

全国水利水电高职教研会
中国高职教研会水利行业协作委员会

规划推荐教材

高职高专土建类专业系列教材

● 建筑力学 ●

主 编 凌卫宁 梁秋生
副主编 余金凤 李桐栋 周广宇
主 审 满广生



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

全国水利水电高职教研会
中国高职教研会水利行业协作委员会

规划推荐教材

高职高专土建类专业系列教材

建筑力学

主 编 凌卫宁 梁秋生
副主编 余金凤 李桐栋 周广宇
主 审 满广生



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材为全国高职高专土建类专业系列教材之一，是全国水利水电高职教研会、中国高职教研会水利行业协作委员会规划推荐教材。作者本着高职高专特色，依据高职高专土建类专业人才培养方案和课程建设的基本要求，以及教研会讨论研究制定的教学大纲进行设计和编写。其文字通俗易懂、内容精炼。全书内容包括：绪论，静力学基础，平面力系的合成与平衡，材料力学基础，轴向拉伸与压缩，截面的几何性质，弯曲的强度计算，组合变形，压杆稳定，平面体系的几何组成分析，静定结构的内力计算，静定结构的位移计算，超静定结构的内力计算，影响线。为了方便学生自学，均在每章之前提出学习目标，每章之后给出小结并附有思考题和习题及其答案。

本教材为土建类专业的教学用书，也可作为建筑工程技术人员的参考书。

图书在版编目（C I P）数据

建筑力学 / 凌卫宁，梁秋生主编. — 北京：中国水利水电出版社，2009.9
（高职高专土建类专业系列教材）
全国水利水电高职教研会、中国高职教研会水利行业协作委员会、规划推荐教材
ISBN 978-7-5084-6852-5

I. ①建… II. ①凌… ②梁… III. ①建筑力学—高等学校：技术学校—教材 IV. ①TU311

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第176041号

书 名	高 职 高 专 土 建 类 专 业 系 列 教 材 全 国 水 利 水 电 高 职 教 研 会 中 国 高 职 教 研 会 水 利 行 业 协 作 委 员 会 规 划 推 荐 教 材 建筑力学
作 者	主 编 凌卫宁 梁秋生 副主编 余金凤 李桐栋 周广宇 主 审 满广生
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
刷 印	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 18.75印张 445千字
版 次	2009年9月第1版 2009年9月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	36.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言

《建筑力学》是全国水利水电高职高专规划推荐教材。本教材是依据高职高专土建类专业的人才培养方案和课程建设的基本要求进行设计和编写的，适合作为土建类专业的教学用书，也可作为建筑工程技术人员的参考书。

本教材贯彻高等职业教育改革精神，突出职业教育特点，突出实践性、实用性、指导性，力求做到层次分明、思路清晰明确、结构合理，叙述简练通俗，例题典型，少理论、多应用、多结论，有步骤、有总结，使其更加易懂、易于接受。教材内容由静力学、材料力学、结构力学三大部分的相关实用性内容组成，不同的专业可根据专业要求进行选择。

本教材共 14 章，每章附有一定数量的思考题和习题，以及习题答案，以便于学生自学。

本教材由凌卫宁、梁秋生主编，安徽水利水电职业技术学院满广生主审。其中，山东水利职业学院梁秋生编写第 2 章，周广宇编写第 14 章；河北工程技术高等专科学校李桐栋编写第 13 章；四川水利职业技术学院高剑飞编写第 4 章、第 9 章；安徽水利水电职业技术学院孔定娥编写第 10 章，张彩凤编写第 5 章；黄河水利职业技术学院娄冬编写第 3 章；福建水利电力职业技术学院刘明华编写第 6 章、第 8 章；长江工程职业技术学院陈瑞亮编写附录；广西水利电力职业技术学院凌卫宁编写第 1 章、第 11 章，余金凤编写第 7 章，周欢编写第 12 章。

本教材在编写过程中得到了全国水利水电高职教研会及编者所在单位的大力支持，在此一并致谢。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和缺陷，恳请广大读者批评指正。

编 者

2009 年 8 月

主要符号表

名 称	符 号	单 位
集中力	F	N、kN
柔性约束反力	T	N、kN
光滑面约束反力	N	N、kN
代数和	Σ	
合力, 支反力	R	N、kN
支反力分力	$R_X、R_Y$	N、kN
链杆、二力杆约束反力	R	N、kN
重力	W	N、kN
分布力	q	N/m、kN/m
外力偶矩	m	N·m、kN·m
投影	$X、Y$	N、kN
力矩	$m_o(F)、m_o$	N·m、kN·m
轴力	N	N、kN
剪力	Q	N、kN
弯矩	M	N·m、kN·m
挤压力	F_j	N、kN
压杆的临界力	F_{cr}	N、kN
正应力	σ	MPa
剪应力	τ	MPa
挤压应力	σ_j	MPa
压杆的临界应力	σ_{cr}	MPa
许用正应力	$[\sigma]$	MPa
许用剪应力	$[\tau]$	MPa
许用挤压应力	$[\sigma_j]$	MPa
稳定许用应力	$[\sigma_{cr}]$	MPa
弹性模量	E	MPa
剪切弹性模量	G	MPa
稳定安全系数	K_w	
动荷系数	K_d	
泊松比、长度系数 (支座系数)	μ	
折减系数	φ	
面积	A	mm ²
剪切面面积	A_r	mm ²
挤压面面积	A_j	mm ²
静矩	$S_Y、S_Z$	mm ³
惯性矩	$I_Y、I_Z$	mm ⁴
抗弯截面系数	$W_Y、W_Z$	mm ³
压杆的柔度	λ	
线刚度	i	N·m、kN·m
转角	θ	rad
转动刚度	s	N·m、kN·m
分配系数	μ	
传递系数	c	

目 录

前言

主要符号表

第 1 章 绪论	1
1.1 建筑力学的研究对象	1
1.2 建筑力学的任务和内容	2
本章小结	4
思考题	4
第 2 章 静力学基础	5
2.1 静力学基本概念	5
2.2 静力学公理	7
2.3 约束与约束反力	9
2.4 受力图	14
本章小结	17
思考题	18
习题	18
第 3 章 平面力系的合成与平衡	20
3.1 平面汇交力系的合成	20
3.2 平面力偶系的合成	24
3.3 平面一般力系的合成	28
3.4 平面力系的平衡	31
本章小结	39
思考题	40
习题	41
第 4 章 材料力学基础	45
4.1 变形固体及基本假定	45
4.2 内力和应力	46
4.3 杆件变形的基本形式	48
本章小结	50

思考题	50
第 5 章 轴向拉伸与压缩	51
5.1 轴向拉伸与压缩杆件的内力	51
5.2 轴向拉（压）杆件横截面上的应力	53
5.3 轴向拉（压）杆件的变形	56
5.4 轴向拉（压）杆件的强度计算	57
5.5 连接件的强度计算	60
本章小结	65
思考题	66
习题	66
第 6 章 截面的几何性质	71
6.1 形心和静矩	71
6.2 惯性矩	75
本章小结	78
思考题	79
习题	80
第 7 章 弯曲的强度计算	82
7.1 梁横截面上的内力	82
7.2 梁横截面上的应力	96
7.3 梁的强度计算	100
本章小结	106
思考题	107
习题	107
第 8 章 组合变形	113
8.1 概述	113
8.2 斜弯曲	114
8.3 拉伸（压缩）与弯曲组合变形	119
8.4 截面核心	125
本章小结	126
思考题	126
习题	127
第 9 章 压杆稳定	130
9.1 压杆稳定的概念	130
9.2 压杆的临界力	132
9.3 压杆的临界应力	133

9.4 压杆的稳定计算	136
9.5 提高压杆稳定性的措施	141
本章小结	142
思考题	143
习题	143
第 10 章 平面体系的几何组成分析	145
10.1 结构的计算简图	145
10.2 平面杆系结构的分类	148
10.3 平面体系的几何组成分析	149
10.4 静定结构与超静定结构	154
本章小结	155
思考题	155
习题	156
第 11 章 静定结构的内力计算	158
11.1 多跨静定梁	158
11.2 静定平面刚架	162
11.3 三铰拱	168
11.4 静定平面桁架	175
11.5 静定结构的特性	184
本章小结	185
思考题	186
习题	186
第 12 章 静定结构的位移计算	191
12.1 概述	191
12.2 计算结构位移的一般公式	195
12.3 静定结构在荷载作用下的位移计算	197
12.4 图乘法	200
12.5 静定结构在支座移动时的位移计算	204
本章小结	206
思考题	207
习题	207
第 13 章 超静定结构的内力计算	210
13.1 超静定结构概述	210
13.2 力法	212
13.3 位移法	224

13.4 力矩分配法	237
本章小结	247
思考题	248
习题	248
第 14 章 影响线	255
14.1 影响线的概念	255
14.2 静定梁的影响线	256
14.3 影响线的应用	261
14.4 简支梁的内力包络图和绝对最大弯矩	265
本章小结	268
思考题	268
习题	268
附录 型钢表	271
附表 1 热轧等边角钢 (GB 9787—1988)	271
附表 2 热轧不等边角钢 (GB 9788—1988)	274
附表 3 热轧工字钢 (GB 706—1988)	278
附表 4 热轧槽钢 (GB 707—1988)	280
习题答案	282
参考文献	290

第 1 章 绪 论

本章学习目标：了解建筑结构的分类，理解建筑力学的研究对象、任务和内容；掌握结构或构件必须满足的强度、刚度和稳定性等安全要求。

1.1 建筑力学的研究对象

我们的祖先早在 1000 多年以前就会合理地利用石材、木材来建造复杂的建筑物。西安的大雁塔建于唐代，塔身全部采用砖石材料，1000 多年来历经了多次大地震，现今仍保存完好。山西应县佛光寺的木塔，建于 1056 年，塔身为八角形，共 9 层，塔高近于 68m，经过几十次大地震也依然完好无损，是我国现存最早的木结构高层建筑。今天，随着新技术、新材料的不断涌现，高层、超高层建筑拔地而起。在这些建筑物中，每一根梁、柱都必须运用建筑力学进行分析设计。

建筑物承受着各种力的作用。例如：楼板承受着自身的重量、人的重量、设备的重量；墙承受楼板传来的压力和风的压力；基础承受墙身的压力等。在建筑工程中习惯将这些主动作用在建筑物上的力称荷载。在建筑物中承受荷载并传递荷载且起骨架作用的部分或体系称为结构，组成结构的单个物体称为构件。

例如：如图 1.1 (a) 所示为由屋面板、屋架、吊车梁、柱子、基础等组成了工业厂房

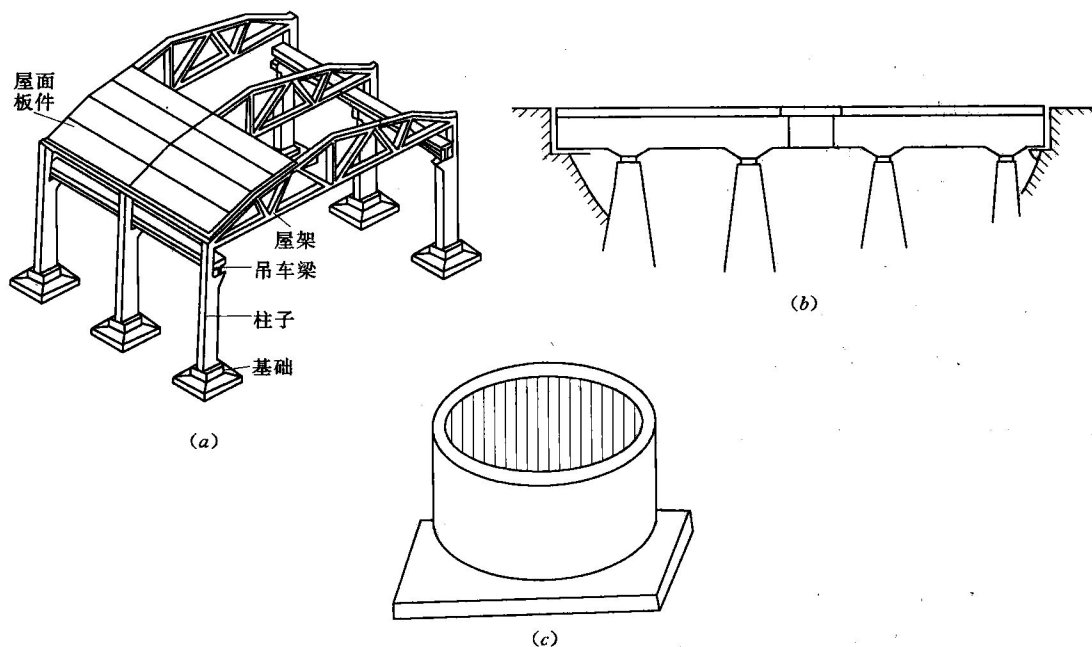


图 1.1

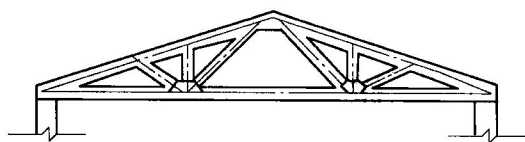


图 1.2

结构,如图 1.1 (b) 所示的桥梁和如图 1.1 (c) 所示的蓄水池等,都是结构的典型例子。

在实际工程中,建筑物的结构形式是多种多样的,按其几何特征可分为三种类型:

(1) 杆系结构。由一些杆件组成的结构,如图 1.2 所示的钢筋混凝土屋架就是一个杆系结构。杆件的几何特征是其长度尺寸远远大于横截面尺寸。如图 1.3 所示。

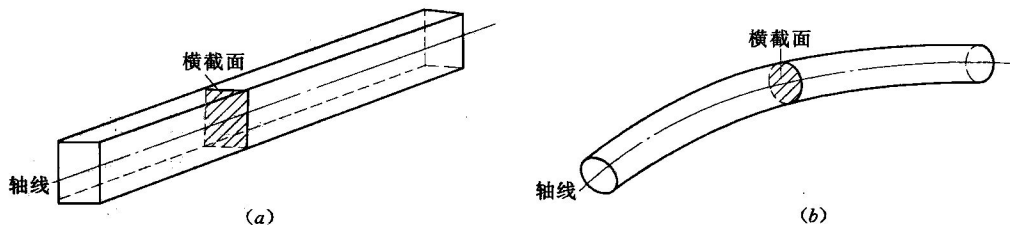


图 1.3

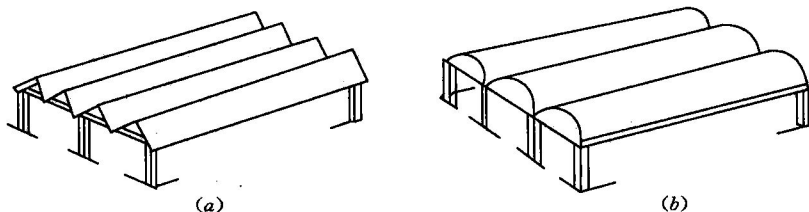


图 1.4

(2) 板壳结构。由薄板或薄壳构成的结构。薄板或薄壳的几何特征是其厚度远远小于另两个方向的尺寸。如图 1.1 (c) 所示蓄水池就是由平板和柱壳组成的板壳结构,房屋建筑中的折板屋顶如图 1.4 (a) 所示、长筒壳屋顶如图 1.4 (b) 所示也属于这类结构。

(3) 实体结构。由一些实体组成的结构。实体几何特征是三维方向的尺寸大致为同一数量级。例如建筑工程中的挡土墙(图 1.5)就属于这类结构。

上述三类结构中,建筑力学的研究对象主要是杆系结构,而板壳结构和实体结构则由弹性力学来研究。

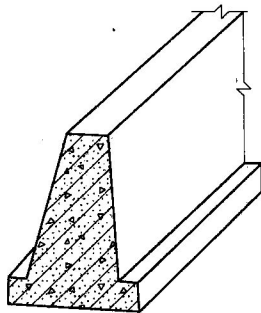


图 1.5

1.2 建筑力学的任务和内容

1.2.1 建筑力学的任务

作为一个结构或构件,确保能正常工作,并安全可靠地承担预定任务,则必须满足强度、刚度和稳定性等方面的安全要求。而强度、刚度和稳定性是否满足要求综合反映了一



个结构或构件的承载能力。

强度是指结构或构件抵抗破坏的能力。一个结构或构件能承受荷载而不破坏，即认为满足强度要求。如果一个结构或构件的强度不足，就有可能产生破坏，例如房屋中的楼板梁，当梁的强度不足时就会发生断裂破坏。

刚度是指结构或构件抵抗变形的能力。任何结构或构件在荷载作用下都会发生变形，为保证结构或构件能正常工作，工程上根据不同的用途，对各种结构或构件的变形给予一定的限制，只要结构或构件的变形不超过这一限值，即认为满足刚度要求。

稳定性是指结构或构件保持原有形式平衡状态的能力。例如受压的细长直杆（图 1.6），在压力不大时，可保持原有直线平衡状态，当压力增加到某一数值时，压杆突然弯曲而丧失承载能力，这种现象称为失稳。压杆失稳后果严重的，会导致整个建筑物倒塌。因此，结构或构件必须满足稳定性要求。

上述三个方面的安全要求在结构或构件设计时都应同时考虑，但对某些结构或构件而言，有时只考虑其中某一个主要方面的要求，有的是以强度为主，有的是以刚度为主，有的是以稳定性为主。一般来说，只要主要方面的要求满足了，其他次要方面的要求也会自然满足。

一个结构或构件要满足强度、刚度和稳定性的安全要求并不难，一般只要选择较好的材料和较大截面的构件即可，但任意选用最好的材料和过大的截面，势必造成优材劣用、大材小用，导致巨大浪费。于是，建筑中的安全可靠与经济合理就形成一对基本矛盾。建筑力学就是为解决这一对矛盾而形成的一门学科。建筑力学的任务是在结构或构件满足强度、刚度和稳定性要求的前提下，以最为经济的代价去选择适宜的材料，确定合理的形状和尺寸，为安全和经济地设计结构和构件提供科学的理论基础和计算方法。

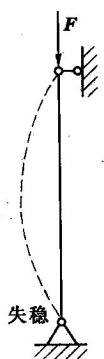


图 1.6

1.2.2 建筑力学的内容

建筑力学是研究各种建筑结构或构件在荷载作用下的平衡条件以及承载能力的科学。其内容分为静力学、材料力学、结构力学三个部分。

(1) 静力学。这主要研究刚体中力之间的平衡规律。这是建筑力学重要的基础理论，其中包括物体的受力分析、力系的合成与平衡等问题。

(2) 材料力学。这主要研究理想变形杆件的承载能力计算。其中包括各类变形杆件的内力与应力分析和强度、刚度及稳定性计算。

(3) 结构力学。这主要研究结构的承载能力计算。其中包括：①几何组成分析；②静定结构的内力和位移计算；③超静定结构的内力和位移计算，其中包括用力法、位移法和力矩分配法解各类超静定结构；④作影响线、包络图的方法。

1.2.3 建筑力学的作用

建筑力学知识是建筑工程设计人员和施工人员必不可少的基础知识。作为一名建筑工程技术人员，应该了解建筑结构中各种构件的作用，了解构件的受力情况、力的传递途径，以及构件在力的作用下所发生的破坏情况等，才能正确地进行建筑设计和施工，保证建筑工程质量、避免工程事故发生，更好地采取安全的防范措施。



建筑力学在工科院校建筑类专业的教学体系中前承高等数学、画法几何和建筑制图等公共基础课,后接建筑结构、土力学、钢结构、建筑施工等专业课,是建筑工程类专业的一门十分重要的专业基础课程。

1.2.4 建筑力学的学习方法

(1) 通过观察工程实践的各种现象,经过抽象化建立力学模型,从而进行分析和归纳,进一步总结建筑力学的基本规律。

(2) 建筑力学具有抽象、计算类型较多的特点,要理解它的概念和基本原理,掌握它的分析方法,切忌死记硬背。

(3) 要多比较、多做习题。做习题是学好建筑力学的重要环节。

本 章 小 结

在建筑物中承受荷载并传递荷载且起骨架作用的部分或体系称为结构,组成结构的单个物体称为构件。

建筑力学的研究对象有杆系结构、板壳结构、实体结构。建筑力学的任务是在结构或构件满足强度、刚度和稳定性要求的前提下,为安全、经济地设计合理的构件形状和尺寸提供科学的理论基础和计算方法。建筑力学的内容分为静力学、材料力学、结构力学三个部分。

建筑力学对工程实践以及后续课程相当重要,要多练习,掌握好基本知识。

思 考 题

- 1.1 何谓工程结构?
- 1.2 建筑力学的研究对象是什么?
- 1.3 建筑力学的任务和内容有哪些?

第2章 静力学基础

本章学习目标：静力学主要研究物体在力作用下的平衡规律。通过对本章的学习，了解荷载的分类、内力和外力的概念；理解常见的几种约束类型的特点及其约束反力；掌握力、平衡的概念；掌握静力学的公理及其推论；掌握物体及物体系统受力图的绘制。

2.1 静力学基本概念

2.1.1 力的概念

力的概念是人们在长期的生活和生产实践中逐渐形成的。例如，当人推小车时由于肌肉紧张收缩，就会感到人对小车施加了力，使小车由静止到运动或使小车的运动速度发生变化，同时会感到小车也在推人；手用力拉弹簧，使弹簧发生伸长变形，同时感到弹簧也在拉手。这种力的作用在物体与物体之间也会发生，例如：自空中落下的物体由于受到地球的引力作用而使运动速度加快，桥梁受到车辆的作用而产生弯曲变形，等等。

力是物体间相互的机械作用。这种作用能使物体的运动状态发生改变，称为力的外效应；也可使物体发生变形，称为力的内效应。静力学主要研究力的外效应，而内效应是材料力学研究的内容。

物体之间的相互机械作用从作用形式看，可以分成两类。一类是直接接触作用产生的力，例如土对墙的压力，车轮与轨道间摩擦力等。另一类是间接作用产生的力，例如重力、万有引力、电磁力等。由力的定义可知：力不能脱离物体而单独存在，是物体与物体之间的相互作用。

实践证明，力的作用效果完全决定于力的三个要素：力的大小、力的方向和力的作用点。

力的大小指物体之间的相互机械作用的强弱程度。在国际单位制中，力的单位是牛[顿] (N) 或千牛[顿] (kN)。

$$1\text{kN}=1000\text{N}$$

力是一个不仅有大小还有方向的量，所以是一个矢量，字母用 F 表示，图示用一带箭头的线段来表示；线段的长度表示力的大小，箭头指向表示力的方位，线段的起点或终点表示力的作用点。

2.1.2 荷载的分类

结构或构件所承受的荷载形式多种多样，按荷载作用方式可分为不同的类型。

1. 按荷载作用的范围分类

按荷载作用的范围可分为分布荷载和集中荷载。

作用在体积、面积和线段上的荷载分别称为体荷载、面荷载和线荷载，统称为分布荷载。如重力分布属于体荷载，风、雪的压力等属于面荷载。本教材中局限于研究由杆件组



成的结构,可将杆件所受的分布荷载视为作用在杆件的轴线上。这样,杆件所受的分布荷载均为线性分布荷载,简称线荷载。

如果荷载作用的范围与构件的尺寸相比十分微小,这时可认为荷载集中作用于一点,并称之为集中荷载。

当以刚体为研究对象时,作用在构件上的线性分布荷载可用其合力(集中荷载)来代替。例如线性分布的重力荷载可用作用在重心上的集中合力代替。当以变形固体为研究对象时,作用在构件上的分布荷载则不能用其集中合力来代替。

2. 按荷载作用时间的长短分类

按荷载作用时间的长短可分为恒荷载和活荷载。

长期作用在结构上的不变荷载称为恒荷载。结构的自重、固定在结构上的永久性设备重量等属于恒荷载。

作用在结构上随时间改变的荷载称为活荷载。人群、风、雪、吊车荷载等属于活荷载。

3. 按荷载作用的性质分类

按荷载作用的性质可分为静荷载和动荷载。

静荷载是大小、方向和作用位置都不随时间改变的荷载。如梁、板的自重属于静荷载。动荷载是大小、方向和作用位置随时间改变的荷载。如机器设备的运动部分所产生的干扰力,爆炸冲击力,地震时由于地面运动在结构上产生的惯性力等荷载属于动荷载。

2.1.3 常用的概念

1. 刚体

在力的作用下,其内部任意两点间的距离始终保持不变,这样的物体称之为刚体。它是一个抽象化的力学模型。实际上物体在力的作用下,都会产生不同程度的变形,因此绝对的刚体是不存在的。例如建筑物中的梁,它在中央处最大的下垂一般只有梁长度的 $1/300$ 。但一个物体在力的作用下变形很小,这种微小的变形,对于讨论物体的平衡问题影响甚少,可以忽略不计,因而可将物体看成是不变形的。

静力学研究的物体只限于刚体,故称为刚体静力学,它是研究变形体力学的基础。

然而,当讨论物体受到力的作用后会不会破坏时,变形就是一个主要的因素,这时就不能再把物体看作刚体,而应该看作变形体。必须指出,以刚体为对象得出的力系的平衡条件,一般也可以推广应用于变形很小的变形体的平衡问题。

2. 平衡

一般将地球作为参照系,物体相对于惯性参考系保持静止或作匀速直线运动,则称物体处于平衡状态。平衡是物体机械运动的一种特殊形式。例如:房屋、水坝、桥梁相对于地球是保持静止的,在直线轨道上作匀速运动的火车、沿直线匀速起吊的构件,它们相对于地球作匀速直线运动,这些都是平衡的实例。它们的共同特点,就是运动状态没有变化。

3. 力系与平衡力系

在一般情况下,一个物体总是同时受到若干个力的作用。我们把作用在一物体上的一



组力称为力系，使物体保持平衡状态的力系称为平衡力系。

根据力系中诸力作用线的分布情况，可将力系分为平面力系和空间力系两大类。诸力作用线位于同一平面内的力系称为平面力系，诸力作用线不在同一平面内的力系称为空间力系。

4. 合力、分力和等效力系

在静力学中具体讨论两个问题：力系的简化和力系的平衡条件。在一般情况下，物体受到力系的作用，会使运动状态发生变化，只有当力系满足某些条件时，才能使物体处于平衡状态。例如起吊构件时，绳索的拉力大于或小于构件的重力，构件就加速直线上升或减速直线上升，只有当拉力与重力相等时，构件才会匀速直线上升或静止，即构件处于平衡状态。讨论物体在力系作用下处于平衡时，力系所应该满足的条件，称为力系的平衡条件，这是静力学讨论的主要问题。在讨论力系的平衡条件中，往往需要把作用在物体上的复杂力系，用一个与原力系作用效果相同的简单力系来代替，使得讨论平衡条件时比较方便。这种对力系作用效果相同的代换，就称为力系的简化，或称为力系的合成。若两个力系分别作用于同一物体上时，其效应完全相同，则称这两个力系为等效力系。在特殊情况下，如果一个力与一个力系等效，则称此力为该力系的合力，而力系中的诸力称为此合力的分力。

建筑物中的构件在正常情况下都处于平衡状态，因此，建筑力学首先要研究物体的平衡问题。

2.2 静力学公理

静力学公理是人们在长期的生产和生活实践中，经过反复观察和实验总结出来的符合客观实际的最一般的规律。它阐述了力的一些基本性质，是静力学部分的基础。

2.2.1 二力平衡公理

作用在同一刚体上的两个力，使刚体保持平衡的必要与充分条件是：这两个力大小相等、方向相反，作用在一条直线上（图 2.1）。

必须指出，对于刚体这个条件是既必要的又是充分的。但对于非刚体，这个条件是不充分的。例如：软绳受两个等值反向的拉力作用可以平衡，而受两个等值反向的压力作用则不能平衡。工程中把只受两个力作用而处于平衡状态的构件称为二力构件（或二力杆）。二力构件上的两个力必须满足二力平衡条件。

2.2.2 力的平行四边形法则

作用于物体上同一个点的两个力，可以合成为一个合力。合力也作用在该点；合力的大小和方向由这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示。

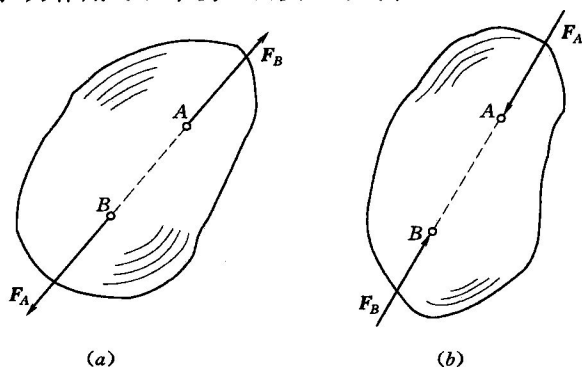


图 2.1



如图 2.2 (a) 所示。合力矢与分力矢的关系用矢量表示为

$$F_R = F_1 + F_2$$

即合矢量等于这两个分力矢的矢量和。

这个公理说明力的合成遵循矢量加法，只有当两个力共线时，才能用代数加法。

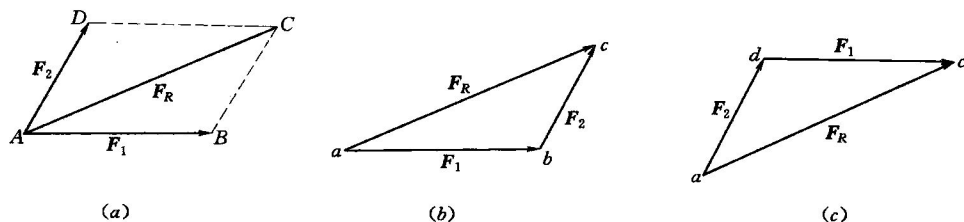


图 2.2

力的平行四边形法则可以简化为力三角形法则，如图 2.2 (b)、(c) 所示。力三角形的两边由两个分力矢首尾相连组成，第三边则为合力矢 F_R ，它由第一个力的起点指向最后一个力的终点，而合力的作用点仍在二力的交点处。

2.2.3 加减平衡力系公理

在已知力系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。这个公理也只适用于刚体，是力系简化的重要依据。

根据上述公理可以导出下列推论：

推论 I：力的可传性原理

作用在刚体上某点的力，可沿其作用线任意平移至刚体上的任意一点，而不改变该力对刚体的作用效应。

此推论可由二力平衡公理和加减平衡力系公理导出，读者可以自己证明。

因此，对于刚体来说，力的作用点不再是力的三要素之一，它已为作用线代替。作用在刚体上的力矢可沿作用线移动。

推论 II：三力平衡汇交定理

一刚体受互不平行的三个力作用且处于平衡状态，则此三力必在同一平面内，且三个力的作用线必汇交于一点。

证明：如图 2.3 所示，在刚体的 A_1 、 A_2 、 A_3 三点上，分别作用三个互不平行的力 F_1 、 F_2 和 F_3 使刚体处于平衡。

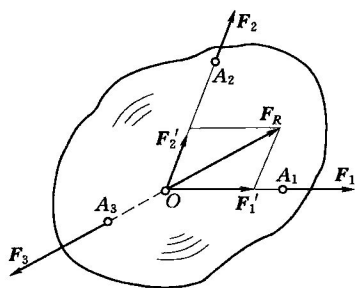


图 2.3

根据力的可传性，将力 F_1 和 F_2 移到汇交点 O ，然后根据力的平行四边形法则，得合力 F_R ，则力 F_3 应与 F_R 平衡。由于两力平衡必须共线，所以力 F_3 必与力 F_1 和 F_2 共面，且通过其交点 O 。

2.2.4 作用与反作用定律

两个物体间的作用力与反作用力总是大小相等、方向相反，作用在同一条直线上。

在应用这个公理时必须注意：作用力与反作用力总