

# 电磁感应

## 电磁感应中的动力学、能量和动量问题

教师尊享·命题分析

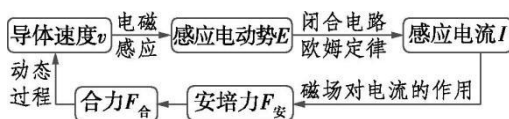
核心考点	五年考情	命题分析预测
电磁感应中的动力学问题	2023: 北京 T18, 浙江 6月 T19; 2022: 海南 T18, 浙江 6月 T21; 2021: 全国甲 T21, 湖北 T16	高考中常通过导体棒+导轨、导体框等模型考查电磁感应中力与运动、功与能、动量等力电综合问题, 选择题和计算题都有考查, 近年主要为计算题形式, 试题综合性较强, 难度较大. 预计2025年高考可能会出现导体棒的受力及运动分析、电磁感应与动量定理和动量守恒定律相结合的综合试题.
电磁感应中的能量问题	2023: 北京 T9, 上海 T19; 2022: 全国乙 T24; 2021: 北京 T7; 2019: 北京 T22	
电磁感应中的动量问题	2023: 全国甲 T25, 湖南 T14; 2022: 辽宁 T15; 2019: 全国III T19	

### 题型1 电磁感应中的动力学问题

教材帮

读透教材 融会贯通

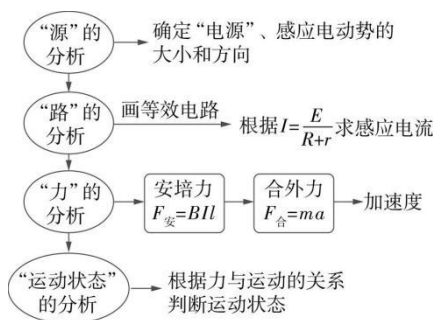
#### 1. 导体受力与运动的动态关系



#### 2. 两种运动状态

状态	特征	处理方法
平衡态	加速度为零	根据平衡条件列式分析
非平衡态	加速度不为零	根据牛顿第二定律结合运动学公式进行分析

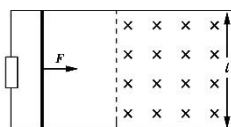
#### 3. “四步法”分析电磁感应中的动力学问题



**高考帮** · 研透高考 明确方向

**命题点 1 “单棒+导轨”模型**

1. 如图所示，水平面（纸面）内间距为  $l$  的平行金属导轨间接一电阻，质量为  $m$ 、长度为  $l$  的金属杆置于导轨上。 $t=0$  时，金属杆在水平向右、大小为  $F$  的恒定拉力作用下由静止开始运动。 $t_0$  时刻，金属杆进入磁感应强度大小为  $B$ 、方向垂直于纸面向里的匀强磁场区域，且在磁场中恰好能保持匀速运动。杆与导轨的电阻均忽略不计，两者始终保持垂直且接触良好，两者之间的动摩擦因数为  $\mu$ 。重力加速度大小为  $g$ 。求：



（1）金属杆在磁场中运动时产生的电动势的大小；  
（2）电阻的阻值。

**答案** (1)  $Blv_0$  ( $\frac{F}{m} - \mu g$ ) (2)  $\frac{B^2 l^2 t_0}{m}$

**解析** (1) 设金属杆进入磁场前的加速度大小为  $a$ ，由牛顿第二定律得  $F - \mu mg = ma$

设金属杆到达磁场左边界时的速度为  $v$ ，由运动学公式有  $v = at_0$

当金属杆以速度  $v$  在磁场中匀速运动时，由法拉第电磁感应定律得杆中的电动势为  $E = Blv$

联立解得  $E = Blv_0$  ( $\frac{F}{m} - \mu g$ )

(2) 设金属杆在磁场中匀速运动时，杆中的电流为  $I$ ，根据闭合电路欧姆定律得  $I = \frac{E}{R}$

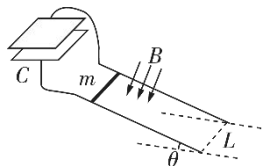
式中  $R$  为电阻的阻值

金属杆所受的安培力为  $F_{安} = BIl$

因金属杆做匀速运动，由平衡条件得  $F - \mu mg - F_{安} = 0$

联立解得  $R = \frac{B^2 l^2 t_0}{m}$

2. 如图，两条平行导轨所在平面与水平面的夹角为  $\theta$ ，平行导轨间距为  $L$ 。导轨上端接有一平行板电容器，电容为  $C$ 。导轨处于匀强磁场中，磁感应强度大小为  $B$ ，方向垂直于导轨平面。在导轨上放置一质量为  $m$  的金属棒，棒可沿导轨下滑，且在下滑过程中保持与导轨垂直并接触良好。已知金属棒与导轨之间的动摩擦因数为  $\mu$ ，重力加速度大小为  $g$ 。金属棒和导轨的电阻可忽略不计。让金属棒从导轨上端由静止开始下滑，求：



- (1) 电容器极板上积累的电荷量与金属棒速度大小的关系;  
 (2) 金属棒的速度大小随时间变化的关系.

答案 (1)  $Q=CBLv$  (2)  $v=\frac{m(\sin\theta-\mu\cos\theta)}{m+B^2L^2C}gt$

解析 (1) 设金属棒下滑的速度大小为  $v$ , 则产生的感应电动势为  $E=BLv$

平行板电容器两极板之间的电势差为  $U=E$

设此时电容器极板上积累的电荷量为  $Q$ , 按定义有  $C=\frac{Q}{U}$

联立解得  $Q=CBLv$

(2) 设经过时间  $t$  金属棒的速度大小为  $v$ , 通过金属棒的电流为  $i$ . 金属棒受到的安培力方向沿导轨向上, 大小为  $f_1=BLi$

设在时间间隔  $t\sim t+\Delta t$  内流经金属棒的电荷量为  $\Delta Q$ , 按定义有  $i=\frac{\Delta Q}{\Delta t}$

$\Delta Q$  也是平行板电容器在时间间隔  $t\sim t+\Delta t$  内增加的电荷量, 由 (1) 中结果可知  $\Delta Q=CBL\Delta v$

式中,  $\Delta v$  为金属棒的速度变化量, 按定义有  $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$

金属棒受到的摩擦力方向沿导轨向上, 大小为  $f_2=\mu N$

式中,  $N$  是金属棒对导轨的正压力的大小, 有

$$N=mg\cos\theta$$

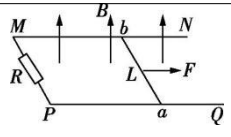
金属棒在  $t$  时刻的加速度方向沿导轨向下, 设其大小为  $a$ , 根据牛顿第二定律有  $mg\sin\theta-f_1-f_2=ma$

$$\text{联立解得 } a=\frac{m(\sin\theta-\mu\cos\theta)}{m+B^2L^2C}g$$

可知金属棒做初速度为零的匀加速运动,  $t$  时刻金属棒的速度大小为  $v=\frac{m(\sin\theta-\mu\cos\theta)}{m+B^2L^2C}gt$ .

方法点拨

### 单棒+电阻模型

物理模型	 <p>水平拉力 <math>F</math> 恒定, 金属棒和水平导轨的电阻不计, 摩擦力不计</p>	
动态分析	<p>设运动过程中某时刻棒的速度为 <math>v</math>, 加速度为 <math>a=\frac{F}{m}-\frac{B^2L^2v}{mR}</math>, <math>a</math>、<math>v</math> 同向, 随 <math>v</math> 的增大, <math>a</math> 减小, 当 <math>a=0</math> 时, <math>v</math> 最大, <math>I</math> 恒定</p>	
最终状态	运动形式	匀速直线运动
	力学特征	$a=0$ , $v$ 最大, $v_m=\frac{FR}{B^2L^2}$
	电学特征	$I=\frac{BLv_m}{R}$ 恒定

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/248100004013007006>