



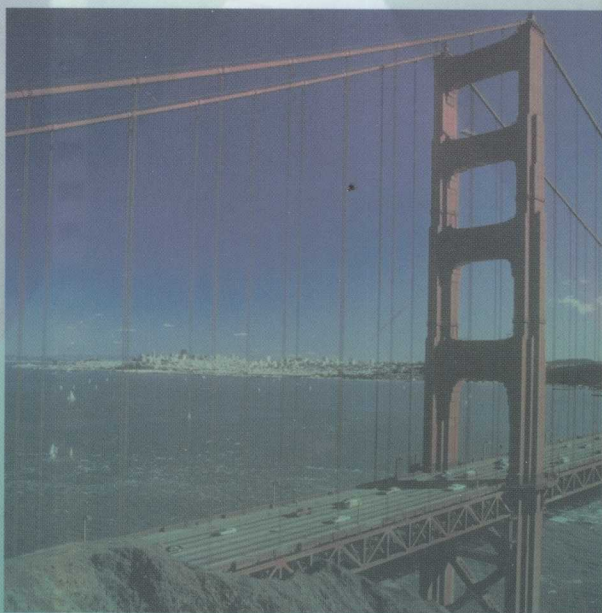
教育部高职高专规划教材
Jiaoyubu Gaozhi Gaozhuan Guihua Jiaocai

建筑力学

(上册)(多学时)

(第二版)

陈永龙 编著



高等教育出版社

TU311

40:1

教育部高职高专规划教材

建筑力学

上册(多学时)

(第二版)

陈永龙 编著

高等教育出版社

内容提要

本书是教育部高职高专规划教材,依据教育部《高职高专教育土建类专业力学课程教学基本要求》编写而成,是高职高专力学系列课程教学内容及课程体系改革的成果。在第一版基础上,全书力求体现高职高专教育培养高等技术应用性人才的特点,精选变形体静力学、材料力学和结构力学的有关内容,使之融合贯通。内容精炼,概念清晰,重点突出,应用性强。

全书分上、下两册,共计十二章。上册共八章,包括绪论,力系的平衡,内力与内力图,静定结构的受力分析,轴向拉伸、压缩杆的强度计算,扭转杆的强度计算,弯曲杆的强度计算,组合变形杆的强度计算。下册共四章,包括结构的位移计算和刚度校核,超静定结构分析,移动荷载作用下静定梁的计算,压杆稳定。

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土建类专业,道桥、市政等专业的教材,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/上册(多学时)/陈永龙编著. —2版. —北京:高等教育出版社,2004.11(2006重印)

ISBN 7-04-015674-1

I. 建... II. 陈... III. 建设力学-高等学校:技术学校-教材 IV. TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 103168 号

策划编辑	毛红斌	责任编辑	张玉海	封面设计	于涛	责任绘图	朱静
版式设计	范晓红	责任校对	俞声佳	责任印制	陈伟光		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京市白帆印务有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 16
字 数 390 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>
版 次 2000 年 7 月第 1 版
2004 年 11 月第 2 版
印 次 2006 年 5 月第 3 次印刷
定 价 20.30 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 15674-00

出版说明

教材建设工作是整个高职高专教育教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、学校和有关出版社的共同努力下,各地已出版了一批高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设仍落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育基础课程教学基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。出版后的教材将覆盖高职高专教育的基础课程和主干专业课程。计划先用2~3年的时间,在继承原有高职、高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决好新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专教育教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

“教育部高职高专规划教材”是按照《基本要求》和《培养规格》的要求,充分汲取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的,适用于高等职业学校、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使用。

教育部高等教育司

2000年4月3日

第一版前言

第二版前言

本教材系教育部高职高专规划教材,是在高职高专教育改革中土建类专业力学系列课程教学内容和课程体系改革的基础上,根据1999年教育部制订的《高职高专教育土建类专业力学课程教学基本要求》编写的,适用于土建类专业,亦可供市政、道桥、水利等专业选用。

本教材力求体现高职高专教育培养高等技术应用性人才的要求,以学生必须掌握的专业力学知识为依据,精选静力学、材料力学和结构力学的有关内容,融合贯通,建立建筑力学课程新体系。建筑力学课程主要研究杆件结构的强度、刚度和稳定性问题。本教材在讨论力系的有关性质及平衡时,直接从变形体入手,既简练了内容,又保证了新体系的科学性和系统性。

本教材考虑了高职高专教学的特点,在体系及内容的安排上也适合有些院校在一年级第一学期开设本课程时选用。同时为便于读者学习,每章编写了学习指导和学习要求。

本教材分上、下两册,共十三章。上册包括绪论,力系的平衡,内力与内力图,静定结构的受力分析,轴向拉伸、压缩杆的强度计算,扭转杆的强度计算,弯曲杆的强度计算,组合变形杆的强度计算。下册包括结构的位移计算和刚度校核,超静定结构分析,移动荷载作用下静定梁的计算,压杆稳定,梁的极限荷载。

哈尔滨建筑大学王焕定教授和南京高等专科学校许翥中教授审阅了原稿,并提出了不少建设性意见和具体的修改建议。

本教材的编写和出版,得到了本人的工作单位宁波高等专科学校和高等教育出版社的支持与帮助。对此,本人表示由衷的感谢。

限于本人水平,本教材难免有许多不妥之处,恳请读者指正。

陈永龙

2000年2月

第二版前言

第二版前言

本书是在第一版的基础上,根据当前高职高专教学的发展现状修订而成的,适用于土建类、道桥、市政工程等专业,亦可供港口、水工等相关专业参考。

本次修订对大部分章节作了删节,改写了第2章“力系和平衡”,并删除了“梁的极限荷载”一章;在部分章节中增编了一些思考题,可用来进行课堂练习或讨论;上、下册各附有一组自测题,供教学参考。

本书的习题没有提供参考答案,是为了培养学生进行自校自检的习惯,而这点在今后的专业课和工程实践计算时是至关重要的。

上海建筑装饰集团范宏年工程师参加了本书的部分修订工作。

四川建筑职业技术学院陈孝友副教授审阅了书稿,并提出了不少宝贵的建议,在此表示衷心的感谢。

限于编者水平,书中难免有不妥之处,殷切希望读者批评指正。

陈永龙

2004年6月

陈永龙

1111111111

主要符号表

A	面积
b	截面宽度
C	截面形心
$D、d$	直径
E	弹性模量
e	偏心距
F	力 集中荷载
$F_{xy}、F_{yz}、F_{zx}$	力在 $Oxy、Oyz、Ozx$ 平面上的投影
F_R	合力
F'_R	主矢
$F_x、F_y、F_z$	力在 $x、y、z$ 方向的分量
$F_x、F_y、F_z$	力在 $x、y、z$ 轴上的投影
$F_{Ax}、F_{Ay}$	A 处支座的约束力
F_H	拱推力
F_N	轴力
$F_{Nx}、F_{Ny}$	轴力的水平、竖向分力
F_S	剪力
$F_{SA}^L、F_{SA}^R$	A 处左、右截面的剪力
G	切变模量
h	截面高度
$I_y、I_z$	对 $y、z$ 轴惯性矩
I_p	极惯性矩
I_{xy}	对 $y、z$ 轴惯性积
$l、L$	长度、跨度
M	力矩 力偶矩
M_O	对 O 点的主矩
$M_x、M_y、M_z$	对 $x、y、z$ 轴之矩
$M_{Ox}、M_{Oy}、M_{Oz}$	主矩在 $x、y、z$ 方向分量
$M、M_y、M_z$	弯矩
M_x	扭矩
M_e	外力偶矩
m_e	外分布力偶矩
p	面均布荷载集度 应力

q	线均布荷载集度
r	矢径
R, r	半径
S_y, S_z	对 y, z 轴静矩
u	轴向位移 水平位移
v	侧向位移 竖向位移
w	侧向位移
W_y, W_z	弯曲截面系数
W_p	扭转截面系数
θ	横截面的转角 单位长度相对扭转角
φ	扭转角
γ	切应变
ε	线应变
κ	曲率
μ	泊松比
ρ	曲率半径
σ	正应力
σ_t	拉应力
σ_c	压应力
σ_m	平均应力
σ_b	强度极限
σ_e	弹性极限
σ_p	比例极限
σ_s	屈服应力
σ^0	极限应力
$[\sigma]$	许用正应力
$[\sigma_t]$	许用拉应力
$[\sigma_c]$	许用压应力
τ	切应力
τ_s	屈服切应力
$[\tau]$	许用切应力

符号表说明

为了深入贯彻国家技术监督局发布的国家标准 GB 3100 ~ 3102—93《量和单位》，本书对建筑力学中物理量符号的传统用法作了调整，既保证了对国家标准的认真实施，又考虑了教师和学生使用上的习惯与方便。

在实施国家标准的过程中，为保证国家标准和现有惯例的衔接，本书作了认真的考虑，现作如下说明，请读者注意。

1. 国家标准规范的物理量的名称和符号，按国家标准使用，注重量的物理属性。如，旧称剪应变(剪切角)，现改称切应变；又如，各种力(包括荷载、反力和内力)都用 F 作为主符号，而将其特性以下标(上标)表示；等等。

2. 对于在建筑力学中广泛使用的广义力(包括力与力偶矩、力矩)和广义位移(包括线位移与角位移、相对位移)，为了体现其广义性(有时还有未知性)，考虑到全书叙述的统一和表达的简洁、完整，本书仍沿用 X (多余力未知力)、 R 和 r (约束反力)、 Δ 和 δ (位移)、 c (支座位移)等广义物理量。至于它们在具体问题中对应的量和相应单位，则视具体问题而定。

3. 在建筑力学力法和位移法、位移和影响线计算中普遍应用的单位力 $\bar{X} = 1$ 和 $F = 1$ 等以及单位位移 $\Delta = 1$ 等，均应理解为广义量自身相比的比值。为了书写方便且考虑到习惯用法，均简记为 $\bar{X} = 1$ 和 $F = 1$ 等以及 $\Delta = 1$ 等，其余的单位量与此类同。

目 录

第1章 绪论	1	3-2-2 单跨静定梁的内力图	46
§1-1 建筑力学的任务	1	§3-3 利用微分关系作内力图	54
§1-2 建筑力学的基本假设	3	3-3-1 内力与荷载集度的微分关系	55
§1-3 结构计算简图	4	3-3-2 控制截面法作内力图	58
1-3-1 结构的计算简图	4	3-3-3 直杆弯矩图的叠加法	60
1-3-2 示例	6	学习指导	65
§1-4 平面体系的几何组成分析	8	学习要求	65
1-4-1 几何不变体系	8	习题	65
1-4-2 约束	9	第4章 静定结构的受力分析	68
1-4-3 几何不变体系的简单组成规则	11	§4-1 概述	68
1-4-4 示例	13	4-1-1 静定与超静定概念	68
学习指导	15	4-1-2 静定结构受力分析方法	69
学习要求	16	§4-2 多跨静定梁	70
习题	16	4-2-1 基本部分和附属部分	70
第2章 力系的平衡	18	4-2-2 多跨静定梁的内力计算	71
§2-1 力 力矩	18	§4-3 静定平面刚架	74
2-1-1 力	18	4-3-1 静定平面刚架的内力计算	74
2-1-2 力的合成与分解	20	4-3-2 刚架内力图的简捷作法	78
2-1-3 力矩	21	§4-4 静定平面桁架	88
§2-2 力系	24	4-4-1 理想桁架	88
2-2-1 力系的主矢量	24	4-4-2 静定平面桁架的内力计算	90
2-2-2 力系的主矩	26	4-4-3 桁架的形式及其受力特点	99
2-2-3 力偶	26	§4-5 静定组合结构	101
§2-3 力系的平衡	28	§4-6 三铰拱	105
2-3-1 平衡条件	28	4-6-1 概述	105
2-3-2 平衡状态	29	4-6-2 三铰拱的内力计算	106
2-3-3 静力等效力系	30	4-6-3 三铰拱的合理拱轴	112
§2-4 支座反力	31	§4-7 静定结构的特性	113
学习指导	38	学习指导	116
学习要求	38	学习要求	116
习题	38	习题	116
第3章 内力与内力图	41	第5章 轴向拉伸、压缩杆的强度计算	121
§3-1 内力	41	§5-1 轴向拉伸、压缩杆的变形	121
3-1-1 应力	41	§5-2 轴向拉伸、压缩杆的应力	124
3-1-2 内力	42	5-2-1 轴向拉伸、压缩杆的应力	124
3-1-3 杆件的基本变形形式	44	5-2-2 胡克定律	125
§3-2 结构的内力图	45	5-2-3 圣维南原理	126
3-2-1 内力方程和内力图	45	§5-3 材料的力学性能	128

5-3-1 材料拉伸时的力学性能	128	7-3-1 剪切弯曲杆的主应力	171
5-3-2 材料压缩时的力学性能	131	7-3-2 主应力迹线	175
5-3-3 材料的强度指标和塑性指标	132	§7-4 弯曲杆的强度计算	176
§5-4 轴向拉伸、压缩杆的强度计算	133	7-4-1 广义胡克定律	176
5-4-1 强度失效 许用应力	133	7-4-2 强度失效判别准则	177
5-4-2 轴向拉伸、压缩杆的强度条件	134	7-4-3 弯曲杆的强度条件	181
5-4-3 轴向拉伸、压缩杆的强度计算	135	7-4-4 弯曲杆的强度计算	182
学习指导	139	§7-5 提高杆件弯曲强度的方法	189
学习要求	139	学习指导	194
习题	140	学习要求	194
第6章 扭转杆的强度计算	142	习题	194
§6-1 纯剪切	142	第8章 组合变形杆的强度计算	198
6-1-1 薄壁圆筒的扭转 纯剪切 状态	142	§8-1 概述	198
6-1-2 纯剪切状态的主应力	145	8-1-1 组合变形概念	198
6-1-3 材料扭转时的力学性能 剪切 胡克定律	147	8-1-2 组合变形杆的强度计算方法	199
§6-2 圆截面杆的扭转	148	§8-2 斜弯曲杆的强度计算	199
6-2-1 圆截面杆扭转时的变形	148	8-2-1 斜弯曲杆的应力	199
6-2-2 圆截面杆扭转时的应力	149	8-2-2 斜弯曲杆的强度计算	200
*6-2-3 空心圆截面杆的扭转	151	§8-3 拉(压)弯组合变形杆的强度计算	203
§6-3 圆截面杆的扭转强度计算	152	8-3-1 拉(压)弯组合变形杆的强度 计算	203
6-3-1 圆截面杆的扭转破坏试验	152	8-3-2 偏心受压杆的强度计算	206
6-3-2 扭转杆的强度条件	153	§8-4 弯扭组合变形杆的强度计算	209
6-3-3 圆截面杆扭转时的强度计算	153	8-4-1 圆截面弯扭杆的强度计算	209
*§6-4 矩形截面杆的扭转	155	8-4-2 矩形截面弯扭杆的强度计算	210
6-4-1 非圆截面杆扭转问题概述	155	学习指导	212
6-4-2 矩形截面杆的扭转	156	学习要求	212
学习指导	157	习题	212
学习要求	158	附录 A	215
习题	158	§A-1 应变与应力	215
第7章 弯曲杆的强度计算	160	A-1-1 应变	215
§7-1 纯弯曲杆的应力	161	A-1-2 应力 应力状态	218
7-1-1 纯弯曲杆的变形	161	§A-2 平面应力状态分析	221
7-1-2 纯弯曲杆的应力	164	A-2-1 平面应力状态分析	221
§7-2 剪切弯曲杆的应力	167	A-2-2 平面应力状态分析的图解法 ——应力圆	224
7-2-1 弯曲正应力	167	附录 B 自测题(上)	228
7-2-2 弯曲切应力	167	附录 C 型钢表	232
§7-3 剪切弯曲杆的主应力	171	主要参考书目	242

第 1 章 绪 论

§ 1-1 建筑力学的任务

1. 结构

建筑力学是一门技术基础课程,它为土木工程等的结构设计提供基本的力学知识和计算方法,为进一步学习相关的专业课程打下必要的基础。

土木工程中的各类建筑物,如房屋、桥梁以及水塔等,在使用过程中都要受到各种力的作用。如图 1-1 所示为一厂房,其受到的力有自重、风力、屋顶积雪重量、吊车作用力等。这些直接主动作用于建筑物上的外力称为荷载,厂房屋面上的荷载是通过屋面板、屋架、柱、基础传递到地基的。建筑物中支承荷载、传递荷载而起骨架作用的部分称为结构,结构中的每一个基本部分称为构件。单个构件是最简单的结构,如吊车梁、柱等。但实际工程中的结构一般都是由多个构件通过各种方式连接起来所组成,如图 1-1 厂房中的屋架、吊车梁、柱、基础等都是构件,由这些构件组成了厂房结构。

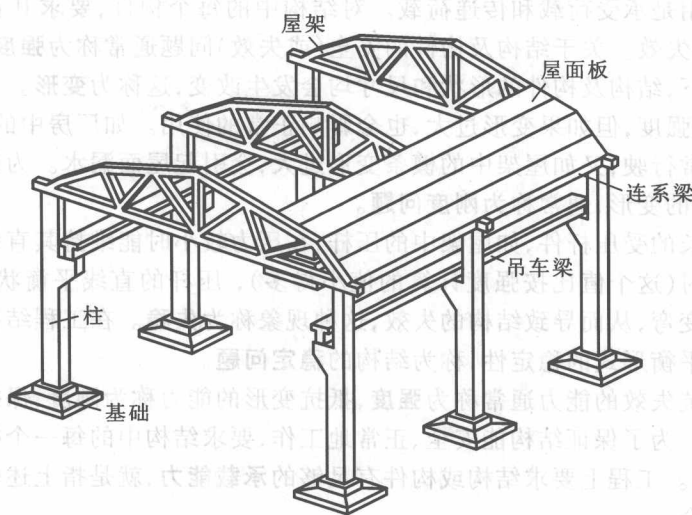


图 1-1

结构中构件的形状多种多样,其中大量的构件如梁、柱等,它们的长度比其他两个方向的尺寸大得多(5 倍以上),这类构件统称为杆件(图 1-2a)。当构件两个方向(长和宽)的尺寸远大于另一个方向(厚度)的尺寸时,称为薄壳或薄板(图 1-2b、c)。当构件三个方向(长、宽、高)的尺寸均接近时,称为实体构件(图 1-2d)。

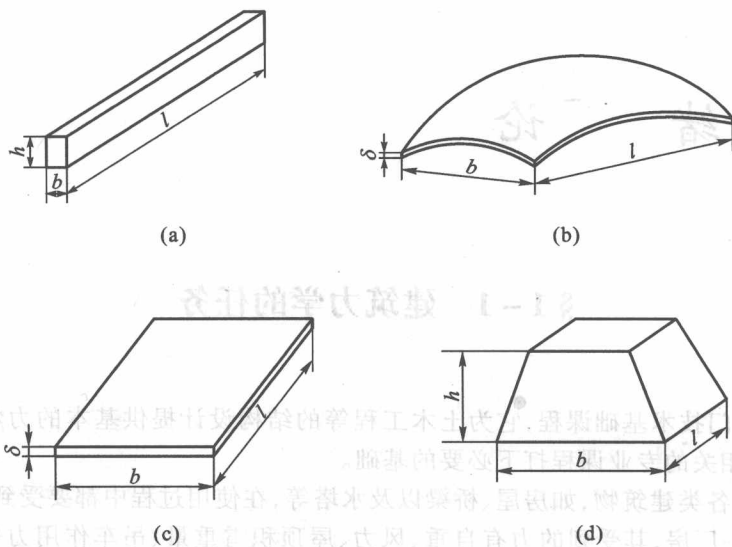


图 1-2

全部构件由杆件组成的结构称为杆系结构(又称杆件结构)。除了杆系结构,实际工程结构中还有薄壁结构,如薄壳屋盖、贮油罐等;实体结构,如挡土墙、承台基础等。

建筑力学的研究对象主要是杆系结构,其他类型的结构是弹性力学等课程研究的内容。

2. 强度、刚度和稳定性

结构的主要作用是承受荷载和传递荷载。对结构中的每个构件,要求其在规定的荷载作用下能安全工作,不会失效。关于结构及构件的安全(或失效)问题通常称为强度问题。

在荷载的作用下,结构及构件的形状和尺寸均会发生改变,这称为变形。一个结构在荷载作用下,尽管有足够的强度,但如果变形过大,也会影响正常的使用。如厂房中的吊车梁,变形过大将会影响吊车的正常行驶;又如屋架中的檩条变形过大,会引起屋面漏水。为保证结构的正常工作,研究结构及构件的变形,通常称为刚度问题。

结构中某些细长的受压杆件,如屋架中的压杆,在压力较小时能维持其直线平衡状态。但当压力超过到某一值时(这个值比按强度计算的值小得多),压杆的直线平衡状态已不稳定,稍有扰动它很容易突然变弯,从而导致结构的失效,这种现象称为失稳。在工程结构中是不允许发生失稳的。研究结构平衡形式的稳定性,称为结构的稳定问题。

结构或构件抵抗失效的能力通常称为强度,抵抗变形的能力称为刚度,保持其原有平衡形式的能力称为稳定性。为了保证结构能安全、正常地工作,要求结构中的每一个构件都要有足够的强度、刚度和稳定性。工程上要求结构或构件有足够的承载能力,就是指上述强度、刚度、稳定性等三方面性能的综合。

建筑力学的任务是研究杆系结构的强度、刚度和稳定性问题,但本课程只能提供解决这些问题的一些基本知识和方法,要完全解决问题,还需要掌握有关的专业知识和一定的工程实践经验。

思考题

1. 建筑物中结构的主要作用是什么?

2. 结构的承载能力是指结构哪些方面的综合能力?

§ 1-2 建筑力学的基本假设

任何学科都是建立在一定的假设基础上的,建筑力学也不例外,它的基本假设有两个:

1. 变形固体的连续、均匀、各向同性假设

结构的构件通常都是由固体材料做成,如钢材、混凝土、砖石等。在讨论结构的强度、刚度和稳定性问题时,必须考虑构件的变形。构件的变形虽然很微小,但至关重要,关系到所研究的一些问题能否得以解决。因此,建筑力学中讨论的固体均是变形固体。

物质的微观结构既不连续、又不均匀,且各向异性(各方向具有不同的性质,如木材),但本课程所讨论的结构构件,其宏观尺寸比构件材料微观物质的尺寸大得多,所研究的强度、变形等问题只与材料的宏观性质有关。因此,可以假设:

所研究的变形固体是密实、无空隙的,各部分都有相同的物理特性,而且在不同的方向上这些物理特性亦相同。这样的变形固体,通常称为连续、均匀、各向同性变形固体。

实践证明,对于大多数常用的结构材料,如钢铁、混凝土、砖石等,上述假设是合理的,符合工程实际情况。

2. 结构及构件的微小变形假设

在荷载作用下,结构和构件都会发生变形。在建筑力学所讨论的问题中,假设:

结构及构件的变形都是微小的,变形后结构上各点产生的位移与结构及构件本身的几何尺寸相比都非常的小。

根据这个假设,在考虑变形后结构的平衡时,可以略去结构及构件的几何尺寸由于变形而引起的微小变化,按变形前结构及构件的原始尺寸来进行计算,并且荷载的作用位置也不改变。这样,使计算大为简化,又不至于引起显著的误差。

例如图 1-3a 所示简支梁 AB ,受作用于 C 点的集中荷载 F 的作用。变形后(图中虚线所示), B 点移动到 B' 点,水平方向移动了 u_B ; C 点移动到 C' 点,水平方向移动了 u_C 。位移 u_B 、 u_C 的计算很复杂,在梁的内力未知情况下还无法求解。但是,根据微小变形假设,当位移 u_B 、 u_C 远远小于梁的原始尺寸(l 、 a 、 b 等)而可以忽略时,便取梁轴的变形如图 1-3b 中虚线所示,梁两端的距离和荷载的作用位置都没有改变,从而简化了计算。

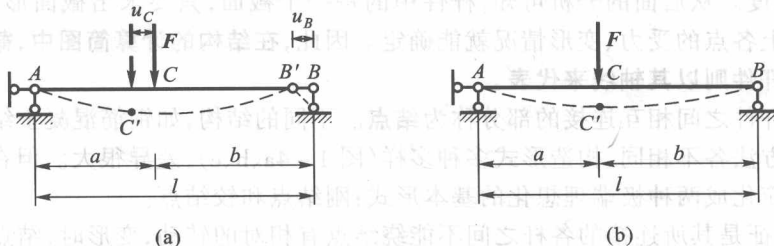


图 1-3

在工程实际中,大多数结构属小变形,只有一些特殊的柔性结构才必须考虑其大变形的情况。

思考题

1. “微小变形”假设中“微小”的含义是什么?
2. 对结构进行计算时为什么可以按变形前的尺寸,依据是什么?

§ 1-3 结构计算简图

1-3-1 结构的计算简图

1. 结构计算简图的简化原则

实际工程中,结构的构造多种多样,结构上作用的荷载也比较复杂,要完全按照结构的实际情况进行分析,会使问题非常繁杂,有时也没必要。分析实际结构时,必须对结构作一些简化,略去某些次要的影响因素,突出反映结构主要的特征,用一个简化了的结构图形来代替实际结构,这种图形称为结构的计算简图。在建筑力学中,是以计算简图为依据进行力学分析和计算的。因此,实际结构的计算简图的选取是一项十分重要的工作。

选取结构计算简图应遵循下列两条原则:

(1) 正确反映结构的实际情况,使计算结果精确可靠。

(2) 略去次要因素,突出结构的主要性能,以便于分析和计算。

工程中的结构都是空间结构,各构件互相连接成一个空间整体,以便承受各个方向可能出现的荷载。但是,在土建、水利等工程中,大量的空间杆系结构,在一定的条件下,根据结构的受力状态和特点,常可以简化为平面杆系结构进行计算。例如,图 1-1 所示厂房结构,是一个复杂的空间杆系结构。在横向,柱和屋架组成排架;沿纵向,各排架按一定的间距均匀地排列,中间有吊车梁、屋面板等纵向构件相联系。作用在结构上的荷载,通过屋面板和吊车梁等传递到横向排架上。如果略去排架间纵向构件的影响,每一个排架所受的荷载,便可看作是处于排架所在的平面内,此时,各排架便可按平面结构来分析。

本教材主要以平面杆系结构为研究对象。下面讨论平面杆系结构的计算简图。

2. 平面杆件结构的计算简图

对一个实际结构选取平面杆件结构的计算简图时,需要做以下三方面的简化。

(1) 构件及结点的简化。实际结构中,杆件截面的大小及形状虽千变万化,但它的尺寸总远远小于杆件的长度。从后面的分析可知,杆件中的每一个截面,只要求出截面形心处的内力、变形,则整个截面上各点的受力、变形情况就能确定。因此,在结构的计算简图中,截面以它的形心来替代,而整个杆件则以其轴线来代表。

在结构中,杆件之间相互连接的部分称为结点。不同的结构,如钢筋混凝土结构、钢结构、木结构等,连接的方法各不相同,构造形式多种多样(图 1-4a、b、c),差异很大。但在结构的计算简图中,把结点只简化成两种极端理想化的基本形式:刚结点和铰结点。

刚结点的特征是其所连接的各杆之间不能绕结点有相对的转动,变形时,结点处各杆件间的夹角都保持不变(图 1-4a)。在计算简图中,刚结点用杆件轴线的交点来表示,如图 1-4d 所示。

铰结点的特征是其所铰接的各杆均可绕结点自由转动,杆件间的夹角可以改变大小(图 1-4b、c)。在计算简图中,铰结点用杆件交点处的小圆圈来表示,如图 1-4e、f 所示。

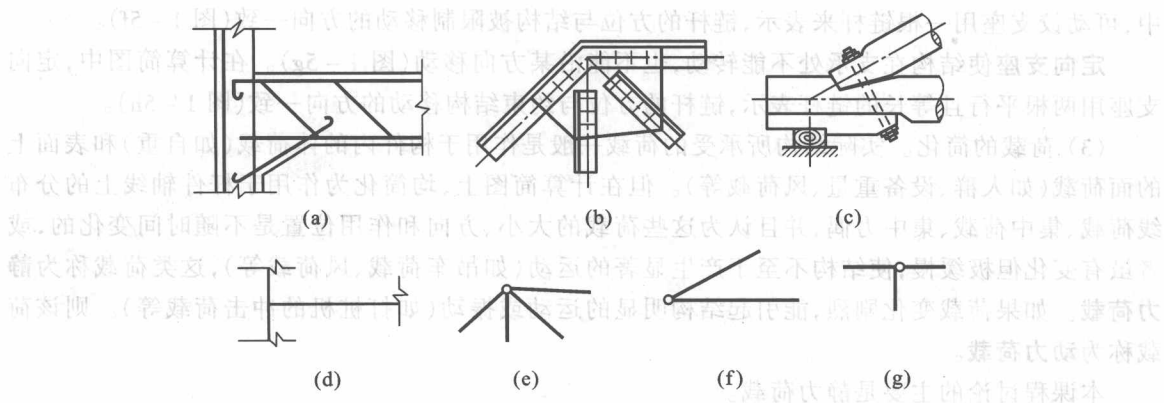


图 1-4

在实际结构的一些结点处,一部分杆件刚结,一部分杆件铰结,这类结点是刚结点与铰结点的组合,称为组合结点,表示方法如图 1-4g 所示。

(2) 支座的简化。支座是指结构与基础(或别的支承构件)之间的连接构造,它的作用是使基础(或别的支承构件)与结构连接起来,达到对结构的支承。

实际结构中,基础对结构的支承形式多种多样(图 1-5a、c、e、g),在平面杆系结构的计算简图中,支座的简化形式主要有:固定支座、固定铰支座、可动铰支座和定向(滑动)支座。

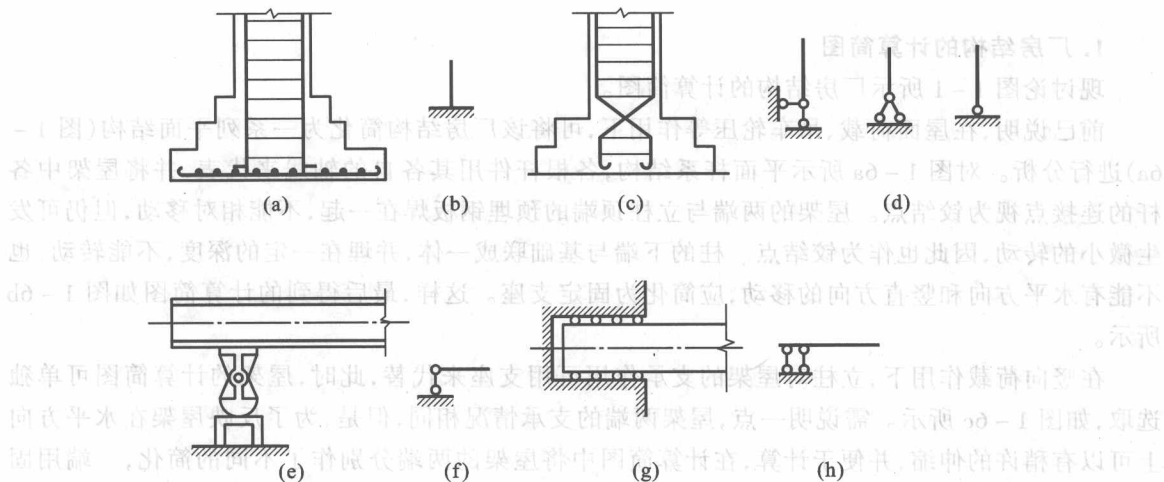


图 1-5

固定支座使结构在支承处不能作任何移动,也不能转动(图 1-5a)。在计算简图中,固定支座用一个与杆轴线相交的支承平面来表示,如图 1-5b 所示。

固定铰支座只允许结构在支承处转动,不允许有任何方向的移动(图 1-5c)。在计算简图中,固定铰支座用两根相交于支承处的链杆来表示,如图 1-5d 所示,两根链杆通常画成一根竖向、一根水平方向;也可以画成任意两个方向,但不能互相平行。所谓链杆,就是两端是铰、中间没有任何外力作用的杆件,其本身的重量和变形都可忽略不计。

可动铰支座允许结构在支承处转动,但不允许结构沿某方向移动(图 1-5e)。在计算简图

中,可动铰支座用一根链杆来表示,链杆的方位与结构被限制移动的方向一致(图 1-5f)。

定向支座使结构在支承处不能转动,也不能沿某方向移动(图 1-5g)。在计算简图中,定向支座用两根平行且等长的链杆表示,链杆的方位与约束结构移动的方向一致(图 1-5h)。

(3) 荷载的简化。实际结构所承受的荷载一般是作用于构件内的体荷载(如自重)和表面上的面荷载(如人群、设备重量、风荷载等)。但在计算简图上,均简化为作用于杆件轴线上的分布线荷载、集中荷载、集中力偶,并且认为这些荷载的大小、方向和作用位置是不随时间变化的,或者虽有变化但极缓慢,使结构不至于产生显著的运动(如吊车荷载、风荷载等),这类荷载称为**静力荷载**。如果荷载变化剧烈,能引起结构明显的运动或振动(如打桩机的冲击荷载等)。则该荷载称为**动力荷载**。

本课程讨论的主要是静力荷载。

结构的计算简图是建筑力学分析问题的基础,极为重要。合理选定一个结构的计算简图,特别是对于比较复杂的结构,需要有一定的专业知识和实际经验,对结构中各部分的构造要比较熟悉,它们之间的相互作用及力的传递状况要判断正确。这些要求我们在实践中多观察、多分析思考,以便逐步掌握选择计算简图的方法。

工程中一些常用的结构形式,其通用的计算简图经实践证明都比较合理,因此可以直接采用。

1-3-2 示例

1. 厂房结构的计算简图

现讨论图 1-1 所示厂房结构的计算简图。

前已说明,在屋面荷载、吊车轮压等作用下,可将该厂房结构简化为一系列平面结构(图 1-6a)进行分析。对图 1-6a 所示平面杆系结构,各根杆件用其各自的轴线来代表,并将屋架中各杆的连接点视为铰结点。屋架的两端与立柱顶端的预埋钢板焊在一起,不能相对移动,但仍可发生微小的转动,因此也作为铰结点。柱的下端与基础联成一体,并埋在一定的深度,不能转动,也不能有水平方向和竖直方向的移动,应简化为固定支座。这样,最后得到的计算简图如图 1-6b 所示。

在竖向荷载作用下,立柱对屋架的支承作用可用支座来代替,此时,屋架的计算简图可单独选取,如图 1-6c 所示。需说明一点,屋架两端的支承情况相同,但是,为了反映屋架在水平方向上可以有稍许的伸缩,并便于计算,在计算简图中将屋架的两端分别作了不同的简化,一端用固定铰支座,另一端用可动铰支座。一端用固定铰支座,另一端用可动铰支座支承的情况称为“简支”,即简单支承的意思。

当只有立柱承受荷载时,为计算立柱的内力,图 1-6b 中的屋架可以用一根不变形的杆件(称为**刚杆**)来代替,这样,得到的计算简图如图 1-6d 所示。

2. 吊车梁的计算简图

下面讨论厂房中钢筋混凝土吊车梁(图 1-7a)计算简图的取法。

T 形截面吊车梁以它的轴线来代表,并取梁与柱连接区域中心之间的距离 l 作为其计算长度,工程上称为**跨度**。梁的一端简化成固定铰支座,另一端简化成可动铰支座。

作用在吊车梁上的荷载,钢轨及梁的自重折算为作用在梁轴线上的均布线荷载 q ,单位是