



人民交通出版社“十一五”  
高职高专土建类专业规划教材

# 建筑力学

主 编 刘志宏 蒋晓燕  
主 审 高 健



人民交通出版社  
China Communications Press



人民交通出版社“十一五”  
 高职高专土建类专业规划教材

# 建筑力学

主 编 刘志宏 蒋晓燕  
 副主编 马晓健 杨石柱 冯昆茶  
 主 审 高 健



人民交通出版社

China Communications Press

## 内 容 提 要

本书根据高职土建专业特点,以培养技能型、实用性人才为目标,努力反映建筑(市政)施工专业所涉及的力学知识。重点内容包括:力学基本知识和力学计算基础等理论力学内容,轴向拉伸与压缩变形、弯曲变形、压杆稳定等材料力学的内容,以及几何组成分析、静定刚架内力计算、力法、位移法和力矩分配法等结构力学的知识。

本书主要适用于高职高专院校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院中建筑工程技术专业、市政工程专业、工程监理专业以及相关专业的教学用书,也可作为有关工程技术人员的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/刘志宏等编. —北京:人民交通出版社,  
2007.8

ISBN 978-7-114-06286-5

I. 建… II. 刘… III. 建筑力学 - 高等学校: 技  
术学校 - 教材 IV. TU311

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第144893号

书 名: 建筑力学

著 者: 刘志宏 蒋晓燕

责任编辑: 邵 江

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 85285656, 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 787×980 1/16

印 张: 30

字 数: 616千

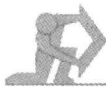
版 次: 2007年8月 第1版

印 次: 2007年8月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-06286-5

定 价: 42.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



## 高职高专土建类专业规划教材编审委员会

### 主任委员

吴 泽(四川建筑职业技术学院)

### 副主任委员

危道军(湖北城建职业技术学院)

范文昭(山西建筑职业技术学院)

赵 研(黑龙江建筑职业技术学院)

袁建新(四川建筑职业技术学院)

李 进(济南工程职业技术学院)

许 元(浙江广厦建设职业技术学院)

韩 敏(人民交通出版社)

### 土建施工类分专业委员会主任委员

赵 研(黑龙江建筑职业技术学院)

### 工程管理类分专业委员会主任委员

袁建新(四川建筑职业技术学院)

### 委员 (以姓氏笔画为序)

马守才(兰州工业高等专科学校)

毛燕红(九州职业技术学院)

王 安(山东水利职业学院)

王 强(北京工业职业技术学院)

王延该(湖北城建职业技术学院)

王社欣(江西工业职业技术学院)

田恒久(山西建筑职业技术学院)

边亚东(中原工学院)

刘志宏(江西建设职业技术学院)

刘晓敏(黄冈职业技术学院)

朱玉春(河北建材职业技术学院)

张修身(陕西铁路工程职业技术学院)

张晓丹(河北工业职业技术学院)

李中秋(河北交通职业技术学院)

李春亭(北京农业职业技术学院)

杨太生(山西建筑职业技术学院)

杨家其(四川交通职业技术学院)

肖伦斌(绵阳职业技术学院)

邹德奎(哈尔滨铁道职业技术学院)

闵 涛(湖南交通职业技术学院)

陈志敏(人民交通出版社)

罗 斌(湖南工程职业技术学院)

侯洪涛(济南工程职业技术学院)

战启芳(石家庄铁道职业技术学院)

钟汉华(湖北水利水电职业技术学院)

曹明东(徐州建筑职业技术学院)

黄国斌(徐州建筑职业技术学院)

蒋晓燕(浙江广厦建设职业技术学院)

韩家宝(哈尔滨职业技术学院)

詹亚民(湖北城建职业技术学院)

蔡 东(广东建设职业技术学院)

谭 平(北京京北职业技术学院)

### 顾问

杨嗣信(北京双圆工程咨询监理有限公司)

谢建民(中国广厦控股集团)

侯君伟(北京建工集团)

陈德海(北京广联达软件技术有限公司)

李 志(湖北城市建设职业技术学院)

### 秘书处

邵 江(人民交通出版社)



## 高职高专土建类专业规划教材出版说明

近年来我国职业教育蓬勃发展,教育教学改革不断深化,国家对职业教育的重视达到前所未有的高度。为了贯彻落实《国务院关于大力发展职业教育的决定》的精神,提高我国土建领域的职业教育水平,培养出适应新时期职业需要的高素质人才,人民交通出版社深入调研,周密组织,在全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会的热情鼓励和悉心指导下,发起并组织了全国四十余所院校一大批骨干教师,编写出版本系列教材。

本套教材以《高等职业教育土建类专业教育标准和培养方案》为纲,结合专业建设、课程建设和教育教学改革成果,在广泛调查和研讨的基础上进行规划和展开编写工作,重点突出企业参与和实践能力、职业技能的培养,推进教材立体化开发,鼓励教材创新,教材组委会、编审委员会、编写与审稿人员全力以赴,为打造特色鲜明的优质教材做出了不懈努力,希望以此能够推动高职土建类专业的教材建设。

本系列教材先期推出建筑工程技术、工程监理和工程造价三个土建类专业共计四十余种主辅教材,随后在2—3年内全面推出土建大类中7类方向的全部专业教材,最终出版一套体系完整、特色鲜明的优秀高职高专土建类专业教材。

本系列教材适用于高职高专院校、成人高校及二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校的土建类各专业使用,也可作为相关从业人员的培训教材。

人民交通出版社

2007年1月

# 前 言

## QIANYAN

本书作为高职院校土建类专业基础课教材,在编写过程中,围绕高职教育培养技能型、实用型人才的目标,遵循高职教育的教学内容“以应用为目的”、“以必要够用为度”的原则,努力使本书的编写既满足高职学生学习相关课程的当前学习需求,又兼顾学生自我学习、自我提高发展的长远学习追求。希望通过对本课程的学习,构建一个满足建筑类专业知识学习要求的平台,保证学生学完本课程内容后,能顺利进行后续专业课程的学习,并具备一定的专业素养,满足进一步学习专业知识及参加注册建造师、监理工程师等专业资格考试的要求。

本书在编排上努力反映高等职业教育的特点和要求,将理论力学、材料力学和结构力学等不同课程内容综合在一起,并根据建设类专业特点,在理论力学知识中只讨论静力学部分,并将与力学关系密切的荷载规范的内容及荷载简化的内容有机地结合在课程内容中。在教学内容取舍上,以满足后续专业课程学习要求为主,突出概念和应用方法的介绍,省略了部分理论性较强的推导过程。在编写风格上追求简单明了、通俗易懂、深入浅出。在保证课程内容的科学性和实用性的同时,维持了力学体系的系统性,有益于学习者进一步的学习要求。

本书最大特点是在建立力学基本概念,介绍力学基本计算内容以及力法、位移法和力矩分配法等超静定结构基本分析方法时,采用了新的视角和新的方法来阐述,使教学内容更加容易被学习者理解和接受,给力学教学带来一些清新的气息,不仅会使初学者容易接受,而且会让学过力学的人也感到耳目一新。

本书由江西建设职业技术学院刘志宏和浙江广厦职业技术学院蒋晓燕共同任主编,由马晓健、杨石柱、冯昆荣担任任副主编。由江西建设职业技术学院刘志宏编写绪论、第一章、第二章、第十五章、第十六章和第十七章,浙江广厦职业技术学院蒋晓燕编写第十二章和第十三章,山西建筑职业技术学院马晓健编



写第五章和第九章,山西建筑职业技术学院张海珍、冯群隆、高岩、荀慧霞分别编写第三章、第四章、第七章、第八章,山东理工大学杨志刚编写第六章,石家庄铁道职业技术学院杨石柱编写第十章。浙江广厦职业技术学院黄乐平编写第十一章,四川省绵阳职业技术学院冯昆荣编写第十四章。本书由浙江水利水电专科学校高健担任主审。

由于编者水平所限,编写时间仓促,本书内容难免有不足与缺憾,敬请读者批评指正。

# 目 录

## MULU

绪论	1
<b>第一章 力学基本知识</b>	<b>5</b>
第一节 力学的基本概念	5
第二节 静力学基本公理	16
第三节 约束	21
第四节 受力图	27
小结	34
思考题	35
习题	35
<b>第二章 力学计算基础</b>	<b>38</b>
第一节 力的投影	38
第二节 力矩和力偶	42
第三节 力系的平衡条件	48
第四节 力系的计算	53
小结	60
思考题	61
习题	62
<b>第三章 轴向拉伸和压缩</b>	<b>66</b>
第一节 轴向拉伸和压缩的外力和内力	66
第二节 内力计算和轴力图	67
第三节 工作应力计算	76
第四节 材料的力学性能	80
第五节 强度条件	87
第六节 轴向拉伸(压缩)变形	93
小结	97

1





思考题	100
习题	101
<b>第四章 剪切与挤压</b>	107
第一节 剪切与挤压的概念	107
第二节 剪切的实用计算	109
第三节 挤压的实用计算	110
小结	114
思考题	115
习题	116
<b>第五章 平面图形的几何性质</b>	117
第一节 概述	117
第二节 静矩	117
第三节 惯性矩 极惯性矩 惯性积 惯性半径	120
第四节 组合图形的惯性矩	125
小结	129
思考题	130
习题	131
<b>第六章 扭转</b>	133
第一节 扭转变形的的外力和内力	133
第二节 薄壁圆管的扭转	140
第三节 圆轴扭转时横截面上的应力和强度刚度计算	144
小结	158
思考题	160
习题	160
<b>第七章 平面弯曲变形</b>	163
第一节 平面弯曲变形的的外力和内力	163
第二节 内力图	174
小结	196
思考题	198
习题	198
<b>第八章 弯曲应力与弯曲变形</b>	201
第一节 弯曲应力	201
第二节 强度条件	217

第三节	弯曲变形	225
小结		230
思考题		231
习题		232
<b>第九章</b>	<b>组合变形</b>	236
第一节	组合变形的计算原则	236
第二节	斜弯曲	237
第三节	拉伸(压缩)与弯曲的组合变形	242
第四节	偏心压缩(拉伸)与截面核心	244
小结		249
思考题		250
习题		251
<b>第十章</b>	<b>应力状态和强度理论</b>	253
第一节	应力状态的概念	253
第二节	平面应力状态分析	256
第三节	主应力 主平面 主切应力	263
第四节	双向和三向应力状态的胡克定律	268
第五节	强度理论	271
小结		279
思考题		280
习题		280
<b>第十一章</b>	<b>压杆稳定</b>	285
第一节	概述	285
第二节	细长压杆的临界力和临界应力	289
第三节	压杆的稳定校核	296
第四节	提高压杆承载能力的措施	306
小结		308
思考题		309
习题		310
<b>第十二章</b>	<b>平面体系的几何组成分析</b>	312
第一节	自由度和约束	312
第二节	简单几何不变体系构成规则	319
第三节	几何组成分析举例	322



小结	326
思考题	327
习题	327
<b>第十三章 静定结构内力分析</b>	<b>329</b>
第一节 多跨静定梁	329
第二节 静定平面刚架	332
小结	341
思考题	342
习题	342
<b>第十四章 静定结构的位移计算</b>	<b>345</b>
第一节 虚功原理	345
第二节 结构的位移计算	350
第三节 图乘法	357
小结	368
思考题	369
习题	370
<b>第十五章 力法</b>	<b>373</b>
第一节 力法基本概念	373
第二节 力法基本原理	381
第三节 力法典型方程	386
小结	404
思考题	405
习题	405
<b>第十六章 位移法</b>	<b>407</b>
第一节 概述	407
第二节 单杆结构分析	411
第三节 位移法基本未知量	416
第四节 位移法典型方程	418
第五节 直接平衡法	436
小结	441
思考题	442
习题	442

<b>第十七章 力矩分配法</b> .....	445
第一节 力矩分配法的计算原理.....	445
第二节 力矩分配法的应用.....	455
小结.....	461
思考题.....	462
习题.....	463
<b>参考文献</b> .....	466

# 绪 论

建筑力学是土建类专业课程体系中最重要专业基础课,无论是从事建筑设计还是建筑施工、建设监理等各种土建专业技术工作,都离不开建筑力学知识。建筑力学知识是每一个从事土建专业工作的技术人员必须具备的基本素质。

## ● 建筑物的作用

从不同的角度来认识建筑物,其作用可以有不同的表述形式。如果从力学的角度(或者说从运动的角度)来看建筑物的作用,高楼大厦只是实现了物体在空中的静止不动。生活经验告诉我们,在高楼大厦里面的空间里,我们可以在空中的楼板上静止不动,而高楼大厦外面的空间里,由于受到地球吸引力的影响,空中的物体一定会发生自由落体运动,并且要一直等到该物体落地以后,物体才会静止不动,如图 0-1a)所示。这个简单的实验,告诉了我们一个深刻的道理,空中的物体由于受到重力作用是不可能静止不动的,只有当物体上的力传到了地面(即落地)后,物体才可能静止不动。

根据物体的力传到地面就可以静止这一道理,很容易理解,当我们做一个支架,托住处在空中的物体 A,如图 0-1b)所示,则 A 物体也是可以在空中处于静止状态,因为物体 A 的力通过支架传到了地面。所以我们可得出结论,只要物体上的力能够安全地传到地面,无论是直接落地的方式传到地面,还是通过支架把物体的力传到地面,物体都可以保持静止不动。

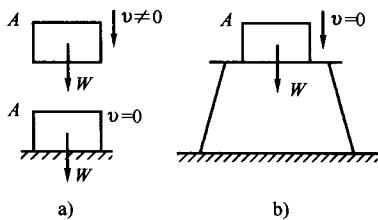


图 0-1



根据这个简单的力学道理,高楼大厦的作用就很清楚地展现出来,我们的房屋作用从力学角度来说,就是要构建一个支架,或者说构建一个传力体系,这个支架(或传力体系)的作用是将空中物体的力传到地面,从而确保空中的物体能够保持静止不动状态。因此,从力学的角度,设计一幢房屋就是设计一个传力体系,建造一幢房屋就是建造一个传力体系,而设计和建造这个传力体系的依据之一就是建筑力学理论。正是因为如此,我们可清楚地认识到,建筑力学理论是从事土建技术工作专业人员必须掌握的基本功和必须具备的基本素质。

## 基本力学模型

在实际建筑工程中,遇到的工程构件都是很复杂的,各种构件之间也是千差万别,作为一种理论和一门学科,建筑力学不可能(也不必要)对每一个工程构件(或者说研究对象)进行完整、准确地描述,而是需要对研究对象进行简化和抽象,略去一些次要因素,保留主要因素,将实际的工程构件抽象成便于分析研究的模型。所以说,模型的作用是反映实际工程构件的主要特征。模型来源于实际工程构件,但又不是原来真实的构件,模型是对实际工程构件经过抽象后,归纳、总结出来的能反映原来实际构件主要特征的计算概念或计算图式。按力学分析的要求建立的模型称为力学模型。

### (一)刚体

刚体指受力后不会产生变形的物体。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。

特别要强调,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产生变形,真正的理想刚体在现实生活中是不存在的。一般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。

多个相互关联的刚体组成的系统,称为刚体系。

### (二)变形体

变形体指受力后会产生变形的物体。变形体的基本特征是,受力后变形体内两点间的距离会发生改变。

变形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,在建筑力学讨论范围内,物体都视为变形体。

变形体的变形是指物体受力后,其内部两点间的距离发生改变这一现象。从力学的角度来说,任何受到外力作用的物体都将产生变形。我们把外力除去后,物体能够自动恢复的变形称为弹性变形。把外力除去后,物体不能自动恢复的变形称为塑性变形,也称为残余变形。一般物体在外力较小时都会产生弹性变形,当外力较大时(超过材料的弹性极限),会产生塑料变形。

建筑力学只讨论弹性变形。

### (三)杆件

杆件是指物体横截面的宽度和高度尺寸远小于物体长度尺寸的构件。在实际工程中梁、柱构件就是典型的杆件实例。根据工程计算习惯,通常在计算单向楼板和砌体结构的墙体时,也将单向楼板和墙体等效为杆件来进行力学计算。所以说,杆件是常见的建筑结构构件形式。

两根以上相互关联的杆件组合,称为杆件系统。我们说房屋是一个传力体系,一般情况下,房屋传力体系大多数都是由杆件系统构成的。当杆件系统中各个杆件的轴线不处在同一平面内,则称该杆件系统为空间杆件系统(也称空间传力体系)。实际结构的杆件系统,通常为空间杆件系统,如房屋的框架结构。当杆件系统中各个杆件的轴线位于同一平面内,则称该杆件系统为平面杆件系统。平面杆件系统一般都是空间杆件系统的组成部分,如一个房屋的空间杆件系统(框架结构)可认为是多个平面杆件系统(一榀榀框架)组合而成的。这也就是说,在建筑力学分析过程中,通常是将实际存在的空间杆件系统等效简化为平面杆件系统后,再进行工程计算、设计。因此,建筑力学主要讨论平面杆件系统。所以,杆件和平面杆件系统是建筑力学的主要研究对象。

## 建筑力学的主要内容

建筑力学是面向土工工程的需要,为研究、解决土工工程中的力学问题提供理论依据和基本计算方法的学科。

建筑力学主要解决两个基本问题:一是揭示杆件(或杆件系统中任意一根杆件)受到力作用后产生的力学反映(如支座反力、内力、应力、变形等)与传力体系(建筑结构)所承受的已知力(或称荷载)之间存在的关系,也就是找出计算方法,使我们能够根据作用在传力体系上的已知力(或称荷载),求解出杆件(或杆件系



统)中产生的力学反映;二是弄清杆件的材料、截面尺寸、支承形式等因素与构件抵抗外力的能力之间的关系,也就是搞清楚影响构件抵抗外力能力的各种因素。一旦解决了这两个基本问题,即弄清楚了受力后杆件产生的力以及杆件的抵抗力,就很容易判断杆件是否满足工程要求了。

建筑力学包含理论力学、材料力学和结构力学三大部分力学内容。

理论力学是以刚体为研究对象,主要是讨论物体受力后的运动特性,由于所有土建工程构件都有一个共同的运动特性——静止不动,因此,在高职、高专建筑力学中的理论力学知识一般不涉及物体的运动,而是只讨论静止物体的受力情况,这部分理论力学知识称为静力学。静力学主要研究三个问题:1. 力系的简化:通过力系的等效代换,将物体复杂的受力情况简化为简单的受力情况,为解决复杂的力学问题打下基础;2. 力系的平衡条件:从力学的角度讨论土建工程构件的共同运动特征——静止不动,从而总结出静止不动物体必须满足的力学要求——力系的平衡条件。找出了物体的力系平衡条件,就找到了沟通力学问题与数学的桥梁,从而也就构建了建筑力学基本的计算平台;3. 应用平衡方程求解未知力:将力系的已知计算要素代入力系的平衡条件,可得到平衡方程,从而将力学问题真正转化为数学方程,通过解方程就可求出未知力。

材料力学以表现形式为单根杆件的变形体为研究对象,主要研究单根杆件的强度(指杆件在荷载作用下抵抗破坏的能力)、刚度(指杆件在荷载作用下抵抗变形的能力)以及稳定性(指受压杆件保持原有平衡形态的能力)三方面基本问题。杆件的强度要求、刚度要求和稳定性要求是实际工程构件正常工作必须要满足的三个基本要求,我们工程构件的设计就是以满足这三方面基本要求为目标。

结构力学是以表现形式为杆件系统的变形体为研究对象,主要研究杆件系统在荷载作用下产生的力学反映。由于杆件系统内部各根杆件之间存在着相互影响,故杆件系统的力学分析较单根杆件的力学分析要复杂得多。同时必须指出,实际结构一般是以空间杆件系统形式存在的,但是,在建筑力学分析过程中,可以将这些空间杆件系统等效简化为平面杆件系统。所以,尽管结构力学讨论的杆件系统是平面杆件系统,但还是可以分析实际结构的力学问题。也就是说,实际工程计算求解实际结构的力学反映时,通常都要运用结构力学知识。

总之,建筑力学知识是每一个从事土建工程技术人员必不可少的专业基础知识,只有学习好、掌握好建筑力学知识,才能通过这个知识平台,进一步深入地学习和掌握其他土建专业知识。



# 第一章

## 力学基本知识

### 【能力目标、知识目标与学习要求】

本章学习内容主要是帮助学生建立力学的基本概念,介绍力学分析中常用的力学公理、常见的约束反力形式,以及内力、应力、基本变形形式等力学基本概念,重点是培养学生对受力杆件定性分析能力(即正确绘制杆件受力图的能力)。

5

### 第一节 力学的基本概念

力是我们在日常生活和工程实践中经常遇到的一个概念,人人都觉得它很熟悉,但真正理解并领会力这个概念的内涵,其实并不容易。所以,学习力学应从了解力的概念开始。

#### 一 力的定义

力是指物体间的相互机械作用。

应该从以下四个方面来把握这个定义的内涵:

1. 力存在于相互作用的物体之间。

只有两个物体之间产生的相互作用才是力学中所研究的力。如图 1-1a) 所示,用  $B$  绳索拉车辆  $A$ , 此时  $B$  绳索与车辆  $A$  之间的相互作用[如图 1-1b) 所示]就是力学中要研究的力  $F$  和  $F'$ 。

建筑力学范畴里的力不包含维持杆件形成整体的分子间作用力。如图 1-2 所示,一根不受外力的杆件,由于形成杆件的分子间存在着相互作用力  $P$ 、 $P'$ , 才