

ANSYS ANSYS 7.0 应用指导系列丛书

ANSYS 7.0

高级分析

陈晓霞 主编



机械工业出版社
China Machine Press

ANSYS 7.0 应用指导系列丛书

ANSYS 7.0 高级分析

陈晓霞 主编



机械工业出版社

本书使用命令行方式结合图形用户界面,详细地介绍了ANSYS 7.0的实体建模、布尔操作、网格剖分、加载求解和结果后处理过程;对材料非线性和几何非线性分析、模态分析、热应力分析、瞬态动力分析、疲劳分析、复合材料分析、接触分析和最优化设计等常用的有限元高级分析,结合理论和实例作了系统分析;同时对APDL命令进行了介绍,并给出了一个参数化建模实例和宏程序的应用。本书的特点是以命令行方式讲解为主,辅助以理论分析和结果评价,使读者逐步掌握ANSYS命令行操作。通过实例介绍常用命令和求解过程。本书中丰富的例题不仅可以帮助读者学习和熟悉ANSYS软件的使用,还可以帮助读者理解命令操作过程,积累计算经验,不断提高分析能力。配套光盘给读者提供了练习求解问题的演练机会。

本书适合于大学本科二年级以上的学生和研究生使用,也可供从事结构分析和设计的其他人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

ANSYS 7.0 高级分析/陈晓霞主编. —北京:机械工业出版社, 2004.6

(ANSYS 7.0 应用指导系列丛书)

ISBN 7-111-14546-1

I. A… II. 陈… 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(2004)第 048799 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:吴宏伟 责任编辑:王金航 版式设计:郭新义

北京蓝海印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·34 印张·817 千字

0001-4000 册

定价:44.00 元

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

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着计算机技术的日益普及,计算机工具对提高社会生产力发挥了越来越重要的作用,特别是 CAD/CAE/CAM 在工业界日益成熟和普及,极大地提高了工业界设计和生产的效率。采用有限元分析技术及基于有限元分析的优化技术,能够改进结构设计参数,使其在满足强度和刚度的情况下具有最合理的结构。在应用于新型产品的开发和已有产品的改造方面,能够提供对其强度、工作情况下的应力分布状况,利用优化设计方法对其进行形状和结构优化设计,从而在设计上提供技术支持和理论指导。

ANSYS 是目前国内最为流行的有限元分析通用软件,具有强大的分析计算能力,广泛应用于工程计算、教学实践和科学研究等方面,已成为工程技术人员必须掌握的技术工具。

本书使用命令行方式结合图形用户界面,系统地介绍了 ANSYS 7.0 的高级分析功能及求解过程。全书共分为三篇。第一篇介绍了 ANSYS 7.0 实体建模、布尔操作、网格剖分、加载求解和结果后处理过程。重点介绍了从 CAD 系统输入实体模型的基本要求和过程、输入 IGES 文件的参数选项使用和应用实例以及 ANSYS 接口工具,分别在目前用于常用的三维 CAD 设计平台 SolidWorks、Pro/E、MDT 和 UG 上建立模型,利用不同的图形文件格式输入到 ANSYS 环境。第二篇介绍了有限元分析中常用的高级分析方法,包括材料非线性和几何非线性分析、模态分析、热应力分析、瞬态动力分析、疲劳分析、复合材料分析、接触分析和最优化设计等,并结合理论和实际实例作了系统分析。第三篇中对二次开发技术的 APDL 命令进行了系统的介绍,给出了一个参数化建模实例和宏程序的应用。

本书的特点是采用 ANSYS 命令行方式,理论讲解与计算相结合,通过实例介绍常用命令和求解过程。较多的例题不仅可以帮助读者学习和熟练 ANSYS 软件的使用,还可以帮助读者理解命令操作过程,积累计算经验,不断提高分析能力。

本书适合于大学本科二年级以上的学生使用,也可供从事结构分析和设计的其他人员参考。

本书的部分资料来源于 ANSYS 验证算例和参考文献,特向他们表示感谢!

本书由陈晓霞主编,邢静忠、杨静宁、黄达文、马维俊参编。其中第 1、2、3、9、10 章由马维俊编写;第 4、5、6、7、8 章由陈晓霞编写;第 11、12、17、19 章由黄达文编写;第 13、14、15、16 章由杨静宁编写;第 18、20 章和附录由邢静忠编写。

鉴于时间仓促和作者的认识局限,书中错误难免,欢迎读者批评指正。

编者

目 录

前言

第 1 篇 入门篇	1
第 1 章 ANSYS简介	1
1.1 ANSYS软件主要功能	1
1.2 有限元简介	6
1.3 ANSYS 7.0 环境简介	8
第 2 章 ANSYS 7.0 求解过程	12
2.1 ANSYS分析问题的基本流程	12
2.2 ANSYS分析问题的基本流程实例	15
第 3 章 ANSYS 7.0 坐标系和工作平面	21
3.1 ANSYS 7.0 坐标系	21
3.2 ANSYS 7.0 工作平面	26
3.3 平面结构节点的建模	30
第 4 章 实体建模	32
4.1 引言	32
4.2 ANSYS的建模步骤	32
4.3 实体建模方法	33
4.4 自底向上的建模方法	34
4.5 自上而下的建模方法	70
4.6 移动和复制实体模型对象	84
第 5 章 输入CAD系统中的实体模型	88
5.1 引言	88
5.2 从IGES文件中输入实体模型	88
5.3 用IGES文件工作	88
5.4 使用SMOOTH选项	89
5.5 使用FACETED选项	91
5.6 应用实例	111
第 6 章 ANSYS接口工具	113
6.1 输入接口介绍	113
6.2 开始输入文件	114
6.3 输入Parasolid文件	115
6.4 输入Pro/ENGINEER模型	128

6.5	输入SAT文件.....	141
6.6	输入Unigraphics零件.....	162
第7章	模型的布尔操作.....	178
7.1	引言.....	178
7.2	保留原有的图元.....	178
7.3	其他BOPTN设置.....	179
7.4	布尔操作后图元的编号.....	179
7.5	图元求交运算.....	179
7.6	两两相交.....	182
7.7	图元的加运算.....	184
7.8	图元的减运算.....	185
7.9	利用工作面作减运算.....	192
7.10	分类运算.....	194
7.11	搭接运算.....	195
7.12	分割运算.....	196
7.13	粘接（或合并）.....	198
7.14	布尔操作后的更新.....	199
7.15	ANSYS实体建模及布尔操作实例.....	200
第8章	网格剖分.....	223
8.1	如何对模型进行网格剖分.....	223
8.2	设置单元属性.....	224
8.3	网格剖分控制.....	227
8.4	自由网格和映射网格控制.....	237
8.5	网格剖分实体模型.....	247
8.6	改变网格.....	256
8.7	二维单元剖分和三维单元剖分举例.....	258
第9章	ANSYS 7.0 加载和求解.....	268
9.1	加载.....	268
9.2	施加DOF约束.....	270
9.3	加载集中力.....	271
9.4	施加表面载荷.....	273
9.5	施加惯性载荷.....	276
9.6	耦合场载荷.....	278
9.7	转换载荷.....	278
9.8	删除载荷.....	278
9.9	求解.....	279
第10章	ANSYS 7.0 结果后处理.....	280
10.1	通用后处理器（POST1）.....	280



10.2	将数据结果读入数据库	280
10.3	创建单元表	281
10.4	单元数据列表显示	282
10.5	图形显示结果	284
10.6	用表格方式列出结果	292
10.7	对单元和节点排序	293
第 2 篇	高级应用篇	295
第 11 章	非线性结构分析	295
11.1	非线性结构概述	295
11.2	非线性分析的主要过程	296
11.3	常用命令介绍	298
11.4	实例	302
第 12 章	模态分析	325
12.1	模态分析概述	325
12.2	模态分析的基本过程	325
12.3	常用命令介绍	326
12.4	实例	327
第 13 章	热应力分析	342
13.1	热应力分析的分类	342
13.2	间接法进行热应力分析的主要步骤	342
13.3	间接法热应力分析实例	344
13.4	直接法热应力分析实例	346
第 14 章	瞬态动力分析	349
14.1	瞬态动力分析的定义	349
14.2	瞬态动力分析的预备工作	349
14.3	3 种求解方法	350
14.4	瞬态动力学分析的步骤	351
第 15 章	疲劳分析	384
15.1	疲劳的定义	384
15.2	疲劳计算	385
15.3	应用实例	395
第 16 章	复合材料分析	397
16.1	复合材料定义	397
16.2	复合材料模型的建立	397
16.3	复合材料分析实例	405
第 17 章	接触分析	410
17.1	简介	410
17.2	ANSYS 分析的主要过程	410

17.3 命令介绍	412
17.4 分析实例	415
第 3 篇 二次开发技术.....	463
第 18 章 ANSYS 中的最优化设计	444
18.1 最优化设计绪论	444
18.2 最优化问题框架	445
18.3 ANSYS 优化设计流程	446
18.4 变截面悬臂梁的形状优化	446
18.5 平面刚架的优化设计	457
第 19 章 APDL 命令概述.....	465
19.1 简介	465
19.2 常用命令	466
19.3 APDL 程序控制命令	470
19.4 实例	472
第 20 章 用 APDL 实现空间网壳 结构参数化建模	481
20.1 K 系列球面网壳结构特点和建模.....	481
20.2 参数化设计语言 APDL 介绍	482
20.3 用户界面设计语言 UIDL 介绍	486
20.4 网壳建模程序设计	487
20.5 程序使用说明	494
20.6 应用举例	497
附录 常用结构单元参考	499
参考文献	531

第1篇 入门篇

第1章 ANSYS简介

ANSYS是一种应用广泛的商业套装工程分析软件。所谓工程分析软件,主要是在机械结构系统受到外力负载时所出现的反应,如应力、位移和温度等,根据该反应可知道机械结构系统受到外力负载后的状态,进而判断是否符合设计要求。一般机械结构系统的几何结构相当复杂,受的负载也相当多,理论分析往往无法进行。想要解答,必须先简化结构,采用数值模拟方法分析。由于计算机行业的发展,相应的软件也应运而生,ANSYS软件在工程上应用相当广泛,在机械、电机、土木、电子及航空等领域的使用,都能达到某种程度的可信度,颇获各界好评。使用该软件,能够降低设计成本,缩短设计时间。

到20世纪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。其中以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7.0版本已有很大的不同,起初它仅提供结构线性分析和热分析,现在可用来求解结构、流体、电力、电磁场及碰撞等问题,它包含了前处理、求解以及后处理,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强有力的工具。

1.1 ANSYS软件主要功能

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,可广泛应用于核工业、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。该软件提供了不断改进的功能清单,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、自适应网格划分及利用ANSYS参数设计语言扩展宏命令功能。ANSYS多物理场CAE仿真工具是专门用于虚拟样机仿真的CAE工具,在产品设计过程中通过仿真得到其工作性能及各种指标,从而可部分甚至全部取代耗时、昂贵的物理样机,实现缩短研发时间、降低研发成本的目标。ANSYS应用及行业解决方案是在通用CAE工具的基础上,经过客户化定制,与行业经验、行业规范、行业最佳实践等相结合。该类工具采用专业化、行业化的用户界面,配以行业数据库,将专家经验和行业规范固化于软件之中,让使用门槛降到最低,是行业或专业大规模应用CAE技术、优化设计流程的最佳工具之一。

1.1.1 ANSYS分析领域

1. 结构静力分析

用来求解外载荷引起的位移、应力和力。静力分析很适合求解惯性和阻尼对结构的影响并不显著的问题。ANSYS 程序中的静力分析不仅可以进行线性分析，而且也可以进行非线性分析，如塑性、蠕变、膨胀、大变形、大应变及接触分析。

2. 结构动力学分析

结构动力学分析用来求解随时间变化的载荷对结构或部件的影响。与静力分析不同，动力分析要考虑随时间变化的载荷及其对阻尼和惯性的影响。ANSYS 可进行的结构动力学分析类型包括：瞬态动力学分析、模态分析、谐波响应分析及随机振动响应分析。

3. 结构非线性分析

结构非线性导致结构或部件的响应随外载荷不成比例变化。ANSYS程序可求解静态和瞬态非线性问题，包括材料非线性、几何非线性和单元非线性3种。

4. 动力学分析

ANSYS程序可以分析大型三维柔体运动。当运动的积累影响起主要作用时，可使用这些功能分析复杂结构在空间中的运动特性，并确定结构中由此产生的应力、应变和变形。

5. 热分析

程序可处理热传递的3种基本类型，即传导、对流和辐射。热传递的3种类型均可进行稳态和瞬态、线性和非线性分析。热分析还具有可以模拟材料固化和熔解过程的分相分析能力以及模拟热与结构应力之间的热-结构耦合分析能力。

6. 电磁场分析

主要用于电磁场问题的分析，如电感、电容、磁通量密度、涡流、电场分布、磁力线分布、力、运动效应、电路和能量损失等。还可用于螺线管、调节器、发电机、变换器、磁体、加速器、电解槽及无损检测装置等的设计和分析领域。

7. 流体动力学分析

ANSYS流体单元能进行流体动力学分析，分析类型可以为瞬态或稳态。分析结果可以是每个节点的压力和通过每个单元的流率，并且可以利用后处理功能产生压力、流率和温度分布的图形显示。另外，还可以使用三维表面效应单元和热-流管单元模拟结构的流体绕流并包括对流换热效应。

8. 声场分析

程序的声学功能用来研究在含有流体的介质中声波的传播，或分析浸在流体中的固体结构的动态特性。这些功能可用来确定音响话筒的频率响应，研究音乐大厅的声场强度分

布或预测水对振动船体的阻尼效应。

9. 压电分析

用于分析二维或三维结构对AC（交流）、DC（直流）或任意随时间变化的电流或机械载荷的响应。这种分析类型可用于换热器、振荡器、谐振器、麦克风等部件及其他电子设备的结构动态性能分析。可进行4种类型的分析，即静态分析、模态分析、谐波响应分析和瞬态响应分析。

10. 多耦合场分析

- 热-结构。
- 磁-热。
- 磁-结构。
- 流体-热。
- 流体-结构。
- 热-电。
- 电-磁-热-流体-结构。

1.1.2 ANSYS软件主要特点

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. 与CAD软件的接口

- Unigraphics。
- Pro/ENGINEER。
- I-Deas。
- Catia。
- CADDs。
- SolidEdge。

- SolidWorks。

1.1.3 ANSYS 7.0版本的新功能

美国ANSYS公司在2002年11月18~19日深圳召开的中国用户年会上正式发布了ANSYS 7.0, 该新版本在结构非线性、多物理场方面有很多增强。

1. DesignSpace 7.0的增强

- 在一个装配中可同时使用实体和壳单元。
- 分析结果可导入Excel工作表。
- 计算得到的反作用力可在详细菜单中显示并可设置为参数。
- 可以支持SpaceBall和SpaceMouse (两种特殊的鼠标) 3-D移动操作。
- 工作表浏览器可以像Excel那样以折叠夹的形式方便地显示对象内容。
- 结果按照用户指定的坐标系显示, 可以是直角坐标系和柱坐标系。

2. ANSYS/Multiphysics的增强

(1) 求解器增强。

- Sparse求解器可以在子结构的“生成”和“扩展”过程中使用。
- 非对称Sparse求解器对谐响应的Full方法可以使用并行算法。
- SOLID95 (SOLID186) 单元与SOLID9 (SOLID187) 单元混合使用时可以用PCG求解器的内存节省选项。
- DDS求解器现在可以用于约束方程、耦合以及接触分析, 易用性增强。
- CMLIST、CMPLLOT和CMSEL命令使组件的操纵变得容易。
- 新的NRRES、ESCHECK和CNCHECK命令在非线性结构分析中检查不收敛的原因。
- ANSYS工作台环境WBE (Workbench Environment) 。
- 对谐响应分析、大变形分析和载荷工况组合, 可选择使用方便易用的新型用户界面。

(2) 结构分析增强-新单元。

- MPC184单元在两个变形体或刚体之间使用, 传递力或力矩。
- SHELL131 (4节点) 和SHELL13 (8节点), 3D层单元, 在面内或厚度方向具有传热功能, 并提供热梯度结果。
- CONTA175, 一个“点(边)-面”接触单元, 模拟点和面, 或线和面之间的接触和滑动。

(3) 单元增强。

- 复数形式的压力(谐响应分析)可以施加在SURF153和SURF154单元。
- LINK180、BEAM188和BEAM189支持粘弹分析。
- PLANE182和PLANE183单元可以使用平面应变选项。

(4) 增加的材料模式。

- 超弹材料模式Gent、Yeoh、Blatz-Ko和Ogden（泡沫材料）用于模拟高度压缩性的弹性体。
- (5) 命令增强。
 - 利用新的命令定义单元组件的角速度和角加速度：CMOMEGA和CMDOMEGA。
 - 对粘弹和超弹材料属性进行实验曲线的拟合，以确定计算中使用的材料数据。
 - 面面接触单元可以模拟电接触现象。
- (6) 热分析增强。
 - 辐射问题的计算速度大大增强。
 - 辐射视界系数（View Factor）可以二进制格式存储。
- (7) 耦合场增强。
 - 降解建模（ROM）工具求解包含柔性结构的耦合场问题。
 - 二维CIF格式的文件导入，用于模拟多层集成电路器件。
- (8) 电磁分析功能的增强。
 - S参数计算的新命令或宏。
 - TLSPRM宏用于计算普通已知输入阻抗的N端口网络的S参数。
 - SPSWP宏用于计算在一个指定频率范围内的S参数。
 - PLSP命令用于将S参数在XY平面内绘制成曲线。
 - HFEREFINE宏用于执行HF119单元的自适应网格。
 - SOLID91和SOLID117单元的新选项保证了电流密度的螺线管条件。
- (9) 流体分析功能增强。
 - 新的温度场算法用于计算共轭传热的壁面热交换系数。
 - CFD分析可以输入壁面的局部粗糙度。
 - 瞬态分析可以使用Newmark积分方法。
- (10) 显式瞬态动力冲击模块LS-DYNA增强。
 - 对特大变形问题（如挤出或锻造），新的EDALE和EDGCALE命令支持任意拉格朗日欧拉（ALE）算法。
 - 在HP Alpha服务器平台上，双精度功能可以用于序贯显式-隐式回弹分析，新的EDDBL命令启动此功能。
 - ANMRES命令容许动画在多个结果文件间生成。

3. EMAX增强

- (1) 模型。
 - IGES导入。
 - 增强的实体位置调整工具条。
 - 新的几何体素：波导、抛物面反射器、螺旋线、点。
 - 增强的CAD模型导入，它容许表面集合分配给任意表面。
 - 表面集合分配给CAD体素的退化表面上计算。
 - 新的快速扫频工具用于在一个频段内S参数的快速提取。

- 增强的计算功能，包括增益、辐射功率、方向性和效率。
- 新的RCS极化选项。
- N端口系统的S参数的自动计算。
- S参数的标准文件支持。

(2) 速度与效率。

提供“通过减少输出计算以提高求解效率”的选项。

(3) 用户界面。

- 重新设计了GUI的图标。
- 增强了工具菜单功能。

指点迷津

ANSYS软件对计算机的软、硬件要求都比较高。首先，有较高的运算能力，当然，这就要求较高的主频；其次，在运算过程会产生大量的数据，这就要求要有足够大的硬盘空间来存储信息；再次，就是要有一个较大的显示器，最好是17in的，分辨率为1024dpi × 768dpi，当然Money足够多时，越大越好。最后记着，ANSYS公司建议该软件在Windows NT下运行，这就不用再多解释了吧！

1.2 有限元简介

目前在工程领域内常用的数值模拟方法有：有限元法、边界元法、离散单元法和有限差分法，就其广泛性而言，主要还是有限单元法。它的基本思想是将问题的求解域划分为一系列的单元，单元之间仅靠节点相连。单元内部的待求量可由单元节点量通过选定的函数关系插值得到。由于单元形状简单，易于从平衡关系和能量关系建立节点量的方程式，然后将各单元方程组集成总体代数方程组，计入边界条件后可对方程求解。

1.2.1 有限元法分析计算的思路 and 做法

1. 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，这一步称做单元剖分。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、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，而是同新材料的由众多单元以一定方式连接而成的离散物体。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更加符合。

2. 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,就可把单元总的一些物理量如位移、应变和应力等由节点位移来表示。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,在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 $y=a$,其中 a 是待定系数, y 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。

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式(1-1)中, K 是整体结构的刚度矩阵, q 是节点位移阵列, f 是载荷阵列。

4. 求解未知节点位移

解有限元方程式(1-1)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。

1.2.2 有限元的常用术语

(1) 节点(Node)。

就是考虑工程系统中的一个点的坐标位置,它是构成有限元系统的基本对象。具有其物理意义的自由度,该自由度为结构系统受到外力后系统的反应。

(2) 单元(Element)。

单元是节点与节点相连而成,单元的组合由各节点相互连接。不同特性的工程系统,可选用不同种类的单元,ANSYS提供了一百多种单元,故使用时必须慎重选择单元类型。只有深入了解单元特性,才能运用自如。

(3) 自由度DOF (Degree Of Freedom)。

上面提到节点具有某种程度的自由度，以表示工程系统受到外力后的反应结果。

1.3 ANSYS 7.0环境简介

如果在使用ANSYS前使用过AutoCAD软件的话，大家就很容易理解ANSYS的两种工作模式，一种是交互式图形用户界面模式 (Interactive Mode)，另一种是批命令模式 (Batch Mode)。交互式图形用户界面适用于一般的初学者和简单工程应用问题的分析，一般使用交互式图形用户界面所提供的命令菜单可方便地实现交互式访问程序的各个功能，包括建模、保存文件、打印图形及结果分析等。但若分析的问题要很长时间如一两天等，可把分析问题的命令用任何一种文本编辑软件做成文本文件，利用ANSYS的批命令模式进行分析。批命令模式是一种后台工作方式，批命令模式文件的编写语法使用的是ANSYS软件自带的一种过程化语言——参数设计语言 (APDL) 来实现的。APDL容许用户通过制定或程序计算给ANSYS命令中的变量 (参数) 赋值，可大大提高工作效率，缩短分析过程所花费的时间，特别是在进行相似性工程问题的分析时，只要对程序进行少许的更改就可以重新使用。

1.3.1 ANSYS 7.0的启动

1. 启动

运行该程序一般采用Interactive模式进入，其启动菜单中的界面如图1.1所示。当ANSYS被启动之后，会弹出一个交互式窗口，如图1.2所示。在该窗口中，用户可以定义工作文件名称，并且可将工作文件存放到指定的工作目录中。若使用Run Interactive Now 进入还需使用命令定义工作文件名或使用默认的文件名，使用该方式进入一般是为了恢复上一次被中断的分析。所以在开始分析一个新问题时，建议使用Interactive进入交互模式。

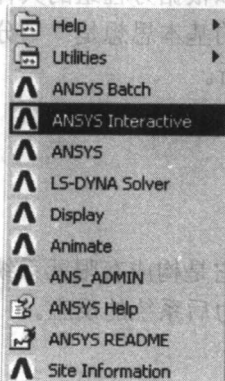


图1.1 ANSYS 7.0启动菜单

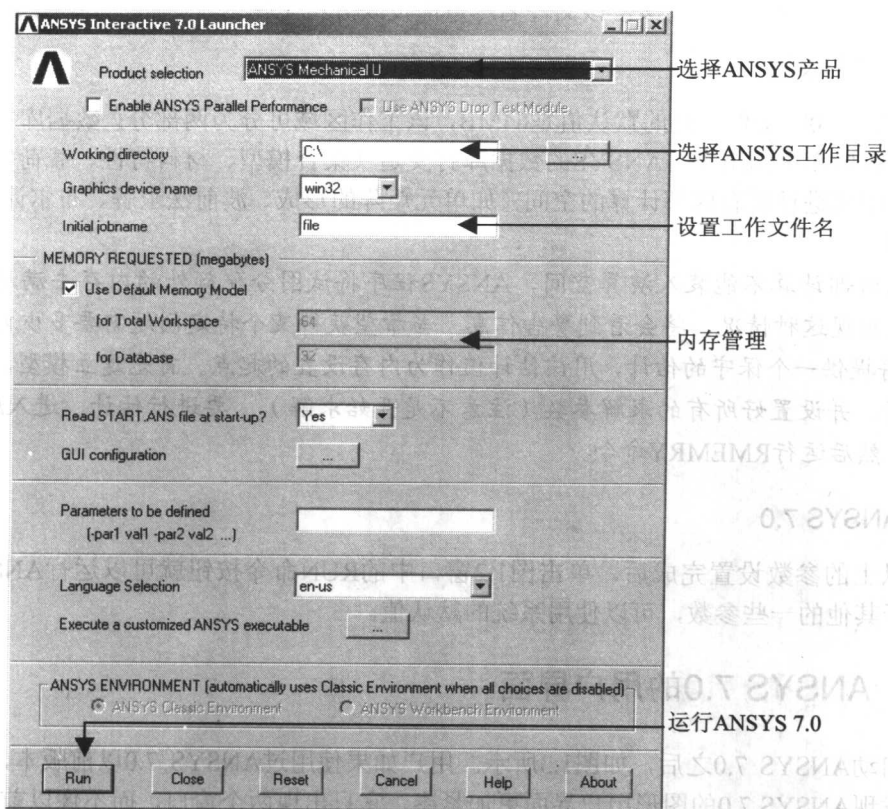


图1.2 Interactive弹出的交互式窗口

2. 选择合适的ANSYS产品

在该选项中，用户可根据自己要进行分析的工程选择需要的产品类型，如力学分析、结构分析、流体分析、多物理场仿真分析（MULTIPHYSICS）、显式瞬态动力分析（LS-DYNA）等。选择不同的产品，ANSYS的图形用户界面（GUI）中的菜单会有所不同、从而给采用交互式图形用户界面模式操作ANSYS的用户带来方便。

3. 图形设备的设置（Graphics Device Name）

在该选项中，ANSYS软件提供了3种不同的图形设备驱动，分别为Win32、Win32c和3D选项。Win32选项为系统的默认选项，该选项适合于大部分的图形显示。Win32c选项容许用通过对每个色彩增加亮度而得到额外的色彩进行等值线彩色显示。如果计算机有三维图形设备，就应该把图形设备名指定为3D，该选项能更加有效地执行ANSYS软件的某些功能，比如，ANSYS模型的“实时”动态变化（旋转、平移等）、透明，包括反射、光强、光线方向、消隐的各种光线选项的控制。

4. 设置初始的工作文件名

首次运行ANSYS时默认的文件名为file，其他情况下默认的文件名为上次运行时指定的