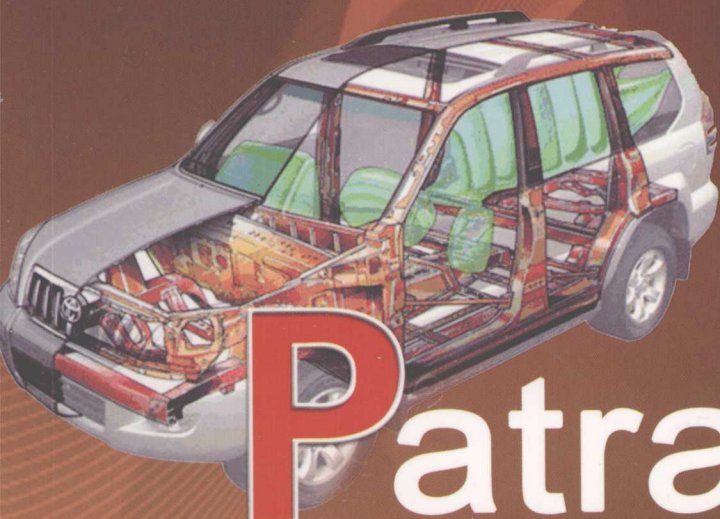




计算机辅助分析 (CAE) 系列
JISUANJIFUZHUFENXI(CAE)XILIE



Patran2010 与 Nastran2010 有限元分析 从入门到精通

全面完整的知识体系
深入浅出的理论阐述

循序渐进的分析讲解
实用典型的实例引导

随书配送 DVD 光盘。包含全书所有实例的源文件素材，并制作了全部实例的制作过程动画 AVI 文件和效果图演示。可以帮助读者更加形象直观、轻松自在地学习本书。



三维书屋工作室

龙凯 贾长治 李宝峰 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

Patran 2010 与 Nastran 2010

有限元分析从入门到精通

三维书屋工作室

龙凯 贾长治 李宝峰 等编著

机械工业出版社

本书介绍了 Patran 2010 软件的基本操作以及 Nastran 2010 的求解分析, 全书共分为 19 章。第 1 章简介 MSC 公司以及 Patran 和 Nastran 的基本功能; 第 2 章简介使用 Patran 建模和 Nastran 分析的过程; 第 3 章介绍使用 Patran 建立几何模型; 第 4 章介绍使用 Patran 进行有限元网格划分; 第 5 章介绍材料属性; 第 6 章单元属性; 第 7 章介绍工况及边界条件; 第 8 章介绍了如何进行分析控制; 第 9 章介绍分析结果后处理。第 10 章至 19 章是实例章, 涵盖了使用 Nastran 分析的主要分析类型, 其中第 10 章介绍基本使用实例; 第 11 章介绍静力学分析; 第 12 章介绍屈曲分析; 第 13 章介绍模态分析; 第 14 章介绍瞬态响应分析; 第 15 章介绍频率响应分析; 第 16 章介绍随机响应分析; 第 17 章介绍非线性分析; 第 18 章介绍结构拓扑优化; 第 19 章介绍热传导分析。对所有实例的操作步骤都提供了详细的文字和图例说明, 以便于读者学习掌握。

本书适合于高等院校研究生作为计算机辅助有限元分析软件自学教材, 也可以作为各科研院所研究人员的研究参考资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

Patran 2010 与 Nastran 2010 有限元分析从入门到精通/
刘凯等编著. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2011.10
ISBN 978-7-111-36004-9

I. ①P… II. ①刘… III. ①有限元分析—应用软件,
Patran 2010、Nastran 2010—教材 IV. ①0241.82-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 198535 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 曲彩云 责任印制: 乔宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2011 年 10 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm·31.5 印张·780 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-36004-9

ISBN 978-7-89433-142-7 (光盘)

定价: 69.00 元 (含 1DVD)

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

策划编辑: (010) 88379782

社服务中心: (010) 88361066

网络服务

销售一部: (010) 68326294

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649

教材网: <http://www.cmpedu.com>

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

序 言

MSC 软件公司的系列产品 MSC. Nastran 和 Patran 于 20 世纪 80 年代进入我国, 并逐步在航空航天、汽车、造船、国防, 铁路运输、机械、建筑和土木工程、水利、能源化工等一系列领域得到广泛的应用, 为产品的研发质量和性能的提升带来了很大的帮助, 解决了很多领域的工程计算的难题, 取得了很大的社会效益和经济效益。因此 MSC 公司的 astran 和 Patran, ADAMS 和 MARC 等系列产品都获得了广泛的好评。在国内的市场很受广大用户的欢迎, 使用普及的程度很高。为了方便国内读者学习使用 Nastran 和 Patran 等产品, 从 2003 年起, 在 MSC 软件中国区的组织下, 陆续出版了 MSC 软件的系列丛书, 很多学者和专家也出版了很多这方面的书籍, 所有这些书籍为读者提供了很多帮助。

MSC 软件公司的经营理念是: 针对最广泛的真实世界的性能, 不断扩展工程分析的范畴, 达到交付确实可信的结果。在这里确实可信是关键, 一方面真实世界是很复杂的, 从有限元分析的技术角度看, 是很多学科技术合并在一起起作用, 所以要保证精度, 需要让软件的仿真引擎 Nastran 不断融入新的技术, 成为真正意义的多学科协同仿真分析的引擎, 这方面的挑战确实很大, 但是 MSC 软件公司一直在不断努力进步; 同时要保证时间和进度, 前处理技术需要更加便捷和高效, 用户界面良好。MSC 软件公司在这些年的产品开发上一直秉承这个理念而不断追求进步, 为客户提供更多价值, 从 2010 年起, MSC 软件公司的 Patran 2010 基于 Windows 的风格进行了很大的技术变革, 从界面的风格, 操作的习惯进行了革新, 增加了右键弹出菜单, 同时参照了人体工程方面的研究后, 对很多常用菜单进行了优化和组合, 减少了菜单的层级, 从而减少了用户的菜单点击次数, 当然在零部件的简化处理和网格划分的技术上都进行了提高。而 Nastran 2010 开发了很多增强的功能, 除了本身的技术进步, 例如增加新的单元类型, 计算速度等方面, 来增加了多学科分析方面的能力, 例如隐式非线性、显式非线性、外噪声、转子动力学等技术, 同时也在把运动、碰撞、系统与控制、热分析等能力逐步融合。由于技术的进步和软件的不断更新, 原来的一些书籍就显得有些不够用了。为了方便用户, 特别是新用户更加方便快捷地掌握最新的 Nastran 和 Patran 技术, 出版一本全新的, 系统的全面介绍的书籍是很有必要的。本书正是为了满足这一需求而编写出版的。

本书作者龙凯博士, 长期使用 Nastran 和 Patran 进行科研和教学工作, 积累了大量的软件使用经验和工程经验, 熟悉用户培训和技术支持工作, 了解用户的需求。市场上的有些书籍是入门级别的, 对于有些使用者而言, 可能觉得简单了一点, 帮助不大, 而有些则偏重于理论, 使用性和通俗易懂性则不强。而本书很好地把这入门级别和精通级别两者的需求结合在一起, 确实是了不起的工作。本书还收集了大量的实例源文件, 录制了很多过程的操作录屏的 AVI, 可以帮助读者学习。对读者而言, 是一本非常实用的书籍, 可以用于在校学生的学习, 也适合公司对用户进行 Nastran 和 Patran 的软件培训。龙凯博士以及其他编者在这本书的编写上花费了大量的心血, 在此我代表 MSC 大中华区全体同仁对编者表示深深的感谢。

前 言

随着市场竞争的日趋激烈，制造厂商们对 CAE 在产品生产制造过程的重要作用认识得越来越清楚。CAD 技术着重解决的是产品的设计质量问题（如造型、装配、出图等）；CAM 技术着重解决的是产品的加工质量问题；而 CAE 技术着重解决的是产品的性能问题。一方面由于 CAD/CAM 系统间各具特色，另一方面由于产品性能仿真所涉及的内容及学科多样性、合作对象的多元化，因此设计和制造厂商对于能够将各种设计、分析、制造、测试软件紧密有效地集成为一个易学易用的完整框架系统的需求也就变得更加迫切，从而最大限度地降低开发成本、加快产品投放市场和缩短设计周期。

MSC.Software Corporation（简称 MSC.Software）创建于 1963 年，总部设在美国洛杉矶，是享誉全球最大的工程校验，有限元分析和计算机仿真预测应用软件（CAE, Computer Aided Engineering）供应商。

Patran 是一个集成的并行框架式有限元前后处理及分析仿真系统。Patran 最早由美国宇航局（NASA）倡导开发，是工业领域最著名的并行框架式有限元前后处理及分析系统，其开放式、多功能的体系结构可将工程设计、工程分析、结果评估、用户化设计和交互图形界面集于一身，构成一个完整的 CAE 集成环境。使用 Patran 可以帮助产品开发用户实现从设计到制造全过程的产品性能仿真。Patran 拥有良好的用户界面，便于用户学习和使用。目前，其最新版本已经发展到 Patran 2010。

Nastran 是美国国家航空航天局（简称 NASA）为适应各种工程分析问题而开发的多用途有限元分析程序。这个系统称作 NASA Structural Analysis System，命名为 Nastran。为了迎合企业准确充分地模拟产品的真实性能的需求，结合当今计算方法、计算机技术的最新发展，从 2001 年以来，MSC.Software 投入了大量的研发力量进行 MD 技术研发，在 2006 年成功发布了新一代的多学科仿真工具 Nastran，在继承原有 Nastran 强大功能的基础上，陆续集成了 Marc、Dytran、Sinda、Dyna 和 Actran 等著名软件的先进技术，大大增强了高级非线性、显式非线性、热分析、外噪声分析等功能。目前，其最新版本已经发展到 Nastran 2010。

本书介绍了 Patran 2010 软件的基本操作以及 Nastran 2010 的求解分析，全书共分为 19 章。第 1 章简介 MSC 公司以及 Patran 和 Nastran 的基本功能；第 2 章简介使用 Patran 建模和 Nastran 分析的过程；第 3 章介绍使用 Patran 建立几何模型；第 4 章介绍使用 Patran 进行有限元网格划分；第 5 章介绍材料属性；第 6 章单元属性；第 7 章介绍工况及边界条件；第 8 章介绍了如何进行分析控制；第 9 章介绍分析结果后处理。第 10 章至 19 章是实例，涵盖了使用 Nastran 分析的主要分析类型，其中第 10 章介绍基本使用实例；第 11 章介绍静力学分析；第 12 章介绍屈曲分析；第 13 章介绍模态分析；第 14 章介绍瞬态响应分析；第 15 章介绍频率响应分析；第 16 章介绍随机响应分析；第 17 章介绍非线性分析；第 18 章介绍结构拓扑优化；第 19 章介绍热传导分析。对所有实例的操作步骤都提供了详细的文字和图例说明，以便于读者学习掌握。

目 录

随书多媒体光盘包含全书所有实例源文件和操作过程录屏 AVI 文件。可以帮助读者更加形象直观地学习本书内容。

本书由三维书屋工作室总策划，华北电力大学的龙凯博士和军械工程学院的贾长治副教授、李宝峰博士主要编写，参加编写的还有王文平、王敏、刘昌丽、张日晶、路纯红、周冰、董伟、李瑞、张俊生、孟清华、陈丽芹、李世强、王兵学、王渊峰、袁涛、王佩楷、阳平华、王义发、郑长松、王艳池、许洪、王培合、胡仁喜、王宏、康士廷、杨雪静、董荣荣、夏德伟、王玉秋等。

由于编者水平有限，时间仓促，所以难免在内容选材和叙述上有欠缺之处。竭诚欢迎广大读者在阅读过程中登录网站 www.sjzsanweishuwu.com 对本书提出批评和建议。也可以发电子邮件到编者的电子信箱：win760520@126.com，以方便做进一步的交流。

| | | | | |
|----|-------|--------|-------|-----|
| 6 | ..... | 1.2.6 | ..... | 编 者 |
| 6 | ..... | 1.2.7 | ..... |  |
| 7 | ..... | 1.3 | ..... |  |
| 7 | ..... | 1.3.1 | ..... |  |
| 7 | ..... | 1.3.2 | ..... |  |
| 7 | ..... | 1.3.3 | ..... |  |
| 8 | ..... | 1.3.4 | ..... |  |
| 8 | ..... | 1.3.5 | ..... |  |
| 9 | ..... | 1.3.6 | ..... |  |
| 9 | ..... | 1.3.7 | ..... |  |
| 10 | ..... | 1.3.8 | ..... |  |
| 10 | ..... | 1.3.9 | ..... |  |
| 11 | ..... | 1.3.10 | ..... |  |
| 11 | ..... | 1.3.11 | ..... |  |
| 12 | ..... | 1.3.12 | ..... |  |
| 12 | ..... | 1.3.13 | ..... |  |
| 12 | ..... | 1.3.14 | ..... |  |
| 12 | ..... | 1.3.15 | ..... |  |
| 13 | ..... | 第 2 章 | ..... |  |
| 13 | ..... | 2.1 | ..... |  |
| 14 | ..... | 2.2 | ..... |  |
| 14 | ..... | 2.2.1 | ..... |  |
| 19 | ..... | 2.2.2 | ..... |  |
| 20 | ..... | 2.2.3 | ..... |  |
| 21 | ..... | 2.2.4 | ..... |  |
| 22 | ..... | 2.3 | ..... |  |
| 22 | ..... | 2.3.1 | ..... |  |

目 录

| | |
|----------------------------------|----|
| 序言 | |
| 前言 | |
| 第 1 章 概述 | 1 |
| 1.1 MSC 公司及其产品介绍 | 1 |
| 1.2 Patran 介绍 | 2 |
| 1.2.1 图形用户界面 | 2 |
| 1.2.2 CAD 几何模型的直接访问 | 3 |
| 1.2.3 几何造型功能 | 4 |
| 1.2.4 分析集成 | 4 |
| 1.2.5 有限元建模 | 5 |
| 1.2.6 结果交互式可视化后处理 | 6 |
| 1.2.7 高级用户化工具 | 6 |
| 1.3 Nastran 软件功能介绍 | 7 |
| 1.3.1 静力分析 | 7 |
| 1.3.2 屈曲分析 | 7 |
| 1.3.3 动力学分析 | 7 |
| 1.3.4 热分析 | 8 |
| 1.3.5 空气动力弹性及颤振分析 | 8 |
| 1.3.6 流固耦合分析 | 9 |
| 1.3.7 多级超单元分析 | 9 |
| 1.3.8 高级对称分析 | 10 |
| 1.3.9 设计灵敏度及优化分析 | 10 |
| 1.3.10 转子动力学特性分析 | 11 |
| 1.3.11 概率有限元分析 | 11 |
| 1.3.12 与 ADAMS 进行刚/柔性多体动力学分析 | 12 |
| 1.3.13 Nastran 的并行求解方法 | 12 |
| 1.3.14 多种求解方法 | 12 |
| 1.3.15 用户化开发工具 DAMP 语言 | 12 |
| 第 2 章 Patran 建模和 Nastran 分析过程 | 13 |
| 2.1 有限元分析简介 | 13 |
| 2.2 Patran 建模和 Nastran 分析流程 | 14 |
| 2.2.1 Patran 2010 的用户界面介绍 | 14 |
| 2.2.2 Patran 建模和 Nastran 分析的一般流程 | 19 |
| 2.2.3 Patran 和 Nastran 的主要相关文件 | 20 |
| 2.2.4 单位制介绍 | 21 |
| 2.3 实例入门——支撑结构受力变形分析 | 22 |
| 2.3.1 前处理 | 22 |

| | | |
|-----|---------------------------|----|
| 50 | 2.3.2 提交分析..... | 25 |
| 50 | 2.3.3 后处理..... | 26 |
| 第3章 | 创建几何模型..... | 28 |
| 40 | 3.1 直接创建几何模型..... | 28 |
| 40 | 3.1.1 创建点..... | 28 |
| 20 | 3.1.2 创建曲线..... | 33 |
| 20 | 3.1.3 创建曲面..... | 42 |
| 20 | 3.1.4 创建三维实体..... | 49 |
| 70 | 3.1.5 创建坐标系..... | 52 |
| 70 | 3.1.6 创建平面..... | 54 |
| 70 | 3.1.7 创建矢量..... | 56 |
| 80 | 3.2 转化创建几何模型..... | 56 |
| 00 | 3.3 Patran 的输入输出接口..... | 60 |
| 00 | 3.3.1 Patran 输入接口..... | 60 |
| 001 | 3.3.2 Patran 输出接口..... | 62 |
| 001 | 3.4 编辑几何模型..... | 63 |
| 001 | 3.4.1 编辑点..... | 63 |
| 101 | 3.4.2 编辑曲线..... | 64 |
| 101 | 3.4.3 编辑曲面..... | 65 |
| 501 | 3.4.4 编辑实体..... | 69 |
| 501 | 3.5 其他几何操作..... | 70 |
| 501 | 3.5.1 删除功能..... | 71 |
| 801 | 3.5.2 信息显示..... | 71 |
| 801 | 3.5.3 检查几何模型..... | 71 |
| 801 | 3.5.4 关联..... | 72 |
| 801 | 3.5.5 反关联..... | 72 |
| 801 | 3.5.6 重新标号..... | 72 |
| 401 | 3.6 应用实例..... | 72 |
| 401 | 3.6.1 圆顶凸台建模实例..... | 73 |
| 401 | 3.6.2 叉架建模实例..... | 75 |
| 201 | 3.7 托架线性静力分析全程实例——建模..... | 82 |
| 101 | 3.7.1 创建数据库模型..... | 83 |
| 201 | 3.7.2 创建二维平面图..... | 83 |
| 201 | 3.7.3 创建三维实体..... | 85 |
| 801 | 3.7.4 创建切割实体模型..... | 86 |
| 011 | 3.7.5 创建底部圆孔..... | 87 |
| 511 | 3.7.6 打印痕..... | 88 |
| 第4章 | 划分有限元网格..... | 90 |
| 611 | 4.1 单元库简介..... | 90 |

| | | |
|----|---------------------------------|-----|
| 25 | 4.2 直接创建有限元网格 (Create) | 92 |
| 26 | 4.2.1 网格生成器的分类 | 92 |
| 28 | 4.2.2 几何协调性和有限元协调性 | 94 |
| 28 | 4.2.3 自动生成网格 (mesh) | 94 |
| 28 | 4.2.4 手动生成网格 | 94 |
| 28 | 4.2.5 创建多点约束 (MPC) | 95 |
| 34 | 4.3 转化创建有限元网格 | 95 |
| 34 | 4.3.1 移动、旋转和镜像创建节点/单元 | 96 |
| 32 | 4.3.2 拉伸、滑动创建单元 | 97 |
| 32 | 4.4 修改有限元网格模型 | 97 |
| 32 | 4.4.1 修改网格 (mesh) | 97 |
| 32 | 4.4.2 修改单元 | 98 |
| 30 | 4.4.3 修改梁/杆、三角形、四边形、四面体单元 | 99 |
| 30 | 4.4.4 修改节点 | 99 |
| 30 | 4.4.5 修改网格种子 | 100 |
| 30 | 4.5 检查有限元网格 | 100 |
| 30 | 4.5.1 有限元网格检查 (Verify) | 100 |
| 30 | 4.5.2 检查三角形单元的质量 | 101 |
| 30 | 4.5.3 检查四边形单元的质量 | 101 |
| 30 | 4.5.4 检查四面体单元的质量 | 102 |
| 30 | 4.5.5 检查五面体单元的质量 | 102 |
| 30 | 4.5.6 检查六面体单元的质量 | 102 |
| 30 | 4.5.7 检查节点 | 103 |
| 30 | 4.5.8 检查中间节点 | 103 |
| 30 | 4.5.9 检查超级单元 | 103 |
| 30 | 4.6 基于有限元网格模型的其他操作 | 103 |
| 30 | 4.6.1 重新标号 | 103 |
| 30 | 4.6.2 联结 (Associate) | 104 |
| 30 | 4.6.3 解除联结 (Disassociate) | 104 |
| 30 | 4.6.4 优化 (Optimize) | 104 |
| 30 | 4.6.5 显示信息 | 105 |
| 30 | 4.6.6 删除有限元元素 (Delete) | 105 |
| 30 | 4.7 创建有限元网格实例 | 105 |
| 30 | 4.7.1 卷簧网格划分实例 | 105 |
| 30 | 4.7.2 支架网格划分实例 | 108 |
| 30 | 4.7.3 连杆网格划分实例 | 110 |
| 30 | 4.8 托架线性静力分析全程实例——网格划分 | 112 |
| 30 | 第5章 材料属性 | 113 |
| 30 | 5.1 概述 | 113 |

| | | | |
|-----|-------|------------------------|-----|
| 121 | 5.2 | 创建材料模型 | 115 |
| 121 | 5.2.1 | 材料模型分类 | 115 |
| 121 | 5.2.2 | 创建材料模型的方法 | 117 |
| 121 | 5.3 | 显示材料模型 | 117 |
| 121 | 5.4 | 工程实例 | 118 |
| 121 | 5.4.1 | 各向同性材料模型实例 | 118 |
| 124 | 5.4.2 | 九层复合材料模型实例 | 119 |
| 124 | 5.4.3 | 温度相关材料模型实例 | 121 |
| 121 | 5.5 | 托架线性静力分析全程实例——定义材料本构关系 | 122 |
| 121 | 第6章 | 单元属性 | 123 |
| 121 | 6.1 | 概述 | 123 |
| 121 | 6.2 | 创建单元属性 | 124 |
| 121 | 6.2.1 | 0D 单元属性 | 124 |
| 128 | 6.2.2 | 1D 单元属性 | 125 |
| 128 | 6.2.3 | 2D 单元属性 | 130 |
| 121 | 6.2.4 | 3D 单元属性 | 132 |
| 121 | 6.3 | 梁的显示 | 133 |
| 121 | 6.4 | 显示检查单元属性 | 134 |
| 121 | 6.5 | 托架线性静力分析全程实例——定义单元属性 | 134 |
| 121 | 第7章 | 工况及边界条件 | 136 |
| 121 | 7.1 | 概述 | 136 |
| 121 | 7.2 | 载荷/边界条件的创建、显示、修改、删除 | 137 |
| 121 | 7.2.1 | 创建载荷/边界条件的步骤 | 139 |
| 121 | 7.2.2 | 显示、检查边界条件 | 140 |
| 121 | 7.2.3 | 修改、删除边界条件 | 140 |
| 121 | 7.3 | 应用实例 | 140 |
| 121 | 7.3.1 | 创建平板位移边界条件实例 | 141 |
| 121 | 7.3.2 | 创建径向载荷实例 | 142 |
| 121 | 7.3.3 | 施加变化的载荷实例 | 143 |
| 121 | 7.4 | 托架线性静力分析全程实例——定义边界条件 | 144 |
| 121 | 7.4.1 | 定义位移边界条件 | 144 |
| 121 | 7.4.2 | 定义载荷边界条件 | 145 |
| 121 | 第8章 | 分析控制 | 147 |
| 121 | 8.1 | 概述 | 147 |
| 121 | 8.2 | 设定分析环境并提交计算 | 148 |
| 121 | 8.2.1 | 转换参数设置 | 148 |
| 121 | 8.2.2 | 分析类型的设置 | 149 |
| 121 | 8.2.3 | Subcases 的定义 | 150 |
| 121 | 8.2.4 | Subcase Select | 151 |

| | | |
|--------|-------------------------------|-----|
| 8.3 | 读取分析结果 | 151 |
| 8.3.1 | 读取分析结果 | 151 |
| 8.3.2 | 将计算结果与 Patran 相关联 | 152 |
| 8.4 | 优化分析 | 152 |
| 8.4.1 | 问题描述 | 153 |
| 8.4.2 | 创建设计变量 | 153 |
| 8.4.3 | 创建目标函数 | 154 |
| 8.4.4 | 创建约束条件 | 154 |
| 8.4.5 | 分析设置 | 155 |
| 8.4.6 | 分析求解 | 156 |
| 8.5 | 托架线性静力分析全程实例——提交分析作业 | 156 |
| 第 9 章 | 结果后处理 | 157 |
| 9.1 | 概述 | 157 |
| 9.2 | 后处理的一般步骤 | 158 |
| 9.3 | 分析结果快速显示 | 158 |
| 9.4 | 显示变形图 | 161 |
| 9.5 | 显示云图 | 162 |
| 9.6 | 图形符号显示 | 163 |
| 9.7 | 创建 X-Y 坐标曲线 | 163 |
| 9.8 | 生成报告 | 165 |
| 9.9 | 其他操作 | 167 |
| 9.10 | 托架线性静力分析全程实例——结果后处理 | 168 |
| 第 10 章 | Patran 和 Nastran 基本使用实例 | 171 |
| 10.1 | 活塞受压分析实例 | 171 |
| 10.1.1 | 问题描述 | 171 |
| 10.1.2 | 创建数据库模型并导入模型 | 171 |
| 10.1.3 | 网格划分 | 173 |
| 10.1.4 | 定义材料本构关系 | 174 |
| 10.1.5 | 定义单元属性 | 174 |
| 10.1.6 | 定义位移边界条件 | 176 |
| 10.1.7 | 定义压力载荷边界条件 | 177 |
| 10.1.8 | 提交分析作业 | 177 |
| 10.1.9 | 查看结果 | 178 |
| 10.2 | 组和列表定义实例 | 180 |
| 10.2.1 | 创建数据库模型 | 180 |
| 10.2.2 | 创建几何模型 | 181 |
| 10.2.3 | 网格划分 | 182 |
| 10.2.4 | 定义材料本构关系 | 184 |
| 10.2.5 | 定义表 | 185 |

| | | |
|-----|----------------------|-----|
| 819 | 10.2.6 定义单元属性 | 186 |
| 820 | 10.2.7 定义温度边界条件 | 187 |
| 822 | 10.2.8 定义厚度场集合 | 188 |
| 824 | 10.2.9 定义温度场集合 | 190 |
| 825 | 10.2.10 定义组 | 190 |
| 825 | 10.3 基于二维壳单元的梁分析实例 | 191 |
| 825 | 10.3.1 创建数据库模型 | 192 |
| 826 | 10.3.2 创建几何模型 | 192 |
| 826 | 10.3.3 网格划分 | 193 |
| 826 | 10.3.4 定义载荷 | 194 |
| 827 | 10.3.5 定义位移边界条件 | 195 |
| 827 | 10.3.6 定义材料本构关系 | 196 |
| 828 | 10.3.7 定义单元属性 | 196 |
| 828 | 10.3.8 提交分析作业 | 197 |
| 828 | 10.3.9 查看结果 | 198 |
| 830 | 10.4 基于一维梁单元的梁分析实例 | 199 |
| 832 | 10.4.1 创建数据库模型 | 200 |
| 832 | 10.4.2 创建网格模型 | 200 |
| 832 | 10.4.3 定义位移边界条件 | 201 |
| 832 | 10.4.4 定义载荷边界条件 | 202 |
| 832 | 10.4.5 定义材料 | 203 |
| 832 | 10.4.6 定义单元属性 | 204 |
| 832 | 10.4.7 提交分析作业 | 206 |
| 832 | 10.4.8 查看结果 | 206 |
| 832 | 第 11 章 静力学分析 | 209 |
| 832 | 11.1 弹性力学的基本方程和变分原理 | 209 |
| 832 | 11.1.1 弹性力学基本方程的矩阵形式 | 209 |
| 832 | 11.1.2 弹性力学基本方程的张量形式 | 212 |
| 832 | 11.2 平板受力分析 | 213 |
| 832 | 11.2.1 创建一个数据文件 | 213 |
| 832 | 11.2.2 创建几何模型 | 213 |
| 832 | 11.2.3 划分有限元网格 | 214 |
| 832 | 11.2.4 设置边界条件及施加载荷 | 214 |
| 832 | 11.2.5 定义材料属性 | 215 |
| 832 | 11.2.6 定义单元属性 | 216 |
| 832 | 11.2.7 进行分析 | 216 |
| 832 | 11.2.8 查看分析结果 | 217 |
| 832 | 11.3 铰接桁架的受力分析 | 217 |
| 832 | 11.3.1 创建一个数据文件 | 218 |

| | | | |
|-----|---------|-----------------------------|-----|
| 188 | 11.3.2 | 划分有限元网格 | 218 |
| 187 | 11.3.3 | 设置边界条件及施加载荷 | 220 |
| 188 | 11.3.4 | 定义材料属性 | 223 |
| 190 | 11.3.5 | 定义单元属性 | 224 |
| 190 | 11.3.6 | 分析模型 | 224 |
| 191 | 11.3.7 | 查看分析结果 | 225 |
| 192 | 11.4 | 厚壁圆筒静力分析 | 225 |
| 192 | 11.4.1 | 建立一个数据文件 | 226 |
| 193 | 11.4.2 | 创建厚壁圆筒的一个纵截面 | 226 |
| 194 | 11.4.3 | 旋转截面生成三维实体 | 226 |
| 195 | 11.4.4 | 删除临时创建的截面 | 227 |
| 199 | 11.4.5 | 划分网格 | 227 |
| 199 | 11.4.6 | 定义材料属性 | 228 |
| 197 | 11.4.7 | 定义单元属性 | 228 |
| 198 | 11.4.8 | 施加边界条件, 对各截面的法向位移进行约束 | 229 |
| 199 | 11.4.9 | 施加压强 | 230 |
| 200 | 11.4.10 | 分析模型 | 231 |
| 200 | 11.4.11 | 查看分析结果 | 231 |
| 201 | 11.5 | 箱体的静力分析实例 | 231 |
| 202 | 11.5.1 | 创建数据库模型 | 232 |
| 203 | 11.5.2 | 创建新组 | 232 |
| 204 | 11.5.3 | 抽取中面 | 232 |
| 205 | 11.5.4 | 几何清理 | 232 |
| 205 | 11.5.5 | 删除多余的面 | 234 |
| 205 | 11.5.6 | 自由网格划分 | 234 |
| 205 | 11.5.7 | 定义载荷边界条件 | 235 |
| 205 | 11.5.8 | 定义位移边界条件 | 236 |
| 212 | 11.5.9 | 定义材料本构关系 | 238 |
| 213 | 11.5.10 | 定义单元属性 | 238 |
| 213 | 11.5.11 | 提交分析作业 | 239 |
| 213 | 11.5.12 | 结果后处理 | 239 |
| 214 | 11.6 | 面与加强筋模型 | 241 |
| 214 | 11.6.1 | 创建数据库模型 | 241 |
| 215 | 11.6.2 | 创建几何模型 | 241 |
| 216 | 11.6.3 | 网格划分 | 245 |
| 216 | 11.6.4 | 定义载荷边界条件 | 247 |
| 217 | 11.6.5 | 定义位移边界条件 | 249 |
| 218 | 11.6.6 | 定义材料本构关系 | 250 |
| 218 | 11.6.7 | 定义单元属性 | 251 |

| | | |
|------|---------------------------|-----|
| 885 | 11.6.8 提交分析作业 | 254 |
| 885 | 11.6.9 结果后处理 | 254 |
| 895 | 11.7 装配体网格划分和模型分析 | 256 |
| 905 | 11.7.1 创建数据库模型 | 256 |
| 915 | 11.7.2 创建几何模型 | 256 |
| 925 | 11.7.3 自由网格划分 | 258 |
| 935 | 11.7.4 定义位移边界条件 | 260 |
| 945 | 11.7.5 定义载荷边界条件 | 262 |
| 955 | 11.7.6 定义材料本构关系 | 262 |
| 965 | 11.7.7 定义单元属性 | 263 |
| 975 | 11.7.8 提交分析作业 | 264 |
| 985 | 11.7.9 结果后处理 | 264 |
| 995 | 11.8 手柄静力分析实例 | 264 |
| 1005 | 11.8.1 创建数据库模型 | 265 |
| 1015 | 11.8.2 创建新组 | 265 |
| 1025 | 11.8.3 创建新几何实体 | 266 |
| 1035 | 11.8.4 分割几何实体 | 266 |
| 1045 | 11.8.5 创建新几何实体 | 270 |
| 1055 | 11.8.6 创建局部坐标系与网格划分 | 272 |
| 1065 | 11.8.7 定义压力边界条件 | 274 |
| 1075 | 11.8.8 定义位移边界条件 | 275 |
| 1085 | 11.8.9 定义材料本构关系 | 276 |
| 1095 | 11.8.10 定义单元属性 | 277 |
| 1105 | 11.8.11 提交分析作业 | 277 |
| 1115 | 11.8.12 结果后处理 | 278 |
| 1125 | 第 12 章 屈曲分析 | 281 |
| 1135 | 12.1 屈曲分析的步骤 | 281 |
| 1145 | 12.2 薄壁圆筒屈曲分析 | 281 |
| 1155 | 12.2.1 创建一个数据文件 | 282 |
| 1165 | 12.2.2 创建几何模型 | 282 |
| 1175 | 12.2.3 划分有限元网格 | 282 |
| 1185 | 12.2.4 设置边界条件及载荷 | 283 |
| 1195 | 12.2.5 定义材料属性 | 283 |
| 1205 | 12.2.6 定义单元属性 | 284 |
| 1215 | 12.2.7 进行分析 | 284 |
| 1225 | 12.2.8 查看分析结果 | 284 |
| 1235 | 12.3 板屈曲分析实例 | 286 |
| 1245 | 12.3.1 创建数据库模型 | 287 |
| 1255 | 12.3.2 创建几何与网格模型 | 287 |

| | | |
|--------|--------------|-----|
| 12.3.3 | 定义材料本构关系 | 288 |
| 12.3.4 | 定义单元属性 | 288 |
| 12.3.5 | 定义位移边界条件 | 289 |
| 12.3.6 | 定义载荷边界条件 | 290 |
| 12.3.7 | 提交分析作业 | 291 |
| 12.3.8 | 结果后处理 | 292 |
| 第 13 章 | 模态分析 | 294 |
| 13.1 | 模态分析及其步骤 | 294 |
| 13.2 | 翼板的模态分析 | 294 |
| 13.2.1 | 建立模型的文件名 | 295 |
| 13.2.2 | 建立模型 | 295 |
| 13.2.3 | 划分有限元网格 | 295 |
| 13.2.4 | 设置边界条件 | 296 |
| 13.2.5 | 定义材料属性 | 296 |
| 13.2.6 | 定义单元属性 | 296 |
| 13.2.7 | 进行分析 | 296 |
| 13.2.8 | 查看分析结果 | 297 |
| 13.3 | 有预应力竖板的模态分析 | 297 |
| 13.3.1 | 创建一个数据文件 | 298 |
| 13.3.2 | 创建几何模型 | 298 |
| 13.3.3 | 划分有限元网格 | 299 |
| 13.3.4 | 设置边界条件及载荷 | 299 |
| 13.3.5 | 定义材料属性 | 301 |
| 13.3.6 | 定义单元属性 | 301 |
| 13.3.7 | 进行分析 | 302 |
| 13.3.8 | 查看分析结果 | 303 |
| 13.4 | 塔模态分析实例 | 304 |
| 13.4.1 | 创建数据库模型 | 304 |
| 13.4.2 | 分析求解设置 | 305 |
| 13.4.3 | 结果后处理 | 306 |
| 13.5 | 柔性地基的塔模态分析实例 | 308 |
| 13.5.1 | 创建数据库模型 | 308 |
| 13.5.2 | 建立柔性地基 | 308 |
| 13.5.3 | 定义单元属性 | 310 |
| 13.5.4 | 分析求解设置 | 310 |
| 13.5.5 | 结果后处理 | 312 |
| 13.6 | 含预应力的平板模态分析 | 313 |
| 13.6.1 | 创建数据库模型 | 313 |
| 13.6.2 | 创建几何与网格模型 | 314 |

| | | | |
|--------|---------|-------------|-----|
| 84E | 13.6.3 | 边界条件定义 | 314 |
| 84E | 13.6.4 | 定义材料本构关系 | 317 |
| 94E | 13.6.5 | 定义单元属性 | 317 |
| 94E | 13.6.6 | 分析求解设置 | 318 |
| 92E | 13.6.7 | 结果后处理 | 320 |
| 第 14 章 | | 瞬态响应分析 | 322 |
| 22E | 14.1 | 瞬态响应分析及其步骤 | 322 |
| 32E | 14.2 | 车灯瞬态响应分析 | 322 |
| 32E | 14.2.1 | 新建一个数据文件 | 322 |
| 32E | 14.2.2 | 读入数据文件 | 323 |
| 32E | 14.2.3 | 定义工况 | 324 |
| 32E | 14.2.4 | 创建载荷场 | 324 |
| 32E | 14.2.5 | 设置边界条件和施加载荷 | 325 |
| 32E | 14.2.6 | 定义材料属性 | 326 |
| 32E | 14.2.7 | 分析求解 | 326 |
| 32E | 14.2.8 | 结果后处理 | 328 |
| 16E | 14.3 | 汽车车身的瞬态响应分析 | 328 |
| 32E | 14.3.1 | 创建数据库模型 | 329 |
| 32E | 14.3.2 | 创建瞬态分析表 | 329 |
| 32E | 14.3.3 | 创建动态工况 | 330 |
| 32E | 14.3.4 | 边界条件定义 | 331 |
| 32E | 14.3.5 | 分析求解设置 | 333 |
| 32E | 14.3.6 | 结果后处理 | 336 |
| 第 15 章 | | 频率响应分析 | 339 |
| 37E | 15.1 | 频率响应分析及其步骤 | 339 |
| 37E | 15.2 | 悬臂梁频率响应分析 | 339 |
| 37E | 15.2.1 | 创建一个数据文件 | 340 |
| 37E | 15.2.2 | 创建几何模型 | 340 |
| 37E | 15.2.3 | 划分有限元网格 | 341 |
| 37E | 15.2.4 | 创建工况 | 341 |
| 37E | 15.2.5 | 定义场 | 341 |
| 37E | 15.2.6 | 设置边界条件及载荷 | 341 |
| 38E | 15.2.7 | 定义材料属性 | 342 |
| 38E | 15.2.8 | 进行分析 | 342 |
| 32E | 15.2.9 | 查看分析结果 | 344 |
| 38E | 15.2.10 | 使用模态分析法求解 | 344 |
| 38E | 15.3 | 汽车车身的频率响应分析 | 345 |
| 38E | 15.3.1 | 创建数据库模型 | 346 |
| 38E | 15.3.2 | 建立 MPC 单元 | 346 |

| | | |
|----------------------|----------------------|------------|
| 15.3.3 | 建立动态工况 | 348 |
| 15.3.4 | 建立频响表 | 348 |
| 15.3.5 | 定义载荷边界条件 | 349 |
| 15.3.6 | 分析求解设置 | 349 |
| 15.3.7 | 结果后处理 | 352 |
| 第 16 章 随机响应分析 | | 355 |
| 16.1 | 随机响应分析及其步骤 | 355 |
| 16.2 | 平板随机响应分析 | 356 |
| 16.2.1 | 创建一个数据文件 | 356 |
| 16.2.2 | 导入数据模型 | 356 |
| 16.2.3 | 创建有限元模型 | 356 |
| 16.2.4 | 设置随频率变化的单位载荷 | 358 |
| 16.2.5 | 创建载荷工况 | 358 |
| 16.2.6 | 定义材料属性 | 358 |
| 16.2.7 | 定义单元属性 | 359 |
| 16.2.8 | 创建载荷及修改边界条件 | 359 |
| 16.2.9 | 进行分析 | 361 |
| 16.2.10 | 随机响应分析 | 363 |
| 16.2.11 | 创建节点的 PSD 响应的 XY 曲线图 | 364 |
| 16.3 | 卫星的随机振动分析 | 366 |
| 16.3.1 | 创建数据库模型 | 367 |
| 16.3.2 | 创建频响分析表 | 367 |
| 16.3.3 | 创建动态工况 | 368 |
| 16.3.4 | 定义强迫加速度 | 368 |
| 16.3.5 | 设置频响分析 | 370 |
| 16.3.6 | 定义随机响应表 | 373 |
| 16.3.7 | 随机响应分析 | 373 |
| 第 17 章 非线性分析 | | 377 |
| 17.1 | 非线性分析概述 | 377 |
| 17.2 | 弹塑性分析实例 | 378 |
| 17.2.1 | 创建一个数据文件 | 378 |
| 17.2.2 | 创建几何模型 | 378 |
| 17.2.3 | 划分有限元网格 | 380 |
| 17.2.4 | 设置边界条件及施加载荷 | 380 |
| 17.2.5 | 定义材料属性 | 382 |
| 17.2.6 | 定义单元属性 | 383 |
| 17.2.7 | 进行分析 | 383 |
| 17.2.8 | 查看分析结果 | 383 |
| 17.3 | 圆管变形分析 | 384 |