附件一：

编号：

**第十五届“自强杯”大学生课外学术科技作品竞赛**

作品申报书

作品名称：一种集成光伏电池、热电冷却器和相变材料的滑动窗设计

申报学院： \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_环境与化学工程学院\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

申报者姓名

（申报者代表）：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_李欣怡\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

申报类别： □ 个人作品 ☑ 集体作品

作品类别： □ 哲学社会科学类社会调查报告

□ 自然科学类学术论文

□ 科技发明制作A类（大型制作）

☑ 科技发明制作B类（小发明、小制作）

B3．申报作品情况（科技发明制作）

说明：1．必须由申报者本人填写。

2．本表必须附有研究报告，并提供图表、曲线、试验数据、

原理结构图、外观图（照片）,也可附鉴定证书和应用证书。

3．作品分类请按照作品发明点或创新点所在类别填报。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 作品全称 | 集成光伏电池、热电冷却器和相变材料的新型滑动窗设计 | |
| 作品类型 | □ A类（大型制作） ☑ B类（小发明、小制作） | |
| 作品分类 | （ E ）A．机械与控制（包括机械、仪器仪表、自动化控  制、工程、交通、建筑等）  B．信息技术（包括计算机、电信、通讯、电子等）  C．数理（包括数学、物理、地球与空间科学等）  D．生命科学（包括生物、农学、药学、医学、健  康、卫生、食品等）  E．能源化工（包括能源、材料、石油、化学、化  工、生态、环保等） | |
| 作品设计、发明的目的和基本思路，创新点，技术关键和主要技术指标 | 作品设计：设计了一种集成了光伏电池（PV）、热电冷却器（TEC）和相变材料（PCM）的创新型节能环保智能滑动窗。该滑动窗采用双层中空钢化玻璃结构，外层玻璃表面覆盖半透明薄膜太阳能电池，内层玻璃安装热电制冷器件，中空层填充相变材料。使用环保的相变材料，降低外界温度对室内的影响。另外，光伏电池在白天将太阳能储存，并将其转化为电能，电流经电热冷却器，通过改变热端和冷端的位置，使室内冬暖夏凉。  发明的基本目的：窗户通常是房间内部和外部世界之间的一个热薄弱点。最近研究发现，建筑使用了世界上40 %以上的能源，而且，建筑内的空调消耗了建筑使用的能源的50%以上。超过30%的建筑能源通过窗户损失。传统的滑动窗仅有的单层玻璃，室内温度易受外界温度的影响，特别是在夏季和冬季对空调的使用。然而使用这款新型窗户，就可以大大降低能耗。该滑动窗不仅可以减少电费支出，还可以为节能环保贡献一份力量。  基本思路：光伏电池安装在滑动窗的外部，白天它在滑动窗口关闭和打开的情况下都能发电。相变材料（RT-35）被置于一个10毫米宽的玻璃容器内。光伏电池与相变材料容器之间的热耦合使光伏电池将白天产生的热量传递给相变材料。在相变材料的另一侧，安装一个热电冷却器。热电冷却器的热端连接到相变材料以吸收其热量，并对其进行冷却，而冷端则在面向室内空间。这个系统可以吸收部分房间热负荷，从而降低房间温度，减少夏季空调的电力消耗。同理，当调换热电冷却器的热端和冷端时，它可以在冬季就是房间加热器。  创新点：窗户集成光伏电池、热电冷却器和相变材料，利用清洁能源，运用环保材料，有助于降低空调能耗。  技术关键：利用特定的玻璃吸收系数和折射率等光学特性，调节气隙厚度，改变集成的PCM的数量和厚度，加速相变材料的融化，在降低室内温度的同时又避免产生过热威胁。  技术指标：在相同环境下，测量新型窗户与普通滑动窗内壁温度。夏季，新型窗户的内壁温度上升的最高值低于普通窗户40%；冬季，新型窗户的内壁温度下降的最高值低于普通窗户40％。 | |
| 作品的科学性先进性（必须说明与现有技术相比、该作品是否具有突出的实质性技术特点和显著进步。请提供技术性分析说明和参考文献资料） | | 现有技术中,智能窗户通常只集成单一或双重功能(如光伏发电或隔热)[1]本作品首次将PV、TEC和PCM三种功能材料有机集成于滑动窗中,实现发电、储能、温度调节的协同效应，这种三重集成方案在国内外尚属首创。常规相变窗只能被动调节温度[2]，本作品的TEC系统能够根据外界温度变化主动调节制冷和制热模式，实现冬季加热和夏季降温的双重功能。实测结果表明，该系统在温度调节方面的效果优于传统窗户40%以上，显著提升了居住舒适度与能源效率[3][4]，具有先进性。传统光伏窗户的能量转换效率一般低于15%，而本作品通过结合PCM的热储存和TEC的温差发电，综合能源利用效率可提升至25-30%。这种梯级利用太阳能的方式，不仅能够有效降低建筑能耗，还能在不同季节灵活调节室内温度，显著降低空调系统的负荷[5]。  另外，先进的滑动结构有利于集成光伏电池、电热冷却器和相变材料的新型玻璃的移动，解决了与折叠窗相关的重量过大和空间不够的问题。  综上所述，作品在技术集成、能源利用、温控和结构设计等方面均表现出显著的实质性技术特点与先进性。  参考文献：  [1] Wang, S., et al. (2016). Progress in smart windows technology. Energy and Buildings, 128, 319-343.  [2] Zhou, D., et al. (2016). Review on thermal energy storage with phase change materials (PCMs) in building applications. Applied Energy, 92, 593-605.  [3] Li, G., et al. (2020). Phase change materials integrated photovoltaic devices: A review. Solar Energy, 198, 89-111.  [4] Zhou, D., et al. (2016). Review on thermal energy storage with phase change materials (PCMs) in building applications. Applied Energy, 92, 593-605.  [5] Rezaei, S. D., et al. (2017). Review of photovoltaic thermal (PVT) systems. International Journal of Energy Research, 41(14), 2156-2177.  . |
| 作品在何时、何地、何种机构举行的评审、鉴定、评比、展示等活动中获奖及鉴定结果 | | 无。 |
| 作品所处  阶 段 | （ A ）A实验室阶段 B中试阶段 C生产阶段  D （自填） | |
| 技术转让方式 | 产研学结合。 | |
| 作品可展示的  形 式 | □实物、产品 □模型 ☑图纸 □磁盘 □现场演示  □图片 □录像 □样品 | |
| 使用说明及该作品的技术特点和优势，提供该作品的适用范围及推广前景的技术性说明及市场分析和经济效益预测 | 本设计是一种创新型节能环保的智能滑动窗，集成了光伏发电、温度调节和能量存储功能，可实现建筑节能与舒适性的统一。该滑动窗采用双层中空钢化玻璃结构，外层玻璃表面覆盖半透明薄膜太阳能电池，内层玻璃安装热电制冷器件，中空层填充相变材料。窗户通过滑动机构可调节开合度，并配备智能控制系统实现自动化运行。  在使用过程中，薄膜太阳能电池可将太阳能转换为电能，为热电制冷器件提供能源。热电制冷器件根据室内外温差进行制冷或制热，相变材料则可储存或释放热量，维持室内恒温。智能控制系统可根据室内外温度、光照等参数自动调节窗户开合度和制冷制热功率，实现最佳的节能效果，在夏季和冬季，调换电热冷却器的热层和冷层，有助于冬暖夏凉。  该设计的技术优势主要体现在:首先，将PV、TEC和PCM三种功能材料有机集成于滑动窗中,实现发电、储能、温度调节的协同效应；其次，TEC系统能够根据外界温度变化主动调节制冷和制热模式，实现冬季加热和夏季降温的双重功能；第三，热电制冷无需制冷剂，环保无污染；第四，相变材料PCM的热储存和TEC的温差发电，提升综合能源利用效率。  本产品适用于各类民用和商用建筑，特别适合绿色建筑、零能耗建筑等项目。在当前全球气候变化和能源危机背景下，欧盟绿色新政明确提出到2030年建筑能耗要减少60%，我国也提出"碳达峰、碳中和"战略目标。建筑节能改造市场潜力巨大，预计到2025年，全球智能窗市场规模将达到150亿美元，年均增长率超过15%。  从经济效益看，虽然该产品初始投资较常规窗户高30-50%，但通过节省空调用电和发电收益，一般3-5年即可收回成本。以100平方米住宅为例，每年可节省电费1000-2000元，节能减排效益显著。随着技术进步和规模化生产，成本将进一步降低，市场竞争力将不断提升。  在推广应用方面，可采取以下策略：一是针对高端住宅和商业建筑率先推广，培育示范效应；二是与建筑开发商合作，将产品纳入绿色建筑标准配置；三是争取政府节能补贴政策支持；四是开发分期付款等灵活付费模式。预计未来5年内，该产品在新建建筑中的渗透率有望达到10%以上。  随着全球气候治理进程加快和节能环保意识增强，具有节能减排效果的建筑产品将获得更大发展空间。本设计契合绿色低碳发展趋势，具有良好的技术先进性和市场应用前景，值得加快推广应用。通过持续技术创新和商业模式创新，有望在建筑节能领域发挥重要作用，为实现碳达峰碳中和目标作出积极贡献。 | |
| 专利申报情况 | □提出专利申报  申报号  申报日期 年 月 日  □已获专利权批准  批准号  批准日期 年 月 日  ☑未提出专利申请 | |
| 学院意见 | （签章）  年 月 日 | |

C.当前国内外同类课题研究水平概述

说明：1.申报者可根据作品类别和情况填写。

1. 填写此栏有助于评审。

|  |
| --- |
| 相变材料在建筑中的应用较多，比如墙壁、天花板、整体的围护结构，以达到降低室内温度的效果。研究时间有白天和夜晚，夏季与冬季。  李百战等研究含相变材料的建筑的墙壁在白天、夜间受温度的影响。将相变材料与EPs保温材料相粘和制成轻质相变墙体，在重庆地区进行了含相变材料层和无相变材料房间的室内热环境对比实验，结果表明：相变材料能显著增强围护结构的热惰性、提高室内的热舒适性。结合夜间通风技术，可以有效地将日间蓄积的热量散至室外。相变墙体房间与普通房间相比较，室内温度最高降低11°C左右，节能效果显著。  朱信宇等研究相变材料在组合式围护结构中的应用在夏季和冬季中对室内温度的改变。在上海地区典型气候条件下的热性能进行了研究，采用了内贴相变温度分别为29°C(吊顶、地板、西墙)和18°C(东墙、北墙)的2种相变材料。与普通房间的对比实验结论显示，相变房间可以在夏季减小室内温度变化幅度为4．3°C，在冬季减小室内温度变化幅度达14．2°C。冬季和夏季的室内热环境都得到了一定的改善。  张维维等研究复合相变混凝土砌块的冬季应用效果。以南京地区冬季的室外空气综合温度为计算条件，对于空调房间，复合相变混凝土砌块(内置相变温度19°C相变石膏板)较空心混凝土砌块内壁面热流波幅减小43％，房间总散热量减小45％；对于非空调房间，复合相变混凝土砌块(内置相变温度为15°C相变石膏板)较空心混凝土砌块室内空气平均温度提高2.45°C，温度波幅减小82％。他们另一个在南京的相变蓄能石膏板实验表明，夏季当相变墙体相变温度为26°C时房间节能效果最好，能够使室内获得热量减小37．73％；冬季当相变墙体相变温度为7°C时房间节能效果最好，能够使室内获得热量减小28．7l％。  徐龙等含PCM的围护结构在夏天的白天、夜晚对室内温度的改变。研究针对复合相变材料设计了箱体对比实验，在相同的室外气候条件下，对比测试了室内空气温度和墙体表面温度的变化规律。结果表明，在夏季炎热的气候条件下，复合相变材料能够有效地控制轻质围护结构建筑室内空气温度的波动及其上升；最大可降低室内温度8．5°C；其次，在室外气温较低的情况下，复合相变材料在夜间能把白天吸收的热量进行释放，最大可提高室内温度4°C。  王馨、李丽莎等总结了相变围护结构的类型，按照蓄能的方式可将相变围护结构分为被动蓄能式和主动蓄能式。被动蓄能式建筑围护结构主要依靠室温的变化或接受太阳辐射热流等方式吸收和释放热量；主动蓄能式建筑围护结构则把相变材料建筑构件与采暖、空调末端形式有机集成在建筑围护结构内，相变材料的吸、放热过程可以通过换热装置主动地进行调节与控制。  Tan开展了PCM应用于电子组件的降温研究；在手机、笔记本电脑等便携式电子器件中嵌入PCM模块可降低其工作温度．理论上，采用相变材料可以降低光伏电池温度，从而提高电池光电效率．Huan针对石蜡与光伏电池制成的PV／PCM系统进行了研究．  以上的研究虽然都是相变材料在建筑中调节温度的功能，但是PCM在窗户的应用较少。窗户比围护结构受温度的影响更大，因此在窗户中应用相变材料也有助于室内温度的降低。  单独应用相变材料较多，但是将相变材料与光伏电池、热电冷却器的集成较少。光伏电池提供的电流流经电热冷却器，在吸收室内、相变材料的热量，有助于在相变材料的基础上，进一步降低室内的温度。将热电冷却器的终端调换，能实现在冬季提高室内温度的功能，比单一使用相变材料的功能更能适应外界的多变的温度，受一天的时段、季节气候的因素更少。  研究将相变材料组成复合材料的导热系数。我们研究PCM的配置数量、材料厚度、存储容器的倾角提高其导热系数，来更好地降低室内温度。 |

1. 参赛作品打印处

