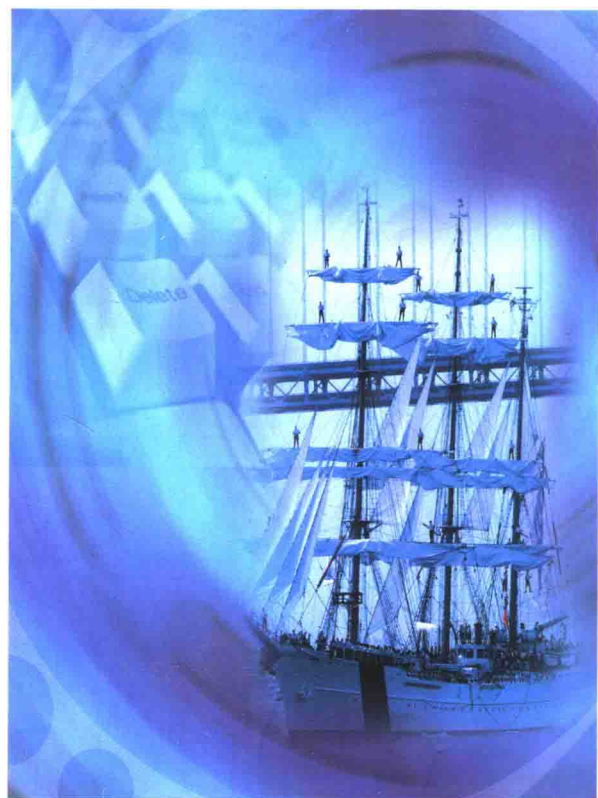


高等院校计算机应用技术系列教材

ANSYS 7.0 有限元分析 实用教程

- ◆ ANSYS 7.0 概述
- ◆ 有限元分析基础
- ◆ 静力分析
- ◆ 非线性分析
- ◆ 动力学分析
- ◆ 热分析
- ◆ 软件优化技术



张亚欧 谷志飞 宋 勇 编著



清华大学出版社

高等院校计算机应用技术系列教材

ANSYS 7.0 有限元 分析实用教程

张亚欧 谷志飞 宋勇 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

美国 ANSYS 公司开发的 ANSYS 软件是一个功能非常强大的通用有限元分析软件,目前广泛应用于航空、航天、汽车、船舶、电子、机械制造、土木工程等生产及科学研究领域。本书共分 7 章,内容包括有限元分析基础知识,使用 ANSYS 进行有限元分析的主要步骤,静力结构分析,非线性分析,热分析以及分析优化技术。

本书可以作为理工院校相关专业的本科生、研究生及教师学习 ANSYS 软件的教材,也可以作为从事机械制造、石油化工、轻工、造船、航空航天、汽车交通、电子、土木工程、水利、铁道、日用家电等专业的科研人员和工程技术人员使用 ANSYS 软件的参考书。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

ANSYS 7.0 有限元分析实用教程/张亚欧 等编著. —北京:清华大学出版社, 2004

(高等院校计算机应用技术系列教材)

ISBN 7-302-08403-3

I. A… II. 张… III. 有限元分析-应用程序, ANSYS 7.0 IV. 0241.82

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 026906 号

出 版 者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 客户服务: 010-62776969

组稿编辑: 孟毅新

文稿编辑: 刘金喜

封面设计: 王 永

版式设计: 康 博

印 刷 者: 北京密云胶印厂

装 订 者: 三河市新茂装订有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 31.75 字数: 733 千字

版 次: 2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-08403-3/TP·6042

印 数: 1~5000

定 价: 45.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770175-3103 或 (010)62795704。

前 言

有限元法是随着计算机技术的发展而迅速发展起来的一种现代计算方法。它作为一种采用计算机的数值分析方法，在各个领域得到了广泛应用。几十年来，各国相继开发了许多通用的大型有限元软件，如 ALGOR、ANSYS、ABACUS、MARC 和 NASTRAN 等。

美国 ANSYS 公司开发的 ANSYS 软件是一个功能非常强大的通用有限元分析软件，融结构、热、流体、电磁、声学分析于一体，具有友好的前处理界面、高效精确的求解器和完善的后处理功能，目前广泛应用于工业生产及科学研究等领域。ANSYS 软件有效地把有限元数值分析技术和 CAD、CAE 有机地结合在一起，使用户可以直观精确地分析可能出现的问题，有效地节省生产和开发费用。同时，ANSYS 软件也是世界上第一个通过 ISO 9000 认证的有限元分析软件。该软件具有以下 3 方面的特点。

- 强大而广泛的分析功能：可以广泛应用于结构、热、流体、电磁、声学等多物理场及多场耦合的线性和非线性问题的分析。
- 一体化的处理技术：主要包括几何建模、自动网格划分、求解、后处理、优化设计等多种功能及实现工具。
- 丰富的产品系列和完善的开放体系：不同的产品配套可应用于各种工业领域，如航空、航天、船舶、汽车、兵器、铁道、机械、电子、核工业、能源、建筑、医疗等。

本书共分为 7 章，按照 ANSYS 软件的常用功能，由浅入深进行讲解。本书主要针对已掌握基本专业知识的 ANSYS 初学者，以 ANSYS 7.0 为软件平台，使用户快速熟悉 ANSYS 7.0 的基本命令，掌握基本的菜单操作，并在实例学习中掌握相应的 ANSYS 分析功能。本书在编写过程中，充分考虑到初学者的要求，尽量避免繁琐的基础理论介绍，通过详尽、典型的实例讲解使读者首先全面了解 ANSYS 结构分析的主要类型，熟悉 ANSYS 的常用操作，然后深入介绍 ANSYS 非线性分析、动力学、热分析及优化技术的应用，最终使读者对 ANSYS 的主要分析功能有一个全面的了解，为实际应用打下良好的基础。本书的每个章节都精心组织了插图、实例，使读者能够尽快掌握 ANSYS 的操作过程并能熟练应用。

关于 ANSYS 软件的学习，这里作者介绍一下自己的经验，希望能够对初学者有所帮助。首先，尽量先进行实例学习，第一次学习时不要关注太多的细节，先按照实例讲解的过程做一遍，将遇到的问题记下来；然后再做一遍，在操作的过程中思考为什么会出现那些问题，一方面参考书中的注意事项，另一方面积极通过 ANSYS 的帮助寻找答案，每解决一个问题就是学习上的一个飞越，待到实例操作没有什么问题后，再从从头到尾仔细阅读每章的内容，结合前面遇到的问题继续思考。当熟悉基本的 ANSYS 操作后，尽快、尽力从 GUI 操作向 ANSYS 命令流方式转换，以充分利用 ANSYS 命令流的简洁、高效的优点，使自己尽早完成从初学者到 ANSYS 高手的蜕变。希望每一个阅读本书的 ANSYS 初学者都要认真完成每章的习题，这些习题都是作者精心准备的，对提高 ANSYS 水平很有帮助。

本书由张亚欧、谷志飞和宋勇共同执笔编写。此外，蓝荣香、王昊亮、喻波、马天一、魏勇、郝荣福、李光龙、孙明、李大宇、武思宇、牟博超、李冰、付鹏程、高翔、朱丽云、崔凌、张巧玲、李辉、李欣、柏宇、郭强、金春范、程梅、黄霆、钟华、高海峰、王建胜、张浩、刘湘和邵蕴秋等同志在整理材料方面给予了作者很大的帮助。在此，作者对他们表示衷心的感谢。本书编写过程中还得到了美国 ANSYS 公司驻北京办事处的大力支持。在此，对为本书出版提供帮助的所有人员一并表示感谢。

由于创作时间仓促，书中难免有不足之处，敬请广大专家、读者提出宝贵意见。

作 者

2004 年 4 月

目 录

第 1 章 ANSYS 7.0 入门	1
1.1 有限元软件与 ANSYS	1
1.2 ANSYS 7.0 概述	3
1.2.1 ANSYS 7.0 的用户界面	3
1.2.2 ANSYS 的图形处理功能	5
1.2.3 ANSYS 的计算器及数据库	6
1.2.4 ANSYS 7.0 的文件格式	6
1.2.5 ANSYS 软件的数据接口及应用实例	7
1.2.6 ANSYS 7.0 的帮助系统	14
1.3 本章小结	17
1.4 思考题	18
第 2 章 ANSYS 7.0 分析基础	19
2.1 有限元分析的基本概念	19
2.2 ANSYS 分析	21
2.2.1 ANSYS 分析典型过程	21
2.2.2 ANSYS 数据库	22
2.2.3 ANSYS 典型实例分析	23
2.3 前处理	32
2.3.1 有限元模型的来源	33
2.3.2 ANSYS 图元	33
2.3.3 设置工作平面	33
2.3.4 定义单元属性	40
2.3.5 划分网格	42
2.3.6 细化局部网格	44
2.4 加载和求解	46
2.4.1 加载	46
2.4.2 求解	50
2.5 结果后处理	51
2.5.1 结果后处理器的类型	51
2.5.2 通用后处理器(POST1)	52

2.5.3	时间-历程处理器(POST26)	54
2.5.4	评估分析结果	55
2.5.5	调试可疑的分析结果	57
2.6	本章小结	57
2.7	思考题	58
第3章	静力分析	59
3.1	静力分析简介	59
3.1.1	静力分析的定义	59
3.1.2	静力分析所用单元类型	59
3.1.3	线性和非线性静力分析	60
3.2	静力分析的基本步骤	61
3.2.1	建立有限元模型	61
3.2.2	施加载荷并求解	62
3.2.3	查看分析结果	68
3.3	桁架结构静力分析实例	71
3.3.1	二维桁架分析	74
3.3.2	三维桁架分析	92
3.4	平面应力分析实例	116
3.4.1	平面应力分析	116
3.4.2	通过自定义路径查看分析结果	136
3.4.3	P-法分析	145
3.5	梁结构静力分析实例	155
3.5.1	自重对结构影响的分析	160
3.5.2	均布载荷对结构影响的分析	166
3.5.3	三维梁受集中载荷弯曲的分析	174
3.6	本章小结	195
3.7	思考题	196
第4章	非线性分析	200
4.1	非线性分析简介	200
4.1.1	非线性行为的原因	201
4.1.2	非线性分析的特殊性	201
4.1.3	非线性分析的主要步骤及注意事项	206
4.1.4	非线性分析实例	213
4.2	几何非线性分析	223
4.2.1	几何非线性分析的注意事项	223

4.2.2	几何非线性分析实例	232
4.2.3	屈服分析	239
4.2.4	屈服问题分析实例	243
4.3	材料非线性分析	258
4.3.1	塑性理论介绍	258
4.3.2	塑性分析选项	260
4.3.3	如何使用塑性	262
4.3.4	材料非线性分析实例	264
4.4	状态非线性分析	276
4.4.1	接触分析类型	276
4.4.2	ANSYS 接触分析能力	276
4.4.3	各接触类型的主要分析步骤	278
4.4.4	接触分析实例	307
4.5	本章小结	315
4.6	思考题	315
4.7	习题	315
第 5 章	动力学分析	318
5.1	动力学分析简介	318
5.1.1	动力学分析的类型	319
5.1.2	动力学分析建模的注意事项	320
5.2	模态分析	321
5.2.1	模态分析的主要步骤	321
5.2.2	模态分析实例	328
5.3	谐响应分析	339
5.3.1	谐响应的分析方法	339
5.3.2	谐响应分析步骤	340
5.3.3	谐响应分析实例	346
5.4	瞬态分析	357
5.4.1	瞬态动力学分析的准备工作	357
5.4.2	瞬态动力学的分析方法	357
5.4.3	瞬态动力学分析的主要步骤	357
5.4.4	瞬态动力学分析实例	366
5.5	本章小结	377
5.6	思考题	378
5.7	习题	378

第 6 章 热分析	380
6.1 热分析简介	380
6.1.1 ANSYS 热分析的特点	380
6.1.2 ANSYS 热分析的分类	381
6.1.3 热分析的边界条件及初始条件	381
6.1.4 ANSYS 热分析误差估计	381
6.2 稳态传热分析	382
6.2.1 热分析单元简介	382
6.2.2 稳态传热分析的主要步骤	382
6.2.3 稳态传热分析实例	388
6.3 瞬态传热分析	398
6.3.1 瞬态传热分析中的单元及命令	398
6.3.2 ANSYS 瞬态传热分析的主要步骤	398
6.3.3 相变问题	404
6.3.4 瞬态传热分析实例	405
6.4 热辐射分析	415
6.4.1 热辐射问题分析	415
6.4.2 使用空间节点的建议	419
6.4.3 使用 AUX12 的几点注意事项	419
6.5 热-应力耦合分析	420
6.5.1 耦合问题分析方法简介	421
6.5.2 热-应力耦合分析的主要步骤	423
6.5.3 热-应力耦合分析实例	424
6.6 本章小结	433
6.7 思考题	434
6.8 习题	434
第 7 章 优化技术	438
7.1 优化设计	438
7.1.1 优化设计基本概念	438
7.1.2 优化设计的主要步骤	441
7.1.3 优化方法介绍	453
7.1.4 选择优化变量的说明	458
7.1.5 优化分析实例	464
7.2 拓扑优化	481
7.2.1 拓扑优化的主要步骤	481
7.2.2 拓扑优化实例	485

7.3 本章小结.....	493
7.4 思考题.....	493
7.5 习题	494

第1章 ANSYS 7.0入门

本章要点:

- 有限元软件与 ANSYS
- ANSYS 软件简介

本章首先介绍有限元软件的发展历程,并突出介绍 ANSYS 的五大优点;然后介绍 ANSYS 的一些基础知识,并着重介绍 ANSYS 的数据接口,以方便读者使用 CAD 软件建模,加快分析进程;另外,对初学者增加了如何使用 ANSYS 帮助文件的内容,以帮助初学者尽快掌握 ANSYS 软件操作。

1.1 有限元软件与 ANSYS

从 1965 年“有限元”这个名词第一次出现,到今天有限元在工程上得到广泛应用,有限元经历了三十多年的发展历史,其理论和算法都已经日趋完善。有限元的核心思想是结构的离散化,就是将实际结构假想地离散为有限数目的规则单元组合体,实际结构的物理性能可以利用对离散体进行分析所得出的满足工程精度的近似结果来替代,这样,就可以解决很多实际工程需要解决而理论分析又无法解决的复杂问题。

近年来,随着计算机技术的普及和计算速度的不断提高,有限元分析在工程设计和分析中得到了越来越广泛的重视,已经成为解决复杂的工程分析计算问题的有效途径,现在从汽车到航天飞机,几乎所有的设计制造都离不开有限元分析计算。采用有限元分析计算的优势主要表现在以下几个方面:

- 增加产品和工程的可靠性。
- 在产品的设计阶段发现潜在的问题。
- 经过分析计算,采用优化设计方案,降低原材料成本。
- 缩短产品投向市场的时间。
- 模拟试验方案,减少试验次数,从而减少试验经费。

国际上早在 20 世纪 60 年代初就开始投入大量的人力和物力开发有限元分析程序,但真正的 CAE 软件诞生于 70 年代初期,而近 15 年则是 CAE 软件商品化的发展阶段。目前流行的 CAE 分析软件主要有 NASTRAN、ADINA、ANSYS、ABAQUS、MARC、COSMOS 等。ANSYS 软件致力于耦合场的分析计算,能够进行结构、流体、热、电磁 4 种场的计算,已博得了广大用户的喜爱。

以 ANSYS 为代表的有限元分析软件,不断汲取计算方法和计算机技术的最新进展,

将有限元分析、计算机图形学和优化技术相结合,已经成为解决现代工程问题必不可少的有力工具。ANSYS 7.0 在功能上非常强大,主要体现在其前后处理能力得到了大幅度的改进与扩充,这使得 ANSYS 7.0 在功能、性能、易用性、可靠性以及对运行环境的适应性方面,基本上满足了用户的当前需求,帮助用户解决了成千上万个工程实际问题,同时也为科研尽心服务。ANSYS 软件的优势体现在以下几点。

1. 与 CAD 软件的无缝集成

为了满足工程师快捷地解决复杂工程问题的要求,ANSYS 软件开发了与著名的 CAD 软件(例如 Pro/ENGINEER、Unigraphics、SolidEdge、SolidWorks、IDEAS、Bentley 和 AutoCAD 等)的数据接口,实现了双向数据交换,使用户在用 CAD 软件完成部件和零件的造型设计后,能直接将模型传送到 CAE 软件中进行有限元网格划分并进行分析计算,及时调整设计方案,有效地提高分析效率。

2. 使用强大的网格处理能力

使用有限元法求解问题的基本过程主要包括:分析对象的离散化、有限元求解及计算结果的后处理 3 部分。结构离散后的网格质量直接影响到求解时间及求解结果的正确性。复杂的模型需要非常精确的六面体网格才能得到有效的分析结果,另外,在许多工程问题的求解过程中,模型的某个区域会产生极大的应变,单元畸变严重,如果不进行网格的重新划分,将会导致求解中止或结果不正确,ANSYS 凭借其对体单元精确的处理能力和网格划分自适应技术在实际工程应力方面占有了很大的优势,越来越受到用户的欢迎。

3. 高精度非线性问题求解

随着科学技术的发展,线性理论已经远远不能满足设计的要求,许多工程问题如材料的破坏与失效、裂纹扩展等仅靠线性理论根本不能解决,必须进行非线性分析求解,例如薄板成形就要求同时考虑结构的大位移、大应变(几何非线性)和塑性(材料非线性);而对塑料、橡胶、陶瓷、混凝土及岩土等材料进行分析或者需考虑材料的塑性、蠕变效应时,则必须考虑材料非线性。众所周知,非线性问题的求解是很复杂的,它不仅涉及很多专门的数学问题,还必须掌握一定的理论知识和求解技巧,学习起来也较为困难。为此,ANSYS 公司花费了大量的人力和物力开发了适用于非线性求解的求解器,满足了用户的高精度非线性分析的需求。

4. 强大的耦合场求解能力

有限元分析方法最早应用于航空航天领域,主要用来求解线性结构问题,实践证明这是一种非常有效的数值分析方法,而且从理论上也已经证明,只要用于离散求解对象的单元足够小,所得的数值解就可足够逼近于精确值。现在用于求解结构线性问题的有限元方法和软件已经比较成熟,发展方向是结构非线性、流体动力学和耦合场问题的求解。例如,由于摩擦接触而产生的热问题,金属成形时由于塑性功而产生的热问题,都需要结构场和温度场的有限元分析结果交叉迭代求解,即“热力耦合”的问题。当流体在弯管中流动时,

流体压力会使弯管产生变形,而管的变形又反过来影响到流体的流动,这就需要对结构场和流场的有限元分析结果交叉迭代求解,即所谓“流固耦合”的问题。由于有限元的应用越来越深入,人们关注的问题也越来越复杂,耦合场的求解就成为用户的迫切需求,ANSYS 软件是迄今为止惟一能够进行耦合场分析的有限元分析软件。

5. 程序面向用户的开放性

ANSYS 公司为了扩大自己的市场份额,满足用户的需求,在 ANSYS 软件的功能、易用性等方面花费了大量的投资。由于用户的要求千差万别,不管他们怎样努力也不可能满足所有用户的要求,因此必须给用户提供一个开放的环境,允许用户根据自己的实际情况对软件进行扩充,包括用户自定义单元特性、用户自定义材料本构(结构本构、热本构、流体本构)、用户自定义流场边界条件、用户自定义结构断裂准则和裂纹扩展规律等。ANSYS 的二次开发环境可以满足不同类型用户的需求。

利用 ANSYS 软件,工程师可以构造非常复杂的模型,并将模型置于各种复杂环境下进行分析,有效评估设计的合理性,使设计达到最优化,减少实际检验所需的投资,有效地缩短产品设计周期,提高利润。

1.2 ANSYS 7.0 概述

ANSYS 如今是融结构、热、流体、电磁、声学于一体的大型通用有限元软件,已广泛应用于工业生产及可行性研究。该软件可在大多数软件、硬件平台上运行,从 PC 机到工作站乃至巨型机。ANSYS 的多物理场耦合功能,允许在同一模型上进行耦合计算,确保了 ANSYS 对多领域多变问题的求解。

为了使读者更好的学习、掌握 ANSYS 7.0,首先介绍 ANSYS 7.0 的基础知识。

1.2.1 ANSYS 7.0 的用户界面

ANSYS 软件功能非常强大,应用范围很广,并具有友好的图形用户界面(GUI)和优秀的程序架构。基于 Motif 标注的 GUI 主要由主窗口和输出窗口组成。随着版本的不断升级,ANSYS 界面不断改进,不同版本间的界面存在着较大差别。下面介绍 ANSYS 7.0 的用户界面(如图 1-1 所示)。

1. 主窗口

ANSYS 7.0 的主窗口主要由以下 5 个部分组成。

(1) Utility 菜单

这些菜单主要通过 ANSYS 的相关功能组件起作用,比如文件控制、参数选择、图像参数控制及参数输入等。

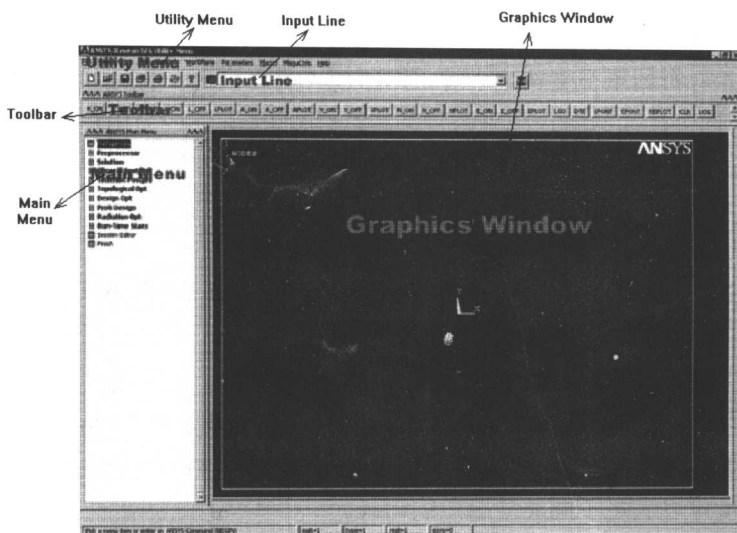


图 1-1 ANSYS 7.0 主窗口

(2) Input Line(Input Line 命令输入窗口)

命令输入窗口(也称为命令栏)用于显示程序的提示信息并允许用户直接输入命令,简化分析过程。

(3) 工具栏(Toolbar)

工具栏主要由按钮组成,这些按钮都是 ANSYS 中的常用命令。用户可以根据工作类型定义自己的工具栏以提高分析效率。

(4) 主菜单(Main Menu)

主菜单包括了 ANSYS 最主要的功能,分为前处理器(Preprocessor)、求解器(Solution)、通用后处理器(General Postprocessor)、设计优化器(Design Optimizer)。展开主菜单可以看到非常多的树状建模命令,这也是 ANSYS 7.0 版本和以前 ANSYS 版本的一个显著差别。虽然菜单的外观改变了,但是菜单结构没有变化,这对 ANSYS 用户平滑升级非常有利。

(5) 图形窗口(Graphic Windows)

图形窗口用于显示分析过程的图形,实现图形的选取。在这里可以看到实体建模各个过程的图形并可查看随后分析的结果。

2. 输出窗口(Output Windows)

输出窗口(如图 1-2 所示)用于显示程序的文本信息,即以简单表格形式显示过程数据等信息。通常,输出窗口被主窗口遮盖,当然,如果需要随时可以将输出窗口拖到前面。

注意:

应该在 ANSYS 分析的各个步骤中随时查看输出窗口中的信息,检验分析过程是否正确,以便及时调整。

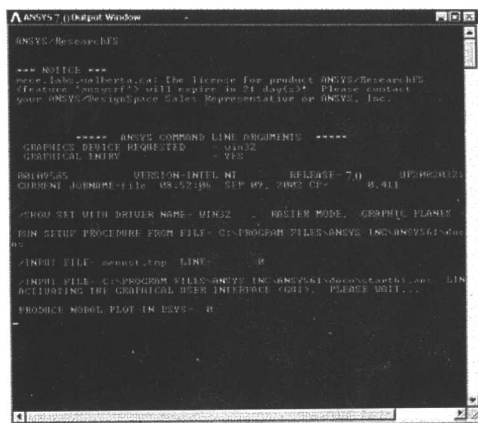


图 1-2 Output Windows

通过 GUI 可以方便地交互式访问程序的各种功能、命令、用户手册和参考材料，一步步地完成整个分析，很好地体现出 ANSYS 的易用性。同时，ANSYS 软件也提供了完整的在线说明和帮助文件，以协助有经验的用户进行高级应用。

在用户界面中，ANSYS 软件提供了 4 种通用的命令输入方法：菜单、对话框、工具栏和直接输入命令。

在后面的章节中，将对比介绍 GUI 方式和直接命令输入方式，以使读者尽快适应使用命令或者命令流分析问题的方式，提高分析效率。

1.2.2 ANSYS 的图形处理功能

完全交互式图形操作是 ANSYS 软件的一个非常重要的组成部分，图形对于校验前处理数据和在后处理中分析求解结果非常重要。

ANSYS 软件的 PowerGraphic 能够非常迅速地完成 ANSYS 几何图形及计算结果的显示，而且如此迅速地显示几何图形是以对象而不是以数据重新存储的。PowerGraphic 的显示特性保证图形显示的精度，通过 PowerGraphic 显示的图形可以达到照片的质量，既可保证单元和等值线的显示，又可用于显示 p 单元或者 h 单元。PowerGraphic 的显示特性加速了等值线显示、断面/覆盖/Q-切片显示以及在 Q-切片中的拓扑显示。ANSYS 的图形功能包括以下内容：

- 在实体模型和有限元模型上的边界条件显示。
- 计算结果的彩色等值线显示。
- 显示随时间或模型中的轨迹变化的图形。
- 通用显示操作(视图方向、变焦，放大、转动)。
- 多窗口显示。
- 隐藏线、剖面及透视图显示。
- 光源阴影图形。

- 收缩显示(为保证清晰, 相邻单元线单独显示)。
- 边缘显示(不显示单元轮廓线)。
- 多图元组合显示。
- 三维体内直观显示。
- X-Y 数据显示。
- 图形化操作历程显示, 操作包括几何建模、网格划分、数据列表和求解。
- 用文本框、尺寸标注、多边形、符号等图形显示, 增强注解能力。
- 动画显示, 包括变形动画、时间历程结果动画、Q 切片动画和等值面动画。
- 对单元、肘形弯管单元、梁单元以及磁场源的实际形状及横截面显示。
- 层单元的复合材料层和方向显示。
- 窗口背影的色彩选择。
- 显示说明可以存入文件, 以便调用。
- 硬拷贝图形功能, 包括 Postscript、HPGL 和 TIFF 等格式。

1.2.3 ANSYS 的计算器及数据库

ANSYS 软件的计算器和数据库对 ANSYS 分析的精度影响非常大, 为了使读者得到尽量高的运算精度, 下面介绍 ANSYS 软件的处理器及其数据库。

1. ANSYS 的计算器

ANSYS 的功能可以分为几个处理器: 前处理器、求解器、两个后处理器和几个辅助处理器(如设计优化器)。ANSYS 的前处理器用于生成有限元模型, 指定随后的求解中所需的参数; ANSYS 求解器用于施加载荷并定义约束, 然后完成求解; ANSYS 后处理器用于提取并检查分析结果, 并帮助用户完成对分析结果的评估。

2. ANSYS 的数据库

ANSYS 采用通用的集中式数据库存储所用的模型数据及分析结果。模型数据(包括实体模型和有限元模型、材料参数等)通过前处理器写入数据库, 载荷及约束通过求解器写入数据库, 分析结果通过后处理器写入数据库。任何数据写入数据库后, 如有需要可以被其他处理器调用。例如, 后处理器不仅可以调用分析结果, 而且可以调入模型数据然后利用这些数据进行后处理计算。

1.2.4 ANSYS 7.0 的文件格式

ANSYS 7.0 运算过程中会生成几种文件, 这些文件用于将数据从程序的一部分到另一部分的传输、存储数据库和存储数据输出。这些文件包括数据库文件、计算结果文件、图形文件等。下面介绍 ANSYS 运行过程中生成的文件类型及其功能(假定所有文件的文件名

均为 Frame):

(1) Frame.db: 数据库文件(二进制), 保存实体模型、边界条件和载荷数据。

(2) Frame.dbb: 备份数据库文件(二进制)。

(3) Frame.err: ANSYS 分析过程出错记录文件(文本文件), 该文件中包含了运行过程中所有错误和警告信息。

(4) Frame.out: ANSYS 操作过程中的输出文件(文本文件), 即 ANSYS Output Windows 中的所有输出信息的记录。

(5) Frame.log: .log 文件, 或称为 ANSYS 命令流文件(文本文件), 是分析过程中所用操作的命令记录。

注意:

依据用户对分析过程的喜好不同, 可以保留不同类型的 ANSYS 文件: 偏好 GUI 操作的用户应该保留数据库文件, 在 ANSYS 启动后通过菜单导入即可继续进行分析; 偏好命令操作的用户只需保留命令流文件即.log 文件, 该文件记录了所有的命令及进度, 可以使用户快速恢复到原进度, 继续展开分析。

1.2.5 ANSYS 软件的数据接口及应用实例

ANSYS 具有完善的数据接口, 可以与许多先进的 CAD 软件共享数据, 为各个领域的用户提供了分析各种问题的能力。

利用 ANSYS 的数据接口, 可以精确地将在 CAD 平台上生成的几何数据文件导入 ANSYS, 在 ANSYS 中划分网格并求解, 极大地方便用户分析新产品和部件, 避免重复建模。另外, ANSYS 接口程序已经嵌入到很多 CAD 软件中, 用户可以直接在 CAD 软件中对模型进行预处理, 保证 CAD 数据与分析数据间的相关性。为此, ANSYS 软件提供了支持开放几何模型传递标准(IGES)格式及其他数据格式的数据接口, 使用户可以在 CAD 软件上定义好有限元模型(包括节点位置、单元连接、材料特性、载荷与约束等), 然后导入 ANSYS, 并根据需要再利用前处理器进行模型细化。

下面介绍一个比较简单的分析实例, 通过实例讲解在 CAD 软件(以 Pro/E 为例)中建立有限元模型需要注意的事项。在 Pro/E 中建立有限元模型的主要问题在于如何在 Pro/E 软件中简化零件、建立有限元模型并通过数据接口将其导入 ANSYS 软件进行分析。在 Pro/E 中建模的过程与在 ANSYS 软件中建模的过程大致相同: 首先建立实体模型, 然后在实体模型上施加载荷、划分网格, 将实体模型转化为有限元模型, 最后导入 ANSYS 进行分析。模型比较简单, 可以被理想化为壳体与梁的复合体。

1. 问题描述

难度级别: 基本难度, 需要读者具备基本的 Pro/E 操作能力。

所需时间: 一个小时或者稍多(视 Pro/E 操作熟练程度而定)。