

Simplified Mechanics and  
Strength of Materials

# 简化设计丛书

材料力学与强度简化分析 原第6版

[美] 詹姆斯·安布罗斯 编著

李鸿晶 毛建猛 薛娜 孙广俊 译

北京城市节奏科技发展有限公司 中文版策划



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn



知识产权出版社  
www.cnipr.com



# 简化设计丛书

# 材料力学与强度简化分析

## 原第6版

[美] 詹姆斯·安布罗斯 编著

李鸿晶 毛建猛 薛娜 孙广俊 译

北京城市节奏科技发展有限公司 中文版策划

中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn  
知识产权出版社  
www.cnipr.com



责任编辑: 薛丽娜

封面设计: 李洪波

印刷: 北京城市节奏科技发展有限公司

## 内容提要

本书是“简化设计丛书”中的一本。作为材料力学和结构设计原理方面的入门书籍，本书以十分浅显和形象的方式讲解复杂的力学知识和结构设计理论，使得那些工程背景以及力学、数学和专业背景都有限的读者也能理解和掌握材料力学的基本概念和基本理论，并应用这些知识进行简单的结构设计。书中对工程结构的组成和性能、内力分析与组合法、设计过程与规范等都做出了简单、透彻的论述，不仅可以激发读者对结构设计产生兴趣，而且为进一步学习高深的专业理论奠定了基础。

本书可供土木建筑及相关领域从业人员，以及对土木建筑感兴趣的人员阅读和参考。

策划人：阳森 张宝林 E-mail: yangsanshui@vip.sina.com; z\_baolin@263.net

责任编辑：阳森 张宝林

文字编辑：周媛

版权登记号：01-2003-4483

## 图书在版编目 (CIP) 数据

材料力学与强度简化分析：第6版/（美）安布罗斯  
编著；李鸿晶等译。—北京：中国水利水电出版社：知  
识产权出版社，2006  
（简化设计丛书）  
ISBN 7-5084-3518-4

I. 材... II. ①安...②李... III. 建筑材料—材料  
力学—强度—分析 IV. TB501

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 156785 号

All Right Reserved Authorized translation from the English language edition published by John Wiley & Sons, Inc.

本书由 John Wiley & Sons, Inc. 正式授权中国水利水电出版社和知识产权出版社以简体中文翻译、出版、发行。未经出版者书面许可，不得以任何方式和方法复制、抄袭本书的任何部分，违者皆须承担全部民事责任及刑事责任。本书封面贴有防伪标志，无此标志，不得以任何方式进行销售或从事与之相关的任何活动。

## 简化设计丛书

### 材料力学与强度简化分析 原第6版

[美] 詹姆斯·安布罗斯 编著

李鸿晶 毛建猛 薛娜 孙广俊 译

北京城市节奏科技发展有限公司 中文版策划

中国水利水电出版社 出版 发行（北京市西城区三里河路6号；电话：010-68331835 68357319）  
知识产权出版社（北京市海淀区马甸南村1号；电话、传真：010-82000893）

全国各地新华书店和相关出版物销售网点经销

北京市兴怀印刷厂印刷

787mm×1092mm 16开 14.25印张 338千字

2006年5月第1版 2006年5月第1次印刷

定价：33.00元

ISBN 7-5084-3518-4

## 版权所有 侵权必究

如有印装质量问题，可寄中国水利水电出版社营销中心调换

（邮政编码 100044，电子邮件：sales@waterpub.com.cn）

本丛书由南京工业大学组译

帕克/安布罗斯 简化设计丛书  
翻 译 委 员 会

主任委员

孙伟民，教授，一级注册结构师，南京工业大学副校长、  
建筑设计研究院总工

委 员

刘伟庆，教授，博士，博导，南京工业大学副校长

陈国兴，教授，博士，博导，南京工业大学

土木工程学院院长

李鸿晶，教授，博士，南京工业大学土木工程

学院副院长

董 军，教授，博士，南京工业大学新型钢结构

研究所所长（常务）

# 原第 6 版

---

## 前 言

---

本书的出版为学习建筑设计基本原理的新读者提供了机会，特别适用于那些工程背景有限的人员接受本书的知识。本书的目的和整体理论基础已由哈里·帕克（Harry Parker）教授在第一版前言中进行了很好的阐述，其不同的部分介绍如下。

本书的基本内容源于两个基本领域的知识。第一个研究领域是应用力学，主要是静力学部分的应用，即主要研究力的本质及其作用于物体时物体的反应问题。第二个研究领域是材料强度，它主要研究特定形式物体和具体结构材料在力的作用下的性能问题。本书中的基本关系和计算都采用了这两个领域中的结构研究手段与方法，它们确保了建筑结构在建造使用过程中的有效性和安全性。所有的结构设计工作都只能在该研究分析的基础上完成。

与本书前面所述的特定用途一致，本书相对较简单且采用了十分简单的数学方法，只要求读者具有基础代数知识和一些非常基本的几何学和三角学知识。事实上，解决多数实际问题的数学运算仅需使用简单的数学和基本的代数知识就可以做到。

本书中，概念的理解以及图解分析比机械性的数学运算显得更为重要。本书采用了大量的图解促使读者可以一目了然地明白作者所要表达的意思。这种方法在第一章中得到了很好的体现，该章内容涉及本书的全部话题但未使用任何数学知识。该章为本版新增内容，其目的是让读者全面了解本书的范围并使读者理解在理论分析前使用图解方法的重要性。

掌握本书内容在本质上是为更深层次的研究结构设计问题做好必需的准备，使用本书的姊妹篇《建筑师和承包商用简化设计》(Simplified Engineering for Architects and Builders)可以十分有效地实现这一目的。该书以本书的基本内容为基础，增加了对具体材料和体系的各种有针对性的考虑，并且采用了独创性方法解决结构设计问题。

对于具有浓厚兴趣的读者，本书可作为自学参考工具。然而，本书很强的实用性使得本书也可以作为一本教科书使用，从而使读者接受老师的指导、督促和帮助。采用本书的教师可以参考出版社印制的教师手册。

虽然本书的内容几乎是纯理论性的，但采用的一些数据和标准取自实际的材料及产品。这些资料主要来自工业组织，非常感谢其作者对本书摘引的授权。本书所用的主要资料的主要出处包括美国混凝土协会(American Concrete Institute)、美国钢结构协会(American Institute for Steel Construction)，以及美国森林和纸张协会(American Forest and Paper Association)。

本书中对理论方面内容的阐述借鉴了一些详细论述建筑结构理论的著作。感谢约翰·威利出版公司(John Wiley & Sons, Inc.)允许对其当前与过去的一些出版物中的一些内容的引用。

任何书籍正式出版前，出版社中经验丰富的专业编辑人员都要付出巨大的努力和劳动，是他们将作者的初稿编辑成易于理解和便于阅读的版式。虽然经过很多步骤，我对约翰·威利出版公司编辑们的技能和出版物的质量一直感到很惊讶。

现在出版的是本书的第6版。在过去的35年中我一直参与本书的编写工作，所有的构思和写作工作都是在家中完成的。从始至终如果没有我的妻子佩吉(Peggy)的支持、鼓励和直接协助，我都不可能完成本书的写作。因此，我特别感谢她对本书的贡献，并且希望她继续支持本书的出版工作。

**詹姆斯·安布罗斯 (JAMES AMBROSE)**

2002年

原第 **1** 版

---

## 前 言

---

### (摘录)

由于工程设计都是以力学为基础的，所以力学这一基础学科知识的重要性是不言而喻的。不管一名学生对哪个专门的工程领域感兴趣，他都必须完全掌握物体上的作用力以及应力反应的基本原理。

本书主要是为那些在这方面知识有限的人而编写的。论述材料力学与强度的出色的著作都利用了物理学、微积分、三角学等方面的知识，这些书对那些相当专业的人来说可能早已掌握。因此，本书是为那些对力学以及高等数学没有充分掌握的学生而准备的，对于理解本书中的数学知识，一定的代数和算术知识就足够了。

本书可用作学习材料力学与强度课程时的参考书，也可以为那些对力学以及建筑施工感兴趣的人所用。由于本书的内容是最基本的，故可作为入门教材。对于那些以前学习过这些知识的人，本书可作为复习材料，复习结构设计中最重要的基本理论。

本书的一个最重要的特征就是详细阐述了许多计算实例，这些实例是尽可能从工程实际中提炼出来的。在例题后，给出了一些习题，供学生自己解决。

本书没有采用什么捷径来阐述材料力学与强度方面的最基本的知识，论述

上也没有特别的地方，所有的讨论都遵循目前公认的设计原理及步骤。然而，作者相信：彻底掌握本书中的内容，就可以对实际问题有一个基本的了解，也可以为进一步研究提供基础。

**哈里·帕克**

于宾夕法尼亚州南安普顿海活楼 (High Hollow, Southampton, Pa)

1951年5月



---

# 目 录

---

原第 6 版前言

原第 1 版前言 (摘录)

绪论 .....	1
0.1 结构力学 .....	1
0.2 计量单位 .....	2
0.3 计算精度 .....	4
0.4 符号 .....	5
0.5 术语 .....	5
<b>第 1 章 结构：目的和功能 .....</b>	<b>7</b>
1.1 荷载 .....	8
1.2 对荷载的特殊考虑 .....	9
1.3 结构的形成 .....	12
1.4 反作用 .....	13
1.5 内力 .....	15
1.6 结构的功能要求 .....	15
1.7 内力的种类 .....	20
1.8 应力和应变 .....	23
1.9 动力效应 .....	30

1.10 结构设计 .....	31
<b>第2章 力和力的作用 .....</b>	<b>34</b>
2.1 荷载和抗力 .....	34
2.2 力和应力 .....	35
2.3 力的类别 .....	35
2.4 矢量 .....	36
2.5 力的性质 .....	36
2.6 运动 .....	38
2.7 力的分解与合成 .....	39
2.8 力的图解分析 .....	41
2.9 力的作用 .....	43
2.10 摩擦力 .....	46
2.11 力矩 .....	48
2.12 梁上的力 .....	51
<b>第3章 桁架分析 .....</b>	<b>56</b>
3.1 桁架的图解分析 .....	57
3.2 桁架的代数分析 .....	61
3.3 截面法 .....	64
<b>第4章 梁的分析 .....</b>	<b>67</b>
4.1 梁的类型 .....	67
4.2 荷载和作用 .....	68
4.3 梁内剪力 .....	69
4.4 梁内弯矩 .....	72
4.5 梁弯矩的方向 .....	75
4.6 悬臂梁 .....	76
4.7 梁的性能列表 .....	78
<b>第5章 连续梁和约束梁 .....</b>	<b>82</b>
5.1 连续梁的弯矩 .....	82
5.2 约束梁 .....	88
5.3 内部铰接的梁 .....	90
5.4 连续梁的近似分析 .....	93
<b>第6章 挡土墙 .....</b>	<b>94</b>
6.1 水平土压力 .....	95
6.2 挡土墙的稳定性的 .....	96
6.3 垂直土压力 .....	97
<b>第7章 刚性框架 .....</b>	<b>99</b>
7.1 悬臂框架 .....	99

7.2	单跨框架	102
<b>第8章</b>	<b>异面力系</b>	104
8.1	汇交力系	104
8.2	平行力系	108
8.3	一般异面力系	110
<b>第9章</b>	<b>截面特性</b>	111
9.1	形心	111
9.2	惯性矩	114
9.3	惯性矩的转换	116
9.4	其他截面特性	118
9.5	截面特性列表	119
<b>第10章</b>	<b>应力和变形</b>	127
10.1	材料的力学性能	128
10.2	正应力在设计中的应用	129
10.3	变形和应力：联系与要点	130
10.4	非弹性和非线性分析	133
<b>第11章</b>	<b>梁中的应力与应变</b>	135
11.1	抗弯能力	135
11.2	梁的分析	137
11.3	安全荷载计算	138
11.4	梁的抗弯设计	139
11.5	梁的剪应力	140
11.6	钢梁的剪力	142
11.7	叠合梁	143
11.8	梁的变形	145
11.9	变形计算	147
11.10	钢梁的塑性性能	149
<b>第12章</b>	<b>受压构件</b>	155
12.1	长细比影响	155
12.2	木柱	156
12.3	钢柱	158
<b>第13章</b>	<b>组合力与应力</b>	163
13.1	组合作用：拉弯	163
13.2	组合作用：压弯	164
13.3	剪应力	167
13.4	斜截面上的应力	167
13.5	正应力与剪应力的组合	168

<b>第 14 章 钢结构的连接</b> .....	170
14.1 螺栓连接 .....	170
14.2 螺栓连接设计 .....	176
14.3 焊接 .....	180
<b>第 15 章 钢筋混凝土梁</b> .....	185
15.1 一般考虑 .....	185
15.2 弯曲：应力方法 .....	190
15.3 强度方法的运用 .....	196
15.4 弯曲：强度方法 .....	197
15.5 T形梁 .....	200
15.6 混凝土梁内的剪力 .....	203
15.7 混凝土梁的抗剪设计 .....	206
<b>部分练习题答案</b> .....	210
<b>参考文献</b> .....	213
<b>译后记</b> .....	214
<b>简化设计丛书</b> .....	216

---

# 绪 论

---

本书的主要目的是为了论述结构研究方面的问题，结构研究有时也被称为结构分析。作为结构设计的前提和背景，这项工作尽可能集中在分析研究方面。结构研究工作由对结构使用功能方面的考虑和实现这些功能时对结构反应的估计这两方面内容组成。研究方法有多种，最主要的两种是应用数学模型和物理模型。

对于设计者来说，任何研究分析关键的第一步就是使结构以及将使结构产生反应的力的作用形象化。本书相当广泛地运用了图解，这是为了促使读者在着手很抽象的数学研究过程以前，就能很清晰地明白作者所要表达的意思。为了进一步强调形象化的需要，以及不需要任何数学计算就能表达出的内容，本书第1章就采用了这种方式阐述了该书所涉及的整个范围。建议读者完整地阅读第1章，学习许多图解，这对于读者掌握本书后面提及的许多概念乃至本书的全部研究内容很有帮助。

## 0.1 结构力学

力学是物理学的一个分支，主要研究物体上的力的作用问题。大多数工程设计和研究都是以力学为基础的。力学分为静力学和动力学两部分。静力学研究作用于物体上的力系的所谓静力平衡问题，这些作用力的运动状态不发生改变；动力学则研究由于力的作用使得物体发生运动或者物体形状发生改变的情况。静力状态不随时间变化，而动力状态则意味着作用力与反应都与时间有关。

当物体受到外力作用时会发生两种情况：第一，在物体内部形成内力来抵抗外力的作用。这些内力导致物体材料内部产生应力；第二，外力会引起物体变形，或者说使物体形状发生改变。材料强度或者材料力学理论就是研究材料体抵抗外力作用的性能，以及外力引起的物体内部应力和物体变形状况的科学。

总的说来，结构力学或者结构分析都离不开应用力学和材料强度方面的知识。结构研

## 2 绪论

究实质上就是一个分析过程，而这些知识构成了结构研究的最基本内容。另一方面，设计是一个循序渐进的过程，在此过程中，一般首先对结构作出假设；然后，对结构的反应及其性能作出估计；最后，经过数次的计算和修正，才会得到一个可接受的结构形式。

### 0.2 计量单位

本书的早期版本中采用了美制单位 (ft、in、lb 等)。在本版中，基本上也采用美制单位，但在其后的括号中注明了相应公制单位的等效值。由于美国的建筑业现在正改用公制单位，故本书中所采用的单位表示方法是相当实用的。本书编写时所参考的著作中，大多还主要采用美制单位，而且对于大多数在美国接受教育的读者来说，即使他们现在也使用公制单位，但他们还是把美制单位当作他们的“第一单位制”。

表 0.1 列出了本书所使用的美制标准计量单位及其缩写，并描述了其在结构设计中的一般作用。表 0.2 采用了类似的形式，给出了公制单位（或者称国际单位制，SI）中相应的标准单位。表 0.3 给出了从一种单位制转换到另一种单位制的换算系数，换算系数的运用可以实现不同单位制之间的精确转换。

表 0.1 计量单位：美制单位

单 位 名 称	缩 写	建筑 设计 的 应 用
<b>长度</b>		
英尺	ft	大尺寸，建筑平面，梁跨度
英寸	in	小尺寸，构件截面尺寸
<b>面积</b>		
平方英尺	ft <sup>2</sup>	大面积
平方英寸	in <sup>2</sup>	小面积，截面特性
<b>体积</b>		
立方码	yd <sup>3</sup>	大体积的土或混凝土（通常简称为“码”）
立方英尺	ft <sup>3</sup>	材料量
立方英寸	in <sup>3</sup>	小体积
<b>力、质量</b>		
磅	lb	具体的重量、力、荷载
千磅	kip, k	1000 磅
吨	t	2000 磅
磅每英尺	lb/ft, plf	线性力（梁上）
千磅每英尺	kip/ft, klf	线性力（梁上）
磅每平方英尺	lb/ft <sup>2</sup> , psf	表面上的分布力、压力
千磅每平方英尺	k/ft <sup>2</sup> , ksf	表面上的分布力、压力
磅每立方英尺	lb/ft <sup>3</sup>	相对密度，单位重量
<b>力矩</b>		
磅·英尺	lb·ft	扭矩或弯矩
磅·英寸	lb·in	扭矩或弯矩
千磅·英尺	kip·ft	扭矩或弯矩
千磅·英寸	kip·in	扭矩或弯矩

续表

单位名称	缩写	建筑设计的应用
<b>应力</b>		
磅每平方英尺	lb/ft <sup>2</sup> , psf	土压力
磅每平方英寸	lb/in <sup>2</sup> , psi	结构应力
千磅每平方英尺	kip/ft <sup>2</sup> , ksf	土压力
千磅每平方英寸	kip/in <sup>2</sup> , ksi	结构应力
<b>温度</b>		
华氏度	°F	温度

表 0.2

计量单位：公制单位

单位名称	缩写	建筑设计的应用
<b>长度</b>		
米	m	大尺寸, 建筑平面, 梁跨度
毫米	mm	小尺寸, 构件截面尺寸
<b>面积</b>		
平方米	m <sup>2</sup>	大面积
平方毫米	mm <sup>2</sup>	小面积, 构件截面特性
<b>体积</b>		
立方米	m <sup>3</sup>	大体积
立方毫米	mm <sup>3</sup>	小体积
<b>质量</b>		
千克	kg	材料质量 (等效于美制重量)
千克每立方米	kg/m <sup>3</sup>	密度 (单位重量)
<b>力、荷载</b>		
牛顿	N	结构上的力或荷载
千牛顿	kN	1000 牛顿
<b>力矩</b>		
牛顿·米	N·m	扭矩或弯矩
千牛顿·米	kN·m	扭矩或弯矩
<b>应力</b>		
帕	Pa	应力或压力 (1 帕=1 牛顿/平方米)
千帕	kPa	1000 帕
兆帕	MPa	1000000 帕
千兆帕	GPa	1000000000 帕
<b>温度</b>		
摄氏度	°C	温度

本书中, 许多单位的转换实际上是近似转换, 即只取换算值的有效数字, 其数值近似等于原转换单位值。因此, 一块 2×4 的木板 (实际上用美制单位表示为 1.5in×3.5in) 在

#### 4 结论

公制单位中，应精确表示为 38.1mm×88.9mm。然而，在公制单位中“2×4”更可能被表示为 40mm×90mm，这种表示法更接近工程建设的实际情况。

表 0.3 单位换算系数

由美制单位换算为公制单位时所乘的系数	美制单位	公制单位	由公制单位换算为美制单位时所乘的系数
25.4	in	mm	0.03937
0.3048	ft	m	3.281
645.2	in <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	1.550×10 <sup>-3</sup>
16.39×10 <sup>3</sup>	in <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup>	61.02×10 <sup>-6</sup>
416.2×10 <sup>3</sup>	in <sup>4</sup>	mm <sup>4</sup>	2.403×10 <sup>-6</sup>
0.09290	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	10.76
0.02832	ft <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	35.31
0.4536	lb (质量)	kg	2.205
4.448	lb (力)	N	0.2248
4.448	kip (力)	kN	0.2248
1.356	lb·ft (力矩)	N·m	0.7376
1.356	kip·ft (力矩)	kN·m	0.7376
16.0185	lb/ft <sup>3</sup> (密度)	kg/m <sup>3</sup>	0.06243
14.59	lb/ft (荷载)	N/m	0.06853
14.59	kip/ft (荷载)	kN/m	0.06853
6.895	psi (应力)	kPa	0.1450
6.895	ksi (应力)	MPa	0.1450
0.04788	psf (荷载或压力)	kPa	20.93
47.88	ksf (荷载或压力)	kPa	0.02093
0.566×(F-32)	°F	°C	(1.8×°C)+32

注 表中数据是根据美国钢结构协会编写的《钢结构手册》(第 8 版)中的数据改写的，引用时得到了出版商的授权。本表是从参考文献中的完整表格中选取的一个样例。

在本书的许多地方，计量单位并不是很重要的。此时，我们所需要的只是一个简单的数值结果。问题的形象化、数学方法的熟练应用，以及结果的表示都和具体的单位没有关系，而只与它们的相对值有关。在这种情形下，不再采用两种单位制进行表示，以免读者可能产生混淆。

### 0.3 计算精度

建筑结构几何尺寸的精度通常不是很高，即使是最精湛的工匠和工程师，也很难造出尺寸非常精确的建筑。另外，对于任何结构来说，荷载的预测都不是十分精确的，因此实现高精度结构计算的意义就变得很模糊了。但这不能作为数学计算粗心大意、施工过分草率或者研究理论含糊的借口。然而，对于两位有效数字以上的精度就不必太在意了。

尽管现在大多数专业设计工作都能在计算机上完成，但本书所阐述的多数内容都是非常简单的，采用一个计算器(8位数字的科学计算器已足够)就可以进行计算。对这些初始计算值近似取整不会给分析结果带来较大的误差。



随着计算机的应用, 计算精度又是另外一种情况。这是因为设计者(人而不是机器)需要在计算的基础上作出判断, 需要知道输入计算机的数据是否准确无误, 需要了解计算结果的实际精度。

## 0.4 符号

表 0.4 中的简写符号是经常用到的。

表 0.4 常用的简写符号表

符 号	意 义	符 号	意 义
>	大于	6'	6 英尺
<	小于	6"	6 英寸
≥	大于或等于	Σ	求和
≤	小于或等于	ΔL	L 的增量

## 0.5 术语

本书所用的符号基本上都是按照建筑设计领域相关规定采用的, 并且大多数都是依照 1997 年版的《统一建筑规范》(简称 UBC, 参考文献 1) 来采用的。下表列出了本书中所使用的全部常规符号。书中多处使用了专用符号, 特别是涉及某种材料(如木材、钢、砌体和混凝土等)的地方。读者可以在一些基本参考书中查出专门领域内的符号, 本书在后几章中解释了一些这样的符号。

包括《统一建筑规范》在内的建设法规都采用了专用符号, 这些专用符号在各自法规中都有详细说明和解释, 读者可以仔细查阅。本书正文中用到这些符号时, 都对这些符号作了解释。

$A_x$  —— 截面的总面积, 由截面的外形尺寸确定;

$A_n$  —— 净面积;

$C$  —— 压力;

$E$  —— 弹性模量;

$F$  —— 力或应力极限;

$I$  —— 惯性矩;

$L$  —— 长度(通常用作跨度);

$M$  —— 弯矩;

$P$  —— 集中荷载;

$S$  —— 截面模量;

$T$  —— 拉力;

$W$  —— 总重力荷载, 物体的重量(恒荷载), 总风荷载, 总均布荷载或由重力引起的压力;

$a$  —— 单位面积;

$e$  —— 应力或温度变化引起的物体长度的总变化, 偏心受压荷载的偏心距, 从荷载作用点到截面中心的距离;