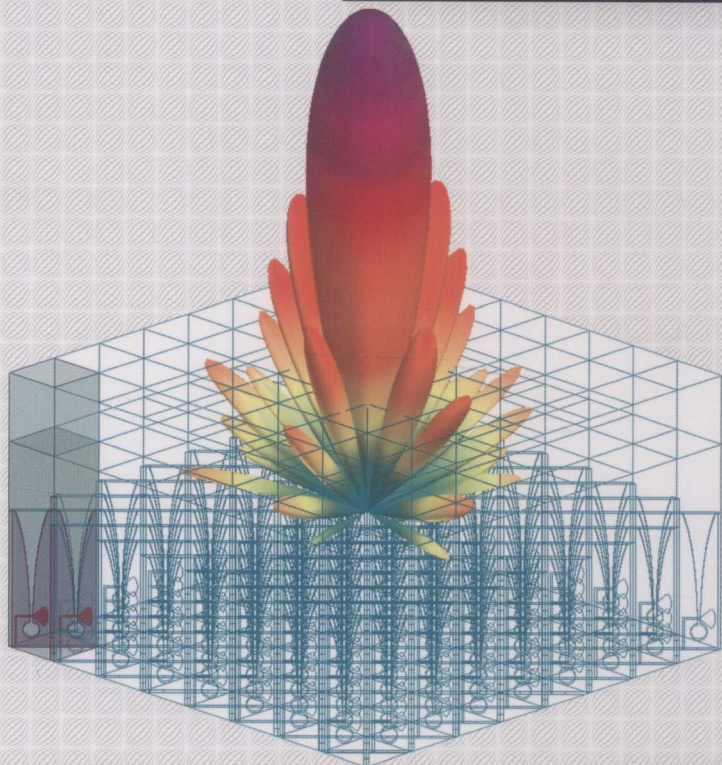




附2张DVD
含全程音视频讲解



ANSYS Workbench 14.0 结构分析 快速入门、进阶与精通

北京兆迪科技有限公司◎编著

功能全面：集理论概述、软件操作、实际工程案例于一身，能帮助读者迅速运用ANSYS Workbench 14.0 软件来完成复杂产品的几何建模、网格划分、载荷定义、线性和非线性结构分析等工作。

- ★ **实用性强：**书中实例、案例等均来自生产一线真实产品，融入一线工程师多年的ANSYS结构分析经验、技巧。
- ★ **附加值高：**附2张DVD，制作了259段（集）ANSYS分析技巧和实例的语音视频教学文件（8.8小时，共计6.6GB），帮助读者轻松、高效学习。
- ★ **全程音视频讲解，在线答疑解惑，互动学习。**

全国职业技能 ANSYS 认证指导用书

ANSYS Workbench 14.0 结构分析快速入门、进阶与精通

北京兆迪科技有限公司 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是全面、系统学习和运用 ANSYS Workbench 14.0 有限元结构分析的快速入门、进阶与精通的书籍,全书共分为 9 章,从最基础的 ANSYS Workbench 14.0 安装和使用方法开始讲起,以循序渐进的方式详细讲解了 ANSYS Workbench 14.0 的软件配置与基本操作、几何建模、网格划分、载荷定义、约束定义、线性静力结构分析和非线性结构分析等,书中还配有大量的实际综合应用案例。

本书附带 2 张多媒体 DVD 教学光盘,制作了与本书全程同步的语音视频文件,含 259 段(集)ANSYS 应用技巧和具有针对性实例的教学视频(全部提供语音教学视频),时间长达 8.8 小时(532 分钟)。光盘还包含了本书所有的素材文件、练习文件和范例的源文件。

本书讲解所使用的模型和应用案例覆盖了不同行业,具有很强的实用性和广泛的适用性。在内容安排上,书中结合大量的实例对 ANSYS 有限元结构分析的一些抽象概念、命令、功能和应用技巧进行讲解,通俗易懂,化深奥为简易;另外,本书所举范例均为一线实际产品,这样的安排能使读者较快地进入结构分析实战状态;在写作方式上,本书紧贴软件的真实界面进行讲解,使读者能够直观、准确地操作软件,提高学习效率。读者在学习本书后,能够迅速地运用 ANSYS 软件来完成复杂产品的有限元结构分析工作。本书可作为工程技术人员的 ANSYS 自学教程和参考书籍,也可供大专院校机械专业师生参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

ANSYS Workbench 14.0 结构分析快速入门、进阶与精通 / 北京兆迪科技有限公司编著. —北京:电子工业出版社, 2014.4

全国职业技能 ANSYS 认证指导用书

ISBN 978-7-121-22677-9

I. ①A… II. ①北… 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(2014)第 053307 号

策划编辑:管晓伟

责任编辑:管晓伟 文字编辑:张 京

印 刷:三河市双峰印刷装订有限公司

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:29.75 字数:784 千字

印 次:2014 年 4 月第 1 次印刷

0001—4000 册

定 价:59.90 元(含多媒体 DVD 光盘 2 张)

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

ANSYS 是美国 ANSYS 公司推出的一款功能强大的大型分析软件系统,其功能涵盖了产品的结构、频率、流体、热力、电场、磁场、声场等的分析,应用范围涉及汽车、机械、航空航天、造船、通用机械、数控加工、医疗、玩具和电子等诸多领域。最新的 ANSYS Workbench 14.0 版本扩展了 ANSYS 系列产品的集成与多物理场的耦合应用。从总体上看,ANSYS Workbench 14.0 的新优势主要体现在三个领域:扩展了工程应用、复杂系统的仿真、高性能计算(HPC)的驱动创新。

本书是 ANSYS Workbench 14.0 结构分析快速入门、进阶与精通教程,其特色如下。

- ◆ 前呼后应,浑然一体。书中各章节相互关联,环环相扣,书中后面的网格划分、非线性结构分析、非线性结构分析和 ANSYS 结构分析实际综合应用等章节中的许多实例或案例,都在前面的几何建模章节中详细讲述了它们的三维建模的方法和过程,这样的安排有利于迅速提升读者的软件综合应用能力,使读者既能三维建模,又能进行分析,这样无疑会极大地提升读者的职业竞争力。
- ◆ 本书实例、范例、案例丰富,对软件中的主要命令和功能,先结合简单的实例进行讲解,然后安排一些较复杂的综合范例或案例,帮助读者深入理解和灵活应用。另外,本书中大量的实例、范例、案例如果详细叙述则需要更多的纸张,由于纸质容量有限(增加纸张页数势必增加书的定价),因而将这些实例、范例、案例的详细操作视频录像(含语音讲解)存入了随书光盘中,读者借助随书光盘则可以进一步迅速提高软件使用能力和技巧。
- ◆ 讲解详细,条理清晰,保证自学的读者能独立学习和运用 ANSYS Workbench 14.0 软件。
- ◆ 写法独特,采用 ANSYS 软件中真实的对话框、操控板和按钮等进行讲解,使初学者能够直观、准确地操作软件,从而大大提高学习效率。
- ◆ 附加值极高,本书附带 2 张多媒体 DVD 教学光盘,制作了 259 段(集)ANSYS 应用技巧和具有针对性实例的教学视频(全部提供语音教学视频),时间长达 8.8 小时(532 分钟),2 张 DVD 光盘教学文件容量共计 6.6GB,可以帮助读者轻松、高效地学习。

本书主要编写人员来自北京兆迪科技有限公司,该公司专门从事 CAD/CAM/CAE 技术的研究、开发、咨询及产品设计与制造服务,并提供 ANSYS、CATIA、UG、Creo、Adams 等软件的专业培训及技术咨询,在本书编写过程中得到了该公司的大力帮助,在此表示衷心的感谢。

本书由北京兆迪科技有限公司编著,参加编写的人员有詹友刚、王焕田、刘静、雷保珍、刘海起、魏俊岭、任慧华、詹路、冯元超、刘江波、周涛、段进敏、赵枫、邵为龙、侯俊飞、龙宇、施志杰、詹棋、高政、孙润、李倩倩、黄红霞、尹泉、李行、詹超、尹佩文。本书经过多次审校,但仍不免有疏漏之处,恳请广大读者予以指正。

电子邮箱:zhanygjames@163.com

编 者

本书导读

为了更好地学习本书的知识，请您仔细阅读下面的内容。

【写作软件蓝本】

本书采用的写作蓝本是 ANSYS Workbench 14.0 版。

【写作计算机操作系统】

本书使用的操作系统为 Windows XP，对于 Windows 2000 /Server 或 Windows7 操作系统，本书的内容和范例也同样适用。

【光盘使用说明】

为了使读者方便、高效地学习本书，特将本书中所有的练习文件、素材源文件、已完成的实例、范例或案例文件和视频语音讲解文件等按章节顺序放入随书附带的光盘中，读者在学习过程中可以打开相应的文件进行操作、练习和查看视频。

本书附带多媒体 DVD 助学光盘 2 张，建议读者在学习本书前，先将两张 DVD 光盘中的所有内容复制到计算机硬盘的 D 盘中，然后将第二张光盘 an14.01-video2 文件夹中的所有文件复制到第一张光盘的 video 文件夹中。

在光盘的 an14.01 目录下共有两个子目录。

(1) work 子文件夹：包含本书全部已完成的实例、范例或案例文件。

(2) video 子文件夹：包含本书讲解中所有的视频文件（含语音讲解），学习时，直接双击某个视频文件即可播放。

光盘中有“ok”扩展名的文件或文件夹表示已完成的实例、范例或案例。

【本书约定】

◆ 本书中有关鼠标操作的简略表述说明如下。

- 单击：将鼠标指针移至某位置处，然后按一下鼠标的左键。
- 双击：将鼠标指针移至某位置处，然后连续快速地按两次鼠标的左键。
- 右击：将鼠标指针移至某位置处，然后按一下鼠标的右键。
- 单击中键：将鼠标指针移至某位置处，然后按一下鼠标的中键。
- 滚动中键：只是滚动鼠标的中键，而不是按中键。

- 选择（选取）某对象：将鼠标指针移至某对象上，单击以选取该对象。
- 拖拽某对象：将鼠标指针移至某对象上，然后按下鼠标的左键不放，同时移动鼠标，将该对象移动到指定的位置后再松开鼠标的左键。
- 本书涉及的所有参数，限于软件的特殊性，一律与对应图一致，作为正体表述。
- ◆ 本书中的操作步骤分为“任务”和“步骤”两个级别，说明如下。
 - 对于一般的软件操作，每个操作步骤以 **步骤 01** 开始。例如，下面是草绘环境中绘制矩形操作步骤的表述：
 - ☑ **步骤 01** 单击“Draw”栏中的  **Rectangle** 按钮；
 - ☑ **步骤 02** 定义矩形的第一个角点。在图形区某位置单击，放置矩形的一个角点，然后将该矩形拖至所需大小；
 - ☑ **步骤 03** 定义矩形的第二个角点。再次单击，放置矩形的另一个角点。
 此时，系统即在两个角点间绘制一个矩形。
 - 视每个“步骤”操作的复杂程度，其下面可含有多级子操作。例如，**步骤 01** 下可能包含（1）、（2）、（3）等子操作，（1）子操作下可能包含①、②、③等子操作，①子操作下可能包含a)、b)、c)等子操作。
 - 对于多个任务的操作，则每个“任务”冠以 **任务 01**、**任务 02**、**任务 03** 等，每个“任务”操作下则包含“步骤”级别的操作。
 - 由于已建议读者将随书光盘中的所有文件复制到计算机硬盘的 D 盘中，所以书中在要求设置工作目录或打开光盘文件时，所述的路径均以“D:”开始。

【技术支持】

本书主编和参编人员均来自北京兆迪科技有限公司，该公司专门从事 CAD/CAM/CAE 技术的研究、开发、咨询及产品设计与制造服务，并提供 ANSYS、UG、CATIA、Creo、Adams 等软件的专业培训及技术咨询。读者在学习本书的过程中如果遇到问题，可通过访问该公司的网站 <http://www.zalldy.com> 来获得技术支持。

咨询电话：010-82176248，010-82176249。

读者意见反馈卡

尊敬的读者：

感谢您购买电子工业出版社出版的图书！

我们一直致力于 CAD、CAPP、PDM、CAM 和 CAE 等相关技术的跟踪，希望能将更多优秀作者的宝贵经验与技巧介绍给您。当然，我们的工作离不开您的支持。如果您在看完本书之后，有好的意见和建议，或是有一些感兴趣的技术话题，都可以直接与我联系。

策划编辑：管晓伟

注：本书的随书光盘中含有该“读者意见反馈卡”的电子文档，您可将填写后的文件采用电子邮件的方式发给本书的责任编辑或主编。

E-mail: 兆迪科技 zhanygjames@163.com；管晓伟 guanphei@163.com。

请认真填写本卡，并通过邮寄或 E-mail 传给我们，我们将奉送精美礼品或购书优惠卡。

书名：《ANSYS Workbench 14.0 结构分析快速入门、进阶与精通》

1. 读者个人资料：

姓名：_____ 性别：_____ 年龄：_____ 职业：_____ 职务：_____ 学历：_____

专业：_____ 单位名称：_____ 电话：_____ 手机：_____

邮寄地址：_____ 邮编：_____ E-mail：_____

2. 影响您购买本书的因素（可以选择多项）：

- | | | |
|--|-------------------------------------|-------------------------------|
| ☐ 内容 | ☐ 作者 | ☐ 价格 |
| ☐ 朋友推荐 | ☐ 出版社品牌 | ☐ 书评广告 |
| ☐ 工作单位（就读学校）指定 | ☐ 内容提要、前言或目录 | ☐ 封面封底 |
| ☐ 购买了本书所属丛书中的其他图书 | | ☐ 其他 |

3. 您对本书的总体感觉：

- | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ☐ 很好 | ☐ 一般 | ☐ 不好 |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|

4. 您认为本书的语言文字水平：

- | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ☐ 很好 | ☐ 一般 | ☐ 不好 |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|

5. 您认为本书的版式编排：

- | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ☐ 很好 | ☐ 一般 | ☐ 不好 |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|

6. 您认为 ANSYS 其他哪些方面的内容是您所迫切需要的？

7. 其他哪些 CAD/CAM/CAE 方面的图书是您所需要的？

8. 认为我们的图书在叙述方式、内容选择等方面还有哪些需要改进的？

如若邮寄，请填好本卡后寄至：
北京市万寿路 173 信箱 1017 室，电子工业出版社工业技术分社 管晓伟（收）
邮编：100036 联系电话：（010）88254460 传真：（010）88254397

读者可以加入专业 QQ 群 273433049 来进行互动学习和技术交流。

目 录

第 1 章 ANSYS Workbench 基础	1
1.1 有限元 CAE 设计优势	1
1.2 ANSYS Workbench 概述	3
1.3 ANSYS Workbench14.0 新功能概述	3
1.4 ANSYS Workbench 安装	7
1.5 启动 ANSYS Workbench	14
1.6 ANSYS Workbench 用户界面	15
1.7 ANSYS Workbench 项目列表操作	18
1.7.1 新建项目列表	18
1.7.2 项目列表基本操作	23
1.8 ANSYS Workbench 结构分析流程	26
1.9 ANSYS Workbench 文件基本操作与管理	26
1.9.1 文件基本操作	26
1.9.2 文件管理	28
1.10 Mechanical APDL 简介	30
1.11 Workbench 与 CAD 软件系统集成设置	32
第 2 章 ANSYS Workbench 基本操作	35
2.1 概述	35
2.2 设计数据管理	36
2.2.1 设计数据管理界面	36
2.2.2 定义新材料	39
2.2.3 材料数据库管理器	41
2.2.4 定义新材料库	42
2.3 设计参数设置	45
2.3.1 概述	45
2.3.2 参数设置操作	48
2.4 几何属性	53
2.4.1 导入几何体	53
2.4.2 几何体属性	53
2.5 单位系统	55
2.5.1 设置单位系统	55
2.5.2 新建单位系统	56
2.6 选择工具	57
2.6.1 一般选择工具	57
2.6.2 命名选择工具	59
2.7 坐标系	65
2.8 求解选项	67
2.9 求解与后处理结果	67
2.10 结果后处理工具	72
2.10.1 结果工具栏	72
2.10.2 剖截面	79

2.11	分析报告	81
2.11.1	创建结果图解报告	81
2.11.2	创建分析报告	83
第3章	几何建模	86
3.1	Design Modeler 几何建模基础	86
3.1.1	Design Modeler 建模平台	86
3.1.2	Design Modeler 鼠标操作	90
3.2	二维草图绘制	91
3.2.1	草图平面	91
3.2.2	进入与退出草图绘制模式	96
3.2.3	草绘设置	97
3.2.4	草图的绘制	98
3.2.5	草图修改	102
3.2.6	草图尺寸标注	109
3.2.7	草图约束	114
3.3	三维实体建模	116
3.3.1	基本体素建模	116
3.3.2	拉伸	120
3.3.3	特征操作与编辑	126
3.3.4	旋转	128
3.3.5	圆角	129
3.3.6	倒斜角	131
3.3.7	抽壳/曲面	132
3.3.8	扫描	134
3.3.9	混合	135
3.4	三维实体操作	136
3.4.1	冻结与解冻	136
3.4.2	布尔操作	138
3.4.3	体操作	140
3.4.4	阵列	146
3.4.5	分割	149
3.4.6	对称	151
3.4.7	填充	151
3.4.8	包围	153
3.5	几何体的简化与修复	154
3.5.1	删除面	154
3.5.2	延伸曲面	155
3.5.3	修补曲面	156
3.5.4	合并曲面	157
3.5.5	提取中面	158
3.5.6	接合	159
3.5.7	几何体修复	160
3.6	分析工具	170
3.7	概念建模	172
3.7.1	创建线体	172
3.7.2	创建面体	174
3.7.3	横截面	177
3.8	ANSYS Workbench 几何建模实际应用一	178

3.9	ANSYS Workbench 几何建模实际应用二	182
3.10	ANSYS Workbench 几何建模实际应用三	187
3.11	ANSYS Workbench 几何建模实际应用四	193
3.12	ANSYS Workbench 几何建模实际应用五	198
3.13	ANSYS Workbench 几何建模实际应用六	206
第4章 网格划分		217
4.1	ANSYS Workbench14.0 网格划分基础	217
4.1.1	概述	217
4.1.2	网格类型	218
4.1.3	ANSYS 网格划分平台	219
4.1.4	ANSYS Workbench 网格划分界面	219
4.1.5	网格划分方法	221
4.1.6	ANSYS Workbench 网格划分流程	224
4.2	全局网格控制	224
4.2.1	概述	224
4.2.2	划分网格	225
4.2.3	全局网格参数设置	226
4.2.4	全局网格参数设置实际应用	231
4.3	局部网格控制	234
4.3.1	概述	234
4.3.2	方法控制	235
4.3.3	尺寸控制	241
4.3.4	接触尺寸控制	245
4.3.5	加密控制	246
4.3.6	面映射控制	247
4.3.7	匹配控制	250
4.3.8	简化控制	251
4.3.9	分层网格控制	253
4.4	虚拟拓扑	254
4.4.1	概述	254
4.4.2	虚拟拓扑基本操作	256
4.4.3	虚拟拓扑在网格划分中的应用	263
4.5	网格检查	268
4.6	ANSYS Workbench 网格划分实际应用一	276
4.7	ANSYS Workbench 网格划分实际应用二	278
4.8	ANSYS Workbench 网格划分实际应用三	282
4.9	ANSYS Workbench 网格划分实际应用四	284
第5章 载荷定义		288
5.1	惯性载荷	288
5.1.1	加速度	288
5.1.2	重力加速度	290
5.1.3	旋转速度	291
5.2	结构载荷	292
5.2.1	力	292
5.2.2	压力	295
5.2.3	远程载荷	298
5.2.4	轴承载荷	299

5.2.5	螺栓载荷	300
5.2.6	力矩	302
第6章	约束定义	304
6.1	支撑约束	304
6.1.1	固定约束	305
6.1.2	强迫位移	305
6.1.3	远程位移	307
6.1.4	无摩擦约束	308
6.1.5	仅压缩约束	309
6.1.6	圆柱面约束	310
6.1.7	简支约束	311
6.1.8	固定旋转	312
6.1.9	弹性支撑	313
6.2	条件关系	314
6.2.1	耦合	315
6.2.2	约束方程	315
第7章	线性静力结构分析	316
7.1	线性静力结构分析基础	316
7.2	线性静力结构分析流程	317
7.3	杆系与梁系结构分析	322
7.3.1	概述	322
7.3.2	杆系与梁系结构分析一般流程	322
7.4	薄壳结构分析	326
7.4.1	概述	326
7.4.2	薄壳结构分析一般流程	327
7.5	平面问题分析	330
7.5.1	概述	330
7.5.2	平面应力问题	330
7.5.3	平面应变问题	337
7.5.4	轴对称问题	345
7.6	接触分析	351
7.6.1	概述	351
7.6.2	接触类型	351
7.6.3	接触定义	355
7.6.4	壳接触分析	380
7.6.5	网格连接	384
7.7	曲面接触分析实际应用	387
第8章	非线性结构分析	395
8.1	非线性分析基础	395
8.2	几何非线性	395
8.2.1	网格控制	396
8.2.2	大变形	397
8.3	材料非线性	397
8.3.1	塑性材料	398
8.3.2	超弹性材料	399
8.4	接触非线性	405

8.5	非线性诊断	405
8.5.1	非线性收敛诊断	405
8.5.2	非线性诊断总结	407
8.6	非线性结构分析流程	407
第 9 章	ANSYS 结构分析实际综合应用	414
9.1	结构分析实际综合应用一——支架结构分析	414
9.2	结构分析实际综合应用二——飞轮结构分析	418
9.3	结构分析实际综合应用三——3D 梁结构分析	422
9.4	结构分析实际综合应用四——水龙头结构分析	431
9.5	结构分析实际综合应用五——汽车钣金件结构分析	435
9.6	结构分析实际综合应用六——锥形涨套结构分析	441
9.7	结构分析实际综合应用七——结构非线性分析实例	449

主要包括:

- ◆ 有限元 CAE 设计的优势;
- ◆ ANSYS Workbench 概述;
- ◆ ANSYS Workbench 14.0 新功能概述;
- ◆ ANSYS Workbench 安装、启动与卸载;
- ◆ 启动 ANSYS Workbench;
- ◆ ANSYS Workbench 用户界面;
- ◆ ANSYS Workbench 项目列表操作;
- ◆ ANSYS Workbench 结构分析流程;
- ◆ ANSYS Workbench 文件基本操作与管理;
- ◆ Mechanical APDL 简介;
- ◆ ANSYS Workbench 与 CAD 软件系统集成设置。

1.1 有限元 CAE 设计优势

有限元法是现代产品及其结构设计的重要工具。它的根本原理是把连续体离散成有限个单元体,使其只在有限个指定的节点上相互连接,然后对每个单元选择一个比较简单的函数,近似模拟该单元的物理量,如单元的位移或应力,并基于问题描述的基本方程建立单元节点的平衡方程组,再把所有单元的方程组集成整个结构力学特性的整体代数方程组,最后引入边界条件求解代数方程组而获得数值解,如结构的位移分布和应力分布。

将有限元法引入产品和结构设计是 CAE 的重要组成部分。如图 1.1.1 所示的是传统的产品设计流程图,如图 1.1.2 所示的是现代设计中采用 CAE 技术后的设计流程图。传统产品设计流程:概念设计、方案对比、样机测试到加工制造,有限元仿真和优化设计方法可以贯穿整个产品的设计全部过程,把传统产品设计方法中的从概念设计到样机测试,再返回修改的反复过程,简化或平行于每一个设计环节的精确分析及优化,减少了设计过程中的时间和成本,大大缩短了产品

第 1 章 ANSYS Workbench 基础

本章提要

ANSYS 作为目前 CAE 界主流分析软件之一,自诞生以来,随着世界信息技术和有限元理论的高速发展,在各个领域得到了高度的评价和广泛的应用。从 ANSYS 7.0 开始,ANSYS 公司推出了 ANSYS 经典版(即 Mechanical APDL)和 ANSYS Workbench 版。本章主要介绍 ANSYS Workbench 基础内容,同时还会对 Mechanical APDL 做简单的介绍。本章内容主要包括:

- ◆ 有限元 CAE 设计的优势;
- ◆ ANSYS Workbench 概述;
- ◆ ANSYS Workbench 14.0 新功能概述;
- ◆ ANSYS Workbench 安装;
- ◆ 启动 ANSYS Workbench;
- ◆ ANSYS Workbench 用户界面;
- ◆ ANSYS Workbench 项目列表操作;
- ◆ ANSYS Workbench 结构分析流程;
- ◆ ANSYS Workbench 文件基本操作与管理;
- ◆ Mechanical APDL 简介;
- ◆ ANSYS Workbench 与 CAD 软件系统集成设置。

1.1 有限元 CAE 设计优势

有限元法是现代产品及其结构设计的重要工具,它的基本思想是将连续的物理模型离散为有限的单元体,使其只在有限个指定的节点上相互连接,然后对每个单元选择一个比较简单的函数,近似模拟该单元的物理量,如单元的位移或应力,并基于问题描述的基本方程建立单元节点的平衡方程组,再把所有单元的方程组集成为整个结构力学特性的整体代数方程组,最后引入边界条件求解代数方程组而获得数值解,如结构的位移分布和应力分布。

将有限元法引入产品和结构设计是 CAE 的重要组成部分。如图 1.1.1 所示的是传统的产品设计流程图,如图 1.1.2 所示的是现代设计中采用 CAE 技术后的设计流程图。可见,从产品概念设计、方案对比、样机测试到加工制造,有限元仿真和优化设计方法可以贯穿整个产品的全部过程,把传统产品设计方法中的从概念设计到样机测试,再返回修改的大循环过程,演化成平行于每一个设计环节的精确分析及优化,减少了设计过程中的缺陷和不足,大大提高了产品

的质量和可靠性，大幅缩减了设计时间，降低了产品研发成本。

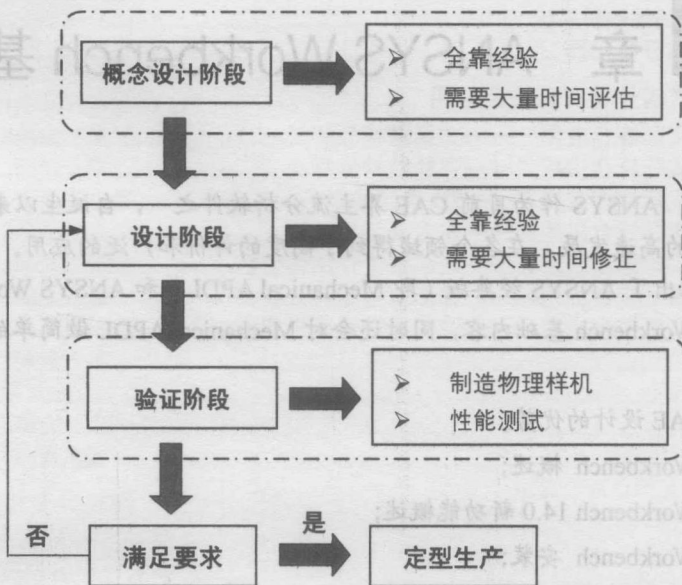


图 1.1.1 传统的产品设计流程图

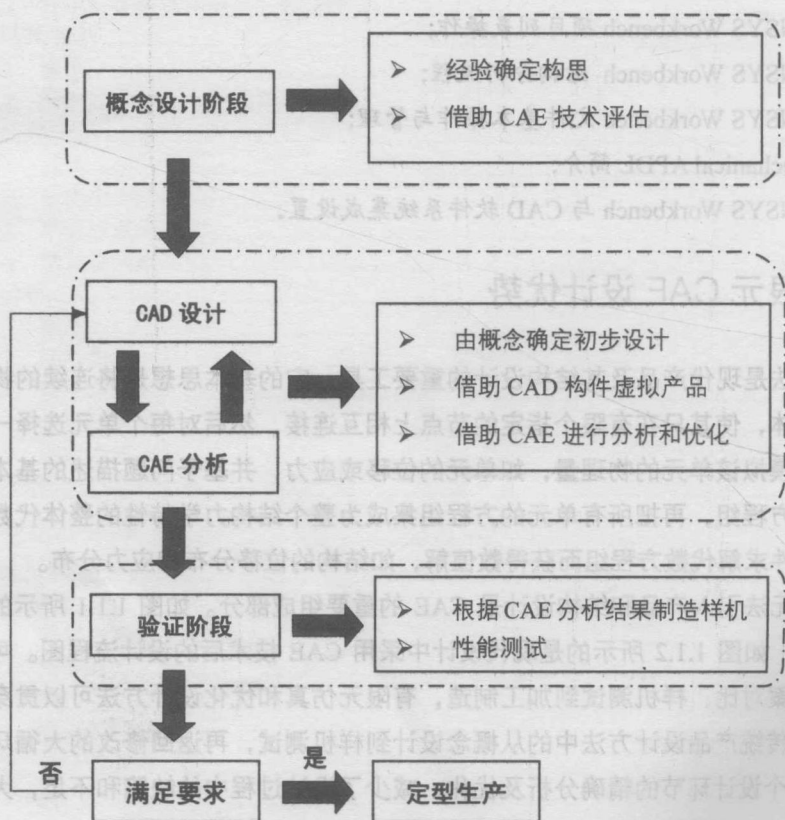


图 1.1.2 现代的产品设计流程图

1.2 ANSYS Workbench 概述

ANSYS Workbench 是基于有限元法的工程仿真技术集成平台, 由美国 ANSYS 公司于 2002 年首先推出, 在 2009 年发布的 ANSYS 12.0 版本中推出了“第二代 Workbench”(Workbench 2.0), 与“第一代 Workbench”相比, 其最大变化是提供了全新的“项目视图”(Project Schematic)功能, 将整个仿真流程紧密地结合在一起, 通过简单的拖曳操作即可完成复杂的多物理场分析流程。

ANSYS Workbench 不但继承了 ANSYS Mechanical APDL 界面在有限元仿真分析上的大部分强大功能, 其所提供的 CAD 双向参数链接互动、项目数据自动更新机制、全新的参数、无缝集成的优化设计工具等, 使 ANSYS 在“仿真驱动产品设计”方面达到了前所未有的高度。ANSYS Workbench 真正实现了集产品设计、仿真、优化功能于一身, 可帮助设计人员在同一平台上完成产品研发过程的所有工作, 从而大大缩短了产品开发周期, 加快了上市步伐, 占领市场制高点。

此外, ANSYS Workbench 平台还可以作为一个应用开发框架, 提供项目全脚本、报告、用户界面工具包和标准的数据接口。

ANSYS Workbench 实际就是 ANSYS 各类求解器和功能应用的仿真设计管理集成平台, 其工作台可组成各种不同的工程应用, ANSYS 家族中具体包括以下产品。

- ◆ ANSYS Workbench Application: 实际上可认为这是 ANSYS 产品的应用框架, 如 CFD、结构力学、刚体动力学、电磁分析和优化设计等。
- ◆ Mechanical APDL: ANSYS 经典版即传统版, 简称 MAPDL。
- ◆ ANSYS CFD: ANSYS 流体动力学软件, 主要包括 CFX 和 FLUENT。
- ◆ ANSYS ICEM.CFD: 带有前、后处理特征的网格划分软件。
- ◆ ANSYS AUTODYN: ANSYS 的显示动力学软件。
- ◆ ANSYS LS-DYNA: LSTC 的显示动力学软件, 可在 ANSYS 中进行前、后处理。

1.3 ANSYS Workbench 14.0 新功能概述

ANSYS Workbench 14.0 是一个集成框架, 它整合现有的各种应用并将仿真过程集成在同一界面下。最新的 ANSYS Workbench 14.0 在 ANSYS Workbench 13.0 的基础上进一步提高和改进原有的框架, 尤其扩展了 ANSYS 系列产品的集成与多物理场的耦合应用。ANSYS Workbench 14.0 的新功能主要体现在三个方面: 扩展了工程应用、复杂系统的仿真、高性能计算 (HPC) 的驱动创新。

1. 扩展了工程应用

◆ 提高了 CAD 模型的处理和划分网格的功能。

复杂的 CAD 模型中一般包括多个零部件,在进行 CAE 分析过程中,需要处理各零部件间的接触、间隙等问题。这是一个非常烦琐并且费时的过程!在 ANSYS14.0 中,利用装配体网格工具能自动从 CAD 装配体中抽取相应的计算域,如流体域等,而且它能根据用户需求自动创建 Cut-cell 的结构化直角网格(六面体网格单元)或非结构化的四面体网格。

其中 Cut-cell 网格技术具有划分更密、更理想的高质量网格功能,一般用于远离边界的地方。在靠近边界的区域,还可以采用 Cut-tet 划分高质量的网格。这两种网格技术均适用于梯度大的区域,如剪切层和边界层。

◆ 工作流程更加人性化。

ANSYS Workbench 14.0 进一步集成了仿真和优化的框架,在其平台上能够很方便地进行几何建模、网格控制、材料属性的设定和参数化操作等,从而实现了仿真自动化流程。同时,ANSYS 14.0 还允许通过远程求解管理器(RSM)对更新的设计点进行直接仿真。

◆ 提升了几何建模和协同仿真能力

在 ANSYS DesignModeler 14.0 中,能对几何体直接进行模拟操作,而且支持命名选择和草图模式。在 ANSYS 14.0 中,还提供了用于定制功能的工具。

◆ MAPDL 和 ANSYS Workbench 的紧集成。

ANSYS 14.0 引入了一些新特征,如允许用户在 Mechanical 下控制不同部件的有限元模型,在重新计算时可以进行修改施加约束和边界条件、显示约束方程和弱弹簧等工作。

◆ 复合材料分析。

在 ANSYS 14.0 中,ANSYS Composite PrePost 更紧密地集成于 ANSYS Workbench,这可以非常方便地应用于复合结构中的定义层,包括变化方向或者结构潜在失效的层-层分析。

◆ 外部数据映射。

不同物理场之间在共享数据时,一般要从外部文件读入数据。在 ANSYS 14.0 中,可把这些数据从一类网格映射到另一类网格上。这些在 ANSYS 13.0 中就已引入的功能在 ANSYS 14.0 中得到了更进一步的加强。

◆ 旋转机械。

在 ANSYS workbench 14.0 中,目前可以直接得到转子系统临界转速的坎贝尔图了。

◆ 梁和壳。

ANSYS Mechanical 新增了用户在线体显示的管单元和梁单元之间转换的功能,同时还提供了定义特定管载荷和结果的功能。ANSYS 14.0 支持来自 MAPDL 求解器的最新管单元。

对于壳体,新版本还可以从程序中直接读入变厚度壳体。另外,在网格连接时,还允许用户在不改变几何尺寸的情况下直接把相邻面上的节点融合。

◆ 稳健的显式求解。

显式动力学中最适合的是六面体单元,然而对复杂几何体很难划分出六面体网格。此时往往采用 ANP 四面体单元,但在剪切变形的求解中经常导致单元锁定。ANSYS 14.0 中新引入了 NBS 四面体单元,从而消除了 ANP 四面体单元经常遇到的单元锁定问题。

◆ 三维集成电路封装电子冷却流程的易用性。

目前集成电路封装行业在不断地发展更为复杂的封装技术,如系统芯片、叠层芯片和多芯片模块,以确保芯片性能的提高。在 ANSYS Icepak 14.0 中,工程师能模拟三维叠层芯片和不同封装方式的热响应值。

ANSYS Icepak 14.0 具有新的用户界面并扩展了右键单击功能,同时还加强了图形和许多附加提高效率的功能。在 ANSYS Design Modeler 中,工程师可以从机械 CAD 数据中快速简化和创建 Icepak 对象。

◆ 加强了 ANSYS EKM 产品的功能和效率。

ANSYS EKM 14.0 带来了新的重要功能。EKM 个人设置允许用户在自己的计算机上设置 EKM 服务器,用户可以访问单个服务器上的私人知识库并访问 EKM 的全部功能。

EKM 共享服务器设置允许在共享设备上设置 EKM 服务器,多个用户能以协作模式访问它。多个用户还能访问 LAN 或 WAN 上的共享知识库。

在 EKM 14.0 和 Workbench 的集成平台上,允许直接把当前的项目保存到选定的 EKM 知识库,也可以搜索一个项目,再在选定的知识库中打开它。

用户还可以直接在 EKM 中打开和保存 ANSYS Workbench 项目,这促进了当前项目的保存和升级,还可以对项目进行显示、确认、搜索和重新使用。

◆ ANSYS HFSS 与 ECAD 可直接连接,SIwave 的精确性和可用性亦得到了增强。

Ansoft Designer 具备了新的数据连接能力,用户可以在任何一款 Cadence 布线工具中创建 ANSYS HFSS 模型,所有建模步骤和过程均可在 Cadence 设计环境中完成。

可以利用 ODB 格式将版图直接导入 Ansoft Designer 中,用户可以在版图编辑器中非常方便和快速地对导入的版图进行编辑和自动定义激励端口,最后利用 HFSS 进行求解。

SIwave 在对孔及其相关结构精确仿真与建模方面亦进行了重要改进,包括对任意形状的反焊盘精确建模、更准确的耦合过孔模型及采用新的改进方法计算无参考平面的信号线。SIwave 可以在软件内部直接启动和运行 HSPice 或 ANSYS Nexxim 瞬态仿真工具,当仿真计算结束后,还能够在 SIwave 中直接对信号网络进行瞬态仿真并得到时域波形。

2. 复杂系统的仿真

◆ 自动模拟仿真。

在 ANSYS Workbench 14.0 中新增了内燃机 (IC Engine) 分析系统,该分析系统可以创建内燃机 CFD 模型及进行网格划分,包括带有进/排气口和运动阀门的内燃机。这样用户能以极高的