

工程应用软件培训教程

ANSYS 5.7

有限元实例分析教程

嘉木工作室 编著



机械工业出版社
China Machine Press

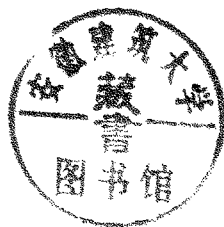
752

0241.82-3
T28

工程应用软件培训教程

ANSYS 5.7 有限元实例分析教程

嘉木工作室 编著



机械工业出版社

本书系统地阐述了 ANSYS 5.7 的基础知识,通过大量的实例,详细地介绍了 ANSYS 5.7 的前处理过程、加载与求解以及后处理过程。本书重点介绍了 ANSYS 5.7 的前处理过程,主要是如何利用 ANSYS 5.7 建立有限元分析模型,这是用 ANSYS 5.7 软件进行分析的基础。然后,用实例的方式简明扼要地讲述了 ANSYS 5.7 的加载与求解的方法,利用实例将便于读者理解。最后本书讲述了 ANSYS 5.7 的后处理过程,在这部分读者可以从中查看分析结果。本书最大的特点是,结合例子讲解常用命令和菜单,编写了较多的例题,有助于读者更好地学习和理解本书的内容。

图书在版编目 (CIP) 数据

ANSYS5.7 有限元实例分析教程/嘉木工作室编著. —北京:

机械工业出版社, 2002.3

(工程应用软件培训教程)

ISBN 7-111-09972-9

I. A... II. 嘉... III. 有限元分析 - 工程计算程序,
ANSYS5.7 - 教材 IV. TB115

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 014134 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 边 萌

封面设计: 姚 毅 责任印制: 付方敏

三河市宏达印刷有限公司印刷 • 新华书店北京发行所发行

2002 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm/16 • 30.25 印张 • 750 千字

0 001—5 000 册

定价: 48.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

前 言

有限元法是随着电子计算机的发展而迅速发展起来的一种现代计算方法。它作为采用计算机的数值分析方法,在各个领域得到了广泛的应用。近几十年来,各国相继开发了许多通用的大型有限元程序,如 ALGOR、ANSYS、ABACUS、MARK 和 NASTRAN 等。

美国 ANSYS 公司开发的 ANSYS 软件是一个功能强大的有限元通用软件,具有强大的前处理、求解和后处理功能,目前广泛应用于航空、航天,汽车、船舶,铁路,交通,电子,机械制造,地质矿产,水利水电,石油化工,煤炭核能,生物医学,土木工程,家用产品以及科学研究等领域。ANSYS 作为广泛应用的优秀的有限元软件,把有限元数值分析技术和 CAD、CAE、CAM 等图像处理有机地结合在一起。ANSYS 除了发展多种与 CAD 直接转换的接口以外,同时使自己的输出文件格式通用化和标准化,ANSYS 自带的编程语言 APDL 可供用户以 ANSYS 为平台,进行二次开发,是强有力的计算工具。用户既可以在 CAD 中建模,然后通过 ANSYS 和 CAD 接口传入模型进行计算,也可以在 ANSYS 中以用户界面方式利用菜单建模,输入初始数据,进行计算和查看计算结果。用户还可以用 ANSYS 的 APDL 语言,用命令流的方式进行建模、计算和查看结果。

本书是针对 ANSYS 初学者编写的,以 ANSYS 5.7 为讲解内容的使用手册,目的是使用户能够快速入门,了解 ANSYS 的基本操作,学以致用。本书在编排方式上,充分考虑到初学者的需求,编排、插图和实例的选择都是经过精心设计的,从而使读者能够尽快掌握 ANSYS 的操作过程并熟练地应用。

本书共分十章,通过 ANSYS 实例的建模和计算过程,详细介绍了 ANSYS 的前处理、求解和后处理的基本命令和模块,使读者对 ANSYS 的计算过程有更加详尽的了解,力图使读者能够尝试从前处理、计算到后处理的全部历程。

由于本书是为初学者入门服务的,因此主要是介绍 ANSYS 的基本操作知识,对于 ANSYS 的高级操作本书将不作介绍或仅作简略的介绍。同时受篇幅所限,本书将以结构分析为主,通过结构分析,使读者掌握在其他领域有限元分析的基本命令。

由于作者的水平和经验所限,本书难免有不妥之处,恳请广大读者批评指正。

最后,作者向所有帮助、支持本书出版工作的朋友们表示诚挚的感谢!

目 录

前言	1
第1章 ANSYS 5.7 入门	1
1.1 ANSYS 的发展	2
1.2 ANSYS 5.7 的安装和硬件要求	2
1.2.1 ANSYS 5.7 的硬件环境	2
1.2.2 ANSYS 5.7 的安装	3
1.2.3 ANSYS 5.7 的卸载	8
1.3 ANSYS 5.7 的启动和系统环境	9
1.3.1 启动 ANSYS 5.7	9
1.3.2 ANSYS 5.7 运行环境的设置	9
1.4 ANSYS 5.7 的图形用户界面	11
1.4.1 实用菜单 (Utility Menu)	12
1.4.2 输入窗口	17
1.4.3 工具条窗口	17
1.4.4 主菜单窗口	17
1.4.5 图形窗口	18
1.4.6 输出窗口	18
1.5 ANSYS 5.7 的新特征	18
1.5.1 结构分析新功能	18
1.5.2 电磁场分析新功能	21
1.5.3 热分析新功能	22
1.5.4 计算流体动力学新功能	22
1.5.5 多物理场新功能	23
1.5.6 显式动力分析 (LS-DYNA) 前处理新功能	23
1.5.7 概率设计系统 (PDS) (随机有限元分析)	24
1.5.8 一般程序特性	24
1.6 ANSYS 5.7 文件系统	28
1.6.1 ANSYS 5.7 文件类型	28
1.6.2 保存数据库文件	28
1.6.3 读取数据库文件	29
1.7 ANSYS 5.7 的帮助系统	30
1.7.1 进入 ANSYS 5.7 帮助系统的方法	30
1.7.2 ANSYS 5.7 帮助系统中的超链接	32
1.7.3 ANSYS 5.7 的在线教程	33

1.8 本章小结	34
第2章 ANSYS 5.7 常用菜单的交互式操作	35
2.1 主菜单的交互操作	36
2.2 输入窗口的交互操作	37
2.3 【Pan, Zoom, Rotate....】菜单的使用	39
2.3.1 【Pan, Zoom, Rotate...】菜单的介绍	39
2.3.2 【Pan, Zoom, Rotate...】菜单项练习	41
2.4 拾取窗口的交互操作	44
2.4.1 拾取窗口介绍	44
2.4.2 拾取窗口交互操作练习	47
2.5 ANSYS 数据库文件的交互操作.....	49
2.6 新手上路——用 ANSYS 5.7 进行简支梁的分析求解	50
2.7 本章小结	66
第3章 ANSYS 5.7 坐标系和工作平面	67
3.1 引言	68
3.2 ANSYS 5.7 的坐标系	68
3.2.1 总体坐标系	68
3.2.2 局部坐标系	69
3.2.3 激活坐标系	78
3.2.4 显示坐标系	80
3.2.5 节点坐标系	82
3.2.6 单元坐标系	90
3.2.7 结果坐标系	94
3.3 利用工作平面	105
3.3.1 显示工作平面和工作平面的状态	105
3.3.2 建立一个新的工作平面	108
3.3.3 改变工作平面的位置	114
3.4 本章小结	117
第4章 自底向上地建立有限元分析模型	119
4.1 引言	120
4.2 实体建模概述	121
4.3 关键点	122
4.3.1 定义关键点	122
4.3.2 定义硬点	134
4.3.3 关于关键点的操作	139
4.3.4 关于硬点的操作	148
4.4 线	149
4.4.1 定义线	149
4.4.2 定义圆弧	156

4.4.3	定义样条曲线	159
4.4.4	生成倒角线	163
4.4.5	关于线的操作	164
4.5	面	172
4.5.1	定义面	172
4.5.2	生成面的特殊方法	176
4.5.3	关于面的操作	179
4.6	体	182
4.6.1	定义体	182
4.6.2	生成体的特殊方法	184
4.6.3	关于体的操作	189
4.7	本章小结	191
第5章	自上而下地建立有限元分析模型	193
5.1	平面体素	194
5.1.1	生成矩形体素	194
5.1.2	生成圆形体素	196
5.1.3	生成正多边形体素	202
5.2	三维体素	206
5.2.1	生成长方体素	206
5.2.2	生成圆柱体素	209
5.2.3	生成棱柱体素	214
5.2.4	生成球体素	219
5.2.5	生成圆锥体素	221
5.2.6	生成圆环体素	223
5.3	本章小结	224
第6章	布尔运算	225
6.1	布尔运算的设置	226
6.2	交运算	226
6.2.1	一般的交运算	227
6.2.2	两两相交运算	232
6.3	加运算	235
6.4	减运算	238
6.5	分类运算	241
6.6	搭接运算	244
6.7	粘接运算	248
6.8	分割运算	251
6.9	创建实体模型实例	254
6.10	本章小结	269
第7章	网格划分	271

7.1 定义单元属性	272
7.1.1 定义单元类型	272
7.1.2 定义实常数	275
7.1.3 定义材料特性	278
7.1.4 建立分段表	280
7.2 网格划分控制选项和网格划分	280
7.3 对连杆模型划分单元	293
7.4 本章小结	302
第8章 加载和求解	303
8.1 载荷分类	304
8.2 加载方式	304
8.2.1 ANSYS 5.7 的加载方式	304
8.2.2 在实体模型上加载的优缺点	305
8.2.3 在有限元模型上加载的优缺点	306
8.3 给实体模型加载	306
8.3.1 施加约束	308
8.3.2 施加集中力	311
8.3.3 施加压力	312
8.3.4 施加惯性载荷	315
8.3.5 显示载荷和校验载荷	315
8.4 删除载荷	317
8.4.1 【All Load Data >】菜单	318
8.4.2 【-Structural- Displacement】菜单	324
8.4.3 【-Structural- Force/Moment】菜单	326
8.4.4 【-Structural- Pressure】菜单	327
8.4.5 【-Structural- Gravity...】菜单	328
8.4.6 其他删除载荷的方法	329
8.5 转换载荷	329
8.6 求解	331
8.6.1 选择求解方法	331
8.6.2 对模型进行检查	333
8.6.3 求解	335
8.7 施加载荷和求解练习	335
8.7.1 施加压力载荷	336
8.7.2 施加面载荷	343
8.8 本章小结	353
第9章 ANSYS 5.7 的通用后处理器	355
9.1 什么是后处理	356
9.2 通用后处理器	356

9.3 利用通用后处理器绘制变形图	357
9.3.1 绘制结构在静力作用下的变形图	357
9.3.2 以等值线的形式显示模型	357
9.3.3 动画显示	360
9.4 创建单元数据列表	364
9.4.1 查看单元输出各项的定义	365
9.4.2 查看单元的按序号识别变量的单元表	366
9.4.3 定义单元数据列表	367
9.4.4 绘制单元数据列表	368
9.4.5 单元数据列表显示	368
9.4.6 删除单元数据列表	368
9.4.7 利用单元数据列表对数据进行操作	369
9.5 结果数据列表显示	374
9.5.1 支座反力列表显示	374
9.5.2 作用力列表显示	374
9.5.3 单元矢量列表显示	375
9.5.4 沿预定义的几何路径列出指定数据	375
9.5.5 把单元、节点进行排序	376
9.6 映射结果到指定路径	378
9.6.1 定义路径	379
9.6.2 删除路径	382
9.6.3 映射路径数据	383
9.6.4 观察路径项在路径上的映射	384
9.6.5 对路径项进行算术运算	388
9.6.6 保存和读取路径数据	395
9.7 载荷工况组合	402
9.7.1 定义和读取载荷工况	402
9.7.2 对载荷工况进行算术运算操作	404
9.7.3 载荷工况算术运算的基本设定	407
9.7.4 列表显示、置零和删除载荷工况	409
9.8 在不同的结果坐标系中察看结果	410
9.9 增强型图形显示方式	412
9.9.1 增强型图形方法的优点	413
9.9.2 如何使用增强型图形显示方式	413
9.10 后处理操作练习	413
9.10.1 桁架计算练习	413
9.10.2 圆柱曲面练习	429
9.11 本章小结	442
第 10 章 ANSYS 5.7 的非线性分析和时间历程后处理器	445

10.1 什么是非线性	444
10.2 非线性分析的基本过程.....	445
10.2.1 建模.....	445
10.2.2 加载求解	448
10.2.3 检查结果	458
10.3 时间历程后处理器	460
10.4 非线性分析求解实例.....	462
10.5 本章小结	473
参考文献	474



第1章

ANSYS 5.7 入门

内 容 提 要

- ANSYS 5.7 的安装与卸载问题
- ANSYS 5.7 的图形用户界面和菜单介绍
- ANSYS 5.7 版本新功能的介绍
- ANSYS 5.7 文件系统的介绍
- 如何使用 ANSYS 5.7 帮助以获取更大的学习收益



1.1 ANSYS 的发展

有限元法是 20 世纪 50 年代在连续体力学领域——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。同时，有限元法的程序作为有限元研究的一个重要组成部分，是随着电子计算机的飞速发展而迅速发展起来。在 20 世纪 70 年代初期，大型通用的有限元程序出现了，这些通用的大型有限元程序功能强大，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，应用领域从结构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的分析。在目前应用广泛的通用有限元程序中，美国 ANSYS 公司研制开发的大型通用有限元程序 ANSYS 是一个适用于微机平台的大型有限元分析系统，功能强大，适用领域广泛。

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，能够满足各行业有限元分析（FEA）的需要。

ANSYS 的第一个版本与现在广泛应用于微机上的版本有很大的差别——仅提供了热分析和线性结构分析功能。而且只是一个批处理程序，只能在大型机上运行。在 20 世纪 70 年代早期，ANSYS 程序中加入了许多新的技术以及用户需求的東西，包括有非线性、子结构以及更多的单元类型，使程序具有更强的通用性。随着计算机和矢量终端的发展，ANSYS 逐步成为计算机辅助工程中广泛应用的有限元程序。在 20 世纪 70 年代后期，ANSYS 加入了交互式操作方式，这成为 ANSYS 的一个显著特点，它大大简化了模型的生成和对计算结果的评价（前处理和后处理）。用户可以在进行分析之前使用交互式图形来验证模型的几何形状、材料属性和边界条件。在进行求解分析之后能够立即利用图形交互来检查计算结果。

今天，ANSYS 5.7 的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，用户可以按照引导一步一步做完整个分析过程。同时，ANSYS 还提供了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。

对新用户和有一定经验的用户，ANSYS 都提供了一个循序渐进的教程和能力表，包括高级结构的非线性分析，电磁场分析，计算流体力学，设计优化，一般接触面、自适应网格划分、大应变和参数化建模等。菜单系统利用对话框、下拉式菜单和边菜单提示用户输入数据和进行选择，为用户使用 ANSYS 程序提供导航。用户还可以把 CAD 系统生成的模型应用于 ANSYS 软件的设计分析和优化功能中。ANSYS 提供了强大的与 CAD 程序的接口，使用户能够更加方便的进行建模分析。

1.2 ANSYS 5.7 的安装和硬件要求

1.2.1 ANSYS 5.7 的硬件环境

ANSYS 5.7 的操作系统可以选用 Windows 2000、Windows NT 4.0 和 Windows 98，也可

以使用 UNIX 操作系统。建议用户使用 Windows 2000 或 Windows NT 4.0 作为 ANSYS 5.7 的操作系统。使用 Windows 98 作为操作系统时,不支持 ANSYS FLEXlm 密码管理器,只能作为客户端的机器或单独使用 ANSYS 时使用。本书的默认的操作系统为 Windows 2000。ANSYS 5.7 对硬件的最低要求如下:

- 内存为 64MB。
- 可用硬盘空间为 500MB。
- 能够支持 1024×768 分辨率的显示器。
- 两倍速的光盘驱动器。

请记住,这些要求是利用 ANSYS 5.7 进行有限元计算的绝对最低要求。你可能永远都难以有足够大的 RAM 或足够快的处理器来求解大型有限元问题。但是,选用配置更高、速度更快的机器是有必要的,这样不仅仅可以提高工作效率,还可以大大节省进行计算所耗费的时间。此外,为获得最佳的视觉效果,建议使用 17 英寸以上的显示器。

1.2.2 ANSYS 5.7 的安装

ANSYS 5.7 的安装程序大约为 269MB。因为在 Windows 2000 下安装并使用 ANSYS 5.7 对个人用户来说是最为理想的,下面就来介绍在 Windows 2000 系统下安装 ANSYS 5.7。

安装的操作步骤如下:

(1) 在启动安装程序之前,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。

(2) 在资源管理器中双击 ANSYS 5.7 安装程序 (Setup.exe),即可开始标准安装过程。

(3) 安装程序启动后,显示【ANSYS 5.7 WELCOME ABOARD】图标界面(如图 1-1 所示)和向导安装进程(如图 1-2 所示)。



图 1-1 ANSYS 5.7 安装欢迎界面

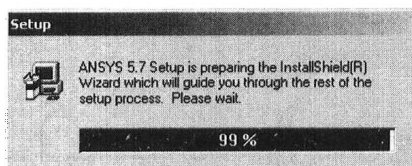


图 1-2 ANSYS 5.7 向导安装进程对话框



(4) 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(见图 1-3), 采用 Windows 2000 的默认配置即可。单击“是(Y)”按钮, 进入下一步。

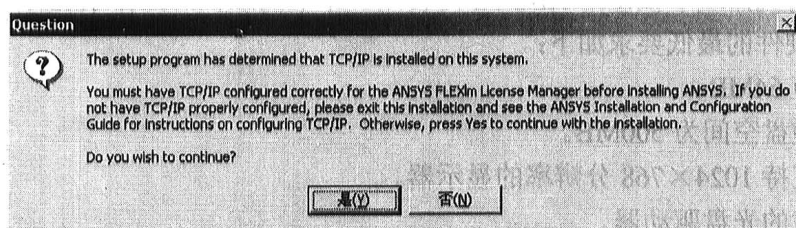


图 1-3 TCP/IP 协议询问对话框

(5) 在图 1-4 中列出了安装 ANSYS 5.7 所需的操作系统和硬件要求, 单击“Next>”按钮, 进入下一步。

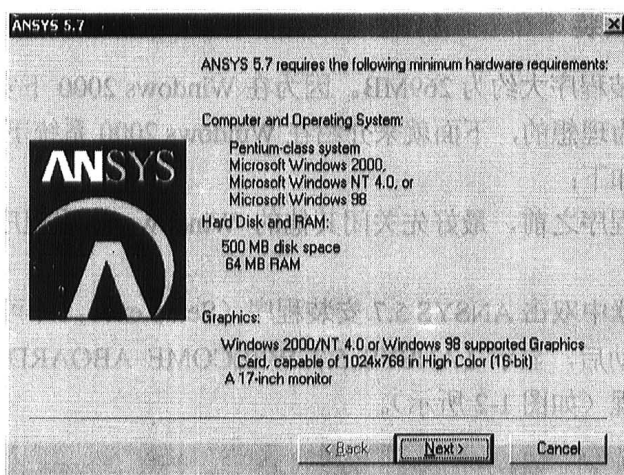


图 1-4 ANSYS 5.7 硬件配置要求对话框

(6) 在【ANSYS Installation Type】对话框(见图 1-5), 选择 ANSYS products and License serve 单选项, 单击“Next>”按钮, 进入下一步。

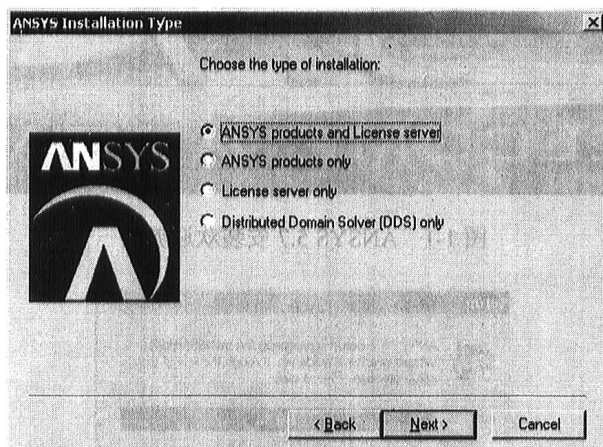


图 1-5 【ANSYS Installation Type】对话框

(7) 在【ANSYS Installation Options】对话框中(图 1-6), 用户可选择典型安装(Typical installation)或自定义安装(Custom installation)。选择典型安装, 单击“Next>”按钮, 进入下一步。

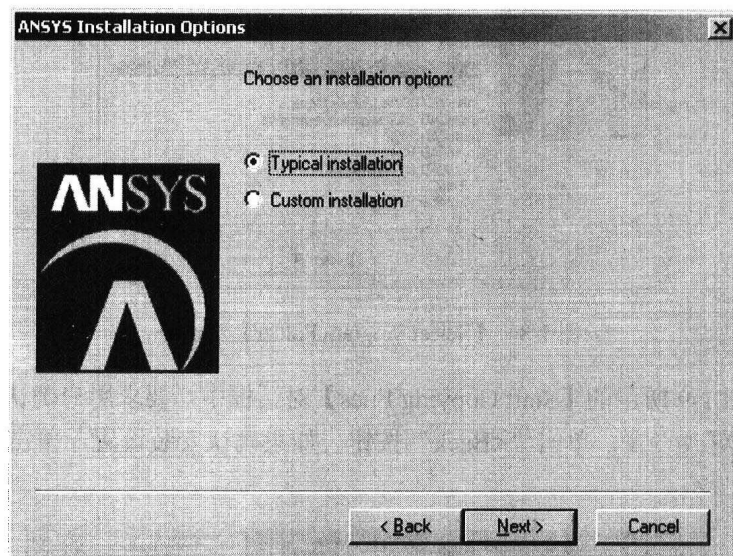


图 1-6 ANSYS 5.7 安装方式选择对话框

(8) 在【Choose Destination Location】对话框中(见图 1-7), 可以选择 ANSYS 5.7 的安装目录, 一般采用默认的安装目录, 单击“Next>”按钮, 进入下一步。

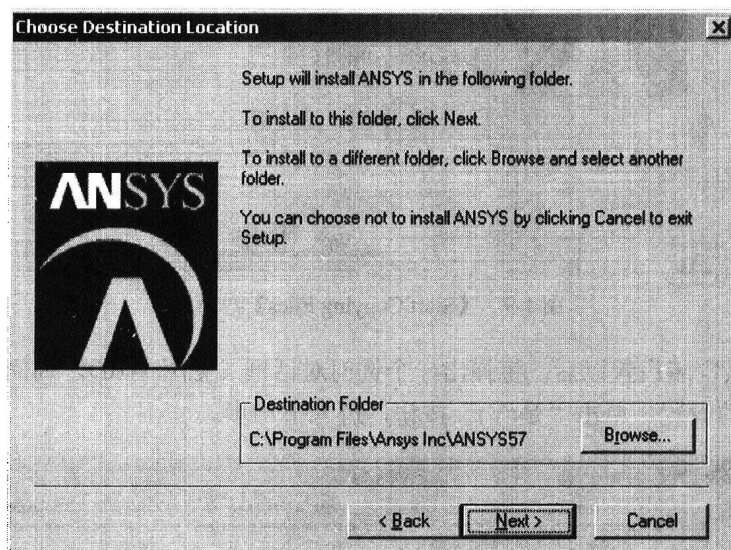


图 1-7 【Choose Destination Location】对话框

(9) 在【Select Program Folder】对话框中(见图 1-8), 选择 ANSYS 5.7 程序组的名称, 一般采用默认的程序组名, 单击“Next>”按钮, 进入下一步。

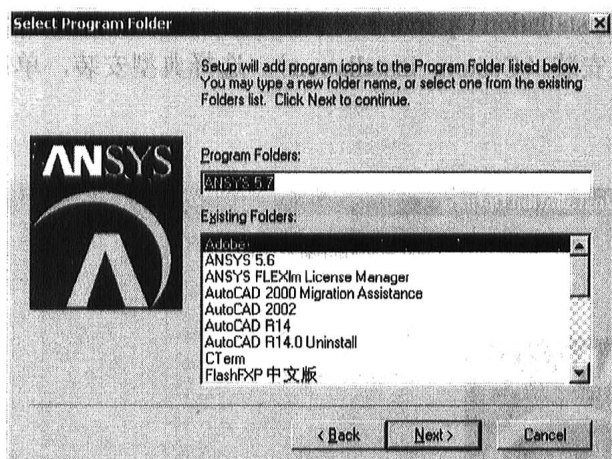


图 1-8 【Select Program Folder】对话框

(10) 在如图 1-9 所示的【Start Copying Files】对话框中，要求用户确认安装 ANSYS 5.7 的设置。如果要更改设置，单击“<Back”按钮。如果确认安装设置，单击“Next>”按钮，进入下一步。

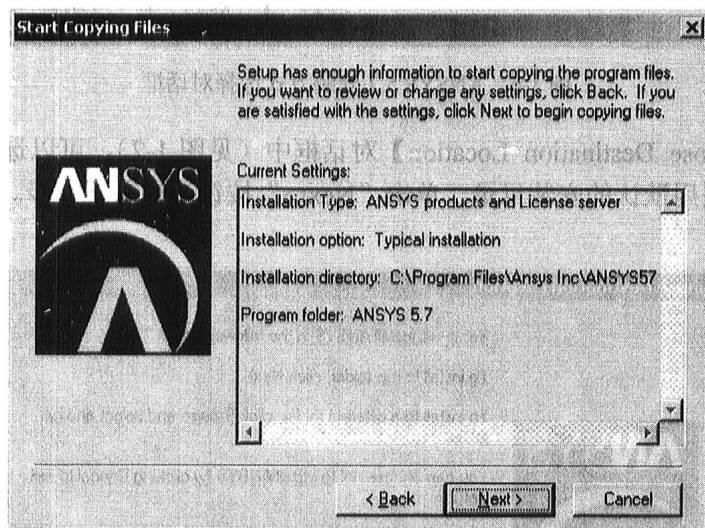


图 1-9 【Start Copying Files】对话框

(11) 在确认安装设置以后，将弹出一个询问对话框（见图 1-10），询问 ANSYS FLEXlm license manager 的设置，单击“是(Y)”按钮，进入下一步。

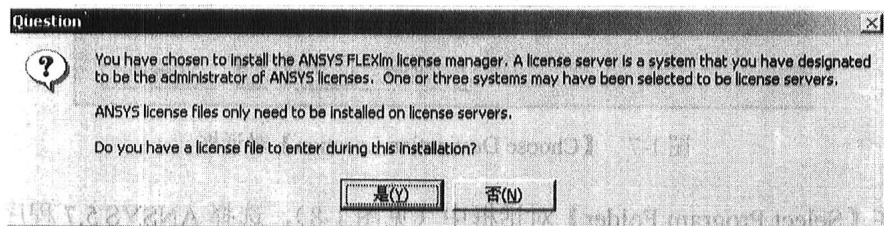


图 1-10 注册码管理询问对话框



(12) 在【ANSYS 5.7 Setup】对话框中（见图 1-11），进度条显示安装的进度，界面中还将显示一些 ANSYS 5.7 的功能和模块介绍。

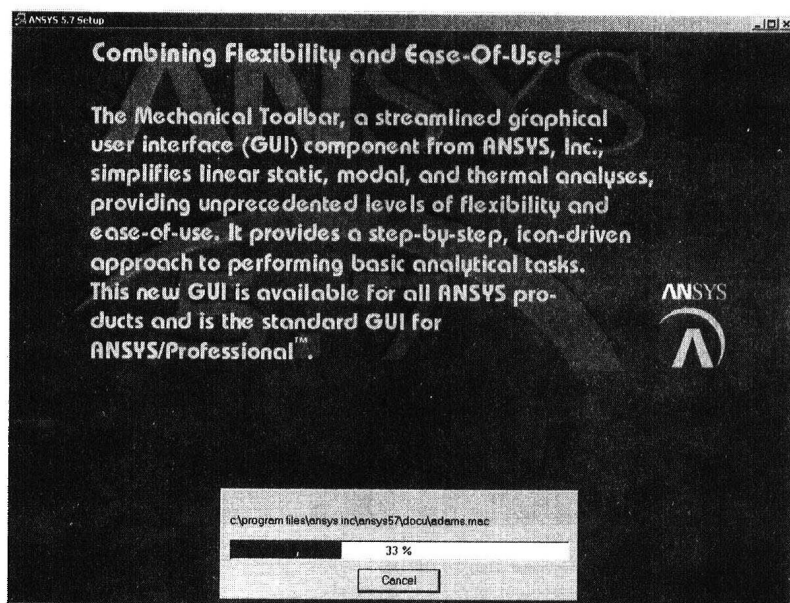


图 1-11 【ANSYS 5.7 Setup】对话框

(13) 在 ANSYS 5.7 的安装文件复制完毕以后，会弹出询问注册码文件的对话框，用户可以在输入注册码。

(14) 在【Setup Complete】对话框中（见图 1-12），单击“Finish”按钮，完成 ANSYS 5.7 的安装，然后重新启动计算机。

(15) 在计算机重新启动完成以后，用户就可以在【开始】菜单中的【程序】中看到【ANSYS 5.7】程序组了。

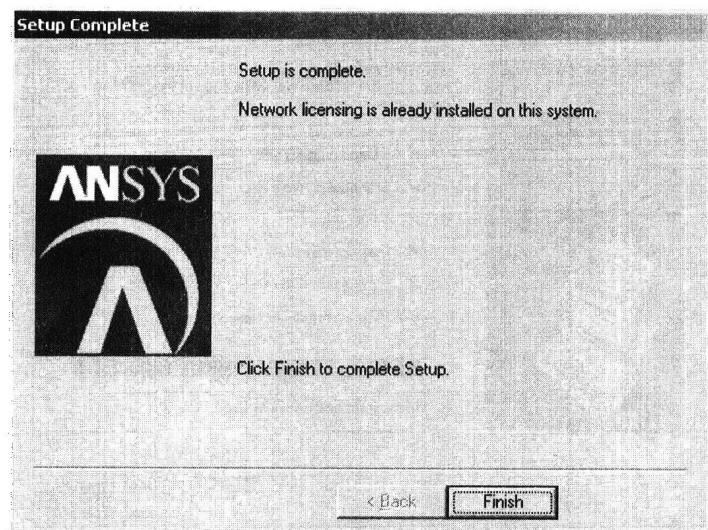


图 1-12 【Setup Complete】对话框