



含·光·盘

e光

e光

e光

最新经典 ANSYS 及 Workbench 教程

小飒工作室 编

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



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY



Business Analysis as Work-based Learning

CHRISTOPHER W. HARRIS

最新经典 ANSYS 及 Workbench 教程

小飒工作室 编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书从基础、应用与高级技术三个层次上讲述了经典 ANSYS 与新一代仿真平台 ANSYS Workbench 的使用。本书基于 ANSYS 8.0 版本进行编写,是第一本涉及到 ANSYS Workbench 的 ANSYS 参考书,希望这些最新的概念带给广大 ANSYS 应用者更广阔的使用范围。本书讲述了全部具体技术内容,并提供了很多例题,使读者能够快速入门并掌握一些使用的经验。ANSYS Workbench 对很多人来讲都是一个很新的部分,因此提供了大量的界面图形,便于更好地学习和使用。

本书通俗易懂,范围广泛,既适合于作为 ANSYS 入门、提高的参考书,也可作为一本常用 ANSYS 的工具书。可供大中专院校的师生和工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

最新经典 ANSYS 及 Workbench 教程/小飒工作室编. —北京:电子工业出版社,2004.6

ISBN 7-120-00121-3

I. 最… II. 小… III. 有限元分析-应用程序, ANSYS 8.0-教材
IV. O241.82

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 055179 号

策划编辑:马文哲

责任编辑:祁 祎

印 刷:北京东光印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:48.25 字数:1234 千字

印 次:2004 年 6 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:70.00 元(含光盘一张)

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

现代生活的节奏加快，科技进步日新月异，竞争要求企业更快地将产品推向市场。将 CAE（计算机辅助工程分析）融入产品设计的整个过程，尤其是设计阶段，是提升产品性能，加速产品研发过程的有效手段。有限元技术经过了几十年的发展，在数值算法、求解器、单元技术、材料模式方面有了极大的发展，加上硬件的突飞猛进，使得模拟计算效率更高，处理大规模的问题更为得心应手。对当今的有限元模型来说，30~50 万节点规模的问题已经很司空见惯，上百万的规模也不足为奇。这就意味着 CAE 分析的结果可以更为真实可信。

ANSYS 作为有限元领域的大型通用程序，以其多物理场耦合分析的先进技术和理念，在工业领域和研究方向都有广泛而深入的应用。ANSYS 具有结构、流体、热、电磁及其相互耦合分析的功能。ANSYS 经过 30 多年的发展，经典的 ANSYS 界面已经不能满足广大的各种层次用户的需要，因此，ANSYS 开发了新一代的 CAE 仿真平台 ANSYS Workbench 8.0。ANSYS Workbench 包括设计分析的参数化建模工具 DesignModeler，CAE 分析环境 DesignSimulation，优化变分技术 DesignXplorer VT 等。ANSYS Workbench 作为新一代的仿真模拟环境，有 WINDOWS 风格的优化易用的界面，直接参数化尺寸驱动的 CAD 接口，能直接读入所有常用的 CAD 格式，其易用性、灵活性和强大的功能都达到了分析软件的一个新高度。

本书包括基础、应用和高级技术三个部分。基本章节内容（前九章）涉及经典 ANSYS8.0 的安装、入门，如何选择单元，如何进行建模及网格划分，如何选择模型，如何进行加载与求解的选项和设置，后处理的方法与技巧，并专门讲述了常用梁、壳单元的使用，以及 ANSYS 的参数化语言 APDL。这部分适合于 ANSYS 入门的读者，通过本部分的阅读，读者可以掌握 ANSYS 的基本应用方法。在应用部分章节（中间五章），详细讲述了如何将 ANSYS 应用于用户的实际分析工作中。其中包括结构分析部分（静力分析、动力分析、非线性分析，以及复合材料、疲劳和断裂力学的分析）；流体分析（CFD）部分讲述了如何进行流体动力学的分析，具体包括层流、湍流分析，可压缩流动与不可压缩流动分析，ALE 动边界分析，稳态和瞬态分析等；热分析部分讲述了传导、对流和辐射换热，还讲述了稳态与瞬态热分析，以及相变分析等；电磁分析讲述了低频和高频分析的各种方法，采用单元及常见分析类型等；耦合场分析讲述了直接和间接耦合，包括流体—结构耦合的 FSI，热—结构耦合，电磁—结构耦合，热—电耦合等。这部分适合于各个专业的使用者。高级技术章节（后四章）主要讲述了 ANSYS Workbench 的使用与技巧，包括 DesignModeler、DesignSimulation 的使用等，并讲述了经典 ANSYS 的概率与灵敏度分析（PDS）和优化设计技术。这部分适合于 ANSYS 高级使用者，以及设计分析人员。本书附有大量例题，通过实例的学习更提高了读者的学习效率。各部分应用实例的命令流及模型文件附在本书的配套光盘中，与书中各部分内容对应。

本书的主要特色是论述层次清晰、分析深入浅出、解释通俗易懂、举例简明实用。书中的实例具有很实际的典型性，涉及很多工程技术人员共同或各自关心的问题。实例精心设

计，并紧密结合工程实际。所附命令流均经过调试，可在各种系统上运行。笔者在市场上看到有众多的 ANSYS 书籍，但适用于各种层次读者，同时又具有一定深度、能够全面描述 ANSYS 使用的则更是凤毛麟角，而关于 ANSYS Workbench 的书籍更是没有看到。所以在这个合适的时机，笔者将此书献给渴望提高 ANSYS 应用水平的广大读者。

本书的创作人员均具有多年 ANSYS 的使用经验，有很强的理论功底和专业背景，因此我们相信本书可以作为广大工程师和设计分析人员及其 ANSYS 爱好者的好工具，有助于他们迅速提高应用水平。本书适用于 ANSYS 初学者以及具有一定 ANSYS 应用水平的专业人士，也适用于开阔应用范围，追求应用深度的分析专家。

本书涉及内容广泛，难免有谬误之处，欢迎广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 ANSYS 的安装与环境	1	3.5.1 模型的输入与合并	72
1.1 ANSYS 安装与配置	1	3.5.2 有限元模型与实体模型的 分离	73
1.2 ANSYS 文件与环境	2	3.6 对实体模型进行网格划分	73
1.2.1 ANSYS 文件类型	2	3.6.1 如何对实体模型进行网格 划分	73
1.2.2 ANSYS 环境	3	3.6.2 定义单元属性	74
1.3 ANSYS 帮助系统	4	3.6.3 网格划分控制	77
1.4 ANSYS 经典界面	4	3.6.4 自由网格和映射网格划分 控制	94
第 2 章 ANSYS 单元的选择与使用	6	3.6.5 实体模型的网格划分	103
2.1 ANSYS 单元概述	6	3.6.6 修改网格	121
2.2 求解输出	6	3.6.7 一些提示和注意事项	124
2.2.1 节点解	7	3.6.8 使用 CPCYC 和 MSHCOPY 命令	125
2.2.2 单元解	7	第 4 章 模型的选择	129
2.3 ANSYS 常用单元及选择	7	4.1 实体的选择	129
2.3.1 结构分析常用单元	9	4.1.1 选择对象	129
2.3.2 热分析常用单元	10	4.1.2 选择方式	129
2.3.3 流体分析常用单元	10	4.1.3 利用命令来选择实体	131
2.3.4 电磁分析常用单元	10	4.1.4 用 GUI 选择实体	131
第 3 章 ANSYS 建模技术	11	4.2 为有意义的后处理进行选择	132
3.1 概述与准备工作	11	4.3 将几何项目集成成部件与组件	133
3.1.1 实体建模和直接生成的 比较	11	4.3.1 镶嵌组件	135
3.1.2 从 CAD 系统中输入实体 模型	12	4.3.2 通过部件和组件来选择 实体	135
3.2 ANSYS 中的坐标系统	13	4.3.3 增加和删除组件	135
3.2.1 坐标系的类型	13	4.3.4 自动更新部件与组件	136
3.2.2 总体和局部坐标系	14	第 5 章 基本加载与求解技术	137
3.2.3 显示坐标系	16	5.1 ANSYS 载荷类型	137
3.2.4 节点坐标系	16	5.2 载荷的施加方式	138
3.2.5 单元坐标系	18	5.2.1 实体模型载荷与有限元 模型载荷	138
3.2.6 结果坐标系	18	5.2.2 载荷的表达方式	139
3.3 什么是工作平面	18	5.2.3 自由度载荷	142
3.3.1 生成一个工作平面	19	5.2.4 力 (集中载荷)	143
3.3.2 增强的工作平面	21	5.2.5 表面载荷	144
3.4 实体建模操作概述	23	5.2.6 体积载荷	148
3.4.1 用自底向上的方法建模	26	5.2.7 惯性载荷	150
3.4.2 用自顶向下的方法建模	39		
3.4.3 实体模型加载	63		
3.4.4 实体建模中的注意事项	66		
3.5 模型的输入与输出	72		

5.2.8	耦合场载荷	151	6.3.4	处理变量并进行计算	232
5.2.9	轴对称载荷和反作用力	151	6.3.5	数据的输入	234
5.2.10	注意事项	152	6.3.6	数据的输出	235
5.2.11	施加到不产生任何阻力的 DOF 上的载荷	152	6.3.7	变量的评价	236
5.2.12	初应力载荷	152	6.3.8	POST26 后处理器的其他 功能	239
5.2.13	表格类型数组参数载荷	157	第 7 章	APDL 与命令流的使用	241
5.2.14	函数边界条件加载	160	7.1	如何快速掌握命令流	241
5.2.15	载荷的高级操作	170	7.2	参数化建模	242
5.3	如何指定载荷步选项	173	7.3	参数的定义与使用	243
5.3.1	通用选项	173	7.3.1	标量参数	244
5.3.2	动力学分析选项	176	7.3.2	数组参数	246
5.3.3	非线性选项	176	7.4	宏语言及程序控制	248
5.3.4	输出控制	177	7.4.1	宏的创建	248
5.3.5	Biot-Savart 选项	178	7.4.2	宏的执行	249
5.3.6	谱分析选项	178	7.4.3	循环与分支结构	249
5.4	创建多载荷步文件	178	7.5	定制简单对话框	251
5.5	在接头固定处定义预紧	180	7.5.1	单变量提示对话框	251
5.5.1	使用 PSMESH 命令	180	7.5.2	多变量提示对话框输入框	251
5.5.2	使用 EINTF 命令	181	第 8 章	梁单元	253
5.5.3	使用 PSMESH 示例	181	8.1	引言	253
5.6	什么是求解	183	8.2	梁单元 BEAM4	253
5.6.1	求解器的选择	184	8.2.1	BEAM4 单元简介	253
5.6.2	使用求解控制对话框	187	8.2.2	BEAM4 单元的定义	253
5.6.3	使用 PGR 文件存储后处理 数据	189	8.2.3	BEAM4 单元的网格划分	254
5.6.4	求解多载荷步	190	8.2.4	BEAM4 单元的载荷施加	255
5.6.5	中断正在运行的作业	193	8.2.5	BEAM4 单元的后处理	255
5.6.6	分析的重新启动	193	8.2.6	BEAM4 单元的典型 命令流	256
5.6.7	执行部分求解步骤	203	8.3	梁单元 BEAM189	257
5.6.8	估计运行时间和文件大小	204	8.3.1	BEAM189 单元简介	257
5.6.9	奇异解	205	8.3.2	BEAM189 单元的定义	257
第 6 章	后处理及图形处理技术	207	8.3.3	BEAM189 单元的网格划分 及载荷施加	258
6.1	概述	207	8.3.4	BEAM189 用户定义梁截面 和高级特性	258
6.2	通用后处理器	207	8.3.5	BEAM189 单元的后处理	261
6.2.1	结果概述	207	8.3.6	BEAM189 单元的典型命 令流	261
6.2.2	结果文件的读取	208	8.4	各种梁单元的主要特点	261
6.2.3	基本后处理操作	208	第 9 章	壳单元的定义与使用	262
6.2.4	后处理图形操作	220	9.1	引言	262
6.3	时间历程后处理	227	9.2	壳单元 SHELL181	262
6.3.1	时间历程变量观察器	227			
6.3.2	进入时间历程处理器	229			
6.3.3	定义变量	230			

9.2.1 SHELL181 单元简介	262	11.1.2 热分析载荷与边界条件	481
9.2.2 SHELL181 单元截面的 定义	262	11.1.3 施加载荷	481
9.2.3 SHELL181 单元的网格 划分	264	11.2 稳态热分析	483
9.2.4 SHELL181 单元的荷载 施加	266	11.2.1 热分析的基本过程	484
9.2.5 壳单元的后处理	266	11.2.2 建模	484
9.2.6 梁与壳单元的组合使用	267	11.2.3 施加载荷和求解	484
第 10 章 结构分析	269	11.2.4 指定分析类型	485
10.1 ANSYS 线性及非线性结构分析	269	11.2.5 定义分析选项	485
10.1.1 线性静力分析	269	11.2.6 保存模型	486
10.1.2 几何非线性分析	272	11.2.7 求解	486
10.1.3 材料非线性分析	280	11.2.8 后处理	486
10.1.4 接触分析	328	11.2.9 稳态热分析实例 1	488
10.2 动力学分析	378	11.2.10 稳态热分析实例 2——利用函 数边界条件进行热分析	491
10.2.1 模态分析	378	11.3 瞬态热分析	494
10.2.2 谐响应分析	396	11.3.1 瞬态传热的定义	494
10.2.3 瞬态动力学分析	408	11.3.2 瞬态热分析中使用的单元 和命令	494
10.2.4 谱分析	442	11.3.3 瞬态热分析的过程	494
10.3 复合材料分析	455	11.3.4 建模	495
10.3.1 复合材料分析常用单元	456	11.3.5 施加载荷和求解	495
10.3.2 复合材料分析技术	457	11.3.6 指定分析类型	495
10.3.3 定义失效准则	459	11.3.7 建立分析的初始条件	495
10.3.4 应遵循的建模和后处理 规则	460	11.3.8 设置载荷步选项	496
10.3.5 复合材料应用示例	463	11.3.9 非线性选项	499
10.4 断裂力学的定义	463	11.4 热辐射分析	501
10.4.1 断裂力学的求解	463	11.4.1 基本概念	501
10.4.2 计算断裂参数	466	11.4.2 点对点辐射	502
10.5 疲劳	469	11.4.3 点对面辐射	503
10.5.1 疲劳的定义	469	11.4.4 面对面辐射	504
10.5.2 疲劳计算	470	11.4.5 相变问题	505
10.5.3 储存应力、指定事件循环 次数和比例因子	472	第 12 章 计算流体动力学分析	509
10.5.4 激活疲劳计算	477	12.1 流体分析概述	509
10.5.5 查看计算结果	477	12.1.1 ANSYS 计算流体分析的 概念	509
10.5.6 其他计数方法	477	12.1.2 ANSYS 具体分析类型的 描述	509
10.5.7 疲劳分析示例 (命令流 方法)	478	12.2 不可压缩流体的层流和湍流 分析	510
第 11 章 热分析	479	12.2.1 概述	510
11.1 热分析概述	479	12.2.2 ANSYS 湍流模型及其 应用	511
11.1.1 热分析常用单元	479	12.2.3 湍流模拟对网格的要求	515

12.2.4	流动边界条件	516	12.9.2	混合类型	559
12.2.5	加强收敛的策略	519	12.9.3	多组分输运分析的计算 过程	561
12.3	流动换热分析	520	12.9.4	三种气体混合分析算例	563
12.3.1	概述	520	第 13 章 电磁分析		564
12.3.2	流动换热的要求及设置	520	13.1	低频电磁分析技术	564
12.3.3	热载荷和边界条件	521	13.1.1	概述	564
12.3.4	求解策略	523	13.1.2	2D 平面及轴对称静磁分析	566
12.3.5	热平衡	525	13.1.3	2D 平面谐波电磁分析	572
12.3.6	使用辐射功率密度方法的 面对面辐射分析	525	13.1.4	2D 平面瞬态电磁分析	572
12.4	可压缩流体分析	528	13.1.5	标势法 3D 静磁场分析	574
12.4.1	概述	528	13.1.6	3D 谐波响应和瞬态分析	577
12.4.2	可压缩流体分析的准备	528	13.1.7	静电场模拟	581
12.4.3	求解策略	529	13.1.8	稳态电流传导分析	591
12.5	体积流体方法	535	13.2	高频电磁分析简介	593
12.5.1	概述	535	13.2.1	概述	593
12.5.2	VFRC 载荷	536	13.2.2	进行高频电磁场谐波分析	594
12.5.3	输入设置	536	13.2.3	进行高频电磁场模态分析	613
12.5.4	后处理	538	13.2.4	高频电磁分析算例	615
12.5.5	对水坝的 VOF 分析	538	第 14 章 耦合场分析		618
12.5.6	有障碍物的开口水渠的 VOF 分析	538	14.1	耦合场分析的定义	618
12.6	ALE 技术	538	14.2	耦合场分析的实现方法	618
12.6.1	概述	538	14.2.1	顺序方法	618
12.6.2	边界条件	539	14.2.2	直接耦合方法	619
12.6.3	网格更新	540	14.2.3	直接法与顺序法的应用 场合	619
12.6.4	后处理	540	14.3	顺序弱耦合方法	619
12.7	流体属性的定义	540	14.3.1	概述	619
12.7.1	如何定义流体属性	540	14.3.2	流固耦合界面	620
12.7.2	流体属性类型	541	14.3.3	流体和结构单元	620
12.7.3	属性的初始化及可变性	545	14.3.4	执行流体—结构耦合分析	621
12.7.4	修改流体属性数据库	546	14.4	直接耦合场分析	623
12.7.5	使用参考属性	547	14.5	耦合场分析专题	625
12.7.6	使用 ANSYS 的非牛顿流体 功能	548	14.5.1	热—结构耦合分析	625
12.7.7	使用用户可编程序程序	549	14.5.2	电磁—结构耦合分析	626
12.7.8	求解器的选择	549	14.5.3	FSI 流固耦合分析	633
12.7.9	对流方法的选择	553	14.5.4	热—电耦合	633
12.8	瞬态流体分析	554	14.5.5	压电分析	634
12.8.1	瞬态求解相关设定	555			
12.8.2	瞬态分析示例	558			
12.9	多组分输运	559			
12.9.1	多组分输运概述	559			

14.5.6	机电分析	637	16.3.6	指定随机参数之间的相关性	688
第 15 章	优化分析与变分技术	644	16.3.7	指定随机输出参数	691
15.1	优化概述	644	16.3.8	选择概率设计方法	691
15.1.1	什么是优化设计	644	16.3.9	运行概率设计循环	692
15.1.2	基本概念	644	16.3.10	拟合和使用响应表面	698
15.1.3	优化设计的步骤	646	16.3.11	查看结果数据	701
15.1.4	多层优化计算	654	16.4	选择概率设计变量的建议	703
15.1.5	优化技术	655	16.4.1	选择和定义随机输入变量	703
15.1.6	优化设计实例	663	16.4.2	选择随机输出参数	707
15.2	变分技术	663	16.5	概率设计技术	707
15.2.1	什么是 ANSYS DesignXplorer VT	664	16.5.1	蒙特卡罗仿真	708
15.2.2	基本操作	665	16.5.2	响应表面法	711
15.2.3	VT 支持的单元	667	16.6	PDS 的后处理	714
15.2.4	局限性	667	16.6.1	统计后处理	715
15.2.5	完整离散分析例题	667	16.6.2	趋势后处理	717
15.2.6	壳厚度例题	672	16.6.3	生成 HTML 报告	720
15.2.7	疑难解答	673	16.7	多重概率设计运行	720
15.3	ANSYS 频率扫描 VT 模块	674	16.7.1	存储概率设计数据库	720
15.3.1	传输线例题	674	16.7.2	重新启动一个概率设计	720
15.3.2	波导例题	675	16.7.3	清除概率设计数据库	721
第 16 章	概率设计 (PDS)	676	16.8	概率设计分析的实例	721
16.1	何为概率设计	676	第 17 章	ANSYS 新界面 DesignModeler	
16.1.1	传统 (确定) 设计分析和 概率设计分析手段	676	入门		731
16.1.2	何时需要使用概率设计	677	17.1	ANSYS 新界面概述	731
16.2	基本概念	677	17.1.1	DesignModeler 用户界面	732
16.3	如何进行概率设计	680	17.2	DesignModeler 建模及在 Workbench 中进行分析的示例	736
16.3.1	生成分析文件	681	17.3	DesignModeler 简介	743
16.3.2	建立概率设计分析的 参数	684	第 18 章	ANSYS 新界面 Workbench 环境	749
16.3.3	进入 PDS 并指定分析 文件	684	18.1	ANSYS Workbench 简介	749
16.3.4	声明随机输入参数	685	18.2	Workbench 接口及其网格划分	751
16.3.5	显示随机输入参数	688	18.3	利用 Workbench 进行热分析	759

第 1 章 ANSYS 的安装与环境

ANSYS 是国际最著名的大型通用有限元软件之一，在国际国内有众多的用户。广泛应用于航空航天、汽车、机械制造、电子电气、船舶、压力容器、核能、生物医学等众多领域。ANSYS 以其 Multiphysics (多物理场) 分析功能而著称。它包括有结构、流体、电磁、热四大学科，并提供了各物理场间相互耦合的功能。

1.1 ANSYS 安装与配置

ANSYS 经过 30 多年的发展，从大型机、工作站到 PC 机，现在已经可以应用于各种系统，并支持同构及异构网络的并行计算。随着技术的进步，要求解越来越复杂和大规模的计算模型，因此 CAE 的建模功能常常称为分析的瓶颈，而需要在建模功能更为强大和方便的 CAD 环境中进行建模工作，然后将 CAD 模型导入分析软件进行分析。因此分析软件与 CAD 软件接口的好坏也直接影响了分析的进程。ANSYS 有广泛而友好的 CAD 接口。ANSYS 支持的操作系统参见表 1-1，其支持的 CAD 软件接口类型参见表 1-2。

表 1-1 ANSYS 8.0 支持的操作系统

WINDOWS 系统	UNIX 系统	Linux 系统
Intel IA-64 bit/Windows XP	HP AlphaServer/Tru64 UNIX 64-bit V5.1 (Compaq)	Intel IA-32 Linux/RedHat 7.3 Kernel 2.4.18
Intel IA-32 bit/Windows XP Home or Professional (Build2600) Version5.1	HP PA8000 64-bit/HP-UX 11.0 (64-bit)	Intel IA-64 Linux/RedHat 7.2 Kernel 2.4.9
Intel IA-32 bit/Windows 2000 (Service Pack 3) Version5.0 (Build 2195)	HP Itanium2 IA64/HP-UX 11.22	
	IBM AIX64 64-bit/AIX 5.1 Update 1	
	SGI 64-bit/IRIX64 6.5.17m	
	Sun UltraSPARC 64-bit/Solaris 8, UltraSPARC III 64-bit/Solaris 8	

表 1-2 ANSYS 8.0 支持的 CAD 软件接口

CATIA 4.x, CATIA V5 R2-11	Parasolid 15	IGES
SAT Acis 11	Unigraphics NX 1.0	Pro/Engineer2001/Wildfire

ANSYS 的正常运行对 PC 机来说，要求至少是奔腾级的，有 512MB 内存以上 (对奔腾要求 1GB 内存)，至少 500MB 剩余硬盘空间。32MB 以上显存的三维显卡 (最好选择一个 ANSYS 支持的高质量显卡，图形处理速度快)。17 英寸平面显示器，对液晶显示器要求 15 英寸以上。ANSYS 是基于 TCP/IP 协议的网络浮动运行，支持异构网络。ANSYS 对内存使

用得很好，所以大内存有助于加速求解。但对微机来讲一般最多只能用到 2GB，个别机器可以使用 /3GB 开关，使用到更多的内存。

/3GB 选项的设置：操作系统要求为 Windows XP (home Edition 除外)，Windows 2000 Advanced Server。在 boot.ini 文件的起始行设定 /3GB 参数，并重新启动系统即可。推荐使用动态内存分配方法，而不是人工给定。Boot.ini 可能是被隐藏的文件，可以使用 Windows Explorer 或 My Computer 并选择 Tools > Folder > Options > View，在 Hidden files and folders 选择 Show hidden files and folders。对 64 位的 Windows 操作系统没有必要设置这个选项，因为它能够寻址到更多的内存。

1.2 ANSYS 文件与环境

1.2.1 ANSYS 文件类型

1.2.1.1 ANSYS 所有的文件类型

1. 数据库文件

ANSYS 数据库 (jobname.db) 存储所有输入数据 (模型几何尺寸、材料属性、载荷数据等) 以及结果 (位移、应力、温度等)，注意只能存储一组结果数据，更多的结果数据都保存在 ANSYS 结果文件中。

数据库文件的备份 (Jobname.dbb) 在第二次存储数据库后就会产生。存储数据库用 Utility Menu > File > Resume Jobname.db，或用 RESUME 命令。如果指定一个不同的文件名，则使用 Utility Menu > File > Resume from。而一个好的工作方式是在求解之前保存数据库文件。

2. 日志文件

在进行 ANSYS 交互式操作时，程序自动将所有操作记录到 jobname.log 文件中。凡是一个操作就会有记录与之对应，因此日志文件也显得很重要，因为通过它我们可以恢复以前做过的工作。日志文件的工作方式是追加，即只要是同样的工作名，操作就不断写入日志文件。

3. 结果文件

所有的 ANSYS 结果都保存到结果文件中，而且结果文件自动保存。因此在求解结束时，在退出 ANSYS 时也不必保存结果。不同的学科分析产生的结果文件的名称也不同。对结构分析，结果文件为 jobname.rst；对热分析，结果文件为 jobname.rth；对流体分析，结果文件为 jobname.rfl；对电磁分析，结果文件为 jobname.rmg。其他文件类型见表 1-3，每种操作系统中允许的 ANSYS 文件的大小参见表 1-4。

表 1-3 ANSYS 文件类型

文件类型	文件名称	文件格式
日志文件	Jobname.LOG	ASCII
错误文件	Jobname.ERR	ASCII
输出文件	Jobname.OUT	ASCII
数据库文件	Jobname.DB	Binary

续表

文件类型	文件名称	文件格式
结果文件： 结构或耦合分析 热分析 电磁分析 FLOTRAN (流体) 分析	Jobname.xxx Jobname.RST Jobname.RTH Jobname.RMG Jobname.RFL	Binary
载荷步文件	Jobname.Sn	ASC II
图形文件	Jobname.GRPH	ASC II (特殊格式)
单元矩阵	Jobname.EMAT	Binary

表 1-4 ANSYS 文件的大小

系统平台	最大文件大小
HP AlphaServer (Compaq)	AdvFS: 16 terabytes (TB)
HP 64-bit	None
IBM	64GB
SGI 32-bit	8GB
SGI 64-bit	1TB
Sun	1TB
Windows XP, 2000	NTFS: 16 EB (2e 64); FAT: 4 GB; FAT32: 4 GB
Intel Linux	8GB

1.2.2 ANSYS 环境

1.2.2.1 ANSYS 处理器环境

ANSYS 有多种运行环境，每一种环境完成一定的功能，如表 1-5 所示。例如在前处理中完成建模、网格划分；在求解中设定求解选项、施加载荷、进行求解；在后处理中进行结果的查看等。

表 1-5 ANSYS 处理器环境

前处理器	功能	GUI 路径	命令
PREP7	建模 (几何, 材料等)	Main Menu > Preprocessor	<u>/PREP7</u>
SOLUTION	施加载荷并获得有限元解	Main Menu > Solution	<u>/SOLU</u>
POST1	查看整个模型在给定时间点的结果	Main Menu > General Postproc	<u>/POST1</u>
POST26	查看模型指定点随时间变化的结果	Main Menu > TimeHist Postpro	<u>/POST26</u>
OPT	改进初始设计	Main Menu > Design Opt	<u>/OPT</u>
PDS	有限元分析中输入量的分散和不确定性对分析结果的影响	Main Menu > Prob Design	<u>/PDS</u>
AUX2	以可读形式堆放二进制文件	Utility Menu > File > List > Binary Files Utility Menu > List > Files > Binary Files	<u>/AUX2</u>

续表

前处理器	功能	GUI 路径	命令
AUX12	计算热分析的辐射角系数并产生辐射矩阵	Main Menu>Radiation Matrix	<u>/AUX12</u>
AUX15	从 CAD 或有限元程序传递文件	Utility Menu>File>Import	<u>/AUX15</u>
RUNSTAT	预测分析所需的 CPU 时间, 波前数等	Main Menu>Run-Time Stats	<u>/RUNST</u>

1.2.2.2 如何实现 UNDO

可以利用 Session Editor 来实现, 也就是编辑执行过的命令流。只能对上一次保存或 RESUME 数据库后的操作进行编辑。Session Editor 具有两个功能, 一个是修改, 一个是 UNDO。如果是修改, 只需改变操作对应记录的参数。如果是 UNDO, 只需删除对应操作的记录即可。在修改 Session Editor 的记录后, 单击 OK 即可实现 UNDO 或修改的目的。

1.3 ANSYS 帮助系统

ANSYS 提供了英文的在线帮助, 是超文本的 HTML 格式, 包括了 ANSYS 所有英文手册, 还包括常用的单元手册、命令手册及理论手册, 并且包含有两百多道例题的验证手册。ANSYS 命令流非常方便, 但如何学习命令呢, 可以用点菜单学命令的方法。一般来讲, 点到的菜单上的项, 菜单都有相应的命令, 一般用 [] 括住的就是命令。查找 ANSYS 命令的方法是从命令输出窗口键入 help, XXX, 立即可以得到该命令的详细说明及在菜单中的具体位置。ANSYS 至少有一千条以上的命令。因此不建议去背命令, 而是会灵活快速地查找所需命令。

1.4 ANSYS 经典界面

ANSYS 界面由九部分组成, 如图 1-1 所示。

- 功能菜单

主要实现文件的读取、选择、列表、画图、画图控制、工作平面及坐标系的设定、参数的定义。快捷键的定义及主帮助系统。

- 工具按钮

主要实现文件的打开、保存、打印等。

- 命令输入窗口

主要用于输入命令。ANSYS 既是菜单驱动的程序, 也是命令驱动的程序, 可以用命令来完成从前处理、加载、求解到后处理的整个过程。

- ANSYS 快捷工具栏

主要实现文件读取、退出、保存等。

- 主菜单

ANSYS 主要功能集中在这里。包括前处理的建模、网格划分, 求解中的施加载荷、选择求解器到求解, 后处理, 查看结果。另外还包括设计优化、拓扑优化、随机有限元及辐射选项等。

第 1 章 ANSYS 的安装与环境

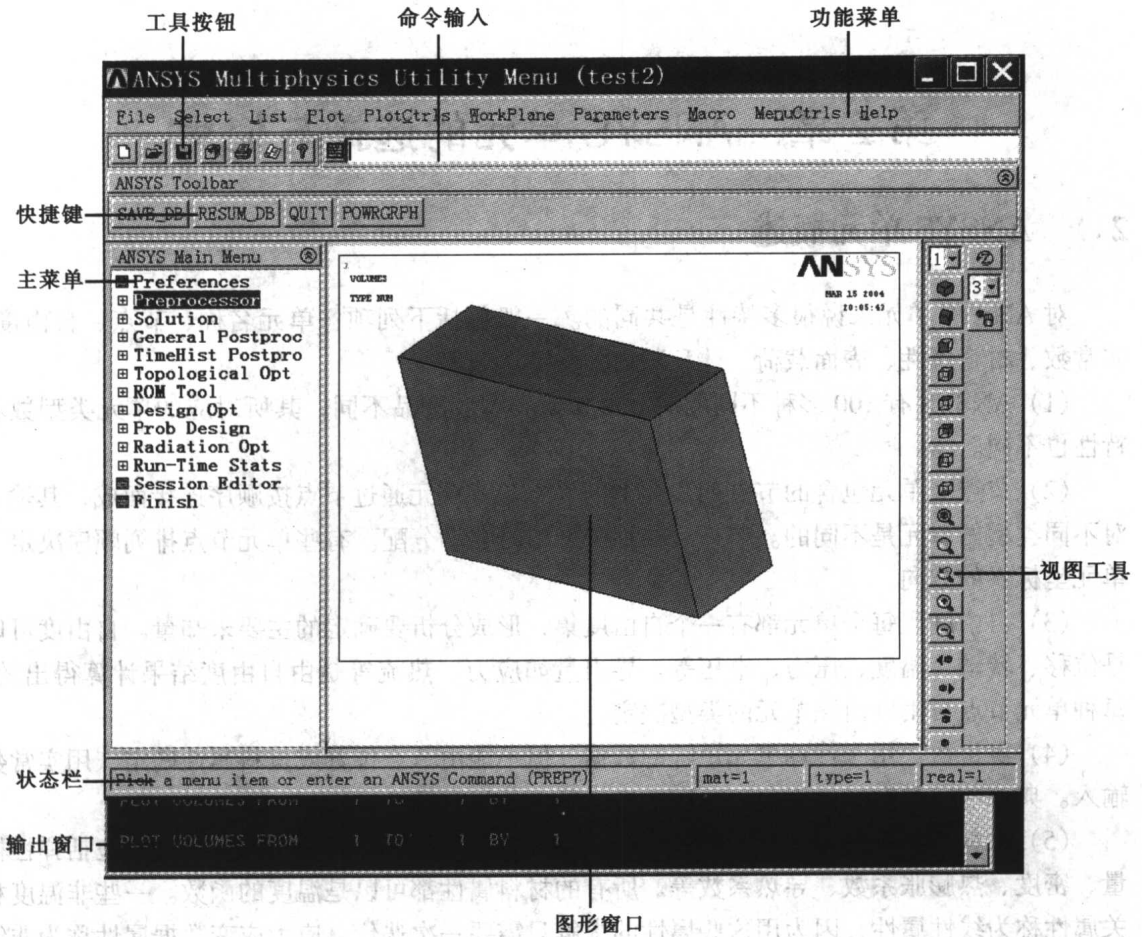


图 1-1 ANSYS 经典界面

- 图形窗口

模型的所有操作都在这里显示。

- 状态栏

提示当前的输入内容，显示当前的单元、材料等状态。

- 输出窗口

显示操作产生的结果输出。

- 视图工具

进行模型的缩放等操作。

第 2 章 ANSYS 单元的选择与使用

2.1 ANSYS 单元概述

对 ANSYS 单元来说很多特性是共同的。一般包括下列项：单元名称、节点、自由度、实常数、材料属性、表面载荷、体积载荷、关键选项等。

(1) ANSYS 有 100 多种不同的单元形式或类型。产品不同，其所对应的单元类型数和特性也不同。

(2) 节点。单元包含的节点列表为 I, J, K 等。单元通过节点按顺序连接而成，其输入对不同类型的单元是不同的。节点号在划分网格时自动分配。有些单元节点排列顺序决定了单元坐标系的方向。

(3) 自由度。每个单元都有一个自由度集，形成分析要确定的主要未知量。自由度可以是位移、转动、温度、压力、电压等。导出量如应力、热流等是由自由度结果计算得出的。每种单元节点自由度由该单元的类型决定。

(4) 实常数。用于计算单元矩阵的数据，但不能由节点位置或材料属性确定，用实常数输入。典型的实常数包括面积、厚度、内半径、外半径等。

(5) 材料属性。对每一种单元类型都需要不同的材料属性。典型的材料属性包括弹性模量、密度、热膨胀系数、导热系数等。所有的材料属性都可以是温度的函数。一些非温度相关属性称为线性属性，因为用这些属性的求解只需要一次迭代。应力应变数据属性称为非线性属性，因为用这些属性需要迭代求解。线性材料属性用 MP 命令族定义，非线性材料属性用 TB 命令族定义。

(6) 关键选项。关键选项是开关，用于控制各种单元选项的打开或关闭。KEYOPT 选项包括刚度形式的选择、打印输出控制、单元坐标系的选择等。不同的单元有不同的关键选项。默认的单元关键选项对 ANSYS 产品来讲是使用最方便的。

2.2 求解输出

求解输出包括节点解（或主自由度解）和单元解（或导出解）。求解输出写到输出文件（Jobname.OUT）、数据库及结果文件（Jobname.RST, Jobname.RTH, Jobname.RMG 或 Jobname.RFL）。输出文件可以通过 GUI 查看，也可以将其输出到一个文件中去。结果文件可以进行后处理。输出文件包括自由度解、节点和支反力及单元解，依赖于 OUTPR 的设定。单元解通常是每一个单元中心的结果值。大多数单元由 KEYOPT 输出更多信息（如积分点结果）。

结果文件包含所有要求求解的数据（OUTRES）或载荷步。在 POST1 中，用 SET 命令确定要对哪一个载荷步进行后处理。对面和体单元结果项的恢复用 PRNSOL, PLNSOL, PRESOL, PLESOL 等命令完成。