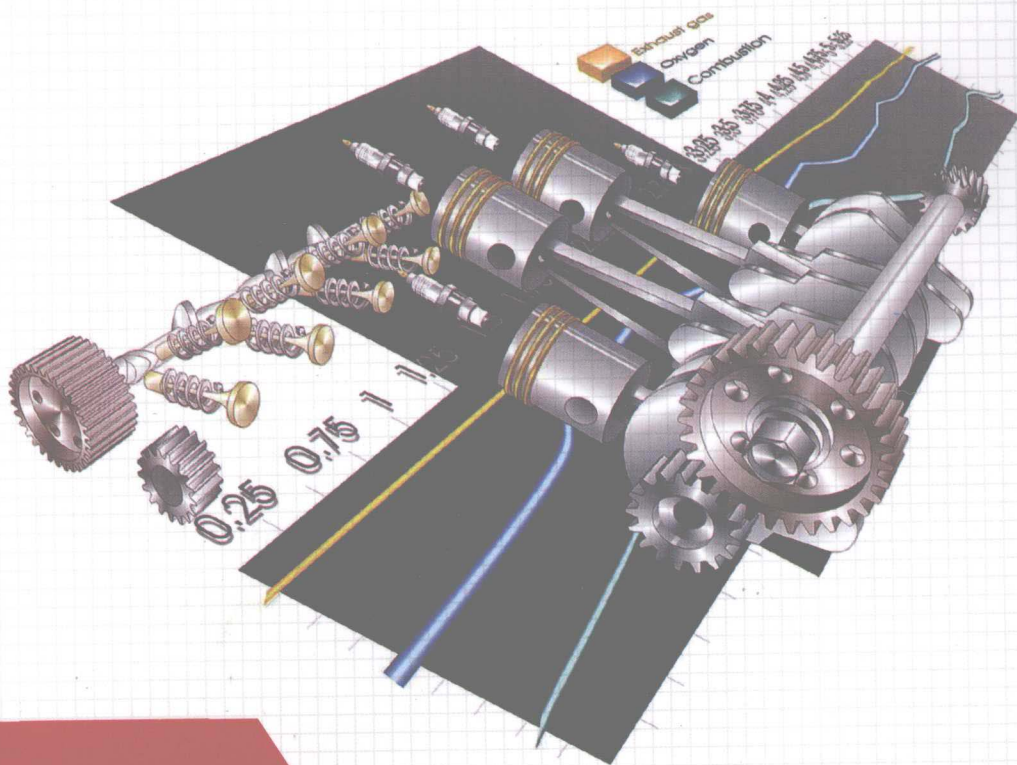


ANSYS11.0

有限元分析 入门与提高

胡国良 任继文 编著



随书附光盘一张

ANSYS11.0

有限元分析入门与提高

胡国良 任继文 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

ANSYS 是融结构、热、流体、电磁、声学于一体的大型 CAE 通用有限元分析软件,它广泛应用于核工业、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中。

本书通过大量的实例介绍了 ANSYS 11.0 软件的基本操作步骤,包括实体建模、网格划分、加载、求解及后处理等;进而介绍了采用 ANSYS 11.0 进行有限元分析过程中常用的高级分析方法,如结构静力分析、动力学分析、优化设计等;另外,本书还对 ANSYS 的其他问题分析,包括热力学分析、计算流体动力学分析、电磁场分析以及疲劳分析作了简单介绍,力图使各行业的读者对这种强大的 CAE 分析软件有初步的认识。

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 软件的教材,亦可作为从事结构分析等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 11.0 有限元分析入门与提高/胡国良,任继文
编著. —北京:国防工业出版社,2009.1
ISBN 978-7-118-06053-9

I. A... II. ①胡...②任... III. 有限元分析—应用
程序,ANSYS 11.0 IV. 0241.82

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 181014 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京市李史山胶印厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 22 字数 504 千字

2009 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 40.00 元(含光盘)

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

“工欲善其事,必先利其器”。ANSYS 是当前使用最广泛、功能最强大的有限元分析软件。在选择其作为有限元分析计算软件之前,首先需要了解它能做什么,接下来才是利用它来怎么做。本书的目的就是帮助初学者及中级用户掌握和熟悉 ANSYS 公司推出的最新版 ANSYS 11.0 的使用方法。

1. ANSYS 简介

ANSYS 公司成立于 1970 年,是目前世界上 CAE 行业中最大的公司之一。ANSYS 11.0 软件有多种分析能力,包括简单线性静态分析和复杂非线性动态分析。它可用来求解结构、流体、电力、电磁场及碰撞等问题的解,包含了预处理、解题程序以及后处理和优化等模块,将有限元分析、计算机图形学和优化技术等相结合,已成为解决现代工程问题必不可少的有力工具。

2. 本书的内容

利用 ANSYS 软件进行有限元分析的基本流程实际上很简单,即建模、网格划分、加载、求解及后处理。本书的安排始终贯穿这一思想,全书总共 10 章,可分为三大部分。

(1) 第 1 章对 ANSYS 11.0 的基本功能、界面环境等作简单的介绍,并详细介绍了一个有限元分析实例,尽快地使读者熟悉 ANSYS 软件的基本操作过程。

(2) 第 2 章~第 6 章分别对 ANSYS 有限元分析的各个过程深入细致地进行了讨论,包括建模、网格划分、施加载荷、求解、通用后处理和时间历程后处理,结合实例以操作为出发点,又不单纯地局限于操作。

(3) 第 7 章~第 10 章介绍了 ANSYS 软件的一些高级操作,使读者对 ANSYS 软件在几个学科领域的应用有系统的了解,每章都配有几个实例分析,因为本书针对的是初中级用户,所以主要以交互式操作为主。

3. 本书的特点

本书主要针对初学者及中级用户,由浅入深地介绍了 ANSYS 软件的各项功能。和其他书籍相比,本书有以下几个特点:

(1) 版本最新,适用于 ANSYS 11.0 版本。

(2) 开篇给读者一个简单的实例,让读者快速入门,掌握 ANSYS 软件的使用流程和方法,而不是罗列各种新增功能、界面介绍等内容。

(3) 对许多重要概念都进行了简单和直观的讲解,而非停留在机械翻译这些概念上,

目的是让读者更好地理解 ANSYS 软件。

(4) ANSYS 软件的功能十分强大,如果每个知识点都配有实例,那么本书内容将会十分庞大,定价也会偏高。因此本书只对典型的知识进行讲解,对与其类似的知识一笔带过。

(5) 考虑到学习的连贯性,本书对实例的设计十分讲究,对于一些相关联的知识点,通过一个大例子贯穿整个章节,让读者能够享受到实例操作的乐趣。如在第 2 章通过轴承座的实体建模这个实例来巩固这章的主要知识点。

(6) 为了读者操作方便,本书配有光盘,让读者可以从中直接读取现成的例子进行相应的分析,力争让读者以最直接、最简单的方式快速掌握 ANSYS 软件。

(7) 在每一章的结尾,还附了一部分练习题,对本章的知识点作一个系统的回顾,通过每章后面的操作练习,读者可以亲自动手测验一下自己对知识的掌握程度。

需要再三指出的是:对于 ANSYS,一定要明白它只是一个工具。对于它的学习要秉着“战略上藐视,战术上重视”的态度。本书不遗余力强调的利用 ANSYS 分析问题的基本流程,读者一定要从整体上把握。

4. 编写分工及致谢

本书由胡国良和任继文编著,并由胡国良负责统筹规划。具体分工如下:胡国良(第 1 章、第 2 章、第 5 章);任继文(第 3 章、第 4 章、第 6 章);胡爱闽(第 7 章、第 10 章);吴国栋(第 8 章);龙铭(第 9 章)。

编著过程中还得到了何贤剑、胡绍华、李晓科、余斌、顾晟、黄凯、杨顺、张阳等同学的帮助,在此一并表示感谢!

感谢李黎明、邓凡平等专家学者,正是通过讲授他们的著作使本人受益匪浅,同时本书也吸收了这些教材中的精华。另外,本书编写过程中还参阅了国内外论文、论著,基本上都已列于参考文献中,如有遗漏深表歉意!

由于本书内容涉及范围广,作者学识有限,加之时间仓促,难免会有疏漏或不当之处,欢迎广大读者及业内人士予以指正。如读者在阅读本书的过程中遇到问题或有其他意见或建议,请发邮件至:hugl99@sohu.com 与作者联系。

编者

2008 年 10 月

目 录

第 1 章 ANSYS 11.0 简介	1
1.1 ANSYS 11.0 的发展历史	1
1.2 ANSYS 11.0 的组成与特点	2
1.2.1 ANSYS 11.0 的组成	2
1.2.2 ANSYS 11.0 的技术特点	3
1.3 ANSYS 11.0 的功能	4
1.3.1 ANSYS 11.0 的基本功能	4
1.3.2 ANSYS 11.0 的新功能	5
1.3.3 ANSYS 11.0 的新单元	8
1.4 ANSYS 11.0 的基本操作	8
1.4.1 ANSYS 11.0 的使用环境	8
1.4.2 ANSYS 11.0 的操作方式	9
1.4.3 ANSYS 11.0 的启动	10
1.4.4 ANSYS 11.0 的图形用户界面	11
1.4.5 ANSYS 11.0 的文件格式	14
1.5 第一个有限元分析实战	14
1.5.1 有限元法的基本架构	14
1.5.2 提出问题	15
1.5.3 定义参数	16
1.5.4 创建几何模型	19
1.5.5 划分网格	21
1.5.6 加载数据	23
1.5.7 求解	24
1.5.8 结果分析	24
1.6 小结	27
1.7 习题	27
第 2 章 实体建模	29
2.1 ANSYS 软件中的模型	29
2.1.1 实体建模方法	29
2.1.2 从 CAD 图形中导入实体模型	31

2.2	ANSYS 软件的坐标系及其操作	31
2.2.1	总体坐标系及其操作	31
2.2.2	局部坐标系及其操作	32
2.2.3	显示坐标系及其操作	34
2.2.4	节点坐标系及其操作	35
2.2.5	单元坐标系及其操作	36
2.2.6	结果坐标系及其操作	36
2.3	工作平面及其操作	37
2.3.1	显示和设置工作平面	37
2.3.2	旋转和平移工作平面	39
2.3.3	定义工作平面	40
2.4	自底向上建模	41
2.4.1	定义关键点	41
2.4.2	选择、查看和删除关键点	43
2.4.3	定义线	44
2.4.4	选择、查看和删除线	47
2.4.5	定义面	48
2.4.6	选择、查看和删除面	50
2.4.7	定义体	50
2.4.8	选择、查看和删除体	51
2.5	自顶向下建模	51
2.5.1	建立矩形面原始对象	52
2.5.2	建立圆或环形面原始对象	53
2.5.3	建立正多边形面原始对象	54
2.5.4	建立长方体原始对象	56
2.5.5	建立柱体原始对象	56
2.5.6	建立多棱柱原始对象	57
2.5.7	建立球体或部分球体原始对象	58
2.5.8	建立锥体或圆台原始对象	59
2.5.9	建立环体或部分环体原始对象	59
2.6	布尔运算	60
2.6.1	布尔运算的基础设置	60
2.6.2	交运算	61
2.6.3	加运算	64
2.6.4	减运算	65
2.6.5	切割运算	66
2.6.6	搭接运算	69

2.6.7	分割运算	70
2.6.8	黏结运算	71
2.7	综合实例——轴承座实体建模	72
2.8	小结	79
2.9	习题	79
第3章	网格划分	81
3.1	网格划分的过程	81
3.1.1	定义单元类型	81
3.1.2	定义实常数	85
3.1.3	定义材料参数	87
3.1.4	分配单元属性	91
3.2	网格划分控制	92
3.2.1	网格划分工具	92
3.2.2	Smart Size 网格划分控制	94
3.2.3	尺寸控制	96
3.2.4	单元形状控制	99
3.2.5	网格划分器选择	100
3.3	实体模型网格划分	104
3.3.1	关键点网格划分	105
3.3.2	线网格划分	105
3.3.3	面网格划分	106
3.3.4	体网格划分	106
3.3.5	网格修改	108
3.4	网格检查	111
3.4.1	设置形状检查选项	111
3.4.2	设置形状限制参数	112
3.4.3	确定网格质量	113
3.5	直接生成有限元模型	114
3.5.1	节点定义	114
3.5.2	单元定义	119
3.6	综合实例	124
3.6.1	问题描述	124
3.6.2	GUI 操作步骤	125
3.7	小结	130
3.8	习题	130

第4章 加载与求解	132
4.1 加载与求解概述	132
4.1.1 载荷分类	132
4.1.2 载荷步、子步和平衡迭代	133
4.1.3 载荷的显示	134
4.1.4 载荷步选项	134
4.1.5 加载方式	135
4.2 载荷的定义	136
4.2.1 自由度约束	136
4.2.2 集中载荷	140
4.2.3 表面载荷	142
4.2.4 体载荷	150
4.2.5 特殊载荷	151
4.3 求解	152
4.3.1 选择合适的求解器	152
4.3.2 求解多步载荷	154
4.4 小结	156
4.5 习题	156
第5章 通用后处理器	158
5.1 通用后处理器概述	158
5.1.1 通用后处理器处理的结果文件	158
5.1.2 结果文件读入通用后处理器	159
5.1.3 浏览结果数据集信息	160
5.1.4 读取结果数据集	160
5.1.5 设置结果输出方式与图形显示方式	163
5.2 图形显示计算结果	164
5.2.1 绘制变形图	164
5.2.2 绘制等值线图	166
5.2.3 绘制矢量图	168
5.2.4 绘制粒子轨迹图	170
5.2.5 绘制破碎图和压碎图	170
5.3 路径操作	171
5.3.1 定义路径	171
5.3.2 观察沿路径的结果	173
5.3.3 进行沿路径的数学运算	175
5.4 单元表	175

5.4.1	创建和修改单元表	176
5.4.2	基于单元表的数学运算	177
5.4.3	根据单元表绘制结果图形	178
5.5	载荷组合及其运算	179
5.5.1	创建载荷工况	179
5.5.2	载荷工况的读写	180
5.5.3	载荷工况数学运算	181
5.6	综合实例——桁架计算	181
5.7	小结	188
5.8	习题	188
第6章	时间历程后处理器	190
6.1	定义和存储变量	190
6.1.1	变量定义	191
6.1.2	变量存储	192
6.1.3	变量的导入	193
6.2	变量的操作	194
6.2.1	数学运算	194
6.2.2	变量与数组相互赋值	195
6.2.3	数据平滑	198
6.2.4	生成响应频谱	198
6.3	查看变量	199
6.3.1	图形显示	199
6.3.2	列表显示	202
6.4	动画技术	204
6.4.1	直接生成动画	204
6.4.2	通过动画帧显示动画	204
6.4.3	动画播放	207
6.5	综合实例——钢球温度计算	207
6.5.1	问题描述	207
6.5.2	GUI 操作步骤	207
6.6	小结	215
6.7	习题	216
第7章	结构静力分析	217
7.1	结构线性静力分析	217
7.1.1	线性静力分析基础	217

7.1.2	线性静力分析实例	218
7.2	结构非线性分析	223
7.2.1	几何非线性分析	224
7.2.2	几何非线性分析实例	225
7.2.3	材料非线性分析	227
7.2.4	材料非线性分析实例	228
7.3	小结	232
7.4	习题	232
第8章	ANSYS 动态分析	234
8.1	模态分析	234
8.1.1	模态分析简介	234
8.1.2	模态分析步骤	234
8.1.3	模态分析实例	237
8.2	瞬态动态分析	244
8.2.1	瞬态动力分析简介	244
8.2.2	瞬态动力分析步骤	244
8.2.3	瞬态动力分析实例	247
8.3	谐波响应分析	253
8.3.1	谐波响应分析简介	253
8.3.2	谐波响应分析步骤	253
8.3.3	谐波响应分析实例	254
8.4	小结	259
8.5	习题	259
第9章	优化设计	260
9.1	优化设计基本概念	260
9.2	优化设计的步骤	262
9.2.1	生成分析文件	263
9.2.2	建立优化参数	266
9.2.3	指定分析文件	266
9.2.4	声明优化变量	266
9.2.5	选择优化工具和方法	269
9.2.6	指定优化循环控制方式	272
9.2.7	进行优化分析	273
9.2.8	查看优化结果	274
9.3	优化设计实例	276

9.3.1 问题描述	276
9.3.2 GUI 操作步骤	276
9.4 小结	285
9.5 习题	285
第 10 章 其他问题分析	287
10.1 热力学分析	287
10.1.1 热分析的基础知识	287
10.1.2 稳态热分析	290
10.1.3 瞬态热分析	296
10.2 计算流体动力学分析	305
10.2.1 CFD 分析的概念与基本步骤	305
10.2.2 实例——导流管的流速分析	307
10.3 电磁场分析	319
10.3.1 电磁场分析的基本概念与步骤	319
10.3.2 2D 静态电磁场分析实例	322
10.4 疲劳分析	332
10.4.1 疲劳分析的基本概念与步骤	332
10.4.2 综合实例	333
10.5 小结	338
10.6 习题	338
参考文献	340

第 1 章 ANSYS 11.0 简介

ANSYS 是融结构、热、流体、电磁和声学于一体的大型 CAE 通用有限元分析软件，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、水利以及日用家电等一般工业及科学研究中。该软件可在大多数计算机及操作系统上运行。从 PC 到工作站直至巨型计算机，ANSYS 文件在其所有的产品系列和工作平台上均兼容。该软件可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，大大方便了用户操作。

ANSYS 软件由世界上最大的有限元分析软件公司之一的美国 ANSYS 公司开发，能与多数 CAD 软件接口，实现数据的共享和交换，是现代产品设计中的高级 CAD 工具之一。在 ANSYS 公司相继收购了 ICEM、CFX、CENTURY DYNAMICS、AAVID THERMAL、FLUENT 等世界著名有限元分析程序制造公司并将其产品和 ANSYS 软件整合之后，ANSYS 实际上已成为世界上最通用和最有效的商用有限元软件。

1.1 ANSYS 11.0 的发展历史

ANSYS 公司是美国匹兹堡大学力学系教授、有限元法的权威、著名的力学专家 John Swanson 博士于 1970 年创建而发展起来的，其总部位于美国宾夕法尼亚州的匹兹堡市，目前是世界 CAE 行业最大的公司之一。

ANSYS 是 ANAlysis SYStem 的简写，是一种广泛性的商业套装工程分析软件。该软件从 1971 年的 2.0 版本至现在的 11.0 版本，已有 30 多年的历史。日前已有许多国际化大公司以 ANSYS 作为其标准。其版本号的第 1 个数字表示软件本身有重大的改进及更新，第 2 个数字表示有小幅改进及更新，如表 1-1 所列。

表 1-1 ANSYS 软件的发展历程

版 本	年 份	版 本	年 份	版 本	年 份
2.0	1971	5.1	1995	7.0	2003
3.0	1978	5.2	1996	7.1	2003
4.0	1982	5.3	1996	8.0	2003
4.1	1983	5.4	1997	8.1	2004
4.2	1985	5.5	1999	8.2	2004
4.3	1987	5.7	2001	9.0	2005
4.4	1989	6.0	2001	10.0	2006
5.0	1992	6.1	2002	11.0	2007

ANSYS 软件的最初版本与其最新版本 ANSYS 11.0 相比有很大区别, 最初版本仅仅提供了热分析和线性分析功能, 是一个批处理程序, 而且只能在大型计算机上使用。20 世纪 70 年代初, 随着非线性、子结构以及更多的单元类型的加入, ANSYS 软件发生了很大的变化, 新技术的融入进一步满足了用户的需求; 20 世纪 70 年代末, 交互方式的加入是该软件最为显著的变化, 此举使得模型生成和结果评价大为简化。

1.2 ANSYS 11.0 的组成与特点

1.2.1 ANSYS 11.0 的组成

ANSYS 11.0 典型分析过程包括三个阶段: 前处理、求解及后处理。

1) 前处理模块(PREP7)

前处理用于定义求解所需的数据。用户可选择坐标系统、单元类型、定义实常数和材料特性、建立实体模型并对其进行网格剖分、控制节点和单元以及定义耦合和约束方程。通过运行一个统计模块, 用户还可预测求解过程所需的文件大小及内存需求。

在 ANSYS 软件中, 坐标系统用于定义空间几何结构的位置、节点自由度的方向、材料特性的方向以及改变图形的显示和列表等。程序中可用的坐标系统类型有笛卡儿坐标、柱坐标、球坐标、椭圆坐标及环坐标, 这些坐标系统均能在任意空间和任意方向设置。用户在前处理阶段输入的数据将成为 ANSYS 集中数据库的一部分, 该数据库由坐标表、单元类型表、材料特性表、关键点表、节点表以及载荷表等组成。定义某个表中的数据后, 该数据即可通过表项编号被引用。例如用户定义几个坐标系后, 可通过简单地引用相应的坐标系编号(表项编号)激活它们。一套数据库控制命令可用于选择数据库的部分数据, 以完成特定操作。基于一定的标准, 如几何位置、实体模型单元、单元类型以及节点和单元编号等, 用户可选择所需的数据, 如基于几何位置比基于节点和单元的编号更易于定义或改变复杂的边界条件。虽然用户可输入与模型有关的多方面的信息, 但在求解过程中程序只使用特定分析所需的那部分数据。把模型划分成组元是选择模型数据的另一个便利方法, 所谓组元是指用户为了清晰或组合合乎逻辑而定义的几何图元组。为了清楚显示一个复杂模型的各个部分, 组元可以显示成不同颜色。

ANSYS 11.0 提供了广泛的模型生成功能, 使用户可快捷地建立实际工程系统的有限元模型。它提供了 3 种不同的建模方法, 即模型导入、实体建模及直接生成。每种方法有其独特的特性和优点, 用户可选择其一或其组合建立分析模型。

2) 求解模块(SOLUTION)

在前处理阶段完成建模后, 用户在求解阶段已通过求解器获得分析结果。在该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, 然后开始有限元的求解。

直接求解器, 如波前求解器可计算出线性联立方程组的精确解。ANSYS 软件还提供了一个既可用于线性分析, 又可用于非线性分析的有效的稀疏矩阵求解器。在要求求解精度和求解时间的静态及瞬态分析中, 该求解器可代替迭代求解器。由于该求解器基于方程的直接消去, 因而可容易地处理病态矩阵。对于接触分析可改变拓扑结构并影响波前宽度的非线性分析, 以及模型为具有多个波前的多分支结构的任何分析, 如涡轮发动机的叶片以及汽车的排气系统, 该求解器都较为适用。这个求解器只能用于真正的对称

矩阵，与波前及其他直接求解器相比，能显著加速求解速度。

作为直接求解器的代替，用户可激活一个迭代求解器，这在求解大规模问题时，可节省计算机资源，并减少计算时间。几乎所有的分析问题都是求解一系列的线性联立方程组，迭代求解器通过迭代求出近似解。针对特定的问题，迭代求解器更适用于大而复杂的问题。对于求解场问题(包括声场、传热场以及电磁场问题)，以及具有对称、稀疏、正定矩阵的其他大型问题，迭代求解器更为有效。

ANSYS 软件还提供了条件共轭梯度(PCG)求解器、雅可比共轭梯度(JCG)求解器以及不完全乔类斯基共轭梯度(ICCG)求解器。

3) 后处理模块(POST1 和 POST26)

ANSYS 软件的后处理过程在前处理和求解过程之后，它可以通过友好的用户界面获得求解过程的计算结果并对这些结果进行计算。例如这些结果可能包括位移、温度、应力、应变、速度及热流等，输出形式有图形显示和数据列表显示两种。在交互式后处理过程中，图形可联机输出到显示设备上或脱机输出到绘图仪上。由于后处理阶段完全同 ANSYS 软件前处理和求解阶段集成在一起，故求解结果已存于数据库且能立即查看。

在求解阶段，分析结果写入 ANSYS 数据库及结果文件。单个子步的结果作为数据集保存，每个数据集可用的数据量和类型由所完成的分析类型及求解阶段设置的选项来控制。对于某个分析的每一载荷步，用户可指定每个子步、最终子步或最终子步和中间子步的组合写数据集，用户同样可以选择写数据组的范围，如位移、应力及反作用力。

后处理访问数据集的方法有两种：一是用通用后处理器 POST1，用来检查整个模型或模型的某一部分中任意一个特定数据集的结果；二是用时间历程后处理器 POST26 跨多个数据集检查选择的部分模型数据，如特定节点的位移或单元应力。数据从结果文件读出后，数据保存于 ANSYS 数据库中。后处理中允许访问所有输入数据(几何模型、材料和载荷等)。使用交互方式可以很方便地进行数据库操作并立即提供结果图形和结果列表。通过 Q 切片功能可以得到所分析的模型在任何平面的结果。

1.2.2 ANSYS 11.0 的技术特点

ANSYS 11.0 的技术特点如下：

- (1) 能实现多场及多场耦合功能。
- (2) 集前后处理、分析求解及多场分析于一体。
- (3) 独一无二的优化功能，唯一具有流场优化功能的 CFD 软件。
- (4) 强大的非线性分析功能。
- (5) 快速求解器。
- (6) 最早采用并行计算技术的 FEA 软件。
- (7) 从微机、工作站、大型机直至巨型机所有硬件平台上全部数据文件兼容。
- (8) 智能网格划分。
- (9) 支持从 PC、WS 到巨型机的所有硬件平台。
- (10) 从微机、工作站、大型机直至巨型机所有硬件平台上统一用户界面。
- (11) 可与大多数的 CAD 软件集成并有接口。
- (12) 多层次多框架的产品系列。

(13) 良好的用户开发环境。

1.3 ANSYS 11.0 的功能

ANSYS 软件功能强大，并不是其他商业软件可比拟的，主体上有 ANSYS 软件的基本功能和新功能之分。

1.3.1 ANSYS 11.0 的基本功能

1. 结构静力分析

用来求解外载荷引起的位移、应力和力，很适合于求解惯性及阻尼对结构响应影响并不显著的问题，这种分析类型广泛应用于机械工程和结构工程。静力分析包括非线性，如塑性、蠕变、膨胀、大变形、大应变及接触问题等。非线性静力分析通常通过逐渐施加载荷完成，以获得精确解。

2. 结构动力分析

用来求解随时间变化的载荷对结构或部件的影响，与静力分析不同的是，动力分析要考虑载荷随时间的变化及阻尼和惯性影响。这类载荷包括交变力(旋转机械)、冲击力(冲击或爆炸)、随机力(地震)及其他瞬态力(诸如桥上的运动载荷)。ANSYS 软件可求解下列类型的动力学分析问题，如瞬态动力、模态、谐波响应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三种。

4. 动力学分析

ANSYS 软件可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三种基本类型，即传导、对流和辐射。热传递的三种基本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。还可以用于螺纹管、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. 计算流体动力学分析

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，并可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

主要用来研究在含有流体(气体、液体等)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。这些功能可以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

主要用于分析二维或三维结构对交流(AC)、直流(DC)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,包括静态分析、模态分析、谐波响应分析和瞬态响应分析。

10. 疲劳、断裂及复合材料分析

ANSYS 程序提供了专门的单元和命令来进行和疲劳、断裂及复合材料相关的工程问题的求解分析。

1.3.2 ANSYS 11.0 的新功能

ANSYS 11.0 在 CAE 功能上引领现代产品研发科技,涉及的内容包括:高级分析、网格划分、优化、多物理场和多体动力学。立足于拥有世界上最多的用户,ANSYS 11.0 不仅为当前的商业应用提供了新技术,而且在以下方面取得了显著进步:

- ① 继续开发和提供世界一流的求解器技术;
- ② 提供了针对复杂仿真的多物理场耦合解决方法;
- ③ 整合了 ANSYS 软件的网格技术并产生统一的网格环境;
- ④ 通过对先进的软硬件平台的支持来实现对大规模问题的高效求解;
- ⑤ 继续改进最好的 CAE 集成环境——ANSYS WORKBENCH;
- ⑥ 继续融合先进的计算流体动力学技术。

1. 加速多步求解

VT 加速器,基于 ANSYS 变分技术,是通过减少迭代总步数以加速多步分析的数学方法。这包括了收敛迭代和时间步迭代或者二者的综合。收敛迭代的例子是非线性静态分析,不涉及接触或塑性,而时间步迭代指的是线性瞬态结构分析,二者组合的例子,非线性结构瞬态或者热瞬态分析。

ANSYS VT 加速器提供了 2-10× 的加速比,允许用户快速重新运行模型。具体的加速比受到硬件、模型和分析类型的影响。而且,这个工具在非线性或瞬态分析的参数研究中获得 5-30× 的加速。在使用 ANSYS VT 加速器之前,用户可以作下列类型的改进:

- ① 修改、增加或移除载荷(约束不能更改,但是数值可以修改);
- ② 材料和材料模型;
- ③ 截面常数和实常数;
- ④ 几何。

ANSYS VT 加速器软件,使用 ANSYS MECHANICAL HPC 的授权,可以应用到结构循环对称模态分析以及高频电磁谐分析。ANSYS VT 加速器可以结合 ANSYS DESIGNXPLORER VT 技术,实现更快速的参数化研究。

2. 网格变形和优化

对于很多单位,进行优化分析的最大障碍是 CAD 模型不能重新生成,特征参数不能反映那些修改研究的几何改变。通过与 ANSYS WORKBENCH 的结合,ANSYS MESH