

GONGCHENG JIEGOU FENXI

工程结构分析 —— ANSYS应用

苏荣华 梁 冰 编著



東北大學出版社
Northeastern University Press

工程结构分析

——ANSYS 应用

苏荣华 梁 冰 编著

东北大学出版社

· 沈 阳 ·

©苏荣华 梁 冰 2012

图书在版编目 (CIP) 数据

工程结构分析: ANSYS 应用/苏荣华, 梁冰编著. —沈阳: 东北大学出版社,
2012. 4

ISBN 978-7-5517-0133-4

I. ①工… II. ①苏… ②梁… III. ①工程结构—结构分析—应用程序, ANSYS
IV. ①TU31 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 069487 号

内容简介

本书分为基础知识篇和实例分析篇两篇。基础知识篇介绍了 ANSYS 软件的基本功能, 结合实例对其基本操作方法进行了说明。实例分析篇中, 对如何应用 ANSYS 软件对工程结构力学性能进行分析的过程和步骤进行了较为详尽的介绍, 包括线性静力分析、非线性分析、动力学分析、热力学分析中结构几何模型创建、有限元模型生成、材料属性的设置、载荷的施加方法和问题求解以及后处理检查分析结果等内容; 作为 ANSYS 高级技术应用, 结合实例对 ANSYS 结构优化设计和可靠度分析过程进行了简要介绍。

本书可作为理工院校相关专业的高年级本科生、研究生及教师应用 ANSYS 程序进行工程结构仿真分析的入门教材, 也可作为从事机械制造、造船、航天航空、汽车交通、土木工程、水利、日用家电等专业的科研人员和工程技术人员利用 ANSYS 进行仿真分析的参考书。

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83680267 (社务室) 83687331 (市场部)

传真: 024—83680265 (办公室) 83680178 (出版部)

网址: <http://www.neupress.com>

E-mail: neuph@neupress.com

印 刷 者: 沈阳市第二市政建设工程公司印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 20.25

字 数: 518 千字

出版时间: 2012 年 4 月第 1 版

印刷时间: 2012 年 4 月第 1 次印刷

责任编辑: 张德喜 刘乃义

责任校对: 何 力

封面设计: 刘江阳

责任出版: 唐敬志

ISBN 978-7-5517-0133-4

定 价: 38.00 元

前言

工程结构分析是对工程结构在载荷作用下的响应行为进行分析,从而给出结构性能的评估和预测的理论和方法。工程结构分析应用于现代工业的各个领域中,在工业产品结构设计、制造和建筑结构设计、建造过程中都极大地提高了效率和质量。

ANSYS 是一个大型通用的商业有限元分析软件,是世界范围内使用最频繁、应用范围最广的计算机辅助工程(CAE)分析软件之一,能够进行结构、热、流体、电磁以及声学等学科的科学研究的,已经广泛应用于核工业、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、水利以及日用家电等一般工业及科学研究。

本书重点介绍了应用 ANSYS 软件进行工程结构分析的方法和步骤。为便于初学者在较短时间内掌握应用 ANSYS 进行工程结构分析的方法,书中的实例分析均给出了详细的 GUI 操作方式和命令流。

本书内容分为基础知识篇和实例分析篇,共 10 章。安排如下:

基础知识篇 第 1 章 ANSYS 软件基本介绍

第 2 章 ANSYS 前处理

第 3 章 ANSYS 加载与求解

第 4 章 ANSYS 后处理

实例分析篇 第 5 章 结构线性静力分析

第 6 章 结构非线性分析

第 7 章 结构动力学分析

第 8 章 结构热力学分析

第 9 章 结构优化设计

第 10 章 结构可靠度分析

本书由苏荣华、梁冰、彭晨宇撰稿。限于篇幅,有关 ANSYS 软件在工程结构分析中的应用介绍不可能面面俱到。由于作者水平有限,加之时间仓促,疏漏及谬误在所难免,敬请指正。

作者

2012 年 3 月

基础知识篇

第 1 章 ANSYS 软件基本介绍	1
1.1 概 述	1
1.1.1 ANSYS 软件的特点和组成	1
1.1.2 ANSYS 软件的功能	3
1.1.3 ANSYS 主要产品系列介绍	4
1.2 ANSYS 的启动与退出	5
1.2.1 ANSYS 的启动	5
1.2.2 ANSYS 的退出	6
1.3 ANSYS 用户界面	7
1.4 ANSYS 的文件形式	8
1.5 典型的 ANSYS 分析过程	9
1.5.1 前处理	9
1.5.2 加载求解	10
1.5.3 后处理	10
1.6 引 例	11
1.6.1 问题描述	11
1.6.2 分析过程	11
第 2 章 ANSYS 前处理	28
2.1 环境设置	28
2.1.1 设置工作目录	28
2.1.2 定义工作文件名和分析标题	28
2.2 定义单元类型	29
2.2.1 单元类型简介	29
2.2.2 定义单元类型	31
2.3 定义实常数及材料属性	32
2.3.1 定义实常数	32
2.3.2 定义材料属性	32
2.4 建立几何模型	33
2.4.1 建模方法	33
2.4.2 坐标系和工作平面	34
2.4.3 几何元素的建立	36
2.4.4 布尔运算	37
2.5 实 例	42

2.5.1	实例一：轴类零件建模	42
2.5.2	实例二：支座建模	49
2.6	网格划分	54
2.6.1	网格类型	54
2.6.2	划分网格的方式	54
2.6.3	控制和修改生成的网格	56
2.7	网格划分实例	58
2.7.1	实例一：轴的网格划分	58
2.7.2	实例二：支座的网格划分	59
第3章	ANSYS 加载与求解	61
3.1	载荷的施加	61
3.1.1	概 述	61
3.1.2	各种载荷的施加	62
3.2	求 解	66
3.2.1	载荷步及其相关术语	66
3.2.2	载荷步选项	67
3.2.3	求 解	69
第4章	ANSYS 后处理	70
4.1	通用后处理	70
4.1.1	读入结果文件	70
4.1.2	结果显示	70
4.1.3	结果查询	74
4.1.4	单元表	74
4.2	时间历程后处理	75
4.2.1	定义变量	75
4.2.2	存储变量	75
4.2.3	显示结果	75
4.2.4	生成响应谱	75
4.2.5	变量的数学运算	76
4.2.6	变量和数组相互赋值	77
4.2.7	数据平滑	77

实例分析篇

第5章	结构线性静力分析	79
5.1	概 述	79
5.2	分析步骤及要点提示	81
5.3	分析实例	81
5.3.1	实例一：平面桁架的静力分析	81
5.3.2	实例二：板的静力分析	88
5.3.3	实例三：梁的静力分析	94
5.3.4	实例四：受函数载荷的轴承的静力分析	99

第 6 章 结构非线性分析	107
6.1 概 述	107
6.1.1 非线性分析的概念及分类	107
6.1.2 非线性分析的特点和注意事项	107
6.2 分析步骤和要点提示	110
6.2.1 前处理和建模	111
6.2.2 加载和求解	111
6.2.3 后处理和检查结果	113
6.3 几何非线性分析	113
6.3.1 大应变分析	113
6.3.2 大应变分析实例	117
6.3.3 屈曲分析	129
6.3.4 屈曲分析实例	134
6.4 材料非线性分析	145
6.4.1 弹塑性概述	145
6.4.2 塑性分析实例	150
6.5 状态非线性分析	161
6.5.1 概 述	161
6.5.2 面-面接触分析	162
6.5.3 点-面接触分析	167
6.5.4 点-点接触分析	170
6.5.5 接触分析实例	174
第 7 章 结构动力学分析	190
7.1 模态分析	190
7.1.1 模态分析概述	190
7.1.2 模态分析的步骤	191
7.1.3 特殊的模态分析	195
7.1.4 模态分析实例	195
7.2 谐响应分析	202
7.2.1 谐响应分析概述	202
7.2.2 Full 法	203
7.2.3 Reduced 法	204
7.2.4 Mode Superposition 法	206
7.2.5 分析实例	207
7.3 瞬态动力学分析	217
7.3.1 概 述	217
7.3.2 Full 法分析步骤	217
7.3.3 Reduced 法分析步骤	219
7.3.4 模态叠加法分析步骤	220
7.3.5 分析实例	222
7.4 谱分析	234
7.4.1 概 述	234

7.4.2	单点响应谱分析步骤	235
7.4.3	随机振动分析步骤	237
7.4.4	多点响应谱分析步骤	239
7.4.5	分析实例——随机振动分析	240
第8章	结构热力学分析	259
8.1	概 述	259
8.1.1	ANSYS 热分析的特点	259
8.1.2	ANSYS 热分析的单元	259
8.1.3	ANSYS 热分析误差估计	261
8.2	稳态传热分析	261
8.2.1	稳态热分析的基本步骤	261
8.2.2	稳态热分析实例	263
8.3	瞬态传热分析	269
8.3.1	瞬态热分析的主要步骤	269
8.3.2	相变问题	271
8.3.3	瞬态热分析实例	271
8.4	结构热应力分析	279
8.4.1	热应力分析方法	279
8.4.2	热应力分析实例	280
第9章	结构优化设计	284
9.1	优化设计的基本概念	284
9.1.1	优化设计概述	284
9.1.2	基本概念	284
9.2	优化设计的步骤	286
9.2.1	生成分析文件	286
9.2.2	进行优化分析	286
9.2.3	查看优化设计结果	287
9.3	三杆桁架的优化设计	288
9.3.1	问题描述	288
9.3.2	分析步骤	289
第10章	结构可靠度分析	300
10.1	概 述	300
10.2	可靠度分析的步骤	300
10.2.1	创建分析文件	300
10.2.2	进行可靠度分析	300
10.2.3	查看可靠度分析结果	302
10.3	可靠度分析实例	303
10.3.1	问题描述	303
10.3.2	分析步骤	303
	参考文献	313

基础知识篇

第1章 ANSYS 软件基本介绍

1.1 概 述

ANSYS (ANalysis SYStem) 是 20 世纪 70 年代由美国 ANSYS 公司研制开发的工程分析软件。它是一种融结构、热、流体、电磁和声学于一体的大型 CAE 通用有限元软件, 可以广泛应用于核工业、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、水利以及日用家电等一般工业及科学研究。该软件运行于大多数计算机及操作系统 (如 Windows、UNIX、Linux、IRIx 和 HP-UX)。从 PC 机到工作站, 直至巨型计算机, ANSYS 文件在其所有的产品系列及工作平台上均兼容。ANSYS 是一个包括多物理场分析功能的软件。

1.1.1 ANSYS 软件的特点和组成

(1) 软件特点

ANSYS 将有限元分析、计算机图形学和优化技术相结合, 已经成为解决现代工程问题必不可少的工具。它在功能、性能、易用、可靠性以及对运行环境的适应性方面, 满足了用户的当前需求, 帮助用户解决了许多工程实际问题, 为科研服务。ANSYS 软件技术特点体现在如下几点。

◆与 CAD 软件的无缝集成。可以和 CAD 软件 (例如 Pro/ENGINEER、Unigraphics、SolidEdge、SolidWorks、IDEAS、Bentley 和 AutoCAD 等) 进行数据交换, 用户在用 CAD 软件完成零部件的造型设计后, 能直接将模型传送到 ANSYS 中进行有限元网格划分并进行分析计算, 及时调整设计方案, 有效地提高分析效率。

◆强大的多场及多场耦合分析求解功能。用户不但可以利用其进行结构、热、流体流动、电磁等问题的单独研究, 还可以进行这些类型的相互影响研究。

◆极为强大的网格处理能力。

◆是实现前后处理、分析求解及多场分析统一数据库的一体化大型有限元分析软件。

◆强大的非线性分析功能。

◆具有多物理场优化功能的有限元分析软件。

◆具有多种求解器, 可以适用于不同的问题和配置。

◆支持个人 PC 机、工作站及大型机的所有硬件平台，兼容其平台上的全部数据文件，并具有统一的用户界面。

◆具有多层次多框架的产品系列。产品系列由一整套可扩展的、灵活集成的、具有一定功能的各模块组成，用户只需购买自己需要的模块即可。

◆良好的用户开发环境。ANSYS 综合应用菜单、对话框、工具条、命令行输入、图形化输出等多种方式，应用更加方便。

◆方便的二次开发功能。应用宏、参数设计语言、用户可编程特性、用户自定义界面语言、外部命令等功能，可以开发出适合个人特点的应用程序。

(2) ANSYS 软件组成

ANSYS 软件主要包括三个部分：前处理模块、求解模块、后处理模块。

① 前处理模块。它为用户提供了一个强大的实体建模及网格划分工具，用户可以方便地构造有限元模型，软件提供了 200 多种单元类型，用来模拟工程中的各种材料。前处理模块主要实现 3 种功能：参数定义、实体建模、网格划分。

◆参数定义。ANSYS 程序在进行结构建模的过程中，首先要对所有被建模的材料进行参数定义，包括定义单位制、定义所使用单元的类型、定义单元的实常数、定义材料的特性以及使用材料库文件，等等。

◆实体建模。ANSYS 提供了两种方法：从上到下和从下到上的建模。对于一个有限元模型，图元等级从下到上依次是点、线、面和体。用户可以先定义点、线、面，然后由所定义的图元生成体（由下到上建模）；也可以先建立起实体，程序则自动定义相关的下级图元（由上到下建模）。无论采用何种方法建模，都需要进行布尔操作来组合结构数据，同时还可以采用拖拉、旋转、拷贝、蒙皮、倒角等操作，构建符合用户需要的模型。

◆网格划分。ANSYS 软件的网格划分系统十分强大。从使用选择的角度来说，可分为系统智能划分和人工选择划分两种。从网格划分的功能来讲，则包括延伸划分、映射划分、自由划分和自适应划分 4 种方式。

② 求解模块。求解模块是程序用来完成对已经生成的有限元模型进行力学分析和有限元求解。在此阶段，用户可以定义分析类型、分析选项、载荷数据和载荷步选项。

◆定义分析类型和分析选项。用户可以根据所施加的载荷条件和所要计算的响应来选择分析类型。

◆载荷。所谓的载荷，应该包括边界条件（约束、支承、边界场的参数）和其他外部或内部作用载荷。在 ANSYS 中，载荷分为 6 类：即 DOF 约束、力、表面分布载荷、体积载荷、惯性载荷和耦合场载荷。

同时必须清楚与载荷相关的两个术语：载荷步和子步。载荷步仅仅指可求得解的载荷配置。载荷步对于将一个瞬态载荷历程曲线划分成几段是有用的。子步是指一个载荷步中增加的步长，主要是为了瞬态分析或非线性分析中提高分析精度和收敛。子步也称时间步，代表一段时间。

◆制定载荷步。载荷步选项用于更改载荷步的选项，如子步数、载荷步的结束时间及输出控制。根据所作分析的类型，载荷步选项可有可无。

③ 后处理模块。完成计算后，可通过后处理模块将计算结果以彩色等值线显示、云图显示、梯度显示、矢量显示、粒子流显示、立体切片显示、透明及半透明显示等图形方式显示出来，也可以将结果以图表、曲线形式显示或输出。ANSYS 的后处理模块分为两部

分：通用后处理模块（POST1）和时间历程后处理模块（POST26）。

◆通用后处理模块（POST1）。通用后处理器可以用于查看整个模块或选定的部分模块在某一步（时间步）的结果。可以通过上述方式显示。POST1 还提供误差估计、载荷工况组合、结果数据的计算和路径操作等功能。

◆时间历程后处理模块（POST26）。POST26 可用于查看模型特定点在所有时间步内的结果。此外，POST26 还可以进行曲线的代数运算，变量之间的加、减、乘、除运算以产生新的曲线；进行绝对值、平方根、对数、指数、最大值及最小值运算；求曲线的微积分运算；从时间历程中生成谱响应等。

1.1.2 ANSYS 软件的功能

（1）ANSYS 的基本功能

① 结构静力分析。用来求解稳态外载荷引起的系统或局部的位移、应变、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，而且还可以进行非线性分析。

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力载荷以及它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局部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、几何非线性和状态非线性 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。ANSYS 软件可处理热传递的 3 种基本类型：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溶解过程的相变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，分析类型可以分为瞬态或稳态。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。软件的声学功能用来研究含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：静态分析、模态分析、谐波响应分析和瞬态响应分析。

(2) ANSYS 软件的高级功能

① 多物理场耦合分析（绝大多数的工程分析都要用到耦合场的功能）。考虑两个或多个物理场之间的相互作用。如果两个物理场之间相互影响，单独求解一个物理场是不可能得到正确结果的。例如，在压电分析中，需要同时求解电压分布（电场分析）和应变（结构分析）。耦合场分析适用于下列类型的相互作用：

- | | |
|---------------|---------------|
| ◆热-应力分析（压力容器） | ◆热-结构分析 |
| ◆热-电分析 | ◆热-流体分析 |
| ◆磁-热分析（感应加热） | ◆磁-结构分析（磁体成形） |
| ◆感应加热分析 | ◆感应振荡分析 |
| ◆电磁-电路分析 | ◆电-结构分析 |
| ◆电-磁分析 | ◆电-磁-热分析 |
| ◆电-磁-热-结构分析 | ◆压力-结构分析 |
| ◆速度-温度-压力分析 | ◆稳态-流-固分析 |

② 优化设计。优化设计是一种寻找确定最优方案的技术。设计方案的任何方面都是可以优化的，如尺寸（如厚度）、形状（如过渡圆角的大小）、支撑位置、制造费用、自然频率、材料特性等。实际上，所有可以参数化的 ANSYS 选项都可以作优化设计。

③ 拓扑优化。拓扑优化是指形状优化，有时也称为外形优化。拓扑优化的目标是寻找承受单载荷或多载荷的物体的最佳材料分配方案。这种方案在拓扑优化中表现为“最大刚度”设计。用户只需要给出结构的参数（材料特性、模型、载荷等）和要省去的材料百分比，程序就能自动进行优化。

④ 单元的生死。如果模型中加入（或删除）材料，模型中相应的单元就“存在”（或“消亡”）。单元生死选项就用于在这种情况下杀死或重新激活单元。本功能主要用于钻孔（如开矿和挖隧道等）、建筑物施工过程（如桥梁的建筑过程）、顺序组装（如分层的计算机芯片组装），另外，一些用户可以根据单元位置来方便地激活或不激活它们中的一些应用。

⑤ 用户可扩展功能（UPF）。ANSYS 软件的开放结构允许连接自己的 FORTRAN 程序和子过程。

1.1.3 ANSYS 主要产品系列介绍

ANSYS 产品系列是由一套可自由选配集成的功能模块组成的，用户可以根据自己的实际需要选择集成某些模块以满足行业工程需求。下面对主要产品或模块作以介绍。

① ANSYS/Multiphysics：是最完整、最强大的产品，是一个多物理场耦合的分析程序包。它能够进行结构、热力学、电磁学、流体动力学分析，还可以对这 4 种物理场进行耦合分析，但是不能进行显式动力学分析。

② ANSYS/Mechanical：该产品能够进行所有的结构和热力学分析以及压电和声学分析，但是不能进行电磁学、CFD FLOTRAN 和显式动力学分析。

③ ANSYS/Structural：可以进行完整的结构分析功能，包括几何非线性、材料非线性、单元非线性、屈曲分析以及各种动力学分析。

④ ANSYS/Linear plus：是从 ANSYS/Structural 中派生出来的，仅提供线性结构分析，只能用于线性的静态、动态及屈曲分析，非线性分析仅包括间隙元和板/梁大变形分析。

⑤ ANSYS/Therm：是从 ANSYS/Mechanical 中派生出来的，仅可进行热分析。

⑥ ANSYS/PrepPost: 提供前处理阶段的建模功能以及后处理阶段的结果分析处理。

⑦ ANSYS/ED: 具有 ANSYS/Multiphysics 的全部功能, 但规模限制在极小的级别内, 用于教学目的。

⑧ ANSYS/FLOTRAN: 进行计算流体动力学分析 (CFD), 包括层流、可压缩流和不可压缩流等。

⑨ ANSYS/Emag: 进行电磁分析。可模拟电磁场、静电学、电路及电流传导分析。

⑩ ANSYS/LS-DYNA: 提供显式计算功能, 可解决高度非线性结构动力问题, 主要进行模拟板料成形、碰撞、爆炸、大变形冲击、材料非线性、多体接触等计算。

⑪ ANSYS/LS-DYNA PrepPost: 提供 ANSYS/LS-DYNA 前后处理的功能, 涉及实体建模、网格划分、加载、边界条件、等值线显示、计算结果评价及动画。

⑫ ANSYS Workbench 系列: 是 ANSYS 公司推出的继承多项新技术的产品系列, 具有开放性的开发平台, 可实现与 CAD 集成及双向参数化, 定制用户化的完整 CAE 解决方案。

⑬ AI * 系列: 是分别基于 ICEM CFD 技术和 NASTRAN 技术开发形成的两个独立运行产品, 二者相辅相成。

1.2 ANSYS 的启动与退出

1.2.1 ANSYS 的启动

选择【开始】>【程序】>ANSYS 12.1>Mechanical APDL Product Launcher 选项, 将显示如图 1-1 所示的窗口。

在此窗口中, 包含启动与管理系统, 用户可以对一些参数进行设置和修改, 其主要选项如下。

① Simulation Environment: 选择启动的产品类型, 有以下产品供选择:

ANSYS: 经典的 ANSYS 产品;

ANSYS Batch: ANSYS 批处理产品;

LS-DYNA Solver: ANSYS LS-DYNA 求解器。

② License: 选择列表产品授权。

在 File Management 选项卡中, 包括:

③ Working Directory (工作目录): 设定工作目录。目录一经设定, ANSYS 所有生成的文件都存于该目录下, 默认为上次运行时定义的目录。单击 Work Directory 右侧的按钮, 可以选择合适的工作目录。

④ Job Name (初始工作文件名): 设定工作文件名, 第一次运行 ANSYS 时默认为 file。以后运行时默认为上次运行时定义的文件名。

在 Customization/Preferences 选项卡中, 包括:

⑤ Use custom memory settings: 默认为程序自动管理内存, 如选中后, 用户可自己指定内存分配。

⑥ ANSYS Language: 选择环境语言, 默认为 en-us, 即英文环境。

⑦ Graphics Device Name: 选择计算机支持的图形设备即显卡类型。3D 对三维图形的显示有很好的效果, 如果机器配置了 3D 显卡, 则选择 3D。Win32 适用于大多数的图形显

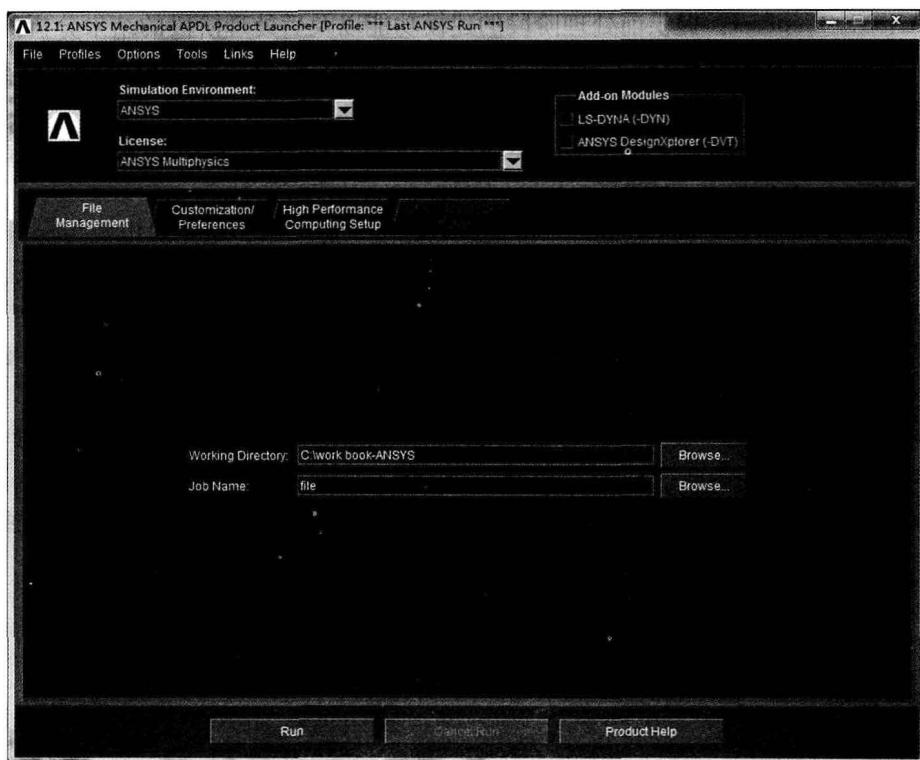


图 1-1 Product Launcher 对话框

示，在后处理中可提供 9 种颜色的等值线。Win32c 则能提供 128 种颜色的区别，但对计算机的要求稍高。默认为 Win32。

⑧ Read START ANS file at start up: start121.ans 文件包含大量的运行设置命令，在启动时执行该文件将按照其内容进行设置，否则不读取其包含的设置，默认为“Yes”。

设置完上述各项后，单击“Run”按钮即可进入 ANSYS 运行界面中，完成 ANSYS 的启动。

1.2.2 ANSYS 的退出

ANSYS 的退出方法有如下 3 种：

- ① 从工具条退出，Toolbar > QUIT。
- ② 从实用菜单退出，Utility Menu > File > Exit。
- ③ 从命令输入窗口输入“/EXIT”命令。

当执行上述任何一种操作时，系统会弹出如图 1-2 所示的对话框。

图 1-2 中，4 个单选按钮的作用如下：

- ① Save Geom + Loads：退出后保存工作中的几何模型、载荷及约束。
- ② Save Geo + Ld + Solu：退出时保存模型、载荷、约束及求解结果。
- ③ Save Everything：保存所有的修改。
- ④ Quit-No Save!：不保存所作的修改。

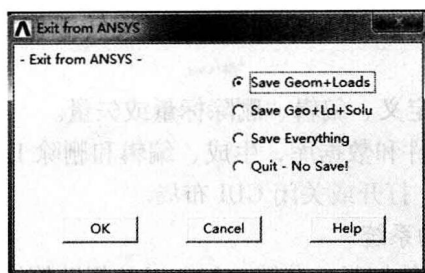


图 1-2 Exit from ANSYS 对话框

1.3 ANSYS 用户界面

启动 ANSYS 以后，就可以进入 ANSYS 用户界面（GUI），会弹出如图 1-3 所示的对话框。此即为 ANSYS 的主窗口。

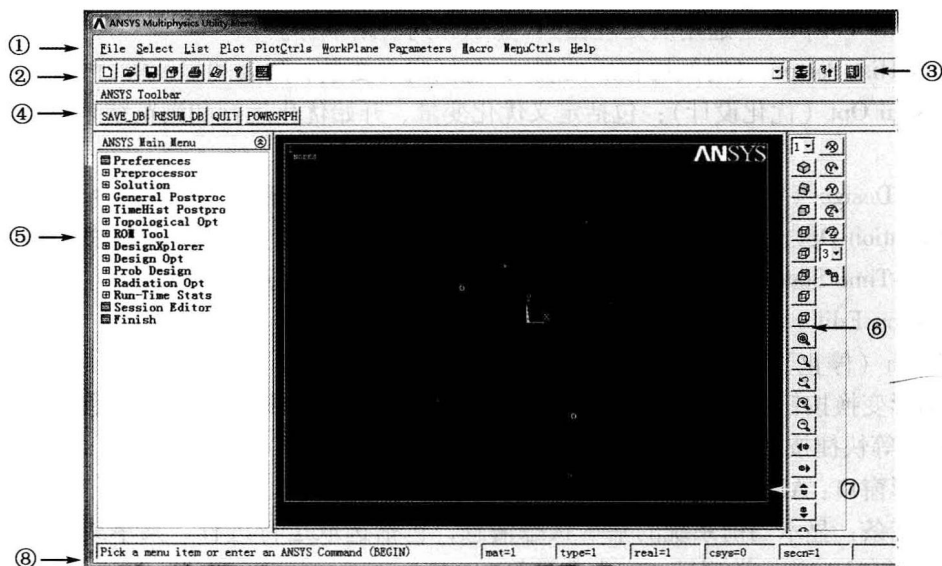


图 1-3 ANSYS 主窗口

主窗口中包含如下 8 个部分。

① Utility Menu（实用菜单）：包含一些在整个分析过程中可能用到的命令。如图 1-4 所示：

File Select List Plot PlotCtrls WorkPlane Parameters Macro MenuCtrls Help

图 1-4 Utility Menu

File（文件）：包括与操作文件和数据库有关的命令。

Select（选择）：包括允许用户选择数据的某一部分并生成组件的命令。

List（列表）：列出保存在数据库中的数据命令。

Plot（显示）：显示关键点、线、面、体、节点、单元以及以图形显示其他数据。

PlotCtrls（显示控制）：控制视图、样式和其他图形显示特性。

WorkPlane (工作平面): 打开或关闭、移动、旋转工作平面和对工作平面的其他操作。

Parameters (参数化): 定义、编辑、删除标量或矢量。

Macro (宏): 执行宏文件和数据库, 生成、编辑和删除工具栏中的缩写命令。

MenuCtrls (菜单控制): 打开或关闭 GUI 布局。

Help (帮助): 进入帮助系统。

② 标准工具栏: 包括文件打开、存储、打印以及帮助等按钮。

③ 输入下拉列表框: 用户可以在其中输入命令, 是命令流的输入处。

④ Toolbar (工具条): 常用命令制成工具条显示在该窗口, 方便随时调用。

⑤ Main menu (主菜单): 主菜单主要包括:

◆ Preferences (参数选择): 执行该命令时弹出一个对话框, 要求用户选择分析类型, 并滤掉未选中的分析类型。

◆ Preprocessor (前处理器): 用来建模、划分网格和施加载荷约束。

◆ Solution (求解器): 选择分析类型和选项、施加载荷、载荷步选项以及求解结果。

◆ General Postproc (通用后处理器): 显示和列表结果等。

◆ TimeHist Postpro (时间历程后处理): 包括定义变量、列表和显示等命令。

◆ Design Opt (优化设计): 包括定义优化变量、开始优化运行和浏览结果设计集等命令。

◆ Prob Design (概然论设计): 进入 PDS 处理器并包含概然论设计等命令。

◆ Radiation Opt (辐射优化): 包括定义发射率和其他设置以及写入辐射矩阵等命令。

◆ Run-Time Stats (运行时间估计): 统计数据列表和提供系统设置等。

◆ Session Editor (文本编辑): 打开文本编辑。

◆ Finish (停止): 结束当前处理器操作, 返回 ANSYS。

⑥ 图形变换按钮: 包括窗口号选择、各方向视图、图形放大缩小、平移、旋转、单次旋转角度等快捷按钮。

⑦ 图形窗口: ANSYS 图形的显示窗口。

⑧ 状态条: 显示当前系统的基本状态信息, 包括选取运行进程、菜单或命令提示信息及当前材料号、单元类型号、实常数号等。

这里只是初步介绍了 ANSYS 主界面的组成情况, 使读者对 ANSYS 软件有个初步的了解, 至于其中各项的具体用途和使用方法, 在后面会结合具体例子予以详细的介绍。

1.4 ANSYS 的文件形式

ANSYS 在运行过程中会生成许多不同类型的文件, 其中有一些是临时文件, 在 ANSYS 运行结束前产生, 在随后的某一时刻这些临时文件将被删除。而大量的是在 ANSYS 运行结束后仍然保留, 用于保存数据的永久性文件。这里介绍常用的永久性的文件, 见表 1-1。

表 1-1 ANSYS 中常用的输出文件

文件后缀	文件说明	类 型
bfin	体积力插值文件	文本
cbdo	位移插值文件	文本
db	数据库文件	二进制
elem	单元定义文件	二进制
emat	单元矩阵文件	二进制
err	错误及警告信息文件	文本
esav	单元数据储存文件	二进制
full	组集的整体刚度矩阵和质量矩阵文件	二进制
iges	由 ANSYS 实体模型产生的 IGES 文件，常用于模型交换	二进制
lnn	载荷工况文件	二进制
log	日志文件	文本
mode	模态矩阵文件	二进制
mp	材料特性定义文件	文本
node	节点定义文件	文本
out	ANSYS 输出文件	文本
rst	结构和耦合场分析的结果文件	二进制
rth	温度场分析的结果文件	二进制
snn	载荷步文件	文本
tri	三角化刚度矩阵文件	二进制

其中，后缀 log 文件是在 ANSYS 中常用的一种，它是在 ANSYS 运行过程中自动生成的（Jobname.log），记录了从 ANSYS 运行以来所执行的一切命令，包括 GUI（图形用户界面）操作和通过 Input Window（输入窗口）直接输入的合法命令。log 文件是文本文件，可以用记事本对其进行编辑。由于 log 文件记录了所有执行的命令，因此可以通过其再现同样的一个分析过程。也可以对其进行简单的编辑后，得到分析过程的命令流，改变一些命令的参数，即可实现简单意义上的参数化分析和建模。这样可以大大提高效率。如果用户对 ANSYS 命令十分熟悉，就可以直接创建命令流文件来提高分析的效率。但一般不推荐这样做，建议使用 GUI 操作与命令流结合，这样可以达到事半功倍的效果。

1.5 典型的 ANSYS 分析过程

一个典型的 ANSYS 分析过程由前处理、加载求解和后处理 3 部分组成，现分别加以介绍，使读者对 ANSYS 的分析过程有个初步了解。

1.5.1 前处理

（1）定义工作文件名和分析标题

该项工作不是必需的，但这里推荐在进行 ANSYS 分析过程定义文件名和分析标题。

① 定义文件名。对于 ANSYS 的文件名，可以有两种方式进行定义：