

# 一道动滑轮机械效率实验题的思考

徐 正

(南京市钟英中学 江苏 南京 210000)

(收稿日期:2015-12-17)

**摘 要:**当拉力方向改变后,动滑轮机械效率是否会发生改变,一道关于动滑轮机械效率实验题引起的思考.

**关键词:**动滑轮机械效率 拉力方向改变 影响效率因素

## 1 问题背景

在讲解滑轮机械效率习题时候遇到这样一道例题:测动滑轮机械效率时,如图1所示,如果拉力的方向没有沿着竖直方向拉动,而是发生了倾斜,这样匀速将物体拉至某一高度,所测出的机械效率和先前相比\_\_\_\_\_ (变大、不变、变小).

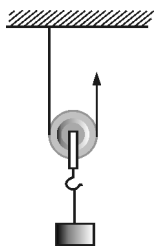


图1 测动滑轮机械效果

这道例题相信很多物理教师都曾遇到过,笔者以前是这样讲解的:因为拉力方向发生倾斜,拉力会变大,那么总功就变大,如果两次钩码上升高度相同,则有用功不变,根据机械效率公式

$$\eta = \frac{W_{\text{有}}}{W_{\text{总}}} \times 100\%$$

这样机械效率则变小.其实这样讲解非常含糊,但考虑如果用很长的时间去解释一来影响课堂进度,二来初中生的力学知识架构仍不完备,讲解透彻比较困难,所以一直都是浮光掠影地点到为止,直到去年再次遇到该题,所教班级一位学生课后来提问,笔者这才对此题重视起来.

该生是这样提问的,如果拉力方向倾斜,拉力的确会变大,可是这一次仍旧把钩码拉到同一个高度,

那么动滑轮的上升高度也没有变,所以两次实验的有用功和额外功都没有变,那么机械效率应该不变.当时的情况下,没有想到他既然从额外功角度入手提出反驳,不过再细想,觉得他的提问有漏洞,因为本实验里除了克服动滑轮自重做功外,额外功还包括克服绳子重力和摩擦力做功,于是笔者便就着这个漏洞进行讲解,说斜着拉动要把钩码拉至同一高度,绳子移动的距离要比先前大,然后画了一幅图来配合讲解,如图2所示.当斜着拉滑轮时,仍旧让物体上升 $h$ 的高度,绳子移动的距离始终比竖直情况下长.这样的话除了克服滑轮自重做功外,其他两个额外功要比之前要增加,所以在有用功不变前提下,总功是比先前变大了,机械效率自然变小.笔者以为这样的分析足以让他信服,可是他却又有疑问,当斜着拉动滑轮时,摩擦力大小会不会变小呢,虽然拉动的距离增大,但根据公式 $W = fs$ ,存在着两个变量,那就无法确定啦.

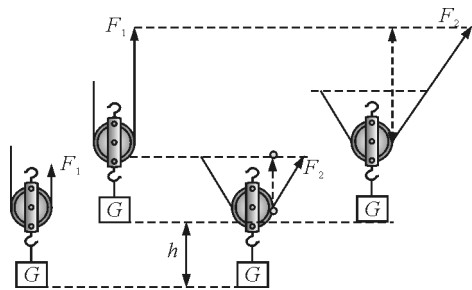


图2 讲解拉力倾斜分析图

笔者当时没有立马给出回答,因为思维被他的问题牵引到了盲点,觉得也是讲得通的,好像笔者的

解释比较牵强,学生见老师没有给出满意的回答,好像被难住了,于是紧接着又抛出一问,说如果不计绳子重力和摩擦力也就是理想滑轮组,是不是就不变化了.

之前的疑问还没有合理解释,更何况这个问题,笔者陷入了思索.

## 2 问题的症结

对于这道例题,问题的症结就在于当拉力方向改变时,克服摩擦力做功发生改变吗?

首先在滑轮转动过程里,涉及到摩擦力的有两处:绳子和滑轮凹槽间的和滑轮与转轴间的,而这两处摩擦力效果一样吗?

绳子为什么可以带动动滑轮向上运动,显然靠绳子和滑轮凹槽间的摩擦力,那么这个摩擦力就不属于阻力,而是动力(静摩擦力),如果给绳子涂上润滑油,那么滑轮就不跟着转动了(类似于生活中的“打滑”现象).而滑轮和轮轴间的摩擦力是阻力,如果轮轴生锈,势必很难拉动,所以从大体意义上所谓克服摩擦力做功其实指克服滑轮和轮轴间的阻力做功.那么笔者之前的解释方向就不对——此时的摩擦力存在于轮轴上,是滑轮自转时候产生的,那么它的大小和克服它做功的情况有如何呢.

关于以上的问题,笔者认为当物重、动滑轮重不变时,绳子给滑轮的正压力的大小在平衡状态下始终不变,那么滑轮对轴的压力也不改变,但绳子拉动时和滑轮凹槽间无相对滑动,所以绳子移动距离大小等于滑轮转动的弧长(类似于皮带转动,它们的线速度相等),这样当绳子斜着拉动时,物体上升相同高度,绳子移动距离增大,导致滑轮转动次数变多,自然摩擦力做功变多,这样在有用功不变的情况下,克服摩擦力做功变多.

可是这样仅仅澄清了关于摩擦力的盲点,如果不计绳重和摩擦,那么斜着拉动滑轮,是不是机械效率就不变呢?

这里还需要解决为什么测动滑轮的效率时非得要竖直方向拉动,如果拉力倾斜,将按照如图3所示

将拉力进行分解,那么沿着竖直方向的一个分力  $F_2$  便起到了将滑轮向上提升的效果,这个力的大小显然和之前的一样,不过还有一个分力  $F_1$  却沿着水平方向,  $F_1$  没有起到提升滑轮的效果,但是却起到了另外一个效果,让动滑轮在水平方向上有了位移,这样也就是说,  $F_1$  实际上是做了功,现在对这个功做个归类,很显然属于额外功,那么斜着拉时总的额外功还是变大了,于是机械效率变低.所以就算是理想滑轮组斜着拉动物理效率也并非不变.

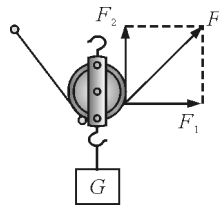


图3 拉力倾斜的情形下力的分解

## 3 思考后的小结

这样顺延下去思考,其实在讲解有关动滑轮(滑轮组)的知识时,绳子移动距离  $s$  和物体上升高度  $h$  的关系并非一定是单纯的  $s = nh$ ,如果绳子移动方向改变,显然这个关系就可能不成立了,故而课本强调该实验必须要竖直拉动,使绳子沿着竖直方向运动,当然定滑轮或者绳子最后从定滑轮绕出的滑轮组除外,因为定滑轮的作用就是保证力大小不变时改变其方向的,竖不竖直都无所谓了.

这道关于滑轮机械效率实验例题引起的思考,使得笔者感觉如何解释清楚需要抓住造成这一系列改变的最初原因:当拉力倾斜(非竖直)时绳子移动距离的改变从而使得克服滑轮和轴间摩擦力做功发生改变,最终导致其效率发生变化,

其实这题目本身是实验现象,如果在讲解题目时配合着做一下实验,笔者认为对于课堂效果会很有裨益,当然这其中是否涉及到了初中生所知范围外的内容,笔者觉得一切以解释清楚为基准,方法可以多样化.