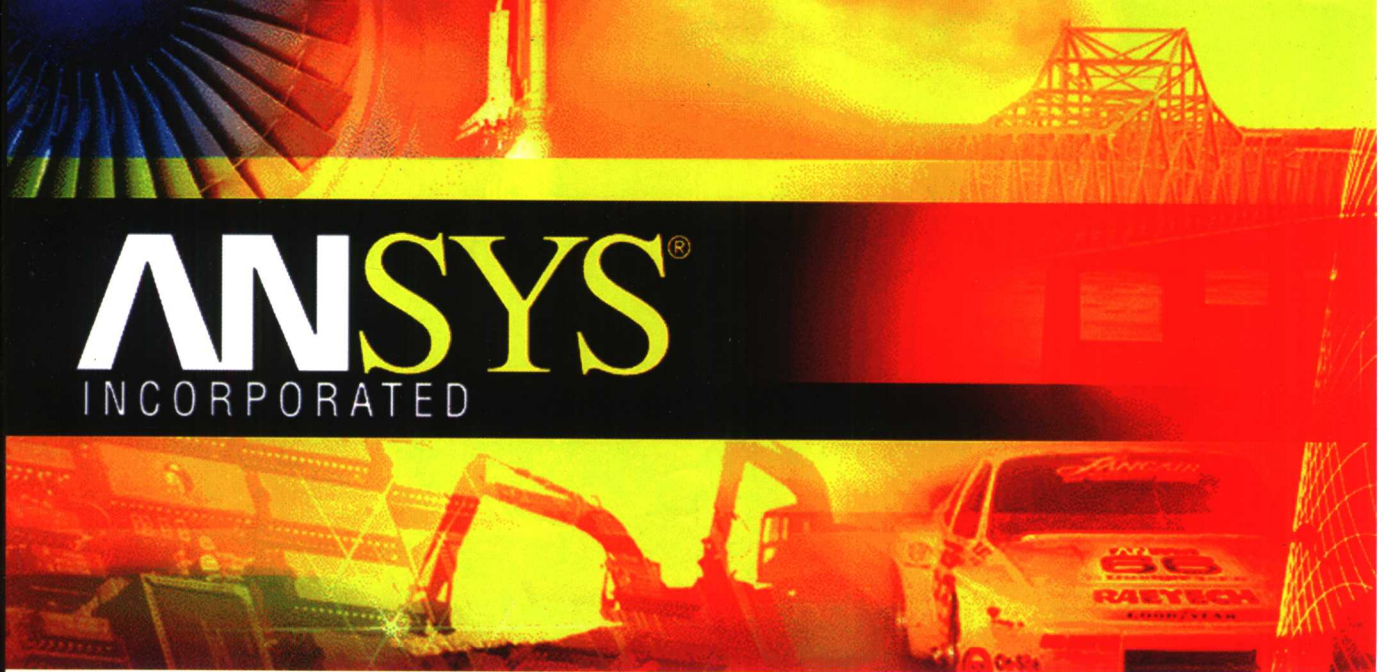


The top half of the cover features a collage of industrial and engineering images. On the left, a large blue and white fan or turbine is visible. In the center, a yellow crane is lifting a large object. On the right, a yellow and red race car with the number 88 and the name 'RAYTON' is shown. The ANSYS logo is prominently displayed in the upper left, with 'ANSYS' in large white and yellow letters and 'INCORPORATED' in smaller white letters below it.

ANSYS[®]
INCORPORATED

ANSYS 7.0

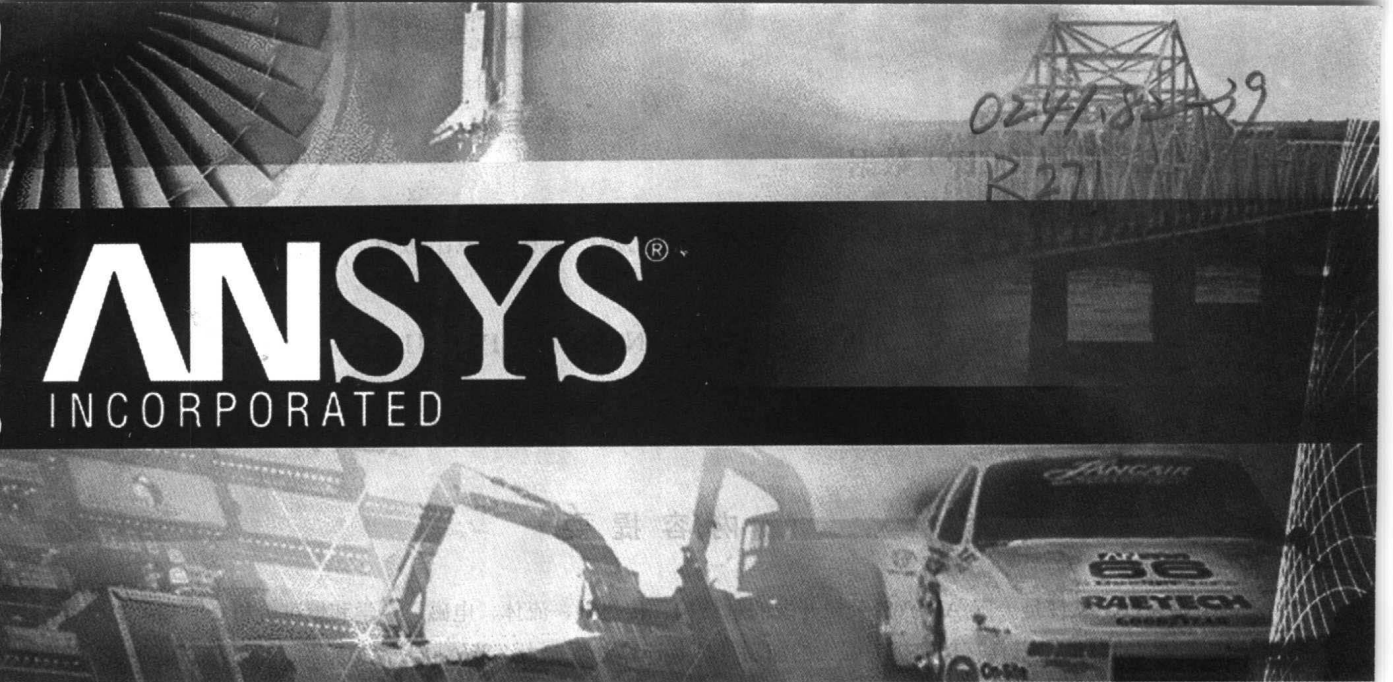
工程分析实例详解

任辉启 编著

- 结构静力分析
- 结构非线性分析
- 结构动力分析
- 高级分析
- 热分析
- 流体分析

2-39

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

The top section of the cover features a collage of grayscale images. On the left, there's a close-up of a fan or turbine. In the center, a crane is lifting a large object. On the right, a race car with the number 56 and 'RAETECH' branding is visible. The ANSYS logo is prominently displayed in the upper left of this section.

ANSYS[®]
INCORPORATED

ANSYS 7.0

工程分析实例详解

任辉启 编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

ANSYS 7.0 工程分析实例详解/任辉启编著. —北京: 人民邮电出版社, 2003.8
ISBN 7-115-11453-6

I. A... II. 任 III. 有限元分析—应用程序, ANSYS 7.0 IV. 0241.82

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 055669 号

内 容 提 要

ANSYS 软件是美国 ANSYS 公司开发的融结构、传热学、流体、电磁、声学 and 爆破分析于一体的大型通用有限元软件, 它具有功能极为强大的前后处理及计算分析能力, 能够同时模拟结构、热、流体、电磁、声学, 以及多种物理场间的耦合效应, 大量应用于土木工程、水利水电工程、汽车工程、机械、采矿、核工业和船舶等领域。

本书以工程分析中遇到的实际问题为主线, 以实例讲解的形式, 向读者介绍了如何掌握工程分析的思路与技巧。

本书适合对 ANSYS 软件有初步了解, 要提高实际工程分析能力的读者阅读, 也可作为高等院校相关专业师生的参考书。

ANSYS 7.0 工程分析实例详解

- ◆ 编 著 任辉启
责任编辑 李永涛
执行编辑 徐宝姝
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线 010-67132692
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京鸿佳印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 21.5
字数: 529 千字
印数: 1-6 000 册

2003 年 8 月第 1 版

2003 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-11453-6/TP · 3525

定价: 38.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

编者的话

随着 ANSYS 软件的用户数量在我国不断增加,越来越多的人需要更加全面的了解 ANSYS 软件,因此我们组织了工程分析领域的专家编写了本书。

ANSYS 软件是美国 ANSYS 公司开发的融结构、传热学、流体、电磁、声学 and 爆破分析于一体的大型通用有限元软件,它具有功能极为强大的前后处理及计算分析能力,能够同时模拟结构、热、流体、电磁、声学以及多种物理场间的耦合效应,大量应用于土木工程、水利水电工程、汽车工程、机械、采矿、核工业和船舶等领域。ANSYS 软件极大地提高了工作效率,是广大工程设计人员必不可少的工具之一。我国的浦东国际机场、上海太空城等大型工程均采用了 ANSYS 软件进行分析、计算。

目前,关于 ANSYS 软件的中文资料较少,已出版的书籍最突出的特点是详尽地介绍了 ANSYS 软件的基本操作,可以让初学者较快地熟悉 ANSYS 软件的界面及其基本功能。但是,如果读者要解决工程分析中的实际问题,仍然无法把握分析的思路与脉络。本书就是以工程分析中遇到的实际问题为主线,以实例讲解的形式,向读者介绍了如何掌握工程分析的思路与技巧。

本书实例均选自工程实际中的典型算例。在例题讲解过程中,先进行理论分析,剖析解题思路,然后讲述如何运用 ANSYS 软件进行求解(建模加载,提取结果并对结果进行分析等)。求解方法中既提供了命令流方式,又提供了菜单操作方式,弥补了其他书籍解法单一的不足,以方便读者学习。

本书共分 6 章,具体内容如下:

第 1 章:介绍了结构分析的基础——结构静力分析。

第 2 章:介绍了如何进行非线性分析。

第 3 章:介绍了在动荷载作用下的响应计算。

第 4 章:介绍了 ANSYS 软件高级分析的内容——优化设计和可靠性分析。

第 5 章:介绍了如何进行热分析。

第 6 章:介绍了如何实现流体力学分析。

本书适合对 ANSYS 软件有初步了解,要提高实际工程分析能力的读者阅读,也可作为高等院校相关专业师生的参考书。

本书在编写过程中得到了香港理工大学丁力伟教授的悉心指导,在此,对丁教授的帮助表示衷心的感谢。

感谢您选择了本书,如果您对书中内容有任何疑问和建议,请与我们联系。

电子函件: pla414100@cmmail.com (作者), liyongtao@ptpress.com.cn (责任编辑)。

编者

2003 年 5 月

目 录

第 1 章 结构静力分析	1
1.1 结构分析概述.....	1
1.2 在 ANSYS 中进行结构静力分析的基本步骤	3
1.3 结构静力分析实例.....	4
1.3.1 单个杆件的受力分析.....	4
1.3.2 平面桁架结构的分析.....	16
1.3.3 空间桁架结构的分析.....	21
1.3.4 梁分析.....	28
1.3.5 实体建模.....	35
1.3.6 角支座分析.....	49
第 2 章 结构非线性分析.....	57
2.1 非线性分析概述.....	57
2.2 在 ANSYS 中进行结构非线性分析的基本步骤	58
2.3 结构非线性分析实例.....	61
2.3.1 梁的极限荷载分析.....	61
2.3.2 螺栓蠕变分析.....	70
2.3.3 钢筋混凝土梁开裂分析.....	75
2.3.4 圆盘大变形分析.....	84
2.3.5 刚架结构屈曲分析.....	92
2.3.6 销子的拉拔.....	99
第 3 章 结构动力分析	117
3.1 结构动力分析概述.....	117
3.2 在 ANSYS 中进行结构动力分析的基本步骤	119
3.3 结构动力分析实例.....	124
3.3.1 模态分析.....	125
3.3.2 谐响应分析.....	132
3.3.3 瞬态动力学分析.....	138
3.3.4 显式动力分析.....	149
第 4 章 高级分析.....	173
4.1 高级分析概述.....	173
4.2 在 ANSYS 中进行高级分析的步骤	174
4.3 高级分析实例.....	177

4.3.1 优化设计	177
4.3.2 结构可靠性分析	201
第 5 章 热分析	225
5.1 热分析概述	225
5.2 在 ANSYS 中进行热分析的基本步骤	226
5.3 热分析实例	228
5.3.1 稳态热分析	228
5.3.2 瞬态热分析	241
5.3.3 热应力分析	270
第 6 章 流体分析	285
6.1 流体分析概述	285
6.2 在 ANSYS 中进行流体分析的基本步骤	285
6.3 流体分析实例	287
附录 实例中物理量的单位	337

第1章 结构静力分析

进行结构分析是 ANSYS 最主要的功能。结构静力分析是最简单的结构分析形式，也是其他结构分析的基础，只有熟练掌握本章内容，才能为后续知识的学习打好基础。

1.1 结构分析概述

工程中用以担负预定任务、支撑荷载的建筑物都可称为结构，如桥梁、隧道、房屋、塔架、挡土墙和水坝等。按照几何特征，结构可以分为杆件结构、薄壁结构和实体结构。杆件结构或杆系结构是由长度远大于其他两个尺度（即截面的高度和宽度）的杆件组成的结构，如钢结构屋架。薄壁结构是指其厚度远小于其他两个尺度（即长度和宽度）的结构，如板和壳。实体结构则是三个方向的尺度相近，例如水坝、地基等。

为了使结构既能安全、正常地工作，又能符合经济的要求，就要对其进行强度、刚度和稳定性的计算。这一任务由材料力学、结构力学、弹性力学、塑性力学等几门学科共同来承担。材料力学主要研究单个构件的计算。结构力学在材料力学的基础上着重研究由构件所组成的结构。弹性和塑性力学将对杆件作更精确的分析，并研究板、壳、块体等非杆状结构。当然，这种分工不是绝对的，各学科之间常存在相互渗透的情况。

结构分析的基本任务包括：

- 计算结构在荷载作用下的内力和位移，在求出内力和位移之后按强度条件和刚度条件来选择、验算结构的几何尺寸；
- 对结构进行稳定性分析；
- 计算结构在动力荷载作用下的响应；
- 探讨结构的组成规则及其合理形式。

要对结构进行准确有效的分析，必须对作用在结构上的荷载及结构的计算简图有很好的把握。

荷载是作用在结构上的主动力，一般可对荷载作以下几种形式的分类。

按作用时间的长短，荷载可分为恒载和活载。恒载是长期作用在结构上的不变荷载，如结构的自重、土压力等。活载是暂时作用在结构上的可变荷载，如列车、人群、风、雪等。

按作用位置是否变化，荷载可分为固定荷载和移动荷载。恒载及某些活载（如风、雪等）在结构上的作用位置可以认为是不变动的，称为固定荷载；而有些活载如列车、汽车、吊车等是可以在结构上移动的，称为移动荷载。

根据对结构所产生的动力效应大小，荷载可分为静力荷载和动力荷载。静力荷载是指其大小、方向和位置不随时间变化或变化很缓慢的荷载，它不致使结构产生显著的加速度，因



而可以略去惯性力的影响。结构的自重及其他恒载属于静力荷载。动力荷载是指随时间迅速变化的荷载，它将引起结构振动，使结构产生不容忽视的加速度，因而必须考虑惯性力的影响。打桩机产生的冲击荷载，动力机械产生的振动荷载，风及地震产生的随机荷载等都属于动力荷载。

除上述荷载外，还有其他一些因素也可以使结构产生内力或位移，例如温度变化、支座沉陷、制造误差、材料收缩以及松弛、徐变等。

实际结构总是比较复杂的，要完全按照实际情况进行结构分析，将是非常难的，也是不必要的。在计算之前，往往需要对实际结构加以简化，表现其主要特点，略去次要因素，用一个简化图形来代替实际结构。这种图形称为结构的计算简图。

简化工作通常包括荷载的简化、结构的简化、支座和结点的简化等。确定一个结构的计算简图，特别是对于比较复杂的结构，不是一件容易的事。它需要有一定的专业知识和实际经验，并对结构各部分的构造、相互作用和受力情况有正确的判断，有时还需要借助于模型试验或现场实测才能确定合理的计算简图。下面举出几个确定结构计算简图的实例，供读者参考，希望读者能通过例题树立结构计算简图的意识。

例如一根梁两端搁在墙上，上面放重物，如图 1-1 (a) 所示。简化时，梁本身用其轴线来代表。重物近似看作集中荷载，梁的自重视为均布荷载。至于两端的反力，其分布规律是难以知道的，可以假定 S 为均匀分布，并以其作用于墙宽中点的合力来代替。考虑到支撑面有摩擦，梁不能左右移动，但受热膨胀时仍可伸长，因此可将其一端视为固定铰支座，而另一端视为活动铰支座。这样，便得到图 1-1 (b) 所示的计算简图。显然，只要梁的截面尺寸、墙宽及重物与梁的接触长度均比梁的长度小得多，则做上述简化在工程上一般是允许的。

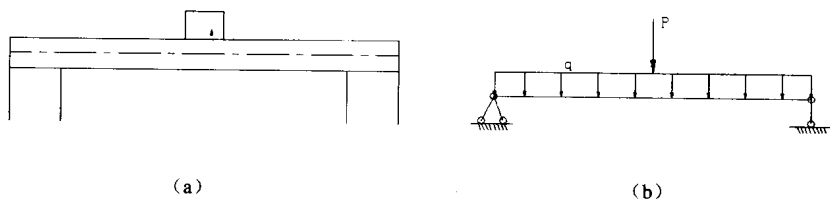


图1-1 梁的简化

再以钢筋混凝土屋架为例，如果只需要反映桁架主要承受轴力这一特点，则计算可采用图 1-2 (a) 所示的计算简图，各杆之间的连接均视为铰结。这虽然与实际情况不符，但可以大大简化计算，而计算结果的误差在工程上通常是允许的。如果将各杆连接处均视为刚结，则可得到较精确的计算简图，如图 1-2 (b) 所示，但这样计算就复杂得多。有时，在初步设计中采用计算较简单但精确度不高的图形，在最后设计中改用计算较繁但精确度较高的图形。有限元软件的广泛应用为采用较精确的计算简图提供了更多的可能性。

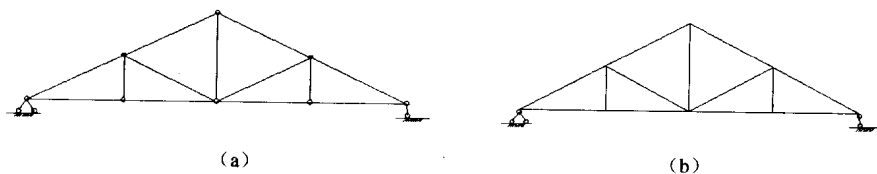


图1-2 屋架的简化



结构中杆件相互连接处称为结点。在计算简图中，通常将结点归结为刚结点和铰结点两种。刚结点的特征是汇交于结点的各杆端之间不能发生任何相对转动，如钢筋混凝土刚架的结点。铰结点的特征是各杆端可以绕结点中心自由转动，以木屋架的端结点构造为例，虽然各杆端不能绕结点任意转动，但由于连接不可能很严密牢固，因而杆件之间有微小相对转动的可能，事实上结构在荷载作用下杆件间所产生的转动也相当小，所以该节点应视为铰结点。再如钢桁架的结点，钢桁架各杆件焊接在节点板上，各杆端不能相对转动，毫无疑问可以当成刚结点来处理；但为了简化计算，同时考虑到在桁架中各杆主要是承受轴力，因此计算时仍常将这种节点简化为铰结点。由此所引起的误差在大多数情况下是允许的。

读者在明确了结构分析的任务，了解了作用在结构上的荷载及结构的计算简图之后，就可以着手实际问题的分析和求解了。

1.2 在 ANSYS 中进行结构静力分析的基本步骤

在各种结构分析类型中，静力分析是非常重要的形式，同时也是最简单最基本的分析形式，是非线性分析、动力学分析等其他分析的基础，读者应该重点掌握。

结构静力分析计算在固定不变的荷载作用下结构的响应，如反力、位移、应变、应力等，即探讨结构受到外力后变形、应力、应变的大小。静力分析主要从静力学（静力平衡条件）、几何学（位移协调条件）、物理学（胡克定理）三方面对结构进行分析。

静力分析既可以是线性的也可以是非线性的。本章主要讨论线性静力分析（即材料力学、结构力学、弹性力学对应的问题），非线性静力分析详见第 2 章。

具体来说，静力分析的对象主要包括梁、拱、桁架、刚架、组合结构及其他实体结构等。本章精选了静力分析的典型算例进行分析，指出了各类问题的分析方法、建模技巧与解题步骤。读者在精研了这些例题后，即可全面把握基于 ANSYS 进行结构静力分析的方法与技巧。

在 ANSYS 中进行结构静力分析的基本步骤可以归纳如下：

1. 确定工作文件名（Jobname）、分析标题（Title）。

【注意】这一步可以省略或在分析结束后根据需要添加。

2. 进入前处理器（/PREP7）。

- (1) 定义单元类型。
- (2) 设定实常数。
- (3) 设置材料属性。
- (4) 构建有限元模型。

3. 进入求解器（/SOLU）。

- (1) 施加荷载。

静力分析所施加的荷载包括最常见的外力作用、稳态的惯性力（如重力等）、位移荷载（如支座的初始位移等）、温度荷载（温度的变化引起结构响应的变化）。

- (2) 施加位移约束条件。
- (3) 求解（SOLVE）。



4. 进入通用后处理器 (/POST1), 提取并评价和分析结果。
5. 绘制结构变形图 (PLDISP)。
6. 动态显示结构的变形过程。
7. 列表显示各节点的位移 (PRDISP)。
8. 列表显示各节点反力 (PRESOL)。

ANSYS 分析分命令流方式和 GUI 方式 (图形拾取方式) 两种类型, 命令流与菜单操作基本上是相对应的, 即一个菜单操作对应着一段命令流代码。例如求解有限元模型, 既可以在命令流输入窗口输入命令 SOLVE, 也可以选择 Main Menu>Solution>Solve>Current LS 菜单命令来完成。ANSYS 软件的命令流代码的格式和规则不同于一般程序设计语言 (如 C 语言、FORTRAN 语言等), 对初学者来说较难掌握。为了便于读者理解和学习, 下文在讲述例题时既给出了求解所需的代码, 又给出了求解对应的菜单命令。

1.3 结构静力分析实例

本节中的每道例题都各自独立对应着结构分析的一种类型。读者学习完每一道例题后, 不应只局限于例题本身, 而应通过例题的学习, 全面掌握例题所代表的这一类型问题在 ANSYS 中的求解方法和技巧。建议读者在看完例题后, 自己动手上机操作一遍, 再找几道同类型的题目进行练习, 熟能生巧。

为便于读者理解分析过程并对 ANSYS 界面有一定程度的了解, 操作叙述过程中配备有相关的图片 (但如果操作过程中弹出的对话框曾在以前的算例中出现过, 文中不再列出该对话框的图片, 仅给出文字说明, 以节省篇幅)。

1.3.1 单个杆件的受力分析

8 单个杆件的受力分析

如图 1-3 所示, 杆件两端完全固定, 杆中心受集中力作用, 大小为 1500N。杆长 10cm, 杆截面为正方形, 边长为 1cm。杨氏弹性模量 $E=3E7\text{N/cm}^2$, 确定杆两端的受力。

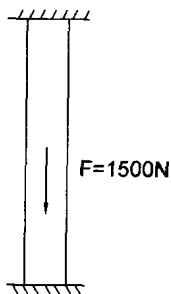


图1-3 单个杆件的受力分析

解法 1 选择 LINK1 单元, 根据坐标直接定义节点, 连接节点生成单元。

求解的命令流代码:

```

! 进入前处理器
/PREP7

! 选择单元类型
ET, 1, LINK1

! 定义实常数
R, 1, 1

! 定义材料属性
MP, EX, 1, 30E6

! 生成节点
N, 1
N, 2, 0, 5
N, 3, 0, 10

! 生成单元
E, 1, 2
E, 2, 3

! 施加位移约束
D, 1, ALL
D, 3, ALL

! 施加集中力
F, 2, FY, -1500

FINISH

! 进入求解器
/SOLU

! 求解有限元模型
SOLVE

FINISH

! 进入通用后处理器
/POST1

! 列表显示单元受力
PRESOL, FORC
    
```

【注意】在 ANSYS 的命令流输入窗口（如图 1-4 所示）逐行输入上述代码并按回车键确认，即可获解本题。



图1-4 ANSYS 命令流输入窗口

求解对应的菜单操作：

1. 选择单元类型。

(1) 选择 Main Menu>Preprocessor>Element Type>Add/Edit/Delete 命令，弹出【Element Types】对话框，如图 1-5 所示。

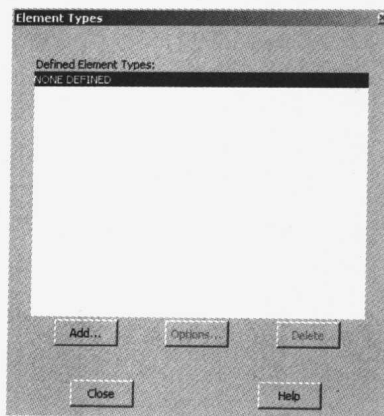


图1-5 【Element Types】对话框

- (2) 单击 **Add...** 按钮，弹出 **【Library of Element Types】** 对话框，如图 1-6 所示。

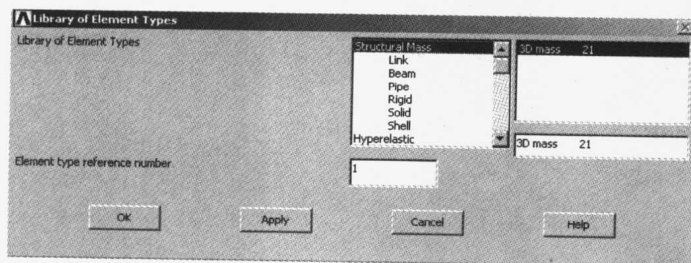


图1-6 【Library of Element Types】对话框

- (3) 在 **【Library of Element Types】** 选项栏中选择 **【Structural Link】** 选项，然后在右边的选择区中选择 **【2D spar 1】** 选项，单击 **OK** 按钮，关闭 **【Library of Element Types】** 对话框。
- (4) 单击 **Close** 按钮，关闭 **【Element Types】** 对话框。
2. 定义实常数。
- (1) 选择 **Main Menu>Preprocessor>Real Constants>Add/Edit/Delete** 命令，弹出 **【Real Constants】** 对话框，如图 1-7 所示。

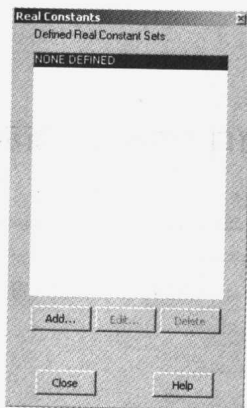


图1-7 【Real Constants】对话框

- (2) 单击 **Add...** 按钮, 弹出 **【Element Type for Real Constants】** 对话框;
- (3) 单击 **OK** 按钮, 弹出 **【Real Constant Set Number 1, for LINK1】** 对话框, 如图 1-8 所示。

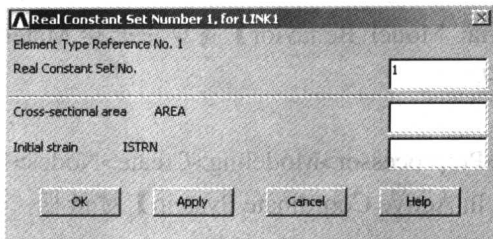


图1-8 【Real Constant Set Number 1, for LINK1】对话框

- (4) 在 AREA 设置框中输入“1”。
 - (5) 单击 **OK** 按钮, 确认输入, 关闭对话框。
 - (6) 单击 **Close** 按钮, 关闭 **【Real Constants】** 对话框。
3. 定义材料属性。

- (1) 选择 **Main Menu>Preprocessor>Material Props>Material Models** 命令, 弹出 **【Define Material Model Behavior】** 窗口, 如图 1-9 所示。

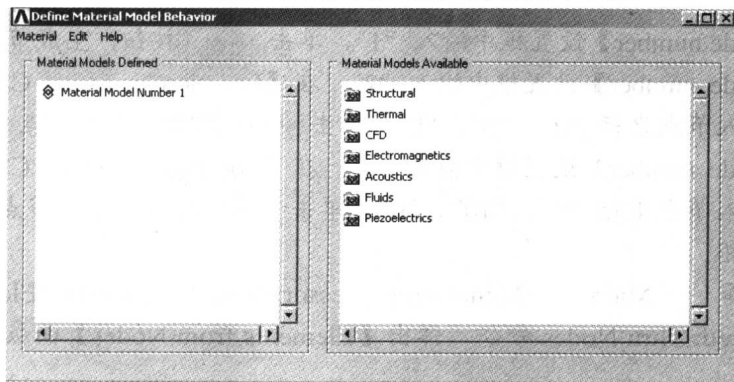


图1-9 【Define Material Model Behavior】窗口

- (2) 在 **【Material Models Available】** 选择栏中选择 **Structural> Linear> Elastic> Isotropic** 命令, 弹出 **【Linear Isotropic Properties for Material Number 1】** 对话框, 如图 1-10 所示。

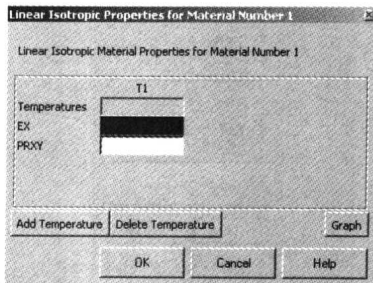


图1-10 【Linear Isotropic Properties for Material Number 1】对话框

- (3) 在 **【EX】** 设置框中输入“30E6”作为杨氏弹性模量。



(4) 单击 **OK** 按钮，确认输入，关闭对话框。

〔注意〕这时会弹出【Note】消息框，提醒用户没有输入泊松比。因为本题求解用不到泊松比，所以单击 **确定** 按钮即可。

(5) 在【Define Material Model Behavior】窗口中选择 Material>Exit 命令，退出定义材料属性的窗口。

4. 生成有限元模型。

(1) 选择 Main Menu>Preprocessor>Modeling>Create>Nodes>In Active CS 命令，弹出【Create Nodes in Active Coordinate System】对话框，如图 1-11 所示。

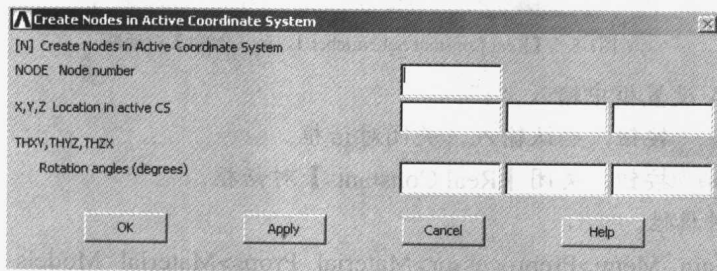


图1-11 【Create Nodes in Active Coordinate System】对话框

(2) 在【Node number】设置框中输入“1”，单击 **Apply** 按钮，生成节点 1。

(3) 在【Node number】设置框中输入“2”，在【Location in active CS】设置框中依次输入节点坐标“0”、“5”、“0”，单击 **Apply** 按钮，生成节点 2。

(4) 在【Node number】设置框中输入“3”，在【Location in active CS】设置框中依次输入节点坐标“0”、“10”、“0”，单击 **OK** 按钮，生成节点 3，同时关闭对话框。

(5) 选择 Main Menu>Preprocessor>Modeling>Create>Elements>Auto Numbered>Thru Nodes 命令，弹出【Elements from Nodes】面板，如图 1-12 所示。

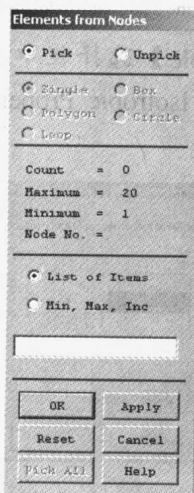


图1-12 【Elements from Nodes】面板



- (6) 在图形窗口拾取节点 1、2，单击 **Apply** 按钮，生成单元 1。
 - (7) 拾取节点 2、3，单击 **OK** 按钮，生成单元 2，同时关闭面板。
5. 求解有限元模型。
- (1) 选择 Main Menu>Preprocessor>Loads>Define Loads>Apply> Structural> Displacement>On Nodes 命令，弹出【Apply U, ROT on Nodes】面板，如图 1-13 所示。

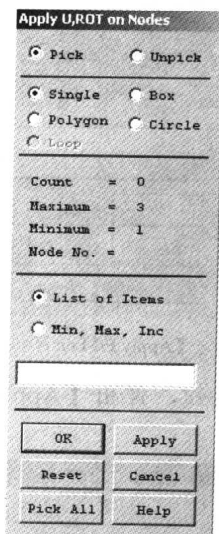


图1-13 【Apply U, ROT on Nodes】面板

- (2) 拾取节点 1、3，单击 **OK** 按钮，弹出【Apply U, ROT on Nodes】对话框，如图 1-14 所示。

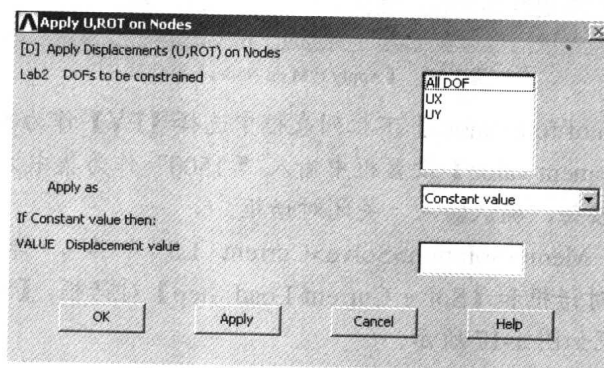


图1-14 【Apply U, ROT on Nodes】对话框

- (3) 在【DOFs to be constrained】选择栏中选择【ALL DOF】选项，单击 **OK** 按钮，关闭对话框，图形窗口中出现所加的位移约束。
- (4) 选择 Main Menu>Preprocessor>Loads>Define Loads>Apply>Structural> Force/Moment>On Nodes 命令，弹出【Applly F/M on Nodes】面板，如图 1-15 所示。

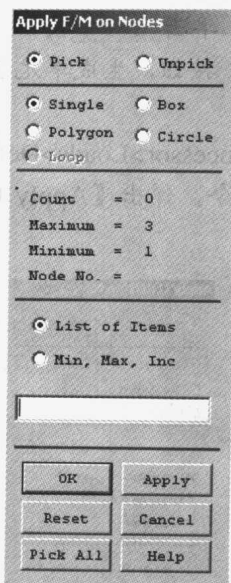


图1-15 【Apply F/M on Nodes】面板

- (5) 拾取节点 2，单击 **OK** 按钮，弹出【Apply F/M on Nodes】对话框，如图 1-16 所示。

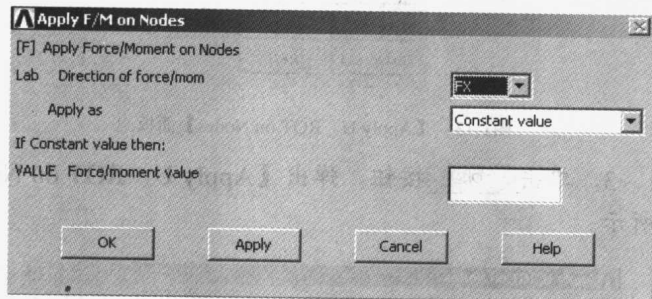


图1-16 【Apply F/M on Nodes】对话框

- (6) 在【Direction of force/mom】下拉列表框中选择【FY】作为集中力的方向。
 (7) 在【Force/moment value】设置框中输入“-1500”作为集中力的大小。
 (8) 单击 **OK** 按钮，确认输入，关闭对话框。
 (9) 选择 Main Menu>Solution>Solve>Current LS 命令，弹出【 / STATUS Command】对话框和【Solve Current Load Step】对话框，【Solve Current Load Step】对话框如图 1-17 所示。

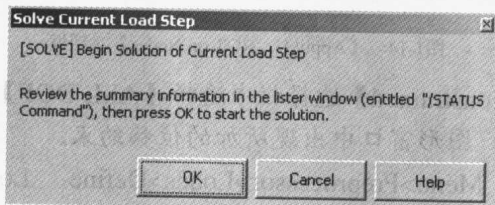


图1-17 【Solve Current Load Step】对话框

- (10) 在【 / STATUS Command】对话框中选择 File>Close 命令，在【Solve Current

- Load Step】对话框中单击 **OK** 按钮，开始求解。
- (11) 求解结束，图形窗口弹出【Note】消息框，如图 1-18 所示，单击 **Close** 按钮，关闭消息框。

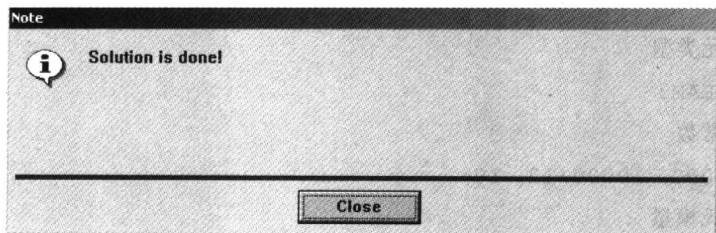


图1-18 【Note】消息框

6. 结果后处理。

- (1) 选择 Main Menu>General Postproc>List Results>Element Solution 命令，弹出【List Element Solution】对话框，如图 1-19 所示。

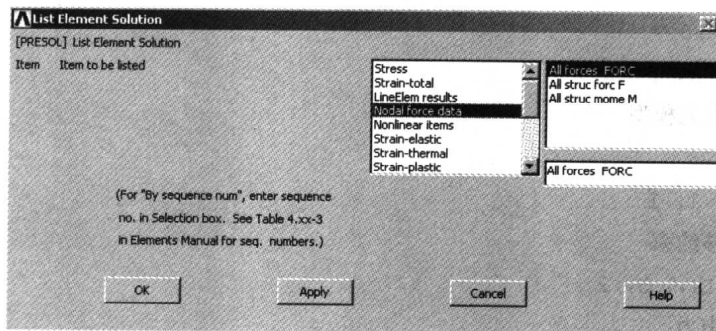


图1-19 【List Element Solution】对话框

- (2) 在【Item to be listed】选择栏中选择【Nodal force data】选项，然后在右侧的选择栏中选择【All forces FORC】选项，单击 **OK** 按钮，弹出【PRESOL Command】对话框显示节点受力情况，如图 1-20 所示。

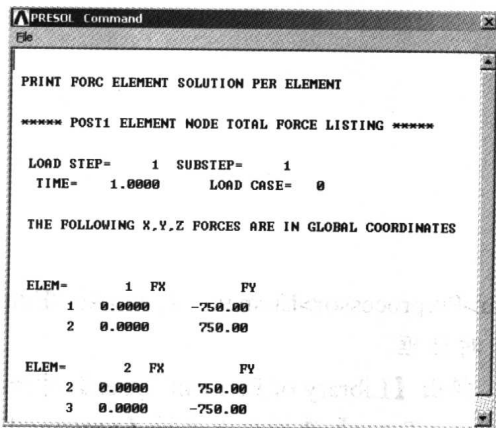


图1-20 PRESOL Command 对话框

- (3) 选择 File>Close 命令，关闭列表对话框。