

# 关于一个提绳问题中能量转化的讨论

叶启航

(德清县高级中学 浙江 湖州 313200)

(收稿日期:2015-10-11)

**摘要:**针对一道常见竞赛题中出现的动量解答结论与能量守恒矛盾的问题,进行深入探讨,重新审视常见解释,并提出新的观点,指出题目中存在的固有缺陷,并加以更正.

**关键词:**提绳 动量 内力 能量转化

在很多参考书上,常常会见到这样一个问题,一根细绳放在地上,用力  $F$  提起一端,以匀速率提起,求绳离地时的一些物理量. 在这里展示两本参考书上的原题.

文献[1]:一根铁链,平放在桌面上,铁链每单位长度的质量为  $\lambda$ ,现用手提起链的一端,使之以速度  $v$  竖直地匀速上升,试求在从离地开始到全链恰离地,手的拉力的冲量,链条总长  $L$ .

文献[2]:长为  $L$ ,质量为  $M$  的一根柔软绳子盘放在水平桌面上,用手将绳子一端以恒定的速率  $v$  向上提起,求当提起高度为  $x$  时手的提力.

在以上两种表述中,有一个很关键的区别,文献[1]的铁链是平放的,而文献[2]则是盘放的. 但二者给出的答案是一致的.

较为容易理解的解答如下:在绳提起  $x$  时(对于文献[1] $x = L$ ) 设力为  $F$ .

由动量定理

$$(F - \lambda x g) dt = \lambda dx \cdot v \quad (1)$$

由绳约束

$$dt = \frac{dx}{v} \quad (2)$$

由以上两式

$$F = \lambda x g + \lambda v^2 = \lambda v t g + \lambda v^2 \quad (3)$$

再求冲量

$$I = \sum F dt = \frac{\lambda g x^2}{2v} + \lambda x v \quad (4)$$

但是如果进一步讨论  $F$  的做功情况会发现一个问题. 利用式(3),有

$$W = \sum F dx = \frac{1}{2} \lambda g x^2 + \lambda x v^2 \quad (5)$$

观察式(5)前面一项显然为绳的重力势能增量,而由于绳以速度  $v$  匀速向上,后一项是动能增量的两倍,这意味着机械能是不守恒的. 有人对此提出解释说是绳内力做功,机械能转化为内能. 然而我们知道,内力做功的条件是有内力存在,且质点间存在相对位移. 如果说绳确实有微小形变的话,形变量应该与绳的一些性质有关,计算所得的结果应该涉及到绳的材料、内部结构等性质,而文献[1]与文献[2]分别采用铁链和柔软细绳,计算所得结果竟是一致的,这种解释显然是错误的.

那么为什么  $F$  做的功会“少了”一部分呢?

这就要从题目本身说起了. 文献[1]中铁链是平放的,如图1所示.

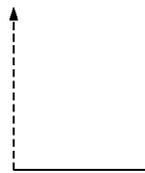


图1

文献[2]中软绳是盘放的,如图2所示.

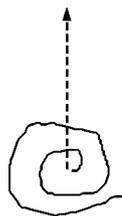


图2

对于图1,完全提起后绳的质心向左移动,则必有向左的力,那么绳在水平方向也一定有速度,则多出来的一倍动能其实是绳的横向摆动动能. 而对于图2,虽然绳是盘放但由于提起时质点并不在拉力  $F$

# 对一道“气体类”高考题的讨论

姚黄涛 冯杰

(上海师范大学数理学院 上海 200235)

(收稿日期:2015-08-31)

**摘要:**2014年全国高考物理上海试卷中第20题,即多项选择题的最后一题,是一道气体类型的题目.自行解题后发现网上相关教师上传的解析存在着不妥之处,于是提供此类型题目的解题方法和相应结论以供参考.

**关键词:**高考 物理 理想气体

## 1 原题与参考答案

原题<sup>[1]</sup>如下:如图1,在水平放置的刚性气缸内用活塞封闭两部分气体A和B,质量一定的两活塞用杆连接,气缸内两活塞间保持真空,活塞与气缸壁之间无摩擦,左侧活塞面积较大,A,B的初始温度相同,略抬高气缸左端使之倾斜,再使A,B升高相同温度,气体最终达到稳定状态.若始末状态A,B的压强变化量 $\Delta p_A$ , $\Delta p_B$ 均大于零,对活塞压力的变化量为 $\Delta F_A$ , $\Delta F_B$ ,则

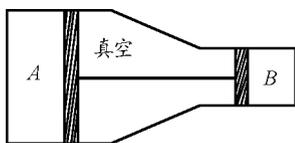


图1

A. A 体积增大                      B. A 体积减小

C.  $\Delta F_A > \Delta F_B$                       D.  $\Delta p_A < \Delta p_B$

此题标准答案为 A,D.

参考答案<sup>[2]</sup>如下:

平放时有

$$p_A S_A = p_B S_B$$

由  $S_A > S_B$  得

$$p_A < p_B \quad (1)$$

倾斜后一定有

$$(p_A + \Delta p_A) S_A + (M + m) g \sin \theta =$$

$$(p_B + \Delta p_B) S_B \quad (2)$$

升温后先假设 A,B 体积均不变,由查理定理有

$$\Delta p_A = \frac{\Delta T}{T_0} p_A < \Delta p_B = \frac{\Delta T}{T_0} p_B \quad (3)$$

故 D 正确.

作用点的正下方,仍然会发生横向的移动,只不过由于各个质点的摆动方向不一样,绳的质心并不发生偏移,绳会做复杂的绕中心转动的运动.

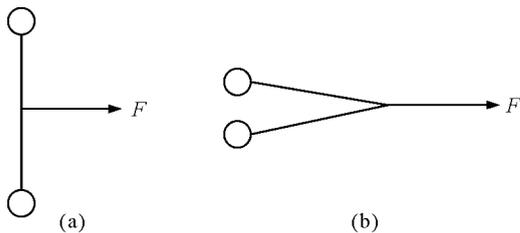


图3

关于力做功后物体运动方向与力的方向不一致的例子有很多,下面举一例以使讨论更为形象.如图3所示,一根轻绳两端系有两个质量为  $m$  的小球,初始位置如图3(a),在绳中点处施加力恒  $F$ . 容易想见最后小球相碰前会具有垂直于  $F$  的速度,如图3(b),

而显然全过程只有  $F$  对系统做功.

对应于本题讨论,外力  $F$  做功,而内力就好比是绳的张力,在绳提起后内力将  $F$  做的功一部分转化为绳横向摆动的动能.事实上除了  $F$  那端上那个质点外,其余质点的机械能均直接来自于内力做功,因此绳运动方向取决于内力方向也就不足为奇了.

回到原题,用上述方法计算手的冲量或者提力就不那么妥当了,原题应改为求竖直方向上手的冲量或者提力.而且文献[1]中竖直提起条件是不可能满足的,这正是问题的症结所在.

## 参考文献

- 1 沈晨. 更高更妙的物理. 杭州:浙江大学出版社,2012. 61, 322
- 2 程稼夫. 力学. 合肥:中国科技大学出版社,2013. 180, 509