

静摩擦力应理解为一种弹力

刘邦贵

在物理学中,弹力与静摩擦力一直被视为性质不同的力。其实二者的区别并非如人们想象的那么大。

首先,从本质上讲,静摩擦力和弹力都属于接触力,它们都是固态物体的分子之间发生相互作用的表现。然而固态物体的接触面上,不仅发生相互作用的分子数目十分庞大,而且其间还因位置差异而表现为不同的作用力,所以至今未能找到理论上的精确计算方法。为了使问题尽量简化,可将分子力的宏观作用效果进行分解,其中,与两物体的接触面相垂直的分力叫做弹力,而与接触面相切的分力则称为摩擦力。因此,把起源相同的静摩擦力与弹力机械地割裂为性质不同的两种力,是完全错误的。

其次,现代摩擦研究表明,即使物体表面经过精细加工,在显微镜下观察也会呈现出随机分布、凹凸不平的形貌特征。当两个物体相互接触并发生挤压时,其表面就会出现如下两种情形:其一,在两表面凹凸部分正好相对的地方会相互啮合,形成一种犬牙交错状的结构;其二,在两表面凸凸相对的地方,若其间相互作用力比较小,其形变是弹性的,若其间相互作用力很大,则会发生范性形变而形成粘结点。所以,一个物体若想相对于另一个物体运动起来,就必须在沿物体接触面的切线方向施加一个足够大的主动力,使它不仅能克服凹凸部分的机械啮合作用,而且还能切断微凸体间的粘结点,这就是静摩擦力产生的原因。

从宏观上看,受到静摩擦力作用的物体处于相对静止状态,但其实物体仍会沿主动力方向发生极小的移动,其值一般在 $4 \times 10^{-8} \sim 8 \times 10^{-8}$ 米之间,只不过我们的感官对此无法察觉。由于这种位移发生在宏观滑动之前,故称预位移。实验表明:切向力越大,物体的预位移越大,但一旦超过一个极限值,物体就会滑动起来,该极限位移所对应的静摩擦力就是最大静摩擦力。在物体达到极限位移之前,若撤去切向的主动力,物体将试图沿切向力的反方向

返回原来的位置,并保留一定的残余位移量。所以极限位移完全可以看作物体发生弹性形变时的弹性限度。另外,如果物体间的挤压作用加强,两物体将进一步靠近,并使其表面上的微凸体之间形成更多的粘结点,从而需要更大的切向力才能使其发生相对运动,所以压力增大时,最大静摩擦力也相应增大。综上所述,静摩擦力与由于微小形变而产生的弹力十分相似,但又与弹力不完全相同。

由于物体间存在静摩擦力时发生的预位移很小,所以通常认为它们是相对静止的。在绝大多数情况下,这并不影响对问题的研究。但若对此忽视,就会在解释一些问题时遇到麻烦,汽车的牵引力做功就是一个典型事例。众所周知,汽车的后轮由于有驱动它旋转的动力而被称为驱动轮,它与路面接触处有相对于路面朝后运动的趋势,所以车轮受到一个向前的静摩擦力,这就是汽车的牵引力。常识告诉我们,只有不断消耗燃油的化学能才能维持汽车的运动,而能量转化又必须通过做功才能实现。依据对静摩擦力的传统理解,后轮与地面接触处是完全静止的,不会发生位移,因而牵引力也就不可能对汽车做功,这就根本无法解释汽车所获得的动能。

认识到静摩擦力与预位移相伴,汽车运动中牵引力做功的问题就会迎刃而解。汽车行驶过程中,路面在后轮的作用下向后发生极小的预位移,车轮在此过程中对路面做正功,燃油的化学能转化为路面的弹性势能,汽车也相应地受到向前的静摩擦力,这就是牵引力。当车轮继续向前滚动时,发生预位移的路面又会力图恢复原来的状态而对车轮做正功,它与阻力做功一起决定了汽车的动能变化。综合起来看,在汽车运动过程中,路面对汽车所做功的代数和为零,且只起到媒介的作用,即源源不断地把燃油的化学能转化为汽车的动能。

因此,不能将静摩擦力与弹力视为两种性质完全不同的力,而应把静摩擦力看作一种特殊的弹力。

(四川省富顺县第二中学校物理组 643200)