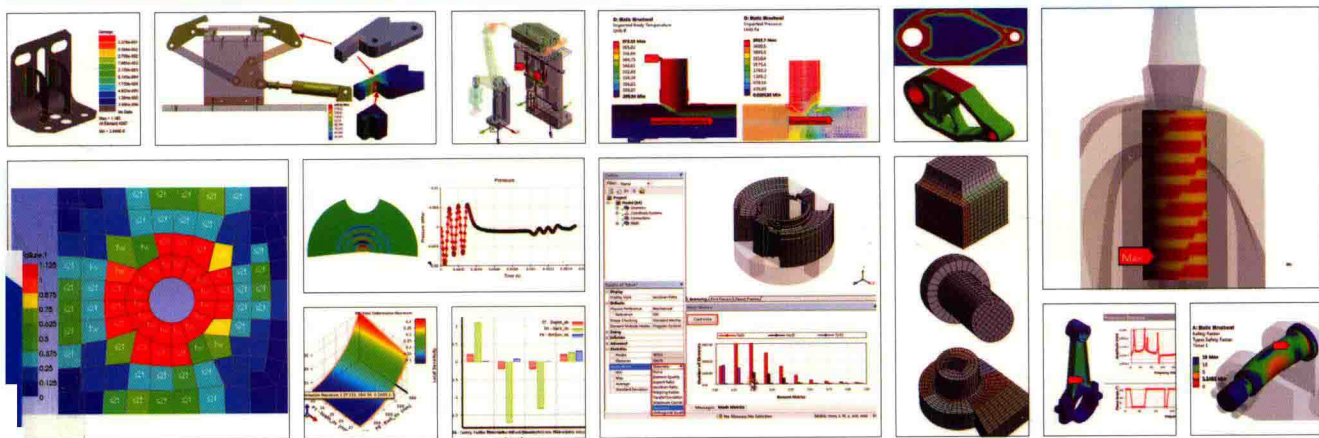


CAE分析大系

ANSYS Workbench 17.0 数值模拟与实例精解

© 付稣昇 编著



- 一本覆盖多学科领域分析流程的教程
- 一本着重解决工程实际问题的教程
- 13章涵盖主要模块的原理与应用
- 46个典型案例 Step by Step 精解
- 600分钟（6GB）案例操作有声教学视频



- 附赠 40GB 案例配套求解结果文件
- 图书 + 微信订阅号 + SimWe 论坛 = 可沟通交流的生态系统教程

微信（iCAX）立体化阅读支持



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

CAE分析大系

ANSYS Workbench 17.0
数值模拟与实例精解

© 付稣昇 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

CAE分析大系 : ANSYS Workbench 17.0数值模拟与实例精解 / 付稣昇编著. — 北京 : 人民邮电出版社, 2017.12

ISBN 978-7-115-46635-8

I. ①C… II. ①付… III. ①有限元分析—应用软件
IV. ①0241.82-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第189912号

内 容 提 要

本书以 ANSYS Workbench 17.0 软件平台为基础进行编写,涵盖的分析范围领域较宽泛,主要内容包括 DM 几何建模与模型清理,网格划分,工程数据定义, Mechanical 常用(前、后处理)设置,线性静力学,动力学(模态、谐响应、随机振动、谱分析、瞬态动力学、显示动力学和刚体动力学等),非线性问题(接触非线性、状态非线性和材料非线性),屈曲分析(非线性与线性),热分析(稳态、瞬态、相变和热结构耦合),子模型,ACP 复合材料,nCode 疲劳,Fatigue Tool 疲劳工具,多物理耦合场,以及 DX 优化设计等。

全书以基本理论简述、仿真流程说明、复杂实例详解为主线进行讲解,提供详尽的 Step By Step 操作流程,难能可贵的是对当前同类书籍中未能提及的重点内容进行详细讲解和举例说明,并提供复杂问题和操作的视频讲解。读者仔细阅读本书并勤加练习,一定会在 ANSYS Workbench 软件使用和相关工程项目计算方面有所收获。

本书附赠 45 个案例的 660 分钟的多媒体教学视频及案例分析文件,读者可扫描二维码自行获取并使用。

本书面向于 ANSYS Workbench 初级和中级用户,可以作为机械、材料、汽车和航空航天等专业的高年级本科生、研究生的参考用书,以及教师教学的参考用书,同时适合于从事产品设计、分析与优化的工程技术人员,以及 CAE 仿真分析的爱好者自学。

◆ 编 著 付稣昇

责任编辑 杨 璐

责任印制 陈 犇

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 20.25

字数: 604 千字

印数: 1—2 500 册

2017 年 12 月第 1 版

2017 年 12 月北京第 1 次印刷

定价: 79.00 元

读者服务热线: (010)81055410 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京东工商广登字 20170147 号

第 1 章 ANSYS Workbench 基础介绍	12
1.1 ANSYS Workbench 概述	12
1.2 ANSYS Workbench 平台与模块	12
1.2.1 ANSYS Workbench 启动方式	12
1.2.2 Workbench 平台界面	13
1.2.3 主菜单栏	14
1.2.4 基本工具栏	15
1.2.5 工具箱	15
1.2.6 项目流程图	16
1.3 ANSYS Workbench 文件管理	16
1.4 ANSYS Workbench 单位系统	17
1.5 本章小结	18
第 2 章 几何建模与模型清理	19
2.1 DesignModeler 概述	19
2.1.1 DesignModeler 介绍	19
2.1.2 DesignModeler 启动和 CAD 文件交互	19
2.1.3 DesignModeler 交互界面	20
2.1.4 DesignModeler 主菜单栏	20
2.1.5 DesignModeler 工具栏	21
2.1.6 鼠标操作	22
2.1.7 选择过滤器	22
2.1.8 框选	22
2.1.9 选择面板	23
2.1.10 图形控制	23
2.1.11 弹出快捷菜单	23
2.2 草图绘制	24
2.2.1 单位制	25
2.2.2 创建新平面和平面变换	25
2.2.3 创建新草绘	26
2.2.4 草绘工具	26
2.2.5 草图投影与援引	28
2.3 3D 建模创建与工具	28
2.3.1 体和零件	28
2.3.2 3D 特征操作 (【Create】菜单)	29
2.3.3 高级工具 (【Tools】菜单)	30
2.4 参数化建模	31
2.4.1 DM 参数化建模	31
2.4.2 一般 CAD 软件参数化导入 DM 的方法	32
2.5 概念建模	33
2.5.1 创建线体	33
2.5.2 建立面	35
2.6 几何建模实例	36
2.6.1 构件搬运台车建模实例	36
2.6.2 飞机机翼 1D 和 2D 混合建模实例	40
2.7 几何清理实例	45
涡轮机外壳结构几何清理简化实例	45
2.8 本章小结	48
第 3 章 工程数据定义与网格划分	49
3.1 工程数据定义基础	49
3.1.1 Engineering Data 界面	49
3.1.2 定义材料参数	50
3.1.3 添加新材料进入材料库	51
3.1.4 赋予材料属性	52
3.2 网格划分技术	52
3.2.1 全局网格控制	52
3.2.2 局部网格划分控制	55
3.2.3 虚拟拓扑	59
3.2.4 预览和生成网格	60
3.3 网格划分实例	61
3.3.1 裁纸凹模三维结构网格划分	61
3.3.2 Semi-Elliptical Crack 裂纹网格划分	63
3.3.3 旋风分离器网格划分	65
3.3.4 三通管膨胀层网格划分实例	67
3.3.5 简易形状结构快速网格划分实例	68
3.4 本章小结	70

第4章 Workbench-Mechanical 通用设置	71
4.1 Workbench-Mechanical 概述	71
4.2 Mechanical 分析基本步骤	71
4.3 Mechanical 交互界面	72
4.3.1 菜单栏	72
4.3.2 工具栏	72
4.3.3 导航树	73
4.3.4 明细栏	73
4.3.5 图形窗口	73
4.3.6 程序应用向导	74
4.4 导航树基本分支与操作流程说明	74
4.4.1 预处理	74
4.4.2 求解模型	75
4.4.3 后处理	75
4.5 常用基本预处理操作	76
4.5.1 坐标系 Coordinate Systems	76
4.5.2 命名选择 Named Selections	76
4.5.3 目标生成器 Object Generator	77
4.5.4 注释设置 Annotation Preferences	77
4.5.5 自定义节点编号 Mesh Numbering	78
4.5.6 远程点 Remote Point	78
4.6 本章小结	79
第5章 线性静力学结构分析	80
5.1 线性静力学分析基础	80
5.1.1 2D 平面问题	80
5.1.2 1D 杆与梁的问题	81
5.1.3 板壳和 3D 结构分析	82
5.2 线性静力学分析流程	82
5.3 线性静力学分析载荷与支撑	83
5.3.1 惯性载荷	83
5.3.2 载荷与约束	84
5.4 结果后处理	86
5.4.1 变形	87
5.4.2 应力和应变	87
5.4.3 线性化应力	88
5.4.4 应力工具	89
5.4.5 接触工具	90
5.4.6 疲劳工具	90
5.4.7 梁工具	90
5.4.8 探测	91
5.4.9 用户自定义结果	91

5.4.10 图形显示	91
5.4.11 求解组合	92
5.4.12 收敛	92
5.4.13 应力奇异	92
5.5 静力学结构分析实例	93
5.5.1 一榀钢梁结构静力学分析	93
5.5.2 电动缸销轴结构静力学分析	95
5.6 本章小结	99
第6章 动力学分析概述	100
6.1 动力学分析的目的	100
6.1.1 动力学分析涉及的物理现象	100
6.1.2 动力学分析类型	100
6.1.3 动力学有限元建模原则	101
6.2 通用运动控制方程	101
6.3 阻尼	102
6.3.1 单元阻尼	102
6.3.2 Alpha 阻尼和 Beta 阻尼	102
6.3.3 常数阻尼	103
6.3.4 数值阻尼	104
6.4 本章小结	104
第7章 模态分析	105
7.1 模态分析基础	105
7.1.1 模态分析的目的	105
7.1.2 术语和概念	105
7.1.3 振型归一化	106
7.1.4 模态分析接触设置	106
7.1.5 预应力设置	106
7.1.6 分析设置	106
7.1.7 参与因子与有效质量	107
7.2 模态分析基本流程	108
7.3 模态分析实例	108
简易机翼结构预应力模态分析	108
7.4 本章小结	112
第8章 谐响应分析	113
8.1 谐响应分析基础	113
8.1.1 谐响应分析的目的	113
8.1.2 谐响应分析的输入与输出	113
8.1.3 谐响应分析运动方程	113
8.1.4 谐响应分析求解方法	114
8.2 谐响应分析基本流程	114

8.3 谐响应分析实例·····	116	11.4 瞬态动力学分析基本流程·····	140
连杆结构谐响应分析·····	116	11.5 瞬态动力学分析实例·····	141
8.4 本章小结·····	121	铜管折弯瞬态动力学分析·····	141
第9章 响应谱分析·····	122	11.6 本章小结·····	143
9.1 响应谱分析意义·····	122	第12章 刚体动力学分析·····	144
9.2 响应谱分析基础·····	122	12.1 刚体动力学分析简介·····	144
9.2.1 响应谱的定义与产生·····	122	12.2 刚体动力学装配连接·····	144
9.2.2 响应谱分析类型·····	123	12.2.1 运动副 (Joints)·····	144
9.2.3 单点响应谱分析·····	123	12.2.2 弹簧 (Springs)·····	145
9.2.4 多点响应谱分析·····	124	12.2.3 接触对关系·····	145
9.3 响应谱分析基本流程·····	124	12.2.4 约束方程·····	145
9.4 响应谱分析实例·····	126	12.3 刚体动力学分析流程·····	146
石油井架地震单点响应谱分析·····	126	12.4 Motion Load 载荷导入静力学	
9.5 本章小结·····	128	分析流程·····	147
第10章 随机振动分析·····	129	12.5 刚体动力学分析实例·····	147
10.1 随机振动分析的目的·····	129	某剪切送物机构刚体动力学分析·····	147
10.2 功率谱密度·····	129	12.6 本章小结·····	151
10.3 随机振动理论简介·····	130	第13章 显式动力学分析·····	152
10.3.1 随机振动计算的假设与限制·····	130	13.1 显式动力学分析简介·····	152
10.3.2 随机振动分布规律·····	130	13.2 显式动力学分析流程·····	153
10.3.3 随机振动理论·····	130	13.3 显式动力学分析实例·····	154
10.4 随机振动分析基本流程·····	131	13.3.1 易拉罐显式动力学分析·····	154
10.5 随机振动分析实例·····	132	13.3.2 冲锤撞击钢筋混凝土结构	
车用杯架随机振动分析·····	132	显式动力学分析·····	156
10.6 本章小结·····	134	13.3.3 电路板跌落显式动力学分析·····	158
第11章 瞬态动力学分析·····	135	13.4 本章小结·····	161
11.1 瞬态动力学分析基础·····	135	第14章 结构非线性分析·····	162
11.1.1 瞬态动力学分析特点·····	135	14.1 非线性分析背景·····	162
11.1.2 瞬态动力学分析术语·····	135	14.1.1 结构非线性的定义·····	162
11.2 瞬态动力学分析求解技术		14.1.2 非线性行为类型·····	162
(完全法)·····	136	14.1.3 构建非线性模型·····	163
11.2.1 瞬态分析中的非线性·····	136	14.2 非线性求解与收敛·····	164
11.2.2 平衡迭代与收敛·····	137	14.2.1 牛顿-辛普森方程·····	164
11.2.3 载荷步、子步与平衡迭代·····	137	14.2.2 收敛与收敛判据·····	164
11.2.4 自动时间步·····	138	14.2.3 载荷步、时间步与平衡迭代·····	164
11.2.5 完全瞬态动力学的分析设置·····	138	14.2.4 求解控制·····	165
11.2.6 Initial Conditions 初始条件设置·····	139	14.2.5 重启动控制·····	165
11.2.7 载荷与约束·····	140	14.2.6 非线性控制·····	166
11.3 瞬态动力学分析求解技术		14.3 接触与接触设置·····	166
(模态叠加法)·····	140	14.3.1 接触的基本概念·····	166

14.3.2 接触协调	167	15.5 非线性屈曲分析实例	202
14.3.3 探测方法	168	外壳结构非线性屈曲分析	202
14.3.4 修剪接触	168	15.6 本章小结	204
14.3.5 穿透和滑移容差	168	第 16 章 子模型分析	205
14.3.6 法向接触刚度	169	16.1 子模型方法简介	205
14.3.7 Pinball 区域	170	16.1.1 子模型方法定义	205
14.3.8 对称/非对称行为	170	16.1.2 子模型分析方法意义	205
14.3.9 接触中的体类型	171	16.1.3 子模型计算前提	206
14.3.10 界面处理与接触几何修正	171	16.1.4 子模型分析的注意事项	206
14.3.11 接触工具	173	16.2 子模型分析流程	206
14.4 率无关塑性基础	173	16.3 子模型法分析实例	206
14.4.1 金属塑性背景	173	夹紧机构钳型零件子模型分析实例	206
14.4.2 屈服准则	174	16.4 本章小结	210
14.4.3 塑性流动法则	175	第 17 章 热分析	211
14.4.4 强化准则	176	17.1 热分析基础	211
14.4.5 双线性随动(等向)强化	176	17.1.1 热分析的目的	211
14.4.6 多线性随动(等向)强化	177	17.1.2 热传递的 3 种基本类型	211
14.4.7 Chaboche 随动强化	177	17.1.3 热力学第一定律	212
14.4.8 Chaboche 材料拟合与输入	178	17.1.4 热分析的控制方程	212
14.4.9 循环加载	179	17.1.5 热载荷与边界条件	213
14.5 超弹体基础	180	17.2 稳态热分析	214
14.5.1 超弹体概述	180	17.3 瞬态热分析与非线性热分析	214
14.5.2 超弹体常用模型	181	17.3.1 瞬态热分析定义与考虑因素	214
14.5.3 超弹体曲线拟合方法	183	17.3.2 瞬态热分析控制方程	214
14.6 非线性分析实例	184	17.3.3 时间步长预测与时间积分	215
14.6.1 钢板弹簧非线性分析	184	17.3.4 非线性热分析	216
14.6.2 弹片按钮非线性分析	187	17.3.5 初始条件	217
14.6.3 密封圈挤压非线性分析	191	17.4 相变分析	217
14.7 本章小结	194	17.4.1 潜在热量与焓	217
第 15 章 屈曲分析	195	17.4.2 相变分析基本思路	217
15.1 屈曲分析的目的	195	17.5 热-结构耦合分析	218
15.2 特征值屈曲分析	195	17.5.1 热-结构耦合分析简介	218
15.2.1 特征值屈曲分析基础	195	17.5.2 热-结构顺序耦合分析设置	219
15.2.2 特征值屈曲分析流程	196	17.6 热分析基本过程	220
15.3 非线性屈曲分析	198	17.7 稳态热分析实例	220
15.3.1 非线性屈曲分析求解方法	198	简易城墙稳态热分析	220
15.3.2 非线性屈曲引入缺陷的 一种方法	199	17.8 瞬态热分析实例	222
15.3.3 非线性屈曲分析求解过程	199	奶瓶降温瞬态热分析	222
15.4 线性屈曲分析实例	199	17.9 相变热分析实例	225
电动缸活塞杆线性屈曲分析	199	铸钢轴相变热分析	225

17.10 热辐射分析实例	226	19.3.1 应变疲劳材料定义	255
双环结构热辐射分析	226	19.3.2 平均应力修正	256
17.11 本章小结	228	19.4 Fatigue Tool 疲劳工具分析实例	257
第 18 章 ACP 复合材料分析	229	19.4.1 双圆形缺口板状结构应变 疲劳分析	257
18.1 复合材料与 ACP	229	19.4.2 把手结构非比例载荷应力 疲劳分析	259
18.2 失效准则	229	19.5 本章小结	262
18.3 ACP 分析基本流程	231	第 20 章 ANSYS nCode DesignLife 疲劳基础	263
18.3.1 ACP (Pre) 前处理	231	20.1 ANSYS nCode DesignLife 与 Workbench 平台	263
18.3.2 ACP (Pre) 交互界面	232	20.2 ANSYS nCode DesignLife 标准 5 框图	263
18.3.3 Material Data 设置	232	20.2.1 FE_Input 设置	264
18.3.4 Element Sets 与 Edge Sets 设置	233	20.2.2 Material Mapping 设置	265
18.3.5 Geometry 设置	233	20.2.3 Load Mapping 设置	266
18.3.6 Rosettes 设置	233	20.2.4 Analysis Engine 设置	267
18.3.7 Oriented Element Sets 设置	234	20.2.5 Fatigue_Results_Display 设置	268
18.3.8 ModelingGroup 设置	234	20.3 预定义 nCode 疲劳分析流程	269
18.3.9 Solid Models 设置	235	20.4 nCode 应力疲劳分析实例	269
18.3.10 ACP (Post) 后处理	235	20.4.1 连杆结构应力疲劳分析	269
18.4 复合材料 ACP 分析实例	235	20.4.2 某减震钢片随机振动疲劳 分析	274
18.4.1 风机导流罩铺层设计	235	20.4.3 托架结构焊缝疲劳分析	276
18.4.2 实体复合材料板组合装配 拉伸分析	239	20.5 本章小结	279
18.5 本章小结	245	第 21 章 多物理耦合场分析	280
第 19 章 疲劳工具 Fatigue Tool	246	21.1 Workbench 多物理耦合场 分析简介	280
19.1 疲劳分析概述	246	21.2 多物理耦合分析实例	281
19.1.1 疲劳破坏机理	247	21.2.1 城墙稳态热结构耦合分析	281
19.1.2 疲劳问题的分类	247	21.2.2 镜筒热形变瞬态顺序耦合分析	282
19.2 应力疲劳分析	248	21.2.3 基于 ACT 的压电梁 静力学分析	285
19.2.1 应力定义	248	21.2.4 三通管热流固耦合分析	287
19.2.2 S-N 曲线 (应力寿命曲线)	248	21.2.5 基于 ACT 的泊车位移 传感器测距分析	296
19.2.3 平均应力的影响	249	21.3 本章小结	299
19.2.4 疲劳强度因子 (Fatigue Strength Factor)	250	第 22 章 优化工具 Design Exploration	300
19.2.5 雨流计数	250	22.1 Design Exploration 优化工具概述	300
19.2.6 Miner 损伤累积	251		
19.2.7 恒定振幅、比例载荷应力 疲劳分析与流程	251		
19.2.8 不定振幅载荷应力疲劳分析	254		
19.2.9 非比例载荷疲劳分析与流程	255		
19.3 应变疲劳流程	255		

22.2	Design Exploration 分析流程	300
22.2.1	参数定义与参数设置	
	Parameter Set	301
22.2.2	实验设计法 DOE	
	(Design of Experiments)	303
22.2.3	参数关联性	
	(Parameter Correlation)	304
22.2.4	响应面 (Response Surface)	305
22.2.5	Optimization (优化)	306
22.2.6	Six Sigma 分析	308
22.3	Design Exploration 优化分析	
	实例	309
22.3.1	吊钩结构响应面优化分析	309
22.3.2	承载钢片 6_sigma 可靠性分析	313
22.4	本章小结	317

第 23 章	拓扑优化	318
23.1	ANSYS 拓扑优化简述	318
23.2	Shape Optimization (Beta)	
	优化实例	318
	基于 Shape Optimization 自行车	
	车架拓扑优化	318
23.3	Ansys Topology Optimization (ACT)	
	拓扑优化实例	320
23.3.1	基于 ANSYS Shape Optimization	
	(ACT) 自行车车架拓扑优化	320
23.3.2	基于 ANSYS Shape Optimization	
	(ACT) 机械臂拓扑优化	321
23.4	本章小结	323
	参考文献	324

CAE分析大系

ANSYS Workbench 17.0 数值模拟与实例精解

© 付稣昇 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

CAE分析大系: ANSYS Workbench 17.0数值模拟与实例精解 / 付稣昇编著. — 北京: 人民邮电出版社, 2017.12

ISBN 978-7-115-46635-8

I. ①C… II. ①付… III. ①有限元分析—应用软件
IV. ①0241.82-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第189912号

内 容 提 要

本书以 ANSYS Workbench 17.0 软件平台为基础进行编写, 涵盖的分析范围领域较宽泛, 主要内容包括 DM 几何建模与模型清理, 网格划分, 工程数据定义, Mechanical 常用(前、后处理)设置, 线性静力学, 动力学(模态、谐响应、随机振动、谱分析、瞬态动力学、显示动力学和刚体动力学等), 非线性问题(接触非线性、状态非线性和材料非线性), 屈曲分析(非线性与线性), 热分析(稳态、瞬态、相变和热结构耦合), 子模型, ACP 复合材料, nCode 疲劳, Fatigue Tool 疲劳工具, 多物理耦合场, 以及 DX 优化设计等。

全书以基本理论简述、仿真流程说明、复杂实例详解为主线进行讲解, 提供详尽的 Step By Step 操作流程, 难能可贵的是对当前同类书籍中未能提及的重点内容进行详细讲解和举例说明, 并提供复杂问题和操作的视频讲解。读者仔细阅读本书并勤加练习, 一定会在 ANSYS Workbench 软件使用和相关工程项目计算方面有所收获。

本书附赠 45 个案例的 660 分钟的多媒体教学视频及案例分析文件, 读者可扫描二维码自行获取并使用。

本书面向于 ANSYS Workbench 初级和中级用户, 可以作为机械、材料、汽车和航空航天等专业的高年级本科生、研究生的参考用书, 以及教师教学的参考用书, 同时适合于从事产品设计、分析与优化的工程技术人员, 以及 CAE 仿真分析的爱好者自学。

-
- ◆ 编 著 付稣昇
责任编辑 杨 璐
责任印制 陈 犇
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 20.25
字数: 604 千字
印数: 1—2 500 册
-

定价: 79.00 元

读者服务热线: (010) 81055410 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

广告经营许可证: 京东工商广登字 20170147 号

ANSYS Workbench 仿真平台集结构、热、流体、电磁和声场等分析于一体，能够方便地进行多物理耦合场分析，广泛运用于机械、船舶、汽车、石油化工、航空航天、国防、电子、土木工程和生物医学等领域，是通过世界二十多个技术协会认证的标准通用分析软件。

» 本书特点

本书以 ANSYS Workbench 17.0 为版本，由浅入深，较为系统地对静力学、动力学、非线性、屈曲、热分析、复合材料、疲劳分析和优化设计等问题进行了讲解，且对典型问题、重点内容进行了详解。

本书给出了较为详细的分析实例讲解过程，全部采用 Step By Step 编写方式，使读者能够无障碍实现书中全部实例的操作，采用立体化教学方式对较为复杂、操作烦琐的例题配视频进行演示。

» 本书内容

全书分为 23 章，主要内容如下。

第 1 章 ANSYS Workbench 基础介绍：阐述 ANSYS Workbench 产品特点、启动方式、平台工作环境、文件管理系统及单位系统等。

第 2 章 几何建模与模型清理：以 DesignModeler 作为工具讲解建模基本操作，涉及草图绘制、1D、2D、3D 几何体建模，参数化建模等，以及对导入模型如何清理和几何修复进行说明。

第 3 章 工程数据定义与网格划分：概述建立工程数据的基本流程，如何定义材料参数、赋予材料属性等；同时对网格划分技术进行说明，阐述了关于全局和局部网格控制技术、虚拟拓扑技术，及预览和生成网格的方法。

第 4 章 Workbench-Mechanical 通用设置：对 Workbench-Mechanical 交互界面、菜单、工具条、导航树等进行说明；同时对坐标系的创建、命名选择、目标生成器、注释设置、远程点等的创建进行讲解。

第 5 章 线性静力学结构分析：简要介绍静力学分析的基本原理、术语以及静力学分析的基本流程；详细描述了通用载荷、约束类型以及结果后处理的内容。

第 6 章 动力学分析概述：简介动力学分析类型、基本概念和术语、求解方法。

第 7 章 模态分析：介绍模态分析的基本原理、术语等。

第 8 章 谐响应分析：介绍谐响应分析的基本原理、术语和谐响应分析的两种求解方法——完整法和模态叠加法，介绍谐响应分析的基本操作方法。

第 9 章 响应谱分析：介绍响应谱分析的基本原理和基本操作流程。

第 10 章 随机振动分析：介绍随机振动分析目的、功率谱密度、基本术语和原理等，及随机振动分析的基本方法和选项设置。

第 11 章 瞬态动力学分析：介绍瞬态动力学分析的基本原理、术语、基本方法和操作。

第 12 章 刚体动力学分析：描述刚体动力学连接方式，简述求解设置方法，并给出如何采用刚体动力学运动载荷进行单一零件静力学分析的一般方法。

第 13 章 显式动力学分析：描述 ANSYS Workbench 显式动力学分析模块，给出多个实例进行讲解。

第 14 章 结构非线性分析：主要内容围绕几何非线性、材料非线性、状态非线性展开，系统介绍非线性分析的背景、非线性求解与收敛、接触与接触设置、率无关塑性、超弹体等内容。

第 15 章 屈曲分析：介绍线性屈曲分析、非线性屈曲分析的基本原理和操作方法。

第 16 章 子模型分析：简述应力集中与应力奇异，讲解子模型法的运用。

第 17 章 热分析：介绍热分析的基本原理和操作方法，介绍稳态热、瞬态热、非线性热以及热-结构耦合等分析问题的模拟流程。

第 18 章 ACP 复合材料分析：对 ACP 复合材料模块铺层方法设计流程进行讲解，给出了一般失效准则，并给出详尽的实例进行铺层过程的说明、求解解读和失效形式说明。

第 19 章 疲劳工具 Fatigue Tool：介绍疲劳分析基本原理、雨流计数与 Miner 线性累积损伤法则，具体说明了疲劳工具 Fatigue Tool 处理应力疲劳和应变疲劳的相关方法。

第 20 章 ANSYS nCode DesignLife 疲劳工具：简述 nCode 的基本菜单和分析流程，并给出多个实例进行讲解。

第 21 章 多物理耦合场分析：介绍了多物理耦合场分析的基本类型，给出多个实例进行讲解。

第 22 章 优化工具 Design Exploration：介绍了 Design of Experiments、Response Surface、Response Surface Optimization、Direct Optimization、Six Sigma 等功能模块，并给出分析实例进行讲解。

第 23 章 拓扑优化：介绍 Shape Optimization (Beta) 和 ANSYS Shape Optimization (ACT) 两个拓扑优化模块，并给出多个分析实例进行说明。

» 适读对象

本书面向于 ANSYS Workbench 初级和中级用户，可以作为机械、材料、汽车、航空航天等专业高年级本科生、研究生的参考用书以及教师教学的参考用书，同时适合于从事产品设计、分析与优化的工程技术人员和 CAE 仿真分析的爱好者。

» 统一技术支持

读者在学习过程中遇到困难，可以通过我们的立体化服务平台（微信公众服务号：iCAX）联系，我们会尽量帮助读者解答问题。此外，在这个平台上我们还会分享更多的相关资源。微信扫描下面的二维码就可以查看相关内容。



» 致谢

感谢导师解本铭教授给予我读书的机会，将我引入这纷繁复杂奇妙的数值仿真世界。同时向关爱我的师兄弟和同学表达感谢。

感谢所在公司研发中心的领导胡伟林副总裁、李祎主任、严晓林总师为书籍编写提供宽松的环境和工作上的支持，感谢吕笑岩经理、王铭以及其他同事在曾经工作中的帮助。

感谢辽宁职业学院曾经关心和帮助过我的老师们，向你们表达我最诚挚的谢意。

感谢成都道然科技有限责任公司对本书出版的大力支持。

感谢在 CAE 学习之路上一起努力的朋友：王东、李利军、周炬、杨靖、罗贤才、康涛、康新乐、袁志丹、李裕平、江丙云、胡坤、陈惠亮、徐文华、何冰冷、赵岳、刘仕雄、薛聪、杜港、和俊超（排名不分先后）和社交平台中给予我帮助和鼓励的人。

感谢家人在生活和工作中对我的鼓励和支持，辛苦你们了。

» 最后

本书全文由付稣昇编写。由于时间仓促、水平有限，虽然校稿多遍，力求无误，但书中错误、纰漏之处在所难免，这里也恳请读者及时指正，去伪存真。尽管本书实例多取自于工程原型，但仍与实际工程项目有所差别，读者在对实际项目进行分析和评估时，要多结合相关行业规范，严谨认真对待。

写作之路倍感艰辛，但若本书能使部分读者在 ANSYS Workbench 仿真软件的运用上有所收获，并在学业和工作中将其用于国家发展未来产品项目研发中，笔者将感到莫大的荣耀。

付稣昇

2017 年 4 月 2 日于北京

第 1 章 ANSYS Workbench 基础介绍	12
1.1 ANSYS Workbench 概述	12
1.2 ANSYS Workbench 平台与模块	12
1.2.1 ANSYS Workbench 启动方式	12
1.2.2 Workbench 平台界面	13
1.2.3 主菜单栏	14
1.2.4 基本工具栏	15
1.2.5 工具箱	15
1.2.6 项目流程图	16
1.3 ANSYS Workbench 文件管理	16
1.4 ANSYS Workbench 单位系统	17
1.5 本章小结	18
第 2 章 几何建模与模型清理	19
2.1 DesignModeler 概述	19
2.1.1 DesignModeler 介绍	19
2.1.2 DesignModeler 启动和 CAD 文件交互	19
2.1.3 DesignModeler 交互界面	20
2.1.4 DesignModeler 主菜单栏	20
2.1.5 DesignModeler 工具栏	21
2.1.6 鼠标操作	22
2.1.7 选择过滤器	22
2.1.8 框选	22
2.1.9 选择面板	23
2.1.10 图形控制	23
2.1.11 弹出快捷菜单	23
2.2 草图绘制	24
2.2.1 单位制	25
2.2.2 创建新平面和平面变换	25
2.2.3 创建新草绘	26
2.2.4 草绘工具	26
2.2.5 草图投影与援引	28
2.3 3D 建模创建与工具	28
2.3.1 体和零件	28
2.3.2 3D 特征操作 (【Create】菜单)	29
2.3.3 高级工具 (【Tools】菜单)	30
2.4 参数化建模	31
2.4.1 DM 参数化建模	31
2.4.2 一般 CAD 软件参数化导入 DM 的方法	32
2.5 概念建模	33
2.5.1 创建线体	33
2.5.2 建立面	35
2.6 几何建模实例	36
2.6.1 构件搬运台车建模实例	36
2.6.2 飞机机翼 1D 和 2D 混合建模实例	40
2.7 几何清理实例	45
涡轮机外壳结构几何清理简化实例	45
2.8 本章小结	48
第 3 章 工程数据定义与网格划分	49
3.1 工程数据定义基础	49
3.1.1 Engineering Data 界面	49
3.1.2 定义材料参数	50
3.1.3 添加新材料进入材料库	51
3.1.4 赋予材料属性	52
3.2 网格划分技术	52
3.2.1 全局网格控制	52
3.2.2 局部网格划分控制	55
3.2.3 虚拟拓扑	59
3.2.4 预览和生成网格	60
3.3 网格划分实例	61
3.3.1 裁纸凹模三维结构网格划分	61
3.3.2 Semi-Elliptical Crack 裂纹网格划分	63
3.3.3 旋风分离器网格划分	65
3.3.4 三通管膨胀层网格划分实例	67
3.3.5 简易形状结构快速网格划分实例	68
3.4 本章小结	70

第4章 Workbench-Mechanical 通用设置	71	5.4.10 图形显示	91
4.1 Workbench-Mechanical 概述	71	5.4.11 求解组合	92
4.2 Mechanical 分析基本步骤	71	5.4.12 收敛	92
4.3 Mechanical 交互界面	72	5.4.13 应力奇异	92
4.3.1 菜单栏	72	5.5 静力学结构分析实例	93
4.3.2 工具栏	72	5.5.1 一榀钢梁结构静力学分析	93
4.3.3 导航树	73	5.5.2 电动缸销轴结构静力学分析	95
4.3.4 明细栏	73	5.6 本章小结	99
4.3.5 图形窗口	73	第6章 动力学分析概述	100
4.3.6 程序应用向导	74	6.1 动力学分析的目的	100
4.4 导航树基本分支与操作流程说明	74	6.1.1 动力学分析涉及的物理现象	100
4.4.1 预处理	74	6.1.2 动力学分析类型	100
4.4.2 求解模型	75	6.1.3 动力学有限元建模原则	101
4.4.3 后处理	75	6.2 通用运动控制方程	101
4.5 常用基本预处理操作	76	6.3 阻尼	102
4.5.1 坐标系 Coordinate Systems	76	6.3.1 单元阻尼	102
4.5.2 命名选择 Named Selections	76	6.3.2 Alpha 阻尼和 Beta 阻尼	102
4.5.3 目标生成器 Object Generator	77	6.3.3 常数阻尼	103
4.5.4 注释设置 Annotation Preferences	77	6.3.4 数值阻尼	104
4.5.5 自定义节点编号 Mesh Numbering	78	6.4 本章小结	104
4.5.6 远程点 Remote Point	78	第7章 模态分析	105
4.6 本章小结	79	7.1 模态分析基础	105
第5章 线性静力学结构分析	80	7.1.1 模态分析的目的	105
5.1 线性静力学分析基础	80	7.1.2 术语和概念	105
5.1.1 2D 平面问题	80	7.1.3 振型归一化	106
5.1.2 1D 杆与梁的问题	81	7.1.4 模态分析接触设置	106
5.1.3 板壳和 3D 结构分析	82	7.1.5 预应力设置	106
5.2 线性静力学分析流程	82	7.1.6 分析设置	106
5.3 线性静力学分析载荷与支撑	83	7.1.7 参与因子与有效质量	107
5.3.1 惯性载荷	83	7.2 模态分析基本流程	108
5.3.2 载荷与约束	84	7.3 模态分析实例	108
5.4 结果后处理	86	简易机翼结构预应力模态分析	108
5.4.1 变形	87	7.4 本章小结	112
5.4.2 应力和应变	87	第8章 谐响应分析	113
5.4.3 线性化应力	88	8.1 谐响应分析基础	113
5.4.4 应力工具	89	8.1.1 谐响应分析的目的	113
5.4.5 接触工具	90	8.1.2 谐响应分析的输入与输出	113
5.4.6 疲劳工具	90	8.1.3 谐响应分析运动方程	113
5.4.7 梁工具	90	8.1.4 谐响应分析求解方法	114
5.4.8 探测	91	8.2 谐响应分析基本流程	114
5.4.9 用户自定义结果	91		

8.3 谐响应分析实例	116	11.4 瞬态动力学分析基本流程	140
连杆结构谐响应分析	116	11.5 瞬态动力学分析实例	141
8.4 本章小结	121	铜管折弯瞬态动力学分析	141
第9章 响应谱分析	122	11.6 本章小结	143
9.1 响应谱分析意义	122	第12章 刚体动力学分析	144
9.2 响应谱分析基础	122	12.1 刚体动力学分析简介	144
9.2.1 响应谱的定义与产生	122	12.2 刚体动力学装配连接	144
9.2.2 响应谱分析类型	123	12.2.1 运动副 (Joints)	144
9.2.3 单点响应谱分析	123	12.2.2 弹簧 (Springs)	145
9.2.4 多点响应谱分析	124	12.2.3 接触对关系	145
9.3 响应谱分析基本流程	124	12.2.4 约束方程	145
9.4 响应谱分析实例	126	12.3 刚体动力学分析流程	146
石油井架地震单点响应谱分析	126	12.4 Motion Load 载荷导入静力学	
9.5 本章小结	128	分析流程	147
第10章 随机振动分析	129	12.5 刚体动力学分析实例	147
10.1 随机振动分析的目的	129	某剪切送物机构刚体动力学分析	147
10.2 功率谱密度	129	12.6 本章小结	151
10.3 随机振动理论简介	130	第13章 显式动力学分析	152
10.3.1 随机振动计算的假设与限制	130	13.1 显式动力学分析简介	152
10.3.2 随机振动分布规律	130	13.2 显式动力学分析流程	153
10.3.3 随机振动理论	130	13.3 显式动力学分析实例	154
10.4 随机振动分析基本流程	131	13.3.1 易拉罐显式动力学分析	154
10.5 随机振动分析实例	132	13.3.2 冲锤撞击钢筋混凝土结构	
车用杯架随机振动分析	132	显式动力学分析	156
10.6 本章小结	134	13.3.3 电路板跌落显式动力学分析	158
第11章 瞬态动力学分析	135	13.4 本章小结	161
11.1 瞬态动力学分析基础	135	第14章 结构非线性分析	162
11.1.1 瞬态动力学分析特点	135	14.1 非线性分析背景	162
11.1.2 瞬态动力学分析术语	135	14.1.1 结构非线性的定义	162
11.2 瞬态动力学分析求解技术		14.1.2 非线性行为类型	162
(完全法)	136	14.1.3 构建非线性模型	163
11.2.1 瞬态分析中的非线性	136	14.2 非线性求解与收敛	164
11.2.2 平衡迭代与收敛	137	14.2.1 牛顿-辛普森方程	164
11.2.3 载荷步、子步与平衡迭代	137	14.2.2 收敛与收敛判据	164
11.2.4 自动时间步	138	14.2.3 载荷步、时间步与平衡迭代	164
11.2.5 完全瞬态动力学的分析设置	138	14.2.4 求解控制	165
11.2.6 Initial Conditions 初始条件设置	139	14.2.5 重启动控制	165
11.2.7 载荷与约束	140	14.2.6 非线性控制	166
11.3 瞬态动力学分析求解技术		14.3 接触与接触设置	166
(模态叠加法)	140	14.3.1 接触的基本概念	166