



# 传送带问题中的能量“凭空”消失

——能量不守恒吗

周耀虎

(合肥一六八中学 安徽 合肥 230601)

(收稿日期:2022-10-05)

**摘要:**学生在处理传送带习题过程中遇到一个看似能量不守恒的问题,笔者通过计算检验、疑难解惑一步步把问题分析清楚,并总结指出这类问题出现的根本原因。

**关键词:**传送带;能量;守恒;消失

## 1 问题缘起

学生在做一道传送带问题时产生了困惑,试题如下:

**【试题】**如图1所示,倾角为 $37^\circ$ 的传送带以 $4\text{ m/s}$ 的速度沿图中所示方向匀速运动.已知传送带的上、下端间的距离为 $L=7\text{ m}$ ,现将一质量 $m=0.4\text{ kg}$ 的小木块放到传送带的顶端,使它从静止开始沿传送带下滑,已知木块与传送带间的动摩擦因数为 $\mu=0.25$ ,取 $g=10\text{ m/s}^2$ ,求木块滑到底的过程中,产生的摩擦热以及系统的能量转化关系。

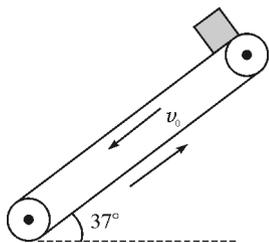


图1 试题题图

学生的疑惑主要在能量关系的转化上:学生发现重力势能减少量 $>$ 动能增加量 $+$ 摩擦产热量,似乎能量不守恒,如此疑惑如何解惑呢?

## 2 计算检验

为了更好地检验,先对试题进行分析。

物块静止放上传送带后,物块相对传送带向上运动,受到传送带施加的滑动摩擦力向下,物块向下做匀加速直线运动,根据牛顿第二定律,可以计算加

速度为

$$a_1 = g \sin \theta + \mu g \cos \theta = 8 \text{ m/s}^2$$

此过程末速度为 $4\text{ m/s}$ ,时间 $t_1=0.5\text{ s}$ ,位移 $x_{\text{物}1}=1\text{ m}$ ,传送带运行距离 $x_{\text{传}1}=2\text{ m}$ ,相对路程 $\Delta x_1=1\text{ m}$ ,产生的热量 $Q_1=0.8\text{ J}$ 。

之后,物块继续向下加速运动,但加速度改变,即物块相对于传送带向下运动,滑动摩擦力向上,即加速度为

$$a_2 = g \sin \theta - \mu g \cos \theta = 4 \text{ m/s}^2$$

此过程运行位移 $x_{\text{物}2}=6\text{ m}$ ,时间 $t_2=1\text{ s}$ ,传送带运行距离 $x_{\text{传}2}=4\text{ m}$ ,相对路程 $\Delta x_2=2\text{ m}$ ,产生的热量 $Q_2=1.6\text{ J}$ ,末速度为 $8\text{ m/s}$ ,动能 $E_k=12.8\text{ J}$ 。

两个过程物体重力势能总减少量 $\Delta E_p=16.8\text{ J}$ ,总产热量 $Q_{\text{总}}=2.4\text{ J}$ ,动能增加量 $E_k=12.8\text{ J}$ ,似乎还有 $1.6\text{ J}$ 的能量“凭空”消失了(图2)?

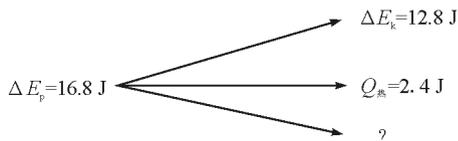


图2 能量转化分析图

经上面核对,计算并没有错,的确重力势能减少量 $>$ 动能增加量 $+$ 摩擦产热量,那么多减少的重力势能 $1.6\text{ J}$ 去向何处了呢?

## 3 疑难解惑

下面就滑动摩擦力这对相互作用力对物块和传送带做功情况进行检验:

(1) 对于物块,滑动摩擦力先做正功,为  $0.8\text{ J}$ ,后面做负功,为  $-4.8\text{ J}$ ,滑动摩擦力做的总负功,为  $-4\text{ J}$ ,说明物块因克服摩擦力做功要输出机械能  $4\text{ J}$ ;

(2) 对于传送带,滑动摩擦力先做负功,为  $-1.6\text{ J}$ ,后面做正功,为  $3.2\text{ J}$ ,摩擦力全过程做正功,向传送带输入能量为  $1.6\text{ J}$ . 传送带匀速转动,机械能不变,说明传送带还要克服外力(非物块施加力)做功,对外输出能量,对外输出能量为  $1.6\text{ J}$ .

前面的计算还表明,一对滑动摩擦力对相互作用的物体做了功,做的总功为  $-2.4\text{ J}$ ,此即为产生的总热量. 也就是说,物块因克服摩擦力做功要输出机械能  $4\text{ J}$ ,一方面转化为热量  $2.4\text{ J}$ ,另外一方面通过传送带对外输出  $1.6\text{ J}$  的能量给了别的物体,此物体不是传送带上的物块,而是“电动机”.

可以举例来理解:不加物块本来是电动机要消耗电能克服阻力保持传送带匀速要消耗  $100\text{ J}$  能量,现在增加了物块,它还少消耗  $1.6\text{ J}$ ,只要  $98.4\text{ J}$ ,这  $1.6\text{ J}$  就是木块的重力势能转化来的;如果电动机不通电,物块放上去向下运动的同时,还会带动皮带转

动,联系这个情境就更容易理解前面所说的内容了.

至此,能量转换关系就完全清晰了,物块重力势能减少量有 3 个去向:物块自身动能、物块与传送带摩擦产热量和通过传送带输给了“电动机”. 可见,能量并没有也不会凭空消失.

#### 4 总结与反思

笔者对这类现象的看法是当前中学物理教学过程中学生对“系统”意识的关注不足,在必修二“机械能”单元学习中,极易产生功能分离的倾向,这就导致学生对功能关系的深度理解造成了思维障碍,未能形成全面完整的能量观;离开了系统,学生对几大守恒定律的理解也是片面的. 同类问题还有交变电场中粒子动能和势能之和并不恒定,学生容易把静电场的能量分析方法(动能与势能之和保持不变)迁移过来也是行不通的.

所以选择能量守恒等视角来研究问题首先应当选定系统,明晰边界,其次确保系统和外界没有能量传输、交换.

(上接第 130 页)

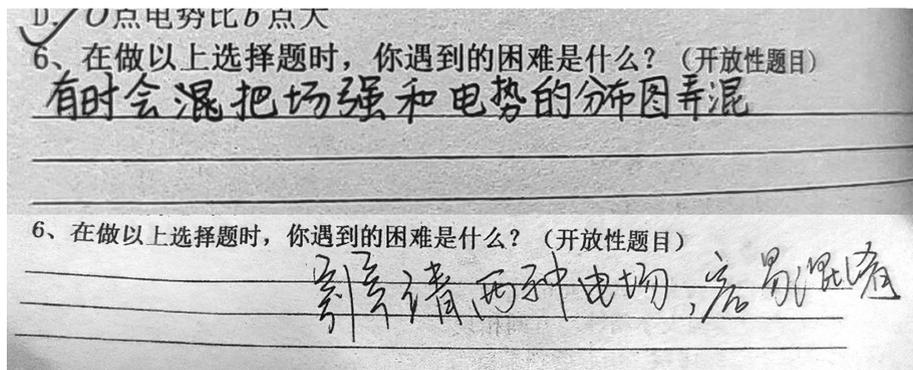


图 6 以静电场为例的案例调查情况

对照班的学生会混淆等量异种点电荷、等量同种点电荷的电场分布特点,在解决问题时容易因为头脑中没有清晰的物理图像而出错. 因此,可以创建交互式的课件,由教师演示或者学生动手操作让学生观察物理图像的动态变化. 对于抽象的物理概念和物理定律,将图像和公式相结合,为学生提供丰富的认知体验,进而建构相应的物理模型,对提高学生的物理问题解决能力有积极的影响.

#### 参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版)[S]. 北京:人民教育出版社,2018.
- [2] 江俊勤. Mathematica 10.3 与数字化大学物理[M]. 北京:科学出版社,2019.
- [3] 徐成华. 不等量异种电荷的等势面[J]. 物理教师,2015,36(12):84-85.
- [4] 郑艳秋. 高中理科学生物理建模能力的评价研究[D]. 广州:华南师范大学,2007.