

2、考虑摩擦的平衡问题 (几何法)

利用摩擦角求解临界平衡问题

临界平衡问题中，摩擦力为最大静滑动摩擦力，此时全约束力与法线间的夹角为摩擦角，利用全约束力以及摩擦角的几何关系，可以方便地求解这类问题。我们将这种方法称之为**几何法**。

例1 凸轮挺杆机构滑道尺寸为 d ，宽度为 b ，挺杆与滑道间静滑动摩擦系数为 f_s ，不计凸轮与挺杆处摩擦，不计挺杆质量；

求：挺杆不被卡住之尺寸 a 值。

解：显然 a 越小越不容易被卡住，取刚好要卡住还没有卡住的**临界状态**，分析挺杆受力。

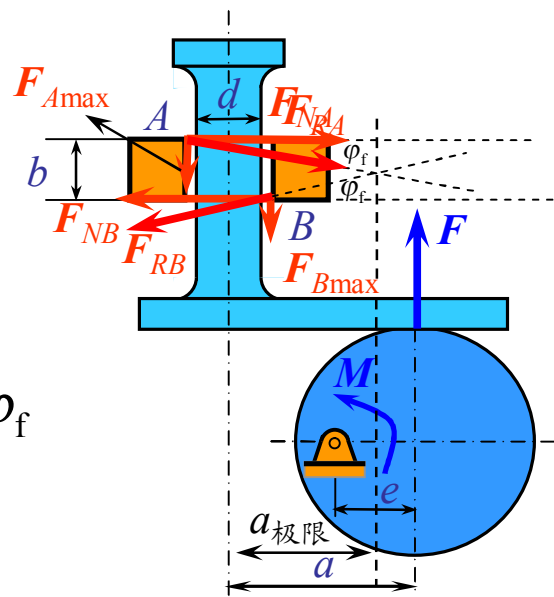
将 F_{NA} 和 F_{Amax} 用全约束力 F_{RA} 代替，它与法线间的夹角为 φ_f 。同理得到 F_{RB} 。

$$\begin{aligned} \text{由几何关系 } b &= \left(a_{\text{极限}} + \frac{d}{2}\right) \tan \varphi_f + \left(a_{\text{极限}} - \frac{d}{2}\right) \tan \varphi_f \\ &= 2a_{\text{极限}} \tan \varphi_f = 2a_{\text{极限}} f_s \end{aligned}$$

$$\Rightarrow a_{\text{极限}} = \frac{b}{2f_s}$$

故挺杆不被卡住时：

$$a < \frac{b}{2f_s}$$



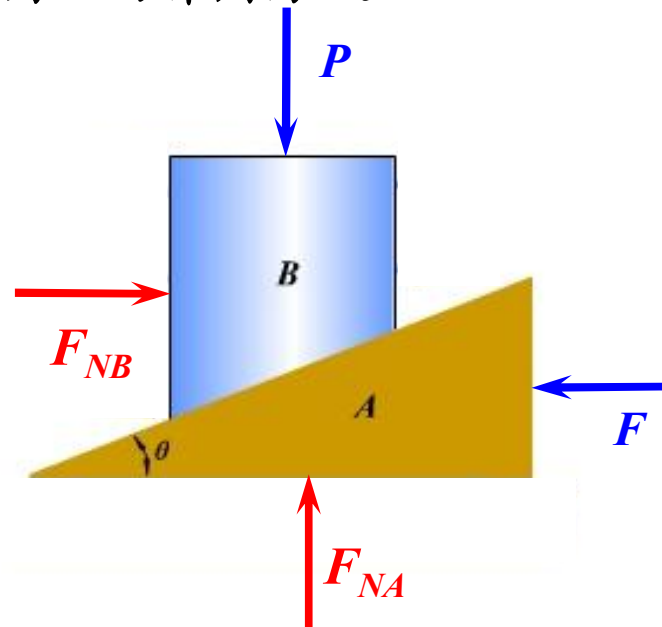
例2 如图所示机构中，楔块A倾角为 θ ，可在水平方向运动，滑块B可在竖直方向滑动，不计A、B的自重，两物体之间的静滑动摩擦系数为 f_s ，其它接触处光滑。今在B上作用竖直方向力 P ，A上作用水平向左的作用力 F 。

求：使系统保持平衡的力 F 的值。

解：取AB整体为研究对象，画受力图

$$\Sigma F_y = 0 \quad F_{NA} - P = 0$$

$$\Rightarrow F_{NA} = P$$



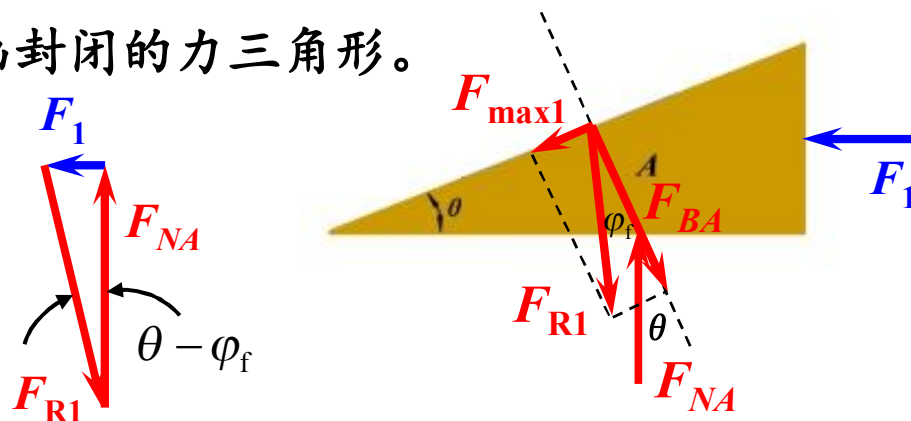
当力 F 小于最小临界值 F_1 时，

楔块A向右运动

取楔块A为研究对象，取临界状态，画受力图

忽略楔块A的大小，三个汇交力平衡，画封闭的力三角形。

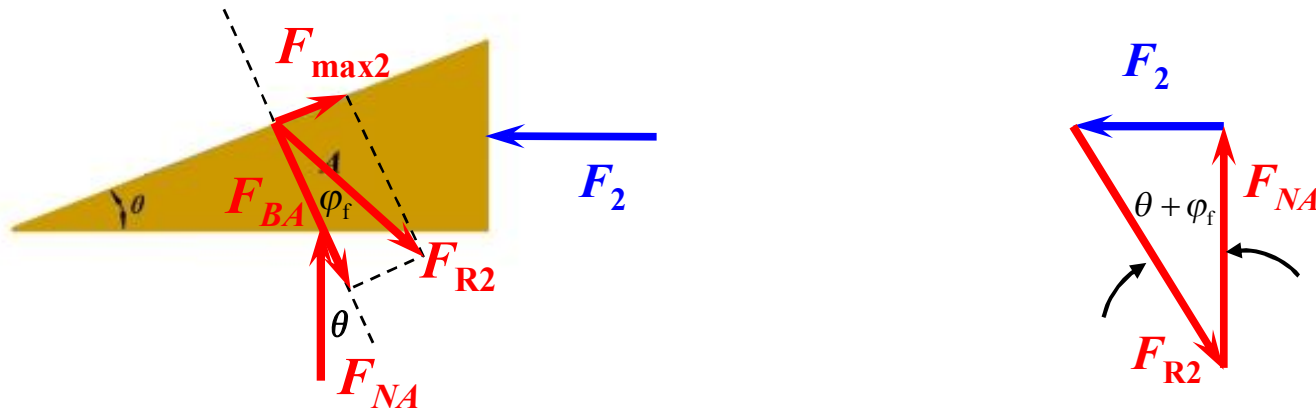
$$\begin{aligned} F_1 &= F_{NA} \tan(\theta - \varphi_f) \\ &= P \tan(\theta - \varphi_f) \end{aligned}$$



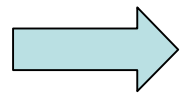
设力 F 大于临界值 F_2 时，楔块 A 向左运动

取楔块 A 为研究对象，取临界状态，画受力图

忽略楔块 A 的大小，三个汇交力平衡，画封闭的力三角形。



$$F_2 = F_{NA} \tan(\theta + \varphi_f) = P \tan(\theta + \varphi_f)$$



$$P \tan(\theta - \varphi_f) \leq F \leq P \tan(\theta + \varphi_f)$$