

CAX工程应用丛书

# ANSYS

## 结构单元与材料应用手册

(基于最新版本14.0)

### ◆ 核心内容

基础篇：主要介绍ANSYS的基础知识，包括ANSYS分析流程、APDL编程等内容

结构分析单元篇：介绍ANSYS的结构单元

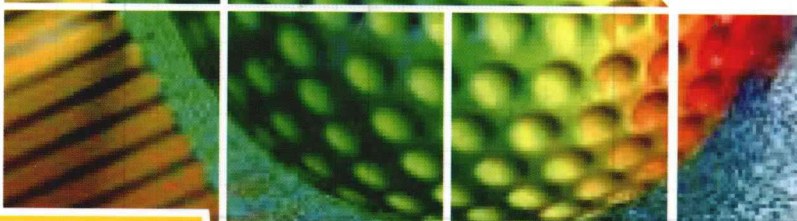
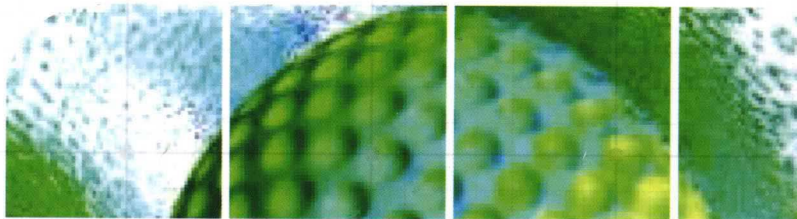
常见结构材料篇：介绍ANSYS结构分析中常见的材料模型

算例篇：以专题的方式组织算例，以APDL程序方式对ANSYS结构单元和材料模型的使用进行说明

### ◆ 主要特点

详细讲解ANSYS结构单元与材料的特性，通过大量工程案例讲解ANSYS在相关行业中的应用

凌桂龙 沈再阳 编著



DVD

本书单元应用案例的所有求解文件



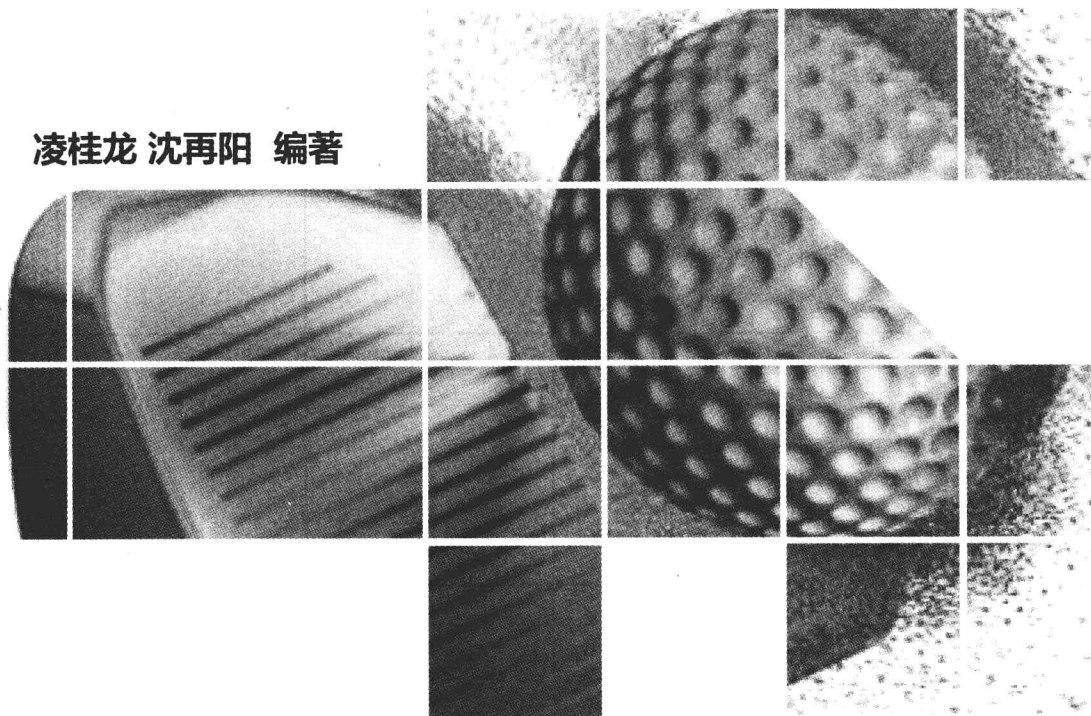
清华大学出版社

CAX工程应用丛书

# ANSYS

## 结构单元与材料应用手册

凌桂龙 沈再阳 编著



清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书针对 ANSYS 14.0 在结构分析中的应用进行编写, 主要介绍了常用的 ANSYS 单元和常用的材料模型在 ANSYS 中的实现和使用方法。根据内容的侧重点不同, 本书可分引言、结构单元、结构材料及算例应用 4 篇, 其中, 引言篇主要介绍使用 ANSYS 的基础知识, 包括 ANSYS 分析流程、APDL 编程等内容。结构单元篇介绍 ANSYS 的结构单元类型, 包括点单元、组合单元、连杆单元、梁单元、管单元、二维平面单元、三维实体单元、壳单元、接口单元、接触单元、MPC 单元、表面效应单元、矩阵单元等。结构材料篇介绍 ANSYS 结构分析中常见的材料模型, 包括线性材料模型、塑性材料模型、超弹性材料模型、粘弹性材料模型、率相关材料模型、垫片材料模型、肿胀材料模型、蠕变材料模型、记忆合金材料模型、MPC 材料模型、接触摩擦材料模型、内聚层材料模型等。算例篇以 APDL 程序方式对 ANSYS 单元和常见结构材料模型的使用进行实例说明。本书附录还给出了结构分析涉及的常用命令集, 方便读者查阅。

本书内容详实, 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, 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, 也可以作为从事相关工程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 结构单元与材料应用手册/凌桂龙, 沈再阳编著. —北京: 清华大学出版社, 2013.6  
(CAX 工程应用丛书)  
ISBN 978-7-302-31780-7

I. ①A… II. ①凌…②沈… III. ①材料科学—有限元分析—应用软件—手册 IV. ①TB3-62②O241.82-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 059885 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: 沈 露

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈: 010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 刷 者: 清华大学印刷厂

装 订 者: 三河市李旗庄少明印装厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 190mm×260mm 印 张: 37.75 字 数: 966 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: 1~4 000 册

定 价: 88.00 元

ANSYS 软件为工程分析提供了充分的分析手段。目前, ANSYS 已经在很多领域取得了应用, 结构分析领域是 ANSYS 应用成功的领域之一。针对 ANSYS 在结构分析领域成功应用的结果以及国内机械类、土木类等相关领域急需结构工程分析专业人才的需求, 编写了本书。

本书通过基础知识介绍、材料及单元的说明介绍和使用算例进行示例, 对使用 ANSYS 进行分析时的材料和单元选择和设置进行说明。

本书根据内容的侧重点不同共分为四篇, 第一篇为引言篇, 第二篇为结构材料篇, 第三篇为结构单元篇, 第四篇为算例篇。各篇章的简介如下:

1. 在引言篇中主要介绍 ANSYS 基础知识, 包括 ANSYS 分析的基本流程和使用 APDL 进行编程分析等。其中:

(1) ANSYS 分析的基本流程包括前处理、加载与求解及后处理, 其提供了使用 ANSYS 分析的基本操作方式。

(2) APDL 编程语言是 ANSYS 提供的一种高效的解释性编程语言, 其可以简化重复操作, 大大提高使用 ANSYS 工作的便利性。

2. 在结构材料篇中, 介绍了结构分析中常见的材料, 包括:

- 线性弹性材料;
- 塑性与弹塑性材料;
- 超弹性材料;
- 率/时间相关材料;
- 肿胀材料;
- 交互性材料;
- 形状记忆合金。

3. 在结构单元篇中, 介绍了结构分析中可能出现的单元类型, 包括:

- 点单元——MASS21 和 FOLLW201。
- 组合单元——包括 COMBIN14、COMBIN37、COMBIN39、COMBIN40、COMBI214。
- 连杆单元——包括 LINK11 和 LINK180。
- 梁单元——包括 BEAM188 和 BEAM189。
- 管单元——包括 PIPE288、PIPE289 和 ELBOW290。
- 二维平面单元——包括 PLANE182 和 PLANE183。
- 三维实体单元——包括 SOLID65、SOLID185、SOLID186、SOLID187、SOLID272、SOLID273 和 SOLID285。
- 结构壳单元——包括 SHELL28、SHELL61、SHELL181、SHELL281、SHELL208 和 SHELL209 和 SOLSH190。
- 接口单元——包括 INTER192、INTER193、INTER194、INTER195、INTER202、INTER203、INTER204 和 INTER205。
- 接触单元——包括 CONTA171~CONTA178,

- 目标单元——包括 TARGE169 和 TARGE170。
- MPC184 单元——包括实现运动约束的一类常用的多点约束单元。
- 表面效应单元——包括 SURF153、SURF154、SURF156 和 SURF159。
- 矩阵单元——包括 MATRIX27 和 MATRIX50。
- 其他结构相关的单元——包括 MESH200、PRETS179、REINF263、REINF264 和 REINF265。

4. 在算例篇中, 通过算例来实现不同类型的分析, 以此对单元的使用进行了示例, 涉及的分析类型包括:

- 线性静态分析——模型在载荷的作用下的线性弹性响应分析。
- 非线性静态分析——模型在载荷的作用下的线性弹性响应分析, 包括结构非线性、材料非线性和状态非线性三种类型。
- 屈曲分析——模型在应力作用下发生失稳现象的分析, 按照分析方法的不同分为线性屈曲分析和非线性屈曲分析。
- 模态分析——模型的固有频率和各个频率下的振动模态分析。
- 谐响应分析——模型在不同频率谐波载荷的作用下的响应情况分析。
- 瞬态分析——模型在外界瞬态载荷的作用下发生的短时间内的响应情况的分析。
- 谱分析——模型在谱载荷的作用下的响应情况分析。
- 多体运动分析——模型载荷作用在发生刚体运动的过程分析。

在本书最后的附录中还给出了结构分析涉及的常用命令集, 方便读者在学习使用 ANSYS 中查阅。

ANSYS 本身是一个庞大的资源库与知识库, 本书虽然卷帙浩繁, 仍难窥其全貌, 加之编者水平有限、时间仓促, 书中错误与缺点在所难免, 敬请广大读者批评指正, 也欢迎广大同行来信交流探讨, 共同提高。

本书由凌桂龙、沈再阳编著, 何嘉扬、张杨、周文华、丁学英、吕广宪、孙万泉、黄利、王清、唐明明、黄利、张小勇、吴永福、郑明辉、刘力、陈磊、李秀峰等参与了本书的部分编写, 为本书的编写提供了大量的帮助, 在此一并表示感谢。

虽然作者在本书的编写过程中力求叙述准确、完善, 但由于水平有限, 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。最后, 在此与大家共勉。

读者在学习过程中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  
2013.1

# 目 录

## 第一篇 引言

第 1 章 ANSYS 基础 .....	3
1.1 ANSYS 分析流程概述 .....	3
1.1.1 分析流程 .....	3
1.1.2 前处理 .....	4
1.1.3 加载与求解 .....	5
1.1.4 后处理 .....	12
1.2 APDL 编程概述 .....	13
1.2.1 使用参数 .....	13
1.2.2 APDL 程序控制 .....	20

## 第二篇 结构材料

第 2 章 结构分析材料概述 .....	27
2.1 结构分析材料模型 .....	27
2.2 材料曲线拟合 .....	28
2.2.1 超弹性材料曲线拟合 .....	28
2.2.2 其他材料模型曲线拟合 .....	32
2.3 材料模型组合 .....	32
2.4 变量插值 .....	46
2.5 GUI 不可访问的材料模型 .....	47
第 3 章 ANSYS 结构材料模型 (一) .....	48
3.1 线性材料模型 .....	48
3.1.1 定义线性材料模型 .....	48
3.1.2 应力-应变关系 .....	49
3.1.3 阻尼 .....	50
3.1.4 热膨胀 .....	50
3.2 塑性材料模型 .....	51

3.2.1	随动强化材料模型 .....	51
3.2.2	硬化材料模型 .....	54
3.2.3	其他塑性材料模型 .....	55
3.3	超弹性材料模型 .....	58
3.3.1	Arruda-Boyce 超弹材料 .....	58
3.3.2	Blatz-Ko Foam 超弹材料 .....	58
3.3.3	延长管筒材料 .....	58
3.3.4	Gent 超弹材料 .....	59
3.3.5	Mooney-Rivlin 超弹材料 .....	59
3.3.6	Neo-Hookean 超弹材料 .....	60
3.4	粘弹性材料模型 .....	60
3.4.1	粘弹性材料公式 .....	60
3.4.2	时间-温度叠加效应 .....	62
3.5	率相关塑性材料模型 .....	64
3.5.1	Perzyna 和 Peirce 选项 .....	64
3.5.2	EVH 选项 .....	64
3.5.3	Anand 选项 .....	65
3.5.4	设置方式 .....	66
3.6	垫片材料模型 .....	66
3.7	肿胀材料模型 .....	67
<b>第 4 章</b>	<b>ANSYS 结构材料模型 (二)</b> .....	<b>69</b>
4.1	蠕变材料模型 .....	69
4.1.1	隐式蠕变方程 .....	69
4.1.2	显式蠕变方程 .....	71
4.2	记忆合金材料模型 .....	72
4.2.1	仿真超弹性行为 .....	73
4.2.2	形状记忆效应 .....	75
4.3	MPC184 连接材料模型 .....	78
4.3.1	线性弹性刚度和阻尼行为 .....	78
4.3.2	非线性弹性刚度和阻尼行为 .....	79
4.3.3	摩擦行为 .....	81
4.4	接触摩擦模型 .....	82
4.4.1	各向同性摩擦 .....	82
4.4.2	正交各向异性摩擦 .....	83
4.4.3	载荷步间重定义摩擦 .....	84
4.4.4	用户自定义摩擦 .....	84
4.5	内聚层材料模型 .....	85
4.5.1	指数内聚层材料模型 .....	85

4.5.2	双线性内聚层材料模型 .....	85
4.5.3	接触单元内聚层材料模型 .....	86
4.6	其他层材料模型 .....	87
4.6.1	材料强度极限 .....	87
4.6.2	损伤生成法则 .....	89
4.6.3	损伤演变法则 .....	89
4.6.4	用户定义材料模型 .....	90

## 第三篇 结构单元

第 5 章	ANSYS 结构单元概述 .....	93
5.1	单元分类 .....	93
5.1.1	单元分类特征 .....	93
5.1.2	单元类型概述 .....	94
5.1.3	结构单元选择 .....	100
5.1.4	当前单元技术 .....	101
5.1.5	结构退化单元 .....	101
5.1.6	特殊单元概述 .....	102
5.1.7	GUI 不可访问单元 .....	102
5.2	单元特征 .....	102
5.2.1	单元输入 .....	102
5.2.2	结果输出 .....	105
5.2.3	单元坐标系 .....	107
5.3	结构分析单元 .....	109
5.3.1	连续应力单元 .....	109
5.3.2	壳单元 .....	110
5.3.3	梁单元和杆单元 .....	111
5.3.4	管单元 .....	111
5.3.5	加强单元 .....	111
5.3.6	表面单元 .....	111
5.3.7	单元构型和技术的自动选取 .....	111
5.3.8	线性扰动分析可用单元 .....	113
第 6 章	点单元 .....	115
6.1	MASS21 .....	115
6.1.1	单元描述 .....	115
6.1.2	输入数据 .....	115



6.1.3	输出数据 .....	116
6.1.4	假设与限制 .....	116
6.2	FOLLW201 .....	117
6.2.1	单元描述 .....	117
6.2.2	输入数据 .....	117
6.2.3	输出数据 .....	118
6.2.4	假设与限制 .....	118
<b>第 7 章</b>	<b>组合单元 .....</b>	<b>119</b>
7.1	COMBIN14 .....	119
7.1.1	单元描述 .....	119
7.1.2	输入数据 .....	119
7.1.3	输出数据 .....	121
7.1.4	假设与限制 .....	122
7.2	COMBIN37 .....	123
7.2.1	单元描述 .....	123
7.2.2	输入数据 .....	123
7.2.3	输出数据 .....	127
7.2.4	假设与限制 .....	128
7.3	COMBIN39 .....	129
7.3.1	单元描述 .....	129
7.3.2	输入数据 .....	129
7.3.3	输出数据 .....	132
7.3.4	假设与限制 .....	134
7.4	COMBIN40 .....	134
7.4.1	单元描述 .....	134
7.4.2	输入数据 .....	135
7.4.3	输出数据 .....	137
7.4.4	假设与限制 .....	138
7.5	COMBI214 .....	139
7.5.1	单元描述 .....	139
7.5.2	输入数据 .....	139
7.5.3	输出数据 .....	141
7.5.4	假设与限制 .....	142
<b>第 8 章</b>	<b>连杆单元 .....</b>	<b>143</b>
8.1	LINK11 .....	143
8.1.1	单元描述 .....	143
8.1.2	输入数据 .....	143

8.1.3 输出数据 .....	144
8.1.4 假设与限制 .....	145
8.2 LINK180 .....	145
8.2.1 单元描述 .....	145
8.2.2 输入数据 .....	146
8.2.3 输出数据 .....	147
8.2.4 假设与限制 .....	148
<b>第 9 章 梁单元 .....</b>	<b>149</b>
9.1 BEAM188 .....	149
9.1.1 单元描述 .....	149
9.1.2 技术与使用推荐 .....	150
9.1.3 输入数据 .....	151
9.1.4 输出数据 .....	155
9.1.5 假设与限制 .....	160
9.2 BEAM189 .....	160
<b>第 10 章 管单元 .....</b>	<b>161</b>
10.1 PIPE288 .....	161
10.1.1 单元描述 .....	161
10.1.2 技术与使用推荐 .....	161
10.1.3 输入数据 .....	162
10.1.4 输出数据 .....	166
10.1.5 假设与限制 .....	171
10.2 PIPE289 .....	171
10.3 ELBOW290 .....	172
10.3.1 单元描述 .....	172
10.3.2 输入数据 .....	173
10.3.3 输出数据 .....	178
10.3.4 假设与限制 .....	181
<b>第 11 章 二维平面单元 .....</b>	<b>183</b>
11.1 PLANE182 .....	183
11.1.1 单元描述 .....	183
11.1.2 输入数据 .....	183
11.1.3 输出数据 .....	185
11.1.4 假设与限制 .....	187
11.2 PLANE183 .....	187

<b>第 12 章 三维实体单元</b> .....	<b>188</b>
12.1 SOLID65 .....	188
12.1.1 单元描述 .....	188
12.1.2 输入数据 .....	188
12.1.3 输出数据 .....	191
12.1.4 假设与限制 .....	195
12.2 SOLID185 (同质构型) .....	195
12.2.1 单元描述 .....	195
12.2.2 输入数据 .....	196
12.2.3 输出数据 .....	198
12.2.4 假设与限制 .....	200
12.3 SOLID185 (层状构型) .....	200
12.3.1 单元描述 .....	200
12.3.2 输入数据 .....	200
12.3.3 输出数据 .....	202
12.3.4 假设与限制 .....	204
12.4 SOLID186 .....	204
12.5 SOLID187 .....	205
12.5.1 单元描述 .....	205
12.5.2 输入数据 .....	205
12.5.3 输出数据 .....	207
12.5.4 假设与限制 .....	209
12.6 SOLID272 .....	209
12.6.1 单元描述 .....	209
12.6.2 输入数据 .....	209
12.6.3 输出数据 .....	211
12.6.4 假设与限制 .....	213
12.7 SOLID273 .....	214
12.8 SOLID285 .....	214
<b>第 13 章 壳类单元</b> .....	<b>215</b>
13.1 SHELL28 .....	215
13.1.1 单元描述 .....	215
13.1.2 输入数据 .....	215
13.1.3 输出数据 .....	216
13.1.4 假设与限制 .....	218
13.2 SHELL61 .....	219
13.2.1 单元描述 .....	219

13.2.2	输入数据 .....	219
13.2.3	输出数据 .....	221
13.2.4	假设与限制 .....	231
13.3	SHELL181 .....	231
13.3.1	单元描述 .....	231
13.3.2	输入数据 .....	232
13.3.3	输出数据 .....	236
13.3.4	假设与限制 .....	241
13.4	SHELL281 .....	241
13.5	SHELL208 .....	242
13.5.1	单元描述 .....	242
13.5.2	输入数据 .....	242
13.5.3	输出数据 .....	245
13.5.4	假设与限制 .....	248
13.6	SHELL209 .....	249
13.7	SOLSH190 .....	249
13.7.1	单元描述 .....	249
13.7.2	输入数据 .....	250
13.7.3	输出数据 .....	252
13.7.4	假设与限制 .....	256
<b>第 14 章</b>	<b>接口单元 .....</b>	<b>257</b>
14.1	INTER192 .....	257
14.1.1	单元描述 .....	257
14.1.2	输入数据 .....	257
14.1.3	输出数据 .....	258
14.1.4	假设与限制 .....	259
14.2	INTER193 .....	259
14.3	INTER194 .....	260
14.4	INTER195 .....	260
14.4.1	单元描述 .....	260
14.4.2	输入数据 .....	260
14.4.3	输出数据 .....	261
14.4.4	假设与限制 .....	262
14.5	INTER202 .....	262
14.5.1	单元描述 .....	262
14.5.2	输入数据 .....	263
14.5.3	输出数据 .....	264
14.5.4	假设与限制 .....	265

14.6	INTER203 .....	265
14.7	INTER204 .....	265
14.8	INTER205 .....	266
14.8.1	单元描述 .....	266
14.8.2	输入数据 .....	266
14.8.3	输出数据 .....	267
14.8.4	假设与限制 .....	268
<b>第 15 章</b>	<b>接触类单元 .....</b>	<b>269</b>
15.1	CONTA171 .....	269
15.1.1	单元描述 .....	269
15.1.2	输入数据 .....	269
15.1.3	输出数据 .....	274
15.1.4	假设与限制 .....	279
15.2	CONTA172 .....	279
15.3	CONTA173 .....	280
15.3.1	单元描述 .....	280
15.3.2	输入数据 .....	280
15.3.3	输出数据 .....	285
15.3.4	假设与限制 .....	290
15.4	CONTA174 .....	291
15.5	CONTA175 .....	291
15.5.1	单元描述 .....	291
15.5.2	输入数据 .....	292
15.5.3	输出数据 .....	297
15.5.4	假设与限制 .....	303
15.6	CONTA176 .....	304
15.6.1	单元描述 .....	304
15.6.2	输入数据 .....	304
15.6.3	输出数据 .....	309
15.6.4	假设与限制 .....	312
15.7	CONTA177 .....	313
15.7.1	单元描述 .....	313
15.7.2	输入数据 .....	313
15.7.3	输出数据 .....	317
15.7.4	假设与限制 .....	320
15.8	CONTA178 .....	321
15.8.1	单元描述 .....	321
15.8.2	输入数据 .....	321

15.8.3	输出数据 .....	325
15.8.4	假设与限制 .....	327
15.9	TARGE169 .....	327
15.9.1	单元描述 .....	327
15.9.2	输入数据 .....	328
15.9.3	输出数据 .....	331
15.9.4	假设与限制 .....	332
15.10	TARGE170 .....	332
15.10.1	单元描述 .....	332
15.10.2	输入数据 .....	333
15.10.3	输出数据 .....	338
15.10.4	假设与限制 .....	338
<b>第 16 章</b>	<b>MPC184 单元 .....</b>	<b>339</b>
16.1	MPC184 .....	339
16.1.1	单元描述 .....	339
16.1.2	输入数据 .....	340
16.1.3	输出数据 .....	340
16.1.4	假设与限制 .....	340
16.2	MPC184-Link/Beam .....	340
16.2.1	单元描述 .....	340
16.2.2	输入数据 .....	341
16.2.3	输出数据 .....	342
16.2.4	假设与限制 .....	343
16.3	MPC184-Slider .....	343
16.3.1	单元描述 .....	343
16.3.2	输入数据 .....	343
16.3.3	输出数据 .....	344
16.3.4	假设与限制 .....	345
16.4	MPC184-Revolute .....	345
16.4.1	单元描述 .....	345
16.4.2	输入数据 .....	345
16.4.3	输出数据 .....	347
16.4.4	假设与限制 .....	352
16.5	MPC184-Universal .....	352
16.5.1	单元描述 .....	352
16.5.2	输入数据 .....	352
16.5.3	输出数据 .....	354
16.5.4	假设与限制 .....	358

16.6	MPC184-Slot.....	358
16.6.1	单元描述 .....	358
16.6.2	输入数据 .....	358
16.6.3	输出数据 .....	360
16.6.4	假设与限制 .....	362
16.7	MPC184-Point.....	363
16.7.1	单元描述 .....	363
16.7.2	输入数据 .....	363
16.7.3	输出数据 .....	364
16.7.4	假设与限制 .....	368
16.8	MPC184-Translational .....	368
16.8.1	单元描述 .....	368
16.8.2	输入数据 .....	368
16.8.3	输出数据 .....	369
16.8.4	假设与限制 .....	372
16.9	MPC184-Cylindrical .....	373
16.9.1	单元描述 .....	373
16.9.2	输入数据 .....	373
16.9.3	输出数据 .....	375
16.9.4	假设与限制 .....	380
16.10	MPC184-Planar .....	381
16.10.1	单元描述 .....	381
16.10.2	输入数据 .....	381
16.10.3	输出数据 .....	382
16.10.4	假设与限制 .....	389
16.11	MPC184-Weld .....	390
16.11.1	单元描述 .....	390
16.11.2	输入数据 .....	390
16.11.3	输出数据 .....	391
16.11.4	假设与限制 .....	393
16.12	MPC184-Orient .....	393
16.12.1	单元描述 .....	393
16.12.2	输入数据 .....	393
16.12.3	输出数据 .....	394
16.12.4	假设与限制 .....	396
16.13	MPC184-Spherical .....	397
16.13.1	单元描述 .....	397
16.13.2	输入数据 .....	397
16.13.3	输出数据 .....	398

16.13.4	假设与限制 .....	400
16.14	MPC184-General .....	401
16.14.1	单元描述 .....	401
16.14.2	输入数据 .....	401
16.14.3	输出数据 .....	402
16.14.4	假设与限制 .....	407
16.15	MPC184-Screw .....	407
16.15.1	单元描述 .....	407
16.15.2	输入数据 .....	407
16.15.3	输出数据 .....	409
16.15.4	假设与限制 .....	412
<b>第 17 章</b>	<b>表面效应单元 .....</b>	<b>414</b>
17.1	SURF153 .....	414
17.1.1	单元描述 .....	414
17.1.2	输入数据 .....	414
17.1.3	输出数据 .....	417
17.1.4	假设与限制 .....	419
17.2	SURF154 .....	419
17.2.1	单元描述 .....	419
17.2.2	输入数据 .....	419
17.2.3	输出数据 .....	422
17.2.4	假设与限制 .....	424
17.3	SURF156 .....	425
17.3.1	单元描述 .....	425
17.3.2	输入数据 .....	425
17.3.3	输出数据 .....	427
17.3.4	假设与限制 .....	428
17.4	SURF159 .....	428
17.4.1	单元描述 .....	428
17.4.2	输入数据 .....	428
17.4.3	输出数据 .....	432
17.4.4	假设与限制 .....	433
<b>第 18 章</b>	<b>矩阵单元 .....</b>	<b>435</b>
18.1	MATRIX27 .....	435
18.1.1	单元描述 .....	435
18.1.2	输入数据 .....	435
18.1.3	输出数据 .....	437



18.1.4	假设与限制 .....	438
18.2	MATRIX50 .....	438
18.2.1	单元描述 .....	438
18.2.2	输入数据 .....	438
18.2.3	输出数据 .....	440
18.2.4	假设与限制 .....	440
<b>第 19 章</b>	<b>其他结构单元 .....</b>	<b>441</b>
19.1	MESH200 .....	441
19.1.1	单元描述 .....	441
19.1.2	输入数据 .....	441
19.1.3	假设与限制 .....	443
19.2	PRETS179 .....	443
19.2.1	单元描述 .....	443
19.2.2	输入数据 .....	444
19.2.3	输出数据 .....	445
19.2.4	假设与限制 .....	445
19.3	REINF263 .....	446
19.3.1	单元描述 .....	446
19.3.2	输入数据 .....	446
19.3.3	输出数据 .....	447
19.3.4	假设与限制 .....	449
19.4	REINF264 .....	450
19.4.1	单元描述 .....	450
19.4.2	输入数据 .....	450
19.4.3	输出数据 .....	451
19.4.4	假设与限制 .....	453
19.5	REINF265 .....	453
19.5.1	单元描述 .....	453
19.5.2	输入数据 .....	453
19.5.3	输出数据 .....	454
19.5.4	假设与限制 .....	456

## 第四篇 算 例

<b>第 20 章</b>	<b>ANSYS 分析程序案例 .....</b>	<b>459</b>
	算例 1: 抛物运动 .....	459