

ANSYS工程结构 数值分析

ANSYSGONGCHENGJIEGOU
SHUZHIFENXI

王新敏 [著]

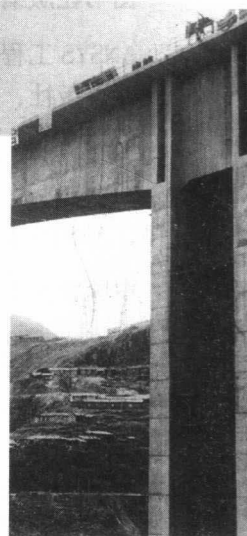


人民交通出版社
China Communications Press

ANSYS工程结构 数值分析

ANSYSGONGCHENGJIEGOU
SHUZHIFENXI

王新敏 [著]



人民交通出版社

内 容 提 要

本书主要介绍了 ANSYS 的操作命令及其在工程结构数值分析中的使用方法与技巧。内容主要包括 ANSYS 与结构分析基础、几何建模技术与技巧、网格划分技术及技巧、加载与求解技术、通用与时间历程后处理技术、结构线性静力分析、结构弹性稳定分析、结构非线性分析和结构动力分析等。书中附有涵盖上述内容的近 200 道例题及命令流。

本书可作为高等院校土木工程、机械工程和工程力学及相关专业的本科生和研究生教材,也可供上述专业的工程技术人员参考使用。

图书在版编目 (C I P) 数据

ANSYS 工程结构数值分析/王新敏著. —北京: 人民交通出版社, 2007.10

ISBN 978-7-114-06810-2

I . A… II . 王… III . 工程结构 - 有限元分析 - 应用程序, ANSYS IV . TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 138918 号

书 名: ANSYS 工程结构数值分析

著 者: 王新敏

责任编辑: 陈志敏

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 85285656, 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 35.5

字 数: 858 千

版 次: 2007 年 10 月第 1 版

印 次: 2007 年 10 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7-114-06810-2

印 数: 0001—4000 册

定 价: 68.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书, 由本社负责调换)

前言

QIANYAN

现代工程科学技术的发展要求人才应具备完整的知识结构,即在工程实践、理论修养和计算能力三个方面有严格的、高水平的训练,三者缺一不可,否则在今后的竞争中就会十分被动。计算能力的提高有多种途径,应用大型商业通用程序就是其中之一。ANSYS 功能强大,简便易学,是首选通用程序。目前,我国各高等院校为研究生教学的需要相继开设了这方面的课程内容。作者根据近年来的研究生教学内容和工程实践经验编写了本书,充分考虑了学生的教学要求,同时,本书也可供相关专业工程技术人员参考。

本书的目的是使读者系统掌握 ANSYS 的使用方法,能够对各种工程结构进行规划、建模、加载求解与结果处理,并编写相应的命令流文件。

本书共分九章,内容起点基于学习了“有限元基本原理”和“结构力学”等知识。前五章介绍 ANSYS 的基础操作,主要介绍了 ANSYS 基本知识、建立几何模型和有限元模型、加载求解、后处理等操作命令的使用方法和技巧;后四章以土木工程相关专业为主,详尽阐述了结构线性静力分析、结构稳定分析、结构非线性分析、结构动力分析等方面的内容和技巧。本书一大特色是对各种结构的建模与计算方法进行了系统的阐述,并配有大量计算例题和命令流。

在编写本书时,得到了张效松教授、苏木标教授和葛俊颖副教授及研究生赵曼、张文学、张岗、李义强、孙志星和许宏伟等的大力帮助和支持,在此表示衷心感谢。同时感谢中华钢结构论坛(<http://www.okok.org>)的交流。

希望本书能为读者的学习和工作提供帮助。限于作者的水平,书中难免有不妥之处,欢迎读者批评指正。(E-Mail: wangxm@sjzri.edu.cn)

作者

2007年5月

第 1 章 ANSYS 与结构分析	1
1.1 ANSYS 功能与软件结构	1
1.1.1 ANSYS 软件的技术特点	1
1.1.2 ANSYS 软件的分析功能	2
1.1.3 ANSYS 处理器	3
1.1.4 ANSYS 文件类型和格式	4
1.1.5 ANSYS 输入方式	4
1.1.6 ANSYS 软件的产品系列	5
1.2 ANSYS 结构分析单元功能与特性	6
1.2.1 杆单元	6
1.2.2 梁单元	7
1.2.3 管单元	9
1.2.4 2D 实体单元	9
1.2.5 3D 实体单元	10
1.2.6 壳单元	11
1.2.7 弹簧单元	12
1.2.8 质量单元	13
1.2.9 接触单元	13
1.2.10 矩阵单元	14
1.2.11 表面效应单元	14
1.2.12 预紧、多点约束、网分单元	14
1.3 ANSYS 结构分析材料模型	15
1.3.1 材料模型的分类	15
1.3.2 材料模型的定义及特点	16
1.4 ANSYS 结构分析与结构建模	18

1.4.1	结构分类及仿真单元	18
1.4.2	平面模型和空间模型	19
1.4.3	模型深度与单元选择	20
1.4.4	全结构仿真分析技术	21
1.5	结构分析的基本过程	22
1.5.1	基本过程	22
1.5.2	几何建模-有限元模型分析过程的 GUI 方式	22
1.5.3	直接建立有限元模型的 GUI 方式	25
1.5.4	两种方式的命令流	26
第 2 章	几何建模技术与技巧	30
2.1	坐标系和工作平面	31
2.1.1	坐标系类型	31
2.1.2	坐标系的定义与激活	32
2.1.3	定义工作平面	36
2.1.4	工作平面的操控	37
2.1.5	工作平面的显示样式	38
2.2	创建几何模型	39
2.2.1	创建关键点	40
2.2.2	创建线	46
2.2.3	创建面	56
2.2.4	创建体	66
2.3	几何模型的布尔运算	76
2.3.1	布尔运算的设置	76
2.3.2	交运算	77
2.3.3	加运算	80
2.3.4	减运算	81
2.3.5	用工作平面切分图素	83
2.3.6	分割运算	84
2.3.7	分类运算	86
2.3.8	搭接运算	87
2.3.9	黏接	87
2.4	几何建模的其他常用命令	88
2.4.1	图形控制命令	88
2.4.2	文件管理	114
2.4.3	选择与组件	118

2.4.4	图素缩放与几何要素计算	125
2.4.5	图素法线方向修改	127
2.5	几何建模技巧	128
2.5.1	ANSYS 的单位	128
2.5.2	椭圆与椭球的建模	130
2.5.3	图片保存与模型动画	133
2.5.4	模型移动、旋转与装配	134
2.5.5	ANSYS 查询函数	135
2.5.6	*GET 命令与 GET 函数	139
2.5.7	几何建模其他问题与技巧	141
2.6	几何建模实例	149
2.6.1	弹簧	149
2.6.2	螺纹	152
2.6.3	花键	154
2.6.4	带轮	155
2.6.5	齿轮	157
2.6.6	型钢	161
2.6.7	桥墩	164
2.6.8	桥台	167
2.6.9	异体	168
第3章	网格划分技术及技巧	172
3.1	定义单元属性	172
3.1.1	单元类型	172
3.1.2	实常数	174
3.1.3	材料属性	176
3.1.4	梁截面	182
3.1.5	设置几何模型的单元属性	192
3.2	网格划分控制	194
3.2.1	单元形状控制及网格类型选择	195
3.2.2	单元尺寸控制	197
3.2.3	内部网格划分控制	201
3.2.4	划分网格	203
3.3	网格划分高级技术	204
3.3.1	面映射网格划分	204
3.3.2	体映射网格划分	208
3.3.3	扫掠生成体网格	209

3.3.4	单元有效性检查	212
3.3.5	网格修改	214
3.4	网格划分实例	215
3.4.1	基本模型的网格划分	215
3.4.2	复杂面模型的网格划分	220
3.4.3	复杂体模型的网格划分	225
第4章	加载与求解技术	230
4.1	荷载及其施加	230
4.1.1	荷载	230
4.1.2	施加自由度约束	231
4.1.3	施加集中荷载	235
4.1.4	施加面荷载	237
4.1.5	施加体荷载	246
4.1.6	施加惯性荷载	247
4.1.7	施加耦合场荷载	248
4.1.8	初应力荷载及施加	249
4.1.9	荷载步及相关概念	252
4.2	荷载步选项及设置	253
4.2.1	输出选项	254
4.2.2	其他选项	256
4.2.3	生成荷载步文件	260
4.3	分析类型与求解控制选项	262
4.3.1	静态分析求解控制选项	262
4.3.2	屈曲分析求解控制选项	273
4.3.3	模态分析求解控制选项	273
4.3.4	瞬态分析求解控制选项	275
4.3.5	谐分析求解控制选项	278
4.3.6	谱分析求解控制选项	279
4.3.7	子结构分析求解控制选项	279
4.4	求解代价估计	280
4.4.1	估计运行时间	280
4.4.2	估计文件大小	281
4.4.3	估计内存需求	281
4.5	重新启动分析	281
4.5.1	单点重新启动分析	282
4.5.2	单点重新启动分析的步骤	282

4.5.3	单点重启动分析示例	283
4.5.4	多点重启动分析	284
4.5.5	多点重启动分析的过程及示例	286
4.6	时变结构的多荷载步求解	287
4.6.1	结构不变时的求解	288
4.6.2	结构变化—材料性质或实常数变化 时的求解	289
4.6.3	结构变化—边界条件变化时的求解	291
第5章	通用与时间历程后处理技术	294
5.1	通用后处理	294
5.1.1	读入结果文件	294
5.1.2	结果输出控制选项	296
5.1.3	图形显示结果	300
5.1.4	列表显示结果	303
5.1.5	节点特殊结果计算	311
5.1.6	单元表及操作	312
5.1.7	路径及操作	316
5.1.8	荷载工况及操作	322
5.1.9	面及操作	325
5.2	时间历程后处理	329
5.2.1	定义变量	329
5.2.2	变量运算	333
5.2.3	变量与数组转换	335
5.2.4	变量图形显示与列表显示	336
第6章	结构线性静力分析	340
6.1	结构线性静力分析概述	340
6.2	桁架结构	341
6.2.1	平面桁架	342
6.2.2	空间桁架	343
6.2.3	网架及面荷载的施加	345
6.3	梁结构	346
6.3.1	几种梁单元用法与结果	346
6.3.2	梁单元自由度释放与耦合自由度	350
6.3.3	曲梁及线荷载的施加	353
6.3.4	刚度矩阵的提取	356
6.3.5	变截面梁	363

6.3.6	剪切变形影响	363
6.3.7	节点连接刚度及处理	365
6.4	板壳结构	366
6.4.1	板壳弯曲理论简介	366
6.4.2	板壳有限元与 SHELL 单元	368
6.4.3	四边简支方板与单元计算比较	369
6.4.4	板壳单元计算的几个问题	371
6.5	实体结构	378
6.5.1	施加荷载	378
6.5.2	后处理技术	382
6.5.3	内力计算	384
6.6	杆梁壳体的连接处理	385
6.6.1	约束方程的建立	385
6.6.2	杆与梁壳体的连接	388
6.6.3	梁与壳体的连接	390
6.6.4	壳与体的连接	399
6.6.5	多种单元的组合结构	400
6.7	结构分析的特殊问题	402
6.7.1	影响线的计算与绘制	402
6.7.2	影响面的计算与绘制	405
6.7.3	结构温度应力的计算	407
第 7 章	结构弹性稳定分析	410
7.1	特征值屈曲分析基础	411
7.2	特征值屈曲分析的步骤	411
7.2.1	创建模型	411
7.2.2	获得静力解	412
7.2.3	获得特征值屈曲解	412
7.2.4	查看结果	413
7.3	结构的特征值屈曲分析	414
7.3.1	受压柱屈曲分析	414
7.3.2	圆弧拱的屈曲分析	416
7.3.3	梁的侧倾屈曲分析	418
7.3.4	柱壳屈曲分析	421
7.3.5	考虑恒载与活载时的屈曲分析方法	422
7.3.6	有预应力的结构屈曲分析	423

7.3.7	有自由度耦合或约束方程时结构屈曲分析	424
7.4	特征值屈曲分析的其他问题	425
7.4.1	结构屈曲分析	425
7.4.2	整体屈曲与局部屈曲	427
7.4.3	弹性整体稳定安全系数	428
第8章	结构非线性分析	430
8.1	结构非线性分析概述	430
8.1.1	基本概念	430
8.1.2	基本步骤与过程	433
8.1.3	几何非线性分析	435
8.1.4	材料非线性分析	437
8.1.5	接触分析	440
8.2	常用弹塑性材料模型及其应用	443
8.2.1	双线性随动强化模型 BKIN	443
8.2.2	多线性随动强化模型 MKIN 与 KINH	446
8.2.3	非线性随动强化模型 CHAB	448
8.2.4	双线性等向强化模型 BISO 与多 线性等向强化模型 MISO	449
8.2.5	非线性等向强化模型 NLISO	450
8.2.6	组合模型	451
8.3	非线性屈曲与全过程分析	451
8.3.1	悬臂梁	451
8.3.2	压杆的大挠度分析	454
8.3.3	平面桁架	457
8.3.4	拱结构	458
8.3.5	空间刚架与网壳	463
8.3.6	板壳结构	465
8.4	索膜结构	467
8.4.1	单悬索分析	467
8.4.2	菱形单片索网分析	471
8.4.3	多片索网分析	473
8.4.4	伞形索网分析	475
8.4.5	膜结构找形分析	476
8.5	钢筋混凝土结构	479
8.5.1	基本概念与技巧	479

8.5.2	分离式模型示例	482
8.5.3	整体式模型示例	485
8.6	预应力混凝土结构	487
8.6.1	建模方法	487
8.6.2	实体力筋法的三种建模示例	489
8.7	岩土与结构	493
8.7.1	材料模型	493
8.7.2	土体与结构计算	495
第9章	结构动力分析	499
9.1	基础知识	499
9.2	模态分析	501
9.2.1	模态分析的基本过程	501
9.2.2	一般结构的模态分析	503
9.2.3	循环对称结构的模态分析	504
9.2.4	有预应力模态分析	507
9.2.5	大变形预应力模态分析	507
9.3	谐响应分析	509
9.3.1	完全法谐响应分析	510
9.3.2	缩减法谐响应分析	514
9.3.3	模态叠加法谐响应分析	517
9.3.4	有预应力的谐响应分析	518
9.4	瞬态动力分析	519
9.4.1	瞬态动力分析的几个关键问题	520
9.4.2	完全法瞬态动力分析	523
9.4.3	模态叠加法瞬态动力分析	526
9.4.4	缩减法瞬态动力分析	528
9.4.5	有预应力的瞬态动力分析	529
9.4.6	瞬态动力分析实例	530
9.5	谱分析	542
9.5.1	单点响应谱分析	542
9.5.2	随机振动分析	546
9.5.3	动力设计分析方法和多点响应谱分 析简介	549
9.5.4	响应谱分析实例	550
	参考文献	554

第1章

ANSYS 与结构分析

1.1 ANSYS 功能与软件结构

工程和制造业的生命力在于产品的创新,而计算机的发展和广泛应用大大提高了产品开发、设计、分析和制造的效率和产品性能。用计算机对设计产品实时或进行随后的分析称为计算机辅助工程,即 CAE(Computer Aided Engineering)。该技术是由计算机技术和工程分析技术相结合形成的新兴技术,它涉及计算力学、计算数学、结构动力学、数字仿真技术、工程管理与计算机技术等学科。随着有限元理论和计算机硬件的发展,CAE 技术和软件越来越成熟,已逐渐成为工程师实现工程创新和产品创新的得力助手和有效工具。大型通用 CAE 软件可对多种类型工程和产品的物理力学性能进行分析,其应用范围极其广泛,如 ANSYS、ADINA、NASTRAN、MARC、ABAQUS、ADAMS、I-DEAS、SAP 等。

ANSYS 软件是融结构、流体、电磁场、声场和热场分析于一体的大型通用有限元分析软件,可广泛应用于土木、地质、矿业、材料、机械、仪器仪表、热工、电子、水利、生物医学和原子能等工程的分析和科学研究。它可在大多数计算机和操作系统(如 Windows、UNIX、Linux、HP-UX 等)中运行,可与大多数 CAD 软件接口。

1970 年,Dr. John Swanson 成立了 Swanson Analysis System, Inc., 后来重组后改称 ANSYS 公司,总部设在美国宾西法尼亚州的匹兹堡。近几年来,ANSYS 软件发展迅速,功能不断增强,目前最高版本为 11.0beta。

1.1.1 ANSYS 软件的技术特点

ANSYS 的主要技术特点如下:

(1)强大的建模能力:仅靠 ANSYS 本身就可建立各种复杂的几何模型,可采用自底向上、自顶向下或二者混合建模方法,通过各种布尔运算和操作建立所需几何实体。

(2)强大的求解能力:ANSYS 提供了数种求解器,主要类型有迭代求解器(预条件共轭梯度、雅可比共轭梯度、不完全共轭梯度)、直接求解器(波前、稀疏矩阵)、特征值求解法(分块

Lanczos 法、子空间法、凝聚法、QR 阻尼法)、并行求解器(分布式并行、代数多重网格)等,用户可根据问题类型选择合适的求解器。

(3)强大的非线性分析能力:可进行几何非线性、材料非线性、接触非线性和单元非线性分析。其中,材料非线性包括压电材料和形状记忆合金等。

(4)强大的网格划分能力:可智能网格划分,根据几何模型的特点自动生成有限元网格。也可根据用户的要求,实现多种网格划分。

(5)良好的优化能力:通过 ANSYS 的优化设计功能,确定最优设计方案;通过 ANSYS 的拓扑优化功能,可对模型进行外形优化,寻求物体对材料的最佳利用。

(6)单场及多场耦合分析能力:ANSYS 不但能进行诸如结构、热、流体运动、电磁等单场分析,还可进行这些类型的相互影响研究,即多物理场耦合分析。

(7)具有多种接口能力:ANSYS 提供了与多数 CAD 软件及有限元分析软件的接口程序,可实现数据的共享和交换,如 UG、Pro/Engineer、Parasolid、Solidwork、CADAM、Solid-edge、Solid Designer、CADKEY、CADD5、AutoCAD 等,以及 NASTRAN、Algor-FEM、IDEAS 等。

(8)强大的后处理能力:可获得任何节点和单元的数据,具有列表输出、图形显示、动画模拟等多种数据输出形式,可进行多种荷载工况的组合和各种数学运算,以及时间历程分析能力等。

(9)强大的二次开发能力:可利用 APDL、UPFs、UIDL 等进行二次开发,几乎可完成用户的任意功能要求,这点是很多软件所不能比拟的。

(10)强大的数据统一能力:ANSYS 使用统一的数据库储存模型数据和求解结果,实现前后处理、分析求解及多场分析的数据统一。

(11)支持多种硬件平台和操作系统平台。

1.1.2 ANSYS 软件的分析功能

ANSYS 软件功能非常强大,主要可进行下列五个方面的分析:

- 结构分析——分析结构的变形、应力和稳定问题;
- 热分析——分析系统或部件的温度分布;
- 流体分析——分析确定流体的流动状态和温度;
- 电磁场分析——分析计算电磁设备中的磁场;
- 耦合场分析——考虑两个或多个物理场之间的相互作用。

ANSYS 的结构分析有七种类型,结构分析的基本未知量是位移,其他未知量如应变、应力和反力等均通过位移量导出。七种类型的结构分析功能如下:

(1)静力分析:用于求解静力荷载作用下结构的静态行为,可以考虑结构的线性和非线性特性。非线性特性包括大变形、大应变、应力刚化、接触、塑性、超弹、蠕变等。

(2)特征屈曲分析:用于计算线性屈曲荷载和屈曲模态。非线性屈曲分析和循环对称屈曲分析属于静力分析类型,不属于特征值屈曲分析类型。

(3)模态分析:计算线性结构的固有频率和振型,可采用多种模态提取方法。可计算自然模态、预应力模态、阻尼复模态、循环模态等。

(4) 谐响应分析: 确定线性结构在随时间正弦变化的荷载作用下的响应。

(5) 瞬态动力分析: 计算结构在随时间任意变化的荷载作用下的响应, 可以考虑与静态分析相同的结构非线性特性, 可考虑非线性全瞬态和线性模态叠加法。

(6) 谱分析: 模态分析的扩展, 用于计算由于响应谱或 PSD 输入(随机振动)引起的结构应力和应变。可考虑单点谱和多点谱分析。

(7) 显式动力分析: ANSYS/LS-DYNA 可用于计算高度非线性动力学和复杂的接触问题。

除上述七种分析类型外, 还可进行特殊分析, 包括断裂分析、复合材料分析、疲劳分析、p-方法、梁分析等。

1.1.3 ANSYS 处理器

用户无需十分清楚 ANSYS 内部的运行过程, 但有必要基本了解 ANSYS 内部的结构。

ANSYS 按功能模块分为九个处理器, 每个处理器执行不同的任务。通常一个命令必须在其所属的处理器下执行, 否则会出现错误, 但有的命令可以在多个处理器下使用, 其目的在于方便操作。

当启动进入 ANSYS 时, ANSYS 位于开始级, 不处于任何处理器下。可采用菜单方式或命令方式进入处理器。当在某个处理器完成操作后, 应先退出该处理器后再进入其他处理器。ANSYS 的处理器如表 1-1 所示。

ANSYS 的处理器

表 1-1

处理器名称	功 能	路 径	命 令
prep7	建立几何模型, 赋予材料属性, 分网与施加边界条件等	Main Menu>Preprocessor	/prep7
solution	加载、求解	Main Menu>Solution	/solu
post1	查看某个时刻的计算结果	Main Menu>General Postproc	/post1
post26	查看时间历程上的计算结果	Main Menu>TimeHist Postpro	/post26
opt	优化设计	Main Menu>Design Opt	/opt
pds	概率设计	Main Menu>Prob Design	/pds
aux2	把二进制文件变为可读文件	Utility Menu>File>List>Binary Files	/aux2
aux12	在热分析中计算辐射因子和矩阵	Main Menu>Radiation Opt	/aux12
aux15	从 CAD 或 FEM 程序中传递文件	Main Menu>File>Import	/aux15
runstat	估计计算时间、运行状态等	Main Menu>Run-Time Stats	/runst

1.1.4 ANSYS 文件类型和格式

当执行建立或分析任务时,ANSYS 自动创建大量文件,常用的文件如表 1-2 所示。

ANSYS 中的文件类型和格式

表 1-2

文件类型	文件扩展名	文件格式
日志文件	.log	文本
错误文件	.err	文本
输出文件	.out	文本
数据库文件	.db	二进制
结果文件: 结构与耦合场分析 热分析 磁场分析 流体力学分析	.rst .rth .rmg .rfl	二进制
图形文件	.grph	文本
三角化刚度矩阵文件	.tri	二进制
单元刚度矩阵	.emat	二进制
组集的整体刚度矩阵和质量矩阵	.full	二进制
荷载步文件	.snn	文本

ANSYS 的日志文件和错误文件总是追加的,不是覆盖方式。文件容量取决于系统的限制,对于 NTFS 格式的 Windows2000/NT/XP 等,其限制文件容量为 8GB,当超过此值时可采用文件分割程序或命令,以满足计算需要。

1.1.5 ANSYS 输入方式

ANSYS 的输入方式常规可分为菜单方式、命令方式、宏方式、函数方式、文件方式等。从使用角度来看,分为两大类较为合适,即 GUI(Graphical User Interface)方式和命令流方式。

1. GUI 方式

GUI 方式包括了多种输入方式,如常说的菜单方式、命令方式、函数方式,或者这些方式的组合(即通过点选菜单或输入单个命令的方式,都可归结为该方式)。菜单方式是用鼠标在 ANSYS 菜单上进行选取,通过对话框完成各种操作。对于初学者,该方式比较简单,易于上手和使用。命令方式是从命令行输入命令及命令域的值。对于常用且熟悉的命令,用该方式更快捷,且因 ANSYS 提供联想式提示,可使命令输入更加快捷,参数及其顺序更加准确。函数方式也是从命令行中输入,但仅输入命令本身,其命令域的值将通过对话框输入,这种方式也可简化操作。

GUI 方式的特点是简单、易学,但对于复杂模型或实际模型的修改比较麻烦。

2. 命令流方式

命令流方式融 GUI 方式、APDL、UPFs、UIDL、MAC,甚至 TCL/TK 于一个文本文件中,

可通过命令(或 Utility Menu>File>Read Input From...)读入并执行,也可通过拷贝该文件的内容粘贴到命令行中执行。命令流方式可包含上述多种方式,如仅将命令罗列起来相当于命令方式,这对于初学者而言可能更容易接受。命令流方式的主要优点有以下几个方面:

(1)修改简单:不必考虑因操作错误造成模型的重大损失,也不必考虑 DB 文件的重要性而不断保存,可以随时修改参数,进而改变几何模型和有限元模型等,一切都变得特别简单和方便。

(2)可使用控制命令:类似于 if-then、do 等控制命令的使用,可大大提高工作效率。

(3)可结合用户界面处理:可将其他用户界面相关的命令融于命令流中。

(4)文件处理更加方便:文件的输入和输出可由用户控制,数据的处理将极其方便。

(5)交流和保存方便:命令流文件比较小,便于保存,也为相互交流提供便利。

所以,作者强烈推荐使用命令流方式进行操作!! 本书将以命令流文件为主进行介绍,而对于 GUI 方式则稍加介绍。因此,本书可能对初学者而言初始略有困难,但很快会从中受益。

1.1.6 ANSYS 软件的产品系列

近几年来,ANSYS 软件发展迅速,在国内使用的有 4.3、5.6、5.7、6.0、6.1、7.0、8.0、8.1 等版本。伴随着软件版本的升级,ANSYS 已开发出适应不同用途、不同工作环境和学科的产品系列,主要有如下产品:

- ANSYS/PrepPost——前后处理子系统;
- ANSYS/Structural——结构分析子系统;
- ANSYS/Thermal——温度场子系统;
- ANSYS/FLOTRAN——流场分析子系统;
- ANSYS/LS-DYAN——显式非线性瞬态动力分析子系统;
- ANSYS/Connection——和 CAD 软件的接口模块;
- ANSYS/CADfix——高级通用图形接口模块;
- ANSYS/CivilFEM——土木工程分析专用模块;
- ANSYS/CFX——流体动力分析子系统;
- DYNIFORM——板成形仿真专用模块;
- ANSYS/Linflow——气弹和颤振分析专用模块;
- ANSYS/ParaMesh——参数化变形工具;
- ANSYS/FE Modeler——有限元模型解读模块;
- FE-Safe——结构疲劳耐久性分析专用模块;
- AI NASTRAN——新一代动力分析系统;
- DesignSpace——智能化设计工具;
- DesignXPloere VT——多目标快速优化模块;
- DropTest——跌落仿真专用模块;
- Virtual Motion——机构动力学分析专用模块;
- Workbench——协同仿真环境。