- WIN32

- WIN32C
- 3D

推荐使用高于 256 色的色彩设置

指定一个无效的设备类型将导致 ANSYS 把图形转移到磁盘文件并禁止 ANSYS 菜单系统打开，即使在 ANSYS 执行命令中包含-g 这一选项。

## 8.5 与系统相关的图形信息

本节叙述了在不同硬件系统下影响 ANSYS 图形显示的因素，在激活 ANSYS 图形用户界面应该阅读这些信息。

### 8.5.1 调整输入焦点

为使显示、网格划分、列表中断能正确工作，必须在 ANSYS 程序正在执行的文本窗口中设置输入焦点，可以按下列两种方法之一设置焦点：

- 把鼠标箭头定位在文件窗口内(仅在窗口管理器自动设置焦点时用这种方法)
- 把鼠标箭头放置在文件窗口上并按鼠标按钮

### 8.5.2 不激活备份存储

当在 SUN SPARC 系统上使用 X11 图形驱动程序时，缺省值代表后台存储被激活。要使图形响应更快，用下面的命令关闭后台存储。

```
Setenv ANSBACK 0
```

### 8.5.3 设置 IBM RS/6000 Sabine 图形适配器

对于 3-D OpenGL，用下列命令初始化窗口管理器：

```
Xxnit—x abx -x mbx -x blx
```

3-D OpenGL 不能用于 Sabine，GT4e 和 GTO 图形适配器。

### 8.5.4 在网络上显示 X11 图形

如果有下列条件的话，可以在网络上显示 ANSYS 程序的 X11 图形：

- 所有的计算机系统都安装了 X11 软件
- ANSYS 程序与 X11 驱动程序连接着
- 应用了显示 X11 或 X11C 设备类型的 SHOW (可以用大写字符或小写字

符指定设备类型)

- 主机的/etc/hosts 文件包含了远程机器的主机名和 IP 地址
- 环境变量 **DISPLAY** 被设置为 *Hostname:0.0*，这里 *Hostname* 代表显示图形的机器的主机名或 IP 地址。

例如：设想从另一个 UNIX 系统远程运行 ANSYS 程序，在你的工作站监视器进行 X11 图形本地显示。应按以下步骤进行：

1. 在工作站上开一个窗口并发出下列命令授权远程主机访问该显示：

```
/usr/bin/x11/xhost+
```

2. 登录远程主机（通过远程通信网，登录等），键入下列命令或命令组来告诉远程主机在你的工作站上显示 X11 图形。

### C Shell

```
Setenv DISPLAY your_Workstation:0.0
```

### Bourne Korn 或 Shell:

```
DISPLAY =your_Workstation:0.0
```

```
Export DISPLAY
```

*your\_Workstation* 是你的工作站的宿主名或 IP 地址。

3. 运行 ANSYS 程序，在工作站监视器上将会显示 X11 图形：

```
Ansys60 -d x11 -g
```

## 8.5.5 HP 图形驱动程序

HP 工作站支持 X11 和 3-D Starbase 图形驱动程序，必须在系统中安装 Starbase 库。

如果在计算机中没有安装 PowerShade 软件，CRX 和 HCRX 图形设备仅能使用 X11 驱动程序。

在运行 HP CDE 时，设置 ColorUse 选项为 **BLACK AND WHITE**，同样也可用 HP 型管理器的颜色选项实现。ANSYS 可执行程序 32-位 HP 版（happa7x00 和 hppA8000）追加有 og 后缀表示支持 OpenGL 图形，这些版本仅能在支持 OpenGL 的 HP 系统上运行。

## 8.5.6 在 HP 喷墨打印机上产生图形显示

在 HP 工作站上运行时，可从 ANSYS 程序内将硬拷贝输出到喷墨打印机上。可通过下列命令：

```
/pcopy, key
```



从 DISPLAY 程序内产生硬拷贝，使用下述命令：

term, copy, key

KEY 可能取值为

0	关闭硬拷贝项
1	拷贝每个连续的显示，把它们放置在名叫 file.pjet.xx 的位图文件中
now	拷贝当前显示，把它放置在名叫 file.pjet.xx 的位图文件中

Xx 代表 00~99 的两位数

可以把由上面显示命令而产生的位图文件输送到喷墨打印机中，可用 HP-UX 命令 **pcltrans** 来打印 file.pjet.xx 文件，该命令格式如下：

```
pcltrans-C-p file.pjet.xx>/dev/paintjet
```

/dev/paintjet 值是打印机设备的名字，如果打印机是假脱机连接，用下面的命令：

```
pcltrans-c-p file.pjet.xx>|lp -oraw
```

最后的例子假定 paintjet 是缺省输出设备

注：

- -P 选项扩大了图形，使它能适合绘图机缺省纸张的尺寸。
- 可能需要使用 pcltrans 中的 k 选项删除由 X11 图形驱动程序产生的图形的黑色背景
- 如果环境变量 SB\_X\_SHARED\_CMAP 被设置为真，**/pcopy** 命令将不能产生正确的图形，为了避免这个问题，在用 **/pcopy** 命令运行 ANSYS 程序与 DISPLAY 程序前，不设置该变量
- 使用 HCRX24 或 CRX24 图形板时，必须把环境变量 ANS\_SNGLBUF 设置为 1，以便在 HP 喷墨打印机上产生图形显示。

### 8.5.7 PostScript 硬拷贝选项

在 HCRX24 或 CRX24 图形板上使用 PostScrip 硬拷贝选项时，把环境变量 ANS\_SNGLBUF 设置为 1 可得到高质量的图像，这个选项使双缓冲无效，因此，只能在使用硬拷贝选项之前设置它。

### 8.5.8 IBM RS/6000 图形驱动程序

IBM RS/6000 工作站在 AIX 窗口环境下能支持 X11 和 3-D 图形驱动程序，3-D 驱动程序包括 Silicon Graphics 许可软件 OpenGL。

### 8.5.9 Silicon Graphics 图形驱动程序

Silicon Graphics (SGI) 工作站支持 X11 和 SGI OpenGL 图形驱动程序。

### 8.5.10 Sun SPARC(32 位和 64 位版本)图形驱动程序

如果 ANSYS 没有被启动器或 ANSYS55 命令触发时，为使用 Solaris 图形驱动程序，每个 ANSYS 用户的.cshrc 文件必须包含下面定义的环境变量。

- 对于 X11 和 3-D XGL 图形驱动程序，所需的环境变量定义为：

对于 32 位：

```
setenv OPENWINHOME path/openwin
setenv LD_LIBRARY_PATH
/ansys_inc/ansys60/syslib/usparc:/ansys_inc/ansys60/lib/usparc:/usr/lib
```

对于 64 位：

```
setenv OPENWINHOME path/openwin
setenv LD_LIBRARY_PATH
/ansys_inc/ansys60/syslib/sun64:/ansys_inc/ansys60/lib/sun64:/usr/lib
```

注：必须在一个连续行中不回车输入 **setenv LD\_LIBRARY\_PATH** 定义。

## 8.6 产生图形显示

可以产生很多的图形显示：几何显示（节点，单元，关键点等）、结果显示（温度和应力等值线等）和图形显示（应力应变曲线，时间—历程显示等），创建任何一个显示分为两步：

1. 利用图形的指定功能来建立指定显示（例如观察方向、编号及颜色控制等）。
2. 利用图形动作功能来实际产生显示。

通过选用 GUI 的菜单功能项或直接键入命令，能够执行图形功能的两种类型。

### 8.6.1 GUI 驱动的图形功能

当交互地运行 ANSYS 软件时，大多数用户喜欢用 GUI，当用 GUI 功能时，执行命令时不需要实际观察到或编辑(程序将会在 *Jobname.LOG* 文件中记录所有的执行命令)，通过 **Utility>Menu>PlotCtrls** 可以访问图形指定功能。图形动作功能保存在 **Utility>Menu>Plot** 下。

## 8.6.2 命令驱动的图形功能

除了用 GUI 功能外，也可以在输入窗口直接键入 ANSYS 命令。通常，用图形的"slash"命令(如:/WINDOW，/PNUM，等)可以输入图形指定，图形动作命令通常加前缀 **PL**(**PLNSOL**，**PLVAR** 等)或后缀 **PLOT**(**EPLLOT**，**KPLOT** 等)

## 8.6.3 快速模式的图形

GUI 在缺省情况下，一旦创建了新的实体(如面、关键点、节点、单元、局部坐标系、边界条件等)，模型将会被快速显示到图形窗口，这叫做快速模式图形。然而，若在该窗口上有一个菜单或对话框的话，通过这种方式绘制的任何东西都将会遭到破坏，或者，如果将图形窗口缩小为图标，当恢复图形窗口图标时，快速模式图形将不会被显示。

快速模式图形在图形窗口中也会根据需要自动调整尺寸——这叫自动缩放功能。尽管这样，仍然经常需要利用显式绘图功能，这是由于：当创建了一个新实体，它位于已被调整了尺寸的图形(在图形窗口里面)边界的"外部"，这样便不能被快速模式图形捕捉了。绘图功能将重新调整图形尺寸并重新画图。

如果要获得更“永久”的图形，需要执行一个绘图功能(如 **Utility>Plot>Volumes** 或者一个图形动作命令(如 **VPLLOT**)。通过这种方式产生的图形在菜单上弹或在图形窗口缩为图标时不会遭到破坏。另外也要注意符号(例如关键点或节点号、局部坐标系、边界条件等)同样不会立即显示，这些符号将不出现在“永久”显示图上，除非在 **Utility Menu>PlotCtrls** 或恰当的图形指定命令下下面的功能或合适的图形说明命令命令来"打开"合适的符号，上面这些符号也不能被长久的显示。

当定义了但是又不愿立即显示时，可用 **IMMED** 命令 (**Utility>Menu>PlotCtrls>Erase Option>Immediate Display**)关闭快速模式。当不用 GUI 而交互运行 ANSYS 程序时，缺省情况下关闭快速模式。

## 8.6.4 重绘制当前显示

**/REPLOTT**命令 (**Utility Menu>Plot>Replot**)再次执行上一次执行过的显示动作命令。不过，只有当该命令在当前 ANSYS 例程里有效时该命令才会执行。例如，如果在 POST1 中发出**/PLNSOL**命令，然后退出该例程并在 Begin 级重绘时，不会产生等值线显示。为节省时间，可以为**/REPLOTT**命令定义一个缩写形式，这样可在工具栏中用“快速拾取”。

## 8.6.5 擦除当前显示

可以用**/ERASE**命令( **Utility>Menu>PlotCtrls>Erase Option>Ierase Screen**)清除当前图形显示 (但不擦除 GUI 菜单)。

### 8.6.6 放弃正在进行的显示

如果已开始显示图形，想在它结束之前中止，调用系统的“打断”（典型地，把鼠标箭头移到输出窗并键入 Ctrl+C，不过，具体的过程随系统的不同而不同），当显示在可视运行中必须执行“打断”，要不然整个 ANSYS 会话将会中止。

## 8.7 多重绘图技术

ANSYS 里面的多重绘图技术能够在一个窗口内显示多个实体及在多个窗口内显示不同的实体，定义每个窗口的组成有第四步：

1. 定义窗口的布局
2. 选择想要在每个窗口显示的实体
3. 如果要显示单元和图形，选择用于绘图的单元和图形显示类型。
4. 显示所选择的实体。

### 8.7.1 定义窗口布局

需定义 ANSYS 软件中用于绘图的窗口数目以及如何把这些窗口显示在屏幕上，有如下的布局选项：

- 一个窗口
- 两个窗口（在屏幕的左，右或上，下）
- 三个窗口（两个在屏幕的上面，一个在下面，或者一个在屏幕的上面，两个在下面）
- 四个窗口（两个在屏幕的上面，两个在下面）。

用 **/WINDOW** 命令 (Utility>Menu>PlotCtrls>MmultiWindow Layout) 来定义窗口布局，如果选择了 GUI 路径，程序会显示一个对话框，可以拾取想要的布局。对话框还有“Display upon OK/APPLY”字段，也可在此指定 ANSYS 程序下一个要显示的内容。这个字段的选项包括“多重绘图”，“重新绘图”，和“不再重新绘图”，当完成了指定的布局后，拾取 Apply 或 OK 项。

### 8.7.2 选择每个窗口显示的实体

一旦完成了窗口的布局，就要选择每个窗口将要显示的实体，可以通过下列方式之一来完成：

Command(s): (命令)

**/GTYPE**,wn,label,key

GUI:

Utility Menu>PlotCtrls>Multi-Plot Controls

如果用了 GUI 路径，对话框将会出现，在 Window to edit"字段，拾取“All

windows”或指定的窗口号(缺省窗口 1)。在“Display type”字段,选择“Entity plots”或“Graph plots”,然后拾取 OK,如果选择了“Entity plots”,将会出现另一个对话框,它将列出可以显示的有效实体类型(也可通过/**GCMD** 命令选择绘图类型,如下所述)。除了 GRPH 外,缺省情况下,其它类型都是显示的,要关掉一个实体类型,用鼠标拾取之。

如果用了/**GTYPE** 命令,对于 *wn* 变元,指定 ALL 使所有的窗口显示被选择的实体,或者选择一个指定的窗口号(缺省时为窗口 1),对 *label*,指定下述实体类型任意之一:

NODE (节点)  
ELEM (单元)  
KEYP (关键点)  
LINE (线)  
AREA (面)  
VOLU (体)  
GRAPH (图形显示)

当 GRPH 实体类型被激活时,只能显示 X-Y 图,不能用/**GCMD** 命令来发出影响显示的其它命令(例如/**TYPE**)(要得到关于/**GCMD** 更为详细的信息,请参阅 *ANSYS Commands Reference* 和本指南 8.7.3 节),如果 GRPH 类型关闭,可以显示其它实体模型或有限单元实体类型的任意组合,也可用/**GCMD** 命令来应用其它显示控制命令。

通过/**GTYPE** 命令来激活实体类型,把 key 的值指定为 1, 关掉实体类型,把 key 的值指定为 0。

### 8.7.3 选择用于绘图的显示方式

当显示 ELEM 或 GRAPH 实体类型时,可以用下列方式之一来控制用于绘图的单元类型或图形显示方式:

Command(s): (命令)

**GCMD**,*wn,lab1,...lab12*

GUI:

Utility Menu>PlotCtrls>Multi-Plot Controls

可指定 ALL 使所有的窗口使用选择的显示形式,或者把将该显示形式仅用于一个指定的窗口(缺省时为 1),上述值 *lab1* 到 *lab12* 为命令的标识,如/**TYPE** 和 **PLNS,S,X** 命令的标识(对 *lab* 变元,仅能指定含有 *wn(window)*变元的命令)。

用/**GCMD**命令与选择上述的 GUI 路径一样,然后再为 Display Type 字段选择"Entity plots" 活 "Graph plots"。

下面是用命令方式选择单元类型或图形显示方式的两个示例:

- 当 ELEM 实体类型被激活时,要在窗口 1 中显示**PLNS,S,X** 命令,用命令 **GCMD**,1,**PLNS,S,X**。
- 从单元显示转移到 Von Mises 显示,用命令 **GCMD**,1,**PLNS,S,EQV**。

#### 8.7.4 显示所选择的实体

显示所选择的实体，用命令 **/GPLOT** (Utility>Menu>PlotCtrls>Multi—Plots 或 Utility>Menu>PlotCtrls>Multi—RePlot)

## 第 9 章 通用图形规范

### 9.1 概述

许多图形特征能用于任何一种 ANSYS 图形显示，这些通用图形规约影响如：多个 ANSYS 窗口，观察方向，图形缩放，平移等特征。

### 9.2 用 GUI 控制显示

最方便地产生和控制显示的方法是用 **Utility Menu>Plot** 和 **Utility Menu>PlotCtrls** 下的功能项。另外，也可以用本指南的其它地方所讲的和下面所讲的图形动作和控制命令。

可以用本章所讲的特征来进行任何类型的 ANSYS 显示，无论是几何显示，结果显示还是图形显示。

### 9.3 多个 ANSYS 窗口，叠加显示

ANSYS 窗口是终端屏幕上的矩形部分，它位于主图形窗口内。ANSYS 窗口以屏幕坐标系 ( $X_s, Y_s$ ) 定义，可定义五个不同的窗口，这些窗口可以放在主图形窗口的任何地方，也可以相互重叠。每个窗口都有不同的图形规约设置。不过，图形动作命令可用于任何被激活的窗口。

#### 9.3.1 定义 ANSYS 窗口

定义一个 ANSYS 窗口的尺寸及位置，可用下述任一种方法。可在命令中使用简便的标识来定义窗口的尺寸并把它放置在图形窗口的上半部，下半部，右上角等。

命令：

**/WINDOW**

GUI：

**Utility>Menu>PlotCtrls>Window Controls>Window Layout**

#### 9.3.2 激活和释放 ANSYS 窗口

在 **/WINDOW** 命令中的 *XMIN* 字段中输入 ON 或 OFF 来激活或释放存在的 ANSYS 窗口 (**Utility>Menu>PlotCtrls>Window Controls>Window On or Off**)。

### 9.3.3 删除 ANSYS 窗口

删除 ANSYS 窗口，可在 **/WINDOW** 命令中的 *XMIN* 字段中输入 **DELE** (**Utility>Menu>PlotCtrls>Window Controls>Delete Window**)

### 9.3.4 在窗口之间拷贝显示规约

用 **/WINDOW** 命令中的 *NCOPY* 字段来把一个窗口的一组显示规约 (**Utility>Menu>PlotCtrls>Window Controls>Copy Window Specs**) 拷贝到另一个窗口。

### 9.3.5 重叠（覆盖）多个显示

如果想在各自的 ANSYS 窗口中显示不同的项目，在激活或释放所需的窗口时为了防止释放的窗口内的显示内容被消掉，必须应用一组不同的动作命令，该操作的关键在于 **/NOWRASE** 命令，该命令防止在创建新的显示时，进行常规的屏幕擦除。一旦多个窗口建立后，可用 **/ERASE** 命令返回常规的擦除模式。

注：这些命令没有等价的 GUI 方式。

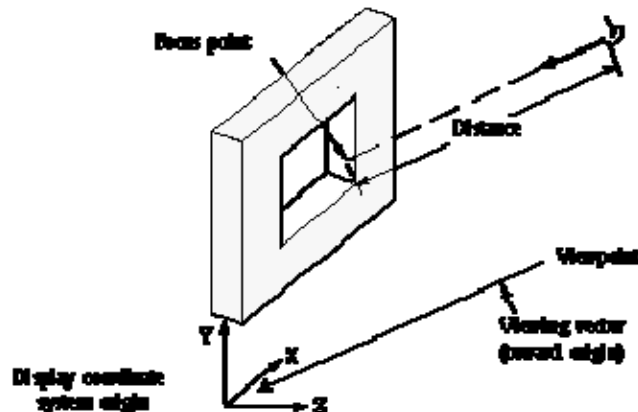
### 9.3.6 消除边框

**/PLOPTS** 命令中的 *FRAME* 标识能够建立或消除所有的 ANSYS 窗口边框。

## 9.4 改变观察角、缩放及平移

用这些显示规约类似于使用照相机，下面的简图描述了焦点、观察点、和观察距离等概念。讨论如下：

图 9-1 焦点、观察点、和观察距离





### 9.4.1 改变观察方向

观察方向是一个矢量，其方向是从观察点到显示的坐标系原点，可利用 **/VIEW** 命令在显示坐标系中来定义观察点的位置。

命令：

**/VIEW**

GUI:

**Utility>Menu>PlotCtrls>Pan, Zoom, Rotate**

**Utility>Menu>PlotCtrls>View Settings>Viewing Direction**

也可以指定 **/VIEW**, **WN**, **WP** 来调整观察方向使它垂直于当前工作平面。

可以用下述快捷键对图形显示进行平移，缩放和旋转：按下 **CONTROL** 键不放，这样进入了动态操作模式，注意光标呈现出不同的形状，仍旧按下 **CONTROL** 键不放，用鼠标按钮来操作视图显示。当想离开动态操纵模式时，只需简单松开 **CONTROL** 键。

注：如果是 Windows ANSYS 用户在进行动态操作（平移，缩放，旋转），应避免使用 256-颜色设置。在许多系统中，它是缺省的，它将降低计算机的执行速度。要改变颜色设置，选择终端屏幕底部左手角的 **Start** 按钮并选择 **Settings>Control Panel>Display>Settings**，把 **Color Palette** 的下拉列表改为 **True Color** 或者，至少为 650536。将分辨率增加到该设置所允许的最大值。另外要注意即使没有 3-D 卡的情况下也可运行 3-D 图形，但还是极力推荐使用 3-D 加速卡，因为它能提高动态旋转和其它绘图的速度。

### 9.4.2 绕指定轴旋转显示

要将屏幕显示的图形绕屏幕坐标轴或整体笛卡尔坐标轴旋转，用下列方法之一。（右手法则定义了绕任一轴的正向旋转）。

**/ANGLE**

GUI:

**Utility>Menu>PlotCtrls>Pan, Zoom, Rotate**

**Utility>Menu>PlotCtrls>View Settings>Angle of Rotation**

**Utility>Menu>PlotCtrls>View Settings>Rotation Center>By Pick**

**Utility>Menu>PlotCtrls>View Settings>Rotation Center>By Location**

**Utility>Menu>PlotCtrls>View Settings>Rotation Center>Reset to Focus Point**

### 9.4.3 确定模型坐标系参考方位

**/VUP** 命令 (**Utility>Menu>PlotCtrls>View Settings>Viewing Direction**) 决定了显示的“起始”方位。例如，当观察点和旋转方向为缺省设置时，**/VUP**, **WN**, **X** 将 **X** 轴的正向定为垂直向上，**Y** 轴正向定为水平朝着屏幕左部，**Z** 轴正向位于屏幕向外。

### 9.4.4 平移显示

焦点是模型上的点，它出现在 ANSYS 窗口的中心，可定义或再定义焦点（根据总体笛卡尔坐标系）如下：

命令：

**/FOCUS**

GUI：

**Utility>Menu>PlotCtrls>Pan, Zoom, Rotate**

**Utility>Menu>PlotCtrls>View Settings>Focus Point**

用同样的命令可以沿着屏幕轴线或总体笛卡尔坐标轴移动焦点。

### 9.4.5 放大（Zooming in 打开）图像

*视距*表示观察者和焦点的距离，并决定了图形的大小，观察距离近时图像放大，观察距离远时图像缩小。改变视距的方式为：

命令：

**/DIST**

GUI：

**Utility>Menu>PlotCtrls>Pan, Zoom, Rotate**

**Utility>Menu>PlotCtrls>View Settings>Magnification**

### 9.4.6 利用 Control 键来平移、缩放、旋转--动态操作模式

按下 Control 键 不放进入动态操作模式，注意光标呈现出不同的形状，现在可以用鼠标按钮来进行平移、缩放、旋转图形显示，当想离开动态操纵模式时，只需简单松开 Control 键。

### 9.4.7 重新设置自动比例缩放与焦点

要改变视距和焦点时，显式定义的设置变为"冻结"，这就是说：在随后的显示中，自动比例缩放或图形对中将会被关掉。（"冻结"参数在显示的符号列以 "\*" 号开头），要恢复自动比例缩放与焦点，用下列方法之一：

命令：

**/AUTO**

GUI：

**Utility>Menu>PlotCtrls>Pan, Zoom, Rotate**

**Utility>Menu>PlotCtrls>View Settings>Automatic Fit Mode**

## 9.4.8 “冻结”比例（距离）和焦点

缺省时，图形显示将会自动调整比例及对中，以使模型的图像正好充满 ANSYS 窗口，如果想“冻结”这些自动产生的比例与焦点设置，用下列方式之一：

命令：

**/USER**

GUI：

**Utility>Menu>PlotCtrls>View Settings>Automatic Fit Mode**

## 9.5 控制各种文本和符号

可在图形窗口中控制许多符号和文本的显示。这些条目可以更清楚的表示你所要显示的数据。尽管许多条目通过命令来控制，但 GUI 还是提供了一个包含了许多命令的接口，来使的方便的对条目的选取和定位。

### 9.5.1 显示中使用图例

可以使用图例来帮助你更清楚的阐明和定义你要显示的数据。窗口选项对话框是图例控制的总管。它控制图例是否显示，以及显示的类型，有时还包括显示的内容。而且坐标符号的定位也由该对话框控制。见如下的窗口选项对话框。

INFO 下拉窗口提供对图例类型的控制。它还可对图例显示的打开或关闭进行控制，以及对自动或多重图例进行选择。开关设置对所有的图例，及图例中所有的条目都有效。

打开图例开关，和选择自动图例，将控制文档列的显示。文档列的显示将把你所有的图例数据显示在图形窗口的右边，并调整你模型区域的大小。打开图例开关，将在任何时候都显示文档数据，而选择自动图例仅在可用的时候显示适当的数据。

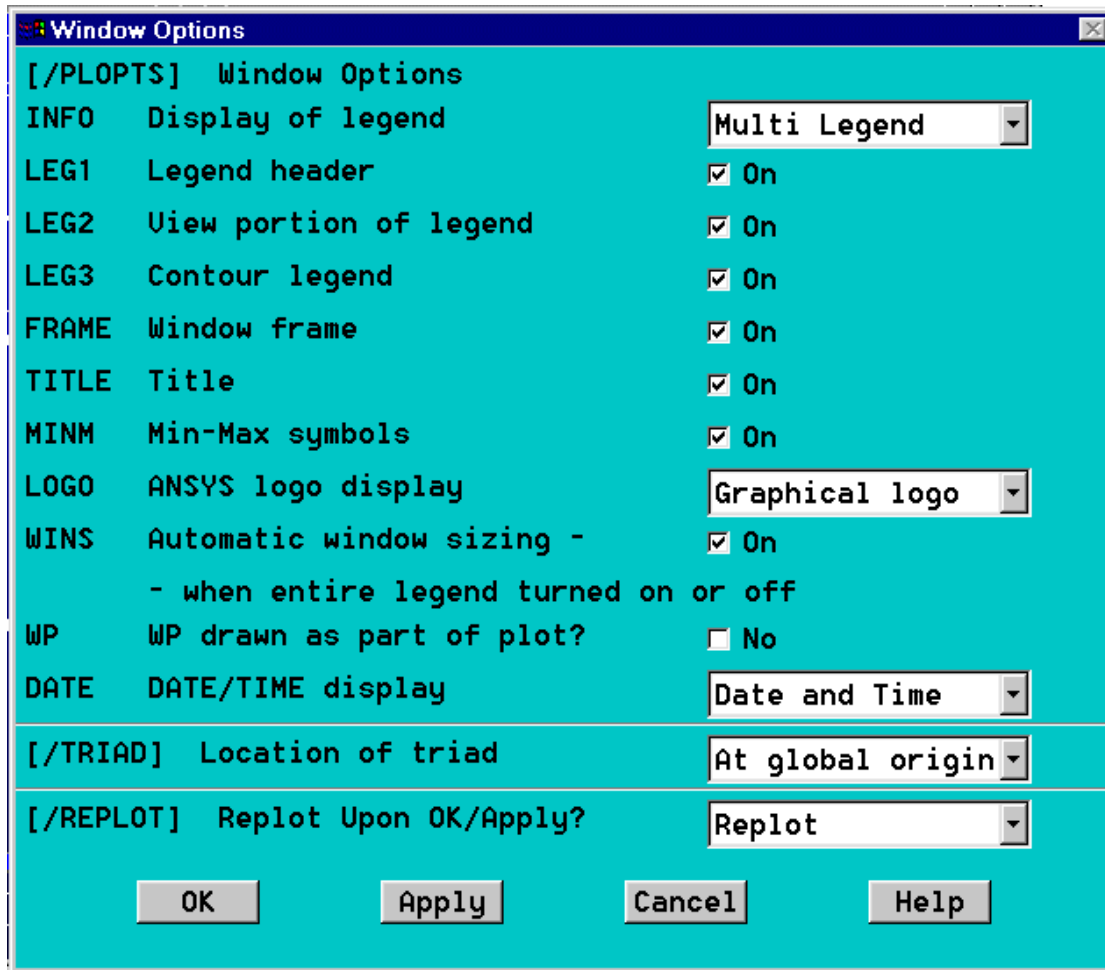
多重图例显示将对你的文本定位提供控制选项，以及控制模型区域在整个图形窗口中的显示的大小比例，以下将做讨论。

缺省下，图例设置为用户自定义的多重图例显示。Utility Menu>Plot Ctrls> Window Controls>Window Options>MultiLegend - /PLOPTS,INFO,3。

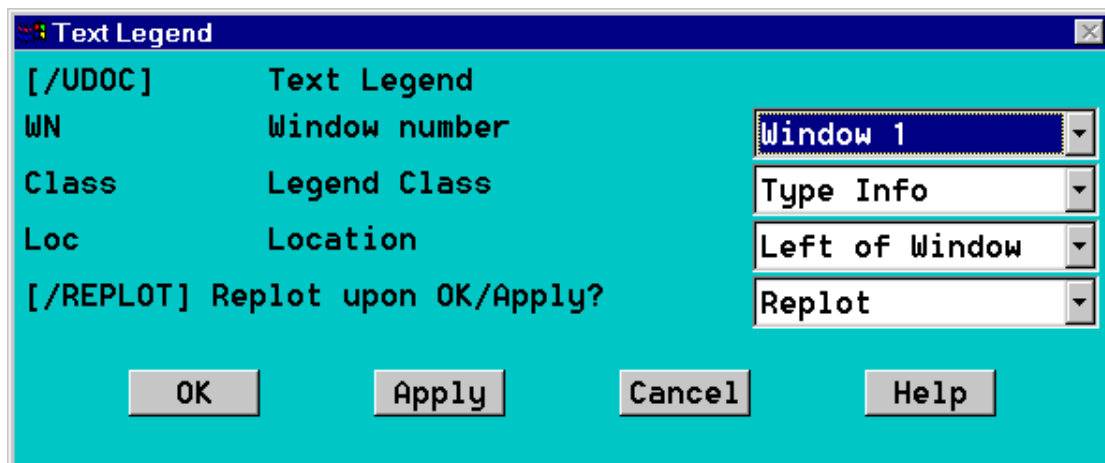
#### 9.5.1.1 控制图例显示中的内容

窗口控制对话框控制着图例的类型，还控制着文档列的内容。多重图例的内容显示控制对话框通过 Utility Menu>Plot Ctrls>Style>Multi Legend Options 命令来得到，由多重图例选项的到的图例文本对话框，显示如下，它提供对不同的图例文本条目的内容和定位控制。该对话框对应着先前所列的/UDOC 命令的产生的控制。

窗口选项对话框



多重图例文本对话框

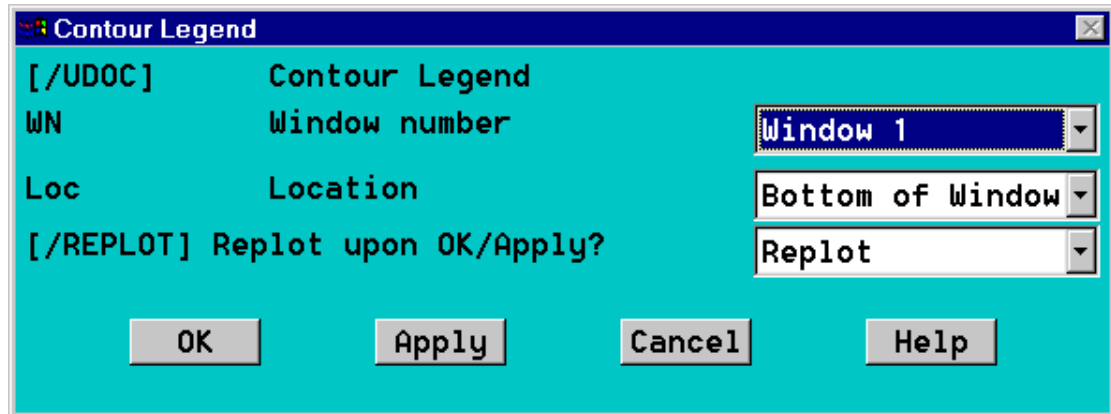


### 9.5.1.2 控制图例轮廓显示

多重图例设置允许你在图形窗口的四周设定图例轮廓的比例因子。也可通过命令 Utility Menu>PlotCtrls>Style>MultiLegend Options>Contour Legend 来完成这个设置。图例轮廓对话框

框显示如下，该对话框对应着命令 `/UDOC`。

多重图例轮廓对话框



注：

在窗口选项对话框中的设置通常优先于在多重图例轮廓对话框中的设定。参见 `/UDOC`，`/PLOPTS` 命令的文档描述以获得对它们间依赖关系更详细的论述。

## 9.5.2 控制实体字体

可以改变显示中出现的数字和字符的字体外观，通过 ANSYS GUI，选择 `DISPLAY` 程序或 `Utility>Menu>PlotCtrls>Font Controls`，或者用 `/DEVICE, FONT, KEY` 或 `/DEVDISP, FONT, KEY` 命令，所有这些命令都需要 `val1` 到 `val16` 为变元，这些变元允许指明要用的字体族名(例如, Courier)、字体权值(例如, 中等)、字体尺寸、或者定义字体选择的其它属性（有关 `/DEVICE, FONT, KEY` 或 `/DEVDISP, FONT, KEY` 命令要求的进一步信息，见 [ANSYS 命令参考手册](#)）。

## 9.5.3 控制整体坐标 XYZ 图的位置

`/TRIAD` 命令（`UtilityMenu>PlotCtrls>Window Controls>Window Options`）能够改变在显示中的整体坐标符号 XYZ 的位置。（整体坐标原点的实际数学位置并没有改变）。

## 9.5.4 打开或关掉坐标符号

用 `/TRIAD` 命令来打开或关闭整体坐标，用 `/PSYMB` 命令(`Utility Menu>PlotCtrls>Symbols`)来控制局部、节点、和单元坐标系的三坐标符号。用下列命令之一来控制工作平面坐标符号：

命令：

`/WPSTYL`

GUI：

`Utility Menu>List>Status>Working Plane`

`Utility Menu>WorkPlane>Display Working Plane`

`Utility Menu>Workpane>Offset Wp by Increments`

Utility Menu>Workpane>Show Wp Status  
Menu>WorkPane>Wp settings

### 9.5.5 改变工作平面的网格类型

可以仅按三元组显示工作平面网格、或仅为网格显示、或者三元组与网格共同显示。用 `/WPSTYLE` 将一种类型改变为另一种类型。有两种方法把工作平面打开来显示：

用不带变元的 `WPSTYL` 命令轮换显示工作平面网格，用带 “\*” 号的 `WPSTYL` 命令立即打开或关闭三元组网格，作为已存在的显示上的“覆盖”图像。

`/PLOPT, WP, ON` 指定工作平面被打开用于后续的显示。该情况下，工作平面作为显示的一部分被绘出(不像 `WPSTYL` 中的覆盖图像)。因此，该法结合隐藏线技术在用于观察工作平面相对于三维模型的位置方面最好。`WPSTYL` 和其它的等效的 GUI 来控制工作平面是否为三元组显示、或仅为网格显示、或者两者同时显示。

### 9.5.6 打开或关闭 ANSYS 标识

用 `/PLOPTS, VERS, 1`，可以使 ANSYS 标识出现在屏幕的右上角(与版本号一起)。

## 9.6 图形规约杂项

ANSYS 包含许多杂项图形命令用于操纵图形环境。

### 9.6.1 观察图形控制规约

用 `/PSTATUS` 命令(**Utility Menu>List>Status>Graphics>General**)来列出当前图形控制规约。想仅在一个窗口看图形规约，指定该窗口号代替通用窗口。

### 9.6.2 为图形"/"命令恢复缺省值

用 `/RESET` 命令(**Utility Menu>PlotCtrls>Reset Plot Ctrls**)恢复 `/WINDOW`，`/TYPE`，`/VIEW` 和其它图形"/"命令的缺省设置。

### 9.6.3 将显示规约存于文件中

用 `/GSAVE` 命令(**Utility Menu>PlotCtrls>Save Plot Ctrls**)将图形"/"命令的设置拷贝到一个 ASCII 码文件中。

### 9.6.4 从文件中调用显示规约

用 `/GRESUME` 命令(**Utility Menu>PlotCtrls>Restore Plot Ctrls**)，或者用 `/INPUT`，

*Filename*(Utility Menu>File>Read Input From), (*Filename* 是图形规约文件), 可以从 ASCII 码文件中读到图形"/"命令。

### 9.6.5 暂停 ANSYS 程序

如果为了示范或表演目的准备了一个输入文件, 就会发现产生一个显示后暂停很有用, 它可以使显示停留合适的时间供观察。可通过将/WAIT 命令加到显示动作命令后的输入流中来实现, /WAIT 命令没有等效的 GUI。

## 9.7 3D 输入设备支持

ANSYS 提供了空间球输入设备(Spacetec Corporation, Lowell, Ma)的支持。空间球是三维输入设备, 它能探测到很轻的手指压力并把它分解为 X, Y, Z 三个平移方向与三个旋转方向的分量, 这就提供了对 3-D 图像和物体的平滑、动态同时六自由度的交互控制。空间球设计成与鼠标相结合使用, 但不能代替鼠标。

ANSYS 应用程序代码中已包括了必需的软件开发包, 而且还可从如下站点获的特定的 ANSYS 驱动程序:

<http://www.spacemouse.com/>

[http://www.labtec.com/index\\_us.htm](http://www.labtec.com/index_us.htm)

如果遇到了问题, 可以试着为设备装上一个不同的驱动程序, 或者是版本旧一点的, 或者是相同的操作系统中另外的驱动。一个设备较老的驱动有可能一样可用。有任何问题, 可以联系相应的制造商, 并要求得到关于产品的更详细的信息。

## 第 10 章 增强型图形

### 10.1 图形显示的两方法

有两种方法用于显示图形：

- 全模式显示方法。用 **/GRAPHICS, Full** 命令 (Utility Menu>Plot Ctrls>Style>Hidden-Line Options) 来调用这种方法。
- 增强图形显示方法。用 **/GRAPHICS, Power** 命令 (Utility Menu>Plot Ctrls>Style>Hidden-Line Options) 来调用这种方法。

运行 ANSYS GUI 方式时，增强图形方式为缺省方式，对于除电路单元外的所有单元，该方法都是有效。全模式方法对任何单元都有效。所选择的显示方法取决于模型尺寸和在模型中所采用的单元类型。例如：如果模型中含有电路单元，就要选择全模式方法，因为增强图形对于电路单元无效。如果模型中包含了电路单元却选择了增强图形方式，ANSYS 将自动用全模式方式代替增强图形方式。另一方面，如果创建了一个很大的模型，里面都是增强图形所支持的单元类型，增强图形的方法执行速度将比全模式方式快得多。

### 10.2 PowerGraphics 的特性

- 大模型显示的绘图速度，增强型图形方式比全模式方式快得多；
- 增强型图形对具有中节点的单元绘制二次表面（曲面）；
- 对于材料类型与实常数的不连续，这种方法能够显示不连续结果；
- 壳单元的结果可同时在顶层与底层显示；
- 可用 *Query* 选项在图形用户界面方式查询一些单元的子网格结果；
- 增强型图形方式电路单元不可用；
- 当被请求的结果数据不被增强型图形支持时，结果将用全模式方式输出；
- 结果的平均仅仅用于模型表面的数据；
- 增强型图形仅支持用于绘制结果数据的结果坐标系（不支持基于单元的坐标系）。

### 10.3 何时用 PowerGraphics

由于图形显示的绘图速度，增强型图形显示比全模式显示快得多，所以增强型图形显示有独特的优越性。此外，在模型的材料类型与实常数不连续时，增强型图形将产生更加逼真的效果。尽管电路单元不支持增强型图形显示，但在大多数情况下可以用它极大地增加大模型的绘图速度，进一步的信息，参阅 **/GRAPHICS** 命令说明(在 *ANSYS 命令参考手册*中)。



## 10.4 激活和释放 PowerGraphics

有两种方法来激活和释放增强型图形显示方式：通过图形用户界面(GUI)和 **/GRAPHICS** 命令：

- 当 ANSYS GUI 被激活时，缺省方法是增强型图形方式，要切换到全模式方法，可用下列方法之一：
  1. 在图形用户界面中的 Toolbar 中拾取 POWRGRPH 按钮，这个选项将打开一个对话框，可以通过它来打开或关闭增强图形；
  2. 选择 **Utility Menu>PlotCtrls>Style>Hidden-Line Options** 来释放或激活增强型图形。
- 可用 **/GRAPHICS, FULL** 命令来释放增强型图形或用 **/GRAPHICS, POWER** 命令来激活增强图形。

注：如果先前没有用 **/GRAPHICS, FULL** 命令，用 **/PMETH, ON** 命令激活增强图形。类似地，如果先前没有用 **/GRAPHICS, POWER** 命令，用 **/PMETH, OFF** 命令释放增强图形。

## 10.5 怎样使用 PowerGraphics

当用于图形显示的增强型图形方法被激活时，它用于单元、面、体、线和结果的显示和结果数据列表。增强图形不支持电路单元的图形显示与结果列表，对于这种情况，ANSYS 自动激活全模式图形方法来显示与列表。参阅 **/GRAPHICS** 命令说明可得到更多的信息。

## 10.6 希望从 PowerGraphics 中做什么

由于增强型绘图或列表用于模型的外表面，所以能够看到与用全模式方法在结果方面的差异。增强型图形的平均计算仅包含模型表面的结果，全模式方法的平均计算、绘图或列表包含整个模型（外表面或内表面），因此，对于节点结果（而不是单元结果），增强型图形方法与全模式方法显示不同的结果值。

**EPlot**, **APLOT**, **VPlot**, **LPlot**, **PLDISP**, **PLNSOL** 和 **PRNSOL** 命令在增强型图形方式与全模式方式的性能不同，详见 *ANSYS 命令参考手册* 中对该命令的描述。

### 10.6.1 观察单元模型

增强型图形用子网格方式绘制模型，这样可以控制显示单元曲率的大小。通过指定用于单元显示的小平面数，可在模型中绘制出各种曲率的图形。该小平面对单元表面或棱边实际曲线的分段线性近似。可以用下列方法之一来指定每个单

元边的小平面数。

命令:

**/EFACET**

GUI:

**Main Menu>General Postproc>Options For Output**

**Utility Menu>List>Results>Options**

**Utility Menu>PlotCtrls>Style>Size And Shape**

指定的小平面越多，用增强型图形绘制的单元表面也就越光滑。

子网格方法影响几何曲率的显示和结果参数（位移，应力等）的打印输出。然而，当在 POST1 中用增强型图形得到实体单元的派生参量时，绘图的最大值与打印输出的最大值并不吻合，在绘制任何几何不连续处（例如 90 度角的面）的图形时，不进行平均计算。若模型不包括壳单元，增强型图形的打印输出将提供几何不连续处的平均信息。请仔细检查在几何不连续处的数据信息。

## 10.6.2 打印和绘制节点和单元结果

用 **/PRNSOL** 命令 (**Utility Menu>List>Results>Nodal Solution**) 可以列出所有的节点位置（角点及边中点）的位移、应力和应变。对于壳单元，可以在顶/底和中间层的位置列出结果和绘图。同样地，用 **/PLNSOL** 命令 (**Utility Menu>Plot>Results>Contour Plot>Nodal Solution**) 可以把节点值绘制成等值线显示，指定的每个单元的小平面数决定了等值线的分辨率。

注：壳单元的结果在顶层和底层同时显示。

在用增强型图形(**/PRNSOL**, **/PLNSOL**, 或 GUI 的查询功能)观察节点结果时，可以用很多方法来平均结果，用 **/AVERS** 命令 (**Main Menu>General Postproc>Options For Outp** 或 **utility Menu>List>Results>Options**) 选择如何对结果进行平均(**/AVERS** 对自由度的解答值(UX, UY, TEMP 等)无效)，可在任何边界(缺省)，或在除实性常数与/或材料不连续处对结果平均，结果在几何不连续处不能平均。

注：在全图形模式里，可以取消单个节点的选择，选择所有的单元(包括包含这个节点的单元)，然后对这些单元进行后处理计算，将没有被选择的节点排除在计算外。然而，若增强型图形被激活，后处理总是依据被选择的单元显示。

绘制与打印单元结果与全模式图形方法类似，可用 **/PLESOL** 或 **/PREESOL** 命令，或下列的 GUI 路径之一：

GUI:

**Main Menu>General Postproc>PLOT RESULTS>Element Solu**

**Main Menu>General Postproc>Contour Plot>Elem Solution**

**Main Menu>General Postproc>List Results>Element Solution**

**Main Menu>General Postproc>Elment Solution**

程序不按单元号进行节点结果的平均及排序。平均后的结果并不影响单元结

果的绘图。结果针对模型表面上所有节点位置处的，如果用 **EFACET**, 1 命令，边中节点的结果将不会列出来。

增强型图形不支持安全系数计算。

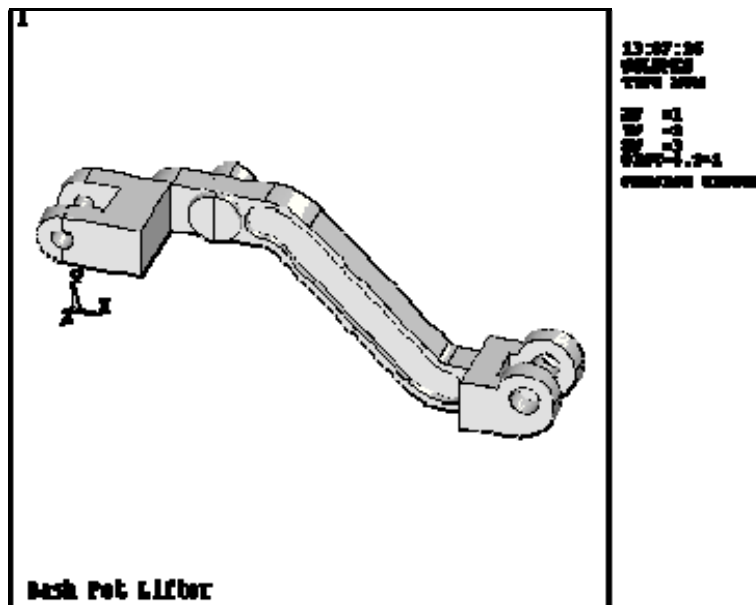
小心：在特殊情况下，模型可能包含不同结果数据组的单元类型。如果是这样的话，注意不要选择经过检查没有数据组的单元类型。这就防止有效结果与 0 值进行平均。例如，如果模型中包含 **FLUID30**（声流）和 **SOLID45**（结构实体）单元，在查看压力梯度前，不选择所有的 **SOLID45** 单元。

## 第 11 章 创建几何显示

### 11.1 用 GUI 显示几何体

几何显示是模型的几何特征(关键点、面、节点、单元、载荷、等)的显示。这种显示主要在模型的生成和载荷定义期间的分析阶段产生的。图 11-1 所示为一典型的几何显示。

图 11-1 一个典型的几何显示



很多用户发现产生和控制几何显示最简便的方法是用 **Utility Menu>Plot** 和 **Utility Menu>PlotCtrls** 下的功能项，另外，还可以用下面段落所讲的图形动作和控制命令。

### 11.2 创建实体模型实体的显示

下列命令将创建实体模型实体的显示

命令	GUI 菜单路径	用途
<b><u>A</u>PLOT</b>	<b>MainMenu&gt;Preprocessor&gt;Operate&gt;Show Degeneracy&gt;Plot Degen Areas</b> <b>Utility Menu&gt;Plot&gt;Areas</b> <b>UtilityMenu&gt;Plot&gt;Specified Entities &gt;Areas</b>	显示面图
<b><u>E</u>PLOT</b>	<b>Utility Menu&gt;Plot&gt;Elements</b>	显示单元图
<b><u>K</u>PLOT</b>	<b>Utility Menu&gt;Plot&gt;Keypoints</b> <b>Utilitymenu&gt;Plot&gt;SpecifiedEntities &gt;Keypoints</b>	显示关键点图
<b><u>L</u>AYPLOT</b>	<b>UtilityMenu&gt;Plot&gt;Layered Elements</b>	显示层的堆积顺序和层单元类型（例如 <b>SOLID46</b> 和 <b>SHELL91</b> ）的角度方位

<b><u>LPLOT</u></b>	<b>Utility Menu&gt;Plot&gt;Lines Utility menu&gt;Plot&gt;Specified Entities &gt;Lines</b>	显示线图
<b><u>NPLOT</u></b>	<b>Utility Menu&gt;Plot&gt;Nodes</b>	显示节点图
<b><u>/KEPLOT</u></b>	<b>Utility Menu&gt;Plot&gt;Replot</b>	再执行上一次显示动作
<b><u>VPLOT</u></b>	<b>Main menu&gt;Preprocessor&gt;Operate&gt;Show Degeneracy&gt;Plot Degen VOLUS</b>	显示退化体图

在触发这些动作前建立的控制也能产生包含其它信息的显示，例如序号较低的实体号（如与被选单元相关联的实体号），载荷等。

## 11.3 改变几何显示的说明

除了下面所列的特征，同时见第 8 章适用于任何类型显示包括几何显示的通用图形规约。

### 11.3.1 改变显示的风格

下面的段落讲述了改变模型显示的一些方法。

#### 11.3.1.1 显示作为实体的线单元与壳单元

如果模型中包含一维单元（如梁与管）或壳单元，可以将其按实体用下列的方法显示：

命令：

**/ESHAPE**

GUI：

**Utility Menu>PlotCtrls>Style>Size and Shape**

ANSYS 程序对梁和壳用矩形断面，对管用环形断面。单元实性常数通常与断面成比例。

还可使用**/ESHAPE**命令来显示 SOLID65 单元中（图 11-2）的强化方向（rebar），为使强化方向（rebar）可见，必须用**/DEVICE**命令（Utility Menu>PlotCtrls>Device Options）使矢量模式能够，也必须用**/TYPE**命令（Utility Menu>PlotCtrls>Style>Hidden-Line Options）激活基本绘图类型。要观察强化方向，按下列顺序发出命令：

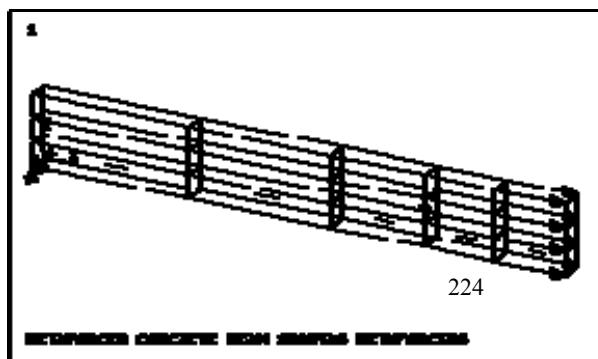
**/ESHAPE, 1**

**/TYPE, , BASIC**

**/DEVICE, VECTOR, ON**

**EPLOT**

图 11-2 SOLD65 混凝土单元图



### 11.3.1.2 仅仅显示物体的边界

进行显示时，也可仅只看物体的边缘，即：可能想去除物体内部单元轮廓。想仅看非等值线显示的外廓 (**EPLLOT**)，用 **/EDGE,, 1** 命令 (**Utility Menu>PlotCtrls>Style>Edge Options**)，在等值线显示时 (**PLESOL**, **PLETAB**, **PLNSOL**, **PLTRAC**) 缺省时显示单元轮廓 (**/EDGE,, 0**)。

### 11.3.1.3 显示物体的内部单元边界

进行显示时，也许想看到物体内部单元边界或更详细的内容，如果进行非等值线显示 (**EPLLOT**)，内部单元边界按缺省值进行显示 (**/EDGE,, 0**)，若要看到等值线显示的内部单元边界 (**PLESOL**, **PLETAB**, **PLNSOL**, **PLTRAC**)，用 **/EDGE,, 1** 命令。

上面所用的边界是不共面相邻表面上的公共线，**/EDGE** 命令中的 **ANGLE** 字段可以指定应显示边界的"共面程度"，即：如果 **ANGLE=45°**(缺省值)，仅两个相邻表面的共面偏差超过 45 度时边界才会被显示；如果 **ANGLE=0°**，即使共面偏差很小都能使边界被显示。缺省值 45°在将圆柱壳显示为光滑圆柱而不是显示为棱形圆柱时特别有用。

### 11.3.1.4 用虚线单元轮廓

用 **/GLINE** 命令，可以把单元边界从实线切换到虚线 (**Utility Menu>PlotCtrls>Style>Edge Options**)，该命令允许完全消除单元轮廓线。

### 11.3.1.5 收缩实体以便观察清晰

**/SHRINK** 命令 (**Utility Menu>PlotCtrls>Style>Size and Shape**) 收缩显示单元、线、面和体，通过指定百分比，相邻的实体被清晰地隔开。当边界选项被激活时，ANSYS 忽略首缩显示请求。

### 11.3.1.6 改变显示纵横比

利用 **/RATIO** 命令 (**Utility Menu>PlotCtrls>Style>Size and Shape**)，可以在特定的方向对显示的几何图形进行人为的变形，这对于更清晰地显示细长物体的细节很有用。

### 11.3.1.7 改变多棱面数

面和体的光栅显示是由很多的棱面(或多边形)组成的，有时，也许想通过增加用来创建这些显示的棱面数来获得面和体更为精确的表示。要在两个不同密度的棱面之间切换，用下列命令：

命令：

**/FACET**

GUI：

**Utility Menu>PlotCtrls>Style>Solid Model Facets**

### 11.3.1.8 为 PowerGraphics 显示改变棱面

当增强型图形方式起作用时，通过指定用来进行单元显示的每个单元边界的棱面数，可以显示模型中各种程度的曲率，棱面是用来表示单元的面或边界的分段线性近似。棱面数越多，表示的单元图也就越光滑。

可用下列的方法之一来指定每个边界的棱面数：

命令：

**/EFACET**

GUI：

**Utility Menu>PlotCtrls>Style>Size and Shape**

**Utility Menu>List>Results>Options**

**Main Menu>General Postproc>Options for Outp**

### 11.3.1.9 改变隐藏线选项

缺省时，光栅显示作为 Z-缓冲显示创建，参见 *ANSYS 命令参考手册* 中的 **/TYPE** 命令的描述获得关于其它“隐藏线”选项的信息。所有的非 Z 缓冲隐藏线选项在矢量显示中产生相同的结果。对于面、体和 P 单元的 Z 缓冲显示，可以用 **/SHADE** 命令 (**Utility Menu>PlotCtrls>Style>Hidden-Line Options**) 来进一步指定表面明暗法的类型（物体的“平滑性”）。而且，可以用 **/GFILE** 命令来设置写入图形文件的 Z-缓冲显示的分辨率。

### 11.3.1.10 截面显示、切片显示或带帽显示

可用截面显示、切片显示或带帽显示来观察 3-D 实体单元模型的内部（这些都是由 **/TYPE** 命令控制的隐藏线显示的专门描述），截面显示产生 2-D 剖切面内的图像，该剖切面是由模型与切平面（参看下面关于切平面的讨论）相交而产生的；切片显示与截面显示类似，但它还显示剩下的 3-D 模型的边界线；带帽显示产生模型 3-D 部分的图像，其中，模型的一部分被切除平面“切除”掉。

### 11.3.1.11 指定切平面

三种图形显示-截面显示、切片显示或带帽显示都需要一个切平面，通过 **/CPLANE** 命令 (**Utility Menu>PlotCtrls>Style>Hidden-Line Options**) 指定切平面，并用下列方式之一来定义：

- 垂直于观察方向并经过焦点（缺省时）。
- 工作平面

### 11.3.1.12 矢量模式与光栅模式

**/DEVICE** 命令（或 **/SHOW** 命令）允许在矢量模式与光栅模式中切换，缺省时，光栅模式被激活，这就是说：多边形被显示时充满了颜色。这影响到面、体和单元的显示以及后处理显示的几何形状。矢量模式产生“线框”显示，这仅显示实体的轮廓，与光栅显示相比，其图形生成的时间要短。当图形会话不是在光栅显示模式，要显示实体模型实体的线框轮廓

时，在 **/FACET** 命令中指定 **WIRE** 选项。

### 11.3.1.13 透视显示

缺省时，ANSYS 产生模型的非透视显示，用 **/VCONE** 命令（**Utility Menu>Plot Ctrls>View Settings>Perspective View**）来定义一个视锥角产生透视显示。（视锥角越大，透视效果也就越明显）。

## 11.3.2 应用 Styles 来增强模型显示

通常，可高亮度显示模型的一部分，来更清楚的表示它的结构，或为了突出某特定区域。你可使用如下技巧来增强模型显示(**Utility Menu>PlotCtrls>Style**)。

### 11.3.2.1 对选定的项目纹理化处理

你可对模型中的不同条目进行纹理化处理(**Utility Menu> PlotCtrls>Style>Texturing(3D)**)来得到更真实的效果以及条目之间更好的区分。你必须使用 3-D, Open GL 显示设备，并加载有合适的驱动。你可在命令行中对指定的编号过的实体进行纹理处理，当然也可通过在图形窗口中拾取你想要处理的实体。纹理处理由 **/TXTRE** 命令调用。

纹理化将影响许多显示操作的进行速度。可暂时关闭纹理处理来加快显示的速度(**Utility Menu> PlotCtrls>Style>Texturing(3D)>Display Texturing**)。该菜单项打开或关闭纹理处理开关。开关被关闭时，所有的纹理处理信息将被保存，所以当你重新打开开关时，纹理化可以继续进行。

**/TXTRE** 命令可在 2-D 设备中用来对位图进行处理。其他的应用需要 3-D 设备的支持。

在三角网格显示时，许多 3-D 效果将不能适当的显示。三角显示为默认设置，它可加快 3-D 显示的解析速度。你可通过 **/DV3D** 命令中的 **TRIS** 选项来控制三角显示。确保在你获的满意的输出后，继续使用 **TRIS** 选项。

### 11.3.2.2 创建透明光栅显示

在某些 2-D 或 3-D 设备中，可通过 **/TRLCY** 命令来创建透明或半透明的图形显示(**Utility Menu>PlotCtrls>Style>Translucency**)。你可采取拾取方式，或在输入框中输入适当的实体编号的方式，来选择你要进行透明化处理的条目。透明化的程度可从不透明到全透明。

在 2-D 设备中，ANSYS 仅显示你选择实体的可见面。使用命令 **/SHRINK** 的一个较小值(**Utility Menu>PlotCtrls>Style>Size and Shape**)可使硬件绘制出实体的隐藏面，从而产生一种你想要的效果。

### 11.3.2.3 改变光源的明暗度

光源明暗对至少有 8 个彩色平面 ( $2^8=256$  颜色) 的二维或三维设备有增强光栅显示功能，可用下列的方法之一来指定光源明暗所需的彩色平面数目：

命令：

**/SHOWEFACET**

**Utility Menu>Plot Ctrls>Device Options**

在某些 3-D 设备中，可用 **/LIGHT** 命令（**Utility Menu>Plot Ctrls>Style>Light Source**）调整光源的柔和度和定向光、改变光的方向、更改定向光的反射因子。当 Z-缓冲隐藏线选项被使用时，也可用 **/LIGHT** 命令改变 2-D 设备的光向。



### 11.3.2.4 添加背景阴影和纹理

对背景的处理可以增强对比和高亮度你的模型显示，同时有利于产生一个更好的输出效果。通过如下菜单选择背景处理操作，

Utility Menu>PlotCtrls>Style>Background，共有四个选项来控制背景处理，背景处理的开关控制，以及是否使用颜色，纹理，及用户自定义文件来处理背景的控制。/COLOR 命令定义可用的颜色，并可指定颜色的渐变度。

/TXTRE 命令定义了可用的纹理。依赖用户所定义文件的像素大小，纹理可能平铺整个背景，也可能只有填充一部分。利用纹理或用户自定义文件对背景进行填充比使用渐变色具有更快的加载速度。

外部的位图文件也可用来对背景进行填充，你可以从外部源引入一个文件来创建任何你需要的背景。PC 机上支持 bmp,png,和 jpg 文件格式，UNIX 系统支持 png,jpg 和原始的 XWD 文件格式。你所引入的位图它占据的像素的大小是在文件创建时确定的，而且不能在图形窗口中改变它的大小。依赖于文件所占的像素大小，背景有可能平铺而覆盖整个窗口。在引入位图文件之前，最好利用其他的图形应用程序来获得图形的大小。

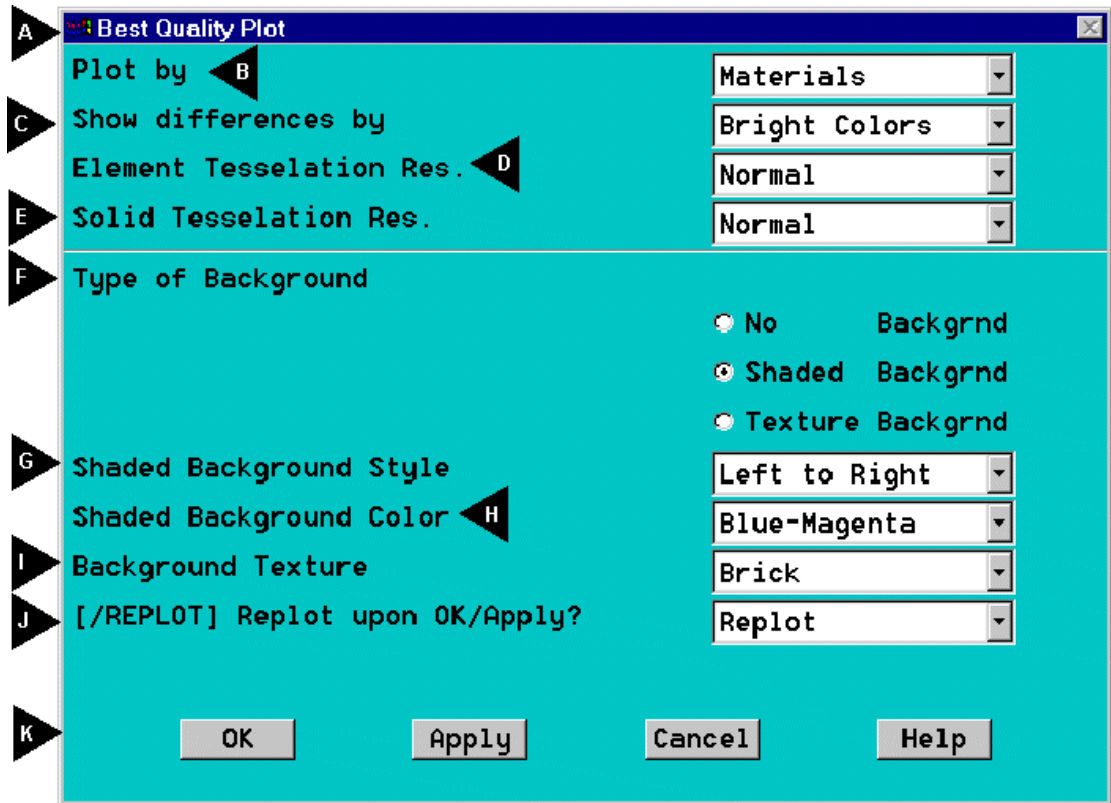
ANSYS 图形窗口缺省的背景使用从上到下渐变的蓝色(/COLOR, PBAK,ON,1,BLUE),你可以使用该命令来进行修改，或者使用/UIS 选项的设置开关来使之无效。

### 11.3.2.5 使用创建最佳图形质量的功能

一旦你对模型使用了几种不同的风格属性，你就会要求调整各个风格的表示，来产生一个既能完整传达图形信息，又能有一个具体实现的表示。通常，你使用不同的风格属性，然后进行重画来观察模型的显示，这些步骤只可能是试探性的，而且有可能会产生错误。你可利用创建最佳图形质量的功能来优化这些风格属性，Utility Menu>PlotCtrls>Best Quality Image>Create Best Quality。

创建最佳图形质量的功能是一个考虑了多个因素的复杂宏调用，包括对模型的三维属性，模型各个不同部分的定义方式，以及怎样来显示模型的属性的考虑。它遍历模型的全部风格属性，并提供最优化设置。该对话框如下：

创建最佳图形质量对话框



A: 该对话框包含如下功能调用:

B: Plot by-

以模型不同属性为基础, 来选择图形优化。选项有:

Items

该选项提供使用已定义的面, 体或单元来作为优化的基础。

Materials

根据模型所使用的材料来对模型显示进行优化。

Type

根据模型中定义的不同单元类型来对模型显示进行优化。

Real

根据模型中定义的不同实常数来对模型显示进行优化。

C: Show difference by-

据该选项来确定模型显示所采用的颜色。一个下拉菜单将提供两种不同的着色策略选择。你也可据对模型已采用的纹理和透明化风格来选择颜色。用如下方式来改变颜色使用策略, Utility Menu>PlotCtrls>Best Quality Image>Modify Colors。

D: Element Tesselation Resolution-

该下拉菜单提供了对单元显示的三种不同解析方式。Normal 方式是对质量和速度一种平衡的优化, 而 Coarse 方式是对速度的最大优化, Fine 方式是对质量的最大优化。

E: Solid Tesselation Resolution-

该下拉菜单提供了对实体显示的三种不同解析方式。Normal 方式是对质量和速度一种平衡的优化, 而 Coarse 方式是对速度的最大优化, Fine 方式是对质量的最大优化。

F: Type of Background-

背景类型选项有空白, 阴影, 或纹理化。其中阴影背景对应着/COLOR 命令中定义

的颜色，而纹理背景则对应着/TXTRE 命令中定义的纹理。这些条目的选择都可在其对应的下拉菜单中进行选择。而若使用空白背景，模型将显示在一个灰色背景中。

**G: Shaded Background Style-**

该下拉菜单提供了四种不同级别的灰色选项来作为背景颜色。

**H: Shaded Background Color-**

该下拉菜单允许你在由/COLOR 命令定义的颜色列表中来选择一种颜色作为背景颜色。

**I: Background Texture-**

该下拉菜单允许你在由/TEXTURE 命令定义的纹理列表中来选择一种纹理作为背景纹理。

注：

最佳图形质量功能的宏将修改颜色映射表。这将影响后面的图形显示。一旦你已经捕获或者是绘制出了图形，你应该通过 **Reset to Previous** 或 **Reset to Global** 调用来恢复颜色映射表。(Utility Menu>PlotCtrls>Best Quality Image) 调用这些函数将产生一次重画。

### 11.3.3 打开或关闭编号与颜色

在 ANSYS 软件中，项目编号与颜色通常是相联系的，缺省时，实体不编号。编号（和与此相关的色彩，在适当的设备上）能通过下列命令打开或关闭：

- 节点
- 单元
- 单元坐标系
- 材料类型
- 实常数
- 单元类型
- 单元位置（对已排序的单元）
- 等值线的数值（仅为整数，对单元显示）
- 构成实体模型的实体（关键点、线、面和体）

#### 11.3.3.1 打开或关闭项目编号

用/**PNUM**命令（Utility Menu>Plot Ctrls>Numbering）来打开或关掉下列项目的编号：

- 节点
- 单元
- 单元坐标系
- 材料类型
- 实类型
- 单元类型
- 单元位置（对重排序的单元）
- 等值线值（仅限于整数，在单元显示上）
- 实体模型实体（关键点，线，面和体）

在面隐藏线和精确隐藏线显示时，编号不出现。

### 11.3.3.2 选择数字图形显示的格式

可用/**GFORMAT**命令在想显示的浮动点编号处选择格式，该命令允许指明编号显示的字段宽度和对 FORTRAN 格式类型的显示位数。允许根据需要截取显示外形的其它命令包括/**PNUM**，/**PBC**，/**PBF**，和/**PSF**。

### 11.3.3.3 控制编号和颜色选项

一旦打开一个项目编号，就可以用/**NUMBER**命令(与/**PNUM**的 GUI 路径相同)选择编号与颜色四种可能的"开-关"组合"(例如：显示颜色和编号(缺省)； 显示颜色,但不显示编号；显示编号，但不显示颜色； 颜色和编号都不显示)

### 11.3.3.4 手动控制颜色值

可以用/**COLOR**命令(**Utility Menu>PlotCtrls>Style>Colors>color option**)来控制具体的项目或编号和它们相互关联的颜色之间的对应关系，可用外部的 CMAP 程序改变整个颜色图，该程序能够在文件中编辑和存储一个新的彩色图(见第 17 章关于 CMAP 程序的细节)。ANSYS 程序中，彩色图文件可以按下列方法之一读出：

命令：

**/CMAP**

GUI：

**Utility Menu>PlotCtrls>Style>Colors>Load Color Map**

## 11.3.4 显示载荷和其它特殊的符号

下列段落讲述了如何操纵载荷和其它特殊符号：

### 11.3.4.1 打开及关闭载荷符号和等值线

要打开或关闭约束自由度和集中载荷的载荷符号，可用/**PBC**命令(**Utility Menu>PlotCtrls>Symbols**)。/**PBC**命令控制实体模型载荷符号与有限单元载荷符号。

对于面载荷符号或等值线，用/**PSF**命令(**Utility Menu>PlotCtrls>Symbols**)。/**PSF**激活了有限单元上的面载荷的“立即”显示，但没有激活实体模型实体上面载荷的“立即”显示。

对于体载荷符号或等值线，用/**PBF**命令(**Utility Menu>PlotCtrls>Symbols**)。/**PBF**仅用于有限元载荷，体积力符号不出现在实体模型显示中，/**PBF**不产生“立即”显示。

在 SOLUTION (或 REP7) 中施加载荷时，可用上述命令来打开载荷符号进行观察验证。当进入 POST1 时，ANSYS 程序将自动关闭这些符号。关于控制后处理显示的更详细信息，见第 12 章。

### 11.3.4.2 在靠近符号处显示边界条件的值

可以用/**PBC**命令来显示载荷符号（见 11.3.3.4 节来获得打开和关闭其它符号的信息），该命令也提供了在符号后面显示边界条件值的选项，与该命令相关的一些边界条件值包括：反力 (**RFOR**)，反力偶 (**RMOM**)，位移 (**U**)，电流 (**AMPS**)。有关 ANSYS 支持的各种边界条件值的进一步信息，见 *ANSYS 命令参考手册*。

### 11.3.4.3 缩放矢量载荷符号

**/VSCALE**(**Utility Menu>PlotCtrls>Style>Vector Arrow Scaling**)允许调整矢量选项符号

的比例(如代表集中力的箭头大小等), 该命令也允许选择 “Uniform Scaling” 选项, 使各个矢量符号都有相同的长度, 而不考虑它们的相对大小。

#### 11.3.4.4 打开或关闭其它符号

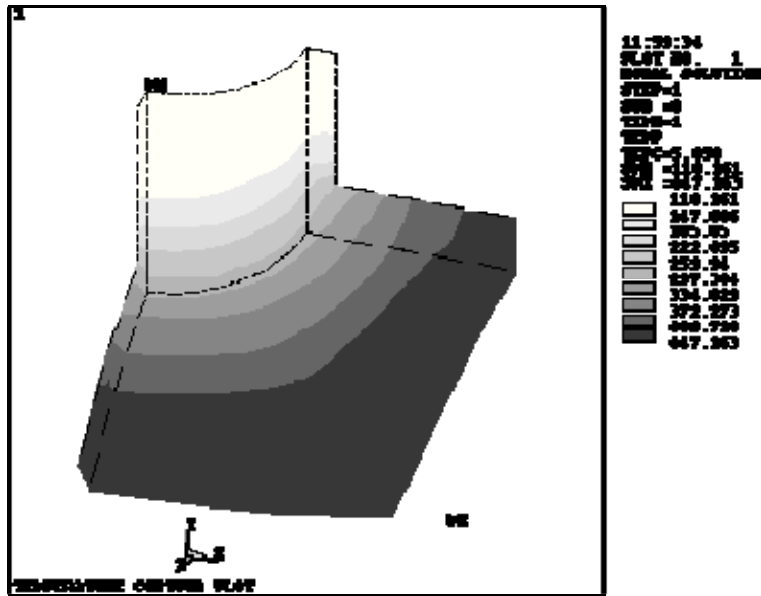
可以用 **/PBC** 命令来打开或关闭控制自由度、藕合节点和约束被方程中的节点的符号, 用 **/PSYMB** 命令(**Utility Menu>PlotCtrls>Symbols**)来打开和关闭局部坐标系、节点坐标系、单元坐标系、线条方向、关键点/节点、层的定向(对层状单元)的符号。

## 第 12 章 创建几何模型结果显示

### 12.1 利用 GUI 来显示几何模型结果

在显示几何结果时，可以在模型单元的后处理显示中检查解结果。几何结果的显示包括变形后形状、结果等值线（包括线单元“等值”线，例如力矩图）、向量（箭头）结果，（例如热流向量显示）。仅在通用后处理器 POST1 中才可使用这些显示。图 12-1 说明了一个典型的几何结果显示。

图 12-1 等值线结果显示图



创建和控制几何结果显示最简便的方法是使用 Utility Menu>Plot 和 utility Menu>PlotCtrls 中的允许功能。另外，还可以用下节所述的图形作用和控制命令。

### 12.2 创建结果的几何显示

下列命令在 POST1 中创建结果的几何显示

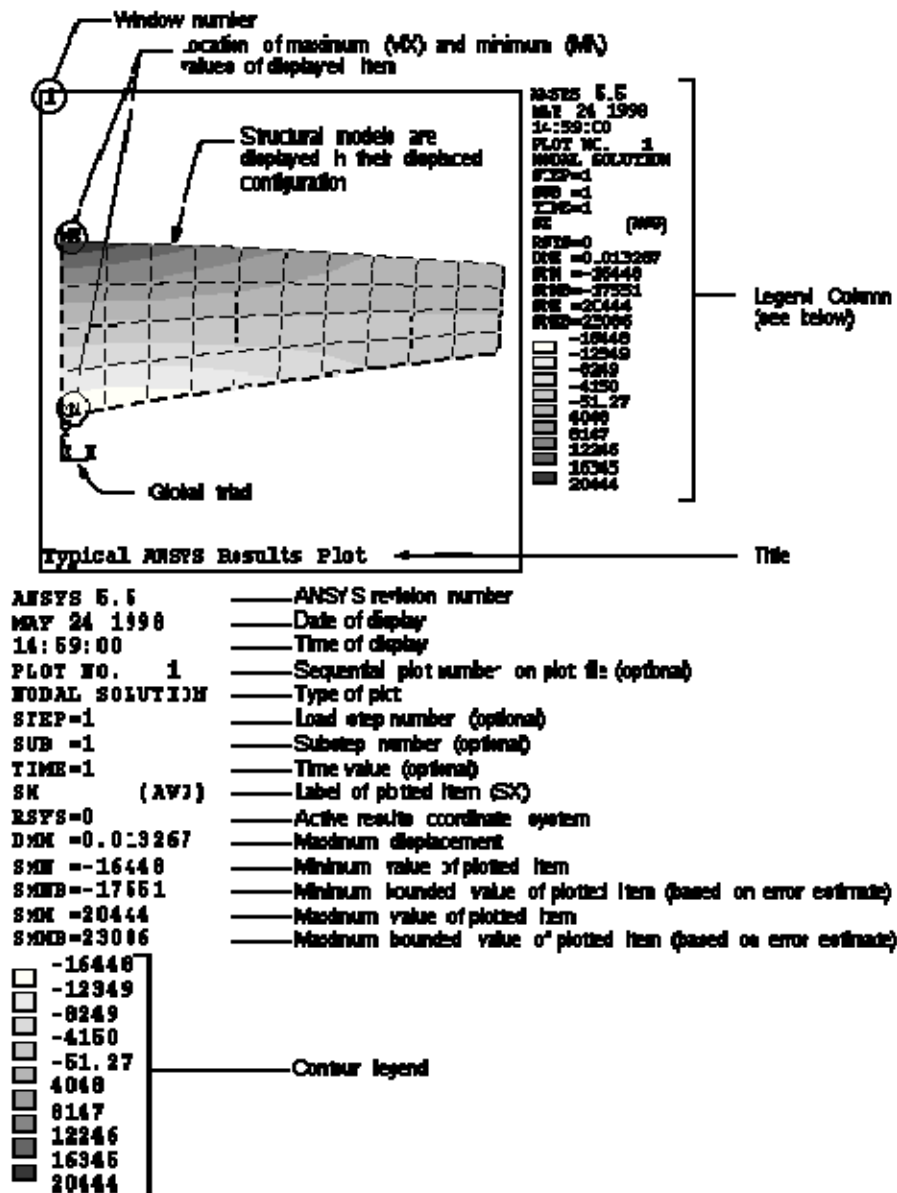
表 12-1 创建结果的几何显示的命令

命令	GUI 菜单路径	目的
<a href="#">PLDISP</a>	Main Menu>General Postproc>Plot Results>Deformed Shape Utility Menu>Plot>Results>Deformed Shape	显示变形后形状
<a href="#">PLESOL</a>	Main Menu>General Postproc>Plot Results>Element Solu Utility Menu>Plot>Results>Contour Plot>Elem	显示结果，通过单元边界的间断的等值线

	<b>Solution</b>	
	<b>Main Menu&gt;General Postproc&gt;Element Table&gt;Plot Elem Table</b>	
<a href="#"><u>PLETAB</u></a>	<b>Main Menu&gt;General Postproc&gt;Plot Results&gt;Elem Table</b>  <b>Utility Menu&gt;Plot&gt;Results&gt;Contour Plot&gt;Elem Table Data</b>	显示单元表数据的等值线
<a href="#"><u>PLLS</u></a>	<b>Main Menu&gt;General Postproc&gt;Plot Results&gt;Line Elem Res</b>	显示沿线单元和 2-D 轴对称壳单元的单元表项目
<a href="#"><u>PLNSOL</u></a>	<b>Main Menu&gt;General Postproc&gt;Plot Results&gt;Nodal Solu</b>  <b>Utility Menu&gt;Plot&gt;Results&gt;Contour Plot&gt;Nodal Solution</b>	显示连续结果的等值线
<a href="#"><u>PLTRAC</u></a>	<b>Main Menu&gt;General Postproc&gt;Plot Results&gt;Plot Flow Tra</b>  <b>Utility Menu&gt;Plot&gt;Results&gt;Flow Trace</b>  <b>Main Menu&gt;General Postproc&gt;Plot Results&gt;Particle Trace</b>  <b>Utility Menu&gt;PlotCtrls&gt;Animate&gt;Particle Flow</b>	显示粒子流或带电粒子的轨迹
<a href="#"><u>PLVECT</u></a>	<b>Main Menu&gt;General Postproc&gt;Plot Results&gt;Predefined</b>  <b>Main Menu&gt;General Postproc&gt;Plot Results&gt;User-defined</b>  <b>Utility Menu&gt;Plot&gt;Results&gt;Vector Plot</b>	显示作为矢量的解结果
<a href="#"><u>/REPLOT</u></a>	<b>Utility Menu&gt;Plot&gt;Replot</b>	重新执行所作的最后显示

在图 12-2 中，典型的结果的几何显示（在这个例子中，用 PLNSOL 命令创建）描述了包含在这样的显示中的信息类型

图 12-2 一个典型的 ANSYS 结果显示



## 12.3 改变 POST1 结果显示规范

除了阅读下表所列出的信息外，还要参见第 8 章的通用图形说明，它可以应用于包含几何显示在内的各种显示。

### 12.3.1 控制变形后形状显示

可以用两种方法控制变形后形状显示

- 重叠没有移位和发生移位的形状。通过比较发生移位前后的形状，结构移位的形状显示将会更有意义。可以用 PLDISP 命令中的 KUND 变元重叠没有移位和发生移位的形状。
- 放大失真显示的位移：在大多数小变形结构分析中，产生位移后的形状难以与没有



产生位移前的形状分开,在这种情况下,软件会在结果显示上自动放大位移量,这样,效果将更加清晰。可以用 `/DSCALE` 命令 (Utility Menu>Plotctrls>Style>Displacement Scaling) 来调整放大因子。软件把 0 作为缺省设置值 (`DMULT=0`), 这使位移量自动缩放到一个适合观察的值。因此,要获得"零"位移 (即无失真的显示), 必须设置 `DMULT=OFF`

### 12.3.2 在结果显示中控制矢量符号

有两种选项用于控制矢量符号:

- 显示节点或反作用力符号。使用 `/PBC` 命令 (Utility Menu>Plotctrls>Symbol) 将箭头符号加到结果显示中表示节点力和反作用力 (和力矩)。
- 矢量长度的缩放: 可以用下列方法之一来控制矢量符号 (如 `/PLVECT` 或 `/PBCDE` 的显示) 的长度:

命令:

`/VSCALE`

GUI:

Utility Menu>Plotctrls>Style>Vector Arrow Scaling

### 12.3.3 控制等值线显示

当光源着色被打开时,等值线图例显示的颜色与着色模型显示所用的等值线颜色不完全配合。可以用下列方法调整等值线显示:

- 给等值线加标号。在矢量模式与光栅模式中,通常自动进行等值线颜色编码,在矢量模式中,用 `/CLABEL` 命令 (Utility Menu>Plotctrls>Style>Contour>Contour>Labeling) 加入字母等值线标识 (和等值线图例)。在光栅模式中, `/CLABEL` 命令增加 (或移走) 等值线图例。
- 控制等值线图例。有时,图例栏中的图例文本会导致部分等值线图例被截去。可以用 `/PLOPTS, LEG1, 0` 命令 (Utility Menu>Plotctrls>Window Controls>Window Options) 使等值线图例获得更大的空间。从等值线栏中移走等值线图例,用 `/PLOPTS, LEG3, 0`。
- 改变等值线标识的号码。在矢量模式中,如果应用了等值线标识,缺省时,它们将出现在被等值线穿越的每个单元中。可以用 `/CLABEL` 命令来控制每个单元的字母等值线标识的号码。
- 改变等值线的颜色。要改变显示中所用的等值线颜色,使用独立的 `CMAP` 软件来创建一个新的色彩映像文件。(更多的信息,参阅 17 章),然后,在 ANSYS 软件中,使用下列方法读这个新的色彩映像文件:

命令:

`/CMAP`

GUI:

Utility Menu>Plotctrls>Style>Colors>Load Color

要恢复变灰的等值线颜色,发出 `/NUMBER, 0` 命令。

- 改变等值面的颜色。使用 `/COLOR` 命令中的 `ISURF` (Utility Menu>Plotctrls>Style>Colors>ColorType) 标识可以改变等值面的颜色。

- 倒置（或颠倒）等值线的颜色：缺省时，ANSYS 软件将用亮红色等值线表示代数最大值，用蓝色等值线表示代数最小值。在某些情况下，想颠倒这个次序。CMAP 软件有“颠倒”功能，可以很容易地创建一个颜色颠倒的映像文件。在 ANSYS 软件中，用 /CMAP 命令把颠倒的颜色映像文件读入数据库中。
- 改变等值线间隔：要改变结果显示中等值线间隔，使用 /CVAL 命令或者 /CONTOUR 命令或者使用下面的任何一个 GUI 路径。

GUI:

**Utility Menu>PlotCtrls>Style>Contours>Non-uniform Contours**

**Utility Menu>PlotCtrls>Style>Contours>Uniform Contours**

这些命令改变在等值线显示中的值显示的范围，/CONTOUR 产生相同间隔的等值线，而 /CVAL 产生特定的等值线值（这些值不必是均匀的）。如果使用了这两个命令，软件将会使用最后所指定的命令。有关信息，参阅 12.3.4 节。

- 外形等值线显示。用 /SSCALE 命令（Utility Menu>PlotCtrls>Style>Contours> Contour Style）可以把“平面”等值线结果显示转换成“三维”外形显示。
- 显示数值结果值。在等值线显示中，要显示每个节点的结果值，使用 /PNUM，SVAL，1 命令（选择 Utility Menu>PlotCtrls>Numbering）。
- 打开或关闭“MN”与“MX”符号。MN 与 MX 符号用于识别最小和最大等值线的位置，/PLOP 命令中的 MINM 标识能打开和关闭这些符号。

产生 3-D 等值面、粒子梯度或梯度组合显示。等值面，粒子云和梯度组合是帮助观察 3-D 实体体内的响应状态的工具。利用 /CTYPE 命令（Utility Menu>PlotCtrls>Style>Contours> Contour Style）能够把等值线显示改变为这三种显示方式中的一种。

### 12.3.4 改变等值线数目

缺省时，ANSYS 软件显示 9 个等值线，要减少（不增加）等值线数目，可以用 /CVAL 命令（Utility Menu>PlotCtrls>Style>Contours>Non-Uniform Contour）。要改变（减少或增加）等值线数目，用 /CONTOUR 命令（Utility Menu>PlotCtrls>Style>Contours>Non-Uniform Contour），然而，下面的一个或多个因素使 ANSYS 不能显示多于九条等值线。

- 设备名
- 显示是否直接送入屏幕或是文件。
- 显示模式（矢量显示或光栅显示）
- 色彩平面数目

这些因素中的任意一个都能够抵消通过 /CONTOUR 命令指定的等值线数目。可用 /SHOW 命令（Utility Menu>PlotCtrls>Device Options）来控制这些因素。

下面段落解释了设备名、显示模式因素是怎样限制可用的等值线数目。

驱动器	等值线显示
X11 驱动器 (屏幕显示) 和光栅模式	可以显示最多九条等值线，而不管 <u>/CONTOUR</u> 命令指定多少等值线。
X11 驱动器 (屏幕显示) 和矢量模式	可以显示多于九条等值线，但是等值线显示的数目将会向下舍入到与之紧挨着的 9 的倍数。例如：如果指定 20 条等值线，软件仅仅显示 18 等值线。另外，如果指定了多于九条等值线，等值线的颜色将不唯一（这就是说，可能有

	两条或多条邻接的等值线有相同的颜色)
<b>X11C 驱动器</b> (屏幕显示) 和矢量或光栅模式	<p>如果可以获得八个图形平面,那么可以指定可达 128 条的任意等值线数目。如果显示器不支持八个图形平面,那么就被限制显示九条等值线。</p> <p>如果另一个进程利用了一些颜色,只可得到少于八个图形平面,不能显示多于九条等值线,(要证实可以得到多少个图形平面,在绘图命令后,使用 <b>/PSTATUS</b> 命令),要得到更多的图形平面,必须退出 ANSYS 软件重新输入,然后发出 <b>/SHOW</b>, <b>X11C-FORC</b> 命令 强制选择全部八个图形平面。</p>
打印输出到 ANSYS 的中性图形文件	等值线数目的最大值为 9,除非指定等值线的范围(用 <b>/CONTOUR</b> 命令中的 <b>VMIN</b> 和 <b>VMAX</b> ),或在 <b>/SHOW</b> 命令中显式设置 <b>NCPL</b> 为 8。

注:如果当前 ANSYS 图形没有显示为多输出 (**Utility Menu>Plot>Multi-Plots**) 的显示,那么,下面是正确的:

如果当前设备是 3-D 设备 [**/SHOW**, 3D], 在所有的激活窗口,模型等值线将是相同的,即使各个被激活的窗口分别用了 **/CONTOUR** 命令

为了提高效率,ANSYS 3-D 图形逻辑支持单数据结构(段),它准确包含了一组等值线。软件在所有的窗口中显示同样的段。在被激活的窗口等值线的输出中,所不同是每个窗口的观察设置。

## 12.4 Q-Slice 技术

Q-slicing 是一项可以用来通过切片平面来查询内部或模型的技术。为了实施 Q-slicing, 用下列命令把隐藏平面类型改变到 Q-slice 命令:

**/TYPE**, 1, 8

GUI:

**Utility Menu>PlotCtrls>Style>Hidden-Line Options**

缺省时,切片平面垂直于观察方向并位于焦点,可以通过上面所示的 GUI 路径或用 **/CPLANE**, 1 命令来设置切片平面。

定位工作平面,用下列方法之一:

- 选择 **Utility Menu>WorkPlane>Align WP with>Keypoints**.
- 在 **Offset WP** 菜单,按动态模式按钮。要进入该菜单,选择 **Utility Menu>WorkPlane>Offset WP by Increments**。

选择下列 GUI 路径之一可以动画显示 Q-slices:

GUI:

**Utility Menu>PlotCtrls>Animate>Q-Slice Contours**

**Utility Menu>PlotCtrls>Animate>Q-Slice Vectors**

## 12.5 等值面技术

等值面显示是常数值(例如,应力)的平面。要获得 Von Mises 应力的等值面的显示,进行下面的步骤:

1. 执行 **/CTYPE** 命令, 1 (**Utility Menu>PlotCtrls>Style>Contours>Contour Style**)。

2. 执行 PLNS, S, EQV 命令 (Main Menu>General Postproc>Plot Results>Nodal Solu). 调用 [ANISOS](#) 宏 (Utility Menu>PlotCtrls>Animate>Isosurfaces). 可以动画显示等值面。

## 12.6 控制粒子流或带电粒子的轨迹显示

可以产生关于粒子是怎样在流动的液体中运行的和带电粒子是怎样在电场或磁场中运行的图形显示。关于图形显示的更多信息参阅第 5 章, 关于粒子轨迹动画显示的信息参阅第 15 章, 关于电磁粒子轨迹的简化假定参阅第 15 章 *ANSYS 理论参考*。

要产生粒子流或带电粒子的轨迹显示, 使用下列命令

命令:

[PLTRAC](#)

GUI:

**Main Menu>General Postproc>Plot Results>Plot Flow Tra**

**Utility Menu>Plot>Results>Flow Trace**

**Main Menu>General Postproc>Plot Results>Particle Trace**

**Utility Menu>PlotCtrls>Animate>Particle Flow**

这些显示需要通过数字或通过拾取选择轨迹点。使用下列方法之一选择点:

命令:

[TRPOIN](#)

GUI:

**Main Menu>General Postproc>Plot Results>Defi Trace Pt**

使用下列方法列出或删除这些点。

命令:

[TRPLIS](#)

GUI:

**Main Menu>General Postproc>Plot Results>List Trace Pt**

命令:

[TRPDEL](#)

GUI:

**Main Menu>General Postproc>Plot Results>Dele Trace Pt**

使用下列方法之一动画显示粒子流或带电粒子在一段指定的时间内的轨迹

命令:

[TRTIME](#)

GUI:

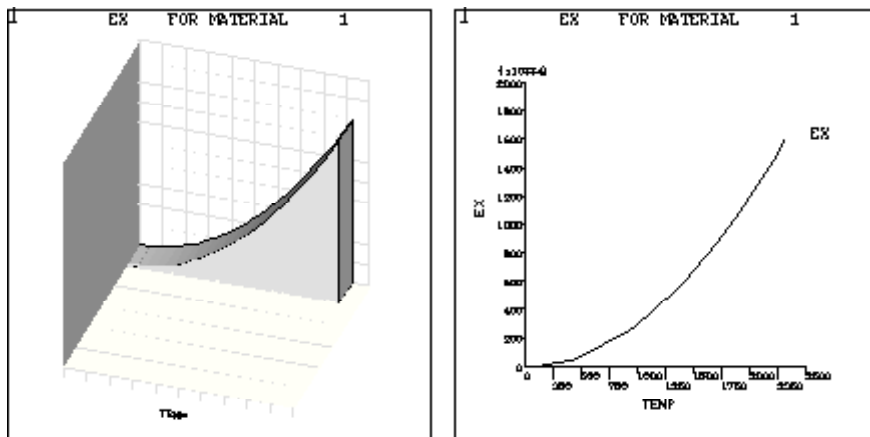
**Main Menu>General Postproc>Plot Results>Time Interval**

## 第 13 章 生成图形

### 13.1 使用 GUI 生成及控制图形

若要观察材料特性曲线，跟踪用户系统的时间——历程响应，或检查所做分析中任意两个项目之间的关系，使用图形常常是最有效的。ANSYS 的图形可以是二维图或三维图(三维图 X—Y—Z 中, Z 轴总代表时间)。). [Typical ANSYS Graphs](#) 阐述了某些典型图形。

#### [Typical ANSYS Graphs](#)



产生及控制图形显示的最方便方法是使用现成的菜单功能键，位于 **Utility menu>PlotCtrls** 菜单下，也可使用下述的图形动作和控制命令。

### 13. 2 图形显示动作

下列命令在 ANSYS 程序的任一级（包括开始菜单级）生成图形：

若显示材料性质（用 **MP** 命令族定义的材料）随温度变化的函数，使用方法如下：

Command(s): (命令)

#### [MPLOT](#)

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Other>Change Mat Props>Graph**

**Main Menu>Preprocessor>Material Props>Graph**

**Main Menu>Solution>Other>Change Mat Props>Graph**

**Utility Menu>Plot>Materials**

若显示非线性应力—应变或 B—H 曲线（用 **TB** 命令族定义的曲线），使用下述两种方法之一：

Command(s): (命令)

#### [TBPLLOT](#)

GUI:

**Main Menu>Preprocessor>Loads>Other>Change Mat Props>Data Tables>Graph**

**Main Menu>Preprocessor>Material Props>Data Tables>Graph**

**Main Menu>Solution>Other>Change Mat Props>Data Tables>Graph**

**Utility Menu>Plot>Data Tables**

若显示数组参数的列向量，使用下述两种方法之一：

Command(s): (命令)

**\*VPLOT**

GUI:

**Utility Menu>Plot>Array Parameters**

下列命令仅在 POST1 中产生图形

要显示对应于加载号（用于疲劳分析）并与特定位置和事件相对应的应力，使用下列两种方法之一：

Command(s): (命令)

**FSPLLOT**

GUI:

**Main Menu>General Postproc>Fatigue>Plot Stresses**

若计算并绘制某路径项与路径长度之间的关系图，选择下述方法之一：

Command(s): (命令)

**PLPATH**

GUI:

**Main Menu>General Postproc>Path Operations>Plot Path Items**

**Main Menu>General Postproc>Plot Results>Path Items**

**Utility Menu>Plot>Results>Path Plot**

要计算并绘制沿某一路径薄膜应力及薄膜应力加上线性应力的变化图，用下述方法之一：

Command(s): (命令)

**PLSECT**

GUI:

**Main Menu>General Postproc>Path Operations>Linearized Strs**

**Main Menu>General Postproc>Plot Results>Lineariz Strs**

**PLVAR** 命令 (Main Menu>TimeHist Postpro>Graph Variables) 绘制任一预定的变量与时间（或谐波响应分析中的频率，或其他已定义的变量）之间的函数关系图，该命令在时间—历程后处理器 POST26 中可用，在设计优化处理器 OPT 中可用类似命令 **PLVAROPT** (Main Menu>Design Opt>Graphs/Tables)。

发出 **/REPLOTT** 命令 (Utility Menu>Plot>Replot) 执行已执行过的最后一步显示动作。

### 13. 3 改变图形显示指定

除了阅读下列特征外，同时参阅[开始使用图形](#)了解适用于任一形式的显示包括图形的通用图形规定。

### 13.3.1 改变图形显示的类型，风格和颜色

可按下述方法改变图形显示的外观：

*打开及关闭坐标轴刻度*

可在 **/GROPT** 命令 (Utility Menu>PlotCtrls>Style>Graphs) 中使用 **ADXV** 标识来控制该特征的显示与否。

*打开或关闭坐标轴刻度比例值*

**/GROPT** 命令中的 **AXNM** 标识控制刻度值是否显示

*改变坐标轴刻度值文字大小*

可用 **/GROPT** 命令中的 **AXNSC** 标识 (关键字段) 增大或缩小刻度值标签的大小

*改变坐标轴刻度值中重要数字的数量*

缺省情况下，坐标轴刻度值每隔 10 个刻度值显示一刻度值，共显示四个刻度值。在十位点三个重要的刻度值，可在 **/GROPT** 命令中的 **DIG1** 和 **DIG2** 标识中更改刻度值。

*在线性刻度和对数刻度间切换*

缺省情况下，图表中采用线性刻度。使用 **/GROPT** 命令中的 **LOGX** 和 **LOGY** 标识可将 X 轴和 Y 轴切换为对数刻度 (X 轴和 Y 轴可独立切换，而 Z 轴总是线性轴)

*对不同的曲线建立不同的 Y 轴比例。*

如要在同一图表中绘制 2 个或多个图形，就会出现下述情况：不同项之间的数值差别太大，造成从某些曲线上无法获得有用的信息。例如：一个作用力 (大小为  $\sim 10^3$  量级) 的时间历程曲线与由该力产生的变形 (大小为  $10^{-1}$  量级) 的时间里程曲线放在一起时，如按与作用力一样的比例绘制曲线，变形曲线将会是一条直线。

为解决这一问题，对每条曲线采用不同的 Y 轴比例尺，用 **/GRTYP** 命令 (Utility Menu>PlotCtrls>Style>Graphs) 激活该特征。**/GRTYP**, 2 可显示多达 3 条独立的二维曲线，而 **/GRTYP**, 3 可显示多达成 6 条独立的三维曲线，要使该特征有效，须确认 Y 轴比例自动设置为缺省值 (**/GROPT,ASCAL,ON**)。

*对不同的 Y 轴使用同一比例*

若要给不同的 Y 轴分别加标签，但又要让这些 Y 轴采用同一比例，必须关闭 Y 轴比例自动设置 (**/GROPT,ASCAL,ON**)。

*生成“数据切片”曲线图 (具有 Z 方向“厚度”的曲线)*

用 **/GRTYP**, 3 命令可将不同比例的曲线分开并给出 Z 方向的厚度。(要看到该效果，须改变显示视角及视距-----例如：用 **/VIEW,1,2,2,3** and **/DIST,1,.88** (Utility Menu>PlotCtrls>Pan, Zoom, Rotate)。颜色填充命令必须也已用 **/GROPT,FILL,ON** 命令设置为打开状态。

*设置坐标轴线、坐标网络线或图形曲线的厚度*

可通过增加线条厚度的方法加重图形项，在 **/GTHK** 命令 (Utility Menu>PlotCtrls>Style>Graphs) 中使用 **AXIS**, **GRID**, 和 **CURVE** 标识。

*显示或关闭坐标网络线 (XY 平面内)*

可在图形上加上坐标网络线，使用命令 **/GRID** (Utility Menu>PlotCtrls>Style>Graphs)。加网格时，可以加上完整的坐标网络 (水平或垂直网格线) 或者部分网格线 (水平或垂直网格线)



沿显示曲线产生虚线表示的公差曲线。

若想要在图形上标明数据的分布范围、公差或不确定性，可通过 **SPREAD** 命令(**Main Menu> TimeHist Postpro>Settings>Graph**)实现。

曲线下方区域颜色填充

用 **/GROPT** 命令中的 **FILL** 标签将曲线下方区域填以颜色，以增加图形的视角效果。

改变曲线的颜色（并在曲线的下方填充颜色）

**/COLOR** 命令(**Utility Menu>PlotCtrls>Style> Colors>color type**)中的 **CURVE** 标识允许对图形中的每条曲线进行颜色控制。

在曲线下方填上网络线

如已打开颜色填充选项，发出 **/GROPT,CGRID,ON** 命令，可在曲线下方的颜色填充区域出现坐标网络线。

给 XY, XZ, 和/或 YZ 网格线着色

**/COLOR** 命令中的 **GRBAK** 标识允许对 XY, YZ, 或 ZX 平面的颜色进行控制。

着色窗口背景

**/COLOR** 命令中的 **WBAK** 标识可以控制每一显示窗口的背景色。

### 13.3.2 给图形加上标签（注）

给坐标轴加上标签

可用下述任一种命令： **/AXLAB** 命令，给 X, Y 轴加上标签。

Command(s): （命令）

**/AXLAB**

GUI:

**Utility Menu>PlotCtrls>Style>Graphs**

给曲线加上标签

对 POST26 的参数绘图曲线，去选择下述命令之一时，曲线上的标签就已建立好：

Command(s): （命令）

**NSOL, ESOL**

GUI:

**Main Menu>TimeHist Postpro>Define Variables**

**Main Menu>TimeHist Postpro>Elec&Mag>Circuit>Define Variables**

对其他类型的图形而言，在显示动作命令中用指定的项目名或参数名给曲线加上标签。（但是用列号可简单地给数组参数（**\*VPLT**）曲线加标签）。

. See Chapter 14 of this manual for additional details.

添加用户定义的图形和文字

选择注释功能可在显示图上加上另外的图形和文字，菜单项：**Utility Menu>PlotCtrls>Annotation**。参见本手册第 14 章，了解其它详细内容。



### 13.3.3 定义变量 X Y 及其取值范围

下面的几小节详细地介绍怎样定义变量 X, Y 及其取值范围

#### 13.3.3.1 定义变量 X

在 POST26 的参数绘图曲线中, 缺省情况下, 程序用时间 (或频率, 谐波响应分析) 作为 X 变量。时间并不总是代表时序。在进行与时间无关的分析时, 可将时间定义成等价于某些其它感兴趣的项目 (如输入压力)。要定义 Y 变量相对不同参数 (时间除外) 的图形显示, 使用 [NSOL](#), [ESOL](#), 和 [XVAR](#) 命令或与其等价的 GUI 方式。

#### 13.3.3.2 定义欲显示的复变量的某一部分

在 POST26 中绘制谐波响应分析结果时, 需要确定在图形中显示复变量的哪一部分内容 (幅值, 相位角, 实部, 或者虚部), 可用 [PLCPLX](#) 命令 (Main Menu>TimeHist Postpro>Settings>Graph) 确认。

#### 13.3.3.3 定义变量变 Y

有多种图形 “操作” 命令来定义变量 Y。有时, 这些命令引用已在其它命令中定义的标识。例如: [PLPATH](#) 命令使用了在 [PDEF](#), [PVECT](#), [PCALC](#), [PDOT](#), 和 [PCROSS](#) 命令中定义的标识。[PLVAR](#) 也使用了在 [NSOL](#) 和 [ESOL](#) 命令中已定义的标识。另一方面, [PLSECT](#), [FSPLOTT](#), 和 [\\*VPLOT](#) 能直接识别变量 Y。(对于上述命令等价的 GUI 方式, 参见 [AWSYS 命令参考手册](#) 中的描述)

#### 13.3.3.4 设置 X 的取值范围

[XRANGE](#) 命令 (Utility Menu>PlotCtrls>Style>Graph) 能只绘制变量 X 全程数据的某一部分, 该命令允许在曲线上的某一特定段上进行缩放。

#### 13.3.3.5 定义 TIME (谐波响应分析中为频率) 取值范围

[PLTIME](#) 命令 (Main Menu>TimeHist Postpro>Settings>Graph) 可以取某一范围的时间进行图形显示。ANSYS 总以 Z 轴来表示时间。

若 [XVAR](#)=1, [TIME](#) 也可显示在 X 轴方向。[PLTIME](#) 命令或其等价的方式也设置了横坐标的比例范围。由 [XRANGE](#) 定义的范围优先于由 [PLTIME](#) 定义的范围。

#### 13.3.3.6 设置 Y 的取值范围

缺省情况下, 图形上包含变量 Y 的全部取值范围, 可用 [YRANGE](#) 命令 (Utility Menu>PlotCtrls>Style>Graphs) 来定义较小或较大的数据范围, [NUM](#) 变元允许为不同曲线选择不同的取值范围 (假如已建立了各自的 Y 轴标尺)。

## 第 14 章 注 释

### 14.1 注释概述

分析过程中常规一步工作是借助添加记号将模型和结果文件提供给其他人。这些记号包括尺寸，注释行，加亮显示或其它文字或版图。ANSYS 程序的注释功能靠文字、尺寸、多边形、符号、甚至饼图这些代表性图像增强了其标准显示功能(但不能使用！和\$符号)。

ANSYS 注释功能在 2 维和 3 维驱动程序中都能获得。即使安装了 2 维驱动程序或使用 2 维驱动器 (WIN32 或 X11)，3 维注释也可以应用。然而，当安装高质量的 3 维图形卡和合适的 3 维或 OPEN GL 驱动程序时，结果才是最好的。下面将介绍 2 维和 3 维注释功能。

### 14.2 二维注释

2 维文本和图形注释是通过屏幕上的覆盖图形成的。由于覆盖图是作为虚平面存在的，所以当你移动模型时（比如改变比例、焦点、视图角度、放大倍数等等）你仔细生成的注释是不会随模型移动的。正因为如此，2 维注释主要用在最终输出上或在分析过程的不同阶段表明模型的状态。3 维注释固定在模型的指定位置，将在后面的章节讨论。

你可以通过用户图形界面获得 2 维注释功能，通过 Utility Menu>PlotCtrls>Annotation>Create 2D Annotation。如果 log 文件后来提交到批处理输入时，对 GUI 方式下的每条注释函数，都在复制显示的 log 文件中记录有一条或多条基本的 ANSYS 命令。可能出现在这样的会话记录中的注释函数包括 /ANNOT, /ANUM, /TLABEL, /LINE, /LARC, /LSYMBOL, /POLYGON, /PMORE, /PCIRCLE, /PWEDGE, /TSPEC, /PSPEC, 和 /LSPEC。

从 2 维注释对话框中可以得到下面这些基本注释：

- 文本
- 直线
- 矩形
- 圆
- 圆弧
- 多边形
- 楔形
- 箭头
- 尺寸
- 饼图
- 符号

另一个选项也可以获得，来进行复制、移动、改变尺寸或删除已有的注释。

## 14.3 为 ANSYS 模型生成注释

选中菜单 **Utility Menu>PlotCtrls>Annotation>Create Annotation** 时, 出现如下所示的文字注释对话框。绘画的文本或位图字形都可以作为注释使用。大多数系统都能获得位图字体, 仅仅不同系统的数量和类型有所不同。在注释使用之前, 位图字体必须被激活 (**Utility Menu>PlotCtrls>Annotation>Enable Bitmap Fonts**)。但“!”、“\$”不能使用。

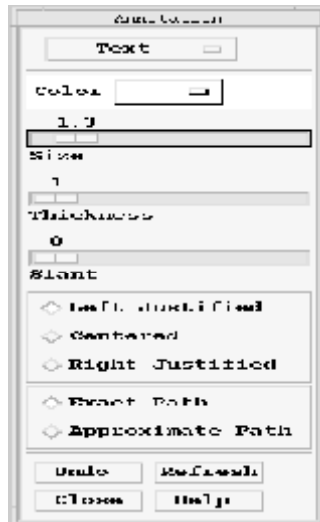


图 14-1 文字注释对话框

重新设置注释实体时, 位于文字注释对话框中的字段和按钮跟着变化。例如, 若将注释实体置为圆弧, 图 14-1 的对话框变化为用于注释圆弧 (圆弧颜色, 实线或虚线, 及圆弧宽度)。无论选择何种注释实体, 注释对话框总是显示四种动作按钮:

**Undo**—删除已生成的最近一次注释

**Refresh**—刷新注释, 在移动和删除操作命令后非常有用

**Close**—关闭注释对话框

**Help**—显示当前选择的注释实体对话框的在线帮助

一旦为模型和结果数据生成了注释, 拾取切换按钮可切换显示注释, 菜单命令为 **Utility Menu>PlotCtrls>Annotation>Display Annotation**

## 14.4 三维注释

3 维文本和图形注释需要指定 XYZ 坐标, 并且存在于 3 维空间中。当你应用 3 维注释时, 你需要从下列固定位置选择一个:

- 节点
- 单元
- 关键点
- 直线
- 面
- 体

- 所有
- 指定 XYZ
- 视图

因为 3 维注释在应用时与固定点的 XYZ 坐标相关，所以当你移动模型时注释与你的模型保持空间关系不变。这种功能是有用的，有这种情况，当你改变观察方向或模型尺寸时，注释与模型之间的表面关系将改变。整个模型的 3 维尺寸是通过一个盒子来定义的。如果你的模型一部分在图形窗口可见区域之外（如在模型指定区域进行放大），这将影响你的 3 维注释的放置。缩小通常不存在这个问题。3 维注释不象 2 维注释，它仅仅在整体直角坐标系中才有效。

3 维注释功能可以通过用户图形界面方式获得，Utility Menu>PlotCtrls>Annotate>Create 3D Annotation。每个注释功能执行时，记录文件里都有一条或多条命令被记录。如果记录文件在以后被批量输入时，它允许准确的重复显示。

在 3 维注释对话框中可以获得如下基本元素：

- 文本
- 直线
- 面
- 符号
- 箭头

另一个选项也可以获得，来进行复制、移动、改变尺寸或删除已有的注释。

## 14. 5 三维查询注释

在查询注释中，你可以直接从数据库恢复模型信息并且把它应用到模型中。ANSYS 模型与结果查询器提供了一个 3 维注释检查框，它使注释功能能够实现。通过图形选取要求的项目，你可以获得基本的模型信息、结果数据以及简单的几何与载荷信息（单位面积的力、线之间的夹角等）。同标准的 3 维注释一样，可以通过选项，来进行复制、移动、改变尺寸或删除 3 维查询注释。与 3 维注释一样，查询注释也仅仅在整体直角坐标系中才有效。关于查询注释的更详细的内容，参考 ANSYS 操作指导中的图形拾取。

## 第 15 章 动 画

### 15.1 动画概述

动画非常有价值，它应用图形方式解释许多分析结果，包括非线性或与时间有关的问题。ANSYS 程序提供了用动画方式显示任何图形的工具。

许多具有局域段存储器工作站，个人计算机及某些终端设备支持动画。但是，有些硬件平台不能很好地（或者根本不能）支持在线动画。在线动画演示的另一种办法是用摄影机或摄像机脱机，一幅一幅地捕捉图形序列。但要注意，脱机记录动画并不是一件小事，常涉及到专用设备，用户编排以及专门训练的人员。

### 15.2 在 ANSYS 中生成动画显示

ANSYS 中执行动画的最容易的方法是使用 **Utility Menu>PlotCtrls>Animate** 菜单下的函数。这些 GUI 函数允许在 ANSYS 中达到“按钮动画”的效果。GUI 函数在后台执行 ANSYS 动画命令，如果你愿意，也可直接输入命令。使用命令行的步骤接下来讨论。参见第 16 章了解有关在单独的显示程序中观察动画的资料。

### 15.3 使用基本的动画命令

通过下述命令，可以很快速地显示几幅图象来得到动画效果：

Command(s): (命令)

**/SEG, ANIM**

GUI:

**Utility Menu>PlotCtrls>Redirect Plots>Delete Segments**

**Utility Menu>PlotCtrls>Redirect Plots>Segment Status**

**Utility Menu>PlotCtrls>Redirect Plots>To Segment Memory (UNIX)**

**Utility Menu>PlotCtrls>Redirect Plots>To Animation File (Windows)**

**Utility Menu>PlotCtrls>Animate>Replay Animation**

**Utility Menu>PlotCtrls>Animate>Replay**

**/SEG**命令允许将图形数据存入终端的本地“段”中（图形操作）或像素映像图（屏幕点）中（是否有，取决于所用图形设备的类型）。在图形动作命令产生一屏显示的同时，也存储了该图。然后可用**ANIM**命令按顺序显示所有的图片。典型的动画命令流大致如下：

<b>/SEG, DELE !</b>	删除当前“段”的存储内容
<b>/SEG, MULTI !</b>	在“段”中存入显示序列图
-----	图形生成命令生成图像序列
-----	（选项见后）
<b>/SEG, OFF !</b>	关闭捕捉图片函数
<b>ANIM, 15</b>	通过存储序列的循环次数 15 次

为动画序列生成系列图片，可以发出一帧接着一帧的系列图形动作命令，或触发预定义的 ANSYS 宏来自动生成动画序列。预定义宏有：[ANCNTR](#)、[ANCUT](#)、[ANDATA](#)、[ANDSCL](#)、[ANFLOW](#)、[ANISOS](#)、[ANMODE](#)、[ANTIME](#)、和 [ANDYNA](#)。

现有的本地“段”存储器或映像存储器的大小，以及每帧图片对内存的需求限制了动画序列的帧数。在大多数工作站及个人机上，每帧图片要求的内存量取决于像素数（如：屏幕点）。在 X—Window 设备上，减小图形窗口的大小就减小了像素数，从而可产生较长时间动画演示。

尽管你可以创建多个 ANSYS 窗口布置的动画，但由 OpenGL 创建的动画显示列表不会保留窗口信息。你可以通过 X11/WIN32 或通过带/DV3D, ANIM, KEY 的 OpenGL 驱动驱动器来保存多个窗口。

## 15.4 使用单步动画宏

上述基本动画命令演示的另一种较好办法是使用专用的“单步”动画宏。

- [ANDATA](#) (Utility Menu>PlotCtrls>Animate>Over Results) 产生某一范围的结果数据的顺序等值线动画，该宏允许基于最后一步绘图动作命令来产生动画序列（例如：[PLDISP](#)）
- [ANDSCL](#) (Utility Menu>PlotCtrls>Animate>Deformed Shape) 在后处理器 POST1 中产生变形的动画序列。使用[ANDSCL](#)宏前，必须执行变形的显示命令（例如：[PLDISP](#)命令）。
- [ANCNTR](#) (Utility Menu>PlotCtrls>Animate>Deformed Results) 在 POST 中产生变形等值线的动画序列。使用宏前，需执行等值线，变形或等值线及变形的显示命令（例如：[PLNS,S,EQV](#)）
- [ANMODE](#) (Utility Menu>PlotCtrls>Animate>Mode Shape) 在 POST1 中产生变形模式的动画序列，使用[ANMODE](#)前，需执行包含变形的命令。
- [ANTIME](#) (Utility Menu>PlotCtrls>Animate>Over Time) 在 POST1 中产生随时间变化的变形等值线动画序列。使用该宏前需执行显示变形、等值线或变形及等值线的命令，并已有含有随时间变化的解答。
- [ANISOS](#) (Utility Menu>PlotCtrls>Animate>Isosurfaces) 在 POST1 中产生变形等值线的正等侧动画序列。使用[ANISOS](#)前，必须执行显示等值线的命令。
- [ANCUT](#) (Utility Menu>PlotCtrls>Animate>Q-Slice Contours or Q-Slice Vectors) 在 POST1 中产生变形等值线图某一剖切面的动画序列。使用该宏前，需执行显示等值线的命令。
- [ANFLOW](#) (Utility Menu>PlotCtrls>Animate>Particle Flow) 产生粒子流动或带电粒子运动的动画片序列。使用该宏前，需在单元显示图中执行可产生粒子流动轨迹的命令（即[PLTRAC](#)）。

[ANDYNA](#)，尽管仍被 ANSYS 支持，但已由宏[ANDATA](#)替代。

## 15.5 离线捕捉动画显示图形序列

该程序产生图像时，一次产生一幅图像，逐帧摄影或录像。该技术的好处是，每次捕捉一帧动画时，对其复杂程度没有限制，且其性能不会因实体数量的增加而下降。



通常，制作高质量视频图形是配置有专用设备的多媒体专家的工作，按视频方式捕捉一系列单独的帧图需要三台各自独立的设备：

- 一台产生电视格式视频信号的设备（靠使用附件板，编码器或扫描转换装置来实现）。
- 一台帧图控制器，控制视频记录仪捕捉单帧图片。帧图控制器接受电视方式的视频信号（如串口设备 RS—232），并发出捕捉帧图的指令。
- 一台可控制帧图的视频记录仪（与家用盒式磁带录像机大不相同），除要求有专用硬件外，视频记录时同样需要有用户软件。ANSYS 中的 [/SYS](#) 命令提供了 ANSYS 程序与这些专用系统间的编程接口，允许将适频系统的命令集成于 ANSYS 例程中。

动画的另一种硬件实现方案是采用称为胶片记录器的设备将单帧图片捕捉到胶片上，由于有捕捉帧图的设备，图像靠软件控制存储到胶片上。最好的这些设备价格昂贵，且在使用时涉及到用户化编程。

对胶片记录而言，成本相对较低的方法是采用静态照相机从图形显示器上摄下单幅帧图，然后将这些图片加工成单独的胶片。这常需要有照相师来将静止的图像转变成质量能够接受的胶片。

## 15. 6 独立的动画程序

当在 UNIX 操作系统创建动画时，它们被存储为 ANIM 文件。这种格式不支持 ANSYS 外部命令。你可以使用动画程序（ANIMATE.EXE）在个人计算机上连续回放你的动画文件。即使你没有安装 ANSYS 软件，你也可以在计算机上运行动画程序。你也可以把你的 ANMI 文件转换为 AVI 文件格式。AVI 动画文件格式被许多 WINDOWS 应用程序支持，包括 WINDOWS 媒体播放器。由于 AVI 文件格式要比 ANIM 文件格式小很多，通常用它来创建方便的文件在网络上传递。

在所有 ANSYS 产品中（UNIX 和 WINDOWS）都包括动画文件。该程序被放置在安装光盘的根目录下，安装时不需要许可证和密码。它具有比标准的 WINDOWS 媒体播放器有更快的整体速度和更强的窗口控制能力，而且非常小（250KB）利于和其它分析文件一起传递和发邮件。

为了传递动画文件，ANIM 文件必须转换到 WINDOWS 文件系统。它可以通过 FTP 协议或 SAMBA 或其他系统转换工具完成。一旦 ANIM 文件被接受就可以直接打开。动画程序提供的控制与 ANSYS 动画控制器提供的功能是一样的。当你开始做动画时，控制板如下所示：

从开始程序显示，你可以获得下面这些操作：

- 文件：允许打开 AVI 或 ANIM 文件，并且保存为真彩色或 256 色的格式。
- 操作：允许你打开动画控制器，并且可以从六种不同的窗口尺寸中选择。
- 视图：允许你进行工具条开关切换显示（图标在屏幕的上方）。
- 帮助：显示程序的帮助信息。

一旦你装了动画文件，你就可以通过动画控制器进行许多次回放。动画控制器如下：

- 延迟：允许你改变动画文件帧之间的时间间隔。
- 向前/向后—仅向前：允许你循环从前往后或者结束后重新开始。

- 开始— 停止— 下一步— 前一步：允许你连续放动画或一帧一帧的放。
- 取消：关闭控制面板。

注意：

尽管你可以创建多个 ANSYS 窗口布置的动画，但由 OpenGL 创建的动画显示列表不会保留窗口信息。你可以通过 X11/WIN32 或通过带/DV3D, ANIM, KEY 的 OpenGL 驱动驱动器来保存多个窗口。

## 15. 7 WINDOWS 环境中的动画

WINDOWS 平台上的 ANSYS 程序和 DISPLAY 程序使用微软公司标准 AVI 文件格式来存储 ANSYS 图形的动画（仅视频方式）。ANSYS 程序对 AVI 文件的支持描述如下。

### 15.7.1 ANSYS 怎样支持 AVI 文件

在 ANSYS 中，动画功能分别位于 **Utility Menu> PlotCtrls** GUI 路径的选项中已及本章开始描述的动画宏中。若要动画演示所做分析的变形或不同模态时的形状，程序就将动画帧图存入 **Jobname.AVI** 文件中，这里 Jobname 是当前 ANSYS 会话过程的作业名。完成该步后，ANSYS 启动媒体播放器（位于附件中），该应用程序具有与盒式磁带录像机控制钮非常相似的控制面板。

若希望动画演示等值线图，ANSYS 程序显示一个对话框，从对话框中可以选择动画选项。加上该数据后，ANSYS 产生帧图，媒体播放器就会播放。

回放动画选项启动媒体播放器，如果在当前 ANSYS 会话中已存入了某一动画序列，那么与当前会话过程相对应的文件就会被自动赋给媒体播放器。

用 **/SE** 命令可以显示其它量，或在 ANSYS 程序的其它部分做动画，在 ANSYS 输入窗口或 **Utility Menu>PlotCtrls>Redirect Plots** 菜单可直接访问该命令。

### 15.7.2 DISPLAY 程序怎样支持 AVI 文件

若已将一系列图形存入 ANSYS 图形文件中，可在 DISPLAY 程序中生成这些图形文件的动画文件。

启动 DISPLAY 程序，在菜单条上选择 **Display>Animate>Create**，出现下列对话框：

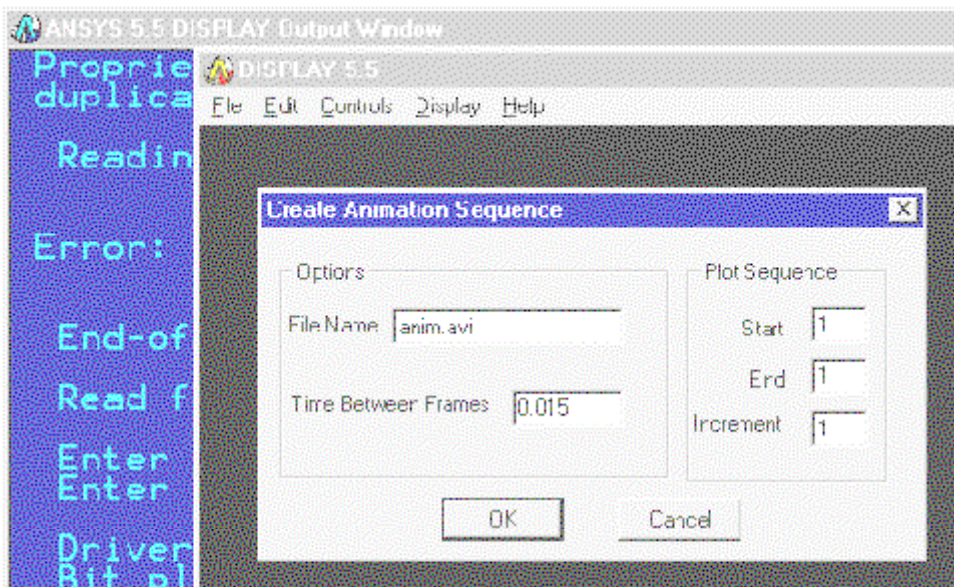




图 15-1 ANSYS DISPLAY 程序及生成动画序列对话框

在 File Name 对话框中指定动画过程中使用的图形，在 Time Between Frames 对话框中指定以秒表示的延迟时间。例如：如果 **Jobname.GRPH** 文件中含有 20 帧图片，隔一帧显示动画，选择 1（起始图形），20（最后的图形）及 2（增量），Greate 函数以缺省文件名 **AMI.AVI** 保存动画序列。

用 Playback 选项启动媒体播放器回放动画。

注：如果根据 ANSYS 动画文件从 AVI 类型的程序中制作动画，需确认 AVI 图形窗口的尺寸已设置成“原始大小”。拾取 AVI 图标并拾取 SETTINGS 来检查窗口大小的设置。这里，如需要，可更改窗口大小。

### 15.7.3 用 AVI 文件能做的其他事情

在媒体播放器中，可使用其 OLE（对象链接与嵌入）将 ANSYS 动画输出到其它应用程序中。通过 Edit 菜单下的“COPY”命令实现这一动作，然后将动画嵌入到另一种支持对象连接与嵌入技术的应用程序中。例如，可将 ANSYS 的动画对象嵌入 Microsoft Write (NT 版), Microsoft Word, 或 Microsoft Excel 中。

一旦对象嵌入到某一应用程序中，只要双击对象就可回放动画序列。要使你的复合文档能与他人共享，只要向他们提供在 ANSYS 或 DISPLAY 上产生的 **Jobname.AVI** 文件及含有嵌入动画序列的文件拷贝就行。

## 第 16 章 外部图形

### 16.1 外部图形概述

本文档的其它章节讨论了如何生成及控制直接在 ANSYS 程序中观察的图形。而在 ANSYS 程序中，可将图形窗口中的内容（某些平台可采用全屏选项）输出到打印机或图形文件中。

同样可生成与设备无关的图形文件（\*.GRPH）并使用单独运行的 DISPLY 程序观察，DISPLY 程序可用来观察静态或动态屏幕图像，或将图形文件转换成适当格式供打印、绘图、输出到字处理软件或桌面出版程序中。

#### 16.1.1 在 Windows 中打印图形

ANSYS 中，获得硬拷贝输出的方法是选择菜单 **Utility Menu> PlotCtrls>Hard Copy**，然后选择打印图形窗口的内容，或产生图形输出文件。选择输出到打印机时，Windows 中指定打印机的打印对话框弹出。此时，可修改打印选项，包括页面、版面布置、打印输出缺省值及文档处理。

打印假脱机选项会更快地释放处理器（尤其在 Z 缓冲模式）。在类型 4 或多边形模式，假脱机可能会引起某些单元绘不出，或放置位置不正确。遇到这种问题时，选择直接打印选项。

#### 16.1.2 在 Windows 中输出图形

选择菜单 **Utility Menu> PlotCtrls>Hard Copy** 后转到文件选项，出现图形硬拷贝对话框，该对话框提供许多文件输出格式（BMP,EPS,TIFF）及页面布置限定和配置选项。

可直接从 ANSYS（仅对 Windows 系统）中输出 Windows Metnfile 文件，方法是选择菜单 **Utility Menu>PlotCtrls>Write Metafile**，接下来的对话框给出页面设置和配置选项的限定范围。这些格式允许你把输出窗口输入许多商业出版物的封面上或软件介绍的陈述中。ANSYS JPEG 软件是基于 JPEG 公司产品的一部分。

PNG 格式非常强大而且小巧的一种格式，在许多计算机应用程序中包括网络被广泛接受。它是不会损坏、色彩真实的一种格式，从而减少其他格式中存在的扭曲、杂色和色彩限制，而且保持相当好的压缩能力。ANSYS 创建 PNG 文件需要 LIBPNG 和 ZLIB 软件包的支持。

你也可以通过下列菜单创建可以输出的图形 **Utility Menu>PlotCtrls>Redirect Plots**。而且页面布置与结构选项在图形硬拷贝对话框中可以找到，这种方式提供附加位置、重新求解和比例选项。当你使用这个选项时，这些格式的大多数输出功能都可以从 ANSYS 实现，而不需要通过操作系统。该选项也提供 HPGL 和 VRML3-D 着色输出，而且有屏幕输出和动画选项。你也可以通过菜单 **Utility Menu>PlotCtrls>Write Metafile** 从 ANSYS 中直

接输出窗口图元文件。随后的对话框对页面布置和结构选项提出限制。

由于上面列出的大多数输出方式都使系统影像输出来产生文件格式，因此只有在激活方式它们才会有效。如果你不处于激活方式，你想输出上面任何图形的话，你可以使用 /SHOW 命令。当你从批处理命令执行分析时，这种方式允许你产生输出文件。在文本输出时从操作系统中用 JPEG、PNG、TIFF 批处理输出 Courier 和 Helvetica 字体是不允许的。这些文件被允许是在 Adobe 系统中。

### 16.1.3 在 Unix 系统中打印图形

可从 ANSYS 中打印到波斯特字体的打印机上，选择菜单 **Utility Menu>PlotCtrls>Hard Copy** 后出现 Ps Hard Copy 对话框，该对话框中打印选项有：页面布置，反色及灰度比例。

视频反色选项仅影响显示的背景色，ANSYS 图形窗口提供的黑色背景常常不适合打印。选择反色会出现白色背景的图形。该选项不会影响等值线的颜色及从 ANSYS 调色板中选择的其他颜色。

### 16.1.4 在 Unix 系统中输出图形

Ps Hard Copy 对话框还给出许多文件输出格式 (BMP,EPS,TIFF) 以及页面布置选项的限定，这些文件可在各种字处理程序及桌面出版程序中应用。在批处理时为了产生文件输出，你必须使用 /SHOW 命令。

若要求其他输出格式，选择菜单 **Utility Menu>PlotCtrls>Redirect Plots**，可从 GRPH, PSCR, HPGL, HPGL2 and VRML 这些格式中选择。这些格式适合脱离 ANSYS 程序运行的大量的应用程序。最感兴趣的是 GRPH 文件，该格式文件是在其他应用程序中重新生成的中性图形文件，但使用的是 ANSYS 绘图指令。

## 16.2 生成中性图形文件

中性图形文件是外部图形的关键，为 ASCII 格式的文本文件，含有产生图形显示的指令。使用 DISPLY 程序并配置有合适的 2 维图形驱动程序，可在任何支撑硬件平台上观察以该文件格式保存的显示图。中性图形文件不是位图格式文件，而是 ASCII 格式文本文件。这意味着采用程序生成的显示默认值要比使用菜单 (**Utility Menu>PlotCtrls>Hard Copy**) 产生图形要好些。

要打通图形显示程序与具有有效文件名的中性图形的路径，使用如下选项。  
(在批处理方式中，缺省情况下，ANSYS 会给该文件以 Jobname.GRPH 命名)  
Command(s): (命令)

**/SHOW**

GUI:

**Utility Menu>PlotCtrls>Device Options**

**Utility Menu>PlotCtrls>Redirect Plots>To GRPH File**

**Utility Menu>PlotCtrls>Redirect Plots>To Screen**

发出的每个后续图形动作命令会向该文件写入独立显示图 (因此，中性图形

文件能包含不止一帧显示图，每一帧显示图都按顺序编上号，起始号为 1)。可在中性图形文件中使用 ANSYS 动画宏命令产生多帧显示，动画宏能自动产生一系列供动画演示、用的图形动作命令。如愿意，可再发出 **/SHOW** 命令，后跟图形设备名，将序列显示图直接显示到终端屏幕上，这样可在屏幕和文件之间作任意次来回切换（追加在文件后，而不是改写）。

## 16.3 DISPLAY 程序观察及转换中性图形文件

一旦生成了中性图形文件，就可用单独运行的 DISPLAY 程序来观察静态或动态屏幕动画，或者将文件转换成适当格式供打印、绘图或输出到字处理程序及桌面出版程序中。DISPLAY 程序采用 .GRPH 格式文件中的信息来直接生成图象，该文件产生于前述的 ANSYS 会话过程。

DISPLAY 程序支持 ANSYS 程序所支持的所有 UNIX 系统的屏幕设备和打印机，还支持 WINDOWS 兼容的屏幕设备及打印机，以及下述硬拷贝格式：

- HP 图形语言 (HPGLx)
- PostScript 语言 (1.0 版以上)
- Metafile 格式 (WMF 或 EMF)
- 内页 ASCII 码格式 (OPS4.0 版)
- ASCII 码文本转存格式

### 16.3.1 开始使用 DISPLAY 程序

DISPLAY 程序独立于 ANSYS 程序运行，进入 DISPLAY 程序可使用启动器或命令行。UNIX 系统中，从启动器中选择 DISPLAY Utility 项；从窗口中，拾取 **Start** 按钮，选择 **Programs>ANSYS 5.5>Display Utility**，从 UNIX 命令提示符下，发出命令 **display5x**，可指定下述任一命令选项：

-j	作业名
-d	设备类型
-s	读入/不读入

上述选项与在 ANSYS 程序中的选项功能完全相同。DISPLAY 不支持存储器选项 (**-m**)、数据库选项 (**-db**)、批处理选项 (**-b**)、ANSYS 菜单选项 (**-g**)、语言选项 (**-l**)、产品选项 (**-p**)、版本选项 (**-v**) 及参数指定选项。DISPLAY 不支持标准输入与输出重新定向，如在 C (csh) 外壳里，下列声明有效：

```
display55 -d X11 -j demo <demo.dat>& demo.out &
```

为在报告及演示过程中，用命令流方式使用 DISPLAY 程序，用户可能想要创建 START5x.DSP 文件（这里 5x 代表版本号，如 55 代表 5.5 版）。该 START5x.DSP 文件含有用户希望在启动时自动执行的 DISPLAY 文件。

ANSYS 程序首先读取从下述路径中找到的 START5x.DSP 文件：

- 工作目录
- 用户的初始目录
- ANSYS 文档目录

如在 WINDOWS 系统中运行 DISPLAY 程序,不是使用 START5x.DSP 文件,可简单地从文件管理器里选择 file.GRPH 文件,并将其拖到 DISPLAY 窗口,然后放开。

### 16.3.2 在终端屏幕上观察静态图像

用 DISPLAY 程序,按下述过程观察屏幕上的静态显示图。

注—除非另外注明,本节所讨论的命令为 DISPLAY 程序的命令,而非 ANSYS 命令。

1. 用 **/SHOWDISP** 和 **/CMAP** (如需要) 或 **/NOCOLOR** 命令,建立 DISPLAY 程序的会话过程 (可将这些命令包含在 START5x.DSP 文件中)。
2. 使用 **/FILEDISP** 命令,让 DISPLAY 程序直接读取所要的中性图形文件。如果同时使用 DISPLAY 程序和 ANSYS 程序,确认中性文件已在 ANSYS 程序中关闭,即:在将文件读入 DISPLAY 程序前发出命令 **/SHOW,TERM**。
3. 用 **/TERM** 命令指定终端设备选项。对屏幕显示而言,用户也许对 **/TERM,LOOP** 选项 (循环数 NLOOP 及两帧显示图之间的暂停 PAUSE) 的设置更感兴趣。
4. 发出 **/PLOT** 命令,形成指定的显示图形。记住,用户的图形文件可能包含有几种不同的显示图,可按编号调动特定的显示图,或指定程序显示文件中包含的所有图形。
5. 发出 **/FINISH** 命令退出 DISPLAY 程序。

### 16.3.3 在屏幕上观看动画演示序列

DISPLAY 程序生成动画显示的过程与 ANSYS 程序类似,执行 **/SEG** 和 **/ANIM** 命令,可快速显示几帧图片,达到“动画”效果 (象 ANSYS 程序一样,用 DISPLAY 程序,不可能使用所有硬件平台来产生在线动画)。

在 GUI 菜单中接近 **/SEG** 及 **/ANIM** 命令的路径为:

GUI:

**Utility Menu>PlotCtrls>Redirect Plots>Delete Segments**

**Utility Menu>PlotCtrls>Redirect Plots>Segment Status**

**Utility Menu>PlotCtrls>Redirect Plots>To Segment Memory (UNIX)**

**Utility Menu>PlotCtrls>Redirect Plots>To Animation File (Windows)**

有关 ANSYS 动画演示对内存的需求的注释对 DISPLAY 程序同样适用。典型的动画显示命令流类似如下:

```
/SEG,DELETE    ! Deletes all currently stored segments
/SEG,MULTI     ! Stores subsequent displays in segment memory
PLOT,4,8,1     ! Plots #4 - #8 (5 frames total) are stored in segment
               !      memory (Use PLOT,ALL to include every plot)
/SEG,OFF       ! Turn off the frame-capture function
ANIM,10        ! Cycles through the five frames 10 times
```

### 16.3.4 离线捕捉动画序列

可使用 DISPLAY 程序捕捉脱线动画(在胶片或录像带上),方法与 ANSYS 程序的捕捉方法十分相似。第 15 章对该技术作了总体讨论。

### 16.3.5 将文件输出到桌面出版系统或字处理软件中

可使用 DISPLAY 程序将 ANSYS 图形文件翻译成 Hewlett Packard Graphics Language (HPGL)、Encapsulated PostScript (EPS),或其它外部格式。例如:可能供外部的桌面出版系统或字处理软件使用。Window's 版 DISPLAY 还能输出 Metafile Graphics (WMF or EMF)文件。除上述所列格式外,对特殊格式要求,见自己的程序文档资料。

#### 16.3.5.1 在 UNIX 系统输出文件

按下列步骤创建这些输出格式图形文件:

1. 用 DISPLAY 程序发出 **FILEDISP** 命令,让程序直接读取所需的文件。用 **/SHOWDISP** 命令识别需要何种格式的图形文件(HPGL, POSTSCRIPT, INTERLEAF, 等)。HPGL 格式包含有彩色 HPGL 能力;缺省情况下, POSTSCRIPT 格式包含有 Encapsulated Postscript 格式。
2. 仍然在 DISPLAY 程序中键入 **PLOT,1**, **PLOT,2**, ... 等,让每个文件创建一帧图形 (或 **PLOT,ALL**)。DISPLAY 程序将自动给输出文件分配名字。
3. 退出 DISPLAY 程序 (用 **FINISH** 命令) 并进入字处理程序,在文档中根据自己的选择创建图形框(推荐使用方盒,以免截去 NSYS 图像)
4. 标识恰当的文件(如, PSCRnn.GRPH, HPGLnn.GRPH 等) 并将图像恢复到方框中。HPGL 文件将产生屏幕图像 (位图)。也可设置 EPS 文件包含 TIFF (标志图像文件格式) 位图或 Encapsulated PostScript Interchange (EPSI)格式的位图供屏幕预览。在 DISPLAY 程序内采用 **PSCR, TIFF** 及 **PSCR, EPSI** 命令选项实现。

#### 16.3.5.2 在 Windows 系统上输出文件

Windows 版的 DISPLAY 程序除了上述文件格式外,还提供直接的 METAFILE (图元文件) 图形输出。但系统必须运行在 32 位模式下(运行 win32 或 win32C 的 Windows 95 或 NT)。若系统工作在 Z-缓存模式,则在申请输出文件时自动切换到多边形模式。Windows 图元文件按下述步骤产生并存储在指定目录中:

1. 从 FILE 菜单中选择 Export Ansys Graphics。
2. 选择 Metafile。
3. 选择控制选项将图形的颜色颠倒过来。标准的色彩选项采用黑背景色及 ANSYS 程序中指定的色彩输出 ANSYS 显示文件。WHITE/BLACK 反色选项将提供白色背景,但图形的颜色不变。选中 OK 继续进行。
4. 选择待输出的图元文件的名称、输出位置及类型。有 WMF 或 EMF 选项供选择,每个输出文件指定以缺省名 **file00.emf** (或 wmf),对每个后续输出文件用 "00" 字段的增加量表示。老的 Windows 产品不支持 EMF 文件。

Windows Metafiles 可直接从 ANSYS(仅对 Windows 系统),方法为选择

**Utility Menu>PlotCtrls>Write Metafile**。后续的对话框提供了与上面所列相同的选项。

Windows Metafiles 不能直接从 UNIX 平台(ANSYS 或 DISPLAY)得到。必须安装 Windows 的 DISPLAY 显示实用程序, 并且为了能转换, ANSYS 图形文件必须输出到 Windows 文件系统中。Windows 的 DISPLAY 程序与所有 ANSYS 产品一起发运, 请与自己所在地区的 ASD 联系以得到安装指导。

## 16.4 获得硬拷贝图形

DISPLAY 可产生送往许多外部打印机及绘图设备的硬拷贝, 或靠嵌入的终端硬拷贝功能产生硬拷贝。

### 16.4.1 在 UNIX 系统的终端上激活硬拷贝功能

若用户终端具有嵌入的硬拷贝功能, 可用 **PCOPY** 命令(仅对 HP 工作站)或 **TERM.COPY**, **NCOPY**(在 DISPLAY 程序内) 激活之。该选项仅在交互会话过程中可用, 且对具有硬拷贝功能终端的 **SHOWDISP** 指定已处于激活状态。

### 16.4.2 使用 DISPLAY 程序获得外部设备上的硬拷贝

DISPLAY 程序支持许多打印机及绘图仪通过 HPGL、INTERLEAF、和 POSTSCRIPT 图形设备驱动程序。要激活其中之一, 首先发出适当的 **SHOWDISP** 命令(如 **SHOWDISP,HPGL**), 然后设置各种驱动程序选项(按适当方法使用 **HPGL**, 或 **PSCR** 命令)。若使用的是笔式绘图仪, **TRANS** 命令将读取当前中性文件并创建一个压缩型式的效率更高的文件。对包含光栅模式隐藏线显示的文件, 不可使用 **TRANS** 命令, 尽管 **TRANS** 不会严重影响矢量模式的隐藏线显示。后续的 **PLOT** 命令将创建所需设备格式的图形文件。

### 16.4.3 在 WINDOWS 支持的打印机上打印图形显示

要产生 ANSYS 图形显示的硬拷贝, 用 ANSYS HardCopy 菜单及 DISPLAY 程序中的打印菜单。

打印到本地(不共享)打印机时, 按下列步骤进行:

1. 激活打印管理器;
2. 选择 Properties Menu (特性菜单) 挑选所需的打印机;
3. 选择 Details Menu (详细资料菜单);
4. 选择打印选项为直接到端口的打印。



## 第17章 报告生成器

报告生成器允许你在整个分析过程的任何时候抓取图象和数据，然后用抓取的数据组成 HTML 形式的报告。抓取数据可以通过交互式报告生成器或通过批处理方式进行。使用抓取的数据生成报告，你可以使用下列工具中的任何一个：

- 报告生成器自身（交互方式或批处理方式）
- 第三种（外部）HTML 编辑器
- 第三种（外部）表达陈述软件

使用报告生成器是一个简单的过程，步骤如下：

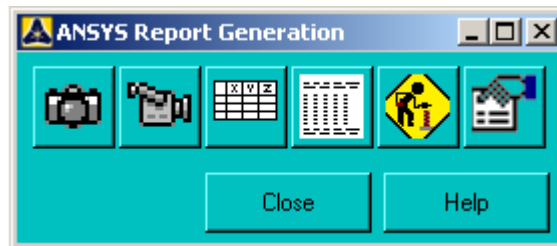
1. 启动报告生成器，并指定数据和报告的存储目录。
2. 抓取你要放在报告生成器中的数据（图象、动画、表格、列表）。
3. 用抓取的数据形成报告。

这一章余下的部分更详细的介绍了报告生成器。下面的章节主要包括这些主题：

- 启动报告生成器
- 抓取图象
- 捕捉动画
- 获取数据表格
- 获取列表
- 生成报告
- 报告生成器默认设置

### 17.1 启动报告生成器

启动报告生成器可以选择菜单 Utility Menu>File>Report Generator。结果使报告生成器窗口出现，如下：



从左到右这些按钮将激活这些功能：图象抓取、动画捕捉、表格获取、列表获取、报告生成和设置。当使用报告生成器时，把鼠标移动到按钮上将显示按钮功能描述。

#### 17.1.1 指定抓取数据和报告的位置

当你启动报告生成器时，你需要为抓取的数据和生成的报告指定目录。默认的目录是 `jobname_report`。如果你指定的目录不存在，报告生成器在提醒你接受新目录后创建它。如果目录已经存在，你可以添加抓取的数据到该目录下存在的数据中，你也可以覆盖目录下的内容然后重新开始。

当你指定数据和报告目录时，报告生成器将在 LOG 文件中写上这条命令：  
`~eui,'ansys::report::setdirectory directory'`。



### 17.1.2 了解 ANSYS 图形窗口的功能

报告生成器限制图象的尺寸以适应大多数打印机和纸张的尺寸。当你启动报告生成器时，它将重新调整图形窗口的大小以获得最佳的图象尺寸。

注意：

在启动报告生成器以后，不要再调整 ANSYS 图形窗口的尺寸，否则将出现不可预料的结果。

为了更加有利于打印，图象前景应改变成黑色，背景改变成白色（你可以修改报告生成器来防止默认颜色的改变更多信息参见报告生成器的默认设置）。

当你关闭报告生成器时，它将恢复 ANSYS 图形窗口的原始尺寸和颜色设置。

### 17.1.3 关于对图形文件格式的注意

报告生成器使用便携的网络图形格式存储图象。这种文件非常小而且颜色失真少。转换成标准的格式也很快，它支持许多软件产品如微软的浏览器、Netscape Navigator、Powerpoint、Word。

## 17. 2 抓取图象

这一节主要讲述怎样通过交互方式或批处理方式来抓取和存储静态图象。报告生成器把图象保存到你指定目录下的 `images` 子目录下。每个文件的名称是 `imagen.png`，`n` 是从 1 开始的连续的数字符号，当抓取其它图象时它逐渐递增。

### 17.2.1 交互方式

图形用户交互方式抓取静态图象的步骤如下：

1. 点击图象抓取按钮，结果图象抓取对话框出现。
2. 为抓取的图象指定标题（如五棱柱“Pentagonal Prism”）
3. 点击确定按钮 OK。结果报告生成器确认这个报告命令给 ANSYS 程序，并且把图象保存到报告目录 `~eui,'ansys::report::imagecapture "caption"'` 下。

### 17.2.2 批处理方式

在批处理方式生成任何报告之前，必须要出现下面这一行：

```
~eui,'package require ansys'
```

要通过批处理抓取图象，你需要把生成报告命令插在你抓取图象的点上：

```
~eui,'ansys::report::imagecapture "caption"'
```

## 17.3 捕捉动画

这一节讲述了怎样抓取和存储动画序列，也有两种方式交互式 and 批处理方式可选。（抓取动画只能在发出 SET 命令之后的后处理中应用）

报告生成器保存所有独立的由动画序列组成的图象文件到子目录下（你指定的目录），并命名为 `animseq_n`，`n` 是从 1 开始的连续的数字符号，当抓取其它图象时它逐渐递增。获得动画的功能保留在报告目录下由 Java 语言描述的 `ansysAnimations.js` 里。

### 17.3.1 交互式方式

通过图形用户交互方式捕捉动画的步骤如下：

1. 点击捕捉动画按钮，结果捕捉动画对话框出现。
2. 为捕捉动画指定标题（如棱柱变形动画结果“Prism Deformed Shape Animation Result”）
3. 指定捕捉动画序列应用的类型(如振型、变形图等)
4. 点击确定按钮 OK。结果报告生成器确认这个报告命令给 ANSYS 程序，并且把动画保存到报告目录~eui,'ansys::report::animcapture "caption"'下。而且动画设置窗口是与选择的动画类型有关的（如振型动画与变形动画）。
5. 修改动画的设置或接受默认的设置，然后点击 OK 确认。报告生成器保存动画序列。

### 17.3.2 批处理方式

在批处理方式生成任何报告之前，必须要出现下面这一行：

```
~eui,'package require ansys'
```

要通过批处理捕捉动画，你需要把生成报告命令插在你捕捉动画的点上：

```
~eui,'ansys::report::animcapture "caption"'
```

ANSYS 动画命令是跟在生成报告命令之后的。（如 [ANTIME](#) 和 [ANDATA](#)）

## 17.4 获得数据表格

这一节主要讲述怎样通过交互方式或批处理方式来获取表格数据。报告生成器把获取的表格添加到 ansysTables.js 文件中，在指定报告目录下的文件包括 JAVA 函数来获取表格数据。（该文件包括产生 HTML 的代码，也包括表格限制形式信息的内容，允许你连贴表格数据到其他非 HTML 文件中。）报告生成器指定 table\_n 名字给每一个表格，n 是从 1 开始的连续的数字符号，当抓取其它表格时它逐渐递增。

### 17.4.1 交互式方式

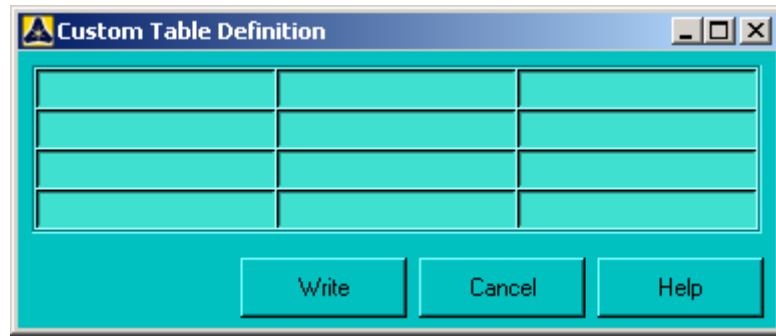
通过图形用户交互方式获取表格的步骤如下：

1. 点击表格获取按钮，结果获取表格对话框出现。
2. 为表格指定标题（如棱柱材料属性表 Prism Material Properties Table）。这个标题不能包括这种格式 %parm%.APDL 参数。（如果你想在标题中显示%可以指定为“%%”）
3. 从列表中选择预先定义好的表格类型。（报告生成器根据当前的分析来筛选可以获得的表格类型。）如果你选择材料属性表格类型，要通过材料选择域来指定材料。注意：ANSYS 是不会显示那些没有数据相对应的材料属性的。如果你选择自定义表格选项，可以通过用户表格大小域来指定表格的大小（行与列的数量）。
4. 点击 OK 确认。将保存获取的表格数据。如果你选择自定义表格选项，则参见创建用户表格。

#### 17.4.1.1 创建自定义表格

如果你创建自定义表格，则自定义表格对话框在你点击表格获取框的确认按钮 OK 后出

现。这个对话框包括你指定大小的空表。例如，假定指定的表格是三列四行的如下：



填写你自定义的信息到每个单元格中，可以包括下列正确的元素。

正确的实体类型	例如
文本	最大变形
带有超连接的文本	Maximum Stress [Kg/mm<SUP>2</SUP>]
ANSYS *GET 命令	*get,,node,10,u,y
带超连接的 ANSYS *GET 命令	{<B><I>} {*get,,node,10,u,y} {</I></B>} <i>Important: The “{” and “}” characters are necessary for parsing purposes.</i>

在每个单元格中添加内容后，点击写按钮来保存自定义的表格。

### 17.4.2 批处理方式

在批处理方式生成任何报告之前，必须要出现下面这一行：

```
~eui,'package require ansys'
```

要通过批处理获取数据表格，你需要把生成报告命令插在你要获取表格的点上：

```
~eui,'ansys::report::tablecapture "caption" tableID materialID materialName'.
```

表格的特征号是用来反映下列预定义的表格类型的标志符。

表格代号	描述
1	创建分析过程的单元实体表
2	根据在分析中的材料号创建表格
3	创建分析过程中的载荷表
4	反作用力
5	反作用力
6	最大位移
7	方向应力
8	剪应力
9	主应力
10	等效应力和应力密度
11	热梯度

12	热流量
13	热温度
14	固有频率
15	转速
16	温度
17	压力
18	电动势
19	流体速度
20	电流
21	电压差
22	动能变化
23	能量消耗
24	零件总应变
25	总剪切应变
26	主应变
27	总应变密度和总的等效应变
28	零件弹性应变
29	弹性剪应变
30	弹性主应变
31	弹性应变密度和弹性等效应变
32	零件塑性应变
33	塑性剪应变
34	主弹性应变
35	塑性应变密度和塑性等效应变
36	Component Creep Strain
37	Shear Creep Strain
38	Principal Creep Strain
39	Creep Strain Intensity and Creep Equivalent Strain
40	热应变
41	热剪应变
42	主热应变
43	热应变密度和等效热应变
44	压力梯度和压力和
45	电场
46	电场密度和总合
47	磁场密度和总合
48	磁通密度和总和

如果表格特征号是 2（材料属性）则有两个额外的要求：

- 材料特征号——相对应 ANSYS 的材料号
- 材料名字——为当前表的名字。

## 17.5 获取列表

这一节主要讲述怎样通过交互方式或批处理方式来获取列表。报告生成器把列表添加到 `ansysTables.js` 文件中,在指定报告目录下的文件包括 JAVA 函数来获取表格数据。(该文件包括产生 HTML 的代码,也包括列表信息的内容,允许你连贴列表数据到其他非 HTML 文件中。)报告生成器指定 `table_n` 名字给每一个表格, `n` 是从 1 开始的连续的数字符号,当抓取其它表格时它逐渐递增。

如果你打算在超连接报告中使用的列表(可以使用报告生成器或其他超连接工具)我们知道如果 HTML 的宽度超过 132 列,则文本尺寸要减小,然而与列表相关的文本可能仍然不适合打印。

### 17.5.1 交互方式

通过图形用户交互方式获取表格的步骤如下:

1. 点击列表获取按钮,结果列表对话框出现。
2. 为列表指定标题(如列出棱柱模型的面“Prism Model Area Listing”)
3. 指定 ANSYS 命令来确认产生输出文本。
4. 点击 OK 确认。报告生成器确定该命令给 ANSYS 程序,将保存列表:  
`~eui,'ansys::report::datacapture "caption" ansysCommand'`

### 17.5.2 批处理方式

在批处理方式生成任何报告之前,必须要出现下面这一行:

```
~eui,'package require ansys'
```

要通过批处理获取列表,你需要把生成报告命令插在你要获取列表的点上:

```
~eui,'ansys::report::datacapture "caption" ansysCommand'。
```

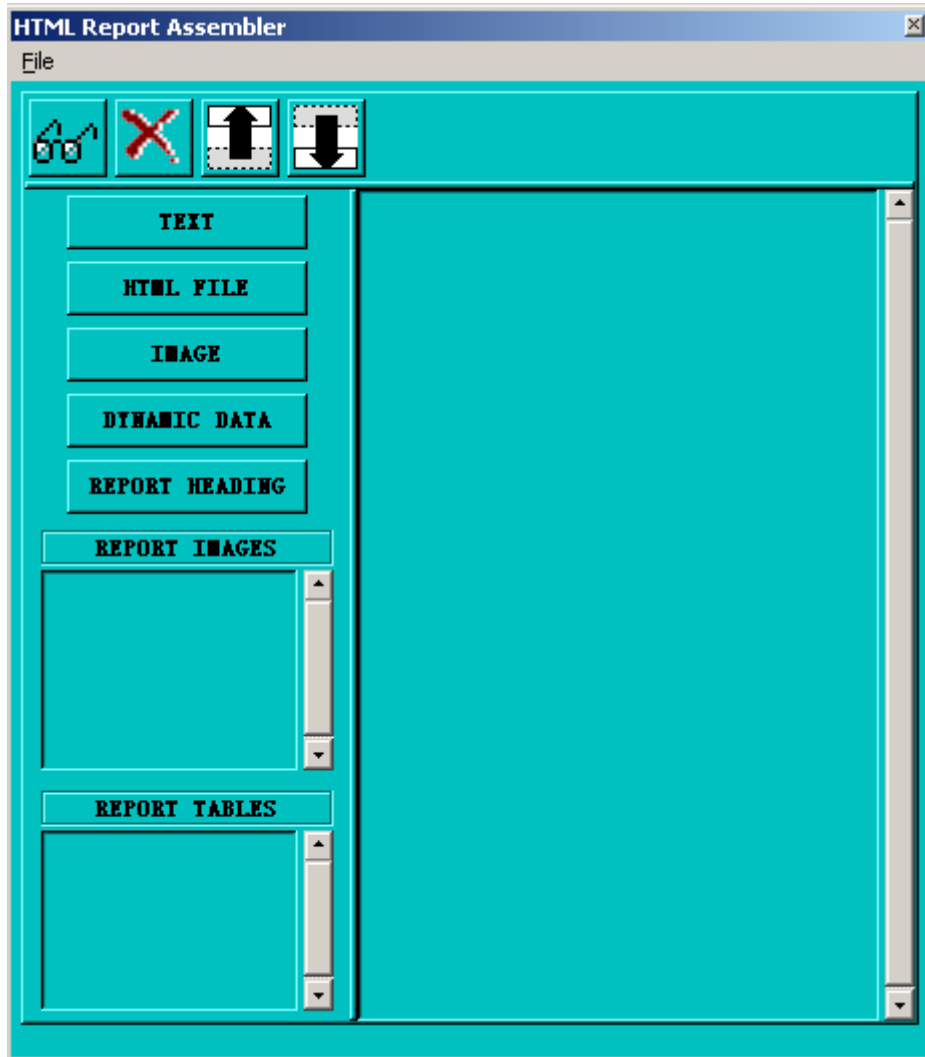
## 17. 6 生成报告

这一节讲述怎样把获取的图象和数据来生成报告,通过交互式,批处理或通过 JAVA 界面手工生成。

### 17.6.1 激活报告生成

使用报告生成器的图形用户交互方式生成报告的步骤如下:

1. 点击 HTML 报告生成按钮,出现下面所示:



打开按钮，在面板的左边有一个非常小的图象来添加组件到报告中。在右边的大面板是你的工作区域，显示在这个报告中你选择包括那些组件。




## 2. 生成报告的部件

点击按钮和面板左面的小图象来添加抓取的图象、文本和下面一些其他组件：

按钮或区域	用途
文本	允许你加入超连接格式的文本到报告中的文本区域
超连接文件	插入存在的特定的超连接文件
图象	插入特定的图象文件 (I 如 PNG, JPG, JPEG or GIF 格式). 报告生成器复制图形到指定的工作目录，并且在工作区域插入一个小图标
动态数据	在文本区域允许你插入 ANSYS 命令，结果将出现在报告中. 动态数据变成写入日志文件的 HTML 代码的一部分. 报告生成器也写 report::interpdynamicdata 命令到日志文件中；为了在报告中出现 ANSYS 命令，所以命令文件必须由 HTML 代码处理。
报告标题	指定特定的名字，作者名或副标题并包含当前的数据。标题组件总是出现在报告的上部。

REPORT IMAGES	Inserts any or all of your captured images and animations. Move the mouse pointer over a thumbnail to see the caption that you assigned to the corresponding image or animation when you captured it. Click on any thumbnail image to insert the image or animation that it represents into your report.
报告表格	插入抓取的数据表，在这个地方将出现一个带有标题前十五个字符的按钮，这个标题是你在抓取表格时指定给相应表格的。把鼠标移动到按钮上来看你指定的标题。点击该按钮你就把这个表插入了报告中。
报告列表	插入原始数据输出列表。在这个地方将出现一个带有标题前十五个字符的按钮，这个标题是你在保存列表时指定给相应列表的。把鼠标移动到按钮上来看你指定的标题。点击该按钮你就把这个列表插入了报告中。

### 3. 预览并整理报告，如下：

执行的编辑任务	做法
预览报告	在工具条上点击按钮 
删除报告组件	选择要删除的组件，点击按钮 
改变报告组成部分的顺序	选择你要移动的组件，然后分别点击上移和下移的组件，按钮是  注意：如果你的报告有标题，它仍然在报告的上部。
改变报告组件的标题	把鼠标放在你想改变标题的文本位置，然后直接把新的标题添进去。
在打印时防止 IE 浏览器把组件分在两页上	对适当的组件点击 Insert page break for Microsoft IE，在你报告的最初草稿打印出来之前，来看报告是什么样时，这个特点是十分有用的。

### 4. 保存报告

定期选择 File>Save（或 File>Save and Close 来关闭并保存你的报告生成窗口）。

## 17.6.2 报告生成的批处理方式

在批处理方式下，发出 **\*CREATE** 命令来打开并添加 HTML 标签到报告中。在默认情况下，报告生成器使用 **\*CREATE** 命令来把报告写入 ANSYS 日志文件中。

## 17.6.3 使用 JAVA 语言界面的报告生成器

为了最大的灵活性和用途，报告生成器使用 JAVA 语言，它是支持微软浏览器和 Netscape 浏览器的代码语言。它容易实现数据的具体化。

在你抓取图象和文本，报告生成器可以创建 JAVA 功能。因此，你使用 JAVA 功能来手

工生成 HTML 的报告，而不是使用报告生成器来建立报告。

### 17.6.3.1 插入图象

下面这个例子是用 JAVA 语言创建 HTML 报告的图象。如果图象不能生成，这个报告将显示存在问题的信息。

```
<script LANGUAGE="JavaScript1.2" SRC="ansysImages.js"> </script>
<script>
imgName('imgCaption');
```

### 17.6.3.2 插入动画

下面这个例子是用 JAVA 语言创建 HTML 报告的动画。如果动画不能生成，这个报告将显示存在问题的信息。

```
<script LANGUAGE="JavaScript1.2" SRC="ansysAnimations.js"> </script>
<script>
animName('animCaption',animTime, 'animDirect');
```

### 17.6.3.3 插入表格

下面这个例子是用 JAVA 语言创建 HTML 报告的表格。如果表格不能生成，这个报告将显示存在问题的信息。

```
<script LANGUAGE="JavaScript1.2" SRC="ansysTables.js"> </script>
<script>
tableName('tableCaption');
```

### 17.6.3.4 插入列表

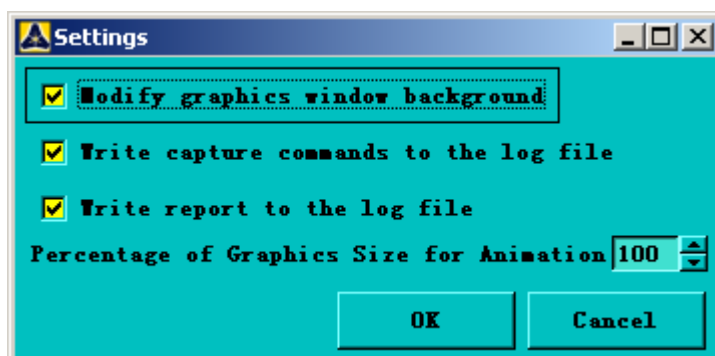
下面这个例子是用 JAVA 语言创建 HTML 报告的表格。如果表格不能生成，这个报告将显示存在问题的信息。

```
<script LANGUAGE="JavaScript1.2" SRC="ansysListings.js"> </script>
<script>
listingName('listingCaption');
```

## 17.7 报告生成器的默认设置

这一节主要讲述怎样改变影响报告生成器操作的设置，点击设置按钮打开设置对话框如下：





你想下面来可以控制报告生成器：

- 当你开始报告生成时，你可以倒转 ANSYS 图形窗口的前景和背景颜色。
- 写捕捉命令到 ANSYS 的日志文件
- 把生成的报告写入日志文件中。

你也可以使用设置对话框来设置百分比，它是报告生成器的用来减少动画图象的尺寸的。

在默认的情况下，所有的选项都是激活的，并且报告生成器使用动画图形窗口的 100% 大小。你在窗口中做的任何改变，都将成为一个新的默认设置，直到你再次改变它为止。

## 第 18 章 CMAP 程序

### 18.1 CMAP 概述

ANSYS 程序和 DISPLAY 程序记录彩色的方法是赋予各种色彩不同的索引号。索引号及其分配的色彩之间的相关性定义了彩色图，可通过 **CMAP** 程序产生用户化的彩色图文件。**CMAP** 程序同样支持标准输入输出的重定向。要运行 **CMAP** 程序须有一种诸如鼠标的光标设备。

### 18.2 作为独立程序启动 CMAP

**CMAP** 程序可脱离 ANSYS 程序运行，启动 **CMAP** 程序的方法有：从 XANSYS 启动器中启动（UNIX 系统），从图标菜单启动（WINDOWS 系统），从 UNIX 命令行启动或在 ANSYS 程序中启动。

#### 18.2.1 从 UNIX 系统的启动器中启动 CMAP

可以从 ANSYS 程序的 UNIX 启动器中进入 **CMAP** 程序，操作过程如下：

1. 从 XANSYS 启动器中选择 UTILITY 菜单项，**CMAP** 程序显示如下提示符：

Enter Display Device Name:

Press RETURN if current value is correct

**CMAP** 可能会直接进入下一步，但如果 **CMAP** 停在上述提示符上面没有继续下去，则要键入适当的图形设备名，发出 **SHOW** 命令，可显示设备名。

**CMAP** 显示下列提示符：

Set Display Device Specifications

(Press RETURN if the current value is correct)

Enter Number of Bit Planes (Currently 8)

键入彩色位面数，如何使用 16 色的显示设备，键入 4（即  $16=2^4$ ），如使用 256 色的显示设备，使用缺省值 8（ $256=2^8$ ），若不需要更改则按下回车键，**CMAP** 显示如下提示符：

Enter the number of contours (Maximum=128)(currently 9)

注释：仅当图形设备设为 *XIIC* 时方可独立地改变等值色彩。对其它设备该选项将被忽略。

键入等值线号，若不需要作任何改变，键入回车键。**CMAP** 显示如下提示符：

Enter Color Map File Name (Currently FILE CMAP):

键入要编辑或产生的彩色图文件名，**CMAP** 显示当前 **CMAP** 的设置状态：

Display Device = Current device driver name

Bit Planes = Number of color planes, i.g., 4 or 8

Contours = Number of contours, e.g., 9, 128, etc

Color Map file = Specified filename and extension

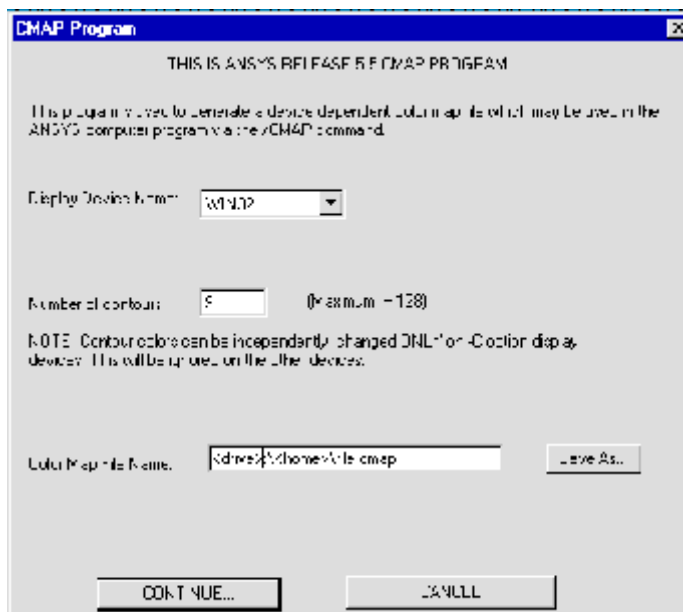
OK? Yes (default) or No:

如接受上述设备，键入 yes 回车，可使用 **CMAP** 程序的简单控制面板进一步用户化彩色图，参阅图 17-2 了解控制面板的介绍。

## 18.2.2 在 WINDOWS 系统启动 CMAP 程序

从 WINDOWS 系统启动 **CMAP** 的方法为：拾取 start 按钮，选中 **Programs > ANSYS5.5 > CMAP Utility**，出现下如窗口：

图 17-1 WINDOWS 系统上的实用窗口  
可按下述方法改变下述选项。



显示设备名

设置设备类型。选项为 win32 和 win32c

等值线数

设置能单独更改的等值线数。该选项对 win32c 有效

彩色图文件名

存储当前彩色文件供以后使用

### 18.2.3 从 UNIX 系统的命令行中启动 CMAP

在 UNIX 系统的命令行方式下，发出下述命令同样可启动 **CMAP** 程序  
cmap55

用 cmap55 命令可指定下述选项之一或两者的内容。

<b>-j</b>	作业名
<b>-d</b>	设备类型

这些选项的功能与在 ANSYS 程序中的功能相同，不过 **CMAP** 不支持下述命令行选项：**-m** (memory)，**-db** (database)，**-b** (batch mode)，**-l** (language)，**-p** (product) **-v** (version)，和 **-s** (激活 start5x 文件)。

出现许多提示符，若对提示符的应答有任何疑问，见 17.2 节。

### 18.3 在 ANSYS 内部使用 CMAP

可从 ANSYS 程序中访问 **CMAP** 程序，命令 **/CMAP**，*Fname*，*Ext*，*Dir*，*Kywr*d，*NCNTR* 将装入已存在的 **CMAP** 文件 (*Kywr*d 参数不赋值)，或者产生一个新的 **CMAP** 文件 (*Kywr*d=CREATE 时)，要对 **/CMAP** 命令作进一步的了解，见《ANSYS 命令参考手册》。同样可通过下列菜单方式访问 **CMAP** 程序。

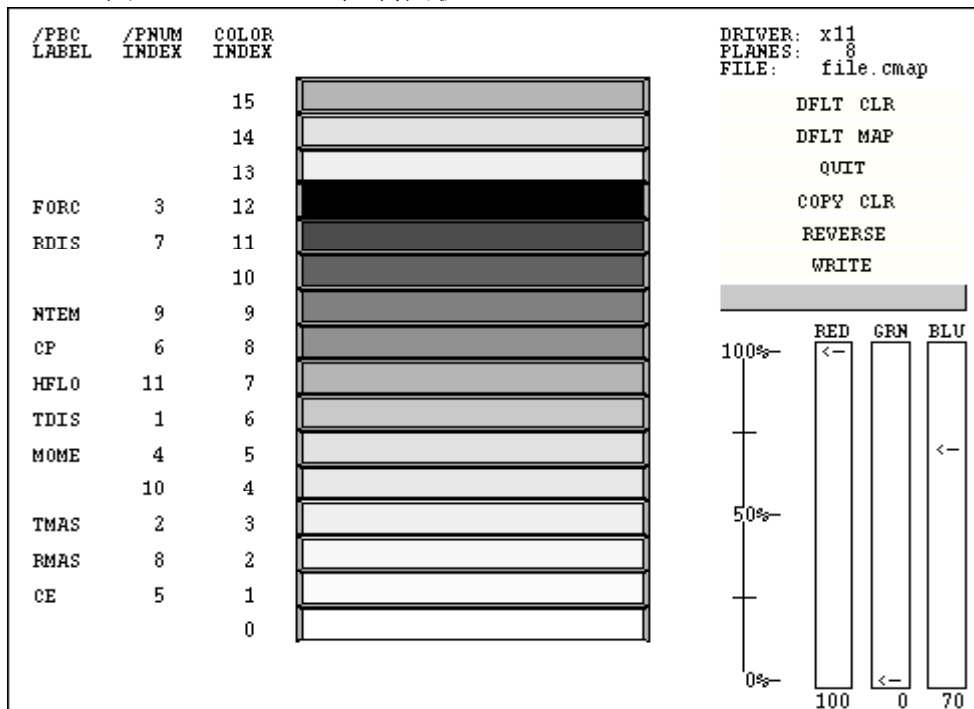
Utility Menu>PlotCtrls>Style>Colors>Load Color Map

Utility Menu>PlotCtrls>Style>Colors>Create Color Map

### 18.4 用户化彩色图

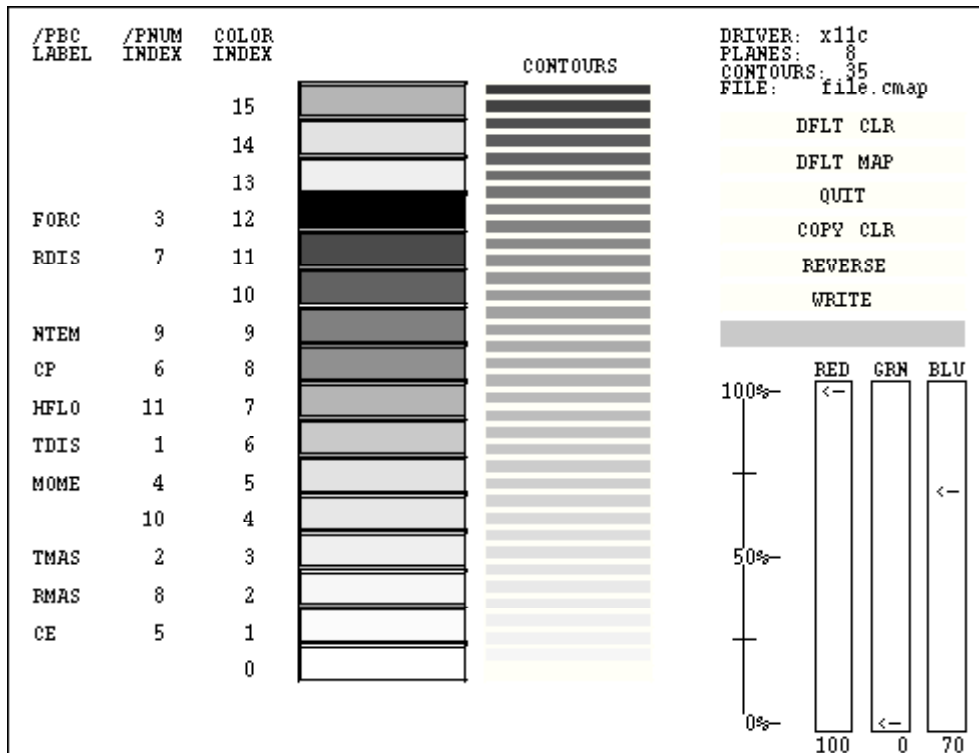
一旦激活 **CMAP** 程序，**CMAP** 程序控制面板出现如下：

图 17-2 CMAP 控制面板



在 C-选项设备（如 XIIC）上，控制面板的外观稍有差别：

图 17-3 C-选项设备的 CMAP 控制面板



该控制面板容易使用，用鼠标拾取，仅须选择当前颜色，红-绿-蓝指定，或六个功能按钮任何一个，功能键定义如下：

- **DFLT CLR**— 为当前彩色索引号恢复缺省色彩指定值
- **DFLT MAP**— 为整个彩色图恢复缺省色彩指定值
- **QUIT**— 退出 **CMAP** 程序
- **COPY CLR**— 复制接着被拾取的彩色指定到当前彩色索引号，如下所示：

1. 拾取索引号 6（青色）。“当前颜色”对话框显示青色。
2. 拾取“**COPY CLR**”按钮。
3. 拾取索引号 12（红色）。被拾取的颜色（红色）就被复制到当前索引号（6）中，“当前颜色”对话框也就显示红色。

• **REVERSE** — 将等值线彩色索引号指定值颠倒过来，（即对具有 9 条等值线的彩色图，颠倒索引号 4 到 12 的彩色顺序。对标准的彩色图，“高等值线”将从红色到兰色，“低等值线”将从兰色到红色。

- **WRITE**— 写入彩色图文件。

要为索引号改变颜色指定，首先必须从颜色条的垂直列表中拾取所需的索引条。被拾取的索引号的颜色将出现在“当前颜色”对话框中，接着改变索引号的颜色指定，方法为：拾取位于屏幕底部右下角的 **RED**、**GRN**、**BLU** 选择条的适当部位，每一位置被选中后，“当前颜色”条的颜色和被拾取的索引条的颜色将被更改，反映当前的指定。

出现在 **CMAP** 控制面板上的 “**/PNUM INDEX**” 显示出实体号和颜色之间的正确关系。例如：在显示区，面编号为 ON 时，图 17-2 所示的彩色位图将引起面 “3” 用通过索引号 12 给定的颜色显示，面 “7” 将通过由索引号 11 给定的颜色显示，等等。

一旦已创建了一个新的彩色位图文件（用 **WRITE** 按钮并已退出 **CMAP** 程序（用 **QUIT** 按钮）），然后能用 **/CMAP** 命令或者在 **ANSYS** 程序或者在 **DISPLAY** 程序中读取你定义的彩色位图文件。

## 第 19 章 文件和文件管理

### 19.1 文件管理概述

ANSYS 软件广泛应用文件来存储和恢复数据，特别是在求解分析时。这些文件被命名为 *filename.ext*，这里文件名为缺省的作业名，*ext* 是一个唯一的由二到四个字符组成的值，表明文件的内容。作业名是进入 ANSYS 程序后用户指定的文件名（用 **FILNAME** 命令(**Utility Menu>Files>Change Jobname**)）。如果没有给文件起名，缺省值为 FILE( or file)。

注释：文件名（文件名和扩展名）在某些系统中可能是小写，例如：如果文件名是“bolt”，你或许在一个 ANSYS 问题分析结束时得到如下文件：

bolt.db	数据库文件
bolt.emat	单元矩阵文件
bolt.err	错误和警告消息文件
bolt.log	命令输入历史文件
bolt.rst	结果文件

表 18-1 和 18-2 列出了 ANSYS 程序所产生的文件。在 ANSYS 运行结束前产生，然后又在某一时刻被删除的文件称为临时文件（表 18-1）。在运行结束后仍然存在的文件叫永久性文件（表 18-2）。

#### 19.1.1 从 WINDOWS 浏览器运行交互式显示程序

如果在 WINDOWS 系统运行 ANSYS 程序，你可以从浏览器中双击下列类型的文件来运行交互式或显示程序。

- 双击.db 或.dbb 文件来执行交互程序。
- 双击.grph 或.f33 文件来执行显示程序。

关于交互式对话框更详细的信息，参考 ANSYS 操作手册中的在 WINGDOWS 系统中进入 ANSYS。关于显示程序更详细的信息，参考 ANSYS 基本分析指导中的视图与中性图形文件的交换。

### 19.2 更改缺省文件名

激活 ANSYS 程序时，可将缺省的 *File* or *FILE* 作业名改为更有意义的文件名，按下述方法激活程序即可：

值 -j（或-J）是一选项，表示跟有一个新作业：*newjobname*。一旦执行了这个命令，在运行过程中，ANSYS 所产生的文件都为 *newjobname.ext*。

注释：如果一个 ANSYS 分析程序在后台运行，不要在同一目录下交互执行

ANSYS 分析程序，除非使用不同的作业名。

### 19.3 将输出送到屏幕、文件或屏幕及文件

贯穿 ANSYS 文档组，输出文件 (*Jobname.OUT*) 是常提到的文件之一。如果运行于 UNIX 系统，仅想把输出送到屏幕，从启动器中选择 **Interactive**，出现 Selected Product 对话框时，选择 **Screen only**，输出“文件”将是 ANSYS 输出窗口。如果选择 **Screen and file**，那么在当前的工作目录中，将会产生一个名叫 *Jobname.OUT* 的真实文件。

注：当你从 tansys60 登陆 ANSYS 时并且要直接输出到屏幕和文件时，ANSYS 将不会立即把输出输出到输出窗口中。输入/输出缓冲器首先必须被添满或刷新。错误和警告将刷新输入/输出缓冲器。你也可以发出某些命令（如 [/OUTPUT, NLIST](#), or [KLIST](#)）来使输入/输出缓冲器强行刷新。

WINDOWS 系统不支持 **Screen and file** 选项，在 WINDOWS 系统下，用 displayW5X 图标进入程序。直接输出到指定文件中。

### 19.4 文本文件及二进制文件

根据文件如何被使用，程序相应地用文本格式（ACS II 码）或二进制格式写入文件。例如：ERR 和 LOG 文件是文本文件，而 DB、EMAT 和 RST 文件是二进制文件。通常，需要进行读（及编辑）的文件是用文本格式写入的，其它文件是用二进制格式写入的。

二进制文件可以是外部文件或内部文件。外部二进制文件能在不同计算机之间相互传送；内部二进制文件仅在写该文件的机器上调用，不能传送。在缺省的情况下，所有 ANSYS 保存的二进制文件都是外部文件类型，可通过下列两种方法之一来把它改为内部文件类型：

命令：

**/FTYPE**

GUI：

**Utility Menu>FILE>ANSYS FILE Options。**

不能将数据库文件 (*Jobname.DB*) 或结果文件 (*Jobname.Rxx*) 改为内部文件。

下面是使用二进制文件的一些技巧：

- 如果不打算在不同计算机系统间传送文件，把所有的二进制文件指明为内部文件可节省 CPU 的运行时间。因为一些系统写外部类型的二进制文件要比写内部类型的二进制文件花费更多的时间。
- 当通过 FTP（文件传输协议）传输文件时，在传输前必须设置 BINARY 选项。
- 即使数据仅从文件中读取，大多数 ANSYS 二进制文件也必须使写许可可用。然而，数据库文件 (*file.DB*) 和结果文件 (*file.RST, file.RTH etc.*) 只能为只读形式。当保存一个只读文件 *file.DB* 时，已有的只读文件将被存为 *file.DBB*。但是，不能再次保存只读文件 *file.DB*，因为它将试图覆盖 *file.DBB*，这一点 ANSYS 不允许。警告：高级版本的 ANSYS 二进制文件不兼容低版本二进制文件。例如：不能将 ANSYS5.5 产生的二进制文件在 ANSYS5.4 或更低版本上运行。如果这样做的话，



可能引起严重的操作问题，向上兼容的文件见表 18-2。

#### 19.4.1 基于 NFS 格式的 ANSYS 二进制文件

可从 NFS 建立的磁盘分区中访问 ANSYS 二进制文件（例如：*file.TRI*、*file.DB*、*file.RST*）。然而，最好不要这么做，因为或许会引起网络通讯太多；同时，网络通讯还可能引起 NFS 出现错误，随之又可能引起 ANSYS 软件在读和写一个 ANSYS 二进制文件时出现错误。

#### 19.4.2 ANSYS 写入的文件

下表中列出了 ANSYS 写入的永久性文件：

表 18-1 ANSYS 产生的临时文件

标识符	类 型	内 容
ANO	Text	图形注释命令[ <b><u>/ANNOT</u></b> ]
BAT	Text	从批处理输入文件中拷贝的输入数据 [ <b><u>/BATCH</u></b> ]
Don	Text	嵌套层（级） <i>n</i> 的循环命令
DSCR	Binary	暂存文件（ANTYPE=2，模态分析）
EROT	Binary	旋转单元矩阵文件
LSCR	Binary	暂存文件（ANTYPE=4，模态叠加）
LV	Binary	子结构生成传递的多个载荷矢量的临时文件
MASS	Binary	模态分析的集总质量矩阵（子空间法）
MMX	Binary	模态分析的工作矩阵（子空间法）
PAGE	Binary	ANSYS 虚拟内存页文件（数据库空间）
PCS	Binary	PCG 求解器的暂存文件
PC <i>n</i>	Binary	PCG 求解器的暂存文件（ <i>n</i> =1 to 10）
SCR	Binary	雅可比共轭梯度求解器的暂时文件
SSCR	Binary	子结构生成传递的暂时文件

许多 ANSYS 的永久性文件是向上兼容的，通常能在 ANSYS 高版本使用的文件在 **Upword** 栏中有一个“Y”标记。

表 18-2 由 ANSYS 程序产生的永久性文件

标识符	类型	Upword	内 容
BDB	Binary	-	最优设计的数据库文件 [ <b><u>OPKEEP</u></b> ]
BFIN	Text	-	由 <b><u>BF</u></b> 命令写入的体积力插值文件[ <b><u>BFINT</u></b> ]
BRFL	Binary	-	最优设计的 FLOTRAN 结果文件 [ <b><u>OPKEEP</u></b> ]
BRMG	Binary	-	最优设计的磁场结果文件 [ <b><u>OPKEEP</u></b> ]
BRST	Binary	-	最优设计的结构分析结果文件 [ <b><u>OPKEEP</u></b> ]
BRTH	Binary	-	最优设计的温度结果文件 [ <b><u>OPKEEP</u></b> ]
CBDO	Text	-	由 <b><u>D</u></b> 命令写入的自由度插值文件 [ <b><u>CBDOF</u></b> ]
CDB	Text	Y	文本格式数据库文件 [ <b><u>CDWRITE</u></b> ]
CMAF	Text	-	彩色映像文件

CMD	Text	Y	由*CFWRITE 写入的命令文件
DB	Binary	Y	数据库文件 [SAVE, /EXIT]
DBE	Binary	-	批处理模式中因 VMESH 失败产生的数据库文件
DBG	Text	-	FLOTRAN “调试” 文件（包括求解信息）
DSUB	Binary	Y	使用结束的超单元 DOF 求解文件
ELEM	Text	Y	单元定义文件 [EWRITE]
EMAT	Binary	Y	单元矩阵文件
ERR	Text	-	错误及警告信息文件
ESAV	Binary	Y	单元数据存储文件（注：ANSYS 非线性分析产生的 ESAV 文件可能向上不兼容）
FATG	Text	-	疲劳数据文件 [FTWRITE]
FULL	Binary	-	组集的整体刚度矩阵和质量矩阵文件
GRPH	Text	Y	中性图形文件
IGES	Text	Y	由 ANSYS 实体模型产生的 IGES 文件 [IGES]
LGW	Text	Y	数据库命令记录文件 [LGWRITE]
Lnn	Binary	Y	载荷工况文件 [LCWRITE]
LOG	Text	Y	命令输入历程文件
LOOP	Text	-	优化循环文件
MCOM	Text	Y	谱分析中的模式组合命令文件 [MCOMB]
MODE	Binary	Y	模态矩阵文件（模态和屈曲分析）
MP	Text	Y	材料特性定义文件 [MPWRITE]
NODE	Text	Y	节点定义文件 [NWRITE]
OPO	Text	-	最终优化循环的 ANSYS 输出文件
OPT	Text	-	优化的数据文件
OSAV	Binary	-	最终优化循环的 ESAV 文件副本
OUT	Text	-	ANSYS 输出文件
PARM	Text	Y	参数定义文件 [PARSAVE]
PFL	Text	-	FLOTRAN 打印输出文件
PSD	Binary	-	PSD 文件（模态协方差矩阵等）
RDF	Text	-	FLOTRAN 的残留文件 [FLDATA, OUTP]
RDSP	Binary	-	约化位移文件
REDM	Binary	-	约化结构矩阵文件
RFL	Binary	Y	FLOTRAN 结果文件
RFRQ	Binary	-	约化复合位移文件
RMG	Binary	Y	磁场分析的结果文件
RST	Binary	Y	结构和耦合场分析的结果文件
RSW	Text	-	FLOTRAN “管壁” 结果文件
RTH	Binary	Y	温度场分析的结果文件
RUN	Text	-	FLOTRAN 运行的数据文件
SELD	Binary	Y	生成结束的超单元载荷矢量数据文件
Snn	Text	Y	载荷步文件（nn 为载荷步号） [LSWRITE]
SORD	Text	-	使用结束的超单元名及编号文件
STAT	Text	-	ANSYS 批处理运行状态文件

SUB	Binary	Y	在传输阶段产生的超单元矩阵文件
TB	Text	Y	超弹性材料常数文件 [ <b>*MOONEY</b> ]
TRI	Binary	-	三角化刚度矩阵文件
USUB	Binary	Y	为子结构扩展传递而输入的重新命名 DSUB 文件
XBC	Text	-	FLOTRAN 边界条件数据文件
XGM	Text	-	FLOTRAN 几何形状数据文件
XIC	Text	-	FLOTRAN 初始条件数据文件

### 19.4.3 文件压缩

许多压缩文件仅对 UNIX 系统（如 COMPRESS、GZIP 等）和 WINDOWS（如 PKZIP、WINZIP）有效。而 ANSYS 不能读压缩文件。然而，当模型完成时，你可以压缩以实现节省空间，只要在读入 ANSYS 时不压缩就行了。

## 19.5 将自己的文件读入 ANSYS 程序

在许多场合，用 ANSYS 程序时需要读取自己的文件。这个文件或是 ANSYS 命令的文本文件，或者是 ANSYS 数据的二进制文件。

用 **/INPUT** 命令（**Utility Menu > Files > Read input from**）读包含 ANSYS 命令的文本文件。如：可以读取前面 ANSYS 对话的命令记录文件（*Jobname.LOG*），例如，用下面的命令，ANSYS 程序从当前目录中读 MATERIAL.INP 文件。

**/INPUT, MATERIAL, INP**

表 18-3 列出了能用来读取文本文件的其它命令。

表 18-3 读取文本文件的命令

命令	GUI 菜单路径	用途
<b>*USE</b>	<b>Utility Menu&gt;Macro&gt;Execute Data Block</b>	读取宏
<b>PARRES</b>	<b>Utility Menu&gt;Parameters&gt;Restore parameters</b>	读取参数文件 ( <i>Jobname.PARM</i> )
<b>ERead</b>	<b>MainMenu&gt;Preprocessor&gt;Creat&gt;elements&gt;Read Elem File</b>	读取单元文件 ( <i>Jobname.ELEM</i> )
<b>NRead</b>	<b>MainMenu&gt;Preprocessor&gt;Creat&gt;Nodes&gt;Read Node File</b>	读取节点文件 ( <i>Jobname.NODE</i> )
<b>MPRead</b>	<b>MainMenu&gt;Preprocessor&gt;Loads&gt;Other&gt;Change Mat Props&gt;Read from File</b> <b>MainMenu&gt;Preprocessor&gt;Material Props&gt;Read from File</b> <b>MainMenu&gt;Solution&gt;Other&gt;Change Mat Props&gt;Read from File</b>	读取材料特性文件 ( <i>Jobname.MP</i> )

表 18-4 列出了读取二进制数据文件中的 GUI 路径和命令

表 18-4 读取二进制文件的命令

命令	GUI 菜单路径	用途
----	----------	----

<b>RESUME</b>	<b>Utility Menu&gt;File&gt;Resume from Utility Menu&gt;File&gt;Resume jobname.DB</b>	读取数据库文件 ( <i>Jobname.DB</i> )
<b>SET</b> (in the POST1 postprocessor)	<b>Utility Menu&gt;List&gt;Results&gt;Load Step Summary</b>	读取结果文件 ( <i>Jobname.RST</i> , <i>Jobname.RTH</i> , <i>Jobname.RMG</i> , <i>Jobname.RFL</i> )
<b>OPRESU</b> (in the OPT processor)	<b>Main Menu&gt;Design Opt&gt; Resume</b>	读取优化数据文件 ( <i>Jobname.OPT</i> )

## 19.6 在 ANSYS 程序中写自己的 ANSYS 文件

除了分析过程中 ANSYS 程序自动写入的文件外,还可在必要时迫使文件操作。常用的写文件命令是 **/OUTPUT**。它允许将文件输出从屏幕重新定向到文件。例如: 将 PORT1 应力输出重新定向到文件, 命令为:

/UOTPUT; STRESS, OURT ! 输出到文件 STRESS.OUT

PRNSOL, COMP ! 应力分量

/OUTPUT ! 输出回到屏幕

与 **/OUTPUT** 命令等价的 GUI 方式为:

GUI:

**Utility Menu >File>Switch Output to >File**

**Utility Menu >File>Switch Output to >Output Window**

分析中使用的其它写文件命令列于表 18-5:

表 18-5 其它写文件命令

命令	GUI 菜单路径	用途
<b>SAVE</b>	<b>Utility Menu&gt;File&gt;Save as</b>	写数据库文件到 <i>jobname.DB</i>
<b>PARSAV</b>	<b>Utility Menu&gt;Parameters&gt;Save Parameters</b>	写参数到 <i>jobname.PARM</i>
<b>EWRITE</b>	<b>Main Menu&gt;Preprocessor&gt;Creat &gt;Elements&gt; Write Elem File</b>	写单元定义到 <i>jobname.ELEM</i>
<b>NWRITE</b>	<b>Main Menu&gt;Preprocessor&gt;Create&gt;Nodes&gt; Write Node File</b>	写节点定义到 <i>jobname.Node</i>
<b>MPWRITE</b>	<b>Main Menu&gt;Preprocessor&gt;Lods&gt;Other&gt; Change Mat Props&gt;Write to File Main Menu&gt;Preprocessor&gt;Material Props&gt; Write to File Main Menu&gt;Solution&gt;Other&gt;Change</b>	写材料特性到 ( <i>jobname.MP</i> )

	<b>MatProps&gt; Write to File</b>	
--	---------------------------------------	--

同时也可以将图形输出（PLOTS）从屏幕重新定向到中性图形文件。

## 19.7 分配不同的文件名

如前所述，可以在开始级用 **/FILENAME** 命令为以后写入的所有文件指定文件名。用 **/ASSIGN** 命令（**Utility Menu>File>ANSYS file Options**）为文件指定不同文件名、扩展名以及目录。例如：下面的命令将在“save\_dir”目录下给单元矩阵文件（以 EMAT 为标识）重新分配文件名 MYFILE.DAT：

```
/ASSIGN,EMAT, MYFILE, DAT, SAVE_DIR /
```

这里“/”是分隔符，把文件名与目录名分开。它与操作系统有关，因此，必须使用系统适应的分隔符。可分配仅一特定文件组。请参见对 **/ASSIGN** 命令进行描述的完整列表（在 **ANSYS 命令参考手册**中）。

## 19.8 观察二进制文件内容（AXU2）

辅助处理器 AUX2 允许以可读格式打印 ANSYS 二进制文件。主要用它去验证文件格式（为了调试目的）。“转存”二进制文件的输出文件没有标识，必须用已知的格式进行调整，该已知格式在 **ANSYS 接口指南**中有叙述。注意：一个完整文件的转存区可能会产生许多无用的打印输出页。**FORM** 命令中的 *Form* 变元（**Utility Menu >File>List>Binary Files**）允许对输出量进行控制。

## 19.9 在结果文件上的操作（AUX3）

辅助处理器 AUX3 允许你对结果进行删除设置或改变载荷步、子步、累积迭代次数等。

## 19.10 其它文件管理命令

表 18-6 列出了其它有用的文件管理命令

表 18-6 其它文件管理命令和等价的 GUI 菜单

命令	GUI 菜单路径	用途
<b><u>/COPY</u></b>	<b>Utility Menu&gt;File&gt;File Operations&gt;Copy</b>	从 ANSYS 内拷贝已存在的二进制文件
<b><u>/CLOG</u></b>	<b>None</b>	拷贝与 ANSYS 交互会话过程中的记录文件
<b><u>/RENAME</u></b>	<b>Utility Menu&gt;File&gt;File Operations&gt;Rename</b>	重命名文件
<b><u>/DELETE</u></b>	<b>Utility Menu&gt;File&gt;File</b>	删除文件

	<b>Operations&gt;Delete</b>	
<b><u>/FDELE</u></b>	<b>Utility Menu&gt;File&gt;ANSYS File Options</b>	在求解过程中删除某些文件 (为了节省磁盘空间)

## 第 20 章 内存管理与配置

### 20.1 内存管理

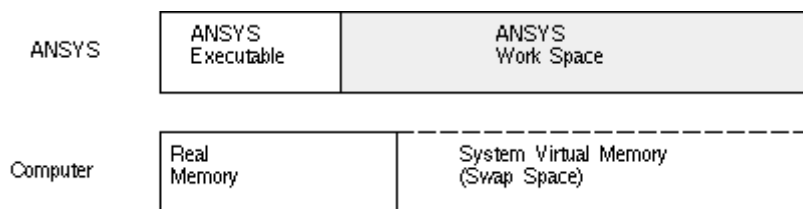
本章概述了 ANSYS 内存管理模式，定义了一些常用术语。

### 20.2 基本概念

计算机可利用的内存叫实际内存，即通过内存条得到的物理内存（RAM），ANSYS 程序推荐的最小真实内存根据系统的不同而有所不同，这些已在 [ANSYS 安装和配置指南](#)中列出。

#### 20.2.1 ANSYS 工作空间和交换空间的需求

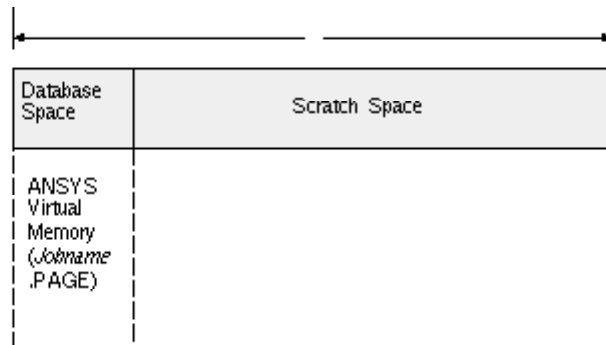
ANSYS 程序需要一些空间以便能驻留在内存中，以及增加额外的工作空间。对大多数系统而言，ANSYS 的工作空间缺省值是 64MB，在 WINDOWS 系统中是 32MB。如图 19-1 所示。ANSYS 程序需要的内存总量往往超过了其可得到的真实内存。额外的内存来自于系统的虚拟内存，这些内存仅是计算机硬盘空间的一部分，被系统用来代替物理内存。被系统作为虚拟内存使用的磁盘空间叫做交换空间，相应的文件为交换文件。ANSYS 程序需要的交换空间的大小取决于实际可得到的内存量、ANSYS 可执行文件的大小及 ANSYS 工作空间的大小。图 19-1 可得到的（计算机）内存与（ANSYS）所需内存的比较。系统的虚拟内存用于满足 ANSYS 对内存的额外需求。



#### 20.2.2 ANSYS 如何使用工作空间

为了解 ANSYS 如何使用工作空间（图 19-1 中的阴影部分），需要清楚该空间分为两部分：数据库空间和暂存空间，如图 19-2 所示。数据库空间用于与 ANSYS 数据库打交道（模型的几何形状、材料特性、载荷等）；暂存空间是进行所有内部计算的空间（如单元矩阵的形成、波前法求解、布尔计算等）。在大多数系统上，总工作空间的缺省值为 64MB，这当中，16MB 为数据库空间，48MB 为暂存空间。（部分暂存空间存储二进制文件缓冲寄存器，见本章后面对 **NUM-BUFR** 的描述。

图 19-2 ANSYS 的工作空间如何划分



如果模型数据库太大，装不进数据库空间，ANSYS 程序就使用 ANSYS 虚拟内存，它仍是硬盘空间的一部分，用于数据溢出，系统虚拟内存和 ANSYS 的虚拟内存的主要区别在于前者用系统函数在内存和硬盘之间交换数据，而后者用 ANSYS 编程指令来交换数据。用作 ANSYS 虚拟内存的文件叫页面文件，其名称称为 *Jobname.PAGE*，其大小完全依赖于数据库的大小，当页面文件首先被产生时，程序就会针对这一行为发出一些信息。使用页面文件通常不是所期望的，因为它是一种效率极低的数据处理方法。通过分配更多的数据库空间可防止页面文件的产生。（见 19.3 节）

如果内部计算不能装入暂存空间，ANSYS 程序将试图分配额外的内存去满足这些需要。如果出现这种情况，将会看到一个警告信息，告知出现了内存分配超出指定的问题，并告知 ANSYS 已经分配了额外的内存，由于内部架构的考虑（与工作平台和可得到的内存无关），在 5.5 版本中，ANSYS 的某些部分不能总是使用已分配的额外内存，或总是在需要时才分配内存。一旦出现这种情况，ANSYS 就会发出“内存不足”信息（并放弃批处理模式）。例如：如果你在好几个体中申请处理布尔运算（如 **VADD**, **ALL**），就可能出现这种情况，这显然不是所期望的，通过分配更多的暂存空间也许能防止出现这种情况。下节将讨论估计所需要暂存空间大小的方法。

## 20.3 怎样及何时进行内存管理

在大多数系统上，ANSYS 程序以 64MB 的缺省文件空间（16MB 数据库空间，48MB 为暂存空间）开始工作。正常情况下，不需要去改变这些缺省值。但是在一些情况下，可能需要改变总工作空间或仅将其进行不同的分配(或既改变总工作空间值,又进行不同的分配)。

如果希望查看某个特定的问题需要多少内存，ANSYS 将提供一个保守的估计，用该估计值作为内存设置的起点。要想这样做，必须首先建立模型，加上所有的载荷，并设置好所有的求解参数（但不是开始求解）。要进行估计，进入 **/RUNST** 处理器，然后用 **RMEMORY** 命令。

如果 ANSYS 发出警告，通知在求解过程中已经分配了额外的内存，一个好的做法是校验一下对该问题需要多少暂存内存，并重新设置 ANSYS 内存分配到比统计值高一些。要产生统计，在求解完成后可运行 **/STAT**, **MEM** 命令。应该分配超过 **/STAT**, **MEM** 命令报告的内存以便考虑到程序的开销及内存分段的影响。



### 20.3.1 改变 ANSYS 工作空间值

最容易的做法是在激活程序时使用工作空间的入口选项 (-m) 或者通过 ANSYS 启动器或通过 ANSYS 执行命令。例如：要申请 80MB 的 ANSYS 工作空间（而不是缺省值 64MB），ANSYS 的执行命令为：

```
ansys55-m 80
```

（执行命令的语法因系统而定）

当用 -m 选项时，系统的虚拟内存存在运行时就分配到满足工作空间申请的需要。

改变 ANSYS 最大工作空间的其它方法：

- 当从 ANSYS 启动器中选择交互模式或批处理模式时，在出现的对话框中指定想要的工作空间大小。
- 在 CONFIG5X.ANS 文件中使用不同的 VIRTMB 值，本章稍后的节将作详细讨论。

注意：为 -m 选项指定一个值时要小心，输入比需要值大的值将浪费系统资源，降低系统的性能。

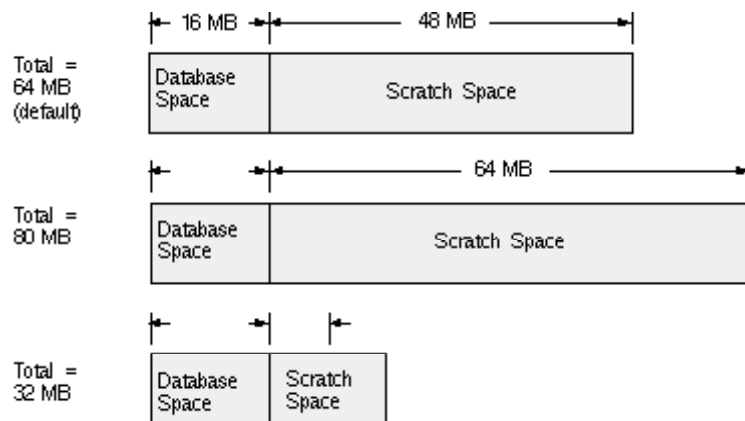
注释：下列系统中，内存中的一个字由四个字节组成：Digital Alpha, Hp, IBM RISC System/6000, Silicon Graphics Inc, Sun SPARC(Solaris), SUN ULTRASPARC(Solaris)。

通过改变 ANSYS 工作空间的大小，实际上也改变了可得到的暂存空间大小，这是因为数据库空间保持 16MB 不变，如下图所示。

如下所列描述了可能需要改变 ANSYS 工作空间的情形：

- 较大的波前值，模型波前值越大，需要的暂存空间越多；
- 在几个体（如 **VADD**, **ALL**）中进行布尔运算时需要较大的暂存空间；
- 几个用户共享一套 ANSYS（如在培训时），因为所有用户共享可得到内存（真实内存加上系统虚拟内存），每个用户申请的 ANSYS 工作空间越小，允许同时运行 ANSYS 的用户就越多（相应地每个用户能建的模型也越小）。
- 某些分析和分析选项需要更多的工作空间，这包括子空间模态分析、随机振动（PSD）分析等；

图 19-3 改变 ANSYS 工作空间的结果，仅改变了暂存空间，数据库空间不变



下表显示了工作空间申请、近似的交换空间需求和可达到的波前近似值三者之间的关系。两表中所用值都是 MB 单位)

表 19-1 UNIX 系统上 ANSYS 工作空间、波前值、节点 (For PowerSolver)、交换空间需求

ANSYS 工作空间 (由-m 选项指定)	近似的最大 静态波前值 (DOF)	PowerSolver 节点数	交换空间需求	对 32MB RAM 建 议页面文件大小
24 <sup>1</sup>	1230	2100	65	105
32 <sup>2</sup>	1640	4200	73	113
48	2430	8500	89	129
64 <sup>2</sup>	3000	12800	105	145
128	4650	29800	169	209

1 最小值 2 缺省值

表 19-2 WINDOWS 系统上 ANSYS 工作空间、节点 (For PowerSolver)、交换空间需求

ANSYS 工作空间 (用-mm 选项指定) MB	近似的最大静 态波前值 (DOF)	PowerSolver 节点数 <sup>1</sup>	交换/页面 空间需求	对 32MB RAM 建议总 页面文件大小
24 <sup>3</sup>	1340	2100	61	105
32 <sup>4</sup>	1970	4200	69	113
48	2840	8500	85	129
64	3500	12800	101	145
128	5390	29800	105	209

1 每个节点的 DOFs

2 页面文件计算不包括其它处理或操作系统自身需求

3 最小值

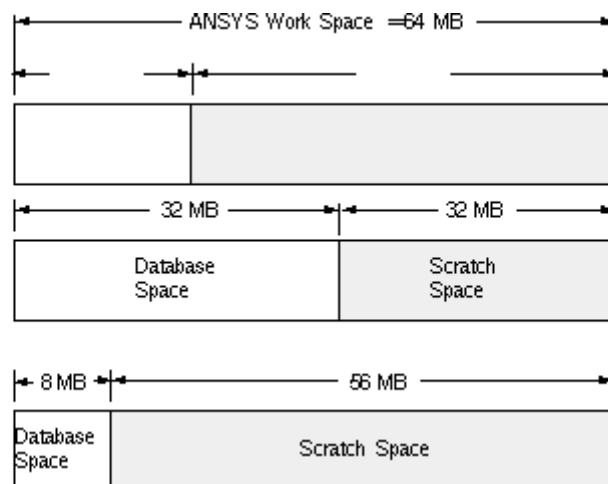
4 缺省值

注释：在 WINDOWS NT 系统中，用控制面板上的系统图标去设置虚拟页面文件大小。

### 20.3.2 重新分配数据库空间

通过分配更多或较少的数据库空间来完成配置，假定 ANSYS 的工作空间是一个固定的值，分配更多的数据库空间将剩下较少的暂存空间，反之亦然。如下图所示：

图 19-4 不同地划分工作空间，分配更多的数据库空间剩下较少的暂存空间，反之亦然



要分配更多或较少的数据库空间，在用 ANSYS 启动器方式或 ANSYS 执行命令方式启动程序时使用数据库空间入口选项-db。

改变数据库空间另外一种方法是在 CONFIG5X.File 中用不同的 SIZ\_VPAG 值来修改每个数据库页面大小。然而，除了 Cray 系统没有这个限制外，SIZE\_VPAG 与 XNUB\_VPAG 的积不能超过 2 千兆字节。数据库空间以信息块(数据页)的方式存储数据。在大多数系统上，数据库页面的缺省值为 256，每页长 64 KB ( $256 \times 64 = 16384 \text{KB}$ ;  $16384 \text{KB} / 1024 \text{KB} = 16 \text{MB}$ )。

在下述情况下，需要区别地划分工作空间：

- 当将要求解波前值较大的模型或进行深入的计算分析时，如：子空间模态分析、随机振动分析 (PSD)，减少数据库空间值将增加暂存空间，使得有更多的内存用于求解；
- 当见到有关页面文件 (**Jobname.PAGE**) 正被写入信息时，这意味着模型的数据库空间太小了，因此需要增加。然而，应该小心，增加数据库空间将减少暂存空间。故如果打算进行内存使用量大的运算 (布尔运算、载荷工况组合等)，也可能要增加总工作空间。

### 20.3.3 在 64 位结构的系统中分配内存

在一些 64 位的 UNIX 系统如：Digital ALPHA 或 Silocon Graphics 等系统上，运行非常大的模型时，可能会遇到内存不足的问题，最典型的问题是模型需要 4GB 或更多的暂存空间。如果出现这种情况，将会看到如下错误信息：

The memory (-m) size requested cannot currently be addressed using dynamic memory mode. ANSYS addressing can be changed by turning on fixed memory via the -f command line option.

为了纠正这一问题，可以用不带变元的-f ANSYS 命令行开关，为参考起见，-f 开关带有下列变元：

**nogrow**

设置 ANSYS 去使用固定的内存编址模式 (内存编址在 ANSYS5.5 以前的所有版本都相同)，不允许有动态内存分配。

**no | off**

需要时设置 ANSYS 为暂存内存使用动态内存分配，有关 ANSYS 及动态内存信息参见 19.2.2 节，包含该变元用于置换 config.ans 文件 (MEN\_GROW=0) 中相应设置，该设置为缺省值。

(No argument)

设置 ANSYS 为暂存内存使用固定内存分配模式，但是允许 ANSYS 工作空间的其它部分按要求增加。

## 20.4 配置文件 (CONFIG60.ANS)

执行 ANSYS 程序时，如果配置文件 CONFIG60.ANS 存在的话，就读取该文件，该文件控制着依赖于系统的设置，例如：每个文件缓冲区的大小、数据库页

面在内存中的最大值等。在支持文件名大小写混合的计算机系统中，如 UNIX 系统，文件名假定为小写：config60.ans。

ANSYS 首先在当前工作目录下搜索 CONFIG60.ANS 文件，接着在登录目录中搜索，最后在 ANSYS 文档目录中搜索。CONFIG60.ANS 的搜索路径与 START60.ANS 和 SSTOP60.ANS 文件的搜索路径相同。

配置文件为固定格式文件，由一串关键字紧跟有等号和数字组成，关键字必须从第一列开始，等号“=”必须在第九列，数字必须从第十列开始。下面是一个 CONFIG60.ANS 的样例，每个关键词都有简洁的解释。

CONFIG60.ANS 文件示例

```
NUMRESLT=1000
NUM_BUFR=2
SIZE_BIO=4096
VIRTMB=64
NUM_VPAGE=128
SIZ_VPAG=16384
NUM_DPAG=8192
MEM_PROC=1
LOCALFIL=0
CONTACTS=1000
ORDERER=2
EXT_FILE=1
MX_NODES=5000
MX_ELEMS=2000
MX_KEYPT=500
MX_LINES=1000
MX_AREAS=300
MX_VOLUS=200
MX_REALS=10
MX_COUPS=10
MX_CEQNS=10
FILESPLT=128
```

注释：由于许多 CONFIG60.ANS 值都依赖于所使用的系统，对于每个关键字，提供了取值范围。注意在大多数计算机系统中，一个整型字为 4 字节。

NUMRESLT 是结果文件中允许的结果组（子步）的最大值：最小为 10，缺省值是 1000。在使用 **/CONFIG, NRES** 命令进入开始级时可以改变缺省设置。

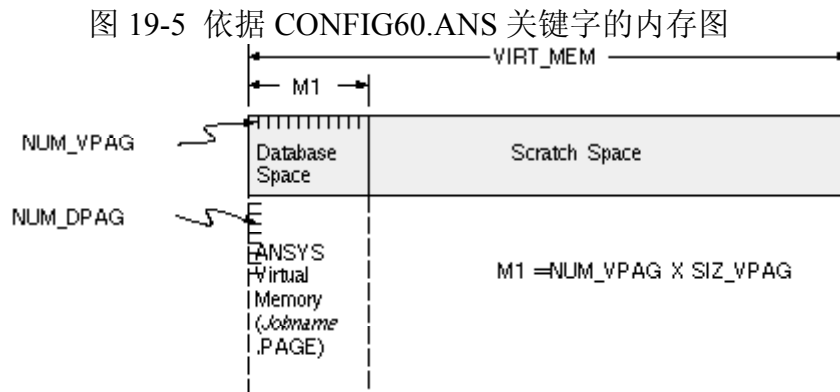
NUM\_BUFR 是存储在临存空间中的每个文件的缓冲区数，值为 1 到 32。缓冲区是将文件写入硬盘前内存中用于容纳数据的空间块，程序等待该缓冲区完全装满，这有那样才将缓冲区倒空到硬盘上。这就避免了浪费时间的磁盘。

NUM\_BUFR 缺省值为 4，在开始级时可以用 **/CONFIG, NBUF** 命令进行更改，它被用于 EROT, ESAV, EMAT, FULL 以及 TRI 文件。在具有较大真实内存的系统中，可增加 NUM\_BUFR 或者 SIZE\_BIO（或两者同时增加）从而使 ANSYS 的求解文件在内存中而非硬盘上，这样可节省较多的硬盘频繁的读写操作时间，对多子步小规模问题可能是可行的。

SIZE\_BIO 是每个文件缓冲区的大小，从 1024 到 4194304 个整型字（4MB 到 16MB），缺省值为 16384。在开始级时可用 **/CONFIG**, SZBIO 命令更改，详见 NUM\_BUFR。

VIRM-MB 是当前 ANSYS 进程申请的总工作空间值，最小值为 24MB，缺省值为 64MB，用工作空间入口选项可以更改，在本章基本概念这一节有解释（见图 19-5），同样可用 VIRT\_MEM 来代替 VIRT\_MB，用整型字来指定 ANSYS 工作空间。

NUM\_VPAG 是内存中的数据库页面文件的最大值：16 到 512，缺省值为 256。可通过更改 NUM\_VPAG 或 SIZ\_VPAG（或同时改变）更改数据库空间的大小，参见本章 19.3 节及图 19-5。



SIZ\_VPAG 是每个数据库页面的大小，从 4096 到 131072 个整型字（16 到 512），缺省值为 16384（64KB），可更改 SIZ\_VPAG 或者 NUM\_VPAG（或两者）来改变数据库空间的大小。SIZ\_VPAG 同样影响到页面文件的大小，见 NUM\_DPAG。

注释：SIZ\_VPAG 与 NUM\_VPAG 的积不能超过 2 千兆字节（Cray 系统无限制）。如果增加了这些值之一，需要相应减少其它值以保持限定值不变，最大值也是缺省值。

NUM\_DPAG 是磁盘上数据库页面文件的数量，NUM\_VPAG 最大为 65536，缺省值为 8192。该数乘以 SIZ\_VPAG 决定了页面文件(Jobname.PAGE)的最大值，页面文件仅在数据库太大装不进内存中的数据库空间时才产生。如果要将页面文件写入磁盘，必须有足够的磁盘空间去容纳它，否则程序将退出。

如果一个问题大得不能适应当前暂存空间的分配，那么 MEM\_GROW 是 ANSYS 试图申请的内存块的起点值（MB），若 ANSYS 试图分配额外的暂存空间，它将以大小等于 MEM\_GROW 的内存块开始，然后减半，直到它能分配额外的内存为止。如果不指明，MEM\_GROW 缺省到初始暂存空间的一半。要关闭动态内存分配（用固定的内存方式），设置 MEM\_GROW=0。

NUM\_PROC 是所用处理器的数量，缺省值是 1。但是可以在开始级时用 **/CONFIG**, NPROC 命令加以改变，这仅影响装有相称的 ANSYS 程序平行版本的多进程计算机（为 ANSYS 程序平行版本专门编程）。NUM\_PROC 的值必须小于或等于整个可得到的处理器的数量。

如果 NUM\_PROC 的值超过了可得到的处理器的数量, 使用最大可得到的处理器值。在某些系统中, 为选择可得到的处理器数量, 可能还需要用户另外专门指定环境变量 (NCPUS)。缺省值情况下, 大多数系统使用单处理器。参阅针对自身计算机系统的安装指南了解进一步的信息。

LOCALFIL 是一个关键词, 决定文件何时关闭: 0 (整体关闭), 1 (局部关闭), 缺省值为 0。在开始级时用 **/CONFIG**, LOCFL 命令加以改变。该关键词仅对 EROT、ESAV、EMAT、FULL 和 TRI 文件起作用。如果用 **/FDELE** 命令请求的话, 局部关闭的文件在求解的早期就被删除了。这对于运行大型的问题有益。整体关闭的文件在运行结束时才关闭, 并且每一子步不被打开及关闭, 这在进行有许多子步的分析的情况下节省了时间。

CONTACTS 是期望在任一给定时刻处于接触的接触单元数, 缺省值为 1000, 在开始时级可以用 **/CONFIG**, NCONT 命令加以改变, 这与模型中接触单元总数不同。

ORDERER 是一个关键词, 决定单元自动排列方案: 0 (**WSORT**, ALL), 1 (**WAVES**), 2 (两者), 缺省值为 2, 不能在开始级用 **/CONFIG**, ORDER 命令更改。

EXT\_FILE 是一个关键词, 决定二进制文件的格式: 0 (内部格式), 1 (外部格式), 缺省值为 1。缺省为 1 (外部格式), 不能在开始级用 **/FTYPE** 命令更改 (在某些系统中, 内部格式和外部格式是等同的)。

ANSYS 遇到下列未指定的九个关键词任一个时, 均将其设置值为 100, 无论如何超出当前最大值, 关键词的值自动翻倍, 最大值动态地膨胀, 即使第一次遇到。

MX-NODES 是节点的最大值

MX-ELEMS 是单元最大值

MX-KEYPT 是关键点的最大值

MX-LINES 是线数最大值

MX-AREAS 是面的最大值

MX-LVOLUS 是体的最大值

MX-REALS 是实常量数组的最大值 (单元属性)

MX-COUPS 藕合自由度的最大值组数

MX-CEQNS 约束方程数的最大值

FILE-SPLT 是一整型值, 表明文件分割点, 以兆字节计。适宜分开成为一新文件的所有文件, 每增加 xxxx 兆字节, 就分割为一新文件 (这里 xxxx 是为该关键词指定的值)。见 ANSYS 操作指南的 6.3 节了解文件分割的进一步信息。

可在程序启动时使用 ANSYS 入口选项, 用 **/CONFIG** 命令或其它命令更改许多配置设置。大多数情况下, 无需创建自己的 CONFIG60.ANS 文件。同样对每一个计算机系统, 缺省设置是在典型系统配置下运行“典型”模型时效率最高的设置。仅需对非典型系统或非典型模型改变配置。