

第七节 摩 擦

一、摩擦现象与摩擦力

摩擦力---当两物体具有相对运动，或具有相对运动的趋势时，在其接触处的公切面内就会彼此作用着阻碍相对滑动的**约束反力**。

静摩擦力---在仅有相对滑动的趋势而尚未滑动的两物体之间产生的摩擦力

动摩擦力---在相对滑动的两物体之间产生的摩擦力

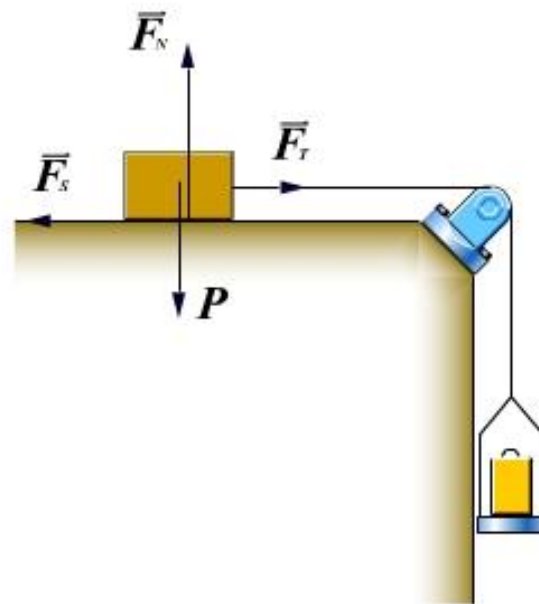
◆ 滑动摩擦定律（库仑定律）

$$\sum F_x = 0 \quad F_T - F_S = 0 \quad F_S = F_T$$

静摩擦力的特点：

方向：沿接触处的公切线，
与相对滑动趋势反向；

大小： $0 \leq F_s \leq F_{\max}$



最大静摩擦力与两接触面间的法向压力（法向约束反力）成正比

$$F_{\max} = f_s F_N$$

f_s —静摩擦系数, 与两接触物体的材料和接触表面的状态有关

◆ 动摩擦力

动摩擦力的特点：

方向：沿接触处的公切线，与相对滑动方向相反；

大小： $F_d = fF_N$

f_d —动摩擦系数, 与两接触物体的材料、接触表面的状态

$$f_d < f_s$$

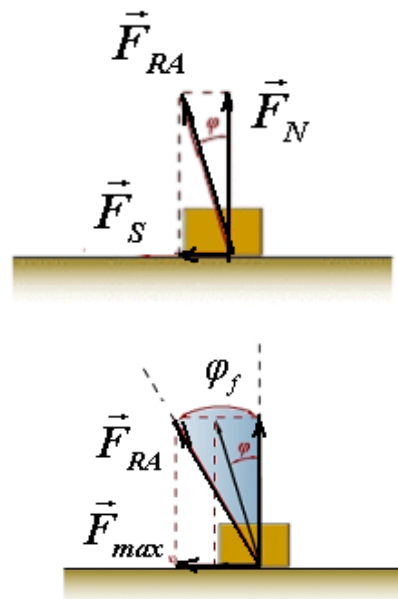
◆ 摩擦角

\vec{F}_{RA} --- 支撑面的全反力

法向约束反力 F_N 与切向静摩擦力 F_s 的合力
物体处于临界平衡状态时，全反力和法线间的
夹角---**摩擦角**

$$\tan \varphi_f = \frac{F_{\max}}{F_N} = \frac{f_s F_N}{F_N} = f_s$$

摩擦角的正切等于静摩擦系数。



二、自锁

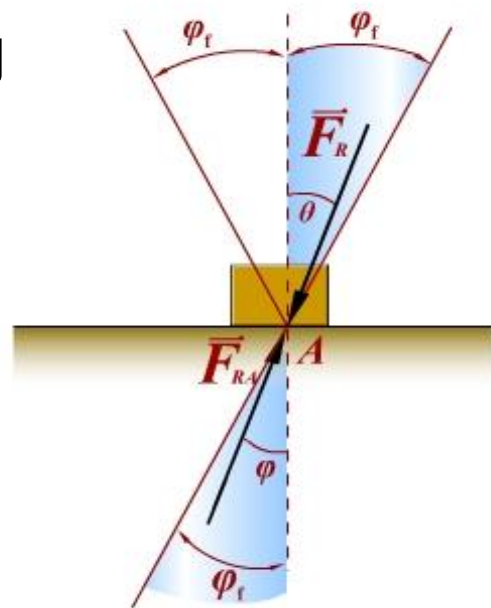
$$0 \leq \varphi \leq \varphi_f$$

主动力合力 F_R 与接触面法线的夹角 θ

$$\theta \leq \varphi$$

自锁：如果主动力的合力作用线位于摩擦角内，则无论其大小如何变化，接触表面必能产生与其等值反向的约束反力与之抗衡，以保持物体平衡状态不受破坏

自锁条件：与主动力大小无关，只与摩擦角有关的平衡条件



考虑摩擦时的平衡问题

也用平衡条件来解决：

- 受力和建立平衡方程时，需考虑摩擦力；
- 摩擦力总是沿着接触面的切线并与物体相对滑动趋势相反，它的大小一般未知，要应用平衡条件来确定；

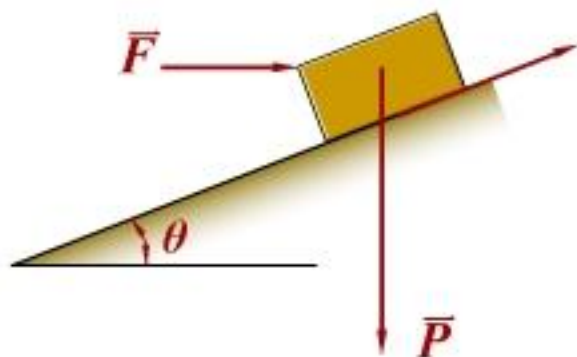
$$0 \leq F_s \leq F_{\max}$$

- 只有在物体处于平衡的临界状态时，式 $F_{\max} = f_s F_N$ 才可以作为补充方程列出。由于摩擦力在0到 F_{\max} 之间变化，考虑摩擦的平衡问题，其解必定有一个范围，即所谓的平衡范围。

例

已知: P, θ, f_s .

求: 使物块静止, 求水平推力 \bar{F} 的大小.



解： 使物块有上滑趋势时，推力为 \vec{F}_1

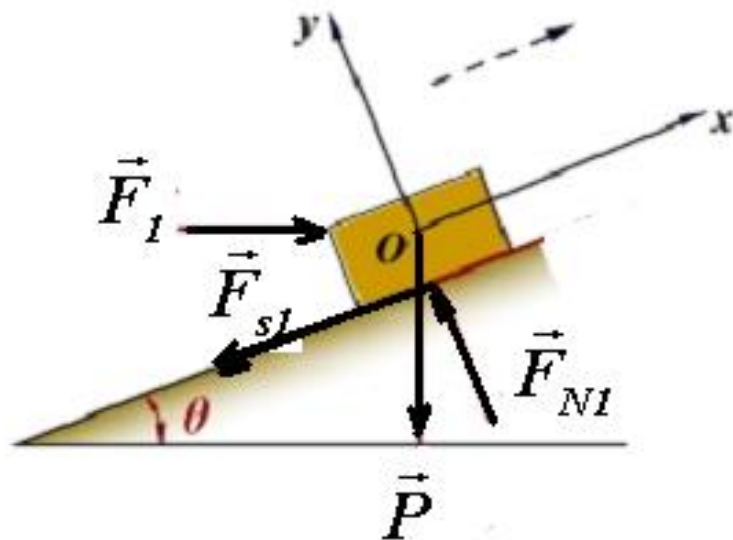
画物块受力图

$$\Sigma F_x = 0, \quad F_1 \cos \theta - P \sin \theta - F_{s1} = 0$$

$$\Sigma F_y = 0, \quad -F_1 \sin \theta - P \cos \theta + F_{N1} = 0$$

$$F_{s1} = f_s F_{N1}$$

$$\rightarrow F_1 = \frac{\sin \theta + f_s \cos \theta}{\cos \theta - f_s \sin \theta} P$$



设物块有下滑趋势时，推力为 \vec{F}_2

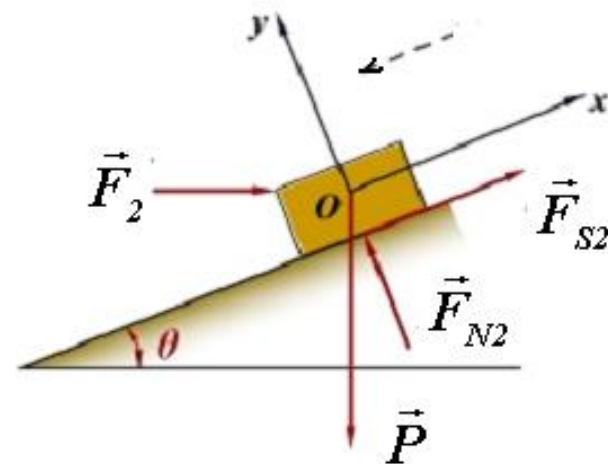
画物块受力图

$$\Sigma F_x = 0, \quad F_2 \cos \theta - P \sin \theta + F_{s2} = 0$$

$$\Sigma F_y = 0, \quad -F_2 \sin \theta - P \cos \theta + F_{N2} = 0$$

$$F_{s2} = f_s F_{N2}$$

$$\rightarrow F_2 = \frac{\sin \theta - f_s \cos \theta}{\cos \theta + f_s \sin \theta} P$$



$$\rightarrow F_2 = \frac{\sin \theta - f_s \cos \theta}{\cos \theta + f_s \sin \theta} P \leq F \leq \frac{\sin \theta + f_s \cos \theta}{\cos \theta - f_s \sin \theta} P = F_1$$