

第5章 摩擦

5.1 基本知识点

5.1.1 考虑摩擦时的平衡问题

1) 滑动摩擦力

(1) 静摩擦力 F_s : 两物体间仅有相对滑动趋势而尚未发生滑动时的摩擦力。

大小: 有一定变化范围 $0 \leq F_s \leq F_{\max}$

方向: 与两物体间相对滑动的趋势相反。

(2) 最大静滑动摩擦力 (极限摩擦力) F_{\max} : 物体处于平衡的临界状态, 相对滑动即将发生时的摩擦力

大小: $F_{\max} = f_s F_N$ 式中, f_s 为静摩擦因数。

方向: 与临界相对滑动的趋势相反。

(3) 动摩擦力 F_d : 相对滑动已经发生后的摩擦力。

大小: $F_d = f F_N$ 式中, f 为动摩擦因数。

2) 摩擦角与自锁现象

(1) 摩擦角 φ_f : 当物体接触面间的静滑动摩擦力达到最大值时, 全约束力与接触处公法线间的夹角称为摩擦角。摩擦角与静摩擦因数的关系为 $\tan \varphi_f = f_s$ 。

(2) 自锁现象: 当主动力的合力作用线与法线间的夹角小于摩擦角时, 则不论主动力多大, 物体总是处于平衡状态, 即为自锁现象。

5.1.2 滚动摩擦

滚动摩擦——物体相对另一物体作滚动或有滚动趋势时所受到的阻碍作用。

1) 滚动摩阻力偶矩 M_f : 仅有相对滚动趋势, 尚未发生滚动时的滚阻力偶的力偶矩。

大小: 有一定变化范围 $0 \leq M_f \leq M_{\max}$

转向: 与相对滚动趋势的转向相反。

2) 最大滚动摩阻力偶矩 M_{\max} : 相对滚动即将发生的临界状态时的滚阻力偶的力偶矩。

大小: $M_{\max} = \delta F_N$

转向: 与相对滚动趋势的转向相反。式中, δ 为滚阻系数, 单位一般为 mm。

5.2 重点及难点

5.2.1 重点

- 1) 能熟练采用相应的计算方法计算平面简单桁架的内力。
- 2) 掌握静摩擦和动摩擦的特点及性质。
- 3) 会求解考虑摩擦时的平衡问题

5.2.2 难点

正确区分不同的考虑摩擦的平衡问题, 正确判断摩擦力的方向及正确应用库伦摩擦定律。

5.3 学习指导

5.3.1 基本要求

- 1) 能区分滑动摩擦力与极限滑动摩擦力。对滑动摩擦定律有清晰的理解。
- 2) 能熟练计算考虑摩擦力时物体的平衡问题(解析法)。
- 3) 理解摩擦角的概念和自锁现象。
- 4) 了解滚摩阻的概念及滚动摩阻定律。

5.3.2 解题步骤

1) 考虑摩擦时的平衡问题的求解步骤

- (1) 求平衡范围的问题(包括极限平衡问题)
- (2) 选取研究对象并画受力图。这一步还需分析摩擦力, 且其方向能够确定的, 必须正确画出。根据题目的要求可能存在两个极限状态, 则应分别画出这两种情况的受力图。
- (3) 列方程。除列出平衡方程外, 还需列出相应的补充方程。
- (4) 解方程。若补充方程是不等式方程, 则求得的结果就是所要求的取值范围。若补充方程采用临界状态的等式方程, 则还必须根据问题的性质分析解答平衡范围。

2) 判断物体是否平衡的问题的求解步骤

- (1) 选取研究对象, 假设物体处于平衡状态。
- (2) 假设物体有一定相对运动趋势, 从而分析出摩擦力的方向。
- (3) 作出完整的受力图, 列出平衡方程。
- (4) 求解方程, 求出物体平衡时所需的摩擦力及正压力。

(5) 判断物体是否平衡，即求出最大静摩擦力，并与平衡时求得摩擦力进行比较。进一步确定摩擦力的大小。

5.4 典型题解

例 图 5-1 (a) 中所示的均质物体重量为 P ，底面长度为 b ，水平力 F 离底面的距离为 a 。如果接触面间的摩擦因数为 f_s ，问当力 F 逐渐增加时，物体是先滑动还是先翻倒？

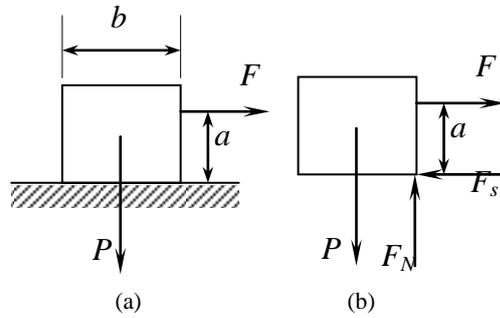


图 5-1

解： 求解这类问题时，可以先假定一种情况，然后将所得结果与临界状态进行比较。

先假定物体先翻倒。当物体将翻倒时，可视为只在 A 点接触，其受力图如图 5-1 (b) 所示。列平衡方程

$$\sum M_A(F) = 0 \quad P \cdot \frac{b}{2} - F \cdot a = 0$$

$$\sum F_x = 0 \quad F - F_s = 0$$

$$\sum F_y = 0 \quad F_N - P = 0$$

求得， $F_s = F = \frac{Pb}{2a}$

接触面可能产生的最大摩擦力 $F_{\max} = f_s F_N = f_s P$ 。

比较 F_s 与 F_{\max} 可以得到：

(1) 若 $F_s < F_{\max}$ ，即 $f_s > \frac{b}{2a}$ ，说明物体未滑动，亦即物体先翻倒。

(2) 若 $F_s > F_{\max}$ ，即 $f_s < \frac{b}{2a}$ ，说明物体先滑动。

(3) 若 $F_s = F_{\max}$ ，即 $f_s = \frac{b}{2a}$ ，则将同时发生滑动和翻倒。