

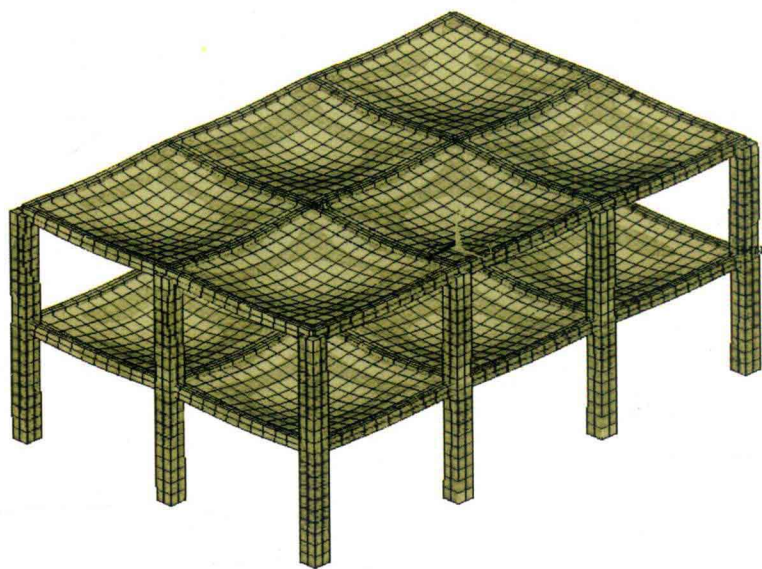
CAE 工程技术应用丛书

■ 聚焦建筑结构整体分析 ■ 结合软件分析与专业知识 ■ 深入解读重点与难点

ANSYS

建筑结构分析应用

徐 珂◎主编



中国建筑工业出版社

CAE 工程技术应用丛书

ANSYS 建筑结构设计应用

徐 珂 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

ANSYS 建筑结构分析应用/徐珂主编. —北京: 中国
建筑工业出版社, 2013. 6
(CAE 工程技术应用丛书)
ISBN 978-7-112-15351-0

I. ①A… II. ①徐… III. ①建筑结构-有限元
分析-应用程序 IV. ①TU3-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 076060 号

本书共分 16 章, 包括学习前需要了解的事情、梁单元模型与分析、壳单元模型与分析、结构分析常用单元介绍、关于软件帮助文件的使用、框架模型与分析、模型控制与显示、荷载组合、结构模态分析、地震反应谱分析、弹性稳定性分析、空间结构的稳定性分析、结构动力弹塑性分析、分析结果提取命令流、命令流组织结构及节点分析简介。附录中还给出了通过其他结构软件转换成 ANSYS 软件模型的方法。内容全面翔实、实用性强。本书可供从事建筑结构分析工作的科研人员、设计人员学习 ANSYS 软件时参考使用, 也可供高等院校土木工程及相关专业师生学习参考。

* * *

责任编辑: 王砾瑶

责任设计: 张 虹

责任校对: 王雪竹 刘梦然

CAE 工程技术应用丛书
ANSYS 建筑结构分析应用
徐 珂 主 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)
各地新华书店、建筑书店经销
霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版
北京世知印务有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 18½ 字数: 460 千字
2013 年 7 月第一版 2013 年 7 月第一次印刷

定价: 43.00 元

ISBN 978-7-112-15351-0
(23452)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

ANSYS 是个好软件

ANSYS 是大型通用有限元分析软件，在土木、机械、仪表、水利、地质、航天、原子能等领域应用广泛。ANSYS 在建筑结构分析领域里可以有效模拟各种结构形式，目前很多大型、复杂结构都会采用 ANSYS 软件进行分析，包括从结构整体到局部节点，可以实现多种结构分析需求，网络和很多书都有介绍过。

ANSYS 真是个好软件，它就像龙宫中的“金箍棒”！

ANSYS 是结构工程师的利器

“工欲善其事，必先利其器。”这么好的软件难道不想掌握吗？

别人不会用，你会用是什么感觉？别人会用，你不会用又是什么感觉？

孙悟空的“金箍棒”被你拿到，你不就成了……

ANSYS 开始学吧

既然已经使用过、掌握了很多种软件，学习 ANSYS 软件应该也没有多大问题。现在网络、出版业都很发达，学习资料很多，照章学习就可以了。

菜单输入建模？命令流提取分析结果？

“金箍棒”为啥不能变小放到耳朵里？

ANSYS 好像不太好学

书已经看了好几本，上网也查了很多遍，自己亲手一试：

为什么还是不能顺利建模？

好容易把模型建立起来，为什么模型不是自己构想的样子？

分析结果终于出来了，结果与正确答案差之千里？

“金箍棒”好像是个传说！



学习是要理清一些认识的

在校学生如果不能理解软件分析结果与所学知识的联系，那只是交作业式的软件应用，当未来工作中提出更高分析要求时，一切还会从零开始。

工程师如果不能理解通用有限元软件与傻瓜型结构设计软件的操作区别，不仅影响 ANSYS 软件的学习速度和深度，还会影响对软件适用范围广度的认识。



学习思路和理清关系是很重要的

各种资料已经介绍了很多建模和分析实例，还有各种菜单、命令语句的用法，看起来想用好软件分析要掌握的东西太多了！命令流语句一篇接着一篇，看着都眼花，如何知道其中有没有错误？

英语也许有几十万个单词，但只要掌握 3000 个基本单词就可以在英语国家横行。

专业需求再高，基本命令不能熟练使用，那么每一次使用 ANSYS 都会是痛苦的。



在本书中出现哪些内容

本书不是 ANSYS 使用大全，所以很多单元名称、命令语句不会出现在本书中，如果需要了解那些内容，可以看软件自带的用户手册，那里的内容更全面，不过对使用者的英语能力要求较高。

本书内容聚焦于建筑结构整体分析，不涉及节点分析，这与编者的工作性质和分析目标有关，细节内容以建模、分析、后处理的框架下讲述所涉及的各种命令和操作为主。



本书的特点

本书有些内容可能与其他优秀的 ANSYS 软件图书及结构理论书籍有相同之处，这是软件图书的特点。本书不同之处体现在细化对单元、命令的理解，通过简单的例子逐步过渡到建立复杂结构模型，并结合结构分析原理加以说明，这符合结构工程师的工作原则。对于学习中容易忽略的重点和差异点书中会给出解释和对比性说明。

本书由徐珂、孙艳坤、萨鹏程、李黎明编写，读者在使用过程中如对本书有任何建议，请登录网址 <http://www.jiegoublog.cn/> 留言。

目 录

第 1 章 学习前需要了解的事情	1
1.1 ANSYS 与其他结构软件的学习差异	1
1.1.1 建筑结构分析软件分类	1
1.1.2 结构分析只是 ANSYS 软件的一个重要功能	2
1.1.3 ANSYS 软件可以进行哪些结构分析	4
1.1.4 软件操作方法	6
1.1.5 ANSYS 软件的单位	10
1.1.6 荷载方向性	11
1.1.7 荷载组合	11
1.1.8 模块化和定制菜单	12
1.2 ANSYS 文件类型和用途	13
1.3 本书的编写内容	15
第 2 章 梁单元模型与分析	16
2.1 建立有限元分析模型	16
2.1.1 有限元建模方法简介与比较	16
2.1.2 计算模型	17
2.1.3 定义材料属性与截面性质	18
2.1.4 通过不同的方法建立有限元分析模型	20
2.2 梁单元静力分析	27
2.2.1 施加荷载	27
2.2.2 施加约束	29
2.2.3 求解	29
2.2.4 静力分析结果	30
2.3 梁单元细分效果比较	32
2.4 梁截面偏移分析	33
2.4.1 梁截面偏移命令 SECOFFSET	33
2.4.2 偏移分析对比	33
2.5 建模命令介绍	36
2.5.1 前处理固定命令流	36
2.5.2 定义梁单元截面	37
2.5.3 建立有限元模型	42
2.5.4 划分单元网格	43
2.5.5 定义边界节点约束 D	44
2.5.6 施加荷载	46

第3章 壳单元模型与分析 47

3.1 壳单元建模方法 47

3.1.1 壳单元物理数据与模型概况 47

3.1.2 建立有限元模型 47

3.1.3 壳单元静力分析 48

3.2 建模主要命令介绍 51

3.3 壳单元细分效果比较 52

3.4 壳模型建立顺序与局部坐标系关系 53

3.5 壳截面偏移分析 54

3.5.1 壳截面偏移方法 54

3.5.2 偏移分析对比 55

第4章 结构分析常用单元介绍 57

4.1 单元使用须知 57

4.1.1 单元名称 57

4.1.2 单元的通用性 57

4.1.3 单元坐标系 57

4.1.4 KEYOPT 命令 58

4.1.5 部分名词的理解 59

4.2 BEAM 单元 60

4.2.1 使用 BEAM188 和 BEAM189 单元注意事项 61

4.2.2 BEAM188 单元 62

4.2.3 BEAM189 单元 65

4.2.4 BEAM188 单元与 BEAM189 单元的区别 65

4.3 SHELL 单元 66

4.3.1 SHELL63 单元 66

4.3.2 SHELL281 单元 69

4.4 SURF 单元 73

4.5 MASS 单元 75

第5章 关于软件帮助文件的使用 77

5.1 帮助文件使用方法 77

5.1.1 进入帮助系统 77

5.1.2 帮助系统的内容组成 77

5.2 错误文件使用方法 78

5.2.1 错误信息内容 79

5.2.2 错误分类 79

5.3 关于几何构造分析的错误 80

5.3.1 可变体系 80

5.3.2 瞬变体系 81

5.3.3 瞬铰体系 83

5.3.4 几何构造分析小结 84

第 6 章 框架模型与分析	85
6.1 框架模型物理数据及模型概况	85
6.2 建模方法	86
6.2.1 关键点建立法	86
6.2.2 直线建立法	88
6.2.3 划分网格	90
6.2.4 施加约束与求解	91
6.3 静力分析结果	91
第 7 章 模型控制与显示	95
7.1 视图控制	95
7.1.1 窗口控制	95
7.1.2 坐标系统	96
7.1.3 字体设置	97
7.1.4 图形视口设置	98
7.2 编号显示	98
7.2.1 显示节点编号	98
7.2.2 显示单元编号	100
7.3 材料特性显示	102
7.3.1 材料数量显示	102
7.3.2 弹性模量显示	102
7.3.3 剪切模量显示	104
7.3.4 泊松比显示	104
7.4 单元截面显示	105
7.4.1 截面数量显示	105
7.4.2 截面特性显示	105
7.4.3 整体模型中特定截面显示	107
7.5 约束与荷载显示	107
7.5.1 边界条件显示	107
7.5.2 整体模型全部荷载显示	107
7.6 选择命令	109
7.6.1 选择节点	109
7.6.2 选择单元	109
7.6.3 定义组及显示	109
第 8 章 荷载组合	111
8.1 关于荷载组合	111
8.2 线性分析荷载组合方法 (一)	111
8.2.1 荷载组合方法 (一) 准备工作	113
8.2.2 荷载组合方法 (一) 命令流	113
8.2.3 荷载组合方法 (一) 的批处理方法	114
8.3 线性荷载组合方法 (二)	115
8.3.1 荷载组合方法 (二) 准备工作	118

8.3.2 荷载组合方法（二）命令流	118
第9章 结构模态分析	121
9.1 模态分析的步骤	121
9.1.1 模态分析基本概念	121
9.1.2 模态分析的步骤	121
9.2 模态分析命令流简介	122
9.3 梁模型模态分析简介	123
9.3.1 空间梁模型模态分析	123
9.3.2 简支梁模态简介	125
9.4 壳单元模态分析简介	129
9.4.1 四边简支板模态分析	129
9.4.2 简支板模态分析	131
9.5 框架结构模态分析简介	132
第10章 地震反应谱分析	137
10.1 反应谱分析的步骤	137
10.1.1 建立模型	137
10.1.2 模态分析	137
10.1.3 谱分析	137
10.1.4 扩展模态	138
10.1.5 合并模态	139
10.1.6 观察结果	139
10.2 获得结构重力代表值	139
10.3 反应谱值的设定	140
10.4 反应谱分析命令流	141
10.5 梁单元模型分析结果	142
10.6 壳单元模型分析结果	143
10.7 框架模型分析结果	144
第11章 弹性稳定性分析	145
11.1 稳定性分析简介	145
11.1.1 稳定性分析分类	145
11.1.2 静力屈曲的有限元理论	146
11.2 屈曲分析过程	146
11.3 线性屈曲分析实例	147
11.3.1 平面轴心受压构件的线性屈曲分析	147
11.3.2 简支板线性屈曲分析	152
11.3.3 钢架线性屈曲分析	154
11.4 非线性屈曲分析的过程	156
11.4.1 平面轴心受压构件的几何非线性屈曲分析	157
11.4.2 简支板几何非线性屈曲分析	158
11.4.3 空间钢架非线性屈曲分析	158
11.5 本章使用到的命令详解	162

第 12 章 空间结构的稳定性分析	164
12.1 空间结构稳定性分析简介	164
12.1.1 影响网壳结构稳定性的主要因素	164
12.1.2 规范对于空间结构稳定性分析的相关规定	164
12.1.3 空间结构稳定性分析主要内容	165
12.2 网壳结构的线性屈曲分析	165
12.2.1 建立几何分析模型	165
12.2.2 施加荷载与约束	167
12.2.3 线性屈曲分析	167
12.3 网壳结构考虑初始缺陷的几何非线性屈曲分析	169
12.3.1 施加初始缺陷	169
12.3.2 考虑初始缺陷的几何非线性屈曲分析结果	170
12.4 网壳结构双非线性屈曲分析	172
12.4.1 材料非线性的施加	172
12.4.2 双非线性屈曲分析结果	172
12.5 活荷载的不同分布形式对网壳结构屈曲的影响	173
12.6 本章使用到的命令详解	175
第 13 章 结构动力弹塑性分析	177
13.1 动力弹塑性分析的步骤	177
13.2 弹塑性有限元模型的建立	177
13.2.1 将荷载转换为质量	177
13.2.2 弹塑性材料定义	179
13.2.3 加强钢筋单元介绍	183
13.2.4 梁单元与分离式加强钢筋模型的建立	183
13.2.5 施加初始（荷载）条件	187
13.2.6 地震波的输入与查看	188
13.3 动力弹塑性分析的求解	190
13.4 结果查看及数据提取	193
13.4.1 查看时程曲线	193
13.4.2 显示变形云图	196
13.4.3 时程结果数据的提取	196
第 14 章 分析结果提取命令流	198
14.1 后处理概述	198
14.1.1 通用后处理器与时程后处理器	198
14.1.2 如何使用后处理器	198
14.2 BEAM188 模型分析结果提取	198
14.2.1 BEAM188 模型静力分析结果	198
14.2.2 BEAM188 模型模态分析结果	219
14.2.3 BEAM188 模型弹性屈曲分析结果	224
14.3 SHELL181 模型分析结果提取	226
14.3.1 SHELL181 模型静力分析结果	226

14.3.2 SHELL181 模型模态分析结果 228

14.3.3 SHELL181 模型屈曲分析结果 233

14.4 框架模型分析结果提取 235

14.4.1 框架模型静力分析结果 235

14.4.2 框架模型模态分析结果 238

14.4.3 框架模型谱分析结果 240

第 15 章 命令流组织结构 242

15.1 认识命令流 242

15.2 结构分析的流程 242

15.2.1 前处理命令流 245

15.2.2 分析命令流 246

15.2.3 后处理命令流 248

15.3 命令分类 250

15.4 宏文件的使用 250

15.5 定制菜单 253

15.5.1 制作自定义菜单 253

15.5.2 启动软件调用自定义菜单 255

15.5.3 定制多级菜单 255

15.6 交互式窗口应用 257

15.6.1 对话框命令“MULTIPRO” 257

15.6.2 在宏命令执行中执行拾取操作 259

15.6.3 定制分析进度显示条 259

第 16 章 节点分析简介 262

16.1 节点分析与整体分析的差异 262

16.2 节点建模 262

16.2.1 模型简介与整体模型计算 262

16.2.2 提取边界条件 265

16.2.3 壳单元模型建立 266

16.2.4 实体单元模型建立 268

16.3 施加约束与计算 273

16.4 分析结果及效果评判 274

16.4.1 计算结果 274

16.4.2 路径计算 278

16.4.3 热点分析 278

16.5 本章使用到的命令详解 281

附录 A 通过其他结构软件转换成 ANSYS 软件模型 283

A.1 模型转换的内容 283

A.2 SAP2000 软件转换方法介绍 283

A.2.1 直接转换方法 283

A.2.2 转换程序 285

参考文献 286

第1章 学习前需要了解的事情

1.1 ANSYS 与其他结构软件的学习差异

1.1.1 建筑结构分析软件分类

结构分析软件有很多种，结构工程师会接触到的分析软件有 PKPM、3D3S、MTS、MST、ETABS、SAP2000、MIDAS、STAAD/PRO、ABAQUS、ALOGR、ANSYS、NASTRAN、MARC、LS-DYNA、广厦系列等，从使用目的可以简单地分为两大类：结构设计软件和通用有限元分析软件。

第一类是服务于结构设计终端产品倾向于结构构件设计的软件，如 PKPM、ETABS、BUILDING、广厦系列等软件，这类软件的最大特点是为结构施工图服务，俗称“配筋软件”或“构件验算软件”。为了满足工程设计需求，结构分析功能重要性相对整个软件功能并不突出，对于这些软件而言，结构建模、分析、规范设计都是很重要的功能，功能均衡发展是此类软件开发的重要事项。这些软件一般仅适用于结构设计工作，满足结构工程师快速设计需求，软件开发尽量向傻瓜操作方式发展，一般不提供二次开发端口，将各种分析假定内置化，使结构工程师对假定条件干预的可能性减到最少，分析过程也称“黑箱”分析，分析结果一般为固定格式，软件的所有功能都是围绕构件设计和设计规范进行设置，如果结构工程师需要了解更多分析成果时，往往受到软件计算程序开发原则的限制而达不到要求。

第二类是通用有限元分析软件，如 ANSYS、ABAQUS、ALOGR、NASTRAN、MARC、LS-DYNA 等系列软件，这类软件最大特点是以力学性能分析为主，其应用范围非常广泛，可以模拟各种物理模型，通过多种分析求解器，进行多种力学性能分析，广泛应用于航天、汽车、建筑、电子、能源、材料领域。这类软件不含有结构设计功能，不能直接服务于结构施工图，需要用户进行二次开发来满足这类要求，对于高级用户具有更大的发挥空间。由于强调软件使用的通用性，在结构整体建模方面不如第一类软件方便，所有控制性命令都需要用户进行设定，包括构件材料、构件细分尺寸、分析类型、功能开关等，分析结果因分析目标差异而表现不同，这就需要结构工程师具有良好的结构概念和理论知识储备，用于判断软件计算结果的合理性，如果结构工程师不能判断其合理性而直接采用结果，有可能带来灾难性的事故。

ANSYS 软件是第二类软件中应用较广的软件之一，其技术覆盖多个学科领域，其在结构设计领域中的认知度非常高，操作性很强，通过表 1-1 可以了解 ANSYS 软件与常用的第一类软件的使用差异。

还有一类结构分析软件的功能介于两类软件之间，如 SAP2000、MIDAS/GEN、STAAD/PRO 等系列软件，这类软件的特点主要是针对建筑结构整体性能分析，其有限

ANSYS 软件与其他软件的差异

表 1-1

对比项	第一类软件	ANSYS 软件
建模方式	傻瓜式、按固定格式输入	开放式、可以建立复杂模型
求解能力	一种求解器针对特定模型计算	多种求解器针对不同模型计算
分析功能	结构分析(静力、模态)	结构、热、流体、电磁场、耦合场分析
非线性分析功能	无或模拟非线性功能	几何、材料、接触、单元非线性
二次开发能力	无或弱	强大

元通用性和分析功能弱于第二类软件而强于第一类，其设计功能如构件验算要强于第二类软件而弱于第一类软件。

1.1.2 结构分析只是 ANSYS 软件的一个重要功能

通过表 1-1 可以知道，ANSYS 软件可以进行多种功能分析，其解决问题的范围从简单的线性分析到复杂的非线性分析都可胜任，软件包含丰富的单元库，可以模拟任意几何形状的单元库和材料性能，结构分析是其重要组成部分，这就决定 ANSYS 软件的操作界面不同于结构设计软件。

结构设计软件的功能目标很明确，就是为了给结构工程师提供施工图终端服务的，各种界面设置都是围绕工程师关心的事情出现的，再配合“傻瓜式”的服务理念，大部分的功能都集成化，也符合结构工程师的思维模式，因此结构设计软件的应用非常直接而广泛。不同的结构设计软件可能在界面上有差异，但菜单设计是按照结构工程师的设计思路排序的，有经验的工程师可以不经训练就可以通过软件操作进行施工图设计。

ANSYS 的界面设计不是以“傻瓜式”为主导，基于多种分析的需要，菜单排布是以多种分析功能服务的，而结构分析是整个功能一部分，所以当 一个结构工程师初次打开 ANSYS 操作界面如图 1-1，肯定是茫然的，这里 看不出来有哪些按钮对结构分析有用，如果不经训练或者他人指导，大部分初学者很快就会产生畏难情绪。

这是很正常的反应，在很大程度上阻碍了一些结构工程师学习使用 ANSYS 软件的热情，按照第一类结构设计软件的使用经验，界面上的这些命令都是需要用户掌握的，这样才可以有效地进行结构设计工作，这对于学习 ANSYS 软件是一个误区。ANSYS 软件的功能非常强大，可以做很多有趣的分析，比如汽车碰撞模拟、齿轮咬合接触分析、机械部件热传导分析，用户只要有兴趣都可以去模拟，但这些与建筑结构分析无关，而且这部分的分析菜单和命令非常多，如果用户在学习过程中将大量时间用于学习这些操作，很快就会成为优秀的机械工程师而不是结构工程师！

例如当用户打开【ANSYS Main Menu/Preferences/Preprocessor/Material Props/Material Models】，屏幕会显示如图 1-2 所示界面，可以看到材料模型有很多类，结构分析选用 Structural 项即可，其他如热能、电子、声学选项对结构工程师可能是没有意义的。

当用户点击 Structural 选项时屏幕会显示如图 1-3 所示界面，这里包含线性、非线性、密度、热膨胀、阻尼、摩擦系数和专业选项，这些内容对结构工程师都是有意义的，会在各种结构模型中逐步用到。不过对于初学者直接掌握这么多选择是没有太多意义的，在初学阶段可能把线性选项用熟练才是最重要的事情。

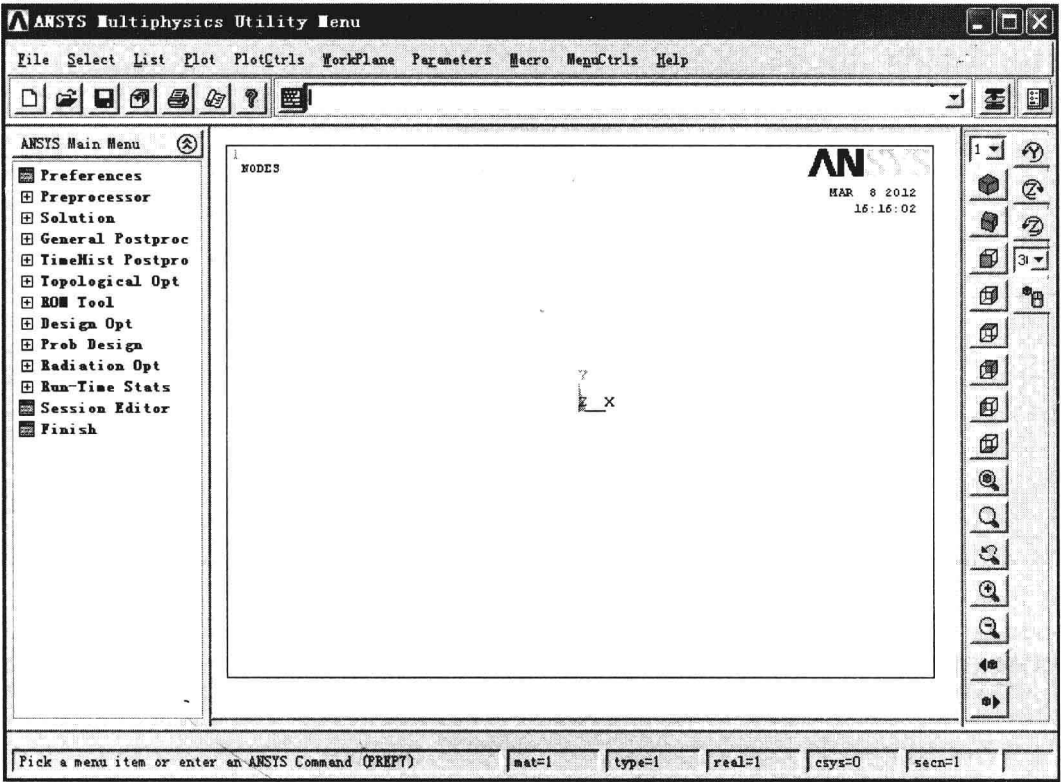


图 1-1 ANSYS 开始界面

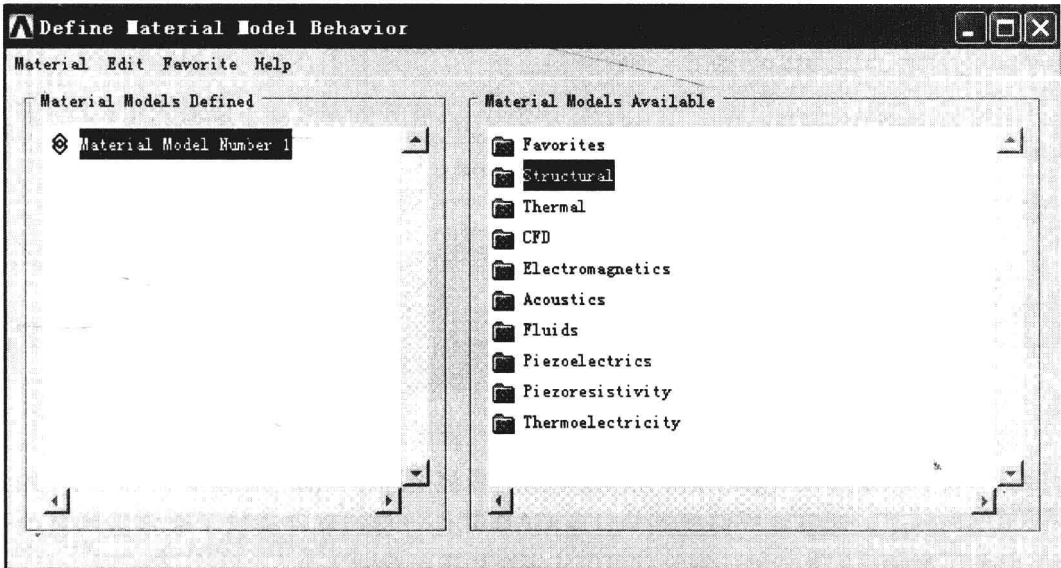


图 1-2 定义材料菜单

继续点击 Linear 选项时屏幕会显示如图 1-4 所示界面，这里包含各向同性、正交各向异性、各向异性选项，对于常规结构分析，选择使用各向同性选项即可。

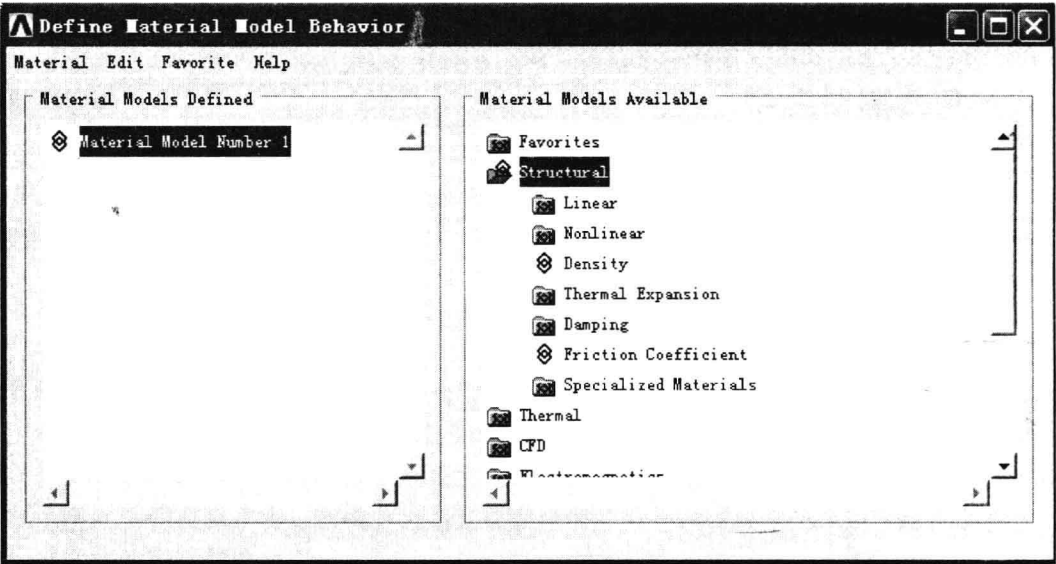


图 1-3 结构类材料下拉菜单

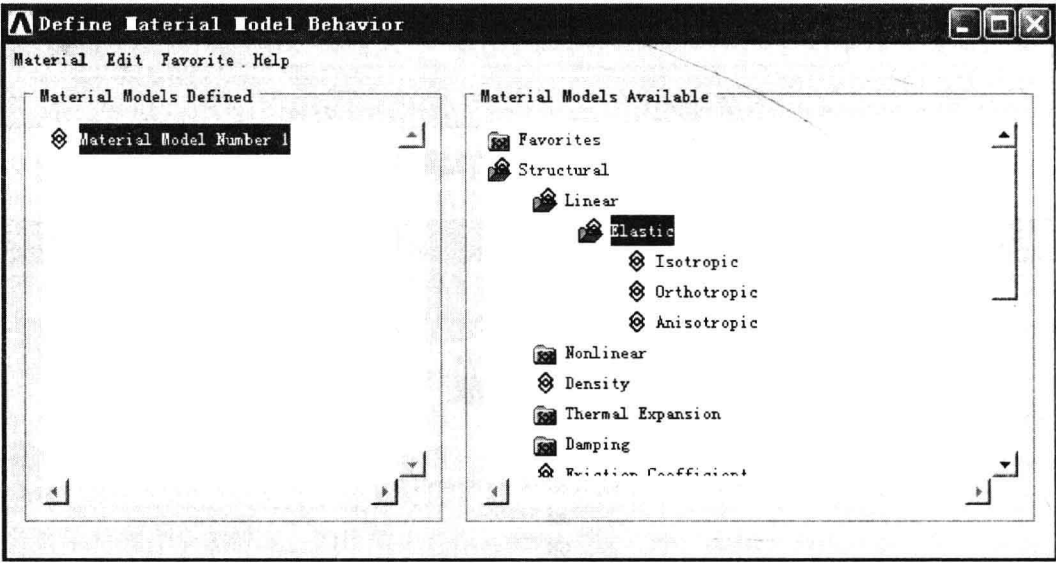


图 1-4 线性分析弹性材料下拉菜单

通过上面的介绍可以明确学习和使用 ANSYS 软件与第一类软件之间的差异，结构工程师只需将学习重点集中在将要用到的菜单或命令流上即可，而不必浪费更多的时间用到不需要的内容上。这就像我们使用 AUTOCAD 软件一样，软件提供了非常多的菜单选择，结构工程师只用其中的一部分就可以实现结构图纸绘制。

1.1.3 ANSYS 软件可以进行哪些结构分析

ANSYS 属于通用有限元软件，在理论上可以模拟各种结构形式和细节，在整体分析上可以获得结构设计所需各项指标，图 1-5 是“洛阳隋唐城天堂遗址保护建筑”整体计算模型，包含 5000 个节点、7000 个梁单元，设计中常用的结构模态、自振周期、节点位

移、加速度、特征值屈曲等指标都可以通过分析获得结果。

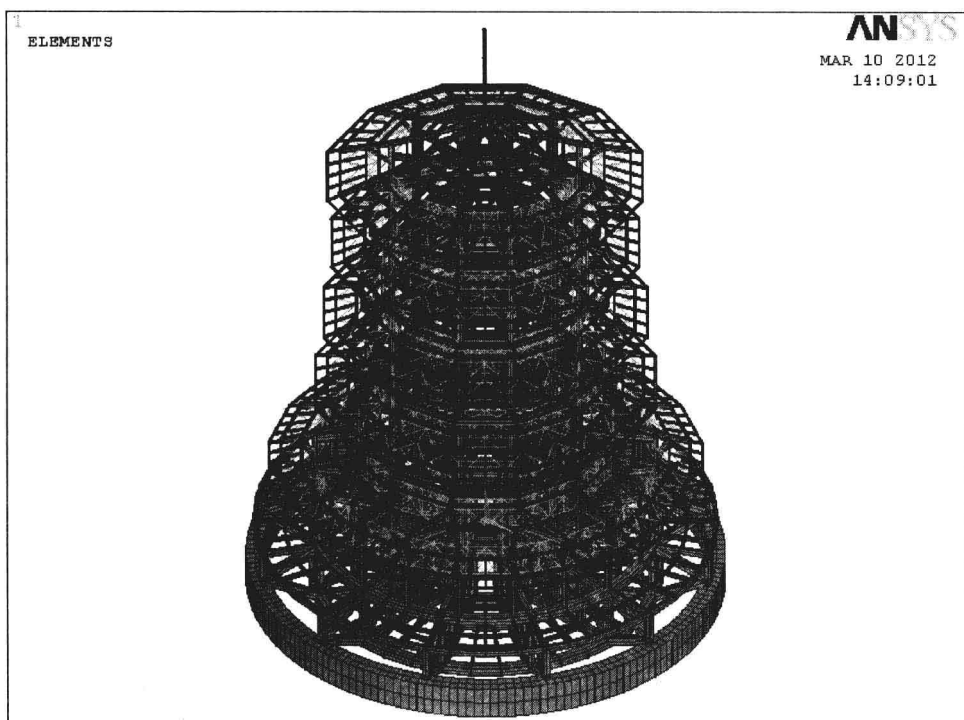


图 1-5 整体分析模型

在细节上可以模拟各种特殊节点获得应力状态，图 1-6 是两个桁架节点模型，一个是圆钢管与连接板在建模时单元情况，一个是箱形节点的应力分布情况。这类分析是在整体分析完成的前提下，将节点抽取出来，给出周边约束、强制位移等条件，按一定细分规则划分成有限元模型，通过分析得到应力结果。

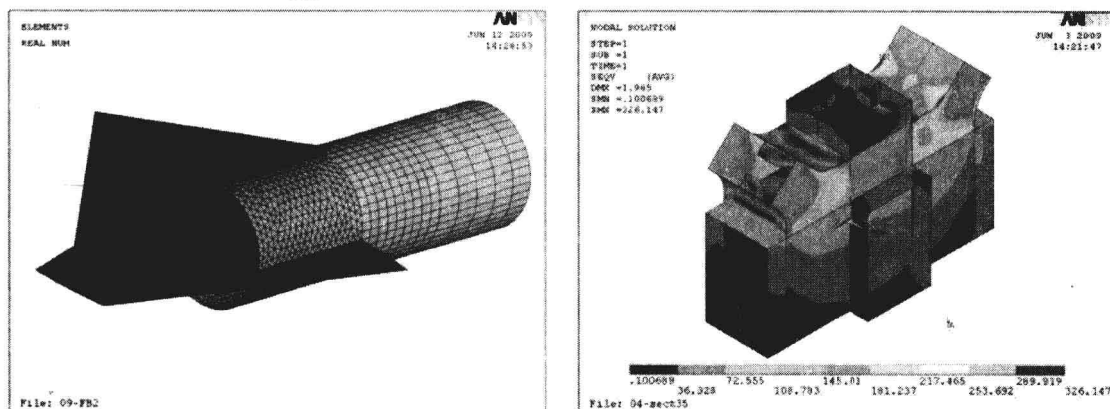


图 1-6 节点细分和分析结果

通过上面两个例子可以看出，我们在使用 ANSYS 软件要明确分析目标是哪一类，整体分析和节点分析是两种分析方法，构件单元的选择也不一样，整体模型中一般选择 ANSYS 单元库中的梁（BEAM）单元，节点分析一般选择壳（SHELL）单元或实体

(SOLID) 单元，不同单元的结果输出方式不一样，所以在设计工作中，使用 ANSYS 软件也可以分为整体和节点两大类，这是初学者必须分清楚的。

按照 ANSYS 软件用户手册介绍，结构分析有七种分析功能：（1）静力分析，含线性和非线性功能；（2）线性结构特征值屈曲分析；（3）线性结构模态分析；（4）线性结构谐响应分析；（5）瞬态动力分析；（6）模态分析扩展谱分析；（7）显式动力分析，需使用 ANSYS/LS-DYNA 模块。

在非线性分析方面，ANSYS 软件可以实现：（1）材料非线性；（2）几何非线性；（3）接触非线性；（4）单元非线性；（5）混合非线性。

1.1.4 软件操作方法

多数使用第一类软件的工程师都会有一个先入为主的概念，即软件命令都是通过菜单方式完成的，这个看法是没有错误的，ANSYS 软件确实可以通过鼠标或键盘在菜单和图形界面进行选取，完成任何分析命令指定，也称“GUI 方式”或称“用户图形界面操作方式”，当用户建立一个比较简单模型时，这种方法比较简单易于上手，但对于复杂模型或大型模型修改时就比较麻烦，因为 ANSYS 软件的特长是分析功能，建模功能相对是个弱项。

ANSYS 软件提供另一种“命令流方式”，将用户的指令以规定格式写成文本文件存储，用户可以有两种方法执行操作，第一种方法是通过【Utility Menu/File/Read Input From...】读入命令流文件；第二种方法是通过拷贝文件内容粘贴到命令行中运行，这对于结构工程师经常修改模型是非常方便的。两种方式的界面操作方法见图 1-7，两者的区别是，采用文件读入方式时，软件处理速度更快，适合模型已经调整完毕直接获得结果的情况。采用拷贝到命令行中方式时，适合边调整模型边输入命令流，但软件处理速度较慢，特别是模型数据量很多时不适合。例如图 1-5 的模型，如果采用文件读入方式，只需

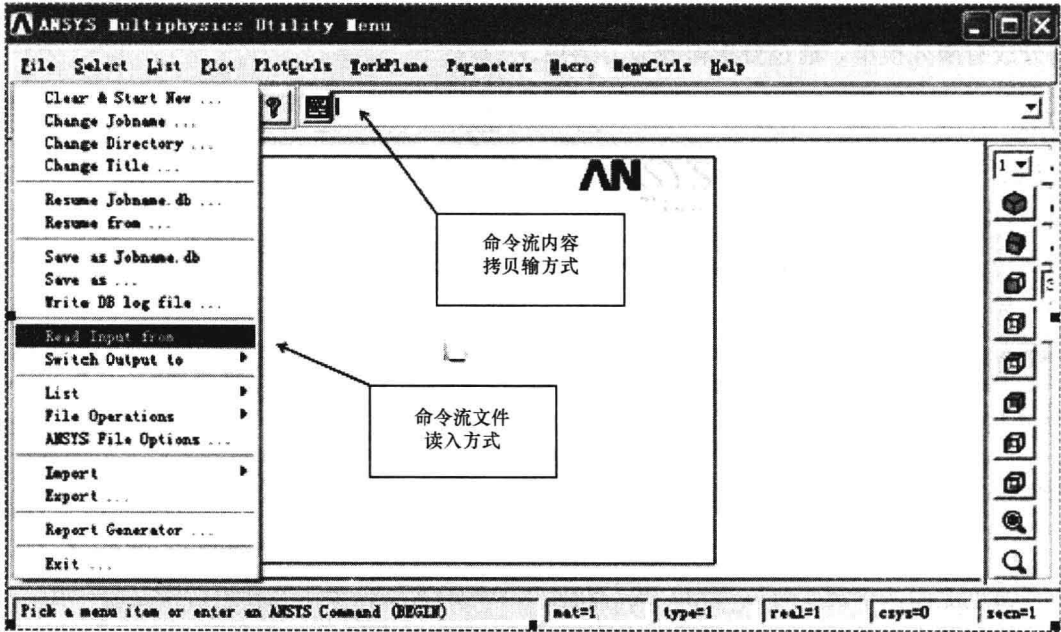


图 1-7 命令流输入两种方式