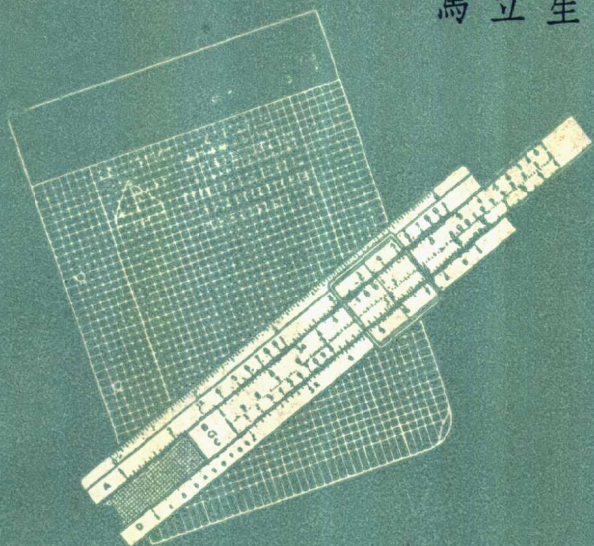


馬立生 編



初級結構工程自學叢書

靜力學入門

上海科學技術出版社

初級結構工程自學叢書

靜 力 學 入 門

馬 立 生 編

上海科學技術出版社

內 容 提 要

本丛书介紹土建結構設計的基本知識，計有靜力學，材料力學，結構力學，地基與基礎，鋼筋混凝土結構，木結構，磚石結構，鋼結構等八本。讀者依次讀完后可獨立作簡單設計，亦可為進一步閱讀中等技術學校教材打下基礎。本書適合具有初中文化水平的土建人員自學亦可作為訓練班的教材。

本書為丛书的第一種，共分八章，介紹土建專業應該具備的靜力學知識並重點介紹圖解方法。初學土建結構設計的讀者應從本書入手。

初級結構工程自學丛书

靜 力 學 入 門

馬 立 生 編

上海科學技術出版社出版 (上海瑞金二路450號)

上海市書刊出版業營業許可證出 093 號

上海市印刷六廠印刷 新華書店上海發行所發行

開本 787×1092 1/32 印張 5 22/32 排版字數 124,000

1959 年 2 月第 1 版 1964 年 11 月第 8 次印刷

印數 47,501—59,500

統一書號 15119·1172 定價(科三) 0.50 元

前 言

自从党中央提出技术革命的号召后,在全国范围内掀起了学习科学技术的热潮,从事土木建筑工程的工人、技术干部与业务管理干部,大都有进一步钻研有关这一方面的基本理论和知识的要求,人民公社有些干部也需要一些初级土建工程方面的知识。

我们出版这一套“初级结构工程自学丛书”的主要目的,就在能有助于初学的人自学,同时也可作为有关单位开办技术训练班时作教材。丛书取材较一般中等技术学校的教材为浅显,并以切合实用,便于无师自通为准则,希望具有初中文化程度并略有三角学基本知识的读者都可能理解清楚。当然,由于读者在文化水平高低上、技术经验多少上有所不同,在学习过程中还会发生一定困难。但是,困难不是不可克服的,只要有毅力,坚持学习,并不断向人请教,就一定可以成功。

这一套丛书初步拟出版下列八种:

- | | |
|-------------|---------------|
| 1. 静力学入门, | 5. 钢筋混凝土结构入门, |
| 2. 材料力学入门, | 6. 木结构入门, |
| 3. 结构力学入门, | 7. 砖石结构入门, |
| 4. 地基与基础入门, | 8. 钢结构入门。 |

读者可循序渐进,由于前四种属于基础性质,应该按照次序先读,后四种的次序可以视需要援急,酌分先后。

我们出版这一套丛书尚是尝试性质,如果读者要求出版其他方面的土建工程自学丛书,我们还打算进一步考虑。写作这套丛书的同志们对于中等技术学校的教学工作虽然积累了很多经验,但要写成浅显和适于自学的书,也免不了带有颇大的尝试性质。

这一套丛书一定会有不少问题和缺点,特别是取材很难恰当,希望读者在学习过程中多提意见,以便改进。

上海科学技术出版社

1959年1月

目 录

第一章 緒 論

§ 1-1	力学、工程力学、理論力学、靜力学	1
§ 1-2	靜力学的基本概念和原理	2
§ 1-3	支座和支座反力	11

第二章 平面共点力系

§ 2-1	力的合成	14
§ 2-2	力的分解	19
§ 2-3	共点力系平衡的图解条件	23
§ 2-4	三力平衡原理	26
§ 2-5	解析法求合力	28
§ 2-6	共点力系平衡的解析条件	31
§ 2-7	割离体的概念	32
§ 2-8	桁架杆件内力計算(节点法)	34

第三章 平面平行力系

§ 3-1	两个同向平行力的合成	40
§ 3-2	将一个力分解为两个同向的平行力	43
§ 3-3	两个反向平行力的合成	45
§ 3-4	将一个力分解为两个反向的平行力	49
§ 3-5	力对一点的力矩	51
§ 3-6	力矩定理	54
§ 3-7	力对坐标原点的力矩式	57

§ 3-8 力偶的概念	60
§ 3-9 力偶的基本特性	62
§ 3-10 力偶的合成及平衡	64
§ 3-11 平面平行力系的合成及平衡	68

第四章 平面一般力系

§ 4-1 平面力系向已知中心的简化	76
§ 4-2 平面一般力系合力的讨论	79
§ 4-3 平面一般力系的力矩定理	81
§ 4-4 平面一般力系的合力计算	81
§ 4-5 平面一般力系的平衡	85
§ 4-6 桁架杆件内力计算(截面法)	92

第五章 图解静力学

§ 5-1 概言	101
§ 5-2 索多边形概念, 平面一般力系的合力	101
§ 5-3 平面一般力系合成为一个力偶的情形	108
§ 5-4 平面一般力系平衡的图解条件	111
§ 5-5 图解平衡条件的应用, 支座反力的求法	112
§ 5-6 求力矩的图解法	117
§ 5-7 图解法求桁架杆件内力	119

第六章 空间力系

§ 6-1 概言	133
§ 6-2 空间共点力系的合力	134
§ 6-3 空间共点力系的平衡	138
§ 6-4 力对于一点的力矩和对过该点的直线的力矩 之关系	140
§ 6-5 空间平行力系的力矩定理	141

§ 6-6	空間平行力系的合力	142
§ 6-7	空間平行力系的平衡	146
§ 6-8	空間一般力系	148

第七章 重 心

§ 7-1	概念	153
§ 7-2	面积靜力矩	154
§ 7-3	平面图形面积的重心	155
§ 7-4	复杂图形重心的求法	157
§ 7-5	型钢組合截面的重心	162

第八章 摩 擦

§ 8-1	引起摩擦的原因及摩擦的种类	169
§ 8-2	滑动摩擦系数, 摩擦角和摩擦定律	170
§ 8-3	考虑摩擦后的物体平衡問題	174

第一章 緒 論

§ 1-1 力学、工程力学、理論力学、靜力学

力学是研究物体运动規律的科学，工程力学則是將这一些規律用来解决工程問題的科学。一般說来，工程力学包括理論力学、材料力学和結構力学。理論力学是專門討論物体运动的基本理論——运动和平衡的科学。理論力学中又可分为靜力学、运动学和动力学三个部分。其各部分所討論的內容如下：

(1) 靜力学——專門討論物体平衡的条件。即物体受力后不改变其原有的运动状态(靜止的仍然靜止,运动的仍作等速直綫运动)的条件。必須說明,在靜力学里所說的平衡,主要是指靜止的平衡状态。

(2) 运动学——專門討論物体运动的几何性質,即位置随時間变化的关系。而在討論运动时并不考虑改变运动状态的原因——力。

(3) 动力学——是討論物体运动的規律和造成这种运动的原因——力、两者之間的相互关系。

在安全的条件下,用合适而經济的材料、尺寸、型式建造建筑物,使其正常的發揮作用——受力后处在靜止的平衡状态,这是每一个建筑物必須达到的目的。而靜力学正是討論物体受力后的平衡問題。所以从事土建工作时,如果不具备一定程度的靜力学基本知識,这个目的将无法达到。因而靜力学对土建技

术人員的重要性就不言而喻了。

§ 1-2 靜力学基本概念和原理

(一)剛体的概念 物体受力后,不但运动状态可能改变,其本身形态也可能变化,如彈簧拉則伸长,压則縮短……等,都是受力后形状的改变。但是一般工程材料所造成的物体,受力后形状的改变与原来的整个物体相比,往往是非常微小的。所以,在靜力学及理論力学中研究物体的平衡和运动时,可以将这种形状的改变略而不計,使得理論分析更为理想,而所发生的誤差也不会太大。因此,在靜力学和理論力学中所研究的对象都假定是这种簡單的物体——在任何外力作用之下都不发生变形,这种物体叫做剛体。

(二)力的概念 任何物体的存在,都不是孤立的,我們不可能設想任何一物体不受其周圍其他物体的影响。力就是物体間这种相互影响的一种表現。例如地球对任一物体的影响是使其向下落,盛水的器具中的水对器壁的影响是向外推。这种向下落、向外推都是一种力的作用,所以我們可以得出力的定义是“力是甲物体对乙物体的作用,使乙物体发生运动状态的改变”。

怎样具体表达和显示出“力”的作用呢?根据实验告訴我們,力有三个主要因素:(1)力的作用点;(2)力的方位和指向;(3)力的大小。下面的例子就清楚的說明了这个問題:

图 1-1 中的彈簧秤,在沒有悬挂重物(即不受力)时,指針在 0 的刻度上,当悬挂重物 W 后,指針向下指于 4;这就說明物体 W 对彈簧称作用的力的大小是 4 个单位,方位垂直指向下,着力点就在悬挂重物的鈎子上。

力可分为外力、內力两种。外力就是上面所說的物体間相

相互作用的力；內力則是物体内因抵抗外力变形而产生的力（內力的性質和分析，將在材料力学內詳細討論）。外力又分为作用力及反作用力两种。作用力是某一物体主动加在另一物体上的力，这个力企图改变后者的运动状态。如地心引力，风、雪、車輛、人群加施于建筑物上的压力等等。在工程实用上，作用力通称荷載。反作用力則是后一物体受前一物体的作用力后所产生的阻止运动状态改变的力。它只是在作用力作用时才相应而产生的。如人站在楼板上，体重对楼板的压力是一种作用力，楼板受压后，就相应而产生反作用力。又如撑船时，人在船上用篙撑岸，是一种作用力；岸即相应而产生反作用力，而使船离开，这就是反作用力应用的实例（图 1-2）。

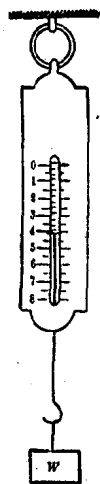


图 1-1

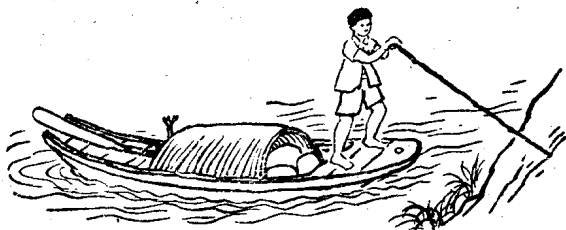


图 1-2

根据力的三个因素来看，力作用在物体上，必須有着力点，实际上“力”当然不可能集中在一点作用而必須有一块相当的面积或体积来分布它的作用，因此，力都是“分布力”。如果分布的面积与整个受力物体的尺寸比較起来是很小的話，力就可以假設集中作用在一点上，这样的力就叫做集中力。例如車輪压在鋼軌上、檁条搁置在屋架节点（見 § 2-8）上的压力都可以当集中

力看待。力的大小是与规定的某种单位力比较而言的。在工程实用中的标准单位是公斤(本书图中用符号 kg 表示)。1 公斤就是 1 公升的纯水在摄氏 4 度时于纬度 45° 的海面上所称出的重量。在力的作用较大时也有用公吨(本书图中用符号 T 表示)作单位,每 1 公吨是 1 千公斤。为了表示力的方位和指向,在这里,我们提出“矢量”这个名词,所谓“矢量”是和“标量”相对而言的。凡是一个“量”不仅要知道它的大小而且还要指出它的方向,这种量称为矢量,如速度、力等。如果只要大小,不论方向的量则称为标量,如温度、时间、体积等。力不仅要知道其大小,并且要决定方位指向,所以我们应该用矢量来表示它。

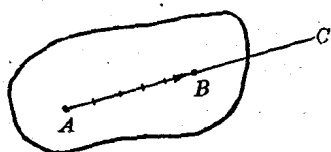


图 1-3

的作用方向和 AC 线平行,于是,我们就可用矢量 $\overrightarrow{AB}$ (矢量用字母上加一箭头表示,标量则不要箭头如 AB 即可)来表示它。在 AC 线上用选定的比例取 AB 长,

设 1 公分(本书图中以符号 cm 表示,也有写作 cm)代表 1 公斤,则 $\overrightarrow{AB}$ 长为 5 公分, AC 线的位置即力的方位,箭头是它的指向, A 是力的作用点。还必须注意矢量既然是代表一定方向的,所以 $\overrightarrow{AB}$ 和 $\overrightarrow{BA}$ 也就不同了,在图 1-3 中力 $\overrightarrow{AB}$ 是指向右上的,如果写为力 $\overrightarrow{BA}$ 则是指向左下方了。

(三)力系的概念 作用在物体上的力,不止一个时,这许多力合称为力系。根据力系内许多力作用的情况不同,力系可分成二类:

(1) 平面力系 力系中各力的作用线均在同一平面内叫平面力系。平面力系中的各力如果是交于一点则称为平面共点力

系, 图 1-4 (a)。平面力系中如果各力作用线是在一条线上, 则又可称为平面共线力系, 图 1-4 (b)。平面力系中的各力不交于一点时, 可分为两种: 一种是各力作用线相互平行, 则为平面平行力系, 图 1-4 (c)。如各力既不交于一点也不互相平行, 则称为平面一般力系, 图 1-4 (d)。

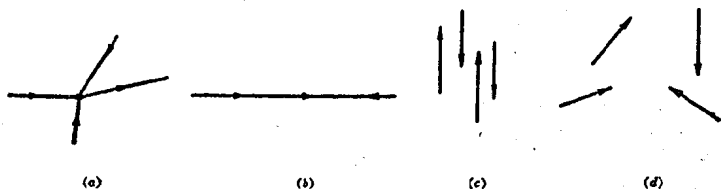


图 1-4

这些力系作用的实例表示在图 1-5 中, 图 (a) 是通过三个滑车吊起一重物, 这时, 三根绳索的拉力和物体的重力形成一个平面共点力系。图 (b) 中只有一个滑车吊起重物, 这时, 物体向下作用的力和绳索向上的拉力就作用

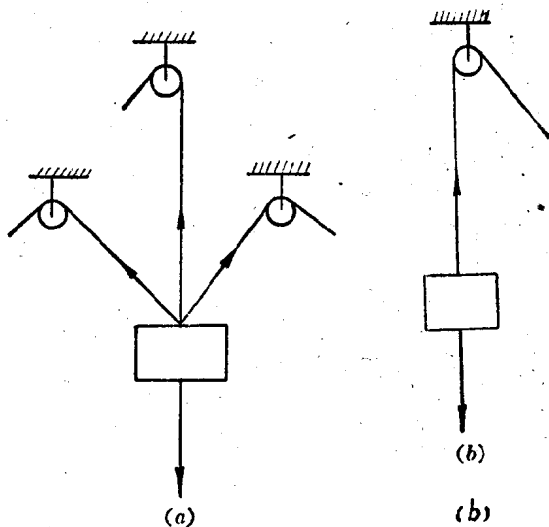
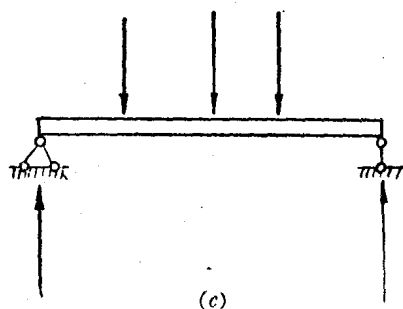
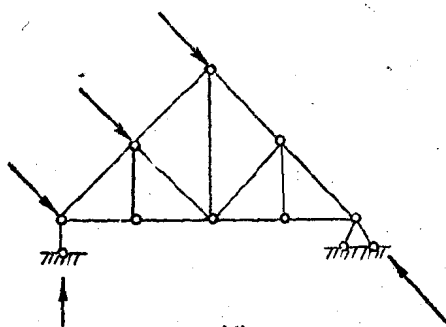


图 1-5



(c)



(d)

图 1-5

在一条直线上，形成共线力系。图(c)梁上作用着平行向下荷载，因而产生二个平行向上的反力，这样就是一个平面平行力系。图(d)的屋架上作用着斜向的风力，连同支座上的不同方向的反力，形成一个平面一般力系。

(2) 空间力系 力系中各力作用线不在同一平面内，称为空间力系。和平面力系一样，如果空间力系中的各力交于一点则为空间共点力系，图1-6(a)。如空间力系中各力不交于一点，则也可分为两种：一为空间平行力系，即不在同一平面的各力，其作用线相互平行[图1-6(b)]。另一为空间一般力系，即不在同一平面的各力既不交于一点也不互相平行[图1-6(c)]。

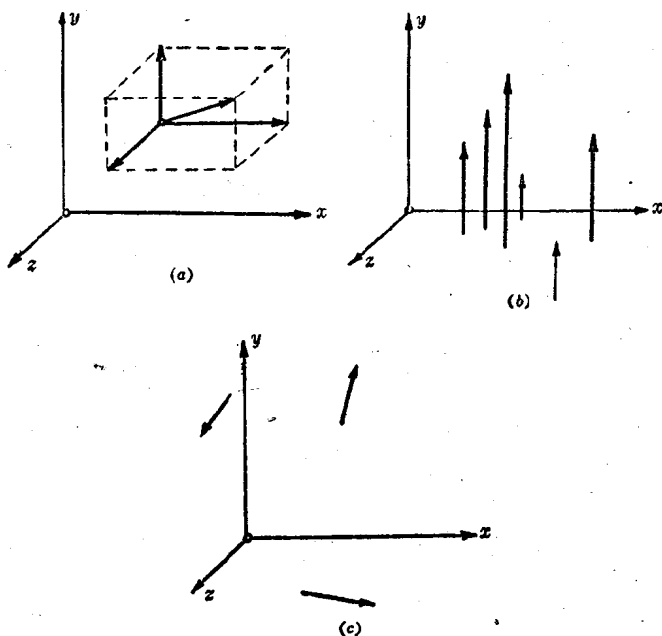


图 1-6

为了更清楚的区别各种力系,兹将力系类型列表如下:

力系	平面力系	平面共点力系	共点而不共线力系[图 1-4 (a)]
			共线力系[图 1-4 (b)]
		平面非共点力系	平面平行力系[图 1-4 (c)]
			平面一般力系[图 1-4 (d)]
	空间力系	空间共点力系[图 1-6 (a)]	
		空间非共点力系	空间平行力系[图 1-6 (b)]
			空间一般力系[图 1-6 (c)]

(四)静力学的基本原理 一门科学的基本原理,是用以解决本学科内所有理论的基础,它是从无数次实践经验的积累和精密观察的结果得到的原理,不能用更基本的原理来证明,只能

用实验的方法证实。静力学的全部理论和方法，是以以下的五个基本原理为依据的：

(1) 惯性原理 物体不受外力作用，都有一种保持其本身原有的动态的惯性，也就是说不受力的物体保持平衡。所谓平衡，就是物体原有的动态维持不变。静止的仍然静止，运动的仍作等速直线运动。

不受力的物体一定平衡，但是受力的物体也可能保持平衡。因为作用在物体上的力可能不是一个力而是一个力系，如果力系中的各力的作用互相抵消，那么物体自然就保持平衡了。这样的力系称为平衡力系。

(2) 二力平衡原理 作用在一个物体上的二个力互成平衡，必须是此二力大小相等、方向相反，并作用在一条直线上。如图1-7：

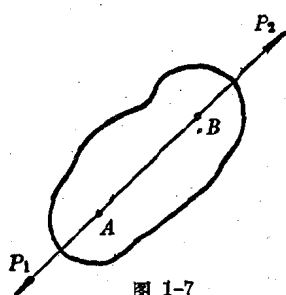


图 1-7

在某物体上的 A, B 两点，各作用大小相等的 P_1 、 P_2 的力，并且它们的作用线是在同一直线 AB 上。

因为 $P_1 = -P_2$,

所以 $P_1 + P_2 = (-P_2) + P_2 = 0$,

这样，两个力的作用就互相抵消，因此，它们是互相平衡的。

如作用于物体上的力系不是两个力，而是很多个力，则此物体是否平衡，就较难决定。因此，常常用另一个作用和它相等、而又容易考察的力系来代替原有的力系进行判断。这样的两个力系，它们的作用完全相等，互称等效力系。如果将一个力系合并为一个力（或力数较少的力系），这个力称为此力系的合力，而力系中的各力则称为这一力的分力；这种作用称作力的合成。如果将一个力（或一个力系）分解为几个力的等效力系，称为力

的分解。譬如說一根繩子上悬挂两个重物,一个 50 kg, 一个 40 kg, 如果将这两个重物换成一个 90 kg 的重物来代替, 則作用仍是一样, 这就是說, 50 kg 和 40 kg 在同一方向上作用时, 它們的合力是一个 90 kg 的力, 反过来說 90 kg 力的分力是一个 50 kg 和一个 40 kg。并且这个 90 kg 和另两个重力——一个 40 kg、一个 50 kg 互为等效力系。

(3) 力的平行四边形原理

图 1-8 中, 矢量 $\vec{AB}$ 及 $\vec{AD}$ 各代表作用于一点 A 的二力 P_1 及 P_2 , 則平行四边形 $ABCD$ 的对角綫 $\vec{AC}$ 即代表此二力的

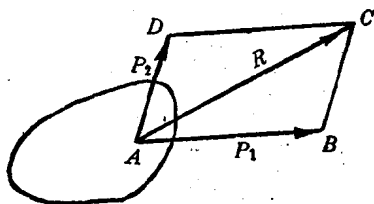


图 1-8

合力 R 。这一原理就是力的平行四边形原理。它可以用以下的实验証明出来:

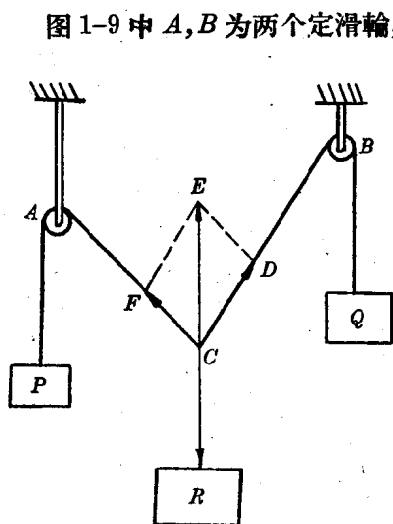


图 1-9

图 1-9 中 A, B 为两个定滑輪, 下面各用金属細綫挂重量为 P, Q 的物体, 在金属綫的 C 点处挂另一重量为 R 的物体, 使三者之間恰成平衡。再繪制平行四边形 $CDEF$; 用选定的比例尺以 CF, CD 的长度来代表 P, Q 二力的大小, 这时可以发现对角綫 CE 的长度恰好是合力 R 的大小。

(4) 力的可傳性原理

力可沿其作用綫任意移动而其作用不变。譬如图

1-10 中, A 是力 P 的作用点, B 是力 P 的作用线的沿长线上一点, 如果我们在 B 点加上大小相等方向相反、作用在同一直线

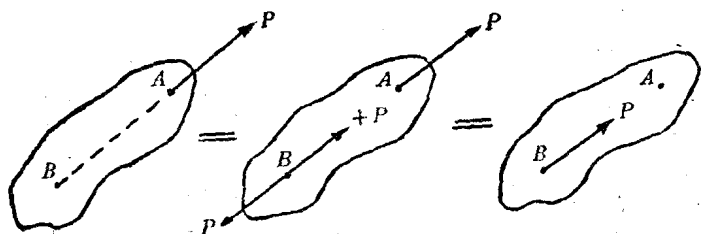


图 1-10

上的二力 $+P$ 和 $-P$, 根据二力平衡原理可以判断, 这样作法不会影响物体受力的作用。然后在物体上除去作用在 B 点的 $-P$ 和作用在 A 点的 $+P$, 也不会影响物体原有的动态。这样物体上就只剩了作用在 B 点的一个力 P 了。这个最后的结果就说明了力 P 从 A 点移到它的作用线的延长线上任一点 B , 而未改变其作用。

(5) 反作用力原理 一物体以一力作用于另一物体时, 另一物体必有一大小相等、方向相反且沿同一作用线的力作用于此物体上, 这个力称为反作用力。如一条横梁搁置在两根支柱上, 梁对柱的压力是作用力, 两柱必以大小相等、方向相反的反

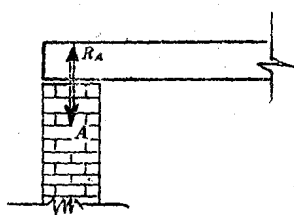


图 1-11

作用力作用于梁上。这样的两个力 (作用力和反作用力), 是分别作用于两个物体上的, 绝不能看作是作用在一个物体上的平衡力, 这点, 初学者是值得注意的。图 1-11 中梁以作用力 A 压于支柱上, 根据反作

用力原理, 柱必以大小相等、方向相反而作用线在一直线上的力