

第 7 章

ANSYS Workbench 2022 R2基础



本章首先介绍 CAE 技术及相关基础知识,并由此引出 ANSYS Workbench,详细讲述其功能特点以及 ANSYS Workbench 2022 R2 程序结构和分析基本流程。

本章提纲挈领地介绍 ANSYS Workbench 2022 R2 的基础知识,主要目的是让读者对 ANSYS Workbench 2022 R2 有一个感性认识。

学 习 要 点

- ◆ CAE 软件简介
- ◆ ANSYS 简介
- ◆ ANSYS Workbench 分析的基本过程
- ◆ ANSYS Workbench 2022 R2 的设计流程
- ◆ ANSYS Workbench 2022 R2 的系统要求和启动
- ◆ ANSYS Workbench 2022 R2 的界面
- ◆ ANSYS Workbench 项目原理图
- ◆ ANSYS Workbench 材料特性应用程序
- ◆ 有限元法简介
- ◆ ANSYS Workbench 概述
- ◆ ANSYS Workbench 文档管理



Note

1.1 CAE 软件简介

如图 1-1 所示,在传统产品设计流程中,各项产品测试皆在设计流程后期方能进行。因此,一旦发生问题,除了必须付出设计成本,相关前置作业也需改动;而且发现问题越晚,重新设计所付出的成本将会越高,若影响交货期或产品形象,损失更是难以估计。为了避免此类情形的发生,预期评估产品的特质便成为设计人员的重要课题。

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极大地推动了相关产业和学科研究的进步。有限元、有限体积及差分等方法与计算机技术相结合,诞生了新兴的跨专业和跨行业的学科。CAE 作为一种新兴的数值模拟分析技术,越来越受到工程技术人员的重视。

图 1-2 所示为引入 CAE 后产品设计流程。

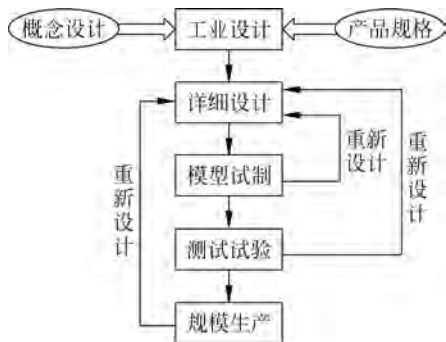


图 1-1 传统产品设计流程

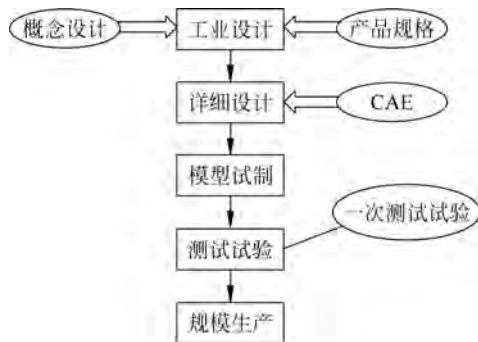


图 1-2 引入 CAE 后产品设计流程

在产品尚未批量生产之前引入 CAE 技术,不仅能协助工程人员做产品设计,在争取订单时,它可以作为一种强有力的工具协助营销人员及管理人员与客户沟通;在批量生产阶段,它可以协助工程技术人员在出现问题时,快速找出问题发生的起点。在批量生产以后,它的相关分析结果还可以成为下次设计的重要依据。

以电子产品为例,80%的电子产品都要经过震动及高速撞击实验,研究人员往往耗费大量的时间和成本,针对产品做相关的质量试验,最常见的如下落与冲击试验,这些不仅耗费了大量的研发时间和成本,而且试验本身也存在很多缺陷,表现在:

- (1) 试验发生的历程很短,很难观察试验过程和现象。
- (2) 测试条件难以控制,试验的重复性很差。
- (3) 试验时很难测量产品内部特性和观察内部现象。
- (4) 一般只能得到试验结果,而无法观察试验原因。

引入 CAE 后可以在产品开模之前,通过相应软件对电子产品模拟自由落下试验 (free drop test)、模拟冲击试验 (shock test) 以及应力-应变分析、振动仿真、温度分布分析等求得设计的最佳解,进而为一次试验甚至无试验即可使产品通过规范测试提供了可能。



因此,总结 CAE 的特性如下:

(1) CAE 本身就可以看作一种基本试验。计算机计算弹体的侵彻与炸药爆炸过程以及各种非线性波的相互作用等问题,实际上是求解含有很多线性与非线性的偏微分方程、积分方程以及代数方程等的耦合方程组。利用解析方法求解爆炸力学问题是非常困难的,一般只能考虑一些很简单的问题。利用试验方法费用昂贵,还只能表征初始状态和最终状态,无法得知中间过程,因而也无法帮助研究人员了解问题的实质。而数值模拟在某种意义上比理论与试验对问题的认识更为深刻、更为细致,不仅可以了解问题的结果,而且可随时连续动态地、重复地显示事物的发展,了解其整体与局部的细微过程。

(2) CAE 可以直观地显示目前还不易观测到的、说不清楚的一些现象,容易让人理解和分析,还可以显示任何试验都无法看到的、发生在结构内部的一些物理现象。如弹体在不均匀介质侵彻过程中的受力和偏转;爆炸波在介质中的传播过程和地下结构的破坏过程。同时,数值模拟可以替代一些危险、昂贵的甚至是难以实施的试验,如核反应堆的爆炸事故、核爆炸的过程与效应等。

(3) CAE 促进了试验的发展,对试验方案的科学制定、试验过程中测点的最佳位置、仪表量程等的确定提供更可靠的理论指导。侵彻、爆炸试验费用是昂贵的,并存在一定危险,因此数值模拟不但有很大的经济效益,而且可以加速理论、试验研究的进程。

(4) 一次投资,长期受益。虽然数值模拟大型软件系统的研制需要花费相当多的经费和人力资源,但和试验相比,数值模拟软件可以进行复制移植、重复利用,并可进行适当修改而满足不同情况的需求。据相关统计数据显示,应用 CAE 技术后,开发期的费用占开发成本的比例从 80%~90% 下降到 8%~12%。



Note

1.2 有限元法简介

有限元的基本概念:把一个原来是连续的物体划分为有限个单元,这些单元通过有限个节点相互连接,承受与实际载荷等效的节点载荷,并根据力的平衡条件进行分析,然后根据变形协调条件把这些单元重新组合成整体并进行综合求解。有限元法的基本思想是离散化。

1.2.1 有限元法的基本思想

在工程或物理问题的数学模型(基本变量、基本方程、求解域和边界条件等)确定以后,有限元法作为对其进行分析的数值计算方法的基本思想可简单概括为如下三点。

(1) 将一个表示结构或连续体的求解域离散为若干个子域(单元),并通过它们边界上的节点相互连接为一个组合体,如图 1-3 所示。

(2) 用每个单元内所假设的近似函数来分片地表示

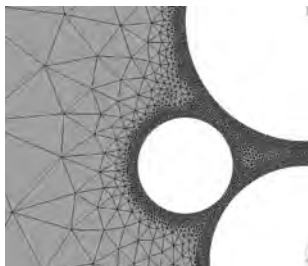


图 1-3 有限元法单元划分示意图



Note

全求解域内待求解的未知场变量,而每个单元内的近似函数由未知场函数(或其导数)在单元各个节点上的数值之和与其对应的插值函数来表达。由于在连接相邻单元的节点上,场函数具有相同的数值,因而将它们作为数值求解的基本未知量。这样一来,求解原待求场函数的无穷多自由度问题就转换为求解场函数节点值的有限自由度问题。

(3) 通过和原问题数学模型(如基本方程、边界条件等)等效的变分原理或加权余量法,建立求解基本未知量(场函数节点值)的代数方程组或常微分方程组。此方程组成为有限元求解方程,并表示成规范化的矩阵形式,接着用相应的数值方法求解该方程,从而得到原问题的解答。

1.2.2 有限元法的特点

(1) 对于复杂几何构形的适应性:由于单元在空间上可以是一维、二维或三维的,而且每一种单元可以有不同的形状,同时各种单元可以采用不同的连接方式,所以,实际工程中遇到的非常复杂的结构或构造都可以离散为由单元组合体表示的有限元模型。如图 1-4 所示为一个三维实体的单元划分模型。

(2) 对于各种物理问题的适用性:由于用单元内近似函数分片地表示全求解域的未知场函数,并未限制场函数所满足的方程形式,也未限制各个单元所对应的方程必须有相同的形式,因此它适用于各种物理问题,例如线弹性问题、弹塑性问题、黏弹性问题、动力问题、屈曲问题、流体力学问题、热传导问题、声学问题、电磁场问题等,而且还可以用于各种物理现象相互耦合的问题。如图 1-5 所示为一个热应力问题。



图 1-4 三维实体的单元划分模型

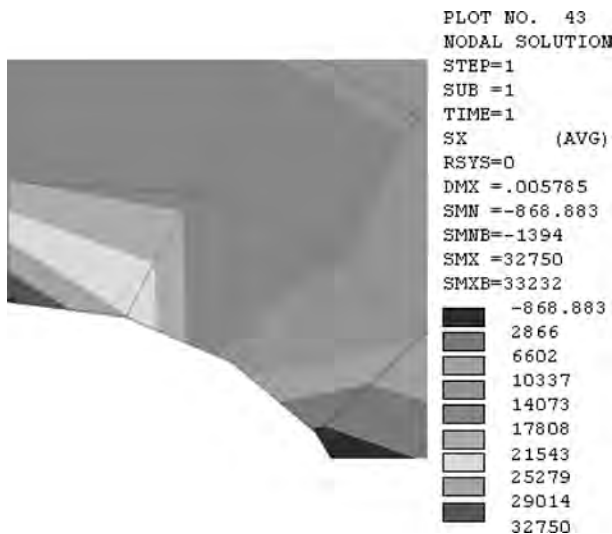


图 1-5 热应力问题

(3) 建立于严格理论基础上的可靠性:因为用于建立有限元方程的变分原理或加权余量法在数学上已证明是微分方程和边界条件的等效积分形式,所以只要原问题的数学模型是正确的,同时用来求解有限元方程的数值算法是稳定可靠的,则随着单元数目的增加(即单元尺寸的缩小)或者是随着单元自由度数的增加(即插值函数阶次的提



高),有限元解的近似程度不断地被改进。如果单元是满足收敛准则的,则近似解最后收敛于原数学模型的精确解。

(4) 适合计算机实现的高效性:由于有限元分析的各个步骤可以表达成规范化的矩阵形式,最后导致求解方程可以统一为标准的矩阵代数问题,特别适合计算机的编程和执行。随着计算机硬件技术的高速发展以及新的数值算法的不断出现,大型复杂问题的有限元分析已成为工程技术领域的常规工作。



Note

1.3 ANSYS 简介

ANSYS 软件是融合结构、热、流体、电磁、声学于一体的大型通用有限元分析软件,可广泛用于核工业、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、生物医学、轻工、地矿、水利、家用电器等领域及科学研究。该软件可在大多数计算机及操作系统中运行,从个人计算机(PC)到工作站再到巨型计算机,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,如热-结构耦合、磁-结构耦合以及电-磁-流体-热耦合,在 PC 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。

1.3.1 ANSYS 的发展

ANSYS 能与多数 CAD 软件结合使用,实现数据共享和交换,如 AutoCAD、I-DEAS、Pro/ENGINEER、Nastran、Alogor 等,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 parametric 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”。

1.3.2 ANSYS 的功能

1. 结构分析

(1) 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。

(2) 模态分析:计算线性结构的自振频率及振形,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(也叫作响应谱或 PSD)。

(3) 谐波响应分析:确定线性结构对随时间按正弦曲线变化的载荷的响应。

(4) 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。

(5) 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)。

(6) 专项分析: 断裂分析、复合材料分析、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。它的显式方程可以求解冲击、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, 其后往往要进行结构分析, 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。

(1) 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。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 热对流: 热传递的一种方式, 当流体、气体存在温度差时发生。

(5) 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。磁场分析包括以下类型。

(1) 静磁场分析: 计算直流电(direct current, DC)或永磁体产生的磁场。

(2) 交变磁场分析: 计算交流电(alternating current, AC)产生的磁场。

(3) 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。

(4) 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。

(5) 高频电磁场分析: 用于微波及射频(radio frequency, RF)无源组件, 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。

(1) 耦合流体动力(coupling fluid dynamic, CFD): 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、层流及湍流以及多组分流等。

(2) 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。

(3) 容器内流体分析: 考虑容器内的非流动流体的影响。它可以确定由于晃动引起的静力压力。

(4) 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



Note



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:在压电分析中,需要同时求解电压分布(电场分析)和应变(结构分析)。



Note

1.4 ANSYS Workbench 概述

Workbench 是 ANSYS 公司开发的新一代协同仿真环境。

1997 年,ANSYS 公司基于广大设计的分析应用需求、特点,开发了专供设计人员使用的分析软件 ANSYS DesignSpace(DS),其前后处理功能与经典的 ANSYS 软件完全不同,软件的易用性和与 CAD 的兼容性都非常好。

2000 年,ANSYS DesignSpace 更加深受广大用户喜爱,ANSYS 公司决定提升 ANSYS DesignSpace 的界面风格,以供经典的 ANSYS 软件的前后处理均能应用,由此形成了协同仿真环境——ANSYS Workbench Environment (AWE)。其功能定位于:

- (1) 重现经典 ANSYS PP 软件的前后处理功能。
- (2) 新产品的风格界面。
- (3) 收购产品转化后的最终界面。
- (4) 用户的软件开发环境。

其后,在 AWE 的基础上,又相继开发了 ANSYS DesignModeler (DM)、ANSYS DesignXplorer (DX)、ANSYS DesignXplorer VT (DX VT)、ANSYS Fatigue Module (FM)、ANSYS CAE Template 等。开发这些软件的目的是和 DS 一起为用户提供先进的 CAE 技术。

ANSYS 公司允许以前只能在 ACE 上运行的 MP、ME、ST 等产品,也可在 AWE 上运行。用户在启动这些产品时,可以选择 ACE,也可选择 AWE。AWE 可作为 ANSYS 软件的新一代前后处理,还未支持 ANSYS 所有的功能,目前主要支持大部分的 ME 和 ANSYS Emag 的功能,而且与 ACE 的 PP 并存。

1.4.1 ANSYS Workbench 的特点

ANSYS Workbench 的特点如下:

- (1) 协同仿真、项目管理。集设计、仿真、优化、网格变形等功能于一体,对各种数据进行项目协同管理。
- (2) 双向参数传输功能。支持 CAD-CAE 间的双向参数传输功能。
- (3) 高级装配部件处理工具。具有复杂装配件接触关系的自动识别、接触建模功能。
- (4) 先进网格处理功能。可对复杂几何模型进行高质量的网格处理。
- (5) 分析功能。支持几乎所有 ANSYS 的有限元分析功能。
- (6) 内嵌可定制的材料库。自带可定制的工程材料数据库,方便操作者进行编辑、应用。



Note

(7) 易学易用。ANSYS 公司所有软件模块的共同运行、协同仿真与数据管理环境,工程应用的整体性、流程性都大大增强。完全的 Windows 友好界面,工程化应用,方便工程设计人员应用。实际上,Workbench 的有限元仿真分析采用的方法(单元类型、求解器、结果处理方式等)与 ANSYS 经典界面是一样的,只不过 Workbench 采用了更加工程化的方式来适应操作者,使即使没有多少有限元软件应用经历的人也能很快地完成有限元分析工作。

1.4.2 ANSYS Workbench 应用分类

ANSYS Workbench 应用分类如下:

(1) 本地应用如图 1-6 所示。现有的本地应用有项目原理图、工程数据和工具箱。本地应用完全在 Workbench 窗口中启动和运行。



图 1-6 本地应用

(2) 分析系统应用如图 1-7 所示。现有的应用包括静态结构、瞬态结构、流体流动、稳态热、拓扑优化等许多有限元分析应用。数据整合应用是将本地应用作为一个平台,在该平台下进行其他有限元分析的应用,因此我们可以快速、精准地找到所需要的应用程序,在这个平台上进行运算,求解。

在工业应用领域中,为了提高产品设计质量、缩短周期、节约成本,计算机辅助工程(CAE)技术的应用越来越广泛,设计人员参与 CAE 分析已经成为必然。这对 CAE 分析软件的灵活性、易学易用性提出了更高的要求。

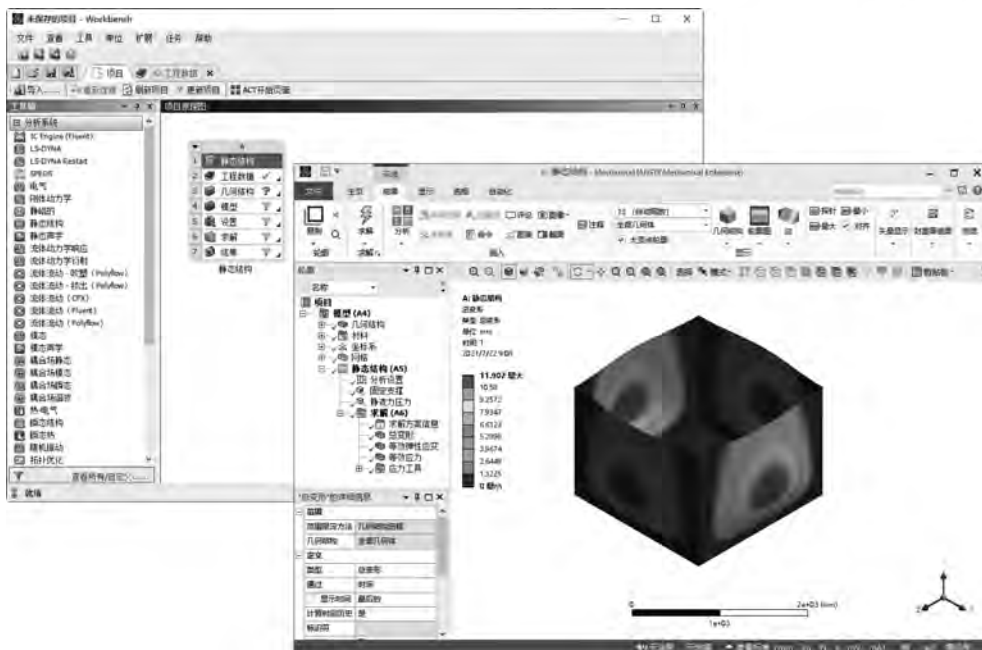


图 1-7 分析系统应用



Note

1.5 ANSYS Workbench 分析的基本过程

ANSYS Workbench 分析过程主要包含 4 个环节：初步确定、前处理、加载并求解、后处理，如图 1-8 所示。其中初步确定环节为分析前的蓝图，后 3 个环节为操作步骤。



图 1-8 ANSYS Workbench 分析的基本过程



Note

1.5.1 前处理

前处理是指创建实体模型以及有限元模型,包括创建实体模型、定义单元属性、划分有限元网格、修正模型等内容。现今大部分有限元模型都用实体模型建模,类似于CAD,ANSYS以数学方式表达结构的几何形状,然后在里面划分节点和单元,还可以在几何模型边界上方便地施加荷载,但是实体模型并不参与有限元分析,所以施加在几何实体边界上的荷载或约束必须最终传递到有限元模型上(单元或节点)进行求解,这个过程通常是ANSYS程序自动完成的。可以通过4种途径创建ANSYS模型:

(1) 在ANSYS环境中创建实体模型,然后划分有限元网格。

(2) 在其他软件(如CAD)中创建实体模型,然后读入到ANSYS环境,经过修正后划分有限元网格。

(3) 在ANSYS环境中直接创建节点和单元。

(4) 在其他软件中创建有限元模型,然后将节点和单元数据读入ANSYS。

单元属性是指划分网格以前必须指定的所分析对象的特征,这些特征包括材料属性、单元类型、实常数等。需要强调的是,除了磁场分析以外不需要告诉ANSYS使用的是什么单位制,只需要自己决定使用何种单位制,然后确保所有输入值的单位制统一即可,单位制影响输入的实体模型尺寸、材料属性、实常数及荷载等。

1.5.2 加载并求解

(1) 自由度(degree of freedom,DOF)——定义节点的自由度值(如结构分析的位移、热分析的温度、电磁分析的磁势等)。

(2) 面荷载(包括线荷载)——作用在表面的分布荷载(如结构分析的压力、热分析的热对流、电磁分析的麦克斯韦表面等)。

(3) 体积荷载——作用在体积上或场域内的荷载(如热分析的体积膨胀和内生热、电磁分析的磁流密度等)。

(4) 惯性荷载——结构质量或惯性引起的荷载(如重力、加速度等)。

在进行求解之前应进行分析数据检查,包括以下内容:

(1) 单元类型和选项,材料性质参数,实常数以及统一的单位制。

(2) 单元实常数和材料类型的设置,实体模型的质量特性。

(3) 确保模型中没有不应存在的缝隙(特别是从CAD中输入的模型)。

(4) 壳单元的法向、节点坐标系。

(5) 集中荷载和体积荷载、面荷载的方向。

(6) 温度场的分布和范围,热膨胀分析的参考温度。

1.5.3 后处理

(1) 通用后处理(POST1)——用来观看整个模型在某一时刻的结果。

(2) 时间历程后处理(POST26)——用来观看模型在不同时间段或荷载步上的结果,常用于处理瞬态分析和动力分析的结果。