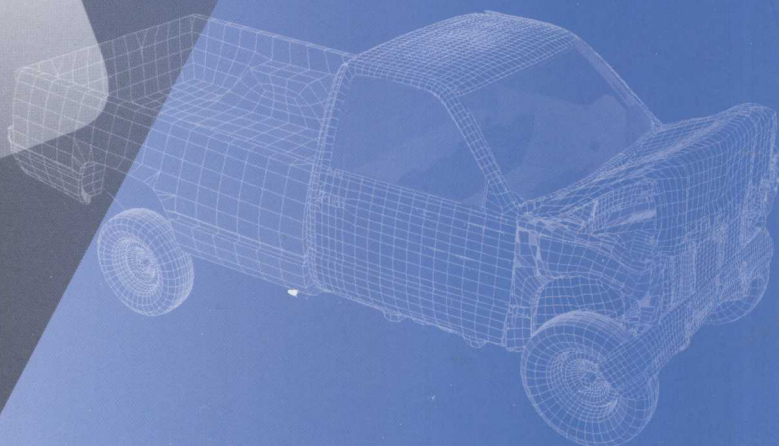


瞬态动力学CAE解决方案

MSC.Dytran 实例教程

万 力 吴莘馨 卞文杰 编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内容简介

瞬态动力学 CAE 解决方案 MSC.Dytran 实例教程

万 力 吴莘馨 卞文杰 编著

北 京 大 学 出 版 社

• 北 京 •

内 容 简 介

本书是 MSC.Dytran 的一个例题集,集中了一些反映程序基本功能的典型例题,可以作为练习题。例题包括三板撞击、锥形梁撞击刚性墙、刚性球穿透平板、模拟容器中水的射流、模拟圆管中活塞的运动、飞机设计中的鸟撞、圆柱形钣金件冲压成形、金属箱内炸药的爆炸冲击响应、两根圆柱形管的碰撞,以及欧拉网格中的碰撞穿透分析。通过本书的学习,读者可以迅速掌握 MSC.Dytran 软件的应用,并逐步熟悉非线性瞬态动力学 CAE 的解决方法。

本书对瞬态动力学相关专业的大学生、研究生,以及机械、国防、航空航天、汽车、船舶和能源等行业相关科研人员都有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

瞬态动力学 CAE 解决方案 MSC.Dytran 实例教程/万力等编著. —北京:北京大学出版社, 2004.10

ISBN 7-301-08065-4

I. 瞬… II. 万… III. 撞击—动力学—应用软件, MSC.Dytran—教材 IV. 0313.4-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 103997 号

书 名: 瞬态动力学 CAE 解决方案 MSC. Dytran 实例教程

著作责任者: 万 力 吴莘馨 卞文杰 编著

责任编辑: 胡伟晔

标准书号: ISBN 7-301-08065-4/TP · 0029

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区中关村北京大学校内 100871

网 址: <http://cbs.pku.edu.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750581

电子信箱: xxjs@pup.pku.edu.cn

排 版 者: 北京东方人华北大彩印中心 电话: 62754190

印 刷 者: 河北涿县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 20.75 印张 495 千字

2004 年 11 月第 1 版 2004 年 11 月第 1 次印刷

定 价: 39.00 元

前言

MSC.Dytran 是一个有着通用目的和广泛用途的非线性动态三维有限元分析软件包,同 MSC.Software 公司的其他产品一样, MSC.Dytran 是瞬态动力学流—固耦合领域的一个高端软件,集合了 LS-DYNA(固体)和 PISCES(流体)两种软件的功能,在流—固耦合方面具有很强的优势。它采用高效的显式时间积分技术,能模拟多种材料和几何的高度非线性问题。尤其在模拟高速碰撞、结构和零部件的大变形、气体液体流动、流—固耦合等方面, MSC.Dytran 具有很强的仿真功能,在多种工程领域具有很大的应用价值,用户遍及全球。从 20 世纪 90 年代初开始, MSC.Dytran 在我国国防、航空航天、汽车、船舶和能源等工业部门也得到了广泛的应用,为各领域中的产品设计、学术研究和技术创新作出了贡献。

本书选择 MSC.Dytran 作为瞬态动力学 CAE 解决方案来介绍。本书的出版,有助于国内相关领域的工作者对瞬态动力学 CAE 软件的理解和掌握。

本书是 MSC.Dytran 软件的例题集,集中了一些能够反映程序主要功能的典型例题,以供读者练习。这些例题的模型都很简单,读者可以轻松上手。实际上,任何复杂的工程问题都是由一些简单问题组成的。

另外,编者整理了许多文件,主要包含两方面的内容。一是本书算例中的文件,包括输入文件和 MSC.Patran 2004 的数据库文件,约 100 兆。二是 MSC.Dytran 的应用实例演示,包括动画文件和幻灯片文件,这些内容有的是编者在工程中运用 MSC.Dytran 进行仿真分析的例子,有的是编者将手头上的资料经过整理而成,容量超过 300 兆,这部分内容如下:

- 用 MSC.Dytran 模拟钣金冲压成形
- 用 MSC.Dytran 模拟爆炸对建筑结构的影响
- 用 MSC.Dytran 模拟波音 747 飞机撞击世贸大厦
- 用 MSC.Dytran 模拟弹头侵彻过程
- 用 MSC.Dytran 模拟电视机的跌落
- 用 MSC.Dytran 模拟飞机紧急降落时气囊与水面的接触
- 用 MSC.Dytran 模拟高能穿甲弹
- 用 MSC.Dytran 模拟黑匣子穿透试验
- 用 MSC.Dytran 模拟轮船的侧面撞击
- 用 MSC.Dytran 模拟轮胎的冲击
- 用 MSC.Dytran 模拟轮胎的排水性
- 用 MSC.Dytran 模拟汽车安全带
- 用 MSC.Dytran 模拟汽车的撞击
- 用 MSC.Dytran 模拟汽车气囊的打开
- 用 MSC.Dytran 模拟曲轴的锻造
- 用 MSC.Dytran 模拟水下爆炸
- 用 MSC.Dytran 模拟塑料瓶的跌落
- 用 MSC.Dytran 模拟塑料瓶顶部受压时的屈曲过程

- 用 MSC.Dytran 模拟涡轮机的包容性
- 用 MSC.Dytran 模拟油箱内油的晃动
- 用 MSC.Dytran 模拟自动售货机内的饮料罐的下落过程
- 用 MSC.Dytran 模拟转子动力学中陀螺仪的陀螺效应

如有需要者, 请直接向编者免费索取(E-mail: liwan@tsinghua.edu.cn)。

清华大学作为 MSC.Software 公司在中国高校的第一个用户, 十年来运用 MSC 系列软件, 成功地完成了无数结构设计和分析任务, 积累了丰富的结构分析工程经验, 培养了一大批硕士、博士研究生。在编写本书的过程中, 编者先后得到了清华大学的何树延教授、于溯源教授、周羽教授、吴鸿麟教授、吴元强教授、张振声教授、刘俊杰副教授、张征明副教授、李笑天副教授、董建令副教授、盛选禹副教授、赵雷副教授、傅激扬讲师、杨国军讲师和徐巍女士的支持与帮助, 在此一并表示感谢。同时感谢浙江大学(也是 MSC 全系列软件的用户)的郭乙木教授和陶伟明副教授, 感谢 MSC.Software 公司中国办事处的帮助。

书中的算例由万力在 MSC.Patran 2004 下完成。细心的读者可以发现: 所有例题的输入文件中的卡片全部在 MSC.Patran 2004 中实现。这说明 MSC.Patran 与 MSC.Dytran 的集成达到了一个新的高度。全书由吴莘馨审稿。

由于编写时间仓促, 编者水平有限, 错误和不当之处在所难免, 恳请广大读者批评指正。

万力 吴莘馨 于清华园

卞文杰 于多伦多

2004 年 3 月

本书说明

本章介绍 10 个瞬态动力分析的例题。这些算例反映了 MSC.Dytran 的一些基本应用功能,读者可以用来进行练习。所有例题都给出了在 MSC.Patran(2004 版)中进行建模的全部过程。无论读者是否具有 MSC.Patran 的基础,都能够很容易地完成这些练习。对读者来说,重要的是求解问题的步骤和思路,而不是具体的每一步操作,所以,读者应该对 MSC.Dytran 比较熟悉后,再仔细研究每一步具体操作。这些例子都是完全独立的。

例子的操作过程通过下面的缩写格式来说明,同时显示一些完整的 MSC.Patran 窗口。

- 菜单选择

File / New...

Display / Highlight...

Group / Create...

上面显示的是从 MSC.Patran 下拉菜单中进行选择的一些操作,斜线(/)右边的如 New、Highlight 等是在 MSC.Patran 下拉菜单中选择的内容。

- 应用窗口选择

- ◆ **Geometry**

Action: Create

Object: Point

Method: XYZ

- ◆ **Elements**

Action: Create

Object: Mesh Seed

Type: Uniform

上面显示的是从 MSC.Patran 应用窗口中进行选择的一些操作,要进入该应用窗口,应在主工具条中单击相关按钮(在◆符号后给出)。**Action**、**Object** 和 **Method**(或 **Type**)后面显示的是从其下拉菜单中选择的内容。

- 用户输入

有些信息是需要用户通过鼠标采集或键盘输入的,用斜体字显示,如下所示:

New Database Name: *box_beam*

Point Coordinates List: *[0 0 0]*

Point List: *Point 1 2*

- 其他菜单符号

MSC.Patran 通过单击 **Apply** 按钮来执行用户填写的窗口,用户也可以通过 **Undo** 来取消最后一步执行的 **Apply** 过程。

OK 按钮的功能同 **Apply**,但单击 **OK** 按钮将关闭窗口。

单击 **Cancel** 按钮关闭窗口，而不执行窗口中的操作。

当一个菜单或按钮选项名后有三个点号时，表示将出现一个子窗口，如下所示：

Input Data...

许多窗口中有自动执行(Auto Execute)复选框，不熟练的用户可能不需要该功能，可以把它关闭。

☒ Auto Execute

可以在窗口中同时选择多个复选框，如：

☒ Number of Elements

☒ Make Current

☒ Based on Model

一次只能选择一个单选按钮，如：

☒ 2 Point

☐ 3 Point

☐ 4 Point

目 录

第 1 章 三板接触	1
第 2 章 锥形梁撞击刚性墙	25
第 3 章 用自适应接触模拟刚球穿透平板	55
第 4 章 用欧拉法模拟容器中水的射流	78
第 5 章 用耦合法模拟活塞推入圆管	97
第 6 章 用 ALE 耦合法进行鸟撞分析	128
第 7 章 圆柱形钣金件冲压成形分析	167
第 8 章 金属箱内炸药爆炸引起的爆炸波冲击响应分析	219
第 9 章 两根圆柱形管的碰撞分析	253
第 10 章 欧拉网格中的碰撞穿透分析	286

第1章 三板接触

这是个结构接触问题。通过这个例题，读者可以熟悉以下内容：

- 定义面接触
- 定义初始速度

1. 问题描述

三块方板：上板、中板和下板。上板和下板以一定速度撞击中板。分析模型的示意图如图 1.1 所示。

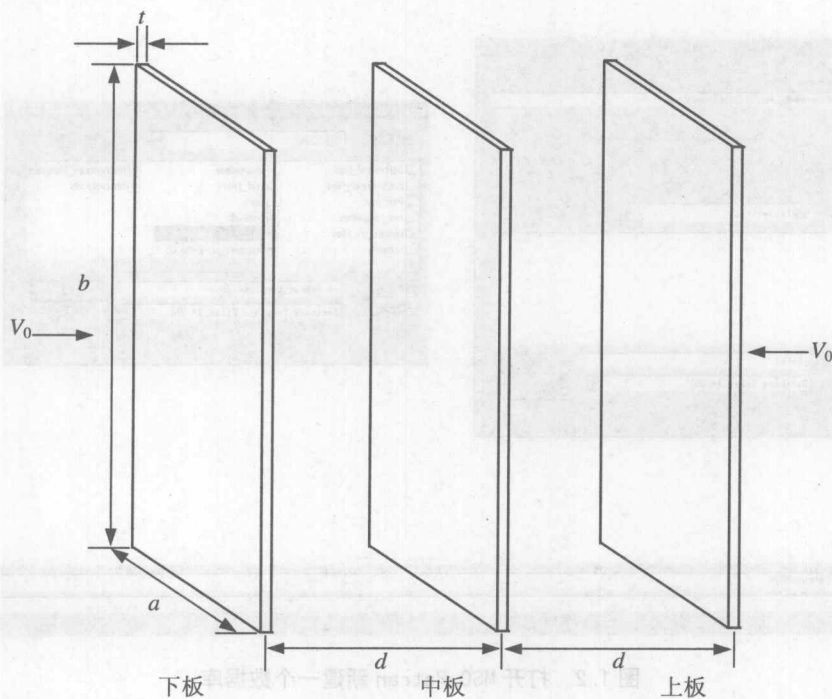


图 1.1 三板接触示意图

相关数据如下：

- 板的尺寸

$$a = 1 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$t = 0.001 \text{ m}$$

- 板的材料

$$\text{密度 } \rho = 7800 \text{ kg/m}^3$$

- 弹性模量 $E = 2.1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$
- 泊松比 $\nu = 0.3$
- 初始速度
 - 距离 $d = 0.005 \text{ m}$
 - 速度 $v_0 = 15 \text{ m/s}$

2. 在 MSC.Patran 中建立分析模型的操作步骤

步骤 1 创建新数据库 plate3.db

打开 MSC.Patran, 并为 MSC.Dytran 新建一个数据库, 如图 1.2 所示。

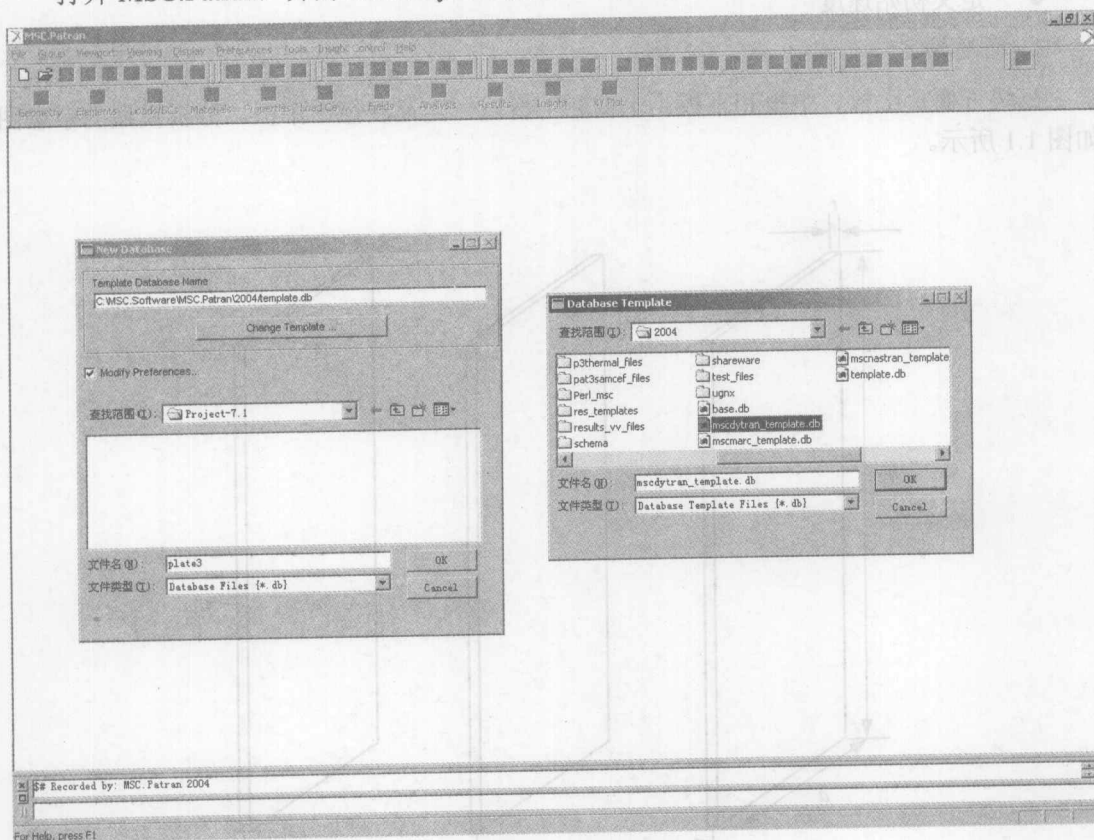


图 1.2 打开 MSC.Patran 新建一个数据库

File / New...

文件名: **plate3.db**

Change Template...

出现 Database Template 窗口。

文件名: **mscdytran_template.db**

OK

OK

步骤 2 调整模型容差

由于三块板之间的距离非常小, 只有 0.005 m, 因此需要将默认模型容差(Tolerance)

改小, 否则小于该容差的距离将被忽略, 如图 1.3 所示。

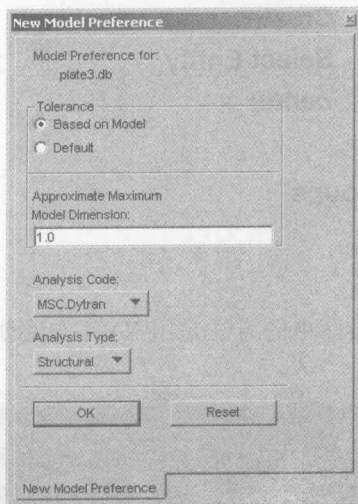


图 1.3 将默认模型容差改小

Model Dimension: 1.0
OK

步骤 3 创建组 center

为中板创建一个组 center, 如图 1.4 所示。

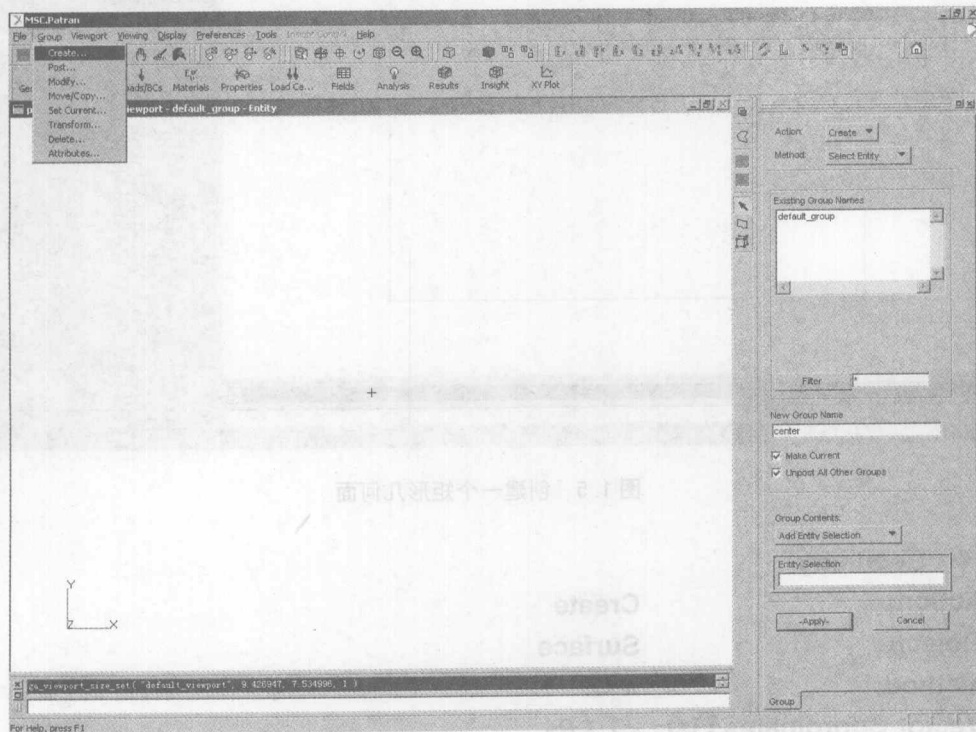


图 1.4 创建一个组 center

Group / New...

Action: Create
Method: Select Entity
New Group Name: center

☒ **Make Current**
☒ **Unpost All Other Groups**

Apply

步骤 4 创建中板几何面

在 XY 平面内创建中板。最简单的方法是用 XYZ 方法创建一个矩形几何面，如图 1.5 所示。

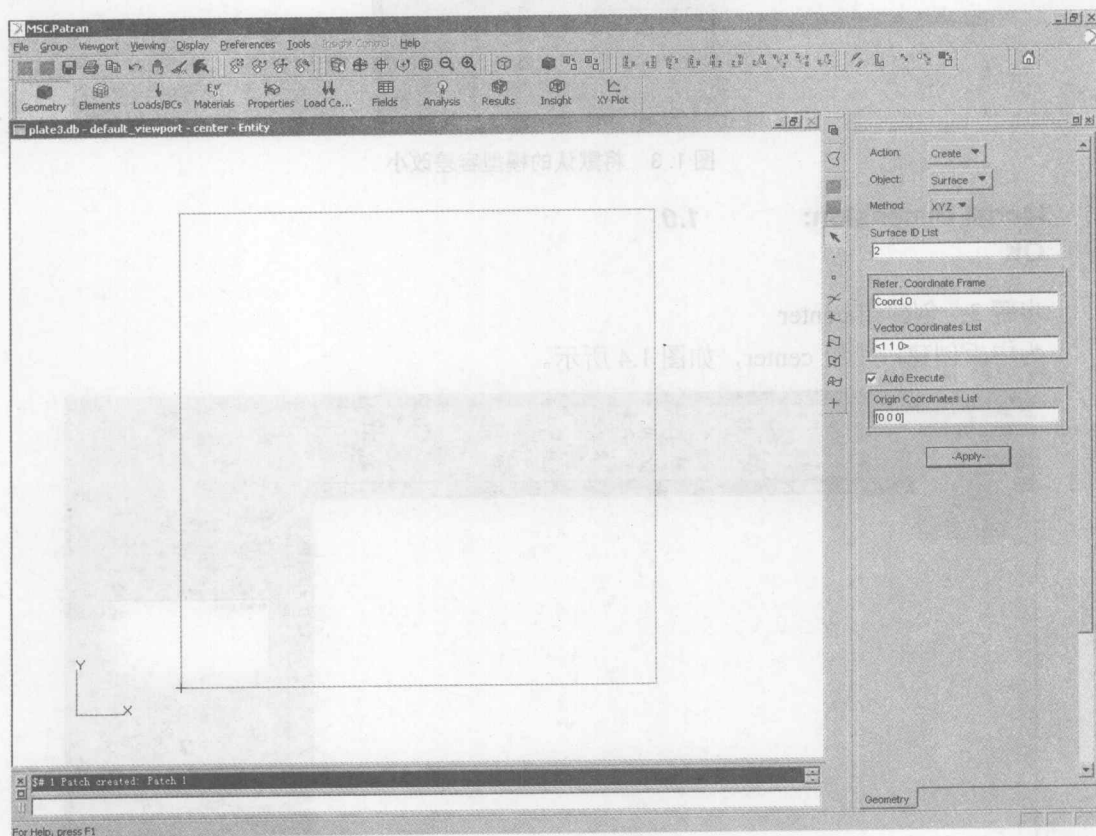


图 1.5 创建一个矩形几何面

◆ **Geometry**

Action: Create
Object: Surface
Method: XYZ
Vector Coordinates List: <1 1 0>
Origin Coordinates List: [0 0 0]

☐ **Auto Execute**(如果该复选框被选中, 就不必单击 **Apply** 按钮, 下同)

Apply

步骤 5 为中板几何面撒种子点

为了划分 4×4 的网格, 先给几何面设置网格种子点, 如图 1.6 所示。

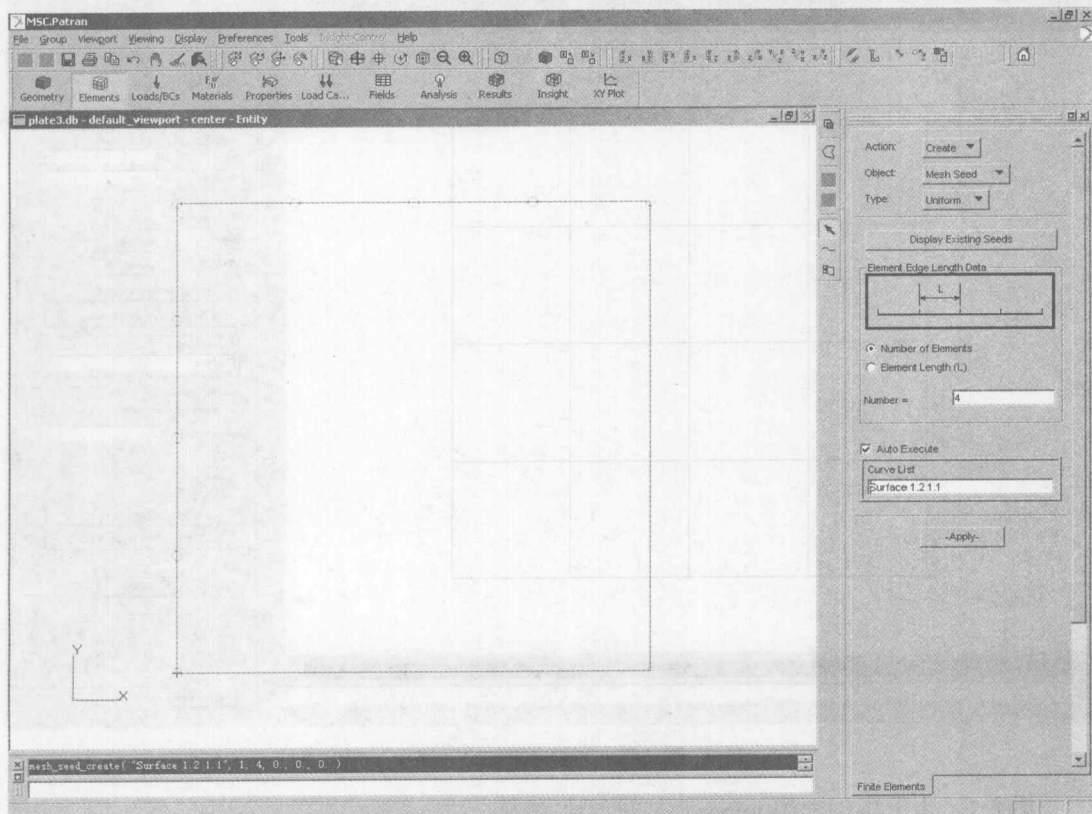


图 1.6 给几何面设置网格种子点

◆ Elements

Action: Create
Object: Mesh Seed
Type: Uniform
Number: 4
Curve List: Surface 1.2.1.1

Apply

步骤 6 划分中板的 2D 网格

划分 4×4 的网格, 如图 1.7 所示。

◆ Elements

Action: Create
Object: Mesh
Type: Surface

Surface List: *Surface 1* Apply

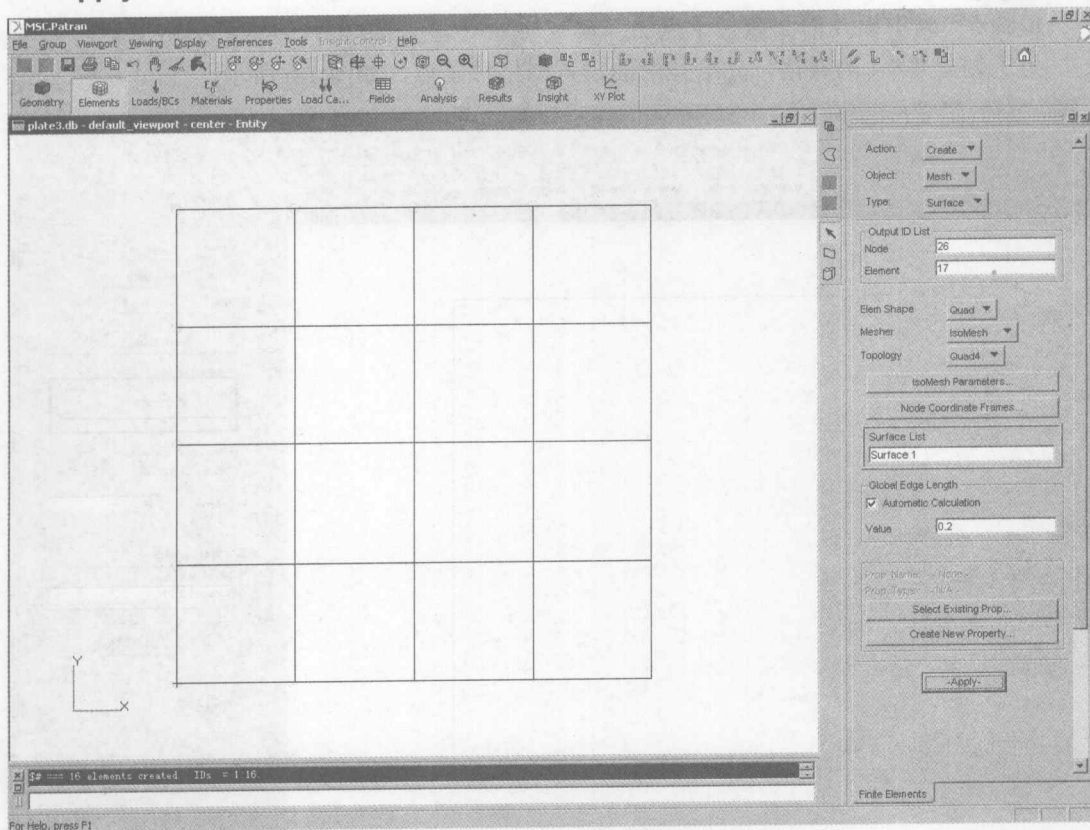


图 1.7 划分 4×4 的网格

步骤 7 为上板创建组 upper

为上板创建一个组 upper。

Group / New...

Action: Create
Method: Select Entity
New Group Name: upper

☒ **Make Current**
☐ **Unpost All Other Groups**

Apply

步骤 8 通过复制建立上板的模型

在 Group 中通过对中板的复制来创建上板的模型，如图 1.8 所示。

Group / Transform...

Action: Transform
Method: Translate
Select Group(s)...

Select Groups to Transform: center

OK

☒ Copy

Transformed Group Name(s): Current

Translation Vector: <0 0 0.005>

Apply

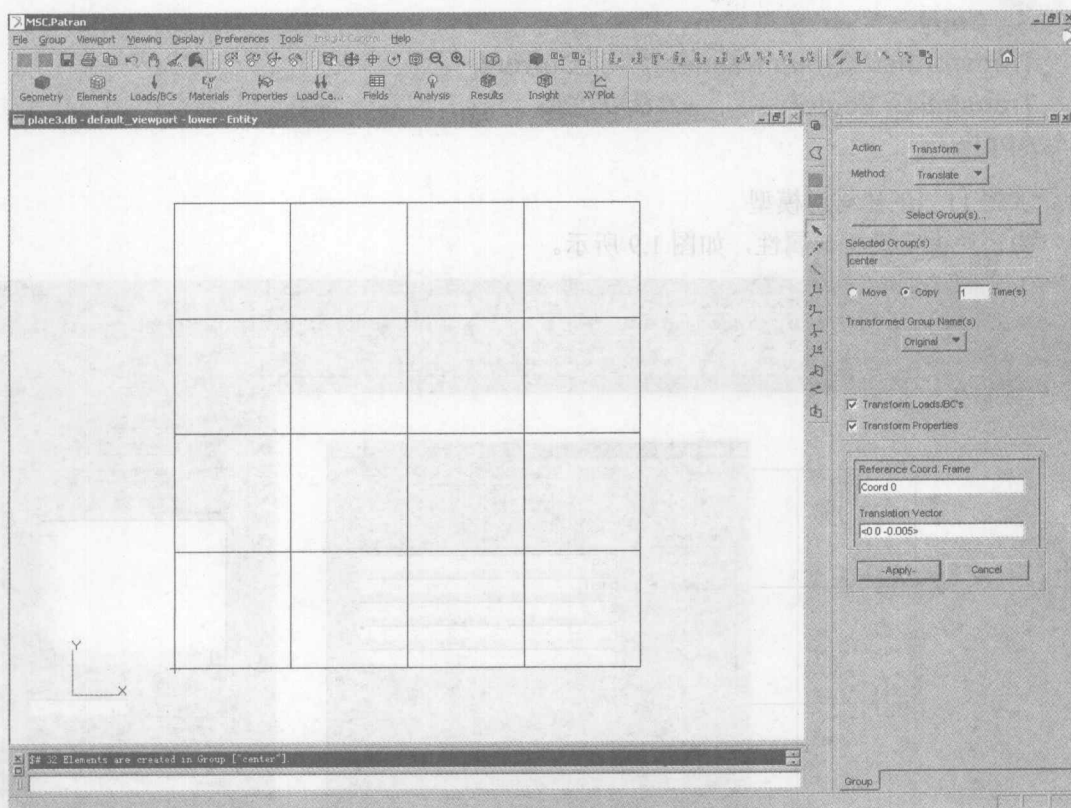


图 1.8 创建上板的模型

步骤 9 为下板创建组 lower

为下板创建一个组 lower。

Group / New...

Action: Create

Method: Select Entity

New Group Name: lower

☒ Make Current

☐ Unpost All Other Groups

Apply

步骤 10 通过复制建立下板的模型

在 Group 中通过对中板的复制来创建下板的模型。

Group / Transform...**Action:** Transform**Method:** Translate**Select Group(s)...****Select Groups to Transform:** center**OK** **Copy****Transformed Group Name(s):** Current**Translation Vector:** <0 0 -0.005>**Apply****步骤 11 创建材料模型**

为三块板定义材料属性，如图 1.9 所示。

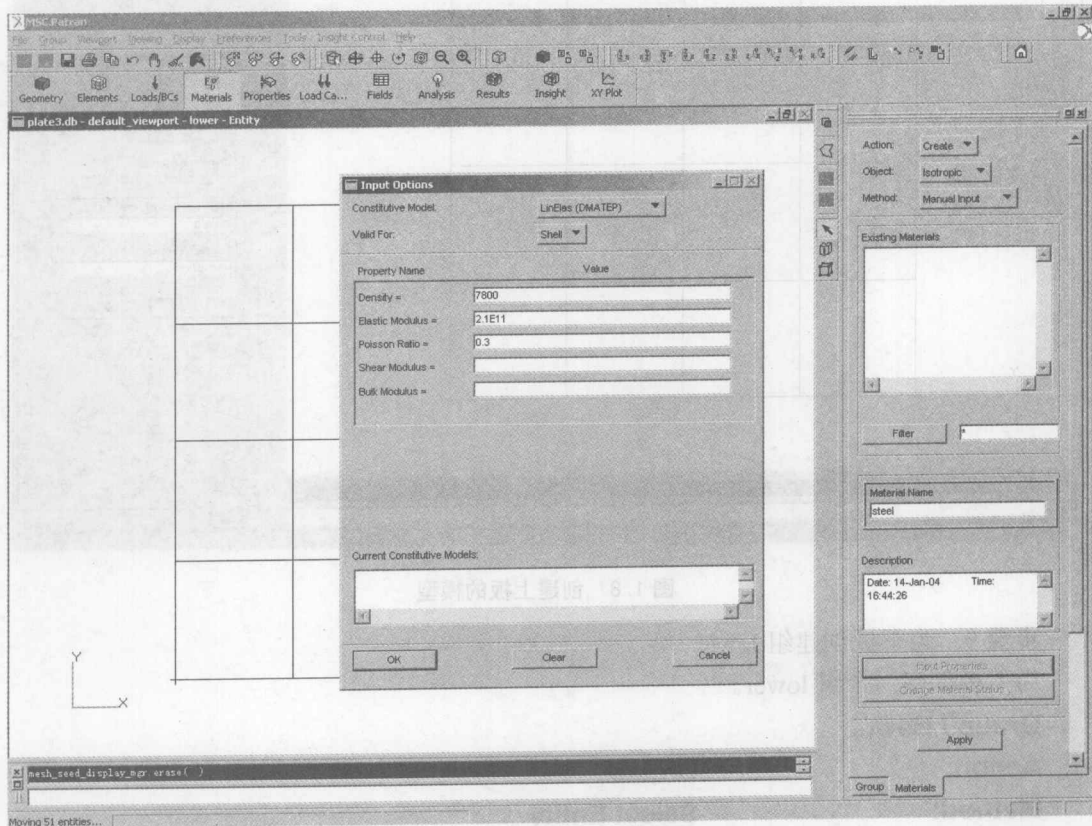


图 1.9 为三块板定义材料属性

Apply◆ **Materials****Action:** Create**Object:** Isotropic

Method: Manual Input

Material Name: Steel

Input properties...

Constitutive Model: LinElas(DMATEP)

Valid For: Shell

Density: 7800

Elastic Modulus: $2.1E11$

Poisson Ratio: 0.3

OK

步骤 12 定义单元属性

为三块板定义 2D 单元属性, 如图 1.10 所示。

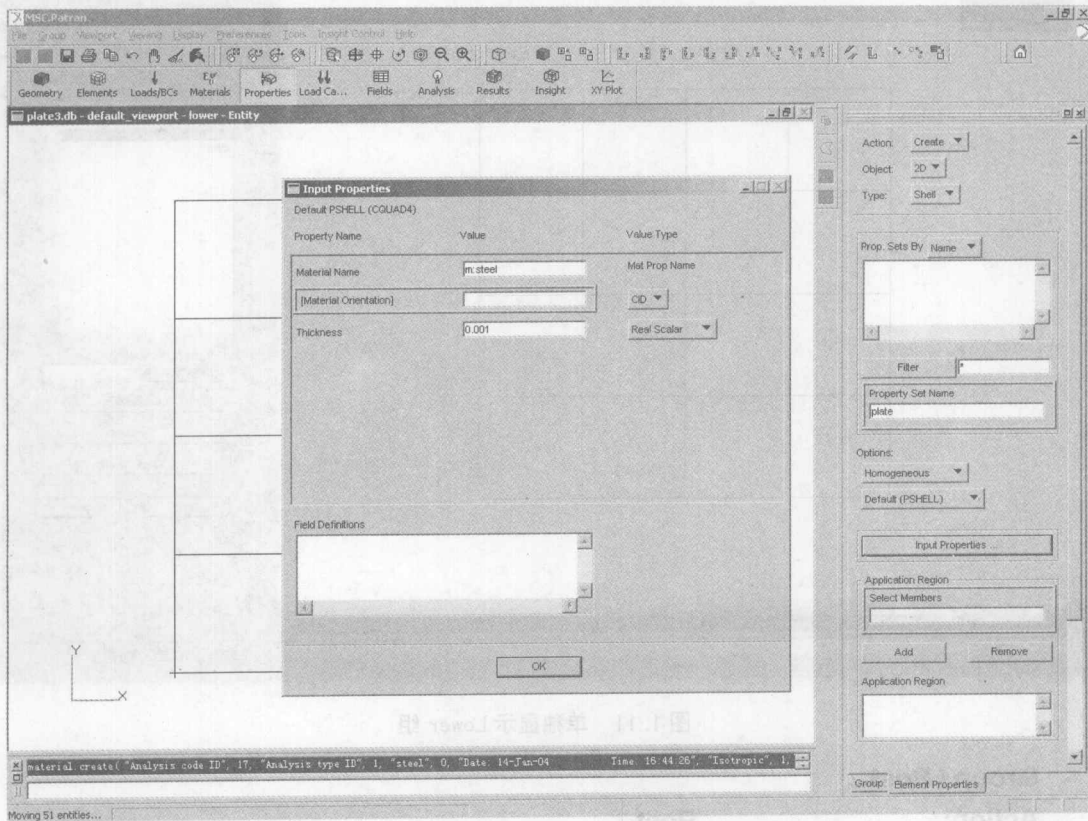


图 1.10 为三块板定义 2D 单元属性

◆ Properties

Action: Create

Object: 2D

Type: Shell

Property Set Name: plate

Input Properties...