

高等学校教材

建筑力学

张良成 主 编

刘福胜 副主编
戴景军



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

·高等学校教材·

建 筑 力 学

张良成 主 编
刘福胜 副主编
戴景军

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书依据高等学校土建类力学课程教学基本要求编写的,内容包括:绪论、力学基本知识、平面力系、空间力系、截面的几何性质、杆件的内力与变形、杆件的应力与强度、应力状态与强度理论、组合变形分析、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、力法、位移法、渐近法、影响线及其应用、矩阵位移法等十八章。

本书采用国际单位制(SI)规定的计量单位和 GB3100-3102-93《量和单位》中规定的有关符号,每一章后附小结、思考题和一定数量的习题并附习题答案。

本书为高等学校工科力学课程改革教材,主要适用于土建类和水利类专业,也可作为有关专业工程技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP)数据

建筑力学/张良成主编. —北京:中国水利水电出版社,
2000.5

高等学校教材

ISBN 7-5084-0250-2

I. 建… II. 张… III. 建筑结构-结构力学-高等学校-教材 IV. TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 12079 号

书 名	高等学校教材 建筑力学
作 者	张良成 主编
出 版	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044) 网址:www.waterpub.com.cn E-mail:sale@waterpub.com.cn 电话:(010)63202266-2109,68345101(金五环)
发 行	新华书店北京发行所
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国人民大学印刷厂
印 刷	北京市地质矿产局印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 38 印张 860 千字
版 次	2000 年 2 月第一版 2000 年 2 月北京第一次印刷
印 数	0001—1550 册
定 价	48.00 元

凡购买本图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社金五环出版服务部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

根据高等教育教学改革的要求,两年前我们编写了《建筑力学》讲义,在使用过程中,多次征求意见,不断地修改完善。现在奉献给读者的这本书,可以说是我们近年来教学和研究的初步成果。

本教材是为高等学校水利、土建和路桥类专业编写的,也可作为有关专业教材和工程技术人员参考用书。

本书体现了以应用为目的,以必须够用为度的教学原则。在内容编排上突出理论知识的应用和实践能力的培养;在体系结构上不同于迄今出版的《建筑力学》教材,通过对《理论力学》、《材料力学》、《结构力学》三门课程的整合重组,对静定结构按照外力、内力、变形、应力、强度和刚度的顺序进行理论分析和计算,在此基础上引出各种超静定结构的解算方法,形成了一门具有新体系的《建筑力学》。编写时力求作到由浅入深,重点突出,叙述清楚,循序渐进。公式推导从简,避免内容重复,加大信息量,注意联系实际。并在每章之后予以小结,同时附有思考题和习题,在全书最后给出了部分习题的答案。

本书采用了GB3100~3102-93《量和单位》中的有关符号。

本书共有十八章。第一章、第七章由刘福胜同志编写,第二、六、九章由郑九华同志编写,第三章由戴景军同志编写,第四、十章由范庆忠同志编写,第五章由王再兴同志编写,第十一、十二章由黄胜伟同志编写,第八、十三章由姜德贵同志编写,第十四章由王克忠同志编写,第十五章由张良成同志编写,第十六、十七章由王素华同志编写,第十八章由王雨苗同志编写。

全书由张良成同志担任主编,刘福胜、戴景军同志担任副主编。

本书在编写过程中,得到了学校有关方面的大力支持和帮助,在此一并表示衷心感谢!

鉴于编者水平有限,又是课程改革和教学改革的初步成果,难免存在着不妥和错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

1999年11月

目 录

前 言

第一章 绪论	1
§ 1-1 建筑力学的发展概况	1
§ 1-2 建筑力学研究对象	2
§ 1-3 建筑力学的基本任务	5
§ 1-4 建筑力学与生产实践的关系	5
第二章 力学基本知识	7
§ 2-1 基本概念	7
§ 2-2 静力学基本定律	8
§ 2-3 约束和约束反力	11
§ 2-4 物体的受力分析和受力图	14
小 结	18
思考题	18
习 题	19
第三章 平面力系	22
§ 3-1 平面汇交力系	22
§ 3-2 平面力偶系	30
§ 3-3 平面任意力系	33
§ 3-4 物体系统的平衡	43
§ 3-5 平面桁架	48
§ 3-6 考虑摩擦时物体的平衡问题	53
小 结	60
思考题	60
习 题	62
第四章 空间力系	74
§ 4-1 空间汇交力系	75
§ 4-2 空间力偶系	79
§ 4-3 空间任意力系	83
§ 4-4 物体的重心	92
小 结	96
思考题	97
习 题	97
第五章 截面的几何性质	102
§ 5-1 截面的静矩和形心	102

§ 5-2 截面的惯性矩、惯性积及极惯性矩	104
§ 5-3 平行移轴公式及组合截面的惯性矩和惯性积	107
§ 5-4 形心主轴和形心主惯性矩	109
小 结	112
思考题	112
习 题	113
第六章 杆件的内力与变形	115
§ 6-1 基本概念	115
§ 6-2 轴向拉压杆的轴力和变形	118
§ 6-3 扭矩和变形	125
§ 6-4 梁的剪力和弯矩	132
§ 6-5 荷载集度、剪力和弯矩的微积分关系	139
§ 6-6 叠加法作梁的剪力图和弯矩图	145
§ 6-7 梁的变形	149
§ 6-8 简单超静定问题	160
小 结	164
思考题	164
习 题	166
第七章 杆件的应力和强度	177
§ 7-1 轴向拉(压)杆的应力与强度	177
§ 7-2 材料的力学性质	182
§ 7-3 轴的应力与强度	189
§ 7-4 梁的应力与强度	192
§ 7-5 剪切和挤压的实用计算	206
小 结	212
思考题	212
习 题	213
第八章 应力状态与强度理论	221
§ 8-1 应力状态的概念	221
§ 8-2 平面应力状态分析	223
§ 8-3 空间应力状态简介	233
§ 8-4 强度理论及其应用	237
小 结	243
思考题	244
习 题	244
第九章 组合变形分析	248
§ 9-1 组合变形的概念及其分析方法	248
§ 9-2 斜弯曲	249
§ 9-3 弯曲与拉伸或压缩的组合	254
§ 9-4 偏心压缩	257

§ 9-5 弯扭组合变形	263
小 结	267
思考题	267
习 题	268
第十章 压杆稳定	272
§ 10-1 压杆稳定的概念	272
§ 10-2 理想压杆的临界力	273
§ 10-3 压杆的临界应力	277
§ 10-4 压杆的稳定计算	280
小 结	283
思考题	284
习 题	284
第十一章 平面体系的几何组成分析	286
§ 11-1 概述	286
§ 11-2 平面体系的自由度	287
§ 11-3 平面体系几何组成规则	290
小 结	295
思考题	296
习 题	296
第十二章 静定结构的内力计算	300
§ 12-1 工程实际中常见静定结构及其计算简图	300
§ 12-2 多跨静定梁的内力计算	305
§ 12-3 静定平面刚架的内力计算	309
§ 12-4 静定三铰拱的内力计算	320
§ 12-5 组合结构的内力计算	328
§ 12-6 静定结构的静定特性	331
小 结	334
思考题	335
习 题	335
第十三章 静定结构的位移计算	341
§ 13-1 概述	341
§ 13-2 刚体体系的虚功方程及其应用	343
§ 13-3 结构位移计算的一般公式	348
§ 13-4 静定结构在荷载作用下的位移计算	353
§ 13-5 图乘法	358
§ 13-6 静定结构由于支座位移温度变化所引起的位移	364
§ 13-7 线性变形体系的互等定理	367
小 结	369
思考题	370
习 题	371

第十四章	力法	374
§ 14-1	超静定次数的确定	374
§ 14-2	力法基本概念	376
§ 14-3	力法的典型方程	378
§ 14-4	用力法计算超静定结构示例	379
§ 14-5	超静定结构的位移计算与内力图校核	386
§ 14-6	对称性的利用	389
§ 14-7	用力法计算超静定拱	397
§ 14-8	单跨超静定梁在外因作用下的杆端力	409
§ 14-9	超静定结构的特性	414
小 结		415
思考题		416
习 题		416
第十五章	位移法	420
§ 15-1	基本概念	420
§ 15-2	位移法基本体系和基本未知量	421
§ 15-3	位移法典型方程	424
§ 15-4	位移法计算超静定结构实例	428
§ 15-5	用位移法计算有斜柱的刚架	432
§ 15-6	直接利用平衡条件建立位移法方程	435
§ 15-7	位移法与力法联合应用	439
小 结		441
思考题		442
习 题		442
第十六章	渐近法	446
§ 16-1	力矩分配法的基本概念	446
§ 16-2	用力矩分配法计算连续梁和无结点线位移的刚架	451
§ 16-3	有侧移刚架的计算	458
§ 16-4	迭代法	462
§ 16-5	分层法	470
小 结		473
思考题		473
习 题		473
第十七章	影响线及其应用	477
§ 17-1	影响线的概念	477
§ 17-2	用静力法绘制静定梁的影响线	478
§ 17-3	结点荷载作用下主梁的影响线	483
§ 17-4	静定桁架的影响线	485
§ 17-5	用机动法作静定梁的影响线	488
§ 17-6	影响线的应用	491

§ 17-7 用机动法作超静定梁影响线的概念	500
§ 17-8 包络图	503
§ 17-9 简支梁的最危险截面	507
小 结	511
思考题	511
习 题	512
第十八章 矩阵位移法	516
§ 18-1 概述	516
§ 18-2 局部坐标系下单元刚度矩阵	518
§ 18-3 整体坐标系下单元刚度矩阵	521
§ 18-4 直接刚度法——先处理法	524
§ 18-5 非结点荷载的等效变换	530
§ 18-6 计算示例	533
§ 18-7 微机在结构计算中的应用	541
小 结	563
思考题	564
习 题	564
附录 型钢表	567
有关章的部分习题答案	581

第一章 绪 论

§ 1-1 建筑力学的发展概况

一切知识都来源于实践。力学就是在人类的劳动和生产实践中逐渐产生和发展起来的。远古时代,人们为了生存,必须同大自然作斗争,在制造工具、建造住所等生产活动中逐渐积累了许多实用的力学知识。随着社会生产力的发展,积累的知识越来越多,一些原属直观的经验性的力学知识不断地被加以概括、综合、提高,构成了一些基本理论和定律,进而形成了独立的力学学科。可见力学的产生和发展与其他科学一样,一开始就是由生产实践决定的。劳动人民的生产活动是推动社会生产和文化发展的动力,也是推动科学发展的动力。所以劳动人民是科学的主人。

我国是世界四大发明古国。几千年来,勤劳勇敢的中国人民不断地推动着历史的前进,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斗争,在房屋建筑和桥梁工程等方面都取得了许多辉煌的成就,对力学的发展也做出了卓越的贡献。例如我国建筑技术中的木梁架结构的基本原理,在公元前 12 世纪就已经形成。这种梁架很符合力学原则,大大减少了每层梁的弯曲应力,同时梁中的剪应力也仅仅发生在梁两端很小的范围内。早在两千多年前,我国古代匠师,为了解决横梁与立柱衔接处承受过大集中力问题,在木结构中创造性地采用了斗拱结构,它一方面起着将上部荷载逐渐传递到立柱上的作用,另一方面又起着使屋檐加宽的作用,科学地应用了建筑力学的规律。又如隋代(距今近一千四百年)工匠李春主持修建的赵州桥(即今河北赵县洨河上的安济桥),跨度达 37m,桥面宽 9m,为较平坦的空腹式拱桥。他充分利用了石料的抗压性能,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,就地取材,造型美观,结构合理。这比世界上相同类型的石拱桥要早一千二百多年。再如远在汉代,人们就利用竹材抗拉能力强的特性,在四川灌县建造了跨越岷江长达 320m 的竹索桥。至于历代建成的宏伟建筑物更是不胜枚举,而且不少建筑物至今保持完整并在继续使用。这充分体现了我国劳动人民的聪明才智。

我国古代劳动人民还在生产实践的基础上,积累了大量的力学知识,并经过总结提高,编写了不少有价值的科学技术文献,对建筑力学的发展作出了巨大贡献。例如春秋战国时期,墨翟(公元前 468~公元前 376 年)所著的《墨经》,记载了那个时期丰富的光学、力学和几何学等自然科学知识。它最早阐述了力的定义,“力,形之所以奋也”,意思是“使物体运动的就是力”。《墨经》中还阐明了杠杆平衡、二力平衡、绳索平衡和运动的概念,是一部最早系统记载力学资料的著作,在世界力学史上占有光辉灿烂的一页。北宋时期(1103 年)李诫著的《营造法式》,给出了一些确定房屋各部分尺寸和构件合理截面形式的经验公式,这与现代

建筑力学的理论相符合。又如周礼的《考工记》篇,宋代喻浩所著的《木经》等,都是我国关于建筑方面的伟大著作,为我国建筑力学学科的发展奠定了基础。

自 15 世纪以后到新中国成立前,由于封建制度在我国长期延续和剥削阶级的反动统治,尤其是近百年来帝国主义的侵略,对我国的经济和文化进行了极大的摧残,致使我国的生产力停滞不前,严重地阻碍了科学技术的发展,同时也使我国建筑力学的研究和发展受到了极大影响。

在同一时期内,欧洲的封建社会解体,资本主义兴起,社会的发展促进了该地区生产和科学技术的进步。尤其在 17 世纪文艺复兴时期,欧洲的科技迅速发展,从生产建设中提出了一系列新的力学问题。1638 年意大利科学家伽利略(G. Galileo, 1564~1642)经过实验研究和理论分析,发表了其力学名著《两种新科学的对话》,谈及其建筑材料的力学性质、梁的强度以及有关构件尺寸与承载力之间的关系问题。因此后人一般认为,建筑力学作为一门系统的学科始于伽利略。18 世纪,蒸汽机和其他机器的出现,提出了传动轴的扭转和弯曲问题。19 世纪,由于大型钢梁和大跨度钢桁架的出现,以及大型建筑(如厂房、桥梁、船舶、起重机等)的建造,提出了有关梁的强度和刚度、压杆稳定、超静定梁、冲击荷载、振动、疲劳等方面的计算理论与实验技术问题。20 世纪初,在工程结构中采用了钢筋混凝土材料,刚架结构也得到推广,使超静定刚架分析理论得到了发展。本世纪以来,由于建筑工程规模的日益扩大,特别是航空工业和宇宙航行事业的发展,提出了一系列与建筑力学有关的新技术与新理论,促进了抗震计算理论,结构动力学,结构稳定理论,薄壁结构理论,高温、高压、高速情况下的结构计算以及新型材料的力学性质等方面的研究与发展。我们相信,随着生产和科学技术的进步,建筑力学在将来必定会得到更加突飞猛进的发展。

新中国成立后,我国的社会主义建设在水电、道路、桥梁和房屋建筑等各方面都取得了巨大成就,如人民大会堂、首都体育馆、长江大桥、新安江水电站、广州白云宾馆以及亚运村的大型群体建筑等,都是典型的实例。随着我国社会主义建设的深入发展,建筑力学的理论研究和应用水平也获得了迅速的提高。在刚架和厂房排架的计算理论研究,薄壳、轻型结构和空间结构的计算理论,以及结构力学抗震计算等方面,取得了许多出色的成果。特别是近年来,电子计算机的应用日趋普遍,使矩阵分析、有限元法等新的计算方法在结构计算中得到广泛应用,促进了建筑力学的进一步迅速发展。

§ 1-2 建筑力学研究对象

对于土建类专业,建筑力学主要研究对象是组成建筑物的构件和构件系统。

图 1-1 所示为某厂仓库示意图,图 1-2 所示为某厂车间示意图,图 1-3 所示为某校教学楼示意图,由图可以看出,构成这些建筑物的主要部分是屋架、板、梁、柱和基础等。建筑物受到各种力(如风力、屋顶雪重、人和屋重以及建筑物各部分的自重等)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。图 1-1 中的板、梁、柱、基础等都是构件,由这些构件组成了整体结构(即建筑结构)。

进行厂房结构设计时,一般是:首先对厂房进行整体结构布置,把厂房结构分解成一些

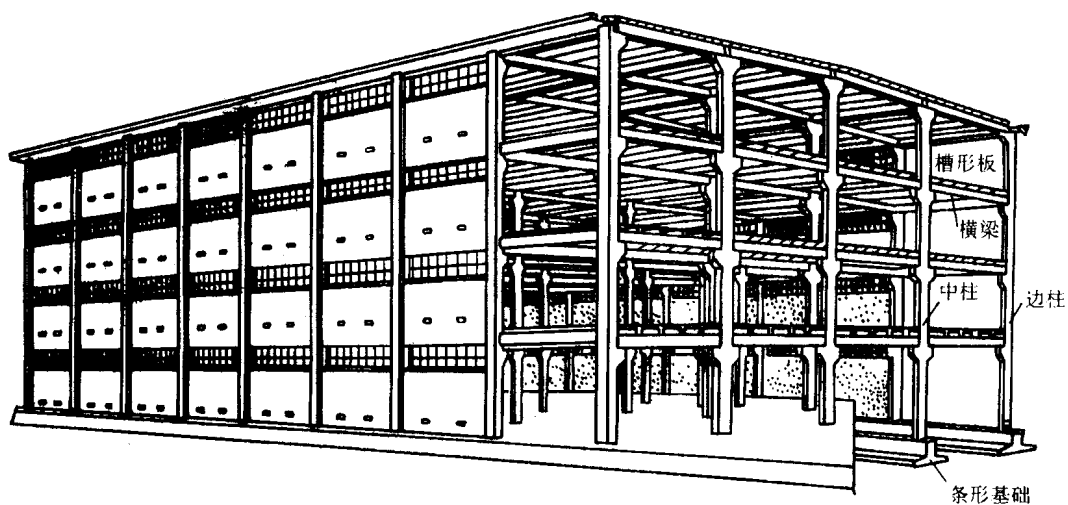


图 1-1

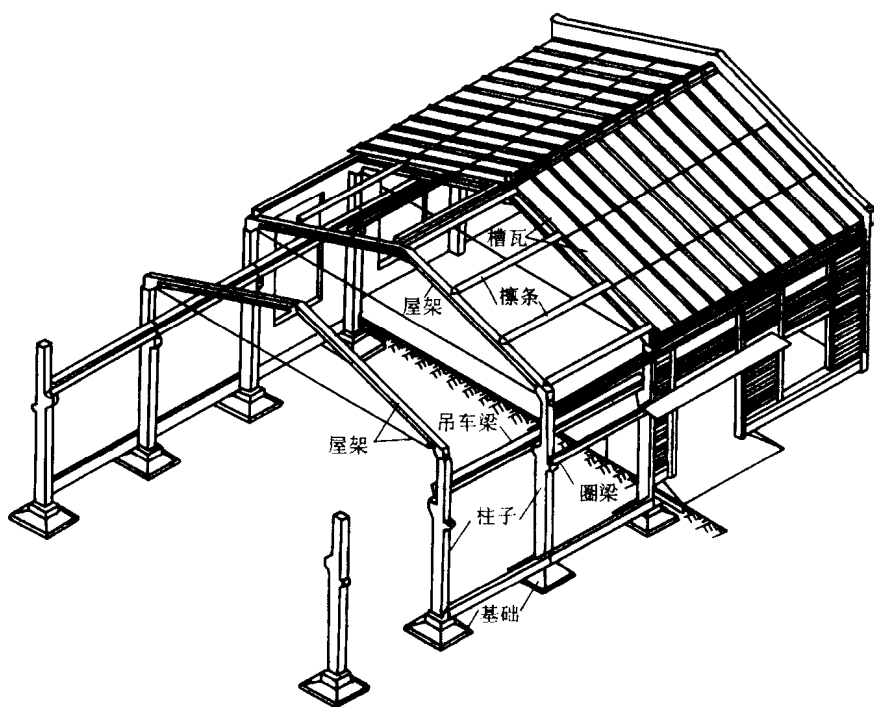


图 1-2

基本构件(板、梁、柱),再逐个对这些构件进行设计,即把一个复杂的厂房结构,转化为一些比较简单的构件设计。设计时要考虑各构件在整体厂房结构中的地位以及彼此间的联系。然后通过构造处理将各个构件联系起来,就构成了整体的厂房结构设计。但需注意,由于设计方案和计算方法的不同,简化后的计算单元可以是一些简单的构件,也可以是由一些构件组成的构件系统。

在工程实际中,我们可以根据它们的主要共同点对结构进行抽象、概括、归纳为如下四类:

1. 杆。如图 1-4(a)所示,它们的几何特征是细而长,即 $l \gg h, l \gg b$ 。杆又分为直杆和曲杆,用杆可以组成杆件系统(或杆系),如图 1-2 所示之屋架。

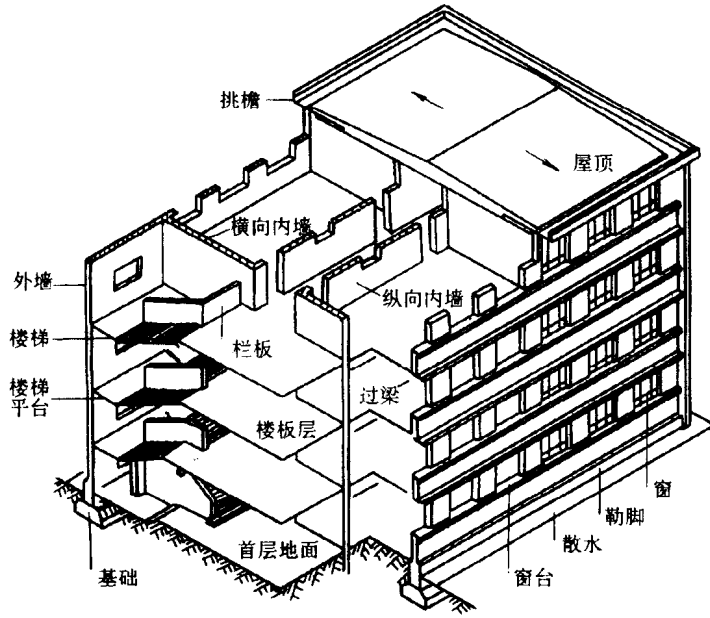


图 1-3

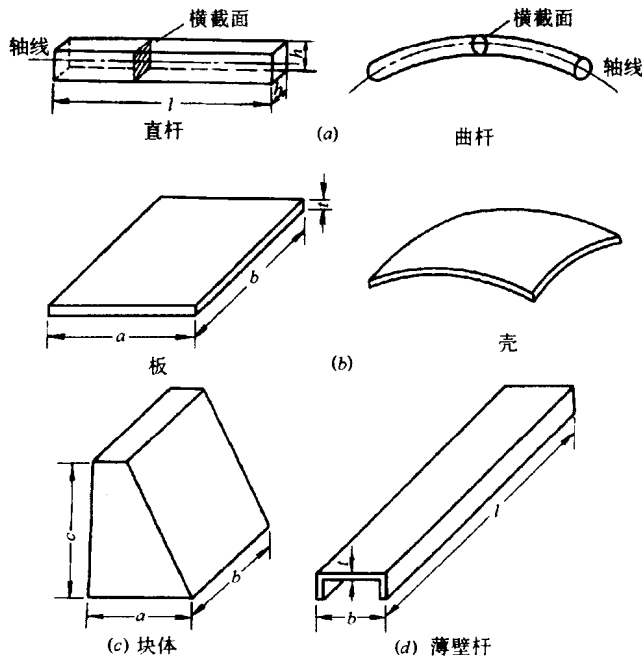


图 1-4

2. 板和壳。如图 1-4(b)所示,它们的几何特征是宽而薄,即 $a \gg t, b \gg t$,平面形状称之为板,曲面形状称之为壳。

3. 块体。如图 1-4(c)所示的坝体,它们的几何特征是长、宽、厚三个尺寸 a, b, c 都是同量级大小的。

4. 薄壁杆。如图 1-4(d)所示的槽型钢材,它们的几何特征是长、宽、厚三个尺寸 l, b, t 相差都很悬殊,即 $l \gg b, b \gg t$ 。

对于杆和薄壁杆,通常用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。显然横截面与轴线是互相垂直的。

综上所述,我们可以说,建筑力学主要研究对象是上述的四种基本构件以及由它们所组成的构件系统。

§ 1-3 建筑力学的基本任务

在建筑结构中,构件的主要作用是承受和传递荷载。由于荷载作用,构件会发生破坏或因变形过大而影响正常使用。但是构件本身具有一定的抵抗破坏和变形的能力,即有一定的承载力,其大小与构件的材料性质、几何形状和尺寸、受力特性、工作条件以及构造情况等有关。在结构设计中,当构件所受荷载大于构件的承载力时,则构件或因强度不够而破坏,或因变形过大而影响正常工作。当构件的承载力过分大于构件的所受荷载时,则势必多用材料,造成浪费。可见,在结构设计中,既要分析荷载,也要对构件承载力进行研究。同时,还要正确认识和运用荷载与承载力之间的对立统一规律,使二者相互适应,设计出适用、安全和经济的结构。总之,结构设计中会遇到很多矛盾,但构件所受荷载与构件的承载力之间的矛盾是基本矛盾。正确解决好这个基本矛盾,正是建筑力学的基本任务。

本书中将研究构件在荷载作用下的受力特性(即构件的平衡和内力分布规律问题),构件在荷载作用下会不会破坏(即构件的强度问题),构件在荷载作用下变形会不会过大而影响正常工作(即构件的刚度问题),构件会不会因丧失原来的几何形状而不能继续承受荷载,引起整个建筑物的倒塌(即构件的稳定性问题)等。因此,建筑力学是研究、分析各种建筑结构构件(或构件系统)在荷载或其他因素(如支座沉陷、温度变化等)作用下维持平衡所需的条件、内力分布规律以及构件(或构件系统)的强度、刚度和稳定性等问题的一门学科。

§ 1-4 建筑力学与生产实践的关系

建筑力学是一门技术科学,是基础科学与工程技术的综合。它一方面吸收基础科学的成果,另一方面从实践出发,把工程技术中的问题和经验,经过科学地分析和研究上升为理论,总结推导出具有普遍意义的基本原理和计算方法,并将这些原理和方法再运用于工程实践中去。在生产实践中,既验证了这些原理和方法的正确性,同时由于生产实践不断提出新问题,也将使这些原理和方法得到丰富和发展,然后再推动生产实践,促进生产发展。因此,建筑力学和其他学科一样,是通过实践—理论—实践的反复过程而逐步发展起来的。正如毛主

席在《实践论》中指出的“理论的基础是实践，又反过来为实践服务。”“通过实践而发现真理，又通过实践而证实真理和发展真理。”^①所以生产实践是科学(包括建筑力学)发生和发展的基础和源泉，同时，科学理论的提高，又反过来推动生产的发展，两者辩证地互相推动而不断的向前发展。

在建筑力学的研究中，实验占着重要的地位。实验是实践不可缺少的一个方面。因为建筑力学所研究的是由建筑材料所组成的实际结构的计算问题，它的理论是直接以这些材料力学性能的实验资料为依据的，所以在建筑力学中，实验具有重要的意义。实验不仅提供了理论分析所需要的资料和为了简化计算所做假设的依据，而且也是验证理论正确性的主要手段。同时，实验还可用以解决现有理论尚不能解决的困难问题，而成为独立解决复杂工程问题的有力工具。

建筑力学研究的问题，就其实际情况来说，往往是很复杂的。为了便于透过复杂的现象抓住问题的本质，常常先忽略一些次要因素，保留主要成分，把复杂问题抽象化为简单而又能反映客观实际的问题，以便于进行理论分析和研究。例如在物体受力分析部分研究物体受力平衡时，如果物体的变形是极其微小的，就可以把它抽象化为“刚体”来研究。在研究结构的计算问题时，也总是先把实际结构抽象化为计算简图，然后对这个计算简图进行分析。这是我们研究建筑力学的根本方法。

我们在用抽象化方法研究问题时，还必须注意到自然界物质运动规律的复杂性。虽然认识将越来越接近真理，但认识却不可能完全反映自然界的客观实际。因此我们在建筑力学中用抽象化方法研究所得的结果，只能说是相对的。从工程实践的要求来看是足够精确的，但非绝对的精确。为了使认识更接近于问题的本质，就需要考虑更多的因素，就需要不停地发现和解决实践中的新问题。

① 《毛泽东选集》第259页，人民出版社出版，1964年4月。

第二章 力学基本知识

§ 2-1 基本概念

一、平衡

所谓平衡,是指物体相对于参考系处于静止或匀速直线运动状态。在一般土建工程问题中,平衡主要是指物体相对于地球的静止。例如混凝土重力坝、挡土墙、桥梁、楼房等建筑物都相对于地球静止,因此它们都处于平衡状态。但必须指出,运动是绝对的和永恒的,而平衡是相对的、暂时的,它只不过是物体运动的一种特殊形式。

二、刚体

自然界中,任何物体在力的作用下都会发生变形。在正常情况下,工程实际中的许多物体(如房屋中的梁、柱和桥梁的桥身等)的变形都非常微小,对物体平衡问题的研究影响不大,可以忽略不计。我们把在力的作用下形状和尺寸都始终保持不变的物体,称为刚体。必须明确,刚体只是由实际物体抽象化得到的一种力学模型,它实际上是不存在的。这样的抽象,可以使问题的研究大为简化。

当在研究的问题中,变形居于主要地位时,就不能将物体看作刚体,而应视为变形体。但不论变形体在受力后,变形情况如何,只要它保持平衡状态,必然要满足把它看作刚体时的平衡条件,所以刚体的平衡规律是研究变形体平衡问题的必要基础。

三、力与力系

力是物体间的相互机械作用,这种作用使物体的运动状态或形状发生改变。力是力学中最基本的概念之一,是人们在长期的生产实践和日常生活中,经过对大量感性认识进行科学归纳、概括和抽象而逐步形成的。

物体间的相互机械作用是多种多样的。有的通过场的作用,如重力场、电磁场等;有的通过相互接触,如水压力、土压力、摩擦力等。但在本书中,并不深究力的来源和物理性质,只着重研究力对物体的作用效果,或者说力对物体的效应。力对物体有两种效应:一是使物体的运动状态发生改变,称为运动效应;二是使物体发生变形,称为变形效应。实际上,变形也是物体内部各部分运动状态发生变化的结果,但因其特殊性,将它同通常的运动状态的改变区别开来。

实践证明,力对物体的效应取决于力的大小、方向和作用点,这称为力的三要素。

量度力的大小的单位名称为牛顿(简称为牛,符号为N)或千牛顿(简称为千牛,符号为kN)。

力的方向包括两层含义:方位和指向。例如重力的方向是“铅垂向下”。“铅垂”是指重力的方位;“向下”是指重力的指向。

力的作用点是指力在物体上的作用位置。一般说来,力的作用位置并不是一个“点”,而是一定的范围。但是当力的作用范围很小或它的大小对所研究的问题影响不大时,其作用位置可近似地看作一个点,这种力称为集中力,这个点称为作用点,力所在的方位线称为力的作用线。当然,力学中还有其他形式的力,它们将在以后逐步介绍。

力既有大小,又有方向,且服从下面将要介绍的矢量平行四边形法则,所以力是矢量。一个集中力,在图上可以用一条带箭头的有向线段来表示,线段的长度按一定比例尺表示力的大小,线段的方位和箭头的指向表示力的方向,线段的起点或终点表示力的作用点,线段的方位线表示力的作用线。力的名称用大写英文字母 F 加上相应的角标表示。 F 表示力,角标表示力的属性或作用点。例如 F_w 表示重力, F_A 表示作用在 A 点的力。为了表示方便,印刷体用粗体字母表示力,用细体字母表示力的大小,例如 $\mathbf{F}_P$ 表示力,而 F_P 则表示力的大小;手写体则在 F_P 上加一短划线,即用 $\bar{F}_P$ 表示力,而 F_P 只表示力 $\bar{F}_P$ 的大小。如图 2-1 所示,有向线段 AB 表示力 $\mathbf{F}_P$, F_P 表示它的大小,而点 A 表示作用点,直线 MN 表示力的作用线。

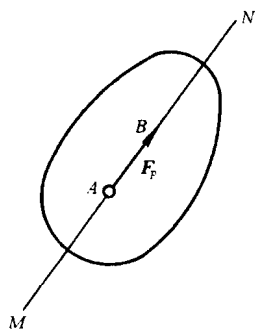


图 2-1

所谓力系,是指作用于物体上的多个力的总称。能使物体保持平衡的力系称为平衡力系。物体在力系作用下要保持平衡所需满足的条件称为平衡条件。

作用于物体上的力系通常比较复杂,本书的一项重要基础任务就是研究力系的简化和力系的平衡规律及其应用。

力系有各种不同的类型,它们的简化结果和平衡规律也不相同。按照力系中各力的作用线是否在同一平面内,力系可分为平面力系和空间力系;按照力系中各力的作用线相交和平行的情况,力系又可分为汇交力系、力偶系、平行力系和一般力系。这些力系将在以后的章节中逐一介绍。

若作用于物体上的一个力系,可以用另一个力系来代替,而不改变对物体的运动效应,则称这两个力系互为等效力系。若一个力和一个力系等效,则该力可称为力系的合力,力系中的各力可称为该力的分力。用一个力等效代替一个力系,称为力的合成;用一个力系等效代替一个力,称为力的分解。注意,这里的“等效”,是对物体的运动效应而言的。

§ 2-2 静力学基本定律

静力学基本定律是学习力学的重要基础。它是人们在长期的生产和生活实践中总结出的客观规律,是对作用在物体上的力的正确反映。静力学基本定律只能由实践来验证其正确性,它是推证其他有关力学理论的依据。

一、二力平衡定律

作用于同一刚体上的两个力成平衡的必要和充分条件是:这两个力大小相等、方向相反、作用线相同。

图 2-2 中给出的几种刚性杆都是在两个共线力的作用下满足 $F_1 = -F_2$ 。因此,它们都处于平衡状态。这种受两个力作用而处于平衡状态的杆件称为二力杆件。图 2-2 中的四杆都是