



ANSYS工程应用系列丛书

ANSYS 13.0

机械与结构有限元分析 从入门到精通

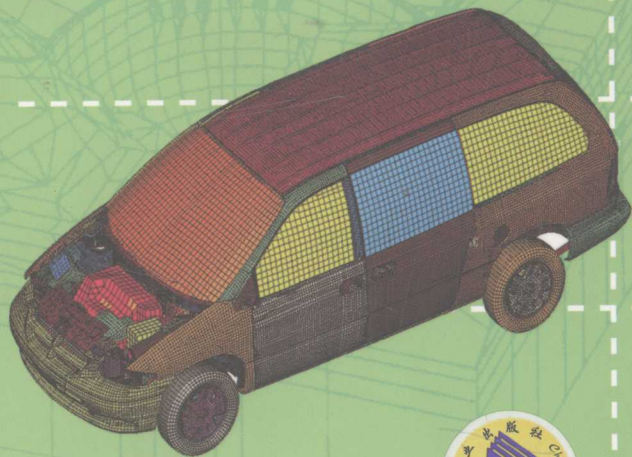
视频操作 ■ 源文件 ■ 最终效果



三维书屋工作室

胡仁喜 徐东升 李亚东 等编著

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
实用典型的实例引导



本书包含各书目分别由ANSYS工程应用领域的专家和学者执笔编写，书中融入了他们多年研究的经验和体会，为了便于读者快速掌握ANSYS工程开发技巧，书中引用大量的工程案例。



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

ISBN 7-111-23000-0

ANSYS 13.0 机械与结构有限元分析

ANSYS 13.0 机械与结构有限元分析

从入门到精通

三维书屋工作室

胡仁喜 徐东升 李亚东 等编著

清华大学出版社

本书是清华大学出版社“从入门到精通”系列中的一本，旨在帮助读者快速掌握 ANSYS 13.0 在机械与结构有限元分析中的应用。本书内容翔实，图文并茂，适合初学者和有一定基础的读者阅读。

本书可作为高等院校机械、材料、能源、航空航天等专业的教材，也可供从事机械、结构有限元分析的工程技术人员参考。

清华大学出版社

清华大学出版社

清华大学出版社

清华大学出版社

清华大学出版社

清华大学出版社

清华大学出版社

清华大学出版社

清华大学出版社

清华大学出版社

清华大学出版社

清华大学出版社

清华大学出版社

清华大学出版社

清华大学出版社

清华大学出版社

清华大学出版社

机械工业出版社

www.mech.com.cn

www.mech.com.cn

www.mech.com.cn

www.mech.com.cn

www.mech.com.cn

www.mech.com.cn

www.mech.com.cn

www.mech.com.cn

www.mech.com.cn

www.mech.com.cn

本书以最新版本 ANSYS13.0 为依据,对 ANSYS 分析的基本思路、操作步骤、应用技巧进行了详细介绍,并结合典型工程应用实例详细讲述了 ANSYS 在机械与结构工程中的应用方法。书中尽量避开了繁琐的理论描述,从实际应用出发,结合作者使用该软件的经验,实例部分采用 GUI 方式一步一步地对操作过程和步骤进行了讲解。为了帮助用户熟悉 ANSYS 的相关操作命令,在每个实例的后面列出了分析过程的命令流文件。

全书分为 10 章:第 1 章介绍 ANSYS 概述;第 2 章介绍 ANSYS13.0 图形用户界面;第 3 章介绍建立实体模型;第 4 章介绍 ANSYS 分析基本步骤;第 5 章介绍静力分析;第 6 章介绍非线性分析;第 7 章介绍动力学分析;第 8 章介绍热分析;第 9 章介绍参数化与优化设计;第 10 章介绍网格、单元和子模型高级分析。

本书适用于 ANSYS 软件的初中级用户,以及有初步使用经验的技术人员;本书可作为理工科院校相关专业的高年级本科生、研究生及教师学习 ANSYS 软件的培训教材,也可作为从事结构分析相关行业的工程技术人员使用 ANSYS 软件的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

ANSYS 13.0 机械与结构有限元分析从入门到精通/胡仁喜等编著. —2 版.
—北京:机械工业出版社,2011.6
ISBN 978-7-111-34738-5

I. ①A… II. ①胡… III. ①机械设计—有限元分析—应用程序,
ANSYS 13.0 IV. ①TH122-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 091213 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:杨曦
北京圣夫亚美印刷有限公司印刷
2011 年 7 月第 2 版第 1 次印刷
184mm×260mm·31.5 印张·780 千字
0001—4000 册
标准书号:ISBN 978-7-111-34738-5
:ISBN 978-7-89451-974-0(光盘)
定价:69.00 元(含 1DVD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
电话服务 网络服务
社服务中心:(010)88361066 门户网:<http://www.cmpbook.com>
销售一部:(010)68326294 教材网:<http://www.cmpedu.com>
销售二部:(010)88379649 封面无防伪标均为盗版
读者购书热线:(010)88379203

前 言

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。计算机辅助工程(CAE)就是其中必不可少的一个环节,它是计算机技术和现代工程方法的完美结合。

有限单元法作为数值计算方法中在工程分析领域应用较为广泛的一种计算方法,自20世纪中叶以来,以其独有的计算优势得到了广泛的发展和应用,已出现了不同的有限元算法,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。随着计算机技术的飞速发展,各种工程软件也得以广泛应用。ANSYS 软件以它的多物理场耦合分析功能而成为CAE 软件的应用主流,在工程分析应用中得到了较为广泛的应用。

ANSYS 软件是美国 ANSYS 公司研制的大型通用有限元分析(FEA)软件,它是世界范围内增长最快的 CAE 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、交通、国防军工、电子、土木工程、造船、生物医药、轻工、地矿、水利、日用家电等领域有着广泛的应用。ANSYS 的功能强大,操作简单方便,现在它已成为国际最流行的有限元分析软件,在历年 FEA 评比中都名列第一。目前,中国 100 多所理工院校采用 ANSYS 软件进行有限元分析或者作为标准教学软件。

本书以最新版本 ANSYS13.0 为依据,对 ANSYS 分析的基本思路、操作步骤、应用技巧进行了详细介绍,并结合典型工程应用实例详细讲述了 ANSYS 在机械与结构工程中的应用方法。

书中尽量避开了繁琐的理论描述,从实际应用出发,结合作者使用该软件的经验,实例部分采用 GUI 方式一步一步地对操作过程和步骤进行了讲解。为了帮助用户熟悉 ANSYS 的相关操作命令,在每个实例的后面列出了分析过程的命令流文件。

全书分为 10 章:第 1 章是 ANSYS 概述;第 2 章介绍 ANSYS13.0 图形用户界面;第 3 章介绍建立实体模型;第 4 章介绍 ANSYS 分析基本步骤;第 5 章介绍静力分析;第 6 章介绍非线性分析;第 7 章介绍动力学分析;第 8 章介绍热分析;第 9 章介绍参数化与优化设计;第 10 章介绍网格、单元和子模型高级分析。

本书附有一张多媒体光盘,光盘中除了有每一个实例 GUI 实际操作步骤的视频以外,还以文本文件的格式给出了每个实例的命令流文件,用户可以直接调用。

本书由三维书屋工作室总策划,主要由军械工程学院胡仁喜老师、徐东升老师和中国华阴兵器实验中心李亚东工程师编写,康士廷、张日晶、王培合、左昉、王玉秋、许洪、王义发、刘昌丽、熊慧、王敏、周冰、董伟、李瑞、王兵学、袁涛、王渊峰、李世强、周广芬、王艳池、李鹏、陈丽芹、孟清华、李广荣、郑长松、王佩楷、王文平、张俊生、路纯红、阳平华等参加了资料整理和编排工作,在此向他们表示衷心的感谢。

由于时间仓促,加之作者的水平有限,书中缺点和错误在所难免,恳请专家和广大读者不吝赐教,联系 win760520@126.com 批评指正。

作者

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 有限单元法简介	1
1.1.1 有限单元法的基本概型	1
1.1.2 有限单元法的分析步骤	3
1.2 ANSYS 简介	3
1.2.1 ANSYS 的结构分析	3
1.2.2 ANSYS13.0 版本的新特点	4
1.3 ANSYS13.0 的启用和配置	5
1.3.1 ANSYS13.0 的启动	5
1.3.2 ANSYS13.0 运行环境配置	5
1.4 程序结构	6
1.4.1 处理器	6
1.4.2 文件格式	6
1.4.3 输入方式	7
1.4.4 输出文件类型	7
第2章 ANSYS13.0 图形用户界面	8
2.1 ANSYS13.0 图形用户界面的组成	8
2.2 启动图形用户界面	9
2.3 对话框及其组件	9
2.3.1 文本框	9
2.3.2 单选列表	10
2.3.3 双列选择列表	10
2.3.4 标签对话框	11
2.3.5 选取框	11
2.4 通用菜单	12
2.4.1 文件菜单	12
2.4.2 选取菜单	14
2.4.3 列表菜单	16
2.4.4 绘图菜单	20
2.4.5 绘图控制菜单	21
2.4.6 工作平面菜单	27
2.4.7 参量菜单	29
2.4.8 宏菜单	32
2.4.9 菜单控制菜单	33
2.4.10 帮助菜单	33
2.5 输入窗口	35
2.6 主菜单	35

2.6.1	优选项	36
2.6.2	预处理器	37
2.6.3	求解器	41
2.6.4	通用后处理器	44
2.6.5	时间历程后处理器	47
2.6.6	拓扑优化器	48
2.6.7	优化器	49
2.6.8	概率设计和辐射选项	49
2.6.9	运行时间估计量	50
2.6.10	记录编辑器	51
2.7	输出窗口	51
2.8	工具条	52
2.9	图形窗口	52
2.9.1	图形显示	53
2.9.2	多窗口绘图	54
2.9.3	增强图形显示	57
2.10	个性化界面	58
2.10.1	改变字体和颜色	58
2.10.2	改变 GUI 的启动菜单显示	58
2.10.3	改变菜单链接和对话框	58
第 3 章	建立实体模型	60
3.1	几何模型的输入	60
3.1.1	输入 IGES 单一实体	60
3.1.2	输入 SAT 单一实体	62
3.1.3	输入 SAT 实体集合	65
3.1.4	输入 Parasolid 单一实体	69
3.1.5	输入 Parasolid 实体集合	70
3.2	对输入模型修改	73
3.3	自主建模	76
3.3.1	自上而下建模	76
3.3.2	自下而上建模	85
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	96
4.1.2	确定问题的范围	97
4.2	建立有限元模型	98
4.2.1	创建实体模型	99
4.2.2	对实体模型进行网格划分	106
4.3	施加载荷	108

4.4	进行求解	111
4.4.1	求解器的类别	111
4.4.2	求解检查	112
4.4.3	求解的实施	112
4.4.4	求解会碰到的问题	113
4.5	后处理	113
4.6	分析步骤示例——工字钢悬臂梁	116
4.6.1	分析问题	116
4.6.2	建立有限元模型	117
4.6.3	施加载荷	122
4.6.4	进行求解	123
4.6.5	后处理	124
4.6.6	命令流	126
第5章	结构静力	128
5.1	静力分析介绍	128
5.1.1	结构静力分析简介	128
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	130
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	143
5.2.4	查看结果	146
5.3	轴对称结构静力分析实例	162
5.3.1	分析问题	162
5.3.2	建立模型	162
5.3.3	定义边界条件并求解	171
5.3.4	查看结果	173
5.4	周期对称结构的静力分析实例	183
5.4.1	分析问题	184
5.4.2	建立模型	184
5.4.3	定义边界条件并求解	192
5.4.4	查看结果	195
5.5	任意三维结构的静力分析实例	207
5.5.1	分析问题	207
5.5.2	建立模型	207
5.5.3	定义边界条件并求解	211
5.5.4	查看结果	214
第6章	非线性分析	224

6.1 非线性分析介绍	224
6.1.1 非线性分析简介	224
6.1.2 非线性分析的类型	224
6.1.3 非线性分析基本步骤	225
6.2 几何非线性分析实例	226
6.2.1 分析问题	227
6.2.2 建立模型	227
6.2.3 定义边界条件并求解	232
6.2.4 查看结果	235
6.3 材料非线性分析实例	242
6.3.1 分析问题	243
6.3.2 建立模型	243
6.3.3 定义边界条件并求解	249
6.3.4 查看结果	251
6.4 状态非线性分析实例	257
6.4.1 分析问题	258
6.4.2 建立模型	258
6.4.3 定义边界条件并求解	268
6.4.4 查看结果	271
第7章 动力学分析	287
7.1 动力分析基本步骤	287
7.2 结构模态分析实例	292
7.2.1 分析问题	293
7.2.2 建立模型	293
7.2.3 进行模态设置、定义边界条件并求解	300
7.2.4 查看结果	304
7.3 谐响应分析实例	318
7.3.1 分析问题	319
7.3.2 建立模型	319
7.3.3 查看结果	331
7.4 瞬态动力学分析实例	336
7.4.1 分析问题	336
7.4.2 建立模型	337
7.4.3 进行瞬态动力分析设置、定义边界条件并求解	342
7.4.4 查看结果	346
7.5 响应谱分析实例	350
7.5.1 分析问题	350
7.5.2 建立模型	351
第8章 热分析	377

8.1	热分析介绍	377
8.1.1	热分析的类型	377
8.1.2	热分析的基本过程	377
8.2	热-结构耦合分析实例	378
8.2.1	分析问题	378
8.2.2	建立模型	379
8.2.3	求解	385
8.2.4	后处理	389
8.3	热-应力耦合分析实例	395
8.3.1	分析问题	395
8.3.2	建立模型	396
8.3.3	定义边界条件并求解	401
8.3.4	查看结果	405
第9章	参数化与优化设计	411
9.1	参数化设计语言	411
9.1.1	参数化设计语言介绍	411
9.1.2	参数化设计语言的功能	411
9.1.3	参数化设计语言实例	413
9.2	优化设计	420
9.2.1	优化设计介绍	420
9.2.2	优化中的基本概念	421
9.2.3	优化设计步骤	422
9.2.4	优化设计示例	425
9.3	拓扑优化	449
9.3.1	拓扑优化介绍	449
9.3.2	拓扑优化方法	449
9.3.3	拓扑优化步骤	449
9.3.4	拓扑优化示例	450
第10章	网格、单元和子模型高级分析	463
10.1	自适应网格划分	463
10.1.1	自适应网格的条件	463
10.1.2	自适应网格过程	464
10.1.3	自适应网格划分示例	466
10.2	子模型	474
10.2.1	子模型介绍	474
10.2.2	子模型方法	474
10.2.3	子模型过程	475
10.3	单元的生和死	479
10.3.1	单元的生和死介绍	479

10.3.2 单元的生和死方法	479
10.3.3 单元的生和死步骤	480
10.3.4 单元的生和死示例	481

第 1 章 绪论

1.1 有限单元法简介

1.1.1 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。

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，有限元模型可以看做是真实结构的一种分格，即把真实结构看做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。

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。



图 1-1 有限元模型

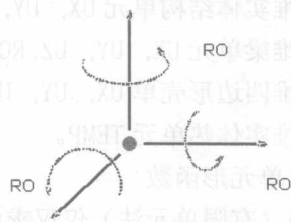


图 1-2 结构自由度 DOFs

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。

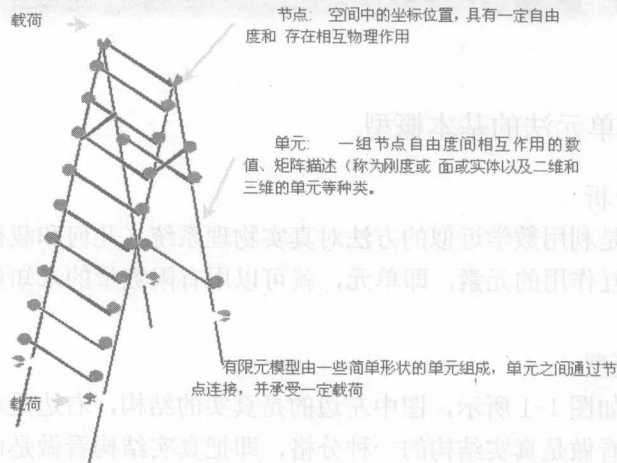


图 1-3 节点和单元

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得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。

1.1.2 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 3 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/有限转动功能以及利用 ANSYS 参数设计语言 (APDL) 的扩展宏命令功能。基于 Motif 的菜单系统使用户能够通过对话框、下拉式菜单和子菜单进行数据输入和功能选择，为用户使用 ANSYS 提供“导航”。

1.2.1 ANSYS 的结构分析

◆ 静力分析——用于静态载荷。可以考虑结构的线性及非线性行为，例如：大变形、大应变、应力刚化、接触、塑性、超弹性及蠕变等。

◆ 模态分析——计算线性结构的自振频率及振形，谱分析是模态分析的扩展，用于计算由随机振动引起的结构应力和应变（也叫做响应谱或 PSD）。

◆ 谐响应分析——确定线性结构对随时间按正弦曲线变化的载荷的响应。

◆ 瞬态动力学分析——确定结构对随时间任意变化的载荷的响应。可以考虑与静力分析相同的结构非线性行为。

◆ 特征屈曲分析——用于计算线性屈曲载荷并确定屈曲模态形状（结合瞬态动力学分析可以实现非线性屈曲分析）。

◆ 专项分析——断裂分析、复合材料分析、疲劳分析。专项分析用于模拟非常大的变形，惯性力占支配地位，并考虑所有的非线性行为。它的显式方程求解冲击、碰撞、快速成型等问题，是目前求解这类问题最有效的方法。

热分析一般不是单独的，其后往往进行结构分析，计算由于热膨胀或收缩不均匀引起的应力。热分析包括以下类型：

◆ 相变（熔化及凝固）——金属合金在温度变化时的相变，如铁合金中马氏体与奥氏体的转变。

◆ 内热源（例如电阻发热等）——存在热源问题，如加热炉中对工件进行加热。

◆ 热传导——热传递的一种方式，当相接触的两物体存在温度差时发生。

◆ 热对流——热传递的一种方式，当存在流体、气体和温度差时发生。

◆ 热辐射——热传递的一种方式，只要存在温度差时就会发生，可以在真空中进行。

1.2.2 ANSYS13.0 版本的新特点

新版本在三大领域体现全新价值：

◆ 更高精度和保真度：由于工程要求和设计复杂性的增加，仿真软件必须提供更精确的结果，能够真实反映随时间变化的运行条件。

◆ 更高生产力：ANSYS 13.0 版本包含的几十种功能特性，最大限度地减少产品开发团队在仿真过程中所需投入的时间和精力。

◆ 更高计算能力：对于一些工程仿真，ANSYS 13.0 的速度是先前版本 5 至 10 倍。即使是复杂的多物理场仿真，也能更迅速和有效地完成，加快产品开发和市场投放。

ANSYS 在其深厚的知识和经验的基础上，融合了丰富的几何和网格划分技术，整合后的几何和网格划分解决方案，使在不同的分析应用中可以共享几何和网格信息。ANSYS 13.0 对几何接口进行了增强，通过几何接口用户可以从 CAD 系统中输入更多的信息，包括新的数据类型如：用于模拟梁的线体；附加属性如颜色、坐标系及在 CAD 系统中改进的命名选择等。前处理大模型时，ANSYS 13.0 支持 64 位操作系统，可以对几何进行智能有选择更新。ANSYS 13.0 支持最新的 Windows 7 操作系统。

ANSYS 13.0 提供的自动网格划分解决方案在流体动力学中取得了很好的效果。应用 GAMBIT 和 TGrid 的网格附加功能，ANSYS 13.0 可以在用户最少的输入下自动生成 CFD 合适的四面体网格。另外，它新加入了许多新的改进湍流模型，能够更精确地捕捉物理现象。在 ANSYS FLUENT 中增加了适用于多相流的 $k-\omega$ 模型。嵌入式大涡模拟功能允许在部分流体域使用大涡模拟，而其他部分使用雷诺平均的湍流模型。因为大涡模拟消耗资源大，而基于雷诺平均的湍流模型计算快速。把这两种技术融合起来，可以只在关心的局部区域使用大涡模拟，在保证精度的前提下加速计算速度。融合了高级尺寸函数（与 GAMBIT 相似）、棱柱及四面体网格（来自 TGRID）及其他网格划分技术，改进了网格平滑度、网格质量、划分速度、曲率近似功能捕捉、边界分层捕捉等功能。更新了网格替换和重划分，关键帧的网格替换技术允许在一系列预先划分好的网格上求解。在每

个替换步,当前的求解结果插值到新的网格上。要替换的网格必须是相同的拓扑域,网格在替换时可以光顺。可以用动网格事件来定义网格替换的时间和文件名。ANSYS 13.0 中新增加的直角笛卡尔网格重划分功能可以增加精度。直角笛卡尔网格重划分功能在重划分整个区域时不考虑相邻区域的一致性连接关系。允许不借助前处理,能方便的从四面体网格替换到直角笛卡尔网格。尽管许多功能是出于流体动力学的应用而改进的,但是它们仍然可以用于其他仿真分析应用。如结构分析的用户可以应用这些功能,得到自动化和高质量的网格。新增多区域网格划分方法使用户在不进行几何分割的情况下,可以对复杂的几何模型划分纯六面体网格。参数化研究能帮助公司设计出更好的产品,或对产品性能有更深入的理解。在 ANSYS FLUENT 求解器中,集成了流体动力学的自动形状优化,使用梯度信息、网格变形技术和优化算法。例如,指定一个管道出口的流速达到最均匀,管道形状就可以自动确定出来。原始的设计采用直边,出口流动不均匀,ANSYS FLUENT 自动形状优化技术可以给出曲线的形状,以得到更均匀的出口速度分布。

ANSYS Workbench 框架支持直接耦合场分析,相关的直接耦合场单元(SOLID226 和 SOLID227)在 ANSYS 13.0 中支持热电耦合。此外,还有一个热电耦合分析系统支持温度相关材料的焦耳传热分析和高级热电效应,如 Peltier 和 Seebeck 效应。该新技术的应用领域包括集成电路、电子轨道、排线和热电制冷装置的焦耳热分析。

流固耦合功能中提出了一种新的 immersed solid FSI 算法。这是一种基于网格重叠的技术,流体和固体区域各自拥有一套网格,该算法可以帮助工程师模拟流场中运动刚体与流体之间的相互作用。

基于 ANSYS 先前的版本,ANSYS 13.0 继续发展智能工程仿真技术引领产品开发迈向新的阶段。通过压缩设计周期,优化产品多物理场性能,最大限度提高仿真模型精度和自动化仿真过程的,ANSYS 令创新性产品的问世更快速和便捷——这已成为当今复杂经济环境下的势在必行。

1.3 ANSYS13.0 的启用和配置

1.3.1 ANSYS13.0 的启动

用交互式方式启动 ANSYS: 选择【开始】>【程序】>【ANSYS13.0】>【Mechanical APDL (ANSYS)】即可启动,界面如图 1-4 所示。

1.3.2 ANSYS13.0 运行环境配置

ANSYS13.0 运行环境配置主要是在启动界面设置以下选项:

1. 选择 ANSYS 产品

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软件,需要针对不同的分析项目选择不同的 ANSYS 产品。

2. 选择 ANSYS 的工作目录

ANSYS 所有生成的文件都将写在此目录下。默认为上次定义的目录。

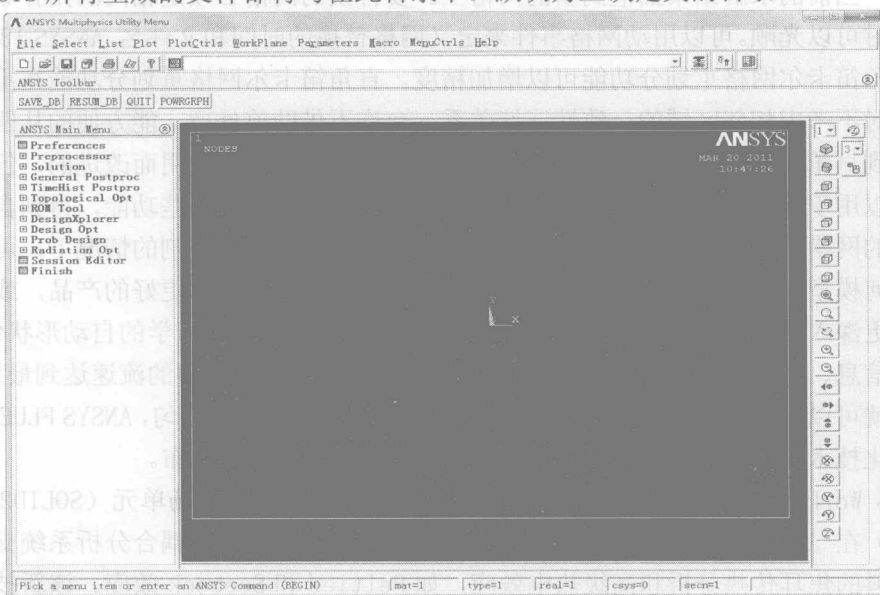


图 1-4 启动 ANSYS 用户界面

3. 选择图形设备名称

一般默认为 win32 选项，如果配置了 3D 显卡则选择 3D。

4. 设定初始工作文件名

默认为上次运行定义的工作文件名，第一次运行默认为 file。

5. 设定 ANSYS 工作空间及数据库大小

一般选择默认值即可。

1.4 程序结构

ANSYS 系统把各个分析过程分为一些模块进行操作，一个问题的分析主要可以经过这些模块的分步操作实现，各个模块组成了程序的结构。

1.4.1 处理器

在 ANSYS 中，一般用到的处理器有：前处理器、求解器、通用后处理器、时间历程后处理器、拓扑优化、优化设计等。

以上 6 个模块基本是按照操作顺序排列的，在分析一个问题时，大致是按照以上模块从上到下的顺序操作的。

1.4.2 文件格式

ANSYS 中涉及的主要文件的类型及格式如表 1-2 所示。

表 1-2 文件的类型及格式

文件的类型	文件的名称	文件的格式
日志文件	Jobname. LOG	文本
错误文件	Jobname. ERR	文本
输出文件	Jobname. OUT	文本
数据文件	Jobname. DB	二进制
结果文件： 结构或其耦合	Jobname. xxx	二进制
热	Jobname. RST	
磁场	Jobname. RTH	
流体	Jobname. RMG	
载荷步文件	Jobname. Sn	文本
图形文件	Jobname. GRPH	文本（特殊格式）
单元矩阵文件	Jobname. EMAT	二进制

1.4.3 输入方式

1. 交互方式运行 ANSYS

交互方式运行 ANSYS，可以通过菜单和对话框来运行 ANSYS 程序，在该方式下，可以很容易地运行 ANSYS 的图形功能、在线帮助和其他工具。也可以根据喜好来改变交互方式的布局。ANSYS 图形交互界面的构成有：应用菜单、工具条、图形窗口、输出窗口、输入窗口和主菜单。

2. 命令方式运行 ANSYS

命令方式运行 ANSYS，是在命令的输入窗口输入命令来运行 ANSYS 程序，该方式比交互式运行要方便和快捷，但对操作人员的要求较高。

1.4.4 输出文件类型

一般来说不同的分析类型有不同的文件类型，除了上面列出的文件外，表 1-3 列出了 ANSYS 分析时产生的临时文件类型。

表 1-3 临时文件类型

文件名称	文件格式	文件内容
ANO	文本	图形窗口的命令
BAT	文本	从 batch 文件中输入的数据
DO <i>n</i>	文本	Do-loop 命令中的计数值
DSCR	二进制	模态分析中的 Scratch 文件
EROT	二进制	单元旋转矩阵
LSCR	二进制	高级模态分析中的 Scratch 文件
LV	二进制	在子结构中产生并随多个载荷矢量传递的 Scratch 文件
LNxx	二进制	从 sparse 求解器产生的 Scratch 文件
MASS	二进制	模态分析中的压缩质量矩阵（子空间方法）
MMX	二进制	模态分析中的工作矩阵（子空间方法）
PAGE	二进制	ANSYS 虚拟内存的页面文件（数据库空间）
PCS	文本	从 PCG 求解器产生的 Scratch 文件
PC <i>n</i>	二进制	从 PCG 求解器产生的 Scratch 文件（ <i>n</i> =1 到 10）
SCR	二进制	从雅可比梯度求解器产生的 Scratch 文件
SSCR	二进制	从子结构求解器产生的 Scratch 文件