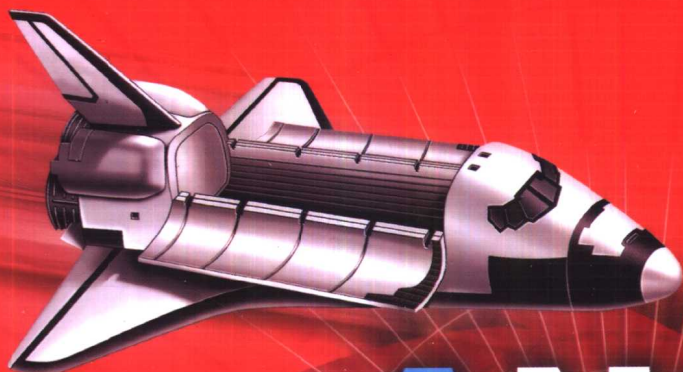




计算机工程应用系列丛书



ANSYS

工程计算应用教程

★ ANSYS 是世界上有限元素分析占有率第一的泛用型工具。

★ 介绍了ANSYS在结构分析方面的实际应用。

★ 通过范例介绍了结构静力问题、模态问题及非线性问题等的处理方法。

李皓月 • 周田朋 • 刘相新 • 编著

★ 说明了ANSYS的基本操作知识,对使用ANSYS分析问题的建模、加载等基本过程进行了细致的分析。

★ 论述了包括APDL语言、子结构、子模型等内容的ANSYS高级应用知识。

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

ANSYS 工程计算应用教程

李皓月 周田朋 刘相新 编著

中国铁道出版社

2003·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书以 ANSYS 6.0 为基础重点讲述了 ANSYS 在工程中的应用方法。全书内容由三部分组成,包括对使用 ANSYS 分析问题的基本过程的细致分析,对结构静力、模态及非线性等问题的处理方法以及 ANSYS 的高级应用等知识。

全书理论与实际相结合,在编排上充分注意了由简及繁、由浅入深、循序渐进的写作顺序,力求通俗易懂、简捷实用。本书面向对工程计算感兴趣的人士及相关技术人员,具有较强的指导性和实用性,同时也可作为大专院校相关专业的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

ANSYS 工程计算应用教程/李皓月、周田朋、刘相新编著. —北京:中国铁道出版社,2002.11
(计算机工程应用系列)

ISBN 7-113-04988-5

I. A… II. ①李…②周…③刘… III. 有限元分析-应用程序, ANSYS-教材 IV. 0241.82

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 085308 号

书 名: ANSYS 工程计算应用教程

作 者: 李皓月 周田朋 刘相新

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

策划编辑: 严晓舟 魏 春

责任编辑: 苏 茜 刘 莹

封面设计: 孙天昭

印 刷: 河北省遵化市胶印厂

开 本: 787×1092 1/16 印张: 28.5 字数: 677 千

版 本: 2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 1~5000 册

书 号: ISBN 7-113-04988-5/TP·803

定 价: 42.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社计算机图书批销部调换。

前 言

ANSYS 公司创建于 1970 年, 当时称为 Swanson 分析系统公司。它开发并在全球各地销售工程模拟软件和技术, 这些产品和技术被多种行业的工程师和设计师采用, 包括航天、汽车、制造、电子和生物医学等各个领域。本书以 ANSYS 公司最新推出的 ANSYS6.0 为基础, 介绍 ANSYS 软件的有限元分析方面的强大功能。

有限元方法发展到今天, 已成为一门相当复杂的工程实用技术。与学习理论相比, 学习软件的使用要简单得多。读者不需要掌握很深的理论知识, 就可以解决很多实际工程问题。而且, 学习软件的使用, 可以提高读者对有限元方法的感性认识, 这对于学习理论知识将会有很大帮助。

全书共分为 15 章, 在内容的编排上可以分为三个部分。第一部分包括第 1 章到第 9 章的内容, 首先通过一个实例介绍了利用 ANSYS 进行有限元分析的基本过程, 后面的几章则是对基本过程的展开论述, 第 3 章到第 6 章对建模和划分网格进行深入细致的讨论, 第 7 章介绍加载, 第 8 章介绍求解, 第 9 章介绍后处理的知识。第二部分包括第 10 章到第 13 章的内容, 这一部分介绍利用 ANSYS 的结构分析功能解决几个常见工程问题的方法, 包括结构静力问题、几何非线性问题、材料非线性问题和模态问题等。这部分在每一章的开头讲述处理相应问题的有关设置, 随后给出相关的实例。剩下的章节为第三部分内容, 主要介绍 ANSYS 的高级应用知识, 包括 APDL 语言、子结构、子模型等内容。

ANSYS 在解决工程问题中的突出表现, 使得它被众多的行业所接受。广大高校的学生和科技工作者急需相关的参考书籍。遗憾的是目前市场上介绍 ANSYS 的书较少, 为满足读者的需求, 我们及时编写了本书。在编写过程中我们力求体现由浅入深、循序渐进, 文字简洁, 通俗易懂的写作风格。书中涉及的内容侧重于解决结构分析方面的问题, 学习本书的读者, 至少要有材料力学方面的基本知识, 如果学习过理论力学、塑性力学的知识及相关的有限元理论, 对于理解本书的内容将有极大的帮助。本书适用于对有限元感兴趣的初级读者和有一定经验的中级读者。

本书由李皓月、周田朋和刘相新共同执笔编写, 邵谦谦参与了本书的组织工作。此外, 赵冰晶、李秀屹、程华遴、李冰、魏浩然、李晓东、王宏、李四琦、王怀瑾、吴子城、李小炎、刘大伟、赵华刚、朱育、赵晓燕、李晓阳、马军、朱玉成、成兵、林军、章浩、君华强、余波、杨俊、李大成、王豪梁、王军、程松、高荣益和葛艳玲等同志在整理材料方面给予了作者很大的帮助, 陈贤淑、廖康良、孟丽花等同志完成了本书的编排工作, 在此, 编者对他们表示衷心的感谢。

由于时间仓促, 加之编者的水平有限, 缺点和错误在所难免, 恳请专家和广大读者不吝赐教, 批评指正。

编 者
2002 年 10 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 ANSYS 简介	1
1.1.1 ANSYS 软件在 CAE 市场的地位	1
1.1.2 ANSYS 的主要技术特点	2
1.1.3 软件功能简介	2
1.1.4 ANSYS 6.0 的改进和新增的功能	5
1.2 ANSYS 6.0 的安装与启动	5
1.2.1 系统要求	5
1.2.2 安装过程	6
1.2.3 设置环境参数	7
第 2 章 ANSYS 分析基本过程	9
2.1 开始使用 ANSYS	9
2.1.1 ANSYS 程序的启动	9
2.1.2 总体界面介绍	10
2.1.3 退出 ANSYS	11
2.2 ANSYS 基本过程	12
2.2.1 设定单元类型	12
2.2.2 材料特性	16
2.2.3 创建有限元模型	19
2.2.4 加载和求解	19
2.2.5 查看分析计算结果	22
2.3 结构静态分析实例	23
2.3.1 问题的描述	23
2.3.2 建立几何模型	24
2.3.3 定义材料	29
2.3.4 划分网格	30
2.3.5 加载	31
2.3.6 求解	32
2.3.7 查看计算结果	33
第 3 章 有限元模型	35
3.1 概述	35
3.1.1 实体建模和直接生成模型	35

3.1.2	CAD 系统中输入实体模型	36
3.1.3	建立模型的典型步骤	36
3.2	规划分析	37
3.2.1	类型（二维、三维等）	37
3.2.2	线性单元和高次单元的选择	37
3.2.3	不同单元连接的限制	40
3.2.4	模型的对称性	41
3.2.5	决定包含多少细节	42
3.2.6	确定合适的网格密度	42
3.3	坐标系	42
3.3.1	总体和局部坐标系	43
3.3.2	显示坐标系	46
3.3.3	节点坐标系	46
3.3.4	单元坐标系	47
3.3.5	结果坐标系	48
3.4	工作平面	48
3.4.1	定义一个新的工作平面	49
3.4.2	控制工作平面的显示和样式	49
3.4.3	移动工作平面	49
3.4.4	旋转工作平面	50
3.4.5	还原一个已定义的工作平面	50
3.4.6	增强工作平面	50
3.4.7	捕捉增量	51
3.4.8	显示栅格	51
3.4.9	恢复容差	51
3.4.10	坐标系类型	51
3.4.11	工作平面的轨迹	52
第 4 章	实体造型	53
4.1	基本概念	53
4.2	用自底向上的方法建模	56
4.2.1	关键点	56
4.2.2	硬点	59
4.2.3	线	60
4.2.4	面	63
4.2.5	体	65
4.3	用自顶向下的方法建模	68
4.3.1	生成面体素	68
4.3.2	生成实体体素	70

4.4	用布尔运算处理实体模型.....	73
4.4.1	布尔运算的设置.....	73
4.4.2	交运算.....	74
4.4.3	加运算.....	77
4.4.4	减运算.....	77
4.4.5	工作平面的减运算.....	80
4.4.6	分类运算.....	81
4.4.7	搭接.....	81
4.4.8	分割.....	82
4.4.9	粘接（或合并）.....	83
4.4.10	布尔运算的替代.....	84
4.5	移动和拷贝实体模型.....	85
4.5.1	按照样本生成图元.....	85
4.5.2	由对称映像生成图元.....	86
4.5.3	将图元样本转换坐标系.....	86
4.6	实体模型图元的缩放.....	87
4.7	实体模型加载.....	88
4.7.1	传递实体模型载荷.....	88
4.7.2	标记.....	88
4.7.3	实体模型载荷列表.....	89
4.7.4	质量和惯量的计算.....	90
4.8	实体建模中的注意事项.....	90
4.8.1	实体模型图元的显示.....	90
4.8.2	布尔操作失败.....	91
4.8.3	建议采取的一些正确措施.....	94
第 5 章	实体模型的网格划分.....	97
5.1	实体模型的网格划分.....	97
5.1.1	生成节点和单元的网格划分过程包括三个步骤.....	97
5.1.2	自由网格和映射网格.....	97
5.2	定义单元属性.....	98
5.2.1	生成单元属性表.....	98
5.2.2	分配单元属性.....	98
5.3	网格划分控制.....	100
5.3.1	网格划分工具.....	100
5.3.2	单元形状.....	100
5.3.3	自由和映射网格.....	102
5.3.4	控制边中节点的位置.....	102
5.3.5	自由网格划分中的 SmartSizing 设置.....	102

5.3.6	映射网格划分的缺省单元尺寸	104
5.3.7	局部网格划分控制	105
5.3.8	内部网格划分控制	106
5.3.9	生成过渡的棱锥单元	110
5.3.10	将退化的四面体单元转化为非退化形式	112
5.3.11	对层进行网格划分	113
5.4	自由网格和映射网格划分控制	114
5.4.1	自由网格划分	114
5.4.2	映射网格划分	115
5.5	实体模型的网格划分	122
5.5.1	用 xMESH 命令生成网格	122
5.5.2	生成带有方向节点的梁单元网格	123
5.5.3	由面生成体网格	125
5.5.4	用 xMESH 命令的注意事项	126
5.5.5	通过扫掠生成体网格	126
5.5.6	中断网格划分操作	130
5.5.7	单元形状检查	130
5.6	改变网格	134
5.6.1	对模型重新划分网格	134
5.6.2	利用网格 Accept/Reject 提示	135
5.6.3	清除网格	135
5.6.4	细化局部网格	135
5.6.5	改进网格（只针对四面体单元网格）	135
5.7	一些提示和注意事项	137
5.7.1	注意事项	137
第 6 章	直接生成和输入模型	139
6.1	直接生成模型的方法	139
6.1.1	节点	139
6.1.2	单元	142
6.2	输入实体模型	148
6.2.1	使用 DEFAULT 选项	148
6.2.2	用 DEPAULT 选项输入 IGES 文件	149
6.3	修改拓扑结构	150
6.3.1	设置间隙绘图和列表的选项	151
6.3.2	找出间隙	152
6.3.3	删除几何图元	153
6.3.4	合并间隙	153
6.4	使用建模工具	154

6.4.1	使用几何修改工具完成模型.....	154
6.4.2	使用几何简化工具.....	157
6.4.3	产生输入问题的一些原因.....	163
6.5	使用 ALTERNATE 选项.....	163
6.5.1	用 ALTERNATE 选项输入 IGES 文件.....	164
6.5.2	使用 ALTERNATE 选项的准则.....	164
第 7 章	加载.....	167
7.1	载荷概述.....	167
7.1.1	什么是载荷.....	167
7.1.2	载荷步、子步和平衡迭代.....	168
7.1.3	时间在跟踪中的作用.....	169
7.1.4	阶跃载荷与坡道载荷.....	170
7.2	如何加载.....	171
7.2.1	实体模型载荷.....	171
7.2.2	有限单元载荷.....	172
7.2.3	DOF 约束.....	172
7.2.4	力(集中载荷).....	176
7.2.5	表面载荷.....	178
7.2.6	体积载荷.....	183
7.2.7	惯性载荷.....	188
7.2.8	耦合场载荷.....	190
7.2.9	轴对称载荷和反作用力.....	190
7.2.10	DOF 不产生任何阻抗的载荷.....	191
7.3	如何指定载荷步选项.....	191
7.3.1	通用选项.....	191
7.3.2	动力学选项.....	194
7.3.3	非线性选项.....	195
7.3.4	输出控制.....	195
7.3.5	Biot-Savart 选项.....	196
7.3.6	谱分析选项.....	196
7.4	创建多载荷步文件.....	197
第 8 章	求解.....	199
8.1	求解器类型.....	199
8.1.1	选择求解器.....	199
8.1.2	使用直接求解法.....	200
8.1.3	使用稀疏矩阵直接解法.....	201
8.1.4	雅可比共轭梯度法.....	201
8.1.5	不完全乔勒斯基共轭梯度法.....	201

8.1.6	条件共轭梯度法.....	202
8.1.7	自动迭代解法选项（快速）.....	203
8.2	获得解答.....	203
8.3	求解多步载荷.....	204
8.3.1	多重求解法.....	204
8.3.2	载荷步文件法.....	204
8.3.3	矩阵参数法.....	205
8.4	中断正在运行的作业.....	208
8.5	重新启动一个分析.....	208
8.5.1	重新启动分析的要求.....	208
8.5.2	重新启动分析的步骤.....	210
8.5.3	从不兼容的数据库重新启动非线性分析.....	211
8.6	实施分开的求解步骤.....	212
8.7	估计运行时间和文件大小.....	212
8.7.1	估计运算时间.....	213
8.7.2	估计文件的大小.....	214
8.7.3	估计内存需求.....	214
8.8	奇异解.....	214
第9章	后处理.....	217
9.1	后处理概述.....	217
9.1.1	什么是后处理.....	217
9.1.2	结果文件.....	218
9.1.3	后处理可用的数据类型.....	219
9.2	通用后处理器（POST1）概述.....	219
9.3	将数据结果读入数据库.....	219
9.3.1	读入结果数据.....	220
9.3.2	其他恢复数据的选项.....	220
9.3.3	创建单元表.....	222
9.3.4	对主应力的专门研究.....	226
9.3.5	读入 FLOTRAN 的计算结果.....	227
9.3.6	数据库复位.....	227
9.4	在 POST1 中观察结果.....	227
9.4.1	图像显示结果.....	227
9.4.2	合成表面结果.....	234
9.4.3	用表格形式列出结果.....	234
9.4.4	映射结果到某一路径上.....	240
9.4.5	分析计算误差.....	246
9.5	POST1 的其他后处理内容.....	246

9.5.1	将计算结果旋转到不同坐标系中	247
9.5.2	在结果数据中进行数学运算	248
9.5.3	产生及组合载荷工况	251
9.5.4	将计算结果映射到不同网格上或已划分网格的边界上	256
9.5.5	在数据库中创建或修改结果数据	257
9.5.6	磁场命令宏	257
9.6	时间历程后处理器 (POST26)	259
9.6.1	定义和存储 POST26 变量	259
9.6.2	检查变量	261
9.6.3	POST26 后处理器的其他功能	264
第 10 章	结构静力分析	267
10.1	结构分析概述	267
10.2	结构线性静力分析	268
10.3	结构非线性静力分析	269
10.3.1	非线性结构的定义	269
10.3.2	非线性行为的原因	269
10.3.3	非线性分析的特殊性	270
10.4	非线性分析步骤综述	274
10.4.1	建模	274
10.4.2	加载并求解	275
10.4.3	检查结果	280
10.4.4	终止正在运行的工作与重新启动	283
10.5	结构静力分析实例	283
10.5.1	问题描述	283
10.5.2	问题详细说明	283
10.5.3	GUI 分析过程	283
10.5.4	分析过程的命令行方式	296
第 11 章	几何非线性分析	301
11.1	大应变效应	301
11.1.1	大应变的特殊建模	302
11.1.2	非线性分析的建议和准则	304
11.1.3	非线性分析中的一些选项	307
11.1.4	检验分析结果	310
11.2	大应变分析实例	311
11.2.1	问题的描述	311
11.2.2	问题的详细说明	311
11.2.3	分析过程	312
11.2.4	分析过程的命令行方式	321

第 12 章 材料非线性分析.....	325
12.1 什么是塑性.....	325
12.2 塑性理论介绍.....	326
12.3 塑性选项.....	328
12.4 怎样使用塑性.....	329
12.5 塑性分析实例.....	331
12.5.1 问题描述.....	331
12.5.2 问题详细说明.....	332
12.5.3 分析过程.....	332
12.5.4 塑性实例分析的命令流方式.....	342
第 13 章 模态分析.....	347
13.1 概述.....	347
13.2 模态分析步骤.....	348
13.2.1 建模.....	348
13.2.2 加载及求解.....	348
13.2.3 扩展模态.....	354
13.2.4 观察结果.....	355
13.3 实例分析.....	357
13.3.1 建立模型.....	358
13.3.2 定义材料.....	360
13.3.3 划分网格.....	361
13.3.4 求解.....	363
13.3.5 观察结果.....	365
13.3.6 命令流或批处理方式.....	365
第 14 章 APDL 开发指南.....	369
14.1 参数应用.....	369
14.1.1 参数定义.....	369
14.1.2 删除参数.....	371
14.1.3 参数值的使用.....	372
14.1.4 参数值替换方式.....	374
14.1.5 参数列表.....	374
14.1.6 参数的存储和恢复.....	374
14.2 数组型参数.....	375
14.2.1 数组型参数的概念和分类.....	375
14.2.2 数组型参数的定义和显示.....	377
14.2.3 数组型参数的赋值.....	378
14.2.4 数组型参数间的运算.....	386
14.2.5 数组型参数的矢量图形显示.....	390

14.3	数据文件的输入输出.....	391
14.3.1	文件的打开和写入.....	391
14.3.2	数据文件的读取.....	393
14.4	APDL 宏程序设计.....	394
14.4.1	宏程序文件的命名规则.....	394
14.4.2	在 ANSYS 下创建宏程序.....	395
14.4.3	使用文本编辑器创建宏程序.....	396
14.4.4	创建宏程序库.....	396
14.4.5	执行宏程序.....	397
14.4.6	宏程序的局部参数.....	398
14.4.7	宏程序的流程控制.....	398
14.4.8	宏程序中应用 _STATUS 和 _RETURN 参数.....	401
14.4.9	宏程序中应用组件和集合.....	401
14.4.10	宏程序示例.....	402
14.5	与 GUI 的交互设计.....	403
14.5.1	定制工具栏.....	403
14.5.2	提示用户输入.....	405
14.5.3	对话框提示.....	406
14.5.4	定制自己的输出消息.....	407
14.5.5	创建进程状态窗.....	408
14.5.6	实现图形拾取.....	410
14.6	宏程序的加密.....	410
14.6.1	加密前的准备工作.....	410
14.6.2	创建加密的宏程序.....	411
14.6.3	加密宏程序的执行.....	411
第 15 章	高级技术分析.....	413
15.1	自适应网格划分.....	413
15.1.1	自适应网格划分的先决条件.....	413
15.1.2	基本过程.....	414
15.1.3	基本过程的修改.....	414
15.1.4	自适应网格划分的一些说明.....	416
15.1.5	自适应网格划分实例.....	417
15.2	子模型.....	418
15.2.1	什么是子模型.....	418
15.2.2	如何作子模型分析.....	419
15.2.3	壳到体子模型.....	424
15.3	子结构.....	425
15.3.1	什么是子结构.....	425

ANSYS 工程计算应用教程

15.3.2	如何使用子结构.....	426
15.3.3	生成部分：生成超单元.....	426
15.3.4	使用部分：使用超单元.....	430
15.3.5	扩展部分：在超单元中扩展求解结果.....	434
15.3.6	自顶而下子结构分析.....	435
15.3.7	超单元嵌套.....	436
15.3.8	有预应力的子结构.....	436
15.4	单元生死控制.....	437
15.4.1	单元生死是如何工作的.....	437
15.4.2	如何使用单元生死特性.....	438
15.4.3	使用 ANSYS 结果控制单元生死.....	441
15.4.4	进一步的说明.....	441

第 1 章

绪 论

本章要点:

- ANSYS 软件的特点
- ANSYS 的组成及功能
- ANSYS 安装和启动

1.1 ANSYS 简介

ANSYS 公司是由美国著名力学专家、美国匹兹堡大学力学系教授 John Swanson 博士于 1970 年创建发展起来的，总部设在美国宾西法尼亚州的匹兹堡，目前是世界 CAE 行业最大的公司。近 30 年来，ANSYS 公司一直致力于分析设计软件的开发、维护及售后服务，不断吸取当今世界最新的计算方法和计算机技术，领导着有限元界的发展趋势，并为全球工业界所广泛接受，拥有全球最大的用户群。

ANSYS 公司自建立伊始，便开始了一个“大学工程”，推出了支持教学与研究的院校版本，与代表世界计算技术最高水平的高校及专业研究单位的紧密结合，促使 ANSYS 比任何其他 CAE 软件更快地吸取最先进的计算方法和研究成果，进而造就了不断推陈出新、技术日新月异的有限元分析软件。

在中国，ANSYS 软件经过几年的经营，用户数量迅速增长，遍及工业的各个领域，应用也越来越深入。为更好地拓展 ANSYS 软件的中国市场，给中国用户以更好的就近支持和服务。1996 年初，ANSYS 公司在中国成立了北京办事处，1997 年初，又相继成立了成都办事处和上海办事处。由此，ANSYS 公司的三大办事处、各代理商及十大 ANSYS 技术支持中心构成了 ANSYS 完整的市场、销售及售后服务体系。

1.1.1 ANSYS 软件在 CAE 市场的地位

1. 迄今为止世界范围内唯一通过 ISO9001 质量认证的分析设计类软件。
2. 是经美国机械工程师协会 (ASME)、美国核安全局 (NQA) 及近 20 种专业技术协会认证的标准分析软件。
3. 第一个通过中国压力容器标准化技术委员会认证并在 17 个部委推广使用的分析软件。

ANSYS 工程计算应用教程

4. ANSYS 公司开发了第一个 PC 机上的结构分析程序。
5. 开发了第一个集成的计算流体动力学功能。
6. FEA 界唯一获美国“R&D 明星”殊荣。
7. FEA 界唯一获美国“技术先导公司”的称号。

目前全球有 70% 以上的高校及研究单位采用 ANSYS 作为分析软件。ANSYS 已成为世界范围内增长最快的 CAE 软件，拥有数百家广大的中国用户群。

1.1.2 ANSYS 的主要技术特点

1. 唯一能实现多场及多场耦合功能的软件。
2. 唯一实现前后处理、分析求解及多场分析统一数据库的大型 FEA 软件。
3. 独一无二的优化功能，唯一具有流场优化功能的 CFD 软件。
4. 融前后处理与分析求解于一身。
5. 强大的非线性分析功能。
6. 快速求解器。
7. 最早采用并行计算技术的 FEA 软件。
8. 从个人机、工作站、大型机直至巨型机所有硬件平台上全部数据文件兼容。
9. 智能网格划分。
10. 支持从 PC、WS 到巨型机的所有硬件平台。
11. 从个人机、工作站、大型机直至巨型机所有硬件平台上统一用户界面。
12. 可与大多数的 CAD 软件集成并有接口。
13. 多层次多框架的产品系列。
14. 良好的用户开发环境。

1.1.3 软件功能简介

软件主要包括三个部分：前处理模块，分析计算模块和后处理模块。前处理模块提供了一个强大的实体建模及网格划分工具，用户可以方便地构造有限元模型；分析计算模块包括结构分析（可进行线性分析、非线性分析和高度非线性分析）、流体动力学分析、电磁场分析、声场分析、压电分析以及多物理场的耦合分析，可模拟多种物理介质的相互作用，具有灵敏度分析及优化分析能力；后处理模块可将计算结果以彩色等值线显示、梯度显示、矢量显示、粒子流迹显示、立体切片显示、透明及半透明显示（可看到结构内部）等图形方式显示出来，也可将计算结果以图表、曲线形式显示或输出。软件提供了 100 种以上的单元类型，用来模拟工程中的各种结构和材料。该软件有多种不同版本，可以运行在从个人机到大型机的多种计算机设备上，如 PC, SGI, HP, SUN, DEC, IBM, CRAY 等。目前版本为 ANSYS 6.0 版，其计算机版本要求的操作系统为 Windows 98 或 Windows NT 及其后续版本，也可运行于 UNIX 系统下。

启动 ANSYS 后，从开始平台（主菜单）可以进入各处理模块：PREP7（通用前处理模块），SOLUTION（求解模块），POST1（通用后处理模块），POST26（时间历程后处理模块）。

用户的指令可以通过鼠标点击菜单项选取和执行，也可以在命令输入窗口通过键盘输入。命令一经执行，该命令就会在 LOG 文件中列出，打开输出窗口可以看到 LOG 文件的内

容。如果软件运行过程中出现问题，查看.LOG 文件中的命令流及其错误提示，将有助于快速发现问题的根源。LOG 文件的内容可以略作修改存到一个批处理文件中，在以后进行同样工作时，由 ANSYS 自动读入并执行，这是 ANSYS 软件的第三种命令输入方式。这种命令方式在进行某些重复性较高的工作时，能有效地提高工作速度。

前处理模块 PREP7

双击实用菜单中的“Preprocessor”，进入 ANSYS 的前处理模块。这个模块主要有两部分内容：实体建模和网格划分。

1. 实体建模

ANSYS 程序提供了两种实体建模方法：自顶向下与自底向上。自顶向下进行实体建模时，用户定义一个模型的最高级图元，如球、棱柱，称为基元，程序则自动定义相关的面、线及关键点。用户利用这些高级图元直接构造几何模型，如二维的圆和矩形以及三维的块、球、锥和柱。无论使用自顶向下还是自底向上的方法建模，用户均能使用布尔运算来组合数据集，从而“雕塑出”一个实体模型。ANSYS 程序提供了完整的布尔运算，诸如相加、相减、相交、分割、粘结和重叠。在创建复杂实体模型时，对线、面、体、基元的布尔操作能减少相当可观的建模工作量。ANSYS 程序还提供了拖拉、延伸、旋转、移动和拷贝实体模型图元的功能。附加的功能还包括圆弧构造、切线构造、通过拖拉与旋转生成面和体、线与面的自动相交运算、自动倒角生成、用于网格划分的硬点的建立、移动、拷贝和删除。

自底向上进行实体建模时，用户从最低级的图元向上构造模型，即：用户首先定义关键点，然后依次是相关的线、面、体。

2. 网格划分

ANSYS 程序提供了使用便捷、高质量的对 CAD 模型进行网格划分的功能。包括 4 种网格划分方法：延伸划分、映像划分、自由划分和自适应划分。延伸网格划分可将一个二维网格延伸成一个三维网格。映像网格划分允许用户将几何模型分解成简单的几部分，然后选择合适的单元属性和网格控制，生成映像网格。ANSYS 程序的自由网格划分器功能是十分强大的，可对复杂模型直接划分，避免了用户对各个部分分别划分然后进行组装时各部分网格不匹配带来的麻烦。自适应网格划分是在生成了具有边界条件的实体模型以后，用户指示程序自动地生成有限元网格，分析、估计网格的离散误差，然后重新定义网格大小，再次分析计算、估计网格的离散误差，直至误差低于用户定义的值或达到用户定义的求解次数。

求解模块 SOLUTION

前处理阶段完成建模以后，用户可以在求解阶段获得分析结果。在该阶段，用户可以定义分析类型、分析选项、载荷数据和载荷步选项，然后开始有限元求解。

ANSYS 软件提供的分析类型如下：

1. 结构静力分析

用来求解外载荷引起的位移、应力和力。静力分析很适合求解惯性和阻尼对结构的影响并不显著的问题。ANSYS 程序中的静力分析不仅可以进行线性分析，而且也可以