

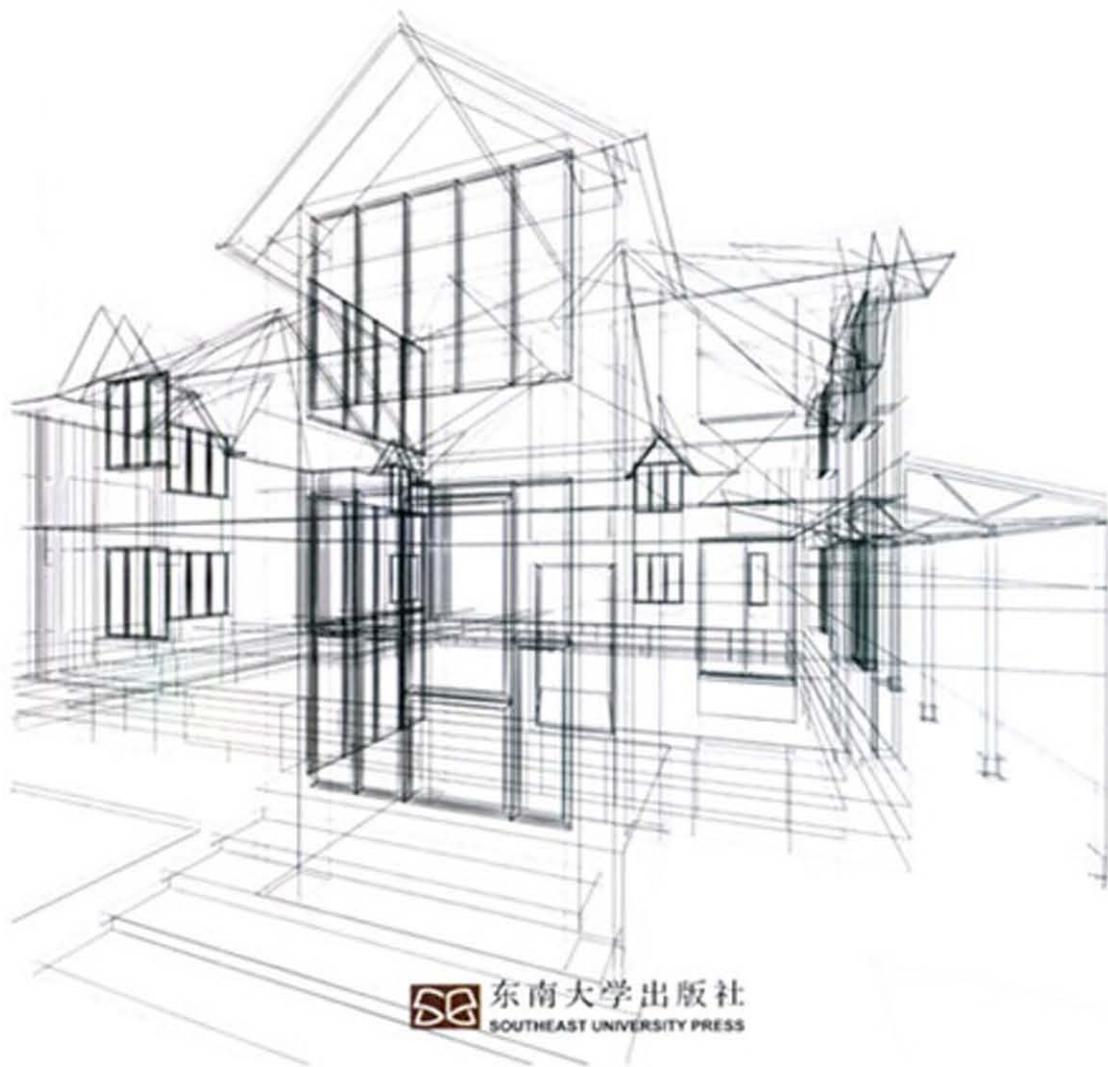


高职高专土建类“十二五”规划教材

建筑力学

J I A N Z H U L I X U E

刘召军 金舜卿 主编



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

建筑力学

主 编：刘召军 金舜卿
副主编：赵丽华 贺 萍 王利艳
参 编：战慧卿 李 珊 董会丽
周明月 李奇珍 李蔚英

东南大学出版社
·南京·

内容简介

本书是根据教育部《高职高专教育近土建类专业力学课程教学基本要求》，参照国家现行有关规范，结合高等职业教育的特点编写的。本书编写以应用为目的，以必需、够用为度，主要内容包括9个部分：序言、受力分析与受力图、平面力系的计算、杆件承载能力计算基础、杆件的承载能力计算、平面静定结构、力法、力矩分配法、影响线等。

本书不涉及高深的数学知识，通俗易懂，各章章首给出教学目标，章末配有本章小结、课后思考与练习，帮助读者巩固所学知识并掌握其在工程实际中的相关应用。

本书除作为高等职业技术学院土建类专业教材外，也可作为成人教育的土建类及相关专业的力学课程教材，还可以供相关的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学 / 刘召军, 金舜卿主编. —南京: 东南大学出版社, 2014. 6

ISBN 978-7-5641-4918-5

I. ①建… II. ①刘…②金… 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(2014)第 093220 号

建筑力学

出版发行: 东南大学出版社

社 址: 南京市四牌楼 2 号 邮编: 210096

出 版 人: 江建中

责任编辑: 史建农 戴坚敏

网 址: <http://www.seupress.com>

电子邮箱: press@seupress.com

经 销: 全国各地新华书店

印 刷:

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 13.75

字 数: 352 千字

版 次: 2014 年 6 月第 1 版

印 次: 2014 年 6 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5641-4918-5

印 数: 1—3000 册

定 价: 34.00 元

本社图书若有印装质量问题, 请直接与营销部联系。电话: 025-83791830

前 言

为了贯彻《国务院关于大力发展职业教育的决定》(国发〔2005〕35号)精神,为了适应高等职业教育对土建类专业的教学和人才培养要求,东南大学出版社组织编写、出版了本教材,以使培养的学生能更好地适应社会及经济发展的需要。

本书是依据教育部《高职高专教育近土建类专业力学课程教学基本要求》,根据高职高专教育培养高技术应用型人才的要求,结合高等职业教育的特点,参照国家现行有关规范编写而成。本书既可作为高职院校土建类专业的教材,也可作为成人教育相关专业的力学教材,还可以供相关行业的工程技术人员参考使用。

《建筑力学》是土建类相关专业一门重要的专业技术基础课程。本书根据职业教育改革和发展的需要,结合高职教育的教学特色,注重教材的实用性,突出工程应用能力的培养;本着“必需、够用为度”的原则,精选了《理论力学》中的静力学以及《材料力学》、《结构力学》中的重要内容,并对之进行了有机整合,尽量做到循序渐进、由浅入深、通俗易懂、利于教学、便于自学。讲授本书全部内容需要80学时左右,使用者可根据学校的教学计划以及专业需要酌情调整教学内容。

本书由济南工程职业技术学院刘召军、河南建筑职业技术学院金舜卿担任主编。武汉工程职业技术学院赵丽华、河南建筑职业技术学院贺萍和王利艳担任副主编。河南建筑职业技术学院李珊、董会丽、周明月,济南工程职业技术学院战慧卿,黄河水利职业技术学院李奇珍,郑州大学李蔚英参与编写。具体编写分工如下:战慧卿负责第1章编写;金舜卿、李珊负责第2章编写;贺萍负责第3章编写;赵丽华负责第4章编写;董会丽负责第5章编写;王利艳负责第6章编写;李奇珍、李蔚英负责第7章编写;李奇珍、周明月负责第8章编写。全书由金舜卿负责设计教材的总体框架、制定编写大纲、组织老师撰写及承担全书的定稿和统稿。

打*的章节,用书学校及教师可以根据教学需要以及课时多少来安排该内容是否需要讲授。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编 者

2014年5月

目 录

| | |
|---------------------------|----|
| 0 绪论 | 1 |
| 0.1 课程学习目标 | 1 |
| 0.2 学习建筑力学的意义 | 2 |
| 0.3 课程学习指导 | 3 |
| 1 受力分析与受力图 | 5 |
| 1.1 静力学基本概念 | 5 |
| 1.2 约束与约束反力 | 11 |
| 1.3 结构的计算简图 | 16 |
| 1.4 受力分析与受力图 | 21 |
| 本章小结 | 24 |
| 习题 | 25 |
| 2 平面力系的计算 | 28 |
| 2.1 静力学基础运算 | 28 |
| 2.2 平面特殊力系 | 35 |
| 2.3 平面一般力系 | 43 |
| 2.4 物体系统的平衡问题 | 48 |
| 本章小结 | 49 |
| 习题 | 50 |
| 3 杆件承载能力计算基础 | 55 |
| 3.1 内部效应研究基础知识 | 55 |
| 3.2 轴向拉压杆 | 62 |
| 3.3 材料在轴向拉压时的力学性质 | 66 |
| 3.4 平面弯曲梁的内力计算 | 71 |
| 3.5 平面弯曲梁的应力计算 | 81 |
| 3.6 平面弯曲梁的变形计算 | 84 |
| 实验一 金属轴向拉伸实验 | 87 |
| 实验二 金属轴向压缩实验 | 90 |
| 本章小结 | 92 |
| 习题 | 93 |
| 4 杆件的承载能力计算 | 97 |
| 4.1 轴向拉压杆的强度计算 | 98 |

| | | |
|-----------|---------------------|------------|
| 4.2 | 受压直杆的稳定性 | 101 |
| 4.3 | 平面弯曲梁的强度计算 | 107 |
| 4.4 | 平面弯曲梁的刚度校核 | 114 |
| | 本章小结 | 116 |
| | 习题 | 117 |
| 5 | 平面静定结构 | 120 |
| 5.1 | 平面杆件结构的几何组成规律 | 120 |
| 5.2 | 多跨静定梁 | 124 |
| 5.3 | 平面静定刚架 | 126 |
| 5.4 | 平面静定桁架 | 130 |
| 5.5 | 三铰拱 | 134 |
| 5.6 | 组合结构 | 137 |
| 5.7 | 结构的位移计算 | 140 |
| | 本章小结 | 145 |
| | 习题 | 146 |
| 6 | 力法 | 148 |
| 6.1 | 超静定结构概述 | 148 |
| 6.2 | 力法的基本原理 | 151 |
| 6.3 | 力法的应用 | 156 |
| 6.4 | 对称性的利用 | 160 |
| 6.5 | 超静定结构的特性 | 165 |
| | 本章小结 | 166 |
| | 习题 | 167 |
| 7 | 力矩分配法 | 170 |
| 7.1 | 力矩分配法概述 | 170 |
| 7.2 | 单结点的力矩分配法计算 | 175 |
| 7.3 | 多结点的力矩分配法计算 | 177 |
| | 本章小结 | 181 |
| | 习题 | 181 |
| *8 | 影响线 | 184 |
| 8.1 | 影响线的概念 | 184 |
| 8.2 | 影响线的绘制方法 | 186 |
| 8.3 | 影响线的应用 | 190 |
| | 本章小结 | 194 |
| | 习题 | 194 |
| | 附录 I 型钢表 | 197 |
| | 附录 II 习题参考答案 | 209 |
| | 参考文献 | 213 |

0.1 课程学习目标

《建筑力学》是土木建筑类专业学生必修的技术基础课。本课程的学习目标是:通过学习本课程,使学生具有对一般结构进行受力分析的能力;具有对建筑工程中常用的简单结构进行内力分析计算并绘制内力图的能力;具有简单力学实验的操作能力;具有对构件进行承载能力的初步设计计算能力。

0.1.1 建筑力学的研究对象

建筑力学的研究对象是各种各样的建筑物,多层房屋建筑物的组成情况如图 0-1 所示。

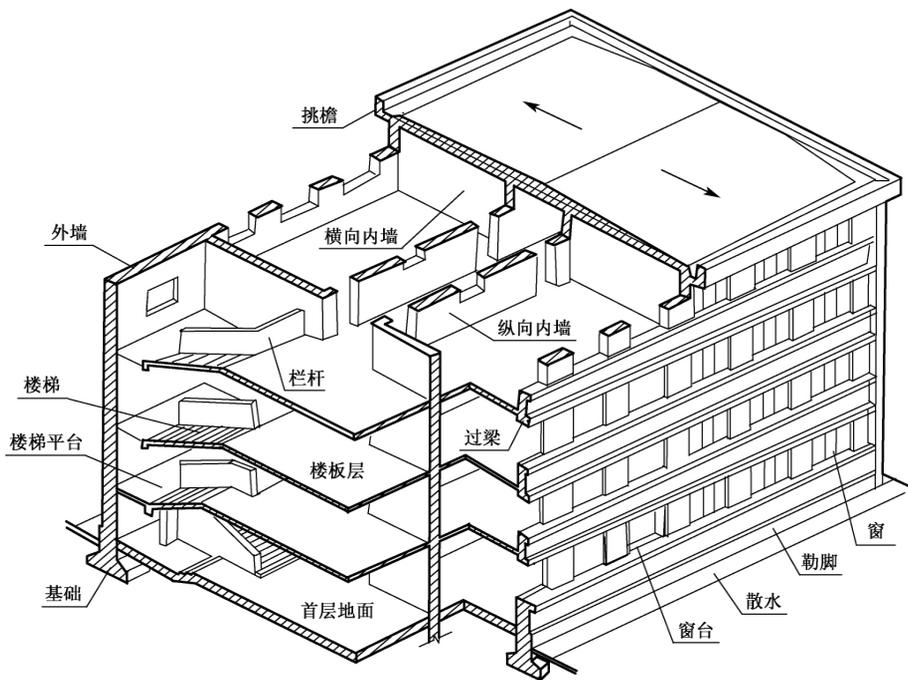


图 0-1

在建筑物中用于承受荷载、传递荷载并起骨架作用的物体或物体系统称为建筑结构,简称结构。组成结构的单个物体称为构件,根据构件的几何尺寸特征通常将结构分为杆系结构、薄壁结构和实体结构三种类型。一个方向的几何尺寸远大于另外两个方向的尺寸的构件称为杆件,由杆件组成的结构称为杆系结构,如梁、柱、屋架等都属于杆系结构;一个方向的几何尺寸远小于另外两个方向的尺寸的构件称为薄壁(又称为板或壳),由薄壁组成的结构称为薄壁结构,如屋面、墙面等都属于薄壁结构;三个方向的几何尺寸为同一个量级的构件称为块,由块组成的结构称为实体结构,如块式基础、挡土墙、堤坝等都属于实体结构。

建筑力学的主要研究对象就是建筑物中的杆件或杆件结构。

0.1.2 建筑力学的主要内容及研究任务

建筑力学是一门按行业命名的力学学科,它是建筑行业所用力学知识的汇总,内容主要涉及理论力学的静力学、材料力学、结构力学。其中静力学主要研究单个物体及物体系统的平衡规律;材料力学主要研究单个杆件的内力计算及构件的承载能力计算;结构力学主要研究平面杆系结构的内力和位移计算。

建筑结构在建造、使用过程中一直在承受并传递着各种力的作用,例如梁在施工中除了承受自身的重力外,还要承受施工人员以及施工机具的重力;墙在使用过程中不仅要承受楼板传来的压力,还要承受风荷载的作用。建筑结构或构件本身是具有一定的承载能力的,其大小与构件的材料性能、工作环境、构造情况等因素有关,这样,建筑结构或构件的安全与经济就形成了一对矛盾。建筑力学的研究任务是对各种建筑物中的建筑结构或构件进行受力分析,计算其内力和位移,探讨其强度、刚度、稳定性问题,为保证结构或构件的安全可靠及经济合理提供力学计算理论和方法,合理解决安全与经济这一矛盾。

0.2 学习建筑力学的意义

建筑力学是土木工程类各专业中一门重要的技术基础课程,它在整个专业的课程学习过程中起着承上启下的桥梁作用,只有学好建筑力学才能为真正学习好相关的专业知识奠定坚实的基础。

建筑施工人员的主要任务就是把设计人员设计的建筑物由图纸变成实物。从事土木工程施工的一线工作人员,只有掌握了建筑力学的基本知识,才能正确理解设计人员的设计意图、确保工程质量,才能很好地了解建筑物中每个构件的功能以及构件承受荷载、传递荷载的情况,根据施工现场的具体情况做出正确的判断和决策,把安全隐患消灭在萌芽状态,避免事故的发生。

学习建筑力学对形成辩证唯物主义世界观是非常有利的,对提高读者的运算能力也是极为有益的。因此,建筑行业的每个从业人员都应该学习建筑力学,特别是从事建筑工程结构设计和施工的工程技术人员更应该学好建筑力学。

0.3 课程学习指导

怎样才能学习好建筑力学呢?

0.3.1 重视观察和实验

建筑力学知识来源于实践、服务于实践,所以,要想掌握好建筑力学知识,就必须重视观察和实验,认真观察日常生活和工程实践中的力学现象,深入分析力学现象产生的条件和原因,学会做力学实验,掌握用实验研究问题、解决问题的基本方法,从而有意识地提高自己的观察能力和实验操作能力。

0.3.2 勤于思考,重在理解

建筑力学知识是在分析力学现象的基础上经过大量的实验研究和理论分析、概括总结或推理想象出来的,具有严密的逻辑性,各个知识点之间联系十分紧密,所以,学习建筑力学时要注意理解它的基本概念、基本原理,掌握它的分析方法,切忌死记硬背,要勤于思考、重在理解,有意识地提高自己的科学思维及逻辑推理能力。

0.3.3 把握学习的五个环节

对于一个全日制在校学生而言,把握好学习的五个环节,是掌握好各门课程知识的保障和捷径。

(1) 课前预习。课前自学、阅读教材能够大概了解课程的知识点,也可以发现问题。

(2) 课堂听讲。通过课前预习,学生带着问题去听课,对自己预习时不懂的地方要认真听教师讲解,做到劳逸结合。听课可以达到三个目的:一是完成对预习中所学内容的再认识,加深理解,强化记忆;二是完成对预习中存在疑惑知识的解惑工作;三是完成所学知识的消化吸收,从而做到融会贯通。

(3) 课后整理课堂笔记。请注意,这里所说的是课后整理课堂笔记而不是课堂记笔记,因为课堂上记笔记操作不当会影响听课。我们提倡的是课后根据课堂上记的要点、提纲,结合教材认真整理课堂笔记。

(4) 课后练习。教师讲完课之后,一般情况下都会布置一些课后练习题。课后练习是检验学生听课效果的重要形式之一,希望学生要按照任课教师的要求认真做好课后练习。

(5) 反思与综合复习。反思是对学习过程中出现的问题(当然包括做作业过程中出现的问题)进行思考和研究,找到原因和解决办法;综合复习是把这一次课所学的知识与以前学过的知识联系起来,综合在一起形成知识链。

相信每一个全日制在校学生,只要严格按照上述五个环节学习,就一定能够学习好学校安

排的各门课程,请各位在校学生一定要尽可能地按照这五个环节完成各门课程的学习。

0.3.4 多练习,重在运用

做习题是学好建筑力学的一个重要环节,不通过做一定数量的习题是很难真正掌握建筑力学的概念、原理和方法的。当然了,盲目做习题(只求数量不求质量)或生搬硬套公式是不可能达到预期的学习效果的。对于学习过的知识,如果不注意知识的运用,你得到的知识仍然是死水一潭。只有重视理论联系实际,善于把所学力学知识运用到日常生活和工程实践中去,解释力学现象、设计力学实验、讨论并解决力学问题,才能使学到的知识逐渐丰满起来,发挥其应有的作用。

知识目标



- 了解力的定义及力的三要素。
- 理解静力学公理及其推论。
- 了解结构的力学计算简图的简化过程。
- 熟悉工程中常用的约束类型,并能正确地判断出其约束反力的作用点和作用线。
- 掌握单个物体和物体系统的受力分析。

技能目标



- 领会并能阐述力、力偶、刚体、平衡等概念。
- 能熟练地运用静力学公理解决实际问题。
- 能熟练掌握常见约束类型的简图和约束反力画法。
- 能正确地分析物体的受力情况,准确而熟练地画出单个物体或物体系统的受力图。

本章导语

世界上万事万物无不受到了力的作用,而力无时无刻都存在于相互作用的物体中。那么在我们建筑工程中都存在着哪些力呢?这些力又是如何相互作用的以及它们对建筑结构或构件产生了怎样的作用效应呢?如何正确地对它们进行受力分析和画出其受力图呢?那么本章就来解决这些问题。本章中较重要的知识点有:力的概念,力的性质,结构的计算简图,常见约束类型及其约束反力的画法,受力分析,画受力图。

1.1 静力学基本概念

静力学是研究物体在力系作用下平衡规律的一门学科,它是所有力学学科的基础。静力学的研究内容包括三个方面:物体的受力分析、力系的简化与合成、力系的平衡条件及其应用。静力学中概念很多,下面介绍力、刚体、平衡、力系、力偶等静力学基本概念。

1.1.1 力

学力学要从认识力开始。力的概念是人们在长期生产劳动和生活实践中逐渐形成的。在日常生活和生产实践中,人们通过肌肉紧张收缩的感觉,逐渐产生了对力的感性认识。我们在建筑工地上弯钢筋、拧螺丝帽时感觉到了施力和受力。

1) 力的定义

我们在对“力”的感性认识的基础上,经过抽象化的概括和总结,将对“力”的认识由感性认识提高到理性认识,从而给出“力”的定义:力是物体之间相互的机械作用,这种作用使物体产生变形或引起物体的运动状态发生变化。两物体间的相互作用形式是多种多样的,它可以是直接作用,例如人拉小车、吊车起吊重物等;也可以是间接作用,例如地球对物体的吸引力,即重力。但无论如何力是不能离开物体而单独存在的,并且它总是成对出现。如图 1-1 所示,力 F 为人推小车的力,而力 F' 则是小车作用于人上的力,它们就是我们力学中要研究的一对作用力与反作用力。



图 1-1

2) 力的作用效应

自然界中存在的力名目繁多,例如重力、摩擦力、土压力、风荷载等,它们的物理本质各不相同,在建筑力学中我们不去探究这些力的物理本质,我们在建筑力学中将重点研究这些力对物体产生的作用效应。

力对物体的作用效果称为力的作用效应,包括内效应和外效应两种。

所谓内效应,又称为变形效应,是指物体在力的作用下大小、形状发生了改变,例如,我们挤压弹簧时弹簧变短等。

所谓外效应,又称为运动效应,是指物体在力的作用下运动状态发生了改变。运动效应又分为移动效应和转动效应。例如,我们在打乒乓球时经常会看到前行旋转的乒乓球,前行就是移动效应,即乒乓球在力的作用下向前飞行产生了位移;而旋转就是转动效应,即在力的作用下乒乓球产生了转动。大量实践证明,力对物体的作用效应取决于力的三要素。

3) 力的三要素

力的大小、力的方向和力的作用点称为力的三要素。

(1) 力的大小

力的大小反映了物体间相互作用的强弱程度,力大则说明两个物体之间作用的效果大,力小则说明两个物体之间作用的效果小。力的大小可以通过测力器测定。在国际单位制中,集

中力的度量单位为牛顿(N)或千牛顿(kN), $1 \text{ kN} = 1\,000 \text{ N}$ 。

(2) 力的方向

力的方向包含力作用线的方位和力的指向。力的方向不同也直接影响了力对物体的作用效应。例如,我们用同样大小的力去推门,如果我们第一次对门施加的力产生的是开门效应,那么当我们第二次对门施加的力的方向与第一次的方向相反时,则我们第二次对门施加的力产生的一定是关门效应。

(3) 力的作用点

力的作用点是指力作用在物体上的位置。实际上,力不是作用在物体上的一个点而是作用在物体上的一定的范围内。当力作用的范围较小时,就可以近似地看成一个点,我们通常把这种作用在物体上很小范围内的力称为集中力。力的作用点与力对物体的作用效应也是有很大关系的,例如图 1-2 所示的人拉小车,同样大小和方向的力,其作用点不同,对小车所产生的作用效应就不一样。

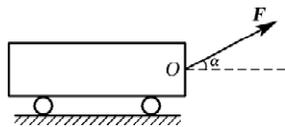


图 1-2

4) 力的分类

力的分类方式有很多种,这里介绍的是依据力的作用范围大小把力分为两种:集中力和分布力。

(1) 集中力

当力的作用范围相对于物体很小以至于可以忽略不计时,就可以把力近似地看做是作用在一个点上,这样的力称为集中力。集中力的单位是牛顿(N)或千牛顿(kN)。例如火车车轮作用在钢轨上的压力、面积较小的柱体传递到面积较大的基础上的压力等都可看做是集中力;一个人站在梁上,人对梁的作用力就可以看做是集中力。图 1-3(a)中画出来的 F 就是一个集中力。

(2) 分布力

当力的作用范围较大而不能忽略时的作用力称为分布力,分布力又分为线分布力、面分布力和体分布力。连续作用在狭长范围内的力称为线分布力,其分布集度通常用字母 q 表示,单位为 N/m 或 kN/m 。例如,在房屋建筑中,梁支承楼板,楼板对梁的作用力就可以看做是一个线分布力。作用在一定面积上的分布力称为面分布力,其分布集度通常用 p 表示,单位是 N/m^2 或 kN/m^2 ,如图 1-3(d)所示。例如,风荷载对建筑物墙体的作用就可以看作是一个面分布力。体分布力是指在构成物体的空间里(或者说物体体积内)每一个点都受到力作用的情况,如图 1-3(e)所示,体分布力的分布集度的单位是 N/m^3 或 kN/m^3 。例如,物体的自重就可以看做是体分布力。如果在作用范围内每个点受到的力大小不一样,这样的分布力称为非均布力,如图 1-3(b)所示为一线非均布力;当作用范围内每个点受到的力大小相同,这样的分布力称为均布力,如图 1-3(c)所示为一线均布力。

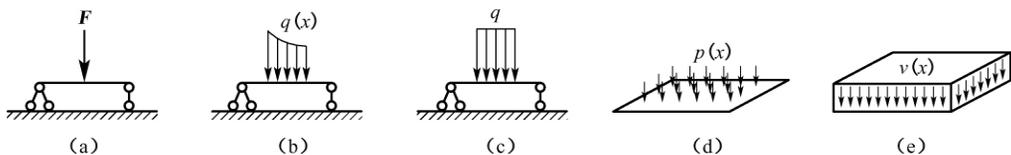


图 1-3

5) 力的图示法

力是一个既有大小又有方向的量,因此力是矢量。通常在画受力图时用一个带箭头的有向线段来表示集中力的三要素,这种表示方法称为力的图示法。其中有向线段的长度(按一定的比例画出的)表示力的大小;线段所在的方位表示力的方位,箭头表示力的指向;线段的起点或终点表示力的作用点。一个物体在 A 点受到一个大小为 30 kN、指向右上方(水平偏上 30°方位)的集中力作用,如图 1-4 所示。

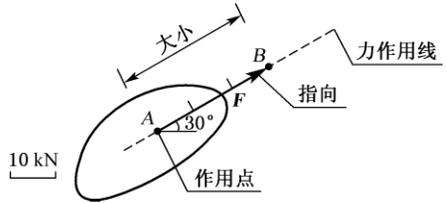


图 1-4

6) 力的性质

公理是人们在长期的生活和生产实践中概括总结出来的、大家公认的理论,而且它又是经过实践反复检验,被确认是符合客观实际的最普遍、最一般的规律。

静力学公理是人们关于力的基本性质的概括和总结,它是构建静力学理论的基本依据。

(1) 作用与反作用公理

两物体间相互作用产生的力互为作用力和反作用力,它们总是同时存在,且大小相等、方向相反、沿同一直线,分别作用于这两个物体上。

这个公理概括了物体间相互作用的关系,这个公理表明力总是成对出现的,有作用力就有反作用力,已知作用力就可知反作用力,这为我们计算未知力提供了一个新的途径,这个公理是分析物体和物体系统受力情况时必须遵循的原则。

(2) 二力平衡公理

作用于同一刚体上的两个力,使刚体保持平衡的必要和充分条件是:这两个力大小相等、方向相反且作用于同一直线上。或简称为此二力等值、反向、共线。

这个公理总结了作用于刚体上的最简单的力系平衡时所必须满足的条件,它为以后研究一般力系的平衡条件提供了基础。对于刚体这个条件是既必要又充分的;但对于变形体,这个条件仅为必要条件。例如:软绳受两个等值反向的拉力作用可以平衡,如图 1-5(a)所示;而软绳受两个等值反向的压力作用就不能平衡,如图 1-5(b)所示。

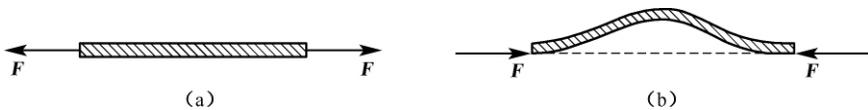


图 1-5

在两个力的作用下处于平衡的构件称为二力构件。若此构件是杆件,则称其为二力杆,如图 1-6 所示。



图 1-6

必须注意:不能将二力平衡公理和作用与反作用公理相混淆。前者是两个力作用在同一物体上,而且使物体平衡;而后者是分别作用在两个物体上,且不能构成平衡。

(3) 加减平衡力系公理

在作用于刚体上的任意力系中,加上或减去任何一个平衡力系,并不改变原力系对刚体的作用效应。

因为平衡力系不会改变物体的运动状态,即平衡力系对物体的运动效果为零,所以在物体的原力系上添加或者去掉一个平衡力系,是不会改变物体的运动效果的。

这个公理是我们研究力系等效替换的重要依据。

推论:力的可传性原理

作用在刚体上的力可以沿其作用线移动到刚体上的任意位置,而不改变该力对刚体的作用效应。这一原理早已被实践所验证,其证明过程如图 1-7 所示。例如,我们分别用力推车和拉车,只要我们做到这两个力等值、同向、共线,我们看到这两个力(推车和拉车)对小车产生的运动效果是相同的。

特别注意:二力平衡公理、加减平衡力系公理及其推论都只适用于刚体。

由力的可传性原理可知,对刚体而言,力的作用点已经不再是决定力的作用效果的要素了,它已经被作用线所取代。因此,对刚体而言,力的三要素是:力的大小、力的方向、力的作用线。

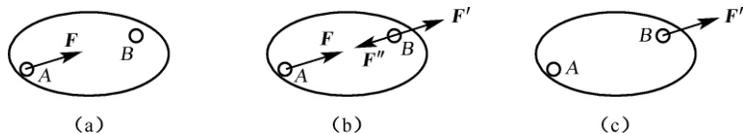


图 1-7

(4) 力的平行四边形公理

作用在物体上同一点的两个力,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以这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线确定,如图 1-8 所示。

力的平行四边形公理总结了最简单力系简化的规律,它是复杂力系简化的基础。

力的分解是力的合成的逆运算,将一个力分解为两个力时,可得到无数个结果,如图 1-9(a)所示,要想得到唯一的解答,还必须给出足够的规定条件,例如已知两个分力的方向,或已知两个分力中一个分力的大小和方向,或已知两分力的大小,或一个分力的大小和另一个分力的方向等。

工程实际中,常将一个力沿着互相垂直的两个方向正交分解成两个分力,我们称之为力的正交分解,如图 1-9(b)所示。

推论:三力平衡汇交定理

一刚体受共面不平行的三个力的作用而平衡时,则这三个力的作用线必汇交于一点。

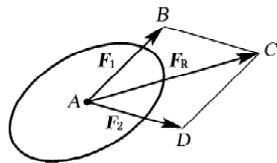


图 1-8

三力平衡汇交定理的证明过程如图 1-9(c)所示。

此定理常用来确定刚体在不平行三力作用下平衡时,确定某一未知力的作用线;当已知刚体在共面而又互不平行的三力作用下而平衡时,只要已知其中两个力的方向,就可以利用三力平衡汇交定理来确定第三个力的方向。

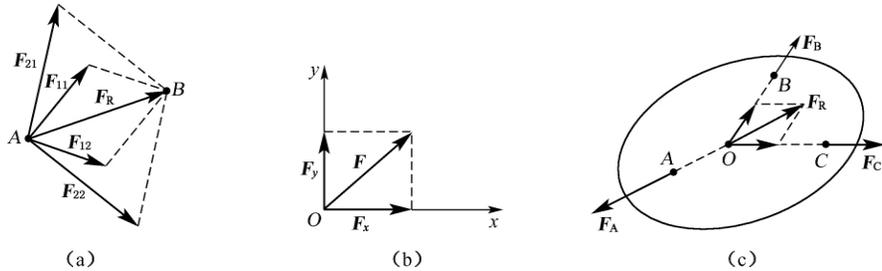


图 1-9

1.1.2 刚体

所谓刚体,就是指在任何外力作用下,大小和形状始终保持不变的物体,即物体内任意两点的距离都不会改变的物体。事实上,刚体并不存在,它只是力学研究中的一个理想的力学模型。我们知道,世界上任何物体在外力作用下,都会发生不同程度的变形。例如建筑物中的梁,在横向力作用下产生弯曲变形,但这种变形微乎其微,对于研究其平衡问题的影响甚小,通常忽略不计,故可将梁看成为刚体。这样,将会大大简化我们对平衡问题的研究,所以在静力学中,通常把所研究的物体都看作为刚体。

1.1.3 平衡

物体相对于地球保持静止或做匀速直线运动的状态,称为平衡。平衡的实质,就是物体运动的加速度等于零。例如,正常情况下所有的房屋、桥梁、堤坝,还有匀速起吊的构件,它们相对于地球来说都是处于平衡的。它们共同的特点是运动状态没有发生改变。

1.1.4 力系

同时作用在同一研究对象上的两个或者两个以上的力称为力系。

若一个刚体在两个力系分别作用下其效果相同,则称这两个力系互为等效力系。如果一个力与一个力系等效,则称此力为该力系的合力,而该力系中的各力称为此力的分力。在不改变作用效果的前提下,用一个简单力系等效替代复杂力系的过程,称为力系的简化。

通常物体在力系的作用下,一般会产生各种不同形式的运动。要使物体处于平衡状态,就必须使作用于物体上的力系满足一定的条件,使一个力系成为平衡力系的条件称为力系的平衡条件。使物体处于平衡状态的力系叫做平衡力系。物体在各种力系作用下的平衡条件在建筑工程中有着广泛的应用,研究刚体的平衡条件是静力学的主要任务之一,在今后的章节中我

们将重点研究物体在各种力系作用下的平衡条件及其应用。

1.1.5 力偶

作用在同一个物体上的两个大小相等、方向相反、不共线的平行力称为力偶,用符号(F 、 F')表示,两力作用线之间的垂直距离称为力偶臂,用 d 表示,如图1-10所示。

由于力偶不能再简化,所以力偶和力一样是组成力系的基本元素。

在日常生活和工程实践中,都会遇到用力偶使物体产生转动的情况,例如司机转动方向盘、钳工用丝锥攻螺纹、人们用钥匙开门等都是施加力偶使物体产生转动的实例。

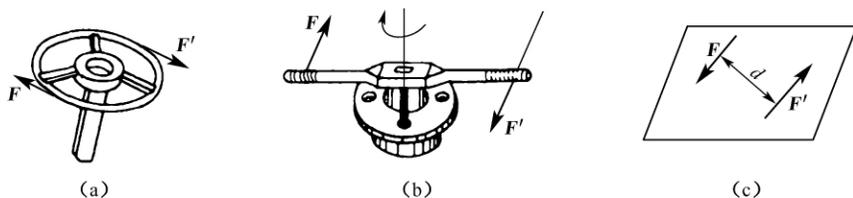


图 1-10

课后思考题

1. 什么是力? 力对物体会产生怎样的效果? 力对物体的作用效果与哪些因素有关? 试举例加以说明。
2. 什么是刚体? 哪几条公理或推理只适用于刚体?
3. 平衡的意义是什么? 试举出物体处于平衡状态的两个例子。
4. “二力平衡公理”和“作用与反作用公理”中的两个力都是等值、反向、共线,它们有什么不同? 请举例说明。
5. 什么是力偶? 它会对物体产生怎样的运动效应? 请举例说明。
6. 你会在物体上的两个不同点各施加一个力使物体处于平衡吗? 画画看。

1.2 约束与约束反力

自然界中的物体通常分为两大类:一类是运动不受限制的物体,称为自由体,如在空中飞行的鸟、飞机等;另一类是运动受到限制的物体,称为非自由体,如教室的课桌、轨道上的列车、房屋中的梁等。人们都向往自己能够成为自由体,事实上绝对自由的物体是不存在的,那么非自由体为什么不能自由自在的运动呢? 非自由体的运动受到了什么样的限制呢?

1.2.1 约束、约束反力的概念

对非自由体的运动(或运动趋势)起限制作用的周围物体,称为该物体的约束。例如轨