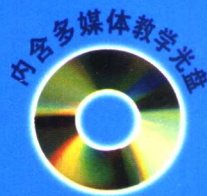


ANSYS 8.2

机械设计

高级应用实例

胡仁喜 王庆五 闫石等编著



ANSYS 8.2

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
丰富典型的实例引导

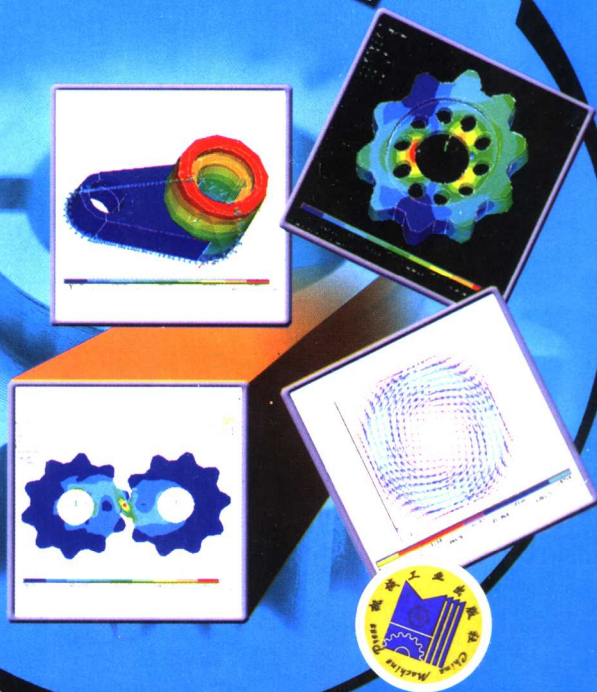


机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

计算机辅助机械设计高级应用实例
COMPUTER AID DESIGN FOR MECHANISM

系列

COMPUTER AID DESIGN FOR MECHANISM



计算机辅助机械设计高级应用实例系列

ANSYS8.2 机械设计高级应用实例

胡仁喜 王庆五 闫石等编著



机械工业出版社

本书以 ANSYS 的最新版本 ANSYS 8.2 为依据,以 ANSYS 分析过程为主线,由浅入深地介绍 ANSYS 有限元分析。根据工程应用的不同分为十章讲述,第 1 章介绍了 ANSYS 的特点和组织方式;第 2 章介绍 ANSYS 的图形用户界面,使用户对 ANSYS 有充分的了解;第 3 章介绍 ANSYS 的实体建模方法;第 4 章介绍 ANSYS 分析过程的典型操作步骤:规划、实体建模、网格划分、加载、求解、通用后处理,并通过实例使用户达到入门的程度。从第 5 章到第 8 章按照从二维到三维,从静力分析到动态分析、从结构分析到热机耦合的顺序进行详细讲解,阐述了 ANSYS 的每一个分析步骤,第 9 章和第 10 章是较高级的应用,包括优化设计等多种深入分析的应用。

书中的各章基本相互独立,读者在阅读时,可以利用本书配送的多媒体光盘,按照自己的需要挑选感兴趣的章节学习并上机练习,以便更快地学习和掌握某个工程问题的分析过程和步骤。

图书在版编目(CIP)数据

ANSYS 8.2 机械设计高级应用实例/胡仁喜等编著. —北京:机械工业出版社, 2005.1

(计算机辅助机械设计高级应用实例系列)

ISBN 7-111-15945-4

I. A… II. 胡… III. 机械设计:有限元分析-应用程序, ANSYS 8.2
IV. 0241.82

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 141455 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:曲彩云 责任印制:李妍

北京蓝海印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·24.75 印张·608 千字

0001-4000 册

定价:45.00 元(含 1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、88379646

68326294、68320718

封面无防伪标均为盗版

出版说明

机械设计是一门古老而成熟的学科，自第一次工业革命以来，经过几百年的发展，现在已经臻于完善。然而，传统的手工进行计算绘图的机械设计方法在日新月异的社会发展需求面前显得捉襟见肘，力不从心。以计算机为代表的信息技术推动整个社会各方面发展的同时也为机械设计这门古老的学科带来了新的生机，这就是计算机辅助设计（CAD）。

借助计算机提供的信息化平台，机械设计得以摆脱传统手工绘图和计算设计的烦琐和落后，变得高度自动化和精确化。可以说，CAD 技术在继承成熟的机械设计理论的同时已经彻底颠覆了传统机械设计几百年的人工模式。

目前，我国的机械设计学科也正在进行这场深刻的计算机革命。世界和国产的各种优秀 CAD 软件正已前所未有的速度迅速进入机械设计和制造行业的各个领域。由于目前 CAD 技术在我国机械设计工程界正处于一个快速导入期，各种 CAD 软件由于其自身的性能优势拥有不同的应用人群。本《计算机辅助机械设计高级应用实例系列》丛书针对机械设计行业不同应用对象，精选了目前国内应用最广泛的十二种 CAD 软件，结集成书，力图全景式地介绍目前主流 CAD 软件的功能和特点，为不同需求人群设计一套完整的学习和应用指导工具书。

这套丛书所属各书目具有以下特点：

◆ 版本前沿

本丛书所有讲解对象软件都是世界或国内对应软件的最新版本，编者力图将目前世界上最新的功能最强大的 CAD 软件介绍给读者，使读者能够学习到最前沿的知识。

◆ 内容精深

编者力图跳出目前世面低中端书籍的俗套，站在一个比较高的起点上，对每一个软件进行全貌式的讲解，从低端的基本功能介绍入手，循序渐进地逐步深入，直至对各种软件的高端分析与开发功能进行详细而具体地剖析。在此过程中，贯穿大量而又有机联系的实例，帮助读者在有限的篇幅内轻松而又深入地掌握本软件的知识精髓。

◆ 作者权威

本丛书各书目的作者都是相应软件使用方面的专家和技术权威，都有过相关软件的多年使用或教学经验，也是利用该软件进行 CAD 设计的高手，他们集中自己多年的心血，融化于字里行间，有很多地方都是他们经过反复研究得出的经验总结。

借这套丛书的出版，希望能够对广大读者的能力提高有所裨益。

前言

随着科学技术的进一步发展,企业只有提高设计研发的能力才能跟上发展的脚步。现代工业的典型特征是大量使用计算机,无论是产品的开发、设计,还是分析、制造过程中,计算机的应用都极大地提高了效率和质量。其中在产品开发过程中,分析过程是一项重要的工作,其分析必须经过不断地修改,以得到最佳的效果。所以,人们希望通过计算机辅助分析(CAE),帮助解决相关的复杂问题,做出最佳的设计,它是计算机和现代工程方法的完美结合。

有限单元作为 CAE 技术中的一种关键计算方法,自 20 世纪中叶产生以来,以其独有的魅力得到了最广泛地发展和应用,已出现了不同形态的有限元方法,并由此产生了一批非常成熟的通用和专业有限元商业软件。

ANSYS 软件是美国 ANSYS 公司研制的大型通用有限元分析(FEA)软件,能够进行包括结构、热、声、流体以及电磁场等学科的研究,在核工业、铁道、石油化工、航空航天、机械制造、能源、汽车交通、国防军工、电子、土木工程、造船、生物医学、轻工、地矿、水利、日用家电等领域有着广泛的应用。

ANSYS 功能强大,操作简单方便。本书以 ANSYS 的最新版本 ANSYS 8.2 为依据,以 ANSYS 分析过程为主线,由浅入深地介绍 ANSYS 有限元分析。根据工程应用的不同分为 10 章讲述,第 1 章介绍了 ANSYS 的特点和组织方式;第 2 章介绍 ANSYS 的图形用户界面,使用户对 ANSYS 有充分的了解;第 3 章介绍 ANSYS 的实体建模方法;第 4 章介绍 ANSYS 分析过程的典型操作步骤:规划、实体建模、网格划分、加载、求解、通用后处理,并通过实例使用户达到入门的程度。从第 5 章到第 8 章按照从二维到三维,从静力分析到动态分析、从结构分析到热机耦合的顺序进行详细讲解,阐述了 ANSYS 的每一个分析步骤,第 9 章和第 10 章是较高级的应用,包括优化设计等多种深入分析的应用。书中的各章基本是相互独立的,甚至其中的每个实例都是独立的,读者在阅读时,完全可以按照自己的需要挑选感兴趣的章节学习并上机练习,以便更快地学习和掌握某个工程问题的分析过程和步骤。

本书由胡仁喜、王庆五和闫石主编,他们根据多年的教学经验和一线设计与加工经验,编写了本书,全书实例具有很好的实践操作可行性。考虑到机械设计理论的复杂性,所以对书中的理论讲解和实例引导都作了一些适当的简化处理,尽量做到深入浅出,抛砖引玉。同时为了帮助读者更加直观地学习本书,作者随书配制了精美的动画教学光盘,使本书具有很好的可读性。本书适合 ANSYS 的初学者,也适合对 ANSYS 软件有初步了解,要提高实际工程分析能力的读者,也可作为高等院校相关专业师生的参考书。

除了三位主编外,参与本书编写的老师还有辛文彤、阳平华、史青录、贾红丽、许艳君、张俊生、周广芬、李鹏、周冰、董伟、李瑞、李世强、陈丽芹、王玮、袁涛、王敏、王佩楷、冶元龙、王渊峰、王兵学、许洪、杨立辉。由于时间仓促、作者水平有限,书中错误、纰漏之处难免,欢迎广大读者、同仁批评斧正。有任何问题,请与作者直接联系:
hurenxi2000@163.com。

编者

2005 年 1 月

目 录

出版说明

前言

第一篇 建模基础篇

第 1 章 绪论	2
1.1 有限单元法简介	2
1.1.1 有限单元法的基本思想	2
1.1.2 有限单元法的基本概	4
1.1.3 有限单元法的分析步骤	6
1.2 ANSYS 简介	6
1.2.1 ANSYS 的发展	6
1.2.2 ANSYS 的功能	7
1.2.3 ANSYS8.2 版本的新特点	8
1.3 ANSYS8.2 的启用和配置	13
1.3.1 ANSYS8.2 的启动	13
1.3.2 ANSYS8.2 运行环境配置	13
1.4 程序结构	14
1.4.1 处理器	14
1.4.2 文件格式	14
1.4.3 输入方式	14
1.4.4 输出文件类型	15
第 2 章 ANSYS8.2 图形用户界面	16
2.1 ANSYS8.2 图形用户界面的组成	16
2.2 启动图形用户界面	17
2.3 对话框及其组件	18
2.3.1 文本框	18
2.3.2 单选按钮和复选框	19
2.3.3 单选列表	19
2.3.4 多选列表	20
2.3.5 双列选择列表	20
2.3.6 下拉列表框	20
2.3.7 标签对话框	20
2.3.8 选取框	21
2.4 通用菜单	22
2.4.1 File 菜单	22
2.4.2 Select 菜单	24

2.4.3 List 菜单.....	26
2.4.4 Plot 菜单.....	29
2.4.5 PlotCtrls 菜单.....	30
2.4.6 WorkPlane 菜单.....	36
2.4.7 Parameters 菜单.....	38
2.4.8 Macro 菜单.....	40
2.4.9 MenuCtrls 菜单.....	42
2.4.10 Help 菜单.....	42
2.5 输入窗口.....	44
2.6 主菜单.....	44
2.6.1 优选项.....	45
2.6.2 预处理器.....	46
2.6.3 求解器.....	50
2.6.4 通用后处理器.....	53
2.6.5 时间历程后处理器.....	56
2.6.6 拓扑优化器.....	57
2.6.7 优化器.....	58
2.6.8 概率设计和辐射选项.....	59
2.6.9 运行时间估计量.....	59
2.6.10 记录编辑器.....	60
2.7 输出窗口.....	60
2.8 工具条.....	61
2.9 图形窗口.....	62
2.9.1 图形显示.....	62
2.9.2 多窗口绘图.....	63
2.9.3 增强图形显示.....	66
2.10 个性化界面.....	67
2.10.1 改变 GUI 布局.....	67
2.10.2 改变字体和颜色.....	67
2.10.3 改变 GUI 的启动菜单显示.....	68
2.10.4 改变菜单链接和对话框.....	68
第 3 章 建立实体模型.....	69
3.1 几何模型的输入.....	69
3.1.1 输入 IGES 单一实体.....	69
3.1.2 输入 SAT 单一实体.....	71
3.1.3 输入 SAT 实体集合.....	72
3.1.4 输入 Parasolid 单一实体.....	75
3.1.5 输入 Parasolid 实体集合.....	76

3.2 对输入模型修改	78
3.3 自主建模	81
3.3.1 自主建模涉及到的问题	81
3.3.2 自上而下建模	82
3.3.3 自下而上建模	88

第二篇 工程分析篇

第4章 ANSYS 分析基本步骤	96
4.1 分析问题	96
4.1.1 问题描述	97
4.1.2 确定问题的范围	97
4.2 建立有限元模型	99
4.2.1 创建实体模型	99
4.2.2 对实体模型进行划分网格	107
4.3 施加载荷	109
4.4 进行求解	112
4.4.1 求解器的类别	112
4.4.2 求解检查	112
4.4.3 求解的实施	113
4.4.4 求解会碰到的问题	114
4.5 后处理	114
4.6 分析步骤示例	117
4.6.1 分析问题	117
4.6.2 建立有限元模型	118
4.6.3 施加载荷	123
4.6.4 进行求解	124
4.6.5 后处理	125
第5章 静力分析	127
5.1 静力分析介绍	127
5.1.1 结构静力分析简介	127
5.1.2 静力分析的类型	129
5.1.3 静力分析基本步骤	129
5.2 平面问题静力分析实例	129
5.2.1 分析问题	130
5.2.2 建立模型	130
5.2.3 定义边界条件并求解	142
5.2.4 查看结果	144
5.3 轴对称结构静力分析实例	147

5.3.1 分析问题	147
5.3.2 建立模型	148
5.3.3 定义边界条件并求解	155
5.3.4 查看结果	157
5.4 周期对称结构的静力分析实例	160
5.4.1 分析问题	160
5.4.2 建立模型	160
5.4.3 定义边界条件并求解	167
5.4.4 查看结果	169
5.5 任意三维结构的静力分析实例	173
5.5.1 分析问题	173
5.5.2 建立模型	173
5.5.3 定义边界条件并求解	177
5.5.4 查看结果	179
第6章 非线性分析	182
6.1 非线性分析介绍	182
6.1.1 非线性分析简介	182
6.1.2 非线性分析的类型	183
6.1.3 非线性分析基本步骤	184
6.2 几何非线性分析实例	185
6.2.1 分析问题	186
6.2.2 建立模型	186
6.2.3 定义边界条件并求解	189
6.2.4 查看结果	192
6.3 材料非线性分析实例	195
6.3.1 分析问题	195
6.3.2 建立模型	196
6.3.3 定义边界条件并求解	201
6.3.4 查看结果	203
6.4 状态非线性分析实例	205
6.4.1 分析问题	206
6.4.2 建立模型	206
6.4.3 定义边界条件并求解	214
6.4.4 查看结果	217
第7章 动力分析	219
7.1 动力分析介绍	219
7.1.1 动力分析简介	219
7.1.2 动力分析的类型	220

7.1.3 动力分析基本步骤	220
7.2 结构模态分析实例	227
7.2.1 分析问题	228
7.2.2 建立模型	228
7.2.3 进行模态设置、定义边界条件并求解	234
7.2.4 查看结果	237
7.3 谐响应分析实例	240
7.3.1 分析问题	240
7.3.2 建立模型	241
7.3.3 查看结果	251
7.4 瞬态动力学分析实例	253
7.4.1 分析问题	253
7.4.2 建立模型	254
7.4.3 进行瞬态动力分析设置、定义边界条件并求解	258
7.4.4 查看结果	262
7.5 响应谱分析实例	264
7.5.1 分析问题	264
7.5.2 建立模型	265
7.5.3 进行模态设置、定义边界条件、求解、模态叠加并查看结果	270
第8章 热分析	282
8.1 热分析介绍	282
8.1.1 热分析简介	282
8.1.2 热分析的类型	284
8.1.3 热分析的基本过程	284
8.2 热-结构耦合分析实例	285
8.2.1 分析问题	286
8.2.2 建立模型	286
8.2.3 定义边界条件并求解	290
8.2.4 查看结果	293
8.3 热-应力耦合分析实例	296
8.3.1 分析问题	296
8.3.2 建立模型	297
8.3.3 定义边界条件并求解	302
8.3.4 查看结果	305

第三篇 高级分析篇

第9章 参数化与优化设计	308
9.1 参数化设计语言	308

9.1.1 参数化设计语言介绍	308
9.1.2 参数化设计语言的功能	309
9.1.3 参数化设计语言实例	311
9.2 优化设计	316
9.2.1 优化设计介绍	316
9.2.2 优化中基本概念	317
9.2.3 优化设计步骤	318
9.2.4 优化设计示例	321
9.3 拓扑优化	335
9.3.1 拓扑优化介绍	335
9.3.2 拓扑优化方法	335
9.3.3 拓扑优化步骤	336
9.3.4 拓扑优化示例	337
第10章 网格、单元和子模型高级分析	346
10.1 自适应网格划分	346
10.1.1 自适应网格介绍	346
10.1.2 自适应网格的条件	346
10.1.3 自适应网格过程	347
10.1.4 自适应网格划分示例	349
10.2 子模型	355
10.2.1 子模型介绍	355
10.2.2 子模型方法	355
10.2.3 子模型过程	356
10.2.4 子模型示例	360
10.3 单元的生和死	373
10.3.1 单元的生和死介绍	373
10.3.2 单元的生和死方法	374
10.3.3 单元的生和死步骤	374
10.3.4 单元的生和死示例	376

第一篇

建模基础篇

计算机辅助机械设计高级应用实例系列
COMPUTER AID DESIGN FOR MECHANISM

本篇介绍以下主要知识点:



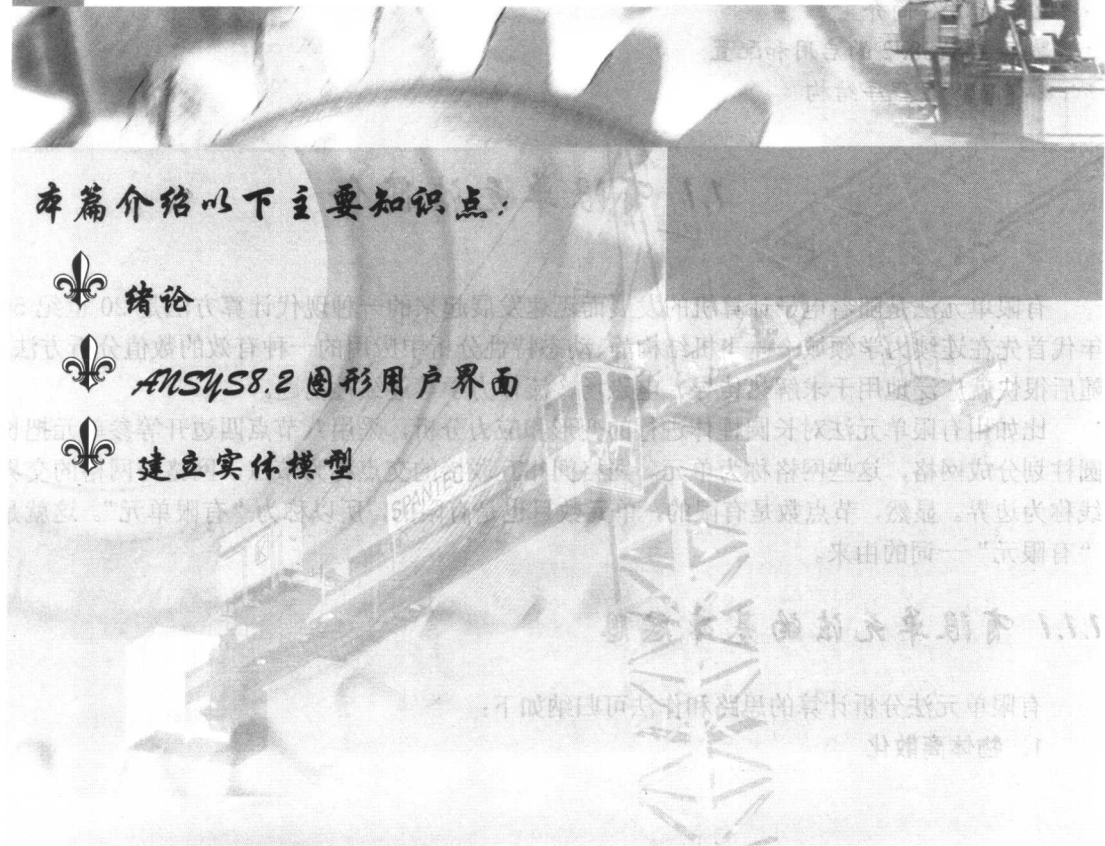
绪论



ANSYS 8.2 图形用户界面



建立实体模型



第1章 绪论

内容 提要

本章简要介绍有限元分析方法的有关理论基础知识，并由此引申出有限元分析软件 ANSYS 的最新版本 8.2。讲述了 ANSYS 的功能模块与新增功能，以及 ANSYS 的启动、配置与程序结构。



本章重点

- 有限单元法简介
- ANSYS 简介
- ANSYS 8.2 的启用和配置
- ANSYS 程序结构

1.1 有限单元法简介

有限单元法是随着电子计算机的发展而迅速发展起来的一种现代计算方法是 20 世纪 50 年代首先在连续力学领域——飞机结构静、动态特性分析中应用的一种有效的数值分析方法，随后很快就广泛地用于求解热传导、电磁场、流体力学等连续性问题。

比如用有限单元法对长圆柱体进行的变形和应力分析，采用八节点四边开等参单元把长圆柱划分成网格，这些网格称为单元。网格间相互联接的交点称为节点，网格与网格的交界线称为边界。显然，节点数是有限的，单元数目也是有限的，所以称为“有限单元”。这就是“有限元”一词的由来。

1.1.1 有限单元法的基本思想

有限单元法分析计算的思路和作法可归纳如下：

1. 物体离散化

将某个工程结构离散为由各种连结单元组成的计算模型，这一步称作单元剖分。离散后单元与单元之间利用单元的节点相互连结起来。单元节点的设置、性质、数目等应视问题的性质，描述变形形态根据需要进行和计算精度而定（一般情况，单元划分越细则描述变形情况越精确，即越接近实际变形，但计算量越大）。所以有限元法中分析的结构已不是原有的物体或结构物，而是同样的材料由众多单元以一定方式连结成的离散物体。这样，用有限元分析计算所获得的结果只是近似的。如果划分单元数目非常多而又合理，则所获得的结果就与实际情况符合。

2. 单元特性分析

(1) 选择未知量模式 在有限单元法中，选择节点位移作为基本未知量时称为位移法；选择节点力作为基本未知量时称为力法；取一部分节点力和一部分节点位移作为基本未知量时称为混合法。位移法易于实现计算自动化，所以在有限单元法中位移法应用范围最广。

当采用位移法时，物体或结构物离散化之后，就可把单元中的一些物理量如位移、应变和应力等由节点位移表示。这时可以对单元中位移的分布采用一些能逼近原函数的近似函数予以描述。通常，有限元法中将位移表示为坐标变量的简单函数，这种函数称为位移模式或

位移函数，如 $y = \sum_i^n a_i \phi_i$ ，其中 a_i 是待定系数， ϕ_i 是与坐标有关的某种函数。

(2) 分析单元的力学性质 根据单元的材料性质、形状、尺寸、节点数目、位置及其含义等，找出单元节点力和节点位移的关系式，这是单元分析中的关键一步。此时需要应用弹性力学中的几何方程和物理方程来建立力和位移的方程式，从而导出单元刚度矩阵，这是有限元法的基本步骤之一。

(3) 计算等效节点力 物体离散化后，假定力是通过节点从一个单元传递到另一个单元。但是，对于实际的连续体，力是从单元的公共边界传递到另一个单元中去的。因而，这种作用在单元边界上的表面力、体积力或集中力都需要等效地移到节点上去，也就是用等效的节点力来替代所有作用在单元上的力。

3. 单元组集

利用结构力的平衡条件和边界条件把各个单元按原来的结构重新连接起来，形成整体的有限元方程

$$Kq=f$$

式中 K ——整体结构的刚度矩阵；

q ——节点位移列阵；

f ——载荷列阵。

4. 求解未知节点位移

求解有限元方程式（上式）得出位移。这里，可以根据方程组的具体特点来选择合适的计算方法。

通过上述分析，可以看出，有限单元法的基本思想是“一分一合”，分是为了进行单元分析，合则是为了对整体结构进行综合分析。

1.1.2 有限单元法的基本概型

1. 有限元分析

有限元分析是利用数学近似的方法对真实物理系统（几何和载荷工况）进行模拟。利用简单而又相互作用的元素，即单元，就可以用有限数量的未知量去逼近无限未知量的真实系统。

结构分析的有限元方法是由一批学术界和工业界的研究者在 20 世纪 50 年代到 60 年代创立的。

有限元分析理论已有 100 多年的历史，现已成为悬索桥和蒸汽锅炉进行手算评核的基础。

2. 有限元模型

有限元模型如图 1-1 所示：图中左边的是真实的结构，右边是对应的有限元模型，有限元模型可以看作是真实结构的一种分格，即把真实结构看作是由一个个小的分块部分构成的或者在真实结构上划线，通过这些线真实结构被分离成一个个的部分。

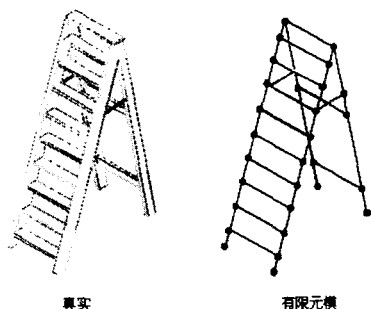


图 1-1 有限元模型

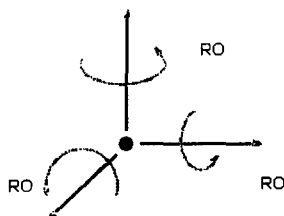


图 1-2 结构自由度 DOFs

3. 自由度

自由度(DOFs) 用于描述一个物理场的响应特性。如图 1-2 所示。不同的物理场需要描述的自由度不同，如表 1-1 所示。

表 1-1 学科方向与自由度

学科方向	自由度
结构	位移
热	温度
电	电位
流体	压力
磁	磁位

4. 节点和单元

节点和单元如图 1-3 所示：

每个单元的特性是通过一些线性方程式来描述的。作为一个整体，单元形成了整体结构的数学模型。

整体结构的数学模型的规模与结构的大小有关，尽管图 1-1 中梯子的有限元模型低于 100 个方程（即“自由度”），然而在今天一个小的 ANSYS 分析就可能有 5000 个未知量，矩阵可能有 25 000 000 个刚度系数。

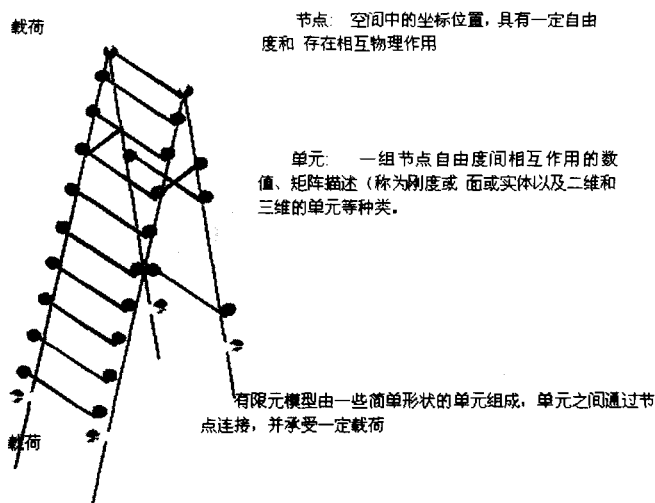


图 1-3 节点和单元

早期 ANSYS 是随计算机硬件而发展壮大的。ANSYS 最早是在 1970 年发布的, 运行在价格为 \$1\,000\,000 的 CDC、由 Univac 和 IBM 生产的计算机上, 它们的处理能力远远落后于今天的 PC。一台奔腾 PC 在几分钟内可求解 5000×5000 的矩阵系统, 而过去则需要几天时间。

单元之间的信息是通过单元之间的公共节点传递的, 但是分离节点重叠的单元和 B 之间没有信息传递 (需进行节点合并处理), 具有公共节点的单元之间存在信息传递, 单元传递的内容是节点自由度, 不同单元之间传递不同的信息。以下列出常用单元之间传递的自由度信息:

三维杆单元 (铰接) UX, UY, UZ;

二维或轴对称实体单元 UX, UY

三维实体结构单元 UX, UY, UZ;

三维梁单元 UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ;

三维四边形壳单元 UX, UY, UZ; ROTX, ROTY, ROTZ;

三维实体热单元 TEMP。

5. 单元形函数

FEA (有限单元法) 仅仅求解节点处的 DOF 值。单元形函数是一种数学函数, 规定了从节点 DOF 值到单元内所有点处 DOF 值的计算方法。因此, 单元形函数提供出一种描述单元内部结果的“形状”。单元形函数描述的是给定单元的一种假定的特性。单元形函数与真实工作特性吻合好坏程度直接影响求解精度。

DOF 值可以精确或不太精确地等于在节点处的真实解, 但单元内的平均值与实际情况吻合得很好。这些平均意义上的典型解是从单元 DOFs 推导出来的 (如, 结构应力, 热梯度)。

如果单元形函数不能精确描述单元内部的 DOFs, 就不能很好地得到导出数据, 因为这些导出数据是通过单元形函数推导出来的。

当选择了某种单元类型时,也就十分确定地选择并接受该种单元类型所假定的单元形函数。在选定单元类型并随之确定了单元形函数的情况下,必须确保分析时有足够数量的单元和节点来精确描述所要求解的问题。

1.1.3 有限单元法的分析步骤

有限元分析是物理现象(几何及载荷工况)的模拟,是对真实情况的数值近似。通过对分析对象划分网格,求解有限个数值来近似模拟真实环境的无限个未知量。

ANSYS 分析过程中包含三个主要的步骤。

1. 创建有限元模型

- (1) 创建或读入几何模型。
- (2) 定义材料属性。
- (3) 划分网格(节点及单元)。

2. 施加载荷并求解

- (1) 施加载荷及载荷选项、设定约束条件。
- (2) 求解。

3. 查看结果

- (1) 查看分析结果。
- (2) 检验结果(分析是否正确)。

1.2 ANSYS 简介

ANSYS 软件是融合结构、热、流体、电磁、声学于一体的大型通用有限元分析软件,可广泛用于核工业、铁道、石油化工、航空航天、机械制造、能源、汽车交通、国防军工、电子、土木工程、造船、生物医学、轻工、地矿、水利、日用家电等一般工业及科学研究。该软件可在大多数计算机及操作系统中运行,从 PC 到工作站直到巨型计算机,ANSYS 文件在其所有的产品系列和工作平台上均兼容。ANSYS 多物理场耦合的功能,允许在同一模型上进行各式各样的耦合计算成本,如:热-结构耦合、磁-结构耦合以及电-磁-流体-热耦合,在 PC 上生成的模型同样可运行于巨型机上,这样就确保了 ANSYS 对多领域多变工程问题的求解。

1.2.1 ANSYS 的发展

ANSYS 由世界上著名的有限元分析软件公司 ANSYS 开发,它能与多数 CAD 软件结合使用,实现数据的共享和交换,如 AutoCAD、I-DEAS、Pro/Engineer、NASTRAN、Alogor 等,是现代产品设计中的高级 CAD 工具之一。

ANSYS 软件提供了一个不断改进的功能清单,具体包括:结构高度非线性分析、电磁分析、计算流体力学分析、设计优化、接触分析、自适应网格划分、大应变/有限转动功能以