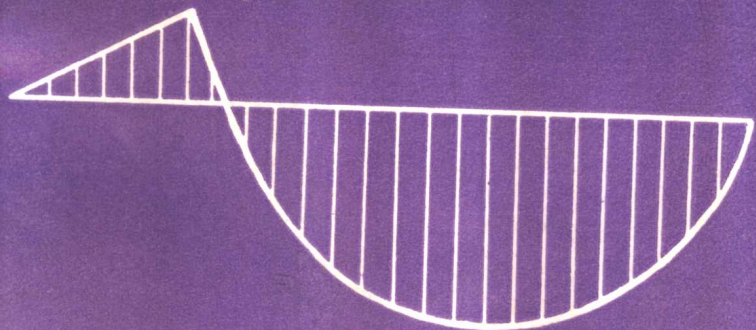


建筑中级技术工人培训自学考核丛书

实用建筑力学

庞德海 编



北京工业大学出版社

实用建筑力学

庞德海 编

北京工业大学出版社

内 容 提 要

本书参照国家建设部制订的《建筑安装工人中级技术理论教学计划 and 教学大纲》，重点介绍了建筑企业中级工人应知的刚体静力学、材料力学和结构静力学的基本力学知识，包括物体受力的分析方法，常见结构的组成及受力变形特点，一般构件强度、刚度和稳定性的计算原理。考虑到工人的实际文化水平，本书注重内容上的系统性、实用性、针对性，重点突出，通俗易懂。为了使读者能抓住所学重点进行复习，每章后编有复习思考题和一般水平的习题。

本书可作为建筑企业中级工的岗位培训、自学、考核教材，也可供建筑企业的基层干部、技术人员和职业高中、技工学校的学生学习参考。

实用建筑力学

庞德海 编

*

北京工业大学出版社出版发行

各地新华书店经销

北京育才印刷厂印刷

*

1992年9月第1版 1992年9月第1次印刷

787×1092毫米32开本 9印张 195千字

印数：1~8000册

ISBN7-5639-0210-4/T·12 定价：4.20元

(京)新登字212号

编者的话

改革开放以来,作为我国国民经济重要产业部门的建筑业有了飞速的发展。与此同时,随着新型建筑材料的不断涌现,新的施工技术、施工工艺和施工方法的广泛应用,对企业工人的技术要求也越来越高。企业工人的业务素质和技术水平已是关系到企业生存和提高企业竞争能力的重要因素。面对当前城乡基本建设任务日益繁重,企业青年工人迅速增加的新局面,为适应今后建筑企业工人必须先培训,后持证上岗的发展趋势,北京工业大学出版社组织北京有关院校的土建专家、教师,参照国家建设部颁发的《建筑安装工人中级技术理论教学计划和教学大纲》和《土木建筑工人技术等级标准》(JGJ42—88)规定的内容和要求,结合当前建筑企业的生产实际,编写了一套“建筑工人培训、自学、考核”丛书。

这套丛书按工种和教学要求共分8册,包括:《实用建筑力学》、《建筑识图与构造》、《中小型建筑机械使用与保养》、《实用建筑测量》、《钢筋工考核应知》、《混凝土工考核应知》、《砖瓦工考核应知》、《防水工考核应知》。本书为《实用建筑力学》,是建筑工人中级技术理论学习的基础教材。全书主要介绍刚体静力学、材料力学和结构静力学的最基本的理论和知识。通过教与学可以使读者掌握物体受力分析的方法,一般构件的强度、刚度和稳定性的计算原理,了解常见类型结构的组成分析及受力变形特点。

考虑到广大建筑工人的数学基础，在本书编写过程中尽量采用通俗易懂和形象化的语言，密切联系生产实际，着重讲清力学的基本概念和分析问题解决问题的方法；特别是对有关的力学公式，尽量避开繁琐的数学推导，而从定性、定量两个方面，在保证物理概念准确性的基础上，以初等数学的方法建立和推演，以便帮助读者较深刻地领会所学内容。

编写中为了突出重点，减少重复，缩短学时，并照顾工人的学习特点，在本书的内容和体系方面做了与一般教材不同的编排。每章书末编有复习思考题和一般水平的习题，以使读者抓住所学重点和供复习之用。

由于时间仓促，水平有限，不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

1992年4月

目 录

第一章 静力学基本概念	(1)
第一节 力的基本知识.....	(1)
第二节 力矩和力偶.....	(6)
第三节 约束、支座和支座反力.....	(11)
第四节 隔离体和示 (受) 力图.....	(15)
复习思考题.....	(18)
习题.....	(19)
第二章 静力学基本定理	(21)
第一节 力的投影和合力投影定理.....	(21)
第二节 合力矩定理.....	(26)
第三节 力线的平移定理.....	(28)
复习思考题.....	(30)
习题.....	(30)
第三章 结构和构件在平面力系作用下的平衡	(32)
第一节 平面汇交力系的合成及平衡时的图 解法.....	(32)
第二节 平面汇交力系平衡的数解法.....	(37)
第三节 平面力偶系合成与平衡.....	(41)
第四节 平面一般力系向已知点的简化及其 结果的分析.....	(43)
第五节 平面一般力系的平衡方程及其应用.....	(48)
复习思考题.....	(58)

习题	(58)
第四章 重心和形心	(63)
第一节 平行力系合力作用点位置的确定	(63)
第二节 物体重心的坐标公式	(65)
第三节 平面图形的形心	(66)
复习思考题	(71)
习题	(71)
第五章 杆件的拉伸与压缩	(73)
第一节 拉伸与压缩时的绝对变形和相对变形	(73)
第二节 轴向拉伸与压缩时的内力与应力	(76)
第三节 拉伸与压缩时的胡克定律	(83)
第四节 拉伸与压缩时材料的力学性质	(87)
第五节 安全系数、许用应力和强度条件	(92)
复习思考题	(96)
习题	(97)
第六章 剪切、挤压和联结的实用计算	(99)
第一节 剪切	(99)
第二节 挤压	(103)
第三节 联结的实用计算	(104)
复习思考题	(121)
习题	(121)
第七章 梁的弯曲	(125)
第一节 梁的内力——剪力与弯矩	(126)
第二节 剪力图和弯矩图	(132)
第三节 梁的正应力及其强度条件	(148)
第四节 梁的剪应力	(158)

第五节 梁截面的合理形式及变截面梁·····	(161)
第六节 梁的变形及刚度条件·····	(162)
复习思考题·····	(170)
习题·····	(170)
第八章 扭转 ·····	(175)
第一节 扭转概念及工程实例·····	(175)
第二节 圆轴扭转时的内力、应力和强度 条件·····	(176)
第三节 圆轴扭转时的变形及刚度条件·····	(183)
第四节 矩形截面杆的自由扭转·····	(185)
复习思考题·····	(186)
习题·····	(187)
第九章 杆件的组合变形 ·····	(188)
第一节 斜弯曲·····	(188)
第二节 拉弯(或压弯)计算·····	(193)
第三节 偏心拉伸与压缩·····	(197)
复习思考题·····	(203)
习题·····	(203)
第十章 压杆稳定计算 ·····	(206)
第一节 压杆的三种平衡状态·····	(206)
第二节 欧拉临界力公式·····	(208)
第三节 临界应力、长细比·····	(210)
第四节 压杆实用计算法·····	(212)
复习思考题·····	(218)
习题·····	(219)
第十一章 结构静力学的基本概念 ·····	(220)
第一节 结构计算简图·····	(220)

第二节 杆件结构的基本形式.....	(225)
第三节 结构的几何组成分析.....	(227)
复习思考题.....	(235)
习题.....	(235)
第十二章 结构受力分析基本知识.....	(236)
第一节 多跨静定梁.....	(236)
第二节 平面静定桁架.....	(239)
第三节 平面静定刚架.....	(248)
第四节 三铰拱.....	(254)
第五节 解算超静定结构的基本知识和方法.....	(261)
复习思考题.....	(267)
习题.....	(268)
附录 普通型钢规格摘录.....	(271)
一、等边角钢.....	(271)
二、普通槽钢.....	(273)
三、工字钢.....	(275)

第一章 静力学基本概念

静力学是研究机械运动中一种特殊情况，即物体处于平衡状态时，作用在上面的力系的合成、分解以及平衡条件的科学。

平衡状态是指物体相对于地球处于静止或匀速直线运动的状态。如房屋和桥梁等，都是处于相对静止的状态。本书将主要研究这种平衡状态。

刚体是在任何外力作用下，忽略其几何形状改变的物体。

物体受外力作用，总要变形。但若物体变形很小，对于外力的作用影响甚微，则在分析外力之间的关系时，就把变形略去不计而将物体看成刚体了。

静力学主要讨论两方面的问题：

1. 力系的简化、合成

设法将原复杂力系用一个等效的最简单的力系去代替，以便于分析。

2. 力系平衡时的条件及其应用

在力系合成的基础上，讨论刚体平衡时力系所应满足的条件，并据此计算结构或构件的支座反力。

第一节 力的基本知识

一、力和力系

1. 力

力是物体之间的相互的机械作用，它是物体运动状态发生变化和使物体产生变形的原因。因而，力对物体有两种效应：运动效应和变形效应。力不能离开物体单独存在，力只能通过其效应才能观察到。就是说，凡是物体运动快慢和方向（即速度）有变化或物体有变形时，必然有力的作用。

力对物体的作用效应取决于它的大小、方向和作用点，这是力的三要素。

力是既有大小又有方向的物理量，这种量称为矢（向）量。它同温度、面积等数量不同，这些量只有大小，没有方向。

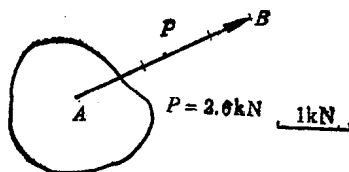


图1-1

力用一个带箭头的有向线段来表示，如图1-1所示。线段长度按一定比例代表力的大小，箭头指向和线段方位就是力的方向，线段端点

为力的作用点。通常拉力用线段起点表示作用点，压力用线段终点表示作用点。

力的单位在国际单位制中用牛顿（N）或千牛（kN）表示。工程上有时采用公制，力的单位是公斤力（kgf）或吨力（tf），习惯简写成公斤（kg）或吨（t）。牛顿与公斤力的关系： $1\text{kgf}=9.807\text{N}$ 。本书采用国际单位制。

在书写或印刷时，力用黑体字 P 、 F 等表示，相应的白体字 P 、 F 等代表力的大小。为方便计，本书一般就以白体字整个表示力，除有必要时才加以区分。

2. 力系

作用在同一物体上的力往往不止一个，对于两个以上的

一群力称为力系。力系可按其中各力作用线是否位于同一平面之内,分为平面力系和空间力系。本书主要讨论平面力系。

二、力的基本性质

人类在长期生活和生产实践中,发现并总结出了力对刚体作用的一些最基本的规律,都是人们常识所了解的。

1. 力的合成与分解

如果一个力可以与一个力系的作用效应相同,这个力就称为该力系的合力。力系中每一个力都叫作合力的分力。

如图1-2a,在A点作用有两个相交的力 P_1 和 P_2 ,实践证明,该二力的合力 R 由这二力为边所作的平行四边形的对角线所确定,作用线通过二力的交点。这是力的平行四边形法则。

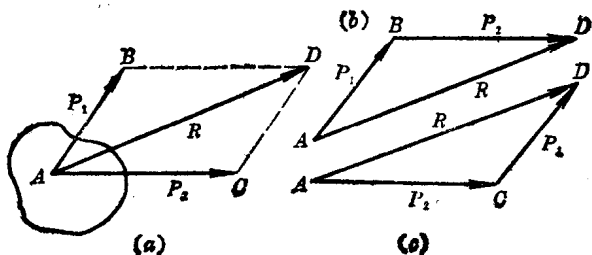


图1-2

也可只画平行四边形的一半,即以A为始点先画 P_1 ,再以其终点B为 P_2 的始点画出 P_2 ,最后由第一个力的始点(A)朝向第二个力的终点(D)连线即得合力 R ,如图1-2b所示。或先画 P_2 ,后画 P_1 (图1-2c),结果相同。这叫二力合成的三角形法则,写成公式:

$$R = P_1 + P_2 \quad (1-1)$$

这个式子是 P_1 和 P_2 的矢量和,它不仅决定于两个矢量的大小,还与它们的方向有关。这同数量之间的代数和不同,代

数和只是数量绝对值之间相加减。

与合成相反，也可把一个力进行分解求分力。如图 1-3 所示，把力 R 分解为两个分力 P_1 和 P_2 。从几何作图看来，两力合成相当于已知两边长短和方位作一三角形，第三边就是合力，其答案只有一种。把一个力分解为二个分力，相当于已知一边作一三角形，如无限制条件，答案就不止一种，正如图上所画的那样。为了求得确定的两个分力，应当提出必要的限制条件。在工程上经常是把一个力分解为两个相互垂直的分力，比如一个是水平分力 R_x ，一个是竖向分力 R_y ，这叫正交分解，如图 1-4 所示。

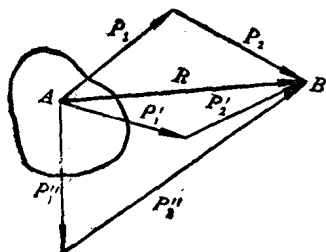


图1-3

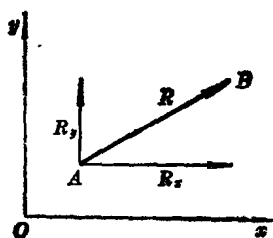


图1-4

2. 二力平衡

一个刚体上如果受有两个力的作用，并且处于平衡状态，这两个力必然是：大小相等 ($P_1 = P_2$) 方向相反，作用在同一直线上，如图 1-5 所示。反之，只要满足了上述条件，两个力就一定是平衡的。因此，等值、反向和共线是二力平衡的必要与充分条件。实际上平衡的原因在于，这两个力的作用效应相互抵消了，从运动效应来说，实质上相当于刚体不受力的情况。顺便指出，如果一个刚体在一个力系作用下处于平衡状态，这个力系就叫平衡力系。平衡力系中每一个力称作其余力的平衡力。因此，二力平衡中的每一个力

都互称平衡力。

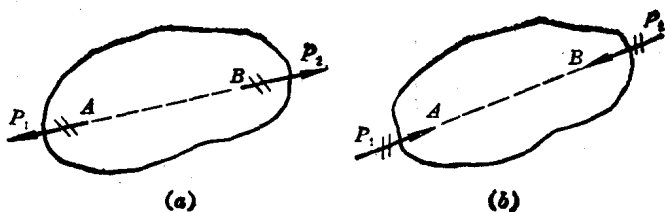


图1-5

3. 力的可传性

图1-6a所示在水平轨道上的小车受加在A点的推力 P 作用，若改为受加在B点的拉力 P 作用（图1-6b），其它条件相同，则二者的运动效果相同，这是不言而喻的。这称为力的可传（递）性，即作用在刚体上的一个力，在不改变其大小、方向的情况下，可以沿其作用线将作用点移动到任一位置，它对刚体的运动效应保持不变。

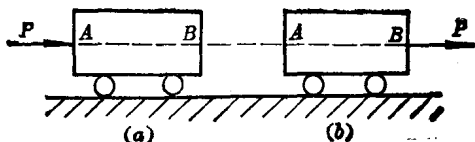


图1-6

不过力的可传性通常只适用于物体的运动效应，对于研究变形效应就不适用了。图1-7a所示杆件本来受有一对压力 P_1 、 $P_2(=P_1)$ 作用，如将二力沿作用线移到图1-7b所示位置，虽然仍是平衡状态，但却改变了杆件的变形性质，前者受压缩短，后者受拉伸长。

4. 作用力与反作用力

由牛顿第三定律可知：两个物体之间的相互作用力总是

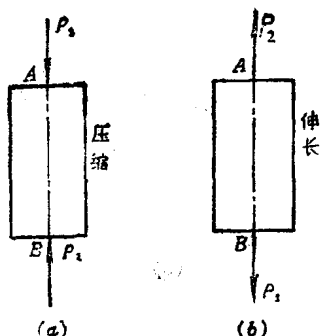


图1-7

成对出现的,它们大小相等、方向相反、作用线重合,并且分别作用在两个物体上。如图1-8a、b所示,梁给墙以压力 R ,墙必同时给梁以反力 R' ,二者满足作用力与反作用力之关系。

要注意,这同二力平衡时的两个力不一样,作用力与反作用力分别作用在两个物体上,不像二力平衡的两个力都施加于同一物体上。它们不是平衡力,它们的作用效应不能互相抵消。

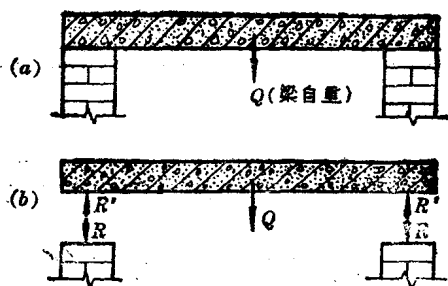


图1-8

第二节 力矩和力偶

一、力矩

在日常生活和生产劳动中,我们经常利用各式各样的杠杆进行工作,如扳手和撬棍(图1-9a、b)等。这些工具都是利用围绕某一点的转动来工作的。这个点称为转动中心。

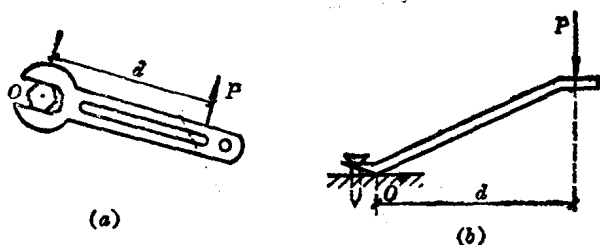


图1-9

从经验可知，由转动中心（O）到力P作用线的垂直距离越大，转动就越大；如果力的作用线不变，而力的大小改变，也会影响转动效果。以上说明，物体围绕某点的转动效果既取决于力，又取决于力的作用线到转动中心的垂直距离。转动中心也叫矩心，由矩心到力作用线的垂直距离 d 叫力臂。力的大小与力臂的乘积称为该力对矩心的力矩，即

力矩=力×力臂

写成公式 $M_O(P) = \pm P \cdot d$ (1-2)

力矩的正负号表明力使物体绕矩心的旋转方向。它可以人为规定，但在研究同一问题时规定要一致，本书规定逆时针转向为正，顺时针转向为负。力矩在平面力系中是一个代数量。力矩的单位通常为牛·米（N·m）或千牛·米（kN·m）。

当力沿其作用线移动时，它对某定点（矩心）之矩保持不变，这是因为力臂 d 没有改变。

当力的作用线通过某点时，力对该点之矩等于零，因为此时力臂 $d=0$ 。

例1-1 如图1-10所示，在OA杆之A点有三个力作用，已知 $P_1=2\text{kN}$ ， $P_2=3\text{kN}$ ， $P_3=4\text{kN}$ 。试求三个力分别对

于O点之力矩。

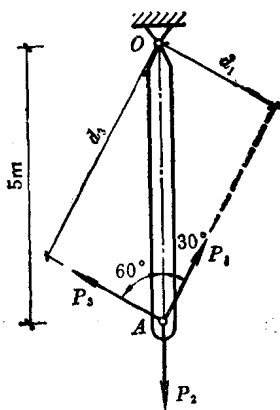


图1-10

〔解〕按定义可得：

$$M_O(P_1) = 2 \times 5 \sin 30^\circ = 5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_O(P_2) = 3 \times 0 = 0$$

$$M_O(P_3) = -4 \times 5 \sin 60^\circ = -17.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

二、力偶及其性质

1. 力偶

除了一个力可使物体围绕某定点（矩心）旋转外，在力学中还有一个很重要的量也能使物体旋转，这就是力偶。汽车司机双手加在方向盘上的力使方向盘旋转，他所用的力一般可认为是大小相等、方向相反、作用线平行的，如图1-11a所示。还有用手拧螺丝帽、用钥匙开锁等，手指头用的两个力也与上述者相同。

凡是大小相等、方向相反、作用线平行而不重合的两个平行力，就称为力偶。力偶中二平行力之间的垂直距离 d 称为力偶臂。力偶用 (P, P') 表示（图1-11b）。