

# 图表演绎法在分析复杂物理过程中的应用

——以2021年高考全国乙卷物理压轴题为例

王长才

(静宁县第一中学 甘肃 平凉 743400)

(收稿日期:2021-07-04)

**摘要:**以2021年高考全国乙卷物理压轴题(下文简称压轴题)为例,按审题、作图、列式、验证4个步骤对该问题进行详细解析,阐述图表演绎法在分析复杂物理过程中的应用.

**关键词:**图表演绎法 物理过程 高考试题 图表语言

直观的图表语言一直是分析物理过程的强力帮手,是确保思维逻辑严谨的坚强后盾<sup>[1]</sup>.图表演绎法是图表语言的一种深层次应用,在分析复杂的物理过程时,往往能协助学生理清各子过程的特点及其之间的联系.在高中物理学科,图表演绎法一般需要使用3种图表语言:物理情境草图、受力分析图和运动图像<sup>[2,3]</sup>,是在理解这三种图表语言基本功能的基础上,将它们紧密联系起来,实现以图制图、图图推进,最终帮助学生理清复杂物理过程的一种图解方法.其具体应用分为以下步骤.

## 1 审题 将复杂过程拆解成相对独立的子过程

在该压轴题中,可将金属棒 $CD$ 未进入磁场时,金属棒 $CD$ 、导体框 $EF$ 的运动确定为过程I;将金属棒 $CD$ 从进入到刚要穿出磁场,金属棒 $CD$ 、导体框 $EF$ 的运动确定为过程II;导体框 $EF$ 进入磁场做匀速直线运动时,金属棒 $CD$ 、导体框 $EF$ 的运动确定为过程III;导体框 $EF$ 进入磁场速度变化阶段,金属棒 $CD$ 、导体框 $EF$ 的运动确定为过程IV.

## 2 用图表语言理清各子过程及需要的临界点

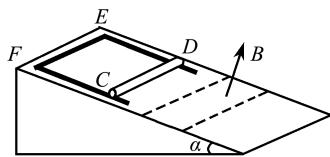
在理清各子过程及其临界点的特点时,通常以情境草图为依据,以受力分析为突破口,分析出各子过程中各物体的运动状态,绘制出合理的运动图像,再根据受力及运动特点,写出相应的表达式,此乃图表演绎法的精髓.

### 2.1 过程 I

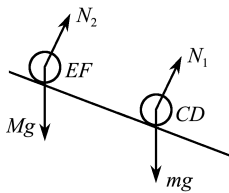
如图1所示,以情境草图为依据,此时金属棒 $CD$ 与导体框 $EF$ 均只受重力和支持力的作用,故它们均做初速度为零的匀加速直线运动,得到它们的 $v-t$ 图像.以 $CD$ 为研究对象,得到相应物理量有如式(1)或式(2)所示的关系,即

$$mg \sin \alpha = ma_1 \quad 2a_1 s_1 = v_1^2 \quad (1)$$

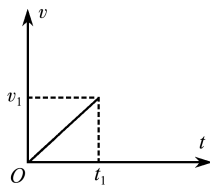
$$mg s_1 \sin \alpha = \frac{1}{2} m v_1^2 \quad (2)$$



(a) 情境草图



(b) 受力分析图



(c)  $v-t$  图像

图1 过程 I 图示

### 2.2 过程 II

如图2所示,以情境草图及题意为依据,此时金属棒 $CD$ 进入磁场后做匀速直线运动,是因为受到了安培力的阻碍,以及因为加速度消失,有了相对运动而受到沿斜面向下的摩擦力;由牛顿第三定律可知, $EF$ 的受力也发生了变化,故 $EF$ 做初速度为 $v_1$

的匀加速直线运动,得到它们的  $v-t$  图像. 相应表达式如式(3)~(5)所示.

对 CD 有

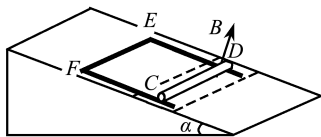
$$mg\sin\alpha + \mu mg\cos\alpha = F_{安1} \quad (3)$$

对 EF 有

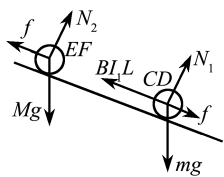
$$Mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha = Ma_2 \quad (4)$$

对 EF 有

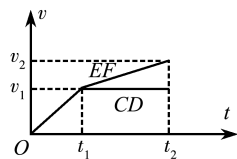
$$v_2^2 - v_1^2 = 2a_2s_0 \quad (5)$$



(a)情境草图



(b)受力分析图



(c)v-t 图像

图2 过程II图示

### 2.3 过程 III

如图3所示,以情境草图及题意为依据,此时金属棒 CD 穿出磁场后不再受到安培力的作用,但从图2中  $v-t$  图像可知,CD 速度小于 EF 的速度,故仍然受到沿斜面向下的摩擦力作用;EF 则因受到沿斜面向上的摩擦力和安培力而做匀速直线运动,得到它们的  $v-t$  图像. 相应表达式如式(6)~(8)所示.

对 CD 有

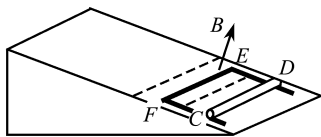
$$mg\sin\alpha + \mu mg\cos\alpha = ma_3 \quad (6)$$

对 EF 有

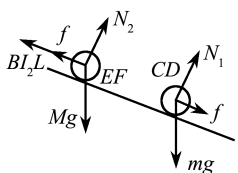
$$Mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha = F_{安2} \quad (7)$$

对 EF 有

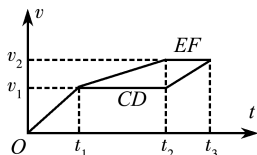
$$x = v_2t \quad (8)$$



(a)情境草图



(b)受力分析图



(c)v-t 图像

图3 过程III图示

### 2.4 过程 III 与过程 IV 之间的临界点

如图3中的  $v-t$  图像所示,在  $t_3$  时刻 CD 和 EF 的速度相等,它们之间的摩擦力会消失,受力关系如图4所示,之后的运动状态将会更加复杂,但题中并没有对过程IV多做要求,只需要认真分析出这一瞬间的特点,写出相应的表达式,如式(9)所示.

对 CD 有

$$v_2 = v_1 + a_3t \quad (9)$$

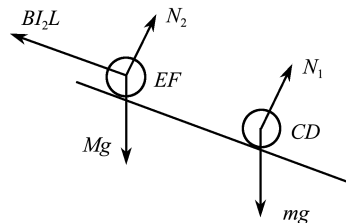


图4 过程III与IV之间临界点的受力分析图

### 3 结合题意及各种图表 写出相应的电路关系表达式

其中在过程II,有

$$E_1 = BLv_1 \quad E_1 = I_1R \quad F_{安1} = BI_1L \quad (10)$$

其中在过程III,有

$$E_2 = BLv_2 \quad E_2 = I_2R \quad F_{安2} = BI_2L \quad (11)$$

### 4 通过图像验证计算结果的正确性

根据式(1)~(11)这些表达式,分别计算出  $v_1, v_2, a_1, a_2, a_3, t_1, t_2, t_3$  等物理量,代入到  $v-t$  图像中相应的位置,分析这些物理量在逻辑关系上是否合理,分析与通过受力变化绘制出的图像走势是否匹配,从而通过图像验证了计算结果的正确性.

很多学生对复杂的物理运动过程束手无策,在面对高考压轴题时更是如此,图表演绎法则是一种最直观、最不容易出错的处理此类问题的方法,但因为其为图表语言的较深层次应用,所以需要物理教师从高一起始,就逐渐引导学生分步掌握,这样,在高考考场上,考生才能在极短时间里做到制图及图表演绎,从而突破此类复杂的物理压轴题.

### 参考文献

- 张茂昌. 走出高中物理教学难的误区[M]. 北京:清华大学出版社,2016. 156~191
- 魏岫. 关于物理学科语言与学习能力培养问题的探究[J]. 物理通报,2007(11):23~24
- 高彤彤,任新成. 关注中学生物理语言的“语感”培养[J]. 物理通报,2014(9):41~43