

# 带有滑块的斜面体是否受地面静摩擦力作用的快速判断

刘朝明

(佛山市顺德区杏坛镇教育教学研究室 广东 佛山 528325)

(收稿日期:2018-12-20)

**摘要:**本文运用“力的合成法”快速判断带有滑块的斜面体是否受地面的静摩擦力。“力的合成”特指滑动摩擦力与弹力两个力的合成,善于运用“滑动摩擦力与弹力大小的比值是个常数”和“摩擦力和弹力的合力方向角不变”的特点是运用这个方法解决问题的关键.本文还通过图示化,让本方法来得更形象直观.

**关键词:**滑块 斜面体 摩擦力 力的合成法

## 1 问题的提出

粗糙水平地面上停放一个斜面体,一个物块在斜面上下滑,斜面相对地面静止.如何判断斜面体是否受到地面的静摩擦力及该摩擦力的方向呢?若下滑中的物块再受到一个任意方向的外力作用,又如何确定斜面体受地面作用的静摩擦力方向?

由于物块下滑有匀速、加速、减速3种情况,作用在物块上的拉力作用又有各种可能方向,判断斜面体是否受地面的静摩擦力,这个问题相当复杂.传统方法是把斜面体受到物块作用的滑动摩擦力和弹力沿水平方向进行分解.再比较这两个分力的大小,从而确定斜面体是否有相对地面运动的趋势,继而确定静摩擦力的有无及方向.这种方法虽然较易理解,但实际运用起来相当麻烦,两个水平分力的大小也不易判断.

是否有简单方法能快速判断斜面体的摩擦力呢?教学相长,在教学过程中,笔者的学生曾经提出这样的问题,笔者鼓励他们积极思考大胆探索.我们师生相互启发,最终找到了用“力的合成法”来快速判断静摩擦力的方向.这种方法的优点是紧紧抓住了滑动摩擦力和弹力的合力方向角不变的特点,集中精力抓主要矛盾,化繁为简.具体方法如下.

所谓“力的合成法”是指通过判断斜面体受到物块作用的滑动摩擦力和弹力的合力是否在竖直方

向上来判断斜面体是否受地面的静摩擦力作用.若该合力在竖直方向上,则可判定地面对斜面体无摩擦力作用,若该合力不在竖直方向上,则可判定地面对斜面体有摩擦力作用.

## 2 物块能自由地从斜面上匀速下滑的情形

如图1(a)所示,物块从斜面上匀速下滑,斜面保持静止,判断斜面是否受地面的摩擦力作用.物块受3个力作用,重力、支持力和摩擦力.根据平衡条件,可知支持力和摩擦力的合力与重力等大反向,根据牛顿第三定律可知,物块对斜面体的作用力也必是竖直向下的.故,地面对斜面体不会产生摩擦力.

如图1(b)所示,物块从斜面上下滑,另受到一个斜向下的外力作用,斜面保持静止,判断斜面是否受地面的摩擦力作用.物块受4个力作用:重力、支持力、拉力和摩擦力,这时支持力和拉力均增大了.但根据滑动摩擦力规律,我们知道摩擦力与支持力的比等于动摩擦因数,即是一个常数,也就是说支持力与摩擦力的合力一定还在竖向向上的方向上.再根据牛顿第三定律我们可以知道,物块作用在斜面体上的两个力的合力也一定在竖直向下的方向上,也就是说斜面体不会有向左或向右运动的趋势,地面没有作用给斜面体摩擦力.

值得说明的是,在图1(b)中无论外力 $F$ 向什么方向,物块对斜面体产生的弹力和摩擦力或比图

1(a)情况大,或比图1(a)情况小,或与图1(a)情况相同,但不论其合力大小如何变化,方向一定在竖直方向上,地面对斜面不可能产生摩擦力.

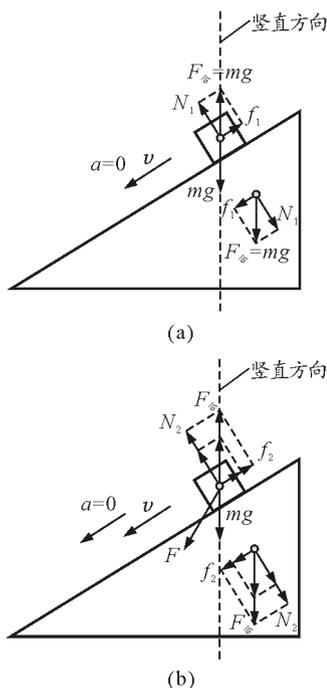


图1 物块从斜面匀速下滑受力分析图

### 3 物块能自由地从斜面上加速下滑的情形

如图2(a)所示,物块从斜面上加速下滑,斜面保持静止,我们再来分析判断斜面是否受地面的摩擦力作用.物块受3个力作用,重力、支持力和摩擦力.根据牛顿第二定律,可知支持力与摩擦力的合力只有偏离竖直方向向左,才能保证重力、弹力和摩擦力三力的合力方向与加速度方向同沿斜面向下方向.再根据牛顿第三定律可知,物块对斜面体的作用力必偏离竖直方向的右侧.故,据平衡条件,地面对斜面体必产生水平向左的静摩擦力 $f_{地}$ .

如图2(b)所示,物块从斜面上加速下滑,另受到一个斜向下的外力 $F$ 作用,斜面保持静止,再判断斜面是否受地面的摩擦力作用.物块受4个力作用:重力、支持力、拉力和摩擦力,这时支持力和拉力均增大了.但根据滑动摩擦力规律,我们知道摩擦力与支持力的比是一个常数,恒等于动摩擦因数,也就是说支持力与摩擦力的合力一定还在与图2(a)相同的方向上,即支持力与摩擦力的合力一定偏离竖直

方向向左.再根据牛顿第三定律可知,物块对斜面体的作用力必偏离竖直方向的右侧.故,据平衡条件,地面对斜面体必定要产生水平向左的静摩擦力 $f_{地}$ .

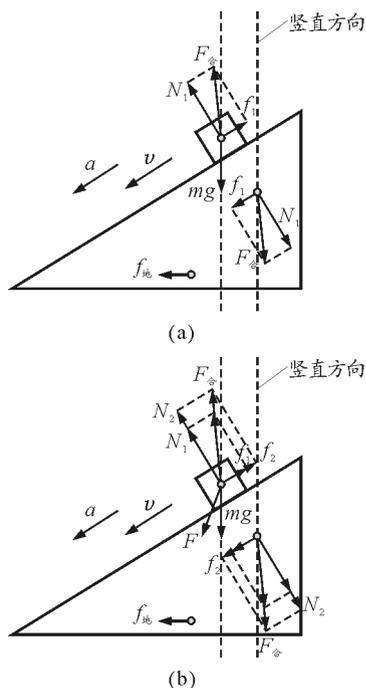


图2 物块从斜面加速下滑受力分析图

在图2(b)所示情况中,作用在物块上的外力 $F$ 斜向下拉,物块对斜面体产生的弹力和摩擦力或比图2(a)情况大.若作用在物块上的外力 $F$ 斜向上拉,物块对斜面体产生的弹力和摩擦力比图2(a)情况要小.若作用在物块上的外力 $F$ 与斜面平行,则物块对斜面体产生的弹力和摩擦力与图2(a)情况相同(图略).弹力和摩擦力这两个力的合力始终偏离竖直方向偏向左侧,根据牛顿第三定律,物块反作用于斜面体的一对力的合力必定偏离竖直方向偏向右.所以,斜面体有向右运动的趋势,地面对斜面一定有水平向左的静摩擦力.即,与另施加的外力 $F$ 的方向无关.

### 4 物块能自由地从斜面上减速下滑的情形

如图3(a)所示,若物块从斜面上减速向左下方自由下滑,斜面保持静止,物块受3个力作用,重力、支持力和摩擦力.根据牛顿第二定律,可知支持力与摩擦力的合力只有偏离竖直方向右侧,才能保证重力、弹力和摩擦力三力的合力方向与加速度方向相

同,沿斜面向上方向.再根据牛顿第三定律可知,物块对斜面体的作用力必偏离竖直方向的左侧.故,据平衡条件,地面对斜面体必产生水平向右的静摩擦力  $f_{地}$ .

若物块受到一个斜向下的外力  $F$  作用,物块仍然从斜面上减速下滑,斜面保持静止,再判断斜面是否受地面的摩擦力作用.如图 3(b) 所示,物块受 4 个力作用:重力、支持力、拉力和摩擦力,这时支持力和拉力均增大了.但根据滑动摩擦力规律,我们知道摩擦力与支持力的比是一个常数,恒等于动摩擦因数,也就是说支持力与摩擦力的合力一定还在与图 3(a) 相同的方向上,即支持力与摩擦力的合力一定偏离竖直方向向右.再根据牛顿第三定律可知,物块对斜面体的作用力必偏离竖直方向的左侧.故,据平衡条件,地面对斜面体必产生水平向右的静摩擦力  $f_{地}$ .

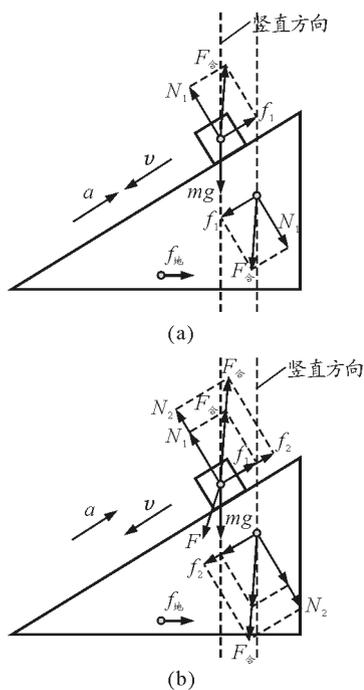


图 3 物块从斜面减速下滑受力分析图

作用在物块上的外力  $F$  斜向下拉、斜向上拉或与斜面平行,只要物块运动状态与图 3(a) 相同,弹力和摩擦力这两个力的合力始终偏离竖直方向偏向右侧,根据牛顿第三定律,物块反作用于斜面体的一对力的合力必定偏离竖直方向偏向左.所以,斜面体有向左运动的趋势,地面对斜面一定有水平向右的

静摩擦力.受力示意图如图 3(b) 所示.

## 5 物块向上滑动的情形

若物块沿斜面体向上滑动,则物块受到的摩擦力和弹力的合力必向斜面体的下方偏离,如图 4 所示,其反作用力必偏向右,斜面体受到的静摩擦力水平向左.

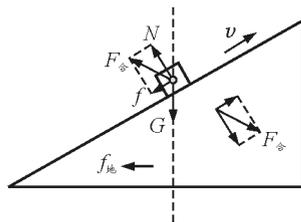


图 4 物块滑斜面上滑受力分析图

## 6 结论

综上所述,即使物体还受其他外力作用,只要“物块向上滑动”的前提不变,斜面体受到的静摩擦力水平向左的结论就不会变.

综上所述,我们可以得出下面的结论:

(1) 物块从静止在水平面上的斜面体上向下滑时,地面对斜面体的静摩擦力方向仅由物体自由下滑时的运动状态决定,若匀速下滑,则不受摩擦力;若加速下滑则摩擦力沿水平方向指向斜面的下端侧;若减速下滑,则摩擦力沿水平方向指向斜面上端侧.(分别对应图 1,图 2,图 3 所示).

(2) 若物块受其他外力作用向下滑动,斜面体所受到的地面作用的静摩擦力的方向与不受外力作用时[即上述结论(1)情况]相同,与所施加外力的大小和方向无关.

(3) 可以证明,物块受外力作用向下滑动,则斜面体所受到的地面作用的静摩擦力的大小与所加外力的大小和方向均有关.

(4) 若物块沿斜面向上滑动,结论很简单:斜面体所受到的地面作用的静摩擦力一定水平指向斜面的薄端(下端),与运动状态及受力无关.

以上是我们通过讨论得出的 4 点结论,应用这些结论,带有滑块的斜面体是否受地面静摩擦力作用就能比较快速地判断出来.