

可翻转太阳能双层窗

朱洞箫 / 安徽省合肥市第四十五中学

指导教师 邵和义

◎ 研究背景

传统能源的生产和使用,会产生大量的二氧化碳排放,带来环境污染。在提倡节能减排的大形势下,人们尝试采用更多的无污染、可再生的清洁能源。太阳能,因具有易获取、无污染、可再生等优点,是城市最容易获取的清洁能源。如果能设计出一种新型太阳能窗,既能利用太阳能发电,又能利用部分太阳热量,提高窗户的太阳能利用率,还不影响窗户的美观和通透性等使用功能,该有多好呀!本项目从实用角度出发,设计和制作出一种采用薄膜太阳能电池的可翻转太阳能双层窗,利用太阳能辐射以及电池发电同时产生热量原理,夏季电池和发热在室外,冬季翻转后电池和热量在室内,充分利用太阳能发光发热,具备提供电力输出、降低室内冷热负荷、提高室内舒适性的功能。

◎ 设计思路

本项目设计的可翻转的太阳能双层窗由薄膜太阳能电池玻璃组件、高透玻璃组件和可旋转窗框构成(见图1)。薄膜太阳能电池玻璃组件和高透玻璃组件平行安装,中间保持一定间隙(1~3cm)形成空气通风流道,在可旋转窗

框的中部有一个旋转轴,可以根据季节温度需要转动,将薄膜太阳能电池玻璃组件与高透玻璃组件的位置进行对调。考虑利用太阳能热辐射以及电池发电同时产生热量原理,夏季电池和发热在室外,热辐射使流道中空气运动带走热量;冬季翻转后电池和发热在室内,充分利用光伏发电及热量。

◎ 研制过程

➤ 制作原理模型

首先通过上网到外地邮购到透光率较好的薄膜太阳能电池。为验证设计结构的科学性、尺寸合理性和方案可行性,我第一步先制作了一个原理模型。薄膜太阳能电池成品是印制在玻璃上,切割玻璃将破坏电路,所以只能选择晶硅电池用于模型。考虑到薄膜太阳能电池发电效率只有晶硅太阳能电池的1/4左右,而选择的晶硅尺寸大小的发电功率要能带动模拟用的灯泡和风扇,因而其尺寸最终定为25cm×16cm。

➤ 场地安装实验

在两间相同封闭房间分别安装普通薄膜太阳能窗和双层薄膜太阳能窗,并检查封闭性,注意薄膜太阳能电池板的串并联,使用红外热像仪和红外测温仪测量两扇窗玻璃温度。

在测量功率过程中,我发现光线的入射角度对发电效率影响较大,直射时发电效率高,入射角大时发电效率低,我就想在开窗换气时手动调节窗户旋转角度追踪太阳光使发电效率最大,这样只能采用左右翻转方式,这样,窗户可以停在任意位置,不会受到重力干扰。

➤ 完成实体窗制作

由于实体窗尺寸较大,为更加牢固,实体窗选择左右翻转。考虑到购买薄膜太阳能电池玻璃尺寸较大,且不能切割,因此在窗户结构和材质上要认真选择,通过实验,发现塑钢的强度要求更符合条件,遂选定塑钢制作。为保证玻璃安全,需要像普通窗一样在中间加装支撑,减小区域玻璃面积,提高安全性。

◎ 测试验证

为验证可翻转太阳能双层窗比普通单层太阳能窗保温性能好,发电效率也更高,我将可翻转太阳能双层窗和普通单层太阳能窗安装在同样朝南房间的墙上,室内温度控制在 $25\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,做了两组对比实验。

➤ 两种结构的太阳能窗的温度对比

做夏季工作模式测试时,房间温度在 25°C 左右。实验时2种太阳能光伏窗处在同样的光照条件下,测试时间为

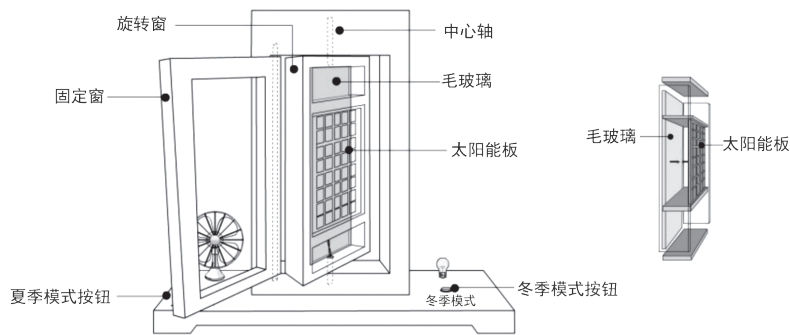


图1 可翻转太阳能双层窗设计结构

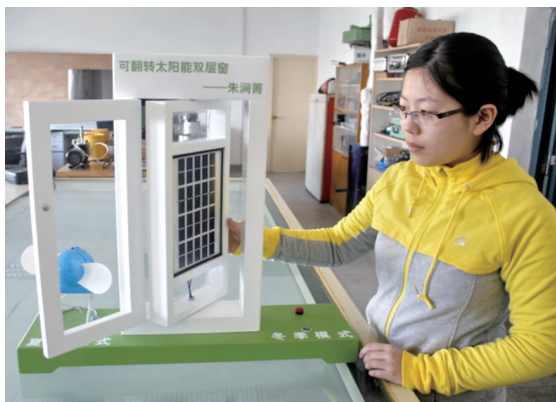


图2 可翻转太阳能双层窗模型图

上午9点到下午5点，每1小时使用非接触式红外热像仪测量太阳能双层窗及普通单层太阳能窗的玻璃表面温度并记录。

从记录的数据可以看出，夏季工作模式下，可翻转太阳能双层窗的室内侧玻璃（高透玻璃）的平均温度比单层太阳能窗低了 6.4°C 。双层窗的室外侧玻璃（薄膜太阳能电池玻璃）的平均温度比单层太阳能窗玻璃低了 0.8°C 。

做冬季工作模式测试时，房间温度在 18°C 左右，2种太阳能光伏窗处在同样的光照条件下，测试时间与测试方法与夏季模式相同。

通过测得数据可以看出，冬季工作模式下，可翻转太阳能双层窗的室内侧玻璃比单层太阳能窗室内侧玻璃（太阳能玻璃）高 7°C 。这将提高室内窗户附近的热舒适性，同时通过可翻转太阳能双层窗中的空气通风流道提供给房间的热量将降低室内的采暖负荷。

两种结构的太阳能窗光电功率和光电效率的测试

在夏季工作模式时，经过测量，可翻转太阳能双层窗和单层太阳能窗的太阳电池平均功率分别为 21.6 W 和 21.0 W ，可翻转太阳能双层窗的电池功率比普通单层太阳能光伏窗略高，这

表明电池发电效率与电池温度高低还是有一定的相关性。

在冬季工作模式时，可翻转太阳能双层窗和普通单层太阳能光伏窗的太阳电池平均功率分别为 20.2 W 和 20.8 W ，因为普通单层太阳能光伏窗温度比薄膜太阳能电池玻璃组件低，普通单层太阳能窗比可翻转太阳能双层窗的电池功率略高也是可以预测到的。

实验结果讨论

通过实验测试发现：

在夏季，我设计的太阳能双层窗室内侧玻璃温度平均比单层太阳能光伏窗内侧玻璃温度低 6.4°C ，发电功率高 0.6 W ，说明拥有空气流道的双层窗比单层窗能够更好地降低室内热负荷，而且由于空气流动带走热量，降低太阳能电池温度，一定程度提高了太阳能电池发电效率，验证和实现了设计的效果。

在冬季，我设计的太阳能双层窗室内侧玻璃温度平均比单层太阳能光伏窗内侧玻璃温度高 7°C ，有效地提高了室内温度。

总之，薄膜太阳能双层窗比普通玻璃窗增加了发电和保温效果，比普通双层玻璃窗多了发电的功能，比单层太阳能光伏窗保温效果更好，不仅能发电减

少传统能源消耗，而且能增强建筑保温隔热效果。

太阳能双层窗每平方米成本为480元，年发电量为39千瓦时，折合合肥当地电价，每平方米每年发电效益为22元，全寿命周期效益为550元。

故从全寿命周期成本效益考虑，开发太阳能双层窗在经济上是可行的。如果实现规模化生产，制作成本下降，或发电效率提高，或薄膜电池成本降低，市场应用前景将更加广阔。

该项目获得第28届全国青少年科技创新大赛创新成果竞赛项目中学组工程学一等奖。

专家评语

该项目从生活中发现问题，寻找创新灵感。设定夏季和冬季2种不同模式，设计制作了可翻转的太阳能双层窗。该窗由太阳能薄膜、高透玻璃和可旋转框组成。分别针对不同模式，充分合理地利用太阳能，以达到节能环保的目的。在旋转窗的结构上，可以继续改进，以改善其透光性能和密封性能。■