



应用型本科规划教材

ARCHITECTURAL MECHANICS

建筑力学

◆ 主 编 杨云芳
副主编 李小山 边祖光
周赵凤



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

TU311/81

2007

应用型本科规划教材

建 筑 力 学

主 编 杨云芳
副主编 李小山 边祖光 周赵凤
参 编 杨 予 付 军



浙江大學出版社

内 容 提 要

本书结合应用型本科院校建筑学、城市规划、风景园林、工程管理和室内装潢等专业几年来教学改革的实践经验,将传统的理论力学、材料力学和结构力学的内容加以综合、归类,对照应用型本科教学的要求精编而成。

全书共十九章,主要包括:平面力系的合成与平衡,轴向拉伸与压缩、扭转和弯曲等基本变形的内力和位移,组合变形的强度计算,压杆稳定,平面结构体系的几何组成分析,结构位移计算,力法,位移法与力矩分配法,影响线及其应用等。

本书可作为高等院校建筑学、城市规划、风景园林、室内装潢、建筑管理、暖通、建筑材料、环保等专业的力学教材,也可作为土建类工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学 / 杨云芳主编. —杭州:浙江大学出版社,
2007.8

应用型本科规划教材

ISBN 978-7-308-05096-8

I. 建... II. 杨... III. 建筑力学—高等学校—教材 IV. TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 159612 号

建筑力学

杨云芳 主编

丛书策划 樊晓燕

责任编辑 王 波

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310028)

(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷 浙江中恒世纪印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 20.5

字 数 499 千

版 次 2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

印 数 0001—3000

书 号 ISBN 978-7-308-05096-8

定 价 29.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571) 88072522

应用型本科院校建筑学专业规划教材

编 委 会

主 任 陈云敏

副主任 亓 萌 邢双军 李延龄

委 员 (以姓氏笔画为序)

王志蓉 田轶威 许瑞萍

陈 飞 应小宇 杨云芳

林贤根

总 序

近年来我国高等教育事业得到了空前的发展,高等院校的招生规模有了很大的扩展,在全国范围内发展了一大批以独立学院为代表的应用型本科院校,这对我国高等教育的持续、健康发展具有重要的意义。

应用型本科院校以培养应用型人才为主要目标,目前,应用型本科院校开设的大多是一些针对性较强、应用特色明确的本科专业,但与此不相适应的是,当前,对于应用型本科院校来说作为知识传承载体的教材建设远远滞后于应用型人才培养的步伐。应用型本科院校所采用的教材大多是直接选用普通高校的那些适用研究型人才培养的教材。这些教材往往过分强调系统性和完整性,偏重基础理论知识,而对应用知识的传授却不足,难以充分体现应用类本科人才的培养特点,无法直接有效地满足应用型本科院校的实际教学需要。对于正在迅速发展的应用型本科院校来说,抓住教材建设这一重要环节,是实现其长期稳步发展的基本保证,也是体现其办学特色的基本措施。

浙江大学出版社认识到,高校教育层次化与多样化的发展趋势对出版社提出了更高的要求,即无论在选题策划,还是在出版模式上都要进一步细化,以满足不同层次的高校的教学需求。应用型本科院校是介于普通本科与高职之间的一个新兴办学群体,它有别于普通的本科教育,但又不能偏离本科生教学的基本要求,因此,教材编写必须围绕本科生所要掌握的基本知识与概念展开。但是,培养应用型与技术型人才又是应用型本科院校的教学宗旨,这就要求教材改革必须淡化学术研究成分,在章节的编排上先易后难,既要低起点,又要有坡度、上水平,更要进一步强化应用能力的培养。

为了满足当今社会对建筑学专业应用型人才的需要,许多应用型本科院校都设置了相关的专业。建筑学专业是以培养注册建筑师为目标,国家建筑学专业教育评估委员会对建筑学专业教育有具体的指导意见。针对这些情况,浙江大学出版社组织了十几所应用型本科院校建筑学类专业的教师共同开展了“应用型本科建筑学专业教材建设”项目的研究,探讨如何编写既能满足注册建筑师知识结构要求、又能真正做到应用型本科院校“因材施教”、适合应用型本科

层次建筑学类专业人才培养的系列教材。在此基础上,组建了编委会,确定共同编写“应用型本科院校建筑学专业规划教材”系列。

本套规划教材具有以下特色:

在编写的指导思想上,以“应用型本科”学生为主要授课对象,以培养应用型人才为基本目的,以“实用、适用、够用”为基本原则。“实用”是对本课程涉及的基本原理、基本性质、基本方法要讲全、讲透,概念准确清晰。“适用”是适用于授课对象,即应用型本科层次的学生。“够用”就是以注册建筑师知识结构为导向,以应用型人才为培养目的,达到理论够用,不追求理论深度和内容的广度。

在教材的编写上重在基本概念、基本方法和基本原理的表述。编写内容在保证教材结构体系完整的前提下,追求过程简明、清晰和准确,做到重点突出、叙述简洁、易教易学。

在作者的遴选上强调作者应具有应用型本科教学的丰富教学经验,有较高的学术水平并具有教材编写经验。为了既实现“因材施教”的目的,又保证教材的编写质量,我们组织了两支队伍,一支是了解应用型本科层次的教学特点、就业方向的一线教师队伍,由他们通过研讨决定教材的整体框架、内容选取与案例设计,并完成编写;另一支是由本专业的资深教授组成的专家队伍,负责教材的审稿和把关,以确保教材质量。

相信这套精心策划、认真组织、精心编写和出版的系列教材会得到相关院校的认可,对于应用型本科院校建筑学类专业的教学改革和教材建设起到积极的推动作用。

系列教材编委会主任

浙江大学建筑工程学院常务副院长

教育部长江学者特聘教授

陈云敏

2007年3月

前 言

为了适应教学改革的需要,我们组织编写了应用型大学本科教材《建筑力学》。本书的特点是在保证基本概念、基本理论及基本方法够用的基础上,在注意建筑力学本身的系统性的同时,强调了力学知识的实际应用,即注重于应用在工程实际中的力学知识。因此,力求做到内容紧凑,由浅入深,理论叙述清楚、概念明确、文字通顺,计算演示简捷直观,以便于理解和接受。本书可作为高等院校的建筑学、城市规划、风景园林、室内装潢、建筑管理、暖通、建筑材料、环保等专业的力学教材,也可作为土建类工程技术人员的参考用书。

全书由浙江理工大学杨云芳主编,浙江理工大学李小山、宁波理工大学边祖光、浙江树人大学周赵凤任副主编。其中绪论和9、11、16章由杨云芳编写;14、15、17、18章由李小山编写;1、2、3、4章由边祖光编写;5、6、7章由周赵凤编写;8、10、12章由杨予编写;13章及附录由付军编写。

浙江大学陈水福教授审阅了全书,并提出了许多宝贵意见,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不足,恳请批评指正。

编 者

2007年5月

《建筑力学》主要符号表

A 面积	ω 挠度
F 力	σ_s 屈服应力
P 主动力,集中力	σ_u 极限应力
N 法向约束力,轴力	
Q 剪切力	Δ 结构位移量
g 重力加速度	δ 虚位移、广义位移
h 高度	
k 弹簧刚度系数	m 外力偶
q 分布荷载集度	R_A, R_B 简支梁 A 和 B 铰处竖向支座反力
r 半径	u 水平位移
r 矢径	v 竖向位移
l 长度	V_ϵ, v_ϵ 应变能及应变能密度
W 力的功、弯曲截面系数	P, Δ 广义力、广义位移
ρ 密度,曲率半径	R 半径、广义反力
T 扭矩	X_A, Y_A A 处铰支座(约束)的分反力
W_d 抗扭截面系数	H 水平推力
I_p 极惯性矩	μ 泊松比
σ 正应力	ϵ 线应变
τ 切应力	γ 切应变
M 力矩、力偶矩、弯矩	E 弹性模量
I_z 截面关于 z 轴的惯性矩	G 切变模量
I_y 截面关于 y 轴的惯性矩	

目 录

绪 论	1
0.1 建筑力学的任务	1
0.2 建筑力学的研究内容、方法与步骤	2
0.3 学习建筑力学的意义	3
第 1 章 静力学基本概念和物体受力分析	4
1.1 静力学基本概念	5
1.2 静力学公理	7
1.3 荷 载	7
1.3.1 荷载的分类	7
1.3.2 荷载的简化和计算	7
1.4 约束与约束力	9
1.5 物体的受力分析	11
思考题	13
习题	14
第 2 章 平面汇交力系	16
2.1 平面汇交力系合成的几何法	16
2.2 平面汇交力系合成的解析法	17
2.2.1 力在坐标轴上的投影	17
2.2.2 合力投影定理	19
2.2.3 平面汇交力系合成的解析法	19
2.3 平面汇交力系的平衡条件	20
2.3.1 平面汇交力系平衡的几何条件	20
2.3.2 平面汇交力系平衡的解析条件	21
思考题	23
习题	24

第3章 平面力偶系	26
3.1 平面力矩	26
3.1.1 力对点的矩	26
3.1.2 合力矩定理	27
3.2 平面力偶	28
3.2.1 力偶和力偶矩	28
3.2.2 平面力偶的等效定理	29
3.3 平面力偶系的平衡	29
3.3.1 平面力偶系的合成	29
3.3.2 平面力偶系的平衡条件	30
思考题	31
习题	32
第4章 平面任意力系	33
4.1 平面任意力系向作用面内一点简化	33
4.1.1 力的平移定理	33
4.1.2 平面任意力系向作用面内一点简化	34
4.1.3 平面任意力系的简化结果讨论	35
4.2 平面任意力系的平衡	38
4.2.1 平面任意力系的平衡条件	38
4.2.2 构件系的平衡	43
思考题	47
习题	48
第5章 材料力学的基本概念	51
5.1 变形固体的概念	51
5.2 材料力学的基本假设	51
5.3 杆件变形的基本形式	52
思考题	53
第6章 轴向拉伸和压缩	54
6.1 轴向拉压时的内力与应力	54
6.1.1 拉杆与压杆的概念	54
6.1.2 内力的概念	54
6.1.3 轴力与轴力图——截面法	54
6.1.4 应力的概念	57
6.1.5 横截面和斜截面上的应力	58
6.2 轴向拉(压)杆的变形——虎克定律	60

6.2.1 正应变与剪应变的概念	60
6.2.2 虎克定律	61
6.3 材料在拉伸和压缩时的力学性能	63
6.3.1 材料在拉伸时的力学性能	63
6.3.2 材料在压缩时的力学性能	66
6.3.3 塑性和脆性材料力学性能的比较	67
6.4 轴向拉(压)杆的强度条件及其应用	68
6.4.1 极限应力的概念	68
6.4.2 容许应力和安全系数	68
6.4.3 轴向拉(压)杆的强度条件和强度计算	69
6.5 应力集中现象	71
6.5.1 应力集中的概念	71
6.5.2 应力集中对构件强度的影响	71
思考题	72
习题	73
第7章 剪切、挤压与扭转	76
7.1 剪切与挤压的概念	76
7.1.1 剪切	76
7.1.2 挤压	76
7.2 剪切和挤压的实用计算	77
7.2.1 剪切强度实用计算	77
7.2.2 挤压强度的实用计算	77
7.3 扭转的概念	80
7.4 等直圆轴扭转时的内力与应力	80
7.4.1 内力	80
7.4.2 实验中观察到的扭转现象	81
7.4.3 剪应力互等定理	81
7.4.4 横截面上的剪应力	82
7.5 等直圆轴扭转时的强度计算	83
7.5.1 强度条件	83
7.5.2 薄壁圆轴的设计计算	84
7.6 非圆截面构件的扭转问题	86
思考题	86
习题	87
第8章 梁的弯曲	89
8.1 弯曲变形的概念	89
8.1.1 平面弯曲	89

8.1.2 梁的分类	89
8.2 梁的内力与内力图	90
8.2.1 梁的内力——剪力 Q 和弯矩 M	90
8.2.2 梁的内力图	92
8.3 荷载集度、剪力、弯矩之间的微分关系	97
8.3.1 $q(x)$ 、 $Q(x)$ 、 $M(x)$ 之间的微分关系	97
8.3.2 利用 $q(x)$ 、 $Q(x)$ 、 $M(x)$ 之间的微分关系作内力图	97
8.4 叠加法绘制弯矩图	100
8.4.1 叠加法的概念	100
8.4.2 利用叠加法绘制弯矩图	101
8.5 梁弯曲时的应力计算及强度条件	102
8.5.1 梁的正应力计算	102
8.5.2 梁的正应力强度条件	104
8.5.3 梁的剪应力计算及强度条件	107
8.6 梁的变形	108
8.6.1 梁变形的概念	108
8.6.2 挠曲线近似微分方程	108
8.6.3 利用叠加法计算梁的变形	109
8.6.4 梁的刚度条件	110
8.6.5 提高梁刚度的措施	111
思考题	111
习题	112
第9章 应力状态	115
9.1 点的应力状态的概念	115
9.2 平面应力状态分析	116
9.2.1 斜截面上的应力分析	116
9.2.2 主应力与主平面	117
9.2.3 剪应力极值及其所在平面	118
9.3 梁主应力迹线的概念	120
思考题	122
习题	122
第10章 组合变形	124
10.1 组合变形的概念	124
10.2 斜弯曲	125
10.2.1 外力的分解	125
10.2.2 内力和应力的计算	125
10.2.3 斜弯曲的变形特点及强度条件	126

10.3 偏心受压(受拉)	128
10.3.1 单向偏心受压(受拉)	129
10.3.2 双向偏心受压(受拉)	131
10.4 截面核心的概念	134
10.4.1 截面核心的工程背景	134
10.4.2 截面核心的确定	134
思考题	136
习题	137
第 11 章 压杆稳定	139
11.1 压杆的概念	139
11.2 细长压杆的临界力分析	139
11.2.1 平衡与失稳	139
11.2.2 临界力与欧拉公式	140
11.2.3 欧拉公式的一般形式	142
11.3 压杆的临界应力	142
11.3.1 临界应力和柔度	142
11.3.2 欧拉公式的适用范围	143
11.3.3 中长杆的临界应力计算——经验公式	143
11.3.4 临界应力总图	144
11.4 压杆的稳定性计算	146
11.4.1 压杆稳定条件	146
11.4.2 压杆的稳定性计算	147
11.5 提高压杆稳定性的措施	150
思考题	151
习题	151
第 12 章 结构的计算简图及其分类	154
12.1 结构的计算简图	154
12.1.1 计算简图的简化原则	155
12.1.2 计算简图的简化方法	155
12.2 杆系结构的分类	157
第 13 章 平面体系的几何组成分析	159
13.1 几何组成分析的目的	159
13.1.1 几何组成的概念	159
13.1.2 几何组成分析的目的	159
13.1.3 刚体和刚片	160
13.2 自由度和约束的概念	160

13.2.1	自由度	160
13.2.2	约束	160
13.2.3	实铰和虚铰	161
13.3	平面体系几何组成的基本规律	162
13.3.1	基本组成规则	162
13.3.2	瞬变体系的概念	162
13.3.3	虚铰在无穷远处	163
13.3.4	体系几何组成分析举例	164
13.4	静定结构与超静定结构	166
13.4.1	静定结构与超静定结构	166
13.4.2	几何组成与静定性的关系	166
	思考题	167
	习题	167
第 14 章	静定结构内力的计算与分析	168
14.1	单跨静定梁	168
14.1.1	用叠加法作弯矩图	168
14.2	多跨静定梁	170
14.3	静定平面刚架	171
14.4	静定拱	175
14.4.1	三铰拱的内力计算	175
14.4.2	三铰拱的合理拱轴线	179
14.5	静定平面桁架	180
14.5.1	概述	180
14.5.2	桁架内力计算的结点法	181
14.5.3	桁架内力计算的截面法	183
14.5.4	桁架受力性能的比较	183
14.6	静定结构的基本特性	184
	思考题	185
	习题	186
第 15 章	静定结构位移的计算与分析	190
15.1	结构的变形与位移	190
15.2	变形体的虚功原理	191
15.3	结构位移计算的一般公式	192
15.4	静定结构在荷载作用下的位移计算	194
15.5	图乘法	197
15.6	静定结构在支座移动时的位移计算	201
15.7	线弹性体系的互等定理	203

15.7.1 功的互等定理·····	203
15.7.2 位移互等定理·····	204
15.7.3 反力互等定理·····	205
思考题·····	205
习题·····	205
第 16 章 力 法 ·····	209
16.1 超静定结构概述·····	209
16.1.1 超静定结构的概念·····	209
16.1.2 超静定次数的确定·····	209
16.2 力法概念和力法典型方程·····	212
16.2.1 力法的基本概念·····	212
16.2.2 力法的典型方程·····	213
16.3 力法求解荷载作用下的超静定结构·····	215
16.3.1 超静定梁和刚架的计算·····	216
16.3.2 超静定桁架的计算·····	220
16.3.3 排架的计算·····	223
16.4 对称性的利用·····	225
16.5 超静定结构在支座移动作用下的计算·····	227
16.6 超静定结构位移的计算·····	230
16.7 超静定结构的特性·····	232
思考题·····	232
习题·····	233
第 17 章 位移法和力矩分配法 ·····	236
17.1 位移法的基本概念·····	236
17.2 单跨超静定梁的形常数和载常数·····	239
17.3 位移法基本结构和基本未知量·····	241
17.4 位移法典型方程和计算示例·····	243
17.5 力矩分配法的基本概念·····	252
17.6 多结点的力矩分配·····	260
17.7 对称性的利用和联合法·····	266
思考题·····	269
习题·····	269
第 18 章 影响线 ·····	273
18.1 影响线的一般概念·····	273
18.2 静力法作简支梁的影响线·····	273
18.2.1 支座反力的影响线·····	274

18.2.2 弯矩影响线·····	275
18.2.3 剪力影响线·····	276
18.3 影响线的应用·····	277
18.3.1 求支座反力和内力·····	277
18.3.2 最不利荷载位置·····	278
思考题·····	280
习题·····	281
附录·····	282
附录 I 截面的几何性质·····	282
1.1 截面静矩和形心位置·····	282
1.2 极惯性矩·惯性矩·惯性积·····	284
1.3 惯性矩的平行移轴公式·组合截面的惯性矩·····	285
思考题·····	286
习题·····	286
附录 II 常见截面的几何特征量·····	288
附录 III 型钢表·····	290
附录 IV 梁在简单荷载作用下的变形·····	299
附录 V 习题参考答案·····	301
参考文献·····	307

绪 论

0.1 建筑力学的任务

建筑力学主要研究土木工程结构的力学性能。实际工程中,一座建筑物是由各个部件组成的,各部分有着不同的作用。有的只是起维护和分隔空间的作用,如房间的隔断墙、门、窗等;有的主要起支承荷载和传递荷载的作用,如屋架、楼板、梁、柱、基础等。

任何建筑物在施工时和建成后的使用过程中都要承受各种各样的力。如梁承受楼板或屋顶传给它的重力,锚固件承受被紧固物对它的作用力,建筑物受到的风力等等。这些力,在工程上习惯称为荷载。

所谓建筑结构,是指建筑物中用来承受荷载和其他间接作用(如温度变化引起的伸缩、地基不均匀沉降、地震等)的体系。通常,它又被称为建筑物的骨架,而组成结构的部件则称为构件。图 0-1 是一个常见厂房的结构及构件的示意图。

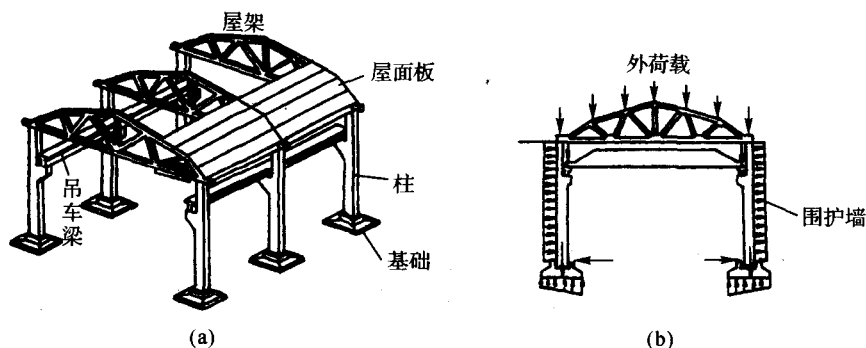


图 0-1

无论是工业厂房或民用建筑还是公共建筑,它们的结构及组成结构的各构件在宏观上都相对地面保持着静止的状态,这种状态称为平衡状态。平衡状态下各构件在承受荷载和传递荷载时需要满足以下两方面的基本要求。

(1)结构的安全性:即结构或构件在荷载作用下,不能破坏,也不能发生过大的变形。构件或结构能达到这种要求,工程上称为具有足够承载能力。具有足够承载能力的结构及构件才能安全使用。

(2)结构的经济性:即结构和构件应尽量使材料用量少,价格低廉,并以最合理的办法制