

CAD/CAM/CAE

工程应用丛书

ANSYS系列



ANSYS 18.0

有限元分析学习宝典

贾雪艳 刘平安 等编著



关注机械工业出版社计算机分社官方微信订阅号“IT 有得聊”，即可获得本书配套资源，包含全部案例素材文件、命令流代码和操作教学视频。



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

CAD/CAM/CAE 工程应用

ANSYS 18.0 有限元分析学习宝典

贾雪艳 刘平安 等编著



机械工业出版社

本书以 ANSYS 18.0 为依据,对 ANSYS 分析的基本思路、操作步骤、应用技巧进行详细介绍,并结合典型工程应用实例详细讲述 ANSYS 的具体工程应用方法。

本书共分为 5 篇,第 1 篇为操作基础篇,详细介绍 ANSYS 分析的基本步骤和方法,共 6 章,依次介绍 ANSYS 18.0 概述、几何建模、划分网格、施加载荷、求解、后处理;第 2 篇为专题实例篇,按不同的分析专题讲解各种分析专题的参数设置方法与技巧,共 8 章,依次介绍结构静力分析、模态分析、谐响应分析、瞬态动力学分析、谱分析、非线性分析、结构屈曲分析、接触问题分析;第 3 篇为热分析篇,共 2 章,依次介绍稳态热分析与瞬态热分析、热辐射和相变分析;第 4 篇为电磁分析篇,共 3 章,依次介绍电磁场分析、磁场分析、电场分析;第 5 篇为耦合场分析篇,共 3 章,依次介绍耦合场分析、直接耦合场分析、多场求解-MFS 单码的耦合分析。

图书在版编目(CIP)数据

ANSYS 18.0 有限元分析学习宝典/贾雪艳等编著. —北京:机械工业出版社, 2017.6

(CAD/CAM/CAE 工程应用丛书)

ISBN 978-7-111-57461-3

I. ①A… II. ①贾… III. ①有限元分析—应用软件 IV. ①O241.82

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 158292 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:张淑谦 责任校对:张艳霞

责任编辑:张淑谦 责任印制:李 昂

三河市国英印务有限公司印刷

2017 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·32 印张·782 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-57461-3

定价:99.00 元

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

服务咨询热线:(010) 88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:(010) 68322694

机工官博:weibo.com/cmp1952

(010) 88379203

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前 言

随着计算力学、计算数学、工程管理学，特别是信息技术的飞速发展，数值模拟技术日趋成熟。数值模拟可以广泛应用到土木、机械、电子、能源、冶金、国防军工、航天航空等诸多领域，并对这些领域产生了深远的影响。

ANSYS 软件是美国 ANSYS 公司研制的大型通用有限元分析 (FEA) 软件，是世界范围内成长较快的 CAE 软件之一，能够进行包括结构、热、声、流体及电磁场等学科的研究，在核工业、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、生物医药、轻工、地矿、水利、日用家电等领域有着广泛的应用。ANSYS 因其功能强大，操作简便，现已成为国际上流行的有限元分析软件之一，并且在历年 FEA 评比中均名列前茅。目前，国内有 100 多所理工院校已采用 ANSYS 软件进行有限元分析或者作为标准教学软件。

一、编写目的

鉴于 ANSYS 软件强大的功能和深厚的工程应用底蕴，编者虽力图编写一本全方位介绍 ANSYS 软件在各个工程行业应用情况的书籍，但因篇幅有限，所以本书着重选择 ANSYS 的常见应用，利用 ANSYS 大体知识脉络作为线索，以实例作为“抓手”，帮助读者掌握利用 ANSYS 软件进行工程分析的基本技能和技巧。

二、本书特点

☑ 专业性强

本书的编者都是在高校多年从事计算机图形教学研究的一线人员，具有丰富的教学实践经验与教材编写经验，更有一些执笔者是国内 ANSYS 图书的知名作者。多年的教学工作使他们能够准确地把握读者的心理与实际需求。本书是编者总结多年的设计经验以及教学的心得体会所著，历时多年的精心准备，力求全面、细致地展现 ANSYS 软件在工程分析应用领域的各种功能和使用方法。

☑ 涵盖面广

就本书而言，编者的目的是编写一本对工科各专业具有普遍适用性的基础应用学习书籍。因为读者的专业学习方向不同，且有的读者可能需要在多个专业方向内应用 ANSYS，所以本书对知识点的讲解非常全面，几乎包含了 ANSYS 软件的全部功能的讲解，内容涵盖了 ANSYS 分析基本流程、机械与结构分析、热力学分析、电磁学分析和耦合场分析等知识。对每个知识点，不求过于深入，只要求读者能够掌握可以满足一般工程分析的知识即可，并且在语言上尽量做到浅显易懂、言简意赅。

☑ 实例丰富

本书的实例无论是在数量上还是在种类上，都非常丰富。从数量上说，本书结合大量的工程分析实例，详细讲解 ANSYS 知识要点。全书包含 40 多个大型工程案例，让读者在学习案例的过程中逐渐掌握 ANSYS 软件的操作技巧。从种类上说，本书注意实例的行业分布广泛性，以普通机械和结构分析为主，热力学分析、电磁学分析和耦合场分析等工程方向为辅。

☑ 突出提升技能

本书从全面提升 ANSYS 工程分析能力的角度出发，结合大量的案例来讲解如何利用 ANSYS 软件进行有限元分析，使读者了解计算机辅助分析并能够独立地完成各种工程分析。

本书中的很多实例来源于工程分析项目案例，经过编者精心提炼和改编，不仅保证了读者能够学好知识点，更重要的是能够帮助读者掌握 ANSYS 的实际操作技能，同时培养工程分析实践能力。

三、本书的基本内容

书中尽量避开了烦琐的理论描述，从实际应用出发，结合编者使用该软件的经验，实例部分采用 GUI 方式一步步地对操作过程和步骤进行讲解。为了帮助用户熟悉 ANSYS 的相关操作命令，在每个实例的后面列出了分析过程的命令流文件。

本书以 ANSYS 18.0 为依据，对 ANSYS 分析的基本思路、操作步骤、应用技巧进行详细介绍，并结合典型工程应用实例详细讲述 ANSYS 的具体工程应用方法。

本书共分为 5 篇，第 1 篇为操作基础篇，详细介绍 ANSYS 分析的基本步骤和方法，共 6 章，依次介绍 ANSYS 18.0 概述、几何建模、划分网格、施加载荷、求解、后处理；第 2 篇为专题实例篇，按不同的分析专题讲解各种分析专题的参数设置方法与技巧，共 8 章，依次介绍结构静力分析、模态分析、谐响应分析、瞬态动力学分析、谱分析、非线性分析、结构屈曲分析、接触问题分析；第 3 篇为热分析篇，共 2 章，依次介绍稳态热分析和瞬态热分析、热辐射和相变分析；第 4 篇为电磁分析篇，共 4 章，依次介绍电磁场分析、磁场分析、电场分析；第 5 篇为耦合场分析篇，共 3 章，依次介绍耦合场分析、直接耦合场分析、多场求解-MFS 单码的耦合分析。

四、关于本书的服务

1. 关于本书的技术问题或有关本书信息的发布

读者若遇到有关本书的技术问题，可以登录网站 www.sjzswsw.com 或将问题发到邮箱 win760520@126.com，编者将及时回复。也欢迎加入图书学习交流群 QQ: 180284277 交流探讨。

2. 安装软件的获取

按照本书中的实例进行操作练习以及使用 ANSYS 进行有限元分析时，需要事先在计算机上安装相应的软件，读者可通过网络、当地软件经销商购买正版软件。

本书由华东交通大学教材基金资助，主要由华东交通大学的贾雪艳、刘平安编写。此外，参与编写的还有胡仁喜、刘昌丽、康士廷、杨雪静、李亚莉、闫聪聪、贾长治、张亭、秦志霞、孟培、解江坤、闫国超、毛璐、吴秋彦、孙立明、甘勤涛、李兵、王敏、王玮和井晓翠，在此对他们的付出表示真诚的感谢。

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，也可作为从事结构分析相关行业的工程技术人员使用 ANSYS 软件的参考书。另外，由于时间仓促，加之作者的水平有限，本书不足之处和错误在所难免，恳请相关专家和广大读者不吝赐教。

编者

目 录

前言

第 1 篇 操作基础篇

第 1 章 ANSYS 18.0 概述	2	2.3.2 硬点	30
1.1 ANSYS 介绍	3	2.3.3 线	31
1.1.1 ANSYS 的功能	3	2.3.4 面	33
1.1.2 ANSYS 的发展	4	2.3.5 体	34
1.2 ANSYS 文件系统	4	2.4 工作平面的使用	35
1.2.1 文件类型	4	2.4.1 定义一个新的工作平面	36
1.2.2 文件管理	5	2.4.2 控制工作平面的显示和样式	36
1.3 ANSYS 18.0 的用户界面	8	2.4.3 移动工作平面	36
1.4 ANSYS 分析过程	9	2.4.4 旋转工作平面	37
1.4.1 建立模型	10	2.4.5 还原一个已定义的工作平面	37
1.4.2 加载并求解	10	2.4.6 工作平面的高级用途	37
1.4.3 后处理	11	2.5 坐标系简介	39
1.5 实例——悬臂梁应力分析	11	2.5.1 总体坐标系和局部坐标系	40
1.5.1 问题描述	11	2.5.2 显示坐标系	42
1.5.2 GUI 路径模式	12	2.5.3 节点坐标系	42
1.5.3 命令流方式	22	2.5.4 单元坐标系	43
第 2 章 几何建模	23	2.5.5 结果坐标系	44
2.1 几何建模概论	24	2.6 使用布尔操作修正几何模型	44
2.1.1 自底向上创建几何模型	24	2.6.1 布尔运算的设置	44
2.1.2 自顶向下创建几何模型	24	2.6.2 布尔运算之后的图元编号	45
2.1.3 布尔运算操作	24	2.6.3 交运算	45
2.1.4 拖拉和旋转	25	2.6.4 两两相交	46
2.1.5 移动和复制	25	2.6.5 相加	46
2.1.6 修改模型(清除和删除)	26	2.6.6 相减	47
2.1.7 从 IGES 文件几何模型导入到 ANSYS	26	2.6.7 利用工作平面进行减运算	47
2.2 自顶向下创建几何模型 (体素)	26	2.6.8 搭接	48
2.2.1 创建面体素	26	2.6.9 分割	48
2.2.2 创建实体体素	27	2.6.10 粘接(或合并)	49
2.3 自底向上创建几何模型	28	2.7 移动、复制和缩放几何模型	49
2.3.1 关键点	29	2.7.1 按照样本生成图元	49
		2.7.2 由对称映像生成图元	50
		2.7.3 将样本图元转换坐标系	50

2.7.4 实体模型图元的缩放	50	3.6.1 局部细化网格	89
2.8 从 IGES 文件中将几何模型 导入 ANSYS	51	3.6.2 移动和复制节点及单元	92
2.9 实例——输入 IGES 单一实体	52	3.6.3 控制面、线和单元的法向	93
2.10 实例——对输入模型进行 修改	55	3.6.4 修改单元属性	94
2.11 实例——旋转外轮的实体 建模	59	3.7 直接通过节点和单元生成 有限元模型	95
2.11.1 GUI 方式	59	3.7.1 节点	95
2.11.2 命令流方式	65	3.7.2 单元	96
第 3 章 划分网格	68	3.8 编号控制	98
3.1 有限元网格概论	69	3.8.1 合并重复项	99
3.2 设定单元属性	69	3.8.2 编号压缩	99
3.2.1 生成单元属性表	70	3.8.3 设定起始编号	100
3.2.2 在划分网格之前分配单元属性	70	3.8.4 编号偏差	100
3.3 网格划分的控制	72	3.9 实例——旋转外轮的网格划分	101
3.3.1 ANSYS 网格划分工具 (MeshTool)	72	3.9.1 GUI 方式	101
3.3.2 单元形状	73	3.9.2 命令流方式	105
3.3.3 选择自由网格或映射网格划分	74	第 4 章 施加载荷	107
3.3.4 控制单元边中节点的位置	74	4.1 载荷概论	108
3.3.5 划分自由网格时的单元尺寸 控制 (SmartSizing)	74	4.1.1 载荷简介	108
3.3.6 映射网格划分中单元的默认 尺寸	75	4.1.2 载荷步、子步和平衡迭代	109
3.3.7 局部网格划分控制	76	4.1.3 时间参数	109
3.3.8 内部网格划分控制	77	4.1.4 阶跃载荷与坡道载荷	110
3.3.9 生成过渡棱锥单元	78	4.2 施加载荷	111
3.3.10 将退化的四面体单元转化为 非退化的形式	79	4.2.1 载荷分类	111
3.3.11 执行层网格划分	79	4.2.2 轴对称载荷与反作用力	116
3.4 自由网格划分和映射网格 划分控制	80	4.2.3 利用表格施加载荷	117
3.4.1 自由网格划分	80	4.2.4 利用函数施加载荷和边界条件	119
3.4.2 映射网格划分	81	4.3 设定载荷步选项	121
3.5 延伸和扫掠生成有限元模型	85	4.3.1 通用选项	121
3.5.1 延伸 (Extrude) 生成网格	85	4.3.2 动力学分析选项	124
3.5.2 扫掠 (VSWEEP) 生成网格	87	4.3.3 非线性选项	125
3.6 修正有限元模型	89	4.3.4 输出控制	125
		4.3.5 Biot-Savart 选项	126
		4.3.6 谱分析选项	127
		4.3.7 创建多载荷步文件	127
		4.4 实例——旋转外轮的载荷和约束 施加	128
		4.4.1 GUI 方式	128
		4.4.2 命令流方式	130

第5章 求解	132	6.1 后处理概述	142
5.1 求解概论	133	6.1.1 结果文件	143
5.1.1 使用直接求解法	133	6.1.2 后处理可用的数据类型	143
5.1.2 使用其他求解器	134	6.2 通用后处理器 (POST1)	143
5.1.3 获得解答	134	6.2.1 将数据结果读入数据库	144
5.2 利用特定的求解控制器指定求解类型	135	6.2.2 图像显示结果	150
5.2.1 使用 Abridged Solution 菜单命令	135	6.2.3 列表显示结果	157
5.2.2 使用求解控制对话框	135	6.2.4 将结果旋转到不同坐标系中并显示	159
5.3 多载荷步求解	136	6.3 时间历程后处理 (POST26)	160
5.3.1 多重求解法	137	6.3.1 定义和储存 POST26 变量	161
5.3.2 使用载荷步文件法	137	6.3.2 检查变量	163
5.3.3 使用数组参数法 (矩阵参数法)	138	6.3.3 POST26 后处理器的其他功能	165
5.4 实例——旋转外轮模型求解	139	6.4 实例——旋转外轮计算结果后处理	166
第6章 后处理	141	6.4.1 GUI 方式	166
		6.4.2 命令流方式	172

第2篇 专题实例篇

第7章 结构静力分析	174	8.2.2 GUI 操作方法	211
7.1 结构静力概论	175	8.2.3 求解	211
7.2 实例——内六角扳手的静态分析	175	8.2.4 查看结算结果	212
7.2.1 问题描述	175	8.2.5 退出程序	215
7.2.2 建立模型	176	8.2.6 命令流执行方式	216
7.2.3 定义边界条件并求解	184	8.3 实例——压电变换器的自振频率分析	216
7.2.4 查看结果	188	8.3.1 问题描述	216
7.2.5 命令流执行方式	193	8.3.2 建立模型	217
7.3 实例——钢桁架桥静力受力分析	193	8.3.3 求解短路电路频率	223
7.3.1 问题描述	193	8.3.4 短路电路频率后处理	225
7.3.2 建立模型	194	8.3.5 求解公开电路频率	227
7.3.3 定义边界条件并求解	202	8.3.6 公开电路频率后处理	228
7.3.4 查看结果	204	8.3.7 命令流执行方式	229
7.3.5 命令流执行方式	208	第9章 谐响应分析	230
第8章 模态分析	209	9.1 谐响应分析概论	231
8.1 模态分析概论	210	9.1.1 完全法 (Full Method)	231
8.2 实例——钢桁架桥模态分析	210	9.1.2 减缩法 (Reduced Method)	232
8.2.1 问题描述	210	9.1.3 模态叠加法 (Mode Superposition Method)	232

9.1.4 3种方法的共同局限性	232	11.2.8 命令流执行方式	280
9.2 实例——弹簧质子系统的谐响应分析	232	第12章 非线性分析	281
9.2.1 问题描述	233	12.1 非线性分析概论	282
9.2.2 建模及分网	233	12.1.1 非线性行为的原因	282
9.2.3 模态分析	237	12.1.2 非线性分析的基本信息	283
9.2.4 谐响应分析	239	12.1.3 几何非线性	285
9.2.5 观察结果	240	12.1.4 材料非线性	286
9.2.6 命令流执行方式	243	12.1.5 其他非线性问题	290
第10章 瞬态动力学分析	244	12.2 实例——螺栓的蠕变分析	290
10.1 瞬态动力学概述	245	12.2.1 问题描述	290
10.1.1 完全法 (Full Method)	245	12.2.2 建立模型	291
10.1.2 模态叠加法 (Mode Superposition Method)	245	12.2.3 设置分析并求解	294
10.1.3 减缩法 (Reduced Method)	246	12.2.4 查看结果	296
10.2 实例——瞬态动力学分析	246	12.2.5 命令流执行方式	299
10.2.1 问题描述	246	第13章 结构屈曲分析	300
10.2.2 建立模型	247	13.1 结构屈曲概论	301
10.2.3 进行瞬态动力学分析设置、定义边界条件并求解	251	13.2 实例——薄壁圆筒屈曲分析	301
10.2.4 查看结果	256	13.2.1 问题描述	301
10.2.5 命令流执行方式	258	13.2.2 前处理	302
第11章 谱分析	259	13.2.3 建立实体模型	303
11.1 谱分析概论	260	13.2.4 获得静力解	305
11.1.1 响应谱	260	13.2.5 获得特征值屈曲解	307
11.1.2 动力设计分析方法 (DDAM)	260	13.2.6 扩展解	308
11.1.3 功率谱密度 (PSD)	260	13.2.7 后处理	309
11.2 实例——支撑平板动力效果谱分析	261	13.2.8 命令流执行方式	309
11.2.1 问题描述	261	第14章 接触问题分析	310
11.2.2 前处理	261	14.1 接触问题概论	311
11.2.3 模态分析	269	14.1.1 一般分类	311
11.2.4 谱分析	272	14.1.2 接触单元	311
11.2.5 POST1 后处理	275	14.2 实例——陶瓷套管的接触分析	312
11.2.6 谐响应分析	277	14.2.1 问题描述	312
11.2.7 POST26 后处理	278	14.2.2 建立模型并划分网格	313
		14.2.3 定义边界条件并求解	320
		14.2.4 后处理	324
		14.2.5 命令流执行方式	328

第3篇 热分析篇

第15章 稳态热分析与瞬态热分析	330	15.1 热分析概论	331
-------------------------	-----	------------	-----

15.1.1 热分析的特点	331	16.1.1 热辐射特性	358
15.1.2 热分析单元	332	16.1.2 ANSYS 中热辐射的处理方法	358
15.2 热载荷和边界条件的类型	332	16.2 实例——黑体热辐射分析	358
15.2.1 热载荷分类	332	16.2.1 问题描述	358
15.2.2 热载荷和边界条件注意事项	333	16.2.2 问题分析	359
15.3 稳态热分析概述	333	16.2.3 前处理	359
15.3.1 稳态热分析定义	333	16.2.4 施加载荷及求解	360
15.3.2 稳态热分析的控制方程	334	16.2.5 后处理	361
15.4 实例——蒸汽管分析	334	16.2.6 命令流执行方式	362
15.4.1 问题描述	334	16.3 实例——长方体形坯料空冷过程分析	362
15.4.2 问题分析	334	16.3.1 问题描述	362
15.4.3 进行平面的轴对称分析	335	16.3.2 问题分析	363
15.4.4 进行三维分析	340	16.3.3 前处理	363
15.4.5 命令流执行方式	347	16.3.4 施加载荷及求解	365
15.5 瞬态热分析概述	347	16.3.5 后处理	367
15.5.1 瞬态热分析特性	347	16.3.6 命令流执行方式	368
15.5.2 瞬态热分析前处理考虑因素	348	16.4 相变分析概述	368
15.5.3 控制方程	348	16.4.1 相和相变	368
15.5.4 初始条件的施加	348	16.4.2 潜在热量和焓	368
15.6 实例——钢板加热过程分析	349	16.4.3 相变分析基本思路	369
15.6.1 问题描述	349	16.5 实例——两铸钢板在不同介质中焊接过程对比	371
15.6.2 问题分析	350	16.5.1 问题描述	371
15.6.3 前处理	350	16.5.2 问题分析	371
15.6.4 施加载荷及求解	351	16.5.3 前处理	371
15.6.5 后处理	353	16.5.4 施加载荷及求解	374
15.6.6 命令流执行方式	356	16.5.5 后处理	376
第 16 章 热辐射和相变分析	357	16.5.6 命令流执行方式	380
16.1 热辐射基本理论及在 ANSYS 中的处理方法	358		

第 4 篇 电磁分析篇

第 17 章 电磁场分析	382	17.2.2 使用远场单元的注意事项	387
17.1 电磁场分析概述	383	第 18 章 磁场分析	390
17.1.1 电磁场中常见边界条件	383	18.1 实例——载流导体的电磁力分析	391
17.1.2 ANSYS 电磁场分析对象	383	18.1.1 问题描述	391
17.1.3 电磁场单元简介	384	18.1.2 创建物理环境	391
17.1.4 电磁宏	385	18.1.3 建立模型、赋予属性和划分网格	393
17.2 远场单元及其使用	386		
17.2.1 远场单元	387		

18.1.4	添加边界条件和载荷	398	19.1.3	建立模型、赋予属性和划分 网格	421
18.1.5	求解	399	19.1.4	添加边界条件和载荷	423
18.1.6	查看计算结果	399	19.1.5	求解	424
18.1.7	命令流执行方式	404	19.1.6	查看计算结果	424
18.2	实例——三维螺线管静态磁 分析	404	19.1.7	命令流执行方式	427
18.2.1	问题描述	404	19.2	实例——电容计算	428
18.2.2	GUI操作方法	405	19.2.1	问题描述	428
18.2.3	命令流执行方式	417	19.2.2	创建物理环境	428
第 19 章	电场分析	418	19.2.3	建立模型、赋予属性和划分 网格	431
19.1	实例——正方形电流环中的 磁场	419	19.2.4	添加边界条件和载荷	434
19.1.1	问题描述	419	19.2.5	求解	436
19.1.2	创建物理环境	419	19.2.6	命令流执行方式	437
第 5 篇 耦合场分析篇					
第 20 章	耦合场分析简介	440	21.3	求解	472
20.1	耦合场分析的定义	441	21.4	后处理	475
20.2	耦合场分析的类型	441	21.5	命令流执行方式	476
20.2.1	直接方法	441	第 22 章	多场求解-MFS 单码的 耦合分析——静电驱动 的梁分析	477
20.2.2	载荷传递分析	441	22.1	问题描述	478
20.2.3	直接方法和载荷传递	442	22.2	前处理	478
20.2.4	其他分析方法	444	22.3	求解	490
20.3	耦合场分析的单位制	444	22.4	后处理	495
第 21 章	直接耦合场分析——微型驱动器 电热耦合分析	448	22.5	命令流执行方式	499
21.1	问题描述	449			
21.2	前处理	450			



第 1 篇

操作基础篇

- 第 1 章 ANSYS 18.0 概述
- 第 2 章 几何建模
- 第 3 章 划分网格
- 第 4 章 施加载荷
- 第 5 章 求解
- 第 6 章 后处理

第 1 章

ANSYS 18.0 概述

本章简要介绍有限元分析软件 ANSYS 的最新版本 18.0, 包括 ANSYS 的用户界面以及 ANSYS 的启动、配置与程序结构, 最后用一个简单的例子来了解 ANSYS 分析的过程。

- ☑ ANSYS 介绍
- ☑ ANSYS 文件系统
- ☑ ANSYS 18.0 的用户界面
- ☑ ANSYS 分析过程
- ☑ 实例——悬臂梁应力分析



1.1 ANSYS 介绍

ANSYS 软件可在大多数计算机及操作系统中运行,从个人计算机到工作站,直到巨型计算机,ANSYS 文件在其所有的产品系列和工作平台上均兼容。ANSYS 多物理场耦合的功能,允许在同一模型上进行各式各样的耦合计算成本,如热-结构耦合、磁-结构耦合及电-磁-流体-热耦合,在个人计算机上生成的模型同样可运行于巨型机上,这样就确保了 ANSYS 对多领域多变工程问题的求解。

1.1.1 ANSYS 的功能

1. 结构分析

静力分析:用于静态载荷。可以考虑结构的线性及非线性行为,如大变形、大应变、应力刚化、接触、塑性、超弹性及蠕变等。

模态分析:计算线性结构的自振频率及振型,谱分析是模态分析的扩展,用于计算由随机振动引起的结构应力和应变(也称为响应谱或 PSD)。

谐响应分析:确定线性结构对随时间按正弦曲线变化的载荷的响应。

瞬态动力学分析:确定结构对随时间任意变化的载荷的响应。可以考虑与静力分析相同的结构非线性行为。

特征屈曲分析:用于计算线性屈曲载荷并确定屈曲模态形状(结合瞬态动力学分析可以实现非线性屈曲分析)。

专项分析:断裂分析、复合材料分析和疲劳分析。

专项分析用于模拟非常大的变形,惯性力占支配地位,并考虑所有的非线性行为。它的显式方程求解冲击、碰撞、快速成型等问题,是目前求解这类问题最有效的方法。

2. ANSYS 热分析

热分析一般不是单独的,其后往往进行结构分析,计算由于热膨胀或收缩不均匀引起的应力。热分析包括以下类型:

相变(熔化及凝固):金属合金在温度变化时的相变,如铁合金中马氏体与奥氏体的转变。

内热源(如电阻发热等):存在热源问题,如加热炉中对试件进行加热。

热传导:热传递的一种方式,当相接触的两物体存在温度差时发生。

热对流:热传递的一种方式,当存在流体、气体和温度差时发生。

热辐射:热传递的一种方式,只要存在温度差时就会发生,可以在真空中进行。

3. ANSYS 电磁分析

电磁分析中考虑的物理量是磁通量密度、磁场密度、磁力、磁力矩、阻抗、电感、涡流、耗能及磁通量泄漏等。磁场可由电流、永磁体、外加磁场等产生。电磁分析包括以下类型:

静磁场分析:计算直流电(DC)或永磁体产生的磁场。

交变磁场分析:计算由于交流电(AC)产生的磁场。

瞬态磁场分析:计算随时间随机变化的电流或外界引起的磁场。

电场分析:用于计算电阻或电容系统的电场。典型的物理量有电流密度、电荷密度、电场及电阻热等。

高频电磁场分析：用于微波及 RF（射频）无源组件，如波导、雷达系统、同轴连接器等。

4. ANSYS 流体分析

流体分析主要用于确定流体的流动及热行为。流体分析包括以下类型：

CFD（Coupling Fluid Dynamic，耦合流体动力）——ANSYS/FLOTRAN 提供强大的计算流体动力学分析功能，包括不可压缩或可压缩流体、层流及湍流及多组分流等。

声学分析：考虑流体介质与周围固体的相互作用，进行声波传递或水下结构的动力学分析等。

容器内流体分析：考虑容器内的非流动流体的影响。可以确定由于晃动引起的静液压力。

流体动力学耦合分析：在考虑流体约束质量的动力响应基础上，在结构动力学分析中使用流体耦合单元。

5. ANSYS 耦合场分析

耦合场分析主要考虑两个或多个物理场之间的相互作用。如果两个物理场之间相互影响，单独求解一个物理场是不可能得到正确结果的，因此需要一个能够将两个物理场组合到一起求解的分析软件。例如，在压电力分析中，需要同时求解电压分布（电场分析）和应变（结构分析）。

1.1.2 ANSYS 的发展

ANSYS 能与多数 CAD 软件结合使用，如 AutoCAD、I-DEAS、Pro/ENGINEER、NASTRAN、ABAQUS 等，实现数据共享和交换，是现代产品设计中的高级 CAD 工具之一。

ANSYS 软件提供了一个不断改进的功能清单，具体包括：结构高度非线性分析、电磁分析、计算流体力学分析、设计优化、接触分析、自适应网格划分、大应变/有限转动功能以及利用 ANSYS 参数设计语言（ANSYS Parameter Design Language, APDL）的扩展宏命令功能。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，为用户使用 ANSYS 提供“导航”。

1.2 ANSYS 文件系统

本节将简要讲述 ANSYS 文件的类型和文件管理的相关知识。

1.2.1 文件类型

ANSYS 程序广泛应用文件来存储和恢复数据，特别是在求解分析时。这些文件被命名为 jobname.ext，其中 jobname 是默认的工作名，默认作业名为 file，用户可以更改，最大长度可达 32 个字符，但必须是英文名，因为 ANSYS 目前不支持中文的文件名；ext 是由 ANSYS 定义的唯一由 2~4 个字符组成的扩展名，用于表明文件的内容。

ANSYS 程序运行产生的文件中，有一些文件在 ANSYS 运行结束前产生，但在某一时刻会自动删除，这些文件被称为临时性文件，如表 1-1 所示；另外一些在运行结束后保留的文件则被称为永久性文件，如表 1-2 所示。

表 1-1 ANSYS 产生的临时性文件

文件名	类型	内容
jobname.ano	文本	图形注释命令
jobname.bat	文本	从批处理输入文件中复制的输入数据
jobname.don	文本	嵌套层(级)的循环命令
jobname.erot	二进制	旋转单元矩阵文件
jobname.page	二进制	ANSYS虚拟内存页文件

表 1-2 ANSYS 产生的永久性文件

文件名	类型	内容
jobname.out	文本	输出文件
jobname.db	二进制	数据文件
jobname.rst	二进制	结构与耦合分析文件
jobname.rth	二进制	热分析文件
jobname.rmg	二进制	磁场分析文件
jobname.rfl	二进制	流体分析文件
jobname.sn	文本	载荷步文件
jobname.grph	文本	图形文件
jobname.emat	二进制	单元矩阵文件
jobname.log	文本	日志文件
jobname.err	文本	错误文件
jobname.elem	文本	单元定义文件
jobname.esav	二进制	单元数据存储文件

临时性文件一般是计算过程中存储某些中间信息的文件,如 ANSYS 虚拟内存页(jobname.page)及某些中间信息的文件(jobname.erot)等。

1.2.2 文件管理

1. 指定文件名

ANSYS 的文件名由以下 3 种方式来指定。

(1) 进入 ANSYS 后,通过以下两种方式实现更改工作文件名。

命令: /FILNAME, fname。

GUI: Utility Menu > File > Change Jobname...

(2) 由 ANSYS 启动器交互式进入 ANSYS 后,直接运行,则 ANSYS 的文件名默认为 file。

(3) 由 ANSYS 启动器交互式进入 ANSYS 后,在运行环境设置窗口 jobname 项中把系统默认的 file 更改为用户想要输入的文件名。

2. 保存数据库文件

ANSYS 数据库文件包含了建模、求解、后处理所产生的保存在内存中的数据,一般只存储几何信息、节点单元信息、边界条件、载荷信息、材料信息、位移、应变、应力和温度等