

太阳能救灾方案

——太阳能救灾板房（供电取暖照明系统）

杨帆 刘一锋 / 西安交通大学附属中学

指导教师 / 刘全铭 技术指导 / 何凤琴

◎ 摘要

当地震来临时，恐惧、失落充斥着人们的心灵，能有一个安全温馨的家，是给灾难中的人们最好的慰藉。现在，板房成为灾区人民唯一安全可靠且可快速建造的居住场所，但板房的密闭性差，尤其在冬天，人们往往饱受寒冷。鉴于此，我们小组研发了太阳能板房供电取暖照明系统。

本方案对原先的板房加以改进，在板房上加装可吸热的太阳能材料和可发电的太阳能电池板，配合热空气循环系统和水保温系统，达到方便高效、快捷取暖的目的。

◎ 研究背景介绍

美国伦斯勒理工学院研究人员2008年开发出一种新型涂层，将其覆盖在太阳能电池板上能使后者的阳光吸收率提高到96.2%，而普通太阳能电池板的阳光吸收率仅为70%左右。新涂层主要解决了两个技术难题，一是帮助

太阳能电池板吸收几乎全部的太阳光谱，二是使太阳能电池板吸收来自更大角度的太阳光，从而提高了太阳能电池板吸收太阳光的效率。

普通太阳能电池板通常只能吸收部分太阳光谱，而且通常只在吸收直射的太阳光时工作效率较高，因此很多太阳能装置都配备自动调整系统，以保证太阳能电池板始终与太阳保持最有利于吸收能量的角度。

◎ 设计和研究过程

每个成员独立设计方案。
方案的自我调整与修改。
成员之间讨论，考察方案的可行性，确定初步方案。
完成详细设计方案。
讨论详细设计方案的科学性和需要解决的技术难题。
走访相关科研机构，对方案进行评估。
吸取多方建议，对方案进行改进。进行实验。

再次改进方案。
提出方案的局限性及克服方法。

◎ 技术原理

☛ 太阳能电池板

太阳能电池板外形见图1。太阳能电池是一种对光有响应并能将光能转换成电能的器件。能产生光伏效应的材料有许多种，如单晶硅、多晶硅、非晶硅、砷化镓、硒铟铜等。它们的发电原理基本相同：太阳光照在半导体p-n结上，形成新的空穴-电子对，在p-n结电场的作用下，空穴由n区流向p区，电子由p区流向n区，接通电路后就形成电流。这就是光电效应太阳能电池的工作原理。当太阳光照到光电二极管上时，光电二极管就会把太阳的光能变成电能，产生电流。当许多个电池串联或并联起来就可以成为有比较大的输出功率的太阳能电池方阵了。太阳能电池是一种大有前途的新型电源，具有永久性、清洁性和灵活性三大优点。太阳能电池寿命长，只要太阳存在，太阳能电池就

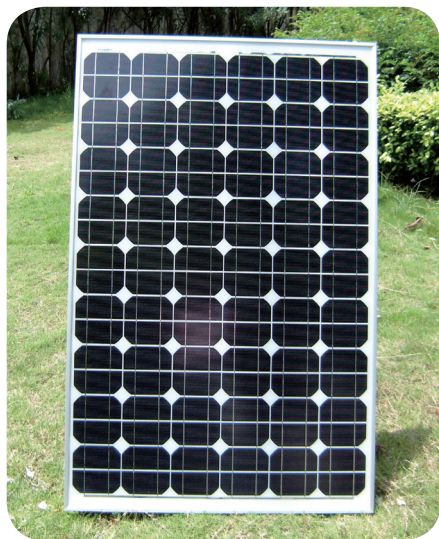


图1 太阳能电池板

可以一次投资而长期使用；与火力发电、核能发电相比，太阳能电池不会引起环境污染；太阳能电池可以大中小并举，大到百万千瓦的中型电站，小到只供一户用的太阳能电池组，这是其他电源无法比拟的。太阳能电池板在我们的设计中担负将太阳能转化为电能存储起来，在晚上再转化为热能和电能的任务。

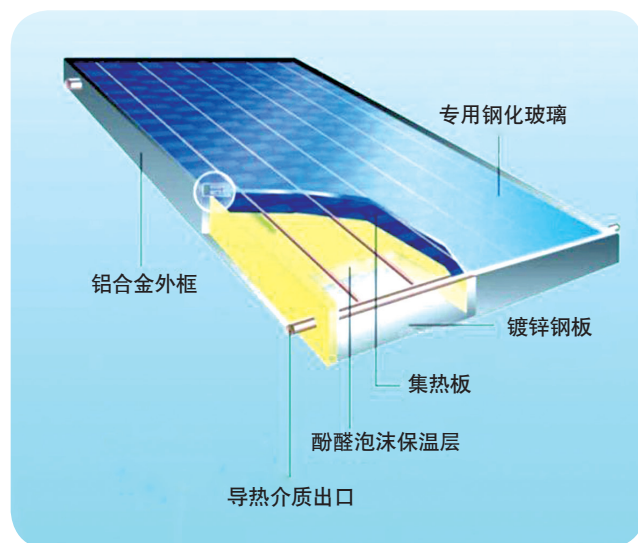


图2 太阳能集热器结构原理

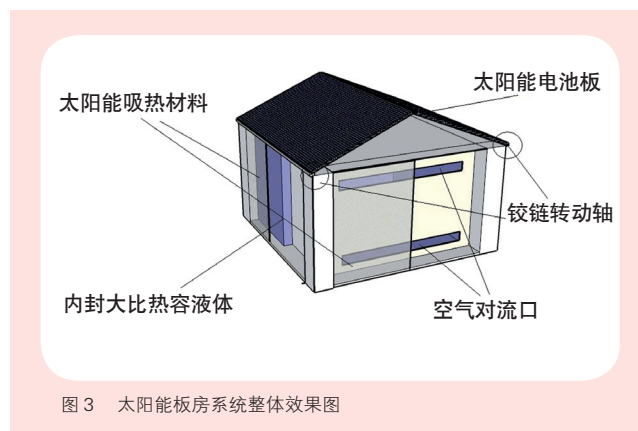


图3 太阳能板房系统整体效果图

☞ LED 灯

LED (Light Emitting Diode) 即发光二极管，是一种固态的半导体器件，它可以直接把电转化为光。上个世纪 60 年代，科技工作者利用半导体 p-n 结发光的原理，研制成了 LED 发光二极管。当时研制的 LED，所用的材料是 GaAsP，其发光颜色为红色。经过近 30 年的发展，现在大家十分熟悉的 LED，已能发出红、橙、黄、绿、蓝等多种色光。然而照明需用的白色光 LED 仅在近年才发展起来。

☞ 太阳能吸热涂层

太阳能吸热涂层有电镀、电化学表面转化、真空镀和涂料型 4 种。电镀涂层有黑铬、黑镍、黑钨等几种，其吸收比一般在 0.93 ~ 0.97，发射比一般在 0.07 ~ 0.15。电化学表面转化涂层有铝阳极氧化涂层、CuO 转化涂层和钢的阳极氧化涂层等几种，其吸收比一般在 0.88 ~ 0.95，发射比一般在 0.1 ~ 0.33。真空镀涂层常采用磁控溅射制备，吸收比可达 0.92，发射比可达 0.06(100℃)，性能良好。涂料型太阳能吸收涂层是一种漫射的光学表面，由颜料和黏合剂两部分组成，有 PbS 涂层和过渡金属复合氧化物涂层等，吸收

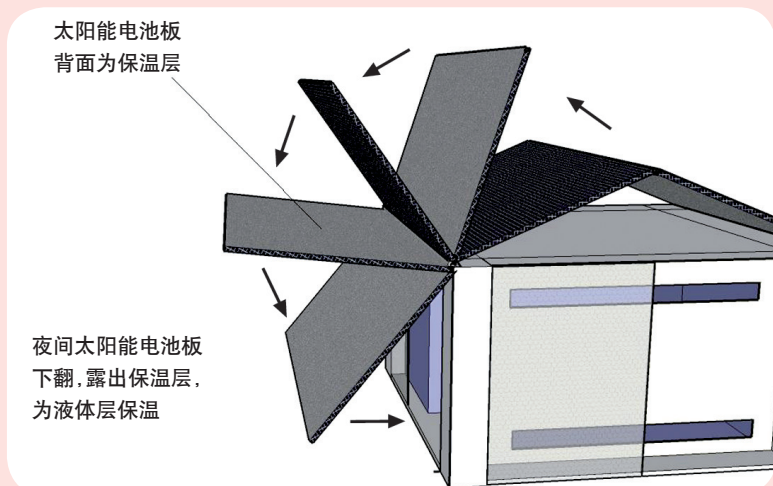


图4 太阳能电池板装有铰链, 可兼作保温板

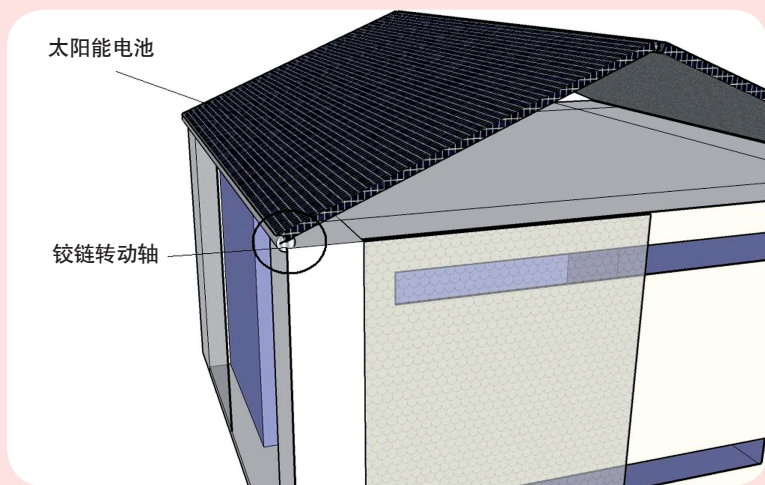


图5 夜晚太阳能电池板下翻, 为房屋保温

比可达 0.85 ~ 0.96, 发射比可达 0.23 ~ 0.40。其中过渡金属复合氧化物涂层中有采用酞菁绿和自制的铁铜复合氧化物—— Fe_3CuO_5 为颜料, 以丙烯酸树脂为黏合剂, 以乙酸乙酯、乙酸丁酯和二甲苯混合物为溶剂, 采用多次喷涂法, 在钢板底材上涂层厚度不超过 $3\mu\text{m}$ 。该涂层的吸收比为 0.94 ~ 0.96, 发射比为 0.37 ~ 0.39。该涂层成本低、性能较好、装饰性强, 适合在太阳房和热水器上应用。太阳能集热的结构原理见图 2。

◎ 理论计算

☞ 每日耗热量计算

以灾区板房建筑面积 32m^2 为例, 若板房高度为 2.5m, 则:

$$\text{板房体积} = 32\text{m}^2 \times 2.5\text{m} = 80\text{m}^3$$

按照国家标准的规定, 一般型建筑房间的每平方米的建筑面积单位时间耗热量通常是 30 ~ 35kcal/h,

$$\text{热负荷 } Q = q \cdot S (32\text{m}^2) = 646\text{w}$$

时间取值按大多数家庭作息习惯考虑, 取 12 小时。全国平均计算的冬

季 (1 月、2 月、3 月、12 月) 日照辐射量平均为 $15616.43\text{kJ}/\text{m}^2$, 可算出:

$$\text{每日热量: } Q_r = 0.646\text{kw} \times 3600 \times 12 (\text{小时}) = 27907.2\text{kJ}$$

☞ 集热板面积 (太阳能的集热效率为 47%) 计算

$$S = 27907.2\text{kJ} / (15616.43\text{kJ}/\text{m}^2 \times 47\%) = 3.8\text{m}^2$$

$$\text{集热板高宽度: } L = 3.8\text{m}^2 / 2.5\text{m} = 1.52\text{m}$$

☞ 水箱的计算

地板采暖循环进口温度以 50°C 为宜, 水箱内的温度应当保持在 45°C 。考虑水箱的容积、系统采光面积、当地冬季日照辐射量平均值、集热器全日集热效率、水的定压比热容、太阳能保证率、管路及储水箱热损失率、每日所需供热量、水的初始温度等诸多因素, 可求出:

水箱的厚度为 0.1m

$$\text{面积为 } S = 0.6\text{ m}^3 / 0.1\text{m} = 6\text{m}^2$$

高为 2.3m, 宽为 2.6m

整体效果见图 3。

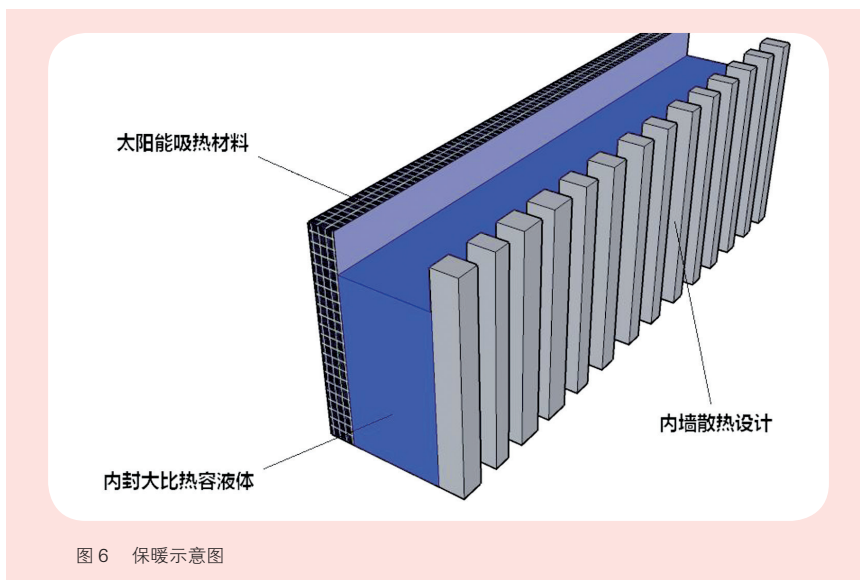


图6 保暖示意图

◎ 使用方法

☞ 发电装置

白天，两块太阳能电池板可向上翻折，使具有单晶硅发电装置的表面面向太阳，用于发电；夜晚则可将两块太阳能电池板向下翻折，使具有保温涂层的一面裸露在外，用于室内的保温。如图4所示。

☞ 供暖装置

白天：墙壁内封水层吸热储热，空气层内的空气经表面吸热涂层加热上下对流维持室内的温度。夜晚：太阳能电池板下翻以保证房屋的隔热性能，水层内储存的热量向房屋内环境辐射以保持室内的温暖。见图5与图6。

☞ 安全装置

该设计装有卫星定位系统，在紧急情况下可进行紧急呼救。该设计装有避雷针，防止雷击。

☞ 照明系统

该设计采用LED灯可维持日常照明所需。

◎ 测试

实践是检验真理的唯一标准，因此对我们的研究成果进行测试是十分重要的。对此我们设计了如下测试。

☞ 抗击打测试

测试原理：模拟冰雹、雷击、滚落的石块、树干等对太阳能救灾板房的打击。

☞ 极端气候测试

分别将成品放于50℃高温环境与-40℃低温环境。与在常温同等光照下发电效率作对比。测试其发电功率。

☞ 抗腐蚀性测试

分别向太阳能救灾板房上淋洒pH=4（模拟重度酸雨）pH=5（模拟酸雨）的溶液，观察表皮、配件等是否有损伤。并测试其性能是否受到影响。

◎ 技术引进及改进

在整个方案设计中，我们小组使用了以下已有技术：卫星定位系统、避雷系统、太阳能电池板、太阳能吸热涂层、

LED灯、信号灯、多功能充电器、电源。

改进：针对太阳能电池板、太阳能吸热涂层进行改造；给系统装配安全开关以及蓄电池。

◎ 反思与总结

☞ 该方案针对供电供暖问题进行研究设计。

☞ 该方案使用时需要防止漏电，减少安全隐患。

☞ 太阳能电池板大面积投放成本较高。

本方案在刚刚结束的2011—2012年清洁能源技术竞赛中获得一等奖。

专家评语

该作品考虑全面，立意新颖，有自己独创的想法，有开发价值，实用性强。现场答辩叙述清晰，团队成员配合良好。■