



日照职业技术学院
RIZHAO POLYTECHNIC

工程力学基础

主讲人：周立军

2020年3月

静力学基础

工程力学基础

模块二 静力学基础

CONTENTS 目录

01

力的基本知识

02

力在直角坐标轴上的投影

03

力矩

04

力偶

05

约束与约束力

06

物体的受力分析与受力图

知识目标

- 掌握静力学的基本概念和基本公理；
- 掌握力在平面直角坐标轴上的投影及合力投影定理；
- 掌握力矩的计算及力偶的性质；
- 掌握工程中常见的约束类型的性质、计算简图和约束反力的特点并能正确地绘制物体的受力图。

能力目标

- 能够掌握力在平面直角坐标轴上的投影的计算；
- 能够掌握力矩的计算；
- 能够正确地绘制物体的受力图。

情感目标

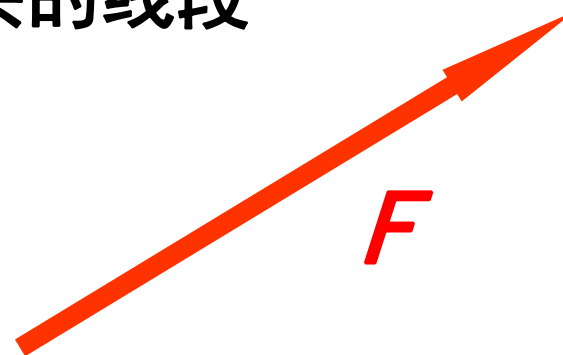
- 培养学生严谨的工作作风；
- 培养学生主动学习的能力；
- 培养学生自主学习的能力；
- 培养学生合作学习的能力。

01 力的基本知识

力的单位 —— 在国际单位制中，力的单位是牛顿（N）或千牛（KN）

$$1\text{N} = 1\text{公斤}\cdot\text{米}/\text{秒}^2 \quad (\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2)$$

力的表示法 —— **力是一矢量**，用带箭头的线段来表示，如图。



2. 力系的概念 ——作用于同一物体或物体系上的一群力。

等效力系——对物体的作用效果相同的两个力系。

平衡力系——能使物体维持平衡的力系。

合力——在特殊情况下，能和一个力系等效的一个力。

3. 平衡的概念——平衡是物体机械运动的特殊形式，是指物体相对地球处于静止或匀速直线运动状态。

2.1.2 静力学基本公理

公理1：二力平衡公理

作用于刚体上的两个力，使刚体处于平衡状态的充要条件是：这两个力大小相等、方向相反、且作用在同一直线上。

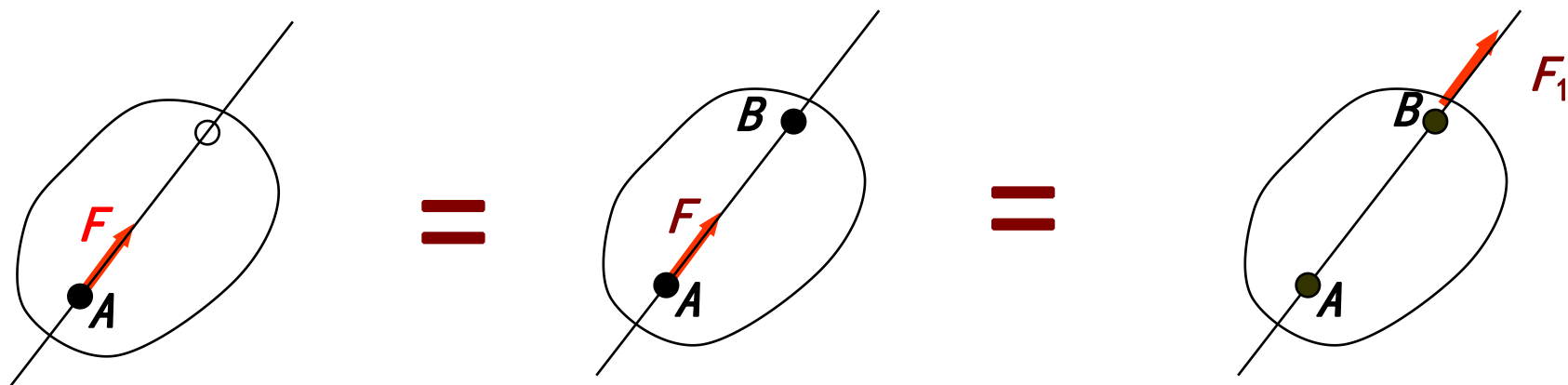
公理2：加减平衡力系公理

在作用着已知力系的刚体上，加上或减去任意平衡力系，都不会改变原力系对刚体的作用效果。

2.1.2 静力学基本公理

推论1： 力的可传性原理

作用于刚体上某点的力，可以沿其作用线移动到刚体上的任一点，，而不改变它对该刚体的作用效果。



2.1.2 静力学基本公理

公理3： 作用力和反作用力公理

两个物体之间的作用力与反作用力总是成对出现，且大小相等，方向相反，沿着同一直线，但分别作用在这两个物体上。

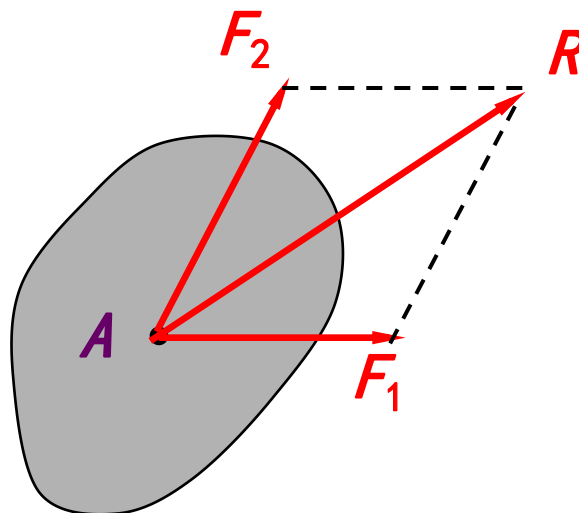
2.1.2 静力学基本公理

公理4： 力平行四边形法则

作用于物体上同一点的两个力的合力也作用于该点，且合力的大小和方向可用这两个力为邻边所作的平行四边形的对角线来确定。

即，合力为原两力的矢量和。

矢量表达式： $R = F_1 + F_2$

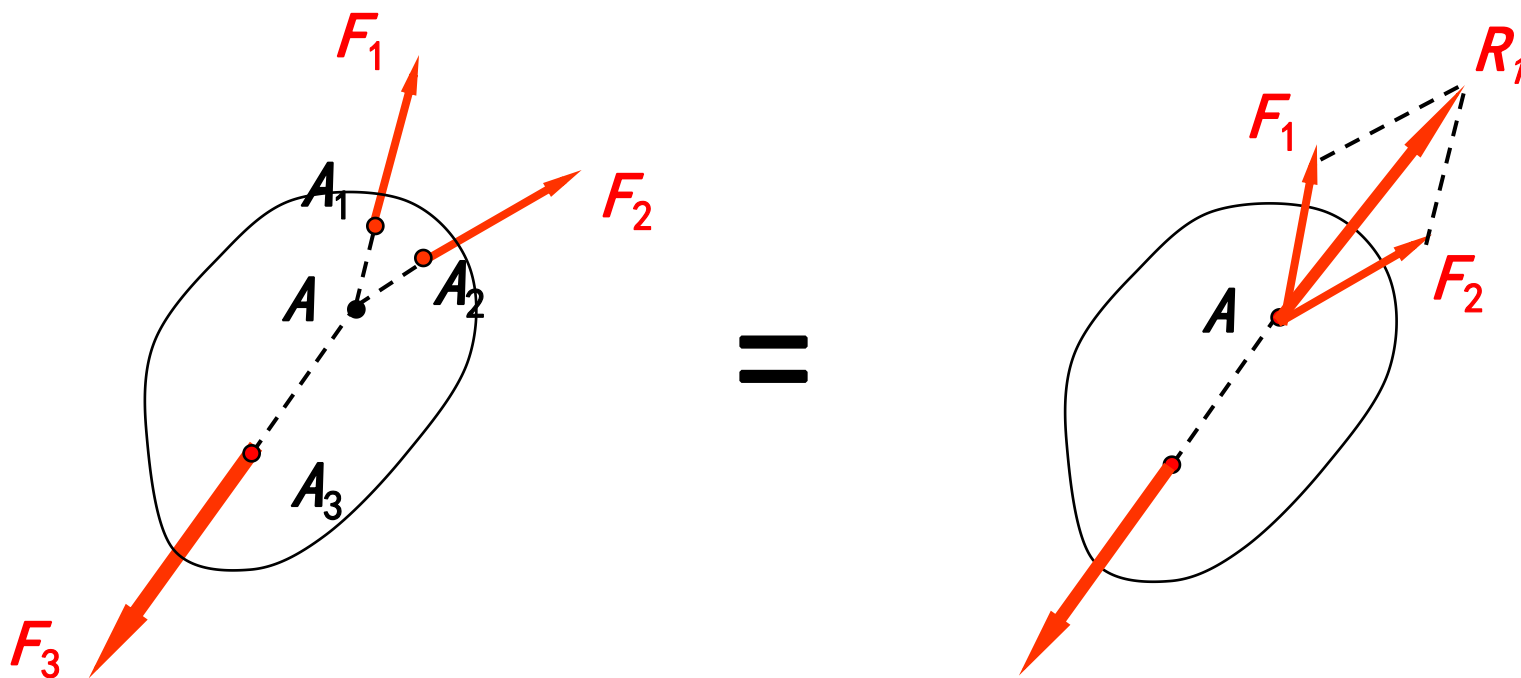


2.1.2 静力学基本公理

推论2： 三力平衡汇交定理

刚体受不平行三个力作用而平衡时这三个力的作用线必在同一平面内且汇交于一点。

证明：



02 力在直角坐标轴上的投影

02 力在直角坐标轴上的投影

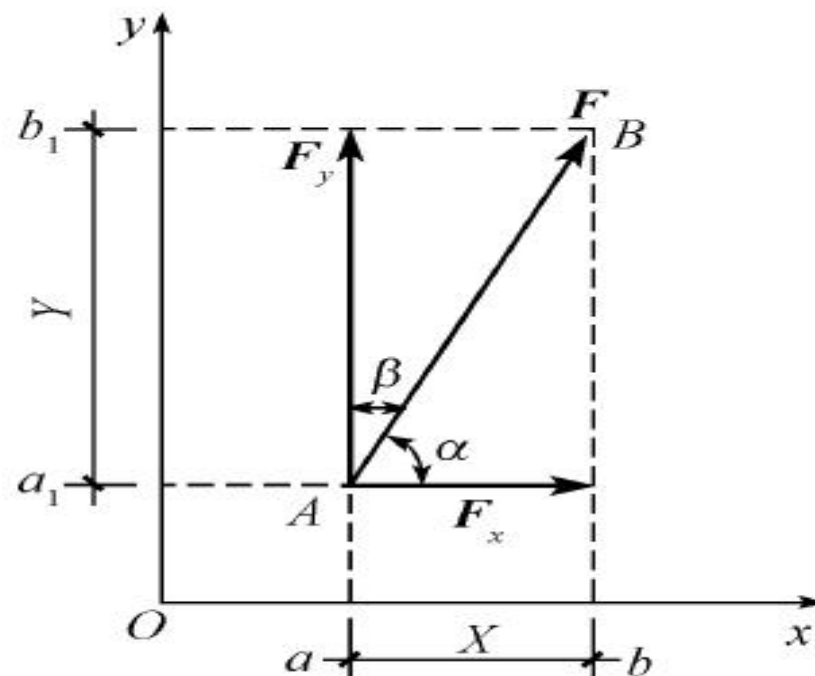
1. 力在直角坐标轴上的投影

(1) 投影的大小 (2) 力F的大小和方向

$$F_x = \pm F \cos \alpha \qquad F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

$$F_y = \pm F \sin \alpha \qquad \tan \alpha = \left| \frac{F_y}{F_x} \right|$$

投影的正负规定——当力的始端投影到终端的投影方向与投影轴的正向一致时，力的投影取正值，反之，当力的始端投影到终端的投影方向与投影轴的正向相反时，力的投影取负值。

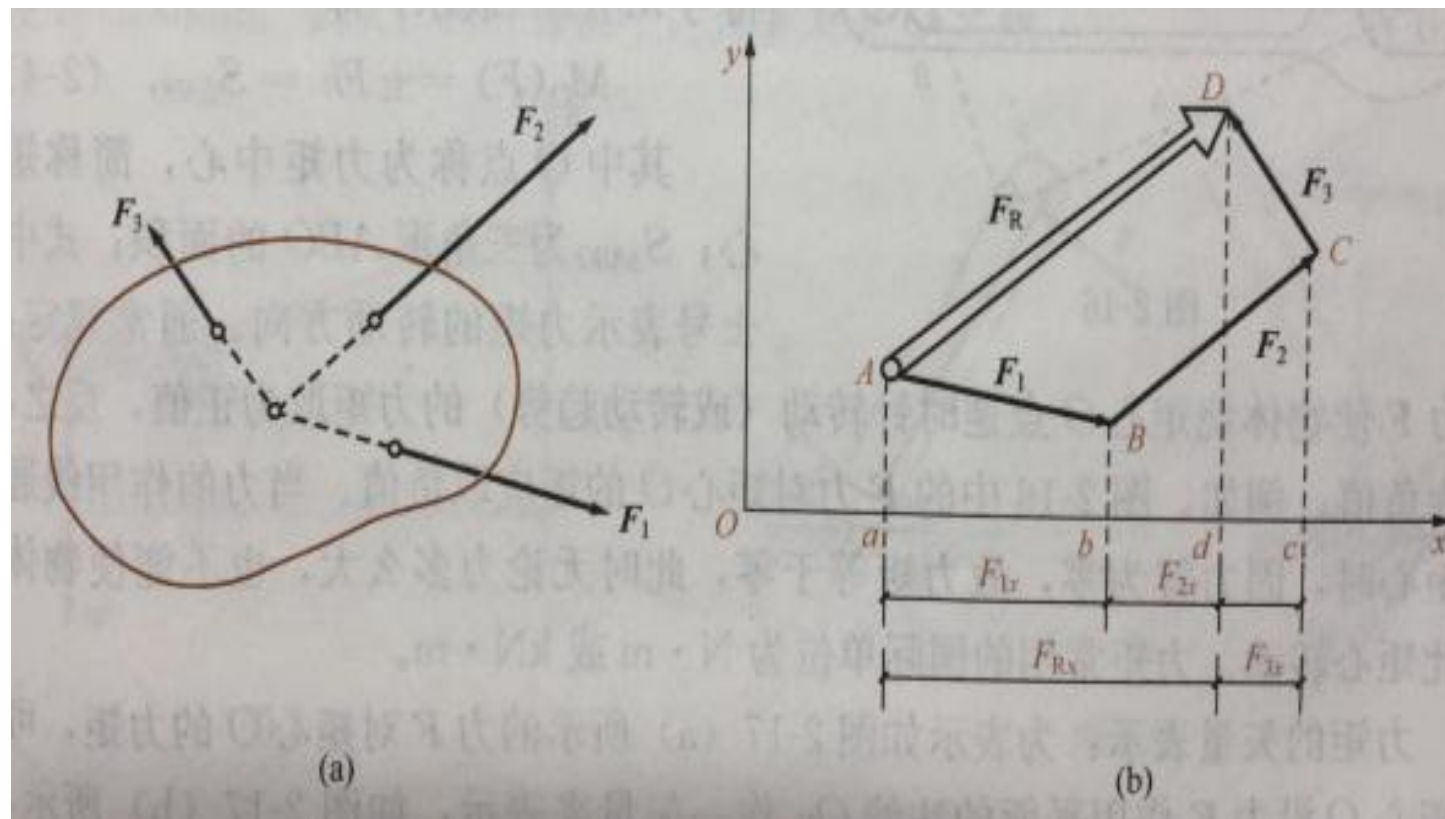


02 荷载的分类

2. 合力投影定理

$$F_{Rx} = F_{1x} + F_{2x} + \cdots + F_{Rx} = \sum_{i=1}^n F_{ix}$$

$$F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y} + \cdots + F_{Ry} = \sum_{i=1}^n F_{iy}$$



即合力在任一轴上的投影等于各分力在同一轴上的投影的代数和。这就是合力投影定理。

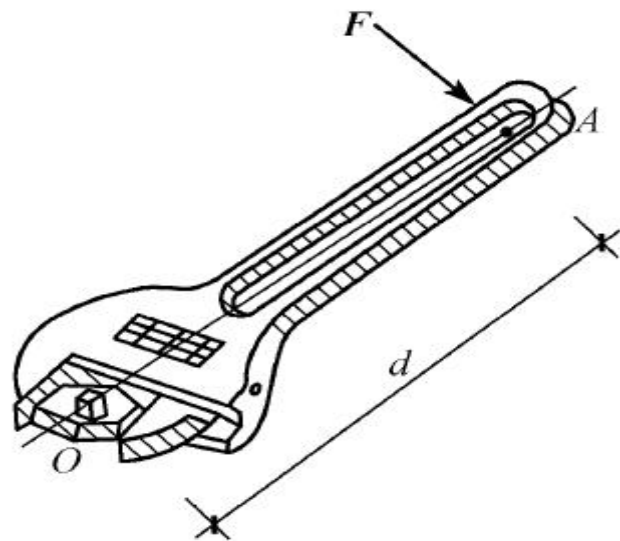
03 力矩

1. 力矩

实践总结出以下规律：力使物体绕某点转动的效果，与力的大小成正比，与转动中心到力的作用线的垂直距离 d 成正比，这个垂直距离称为力臂，转动中心称为力矩中心(简称矩心)。力的大小与力臂的乘积称为力 F 对点 O 之矩，简称力矩，记作 $M_O(F)$ ，计算公式为：

$$M_O(F) = \pm F \cdot d$$

式中的正负号可作如下规定：力使物体绕矩心逆时针转动时取正号，反之取负号。



1. 力矩

(1)在平面力系中，力矩或为正值，或为负值，因此，力矩可视为代数量。

(2)力矩在下列两种情况下等于零：①力等于零；②力臂等于零，就是力的作用线通过矩心。

(3)力矩的单位是牛顿·米（ $\text{N}\cdot\text{m}$ ）或千牛顿·米（ $\text{kN}\cdot\text{m}$ ）。

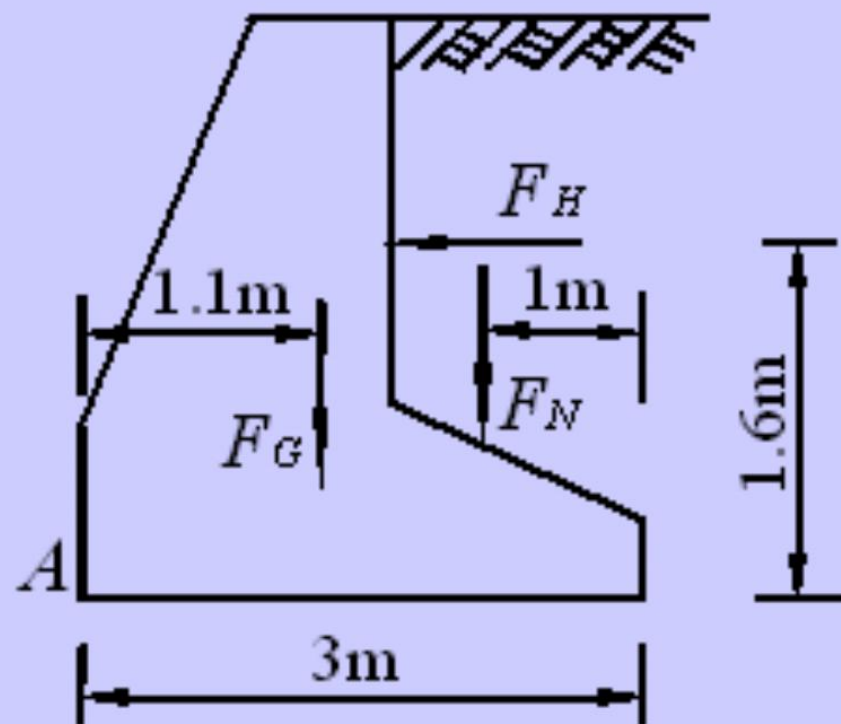
例 已知挡土墙重 $F_G = 75\text{KN}$ ，铅垂土压力 $F_N = 120\text{KN}$ ，水平土压力 $F_H = 90\text{KN}$ 。试分析挡土墙是否会绕A点倾倒。

解： $M_{\text{倾}} = M_A(F_H) = 90 \times 1.6 = 144 \text{ KNm}$

$$\begin{aligned} M_{\text{抗}} &= M_A(F_G) + M_A(F_N) \\ &= -75 \times 1.1 - 120 \times (3-1) \\ &= -322.5 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\because |M_{\text{抗}}| > |M_{\text{倾}}|$$

所以当土墙不会绕A点倾倒



03 力矩

2. 合力矩定理

$$M_A(\mathbf{F}) = -Fd = -F \cdot OA \sin\alpha$$

$$M_A(\mathbf{F}_1) = -F_1 d_1 = -F_1 \cdot OA \sin\alpha_1$$

$$M_A(\mathbf{F}_2) = -F_2 d_2 = -F_2 \cdot OA \sin\alpha_2$$

$$F_y = F_{1y} + F_{2y}$$

$$F \sin\alpha = F_1 \sin\alpha_1 + F_2 \sin\alpha_2$$

等式两边同时乘以长度 OA 得:

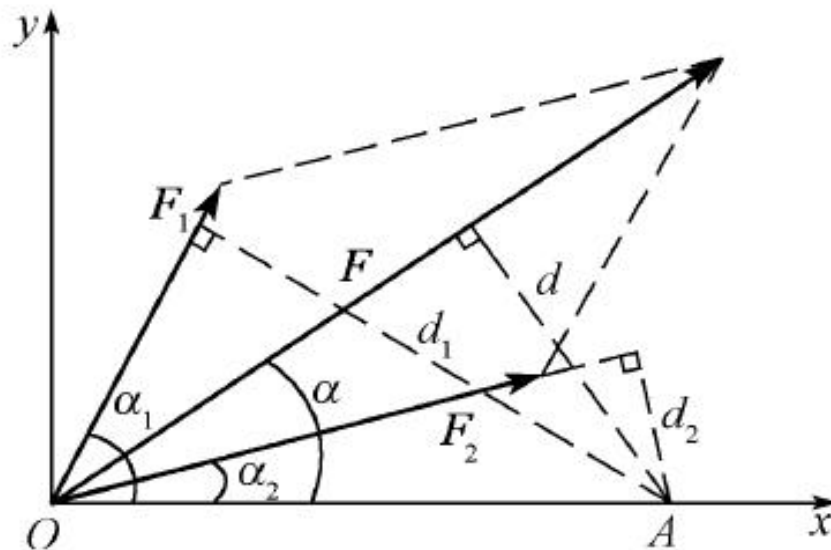
$$F \cdot OA \sin\alpha = F_1 \cdot OA \sin\alpha_1 + F_2 \cdot OA \sin\alpha_2$$

$$M_A(\mathbf{F}) = M_A(\mathbf{F}_1) + M_A(\mathbf{F}_2)$$

上式表明：汇交于某点的两个分力对 A 点的力矩的代数和等于其合力对 A 点的力矩。

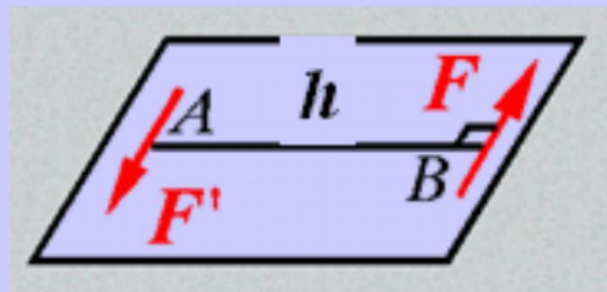
上述证明可推广到 n 个力组成的平面汇交力系，即：

$$M_A(\mathbf{F}) = M_A(\mathbf{F}_1) + M_A(\mathbf{F}_2) + \dots + M_A(\mathbf{F}_n) = \sum M_A(\mathbf{F}_i)$$



04 力 偶

1. 力偶：由两力大小相等、方向相反且不共线的平行力组成力系。



2. 力偶矩

$$\therefore M = \pm F \cdot h$$



说明：① M 是代数量，有+、-；

② F 、 h 都不独立，只有力偶矩 $M = \pm F \cdot h$ 是独立量；

③ 单位：N·m 或 KNm

平面力偶对物体的作用效应取决于：

① 力偶矩的大小；

② 力偶在作用面内的转向。

04 力偶

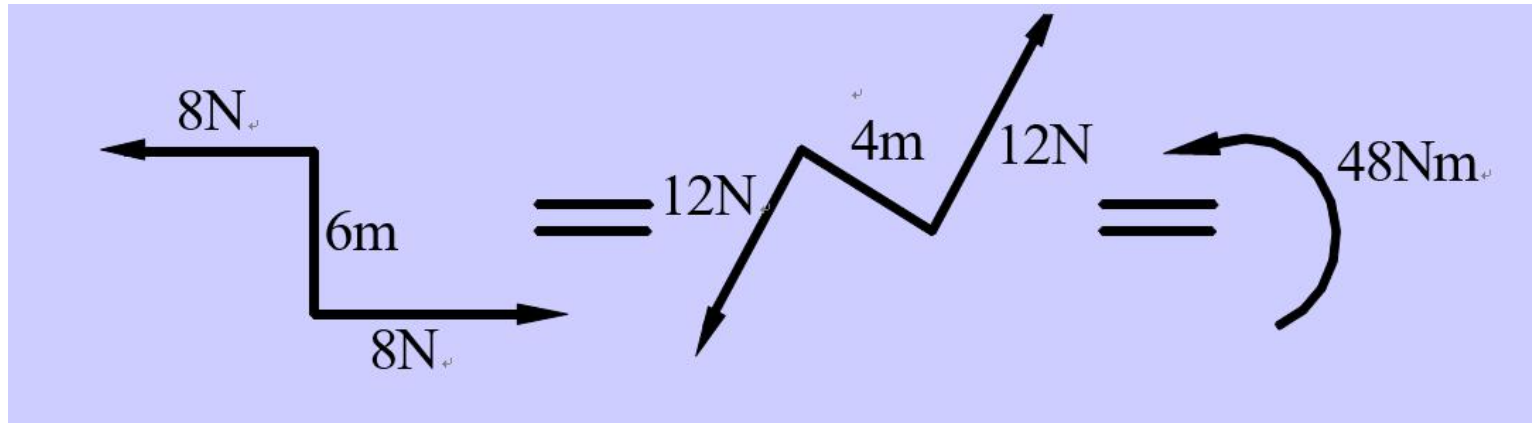
3、力偶的性质

性质1：力偶既没有合力，本身又不平衡，是一个基本力学量。力偶对物体作用的效果不能用一个力来替代。

力偶必须用力偶来平衡。力偶中的两个力在任一轴上的投影之和等于零。

性质2：力偶对其所在平面内任一点的矩恒等于力偶矩，而与矩心的位置无关，因此力偶对刚体的效应用力偶矩度量。

性质3：同一平面的两个力偶，如果它们的力偶矩大小相等，转向相同，则这两个力偶等效，称为力偶的等效性。



由力偶的等效性质可以得到以下两个推论：

推论1： 只要保持力偶矩的大小和转向不变，力偶可以在其作用平面内任意转移，而不改变它对刚体的作用效应。即力偶对刚体的作用效应与力偶在其作用平面内的位置无关。

推论2： 只要保持力偶矩的大小和转向不变，可以同时改变组成力偶的力的大小和力偶臂的大小，而不改变力偶对刚体的作用效应。

05 约束与约束力

☞ 基本概念：

自由体：可以任意运动（获得任意位移）的物体。

非自由体：运动受到限制的物体。

约束：限制非自由体运动的周围物体。

约束反力：约束作用于非自由体上而限制其运动的力。

主动力：约束力以外，物体所受的其他力。

05 约束与约束力

📁 基本概念：

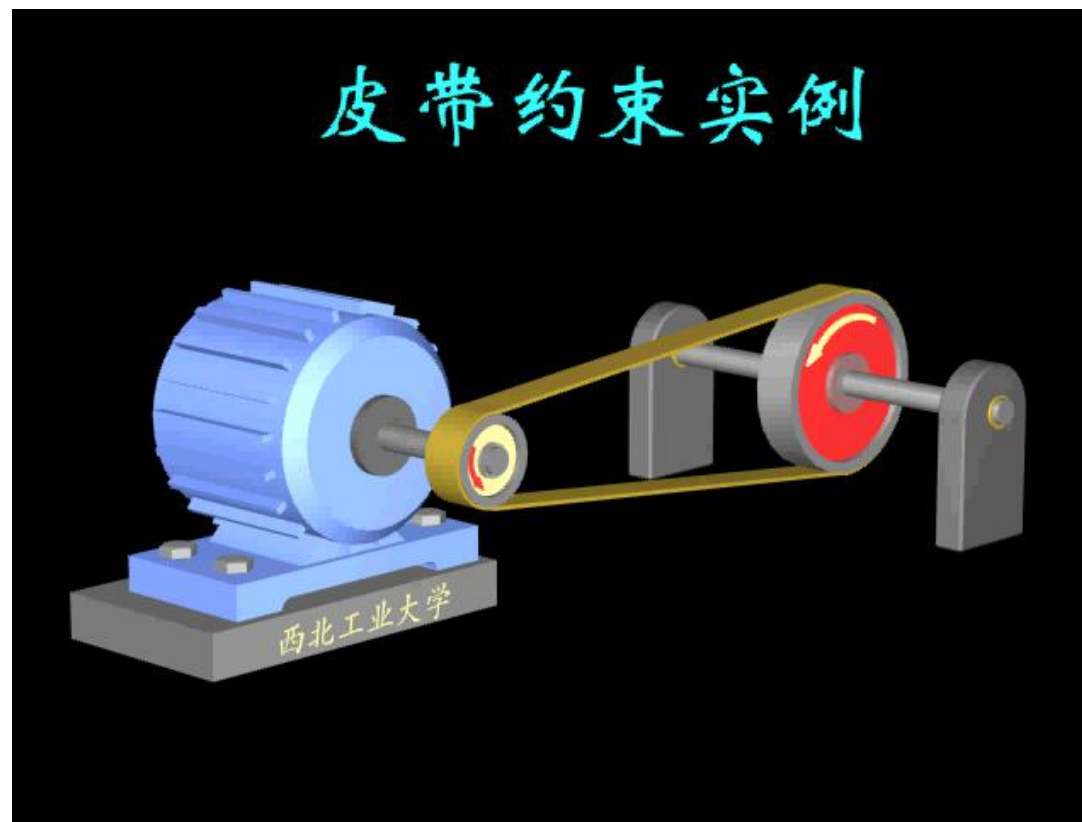
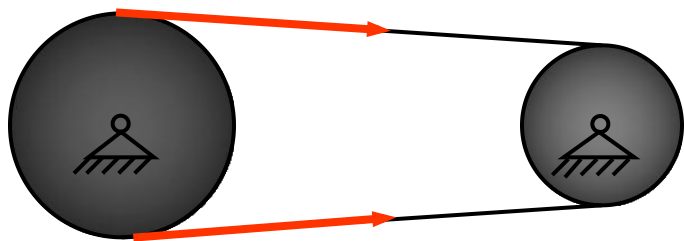
约束反力特点：

- ①大小常常是未知的；
- ②方向总是与约束限制的物体的位移方向相反；
- ③作用点在物体与约束相接触的那一点。

05 约束与约束力

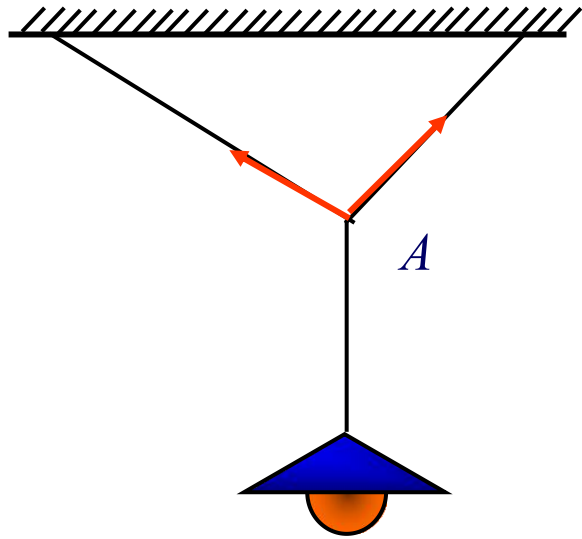
□ 工程中常见的几种类型的约束

1、柔性约束：柔绳、链条、皮带构成的约束：



05 约束与约束力

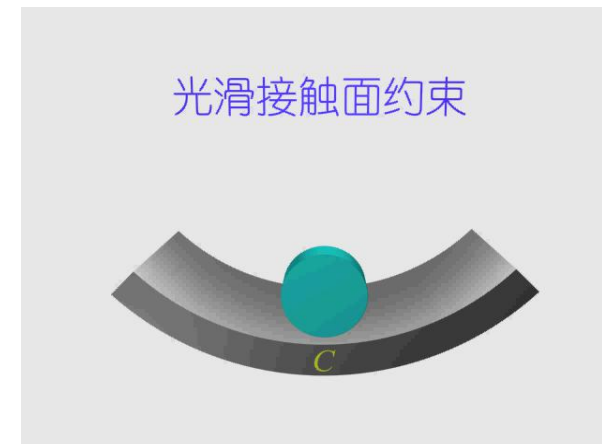
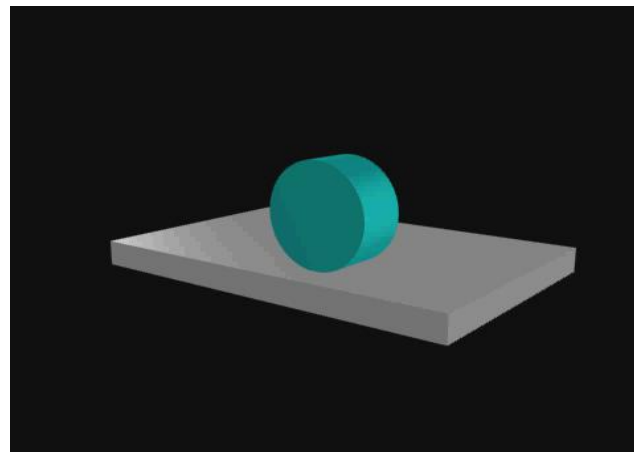
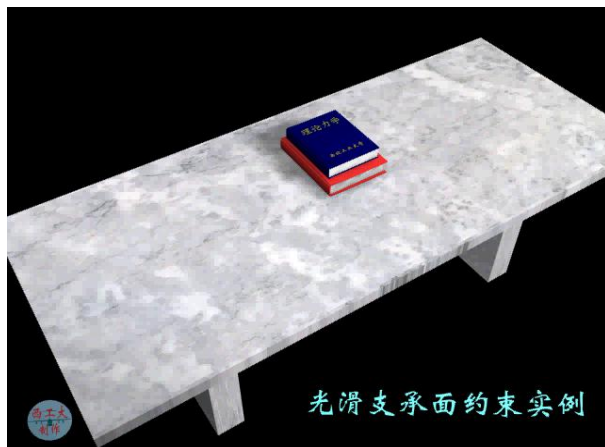
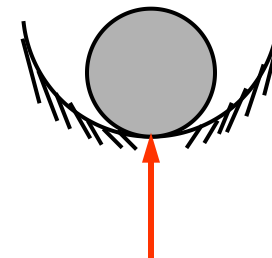
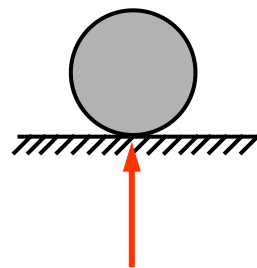
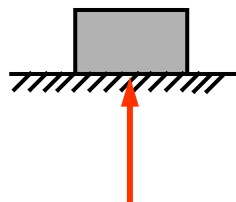
☐ 工程中常见的几种类型的约束



05 约束与约束力

工程中常见的几种类型的约束

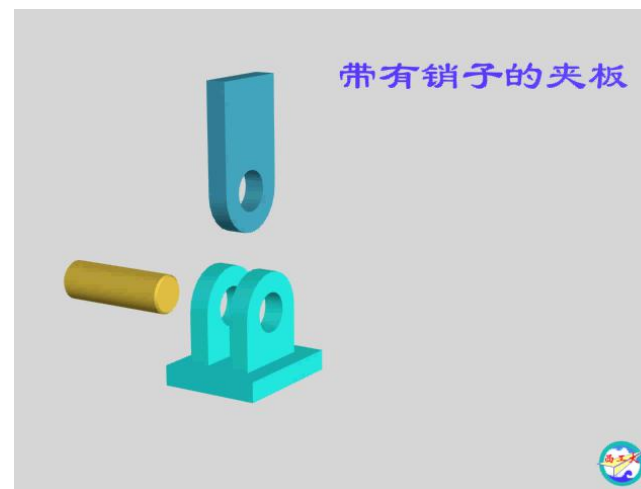
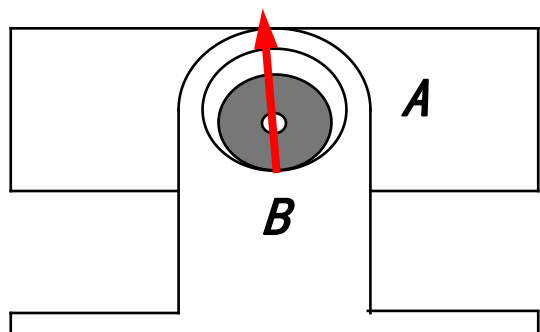
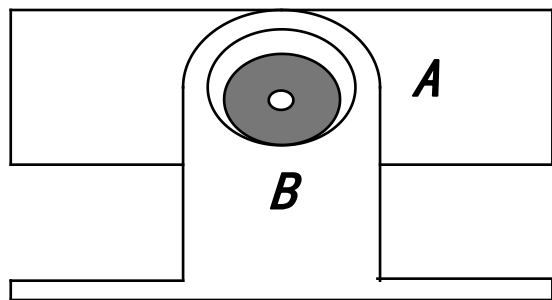
2、理想光滑接触面约束



05 约束与约束力

☐ 工程中常见的几种类型的约束

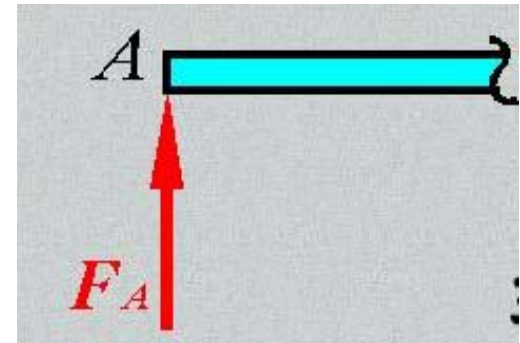
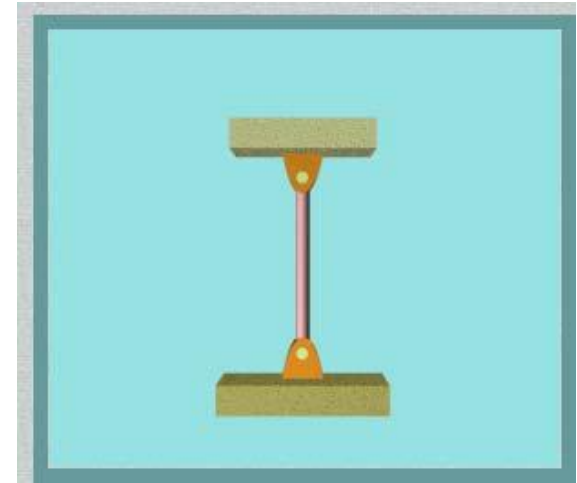
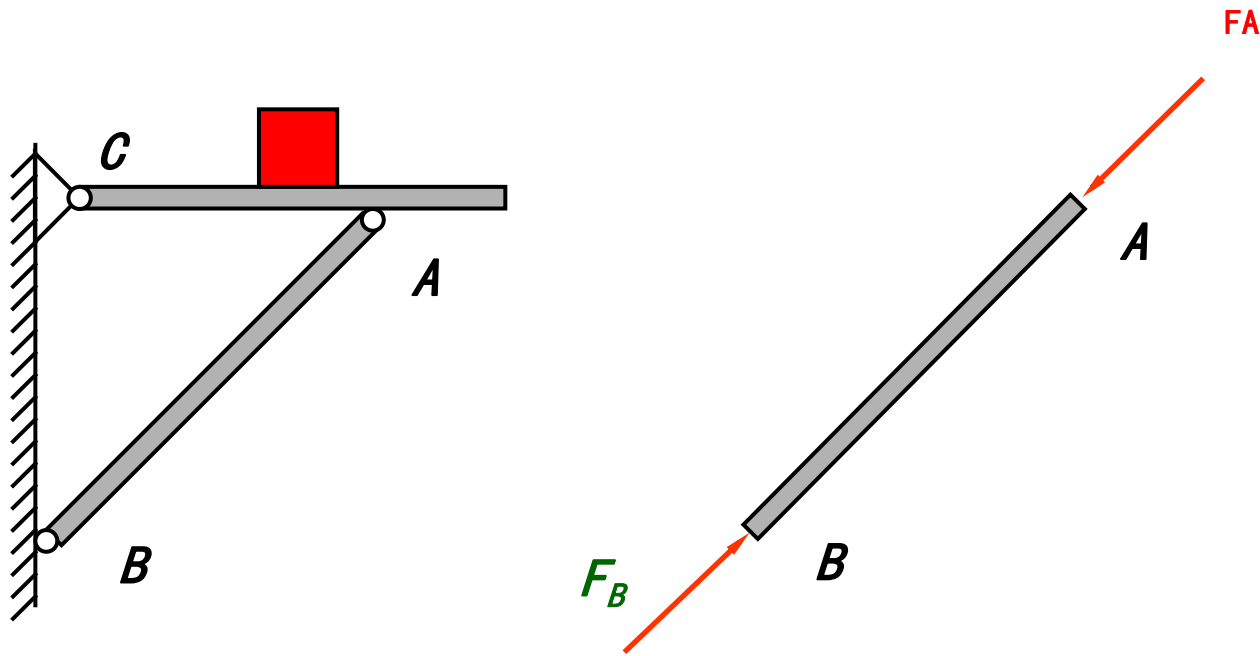
3、光滑圆柱铰链约束



05 约束与约束力

工程中常见的几种类型的约束

4、链杆约束（二力构件）：

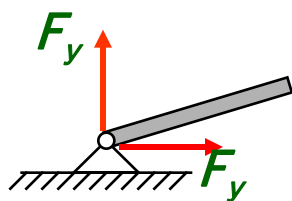
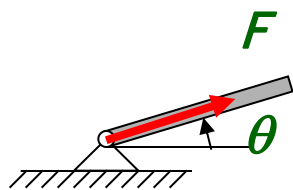
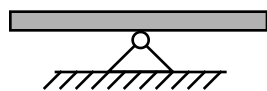
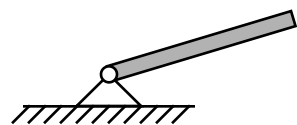


连杆约束反力沿直杆中心线，但指向不定（拉力或压力）

05 约束与约束力

☐ 工程中常见的几种类型的约束

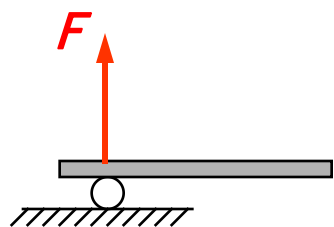
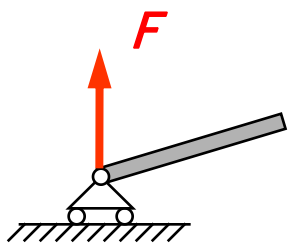
5、固定铰支座：



05 约束与约束力

☐ 工程中常见的几种类型的约束

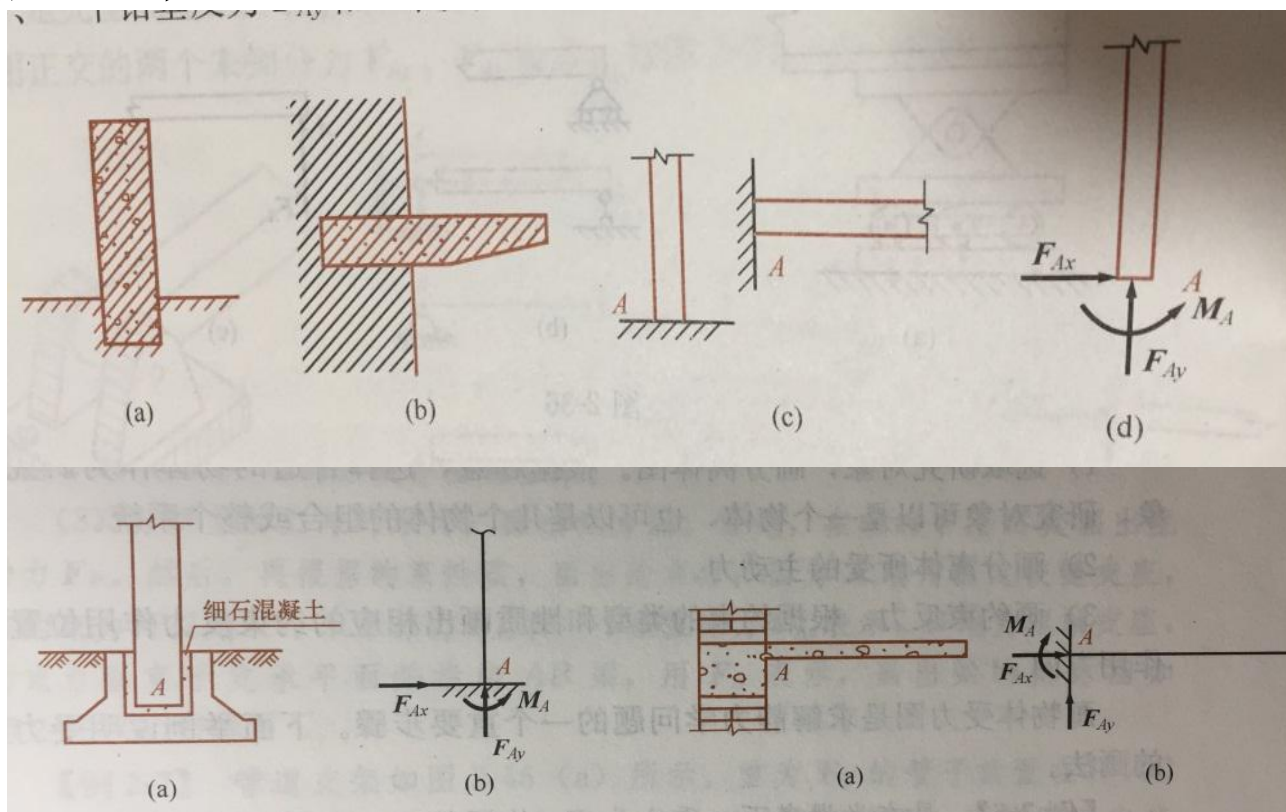
6、可动铰链支座：



05 约束与约束力

工程中常见的几种类型的约束

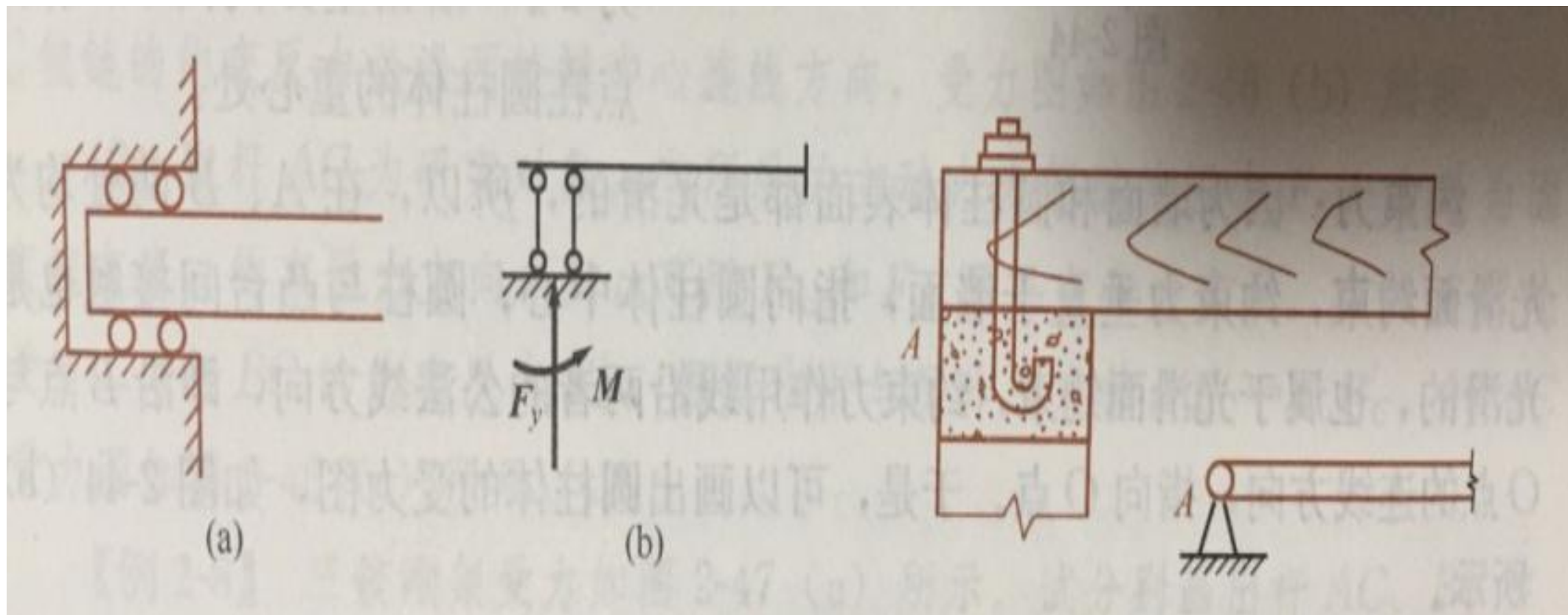
7、固定端支座约束



05 约束与约束力

□ 工程中常见的几种类型的约束

8. 滑移支座（定向支座）



06 物体的受力分析与受力图

1、物体的受力分析

在求解静力平衡问题时，一般首先要分析物体的受力情况，了解物体受到哪些力的作用，其中哪些力是已知的，哪些力是未知的，这个过程称为对物体进行受力分析。

作用在物体上的力有：一类是：主动力,如重力,风力，气体压力等；
二类是：被动力，即约束反力。

2、受力图

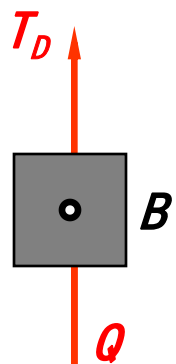
画受力图的步骤如下：

- 1) 选取研究对象，画分离体图。根据题意，选择合适的物体作为研究对象，研究对象可以是一个物体，也可以是几个物体的组合或整个系统。
- 2) 画分离体所受的主动动力。
- 3) 画约束反力。根据约束的类型和性质画出相应的约束反力作用的位置和作用方向。

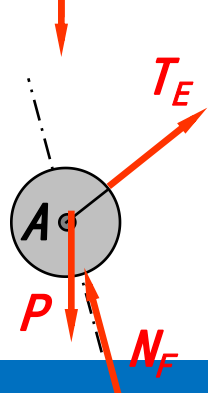
06 物体的受力分析与受力图

例题1-1 在图示的平面系统中，匀质球 A 重为 P ，借本身重量和摩擦不计的理想滑轮 C 和柔绳维持在仰角是 α 的光滑斜面上，绳的一端挂着重为 Q 的物体 B 。试分析物体 B 、球 A 和滑轮 C 的受力情况，并分别画出平衡时各物体的受力图。

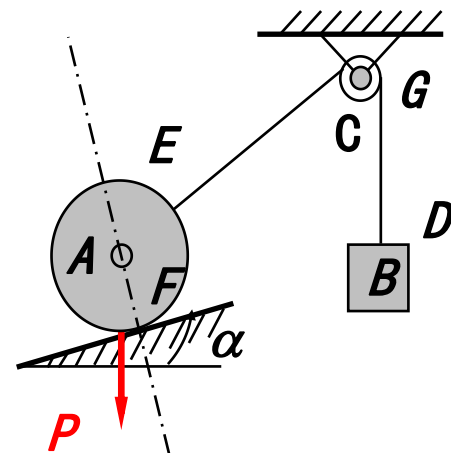
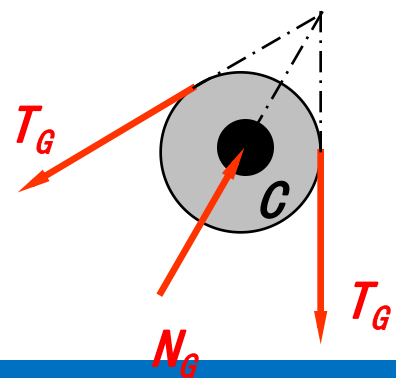
(1) 物体 B 受两个力作用：



(2) 球 A 受三个力作用：



(3) 作用于滑轮 C 的力：



工程力学基础

谢谢观看！