

ANSYS

工程结构

实用案例分析

李卫民 杨红义 王宏祥 等编著



化学工业出版社



TU3/58D

2007

ANSYS

工程结构 实用案例分析

李卫民 杨红义 王宏祥 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·



图书在版编目(CIP)数据

ANSYS 工程结构实用案例分析 / 李卫民等编著. —北京: 化学工业出版社, 2007.9
ISBN 978-7-122-01017-9

I. A… II. 李… III. 工程结构-有限元分析-应用程序, ANSYS IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 131507 号

责任编辑: 伍大维 陈 丽

装帧设计: 王晓宇

责任校对: 顾淑云

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市延风装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 20% 字数 514 千字 2007 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: [http:// www.cip.com.cn](http://www.cip.com.cn)

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

前 言

ANSYS 软件是美国 ANSYS 公司的产品,是世界上最著名的计算机辅助工程分析(CAE)软件,该软件以灵活、开放的解决方案为工程设计提供了有效的协同仿真环境,可大幅度地缩短研发时间,降低研发费用,提高产品设计质量。所以,ANSYS 软件被广泛应用于建筑、机械制造、石油化工、造船、航空航天、汽车交通、土木工程、水利、铁道、材料等领域的设计中,被相关设计人员采用。

该软件为英文菜单,且菜单比较复杂。该软件的参考书大部分是针对各菜单的讲解并附以部分实例,使设计人员在解决工程实际问题时由于对软件不熟或无相关应用案例而无从下手。鉴于此,作者编写了集 ANSYS 有限元分析基础及 ANSYS 典型工程应用实例于一体的、侧重于 ANSYS 在结构分析中应用的典型实例参考书,全书均以实例方式讲述,使读者能够很快地掌握该软件。

本书面向广大初学者和中高级用户,特别适合工程专业技术人员及理工院校高年级本科生和研究生使用。

书中在 ANSYS 有限元分析基础部分,以实例方式讲解了建立实体模型的方法、划分网格的方法与技巧、选择技术、加载求解技术和后处理技术等关键技术专题;ANSYS 有限元分析专题部分,结合 19 个有代表性的专业范例,对相应的结构分析方法和过程进行了详细的讲解,包括静力分析中的桁架、梁、板、壳、轴对称、三维实体和组合装配体的有限元分析、模态分析、谐响应分析、瞬态动力学分析、结构屈曲分析、接触分析、拓扑优化和结构优化设计等问题。对于每一个案例的理论基础进行了详细讲解,并对操作与分析方法进行了深入剖析,给出了详尽的解题思路和解答过程,对各类问题进行了高度的概括和总结。

本书最大特点是所有实例均以图解方式进行讲解,实例全面,分类讲解。本书围绕结构分析精选了一系列实例操作步骤,每个步骤均配以真实的屏幕图形,并以最简练、直白的文字描述,使读者能够边学习边操练,更充分地享受阅读的乐趣和实用效果。

本书附有光盘,读者可以通过观看录像的方式,学习各类有限元分析问题的方法。相当于老师在旁边手把手地指导,可起到事半功倍的效果。

本书共分 2 篇 18 章,由李卫民、杨红义、王宏祥等编著。李卫民编写第 1 章、第 9 章至第 11 章、第 17 章、第 18 章,王宏祥编写第 3 章、第 5 章、第 6 章,杨红义编写第 12 章至第 15 章,孙洪哲编写第 2 章,刘爽编写第 4 章,郭永良编写第 7 章,黄海龙编写第 8 章,张丽萍编写第 16 章。全书由李卫民统稿。

本书由胡建生主审。参加审稿的有曾红、刘淑芬、邢颖、史彦敏、张波、李铁军。参加审稿的各位老师对书稿进行了认真、细致的审查,提出了许多宝贵意见和建议,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中不当之处敬请读者不吝批评指正(E-mail:liwmqh@163.com)。

编 者

2007 年 7 月

目 录

上篇 ANSYS 有限元分析基础

第一章 ANSYS 的安装和配置	2
第一节 ANSYS 的安装	2
一、安装 ANSYS 对系统的要求	2
二、安装 ANSYS 前的准备工作	2
三、安装 ANSYS	2
第二节 配置 ANSYS	7
一、配置计算机	7
二、配置启动 ANSYS 产品程序	8
三、启动和退出 ANSYS	10
第三节 ANSYS 的单位及文件	10
一、ANSYS 的单位	10
二、ANSYS 的文件	11
第二章 实体建模	13
第一节 基本知识	13
一、实体造型简介	13
二、ANSYS 的坐标系	13
三、ANSYS 的工作平面	18
第二节 实体建模实例	21
实例 1——带孔平板的建模	21
实例 2——轴承支座的建模	26
实例 3——支座实体建模	32
第三节 CAD 几何模型导入 ANSYS	37
一、SAT 文件导入 ANSYS	38
二、Parasolid 文件导入 ANSYS	40

三、Pro/E 几何模型导入 ANSYS	41
四、UG 几何模型导入 ANSYS	44
五、I-DEAS 几何模型导入 ANSYS	44
六、CATIA 几何模型导入 ANSYS	44
七、ADAMS 和 ANSYS 的接口	44
第四节 本章小结	45
第三章 划分网格	46
第一节 基本知识	46
一、有限元网格概述	46
二、定义单元属性	47
三、网格划分控制	48
第二节 划分网格实例 1——2D 问题	51
一、自由网格划分	51
二、映射网格划分	52
第三节 划分网格实例 2——3D 问题	55
一、自由网格划分	55
二、映射网格划分	56
三、对体扫掠生成网格	57
四、对面拖拉操作生成体及网格	59
第四节 划分网格实例 3——控制网格密度	61
一、总体控制	62
二、局部细化网格控制	66
第五节 划分网格实例 4——过渡网格划分	68
第六节 本章小结	70
第四章 逻辑选择	71
第一节 基本知识	71
一、选择实体	71
二、Comp/Assembly 功能	72
三、Select Everything 功能	73
四、Everything Below 功能	73

第二节 逻辑选择实例 1——仓筒	73
第三节 逻辑选择实例 2——叶轮	77
第四节 本章小结	81
第五章 加载与求解	82
第一节 基础知识	82
一、载荷的分类	82
二、载荷步、子步和平衡迭代	82
三、通用选项	83
四、各种载荷的施加	84
第二节 加载求解实例 1——六角扳手	100
第三节 加载求解实例 2——三维支架	104
第四节 本章小结	106
第六章 后处理	107
第一节 基本知识	107
一、通用后处理器 POST1	107
二、时间历程后处理器 POST26	112
第二节 后处理实例 1——圆孔板静力分析后处理	117
第三节 后处理实例 2——六角扳手静力分析后处理	121
第四节 本章小结	125

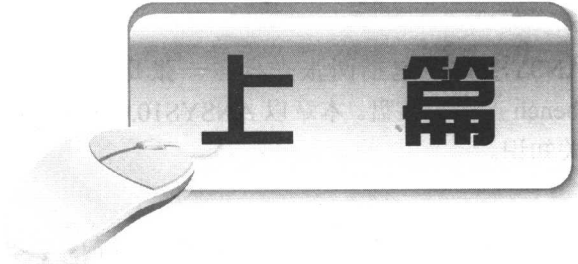
下篇 ANSYS 有限元分析专题

第七章 桁架和梁的有限元分析	128
第一节 基本知识	128
一、桁架和梁的有限元分析概要	128
二、桁架和梁的常用单元	128
第二节 桁架的有限元分析实例	129
案例 1——2D 桁架的有限元分析	129
案例 2——3D 桁架的有限元分析	133
第三节 梁的有限元分析实例	138

案例 1——2D 梁的有限元分析	138
案例 2——3D 梁的有限元分析	143
第四节 本章小结	147
第八章 平面和壳问题的有限元分析	150
第一节 基本知识	150
一、平面应力问题	150
二、平面应变问题	150
三、壳的问题	151
第二节 平面问题有限元分析实例	151
案例 1——角架的静力分析	151
案例 2——水坝的静力分析	161
第三节 壳问题有限元分析实例	166
案例——书架的静力分析	166
第四节 本章小结	172
第九章 轴对称问题的有限元分析	173
第一节 基本知识	173
一、轴对称问题的定义	173
二、用 ANSYS 解决 2D 轴对称问题的规定	173
第二节 2D 轴对称问题有限元分析实例	174
案例 1——圆柱筒的静力分析	174
案例 2——飞轮的静力分析	181
第三节 3D 轴对称问题有限元分析实例	191
案例——飞轮的静力分析	191
第四节 本章小结	198
第十章 3D 实体的有限元分析	200
第一节 基本知识	200
一、3D 实体建模方法	200
二、3D 实体的常用单元	200
第二节 3D 实体的有限元分析实例	200
案例——车刀的静力分析	200

第三节 本章小结	207
第十一章 有限元分析的装配技术	208
第一节 基本知识	208
一、模型的归档与模型的合并装配	208
二、MPC 多点约束装配	209
第二节 装配实体的有限元分析实例	209
案例——装配体的有限元分析	209
第三节 本章小结	220
第十二章 模态分析	221
第一节 基本知识	221
一、模态分析的概念及有限元基本方程	221
二、基于 ANSYS 模态分析的方法及所用单元	221
第二节 预应力模态分析实例	223
案例——高速旋转圆盘锯片模态分析	223
第三节 本章小结	233
第十三章 谐响应分析	235
第一节 基本知识	235
一、谐响应分析的概念及有限元基本方程	235
二、谐响应分析的方法	235
第二节 谐响应分析实例	236
案例——实验台座的谐响应分析	236
第三节 本章小结	245
第十四章 瞬态动力学分析	247
第一节 基本知识	247
第二节 瞬态动力学分析实例	248
案例——自由度弹簧质量系统瞬态分析	248
第三节 本章小结	260
第十五章 屈曲分析	261
第一节 基本知识	261

一、特征值屈曲分析·····	261
二、非线性屈曲分析·····	262
第二节 特征值屈曲分析实例·····	262
案例——椭圆形吊臂的特征值屈曲分析·····	262
第三节 本章小结·····	273
第十六章 接触问题的有限元分析技术 ·····	275
第一节 基本知识·····	275
一、接触问题分类·····	275
二、接触单元·····	275
三、接触分析的步骤·····	276
第二节 接触分析的有限元分析实例·····	277
案例——接触问题的有限元分析·····	277
第三节 本章小结·····	288
第十七章 拓扑优化 ·····	290
第一节 基本知识·····	290
一、拓扑优化的概念·····	290
二、拓扑优化的基本过程·····	291
第二节 拓扑优化设计实例·····	292
案例——桥梁的拓扑优化设计·····	292
第三节 本章小结·····	300
第十八章 优化设计 ·····	302
第一节 基本知识·····	302
一、优化设计的概念·····	302
二、优化设计中的基本术语·····	302
三、优化设计的步骤·····	303
第二节 优化设计实例·····	311
案例——桁架的轻量化优化设计·····	311
第三节 本章小结·····	320
参考文献 ·····	321



上 篇

ANSYS 有限元分析基础

第一章 ANSYS 的安装和配置

ANSYS 程序包括两张光盘：一张是 ANSYS 经典产品安装盘，另一张是 ANSYS Workbench 产品安装盘。本章以 ANSYS10.0 为例介绍 ANSYS 的安装、配置、启动及 ANSYS 的相关知识。

第一节 ANSYS 的安装

一、安装 ANSYS 对系统的要求

安装 ANSYS 对计算机系统的要求如下。

1. 硬件要求

- ① 内存至少 256M;
- ② 采用显存不少于 32M 的显卡，分辨率至少为 1024×768，色彩为真彩色 32 位;
- ③ 硬盘剩余空间至少 2G;
- ④ 安装网卡，设置好 TCP/IP 协议，并且 TCP/IP 协议绑定到此网卡上。注意在 TCP/IP 协议中要设定计算机的 hostname。

2. 软件系统要求

操作系统为 Windows 2000 或 Windows XP 以上。

二、安装 ANSYS 前的准备工作

1. 拷贝文件

先将安装光盘中 MAGNITUDE 文件夹拷入计算机中，如 D:\MAGNITUDE，用 Windows 的记事本打开 D:\MAGNITUDE 文件夹中的 ansys.dat 文件，该文件的第一行内容为“SERVER host 000000000000 1055”，把 host 改为你的计算机名，如 lwm 是我的主机名，则 host 改为 lwm。执行命令所有程序>附件>命令提示符进入 DOS 状态，键入 IPCONFIG /ALL 回车，所显示的 physical address 即为网卡号，本例中计算机网卡的 physical address 为 000c6e10c8531055，则 ansys.dat 文件的第一行内容修改为“SERVER lwm 000c6e10c8531055”，以原文件名存盘退出。

2. 生成许可文件

运行 D:\MAGNITUDE 文件夹中的 keygen.bat 文件，生成 license.dat，该文件就是 ANSYS 的许可文件，将它存放在指定目录下永久保存，本例中存放在 D:\MAGNITUDE 文件夹中。

三、安装 ANSYS

① 将 ANSYS 的安装光盘放入光驱中，出现如图 1-1 的画面，选择 Install ANSYS 10.0 开始安装 ANSYS 10.0。

② 开始运行 ANSYS 安装程序，出现 ANSYS 安装欢迎界面如图 1-2 的所示，选择 Next 按钮进行下一步安装。

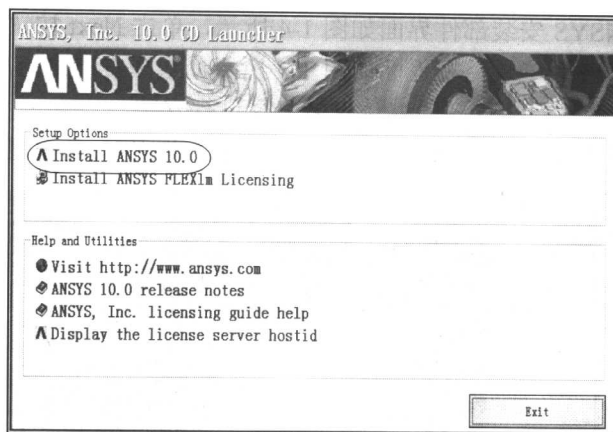


图 1-1 ANSYS 安装启动界面

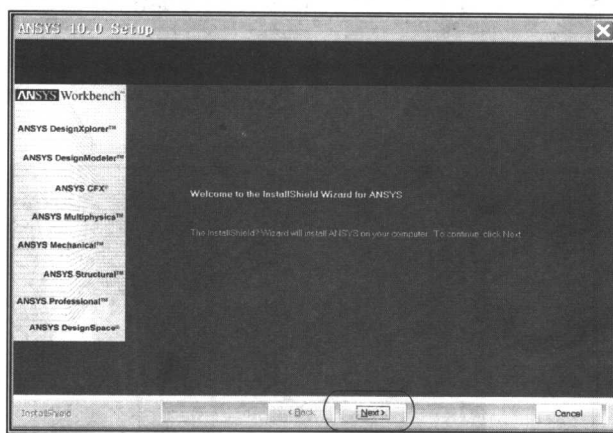


图 1-2 ANSYS 安装欢迎界面

③ 出现 ANSYS 安装许可授权界面如图 1-3 所示, 选择 I AGREE, 单击 Next 按钮进行下一步安装。

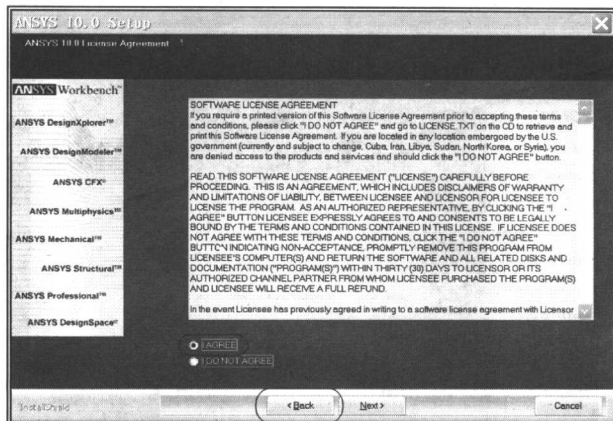


图 1-3 ANSYS 安装许可授权界面

④ 出现选择 ANSYS 安装部件界面如图 1-4 所示, 单击 Next 按钮进行下一步安装。

⑤ 出现选择 ANSYS 安装路径界面如图 1-5 所示, 选择安装路径, 单击 Next 按钮进行下一步安装。本例中选择安装程序的默认安装路径进行安装。

⑥ 出现 ANSYS 安装设置结果界面如图 1-6 所示, 单击 Next 按钮进行下一步安装。

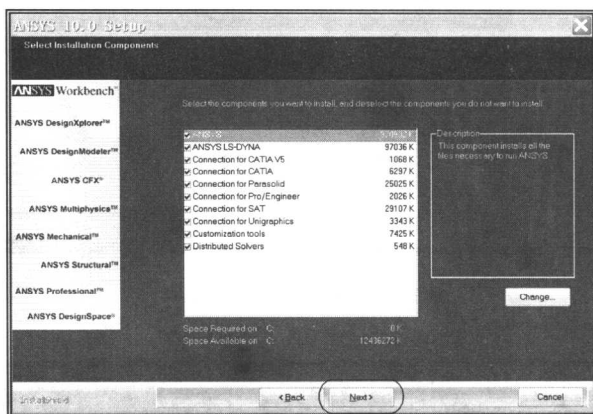


图 1-4 选择 ANSYS 安装部件

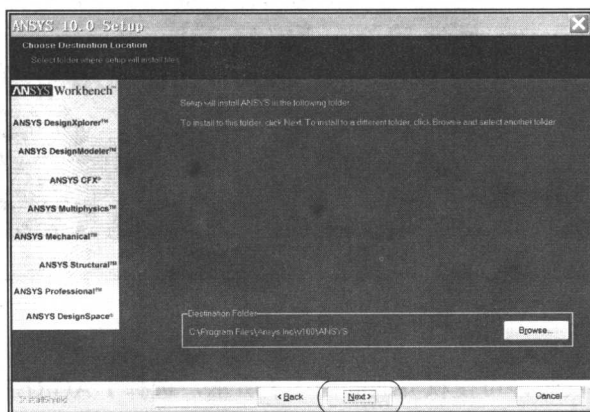


图 1-5 选择 ANSYS 安装路径

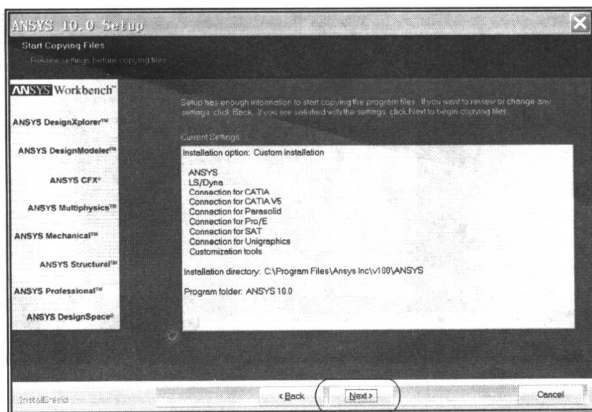


图 1-6 选择 ANSYS 安装设置结果

- ⑦ 出现 ANSYS 程序安装界面如图 1-7 所示。
- ⑧ 出现 ANSYS 与 Pro/E 连接设置界面如图 1-8 所示, 单击“确定”按钮进行下一步安装。
- ⑨ 出现 ANSYS 许可设置界面如图 1-9 所示, 单击 Next 按钮进行下一步安装。

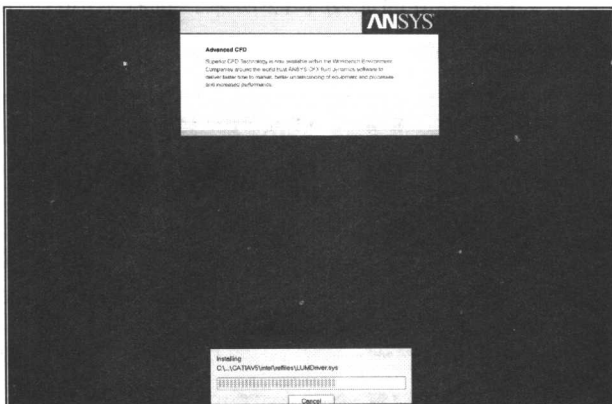


图 1-7 ANSYS 程序安装界面

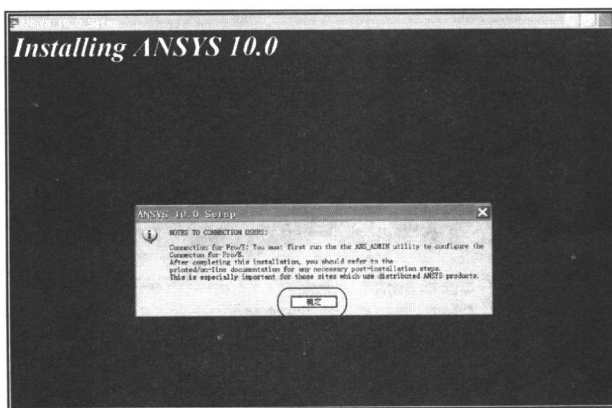


图 1-8 ANSYS 程序与 Pro/E 连接设置

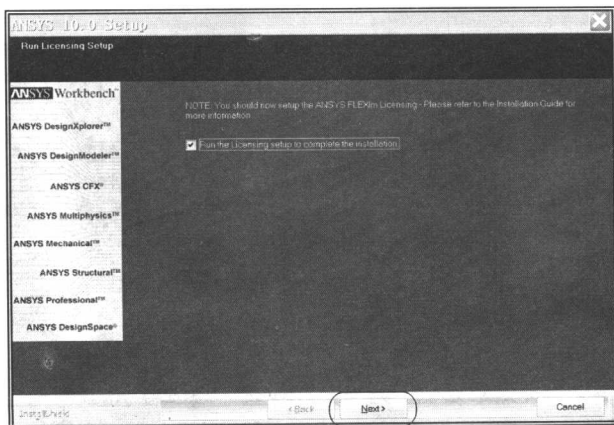


图 1-9 ANSYS 许可设置

⑩ 出现选择 ANSYS 许可服务器设置界面如图 1-10 所示, 单击 Next 按钮进行下一步安装。

⑪ 出现确定 ANSYS 许可文件设置界面如图 1-11 所示, 单击 Next 按钮进行下一步安装。

⑫ 出现 ANSYS 许可文件配置界面如图 1-12 所示, 选择 Browse for an existing license file, 单击 Next 按钮进行下一步安装。

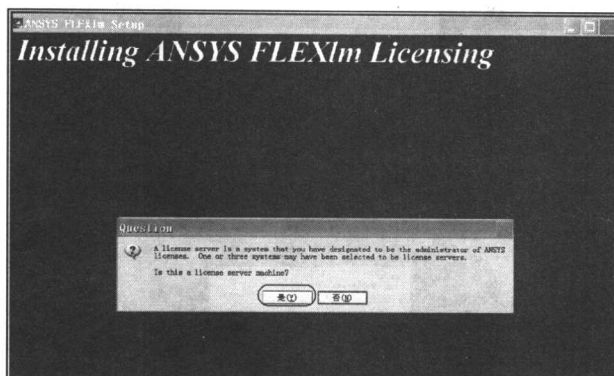


图 1-10 ANSYS 许可服务器设置

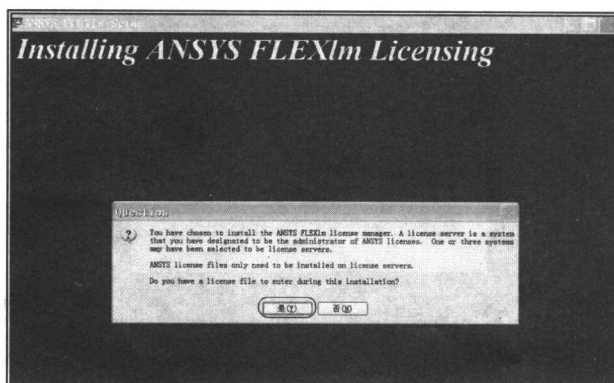


图 1-11 ANSYS 许可文件设置

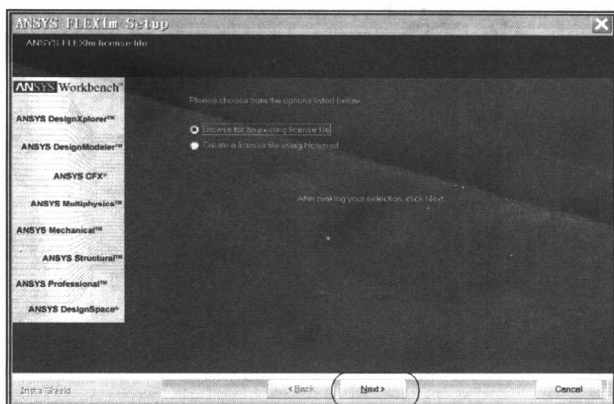


图 1-12 选择浏览存在 ANSYS 许可文件

⑬ 出现 ANSYS 许可文件选择界面如图 1-13 所示, 进入 D:\MAGNITUDE, 选择 license.dat, 单击“打开”按钮。ANSYS 安装完许可文件后会再次出现图 1-13 所示的画面, 单击“取消”按钮进行下一步安装。

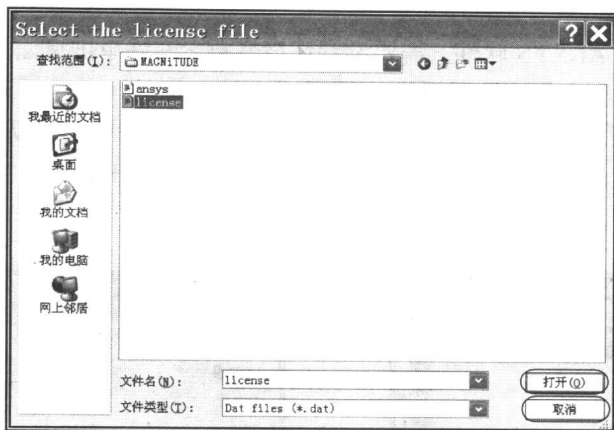


图 1-13 ANSYS 许可文件选择界面

⑭ 出现 ANSYS 安装完成界面, 单击 Finish 按钮完成 ANSYS 安装。

注意: ANSYS 安装结束后, 应解除杀毒软件的防火墙对 ANSYS 程序的屏蔽, 否则, ANSYS 软件将不能正常运行; ANSYS 安装结束后, 应检查其许可文件、lmgrd.exe 文件、注册文件 Debug.log 的路径是否正确, 如不正确应予以纠正。检查的方法是: 运行所有程序> ANSYS FLEXlm license manager> FLEXlm LMTOOLS Utility 弹出许可文件管理器(如图 1-14 所示), 进入 Config Services 标签, 检查其中各个文件的路径是否正确。

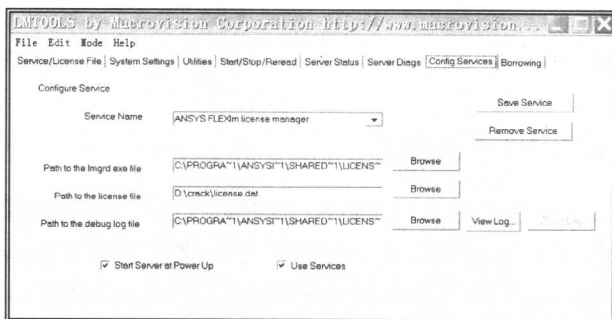


图 1-14 ANSYS 许可文件管理器

第二节 配置 ANSYS

一、配置计算机

1. 设置虚拟内存

为了提高求解速度, 对于求解节点数较多的复杂问题, 需要设置虚拟内存。右键单击桌面上的“我的电脑”, 选择“属性”, 弹出“系统属性”对话框, 选择“高级”标签, 单击“设