

高等学校试用教材

建筑力学

上册

武汉水利电力学院建筑力学教研室编

栗一凡 主编

人民教育出版社

续前表

量 \ 单 位	国 际 单 位		常 用 工 程 单 位		备 注
容 重	牛顿每立方米 (N/m ³)	千牛顿每立方米 (kN/m ³)	公斤每立方米 (kg/m ³)	吨每立方米(t/m ³)	
	1	10 ⁻³	1.02×10 ⁻¹	1.02×10 ⁻⁴	
	10 ³	1	1.02×10 ³	1.02×10 ⁻¹	
	9.8	9.8×10 ⁻³	1	10 ⁻³	
	9.8×10 ³	9.8	10 ³	1	
力 矩	牛顿·米(N·m)	千牛顿·米(kN·m)	公斤·米(kg·m)	吨·米(t·m)	
	1	10 ⁻³	1.02×10 ⁻¹	1.02×10 ⁻⁴	
	10 ³	1	1.02×10 ³	1.02×10 ⁻¹	
	9.8	9.8×10 ⁻³	1	10 ⁻³	
	9.8×10 ³	9.8	10 ³	1	
功 能	焦耳(J)	牛顿·米(N·m)	公斤·厘米(kg·cm)	吨·米(t·m)	1J=1N·m
	1	1	1.02×10	1.02×10 ⁻⁴	
	9.8×10 ⁻²	9.8×10 ⁻²	1	10 ⁻⁵	
	9.8×10 ³	9.8×10 ³	10 ³	1	

内 容 提 要

本书包括了传统的材料力学、结构力学和某些近代工程力学的内容, 根据它们的内在联系进行了综合的编写。全书分上、中、下三册。上、中册为各有关专业必需的基本内容, 下册为选学内容, 可根据专业需要选学其中的有关部分。

上册主要包括建筑力学的基本知识, 材料的力学性质, 杆件的强度计算和刚度计算等。

本书为高等学校工科力学课程的试用教材, 主要适用于水利类和土建类专业, 也可供其他有关专业和工程技术人员参考。

高等学校试用教材

建 筑 力 学

上 册

武汉水利电力学院建筑力学教研室编

栗一凡 主编

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 19.25 字数 430,000

1979年11月第1版 1980年5月第1次印刷

印数 00,001—4,500

书号 15012·0213 定价 1.60 元

序 言

本书是根据一九七七年十一月教育部委托召开的高等学校工科基础课力学教材会议讨论的《建筑力学》编写大纲编写的,主要适用于水利类和土建类专业,也可供其他有关专业和工程技术人员参考。

本书包括了传统的材料力学、结构力学和某些近代工程力学的内容,根据它们的内在联系进行了综合的编写。全书分为上、中、下三册。上、中册为各有关专业必需的基本内容;下册为选学内容,可根据专业需要选学其中的有关部分。上册主要包括建筑力学的基础知识,材料的力学性质,杆件的强度计算和刚度计算等。中册主要包括静定杆件系统,超静定杆件、超静定杆件系统的内力和位移的计算,杆件和杆件系统的稳定计算,活荷载作用下的结构计算,弹性基础上的结构计算等。下册主要包括杆件系统的矩阵位移法,结构动力学,能量原理,材料力学性质的进一步介绍,断裂力学,实验应力分析等。

在编写过程中,我们以马克思列宁主义、毛泽东思想为指导,注意遵循辩证唯物主义和历史唯物主义的认识论,努力精选教材内容,揭示建筑力学的内在规律。注意加强基础理论,不仅在取材上重视加强基础,而且在基本概念的阐述、基本方法的介绍和基本公式的推导方面也力求做到论述明确、详略有致。注意贯彻理论与实践统一的原则,取材上根据水利类和土建类专业培养目标的需要,阐明基本理论力求结合工程实际,组织内容遵循“实践、认识、再实践、再认识”的认识规律。同时注意反映近代科学技术的成果。鉴于近代科学技术的内容涉及建筑力学学科的某一个分支(例如结构动力学、断裂力学、实验应力分析等),其内容都是非常广泛和精深的,因此在本书中只介绍一些有关的基本知识,目的是为读者指出方向,并为以后深入学习这方面的内容打下基础。本书在文字的阐述方面力求通顺易懂、便于自学。

为了在实践中检验将传统的材料力学与结构力学综合为一门建筑力学课程是否可行,能否达到预期的有利于揭示科学内容的内在规律、加强理论与实践的统一、克服不必要的重复脱节、节省学时以增加近代科学技术内容等方面的目的,我们曾在教学中进行了试验。本书就是在试点教材的基础上,并且吸取了我室历年来所编《材料力学》、《结构力学》和《工程力学与工程结构》等教材的经验编写而成的。

本书由我室集体编写,栗一凡主编。蒋桐、金雅鹤协助主编进行工作。参加编写的有:蒋桐(第一、十八、二十章、附录IV),金雅鹤(第二、十一、十二章、附录I),刘翠莲(第三、四章),栗一凡(第五、六章),邓训(第七、八、九、二十四章),章监才(第十、十七、十九章),孙保立(第十三、十四章),史述昭(第十五、二十一章),彭立生(第十六、二十二章),谌振雄(第二十三章),王文安(第二十五章),张立中、孟吉复(第二十六章)。

本书由华南工学院何逢康、甄超权、孙庆文,成都科学技术大学冯广占、翁大馨主审。参加审

稿会的还有清华大学、华东水利学院、华北水利水电学院、郑州工学院、浙江大学等院校。参加审稿的同志对本书提出了许多很好的意见,在此一并表示感谢。

由于我们的水平有限,书中一定还存在不少缺点和错误,殷切地期望读者批评和指正。

武汉水利电力学院建筑力学教研室

一九七九年五月

一些常用几何量和物理量的单位换算表

量 \ 单 位	国 际 单 位		常 用 工 程 单 位		备 注
长 度	米(m)	毫米(mm)	米(m)	厘米(cm)	
	1	10^3	1	10^2	
	10^{-3}	1	10^{-3}	10^{-1}	
	10^{-2}	10	10^{-2}	1	
面 积	平方米(m ²)	平方毫米(mm ²)	平方米(m ²)	平方厘米(cm ²)	
	1	10^6	1	10^{-4}	
	10^{-6}	1	10^{-6}	10^{-2}	
	10^{-4}	10^2	10^{-4}	1	
体 积 面 积 矩 抗弯(扭)截面模量	立方米(m ³)	立方毫米(mm ³)	立方米(m ³)	立方厘米(cm ³)	
	1	10^9	1	10^6	
	10^{-9}	1	10^{-9}	10^{-3}	
	10^{-6}	10^3	10^{-6}	1	
惯 性 矩 极惯性矩 惯 性 积	米 ⁴ (m ⁴)	毫米 ⁴ (mm ⁴)	米 ⁴ (m ⁴)	厘米 ⁴ (cm ⁴)	
	1	10^{12}	1	10^8	
	10^{-12}	1	10^{-12}	10^{-4}	
	10^{-3}	10^4	10^{-8}	1	
力	牛顿(N)	千牛顿(kN)	公斤(kg)	吨(t)	1kN = 10^3 N
	1	10^{-3}	1.02×10^{-1}	1.02×10^{-4}	
	10^3	1	1.02×10^2	1.02×10^{-1}	
	9.8	9.8×10^{-3}	1	10^{-3}	
	9.8×10^3	9.8	10^3	1	
线荷载集度	牛顿每米(N/m)	千牛顿每米(kN/m)	公斤每厘米(kg/cm)	吨每米(t/m)	
	1	10^{-3}	1.02×10^{-3}	1.02×10^{-4}	
	10^3	1	1.02	1.02×10^{-1}	
	9.8×10^2	9.8×10^{-1}	1	10^{-1}	
	9.8×10	9.8×10^{-2}	10	1	
压 力 应 强	帕斯卡(Pa)	兆帕斯卡(MPa)	公斤每平方厘米(kg/cm ²)	吨每平方米(t/m ²)	1Pa = 1N/m ² 1MPa = 10^6 Pa
	1	10^{-6}	1.02×10^{-5}	1.02×10^{-4}	
	10^6	1	1.02×10	1.02×10^2	
	9.8×10^4	9.8×10^{-2}	1	10	
	9.8×10^3	9.8×10^{-3}	10^{-1}	1	
弹性模量	吉帕斯卡(GPa)		兆公斤每平方厘米(10^6 kg/cm ²)		1GPa = 10^9 Pa
	1		1.02×10^{-2}		
	9.8×10		1		

目 录

序言.....	I	第五章 受弯构件的内力.....	85
一些常用几何量和物理量的单位		第一节 工程实际中的受弯构件	85
换算表.....	III	第二节 梁的内力——剪力和弯矩	88
第一章 绪论.....	1	第三节 剪力图和弯矩图	94
第一节 建筑力学的研究对象	1	习题	114
第二节 建筑力学的基本任务	5	第六章 受弯构件的强度和刚度	121
第三节 变形固体及其基本假设	7	第一节 梁的正应力	121
第四节 建筑力学的发展概况	9	第二节 梁的正应力强度计算	127
第二章 结构的计算简图.....	13	第三节 梁的剪应力强度	135
第一节 荷载的概念及分类	13	第四节 梁的变形和刚度校核	144
第二节 平面结构的支座及反力	15	第五节 变截面梁	154
第三节 结构的计算简图	19	第六节 薄壁截面梁的弯曲与弯曲中心	157
第四节 杆结构简图的分类	23	第七节 考虑材料塑性时梁的极限弯矩	158
第五节 平面结构的几何组成	24	习题	162
习题	29	第七章 受扭构件	167
第三章 轴心受拉(压)构件 材料的力学性质.....	32	第一节 工程实际中的受扭构件	167
第一节 工程实际中的轴心受拉(压)构件	32	第二节 扭转时的内力——扭矩 扭矩图	167
第二节 杆在轴心拉伸(压缩)下的内力	33	第三节 圆轴扭转时的应力和变形	170
第三节 横截面上的应力	34	第四节 受扭圆杆的强度计算和刚度计算	173
第四节 斜截面上的应力	38	第五节 矩形截面杆的扭转	175
第五节 材料在拉伸时的力学性质	41	第六节 薄壁截面杆的扭转	176
第六节 材料在压缩时的力学性质	50	习题	178
第七节 工程中常用材料的力学性质的比较	53	第八章 应力状态理论.....	180
第八节 容许应力和安全系数	54	第一节 研究应力状态理论的意义及基本方法	180
第九节 轴力图 强度条件	56	第二节 平面应力状态的解析法	183
习题	63	第三节 平面应力状态的图解法——应力圆	186
第四章 剪切 剪切的实用计算.....	68	第四节 主应力	189
第一节 工程实际中的剪切变形与剪切破坏	68	第五节 空间应力状态	198
第二节 剪应力双生互等定理	71	第六节 广义虎克定律	200
第三节 剪切虎克定律	71	第七节 弹性变形能	203
第四节 剪切和承压的实用计算	73	习题	211
习题	82	第九章 强度理论	215
		第一节 强度理论的概念	215

第二节 四种主要的强度理论	216	附录 I 平面图形的几何性质	255
第三节 莫尔强度理论	221	第一节 研究平面图形几何性质的意义	255
第四节 对强度理论问题的分析	223	第二节 重心、形心和面积矩	256
习题	229	第三节 惯性矩、惯性积和极惯性矩	262
第十章 构件的组合变形	231	第四节 平行移轴公式	268
第一节 组合变形的一般概念	231	第五节 转轴公式	273
第二节 斜弯曲	232	第六节 形心主轴和形心主惯性矩	274
第三节 偏心压缩(拉伸)	238	习题	279
第四节 弯曲和扭转的联合作用	248	附录 II 型钢表	282
习题	252	附录 III 习题答案	296

第一章 绪 论

人们在生产斗争中要建筑各种各样的建筑物和制造各种各样的机械，这些建筑物和机械必须符合使用的需要，同时也能满足安全与经济这两个要求。因此，在对建筑物和机械进行结构设计时，必须把力学的分析与计算放在十分重要的地位。建筑力学就是研究建筑物与机械结构设计中有关力学分析与计算问题的一门课程。

下面分别就建筑力学的研究对象、基本任务、发展概况以及变形固体的概念等问题进行介绍。

第一节 建筑力学的研究对象

对于水利类和土建类专业来说，建筑力学课程的主要研究对象是组成某些有关建筑物或机械的构件和构件系统。

例如，图 1-1 表示的是一座排灌站，图 1-2 是它的上部厂房的内部透视图。由图可以看出，上部厂房的主体部分是由圆筒形薄壳屋盖、拱肋、吊车梁和柱子等组成。厂房受到各种力(如风力、屋顶积雪重量、吊车的作用力和厂房各部分的自重等)的作用。这些主动作用于建筑物上的力在工程中叫做荷载。建筑物中承受荷载和传递荷载作用的部分叫做结构，结构又是由若干构件或构件系统组成的。薄壳屋盖、拱肋、吊车梁和柱子等都是构件，由这些构件组成了厂房结构。

当我们要进行一个复杂的厂房结构设计时，应当怎样着手进行呢？一般的做法是：首先对厂房进行整体结构布置，然后把厂房结构分解成一些基本构件(图 1-3)，再逐个的对这些构件进行设计，设计时要考虑各构件在厂房结构整体中的地位以及它们之间的联系。这样，就把一个庞大

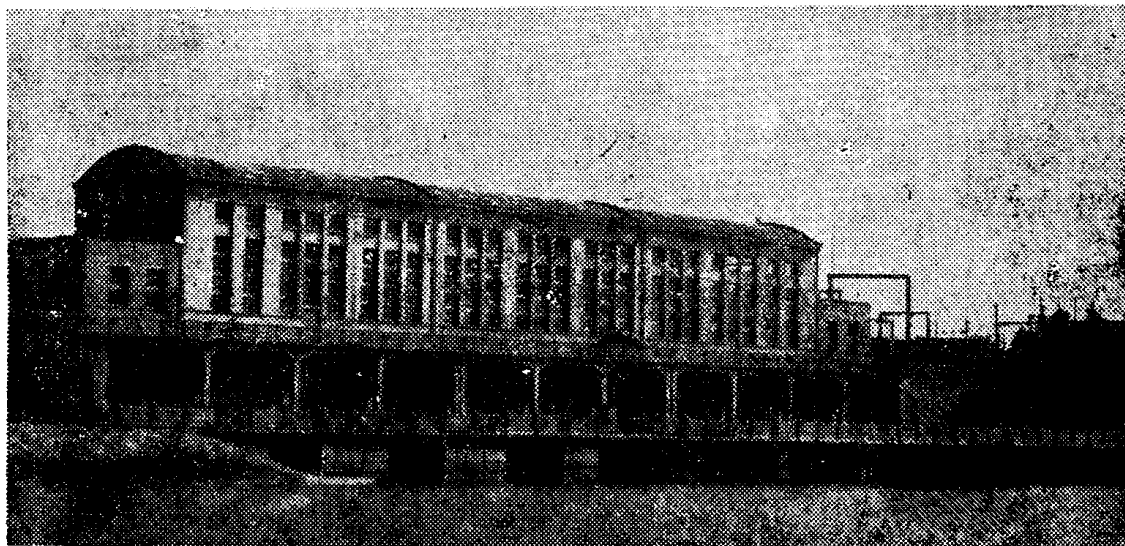


图 1-1

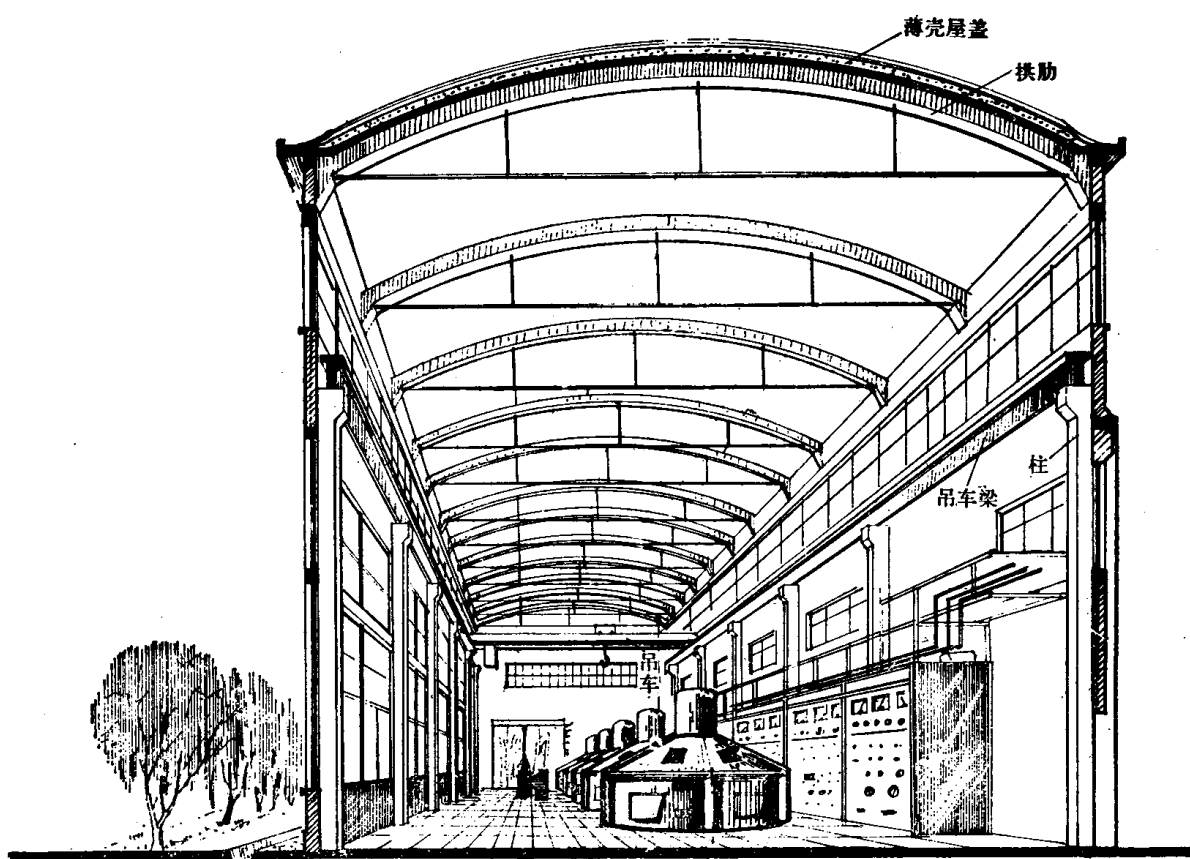


图 1-2

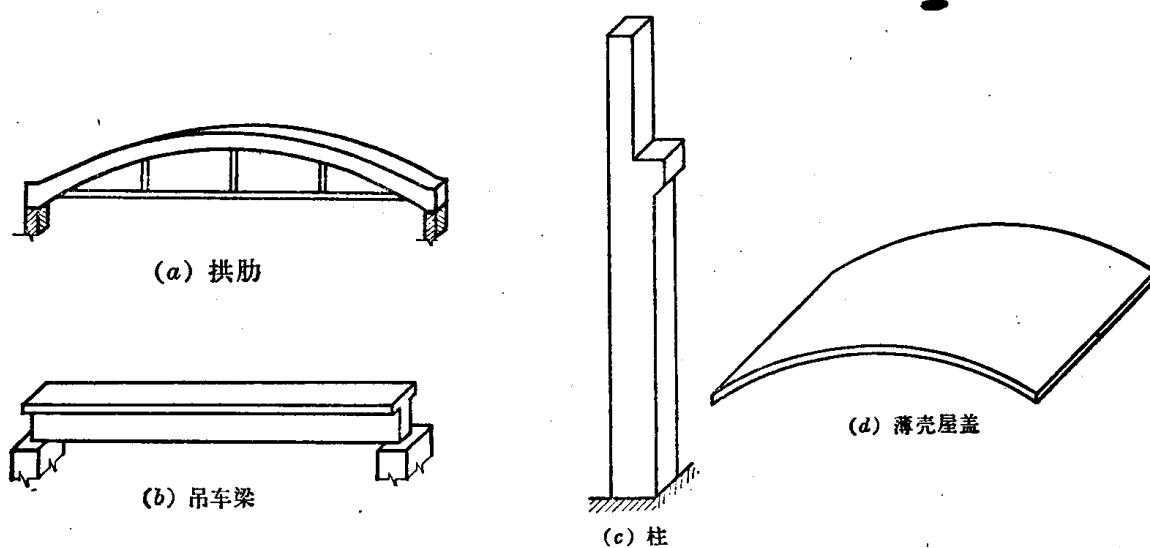


图 1-3

而复杂的厂房的结构设计, 转化为一些相对小的、比较简单的构件设计, 然后再通过构造处理将各个构件联系起来, 就构成了厂房结构的整体。简单地说, 这就是: 在整体指导下化整(整个结构物)为零(单个构件), 各个解决, 然后再合零为整(处理好各个构件之间的联系), 设计出一个完整的结构物。这种以整体统帅局部、分割解决的办法是结构设计中很重要的一个方法。但是必须

指出, 随着设计方案和计算方法的不同, “化整为零”和“合零为整”的方法也可能不同, 而其中的“零”, 可以是一些单个构件, 也可以是由一些构件组成的构件系统。

对于图 1-4 中所示水闸的工作桥(启闭台)和挡土墙结构, 在进行设计时, 同样可以将它们分解为如图 1-5 中所示的构件(面板、悬臂梁、纵梁、边梁、挡土墙)和构件系统(排架)。

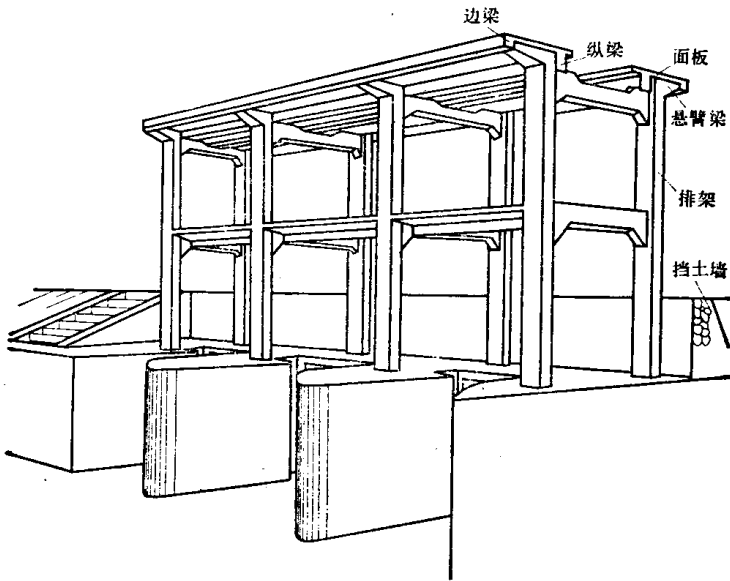


图 1-4

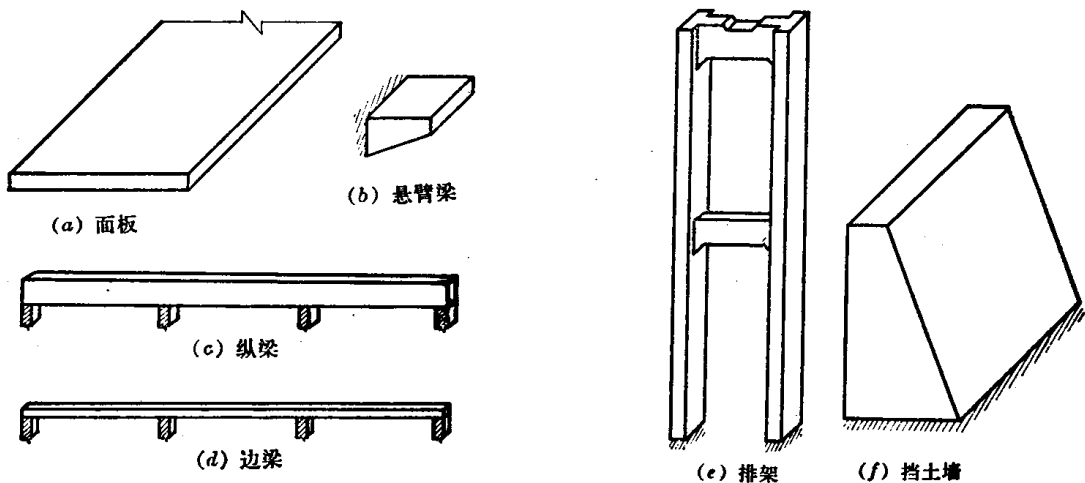


图 1-5

一般的结构物, 都可以象上面所列举的例子一样, 分解为一些基本的构件或构件系统。在工程实际中, 构件的形式虽然是多种多样的, 但是, 由于每一个事物内部不但包含了矛盾的特殊性, 而且包含了矛盾的普遍性, 因此, 它们都分别具有某些共同的特点。我们可以根据某些主要的共同点对构件进行抽象、概括和分类的工作, 以便于对它们进行研究。例如根据它们的几何特征, 就可以将各种各样的构件归纳为如下的四类:

(1) 杆 如图 1-6a 所示, 它们的几何特征是细而长, 即 $l \gg h$, $l \gg b$ 。杆又可分为直杆和曲杆。

例如图 1-3 中的吊车梁、柱子和图 1-5 中的悬臂梁、纵梁、边梁等都是直杆。图 1-3 中的拱肋就是曲杆。用杆可以组成各种杆件系统(或杆系), 如图 1-5 中所示的排架就是由梁和柱子组合而成的杆件系统。

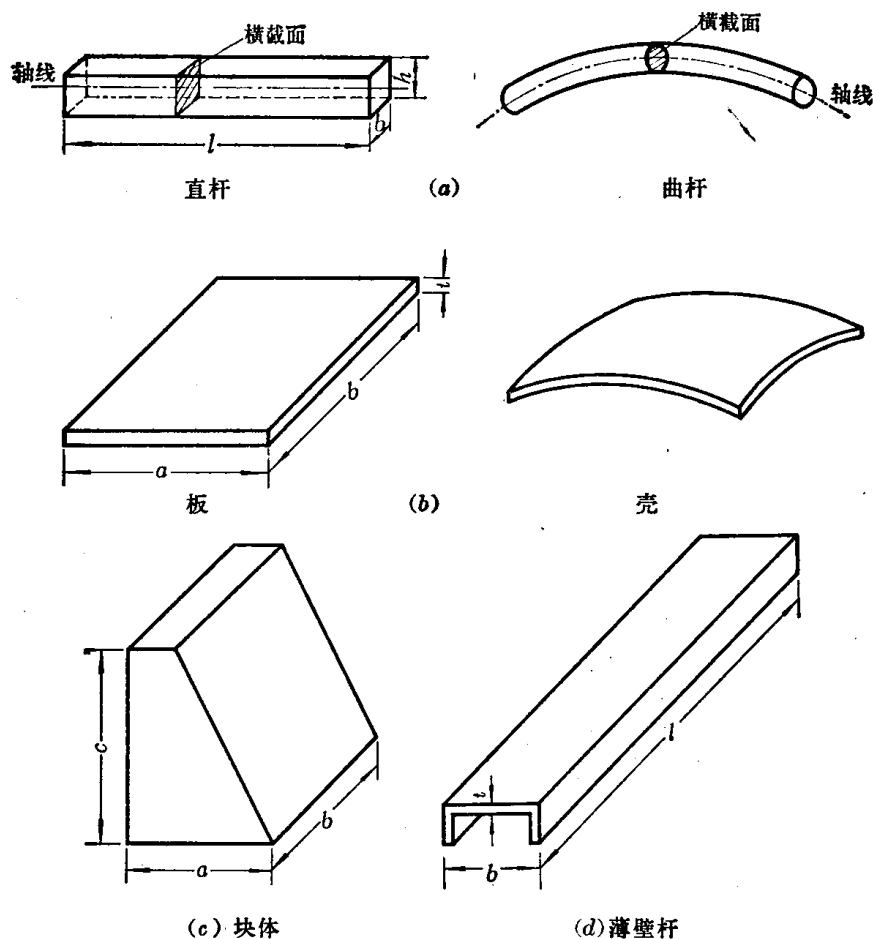


图 1-6

(2) 板和壳 如图 1-6b 所示, 它们的几何特征是宽而薄, 即 $a \gg t$, $b \gg t$ 。平面形状的称为板, 曲面形状的称为壳。例如, 图 1-5 中的面板就是板, 图 1-3 中的薄壳屋盖就是壳。

(3) 块体 如图 1-6c 所示, 它的几何特征是从三个方向的尺寸都是同量级大小的, 如图 1-5f 所示的挡土墙就是块体。

(4) 薄壁杆 如图 1-6d 所示的槽形钢材就是一个例子。它的几何特征是长、宽、厚三个尺寸 l 、 b 、 t 都相差很悬殊, 即 $l \gg b \gg t$ 。

对于杆和薄壁杆, 通常是用两个主要的几何因素, 即横截面和轴线来描述其形状。横截面是指与杆长度方向垂直的截面, 轴线是指由所有横截面形心连成的线(图 1-6a)。显然, 横截面和轴线是相互垂直的。

根据上面的分析, 我们可以说, 建筑力学的主要研究对象, 就是上述的四种基本构件以及由它们所组成的构件系统。

在工程实际中, 杆可能受到各种各样的外力作用, 因此杆的变形也是各种各样的。但是这些变形总不外乎是以下四种基本变形中的一种, 或者是它们中几种的组合。

(1) **拉伸或压缩** 这种变形是由作用线与杆轴线重合的外力所引起的(图 1-7a、b)。

(2) **剪切** 这种变形是由一对相距很近、方向相反的横向外力所引起的(图 1-7c)。

(3) **弯曲** 这种变形是由一对方向相反、作用在杆的纵向平面内的力偶所引起的(图 1-7d)。

(4) **扭转** 这种变形是由一对转向相反、作用在垂直于杆轴线的两个平面内的力偶所引起的(图 1-7e)。

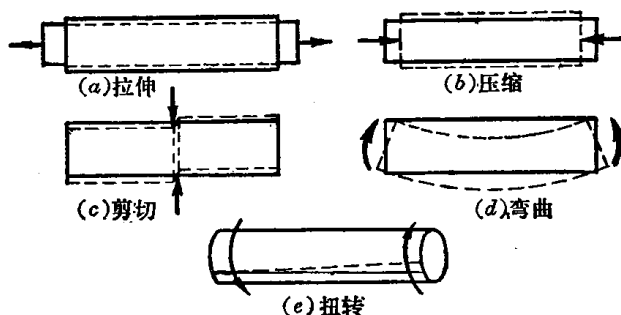


图 1-7

在本书的上册中,将先研究杆变形的四种基本形式,然后再研究杆的几种组合变形。

第二节 建筑力学的基本任务

一、建筑力学的基本任务

我们知道,在工程实际中,构件的主要作用是承受荷载和传递荷载。由于荷载的作用,构件产生变形,并且存在着发生破坏的可能性。但是构件本身具有一定的抵抗变形和破坏的能力,即有一定的承载能力,其大小与构件的材料性质、几何形状和尺寸、受力性质、工作条件以及构造情况等有关。构件所受的荷载与构件本身的承载能力是矛盾的两个方面。在结构设计中,当其他条件一定时,如果把构件的截面设计得过小,构件的承载能力小于所受的荷载,则结构将不安全,它会发生过大的变形不能正常地进行工作,甚至因为强度不够而迅速地破坏倒塌。如果把构件的截面设计得过大,构件的承载能力过分地大于所受的荷载,则又会不经济,造成人力、物力上的浪费。由此可见,在结构设计中,既要分析荷载,也要对构件承载能力进行分析与计算。同时,还要正确地认识和运用荷载与承载能力之间的对立统一规律,使两者互相适应,设计出适用的、既安全又经济的结构。在结构设计的过程中,尽管会遇到很多的矛盾,但构件所受的荷载与构件本身的承载能力之间的矛盾是贯穿结构设计力学分析的全过程的基本矛盾。在工程实际中,这个基本矛盾可能表现为以下三个方面:

(1) 构件在荷载的作用下发生破坏。例如,当吊车起吊重物时,吊车梁可能被弯曲断裂。因此,在设计任何构件时,都要首先保证它在荷载作用下不会发生破坏,也就是说,构件必须有足够的强度。这时基本矛盾表现为强度问题。

(2) 在荷载作用下,构件虽然有足够的强度不致发生破坏,但如果产生的变形过大,也会影响它的正常使用。例如,吊车梁的变形如果超过一定的限度,吊车就不能在它上面正常地行驶。因此,设计时还要保证构件的变形数值不超过它正常工作所容许的范围,也就是说,构件要有足够的刚度。这时基本矛盾就表现为刚度问题。

(3) 对于比较细长的中心受压杆(例如细长的中心受压柱子)或受压的薄壁结构,当压力超过某一定值时,它们会突然地改变原来的形状(例如中心受压杆由直变弯),改变它原来受压的工作性质,发生屈曲破坏。这种现象叫做丧失稳定。因此,设计时还必须保证构件不会丧失稳定,

也就是说,构件要有足够的稳定性。这时基本矛盾就表现为稳定问题。

此外,构件所受的荷载与构件本身承载能力之间的矛盾还可能表现为其他方面的问题。例如,对于建筑工程中经常遇到的钢筋混凝土构件,为了保证构件不发生钢筋锈蚀和渗水等现象,不能容许混凝土出现裂缝,或者不能容许其裂缝的宽度超过某一范围。因此,在设计钢筋混凝土构件时,基本矛盾又可能表现为裂缝问题,这类问题将在建筑结构课程中研究。

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(此外对于有特殊要求的构件,还要满足其他有关方面的要求)。建筑力学就是研究各种类型构件(或构件系统)的强度、刚度和稳定性问题的科学。

建筑力学这个名词涵义较广,它包括着这门科学所包含的几个学科:

- (1) 材料力学 研究杆的强度、刚度和稳定性。
- (2) 结构力学 研究杆系各个部分的强度、刚度和稳定性。
- (3) 弹性力学 研究板、壳及块体的强度、刚度和稳定性;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。

- (4) 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。

另外,还应该指出,一般说来,在具体的结构设计计算中,强度、刚度和稳定性三方面的问题,并不都是同等重要的,通常是只有其中的某一个方面起着主要的控制作用,而其他两个方面的问题则处于次要的地位。

二、建筑力学在结构设计中的地位

结构设计是一种综合性的工作,下面按照结构设计的一般程序来介绍它们的主要内容。

(1) 调查研究,收集和分析关于结构的建筑目的、必须满足的要求、荷载的情况、地形和地基以及建筑材料等方面的资料,遵照党的社会主义建设的路线、方针和政策,为建筑物选择合理的结构型式和建筑材料,进行结构布置,确定恰当的设计方案。

(2) 分析结构在施工和使用过程中所受的外力情况,按照国家标准确定它的设计荷载。与此同时,也要确定其他需要考虑的外部影响因素(例如温度变化、地基沉陷等)。

(3) 进行结构的力学计算、结构实验和材料实验以及截面的设计工作。力学计算包括计算在荷载作用下结构的支承反力、构件各部分间相互作用的内力以及结构的变形情况。截面设计包括根据结构在强度、刚度和稳定等方面的要求,设计构件的截面形状和尺寸。这些工作必须参照国家有关主管部门颁布的设计规范来进行,同时也要注意及时总结生产实践中的先进经验,反映劳动人民的新的发明创造,并且结合我国实际情况吸取世界先进科学技术的新成就。

在结构设计中,有时需要了解某些材料的力学性质,必须进行材料实验。对于复杂的或者形状比较特殊的结构,其变形情况和内力分布规律用一般的计算方法来求不一定可靠或很冗繁时,还必须通过专门的结构实验来确定。

(4) 为了保证结构具有设计的承载能力,在整个设计过程中还需要对结构的构造要求和施

工工艺等问题进行研究。

建筑力学课程所研究的内容主要是为上述结构设计程序中的第(3)部分工作服务的,当然它也能对其他几个部分的工作提供一定的理论基础。

第三节 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造成的,因此有必要先对固体作一些讨论。

一、变形固体的概念

在理论力学中,我们曾把固体当作是刚体,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,所谓刚体,在自然界中是不存在的,任何固体在外力作用下,其形状和尺寸总会有些改变,也就是说总会发生变形,甚至当外力增加到一定程度时,它还会发生破坏。

为什么在理论力学中,可以而且必须把固体当作为刚体呢?这是因为真实固体的性质是非常复杂的,每个学科都只能从某一个角度来研究它,即只研究它的性质的某一方面。因此我们常常可以而且必须把那些与所研究问题无关或影响不大的次要因素忽略掉,而只保留与问题有关的主要因素。理论力学主要是研究物体在外力作用下的平衡与运动问题,因此可以忽略固体的变形而把它认为是刚体。

至于建筑力学,如前所述,它所研究的主要问题是构件(或构件系统)在外力作用下的强度、刚度和稳定问题,变形分析是它必须研究的一个重要内容。因此,在建筑力学中所讨论的固体(构件),一般都被认为是变形固体。

二、变形固体性质的基本假设

固体所以会发生变形,是由于在外力作用下,组成固体的各微粒间的相对位置发生了变化的缘故。因此,在建筑力学中,要对变形固体进行理论分析和实验研究,必须要建立一些已知量与未知量之间的关系,以及某些未知量相互之间的关系。而在进行这一系列工作时,如果要精确地和全面地反映出变形固体各方面的实际情况,则将使工作变得非常复杂,甚至使问题的求解成为不可能。因此,通常是根据所需求解问题的范围,对变形固体的性质作出如下的几个基本假设,使其理想化,从而,使问题的求解容易一些。

(1) 连续性假设 假设在整个物体的体积内,都毫无空隙地充满着物质,即物体是绝对密实的。有了这个假设,物体内的一些物理量,才可能是连续的,才能用坐标的连续函数来表示它们的变化规律。显然,实际的变形固体,就其物质结构来说,都具有不同程度的空隙,但是,和构件的尺寸相比这些空隙是非常微小的,可以忽略不计,因此,关于变形固体的连续性假设,不会引起显著的误差。当然,对于明显的非连续体(例如,出现了裂隙的构件),则在分析研究与计算中必须设法反映出物体所有的非连续性。

(2) 均匀性假设 假设物体的力学性质在整个物体内都是一样的。即同一物体中各部分材料的力学性质不随位置坐标而改变。根据这个假设我们就可以从物体中的任何位置取出一小部分来研究材料的力学性质,然后把所得的结果应用于整个物体,也可以把那些由大尺寸试件在试

验中所获得的材料的力学性质，应用于物体的任何微小部分上去。实际上变形固体的力学性质并不是均匀一致的。例如，对金属材料来说，所有的金属都是结晶体物质，如果在一个晶粒内取出一与晶粒大小差不多的微块（例如图 1-8 中的 A），显然其性质，将与在几个晶粒交界处取出的微块（例如图 1-8 中的 B）的性质不同。然而，在建筑力学中所研究的金属物体，其体积和晶粒相比要大得多得多，从同一物体不同部分所取出的任何小的试件里，都会包含着无数的排列得错综复杂的晶粒。因此，从统计平均的观点来看，它们的材料力学性质都是相同的。对于混凝土材料也有类似的情况，在混凝土中，石块、砂砾和水泥混杂地固结在一起，如果只考虑个别的石块、砂砾或水泥小块，它们的性质是不同的，但是一般的混凝土结构的体积都远比石块、砂砾或水泥小块要大得多，从混凝土结构中取出的一个混凝土试块，其中必然包含着很多很多的石块、砂砾和水泥，因此可以假设混凝土也是各部分性质均匀的材料。

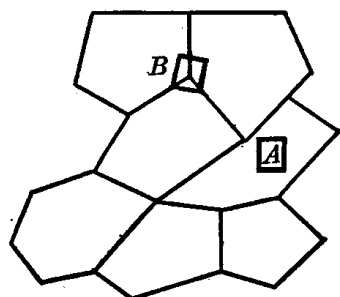


图 1-8

当然，对于明显的非均匀体（例如，钢筋混凝土结构；具有软弱夹层的岩体等）则在分析、研究与计算中必须设法反映出它们的非均匀性。

(3) 各向同性假设 假设物体的力学性质在所有各个方向都相同，即物体的力学性质不随方向的不同而改变。在工程实际中，许多均匀的非晶体材料，例如玻璃、塑胶等，都是各向同性材料。金属材料，就其基本组成成分——单个的晶粒来说，其性质是有方向性的，但是，由于金属是由无数个晶粒随机地错综地排列而成的，因此，从统计平均的观点来看，可以认为金属也是各向同性材料。同理，我们也可以把浇注得比较均匀的混凝土块当作各向同性材料。

在工程实际中，也存在着不少的各向异性材料。例如木材、竹材和经过冷扭的钢丝等都属于各向异性材料。很明显，当木材分别在顺木纹方向、垂直木纹方向或与木纹斜交方向受到外力的作用时，它所表现出的强度或其他的力学性质都是各不相同的。显然在设计由各向异性材料制造的构件时，必须考虑材料在各个不同方向的不同力学性质。

我们通常把符合上述均匀性、连续性和各向同性假设的固体叫做理想变形固体，否则就叫做非理想变形固体。建筑力学作为一个学科来说，既研究均匀连续各向同性的材料，也研究非均匀连续和各向异性的材料。在本书中，除特别注明者外（例如在下册中研究有关断裂力学的问题时，就指出要考虑材料由于存在裂纹而产生的非连续性），主要是研究均匀连续各向同性的材料，从研究这类材料所得到的基本理论和基本方法，有一些也可用于非均匀非连续和各向异性材料，必要时，我们将在适当的地方加以说明。

三、小变形假设

物体在外力作用下都会发生变形，物体上的各点也要产生相应的位移。在工程实际中，这种变形和位移，一般都是比较微小的。所谓小变形假设就是假设物体在受力以后所产生的变形，或其上各点的位移，与物体本身原来的尺寸相比是非常微小的。根据这个假设，在为物体建立变形后的平衡方程时，就可以用变形以前物体的尺寸和力的作用位置来代替变形以后物体的尺寸和力的作用位置。同时，在计算中，对于表示物体变形的某些量值的二次幂、乘积以及二次以上的

高次幂等都可以略去不计。这样,就既可以使实用计算大为简化,又不会引起显著的误差。小变形假设也是以后将要介绍的分析力和变形的叠加原理的基础。

虽然在工程实际中,大多数构件在外力作用下所产生的变形是符合小变形假设的,但是,对于某些特殊的构件,例如柔性构件,它们在外力作用下一般会产生较大的变形,在这种情况下,小变形假设就不适用了,在分析与计算这类问题时,必须按大变形问题来考虑。

在本书内,将只讨论符合小变形假设的问题。

第四节 建筑力学的发展概况

我国是世界最早的文明发达的国家之一。几千年来,勤劳勇敢的中国人民不断地推动着历史向前发展,创造了灿烂的古代文化。在中华民族繁荣发展的历史进程中,我国劳动人民进行了艰苦卓绝的伟大斗争,在水利建设、房屋建筑和桥梁工程等方面都有许多辉煌的成就。对于力学的发展也做出了卓越的贡献。

毛泽东同志指出:“一切知识,离开生产活动是不能得到的。”我国古代劳动人民,在发展水利建设事业中,很早就能运用力学知识制造出适用而又出色的结构物。例如,根据《汉书·沟洫志》记载,我国至迟在公元前一世纪以前(约二千年以前)就已经在生产中成功地运用了闸门结构以控制水流。又如,公元八二五年,在对灵渠(在今广西兴安县)进行整治时,我国古代劳动人民曾在渠道上“植大本为斗门,至十八重乃通巨舟”。斗门就是运河上的通航船闸。这是关于船闸结构的较早记载。

我国古代劳动人民在了解和合理利用材料性能方面也有突出的成就。例如远在汉代,人们就利用了竹材抗拉胜于抗压的特性,在四川灌县建造了跨越岷江长达三百二十米的竹索桥。又如隋代(距今一千三百多年前),工匠李春主持修建了著名的赵州桥(即今河北赵县洨河上的安济桥),跨度达三十七米,总长五十多米,桥面宽九米,为敞肩平拱石桥,一千多年来安然无恙。建造时就地取材,采用了当地盛产的质地坚硬的青白色石灰石。根据石料耐压不耐拉的特性,并考虑到宣泄洪水、减轻桥身自重、降低桥高、方便交通等方面的要求,合理地采取了拱上背拱的敞肩平拱形拱桥结构(图 1-9)。它比世界上相同类型的石拱桥要早一千二百多年。在构造处理和施工方法上也有许多创造性的合理措施,充分表现了我国劳动人民的智慧。

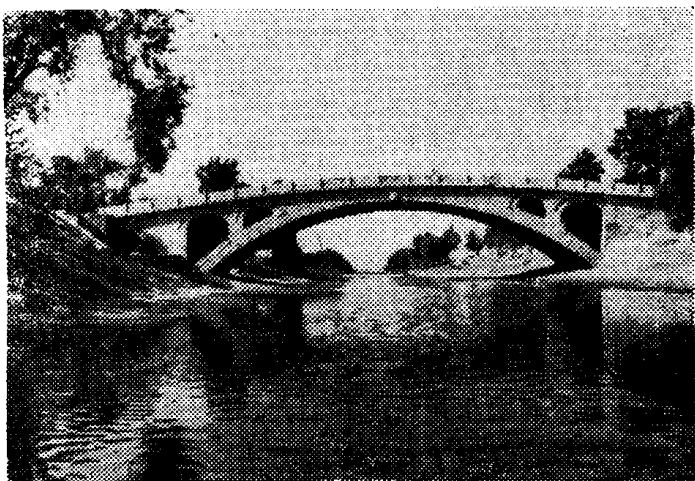


图 1-9

在构件和结构的合理设计方面,除了上面介绍的赵州桥是一个杰出的例子以外,我国古代の木结构构造,就力学的观点来看也是很出色的。例如我国劳动人民在两千多年前就发明了用于