

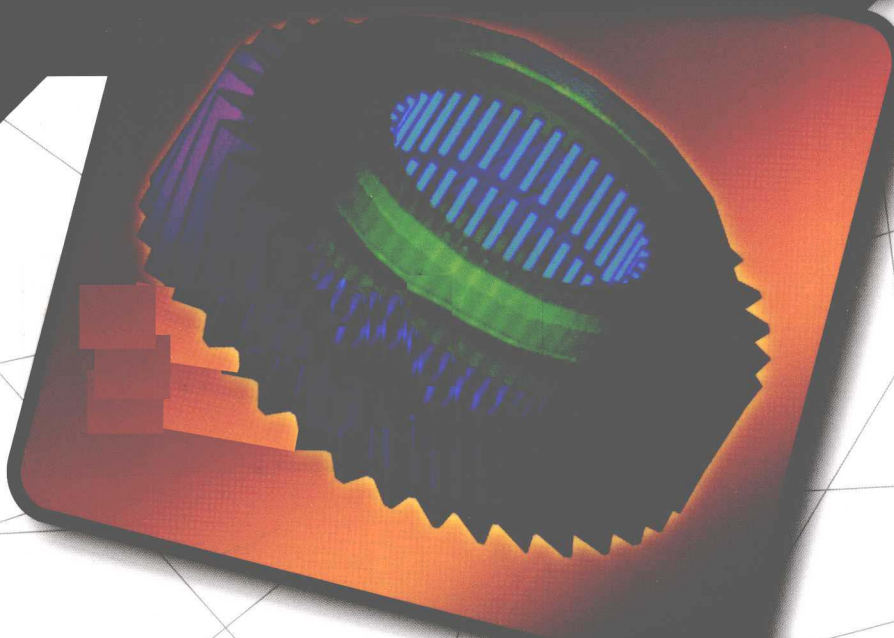
# ANSYS

## 机械工程应用精华 60 例

(第4版)

高耀东 李 强 主 编  
张玉宝 关 弘

案例 + 经验 + 练习 = 快速提高与应用



配有操作视频  
素材文件支持



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

## 内 容 简 介

本书在总结多年教学和工程经验的基础上,从使读者快速入门并能够解决实际问题的想法出发,介绍了60个ANSYS在机械工程领域的应用实例。读者可以跟随本书所介绍的分析步骤和过程,快速入门。然后通过练习与操作,理解本书所介绍的分析步骤和过程。从而能够在较短时间内,既知其然,又知其所以然,真正掌握ANSYS和有限元分析方法,并能灵活应用于实际问题中。

全书包括50个经典ANSYS软件应用实例和10个ANSYS Workbench软件应用实例。

本书可作为高等院校机械类专业本科生和研究生的教科书使用,也可作为工程技术人员学习ANSYS软件的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

ANSYS 机械工程应用精华 60 例 / 高耀东等主编. —4 版. —北京: 电子工业出版社, 2012.8  
ISBN 978-7-121-17724-8

I. ①A… II. ①高… III. ①机械工程—有限元分析—应用软件 IV. ①TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 170819 号

责任编辑: 康 霞

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 43.25 字数: 1 107.2 千字

印 次: 2012 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 79.80 元 (含 DVD 光盘 1 张)

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [d@qq@phei.com.cn](mailto:d@qq@phei.com.cn)。

服务热线: (010) 88258888。

# 前 言

随着有限元技术及 ANSYS 软件在工程技术领域的不断普及，又承蒙广大读者和同仁的厚爱与认可，本书的第 4 版又与读者朋友们见面了。

作者在上一版的基础上进行了全面和深入的修正，增加了 ANSYS Workbench 的相关内容，对所有实例用 ANSYS 13.0 版本进行了重新运行，调整或修改了部分实例，采纳读者的建议配备了光盘。光盘内容包括所有实例的命令流文件和 GUI 操作过程的截屏录像，使得全书内容更丰富、更全面，读者也更容易学习掌握。

本书在总结多年教学和使用经验的基础上，从使读者快速入门并能够解决实际问题的想法出发，介绍了 60 个 ANSYS 在机械工程领域的应用实例，有的简单易学，有的接近工程实际。读者可以跟随本书所介绍的分析步骤和过程，快速入门。然后根据本书的讲解并参照其他书籍，理解本书所介绍的分析步骤和过程，从而能够在较短时间内，既知其然，又知其所以然，真正掌握 ANSYS 和有限元分析方法，并能在灵活应用中解决实际问题。

全书包括 50 个经典 ANSYS 软件应用实例和 10 个 ANSYS Workbench 软件的应用实例，基本涵盖了 ANSYS 和有限元分析法在机械工程领域的应用，多数实例都通过解析解对有限元解进行了验证，以解除读者对有限元解正误的困惑；每个实例都介绍了菜单法分析过程和对应的命令流，以使初学者迅速入门，使高级用户掌握方法和步骤以解决类似的实际问题；另外，本书还在部分实例中配备了习题，以配合学习和教学。

本书由高耀东、李强、张玉宝、关弘主编。其中绪论、第 1~5 例由内蒙古科技大学李强编写，第 6~11 例由内蒙古科技大学张玉宝编写，第 12~16 例由内蒙古科技大学李震编写，第 17~21 例由内蒙古科技大学李丽编写，第 22~27 例由内蒙古科技大学张鑫宇编写，第 28~32 例由内蒙古北方重工业集团有限公司迟全洲编写，第 33~38 例由内蒙古北方重工业集团有限公司杨秀珍编写，第 40~45 例由包头医学院职业技术学院关弘编写，第 46~54 例由沈阳城科工程检测咨询有限公司宿福存编写，其余实例由内蒙古科技大学高耀东编写。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在一些错误和缺点，敬请广大读者不吝赐教、批评指正。

编 者

2012 年 6 月

# 目 录

绪论	(1)
0.1 ANSYS 软件简介	(1)
0.2 ANSYS 软件的使用	(4)
0.3 ANSYS 的菜单系统	(10)

## 第一篇 前 处 理

第 1 例 关键点和线的创建实例——正弦曲线	(16)
1.1 原理	(16)
1.2 创建步骤	(16)
1.3 命令流	(22)
第 2 例 工作平面的应用实例——相交圆柱体	(25)
2.1 相交圆柱体的视图	(25)
2.2 创建步骤	(25)
2.3 总结	(30)
2.4 命令流	(30)
第 3 例 复杂形状实体的创建实例——螺栓	(32)
3.1 螺栓的视图	(32)
3.2 创建步骤	(32)
3.3 命令流	(38)
第 4 例 复杂形状实体的创建实例——杯子	(41)
4.1 杯子的视图	(41)
4.2 创建步骤	(41)
4.3 命令流	(46)
第 5 例 有限元模型创建实例——实体建模法	(49)
5.1 概述	(49)
5.2 问题描述	(49)
5.3 分析步骤	(50)
5.4 命令流	(55)

## 第二篇 结构静力学分析

第 6 例 杆系结构的静力学分析实例——平面桁架	(57)
6.1 概述	(57)
6.2 问题描述及解析解	(58)
6.3 分析步骤	(58)
6.4 命令流	(63)

<b>第7例 杆系结构的静力学分析实例——悬臂梁</b> .....	(65)
7.1 问题描述及解析解.....	(65)
7.2 分析步骤.....	(65)
7.3 命令流.....	(70)
<b>第8例 平面问题的求解实例——厚壁圆筒问题</b> .....	(71)
8.1 概述.....	(71)
8.2 问题描述及解析解.....	(71)
8.3 分析步骤.....	(72)
8.4 命令流.....	(78)
<b>第9例 静力学问题的求解实例——扳手的受力分析</b> .....	(80)
9.1 问题描述.....	(80)
9.2 分析步骤.....	(80)
9.3 命令流.....	(90)
<b>第10例 各种坐标系的应用实例——圆轴扭转分析</b> .....	(93)
10.1 坐标系和工作平面概述.....	(93)
10.2 问题描述及解析解.....	(96)
10.3 分析步骤.....	(96)
10.4 命令流.....	(105)

### 第三篇 结构动力学分析

<b>第11例 模态分析实例——均匀直杆的固有频率分析</b> .....	(107)
11.1 概述.....	(107)
11.2 问题描述及解析解.....	(108)
11.3 分析步骤.....	(109)
11.4 命令流.....	(115)
<b>第12例 模态分析实例——斜齿圆柱齿轮的固有频率分析</b> .....	(117)
12.1 问题描述及解析解.....	(117)
12.2 分析步骤.....	(117)
12.3 命令流.....	(126)
<b>第13例 有预应力模态分析实例——弦的横向振动</b> .....	(129)
13.1 概述.....	(129)
13.2 问题描述及解析解.....	(129)
13.3 分析步骤.....	(130)
13.4 命令流.....	(138)
<b>第14例 循环对称结构模态分析实例——转子的固有频率分析</b> .....	(140)
14.1 概述.....	(140)
14.2 问题描述.....	(141)
14.3 分析步骤.....	(141)
14.4 命令流.....	(150)

14.5	对整体结构进行模态分析的命令流 .....	(151)
<b>第 15 例</b>	<b>谐响应分析实例——单自由度系统的受迫振动</b> .....	(152)
15.1	概述 .....	(152)
15.2	问题描述及解析解 .....	(153)
15.3	分析步骤 .....	(154)
15.4	命令流 .....	(161)
<b>第 16 例</b>	<b>瞬态动力学分析实例——凸轮从动件运动分析</b> .....	(163)
16.1	概述 .....	(163)
16.2	问题描述及解析解 .....	(164)
16.3	分析步骤 .....	(165)
16.4	命令流 .....	(178)
<b>第 17 例</b>	<b>连杆机构运动分析实例——曲柄滑块机构</b> .....	(181)
17.1	概述 .....	(181)
17.2	问题描述及解析解 .....	(181)
17.3	分析步骤 .....	(182)
17.4	命令流 .....	(194)
<b>第 18 例</b>	<b>谱分析实例——地震谱作用下的结构响应分析</b> .....	(197)
18.1	概述 .....	(197)
18.2	问题描述及解析解 .....	(199)
18.3	分析步骤 .....	(199)
18.4	命令流 .....	(211)

#### 第四篇 非线性分析

<b>第 19 例</b>	<b>接触分析实例——平行圆柱体承受法向载荷时的接触应力分析</b> .....	(214)
19.1	概述 .....	(214)
19.2	问题描述 .....	(217)
19.3	分析步骤 .....	(218)
19.4	命令流 .....	(227)
<b>第 20 例</b>	<b>线性屈曲分析实例——压杆稳定性问题</b> .....	(230)
20.1	概述 .....	(230)
20.2	问题描述及解析解 .....	(231)
20.3	分析步骤 .....	(232)
20.4	命令流 .....	(238)
<b>第 21 例</b>	<b>非线性屈曲分析实例——悬臂梁</b> .....	(240)
21.1	非线性屈曲分析过程 .....	(240)
21.2	问题描述及解析解 .....	(240)
21.3	分析步骤 .....	(241)
21.4	命令流 .....	(252)

第 22 例	弹塑性分析实例——自增强厚壁圆筒承载能力的研究	(254)
22.1	概述	(254)
22.2	问题描述及解析解	(257)
22.3	分析步骤	(258)
22.4	命令流	(268)
第 23 例	材料蠕变分析实例——受拉平板	(270)
23.1	蠕变简介	(270)
23.2	问题描述	(270)
23.3	分析步骤	(271)
23.4	命令流	(278)
第 24 例	超弹分析实例——缓冲垫	(280)
24.1	概述	(280)
24.2	问题描述	(281)
24.3	分析步骤	(281)
24.4	命令流	(293)
第 25 例	非线性分析综合应用实例——钢板卷制成圆筒	(295)
25.1	问题描述	(295)
25.2	命令流	(296)
第 26 例	非线性分析综合应用实例——冲击	(302)
26.1	问题描述	(302)
26.2	分析步骤	(302)
26.3	命令流	(317)
第 27 例	利用 MPC 技术对 SOLID-SHELL 单元进行连接实例——简支梁	(320)
27.1	概述	(320)
27.2	问题描述	(321)
27.3	分析步骤	(321)
27.4	说明	(331)
27.5	命令流	(331)
27.6	结构模型全部采用 SOLID 单元的分析命令流	(333)
第 28 例	施加非法向表面载荷实例——转矩的施加	(335)
28.1	概述	(335)
28.2	问题描述	(336)
28.3	分析步骤	(336)
28.4	命令流	(344)

## 第五篇 ANSYS/LS-DYNA 动力学分析

第 29 例	侵彻动力学分析实例——弹丸侵彻靶板	(346)
29.1	ANSYS/LS-DYNA 的概述	(346)
29.2	问题描述	(347)

29.3	分析步骤	(347)
29.4	命令流	(359)
<b>第 30 例</b>	<b>显式-隐式序列求解实例——板料冲压成形及回弹研究</b>	<b>(362)</b>
30.1	概述	(362)
30.2	问题描述	(362)
30.3	分析步骤	(363)
30.4	命令流	(381)
<b>第 31 例</b>	<b>冲击动力学分析实例——车辆受起伏路面激励的响应分析</b>	<b>(385)</b>
31.1	问题描述	(385)
31.2	分析步骤	(385)
31.3	命令流	(400)
<b>第 32 例</b>	<b>综合应用实例——薄板多点成形工艺中基本体位置的确定</b>	<b>(403)</b>
32.1	概述	(403)
32.2	分析步骤	(404)
32.3	命令流	(416)

## 第六篇 热应力计算

<b>第 33 例</b>	<b>瞬态热分析实例——水箱</b>	<b>(418)</b>
33.1	概述	(418)
33.2	问题描述	(419)
33.3	分析步骤	(420)
33.4	命令流	(428)
<b>第 34 例</b>	<b>在结构上直接施加温度载荷进行热应力分析实例——双金属簧片</b>	<b>(430)</b>
34.1	概述	(430)
34.2	问题描述及解析解	(430)
34.3	分析步骤	(431)
34.4	命令流	(436)
<b>第 35 例</b>	<b>基于实测温度场进行热应力分析实例——转炉托圈</b>	<b>(438)</b>
35.1	概述	(438)
35.2	命令流	(440)
<b>第 36 例</b>	<b>热应力分析(间接法)实例——液体管路</b>	<b>(443)</b>
36.1	概述	(443)
36.2	问题描述	(444)
36.3	分析步骤	(445)
36.4	命令流	(453)
<b>第 37 例</b>	<b>热应力分析(直接法)实例——液体管路</b>	<b>(455)</b>
37.1	概述	(455)
37.2	问题描述	(455)
37.3	分析步骤	(455)



37.4 命令流 .....	(462)
----------------	-------

## 第七篇 综合应用

<b>第 38 例 用物理环境法进行流体结构耦合分析实例——液压缸 .....</b>	<b>(463)</b>
38.1 物理环境法 .....	(463)
38.2 问题描述 .....	(465)
38.3 命令流 .....	(465)
<b>第 39 例 疲劳强度计算实例——受压带圆孔薄板 .....</b>	<b>(471)</b>
39.1 概述 .....	(471)
39.2 问题描述 .....	(472)
39.3 分析步骤 .....	(473)
39.4 命令流 .....	(480)
<b>第 40 例 子模型技术应用实例——受拉薄板 .....</b>	<b>(482)</b>
40.1 概述 .....	(482)
40.2 问题描述 .....	(483)
40.3 分析步骤 .....	(483)
40.4 命令流 .....	(491)
<b>第 41 例 优化设计实例——梁的优化设计 .....</b>	<b>(493)</b>
41.1 概述 .....	(493)
41.2 问题描述 .....	(495)
41.3 分析步骤 .....	(495)
41.4 命令流 .....	(505)
<b>第 42 例 优化设计实例——曲柄摇杆机构的优化设计 .....</b>	<b>(508)</b>
42.1 问题描述 .....	(508)
42.2 命令流 .....	(509)
<b>第 43 例 拓扑优化实例——实体梁 .....</b>	<b>(515)</b>
43.1 概述 .....	(515)
43.2 问题描述 .....	(516)
43.3 分析步骤 .....	(517)
43.4 命令流 .....	(526)
<b>第 44 例 载荷工况组合实例——简支梁 .....</b>	<b>(528)</b>
44.1 概述 .....	(528)
44.2 问题描述及解析解 .....	(528)
44.3 分析步骤 .....	(529)
44.4 命令流 .....	(537)
<b>第 45 例 模型力学特性计算实例——液体容器倾翻特性的研究 .....</b>	<b>(539)</b>
45.1 问题描述 .....	(539)
45.2 分析步骤 .....	(540)
45.3 命令流 .....	(546)

<b>第 46 例</b>	<b>单元生死应用实例——焊接模拟</b>	(548)
46.1	问题描述	(548)
46.2	关键问题的处理	(549)
46.3	命令流	(550)
<b>第 47 例</b>	<b>同时作用静载荷和正弦载荷的结构分析实例——悬臂梁</b>	(559)
47.1	概述	(559)
47.2	原理分析	(559)
47.3	分析实例	(561)
47.4	应用推广——结构同时作用有多个正弦载荷时的动力学分析	(565)
<b>第 48 例</b>	<b>带预紧力的螺栓连接的有限元分析</b>	(571)
48.1	螺栓连接的受力分析	(571)
48.2	分析方法简介	(571)
48.3	单个螺栓连接的分析实例	(573)
48.4	螺栓组连接的分析实例	(575)
48.5	简化模型方法	(579)
48.6	用温度收缩法模拟预紧力	(582)
48.7	说明	(585)
<b>第 49 例</b>	<b>自适应网格划分实例——受压薄板</b>	(586)
49.1	概述	(586)
49.2	问题描述	(587)
49.3	分析步骤	(587)
49.4	命令流	(593)
<b>第 50 例</b>	<b>参数化设计语言 ( APDL ) 的应用实例——展成法加工齿轮模拟</b>	(594)
50.1	概述	(594)
50.2	问题描述	(595)
50.3	命令流	(595)
<b>第 51 例</b>	<b>复杂模型的创建实例——相交圆柱体</b>	(598)
51.1	相交圆柱体的视图	(598)
51.2	创建步骤	(598)
<b>第 52 例</b>	<b>复杂模型的创建实例——螺栓</b>	(607)
52.1	螺栓的视图	(607)
52.2	创建步骤	(607)
	练习题	(616)
<b>第 53 例</b>	<b>参数建模实例——斜齿圆柱齿轮的创建</b>	(617)
53.1	问题描述	(617)
53.2	创建步骤	(617)
<b>第 54 例</b>	<b>平面问题的求解实例——厚壁圆筒问题</b>	(626)
54.1	概述	(626)
54.2	问题描述及解析解	(626)

54.3 分析步骤 .....	(627)
第 55 例 静力学问题的求解实例——扳手的受力分析 .....	(635)
55.1 问题描述 .....	(635)
55.2 分析步骤 .....	(635)
第 56 例 概念建模及静力学问题的求解实例——水杯变形分析 .....	(641)
56.1 问题描述 .....	(641)
56.2 分析步骤 .....	(641)
第 57 例 模态分析实例——均匀直杆的固有频率分析 .....	(649)
57.1 问题描述 .....	(649)
57.2 分析步骤 .....	(649)
第 58 例 谐响应分析实例——横梁 .....	(654)
58.1 问题描述 .....	(654)
58.2 分析步骤 .....	(654)
第 59 例 瞬态动力学分析实例——凸轮从动件运动分析 .....	(662)
59.1 问题描述 .....	(662)
59.2 分析步骤 .....	(662)
第 60 例 刚体动力学分析实例——曲柄滑块机构的运动分析 .....	(669)
60.1 问题描述 .....	(669)
60.2 分析步骤 .....	(669)
附录 .....	(676)
参考文献 .....	(679)

# 绪 论

本章主要介绍了使用 ANSYS 的一些基本知识，具体的应用方法请参见实例。

## 0.1 ANSYS 软件简介

ANSYS 软件是一个功能强大而灵活的大型通用商业化的工程分析软件，能够进行包括结构、热、流体（包括计算流体动力学）、电场、电磁场等多学科的研究，广泛应用于核工业、铁道、航空航天、石油化工、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、家用电器等工业和科学研究领域，是世界上拥有用户最多、最成功的有限元软件之一。

### 0.1.1 ANSYS 的主要功能

ANSYS 提供的分析类型主要有以下几种。

#### 1. 结构分析

结构分析用于分析结构的变形、应力、应变和反力等。结构分析包括以下几点。

##### (1) 静力分析

静力分析用于载荷不随时间变化的场合，是机械专业应用最多的一种分析类型。ANSYS 的静力分析不仅可以进行线性分析，还支持非线性分析，例如，接触、塑性变形、蠕变、大变形、大应变问题的分析。

##### (2) 动力学分析

动力学分析包括模态分析、谐响应分析和瞬态动力学分析。模态分析用于计算结构的固有频率和振型（图 0-1）。谐响应分析用于计算结构对正弦载荷的响应。瞬态动力学分析用于计算结构对随时间任意规律变化的载荷的响应，并且可以包含非线性特性。

动力学分析包括质量和阻尼效应。

##### (3) 其他结构分析功能

其他结构分析功能包括谱分析、随机振动分析、特征值屈曲分析、子结构/子模型技术。

##### (4) 用 ANSYS/LS-DYNA 进行显式动力学分析

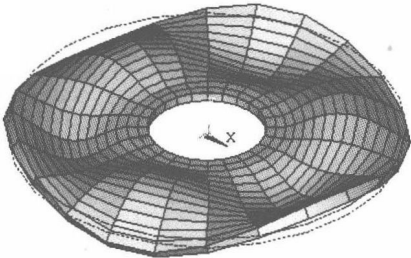
它能够分析各种复杂几何非线性、材料非线性、状态非线性问题，特别适合求解高速碰撞、爆炸和金属成型等非线性动力学问题。

#### 2. 热分析

热分析通过模拟热传导、对流和辐射 3 种热传递方式，以确定物体中的温度分布



(图 0-2), 可以进行稳态和瞬态热分析、可以进行线性和非线性分析, 以及可以模拟材料的凝固和溶解过程。



20 阶振型, 频率 8901 Hz

图 0-1 圆盘的模态分析

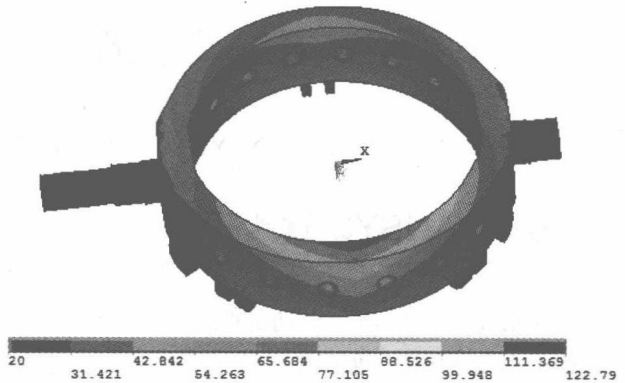


图 0-2 转炉托圈的温度分布

### 3. 电磁场分析

ANSYS 可以用来分析电磁场的多方面问题, 如电感、电容、磁通量密度、涡流、电场分布、磁力线、力、运动效应、电路和能量损失等。分析的磁场可以是二维的或三维的, 可以是静态的、瞬态的或谐波的, 可以是低频的或高频的, 还可以解决静电学、电流传导、电路耦合等电磁场的相关问题。

### 4. 流体动力学分析

ANSYS 的流体动力学分析可用来解决二维、三维流体动力场问题, 可以进行传热或绝热、层流或湍流、压缩或不可压缩等问题的研究。

#### 0.1.2 ANSYS 的特点

ANSYS 具有如下特点。

(1) 不但可以对结构、热、流体、电磁场等物理现象进行单独研究, 还可以进行这些物理现象相互影响的研究, 例如, 热-结构耦合、流体-结构耦合、电-磁-热耦合等。

(2) 集前、后处理, 求解及多场分析等功能于一体。

(3) 具有强大的非线性分析功能。

(4) 良好的用户界面, 且在所有硬件平台上具有统一界面, 使用方便。

(5) 强大的二次开发功能, 应用宏、参数设计语言、用户可编程特性、用户自定义语言、外部命令等功能, 可以开发出适合用户自己特点的应用程序, 对 ANSYS 功能进行扩展。

(6) 提供了多种自动网格划分工具, 可以进行智能网格划分。

(7) 提供了常用 CAD 软件的数据接口, 可精确地将 CAD 系统下创建的模型传入 ANSYS 中, 并对其进行操作。

(8) 在有限元分析的基础上, 进行优化设计, 这是 ANSYS 独一无二的功能。



### 0.1.3 ANSYS 产品简介

ANSYS Multiphysics 是 ANSYS 产品的“旗舰”，它包括工程学科的所有功能。ANSYS Multiphysics 由 3 个主要产品组成，即 ANSYS Mechanical（用于结构及热分析）、ANSYS Emag（用于电磁场分析）及 ANSYS FLOTRAN（用于计算流体动力学分析）。

ANSYS 其他产品有：ANSYS Workbench 是与 CAD 结合的开发环境，可以方便地进行模型创建和优化设计；ANSYS LS-DYNA 用于求解高度非线性问题；ANSYS Professional 用于线性结构和热分析，是 ANSYS Mechanical 的子集；ANSYS DesignSpace 用于线性结构和稳态热分析，是 ANSYS Workbench 环境下的 ANSYS Mechanical 的子集。

ANSYS Workbench 是 ANSYS 公司开发的新一代产品研发平台，在继承了 ANSYS 经典平台仿真计算所有功能的基础上，增加了强大的几何建模功能和优化功能，实现了集产品设计、仿真和优化功能于一身，在同一软件环境下可以完成产品研发的所有工作，大大地简化了产品开发流程。ANSYS Workbench 的主要特点有：（1）强大的装配体自动分析功能；（2）自动化网格划分功能；（3）协同的多物理场分析环境及行业化定制功能；（4）快捷的优化工具。

### 0.1.4 ANSYS 软件的结构

了解一些 ANSYS 内部结构有助于指导正确操作，发现错误原因。

#### 1. 处理器

ANSYS 按功能提供了 9 个处理器，不同的处理器用于执行不同的任务，例如，PREP7 预处理器主要用于模型创建和网格划分。

一个命令必须在其所属的处理器下执行，否则会出错。例如，只能在 PREP7 预处理器下执行关键点创建命令 KP。但有的命令属于多个处理器，比如，载荷操作既可以在 PREP7 预处理器下执行，又可以在 SOLUTION 求解器中使用。

刚进入 ANSYS 时，软件位于 BEGIN（开始）级，也就是不位于任何处理器下。有两种方法可以进入处理器，即图形用户交互方式和命令方式。例如，欲进入 PREP7 预处理器，可以选择菜单 Main Menu→Preprocessor，或者在命令窗口输入/PREP7。退出某个处理器可以选择菜单 Main Menu→Finish，或者在命令窗口输入并执行 FINI 命令。

ANSYS 常用处理器的功能如表 0-1 所示。

表 0-1 ANSYS 处理器的功能

处理器名称	功 能	菜 单 路 径	命 令
预处理器 (PREP7)	建立几何模型，赋予材料属性，划分网格等	Main Menu→Preprocessor	/PREP7
求解器 (SOLUTION)	施加载荷和约束，进行求解	Main Menu→Solution	/SOLU
普通后处理器 (POST1)	显示在指定时间点上选定模型的计算结果	Main Menu→General Postproc	/POST1
时间历程后处理器 (POST26)	显示模型上指定点在整个时间历程上的结果	Main Menu→TimeHist Postpro	/POST26
优化处理器 (OPT)	优化设计	Main Menu→Design Opt	/OPT



## 2. 文件

当建立一个分析任务时, ANSYS 会自动创建大量的文件, 这些文件以任务名 (Jobname) 为文件名的基础, 通过对任务名自动添加字符或使用不同扩展名来区别文件的类型。ANSYS 文件的扩展名可以有 1~4 个字符。

一些比较重要的 ANSYS 文件类型和格式如表 0-2 所示。

在所有文件中, 数据库文件是最重要的文件, 所有的模型、载荷、约束数据、输入输出数据都存放在该文件中, 各个处理器通过数据库文件进行相互通信。

各种文件的文件名是以任务名为基础的, 所以当开始一个新的任务时, 最好定义一个新的任务名, 否则 ANSYS 使用默认任务名 File。

要注意的是, 在默认的情况下, 记录文件、错误与警告文件总是在尾部追加数据, 而不是覆盖原有文件。另外, 在默认的情况下, ANSYS 创建的文件都保存在工作文件夹下, 当前工作文件夹的位置可以用 Utility Menu→File→Change Directory 命令查看或修改。

表 0-2 部分 ANSYS 的文件类型和格式

文件类型	扩展名	存 储	文件格式
数据库文件	.DB	模型、载荷、约束、输入输出数据	二进制
记录文件	.LOG	运行过程中的每一个命令	ASCII
错误与警告文件	.ERR	运行过程中的所有错误和警告信息	ASCII
结果文件: 结构和耦合场分析 热分析 磁场分析 流体力学分析	.RST .RTH .RMG .RFL	运算过程中所有结果数据	二进制

## 0.2 ANSYS 软件的使用

### 0.2.1 ANSYS 软件解决问题的步骤

与其他的通用有限元软件一样, ANSYS 执行一个典型的分析任务要经过 3 个步骤, 即前处理、求解和后处理。

#### 1. 前处理

在分析过程中, 与其他步骤相比, 建立有限元模型需要花费操作者更多的时间。在前处理过程中, 先指定任务名和分析标题, 然后在 PREP7 预处理器下定义单元类型、单元实常数、材料特性和有限元模型等。

(1) 指定任务名和分析标题。该步骤虽然不是必需的, 但 ANSYS 推荐使用任务名和分析标题。

(2) 定义单位制。ANSYS 对单位没有专门的要求, 除了磁场分析以外, 只要保证输入



的数据都使用统一的单位制即可。这时，输出数据与输入数据的单位制完全一致。

(3) 定义单元类型。从 ANSYS 提供的单元库内根据需要选择单元类型。

(4) 定义单元实常数。在选择了单元类型以后，有的单元类型需要输入用于对单元进行补充说明的实常数。是否需要实常数，以及实常数的类型，由所选单元类型来决定。

(5) 定义材料特性。大多数情况下在分析时都要指定材料特性，ANSYS 软件可以选择的材料特性有线性的和非线性的、各向同性的、正交异性的和非弹性的及不随温度变化的和随温度变化的。

(6) 创建有限元模型。创建有限元模型的方法有两种，即实体建模法和直接生成法。前者先创建实体模型，然后划分网格形成有限元模型；后者直接创建节点、单元，生成有限元模型，该方法只能用于节点和单元数量较少的场合。

创建实体模型的方法有自下而上和自上而下两种。自下而上建模，就是首先建立关键点，由这些关键点建立线，进而建立面和体。自上而下建模，就是首先输入 ANSYS 预先定义好的图元，然后对之进行布尔运算、复制及对称等操作，以得到需要的模型。

## 2. 求解

建立有限元模型以后，首先需要在 SOLUTION 求解器下选择分析类型，指定分析选项；然后施加载荷和约束，指定载荷步长并对有限元求解进行初始化及求解。

(1) 选择分析类型和指定分析选项。在 ANSYS 中，可以选择静态分析、模态分析、谐响应分析、瞬态分析、谱分析、屈曲分析、子结构分析等分析类型。不同的分析类型，有不同的分析选项。

(2) 施加载荷和约束。在 ANSYS 中约束被处理为自由度载荷。ANSYS 的载荷共分为 6 类，即 DOF（自由度）载荷、集中力和力矩、表面分布载荷、体积载荷、惯性载荷和耦合场载荷。如果按载荷施加的实体类型划分，ANSYS 的载荷又可以分为直接施加在几何实体上的载荷和施加在有限元模型，即节点、单元上的载荷。

(3) 指定载荷步选项。该项主要是对载荷步进行修改和控制，例如，指定子载荷步数、时间步长、对输出数据进行控制等。

(4) 求解。该项主要工作是从 ANSYS 数据库中获得模型和载荷信息，进行计算求解，并将结果写入结果文件和数据库中。结果文件和数据库文件的不同点是，数据库文件每次只能驻留一组结果，而结果文件保存所有结果数据。

## 3. 后处理

求解结束后，可以根据需要使用 POST1 普通后处理器或 POST26 时间历程后处理器对结果进行查看。POST1 普通后处理器用于显示在指定时间点上选定模型的计算结果，POST26 时间历程后处理器用于显示模型上指定点在整个时间历程上的结果。

### 0.2.2 命令输入方法

ANSYS 的命令输入方法有以下两种。

(1) GUI 图形用户界面交互式输入，即菜单方式。这种方法的优点是操作简单，直观明了，非常适合初学者使用。其缺点是当操作出现错误时，不容易发现和修改，且效率较低。





(2) 命令流输入。这种方法的优点是方便快捷,效率高,能克服菜单方式的缺点。但要求用户要非常熟悉 ANSYS 命令的使用,此方法适合高级用户使用。

无论使用哪一种命令输入方法,ANSYS 都会将相应的命令自动保存到记录文件 (Jobname.LOG) 中。可以将由菜单方式形成的命令语句从记录文件 (Jobname.LOG) 中复制出来,稍加修改即可作为命令流输入。

### 0.2.3 启动图形用户界面

ANSYS 13.0 版本启动步骤为:开始→程序→ANSYS 13.0→Mechanical APDL (ANSYS),或者开始→程序→ANSYS13.0→Mechanical APDL Product launcher→设置 Working Directory (工作目录)和 Initial Jobname (初始任务名)等→Run。

### 0.2.4 图形用户界面

标准的图形用户界面如图 0-3 所示,主要包括以下几个部分。



图 0-3 ANSYS 图形用户界面

(1) 主菜单 (Main Menu): 该菜单包含了各个处理器下的基本命令。它是基于完成分析任务的操作顺序进行排列的,原则上是完成一个处理器下的所有操作后再进入下一个处理器。该菜单为树状弹出式菜单结构。

(2) 通用菜单 (Utility Menu): 该菜单包含了 ANSYS 的全部公共命令,例如,文件管理、实体选择、显示及其控制、参数设置等。该菜单为下拉菜单结构,可直接完成某一功能或弹出对话框。