

一线资深工程师教你学CAD/CAE/CAM丛书

附视频光盘



含语音讲解

ANSYS Workbench 19.0 结构分析 从入门到精通

北京兆迪科技有限公司 编著

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

ANSYS
Workbench

一线资深工程师教你学 CAD/CAE/CAM 丛书

ANSYS Workbench 19.0 结构分析从入门到精通

北京兆迪科技有限公司 编著



机械工业出版社

前 言

本书是 ANSYS Workbench 19.0 结构分析从入门到精通，其特色如下。

- ◆ **内容全面。**涵盖了 ANSYS Workbench 19.0 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，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和实例教学视频（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。**使读者能够独立地学习和运用 ANSYS Workbench 19.0 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，包括了大量 ANSYS 应用技巧和具有针对性实例的教学视频，可以帮助读者轻松、高效地学习。

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、刘海起、魏俊岭、任慧华、詹路、冯元超、刘江波、周涛、侯俊飞、龙宇、詹棋、高政、孙润、詹超、尹佩文、赵磊、高策、冯华超、周思思、黄光辉、詹聪、平迪、李友荣。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。

本书随书光盘中含有“读者意见反馈卡”的电子文档，请读者认真填写本反馈卡，并 E-mail 给我们。E-mail: 兆迪科技 zhanygjames@163.com, 丁锋 fengfener@qq.com。咨询电话：010-82176248, 010-82176249。

编 者

读者回馈活动：

为了感谢广大读者对兆迪科技图书的信任与支持，兆迪科技针对读者推出“免费送课”活动，即日起读者凭有效购书证明，即可领取价值 100 元的在线课程代金券 1 张，此券可在兆迪科技网校（<http://www.zalldy.com/>）免费换购在线课程 1 门。活动详情可以登录兆迪科技网校或者关注兆迪公众号查看。



兆迪网校



兆迪公众号

本书导读

为了能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 19.0 版。

【写作计算机系统】

本书使用的操作系统为 Windows 7 专业版，系统主题采用 Windows 经典主题。

【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 an19.0 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。

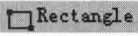
【本书约定】

◆ 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”“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

本书是根据北京兆迪科技有限公司给国内外一些著名公司（含国外独资和合资公司）编写的培训教案整理而成的，具有很强的实用性，其编写人员均来自北京兆迪科技有限公司。该公司专门从事CAD/CAM/CAE技术的研究、开发、咨询及产品设计与制造服务，并提供ANSYS、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校<http://www.zalldy.com/>来获得技术支持。

为了感谢广大读者对兆迪科技图书的信任与厚爱，兆迪科技面向读者推出免费送课、光盘下载、最新图书信息咨询、与主编在线直播互动交流等服务。

- 免费送课。读者凭有效购书证明，可领取价值100元的在线课程代金券1张，此券可在兆迪科技网校（<http://www.zalldy.com/>）免费换购在线课程1门，活动详情可以登录兆迪网校查看。
 - 光盘下载。本书随书光盘中的所有文件已经上传至网络，如果您的随书光盘丢失或损坏，可以登录网站<http://www.zalldy.com/page/book>下载。
- 咨询电话：010-82176248，010-82176249。

目 录

前言

本书导读

第 1 章 ANSYS Workbench 19.0 基础	1
1.1 ANSYS Workbench 19.0 功能详解.....	1
1.2 ANSYS Workbench 19.0 软件安装与启动.....	2
1.2.1 ANSYS Workbench19.0 软件安装一般过程.....	2
1.2.2 ANSYS Workbench19.0 软件的启动.....	6
1.3 ANSYS Workbench19.0 操作界面.....	7
1.4 ANSYS Workbench 分析项目列表操作.....	9
1.4.1 新建分析项目列表.....	10
1.4.2 项目列表常用操作.....	15
1.5 ANSYS Workbench 线性静态结构分析流程.....	17
1.6 ANSYS Workbench 文件操作与管理.....	17
1.6.1 文件操作.....	17
1.6.2 文件管理.....	19
第 2 章 ANSYS Workbench 基础操作	22
2.1 概述.....	22
2.2 设计数据管理.....	22
2.2.1 设计数据管理用户界面.....	22
2.2.2 定义新材料.....	26
2.2.3 材料数据库管理器.....	27
2.2.4 定义新材料库.....	29
2.3 设计参数设置.....	31
2.3.1 概述.....	31
2.3.2 参数设置操作.....	34
2.4 几何属性设置.....	39
2.4.1 导入几何体.....	39
2.4.2 几何体属性.....	39
2.5 单位系统.....	41
2.5.1 设置单位系统.....	41
2.5.2 新建单位系统.....	42
2.6 选择工具介绍.....	43
2.6.1 一般选择工具.....	43
2.6.2 命名选择工具.....	45
2.7 坐标系.....	50
第 3 章 DesignModeler 几何建模.....	53
3.1 DesignModeler 几何建模基础.....	53
3.1.1 DesignModeler 建模平台介绍.....	53
3.1.2 DesignModeler 鼠标操作.....	56
3.2 二维草图绘制.....	57



3.2.1	定义草图平面.....	57
3.2.2	进入与退出草图绘制模式.....	61
3.2.3	草绘的设置.....	61
3.2.4	草图的绘制.....	62
3.2.5	草图修改.....	67
3.2.6	草图尺寸标注.....	74
3.2.7	草图约束.....	79
3.3	几何体建模.....	80
3.3.1	基本体素建模.....	80
3.3.2	拉伸.....	83
3.3.3	特征操作与编辑.....	88
3.3.4	旋转.....	90
3.3.5	圆角.....	91
3.3.6	倒斜角.....	93
3.3.7	抽壳/曲面.....	94
3.3.8	扫描.....	96
3.3.9	混合.....	97
3.4	几何体操作(基础).....	97
3.4.1	阵列.....	97
3.4.2	体操作.....	100
3.4.3	布尔运算.....	104
3.4.4	删除面.....	106
3.5	几何体操作(高级).....	107
3.5.1	冻结与解冻.....	107
3.5.2	提取中面.....	109
3.5.3	对称.....	110
3.5.4	延伸曲面.....	111
3.5.5	修补曲面.....	112
3.5.6	合并曲面.....	113
3.6	常用分析工具.....	113
3.7	概念建模.....	115
3.7.1	创建线体.....	115
3.7.2	创建面体.....	118
3.7.3	横截面.....	120
3.8	几何建模综合应用一.....	122
3.9	几何建模综合应用二.....	123
3.10	几何建模综合应用三.....	126
第4章	定义约束与载荷.....	132
4.1	定义约束.....	132
4.1.1	固定约束.....	132
4.1.2	强迫位移.....	133
4.1.3	远程位移.....	134
4.1.4	无摩擦约束.....	135
4.1.5	仅压缩约束.....	136
4.1.6	圆柱面约束.....	136
4.1.7	简支约束.....	137
4.1.8	固定旋转.....	138
4.1.9	弹性支撑.....	139

4.2	载荷定义.....	140
4.2.1	惯性载荷.....	140
4.2.2	结构载荷.....	143
第5章	网格划分.....	152
5.1	ANSYS Workbench 19.0 网格划分基础.....	152
5.1.1	ANSYS 网格划分平台.....	152
5.1.2	ANSYS Workbench 网格划分用户界面.....	153
5.1.3	网格划分方法介绍.....	154
5.1.4	ANSYS Workbench 网格划分一般流程.....	158
5.2	全局网格控制.....	158
5.2.1	划分网格.....	158
5.2.2	全局网格参数设置.....	159
5.2.3	全局网格参数设置综合应用.....	165
5.3	局部网格控制.....	167
5.3.1	方法控制.....	167
5.3.2	尺寸控制.....	174
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.....	196
第6章	ANSYS Workbench 求解与结果后处理.....	198
6.1	求解选项.....	198
6.2	求解与结果后处理.....	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.....	211
6.4.1	创建结果图解报告.....	211
6.4.2	创建分析报告.....	213
第7章	静态结构分析问题详解.....	216
7.1	静力结构分析基础.....	216
7.2	静力结构分析流程.....	217
7.3	杆系与梁系结构分析.....	220
7.3.1	分析问题概述.....	220
7.3.2	杆系与梁系结构分析一般流程.....	220
7.4	薄壳结构问题分析.....	225
7.4.1	分析问题概述.....	225
7.4.2	薄壳结构分析一般流程.....	225
7.5	平面问题分析.....	228
7.5.1	分析问题概述.....	228
7.5.2	平面应力问题.....	228
7.5.3	平面应变问题.....	235

7.6	接触问题分析.....	242
7.6.1	接触问题概述.....	242
7.6.2	接触类型介绍.....	242
7.6.3	壳接触分析.....	261
7.6.4	网格连接.....	264
7.7	结构分析实际综合应用一——滑动拨叉结构分析.....	267
7.8	结构分析实际综合应用二——厂房三角钢架结构分析.....	270
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.....	275
7.10	结构分析实际综合应用四——锥形涨套组件结构分析.....	278
7.11	结构分析实际综合应用五——钣金组件接触分析应用.....	282
第 8 章	非线性结构分析.....	289
8.1	非线性分析基础.....	289
8.2	几何非线性.....	289
8.2.1	网格控制.....	290
8.2.2	大变形.....	291
8.3	材料非线性.....	291
8.3.1	塑性材料.....	292
8.3.2	超弹性材料.....	294
8.4	接触非线性.....	299
8.5	非线性诊断.....	299
8.5.1	非线性收敛诊断.....	299
8.5.2	非线性诊断总结.....	301
8.6	非线性结构分析流程.....	301
第 9 章	ANSYS 结构分析实际综合应用.....	308
9.1	结构分析实际综合应用一——飞轮结构分析.....	308
9.2	结构分析实际综合应用二——3D 梁结构分析.....	312
9.3	结构分析实际综合应用三——汽车钣金件结构分析.....	320

第 1 章 ANSYS Workbench 19.0 基础

1.1 ANSYS Workbench 19.0 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软件，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，通过简单的拖曳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 实际上就是 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: 这实际上可以认为是 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 19.0 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 19.0 在 ANSYS Workbench 17.0 的基础上进一步提高和改进了原有的框架,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 19.0 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 求解器的最新管理单元。
- ◆ 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, SIwave 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 Workbench 19.0 软件安装与启动

1.2.1 ANSYS Workbench 19.0 软件安装一般过程

单机版的 ANSYS Workbench 19.0 在各种操作系统下的安装过程基本相同, 下面以 Win 7 系

统为例, 说明其安装过程。

任务 01 进入安装界面

步骤 01 ANSYS Workbench 19.0 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。

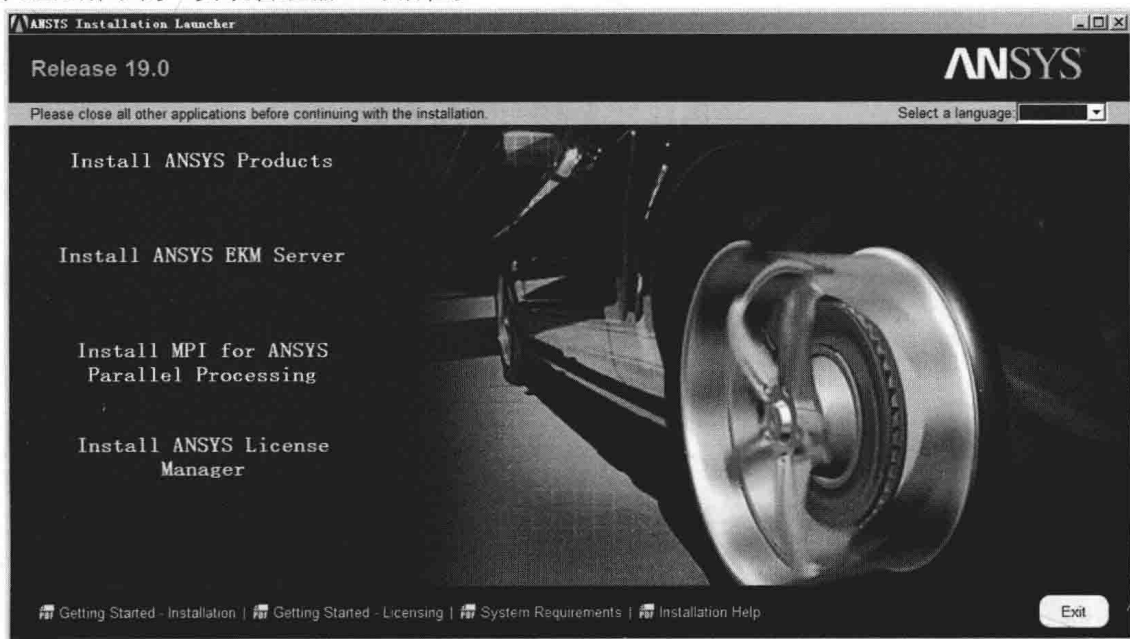


图 1.2.1 “安装管理器”对话框

步骤 02 单击“安装管理器”对话框中的 **Install ANSYS Products** 按钮, 弹出图 1.2.2 所示的接受许可证协议对话框, 在该对话框中选中 IAGREE 选项, 接受许可证协议。

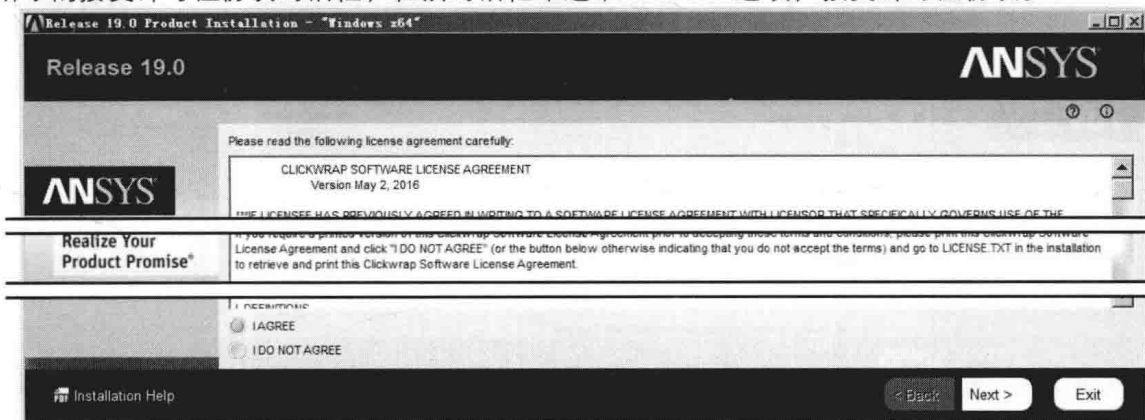


图 1.2.2 接受许可证协议

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, 在对话框中进行图 1.2.3

所示的设置。

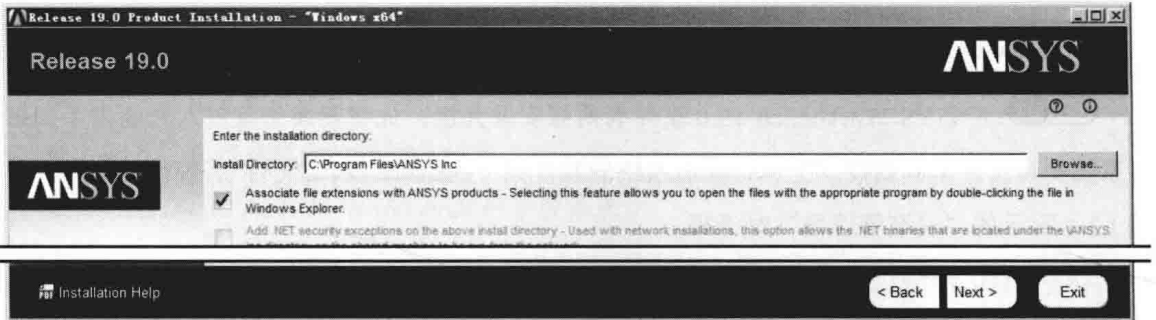


图 1.2.3 安装应用程序（一）

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。

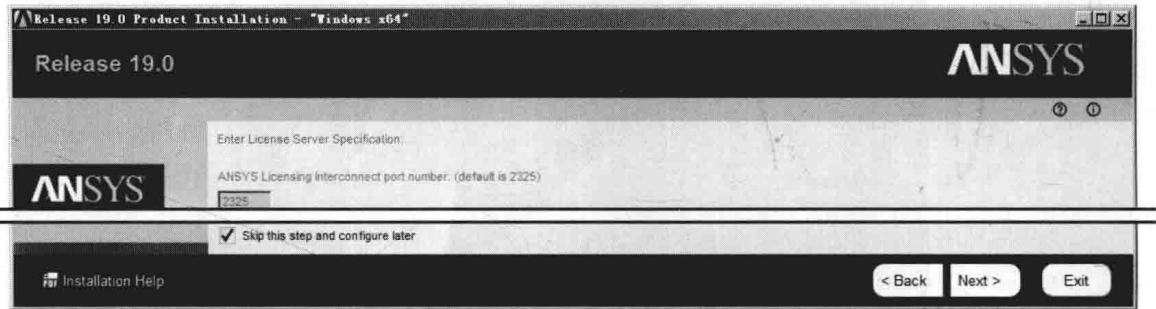


图 1.2.4 安装应用程序（二）

步骤 03 单击对话框中的 **Next >** 按钮，直到弹出图 1.2.5 所示的对话框，在对话框中选择安装所需的应用。

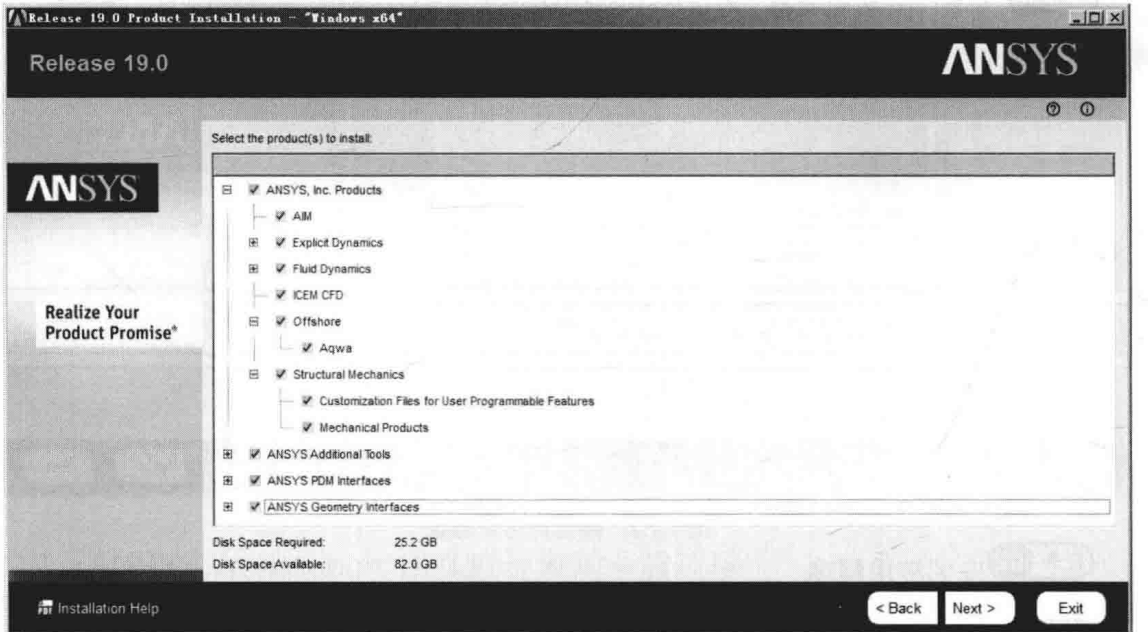


图 1.2.5 安装应用程序（三）

步骤 04 单击对话框中的 **Next >** 按钮，弹出图 1.2.6 所示的对话框，选中 **Skip all and configure later using Product & CAD Configuration Manager** 复选框，继续单击 **Next >** 按钮，直到弹出图 1.2.7 所示的对话框。

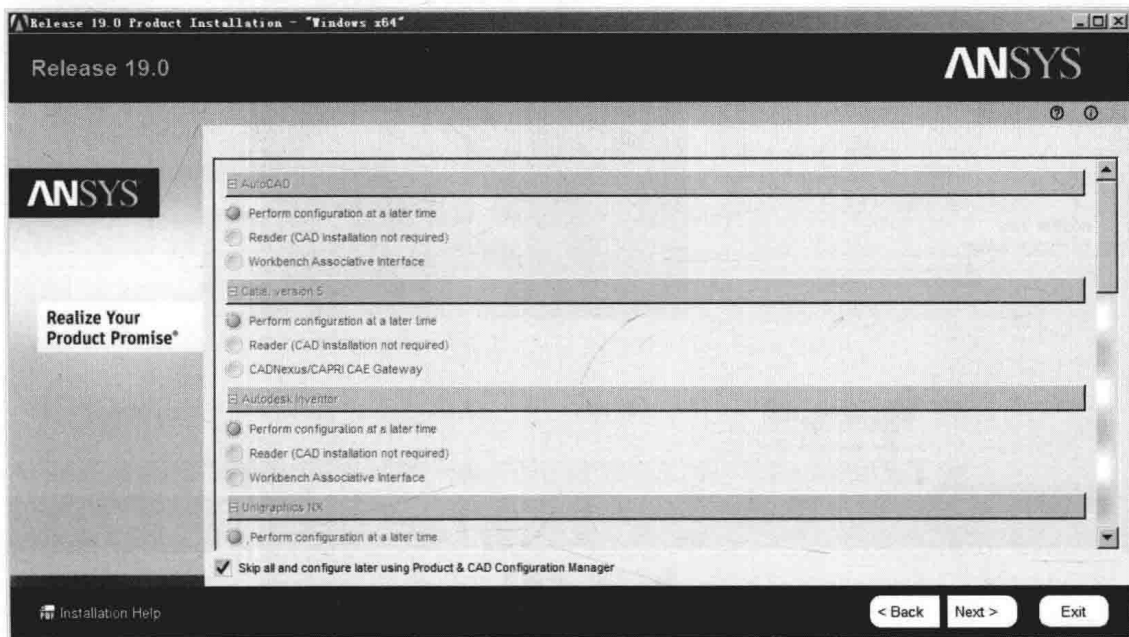


图 1.2.6 安装应用程序（四）

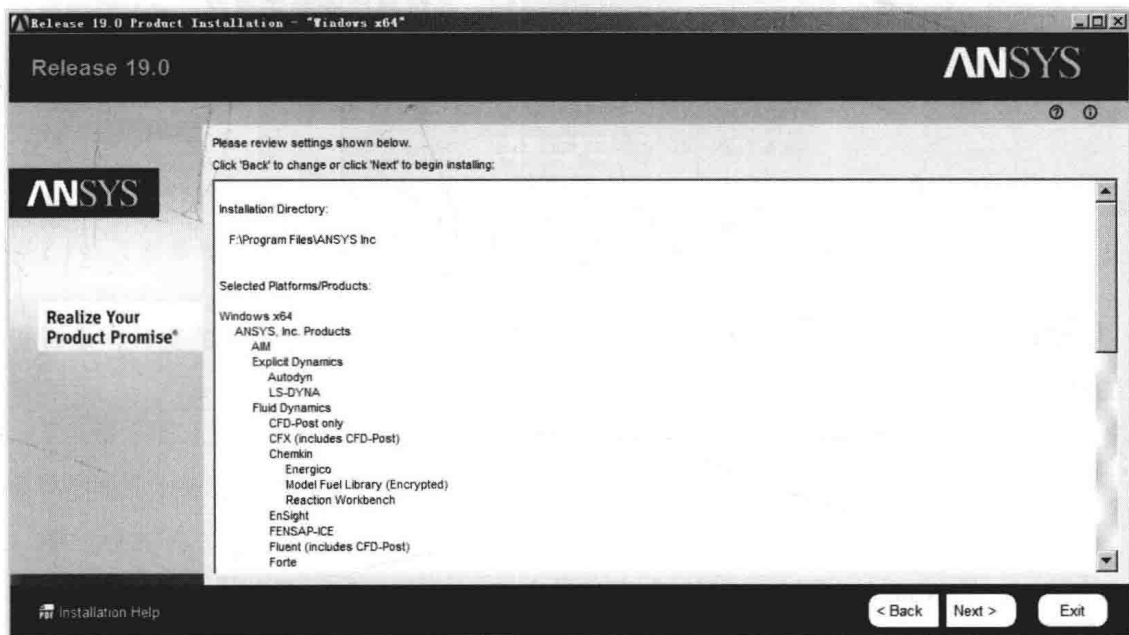


图 1.2.7 安装应用程序（五）

任务 03 安装

步骤 01 单击对话框中的 **Next >** 按钮，弹出图 1.2.8 所示的对话框，开始对主程序进行安装，

需要一定的安装时间。

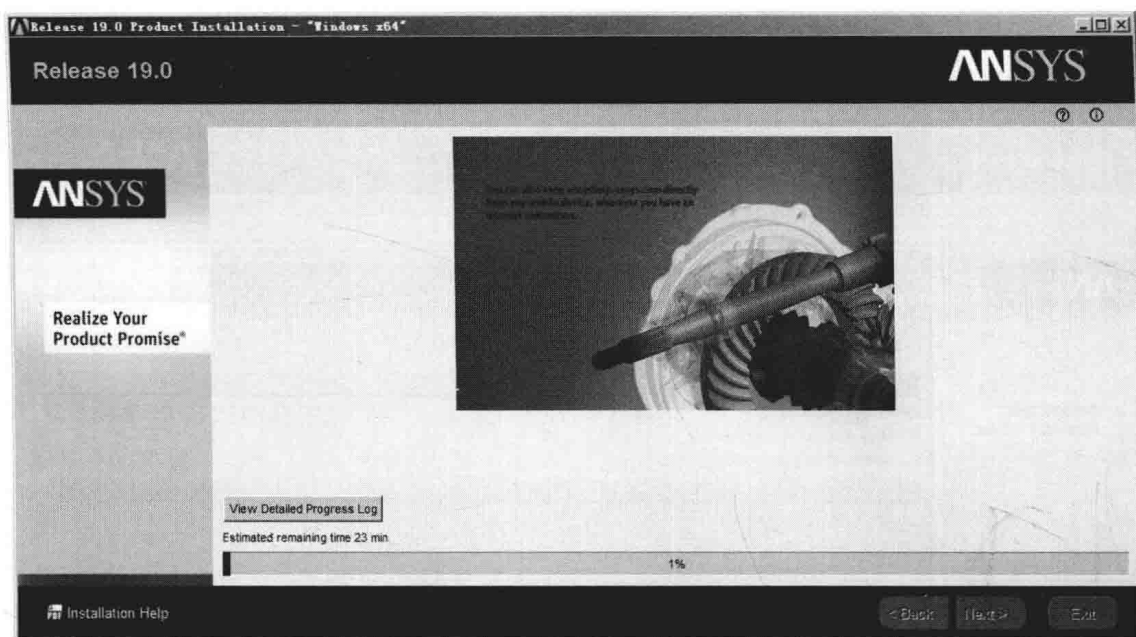


图 1.2.8 安装（一）

步骤 02 系统安装完第一张光盘后，弹出图 1.2.9 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。

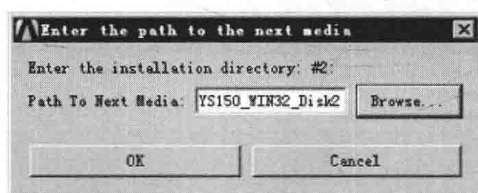


图 1.2.9 安装（二）

步骤 03 安装完主程序后，分别单击 **Next >** 和 **Exit** 按钮，完成主程序的安装，返回初始安装界面，最后单击 **Exit** 按钮，完成安装。

1.2.2 ANSYS Workbench 19.0 软件的启动

一般来说，有两种方法可启动 ANSYS Workbench 19.0。

方法一：从 Windows 系统的“开始”菜单进入 Workbench 19.0，具体操作方法如下所述。

步骤 01 单击 Windows 桌面左下角的 **开始** 按钮。

步骤 02 选择 **所有程序** → **ANSYS 19.0** → **Workbench 19.0** 命令，系统进入 Workbench 19.0 软件环境。

方法二：直接从 CAD 系统中进入 Workbench 19.0，下面介绍从 Solidworks 软件进入

Workbench 19.0 的具体操作方法 (图 1.2.10)。



图 1.2.10 直接从 CAD 系统进入 Workbench 19.0

在 Solidworks 界面中选择下拉菜单 **工具(T)** → **ANSYS 19.0** → **ANSYS Workbench** 命令, 即可进入 Workbench 19.0 软件环境。

1.3 ANSYS Workbench 19.0 操作界面

ANSYS Workbench 19.0 的用户界面主要由主菜单栏 (Main Menu Bar)、工具箱 (Toolbox)、项目视图区 (Project Schematic)、用户工具箱 (Customize Toolbox)、状态栏 (Status)、进程窗 (Progress Window) 和信息窗 (Message Window) 组成, 如图 1.3.1 所示。

1. 主菜单栏

主菜单栏包括文件 (File)、视图 (View)、工具 (Tools)、单位 (Units)、扩展 (Extensions)、作业 (Jobs) 和帮助 (Help) 七个菜单, 可以对软件进行各种应用设置和定制, 其中一些常用的命令直接提取到菜单栏中, 方便调用。

2. 工具箱

工具箱 (图 1.3.2) 显示的具体内容即用户所安装的产品项目, 其中的每一种产品项目都可以实现不同的分析需要。

- ◆ Analysis Systems: 通用分析模块。
- ◆ Component Systems: 用于创建各种不同的应用程序或用来扩展所分析的系统。
- ◆ Custom Systems: 用于预先定义耦合系统。
- ◆ Design Exploration: 用于优化和参数管理。

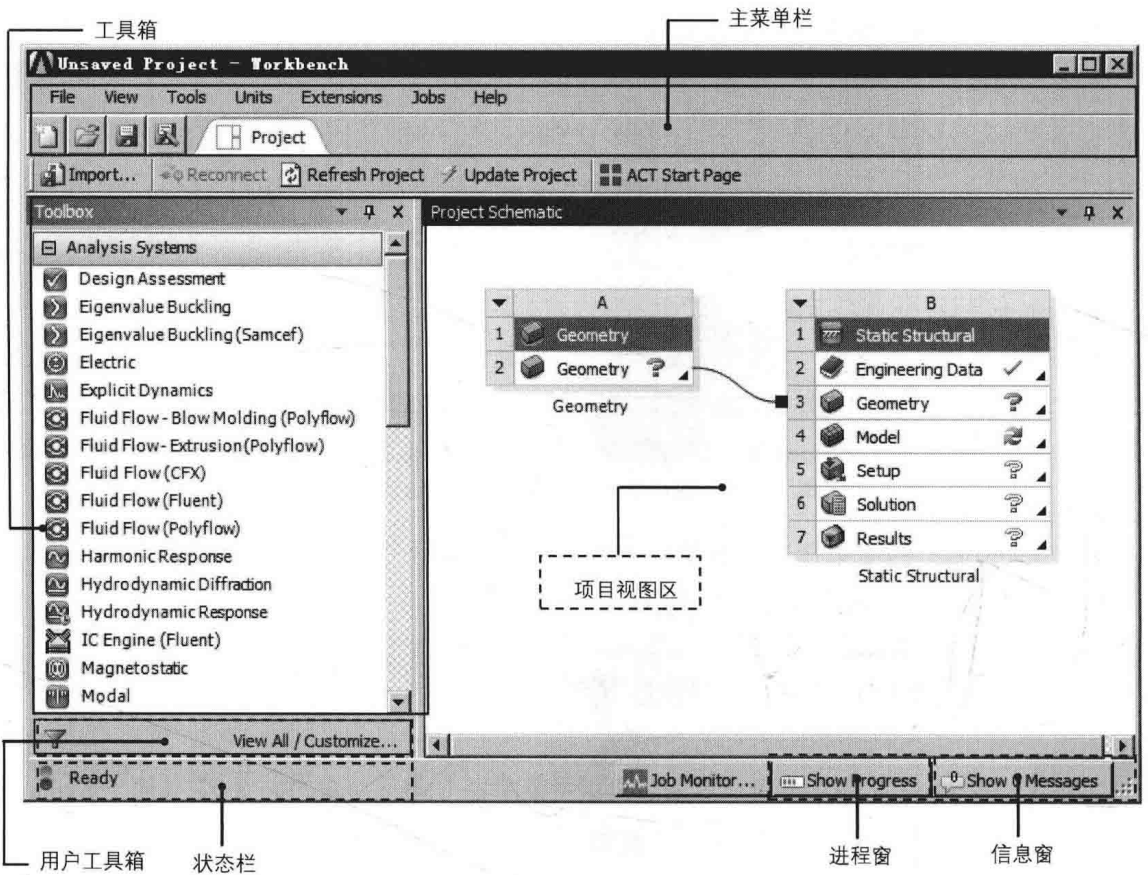


图 1.3.1 ANSYS Workbench 19.0 用户界面

3. 用户工具箱

通常情况下，用户工具箱窗口是关闭的，在工具箱底部单击 **View All / Customize...** 按钮，弹出图 1.3.3 所示的用户工具箱窗口，在窗口中选择任意项目图标，即可将其显示在工具箱中，方便以后的调用。单击工具箱底部的 **<< Back** 按钮，关闭用户工具箱。

4. 项目视图区

项目视图区中用一个图形代表所定义的一个或一组系统的工作流程，通常按照从左到右的顺序排列。在工具箱中双击或直接拖曳项目图标到项目视图区，即可创建一个分析项目。

ANSYS Workbench 19.0 项目列表中常见的一些项目图标及其含义见表 1.3.1。

5. 状态栏

状态栏显示了当前软件系统的工作状态。