

全国高等职业院校“互联网+”土建类规划教材
江苏高校品牌专业建设工程·建筑工程技术专业

建筑力学

(第2版)

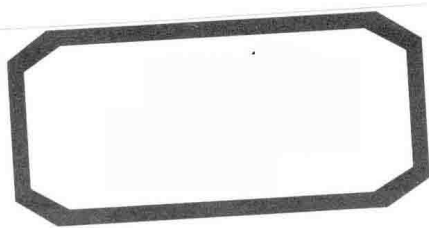
主 编 王培兴
马庆华
朱 熙



南京大学出版社

全国高等职业院校“互联网+”土建类规划教材

江苏高校品牌专业建设工程·建筑工程技术专业



建筑力学

(第2版)

主 编	王培兴	马庆华	朱 熙
副主编	郭 扬	李晟文	张文娟
参 编	杨 梅	赵思炯	



南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学 / 王培兴, 马庆华, 朱熙主编. —2 版

—南京: 南京大学出版社, 2017. 6

ISBN 978-7-305-17368-4

I. ①建… II. ①王… ②马… ③朱… III. ①建筑力学—高等学校—教材 IV. ①TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 178480 号

出版发行 南京大学出版社

社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093

出 版 人 金鑫荣

书 名 建筑力学(第 2 版)

主 编 王培兴 马庆华 朱 熙

责任编辑 董 薇 吴 华 编辑热线: 025-83597482

照 排 南京理工大学资产经营有限公司

印 刷 南京京新印刷有限公司

开 本 787×1 092 1/16 印张 26.75 字数 650 千

版 次 2017 年 6 月第 2 版 2017 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-305-17368-4

定 价 59.00 元

网 址: <http://www.njupco.com>

官方微博: <http://weibo.com/njupco>

微信服务号: njuyuexue

销售咨询热线: (025)83594756

* 版权所有, 侵权必究

* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购

图书销售部门联系调换

编 委 会

主 任:袁洪志(常州工程职业技术学院)

副主任:陈年和(江苏建筑职业技术学院)

汤金华(南通职业大学)

张苏俊(扬州工业职业技术学院)

委 员:(按姓氏笔画为序)

马庆华(连云港职业技术学院)

玉小冰(湖南工程职业技术学院)

刘如兵(泰州职业技术学院)

刘 霁(湖南城建职业技术学院)

朱 熙(湖北工程职业学院)

汤 进(江苏商贸职业学院)

李晟文(九州职业技术学院)

杨建华(江苏城乡建设职业学院)

何隆权(江西工业贸易职业技术学院)

徐永红(常州工程职业技术学院)

常爱萍(湖南交通职业技术学院)

前 言

为了适应当前建筑大类专业的建设与改革要求,满足培养建筑类专业施工、管理、服务第一线的高技能应用型专门人才的教学教育需要,编写了本教材。本书在编写中紧扣“教学基本要求”,注重“需用、有用为主,应用、够用为度”的编写原则,着重介绍建筑力学的基本概念,加强对力学现象的分析,突出了知识的实践性和应用性要求。通过学习和课后练习,使学生具有扎实的力学基础知识,同时提高学生的综合素质,能将力学分析的方法与相关专业课程结合起来,具备应用力学方法解决在生产第一线中遇到的有关力学问题的能力。

本教材按照示范专业核心课程建设的高度要求,融入了编者近 30 年的教学实践与经验,并同时借鉴了多版本相关教材的优点,具有以下特点:

1. 符合高职教育人才培养模式对于课程体系和教学内容改革的要求,按照专业建设培养目标,进一步加强教学内容的针对性和实用性,按照知识单元之间的内在联系,针对高职学生的知识结构实际情况,进行教学内容的组织编写。

2. 实施开放式的教材编审模式,聘请生产第一线专家和工程技术人员研讨教材教学内容,使教学内容具有实用性。

3. 适应高等教育的应用型人才培养需求,精简了部分公式的推导,注重工程实际应用。

本教材内容包括力学基本概念,静力学基础及物体的受力分析,力系的简化、平衡方程及其应用,截面几何性质,轴向拉伸与压缩,扭转,梁的弯曲,压杆稳定,应力状态分析与强度理论,组合变形,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,力法,位移法等,共 18 章,另有附录。每章均包含一定数量的习题,并提供部分习题的参考答案。本书可作为高职院校土建类专业通用教材,也可作为相关工程技术人员培训使用教材。

本教材是在第一版的基础上,根据课程在教学实施中的具体情况和学时条件,进行了修订。主要表现为两个方面,一是对内容进行了精简,将渐进法、移动荷载与影响线、用 PKPM 软件计算平面杆件结构三章内容删去;二是将第十四章的一个重要概念“计算自由度”,重新定义为“理论自由度”,并与“实际自由度”对应,使学生更加容易理解与学习,避免了概念中的动词与名词的混淆不清。

本书采用基于二维码的互动式学习平台,读者可通过微信扫描二维码获取本教材相关的电子资源,体现了数字出版和教材立体化建设的理念。

本教材由江苏建筑职业技术学院王培兴、连云港职业技术学院马庆华和湖北工程职业学院朱熙担任主编,江苏建筑职业技术学院郭杨、九州职业技术学院李晟文和扬州工业职业技术学院张文娟担任副主编,江苏建筑职业技术学院杨梅和江西工业贸易职业技术学院赵思炯参与编写。在编写过程中得到许多施工企业一线专家和工程技术人员的大力支持,在此表示衷心的感谢。

编 者

2017 年 3 月

目 录



扫一扫可见
本书电子资源

第一章 绪 论	1
1.1 建筑力学基本概念	1
1.2 建筑力学的研究对象	5
1.3 建筑力学的任务	9
1.4 变形固体的基本假设	9
1.5 杆件变形的基本形式	10
小 结	11
思考题与习题	11
第二章 静力学基础	12
2.1 静力学公理	12
2.2 约束与约束反力	15
2.3 受力分析与受力图	20
2.4 结构的计算简图	25
小 结	29
思考题与习题	30
第三章 平面汇交力系	34
3.1 平面汇交力系的简化与合成	34
3.2 平面汇交力系的平衡	38
小 结	42
思考题与习题	42
第四章 力矩与平面力偶系	44
4.1 力对点之矩、合力矩定理	44
4.2 力偶	47
4.3 平面力偶系	49
小 结	52
思考题与习题	52
第五章 平面一般力系	54
5.1 力的平移定理	54

5.2 平面一般力系向作用面内一点的简化	55
5.3 平面一般力系的平衡	60
5.4 物体系统的平衡	64
小 结	68
思考题与习题	68
第六章 空间力系的平衡	74
6.1 空间汇交力系	74
6.2 空间一般力系	77
小 结	80
思考题与习题	80
第七章 截面几何性质	82
7.1 重心、形心	82
7.2 面积静矩	83
7.3 惯性矩	85
7.4 惯性积、主惯性矩	92
小 结	93
思考题与习题	93
第八章 轴向拉伸与压缩	96
8.1 轴向拉伸与压缩的概念	96
8.2 轴向拉压时横截面上的应力	100
8.3 轴向拉压时的变形	105
8.4 材料在受轴向拉压时的力学性能	110
8.5 轴向拉压时的强度条件与强度计算	117
8.6 应力集中的概念	121
小 结	122
思考题与习题	122
第九章 扭 转	134
9.1 扭转的概念	134
9.2 扭转时的外力偶矩与扭矩	135
9.3 剪切胡克定律	138
9.4 圆轴扭转时横截面上的应力与变形	139
9.5 圆轴扭转时的强度与刚度	144
9.6 剪应力互等定理	147
9.7 矩形截面杆受自由扭转时的应力与变形	148
小 结	150

思考题与习题	150
第十章 梁的弯曲	154
10.1 弯曲与梁的概念	154
10.2 平面弯曲时梁的内力——剪力和弯矩	155
10.3 剪力图和弯矩图	160
10.4 简捷法绘制梁的剪力图和弯矩图	165
10.5 叠加法与区段叠加法	169
10.6 梁横截面上的正应力与梁的正应力强度	172
10.7 梁的合理截面形状	179
10.8 梁的剪应力与剪应力强度	180
10.9 梁的变形	185
10.10 梁的刚度条件与提高梁刚度的措施	192
小 结	194
思考题与习题	194
第十一章 压杆稳定	202
11.1 平衡的三种形态与压杆稳定的概念	202
11.2 临界力与临界应力	204
11.3 压杆的稳定计算	212
11.4 提高压杆稳定性的措施	216
小 结	217
思考题与习题	217
第十二章 应力状态与强度理论	219
12.1 一点处应力状态的概念	219
12.2 平面应力状态分析	223
12.3 强度理论与强度条件	229
小 结	235
思考题与习题	235
第十三章 组合变形	237
13.1 概 述	237
13.2 斜弯曲	238
13.3 压缩(拉伸)与弯曲组合	243
13.4 偏心压缩与截面核心	244
13.5 弯曲与扭转组合	253
小 结	256
思考题与习题	256

第十四章 平面杆件体系的几何组成分析	260
14.1 概 述	260
14.2 体系的自由度	262
14.3 几何不变体系的组成规则	265
14.4 应用几何不变体系的组成规则分析示例	269
14.5 静定结构与超静定结构	271
小 结	271
思考题与习题	271
第十五章 静定结构的内力	273
15.1 多跨静定梁与斜梁	273
15.2 静定平面刚架	278
15.3 静定平面桁架	284
15.4 三铰拱	293
15.5 组合结构	299
15.6 静定结构的特性	302
小 结	304
思考题与习题	305
第十六章 静定结构的位移	310
16.1 概 述	310
16.2 变形体的虚功原理	312
16.3 静定结构在荷载作用下的位移	315
16.4 图乘法	322
16.5 静定结构由于支座移动、温度改变引起的位移计算	326
16.6 线弹性体系的互等定理	331
小 结	334
思考题与习题	334
第十七章 力 法	339
17.1 力法基本原理	339
17.2 超静定次数的确定	342
17.3 力法典型方程	344
17.4 力法计算示例	346
17.5 对称性的应用	356
17.6 支座移动及温度改变时超静定结构的计算	363
17.7 超静定结构的位移计算	369
17.8 超静定结构的特性	371

小 结.....	372
思考题与习题.....	373
第十八章 位移法	378
18.1 等截面单跨超静定梁的转角位移方程.....	378
18.2 位移法的基本原理.....	383
18.3 位移法的基本未知量与基本结构.....	385
18.4 位移法的计算示例.....	387
18.5 位移法的典型方程及其应用.....	393
小 结.....	398
思考题与习题.....	399
附 录	401
附录一:型钢规格表	401
附录二:习题与思考题答案	409
参考文献	417

第一章 绪 论



扫一扫可见
本章电子资源

【学习目标】

掌握建筑力学中力、刚体、变形体、平衡的概念,了解力系、结构的概念及分类,理解合力与分力的概念,理解建筑力学的研究对象和基本任务,理解对变形固体的基本假设,了解杆件变形的基本形式。

1.1 建筑力学基本概念

一、力

1. 力的概念

力是物体间的相互作用,这种作用使物体的运动状态或形状发生改变。

力的概念是从劳动中产生的。人们在生活和生产中,由于对肌肉紧张收缩的感觉,逐渐产生了对力的感性认识。随着生产的发展,又逐渐认识到:物体运动状态和形状的改变,都是由于其他物体对该物体施加力的结果。这些力有的是通过物体间的直接接触产生的,例如物体之间的压力、摩擦力,风对建筑物的作用力等;有的是通过“场”对物体的作用,如地球万有引力对物体作用产生的重力、电场对电荷产生的引力或斥力等。虽然物体间这些相互作用力的来源和产生的物理本质不同,但它们对物体作用的结果都是使物体的运动状态或形状发生改变,因此,将它们概括起来加以抽象而形成了“力”的概念。

2. 力的效应

力对物体的作用效果称为力的效应。可以分为两类:

- (1) 力使物体运动状态发生改变的效应称为运动效应或外效应;
- (2) 力使物体的形状发生改变的效应称为变形效应或内效应。

力的运动效应又分为移动效应和转动效应。例如,在乒乓球运动中,如果球拍作用于乒乓球上的力通过球心(推球),则球只向前运动而不会绕球心转动,即球拍对球只有移动效应;如果球拍作用于乒乓球上的力不通过球心(拉弧圈球),则球在向前运动的同时还绕球心转动,即球拍对球除了有移动效应,还有转动效应。

3. 力的三要素

实践证明,力对物体的作用效应取决于力的大小、方向和作用点,即力的三要素。

(1) 力的大小表示物体相互间机械作用的强弱程度,通过由力所产生的效应的大小来测定。在国际单位制(SI)中,力的单位为N(牛顿)或kN(千牛顿)。

(2) 力的方向是指静止物体在该力作用下可能产生的运动(或运动趋势)的方向,包含

方位和指向。例如,力的方向“水平向右”,其中“水平”是表示力的方位,“向右”则是表示力的指向。

(3) 力的作用点是指物体承受力作用的部位。实际上,两个物体之间相互作用时,其接触的部位总是占有一定的面积,力总是按照各种不同的方式分布于物体接触面的各点上。当接触面面积很小时,则可以将微小面积抽象为一个点,这个点称为力的作用点,该作用力称为**集中力**;反之,如果接触面积较大而不能忽略其面积时,则力在整个接触面上分布作用,此时的作用力称为**分布力**。

当力分布在一定的体积内时,称为**体分布力**,例如物体自身的重力;当力分布在一定面积上时,称为**面分布力**,如风对物体的作用;当力沿狭长面积或体积分布时,称为**线分布力**。分布力的大小用力的分布集度表示。体分布力集度的单位为 N/m^3 或 kN/m^3 ;面分布力集度的单位为 N/m^2 或 kN/m^2 ;线分布力集度的单位为 N/m 或 kN/m 。

4. 力的性质及其表示方法

力既有大小又有方向,所以力是**矢量**。对于集中力,我们可以用带有箭头的直线段表示(图 1-1)。该线段的长度按一定比例尺绘出,表示力的大小;线段的箭头指向表示力的方向;线段的始点 A 或终点 B 表示力的作用点;矢量所沿的直线称为力的作用线。规定用黑斜体字母 $\boldsymbol{F}$ 表示力,而用普通斜体字母 F 只表示力的大小。

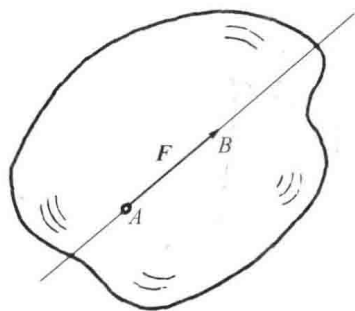


图 1-1

二、刚体与变形体的概念

1. 刚体的概念

生活实际和工程实践表明,任何物体受力作用后,总会产生一些变形。但在通常情况下,绝大多数物体(如结构、构件或零件)的变形都是很微小的。研究证明,在某些情况下,这种微小的变形对改变物体的运动位置或者物体的运动状态来说影响是很微小的,在计算中大多可以忽略不计,即不考虑力对物体作用时物体产生的变形,而认为物体的几何形状保持不变。我们把这种在**受力作用后能保持原有形状而不产生变形的物体称为刚体**。

刚体是对实际物体进行科学的抽象和简化后而得到的一种理想模型,在自然界几乎不存在。对刚体而言,当其受到力的作用后,只会发生运动位置或者运动状态的改变而不会产生形状的改变。反过来,如果变形在所研究的问题中成为主要问题时(如在后面研究变形杆件在外力作用下产生的变形、应力等问题),刚体的概念就不再适用,当然就不能再把物体看作是刚体了,此时,就应该把物体视为变形物体了。

2. 变形体的概念

与刚体相对应,**变形体是指在受力作用时会产生变形的物体**。在各种实际的工程结构中,构件或者杆件受到外力作用后,或多或少都会发生变形,即其形状和尺寸总会有所改变。这些改变,有的可以直接观察得到,有些则需要通过仪器才能测出。由于物体具有这种可变形的性质,所以有时又称其为变形体。例如,房屋结构中的柱子,在柱顶压力的作用下会有所缩短;大梁在受横向力作用后会变微弯;钢板的连接部分,在钢板受力作用后,会产生错动等都是变形体的实例。但是,上面所说的这些变形,相对于物体本身的尺寸来说,实际上都是非常微小的。在进行受力计算时,经常先不予考虑,只是在需要知道变形的大小时才对其

进行计算。

变形体在外力作用下产生的变形,就其变形的性质可以分为弹性变形和塑性变形。所谓**弹性**,是指变形物体在外力撤除后能恢复其原来形状和尺寸的性质。例如弹簧在拉力作用下会伸长,如果拉力不太大,则当缓慢撤除拉力后,弹簧能恢复原状,这表明弹簧具有弹性。在外力撤除后弹性物体上可消失的变形称为弹性变形。如果撤除外力后,变形不能全部消失而留有残余,此残余部分就称为**塑性变形**或残余变形。

撤除外力后能完全恢复原状的物体,称为**理想弹性变形体**或称理想弹性体。实际上,在自然界并不存在理想弹性体,但通过实验研究表明,常用的工程材料如金属、木材等,当外力不超过某一限度时(称为弹性阶段),很接近于理想弹性体,这时可以将它们近似地视为理想弹性体;而如果外力超过了这一限度,物体就会产生明显的塑性变形(称为弹塑性阶段)。

三、平衡的概念

所谓**平衡**,是指物体在各种力的作用下相对于惯性参考系处于静止或作匀速直线运动的状态。在一般工程技术问题中,平衡常指物体相对于地球而言保持静止或作匀速直线运动。例如,静止在地面上的房屋、路桥工程中的桥梁、水利工程中的水坝等建筑物或构筑物,相对于地球而言均保持静止;在直线轨道上正常运行的火车,相对于地球而言,则是在作匀速直线运动;等等,都是物体在各种力作用下处于平衡的状态。显然,平衡是机械运动的特殊形态,因为静止是暂时的、相对的、有条件的;而运动才是永恒的、绝对的、无条件的。

在建筑力学课程中,经常需要研究物体在许多力同时(即力系)作用下保持平衡时必须满足的条件,即物体的**平衡条件**。如果将平衡条件用数学方程表示出来,即为物体的**平衡方程**。

四、荷载

荷载是主动作用于物体上的外力。在实际工程中,构件或结构受到的荷载是多种多样的,如建筑物的楼板传给梁的重量、钢板对轧辊的作用力等。这些重量和作用力统称为加载在构件上的荷载。

根据荷载的作用以及计算的需要,可以对荷载进行分类:

1. 荷载按其作用在结构上的时间久暂,可分为**恒载**和**活载**

恒载是长期作用在构件或结构上的不变荷载,如结构的自重和土压力。

活载是指在施工和建成后使用期间可能作用在结构上的可变荷载,它们的作用位置和范围可能是固定的(如风荷载、雪荷载、会议室的人群重量等),也可能是移动的(如吊车荷载、桥梁上行驶的车辆等)。

2. 荷载按其作用在结构上的分布情况可分为**分布荷载**和**集中荷载**

分布荷载是连续分布在结构上的荷载。当分布荷载在结构上均匀分布时,称为**均布荷载**;当沿杆件轴线均匀分布时,则称为**线均布荷载**,常用单位为“N/m 或 kN/m”。

当作用于结构上的分布荷载面积远小于结构的尺寸时,可认为此荷载是作用在结构的一点上,称为**集中荷载**。如火车车轮对钢轨的压力,屋架传给砖墙或柱子的压力等,都可认为是集中荷载,常用单位为“N 或 kN”。

3. 荷载按其作用在结构上的性质可分为静力荷载和动力荷载

静力荷载是指从零开始逐渐缓慢地、连续均匀地增加到终值后保持不变的荷载。

动力荷载是指大小、位置、方向都随时间迅速变化的荷载。在动力荷载下,构件或结构产生显著的加速度,故必须考虑惯性力即动力的影响,如动力机械产生的振动荷载、风荷载、地震作用产生的随机荷载等。

五、力系、合力与分力

1. 力系的概念

同时作用在同一物体上的一组力,称为力系。在一个力系中,如果各力作用线都位于同一个平面内,则该力系称为平面力系,反之为空间力系。不论是平面力系,还是空间力系,按照其各力作用线分布的不同形式,都可分为:

(1) 汇交力系:力系中各力作用线(或者其延长线)汇交于一点,如图 1-2 所示。

(2) 力偶系:力系中各力全部可以组成若干力偶(见第四章)或力系由若干力偶组成,如图 1-3 所示。

(3) 平行力系:力系中各力作用线相互平行,如图 1-4 所示。

(4) 一般力系:力系中各力作用线既不完全交于一点,也不完全相互平行,即处于一般位置,如图 1-5 所示。

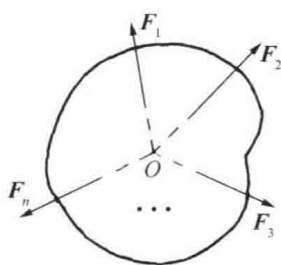


图 1-2

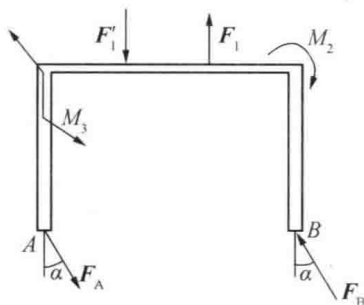


图 1-3

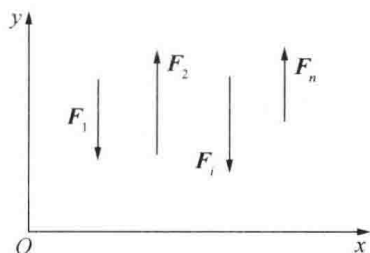


图 1-4

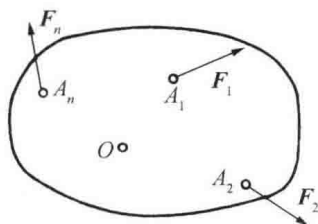


图 1-5

2. 等效力系、合力与分力的概念

如果某一力系对刚体产生的效应,可以用另外一个力系来代替,即两个力系对刚体的作用效应相同,则称这两个力系互为等效,或者说,其中任一力系为另一个力系的等效力系。当一个力与一个力系等效时,则称该力为力系的合力;而该力系中的每一个力称为其合力的分力。把力系中的各个分力代换成合力的过程,称为力系的合成;反过来,把合力代换成若干分力的过程,称为力的分解。

1.2 建筑力学的研究对象

一、构件与结构的概念

建筑、机械和桥梁等工程在建造过程中会广泛地应用各种工程结构和机械设备。构成结构的部件和机械的零件,统称为构件。由若干构件按照各种合理方式组成,用来承担荷载并起骨架作用的部分,称为结构。最简单的结构可以是一根梁或一根柱。在正常使用状态下,一切构件或工程结构都要受到相邻构件或其他物体对它的作用,即荷载的作用。

在实际建筑工程中的结构形式,常见有如图 1-6 所示的单层工业厂房、图 1-7 所示的民用建筑和图 1-8 所示的桥梁等多种形式。

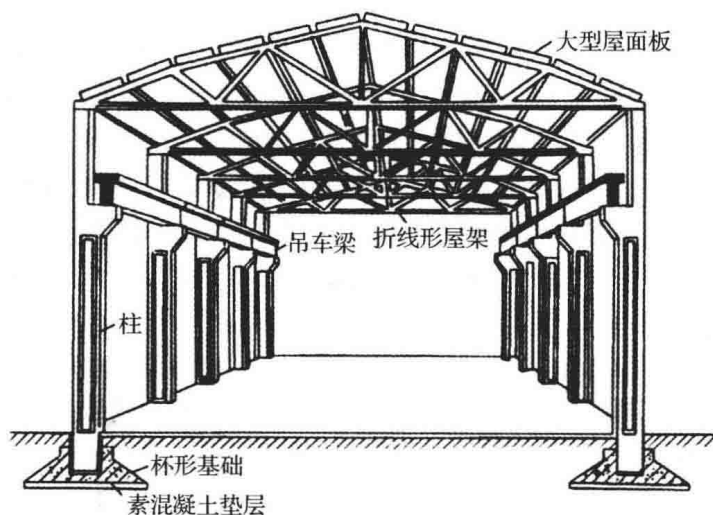


图 1-6 某工业厂房

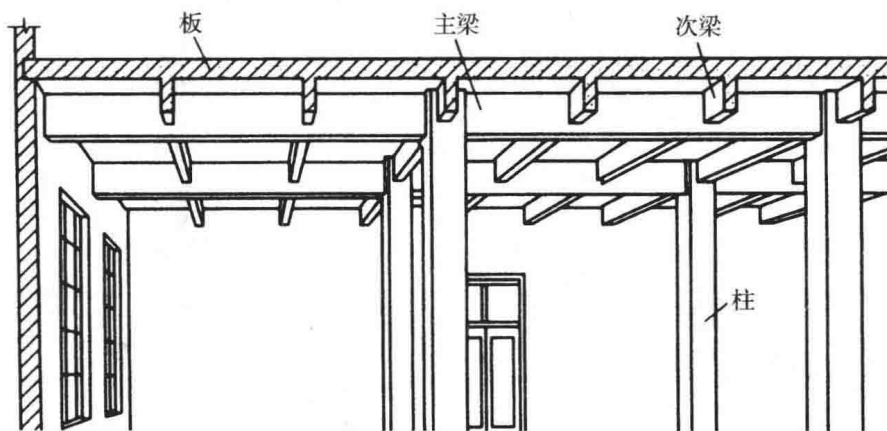


图 1-7 某房屋结构屋盖

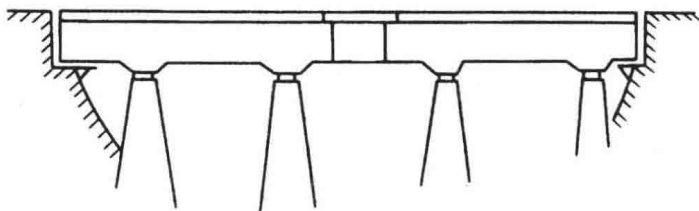


图 1-8 某桥梁

二、构件与结构的承载力

在荷载作用下,构件及工程结构的几何形状和尺寸要发生一定程度的改变,这种改变统称为**变形**。当荷载达到某一数值时,构件或结构就可能发生破坏,如吊索被拉断、钢梁断裂等。如果构件或结构的变形过大,会影响其正常工作,如机床主轴变形过大时,将影响机床的加工精度;楼板梁变形过大时,下面的抹灰层就会开裂、脱落等。此外,对于受压的细长直杆,两端的压力增大到某一数值后,杆会突然变弯,不能保持原状,这种现象称为**失稳**。静定桁架中的受压杆件如果发生失稳,则桁架可变成几何可变体系而失去承载力。

在工程中,为了保证每一构件和结构始终能够正常地工作而不致失效,在使用过程中要求构件和结构的材料不发生破坏,即具有足够的**强度**用以抵抗破坏;要求构件和结构的变形在工程允许的范围内,即具有足够的**刚度**用以抵抗变形;要求构件和结构能够维持其原有的平衡形式,即具有足够的**稳定性**用以抵抗失稳。强度、刚度与稳定性统称为构件与结构的承载力。

三、结构的分类

工程中结构的类型是多种多样的,可按不同的观点进行分类。

1. 按几何特征分类

(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 l 远大于其横截面的宽度 b 和高度 h (图 1-9)。**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 1-10)。如果杆件的轴线为直线,则称为**直杆**[图 1-10(a)];若为曲线,则称为**曲杆**[图 1-10(b)]。如图 1-6 所示的工业厂房、图 1-7 所示的楼盖中主次梁、图 1-8 所示的桥梁等都是杆件结构。

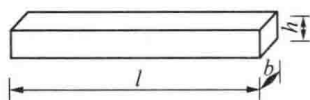


图 1-9

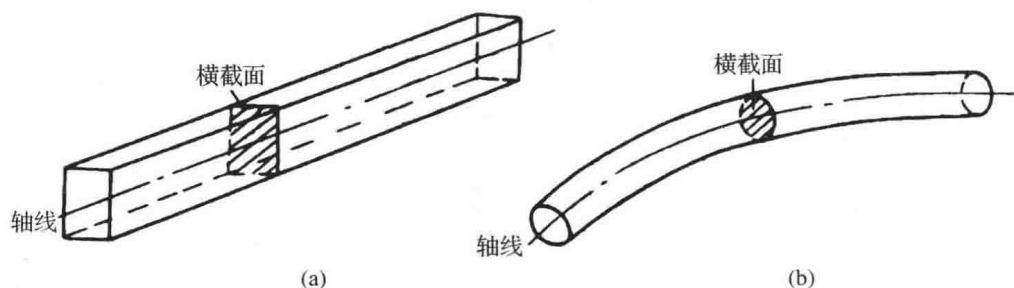


图 1-10

(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 l 和宽度 b 远大于其厚度 δ [图 1-11(a)、(b)]。当构件为平面状时称为薄板[图 1-11(a)],当构件为曲面状时称为薄壳[图 1-11(b)]。板壳结构也称为**薄壁结构**。如图 1-7 所示楼盖中的平板就是薄板,如图 1-12(a)、(b)所示屋顶分别是三角形折板结构和长筒壳结构。

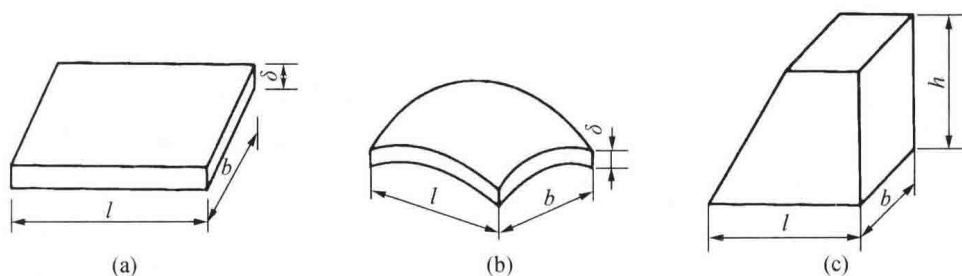


图 1-11

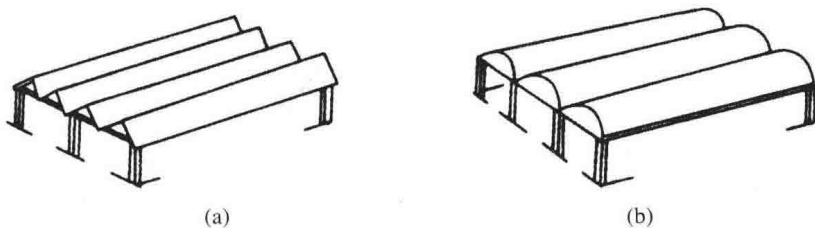


图 1-12

(3) 实体结构

如果结构的长 l 、宽 b 、高 h 三个尺度为同一量级,则称为**实体结构**。如图 1-11(c)所示,工程上如挡土墙[图 1-13(a)]、水坝[图 1-13(b)]和块形基础等都是实体结构。

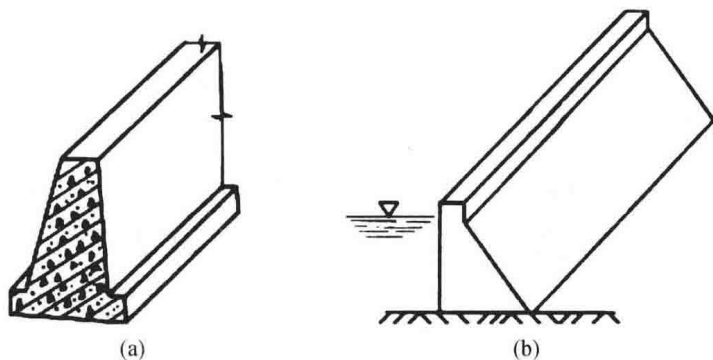


图 1-13

2. 按空间特征分类

(1) 平面结构

凡组成结构的所有构件的轴线及外力都在同一平面内,这种结构称为**平面结构**。