

www.hustpas.com



高职高专土建类工学结合“十二五”规划教材
GAOZHIGAOZHUAN TUJIANLEI GONGXUEJIEHE "SHIERWU" GUIHUA JIAOCAI

建筑力学

JIANZHU LIXUE

主 编◎林小松 谭志光



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

高职高专土建类工学结合“十二五”规划教材

建筑力学

主 编 林小松 谭志光

副主编 蒋玉燕 段诗伟 方金刚 雷俊花 刘 勇

华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/林小松,谭志光主编. —武汉:华中科技大学出版社,2015.6
高职高专土建类工学结合“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5680-0958-4

I. ①建… II. ①林… ②谭… III. ①建筑力学-高等职业教育-教材 IV. ①TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 133509 号

建筑力学

林小松 谭志光 主编

责任编辑:吕程

封面设计:原色设计

责任校对:祝菲

责任监印:张贵君

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录排:华中科技大学惠友文印中心

印刷:武汉鑫昶文化有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:13.5

字数:353千字

版次:2015年8月第1版第1次印刷

定价:35.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

内 容 简 介

本书共分 11 个项目,内容包括构件受力分析,结构和构件的平衡,轴向拉(压)杆、扭转和剪切杆件、梁的内力和强度计算,构件的变形和刚度验算,压杆稳定,平面杆系几何组成分析,多跨静定梁与斜梁的内力计算,力法与位移法,力矩分配法计算连续梁等。本教材按照工学结合的方法对建筑力学的内容进行了内容重组和项目化改造,增加了从工程实际出发的典型工作任务,并按照理论知识够用为度和突出动手能力的培养的原则,对某些内容作了适当的详略处理,习题的编写一改过去很多教材只有计算题的习惯,采用了填空、判断、选择和计算四种题型,以满足教师在教学中灵活选题的需要。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校的建筑工程类专业的专业基础课教材,也可供相关工程技术人员参考。

前 言

近年来,随着社会体制的改革创新和科学技术的突飞猛进,社会经济发生了重大的变化。在这种背景下,整个高等教育,尤其是高等职业教育正处在巨大的变革之中。人才的培养已从过去单一型的学科理论教育转向以岗位能力为目标的教育。以工作过程为导向,对教学内容进行项目化改造,在教学中设置从工程实际中提炼出来的典型工作任务,成为高职教育中基础课程改革的重要途径之一。

本书为适应高职高专的发展新形势、新变化的教学需要而编写,旨在能使高职高专的学生既可学到满足岗位需要的建筑力学基本理论知识,又能掌握较强的实际工作技能。本书以能力培养为主线组织教学内容,介绍了构件受力分析,结构和构件的平衡,轴向拉(压)杆、扭转和剪切杆件、梁的内力和强度计算,构件的变形和刚度验算,压杆稳定,平面杆系几何组成分析,多跨静定梁与斜梁的内力计算,力法和位移法,力矩分配法计算连续梁等内容,共分为 11 个项目。

本书在编排上突出了以下四个特点。

(1) 框架清晰,结构完整。本书在保证课程内容系统性和完整性的基础上,充分体现了“基础理论必须够用,专业知识重点保证,能力培养综合强化”的原则,理论阐述力求简明扼要,由浅入深,循序渐进,难易适中,精炼适用。通过本书的学习,学生可较全面地掌握建筑力学的基本知识、原理、方法。

(2) 增加了典型工作任务。从工程实际中选择了结点法计算桁架杆件内力、吊车的平衡计算、挡土墙的抗倾覆验算、砖柱截面设计等典型工作任务编写到教材中,增强了本教材的工程意识,使学生能尽早地接触工程实际。

(3) 按照理论知识够用为度和突出动手能力培养的原则,对某些内容作了适当的详略处理。如对图乘法的介绍采用了简明、直接的叙述方法,避免了过多地讲述能量原理;而在介绍低碳钢拉压实验和扭转实验时则讲述得较为详细,以便使学生掌握实际动手实验的能力,并结合实验适当介绍了材料的力学性能。

(4) 体例设计新颖,强调实用性和可操作性。本书采用项目和任务的结构编写教材内容,每个任务前都有教学目标的简短提示,后都安排了结合教学内容的思考题。习题的编写一改过去很多教材只有计算题的习惯,采用了填空、判断、选择和计算四种题型,以满足教师在教学中灵活选题的需要。

本书是面向高职高专建筑类专业的,不同专业在使用时根据专业自身的特点和需要进行内容的取舍。

本书由林小松、谭志光担任主编,蒋玉燕、段诗伟、方金刚、雷俊花、刘勇为担任副主编,张冲参与编写,全书由林小松统稿。

由于编者水平有限,书中如有不足之处敬请使用本书的师生与读者批评指正,以便今后再版时更正和改进。

编 者

2015 年 5 月

目 录

项目 1 构件受力分析	(1)
任务 1.1 力的概念、力系的概念与力的基本性质	(1)
【思考题】	(5)
任务 1.2 力矩与力偶	(5)
【思考题】	(8)
任务 1.3 约束与约束反力	(9)
【思考题】	(12)
任务 1.4 受力分析	(12)
【思考题】	(16)
习题	(16)
项目 2 结构和构件的平衡	(20)
任务 2.1 结点法计算桁架内力	(20)
【思考题】	(28)
任务 2.2 塔吊的平衡计算	(28)
【思考题】	(33)
任务 2.3 挡土墙的抗倾覆验算	(34)
【思考题】	(41)
习题	(42)
项目 3 轴向拉(压)杆的内力和强度计算	(46)
任务 3.1 轴向拉(压)杆的内力	(46)
【思考题】	(49)
任务 3.2 拉(压)杆的应力及其强度条件	(49)
【思考题】	(55)
任务 3.3 低碳钢与铸铁的拉伸试验	(55)
【思考题】	(61)
习题	(61)
项目 4 扭转和剪切杆件的内力和强度计算	(66)
任务 4.1 扭转杆件的内力	(66)
【思考题】	(68)
任务 4.2 圆轴扭转的应力及其强度条件	(69)
【思考题】	(71)
任务 4.3 低碳钢与铸铁的扭转试验	(72)
【思考题】	(75)
任务 4.4 剪切与挤压的实用计算	(75)

【思考题】	(78)
习题	(79)
项目 5 梁的内力和强度计算	(83)
任务 5.1 梁的内力	(83)
【思考题】	(93)
任务 5.2 梁的应力和强度条件	(93)
【思考题】	(103)
习题	(103)
项目 6 构件的变形和刚度验算	(107)
任务 6.1 杆件的轴向拉伸与压缩变形	(107)
【思考题】	(109)
任务 6.2 圆轴的扭转变形及其刚度条件	(109)
【思考题】	(110)
任务 6.3 梁的变形及其刚度条件	(111)
【思考题】	(122)
习题	(123)
项目 7 压杆稳定	(127)
任务 7.1 压杆稳定的概念	(127)
【思考题】	(129)
任务 7.2 理想压杆的临界力	(129)
【思考题】	(132)
任务 7.3 临界应力与临界应力总图	(132)
【思考题】	(133)
任务 7.4 压杆稳定的实用计算	(133)
【思考题】	(137)
习题	(137)
项目 8 平面杆系几何组成分析	(140)
任务 8.1 平面杆系几何组成分析基本知识	(140)
【思考题】	(145)
任务 8.2 几何组成分析的应用	(145)
【思考题】	(147)
任务 8.3 静定结构和超静定结构	(147)
【思考题】	(148)
习题	(148)
项目 9 多跨静定梁与斜梁的内力计算	(151)
任务 9.1 多跨静定梁内力计算	(151)
【思考题】	(156)
任务 9.2 斜梁内力计算	(156)

【思考题】	(158)
习题	(158)
项目 10 力法与位移法	(162)
任务 10.1 力法	(162)
【思考题】	(168)
任务 10.2 位移法	(169)
【思考题】	(176)
习题	(177)
项目 11 力矩分配法计算连续梁	(180)
【思考题】	(191)
习题	(192)
附录 型钢表	(194)
参考文献	(206)

项目 1 构件受力分析

任务 1.1 力的概念、力系的概念与力的基本性质



教学目标

1. 掌握力的概念和作用效应；
2. 掌握静力学基本公理；
3. 掌握脱离体和受力图的概念；
4. 会画单个物体的受力图；
5. 掌握约束和约束反力概念，会作常见支座的计算简图和计算约束反力。

1.1.1 力的概念

1.1.1.1 力的概念

力的概念是人们在长期的生产劳动和日常生活中逐步建立起来的。力是物体之间的相互机械作用，这种作用使物体的运动状态或使物体的形状发生改变。力使物体运动状态发生改变的效应，称为力的外效应。而力使物体形状发生改变的效应，称为力的内效应。

在分析物体受力情况时，必须分清哪个是受力物体，哪个是施力物体。

1.1.1.2 力的三要素

实践证明，力对物体的作用效应取决于三个要素：力的大小、力的方向、力的作用点。这三个要素称为力的三要素。力的大小是指物体间相互作用的强弱程度。力的方向包含方位和指向两个含义。力的作用点是指力对物体作用的位置。

在力的三要素中，当其中任一要素发生改变时，力对物体的作用效应也随之改变。

1.1.1.3 力的图示法

力是一个具有大小和方向的量，所以力是矢量。图示时，通常用一条带箭头的有向线段来表示；线段的长度（按选定的比例尺）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。

通过力的作用点沿力的方向的直线，称为力的作用线，如图 1-1 所示。

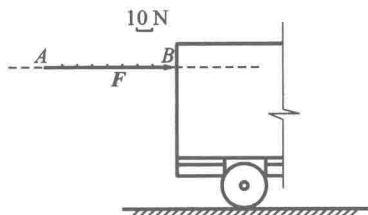


图 1-1 力的图示法

1.1.2 力系的概念

力系是作用在物体上的一群力。

按力的作用线分布,力系可分为平面力系和空间力系。若一个力系中各力的作用线均在同一个平面上,则该力系称为平面力系,否则是空间力系。

按力的作用线关系,力系分为汇交力系、平行力系、力偶系和任意力系。若一个力系中各力的作用线汇交于同一点,则该力系称为汇交力系;若一个力系中各力的作用线相互平行,则该力系称为平行力系;若一个力系全部由力偶组成,则该力系称为力偶系,若一个力系中各力的作用线既不相交于同一点,也不互相平行,则该力系称为任意力系或一般力系。前面的三种力系均为任意力系的特殊情况。图 1-2 给出平面汇交力系、平面平行力系、平面力偶系和平面任意力系的示例。

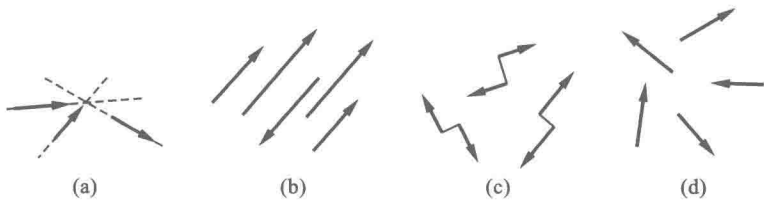


图 1-2 平面力系示例

(a) 平面汇交力系;(b) 平面平行力系;(c) 平面力偶系;(d) 平面任意力系

按力的作用效应,力系分为等效力系和平衡力系。如果某一力系对物体产生的效应,可以用另外一个力系来代替,则这两个力系称为等效力系。若刚体在某力系作用下保持平衡,则该力系称为平衡力系。

把一个力系用与之等效的另一个力系代替称为力系的等效替换。一个复杂力系用一个简单力系等效替换的过程称为力系的简化。若一个力系可用一个力等效替换,则该力叫合力;力系中的各力叫分力。

1.1.3 力的基本性质

1.1.3.1 二力平衡公理

作用在同一刚体上的两个力,使刚体保持平衡的充分必要条件是:这两个力大小相等、方向相反且作用在同一条直线上。

工程中只受两个力作用而平衡的构件称为二力杆。图 1-3 给出二力平衡的一些实例。

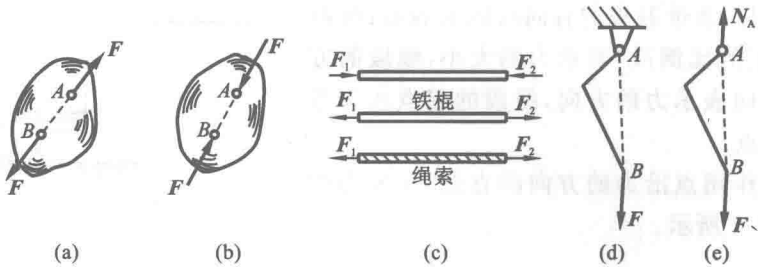


图 1-3 二力平衡实例

1.1.3.2 加减平衡力系公理

在作用于刚体上的任意力系中,加上或去掉一个平衡力系,不改变原力系对刚体的作用效果(外效应)。

推论 1 力的可传性原理

作用于刚体上的力可沿其作用线移动到刚体内任意一点,而不会改变该力对刚体的作用效果。如图 1-4 所示的小车,将作用在点 A 的推力沿作用线移动到左侧的点 B,不会改变它对小车的运动效应。

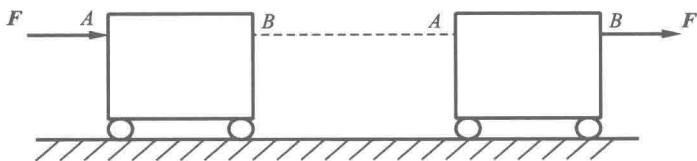


图 1-4 力的可传性

根据力的可传性,对于刚体来说,力的作用点在作用线上的位置已不是决定其作用效果的要素,力的三要素可重新表示为:力的大小、方向和作用线。

需要注意的是,力的可传性只适用于同一个刚体,不适用于两个刚体,也不适用于变形体。在图 1-5 中将力的可传性应用于两个物体或可变形体,导致错误结论。

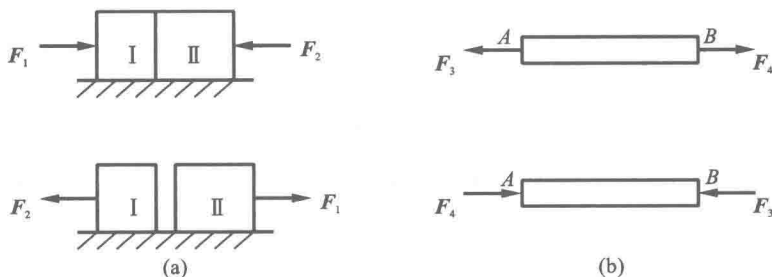


图 1-5 力的可传性的错误应用

1.1.3.3 作用力与反作用力公理

两物体间的作用力与反作用力总是同时出现,且它们大小相等,方向相反,沿同一直线且分别作用在两个相互作用的物体上,如图 1-6 所示。

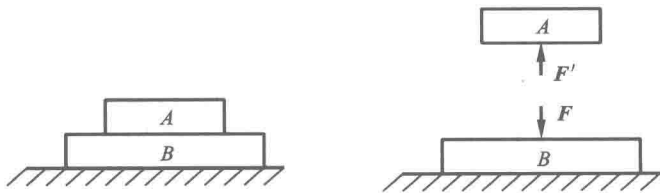


图 1-6 作用力与反作用力

必须注意,作用力与反作用力公理在文字叙述上与二力平衡公理很相似,但二者是完全不同的概念。前者的两个力是分别作用在相互作用的两个物体上的,而后者则是作用于同一个物体上的两个力。

1.1.3.4 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,合力的作用点也在该点,合力的大小和方向由这两个力为边的平行四边形的对角线确定。

如图 1-7 所示,物体上点 A 作用有 F_1 和 F_2 两个力,它们的合力如图中作用于点 A 的 F_R 所示,用矢量表示即为

$$F_R = F_1 + F_2$$

运用这个公理可将两个共点的力合成为一个力,也可将一个已知力分解为两个力,但合成的结果是唯一的,而分解可以有无数多个结果。如图 1-8 所示,力 F 可分解为 F_1 和 F_2 ,也可以分解为 F_3 和 F_4 ,或 F_5 和 F_6 。

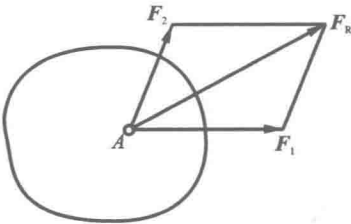


图 1-7 力合成的平行四边形法则

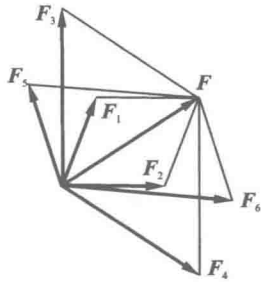


图 1-8 力的分解

工程中常将一个力沿坐标轴 x, y 分解,得到两个互相垂直的分力 F_x 和 F_y ,如图 1-9 所示。这样可以利用简单的三角函数关系得到每个分力的表达式如下。

$$\left. \begin{aligned} F_x &= F \cos \alpha \\ F_y &= F \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

式中: α 为力 F 与 x 轴所夹的锐角。由力的平行四边形法则可推得力的三角形法则。

推论 2 三力平衡汇交定理

一刚体受不平行的三个力作用而平衡时,此三力的作用线必共面且汇交于一点。

证明:设有 3 个互不平行的力 F_1, F_2 和 F_3 分别作用于物体的 A、B、C 点上,且为平衡力系,如图 1-10 所示。根据力的可传性分别将 F_1 和 F_2 移动到汇交点 O 上,由平行四边形法则作出它们的合力 F_{R12} ,显然 F_{R12} 与 F_3 仍为平衡力系。由二力平衡公理可知, F_{R12} 与 F_3 必共线,故 F_3 的作用线必定通过点 O。

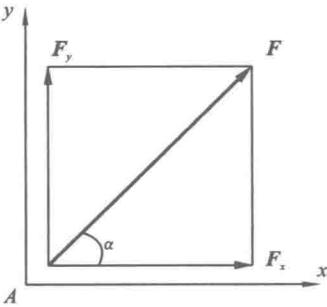


图 1-9 力沿坐标轴的分解

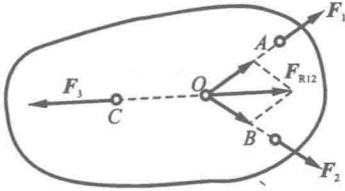


图 1-10 三力平衡汇交定理的证明

【思考题】

1-1-1 作用于刚体上大小相等、方向相同的两个力对刚体的作用是否等效？

1-1-2 二力平衡公理与作用力反作用力公理有何区别？

1-1-3 如图 1-11 所示，三个力 F_1 、 F_2 和 F_3 均不为零，其中 F_1 、 F_2 共线，问这三个力能否使物体平衡？为什么？

1-1-4 在图 1-12 所示的三个物体上的 A、B 两点上各加一个力，使物体平衡。

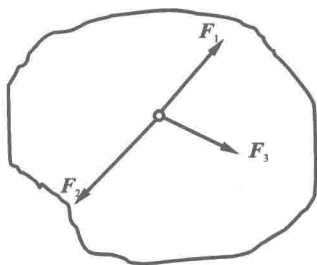


图 1-11 思考题 1-1-3 图

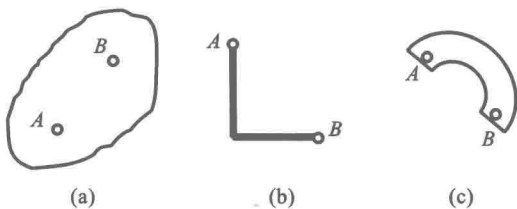


图 1-12 思考题 1-1-4 图

1-1-5 “分力一定小于合力”这一说法对吗？为什么？试举例说明。

1-1-6 什么是二力杆？其受力与构件的形状有无关系？

任务 1.2 力矩与力偶



教学目标

1. 理解力矩和力偶的概念；
2. 会熟练计算力对点之矩；
3. 掌握合力矩定理；
4. 牢固掌握力偶的性质；
5. 理解平面力偶系合成的方法及平衡条件。

1.2.1 力矩

1.2.1.1 力矩的概念

力可以使刚体移动，也可以使刚体转动。力对刚体的移动效应取决于力的三要素。力对刚体的转动效应取决于什么呢？

以图 1-13 所示的扳手为例，凭实际经验可知，力 F 使扳手绕螺母中心 O 转动的效应，不仅与力的大小成正比，而且还与点 O 到该力的作用线的垂直距离 d 成正比，因此可用两者的乘积 Fd 来度量力 F 使扳手绕螺母中心 O 转动的效应。转动中心 O 称为力矩中心，简称为矩心。矩心到力作用线的垂直距离 d 称为力臂。力矩就是力使物体绕某一点产生的旋转效应的度量。

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

式中的正负号规定为:逆时针旋转为正,反之为负。力矩的单位为牛顿·米($\text{N} \cdot \text{m}$)或千牛顿·米($\text{kN} \cdot \text{m}$)。

在规定了正负符号后,我们可认为力矩是代数量。它代表了力使物体绕某点旋转的度量,具有如下性质:

- (1) 力沿其作用线移动,不改变它对点的矩;
- (2) 当力的作用线过矩心时,力矩为零;
- (3) 力对点之矩与矩心位置有关。

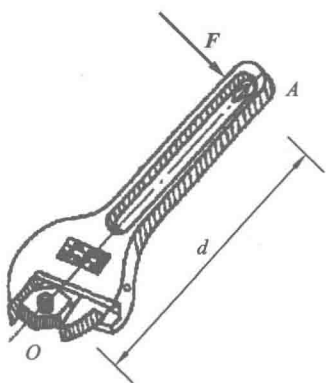


图 1-13 力对矩心 O 的转动效应

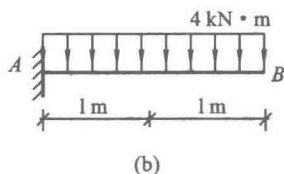
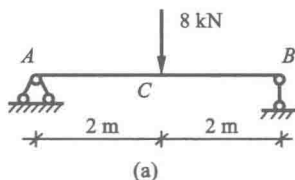


图 1-14 例 1-1 图

【例 1-1】求图 1-14 中荷载对 A、B 两点之矩。

解

图 1-14(a): $M_A = -8 \times 2 \text{ kN} \cdot \text{m} = -16 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$$M_B = 8 \times 2 \text{ kN} \cdot \text{m} = 16 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

图 1-14(b): $M_A = -4 \times 2 \times 1 \text{ kN} \cdot \text{m} = -8 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$$M_B = 4 \times 2 \times 1 \text{ kN} \cdot \text{m} = 8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

1.2.1.2 合力矩定理

合力与分力是等效的,而力矩是度量力对物体的转动效应的物理量。可以证明:平面汇交力系的合力对平面内任意一点的力矩,等于所有分力对同一点的力矩的代数和。即

$$M_O(F) = M_O(F_1) + M_O(F_2) + \cdots + M_O(F_n) \quad (1-3)$$

式(1-3)称为合力矩定理。合力矩定理建立了合力对点之矩与分力对同一点之矩的关系。这个定理也适用于有合力的其他力系。

【例 1-2】试计算图 1-15 中力 F 对点 A 之矩。

解 本题有两种解法。

(1) 按力矩的定义计算

由图中几何关系有:

$$\begin{aligned} d &= AD \sin \alpha = (AB - DB) \sin \alpha \\ &= (AB - BC \cot \alpha) \sin \alpha = (a - b \cot \alpha) \sin \alpha \\ &= a \sin \alpha - b \cos \alpha \end{aligned}$$

所以

$$M_A(F) = F \cdot d = F(a \sin \alpha - b \cos \alpha)$$

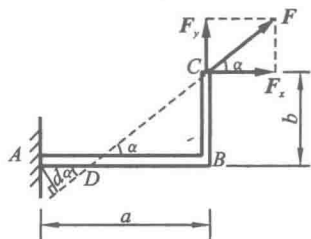


图 1-15 例 1-2 图

(2) 根据合力矩定理计算

将力 F 在点 C 分解为两个正交的分力,由合力矩定理可得

$$\begin{aligned} M_A(F) &= M_A(F_x) + M_A(F_y) = -F_x \cdot b + F_y \cdot a \\ &= -F(b\cos\alpha - a\sin\alpha) = F(a\sin\alpha - b\cos\alpha) \end{aligned}$$

当力臂不易确定时,用后一种方法较为简便。

1.2.2 力偶

1.2.2.1 力偶和力偶矩的概念

在日常生活和工程实际中经常见到物体受到两个大小相等、方向相反,但不在同一直线上的两个平行力作用的情况。例如图 1-16(a)所示的司机转动驾驶汽车时两手作用在方向盘上的力,图 1-16(b)所示的工人用丝锥攻螺纹时两手加在扳手上的力,以及图 1-16(c)用两个手指拧动水龙头所加的力等。

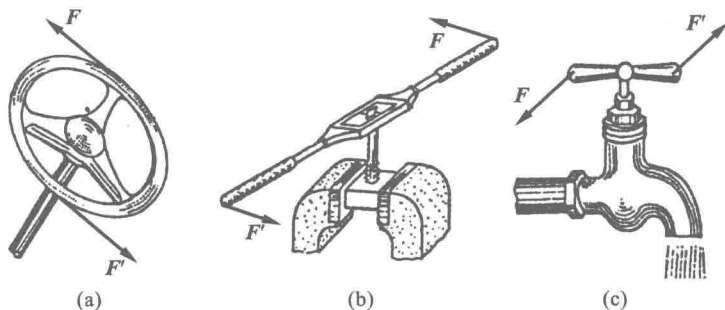


图 1-16 日常生活和工程实际中的力偶

(1) 力偶:在力学中把这样一对等值、反向而不共线的平行力称为力偶,用符号 (F, F') 表示。两个力作用线之间的垂直距离称为力偶臂,两个力作用线所决定的平面称为力偶的作用面。

(2) 力偶矩:力偶对物体转动效应的量度,称为力偶矩,用 M 或 $M(F, F')$ 表示。在平面问题中,力偶矩为力偶中的一个力的大小和力偶臂的乘积冠以正负号,如图 1-17 所示。

即

$$M(F) = \pm F \cdot d = \pm 2\Delta ABC$$

通常规定:力偶使物体逆时针方向转动时,力偶矩为正,反之为负。

在国际单位制中,力矩的单位是牛顿·米($N \cdot m$)或千牛顿·米($kN \cdot m$)。

1.2.2.2 力偶的基本性质

力和力偶是静力学中的两个基本要素。力偶与力具有不同的性质。

(1) 力偶不能简化为一个力,即力偶不能用一个力等效替代。因此力偶不能与一个力平衡,力偶只能与力偶平衡。

(2) 力偶对其作用在平面内任一点的矩恒等于力偶矩,与矩心位置无关。

(3) 在同一平面内的两个力偶,只要两力偶的力偶矩的代数值相等,则这两个力偶相等。这就是平面力偶的等效条件。

根据力偶的等效性,可得出下面两个推论。

推论 1 力偶可在其作用面内任意移动和转动,而不会改变它对物体的效应。即力偶对物体的转动效应与它在作用平面内的位置无关。

推论 2 只要保持力偶矩不变,可同时改变力偶中力的大小和力偶臂的长度,而不会改变它对物体的作用效应。这是力偶的可调性。

力偶的作用效果取决于三个因素:构成力偶的力、力偶臂的大小,力偶的转向和力偶的作用平面,称为力偶的三要素。

根据力偶的性质,在平面问题中可用一带箭头的弧线来表示力偶,如图 1-18 所示,其中箭头表示力偶的转向, M 表示力偶矩的大小。

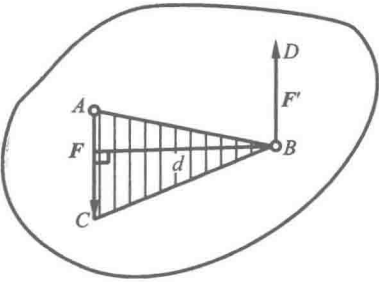


图 1-17 力偶矩概念

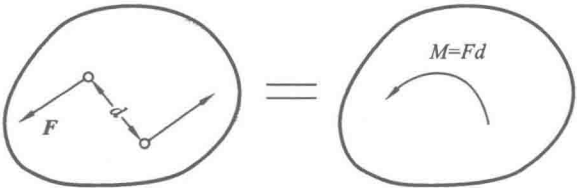


图 1-18 力偶的图示

【思考题】

1-2-1 试比较力矩与力偶的异同点。

1-2-2 用水平方向的力把物体绕点 C 推翻,如图 1-19 所示,在 A 处推省力还是在 B 处推省力? 为什么?

1-2-3 设图 1-20 中大熊的体重为 300 kN ,大牛的体重为 200 kN ,试问力偶 M 为多大时,能使跷跷板保持在水平平衡位置?

1-2-4 力偶的三要素是什么? 与力的三要素比较有何不同?

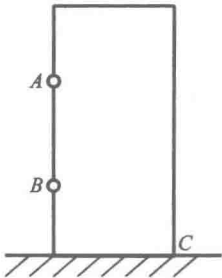


图 1-19 思考题 1-2-2 图

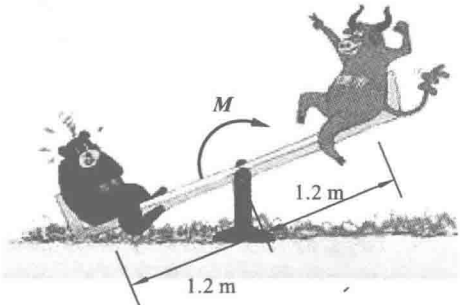


图 1-20 思考题 1-2-3 图

任务 1.3 约束与约束反力

教学目标

1. 掌握约束及约束反力的概念；
2. 学会几种常见约束类型反力的图示方法。

1.3.1 约束和约束反力的概念

漂浮在空中、运动不受任何限制、不受任何约束的物体称为自由体,如飞机、气球等。而工程中的构件都要受到别的构件或物体对其运动的限制和阻碍,它们都是非自由体(如基础、墙、梁等)。

约束或限制非自由体运动(运动趋势)的物体,称为约束物体,简称约束。而约束施加在被约束体上的限制其运动的力称为约束反力,简称为反力。反力是被动力,大小取决于作用于物体的主动力和约束本身的性质。反力作用的位置在约束与被约束物体的接触面上。反力的方向与约束所限制的物体运动方向相反。

与约束力相对应,主动使物体运动或使物体产生运动趋势的力称为主动力,如重力、土压力、风力等,工程中常将主动力称为荷载。

1.3.2 常见约束类型及其约束反力

这里介绍工程中常见的约束及其反力,请特别注意这些约束的反力特点。

1.3.2.1 柔体约束

由柔软的不计自重的物体构成的约束称为柔体约束,如绳索、链条、胶带等。

反力特点:柔体不能承受压力,故柔体约束的反力只能是拉力,反力作用线沿柔体形心轴线,两端通过接触点(二力杆),一般用 T 或 F_T 表示,如图 1-21 所示。

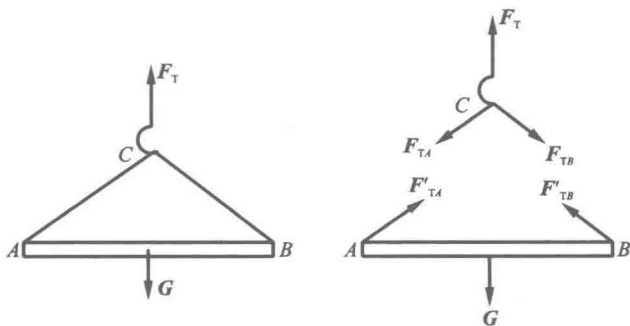


图 1-21 柔体约束及其反力

1.3.2.2 光滑接触面约束

当两个物体相互接触,在接触处的摩擦力很小而略去不计时,就构成了光滑接触面约束。