

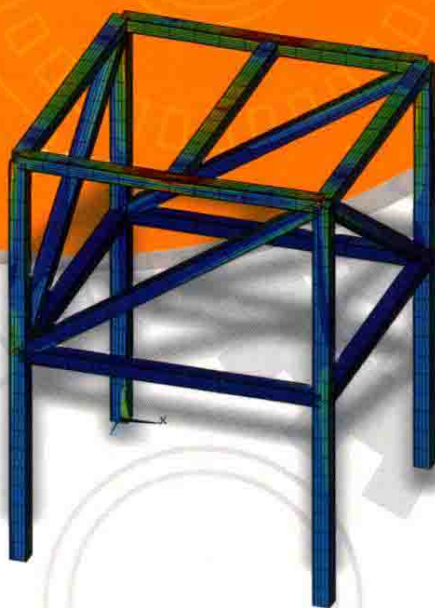
CAD/CAM/CAE
工程应用丛书

ANSYS系列

ANSYS Workbench 17.0 有限元分析从入门到精通

CAE应用联盟 组编 张岩 等编著

第2版



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，包含全部案例的模型文件和结果文件。



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

CAD/CAM/CAE 工程应用丛书

ANSYS Workbench 17.0 有限元分析

从入门到精通

第2版

CAE 应用联盟 组编

张岩等 编著

机械工业出版社

本书详细介绍了 ANSYS Workbench 17.0 的功能及应用。通过学习本书,读者能掌握该软件的操作,领悟解决工程领域相关实际问题的思路与方法。

本书分基础知识、基础专题应用及拓展专题应用 3 部分共 26 章进行讲解。第 1~5 章讲解 ANSYS Workbench 的基础知识,包括 Workbench 平台、工程数据模块、建模模块、网格划分 Meshing 和仿真计算模块、Mechanical 应用等;第 6~13 章为基础专题应用部分,依托工程中常见的案例,按照不同的分析方式,分层次、分类别进行讲解,包括结构静力学分析(包括线性及非线性静力分析)、接触分析、结构动力学分析(包括特征值分析、瞬态等分析、模态、谐响应、响应谱)等;第 14~26 章为拓展专题应用,以专题的形式对有限元分析拓展应用类型进行了示例讲解,包括随机振动分析、显式动力学分析、刚体运动学分析、垫片分析、疲劳分析、断裂分析、模型的简化分析、子模型分析、热分析、流场分析、静磁场分析、多物理场耦合分析和优化设计分析的操作方法等,具有非常重要的参考价值。

本书适合理工类院校土木工程、机械工程、力学、电子工程等相关专业的高年级本科生、研究生及教师使用,也可作为相关领域工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

ANSYS Workbench 17.0 有限元分析从入门到精通 / CAE 应用联盟组编;张岩等编著. —2 版. —北京:机械工业出版社,2017.5

(CAD/CAM/CAE 工程应用丛书)

ISBN 978-7-111-57712-6

I. ①A… II. ①C… ②张… III. ①有限元分析—应用软件

IV. ①O241.82-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 195479 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 责任编辑:张淑谦

责任校对:张艳霞 责任印制:李 昂

三河市国英印务有限公司印刷

2017 年 9 月第 2 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·27.25 印张·665 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-57712-6

定价:85.00 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

服务咨询热线:(010) 88361066

读者购书热线:(010) 68326294

(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

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, 还可以节省大量建设投资。

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

自 ANSYS 7.0 开始, ANSYS 公司便开始推出 ANSYS 经典版和 ANSYS Workbench 版两个版本。Workbench 是 ANSYS 公司推出的协同仿真环境, 可以解决企业产品研发过程中 CAE 软件的异构问题。

ANSYS Workbench 为有限元分析提供了强大的处理工具。目前, ANSYS 已经在很多领域成功应用。本书针对 ANSYS Workbench 在相关领域的应用, 以 ANSYS Workbench 17.0 为工具, 以引导读者掌握 ANSYS Workbench 的使用方法为目的进行编写。

1. 本书特点

- 由浅入深、循序渐进: 本书以初中级读者为对象, 首先从 ANSYS Workbench 使用基础讲起, 再辅以 ANSYS Workbench 在工程中的代表案例, 全面介绍了使用其进行常见有限元分析的步骤。
- 步骤详尽、内容新颖: 本书结合作者多年 ANSYS Workbench 使用经验, 通过实际工程应用案例, 将 ANSYS Workbench 软件的使用方法与技巧详细地讲解给读者。本书在讲解过程中步骤详尽、内容新颖, 讲解过程辅以相应的图片, 使读者在阅读时一目了然, 从而快速掌握书中所讲内容。
- 示例典型、轻松易学: 学习分析案例的具体操作是掌握 ANSYS Workbench 最好的方式。本书通过综合应用案例, 透彻详尽地讲解了 ANSYS Workbench 在各方面的应用。

2. 本书内容

本书分基础知识、基础专题应用及拓展专题应用 3 部分共 26 章进行讲解, 其中第 1~5 章为基础知识部分, 第 6~13 章为基础专题应用部分, 第 14~26 章为拓展专题应用部分, 即本书的重点。其中:

第一部分: 基础知识部分是使用 ANSYS Workbench 的基础, 建议读者在学习后续有关分析过程时经常参考该部分的内容, 以掌握基础操作步骤。本部分的章节安排如下。

第 1 章 ANSYS Workbench 介绍

第 2 章 工程数据

第 3 章 几何建模

第 4 章 网格划分

第 5 章 Mechanical 介绍

第二部分: 基础专题应用部分以常见的有限元应用为基础, 对有限元分析常见的类型进行了示例讲解, 确保读者能参照这些示例对常见的分析进行设置, 并正确分析。本部分的章节安排如下。

第 6 章 线性静力分析

第 7 章 非线性静力分析

第 8 章 接触分析

第 9 章 特征值分析

第 10 章 瞬态分析

第 11 章 模态分析

第 12 章 谐响应分析

第 13 章 响应谱分析

第三部分: 拓展专题应用部分以专题的形式对有限元分析拓展应用类型进行了示例讲解, 读者可以根据自己的实际工作需要选择相应的章节进行学习。本部分的章节安排如下。

第 14 章 随机振动分析

第 16 章 刚体运动学分析

第 18 章 疲劳分析

第 20 章 模型的简化分析

第 22 章 热分析

第 24 章 静磁场分析

第 26 章 优化设计分析

第 15 章 显式动力学分析

第 17 章 垫片分析

第 19 章 断裂分析

第 21 章 子模型分析

第 23 章 流场分析

第 25 章 多物理场耦合分析

本书以软件的工程应用为主,偏重于讲解软件的使用方法。因此,专题应用中的每个案例都根据实际工程应用做了简化,以方便读者掌握软件的使用方法。

提示:本书附赠网盘资源包括书中各案例所用到的素材源文件以及求解结果文件,以方便读者学习使用。

3. 读者对象

本书既适用于 ANSYS Workbench 初学者,又适用于有一定基础的工程技术人员,具体包括:

- 初学 ANSYS Workbench 的工程技术人员
- 相关培训机构的教师 and 学员
- 大中专院校的教师和在校生
- ANSYS Workbench 有限元分析爱好者
- 参加工作实习的新手
- 初中级 ANSYS Workbench 从业人员
- 广大科研工作人员

4. 读者服务

为了方便解决本书疑难问题,读者在学习过程中如遇到与本书有关的技术问题,可以发邮件到邮箱 caxart@126.com,或者访问博客 <http://blog.sina.com.cn/caxart>,编者会尽快给予解答。

5. 编者团队

本书主要由张岩编写,参与编写的还有丁金滨、石良臣、林金宝、张亮亮、高飞、李昕、唐宗鹏、凌桂龙、王芳、韩希强、孙国强、于苍海、温正、陈艳霞、郭海霞、张建伟、刘成柱、宋玉旺、沈再阳、陈峰浩、张文电、丁凯、王菁和李战芬。

虽然编者在本书的编写过程中力求叙述准确、完善,但由于水平有限,书中欠妥之处在所难免,希望读者和同仁能够及时指出,共同促进本书质量的提高。

最后,希望本书能为读者的学习和工作提供帮助!

编 者

目 录

出版说明

前言

第1章 ANSYS Workbench 介绍 1

1.1 软件概述 1

1.2 软件界面 1

1.3 Workbench 项目工程图 2

1.3.1 项目工程图组成 3

1.3.2 项目工程图基本操作 5

1.3.3 常见项目工程图 6

1.4 ANSYS Workbench 分析

项目管理 7

1.4.1 项目文件夹 7

1.4.2 文件与项目 9

1.4.3 项目文件管理注意事项 9

1.4.4 ANSYS Workbench 文件 10

1.4.5 导入历史数据库 10

1.4.6 日志 11

1.4.7 项目报告 12

1.5 使用帮助 13

1.6 本章小结 14

第2章 工程数据 15

2.1 工程数据应用 15

2.1.1 Engineering Data 应用

概览 15

2.1.2 界面 15

2.1.3 工程数据源 19

2.1.4 材料数据 19

2.1.5 基本操作 20

2.2 材料数据 20

2.2.1 支持的材料属性 20

2.2.2 材料属性操作 26

2.3 本章小结 26

第3章 几何建模 27

3.1 Design Modeler 介绍 27

3.1.1 DM 概览 27

3.1.2 DM 界面 28

3.2 项目工程图操作 33

3.2.1 项目工程图中的 DM
和 CAD 33

3.2.2 项目工程图中的 DM
操作 34

3.2.3 项目工程图中的 DM
参数 39

3.3 二维绘图 39

3.3.1 草图与平面 39

3.3.2 自动约束 40

3.3.3 细节查看窗口 40

3.3.4 绘图工具箱 41

3.3.5 修改工具箱 42

3.3.6 尺寸工具箱 43

3.3.7 约束工具箱 43

3.3.8 设置工具箱 44

3.4 建模 44

3.4.1 体和零件 44

3.4.2 细节查看 47

3.4.3 布尔操作 47

3.4.4 三维特征 49

3.4.5 基本体 54

3.4.6 高级特征与工具 55

3.4.7 概念建模 56

3.5 DM 建模示例 57

3.5.1 进入 DM 58

3.5.2 草图绘制 58

3.5.3 三维建模 62

3.5.4 参数化 65

3.6 导入外部 CAD 模型 67

3.6.1 非关联性导入文件 67

3.6.2 关联性导入文件 67

3.6.3 导入定位	68	6.2 线性静力分析过程	138
3.6.4 创建场域几何体	68	6.2.1 过程概览	138
3.7 本章小结	68	6.2.2 结果处理	138
第4章 网格划分	69	6.3 线性静力分析示例	140
4.1 网格划分概述	69	6.3.1 问题描述	140
4.1.1 Workbench 中的网格 划分	69	6.3.2 建立分析项目	141
4.1.2 网格划分算法类型	70	6.3.3 导入几何体	141
4.2 网格划分控制	71	6.3.4 添加材料库	142
4.2.1 网格划分方法	71	6.3.5 添加模型材料属性	146
4.2.2 网格划分命令	73	6.3.6 划分网格	147
4.2.3 全局网格控制	73	6.3.7 施加载荷与约束	149
4.2.4 局部网格控制	79	6.3.8 结果后处理	150
4.2.5 虚拟拓扑工具	82	6.3.9 求解并显示结果	152
4.3 网格划分示例	82	6.3.10 更改材料观察分析 结果	153
4.3.1 自动网格划分案例	82	6.3.11 保存与退出	156
4.3.2 网格划分控制案例	86	6.4 本章小结	157
4.4 CAD 模型划分示例	93	第7章 非线性静力分析	158
4.5 本章小结	95	7.1 概述	158
第5章 Mechanical 介绍	96	7.1.1 几何非线性	159
5.1 Mechanical 基础	96	7.1.2 材料非线性	160
5.1.1 Mechanical 界面	96	7.2 非线性静力分析过程	161
5.1.2 Mechanical 使用过程	104	7.3 几何非线性静力分析 示例	163
5.1.3 Mechanical 支持的分析	108	7.3.1 前处理	163
5.2 Mechanical 使用	108	7.3.2 求解	168
5.2.1 设置材料属性	108	7.3.3 后处理与 B 项目	169
5.2.2 设置几何模型	111	7.4 材料非线性静力分析 示例	173
5.2.3 设置坐标系	122	7.4.1 前处理	173
5.2.4 定义连接	123	7.4.2 求解	179
5.2.5 分析求解设置	126	7.4.3 后处理	179
5.2.6 设置边界条件	130	7.5 本章小结	181
5.2.7 结果处理	133	第8章 接触分析	182
5.3 本章小结	134	8.1 接触分析过程	182
第6章 线性静力分析	135	8.1.1 接触分析流程	182
6.1 线性静力分析概述	135	8.1.2 接触设置	182
6.1.1 应力-应变关系	135	8.1.3 接触分析结果	185
6.1.2 轴对称模型下的各向异性 线性材料	137	8.2 接触分析示例	186
6.1.3 热膨胀系数	137		

8.2.1	前处理	187	11.2.2	建立分析项目	226
8.2.2	求解	192	11.2.3	导入几何体	226
8.2.3	后处理	192	11.2.4	添加材料库	227
8.3	本章小结	194	11.2.5	修改模型材料属性	229
第9章	特征值分析	195	11.2.6	划分网格	230
9.1	概述	195	11.2.7	施加固定约束	232
9.2	特征值分析过程	196	11.2.8	结果后处理	232
9.2.1	线性特征值分析过程	196	11.2.9	求解并显示求解结果	233
9.2.2	非线性特征值分析过程	197	11.2.10	保存与退出	235
9.3	特征值分析示例	198	11.3	本章小结	235
9.3.1	前处理	198	第12章	谐响应分析	236
9.3.2	线性静力分析求解	201	12.1	概述	236
9.3.3	线性特征值分析求解与 后处理	201	12.1.1	谐响应概念	236
9.3.4	非线性特征值分析求解 与后处理	203	12.1.2	谐响应分析理论简介	236
9.4	本章小结	208	12.2	谐响应分析的方法与 过程	238
第10章	瞬态分析	209	12.2.1	谐响应分析方法	238
10.1	瞬态分析基础	209	12.2.2	谐响应分析过程	239
10.1.1	瞬态分析概述	209	12.3	谐响应分析示例	240
10.1.2	瞬态分析过程	211	12.3.1	前处理	240
10.2	瞬态分析示例	211	12.3.2	模态分析	242
10.2.1	前处理	211	12.3.3	模态叠加法分析	242
10.2.2	问题描述	211	12.3.4	完全法分析	246
10.2.3	基础操作	211	12.4	本章小结	249
10.2.4	添加材料特性	212	第13章	响应谱分析	250
10.2.5	创建坐标系	213	13.1	响应谱分析基础	250
10.2.6	划分网格	214	13.1.1	响应谱分析概述	250
10.2.7	施加载荷与约束	215	13.1.2	响应谱分析流程	251
10.2.8	设置求解选项	216	13.2	响应谱分析示例	251
10.2.9	求解并显示求解结果	219	13.2.1	前处理	251
10.2.10	保存与退出	223	13.2.2	模态分析	255
10.3	本章小结	223	13.2.3	单点响应谱分析	257
第11章	模态分析	224	13.2.4	多点响应谱分析	259
11.1	模态分析基础	224	13.3	本章小结	262
11.1.1	概述	224	第14章	随机振动分析	263
11.1.2	模态分析过程	225	14.1	随机振动分析基础	263
11.2	模态分析示例	225	14.1.1	随机振动分析概述	263
11.2.1	问题描述	225	14.1.2	随机振动分析过程	263
			14.2	随机振动分析示例	264

14.2.1 问题描述	264	17.2.1 前处理	300
14.2.2 建立分析项目	264	17.2.2 求解	305
14.2.3 修改模型	265	17.2.3 后处理	305
14.2.4 生成多体部件体	268	17.3 本章小结	309
14.2.5 划分网格	269	第 18 章 疲劳分析	310
14.2.6 施加固定约束	272	18.1 疲劳分析过程	310
14.2.7 提取模态参数设置	272	18.1.1 概述	310
14.2.8 查看模态分析结果	273	18.1.2 疲劳分析流程	311
14.2.9 添加功率谱位移	275	18.1.3 查看疲劳分析结果	312
14.2.10 提取随机振动的分析结果	276	18.2 疲劳分析示例	312
14.2.11 查看随机振动的分析结果	277	18.2.1 前处理	312
14.2.12 保存与退出	278	18.2.2 静力分析	316
14.3 本章小结	279	18.2.3 疲劳分析	316
第 15 章 显式动力学分析	280	18.3 本章小结	318
15.1 显式动力学分析基础	280	第 19 章 断裂分析	319
15.1.1 显式动力学概述	280	19.1 断裂分析过程	319
15.1.2 显式动力学分析过程	280	19.1.1 断裂模式	319
15.2 显式动力学分析示例	281	19.1.2 断裂力学参数	320
15.2.1 前处理	281	19.1.3 断裂力学仿真方法	321
15.2.2 求解	286	19.1.4 断裂分析流程	321
15.2.3 后处理	287	19.2 断裂分析示例	322
15.3 本章小结	289	19.2.1 前处理	322
第 16 章 刚体运动学分析	290	19.2.2 求解	327
16.1 刚体运动学分析过程	290	19.2.3 后处理	327
16.1.1 刚体运动学分析过程概览	290	19.3 本章小结	330
16.1.2 连接类型	290	第 20 章 模型的简化分析	331
16.2 刚体运动学示例	292	20.1 模型的简化分析基础	331
16.2.1 前处理	292	20.1.1 分析概览	331
16.2.2 求解	295	20.1.2 简化模型	331
16.2.3 后处理	296	20.1.3 模型的简化分析流程	331
16.3 本章小结	298	20.2 模型的简化分析示例	332
第 17 章 垫片分析	299	20.2.1 前处理	332
17.1 垫片分析过程	299	20.2.2 求解	335
17.1.1 垫片分析概述	299	20.2.3 后处理	335
17.1.2 垫片分析流程	299	20.3 本章小结	336
17.2 垫片分析示例	300	第 21 章 子模型分析	337
		21.1 子模型分析基础	337
		21.1.1 子模型概述	337
		21.1.2 子模型分析流程	338



21.2	子模型分析示例	338	24.3	本章小结	383
21.2.1	粗糙模型分析	339	第 25 章	多物理场耦合分析	384
21.2.2	子模型分析	342	25.1	多物理场耦合分析概述	384
21.3	本章小结	346	25.2	电磁热耦合分析示例	385
第 22 章	热分析	347	25.2.1	问题描述	385
22.1	热分析基础	347	25.2.2	软件启动与保存	385
22.1.1	单位	347	25.2.3	建立电磁分析	386
22.1.2	基础理论	347	25.2.4	建立几何模型	387
22.1.3	热分析流程	349	25.2.5	设置求解域	391
22.2	热分析示例	349	25.2.6	赋予材料属性	391
22.2.1	前处理	350	25.2.7	添加激励	392
22.2.2	稳态热分析	354	25.2.8	添加分析步	393
22.2.3	瞬态热分析	356	25.2.9	模型检查与计算	393
22.3	本章小结	360	25.2.10	后处理	394
第 23 章	流场分析	361	25.2.11	创建数据共享	395
23.1	流场分析基础	361	25.2.12	设定材料	397
23.1.1	CFX 流场分析流程	361	25.2.13	划分网格	398
23.1.2	物理条件定义	361	25.2.14	添加边界条件与映射	399
23.1.3	CFX 求解	362	激励	399	
23.1.4	CFX 后处理	363	25.2.15	求解计算	401
23.2	流场分析示例	363	25.2.16	后处理	401
23.2.1	前处理	363	25.3	本章小结	402
23.2.2	求解	369	第 26 章	优化设计分析	403
23.2.3	后处理	369	26.1	优化设计基础	403
23.3	流场致温度场分析示例	370	26.1.1	优化设计概览	403
23.3.1	前处理	370	26.1.2	实验设计	405
23.3.2	求解	372	26.1.3	相关参数	406
23.3.3	后处理	373	26.1.4	响应面	409
23.4	本章小结	374	26.1.5	目标驱动优化	410
第 24 章	静磁场分析	375	26.1.6	六西格玛分析	413
24.1	静磁场分析基础	375	26.2	优化设计应用示例	414
24.1.1	静磁场分析应用	375	26.2.1	基础分析	414
24.1.2	静磁场分析过程	375	26.2.2	响应面	418
24.2	静磁场分析示例	376	26.2.3	直接优化	421
24.2.1	前处理	376	26.2.4	SSA 分析	423
24.2.2	求解	382	26.3	本章小结	425
24.2.3	后处理	382	参考文献		426

第1章 ANSYS Workbench 介绍



ANSYS Workbench 是 ANSYS 公司提供的协同仿真环境, 通过对产品研发流程中仿真环境的开发与实施, 搭建一个集成多学科异构 CAE 技术的仿真系统。本章主要介绍 ANSYS Workbench 17.0 的软件界面、基础使用知识和分析流程。

学习目标:

- 熟悉 ANSYS Workbench 界面。
- 理解项目工程图。
- 理解 ANSYS Workbench 分析项目管理。

1.1 软件概述

Workbench 的主要功能是解决传统 CAE 软件在设计研发中的不足, 提高 ANSYS 与相关行业的结合性, 方便共享数据, 并在整个设计流程中极好地应用 ANSYS 软件。

ANSYS Workbench 主要由 3 个模块组成, 分别为:

- Design Modeler——用来建立 CAD 几何模型, 为分析做准备。
- Design Simulation——用 ANSYS 的分析模块实现网格划分、求解以及后处理, 包括常见的 Mechanical、Fluent 等。
- Design Exploration——用于研究变量的输入 (几何、载荷等) 对响应 (应力、频率等) 的影响, 可实现优化。

除了以上 3 个主要模块, ANSYS Workbench 还集成了很多其他模块, 较典型的有: 用于专业涡轮叶片设计的 Blade Modeler, 进行全隐性耦合算法的 CFX, 用于爆炸等场合的高度非线性显式动力学分析的 AUTODYN。这些模块将 ANSYS Workbench 打造成了应用极广的有限元分析软件。

1.2 软件界面

在安装好 ANSYS Workbench 17.0 的计算机上, 只需要单击启动程序图标或快捷方式就可以打开 ANSYS Workbench 17.0 启动界面; 单击“OK”按钮, 关闭“Getting Started”对话框后, 可以看到完整的软件界面, 如图 1-1 所示。该界面上包括如下几个部分。

- 标题栏——位于界面顶部, 显示待分析项目的名称 (图 1-1 中显示的名称为“Unsaved Project Workbench”)。

- 菜单栏——位于标题栏下方，提供常见的菜单操作。需要注意的是 Units 菜单（图 1-2），其提供了不同的单位制供用户选择，默认情况下采用 m-kG 公制单位制。

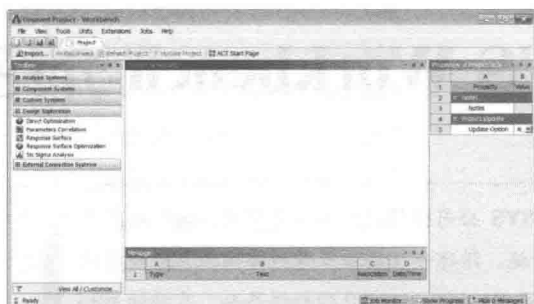


图 1-1 ANSYS Workbench 17.0 界面

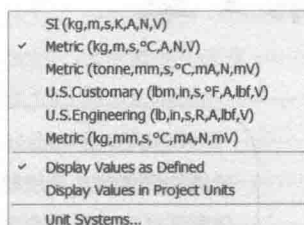


图 1-2 Units 菜单

- 工具栏——位于菜单栏下方，第一行图标提供常见的菜单操作快捷方式，同时还包括一个“Project”标签；第二行图标提供常见的分析项目操作快捷方式。
- 工具箱 Toolbox——位于窗口主体的左侧，提供分析所需系统的接入方式。
- 项目视图 Project Schematic——位于窗口主体的右侧，提供分析项目的图示（或称为项目工程图，如图 1-3 所示）。

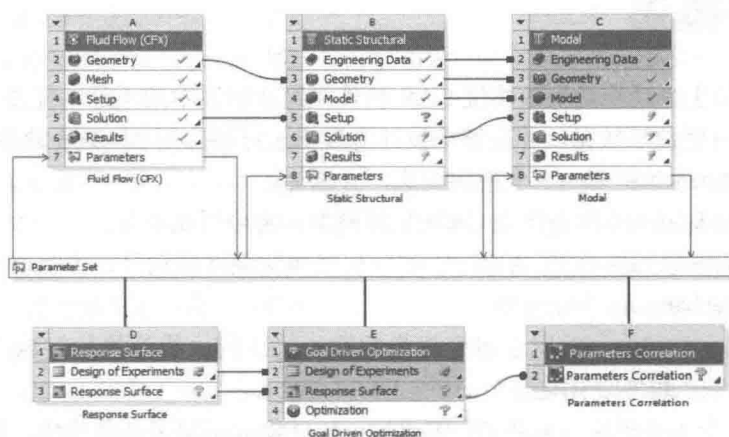


图 1-3 项目工程图示例

- 信息工具栏——位于窗口的下部，用于显示分析项目的状态和显示相关信息的接入方式。

以上几个部分是打开 Workbench 即出现的，还有更多的部分将在本书其他部分讲述。当然，也可以使用菜单栏的 View 菜单对界面进行定制，这里不再赘述。

1.3 Workbench 项目工程图

Workbench 的“Project”标签是用户进行分析工作的区域。在该区域中，分析项目通过项目工程图进行工作。项目工程图可以通过添加一个或多个功能组件的系统来构成，反映的

是分析过程的时间顺序。

1.3.1 项目工程图组成

项目工程图由位于主界面左侧的 Toolbox 中提供的功能组件构成。这些组件包括分析系统 (Analysis System, 见表 1-1)、组件系统 (Components System, 见表 1-2)、定制系统 (Custom System, 见表 1-3) 和设计优化系统 (Design Exploration, 见表 1-4)。

表 1-1 分析系统

分析类型	说明	
Design Assessment	ANSYS 设计评估	Design Assessment
Electric	ANSYS 电场分析	Designer Circuit
Explicit Dynamics	ANSYS 显式动力学分析	Designer Circuit Netlist
Fluid Flow-Blow Molding(Polyflow)	Polyflow 流体吹塑分析	Eigenvalue Buckling
Fluid Flow-Extrusion(Polyflow)	Polyflow 流体挤压分析	Eigenvalue Buckling (Samcef)
Fluid Flow(CFX)	CFX 流体分析	Electric
Fluid Flow(Fluent)	Fluent 流体分析	Explicit Dynamics
Fluid Flow(Polyflow)	Polyflow 流体分析	Fluid Flow - Blow Molding (Poly)
Harmonic Response(ANSYS)	ANSYS 谐响应分析	Fluid Flow - Extrusion (Polyflow)
Hydrodynamic Diffraction	ANSYS 水动力衍射分析	Fluid Flow (CFX)
Hydrodynamic Time Response	ANSYS 水动力时间分析	Fluid Flow (Fluent)
IC Engine	ANSYS 内燃机分析	Fluid Flow (Polyflow)
Linear Buckling	ANSYS 线性屈曲分析	Fluid Flow (Polyflow)
Linear Buckling(Scmcef)	Scmcef 线性屈曲分析	Harmonic Response
Magnetostatic	ANSYS 静磁场分析	HFSS
Modal	ANSYS 模态分析	HFSS 3D Layout Design
Modal(Scmcef)	Scmcef 模态分析	HFSS-IE
Random Vibration	ANSYS 随机振动分析	Hydrodynamic Diffraction
Response Spectrum	ANSYS 响应谱分析	Hydrodynamic Response
Rigid Dynamics	ANSYS 刚体动力学分析	IC Engine (Fluent)
Static Structural	ANSYS 结构静力分析	IC Engine (Forte)
Static Structural(Scmcef)	Scmcef 结构静力分析	Magnetostatic
Steady-State Thermal	ANSYS 稳态热分析	Maxwell 2D
Steady-State Thermal(Scmcef)	Scmcef 稳态热分析	Maxwell 3D
Thermal-Electric	ANSYS 热电耦合分析	Modal
Throughflow	ANSYS 过流分析	Modal (ABAQUS)
Transient Structural	ANSYS 结构瞬态分析	Modal (Samcef)
Transient Structural(Scmcef)	Scmcef 结构瞬态分析	Q3D 2D Extractor
Transient Thermal	ANSYS 瞬态热分析	Q3D Extractor
Transient Thermal(Scmcef)	Scmcef 瞬态热分析	Random Vibration

表 1-2 组件系统

组件类型	说明	
Autodyn	Autodyn 非线性显式动力分析	 ACP (Post)
BladeGen	涡轮机械叶片设计工具	 ACP (Pre)
CFX	CFX 高端流体分析工具	 Autodyn
Engineering Data	工程数据工具	 BladeGen
Explicit Dynamic(LS-DYNAExport)	LS-DYNA 显式动力分析	 CFX
External Data	接入外部数据	 Engineering Data
External Model	接入外部模型	 Explicit Dynamics (LS-DYNA Expo
Finite Element Modeler	FEM 有限元模型工具	 External Data
Fluent	Fluent 流体分析	 External Model
Fluent(with TGrid meshing)	Fluent 流体分析 (TGrid 网格)	 Feedback Iterator
Geometry	几何建模工具	 Finite Element Modeler
ICEM CFD	ICEM CFD 网格划分工具	 Fluent
Icepak	电子热分析工具	 Fluent (with Fluent Meshing)
Mechanical APDL	机械 APDL 命令	 Geometry
Mechanical Model	机械分析模型	 ICEM CFD
Mesh	网格划分工具	 Icepak
Microsoft Office Excel	Excel 表格工具	 Mechanical APDL
Polyflow	Polyflow 流体分析	 Mechanical Model
Polyflow-Blow Molding	Polyflow 吹塑分析	 Mesh
Polyflow-Extrusion	Polyflow 挤压分析	 Microsoft Office Excel
Results	结果后处理工具	 Polyflow
System Coupling	系统耦合分析	 Polyflow - Blow Molding
TurboGrid	涡轮叶栅通道网格生成工具	 Polyflow - Extrusion
Vista AFD	轴流风机初始设计	 Results
Vista CCD	离心压缩机初始设计	 System Coupling
Vista CCD(with CCM)	径流透平设计 (CCM)	 Turbo Setup
Vista CPD	泵初始设计	 TurboGrid
Vista RTD	径流透平初始设计	 Vista AFD
Vista TF	叶片二维性能评估工具	 Vista CCD
		 Vista CCD (with CCM)
		 Vista CPD
		 Vista RTD
		 Vista TF

表 1-3 定制系统

名称	说明	
FSI:Fluid Flow(CFX)->Static Structural	基于 CFX 的流固耦合分析	 FSI: Fluid Flow(CFX) -> Static Structural
FSI:Fluid Flow(FLUENT)->Static Structural	基于 FLUENT 的流固耦合分析	 FSI: Fluid Flow(FLUENT) -> Static Structural
Pre-Stress Modal	预应力模态分析	 Pre-Stress Modal
Random Vibration	随机振动分析	 Random Vibration
Response Spectrum	响应谱分析	 Response Spectrum
Thermal-Stress	热应力分析	 Thermal-Stress

表 1-4 设计优化系统

名 称	说 明	
Direct Optimization	直接优化工具	 Direct Optimization
Parameters Correlation	参数关联工具	 Parameters Correlation
Response Surface	响应面工具	 Response Surface
Response Surface Optimization	响应面优化工具	 Response Surface Optimization
Six Sigma Analysis	六西格玛分析工具	 Six Sigma Analysis

1.3.2 项目工程图基本操作

本节介绍项目工程图的基本操作，包括添加系统、命名系统、创建并连接系统、复制/移动/删除/替换系统。

1. 添加系统

建立分析项目工程图的第一步就是添加系统。ANSYS Workbench 提供下面所述的 3 种方法向项目工程图中添加新的系统。

- 1) 在 Toolbox 中双击系统图标。
- 2) 从 Toolbox 中拖曳图标到项目工程图所在区域，并松开鼠标键。
- 3) 鼠标右击项目工程图，并从弹出的快捷菜单中选择合适的系统。

2. 命名系统

通常而言，在分析开始前，对所添加的系统进行命名是一个很好的习惯，这样可以帮助用户方便地记住项目工程图的细节。在操作中，可以在系统建立时直接命名或对已有的系统进行重命名。

- 1) 直接命名：在添加系统后，系统下的文字框通常为高亮的，这时可以通过编辑文字进行命名。
- 2) 重新命名：在已有的系统上，可以通过使用鼠标双击文字框高亮显示的系统名称，然后进行命名。

3. 创建并连接系统

在添加一个系统后，可以向项目工程图中添加更多的系统。新的系统可以为独立系统，也可以连接到其他的系统上。

(1) 独立系统 独立系统在分析中，可以提供对比或提供不同的分析对象结果集成的便利。可以通过下面所述的两种方法创建独立系统。

- 1) 双击 Toolbox 的相应图标。
- 2) 拖曳 Toolbox 中相应图标。

(2) 连接系统 连接系统可以使不同系统间数据实现共享，这样可以快捷地实现多物理场耦合分析与多步骤分析等。可以使用如下方法连接系统。

1) 连接已有系统：使用拖曳的方法可以连接两个已有系统。具体的操作为：从一个系统中拖曳共享项到另一个系统中的相应位置。

2) 创建新的待连接系统：可以采用两种方式实现，分别为从 Toolbox 中拖曳相应的图标到已有系统待分享数据项的位置上，或在已有系统待分享数据项上右击鼠标，从弹出的快捷菜

单中选择相应的系统。

4. 复制系统

可以采用鼠标右击并从弹出的快捷菜单中选择“Duplicate”的方式来实现已有系统的复制，但根据右击位置的不同，产生的结果可能不同。

1) 在系统的第一行单击，可以复制一个独立的系统，但新系统与原系统没有数据共享。

2) 在“Geometry”项上进行复制，得到的新系统将与原系统分享 Engineering Data 数据，而其他数据可编辑。

3) 在“Model”项上进行复制，得到的新系统将与原系统分享 Engineering Data 和 Geometry 数据，而其他数据均可编辑。

4) 在“Setup”项上进行复制，得到的新系统将与原系统分享 Engineering Data、Geometry 和 Model 数据，而其他数据均可编辑。

如需复制多个连接系统，则需要使用导出功能先得到数据文件，而后再导入。例如，对于力学分析应用，先导出*.mechdat 文件，然后再导入这个文件。

5. 移动

在项目工程图中，可以将系统从一个位置移动到另外一个位置。所需要的操作为：按住系统的头部并将系统拖曳至新的位置。这个位置可以从预览图中看到。

6. 删除

在项目工程图中，可以通过右击项目头部并从弹出的快捷菜单中选择“Delete”或直接按〈Delete〉键的方式来删除系统。

7. 替换

可以通过右击项目头部并从快捷菜单中选择“Replace With”并选择相应系统的方式，对原有的系统进行替换。

1.3.3 常见项目工程图

本节介绍两种常见的基本项目工程图。

1. 基本力学分析项目图

图 1-4 所示为一个典型的力学分析系统，其构成了基本力学分析项目图。在向工程项目图中添加了该系统后，“Engineering Data”项一般已设定好，但用户也可以通过 Engineering Data 设置或定义材料参数。

图中的“Geometry”项提供了几何模型的输入，可以直接打开 Design Modeler 编辑模型，或者右击“Geometry”项，并从弹出的快捷菜单中选择“Import Geometry”，再选择已有模型或直接启动 Design Modeler。

图中的“Setup”项提供了载荷和边界条件的输入方式。右击“Setup”项，并从弹出的快捷菜单中选择“Edit”，可以打开 Mechanical 软件。通过该软件可以选择应用工具和特征，具体操作将在后面的章节中描述。

2. 基本流体分析项目图

图 1-6 所示为包含了两种流体分析方法（CFX 和 Fluent）的系统工程图。两种方法所用的系统基本相同，区别在于采用的算法不同。两者在构成上与力学分析系统基本一致。