

对传送带“被加速”问题的分析研究*

陈志军

(安徽省绩溪中学 安徽 宣城 245300)

(收稿日期:2016-10-28)

摘要:针对传送带运送物体过程中,学生提出传送带反而被物体“加速”的疑问,对传送带运送物体的能量转化疑难问题进行分析研究,以深化学生对能量转化的理解,提高学生的科学思维能力.

关键词:传送带 被加速 摩擦力 能量转化

传送带是高中物理中的一个典型模型,也是高考的一个热点.传送带在日常生活和生产中有着广泛的应用,我们在工厂、车站、机场、大型超市等随处可见繁忙运转的传送带,对传送带能量转化情况的分析,体现了物理教学理论联系实际,更好地把物理知识应用于日常生活和社会生产.在传送带的教学过程中,学生对物体在传送带表面运行时,传送带是否“被加速”等问题争论不休,下面就对该问题进行深入分析研究.

1 原题及解析

【题目】如图1所示,传送带以 $v=4\text{ m/s}$ 的速度沿顺时针方向匀速转动,一质量 $m=1.0\text{ kg}$ 的可看做质点的小物块,以初速度 $v_0=8\text{ m/s}$ 的速度水平向右从A点冲上传送带,小物块与传送带之间的动摩擦因数 $\mu=0.2$,假设传送带足够长,求物体与传送带之间因摩擦产生的热量.

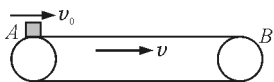


图1 原题题图

解析:物体冲上传送带以后,由于物体的速度比传送带的速度大,因此物体受到的滑动摩擦力水平向左,物体将在滑动摩擦力的作用下做匀减速直线运动,传送带受到的滑动摩擦力水平向右,又由于传送带足够长,经过一段时间,物体在B点减速到与传送带速度相等,再一起向右做匀速直线运动,物体将

不再受到传送带给它的摩擦力.

物体做匀减速直线运动的加速度

$$a = -\mu g = -2.0\text{ m/s}^2$$

物体达到与传送带速度相等经历的时间

$$t = \frac{v - v_0}{a} = 2\text{ s}$$

物体的位移

$$x_{\text{物}} = \frac{v_0 + v}{2}t = 12\text{ m}$$

方向水平向右.

传送带的位移

$$x_{\text{带}} = vt = 8\text{ m}$$

方向水平向右.

物体与传送带克服一对滑动摩擦力做功产生的热量

$$Q = \mu mg x_{\text{相对}} = \mu mg (x_{\text{物}} - x_{\text{带}}) = 8\text{ J}$$

2 问题的提出

原题的问题已经解答完毕,有学生进行深入思考,继续分析得出物体的动能减少量

$$E_{\text{减}} = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv^2 = 24\text{ J}$$

因传送带水平,物体的重力势能保持不变,传送带速度始终恒定,即传送带的动能保持不变,而物体的动能减少24 J,系统内能增加8 J,我们知道能量是守恒的,那还有16 J的能量哪里去了?有同学提出,能量肯定是守恒的,物体动能减少、系统内能增加也是

* 安徽省宣城市2017年教育科学规划立项课题“基于科学思维导向的物理教学研究”的研究成果.

肯定的,那只能是传送带的动能增加,而且给出的解释是物体受到的摩擦力方向向左,传送带受到物体给它的摩擦力方向向右,与传送带的运动方向相同,对传送带做正功,对传送带提供动力,所以传送带的动能要增加.也有同学提出反对意见,认为如果该过程传送带的动能增加了,那传送带的速度变化了,前面求解的位移、热量结果就会发生变化,与题干也有矛盾,难道会相互影响?学生在课堂上对该问题的讨论非常热烈.

3 对问题的分析和讨论

由学生的讨论可以看出,学生是进行了积极的思考,而且都建立在能量守恒的前提下,不过我们要结合生活中的传送带实际运行情况进行分析.

3.1 传送带空载运行

假设有一水平传送带以速度 v 做匀速转动,此时传送带处于空载状态,虽然没有运送物体,但传送带须克服转轴等处阻力做功,电动机必须输出能量,如果关闭发动机,传送带也将停止转动,从实际生活中运行的传送带来看,这个能量还是非常大的.假设空载时电动机的输出功率恒定为 P_0 ,则在 t_0 时间内传送带需输出能量 E_0 ,很明显运转时间越长 E_0 越大.

3.2 物体动能损失的去向

从实际生活中的情况来看,传送带由空载到重载运行是有个过程的,该过程比较复杂,传送带的速度或多或少会发生一些变化,电动机的输出功率也会发生复杂变化,只是该练习题中不讨论这个问题,被理想化忽略了.

在简化后的理想模型下分析,我们知道,空载时,电动机输出功率恒定为 P_0 ,需要输出能量 E_0 来保持传送带的匀速运动.而在原题中,根据能量守恒,物体在传送带上运动减少的动能(24 J)一部分转化成相互摩擦的内能(8 J),另一部分(16 J)并没有使传送带加速,而是拿来克服传送带转轴等处的阻力做功,也就是电动机输出功率 P_0 减小,不再恒定,即在 t_0 时间内不需要输出 E_0 那么多的能量来维持传送带的空载转动,减轻了电动机的运转压力.电动机因传送带运送物体多消耗的能量

$$E = \Delta E_k + \Delta E_p + Q = -16 \text{ J}$$

即实际上电动机少输出了 16 J 的能量.再考察传送带,因为运送物体,传送带受到的滑动摩擦力水平向右,与物体的运动方向一致,摩擦力对传送带做正功

$$W_{\text{带}} = \mu mg x_{\text{带}} = 16 \text{ J}$$

相当于传送带“克服”摩擦力做功 $W = -16 \text{ J}$,可以看出 $E = W$,即传送带因运送物体多消耗的能量与传送带“克服”物体给它的摩擦力做功相等.由于传送带始终是匀速运动,摩擦力对传送带做正功并没有使传送带加速,而是把转轴处阻力做的功抵消了 16 J,因此电动机就不需要以较大的功率 P_0 来维持传送带的空载转动.

需要指出的是,以上的分析是建立在传送带由空载到重载运行过程中,其运行速度恒定不变的基础上,而在实际生活中,传送带在该过程的速度会发生变化,本题情境下的能量转化也就与以上的分析有所偏差,当然总能量肯定是守恒的.

3.3 问题拓展

如图 2 所示,传送带以恒定速度 $v = 10 \text{ m/s}$ 沿逆时针方向转动,长度 $L = 16 \text{ m}$,与水平方向夹 37° 角,在传送带上端 A 处无初速释放质量 $m = 0.5 \text{ kg}$ 的物块,物块与传送带间的动摩擦因数 $\mu = 0.5$,求电动机因传送物体多消耗的能量.

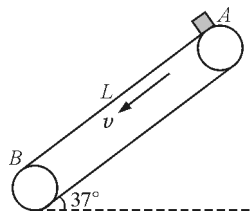


图 2 拓展

分析:这也是一个忽略传送带空载到重载运行过程的问题,在忽略该过程后的理想模型下分析可知,传送带逆时针转动,物块无初速度地放上传送带,由于传送带相对物块向下运动,传送带受到物块的滑动摩擦力方向沿传送带向上,物块受到的滑动摩擦力方向沿传送带向下,物块先以加速度为 a_1 沿斜面向下做匀加速运动,当速度达到 10 m/s 后,因 $\mu < \tan \theta$,故第二阶段物块受到的滑动摩擦力沿斜面向上,物块在传送带上继续做匀加速运动,但加速度 a_2 的大小与第一阶段不同.通过计算,很容易得出表 1 内物理量的结果.

如此称重准确吗

陈小磊

(江苏省泰州中学 江苏 泰州 225300)

(收稿日期:2016-12-23)

摘要:通过对“双秤砣”法称重的准确性进行分析,将力矩平衡问题与实际生活应用联系起来。

关键词:力矩平衡 双秤砣 称重

1 问题引入

有一水果店,所用的秤是吊盘式杆秤,量程为10 kg. 现有一较大的西瓜,超过此秤的量程,为得到

其质量,店员找来与原秤砣完全相同的另一秤砣,并提出采取“双秤砣法”称量,即把此秤砣与原秤砣结成一起作为秤砣进行称量. 平衡时,双砣位于刻度6.5 kg处,他将此读数乘以2得13 kg作为西瓜的质

表1 两个阶段的物理量

第一阶段		第二阶段	
加速度 $a_1/(m \cdot s^{-2})$	10	加速度 $a_2/(m \cdot s^{-2})$	2
运动时间 t_1/s	1	运动时间 t_2/s	1
末速度 $v/(m \cdot s^{-1})$	10	末速度 $v'/(m \cdot s^{-1})$	12
动能改变 $\Delta E_{k1}/J$	25	动能改变 $\Delta E_{k2}/J$	11
物体位移 x_1/m	5	物体位移 x_2/m	11
传送带位移 x'_1/m	10	传送带位移 x'_2/m	10
相对位移 $\Delta x_1/m$	5	相对位移 $\Delta x_2/m$	1
热量 Q_1/J	10	热量 Q_2/J	2
重力势能改变 $\Delta E_{p1}/J$	-15	重力势能改变 $\Delta E_{p2}/J$	-33

从表1中的计算结果可以看出:物体下滑的第一阶段,动能增加 $\Delta E_{k1} = 25 J$,产生热量 $Q_1 = 10 J$,重力势能减少15 J,物体减少重力势能可以让传送带少提供一部分能量,根据能量守恒,传送带由于运送物体需多消耗能量

$$E_1 = \Delta E_{k1} + \Delta E_{p1} + Q_1 = 20 J$$

对传送带分析可以证明这一点,传送带克服摩擦力做功

$$W_1 = \mu m g x'_1 \cos \theta = 20 J$$

即满足

$$E_1 = W_1$$

物体下滑的第二阶段,该过程物体动能增加 $\Delta E_{k2} = 11 J$,产生热量 $Q_2 = 2 J$,重力势能减少33 J,根据能量守恒,物体减少的重力势能转化为动能和热量,还剩下20 J的能量,这20 J的能量可以帮助传送带克服转轴等处的阻力做功,电动机可以少输出

20 J的能量,即传送带由于运送物体需多消耗能量

$$E_2 = \Delta E_{k2} + \Delta E_{p2} + Q_2 = -20 J$$

对传送带分析,滑动摩擦力对传送带做正功

$$W_2 = \mu m g x'_2 \cos \theta = 20 J$$

相当于传送带“克服”摩擦力做功-20 J,传送带保持速度始终恒定,动能保持不变,电动机运送物体不需要多消耗能量,反而少消耗20 J的能量,传送带的输出功率 P_0 必然减小。

全过程来看,动能改变 $\Delta E_k = 36 J$,产生热量 $Q = 12 J$,重力势能减少48 J,传送带由于运送物体需多消耗能量

$$E = \Delta E_k + \Delta E_p + Q = 0$$

即第一阶段电动机多输出20 J,第二阶段少输出20 J,总体来看,送带运送物体不需要多消耗能量. 全程摩擦力对传送带做功 W 为零,可以得到 $E = W$,即物体、传送带整个系统的总能量是守恒的。

传送带问题的一系列特点都是由传送带和被传送的物体之间的摩擦力做功等特点决定的. 在忽略空载到重载运行过程的理想化模型下进行分析,传送带运送物体多消耗能量

$$E = \Delta E_k + \Delta E_p + Q$$

等于传送带因运送物体克服摩擦力所做的功. 如果摩擦力对传送带做正功,传送带不会出现“被加速”,而是传送带的电动机将降低功率 P_0 ,少输出能量,来维持自身恒定的速度,物体、传送带整个系统的总能量仍然守恒的。