

The ANSYS logo is rendered in a large, bold, blue sans-serif font. It is positioned in the upper half of the cover, centered horizontally. The background behind the text is a white circle with a fine grid pattern. Above the circle, there are abstract, overlapping shapes in shades of blue and orange. Below the circle, there are more abstract shapes in shades of red, orange, and blue, creating a dynamic, flowing design.

ANSYS

参数化编程命令 与实例详解

高长银 张心月 刘鑫颖 邓正华 黎胜容 主编

赠送实例素材文件

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



ANSYS 参数化编程命令与实例详解

高长银 张心月 刘鑫颖 邓正华 黎胜容 主编



机械工业出版社

本书全面系统地介绍了 ANSYS 参数化编程技术和实际应用。全书共 10 章,第 1~7 章为基础技术,介绍了 APDL 编程语言、宏和函数功能、菜单操作、前处理器操作、加载与求解、后处理器操作;第 8~10 章为典型实例,从专业的角度,本着循序渐进、由浅至深的原则,分别介绍了 APDL 结构静力学分析实例、APDL 结构动力学分析实例、APDL 结构热分析实例。

本书赠送书中所有实例素材文件,读者可通过联系邮箱 296447532@qq.com 获得。本书适合有限元二次开发人员使用,同时也可以作为高校相关专业学生的教材。

图书在版编目(CIP)数据

ANSYS 参数化编程命令与实例详解/高长岭等主编. —北京:机械工业出版社,2015.7
ISBN 978-7-111-50801-4

I. ①A… II. ①高… III. ①有限元分析—应用软件 IV. ①0241.82-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 154539 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:周国萍 责任编辑:周国萍 范成欣

责任校对:肖琳 封面设计:马精明

责任印制:刘岚

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2015 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·28.75 印张·725 千字

0001—2500 册

标准书号:ISBN 978-7-111-50801-4

定价:79.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066 机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294 机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203 金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

前 言

ANSYS 提供了参数化编程语言 APDL, 可用于二次开发。用户利用 APDL 可以自动完成某些功能或建模, 大大扩展了软件的功能, 但学习 APDL 语言很有难度, 因此出版实用、易学 ANSYS 参数化编程语言的命令和实例教程很有必要。

本书共 10 章, 具体内容如下:

第 1 章为 APDL 参数化语言概述, 讲述了 APDL 的定义、特点, 以及如何生成 APDL 文件, 并安排了一个入门小实例。

第 2 章讲述了 APDL 编程语言, 内容包括参数化命名规则、参数化变量的使用、参数化数组、表参数、循环与分支控制。为了使读者加深理解所学知识, 本章每讲述一个基础知识点, 都通过训练实例予以应用展示。

第 3 章为 APDL 宏和函数功能, 具体内容包括工具栏与缩略语、对话框操作、宏文件、函数及其加载器。本章知识点比较多, 也是本书学习的重点。读者应着重掌握函数与加载器的知识。

第 4 章为实用菜单操作, 内容包括文件操作、实体选择、实体的列表输出、实体和属性的显示、视图显示和模式控制、工作平面与坐标系转换, 以及训练实例。

第 5 章介绍了前处理器操作, 包括建立实体模型、实体模型的操作运算、实体模型的修改、选择单元类型、定义材料属性与实常数、设置单元属性和网格划分、直接生成有限元模型。前处理器是学习 ANSYS 的必备工具, 希望读者结合训练实例牢牢理解和掌握。

第 6 章讲述了加载与求解, 内容包括指定分析类型、施加载荷和边界条件、载荷步设置选项、物理环境与有限元求解运算。

第 7 章为后处理器操作, 具体内容包括后处理概述结果数据的显示与列表、结果数据的操作、其他结果操作命令、时间历程后处理等。

从第 8 章起开始应用实例的介绍。其中, 第 8 章为 APDL 结构静力学分析实例, 第 9 章为 APDL 结构动力学分析实例, 第 10 章为 APDL 结构热分析实例。每章有 3 个实例, 包括入门实例、提高实例、经典实例, 符合读者学习过程。所有实例均来自一线实践, 工程实用性强。读者通过学习, APDL 的应用水平将大大提高。

本书赠送书中所有实例素材文件, 读者可通过联系邮箱 296447532@qq.com 获得。本书适合 ANSYS 二次开发人员使用, 同时也可以作为高校相关专业学生的教材。

本书由高长银、张心月、刘鑫颖、邓正华、黎胜容主编, 参加编写的有郭向东、李万全、黎双玉、邱大伟、马龙梅、涂志涛、刘红霞、刘铁军、何文斌、邓力、王乐、杨学围、张秋冬、闫延超、董延、郭志强、毕晓勤、贺红霞、史丽萍、袁丽娟、刘汝芳、夏劲松。

由于时间有限, 书中难免会有一些错误和不足之处, 欢迎广大的读者及业内人士予以批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 APDL 参数化语言概述	1
1.1 APDL 简介	1
1.1.1 APDL 的定义	1
1.1.2 APDL 的特点	2
1.2 如何生成 APDL 文件	3
1.2.1 LOG 文件中命令的说明	3
1.2.2 APDL 文件简介	5
1.3 入门实例——三孔板 APDL 分析	7
1.4 本章小结	11
第 2 章 APDL 编程语言	13
2.1 参数命名	13
2.1.1 参数的命名规则	13
2.1.2 参数化操作环境	14
2.2 参数化变量的使用	15
2.2.1 变量参数的定义和赋值	15
2.2.2 变量参数的表达式和函数	22
2.2.3 删除变量参数	23
2.2.4 字符参数的用法	24
2.2.5 变量参数的保存和恢复	25
2.2.6 变量列表显示	27
2.3 参数化数组	29
2.3.1 数组参数的类型和概念	29
2.3.2 定义数组参数	30
2.3.3 赋值数组参数	31
2.3.4 删除数组参数	34
2.3.5 显示数组参数	35
2.3.6 数组参数运算	37
2.4 表参数	47
2.4.1 表定义	47
2.4.2 表赋值	48
2.4.3 表插值	53
2.4.4 操作实例——弯管端部受到随时间变化的载荷作用	54
2.5 循环与分支控制	57

2.5.1 *GO 无条件分支语句	57
2.5.2 *IF 条件分支	58
2.5.3 *DO 循环	60
2.5.4 *REPEAT 重复一个命令	61
2.6 训练实例——瞬态动力学 应用数组和表	62
2.7 本章小结	65
第 3 章 APDL 宏和函数功能	67
3.1 工具栏与缩略语	67
3.1.1 自定义工具栏按钮	67
3.1.2 存储与恢复工具栏按钮	69
3.2 对话框操作	70
3.2.1 单参数输入对话框	70
3.2.2 多参数输入对话框	71
3.2.3 调用 ANSYS 程序已有的对话框	72
3.3 宏文件	73
3.3.1 APDL 宏及其功能	74
3.3.2 宏文件命名规则	74
3.3.3 创建宏文件的方法	76
3.3.4 宏的局部变量	80
3.3.5 运行宏	82
3.4 函数及其加载器	83
3.4.1 使用函数编辑器	84
3.4.2 使用函数加载器	88
3.4.3 操作实例——使用函数边界条件 加载实例	89
3.5 训练实例——创建旋转轮盘的通用宏	92
3.6 本章小结	94
第 4 章 实用菜单操作	95
4.1 文件操作	95
4.1.1 ANSYS 开始命令	96
4.1.2 文件存取命令	98
4.1.3 CAD 模型输入	103
4.1.4 操作实例——音叉模型	

导入 ANSYS	107	5.5.1 设置材料属性	238
4.2 实体选择	107	5.5.2 设置实常数	245
4.2.1 选择实体	107	5.6 设置单元属性和网格划分	246
4.2.2 创建组件和部件	111	5.6.1 设置单元属性	247
4.2.3 操作实例——实体选择	115	5.6.2 设置网格大小	250
4.3 实体的列表输出	116	5.6.3 网格划分	257
4.3.1 实体模型的列表输出	116	5.6.4 网格修改和删除	264
4.3.2 属性列表输出	119	5.6.5 操作实例——面映射网格划分	267
4.3.3 载荷列表输出	121	5.7 直接生成有限元模型	268
4.3.4 其他内容列表输出	124	5.7.1 生成节点	268
4.4 实体和属性的显示	125	5.7.2 生成单元	274
4.5 视图显示和模式控制	129	5.7.3 节点与单元的修改	276
4.5.1 视图显示控制	130	5.7.4 编号控制	279
4.5.2 视图模式控制	137	5.8 训练实例——扳手前处理实例	285
4.5.3 图形窗口显示控制	147	5.9 本章小结	287
4.5.4 动画生成的显示控制	152	第 6 章 加载与求解	289
4.6 工作平面与坐标系转换	155	6.1 指定分析类型	289
4.6.1 工作平面显示、平移和旋转	155	6.1.1 设置分析类型	289
4.6.2 坐标系的设置与转换	160	6.1.2 求解控制	292
4.7 训练实例——菜单操作实例	162	6.1.3 模态扩展	303
4.8 本章小结	163	6.1.4 分析选项	304
第 5 章 前处理器操作	165	6.2 施加载荷和边界条件	306
5.1 建立实体模型	165	6.2.1 载荷初始设置	306
5.1.1 绘制关键点	166	6.2.2 施加载荷	309
5.1.2 绘制线	172	6.2.3 删除载荷	332
5.1.3 绘制面	181	6.2.4 载荷操作	335
5.1.4 绘制体	193	6.3 载荷步设置选项	338
5.2 实体模型的操作运算	200	6.3.1 输出与求解控制	338
5.2.1 拉伸与旋转操作	200	6.3.2 时间与频率	340
5.2.2 布尔操作	206	6.3.3 非线性选项	341
5.2.3 实体缩放	220	6.3.4 载荷步文件操作	344
5.2.4 几何量计算	222	6.4 物理环境	345
5.3 实体模型的修改	224	6.5 有限元求解运算	347
5.3.1 实体模型的修改和复制	224	6.6 训练实例——旋转轮盘加载与求解	348
5.3.2 实体模型的镜像	231	6.7 本章小结	351
5.3.3 实体模型的删除	234	第 7 章 后处理器操作	353
5.3.4 操作实例——创建轴承座模型	235	7.1 后处理概述	353
5.4 选择单元类型	237	7.1.1 结果文件类型	353
5.5 定义材料属性与实常数	238		

7.1.2 求解结果类型	353
7.1.3 进入后处理命令	354
7.2 结果数据的显示与列表	355
7.2.1 读入结果数据	355
7.2.2 显示结果数据	357
7.2.3 列表结果数据	365
7.3 结果数据操作	371
7.3.1 节点计算	371
7.3.2 单元表操作	373
7.3.3 路径操作	376
7.3.4 载荷组	386
7.4 其他结果操作命令	392
7.4.1 结果输出控制	392
7.4.2 安全系数	394
7.4.3 疲劳分析	395
7.4.4 定义与修改	400
7.4.5 写结果文件	401
7.4.6 重置	401
7.5 时间历程后处理器 POST26	401
7.5.1 变量定义与设置	402
7.5.2 变量数据运算操作	408
7.5.3 变量图形显示和列表	412
7.6 训练实例——弯管瞬态后处理实例	414

7.7 本章小结	418
----------------	-----

第 8 章 APDL 结构静力学分析实例

8.1 入门实例——带孔板结构 静力学分析	419
8.2 提高实例——托架体零件结构 静力学分析	423
8.3 经典实例——桁架静力学分析	427
8.4 本章小结	429

第 9 章 APDL 结构动力学分析实例

9.1 入门实例——音叉模态分析	431
9.2 提高实例——弹簧质点系统瞬态 动力学分析	435
9.3 经典实例——连杆谐响应分析	438
9.4 本章小结	442

第 10 章 APDL 结构热分析实例

10.1 入门实例——蒸汽管道热分析	443
10.2 提高实例——混凝土空心砖热 应力分析	448
10.3 经典实例——钢球冷却瞬态热分析	451
10.4 本章小结	453

参考文献

第 1 章

APDL 参数化语言概述

APDL 是 ANSYS Parametric Design Language 的缩写, 即 ANSYS 参数化设计语言, 可实现参数化建模、施加参数化载荷与求解以及参数化后处理结果的显示, 从而实现参数化有限元分析的全过程。它是 ANSYS 分析的最高技术。本章详细介绍了 ANSYS 参数化语言的基本知识, 包括 APDL 的优点和缺点以及生成 APDL 的方法等。

本章知识要点:

- 了解 APDL 的应用和特点。
- 掌握生成 APDL 的方法。
- 三孔板 APDL 分析实例。

1.1 APDL 简介

APDL 是实现 ANSYS 参数建模、重复任意多次分析以及二次开发的基础。

1.1.1 APDL 的定义

APDL 是一种类似于 Fortran 的解释性语言。它提供了一般程序语言的功能 (如参数、宏、标量、向量及矩阵运算、分支、循环、重复以及访问 ANSYS 有限元数据库等), 还提供了简单界面定制功能, 可以实现参数交互输入、消息机制、界面驱动和运行应用程序等。

APDL 的功能简述如下 (对于这些功能, 用户可以根据需要进行组合使用或单独使用):

- 参数 (变量参数和数组参数)。
- 流程控制 (分支和循环)。
- 表达式和函数。
- 宏。
- 重复功能和复写功能。
- 用户子程序。
- 优化设计。

利用 APDL 的程序与宏技术组织管理 ANSYS 有限元分析命令, 就可以实现参数化建模、施加参数化载荷与求解以及参数化后处理结果的显示, 从而实现参数化有限元分析的全过程, 同时这也是 ANSYS 批处理分析的最高技术。在参数化的分析过程中, 可以简单修改其中的参数, 达到反复分析各种尺寸、不同载荷大小的多种设计方案或者序列性产品, 极大地提高了分析效率, 降低了成本。同时, 以 APDL 为基础, 用户可以开发专用有限元

分析程序，或者编写经常重复使用的功能小程序，如特殊载荷施加宏、按规范进行强度或刚度校核宏。

此外，APDL 是 ANSYS 设计优化的基础，只有创建了参数化的分析流程，才能对其中的设计参数执行优化改进，达到最优化设计的目标。

1.1.2 APDL 的特点

ANSYS 软件提供了两种工作模式：人机交互方式（GUI 方式）和命令流输入方式（BATCH 方式）。

1. 人机交互方式（GUI 方式）

对于初学者，特别是已经习惯使用 Windows 操作界面的广大用户来说，人机交互方式似乎要容易掌握一些。用户不需要记住编程语言的使用规则与命令的使用格式等，只要用鼠标在图形上进行操作即可。

通常一个分析的完成需要进行多次的反复，特别是对模型进行修改后再进行分析，在 GUI 方式中就会出现大量的重复操作，这样会占用大量的计算时间，从而造成规模性的分析质量下降。另外，使用 GUI 方式往往会生成大量的文件，对于一个较大的分析模型，其生成的数据文件也许是几兆字节，有时会是十几兆字节，甚至达到几百兆字节，这么大的数据文件在交流时是非常不方便的。

2. 命令流输入方式（BATCH 方式）

对于复杂的有限元模型分析，命令流输入方式的优势就会显现出来，具体来说可以概括为以下几点：

- 可以减少大量的重复工作，特别适用于经少许修改（如修改网格的密度）后需要多次重复计算的场合；可以为设计人员节省大量的时间，使设计人员有更多的精力从事产品的构思。
- 便于保存和携带。一个 APDL 的 ASCII 文件一般只有几十千字节，最多也只有几百千字节，其数据文件的容量仅为 GUI 数据文件的千分之一，无论是在网上，还是平常交流都非常方便。
- 不受 ANSYS 软件系统操作平台的限制，即用户使用 APDL 文件既可以在 Windows 平台进行交流运行，也可以在 UNIX 或其他的操作平台上运行。用 GUI 方式生成的数据文件不能直接交流。
- 不受 ANSYS 软件的版本限制。一般情况下，ANSYS 软件以 GUI 方式生成的数据文件只能向上兼容一个版本，也就是说，ANSYS 7.0 版本的软件只能直接调出 ANSYS 6.1 版本的数据文件，而不能直接调用 ANSYS 5.7 及以前的数据文件。APDL 文件不存在这个限制，仅个别命令会有影响。
- 在进行优化设计和自适应网格分析时，必须使用 APDL 方式。
- 利用 APDL 方式，用户很容易建立参数的零件库，以利于其快速生成有限元分析模型。
- 利用 APDL 可以编写一些常用命令的集合（即宏命令），或者是制作快捷键，并将其放在工具栏上。
- 利用 APDL 可以进行 ANSYS 的二次开发。

APDL 也存在以下不足之处:

- 在 ANSYS 软件中每个 GUI 方式基本上都有一个操作命令与之对应,这样就生成了大量的操作命令,要记住这些命令是有很困难的。
- APDL 文件方式不直观。由于其属于一种脚本语言,必须要将输入文件中的命令执行完后才能得到结果,这对于不习惯进行程序调试的人来说,容易产生厌倦的心理,甚至会认为太难而放弃使用。
- 重复执行时也要花费一定时间。

1.2 如何生成 APDL 文件

APDL 方式对于一个大型的复杂模型来说,优点更加突出。但 APDL 文件不能按其他语言(如 Fortran、C、C++等)的编写方式去做。若要这样做,则其难度会更大。一般的方法是充分利用第 1 次分析时生成的 LOG 文件,对该文件做适当的修改即可得到自己的命令流文件,再添加一些 APDL 控制命令,就可以得到 APDL 命令的文件了。

1.2.1 LOG 文件中命令的说明

在 GUI 方式下,用户每执行一次操作,ANSYS 都会将与该操作路径相对应的操作命令写入到一个 LOG 文件里,对该操作命令的响应情况则输出到 ANSYS 的输出窗口(Output Window)里,生成的结果则显示在图形屏幕上。LOG 的默认文件名是“Jobname.log”,如果没有指定工作文件名,则为“File.log”,这个文件就是生成 APDL 文件的基础。

由于在 GUI 方式下可以使用图形拾取操作(即直接用鼠标在图形上进行操作),而 APDL 方式下一般不能采用图形拾取操作,因此在 LOG 文件转向 APDL 命令流文件时,必须将 GUI 方式下的拾取操作转变为使用操作命令来执行,相关转换方式如下。

对一条编号为 3 的线指定划分网格的等份数为 15,如图 1-1 所示。

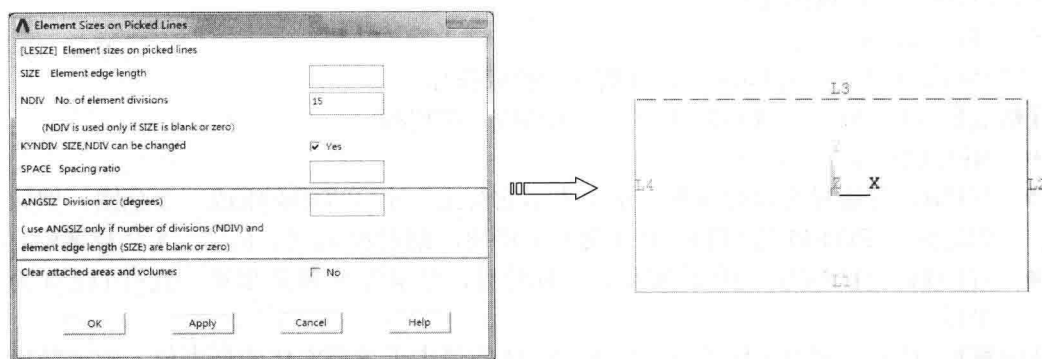


图 1-1 线分段

若使用 GUI 方式,则在其 LOG 文件中生成的命令流如下:

```
FLST,5,1,4,ORDE,1
FITEM,5,3
CM,_Y,LINE
LSEL,,,P51X
CM,_Y1,LINE
```

```
CMSEL,,_Y
!*
LESIZE,_Y1,,15,,,,,1
!*
```

若要使用 APDL 的方式，则只要使用一条命令即可：

```
LSIZE,3,,15,,,,,1
```

在 LOG 文件中经常会遇到 FLST/FITEM 命令，下面对这两个命令进行介绍。

(1) FLST 命令

FLST 命令用于在 GUI 模式下配合数据的拾取操作。

【格式】: FLST, NFIELD, NARG, TYPE, Otype, LENG

【说明】:

- NFIELD: 所选择实体对应操作命令的第几个参数 (field)。操作命令的第一个域是命令本身，因此 NFIELD=2 表示是命令的第 1 个参数，NFIELD=3 表示是命令的第 2 个参数……
- NARG: 拾取数据的数目 (即后续 FITEM 命令行数)。
- TYPE: 所选择的实体类型，包括 1—节点编号、2—单元编号、3—Keypoint 编号、4—Line 编号、5—Area 编号、6—Volume 编号、7—Trace points、8—总体直角坐标系中的坐标值、9—屏幕坐标选择 (在屏幕 X, Y 坐标中，值为 (-1 to 1))。
- Otype: 数据排列方式。它有两种方式: NOOR 表示数据是无序的 (默认)，ORDER 表示数据是个有序的表 (例如，对于 E,P51X 和 A,P51X 命令，其中数据的顺序与用 Pick 方式选择时的顺序一致)。
- LENG: 数据表长度 (后续 FITEM 命令的个数。如果 Otype = NOOR，则 LENG 应等于 NARG)。

【注意】: FIST 命令通常与 FITEM 命令配合使用，同时后续的命令一般带有 P51X 卷签，用以对应这个拾取的集合。

(2) FITEM 命令

FITEM 命令用于定义 GUI 模式下数据的拾取操作。

【格式】: FITEM, NFIELD, ITEM, ITEMY, ITEMZ

- NFIELD: 同 FLST 命令。
- ITEM: 所选择实体的编号。负值表示它与上一个 FITEM 组成一个范围。例如，相连两个 FITEM 的 ITEM 值分别为 4 和 -8，则表示 4、5、6、7、8 全被选中。
- ITEMY, ITEMZ: 当所选实体为坐标值时，分别为 Y 和 Z 坐标，此时 ITEM 为 X 坐标。

【注意】: 对于给定的实体类型，如果 ITEM 的值大于该类实体的最大值，则可能导致不可预料的后果。

【举例】:

以下是 LOG 文件常见的命令流，解释如下：

```
FLST,5,4,4,ORDE,2
FITEM,5,1
FITEM,5,-4
CM,_Y,LINE
```

```
LSEL,,,P51X
CM,_Y1,LINE
CMSEL,_,Y
!*
LESIZE,_Y1,,,15,,,,1
!*
```

在 FLST 命令中的第一个“5”表示该拾取操作是作为 LSEL 命令的第五个条件，即 LSEL,,,P51X 中的 P51X；第一个“4”表示拾取了 4 个图元；第二个“4”表示拾取的类别是 4；ORDE 表示这些 Line 的编号是按顺序排列的（升序）；最后的“2”表示本 FLST 后面跟有两个 FITEM 语句。

后面两个 FITEM 命令表明拾取图元的编号，第 1 条 FITEM 语句表示拾取线的编号为 1，两个 FITEM 命令选择了线 2~4（选取线的编号范围为-4，编号 4 前面加了负号表示选择的编号的范围）。

LSEL,,,P51X 语句选择拾取的线。

LESIZE,_Y1,,,15,,,,1 表示线分段为 15 段。

对于上述命令流，如果用户使用 APDL 命令编程，则可以进行如下简化：

```
LSEL,S,,,1,4           ! 选择线编号 1~4
LESIZE,ALL,,,15,,,,1  ! 对所选线分段
```

1.2.2 APDL 文件简介

APDL 语言的命令有很强的规律性，很多命令都是由常用关键字或英文单词缩写组合而成的，因而掌握一些常用的关键字和英文缩写对于学习和使用命令很有帮助。以下是常用的关键字和英文缩写列表。

- K: Keypoint (关键字)。
- L: Lines (线)。
- A: Area (面)。
- V: Volume (体)。
- E: Elements (单元)。
- N: Nodes (节点)。
- CM: Component (组元)。
- ET: Element Type (单元类型)。
- MP: Material Property (材料属性)。
- R: Real constant (实常数)。
- CP: Coupled degrees of freedom (自由度耦合)。
- CE: Constraint Equation (约束方程)。
- D: DOF constraint (约束)。
- F: Force Load (集中力)。
- SF: Surface load on Nodes (表面载荷)。
- BF: Body Force on Nodes (体载荷)。
- IC: Initial Conditions (初始条件)。

APDL 是一种高级编程语言，因而具有明显的模块化特征，掌握了各个模块的特征，

对于命令流的学习和使用来说很有帮助。以下通过一个典型的命令流文件来说明各个模块的基本特征。

```
! *****
```

```
!文件说明段
```

```
! *****
```

```
/BATCH
/FILNAME,holeplate,1      !定义文件名
/TITLE,plane stress      !定义工作标题
/REPLOT                    !重绘窗口
```

```
! *****
```

```
!定义单元、材料属性、实常数段
```

```
! *****
```

```
/PREP7                    !进入前处理模块标识
ET,1,PLANE183             !指定单元类型
MPTEMP,1,0                !建立温度表
MPDATA,EX,1,,2e11         !定义弹性模量
MPDATA,PRXY,1,,0.3       !定义泊松比
```

```
! *****
```

```
!建立模型段
```

```
! *****
```

```
BLC5,0,0,0.2,0.1        !绘制矩形面
CYL4,0,0,0.02           !绘制圆面
ASBA, 1, 1               !面相减
```

```
! *****
```

```
!划分网格段
```

```
! *****
```

```
LESIZE,23,,15,,1        !线分段
MSHAPE,0,2D             !2D 网格划分
MSHKEY,1                !选择映射网格
AMAP,2,9,4,3,10        !划分网格
FINISH                   !前处理结束标识
```

```
! *****
```

```
!求解段
```

```
! *****
```

```
/SOL                     !进入求解模块标识
DL,1,,ALL                !约束线 1
SFL,2,PRES,1            !线 2 施加压力
SOLVE                    !求解
FINISH                   !求解结束标识
```

```
! *****
```

!后处理段

!*****

/POST1 !进入通用后处理模块标识

FINISH !后处理结束标识

/EXIT, SAVE !退出并保存

1.3 入门实例——三孔板 APDL 分析

下面通过三孔板静力学分析实例来说明如何利用 LOG 文件生成一个 APDL 分析文件,并得到应力和变形云图。

如图 1-2 所示的三孔的钢板模型,板厚为 20mm,板的材料参数为:弹性模量 $E=200\text{GPa}$,泊松比为 0.25,在左侧小圆孔上施加位移约束,在右侧的大圆孔上施加载荷。

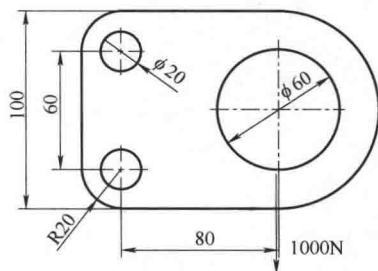


图 1-2 三孔板模型

在 GUI 模式完成该问题的有限元分析过程,并显示出变形和等效应力分布云图,如图 1-3 和图 1-4 所示。在工作目录下找到 bracket.log 文件,显示内容如下:

```

/BATCH
/TITLE,STRESS IN A BRACKET           ! 定义工作标题
/REPLOT                               ! 重绘窗口
!*
/NOPR
KEYW,PR_SET,1                         ! 选择结构分析
KEYW,PR_STRUC,1
KEYW,PR_THERM,0
KEYW,PR_FLUID,0
KEYW,PR_ELMAG,0
KEYW,MAGNOD,0
KEYW,MAGEDG,0
KEYW,MAGHFE,0
KEYW,MAGELC,0
KEYW,PR_MULTI,0
KEYW,PR_CFD,0
/GO
!*
/COM,
/COM,Preferences for GUI filtering have been set to display:
/COM, Structural

```

```

!*
/PREP7                                ! 进入前处理模块
BLC4,0,0,80,100                       ! 建立模型
CYL4,80,50,50
CYL4,0,20,20
CYL4,0,80,20
BLC4,-20,20,20,60
SAVE
FLST,2,5,5,ORDE,2
FITEM,2,1
FITEM,2,-5
AADD,P51X
CYL4,80,50,30
CYL4,0,20,10
CYL4,0,80,10
/PNUM,KP,1
/PNUM,LINE,1
/PNUM,AREA,1
/NUMBER,0
!*
/PNUM,ELEM,0
/REPLOT
!*
FLST,3,3,5,ORDE,2
FITEM,3,1
FITEM,3,-3
ASBA,          6,P51X
SAVE                                           ! 保存
ET,1,PLANE182                               ! 选择单元类型
KEYOPT,1,1,1,0
KEYOPT,1,3,3
KEYOPT,1,6,0
!*
R,1,20,                                       ! 设置实常数
!*
MPTEMP,,,,,,,,                               ! 设置材料属性
MPTEMP,1,0
MPDATA,EX,1,,2E11
MPDATA,PRXY,1,,0.25
MPTEMP,,,,,,,,
MPTEMP,1,0
MPDATA,DENS,1,,7850
MSHAPE,0,2D
MSHKEY,0
!*
CM,_Y,AREA
ASEL,,, 4
CM,_Y1,AREA
CHKMSH,'AREA'
CMSEL,S,_Y

```

```

!*
AMESH,_Y1                                ! 划分网格
!*
CMDELE,_Y
CMDELE,_Y1
CMDELE,_Y2
!*
FINISH
/SOL                                       ! 进入求解模块
!*
ANTYPE,0
FLST,2,8,4,ORDE,2
FITEM,2,7
FITEM,2,-14
!*
/GO
DL,P51X, ,ALL,0                           ! 施加约束
GPLOT
FLST,2,1,3,ORDE,1
FITEM,2,9
!*
/GO
FK,P51X,FY,-1 000                         ! 施加力
/STATUS,SOLU
SOLVE
FINISH
/POST1                                     ! 进入后处理模块
PLDISP,0
!*
/EFACET,1
PLNSOL, S,EQV, 0,1,0
SAVE                                       ! 保存

```

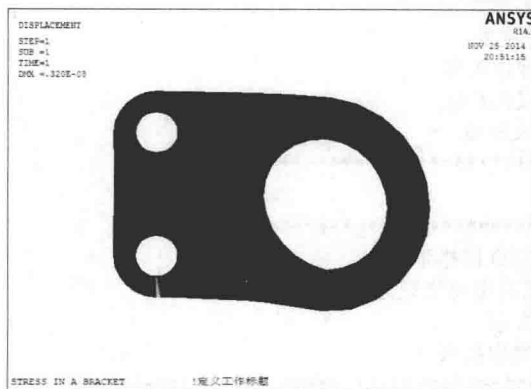


图 1-3 变形云图

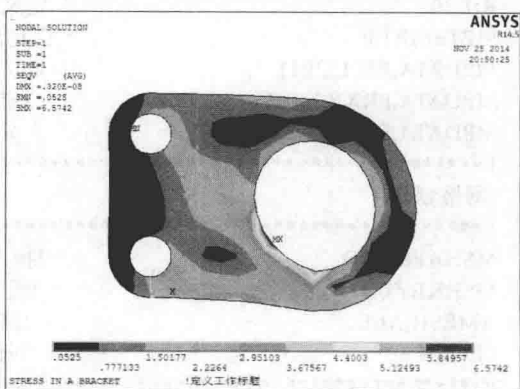


图 1-4 等效应力云图

下面对上述 LOG 文件的内容稍加修改，并添加 APDL 的控制命令，即可完成任务，生成的文件为 apdlbracket.txt，详细内容显示如下：


```

! *****
!文件说明段
! *****

/BATCH
/TITLE,STRESS IN A BRACKET      !定义工作标题
/REPLOT                          !重绘窗口
! *****

!建立模型
! *****

/PREP7                            !进入前处理模块
BLC4,0,0,80,100                  !绘制矩形面
CYL4,80,50,50                    !绘制圆面
CYL4,0,20,20                     !绘制圆面
CYL4,0,80,20                     !绘制圆面
BLC4,-20,20,20,60               !绘制矩形面
AADD,ALL !所有面相加
CYL4,80,50,30                    !绘制圆面
CYL4,0,20,10                     !绘制圆面
CYL4,0,80,10                     !绘制圆面
/PNUM,AREA,1                     !显示面编号
/NUMBER,0                         !设置颜色显示
ASEL,S,,1,3                       !选择 1~3 面
CM,JIANMIAN,AREA                 !创建面组件 JIANMIAN
ALLSEL,ALL                       !全选所有
ASBA, 6, JIANMIAN                !面 6 减去 1~3 面
CMDELE, JIANMIAN                 !删除组件
SAVE                              !保存
! *****

!设置单元和材料属性
! *****

ET,1,PLANE182                    !选择 182 号单元
KEYOPT,1,3,3                     ! 定义单元行为“Plane strs w/thk”选项
R,1,20,                          ! 定义实常数
MPTEMP,1,0                       ! 创建温度表
MPDATA,EX,1,,2E11                ! 定义弹性模量
MPDATA,PRXY,1,,0.25              ! 定义泊松比
MPDATA,DENS,1,,7.850             ! 定义密度
! *****

!网格划分
! *****

MSHAPE,0,2D                      !指定 2D 网格形状
MSHKEY,0                          !设置自由网格划分
AMESH,ALL                          !网格划分
FINISH                             !前处理结束
! *****

!求解模块
! *****

/SOL                              !进入求解模块
ANTYPE,0                          !设置静态分析
LSEL,S,,7,14                      !选择线 7~14

```