

# 评析 2021 年高考全国乙卷理综第 25 题

王欣欣 韩立峰 解玉柱

(大庆第一中学 黑龙江 大庆 163458)

(收稿日期:2021-06-15)

**摘要:**2021 年高考全国乙卷的物理压轴题,再次以电磁感应的力电综合题出现,而且难度有所增加.画出金属棒与导体框的运动过程速度图像,会更能清晰准确分析运动特点,为选择合适的物理规律提供保证.从动力学和功能关系两个思路分别考虑,简捷程度大不相同.

**关键词:**速度图像 动力学解析 功能关系解析 结果检验

今年高考之后,以往使用全国 II 卷省份的考生普遍感到物理试题明显难于往年.这是自 2016 年以来,全国乙卷的物理压轴题再次以电磁感应的力电综合题出现,而且难度有所增加.现笔者重点剖析一下该题的后两问及其求解.

## 1 试题重现

**【试题】**(2021 年高考全国乙卷理综第 25 题)如图 1 所示,一倾角为  $\alpha$  的光滑固定斜面的顶端放有质量  $M=0.06\text{ kg}$  的 U 型导体框,导体框的电阻忽略不计;一电阻  $R=3\ \Omega$  的金属棒  $CD$  的两端置于导体框上,与导体框构成矩形回路  $CDEF$ ;  $EF$  与斜面底边平行,长度  $L=0.6\text{ m}$ .初始时  $CD$  与  $EF$  相距  $s_0=0.4\text{ m}$ ,金属棒与导体框同时由静止开始下滑,

金属棒下滑距离  $s_1=\frac{3}{16}\text{ m}$  后进入一方向垂直于斜面的匀强磁场区域,磁场边界(图中虚线)与斜面底边平行;金属棒在磁场中做匀速运动,直至离开磁场区域.当金属棒离开磁场的瞬间,导体框的  $EF$  边正好进入磁场,并在匀速运动一段距离后开始加速.已知金属棒与导体框之间始终接触良好,磁场的磁感应强度大小  $B=1\text{ T}$ ,重力加速度大小取  $g=10\text{ m/s}^2$ , $\sin\alpha=0.6$ .求:

- (1) 金属棒在磁场中运动时所受安培力的大小;
- (2) 金属棒的质量以及金属棒与导体框之间的动摩擦因数;
- (3) 导体框匀速运动的距离.

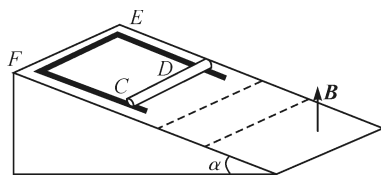


图 1 试题题图

## 2 试题评析

2021 年高考全国乙卷理综第 25 题是一道有关电磁感应的力电综合题,从综合性和难度上看,都是对学生解决物理问题能力的检验.

第(1)问安培力的大小,对基本功扎实的考生来说,以金属棒为研究对象,都能顺利地列出以下 3 个关系式

$$v_1^2 = 2s_1 g \sin \alpha$$

$$I = \frac{BLv_1}{R}$$

$$F_{\text{安}} = BIL$$

联立解得金属棒在磁场中匀速运动的速度  $v_1=1.5\text{ m/s}$ ;所受安培力的大小为  $0.18\text{ N}$ .

第(2)问的难度陡然提高,求解过程涉及两个研究对象、相对运动、匀速和加速两个状态、力学和电磁学知识综合应用.要正确快速求解,应该做好以下几点:

- (1) 画出速度图像

画出运动过程的速度图像,如图 2 所示,更能清晰准确分析运动特点,为选择合适的物理规律列方程提供保证.图 2 是金属棒与导体框运动过程的速度

度图像(仅画出导体框匀速结束时,仍在磁场中的情形).

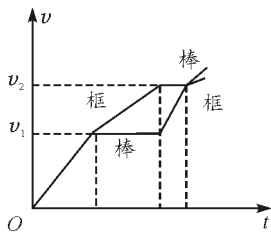


图2 速度-时间图像

注意:图2中,金属棒与导体框一同加速下滑的加速度  $a_0 = g \sin \alpha$ ;金属棒在磁场中匀速运动时,导体框的加速度  $a < g \sin \alpha$ ;导体框在磁场中匀速运动时,金属棒的加速度

$$a' > g \sin \alpha$$

## (2) 选择合适规律

不同的考生可能有不同的思路.如果从动力学分析,当金属棒匀速、导体框加速时,对导体框列式

$$Mg \sin \alpha - f = Ma \quad (1)$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 2as_0 \quad (2)$$

导体框进入磁场后匀速运动时,有

$$Mg \sin \alpha - f = BI'L \quad (3)$$

且

$$I' = \frac{BLv_2}{R}$$

联立整理得

$$v_2^2 - 1.6v_2 - 2.25 = 0 \quad (4)$$

求出导体框进入磁场后匀速运动的速度

$$v_2 = 2.5 \text{ m/s}$$

$$v_2' = -1.8 \text{ m/s (舍去)}$$

金属棒与导体框之间的摩擦力大小

$$f = 0.06 \text{ N}$$

再结合金属棒在磁场中匀速运动时,有

$$mg \sin \alpha + f = F_{安} \quad (5)$$

及

$$f = \mu mg \cos \alpha \quad (6)$$

联立求得金属棒的质量

$$m = 0.02 \text{ kg}$$

动摩擦因数

$$\mu = 0.375$$

如果从功能关系分析,对导体框加速的过程列式

$$(Mg \sin \alpha - f)s_0 = \frac{1}{2}Mv_2^2 - \frac{1}{2}Mv_1^2 \quad (7)$$

这样,式(7)与式(3)左右相比,便得出方程式(4),快速求出结果.

比较两个思路,显见从功能关系思考求解简捷明了,因为导体框加速运动过程中,已知信息和求解都没有涉及加速度和时间.

(3) 要求考生会手开方运算

方程式(4)的判别式:  $\Delta = b^2 - 4ac = 11.56$ , 如果不会手开方的话,考生在短时间内很难想到 11.56 等于 3.4 的平方.这一要求显然是过高了.

(4) 第(3)问应该有检验环节

导体框进入磁场以  $v_2 = 2.5 \text{ m/s}$  匀速运动时,金属棒正好穿出磁场做加速运动,当金属棒由  $v_1 = 1.5 \text{ m/s}$  加速到  $2.5 \text{ m/s}$  时,导体框匀速运动结束.据动量定理对金属棒有

$$(mg \sin \alpha + f)\Delta t = mv_2 - mv_1 \quad (8)$$

即导体框匀速运动的时间

$$\Delta t = \frac{1}{9} \text{ s}$$

导体框匀速运动的距离

$$x = v_2 \Delta t = \frac{5}{18} \text{ m} \approx 0.28 \text{ m}$$

至此,求解不能完毕,还要比较一下导体框匀速运动的距离  $x$  和磁场宽度  $d$  的关系.由式(1)可求出导体框加速运动的加速度

$$a = 5 \text{ m/s}^2$$

进而求出加速的时间

$$t = \frac{v_2 - v_1}{a} = 0.2 \text{ s}$$

即金属棒在磁场匀速运动的时间为  $0.2 \text{ s}$ .所以,磁场的宽度

$$d = v_1 t = 0.3 \text{ m}$$

比较可知:导体框匀速运动的距离  $x$  小于磁场宽度  $d$ ,由此才能判定上述分析和计算过程是正确的.

## 3 结束语

综上所述:对于复杂的力电综合问题不要急于作答,应该先分析清楚物体的运动情况,和已知信息特点,选择最优的解题思路,建立简捷的方程组,求出未知量.同时还要注意检验结果是否满足题干的约束条件.