

建筑力学

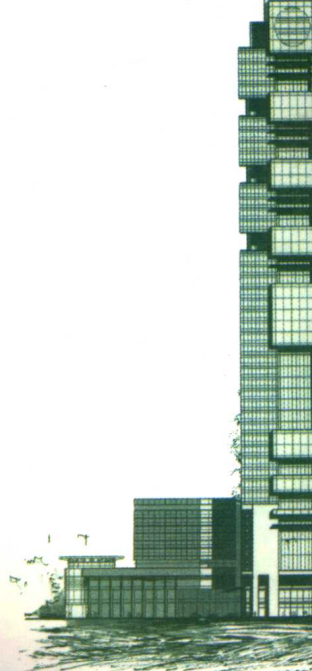
Jian
ZHU

Lixue

Gaozhigaozhuan
Jianzhu Gongcheng
Jishu Zhuanye
“Shiyiwu” Guihua
Jiaocai

主编 夏锦红

Jianzhu



郑州大学出版社

建筑力学



主编 王 明

清华大学出版社



清华大学出版社

建筑力学

Jian
Zhu

Lixue

Gaozhigaozhuan
Jianzhu Gongcheng
Jishu Zhuanye
“Shiyiwu” Guihua
Jiaocai

主编 夏锦红

Jianzhu



内容简介

本书是高职高专建筑工程技术专业“十一五”规划教材之一,依据高职高专土建类专业力学课程教学基本要求编写。全书内容包括:绪论、力与力系的平衡、轴向拉伸和压缩、剪切、扭转、弯曲、组合变形的强度计算、压杆稳定、平面体系的几何组成分析、静定结构的内力分析与计算、结构的位移计算和刚度校核、力法计算超静定结构、位移法计算超静定结构、力矩分配法、影响线及其应用、结构的极限荷载、动荷应力和交变应力等。

本书可作为高职高专土建类专业力学课程的教材,也可作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/夏锦红主编. —郑州:郑州大学出版社,2007.7

高职高专建筑工程技术专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-81106-369-1

I. 建… II. 夏… III. 建筑力学—高等学校:技术学校—教材
IV. TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 094663 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:邓世平

全国新华书店经销

新乡市凤泉印务有限公司印制

开本:787 mm × 1 092 mm

印张:25.75

字数:629 千字

版次:2007 年 7 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371-66966070

1/16

印次:2007 年 7 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-81106-369-1

定价:39.00 元

本书如有印装质量问题,请向本社调换



名誉主任 王光远
主任 高丹盈
委员 (以姓氏笔画为序)

丁宪良	王 锋	王付全	王立霞
王新武	史 华	代学灵	朱吉顶
乔景顺	苏 炜	李中华	李文霞
杨瑞芳	何世玲	何慧荣	张占伟
张建设	耿建生	夏锦红	曹 丰

秘 书 崔青峰

作

者

名

单

主 编 夏锦红

副主编 薛 茹 杨 蕊

李德明 徐向东

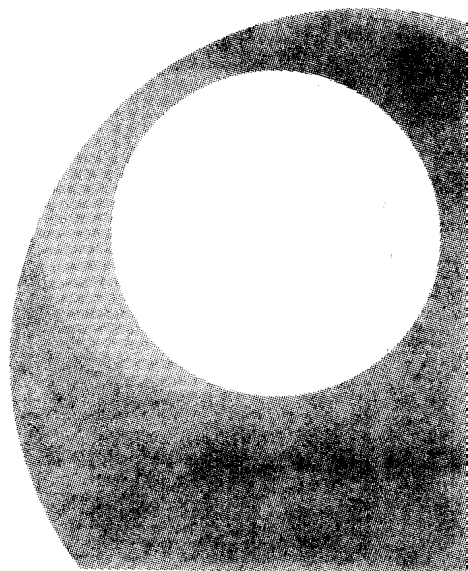
编 委 (以姓氏笔画为序)

许卫华 李远略 李德明 杨 蕊

何慧荣 张兴昌 张妍青 陈砚祥

孟凡深 赵丽君 夏锦红 徐向东

董迎娜 薛 茹



序

近年来,我国高等教育事业快速发展,取得了举世瞩目的成就。随着高等教育改革的不断深入,高等教育工作重心正在由规模发展向提高质量转移,教育部实施了高等学校教学质量与教学改革工程,进一步确立了人才培养是高等学校的根本任务,质量是高等学校的生命线,教学工作是高等学校各项工作的中心的指导思想,把深化教育教学改革,全面提高高等教育教学质量放在了更加突出的位置。

教材是体现教学内容和教学要求的知识载体,是进行教学的基本工具,是提高教学质量的重要保证。教材建设是教学质量与教学改革工程的重要组成部分。为加强教材建设,教育部提倡和鼓励学术水平高、教学经验丰富的教师,根据教学需要编写适应不同层次、不同类型院校,具有不同风格和特点的高质量教材。郑州大学出版社按照这样的要求和精神,组织土建学科专家,在全国范围内,对土木工程、建筑工程技术等专业的培养目标、规格标准、培养模式、课程体系、教学内容、教学大纲等,进行了广泛而深入的调研,在此基础上,分专业召开了教育教学研讨会、教材编写论证会、教学大纲审定会和主编人会议,确定了教材编写的指导思想、原则和要求。按照以培养目标和就业为导向,以素质教育和能力培养为根本的编写指导思想,科学性、先进性、系统性和适用性的编写原则,组织包括郑州大学在内的五十余所学校的学术水平高、教学经验丰富的一线教师,吸收了近年来土建教育教学经验和成果,编写了本、专科系列教材。

教育教学改革是一个不断深化的过程,教材建设是一个不断推陈出新、反复锤炼的过程,希望这些教材的出版对土建教育教学改革和提高教育教学质量起到积极的推动作用,也希望使用教材的师生多提意见和建议,以便及时修订、不断完善。

王少之

2006年7月

本教材是依据教育部《高职高专土建类专业力学课程教学基本要求》编写而成的,适合作为高职高专~~建~~工类专业120学时左右的建筑力学课程的教学用书。各校也可以根据专业的特点进行内容上的取舍,打*号的内容可灵活掌握。

建筑力学是一门重要的专业基础课程,它是将传统的三大力学(理论力学、材料力学、结构力学)内容系统地结合在一起的课程。通过本课程的学习,使学生具有研究力系简化和平衡问题的能力,具有研究单个构件在荷载作用下的强度、刚度及稳定性问题的能力,具有计算静定结构及一般超静定结构在荷载作用下的内力和绘制内力图的能力,具有研究结构的组成规律、合理形式和结构计算简图合理选择的能力,了解各类结构的受力性能等。本课程主要为建筑工程专业的结构设计提供基本的力学知识和计算方法,是其他后续专业课的基础。

本教材的编写力求体现高职高专培养应用性人才和当前高职高专教学改革新特点,突出针对性、适用性和实用性,结合土建类专业人才培养方案的要求,精选静力学、材料力学和结构力学的有关内容,使之融会贯通,自成体系。在理论阐述上本教材着重讲清基本的力学概念,简化理论推导,强化应用,加强与工程实际的联系,既简练了内容,又保证了新体系的科学性和系统性。在教材内容的表述方面,力求深入浅出,文字简洁,通俗易懂,图文配合紧密。为便于学习、复习巩固、掌握要点,本教材在各章末均有小结,并选配足够数量的例题和习题。

参加本书编写的有:黄淮学院李远略(第1、16、17章),新乡学院张妍青(第2章2.1、2.2节)、杨蕊(第2章2.3、2.4节)、张兴昌(第2章2.5节,第10章10.1~10.3节)、夏锦红(第10章10.4、10.5节,附录),洛阳理工学院董迎娜(第3章)、赵丽君(第4、5、7章)、孟凡深(第15章),河南省建筑职工大学徐向东(第6章),河南质量工程职业学院李德明(第8、14章),焦作大学薛茹(第9章),鹤壁职业技术学院何慧荣(第11章),河南工程学院许卫华(第12章),郑州航空工业管理学院陈砚祥(第13章)。全书由夏锦红任主编。

本书在编写过程中参考了许多文献资料,在此对其作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,且编写时间仓促,书中一定存在不少缺点和错误,诚请读者和专家批评指正,以便今后修订、完善。

编者

2007年2月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 建筑力学的任务	1
1.2 变形固体及其基本假设	4
1.3 荷载的分类	6
第2章 力与力系的平衡	9
2.1 力的基本概念	9
2.2 力矩和力偶	13
2.3 平面力系的合成与平衡	17
2.4 支座和支座反力	26
2.5 平面杆件结构的分类	40
第3章 轴向拉伸和压缩	51
3.1 轴心拉(压)杆的内力及内力图	51
3.2 应力、应变、胡克定律	55
3.3 轴向拉压杆的应力	58
3.4 材料在拉伸与压缩时的力学性质	64
3.5 拉压杆的强度计算	72
第4章 剪切	80
4.1 工程实际中的剪切问题	80
4.2 连接件强度的实用计算	81
第5章 扭转	91
5.1 扭转轴的内力及内力图	91
5.2 圆轴扭转时应力和强度计算	95
第6章 弯曲	100
6.1 梁的内力	100
6.2 梁的内力图	104
6.3 梁的正应力及其强度计算	116
6.4 梁的剪应力及其强度条件	128
6.5 梁的主应力及其强度计算	133

第7章 组合变形的强度计算	150
7.1 概述	150
7.2 斜弯曲	151
7.3 偏心受压	154
7.4 扭转与弯曲组合	156
7.5 截面核心	158
第8章 压杆稳定	161
8.1 压杆稳定的概念	161
8.2 细长压杆的临界力公式	162
8.3 欧拉公式的适用范围与经验公式	165
8.4 压杆稳定计算	168
8.5 提高压杆稳定性的措施	169
第9章 平面体系的几何组成分析	174
9.1 几何组成分析的基本概念	174
9.2 刚片、自由度、约束的概念	175
9.3 几何不变体系的组成规则	177
9.4 平面几何组成分析举例	180
9.5 结构的几何组成与静定性的关系	182
第10章 静定结构的内力分析与计算	185
10.1 简支斜梁的计算	185
10.2 多跨静定梁的记算	188
10.3 静定平面刚架的计算	191
10.4 三铰拱	206
10.5 静定平面桁架和组合结构	213
第11章 结构的位移计算和刚度校核	240
11.1 概述	240
11.2 轴向拉压杆的变形计算	241
11.3 变形体虚功原理	243
11.4 荷载作用下结构位移计算的一般公式	245
11.5 静定结构在荷载作用下的位移计算	247
11.6 图乘法	251
11.7 静定结构在支座移动时的位移计算	257
11.8 线性弹性体系的互等定理	259
11.9 梁的刚度校核	262
第12章 力法计算超静定结构	269
12.1 超静定结构的组成与超静定次数的确定	269
12.2 力法原理与力法典型方程	273
12.3 力法的计算步骤与示例	276

12.4	结构对称性的利用	285
12.5	支座移动时超静定结构的计算	291
12.6	超静定结构的位移计算	294
第13章	位移法计算超静定结构	300
13.1	位移法基本原理	300
13.2	等截面直杆的转角位移方程	303
13.3	位移法基本未知量数目的确定	309
13.4	位移法典型方程	311
13.5	位移法计算超静定结构	314
第14章	力矩分配法	322
14.1	力矩分配法的基本概念	322
14.2	力矩分配法的基本原理	324
14.3	用力矩分配法计算连续梁和无侧移刚架	327
第15章	影响线及其应用	333
15.1	影响线的概念	333
15.2	静定梁的影响线	336
15.3	影响线的应用	343
15.4	简支梁的内力包络图和绝对最大弯矩	351
15.5	连续梁的内力包络图	355
*第16章	结构的极限荷载	362
16.1	基本概念	362
16.2	极限弯矩 塑性铰 破坏机构	363
16.3	确定极限荷载的几个定理	367
16.4	超静定梁的极限荷载	368
*第17章	动荷应力和交变应力	379
17.1	概述	379
17.2	构件匀加速上升或下降时的动荷应力计算	382
附录	型钢规格表	387
参考文献		400

注:加“*”者为选学内容。

第1章 绪论

本章主要介绍结构的概念及分类,阐述建筑力学的研究对象与基本任务、变形体的概念与基本假设和荷载分类。

1.1 建筑力学的任务

1.1.1 建筑力学的研究对象

在土木工程中,由建筑材料按照一定的方式构成,并能承受荷载作用的物体或体系称为工程结构(简称结构)。结构在建筑物中起着承受和传递荷载的骨架作用,如单层工业厂房的基础、柱、屋架(梁)通过相互连接而构成厂房的骨架(如图 1.1)。又如民用建筑中的框架,公路与铁路工程中的桥梁以及挡土墙、水坝等,也是结构的实际例子。结构一般是由多个构件连接而成,如桁架、框架等。最简单的结构则是单个构件,如单跨梁、独立柱等。

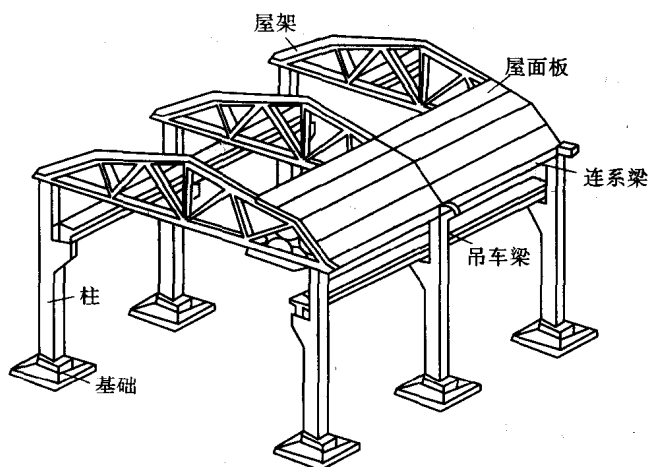


图 1.1

按照几何特点,结构可以分为杆件结构、薄壁结构和实体结构三种类型。杆件的几何特征在于长度远大于截面的宽度和高度。由若干杆件组成的结构即为杆件结构(图

1.1)。薄壁结构是指其厚度远小于其他两个尺度的结构。平板状的薄壁结构称为薄板;由若干块薄板可组成各种薄壁结构[图 1.2(a)中的屋面]。具有曲面外形的薄壁结构称为薄壳[图 1.2(b)中的屋面]。实体结构是指它的三个方向的尺度大约为同一量级的结构,例如挡土墙、块式基础(图 1.3)等。



图 1.2

根据上述分析,我们可以说,建筑力学的主要研究对象,就是上述三种基本构件以及由它们所组成的构件系统。但本书只以杆件及杆系结构为研究对象。建筑力学要求在研究杆及杆系各部分的强度、刚度和稳定性问题时,首先要了解杆件的几何特性及其基本变形形式。

1.1.1.1 杆件的几何特性

构件的长度方向称为纵向,垂直长度的方向称为横向。工程上经常遇到的杆件是指纵向尺寸远大于横向尺寸的构件。杆件有两个常用到的几何元素:横截面和轴线。横截面指垂直杆件长度方向的截面,轴线是各横截面形心的连线,两者具有互相垂直的关系,如图 1.4 所示。

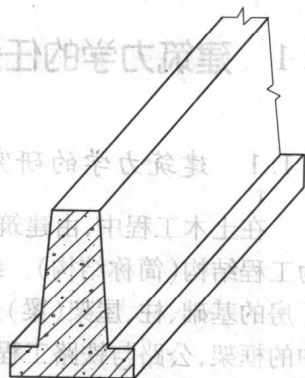


图 1.3

按杆件轴线的形状,分为直杆、曲杆与折杆。而等直杆就是轴线是直线且横截面的形状、大小均不改变的杆件。

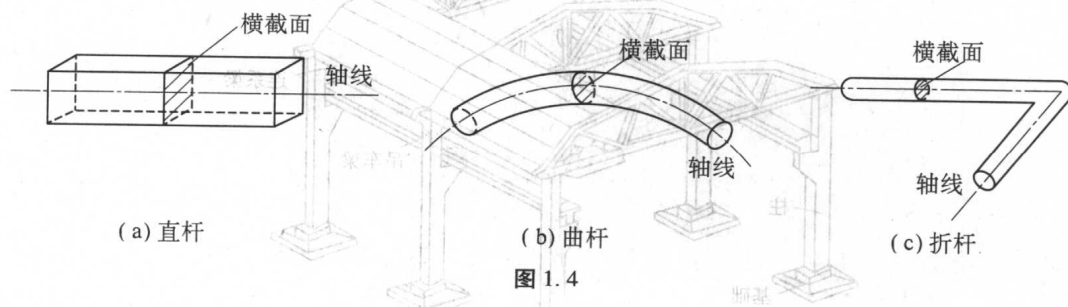


图 1.4

1.1.1.2 杆件的基本变形形式

在工程实际中,杆可能受到各种各样的外力作用,因此杆的变形也是多种多样的。但是这些变形不外乎是以下 4 种基本变形中的一种,或者是它们中几种的组合:

(1) 轴向拉伸或轴向压缩 在一对大小相等、方向相反、作用线与杆件轴线相重合的轴向外力作用下,使杆件在长度方向发生伸长变形的称为轴向拉伸[图 1.5(a)],长度方

向发生缩短变形的称为轴向压缩[图 1.5(b)]。

(2) 剪切 在一对大小相等、方向相反、作用线相距很近的横向力作用下,杆件的主要变形是横截面沿外力作用方向发生错动,此称作剪切变形[图 1.5(c)]。

(3) 扭转 在一对大小相等、转向相反、作用平面与杆件轴线垂直的外力偶矩 M_e 作用下,直杆的相邻横截面将绕着轴线发生相对转动,而杆件轴线仍保持直线,这种变形形式称为扭转[图 1.5(d)]。

(4) 弯曲 在一对方向相反、位于杆的纵向对称平面内的力偶作用下,杆件的轴线变为曲线,这种变形形式称为弯曲[图 1.5(e)]。

在本书中,将先研究杆变形的 4 种基本形式,然后再研究杆的几种组合变形。

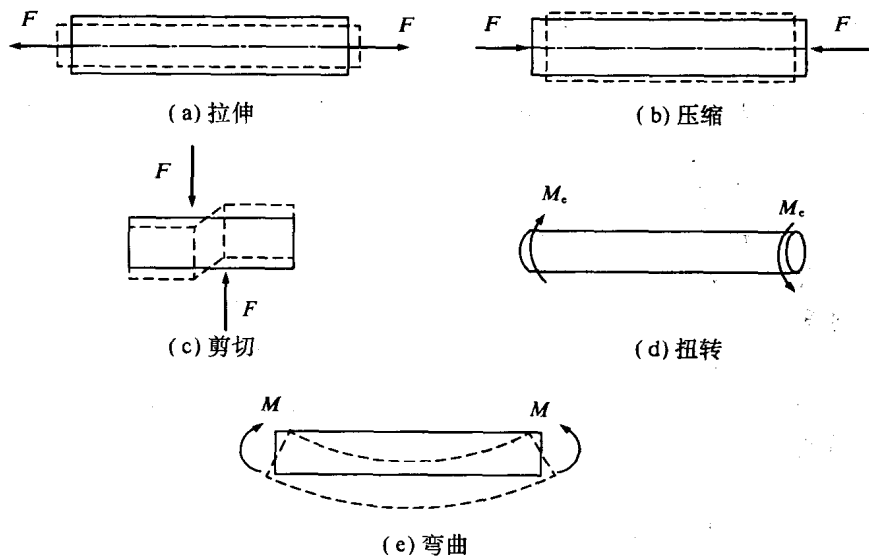


图 1.5

1.1.2 建筑力学的基本任务和研究内容

1.1.2.1 建筑力学的基本任务

在荷载作用下,承受荷载和传递荷载的建筑结构和构件会引起周围物体对它们的反作用,同时构件本身因受荷载作用而将产生变形,并且存在着发生破坏的可能性。但结构本身具有一定的抵抗变形和破坏的能力,即具有一定的承载能力,而构件的承载能力的大小与构件的材料性质、截面的几何尺寸和形状、受力性质、工作条件和构造情况等有关。在结构设计中,若其他条件一定时,如果构件的截面设计得过小,当构件所受的荷载大于构件的承载能力时,结构将不安全,它会因变形过大而影响正常工作,或因强度不够而破坏。当构件的承载能力大于构件所受的荷载时,则要多用材料,造成浪费。因此,建筑力学的任务是讨论和研究建筑结构及构件在荷载或其他因素(支座移动、温度变化)作用下能使之安全、正常地工作且符合经济要求的理论和计算方法,它可归纳为如下几个方面的内容:

(1) 力系的简化和力系的平衡问题。研究和分析此问题时,我们往往将所研究的对



象视为刚体。所谓刚体是指无论受到怎么样的力的作用,其形状都不会改变的物体。换句话说,刚体是指在任何情况下,物体内部任意两点间的距离都不会改变的物体。事实上刚体是不存在的,我们知道任何物体在受到力的作用时,都将发生不同程度的变形(这种物体称为变形体),如房屋结构中的梁和柱,在受力后将产生弯曲和压缩变形。但由于在很多情况下物体的变形对于研究平衡问题的影响甚小,变形可略去不计。这样,将会大大简化对力系平衡问题的研究。

(2)强度问题,即研究材料、构件和结构抵抗破坏的能力。例如吊车起吊重物时,吊车梁可能被弯曲断裂,在设计梁时就要保证它在荷载作用下,正常工作情况时不会发生破坏。

(3)刚度问题,即研究构件和结构抵抗变形的能力。例如吊车梁或楼板梁在荷载等因素作用下,虽然满足强度要求(即不致破坏),但梁的变形过大,超出所规定的范围,也会影响正常工作和使用。

(4)稳定性问题。对于比较细长的中心受压杆,当压力超过某一定压力时,杆就不能保持直线形状,而突然从原来的直线形状变成曲线形状,改变它原来受压的工作性质而发生破坏。这种现象称为丧失稳定或简称失稳。例如房屋承重的柱子,如果过细、过高,就可能由于柱子的失稳而导致整个房屋的突然倒塌。

(5)研究几何组成规则,保证结构各部分不致发生相对运动。

1.1.2.2 建筑力学的研究内容

由上可见,要处理好构件所受的荷载与构件本身的承载能力之间的这个基本矛盾,就必须保证设计的构件有足够的强度、刚度和稳定性。建筑力学就是研究多种类型构件(或构件系统)的强度、刚度和稳定性问题的科学。

建筑力学这个名词含义广泛,这门科学所包含的几个学科如下:

(1)理论力学 研究力的理论性问题。

(2)材料力学 研究杆的强度、刚度和稳定性问题。

(3)结构力学 研究杆系各个部分的强度、刚度和稳定性问题。

(4)弹性力学 研究板、壳及块体的强度、刚度和稳定性问题;也研究杆的问题,但是和材料力学比较起来,弹性力学研究更为严格和精确的解法。

(5)塑性力学 研究物体处于全部或局部塑性状态时的应力和变形问题。

在本书中,将从力的基本概念和基本理论的研究入门,进而主要研究杆和杆系的设计计算问题,也就是只限于所谓的材料力学和结构力学中所研究的问题。

1.2 变形固体及其基本假设

前面已经指出,建筑力学的研究对象是构件和构件系统。构件是由固体材料制成的,根据研究问题性质的不同,又常把构件抽象为两种理想化的模型:刚体和变形固体。

1.2.1 刚体的基本概念

所谓刚体,就是假定在外力作用下,固体的形状和尺寸都绝对不变。实际上任何固体在外力作用下都或大或小地发生形状或尺寸的改变。只是在某些力学问题中,其改变因

素对研究问题影响很小,可以不予考虑,从而使问题的研究得到简化。譬如研究物体在外力作用下的平衡与运动问题,就忽略了固体的变形而把它视为刚体。

1.2.2 变形固体的概念

任何物体在外力作用下,都会产生或大或小的变形。这些变形,有些可直接观察到,有些则需要通过仪器才能测出。建筑力学研究的对象是构件,构件都是由固体材料制成的,这些固体材料在外力作用下会产生变形,故称之为变形固体。

建筑力学研究的是构件的强度、刚度和稳定性问题,这些问题都与构件在荷载作用下的变形相联系。因此,构件的变形已成为建筑力学所必须研究的重要内容。作为变形固体的构件,在荷载作用下的变形,按其性质可分为两种:一种是弹性变形,是随着荷载解除而消失的变形;另一种是塑性变形或称为残余变形,是荷载解除后而不能消失的变形。

荷载解除后能完全恢复其原状的变形固体称为理想弹性体。实际上,自然界并不存在理想弹性体。但由实验可知,常用的工程材料,如金属、木料和混凝土等,当荷载不超过某一限度时,荷载解除后的残余变形很小,它们很接近理想弹性体。因此,在建筑力学中,通常将所研究的对象,即由变形固体制成的构件视为理想弹性体。本书所讨论的问题,也仅限于理想弹性体。

1.2.3 变形固体的基本假设

变形固体的性质是十分复杂的,各学科研究的角度、范围不同,其侧重面也不一样。为了简化计算,在建筑力学中常略去一些与强度、刚度和稳定性等问题关系不大的因素,将具有多种复杂属性的变形固体模型化,从而建立建筑力学所研究对象的理想化模型。为此,建筑力学对变形固体作下列假设。

1.2.3.1 连续性假设

该假设认为,固体在其整个体积内毫无空隙地充满了物质。实际上,组成固体的各粒子间并不连续,它们之间存在着空隙。但是,这些空隙与构件尺寸相比极其微小,由于空隙存在而引起性质上的差异,在宏观讨论中可以忽略不计,故可认为固体在其整个体积内是连续的。根据这个假设,就可将表征固体内某些力学性质的物理量用点的坐标的连续函数来表示。这样,就可以利用高等数学的知识(微分、积分和微分方程等),来分析研究建筑力学的问题。

1.2.3.2 均匀性假设

该假设认为,固体内各点处的力学性质完全相同。就工程中使用较多的金属材料来说,组成金属的各个晶粒的力学性质并不完全相同。但是,在构件或构件内任一部分中,都包含着为数极多的晶粒,而且它们又是处于无规则的排列状态,其力学性质应是所有各晶粒性质的统计平均值,故可认为构件内各部分的力学性质是均匀的。根据这个假设,可以从构件内任意点处取出一微小部分加以分析研究,并将研究结果应用于整个构件。同时,也可以将那些用大尺寸试件在实验中所获取的材料的力学性质,应用于任一微小部分。

1.2.3.3 各向同性假设

该假设认为,固体在各个不同方向具有相同的力学性质。具有这种性质的材料称为