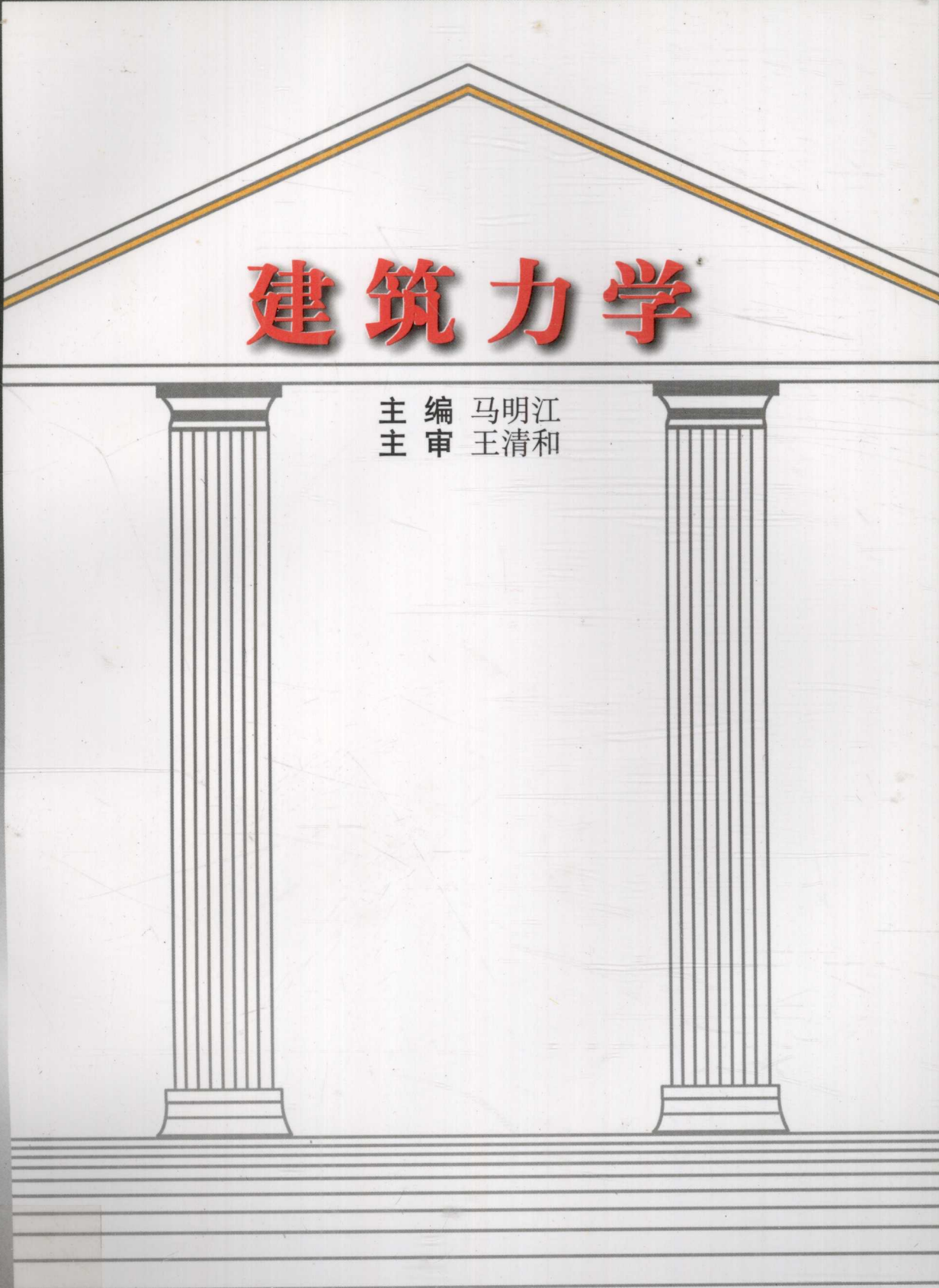




建筑力学

主 编 马明江
主 审 王清和

武汉工业大学出版社
Wuhan University of Technology Press

建 筑 力 学

主 编 马明江

副主编 刘寿梅

主 审 王清和



100000/45001
武汉工业大学出版社

· 武 汉 ·

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/马明江主编. —武汉:武汉工业大学出版社,1999.8
ISBN 7-5629-1496-6

I. 建… II. 马… III. 建筑力学 IV. TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 05090 号

内 容 摘 要

本书是根据高等工程专科学校房地产经营与管理、城市规划、工程造价、建筑设计等城建类专业教学基本要求编写的。全书将《理论力学》、《材料力学》、《结构力学》的内容按力学知识的内在规律进行整合,形成了新的少学时《建筑力学》的课程内容体系。主要内容包括:静力学基础;静定结构及超静定结构的内力分析;构件的强度、刚度、稳定性计算;计算机在建筑力学中的应用等部分。

本书可作为高等工程专科学校房地产经营与管理、城市规划、工程造价、建筑设计等城建类专业的教学用书或教学参考书,也可供有关专业技术人员参考。

武汉工业大学出版社出版发行

(武昌珞狮路 122 号 邮编:430070)

各地新华书店经销

核工业中南 309 印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:15 字数:374 千字

1999 年 8 月第 1 版 1999 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—5000 册 定价:17.00 元

(本书如有印装质量问题,请向承印厂调换)

前 言

本书是根据教育部关于高等工程专科学校力学课程的教学基本要求并结合当前教学改革的需要编写的。用于房地产经营与管理、城市规划、工程造价、建筑设计等专业少学时的《建筑力学》课程教学,也可供土建类的其他专业和有关工程技术人员参考。

本书在内容的选编上,考虑了上述专业的特点以及当前教学改革的要求,本着“够用为度”的原则,将《理论力学》、《材料力学》、《结构力学》的内容,按力学知识的内在规律性进行了整合,形成了新的少学时《建筑力学》课程内容体系。编者在编写时尽量做到概念叙述简明扼要,公式推导简捷直观,适当加大了例题的题量,降低了例题的难度。在例题、习题的选择上注意紧密联系工程实际,加强学生能力的培养。

在课内讲授完本书约需 74 学时,使用者可参考这个数据,结合专业特点,以及各学校学时安排等情况进行选讲。书中某些基本方法的讲授留有选择余地,如近似微分方程的导出采用了两种方法,可任选一种。

本教材的建议课时分配和教学进度见下表。

教学进度表

序 号	授 课 内 容	授 课 学 时	习题课 学 时	实验课 学 时
1	绪 论	2		
2	静力学基本概念	4		
3	物体的受力分析、结构计算简图	4	2	
4	平面一般力系的简化、平衡方程	10	2	
5	平面杆件体系的几何组成分析	4		
6	静定结构内力计算	10	4	
7	截面的几何性质	2		
8	杆件的应力与强度计算	10	4	6
9	构件的变形和结构的位移计算	8	2	
10	力法解超静定结构	4	2	
11	位移法与力矩分配法解超静定结构	6	2	
12	压杆稳定	6	2	
13	计算机在建筑力学中的应用*	4		
合计	100	74	20	6

本书由河南城建高等专科学校马明江任主编,湖南城建高等专科学校刘寿梅任副主编,湖南城建高等专科学校王清和担任主审。参加编写的有南阳理工学院程远兵,河南城建高等专科学校宋今朝。

由于编者水平及经验所限,书中不妥之处,敬请使用本书的广大读者及教师提出宝贵的意见。

编 者

1999. 5. 20

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 建筑力学的任务	(1)
第二节 刚体、变形固体及其基本假设	(2)
第三节 杆件变形的基本形式	(3)
第四节 荷载的分类	(4)
第二章 静力学基本概念	(6)
第一节 力的概念	(6)
第二节 静力学基本公理	(6)
第三节 力矩、力偶的概念	(8)
第四节 力在坐标轴上的投影	(10)
第五节 力的等效平移	(12)
小 结	(13)
思考题	(13)
第三章 物体的受力分析 结构计算简图	(16)
第一节 约束与约束反力	(16)
第二节 物体的受力分析 受力图	(19)
第三节 结构计算简图	(21)
小 结	(25)
思考题	(25)
习 题	(26)
第四章 平面一般力系的简化 平衡方程	(29)
第一节 平面一般力系向一点简化 主矢 主矩	(29)
第二节 平面一般力系的平衡方程	(32)
第三节 平面汇交力系的平衡方程	(34)
第四节 平面平行力系的平衡方程	(36)
第五节 物体系的平衡问题	(39)
小 结	(43)
思考题	(44)
习 题	(44)
第五章 平面杆件体系的几何组成分析	(48)
第一节 几何组成分析的目的	(48)

第二节	平面杆系的几个重要概念	(48)
第三节	几何不变体系的组成规则	(50)
第四节	几何组成分析举例	(51)
第五节	静定结构和超静定结构	(52)
小 结	.....	(52)
思考题	.....	(53)
习 题	.....	(53)
第六章	静定结构内力计算	(55)
第一节	轴向拉压杆的内力 轴力图	(55)
第二节	梁的内力 剪力图 弯矩图	(58)
第三节	轴的内力 扭矩图	(72)
第四节	静定平面刚架	(74)
第五节	三铰拱	(78)
第六节	静定平面桁架	(83)
小 结	.....	(88)
思考题	.....	(89)
习 题	.....	(89)
第七章	截面的几何性质	(95)
第一节	截面的面积矩和形心位置	(95)
第二节	惯性矩与惯性积	(97)
第三节	主惯性轴和主惯性矩	(99)
第四节	组合截面的惯性矩计算	(100)
习 题	.....	(101)
第八章	杆件的应力与强度计算	(103)
第一节	应力的概念	(103)
第二节	轴向拉压杆的应力和强度计算	(104)
第三节	材料的力学性质	(108)
第四节	圆轴扭转应力与强度计算	(113)
第五节	平面弯曲梁的应力与强度计算	(116)
第六节	组合变形构件的强度计算	(125)
第七节	联接件的强度计算	(134)
第八节	应力状态和强度理论简介	(136)
小 结	.....	(138)
思考题	.....	(141)
习 题	.....	(142)
第九章	构件的变形和结构的位移计算	(146)
第一节	轴向拉压变形计算	(146)

第二节	平面弯曲梁的变形计算	(148)
第三节	位移计算的单位荷载法	(149)
第四节	图乘法	(154)
第五节	梁的刚度校核	(158)
小 结		(159)
思考题		(160)
习 题		(161)
第十章	力法解超静定结构	(163)
第一节	超静定结构概述	(163)
第二节	力法基本原理	(165)
第三节	力法典型方程	(166)
第四节	等截面单跨超静定梁的杆端内力	(168)
第五节	超静定结构的特性	(171)
小 结		(172)
思考题		(172)
习 题		(173)
第十一章	位移法与力矩分配法解超静定结构	(175)
第一节	位移法的基本思路	(175)
第二节	力矩分配法的基本概念	(179)
第三节	用力矩分配法计算连续梁	(181)
小 结		(187)
思考题		(187)
习 题		(187)
第十二章	压杆稳定	(189)
第一节	压杆稳定的概念	(189)
第二节	细长压杆的临界力	(190)
第三节	压杆的临界应力	(194)
第四节	压杆的稳定计算	(197)
第五节	提高压杆稳定性的措施	(201)
小 结		(202)
思考题		(203)
习 题		(203)
第十三章	计算机在建筑力学中的应用	(205)
第一节	计算机在建筑力学中的应用	(205)
第二节	单跨梁的计算机程序设计	(205)
第三节	刚架结构上机计算	(207)
附 录	型钢表	(215)
习题答案		(226)
参考文献		(232)

第一章 绪 论

第一节 建筑力学的任务

建筑物和构筑物中直接地或间接地用来承受荷载的骨架部分称为**结构**(如图 1-1 所示)。组成结构的每一部分称为**构件**。图 1-1 中的基础、柱子、吊车梁、屋架、屋面板等均称为构件。

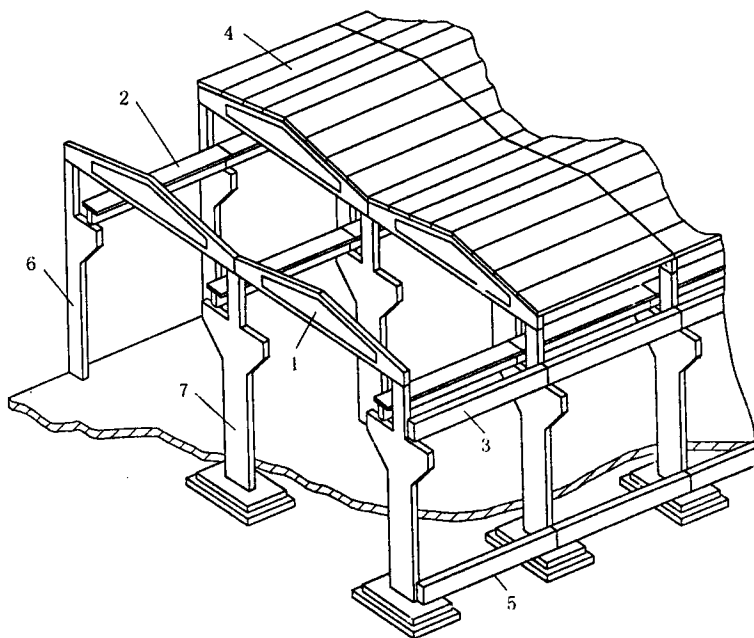


图 1-1 单层厂房主要构件

1—屋面大梁；2—吊车梁；3—连系梁；4—屋面板；5—基础梁；6—边列柱；7—中列柱

结构的类型很多,按几何特点可分为:杆件结构、薄壁结构和实体结构三类。长度远大于截面宽度和高度的构件称为杆件;由若干杆件组成的结构称为杆件结构,如图 1-1 所示;由若干薄板组成的结构称为薄壁结构,如图 1-2 所示;三维尺寸都较大的结构称为实体结构,如图 1-3 所示。建筑力学主要研究杆件结构。

结构在建筑物中起着承受荷载支撑建筑物的作用。要使结构能正常工作,要求结构必须具有一定的承载能力。在工程设计中,结构和构件应满足以下力学方面的要求:

1. 构件必须按一定的规律组成结构,以确保结构能够承受一定荷载,满足安全和经济需要。

2. 构件必须具有一定的抵抗破坏的能力,即要求构件具有一定的强度。如果构件强度不足,构件在荷载作用下就会发生破坏。例如房屋中的楼板梁、工业厂房中的吊车梁,当其强度不足时,在荷载作用下就可能破坏,显然这是工程上绝对不允许的。

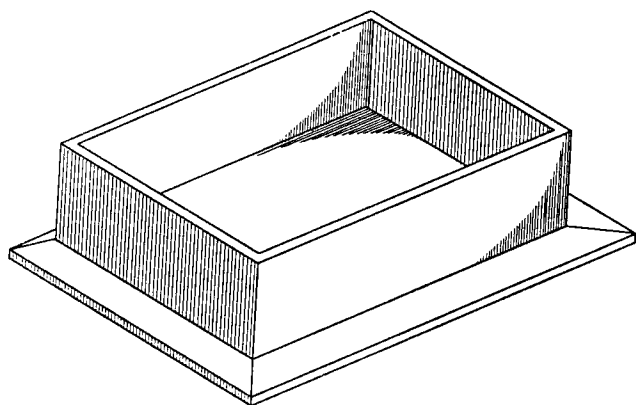


图 1-2 矩形小池

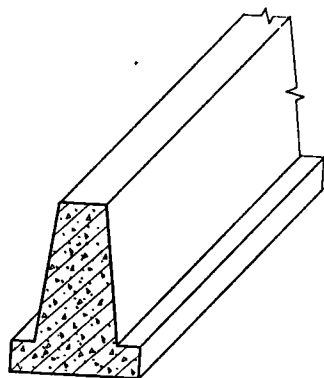


图 1-3 挡土墙

3. 构件必须具有一定的抵抗变形的能力,即要求构件具有一定的刚度。在同样荷载作用下,刚度大的构件变形小,刚度小的构件变形大,工程上要求构件在正常工作情况下,变形须在设计要求的许可范围内。

4. 构件承压时能保持原有形状的稳定平衡状态,即要求构件具有一定的稳定性。承压构件在工作状态下,偏离原有稳定平衡状态而破坏的现象,称为失稳。构件失稳时,将由于产生过大变形而导致破坏。

综上所述,建筑力学的任务是研究结构的几何组成规律及合理形式;结构、构件在荷载作用下的受力分析;构件的强度、刚度、稳定性的计算原理和计算方法;材料的力学性质等。通过研究为设计构件提供理论依据,从而使设计的构件满足安全和经济的要求。

第二节 刚体、变形固体及其基本假设

在建筑力学中根据研究问题性质的不同,常把构件抽象为两种理想化的模型:刚体和变形固体。

在外力作用下不变形的构件称为刚体。实际上任何构件受力作用后都或大或小地要发生变形,在某些力学问题中,构件的变形因素对研究问题影响很小,可以不予考虑,这时,可将构件视为刚体,从而使问题的研究得到简化。例如,我们在利用静力平衡方程计算结构和构件的约束反力时,就是把结构及其构件看作刚体。

在外力作用下形状发生改变的构件称为变形固体。在一些力学问题中,研究内容以构件变形为基础,变形成为不能忽视的因素而必须考虑,这时,我们将构件视为变形固体,并认为变形固体满足以下假设:

1. 完全弹性假设:构件在外力作用下发生变形,外力撤去以后,构件变形能够完全消失,即把构件视为完全弹性体,材料处于弹性阶段。在工程设计中,完全弹性假设能使研究工作大为简化。

2. 小变形假设:构件的变形与本身的几何尺寸相比是非常微小的,在研究某些问题时可以不予考虑或按近似处理。

3. 连续均匀假设:构件内部毫无空隙地充满物理性质完全相同的同一种物质。

4. 各向同性假设:构件沿不同方位的物理性质完全相同。

根据连续均匀假设和各向同性假设,在研究问题时,可以认为构件内各处沿各个方向的变形、位移、内力等物理量是连续的,可以用坐标的连续函数来表示,以利于进行严密的数学运算。

第三节 杆件变形的基本形式

杆件结构中的构件按其轴线是直线、曲线和折线的不同,可分为直杆、曲杆和折杆,如图 1-4(a)、(b)、(c)所示;截面相同的杆称为等截面杆;截面沿轴线发生变化的杆称为变截面杆,如图 1-5(a)、(b)所示。

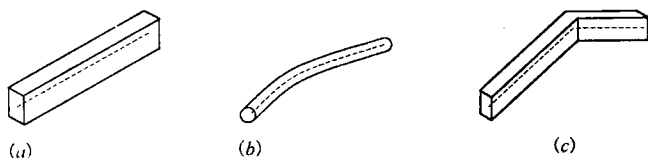


图 1-4

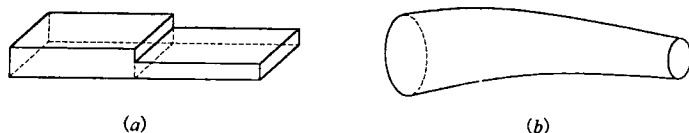


图 1-5

实际构件形状往往相当复杂,不过常常有很多构件可以近似地简化为杆件来分析,例如建筑结构中的梁、柱、机械设备的传动轴等。本书主要研究直杆。

杆件在外力作用下将具有不同的变形形式,并且往往比较复杂,但总不外乎下列四种基本形式之一,或者是几种基本形式的组合。

一、轴向拉伸和压缩

在一对方向相反,作用线与轴线重合的外力作用下,杆件将发生沿轴线方向的伸长或缩短,这种变形形式称为轴向拉伸或压缩,如图 1-6(a)、(b)所示。

二、剪切

在一对相距很近,方向相反,作用线与轴线垂直的外力作用下,杆件的横截面将沿外力作用方向发生错动,这种变形形式称为剪切,如图 1-6(c)所示。

三、扭转

在一对方向相反,位于垂直于杆轴线的两平面内的两个力偶作用下,杆件的任意两横截面之间将发生相对转动,这种变形形式称为扭转,如图 1-6(d)所示。

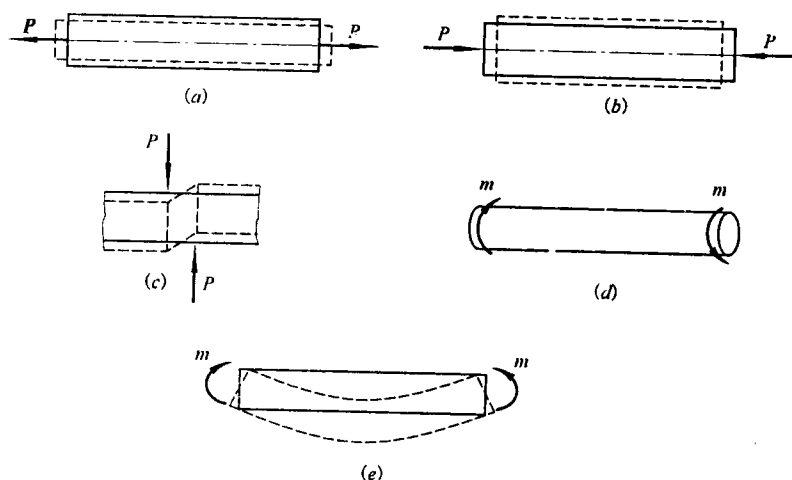


图 1-6

(a) 拉伸; (b) 压缩; (c) 剪切; (d) 扭转; (e) 弯曲

四、弯曲

在方向相反,位于杆的纵向对称平面内的力偶作用下,杆件的轴线将由直线变为曲线,这种变形形式称为弯曲,如图 1-6(e)所示。

第四节 荷载的分类

作用在结构或构件上的外力称为荷载,常见荷载分类如下。

一、按荷载的作用性质可分为静荷载和动荷载

静荷载:由零逐渐增大到最大值的荷载称为静荷载。静荷载的作用特点是:荷载是由零逐渐增加的,不引起结构显著的冲击或振动,加载的任一瞬间,构件都可认为处于静平衡状态。

动荷载:大小、方向随时间发生改变的荷载称为动荷载。动荷载的作用特点是:加载过程使构件产生明显的冲击或振动,如机械振动,地震引起的荷载等。

二、按作用时间的久暂可分为恒荷载和活荷载

恒荷载:永久作用在结构上的荷载称为恒荷载,如结构自重,固定设备的自重等。

活荷载:暂时作用在结构上且位置可以改变的荷载称为活荷载,如结构上的临时设备、雪重、风力、人群、移动吊车等。

三、按作用范围可分为分布荷载和集中荷载

分布荷载:分布作用在构件体积上、面积上、线段上的荷载分别称为体分布荷载、面分布荷载和线分布荷载,统称为分布荷载。其特点是:荷载分布作用在一定范围内。如重力是体分布荷载,风、雪重、水压力是面分布荷载,杆件的自重可看作是沿杆件轴线分布的线分布荷载。

均布荷载：当单位范围内荷载分布相等时，称为均布荷载，如匀质物体的自重是体均布荷载，杆件自重是沿杆轴线分布的线均布荷载。

集中荷载：如果荷载的作用范围与构件的尺寸相比小得多，可认为荷载作用在构件的一点上，该荷载称为集中荷载。

第二章 静力学基本概念

第一节 力的概念

人们对客观事物的认识是在反复的社会实践中不断加深和逐步完善的,对力的认识也是如此。力是物体间相互的机械作用,这种作用使物体的机械运动状态发生变化,或者使物体发生变形,甚至使物体破坏。

力使物体的运动状态发生变化的效应,叫做力的外效应。而力使物体发生变形的效应,叫做力的内效应。静力学只研究力的外效应。

力对于物体的效应,决定于力的大小、方向和作用点,通常称为力的三要素。当这三个要素中任何一个改变时,力的效应也就不同。

力是一个既有大小又有方向的量,因此,力是矢量。在力学中,矢量可用一具有方向的线段来表示,如图 2-1 所示。用线段的起点或终点表示力的作用点;用线段的方位和箭头指向表示力的方向;用线段的长度(按一定的比例尺)表示力的大小。通过力的作用点沿力的方向的直线,称为力的作用线。

力的国际制单位是牛顿(N),或千牛顿(kN),力的工程制单位是公斤力(kgf)或吨力(tf)。

1 公斤力(kgf)=9.8 牛顿(N)

作用于物体上的一群力称为力系。力系依作用线分布情况的不同有下列几种:若所有力的作用线在同一平面内,称为平面力系;当所有力的作用线汇交于同一点,称为平面汇交力系;当所有力的作用线都相互平行时,称为平面平行力系;否则称为平面一般力系;若力系中所有各力的作用线不在同一平面内,称该力系为空间力系。

当力系中各力对于物体作用的效应彼此抵消而使物体保持平衡或运动状态不变时,则这种力系称为平衡力系。

当两力系分别作用于同一物体而效应相同时,称这两力系为等效力系。若一力与一力系等效,则称此力为该力系的合力,而力系中的各力,称为此合力的分力。

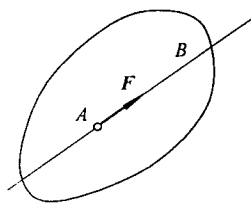


图 2-1

第二节 静力学基本公理

静力学公理是人们在长期的生活和生产实践中总结概括出来的,是静力学的基础。

公理一 二力平衡公理 作用于刚体上的两个力平衡的必要和充分条件是:两力大小相等,方向相反,并作用于同一条直线上(图 2-2)。

这个公理揭示了作用于物体上的最简单的力系平衡时所必须满足的条件。此定理只适用于刚体。

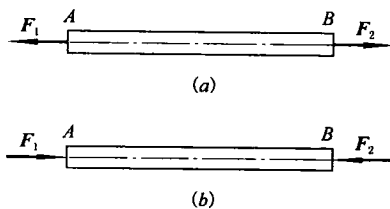


图 2-2

工程上常遇到只受两个力作用而处于平衡的构件,称为二力构件或二力杆。二力构件的受力特点是:两个力作用点的连线即为二力的共同作用线。例如图 2-3 所示三铰拱,其中 BC 杆当不计自重时,就可以看成是二力构件。

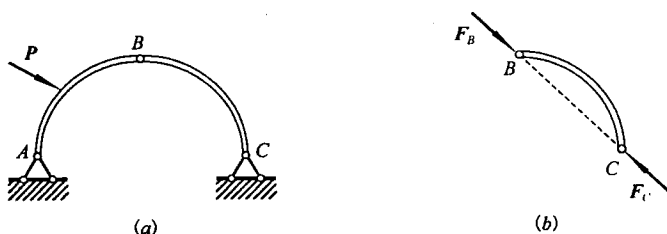


图 2-3

公理二 加减平衡力系公理 在作用于刚体上的任何一个力系上,加上或去掉任一平衡力系,并不改变原力系对刚体的作用效应。

推论 力的可传性原理 作用于刚体上的力,可以沿其作用线移至刚体上的任一点,而不改变它对刚体的作用效应。

证明:设力 F 作用于刚体上的 A 点(图 2-4),在其作用线上任取一点 B ,并在 B 点加上一对相互平衡的力 F_1 和 F_2 ,且令 $F_1 = -F_2 = F$,由公理二得知,这不影响原来的力 F 对于刚体的效应。根据公理一得知力 F 与 F_2 相互平衡,再由公理二,去掉这两个力,于是只剩下作用于 B 点的力 F_1 ,显然它与原来作用于 A 点的力 F 等效。可见,力对于刚体的作用效应与力的作用点在作用线上的位置无关,即力可以沿其作用线在刚体内任意移动而不改变它对于刚体的作用效应。例如,人们在车后 A 点推车与在车前 B 点拉车其效果是一样的(图 2-5)。

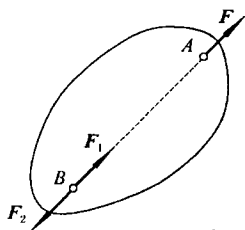


图 2-4

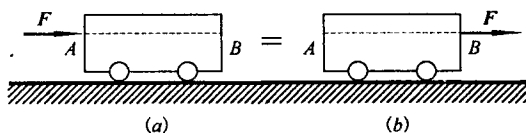


图 2-5

力的可传性原理只适用于刚体。例如图 2-6(a)所示的变形杆 AB ,受到等值共线反向的拉力作用,杆被拉长。如果把这两个力沿作用线分别移到杆的另一端,如图 2-6(b)所示,此时杆被压短。两种情形下力的作用效果明显不同。

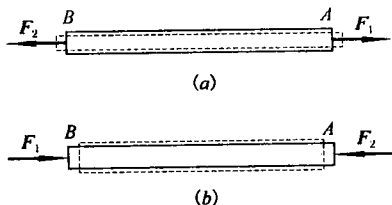


图 2-6

公理三 力的平行四边形法则 作用于物体上同一点的两个力,可以合成为一个合力。合力的作用点仍在该点,合力的大小和方向以这两个力为邻边所作的平行四边形的对角线来表示(图 2-7(a))。

这种合成力的方法,称为矢量加法,合力称为这两力的矢量和(或几何和),可用公式表示为:

$$\mathbf{R} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$$

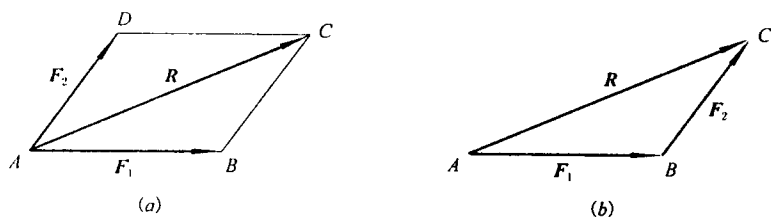


图 2-7

为了方便,在用矢量加法求合力时,往往不必画出整个平行四边形,如图 2-7(b)所示,可从 A 点作一个与力 F_1 大小相等,方向相同的矢量 AB ,过 B 点作一个与力 F_2 大小相等,方向相同的矢量 BC 。则 AC 即表示力 F_1 、 F_2 的合力 R 。这种求合力的方法,称为力的三角形法则。

公理四 作用与反作用定律 两物体间相互作用的力,总是大小相等、方向相反、沿同一直线分别作用在相互作用的两个物体上。

这个定律概括了自然界物体间相互作用力的关系,表明一切力总是成对地出现。有作用力就必有反作用力。它是分析物体受力时必须遵循的原则,为研究由一个物体过渡到多个物体所组成的物体系问题提供了基础。

必须注意,虽然作用力与反作用力大小相等,方向相反,但分别作用于两个不同的物体上。因此,决不可认为这两个力互相平衡。例如,一重物用钢丝绳吊在天车上,如图 2-8(a)所示, P 为重物所受的重力, S 为钢丝绳给重物的拉力。由于这两个力都作用在重物上,而使重物保持静止,所以,它们不是作用力与反作用力的关系,而是二力平衡。

由于向上的拉力 S 是钢丝绳拉重物的力,所以,力 S 的反作用力应为重物拉钢丝绳的力,它的大小与力 S 的大小相等,方向向下。 P 是地球吸引重物的力,所以力 P 的反作用力应是重物吸引地球的力 P' ,此力作用在地球上,它的大小与力 P 的大小相等,方向与力 P 的方向相反。

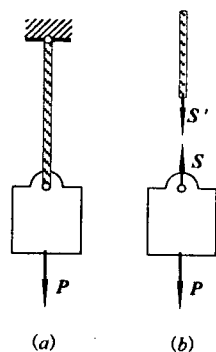


图 2-8

第三节 力矩、力偶的概念

一、力对点之矩

经验告诉我们:用扳手转动螺母时(图 2-9),作用于扳手一端的力 F 使扳手绕 O 点转动的效应,不仅与力 F 的大小有关,而且与 O 点到力 F 作用线的垂直距离 d 有关。因此,在力学上以乘积 $F \cdot d$ 作为量度力 F 使物体绕 O 点转动效应的物理量,这个量称为力 F 对 O 点之矩,简称力矩,以符号 $m_o(F)$ 表示,即:

$$m_o(F) = \pm Fd \quad (2-1)$$

O 点称为力矩中心(简称矩心), O 点到力 F 作用线的垂直距离 d ,称为力臂。通常规定:力使物体绕矩心作逆时针方向转动时,

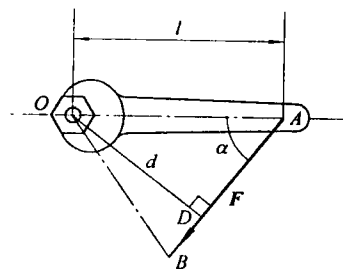


图 2-9

力矩取正号;作顺时针方向转动时,取负号。平面内力对点之矩,只取决于力矩的大小及旋转方

向,因此,平面内力对点之矩是一个代数量。

由图 2-9 可看出,力矩的大小恰好与以矩心为顶点、以力矢量为底边的三角形面积的 2 倍相等,即:

$$m_o(F) = \pm 2\Delta OAB \text{ 面积}$$

力矩的国际制单位是牛顿米(N·m)。

由式(2-1)可知:

1. 力 F 对任一点之矩,不会因该力沿其作用线移动而改变,因为此时力和力臂的大小均未改变;

2. 力的作用线通过矩心时,力矩等于零;

3. 互相平衡的二力对同一点之矩的代数和等于零。

注意:前面是由力对于物体上固定点的作用引出的力矩概念。实际上,作用于物体上的力可以对任一点取矩。

例 2-1 图 2-9 中扳手所受的力 $F=200\text{kN}$, $l=40\text{cm}$, $\alpha=60^\circ$,试求力 F 对 O 点之矩。

解:根据式(2-1)得:

$$\begin{aligned} m_o(F) &= -Fd = -Fl\sin\alpha = -200 \times 0.4 \times \sin 60^\circ \\ &= -69.2(\text{kN} \cdot \text{m}) \end{aligned}$$

负号表示扳手绕 O 点作顺时针方向转动。

二、力偶

1. 力偶和力偶矩

在生活和生产实践中,常见到某些物体同时受到大小相等、方向相反、作用线不在同一直线上的两个力的作用,例如,司机用双手操纵方向盘,木工用丁子头螺丝钻孔(图 2-10)等。

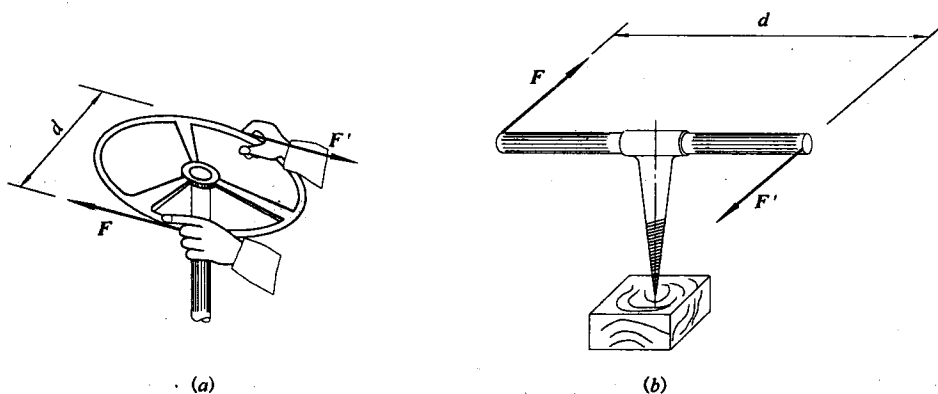


图 2-10

我们把这种作用在同一刚体上大小相等、方向相反、作用线不重合的两个平行力所组成的力系称为力偶,以符号 (F, F') 表示,两力作用线所决定的平面称为力偶的作用面,两力作用线间的垂直距离称为力偶臂。

组成力偶的力的大小 F 与力偶臂 d 的乘积,称为力偶矩,记为 m 。

$$m(F, F') = m = \pm Fd$$

力偶矩是平面力偶的度量,它是一个代数量。规定:逆时针力偶为正,顺时针力偶为负。力偶矩的单位与力矩的单位相同。常用单位有牛顿米($\text{N} \cdot \text{m}$)、千牛顿米($\text{kN} \cdot \text{m}$)等。

2. 力偶的性质

(1)力偶不能与一个力等效,也不能与一个力平衡。

因为力偶在平面内任意轴上的投影的代数和等于零,它不会使物体产生移动效应,而一个力在一般轴上的投影不为零,它必然会使物体产生移动效应。因此,力偶不可能与一个力等效,从而也不可能和一个力平衡。

(2)平面力偶对平面内任意一点的矩恒等于力偶矩。

设平面力偶由 F 、 F' 组成,力偶臂为 d (图 2-11),点 A 是平面内的任一点, A 到 F 、 F' 作用线的垂直距离分别为 AC 、 AB 。力偶对 A 点的矩为 m_A ,力偶矩为 m ,显然

$$m_A = F \cdot AC - F' \cdot AB = F \cdot BC = F \cdot d = m$$

变换 A 点的位置,上述结论仍然成立。

(3)两个平面力偶等效的充分必要条件是力偶矩相等。

例如,图 2-12(a)中作用在方向盘上的力偶(F_1, F_1')或(F_2, F_2'),虽然它们的作用位置不同,但如果它们的力偶矩大小相等、转向相同,则对物体的效应就一样。又如图 2-12(b)中,作用在丝锥扳手上的力偶(F_1, F_1')或(F_2, F_2'),虽然 $F_1 \neq F_2$, $d_1 \neq d_2$,但如两个力偶矩相等,它们对物体的作用效应就相同。

因此,在保持力偶矩不变的前提下,可任意改变组成力偶的力的大小和力臂的长度,也可将力偶在作用面内任意移转,不影响力偶对刚体的转动效应。

由力偶的这一性质可知,力偶的作用效应只与力偶矩的大小有关,因此,在受力图中常用如图 2-13 所示的符号表示力偶。

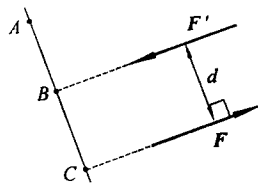


图 2-11

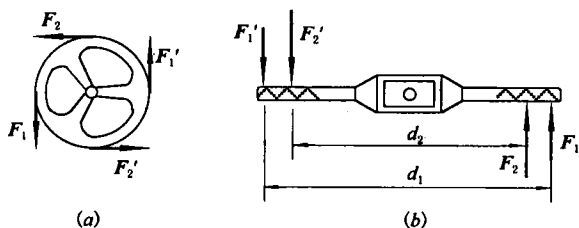


图 2-12

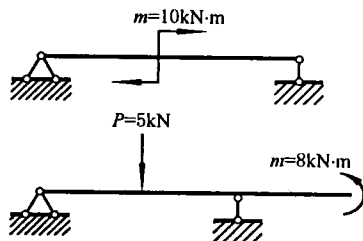


图 2-13

三、力偶系

作用于物体上的一群力偶,称为力偶系。作用面共面的力偶系称为平面力偶系。平面力偶系可合成为一个合力偶,其合力偶矩等于各分力偶矩的代数和。

第四节 力在坐标轴上的投影

一、力在坐标轴上的投影

设力 $F = AB$, 在 xOy 平面内(图 2-14)。从力 F 的始端 A 和终端 B 分别作 Ox 轴的垂线 Aa