

# 磁流体发电机电动势究竟变不变

◆ 陈 琰

**题目** 如图1所示为磁流体发电机示意图,设A、B两金属板间距离为 $d$ ,板间匀强磁场的磁感应强度为 $B$ ,等离子体垂直进入磁场的速度为 $v$ ,所带电量为 $q$ ,离子通道的横截面积为 $S$ ,等效电阻为 $r$ ,负载电阻为 $R$ ,试求:

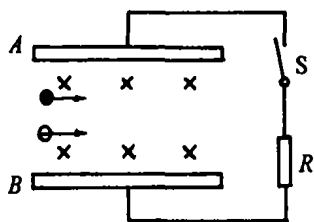


图1

(1) 发电机的电动势 $\epsilon$ ;

(2) 该发电机的总功率 $P$ ;

(3) 为使等离子体以恒定速度 $v$ 通过磁场,必须使通道两端保持一定的压强差,这压强差 $\Delta p$ 为多少?

这是许多教辅资料中的一道题目,有人认为,磁流体发电机在外电路断开与闭合时电动势不同,断开时 $\epsilon = Bdv$ ,闭合时 $\epsilon = \frac{R+r}{R}Bdv$ .对此,本人持有不同观点.下面分别通过三种探究渠道予以分析论证.

**分析** 等离子体受洛伦兹力 $f$ 作用使A、B板分别聚集正负电荷.随着电荷的积累,通道中离子受电场力 $F$ 越来越大,直至电场力等

于洛伦兹力(受力如图2所示),A、B板间便有了恒定的电压.

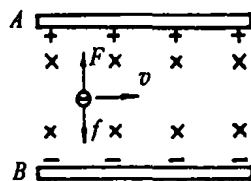


图2

外电路断开时, $qvB = qE = q \frac{\epsilon}{d}$ ,  $\epsilon =$

$Bdv$ .

外电路闭合时,离子处于动态平衡,仍有

$qvB = qE$ .只是这时,是 $E = \frac{\epsilon}{d}$ ,还是 $E = \frac{U}{d}$

$= \frac{R\epsilon}{(R+r)d}$ ? (这正是磁流体发电机电动势不变这一问题的症结所在).按前者得出的结论是电动势不变,仍为 $\epsilon = Bdv$ ,按后者得出的结论是电动势变为 $\epsilon = Bdv \frac{R+r}{R}$ .

孰是孰非?

**探究渠道之一** 对导体棒切割磁感线产生感应电动势进行联想、对比分析,便会茅塞顿开.

如图3,导体棒以速度 $v$ 在宽为 $d$ 的两导轨上匀速滑动,其电阻为 $r$ ,外接电阻为 $R$ ,匀强磁场磁感应强度为 $B$ .易知外电路断开与闭

中情形虽然不会出现,但 $T$ 、 $T'$ 是肯定存在的,故只能是用系统机械能守恒来解题.

【作者单位: (215131) 江苏省苏州市相城区陆慕高级中学】

◀ B球单独考虑机械能不守恒,最终

$$v_A < \sqrt{2gL},$$

$$v_B > \sqrt{4gL}.$$

而本题中,A、B两球是用轻杆相连,图3

合时棒的电动势相同,均为  $\epsilon = Bdv$ ! 导体棒产生感应电动势的微观机理与磁流体发电机完全相同,棒中电子受力如图4所示。(若由电子受平衡力求电动势,与磁流体发电机会产生同样的困惑,这里不再赘述)。这便澄清了一个问题,即外电路闭合电源内部自由电荷处于动态平衡时,应有  $E = \frac{\epsilon}{d}$ , 而不是  $E = \frac{U}{d} = \frac{R\epsilon}{(R+r)d}$ 。可见,磁流体发电机在外电路闭合与断开时电动势相同,均为  $\epsilon = Bdv$ 。

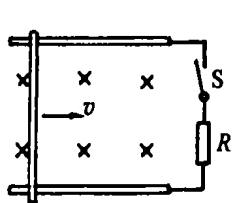


图3

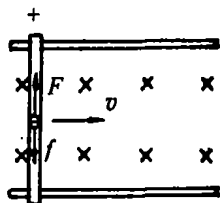


图4

探究渠道之二 从电动势概念来分析。

图1中,A、B板间正离子在外电路闭合并处于动态平衡时,在非静电力——洛伦兹力方向上向A板移动,根据电动势的概念:“电动势应等于把单位正电荷由电源的负极经内电路移到正极非静电力所做的功”。据此应有

$$\epsilon = \frac{W_{\text{非}}}{q} = \frac{qvB \cdot d}{q} = Bdv!$$

探究渠道之三 对例题的第(3)问进行探讨。

我们可以用两种不同的方法求压强差  $\Delta p$ 。一种是根据受力平衡:

$$\Delta p \cdot S = IdB = \frac{\epsilon}{R+r} dB \Rightarrow$$

$$\Delta p = \frac{dB \cdot \epsilon}{(R+r)S} \quad (1)$$

另一种方法是根据能量守恒:

$$\Delta p S \cdot v = \frac{\epsilon^2}{R+r} \Rightarrow$$

$$\Delta p = \frac{\epsilon^2}{(R+r)Sv} \quad (2)$$

若认为S闭合时  $\epsilon = \frac{R+r}{R} Bdv$ , 代入(1)、

(2)得  $\Delta p = \frac{B^2 d^2 v}{RS}$  及  $\Delta p = \frac{B^2 d^2 v (R+r)}{R^2 S}$ ,

两不同结果。而若将  $\epsilon = Bdv$  代入(1)、(2)所得结果一致,均为  $\Delta p = \frac{B^2 d^2 v}{(R+r)S}$  (这才是正解!)。这对于磁流体发电机电动势变不变的问题难道不是一个有力的旁证吗?

【作者单位:(241100) 安徽省芜湖县一中】

## 对一道题错解的分析

◆ 梁树梅

题 在倾角为  $\theta$  的斜面上,放置一段通有电流强度为  $I$ ,长度为  $L$ ,质量为  $m$  的导体棒  $a$  (通电电流方向垂直纸面向里),如图1所示,棒与斜面间摩擦因数  $\mu < \tan \theta$ ,欲使导体棒静止在斜面上,所加匀强磁场磁感应强度  $B$  的最小值是多少?

错析 对导体棒  $a$  受力分析, $a$  受竖直向下的重力  $mg$ ,垂直斜面向上的弹力  $F_N$ ,沿斜面向上的摩擦力  $F_f$  及安培力  $F$  的作用。

根据安培力计算公式  $F = BIL$  知,磁感应强度  $B$  最小,则  $F_{\text{安}}$  最小,为保证  $a$  静止,所加安培力的最小值应沿斜面向上(图2),由平衡