

# 高中物理流体动力学规律应用的一个问题

李荣党

(深圳市宝安区教育科学研究院教研室 广东 深圳 518101)

(收稿日期:2017-08-14)

**摘要:** 流体力学的问题也就是质点组的问题,流体力学动力学规律应用动能定理及动量定理解决时,应该注意内力的相互作用力的空间累积及时间累积的因素.

**关键词:** 高中物理 流体 动力学规律 应用问题

在我们的教学过程中,经常要碰到流体力学方面的问题,最近几年的高考试题或模拟试题中经常涉及,虽然流体力学方面的知识不是高中课程主要内容,但是,因为这部分知识跟实际联系比较紧密.相关概念理解起来虽然比较抽象,但是知识的应用并不复杂.这样既可以考查学生理解新知识的能力,又可以考查学生灵活运用知识的能力,可谓“一箭双雕”.

高中阶段流体力学动力学问题的解决规律,仍然是牛顿第二定律、动能定理及动量定理这3大规律,由于涉及高中的知识结构问题,一般我们选择的规律主要是动能定理及动量定理.当我们面对流体时,一定要明白流体就是典型的质点组,那么对质点组运用动能定理及动量定理要注意下面一个典型的问题.

我们先来研究下面的例题.

**【题目】** 某课外小组设计了一种测定风速的装置,其原理如图1所示,一个用表面绝缘材料制成的轻弹簧一端固定在墙的M点上,另一端N与导电的迎风板相连,弹簧穿在光滑水平放置的电阻率较大的金属杆上.弹簧的劲度系数  $\kappa = 1\ 300\ \text{N/m}$ ,自然长度  $L_0 = 0.5\ \text{m}$ .迎风板面积  $S = 0.5\ \text{m}^2$ ,工作时总是正对着风吹来的方向.电路的一端与迎风板相连,另一端在M点与金属杆相连.迎风板可在金属杆上滑动,且与金属杆接触良好.定值电阻  $R = 1.0\ \Omega$ ,电源的电动势  $E = 12\ \text{V}$ ,内阻  $r = 0.5\ \Omega$ .闭合开关,没有风吹时,弹簧处于原长,电压表的示数  $U_1 = 3.0$

V. 某时刻由于风吹迎风板,电压表的示数变为  $U_2 = 2.0\ \text{V}$ , (电压表可看作理想表) 求:

- (1) 金属杆单位长度的电阻;
- (2) 此时作用在迎风板上的风力;
- (3) 假设风(运动的空气)与迎风板作用后的速度变为零.空气的密度为  $1.3\ \text{kg/m}^3$ ,求风速多大.

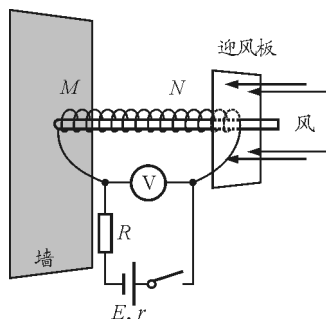


图1 题图

**解:** (1) 无风时金属杆接入电路的电阻为  $R_1$ , 有

$$U_1 = \frac{E}{R + r + R_1} R_1 \quad (1)$$

得

$$R_1 = \frac{U_1(R + r)}{E - U_1} = 0.5\ \Omega \quad (2)$$

所以金属杆单位长度的电阻

$$R_0 = \frac{R_1}{L_0} = 1\ \Omega \quad (3)$$

(2) 有风时金属杆接入电路的电阻为  $R_2$ , 有

$$U_2 = \frac{E}{R + r + R_2} R_2 \quad (4)$$

得

$$R_2 = \frac{U_2(R+r)}{E-U_2} = 0.3 \Omega \quad (5)$$

此时,弹簧的长度

$$L = 0.3 \text{ m}$$

弹簧的压缩量

$$x = L_0 - L = 0.2 \text{ m}$$

根据平衡条件,此时的风力

$$F = \kappa x = 260 \text{ N} \quad (6)$$

(3)第(3)问的求解,学生中有两种求解方法.

**解法一:**设风速为  $v$ . 在  $\Delta t$  时间内接触到吹风板的空气质量为  $\Delta m$ .

由动能定理

$$Fs = \frac{1}{2} \Delta m v^2 - 0 \quad (7)$$

又因为

$$s = v \Delta t \quad \Delta m = \rho S v \Delta t \quad (8)$$

所以

$$F = \frac{1}{2} \rho S v^2 \quad (9)$$

则

$$v = \sqrt{\frac{2F}{\rho S}} = 20\sqrt{2} \text{ m/s} \quad (10)$$

**解法二:**设风速为  $v$ . 在  $\Delta t$  时间内接触到吹风板的空气质量为  $\Delta m$ , 有

$$\Delta m = \rho S v \Delta t \quad (11)$$

根据动量定理可得

$$F \Delta t = \rho S v \Delta t v \quad (12)$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho S}} = 20 \text{ m/s} \quad (13)$$

这道题一种是用动能定理求解,一种是用动量定理求解. 得到的结果不同,两种解法哪一个对呢? 究竟是什么原因?

要想回答这一问题,首先要解决分析流体问题的方法,其次要知道各种方法之间的差异.

我们研究的认为是理想流体,并且它的流动可以看成是定常流动,就是在空间每一点的流速不随时间而改变. 最重要的是流体应该看成质点组.

现在我们先回顾单个质点及质点组的动能定理及动量定理.

对于单个质点动能定理的表达式为

$$W_{\text{总}} = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m v_0^2 \quad (14)$$

其中  $W_{\text{总}}$  表示总功,即动能的变化就等于外力做的总功.

但对于质点组时(注意流体就是典型的质点组),动能定理的表达式为

$$\sum W_{\text{外}} + \sum W_{\text{内}} = \sum E_k - \sum E_{k_0} \quad (15)$$

等式左边表示质点组总功,总功包括外力做功和内力做功两部分. 即质点组动能的变化就等于外力做功和内力做功的总和.

当相互作用的内力经过相同的位移时  $\sum W_{\text{内}}$  等于零,这样  $\sum W_{\text{外}} = \sum W_k - \sum W_{k_0}$ ,形式上与单个质点动能定理的表达式一样. 而有些情况下,当相互作用的内力经过的位移不相同时,这样  $\sum W_{\text{内}}$  不等于零,对于流体的质点组问题,相互作用的内力所做的功就不为零,并且高中阶段我们还无法求出,由于缺少  $\sum W_{\text{内}}$  这一项,所以无法利用上式进行求解. 如果我们忽略了  $\sum W_{\text{内}}$  这一项进行求解时,答案自然就是错误的.

我们再来研究质点组的动量定理,其表达式为

$$\int_{t_1}^{t_2} (\sum F_i) dt = \sum p_i - \sum p_{i_0} \quad (16)$$

其中  $p$  表示动量,等式左边表示质点组总冲量,总冲量按理应包括外力冲量和内力冲量两部分. 即质点组动量的变化就等于作用于质点组外力冲量和内力冲量的矢量和. 可是我们完全不用考虑质点组内力的冲量,因为根据牛顿第三定律,相互作用的内力等大反向,作用时间又一定相同,所以内力的冲量抵消了. 等式左边就是合外力冲量,它就等于质点组动量的增量<sup>[1,2]</sup> 因此,在考虑流体等质点组的问题时,我们可以很好地使用质点组的动量定理. 要慎用动能定理求解.

所以我们知道了第(3)问的解法二是正确的,因为它是流体的问题时,要运用质点组动量定理分析,不能用质点组动能定理分析.

#### 参考文献

- 1 漆安慎,杜婵英编. 力学基础. 北京:高等教育出版社,1987
- 2 李甲科主编. 大学物理. 西安:西安交通大学出版社,2008