

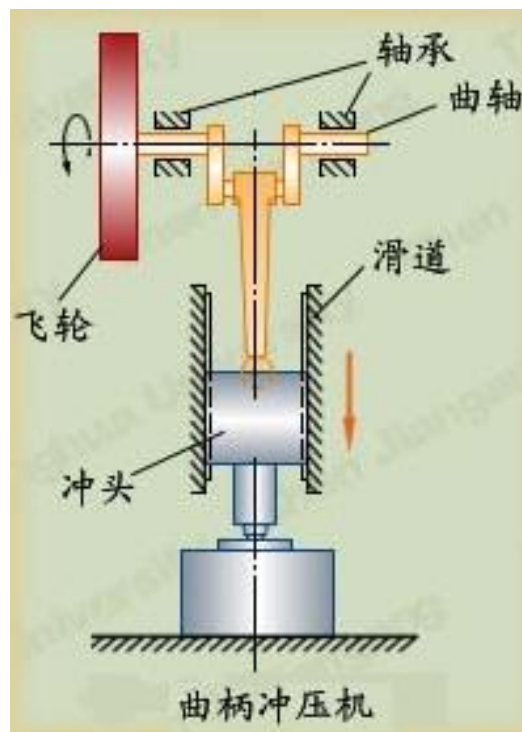
# 第三章 物体的受力分析

## § 3-1 常见约束和约束反力

### 1. 自由体和非自由体

\*在空间的位移不受任何限制的物体称为**自由体**。

\*位移(转角)受到其他物体强制限制的物体称为**非自由体**。



## 2. 约束和约束反力

**约束**——限制非自由体的某些位移(转角) 的其他物体。

**约束力或约束反力**——

约束作用于非自由体上的力称为约束力。

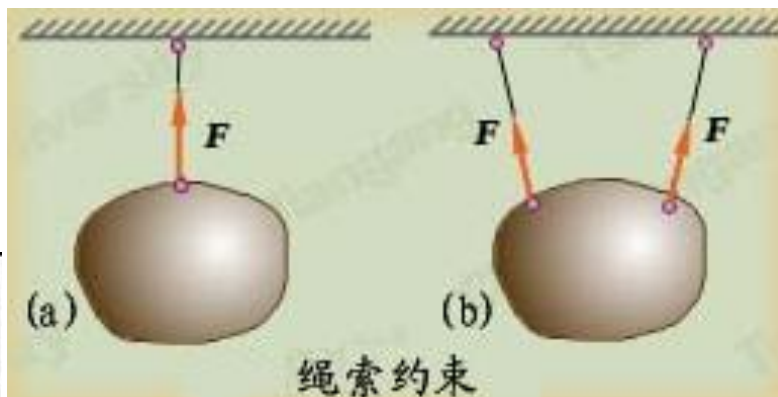
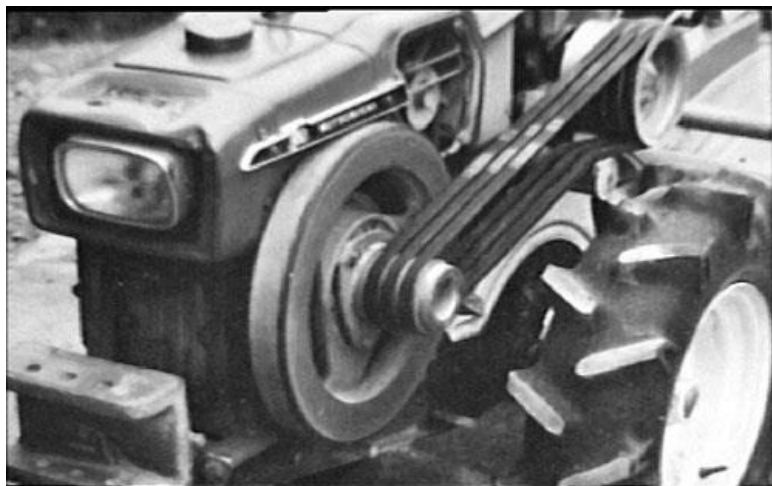
\*大小:未知,可利用平衡条件由其他主动力求出.

\*方向:总是与所限制的位移方向相反.

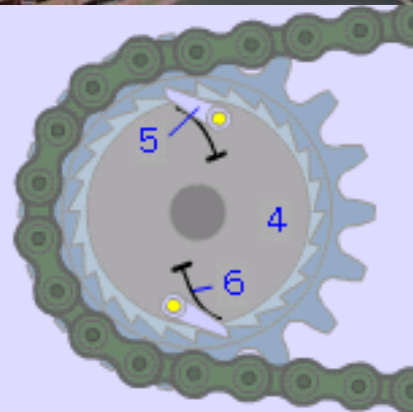
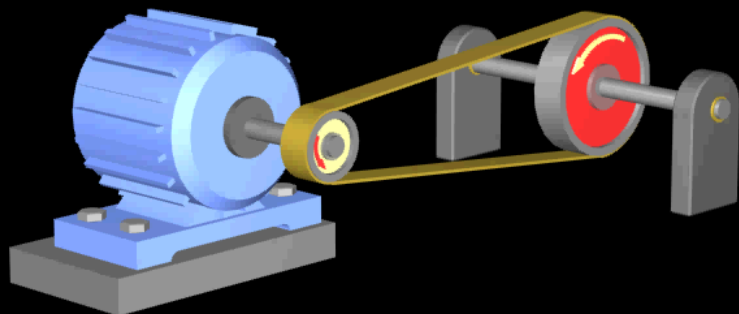
\*作用点:根据具体约束而定.

### 3. 常见约束

#### 1. 柔索约束



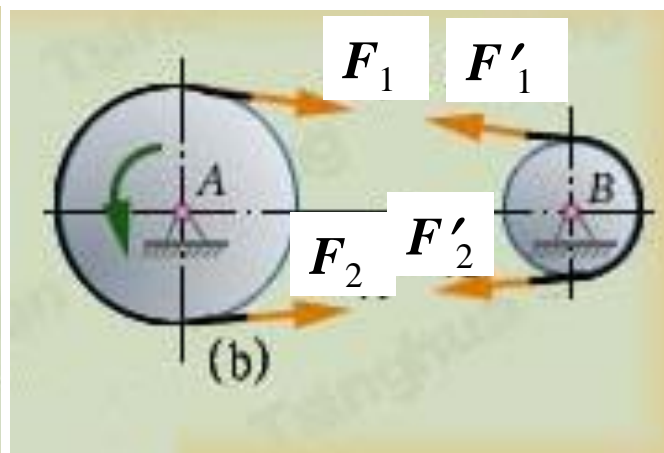
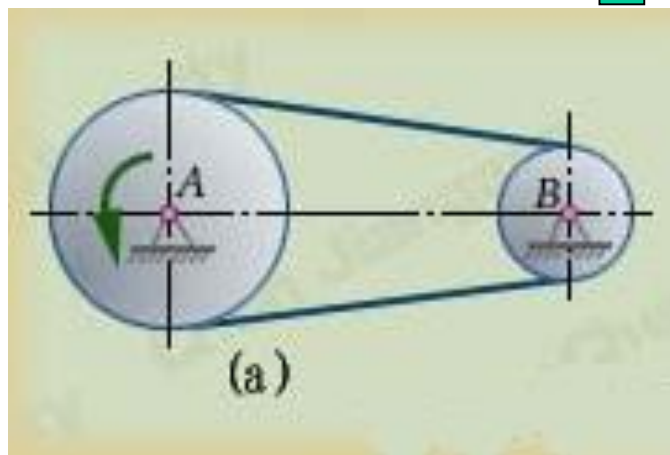
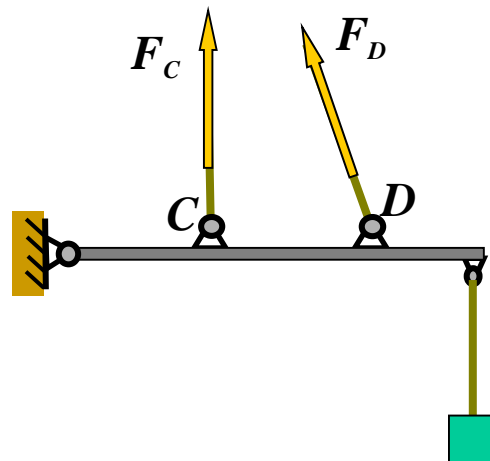
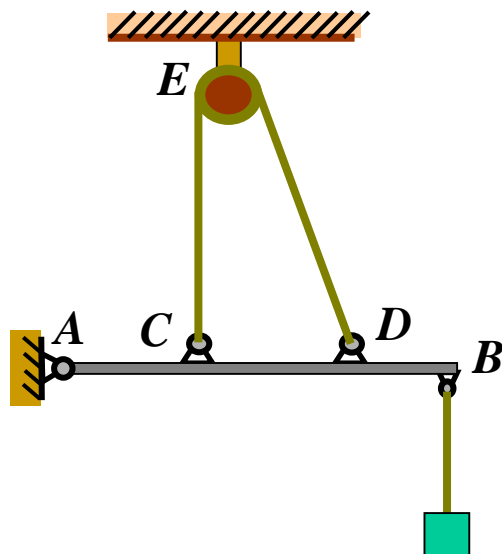
#### 胶带约束实例



### 3. 常见约束

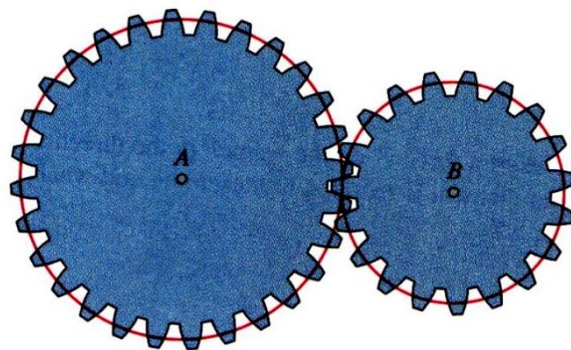
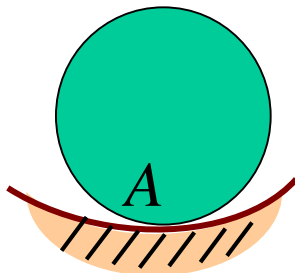
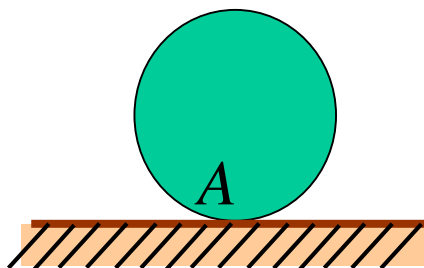
约束特性：只承受拉力，阻碍物体沿柔索伸长方向的位移；  
约束反力：方向沿柔索背离物体，作用点过接触点。

弹性绳索的  
力是约束力？



### 3. 常见约束

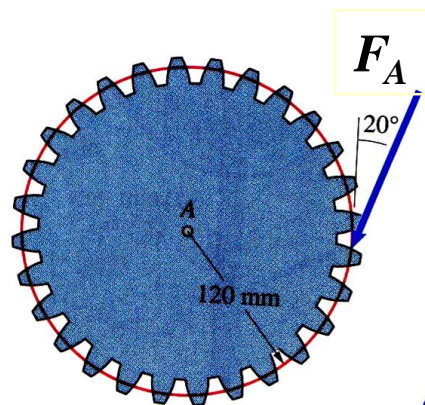
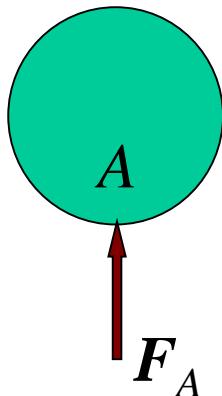
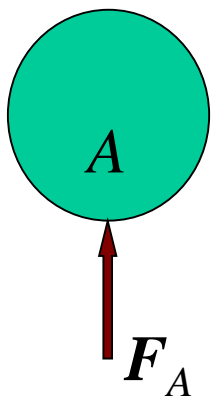
#### 2. 光滑接触面约束



约束特性：只能阻碍物体沿着接触点（面）公法线方向的位移，而不阻碍物体沿接触点（面）切线方向的位移。

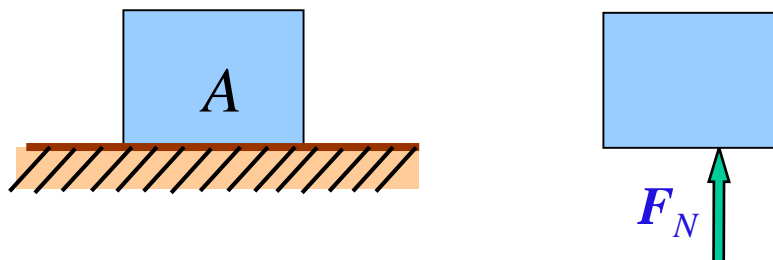
约束反力：过接触点、沿公法线方向、指向被约束物体。

点接触

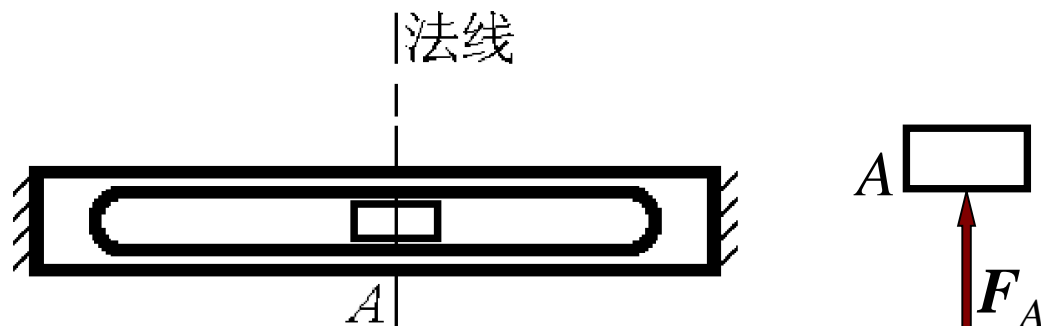


### 3. 常见约束

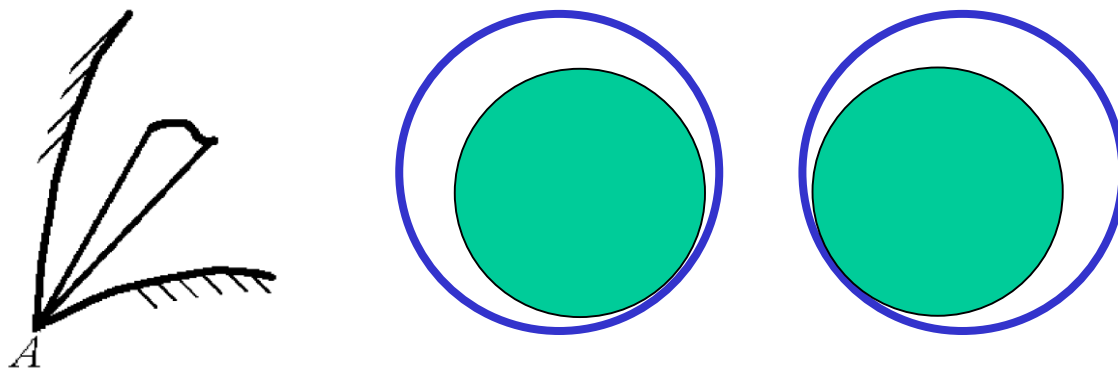
单面接触



双面接触



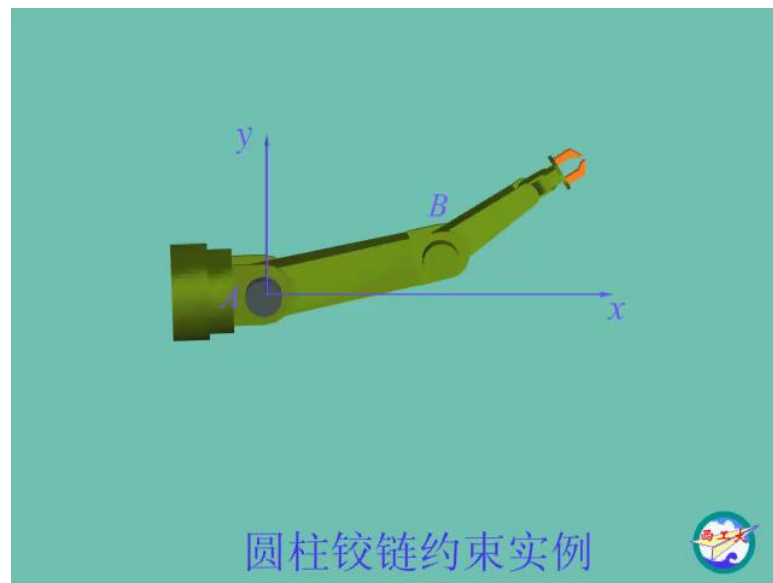
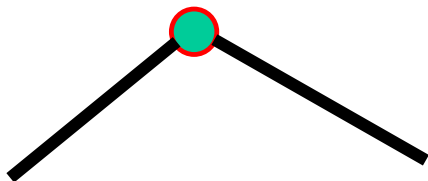
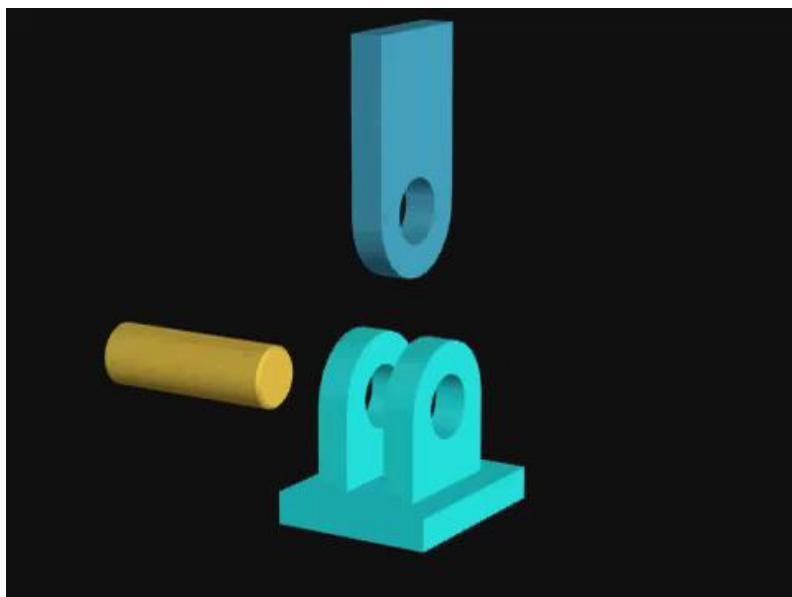
其它情况



### 3. 常见约束

### 3. 光滑圆柱铰链约束

**约束结构：**两个或两个以上构件上钻同样大小的圆孔，并用圆柱销钉穿入圆孔，将两个物体连接起来。





### 3. 常见约束

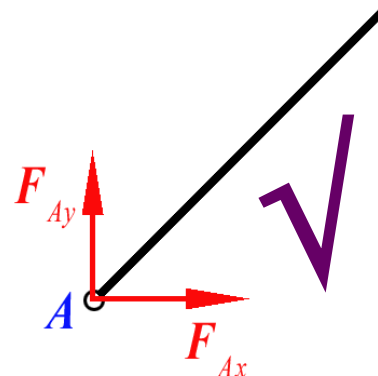
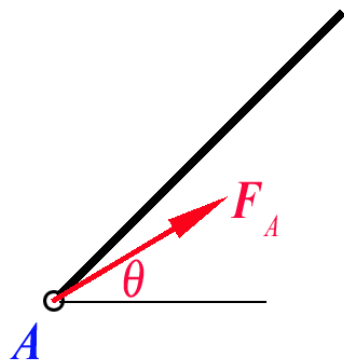
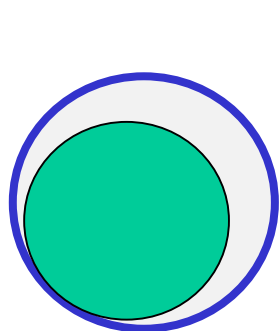
约束特性：物体只能绕销钉轴线相对转动，与销钉轴线相垂直的平面内的径向位移被限制。

在分析铰链约束力时，通常把销钉固连在其中一个构件上。



约束反力：在垂直于销钉轴线的平面内通过圆心，方位和指向不能确定的一个力。

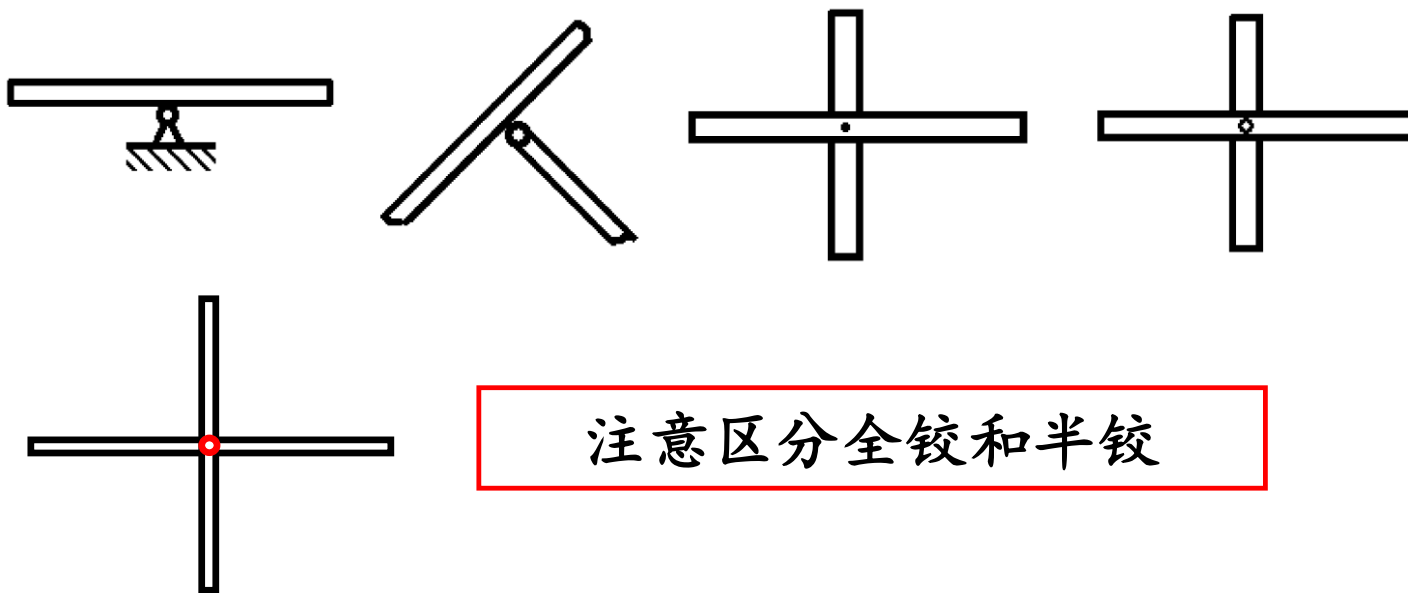
通常将其表示为大小未知的两个正交分力。





### 3. 常见约束

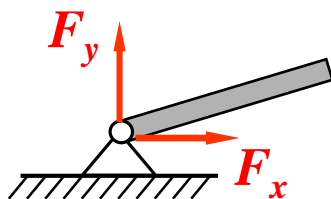
铰接点不一定总位于构件的一端，如夹子、钳子等。  
其中**圆圈**或**圆点**表示铰链连接。



**讨论:** 1. 如果将铰链约束拆成三部分, 如何分析?  
2. 一个销钉连有三个或以上构件?

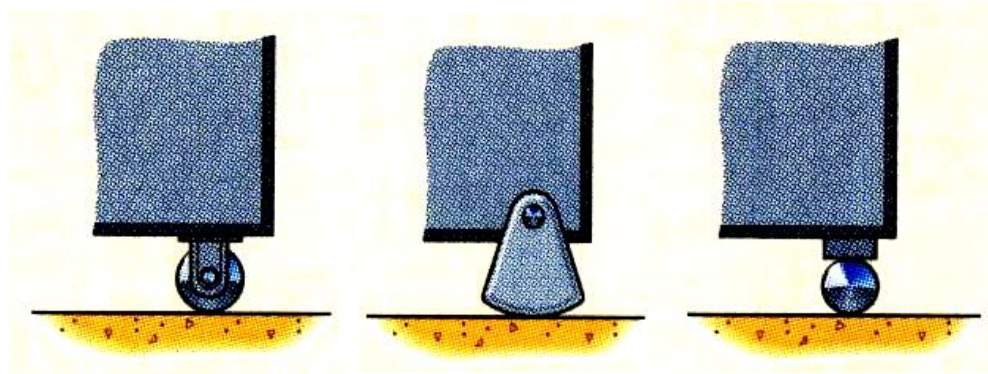
### 3. 常见约束

#### 固定铰支座约束

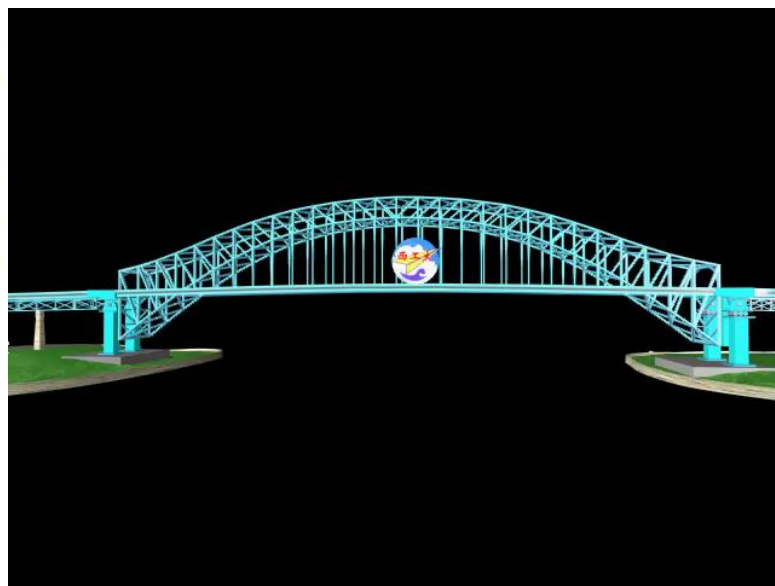
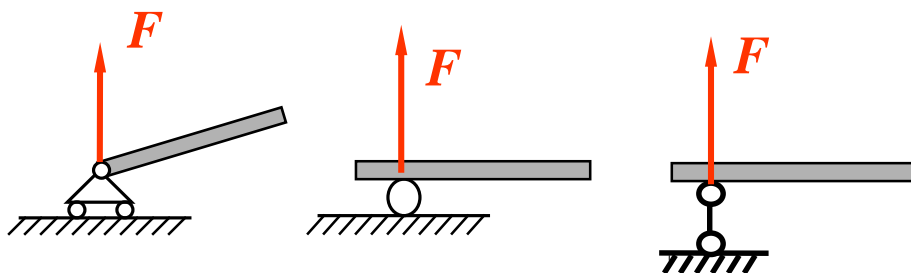


工程应用

#### 滚动铰支座约束



约束反力: 经过铰链中心, 沿支撑面法线方向

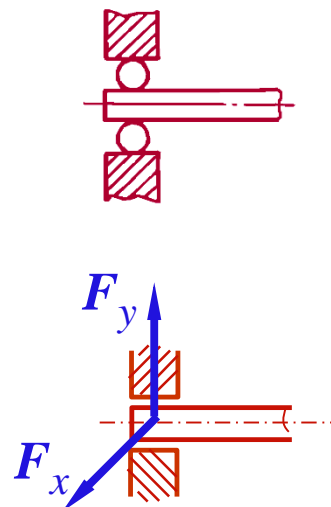
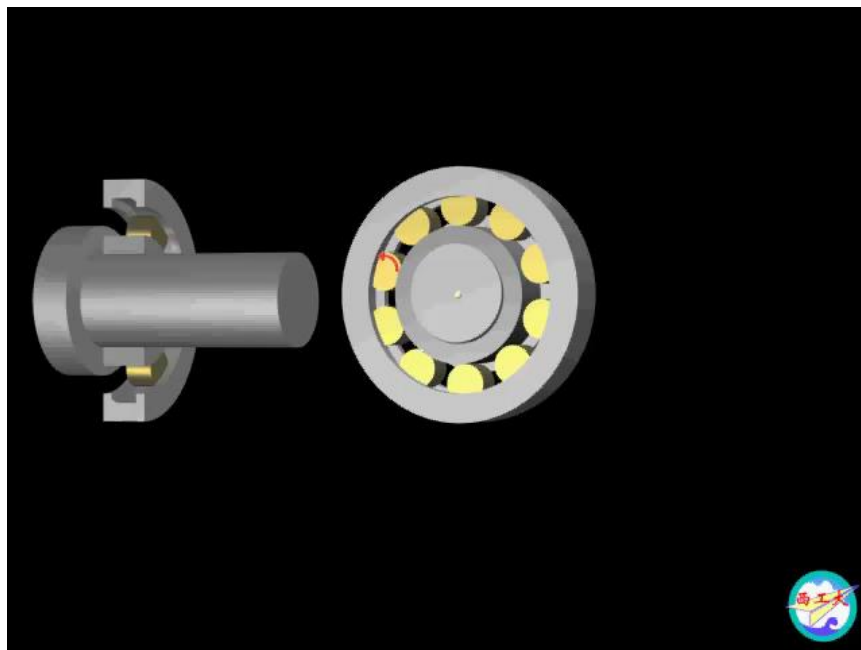
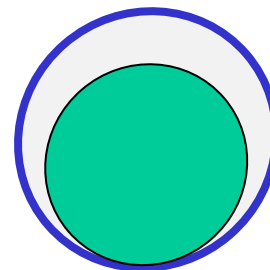


### 3. 常见约束

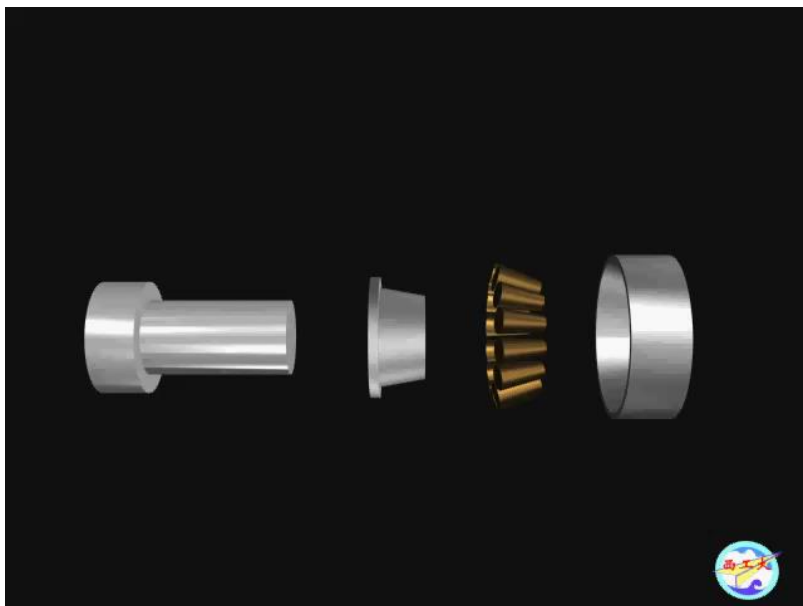
#### 4. 颈轴承（向心）和止推轴承

约束特性：轴只能绕其轴线转动，与轴线垂直的平面内的径向位移被限制。

约束反力：沿轴半径方向两个方位已知、大小未知的力。

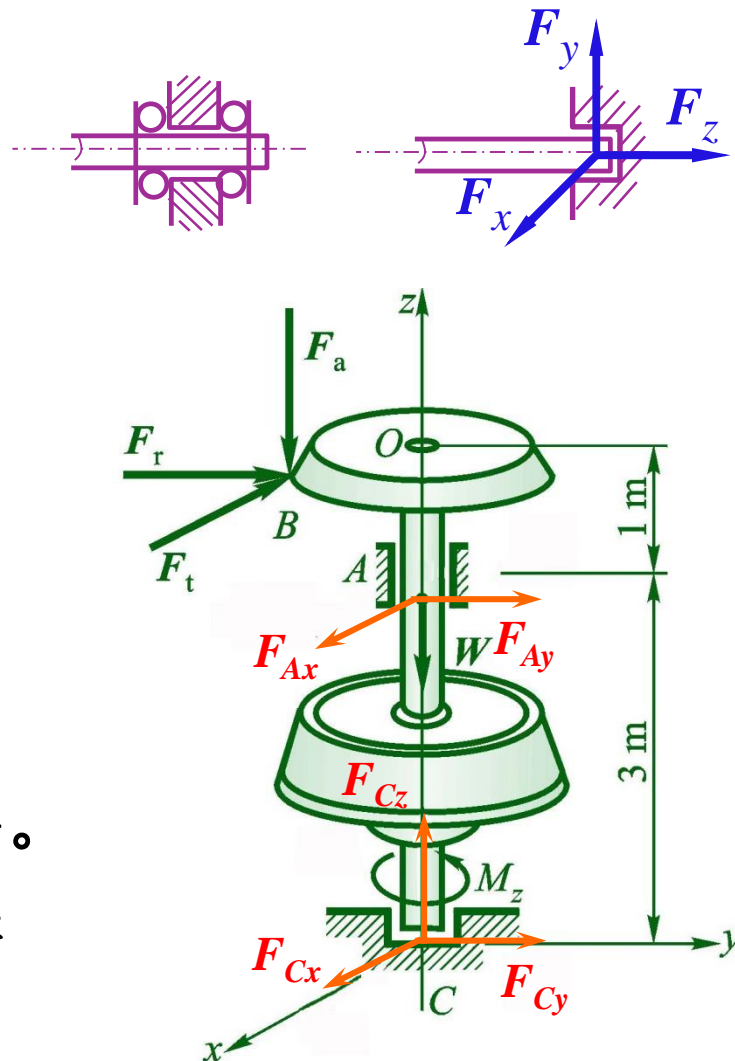


### 3. 常见约束



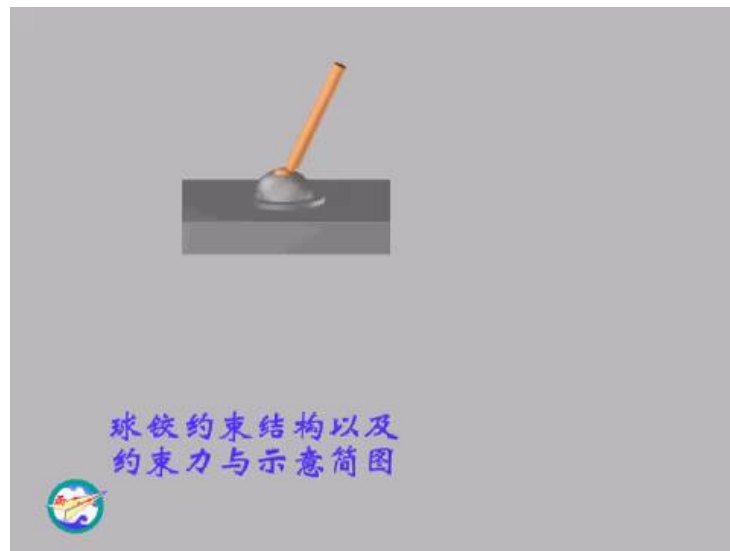
止推轴承除了限制转子的径向位移，还限制转子的轴向位移。止推轴承的约束反力为两个径向力和一个轴向力。

### 止推轴承约束



### 3. 常见约束

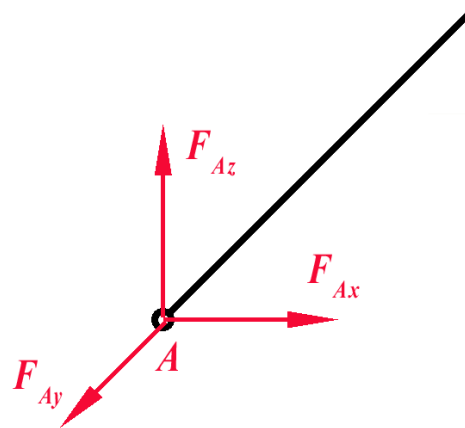
#### 5. 光滑球形铰链约束



约束结构：由一物体的球部嵌入另一物体的球窝构成。

约束特性：允许物体绕球心转动，不能沿径向移动。

约束反力：通过球心，方向不能预先确定，通常用三个正交分力来表示。

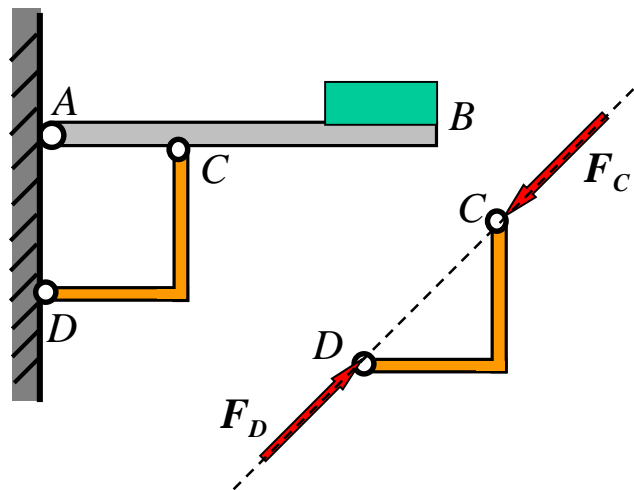
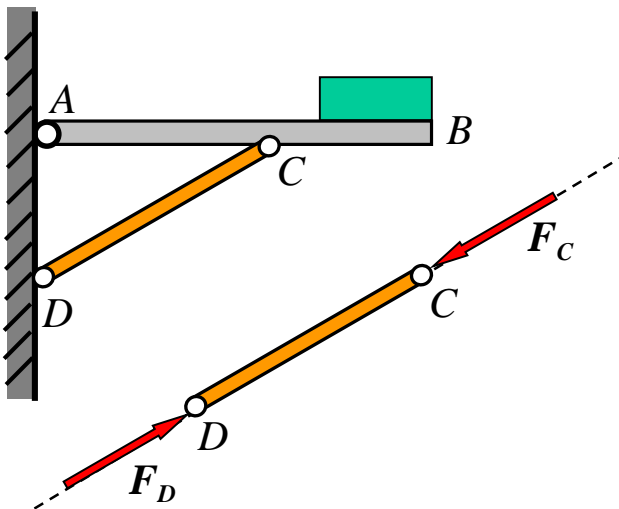


### 3. 常见约束

#### 6. 链杆(二力杆)约束

1. 仅有两处以铰链（性质同铰链）和其他物体相连.
2. 不计自重.
3. 不再受其它任何力（力偶）作用的直杆或曲杆.

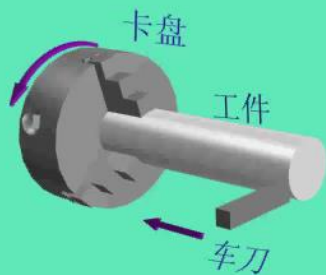
约束反力：沿杆端连线，等值，反向，共线



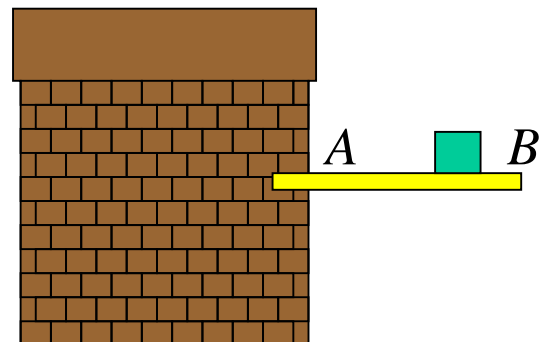
### 3. 常见约束

### 7. 固定端约束

#### 插入端约束实例



西工大  
创作

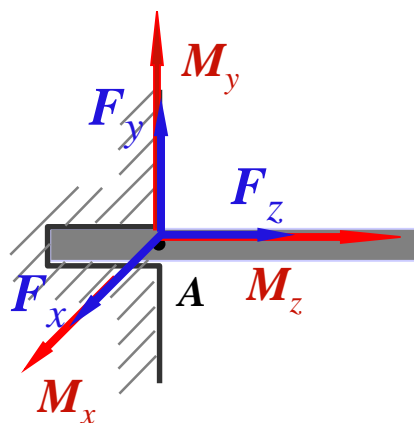
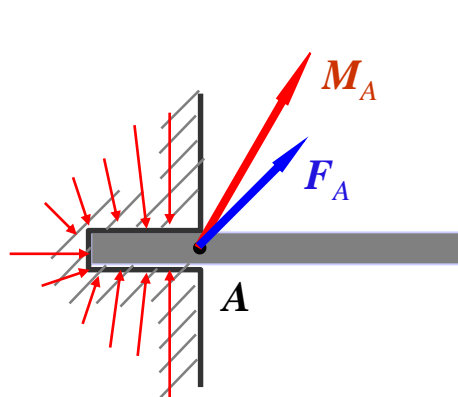




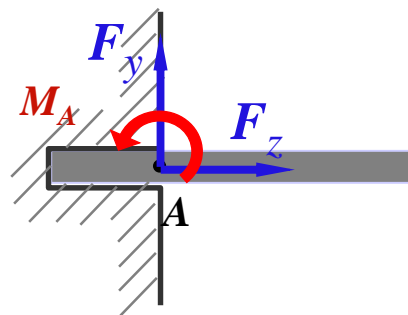
### 3. 常见约束

约束特点：不仅限制物体在固定端处沿任何方向的移动，而且限制物体在固定端处绕任一轴的转动。

约束反力：一般在空间力系的情况下，有三个正交约束反力与三个约束力偶；一般在平面力系的情况下，有两个正交约束反力与一个约束力偶。



空间插入端



平面插入端

## § 3-2 物体的受力分析·受力图

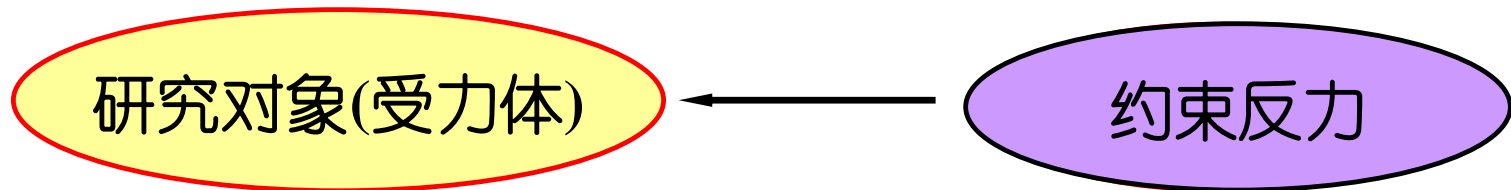
### 受力分析

针对具体的研究对象,确定出它所受到的全部力(**主动力**和**约束反力**)。即真实地反映研究对象的受力信息(方位,作用位置)。

### 受力图

以图的方式表示物体上所受的全部力。

受力图是分析、解决力学问题的**基础**。

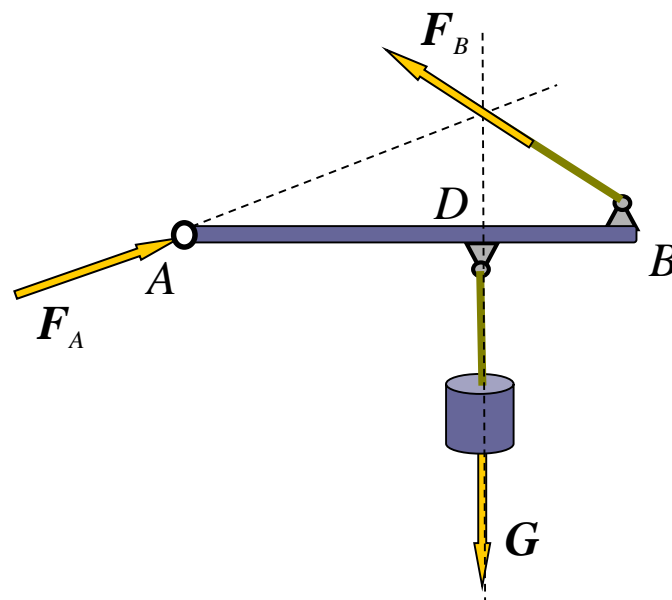
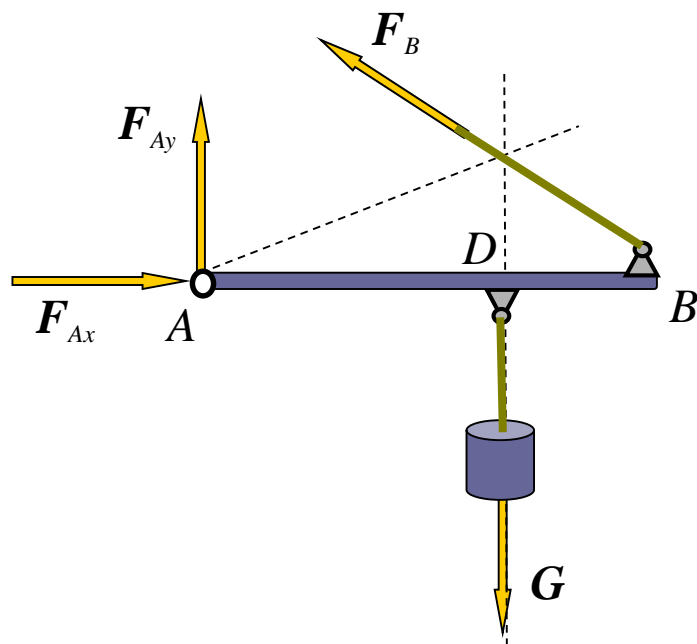
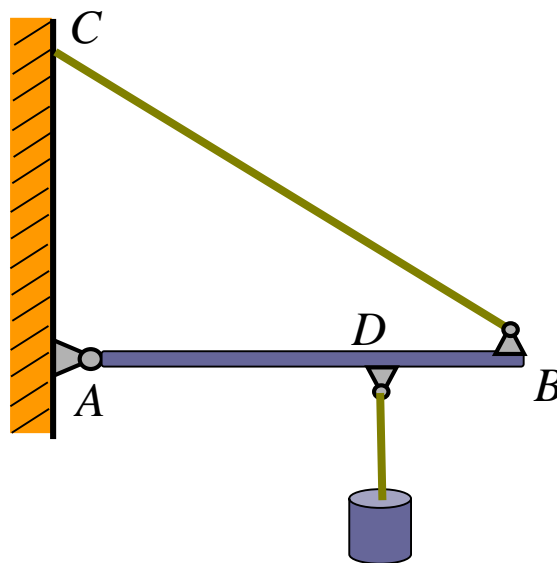


## § 3-2 物体的受力分析·受力图

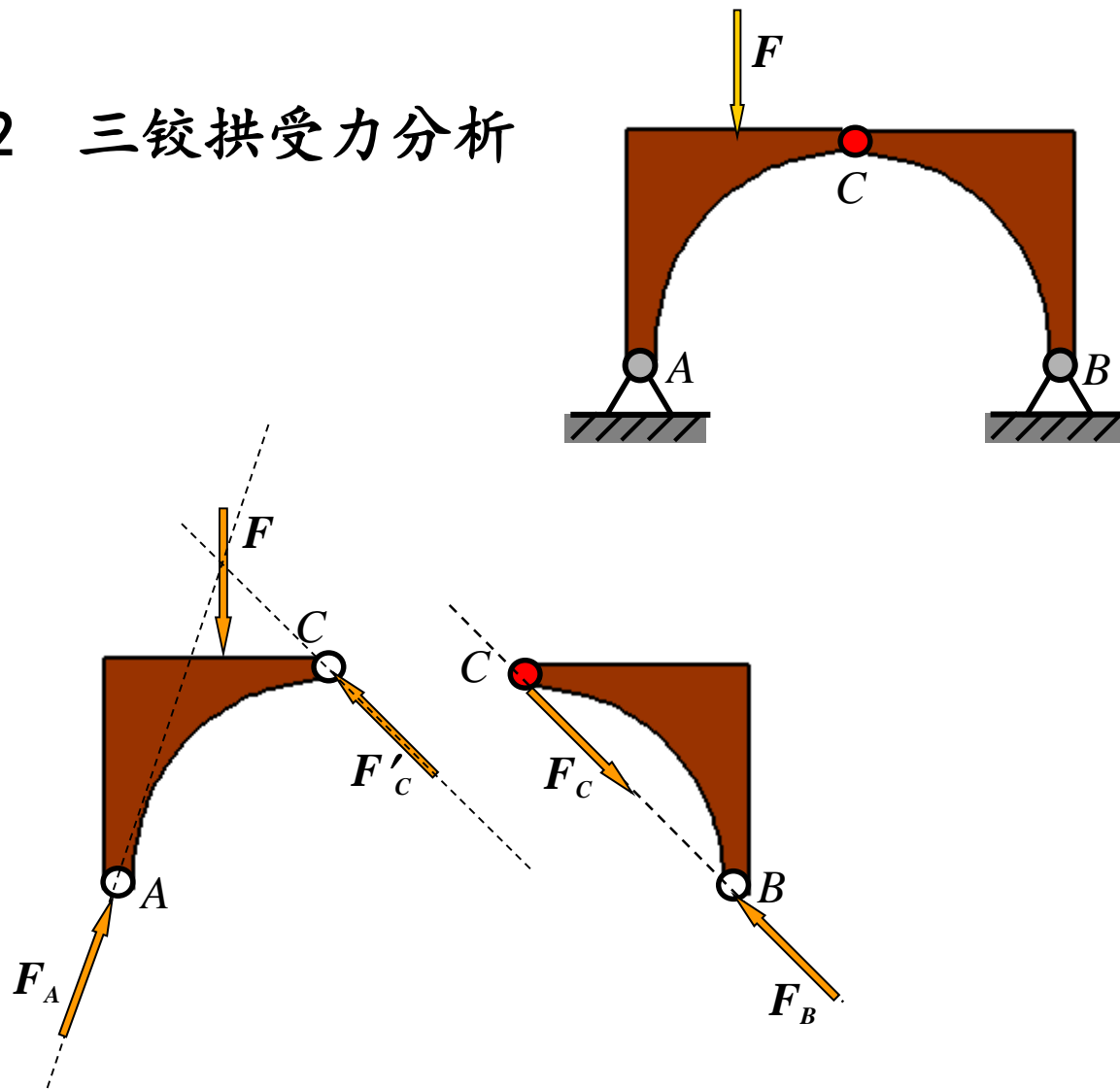
画受力图的步骤:

1. 观察物体系统, 识别二力构件;
  2. 选定合适研究对象, 画出所选研究对象的隔离体图 (取分离体, 解除约束);
  3. 画出研究对象上受的所有主动力、主动力偶;
  4. 根据约束类型画出所有的约束反力 (力的作用位置, 方向, 名称)。
- ◆ 系统外物体作用于系统内物体上的力, 称为**外力**;  
系统内物体间的相互作用力, 称为**内力**。
  - ◆ 系统的内力总是成对出现, 不影响系统的平衡状态, **受力图中不应出现内力**。

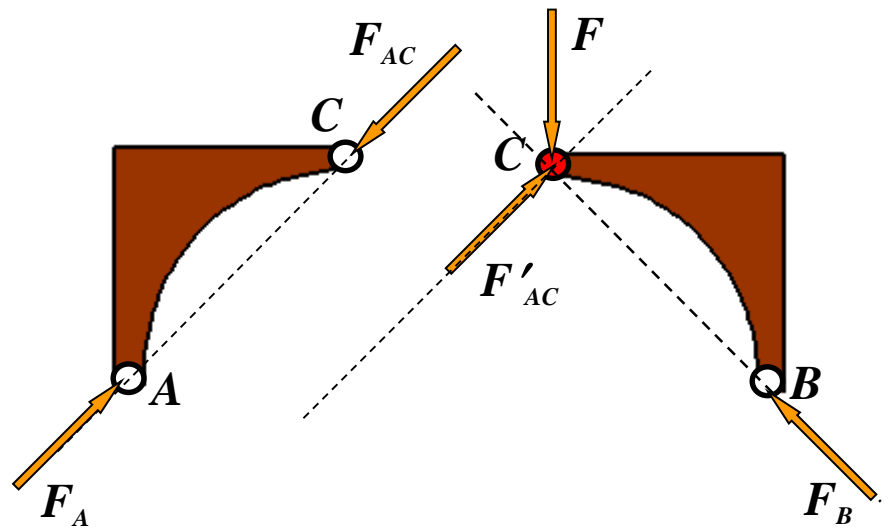
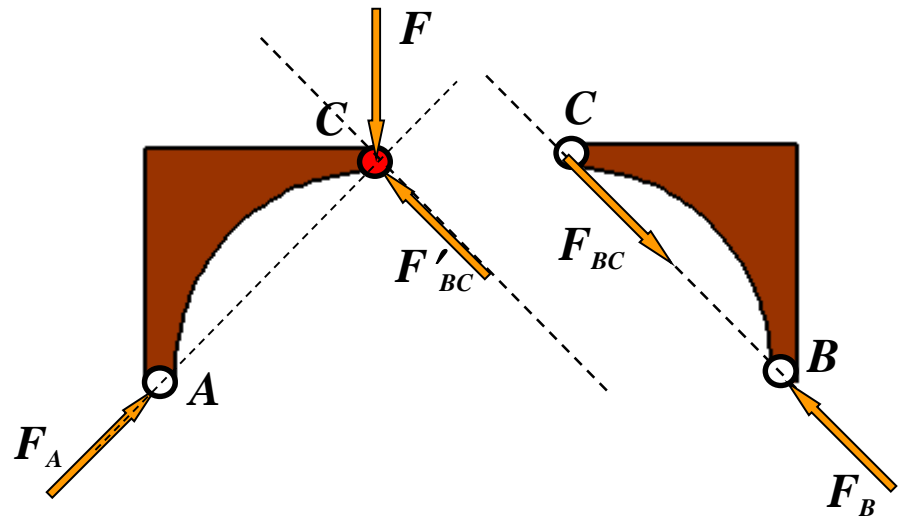
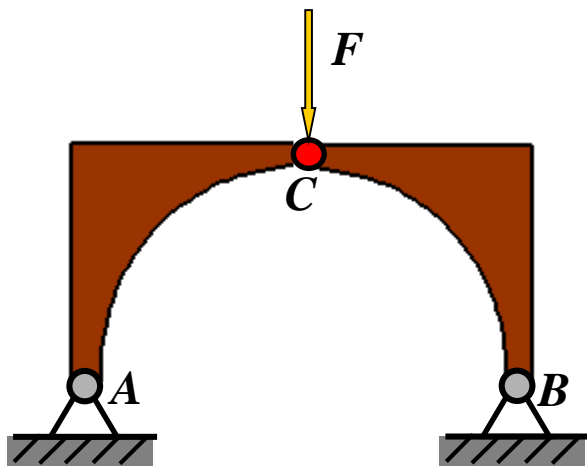
# 例1 受力分析



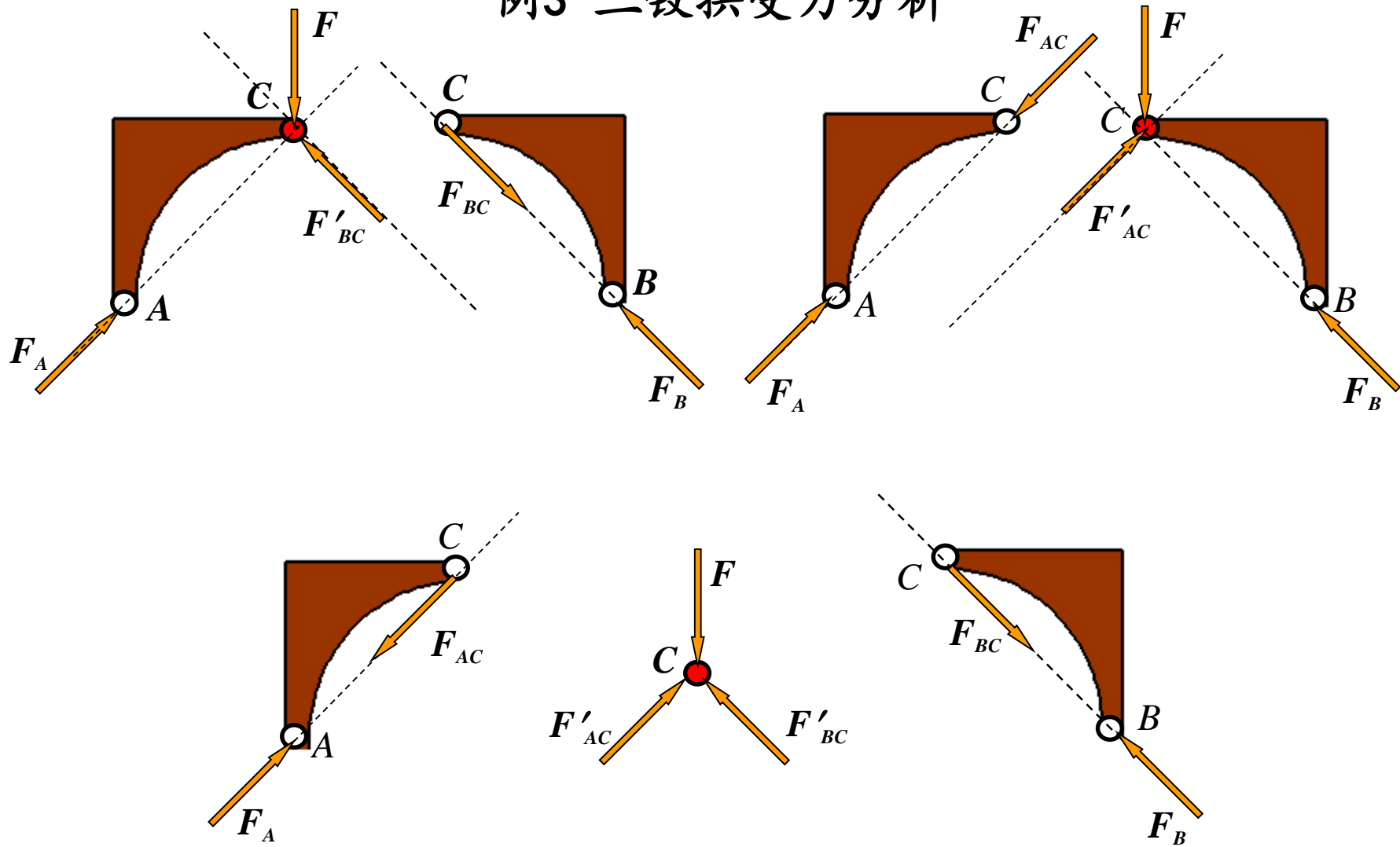
## 例2 三铰拱受力分析



### 例3 三铰拱受力分析

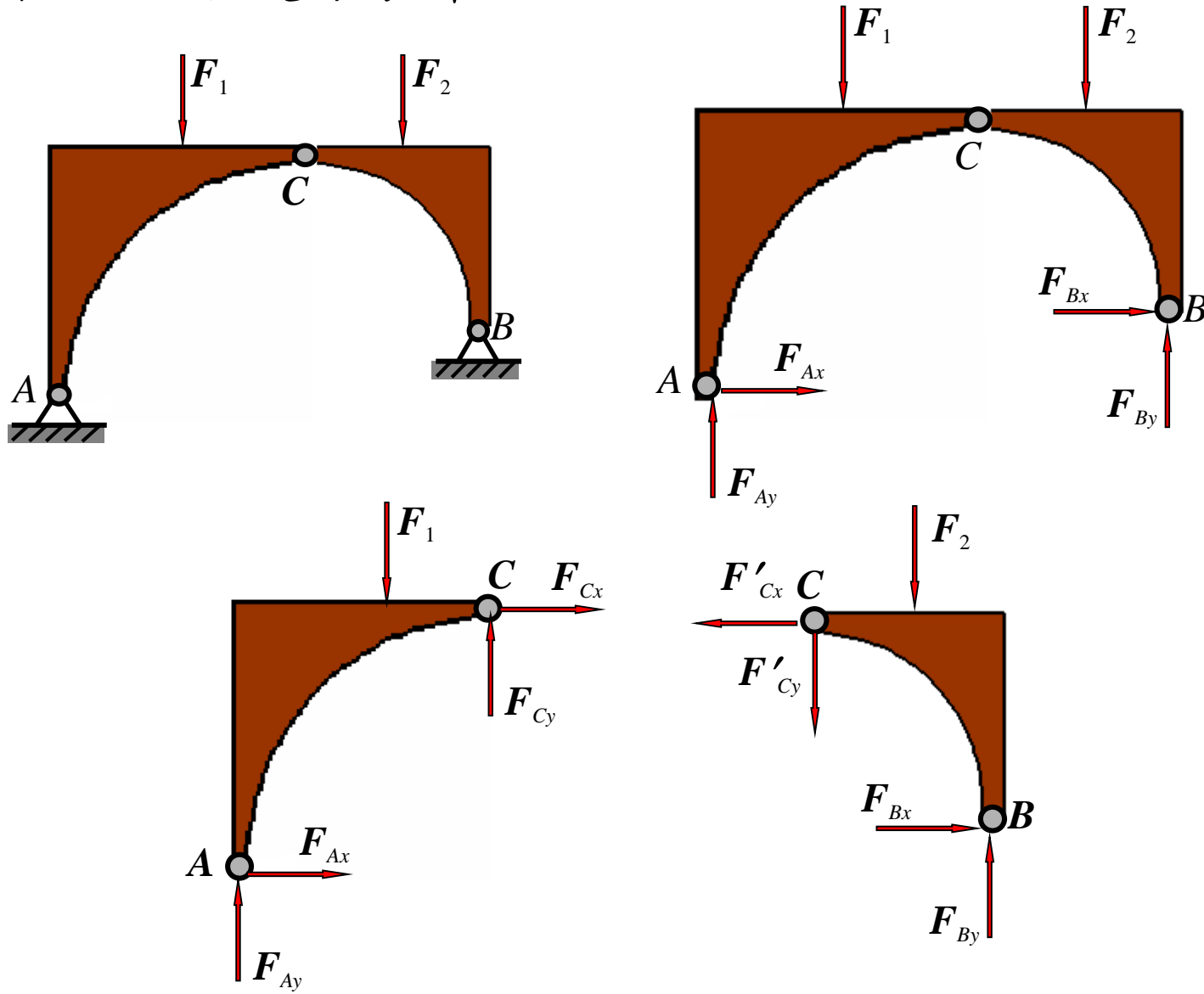


### 例3 三铰拱受力分析

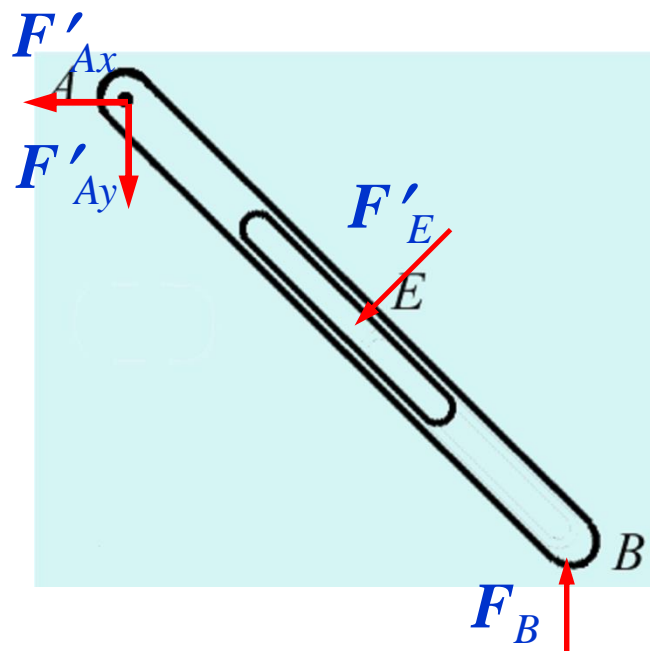
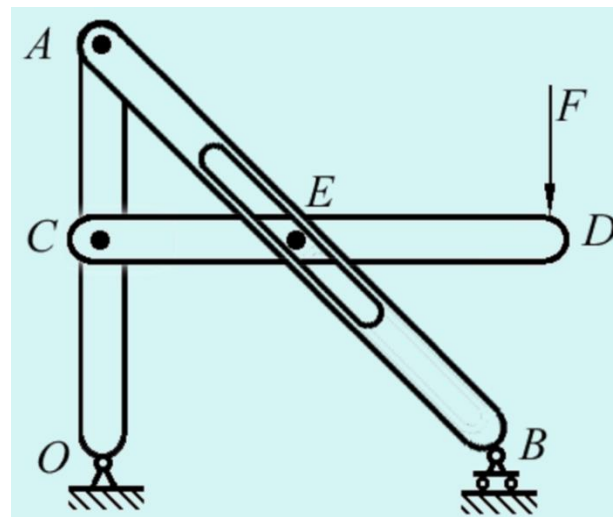
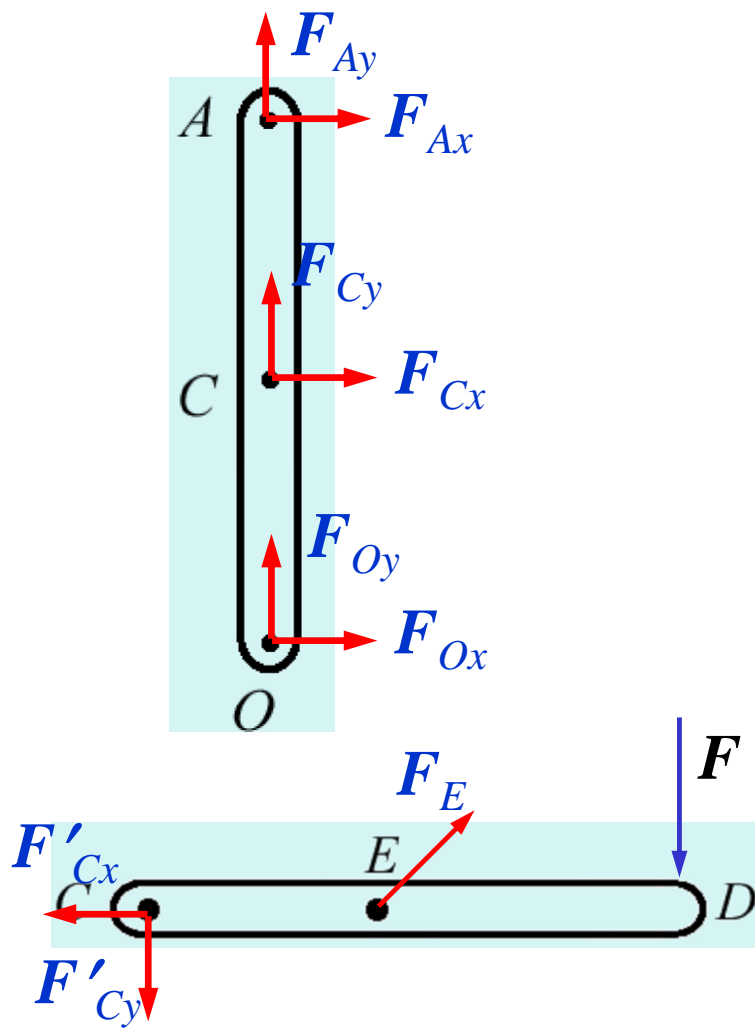




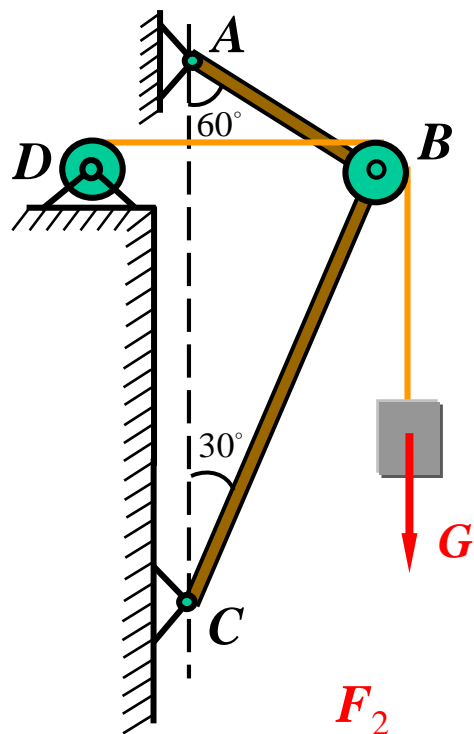
## 例4 三铰拱受力分析



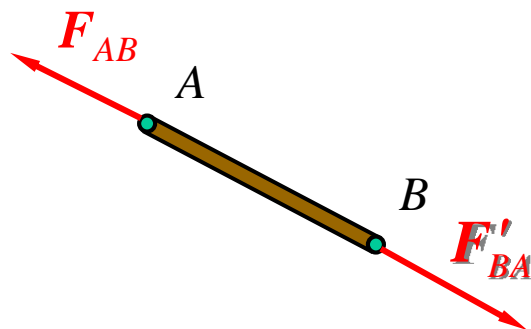
# 例5 分析如图机构中各构件的受力



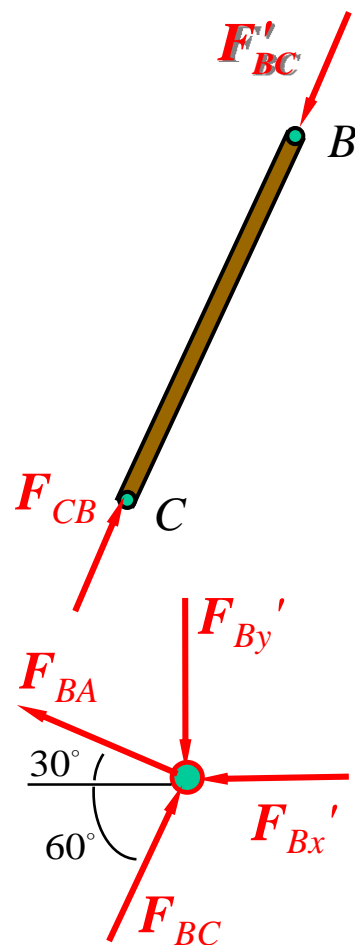
例6 试画出杆AB和BC以及滑轮B的受力图。



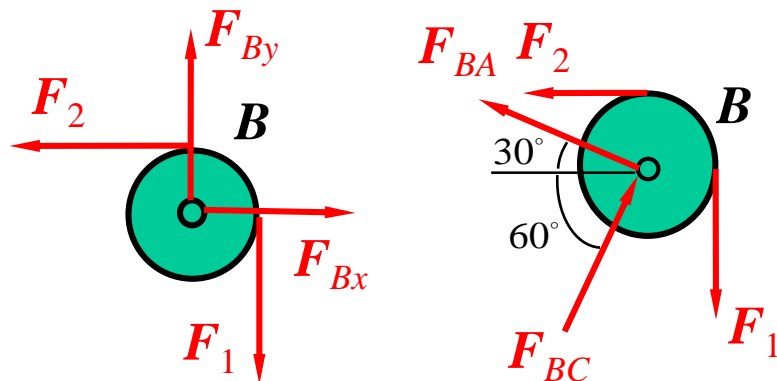
1. 杆AB的受力图



2. 杆BC 的受力图

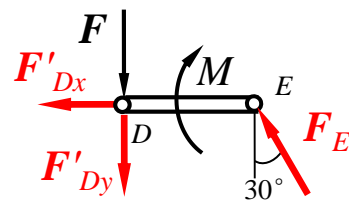
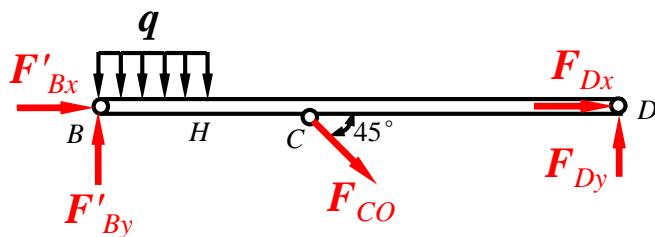
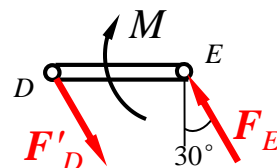
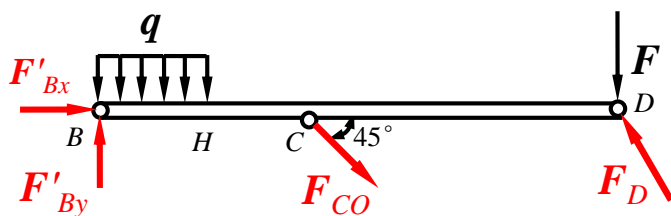
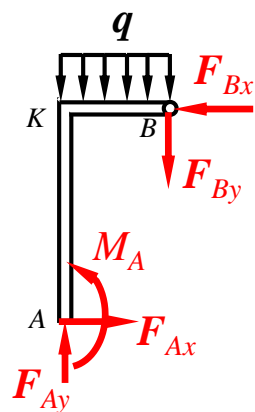
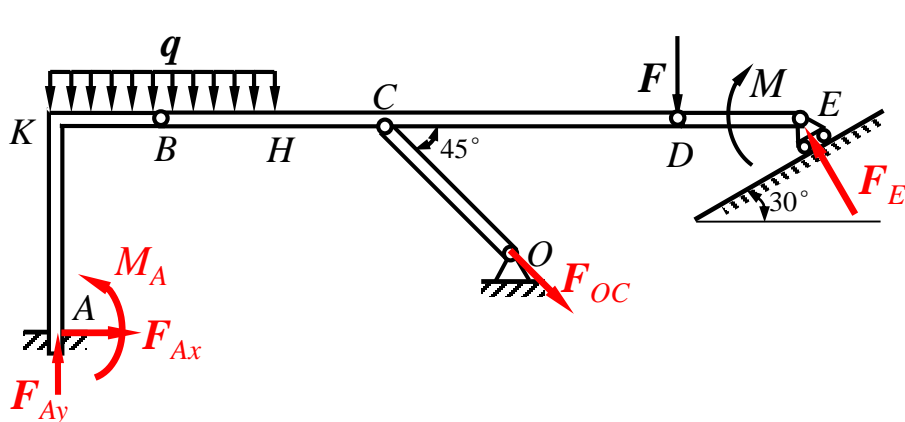


3. 滑轮B 的受力图



一般不必将销钉单独作为研究对象

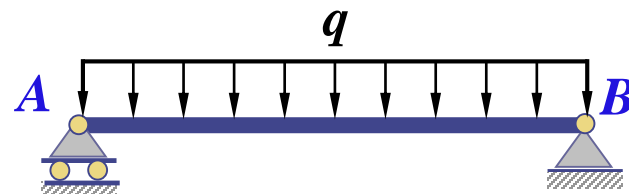
# 例7 分析如图结构中各构件及整体的受力



✚ 铰链处一个方位未知的力（二力杆、三力平衡汇交、力偶平衡）

## 拓展思考

# 力学建模与力学简图



**结构：**刚体、平面、简化形状和尺寸

**约束：**光滑、简化

**载荷：**集中力、分布力

# 本章小结

1. 常见约束及其约束反力。
2. 物体的受力和受力图是研究物体平衡和运动的前提。

- 受力图是建立平衡方程的重要依据,必不可少.
- 不同研究对象的受力图应分别绘制,不能拼图.
- 解除约束才有相应的约束反力,不能主观想象.
- 约束反力务必与其约束特性一致.
- 所有力均应按照力的三要素以矢量在图中表示,并标出相应力的名称.
- 作用力与反作用力原理必须严格遵守.