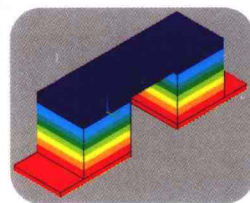
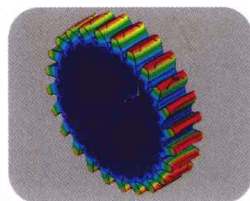




CAD/CAM/CAE 工程应用丛书·ANSYS系列

ANSYS 12.0

结构分析工程应用 实例解析 第3版



本书特色

- 合理的知识体系和学习流程
- 汇集教学培训和企业一线的经典案例
- 全面、系统地讲解ANSYS 12.0结构分析的思路、操作方法和技巧
- 提供电子邮件答疑服务

本书核心内容包含

- 建模与网格划分
- 复合材料结构分析
- 结构静力学分析
- 结构疲劳分析
- 非线性分析
- 结构断裂分析
- 动力学分析
- 结构优化设计

张朝晖 主编

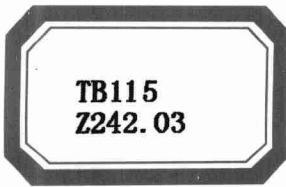


附赠超值光盘

◆ 全书实例涉及的范例素材和最终效果



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



TB115
Z242.03

CAD/CAM/CAE 工程应用丛书 · ANSYS 系列

57

ANSYS 12.0 结构分析 工程应用实例解析

第3版

张朝晖 主编



机械工业出版社

TB115

Z242.03

本书从实例分析与计算入手详细介绍了 ANSYS 12.0 有限元软件的功能与技巧, 全书根据不同的学科及工程应用分为 9 章, 主要内容包括 ANSYS 12.0 简介、ANSYS 12.0 建模与网格划分、ANSYS 12.0 结构静力学分析、ANSYS 12.0 非线性分析、ANSYS 12.0 动力学分析、ANSYS 12.0 复合材料结构分析、ANSYS 12.0 结构疲劳分析、ANSYS 12.0 结构断裂分析、ANSYS 12.0 结构优化设计。本书内容新颖丰富、涉及领域广泛, 使读者在掌握 ANSYS 12.0 软件的同时能够掌握到实际工程问题的分析思路、方法和经验, 并轻松解决本领域所出现的问题。

本书适合理工院校相关专业的硕士研究生、博士研究生及教师使用, 可以作为高等院校学生及科研院所研究人员学习 ANSYS 12.0 有限元软件的教材, 也可以作为从事相关领域科学技术研究的工程技术人员使用 ANSYS 12.0 软件的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

ANSYS 12.0 结构分析工程应用实例解析/张朝晖主编.—3版.—北京:机械工业出版社, 2010.1

(CAD/CAM/CAE 工程应用丛书·ANSYS 系列)

ISBN 978-7-111-29318-7

I. A… II. 张… III. 有限元分析-应用程序, ANSYS 12.0 IV. 0241.82

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 230047 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 丁 诚 吴鸣飞

责任编辑: 吴鸣飞

责任印制: 李 妍

北京振兴源印务有限公司印刷

2010 年 1 月第 3 版·第 1 次印刷

184mm × 260mm · 35 印张 · 867 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-29318-7

ISBN 978-7-89451-366-3 (光盘)

定价: 66.00 元 (含 1CD)

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

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

出版说明

随着信息技术在各领域的迅速渗透, CAD/CAM/CAE 技术已经得到了广泛的应用, 从根本上改变了传统的设计、生产、组织模式, 对推动现有企业的技术改造、带动整个产业结构的变革、发展新兴技术、促进经济增长都具有十分重要的意义。

CAD 在机械制造行业的应用最早, 使用也最为广泛。目前其最主要的应用涉及到机械、电子、建筑等工程领域。世界各大航空、航天及汽车等制造业巨头不但广泛采用 CAD/CAM/CAE 技术进行产品设计, 而且投入大量的人力、物力及资金进行 CAD/CAM/CAE 软件的开发, 以保持自己技术上的领先地位和国际市场上的优势。CAD 在工程中的应用, 不但可以提高设计质量, 缩短工程周期, 还可以节约大量建设投资。

各行各业的工程技术人员也逐步认识到 CAD/CAM/CAE 技术在现代工程中的重要性, 掌握其中的一种或几种软件的使用方法和技巧, 已成为他们在竞争日益激烈的市场经济形势下生存和发展的必备技能之一。然而仅仅知道简单的软件操作方法是远远不够的, 只有将计算机技术和工程实际结合起来, 才能真正达到通过现代的技术手段提高工程效益的目的。

基于这一考虑, 机械工业出版社特别推出了这套主要面向相关行业工程技术人员的“CAD/CAM/CAE 工程应用丛书”。本丛书涉及 AutoCAD、Pro/ENGINEER、UG、SolidWorks、Mastercam、ANSYS 等软件在机械设计、性能分析、制造技术方面的应用, 以及 AutoCAD 和天正建筑 CAD 软件在建筑和室内配景图、建筑施工图、室内装潢图、水暖、空调布线图、电路布线图以及建筑总图等方面的应用。

本套丛书立足于基本概念和操作, 配以大量具有代表性的实例, 并融入了作者丰富的实践经验, 使得本丛书内容具有专业性强、操作性强、指导性强的特点, 是一套真正具有实用价值的书籍。

机械工业出版社

前 言

ANSYS 软件是集结构力学、流体力学、电磁学、声学、热力学分析于一体的大型通用有限元分析软件。它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(如 Pro/ENGINEER, NASTRAN, Alogor, I-DEAS, AutoCAD 等)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,也是迄今为止世界范围内唯一通过 ISO 9001 质量体系认证的分析设计类软件。在 ANSYS 公司相继收购 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 整合之后,ANSYS 实际上已成为世界上最通用和有效的商用有限元软件。

1. 本书意义

本书是《ANSYS 8.0 结构分析及实例解析》一书的第 3 版。其第 1、2 版出版之后,得到了同行专家的广泛关注和广大读者的认可及厚爱,来电来函甚多,其中不乏赞美之词,作者对此表示十分感激。应读者和出版社的要求,作者根据 ANSYS 最新版本,对第 1、2 版进行了深入细致的修正,并添加了较多新内容,使得全书内容更丰富、实例更具代表性,体现出更强的工程应用价值;同时第 3 版采纳了读者的合理建议,增加了例题分析的内容,使读者在动手完成实例分析之前对所做例题了然于胸。

本书所有例题均经过精心设计与筛选,代表性强,并具有实际的工程应用背景,每个例题都通过图形用户界面及命令流两种方式向读者作了详细的介绍。对于渴望入门的新手来说,通过对第 1、2 章相关知识的学习,可以在较短的时间内快速入门;对于希望解决实际工程问题的高级用户而言,也可以通过参考其中类似例题的分析思路和求解过程圆满完成任务。

本书包括以下特色段落。

提示:适当地给读者一些提示,使读者能迅速理解编者的分析思路和分析方法。

注意:在容易出现问题的地方及时提醒读者注意,避免读者犯错误,节省读者的宝贵时间。

技巧:指点给读者一些捷径,透露给读者一些高招,让读者事半功倍,技高一筹。

试一试:让读者在学习完毕之后,有一个大展身手的好机会。

2. 本书导读

本书共分 9 章。第 1 章是概述,主要介绍 ANSYS 12.0 程序的发展过程、技术特点、使用环境、程序功能、创新之处、文件系统、基本操作及 ANSYS 12.0 的结构分析过程。

第 2 章为 ANSYS 12.0 模型建立部分,主要从 ANSYS 程序的特点出发,论述了直接建模法、自底向上建模法、自顶向下建模法 3 种建立模型的方法。

第 3 章为结构线性静力学分析部分,主要从结构静力学的角度出发,论述了几类典型的结构静力学问题及其求解方法:平面应力问题、平面应变问题、轴对称问题、梁分析问题、桁架分析问题、壳分析问题和接触分析问题。

第 4 章为结构动力学分析部分,主要论述模态分析、谐响应分析、瞬态动力学分析以及谱分析几类典型的结构动力学问题的求解步骤、方法与技巧。

第 5 章为结构非线性分析部分，主要以几何非线性、材料非线性及状态非线性这 3 类工程结构非线性为出发点，论述了几种典型的结构非线性问题的求解方法：屈曲分析、弹塑性分析、壳分析、膜结构分析、蠕变松弛分析、超弹分析、DP 材料分析、接触分析、大塑性变形分析。

第 6 章为复合材料分析部分，主要论述运用 ANSYS 程序解决复合材料梁、复合材料层合板问题的步骤、方法与技巧。

第 7 章为结构疲劳分析部分，主要论述运用 ANSYS 程序进行结构疲劳分析的步骤、方法与技巧。

第 8 章为结构断裂分析部分，主要论述运用 ANSYS 程序进行结构断裂分析的步骤、方法与技巧，主要包括二维断裂和三维断裂问题。

第 9 章为结构优化设计部分，主要论述运用 ANSYS 程序进行参数优化设计和结构优化设计的步骤、方法与技巧。

3. 本书约定

本书以 Windows NT 为操作平台介绍了 ANSYS 12.0 软件，其他可以兼容的平台包括 Windows 2000、Windows XP。为了便于阅读理解，本书作如下约定：

- ▶ 本书中出现的菜单、命令均为英文并附有中文注释。此外，为了语句更简洁易懂，本书利用“|”表示上下级菜单或命令的关联。比如，Utility Menu | File | Resume From，表示选择工具菜单中的 File 菜单，执行其中的 Resume From 命令；又如，Main Menu | Preprocessor | Modeling | Reflect | Lines，表示在主菜单中依次选择 Preprocessor、Modeling、Reflect、Lines 菜单，最后出现 Reflect Lines 菜单，其他依此类推。
- ▶ 在没有特别指明时，“单击”、“双击”和“拖动”表示用鼠标左键单击、双击和拖动。
- ▶ 为统一起见，本书所有命令流中的标点符号均采用中文格式，读者在练习过程中需将其修正为英文格式。
- ▶ 命令流中“!”号后面的中文为解释说明部分，读者在使用命令流过程中不必输入。

本书由北京理工大学的张朝晖主编。作者根据多年的教学经验、使用心得以及多部有关 ANSYS 著作的编写思路总结，并通过和广大读者的深入交流，编著了本书。全书实例具有很好的实践操作可行性和很强的参考实用性。李云凯、苏铁健、姜开宇、赵丹阳、王琳、范群波、王扬卫、于晓东、张淑玲、苗杰、苗凯、廖秋尽、李树奎、王鲁、张洪梅、贵大勇、唐和存、刘颖、马壮、罗杰、王迎春、薛云飞等参加了本书部分章节的编写。

由于编者水平有限，书中缺点与错误在所难免，敬请广大读者批评指正，也欢迎业内人士及专家来电来函共同探讨。

作者的 E-mail: zhang@bit.edu.cn

编者

目 录

出版说明	
前言	
第 1 章 概述	1
1.1 ANSYS 12.0 简介	1
1.1.1 ANSYS 12.0 发展过程	1
1.1.2 ANSYS 12.0 技术特点	1
1.1.3 ANSYS 12.0 使用环境	2
1.1.4 ANSYS 12.0 软件功能	2
1.1.5 ANSYS 12.0 创新之处	5
1.1.6 ANSYS 12.0 文件系统	8
1.2 ANSYS 12.0 基本操作	8
1.2.1 ANSYS 12.0 启动与设置	8
1.2.2 ANSYS 12.0 用户界面	10
1.2.3 退出 ANSYS 12.0	10
1.3 ANSYS 12.0 结构分析	11
1.3.1 ANSYS 12.0 结构分析概述	11
1.3.2 ANSYS 12.0 结构分析过程	12
1.4 ANSYS 12.0 使用技巧	13
1.4.1 几何模型修正技巧——布尔操作	13
1.4.2 图形显示设置技巧——字体设置与窗口显示	31
1.4.3 结果文件输出技巧——图形复制与输出	34
1.4.4 生成动画文件技巧——动画文件的生成与存储	36
第 2 章 ANSYS 12.0 模型建立及实例详解	37
2.1 模型建立基本过程	37
2.1.1 概述	37
2.1.2 模型建立方法	37
2.1.3 ANSYS 坐标系与工作平面	38
2.1.4 实体建模	43
2.1.5 网格划分	55
2.2 直接法实体建模实例详解	62
2.2.1 问题描述	62
2.2.2 问题分析	62
2.2.3 求解步骤	62
2.2.4 命令流	70
2.3 自底向上建模方法实例详解	71

2.3.1	问题描述	71
2.3.2	问题分析	72
2.3.3	求解步骤	72
2.3.4	命令流	79
2.4	自顶向下建模方法实例详解	81
2.4.1	问题描述	81
2.4.2	问题分析	82
2.4.3	求解步骤	82
2.4.4	命令流	92
第3章	ANSYS 12.0 结构线性静力分析及实例详解	95
3.1	结构线性静力分析基本过程	95
3.1.1	结构静力分析概述	95
3.1.2	结构线性静力分析基本步骤	95
3.2	平面应力问题分析实例详解——带孔薄板两端承受均布载荷	98
3.2.1	问题描述	98
3.2.2	问题分析	99
3.2.3	求解步骤	99
3.2.4	命令流	107
3.3	平面应变问题分析实例详解——输气管道受力分析	108
3.3.1	问题描述	108
3.3.2	问题分析	108
3.3.3	求解步骤	108
3.3.4	命令流	115
3.4	轴对称问题分析实例详解——轴类零件受拉分析	116
3.4.1	问题描述	116
3.4.2	问题分析	116
3.4.3	求解步骤	116
3.4.4	命令流	122
3.5	梁分析实例详解——工字梁端面受力分析	123
3.5.1	问题描述	123
3.5.2	问题分析	123
3.5.3	求解步骤	123
3.5.4	命令流	128
3.6	桁架分析实例详解——三角桁架受力分析	129
3.6.1	问题描述	129
3.6.2	问题分析	129
3.6.3	求解步骤	129
3.6.4	命令流	134
3.7	壳分析实例详解——薄壁圆筒受力分析	136

3.7.1	问题描述	136
3.7.2	问题分析	136
3.7.3	求解步骤	136
3.7.4	命令流	143
3.8	接触分析实例详解——钢球和刚性平面接触分析	145
3.8.1	问题描述	145
3.8.2	问题分析	145
3.8.3	求解步骤	145
3.8.4	命令流	156
第4章	ANSYS 12.0 结构动力学分析及实例详解	159
4.1	结构动力学分析基本过程	159
4.1.1	模态分析	159
4.1.2	谐响应分析	162
4.1.3	瞬态动力学分析	165
4.1.4	谱分析	169
4.2	模态分析实例详解——谐振器模态分析	172
4.2.1	问题描述	172
4.2.2	问题分析	172
4.2.3	求解步骤	172
4.2.4	命令流	178
4.3	谐响应分析实例详解——弹簧质量系统受谐载荷	179
4.3.1	问题描述	179
4.3.2	问题分析	179
4.3.3	求解步骤	180
4.3.4	命令流	186
4.4	谐响应分析实例详解——有预应力的吉他弦谐响应分析	187
4.4.1	问题描述	187
4.4.2	问题分析	187
4.4.3	求解步骤	187
4.4.4	命令流	193
4.5	瞬态动力学分析实例详解——钟摆摆动分析	195
4.5.1	问题描述	195
4.5.2	问题分析	195
4.5.3	求解步骤	195
4.5.4	命令流	202
4.6	瞬态动力学分析实例详解——滑动摩擦生热分析	203
4.6.1	问题描述	203
4.6.2	问题分析	204
4.6.3	求解步骤	204

4.6.4	命令流	214
4.7	谱分析实例详解——地震位移谱作用下的板梁结构响应	216
4.7.1	问题描述	216
4.7.2	问题分析	217
4.7.3	求解步骤	217
4.7.4	命令流	226
第 5 章	ANSYS 12.0 非线性分析及实例详解	229
5.1	非线性分析基本过程	229
5.1.1	结构非线性分析	229
5.1.2	几何非线性分析	234
5.1.3	材料非线性分析	237
5.1.4	状态非线性分析	241
5.1.5	非线性分析步骤	249
5.2	几何非线性实例详解——圆柱壳体受力分析	253
5.2.1	问题描述	253
5.2.2	问题分析	254
5.2.3	求解步骤	254
5.2.4	命令流	264
5.3	几何非线性实例详解——细长杆屈曲分析	265
5.3.1	问题描述	265
5.3.2	问题分析	266
5.3.3	求解步骤	266
5.3.4	命令流	273
5.4	几何非线性实例详解——金属圆盘弹塑性分析	274
5.4.1	问题描述	274
5.4.2	问题分析	275
5.4.3	求解步骤	275
5.4.4	命令流	287
5.5	几何非线性实例详解——膜结构分析	290
5.5.1	问题描述	290
5.5.2	问题分析	290
5.5.3	求解步骤	290
5.5.4	命令流	298
5.6	材料非线性实例详解——螺栓蠕变松弛分析	300
5.6.1	问题描述	300
5.6.2	问题分析	300
5.6.3	求解步骤	300
5.6.4	命令流	307
5.7	材料非线性实例详解——橡胶圆筒受压分析	308

5.7.1	问题描述	308
5.7.2	问题分析	308
5.7.3	求解步骤	308
5.7.4	命令流	315
5.8	材料非线性实例详解——圆盘大应变分析	316
5.8.1	问题描述	316
5.8.2	问题分析	317
5.8.3	求解步骤	317
5.8.4	命令流	328
5.9	材料非线性实例详解——铁桩插入土壤分析	329
5.9.1	问题描述	329
5.9.2	问题分析	330
5.9.3	求解步骤	330
5.9.4	命令流	340
5.10	状态非线性实例详解——卡头压进卡座的力学过程分析	342
5.10.1	问题描述	342
5.10.2	问题分析	342
5.10.3	求解步骤	342
5.10.4	命令流	361
5.11	状态非线性实例详解——铜柱体撞击刚性墙分析	367
5.11.1	问题描述	367
5.11.2	问题分析	367
5.11.3	求解步骤	367
5.11.4	命令流	374
5.12	状态非线性实例详解——挤压过程分析	375
5.12.1	问题描述	375
5.12.2	问题分析	376
5.12.3	求解步骤	376
5.12.4	命令流	386
5.13	状态非线性实例详解——LS-DYNA 程序分析锻压过程	388
5.13.1	问题描述	388
5.13.2	问题分析	388
5.13.3	求解步骤	389
5.13.4	命令流	398
第 6 章	ANSYS 12.0 复合材料结构分析及实例详解	400
6.1	复合材料结构分析基本过程	400
6.1.1	概述	400
6.1.2	建立复合材料模型	400
6.2	复合材料结构分析实例详解——复合材料梁弯曲分析	407

6.2.1	问题描述	407
6.2.2	问题分析	407
6.2.3	求解步骤	408
6.2.4	命令流	418
6.3	复合材料结构分析实例详解——层合板受压分析	420
6.3.1	问题描述	420
6.3.2	问题分析	421
6.3.3	求解步骤	421
6.3.4	命令流	435
6.4	复合材料结构分析实例详解——长纤维增强复合材料梁热膨胀分析	438
6.4.1	问题描述	438
6.4.2	问题分析	439
6.4.3	求解步骤	439
6.4.4	命令流	447
第 7 章	ANSYS 12.0 结构疲劳分析及实例详解	450
7.1	结构疲劳分析基本过程	450
7.1.1	概述	450
7.1.2	疲劳分析步骤	451
7.2	结构疲劳分析实例详解——带孔板状构件疲劳分析	453
7.2.1	问题描述	453
7.2.2	问题分析	454
7.2.3	求解步骤	454
7.2.4	命令流	468
第 8 章	ANSYS 12.0 结构断裂分析及实例详解	471
8.1	结构断裂分析基本过程	471
8.1.1	概述	471
8.1.2	结构断裂分析过程	472
8.2	结构断裂分析实例详解——二维断裂问题	475
8.2.1	问题描述	475
8.2.2	问题分析	476
8.2.3	求解步骤	476
8.2.4	命令流	484
8.3	结构断裂分析实例详解——具有中心裂纹的板状试样三维断裂分析	485
8.3.1	问题描述	485
8.3.2	问题分析	486
8.3.3	求解步骤	486
8.3.4	命令流	502
第 9 章	ANSYS 12.0 结构优化设计及实例详解	509
9.1	结构优化设计基本过程	509



9.1.1	概述	509
9.1.2	结构优化设计基本概念	509
9.1.3	结构优化设计分析步骤	511
9.1.4	优化设计技术原理	520
9.1.5	优化设计注意事项	524
9.1.6	拓扑优化	528
9.2	结构优化设计实例详解——桁架优化设计	530
9.2.1	问题描述	530
9.2.2	问题分析	531
9.2.3	求解步骤	531
9.2.4	命令流	537
9.3	拓扑优化实例详解——弹性梁的拓扑优化	539
9.3.1	问题描述	539
9.3.2	问题分析	539
9.3.3	求解步骤	540
9.3.4	命令流	545

第1章 概述



本章内容提要：

本章主要介绍 ANSYS 12.0 软件的组成、特点及功能，并介绍 ANSYS 12.0 的启动过程及用户界面，同时还向读者介绍运用 ANSYS 12.0 进行结构分析的思路和基本步骤。

1.1 ANSYS 12.0 简介

ANSYS 软件是融结构力学、热力学、流体力学、电磁学、声学于一体的大型通用有限元商用分析软件，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、电子、造船、汽车交通、国防军工、土木工程、生物医学、轻工、地矿、水利、日用家电等一般工业及科学研究。该软件可在大多数计算机及操作系统运行，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，大大方便了用户操作。它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。

1.1.1 ANSYS 12.0 发展过程

ANSYS 公司是由美国匹兹堡大学的 John Swanson 博士在 1970 年创建的，其总部位于美国宾夕法尼亚州的匹兹堡，目前是世界 CAE 行业最大的公司。40 年来，ANSYS 公司一直致力于设计分析软件的开发，不断吸取新的计算方法和计算技术，领导着世界有限元技术的发展。

ANSYS 软件的最初版本与最新版本 ANSYS 12.0 相比有很大区别。最初版本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；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。

1.1.2 ANSYS 12.0 技术特点

- 与其他的有限元分析软件相比，ANSYS 具有以下技术特点：
- 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) 具有独一无二的优化功能,是唯一具有流场优化功能的 CFD 软件。
- 4) 具有强大的非线性分析功能。
- 5) 具备快速求解器。
- 6) 是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的全部数据文件均兼容。
- 8) 支持从 PC、WS 到巨型机的所有硬件平台。
- 9) 在从微机、工作站、大型机直至巨型机的所有硬件平台上具有统一的用户界面。
- 10) 可与大多数的 CAD 软件集成并有接口。
- 11) 可进行智能网格划分。
- 12) 具有多层次、多框架的产品系列。
- 13) 具备良好的用户开发环境。

1.1.3 ANSYS 12.0 使用环境

ANSYS 软件是一个功能强大的有限元计算分析软件包。它可运行于 PC、NT 工作站、UNIX 工作站以及巨型计算机等各类计算机及操作系统中,其数据文件在其所有的产品系列和工作平台上均兼容。该软件有多种不同版本,目前最新版本为 ANSYS 12.0,其微机版本要求的操作系统为 Windows 95/98/2000、Windows NT 及 Windows XP,也可运行于 UNIX 系统下;微机版的基本硬件要求为:显示分辨率为 1024×768 像素,显示内存为 2MB 以上,硬盘大于 350MB,推荐使用 17in 显示器。

ANSYS 的多物理场耦合功能,允许在同一模型上进行各种耦合计算,如热-结构耦合、热-电耦合、磁-结构耦合以及热-电-磁-流体耦合,同时在 PC 上生成的模型可运行于工作站及巨型计算机,所有这一切保证了 ANSYS 用户对多领域工程问题的求解。

ANSYS 可与多种先进的 CAD (如 AutoCAD、Pro/ENGINEER、NASTRAN、Alogor、IDEAS 等) 软件共享数据,利用 ANSYS 的数据接口,可以精确地将 CAD 系统下生成的几何模型数据传输到 ANSYS,并通过必要的修补可准确地在该模型上划分网格并进行求解,这样就可以节省用户在创建模型的过程中所花费的大量时间,使用户的工作效率大幅度提高。

1.1.4 ANSYS 12.0 软件功能

ANSYS 软件主要包括 3 个部分:前处理模块,求解模块和后处理模块。前处理模块提供了一个强大的实体建模及网格划分工具,用户可以方便地构造有限元模型;求解模块包括结构分析(结构线性分析、结构非线性分析和结构高度非线性分析)、热分析、流体动力学分析、电磁场分析、声场分析、压电分析以及多物理场的耦合分析,可模拟多种物理介质的相互作用,具有灵敏度分析及优化分析能力;后处理模块可将计算结果以彩色等值线显示、梯度显示、矢量显示、粒子流显示、立体切片显示、透明及半透明显示等图形方式显示出来,也可将计算结果以图表、曲线形式显示或输出。ANSYS 软件提供了 100 种以上的单元类型,用来模拟实际工程中的各种结构和材料。

启动 ANSYS,进入 ASYS 图形用户界面。从开始平台(主菜单)可以进入各处理模块:PREP7(通用前处理模块),SOLUTION(求解模块),POST1(通用后处理模块),

POST26 (时间历程后处理模块)。

1. 前处理模块 PREP7

ANSYS 前处理模块主要包括参数定义和建立有限元模型。

(1) 参数定义

ANSYS 软件在建立有限元模型的过程中, 首先需要进行相关参数定义, 主要包括定义单位制, 定义单元类型, 定义单元实常数, 定义材料模型和材料特性参数, 定义几何参数等。

在定义单位制时应注意, 除磁场分析之外, ANSYS 软件可以使用任意一种单位制, 但一定要保证单位制的统一。

在建立有限元模型或对实体模型进行网格划分之前, 必须定义相应的单元类型, 而单元实常数的确定也依赖于单元类型的特性。

材料模型和材料特性参数是表征实际工程问题所涉及材料的具体特性, 因此材料模型的正确选择和材料参数的精确输入是实际工程问题得到正确解答的关键。

(2) 建立有限元模型

ANSYS 软件提供了 4 种建立有限元模型的方法: 直接建模; 实体建模; 输入在计算机辅助设计系统 (CAD) 中创建的实体模型; 输入在计算机辅助设计系统 (CAD) 中创建的有限元模型, 具体内容将在第 2 章介绍。

2. 求解模块 SOLUTION

求解模块是 ANSYS 软件用于对所建立的有限元模型进行力学分析和有限元求解, 在该模块中, 用户可以定义分析类型和分析选项、施加载荷及载荷步选项。

(1) 定义分析类型和分析选项

用户需要根据所施加的载荷条件和所要计算的响应选择分析类型。ANSYS 软件提供的分析类型为静态 (稳态) 分析、瞬态分析、模态分析、谐波分析、谱分析、挠度和子结构。

分析类型定义完成之后, 用户可根据分析类型定义分析选项。

(2) 载荷

在 ANSYS 软件中, 载荷分为位移载荷、力或力矩、面载荷、体积载荷、惯性载荷和耦合场载荷 6 类。

(3) 指定载荷步

载荷步选项是用于更改载荷步的选项, 如子步数、载荷步的结束时间和输出控制等。

(4) 求解子模块

ANSYS 软件的求解模块包含以下子模块。

结构静力分析模块: 用于求解外载荷引起的位移、应力和力。静力分析很适合求解惯性和阻尼对结构的影响并不显著的问题。ANSYS 软件中的静力分析不仅可以进行线性分析, 而且可以进行非线性分析, 如塑性、蠕变、膨胀、大变形、大应变及接触分析。

结构动力学分析模块: 用于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, 动力分析要考虑随时间变化的载荷以及它对阻尼和惯性的影响。ANSYS 可进行的结构动力学分析类型包括瞬态动力学分析、模态分析、谐波响应分析及随机振动响应分析。

结构非线性分析模块：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 软件可求解静态和瞬态非线性问题，包括材料非线性、几何非线性和状态非线性 3 种。

动力学分析模块：可以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。

热分析模块：可处理热传递的 3 种基本类型：传导、对流和辐射。热传递的 3 种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。

电磁场分析模块：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，还可用于螺线管、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。

流体动力学分析模块：能进行流体动力学分析，分析类型可以为瞬态或稳态。分析结果可以是每个节点的压力和通过每个单元的流率，并且可以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，还可以使用三维表面效应单元和热-流管单元模拟包括对流换热效应的结构的流体绕流过程。

声场分析模块：用于研究在含有流体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。

压电分析模块：用于分析二维或三维结构对 AC（交流）、DC（直流）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、传声器等部件及其他电子设备的结构动态性能分析，可进行 4 种类型的分析：静态分析、模态分析、谐波响应分析、瞬态响应分析。

3. 后处理模块 POST1 和 POST26

当 ANSYS 完成计算之后，可以通过后处理器观察结果。ANSYS 软件的后处理包括两个部分：通用后处理模块（POST1）和时间历程后处理模块（POST26）。

（1）通用后处理模块 POST1

该模块可以用于查看整个模型或选定的部分模型在某一子步或时间步的计算结果。运用该模块可以获得各种应力场、应变场及温度场的等值线图形显示、变形形状显示以及检查和解释分析的结果列表。POST1 还提供了很多其他的功能，如误差估计、载荷工况组合、结果数据的计算和路径操作等。通过单击主菜单中的 **General Postproc** 可以直接进入到通用后处理模块。

（2）时间历程响应后处理模块 POST26

该模块用于查看模型的特定在某一或所有时间步内的计算结果，可获得结果数据对时间或频率的关系图形曲线及列表，如绘制位移-时间曲线、应力-应变曲线等。另外，POST26 还具有很多其他的功能：可以进行曲线的代数运算，变量之间可以进行加、减、乘、除运算以产生新的曲线，也可以取绝对值、平方根、对数、指数以及最大和最小值等，还可以对曲线进行微积分运算，并且还能够从时间历程结果中生成