



高等职业教育“十二五”规划教材
高职高专建筑工程技术专业系列教材

建筑力学

(第二版)

沈养中 荣国瑞 编著



科学出版社



高等职业教育“十二五”规划教材
高职高专建筑工程技术专业系列教材

建筑制图(第二版)(含光盘)

建筑制图习题集(第二版)

房屋建筑学(第二版)(含光盘)

建筑力学(第二版)(含光盘)

建筑施工技术(第二版)(含光盘)

建筑材料(第二版)(含建筑材料试验实训指导书与报告书, 含光盘)

建筑材料试验实训指导书与报告书(第二版)

建筑施工组织与现场管理(第二版)(含光盘)

建筑结构(第二版)(含光盘)

建筑工程计量与计价(第二版)

工程测量(第二版)(含光盘)

土力学与地基基础(第二版)(含光盘)

工程地质(第二版)(含光盘)

扫一扫



职教技术出版中心
<http://www.abook.cn>

www.sciencep.com

ISBN 978-7-03-038374-7



9 787030 383747 >

定 价: 45.00 元(含光盘)

高等职业教育“十二五”规划教材
高职高专建筑工程技术专业系列教材

建筑力学

(第二版)

沈养中 荣国瑞 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书强调基本概念,重视宏观分析,突出工程应用,注重职业技能和素质的培养,叙述深入浅出、通俗易懂,并配有相应课件,便于教与学。

全书共分十章,内容包括绪论、结构的力学模型与计算简图、平面力系的平衡、杆件的强度与刚度、压杆稳定、平面杆件体系的几何组成分析、静定结构的内力、静定结构的位移、超静定结构的内力与位移、影响线等。本书每章前有内容提要、学习要求,每章末有思考题、习题,书末附型钢规格表及习题参考答案。

本书配有与教材内容配套的光盘,可供读者参考。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校的建筑工程类各专业力学课程的教材,也可作为相关专业专升本考试用书,还可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/沈养中,荣国瑞编著. —2版. —北京:科学出版社,2013
(高等职业教育“十二五”规划教材·高职高专建筑工程技术专业系列教材)

ISBN 978-7-03-038374-7

I. ①建… II. ①沈…②荣… III. ①建筑科学-力学-高等职业教育-教材 IV. ①TU311

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第189888号

责任编辑:张雪梅 杜晓/责任校对:耿耘
责任印制:吕春珉/封面设计:耕者设计工作室

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>

随文印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年12月第一版 开本:787×1092 1/16

2014年2月第二版 印张:19 3/4

2014年2月第九次印刷 字数:492 000

定价:45.00元(含光盘)

(如有印装质量问题,我社负责调换〈骏杰〉)

销售部电话 010-62138454 编辑部电话 010-62135397-2021 (VA03)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

第二版前言

本书是在第一版的基础上,根据高职高专的特点和高等教育大众化的特点,遵循基础课程“以应用为目的、以必须够用为度”的原则进行修订的。本次修订除继续保持第一版教材中“强调基本概念、重视宏观分析、降低计算难度、突出工程应用、注重职业技能和素质的培养,叙述深入浅出、通俗易懂”的特色外,对部分内容进行了调整,突出了结构的计算简图,增加了绘制梁弯矩图的区段叠加法和连接件的强度计算内容;删去了互等定理,无剪力分配法,绘制影响线的机动法,连续梁的影响线和内力包络图内容。本书配有教学光盘,包含教学课件,便于教与学。

参加本书修订工作的有:江苏建筑职业技术学院沈养中(编写第1~7章),荣国瑞(编写第8~10章)。杨梅修订了本书配套光盘第1~5章的内容,并对光盘内容进行了统稿。孙武修订了本书配套光盘第6~10章的内容。全书由沈养中统稿。本书由青岛科技大学张文教授担任主审。

在本书编写过程中,许多同行提出了很好的意见和建议,编著者特在此表示感谢。鉴于编著者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请广大读者批评指正。

第一版前言

建筑力学是建筑工程类专业的一门重要技术基础课。它不仅为后续课程作准备，而且为学生今后从事工程技术工作打好基础。编者根据高职高专的特点和高等教育大众化的特点，遵循基础课“以应用为目的、以必须够用为度”的原则，对建筑力学课程的传统内容进行了大幅度的精简和重新编排，强调基本概念，重视宏观分析，降低计算难度，突出工程应用，注重职业技能和素质的培养，叙述深入浅出、通俗易懂，并配有相应课件，便于教与学。

参加本书编写工作的有：沈养中（编写第1~7章），荣国瑞（编写第8~10章）。杨梅制作了第1~5章课件，并对课件进行了统稿，孙武制作了第6~10章课件。全书由沈养中统稿。本书由张文教授担任主审。

在本书编写过程中，许多同行提出了很好的意见和建议，编者特在此表示感谢。

鉴于编者水平有限，书中难免有不妥之处，敬请广大读者批评指正。

目 录

第二版前言

第一版前言

第 1 章 绪论	1
1.1 建筑力学的研究对象	1
1.2 建筑力学的基本任务	4
思考题	5
第 2 章 结构的力学模型与计算简图	6
2.1 力的概念及性质	6
2.1.1 刚体和变形体	6
2.1.2 力的概念和力的表示	7
2.1.3 静力学公理	8
2.1.4 汇交力系的合成	10
2.2 力对点之矩	10
2.2.1 力矩的概念	10
2.2.2 合力矩定理	10
2.3 力偶的概念及性质	12
2.3.1 力偶的概念	12
2.3.2 力偶矩的计算	12
2.3.3 力偶的性质	12
2.3.4 平面力偶系的合成	13
2.4 约束与约束力	13
2.4.1 约束与约束力的概念	13
2.4.2 工程中常见的约束与约束力	14
2.5 结构的计算简图	17
2.5.1 结构计算简图的概念	17
2.5.2 杆件结构的简化	17
2.6 受力分析与受力图	20
2.7 变形固体的基本假设	23
2.8 杆件的变形形式	24
2.8.1 基本变形	24

2.8.2 组合变形	25
思考题	25
习题	27
第3章 平面力系的平衡	32
3.1 平面力系向一点的简化	32
3.1.1 力的平移定理	32
3.1.2 平面力系向一点简化的结果	34
3.1.3 力在坐标轴上的投影	34
3.1.4 主矢和主矩的计算	36
3.1.5 平面力系简化结果的讨论	36
3.2 平面力系的平衡方程及其应用	38
3.2.1 平面力系的平衡方程	38
3.2.2 平面力系平衡方程的应用	39
3.2.3 平面力系的几个特殊情况	42
3.2.4 物体系统的平衡问题	44
思考题	47
习题	47
第4章 杆件的强度与刚度	51
4.1 拉压杆	51
4.1.1 工程实例和计算简图	51
4.1.2 轴力和轴力图	52
4.1.3 拉压杆的应力	55
4.1.4 拉压杆的变形	57
4.1.5 材料在拉压时的力学性能	59
4.1.6 拉压杆的强度计算	65
4.2 受扭轴	69
4.2.1 工程实例和计算简图	69
4.2.2 扭矩和扭矩图	70
4.2.3 圆轴扭转时的应力和强度计算	72
4.2.4 圆轴扭转时的变形和刚度计算	76
4.3 单跨梁	78
4.3.1 工程实例和计算简图	78
4.3.2 梁弯曲时的内力和内力图	79
4.3.3 梁弯曲时的应力	90
4.3.4 梁的弯曲强度计算	96
4.3.5 梁弯曲时的变形	101
4.3.6 梁的弯曲刚度计算	104
4.4 组合变形杆件	105

4.4.1	组合变形的工程实例与求解方法	105
4.4.2	斜弯曲梁的应力和强度计算	106
4.4.3	偏心压缩杆件的应力和强度计算	110
4.5	连接件	113
4.5.1	连接和连接件	113
4.5.2	剪切强度的实用计算	113
4.5.3	挤压强度的实用计算	114
	思考题	116
	习题	117
第5章	压杆稳定	125
5.1	压杆稳定的概念	125
5.2	压杆的临界力与临界应力	127
5.2.1	细长压杆临界力的欧拉公式	127
5.2.2	欧拉公式的适用范围	128
5.2.3	抛物线公式	129
5.3	压杆的稳定计算	130
5.3.1	安全因数法	130
5.3.2	折减因数法	131
5.4	提高压杆稳定性的措施	135
	思考题	137
	习题	138
第6章	平面杆件体系的几何组成分析	141
6.1	概述	141
6.1.1	几何不变体系与几何可变体系	141
6.1.2	几何组成分析的目的	142
6.1.3	刚片、自由度和约束的概念	142
6.2	几何不变体系的基本组成规则	144
6.2.1	基本组成规则	144
6.2.2	对瞬变体系的进一步分析	146
6.3	几何组成分析举例	147
6.4	体系的几何组成与静定性的关系	148
6.5	平面杆件结构的分类	149
	思考题	151
	习题	151
第7章	静定结构的内力	154
7.1	多跨静定梁	154
7.1.1	工程实例和计算简图	154

7.1.2	多跨静定梁的几何组成	155
7.1.3	多跨静定梁的内力计算和内力图绘制	155
7.1.4	多跨静定梁的受力特征	157
7.2	静定平面刚架	158
7.2.1	工程实例和计算简图	158
7.2.2	静定平面刚架的内力计算	159
7.3	静定平面桁架	163
7.3.1	工程实例和计算简图	163
7.3.2	静定平面桁架的内力计算	165
7.3.3	梁式桁架受力性能的比较	169
7.4	静定平面组合结构	171
7.4.1	工程实例和计算简图	171
7.4.2	静定平面组合结构的内力计算和内力图绘制	172
7.5	三铰拱	174
7.5.1	工程实例和计算简图	174
7.5.2	三铰拱的内力计算	175
7.5.3	合理拱轴的概念	179
	思考题	180
	习题	181
第 8 章	静定结构的位移	185
8.1	概述	185
8.1.1	位移的概念	185
8.1.2	计算位移的目的	186
8.2	静定结构在荷载作用下的位移计算公式	187
8.2.1	实功与虚功	187
8.2.2	变形体的虚功原理	188
8.2.3	位移计算的一般公式	189
8.2.4	荷载作用下的位移计算公式	191
8.3	图乘法	195
8.3.1	图乘公式及适用条件	195
8.3.2	图乘技巧	198
8.4	支座移动引起的位移计算	202
	思考题	203
	习题	203
第 9 章	超静定结构的内力与位移	206
9.1	概述	206
9.1.1	超静定结构的概念	206
9.1.2	超静定次数的确定	207

9.1.3	超静定结构的计算方法	209
9.2	力法	209
9.2.1	力法的基本原理	209
9.2.2	力法的典型方程	211
9.2.3	力法的计算步骤和举例	213
9.2.4	超静定结构的位移计算	223
9.2.5	对称性的利用	225
9.3	位移法	230
9.3.1	位移法的基本原理	230
9.3.2	位移法的基本未知量与基本结构	234
9.3.3	位移法的典型方程	236
9.3.4	位移法的计算步骤和举例	238
9.3.5	对称结构的计算	243
9.4	力矩分配法	246
9.4.1	力矩分配法的基本原理	246
9.4.2	多结点的力矩分配法	253
9.5	超静定结构计算方法分析	257
9.6	超静定结构的特性	258
	思考题	259
	习题	259
第 10 章	影响线	265
10.1	影响线的概念	265
10.2	静定梁的影响线	266
10.2.1	反力的影响线	267
10.2.2	内力的影响线	267
10.2.3	影响线与内力图的区别	269
10.3	影响线的应用	271
10.3.1	利用影响线求反力和内力	272
10.3.2	利用影响线确定最不利荷载位置	273
10.4	简支梁的内力包络图和绝对最大弯矩	276
10.4.1	简支梁的内力包络图	277
10.4.2	简支梁的绝对最大弯矩	277
	思考题	281
	习题	281
附录一	型钢规格表	283
附录二	习题参考答案	296
	主要参考文献	303

第 1 章

绪论

【内容提要】

本章介绍结构的概念及其分类,建筑力学的研究对象和基本任务。

【学习要求】

1. 了解结构的概念和结构的分类,了解建筑力学的主要研究对象。
2. 了解平衡状态和平衡力系等概念。
3. 了解结构的静力分析、强度、刚度、稳定性和几何组成的含义,了解建筑力学的基本任务。

1.1 建筑力学的研究对象

建筑工程中的各类建筑物,例如厂房、楼盖、桥梁、蓄水池、挡土墙(图 1.1~图 1.5)等,在建造及使用过程中都要承受各种力的作用。工程中习惯把主动作用于建筑物上的外力称为荷载。例如自重、风压力、水压力、土压力及车辆对桥梁的作用力等都属于荷载。在建筑物中承受和传递荷载而起骨架作用的部分或体系称为建筑结构,简称结构。最简单的结构可以是一根梁或一根柱,但往往一个结构是由多个结构元件所组成,这些结构元件称为构件。图 1.1 中屋架、柱子、吊车梁、屋面板及基础等组成了工业厂房结构。图 1.2 所示楼盖、图 1.3 所示桥梁、图 1.4 所示蓄水池和图 1.5 所示挡土墙等,都是结构的典型例子。

工程中常见的结构按其几何特征可分为以下三类。

(1) 杆件结构

由杆件组成的结构称为杆件结构。杆件的几何特征是它的长度远大于其横截面的宽度和高度。横截面和轴线是杆件的两个主要几何因素,前者指的是垂直于杆件长度方向的截面,后者则为所有横截面形心的连线(图 1.6)。如果杆件的轴线为直线,则称为直杆[图 1.6(a)];若为曲线,则称为曲杆[图 1.6(b)]。图 1.1 所示厂房、图 1.2 所示楼盖中主次梁、图 1.3 所示桥梁和图 1.7 所示钢筋混凝土屋架等都是杆件结构。

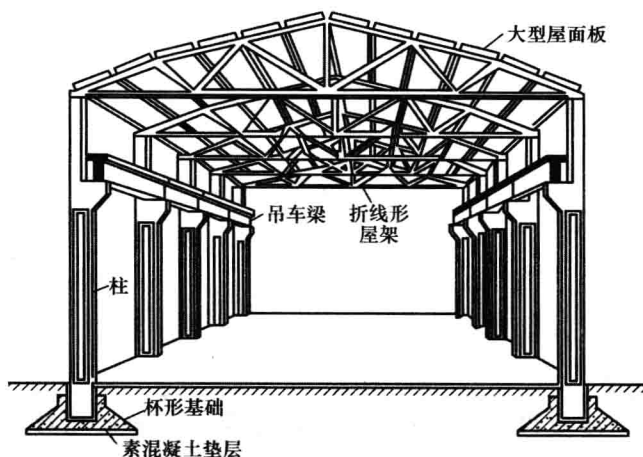


图 1.1

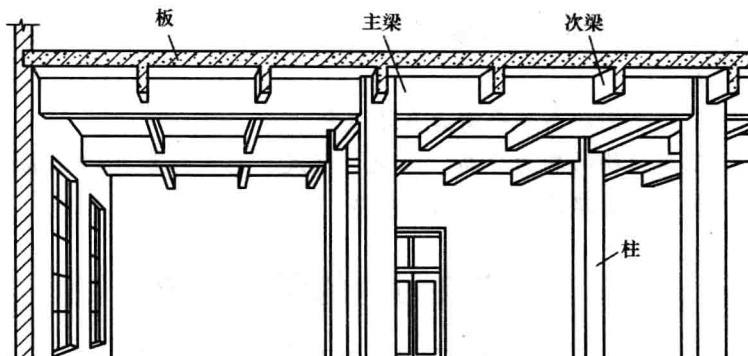


图 1.2

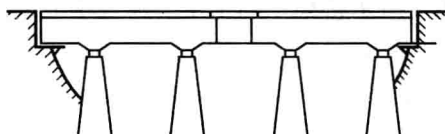


图 1.3

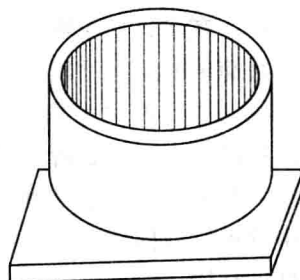


图 1.4

(2) 板壳结构

由薄板或薄壳组成的结构称为板壳结构。薄板和薄壳的几何特征是它们的长度和宽度远大于其厚度。当构件为平面状时称为薄板，当构件具有曲面状时称为薄壳。板壳结构也称为薄壁结构。图 1.2 所示楼盖中的平板就是薄板，图 1.4 所示蓄水池就是由平板和柱壳组成的板壳结构；图 1.8 所示屋顶分别是三角形折板结构和长筒

壳结构。

(3) 实体结构

如果结构的长、宽、高三个尺度为同一量级，则称为**实体结构**。例如挡土墙（图 1.5）、堤坝和块形基础等都是实体结构。

除了上面三类结构外，在工程中还会遇到悬索结构、充气结构等其他类型的结构。

在建筑工程中，杆件结构是应用最为广泛的结构形式。按照空间特征，杆件结构又可分为**平面杆件结构**和**空间杆件结构**两类。凡组成结构的所有杆件的轴线都位于同一平面内，并且荷载也作用于该平面内的结构，称为平面杆件结构（图 1.3 和图 1.7）；否则，称为空间杆件结构（图 1.1 和图 1.2 中主次梁）。实际结构多属于空间的，但在计算时，根据其实际受力特点，有许多可简化为平面结构来处理（例如图 1.1 中的厂房结构）。

建筑力学的主要研究对象是杆件结构。本书只限于研究平面杆件结构。

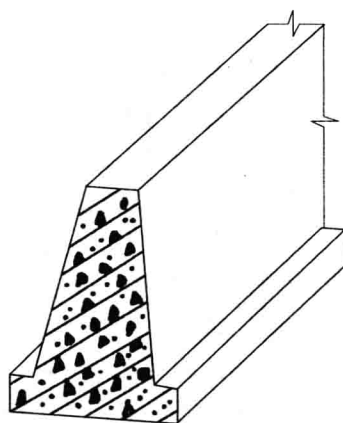


图 1.5

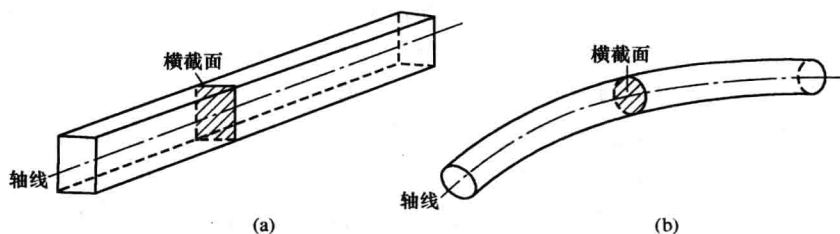


图 1.6

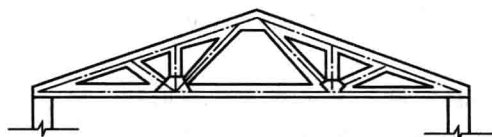


图 1.7

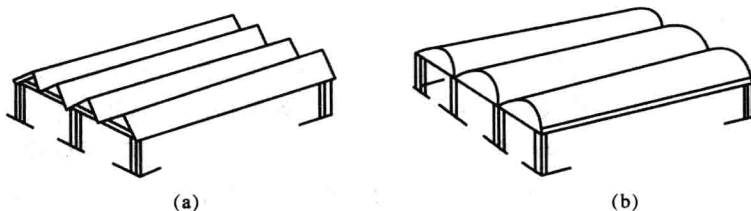


图 1.8

1.2 建筑力学的基本任务

各种建筑物在正常工作时总是处于平衡状态。所谓平衡状态，是指物体相对于地球处于静止或作匀速直线运动的状态。处于平衡状态的物体上所受的力不止一个，而是若干个，我们把这若干个力总称为力系。能使物体保持平衡状态的力系称为平衡力系。平衡力系所必须满足的条件称为力系的平衡条件。

结构在荷载作用下处于平衡状态，作用于结构及各构件上的外力构成了各种力系。建筑力学首先要研究各种力系的简化及平衡条件。根据这些平衡条件，可以由作用于物体上的已知力求出各未知力，这个过程称为静力分析。静力分析是对结构和构件进行其他力学计算的基础。

结构的主要作用是承受和传递荷载。在荷载作用下结构的各构件内部会产生内力并伴有变形。要使建筑物按预期功能正常工作，必须满足以下基本要求：

- 1) 结构和构件应具有足够的强度。所谓强度，是指结构和构件抵抗破坏的能力。如果结构在预定荷载作用下能安全工作而不破坏，则认为它满足了强度要求。
- 2) 结构和构件应具有足够的刚度。所谓刚度，是指结构和构件抵抗变形的能力。一个结构受荷载作用，虽然有了足够的强度，但变形过大，也会影响正常使用。例如屋面檩条变形过大，屋面会漏水；吊车梁变形过大，吊车就不能正常行驶。如果结构在荷载作用下的变形在正常使用允许的范围内，则认为它满足了刚度要求。
- 3) 结构和构件应具有足够的稳定性。所谓稳定性，是指结构和构件保持原有形状平衡状态的能力。例如受压的细长柱子，当压力增大到一定数值时，柱子就不能维持原来直线形状的平衡状态，就会突然弯曲，从而导致结构破坏，这种现象称为丧失稳定性。如果结构的各构件在荷载作用下能够保持其原有形状的平衡状态，则认为它满足了稳定性要求。
- 4) 构件必须按一定的几何组成规律组成结构，以确保在预定荷载作用下结构能维持其原有的几何形状。

构件的强度、刚度和稳定性与其本身的几何形状、尺寸大小、所用材料、荷载情况以及工作环境等都有着非常密切的关系。一般地，为构件选用较好的材料和较大的截面尺寸，那么强度、刚度和稳定性的要求是可以满足的，但是这样做可能造成材料的浪费和结构的笨重。由此可见，结构的安全性与经济性之间是存在矛盾的。建筑力学就是为解决这一对矛盾而形成的科学。

综合上述，建筑力学的基本任务就是研究结构的强度、刚度和稳定性问题，为此提供相关的计算方法和实验技术，为构件选择合适的材料、合理的截面形式和尺寸，以及研究结构的几何组成规律和合理形式，以确保安全和经济两方面的要求。

建筑力学是建筑工程类专业的一门重要的技术基础课程，是研究建筑结构力学计算理论和方法的科学，也是从事建筑设计和施工的工程技术人员应具备的必不可少的基础理论。

思 考 题

- 1.1 何谓结构？结构按其几何特征可分为哪几类？建筑力学的主要研究对象是哪类结构？
- 1.2 试举出几个结构的实例。
- 1.3 什么叫做静力分析？
- 1.4 结构正常工作必须满足哪些基本要求？
- 1.5 建筑力学的基本任务是什么？

结构的力学模型与计算简图

【内容提要】

本章介绍刚体与变形体，力、力矩和力偶等基本概念以及静力学公理等基本定理与工具，分析工程中常见约束的特点和约束力的性质以及结构计算简图的选取，重点介绍物体的受力分析方法和受力图的画法。此外，还介绍了变形固体的基本假设和杆件的变形形式。

【学习要求】

1. 了解刚体和变形体的概念；理解力的概念和静力学公理；理解力矩的概念，熟练掌握力矩的计算；理解力偶的概念和性质。
2. 理解约束和约束力的概念，掌握工程中常见约束的性质、简化表示和约束力的画法。
3. 了解结构计算简图的概念，掌握杆件结构计算简图的选取方法。
4. 熟练掌握物体的受力分析，正确绘出受力图。
5. 理解变形固体的基本假设。
6. 了解杆件的变形形式。

2.1 力的概念及性质

2.1.1 刚体和变形体

所谓刚体，是指在外力的作用下，其内部任意两点之间的距离始终保持不变的物体。这是一个理想化的力学模型。实际上物体在受到外力作用时，其内部各点间的相对距离都要发生改变，从而引起物体形状和尺寸的改变，即物体产生了变形。当物体的变形很小时，变形对研究物体的平衡和运动规律的影响很小，可以略去不计，这时可将物体抽象为刚体，从而使问题的研究大为简化。但当研究的问题与物体的变形密切相关时，即使是极其微小的变形也必须加以考虑，这时就必须将物体抽象为变形体