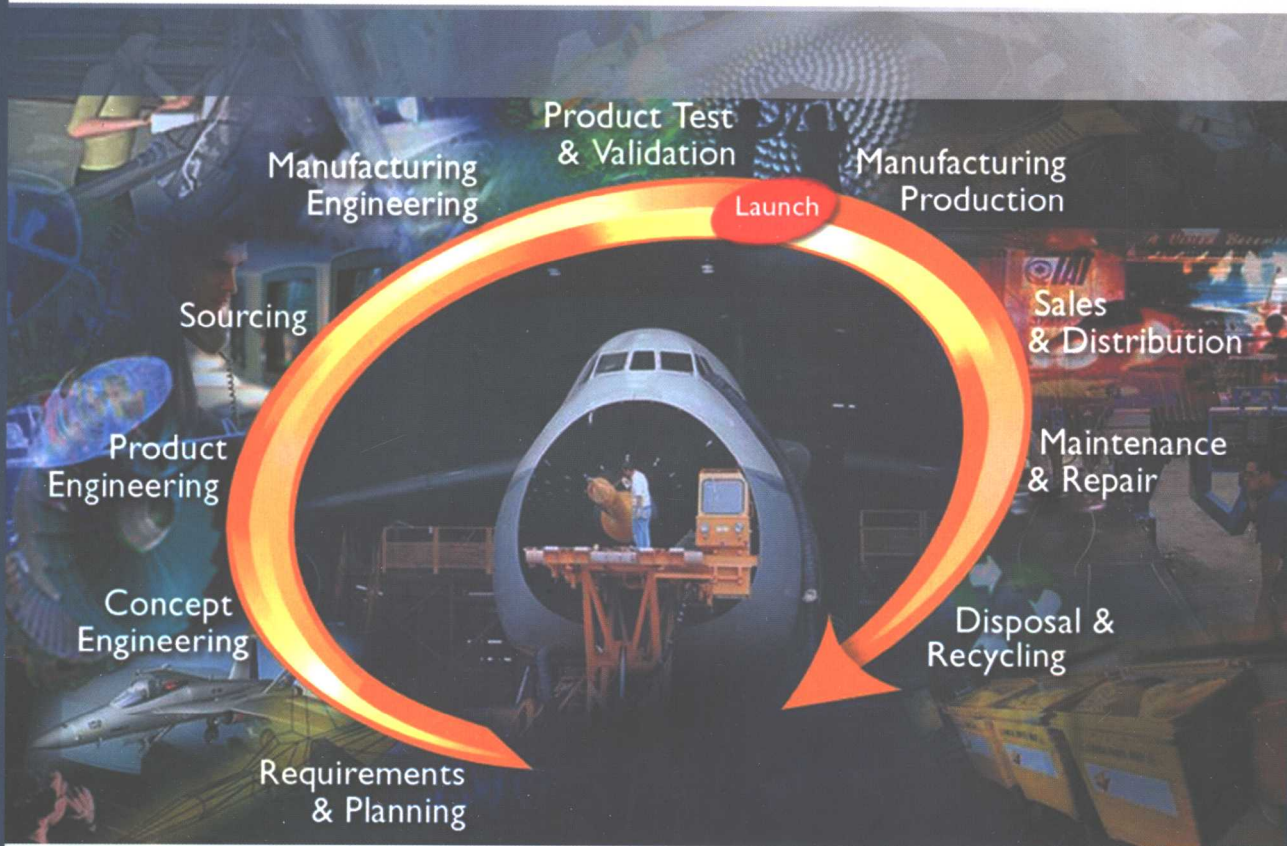




UGS PLM 应用指导系列丛书

The PLM Company

UG 结构分析培训教程



耿鲁怡 徐六飞 编译
胡小康 蔡 波 审校



清华大学出版社

UGS PLM 应用指导系列丛书

UG 结构分析培训教程

耿鲁怡 徐六飞 编译

胡小康 蔡 波 审校

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是英文资料 UG/SCENARIO FOR STRUCTURES 的中文编译本,主要目标是帮助用户掌握 UG NX 结构分析软件的应用技巧。本书共分 19 章,另有 6 个附录作为补充。详细介绍了 UG NX 结构分析模块的基本概念、主要功能和各功能对话框中有关选项的定义与用法。各章均附有练习,并附有详细的练习指导。

本书可供分析师、工程师、设计师使用,也可供需要进行模型结构有限元分析的其他工程技术人员使用。

版权声明

本系列丛书为 UGS PLM Solutions (中国) 公司(原名:优集系统(中国)有限公司)独家授权的中文版培训教程与使用指导。本书的专有版权属清华大学出版社所有。在没有得到 UGS PLM Solutions (中国) 公司和本丛书出版者的书面许可,任何单位和个人不得复制与翻印。

版权所有,违者必究。

“Copyright 2000 by Unigraphics Solutions Inc.

Original English Language Edition Copyright

2000 by Unigraphics Solutions Inc. All Rights Reserved”

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用清华大学核研院专有核径迹膜防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

UG 结构分析培训教程/耿鲁怡,徐六飞编译. —北京:清华大学出版社,2005.1
(UGS PLM 应用指导系列丛书)

ISBN 7-302-10380-1

I. U… II. ①耿… ②徐… III. 计算机辅助设计-应用软件, UG NX-技术培训-教材 IV. TP391.72
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 004960 号

出 版 者: 清华大学出版社

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

社 总 机: 010-62770175

地 址: 北京清华大学学研大厦

邮 编: 100084

客户服务: 010-62776969

组稿编辑: 许存权

文稿编辑: 李虎斌

封面设计: 姜凌娜

版式设计: 崔俊利

印 刷 者: 北京密云胶印厂

装 订 者: 北京市密云县京文制本装订厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 18.5 字数: 391 千字

版 次: 2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月第 1 次印刷

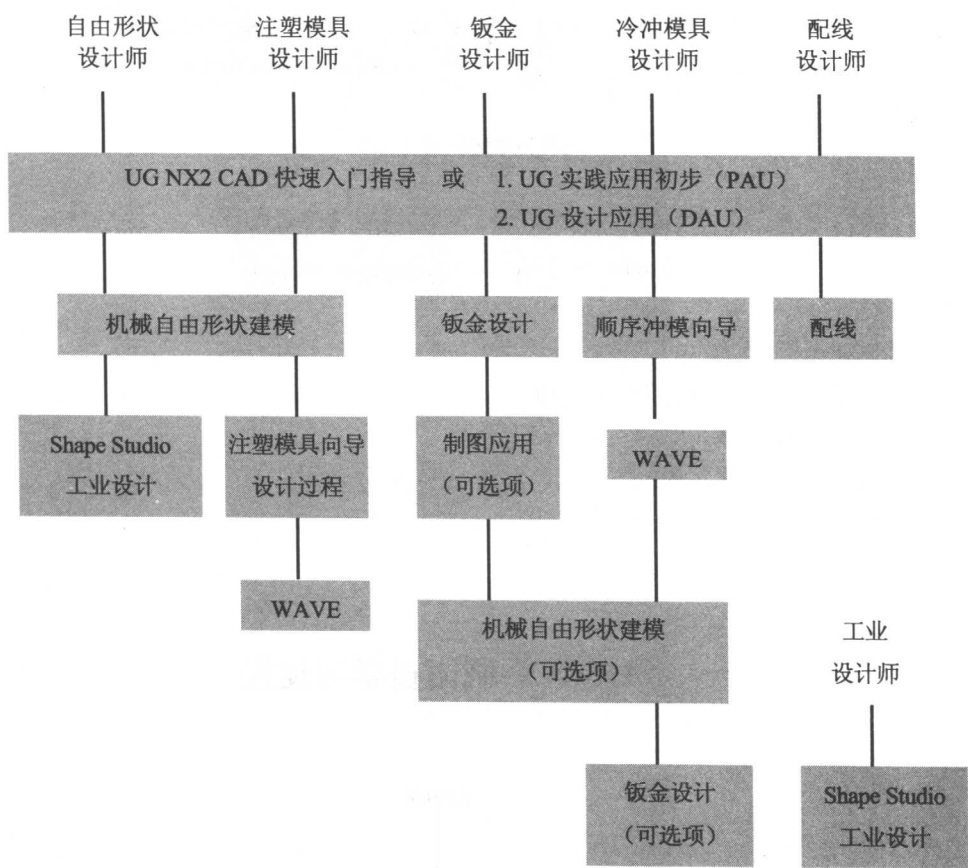
书 号: ISBN 7-302-10380-1/TP·7063

印 数: 0001~5000

定 价: 37.00 元(附光盘 1 张)

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010) 62770175-3103 或 (010) 62795704

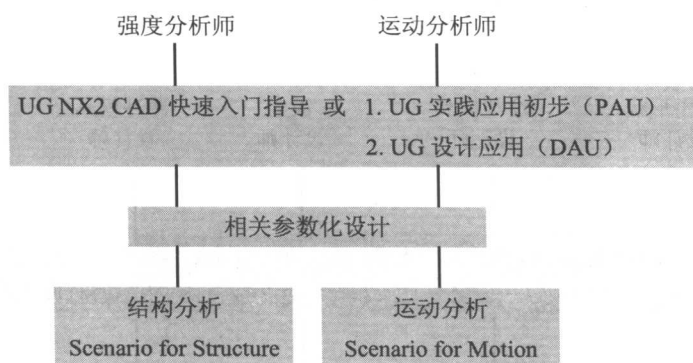
UG NX 设计师学习途径



下列课程对所有上述人员为可选项:

- 1. 产品数据管理
- 2. 相关参数化设计

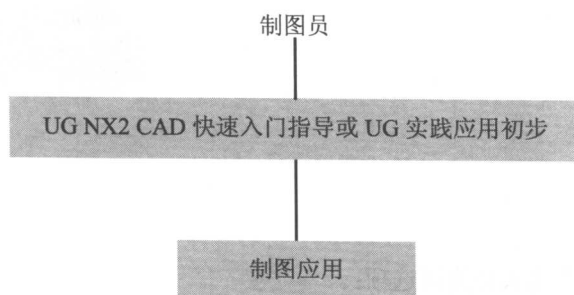
UG NX 分析师学习途径



下列课程对上述分析师为可选项：

1. 产品数据管理
2. 机械自由形状建模
3. WAVE

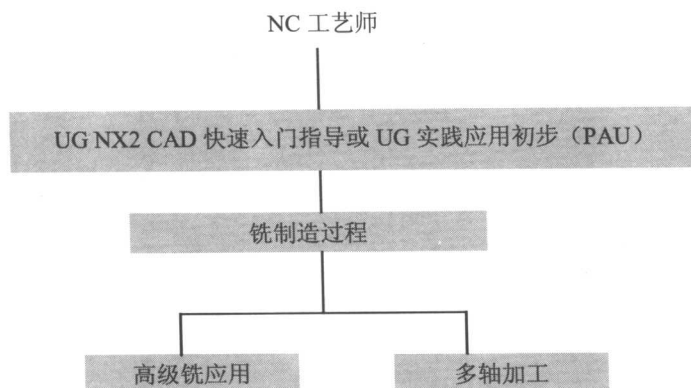
UG NX 制图员学习途径



下列课程为可选项课程：

产品数据管理

UG NX NC 加工学习途径



下列课程为可选项课程:

1. 产品数据管理
2. 车削过程
3. 后置处理器构建技术

UGS PLM 应用指导系列丛书序

UGS PLM Solutions 公司是产品生命周期管理 (PLM) 软件及相关服务领域的市场领导者, 由原来的 UGS、SDRC 和 EAI 组成, 拥有 42000 家客户, 全球装机量超过 280 万台。公司与客户密切协作, 提供产品数据管理、工程协同和产品设计、分析加工的完整解决方案, 帮助客户实现管理流程的改革与创新, 以期真正获得 PLM 所带来的价值。

为了丰富清华大学出版社计算机图书的种类, 强化品牌优势和帮助 UGS 客户正确与高效地应用 MCAD/CAE/CAM 技术于产品开发过程和满足广大 UG 学习者的要求, 清华大学出版社北京清大金地科技有限公司和优集系统 (中国) 有限公司从 2000 年起, 联合组织出版了 Unigraphics 中文版应用指导系列丛书。该系列丛书的出版深受广大用户与读者的欢迎。今天为了帮助 UGS 客户正确与高效地应用 UGS PLM 产品生命周期管理解决方案于产品开发过程和满足广大读者的进一步学习要求, 清华大学出版社北京清大金地科技有限公司和优集系统 (中国) 有限公司决定将原有的中文版 Unigraphics 应用指导系列丛书扩展为中文版 UGS PLM 应用指导系列丛书。

新扩展的系列丛书由两部分组成:

(1) NX MCAD/CAE/CAM 培训教程和应用指导

(2) Teamcenter 培训教程和应用指导

培训教程: 系列教程将采用全球通用的最优秀的学员指导 (Student Guide) 教材为原始资料, 组织国内优秀的培训教员与应用工程师编译。最后由公司指定的专家们审校。

应用指导: 将汇集有关专家的使用经验, 以简洁清晰的形式写成使用指导, 指导广大用户快速正确地应用相应的产品、模块与功能。

系列丛书的读者对象为:

(1) 已购 UGS PLM Solutions 软件的广大用户

培训教程可作为离线培训与现场培训的教材, 或自学参考书。

应用指导可作为快速入门或进一步自学提高的参考书。

(2) 选型中的 UGS 潜在用户

培训教程可作为预培训的教材, 或深入了解 UGS PLM Solutions 软件产品、模块与功能的参考书。

(3) 在校机械、机电专业本科生与研究生

培训教程可作为 CAD、CAM 与 PDM 专业课教材, 研究生做课题中的自学参考书。

应用指导可作为快速入门或进一步自学提高的参考书。

(4) 机械类工程技术人员

培训教程可作为再教育的教材或自学参考书。

应用指导可作为快速入门或进一步自学提高的参考书。

系列丛书的编译、编著、审校工作得到优集系统（中国）有限公司与各 UG 培训中心的大力支持，特别是得到 UGS PLM Solutions 公司大中华区总裁陈杰先生、大中华区销售总监魏永强先生、大中华区技术总监宣志华先生的大力支持与指导。在此表示衷心的感谢。

参与系列丛书的编译、编著、审校的全体工作人员认真细致地写稿、审稿、改稿，正是他们付出的辛勤劳动，系列丛书才得以在短时间内完成，在此也表示衷心的感谢。

最后要感谢清华大学出版社北京清大金地科技有限公司，在系列丛书的策划、出版过程中给予的特别关注、指导与支持。

UGS PLM Solutions 软件在继续发展与升版，随着新版本、新模块与新功能的推出，UGS PLM 系列丛书将定时更新和不断增册。

由于时间仓促，书中难免有疏漏与出错之处，敬请广大读者批评指正。

UGS PLM 应用指导系列丛书工作组

2004 年 4 月

前 言

UG NX 结构分析模块是与 Unigraphics (简称 UG) 集成的一种简便而强大的有限元建模与分析工具。

UG NX 结构分析模块是 CAE 应用软件, 它提供了设计工程师和分析人员进行几何模型设计与分析时所需要的一种分析环境 (包括模型前处理、分析解算和分析结果后处理等), 可以很方便地用于零件设计的分析与评估。

UG NX 的结构分析模块具有强大的仿真管理能力, 对同一零件或装配件可以建立和管理不同的分析方案, 并依据具体设置的分析类型 (如线性静力分析、线性屈曲分析、模态分析、稳态热传导分析、线性热结构耦合分析等) 快速完成模型的有限元分析, 且最终可依据最好或最理想的分析方案更新主模型。

本书是英文资料 UG/SCENARIO FOR STRUCTURES 的中文编译本, 主要目标是帮助用户掌握 UG NX 结构分析软件的应用技巧。

本书共分 19 章, 另有 6 个附录作为补充。详细介绍了 UG NX 的结构分析模块的基本概念、主要功能和各功能对话框中有关选项的定义与用法。各章均附有练习, 并附有详细的练习指导。

本书附录 A 提供了结构分析实例和操作说明, 作为补充, 以强化所学的内容, 并帮助读者进一步理解本书。

本书附有光盘, 其中包括了本书中所有练习题所需的部件文件, 供读者学习时使用。

UG CAD/CAE/CAM 软件进入中国十多年来, 已为中国工程技术人员所熟悉并乐于使用。随着 UG 软件应用的深入, 应广大 UG 用户的要求, 第一次编译出版了这本专门介绍 UG 结构分析模块的培训教程。

本书可供分析师、工程师、设计师使用, 也可供需要进行模型结构有限元分析的其他工程技术人员使用。本书读者必须具有中级的 UG 建模技能和知识, 至少必须学完 UG 建模的实践与应用的相关知识。希望通过本书的学习, 使广大用户和读者能快速正确地应用 UG/SCENARIO FOR STRUCTURES 结构分析技术对产品进行分析, 使产品的设计水平提升到一个新的台阶。

本书第 1~4 章由 UGS (中国) 公司的高级工程师蔡波审校, 其余各章及附录由 UGS (中国) 公司的高级工程师胡小康审校。他们不仅对本书作了认真细致的校核与修改, 而且提出了很多有益的建议, 在此表示衷心的感谢。同时还要特别感谢 UGS (中国) 公司的高级顾问洪如瑾老师和张振亚高级工程师, 他们对本书的成稿做了很大的贡献, 在此一并致谢。

编译者
2004 年 10 月

目 录

第 1 章 结构分析模块简介	1
1.1 结构分析概述.....	1
1.1.1 什么是结构分析模块.....	1
1.1.2 一些相关的概念.....	2
1.1.3 结构分析方案体系架构的内部工作方式.....	2
1.1.4 分析方案的目录结构.....	3
1.1.5 分析过程.....	3
1.1.6 结构分析的基本特点.....	4
1.1.7 启动结构分析模块.....	5
1.1.8 结构分析工具条.....	6
1.2 分析方案导航器.....	9
1.2.1 创建分析方案.....	9
1.2.2 MB3 弹出菜单	11
1.3 分析环境.....	12
1.3.1 定义分析环境.....	13
1.3.2 选择求解器.....	13
1.3.3 选择分析类型.....	14
1.3.4 轴对称问题.....	15
第 2 章 模型准备	20
2.1 概述.....	20
2.2 简化模型.....	21
2.2.1 抑制特征.....	21
2.2.2 释放特征.....	23
2.3 几何体的理想化.....	23
2.4 中面.....	25
2.4.1 术语.....	25
2.4.2 面对方法 (Face Pair Method)	26
2.4.3 偏置方法 (Offset Method)	29
2.4.4 用户自定义方法 (User Defined)	32
2.4.5 中面特征的信息.....	34
2.4.6 编辑中面特征.....	34

2.5 缝合	39
2.5.1 几何选择 (Geometry Selection)	39
2.5.2 缝合公差 (Sew Tolerance)	40
2.5.3 缝合阵列中的所有实体 (Sew All Instance)	40
2.6 点	40
2.6.1 相关点或普通点的构造 (Associative or Generic Point Construction)	40
2.6.2 基点 (Base Point)	41
2.6.3 偏置 (Offset)	41
2.7 面分割	41
2.8 面连接	42
2.8.1 同类型的曲面 (On Same Surface)	42
2.8.2 转换为 B 型曲面 (Convert to B-Surface)	43
2.8.3 面连接的技巧	43
2.9 模型分割	43
2.9.1 建立基准面	44
2.9.2 预览不能完成扫掠的实体	44
2.10 面混合	44
第 3 章 零维和一维网格划分	47
3.1 概述	47
3.2 建立网格	47
3.3 零维网格	48
3.3.1 过程	48
3.3.2 默认的单元密度	49
3.3.3 分布质量	49
3.3.4 创建硬点	50
3.4 一维网格	50
3.4.1 网格单元类型	51
3.4.2 合并节点	51
3.4.3 公差	51
3.4.4 选择步骤	51
3.4.5 方向的重要性	52
3.4.6 一维单元——建立一维网格的各种方法	52
3.4.7 建立一维网格的过程	54
3.4.8 建立焊接单元 (Create Weld Elements)	55
3.5 一维单元截面	56
3.5.1 截面类型	56
3.5.2 截面属性	57

3.5.3 薄壁矩形.....	57
3.5.4 空心圆.....	58
3.5.5 薄壁凹槽.....	59
3.5.6 薄壁帽.....	59
3.5.7 薄壁工字梁.....	60
3.5.8 实心圆柱.....	61
3.5.9 实心矩形.....	61
3.5.10 用户自定义参数.....	62
3.5.11 用户自定义薄壁.....	63
3.5.12 用户自定义实体.....	63
第 4 章 二维网格划分	67
4.1 概述.....	67
4.2 二维网格单元类型.....	68
4.3 二维网格对话框.....	68
4.3.1 单元类型 (Element Type)	69
4.3.2 过滤器 (Filter)	69
4.3.3 总体单元尺寸 (Overall Element Size)	70
4.3.4 自动设定单元尺寸 (Auto-ESize)	70
4.3.5 选择内部硬点 (Select Interior Hard Points)	71
4.3.6 建立硬点 (Create Hard Points)	71
4.3.7 预览 (Preview)	71
4.3.8 更多/更少的选项 (More Options/Less Options)	71
4.3.9 边缘匹配 (Edge Match)	71
4.3.10 分割四边形 (Split Quad)	72
4.3.11 翘曲 (Warp)	72
4.3.12 尝试映射 (Attempt Mapping)	72
4.3.13 为求解器生成网格数据 (Format Mesh to Solver)	72
4.4 有关壳网格生成器的提示和使用技巧	72
4.5 编辑二维网格.....	79
第 5 章 三维网格划分	82
5.1 概述.....	82
5.2 三维四面体网格.....	83
5.2.1 三维网格单元类型.....	83
5.2.2 总体单元尺寸 (Overall Element Size)	84
5.2.3 自动设定单元尺寸 (Auto-ESize)	84
5.2.4 过渡边缘设定 (Transition Edge Seeding)	84

5.2.5 预览 (Preview)	84
5.2.6 方法 (Method)	84
5.2.7 中节点 (Midnodes)	85
5.2.8 最大雅可比数 (Maximum Jacobian)	85
5.2.9 曲面网格尺寸变量 (Surface Mesh Size Variation)	85
5.2.10 体网格尺寸变量 (Volume Mesh Size Variation)	86
5.3 硬点和分割面之间的交互作用	86
5.4 三维扫掠网格	90
5.4.1 选择步骤 (Selection Steps)	91
5.4.2 网格类型 (Mesh type)	91
5.4.3 起始单元尺寸 (Source Element Size)	91
5.4.4 系统检查 (System Checks)	92
5.5 使用三维实体网格的提示与技巧	94
第 6 章 单元显示的处理	96
6.1 概述	96
6.2 单元显示的设置	96
6.2.1 网格类型 (Type)	97
6.2.2 色彩 (Color)	97
6.2.3 单元渲染 (Element Shading)	97
6.2.4 渲染显示的边界颜色 (Edge Color When Shaded)	98
6.2.5 单元收缩百分比 (Element Shrink Percentage)	99
6.2.6 二维单元法向 (2D Element Normals)	99
6.2.7 二维单元法向色彩 (2D Element Normal Colors)	100
6.2.8 默认 (Default)	100
6.2.9 信息 (Info)	100
6.2.10 选择新的网格 (Select New)	100
6.2.11 重新高亮显示 (Re-highlight)	100
第 7 章 网格改进	101
7.1 概述	101
7.1.1 数据选择 (Data Selection)	101
7.1.2 默认 (Default)	102
7.1.3 分类选择 (Class Selection)	102
7.2 属性编辑器——点的选择	102
7.3 属性编辑器——曲线/边缘的选择	103
7.3.1 边缘密度方法和密度值 (Edge Density Method and Density Value)	103
7.3.2 边缘密度数量 (Edge Density Number)	104

7.3.3 边缘密度尺寸 (Edge Density Size)	104
7.3.4 边缘密度弦公差 (Edge Density Chordal Tolerance)	104
7.3.5 边缘密度几何级数 (Edge Density Geometric Progression)	104
7.3.6 边缘密度比 (Edge Density Ratio)	104
7.4 属性编辑器——面的选择	105
7.5 属性编辑器——体的选择	105
7.6 属性编辑器——三维网格的选择	106
7.7 属性编辑器——壳网格 (二维) 的选择	106
7.8 属性编辑器——一维网格 (梁) 的选择	107
7.9 属性编辑器——零维网格的选择	108
7.9.1 网格密度方法和值 (Mesh Density Method and Value)	108
7.9.2 分布质量 (Distribute Mass)	108
第 8 章 定义材料特性	113
8.1 概述	113
8.1.1 材料特性定义	113
8.1.2 “材料”对话框	114
8.2 材料特性的类型和种类	114
8.2.1 各向同性 (Isotropic)	115
8.2.2 正交各向异性 (Orthotropic)	115
8.2.3 各向异性 (Anisotropic)	116
8.2.4 种类 (Category)	116
8.3 材料对话框选项	117
8.3.1 继承的材料 (Materials Inherited)	117
8.3.2 名称 (Name)	117
8.3.3 种类 (Category)	117
8.3.4 删除 (Delete)	118
8.3.5 重命名 (Rename)	118
8.3.6 取消选定对象 (Deselect Assignment Objects)	118
8.3.7 材料库 (Library)	118
8.3.8 从材料库中更新 (Update from Library)	118
8.4 支持与温度相关的材料特性	118
8.4.1 表特性 (Table Property)	119
8.4.2 在表中输入数值	119
8.4.3 温度和数值输入格式	120
8.5 定义材料特性	120
8.5.1 创建材料的一般程序 (非数据库方法)	120
8.5.2 从材料库提取材料的一般程序	120

8.5.3 材料应用程序.....	121
8.6 材料数据库的客户化.....	122
8.7 材料特性单位.....	123
8.8 材料与分析方案环境.....	123
第 9 章 载荷与边界条件.....	128
9.1 概述.....	128
9.1.1 “载荷”对话框 (Loads Dialog)	128
9.1.2 “边界条件”对话框 (Boundary Conditions Dialog)	128
9.2 载荷组和边界条件组.....	129
9.2.1 概述.....	129
9.2.2 建立载荷组.....	130
9.2.3 管理载荷组.....	130
9.2.4 抑制和释放载荷组.....	130
9.2.5 多个载荷组同时工作.....	131
9.3 载荷和边界条件的显示.....	131
9.4 施加载荷.....	133
9.4.1 概述.....	133
9.4.2 载荷类型.....	133
9.4.3 载荷作用对象.....	137
9.4.4 指定分量.....	137
9.4.5 沿着边缘施加载荷和边界条件.....	138
9.5 施加边界条件.....	139
9.5.1 边界条件类型.....	139
9.5.2 标准类型 (Standard Types)	141
9.5.3 平面 (Plane) 定义.....	141
9.5.4 指定分量.....	141
第 10 章 查询有限元模型.....	153
10.1 信息查询.....	153
10.1.1 网格 (Mesh)	154
10.1.2 载荷 (Load)	154
10.1.3 边界条件 (Boundary Condition)	155
10.1.4 载荷工况 (Load Case)	155
10.1.5 材料 (Material)	155
10.1.6 截面 (Section)	157
10.1.7 识别 (Identify)	157
10.1.8 网格配对条件 (Mesh Mating Condition)	158

10.1.9 有限元模型小结 (Finite Element Model Summary)	158
10.2 估计工作量.....	159
第 11 章 检查有限元模型.....	161
11.1 概述.....	161
11.2 综合检查.....	161
11.3 单元形状检查.....	162
11.3.1 单元形状检查的主要功能.....	163
11.3.2 系统进行形状检查的依据.....	163
11.4 单元轮廓检查.....	167
11.5 节点检查.....	169
11.6 2D 单元法向检查.....	170
第 12 章 分析解算	171
12.1 概述.....	171
12.2 Structures P.E.求解器特征	172
12.2.1 优化 (Optimize)	173
12.2.2 继承 (Inertia Relief)	173
12.2.3 自适应分析 (Adaptive Analysis)	173
12.2.4 指定打印输出 (Specify Printed Output)	174
12.2.5 最大工作时间 (Max Job Time)	175
12.2.6 临时目录路径 (Scratch Directory Path)	175
12.2.7 过程.....	175
12.2.8 分析作业监控器 (Analysis Job Monitor)	175
第 13 章 模型后处理	178
13.1 概述.....	178
13.1.1 启动后处理器.....	178
13.1.2 后处理器用途.....	178
13.2 分析方案导航器中的分析结果.....	179
13.2.1 分析方案导航器中分析结果的作用	179
13.2.2 后处理器视图的管理.....	179
13.2.3 隐藏和显示网格分析结果.....	180
13.2.4 列表显示网格分析结果.....	180
13.2.5 在分析方案导航器中打开辅助分析方案的 分析结果	181
13.3 分析结果工具面板.....	181
13.3.1 类型 (Type)	181
13.3.2 云图 (Fringes)	184

13.3.3 识别 (Identify)	186
13.3.4 动画 (Animation)	188
13.3.5 显示 (Display)	190
13.3.6 视图 (View)	194
13.3.7 辅助分析方案 (Auxiliary Scenario)	195
13.3.8 硬拷贝 (Hard Copy)	195
13.3.9 退出 (Quit)	197
13.4 剩下的过程	199
第 14 章 报告书写器	201
14.1 概述	201
14.2 创建报告	201
14.3 编辑报告	201
14.3.1 删除章节	201
14.3.2 编辑报告文本	202
14.3.3 添加图像	202
14.3.4 输出报告	203
第 15 章 网格配对条件	205
15.1 概述	205
15.2 手工建立网格配对条件	206
15.2.1 手工建立的基本步骤	206
15.2.2 主从关系	206
15.2.3 网格配对条件名称 (Mesh Mating Condition Name)	206
15.2.4 区域类型 (Region Type)	206
15.2.5 配对面区域选择步骤 (Selection Steps)	206
15.2.6 使网格一致 (Make Meshes Coincident)	207
15.2.7 网格配对类型 (Mesh Mating Type)	207
15.2.8 自动建立 (Auto Create)	207
15.2.9 删除 (Delete)	208
15.2.10 重命名 (Rename)	208
15.2.11 清除选择 (Clear Selection)	208
15.2.12 转换配对区域 (Reverse Mating Region)	208
15.2.13 距离公差 (Distance Tolerance)	208
15.2.14 手工建立的其他问题	208
15.3 自动建立的前提和过程	208
15.3.1 自动建立的前提	208
15.3.2 自动建立网格配对条件的程序	209