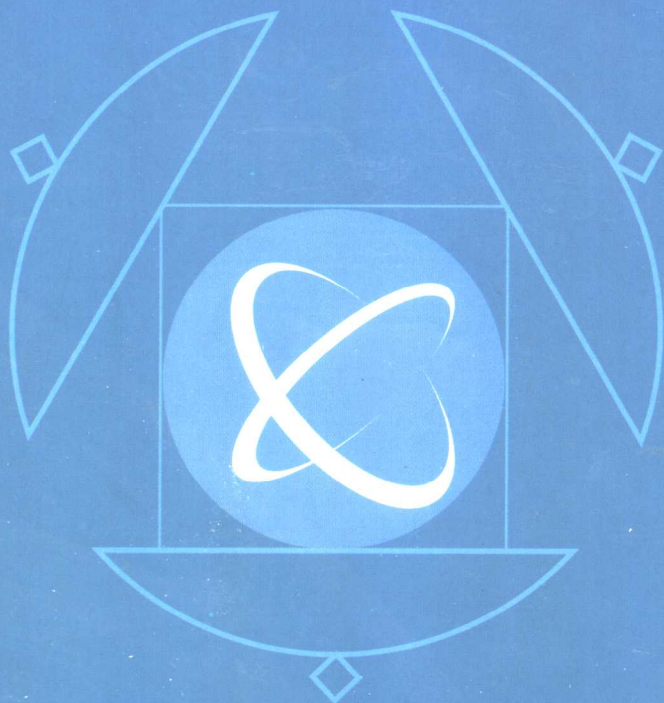


白 葳 喻海良 编著

# 通用有限元分析

## ANSYS 8.0基础教程



清华大学出版社

# 通用有限元分析

## ANSYS 8.0 基础教程

白葳 喻海良 编著

清华大学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书是一本关于大型有限元分析软件 ANSYS 8.0 的教程, 阅读本书既可以使初学者快速入门, 又可以使读者对 ANSYS 常用的高级技术以及 APDL 编程语言有深入的了解。

本书适用于 ANSYS 软件的初学者, 已经熟练掌握该软件的读者也可从本书的实例中有所收获。

版权所有, 翻印必究。举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术, 用户可通过在图案表面涂抹清水, 图案消失, 水干后图案复现; 或将表面膜揭下, 放在白纸上用彩笔涂抹, 图案在白纸上再现的方法识别真伪。

### 图书在版编目(CIP)数据

通用有限元分析 ANSYS 8.0 基础教程/白葭, 喻海良编著. — 北京: 清华大学出版社, 2005.5

ISBN 7-302-10511-1

I. 通… II. ①白…②喻… III. 有限元分析—应用程序, ANSYS 8.0—教材 IV. 0241.82

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 012385 号

出 版 者: 清华大学出版社

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

社 总 机: 010-62770175

组稿编辑: 胡辰浩

封面设计: 信 京

印 装 者: 北京牛山世兴印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 27 字数: 623 千字

版 次: 2005 年 5 月第 1 版 2005 年 5 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-10511-1/TP·7137

印 数: 1~4000

定 价: 38.00 元

地 址: 北京清华大学学研大厦

邮 编: 100084

客户服务: 010-62776969

文稿编辑: 崔 伟

版式设计: 康 博

# 前 言

ANSYS 软件是一个融结构、热、流体、电磁和声学于一体的大型通用有限元分析软件，惟一实现了前、后处理、分析求解及多场耦合分析统一数据库功能。同时，它还是世界上第一个通过 ISO9001 质量认证的分析设计类软件。据统计，目前全球有 70% 以上的高校及研究单位采用 ANSYS 作为分析软件。

ANSYS 软件可广泛地用于核工业、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、水利和日用家电等一般工业及科学研究。ANSYS 软件的研究与开发不断汲取当今计算方法和计算机技术的最新发展，领导着有限元发展的趋势，并为全球工业界广泛接受，拥有全球最大的用户群。

目前，我国越来越多的专家和学者正在应用 ANSYS 进行各种问题的计算和分析，但相对缺乏的是 ANSYS 相关的学习和研究资料。出于此目的，结合自己的实际应用经验，我们编写了这本 ANSYS 8.0 教程，希望能满足读者的需求。

全书共 8 章。第 1 章全面介绍了 ANSYS 的发展历史与现状，特别介绍了最新版 ANSYS 8.0 的新特性以及 ANSYS 的正常启动与退出等操作，使读者对 ANSYS 有初步的了解；第 2 章主要介绍了 ANSYS 8.0 的分析基础，具体内容包括 ANSYS 8.0 界面以及利用其进行计算分析的基本过程等；第 3 章介绍 ANSYS 8.0 建模与网格划分；第 4 章介绍了 ANSYS 8.0 的基本分析过程；第 5 章介绍了如何利用 ANSYS 8.0 进行非线性分析；第 6 章介绍了 ANSYS 8.0 动力学分析；第 7 章介绍了 LS-DYNA 分析；第 8 章介绍了 ANSYS 8.0 的部分高级技术，包括优化设计以及自适应网格划分等知识和技巧。在各专题的讲解中，我们都介绍了相应的基本概念、理论以及利用 ANSYS 软件进行分析的基本过程还介绍了相关的求解步骤。

本书是集体智慧的集成，参加本书的编写和制作的人员还有盛和太、刘云、王焯、王昱、王辉、赵建军、封伟伟、张晓娟、毕斐、闻之琦、张志超、杨威、陈云海、宋丽英、张建辉、范章华、李秀兰、彭淑芬、彭高峰、高平、彭望芬、彭冷媚、王玉香和周瑜等。在本书的编写过程中，得到了很多朋友的支持和鼓励，在此特向所有关心本书创作和出版的朋友表示衷心的感谢。在本书的编写过程中，参考了一些有关文献，在此向这些文献的作者深表感谢。

由于我们的经验、水平、时间和精力有限，书中缺点和错误在所难免，诚恳希望读者批评指正，我们的电子邮箱是 [huchenhao@263.net](mailto:huchenhao@263.net)。

编 者

# 目 录

第 1 章 ANSYS简介 .....	1
1.1 FEA 与 ANSYS .....	1
1.1.1 FEA 简介 .....	1
1.1.2 ANSYS 与 FEA .....	3
1.2 ANSYS 基本组成与功能简介 .....	5
1.2.1 ANSYS 基本组成 .....	5
1.2.2 ANSYS 功能简介 .....	7
1.2.3 ANSYS 与 FEA 论坛 .....	8
1.3 ANSYS 8.0 的启动与退出 .....	9
1.3.1 启动 ANSYS 8.0 .....	9
1.3.2 退出 ANSYS 8.0 .....	13
第 2 章 ANSYS 8.0 分析基础 .....	14
2.1 ANSYS 8.0 界面 .....	14
2.1.1 主菜单 .....	16
2.1.2 应用菜单 .....	22
2.1.3 工具栏 .....	22
2.1.4 图形窗口 .....	23
2.1.5 输入窗口 .....	24
2.1.6 输出窗口 .....	25
2.1.7 视图导航控制 .....	26
2.2 ANSYS 8.0 分析理论基础 .....	27
2.2.1 理解 ANSYS 中的有限元分析 .....	27
2.2.2 ANSYS 理论手册 .....	28
第 3 章 ANSYS 8.0 建模与网格划分 .....	31
3.1 ANSYS 实体建模 .....	31
3.1.1 ANSYS 建模概述 .....	31
3.1.2 布尔运算创建实体模型 .....	82
3.1.3 放缩实体模型 .....	101
3.2 CAD 实体模型的导入与 ANSYS 图形控制 .....	107
3.2.1 CAD 实体模型 .....	107

3.2.2	ANSYS 图形控制 .....	108
3.3	创建有限元模型 .....	109
3.3.1	网格划分的步骤 .....	109
3.3.2	网格控制 .....	111
3.3.3	直接生成有限元模型 .....	113
<b>第 4 章</b>	<b>ANSYS 8.0 基本分析过程 .....</b>	<b>118</b>
4.1	分析前期工作 .....	118
4.1.1	制定结构的分析方案 .....	118
4.1.2	分析材料的收集 .....	119
4.1.3	ANSYS 分析准备 .....	119
4.2	ANSYS 分析前处理 .....	121
4.2.1	定义单元类型 .....	121
4.2.2	定义单元实常数 .....	122
4.2.3	定义单元材料特性 .....	123
4.2.4	定义单元横截面 .....	125
4.3	施加荷载 .....	126
4.3.1	ANSYS 中的荷载概述 .....	126
4.3.2	施加荷载设定 .....	127
4.3.3	施加约束 .....	128
4.3.4	施加集中荷载 .....	128
4.3.5	施加面荷载 .....	129
4.3.6	施加体荷载 .....	134
4.3.7	施加惯性荷载 .....	138
4.4	求解设定 .....	142
4.4.1	分析类型 .....	142
4.4.2	求解控制 .....	144
4.4.3	荷载步选项 .....	149
4.5	求解 .....	150
4.6	通用后处理 .....	151
4.6.1	进入 POST1 .....	151
4.6.2	读取求解结果 .....	151
4.6.3	创建单元表参数 .....	152
4.6.4	图形显示结果 .....	153
4.6.5	列表显示结果 .....	154

<b>第 5 章 ANSYS 8.0 非线性分析</b> .....	<b>156</b>
5.1 结构非线性概述.....	156
5.1.1 非线性行为的原因.....	157
5.1.2 非线性分析中用到的命令.....	157
5.2 几何非线性分析.....	166
5.2.1 几何非线性分析的基本概念.....	167
5.2.2 几何非线性分析的典型算例.....	173
5.3 材料非线性分析.....	216
5.3.1 材料非线性基本分析概念.....	217
5.3.2 使用 ANSYS 材料非线性分析的基本过程.....	219
5.3.3 材料非线性分析的典型算例.....	223
5.4 接触分析.....	228
5.4.1 接触分析的基本概念.....	228
5.4.2 使用 ANSYS 接触非线性分析的基本过程.....	229
5.4.3 接触非线性分析的典型算例.....	257
<b>第 6 章 ANSYS 8.0 动力学分析</b> .....	<b>260</b>
6.1 动力学分析基础.....	260
6.1.1 结构动力学简介.....	260
6.1.2 动力学分析类型.....	261
6.1.3 基本概念与术语.....	263
6.2 模态分析.....	266
6.2.1 模态分析的基本概念.....	266
6.2.2 使用 ANSYS 模态分析的基本过程.....	267
6.2.3 模态分析的典型算例.....	268
6.3 谐波响应分析.....	295
6.3.1 谐波响应分析概念.....	296
6.3.2 使用 ANSYS 进行谐波响应分析的基本过程.....	297
6.3.3 谐波响应分析的典型算例.....	299
6.4 瞬态分析.....	300
6.4.1 瞬态分析的基本概念.....	300
6.4.2 使用 ANSYS 进行瞬态分析的基本过程.....	301
6.4.3 瞬态分析的典型算例.....	302
<b>第 7 章 LS-DYNA 分析</b> .....	<b>303</b>
7.1 LS-DYNA 分析简介.....	303
7.1.1 LS-DYNA 分析的基本内容.....	303

7.1.2	LS-DYNA 分析的文件组织	303
7.2	LS-DYNA 分析的基本操作过程	304
7.2.1	选择单元和实常数	304
7.2.2	定义材料	312
7.2.3	创建几何模型与划分网格	318
7.2.4	生成 PART	319
7.2.5	接触表面	320
7.2.6	施加约束和刚体	326
7.2.7	施加荷载	328
7.2.8	沙漏及质量缩放	333
7.2.9	求解控制	335
7.2.10	后处理控制	338
7.3	k 文件介绍	342
7.4	LS-DYNA 应用实例	347
7.4.1	用界面处理	347
7.4.2	用 APDL 语言	354
7.5	LS-DYNA 分析总结	361
<b>第 8 章</b>	<b>ANSYS 8.0 高级技术</b>	<b>363</b>
8.1	优化设计概述	363
8.1.1	结构优化设计简介	363
8.1.2	使用 ANSYS 进行优化设计的基本过程	364
8.1.3	结构优化设计的典型算例	365
8.2	自适应网格划分	406
8.2.1	自适应网格划分的先决条件	406
8.2.2	自适应网格划分的基本过程	407
8.2.3	基本过程的修改	408
8.2.4	自适应网格划分的一些说明	411
8.2.5	自适应网格划分的实例简析	412
8.3	单元的生死控制	414
8.3.1	单元生死基础	414
8.3.2	单元生死特性在 ANSYS 中应用的基本过程	415
8.3.3	通过 ANSYS 结果控制单元的生死	418
8.3.4	单元生死的应用	419



# 第1章 ANSYS简介

ANSYS 是融结构、流体、电磁场、声场和耦合场分析于一体的大型通用有限元分析软件。由世界上最大的有限元分析软件公司之一的美国 ANSYS 公司开发,它能与多数 CAD 软件接口实现数据的共享和交换,如 Pro/Engineer、NASTRAN、Alogor、I-DEAS 和 AutoCAD 等,是现代产品设计中的高级 CAD 工具之一。因此,首先有必要对其进行初步的了解。

## 1.1 FEA 与 ANSYS

ANSYS 成立 35 年来,以惊人的速度不断集成和开发软件的新功能,并通过强大的遍布世界各地的销售及代理网络使 ANSYS 渗透到各个领域。在我国,ANSYS 软件经过多年的经营,商业版用户已达数百家,遍及各个领域,与此同时,70%以上的理工大学均用 ANSYS 进行科学研究及教学。这些骄人的业绩使我们看到了 ANSYS 更为广阔的发展和用前景。本节将简要介绍 FEA 与 ANSYS 的发展与应用情况。

### 1.1.1 FEA 简介

有限单元分析法(FEA)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。它是 50 年代首先在连续体力学领域(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,随后很快广泛地应用于求解热传导、电磁场和流体力学等连续性问题。有限元的典型模型如图 1-1 所示。

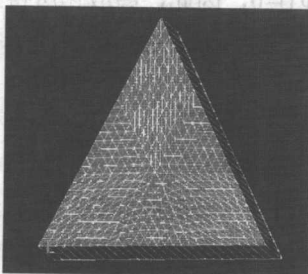


图 1-1 有限元模型

有限元法分析计算的思路和做法可简单归纳如下。

#### 1. FEA 的基本思想

近代力学的基本理论和基本方程在 19 世纪末 20 世纪初已基本完备。后来的力学家大

多致力于寻求各种具体问题的解,但由于许多力学问题相当复杂,很难获得解析解,用数值方法求解也遇到计算工作量过于庞大的困难。通常只能通过各种假设把问题简化到可以处理的程度,以得到某种近似的解答,或是借助于实验手段来解决问题。1960年,美国克拉夫首先提出了有限元法,它为把连续体力学问题转化作离散的力学模型开拓了宽广的途径。有限元法的物理实质是:把一个连续体近似地用有限个在节点处相连接的单元组成的组合体来代替,从而把连续体的分析转化为单元分析以及对这些单元组合的分析问题。有限元法和计算机的结合,产生了巨大的威力,应用范围很快从简单的杆、板结构推广到复杂的空间组合结构,使过去不可能进行的一些大型复杂结构的静分析变成了常规的计算。固体力学中的动力问题和各种非线性问题也有了各种相应的解决途径。

另一种有效的计算方法——有限差分方法也几乎同时在流体力学领域内得到新的发展,有代表性的工作是美国哈洛等人提出的一套计算方法,尤其是其中的质点网格法(即PIC方法)。这些方法往往来源于对实际问题所作的物理观察与考虑,然后再采用计算机作数值模拟,而不讲究数学上的严格论证。无论是有限元法还是有限差分方法,它们的离散化概念都具有非常直观的意义,很容易被工程师们接受,而且在数学上又都有便于计算机处理的计算格式。计算力学就是在高速电子计算机产生的基础上随着这些新的概念和方法的出现而形成的。计算力学横贯各个力学分支,为它们服务,促进它们的发展,同时也受它们的影响。其应用范围已扩大到了固体力学、岩土力学、水力学、流体力学和生物力学等领域。

数值分析的任务,就是从无限维空间转化到有限维空间,把连续体转变为离散型的结构。有限元方法是利用场函数片多项式逼近模式来实现离散化过程的,也就是说,有限元方法依赖于这样的有限维子空间,它的基函数系是具有微小支集的函数系,这样的函数系与大范围分析相结合,反映了场内任何2个局部地点场变量的相互依赖关系。任何一个局部地点,它的影响函数和影响区域,正是基函数本身和它的支集。在线性力学范畴里,场内处于不同位置的力相互作用产生的能量,可用双线性泛函  $B(\phi_i, \phi_j)$  来表示,其中  $\phi_i$  和  $\phi_j$  正是相应地点的基函数。 $B(\phi_i, \phi_j)$  的大小与  $\phi_i$  和  $\phi_j$  支集的交集大小有关,如果2个支集的测度为零,则  $B(\phi_i, \phi_j)=0$ , 因此,离散化所得到的方程其系数矩阵是稀疏的。若区域分割细小化,则支集不相交的基函数对愈多,矩阵也就愈稀疏,这给数值解法带来了极大的方便。

## 2. 物体离散化

将某个工程结构离散为由各种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接起来,单元节点的设置、性质和数目等应视问题的性质、描述变形形态的需要和计算进度而定(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)。所以有限元中分析的结构已不是原有的物体或结构物,而是同样材料的由众多单元以一定方式连接成的离散物体。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相符合。

### 3. 单元特性分析

#### (1) 选择位移模式

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的应用范围最广。当采用位移法时,物体或结构离散化之后,就可把单元中的一些物理量如位移、应变和应力等用节点位移来表示。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,有限元法中我们将位移表示为坐标变量的简单函数。

#### (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,这是单元分析中关键的一步。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上的。但是,对于实际的连续体,力是从单元的公共边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、体积力和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代替所有作用在单元上的力。

### 4. 单元组集

利用结构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式,其中  $K$  是整体结构的刚度矩阵;  $q$  是节点位移列阵;  $f$  是荷载列阵。

### 5. 求解未知节点位移

求解有限元方程式得出位移,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的分析。

## 1.1.2 ANSYS 与 FEA

ANSYS 公司成立于 1970 年,是世界有限元界最著名的公司,总部位于美国宾西法尼亚州的匹兹堡,全球员工共 600 多人。二十几年来,ANSYS 公司一直致力于分析设计软件的开发、维护及售后服务,使公司在分析设计界始终保持一流的地位,并以领导者的身份引导着世界有限元软件的发展。

ANSYS 的软件创始人 John Swanson 博士是匹兹堡大学力学系的教授。作为力学界著名的专家,Swanson 博士历任 GE、Westinghouse 和 NASA 等世界著名公司的咨询顾问,目前仍为美国机械工程师协会(ASME)的高级官员(Fellow)及美国核安全局(NQA)的专家。

由于他对美国乃至全世界工业界的突出贡献, 1994 年上榜为《工业周刊》R&D(研究与开发)明星的第八位。在 Swanson 博士的领导下, ANSYS 软件的研究与开发不断汲取当今计算方法和计算机技术的最新发展, 领导着有限元界发展的趋势, 并为全球工业界所广泛接受, 拥有全球最大的用户群。

开发优质可靠的软件是 ANSYS 公司一贯秉承的宗旨, 为此公司在软件质量上作了大量投入。早在七十年代, ANSYS 公司即建立了有限元界第一个错误报告及纠正系统, 经过二十几年来的不断完善, 该系统已发展成为一个组织良好、管理严密的网络, 随时接收世界各地用户传来的错误报告, 并将错误报告及纠正方法传向全世界的所有用户。1983 年, 公司又成立了一个直接受总裁领导的专门质量机构——QA 部, 负责软件质量及可靠性测试, 目前 QA 部的质量测试题库中已有超过 5, 000 道的标准考题, 每种机器平台上每推出一个新版本, 均要经过 4, 000 道以上考题的严格测试, 以及某些典型用户(例如 NASA、Ford、GE 和 Westinghouse 等)工程问题的检验, 且全部测试过程完全自动化, 避免了人为的错误, 测试系统会对程序的精度、可靠性及稳定性等各个指标作出评判。对质量的特别重视使 ANSYS 公司赢得了很高的荣誉, 1995 年 5 月 ANSYS 是在设计分析类软件中第一个通过了 ISO9001 质量认证的软件。

对新技术和质量的重视及投入良好的经营管理使 ANSYS 软件的年销售额达上亿美金, 增长率连年位居全球有限元界的第一位, 1995 年较 1994 年增长 28%, 位居世界 CAE 软件的第一位, 高出 CAD/CAE/CAM 平均增长率 18 个百分点; 1996 年又创出 FEA 界第一位的增长率 19%, 高出第二位的公司十几个百分点。

在我国, ANSYS 软件经过几年的经营, 用户已达数百家, 遍及各个领域, 应用也越来越深入。为更好地拓展 ANSYS 软件的中国市场, 给中国用户以更好的就近支持和服务。1996 年初, ANSYS 公司在中国成立了北京办事处, 1997 年初, 又相继成立了成都办事处和上海办事处等。由此, ANSYS 公司的三大办事处、各代理商及十大 ANSYS 技术支持中心构成了 ANSYS 完整的市场、销售及售后服务体系。

2004 年 3 月 18 日, “ANSYS 高校进阶工程”在北京航空航天大学正式拉开序幕。近 300 余名师生参加了首场讲座, 现场气氛活跃, 反响热烈, 取得了良好效果。“ANSYS 高校进阶工程”是继 ANSYS 高校免费教育版及高校优惠版政策之后推出的, 得到各大院校积极响应后, ANSYS 公司将于 2004 年全力打造以北京、上海和成都 3 个办事处为中心、遍及全国 70 余家院校的高校项目。旨在通过推广新一代 ANSYS 的 CAD-CAE 协同设计仿真、多物理场耦合技术以及结构、热、流体与电磁四大核心技术, 发挥 ANSYS 自身的特长和优势, 更好地服务于高校产、学、研等各方面, 加强 ANSYS 与高校的技术合作和仿真技术的应用, 进一步提高在校师生的力量。

ANSYS 软件在 CAE 市场的地位:

(1) 迄今为止世界范围内惟一通过 ISO9001 质量认证的分析设计类软件。

(2) 世界范围内增长最快的 CAE 软件。

(3) 美国机械工程师协会(ASME), 美国核安全局(NQA)及近 20 种专业技术协会认证的标准分析软件。

(4) 第一个通过中国压力容器标准化技术委员会认证并在 17 个部委推广使用的分析软件。

(5) FEA 界唯一获美国“R&D 明星”殊荣。

(6) FEA 界唯一获美国“技术先导公司”的称号。

(7) 全世界 70% 以上的高校及研究单位采用的分析软件。

(8) 拥有数百家的中国用户群。

(9) 多方位多层次的服务框架。

(10) 定期举办的 ANSYS 用户年会。

(11) 美国宾西法尼亚州 Canonsburg 2004 年 5 月 18 日消息: 以优化产品研发过程为目的的仿真技术及软件开发服务商 ANSYS 公司, 今天发布了 ANSYS 创始人 John Swanson 博士因他在有限元方法工程领域的贡献而得到 2004 年 John Fritz 奖章。

## 1.2 ANSYS 基本组成与功能简介

本节向读者简要介绍 ANSYS 的基本组成及其相关的功能。

### 1.2.1 ANSYS 基本组成

#### 1. 制定结构分析方案

在分析项目前制订分析方案是很重要的一项工作, 它可以使整个分析过程清晰明了, 从而提高工作效率和质量。

制订分析方案通常考虑的分析因素包括以下方面:

- 分析领域
- 分析目标
- 线性/非线性问题
- 静力/动力问题
- 分析细节的考虑
- 几何模型对称性
- 奇异性
- 单元类型
- 网格密度
- 单位制
- 材料特性
- 荷载
- 求解器

分析方案制定的好坏直接影响到分析的精度和成本，例如人耗工时和计算机资源等，但通常情况下精度和成本是相互冲突的，特别是分析较大规模和具有切割边界的模型时更为明显。一个糟糕的分析方案可能导致分析资源紧张和分析方式受到限制，从而给分析带来障碍。在结构应用中，分析目的直接决定分析近似模型的确定。分析目的，也就是这样一个问题的答案：利用 FEA 我们想研究结构哪些方面的情况？

在结构分析中，分析目的通常有：

- 要想得到极高精度的应力结果，必须保证影响精度的任何结构部位有理想的单元网格，不对几何形状进行细节上的简化。应力收敛应当得到保证，而任何位置所作的任何简化都可能引起明显的误差。
- 在忽略细节的情况下，使用相对较粗糙的单元网格计算转角和法向应力。
- 复杂的模型要求具有较好的均匀单元网格，并允许忽略细节因素。

## 2. 基本分析过程

一般而言，ANSYS 的基本分析过程可以分为 3 步，即：

- 前处理(Preprocessor)。
- 施加荷载与求解(Solution)。
- 后处理(Postprocessor)。

ANSYS 对每一个分析步骤都提供有一定的工具模块。

- 前处理主要在前处理器(Preprocessor, /PREP7)中完成，包括有限元模型的创建等。
- 施加荷载与求解主要在求解器(Solution, /SOLU)中完成，主要操作包括定义自由度、施加荷载、设定分析类型以及求解等。
- 后处理在后处理器中完成，ANSYS 有通用后处理器(General Postprocessor, POST1)和时程后处理器(TimeHist Postprocessor, POST26)两种。前者主要用于静态分析的结果后处理，而后者主要用于动态分析结果的后处理。

总结起来，ANSYS 分析过程包含 3 个主要的步骤：

- 创建有限元模型
  - ◇ 创建或读入有限元模型
  - ◇ 定义材料属性
  - ◇ 划分网格
- 施加荷载并求解
  - ◇ 施加荷载及设定约束条件
  - ◇ 求解
- 查看结果
  - ◇ 查看分析结果
  - ◇ 检查结果是否正确

### 3. 前处理

前处理的主要任务是建立结构分析的有限单元模型，它是结构分析的开始，一般步骤为：

- (1) 分析准备
- (2) 设置单元类型
- (3) 设定实常数
- (4) 定义材料属性
- (5) 创建模型
- (6) 划分网格

### 4. 施加荷载与求解

施加荷载与求解的主要任务是进行结构的计算，一般步骤为：

- (1) 施加荷载条件
- (2) 给定边界条件及求解

### 5. 后处理

后处理的主要任务是进行结构的分析。

POST1 用于静态结构分析、屈曲分析及模态分析，将解题部分所得的解答如位移、应力和反力等资料，通过图形接口以各种不同的表示方式把等位移图和等应力图等显示出来。POST26 仅用于动态结构分析，进行与时间相关的时域处理。

## 1.2.2 ANSYS 功能简介

到 80 年代初期，国际上较大型的面向工程的有限元通用软件主要有 ANSYS、NASTRAN、ASKA、ADINA 和 SAP 等。以 ANSYS 为代表的工程数值模拟软件，是一个多用途的有限元法分析软件，它从 1971 年的 2.0 版本发展到今天的 8.0 版本已有很大的不同，起初它仅提供了结构线性分析和热分析，现在则可用来求解结构、流体、电力、电磁场及碰撞等问题。它包含了前置处理、解题程序以及后置处理，将有限元分析、计算机图形学和优化技术相结合，已成为解决现代工程学问题必不可少的有力工具。

ANSYS 软件是融结构、热、流体、电磁和声学于一体的大型通用有限元软件，可广泛地用于核工业、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、生物医学、水利和日用家电等一般工业及科学研究。该软件提供了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、自适应网格划分以及利用 ANSYS 参数设计语言扩展宏命令等功能。

#### 1. 主要技术特点

- 惟一能实现多场及多场耦合分析的软件。

- 惟一实现前后处理、求解及多场分析统一数据库的一体化大型 FEA 软件。
- 惟一具有多物理场优化功能的 FEA 软件。
- 惟一具有中文界面的大型通用有限元软件。
- 强大的非线性分析功能
- 多种求解器分别适用于不同的问题及不同的硬件配置。
- 支持异种、异构平台的网络浮动，在异种、异构平台上用户界面统一、数据文件全部兼容。
- 强大的并行计算功能支持分布式并行及共享内存式并行。
- 多种自动网格划分技术。
- 良好的用户开发环境。

## 2. 支持的图形传递标准

- SAT
- Parasolid
- STEP

## 3. 与 CAD 软件的接口

- Unigraphics
- Pro/ENGINEER
- I-Deas
- CATIA
- CADD5
- SolidEdge
- SolidWorks

## 1.2.3 ANSYS 与 FEA 论坛

中文网站:

<http://www.ansys.com.cn/> ANSYS CHINA

<http://www.wjjhn.com> 傲雪论坛

<http://www.okok.org> 中华钢结构论坛

<http://www.fea-league.com/bbs.asp> 中国有限元联盟

<http://chuan99.myrice.com/> ANSYS 基地

<http://www.cfluid.com/> 流体中文网

<http://www.simwe.com/> 中国仿真互动

<http://www.mech-sun.com/> 机械之光

<http://www.smth.org> 水木清华



英文网站:

<http://www.ansys.com> ANSYS 总部

<http://www.engr.uky.edu/~jrbake01/ansystutor.html>

## 1.3 ANSYS 8.0 的启动与退出

ANSYS 的启动和退出是对它进行应用的最基本操作,因此应该正确理解和掌握这些操作,本节将对启动和退出作出详细的说明。

### 1.3.1 启动 ANSYS 8.0

启动 ANSYS 的步骤如下:

(1) 在 Windows 桌面上,选择“开始”|“所有程序”|ANSYS 8.0|Configure ANSYS Products 命令,如图 1-2 所示。



图 1-2 ANSYS 8.0 启动方式

(2) 进入如图 1-3 所示的 ANSYS 8.0 启动设置对话框。

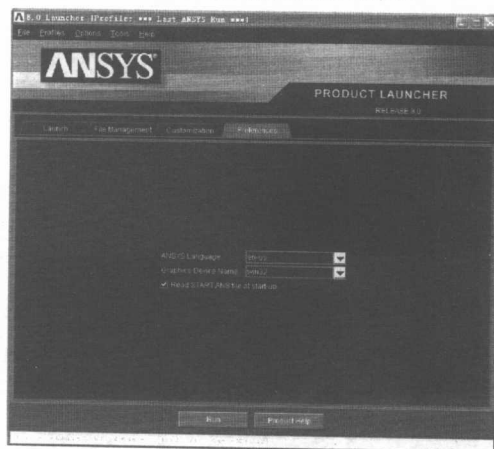


图 1-3 ANSYS 8.0 启动设置对话框