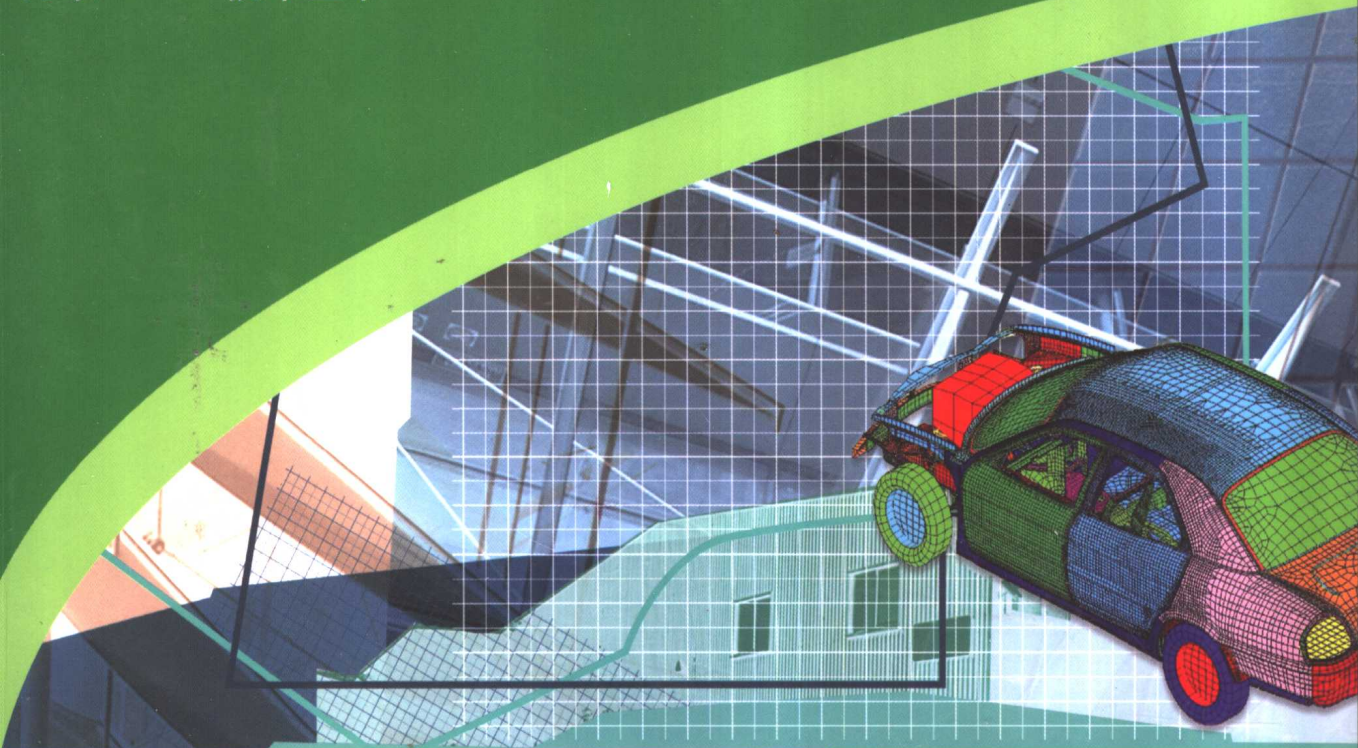


万水ANSYS技术丛书



ANSYS 7.0

基础教程与实例详解

博弈创作室 编 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

万水 ANSYS 技术丛书

ANSYS 7.0 基础教程与实例详解

博弈创作室 编著

中国水利水电出版社

内 容 提 要

ANSYS 有限元分析程序是著名的 CAE 供应商美国 ANSYS 公司的产品, 主要用于结构、热、流体和电磁四大物理场独立或耦合分析的 CAE 工具, 功能强大, 操作简易, 是一个便于学习和使用的优秀有限元分析程序。

本书前 7 章从 ANSYS 基础操作入手介绍 ANSYS 的运行环境、菜单系统、通用的分析技术以及高级操作技术, 根据有限元分析规律介绍各种有限元分析方案的制订方法, 包括单元选择、模型简化、网格划分控制、载荷施加技巧、边界条件处理、求解的策略、灵活运用各种后处理技术、分析处理结果数据以及制作 HTML 报告文档等一系列的有限元应用技巧, 让读者全面学习 ANSYS 基本技术的同时掌握有限元分析实际工程问题的一般规律与方法。本书除介绍适用四大物理场的通用功能之外, 主要针对结构领域的功能进行学习。

本书第 8 章配合前 7 章讲解的基础知识提供了丰富实例学习, 既提供有菜单操作过程说明, 又提供了命令流分析过程, 以便读者循序渐进地研究质点模型、弹簧模型、二力杆模型、梁模型、板壳模型、板梁混合模型、实体模型、刚性连接模型、耦合自由度模型、平面应变模型、轴对称模型等, 读者可以融会贯通地将它们用于解决实际工程问题。

本书主要适用于 ANSYS 的初学者, 对于一般用户和高级用户而言不但是菜单系统操作指南, 也是学习制订 ANSYS 工程问题分析方案、精通高级前后处理与求解技术的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

ANSYS 7.0 基础教程与实例详解 / 博弈创作室编著. —北京: 中国水利水电出版社, 2003

(万水 ANSYS 技术丛书)

ISBN 7-5084-1819-0

I. A… II. 博… III. 有限元分析—应用程序, ANSYS 7.0—教材
IV. 0241.82

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 108742 号

书 名	ANSYS 7.0 基础教程与实例详解
作 者	博弈创作室 编著
出版、发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@public3.bta.net.cn (万水) sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)、82562819 (万水) 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
经 售	
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京蓝空印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 18.75 印张 420 千字
版 次	2004 年 1 月第一版 2004 年 1 月北京第一次印刷
印 数	0001—5000 册
定 价	28.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

自从计算机问世以来，人类对计算机和相关的应用技术越来越依赖，甚至变成了不可或缺的工具。在各行各业进行产品设计分析过程中，从方案选择、方案实施、产品原型和实验，到最后产品定型和市场化，计算机技术始终服务着我们，CAD/CAE/CAM 以及 PDM 等是最常见的计算机应用技术。其中，CAE (Computer Aided Engineering) 即计算机辅助工程，在产品设计过程中根据提出的产品原型建立相应的计算机仿真模型和虚拟工作环境，利用计算机仿真程序检验产品的各种功能特性，测试产品能否实现预期的功能，并力求达到良好的经济效益和社会效益。在产品概念设计阶段、产品设计前期以及定型验算和实验研究的全部过程，CAE 技术已经成为必不可少的分析和优化技术，为产品的可靠性和高效性提供技术保证，同时避免大量实验验证过程，降低设计成本，提高设计效率，缩短开发周期，最终达到提高产品竞争力的目的，取得生存优势。

相对于传统设计分析手段，如按规范设计、实验方法、经验方法设计等设计方法，CAE 技术具有极大的优势。实验方法要求设计人员必须制造出不同实验产品，然后进行实验测试和评估，通过实验查找设计中的不足并不停改进，需要反反复复，周期不可控制，而且人为因素和实验的随机性和误差等不可确定性影响因素很多，使实验的正确性和成功率难以得到保证，另外实验和模型的费用往往十分昂贵。经验方法对于行业新人来说十分困难，因为经验产生的条件和背景他们往往不是特别清楚，致使在利用经验的过程中难免不出现失误，这就成为产品可靠性和安全性的巨大隐患。总之，传统的许多分析方法越来越难以满足我们社会高速发展带来的丰富而又多变的需要，难以满足高社会效益和高性能提出的精益设计的要求，而 CAE 技术正是设计分析技术的革命，为广大工程设计人员提供一个很好计算设计分析平台，完成产品设计的仿真工作。在当今世界上，美国 ANSYS 公司是最具盛名的 CAE 提供商之一，它提供 CAE 设计分析程序 ANSYS 系列产品，功能完善，在世界上得到广泛应用。

在 ANSYS 得到广泛应用的同时，许多技术人员对 ANSYS 程序的了解和认识还不够系统全面，这会给我们的工作和研究带来许多隐患和障碍。一方面，分析人员需要花费大量的精力去学习 ANSYS，熟悉应用环境和系统资源，掌握关心的技术，研究其运用的规律和技巧，研究分析不同问题的技巧。这个过程本身是很难的，因为 ANSYS 只是我们工作和研究的工具之一，我们需要的功能也往往只是其中的一个部分，如何在最短时间掌握所关心的技术才是我们的关键所在；另一方面，ANSYS 的技术资料较少，学习培训的机会也少，许多分析人员感到无从下手，不知道如何学习 ANSYS，自己掌握到什么程度才能顺利正确地完成自己的分析工作。这些都是广大分析人员面临的问题，为适应需要特此撰写本书，供大家参考，限于水平有限，难免有不足之处，敬请各位读者指教。

作者

2003 年 7 月

目 录

前言

第 1 章 ANSYS 程序概况	1
1.1 ANSYS 公司介绍	1
1.2 ANSYS 主要分析产品系列	2
1.2.1 ANSYS 传统产品系列	2
1.2.2 ANSYS Workbench 产品系列	3
1.2.3 AI*系列产品	4
1.2.4 ANSYS CAD 接口产品	4
1.3 ANSYS 启动、退出与 GUI 环境	4
1.3.1 启动 ANSYS 程序	4
1.3.2 退出 ANSYS 程序	7
1.3.3 ANSYS 程序的组织体系与界面系统构成	8
1.3.4 使用帮助系统	9
1.4 ANSYS 常用菜单与对话框操作指南	10
1.4.1 主菜单用法	10
1.4.2 公用菜单用法	10
1.4.3 输入窗口交互操作	11
1.4.4 快捷功能图标按钮用法	11
1.4.5 工具栏按钮用法	11
1.4.6 显现/隐藏图标用法	12
1.4.7 对话框执行按钮用法	12
1.4.8 平移、缩放和旋转图形变换对话框用法	12
1.4.9 图形拾取用法	14
1.5 ANSYS 文件系统和文件操作	15
1.5.1 ANSYS 文件类型	15
1.5.2 清除数据库开始新分析	16
1.5.3 保存和恢复数据库文件	16
1.5.4 更改工作文件名	17
1.5.5 文字信息输出定向到屏幕或者文件	17
1.5.6 读入/写出文本文件	17
1.5.7 列表显示文件信息	18
1.5.8 文件操作	18

第 2 章 ANSYS 标准求解过程与分析方案制订	20
2.1 ANSYS 有限元求解的基本步骤	20
2.2 标准求解过程实例演示	21
2.2.1 利用交互界面实现 FEM 过程	21
2.2.2 利用命令流文件实现 FEM 过程	24
2.2.3 ANSYS 标准过程的几点说明	26
2.3 制定 ANSYS 分析方案	27
2.3.1 影响制订分析方案的因素	27
2.3.2 模型对称性	28
2.3.3 平面应力与平面应变	30
2.3.4 熟悉 ANSYS 单元库介绍, 选用合理的单元类型	31
2.3.5 针对不同的求解确定网格离散方案和密度	32
2.3.6 处理连接关系	32
2.3.7 如何预留载荷施加位置	33
2.3.8 制定求解过程方案	34
2.3.9 需要进一步考虑的问题	35
第 3 章 创建几何模型	37
3.1 CAD 实体造型简介	37
3.1.1 两种获取 CAD 实体模型途径	37
3.1.2 两种实体建模思路	37
3.2 ANSYS 的坐标系及其操作	38
3.2.1 坐标系的种类	38
3.2.2 总体坐标系及其操作	39
3.2.3 局部坐标系及其操作	40
3.2.4 工作平面及其操作	41
3.2.5 显示坐标系	43
3.2.6 检查坐标系系统状态	44
3.3 创建 CAD 模型菜单系统的组成	44
3.4 创建基本几何元素	45
3.4.1 创建关键点与硬点	45
3.4.2 创建线	46
3.4.3 创建面	47
3.4.4 创建体	49
3.5 布尔运算	51
3.5.1 布尔运算的设置	51
3.5.2 布尔运算的操作类型与用法	52
3.6 拖拉	55

3.7	比例缩放	56
3.8	计算几何特性	57
3.9	移动与修改	58
3.9.1	移动关键点、线、面、体和节点	59
3.9.2	修改节点坐标系	59
3.9.3	修改单元属性、中节点和法向	60
3.9.4	转换坐标系	60
3.9.5	颠倒法向或方向	61
3.10	拷贝	61
3.11	镜面映射	62
3.12	延伸线	63
3.13	删除	64
3.14	合并	64
3.15	CAD 接口功能简介	65
3.15.1	IGES 导入	65
3.15.2	Pro/E 接口	66
3.15.3	UG 接口	66
3.15.4	SAT 接口	67
3.15.5	Parasolid 接口	67
3.15.6	CATIA 接口	67
3.16	CAD 模型实例练习	67
3.16.1	样条曲线/镜面映射/路径拖拉操作实例: 工字截面曲梁	67
3.16.2	倒角/旋转体/WP/局部坐标系/旋转拷贝/合并操作实例: 皮带轮	70
3.16.3	拖拉缩放实例: 机翼	74
3.16.4	局部坐标系实例: 椭圆线	77
3.16.5	自定向下的建模实例: 六角圆头螺杆	78
第 4 章	创建有限元模型与网格划分	81
4.1	单元库、定义单元类型及其实常数	82
4.1.1	ANSYS 单元库构成体系	82
4.1.2	定义单元的类型	84
4.1.3	定义单元实常数	86
4.2	定义材料模型及其属性	87
4.2.1	ANSYS 树形结构的材料模型库	88
4.2.2	增加新材料模型	93
4.2.3	给指定编号的材料定义材料模型并输入属性参数	93
4.2.4	复制材料模型及其属性参数	95
4.2.5	删除材料模型	95

4.2.6	退出定义材料模型	95
4.3	创建节点单元模型过程	95
4.3.1	创建节点	96
4.3.2	定义并指定缺省单元属性	96
4.3.3	创建单元	96
4.4	CAD 模型的网格划分过程	97
4.4.1	给几何对象（点/线/面/体）分配单元属性	98
4.4.2	网格密度控制技术	98
4.4.3	设置划分器的网格划分选项	102
4.4.4	划分关键点上的网格	106
4.4.5	划分线上的网格	106
4.4.6	划分面上的自由与映射网格	106
4.4.7	划分体上的自由与映射网格	107
4.4.8	划分体上的扫掠网格	109
4.4.9	拖拉生成拖拉几何体与拖拉网格	111
4.5	使用网格划分工具 MeshTool	112
4.6	自由度耦合与约束方程	113
4.7	修改有限元模型	119
4.8	检查网格	127
4.9	检查有限元模型	128
第 5 章	施加载荷与求解过程	129
5.1	求解器环境与菜单系统	129
5.2	单载荷步求解过程	130
5.2.1	选择分析类型	130
5.2.2	设置分析类型选项	131
5.2.3	施加边界条件与载荷	133
5.2.4	设置载荷步选项：时间、载荷步、载荷子步与平衡迭代	134
5.2.5	设置载荷步选项：求解输出控制	135
5.2.6	求解控制对话框及其用法	137
5.3	多载荷步求解过程	139
5.3.1	连续多载荷步求解法	139
5.3.2	DO 循环控制的参数化求解法	140
5.3.3	表载荷求解法	141
5.3.4	定义载荷步文件批求解法	144
5.4	中断与重启动求解过程	145
5.4.1	中断求解过程	146
5.4.2	重启动求解	146

5.5	预测求解时间、规模与内存需求	148
5.6	载荷种类及其施加方式	148
5.7	施加载荷的设置选项	149
5.8	施加位移载荷的方法	151
5.9	施加集中力载荷的方法	153
5.10	施加压力载荷的方法	153
5.11	施加温度载荷的方法	155
5.12	施加线加速度、转速与转动加速度等惯性载荷的方法	156
5.13	施加轴对称载荷的方法	157
5.14	施加初始应力载荷的方法	158
5.15	利用表面效应单元施加表面载荷的方法	160
5.16	施加预紧力单元预紧力载荷的方法	161
5.17	施加耦合场载荷的方法	162
5.18	删除载荷的方法	163
5.19	载荷缩放与转换运算的方法	164
第 6 章	结果后处理过程	166
6.1	后处理器环境、结果文件与结果数据	166
6.2	通用后处理器 (POST1)	166
6.2.1	指定用于后处理的文件与结果数据	167
6.2.2	浏览结果文件包含的结果序列	167
6.2.3	读入用于后处理的结果序列	167
6.2.4	结果输出方式控制与图形显示方式	168
6.2.5	图形显示结果、切片显示、抓图和结果动画	170
6.2.6	列表显示结果 (排序, 节点结果/单元结果, 节点载荷/支撑反力等) ...	173
6.2.7	查询结果	175
6.2.8	节点积分计算内力	176
6.2.9	单元表处理单元结果	177
6.2.10	路径上的分布结果处理	179
6.2.11	载荷工况组合运算	184
6.2.12	PGR 文件与结果观察器 Results Viewer	186
6.2.13	不同网格间的位移插值 (用于子模型技术)	190
6.2.14	分析计算误差	191
6.2.15	其他后处理技术	191
6.3	时间历程后处理器 (POST26)	192
6.3.1	进入时间-历程处理器	192
6.3.2	时间历程后处理器环境设置	193
6.3.3	存储后处理数据	195

6.3.4	定义时间历程结果记录变量	195
6.3.5	列表显示时间历程结果记录变量和极值	198
6.3.6	绘制时间历程结果记录变量曲线	198
6.3.7	变量的数学运算	199
6.3.8	时间历程结果记录变量与数组间的数据转换	200
6.3.9	时间历程结果记录变量的平滑处理	200
6.3.10	根据时间历程结果记录变量生成响应谱	202
6.3.11	计算随机振动的响应功率谱密度	202
6.3.12	计算随机振动的响应协方差	203
6.3.13	时间历程结果记录变量观察器 Variable Viewer	204
第 7 章	高级操作功能	208
7.1	选择、组件与部件	208
7.1.1	选择、组件与部件的关系与定义	208
7.1.2	利用实体选择工具进行实体选择	208
7.1.3	组件的创建、删除与选择操作	210
7.1.4	部件的创建、编辑、删除与选择操作	211
7.1.5	重新激活数据库包含的完整集合	212
7.1.6	选择属于当前集包含对象的下级实体对象	213
7.2	数据库信息查询工具	213
7.2.1	列表检查数据库的全部信息	213
7.2.2	查询拾取对象的信息	214
7.2.3	查询关键点或节点间的距离	215
7.3	绘图控制	215
7.3.1	图形显示方式: PowerGraph Mode/Full Mode	215
7.3.2	显示/隐藏模型对象的颜色与编号	216
7.3.3	显示/隐藏对象的边界	217
7.3.4	即时刷新图形窗口	217
7.3.5	图形显示方位与变换	218
7.3.6	显示/隐藏图形标示符	219
7.3.7	控制窗口显示风格、显示信息与多窗口显示	219
7.3.8	显示壳、线单元的真实形状与改变显示纵横比	220
7.3.9	后处理结果时控制位移显示比例	220
7.3.10	抓图与动画	220
7.3.11	图形注释	221
7.4	报告生成器	221
7.4.1	启动报告生成器	222
7.4.2	抓取图像	223

7.4.3	捕捉动画	223
7.4.4	获取数据表格	224
7.4.5	获取数据列表	225
7.4.6	将资源组装成 HTML 报告	226
7.4.7	设置报告生成器选项	227
7.4.8	生成报告实例练习	228
第 8 章	学习实例与点评	230
8.1	线模型及其后处理: 弹簧-质量系统	230
8.1.1	菜单建模分析过程	230
8.1.2	命令流建模分析过程	232
8.1.3	点评	234
8.2	线模型及其后处理: 集中质量—弹簧系统	235
8.2.1	菜单建模分析过程	235
8.2.2	命令流建模分析过程	237
8.2.3	点评	238
8.3	杆系模型及其后处理: 二力杆结构	238
8.3.1	菜单建模分析过程	239
8.3.2	命令流建模分析过程	242
8.3.3	点评	244
8.4	配筋板桥模型及其后处理: 板壳与配筋梁混合系统	244
8.4.1	菜单建模分析过程	244
8.4.2	命令流建模分析过程	251
8.4.3	点评	255
8.5	实体模型及其后处理: 止推轴承座托架	255
8.5.1	菜单建模分析过程	256
8.5.2	命令流建模分析过程	261
8.5.3	点评	264
8.6	刚性连接模型: 刚臂单元连接壳单元与梁单元模型	264
8.6.1	菜单建模分析过程	264
8.6.2	命令流建模分析过程	269
8.6.3	点评	272
8.7	自由度耦合模型: 顶部连接的两独立梁	272
8.7.1	菜单建模分析过程	273
8.7.2	命令流建模分析过程	277
8.7.3	点评	279
8.8	平面应变问题: 大坝分析	279
8.8.1	菜单建模分析过程	279

8.8.2 命令流建模分析过程282

8.8.3 点评284

8.9 轴对称问题：圆柱筒端部受压分析.....284

8.9.1 菜单建模分析过程284

8.9.2 命令流建模分析过程286

8.9.3 点评288

第 1 章 ANSYS 程序概况

1.1 ANSYS 公司介绍

美国 ANSYS 公司成立于 1970 年, 创始人是 John Swanson 博士, 总部位于美国宾西法尼亚州的匹兹堡。ANSYS 程序是一个通用设计分析软件, 早期的产品只提供热分析和线性结构分析功能, 只能运行在大型计算机上, 必须通过编写分析代码按照批处理方式执行。20 世纪 70 年代后, 逐步增加了非线性计算功能、更多的单元类型以及子结构等技术。随着小型机和 PC 机的出现, 操作系统进入图形交互方式以后, ANSYS 程序建立了交互式操作菜单环境, 极大地简化了分析过程的操作性, 使设计分析更加直观和可视化, 程序不再仅仅是求解器, 同时提供前后处理器, 对模型的创建和结果的处理更加方便。

随着分析技术的进步, 许多新的设计分析概念和方法不断充实到 ANSYS 程序中, ANSYS 程序推出微机版程序, 使得 ANSYS 普及应用取得巨大成功, 经历了 4.X、5.X、6.X 到今天的 ANSYS 7.0, ANSYS 程序的功能不断丰富, 更加完善, 求解的速度和规模也越来越大, 操作也越来越方便, 便于学习和掌握, 受到国内外工程人员的极大欢迎。

三十多年以来, ANSYS 公司紧跟世界最新的计算方法和计算机技术, 领导着有限元界发展的趋势, 形成强大的分析功能。ANSYS 程序是能够同时分析结构、热、流体、电磁、声学的高级多物理场耦合分析程序, 先进的多物理场耦合分析技术现今世界首屈一指。各独立物理场的分析功能包括各种结构的静动力线性或非线性分析、温度场的稳态或瞬态分析以及相变、计算流体动力学分析、声学分析和电磁分析。另外, 还提供目标设计优化、拓扑优化、概率有限元设计、二次开发技术(参数设计语言 APDL、用户图形界面设计语言 UIDL 以及用户可编程特性 UPFs)、子结构、子模型、单元生死、疲劳断裂计算等先进技术。

ANSYS 提供基于 Motif 的菜单系统, 用户可以利用各种对话框、下拉式菜单和子菜单进行数据输入和功能选择, 同时提供许多方便分析导航菜单, 如接触导航菜单方便地引导我们自动创建接触分析模型。所有的菜单系统用户可以根据需要进行用户化定制。

ANSYS 提供 CAD 导入/导出接口, 方便地实现于 CAD 之间模型的转换工作。当用户已经在 CAD 程序中创建好模型后, 可以通过专用 CAD 程序接口或标准图形文件格式将模型转入 ANSYS 程序, 避免了重复建模工作。ANSYS CAD 接口产品支持流行的 CAD 软件, 如 Pro/Engineer, CADDs, UG, SolidEdge 等, 没有直接转换接口的 CAD 程序可以通过如 IGS, STEP, Parasolid 或 SAT 等格式文件进行转换输入 ANSYS。

ANSYS 公司十分注重产品的质量保证, 在 1983 年成立了总裁直接领导 QA 部, 专门负责软件质量及可靠性测试。ANSYS 的每个版本的产品发布之前必须经过质量测试题库

中 5 000 道以上考题测试, 并发放给部分大用户进行试用测试。ANSYS 的全部测试已经实现计算机自动化, 专用测试系统保证运行的可靠性和计算结果的精确性。ANSYS 作为分析软件于 1995 年 5 月第一个通过了 ISO9001 质量认证, 现在已经通过 ISO9001 2000 质量认证。

在中国, ANSYS 有专门的办事处, 在销售和技术支持等方面提供各种服务。ANSYS 软件在各高校、科研院所、设计和生产单位得到应用, 用户涉及航空航天、国防军工、核工、铁道、造船、汽车、石油化工、能源、机械制造、水利水电、建筑、桥梁、土木工程、生物医学、地矿、电子、电力、通讯、日用家电家具等几乎所有学术界、工业界和企业界。

1.2 ANSYS 主要分析产品系列

随着新技术和新算法的大量引入, ANSYS 公司最近几年发布的产品越来越丰富, 总体上大致分为 3 个序列:

- ANSYS 传统产品
- ANSYS Workbench 产品
- AI*系列产品

除此之外, 还有 CAD 接口产品、并行计算产品等相关产品, 它们存在于上述系列产品之中或者依附于某个产品。下面简要介绍主要产品的定位和主要功能, 更加准确全面的信息参见 ANSYS 网站或公司发布的产品信息。

1.2.1 ANSYS 传统产品系列

ANSYS 传统产品系列是一套可自由选配集成的功能模块组成的产品系列, 用户根据需要集成某些模块以便满足各自行业的工程需求。ANSYS/Multiphysics 是 ANSYS 公司独一无二的多场耦合分析产品, 除此之外还提供各种可独立运行的模块(如图 1-1 所示)。下面分别简要介绍这些产品或模块。

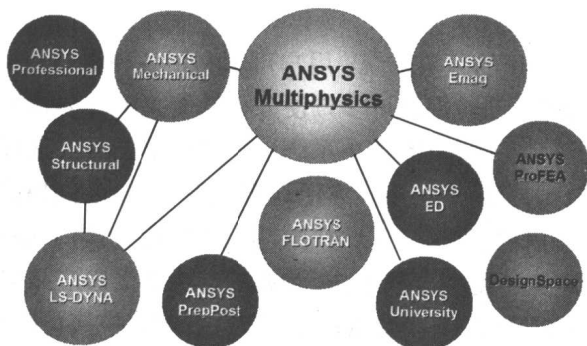


图 1-1 ANSYS 7.0 产品家族

(1) ANSYS/Multiphysics: 最完整强大产品, 是一个多物理场耦合的分析程序包, 可

以进行结构、热、流体流动、电磁等独立分析，也可以进行这四大物理场耦合分析，模拟它们工作时的相互作用，真实逼近真实世界的行为状态。

(2) ANSYS/Mechanical: 提供完整的结构、热、压电及声学分析。

(3) ANSYS/Structural: 提供完整的结构分析功能，包括几何非线性、材料非线性、单元非线性及屈曲分析、各种动力学分析等计算能力。

(4) ANSYS/Linear plus: 从 ANSYS/Structural 派生出来的，仅提供一个线性结构分析能力，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: 从 ANSYS/Mechanical 中派生出来的，提供独立的热分析功能。

(6) ANSYS/PrepPost: 提供前处理阶段的建立有限元模型功能以及后处理阶段的结果分析处理。

(7) ANSYS/ED: 提供 ANSYS/Multiphysics 的全部功能，但规模限制在很小的级别上，仅仅用于教学目的。

(8) ANSYS/FLOTRAN: 提供计算流体动力学分析功能 (CFD)，计算能力包括层流、紊流、可压缩流及不可压缩流等。

(9) ANSYS/Emag: 提供电磁分析功能，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，用于解决高度非线性结构动力问题，主要解决模拟板料成形、碰撞、爆炸、大变形冲击、材料非线性、多体接触等计算能力。

(11) ANSYS/LS-DYNA PrepPost: 提供 ANSYS/LS-DYNA 的前后处理功能，包括实体建模、网格剖分、加载、边界条件、等值线显示、计算结果评价以及动画。

1.2.2 ANSYS Workbench 产品系列

ANSYS 7.0 是 ANSYS 公司新推出的同时继承多项最新技术形成的新产品系列，是一个开放性的开发平台，可以实现与 CAD 集成以及双向参数化，定制用户化的完整 CAE 解决方案。主要由以下几个产品组成：

(1) ANSYS Workbench Environment: 是 ANSYS 下一代集成分析环境，目前与经典的 ANSYS 环境并存，提供一个高度集成 CAD 系统、设计过程和 CAE 仿真分析于一体的开放性应用平台。

(2) ANSYS DesignSpace: 实现 CAD 模型导入、简易 CAE 分析和自动提供分析报告的快速校验工具。

(3) ANSYS DesignXplorer: 参数化的 CAD 模型与 CAE 仿真，可以实现与 CAD 系统双向参数传递，采用 DOE 优化技术进行系统优化设计分析。

(4) ANSYS Workbench SDK: 支持脚本语言与用户化开发的工具。

(5) ANSYS Analysis Geometry Processor (AGP): 是一个实现几何生成、导入以及修复的几何处理器，提供有 CAD 建模工具，CAD 模型导入、修复以及与 CAD 系统进行双向参数传递的功能。

1.2.3 AI*系列产品

从目前看,该产品系列是 ANSYS 公司分别基于 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。下面是它们的简要介绍:

(1) AI*Environment release 1.0: 基于 ICEM CFD 技术开发的为各种 CAE 求解器(如: AI*NATRAN、MSC NATRAN、ANSYS 或其他产品,但目前只支持前两种产品)提供前后处理环境,主要特点是具有强大建模与网格划分技术,以及灵活丰富的后处理能力。

(2) AI*NASTRAN: 基于在航空航天仿真分析领域有 40 余年历史的 NASTRAN 技术开发的用于大型复杂问题进行 CAE 分析的高效求解器,目前仅提供简单的静力分析和模态分析能力。

1.2.4 ANSYS CAD 接口产品

传统的 ANSYS 产品的前处理程序提供有一套完整建模工具,但随着 ANSYS 产品的丰富和 CAD 技术的发展,一个明显的趋势是有限元程序逐渐减少建模的开发力度,转而开发功能完善兼容性好的 CAD 接口产品,直接利用 CAD 产品的图形文件进行有限元分析处理。这样,大大减少了分析人员的工作量,避免建模的重复性工作。

ANSYS 针对不同的产品系列提供两套完全不同接口程序:

(1) ANSYS 传统产品: 提供面向 Pro/E, Catia, SAT, Parasolid 等 CAD 产品的专用接口产品,一般称为 ANSYS Connection for XXX。这些接口程序将对应 CAD 产品的图形文件读入并导入到 ANSYS 环境。

(2) ANSYS Workbench 产品: 提供面向 Pro/E, Catia, Autodesk Inventor, Autodesk MDT, Solid Edge, SolidWorks, SAT, Parasolid 等 CAD 产品的专用接口,可以在自身环境中直接打开它们的 CAD 图形文件。另外,还可以以插件的形式嵌入到 CAD 系统中,直接从 CAD 系统启动 ANSYS Workbench 产品并传入 CAD 模型,这时两个系统之间的 CAD 参数可以实现双向传递。

ANSYS 的产品线十分丰富,涵盖面十分广泛,上述只能为读者了解 ANSYS 产品线整理一个简要提纲和大致概貌,希望读者在学习和使用中切身体会不同产品的功能和特点。注意,本书将围绕传统产品的结构分析功能进行全面学习和讨论。

1.3 ANSYS 启动、退出与 GUI 环境

1.3.1 启动 ANSYS 程序

本书主要介绍 Windows 操作系统 ANSYS 程序的使用方法。当 ANSYS 程序正确安装成功以后,在 Windows 操作系统中就可以找到 ANSYS 的安装程序: 开始>程序> ANSYS Release 7.0 (如图 1-2 所示),所有的启动与管理程序都在该路径下面,主要包括以下几个方面的菜单:

ANSYS 在 Windows 环境下有 3 种启动运行方式:

- (1) 交互运行方式: ANSYS InterActive。
- (2) 批处理运行方式: ANSYS Batch。
- (3) 命令行运行方式: DOS 命令窗口/运行窗口中执行 ansys70 启动执行文件。



图 1-2 ANSYS 程序安装成功的状态

1.3.1.1 交互方式启动 ANSYS 程序

选择操作系统路径: 开始>程序>ANSYS Release 7.0> ANSYS InterActive, 弹出交互启动界面, 如图 1-3 所示。

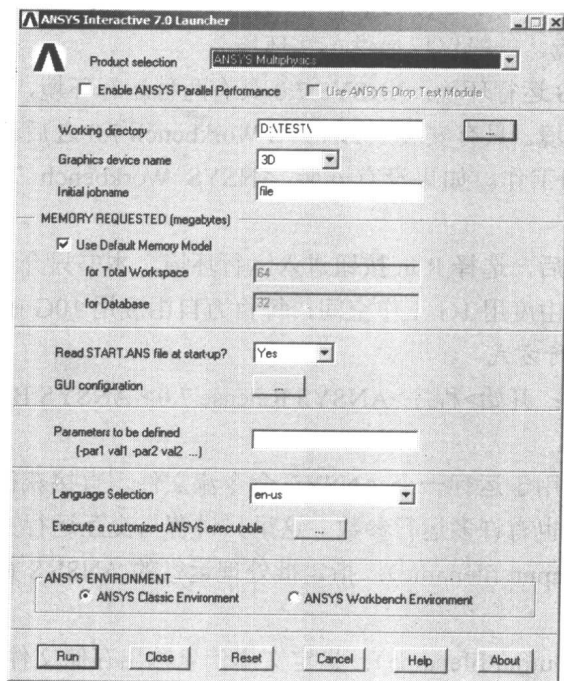


图 1-3 ANSYS 交互启动界面

从启动界面看, 启动 ANSYS 程序时需要选择或设置一系列的启动参数。下面介绍部分主要参数:

- (1) 选择产品: ANSYS 家族由许多产品构成, 用户购买产品后获得产品授权, 准许