

物理

力学综合题的“破解之法”

北京市顺义区仁和中学 张顾妍

在近三年北京初中学考物理学科试卷中,力学综合题是考生失分较为严重的题目之一。这类题目通常源于真实情境,需要考生建构物理模型;涉及知识点较多、综合性较强,需要具备较长的思维链条;对解题表述的要求较高,需要考生呈现解题的逻辑性。针对此类综合题,笔者建议考生尝试以下“破解之法”。

以浮力为核心的综合题“破解之法”

破解法1:浮力综合题通常涉及多个情境与研究对象,且各对象间相互影响,导致问题较为复杂。考生可遵循图1所示的思路,通过“两明确一分析”的方法,列方程求解。

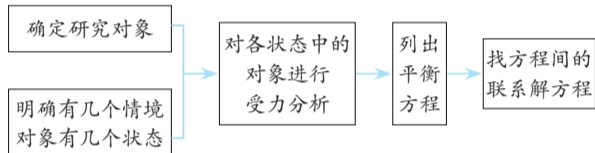


图1

破解法2:在浮力秤、密度计等问题中,考生可建立“ $F_{浮}-V_{排}-h_{浸}$ ”的换算链条。例如, $F_{浮}=\rho_{液}gV_{排}$, $V_{排}=Sh_{浸}$, $\Delta F_{浮}=\rho_{液}g\Delta V_{排}=\rho_{液}gS\Delta h_{浸}$ 。

考生需要注意的是,在解决实际问题中,物体排开液体体积的变化不一定仅由物体浸入的深度变化引起,还可能由横截面积的变化引起,即 $\Delta V_{排}=\Delta Sh_{浸}$ 。

破解法3:考生要强化“几何关系”的建模能力。当题目涉及水位高度、物体位置、浸入深度等关系时,这些量之间往往有明确的几何关系。考生可通过建立几何关系式,找出变量对结果的影响。

【例题1】某小组设计了水箱自动控制进水装置,如图2所示。

水箱内的圆柱形金属控制棒用不可伸长的细线悬挂在力传感器下面,并始终浸在水中,通过它对力传感器拉力的大小触发开关,控制水泵自动进水。用水时,水箱内水位降低,当到达最低水位时,力传感器所受拉力等于 F_1 ,触发开关,水泵开始持续向水箱注水;当水位到达最高水位时,力传感器所受拉力等于 F_2 ,再次触发开关,水泵停止向水箱注水。若进水过程中同时用水,相同时间内进水量大于出水量。已知控制棒的质量为 m ,水的密度为 $\rho_{水}$ 。下列说法正确的是:

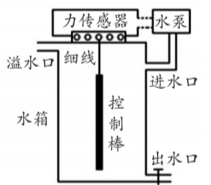


图2

- A. 控制棒受到的浮力最大时,排开水的体积为 $\frac{mg-F_1}{\rho_{水}g}$
- B. 控制棒受到的浮力的变化量最大为 $mg-F_2$
- C. 力传感器受到的拉力大小在 F_1 与 F_2 之间时,说明水箱正在进水
- D. 缩短悬挂控制棒的细线,可使水箱中的最高和最低水位均升高

【解题思路】

第一步:考生要明确此题的研究对象是控制棒,情境是控制棒浸在水中。这时,存在最低水位和最高水位两个情境,控制棒在这两个情境中均处于平衡状态,受力平衡。

此外,选项中还有一个研究对象是力传感器,它受到细线的拉力与细线对控制棒的拉力大小相等。

第二步:考生可画受力示意图辅助进行受力分析。

控制棒受竖直向下的重力 mg 、竖直向上的浮力 $F_{浮}$ 与竖直向上的拉力 $F_{拉}$,在最低和最高水位时的受力情况如图3所示。

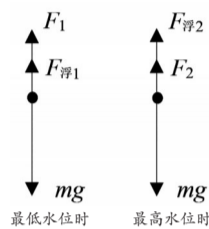


图3

控制棒受到的浮力大小、拉力大小发生变化,力传感器所受拉力与控制棒所受拉力大小相等。因此,考生只需分析控制棒所受拉力即可。

第三步:考生要建立“水位—浮力—拉力”的对应关系。水位越高→控制棒浸入深度越大→控制棒排开水体积越大→控制棒所受浮力越大→由 $F_{拉}=mg-F_{浮}$ 可知, $F_{拉}$ 越小。

【选项分析】

- A. 最大浮力 $F_{浮2}=mg-F_2$,因此排开水的体积 $V_{排}=\frac{mg-F_2}{\rho_{水}g}$,故A选项错误。
- B. 最小浮力 $F_{浮1}=mg-F_1$,因此浮力变化量 $\Delta F_{浮}=F_{浮2}-F_{浮1}=(mg-F_2)-(mg-F_1)=F_1-F_2$,故B选项错误。
- C. 若水泵停止注水,力传感器受到 F_2 的拉力,开始用水后,水位下降,直到水位最低,此时,力传感器受到 F_1 的拉力,在水下降过程中,力传感器受到的拉力大小在 F_1 与 F_2 之间,但此时水箱正在用水,并未进水,故C选项错误。
- D. 缩短悬挂控制棒的细线长度,因 F_1 和 F_2 触发的条件不变,控制棒的重力不变。

根据 $F_{浮1}=\rho_{水}gV_{排}$ 得出 $V_{排}=\frac{F_{浮1}}{\rho_{水}g}=\frac{mg-F_1}{\rho_{水}g}$,所以控制棒浸入水中的 $V_{排}$ 不变。设控制棒的浸入深度为 d ,其横截面积为 $S_{排}$,则 $V_{排}=S_{排}d$, $d=\frac{V_{排}}{S_{排}}=\frac{mg-F_1}{\rho_{水}gS_{排}}$ 。

如图4中,细线初始长度为 L ,控制棒长度为 h ,水箱底部到力传感器的距离为 H 。控制棒浸入水中的体积为 $V_{排}$,则水位高度 $y=H-L-h+d$ 。缩短细线长度 L ,其他量均不发生变化,则水位高度 y 变大。判断最低水位如何变化的思路同上。故D选项正确。

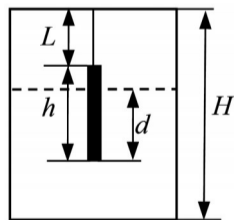


图4

以杠杆为核心的综合题“破解之法”

破解法:考生首先要明确情境,建立杠杆模型,随后确定各情境中杠杆的五要素(支点、动力、阻力、动力臂、阻力臂),列出各情境中的杠杆平衡方程,并求解。

【例题2】图5甲所示的载货汽车,其前面为“单轴—单轮”(一根轴上有2个车轮),后面为“单轴—双轮”(一根轴上有4个车轮),如图5乙所示。装货后该货车总质量为16t,每个轮胎与地面的接触面积约为 400cm^2 。实际货车和货物整体的重心到前、后轴的距离一般不相等,常偏向车的后半部,为简化研究问题,假设整体重心C到前、后轴的距离相等,且水平地面对货车前面两个车轮的作用力相等,等效作用在A点;水平地面对货车后面四个车轮的作用力均相等,等效作用在B点。因此,货车可看成水平杠杆,如图5丙所示,AB距离等于前、后车轴间的距离,C在AB中点。 g 取 10N/kg 。

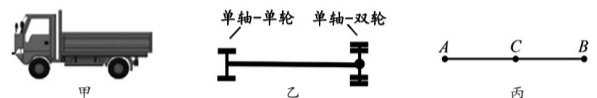


图5

- (1)求货车在B点所受的总支持力。
- (2)为了保护路面,需要限定车辆对路面的压强大小。只要车辆的任何一个轮胎对路面的压强超过限定值,即视为车辆超限。若某水平路面能承受的最大压强为 $7.0\times 10^5\text{Pa}$,请通过计算判断该货车是否超限。

【解题思路】

第一步:考生要明确情境,建立杠杆模型。

考生可将货车视为支点在车轴上的一个水平杠杆。A点为前轮支持力的等效作用点,B点为后轮支持力的等效作用点,C点为货车重心。

第二步:考生要画出杠杆的受力分析图辅助分析杠杆五要素(见图6),并列杠杆的平衡方程式。

第(1)问求解:

考生若要求B点所受的支持力,则应以A为支点。

货车的总质量 $m=16\text{t}=16000\text{kg}$,货车的总重力为 $G=mg=16000\text{kg}\times 10\text{N/kg}=160000\text{N}$,根据平衡条件,可得 $F_B L_{AB}=GL_{AC}$ 。

又因为C在AB的中点,所以 $L_{AB}=2L_{AC}$ 。

因此, $F_B=\frac{1}{2}G=\frac{160000\text{N}}{2}=80000\text{N}$ 。

注意:建立平衡方程时,考生要先确定支点位置,然后找出动力和阻力的力臂,并注意单位换算。

第三步:考生要比较判断是否超限。

第(2)问求解:
每个轮胎与地面的接触面积 $S=400\text{cm}^2=400\times 10^{-4}\text{m}^2=0.04\text{m}^2$,

后轴4个轮子,后轮对地面的压力 $F'_B=F_B=80000\text{N}$,

后轮对地面压强 $p_{后}=\frac{F'_B}{4S}=\frac{80000\text{N}}{4\times 0.04\text{m}^2}=5\times 10^5\text{Pa}<7.0\times 10^5\text{Pa}$ 。

以B为支点,求出A点所受的支持力 $F_A=\frac{1}{2}G=80000\text{N}$,

前轴2个轮子,前轮对地面的压力 $F'_A=F_A=80000\text{N}$,

前轮对地面压强 $p_{前}=\frac{F'_A}{2S}=\frac{80000\text{N}}{2\times 0.04\text{m}^2}=1\times 10^6\text{Pa}>7.0\times 10^5\text{Pa}$ 。

因此,货车的前轴轮胎对路面的压强超过了限定值,该货车已超限。

注意:计算压强时,考生要注意前轮和后轮的数量不同;判断是否超限时,要找出最大压强进行比较。

力学综合题解题步骤

1. **审题:**考生要速览全题,识别物理情境,并初步判断涉及的物理模型;圈画关键条件(如质量、密度等),标注单位,注意括号内的特殊条件;建立联系(如画出情境图、受力图等),挖掘题目中的表述(如“最低水位”“最高水位”等)。
2. **分析:**考生要坚持“先画受力图,再列方程”的原则,以此明确各状态下物体的受力情况。
3. **关联:**考生要建立所求量与已知量之间的“换算链条”,如 Δh 与 Δm 的关系、水位与 $F_{拉}$ 的关系,并注意挖掘几何约束条件。
4. **表述:**作答时,考生要逻辑清晰地说明研究对象、依据公式、计算过程与最终结论。