

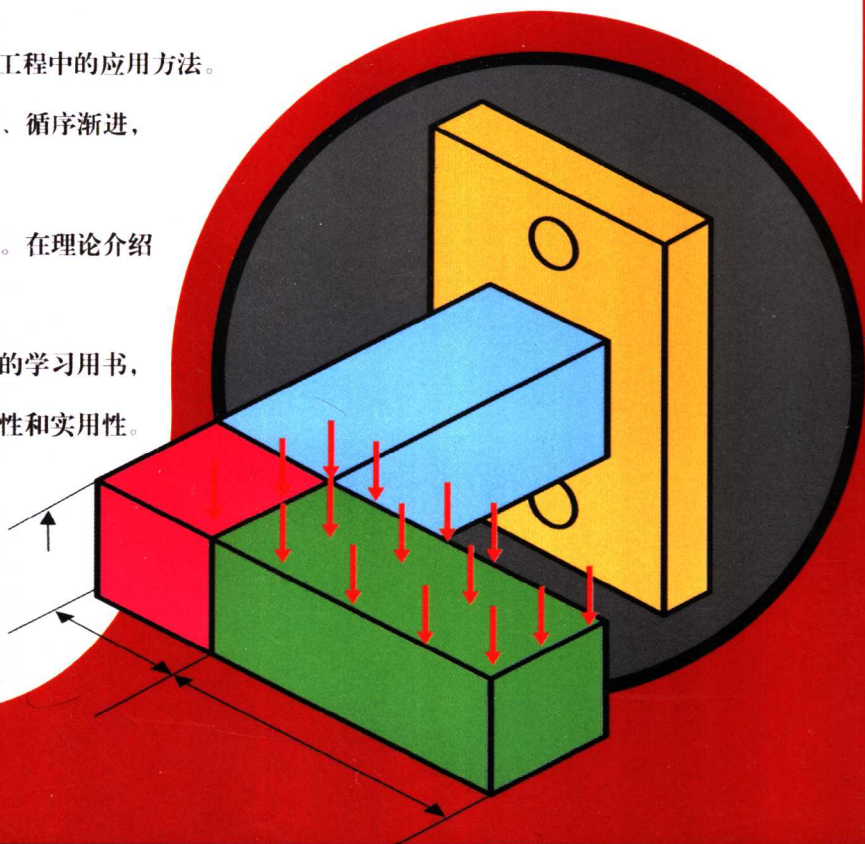
计算机辅助工程系列规划教材

ANSYS

工程计算应用教程

武思宇 罗伟 编著

- 以ANSYS 8.0为基础介绍其在工程中的应用方法。
- 本书内容由简及繁、由浅入深、循序渐进，力求通俗易懂、简洁实用。
- 特别注意了理论与实践的结合。在理论介绍之后都给出相应的实际例子。
- 可作为大专院校相关专业学生的学习用书，对技术人员也具有较强的指导性和实用性。



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

ANSYS 工程计算应用教程

武思宇 罗 伟 编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

ANSYS 是由美国 ANSYS 公司推出的大型有限元分析软件, 本书以 ANSYS 8.0 为基础介绍 ANSYS 在工程中的应用方法。

全书内容共分为 10 章, 总体由两个部分组成。第 1 章到第 9 章为第一部分, 主要介绍 ANSYS 的基础操作知识, 对使用 ANSYS 分析问题的基本过程如建模、加载、求解等内容进行深入细致的分析。第 10 章为第二部分, 主要介绍 ANSYS 在结构分析方面的实际应用, 内容包括结构静力问题和非线性问题等处理方法。特别注重了理论与实践的结合, 每一章在理论介绍之后都给出相应的实际例子。

全书在编排上充分注意了由简及繁、由浅入深、循序渐进的写作顺序, 力求通俗易懂、简洁实用。

本书可作为大专院校相关专业学生的学习用书, 对工程计算应用有兴趣的人士以及各工程单位相关技术人员也具有较强的指导性和实用性。

图书在版编目 (CIP) 数据

ANSYS 工程计算应用教程/武思宇, 罗伟编著. —北京: 中国铁道出版社, 2004. 7

(计算机辅助工程系列规划教材)

ISBN 7-113-06054-4

I. A… II. ①武…②罗… III. 有限元分析-应用程序, ANSYS 8.0-教材 IV. 0241.82

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 069461 号

书 名: ANSYS 工程计算应用教程

作 者: 武思宇 罗 伟

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

策划编辑: 严晓舟 魏 春

责任编辑: 苏 茜 蔡文娟 秦绪好

封面设计: 薛 为

印 刷: 北京市兴顺印刷厂

开 本: 787×1092 1/16 印张: 23.5 字数: 567 千

版 本: 2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 1~5000 册

书 号: ISBN 7-113-06054-4/TP·1263

定 价: 32.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请与本社计算机图书批销部调换。

前 言

ANSYS 公司创建于 1970 年, 主要业务集中在开发并在全球各地销售工程模拟软件和技术。ANSYS 公司的产品和技术已经广泛应用于多种行业的工程分析、设计及优化, 尤其是在航天、汽车、制造、电子和生物医学等领域。本书以 ANSYS 公司最新推出的 ANSYS 8.0 为基础, 介绍 ANSYS 软件的有限元分析方面的强大功能。

有限元方法发展到今天, 已成为一门相当复杂的工程实用技术。与学习理论相比, 学习软件的使用要简单得多。读者不需要掌握很深的理论知识, 就可以解决很多实际工程问题。而且, 学习软件的使用, 可以提高读者对有限元方法的感性认识, 这对于学习理论知识将会有很大帮助。

全书共分为 10 章, 在内容的编排上可以分为两个部分。第 1 部分包括第 1 章到第 9 章的内容, 首先通过一个实例介绍了利用 ANSYS 进行有限元分析的基本过程, 后面的几章则是对基本过程的展开论述, 第 3 章到第 6 章对建模和划分网格进行深入细致的讨论, 第 7 章介绍加载, 第 8 章介绍求解, 第 9 章介绍后处理的知识。第 2 部分是第 10 章, 这一部分介绍利用 ANSYS 的结构分析功能解决几个常见工程问题的方法, 包括结构静力问题、几何非线性问题等。这部分在开头讲述处理相应问题的设置, 随后给出相关实例。

ANSYS 在解决工程问题中的突出表现, 使得它被众多的行业所接受。广大高校学生和科技工作者急需相关的参考书籍。遗憾的是目前市场上介绍 ANSYS 的书较少, 也难以满足读者的需求。为此, 我们及时编写了本书。在编写过程中我们力求体现由浅入深、循序渐进、文字简洁、通俗易懂的写作风格。书中涉及内容侧重于解决结构分析方面的问题, 学习本书的读者, 至少要有材料力学方面的基本知识, 如果学习过理论力学、塑性力学知识及相关的有限元理论, 对于理解本书内容将有极大的帮助。本书适用于对有限元感兴趣的初级读者和有一定经验的中级读者。

本书由武思宇执笔编写。此外, 邵谦谦、蓝荣香、王昊亮、喻波、马天一、魏勇、郝荣福、李光龙、孙明、李大宇、牟博超、李彬、付鹏程、高翔、朱丽云、崔凌、张巧玲、李辉、李欣、柏宇、郭强、金春范、程梅、黄霆、钟华、高海峰、王建胜、张浩、刘湘和邵蕴秋等同志在整理材料方面给予了编者很大帮助, 在此, 编者对他们表示衷心的感谢。

由于时间仓促, 加之编者的水平有限, 缺点和错误在所难免, 恳请专家和广大读者不吝赐教, 批评指正。

编 者
2004 年 8 月

目 录

第 1 章 绪论.....	1
1-1 ANSYS 简介.....	1
1-1-1 ANSYS 软件在 CAE 市场的地位及技术特点.....	1
1-1-2 软件功能简介.....	2
1-1-3 ANSYS 8.0 的改进和新增的功能.....	4
1-2 ANSYS 8.0 的安装与启动.....	6
1-2-1 系统要求.....	6
1-2-2 安装过程.....	6
1-2-3 设置环境参数.....	8
第 2 章 ANSYS 分析基本过程.....	9
2-1 初识 ANSYS.....	9
2-1-1 启动 ANSYS.....	9
2-1-2 总体界面介绍.....	10
2-1-3 ANSYS 的文件格式.....	12
2-1-4 退出 ANSYS.....	13
2-2 ANSYS 基本分析过程.....	13
2-2-1 建立实体模型.....	13
2-2-2 定义材料特性.....	17
2-2-3 创建有限元模型.....	20
2-2-4 加载和求解.....	20
2-2-5 查看计算结果.....	23
2-3 ANSYS 8.0 的帮助系统.....	24
2-3-1 进入 ANSYS 8.0 帮助系统.....	24
2-3-2 ANSYS 8.0 帮助系统的超链接.....	25
2-3-3 ANSYS 的在线教程.....	25
2-4 结构静态分析实例.....	26
2-4-1 问题的描述.....	26
2-4-2 建立几何模型.....	26
2-4-3 定义材料.....	32
2-4-4 划分网格.....	34
2-4-5 加载.....	35
2-4-6 求解.....	36
2-4-7 查看计算结果.....	37
2-5 本章小结.....	38

2-6 习题.....	39
第3章 有限元模型.....	40
3-1 概述.....	40
3-1-1 实体建模和直接生成模型.....	40
3-1-2 建立模型的典型步骤.....	41
3-2 分析规划.....	41
3-2-1 确定模型类型.....	41
3-2-2 定义单元类型.....	42
3-2-3 利用模型的对称性.....	45
3-2-4 合理简化分析模型.....	46
3-2-5 确定合适的网格密度.....	46
3-3 坐标系.....	47
3-3-1 总体和局部坐标系.....	47
3-3-2 显示坐标系.....	49
3-3-3 节点坐标系.....	50
3-3-4 单元坐标系.....	51
3-3-5 结果坐标系.....	51
3-4 工作平面.....	52
3-4-1 建立工作平面.....	53
3-4-2 移动工作平面.....	54
3-4-3 旋转工作平面.....	54
3-4-4 还原或调整工作平面.....	55
3-4-5 工作平面的轨迹.....	55
3-5 本章小结.....	56
3-6 习题.....	57
第4章 实体造型.....	58
4-1 基本概念.....	58
4-2 用自底向上的方法建模.....	61
4-2-1 关键点 (Key point).....	61
4-2-2 硬点 (Hard point).....	64
4-2-3 线 (Line).....	65
4-2-4 面 (Area).....	69
4-2-5 体 (Body).....	72
4-3 用自顶向下的方法建模.....	75
4-3-1 定义面体素.....	75
4-3-2 定义实体体素.....	77
4-4 用布尔运算处理实体模型.....	79
4-4-1 布尔运算的设置.....	79
4-4-2 交运算 (Intersect).....	80

4-4-3	加运算 (Add)	84
4-4-4	减运算 (Substract)	84
4-4-5	分类运算 (Classify)	91
4-4-6	搭接运算 (Overlap)	91
4-4-7	分割运算 (Partition)	92
4-4-8	粘接运算 (Glue)	92
4-4-9	高效率建模方法	93
4-5	实体模型的移动和拷贝	94
4-6	图元的缩放	96
4-7	实体模型上的加载	97
4-7-1	载荷的标记	97
4-7-2	载荷参数的列表显示	98
4-7-3	模型几何参数的计算	99
4-8	实体建模中的注意事项	100
4-8-1	图元的显示	100
4-8-2	布尔运算失败的原因	100
4-8-3	建议采取的措施	103
4-9	本章小结	104
4-10	习题	105
第 5 章	实体模型的网格划分	106
5-1	实体模型的网格划分	106
5-1-1	网格划分的步骤	106
5-1-2	自由网格和映射网格	106
5-2	定义单元属性	107
5-2-1	生成单元属性表	107
5-2-2	分配单元属性	108
5-3	网格划分控制	109
5-3-1	网格划分工具	110
5-3-2	单元形状	110
5-3-3	网格划分方式	112
5-3-4	SmartSizing 设置 (Free Mesh)	112
5-3-5	映射网格划分的缺省单元尺寸	114
5-3-6	局部网格划分控制	115
5-3-7	模型内部网格划分控制	116
5-3-8	过渡棱锥单元生成的控制	121
5-3-9	层网格划分的控制	122
5-4	自由网格和映射网格划分控制	123
5-4-1	自由网格划分	123
5-4-2	映射网格划分	124
5-5	实体模型的网格划分	130

5-5-1	用 xMESH 命令生成网格	131
5-5-2	由方向节点生成梁单元网格	132
5-5-3	由面生成体网格	134
5-5-4	扫掠二维网格生成体网格	135
5-5-5	中断网格划分操作	139
5-5-6	单元形状检查	139
5-6	改变网格	144
5-6-1	重新划分网格	144
5-6-2	清除网格	144
5-6-3	细化局部网格	145
5-6-4	改进四面体单元网格	146
5-7	网格划分的注意事项	148
5-8	本章小结	149
5-9	习题	149
第 6 章	直接生成和输入模型	150
6-1	直接生成模型的方法	150
6-1-1	节点	150
6-1-2	单元	154
6-2	输入实体模型	161
6-2-1	使用 SMOOTH 选项	161
6-2-2	使用 FACETED 选项	163
6-3	修改拓扑结构	165
6-3-1	设置间隙选项	165
6-3-2	找出间隙	166
6-3-3	删除几何图元	167
6-3-4	合并间隙	168
6-4	使用建模工具	169
6-4-1	使用几何修改工具	169
6-4-2	使用几何简化工具	172
6-5	本章小结	178
6-6	习题	178
第 7 章	加载	179
7-1	载荷概述	179
7-1-1	什么是载荷	179
7-1-2	载荷步、子步和平衡迭代	180
7-1-3	时间在跟踪中的作用	181
7-1-4	阶跃载荷与坡道载荷	182
7-2	如何加载	183
7-2-1	实体模型加载的优缺点	183

7-2-2	有限元模型加载的优缺点	183
7-2-3	DOF 约束	184
7-2-4	集中载荷	188
7-2-5	面载荷	190
7-2-6	体积载荷	195
7-2-7	惯性载荷	200
7-2-8	耦合场载荷	201
7-2-9	轴对称载荷	201
7-2-10	DOF 不产生任何阻抗的载荷	202
7-3	如何指定载荷步选项	203
7-3-1	通用选项	203
7-3-2	动力学选项	207
7-3-3	非线性选项	207
7-3-4	输出控制	208
7-3-5	Biot-Savart 选项	209
7-3-6	谱分析选项	209
7-4	创建多载荷步文件	209
7-5	定义初始应力	210
7-5-1	初始应力文件的格式	211
7-5-2	使用 ISFILE 命令的简单初始应力问题	211
7-5-3	使用 ISTRESS 命令的简单初始应力文件	213
7-5-4	使用 ISWRITE 命令的简单输出	214
7-6	使用表参量定义载荷	215
7-6-1	定义基本变量	215
7-6-2	定义独立变量	216
7-6-3	使用表参量	217
7-6-4	校验边界条件	217
7-6-5	一维表参量分析实例	217
7-6-6	五维表参量分析实例	218
7-7	使用函数工具定义边界条件	220
7-7-1	使用函数编辑器	221
7-7-2	使用函数加载器	222
7-7-3	函数应用实例	223
7-8	定义预紧载荷	227
7-8-1	在连接销上施加预紧载荷	227
7-8-2	定义连接销上的预紧载荷 (连接销为一个整体划分网格)	227
7-8-3	定义连接销上的预紧载荷 (连接销为两个独立实体划分网格)	228
7-8-4	预紧分析实例	228
7-9	本章小结	229
7-10	习题	230

第8章 求解	231
8-1 求解器类型	231
8-1-1 直接求解法 (Frontal Solver)	232
8-1-2 稀疏矩阵直接解法 (Sparse Direct Solver)	232
8-1-3 雅可比共轭梯度法 (JCG)	233
8-1-4 不完全乔勒斯基共轭梯度法 (ICCG)	233
8-1-5 条件共轭梯度法 (PCG)	233
8-1-6 自动迭代解法选项	234
8-2 获得解答	235
8-3 求解多步载荷	236
8-3-1 多重求解法	236
8-3-2 载荷步文件法	236
8-3-3 矩阵参数法	237
8-4 中断正在运行的作业	239
8-5 重新启动分析	240
8-5-1 单框架重新启动分析	240
8-5-2 多框架重新启动分析	244
8-6 实施分开的求解步骤	249
8-7 估计运行时间和文件大小	251
8-7-1 估计运算时间	251
8-7-2 估计文件的大小	252
8-7-3 估计所需内存	253
8-8 处理奇异解	253
8-9 本章小结	254
8-10 习题	254
第9章 后处理	255
9-1 后处理概述	255
9-1-1 什么是后处理	255
9-1-2 结果文件	256
9-1-3 后处理可用的数据类型	256
9-2 将数据结果读入数据库	257
9-2-1 读入结果数据	257
9-2-2 其他恢复数据的选项	259
9-2-3 创建单元表	260
9-2-4 对主应力的专门研究	265
9-3 在 POST1 中观察结果	265
9-3-1 图形显示结果	265
9-3-2 结果数据的面操作	273
9-3-3 用表格形式列出结果	276

9-3-4	映射结果到某一路径上	281
9-3-5	分析计算误差	287
9-4	POST1 的其他后处理内容	287
9-4-1	将计算结果旋转到不同坐标系中	287
9-4-2	对结果数据进行数学运算	289
9-4-3	产生及组合载荷工况	292
9-4-4	计算结果的局部映射	297
9-4-5	在数据库中创建或修改结果数据	297
9-5	时间历程后处理器 (POST26)	298
9-5-1	时间历程对话框窗口	298
9-5-2	定义 POST26 变量	300
9-5-3	检查变量	302
9-5-4	POST26 后处理器的其他功能	305
9-6	本章小结	306
9-7	习题	306
第 10 章	结构静力分析	308
10-1	结构分析概述	308
10-2	结构线性静力分析	308
10-3	结构非线性静力分析	309
10-3-1	非线性行为的原因	309
10-3-2	非线性分析的特殊性	310
10-4	结构非线性分析过程	314
10-4-1	创建模型	314
10-4-2	施加载荷并求解	314
10-4-3	查看分析结果	319
10-4-4	终止或者重新启动分析	321
10-5	结构静力分析实例	322
10-5-1	问题描述	322
10-5-2	问题说明	322
10-5-3	创建模型	322
10-5-4	加载并求解	329
10-5-5	查看分析结果	334
10-6	几何非线性分析	339
10-6-1	几何非线性	339
10-6-2	几何非线性分析建模的特殊性	339
10-6-3	几何非线性分析求解的建议和准则	342
10-6-4	几何非线性分析中求解选项的选用	345
10-6-5	检验分析结果	347
10-7	几何非线性分析实例	348
10-7-1	问题的描述	349

10-7-2	参数说明.....	349
10-7-3	创建模型.....	349
10-7-4	定义载荷并求解.....	353
10-7-5	查看分析结果.....	358
10-8	本章小结.....	362
10-9	习题.....	362

第 1 章

绪 论

本章主要分为两个部分，第 1 部分介绍 ANSYS 公司的发展及 ANSYS 软件在 CAE 市场上的地位，让读者对 ANSYS 软件有一个初步的了解；第 2 部分主要介绍 ANSYS 软件安装的方法。

1-1 ANSYS 简介

ANSYS 公司是由美国著名力学专家、美国匹兹堡大学力学系教授 John Swanson 博士于 1970 年创建发展起来的，总部设在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。

ANSYS 公司自建立伊始，与代表世界计算技术最高水平的高校及专业研究单位紧密结合，以最快速度吸取最先进的计算方法和研究成果，不断推陈出新，引领有限元分析软件的发展潮流。

在中国，ANSYS 软件经过几年的经营，用户数量迅速增长，遍及工业的各个领域，应用也越来越深入。为了拓展 ANSYS 软件的中国市场，公司给中国用户以更好的就近支持和服务。下面介绍 ANSYS 软件在 CAE 市场中的地位。

1-1-1 ANSYS 软件在 CAE 市场的地位及技术特点

ANSYS 软件是一个非常成功的通用有限元分析软件，在其发展历程中得到了很多荣誉，也被很多国家和行业认定为有限元软件分析标准。ANSYS 软件在 CAE 市场中地位体现如下：

1. 迄今为止世界范围内惟一通过 ISO9001 质量认证的分析设计类软件。
2. 是经美国机械工程师协会 (ASME)、美国核安全局 (NQA) 及近 20 种专业技术协会认证的标准分析软件。
3. 第 1 个通过中国压力容器标准化技术委员会认证并在 17 个部委推广使用的分析软件。
4. ANSYS 公司开发了第 1 个 PC 机上的结构分析程序。
5. 开发了第 1 个集成的计算流体动力学功能。
6. FEA 界惟一获美国 R&D 明星殊荣。
7. FEA 界惟一获美国技术先导公司的称号。

目前，全球有 70% 以上的高校及研究单位采用 ANSYS 作为有限元分析软件。ANSYS

软件已成为世界范围内市场增长最快的 CAE 软件，即使在中国也拥有数以万计的广大用户群。

ANSYS 软件是一个功能非常强大的通用有限元分析软件，用户借助 ANSYS 可以完成非常复杂的分析，得到高精度的、可以替代施加物理实验的结果。如此强大的功能都是因为 ANSYS 软件的如下技术特点：

1. 惟一能实现多场及多场耦合功能的软件。
2. 惟一实现前后处理、分析求解及多场分析统一数据库的大型 FEA 软件。
3. 独一无二的优化功能，惟一具有流场优化功能的 CFD 软件。
4. 融前后处理与分析求解于一身。
5. 强大的非线性分析功能。
6. 快速求解器。
7. 最早采用并行计算技术的 FEA 软件。
8. 从个人机、工作站、大型机直至巨型机所有硬件平台上全部数据文件兼容。
9. 智能网格划分。
10. 支持从 PC、WS 到巨型机的所有硬件平台。
11. 从个人机、工作站、大型机直至巨型机所有硬件平台上统一用户界面。
12. 可与大多数的 CAD 软件集成并有接口。
13. 多层次多框架的产品系列。
14. 良好的用户开发环境。

了解了 ANSYS 软件的主要技术特点后，下面简单介绍 ANSYS 软件的功能。

1-1-2 软件功能简介

ANSYS 软件主要包括前处理模块、分析计算模块和后处理模块 3 个部分。下面首先介绍 ANSYS 的功能模块之一：前处理模块 PREP7。

前处理模块 PREP7

双击实用菜单中的“Preprocessor”，进入 ANSYS 的前处理模块。前处理模块主要有两部分内容，即实体建模和网格划分。下面详细介绍两部分内容：

1. 实体建模

ANSYS 程序提供了两种实体建模方法：自顶向下与自底向上。

自顶向下进行实体建模时，用户定义一个模型的最高级图元，如球、棱柱，称为基元，程序则自动定义相关的面、线及关键点。用户利用这些高级图元直接构造几何模型，如二维的圆和矩形以及三维的块、球、锥和柱。无论使用自顶向下还是自底向上的方法建模，用户均能使用布尔操作来组合数据集，从而“雕塑出”一个实体模型。ANSYS 程序提供了完整的布尔运算，诸如相加、相减、相交、分割、粘附和重叠。在创建复杂实体模型时，对线、面、体、基元的布尔运算能减少相当可观的建模工作量。ANSYS 程序还提供了拖拉、延伸、旋转、移动和拷贝实体模型图元的功能。附加的功能还包括圆弧构造、切线构造、通过拖拉与旋转生成面和体、线与面的自动相交运算、自动倒角生成、用于网格划分的硬点的建立、移动、拷贝和删除。

自底向上进行实体建模时，用户从最低级的图元向上构造模型，即：用户首先定义关键点，然后依次是相关的线、面、体。

2. 网格划分

ANSYS 程序提供了使用便捷、高质量的对 CAD 模型进行网格划分的功能。包括 4 种网格划分方法：延伸划分、映像划分、自由划分和自适应划分。

延伸网格划分可将一个二维网格延伸成一个三维网格。映像网格划分允许用户将几何模型分解成简单的几部分，然后选择合适的单元属性和网格控制，生成映像网格。ANSYS 程序的自由网格划分器功能是十分强大的，可对复杂模型直接划分，避免了用户对各个部分分别划分然后进行组装时各部分网格不匹配带来的麻烦。自适应网格划分是在生成了具有边界条件的实体模型以后，用户指示程序自动地生成有限元网格，分析、估计网格的离散误差，然后重新定义网格大小，再次分析计算、估计网格的离散误差，直至误差低于用户定义的值或达到用户定义的求解次数。

求解模块 SOLUTION

前处理阶段完成建模以后，用户可以在求解阶段获得分析结果。在该阶段，用户可以定义分析类型、分析选项、载荷数据和载荷步选项，然后开始有限元求解。

ANSYS 软件提供的分析类型如下：

1. 结构静力分析

结构静力分析用来求解外载荷引起的位移、应力和力。静力分析很适合求解惯性和阻尼对结构的影响并不显著的问题。ANSYS 程序中的静力分析不仅可以进行线性分析，而且也可以进行非线性分析，如塑性、蠕变、膨胀、大变形、大应变及接触分析。

2. 结构动力学分析

结构动力学分析用来求解随时间变化的载荷对结构或部件的影响。与静力分析不同，动力分析要考虑随时间变化的力载荷以及它对阻尼和惯性的影响。ANSYS 可进行的结构动力学分析类型包括：瞬态动力学分析、模态分析、谐波响应分析及随机振动响应分析。

3. 结构非线性分析

结构非线性导致结构或部件的响应随外载荷不成比例变化。ANSYS 程序可求解静态和瞬态非线性问题，包括材料非线性、几何非线性和单元非线性三种。

4. 动力学分析

ANSYS 程序可以分析大型三维柔体运动。当运动的积累影响起主要作用时，可使用这些功能分析复杂结构在空间中的运动特性，并确定结构中由此产生的应力、应变和变形。

5. 热分析

程序可处理热传递的三种基本类型：传导、对流和辐射。热传递的三种类型均可进行稳态和瞬态、线性和非线性分析。热分析还具有可以模拟材料固化和熔解过程的分相变分析能力以及模拟热与结构应力之间的热—结构耦合分析能力。

6. 电磁场分析

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。还可用于螺线管、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。

7. 流体动力学分析

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——流管单元模拟结构的流体绕流并包括对流换热效应。

8. 声场分析

程序的声学功能用来研究在含有流体的介质中声波的传播，或分析浸在流体中的固体结构的动态特性。这些功能可用于确定音响话筒的频率响应，研究音乐大厅的声场强度分布，或预测水对振动船体的阻尼效应。

9. 压电分析

用于分析二维或三维结构对 AC（交流）、DC（直流）或任意随时间变化的电流或机械载荷的响应。这种分析类型可用于换热器、振荡器、谐振器、麦克风等部件及其他电子设备的结构动态性能分析。可进行 4 种类型的分析：静态分析、模态分析、谐波响应分析、瞬态响应分析。

后处理模块 POST1 和 POST26

ANSYS 软件的后处理过程包括两个部分：通用后处理模块 POST1 和时间历程后处理模块 POST26。通过友好的用户界面，可以很容易获得求解过程的计算结果并对其进行显示。这些结果可能包括位移、温度、应力、应变、速度及热流等，输出形式可以有图形显示和数据列表两种。

1. 通用后处理模块 POST1

这个模块对前面的分析结果能以图形形式显示和输出。例如，计算结果（如应力）在模型上的变化情况可用等值线图表示，不同的等值线颜色，代表了不同的值（如应力值）。浓淡图则用不同的颜色代表不同的数值区（如应力范围），清晰地反映了计算结果的区域分布情况。

2. 时间历程响应后处理模块 POST26

这个模块用于检查在一个时间段或子步历程中的结果，如节点位移、应力或支反力。这些结果能通过绘制曲线或列表查看。绘制一个或多个变量随频率或其他量变化的曲线，有助于形象化地表示分析结果。另外，POST26 还可以进行曲线的代数运算。

1-1-3 ANSYS 8.0 的改进和新增的功能

ANSYS Multiphysics 8.0 多物理场分析软件是 ANSYS 公司在全球最新发布的，ANSYS 公司历史上迄今功能最强大的有限元分析软件。ANSYS 8.0 软件根据计算技术的最新进展和用户的需要，对软件进行了较大的改进，添加了很多新功能。ANSYS Multiphysics 8.0 多物理场分析新功能如下：

◆ 多物理场求解器

最近几年，各工业界和应用领域对多物理场进行耦合求解的需求不断增长。用户经常需要两个或多个物理场之间耦合以更真实地模拟现实世界，因而不得不考虑与其他分析程序之间进行耦合计算。针对这些新的需求，ANSYS Multiphysics 8.0 推出了多物理场求解器，提供了一个易于应用的多物理场求解解决方案，实现对许多新兴市场和领域中耦合场问题的求解，而这在以前一直都是悬而未决的技术难点。新的多物理场求解器是一个通用的、全自动的序贯耦合多场求解器，适用于 ANSYS Multiphysics 中所有场分析能力之间的耦合计算，它也是在 ANSYS 以前成功推出的流体—结构耦合 (FSI) 求解器基础上的又一次革命性创举。

多物理场求解器的关键特性：

1. 每个物理场都具有自身相对独立的模型与网格

2. 任意数目物理场之间可以按顺序耦合起来
3. 每个物理场通过一组单元类型进行定义
4. 面载荷和体积载荷在物理场之间实现相互传递
5. 顺序（载荷矢量）耦合适用于两个物理场之间耦合求解，并且每个物理场允许采用：
 - 不同的分析类型（瞬态、稳态或谐响应）
 - 不同求解器和分析选项
 - 不同的网格模型
6. 可实现 ANSYS CFX 对 ANSYS Multiphysics 的单向耦合
7. 可实现第 3 方产品与 ANSYS Multiphysics 之间的单向耦合，每个物理场可从外部求解器（例如，CFX）导入
8. 支持非结构单元（网格）的自动变形（morphing）
9. 支持材料和几何非线性
10. 每个物理场具有独立结果文件

从技术上讲，多物理场求解器是一个交叉求解器，有 3 个嵌套循环：时间、交叉和场循环。多物理场求解器一个极为重要的特点是各物理场间的界面网格允许不一致，这样，各用户可以独立地建模和执行他们的分析，而无须依赖（精通各门学科知识的）超级物理专家制定 Multiphysics 分析的事无巨细的分析方案。

◆ 直接耦合场单元

新的 22X 系列单元使 ANSYS 的多物理场直接耦合分析技术具有更好的一致和易用性，他们以现有的，经过改进了的传统核心单元为基础，继承了核心单元的所有功能，诸如材料模型、载荷、特性等。22X 序列单元是真正的耦合场单元，因为它在单元内部实现物理场之间的耦合作用。

◆ 直接耦合场分析能力：

1. 压电分析
2. 压阻分析
3. 单元：
 - PLANE223 2-D 8 节点四边形
 - SOLID226 3-D 20 节点六面体
 - SOLID227 3-D 10 节点四面体
4. 实现对 CIRCU124 的耦合

◆ 一致性

1. 自由度与相互作用的设置更加灵活——由 KEYOPT (1) 进行控制
2. 单元形状和阶数——与 18X 结构单元相匹配
3. 载荷标识字——CHRG 对 AMPS
4. 大变形能力——对所有结构分析均有效

◆ 直接耦合场单元的应用

1. 压力传感器
2. 传感器
3. 加速度计
4. 麦克风