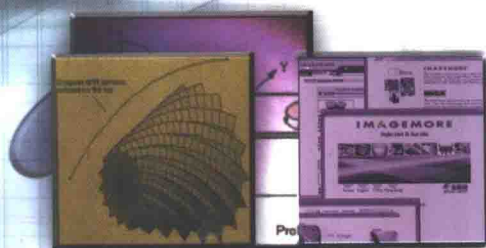
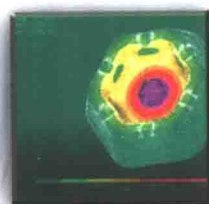
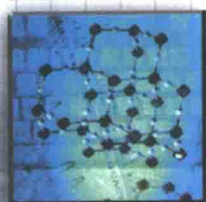


ANSYS

工程分析软件应用实例



本书基本涵盖了ANSYS 结构分析模块的主要内容:

- 入门篇
- 静力分析篇
- 动力分析篇
- 非线性分析篇
- 热分析篇

叶先磊 史亚杰 编著

ANSYS 工程分析



清华大学出版社

ANSYS 工程分析软件应用实例

叶先磊 史亚杰 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书共分为5篇,分别为:入门篇、静力分析篇、动力分析篇、非线性分析篇、热分析篇。入门篇介绍了ANSYS的安装、基本功能、界面菜单和基本求解过程,使读者对ANSYS有一个基本的了解,为后面进一步深入学习打下基础。其余4篇是根据实际工程问题而分类的,在每一篇里,首先对进行该主题下问题求解时用到的基本概念、方法和用ANSYS实现该问题求解的分析过程给予总结,使读者对该问题有一个全面和清晰的认识。接着选用若干个典型的实例讲解用ANSYS求解该类问题的思路、方法和步骤,并在实例的讲解过程中结合实际工程问题总结用ANSYS求解该类问题的技术难点、求解技巧及常见错误。在每个实例的最后还给出了该实例的命令流,可以方便读者了解ANSYS命令流方式的操作,为进一步的进修打下一定的基础。

本书可作为理工科院校相关专业的高年级本科生、研究生及教师学习ANSYS软件的教材或参考书,也可作为从事航空航天、机械制造、汽车、铁道、军工、能源、水利和土木工程等科学研究的工程技术人员学习和使用ANSYS的参考书。本书适用于对ANSYS有一定了解的人员作为参考用书,也适合于ANSYS的初学者作为学习ANSYS的入门教材。

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 工程分析软件应用实例/叶先磊,史亚杰编著. —北京:清华大学出版社,2003

ISBN 7-302-07041-5

I. A… II. ①叶…②史… III. 有限元分析—应用程序, ANSYS IV. 0241.82

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第070074号

出 版 者:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

组稿编辑:刘建龙

文稿编辑:桑任松

封面设计:陈刘源

印 刷 者:北京昌平环球印刷厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:787×1092 1/16 印张:35 字数:859千字

版 次:2003年9月第1版 2003年9月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-07041-5/TP·5175

印 数:1~4000

定 价:48.00元

前 言

有限元方法是随着电子计算机的发展而迅速发展起来的一种在计算数学、计算力学和计算工程科学领域最有效的现代计算方法。经过 40 多年的发展已经使各种不同的有限元方法形态相当丰富,理论基础相当完善,并且开发了一批通用和专用有限元软件,如 ANSYS、MSC\NASTRAN、MSC\MARC、ABAQUS 和 ALGOR 等。在众多可用的通用和专用有限元软件中,ANSYS 是最为通用和有效的商用有限元软件之一,用户也最为广泛。

ANSYS 公司成立于 1970 年,三十多年来 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。依靠业界典范的质保体系、自动化和规范化的质量测试,使 ANSYS 公司于 1995 年 5 月在设计分析类软件中第一个通过了 ISO9001 的质量体系认证。ANSYS 拥有丰富和完善的单元库、材料模型库和求解器,保证了它能够高效地求解各类结构的静力、动力、振动、线性和非线性问题,稳态和瞬态热分析及热-结构耦合问题,静态和时变电磁场问题,压缩与不可压缩的流体力学问题,以及多场耦合问题;另外,ANSYS 还可进行概率设计、优化设计、教学应用,并可对其进行二次开发来实现用户需要的功能。它的完全交互式的前后处理和图形软件,大大减轻了用户创建工程模型、生成有限元模型以及分析和评价计算结果的工作量;它的 DDA 模块实现了它与多种 CAD 软件产品的有效连接,使模型和数据可以方便地转换。

自 1996 年 ANSYS 公司落户中国以来,ANSYS 以其强大的功能、可靠的质量赢得了中国 CAE 用户的认可,用户增长率连续 5 年超过 30%。该软件在我国的航空航天、机械制造、汽车交通、铁道、能源、化工等领域得到了广泛的应用,为各领域中产品设计和科学研究做出了贡献。该软件在许多高等院校中成了学习“有限元分析”这门课程的指定分析软件,并成为做学位论文时应用最为广泛的专业有限元分析软件,深受师生们的推崇。

但是,目前国内关于该软件的中文资料很少且跟不上软件版本的更新,许多使用者难以系统地学习和掌握该软件的强大功能,这对各科研院所的研发工作、工厂工作和高校师生的教学都带来了很多的不便,也影响了该软件的实际应用。ANSYS 是一个知识和智慧密集型的复杂高科技产品,要解决的问题是具有复杂的科学和工程背景的难题,光靠现有的 ANSYS 资料和 ANSYS 的联机帮助是远远不够的。为此,我们编写了这本 ANSYS 实例教程,通过大量的工程实例对 ANSYS 强大的功能进行深入和细致的讲解,使读者在对一个个工程问题的分析中,轻松地学会运用 ANSYS 求解各种科学和工程问题的方法。

本书内容基本上涵盖了 ANSYS 结构分析模块的所有内容:其中第一篇(入门篇)包括前 5 章,首先介绍了 ANSYS 6.1 的安装过程,然后介绍了建模、求解以及后处理的一些基本知识和工具,在本篇的最后一章给出了一个简单的静力分析实例,读者在阅读了前 4 章后通过练习这个实例,可以加深对一些问题的理解,建议读者在练习了第 5 章和后续章节的部分实例之后,再重新阅读第 2 章、第 3 章和第 4 章的有关内容,相信会有更多的收获;后续几篇的结构安排基本上是在每篇开始的一章里讲述该篇所要介绍的主题的一般知识内

容和分析选项，然后在后面的章节中选取本分析类型下的典型例子进行具体介绍。第二篇(静力分析篇)包括第 6 章至第 9 章，主要讲述静力分析的几种特殊情况、平面问题的静力分析、轴对称结构的静力分析以及周期对称结构的静力分析；第三篇包括第 10 章至第 16 章，讲述动力学分析，首先介绍了动力学分析的通用选项和各具体分析类型的一些基本概念，然后在后面的几章中分别针对模态分析(包括有预应力结构的模态分析和周期对称结构的模态分析)、谐响应分析、瞬态分析和谱分析等给出实例；第四篇包括第 17 章至第 20 章，讲述非线性分析，给出了非线性静力分析和动力分析的实例；最后一篇是热分析，包括第 21 章和第 22 章，给出了稳态热分析、瞬态热分析以及热应力分析的实例。读者可以根据自己的专业需要选取感兴趣的章节阅读。

本书内容涵盖范围广阔，适合于学习和使用 ANSYS 软件进行结构分析的初中级读者阅读、参考。

参与本书编写的人员还有鞠亮、盛君、张泽邦、张冶、马艳红、张健等。在此表示感谢。由于作者水平和对专业领域知识的了解有限，疏漏及谬误之处在所难免，敬请指正。



读者回执卡

欢迎您立即填写回执

您好！感谢您购买本书，请您抽出宝贵的时间填写这份回执卡，并将此页剪下寄回我公司读者服务部。我们会在以后的工作中充分考虑您的意见和建议，并将您的信息加入公司的客户档案中，以便向您提供全程的一体化服务。您享有的权益：

- ★ 免费获得我公司的新书资料；
- ★ 免费参加我公司组织的技术交流会及讲座；
- ★ 寻求解答阅读中遇到的问题；
- ★ 可参加不定期的促销活动，免费获取赠品；

读者基本资料

姓 名 _____ 性 别 ☐男 ☐女 年 龄 _____
电 话 _____ 职 业 _____ 文化程度 _____
E-mail _____ 邮 编 _____
通讯地址 _____

请在您认可处打√ (6至10题可多选)

1. 您购买的图书名称是什么：_____
2. 您在何处购买的此书：_____
3. 您对电脑的掌握程度：
☐不懂 ☐基本掌握 ☐熟练应用 ☐精通某一领域
4. 您学习此书的主要目的是：
☐工作需要 ☐个人爱好 ☐获得证书
5. 您希望通过学习达到何种程度：
☐基本掌握 ☐熟练应用 ☐专业水平
6. 您想学习的其他电脑知识有：
☐电脑入门 ☐操作系统 ☐办公软件 ☐多媒体设计
☐编程知识 ☐图像设计 ☐网页设计 ☐互联网知识
7. 影响您购买图书的因素：
☐书名 ☐作者 ☐出版机构 ☐印刷、装帧质量
☐内容简介 ☐网络宣传 ☐图书定价 ☐书店宣传
☐封面、插图及版式 ☐知名作家（学者）的推荐或书评 ☐其他
8. 您比较喜欢哪些形式的学习方式：
☐看图书 ☐上网学习 ☐用教学光盘 ☐参加培训班
9. 您可以接受的图书的价格是：
☐20元以内 ☐30元以内 ☐50元以内 ☐100元以内
10. 您从何处获知本公司产品信息：
☐报纸、杂志 ☐广播、电视 ☐同事或朋友推荐 ☐网站
11. 您对本书的满意度：
☐很满意 ☐较满意 ☐一般 ☐不满意
12. 您对我们的建议：_____

请剪下本页填写清楚，放入信封寄回，谢谢！

1 0 0 0 8 4

北京100084—157信箱

读者服务部

收

贴 邮
票 处

邮政编码：□□□□□□

目 录

I. 入门篇	1	2.8 关于建立模型的基本概念	32
第1章 ANSYS 基本介绍	2	2.8.1 建模概述	33
1.1 ANSYS 6.1 的安装	3	2.8.2 建立模型的方法	33
1.1.1 ANSYS 6.1 的硬件环境	3	2.9 坐标系	35
1.1.2 ANSYS 6.1 的安装	3	2.9.1 总体坐标系	35
1.2 ANSYS 6.1 的启动和配置	6	2.9.2 局部坐标系	35
1.2.1 指定许可证服务器	7	2.9.3 显示坐标系	39
1.2.2 ANSYS 6.1 的启动	8	2.9.4 节点坐标系	39
1.2.3 ANSYS 6.1 运行环境的配置	9	2.9.5 单元坐标系	41
1.3 ANSYS 界面介绍	10	2.9.6 结果坐标系	41
1.3.1 实用菜单	11	2.9.7 工作平面	42
1.3.2 标准工具栏	13	2.10 实体建模	42
1.3.3 主菜单	13	2.10.1 实体建模概述	42
1.4 ANSYS 输出文件	14	2.10.2 用自底向上的方法建模	43
1.4.1 ANSYS 数据库	15	2.10.3 自顶向下建模	45
1.4.2 ANSYS Log 文件	15	2.10.4 布尔运算	47
1.4.3 ANSYS 输出文件类型	15	2.11 对实体模型划分网格	56
第2章 建立模型	17	2.11.1 网格类型	57
2.1 设置工作目录	17	2.11.2 定义单元属性	57
2.2 指定作业名和分析标题	18	2.11.3 网格划分控制	59
2.2.1 定义作业名	18	2.11.4 自由网格的划分	63
2.2.2 定义分析标题	18	2.11.5 映射网格的划分	63
2.3 定义图形界面过滤参数	19	2.11.6 对体扫掠生成网格	66
2.4 ANSYS 的单位制	19	2.11.7 对面拖拉操作生成体 及网格	69
2.5 定义单元类型	20	2.12 耦合和约束	70
2.6 定义单元实常数	22	2.12.1 耦合	70
2.6.1 实常数简介	22	2.12.2 约束方程	72
2.6.2 定义实常数的 GUI 操作步骤	23	2.13 模型的合并和归档	73
2.6.3 梁单元截面	24	第3章 加载和求解	76
2.7 定义材料属性	31	3.1 加载	76
		3.1.1 关于载荷的一些概念	76

3.1.2 载荷的施加	78	5.2.3 定义单元类型	119
3.2 求解	84	5.2.4 定义材料属性	121
3.2.1 进入求解器	85	5.2.5 建立扳手模型	121
3.2.2 定义分析类型	85	5.3 定义边界条件并求解	128
3.2.3 求解控制	86	5.3.1 施加位移边界	129
3.2.4 分析选项	88	5.3.2 显示位移边界	131
3.2.5 进行求解	88	5.3.3 在扳手柄上施加面力	132
3.2.6 可能出现的问题	89	5.3.4 写第一个载荷步文件	135
第4章 后处理	90	5.3.5 在扳手柄上施加 向下的面力	135
4.1 通用后处理器(POST1)	90	5.3.6 写第二个载荷步文件	136
4.1.1 将结果数据读入数据库	90	5.3.7 从载荷步文件求解	136
4.1.2 通用后处理的一些 选项控制	92	5.4 查看结果	137
4.1.3 图形显示结果数据	93	5.4.1 读入第一个载荷步并 查看结果	137
4.1.4 列表显示结果数据	96	5.4.2 读入第二个载荷步并查看	139
4.2 单元表	96	5.5 命令流输入	141
4.2.1 单元表的创建	97	11. 静力分析篇	144
4.2.2 单元表的显示	102	第6章 静力分析介绍	145
4.2.3 单元表的操作	103	6.1 结构静力分析中用到的单元	145
4.3 路径	104	6.2 静力分析的类型	146
4.3.1 定义路径	104	6.2.1 平面问题	147
4.3.2 映射路径数据	105	6.2.2 轴对称结构问题	147
4.3.3 观察路径项	106	6.2.3 周期对称结构问题	147
4.3.4 对路径进行算术运算	108	6.3 静力分析基本步骤	147
4.3.5 存储或恢复路径数据	108	6.3.1 建立模型	148
4.4 时间历程后处理器(POST26)	109	6.3.2 加载并求解	148
4.4.1 变量查看器	109	6.3.3 查看结果	154
4.4.2 进入时间历程后处理器	110	第7章 平面问题分析实例	155
4.4.3 定义变量	111	7.1 问题描述	155
4.4.4 对变量进行处理计算	112	7.2 建立模型	155
4.4.5 查看结果	114	7.2.1 设定分析作业名和标题	155
第5章 六方孔螺钉头用扳手的静力分析	116	7.2.2 定义单元类型	156
5.1 问题描述	116	7.2.3 定义实常数	157
5.2 建立模型	116	7.2.4 定义材料属性	158
5.2.1 设定分析作业名和标题	117	7.2.5 建立盘面模型	159
5.2.2 设定单位制和一些参数	118	7.2.6 对盘面划分网格	161

7.3 定义边界条件并求解.....163	9.2.9 对盘扇区进行网格划分..... 213
7.3.1 施加位移边界.....163	9.3 定义边界条件并求解..... 219
7.3.2 施加转速惯性载荷并求解.....165	9.3.1 施加位移约束..... 219
7.4 查看结果.....166	9.3.2 施加离心载荷并求解..... 221
7.4.1 旋转结果坐标系.....166	9.4 查看结果..... 224
7.4.2 查看变形.....166	9.4.1 旋转结果坐标系..... 225
7.4.3 查看应力.....167	9.4.2 查看变形..... 225
7.5 命令流输入.....169	9.4.3 查看应力..... 227
第 8 章 轴对称结构的静力分析实例.....171	9.5 命令流输入..... 230
8.1 问题描述.....171	11.1 动力分析篇..... 236
8.2 建立模型.....172	第 10 章 动力学分析介绍..... 237
8.2.1 设定分析作业名和标题.....172	10.1 动力分析简介..... 237
8.2.2 定义单元类型.....173	10.2 动力学分析分类..... 237
8.2.3 定义材料属性.....174	10.2.1 模态分析..... 237
8.2.4 建立轮盘截面.....175	10.2.2 谐响应分析..... 239
8.2.5 对盘截面进行分割.....179	10.2.3 瞬态动力学分析..... 240
8.2.6 对盘截面进行网格划分.....180	10.2.4 谱分析..... 241
8.3 定义边界条件并求解.....182	10.3 各类动力学分析的基本步骤..... 242
8.3.1 施加位移约束.....182	10.3.1 模态分析的基本步骤..... 242
8.3.2 施加离心载荷并求解.....184	10.3.2 谐响应分析的基本步骤..... 250
8.4 查看结果.....187	10.3.3 瞬态动力学分析的 基本步骤..... 257
8.4.1 查看变形.....188	10.3.4 谱分析的基本步骤..... 264
8.4.2 查看应力.....190	
8.5 命令流输入.....192	
第 9 章 周期对称结构的静力 分析实例.....197	第 11 章 有预应力作用结构的 模态分析实例..... 270
9.1 问题描述.....197	11.1 问题描述..... 270
9.2 建立模型.....198	11.2 建立模型..... 270
9.2.1 设定分析作业名和标题.....198	11.2.1 指定分析标题并设置 分析范畴..... 271
9.2.2 定义单元类型.....199	11.2.2 定义单元类型..... 272
9.2.3 定义材料属性.....200	11.2.3 定义材料性能..... 273
9.2.4 建立轮盘截面.....201	11.2.4 建立轮盘截面几何模型..... 274
9.2.5 对盘截面进行旋转 生成实体.....204	11.2.5 对轮盘截面进行 有限元分网..... 281
9.2.6 创建均压孔.....205	11.2.6 旋转出整个轮盘的 有限元模型..... 282
9.2.7 对基本扇区进行分割.....207	11.3 定义边界条件并求解..... 285
9.2.8 定义周期对称分析选项.....211	

11.3.1 节点的坐标变换	286	13.4.2 利用 POST26 观察结果	339
11.3.2 进行静力分析	287	13.5 命令流输入	342
11.3.3 进行模态分析	291	第 14 章 瞬态结构动力分析实例	345
11.4 结果分析	293	14.1 问题描述	345
11.4.1 列出固有频率	293	14.2 建立模型	345
11.4.2 观察解得的模态	293	14.2.1 指定分析标题并设置 分析范畴	346
11.5 命令流输入	297	14.2.2 定义单元类型	347
第 12 章 周期对称结构的模态 分析实例	301	14.2.3 定义单元实常数	347
12.1 问题描述	301	14.2.4 定义材料性能	349
12.2 建立模型	301	14.2.5 定义节点	350
12.3 定义边界条件并求解	302	14.2.6 生成梁单元和质量单元	352
12.3.1 定义分析选项	303	14.3 定义边界条件、加载并求解	353
12.3.2 设定周期对称求解选项	304	14.3.1 指定分析类型及 分析选项	353
12.3.3 开始求解	305	14.3.2 定义主自由度	354
12.4 查看结果	306	14.3.3 定义载荷步选项并求解	355
12.4.1 扩展结果	306	14.4 观察分析结果	360
12.4.2 读入结果	306	14.4.1 利用 POST26 观察 缩减法结果	361
12.4.3 查看模态	307	14.4.2 扩展处理	364
12.5 命令流输入	309	14.4.3 利用 POST1 观察结果	365
第 13 章 有预应力作用结构的 谐响应实例	315	14.5 命令流输入	369
13.1 问题描述	315	第 15 章 随机振动和随机疲劳 分析实例	372
13.2 建立模型	315	15.1 问题描述	372
13.2.1 指定分析标题并设置 分析范畴	316	15.2 建立模型	373
13.2.2 定义单元类型	316	15.2.1 指定分析标题并 设置分析范畴	373
13.2.3 定义材料性能和实常数	317	15.2.2 定义单元类型	374
13.2.4 生成节点	319	15.2.3 定义单元实常数	375
13.2.5 生成弦单元	321	15.2.4 指定材料特性	376
13.3 定义边界条件、加载并求解	322	15.2.5 建立梁有限元模型	377
13.3.1 定义载荷和边界条件	322	15.2.6 建立板壳有限元模型	382
13.3.2 进行静力分析	324	15.3 定义边界条件、加载并求解	387
13.3.3 进行模态分析	327	15.3.1 定义载荷和边界条件	387
13.3.4 进行谐响应分析	330	15.3.2 进行模态求解	388
13.4 观察分析结果	335		
13.4.1 利用 POST1 观察结果	336		

15.3.3 获得谱解	390	17.4 材料非线性	442
15.3.4 模态合并	393	17.4.1 进行塑性分析时的 ANSYS 输入	443
15.4 观察分析结果	394	17.4.2 塑性分析中的输出量	443
15.4.1 利用 POST1 观察结果	394	17.4.3 塑性分析中的一些 基本原则	443
15.4.2 在 POST26 处理器中计算 PSD 响应	399	17.4.4 查看结果	444
15.4.3 在 POST26 后处理器中 计算协方差	404	17.5 状态非线性	444
15.4.4 随机疲劳计算	406	17.5.1 点-点接触分析	445
15.5 命令流输入	407	17.5.2 点-面接触分析	445
第 16 章 单点响应谱分析实例	411	17.5.3 面-面的接触分析	446
16.1 问题描述	411	第 18 章 非线性瞬态分析实例	447
16.2 建立模型	411	18.1 问题描述	447
16.3 定义边界条件、加载并求解	413	18.2 模型建立	448
16.3.1 定义载荷和边界条件	413	18.2.1 设置分析标题	448
16.3.2 进行模态求解	413	18.2.2 定义单元类型	449
16.3.3 获得谱解	414	18.2.3 定义材料性质和强化 数据表	450
16.3.4 扩展模态	417	18.2.4 建立有限元模型	452
16.3.5 模态合并	418	18.3 定义分析类型、加载并求解	456
16.4 观察分析结果	419	18.3.1 定义分析类型和求解选项	456
16.4.1 结果列表	419	18.3.2 定义初始条件和约束	458
16.4.2 云图显示结果	423	18.3.3 求解问题	459
16.5 命令流输入	425	18.4 观察分析结果	460
IV. 非线性分析篇	428	18.4.1 利用 POST1 观察结果	460
第 17 章 非线性结构分析	429	18.4.2 利用 POST26 观察结果	463
17.1 非线性结构分析简介	429	18.5 非线性瞬态分析命令流	466
17.1.1 非线性结构的定义	429	第 19 章 塑性分析实例	469
17.1.2 非线性结构分析注意事项	430	19.1 问题描述	469
17.2 非线性结构分析的分析过程	431	19.2 建立有限元模型	470
17.2.1 建模	431	19.2.1 设置分析标题	470
17.2.2 加载求解	431	19.2.2 定义参数	471
17.2.3 结果后处理	438	19.2.3 定义单元类型	472
17.3 几何非线性	440	19.2.4 定义材料特性和多线性 随动强化数据表	473
17.3.1 几何非线性简介	440	19.2.5 建立几何模型并分网	474
17.3.2 大应变效应	440	19.2.6 定义耦合集和位移约束	478
17.3.3 对几何非线性情况 的处理方法	441		

19.3 加载并求解	480	21.2 稳态热分析	514
19.3.1 定义分析类型和求解 控制选项	480	21.2.1 建模	514
19.3.2 定义载荷步并输出 载荷步文件	481	21.2.2 施加载荷计算	514
19.3.3 求解问题	483	21.2.3 后处理	516
19.4 结果分析	483	21.3 瞬态传热分析	517
19.4.1 利用通用后处理器 观察结果	483	21.3.1 建模	517
19.4.2 利用时间历程后 处理器分析结果	485	21.3.2 加载求解	517
19.5 塑性实例分析的命令流方式	487	21.3.3 结果后处理	520
第 20 章 接触分析实例	491	21.4 热-结构耦合分析	520
20.1 问题描述	491	第 22 章 热-应力耦合分析实例	522
20.2 建立有限元模型	492	22.1 问题描述	522
20.2.1 设置分析标题	492	22.2 建立模型	523
20.2.2 定义单元类型	492	22.2.1 指定分析标题并 设置分析范畴	523
20.2.3 定义材料特性	493	22.2.2 定义单元类型	524
20.2.4 建立几何模型并分网	494	22.2.3 定义材料热学性能	525
20.2.5 创建接触对	496	22.2.4 建立轴对称几何模型	526
20.3 加载并求解	498	22.2.5 对截面进行有限元分网	528
20.3.1 定义对称边界条件 和位移约束	499	22.3 稳态热分析	529
20.3.2 定义并求解第一个载荷步	500	22.3.1 定义温度边界条件	529
20.3.3 定义并求解第二载荷步	501	22.3.2 进行稳态热分析求解	530
20.4 结果分析	503	22.3.3 观察稳态热分析结果	531
20.4.1 利用通用后处理器 观察结果	503	22.4 结构应力分析	535
20.4.2 利用时间历程后处理器 分析结果	507	22.4.1 转换模型	535
20.5 接触分析的命令流	508	22.4.2 定义结构分析边界条件及 温度载荷	537
V. 热分析篇	511	22.4.3 分析求解	540
第 21 章 热-结构耦合分析	512	22.4.4 观察结构分析结果	540
21.1 热-结构耦合分析简介	512	22.5 热-应力耦合分析的命令流	543
21.1.1 热分析基本知识	512		
21.1.2 耦合分析	513		

ANSYS 工程分析软件应用实例

1. 入 门 篇

本篇包括第 1 章至第 5 章，首先介绍 ANSYS 6.1 的安装过程，然后介绍了建模、求解以及后处理的一些基本知识和工具，最后给出了一个简单的静力分析实例。

本篇讨论以下主题：

- ANSYS 基本介绍
- 建立模型
- 加载和求解
- 后处理
- 六方孔螺钉头用扳手的静力分析

第 1 章 ANSYS 基本介绍

有限元法是 20 世纪 50 年代兴起的在连续体力学领域——例如飞机结构的静力和动力特性分析中——应用的一种有效的数值分析方法。与此同时，有限元法的通用计算程序作为有限元研究的一个重要组成部分，也随着电子计算机的飞速发展而迅速发展起来。到 20 世纪 70 年代初期，大型通用的有限元分析软件出现了，这些大型、通用的有限元软件功能强大，计算可靠，工作效率高，因而逐步成为结构分析中的强有力的工具。近 20 多年来，各国相继开发了很多通用程序系统，应用领域也从结构分析领域扩展到各种物理场的分析，从线性分析扩展到非线性分析，从单一场的分析扩展到若干个场耦合的分析。在目前应用广泛的通用有限元分析程序中，美国 ANSYS 公司研制开发的大型通用有限元分析程序 ANSYS 是一个适用于微机平台的大型有限元分析系统，它功能强大，适用领域非常广泛。

ANSYS 是在 20 世纪 70 年代由 ANSYS 公司开发的工程分析软件。开发初期是为了应用于电力工业，现在已经广泛应用于航空、航天、电子、汽车、土木工程等各种领域，能够满足各行业对有限元分析的需要。

初期版本的 ANSYS 软件功能单一，使用不便，随着几十年的发展，现在 ANSYS 的最新版本已经达到 6.1(估计截稿时，最新版本有可能达到 7.0)，功能更加强大和完善，操作和使用也更加方便。图形用户界面(GUI)给用户学习和使用 ANSYS 提供了更加直观的途径，命令流方式给高级用户提供了更为灵活和高效的分析手段。同时，ANSYS 提供的强大和完整的联机说明和系统详尽的联机帮助系统，使用户能够不断深入学习并完成一些深入的课题。

ANSYS 软件主要包括 3 个模块：预处理模块、分析计算模块和后处理模块。预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、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。

在结构分析方面，ANSYS 6.1 有以下的新特征：

- 周期对称结构模型的建立和分析更加灵活。
- 增加了垫圈的模拟。
- 增加了 ANSYS-ADAMS 的接口。
- 增加了铸铁材料模型。
- 改进了粘弹性分析功能。
- 可以根据面积的大小决定网格划分的先后顺序。

- 改进了接触分析的界面。
- 引入了广义平面应变的单元和选项。

本章主要介绍关于 ANSYS 软件的一些基本概念以及 ANSYS 6.1 的安装过程。

1.1 ANSYS 6.1 的安装

ANSYS 6.1 的安装符合标准的 Windows 程序的安装过程,对于初学者,只要按照屏幕上的提示一步一步地安装即可。

ANSYS 6.1 可以安装于多种操作系统平台:例如 Windows Me、Windows NT 4.0(推荐 Service Pack 5)、Windows 2000(推荐 Service Pack 3)、Windows XP 以及 UNIX 操作系统,建议以 Windows 2000(Professional、Server 均可)作为平台。在本书以后的叙述中默认的操作系统为 Windows 2000。

1.1.1 ANSYS 6.1 的硬件环境

ANSYS 6.1 对硬件的最低要求如下:

- 内存为 128 MB。
- 500 MB 的可用硬盘空间。
- 8 倍速的光盘驱动器。
- 能够支持 1024×768(色深为 16 位)分辨率的显示器和显卡。
- 鼠标等定位设备。
- 网络连接设备。

应该说明的是:这些要求是 ANSYS 6.1 进行有限元计算的绝对最低要求。求解大型有限元问题对于内存的需求和处理器速度的需求是没有止境的。因此,尽量选用配置更高、速度更快的机器是很有必要的。为了获得较好的视觉效果,建议使用 17 英寸以上的显示器。

1.1.2 ANSYS 6.1 的安装

ANSYS 的许可证服务器(License Server)需要已经配置好的 TCP/IP 网络协议,本书不打算介绍 TCP/IP 的配置,关于 TCP/IP 的配置请参考相关书籍,下文的叙述假定 TCP/IP 已经正确配置。

下面介绍 Windows 2000 系统下 ANSYS 6.1 的安装。在启动安装程序前,最好先关闭其他的 Windows 应用程序。此外,用户还必须有管理员权限。

- (1) 在【我的电脑】或【资源管理器】中双击 ANSYS 6.1 安装程序(Setup.exe),即可开始标准安装过程。
- (2) 安装程序启动后,显示欢迎界面(如图 1.1 所示)和向导安装进程(如图 1.2 所示)。
- (3) 安装向导安装完成以后,会出现一个询问 TCP/IP 协议配置的对话框,如图 1.3 所示。如果 TCP/IP 已经正确配置,单击【是】按钮,进入下一步,弹出如图 1.4 所示的对话框,其中列出了安装 ANSYS 6.1 所需的操作系统和硬件要求。
- (4) 单击 Next 按钮,进入下一步,弹出如图 1.5 所示的对话框。

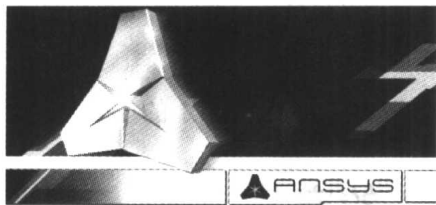


图 1.1 ANSYS 欢迎画面

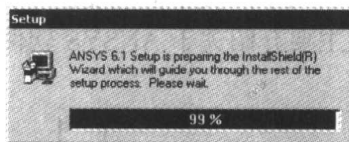


图 1.2 InstallShield Wizard 安装进度条

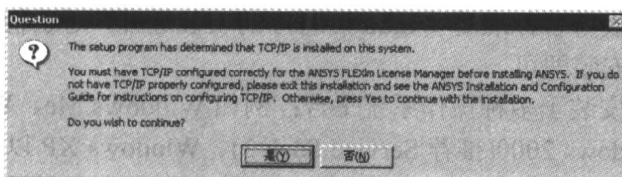


图 1.3 确认 TCP/IP 协议已经安装对话框

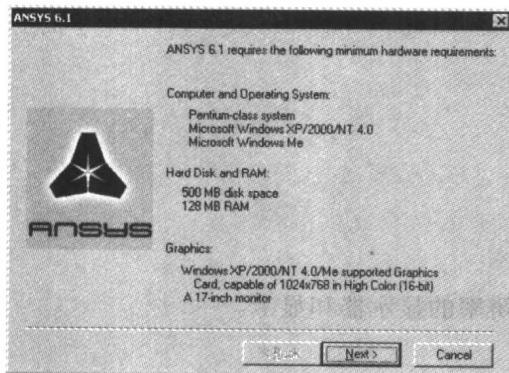


图 1.4 安装 ANSYS 6.1 所需硬件和操作系统列表

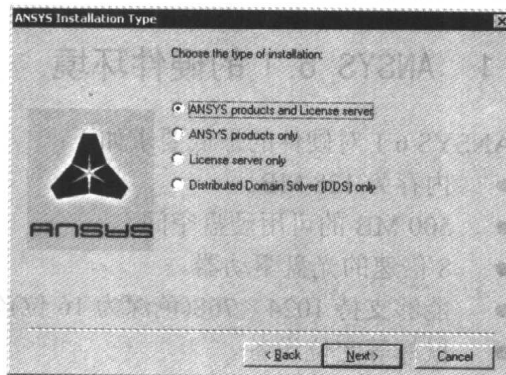


图 1.5 安装类型选择

- (5) 选择 ANSYS products and license server(ANSYS 产品和许可证服务器)单选项, 说明将要安装 ANSYS 软件文件和 ANSYS 的许可证服务器, 然后单击 Next 按钮, 进入下一步, 打开 ANSYS Installation Options(安装选项)对话框, 如图 1.6 所示。
- (6) 用户可选择 Typical installation(典型安装)或者 Custom installation(自定义安装), 在这里选择典型安装, 单击 Next 按钮, 进入下一步, 打开 Choose Destination Location(选择安装目录)对话框, 如图 1.7 所示。

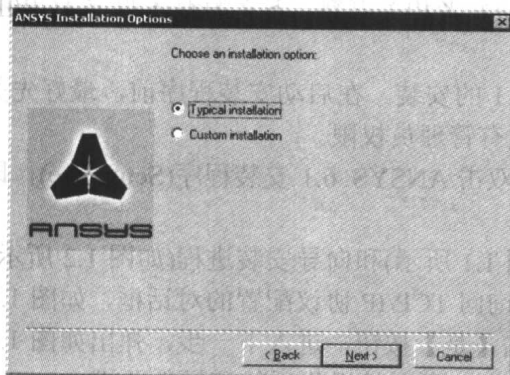


图 1.6 安装选项选择

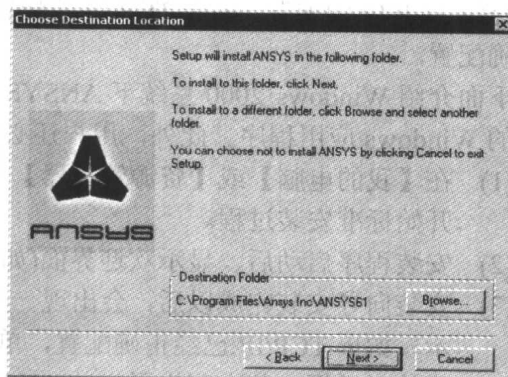


图 1.7 选择安装位置

- (7) 选择 ANSYS 6.1 的安装目录, 一般采用默认的安装目录, 也可以通过单击 Browse 按钮来选择指定的其他位置, 但是, 许可证部分(license)仍然要被安装在其默认的位置。确定后单击 Next 按钮, 打开 Select Program Folder(选择程序组)对话框, 如图 1.8 所示。
- (8) 选择 ANSYS 6.1 程序组的名称, 采用默认的程序组名, 单击 Next 按钮, 打开 Start Copying Files(开始拷贝文件)对话框, 如图 1.9 所示。

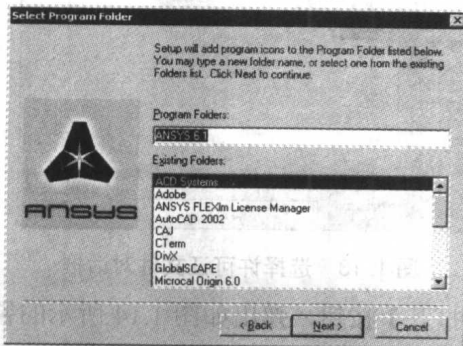


图 1.8 设定程序组名称

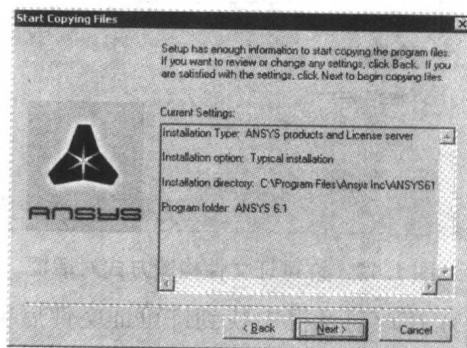


图 1.9 拷贝文件前进行确认

- (9) 此时要求用户确认安装 ANSYS 6.1 的设置。如果要更改设置, 可单击 Back 按钮, 返回到设定有误的步骤重新设定。如果确定安装设置正确无误, 则单击 Next 按钮, 将会弹出一个询问对话框, 如图 1.10 所示。

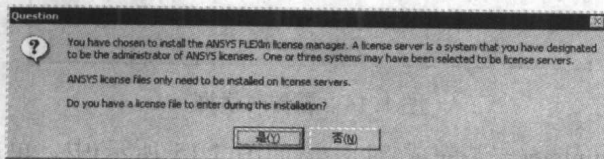


图 1.10 许可证文件的确认

- (10) 这时询问是否有许可证文件(license files), 如果有此文件, 单击【是】按钮; 如果没有许可证文件, 单击【否】按钮退出许可证的安装, 此时可以继续其他安装过程。在安装完成后, 可用 ANSLIC_ADMIN 工具安装许可证文件(需要注意的是, ANSYS 许可证服务器只有在安装了许可证文件后才能启动, 只有许可证服务器正常工作的情况下, ANSYS 才能启动)。一般情况下, 单击【是】按钮, 打开如图 1.11 所示的对话框。这时进度条显示复制文件的进度, 界面中同时显示一些 ANSYS 6.1 的功能和模块介绍。
- (11) 如果在第 10 步中单击了【否】按钮, 则可以跳过本步及以后的步骤; 如果在第 10 步中单击了【是】按钮, 则在 ANSYS 6.1 的安装文件复制完毕后, 会弹出一个 ANSYS FLEXlm license file(许可证文件)对话框, 如图 1.12 所示。

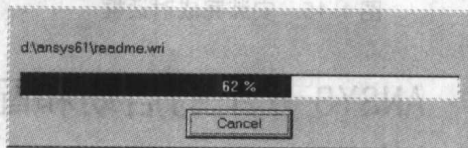


图 1.11 安装进度条