

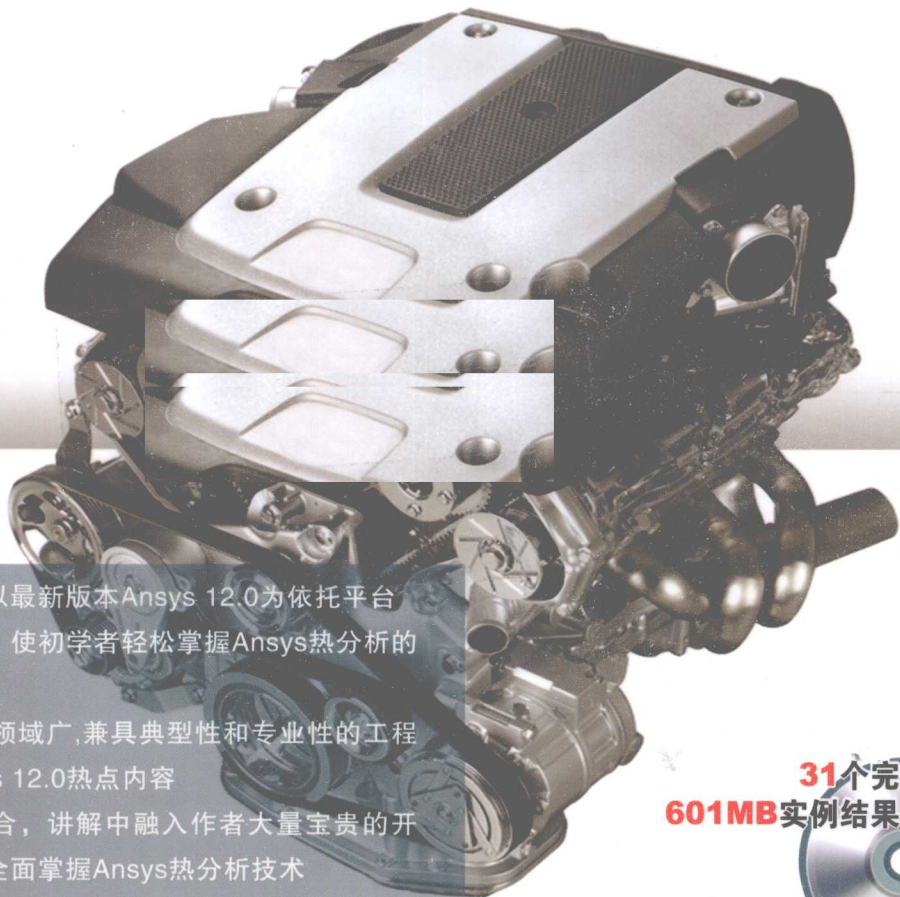
畅销图书升级，再次打造ANSYS热分析**权威图书**！

ANSYS 12.0

热分析工程应用

张朝晖 编著

实战手册



- 融合关键概念，以最新版本Ansys 12.0为依托平台
- 直观的图形界面，使初学者轻松掌握Ansys热分析的基本方法和技巧
- 精挑30多个应用领域广，兼具典型性和专业性的工程实例，探讨Ansys 12.0热点内容
- 理论与实际相结合，讲解中融入作者大量宝贵的开发经验，使读者全面掌握Ansys热分析技术

31个完整实例
601MB实例结果源文件



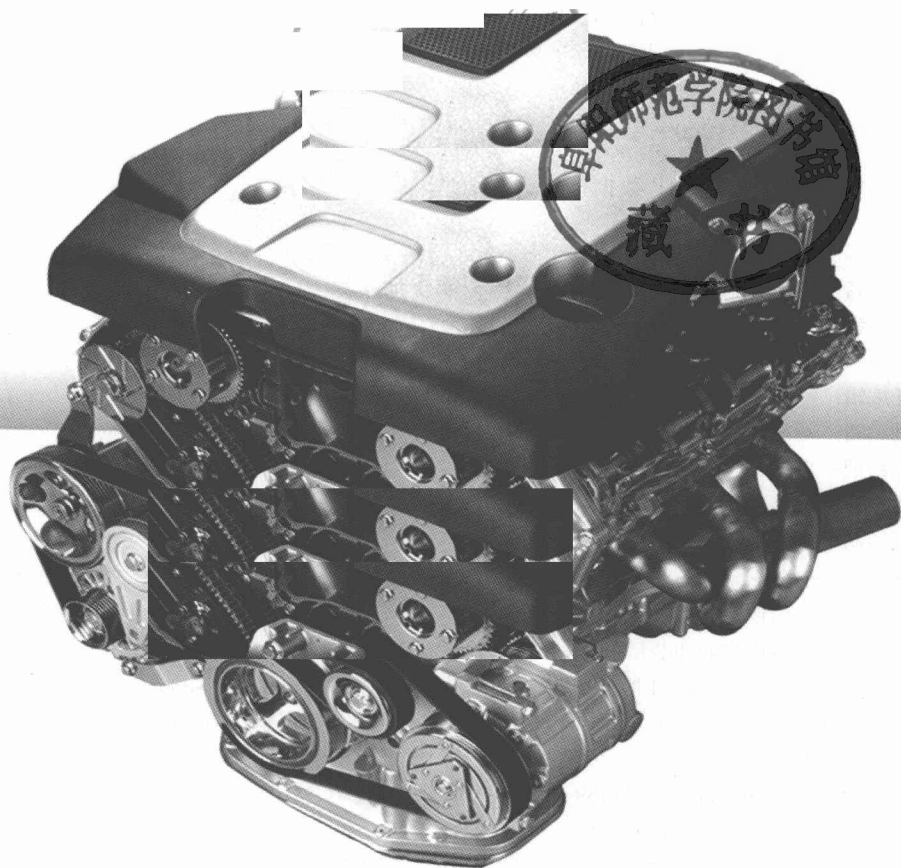
中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

ANSYS 12.0

热分析工程应用

张朝晖 编著

实战手册



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书是讲述通用有限元程序 ANSYS 12.0 在热分析工程领域中应用的学习教程, 全书内容分为两篇 (ANSYS 12.0 热分析理论基础篇和 ANSYS 12.0 热分析工程应用实例解析篇), 共 15 章, 主要包括 ANSYS 12.0 热分析简介、热分析基础知识、稳态热分析、瞬态热分析、辐射热分析、相变分析、热应力分析、流体热分析、热分析高级应用等内容。

本书按照深入浅出的原则, 通过图形用户界面 (GUI) 和命令流方式对众多不同的工程应用问题进行了详细讲解。本书汇集了大量热分析工程应用实例, 主要特色是通过“提示”的形式为读者提供了大量的分析方法和技巧。

本书适用于 ANSYS 软件的初、中级用户, 致力于提高读者应用有限元法和 ANSYS 解决工程实际问题的能力; 也可作为理工科院校相关专业的高年级本科生、研究生及教师学习 ANSYS 软件的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

ANSYS 12.0 热分析工程应用实战手册 / 张朝晖编著

—北京: 中国铁道出版社, 2010.8

ISBN 978-7-113-11489-3

I. ①A… II: ①张… III. ①热分析—有限元分析—应用程序, ANSYS 12.0—手册 IV. ①0657.7-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 100236 号

书 名: ANSYS 12.0 热分析工程应用实战手册

作 者: 张朝晖 编著

责任编辑: 韩中领

读者热线电话: 400-668-0820

特邀编辑: 刘 伟 赵树刚

编辑助理: 惠 敏

封面设计: 王加宝

封面制作: 白 雪

责任印制: 李 佳

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

印 刷: 三河市华业印装厂

版 次: 2010 年 8 月第 1 版

2010 年 8 月第 1 次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印张: 33.25 字数: 792 千

印 数: 3 500 册

书 号: ISBN 978-7-113-11489-3

定 价: 65.00 元 (附赠光盘)

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书, 如有印制质量问题, 请与本社计算机图书批销部联系调换。

ANSYS 软件是集结构、流体、电场、磁场、声场、热分析于一体的大型通用有限元分析软件。它由世界上著名的有限元分析软件公司美国 ANSYS 公司开发,能与多数 CAD 软件配合使用,实现数据的共享和交换,如 Pro/ENGINEER、NASTRAN、Alogor、I-DEAS、AutoCAD 等,是现代产品设计中的高级 CAD 工具之一。在 ANSYS 公司相继收购 ICEM、CFX、CENTURY DYNAMICS、AAVID THERMAL、FLUENT 等世界著名的有限元分析程序制造公司并将产品整合之后,ANSYS 实际上已成为世界上最通用和有效的商用有限元软件。

随着 ANSYS 版本的不断更新、核心技术的不断完善,其应用领域也日益广泛。目前 ANSYS 已广泛应用于机械制造、石油化工、航空航天、汽车交通、土木工程、水利水电、国防军工、电子工程、生物医学、日用家电及能源、造船、地矿等一般的工业和科学研究领域。

1. 本书的意义

本书在相关理论描述的基础上,通过大量、丰富的实例对 ANSYS 12.0 有限元软件的热分析模块进行了详细而具体的介绍,把 ANSYS 12.0 软件热分析模块的学习融入到实际工程问题的解决过程中。

本书所有例题均经过精心设计与筛选,代表性强,并具有实际的工程应用背景,每个例题都通过图形用户界面及命令流两种方式进行详细介绍。对于渴望入门的新手来说,通过对第 1 篇相关知识的学习,可以在较短的时间内快速入门;对于希望解决实际工程问题的高级用户而言,可以通过参考第 2 篇中类似例题的分析思路和求解过程圆满完成任务。

全书内容简洁、明快,给人耳目一新的感觉。本书内容丰富、结构清晰,所举实例代表性较强,具有较强的工程实用价值。

2. 本书导读

本书分为两篇,共 15 章。第 1 篇是 ANSYS 12.0 热分析理论基础,主要介绍 ANSYS 12.0 软件的基本知识、基本操作及利用 ANSYS 12.0 进行稳态热分析、瞬态热分析、辐射热分析、相变分析、热应力分析及流体热分析的基本步骤;第 2 篇是 ANSYS 12.0 热分析工程应用实例解析,主要介绍利用 ANSYS 12.0 进行稳态热分析、瞬态热分析、辐射热分析、相变分析、热应力分析及流体热分析的工程应用实例。

3. 本书约定

本书以 Windows XP 为操作平台介绍了 ANSYS 软件,可以兼容的平台是 Windows NT、Windows 2000。为了便于阅读理解,本书进行如下约定:

- 为了语句更简洁易懂，本书使用“|”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；又如 Main Menu | Preprocessor | Modeling | Reflect | Lines，表示在主菜单中依次选择 Preprocessor、Modeling、Reflect、Lines 菜单，最后出现 Reflect Lines 菜单，其他情形以此类推。
- 在没有特别指明时，“单击”、“双击”和“拖动”表示用鼠标左键操作。
- 为统一起见，本书所有命令流中均采用中文格式，读者在练习过程中须将其修正为英文格式。
- 命令流中“！”号后面的中文为解释说明部分，读者在使用命令流过程中不必输入，同时注意在输入命令过程中采用英文标点符号。

本书由北京理工大学的张朝晖负责策划并主要编写，根据多年的教学经验、使用心得以及多部 ANSYS 及其相关著作的编写思路总结编著了本书，全书实例具有很好的实践操作可行性和很强的参考实用性。

由于编者水平有限，时间仓促，书中缺点与错误在所难免，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: zhang@bit.edu.cn 或 6V1206@gmail.com

编 者

2010 年 3 月

目录

Contents

第 1 篇 ANSYS 12.0 热分析理论	
基础.....	1
Chapter 1 概述.....	2
1.1 ANSYS 12.0 简介.....	3
1.1.1 ANSYS 12.0 发展过程	3
1.1.2 ANSYS 12.0 技术特点	3
1.1.3 ANSYS 12.0 使用环境	4
1.1.4 ANSYS 12.0 程序功能	4
1.1.5 ANSYS 12.0 创新之处	4
1.1.6 ANSYS 12.0 文件系统	8
1.2 ANSYS 12.0 基本操作.....	8
1.2.1 ANSYS 12.0 启动与设置.....	8
1.2.2 ANSYS 12.0 用户界面	10
1.2.3 退出 ANSYS 12.0	11
1.3 ANSYS 12.0 热分析.....	11
1.3.1 ANSYS 12.0 热分析	
概述	11
1.3.2 ANSYS 12.0 热分析基本	
原理	12
1.4 ANSYS 12.0 耦合场分析.....	13
1.4.1 直接耦合法	13
1.4.2 间接耦合法	20
1.4.3 几何模型修正技巧——	
布尔操作	20
1.4.4 图形显示设置技巧——	
字体设置与窗口显示.....	40
1.4.5 结果文件输出技巧——	
图形复制与输出.....	43
1.4.6 生成动画文件技巧——	
动画文件的生成与存储.....	44
Chapter 2 热分析基础知识.....	45
2.1 热分析符号与单位.....	46
2.2 传热学经典理论.....	46
2.3 3 种基本热传递方式.....	47
2.3.1 热传导	47
2.3.2 热对流	47
2.3.3 热辐射	48
2.4 热分析材料基本属性.....	48
2.4.1 比热容 (Specific Heat)	48
2.4.2 焓 (Enthalpy)	49
2.4.3 生热率 (Heat Generation	
Rate)	49
2.5 边界条件与初始条件.....	49
2.5.1 三类边界条件.....	49
2.5.2 初始条件.....	50
2.6 热载荷.....	50
2.7 稳态与瞬态热分析.....	51
2.7.1 稳态传热.....	51
2.7.2 瞬态传热.....	51
2.8 线性与非线性热分析.....	52
Chapter 3 稳态热分析.....	53
3.1 稳态热分析的应用.....	54
3.2 热分析单元.....	54
3.3 稳态热分析基本步骤.....	59
3.3.1 建立有限元模型.....	59
3.3.2 施加载荷.....	63
3.3.3 求解	74
3.3.4 后处理	78
Chapter 4 瞬态热分析.....	79
4.1 瞬态热分析的应用.....	80
4.2 瞬态热分析基本步骤.....	80
4.2.1 建立有限元模型.....	80
4.2.2 施加载荷计算.....	82
4.2.3 求解	84
4.2.4 后处理	86
Chapter 5 辐射热分析.....	88
5.1 辐射热分析的应用.....	89
5.2 辐射热分析常用单元.....	89

5.3 辐射热分析基本概念..... 90	8.2.1 FLOTTRAN 热分析求解 内容..... 126
5.3.1 黑体..... 90	8.2.2 FLOTTRAN 热分析方法... 126
5.3.2 灰体..... 91	8.2.3 FLOTTRAN 热分析的 基本步骤..... 127
5.3.3 角系数..... 91	
5.4 热辐射公式..... 91	第 2 篇 ANSYS 12.0 热分析工程应用
5.4.1 角系数的计算..... 91	实例解析..... 129
5.4.2 热辐射计算方程..... 92	Chapter 9 稳态热分析实例详解... 130
5.5 辐射热分析求解方法..... 92	9.1 实例 1 短圆柱体的热传导 过程..... 131
5.5.1 非隐藏法与隐藏法..... 92	9.1.1 短圆柱体热传导描述... 131
5.5.2 点-点问题..... 94	9.1.2 短圆柱体热传导分析... 131
5.5.3 点-面问题..... 94	9.1.3 2D 建模求解步骤..... 131
5.5.4 面-面问题及 AUX12 矩阵生成器..... 95	9.1.4 3D 建模求解步骤..... 139
5.6 空间节点的使用..... 100	9.2 实例 2 长空心圆柱体的热传导 过程..... 145
Chapter 6 相变分析..... 102	9.2.1 长空心圆柱体热传导 描述..... 145
6.1 相变分析简介..... 103	9.2.2 长空心圆柱体热传导 分析..... 145
6.2 相变分析应注意的问题..... 103	9.2.3 求解步骤..... 145
Chapter 7 热应力分析..... 108	9.3 实例 3 保温筒的对流传热 过程..... 151
7.1 热应力分析简介..... 109	9.3.1 保温筒对流传热描述... 151
7.2 热应力分析单元..... 109	9.3.2 保温筒对流传热分析... 151
7.2.1 直接法进行热应力分析 单元..... 109	9.3.3 求解步骤..... 152
7.2.2 间接法进行热应力分析 单元..... 109	9.4 实例 4 高温炉炉壁的热传导 过程..... 160
7.3 热应力分析基本步骤..... 110	9.4.1 高温炉炉壁的热传导 描述..... 160
7.3.1 直接法进行热应力分析 基本步骤..... 110	9.4.2 高温炉炉壁的热传导 分析..... 160
7.3.2 间接法进行热应力分析 基本步骤..... 122	9.4.3 求解步骤..... 160
Chapter 8 流体热分析..... 124	9.5 实例 5 自适应网格法分析 矩形截面梁对流传热过程..... 168
8.1 FLOTTRAN 热分析简介..... 125	9.5.1 矩形截面梁对流传热 描述..... 168
8.1.1 FLOTTRAN 热分析的 功能..... 125	
8.1.2 FLOTTRAN 热分析的 基本要求..... 125	
8.2 FLOTTRAN 热分析求解..... 126	

9.5.2 矩形截面梁对流传热分析 168

9.5.3 求解步骤 168

9.6 实例 6 长圆柱体圆周受谐响应热载荷 173

9.6.1 圆周受谐响应热载荷描述 173

9.6.2 圆周受谐响应热载荷分析 174

9.6.3 求解步骤 174

9.7 实例 7 导管和罐体结合处的稳态热分析 179

9.7.1 结合处稳态热描述 179

9.7.2 结合处稳态热分析 180

9.7.3 求解步骤 180

9.8 实例 8 热电冷却器工作分析 193

9.8.1 热电冷却器工作描述 193

9.8.2 热电冷却器工作分析 193

9.8.3 求解步骤 194

Chapter 10 瞬态热分析实例
详解.....205

10.1 实例 1 钢球瞬态传热过程分析 206

10.1.1 钢球瞬态传热描述与分析 206

10.1.2 求解步骤 206

10.2 实例 2 型材瞬态传热过程分析 219

10.2.1 型材瞬态传热描述 219

10.2.2 型材瞬态传热分析 220

10.2.3 求解步骤 220

10.3 实例 3 平板承受热载荷 229

10.3.1 平板承受热载荷描述 229

10.3.2 平板承受热载荷分析 229

10.3.3 求解步骤 230

10.4 实例 4 半无限大体受线性变化的温度载荷 237

10.4.1 线性变化的温度载荷描述 237

10.4.2 线性变化的温度载荷分析 237

10.4.3 求解步骤 238

10.5 实例 5 高温铜导线冷却过程分析 246

10.5.1 冷却过程描述 246

10.5.2 冷却过程分析 246

10.5.3 求解步骤 246

10.6 实例 6 带轮淬火过程分析 252

10.6.1 淬火过程描述 252

10.6.2 淬火过程分析 253

10.6.3 求解步骤 253

Chapter 11 辐射热分析实例
详解..... 275

11.1 实例 1 黑体辐射 276

11.1.1 黑体辐射描述 276

11.1.2 黑体辐射分析 276

11.1.3 求解步骤 276

11.2 实例 2 等轴同心圆柱面的辐射传热 281

11.2.1 圆柱面辐射传热描述 281

11.2.2 圆柱面辐射传热分析 281

11.2.3 求解步骤 281

11.3 实例 3 等轴同心圆柱体的辐射传热 292

11.3.1 圆柱体辐射传热描述 292

11.3.2 圆柱体辐射传热分析 293

11.3.3 求解步骤 293

11.4 实例 4 型钢的热辐射过程 304

11.4.1 型钢热辐射描述 304

11.4.2 型钢热辐射分析 305

11.4.3 求解步骤 305

Chapter 12 相变分析实例详解 ... 315

12.1 实例 1 水结冰过程分析 316

12.1.1 水结冰过程描述 316

- 12.1.2 水结冰过程分析..... 316
- 12.1.3 求解步骤 316
- 12.2 实例 2 冰融化过程分析..... 330
 - 12.2.1 冰融化过程描述..... 330
 - 12.2.2 冰融化过程分析..... 330
 - 12.2.3 求解步骤 330
- 12.3 实例 3 铸造过程热分析..... 341
 - 12.3.1 铸造过程热描述..... 341
 - 12.3.2 铸造过程热分析..... 341
 - 12.3.3 求解步骤 341

Chapter 13 热应力分析实例

详解 357

- 13.1 实例 1 圆筒内部热应力分析..... 358
 - 13.1.1 内部热应力描述..... 358
 - 13.1.2 内部热应力分析..... 358
 - 13.1.3 间接法求解步骤..... 358
 - 13.1.4 直接法求解步骤..... 367
- 13.2 实例 2 冷却栅管的热应力分析..... 373
 - 13.2.1 冷却栅管热应力描述... 373
 - 13.2.2 冷却栅管热应力分析... 374
 - 13.2.3 求解步骤 374
- 13.3 实例 3 两个无限长平板热膨胀分析 387
 - 13.3.1 平板热膨胀描述..... 387
 - 13.3.2 平板热膨胀分析..... 388
 - 13.3.3 求解步骤 388
- 13.4 实例 4 包含焊缝的金属板热膨胀分析..... 395
 - 13.4.1 金属板热膨胀描述..... 395
 - 13.4.2 金属板热膨胀分析..... 396
 - 13.4.3 求解步骤 396
- 13.5 实例 5 连杆热应力分析..... 412
 - 13.5.1 连杆热应力描述..... 412
 - 13.5.2 连杆热应力分析..... 412
 - 13.5.3 求解步骤 413

- 13.6 实例 6 热喷涂过程中熔滴在基体表面沉积凝固后的残余应力分析 429
 - 13.6.1 表面沉积残余应力描述 429
 - 13.6.2 表面沉积残余应力分析 430
 - 13.6.3 求解步骤..... 431
- 13.7 实例 7 滑块滑动摩擦生热分析..... 449
 - 13.7.1 摩擦生热描述..... 449
 - 13.7.2 摩擦生热分析..... 449
 - 13.7.3 求解步骤..... 449
- 13.8 实例 8 长纤维增强复合材料梁热膨胀分析 463
 - 13.8.1 复合材料梁热膨胀描述 463
 - 13.8.2 复合材料梁热膨胀分析 464
 - 13.8.3 求解步骤..... 464

Chapter 14 FLOTRAN 热分析实例详解 474

- 14.1 实例 1 层流流体受均匀壁面热通量 475
 - 14.1.1 流体受均匀壁面热通量描述 475
 - 14.1.2 流体受均匀壁面热通量分析 475
 - 14.1.3 求解步骤..... 475
- 14.2 实例 2 空腔中空气的热稳态层流分析..... 490
 - 14.2.1 空腔中空气热稳态描述 490
 - 14.2.2 空腔中空气热稳态分析 491
 - 14.2.3 求解步骤..... 491

Chapter 15 ANSYS 热分析高级应用	
实例	502
15.1 实例 1 二维焊接分析（单元 生死实例）	503
15.2 实例 2 移动温度载荷分析...	511
15.3 实例 3 流固耦合分析.....	513
Appendix 附录.....	517
附录 A: 固体的比热容.....	518
附录 B: 液体的比热容.....	518
附录 C: 材料线的膨胀系数.....	518
附录 D: 常见材料的导热系数.....	519

第 1 篇

ANSYS 12.0 热分析

理论基础

Chapter 1	概述	2
Chapter 2	热分析基础知识	43
Chapter 3	稳态热分析	51
Chapter 4	瞬态热分析	76
Chapter 5	辐射热分析	84
Chapter 6	相变分析	98
Chapter 7	热应力分析	104
Chapter 8	流体热分析	120

此篇主要讲解 ANSYS 12.0 软件的基本知识、基本操作及利用 ANSYS 12.0 进行稳态热分析、瞬态热分析、辐射热分析、相变分析、热应力分析及流体热分析的基本步骤。

通过学习本篇，大家可以初步了解 ANSYS 12.0 软件的相关知识。

Chapter 1

概 述

本章提示

本章向读者介绍 ANSYS 12.0 的发展过程、技术特点、使用环境、程序功能、创新之处、文件系统、基本操作及 ANSYS 12.0 的热分析功能、热分析基本原理和 ANSYS 12.0 中与热相关的耦合场分析的方法和单元。

学习目标

通过本章的学习，读者应掌握 ANSYS 12.0 的基本操作、热分析基本概念、热分析单元以及与热分析相关的耦合场单元，熟悉 ANSYS 12.0 热分析基本原理。

1.1 ANSYS 12.0 简介

ANSYS 程序是融结构、热、流体、电磁、声学于一体的大型通用有限元商用分析软件，可广泛应用于核工业、铁道、石油化工、航空航天、机械制造、能源、电子、造船、汽车交通、国防军工、土木工程、生物医学、轻工、地矿、水利、家用电器等各个领域。该软件可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，ANSYS 文件在其所有的产品系列和工作平台上均兼容；该软件基于 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，此举大大方便了用户操作。它由世界上著名的有限元分析软件公司美国 ANSYS 公司开发的，能与多数 CAD 软件配合使用，实现数据的共享和交换，是现代产品设计中的高级 CAD 工具之一。在 ANSYS 公司相继收购 ICEM、CFX、CENTURY DYNAMICS、AAVID THERMAL、FLUENT 等世界著名有限元分析程序制造公司并将产品整合之后，ANSYS 实际上已成为世界上最通用和有效的商用有限元软件。

1.1.1 ANSYS 12.0 发展过程

ANSYS 公司是由美国匹兹堡大学的 John Swanson 博士在 1970 年创建的，其总部位于美国宾夕法尼亚州的匹兹堡，目前是世界 CAE 行业最大的公司。自创建以来，ANSYS 公司一直致力于设计分析软件的开发，不断吸取新的计算方法和计算技术，领导着世界有限元技术的发展。

ANSYS 程序的最初版本与最新版本 ANSYS 12.0 相比有很大区别，最初版本仅仅提供了热分析和线性分析功能，是一个批处理程序，而且只能在大型计算机上使用。20 世纪 70 年代初，随着非线性、子结构以及更多的单元类型的加入，ANSYS 程序发生了很大的变化，新技术的融入进一步满足了用户的需求。20 世纪 70 年代末，交互方式的加入是该软件最为显著的变化，此举使得模型生成和结果评价大为简化。

1.1.2 ANSYS 12.0 技术特点

与其他有限元计算软件相比，ANSYS 具有以下技术特征：

- 能实现多场及多场耦合功能。
- 集前后处理、分析求解及多场分析于一体。
- 独一无二的优化功能，唯一具有流场优化功能的 CFD 软件。
- 具有强大的非线性分析功能。
- 具备快速求解器。
- 最早采用并行计算技术的 FEA 软件。
- 支持从微机、工作站到巨型机的所有硬件平台。
- 从微机、工作站、大型机直至巨型机，与所有硬件平台的全部数据文件兼容。
- 从微机、工作站、大型机直至巨型机，所有硬件平台具有统一用户界面。

- 可与大多数的 CAD 软件集成并具备接口。
- 可进行智能网格划分。
- 具有多层次多框架的产品系列。
- 具备良好的用户开发环境。

1.1.3 ANSYS 12.0 使用环境

ANSYS 程序是一个功能强大的有限元计算分析软件包。它可运行于 PC、NT 工作站、UNIX 工作站以及巨型计算机等各类计算机及操作系统中，其数据文件在其所有的产品系列和工作平台上均兼容。该软件有多种不同版本，目前最新版本为 ANSYS 12.0 版，其微机版本要求的操作系统为 Windows 95/98/2000/NT/XP，也可运行于 UNIX 系统中；微机版的基本硬件要求为：显示分辨率为 1024×768 像素，显示内存为 2MB 以上，硬盘大于 350MB，推荐使用 17 英寸显示器。

ANSYS 多物理场耦合的功能，允许在同一模型上进行各种耦合计算，如，热-结构耦合、热-电耦合、磁-结构耦合以及热-电-磁-流体耦合，同时在 PC 上生成的模型可运行于工作站及巨型计算机上，所有这一切就保证了 ANSYS 用户对多领域工程问题的求解。

ANSYS 可与多种先进的 CAD（如 AutoCAD、Pro/Engineer、NASTRAN、Alogor、I-DEAS 等）软件共享数据，利用 ANSYS 的数据接口，可以精确地将在 CAD 系统下生成的几何模型数据传输到 ANSYS，并通过必要的修补可准确地在该模型上划分网格并进行求解，这样就可以节省用户在创建模型的过程中所花费的大量时间，使用户的工作效率大幅度提高。

1.1.4 ANSYS 12.0 程序功能

ANSYS 程序主要包括 3 个部分：前处理模块、求解模块和后处理模块。前处理模块提供了一个强大的实体建模及网格划分工具，用户可以方便地构造有限元模型；求解模块包括结构分析（结构线性分析、结构非线性分析和结构高度非线性分析）、热分析、流体动力学分析、电磁场分析、声场分析、压电分析以及多物理场的耦合分析，可模拟多种物理介质的相互作用，具有灵敏度分析及优化分析能力；后处理模块可将计算结果以彩色等值线显示、梯度显示、矢量显示、粒子流显示、立体切片显示、透明及半透明显示等图形方式显示出来，也可将计算结果以图表、曲线形式显示或输出。ANSYS 程序提供了 100 种以上的单元类型，用来模拟实际工程中的各种结构和材料。

启动 ANSYS，进入 ANSYS 图形用户界面。从开始平台（主菜单）可以进入各处理模块：PREP7（通用前处理模块）、SOLUTION（求解模块）、POST1（通用后处理模块）、POST26（时间历程后处理模块）。

1.1.5 ANSYS 12.0 创新之处

作为一个大型的 CAE 分析软件，ANSYS 自 20 世纪 70 年代诞生以来，随着计算机和有限元理论的发展，在各个领域得到了高度评价和广泛应用。伴随着版本的更新，分析能力和

各项操作功能都得到了更好的完善和发展。ANSYS 12.0 不仅在计算速度上进行了改进，同时还增强了软件的几何处理、网格划分和后处理等能力。另外，它还将创新的仿真技术引入各主要物理学科。这些改进代表了仿真驱动产品的发展又向前迈出了一步。

1. 新功能

在结构力学方面，ANSYS 12.0 将许多新增功能及工具整合到 ANSYS Workbench 平台中，缩短了整体求解时间。而且在单元、材料、接触、求解性能、线性动力学、刚体动力学及柔体动力学上也集中进行了改进。在单元方面，ANSYS 12.0 还引进了用于超弹性或成型过程中模拟复杂几何结构的 4 节点四面体单元，此举缩短了从几何建模到求解的分析时间，同时保证了求解的精度；在材料方面，ANSYS 12.0 引入了几种新材料模型，如 Gurson 材料，可用于模拟聚合物及聚合物复合材料等；另外，ANSYS 12.0 增强了高级接触属性，开发了包含许多附加接触模拟特征，包括新增接触算法、自动去除过约束、接触对修整等功能，使接触问题的求解得到了极大改进，缩短了求解时间，加快了求解速度；ANSYS 12.0 新增了一个模态求解器，称为 SNODE，用于求解大模型（超过 100 万自由度）的大数量振型（几百阶振型）；此外，并行求解器 DANTSYS 的功能也进行了改进，支持低频电磁分析、高频电磁分析、PSTRESS、PSOLVE 及循环对称分析，可以有效地解决电磁问题、转子动力学问题及循环对称和应力强化问题。

在流体力学方面，ANSYS 12.0 将流体产品完全整合进 ANSYS Workbench 环境，可在该环境下进行仿真工作流程的管理。另外，ANSYS CFX 和 ANSYS Fluent 求解器速度已经提高了 10%~20%，甚至更多。ANSYS Fluent 通过显式松弛增加了密度基隐式求解器的稳健性，采用递推映射方法选项来提高稳定性（耦合压力基求解器），极大地增强了求解器性能。另外，程序的易用性在很多方面也得到了提高。ANSYS Fluent 采用单视图用户图形界面，以便和 Workbench 中的其他分析应用保持一致，同时改进了 TUI 日志的鲁棒性，扩展了 Case Check 的推荐功能，在用户界面发展史上又前进了一步。ANSYS CFX 软件界面风格上的主要改进在于增加了图形用户界面（GUI）。ANSYS 12.0 的一个新功能是允许用户定制界面外观，包括创建附加输入面板。用户定制面板通过 GUI 布局和必要的输入进行用户控制，将常用操作及基本过程封装在一起。

在仿真过程及数据管理方面，ANSYS 12.0 将仿真和设计不断整合，使有效的合作和交流成为产品开发必不可少的一部分。ANSYS 工程知识管理（EKM）解决方案旨在解决仿真过程和数据管理（SPDM）难题。ANSYS EKM 内容包括如何更好地管理、共享、重复使用仿真数据以及如何更好地捕捉和重复使用仿真结果等工程专业技术。ANSYS EKM 共有 3 个版本：ANSYS EKM Desktop、ANSYS EKM Workgroup 和 ANSYS EKM Enterprise。这 3 个版本分别面向个人用户、工作组及企业级用户。ANSYS EKM Desktop 是 ANSYS EKM 产品中单用户、局部环境版本，作为 ANSYS 12.0 的一部分，已经集成于 ANSYS Workbench 环境，通过提供数据搜索、修补和报告特性，可满足单个用户的数据管理需求，提高生产力和效率。

ANSYS Workbench 2.0 在工程页引入了工程图解的概念，通过该项功能，一个复杂的包含多场分析的物理问题，可通过系统间的连接实现相关性。此外，ANSYS Workbench 2.0 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（UI）工具包和标准的

数据接口。在 ANSYS 12.0 版本中，工程数据和 DesignXplorer 将不再是独立的应用程序，通过 UI 工具箱它们被重新设计整合在 ANSYS Workbench 工程页下。尽管工程页进行了较大调整，但 Workbench 的核心应用程序及操作界面并无大的改变。在这个创新的框架下，工程师可以完成一个完整的仿真分析，包括 CAD 集成、几何修改和网格划分。工程页的概念图解指导用户完成复杂的分析，说明和明确数据关系，捕捉自动化过程。

另外，ANSYS 12.0 增强了 Workbench 环境下创建几何结构的功能，提供了更多的自动化功能和更强的适应性，增加了合并、连接和映射等功能，用于曲面建模。新增工具可以自动探测处理常见问题，如小边、碎面、孔洞、裂痕以及尖角面。新版本对几何模型的修改和处理速度更快。

ANSYS 12.0 提供的自动网格划分解决方案在流体动力学中取得了很好的结果。应用 GAMBIT 和 TGrid 的网格附加功能，ANSYS 12.0 可以在用户输入最少的条件下自动生成 CFD 合适的四面体网格。另外，它融合了高级尺寸函数（与 GAMBIT 相似）、棱柱及四面体网格（来自 TGRID）及其他网格划分技术，改进了网格平滑度、网格质量、划分速度、曲率近似功能捕捉、边界分层捕捉等功能。尽管许多功能是出于流体动力学的应用而改进的，但是它们仍然可以用于其他仿真分析应用。例如，进行结构分析的用户可以应用这些功能，得到自动化和高质量的网格。新增多区域网格划分方法使用户在不进行几何分割的情况下，可以对复杂的几何模型划分纯六面体网格。

ANSYS 在 R12.0 显式动力学领域倾注了大量的精力，包括附加新产品，使该技术对于无使用经验者也易于使用。另外，增强了 ANSYS LS-DYNA 和 ANSYS AUTODYN 产品功能，为用户提供了更大的便利。ANSYS 12.0 新增了 ANSYS Explicit STR 软件，它基于 ANSYS AUTODYN 产品的拉氏算子部分，是 ANSYS Workbench 界面第一个本地显式软件。该技术可用于满足固体、流体、气体及它们之间相互作用的非线性动力学仿真，对已有 Workbench 环境使用经验的用户，该软件有更好的适用性。

ANSYS 12.0 扩展了多场求解功能。新增功能及增强功能可以处理直接耦合和顺序耦合的多物理场问题，ANSYS Workbench 下的多场仿真速度比以前更快。ANSYS 求解器技术的整合在 12.0 版本往前迈出了很大一步，它将求解器技术整合在一个统一的仿真环境中，为多场求解提供了更有效的工作流程。ANSYS 12.0 扩展了分布式稀疏求解器功能，支持共享和分布式计算环境下的非对称和复杂矩阵。这种新的求解技术极大地缩短了某些直接耦合解决方案的执行时间，如包含 Pelbier 和 Seebeck 效应的耦合场分析及热电耦合分析等。此外，ANSYS 12.0 可以应用直接耦合单元模拟多孔介质的渗流问题。

2. 新单元

ANSYS 12.0 提供了如表 1.1 所示的新单元。

表 1.1 ANSYS 12.0 提供的新单元

单元类型	功能
MPC184-Screw	2 节点多约束螺管接头单元，用于螺管连接分析
CPT212	2D-4 节点气孔压力固体力学耦合单元，用于多孔材料（岩石、土壤、骨头、软组织等固体骨架中含有液体介质）的固液耦合分析

(续表)

单元类型	功 能
CPT213	2D-8 节点气孔压力固体力学耦合单元, 用于多孔材料 (岩石、土壤、骨头、软组织等固体骨架中含有液体介质) 的固液耦合分析
CPT215	3D-8 节点气孔压力固体力学耦合单元, 用于多孔材料 (岩石、土壤、骨头、软组织等固体骨架中含有液体介质) 的固液耦合分析
CPT216	3D-20 节点气孔压力固体力学耦合单元, 用于多孔材料 (岩石、土壤、骨头、软组织等固体骨架中含有液体介质) 的固液耦合分析
CPT217	3D-10 节点气孔压力固体力学耦合单元, 用于多孔材料 (岩石、土壤、骨头、软组织等固体骨架中含有液体介质) 的固液耦合分析
SOLID237	3D-10 节点电磁场单元, 用于电磁场分析
REINF264	3D 不连续增强单元, 用于增强 3D 线、梁、壳及结构单元
SOLID272	轴对称固体单元, 4 层节点, 用于不可压缩的弹塑性或超弹性结构分析
SOLID273	轴对称固体单元, 8 层节点, 用于不可压缩的弹塑性或超弹性结构分析
SOLID285	3D-4 节点四面体结构单元, 用于弹塑性、超弹性、蠕变、应力钢化、大变形及大应变结构分析
PIPE288	3D-2 节点管单元, 用于管结构分析
PIPE289	3D-3 节点管单元, 用于管结构分析
ELBOW290	3D-3 节点单元, 用于具有初始圆环截面的薄壁管结构分析

ANSYS 12.0 不支持的单元如表 1.2 所示。

表 1.2 ANSYS 12.0 不支持的单元

单元类型	可替代的单元类型
SHELL43	SHELL181
SOLID46	SOLID185(KEYOPT(3)=1), SOLSH190
VISCO88	PLANE183
VISCO89	SOLID186
SHELL91	SHELL281
SHELL93	SHELL281
SHELL99	SHELL281
VISCO106	PLANE182
VISCO107	SOLID185
VISCO108	PLANE183
SOLID191	SOLID186(KEYOPT(3)=1)

此外, COMBIN14、HF119、HF120、PLANE121、PLANE230、TARGE169、TARGE170、CONTA171、CONTA172、CONTA173、CONTA174、CONTA175、CONTA176、CONTA177、