

建筑力学

(第2版)

主编 赵 萍



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

建 筑 力 学

(第2版)

主 编 赵 萍
副主编 高丽荣 麻 媛 赵 鑫
参 编 梁 媛 魏陆垚 张楷婕

内 容 提 要

本书按照高等院校土木工程类相关专业人才培养目标及力学课程教学改革的要求,依据最新标准规范编写而成。全书共八章,主要内容包括力学的基础知识、结构计算简图及受力分析、平面力系的合成与平衡、静定结构的内力计算、杆件的应力与强度条件、静定结构的位移计算和刚度条件、压杆稳定和超静定结构的计算方法等。除绪论外,本书每章均设有本章提要、学习目标、小结、思考题和习题。

本书可作为高等院校土木工程类相关专业的教学用书,也可作为工程技术人员的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学 / 赵萍主编. —2版. —北京: 北京理工大学出版社, 2017.6

ISBN 978-7-5682-4004-8

I. ①建… II. ①赵… III. ①建筑科学—力学—高等学校—教材 IV. ①TU311

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第096138号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 16.5

字 数 / 401千字

版 次 / 2017年6月第2版 2017年6月第1次印刷

定 价 / 59.00元

责任编辑 / 李玉昌

文案编辑 / 瞿义勇

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

第2版前言

本书自出版发行以来,经相关高职高专院校教学使用,得到了广大师生的认可和喜爱,编者倍感荣幸。为了更好地适应当前高职高专的发展需求和力学课程教学改革的要求,对本书进行了修订。

本次修订继续保持第1版教材的特色,依然按照从“建筑结构的计算简图及受力分析→静定结构的内力分析→构件的应力、变形和稳定计算→超静定结构的内力分析”为主线的知识体系进行编排。修订主要体现以下特点:

1.进一步精选传统内容,突出工程应用,注重职业技能素养及可持续发展能力的培养,在知识的阐述上力求更适合学生的认知层次,体现教学做练一体化。

2.为便于学生更好地了解学习内容及知识的关联,每章前增加了本章提要;为加强基本内容的理解、掌握和训练,对部分例题和习题进行调整,降低了计算难度,进一步完善了各章小结。

3.为了方便教与学,第2版配备了电子课件。

本书由石家庄职业技术学院赵萍统稿、定稿并担任主编,石家庄职业技术学院高丽荣、山西水利职业技术学院麻媛、山西工程职业技术学院赵鑫担任副主编,参加本书编写的还有石家庄职业技术学院梁媛和魏陆垚、河北东方学院张楷婕。本书电子课件由石家庄职业技术学院赵萍制作。

在本书编写和修订过程中,部分高职高专院校的老师 and 企业的专家提出了宝贵的意见和建议,也得到北京理工大学出版社的关注和支持,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,在修订中仍难免存在不妥之处,恳请广大读者及同仁批评指正。

编 者

第1版前言

本书依照高等职业教育土建类专业力学课程的基本要求，从高职培养目标、毕业生的岗位走向和生源等实际情况出发，结合目前精品课程建设成果和编者多年的教学实践经验编写而成。

本教材的编写主要突出了以下几个方面的特点：

1.在知识体系上，打破了传统教材知识框架的封闭性，克服了建筑力学由理论力学、材料力学、结构力学三门课程浓缩叠加的缺陷，以“必需够用”为原则，强化应用为重点，注重知识层次的递进，形成了以“建筑结构的计算简图及受力分析→静定结构的内力分析→构件的应力、变形和稳定计算→超静定结构的内力分析”为主线的知识体系，突出了课程内容的内在逻辑关系，既节省了篇幅和教学时数，也有利于学生自学和逻辑思维能力的培养和提高。

2.在内容取材上，基于职业岗位能力和发展能力教学目标要求组织教学内容。理论由浅入深，顺序符合认知规律；在理论证明和公式推导上力求从简，侧重结论的定性分析；加强实用性和针对性，重视力学概念和理论知识的应用，对建筑工程中较实用的内容列举了较多的例题，使本课程变得易教、易学。

3.在文字表达上，努力做到少而精，通俗易懂。在讲法上配合图形和实例，尽量避免学习力学的抽象感和空洞感，使教学过程具有新意和吸引力，提高学生学习的兴趣。同时，每章末都附有小结，并精选了大量有代表性的思考题和习题，以帮助学生总结和复习。

4.在资源建设上，本书是河北省精品课程建筑力学配套教材之一，其课程网站教学资源丰富，使用便捷，有利于学生自主学习。

本书由石家庄职业技术学院赵萍主编，并负责全书的统稿和审读工作。由石家庄职业技术学院高丽荣、山西旅游职业学院高亚丽、天津国土资源和房屋职业学院泰松、河北科技学院叶恒副主编，参加本书编写的还有石家庄工商职业学院王俊昆、长治职业技术学院石晶、石家庄职业技术学院梁媛。

由于编者水平有限，书中难免存在一些不足和欠妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

绪论	1	第二章 结构计算简图及受力分析 ...	17
一、建筑力学的研究对象	1	第一节 工程中常见的约束和约束反力	17
二、建筑力学的主要任务	3	反力	17
三、建筑力学的学习目的及方法	3	一、约束和约束反力的概念	17
		二、工程中常见的约束和约束反力	17
		三、工程中常见的支座和支座反力	19
第一章 力学的基础知识	5	第二节 结构的计算简图	20
第一节 刚体和变形固体	5	一、结构的计算简图	20
一、刚体	5	二、平面杆件结构的分类	23
二、变形固体及其基本假设	5	第三节 平面杆件体系的几何组成	25
第二节 力及力的基本性质	6	分析	25
一、力的概念	6	一、平面体系的自由度	25
二、力系	7	二、几何不变体系的组成规则	27
三、力的基本性质	8	三、几何组成分析举例	29
第三节 力对点的矩	10	四、静定与超静定的概念	30
一、力对点的矩的概念	10	第四节 杆件和结构的受力分析	30
二、合力矩定理	11		
第四节 力偶	12	第三章 平面力系的合成与平衡	38
一、力偶的概念	12	第一节 平面汇交力系的合成与平衡	38
二、力偶矩	12	一、平面汇交力系的合成	38
三、力偶的性质	13		

二、平面汇交力系的平衡方程	43	三、梁的内力图	77
第二节 平面力偶系的合成与平衡	44	第五节 多跨静定梁的内力	87
一、平面力偶系的合成	44	一、多跨静定梁的几何组成特点	87
二、平面力偶系的平衡方程	45	二、多跨静定梁的内力计算	87
第三节 平面一般力系向作用面内任一点简化	45	第六节 静定平面刚架的内力	89
一、力的平移定理	45	第七节 静定平面桁架的内力	95
二、力系向平面内任一点简化	46	一、概述	95
三、简化结果讨论	48	二、静定平面桁架的内力计算	96
第四节 平面一般力系的平衡方程及应用	49	第八节 静定组合结构的内力	100
一、平面一般力系的平衡方程	49	第五章 杆件的应力与强度条件	112
二、平衡方程的应用	50	第一节 应力和应变的概念	112
第五节 平面平行力系的平衡方程	53	一、应力	112
第四章 静定结构的内力计算	63	二、应变	113
第一节 内力的概念及截面法	63	三、应力和变形的关系	114
一、内力的概念	63	四、切应力互等定理	114
二、截面法	63	第二节 轴向拉（压）杆的应力和变形	114
第二节 轴向拉（压）杆的内力	64	一、轴向拉（压）杆横截面上的应力	114
一、轴向拉（压）杆实例	64	二、轴向拉（压）杆的变形	116
二、轴向拉（压）杆的内力	65	第三节 材料在拉伸和压缩时的力学性质	118
第三节 扭转轴的内力	67	一、低碳钢的力学性质	118
一、扭转轴实例	67	二、铸铁的力学性质	122
二、扭转轴的内力	68	第四节 轴向拉（压）杆的强度条件及应用	123
第四节 平面弯曲梁的内力	71	一、轴向拉（压）杆的强度条件	123
一、平面弯曲梁	71	二、强度条件在工程中的应用	124
二、梁的内力——剪力和弯矩	73		

第五节 截面的几何性质	126	第三节 静定结构在荷载作用下的位移	
一、静矩	126	计算	171
二、惯性矩、惯性积和惯性半径	128	第四节 用图乘法计算梁和平面刚架的	
三、组合图形的惯性矩	131	位移	173
第六节 扭转轴的应力与强度计算	133	第五节 用叠加法计算梁的位移	179
一、圆轴扭转时横截面上的应力	133	一、梁在常见载荷作用下的位移	180
二、圆轴的扭转强度条件	135	二、叠加法求挠度和转角	181
三、矩形截面杆的扭转	136	第六节 梁的刚度条件	183
第七节 梁的应力及强度计算	138	一、梁的刚度条件	183
一、梁的正应力及强度计算	139	二、提高梁刚度的措施	184
二、梁的切应力及强度计算	144		
三、梁的合理截面	147	第七章 压杆稳定	188
四、梁的主应力和主应力迹线	148	第一节 压杆稳定性的概念	188
第八节 组合变形杆的强度计算	151	一、稳定问题的提出	188
一、拉伸（压缩）与弯曲的组合变形	151	二、压杆稳定概念	188
二、偏心压缩（拉伸）	153	第二节 细长压杆的临界力	190
三、双向弯曲组合变形	155	第三节 临界应力与欧拉公式的适用	
		范围	191
第六章 静定结构的位移计算和刚度		一、临界应力	191
条件	167	二、欧拉公式的适用范围	191
第一节 结构位移的概念	167	三、超出比例极限时压杆的临界应力、	
一、结构的位移	167	临界应力总图	192
二、计算位移的目的	168	第四节 压杆的稳定计算	193
第二节 结构位移计算的一般公式	168	第五节 提高压杆稳定性的措施	196
一、虚功原理	168	一、减小压杆的长度	197
二、虚功的概念	169	二、改善支撑情况	197
三、变形体的虚功原理	169	三、选择合适的截面形状	197
四、结构位移计算的一般公式	169	四、合理选择材料	197

第八章 超静定结构的计算方法·····	200		
第一节 超静定结构概述	200		
一、超静定结构的概念 ·····	200		
二、超静定次数的确定 ·····	201		
第二节 力法	202		
一、力法的基本原理 ·····	202		
二、力法典型方程 ·····	204		
三、力法的计算步骤和举例 ·····	206		
第三节 对称性的利用	208		
一、选取对称的基本结构 ·····	209		
二、半结构 ·····	212		
第四节 位移法	215		
一、位移法的基本概念 ·····	216		
		二、位移法基本未知量 ·····	217
		三、等截面直杆的转角位移方程 ·····	218
		四、位移法的计算步骤和举例 ·····	221
		第五节 力矩分配法	226
		一、力矩分配法的基本概念 ·····	226
		二、力矩分配法计算单结点结构 ·····	228
		三、力矩分配法计算连续梁及无侧移	
		刚架 ·····	230
		第六节 结构的静力特性	234
		附录 热轧型钢常用参数表·····	242
		参考文献·····	256

绪 论

一、建筑力学的研究对象

任何建筑物在施工和建成后的使用过程中，都要受到各种各样力的作用。例如，楼板在施工中除承受自身的重量外，还承受人和施工机具的重量、承重外墙承受楼板传递来的压力和风力等。在工程中，习惯把这些主动作用在建筑物上的力称为**荷载**。

在建筑物中承受和传递荷载而起骨架作用的部分称为**结构**，组成结构的每一个部件称为**构件**。图 0-1 所示为一个单层工业厂房承重骨架的示意图。它由屋面板、屋架、吊车梁、柱子及基础等构件组成，每一个构件都起着承受和传递荷载的作用。例如，屋面板承受着屋面上的荷载，并通过屋架传递给柱子，吊车荷载通过吊车梁传递给柱子，柱子将其受到的各种荷载传递给基础，最后传递给地基。

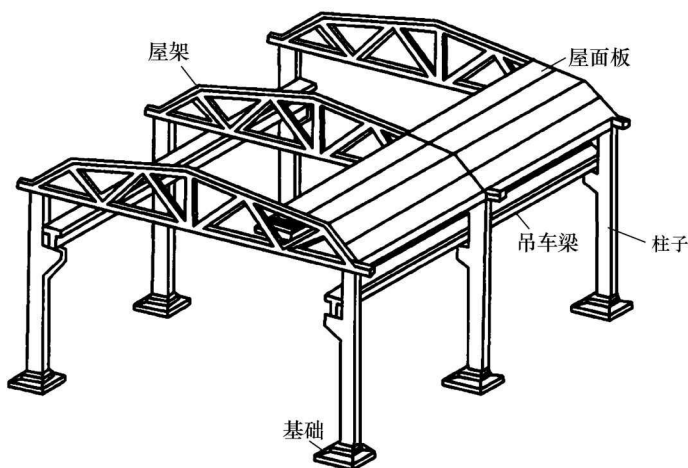


图 0-1

结构的类型很多，按组成结构构件的形状和几何尺寸，可将结构分为杆件结构、薄壁结构和实体结构三类。

(1)杆件结构。杆件结构即有若干杆件组成的结构。杆件的几何特征是横截面尺寸要比长度小得多(图 0-2)。例如，梁和柱是单个杆件的结构。图 0-1 所示的单层工业厂房结构属于杆件结构。



图 0-2

(2)薄壁结构。薄壁结构的厚度远小于长度和宽度。如楼板、薄壳屋面(图 0-3)、折板屋面(图 0-4)、水池等。

(3)实体结构。实体结构的长度、宽度和高度尺寸相仿。如挡土墙(图 0-5)、水坝等。杆件及杆件结构是建筑力学的主要研究对象。

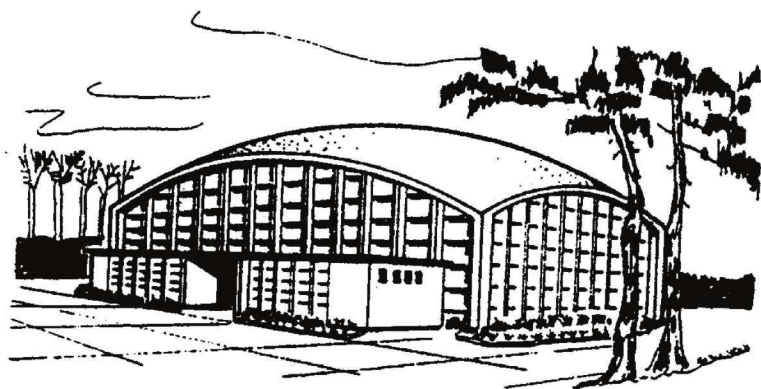


图 0-3

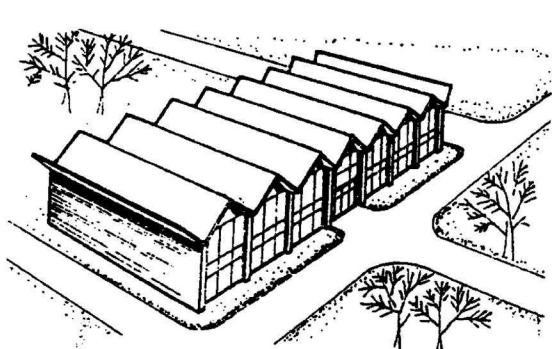


图 0-4

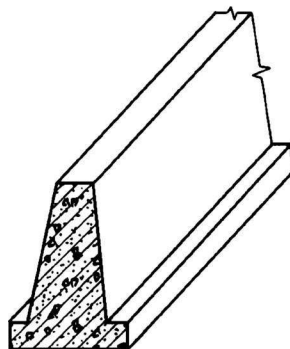


图 0-5

在实际工程中，杆件可能受到各种各样力的作用，因此，杆件的变形也是多种多样的。但是这些变形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) 轴向拉伸与压缩。在一对大小相等、方向相反的轴向外力作用下，杆件主要发生沿轴向的伸长或缩短[图 0-6(a)、(b)]。

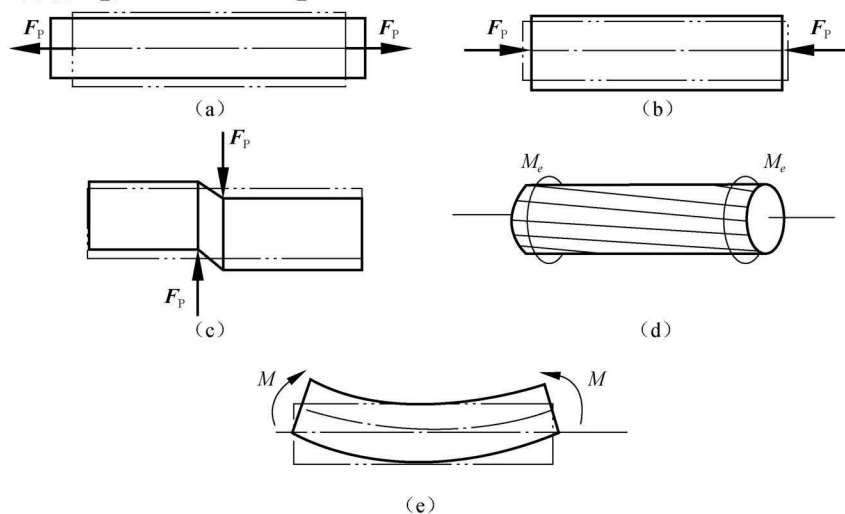


图 0-6

(2)剪切。在一对大小相等、方向相反、作用线相距很近的横向外力作用下，杆件的相邻横截面发生相对错动[图 0-6(c)]。

(3)扭转。在一对大小相等、转向相反、作用面垂直于杆轴的外力偶作用下，杆件的任意两个横截面发生相对转动[图 0-6(d)]。

(4)弯曲。在一对大小相等、方向相反、位于杆的纵向对称面内的外力偶作用下，杆件将在纵向对称面内发生弯曲[图 0-6(e)]。

二、建筑力学的主要任务

结构的主要作用是承受荷载和传递荷载。由于荷载的作用，构件会发生变形，并存在着发生破坏的可能性。要使结构能安全、正常地工作，组成结构的构件必须满足以下基本要求：

(1)构件必须按一定的几何组成规律组成结构，以确保结构各部分之间不发生相对运动，使之可以承担荷载并维持平衡。

(2)构件必须具有一定的抵抗破坏的能力，即构件应具有足够的强度。构件能安全地承受荷载而不被破坏，我们就认为它满足了强度要求。

(3)构件必须具有一定的抵抗变形的能力，即构件应具有足够的刚度。在一定的荷载作用下，刚度越小，构件的变形就越大。工程上，根据用途不同，对构件的变形给予一定的限制。如果构件的变形在被限制的允许范围内，我们就认为它满足了刚度要求。

(4)构件承受压力作用时，必须具有保持原有平衡状态的能力，即构件应具有足够的稳定性。受压力作用的构件突然偏离原有平衡状态而破坏的现象称为失稳。构件失稳会产生严重的后果。如果建筑物的承重柱过细而又过高，柱子一旦失稳就会导致整个建筑物的倒塌。因此，必须保证构件具有足够的稳定性。

构件的强度、刚度和稳定性，统称为构件的承载能力。构件承载能力的高低，与构件的材料性质、截面的几何形状及尺寸、受力性质、工作条件及构造情况等因素有关。在结构设计中，如果将构件截面设计得过小，构件会因刚度不足导致变形过大而影响正常使用，或因强度不足而迅速破坏；如果将构件截面设计得过大，其能承受的荷载过分大于所受的荷载，则又会不经济，造成人力、物力的浪费。因此，结构和构件的安全性与经济性是矛盾的。

建筑力学的任务就在于力求合理地解决这种矛盾。即研究和分析作用在结构(或构件)上力与平衡的关系，结构(或构件)的内力、应力、变形的计算方法以及构件的强度、刚度和稳定条件。为保证结构或构件既安全可靠又经济合理，提供计算理论依据。

三、建筑力学的学习目的及方法

建筑力学是研究建筑结构的力学计算理论和方法的一门科学，为建筑结构、建筑施工技术、地基与基础等后续课程奠定基础，为将来进入结构设计和解决施工现场许多力学问题的打开大门。

作为建筑业生产第一线的技术、质量、现场施工管理人员，要具备一定的建筑力学知识，才能正确理解设计图纸的意图与要求，科学地组织施工，制定出合理的安全和质量保证措施，保证工程质量，避免工程事故的发生。另外，在施工过程中，要将设计图变成实际建筑物，往往要搭设一些临时设施和机具。例如，对一些重要的梁板结构施工时，为了

保证梁板的形状、尺寸和位置的正确性，对安装的模板及其支架系统必须要进行设计或验算等，这些工作都是由现场施工技术人员来完成。这时，懂得建筑力学知识，就可以合理、经济地完成设计任务，确保建筑施工正常进行。

本课程作为高等院校建筑类各专业必修的专业基础课，是相关职业岗位群所必需的知识 and 技能，并具有较强的理论性和实用性。所以，学习本课程，一是要注意理解它的基本概念、基本理论和基本方法；二是要加强练习，不做一定数量的练习题很难掌握本课程的概念、原理和分析方法，另外，对做题中出现的错误应认真分析，找出原因，加以纠正；三是要理论联系实际，在遇到实际问题，应尽量用学到的理论加以定性或定量的解释；四是要注意培养自己综合分析问题的能力。

第一章 力学的基础知识

本章提要

本章介绍力学研究的物体模型——刚体和变形固体的概念；组成力系的基本元素——力和力偶的概念以及它们的性质，这些都是进一步研究力学问题的基础知识，为分析物体受力和解决工程实际问题打下基础。

学习目标

1. 理解刚体和变形固体的概念。
2. 深刻理解力、力矩和力偶的概念，对静力学公理要有更透彻的理解。
3. 掌握力对点的矩的计算以及合力矩定理的应用。

第一节 刚体和变形固体

一、刚体

在任何外力作用下，大小和形状都保持不变的物体，称为刚体。刚体的基本特征是在任何情况下，刚体内任意两点间的距离始终保持不变。

需要特别强调的是，刚体是描述物体运动特征的一个理想模型。实际上物体受力后都会引起大小和形状的改变，即产生变形，真正的理想刚体在现实生活中是不存在的。一般情况下，当物体受力后的变形对力学分析的影响很小时，通常可将该物体近似地视为刚体。例如，我们用手指按住课桌，虽然课桌产生了变形，但这个变形值太小了，因此，在这类情况下进行受力分析时，我们可将该课桌近似地按刚体对待。

二、变形固体及其基本假设

(一) 变形固体

变形固体是指受力后会产生变形的物体。变形固体的基本特征是受力后变形固体内两点之间的距离会发生改变。

变形固体的模型比刚体的模型更加接近现实生活中的物体。所以，变形固体在建筑力学中比刚体模型应用得更加广泛。一般情况下，在建筑力学的讨论范围内，物体都视为变形固体。

变形固体在外力作用下发生的变形可分为弹性变形和塑性变形两类。在外力撤去后能消失的变形称为弹性变形；不能消失而遗留下的变形称为塑性变形。在一般情况下，物体

受力后，既有弹性变形，又有塑性变形。但工程中所用的材料，在所受外力不超过一定限度时，塑性变形很小，可忽略不计，认为材料只发生弹性变形而不产生塑性变形。这种只有弹性变形的物体称为理想弹性体或完全弹性体。只产生弹性变形的力范围称为弹性范围。在弹性范围内，构件的变形量与外力的情况有关，变形量可能较大，也可能很小，当变形量与构件本身尺寸相比特别微小时，我们称这种变形为小变形。建筑力学将只研究杆件在弹性范围内的小变形问题。

(二) 变形固体的基本假设

工程中使用的固体材料是多种多样的，而且其微观结构和力学性能也各不相同。为了使问题得到简化，通常对变形固体作如下基本假设：

(1) 均匀连续性假设。其认为在变形固体在整个体积内毫无任何空隙地充满了物质，并且各部分材料性质完全相同。实际上，变形固体是由许许多多的微粒或晶体组成的，而粒子或晶体之间存在着空隙，材料在一定程度上沿各方向的力学性能都会有所不同。由于这些空隙与构件尺寸相比极其微小，因此，这些空隙的存在以及由此而引起性质上的差异，在研究构件受力和变形时都可以略去不计。

(2) 各向同性假设。其认为从物体的任何部位取出任一部分，无论其体积大小如何，其在各个方向上的力学性能都是完全一样的。

实际上，组成固体的微粒或晶体在不同方向上有着不同的性质，但构件所包含的晶体数量极多，且晶粒的排列也是没有任何规律的。变形固体的性质就是这些晶粒性质的平均值，这样就可以将构件看成是各向同性的。工程中常使用的建筑材料，如浇筑好的混凝土、钢材等，都可以认为是各向同性材料；但是也有一些材料，如木材、复合材料等，沿其各方向的力学性能显然是不同的，则称为各向异性材料。

总之，建筑力学将所研究的构件看成是均匀连续、各向同性的，在小变形范围内的理想弹性体。

第二节 力及力的基本性质

一、力的概念

(一) 力的运动效应和变形效应

力是物体之间的相互作用。这种作用的效应一般分为两个方面：一方面是使物体的运动状态发生变化；另一方面是使物体发生变形。通常，我们将前者称为力的运动效应或力的外效应，将后者称为力的变形效应或力的内效应。

例如，自由落体由于受到地球的引力(即重力)作用而越坠越快；楼面梁需要有墙或柱的支持力作用保持稳定的静止状态(即平衡状态)，这属于力的运动效应。又例如，楼板受到人群或家具压力的作用而产生弯曲变形等，这属于力的变形效应。

(二) 集中力和分布力

力作用在物体上都有一定的范围。当力的作用范围与物体相比很小时，可以近似地看作是一个点，该点就是力的作用点，作用于一点的力称为集中力；而当力作用的范围不能

看作一个点时,则该力称为分布力。

一般情况下,我们在讨论力的运动效应时,分布力通常可以用一个与之等效的集中力来代替。

实践证明,力对物体的作用效果,取决于三个要素,即力的大小、方向和作用点。这三个要素通常称为力的三要素。当这三个要素中的任何一个改变时,力的效应也将发生变化。

在国际单位制中,力的单位是 N(牛顿)或 kN(千牛顿)。

$$1 \text{ kN} = 1\,000 \text{ N}$$

力是一个既有大小,又有方向的量,所以,力是矢量。力通常可用一段带箭头的线段来表示,如图 1-1 所示。线段的长度表示力的大小;线段与某确定直线的夹角表示力的方位,箭头表示力的指向;线段的起点或终点表示力的作用点。

用字母符号表示力矢量时,常用黑体字(如 $\mathbf{F}$),或上加一横线的细体字(如 $\bar{F}$),而 F 只表示力矢量的大小。

对于分布力来说,我们可以将其理解为单位长度或单位面积上的力,用力的线集度 q 或力的面集度 p 来度量(图 1-2),其单位相应变为 kN/m 、 kN/m^2 或 N/m 、 N/m^2 。

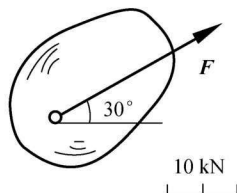


图 1-1

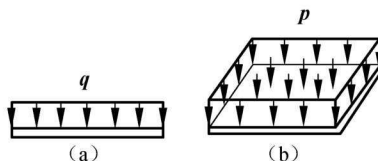


图 1-2

二、力系

作用在物体上的一组力,称为力系。

(一)力系的分类

按照力系中各力作用线分布的形式不同,力系可分为以下几种:

- (1)汇交力系。汇交力系即力系中各力作用线汇交于一点。
- (2)力偶系。力偶系即力系中各力可以组成若干力偶,或力系由若干力偶组成。
- (3)平行力系。平行力系即力系中各力作用线相互平行。
- (4)一般力系。一般力系即力系中各力作用线既不完全交于一点,也不完全相互平行。

按照各力作用线是否位于同一平面内,上述力系又可以分为平面力系和空间力系两大类。而平面力系是本书研究的重点。

(二)等效力系

如果某一力系对物体产生的效应,可以用另外一个力系来代替,则这两个力系称为等效力系。当一个力与一个力系等效时,则称该力为此力系的合力;而该力系中的每一个力,称为这个力的分力。将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,将合力代换成若干分力的过程,称为力的分解。

(三)平衡力系

若刚体在某力系作用下保持平衡,则该力系称为平衡力系。使刚体保持平衡时力系所

需要满足的条件,称为力系的平衡条件。这种条件有时是一个,有时是几个,它们是建筑力学分析的基础。

三、力的基本性质

力的基本性质是人们在长期的生产和生活实践中的经验总结,又经过实践反复检验,并符合客观实际的最普遍、最一般的规律。它们不可能用更简单的原理来代替,也不能从其他原理来推导出,所以,通常称它们为静力学公理。静力学公理是研究力系简化和平衡问题的基础。

(一)二力平衡公理

作用在同一刚体上的两个力,使刚体处于平衡状态的必要与充分条件是:这两力大小相等,方向相反,并作用在同一直线上(图 1-3)。

应该指出:二力平衡公理仅是刚体平衡的必要充分条件;但对变形体,它只是必要条件,而非充分条件。例如,绳索两端受到两个等值反向的拉力时,可以平衡[图 1-4(a)];但受到两个等值反向的压力时,则不能平衡[图 1-4(b)]。

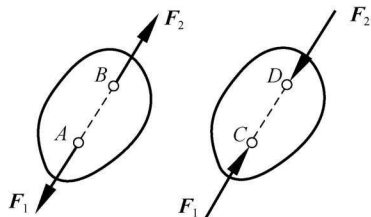


图 1-3

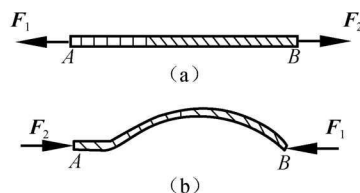


图 1-4

(二)加减平衡力系公理

在一个受任意力系作用的刚体上,加上或减去一个平衡力系,并不改变原力系对刚体的作用效果。

因为平衡力系不会改变物体的运动状态(静止或匀速直线运动),所以在刚体上加上或减去任意平衡力系,不会改变刚体的运动状态。这个公理对于研究力系的简化问题很重要。

推论 力的可传性原理

作用在刚体上的力,可以沿其作用线滑移到该刚体上的任意一点,而不改变它对刚体的作用效果。

设有力 F 作用在刚体上的 A 点,如图 1-5(a)所示。根据加减平衡力系公理,可在力的作用线上任一点 B 处,沿力的作用线加一对等值反向的平衡力 F_1 和 F_2 ,并使 $F_1 = -F_2 = -F$,如图 1-5(b)所示。由加减平衡力系公理知,这样并不影响原力 F 对刚体作用的效应,即力系 (F, F_1, F_2) 与原力 F 等效。而力 F 和 F_1 也是一个平衡力系,可以减去,则剩下的力 F_2 与原力 F 等效。这就相当于力 F 沿其作用线就由 A 点移动到了 B 点,但其效应不变,如图 1-5(c)所示。

由力的可传性原理可知,对于刚体来说,力的作用点已不是决定于力的作用效果的要素,它已被作用线所取代。所以,力的三要素可改为:力的大小、方向和作用线。