

CAX工程应用丛书

ANSYS 14.0

热力学分析从入门到精通

- 以热力学有限元分析方法为基础，结合作者的工程经验，理论与实践并重
- 丰富的工程案例，涵盖了ANSYS在热分析领域中的大部分重要应用
- **本书主要教学实例：**稳态热分析、瞬态热分析、辐射热分析、相变分析、流体热分析、热-应力分析、热-结构耦合分析、高级应用实例

凌桂龙 编著



本书实例的几何模型与有限元分析模型、分析结果文件



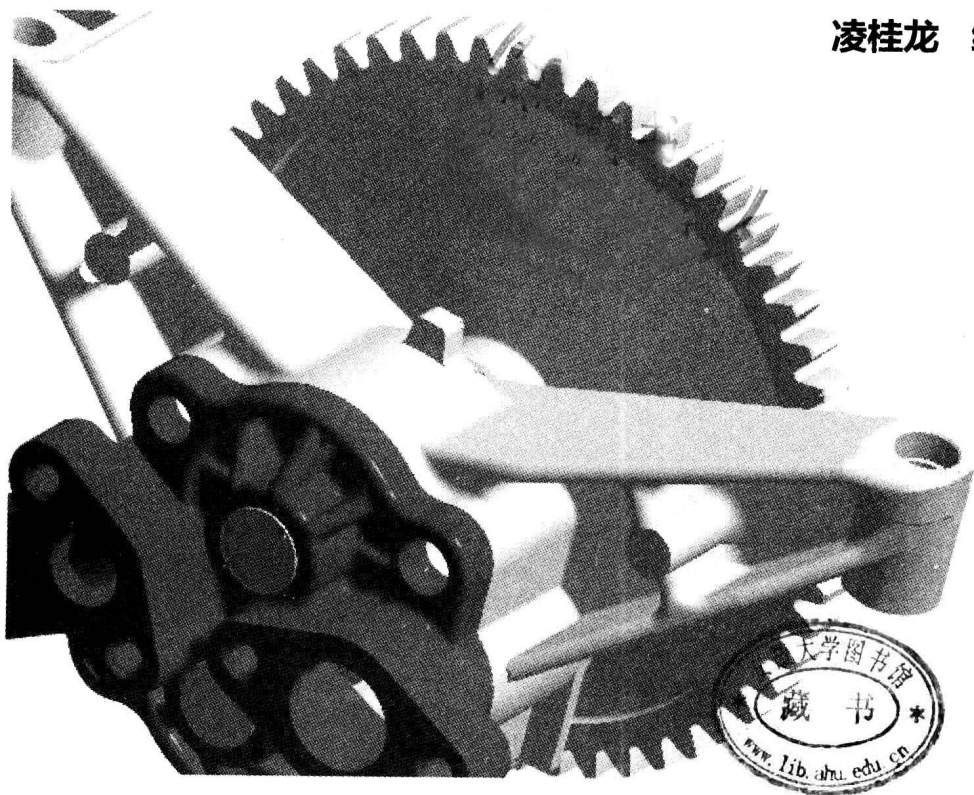
清华大学出版社

CAX工程应用丛书

ANSYS 14.0

热力学分析从入门到精通

凌桂龙 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是以有限元分析方法为基础,结合作者多年的使用和开发经验,通过丰富的工程应用实例,将 ANSYS 14.0 在热分析工程领域中的应用详细介绍给读者。

全书包括基础内容与案例应用两部分(共 14 章),其中基础内容包括:ANSYS 14.0 简介、ANSYS 前处理、ANSYS 加载和求解、ANSYS 后处理、非线性热分析等;案例应用部分包括:稳态热分析、瞬态热分析、热辐射分析、相变分析、流体热分析、热-结构耦合分析和高级应用技术等内容。本书按照深入浅出的原则,通过详细的图形用户界面和命令流方式对不同的工程应用问题进行详细的讲解,并在讲解过程中穿插“提示”、“注意”和“技巧”等,为读者提供了大量的分析方法和使用技巧。本书光盘配有书中实例的有限元模型、APDL 语言代码以及计算结果等,方便读者查阅和参考。

本书内容翔实,适合理工院校相关专业的硕士研究生、博士研究生及教师使用,也可以作为 ANSYS 学习教材供高等院校学生及科研院所研究人员使用,还可以作为从事热分析领域科学技术研究的工程技术人员的参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售

版权所有,侵权必究 侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

ANSYS 14.0 热力学分析从入门到精通 / 凌桂龙编著. —北京:清华大学出版社, 2013.6

(CAX 工程应用丛书)

ISBN 978-7-302-31708-1

I. ①A… II. ①凌… III. ①热力学—有限元分析—应用程序 IV. ①O414.1-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 048706 号

责任编辑:王金柱

封面设计:王翔

责任校对:闫秀华

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印刷者:清华大学印刷厂

装订者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:190mm×260mm 印 张:34.25 字 数:877 千字

附光盘 1 张

版 次:2013 年 6 月第 1 版

印 次:2013 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:78.00 元

前言

随着计算机科学与应用技术的发展,有限元理论日益完善,随之涌现了一大批比较成熟的通用和专业的有限元计算商业软件。ANSYS 作为最著名的和有效的商用有限元软件之一,集结构、传热、流体、电磁、碰撞爆破分析于一体,具有强大的前后处理及计算分析能力,能够进行多场耦合,以及结构-热、流体-结构、电-磁场等的耦合处理求解。

自 1996 年 ANSYS 落户我国以来,ANSYS 以其强大功能、可靠质量、良好的市场开拓,得到了我国 CAE 界的广泛认可和青睐,用于土木工程、机械制造、汽车工业、水利工程、航空航天、石油化工、生物医学等多方面,为各行业的设计研究攻关做出了重要贡献。

本书以 ANSYS 14.0 为软件平台,对 ANSYS 热分析及与热分析相关的耦合场分析的理论基础、基本思路、操作步骤和应用技巧进行介绍,并结合工程应用实例讲述 ANSYS 具体工程应用方法。全书共 14 章,各章内容安排如下。

第 1 章: ANSYS 14.0 简介,主要讲解 ANSYS 热分析的基本原理、ANSYS 热分析的操作流程和主要界面介绍。

第 2 章: ANSYS 前处理,主要讲解有限元模型建立的基础,其中包括定义单元类型和材料属性、工作平面与坐标系、创建几何模型、划分网格等。

第 3 章: ANSYS 加载和求解,主要讲解热分析载荷的分类、施加和操作方法、求解设置以及求解过程处理等。

第 4 章: ANSYS 后处理,主要讲解通用后处理器的操作,包括结果读取、图形显示、结果列表、结果查看器、基于单元表的结果处理、基于路径的结果处理,以及时间-历程后处理器的变量定义、变量运算、变量查看等相关操作。

第 5 章: 非线性热分析,主要讲解非线性热分析的特点、求解原理,以及非线性热分析的主要操作步骤、相关设置。

第 6 章: 稳态热分析及实例详解,主要讲解 ANSYS 稳态热分析的基本操作步骤,并介绍电线生热、飞机双层窗、肋片换热等操作步骤。

第 7 章: 瞬态热分析及实例详解,主要讲解 ANSYS 瞬态热分析的边界条件、求解选项的设置,以及基本操作步骤,并介绍了钢锭加热、钢制零件冷却、铁块和铜块在水箱中冷却过程的 ANSYS 瞬态热分析等操作步骤。

第 8 章: 热辐射分析及实例详解,主要讲解 ANSYS 热辐射分析的基本方法和操作步骤,并介绍了黑体辐射、圆台辐射传热、同心圆环间的辐射传热、非同心圆环间的辐射传热等 ANSYS 热辐射分析等操作步骤。

第 9 章: 相变分析及实例详解,主要讲解 ANSYS 相变分析的基本步骤,并介绍冰融化、某零件铸造过程等操作步骤。

第 10 章：FLOTTRAN CFD 分析及实例详解，主要讲解 FLOTTRAN CFD 分析的基础知识和基本步骤，并介绍正方体内不同温度引起的流动、正方体内考虑辐射流动等操作步骤。

第 11 章：自适应网格划分和单元生死技术分析及实例详解，主要讲解在热分析中应用到的自适应网格划分和单元生死技术的基础知识和基本操作步骤，并介绍二维对流传热的自适应分析、两焊缝在顺序焊接中应用单元生死技术等操作步骤。

第 12 章：热-结构耦合分析及实例详解，主要讲解 ANSYS 耦合场分析，特别是热-结构耦合分析的基本步骤，并介绍厚壁圆筒、不同热膨胀系数的两物体、两接触物体的热-应力耦合分析，以及圆柱形坯料镦粗过程分析等操作步骤。

第 13 章：摩擦生热分析及实例详解，主要讲解 ANSYS 摩擦生热分析的基本步骤，并介绍两物体相互滑动、两物体相互转动过程等操作步骤。

第 14 章：ANSYS 高级应用实例详解，主要介绍流体流动过程、地下水的渗流过程、电线电-热耦合分析、微型控制器电-热-应力耦合分析、TABLE 表加载载荷等操作步骤。

本书适合于 ANSYS 热分析的初学者和期望提高热分析工程应用能力的读者阅读，所举实例具有典型性和新颖性。本书附赠的光盘中，包括所有实例的 db 文件、计算结果、APDL 的程序文件，供读者在学习过程中直接导入使用，以减少建立几何模型的繁琐操作，使读者能够轻松、快捷地掌握 ANSYS 14.0 热分析的操作技巧和应用方法。

本书由凌桂龙编著，另外，何嘉扬、张杨、周文华、丁学英、吕广宪、孙万泉、黄利、王清、唐明明、张小勇、吴永福、郑明辉、刘力、陈磊、李秀峰等也参与了本书的编写工作，在此一并表示感谢。

ANSYS 本身是一个庞大的资源库与知识库，本书虽然卷帙浩繁，作者在本书的编写过程中力求叙述准确、完善，但仍难窥其全貌，再加上编者水平有限，书中欠妥之处在所难免，希望读者和同仁能够及时指出，共同促进本书质量的提高。

读者在学习过程中若遇到与本书有关的问题，可以发邮件到编者邮箱 comshu@126.com，编者会尽快给予解答。

编者
2013.03

目录

第 1 章 ANSYS 14.0 简介	1
1.1 ANSYS 发展历程及功能简介	1
1.1.1 发展历程	1
1.1.2 主要功能	2
1.1.3 ANSYS 14.0 新功能	3
1.2 ANSYS 热分析简介	4
1.2.1 热分析的符号与单位	4
1.2.2 热传递的方式	6
1.2.3 热力学第一定律	7
1.2.4 热分析的控制方程	8
1.2.5 热分析的功能	8
1.3 ANSYS 常见操作	9
1.3.1 ANSYS 的启动设置	9
1.3.2 ANSYS 的用户界面介绍	10
1.3.3 ANSYS 操作流程	12
1.4 ANSYS 热分析案例详解	14
1.4.1 案例介绍	14
1.4.2 GUI 操作流程	15
1.4.3 APDL 命令程序	25
1.5 本章小结	26
第 2 章 ANSYS 前处理	27
2.1 定义单元类型	27
2.1.1 平面单元	27
2.1.2 体单元	29
2.1.3 壳单元	31
2.1.4 热辐射单元 LINK31	31
2.1.5 热传导单元 LINK33	32
2.1.6 热对流单元 LINK34	32
2.1.7 热耦合场单元	32
2.1.8 特殊单元	35
2.1.9 单元类型定义命令	37
2.2 定义材料属性	39
2.3 定义坐标系	42

2.3.1	总体和局部坐标系.....	42
2.3.2	显示坐标系.....	46
2.3.3	节点坐标系.....	46
2.3.4	单元坐标系.....	46
2.3.5	结果坐标系.....	47
2.4	使用工作平面.....	47
2.4.1	定义工作平面.....	47
2.4.2	列表工作平面.....	48
2.4.3	移动工作平面.....	48
2.4.4	旋转工作平面.....	48
2.5	创建几何模型.....	49
2.5.1	建立图元.....	50
2.5.2	建立模型.....	60
2.5.3	选取图元.....	61
2.5.4	布尔运算.....	65
2.5.5	其他操作.....	68
2.6	划分网格及建立有限元模型.....	70
2.6.1	网格划分的方法分类.....	70
2.6.2	网格划分的一般步骤.....	72
2.6.3	应用 MeshTool 进行网格划分.....	72
2.6.4	应用 Meshing 菜单进行网格划分.....	74
2.6.5	直接生成有限元模型.....	82
2.7	本章小结.....	83
第 3 章	ANSYS 加载和求解.....	84
3.1	热分析载荷概述.....	84
3.1.1	热分析载荷施加对象.....	84
3.1.2	热分析载荷分类.....	84
3.1.3	热载荷和边界条件注意事项.....	86
3.1.4	载荷步、子步和平衡迭代.....	86
3.1.5	时间参数.....	86
3.2	施加载荷和操作.....	87
3.2.1	施加常数载荷.....	87
3.2.2	利用表格和函数施加载荷.....	90
3.2.3	多步载荷操作.....	92
3.2.4	删除载荷.....	93
3.2.5	其他操作.....	94
3.3	求解设置.....	94
3.3.1	新分析 (New Analysis).....	95
3.3.2	求解控制 (Solution Controls).....	95
3.3.3	输出设置 (Output Ctrl).....	98
3.4	求解过程处理.....	99
3.5	本章小结.....	101

第 4 章 ANSYS 后处理	102
4.1 后处理概述.....	102
4.1.1 通用后处理器.....	102
4.1.2 时间-历程后处理器.....	103
4.2 通用后处理器.....	103
4.2.1 结果文件读入通用后处理器.....	103
4.2.2 设置结果输出方式.....	104
4.2.3 图形显示计算结果.....	105
4.2.4 列表显示计算结果.....	107
4.2.5 结果查看器.....	109
4.2.6 基于单元表的结果处理.....	110
4.2.7 基于路径的结果处理.....	112
4.3 时间-历程后处理器.....	114
4.3.1 时间-历程后处理器概述.....	114
4.3.2 进入时间-历程后处理器.....	114
4.3.3 定义时间-历程变量.....	114
4.3.4 处理时间-历程变量.....	115
4.3.5 显示时间-历程变量曲线.....	116
4.3.6 时间-历程变量观察器.....	117
4.4 本章小结.....	118
第 5 章 非线性热分析	120
5.1 非线性热分析的特点.....	120
5.2 非线性热分析的求解原理.....	121
5.3 非线性热分析的步骤.....	122
5.4 本章小结.....	127
第 6 章 稳态热分析及实例详解	128
6.1 稳态热分析概述.....	128
6.2 稳态热分析的基本步骤.....	128
6.3 实例 1: 电线温度分布分析.....	129
6.3.1 问题描述.....	129
6.3.2 问题分析.....	130
6.3.3 GUI 操作步骤.....	130
6.3.4 APDL 命令程序.....	151
6.4 实例 2: 飞机双层窗的温度分布分析.....	154
6.4.1 问题描述.....	154
6.4.2 问题分析.....	155
6.4.3 GUI 操作步骤.....	155
6.4.4 APDL 命令程序.....	165
6.5 实例 3: 肋片换热分析.....	167
6.5.1 问题描述.....	167
6.5.2 问题分析.....	167

6.5.3	GUI 操作步骤.....	168
6.5.4	APDL 命令程序.....	176
6.6	本章小结.....	179
第 7 章	瞬态热分析及实例详解	180
7.1	瞬态热分析概述.....	180
7.1.1	瞬态热分析特性.....	180
7.1.2	控制方程.....	181
7.1.3	预测时间积分与时间步长.....	181
7.1.4	数值求解过程.....	182
7.1.5	施加初始条件.....	183
7.1.6	设置求解选项.....	184
7.1.7	评估瞬态分析准确程度.....	185
7.2	瞬态热分析的基本步骤	186
7.3	实例 1: 钢锭加热过程分析	186
7.3.1	问题描述.....	186
7.3.2	问题分析.....	187
7.3.3	GUI 操作步骤.....	187
7.3.4	APDL 命令程序	198
7.4	实例 2: 钢制零件冷却过程分析	201
7.4.1	问题描述.....	201
7.4.2	问题分析.....	201
7.4.3	GUI 操作步骤.....	201
7.4.4	APDL 命令程序	211
7.5	实例 3: 铁块和铜块在水箱中的冷却过程分析	214
7.5.1	问题描述.....	214
7.5.2	问题分析.....	214
7.5.3	GUI 操作步骤.....	214
7.5.4	APDL 命令程序	226
7.6	本章小结.....	229
第 8 章	热辐射分析及实例详解	230
8.1	热辐射分析概述.....	230
8.1.1	热辐射的特性.....	230
8.1.2	热辐射的基本术语.....	230
8.1.3	热辐射的处理方法.....	233
8.1.4	热辐射中使用的概念.....	234
8.2	ANSYS 辐射模型	235
8.2.1	使用辐射线单元建立辐射模型.....	235
8.2.2	使用表面效应单元建立辐射模型.....	236
8.2.3	使用辐射矩阵单元建立辐射模型.....	238
8.2.4	使用光能传递求解方法建立辐射模型.....	241
8.3	实例 1: 黑体辐射分析	245

8.3.1	问题描述.....	245
8.3.2	问题分析.....	246
8.3.3	GUI 操作步骤.....	246
8.3.4	APDL 命令程序.....	250
8.4	实例 2: 圆台的辐射传热分析.....	251
8.4.1	问题描述.....	251
8.4.2	问题分析.....	251
8.4.3	GUI 操作步骤.....	251
8.4.4	APDL 命令程序.....	259
8.5	实例 3: 同心圆环间的辐射传热分析.....	260
8.5.1	问题描述.....	260
8.5.2	问题分析.....	261
8.5.3	GUI 操作步骤.....	261
8.5.4	APDL 命令程序.....	270
8.6	实例 4: 非同心圆环间的辐射传热分析.....	272
8.6.1	问题描述.....	272
8.6.2	问题分析.....	272
8.6.3	GUI 操作步骤.....	272
8.6.4	APDL 命令程序.....	280
8.7	本章小结.....	281
第 9 章	相变分析及实例详解.....	282
9.1	相变概述.....	282
9.1.1	相和相变.....	282
9.1.2	潜在热量和焓.....	282
9.2	相变分析的基本思路及求解设置.....	283
9.2.1	相变分析的基本思路.....	283
9.2.2	相变分析的求解设置.....	285
9.3	实例 1: 冰融化过程分析.....	287
9.3.1	问题描述.....	287
9.3.2	问题分析.....	288
9.3.3	GUI 操作步骤.....	288
9.3.4	APDL 命令程序.....	298
9.4	实例 2: 某零件铸造过程分析.....	301
9.4.1	问题描述.....	301
9.4.2	问题分析.....	302
9.4.3	GUI 操作步骤.....	302
9.4.4	APDL 命令程序.....	315
9.5	本章小结.....	318
第 10 章	FLOTRAN CFD 分析及实例详解.....	319
10.1	FLOTRAN CFD 分析概述.....	319
10.1.1	FLOTRAN CFD 分析的概念.....	319

10.1.2	FLOTRAN CFD 分析的种类.....	319
10.2	FLOTRAN CFD 分析基础.....	320
10.2.1	FLOTRAN CFD 单元的特点.....	320
10.2.2	FLOTRAN CFD 分析的主要步骤.....	321
10.2.3	FLOTRAN CFD 分析产生的文件.....	322
10.2.4	FLOTRAN CFD 分析的局限及注意事项.....	323
10.2.5	FLOTRAN CFD 分析中提高收敛性和稳定性的工具.....	324
10.2.6	FLOTRAN 分析过程中应处理的问题.....	325
10.3	实例 1: 正方体内不同温度引起的流动分析.....	328
10.3.1	问题描述.....	328
10.3.2	问题分析.....	328
10.3.3	GUI 操作步骤.....	328
10.3.4	APDL 命令程序.....	336
10.4	实例 2: 考虑辐射的正方体内的流动分析.....	338
10.4.1	问题描述.....	338
10.4.2	问题分析.....	338
10.4.3	GUI 操作步骤.....	338
10.4.4	APDL 命令程序.....	342
10.5	本章小结.....	344
第 11 章	自适应网格划分和单元生死技术分析及实例详解.....	345
11.1	自适应网格划分技术.....	345
11.1.1	自适应网格划分技术的定义.....	345
11.1.2	自适应网格划分技术的先决条件.....	345
11.1.3	自适应网格划分技术的应用方法.....	346
11.1.4	自适应网格划分技术的说明.....	349
11.2	实例 1: 二维对流传热的自适应分析.....	350
11.2.1	问题描述.....	350
11.2.2	问题分析.....	350
11.2.3	GUI 操作步骤.....	350
11.2.4	APDL 命令程序.....	355
11.3	单元生死技术.....	356
11.3.1	单元生死的定义.....	356
11.3.2	单元生死的基本原理.....	357
11.3.3	单元生死技术的应用方法.....	357
11.3.4	使用 ANSYS 结果控制单元生死.....	360
11.3.5	单元生死技术的注意事项.....	361
11.4	实例 2: 两焊缝在顺序焊接过程中分析.....	362
11.4.1	问题描述.....	362
11.4.2	问题分析.....	362
11.4.3	GUI 操作步骤.....	363
11.4.4	APDL 命令程序.....	378
11.5	本章小结.....	381

第 12 章 热-结构耦合分析及实例详解	382
12.1 耦合场分析概述.....	382
12.1.1 耦合场分析的定义.....	382
12.1.2 耦合场分析的类型.....	382
12.1.3 直接和间接耦合分析.....	385
12.2 间接热-应力耦合分析.....	387
12.2.1 间接耦合分析的特点.....	387
12.2.2 间接耦合分析的基本过程.....	387
12.2.3 间接耦合分析的基本操作步骤.....	390
12.2.4 使用物理环境方法运行间接耦合场分析.....	391
12.3 直接热-应力耦合分析.....	392
12.4 实例 1: 厚壁圆筒的热-应力耦合分析.....	393
12.4.1 问题描述.....	393
12.4.2 问题分析.....	393
12.4.3 GUI 操作步骤.....	394
12.4.4 APDL 命令程序.....	408
12.5 实例 2: 两种不同膨胀系数的物体热-应力分析.....	410
12.5.1 问题描述.....	410
12.5.2 问题分析.....	410
12.5.3 GUI 操作步骤.....	410
12.5.4 APDL 命令程序.....	420
12.6 实例 3: 两接触物体热-应力耦合分析.....	421
12.6.1 问题描述.....	421
12.6.2 问题分析.....	421
12.6.3 GUI 操作步骤.....	422
12.6.4 APDL 命令程序.....	436
12.7 实例 4: 圆柱形坯料墩粗过程分析.....	438
12.7.1 问题描述.....	438
12.7.2 问题分析.....	439
12.7.3 GUI 操作步骤.....	439
12.7.4 APDL 命令程序.....	453
12.8 本章小结.....	460
第 13 章 摩擦生热分析及实例详解	461
13.1 摩擦生热的计算方法.....	461
13.2 实例 1: 两物体相互滑动过程中的摩擦生热分析.....	461
13.2.1 问题描述.....	461
13.2.2 问题分析.....	462
13.2.3 GUI 操作步骤.....	462
13.2.4 APDL 命令程序.....	471
13.3 实例 2: 两物体相对转动过程中的摩擦生热分析.....	473
13.3.1 问题描述.....	473
13.3.2 问题分析.....	474

13.3.3	GUI 操作步骤.....	474
13.3.4	APDL 命令程序	482
13.4	本章小结.....	486
第 14 章	ANSYS 高级应用实例详解	487
14.1	实例 1: 流体流动过程分析	487
14.1.1	问题描述.....	487
14.1.2	问题分析.....	487
14.1.3	GUI 操作步骤.....	488
14.1.4	APDL 命令程序	492
14.2	实例 2: 地下水的渗流过程分析	494
14.2.1	问题描述.....	494
14.2.2	问题分析.....	495
14.2.3	GUI 操作步骤.....	495
14.2.4	APDL 命令程序	499
14.3	实例 3: 电线电-热耦合分析	500
14.3.1	问题描述.....	500
14.3.2	问题分析.....	500
14.3.3	GUI 操作步骤.....	500
14.3.4	APDL 命令程序	508
14.4	实例 4: 微型控制器电-热-应力耦合分析.....	510
14.4.1	问题描述.....	510
14.4.2	问题分析.....	511
14.4.3	GUI 操作步骤.....	511
14.4.4	APDL 命令程序	522
14.5	实例 5: 使用 TABLE 表加载载荷分析	525
14.5.1	问题描述.....	525
14.5.2	问题分析.....	526
14.5.3	GUI 操作步骤.....	526
14.5.4	APDL 命令程序	533
14.6	本章小结.....	535
	参考文献.....	536

第1章 ANSYS 14.0 简介

ANSYS 软件具备电、磁、热、结构、声学 and 流场等多物理场分析的功能，主要包括前处理、求解和后处理 3 个处理模块。本章首先对 ANSYS 软件的发展历程和主要功能做简单介绍。然后介绍 ANSYS 热分析的基本原理和分析能力，并针对 ANSYS 软件的主要操作流程和用户界面做详细介绍。最后，通过一个案例的详细指导操作，让读者对 ANSYS 软件的用户界面以及热分析操作过程有基本的了解。

学习目标

- 了解 ANSYS 发展历程及主要功能。
- 了解热分析基础知识。
- 掌握 ANSYS 热分析基本操作流程。

1.1 ANSYS 发展历程及功能简介

ANSYS 软件是融结构、流体、电场、磁场、声场分析于一体的大型通用有限元分析软件，它能与多数 CAD 软件接口，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 CAE 工具之一。

1.1.1 发展历程

ANSYS 公司成立于 1970 年，总部位于美国宾夕法尼亚州的匹兹堡，目前全球拥有 60 多个代理，在 40 多个国家销售产品。

ANSYS 公司主要致力于工程仿真软件和技术的研究，其产品在全球众多行业中，被工程师和设计师广泛采用。

ANSYS 公司重点开发开放、灵活、对设计直接进行仿真的解决方案，提供从概念设计到最终测试产品研发全过程的统一平台，同时追求快速、高效和成本意识的产品开发。

2006 年，ANSYS 公司收购了在流体仿真领域处于领导地位的美国 Fluent 公司，2008 年收购了在电路和电磁仿真领域处于领导地位的美国 ANSOFT 公司。通过整合，ANSYS 公司已成为目前全球最大的仿真软件公司。

目前，ANSYS 整个产品线包括结构分析 (ANSYS Mechanical) 系列、流体动力学 (ANSYS CFD) 系列、电子设计 (ANSYS ANSOFT) 系列以及 ANSYS Workbench 和 EKM 等。产品广泛应用于航空、航天、电子、车辆、船舶、交通、通信、建筑、医疗、国防、石油、化工等众多行业。

1962 年，ANSYS 公司在北京设立第一个驻华办事机构，现有北京、上海、成都、广州 4 个办事处和一个独资公司“安世软件工程技术(北京)有限公司”，在中国拥有 600 多家商业用户和 500 多家高校用户，在中国市场应用广泛。

1.1.2 主要功能

目前，ANSYS 软件可以处理的分析类型有以下几类。

1. 结构分析

结构分析首先待求的自由度是位移，而其他量诸如应变、应力、反应力等均是通过对位移值得到。在 ANSYS 中，结构分析主要包括以下 7 种。

- 静力分析 (Static Analysis)：用于静力载荷下位移、应力的求解，可以考虑线性和非线性行为，如塑形、应力钢化、蠕变、大变形、大应变、超弹性、接触等。
- 模态分析 (Modal Analysis)：用于计算结构的自然频率和震形。
- 谱分析 (Spectrum Analysis)：是模态分析的扩展，用于计算由于随机震动引起的应力和应变，也叫做响应谱或 PSD。
- 瞬态动力学分析 (Transient Dynamic Analysis)：用于确定结构对随时间任意变化的载荷的响应，可以考虑静态分析时的所有非线性特征。
- 谐响应分析 (Harmonic Analysis)：用于确定结构对随时间按正弦变化的载荷响应。
- 特征屈曲分析 (Buckling Analysis)：用于计算屈曲载荷并确定屈曲模态形状，线性屈曲和非线性屈曲均可以。
- 专项分析 (Explicit Dynamic Analysis)：断裂分析、复合材料分析、疲劳分析。用于模拟非常大的变形、惯性力占支配地位的情况，并考虑所有的非线性行为。它的显式方程可求解冲击、碰撞、快速成型等问题，是目前这类问题最有效的解决方法，在 ANSYS LS-DYNA 中可用。

2. 热分析

热分析在许多工程设计中扮演着非常重要的作用，包括内燃机的设计、涡轮机的设计、热交换器、管道系统和电子原件等。

热分析用于计算一个系统或部件的温度分布及其他物理量，一般关心的参数有温度分布、体系热量的增加或损失、热梯度、热流密度等。在很多设计中，热分析完成之后将进行结构分析，计算由于热膨胀或收缩而引起的热应力。

ANSYS 使用有限元法计算体系各节点的温度分布，进而导出其他物理参数，可以处理 3 种热传递方式：热传导、热对流和热辐射，除了这 3 种热传递方式外，ANSYS 还可以考虑材料固化和溶解过程的相变、焦耳热、摩擦生热等热效应对体系温度场的影响。ANSYS 支持以下两种典型的热分析类型。

- 稳态热分析 (Steady-state Thermal Analysis)：用于确定稳态条件下的温度分布及其他热特性，稳态条件是指可以忽略热量随时间的变化。
- 瞬态热分析 (Transient-state Thermal Analysis)：计算随时间变化的条件下，温度的分布和热特性。

3. 电磁分析

电磁分析主要用于电磁场问题的分析，如电感、电容、磁通量密度、涡流、电场分布、磁

力线分布、力、运动效应、电路和能量损失等。主要用于螺线管、调节器、发电机、变换器、磁体、加速器、电解槽及无损检测装置等的设计和分析领域。电磁分析可以分为以下几种类型。

- 静磁场分析 (Static Magnetic Analysis)：用于计算由直流电或永磁体产生的磁场。
- 交变磁场分析 (Harmonic Magnetic Analysis)：用于计算由交流电产生的磁场。
- 瞬态磁场分析 (Transient Magnetic Analysis)：用于计算随时间变化的电流或外界引发的磁场。
- 高频电磁场分析 (High-Frequency Electromagnetic Analysis)：用于微波及 RF 无源组件、波导、雷达系统、同轴连接器等分析。

4. 流体分析

ANSYS 流体单元能进行流体动力学分析，分析类型可以为瞬态或稳态，分析结果可以是每个节点的压力和通过每个单元的流率，并且可以利用后处理功能产生压力、流率和温度分布的图形显示。另外，还可以使用三维表面效应单元和热一流管单元模拟结构的流体绕流，并包括对流换热效应。流体分析分为以下几类。

- CFD-ANSYS/FLOTRAN：提供强大的计算流体力学分析功能，包括不可压缩或可压缩流体、层流及湍流、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影响，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响应基础上，在结构动力学分析中使用流体耦合单元。

5. 耦合场分析

耦合分析可以考虑两个或多个物理场之间的相互作用。如果物理量之间相互影响，单独求解一个不可能得到正确的结果，因此需要相互组合到一起进行求解。ANSYS 中可以进行的耦合场分析包括：

- 电-热分析。
- 热-应力分析。
- 感应加热（电磁-热）、感应震荡。
- 电-磁分析。
- 流体-结构分析。

1.1.3 ANSYS 14.0 新功能

2011 年 12 月 8 日，ANSYS 已推出其工程仿真技术套件的最新版本：ANSYS 14.0。此套件可以优化产品开发过程，降低开发周期和成本，促进产品创新。

ANSYS 14.0 拥有的领先技术，包括数百个新的先进功能，从而确保用户在将新产品推向市场时能更加方便、快捷，成本控制更加得力，对于他们希望得到的结果更加充满信心。从总体看，ANSYS 14.0 的新优势主要体现在 3 个领域。

1. 放大工程

各个公司都在寻找方法利用其现有的工程资源。当工程师们把精力放在工程决策而不是执行手动和繁琐的软件操作时，他们的工作才会是最有效率的。ANSYS 14.0 自动执行许多用户的常见操作，由此帮助产品开发人员最大限度地减少解决方面的时间。

2. 复杂系统的模拟

当今产品都存在内在的复杂性——如状态的变化、非线性现象，以及多物理场的相互作用——设计时往往需要把硬件、软件和电子系统整合成一个复杂的系统。这就需要新的工程解决方案。最新版本的 ANSYS 软件能让工程师精确地模拟现实生活中的复杂性，即从单个零件到整个系统。

3. 通过高性能计算（HPC）推动创新

行业竞争压力的加大需要产品研发人员更快和更频繁地推出产品，与此同时，对于产品创新性和质量的需求也达到了新的高度。用户只能通过评估大量备选设计方案解决这些看起来互相冲突的要求——并且要比以往任何时候都迅速。ANSYS 14.0 提供比当今市场上的其他替代方案更快的复杂模拟计算速度来促进现代硬件优化。

1.2 ANSYS热分析简介

由热力学第二定律可知，在物体内部或物体之间，只要存在温度差，就会自动发生从高温处向低温处的热量传递。这种靠温度差为推动力的热量传递现象，是自然界和生成领域中普遍存在的一种能量传递现象，这种能量传递简称为传热。

在实际工业上常遇到的传热问题，通常分为两类：一类是要求热量传递效果好，即要求传热速率高，这样可使完成某一换热任务时所需的设备紧凑，从而降低设备费用；另一类是像高温设备级管道的保温、低温设备及管道的隔热等，则要求传热速率越低越好。

学习传热学，分析影响传热速率的因素，掌握控制热量传递速率的一般规律，可以根据生产的要求来强化和削弱热量的传递，正确地选择适宜的传热设备和保温方法。

体系的温度场由体系与外界以及体系内部热量的传递所决定，并且与材料固化和溶解过程的相变、焦耳热、摩擦生热等热效应相关，ANSYS 软件具备处理热传导、热对流和热辐射等热传递方式的能力，并且可以计算各种热效应对体系温度场的影响。

1.2.1 热分析的符号与单位

热分析涉及的符号在本书中的意义如表 1-1 所示，基本分析单位如表 1-2 所示。