新型无摩擦阻力自行车发电系统的设计

安艳伟

随着生活质量的提高，健身运动成为时尚。人们在健身的同时，消耗了大量的能量，这些能量完全可以转化为可利用的电能，以创造一种节能环保、和谐健康的生活。在全球能源紧缺的情况下，能源的再生和利用引起公众的高度重视。本文以自行车为例，通过研究，设计制作了一种新型的自行车发电装置。

目前，自行车发电装置多数是利用小电机转轮和自行车车轮摩擦发电，由于摩擦对骑行造成阻力，因此这些方法很难推广。本装置依据法拉第电磁感应定律，制作电机部分，在不破坏自行车功能的情况下，骑行和驻车状态都可使线圈和磁体相对运转，实现无接触、无摩擦阻力发电，独具一格。

1. 交流发电机的工作原理

交流发电机产生交流电的基本原理就是电磁感应原理。发电机有定子和转子组成，当转子转动时，定子与转子之间作相对运动，使其磁力线切割定子线圈，在线圈内产生交变感应电动势。若转子不停地旋转，则感应电动势和负载中电流的方向和大小将随时间作周期性变化，于是就产生交变电动势和交变电流。

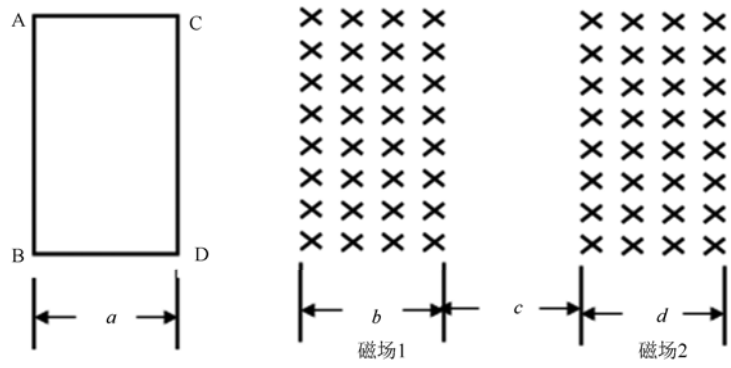


图 1　电动势的产生示意图

线框在磁场中移动产生感应电动势的情况如图 1 所示，当线框 ABCD 向右移动穿过磁场时，要想使线框中出现连续的电流，则线框的宽度 a、磁场 1 的宽度 b、磁场 1 与磁场 2 的间距 c、磁场 2 的宽度 d 必须相等，即 $a=b=c=d$。同理，对于无数个宽度为 a 磁场而言，其磁场间的间距必须是 a 才能保证宽度为 a 的线圈通过时产生连续的交变电动势。

由电磁感应定律知，穿过线圈的磁通量发生变化时，线圈中会产生感应电动势，感应电动势计算式为：$\varepsilon=-N\frac{\mathrm{d}\phi}{\mathrm{d}t}$，其中 N 为线圈匝数，$\frac{\mathrm{d}\phi}{\mathrm{d}t}$ 为磁通量变化率。因此提高感应电动势有两个方法：一是提高磁通量变化率；二是增加线圈匝数。这是本自行车发电系统的设计出发点。

2. 自行车发电系统的工作方法

为了得到连续电流，在自行车轮辐上等间隔均匀布置一圈磁体作为转子；为了提高磁通量的变化率，在距磁体一定距离的平板上装有多个线圈作为定子。当车轮转动时磁体和线圈发生相对运动从而产生交流电，此交流电经过整流、DC-DC 稳压转变后，变为稳定的直流电，可以直接供给直流用电设备使用或者储存于蓄电池中。蓄电池经逆变后可得到 220V 的交变电流，供交流用电器使用，流程图如图 2 所示。

3. 实验设计

整个发电系统包括磁体部分、线圈部分和电能应用部分。

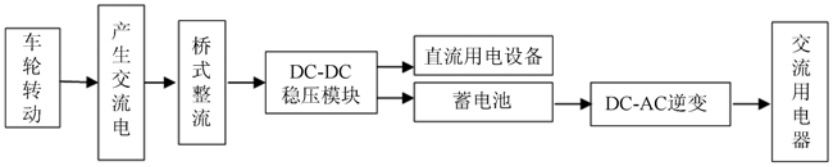


图 2　流程图

磁体组研究与设计制作

为了方便安装，用片状磁铁，形状任意。本实验采用的磁体的参数如下。成分：钕铁硼；面场强：960 GS；圆形片状：直径 50 mm，厚度 4 mm。

由于磁体的线速度越大，感应电动势越大，因此应在自行车辐条上距中心轴尽可能远的地方布置磁体。为了使穿过线圈中磁通量连续变化，应等间隔地布置一圈磁体作为转子，且间隔为磁体直径大小。磁体圆心距离轴心的最大距为 $R-r$（其中 R、r 分别为辐条半径、磁体半径），其圆心所在圆周的最大周长是 2π（$R-r$），自行车辐条上最多布置磁体的数目 n 应该是磁体圆心所在的周长除以磁体的直径所得数目的一半，即 $n=\frac{1}{2}\cdot\frac{2\pi(R-r)}{2r}$。不同自行车的辐条半径大小范围为 190 ～ 250mm，通过计算可知应布置 10 ～ 14 个磁体。本实验选用 20 车型即辐条半径为 200 mm，安置磁体圆心到轴心的距离 R' 为 145 mm。为了提高磁场强度，选用两片磁体叠在一起当做一个使用，共用 10 个磁体，固定在钢化玻璃板上，同一面极性相同，构成磁体组如图 3 所示。用磁场测试仪对一个磁体轴线上的点进行磁场测定，测得磁体表面磁场强度为 1740 GS，距磁体表面 5 mm 处磁场强度为 1350 GS，距磁体表面 10 mm 处磁场强度为 1102 GS，通过对不同位置处的磁场测定发现，磁场强度随距离的增大而迅速减小。

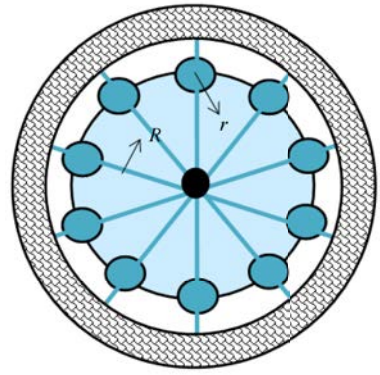


图 3　磁体分布

线圈的研究与设计制作

为了使穿过线圈的磁通量连续且周期性地变化，线圈的面积应与磁体的面积相同。先制作模板然后在模板上绕制线圈，线圈模板参数如下：

模板内径 15 mm，模板外径 25 mm，模板高度 10 mm。如图 4 所示。

为了增加线圈匝数应尽量将线圈模板绕满，当使用的漆包线线径的粗细不同时，线圈匝数和线圈电阻均会不同，这些因素将影响电动势的大小。

实验研究单个线圈发现，在线圈与磁体间距为 10 mm 处，车轮速度 90r/min 的情况下，4 种线径不同的线圈的感应电动势在 0.40V ～ 15.20V 范围内，并且漆包线线径越细，直流电阻越大，则产生的电动势越大；反之线径越粗，直流电阻越小，则产生的电动势越小。通过对实验数据的分析，并综合考虑线圈功率及制备状况，本实验选择制作漆包线直径为 0.27 mm、匝数为 1000 匝的线圈。单个线圈产生的平均功率为 1.510 W。我们希望在转速一定的情况下，能够产生更多的电能，所以使用的线圈要尽可能的多。可以采用对线圈进行混合连接的方法来满足需要。本实验选择了 12 个线圈，采用两两串连共 6 组再并联的方式，组装成线圈组，固定在钢化玻璃板上。线圈与磁铁之间的距离应尽可能靠近，避免产生的感应电动势偏小，导致发电功率小。

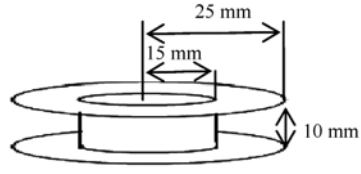


图 4　线圈模板

4. 感应电动势及整流稳压

普通成人骑车踏板速度约为 55 ～ 100r/min，实验研究踏板速度范围在 31 ～ 94r/min 之间时，产生的感应电动势最大值约为 5.2 ～ 16.0V，用示波器可以测线圈组的交流电压和周期，如图 5 所示为某一交流电波形，经过整形稳压后成为稳定直流电如图 6 所示。

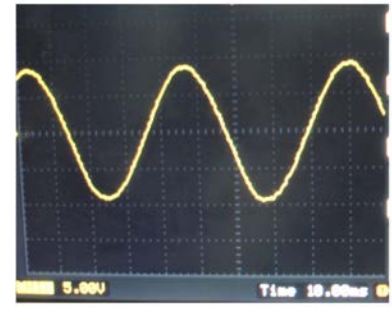


图 5　交流电压波形图



图 6　整流稳压后波形图



图 7　发电实物图

依据产生的电学参数，选用合适的稳压电源模块，将电能储存在蓄电池中。本实验中将所产生的交流电经过整流稳压后，变为稳定的 12 V 直流电，用 12V，7.2AH 的蓄电池储电。蓄电池经 ARD20-12S12 型车载逆变电源得到输出电压为 220 V 频率为 50 Hz 正弦的交电流，用于提供给电压 220 V 交流用电器使用，其 USB 输出电压为 5 V，用于提供给手机等 5 V 类用电器充电使用。

5. 结论与展望

本发电装置以人骑自行车做功为源动力，使车轮转动带动线圈切割磁感线而发电，制作完成了一套自行车发电－用电－储电的系统。整个系统工作稳定，拆装方便，而且在不破坏自行车功能的情况下，骑行、驻车状态都可使其运转发电。不足的是，由于发电装置为手工作品比较粗糙，造成线圈与磁体的间距偏大，产生的有效电能相对比较小，约为几瓦，若进一步改进使线圈与磁体间距，且选用磁场强度更强的磁体，可以进一步提高产生的电能。整个装置花费主要在磁体，其次是线圈和蓄电池方面，相对而言成本高，若解决磁体的成本问题，可以大大降低成本。此发电系统可以安装在健身房的健身自行车上，采用多个发电装置共用蓄电池，以降低购买蓄电池的成本。本发电装置（图 7）在 2010 年北京市大学生物理实验竞赛中获一等奖。

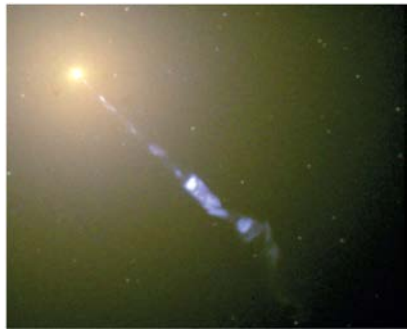
（北方工业大学理学院 100144）

科苑快讯

桌面加速器

英国贝尔法斯特女王大学（Queen’s University of Belfast）的萨利（GianlucaSarri）和同事制造了一台新奇的加速器，可以从光学装置中产生短脉冲（约 30 fs）、小发散（约 3 mrad）和高密度（10^{14} ～ 10^{15}/cm^3）的极端相对论正电子束流。研究组利用美国密歇根大学的大力神激光系统（HERCULES laser system）以 0.3 fs 脉冲激光在 0.8 μm 波长定向轰击 0.8 J 能量的超音速氦（掺杂 2.5% 的氮）喷流。结果产生了包含电子、正电子和伽马射线的类似于天体物理的轻子喷流，通过磁场可以分成 3 股明显不同的波束。

电子和正电子的洛伦兹因子在 200 ～ 300 之间，非常接近天体物理的实际情况。这个系统除激光之外不足 1 m 长，因此不仅能够用作粒子源，还可在实验室内研究天体物理学喷流。



该设备有助于模拟图中 M87 星系中黑洞喷射的高速电子喷流。

（高凌云编译自 2013 年 7 月 19 日《欧洲核子中心快报》）