

材料强度力学

熊有德 著



科学出版社
www.sciencep.com

30

材料强度力学

熊有德 著

AIDE-MEMOIRE

TB301
X650

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书综合汇总了所有研究材料强度的力学方法:材料力学、结构力学、弹性力学、塑性力学、断裂力学、有限元等。全书共分11章,除了第1章是介绍材料强度力学的概述以外,其他各章均讲述了各种不同的变形,拉伸和压缩,剪切,扭转,轴的弯曲,平面板的弯曲,壳体的弯曲,稳定性、塑性形变、复合材料的变形等内容。

本书可供高等院校或研究所力学、建筑学、材料科学学生和科研人员、工程技术人员以及基础设施建设管理部门参考。

图书在版编目(CIP)数据

材料强度力学/熊有德著. —北京:科学出版社, 2009

ISBN 978-7-03-025642-3

I. 材… II. 熊… III. 材料强度-材料力学 IV. TB301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 167896 号

责任编辑: 鄢德平 张 静 于宏丽/责任校对: 朱光光

责任印制: 钱玉芬/封面设计: 王 浩

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年9月第 一 版	开本: 787×1092 1/16
2009年9月第一次印刷	印张: 84 3/4
印数: 1—1 500	字数: 1 968 000

定价: 158.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换(双青))

Je dédie ce livre à la CHINE

献给我亲爱的祖国——中国

**Je dédie ce livre à mon grand-père HIONG King-Lai, le
père des mathématiques modernes de la CHINE**

献给我的祖父——中国现代数学先驱熊庆来

中文版前言

本书第一版在法国出版以后受到法国和世界法语区学术界的重视，被推荐为工科大学的教科书和参考书。

中文版的出版得到了中国国家领导人和中国驻法国大使馆的关心，得到了中国科学院力学研究所和科学出版社的有力帮助，在此表示衷心感谢。

这本书讲的是材料强度力学，它综合了所有的研究材料强度的力学方法：材料力学、结构力学、弹性力学、塑性力学、断裂力学、有限元等。它一共分为 10 章，除了第 1 章是材料强度力学的概述以外，其他各章都是讲各种不同的变形：拉伸和压缩、剪切、扭转、轴的弯曲、平板的弯曲、壳体的弯曲、稳定性、塑性变形、复合材料的变形。其中平板的弯曲、壳体的弯曲、十字梁和拱的计算，收集了许多国内书籍没有的理论和实际应用。

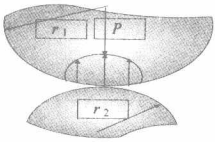
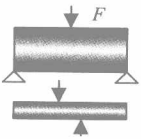
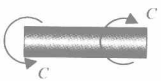
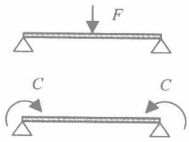
每一章的开始讲述了有关这种变形的国内外的理论和基本公式，也包括了作者多年来在有限元动力学和复合材料强度方面的研究成果，还引用了大量相关的国内外典型例题，以便读者理解这些理论。有些例题、理论和公式选自本书后目录上的参考书，这里不再一一列出并致谢。中文版还引用了许多国内的成果和国内一些专业书籍常用的公式和例题，特别是“机械设计手册”，以便和国内接轨，在这里也表示感谢。有些国内公式或例题曾经出现在多本书上，或者是由国外引入的，而又没有注明，这样在标注参考书时难免出差错，请读者原谅。

每一章的后半部分还汇总了大量的实用公式，便于读者在工作和学习中查询。因此本书既可以作为一本教科书和参考书，供力学研究人员参考，供教师和学生使用；又可以作为一本工具手册，供工程技术人员使用。

中文版除了在文字上作了适当的改动，为了适应国内建设需要，还增加了一些内容。例如，增加了复合材料一章，介绍了复合材料的基本种类、强度计算及寿命计算。在梁的弯曲一章介绍了派斯公式以及利用它来计算不静定梁、连续梁的方法。在静定梁一章增加了欧洲对高速公路载荷的模拟假设、Barre 理论和弯矩、剪力计算等。在连续梁一章增加了适用于建筑设计师用的、对高层建筑的快速预设计的 Takabeya 法，在刚性支座或弹性支座上连续梁的强度和刚度计算以及对楼层钢架设计。在拱的一章里增加了各种拱的计算，包括桥梁拱设计、水坝拱设计。

由于作者水平有限，本书难免存在不妥之处，欢迎读者批评指教。

变形和受力的关系

	变形	简图	受力情况	物体的长度比	章节
1	拉伸		物体受到大小相等, 方向相反的轴向拉力作用	没有要求	第 2 章
2	压缩		物体受到大小相等, 方向相反的轴向压力作用	物体的长度和宽度(或直径)的比例为 $L/d = 3$ 到 9(数值大小取决于选取的材料)	第 2 章
3	接触应力		在两个物体接触的面上, 物体受到正向压力	—	第 3 章
4	稳定性		物体受到两个大小相等方向相反的轴向压力作用	物体的长度和宽度(或直径)的比例大于 $3 \sim 9$ $L/d \gg 3 \sim 9$ (数值大小取决于选取的材料)	第 8 章
5	剪切		物体受到两个大小相等方向相反的错位横向压力作用	物体的长度和宽度(或直径)的比例小于 $3 \sim 9$ $L/d < 3 \sim 9$ (数值大小取决于选取的材料)	第 2 章
6	扭转		物体受到两个大小相等方向相反的力矩作用	没有要求	第 4 章
7	弯曲		一个两端固定(铰接)的物体, 受到横向外力或外力矩(与轴向垂直)的作用	物体的长度和宽度(或直径)的比例大于 $3 \sim 9$ $L/d \gg 3 \sim 9$ 。如果低于这个数值物体在产生弯曲的同时有剪切现象伴随。(数值大小取决于选取的材料)	第 5 章 梁 第 6 章 平板弯曲 第 7 章 壳体

本书使用的代号

外力

P	集中力 Charge concentrée	单位 N
P 或 q	分布力 Charge répartie par unité	单位 N/m(或 N/mm)
C	集中力矩 Couple concentré	单位 $N \cdot m$ (或 $N \cdot mm$)
R	支反力 Réaction des appuis	单位 N
H	拱的水平支座反力 Réaction horizontale des appuis d'arc	单位 N
V	拱的垂直支座反力 Réaction verticale des appuis d'arc	单位 N

内力

T	剪切力 Effort tranchant	单位 N
N	轴向力 Effort normal	单位 N
M_f	弯矩 Moment fléchissant	单位 $N \cdot m$ (或 $N \cdot mm$)
M_t	扭矩 Moment de torsion	单位 $N \cdot m$ (或 $N \cdot mm$)
σ	正应力 Contrainte normale	单位 N/mm^2
τ	切应力 Contrainte tangentielle	单位 N/mm^2

变形

f	变形位移 Déplacement de déformation	单位 mm
θ	变形的位移角 Déplacement en rotation	单位 rad

材料性能

E	弹性模量 Module d'élasticité	单位 N/mm^2
G	切变模量 Module d'élasticité transversale	单位 N/mm^2

截面特性

I	惯性矩 Moment d'inertie	单位 mm^4
W_x 或 W_y	抗弯截面模量 Module de résistance	单位 mm^3
S 或 A	面积 Aire de section	单位 mm^2

注：保留法文名字是为了读者了解代号的来源。

目 录

中文版前言

第 1 章 材料强度力学概论	1
1.1 材料强度力学	4
1.2 弹性材料的力学性能	10
1.3 匀质构件的横截面特性	16
1.4 应力和变形	51
1.5 计算材料强度的基本理论	68
1.6 有限元法	101
第 2 章 拉伸, 压缩和剪切	163
2.1 拉伸	165
2.2 压缩变形	187
2.3 拉伸和压缩的变形能	200
2.4 剪切	202
第 3 章 接触应力	215
3.1 接触应力的简介	217
3.2 在法向正压力作用下的接触应力和接触变形	221
3.3 切应力作用下的接触应力	235
3.4 受到集中载荷的刚性压头压在半无限体上	238
3.5 分布载荷压在半无限体上	239
3.6 接触强度检验	240
第 4 章 扭转	241
4.1 概论	243
4.2 圆形截面梁(圆轴)的扭转	246
4.3 非圆形等截面直杆的扭转变形	258
4.4 塑性扭转	264
4.5 薄壁杆件的自由扭转	267
第 5 章 梁的弯曲变形	279
5.1 梁的弯曲变形概论	282
5.2 单跨静定梁	334
5.3 静不定结构	400
5.4 刚架	628
5.5 桁架杆系结构	710
5.6 十字交叉梁系结构	719

5.7 曲梁	754
5.8 拱	821
5.9 复合弯曲	916
第 6 章 平面薄板的弯曲	941
6.1 平面薄板的概述	943
6.2 平面等厚薄板的弯曲	944
6.3 厚度对称变化的薄板	1005
6.4 线弹性范围内等厚度薄板的大挠度弯曲	1010
第 7 章 薄壳体的变形	1019
7.1 薄壳体变形的定义和假设	1021
7.2 无矩薄壳体	1022
7.3 有矩薄壳体	1071
7.4 薄壳单元体的弹性理论	1109
7.5 导向薄壳体	1121
第 8 章 构件的稳定性	1135
8.1 弹性体的稳定性简介	1137
8.2 受压构件的稳定性	1154
8.3 受到压力和弯曲的细长杆件的稳定性	1173
8.4 受到弯扭作用的细长杆的稳定性	1193
8.5 平面薄板稳定性	1209
8.6 薄壳的稳定性	1219
第 9 章 材料的弹塑性变形	1229
9.1 塑性变形概论	1231
9.2 塑性变形规律	1231
9.3 塑性变形的极限平衡状态	1232
9.4 塑性变形的物体的弯矩条件	1233
9.5 利用塑性理论解平面圆形板的变形问题	1234
9.6 圆环形平板	1237
9.7 利用塑性理论解正方形平板问题	1238
9.8 利用塑性理论解长方形平板问题	1241
9.9 利用塑性理论解三角形平板问题	1242
9.10 利用塑性理论解任意四边形平板问题	1243
第 10 章 复合材料	1245
10.1 复合材料简介	1247
10.2 复合材料的种类和性能	1251
10.3 复合材料的机械强度计算	1256
10.4 复合材料的耐火强度	1289

10.5 复合材料的老化及寿命计算.....	1296
参考文献	1303
附录	1305
附录 1 度量单位.....	1307
附录 2 常用材料的力学特性.....	1308
附录 3 欧洲标准和法国标准.....	1309
中文版后记	1327

常用公式表格的目录

表 1.1.1	系统和支座的连接	6
表 1.1.3	集中载荷表示法	7
表 1.1.4	分布载荷表示法	7
表 1.1.5	力偶的表示法	8
表 1.2.2	材料硬度的种类和计算	13
表 1.3.1	面积和形心位置	17
表 1.3.2	表面积和体积	18
表 1.3.3	匀质线体的重心	24
表 1.3.4	匀质面体的重心	26
表 1.3.5	匀质物体体积的重心	29
表 1.3.6	几个简单截面的惯性矩和极惯性矩	34
表 1.3.7	截面特性	38
表 1.3.8	梁截面的特性	42
表 1.4.1	平面应力	53
表 1.4.2	不同坐标系下的应力表示法	58
表 1.4.3	平衡方程(静力平衡微分方程)	59
表 1.4.4	变形几何方程(小变形)	62
表 1.4.5	平面变形的应力和应变的关系	63
表 1.4.6	三维坐标变形的应力和变形	63
表 1.4.8	各向同性的材料的胡克定律	64
表 1.4.9	各向异性的材料的胡克定律	65
表 1.5.1	作用在物体上的外力分量和物体内应力关系分量	69
表 1.5.2	弹性力学的基本线性方程	69
表 1.5.3	平面应力基本方程($\sigma_z = \tau_{yz} = \tau_{zx} = 0$)	71
表 1.5.4	平面应变的基本方程($\varepsilon_z = \gamma_{yz} = \gamma_{zx} = 0$)	72
表 1.5.5	简单变形的变形能	77
表 1.5.8	热弹性基本方程(以位移为基本未知数)	93
表 1.5.9	常见结构的塑性极限载荷(P_l 或 q_l)	97
表 1.6.1	杆单元的力矩阵	104
表 1.6.2	外力的等价载荷	105
表 1.6.3	单元的种类和位移	111

表 1.6.4	不同固定方法的杆单元的刚度矩阵	123
表 1.6.5	杆单元的质量矩阵	125
表 1.6.6	杆单元的基本方程	128
表 1.6.7	平面三角形单元的基本方程	129
表 1.6.8	四边形薄板单元变形和受力	131
表 2.1.1	圆孔的应力集中系数	173
表 2.1.2	绳索的拉伸弯曲变形	174
表 3.1.1	接触应力和赫兹半径	218
表 3.2.1	接触系数 α, β, λ	223
表 3.2.2	弹性体接触时的接触应力和接触变形(相对位移)	224
表 3.4.1	压头与半无限体的接触应力	238
表 3.5.1	分布载荷在半无限体上产生的接触应力	239
表 4.1.1	扭转物体截面的特性	244
表 4.2.1	圆轴的直径 d 的计算公式	247
表 4.2.3	圆轴扭转角的计算公式	249
表 4.2.4	圆轴的单位长度的扭转变形角 $[\theta]$ (参考例)	250
表 4.2.6	圆柱弹簧的特性	258
表 4.3.2	扭转系数 C_t	262
表 4.3.3	任意实心截面的极惯性矩	262
表 4.4.1	扭转变形的扭矩极限	265
表 4.5.3	非圆形截面直杆自由扭转时的应力和应变	275
表 5.1.1	剪力的正负号规定	283
表 5.1.2	弯矩的正负号规定	285
表 5.1.3	外力的类型与剪力图和弯矩图的关系	290
表 5.1.4	梁的横截面的切应力大小和分布	296
表 5.1.5	梁横截面的弯曲中心 G_f 位置	300
表 5.1.6	单元阶梯函数定义	315
表 5.1.7	常用的 ωM_{cy}° 乘积	321
表 5.1.8	等强度梁	332
表 5.2.1	悬臂梁	342
表 5.2.7	B_t 种载荷的系数 b_t	358
表 5.2.8	公路单跨桥的最大弯矩(1)	358
表 5.2.9	公路单跨桥弯矩的绝对值(2)	360
表 5.3.1	构件的平面支承方式和自由度	400
表 5.3.2	杆系内部连接	404
表 5.3.3	杆系与外界的连接	404

表 5.3.5	例 5.3.6	411
表 5.3.11	不等跨五跨连续梁的焦距系数	469
表 5.3.13	在随机分布载荷 s 下连续梁的最大弯矩	474
表 5.3.19	两等跨梁受力	479
表 5.3.20	三等跨梁的受力	479
表 5.3.21	四等跨梁的受力	480
表 5.3.22	五等跨梁的受力	480
表 5.3.23	跨数很大的连续梁的受力	481
表 5.3.29	三弯矩方程的两个常数 $6A$ 和 $6B$	528
表 5.3.30	支座 A 的弯矩(绝对值)	535
表 5.3.31	等惯性矩跨梁受到固定分布载荷时结点弯矩(绝对值)	536
表 5.3.32	等惯性矩跨梁受到固定分布载荷时跨梁的弯矩(绝对值)	536
表 5.3.33	结点弯矩(绝对值)	537
表 5.3.34	等惯性矩跨梁受到随机超分布载荷 s 时结点弯矩	537
表 5.3.35	连续梁拉压曲线的偏心率	539
表 5.3.38	离散弹性支座上的连续梁	554
表 5.3.39	受力偶作用的无限梁的弯矩和剪力	561
表 5.4.1	两个竖柱的铰支刚架	636
表 5.4.2	两竖柱固定的刚架	639
表 5.4.3	两终端铰支刚架	643
表 5.4.4	单竖柱两终端固定的刚架	645
表 5.4.5	单竖柱, 一端固定, 另一端铰支的刚架	649
表 5.4.6	封闭长方刚架	653
表 5.4.7	对称的矩形刚架	659
表 5.4.8	有尖顶的铰支钢架	662
表 5.4.9	有尖顶和拉杆的铰支刚架	665
表 5.4.10	铰支梯形刚架	667
表 5.4.11	两框架的刚架	674
表 5.4.12	三框架的刚架	678
表 5.4.13	四框架的刚架	684
表 5.4.14	高层大楼第 n 层的弯矩 M (楼层骨架有一根跨梁)	690
表 5.4.15	高层大楼第 n 层的弯矩 M (楼层骨架有两根跨梁)	691
表 5.4.16	高层大楼第 n 层的弯矩 M (楼层骨架有三根跨梁)	691
表 5.4.17	高层大楼第 n 层的弯矩 M (楼层骨架有四根跨梁)	691
表 5.4.18	高层大楼第 n 层的弯矩 M (楼层骨架有五根跨梁)	692
表 5.4.19	高层大楼第 n 层的弯矩 M (楼层骨架有六根跨梁)	692

表 5.4.20	高层大楼第 n 层的弯矩 M (楼层骨架有七根跨梁).....	693
表 5.4.21	高层大楼第 n 层的弯矩 M (楼层骨架有八根跨梁).....	693
表 5.4.22	高层大楼第 n 层的弯矩 M (楼层骨架有九根跨梁).....	694
表 5.4.23	高层大楼第 n 层的弯矩 M (楼层骨架有十根跨梁).....	695
表 5.4.24	接近地基的楼层的弯矩(楼层骨架有一个跨梁).....	696
表 5.4.25	接近地基的楼层的弯矩(楼层骨架有两个跨梁).....	696
表 5.4.26	接近地基的楼层的弯矩(楼层骨架有三个跨梁).....	696
表 5.4.27	接近地基的楼层的弯矩(楼层骨架有四个跨梁).....	697
表 5.4.28	接近地基的楼层的弯矩(楼层骨架有五个跨梁).....	698
表 5.4.29	接近地基的楼层的弯矩(楼层骨架有六个跨梁).....	699
表 5.4.30	接近地基的楼层的弯矩(楼层骨架有七个跨梁).....	699
表 5.4.31	接近地基的楼层的弯矩(楼层骨架有八个跨梁).....	700
表 5.4.32	接近地基的楼层的弯矩(楼层骨架有九个跨梁).....	701
表 5.4.33	接近地基的楼层的弯矩(楼层骨架有十个跨梁).....	702
表 5.4.34	接近地基的楼层的弯矩(楼层骨架有十一个跨梁).....	702
表 5.4.35	接近地基的楼层的弯矩(楼层骨架有十二个跨梁).....	703
表 5.5.1	静定桁架种类及特点.....	711
表 5.5.2	例 5.5.3 解题步骤.....	715
表 5.6.1	交叉梁系($m=2; n=2$).....	728
表 5.6.2	交叉梁系($m=2; n=3$).....	729
表 5.6.3	交叉梁系($m=2; n=4$).....	730
表 5.6.6	交叉梁系($m=3; n=5$).....	733
表 5.7.7	等截面悬臂平面曲梁的平面弯曲 (载荷和悬臂曲梁在一个平面内).....	770
表 5.7.10	悬臂平面曲梁的弯曲.....	778
表 5.7.11	水平安装曲梁的弯矩和扭矩.....	781
表 5.7.13	曲梁的轴线成一条折线.....	790
表 5.7.14	受对称载荷的圆环受力及位移.....	799
表 5.7.15	圆环梁受到梁平面以外的载荷.....	819
表 5.8.3	三铰拱受到垂直单位载荷时的影响线及影响线的方程.....	828
表 5.8.4	三铰拱受到水平单位载荷时的影响线及影响线的方程.....	829
表 5.8.5	无拉杆三铰拱计算公式.....	830
表 5.8.6	无拉杆的圆形二铰拱计算公式(1).....	839
表 5.8.7	无拉杆的圆形二铰拱计算公式(2).....	841
表 5.8.8	无拉杆抛物线形二铰拱计算公式.....	851
表 5.8.10	在区间内的分布超负荷作用下的最大弯矩(当 $M_{\max} > 0$).....	857
表 5.8.11	在区间内的分布超负荷作用下的最大弯矩(当 $M_{\max} < 0$).....	858

表 5.8.13	减值的最大弯矩	868
表 5.8.14	抛物线形无铰拱计算公式(减值的面积和减值的惯性矩都是常数)	869
表 5.8.15	抛物线无铰拱的派斯系数(减值面积和减值惯性矩不是一个常数)	872
表 5.8.17	在区间内的分布超负荷 p 作用下的最大弯矩(当 $M_{\max} < 0$)	875
表 5.8.18	在区间内的分布超负荷作用下的最大弯矩(当 $M_{\max} > 0$)	876
表 5.8.19	四次曲线的无铰拱的预计算(1)	878
表 5.8.21	四次曲线的无铰拱的预计算(2)	881
表 5.8.22	四次曲线的无铰拱由伸长引起的内力	882
表 5.8.23	四次曲线的无铰拱的预计算(1)	882
表 5.8.25	四次曲线的无铰拱的预计算(3)	885
表 5.8.26	四次曲线的无铰拱由伸长引起的内力	886
表 5.8.43	局部分布超载荷 q 引起的最大弯矩	901
表 5.8.44	局部分布超载荷 q 引起的推力	901
表 5.8.48	单铰拱的计算公式	911
表 5.8.49	拱的内力	913
表 5.8.50	桥面拱的内力计算	914
表 5.9.1	杆件的复合弯曲(弯曲和压缩)	925
表 5.9.2	杆件复合弯曲(弯曲和拉伸)	931
表 6.2.1	长方形薄板的挠度、弯矩、切向力和支反力	947
表 6.2.29	圆形薄板的应力和挠度(1)(圆形板受到集中力和分布载荷)	979
表 6.2.30	圆形薄板的应力和挠度(2)(圆形板受到半径为 b 的圆周分布载荷作用)	983
表 6.2.31	等厚圆环薄板的应力和挠度(1)(圆环薄板受到分布载荷作用)	985
表 6.2.32	等厚圆环薄板的应力和挠度(2)(圆环薄板受到圆周分布载荷作用)	991
表 6.2.33	等厚圆环薄板的应力和挠度(3)(圆环薄板受到圆周分布力偶作用 $\nu = 0.3$)	993
表 6.2.34	等厚长方形薄板的应力和挠度(1)(长方形薄板受到集中力作用)	994
表 6.2.35	等厚长方形薄板的应力和挠度(2)(长方形薄板受到分布载荷作用)	995
表 6.2.36	长方形薄板受三角形分布载荷作用	1001
表 6.2.37	等厚扇形薄板的应力和挠度($\nu=3$)	1003
表 6.2.38	等厚椭圆薄板的应力和挠度($\nu=3$)	1004
表 6.2.39	等厚三角形薄板的应力和挠度($\nu=3$)	1005
表 6.3.1	两种常见线性厚度对称变化的薄板($\nu = 1/3$)	1006
表 6.3.2	圆形薄板的正应力和挠度(厚度线性变化, 而且泊松比 $\nu = 1/3$)	1007
表 6.3.3	圆环薄板的正应力和挠度(厚度线性变化, 而且泊松比 $\nu = 1/3$)	1008
表 6.4.1	圆形薄板的挠度和正应力(线性范围内的大挠度弯曲)	1013
表 6.4.2	长方形薄板的挠度和正应力(线性范围内的大挠度弯曲)	1017
表 6.4.3	正方形薄板的挠度和正应力(线性范围内的大挠度弯曲)	1017

表 7.2.1	无矩薄壳简单旋转体的变形和正应力 (1)	1024
表 7.2.2	无矩薄壳简单旋转体的变形和正应力 (1)	1039
表 7.2.2	无矩薄壳简单旋转体的变形和正应力 (2)	1045
表 7.2.3	无矩薄壳简单旋转体的变形和正应力 (3)	1047
表 7.2.4	无矩薄壳简单旋转体的变形和正应力 (4)	1050
表 7.2.4	无矩薄壳简单旋转体的变形和正应力 (5)	1055
表 7.2.5	无矩旋转环形薄壳体的变形和内力 (1)	1057
表 7.2.6	无矩环形旋转薄壳体的变形和内力 (2)	1059
表 7.2.7	无矩经线旋转薄壳体的变形和内力 (1)	1063
表 7.2.8	无矩经线旋转薄壳体的变形和内力 (2)	1065
表 7.2.9	无矩经线旋转薄壳体的变形和内力 (3)	1066
表 7.2.10	无矩薄壳体的内力	1068
表 7.3.6	弹性基础上的有矩圆柱体受液体静压力	1083
表 7.3.10	有矩圆柱薄壳体的变形计算	1099
表 7.3.11	有矩球壳体的变形近似计算	1102
表 7.3.12	有矩圆锥壳体的变形近似计算	1103
表 7.3.13	有矩组合圆柱薄壳体	1107
表 7.5.1	导向薄壳柱体的内力(1)	1127
表 7.5.2	导向薄壳柱体的内力(2)	1128
表 7.5.3	无矩导向薄壳柱体的内力(3)	1129
表 7.5.4	无矩导向薄壳柱体的内力(4)	1130
表 7.5.5	无矩导向薄壳柱体的内力(5)	1132
表 7.5.6	无矩导向薄壳柱体的内力(5)	1133
表 8.1.1	失稳变形的种类	1138
表 8.1.2	欧洲标准(CM66-80 标准)中推荐的细长比 λ	1150
表 8.1.3	例 8.1.4 中斜杆应力	1153
表 8.2.1	等截面杆件受到轴向集中压力时的长度系数 μ 和稳定系数 η	1154
表 8.2.2	等截面杆件受到轴向分布压力时的长度系数 μ 和稳定系数 η	1156
表 8.2.3	长度系数 μ 和稳定系数 η	1157
表 8.2.4	长度系数 μ 和稳定系数 η	1157
表 8.2.5	长度系数 μ 和稳定系数 η	1158
表 8.2.6	长度系数 μ 和稳定系数 η	1160
表 8.2.7	长度系数 μ 和稳定系数 η	1160
表 8.2.8	长度系数 μ 和稳定系数 η	1162
表 8.2.9	稳定系数 η	1163
表 8.2.10	稳定系数 η	1163