

# 关于机械基础一杆件的静力分析



# 第1章 杆件的静力分析

## 学习目标

- 1.理解力的概念与基本性质。
- 2.了解力矩、力偶、力向一点平移的结果。
- 3.了解约束、约束力和力系，能作杆件的受力

图。



4. 会分析平面力系，会建立平衡方程并计算未知力。

## 能力目标

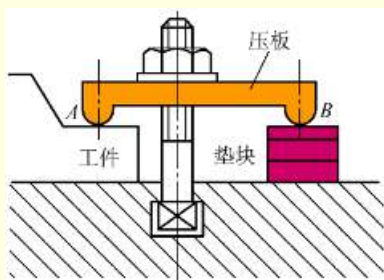
- 1.能分析物体的受力。
- 2.能进行平面力系问题的基本计算。

# 第1章 杆件的静力分析

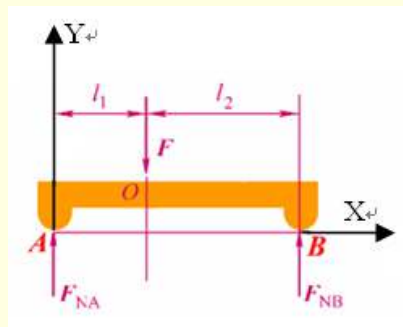
## ★受力分析图例



(a)



(b)



(c)

铣床铣削工件前要将工件夹紧:

- 1、图 (c) 中的3个力分别是由哪几个物体对它施加的?
- 2、螺栓离工件近好? 还是离垫块近好?
- 3、工件受力的大小与哪些因素有关?



# 第1章 杆件的静力分析

1.1 力的基本概念及其基本性质

1.2 力矩、力偶、力的平移

1.3 约束、约束力、力系和受力图

\*1.4 平面力系的平衡方程及应用



# 第1章 杆件的静力分析

## 1.1 力的基本概念及其基本性质

### 1.1.1 力的概念

力是物体间的相互作用。



图1-2 抬担架



图1-3 掰手腕



# 第1章 杆件的静力分析

球被踢后，由静止状态变为运动状态，球的运动状态发生了改变，踢球的力的效应称为力的**外作用效应**。

效应

应分为两种：一种是外作用效应——物体的运动状态是内作用效应——可使物体发生变形。

弹簧受压力而缩短，手压弹簧的力的效应称为力的**内作用效应**。



图1-4 踢球

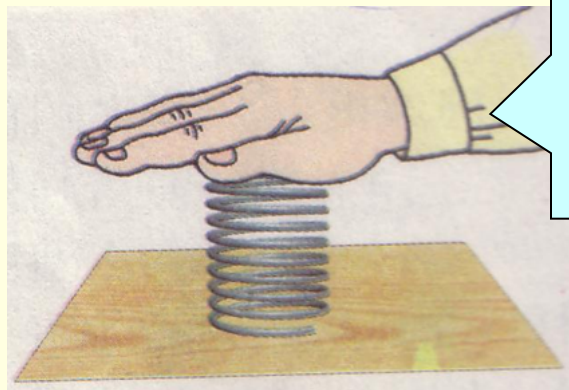


图1-5 压弹簧

# 第1章 杆件的静力分析

## 2. 力的作用是相互的

当某一物体受到力的作用时，一定有另一物体同时受到这一物体对它施加力作用。



人推左边的船时，左边的船向左**移动**，同时左边的船对人有相反方向的作用力，使人向右运动。



图1-6力的作用是相互的

# 第1章 杆件的静力分析

## 3. 施力物体和受力物体

人在抬担架的过程中，若把担架看成是受力物体，则手就是施力物体；反之，若认为手是受力物体，那么担架即为施力物体。施力物体和受力物体是相对的。





# 第1章 杆件的静力分析

## 4. 力的三要素

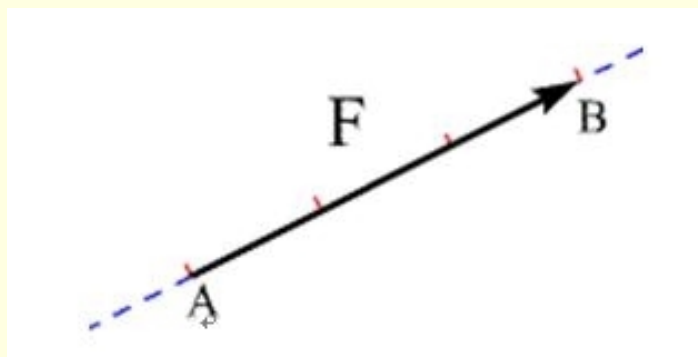
力的大小——力作用效应的强弱程度；

力的方向——力作用的方位和指向；

力的作用点——力的作用位置。

标量——只考虑大小的量。如：长度、时间、质量等；

矢量——既考虑大小又考虑方向的量。力就是矢量，常用一个具有方向的线段来表示。



★线段的长短（按一定比例尺）表示力的大小，

★箭头表示力的方向，

★线段的始或末表示力的作用点。

★用黑体字母表示力矢量。书写时可在字母上画一箭头表示。

# 第1章 杆件的静力分析

## 1.1.2 力的基本性质

### 1. 刚体的概念

刚体是在力作用下形状和大小都保持不变的物体。简单的说，刚体就是在讨论问题时可以忽略由于受力而引起的形状和大小改变的理想模型。



工程力学中，受力不发生变形的物体，我们称之为刚体。

# 第1章 杆件的静力分析

## 2. 静力学公理

### (1) 作用和反作用定律（公理一）

两个物体间的作用力与反作用力总是同时存在、同时消失，且大小相等，方向相反，其作用线沿同一直线，分别作用在这两个物体上。

这个公理表明，力总是成对出现的，只要有作用力就必有反作用力，而且同时存在，又同时消失。

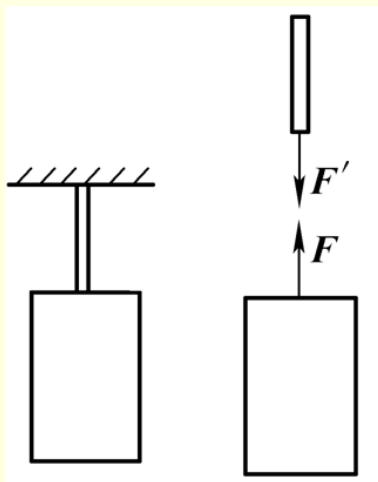


图1-9作用力与反作用力示意图

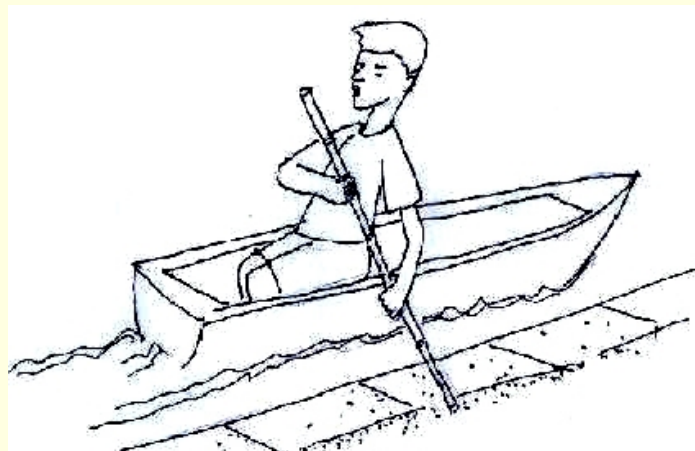


图1-10公理一的应用

# 第1章 杆件的静力分析

理解时注意：

①作用与反作用公理适用于任何物体之间的相互作用；

②一切力总是成对出现，揭示了力的存在形式和力在物体间的传递方式。



# 第1章 杆件的静力分析

## (2) 二力平衡公理（公理二）

作用于同一刚体上的两个力，使刚体平衡的必要且充分条件是，这两个力的大小相等，方向相反，作用在同一条直线上。

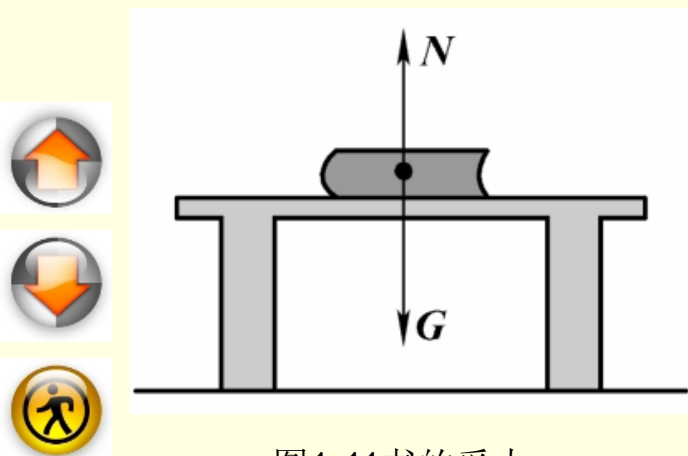


图1-11书的受力

如图1-11所示

$G$ : 书的重力（地球对书的吸引力）。

$N$ : 课桌对书的支承力。

作用于书上的两个力（ $G$ 、 $N$ ），使书处于平衡的必要且充分条件是，这两个力的大小相等，方向相反，作用在同一条直线上。

# 第1章 杆件的静力分析

①二力平衡条件只适用于刚体。

③对于变形体，如图1-12。受等值、反向、共线的两压力作用下的绳索不能保持平衡。

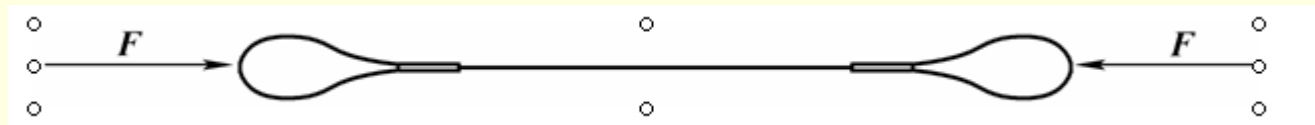


图1-12 受压的绳索

# 第1章 杆件的静力分析

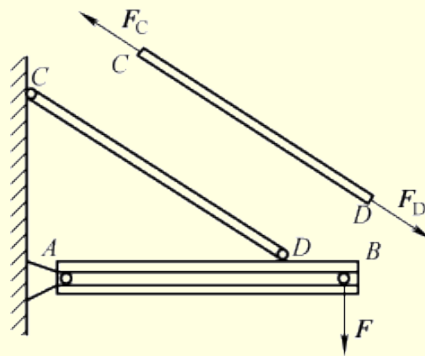
★公理二的应用:

二力构件——只有两个着力点而处于平衡的构件。如图1-13 (a) 所示的火车卧铺床的撑杆, 如图1-13 (b) 所示的CD构件为二力构件。

二力杆——略去自重和伸缩, 则此构件为二力杆。



(a)



(b)

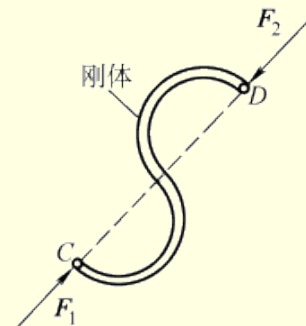


图1-13公理二的应用

# 第1章 杆件的静力分析

公理一与公理二的区别：

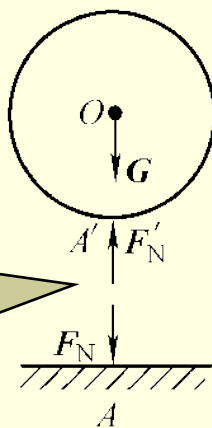
公理一描述的是两物体间的相互作用关系；

公理二描述作用在同一物体上两力的平衡条件。



$F_N$ 与 $F'_N$ 分别  
作用于桌面和  
球上，二力为  
作用力与反作  
用力。

A



重力 $G$ 和桌  
面施加的  
作用力 $F$ 是  
二力是平  
衡力。

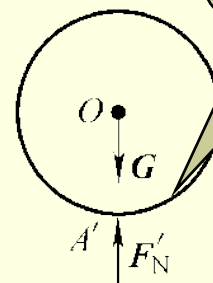


图1-14公理一与公理二的区别



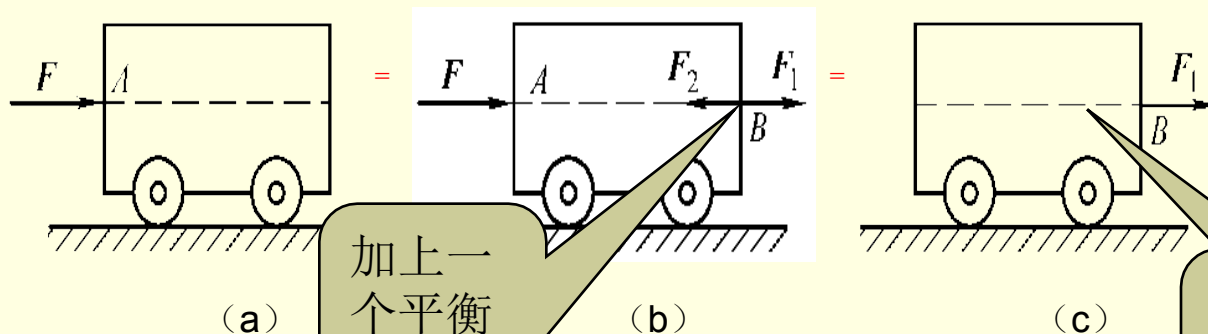
# 第1章 杆件的静力分析

## (3) 加减平衡力系公理（公理三）

在一个刚体上加上或减去一个平衡力系，并不改变原力系对刚体的作用效果。

★公理三的应用：

力的可传性原理：作用于刚体的力可以沿其作用线滑移至刚体的任意点，不改变原力对该刚体的作用效应（图1-15）。



加上一个平衡力  $F_1$  和  $F_2$ 。

减去一个平衡力  $F$  和  $F_2$ 。

-15公理三的应用

# 第1章 杆件的静力分析

## (4) 力的平行四边形法则（公理四）

作用于物体上同一点的两个力，可以合成为一个合力，合力也作用于该点上，其大小和方向可用以这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示。

从力的作用效果来看，一头大象的拉力与两支人力队伍的拉力相同，可以相互替代。

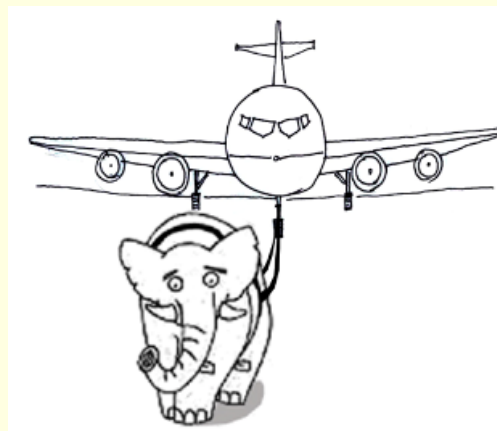


图1-16 人力队伍与大象

# 第1章 杆件的静力分析

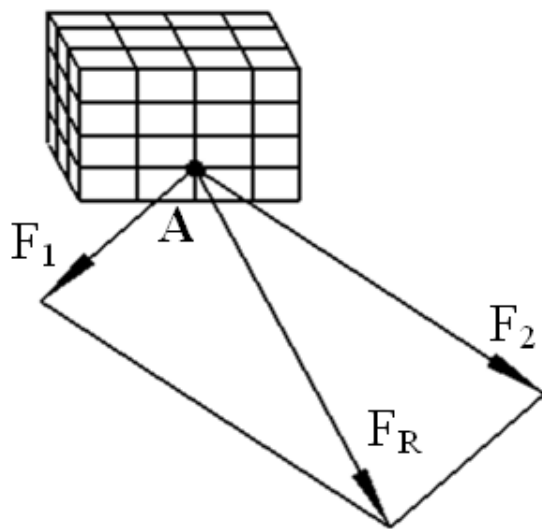


图1-17力的平行四边形

$F_1$ 、 $F_2$ 为作用于物体上同一点的两个力，以这两个力为邻边作出平行四边形，则从A点作出的对角线就是 $F_1$ 与 $F_2$ 的合力 $F_R$ 。矢量式表示如下：

$$F_R = F_1 + F_2 \quad (1-1)$$

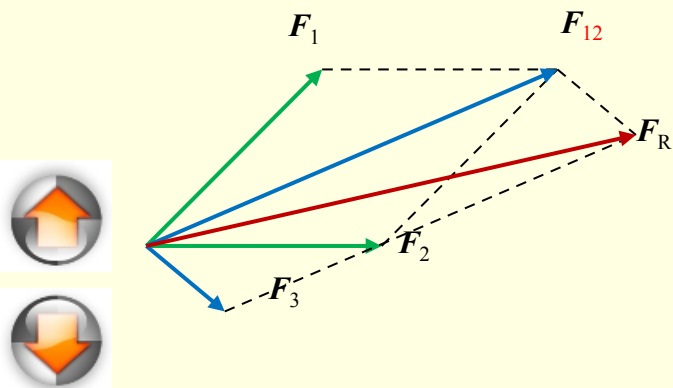
读作合力 $F_R$ 等于力 $F_1$ 与 $F_2$ 的矢量和。

# 第1章 杆件的静力分析

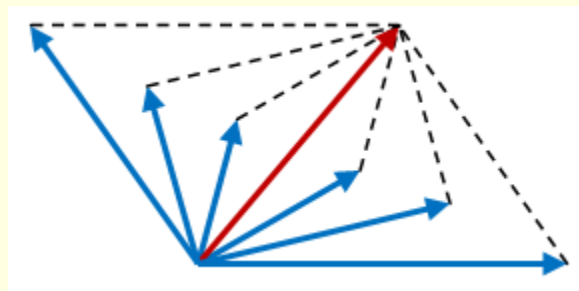
矢量式  $\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$  与代数式  $F_R = F_1 + F_2$ ：完全不同，不能混淆。

只有当二力共线时，其合力才等于二力的代数和。

力的合成与分解，如图1-18所示。



(a) 两个以上共点力的合成



(b) 一个力可以分解为无数大小、方向不同的分力

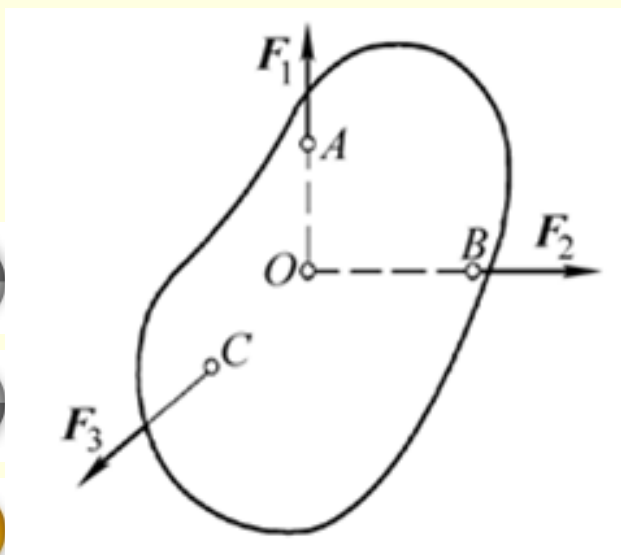
图1-18力的合成与分解

# 第1章 杆件的静力分析

## ★公理四的应用

①三力平衡汇交定理：若作用于物体同一平面上的三个互不平行的力使物体平衡，则它们的作用线必汇交于一点。

三力平衡汇交定理是共面且不平行三力平衡的必要条件，但不是充分条件，即同一平面的作用线汇交于一点的三个力不一定是平衡的。

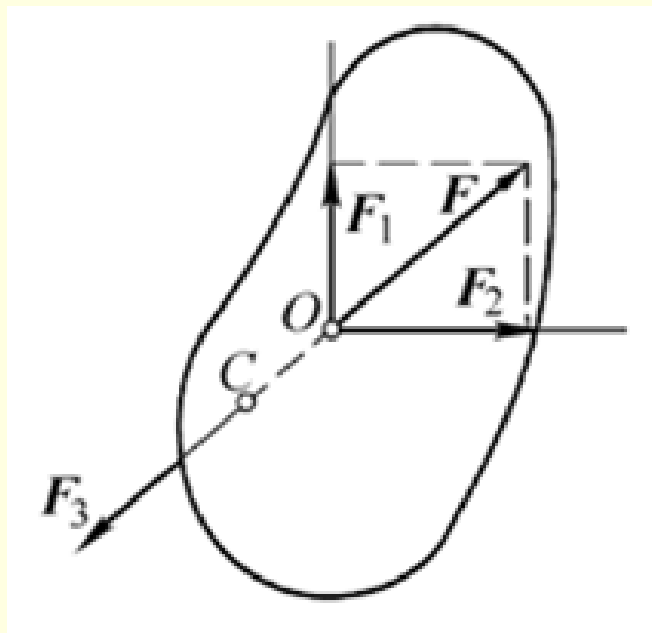


(a)

图1-19三力平衡



# 第1章 杆件的静力分析



(b)

图1-19三力平衡

②三力构件——只受共面的三个力作用而平衡的物体。

若三个力中已知两个力的交点及第三个力的作用点，就可以按三力平衡汇交定理来确定第三个力的作用线的方位。如图1-19

(b)所示，物体为三力构件，若已知 $F_1$ 、 $F_2$ 及 $F_3$ 的作用点C，就可以确定 $F_3$ 作用线的方位。

# 第1章 杆件的静力分析

## §1.2 力矩、力偶、力的平移

### 1.2.1 力矩的概念

力 $F$ 对 $O$ 点之矩（力矩）——力的大小 $F$ 与力臂 $h$ 的乘积冠以适当的正负号，以符号 $M_O(F)$ 表示。



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

# 第1章 杆件的静力分析

力对点的转动效应如图1-20，(a)  $M_o(\mathbf{F}) = -Fh$ ；(b)  $M_o(\mathbf{F}) = -Fh$ ；(c)  $M_o(\mathbf{F}) = 0$ ；(d)  $M_o(\mathbf{F}) = Fh$  ( $h$ 为过矩心 $o$ 点作力 $\mathbf{F}$ 作用线的垂线)。

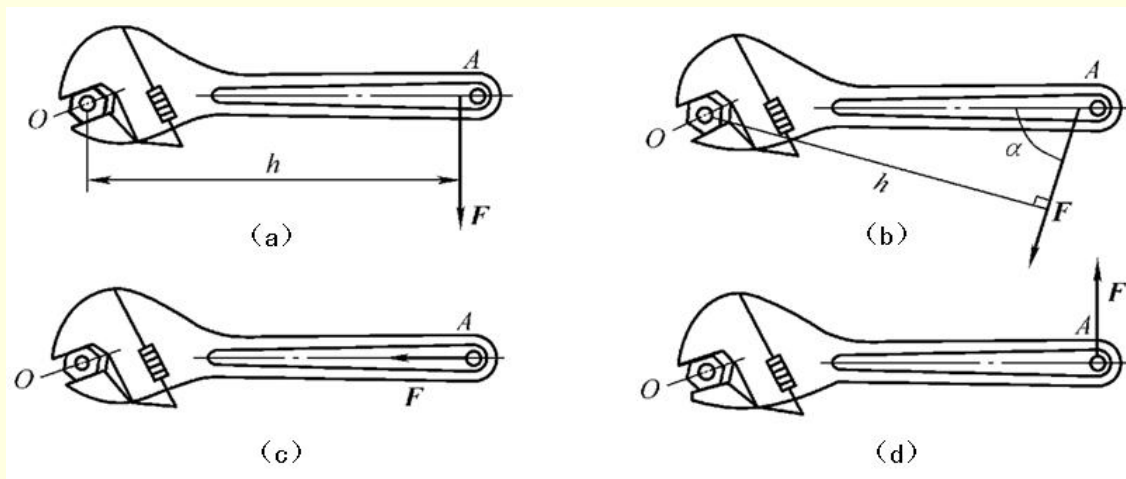


图1-20扳手旋转螺母



# 第1章 杆件的静力分析

**正负规定：**力使物体绕矩心逆时针方向转动时，力矩为正，反之为负。力矩的单位名称为牛顿·米，符号为 $N \cdot m$ 。

**力矩为零的两种情况：**（1）力等于零；（2）力的作用线通过矩心，即力臂等于零。



**应当注意：**一般来说，同一个力对不同点产生的力矩是不同的，因此不指明矩心而求力矩是无任何意义的。在表示力矩时，必须标明矩心。也就是说力矩与矩心的位置有关。

# 第1章 杆件的静力分析

例1-1 如图所示，数值相同的三个力按不同方式分别施加在同一扳手的A端。若 $F=200\text{N}$ ，试求三种不同情况下力对点O之矩。

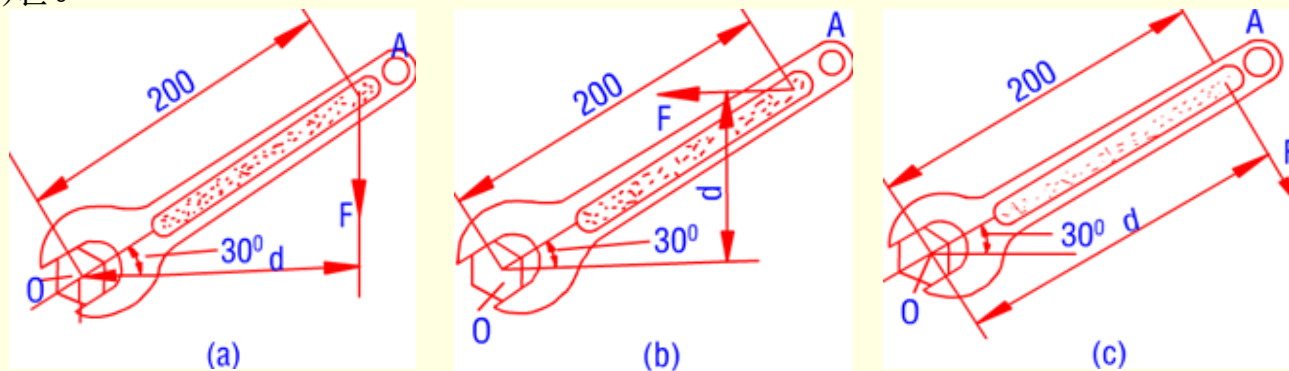


图1-21扳手旋转螺母

解：

图(a)  $M_O(\mathbf{F}) = -Fd = -200 \times 200 \times 10^{-3} \times \cos 30^\circ = -34.64 \text{ (N}\cdot\text{m)}$

图(b)  $M_O(\mathbf{F}) = Fd = 200 \times 200 \times 10^{-3} \times \sin 30^\circ = 20 \text{ (N}\cdot\text{m)}$

图(c)  $M_O(\mathbf{F}) = -Fd = 200 \times 200 \times 10^{-3} = -40 \text{ (N}\cdot\text{m)}$

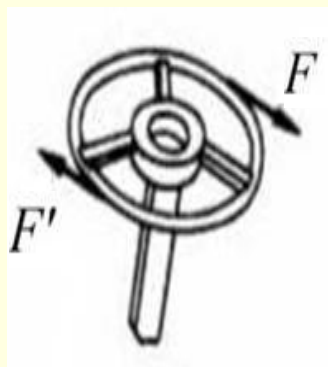
# 第1章 杆件的静力分析

## 1.2.2 力偶的概念

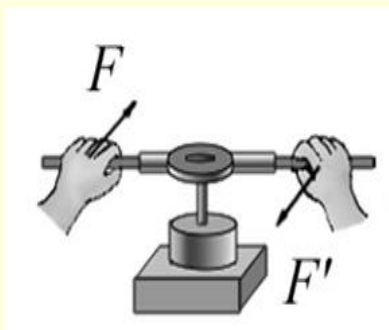
### 1. 什么是力偶

大小相等、方向反向、作用线平行但不共线的两个力。  
用符号 ( $F$ ,  $F'$ ) 表示。

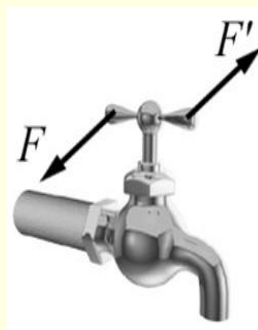
两个力作用线之间的垂直距离 $d$ 称为**力偶臂**；  
两力作用线所确定的平面称为**力偶的作用面**。



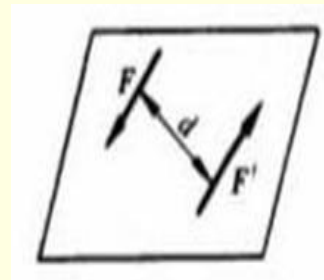
(a)



(b)



(c)



(d)

图1-22力偶

# 第1章 杆件的静力分析

## 2. 力偶的作用效应

使刚体产生转动效应。

## 3. 力偶矩

力偶矩是力偶中的一个力的大小和力偶臂的乘积并冠以正负号。用来表示力偶在其作用面内使物体产生转动效应的度量，用  $M$  或  $M(F, F')$  表示。

$$M = \pm Fd \quad (1-3)$$

力偶矩是代数量，一般规定：使物体逆时针转动的力偶矩为正，反之为负。力偶矩的单位是  $\text{N}\cdot\text{m}$ ，读作“牛米”。



# 第1章 杆件的静力分析

## 4. 力偶的性质

性质1：力偶中的两个力在其作用面内任意坐标轴上的投影的代数和等于零，如图1-23所示，因而力偶无合力，也不能和一个力平衡，力偶只能用力偶来平衡。

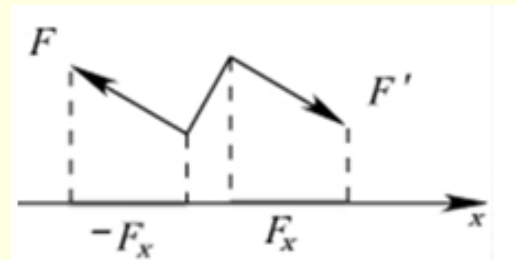


图1-23力偶的投影



·性质2：力偶对其作用面内任一点之矩恒为常数，且等于力偶矩，与矩心的位置无关（图1-24）。

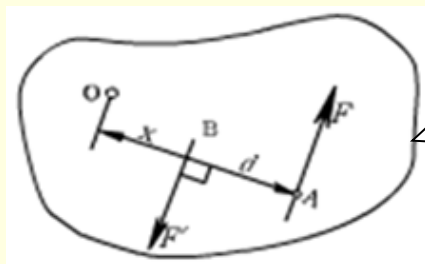


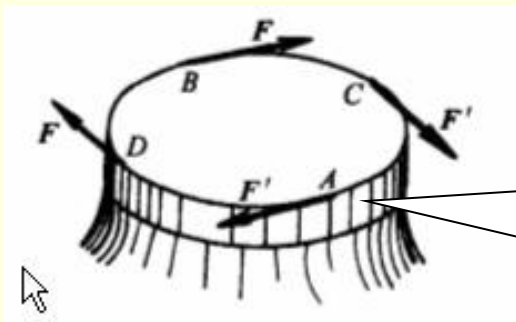
图1-24力偶对其平面内任意点之矩

○为力偶（ $F, F'$ ）作用平面内任意一点。

$$\begin{aligned}M_O(F, F') &= -F' \cdot x + F(x+d) \\ &= -F' \cdot x + Fx + Fd \\ &= +F \cdot d \\ &= M(F, F')\end{aligned}$$

# 第1章 杆件的静力分析

·推论1： 力偶可在其作用面内任意转移，而不改变它对刚体的作用效果（图1-25）。



拧瓶盖时，可将力夹在A、B位置或C、D位置，其效果相同。

力偶可用力和力偶臂来表示，或用带箭头的弧线表示，箭头表示力偶的转向， $M$ 表示力偶矩的大小。

图1-25力偶在作用面内任意转动

·推论2： 只要保持力偶矩的大小、力的方向和力偶臂的长短，而不改变其作用面的作用效果（图1-26）。

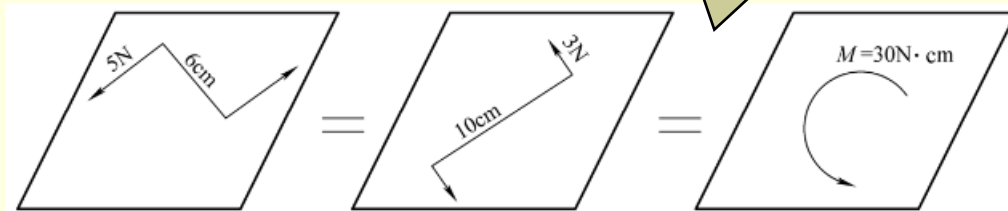


图1-26力偶的等效

# 第1章 杆件的静力分析

## 1.2.3 力的平移定理

力的平移定理——若将作用在刚体某点（**A**点）的力（**F**）平行移到刚体上任意点（**O**点）而不改变原力的作用效果，则必须同时附加一个力偶，这个力偶的力偶矩等于原来的力对新作用点之矩。

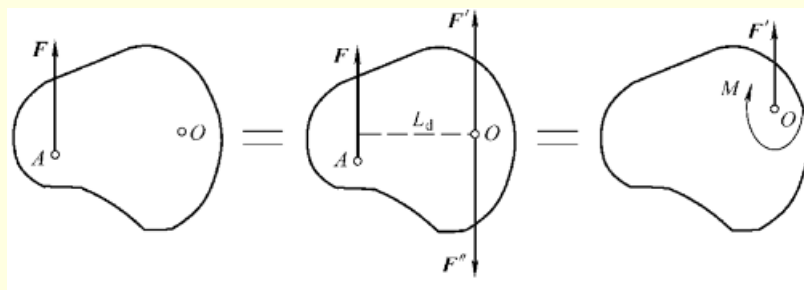


图1-27力的平移定理

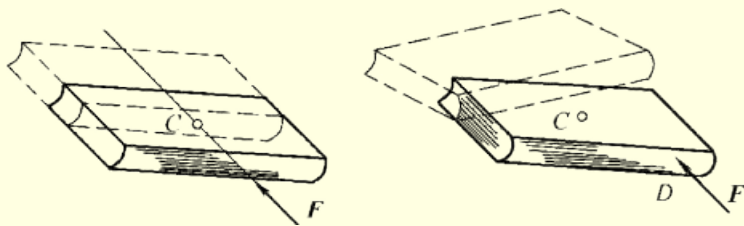


图1-28 书本的受力

观察如图1-28所示书本的受力和运动情况，**C**点为书本的质心，（**a**）图中力通过书的质心，书只有移动；（**b**）图中力不通过书的质心，书不仅有移动，还有转动。



# 第1章 杆件的静力分析

## §1.3 约束、约束力、力系和受力图

### 1.3.1 约束与约束力

#### 1. 自由体和非自由体

在工程实际中，有些物体可以在空间自由运动，获得任何方向的位移，这些物体称为**自由体**。例如，在空间航行的飞机、飞行的炮弹等。

另一些物体在空间的运动受到其他物体的限制，使其在某些方向不能发生位移，这些物体称为**非自由体**。例如，用绳索悬挂的重物、在轨道上行驶的机车。





以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/138022026020006062>