

动态变化问题的受力分析及解决策略

马蔚

在静力学问题中,经常会遇到一个物体受三个不平行的共点力作用的问题,而三个力中如果有两个力是大小或方向改变的变力,判断变力究竟如何变化是我们高一初学者学习的难点.这类问题首先要正确地选取研究对象(通常用隔离法),进行受力分析,画出受力分析示意图,确定哪些力是恒力(通常是重力),哪些是变力;解决问题的策略主要是三种方法:即解析法、分解法和合成法,而不管哪种方法,都离不开作图,所以也可以统称为图解法.

一、解析法

对物体所受的三个不平行的共点力分析,找出三者间的数学关系,包括三角函数关系、几何关系或代数关系等等.利用受力分析图,确定三力之间的角度或矢量的大小(通常是看线段的长度)关系,利用三力平衡得到三力的解析方程式或三角函数关系.研究角度或长度的变化从而得到力的变化关系.

例 1 如图 1 所示,光滑的半球形物体固定在水平地面上,球心正上方有一光滑的小滑轮,轻绳的一端系一小球,靠放在半球上的 A 点,另一端绕过定滑轮后用力拉住,使小球静止.现缓慢地拉绳,在使小球由 A 拉到半球顶点 B 的过程中,半球对小球的支持力 N 和绳对小球的拉力 T 的大小变化情况是 ()

- A. N 变大, T 变小
- B. N 变小, T 变大
- C. N 变小, T 先变小后变大
- D. N 不变, T 变小

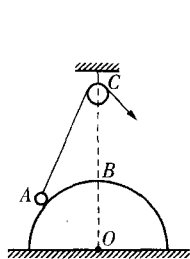


图 1

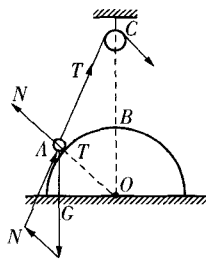


图 2

解析 用隔离法分析小球的受力情况,受三个力:重力 G 为恒力;半球对小球的支持力 N 从圆心指向小球,在小球沿斜面向上的过程中始终改变着方向,是个变力;绳对小球的拉力 T 也不断改变着方向,也是个变力.

根据前面的受力分析,将这三个力画出示意图(如图 2),不难看出,这三个力构成的三角形与几何 $\triangle OAC$ 相似,所以有:

$$\frac{N}{OA} = \frac{T}{AC} = \frac{G}{OC}$$

由此解析式知, G 、 OA 、 OC 均是不变的,小球缓慢向上时, N 大小不变,而 AC 减小,所以 T 是减小的.故本题正确的选项为 D.

二、分解法

力的分解是力的合成的逆运算,求一个力的分力同样遵守平行四边形定则.在动态变化问题中,由于三个力中不变的力通常是重力,我们可以在作图时先将重力作出来,按照重力产生的实际效果进行分解,先确定分力的方向,再根据平行四边形定则得出分力的大小,最后观察分力是如何随外界条件的变化而变化的,从而得出正确结论.

例 2 如图 3 所示,一个重为 G 的球放在光滑斜面与光滑挡板之间,斜面倾角为 α ,挡板与斜面间的夹角为 β .使挡板缓慢地逆时针转动,直至挡板逆时针转到水平位置,在此过程中 ()

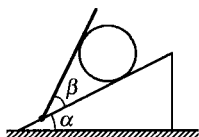


图 3

- A. 球对斜面的压力 N 逐渐减小
- B. 球对斜面的压力 N 先减小后增大
- C. 球对挡板的压力 F 逐渐减小
- D. 球对挡板的压力 F 先减小后增大

解析 隔离球作为研究的物体,分析其受力可知,球受三个力作用:重力 G 为恒力;斜面对小球的支持力 N' 垂直于斜面,在使挡板逆时针转动的过程中始终不改变方向,但大小改变;球受挡板的压力 F' 始终垂直于挡板不断改变着方向,是变力。

根据重力的作用效果,可将重力 G 分解为对斜面的压力 N 和对挡板的压力 F ,在图示位置, G 分解为 N_1 、 F_1 ,随着挡板转动,逐渐变化为 N_2 、 F_2 ; N_3 、 F_3 ……,从图 4 可以看出,球对斜面的压力 N 逐渐减小,选项 A 正确;球对挡板的压力 F 有一个极小值,出现在当 F 垂直于 N 时,即挡板与斜面垂直时。故 F 先减小后增大,选项 D 也正确。

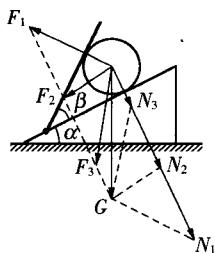


图 4

三、合成法

在动态变化问题中,我们要善于抓住不

变的力才能解决好变化的力.选取物体所受的一个恒力为基准,另外两个力合成后的合力 $F_{\text{合}}$ 与这个恒力等大反向,无论这两个力如何变化,其合力不变。

例 3 如图 5 所示,在做“验证力的平行四边形定则”的实验时,用 M 、 N 两个测力计通过细线拉橡皮条的结点,使其到达 O 点,此时 $\alpha + \beta < 90^\circ$,然后保持 M 的示数不变,而使 α 角减小,为保持结点位置不变,可采用的办法是 ()

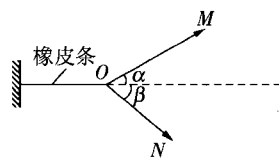


图 5

- A. 减小 N 的示数同时减小 β 角
- B. 减小 N 的示数同时增大 β 角
- C. 增大 N 的示数同时增大 β 角
- D. 增大 N 的示数同时减小 β 角

解析 按题意,实验中保持结点 O 的位置不变,即橡皮条受到的 M 、 N 两个测力计的合力 $F_{\text{合}}$ 保持恒定,由平行四边形定则作出力的合成图如图 6 所示.保持 M 的示数不变,顺时针转过小角度使 α 角减小,至 M' 位置,此时相应地作出 N' 位置,不难发现 N' 的示数比 N 小了,且 β 减小.故正确的选项为 A。

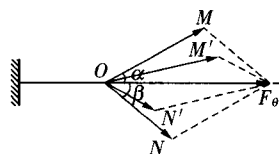


图 6

注意 (1) 本题中橡皮条的拉力是一个恒力而不是重力,哪个力是恒力要根据具体问题做分析。(2) 本题还可以用“三角形法”解决,三角形法与平行四边形法是等效的,但一定要注意两个分力应首尾相接。