



ANSYS[®]

实用分析教程

任重 编著

北京大学出版社
<http://cbs.pku.edu.cn>

ANSYS 实用分析教程

任 重 编著

北 京 大 学 出 版 社

• 北 京 •

内 容 简 介

本书详细地介绍了大型通用有限元软件 ANSYS 的功能、使用方法、操作技巧,从较深层次上回答了读者在使用 ANSYS 过程中最需要解决的各种问题。对于每一个问题,书中都进行了深入的剖析和讲解,给出了详尽的解题思路和解答过程。本书总结的经典算例,涉及了 ANSYS 分析领域的各个方面。通过这些典型实例的学习,读者可以掌握应用 ANSYS 进行分析计算的精髓,迅速具备解决实际问题的能力。书中每道算例都经过精心设计,问题之间相互独立,读者可以根据自己的需要选择阅读内容和顺序。

本书可供 ANSYS 初学者入门使用,也可为广大科研工作者、工程设计人员提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

ANSYS 实用分析教程/任重编著. —北京:北京大学出版社, 2003.2

ISBN 7-301-06162-5

I.A... II.任... 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 009273 号

书 名: ANSYS 实用分析教程

著作责任者: 任重

责任编辑: 王方明

标准书号: ISBN 7-301-06162-5/TP·0706

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区中关村北京大学校内 100871

网 址: <http://cbs.pku.edu.cn> <http://www.macrowin.net>

电 话: 发行部 62750672 62765127 编辑室 62765126 邮购部 62752015

电子信箱: macrowin@macrowin.net

排版者: 东方人华北大彩印中心 电话 62754190

印刷者: 河北省滦县滦兴书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 21.875 印张 525 千字

2003 年 3 月第 1 版 2003 年 3 月第 1 次印刷

定 价: 32.00 元

前 言

美国 ANSYS 公司的计算机辅助工程分析软件 ANSYS 在全球拥有巨大的用户群，深受广大用户的喜爱。ANSYS 软件是复杂的知识密集型高科技商业软件，功能极为强大，内容涵盖结构、热、流体、电磁、声学、爆破等各个方面，已成为相当智能化的 CAE 软件，具有强大的有限元分析能力和直观友好的交互界面，为各领域的工程设计、科学研究作出了杰出贡献。

目前，我国的 ANSYS 用户也越来越多，不少大专院校、科研机构都拥有该软件。但由于实际问题中工程背景的复杂性和求解所需知识的多样性，加之有关 ANSYS 的中文资料较为缺乏，如何快速掌握 ANSYS 并具备解决问题的实际能力一直是广大用户学习 ANSYS 时面临的难题。

本书从 ANSYS 在实际问题中的应用出发，详细介绍了 ANSYS 的使用方法和步骤，对读者在使用过程中迫切需要解决的问题作了解答，并结合作者解决问题的经验，指出了分析过程中实用的、有效的操作技巧。全书内容丰富，涉及到应用 ANSYS 进行工程分析的众多方面。对每一个分析领域，书中都深入浅出地剖析了解题的思路、要点，并精心设计了各型实例，给出了完整的解答过程，方便读者理解和掌握。

全书共分 6 章。第 1 章介绍了使用 ANSYS 进行有限元分析的典型过程，包括建模、加载、网格划分、求解、后处理等各项内容；第 2 章具体讲述了 ANSYS 在静力分析中的应用，如杆系结构的计算、实体模型的有限元分析等；第 3 章介绍了非线性分析，内容包括材料非线性分析、几何非线性分析、状态非线性分析等；第 4 章着重介绍了动力学分析，内容包括模态分析、谐响应分析、瞬态动力学分析、谱分析等；第 5 章介绍了可靠性分析，着重阐述了如何基于 ANSYS 软件运用蒙特卡罗法、响应面法进行可靠性的分析与计算；第 6 章讲述了优化设计的有关内容。全书内容较丰富，各章相互独立，读者可以根据自己的需要进行选择性阅读。

本书可以作为大专院校相关专业本科生、研究生和教师学习、使用 ANSYS 的教材或参考书，也可作为广大土木工程、机械工程、汽车工程、船舶与海洋工程、核工业、兵器工业等诸多领域工程技术人员使用 ANSYS 软件的参考书。

本书在写作过程中得到了巴黎工业大学刘军博士、新加坡南洋理工大学李东博士的大力支持，在此深表谢意。

由于时间仓促，加之编者水平有限，书中不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

2003 年 1 月

目 录

第 1 章 使用 ANSYS 进行有限元分析的典型过程.....	1
1.1 ANSYS 软件概述	1
1.2 ANSYS 操作界面	2
1.3 ANSYS 基本分析过程	6
1.3.1 前处理	6
1.3.2 加载和求解	19
1.3.3 后处理	21
1.3.4 重新分析	30
1.4 ANSYS 分析典型算例	31
1.5 本章小结	42
第 2 章 结构静力分析	43
2.1 静力分析简介	43
2.2 静力分析在 ANSYS 上的实现	43
2.3 梁横截面形状的定义	44
2.4 结构静力分析实例	51
2.4.1 空间桁架结构内力计算	51
2.4.2 平面刚架结构内力计算	56
2.4.3 组合结构内力计算	65
2.4.4 壳结构内力分析	72
2.4.5 实体结构内力分析	82
2.5 本章小结	94
第 3 章 结构非线性分析	95
3.1 结构非线性分析简介	95
3.1.1 非线性问题分类	95
3.1.2 非线性问题的分析方法及收敛判别	95
3.1.3 荷载步、子步、时间步	97
3.2 材料非线性分析	98
3.2.1 材料非线性分析理论简介	98
3.2.2 材料非线性属性的定义	99
3.2.3 材料非线性分析基本过程及注意事项	108
3.3 几何非线性分析	110
3.3.1 屈曲分析	110
3.3.2 几何非线性分析的基本过程	114

3.4 接触分析	115
3.4.1 接触分析简介	115
3.4.2 接触分析在 ANSYS 上的实现	116
3.5 结构非线性分析实例	123
3.5.1 大应变分析	124
3.5.2 特征值屈曲分析	130
3.5.3 梁的侧向扭转屈曲分析	136
3.5.4 板的屈曲分析	151
3.5.5 点面接触分析	159
3.6 本章小结	176
第 4 章 结构动力学分析	177
4.1 结构动力学分析简介	177
4.2 模态分析	178
4.3 瞬态动力学分析	184
4.3.1 完全法	184
4.3.2 缩减法	188
4.3.3 模态叠加法	191
4.4 谐响应分析	194
4.4.1 完全法	194
4.4.2 缩减法	199
4.4.3 模态叠加法	202
4.5 谱分析	205
4.5.1 单点响应谱分析	206
4.5.2 求得模态解	209
4.5.3 求得谱解	210
4.5.4 扩展解	211
4.5.5 合并模态	212
4.5.6 随机振动(PSD)分析	212
4.5.7 获得谱解	216
4.5.8 合并模态	217
4.5.9 计算随机振动响应	217
4.5.10 多点响应谱(MPRS)分析	217
4.6 结构动力学分析实例	217
4.6.1 简支梁振动频率计算	217
4.6.2 简支梁-质量体系瞬态动力学分析	225
4.6.3 弹簧-质量体系谐响应分析	232
4.6.4 简支梁随机振动分析	238
4.7 本章小结	247

第 5 章 结构可靠性分析	248
5.1 结构可靠性分析方法简介	248
5.2 结构可靠性分析在 ANSYS 上的实现	252
5.2.1 生成分析文件	252
5.2.2 可靠性分析阶段.....	254
5.2.3 后处理	259
5.3 结构可靠性分析实例	261
5.3.1 桁架结构可靠性分析.....	261
5.3.2 板的可靠性分析.....	273
5.4 本章小结	284
第 6 章 结构优化设计	285
6.1 结构优化设计简介	285
6.2 结构优化设计在 ANSYS 上的实现	286
6.2.1 生成分析文件	287
6.2.2 优化分析阶段	289
6.2.3 结果的输出	291
6.3 选择优化变量的注意事项	294
6.4 结构优化设计实例	295
6.4.1 悬臂梁的形状优化.....	295
6.4.2 十杆桁架结构的优化.....	310
6.4.3 框架结构的优化.....	319
6.4.4 板优化	326
6.5 本章小结	333

第 1 章 使用 ANSYS 进行有限元分析的 典型过程

1.1 ANSYS 软件概述

随着计算机技术和计算方法的发展,复杂的工程问题可以采用离散化的数值计算技术并借助计算机得到满足工程要求的数值解。数值模拟技术是现代工程学形成和发展的重要推动力之一。

目前,在工程领域应用最广泛的数值模拟方法是有限元法,有限元计算结果已成为各类工业产品设计和性能分析的可靠依据和有效手段。

目前常见的通用有限元软件有 ANSYS、NASTRAN、ASKA、ADINA、SAP、I-DEAS 等。在众多通用有限元软件评比中,ANSYS 始终名列前茅,它是第一个通过 ISO9001 质量认证的分析设计类软件,也是通过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。ANSYS 已经成为目前计算机辅助工程与工程数值模拟领域最有效的软件,学习使用 ANSYS 是工程设计人员的必修课。

ANSYS 软件是融结构、传热学、流体、电磁、声学、爆破分析于一体的大型通用有限元软件,它具有功能极为强大的前后处理及计算分析能力,能够同时模拟结构、热、流体、电、磁、声学、压电以及多种物理场间的耦合效应,目前在全世界拥有广泛的用户,大量应用于土木工程、水利水电工程、汽车工程、机械、采矿、核工业、船舶等领域。它极大地提高了工作效率,是广大工程设计人员必不可少的工具之一。

ANSYS 软件的开发商 ANSYS 公司是世界 CAE 行业(CAE, Computer-aided Engineering, 计算机辅助工程)最著名的公司之一,长期以来一直致力于设计分析软件的开发、研制,许多国际大公司采用 ANSYS 软件作为其设计分析标准。1999 年,ANSYS 公司作为唯一的专业软件公司被《Business Week》(商业周刊)评为美国“100 个增长最快”的公司之一。为了完善、提高 ANSYS 软件的性能,ANSYS 公司有完整的工程及学术人员从事新技术的开发研究,不断推出新版本产品。

在我国,ANSYS 的用户也越来越多,浦东国际机场、上海科技城太空城等不少大型结构在设计时均采用 ANSYS 进行分析。目前,ANSYS 公司在我国的北京、上海、成都、广州都设有办事处,每年举办研讨会,探讨 ANSYS 在工程中的应用,并提供电子布告栏帮助用户及时解决工作中遇到的问题。

ANSYS 公司针对中国的高等院校制订了一套教学支持计划,为采用 ANSYS 软件进行教学的高校教师免费提供 ED 版软件。所有计划使用 ANSYS 软件作教学的高等院校均可向 ANSYS 公司申请,ANSYS 公司将根据情况,签订 ANSYS/ED 版赠送协议,免费赠送软件。需要提供 ANSYS/ED 版(ANSYS 教学版)的用户可直接向 ANSYS 公司驻中国办事处在线申请(<http://www.ansys.com.cn>)。通过访问 ANSYS 公司的网站(中文网站网址为

<http://www.ansys.com.cn>; 英文网站网址为 <http://www.ansys.com>), 可以获取有关 ANSYS 软件的最新信息。

1.2 ANSYS 操作界面

在介绍 ANSYS 分析问题的具体过程之前, 先谈谈如何进入 ANSYS 操作界面, 同时对 ANSYS 的界面组成以及 ANSYS 的工作方式进行一些介绍, 增强读者对 ANSYS 的感性认识。

选择【开始】菜单中的【程序】命令, 接着选择 ANSYS 命令, 弹出如图 1.1 所示的菜单。菜单中的 ANIMATE Utility 命令用来播放视频剪辑; 选择 Batch 命令表示启用 ANSYS 的批处理计算模式; 选择 CMAP Utility 命令表示开始 CMAP 程序; 选择 DISPLAY Utility 命令表示开始显示程序。选择 Help System 命令, 可以进入 ANSYS 帮助系统; 选择 Interactive 命令表示采用交互模式(GUI 方式)进行求解。

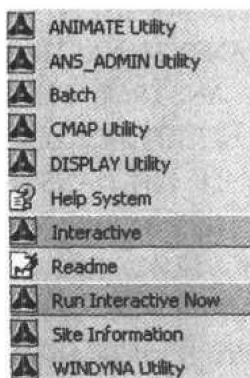


图 1.1 【开始】菜单中的 ANSYS 命令选项

想要进入 ANSYS 界面, 可选择 Interactive 或 Run Interactive Now 命令。选择 Run Interactive Now 命令表示直接以上次离开 ANSYS 时的相关设置进入 ANSYS 图形界面。选择 Interactive 命令, 会弹出如图 1.2 所示的对话框。为了方便操作, 建议用户用鼠标右击图 1.1 中的 Interactive 命令, 将进入 ANSYS 操作界面的快捷方式发送到桌面上。这样, 每次使用 ANSYS 时, 双击快捷方式就可以弹出如图 1.2 所示的对话框。

图 1.2 是进入 ANSYS 分析界面前设定分析环境选项的对话框。

在图 1.2 中, Product selection 下拉列表框中是 ANSYS 产品的型号, 常用的产品型号有 ANSYS/Multiphysics、ANSYS/Mechanical、ANSYS/Structural、ANSYS/Professional 等。一般的分析计算可选用 ANSYS/Multiphysics/LS-DYNA 等, 专门的分析与计算则需选择特定的产品型号(如爆破分析一般选用 ANSYS/LS-DYNA, 流体分析一般可选用 ANSYS/FLOTRAN 等)。

用户需要在 Working directory 选项中设置工作路径。用户可根据自己的需要和喜好创建、设定工作文件夹。Initial jobname 列表框用来设定工作文件名(在进入图形操作界面后, 还可以根据需要更改工作文件名), ANSYS 默认的工作文件名为 file。MEMORY REQUESTED 选项组用来设定分析计算的内存需求, 一般可以采用系统默认值(选中 Use

Default Memory Model 复选框)。

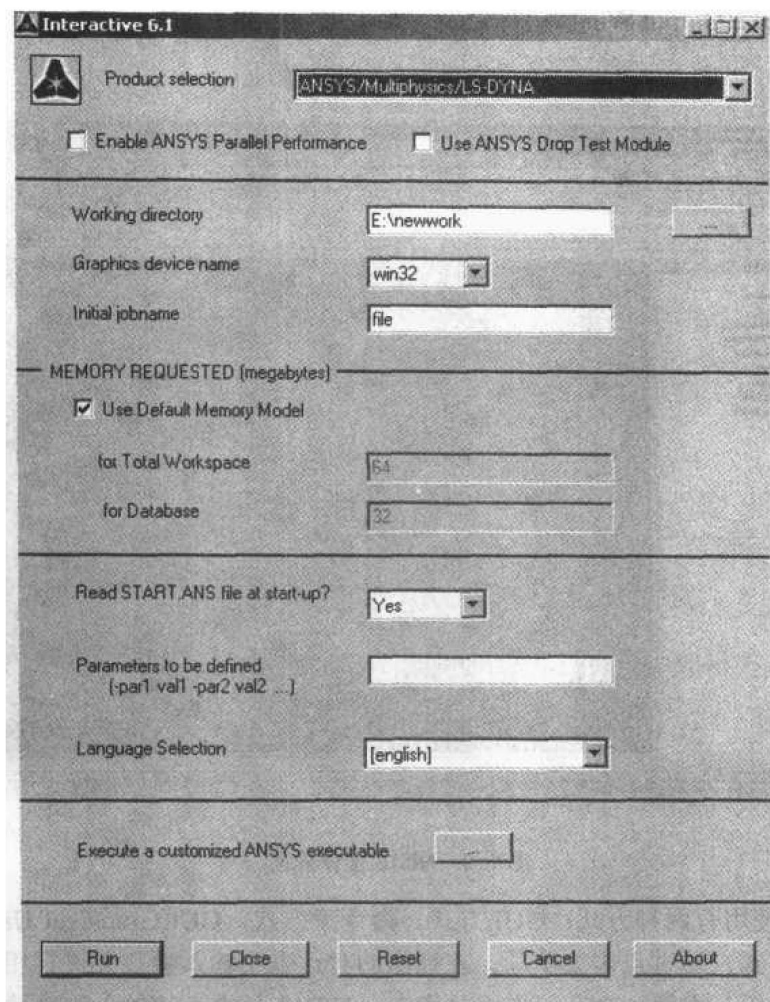


图 1.2 ANSYS 工作环境选项对话框

在对话框中设定好 ANSYS 产品型号、工作目录、工作文件名、计算的内存需求后，单击 Run(运行)按钮或直接回车，就能进入 ANSYS 图形操作界面(如图 1.3 所示)。

ANSYS 操作界面主要由以下几大块组成：

- 主菜单(Main Menu)：包含分析过程中的主要命令，如建模、加载、求解以及结果的显示等。
- 通用菜单(Utility Menu)：主题内容与主菜单基本一致(但也包含一些主菜单没有的操作以方便用户)。
- 工具条(Toolbar)：主要包含一些快捷方式，常用的有存盘(SAVE_DB)、恢复(RESUME_DB)、退出系统(QUIT)。用户也可以根据需要自行编辑一些快捷方式(这一点会在 1.5 节中详细介绍)。
- 命令输入窗口(Input Window)：用来输入命令。一般来讲，掌握一些常用的 ANSYS 命令对操作是很有裨益的，以 GUI 方式为主辅以命令流进行操作常会带来方便和快捷。

- 图形窗口(Graphic Window): 显示用户所建的模型及分析结果。
- 输出窗口(Output Window): 记录、显示用户所执行的任一道指令。

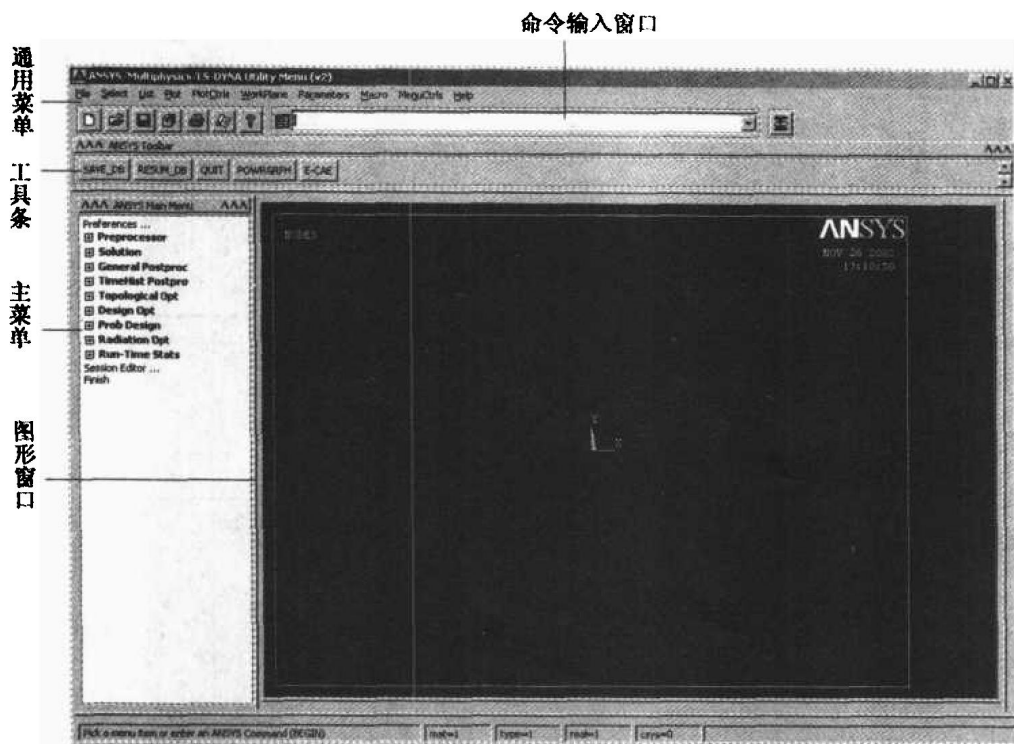


图 1.3 ANSYS 操作界面

ANSYS 的使用有两种方式: GUI 方式、命令流方式。GUI(Graphical User Interface)方式即图形拾取方式,通过点击菜单项,在弹出的对话框中输入参数并进行相应的设置,从而进行问题的分析与求解。命令流方式是指在 ANSYS 的命令流输入窗口输入求解所需的命令,通过执行这些命令来实现问题的解答。ANSYS 对命令的大小写不敏感,用户在编写命令流时可随意选择大写或小写。因为 ANSYS 的命令流较难于掌握和编写,一般用户均采用 GUI 方式。待用户对 ANSYS 常用的命令熟悉后,采用 GUI 方式与命令流方式相结合的办法进行求解,往往能取得较好的效果(对于熟悉的操作,直接输入命令流可带来快捷;不熟悉的操作使用 GUI 方式便于用户理解和接受)。ANSYS 命令一般为对应操作英文名的简写,用户不必刻意地去强记 ANSYS 命令,通过大量实例的练习,一定程度上可以熟悉常用的命令,做到“见名知义”,如 E(Element)表示单元类型, R(Real constant)表示实常数, MP(Material Properties)表示材料属性等。

主菜单、通用菜单以及 ANSYS 常见的一些命令(如求解命令 SOLVE 等)在实际的分析过程中使用的频率非常高。以常用的 AutoCAD 软件打个比方,使用 AutoCAD 画图时,大部分操作既可以用命令,也可以用工具条或者下拉菜单来实现,但一般都习惯以工具条为主进行作图。ANSYS 分析时的主要操作,可以用命令流来实现,也可以用菜单实现,但用户一般通过菜单实现(GUI 方式)。ANSYS 通过菜单实现的功能里,大部分功能用户一般都通过主菜单实现,而对给操作带来便捷的一些特殊操作则由通用菜单实现。可以近

似地这样理解, ANSYS 中的命令流代码对应于 AutoCAD 中的命令, ANSYS 中的主菜单对应于 AutoCAD 中的工具条, 而 ANSYS 中的通用菜单对应于 AutoCAD 中的下拉菜单。

ANSYS 主菜单(如图 1.4 所示)主要由菜单过滤器(Preferences)、前处理器(Preprocessor)、求解器(Solution)、通用后处理器(General Postproc)、时间历程后处理器(TimeHist Postpro)、拓扑优化处理器(Topological Opt)、优化处理器(Design Opt)、概率设计处理器(Prob Design)组成。

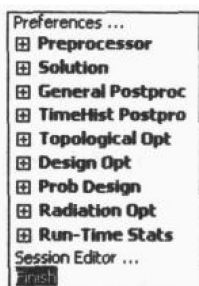


图 1.4 主菜单

通用菜单组成包括 File、Select、List、Plot、PlotCtrls、WorkPlane、Parameters、Macro、MenuCtrls、Help 等下拉菜单(如图 1.5 所示)。



图 1.5 通用菜单

这些菜单的主要用途和主要用法在 1.3 节讲述的 ANSYS 基本分析过程中有重点介绍。单击主菜单或通用菜单, 可以看到存在 4 种不同的菜单后缀符号, 它们的含义是:

- “|”表示还可以弹出级联菜单。
- “+”表示将弹出一个图形选取对话框。
- “...”表示将弹出一个输入对话框。
- 如果没有菜单后缀, 就表示直接执行一项功能, 不需要进行下一步操作。这样的菜单通常对应着不带参数的命令。

在 ANSYS 中, 对话框提供了数据输入的基本形式。典型的对话框中一般包括如下的作用按钮:

- OK: 表示确定对话框中的输入并退出对话框。
- Apply: 确定对话框中的输入但不退出该对话框。
- Reset: 重新设置对话框中的内容, 将其恢复到 ANSYS 的默认值(当操作有误时可以单击该按钮)。
- Cancel: 不执行对话框中的设置同时退出对话框。
- Help: 不明白所执行操作的含义时, 单击该按钮可以获取相应的帮助信息。

对 ANSYS 的分析过程进行介绍时, 会详细讲述各个菜单典型的、常用的功能和操作, 读者可以充分感受到 ANSYS 分析功能的强大以及操作的便捷。

1.3 ANSYS 基本分析过程

一般来讲, ANSYS 分析的基本过程可以分为以下几步:

- (1) 前处理。
- (2) 加载并求解。
- (3) 后处理。

前处理主要在前处理器中完成。前处理器(Preprocessor, /PREP7)用来建立有限元模型, 这是问题求解的前提。

加载和求解主要在求解器中完成, 求解器(Solution, /SOLU)的主要操作为定义边界条件、加载外力、求解。

后处理器分通用后处理器、时间历程后处理器两种。通用后处理器(General Postprocessor, /POST1)用于观察在给定时间点整个模型的结果。时程后处理器(TimeHist Postprocessor, /POST26)用于观察模型中指定点处呈现为时间的函数的结果。

当然, 对于不同的分析类型, 这三大步的实际操作过程是有很大差异的。对初学者而言, 首先无需刻意深究 ANSYS 的解题过程, 多用心琢磨典型操作和基本算例, 慢慢就可以熟能生巧, 形成“题感”, 从而具备解决实际问题的能力, 达到学习 ANSYS 的目的。

1.3.1 前处理

前处理过程中最核心的内容是构建分析所需的有限元模型, 一般可分为分析准备、单元属性设置、构建模型、划分网格、导出模型等几步。

1. 分析准备

前处理的分析准备包括设置工作文件名、更改工作目录、设定分析标题、设置分析类型等操作。这些操作对正确进行 ANSYS 分析不是必须的, 用户可以根据自己的需要选择相应的操作。但建议初学者逐一掌握这些操作, 养成良好的分析习惯。

● 设置工作文件名

如果在分析过程中想改变工作文件名, 可以选择通用菜单 File|Change Jobname 命令, 弹出 Change Jobname(改变工作文件名)对话框, 在对话框的 Enter new jobname(输入新工作文件名)文本框输入自己想输入的新文件名, 单击 OK 按钮确认操作即可。

与上述操作对应的命令是/FILNAME, Fname, 如代码/FILNAM, truss 表示将工作文件名设为 truss。

● 更改工作目录

选择通用菜单 File|Change Directory 命令, 弹出 Change Directory(改变工作目录)对话框, 在对话框的 Enter new directory(输入新工作目录名)文本框输入自己想输入的新工作目录名, 单击 OK 按钮就可以进入新的工作目录路径。

与上述操作对应的命令是/CWD, DIRPATH, 如代码/CWD, E:\Newwork 表示将工作目录路径设为 E 盘 Newwork 文件夹。

- 设定分析标题

针对所分析的问题设定相应的分析标题，可以做到“见名知义”，这是一种良好的分析习惯。如果想设置或者改变分析标题，可以选择通用菜单 **File/Change Title** 命令，弹出 **Change Title**(改变分析标题)对话框，在对话框的 **Enter new title**(输入新的分析标题)文本框输入自己想输入的分析标题，单击 **OK** 按钮确认输入，同时关闭对话框。这样在图形窗口就可以见到设定的分析标题。

注意

如果执行上述操作之后，图形窗口没有显示相应的标题，这时需要选择通用菜单 **Plot/Replot** 命令，将图形窗口的内容“刷新”。与此类似，执行其他操作时如果图形窗口的内容没有发生相应的改变，也需要采用这样的“刷新”操作。

- 设置分析类型

正如 1.1 节所述，ANSYS 可以进行结构、热学、流体、电磁学等多种类型的分析。在进入前处理器(**PREP7**)之前，选择主菜单 **Preferences** 命令，在弹出的 **Preferences for GUI Filtering**(分析类型设置)对话框中选择所进行分析的类型(如图 1.6 所示)，单击 **OK** 按钮关闭对话框确认选择，则在接下来的分析过程中，ANSYS 主菜单中仅出现与所分析类型对应的菜单项(与其他分析类型对应的菜单项均被过滤掉)；如果不经“菜单过滤”直接进入前处理器，则由于没有设定分析类型过滤掉多余的菜单项，分析过程中菜单会提供所有分析类型的内容。以结构分析为例，图 1.7 是经过菜单过滤后定义材料属性的对话框，图 1.8 是没有经过过滤的材料属性对话框。比较可以看出，图 1.8 中对话框的内容比图 1.7 中对话框丰富。

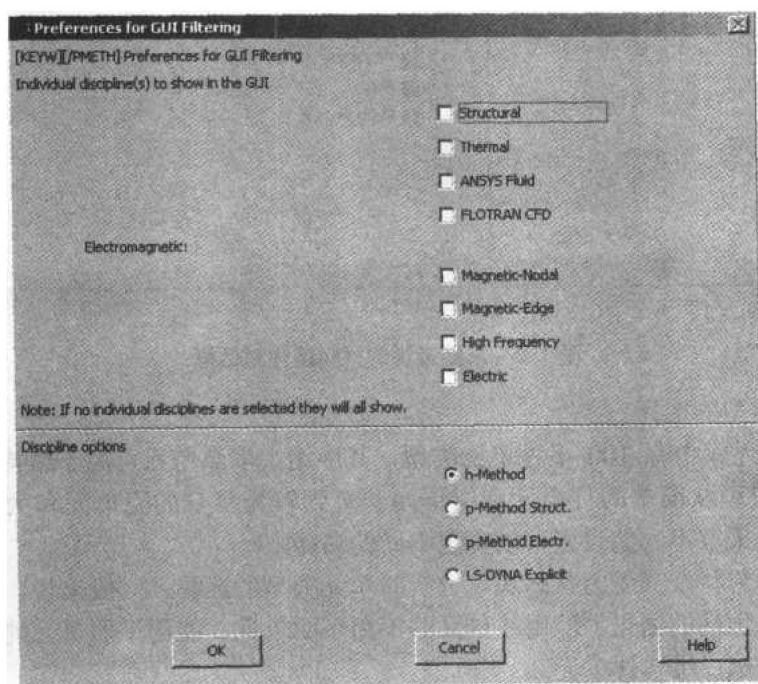


图 1.6 设置分析类型

2. 单元属性设置

单元属性设置用来设定有限元模型中单元的一些特性，主要包括单元类型、实常数、材料属性等。

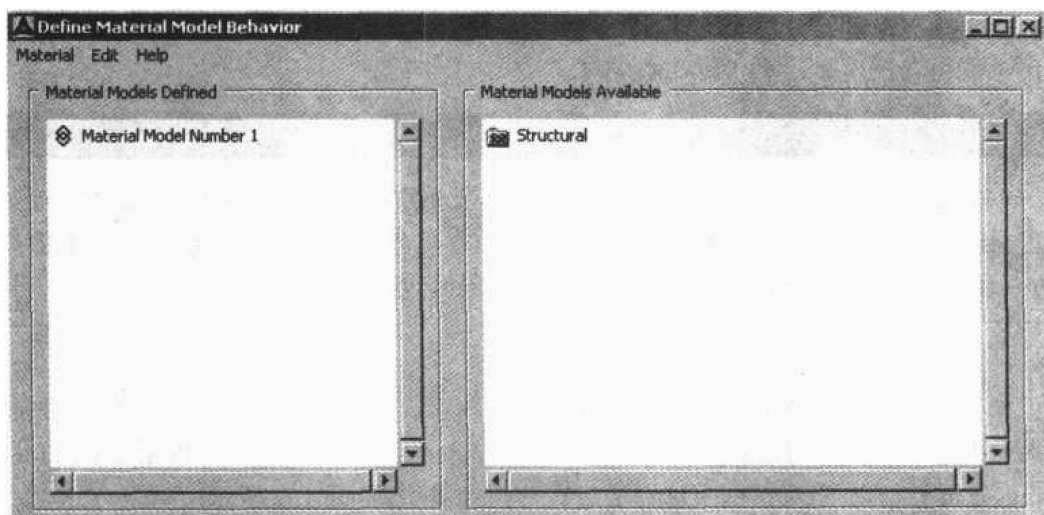


图 1.7 过滤后的材料属性对话框

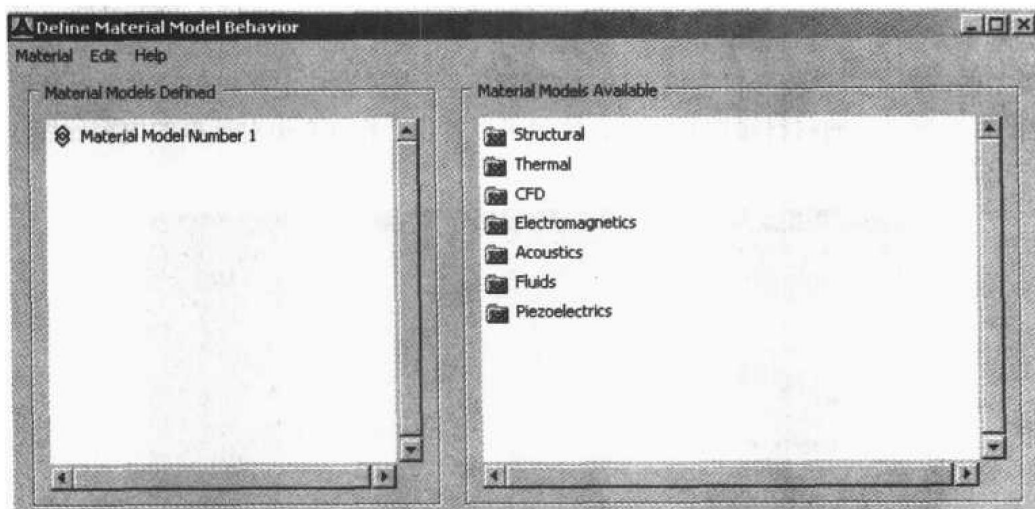


图 1.8 未经过滤的材料属性对话框

● 单元类型的选择

ANSYS 单元库中有 100 多种单元类型，其中绝大多数单元可用于结构分析。结构分析涵盖的单元类型从简单的杆单元和梁单元一直到较为复杂的壳单元和大应变实体单元等。通过对单元采取不同的设置可以实现不同的功能。

结构本身的形状及其受力状态决定分析时单元类型的选择。一般来说，尽量采用维数低的单元去获取预期的结果，能用线单元的不用平面单元，能用平面单元的不用壳单元，能用壳单元的不选三维实体单元。

注意

线单元、平面单元、壳单元、三维实体单元是按形状对单元进行的分类,线单元指梁单元(BEAM3、BEAM4等)、杆单元(LINK1、LINK8);平面单元指 PLANE42、PLANE82、PLANE2等单元;壳单元包括 SHELL93、SHELL63、SHELL43等单元;常用的三维实体单元有 SOLID45、SOLID95、SOLID92等。

对常用的单元而言,顾名思义,梁单元(Beam)适用于梁、刚架等结构;杆单元(Link)适用于二力杆、桁架等结构;Combine 单元适用于弹簧、螺杆或细长构件,或通过刚度等效替代复杂结构模型;壳单元(Shell)适用于平板或曲面模型,但使用壳单元时要求板的表面尺寸不小于其厚的 10 倍。块状体等无法采用更简单单元的实体选择三维实体单元(Solid)。

选择单元类型的菜单操作如下:

选择主菜单 Preprocessor|Element Type|Add/Edit/Delete 命令,弹出 Element Types(单元类型)对话框。单击对话框中的 Add 按钮,弹出 Library of Element Types(单元类型库)对话框。在对话框中的 Library of Element Types 下拉列表框中选择需要的单元类型,在 Element type reference number(单元类型编号)列表框设置对应的单元类型编号,单击 OK 或 Apply 按钮,就完成了对单元的选择操作。

上述操作也可以采用下面的命令完成:

ET, ITYPE, Ename, KOPT1, KOPT2, KOPT3, KOPT4, KOPT5, KOPT6, INOPR(ITYPE: 单元类型编号; Ename: 用户所选单元名称; KOPT1~KOPT6: 单元特性编码)

例如 ET, 1, LINK1 执行的操作为选定 LINK1 单元,单元类型编号为 1。

- 实常数的设置

实常数指单元所对应的几何特性,如梁单元的横截面积、轴惯性矩、壳单元的厚度等。

选择实常数的菜单操作如下:

选择主菜单 Preprocessor|Real Constants|Add/Edit/Delete 命令,弹出 Real Constants(实常数)对话框。单击对话框中的 Add 按钮,弹出实常数设置对话框。在对话框中设定所需的实常数,单击 OK 按钮确认输入,就完成了实常数的设置操作。

与上述操作对应的命令是:

R, NSET, R1, R2, R3, R4, R5, R6(NSET: 实常数编号; R1~R6: 所定义单元类型几何特性取值)

例如,在执行 ET, 1, LINK1 命令之后执行 R, 1, 0.1 命令,就表示将杆单元的截面积置为 0.1(面积使用的是用户默认的单位)。

注意

用户在分析过程中可以自己根据需要决定使用何种单位制,但是需要确保分析过程中所有输入值的单位制保持协调和统一。

- 材料属性的定义

材料属性指材料的杨氏弹性模量、泊松比、密度等。

定义材料属性可以采用下面的操作：

选择主菜单 **Preprocessor|Material Props|Material Models** 命令，弹出 **Define Material Model Behavior**(定义材料属性)对话框，在对话框中继续选择相应的命令确定材料属性，例如要定义材料的密度，可以在对话框中选择 **Structural|Density** 命令，在弹出对话框的 **DENS** 文本框内输入密度取值(如图 1.9 所示)。

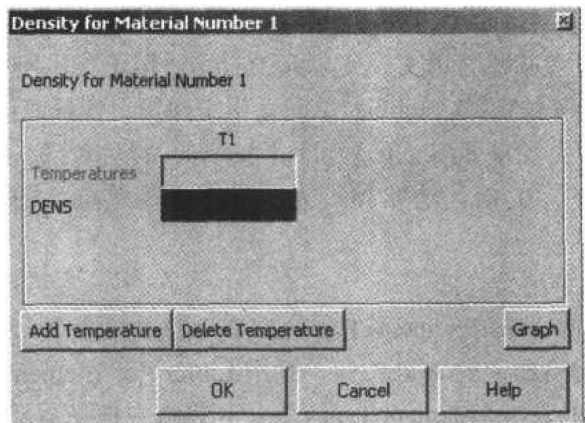


图 1.9 定义材料的密度

定义材料属性的命令如下：

MP, Lab, MAT, C0, C1, C2, C3, C4(**MAT**: 所定义元素类型编号; **Lab**: 材料属性的类别, 如杨氏模量 **EX**、泊松比 **NUXY** 等; **C0~C4**: 材料属性取值)

例如, **MP, EX, 1, 30e6** 表示将单元 1 对应材料的杨氏模量设置为 30e6。

- 保存数据库

进行一定数量的操作之后, 应当及时“存盘”(保存数据库)。选择通用菜单 **File|Save as** 命令, 弹出 **Save DataBase**(保存数据库)对话框。在对话框的 **Save Database to** 文本框输入想以什么名字保存数据库, 在 **Directories**(目录)列表框选择文件保存的目录, 单击 **OK** 按钮, 就将当前的数据库以给定的文件名保存在设定的工作目录中。

如果想以进入 **ANSYS** 时在工作环境选项对话框(如图 1.2 所示)中设置的文件名和目录保存数据库文件, 可以选择通用菜单 **File|Save as Jobname.db** 命令。或者, 更直接地, 在工具条中单击 **SAVE_DB** 按钮, 就能迅速完成保存数据库的操作。

与上述菜单操作对应的命令为 **SAVE**, 例如 **SAVE, a, db, E:\NEWWORK** 表示将数据库文件以 **a.db** 作为文件名保存在 **E** 盘 **NEWWORK** 文件夹中。

- 恢复数据库

如果需要将数据库恢复到上一次保存时的状态(例如当执行了错误的操作时), 可以选择通用菜单 **File|Resume from** 命令, 弹出 **Resume Database**(恢复数据库)对话框(如图 1.10 所示)。在对话框的 **Directories**(目录)列表框选择目录, 在 **Resume Database From** 中选定需要的数据库文件, 单击 **OK** 按钮, 数据库就能恢复到上一次保存时的状态。

如果想以系统默认的工作目录和文件名恢复数据库文件, 可以选择通用菜单 **File|Resume Jobname.db** 命令。或者, 更直接地, 在工具条中单击 **RESUME_DB** 按钮, 就能迅速完成恢复数据库的操作。