

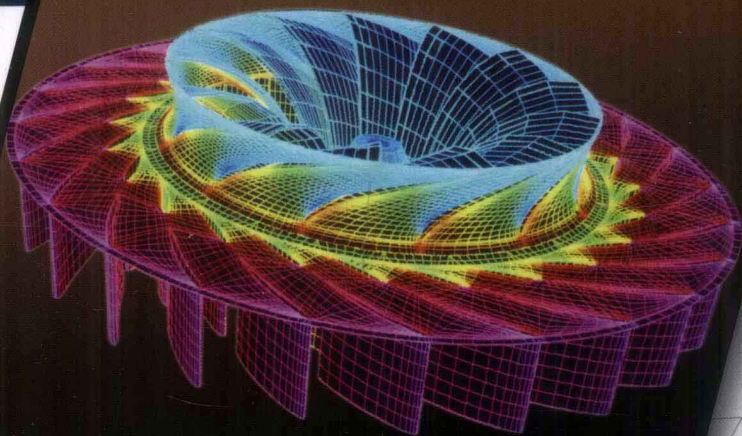
ANSYS

机械工程应用精华 50 例

(第3版)

高耀东 刘学杰 主 编
何建霞 副主编

案例 + 经验 + 练习 = 快速提高与应用



温馨提示:
提供所有案例源文件

请登录华信教育资源网: www.hxedu.com.cn

ANSYS 机械工程应用精华 50 例

(第 3 版)

高耀东 刘学杰 主 编
何建霞 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书是在总结多年教学和工程经验的基础上,从使学习者快速入门并能够解决实际问题的想法出发,介绍了50个ANSYS在机械工程领域的典型应用实例。学习者可以跟随本书所介绍的分析步骤和过程,快速入门。然后通过练习与操作,理解本书所介绍的分析步骤和过程,从而达到在较短时间内,既知其然,又知其所以然,真正掌握ANSYS和有限元分析方法,并能灵活应用于实际问题中。

本书可以作为机械设计、有限元分析等工程技术人员的参考用书,也可作为高校的教材和ANSYS入门者的学习用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

ANSYS 机械工程应用精华 50 例(第3版) / 高耀东, 刘学杰主编. —北京: 电子工业出版社, 2011.5
ISBN 978-7-121-13369-5

I. ①A… II. ①高… ②刘… III. ①机械设计—有限元分析—应用程序, ANSYS IV. ①TH122-39
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 074968 号

特约编辑: 史 涛

责任编辑: 朱清江

印 刷: 北京京师印务有限公司
装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 38 字数: 990 千字

印 次: 2011 年 5 月第 1 次印刷

定 价: 65.00 元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zllts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

ANSYS 软件是国际流行的大型通用商业有限元分析软件,其界面友好、功能强大,可以模拟结构、热、流体、电磁、声学等领域的各种复杂物理现象。从 20 世纪 90 年代开始,ANSYS 软件在我国机械设计与制造、航空航天、交通、化工、能源、电子等行业得到了大量的应用,为各领域的科学研究和产品开发作出了巨大的贡献。

本书是《ANSYS 机械工程应用精华 30 例(第 2 版)》一书的升级版,原书出版之后,得到了广大读者和同行专家的认可和厚爱。应读者的要求,作者在原书的基础上进行了全面和深入的修正,同时采用 ANSYS 软件最新版本,增添最新的典型工程实例,对命令流进行解释说明,并且采纳了读者的一些合理建议,使得全书内容更丰富、更全面,读者也更容易学习和掌握。

目前,ANSYS 软件的使用越来越普及,不仅在各大大专院校、科研院所被广泛使用于工程实践,一些本科生、研究生在学习时也用到了 ANSYS 软件,很多高校在本科阶段就已开设了相关的课程。但是,由于该软件结构庞大且相关知识较多,给学习带来了极大的困难。现今有关 ANSYS 软件的书籍虽然也有不少,但多数以介绍 ANSYS 软件的基本操作为主,初学者不易根据其内容直接解决实际问题。有的书籍也介绍一部分实例,但是这些实例的分析过程和分析结果正确与否难以检验,为 ANSYS 软件的学习和应用带来了一定的困难。

本书是在总结多年教学和使用经验的基础上,从使学习者快速入门并能够解决实际问题的想法出发,介绍了一些 ANSYS 在机械工程领域的应用实例,有的简单易学,有的接近工程实际。学习者可以跟随本书所介绍的分析步骤和过程,快速入门。然后根据本书的讲解并参照其他书籍,理解本书所介绍的分析步骤和过程。从而达到在较短时间内,既知其然,又知其所以然,真正掌握 ANSYS 和有限元分析方法,并能灵活应用于解决实际问题。

本书所介绍的应用实例,基本涵盖了 ANSYS 和有限元法在机械工程领域的应用,多数实例都通过解析解对有限元解进行了验证,以解除学习者对有限元解正误的困惑;每个实例都介绍了菜单法分析过程和对应的命令流,以使初学者迅速入门,高级用户掌握方法和步骤以解决类似实际问题;另外,本书还在部分实例中配备了习题,以配合学习和教学。

本书由高耀东、刘学杰任主编,何建霞任副主编。参加编写的有内蒙古北方重工业集团有限公司何建霞(第 1~4 例)、清华大学精密仪器系周怀宇(第 7~10 例)、内蒙古北方重工业集团有限公司杨秀珍(第 11~16 例)、内蒙古科技大学刘学杰(第 17~23 例)、包头钢铁研究设计院崔磊(第 24~31 例)、内蒙古科技大学王振芳(第 32~36 例、附录)、内蒙古科技大学张鑫宇(第 37~43 例)、内蒙古科技大学高耀东(第 5~6 例、第 44~50 例)。内蒙古科技大学李强教授、任学平教授、汪建新教授、王春香教授、关丽坤教授仔细审阅了书稿,并提出了许多宝贵的意见和建议。另外,在本书的编写过程中还得到了很多同仁和读者的关心与支持,徐海涛、张福宽、韩在银、张月娟同学也参加了书稿的整理和编校,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在一些疏漏和不足之处,敬请广大读者不吝赐教、批评指正。

编 者

目 录

绪论	1	(二) 命令输入方法	5
一、ANSYS 软件简介	1	(三) 启动图形用户界面	6
(一) ANSYS 的主要功能	1	(四) 图形用户界面	6
(二) ANSYS 的特点	2	(五) 对话框及其组成控件	7
(三) ANSYS 产品简介	3	三、ANSYS 的菜单系统	10
(四) ANSYS 软件的结构	3	(一) 通用菜单	10
二、ANSYS 软件的使用	4	(二) 主菜单	11
(一) ANSYS 软件解决问题的步骤	4	(三) 选择实体命令	13

第一篇 前 处 理

第 1 例 关键点和线的创建实例——正弦曲线	16	3.3 命令流	38
1.1 原理	16	练习题	39
1.2 创建步骤	16	第 4 例 复杂形状实体的创建实例——杯子	40
1.3 命令流	22	4.1 杯子的视图	40
练习题	22	4.2 创建步骤	40
第 2 例 工作平面的应用实例——相交圆柱体	24	4.3 命令流	45
2.1 相交圆柱体的视图	24	练习题	46
2.2 创建步骤	24	第 5 例 有限元模型创建实例——实体建模法	48
2.3 总结	29	5.1 概述	48
2.4 命令流	29	5.2 问题描述	49
练习题	30	5.3 分析步骤	49
第 3 例 复杂形状实体的创建实例——螺栓	31	5.4 命令流	55
3.1 螺栓的视图	31	练习题	56
3.2 创建步骤	31		

第二篇 结构静力学分析

第 6 例 杆系结构的静力学分析实例——平面桁架	57	第 8 例 平面问题的求解实例——厚壁圆筒问题	72
6.1 概述	57	8.1 概述	72
6.2 问题描述及解析解	58	8.2 问题描述及解析解	72
6.3 分析步骤	58	8.3 分析步骤	73
6.4 命令流	64	8.4 命令流	79
练习题	64	练习题	80
第 7 例 杆系结构的静力学分析实例——悬臂梁	66	第 9 例 静力学问题的求解实例	
7.1 问题描述及解析解	66	——扳手的受力分析	81
7.2 分析步骤	66	9.1 问题描述	81
7.3 命令流	71	9.2 分析步骤	81
		9.3 命令流	91

练习题	92
第 10 例 各种坐标系的应用实例	
——圆轴扭转分析	93
10.1 坐标系和工作平面概述	93

10.2 问题描述及解析解	96
10.3 分析步骤	96
10.4 命令流	105

第三篇 结构动力学分析

第 11 例 模态分析实例	
——均匀直杆的固有频率分析	107
11.1 概述	107
11.1.1 模态分析的定义	107
11.1.2 模态分析的步骤	107
11.2 问题描述及解析解	108
11.3 分析步骤	109
11.4 命令流	115
练习题	116

第 12 例 模态分析实例	
——斜齿圆柱齿轮的固有频率分析	117
12.1 问题描述及解析解	117
12.2 分析步骤	118
12.3 命令流	126

第 13 例 有预应力模态分析实例	
——弦的横向振动	129
13.1 概述	129
13.2 问题描述及解析解	129
13.3 分析步骤	130
13.4 命令流	138
练习题	139

第 14 例 循环对称结构模态分析实例	
——转子的固有频率分析	140
14.1 概述	140
14.2 问题描述	141
14.3 分析步骤	141
14.4 命令流	150
14.5 对整体结构进行模态分析的命令流	151

第 15 例 谐响应分析实例	
——单自由度系统的受迫振动	153
15.1 概述	153
15.2 问题描述及解析解	154
15.3 分析步骤	155
15.4 命令流	163
练习题	164

第 16 例 瞬态动力学分析实例	
——凸轮从动件运动分析	165
16.1 概述	165
16.2 问题描述及解析解	166
16.3 分析步骤	167
16.4 命令流	180
练习题	182

第 17 例 连杆机构运动分析实例	
——曲柄滑块机构	183
17.1 概述	183
17.2 问题描述及解析解	184
17.3 分析步骤	184
17.4 命令流	196
练习题	197

第 18 例 谱分析实例	
——地震谱作用下的结构响应分析	199
18.1 概述	199
18.1.1 谱分析的基本概念	199
18.1.2 单点响应谱分析步骤	200
18.2 问题描述及解析解	201
18.3 分析步骤	201
18.4 命令流	213

第四篇 非线性分析

第 19 例 接触分析实例——平行圆柱体承受法向载荷时的接触应力分析	216
19.1 概述	216
19.1.1 接触算法	216

19.1.2 接触问题分类	217
19.1.3 ANSYS 的接触方式	217
19.1.4 接触分析的步骤	218
19.2 问题描述	221

19.3 分析步骤	221	23.2 问题描述	273
19.4 命令流	231	23.3 分析步骤	273
练习题	233	23.4 命令流	285
第 20 例 稳定性问题分析实例——屈曲分析	234	第 24 例 非线性分析综合应用实例	
20.1 概述	234	——钢板卷制成圆筒	287
20.1.1 屈曲分析的定义	234	24.1 问题描述	287
20.1.2 特征值屈曲分析过程	234	24.2 命令流	288
20.1.3 非线性屈曲分析过程	235	第 25 例 非线性分析综合应用实例——冲击	294
20.2 问题描述及解析解	236	25.1 问题描述	294
20.3 分析步骤	236	25.2 分析步骤	294
20.4 命令流	243	25.3 命令流	308
练习题	244	第 26 例 利用 MPC 技术对 SOLID-SHELL 单元	
第 21 例 弹塑性分析实例		进行连接实例——简支梁	311
——自增强厚壁圆筒承载能力研究	245	26.1 概述	311
21.1 概述	245	26.2 问题描述	313
21.2 问题描述及解析解	248	26.3 分析步骤	313
21.3 分析步骤	249	26.4 说明	324
21.4 命令流	260	26.5 命令流	324
练习题	261	26.6 结构模型全部采用 SOLID 单元的分析	
第 22 例 材料蠕变分析实例——受拉平板	262	命令流	327
22.1 蠕变简介	262	第 27 例 施加非法向表面载荷实例	
22.2 问题描述	263	——转矩的施加	329
22.3 分析步骤	263	27.1 概述	329
22.4 命令流	271	27.2 问题描述	330
第 23 例 超弹分析实例——缓冲垫	272	27.3 分析步骤	330
23.1 概述	272	27.4 命令流	338

第五篇 ANSYS/LS-DYNA 动力学分析

第 28 例 侵彻动力学分析实例——弹丸侵彻靶板 340	第 30 例 冲击动力学分析实例
28.1 ANSYS/LS-DYNA 概述	——车辆受起伏路面激励的响应分析 379
28.2 问题描述	30.1 问题描述
28.3 分析步骤	30.2 分析步骤
28.4 命令流	30.3 命令流
第 29 例 显式-隐式序列求解实例	第 31 例 综合应用实例——薄板多点成型工艺
——板料冲压成型及回弹研究	中基本体位置的确定
29.1 概述	31.1 概述
29.2 问题描述	31.2 分析步骤
29.3 分析步骤	31.3 命令流
29.4 命令流	

第六篇 热应力计算

第 32 例 瞬态热分析实例——水箱	413	34.1 概述	432
32.1 概述	413	34.2 命令流	434
32.1.1 瞬态热分析的定义	413	第 35 例 热应力分析 (间接法) 实例	
32.1.2 瞬态热分析的步骤	413	——液体管路	437
32.2 问题描述	414	35.1 概述	437
32.3 分析步骤	415	35.1.1 热分析	437
32.4 命令流	422	35.1.2 结构分析	438
第 33 例 在结构上直接施加温度载荷进行热应力		35.2 问题描述	438
分析实例——双金属簧片	424	35.3 分析步骤	439
33.1 概述	424	35.4 命令流	447
33.2 问题描述及解析解	424	第 36 例 热应力分析 (直接法) 实例	
33.3 分析步骤	425	——液体管路	449
33.4 命令流	430	36.1 概述	449
练习题	431	36.2 问题描述	449
第 34 例 基于实测温度场进行热应力分析实例		36.3 分析步骤	449
——转炉托圈	432	36.4 命令流	456

第七篇 综合应用

第 37 例 用物理环境法进行流体结构耦合分析实例		39.2 问题描述	478
——液压缸	458	39.3 分析步骤	479
37.1 物理环境法	458	39.4 命令流	486
37.1.1 用物理环境法进行顺序耦合场		第 40 例 优化设计实例——梁的优化设计	488
分析的步骤	458	40.1 概述	488
37.1.2 用物理环境法进行耦合场分析		40.1.1 ANSYS 优化设计的概念	488
的相关知识	459	40.1.2 ANSYS 优化设计的步骤	489
37.2 问题描述	460	40.2 问题描述	490
37.3 命令流	460	40.3 分析步骤	490
第 38 例 疲劳强度计算实例——受压带圆孔薄板	466	40.4 命令流	500
38.1 概述	466	练习题	502
38.1.1 疲劳的概念	466	第 41 例 优化设计实例	
38.1.2 ANSYS 疲劳分析的步骤	467	——曲柄摇杆机构的优化设计	503
38.2 问题描述	467	41.1 问题描述	503
38.3 分析步骤	468	41.2 命令流	504
38.4 命令流	475	第 42 例 拓扑优化实例——实体梁	510
第 39 例 子模型技术应用实例——受拉薄板	477	42.1 概述	510
39.1 概述	477	42.1.1 拓扑优化的基本概念	510
39.1.1 子模型技术的应用	477	42.1.2 ANSYS 拓扑优化的步骤	510
39.1.2 子模型技术的特点	478	42.2 问题描述	511
39.1.3 子模型方法的步骤	478	42.3 分析步骤	512

42.4 命令流	521	第 47 例 带预紧力的螺栓连接的有限元分析 ...	566
第 43 例 载荷工况组合实例——简支梁	522	47.1 螺栓连接的受力分析	566
43.1 概述	522	47.2 分析方法简介	566
43.2 问题描述及解析解	523	47.3 单个螺栓连接的分析实例	568
43.3 分析步骤	524	47.4 螺栓组连接的分析实例	570
43.4 命令流	532	47.5 简化模型方法	574
练习题	533	47.6 用温度收缩法模拟预紧力	577
第 44 例 模型力学特性计算实例		47.7 说明	580
——液体容器倾翻特性的研究	534	第 48 例 自适应网格划分实例——受压薄板 ...	581
44.1 问题描述	534	48.1 概述	581
44.2 分析步骤	535	48.2 问题描述	582
44.3 命令流	541	48.3 分析步骤	583
练习题	542	48.4 命令流	588
第 45 例 单元生死应用实例——焊接模拟	543	第 49 例 参数化设计语言 (APDL) 应用实例	
45.1 问题描述	543	——展成法加工齿轮模拟	589
45.2 关键问题的处理	544	49.1 概述	589
45.3 命令流	545	49.2 问题描述	590
第 46 例 同时作用静载荷和正弦载荷的结构分		49.3 命令流	590
析实例——悬臂梁	554	第 50 例 参数化设计语言 (APDL) 应用实例	
46.1 概述	554	——展成法加工齿轮模拟	593
46.2 原理	554	50.1 问题描述	593
46.3 分析实例	556	50.2 命令流	593
46.4 应用推广——结构同时作用多个正		附录	596
弦载荷时的动力学分析	560	参考文献	599

绪 论

一、ANSYS 软件简介

ANSYS 软件是一个功能强大而灵活的大型通用商业化的工程分析软件。能够进行包括结构、热、流体（包括计算流体动力学）、电场、电磁场等多学科的研究，广泛应用于核工业、铁道、航空航天、石油化工、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、家用电器等工业和科学研究领域，是世界上拥有用户最多、最成功的有限元软件之一。

（一）ANSYS 的主要功能

ANSYS 提供的分析类型主要有以下几种。

1. 结构分析

用于分析结构的变形、应力、应变和反力等。结构分析包括以下几方面。

（1）静力分析

静力分析用于载荷不随时间变化的场合，是机械专业应用最多的一种分析类型。ANSYS 的静力分析不仅可以进行线性分析，还支持非线性分析，例如接触、塑性变形、蠕变、大变形、大应变问题的分析。

（2）动力学分析

动力学分析包括模态分析、谐响应分析、瞬态动力学分析。模态分析，用于计算结构的固有频率和振型（图 1）。谐响应分析，用于计算结构对正弦载荷的响应。瞬态动力学分析，用于计算结构对随时间任意规律变化的载荷的响应，而且可以包含非线性特性。

动力学分析包括质量和阻尼效应。

（3）其他结构分析功能

谱分析、随机振动分析、特征值屈曲分析、子结构/子模型技术。

（4）用 ANSYS/LS-DYNA 进行显式动力学分析

能够分析各种复杂几何非线性、材料非线性、状态非线性问题，特别适合求解高速碰撞、爆炸和金属成型等非线性动力学问题。



2. 热分析

热分析通过模拟热传导、对流和辐射三种热传递方式,以确定物体中的温度分布(图 2)。可以进行稳态和瞬态热分析,可以进行线性和非线性分析,可以模拟材料的凝固和溶解过程。

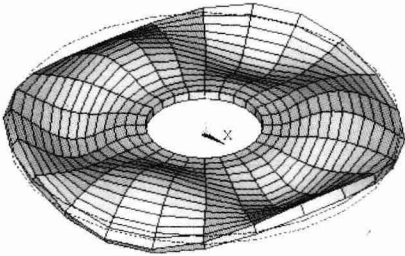


图 1 圆盘的模态分析

20 阶振型, 频率 8901 Hz

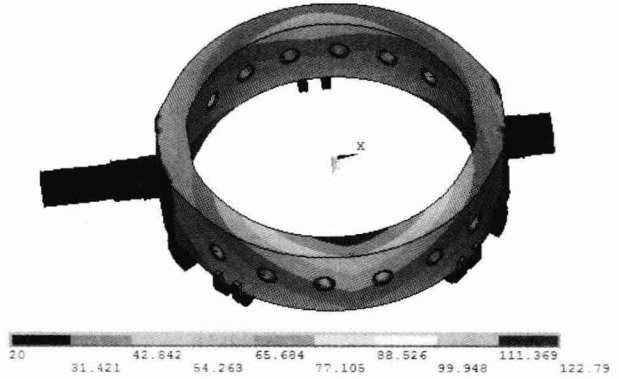


图 2 转炉托圈的温度分布

3. 电磁场分析

ANSYS 可以用来分析电磁场的多方面问题,如电感、电容、磁通量密度、涡流、电场分布、磁力线、力、运动效应、电路和能量损失等。分析的磁场可以是二维的或三维的,可以是静态的、瞬态的或谐波的,可以是低频的或高频的。还可以解决静电学、电流传导、电路耦合等电磁场相关问题。

4. 流体动力学分析

ANSYS 的流体动力学分析可用来解决二维、三维流体动力场问题,可以进行传热或绝热、层流或湍流、压缩或不可压缩等问题的研究。

(二) ANSYS 的特点

(1) 不但可以进行对结构、热、流体、电磁场等物理现象的单独研究,还可以进行这些物理现象的相互影响研究。例如:热-结构耦合、流体-结构耦合、电-磁-热耦合等。

(2) 集合前后处理、求解及多场分析等功能于一体。

(3) 具有强大的非线性分析功能。

(4) 良好的用户界面,且在所有硬件平台上具有统一界面,使用方便。

(5) 强大的二次开发功能,应用宏、参数设计语言、用户可编程特性、用户自定义语言、外部命令等功能,可以开发出适合用户自己特点的应用程序,对 ANSYS 功能进行扩展。

(6) 提供多种自动网格划分工具,可以进行智能网格划分。

(7) 提供了常用 CAD 软件的数据接口,可精确地将在 CAD 系统下创建的模型传入到 ANSYS 中,并对其进行操作。

(8) 在有限元分析的基础上,进行优化设计,这是 ANSYS 独一无二的功能。



(三) ANSYS 产品简介

ANSYS Multiphysics 是 ANSYS 产品的“旗舰”，它包括工程学科的所有功能。ANSYS Multiphysics 由三个主要产品组成：ANSYS Mechanical 用于结构及热分析，ANSYS Emag 用于电磁场分析，ANSYS Flotran 用于计算流体动力学分析。

ANSYS 其他产品有：ANSYS Workbench 是与 CAD 结合的开发环境，可以方便地进行模型创建和优化设计；ANSYS LS-DYNA 用于求解高度非线性问题；ANSYS Professional 用于线性结构和热分析，是 ANSYS Mechanical 的子集；ANSYS DesignSpace 用于线性结构和稳态热分析，是 Workbench 环境下的 ANSYS Mechanical 的子集。

ANSYS Workbench 是 ANSYS 公司开发的新一代产品研发平台，在继承了 ANSYS 经典平台仿真计算的所有功能的基础上，增加了强大的几何建模功能和优化功能，实现了集产品设计、仿真和优化功能于一身，在同一软件环境下可以完成产品研发的所有工作，大大地简化了产品开发流程。ANSYS Workbench 的主要特点有：①强大的装配体自动分析功能；②自动化网格划分功能；③协同的多物理场分析环境及行业化定制功能；④快捷的优化工具。

(四) ANSYS 软件的结构

了解一些 ANSYS 内部结构有助于指导正确操作，发现错误原因。

1. 处理器

ANSYS 按功能提供了 9 个处理器，不同的处理器用于执行不同的任务，例如 PREP7 预处理器主要用于模型创建、网格划分。

一个命令必须在其所属的处理器下执行，否则会出错。例如：只能在 PREP7 预处理器下执行关键点创建命令 KP。但有的命令属于多个处理器，比如载荷操作既可以在 PREP7 预处理器下执行，又可以在 SOLUTION 求解器中使用。

刚进入 ANSYS 时，软件位于 BEGIN（开始）级，也就是不位于任何处理器下。有两种方法可以进入处理器：图形用户交互方式和命令方式。例如欲进入 PREP7 预处理器，可以选择菜单 Main Menu→Preprocessor，或者在命令窗口输入“/PREP7”。退出某个处理器可以选择菜单 Main Menu→Finish，或者在命令窗口输入并执行 FINI 命令。

ANSYS 常用处理器的功能参见表 1 所示。

表 1 ANSYS 处理器的功能

处理器名称	功 能	菜 单 路 径	命 令
预处理器 (PREP7)	建立几何模型，赋予材料属性，划分网格等	Main Menu→Preprocessor	/PREP7
求解器 (SOLUTION)	施加载荷和约束，进行求解	Main Menu→Solution	/SOLU
普通后处理器 (POST1)	显示在指定时间点上选定模型的计算结果	Main Menu→General Postproc	/POST1
时间历程后处理器 (POST26)	显示模型上指定点在整个时间历程上的结果	Main Menu→TimeHist Postpro	/POST26
优化处理器 (OPT)	优化设计	Main Menu→Design Opt	/OPT

2. 文件

当建立一个分析任务时，ANSYS 会自动创建大量的文件，这些文件以任务名 (Jobname)



为文件名的基础,通过对任务名自动添加字符或使用不同扩展名来区别文件的类型。ANSYS 文件的扩展名可以有 1~4 个字符。

一些比较重要的 ANSYS 文件类型和格式参见表 2 所示。

表 2 ANSYS 的文件类型和格式

文件类型	扩展名	存 储	文件格式
数据库文件	.DB	模型、载荷、约束、输入输出数据	二进制
记录文件	.LOG	运行过程中的每一个命令	ASCII
错误与警告文件	.ERR	运行过程中的所有错误和警告信息	ASCII
结果文件: 结构和耦合场分析 热分析 磁场分析 流体力学分析	.RST .RTH .RMG .RFL	运算过程中所有结果数据	二进制

在所有文件中,数据库文件是最重要的文件,所有的模型、载荷、约束数据、输入/输出数据都存放在该文件中,各个处理器通过数据库文件进行相互通信。

各种文件的文件名是以任务名为基础的,所以开始一个新的任务时,最好定义一个新的任务名。否则的话,ANSYS 使用默认任务名 File。

要注意的是,在默认的情况下,记录文件、错误与警告文件总是在尾部追加数据,而不是覆盖掉原有文件。另外,在默认的情况下 ANSYS 创建的文件都保存在工作文件夹下,当前工作文件夹的位置可以用 Utility Menu→File→Change Directory 命令查看或修改。

二、ANSYS 软件的使用

(一) ANSYS 软件解决问题的步骤

与其他的通用有限元软件一样,ANSYS 执行一个典型的分析任务要经过三个步骤:前处理、求解、后处理。

1. 前处理

在分析过程中,与其他步骤相比,建立有限元模型需要花费操作者更多的时间。在前处理过程中,先指定任务名和分析标题,然后在 PREP7 预处理器下定义单元类型、单元实常数、材料特性和有限元模型等。

(1) 指定任务名和分析标题。该步骤虽然不是必需的,但 ANSYS 推荐使用任务名和分析标题。

(2) 定义单位制。ANSYS 对单位没有专门的要求,除了磁场分析以外,只要保证输入的数据都使用统一的单位制即可。这时,输出的数据与输入数据的单位制完全一致。

(3) 定义单元类型。从 ANSYS 提供的单元库内根据需要选择单元类型。

(4) 定义单元实常数。在选择了单元类型以后,有的单元类型需要输入用于对单元进行补充说明的实常数。是否需要实常数以及实常数的类型,由所选单元类型决定。



(5) 定义材料特性。大多数情况下在分析时都要指定材料特性, ANSYS 软件可以选择的材料特性有线性的和非线性的、各向同性的、正交异性的和非弹性的、不随温度变化的和随温度变化的。

(6) 创建有限元模型。创建有限元模型的方法有两种: 实体建模法和直接生成法。前者先创建实体模型, 然后划分网格形成有限元模型; 后者直接创建节点、单元, 生成有限元模型, 该方法只能用于节点和单元数量较少的场合。

创建实体模型的方法有自下而上和自上而下两种。自下而上建模, 就是首先建立关键点, 由这些关键点建立线, 进而建立面、体。自上而下建模, 就是首先输入 ANSYS 预先定义好的图元, 然后对之进行布尔运算、复制、对称等操作, 以得到需要的模型。

2. 求解

建立有限元模型以后, 首先需要在 SOLUTION 求解器下选择分析类型, 指定分析选项; 然后施加载荷和约束, 指定载荷步长并对有限元求解进行初始化并求解。

(1) 选择分析类型和指定分析选项。在 ANSYS 中, 可以选择下列分析类型: 静态分析、模态分析、谐响应分析、瞬态分析、谱分析、屈曲分析、子结构分析等。不同的分析类型, 有不同的分析选项。

(2) 施加载荷和约束。在 ANSYS 中约束被处理为自由度载荷。ANSYS 的载荷共分为 6 类: DOF (自由度) 载荷、集中力和力矩、表面分布载荷、体积载荷、惯性载荷和耦合场载荷。如果按载荷施加的实体类型划分的话, ANSYS 的载荷又可以分为直接施加在几何实体上的载荷和施加在有限元模型即节点、单元上的载荷。

(3) 指定载荷步选项。主要是对载荷步进行修改和控制, 例如指定子载荷步数、时间步长、对输出数据进行控制等。

(4) 求解。主要工作是从 ANSYS 数据库中获得模型和载荷信息, 进行计算求解, 并将结果写入到结果文件和数据库中。结果文件和数据库文件的不同点是, 数据库文件每次只能驻留一组结果, 而结果文件保存所有结果数据。

3. 后处理

求解结束以后, 就可以根据需要使用 POST1 普通后处理器或 POST26 时间历程后处理器对结果进行查看了。POST1 普通后处理器用于显示在指定时间点上选定模型的计算结果, POST26 时间历程后处理器用于显示模型上指定点在整个时间历程上的结果。

(二) 命令输入方法

ANSYS 的命令输入方法有两种。

(1) GUI 图形用户界面交互式输入, 即菜单方式。优点是操作简单, 直观明了, 非常适合初学者的使用。缺点是操作出现错误时, 不容易发现和修改, 且效率较低。

(2) 命令流输入。优点是方便快捷, 效率高, 能克服菜单方式的缺点。但要求用户非常熟悉 ANSYS 命令的使用, 此方法适合于高级用户使用。

无论使用哪一种命令输入方法, ANSYS 都会将相应的命令自动保存到记录文件 (Jobname.LOG) 中。可以将由菜单方式形成的命令语句从记录文件 (Jobname.LOG) 中复制出来, 稍加修改即可作为命令流输入。



(三) 启动图形用户界面

ANSYS 1X.0 版本启动步骤为：开始→程序→ANSYS 1X.0→ANSYS。

或者，开始→程序→ANSYS1X.0→ANSYS Product launcher→设置 Working directory (工作目录) 和 Initial Jobname (初始任务名) 等→Run。

(四) 图形用户界面

标准的图形用户界面如图 3 所示，主要包括以下几个部分。

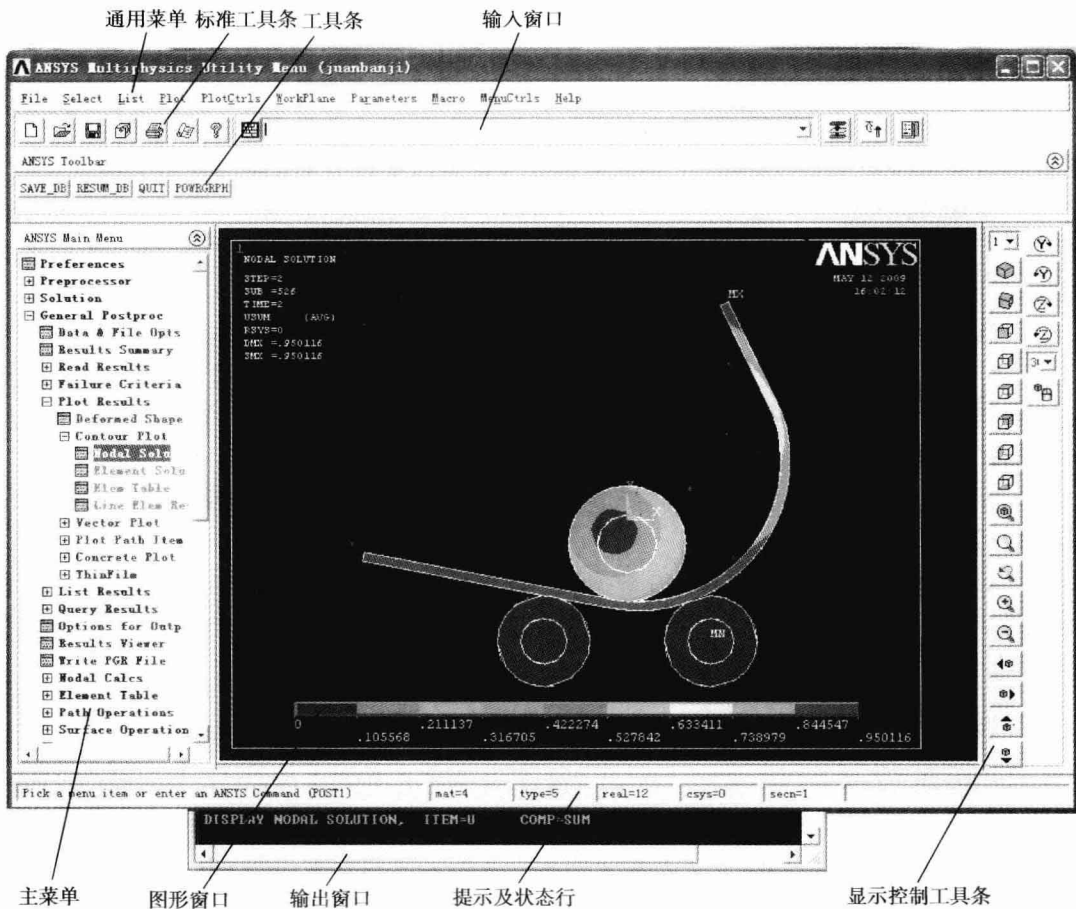


图 3 ANSYS 图形用户界面

(1) Main Menu (主菜单): 包含了各个处理器下的基本命令。它是基于完成分析任务的操作顺序进行排列的, 原则上是完成一个处理器下的所有操作后再进入下一个处理器。该菜单为树状弹出式菜单结构。

(2) Utility Menu (通用菜单): 包含了 ANSYS 的全部公共命令, 例如文件管理、实体选择、显示及其控制、参数设置等。该菜单为下拉菜单结构, 可直接完成某一功能或弹出对话框。

(3) Graphics Window (图形窗口): 该窗口显示由 ANSYS 创建或传递到 ANSYS 的模型以及分析结果等图形。



(4) **Command Input Area** (命令输入窗口): 该窗口用于输入 ANSYS 命令, 显示当前和先前输入的命令, 并给出必要的提示信息。

(5) **Output Window** (输出窗口): 该窗口显示软件运行过程的文本输出, 即对已经进行的操作的响应信息。通常隐藏于其他窗口之后, 需要查看时可提到前面。

(6) **Toolbar** (工具条): 包含了一些常用命令的文字按钮, 可以根据需要自定义增加、编辑或删除按钮。

(7) **Standard Toolbar** (标准工具条): 包含了新分析、打开 ANSYS 文件等常用命令的图形按钮。

(8) **Status and Prompt Area** (提示及状态行): 向用户显示指导信息, 显示当前单元属性设置和当前激活坐标系等。

(9) **Display Toolbar** (显示控制工具条): 包含了窗口选择、改变观察方向、图形缩放、旋转、平移等常用显示控制操作的图形按钮。

(五) 对话框及其组成控件

对话框提供了用户和软件的交互平台, 对其进行了解是熟练掌握 ANSYS 软件的前提。组成 ANSYS 对话框的控件主要有文本框、按钮、单选列表、多选列表、单选按钮组、复选框等, 这些控件的外观和使用与标准 Windows 应用程序基本相同, 但有些控件也略有不同, 下面就一些不同点做简单介绍。

1. 单选列表框

单选列表框允许用户从一个列表中选择一项。用鼠标单击欲选择的选项, 该选项高亮显示, 表示该项被选中。如果对话框中有相应的编辑框的话, 同时该项还会被复制到编辑框中, 然后可以对其进行编辑。

图 4 所示是单选列表框的应用实例。单击 $PI=3.1415926$, 即选中该项, 同时该项也出现在了下面的编辑框里, 可以对其进行编辑修改。

2. 多选列表框

多选列表框同单选列表框作用基本相同, 也是用于选择选项, 不同的是多选列表框一次可以选择多个选项。

图 5 所示是多选列表框的应用实例。其中两个选项 SR、ST 被同时选中。

3. 双列选择列表框

双列选择列表框由两个相互关联的单选列表框所组成, 左边一个选择的是类, 右边一个选择的是子项目。根据左边选择的不同, 右边会显示不同的选项。使用双列选择列表框可以方便对项目分类, 以便于选择。

双列选择列表框的应用如图 6 所示。在左边列表中选中“Solid”后, 右边列表即显示属于 Solid 的子项目, 即可在其中选中某一项, 例如选择 Quad 4Node 42。

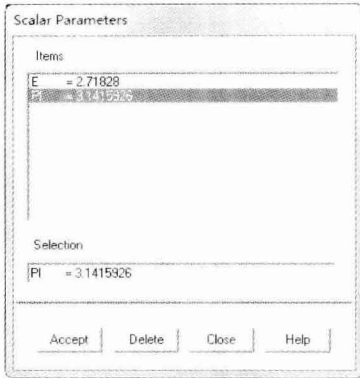


图 4 单选列表框

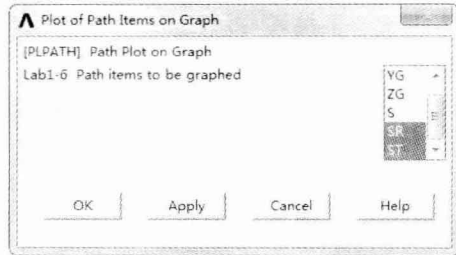


图 5 多选列表框

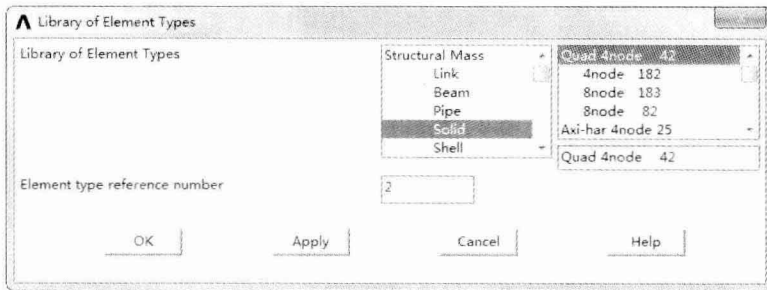


图 6 双列选择列表框

4. 拾取窗口

拾取窗口是一种特殊的对话框，用于在图形窗口中拾取实体和定位坐标。由于使用频繁，所以在此特别进行介绍。

拾取窗口有两种，一种是实体拾取窗口（图 7），一种是坐标定位拾取窗口（图 8）。主菜单中所有前面带有 \mathcal{L} 的菜单项在单击后都会弹出一个实体拾取窗口。坐标定位拾取窗口用于对一个新的关键点或节点进行坐标定位，实体拾取窗口用于选择图形窗口中已经创建的实体。

拾取窗口由以下几个区域所组成。

(1) 拾取模式

有 Pick、Unpick 两种，Pick 模式下处于拾取状态，Unpick 模式下处于取消拾取实体状态。

(2) 拾取方法

Single，用鼠标左键拾取单个实体；

Box，在图形窗口中建立矩形框以选择多个实体；

Polygon，在图形窗口中建立多边形框以选择多个实体；

Circle，在图形窗口中用圆形框选择多个实体；

Loop，拾取所有同类实体。