

## 短文荟萃

### 中学阶段关于磁流体发电机的几个问题分析

吴文明

(溧水高级中学 江苏 南京 211200)

(收稿日期:2013-02-04)

#### 1 磁流体发电机模型及其原理

磁流体发电,是将带电的流体(离子气体或液体)以极高的速度喷射到磁场中去,利用磁场对带电的流体产生的作用,从而发出电来.最简单的开式磁流体发电机由燃烧室、发电通道和磁体组成,如图1所示.工作过程是在化石燃料燃烧后产生的高温气体中,加入易电离的钾盐或钠盐,使部分气体电离后,经喷管加速产生高达 $3\,000^{\circ}\text{C}$ ,速度达到 $1\,000\text{ m/s}$ 的高温高速导电气体,最后产生电流.

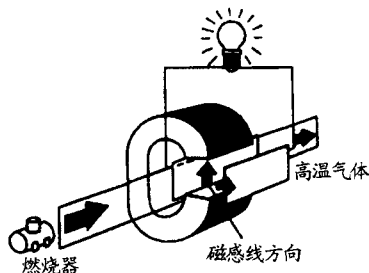


图1 磁流体发电机模型

磁流体发电中的带电流体,它们是通过加热燃料、惰性气体、碱金属蒸气而得到的.在几千摄氏度的高温下,这些物质中的原子和电子的运动都很剧烈,有些电子甚至可以脱离原子核的束缚,发生电离,结果,这些物质变成自由电子、失去电子的离子以及原子核的混合物,这就是等离子体,等离子体整体不显电性.将等离子体以超音速的速度喷射到一个加有强磁场的管道里面,等离子体中带有正、负电荷的高速粒子,在磁场中受到洛伦兹力的作用,分别向两极板偏移,于是正负电荷累积在两极板上并在

两极之间产生电压,用导线将电压接入电路中就可以使用了.

#### 2 电动势的计算

实际的磁流体发电机可以等效为如图2所示的模型.等离子体从左侧射入磁场,正离子受向上的洛伦兹力而偏向甲板,使甲板上积累正电荷,相应的乙板上积累负电荷,成为电源的正、负两极.甲板是磁流体发电机的正极.当开关断开时,甲、乙两板间的电压即为电源的电动势,稳定时,甲、乙两板上积累的电荷不再增加,此时的等离子体所受的洛伦兹力与电场力恰好平衡,则有 $q\frac{U}{d} = qvB$ ,即得电源的电动势 $E = U = Bdv$ .

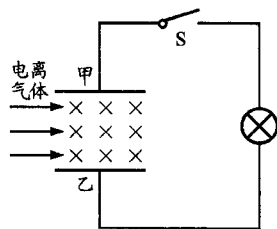


图2 磁流体发电机等效图

需要指出的是,在中学阶段,有很多教师和学生有一种错误的理解,认为以上推导得到的 $U$ 是路端电压,不是发电机的电动势.这种错误的根源在于错误理解了磁流体发电机的原理.当外电路接通时,由于极板上电荷的流动,电荷所受的电场力与洛伦兹力不再平衡而继续偏转到极板上,从而使电量、电压稳定,所以,此时不可再根据二力平衡列出方程.

#### 3 非静电力的来源

磁流体发电机可以看成是一个电源,那么是什么力充当电源内的非静电力呢?当外电路闭合时,形成电流,达到稳定动态平衡时,板间的正负离子分别受到洛伦兹力、电场力及内阻对电流的阻碍作用,其中电场力和内阻的阻碍都是阻力,使电荷偏转的是洛伦兹力,但是洛伦兹力并不做功,因此在中学阶段就很难理解这个问题.在这里我们需要分清两个问题.

(1) 起移动电荷作用即充当“非静电力”的是洛伦兹力;

(2) 其中的能量转化: 由于燃烧, 形成高速离子流. 这是化学能转化为动能. 然后在磁场作用下发生偏转. 这里洛伦兹力不做功. 由于极板之间有电场, 高速离子流在偏转到达极板过程中克服电场力做功, 动能转化为电势能.

综上, 所谓的“非静电力”是洛伦兹力, 但是它并不做功, 只起转移电荷的作用.

当然, 在这个问题上还有另外一种理解, 即非静电力是惯性力, 这种理解也是可以的. 但是对于中学来说, 由于没有惯性力的概念, 所以不宜这样解释.

#### 4 发电机的最大功率

理想状态时, 喷人两极间的离子流全部流向两极, 这时电源达最大功率  $P_m = UI_m$ , 对于发电机内部来说, 电流是正负离子向两极运动形成的, 设单位体积内有  $n$  个正离子和  $n$  个负离子, 离子电荷为  $q$ , 等离子体横截面积  $S$ , 进入速度  $v$ , 则有  $I_m = \frac{Nq}{t} = nqSv$ , 所以  $P_m = nqdSBv^2$ . 由此可以看出, 提高离子的速度、增强磁感应强度都有助于提高发电机的功率. 正基于此, 人们使用高能量的燃料, 再配上快速启动装置, 同时利用超导磁体产生的超强磁场, 提高磁流体发电机的功率.

## 自制电风车演示尖端放电的操作及原理探究

黄正玉

(深圳市第二实验学校 广东 深圳 518021)

(收稿日期: 2013-02-22)

全日制普通高级中学教科书《物理》(第二册)以及现行的人教版普通高中课程标准实验教科书《物理·选修3-1》对尖端放电现象的处理上, 均以避雷针作为静电感应现象应用的实例. 笔者对尖端放电实验进行了探讨, 发现采用自制风车演示尖端放电实验趣味性强, 课堂效果明显. 并在实验基础上对其原理进行了初步探索.

#### 1 实验探究

##### (1) 电风车的结构制作

材料和工具: 易拉罐, 缝衣针, 泡沫板, 剪刀, 直尺, 圆规, 鳄鱼夹, 导线, 范式起电机, 手摇静电起电机.

简单制作过程: 按图1所示尺寸, 先在白纸上画出一个圆和8条切线. 再用双面胶将白纸粘贴在剪开平压后的易拉罐金属薄片上. 然后用剪刀按照实线将易拉罐金属片剪出.

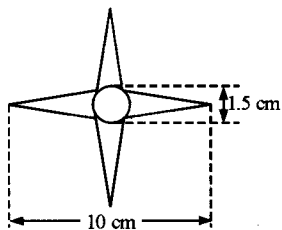


图1

将图1的4个尖端朝同一侧弯折成图2实物照片所示. 再在圆心处用针尖按一个凹坑, 在凹坑处插入缝衣针, 一个电风车就做成了, 如图3所示.

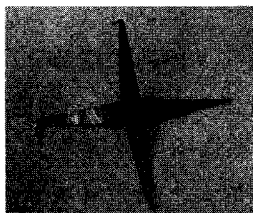


图2

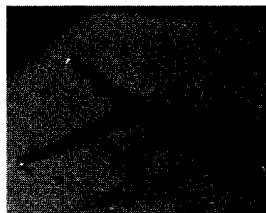


图3

##### (2) 电风车的实验操作

**实验1:** 将自制电风车插在泡沫板上, 用带鳄鱼夹的导线将缝衣针和静电起电连接, 手摇起电机, 可看到风车转动起来. 如图4所示.

**实验2:** 操作者站在泡沫板上, 一手扶着范式起电机的起电球, 另一手拿着风车下的缝衣针, 如图5所示. 改变距离观察转速的关系. 结果如表1.



图4

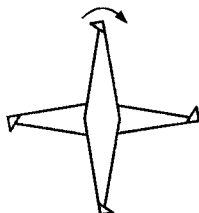


图5

表1 转速与风车和起电球距离的关系

| 风车与起电球距离/cm | 15 | 25 | 40 | 70 | 100 |
|-------------|----|----|----|----|-----|
| 转速          | 慢  | 中  | 快  | 中  | 慢   |

**实验3:** 操作者不接触范式起电机. 身体离起电机20 cm, 左、右手各拿一个风车, 观察到两个风车均快速旋转.