

- 有限元分析是工程科学的重要工具
- 以理论介绍为主要目标
- 推荐三重验证的教学方法

夸克工作室 编著



清华大学出版社

有限元分析教学范本 FEMLAB 与 Mathematica

夸克工作室 编著

清华大学出版社

内 容 简 介

FEMLAB 是一种有限元分析的通用软件包, Mathematica 是一种著名的数学软件。本书选择以 Mathematica 来进行数学验证,再以 FEMLAB 进行分析。本书首先介绍了计算机辅助工程分析的基本结构、工业界 CAE 应用范例、FEMLAB 的菜单结构、有限元法简介,接着介绍了 8 种典型的形函数,然后按专题分别对桁架、梁、膜、板、壳和三维实体运用三重验证的方法进行有限元分析。

本书理论阐述透彻,采用的教学方法新颖,适合作为力学、机械、土木、水利等专业本科生和研究生的教材,也可作为上述专业的工程技术人员和教师的参考书。

本书繁体字版书名为《有限元素分析教学范本篇 FEMLAB 与 Mathematica》,由知城数位科技股份有限公司出版,版权属夸克工作室所有。本书简体字中文版由知城数位科技股份有限公司授权清华大学出版社独家出版。未经本书原版出版者和本书出版者书面许可,任何单位和个人均不得以任何形式或任何手段复制或传播本书的部分或全部内容。

北京市版权局著作权合同登记号:图字 01-2002-5489 号

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

有限元分析教学范本 FEMLAB 与 Mathematica /夸克工作室编著. —北京:清华大学出版社, 2003

ISBN 7-302-06234-X

I.有... II.夸... III.①有限元分析—应用软件, FEMLAB ②数学—应用软件, Mathematica IV.O241.82
②0245

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 002258 号

出 版 者:清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

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

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

责任编辑:桑任松

印 刷 者:国防工业出版社印刷厂

排 版 者:东方人华北大彩印中心 电话:62754190

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:787×1092 1/16 印张:29.5 字数:696 千字

版 次:2003 年 2 月第 1 版 2003 年 2 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-06234-X/O · 281

印 数:0001~4000

定 价:48.00 元

前言

有限元分析(Finite Element Analysis, FEA)是工程科学的重要工具,其重要性仅次于数学。以往有限元分析一直是研究所的课程,大多由学生自己写程序。近来由于软件包的兴盛,有限元分析也呈现出多样化的发展趋势。对于工科院校的教学而言,有限元分析的基础理论是共同的内容,而在应用上则逐渐分为程序编写与软件应用两种方式。在工科院校的课程中,以软件包应用为主,多数课程因为受到学生数学计算能力上的限制,无法在理论上深入介绍。以软件包应用的教学优点在于,学生可应用软件包解决一般工程问题,学习时间短、效率高。其缺点是,学生往往只懂得软件操作,不了解软件的基础理论。

本书以理论的介绍为主要目标,期待对于有限元分析的教学做一个变革:

- 以软件进行数学运算: 作者认为在有限元分析的教学上,理论基础与软件操作一样重要。期待学生借助数学软件,解决数学运算与计算的问题。学生不再受工程数学的解题技巧的限制,将精神集中在结构性的理解,无须为学习理论而在计算上耗费大量时间。
- 学理论不等于写程序: 以有限元分析印证理论值时,也可以使用数学软件。不一定要在同一门课程,学习理论并编写程序。许多学生由于不善于写程序,而放弃学习理论,甚为可惜。数学软件三五行程序,可抵一般语言程序上百行,可以提高学习效率。
- 无须避开数学验证: 许多有限元分析课程,为避开数学计算的繁杂,基础理论教完之后,完全仰赖软件包去验证。这样的课程安排,无法让学生深入体验理论到软件之间的紧密关联。
- 软件包同步印证: 本书推荐一个三重验证的教学方法,首先以力学分析计算理论解;接着通过 FEA 的方法,借助数学分析软件进行理论验证与计算;最后以软件包执行分析,三者互相验证,同时体验力学分析、有限元理论与软件包之间的交互关联。

本书中选择以 **Mathematica** 来进行数学验证,再以 **FEMLAB** 进行分析。主要是因为 **Mathematica** 的符号式语言可避免一般程序语言的枯燥难懂,因此可集中精神在数学推导与计算上,而无须把大多数的时间花在写程序上;而 **FEMLAB** 则具有真正的窗口界面及全分析流程(由绘图、建立网格、设定边界条件、求解到后处理)的图形化界面,这大大地缩短了学习一个工程分析软件所需的时间,把一般认为艰深的、难以上手的专业工程分析软件,变为和 **Word**, **Excel** 一样,人人都可在数小时内便学会基本操作的软件。事实上, **FEMLAB** 除了简单易学外,还具有在本书中所未提及的多重物理量耦合功能、其他领域(如电场、磁场、扩散、化学反应)的分析能力、以及经过 **MATLAB** 所产生的参数分析能力、优化分析能力、虚拟实验功能与强大扩展能力等。

本书首先介绍了计算机辅助工程分析的基本架构和有限元分析方法,接着阐述了有限元分析的 8 种典型的形函数,然后分专题对桁架、梁、膜、板、壳等结构及三维实体等运用三重验证的方法进行有限元分析。

本书理论阐述透彻,采用的教学方法新颖,适合作为力学、机械、土木、水利等专业本科生和研究生的教材,也可作为上述专业的工程技术人员和教师的参考书。

目 录

第 1 章 绪论 1

1.1 计算机辅助工程分析的基本结构 1

1.1.1 绘制几何图形 1

1.1.2 元素、截面及材料定义 1

1.1.3 分格 2

1.1.4 载荷及约束 2

1.1.5 分析 3

1.1.6 结果 3

1.2 CAE 工业应用实例 3

1.2.1 绘制几何图形 3

1.2.2 材料性质 10

1.2.3 分格 10

1.2.4 载荷及约束 11

1.2.5 计算 13

1.2.6 结果 14

1.3 FEMLAB 的菜单结构 15

1.3.1 基本结构 17

1.3.2 下拉式菜单(应用命令菜单) 17

1.3.3 工具栏 19

1.3.4 转换成 M-file 文件 20

1.3.5 Tutorials 教学动画 22

1.4 有限元法简介 25

1.4.1 变分法 25

1.4.2 Rayleigh-Ritz 方法 27

1.4.3 加权余量法 31

1.4.4 函数降阶与试探函数 39

第 2 章 形函数 42

2.1 一维一次两节点元素 42

2.1.1 总体坐标系统 42

2.1.2 局部坐标系统 45

2.1.3 自然坐标系统 45

2.1.4 Mathematica 程序命令 46

2.1.5 帕斯卡三角形 48

2.2 二维一次三节点元素 53

2.2.1 总体坐标系统 53

2.2.2 自然坐标系统 58

2.2.3 Mathematica 程序命令 58

2.3 三维一次四节点元素 60

2.3.1 总体坐标系统 61

2.3.2 自然坐标系统 66

2.3.3 Mathematica 程序命令 66

2.4 一维二次三节点元素 68

2.4.1 总体坐标系统 68

2.4.2 自然坐标系统 71

2.4.3 Mathematica 程序命令 72

2.5 一维三次四节点元素(Lagrange) 74

2.5.1 总体坐标系统 74

2.5.2 自然坐标系统 78

2.5.3 Mathematica 程序命令 79

2.6 一维三次两节点元素(Hermite) 81

2.6.1 总体坐标系统 81

2.6.2 自然坐标系统 85

2.6.3 Mathematica 程序命令 85

2.7 二维一次四节点元素 88

2.7.1 总体坐标系统(任意四边形) 88

2.7.2 总体坐标系统(矩形) 92

2.7.3 自然坐标系统 95

2.7.4 Mathematica 程序命令 95

2.8 三维一次八节点元素 98

2.8.1 总体坐标系统(任意六面体) 98

2.8.2 总体坐标系统(矩形六面体) 102

2.8.3 自然坐标系统 103

2.8.4 Mathematica 程序命令 104

第 3 章 桁架 107

3.1 一维桁架的基础理论 107

3.1.1 传统法 107

3.1.2 能量法 108

3.2 一维桁架传统法例题	110	第 4 章 梁	255
3.2.1 例题 1 的基础理论解题 方法	110	4.1 梁的基础理论	255
3.2.2 例题 1 的 Mathematica 程序 说明	112	4.2 悬臂梁的静力分析——集中载荷	259
3.2.3 例题 1 的 FEMLAB 求解	115	4.2.1 基础理论的解题方法	260
3.2.4 例题 2 的基础理论解题 方法	123	4.2.2 Mathematica 程序说明	263
3.2.5 例题 2 的 Mathematica 程序 说明	126	4.2.3 FEMLAB 求解	266
3.2.6 例题 2 的 FEMLAB 求解	129	4.3 悬臂梁的静力分析——集中 载荷 + 均布载荷	275
3.3 二维桁架坐标转换的基础理论	138	4.3.1 基础理论的解题方法	275
3.4 二维坐标转换例题	139	4.3.2 Mathematica 程序说明	278
3.4.1 例题 1 的基础理论解题 方法	140	4.3.3 FEMLAB 求解	283
3.4.2 例题 1 的 Mathematica 程序 说明	145	4.4 简支梁的静力分析——分布载荷	291
3.4.3 例题 1 的 FEMLAB 求解	150	4.4.1 基础理论的解题方法	292
3.4.4 例题 2 的基础理论解题 方法	160	4.4.2 Mathematica 程序说明	297
3.4.5 Mathematica 程序说明	168	4.4.3 FEMLAB 求解	303
3.4.6 例题 2 的 FEMLAB 求解	177	4.5 简支梁的静力分析——二次渐变 分布载荷	313
3.5 扭转	186	4.5.1 基础理论的解题方法	314
3.5.1 扭转的基础理论	186	4.5.2 Mathematica 程序说明	317
3.5.2 基础理论的解题方法	188	4.5.3 FEMLAB 求解	321
3.5.3 Mathematica 程序说明	190	第 5 章 膜、板、壳	331
3.5.4 FEMLAB 求解	192	5.1 膜	332
3.6 二维框架	202	5.1.1 膜的基础理论	332
3.6.1 基础理论	202	5.1.2 Mathematica 程序说明	348
3.6.2 基础理论的解题方法	206	5.1.3 FEMLAB 求解	353
3.6.3 Mathematica 程序说明	211	5.2 板	361
3.6.4 FEMLAB 求解	215	5.2.1 板的基础理论	361
3.7 三维框架	223	5.2.2 Mathematica 程序说明	378
3.7.1 基础理论	223	5.2.3 FEMLAB 求解	383
3.7.2 基础理论的解题方法	231	5.3 壳	390
3.7.3 Mathematica 程序说明	239	5.3.1 基础理论	391
3.7.4 FEMLAB 求解	244	5.3.2 Mathematica 求解	396
		5.3.3 FEMLAB 求解	402
		第 6 章 三维实体	419
		6.1 实体分析	419
		6.1.1 三维实体结构特性及有限元 理论分析	419

6.1.2 三维实体分析的原理.....	419	6.2.1 三维轴对称分析的原理	443
6.1.3 Mathematica 程序说明.....	431	6.2.2 三维轴对称分析的范例	451
6.1.4 FEMLAB 求解	436	6.2.3 FEMLAB 求解	454
6.2 三维轴对称分析	443		

第 1 章 绪 论

1.1 计算机辅助工程分析的基本结构

计算机辅助工程的分析软件, 如 ANSYS、Nastran、FEMLAB 与 Cosmos 等, 主要通过以下六个主要步骤的设置与执行定义一个问题, 并进行分析。

1.1.1 绘制几何图形

几何图形可由软件提供的功能绘出, 也可以通过 CAD 系统, 用 IGES 文件、SAT 文件、Pro / E 文件、UG 文件与 IGES 参数实体文件导入。在本章 1.2 节中, 示范运用 IGES 参数实体文件格式导入 FEMLAB 中做分析, 一个结构体的外形, 首先必须定义清楚且正确, 才能够进行分析。且绝大多数的软件都提供一维、二维以及三维的绘图功能。几何图形包括点(Keypoint)、线(Line)、面(Area)和体(Volume)。

1.1.2 元素、截面及材料定义

在这个步骤主要定义以下 3 部分数据。

1. 元素类型

元素类型(Element Type)的定义告诉计算机, 将要以什么样的元素模型来分析问题。元素类型包括零维的质点及空隙等元素、一维的梁及柱等元素、二维的板及壳、三维的四面体及六面体等元素。

2. 实体常数

实体常数(Real Constants)定义分析模型的截面特性。在梁或桁架模型中, 必须定义其截面尺寸; 在膜或板模型中, 必须定义厚度。若截面特性未输入, 则无法进行分析。

3. 材料性质

对于材料性质, 必须定义参数包括刚度系数 E_x 及 E_y 、弹性剪切模量 G 和泊松比 ν 等, 根据材料类型而定。对于各向同性材料而言, 必须定义杨氏模量 E , 程序内置的泊松比 ν 为 0.3, 弹性剪切模量值为 $G = E / 2(1 + \nu)$ 。提醒读者注意的是, 在弹性分析中, 泊松比不可设置为 0.5, 因为这样将使刚度系数变成无限大, 程序将无法执行。塑性分析中则无此限制, 因为塑性力学将材料视为不可压缩, 只能因剪力而变形。对于各向同性材料而言, 必须定义 E_x 及 E_y 。对于各向异性材料而言, 每个方向的材料参数都不同, 因此必须定义所有方向的数值。在塑性分析中, 还需要输入材料性质曲线。在潜变分析中, 则需要输入材料的时间曲线。若进行振动分析则需输入材料密度。

常用的单位制有 3 种, 如下表所示:

单 位 制	长 度	时 间	质 量	力
国际单位制(SI)	米(m)	秒(s)	千克(kg)	牛顿(N)
米千克力秒制(MKgfs)	米(m)	秒(s)	千克(kg)	千克力(kgf)*
英美制(ft · lb · s)	英尺(ft)	秒(s)	磅(lb)**	磅(lb)

*以相当于一千克重的力为单位

**以相当于一磅重的质量为单位

作者建议初学者一律使用 SI 单位, 尤其牵涉加速度的问题时, 因为在 $F=ma$ 式中, 由 MKgfs 或 ft · lb · s 单位制定义的问题, 必须修正加速度的值。在 SI 单位中则无此顾虑(其实程序是没有单位的, 只是在给定材料参数时, 其数值本身就隐含某特定单位, 因此所有其他数据也必须用同一单位制), 尤其是当直接从程序内置的材料数据库选取材料时, 单位的一致是非常重要的。应力常用的公制单位为 $\text{Pa}(\text{N/m}^2)$, 英制则以 $\text{psi}(\text{lb/in}^2)$ 为单位。

1.1.3 分格

结构外形定义完毕后, 再将它分成小网格以供后续分析计算。网格分得愈细, 计算结果的误差愈小, 但所需要的时间也愈长。在进行线性分析时, 时间并不是一个很严重的问题; 但对于非线性分析, 如塑性力学分析, 时间将是一个很重要的问题。因此, 网格不宜无限细分。

网格产生的方式有下列几种:

- 直接分格: 逐一定义节点及元素, 不经过几何图形的定义。
- 自动分格: 先定义几何图形, 如线、面或体, 再进行分格。

要提高分析的精度, 有下列 3 种方法:

- 网格细分法(h-Method): 程序自动细分网格。
- 高次元素法(p-Method): 选择高次元素进行分析。
- 混合并行法(hp-Method): 上述两者并用。

对于复杂的结构, 分格后会产生重叠的节点, 必须用 Preprocessor | Numbering Ctrl | Merge Items | Nodes 命令消除重复节点, 以免产生不连续的元素及奇异点, 并使用压缩节点编号命令 Preprocessor | Numbering Ctrl | Compress Numbers | Nodes 来减少矩阵的主自由度, 以节省计算时间。

1.1.4 载荷及约束

这个步骤主要定义以下两部分数据。

1. 约束或边界条件

约束是定义一个结构固定的部分。在分析一个结构前, 必须适当地定义边界条件。在对称受力而无约束的问题中, 有些软件必须定义“软弹簧”, 否则无法进行分析。

2. 载荷

载荷可包含集中力、分布力、重力及预应力等。在约束点上不宜再施力于同一自由度。线性问题中多重载荷状况可以分别定义, 并在后处理程序中以各种比例组合输出结果。

1.1.5 分析

在进入分析这一步骤之前,整个分析模型必须定义完成。进行分析以前的步骤,称为预处理;包括前述4个步骤。分析以后的各步骤,称为后处理,提供应力、应变、位移等数据的图标及列表。“分析”这一步骤需要计算机进行大量的计算,本书中所讨论的主要是这一模块(分析模块)的结构。利用分析软件执行分析时,此步骤的定义,只是选定适当的命令,并加以执行即可。在下文中谈到这个步骤时,有时用计算来代表,意义相同。

1.1.6 结果

结果步骤包括全部后处理的功能。包括列表、图示分析结果,也可以动态显示振动模型或其他分析结果的图形。ANSYS 还为用户提供了一个询问数据的功能,可将图形窗口中光标位置的数据显示出来,很方便。

1.2 CAE 工业应用实例

本节将为读者示范 CAE 在工业界的具体使用方法,按照本章 1.1 节所介绍的 6 大步骤来分析一个问题(如图 1.1 所示)。为了让读者们了解 CAD 与 CAE 两种软件配合使用的方法,特别运用了工业界使用广泛的两大软件 Pro/ENGINEER(以下简称 Pro/E)与 FEMLAB 来进行操作,所以本例中的第 1 步与第 2 步与 6 大步骤中的第 1 步与第 2 步的先后顺序发生了变化。首先在 CAD(Pro/E)软件中绘制出 L 形板,再利用通用的 IGES 参数实体文件格式导入 FEMLAB 中,最后由 FEMLAB 给定元素、材料性质、分格、底约束、边载荷、分析与结果等一连串步骤。

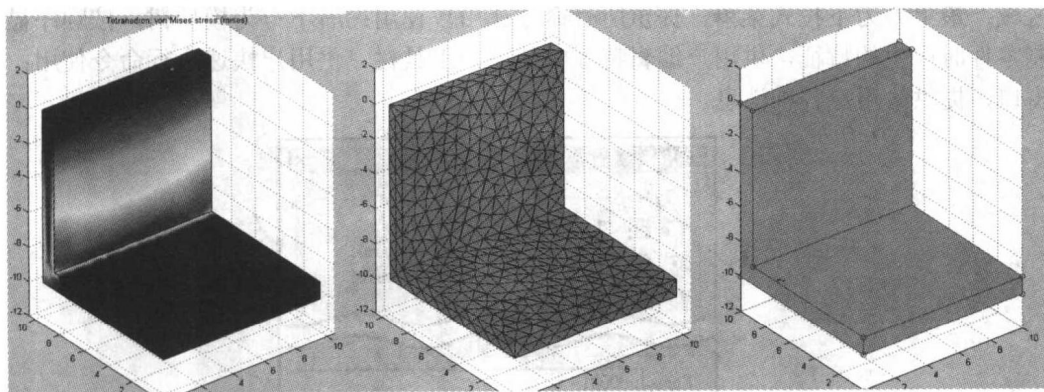


图1.1 问题示意

1.2.1 绘制几何图形

本步骤为绘制出分析的图形,运用了人性化的 Pro/E 软件作为绘图的工具软件。读者如果对 Pro/E 有兴趣,请参考清华大学出版社出版的 Pro/ENGINEER 2001 零件设计经典教材(知城数位授权)。

■ Pro/E 绘制 L 形板

1. 运行Pro/E程序

由【开始】菜单的程序中找到 Pro/E 的图标并运行此程序，如图 1.2 所示。或在桌面上用快捷方式运行此程序。

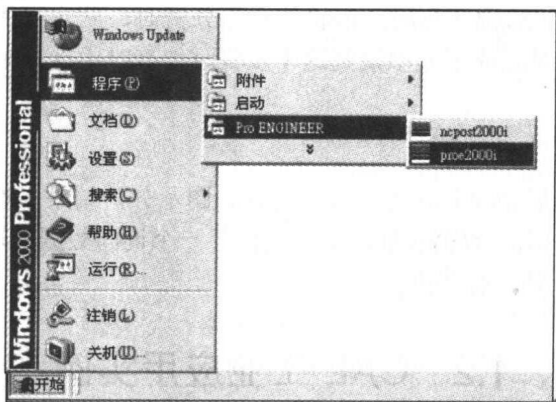


图1.2 运行Pro/E程序

2. 新建零件文件

运行 Pro/E 程序后，再单击标准工具栏中的  (新建文件)按钮，显示出新建 Pro/E 文件的 New 对话框，系统提供 Sketch(草绘)、Part(零件)、Assembly(装配)等多种形式，如图 1.3 所示。使用鼠标选择 Part 单选按钮后，单击对话框中的 OK 按钮，新建零件文件。

Pro/E 基本界面(如图 1.4 所示)分为以下几个部分：中央的绘图区，为绘制零件图形所在区域；最上方为下拉式菜单，提供所有命令让用户使用；右下方为模型树，按顺序显示绘制零件时产生的特征，供用户编辑特征时使用；工具栏，供用户快速执行命令使用；信息窗口，提供给用户各种消息。

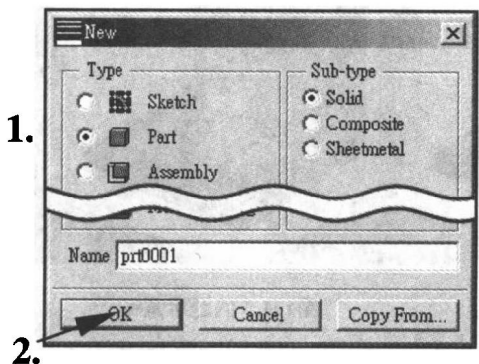


图1.3 New对话框

3. 建立L形板

本步骤要建立的 L 形板如图 1.5 所示。

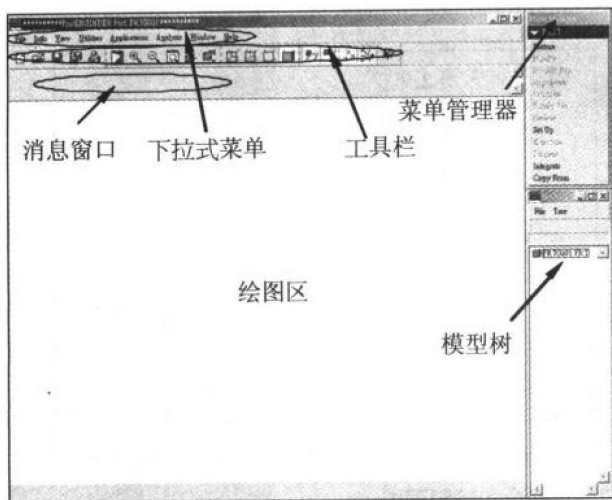


图1.4 Pro/E的基本界面

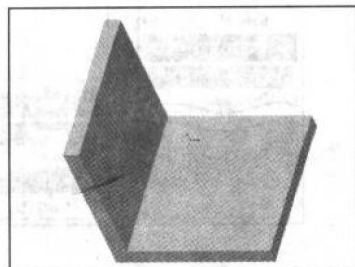


图1.5

- (1) 绘制 L 形板草图与标注尺寸。此 L 形板外形较为简单，直接绘制其截面形状，再利用挤出命令将其成形。从菜单管理器中选择 Feature | Create | Solid | Protrusion / Extrude / Solid / Done 命令，如图 1.6 左图所示。接着会出现草图绘制窗口、属性对话框与草图绘制的命令菜单，如图 1.6 右图所示。

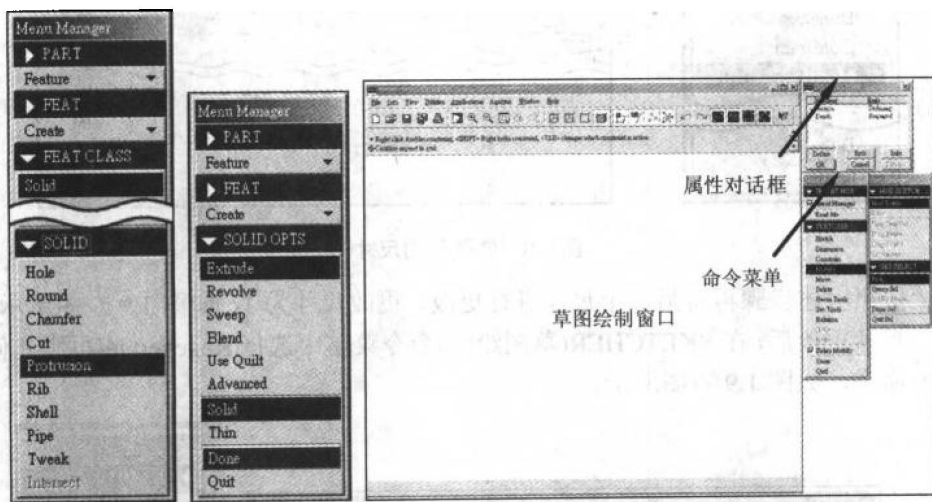


图1.6 选择命令、出现草图绘制界面

执行 SKETCHER(草图绘制)命令菜单中的 Sketch(草图绘制)命令，会出现 GEOMETRY(几何草图绘制)命令菜单，选择 Line(画线)命令，如图 1.7 左图所示。使用鼠标左键  依照点 1、点 2、点 3、点 4、点 5、点 6 到点 1 的顺序，绘制出 L 形板截面形状后，按下鼠标中键  完成绘制，如图 1.7 右图所示。

- (2) 修改 L 形板草图尺寸。首先在 SKETCHER(草图绘制)命令菜单中选择 Modify(修改尺寸)命令，如图 1.8 左图所示。接着用鼠标左键  单击要修改的尺寸，然后在消息窗口中会要求输入新的尺寸，将尺寸更改为 10，最后单击  按钮完成尺

寸修改, 如图 1.8 右图所示。

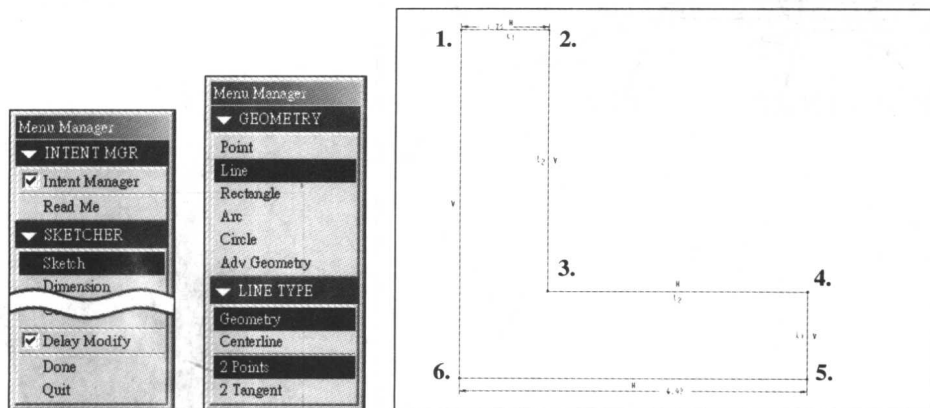


图1.7 选择命令绘制草图

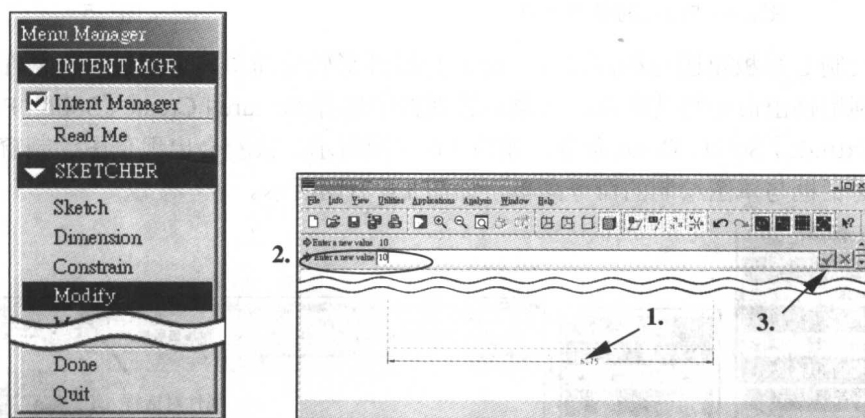


图1.8 修改草图尺寸

依照上述步骤再将另一个尺寸进行更改, 更改尺寸为 1, 如图 1.9 左图所示。完成尺寸更改后, 在 **SKETCHER**(草图绘制) 命令菜单中选择 **Regenerate**(再生几何图形) 命令, 如图 1.9 右图所示。

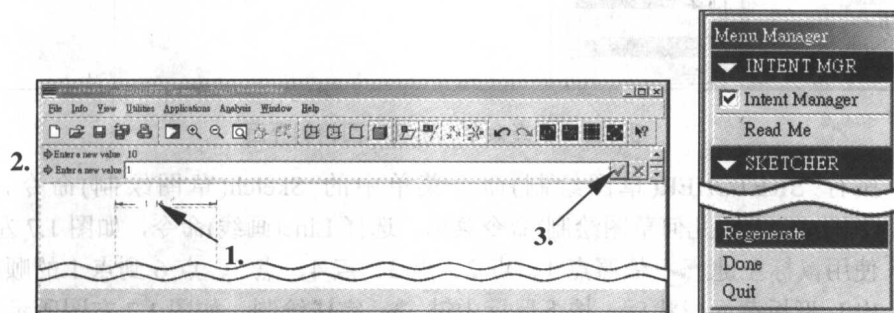


图1.9 修改第二个尺寸及选择命令

显示结果如图 1.10 所示。

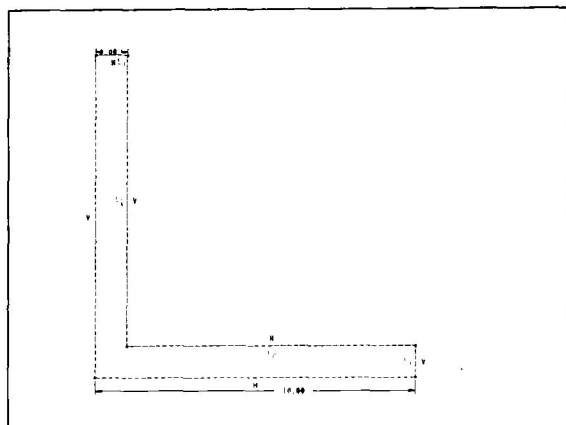


图1.10 显示结果

- (3) 将 L 形板挤出成形。L 形板截面形状完成后，从 SKETCHER(草图绘制)命令菜单中选择 Done(完成)命令，如图 1.11 左图。在消息窗口中会要求输入挤出厚度，输入厚度为 10，单击 ☒ 按钮完成设置，如图 1.11 中图所示。在属性对话框中单击 OK 按钮，完成绘制 L 形板，如图 1.11 右图所示。

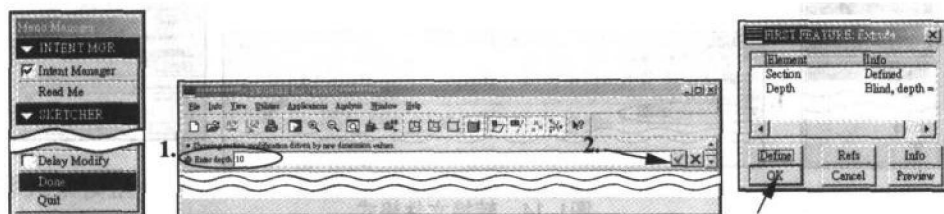


图1.11 选择命令与挤出成形设置

完成 L 形板实体建立后，显示图形如图 1.12 所示。

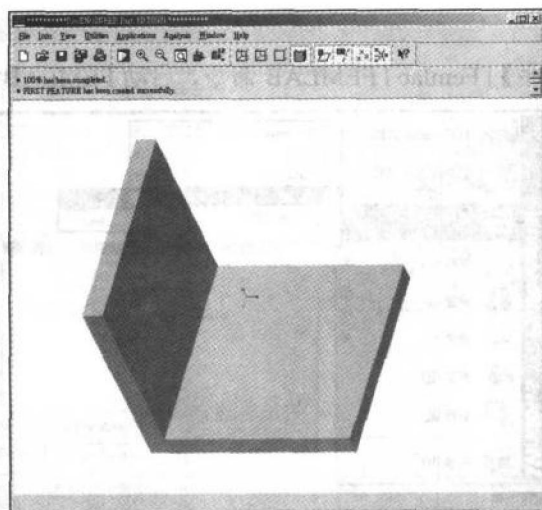


图1.12 显示建立的实体

- (4) 保存绘制完成的零件。单击工具栏中的  (保存文件)按钮, 在消息窗口中会要求输入文件名, 输入文件名称为 PRT0001, 单击  按钮完成保存, 如图 1.13 左图所示。再将此零件文件保存成适用于 FEMLAB 的通用格式, 从下拉式菜单中选择 File | Export | Model(输出模型)命令, 如图 1.13 右图所示。

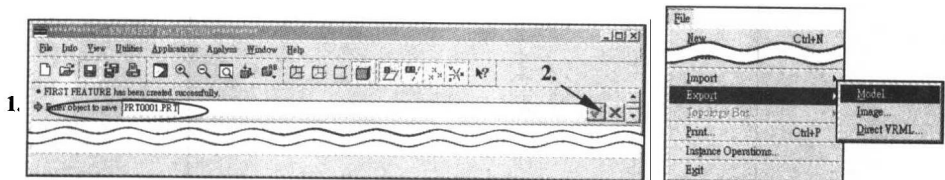


图1.13 保存文件与选择命令

在命令菜单中会显示输出格式的选项, 选择 IGES 格式, 如图 1.14 左图所示。在消息窗口中会要求输入文件名, 输入文件名称为 PRT0001, 单击  按钮完成设置, 如图 1.14 中图所示。会出现输出 IGES 格式对话框, 单击 OK 按钮完成输出 IGES 格式, 如图 1.14 右图所示。完成零件绘制后, 单击  关闭按钮结束 Pro/E 程序。

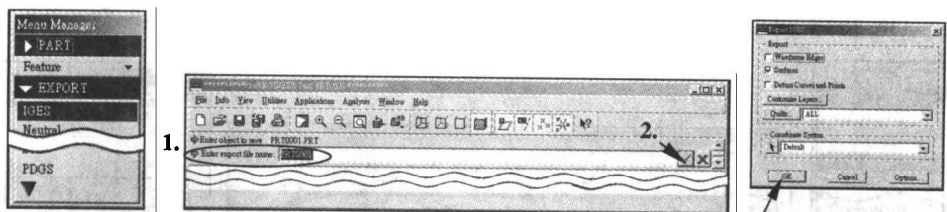


图1.14 转换文件格式

■ FEMLAB 中输入 L 形板图形文件

1. 运行FEMLAB程序

选择【开始】|【程序】| Femlab | FEMLAB 命令, 启动 FEMLAB 程序, 如图 1.15 所示。

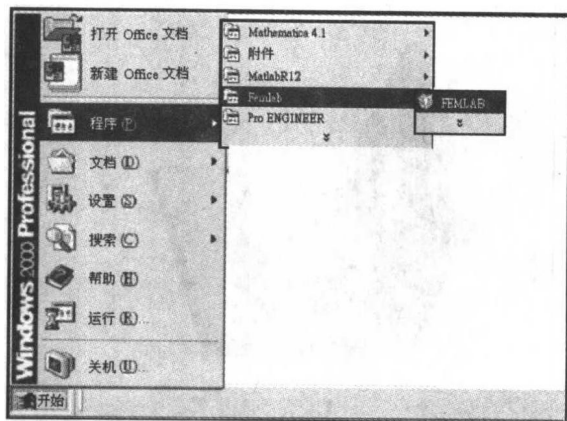


图1.15 启动FEMLAB程序

启动 FEMLAB 程序后, 用户界面分为三大部分, 如图 1.16 所示。在本章 1.3 节将有详细介绍。



图1.16 FEMLAB的用户界面

2. 选择元素模型

在 Model Navigator 对话框的 New 选项卡的 Dimension 选项组中选择 3-D 单选按钮, 再从模型结构的列表框中选择 Structural Mechanics Module 2.0 | Solid | Stationary 选项建立一个三维实体元素模型, 单击 OK 按钮完成设置, 如图 1.17 所示。

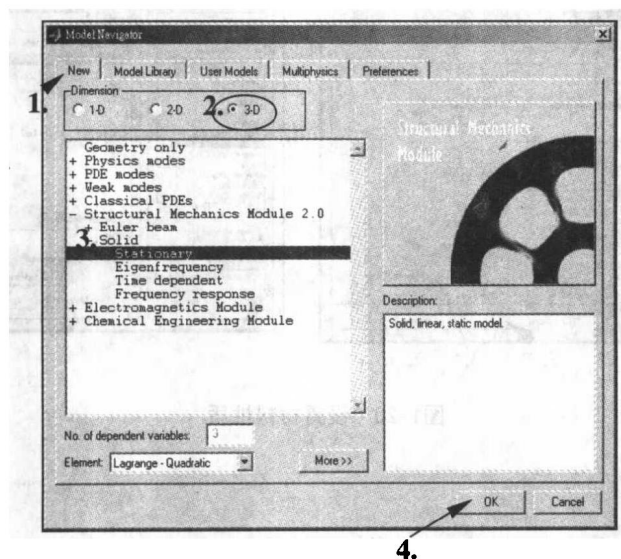


图1.17 选择元素模型

3. 导入零件文件

从菜单中选择 Files | Import from File | IGES file(输入参数实体文件)命令, 如图 1.18 左

图所示。出现导入 IGES 对话框,单击 Browse 按钮查找 PRT0001.igs 文件后,单击 OK 按钮将该文件输入,如图 1.18 中图所示。输入的图形如图 1.18 右图所示。

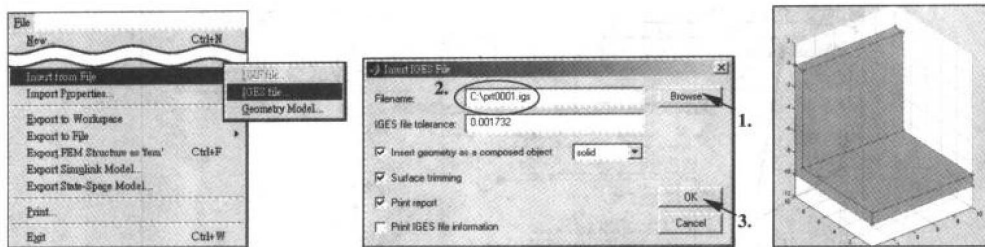


图 1.18 导入零件文件

1.2.2 材料性质

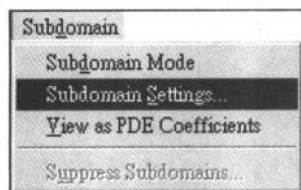


图 1.19 选择命令

从菜单中选择 Subdomain | Subdomain Settings(设置实体)命令,如图 1.19 所示。

在如图 1.20 左图所示的实体设置对话框中,打开 Material(材料)选项卡后,选取材料,单击 Add/Edit Material 按钮加载材料,会出现加载材料的对话框,在材料数据库中选择铁,单击 Update Material 按钮更新材料,最后单击 OK 按钮完成材料加载设置,如图 1.20 右图所示。回到实体设置对话框中,单击 OK 按钮完成材料性质设置。

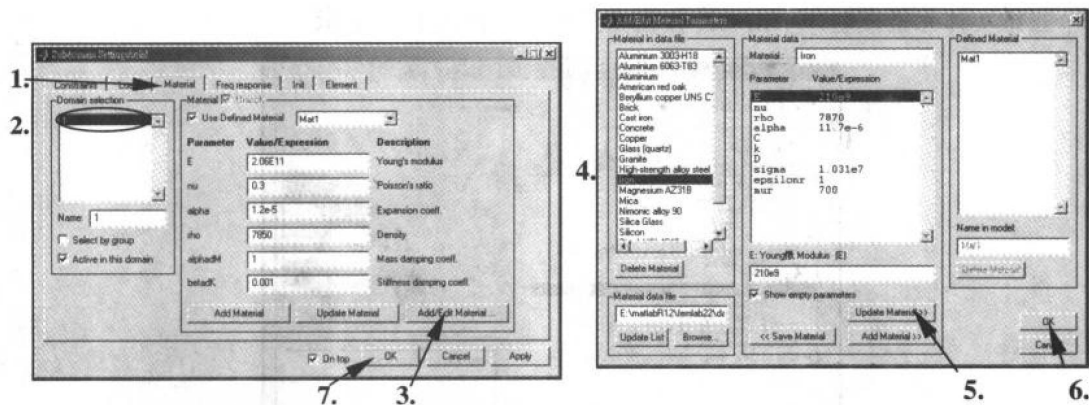


图 1.20 设置材料性质

1.2.3 分格

1. 分格设置

从菜单中选择 Mesh | Parameters(分格参数)命令,如图 1.21 左图所示。在分格参数的对话框中,第一个更改是在 Max edge size, general(最大分格尺寸)文本框中键入 1。取消选中 Jiggle mesh(摇动分格)复选框,单击 OK 按钮完成设置,如图 1.21 右图所示。