

MSC SOFTWARE  
SIMULATING REALITY

数码工程师系列丛书

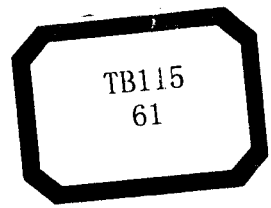
MSC.Nastran

# 应用实例教程

孙长任 杜家政 卢绪智 石可重 编著



科学出版社  
www.sciencep.com



数码工程师系列丛书

# MSC.Nastran 应用实例教程

孙长任 杜家政 卢绪智 石可重 编著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书通过 14 个实例介绍了 MSC.Nastran 软件的使用方法, 包括如何建立几何模型和有限元模型、创建材料属性和单元属性、创建边界条件和载荷工况、创建随时间和空间变化的场、提交分析及结果后处理等内容。这些实例涵盖了 MSC.Nastran 的大部分单元类型、载荷类型和分析类型。分析类型包括静力分析、屈曲分析、正则模态分析、瞬态响应分析、频率响应分析、随机响应分析、非线性模态分析和接触非线性分析等。通过文字和图例相结合的方法, 书中将实例的操作过程一步一步呈现在读者面前。

本书可以作为从事航空航天、汽车、机械制造、船舶、铁路运输、核工业、石油化工、能源、电子、土木工程、生物医学、轻工、水利等领域的广大工程技术人员学习 MSC.Nastran 软件的参考书, 也可以作为理工院校相关专业的高年级本科生、研究生及教师学习 MSC.Nastran 软件的教材或参考书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

MSC.Nastran 应用实例教程/孙长任等编著. —北京: 科学出版社, 2005

(数码工程师系列)

ISBN 7-03-015674-9

I. M … II. 孙 … III. 有限元分析—应用软件. MSC.Nastran—教材  
IV. 0241.82—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 060588 号

责任编辑: 吕建忠 赵卫江 / 责任校对: 郝 岚

责任印制: 吕春珉 / 封面设计: 飞天创意

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2005 年 6 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2005 年 6 月第一次印刷 印张: 16 1/2

印数: 1—3 000 字数: 400 000

定价: 30.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换<环伟>)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62135397-8001(BI01)

# 前 言

MSC.Nastran 是由国际著名的通用有限元分析软件公司 MSC.Software Corporation (简称 MSC.Software) 开发的软件。该公司创建于 1963 年, 总部设在美国洛杉矶, 是国际著名的工程校验、有限元分析和计算机数值模拟应用软件 (CAE) 供应商。40 多年来, 该公司一直从事计算机辅助工程领域 CAE 产品的开发和研究。1966 年, 美国国家航空航天局 (NASA) 为了满足当时航空航天工业对结构分析的迫切需求, 招标开发大型有限元应用程序。MSC.Software 一举中标, 负责了整个 Nastran 的开发过程。经过 40 多年的发展, MSC.Nastran 与 MSC 的全系列 CAE 软件进行了有机的集成, 可以为用户提供全系列、柔性 CAE 解决方案。MSC.Nastran 既可以单独使用, 也可以根据产品设计和研制仿真的需要, 随时扩充 MSC 的其他软件, 并相互之间有机集成, 共享仿真模型, 提高产品仿真效率。

MSC.Nastran 始终是美国联邦航空管理局飞行器适航证领取的唯一验证软件。在中国, MSC 的 MCAE 产品作为与压力容器 JB4732-95 标准相适应的设计分析软件, 全面通过了全国压力容器标准化技术委员会的严格考核认证; MSC.Nastran 还成为了中国船级社指定的船舶分析验证软件。

MSC.Nastran 是 MSC.Software 公司的旗舰产品, 经过 40 多年的发展, 用户已从最初的航空航天领域, 逐步发展到国防、汽车、造船、机械制造、兵器、铁道、电子、石化、能源、材料工程、科研教育等各个领域, 成为应用历史最悠久、用户群最广泛、应用功能最强大的有限元分析软件。

MSC.Nastran 的分析功能主要有如下几个方面: 静力分析、屈曲分析、动力学分析、热分析、空气动力弹性及颤振分析、流-固耦合分析、多级超单元分析、高级对称分析、设计灵敏度及优化分析、复合材料分析、P 单元及 H、P、H-P 自适应、转子动力学特性分析、概率有限元分析、与 ADAMS 集成进行刚/柔性体多体分析、集成 MSC.Marc 的隐式非线性分析、集成 MSC.Dytran 和 LS-Dyna 的显式非线性分析、MSC.Nastran 的并行求解等。

经过开发者的不断努力, MSC.Nastran 的功能越来越强大, 使用也越来越简便。但是随着用户群的不断扩大, 用户的知识结构也变得更加复杂, 出版一本指导读者对 MSC.Nastran 软件无师自通的培训教程也就非常必要了。

本实例教程涵盖了 MSC.Nastran 结构动力学分析的主要分析类型, 包括正则模态分析、瞬态响应分析、频率响应分析、随机分析及非线性模态分析等。另外还涵盖了静力分析、屈曲分析和接触非线性分析等其他分析类型。

本书精选了 14 个实例, 对其中所有的操作步骤都提供了详细的文字和图例说明, 读者可以按照图示完成实例, 从而达到掌握软件使用的目的。

本教程中的实例由 MSC.Software 公司北京办事处的孙长任博士设计和统稿。实例的图形界面和说明由北京工业大学的杜家政博士和卢绪智硕士编写。另外 MSC.Software

公司北京办事处的石可重高级工程师也对本教程进行了详细的校正。

本教程的编写得到了 MSC.Software 公司中国区员工的支持和帮助,作者在此一并向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中的缺点和错误在所难免,敬请读者批评指正。

读者如果需要本书实例的数据文件,请登陆 <http://www.mscsoftware.com.cn>。

编者

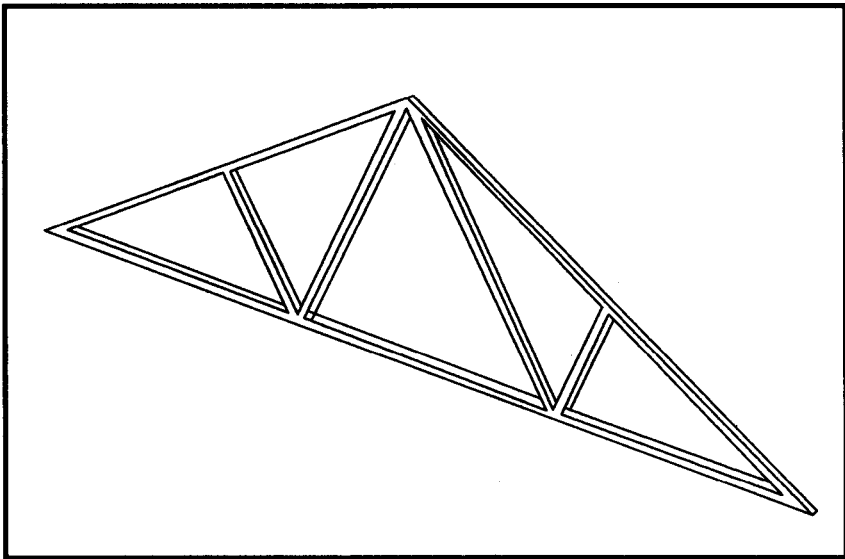
# 目 录

实例 1	受集中载荷作用的铰接桁架 .....	1
实例 2	受压力载荷作用的加筋板 .....	18
实例 3	加筋板的模态分析 .....	37
实例 4	板屈曲分析 .....	46
实例 5	模态分析 .....	64
实例 6	直接法瞬态分析 .....	78
实例 7	模态法瞬态分析 .....	93
实例 8	直接频率响应分析 .....	110
实例 9	模态法频率响应分析 .....	125
实例 10	强迫加速度的直接瞬态响应——大质量法 .....	145
实例 11	强迫加速度的直接瞬态响应——自动法 .....	166
实例 12	用 MSC.RANDOM 进行随机分析 .....	183
实例 13	有预应力的模态分析 .....	207
实例 14	隐式非线性分析 .....	227

# 实例 1

---

## 受集中载荷作用的铰接桁架



## 实例描述

- (1) 模型为铰接桁架。
- (2) 左端固定约束，右端滚轮约束。
- (3) 作为平面结构处理，采用一维桁架单元。
- (4) 材料参数：
  - 横截面积  $5.25\text{in}^2$  (注： $1\text{in}=2.54\text{cm}$ 。下同)
  - 弹性模量  $1.76\text{E}6\text{psi}$  (注： $1\text{psi}=6.895\times 10^3\text{Pa}$ 。下同)
  - 泊松比 0.3
  - 许用拉应力  $1900\text{psi}$
  - 许用压应力  $1900\text{psi}$
- (5) 在 2 点、4 点和 6 点施加集中载荷，如图 1-1 所示。

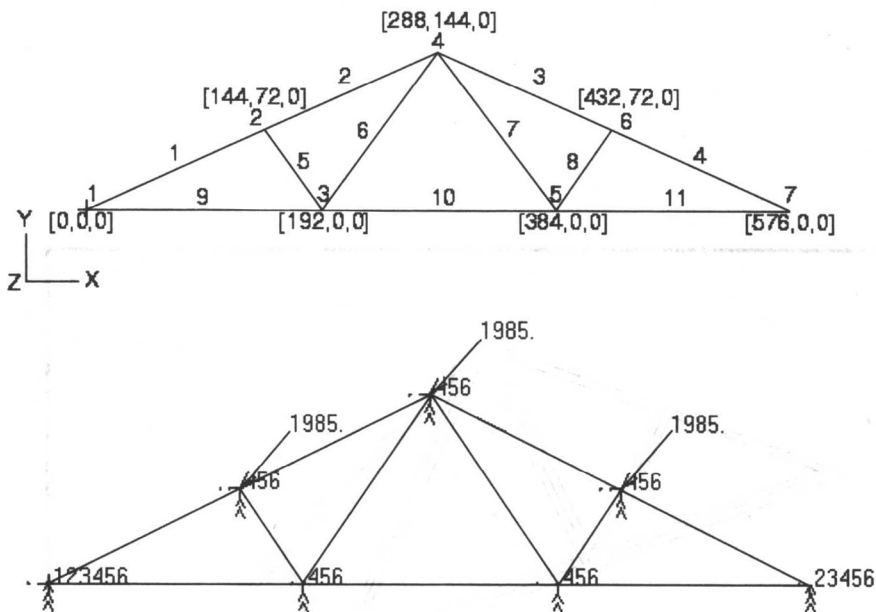


图 1-1 有限元模型及载荷工况

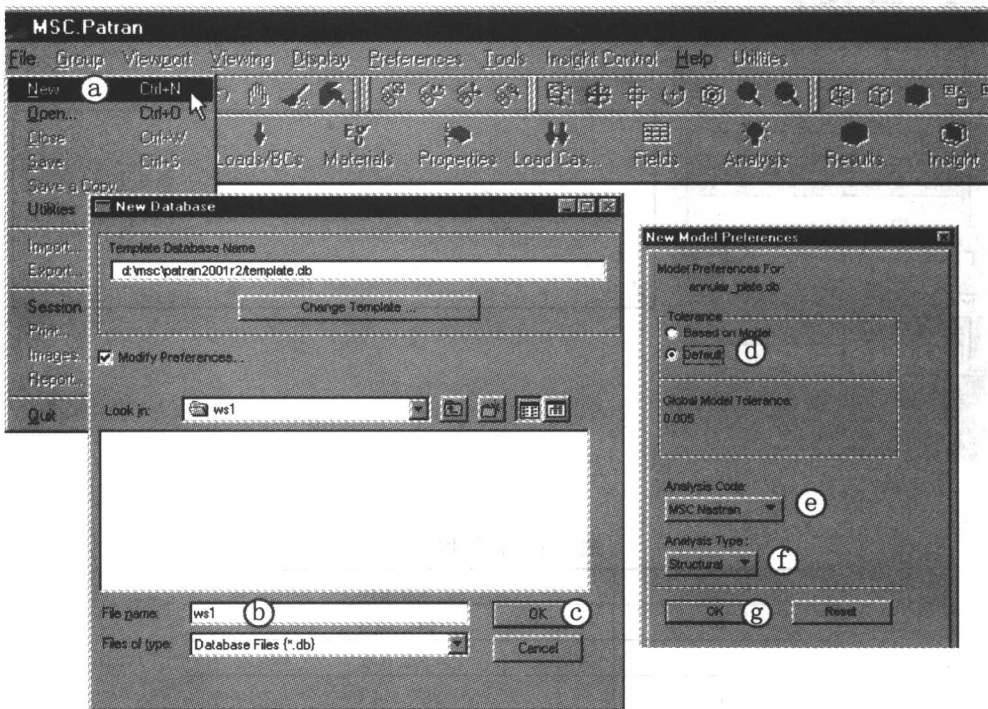
## 建议操作步骤

- (1) 创建桁架结构的有限元模型 (GRID and CROD)。
- (2) 定义材料属性 (MAT1)。
- (3) 定义单元属性并应用到模型中 (PROD)。
- (4) 对模型施加边界条件。
- (5) 对模型施加载荷。
- (6) 将模型提交 MSC.Nastran 进行分析。
- (7) 将模型与分析结果相连。
- (8) 用 MSC.Patran 显示后处理结果。



## 1.1 创建一个新的数据库文件 (ws1.db)

- a. 选择 **File/New**。
- b. 输入文件名 **ws1**。
- c. 单击 **OK**。
- d. 在 **Tolerance** 项中选择 **Default**。
- e. 在 **Analysis Code** 选项中选择 **MSC.Nastran**。
- f. 在 **Analysis Type** 选项中选择 **Structural**。
- g. 单击 **OK**。



## 1.2 创建有限元模型 (Elements)

### 1.2.1 创建模型的节点

- a. 选择 **Create/Node/Edit**。
- b. 关闭 **Associate with Geometry**。
- c. 输入第一个节点的坐标 **[0, 0, 0]**。
- d. 单击 **Apply**。

重复上述步骤，创建其他所有的节点，其他节点的坐标如表 1-1 所示。打开屏幕显示标签开关，屏幕上节点的位置将显示节点的标号。

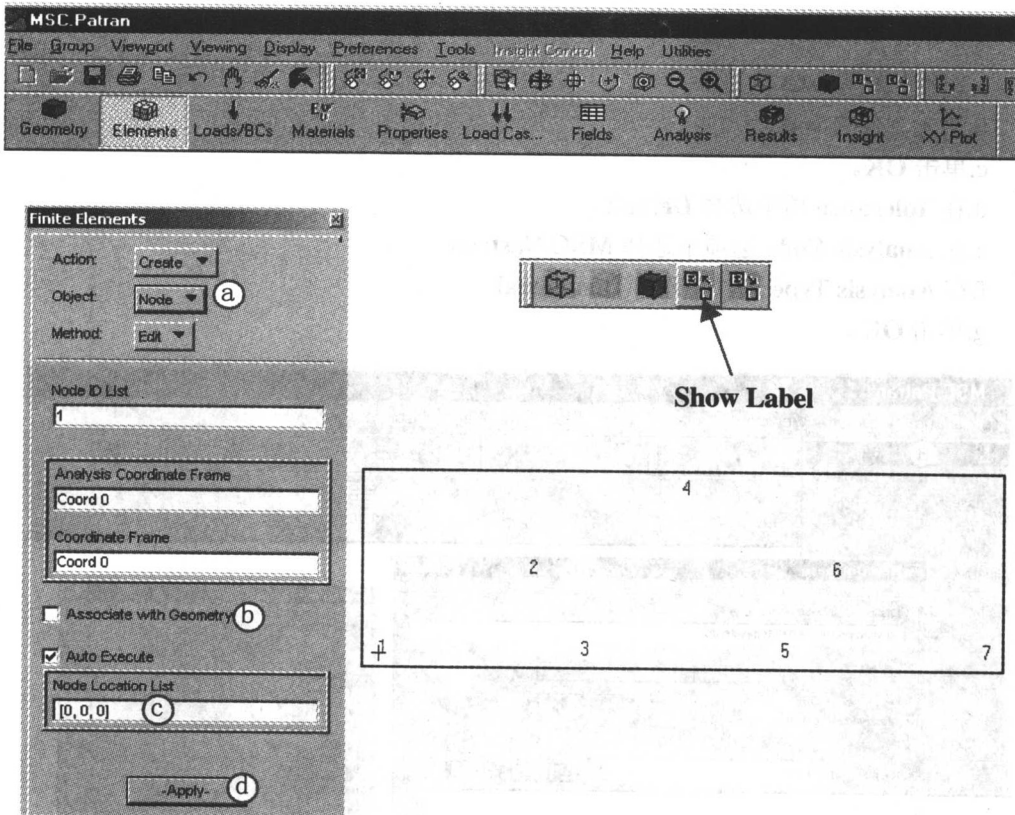


表 1-1 节点坐标

节点号	节点坐标
2	144, 72, 0
3	192, 0, 0
4	288, 144, 0
5	384, 0, 0
6	432, 72, 0
7	576, 0, 0

### 1.2.2 创建模型的单元

- 选择 **Create/Element/Edit**。
  - 将单元类型改变为 **Bar**。
  - 将光标移动到节点输入框“**Node 1 =**”和“**Node 2 =**”，在屏幕上分别选择节点 1 和节点 2，创建第 1 个单元。
  - 单击 **Apply**（如果选中自动执行，不需要此步骤）。
- 重复上述步骤，创建所有单元，创建单元所用到的节点号如表 1-2 所示。

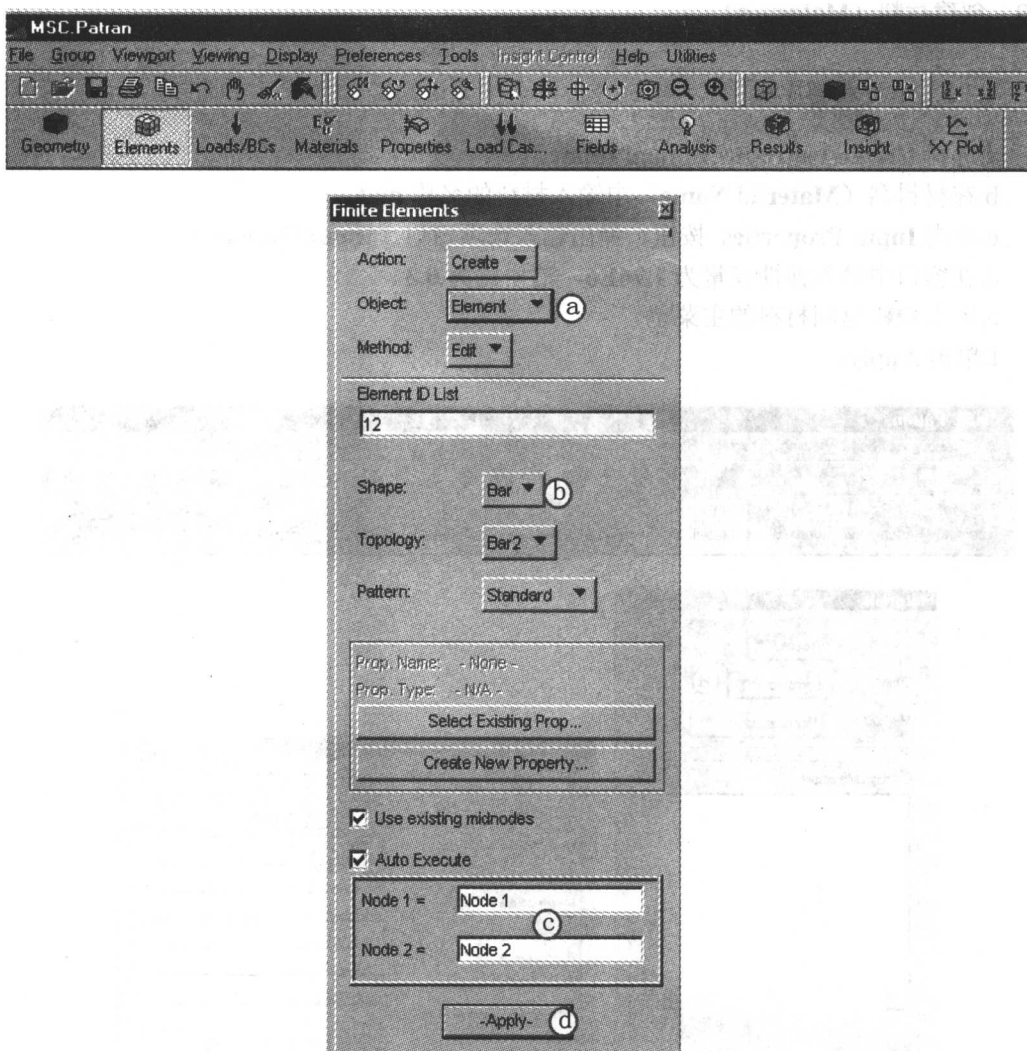


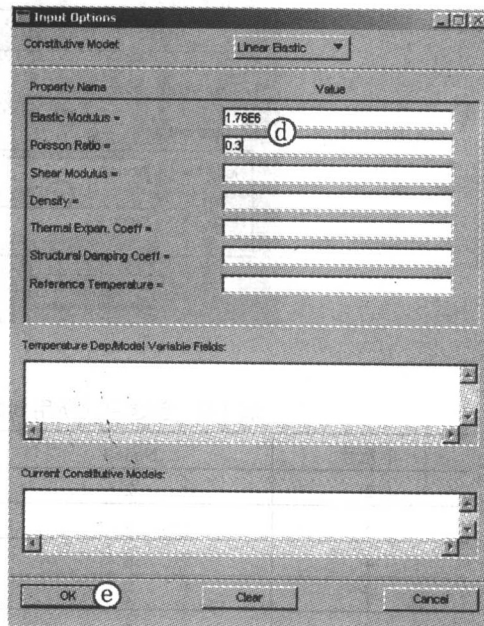
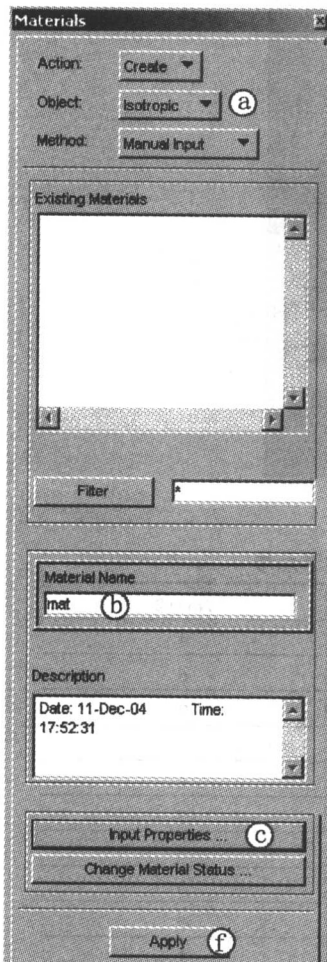
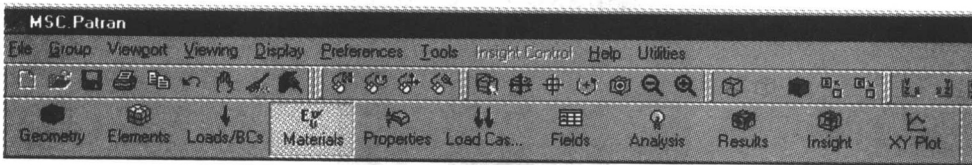
表 1-2 创建单元所用到的节点号

单元号	Node 1	Node 2
2	2	4
3	4	6
4	6	7
5	2	3
6	3	4
7	4	5
8	5	6
9	1	3
10	3	5
11	5	7

## 1.3 创建材料 (Materials)

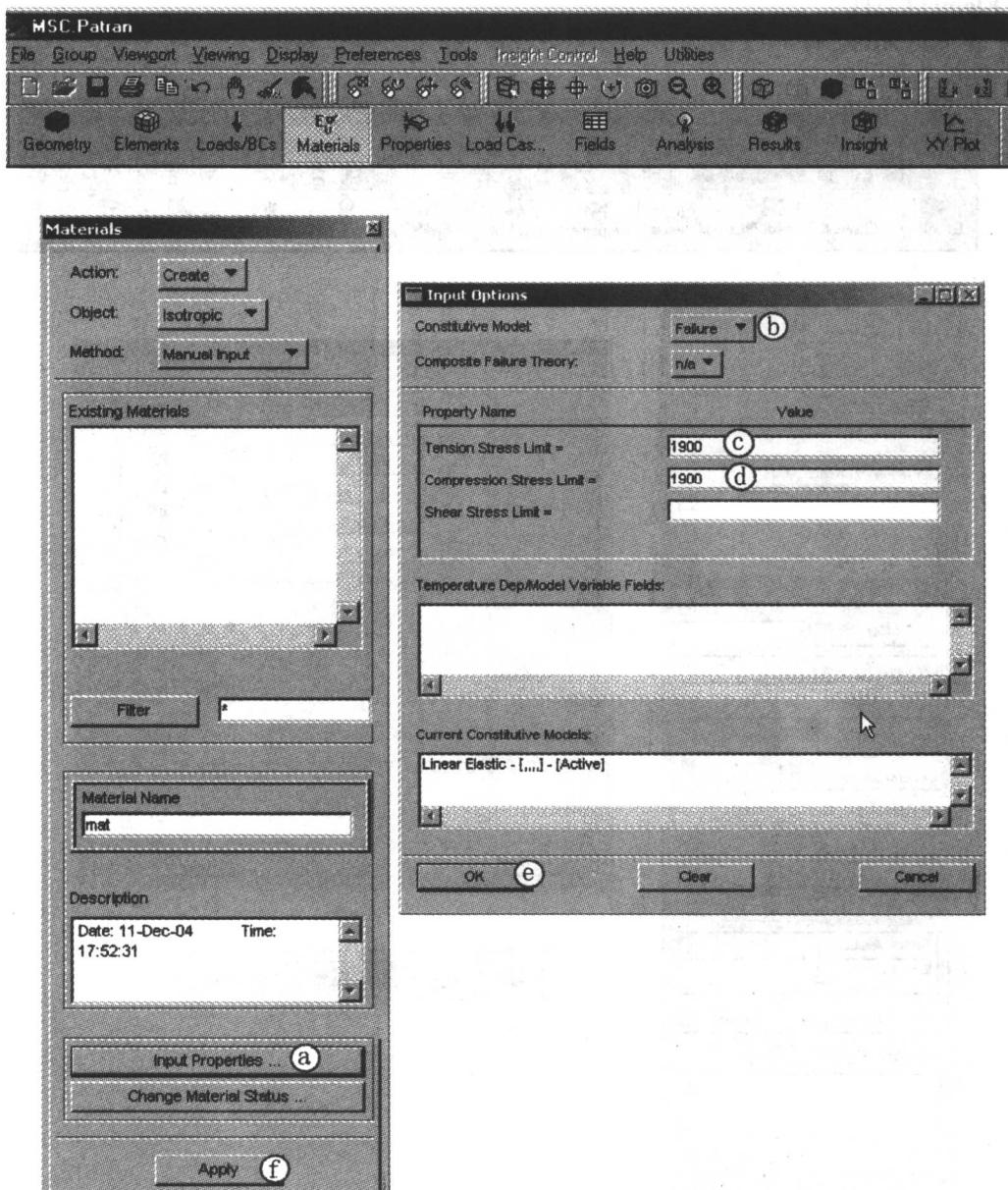
### 1.3.1 创建材料参数

- a. 选择 **Create/Isotropic/Manual Input**.
- b. 在材料名 (**Material Name**) 中输入材料的名称 **mat**.
- c. 单击 **Input Properties** 按钮, 弹出输入选项窗口 (**Input Options**).
- d. 在窗口中输入弹性模量为 **1.76E6**, 泊松比为 **0.3**.
- e. 单击 **OK** 返回材料的主菜单.
- f. 单击 **Apply**.



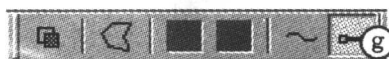
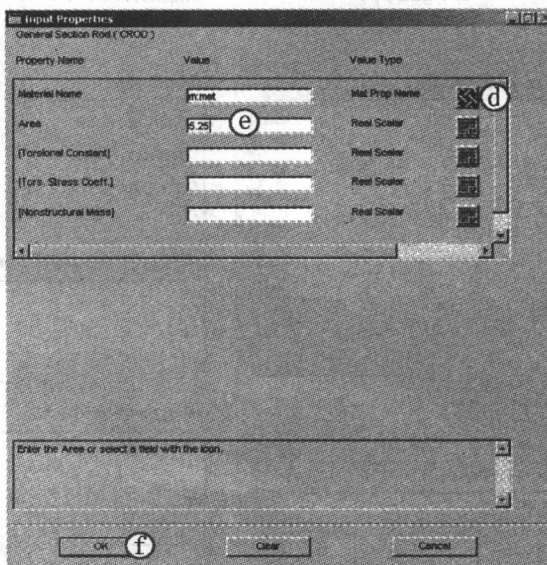
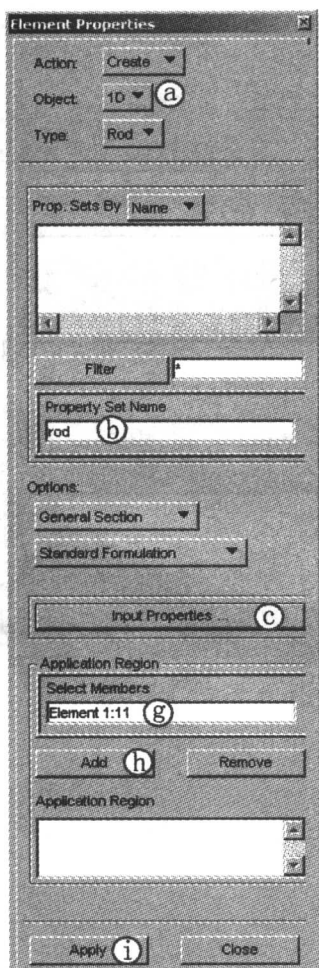
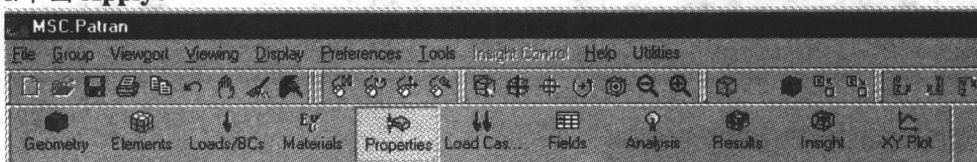
## 1.3.2 创建失效极限 (接上一步)

- a. 再单击 **Input Properties**。
- b. 将 **Constitutive Model** 改为 **Failure**，以改变输入选项窗口。
- c. 在 **Tension Stress Limit** 中输入 **1900**。
- d. 在 **Compression Stress Limit** 中输入 **1900**。
- e. 单击 **OK** 返回材料的主菜单。
- f. 单击 **Apply**。



## 1.4 创建单元属性 (Properties)

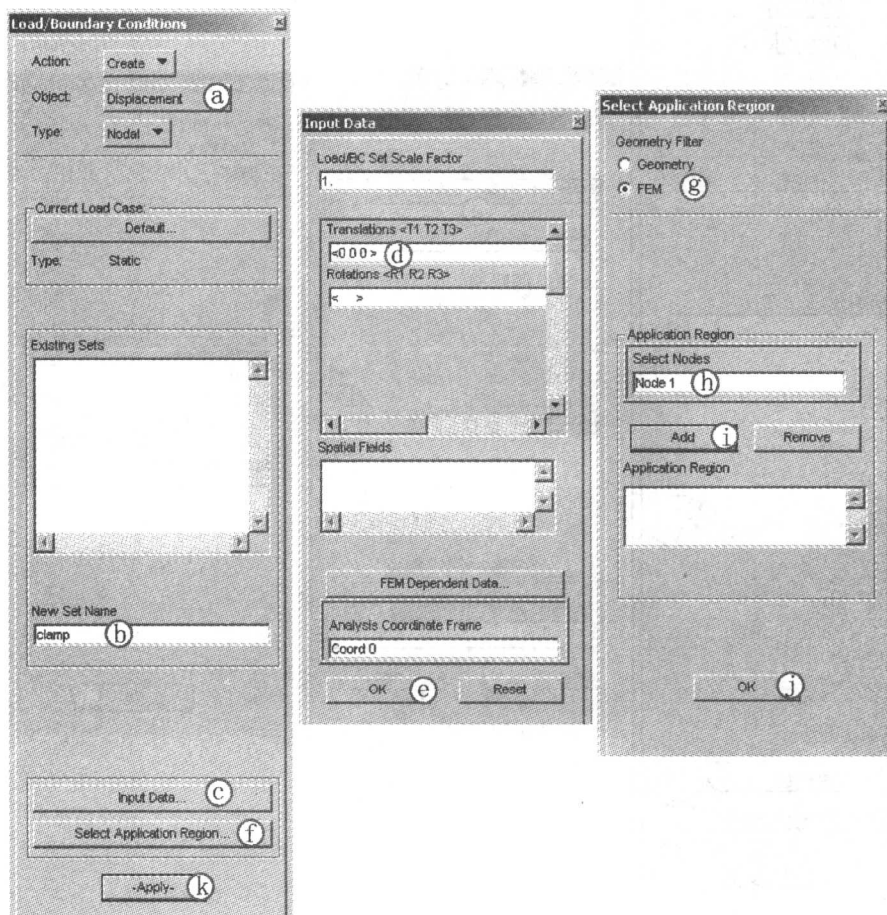
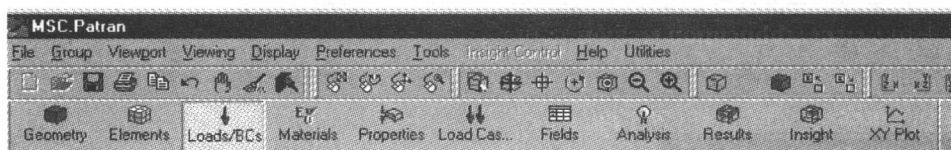
- a. 选择 **Create/1D/Rod**。
- b. 输入属性名字为 **rod**。
- c. 单击 **Input Properties** 按钮，打开参数输入窗口。
- d. 单击材料名输入框后边的图标，在弹出的材料列表窗口中选择 **mat**。
- e. 输入截面面积为 **5.25**。
- f. 单击 **OK**。
- g. 将光标移动到单元选择框，在过滤菜单中选择 1D 单元图标，在屏幕上拾取所有单元 **Element 1:11**。
- h. 单击 **Add**。
- i. 单击 **Apply**。



## 1.5 创建边界条件 (Loads/BCs)

## 1.5.1 创建 1 号节点的位移约束 (固定铰支)

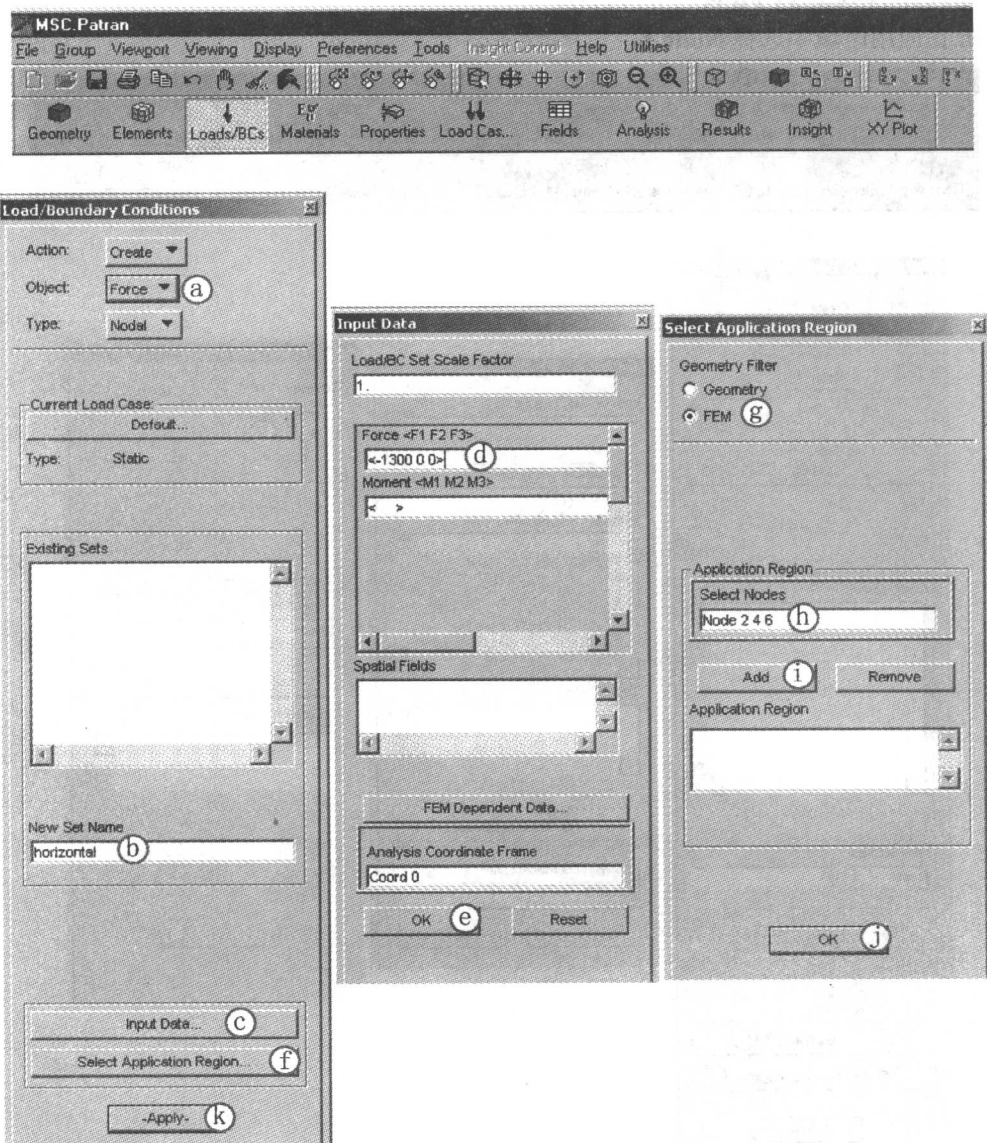
- 选择 **Create/Displacement/Nodal**。
- 输入位移约束的名字为 **clamp**。
- 单击 **Input Data**。
- 在 **Translations** 输入框中输入 **<0 0 0>**。
- 单击 **OK**。
- 单击 **Select Application Region**。
- 选择 **Geometry Filter** 中的 **FEM**。
- 在应用区域中选择 **Node 1**。



- i.单击 **Add**。
- j.单击 **OK**。
- k.单击 **Apply**。

### 1.5.2 约束所有节点的转动自由度

- a.选择 **Create/Displacement/Nodal**。
- b.输入位移约束的名字为 **dof456**。
- c.单击 **Input Data**。
- d.在 **Rotations** 输入框中输入 **<0 0 0>**。
- e.单击 **OK**。





- f. 单击 **Select Application Region**。
- g. 选择 **Geometry Filter** 中的 **FEM**。
- h. 在应用区域中选择 **Node 1:7** (所有节点)。
- i. 单击 **Add**。
- j. 单击 **OK**。
- k. 单击 **Apply**。

### 1.5.3 创建 7 号节点的位移约束 (滚动铰支)

- a. 选择 **Create/Displacement/Nodal**。
- b. 输入位移约束的名字为 **rightside**。

