有限元分析

陈文清 刘国良 主编

图解COSMOSWorks (Simulation)

内容全面、案例丰富

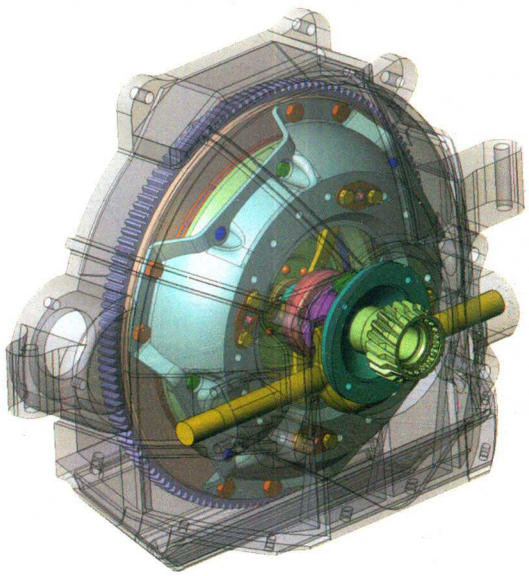
基础操作→专题技能→实例应用→举一反三。

讲解细致、综合应用

通过案例详细讲解计算流程、方法、技巧、注意事项，再到综合应用。

网络服务、博客答疑

超值素材资源、网络支持。



中国工信出版集团

電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

需要全本请访问 www.ertongbook.com

有限元分析

图解COSMOSWorks (Simulation)

陈文清　刘国良　主编◎



電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京・BEIJING

内 容 简 介

本书详细介绍了有限元分析的基础知识，并以丰富的 SolidWorks Simulation 的实例介绍了线性静态分析方法、非线性分析方法、频率分析方法、掉落测试等，适合使用 AutoCAD、Pro/ENGINEER、SolidEdge、CAM 等机械设计、产品设计、模具设计、结构设计和结构分析的用户阅读，也适合工业、企业的产品开发和技术部门工程师阅读，同样适于作为高等院校的同类专业的教材供本科高年级学生和研究生阅读。

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

有限元分析：图解 COSMOSWorks（Simulation）/ 陈文清，刘国良主编. —北京：电子工业出版社，2020.3

ISBN 978-7-121-37997-0

Ⅰ. ①有… Ⅱ. ①陈… ②刘… Ⅲ. ①有限元分析－应用软件－高等学校－教材 Ⅳ. ①O241.82-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2019）第 258725 号

责任编辑：刘志红（lzhmails@phei.com.cn）
印　　刷：涿州市京南印刷厂
装　　订：涿州市京南印刷厂
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：787×1 092　1/16　印张：24　字数：614.4 千字
版　　次：2020 年 3 月第 1 版
印　　次：2020 年 3 月第 1 次印刷
定　　价：108.00 元

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）88254888，88258888。

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

本书咨询联系方式：（010）88254479，lzhmails@phei.com.cn。



陈文清

博士、教授、硕导，洛阳理工学院科技处副处长。河南省电工技术学会常务理事、河南省实验室建设专家委员会副主任委员、河南省优秀中青年骨干教师。河南省高等学校实验教学示范中心、“电气工程与自动化实验中心”负责人、河南省优秀教学团队、“计算机控制系列课程教学团队”主要成员。

主要研究方向为智能控制技术与故障诊断。发表核心期刊专业学术论文10余篇，其中9篇被EI，ISTP收录；主持完成省级科研项目10余项，获河南省科技进步三等奖2项，河南省教育厅科技成果奖5项。主持或参与省级教学质量工程5项，获河南省教学质量一等奖1项。



刘国良

男，1958年出生，河南省洛阳市人。1982年毕业于郑州大学物理系无线电专业，学士学位，洛阳理工学院教授级高级工程师。

出版著作10部，其中：专著7部，本科教材3部，100万字以上2部，获“河南省自然科学优秀学术著作二等奖”1部。发表论文11篇，其中5篇获EI检索，1篇SCI检索。专利14项：发明5项，实用新型9项。计算机软件著作权15项。

编委会

➡ 主　编

陈文清　刘国良

➡ 编委会成员

陈文清　路　纲　董红政　高海涛　刘国良

需要全本请访问 www.ertongbook.com

前言 PREFACE

COSMOSWorks 系列软件是一组与 SolidWorks 完全集成的设计分析系统。

COSMOSWorks 提供了对模型（零件或装配体）进行线性静态应力分析、非线性分析、频率分析、扭曲分析、热分析、优化分析、疲劳分析、掉落测试等的一整套解决方案。COSMOSFloWorks 提供流体分析，COSMOSMotion 提供动力学分析。

COSMOSWorks 凭借着强大的功能支持，使用户可以使用普通计算机快速解决大型问题。COSMOSWorks 节省了搜索最佳设计所需的时间和精力，可大大缩短产品上市时间。用 SolidWorks 和 COSMOSWorks 分析设计完成的“勇气号”飞行器机器人臂，在火星上完成了从探测器展开、定位、摄影的全部动作，取得了圆满成功。负责该航天产品设计的总工程师 Jim Staats 表示，SolidWorks 软件能够提供非常精确的分析测试和优化设计，既满足了应用的需求，又提高了产品的研发速度。

COSMOSWorks 是 SRAC（Structural Research & Analysis Corporation）推出的一套强大的有限元分析软件。SRAC 位于美国加州的洛杉矶，自从 1982 年推出 COSMOS 后，SRAC 一直致力于对有限元 CAE 技术的研究和发展。把高高在上的有限元技术平民化，作为解析速度较快的有限元分析软件，COSMOSWorks 采用 FFE（Fast finite Element）技术使复杂耗时的工程分析时间大大缩短，它易学易用、简洁直观，可迅速得到分析结果，能够最大限度地缩短设计周期，降低测试成本，提高产品质量，增大利润空间。

COSMOSWorks 提供了多场、多组件的复杂装配分析，从而大大简化了工程师的劳动，使得分析能够更好地模拟真实情况，结果也更精确。自从 SolidWorks 2010 版发布以来，COSMOSWorks 已经改名叫 Simulation。相应地，COSMOSFloworks、COSMOSMotion，已经改名叫 FlowSimulation、SolidworksMotion。

Solidworks Simulation 相关软件包括三个版本：Solidworks Simulation Professional、Solidworks Simulation Standard 和 Solidworks Premium。

自 2006 年出版《SolidWorks 2006 应用宝典——图解 COSMOSWorks2006》以来，受到广大读者的欢迎。有读者反映读了该书后在北京开了自己的工作室，效果不错，并对笔者表示感谢。更多读者（包括军工企业）是来电探讨、咨询实际工作中遇到的应用问题。由于各行各业的应用情况都有自己的特点，加上自己的知识面有限，我们只能尽最大努力与读者朋友共同探讨，帮助他们解决了一些实际问题，也收到了读者的赞赏和感谢。

本书以最新版本 SolidWorks 2018/2017（Simulation）为基础，对原书进行了修订，

并增加了许多新内容，从实用的基础知识出发，循序渐进，举一反三，意在融会贯通、抛砖引玉。

第 1～7 章介绍 Simulation 基础知识，包括材质分配、应用载荷、应用约束、网格化模型、运行分析和结果处理的一般方法和步骤。

第 8～16 章介绍有限元分析的实际应用，内容包括零件（包括钣金零件）线性静态分析、装配体线性静态分析、频率分析、掉落测试、接触分析、压力容器线性静态分析、远程载荷的应用等。

本书由陈文清（教授）主编，刘国良（教授级高级工程师）担任副主编。其中，第 1～3 章由陈文清（教授）编写；第 4～16 章由董红政（硕士）编写；第 7～15 章由路纲（硕士）编写；第 11～13 章由高海涛（副教授）编写；刘国良（正高级工程师）负责全书的统稿和最后审校，并作了大量的文字和图片处理工作。

本书适合 SolidWorks 读者和其他 CAD 用户，如 AutoCAD、Pro/E、SolidEdge、CAM 等用户，所有机械设计、产品设计、模具设计、结构设计和结构分析的初中级读者用户阅读，适合工业、企业的产品开发和技术部门的技术工程师阅读，也适合作为高等院校同类专业的教材，供本科高年级学生和研究生阅读。本书的顺利出版，得到了电子工业出版社的大力支持和刘志红编辑的倾心指导，在此深表谢意！

由于作者的水平所限，错误之处在所难免，愿与各位朋友互相切磋，共同提高，敬请联络：mrlgl@163.COM。

作　者

2019 年 6 月

目录 CONTENTS

第 1 章　Simulation 基础 ……001

1.1　关于有限元分析 ……001

1.1.1　概述 ……001

1.1.2　FEA 是 CAE 的主体 ……003

1.1.3　CAE 的发展趋势 ……004

1.1.4　Simulation（COSMOSWorks）的优势 ……005

1.2　关于 Simulation（COSMOSWorks） ……005

1.2.1　什么是 Simulation（COSMOSWorks） ……006

1.2.2　Simulation 的功能、特点 ……008

1.2.3　Simulation 界面 ……009

1.2.4　Simulation 算例属性管理器 ……010

1.2.5　Simulation 工具栏 ……012

1.2.6　设定 Simulation 普通选项 ……013

1.2.7　Simulation 使用的单位 ……015

1.2.8　坐标系 ……017

1.3　Simulation 分析基础 ……018

1.3.1　有限元法及其基本构成 ……018

1.3.2　Simulation 的应力和应变 ……019

1.3.3　Simulation 解算器 ……021

1.4　“有限元分析 FEA”的一般步骤 ……023

1.4.1　建立数学模型 ……023

1.4.2　建立有限元模型 ……026

1.4.3　有限元求解 ……027

第 2 章　生成“算例” ……029

2.1　算例 ……029

2.1.1　生成算例 ……029

2.1.2　删除“算例” ……030

2.1.3　查看“算例” ……030

2.2　“算例”类型 ……031

2.2.1 静态（应力）算例……031
2.2.2 频率算例……031
2.2.3 扭曲（屈曲）算例……031
2.2.4 热力算例……031
2.2.5 跌落测试算例……032
2.2.6 疲劳算例……032
2.2.7 压力容器设计算例……032
2.2.8 优化算例（设计算例）……032
2.2.9 子模型算例……033
2.2.10 非线性算例……034
2.2.11 线性动力算例……034
2.3 使用“2D 简化”算例……035
2.3.1 “2D 简化”算例概述……035
2.3.2 定义“2D 简化”算例……036
2.3.3 创建 2D 截面……037
2.3.4 查看结果……038
2.3.5 “2D 简化”分析时的限制……040
2.4 算例树特征……040
2.4.1 “夹具”与“载荷”……041
2.4.2 连接……041
2.4.3 其他特征……041
第 3 章 材料模型与材料属性……042
3.1 关于材料……042
3.1.1 “结构”和“热力”算例使用的模型……043
3.1.2 “非线性”算例使用的模型……043
3.1.3 “跌落测试”算例使用的模型……044
3.2 定义材料……044
3.2.1 定义材料属性……044
3.2.2 使用 SolidWorks 中定义的材料……044
3.2.3 从材料库中指派材料……046
3.2.4 材料属性……046
3.3 弹性模型……047
3.3.1 “弹性模型”与“本构关系”……047
3.3.2 线性弹性材料模型的假设……047
3.3.3 “同向性”材料和“正交各向异性”材料……048
3.3.4 线性弹性同向性模型……049
3.3.5 线性弹性正交各向异性模型……050
3.3.6 非线性弹性材料模型……056
3.4 塑性模型……056
3.4.1 塑性 von Mises 模型……056

3.4.2 塑性 Tresca 模型……057
3.4.3 塑性“Drucker-Prager”模型……058
3.5 超弹性模型……058
3.5.1 超弹性“Mooney-Rivlin”与“Ogden”模型……058
3.5.2 超弹性 Blatz-Ko 模型……059
3.6 蠕变模型……059
3.7 黏弹性模型……060
第 4 章 夹具与“约束”……061
4.1 概述……061
4.1.1 “约束”类型……061
4.1.2 防止刚性实体运动……062
4.1.3 实体模型的适当约束……063
4.1.4 “外壳”模型的约束……065
4.1.5 应用约束……066
4.2 标准“约束”……066
4.2.1 “固定”约束与“不可移动”约束……066
4.2.2 “滚柱/滑动”约束……069
4.2.3 “固定铰链”约束……069
4.3 “高级”约束……069
4.3.1 “对称”约束……069
4.3.2 周期性对称……073
4.3.3 使用参考几何体……075
4.3.4 “在平面上”约束……078
4.3.5 “在圆柱面上”约束……079
4.3.6 “在球面上”约束……080
第 5 章 载荷……082
5.1 “载荷”和“约束”的关系……082
5.1.1 “方向性载荷”与“位移”约束……083
5.1.2 用于“结构”算例的载荷类型……083
5.1.3 用于“热力”算例的载荷类型……084
5.2 “载荷/夹具”选项……085
5.3 “压力”载荷……085
5.3.1 设置“压力”载荷选项……086
5.3.2 定义均匀压力载荷……087
5.3.3 定义非均匀压力载荷……088
5.3.4 修改“压力”载荷……090
5.4 “力/力矩/扭矩”载荷……091
5.4.1 “力/扭矩”载荷概述……091
5.4.2 “力”属性管理器……091
5.4.3 定义均匀力载荷……093

5.4.4 定义非均匀力载荷……094
5.4.5 修改“力”载荷……096
5.5 “引力”载荷……096
5.5.1 指定“引力”载荷……097
5.5.2 修改“引力”载荷……098
第6章 网格化模型……099
6.1 设置“网格”选项……099
6.1.1 “网格化”综述……099
6.1.2 “网格品质”选项组……102
6.1.3 “网格设定”选项组……102
6.1.4 “兼容”和“不兼容”网格……103
6.1.5 “自动成环”选项……104
6.2 “实体”网格与“壳体”网格……104
6.2.1 “实体”网格……104
6.2.2 “壳体”网格……105
6.2.3 混合网格……107
6.3 模型网格化……107
6.3.1 网格化之前的检查……107
6.3.2 设置“网格控制”……108
6.3.3 应用“网格控制”……112
6.3.4 生成网格……113
6.4 用壳体网格建模……115
6.4.1 壳体管理器……115
6.4.2 用壳体网格建模……118
6.5 网格品质检查与失败诊断……121
6.5.1 网格品质检查……121
6.5.2 网格化失败的诊断……123
6.5.3 识别失败的零部件……125
6.5.4 网格化失败的处理……125
6.5.5 重建网格……126
6.5.6 更新零部件……127
6.5.7 增量网格化……127
6.5.8 重新网格化选定实体……128
第7章 运行“算例”、结果分析……129
7.1 运行“算例”、生成报告……129
7.1.1 运行“算例”……129
7.1.2 算例报告……130
7.1.3 设置结果图解……131
7.1.4 使用“设定”属性管理器……134
7.1.5 使用“图解”属性管理器……136

需要全本请访问 www.ertongbook.com

7.1.6 使用“选项”对话框……137
7.1.7 设置“轴”对话框……138
7.1.8 保存、复制、删除图解……139
7.2 “应力图解”……141
7.2.1 打开“应力图解”……141
7.2.2 “应力图解”属性管理器……142
7.2.3 绘制主要应力图解……143
7.2.4 编辑“接触压力”图解……144
7.3 “位移图解”……144
7.3.1 打开“位移图解”……144
7.3.2 编辑“位移图解”……145
7.4 “应变图解”……146
7.4.1 打开“应变图解”……146
7.4.2 编辑“应变图解”……146
7.5 制作图解动画……147
7.5.1 制作图解动画……147
7.5.2 播放动画……148
7.6 列举结果……148
7.6.1 列表应力……149
7.6.2 列表位移……151
7.7 生成“等曲面（Iso）剪裁”……152
7.7.1 设置“Iso 剪裁”属性……152
7.7.2 生成等曲面图解……153
7.8 评估设计的安全性……154
7.8.1 安全系数定义……154
7.8.2 失效准则……155
7.8.3 使用“最大 von Mises 应力”准则……155
7.8.4 使用“最大抗剪应力准则”……157
7.8.5 使用“Mohr-Coulomb 应力”准则……158
7.8.6 使用“最大正应力”准则……158
7.8.7 查看模型的“安全系数”图解……158
7.8.8 对装配体使用设计检查……159
7.9 探测结果、绘制结果图表……159
7.9.1 探测结果图解……159
7.9.2 探测剖面图解……160
7.9.3 探测网格图解……161
第 8 章 线性静态分析……163
8.1 线性静态分析的假设……163
8.1.1 线性假设……163
8.1.2 弹性假定……164

8.1.3 静态假定……164
8.2 基本量的定义……165
8.2.1 应变……165
8.2.2 应力……165
8.2.3 应力分量……165
8.2.4 主应力……166
8.2.5 等量应力……166
8.3 应力的计算……167
8.4 静态分析的选项……167
8.4.1 设定“缝隙/接触”选项……167
8.4.2 “大型位移”选项……169
8.4.3 设定“解算器”……169
8.5 静态分析的自适应方法……170
8.5.1 静态分析的自适应……170
8.5.2 “h-方法”……171
8.5.3 “p-方法”……172
8.6 静态分析的步骤……173
8.6.1 线性静态分析需要的输入内容……173
8.6.2 执行静态分析的步骤……174
8.6.3 线性静态分析的输出内容……175
8.7 “p-自适应”方法的使用……177
8.7.1 分割零件……177
8.7.2 生成静态分析……178
8.7.3 设定“p-自适应”选项……178
8.7.4 应用约束……179
8.7.5 应用压力……181
8.7.6 网格化模型、运行分析……182
8.8 “h-自适应”方法的使用……183
8.8.1 生成算例并定义“h-自适应”分析……183
8.8.2 采用“h-自适应”方法时网格化模型……184
8.9 运行算例、分析结果……185
8.9.1 运行分析……185
8.9.2 显示“自适应”转换后的网格……185
8.9.3 观看整体 X-方向的正应力……186
8.9.4 观看“收敛图表”……187
8.9.5 比较结果……187
第 9 章 零件的静态应力分析……189
9.1 实体零件的静态分析……189
9.1.1 打开零件、指派材料……189
9.1.2 生成静态分析算例……190

9.1.3　添加约束……191
9.1.4　添加载荷……192
9.1.5　生成网格……192
9.1.6　运行算例……193
9.1.7　分析结果……193
9.2　钣金零件的静态应力分析……196
9.2.1　生成静态算例 1……196
9.2.2　在“算例 1”中应用约束……197
9.2.3　在“算例 1”中应用“压力”载荷……197
9.2.4　网格化零件、运行算例……198
9.2.5　生成静态“算例 2”……201
第 10 章　装配体的静态分析……202
10.1　生成静态分析……202
10.2　定义材质……203
10.3　应用约束、添加载荷……204
10.3.1　设定约束……204
10.3.2　添加载荷（应用方向性力）……205
10.4　网格化装配体……206
10.4.1　设置网格化选项……206
10.4.2　网格化装配体……206
10.5　运行静态分析……206
10.6　分析结果……206
10.6.1　分析 von Mises 应力……206
10.6.2　观察“合力位移”……207
10.6.3　对等要素“应变”……208
10.7　压缩零部件、重新分析……208
10.7.1　压缩零部件……208
10.7.2　约束新模型……209
10.7.3　重新网格化新模型、运行“分析”……209
10.7.4　列举“反作用力”……210
10.7.5　生成 von Mises 应力图解的剖面图解……211
10.7.6　控制剖面图解……212
10.7.7　探测剖面图解上的应力结果……213
第 11 章　“接头”的应用……214
11.1　接头……214
11.1.1　“连接”与“接头”……214
11.1.2　“接头”……215
11.2　“螺栓”接头……216
11.2.1　关于“螺栓”接头……216
11.2.2　“螺栓”接头属性管理器……217

11.2.3 “类型”选项组 ……218
11.2.4 “紧密配合”复选框 ……220
11.2.5 螺栓接头的分析 ……223
11.2.6 定义载荷和约束 ……226
11.2.7 定义局部接触条件 ……227
11.2.8 网格化模型、运行分析 ……228
11.2.9 分析 von Mises 应力 ……229
11.3 “刚性”接头 ……229
11.3.1 生成“刚性”接头的静态算例 ……229
11.3.2 定义“刚性”接头 ……229
11.3.3 约束模型 ……230
11.3.4 定义载荷 ……231
11.3.5 网格化模型和运行分析 ……231
11.4 “销钉”接头 ……232
11.4.1 “销钉”接头的特点 ……232
11.4.2 生成静态分析 ……234
11.4.3 定义销钉接头 ……236
11.4.4 定义接触条件 ……237
11.4.5 网格化零件、运行算例 ……238
11.4.6 列出每个销钉的力 ……239
11.4.7 销钉接头的其他选项 ……239
11.5 “弹簧”接头与“弹性支撑” ……241
11.5.1 “弹簧”接头 ……241
11.5.2 “弹性支撑”接头 ……244
11.5.3 生成“弹性支撑”的静态算例 ……245
11.5.4 设定约束、接触条件和载荷 ……246
11.5.5 定义全局接触条件 ……247
11.5.6 定义压力载荷 ……248
11.5.7 网格化模型、运行分析 ……248
11.6 “点焊”接头 ……249
11.6.1 定义装配体外壳 ……250
11.6.2 生成参考点 ……251
11.6.3 对外壳边线应用约束 ……252
11.6.4 定义“点焊”接头 ……253
11.6.5 定义接触 ……254
11.6.6 定义载荷（应用方向性力） ……254
11.6.7 网格化模型、运行分析、分析结果 ……255
11.7 其他接头 ……256
11.7.1 边焊缝接头 ……256
11.7.2 “连接”接头 ……258
11.7.3 “轴承”接头 ……259

第 12 章　频率分析……262
12.1　频率分析的概念……262
12.1.1　概述……262
12.1.2　频率分析中载荷的影响……263
12.1.3　动态载荷……263
12.1.4　频率分析的输入、输出……263
12.1.5　运行频率分析……264
12.1.6　频率分析的几个概念……266
12.1.7　频率分析选项……267
12.2　共振分析……268
12.2.1　生成“频率”分析算例……268
12.2.2　指派材料……269
12.2.3　添加约束……269
12.2.4　定义默认图解……270
12.2.5　网格化模型和运行算例……271
12.2.6　结果分析……271
12.3　无规则振动分析……273
12.3.1　生成“无规则振动”分析算例……273
12.3.2　设定“无规则振动”算例的属性……275
12.3.3　定义统一基准激发……276
12.3.4　设定阻尼属性……278
12.3.5　设定“结果”选项……278
12.3.6　网格化装配体和运行分析……279
12.3.7　查看结果……279
第 13 章　“远程载荷”“离心力”的分析……282
13.1　“远程载荷”与“离心力”载荷……282
13.1.1　远程载荷……282
13.1.2　“离心力”载荷……284
13.2　应用“远程载荷”的静态分析……286
13.2.1　生成参考坐标系……286
13.2.2　生成“远程载荷分析 1”算例、指派材质……287
13.2.3　应用制约……287
13.2.4　应用远程载荷（直接转移）……288
13.2.5　网格化模型、运行分析……290
13.2.6　显示“von Mises 应力”和安全系数……290
13.3　应用“离心力”载荷的静态分析……291
13.3.1　定义模型的“离心力”载荷……291
13.3.2　应用制约……292
13.3.3　网格化模型、运行分析……293
13.3.4　分析“离心力”载荷的“von Mises 应力”……293

第 14 章　“跌落测试”分析……295
14.1　计算机硬盘“跌落测试”……295
14.1.1　定义“跌落测试”算例……295
14.1.2　设置跌落测试算例……296
14.1.3　设定“结果选项”……299
14.1.4　定义硬盘驱动器和泡沫间的接触……299
14.1.5　网格化模型和运行算例……301
14.1.6　查看应力结果……301
14.1.7　动画应力图解……302
14.2　铝杆件的跌落冲击测试……302
14.2.1　生成跌落测试算例……302
14.2.2　设置跌落测试算例……303
14.2.3　设定“结果”选项……304
14.2.4　网格化模型、运行算例、查看结果……305
14.2.5　绘制位移图解……306
第 15 章　压力容器的静态分析……308
15.1　对实体模型应用对称约束……308
15.1.1　生成楔块……308
15.1.2　生成具有实体网格的静态分析……311
15.1.3　为实体指派材料……311
15.1.4　应用“对称”制约……312
15.1.5　在内部应用“压力”载荷……313
15.1.6　稳定模型……313
15.1.7　网格化零件并运行分析……314
15.2　对外壳模型应用对称约束……314
15.2.1　生成具有外壳网格的静态分析……315
15.2.2　定义模型为外壳模型……315
15.2.3　运行抽壳分析……316
15.3　实体模型与外壳模型的对比……316
15.3.1　实体模型的对等应力……316
15.3.2　外壳模型的对等应力图解……317
15.3.3　实体模型与外壳模型的对比……318
15.4　非均匀压力分析……318
15.4.1　生成分割线……319
15.4.2　生成参考坐标系……320
15.4.3　生成外壳分析……320
15.4.4　指派材料……321
15.4.5　应用约束……321
15.4.6　应用流体静力学压力……322
15.4.7　网格化模型……324

需要全本请访问 www.ertongbook.com