

应用速成

全国职业技能ANSYS认证指导用书

全程语音视频讲解 在线答疑解惑 互动学习

ANSYS Workbench 14.0

结构分析应用速成标准教程

北京兆迪科技有限公司
编著

高效速成：

通俗易懂，化深奥为简易，内容包括ANSYS的几何建模、载荷定义、约束定义、网格划分、求解与结果后处理等。

实用性强：

书中实例、案例丰富而经典，且均来自各行业的真实产品，融入ANSYS高手多年的使用心得和技巧。

附加值高：

附多媒体DVD光盘1张，制作了184段（集）ANSYS应用技巧和具有针对性实例的教学视频（全部提供语音教学视频），时长360分钟。

全程语音视频
多媒体讲解设计
技巧和综合案例

184段



全程同步多媒体
语音视频教程

6小时



融入生产一线
工程师多年的
ANSYS使用
经验、技巧



DVD

360分钟

1张DVD

超大容量
视频教学



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

全国职业技能 ANSYS 认证指导用书

ANSYS Workbench 14.0 结构分析应用速成标准教程

北京兆迪科技有限公司 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是系统学习和运用 ANSYS Workbench 14.0 应用速成标准教程的书籍,全书共 7 章,内容包括 ANSYS Workbench 14.0 的基础操作、几何建模、载荷定义、约束定义、网格划分、求解与结果后处理和静态结构分析详解等,书中还配有大量的实际综合应用案例。

本书讲解所使用的模型和应用案例覆盖了不同行业,具有很强的实用性和广泛的适用性。在内容安排上,书中结合大量的实例对 ANSYS 有限元结构分析一些抽象的概念、命令、功能和应用技巧进行讲解,通俗易懂,化深奥为简易;另外,本书所举范例均为一线实际产品,这样的安排能使读者较快地进入结构分析实战状态;在写作方式上,本书紧贴软件的真实界面进行讲解,使读者能够直观、准确地操作软件,提高学习效率。读者在学习本书后,能够迅速地运用 ANSYS 软件来完成一般产品的有限元结构分析工作。本书附带 1 张多媒体 DVD 教学光盘,包括了与本书全程同步的语音视频文件,含 184 段(集)ANSYS 应用技巧和具有针对性实例的教学视频(全部提供语音教学视频),时长达 360 分钟。光盘还包含了本书所有的素材文件、练习文件和范例的源文件。

本书可作为工程技术人员的 ANSYS 自学教程和参考书籍,也可供大专院校机械专业师生参考。

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

ANSYS Workbench 14.0 结构分析应用速成标准教程:全程语音视频讲解/北京兆迪科技有限公司编著. —北京:电子工业出版社,2015.1

全国职业技能 ANSYS 认证指导用书

ISBN 978-7-121-24793-4

I. ①A… II. ①北… III. ①有限元分析—应用软件 IV. ①O241.82-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 270116 号

策划编辑:管晓伟

责任编辑:管晓伟 特约编辑:王 欢 等

印 刷:北京京科印刷有限公司

装 订:三河市皇庄路通装订厂

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

开 本:787×1092 1/16 印张:18.5 字数:444 千字

版 次:2015 年 1 月第 1 版

印 次:2015 年 1 月第 1 次印刷

定 价:59.90 元(含多媒体 DVD 光盘 1 张)

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

ANSYS 是美国 ANSYS 公司推出的一款功能强大的大型分析软件系统,其功能涵盖了产品的结构、频率、流体、热力、电场、磁场、声场等的分析,应用范围涉及汽车、机械、航空航天、造船、通用机械、数控加工、医疗、玩具和电子等诸多领域。最新的 ANSYS Workbench 14.0 版本扩展了 ANSYS 系列产品的集成与多物理场的耦合应用。从总体看,ANSYS Workbench 14.0 的新优势主要体现在三个领域:扩展了工程应用、复杂系统的仿真、高性能计算(HPC)的驱动创新。

本书是 ANSYS Workbench 14.0 应用速成标准教程,其特色如下。

- ◆ 内容全面,涵盖了 ANSYS Workbench 14.0 的几何建模、载荷定义、约束定义、网格划分、求解与结果后处理等核心功能。
- ◆ 实例、范例丰富,对软件中的主要命令和功能,首先结合简单的实例进行讲解,然后安排一些较复杂的综合范例,帮助读者深入理解和灵活应用。另外,限于篇幅有限,篇幅过多势必增加书的定价(读者的负担),所以随书光盘中存放了大量的范例或实例教学视频(全程语音讲解),这样的安排可以进一步迅速提高读者的软件使用能力和技巧,同时也提高了本书的性价比。
- ◆ 循序渐进,讲解详细,条理清晰,图文并茂,使读者能够独立学习和运用 ANSYS Workbench 14.0 软件。
- ◆ 写法独特,采用 ANSYS 软件中真实的对话框、操控板和按钮等进行讲解,使初学者能够直观、准确地操作软件,从而大大提高学习效率。
- ◆ 附加值极高,本书附带 1 张多媒体 DVD 教学光盘,包括了 184 段(集)ANSYS 应用技巧和具有针对性实例的教学视频(全部提供语音教学视频),时长达 360 分钟,可以帮助读者轻松、高效地学习。

本书主要编写人员均来自北京兆迪科技有限公司,该公司专门从事 ANSYS 技术的研究、开发、咨询及产品设计与制造服务,并提供 CATIA、UG、Creo、Adams 等软件的专业培训及技术咨询,在本书编写过程中得到了该公司的大力帮助,在此表示衷心的感谢。

本书由北京兆迪科技有限公司编著,参加编写的人员有詹友刚、王焕田、刘静、雷保珍、刘海起、魏俊岭、任慧华、詹路、冯元超、刘江波、周涛、段进敏、赵枫、邵为龙、侯俊飞、龙宇、施志杰、詹棋、高政、孙润、李倩倩、黄红霞、尹泉、李行、詹超、尹佩文。本书经过多次审校,但仍不免有疏漏之处,恳请广大读者予以指正。

电子邮箱:zhanygjames@163.com

编 者

本书导读

为了更好地学习本书的知识，请您仔细阅读下面的内容。

【写作软件蓝本】

本书采用的写作蓝本是 ANSYS Workbench 14.0 版。

【写作计算机操作系统】

本书使用的操作系统为 Windows XP，对于 Windows 2000 /Server 或 Windows 7 操作系统，本书的内容和范例也同样适用。

【光盘使用说明】

为了使读者方便、高效地学习本书，特将本书中所有的练习文件、素材源文件、已完成的实例、范例或案例文件和视频语音讲解文件等按章节顺序放入随书附带的光盘中，读者在学习过程中可以打开相应的文件进行操作、练习和查看视频。

本书附带多媒体 DVD 助学光盘 1 张，建议读者在学习本书前，先将此张 DVD 光盘中的所有内容复制到计算机硬盘的 D 盘中。

在光盘的 ansc14.0 目录下共有两个子目录，分述如下。

(1) work 子文件夹：包含本书全部已完成的实例、范例或案例文件。

(2) video 子文件夹：包含本书讲解中所有的视频文件（含语音讲解），学习时，直接双击某个视频文件即可播放。

光盘中带有“ok”扩展名的文件或文件夹表示已完成的实例、范例或案例。

【本书约定】

◆ 本书中有关鼠标操作的简略表述说明如下。

- 单击：将鼠标指针移至某位置处，然后按一下鼠标的左键。
- 双击：将鼠标指针移至某位置处，然后连续快速地按两次鼠标的左键。
- 右击：将鼠标指针移至某位置处，然后按一下鼠标的右键。
- 单击中键：将鼠标指针移至某位置处，然后按一下鼠标的中键。
- 滚动中键：只是滚动鼠标的中键，而不是按下中键。
- 选择（选取）某对象：将鼠标指针移至某对象上，单击以选取该对象。



- 拖曳某对象：将鼠标指针移至某对象上，然后按下鼠标的左键不放，同时移动鼠标，将该对象移动到指定的位置后再松开鼠标的左键。
 - 本书所有涉及的参数，限于软件的特殊性，一律与对应图一致，作为正体表述。
- ◆ 本书中的操作步骤分为“任务”和“步骤”两个级别，说明如下。
- 对于一般的软件操作，每个操作步骤以 **步骤 01** 开始。例如，下面是草绘环境中绘制矩形操作步骤的表述：
 - ☑ **步骤 01** 单击“Draw”栏中的  **Rectangle** 按钮。
 - ☑ **步骤 02** 定义矩形的第一个角点。在图形区某位置单击，放置矩形的一个角点，然后将该矩形拖至所需大小。
 - ☑ **步骤 03** 定义矩形的第二个角点。再次单击，放置矩形的另一个角点。此时，系统即在两个角点间绘制一个矩形。
 - 视每个“步骤”操作的复杂程度，下面可含有多级子操作。例如，**步骤 01** 下可能包含 (1)、(2)、(3) 等子操作，(1) 子操作下可能包含 ①、②、③ 等子操作，① 子操作下可能包含 a)、b)、c) 等子操作。
 - 对于多个任务的操作，则每个“任务”冠以 **任务 01**、**任务 02**、**任务 03** 等，每个“任务”操作下则包含“步骤”级别的操作。
 - 由于已建议读者将随书光盘中的所有文件复制到计算机硬盘的 D 盘中，所以书中在要求设置工作目录或打开光盘文件时，所述的路径均以“D:”开始。

【技术支持】

本书主编和参编人员均来自北京兆迪科技有限公司，该公司专门从事 ANSYS 技术的研究、开发、咨询及产品设计与制造服务，并提供 UG、CATIA、Creo、Adams 等软件的专业培训及技术咨询。读者在学习本书的过程中如果遇到问题，可通过访问该公司的网站 <http://www.zalldy.com> 来获得技术支持。

咨询电话：010-82176248，010-82176249。

目 录

第 1 章	ANSYS Workbench14.0 基础	1
1.1	ANSYS Workbench14.0 功能详解	1
1.2	ANSYS Workbench 14.0 软件安装与启动	2
1.2.1	ANSYS Workbench14.0 软件安装一般过程	2
1.2.2	ANSYS Workbench14.0 软件的启动	8
1.3	ANSYS Workbench14.0 操作界面	9
1.4	ANSYS Workbench 分析项目列表操作	12
1.4.1	新建分析项目列表	12
1.4.2	项目列表常用操作	17
1.5	ANSYS Workbench 线性静态结构分析流程	19
1.6	ANSYS Workbench 文件操作与管理	20
1.6.1	文件操作	20
1.6.2	文件管理	21
第 2 章	ANSYS Workbench 基础操作	24
2.1	概述	24
2.2	设计数据管理	24
2.2.1	设计数据管理用户界面	24
2.2.2	定义新材料	28
2.2.3	材料数据库管理器	29
2.2.4	定义新材料库	31
2.3	设计参数设置	33
2.3.1	概述	33
2.3.2	参数设置操作	36
2.4	几何属性设置	40
2.4.1	导入几何体	40
2.4.2	几何体属性	41
2.5	单位系统	42
2.5.1	设置单位系统	42
2.5.2	新建单位系统	43
2.6	选择工具介绍	44
2.6.1	一般选择工具	44
2.6.2	命名选择工具	46
2.7	坐标系	51
第 3 章	Design Modeler 几何建模	54
3.1	Design Modeler 几何建模基础	54
3.1.1	Design Modeler 建模平台介绍	54
3.1.2	Design Modeler 鼠标及键盘操作	58
3.2	二维草图绘制	58
3.2.1	定义草图平面	58

3.2.2	进入与退出草图绘制模式	63
3.2.3	草图的设制	63
3.2.4	草图的绘制	64
3.2.5	草图修改	69
3.2.6	草图尺寸标注	75
3.2.7	草图约束	80
3.3	几何体建模	82
3.3.1	基本体素建模	82
3.3.2	拉伸	85
3.3.3	特征操作与编辑	90
3.3.4	旋转	92
3.3.5	圆角	92
3.3.6	倒斜角	95
3.3.7	抽壳/曲面	96
3.3.8	扫描	97
3.3.9	混合	98
3.4	几何体操作（基础）	99
3.4.1	阵列	99
3.4.2	体操作	102
3.4.3	布尔运算	106
3.4.4	删除面	109
3.5	几何体操作（高级）	110
3.5.1	冻结与解冻	110
3.5.2	提取中面	111
3.5.3	对称	112
3.5.4	延伸曲面	113
3.5.5	修补曲面	114
3.5.6	合并曲面	115
3.6	常用分析工具	116
3.7	概念建模	117
3.7.1	创建线体	117
3.7.2	创建面体	120
3.7.3	横截面	122
3.8	几何建模综合应用一	123
3.9	几何建模综合应用二	125
3.10	几何建模综合应用三	127
第4章	载荷与约束的定义	133
4.1	定义约束	133
4.1.1	固定约束	133
4.1.2	强迫位移	134
4.1.3	远程位移	135
4.1.4	无摩擦约束	136
4.1.5	仅压缩约束	137
4.1.6	圆柱面约束	138
4.1.7	简支约束	138
4.1.8	固定旋转	139
4.1.9	弹性支撑	140
4.2	载荷定义	141

4.2.1 惯性载荷	141
4.2.2 结构载荷	144
第 5 章 网格划分技术	153
5.1 ANSYS Workbench14.0 网格划分基础	153
5.1.1 ANSYS 网格划分平台	153
5.1.2 ANSYS Workbench 网格划分用户界面	154
5.1.3 网格划分方法介绍	155
5.1.4 ANSYS Workbench 网格划分一般流程	159
5.2 全局网格控制	159
5.2.1 划分网格	159
5.2.2 全局网格参数设置	160
5.2.3 全局网格参数设置综合应用	166
5.3 局部网格控制	168
5.3.1 方法控制	168
5.3.2 尺寸控制	175
5.3.3 接触尺寸控制	178
5.3.4 加密网格控制	179
5.3.5 面映射控制	180
5.3.6 匹配控制	183
5.3.7 简化控制	184
5.3.8 分层网格控制	185
5.4 网格检查工具	186
5.5 网格划分综合应用一	194
5.6 网格划分综合应用二	195
第 6 章 ANSYS Workbench 求解与结果后处理	198
6.1 求解选项	198
6.2 求解与后处理结果	199
6.3 结果后处理工具	202
6.3.1 结果工具栏	202
6.3.2 剖截面	209
6.4 分析报告	210
6.4.1 创建结果图解报告	210
6.4.2 创建分析报告	213
第 7 章 静态结构分析问题详解	215
7.1 静力结构分析基础	215
7.2 静力结构分析流程	216
7.3 杆系与梁系结构分析	218
7.3.1 分析问题概述	218
7.3.2 杆系与梁系结构分析一般流程	219
7.4 薄壳结构问题分析	223
7.4.1 分析问题概述	223
7.4.2 薄壳结构分析一般流程	223
7.5 平面问题分析	225
7.5.1 分析问题概述	225
7.5.2 平面应力问题	225
7.5.3 平面应变问题	230
7.5.4 轴对称问题	236

7.6	接触问题分析	241
7.6.1	接触问题概述	241
7.6.2	接触类型介绍	241
7.6.3	壳接触分析	257
7.6.4	网格连接	260
7.7	结构分析实际综合应用一——滑动拨叉结构分析	263
7.8	结构分析实际综合应用二——厂房三角钢架结构分析	266
7.9	结构分析实际综合应用三——ABS 控制器钣金支架结构分析	271
7.10	结构分析实际综合应用四——锥形涨套传动器结构分析	274
7.11	结构分析实际综合应用五——钣金组件接触分析应用	278

第 1 章 ANSYS Workbench 14.0 基础

1.1 ANSYS Workbench 14.0 功能详解

ANSYS Workbench 是一款基于有限元法的工程仿真技术集成平台，由美国 ANSYS 公司于 2002 年首先推出。ANSYS Workbench 继承了 ANSYS Mechanical APDL 界面在有限元仿真分析上的绝大部分强大功能，其最大变化是提供了全新的“项目视图”（Project Schematic）功能，将整个仿真流程紧密地结合在一起，通过简单的拖拽操作即可完成复杂的多物理场分析流程；其所提供的 CAD 双向参数链接互动、项目数据自动更新机制、全新的参数、无缝集成的优化设计工具等，使 ANSYS 在“仿真驱动产品设计”方面达到了前所未有的高度。

同时，ANSYS Workbench 平台还可以作为一个应用开发框架，提供项目全脚本、报告、用户界面工具包和标准的数据接口。ANSYS Workbench 真正实现了集产品设计、仿真、优化功能于一身，可帮助设计人员在同一平台上完成产品研发过程的所有工作，从而大大缩短了产品开发周期。

ANSYS Workbench 实际就是 ANSYS 各类求解器和功能应用的仿真设计管理集成平台，其工作台可组成各种不同的工程应用，ANSYS 家族中主要包括以下产品。

- ◆ ANSYS Workbench Application: 这实际上可认为是 ANSYS 产品的应用框架，如 CFD、结构力学、刚体动力学、电磁分析和优化设计等。
- ◆ Mechanical APDL: ANSYS 经典版即传统版，简称 MAPDL。
- ◆ ANSYS CFD: ANSYS 流体动力学软件，主要包括 CFX 和 FLUENT。
- ◆ ANSYS ICEM CFD: 带有前、后处理特征的网格划分软件。
- ◆ ANSYS AUTODYN: ANSYS 的显示动力学软件。
- ◆ ANSYS LS-DYNA: LSTC 的显示动力学软件，可在 ANSYS 中进行前、后处理。

ANSYS Workbench 14.0 整合现有的各种应用并将仿真过程集成在同一界面下。最新的 ANSYS Workbench 14.0 在 ANSYS Workbench 13.0 的基础上进一步提高和改进原有的框架，尤其扩展了 ANSYS 系列产品的集成与多物理场的耦合应用。ANSYS Workbench 14.0 的新增功能主要体现在以下三个方面。

1. 扩展了工程应用

- ◆ 提高了 CAD 模型的处理和划分网格的功能。
- ◆ 工作流程更加人性化。
- ◆ 提升了几何建模和协同仿真能力。
- ◆ MAPDL 和 ANSYS Workbench 的紧密集成。
- ◆ 复合材料分析更加方便。
- ◆ 加强了外部数据映射。
- ◆ 直接得到转子系统临界转速的坎贝尔图。
- ◆ 支持来自 MAPDL 求解器的最新管单元。
- ◆ 稳健的显式求解。
- ◆ 三维集成电路封装电子冷却流程的易用性。
- ◆ 加强了 ANSYS EKM 产品的功能和效率。
- ◆ ANSYS HFSS 与 ECAD 可直接连接, Slwave 的精确性和可用性亦得到了增强。

2. 复杂系统的仿真

- ◆ 加强了自动模拟仿真功能。
- ◆ 便于设置多物理场仿真。
- ◆ 新增了许多高级材料模型, 扩展了现有模块功能。
- ◆ 扩展低频、结构和流体耦合。
- ◆ 欧拉壁面液面模型和多分散流模拟。

3. HPC 驱动创新

- ◆ 加强了流体求解器与 HPC。
- ◆ 增强了旋转机械模拟。
- ◆ 优化了结构计算与 HPC。
- ◆ 能够准确地建立有限大阵列分析。
- ◆ 物理光学法求解。

1.2 ANSYS Workbench14.0 软件安装与启动

1.2.1 ANSYS Workbench14.0 软件安装一般过程

单机版的 ANSYS Workbench 14.0 在各种操作系统下的安装过程基本相同, 下面仅以 Windows XP Professional 为例, 说明其安装过程。

任务 01 进入安装界面

步骤 01 ANSYS Workbench 14.0 软件有两张安装光盘，先将安装光盘放入光驱内（如果已将系统安装文件复制到硬盘上，可双击系统安装目录下的 `setup.exe` 文件），等待片刻后，弹出图 1.2.1 所示的安装管理器对话框。

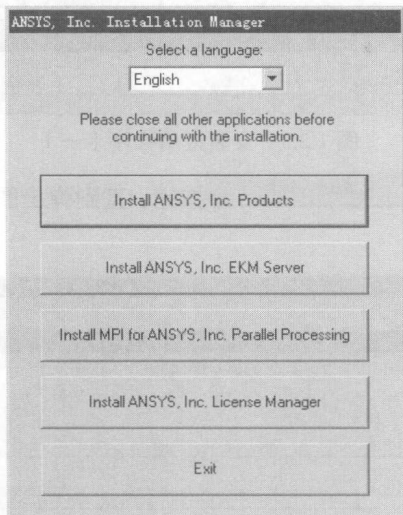


图 1.2.1 安装管理器对话框

步骤 02 单击“安装管理器”对话框中的 `Install ANSYS, Inc. Products` 按钮，弹出图 1.2.2 所示的对话框，在该对话框中选中 ☒ `I AGREE` 选项，接受许可证协议。

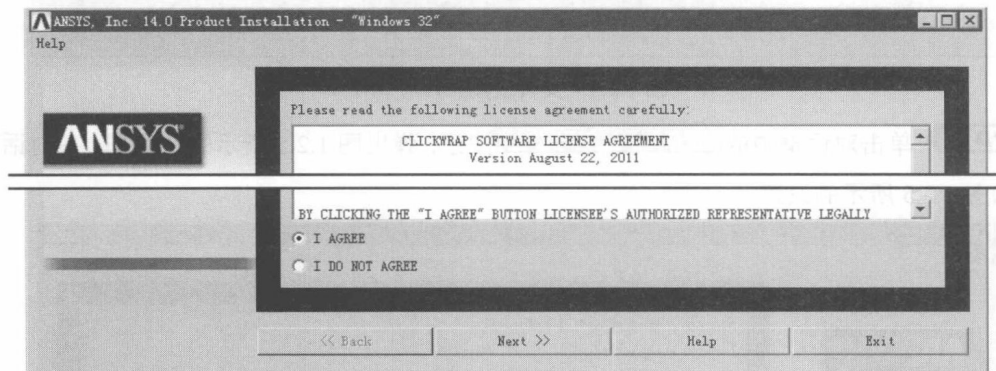


图 1.2.2 接受许可证协议

任务 02 安装应用程序

步骤 01 单击对话框中的 `Next >>` 按钮，弹出图 1.2.3 所示的对话框，在该对话框中选中所有复选框。

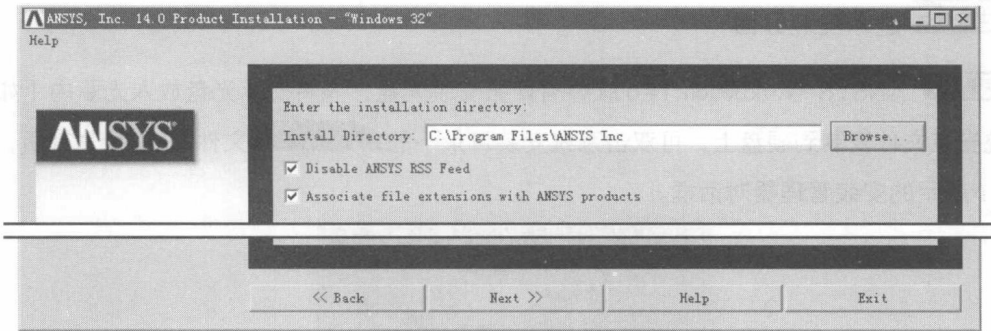


图 1.2.3 安装应用程序 (一)

步骤 02 单击对话框中的 **Next >>** 按钮, 直到弹出图 1.2.4 所示的对话框, 在对话框中进行如图 1.2.4 所示的设置。

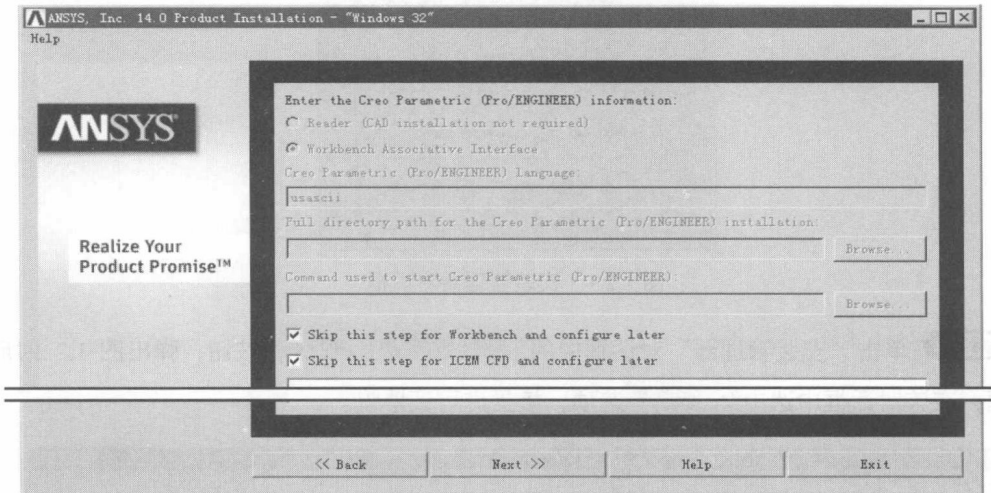


图 1.2.4 安装应用程序 (二)

步骤 03 单击对话框中的 **Next >>** 按钮, 弹出图 1.2.5 所示的对话框, 在对话框中进行如图 1.2.5 所示的设置。

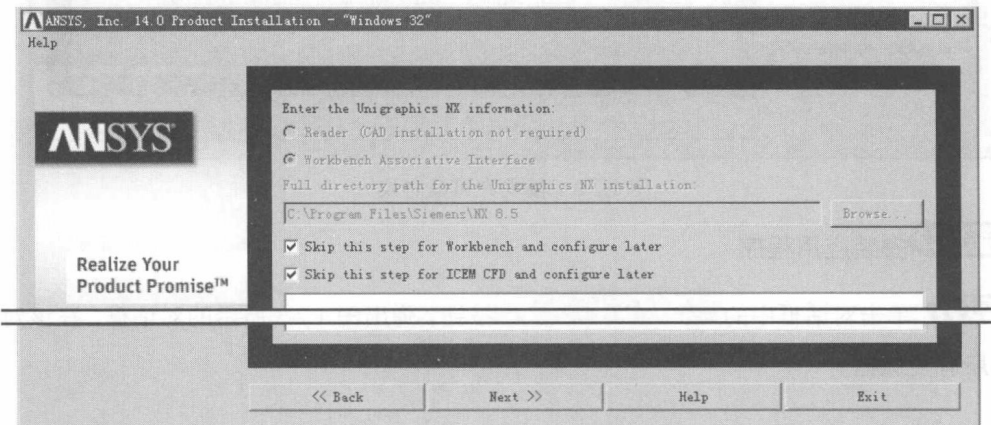


图 1.2.5 安装应用程序 (三)

步骤 04 单击对话框中的 **Next >>** 按钮，在弹出的对话框中分别选中 ☒ **Skip and configure later** 复选框，继续单击 **Next >>** 按钮，直到弹出图 1.2.6 所示的对话框。

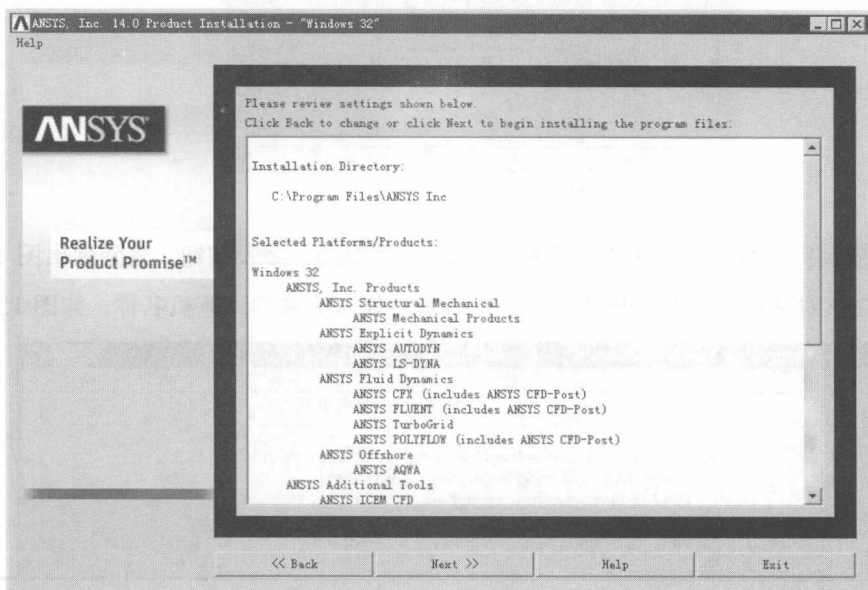


图 1.2.6 安装应用程序（四）

任务 03 安装

步骤 01 单击对话框中的 **Next >>** 按钮，弹出图 1.2.7 所示的对话框，开始对主程序进行安装，这需要一定的安装时间。

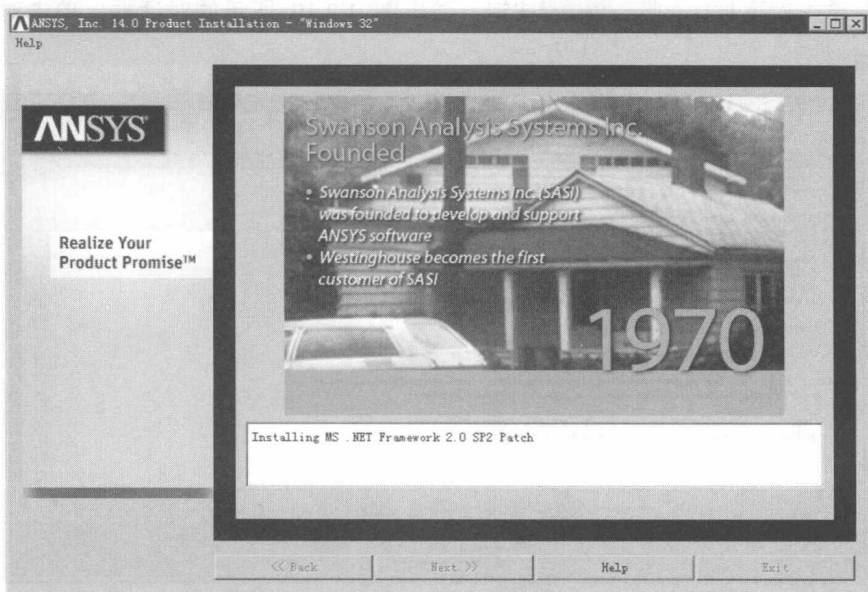


图 1.2.7 安装（一）

步骤 02 系统安装完第一张光盘后，弹出图 1.2.8 所示的对话框，单击对话框中的 **Browse...** 按钮，添加第二张光盘，单击 **OK** 按钮，系统继续安装主程序。

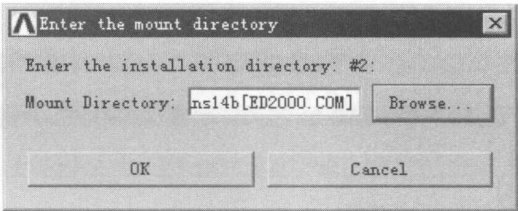


图 1.2.8 安装（二）

步骤 03 安装完主程序后，单击对话框中的 **Next >>** 按钮，直到弹出图 1.2.9 所示的对话框，在该对话框中的 **Hostname 1:** 下的文本框中输入完整的计算机名称，如图 1.2.9 所示。

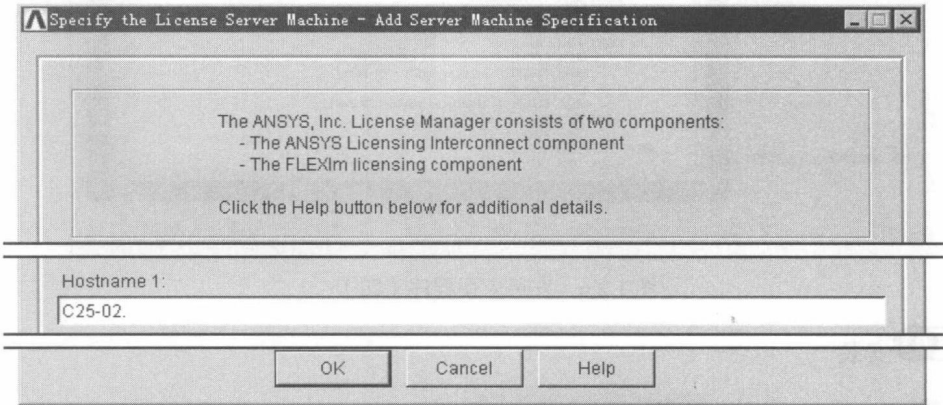


图 1.2.9 安装（三）

步骤 04 单击对话框中的 **OK** 按钮，弹出图 1.2.10 所示的对话框，单击对话框中的 **Exit** 按钮。

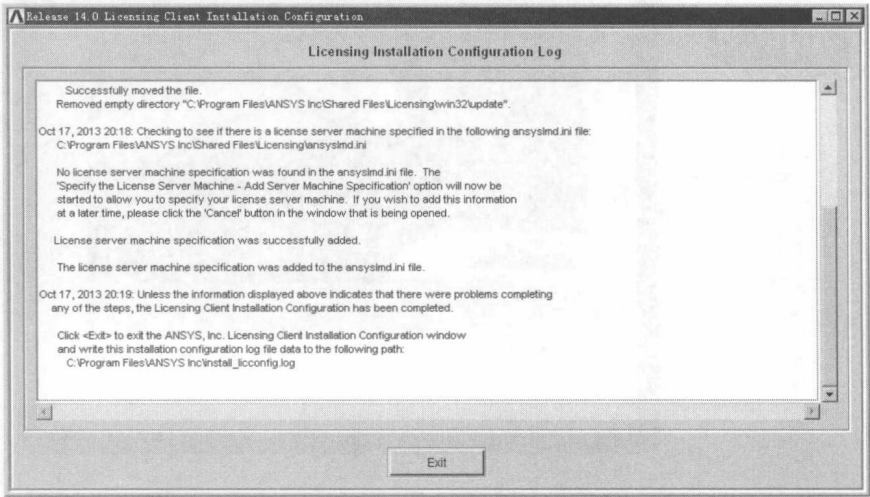


图 1.2.10 安装（四）

步骤 05 采用系统默认设置，分别单击 **Next >>** 按钮，直到弹出图 1.2.11 所示的对话框，单击该对话框中的 **Finish** 按钮，完成主程序的安装，返回初始安装界面。

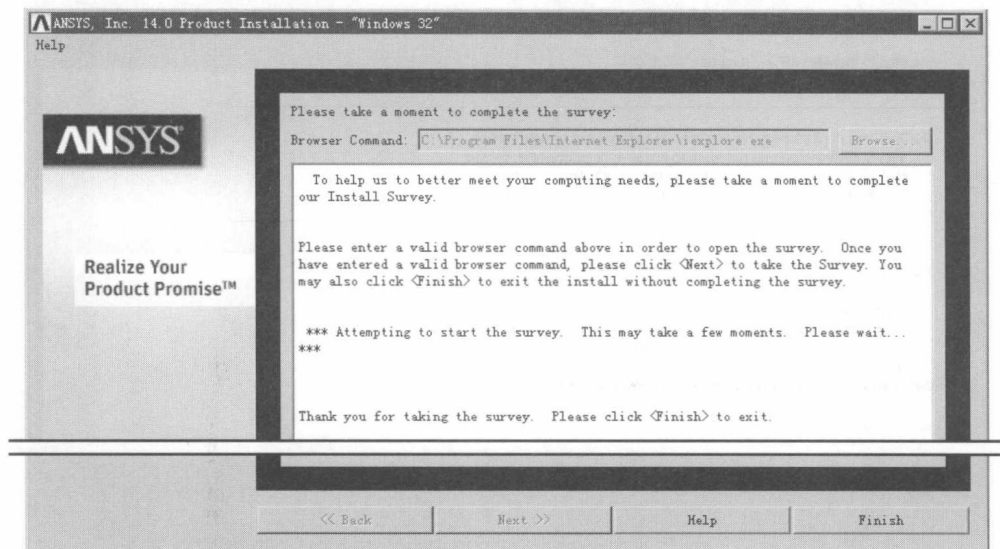


图 1.2.11 安装（五）

任务 04 安装许可证文件

步骤 01 单击“安装管理器”对话框中的 **Install ANSYS, Inc. License Manager** 按钮，弹出图 1.2.12 所示的对话框，单击对话框中的 **OK** 按钮，在弹出的对话框中选中 ☒ **I AGREE** 选项，接受许可证协议。



图 1.2.12 安装许可证文件（一）

步骤 02 采用系统默认设置，分别单击 **Next >>** 按钮，直到弹出安装界面，安装完成后继续单击 **Next >>** 按钮，然后单击对话框中的 **Exit** 按钮，弹出图 1.2.13 所示的对话框，单击 **Continue** 按钮，找到安装目录中的 **MAGNITUDE** 文件夹，将其复制到计算机的任意位置（如桌面），找到并单击其中的 **AP14_Calc**，打开图 1.2.14 所示的窗口。

步骤 03 在窗口指定位置输入 **y**，并按回车键，然后按任意键关闭该窗口，此时系统在 **MAGNITUDE** 文件夹中生成了一个名为 **license** 的文件，单击对话框中的 **Continue** 按钮，在打