ANSYS Workbench 14.0 基础

作为一个全球知名的大型 CAE 分析软件, ANSYS 自 20 世纪 70 年代诞生以来,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。自 ANSYS 7.0 开始, ANSYS 公司推出了 ANSYS 经典版(即 MAPDL)和 ANSYS Workbench 版。本书 基于 ANSYS 14.0,较之前版 ANSYS 13.0,新版本在许多方面都得到了许多改进。本章从 ANSYS Workbench 14.0 的概述开始,逐步讲解 ANSYS Workbench 14.0 结构设计流程。本章 内容包括:

- ANSYS Workbench 14.0 新功能特征概述
- ANSYS Workbench 14.0 的工作流程
- ANSYS Workbench 14.0 的文件管理
- Mechanical APDL

1.1 ANSYS Workbench 14.0 新功能概述^[1]

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结合在同一界面下。最新的 ANSYS Workbench 14.0 在 Workbench 13.0 的基础上更进一步提高和改进原有的框架,尤其新版本更扩展了 ANSYS 系列产品的集成与多物理场的耦合应用,从总体看,ANSYS 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。

1.1.1 扩展了工程应用

较之 Workbench 13.0, ANSYS Workbench 14.0 更进一步扩大了在工程上的应用。

▶ 提高了 CAD 模型的处理和划分网格的功能。

复杂的 CAD 模型中常常包括多个零部件,作 CAE 分析时需要处理各零部件间的接触、间隙等关系。这是一个非常繁琐并且费时的过程!在 ANSYS 14.0 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,而且它能根据用户的要求,自动创建 Cut-cell 的结构化直角网格(六面体网格单元)或者非结构化的四面体网格。

Cut-cell 网格技术具有划分更密更理想的高质量网格功能,一般用于远离壁面或边界的地

方。在靠近壁面的区域,还可以采用 Cut-tet 划分高质量的网格。这两种网格技术均都适用于 梯度大的区域,如剪切层和边界层处。

工作流程的人性化 \geq

ANSYS Workbench 14.0 更进一步集成了仿真和优化的框架,在其平台上可方便地进行几 何建模、网格控制、材料属性的设定和参数化操作,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。

▶ 增强了几何建模和协同仿真能力

在 ANSYS DesignModeler 14.0 中,能对几何实体如面、边、点等直接进行模型操作,而 且支持名称选择和草图模式。在 ANSYS 14.0 中,还提供了用于定制功能的工具。较之先前版 本, Fluent 在新平台上得到了更紧密的集成。

▶ MAPDL 和 ANSYS Workbench 的紧密集成

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 14.0 中, ANSYS Composite PrePost 更紧密集成于 ANSYS Workbench 中,这可以非常 方便地应用于在复合结构中定义层,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如压力、温度或换热系数等数据。 在 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 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。

▶ 梁和売

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 求解器的最新的管单元。

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。

➢ ANSYS HFSS 与 ECAD 工具可直接连接,同时 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的 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。

对于非 Cadence 用户来说,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 对导入的结构进行求解。

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以及采用新的改进方法计算无参考平面的信号线。 Slwave 可以在软件内部直接启动运行 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。

➢ 三维集成电路封装和电子冷却流程的易用性

目前集成电路封装厂商在不断地发展更复杂的封装技术,如系统芯片、叠层芯片和多芯 片模块,以确保持芯片性能的提高。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 还具有新的用户界面并扩展了右键点击功能,同时还加强了图形和许 多附加提高效率的功能。在 ANSYS DesignModeler 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电脑上设置 EKM 服务器,用户可以访问单个服务器上的私人知识库以及访问 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。

1.1.2 复杂系统的仿真

在新版本中复杂系统和多物理场的综合仿真得到了进一步的提高。

▶ 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 模型以及进行网格划分,包括带有进/排气口和运动阀门的内燃机,这样用户能以 极高的效率进行完整的内燃机系统仿真。

▶ 双向耦合

ANSYS 14.0 中在多物理场仿真中增加了 ANSYS Fluent 和 ANSYS Mechanical 之间的双向 流-固耦合仿真功能。较之先前版本,在14.0的系统耦合组件中用户可以非常容易地设置多物 理场仿真。

▶ 高级模型

新版本中增加了许多高级材料模型,扩展了许多现有模块功能。如形状记忆合金支架模 拟、扬声器的耦合声学仿真、考虑水分扩散影响的电子部件的热-结构和耦合场的仿真等。

▶ 扩展低频、结构和流体耦合

在 Fluent 的单向电磁耦合中,可以将 CFD 结果如温度场传至电磁设计中,从而整个仿真 系统就能在 ANSYS Workbench 中进行优化设计。

同样,在电磁结构分析中,由于电磁力的影响会导致结构变形,此时采用双向电磁-应力 分析耦合就能考虑到这些因素的相互影响。如用户可以在 Maxwell 中计算结构温度,再将结 果传给 Fluent 中计算温度场。

▶ 欧拉壁面液膜和多分散流模拟

欧拉壁面液面模型是多相流模型中新添加了子模型,该模型能预测液滴在壁面堆积后形 成的液膜,包括液体飞溅、颗粒成带状、液膜在壁面边缘分离。液滴的进入和分离是通过与 4 ANSYS Workbench 基础教程与实例详解(第二版)

DPM 模型耦合来实现的。

工业过程中,经常需要模拟多分散流和多相流,如喷雾、气固两相流、气液两相流等。 而在 ANSYS 14.0 中,包括增强的颗粒流和相变模型,如用户既可以在欧拉模型中也可以在拉 格朗日模型框架下实现计算颗粒尺寸分布的流动。

1.1.3 HPC 驱动创新

新版本中 HPC 驱动创新主要体现在以下几个方面:

▶ 流体求解器与 HPC

在 ANSYS 的每个版本中都在不断地加强求解器和 HPC 性能。新版本中包括架构相关的 分区、改进能监测仿真线性化、支持异构网络的远程求解管理等综合功能。同时还支持自动标 识"差网格单元",并用更稳健的数值方法来改进求解器求解这些"差网格单元"的精度。

▶ 旋转机械模拟

ANSYS CFX 14.0 瞬态叶栅方法可用于计算单个流道的三类问题。首先,入口扰动值能设置成不同相位角。其次,在叶片流道就能设置动网格,从而可以模拟叶片颤振。第三,能用两个不同叶距的单流道来模拟整个全级(转子和定子)。所有这些都大幅地减少了计算代价。其应用涵盖了叶轮机械里的多级轴流、混流、离心压缩机、涡轮、风机、水泵。

▶ 结构计算与 HPC

工程上经常要做大模型的计算仿真,这需要更大量的计算资源。随着计算机硬件的不断 发展,如 GPU 性能飞速发展。在 ANSYS Mechanical 14.0 中,用户能利用最新一代的 GPU, 同时还减少了后处理过程需要的 I/O。

▶ 有限大阵列分析

在天线设计中,有限大阵列天线的仿真是一个非常重要的课题。由于其尺寸大、结构复杂、端口数多的原因,有限大天线阵列的三维仿真一直比较困难。因此普遍接受的做法就是采用单元法仿真。此法利用连接边界条件(周期性边界条件)来近似创建无限大阵列,再利用阵列因子计算有限大阵列的辐射特性。但是由于忽略了阵列的边缘效应,故远场方向的结果就不够准确。而在 14.0 中采用新的计算方法,能够准确地建立有限大阵列天线模型并将阵列边缘效应考虑在内,从而得到精确的远场结果。

▶ 物理光学法求解

对于飞行器和船舶等大型电磁结构,由于其尺寸太大,故三维全波电磁工具求解非常困难,通常的做法是利用物理光学法求解。新的HFSS 在标准有限元与积分方程法求解器基础上,还同时提供了物理光学法求解器,从而就可以快速仿真超大尺寸问题。

登录 www.ansys.com 网站,可了解 Workbench 14.0 更多的详细特点与改进之处。

1.2 ANSYS Workbench 14.0 的工作流程^[2]

ANSYS Workbench 14.0 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,典型的 Workbench 14.0 工作流程如图 1-1 所示。 ANSYS 家族的具体产品主要有如下:

▶ ANSYS Workbench Applications:这实际上可认为是ANSYS产品的应用框架,如CFD、

5

结构力学、刚体动力学、电磁分析、优化设计等。

- ➤ Mechanical APDL: ANSYS 经典版即传统版,简称 MAPDL。
- ▶ ANSYS CFD: ANSYS 的流体动力学软件,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 的显式动力学软件。
- ▶ ANSYS LS-DYNA: LSTC 的显式动力学软件,可在 ANSYS 中进行前、后处理。

1.2.1 启动 ANSYS Workbench 14.0 的方法

启动 ANSYS Workbench 14.0 共有两种方法:

▶ 在"开始"菜单中执行 ANSYS 14.0> Workbench 命令,如图 1-2 所示。



图 1-1 ANSYS Workbench 14.0 工作流程

- 图 1-2 从菜单中启动 Workbench
- ▶ 直接从 CAD 系统中进入 Workbench 14.0 中,如图 1-3 所示就是从 UGNX 中启动。



图 1-3 从 CAD 系统启动 Workbench

1.2.2 ANSYS Workbench 14.0 的用户界面(GUI)

ANSYS Workbench 14.0 的 GUI 是由工具箱(Toolbox)、项目视图区(Project Schematic)、 主菜单栏(Main Menu Bar)、用户工具箱(Customize Toolbox)、状态栏(Status)、进程窗(Progress Window)和信息窗(Message Window)组成,如图 1-4 所示。

其中工具箱(Toolbox)由四部分组成:

➤ Analysis Systems: 主要用于预定义模板。

File View Tools Units Help	主菜单栏 👔 Import 🍣 Reconnect 🝃 Refresh Project 🏓 Update Project
Toolbox v 4 X	Project Schematic
Analysis Systems	5 🍓 Setup 🗸
Component Systems	6 🕥 Solution 🗸
Custom Systems	7 🥪 Results 🗸
 Design Exploration 	plane stress
工具箱(Toolbox)	
工具箱(Toolbox)	✓ C ✓ D ✓ D ✓ C ✓ D ✓ State Structural
工具箱(Toolbox)	C D 1 Geometry 2 000 Geometry 2 Engineering Data ✓
工具箱(Toolbox)	C D 1 Geometry 2 Geometry 2 Geometry 3 Geometry 3 Geometry 4 Geo
工具箱(Toolbox)	C D 1 Geometry 2 00 Geometry Geometry 4 Model
工具箱(Toolbox)	C D C D Geometry C C C C C C C C C C C C C C C
工具箱(Toolbox)	C D C D C Static Structural C Geometry C Geometry C Geometry C C D C C C C C C C C C C C C C C C C C C C
工具箱(Toolbox)	C C C C C C C C C C C C C C C C C C C

图 1-4 ANSYS Workbench 的 GUI

- ▶ Component Systems: 用于建立各种不同的应用程序或用来扩展所分析的系统。
- ▶ Custom Systems: 用于预先定义耦合系统。
- ▶ Design Exploration:用于优化和参数管理。
- 工具箱(Toolbox)如图 1-5 所示。

6

File	View	Tools	Units	Help		
N	ew 💕	Open	🛃 Save	8	Save	A
Toolbox	۲ <u>ــــــــــــــــــــــــــــــــــــ</u>	_	_	•	џ	×
Æ An	alysis Sy	stems	1			
⊞ Co	mponen	t System	s			
🕀 Cu	stom Sy	stems				
De De	sign Exp	loration	/			

图 1-5 工具箱 (Toolbox)

Toolbox 区显示的具体内容将取决于用户所安装的不同产品,所有这些产品都可在 Toolbox 区显示,具体展开后如图 1-6 所示。

Toolbox 🔹 🖡	EC	omponent Systems	Custom Systems	E	Design Exploration
Analysis Systems Second Syst		ACP (Post) ACP (Pre) AUTODYN BladeGen CFX CFX CFX (Beta) Engineering Data Explicit Dynamics (LS-DYNA)	 FSI: Fluid Flow (CFX) -> Static Structural FSI: Fluid Flow (FLUENT) -> Static Structu Pre-Stress Modal Random Vibration Response Spectrum Thermal-Stress 		Direct Optimization (Beta) Goal Driven Optimization Parameters Correlation Response Surface Six Sigma Analysis
		(月1)			

图 1-6 展开 Toolbox

通常情况下图 1-7 中的(用户工具箱) Toolbox Customization 窗口是关闭的。 项目视图区(Project Schematic)是用一个图形代表所定义的一个或一组系统的工作流程, 通常是按从左到右的顺序排列。图 1-8 的这个例子代表的是静态结构分析类型的项目示意图。 这只需要在 Toolbox 栏上双击或直接拖住 Static structural 图标到 Project Schematic 区即可。通 过拖放应用程序到 Project Schematic 区的不同地方,就定义好了一个分析项目。



此外,在 ANSYS Workbench 14.0 中,一些常见的图标含义如表 1-1 所示。

表 1-1	常见的图标含义
-------	---------

图标	图标解释				
Pa	缺少上游数据				
?	可能需要修正格或上游格数据				
2	刷新要求:上游格数据已改,需要刷新格数据				
4	更新要求:数据已变,须更新				
~	更新				
*	输入变化等待:格是当前最新的,但由于上游的变化,可能会改变下次更新				

1.3 ANSYS Workbench 14.0 的文件管理

在 ANSYS Workbench 14.0 中是通过创建一个项目文件和一系列子目录来管理所有相关文件的。用户应该允许 ANSYS Workbench 14.0 管理其内容。在这些目录中,一般不要随便手动修改其内容或结构的项目目录。当创建了单个项目保存文件(格式为 .wbpj)后,用户指定的项目文件名称(如 qianjin.wbpj)、一些子目录等都将被创建在该项目目录下,如图 1-9 所示。

也就是说 ANSYS Workbench 14.0 文件格式的目录结构如下:

▶ dpn: 这是设计点目录,是所有参数的分析所必需的。一般在一个单一的分析里只会有一个 dp0 目录。



图 1-9 Workbench 14.0 的文件管理

- ▶ Geom: 用于仿真用的几何体。
- ▶ global: 包含每个子目录中的应用分析。
- ▶ SYS: 在 SYS 目录中包含每个系统类型的子目录项目。
- ▶ user_files: 包含用户宏文件、输入文件等。

用户若想看清整个项目的文件,从 View 的菜单激活 Files 选项,就可以显示相关文件的 细节,如图 1-10 所示。

		∧ h -	Workbench			
		File	Edit View	Too 1 Jnits Help	0	
		Ne Ne	ew 🖉	Refreso	F5	
		Toolbox		Compact Mode Ctr	I+U	
		D n	Code El	Reset Workspace		
		D n	Code El	Reset Window Layout		
		0	Code Ef Code Sf	New Look and Feel (Beta		
		0	Code Si	Solution Information		
		0		Toolbox		
			andom	Toolbox Customization		
		R	espons Y	Project Schematic		
		R	igid DV	Files 2		
		Q R	Mxprt			
Files		8.0		Outline		×
r nes	A	В	С	D	E	F
1	Name	Cell ID	Size 💌	Туре 💽	Date Modified 💽	Location
4	🥪 Geom.scdoc	A2,B3	17 MB	Geometry File	2011/6/15 19:01:04	D: \help \h_files \dp0 \Geom \DM
5	EngineeringData.xml	B2	17 KB	Engineering Data File	2012/5/18 20:17:05	D:\help\h_files\dp0\SYS\ENGD
6	i material.engd	B2	18 KB	Engineering Data File	2011/6/15 19:01:31	D:\help\h_files\dp0\SYS\ENGD
7	iii SYS.engd	B4	18 KB	Engineering Data File	2011/6/15 19:01:31	D:\help\h_files\dp0\global \MECH
8	XR6250H-U1 t=300H=1300 FEM model.x_t	D2,E3	13 KB	Geometry File	2012/3/16 9:21:45	F:\zaqiao\2012.3.16

图 1-10 显示文件的细节

8

为了更有效地管理文件,在ANSYS Workbench 14.0中还能快速生成一个单一的压缩文件, 其中包含的所有相关文件见图 1-11 所示。若要打开压缩文件,只要使用 Restore Archive 命令, 就能用任何解压缩程序打开。

File	Edit	View	Tools	Units	Help	
1	New					
2	Open					
	Save					
3	Save A	s				
	Save to	Reposit	ory			
2	Open from Repository					
0	Send C	hanges t	o Reposit	tory		
0	Get Cha	anges fro	om Repos	itory		
	Launch	EKM We	b Client			
1	Import.		-			
	Archive					
	Restore	e Archive				
3	Save to	Teamce	nter			

图 1-11 生成/打开压缩文件

1.4 Mechanical APDL

Mechanical APDL 简称 MAPDL,即经典 ANSYS,其中 APDL 是 ANSYS 参数设计语言 (ANSYS Parametric Design Language)的简称。在 Workbench 之前的 ANSYS 界面通常称为经 典 ANSYS 界面。自 Workbench 12 起, ANSYS 将经典 ANSYS 集成为 Workbench 界面下的 Mechanical APDL。创建 Mechanical APDL 的典型过程如图 1-12 所示。



图 1-12 创建 Mechanical APDL

事实上在 Workbench 中的 Mechanical 求解器就是 Mechanical APDL, 典型的求解过程如图 1-13 所示,当用户按下 Workbench 中的 Mechanical 中的 Solve 后,求解输入文件就会处理输入至 Mechanical APDL 求解器进行求解,当计算结束后再由 Mechanical 读入结果文件,当然

ANSYS Workbench 基础教程与实例详解<u>(</u>第二版)。

这些过程程序都以批处理方式自动执行。

10



图 1-13 Mechanical APDL 求解器

1.5 启动 Mechanical APDL 的方法^[3]

启动 Mechanical APDL 共有两种方法:

在"开始"菜单中执行: ANSYS 14.0>Mechanical APDL Product Launcher 命令,如 图 1-14 所示。



图 1-14 执行 Mechanical APDL Product Launcher 命令

接下来在 Mechanical APDL Product Launcher 中设定 Simulation Environment 为 ANSYS; 在 License 中选择产品模块如 ANSYS Multiphysics。然后分别设置好文件管理(File Management)、用户预设置(Customization Preferences)、并行设置(High Performance Computing Setup)中的参数,最后单击 Run 按钮即可,过程如图 1-15 所示。

注意:当设置好参数后,以后用户执行 ANSYS 14.0>Mechanical APDL (ANSYS)就可以 直接进入先前设置好的 Mechanical APDL 中。

第1章	_ ANSYS Workbench 14.0 基础11
File Profiles Options Tools Links Help	
Simulation Environment: ANSYS 3 License: 4 ANSYS Multiphysics	Add-on Modules
File Customization/ / High Performance 5	
Working Directory: F:\ansys files 6 Job Name: file	Browse Browse
Run 7 Cancel R	un Product Help

图 1-15 运行 Mechanical APDL

▶ 由 Workbench 14.0 中进入 Mechanical APDL。

典型的操作过程是先选中 Mechanical APDL 块中的 Analysis 栏,再在右键弹出的快捷菜单中选中 Edit in Mechanical APDL...,过程如图 1-16 所示。



图 1-16 由 Workbench 中进入 Mechanical APDL

进入 Mechanical APDL 后的典型界面如图 1-17 所示。



图 1-17 Mechanical APDL 界面

希望读者很好地理解本节内容,从第2章开始就要进行具体项目的分析和学习了。

1.6 本章小结

本章对 ANSYS Workbench 14.0 作了扼要的简介,通过这些内容读者应该对 Workbench 14.0 有了一定的感性认识,至于这些问题如何具体操作,在本书后面的章节里将会详细介绍。