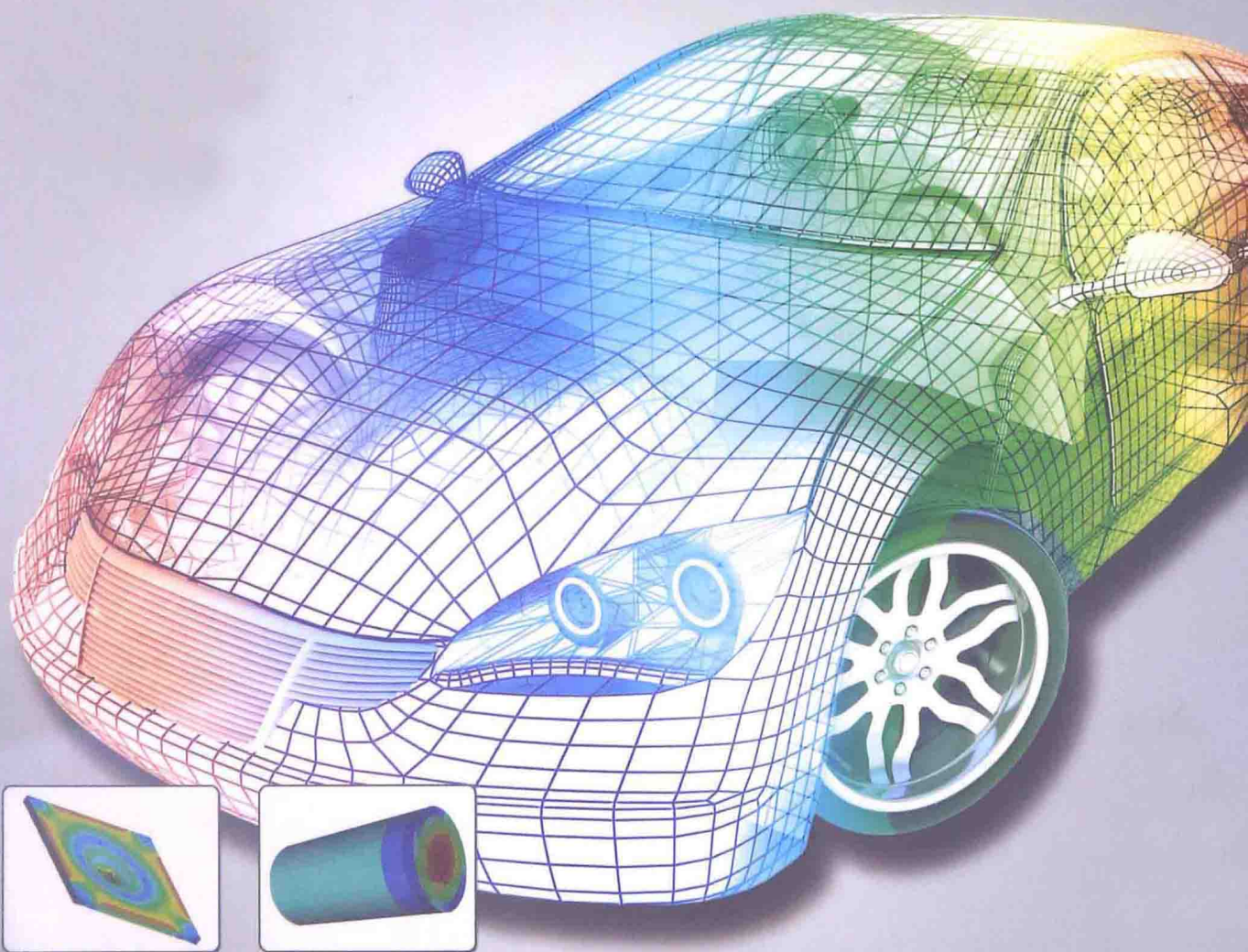


ANSYS Workbench 15.0

完全自学一本通

许进峰 编著

- 内容全面，涵盖ANSYS Workbench 15.0所有功能
- 工程实例丰富、讲解详尽，内容循序渐进、深入浅出
- 以练促学，60个操作案例，提高实战技能
- “基础知识+实用案例”的结构模式



电子工业出版社

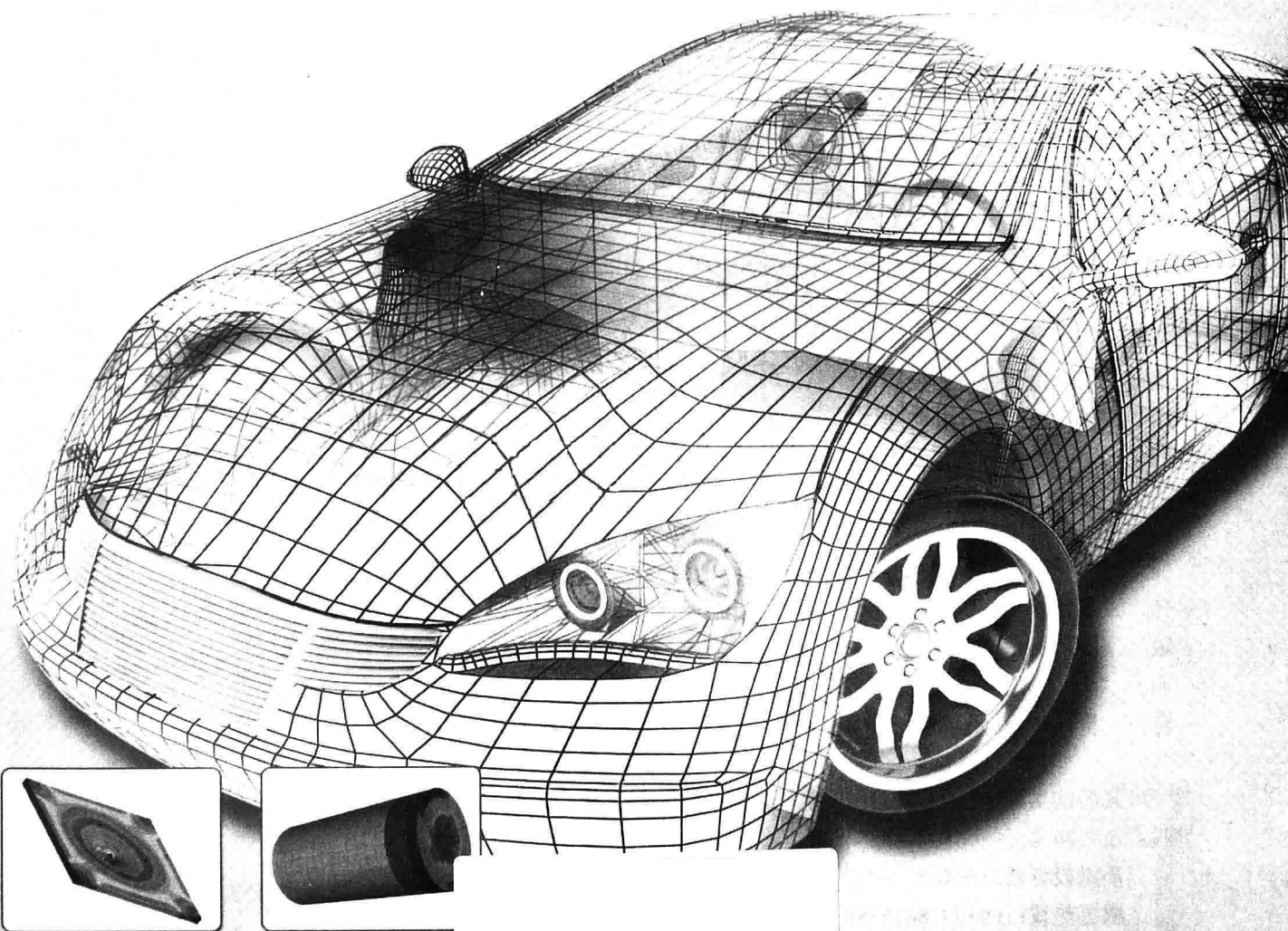
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>



包含书中部分案例程序
与操作文件

ANSYS Workbench 15.0 完全自学一本通

许进峰 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书针对 ANSYS 公司最新版有限元分析平台 Workbench 15.0, 详细介绍了软件的功能及应用。本书内容丰富且涉及领域范围广, 读者在掌握软件操作的同时, 也能掌握解决相关工程领域实际问题的思路与方法, 并能自如地解决本领域所出现的问题。

全书分为 6 篇共 26 章, 第 1 篇从有限元理论着手讲解有限元的控制方程以及 Workbench 平台的基础应用知识; 第 2 篇以基础范例为指导, 讲解在 Workbench 平台中进行静力学分析、模态分析、谐响应分析、响应谱分析、随机振动分析及瞬态动力学分析等; 第 3 篇作为进阶部分, 讲解接触分析、显示动力学分析、复合材料分析、疲劳分析及压电分析等; 第 4 篇以项目范例为指导, 讲解热力学分析、流体动力学分析及磁场分析等; 第 5 篇作为高级应用篇, 讲解结构优化分析、线性屈曲分析、APDL 编程及声学分析等; 第 6 篇主要讲解多物理场耦合分析, 包括电磁耦合、流固耦合、振动噪声等。

本书工程实例丰富、讲解详尽, 内容安排循序渐进、深入浅出, 适合不同基础的读者。本书适合理工类院校土木工程、机械工程、力学、电气工程等相关专业的高年级本科生、研究生及教师使用, 同时也可以作为相关工程技术人员从事工程研究的参考书。

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 15.0 完全自学一本通 / 许进峰编著. —北京: 电子工业出版社, 2014.9

ISBN 978-7-121-24095-9

I. ①A... II. ①许... 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 188075 号

责任编辑: 田 蕾

特约编辑: 赵海红

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

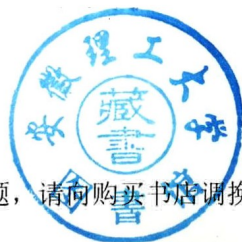
北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 50 字数: 1280 千字

版 次: 2014 年 9 月第 1 版

印 次: 2014 年 9 月第 1 次印刷

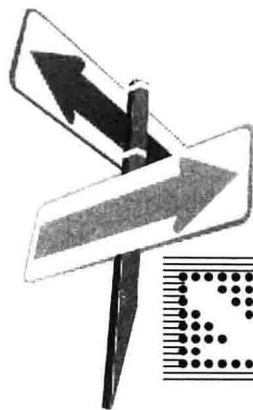
定 价: 99.80 元 (含光盘 1 张)



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 zltz@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 公司的 ANSYS Workbench 平台作为多物理场及优化分析平台，将流体市场占据份额最大的两家公司 FLUENT 及 CFX 软件集成起来，同时也将电磁行业分析标准的 Ansoft 系列软件集成到该平台中，并提供了软件之间的数据耦合，给用户提供了巨大的便利。

目前 ANSYS 公司的最新版 ANSYS Workbench 15.0 所提供的 CAD 双向参数链接互动、项目数据自动更新机制、全面的参数管理和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。

ANSYS Workbench 15.0 具有强大的结构、流体、热、电磁及其相互耦合分析的功能，除此之外，在 Workbench 15.0 平台中增加了电磁与谐响应分析耦合功能。通过该功能，用户能很容易地进行电机等电器产品的电磁振动分析，并通过 EXTENSION 模块加载噪声分析程序集进行噪声分析。

1. 本书特点

由浅入深，循序渐进：本书以初中级读者为对象，首先从有限元基本原理及 ANSYS Workbench 15.0 使用基础讲起，再辅以 ANSYS Workbench 15.0 在工程中的应用案例，帮助读者尽快掌握利用 ANSYS Workbench 15.0 进行有限元分析的技能。

步骤详尽，内容新颖：本书结合作者 ANSYS Workbench 15.0 使用经验与多年实际工程应用案例，将 ANSYS Workbench 15.0 软件的使用方法与技巧详细地讲解给读者。本书内容新颖，讲解过程辅以相应的图片，使读者在阅读时一目了然，从而快速掌握书中所讲内容。

实例典型，轻松易学：通过学习实际工程应用案例的具体操作是掌握 ANSYS Workbench 15.0 最好的方式。本书通过综合应用案例，透彻、详尽地讲解了 ANSYS Workbench 15.0 在各方面的应用。

2. 本书内容

本书在必要的理论概述的基础上，通过大量的典型案例对 Workbench 平台中的模块进行详细介绍，并结合实际工程与生活中的常见问题进行详细讲解，全书内容简洁、明快，给人以耳目一新的感觉。

本书分为 6 篇 26 章，主要介绍 ANSYS Workbench 15.0 平台在结构、电磁、热学、噪声、流体力学、压电材料、复合材料及疲劳分析等各个领域中的有限元分析及操作过程。

第 1 篇：本篇介绍有限元理论和 ANSYS Workbench 15.0 平台常用命令、几何建模与导入方法、网格划分及网格质量评价方法及结果后处理操作等方面的内容，共包括以下 4 章。

第 1 章：有限元分析基本理论

第 2 章：几何建模

第 3 章：网格划分

第 4 章：后处理

第 2 篇：本篇讲解 ANSYS Workbench 15.0 平台基础分析内容，包括结构静力学、结构模态分析、响应分析、随机振动分析及瞬态动力学分析等 6 个方面的内容，共包括以下 6 章。

第 5 章：结构静力学分析

第 6 章：模态分析

第 7 章：谐响应分析

第 8 章：响应谱分析

第 9 章：随机振动分析

第 10 章：瞬态动力学分析

第 3 篇：本篇为 ANSYS Workbench 15.0 进阶应用部分，主要介绍接触分析、显式动力学分析、复合材料分析、疲劳分析及压电分析等，共包括以下 5 章。

第 11 章：接触分析

第 12 章：显式动力学分析

第 13 章：复合材料分析

第 14 章：疲劳分析

第 15 章：压电分析

第 4 篇：本篇介绍 ANSYS Workbench 15.0 平台在磁场、热力学及流体动力学方面的内容，共包括以下 5 章。

第 16 章：稳态热分析

第 17 章：瞬态热分析

第 18 章：流体动力学分析

第 19 章：电场分析

第 20 章：磁场分析

第 5 篇：本篇介绍基于 ANSYS Workbench 15.0 平台的高级分析功能，包括结构优化、线性屈曲分析、APDL 编程与分析、声学分析及非线性分析等的内容，共包括以下 5 章。

第 21 章：结构优化分析

第 22 章：线性屈曲分析

第 23 章：APDL 编程与分析

第 24 章：声学分析

第 25 章：非线性分析

第 6 篇：本篇介绍基于 Workbench 15.0 平台的多物理场分析功能，包括电磁振动分析、电磁热分析、单双向流固耦合分析及电磁噪声分析等方面的内容，全部内容集中在以下 1 章中讲解。

第 26 章：多物理场耦合分析

说明：电磁分析模块(Maxwell)、疲劳分析模块(nCode)及复合材料分析模块(ANSYS ACP)需要读者单独安装；另外，本书部分章节的内容需要安装接口程序。

3. 光盘内容

该光盘主要包括案例模型与案例的操作文件，其中案例的模型文件与案例工程文件

同放于相关章节的目录中，以方便读者查询。

例如：第 24 章的第二个操作实例“实例 2——喇叭声学分析”的几何文件和工程项目管理文件放置在“光盘\Chapter24\Char24-2\”路径文件夹下。

4. 读者对象

本书适合于 ANSYS Workbench 15.0 初学者和期望提高有限元分析及建模仿真工程应用能力的读者，具体说明如下：

- ★ 相关从业人员
- ★ 大、中专院校的教师和在校生
- ★ 参加工作实习的“菜鸟”
- ★ 广大科研工作人员
- ★ 初学 ANSYS Workbench 15.0 的技术人员
- ★ 相关培训机构的教师和学员
- ★ ANSYS Workbench 15.0 爱好者
- ★ 初中级 ANSYS Workbench 15.0 从业人员

5. 读者服务

为了方便解决本书疑难问题，读者朋友在学习过程中遇到与本书有关的技术问题，可以发邮件到邮箱 caxart@126.com，或者访问博客 <http://blog.sina.com.cn/caxart>，编者会尽快给予解答，我们将竭诚为您服务。

6. 本书作者

本书由许进峰编著，另外丁金滨、白羽、王菁、王俊峰、王淑明、李岩、徐玉霞、何嘉扬、王伟、丁学英、张辉、武立军、刘浩、温正等也参与了本书的编写工作，在此一并表示感谢。

虽然作者在本书的编写过程中力求叙述准确、完善，但由于水平有限，书中欠妥之处在所难免，希望广大读者和同人能及时指出，共同促进本书质量的提高。

最后，再次希望本书能为读者的学习和工作提供帮助！

编著者

2014 年 8 月



目录

第 1 篇

第 1 章 有限元分析基本理论..... 1	1.4.3 梁的定义..... 42
1.1 有限元法发展综述..... 2	1.4.4 梁的有限元公式..... 43
1.1.1 有限元法的孕育过程及诞生 和发展..... 2	1.4.5 载荷矩阵..... 46
1.1.2 有限元法的基本思想..... 3	1.5 板的有限元方法..... 47
1.1.3 有限元的应用及其发展趋势..... 5	1.5.1 矩形单元..... 47
1.2 有限元分析基本理论..... 7	1.5.2 自然坐标..... 49
1.2.1 有限元分析的基本概念和计 算步骤..... 8	1.5.3 线性三角形单元..... 49
1.2.2 基于最小势能原理的有限 元法..... 14	1.6 应用实例..... 50
1.2.3 杆系结构的非线性分析理论..... 18	1.6.1 实例 1: 求解悬索的位移..... 50
1.2.4 稳定计算理论..... 27	1.6.2 实例 2: 求温度分布问题..... 52
1.3 工程问题的数学物理方程..... 30	1.7 本章小结..... 53
1.3.1 工程问题的数学物理方程 概述..... 31	第 2 章 几何建模..... 54
1.3.2 变分函数..... 34	2.1 Workbench 15.0 平台及模块..... 55
1.3.3 插值函数..... 35	2.1.1 Workbench 15.0 平台界面..... 55
1.3.4 形函数..... 35	2.1.2 菜单栏..... 56
1.3.5 刚度矩阵..... 35	2.1.3 工具栏..... 62
1.3.6 连通性..... 35	2.1.4 工具箱..... 63
1.3.7 边界条件..... 36	2.2 几何建模..... 67
1.3.8 圆柱坐标系中的问题..... 37	2.2.1 几何建模平台..... 67
1.3.9 直接方法..... 37	2.2.2 菜单栏..... 68
1.4 桁架与梁的有限元方法..... 38	2.2.3 工具栏..... 77
1.4.1 桁架的定义..... 38	2.2.4 常用命令栏..... 78
1.4.2 桁架的有限元公式..... 39	2.2.5 模型树..... 79
	2.2.6 几何建模实例——连接板..... 81
	2.3 本章小结..... 88
	第 3 章 网格划分..... 89
	3.1 网格划分概述..... 90
	3.1.1 网格划分适用领域..... 90
	3.1.2 网格划分方法..... 90

CONTENTS

3.1.3	网格默认设置	93	5.1.1	线性静力分析	151
3.1.4	网格尺寸设置	95	5.1.2	线性静力分析流程	152
3.1.5	网格膨胀层设置	98	5.1.3	线性静力分析基础	152
3.1.6	网格 Patch Conforming 选项	99	5.2	实例 1——实体静力分析	152
3.1.7	网格高级选项	99	5.2.1	问题描述	153
3.1.8	网格损伤设置	100	5.2.2	启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	153
3.1.9	网格评估统计	101	5.2.3	导入创建几何体	153
3.2	网格划分实例	107	5.2.4	添加材料库	154
3.2.1	实例 1——网格尺寸控制	107	5.2.5	添加模型材料属性	156
3.2.2	实例 2——扫掠网格划分	115	5.2.6	划分网格	157
3.2.3	实例 3——多区域网格划分	119	5.2.7	施加载荷与约束	157
3.2.4	实例 4——CDB 网格导入	123	5.2.8	结果后处理	159
3.2.5	实例 5——BDF 网格导入	128	5.2.9	保存与退出	161
3.3	本章小结	130	5.2.10	读者演练	161
第 4 章	后处理	131	5.3	实例 2——梁单元线性静力 分析	161
4.1	后处理概述	132	5.3.1	问题描述	162
4.1.1	查看结果	132	5.3.2	启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	162
4.1.2	结果显示	135	5.3.3	创建几何体	162
4.1.3	变形显示	135	5.3.4	添加材料库	166
4.1.4	应力和应变	136	5.3.5	添加模型材料属性	167
4.1.5	接触结果	137	5.3.6	划分网格	168
4.1.6	自定义结果显示	138	5.3.7	施加载荷与约束	169
4.2	案例分析	139	5.3.8	结果后处理	170
4.2.1	问题描述	139	5.3.9	保存与退出	172
4.2.2	启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	139	5.3.10	读者演练	172
4.2.3	导入创建几何体	139	5.4	实例 3——板单元静力分析	173
4.2.4	添加材料库	140	5.4.1	问题描述	173
4.2.5	添加模型材料属性	142	5.4.2	启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	174
4.2.6	划分网格	143	5.4.3	导入创建几何体	174
4.2.7	施加载荷与约束	143	5.4.4	添加材料库	175
4.2.8	结果后处理	145	5.4.5	添加模型材料属性	175
4.2.9	保存与退出	149	5.4.6	划分网格	176
4.3	本章小结	149	5.4.7	施加载荷与约束	177
			5.4.8	结果后处理	178
			5.4.9	保存与退出	179
			5.4.10	读者演练	179

第 2 篇

第 5 章	结构静力学分析	150
5.1	线性静力分析简介	151

5.5	本章小结	179	6.5.5	保存与退出.....	202
第 6 章	模态分析	180	6.5.6	结论	202
6.1	结构动力学分析简介	181	6.6	实例 4——方板在阻尼下的模态 分析.....	202
6.1.1	结构动力学分析	181	6.6.1	问题描述	202
6.1.2	结构动力学分析的阻尼	181	6.6.2	模态分析 (二)	203
6.2	模态分析简介	182	6.6.3	后处理	203
6.2.1	模态分析概述	182	6.6.4	保存与退出.....	204
6.2.2	模态分析基础.....	183	6.7	本章小结	205
6.2.3	预应力模态分析	183	第 7 章	谐响应分析	206
6.3	实例 1——方杆模态分析	183	7.1	谐响应分析简介	207
6.3.1	问题描述	184	7.1.1	谐响应分析概述.....	207
6.3.2	启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	184	7.1.2	谐响应分析的载荷与输出.....	207
6.3.3	创建几何体	184	7.1.3	谐响应分析通用方程.....	208
6.3.4	添加材料库	185	7.2	实例 1——梁单元谐响应分析	208
6.3.5	添加模型材料属性	186	7.2.1	问题描述	208
6.3.6	划分网格	187	7.2.2	启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	208
6.3.7	施加载荷与约束	187	7.2.3	创建模态分析项目	209
6.3.8	结果后处理	189	7.2.4	材料选择	210
6.3.9	保存与退出	191	7.2.5	施加载荷与约束.....	210
6.4	实例 2——方板在预压力下的模 态分析	191	7.2.6	模态求解	212
6.4.1	问题描述	192	7.2.7	后处理	212
6.4.2	启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	192	7.2.8	创建谐响应分析项目	214
6.4.3	创建几何体	192	7.2.9	施加载荷与约束.....	214
6.4.4	添加材料库	193	7.2.10	谐响应计算.....	215
6.4.5	添加模型材料属性	194	7.2.11	结果后处理.....	216
6.4.6	划分网格	195	7.2.12	保存与退出.....	218
6.4.7	施加载荷与约束	196	7.3	实例 2——实体单元谐响应 分析	218
6.4.8	模态分析	197	7.3.1	问题描述	218
6.4.9	后处理	197	7.3.2	启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	218
6.4.10	保存与退出	199	7.3.3	材料选择	219
6.5	实例 3——方板在预拉力下的 模态分析	199	7.3.4	施加载荷与约束.....	219
6.5.1	问题描述	200	7.3.5	模态求解	221
6.5.2	修改外载荷数据	200	7.3.6	后处理	221
6.5.3	模态分析 (一)	200	7.3.7	谐响应分析.....	223
6.5.4	后处理	200	7.3.8	谐响应计算.....	224

CONTENTS

7.3.9	结果后处理	224	8.3.13	后处理	252
7.3.10	保存与退出	226	8.3.14	保存与退出	254
7.4	实例 3——含阻尼谐响应分析	226	8.4	本章小结	254
7.5	本章小结	228	第 9 章	随机振动分析	255
第 8 章	响应谱分析	229	9.1	随机振动分析简介	256
8.1	响应谱分析简介	230	9.2	实例 1——简单桥梁随机振动分析	257
8.1.1	频谱的定义	230	9.2.1	问题描述	257
8.1.2	响应谱分析的基本概念	231	9.2.2	启动 Workbench 15.0 并建立分析项目	257
8.2	实例 1——简单梁响应谱分析	232	9.2.3	导入几何体模型	258
8.2.1	问题描述	233	9.2.4	静态力学分析	259
8.2.2	启动 Workbench 15.0 并建立分析项目	233	9.2.5	添加材料库	259
8.2.3	导入几何体模型	233	9.2.6	接触设置	259
8.2.4	静态力学分析	235	9.2.7	完成接触设置	260
8.2.5	添加材料库	235	9.2.8	施加约束	260
8.2.6	接触设置	235	9.2.9	模态分析	262
8.2.7	完成接触设置	236	9.2.10	结果后处理	262
8.2.8	施加约束	236	9.2.11	随机振动分析	264
8.2.9	模态分析	238	9.2.12	添加加速度谱	264
8.2.10	结果后处理	238	9.2.13	后处理	265
8.2.11	响应谱分析	239	9.2.14	保存与退出	266
8.2.12	添加加速度谱	239	9.3	实例 2——建筑物随机振动分析	267
8.2.13	后处理	241	9.3.1	问题描述	267
8.2.14	其他设置	242	9.3.2	启动 Workbench 15.0 并建立分析项目	267
8.2.15	保存与退出	244	9.3.3	导入几何体模型	268
8.3	实例 2——建筑物响应谱分析	244	9.3.4	静态力学分析	268
8.3.1	问题描述	244	9.3.5	添加材料库	269
8.3.2	启动 Workbench 15.0 并建立分析项目	245	9.3.6	划分网格	269
8.3.3	导入几何体模型	245	9.3.7	施加曲面约束	269
8.3.4	静态力学分析	246	9.3.8	施加固定约束	270
8.3.5	添加材料库	246	9.3.9	模态分析	271
8.3.6	划分网格	246	9.3.10	结果后处理	272
8.3.7	施加曲面约束	247	9.3.11	随机振动分析	273
8.3.8	施加固定约束	247	9.3.12	添加加速度谱	273
8.3.9	模态分析	249	9.3.13	后处理	275
8.3.10	结果后处理	249	9.3.14	保存与退出	276
8.3.11	响应谱分析	250			
8.3.12	添加加速度谱	251			



9.4 本章小结	276	11.2.5 添加模型材料属性.....	304
第 10 章 瞬态动力学分析	277	11.2.6 创建接触	304
10.1 瞬态动力学分析简介	278	11.2.7 划分网格	304
10.2 实例 1——建筑物地震分析	278	11.2.8 施加载荷与约束.....	306
10.2.1 问题描述	278	11.2.9 结果后处理.....	306
10.2.2 启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	279	11.2.10 保存与退出.....	308
10.2.3 创建几何体模型	280	11.3 本章小结	308
10.2.4 瞬态动力学分析	280	第 12 章 显示动力学分析	309
10.2.5 添加材料库	281	12.1 显示动力学分析简介	310
10.2.6 划分网格	281	12.2 实例 1——钢球撞击金属网 分析	311
10.2.7 施加约束	282	12.2.1 问题描述	312
10.2.8 结果后处理	284	12.2.2 启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	312
10.2.9 保存与退出	286	12.2.3 启动 ExplicitDynamics (LS-DYNAExport) 建立 项目	313
10.3 实例 2——震动分析	286	12.2.4 材料选择与赋予.....	313
10.3.1 问题描述	287	12.2.5 建立项目分析.....	314
10.3.2 启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	287	12.2.6 分析前处理.....	315
10.3.3 创建几何体模型	287	12.2.7 施加载荷	316
10.3.4 模态分析	288	12.2.8 启动 LS-DYNA 程序	317
10.3.5 模态分析前处理	288	12.2.9 Autodyn 计算.....	319
10.3.6 施加约束	289	12.2.10 问题解读.....	322
10.3.7 结果后处理	291	12.3 实例 2——金属块穿透钢板 分析	322
10.3.8 瞬态动力学分析	292	12.3.1 问题描述	323
10.3.9 添加动态力载荷	293	12.3.2 启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	323
10.3.10 后处理	295	12.3.3 绘制几何模型.....	323
10.3.11 保存与退出	297	12.3.4 添加材料库.....	324
10.4 本章小结	297	12.3.5 添加材料	325
第 3 篇		12.3.6 显示动力学分析前处理.....	326
第 11 章 接触分析	298	12.3.7 施加约束	327
11.1 接触分析简介	299	12.3.8 结果后处理.....	329
11.2 实例——铝合金板孔受力 分析	301	12.3.9 启动 AUTODYN 软件	330
11.2.1 问题描述	301	12.3.10 LS-DYNA 计算	332
11.2.2 启动 Workbench 15.0 软件.....	301	12.3.11 保存与退出.....	332
11.2.3 建立几何体模型	301	12.4 本章小结	333
11.2.4 添加材料库	303		

CONTENTS

第 13 章 复合材料分析	334
13.1 复合材料简介	335
13.1.1 复合材料概论	335
13.1.2 复合材料层合板强度的有限单元法	337
13.2 层合板的失效判断准则	338
13.2.1 Zinoviev 理论	339
13.2.2 Bogetti 理论	339
13.2.3 Puck 理论	339
13.2.4 Cuntze 理论	340
13.2.5 Tsai 理论	341
13.3 ANSYSACP 模块功能概述	341
13.4 实例 1——复合板受力分析	345
13.4.1 问题描述	345
13.4.2 启动 Workbench 15.0 软件	345
13.4.3 静力分析项目	345
13.4.4 定义复合材料数据	346
13.4.5 数据更新	348
13.4.6 ACP 复合材料定义	349
13.4.7 有限元计算	356
13.4.8 后处理	357
13.4.9 ACP 专业后处理工具	357
13.4.10 保存与退出	360
13.5 实例 2——复合筒受力分析	360
13.5.1 问题描述	360
13.5.2 启动 Workbench 15.0 软件	360
13.5.3 静力分析项目	361
13.5.4 定义复合材料数据	361
13.5.5 数据更新	364
13.5.6 ACP 复合材料定义	365
13.5.7 有限元计算	371
13.5.8 后处理	372
13.5.9 ACP 专业后处理工具	372
13.5.10 保存与退出	375
13.6 本章小结	375
第 14 章 疲劳分析	376
14.1 疲劳分析简介	377
14.2 疲劳分析方法	379
14.2.1 疲劳程序	379
14.2.2 应力寿命曲线	379
14.2.3 疲劳材料特性	380
14.3 案例 1——椅子疲劳分析	381
14.3.1 问题描述	381
14.3.2 启动 Workbench 15.0 并建立分析项目	382
14.3.3 导入创建几何体	382
14.3.4 添加材料库	383
14.3.5 添加模型材料属性	384
14.3.6 划分网格	384
14.3.7 施加载荷与约束	385
14.3.8 结果后处理	387
14.3.9 保存工程文件	389
14.3.10 添加疲劳分析选项	389
14.3.11 保存与退出	391
14.4 实例 2——板模型疲劳分析	392
14.4.1 问题描述	393
14.4.2 启动 Workbench 15.0 并建立分析项目	393
14.4.3 导入创建几何体	394
14.4.4 添加材料库	394
14.4.5 添加模型材料属性	395
14.4.6 划分网格	395
14.4.7 施加载荷与约束	396
14.4.8 结果后处理	398
14.4.9 保存文件	398
14.4.10 启动 nCode 程序	398
14.4.11 疲劳分析	399
14.4.12 保存与退出	400
14.5 本章小结	400
第 15 章 压电分析	401
15.1 压电材料基本知识	402
15.1.1 压电材料的概念	402
15.1.2 压电材料的主要特性	402
15.1.3 压电材料的分类	403
15.1.4 压电材料的应用	405
15.1.5 压电复合材料的有限元分析方法	407
15.1.6 基本耦合公式	407



15.1.7	压电材料的主要参数	408
15.2	压电分析模块的安装	410
15.3	实例 1——正压电分析	412
15.3.1	问题描述	412
15.3.2	启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	412
15.3.3	导入创建几何体	412
15.3.4	添加材料库	414
15.3.5	建立静态分析	414
15.3.6	网格与属性	414
15.3.7	施加载荷与约束	415
15.3.8	结果后处理	417
15.3.9	保存与退出	417
15.4	实例 2——逆压电分析	418
15.4.1	问题描述	418
15.4.2	启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	418
15.4.3	导入创建几何体	418
15.4.4	添加材料库	420
15.4.5	建立静态分析	420
15.4.6	网格与属性	420
15.4.7	施加载荷与约束	421
15.4.8	结果后处理	422
15.4.9	保存与退出	424
15.5	本章小结	424

第 4 篇

第 16 章	稳态热分析	425
16.1	热力学分析简介	426
16.1.1	热力学分析目的	426
16.1.2	热力学分析方程	426
16.1.3	基本传热方式	426
16.2	实例 1——热传递分析	427
16.2.1	问题描述	427
16.2.2	启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	427
16.2.3	导入几何体模型	428
16.2.4	创建分析项目	428

16.2.5	添加材料库	429
16.2.6	添加模型材料属性	430
16.2.7	划分网格	431
16.2.8	施加载荷与约束	431
16.2.9	结果后处理	433
16.2.10	保存与退出	434
16.3	实例 2——热对流分析	434
16.3.1	问题描述	435
16.3.2	启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	435
16.3.3	导入几何体模型	435
16.3.4	创建分析项目	436
16.3.5	添加材料库	437
16.3.6	添加模型材料属性	438
16.3.7	划分网格	438
16.3.8	施加载荷与约束	439
16.3.9	结果后处理	440
16.3.10	保存与退出	441
16.3.11	读者演练	442
16.4	实例 3——热辐射分析	442
16.4.1	案例介绍	442
16.4.2	启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	442
16.4.3	定义材料参数	442
16.4.4	导入模型	443
16.4.5	划分网格	443
16.4.6	定义荷载	445
16.4.7	求解以后处理	446
16.4.8	保存并退出	447
16.5	本章小结	448

第 17 章	瞬态热分析	449
17.1	瞬态热力学分析简介	450
17.2	实例 1——散热片瞬态热学 分析	450
17.2.1	问题描述	450
17.2.2	启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	450
17.2.3	创建瞬态热分析	451
17.2.4	施加载荷与约束	451

CONTENTS

17.2.5	后处理	452	18.4.2	软件启动与保存	495
17.2.6	保存与退出	452	18.4.3	导入几何数据文件	495
17.3	实例 2——高温钢块瞬态热学分析	452	18.4.4	添加 Icepak 模块	496
17.3.1	问题描述	453	18.4.5	热源设置	499
17.3.2	启动 Workbench 15.0 并建立分析项目	453	18.4.6	求解分析	500
17.3.3	创建瞬态热分析	453	18.4.7	POST 后处理	502
17.3.4	施加载荷与约束	454	18.4.8	静态力学分析	503
17.3.5	后处理	456	18.5	本章小结	505
17.3.6	保存与退出	457			
17.4	本章小结	457			
第 18 章	流体动力学分析	458	第 19 章	电场分析	506
18.1	流体动力学分析简介	459	19.1	电磁场基本理论	507
18.1.1	流体动力学分析	459	19.1.1	麦克斯韦方程	507
18.1.2	CFD 基础	462	19.1.2	一般形式的电磁场微分方程	508
18.2	实例 1——CFX 内流场分析	470	19.1.3	电磁场中常见边界条件	509
18.2.1	问题描述	470	19.1.4	ANSYS Workbench 15.0 平台电磁分析	509
18.2.2	启动 Workbench 15.0 并建立分析项目	471	19.1.5	Ansoft 软件电磁分析	510
18.2.3	创建几何体模型	471	19.2	实例——平行板电容计算	511
18.2.4	网格划分	471	19.2.1	启动 Workbench 15.0 并建立分析项目	511
18.2.5	初始化及求解控制	476	19.2.2	建立几何模型	512
18.2.6	流体计算	477	19.2.3	建立求解器	513
18.2.7	结果后处理	478	19.2.4	添加材料	513
18.3	实例 2——Fluent 流场分析	480	19.2.5	网格划分	513
18.3.1	问题描述	481	19.2.6	求解计算	514
18.3.2	软件启动与保存	481	19.2.7	手动计算电容	515
18.3.3	导入几何数据文件	481	19.2.8	保存与退出	515
18.3.4	网格设置	482	19.3	实例——并联电容计算	516
18.3.5	进入 Fluent 平台	483	19.3.1	启动 Workbench 15.0 并建立分析项目	516
18.3.6	材料选择	485	19.3.2	建立几何模型	517
18.3.7	设置几何属性	486	19.3.3	建立求解器	518
18.3.8	流体边界条件	486	19.3.4	添加材料	518
18.3.9	求解器设置	488	19.3.5	网格划分	519
18.3.10	结果后处理	488	19.3.6	求解计算	521
18.3.11	POST 后处理	490	19.3.7	手动计算电容	521
18.4	实例 3——Icepak 流场分析	492	19.3.8	保存与退出	522
18.4.1	问题描述	494	19.4	本章小结	522



第 20 章 磁场分析	523
20.1 电磁场基本理论	524
20.2 静态磁场分析实例 1——导体 磁场场计算	524
20.2.1 启动 Maxwell 15.0 并建立分 析项目	525
20.2.2 建立几何模型	525
20.2.3 建立求解器及求解域	526
20.2.4 定义材料属性	526
20.2.5 边界条件与激励	527
20.2.6 求解计算	528
20.2.7 图表显示	530
20.2.8 Workbench 15.0 平台中加载 Maxwell 工程文件	530
20.2.9 保存与退出	531
20.3 静态磁场分析实例 2——电感 计算	531
20.3.1 启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	531
20.3.2 建立几何模型	532
20.3.3 建立求解器及求解域	533
20.3.4 添加材料	533
20.3.5 网格划分	534
20.3.6 求解计算	536
20.3.7 互感系数计算	537
20.3.8 保存与退出	537
20.4 涡流磁场分析实例 3——金属 块涡流损耗	537
20.4.1 启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	538
20.4.2 几何模型导入	538
20.4.3 建立求解器	539
20.4.4 添加材料	539
20.4.5 边界条件设定	540
20.4.6 求解计算	540
20.4.7 损耗计算	542
20.4.8 损耗计算应用	543
20.4.9 保存与退出	543
20.5 本章小结	543

第 5 篇

第 21 章 结构优化分析	544
21.1 优化分析简介	545
21.1.1 优化设计概述	545
21.1.2 Workbench 15.0 结构优化分 析简介	545
21.1.3 Workbench 15.0 结构优化分 析	546
21.2 实例 1——参数化分析	547
21.2.1 问题描述	547
21.2.2 启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	547
21.2.3 导入几何模型	548
21.2.4 网格划分	550
21.2.5 激励与边界	550
21.2.6 结果后处理	551
21.3 实例 2——响应曲面优化分析 ..	554
21.3.1 问题描述	554
21.3.2 启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	554
21.3.3 导入几何模型	555
21.3.4 结果后处理	558
21.4 本章小结	562
第 22 章 线性屈曲分析	563
22.1 线性屈曲分析简介	564
22.1.1 屈曲分析概述	564
22.1.2 线性屈曲分析方程	564
22.2 案例 1——钢管屈曲分析	564
22.2.1 问题描述	565
22.2.2 启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	565
22.2.3 创建几何体	565
22.2.4 设置材料	567
22.2.5 添加模型材料属性	567
22.2.6 划分网格	568
22.2.7 施加载荷与约束	569
22.2.8 结果后处理	570

CONTENTS

22.2.9	线性屈曲分析	571	23.2.2	启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	605
22.2.10	施加载荷与约束	572	23.2.3	稳态热分析	606
22.2.11	结果后处理	572	23.2.4	划分网格	607
22.2.12	保存与退出	574	23.2.5	定义荷载	609
22.3	案例 2——金属容器屈曲分析 ..	574	23.2.6	求解以后处理	611
22.3.1	问题描述	575	23.2.7	保存并退出	612
22.3.2	启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	575	23.3	实例 2——Workbench 15.0 导 出 APDL 网格及结果	612
22.3.3	创建几何体	575	23.3.1	问题描述	612
22.3.4	设置材料	577	23.3.2	启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	612
22.3.5	添加模型材料属性	577	23.3.3	静态力学分析	613
22.3.6	划分网格	578	23.3.4	求解以后处理	613
22.3.7	施加载荷与约束	579	23.3.5	Mechanical APDL 处理	614
22.3.8	结果后处理	580	23.3.6	其他	615
22.3.9	线性屈曲分析	581	23.4	实例 3——Workbench 15.0 导 入 APDL 网格及结果	616
22.3.10	施加载荷与约束	581	23.5	本章小结	622
22.3.11	结果后处理	582	第 24 章	声学分析	623
22.3.12	保存与退出	584	24.1	声学简介	624
22.4	案例 3——梁结构屈曲分析	584	24.1.1	声音的产生	624
22.4.1	问题描述	584	24.1.2	声压的定义	625
22.4.2	启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	585	24.1.3	声学波动方程	626
22.4.3	导入几何体模型	585	24.1.4	声学及噪声	627
22.4.4	静态力学分析	586	24.2	ANSYS 15.0 Acoustic 声学分析 简述	632
22.4.5	添加材料库	586	24.3	实例 1——汽车内场噪声计算 ...	632
22.4.6	接触设置	586	24.3.1	问题描述	632
22.4.7	划分网格	587	24.3.2	启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	633
22.4.8	施加约束	588	24.3.3	导入几何体	633
22.4.9	线性屈曲分析	589	24.3.4	划分网格	634
22.4.10	结果后处理	590	24.3.5	施加载荷与约束	635
22.4.11	保存与退出	591	24.3.6	结果后处理	637
22.5	本章小结	592	24.3.7	复制项目	639
第 23 章	APDL 编程与分析	593	24.3.8	结果后处理	640
23.1	APDL 命令简介	594	24.3.9	保存与退出	641
23.1.1	ANSYS APDL 命令简介	594	24.4	实例 2——喇叭声学分析	642
23.1.2	Workbench 15.0 APDL 命令 简介	602			
23.2	实例 1——APDL 计算实例	605			
23.2.1	问题描述	605			



24.4.1	问题描述	642	26.2.4	求解器与求解域的设置	671
24.4.2	启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	642	26.2.5	赋予材料属性	671
24.4.3	导入几何体	643	26.2.6	添加激励	672
24.4.4	划分网格	644	26.2.7	模型检查与计算	674
24.4.5	施加载荷与约束	645	26.2.8	后处理	674
24.4.6	结果后处理	649	26.2.9	创建电磁分析环境	677
24.4.7	保存与退出	652	26.2.10	创建力学分析和数据共享 ..	678
24.5	本章小结	652	26.2.11	材料设定	679
第 25 章	非线性分析	653	26.2.12	网格划分	680
25.1	结构非线性分析简介	654	26.2.13	添加边界条件与映射激励 ..	681
25.1.1	非线性分析	654	26.2.14	求解计算	682
25.1.2	塑性	655	26.2.15	后处理	682
25.1.3	屈服准则	655	26.2.16	关闭 Workbench 15.0 平台 ..	684
25.1.4	非线性分析方程	655	26.3	实例 2——流体结构单向耦合 分析	684
25.2	案例——结构大变形分析	656	26.3.1	软件启动	685
25.2.1	问题描述	656	26.3.2	几何导入	685
25.2.2	启动 Workbench 15.0 并建立 分析项目	656	26.3.3	流体网格设定	686
25.2.3	创建几何体模型	656	26.3.4	流体分析	688
25.2.4	静力分析	657	26.3.5	添加边界条件	689
25.2.5	创建材料	658	26.3.6	设定求解计算	690
25.2.6	静态分析前处理	659	26.3.7	后处理	691
25.2.7	施加约束	662	26.3.8	结构静力分析	693
25.2.8	结果后处理	663	26.3.9	计算及后处理	694
25.2.9	开启大变形选项	664	26.3.10	关闭 Workbench 15.0 平台 ..	694
25.3	本章小结	665	26.4	实例 3——流体结构双向耦合 分析	695
第 6 篇			26.4.1	软件启动	695
第 26 章	多物理场耦合分析	666	26.4.2	几何创建	695
26.1	多物理场耦合分析简介	667	26.4.3	流体网格剖分	697
26.1.1	多物理场耦合分析概述	667	26.4.4	流体设置	698
26.1.2	多物理场应用场合	668	26.4.5	添加边界条件	699
26.2	实例 1——线圈电磁结构瞬态 耦合	669	26.4.6	瞬态力学设置	704
26.2.1	问题描述	669	26.4.7	创建耦合分析模块	707
26.2.2	软件启动与保存	669	26.4.8	流体后处理	709
26.2.3	导入几何数据文件	670	26.5	实例 4——流固耦合分析	710
			26.5.1	软件启动	710
			26.5.2	几何导入	710
			26.5.3	流体网格剖分	711
			26.5.4	瞬态力学设置	713