

ANSYS 有限元分析

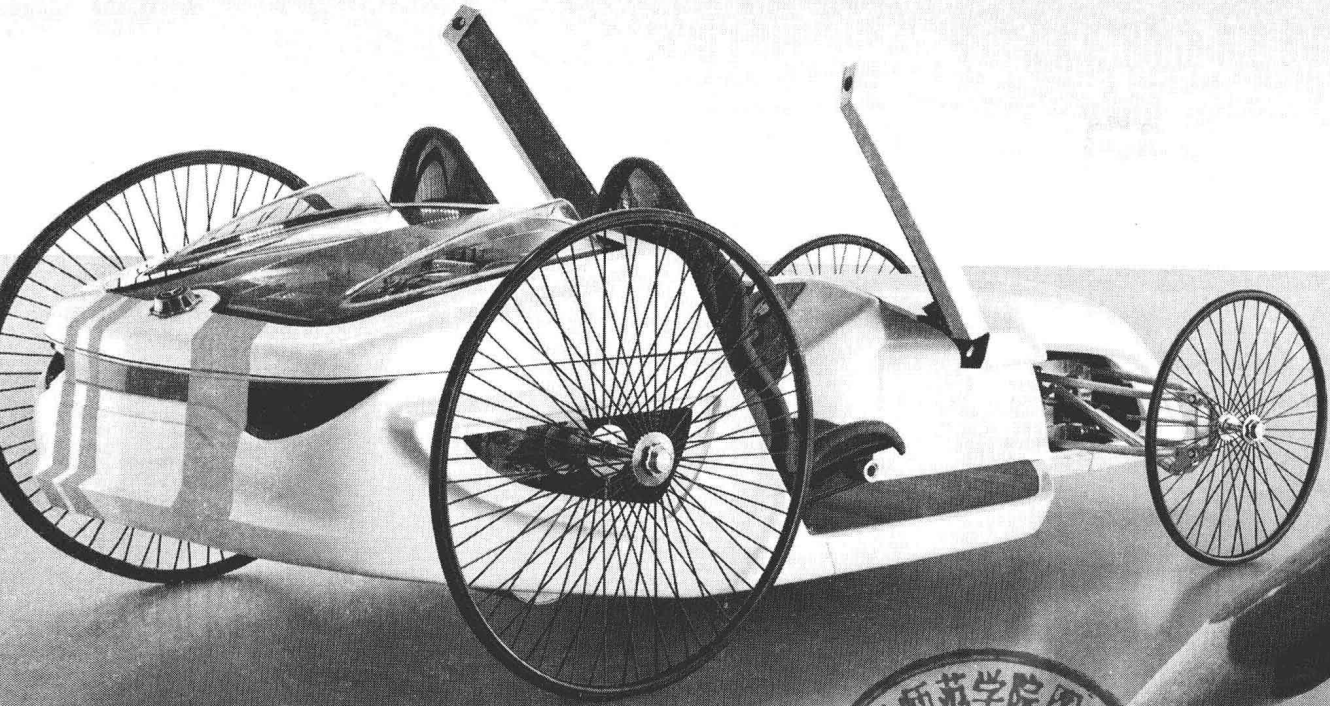
ANSYS 9.0~14.0
【**直通视频**】



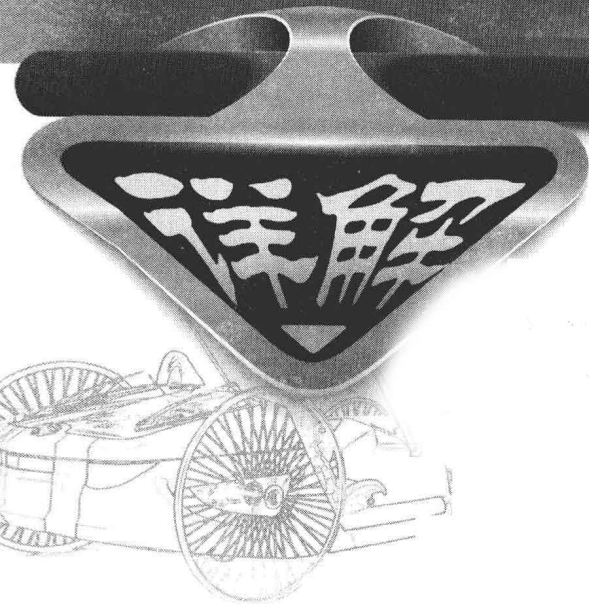
宋剑锋 编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY & TRANSPORT PUBLISHING HOUSE

适用于ANSYS 9.0~14.0



ANSYS 有限元分析



宋剑锋 编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书以 ANSYS 13.0 软件版本为基础, 对使用 ANSYS 进行有限元分析的基本思路、操作步骤和应用技巧进行了详细介绍, 并使用典型工程应用案例详细讲述了 ANSYS 在工程中的应用方法。

全书分为两部分共 11 章, 第一部分 1~6 章, 主要介绍了 ANSYS 软件的各种应用, 如建模功能、划分网格、加载与求解、通用和时间历程后处理, 以及结构分析的步骤等; 第二部分 7~10 章中的主要讲解线性载荷、非线性和结构动力分析、瞬态、模态有限元分析案例应用, 第 11 章专门讲解有限元结构分析中的疑难知识点帮助大家学习。

附带 DVD 光盘提供了全书案例文件、视频演示和 ANSYS 热分析的相关视频。

本书适用于 ANSYS 软件初中级用户, 可作高等院校相关专业有限元分析的教材, 也可作为从事有限元(特别是结构)分析相关行业的工程技术人员的 ANSYS 软件参考书。

图书在版编目(CIP)数据

详解 ANSYS 有限元分析/宋剑锋编著. — 北京: 中国铁道出版社, 2012. 7

ISBN 978-7-113-14518-7

I. ①详… II. ①宋… III. ①机械设计—有限元分析—应用程序, ANSYS IV. ①TH122-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 063755 号

书 名: 详解 ANSYS 有限元分析
作 者: 宋剑锋 编著

责任编辑: 刘 伟
特邀编辑: 赵树刚
责任印制: 赵星辰

读者热线电话: 010-63560056

出版发行: 中国铁道出版社(北京市西城区右安门西街 8 号 邮政编码: 100054)

印 刷: 三河市华丰印刷厂

版 次: 2012 年 7 月第 1 版 2012 年 7 月第 1 次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 20.75 字数: 492 千

书 号: ISBN 978-7-113-14518-7

定 价: 59.00 元(附赠光盘)

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书, 如有印制质量问题, 请与本社发行部联系调换。

前 言

1. 你能从本书学到什么？

- ANSYS 软件的典型应用。
- 机械与结构有限元分析方法。
- 熟练掌握 ANSYS 软件的应用规则。
- 根据案例能快速上手解决问题。

ANSYS 是集机械、结构、流体、电磁场于一体的大型通用有限元分析软件，由美国 ANSYS 公司开发。随着版本的不断更新，其核心技术也不断完善，能与多数 CAD 软件进行对接，实现数据的共享和交换，如 AutoCAD、UG、Creo（原 Pro/ENGINEER）等，是现代产品设计中的高级 CAD 工具之一。

本书根据编者数十年的学习和使用经验编写而成，在讲解的过程中始终以使用者的需求为原则，主要通过实例应用并辅以基础知识进行讲解。初级读者在掌握知识后能立刻通过实例来验证所学的成果，中级读者通过对实例的学习可以进行专业方向的提升。

2. 内容导读

全书共分两个部分 11 章，各部分主要内容介绍如下。

（1）第一部分：第 1~6 章，基础常用详解

第 1~2 章介绍了有限元分析理论中基本的常识，包括 ANSYS 软件工作界面和常用建模功能，如 ANSYS 的组成模块、功能和特点，以及建立几何模型和从工程软件导入几何模型的方法。

第 3~4 章介绍了划分网格和加载与求解，包括划分网格的过程，对网格属性的设置与修改优化；类型载荷的设置，施加载荷的过程与载荷步设置，求解命令和求解器基本设置。

第 5~6 章介绍了通用和时间历程后处理与结构分析的步骤，包括通用后处理模块，时间历程后处理模块，报告生成器的各种操作；结构分析中前处理的操作流程，不同类型的结构分析中加载和求解的设置。

（2）第二部分：第 7~11 章，精选案例详解

第 7~8 章介绍了线性静载和非线性的有限元分析，通过 7 个案例来进行详细说明。

第 9~10 章介绍了结构动力分析中的模态、瞬态、接触等有限元分析，通过 7 个大型案例来进行详细说明。

第 11 章介绍了结构分析中的疑难知识点解析，针对实际工作中初学者经常提出的一些问题进行了讲解。

3. 本书特点

本书以实际工作中的应用为重点，注重实际操作和应用，主要体现在以下几个方面：

(1) 从实际出发，全面考虑用户实际

以实际工作应用为主，立足于 ANSYS 菜单命令的便捷选择，并没有选择繁杂难用的命令行输入。

虽然 ANSYS 本身有建模功能，但实际工作中零件和组件的模型一般不在解算器中建立，而是将工程软件中已有的模型简化后导入解算器。因此，除介绍 ANSYS 建模功能外，本书还详细讲述了从工程软件导入模型的具体操作。

为更进一步提高读者的能力，实例中涉及了线单元和壳体单元在前后处理模块中特有的设置，以引导读者自行深入了解。

(2) 务实的案例设计

本书紧扣实际应用，通过案例进行讲解。同时配备针对性的综合实例章节，务求使读者通过实际操作进行学习。80%的实例都是编者实际工作中接触的产品，经过重新设计抽取模型进行分析，其他部分是在学习或交流中总结的典型实例。

(3) 配套的视频讲解

本书配套的多媒体光盘中不但附送了全书中的案例文件，还录制了相关的视频，进行立体化教学、全方位指导。

4. 本书约定

本书以 Windows 7 为操作平台介绍了 ANSYS 软件，其他可以兼容的平台包括：Windows 8、Windows XP/2000。为便于阅读理解，做如下约定：

- 书中出现的菜单、命令均为英文并附有简要注释。为使语句更简洁、易懂，利用“|”表示上下级菜单或命令的关联，比如“Utility Menu | File | Resume From”，表示选择工具菜单中的 File 菜单，执行其中的 Resume From 命令。其他依次类推。
- 没有特别指明时，“单击”、“双击”和“拖动”表示用鼠标左键单击、双击和拖动。
- 建议读者使用最新版 QQ 播放器或暴风影音播放本书视频。

5. 适合读者群

- 使用 ANSYS 软件的初、中级用户。
- 相关专业学生。
- 从事结构分析的工程技术人员。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在疏漏之处，恳请广大读者批评指正，也欢迎业内人士及专家来电、来函共同探讨。

E-mail: 6v1206@gmail.com。

编者
2012年5月

目 录

第 1 章 ANSYS 简介与工作界面 1	
1.1 有限单元法简介2	
1.1.1 数值分析与有限单元法2	
1.1.2 有限单元法的特点2	
1.1.3 有限单元法的基本解法3	
1.1.4 有限单元法的基本过程3	
1.2 ANSYS 简介4	
1.2.1 主流有限元软件与 ANSYS4	
1.2.2 主要特点4	
1.2.3 组成模块5	
1.2.4 主要功能介绍5	
1.3 ANSYS 系统需求与安装方法7	
1.3.1 安装 ANSYS 13.0 的环境要求7	
1.3.2 安装步骤11	
1.4 ANSYS 基本操作18	
1.4.1 启动界面18	
1.4.2 用户界面19	
1.4.3 基本操作20	
第 2 章 ANSYS 建模功能 24	
2.1 建立几何图元25	
2.1.1 相关的菜单命令简介25	
2.1.2 案例 1: 计算小型支撑机构29	
2.1.3 案例 2: 外侧的隔热护栏34	
2.1.4 案例 3: 创建吊耳几何单元40	
2.2 派生几何图元46	
2.2.1 相关的菜单命令简介46	
2.2.2 案例 4: 创建液罐派生几何图元50	
2.2.3 案例 5: 创建板梁结构派生结构62	
2.3 编辑和引用几何图元69	
2.3.1 相关的菜单命令简介 69	
2.3.2 案例 6: 创建与编辑孔盖几何图元 70	
2.4 文件交换与导入模型 77	
2.4.1 从 Pro/ENGINEER 野火版导出模型到 ANSYS 77	
2.4.2 从 Inventor 导出模型到 ANSYS 79	
2.4.3 从 Solidworks 导出模型到 ANSYS 81	
2.4.4 从 UG NX 到 ANSYS 导入失败的案例分析 83	
第 3 章 划分网格 87	
3.1 定义单元属性 88	
3.1.1 单元类型 88	
3.1.2 实常数 89	
3.1.3 材料常数 90	
3.1.4 单元坐标系和截面 91	
3.1.5 为模型分配单元属性 92	
3.2 网格控制 93	
3.2.1 网格划分器选项 93	
3.2.2 尺寸控制 94	
3.2.3 自由网格和映射网格 98	
3.3 修改网格 100	
3.3.1 局部细化 100	
3.3.2 改进网格 103	
3.4 延伸和扫略网格 104	
3.5 直接生成有限元模型 106	
3.6 网格划分的综合分析 109	
3.6.1 自由体网格 109	
3.6.2 映射体网格 112	
3.6.3 自由面网格延伸体网格 113	
3.6.4 映射面网格延伸体网格 115	
3.6.5 扫略体网格 117	

第 4 章 加载与求解	119	6.1.4 建模和划分网格	170
4.1 施加载荷	120	6.2 加载和求解	172
4.1.1 载荷分类	120	6.2.1 静载分析加载和求解	172
4.1.2 实体模型载荷和有限元 载荷的优缺点	120	6.2.2 模态分析加载和求解	173
4.1.3 施加载荷的过程	121	6.2.3 谐响应分析加载和求解	174
4.1.4 规律变化的载荷	124	6.2.4 瞬态分析加载和求解	175
4.2 载荷步	131	6.2.5 谱分析加载和求解	177
4.2.1 瞬态分析载荷步和子步 设置	131	第 7 章 线性静载的有限元分析 ..	179
4.2.2 静态分析载荷步和子步 设置	136	7.1 带孔薄板受力	180
4.3 求解的方法	138	7.1.1 GUI 求解前处理	180
4.3.1 求解的类型	138	7.1.2 GUI 求解加载和计算	184
4.3.2 求解控制对话框简介	139	7.1.3 GUI 求解后处理	186
4.3.3 求解命令组	140	7.1.4 命令流	187
第 5 章 通用和时间历程后处理 ..	141	7.2 平台自重变形分析	187
5.1 通用后处理	142	7.2.1 GUI 求解实体模型前 处理	187
5.1.1 静载案例: 读入结果 数据并显示	142	7.2.2 GUI 求解实体模型加载 和计算	192
5.1.2 模态案例: 读入结果 数据并显示	147	7.2.3 GUI 求解实体模型后 处理	193
5.1.3 单元表	149	7.2.4 GUI 求解壳体模型前 处理	195
5.1.4 路径图	152	7.2.5 GUI 求解壳体模型加载 和计算	198
5.2 时间历程后处理	155	7.2.6 GUI 求解壳体模型后 处理	199
5.2.1 定义和显示变量	155	7.2.7 壳体单元	201
5.2.2 变量运算	158	7.3 压板装配变形分析	201
5.2.3 时间历程变量观察器	159	7.3.1 铝前处理	201
5.3 报告生成器	160	7.3.2 铝加载和计算	203
5.3.1 完成计算, 进入通用后 处理模块	160	7.3.3 铝后处理	205
5.3.2 使用报告生成器	162	7.3.4 PVC 前处理	206
5.3.3 补充说明	165	7.3.5 PVC 加载和计算	209
第 6 章 结构分析的步骤	167	7.3.6 PVC 后处理	211
6.1 有限元分析的前处理	168	7.3.7 命令流	212
6.1.1 单元类型	168	第 8 章 非线性的有限元分析	213
6.1.2 实常数和截面	169	8.1 金属圆盘弹塑性分析	214
6.1.3 材料属性	170	8.1.1 GUI 求解前处理	214

8.1.2	GUI 求解加载和计算	216			
8.1.3	GUI 求解后处理	220			
8.1.4	命令流	224			
8.2	橡胶圆筒受压	224			
8.2.1	GUI 求解前处理	224			
8.2.2	GUI 求解加载和计算	226			
8.2.3	GUI 求解后处理	228			
8.2.4	命令流	229			
8.3	金属棒撞击地面分析	229			
8.3.1	GUI 求解前处理	229			
8.3.2	GUI 求解加载和计算	231			
8.3.3	GUI 求解后处理	233			
8.3.4	命令流	235			
8.4	螺栓蠕变分析	235			
8.4.1	GUI 求解前处理	235			
8.4.2	GUI 求解加载和计算	236			
8.4.3	GUI 求解后处理	237			
8.4.4	命令流	240			
第 9 章 结构动力分析中的模态有限元分析			241		
9.1	简支梁的模态分析	242			
9.1.1	GUI 求解建立线性实物模型并划分有限元	242			
9.1.2	GUI 求解、直接建立有限元模型	245			
9.1.3	GUI 求解加载和计算——静载	247			
9.1.4	GUI 求解后处理——静载	248			
9.1.5	GUI 求解加载和计算——模态	249			
9.1.6	GUI 求解后处理——模态	250			
9.1.7	命令流	251			
9.2	弹簧质量系统谐响应分析	251			
9.2.1	GUI 求解前处理	252			
9.2.2	GUI 求解加载和计算——模态	254			
9.2.3	GUI 求解加载和计算——谐响应	255			
9.2.4	GUI 求解后处理	256			
9.2.5	命令流	257			
9.3	刚架结构模态分析	257			
9.3.1	前处理	258			
9.3.2	静载分析加载和计算	259			
9.3.3	静载分析后处理	260			
9.3.4	模态分析加载和计算	261			
9.3.5	模态分析后处理	261			
9.3.6	谐响应分析加载和计算	262			
9.3.7	谐响应分析后处理	264			
9.3.8	命令流	265			
第 10 章 结构分析中的其他有限元分析			266		
10.1	瞬态分析实例——钟摆	267			
10.1.1	GUI 求解前处理	267			
10.1.2	GUI 求解加载和计算	271			
10.1.3	GUI 求解后处理	274			
10.1.4	命令流	276			
10.2	模态分析-谱分析-谐响应分析实例——支撑平板的动力效果	276			
10.2.1	GUI 求解前处理	276			
10.2.2	GUI 求解模态分析加载和计算	279			
10.2.3	GUI 求解谱分析加载和计算	281			
10.2.4	GUI 求解通用后处理	283			
10.2.5	GUI 求解谐响应分析加载和计算	284			
10.2.6	GUI 求解时间历程后处理	285			
10.2.7	命令流	285			
10.3	接触分析实例——套管接触	285			
10.3.1	GUI 求解前处理	286			
10.3.2	GUI 求解加载和计算	291			
10.3.3	GUI 求解通用后处理	293			
10.3.4	命令流	294			

10.4 疲劳分析实例—— 角形支撑板	294	11.2 几何对象和单元的方向	307
10.4.1 GUI 求解前处理	295	11.2.1 壳体和实体表面的 方向	307
10.4.2 GUI 求解加载和计算 ...	297	11.2.2 线和梁方面的知识点 ...	311
10.4.3 GUI 求解后处理	297	11.2.3 节点的方向	312
10.4.4 命令流	299	11.3 为单元分配属性	315
第 11 章 结构分析中的疑难知识点 解析	300	11.3.1 设置多个单元属性	315
11.1 单位制	301	11.3.2 操作步骤	317
11.1.1 ANSYS 的单位制 设置	301	11.4 函数	319
11.1.2 导入模型的尺寸单位 问题	302	11.4.1 前处理	319
		11.4.2 通过函数加载	319
		11.4.3 后处理	323

第 1 章

ANSYS 简介与工作界面

ANSYS 是一款有限元分析软件，在开始学习之前最好能够对有限单元法和 ANSYS 软件本身有一些基本的了解。有限单元法的精髓，是发挥计算机的优势，放弃对解析解的艰难追求，转为求得较为实用的数值解。

首先大致了解一下 ANSYS 的界面和基本视图操作，这是学习工程软件和解算器最先要做的事。详细的操作方法可以在之后的学习过程中逐渐深入了解。另外，很多读者反映 ANSYS 安装困难，所以本章详细记录了安装的全过程，供读者参考。

1.1 有限单元法简介

有限单元法是一种有效解决工程问题的分析方法。有限元方法最早应用于结构力学，后来随着计算机的发展逐渐用于流体力学的数值模拟。

1.1.1 数值分析与有限单元法

工程问题一般是物理情况的数学模型。数学模型是考虑相关边界条件和初值条件的微分方程组，微分方程组是通过对系统或控制体应用自然的基本定律和原理推导出来的，这些控制微分方程往往代表了质量、力或能量的平衡。在某些情况下，通过给定条件是可以得到系统的精确行为的，但实际过程中实现的可能性较小。

因此，现实中工程问题的解决方案是对实际问题进行数学模型的抽象和求解的过程。这个过程需要技术人员根据工程问题的特点，恰当运用专业知识建立数学模型来表征实际系统，然后考虑相关条件进行求解。建立的数学模型既要能够代表实际系统，又要可解，得到的结果应该达到一定精度以满足工程问题的需要。

在许多实际工程问题中，由于问题的复杂性和影响因素众多等不确定性，一般情况下难以得到分析系统的精确解，即解析解。因此，解决这个问题的基本思路是在满足工程需要的前提下，采用数值分析方法得到近似值，即数值解。可以说，解析解表明系统在任何点上的精确行为，而数值解只在称为节点的离散点上近似于解析解。

数值解法综合运用有限单元法（有限元法）、有限差分法（有限差法）、边界单元法（边界元法）等，有限单元法是目前采用最多的一种数值方法。随着计算机技术的飞速发展，有限元法也得到了长足进步和更加广泛的应用，对于解决复杂的工程问题有着良好的效果，在辅助分析、辅助设计、产品质量预报等诸多方面有着举足轻重的地位，起到不可替代的作用。

有限元方法的基础是变分原理和加权余量法，其基本求解思想是把计算域划分为有限个互不重叠的单元，在每个单元内选择一些合适的节点作为求解函数的插值点，将微分方程中的变量改写成由各个变量或其导数的节点值所选用的插值函数组成的线性表达式，借助变分原理或加权余量法，将微分方程离散求解。在有限元方法中，把计算域离散剖分为有限个互不重叠的相互连接的单元，在每个单元内选择基函数，用单元基函数的线性组合来逼近单元中的真解，整个计算域上总体的函数可以看做是由每个单元基函数组成的，则整个计算域内的解可以看做是由所有单元上的近似解构成的。

有限单元法从研究有限大小的单元体着手，在分析中取有限多个单元体，其体积为有限大小，通过分析得到一组代数方程。在一定条件下求解该代数方程，得到某些点的位移，再由位移求得应力和应变。相对于解析法中求解偏微分方程，在有限单元法中求解代数方程要容易得多，并且往往是可以得到解答的。

1.1.2 有限单元法的特点

有限单元具有以下几个特点：

- 能够适应复杂的几何构造。单元在空间上可以是不同的形状，同时，各种单元可以采

用不同的连接方式，所以，工程实际中遇到的非常复杂的结构和构造都可以离散为由单元组合体表示的有限元模型。

- 适用于各种物理问题。由于用单元内近似函数分片地表示全域的未知场函数，对场函数所满足的方程形式并没有限制，也没有限制各个单元所对应的方程形式必须相同，因此可以适用于各种物理问题，而且可以适用于各种物理场互相耦合的问题。
- 发挥计算机特长的高效性。有限元分析的各个步骤可以表达为规范化的矩阵形式，最后导致求解方程可以统一为标准的矩阵代数问题，非常适合计算机编程和执行。

1.1.3 有限单元法的基本解法

有限单元法按照所选用的基本未知量和分析方法不同，可以分为以下3种基本解法：

- 位移法：通过选择节点的位移分量为基本未知量，在节点上建立平衡方程。这个算法计算规律很强，便于编写计算机通用程序。
- 力法：通过选取力的分量为基本未知量，在节点上建立位移连续方程。用力法求得的内力、应力比用位移法求得的结果精度高。
- 混合法：通过选取混合型的基本未知量，一部分是节点位移分量，另一部分是力分量，在节点上既建立有关的平衡方程又建立有关的连续方程。

1.1.4 有限单元法的基本过程

1. 建立微分方程

根据变分原理或方程余量与权函数正交化原理，建立与微分方程初边值问题等价的积分表达式。

2. 区域单元剖分

根据求解区域的形状及实际问题的物理特点，将区域剖分为若干个相互连接又不重叠的单元。区域单元剖分是采用有限元方法的前期准备工作，工作量比较大，要给计算单元和节点进行编号和确定相互间的关系，还要表示节点的坐标位置，同时需要列出自然边界和本质边界的节点序号和相应的边界值。

3. 确定单元基函数

根据单元节点的数目及对近似解精度的要求，选择满足一定插值条件的插值函数作为单元的基函数。有限元方法中的基函数是在单元中选取的，由于各单元具有规则的几何形状，在选取基函数时可遵循一定的法则。

4. 单元分析

将各个单元中的求解函数用单元基函数的线性组合表达式进行逼近，再将近似函数带入积分方程，并对单元区域进行积分，可获得含有待定系数的代数方程组，称为单元有限元方程。

5. 总体合成

得出单元有限元方程后，将区域中所有的单元有限元方程按照一定法则进行累加，形成总体有限元方程。

6. 边界条件处理

一般, 边界条件有 3 种形式: 本质边界条件、自然边界条件和混合边界条件。对于自然边界条件, 一般在积分表达式中可以自动得到满足, 对于本质边界条件和混合边界条件, 需要按照一定的法则对总体有限元方程进行修正满足。

7. 求解有限元方程

根据边界条件修正的总体有限元方程组是含所有待定未知量的封闭方程组, 采用适当的数值计算方法求解, 可求得各节点的函数值。

1.2 ANSYS 简介

1.2.1 主流有限元软件与 ANSYS

随着有限元方法理论的逐步发展及应用领域的拓展, 逐渐凸现了有限元方法解决工程问题的优势。因此一些大型的通用商业软件应运而生, 目前常见的有 ANSYS、Abaqus、AS (即 AlgorSimulation)、Nastran、Adams、Ideas 等。

ANSYS 是目前应用最为广泛的通用有限元计算程序之一, 用户可以应用 ANSYS 进行静态、动态、热传导、流体流动和电磁学的分析。ANSYS 是目前最主要的 FEA 程序。当前的 ANSYS 版本的图形界面用户窗口、下拉菜单、对话框和工具条等设计十分友好, 用户使用方便, 而且随着算法和模块的不断完善和加强, 使其解决各种工程问题的功能更加强大。

ANSYS 软件是由 ANSYS 公司开发的, ANSYS 公司是由美国匹兹堡大学的 John Swanson 博士于 1970 年创建的, 被业内人士一致认可为世界上最大最领先的有限元分析软件公司。

ANSYS 软件是融结构、热、流体、电磁、声学分析于一体的大型通用有限元分析软件, 广泛应用于工业和科研的各个领域。该软件提供了不断改进的功能, 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、自适应网格划分及利用 APDL 参数设计语言扩展宏命令功能。

1.2.2 主要特点

ANSYS 软件功能强大, 与其他有限元分析软件相比具有如下主要特点:

- 实现多场及多场耦合分析。
- 实现前后处理和求解以及多场分析统一数据库的一体化。
- 具有多物理场优化功能, 是目前唯一具有流场优化功能的 CFD 软件。
- 强大的非线性分析功能。
- 多种求解器分别适用于不同的问题及不同的硬件配置。
- 支持异种异构平台的网络浮动, 在异种异构平台的用户界面统一。
- 可以在大多数计算机及操作系统中运行, 从 PC 到工作站直至巨型计算机, 数据文件全部兼容。
- 强大的并行计算功能支持分布式并行及共享内存式并行, 是最早采用并行计算技术的 FEA 软件。

- 多种自动网格划分技术。
- 良好的用户开发环境。
- 具有多层次、多框架的产品系列。

ANSYS 不仅支持用户直接创建模型，也支持与其他 CAD 软件进行模型传递，其支持的模型传递标准有 SAT、Parasolid、STEP、IGES 等。相应的可以进行接口的常用 CAD 软件有 Siemens NX (即 UGS)、SolidEdge、Pro/Engineer WildFire、I-deas、Catia、SolidWorks、Autodesk Algor Simulation 等。

1.2.3 组成模块

根据应用领域不同，可以分为如下几个模块：

- Multiphysics: 包括所有工程学科的所有功能。
- Emag: 电磁学问题分析。
- Flotran: 流体动力学分析。
- Mechanical: 机械分析，包括结构和热分析。
- LS-Dyna: 高度非线性结构分析，包括结构分析。
- Thermal: 热分析。
- Structural: 结构分析。

按照软件本身的流程结构，可以分为前处理、求解、通用后处理、时间历程后处理 4 个模块。

1. 前处理 Prep7

生成能够代表现实对象的模型，即有限元模型。基本方法有 4 种：直接生成有限元模型、建立几何模型再划分有限元、直接导入工程软件制作的有限元模型、导入工程软件的几何模型再划分有限元。有限元模型需要几何形状、材料参数，需要设置单元类型、单元实常数。

2. 求解 Solution

对所建立的有限元模型进行分析求解，在该模块中用户可以定义分析类型（其中分析类型分为静态分析、瞬态分析、模态分析、谐响应分析、谱分析等），然后根据分析类型定义分析选项、设置载荷（集中载荷、界面载荷、体载荷、惯性载荷、耦合场载荷等）和载荷步选项。

3. 通用后处理 Post1

计算完成后，可以通过后处理器观察结果。通用后处理器观察整个模型或选定的部分在某个子步或时间步的计算结果。可以获得各种应立场、应变场、温度场的等值线显示，变形形状显示以及相应结果列表。

4. 时间历程后处理 Post26

用于查看模型的特定点在某个或所有时间步内的计算结果。可以获得数据对时间或频率的关系图形曲线及列表，还可以进行变量之间的运算。并能够从时间历程结构中生成谱响应。

1.2.4 主要功能介绍

1. 结构分析

结构分析用于确定结构的变形、应变、应力及反作用力等。

- 静载分析：用于静态载荷，可以考虑结构的线性和非线性行为，例如，大变形、大应变、应力刚化、接触、塑性、超弹、蠕变等。
- 模态分析：计算线性结构的自振频率和振型。
- 谱分析：是模态分析的扩展，用于计算由于随机载荷引起的结构应力和应变。
- 谐响应分析：确定线性结构对随时间按正弦曲线变化的载荷的响应。
- 瞬态分析：确定结构对随时间任意变化的载荷的响应，可以考虑与静载分析相同的结构的非线性行为。
- 屈曲分析：计算线性屈曲载荷并确定屈曲模态形状。结合瞬态分析可以进行非线性屈曲分析。
- 另外，还包括断裂分析、疲劳分析、复合材料分析等。

LS-Dyna 用于模拟高度非线性，惯性力占支配地位的问题，并可以考虑所有的非线性行为，它的显式方程可以求解冲击、碰撞、快速成型问题，是目前求解这类问题最有效的方法之一。

2. 热分析

热分析计算物体的稳态或瞬态温度分布，以及热量的获取或损失、热梯度、热通量等。热分析之后往往还要进行结构分析，计算由于热膨胀或收缩不均匀引起的应力。

- 相变：材料在温度变化时的相变、熔化及凝固等。
- 内热源：存在热源问题。
- 热传递：传导、对流、辐射。

3. 电磁分析

电磁分析用于计算磁场，一般考虑的物理量包括磁通密度、磁场密度、磁力、磁力矩、阻抗、电感、涡流、能耗、磁通泄漏等。磁场可由电流、永磁体、外加磁场等产生。

- 静磁场分析：计算直流电或永磁体的磁场。
- 交变磁场分析：计算由交流电产生的磁场。
- 瞬态磁场分析：计算随时间变化的电流或外界引起的磁场。
- 电场分析：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、电场及电阻等。
- 高频电磁场分析：计算微波及波导、雷达系统等。

4. 流体分析

流体分析用于确定流体的流动及热行为。

- 计算流体动力学 (CFD)：主要由 Flotran 模块实现，该模块提供了强大的计算流体动力学分析功能，包括可压缩和不可压缩流体、层流和湍流、多组分流等。
- 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。
- 容器内流体分析：考虑容器内的非流动流体的响应，可以确定由于晃动引起的静水压力。
- 流体动力学耦合分析：在考虑流体约束质量的动力影响基础上，在结构动力学分析中使用流体耦合单元。

5. 耦合场分析

耦合场分析考虑两个或多个物理场之间的相互作用。如果两个物理量场之间相互影响，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。典型的分析情况有：热-应力分析、流体-结构相互作用、电磁-热分析、感应震荡等。

1.3 ANSYS 系统需求与安装方法

“工欲善其事，必先利其器”，学习软件也是如此，在学习 ANSYS 13.0 之前先来介绍一下它的具体安装方法和过程，只有正确安装了 ANSYS 13.0，学习起来才会得心应手。

1.3.1 安装 ANSYS 13.0 的环境要求

安装 ANSYS 13.0 版本之前，首先需要对 Windows 操作系统进行一些设置，这些设置全部在“控制面板”中实现，如图 1.1 所示。



图 1.1

注意：

- (1) 本书所有操作均在 Windows 7 系统下进行。
- (2) 如果看到的是图 1.2 所示的查看方式，可以在窗口右上方选择查看方式为“类别”，切换到图 1.1 所示的界面。



图 1.2

1. 关闭防火墙

01 选择“系统和安全”选项，进入图 1.3 所示的界面，选择该面板上的“Windows 防火墙”

选项，进入图 1.4 所示的界面。

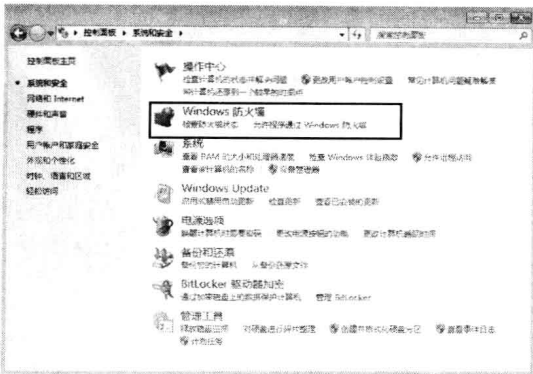


图 1.3



图 1.4

02 选择左侧的“打开或关闭 Windows 防火墙”选项，进入图 1.5 所示的界面，上下两组都选择“关闭 Windows 防火墙”选项，单击“确定”按钮。



图 1.5

03 自动返回到上级窗口后，在地址栏中可以看到“控制面板 > 系统和安全 > Windows 防火墙”路径，单击“控制面板”重新返回控制面板主目录。

2. 设置成不通知系统更改信息

01 在“控制面板”主目录选择“用户账户和家庭安全”选项，进入图 1.6 所示的界面，选择“用户账户”选项，进入图 1.7 所示的界面。



图 1.6



图 1.7