

# 太阳能采暖技术在新农村建设中应用

朱敦智，刘君，芦潮

(北京市太阳能研究所有限公司，北京100083)

**摘要：**在新农村建设中，太阳能采暖技术是可再生能源利用的重要应用领域。本文通过介绍平谷区挂甲峪太阳能采暖示范项目，阐述了太阳能采暖系统的构成、系统设计方案和运行状况，并对太阳能采暖系统的成本和经济性进行了分析，为太阳能采暖技术的不断发展提供了丰富经验。

## 0引言

北京市平谷区新农村改造项目由北京市平谷区委、区政府主持和领导，旨在发展以农民为主体的民俗休闲旅游业，建设融入生态环境的，集居住、接待、观光为一体的新农村。

2005年，北京市发改委、平谷区政府、大华山镇挂甲峪村和北京市太阳能研究所以平谷新农村建设为契机共同开展了挂甲峪村新农村新能源示范项目，该项目采用太阳能采暖技术结合生物质能解决农村的采暖、热水和炊事的生活用能需求，是一种依靠可再生能源解决农村生活用能的示范项目。

在北京的新农村建设中，推广太阳能采暖和生物质能利用具有深远的意义。太阳能和生物质能作为新能源和可再生能源的一种，是取之不尽、用之不竭的洁净能源。推广利用可再生能源替代常规能源，可减少常规能源使用产生的温室气体排放和污染物排放，实现用能的本地化和农业废弃物的循环利用。农村能源问题是衡量该地区是否健康发展的重要指标，利用太阳能及农业废弃物等可再生能源，改变农村用能结构，改善农村卫生环境，有利于建设生产发展、生活富裕、生态良好的社会主义新农村。

## 1太阳能采暖技术

太阳

能采暖在

欧洲等发达国家已

大规模推广，已成为太阳能热利用新

的发展方向。欧洲到2005年共安装1536万m<sup>2</sup>

太阳能集热器，采暖系统使用集热器约占总量的20%，每年新建太阳能采暖系统约12万个，可节约常规能源20%~60%。

太阳能采暖系统是利用太阳能集热器收集太阳能并结合辅助能源满足采暖和热水的供热需求的系统，因此常称为太阳能联合系统(Solar Combisystem)。

如图1，太阳能采暖系统主要由三部分构成：1)热能提供部分，即太阳能集热器和辅助能源；2)储热和换热设备；3)热能利用部分，提供生活热水和采暖。

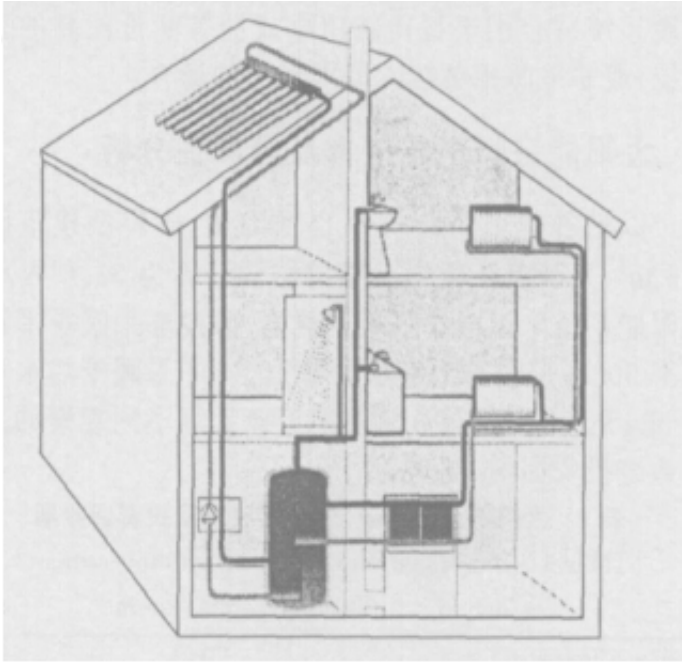


图1 太阳能联合系统示意图

Fig 1 Schematic diagram of a solar combined system

太阳能采暖系统与太阳能热水系统相比存在以下差异:1)采暖负荷随季节温度变化很大;2)系统供回水温度差异较大。此外,太阳能与采暖负荷还存在明显矛盾:太阳能辐照强度高的月份(3~10月)不需要采暖,有辐照的白天是采暖负荷较低时段,无辐照的夜晚却是采暖负荷最高的时段。

由于太阳能采暖系统和热水系统存在以上差异,因此在采暖系统设计中不能简单把热水系统放大,必须考虑以下几个方面:1)辅助能源;2)太阳能保证率;3)系统的防冻问题;4)系统的过热问题;5)换热水箱的设计。在系统设计中,尤其需注意系统的过热问题和换热水箱的设计。

由于采暖系统集热器面积较大,所以在非采暖季节会出现太阳能得热量远大于供应热水所需要热量,即所谓过热问题。如果设计不当,会造成系统温度高于系统部件工作允许温度,导致部件寿命缩短和连接件漏水,甚至会产生安全问题。解决系统过热的措施有:1)集热器排空;2)集热器回路闷晒运行;3)设计散热系统,以保证系统在安全温度下运行。

太阳能集热系统、热水系统和采暖系统对工作温度要求是不同的:太阳能集热系统的工作温度越低,热效率越高,因此系统设计中应尽量降低太阳能集热系统工作温度,太阳能采暖适宜采用低温地板采暖系统,供水温度在40℃左右;生活热水供水温度为50~60℃。为实现不同的供水温度要求,太阳能采暖系统一般采用垂直分层水箱。

垂直分层水箱工作原理是利用水在不同温度下的密度差,实现同一水箱可以产生不同的温度分区,即低温的水位于水箱底部,高温的水位于水箱上部时,并可以相互不掺混。分层水箱下部布置与太阳能集热器相连的换热器;中部水温适合于采暖,与采暖系统相连;上部水温最高,布置生活热水换热装置。

根据IEA研究结果,太阳能采暖系统适合于节能建筑,适宜与低温地板辐射采暖系统结合。另外,太阳能采暖系统适合于替代使用电或油等能价比高的采暖系统,或非采暖季节热水需求量大的场合。

## 2 太阳能采暖系统成本及经济性分析

以平谷挂甲峪新村B户型为例,该户型建筑面积175m<sup>2</sup>,采暖负荷根据其维护结构计算为31.6W/m<sup>2</sup>,太阳能系统采用高效平板集热器,假设非采暖季平均热效率50%,采暖季平均热效率45%,非采暖季热水负荷为300kg/d。根据以上假设,可以计算不同规模的太阳能系统投资回报,见表1。

表1 太阳能采暖系统投资、年收益及投资回收期

Table 1 Investment annual profit and investment  
return life of the solar combisystem

| 太阳能集热器面积/ $\text{m}^2$            | 10    | 20    | 30    | 40    | 50    |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 系统造价/元                            | 23000 | 31000 | 38000 | 45000 | 52000 |
| 年有效得热量/MJ                         | 21729 | 29892 | 38055 | 45665 | 52339 |
| 每平米集热器造价<br>/元· $\text{m}^{-2}$   | 2300  | 1550  | 1267  | 1125  | 1040  |
| 每平米集热器得热量<br>/MJ· $\text{m}^{-2}$ | 1589  | 1203  | 1074  | 979   | 916   |
| 年得热量/造价<br>/MJ·元 $^{-1}$          | 0.94  | 0.96  | 1.00  | 1.01  | 1.01  |
| 替电年收益/元·年 $^{-1}$                 | 3218  | 4427  | 5636  | 6763  | 7752  |
| 替电静态回收期/年                         | 7.15  | 7.00  | 6.74  | 6.65  | 6.71  |
| 替气年收益/元·年 $^{-1}$                 | 1380  | 1899  | 2417  | 2901  | 3325  |
| 替气静态回收期/年                         | 16.66 | 16.32 | 15.72 | 15.51 | 15.64 |

注：1) 电价按 0.48 元/kwh 计算，系统效率取 90%；

2) 天然气热值取 35.17 MJ/m<sup>3</sup>，单价按 1.9 元/m<sup>3</sup>，系统效率取 85%。

从以上分析可以看出，工程造价并非与集热器面积成正比，系统越小，平均每平米集热器的造价越高，同等造价的得热量就越小。集热器面积从 10m<sup>2</sup>增加到 30m<sup>2</sup>区域，其投资收益是明显增加；30m<sup>2</sup>以后，其增加幅度比较小。

从投资回收年限看，以太阳能采暖方式替代电或油等能价比高的能源，投资静态回收期远低于系统寿命，投资回报较高，值得规模化推广；对于替代天然气或其它能价比低的能源，投资静态回收期已接近或高于系统寿命，投资经济性较差，投资回报主要体现在社会效益和环境效益方面，推广该技术应综合分析。因此，在新农村建设中推广太阳能采暖技术目前还需要各级政府给予一定的支持。

### 3 平谷挂甲峪太阳能采暖系统介绍

平谷挂甲峪太阳能采暖系统工作原理如图2所示。太阳能集热系统采用温差循环方式，落空式防冻防过热设计。在集热器的上集管和储热水箱下部设立两个温度测点(T1和T2)，当T1与T2温差高于设定上限温差，太阳能循环泵开始运行，把集热器吸收的太阳能传输到储热水箱；当T1与T2温差低于设定下限温差，太阳能循环泵停止工作；在冬季当T1达到防冻警示温度后，循环泵停止工作，太阳能集热器中水在重力作用下回流到水箱，实现排空防冻；在非采暖季，只要水箱高于设定最高温度，循环泵停止工作，集热器中水回流到水箱，系统停止往水箱输送热量，集热器逐步达到闷晒平衡状态，实现排空防过热。此外，循环泵与手动开关连接，可以根据热水需求强制关闭太阳能系统。

这种系统与其它系统相比，有以下优点：1) 系统传送介质使用水，与防冻液相比减少膨胀罐，投资低，此外还降低运行维护费用(防冻液系统需要每年检查防冻液成分，5年左右须更换，平均每年费用可达到300~500元)；2) 可靠性高，实现无人值守，在意外停电情况下，水自动回流到水箱，避免系统结冻和过热造成系统安全隐患；3) 冬季采用排空防冻，减小夜晚的热损失。

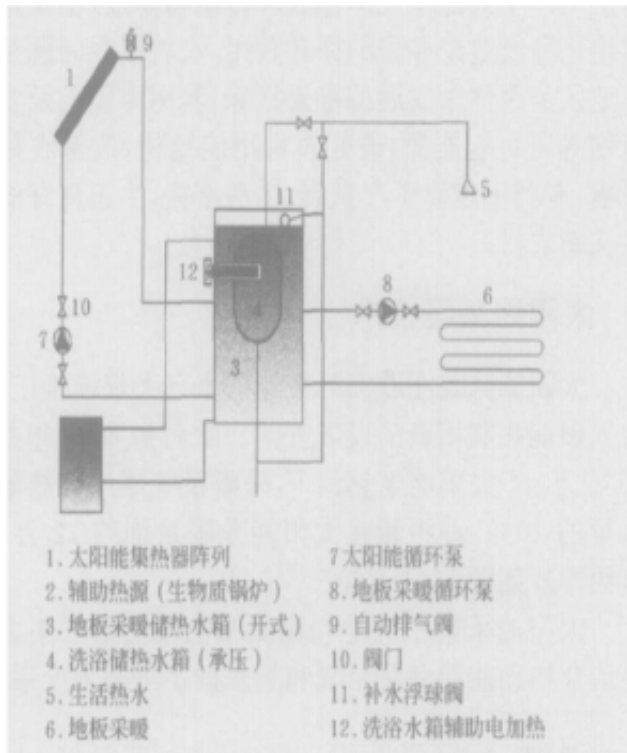


图2 平谷挂甲峪村太阳能采暖系统示意图

Fig. 2 Schematic of solar combisystem for new rural residences in Pinggu Guajiaju village

挂甲峪太阳能采暖系统采用复合水箱,属国内首创,该水箱将开式储热水箱和闭式生活热水水箱嵌套在一起,利用生活热水水箱的壁面给生活热水加热,构成夹套式换热器。储热水箱设计成开式水箱适宜于落空式太阳能系统,系统结构简单,成本低;闭式生活热水水箱利用水箱壁面进行换热,省去换热系统,并利用自来水管网压力提供洗浴用水,不需安装供水泵,减少投资和使用费用;生活热水水箱与太阳能集热系统和采暖系统隔开,并采用搪瓷水箱,保证生活热水达到饮用水水质;生活热水采用容积式换热器,保证外水箱温度低时用水需求,提高瞬时热水供水能力,嵌套水箱还可以大大提高非采暖季的热热水供应量;此外,太阳能系统与采暖系统为直接系统,不设置换热装置,可降低太阳能系统工作温度,提高太阳能的集热效率。

水箱另一个显著特点是设计成垂直分层水箱。对于节能建筑,低温地板辐射采暖的供水温度较低,一般在30~40℃;太阳能集热系统一般根据水箱底部温度决定其工作温度,工作温度越低,太阳能系统集热效率越高;生活热水要求供水温度较高,一般在50~60℃,尤其为了避免军团菌滋生,不允许生活热水长期处在30~40℃温度范围内。垂直分层水箱可以满足以上不同用途水的温度要求。垂直分层水箱工作原理是利用水在不同温度下的密度差,实现同一水箱可以产生不同的温度分区,即低温的水位于水箱底部,高温的水位于水箱上部,相互不掺混。太阳能集热器与分层水箱下部相连;采暖系统与水箱中部相连;水箱上部水温最高,布置生活热水水箱。

平谷挂甲峪采暖系统成功采用了垂直分层水箱,采暖季节太阳能集热系统和地板辐射采暖系统均工作在较低温度范围,水箱上部利用辅助锅炉保证在较高温度,以保证生活热水供应。在设计中,避免了太阳能集热系统运行对水箱温度分层的影响。

采暖末端采用低温地板辐射采暖系统,该供暖方式有如下优点:1)系统通过地下换热盘管加热地面,地面向房间散热,形成脚暖头凉的温度场,符合人体生理学需求,提高采暖的舒适度;2)地板辐射采暖供水温度低,适合与太阳能集热系统结合,太阳能集热器工作在高效率区域,提高太阳能利用效率;3)地板辐射采暖有较大储热能力,可以减少储热水箱的容积,此外为节能建筑可以在夜晚关闭采暖系统,利用地面热容保证室内的温度。地板辐射采暖设计中,盘管采用密管距,低供水温设计方案,保证系统高效率运行。

辅助供热能源用生物质锅炉提供。采用生物质压块成型设备,把当地的果木修剪枝条粉碎后压缩成燃料棒(或燃料块),作为生物质锅炉燃料,同时还用作炊事燃料。生物质压缩成型燃料与传统的生物质燃烧利用相比存在很大差异

: 传统利用方式燃烧效率低、燃烧不完全,造成燃料浪费和室内的环境污染,此外,传统利用因燃料密度低,储藏较困难,使用时劳动强度大。这些诸多因素造成生物质利用的比例在很多地区逐年降低,并形成农村的污染源。农村的生物质资源的高效利用是新农村能源战略调整的发展方向,采用高新技术将秸秆、树枝等生物质资源转化为商品化能源,可提高农村用能品位,降低农民用能支出,改善农村大气环境,实现农业废弃物资源综合利用。此外,生物质能是一种可再生能源,是一种低碳燃料,配合清洁燃烧灶具和锅炉,可实现温室气体的减排并减少矿石能源利用带来环境污染。因此,采用太阳能采暖结合生物质燃料利用是本项目的亮点,也是农村能源利用的发展方向。

挂甲峪太阳能采暖系统除以上特点外,在系统设计时考虑太阳能与建筑一体化设计问题,集热器采用屋面嵌入式结构,与建筑协调美观;集热器有可靠的防、排水系统。采用低噪音、低功耗和长寿命水泵;采用长寿命、符合水质要求的塑料管材。控制系统是以德国产温差循环控制仪为核心的全自动控制器,为适应不同运行控制需求,所有水泵和电加热均设有手动开关,实现系统控制的灵活性;温度在控制柜上直接显示,不需用户按键选择,避免人员误操作带来的安全隐患。

总之,挂甲峪太阳能采暖系统在设计中优先考虑系统寿命、系统维护和运行安全的要求,体现以下特点:1)采用选择性涂层高效太阳能集热器;2)集热器面积大,实现较高太阳能保证率;3)采用温度分层复合水箱,保证储能、生活热水和采暖需求;4)采用钢化玻璃和整体板芯,集热器内无接口,保证系统长寿命和在恶劣环境中无故障运行;5)使用搪瓷水箱保证生活用水水质;6)用生物质低排放锅炉作辅助热源。

#### 4系统测试结果

通过2005年12月和2006年1月测试表明,在地板采暖供水温度为35~40℃,可保证室内温度18℃以上;夜晚停止采暖系统运行,在环境温度在-5~-9℃时,整个夜晚室温下降2~3℃;停止辅助能源系统,晴天室温可达到12~14℃,多云天气室温可达到10~12℃。整个冬季运行表明,以平板集热器组成的采暖系统采用落空式防冻设计可以保证冬季系统安全运行,即使在意外停电情况下也可保证系统防冻。

#### 5结论

1)太阳能采暖技术成熟,在欧洲已规模化应用,该技术适宜用于低层节能建筑,适宜与地板辐射采暖技术结合。

2)太阳能采暖系统与热水系统有较大差异,系统设计应考虑非采暖季节防过热措施。

3)从经济上考虑,太阳能采暖适宜替代电或油等能价比高的能源或适用于非采暖季节热水需求量大的场合;替代天然气或其它能价比低的能源,投资经济性较差,投资回报主要体现在社会效益和环境效益方面。

4)太阳能采暖系统适宜使用平板集热器。平板集热器系统造价和维护费用低,且集热器易与建筑结合。此外可方便解决系统的过热难题。

5)太阳能采暖技术结合生物质燃料利用在新农村建设中是一种可再生能源利用较佳方案之一,能解决北方农户的采暖、热水和炊事的生活用能,实现农村用能结构的调整,实现农业生产的废弃物的循环利用,实现能源的本地化,减少矿石能源等常规能源使用带来温室气体和污染物排放,是一种一举多得的新农村能源利用模式。

6)平谷挂甲峪太阳能采暖系统采用平板太阳能集热器、垂直分层复合水箱、高效低排放生物质燃料清洁燃烧锅炉、低温地板辐射采暖技术以及太阳能与建筑一体化设计。这些技术利用保证系统高效率、长寿命、低维护费用和低运行成本的特点,是一种值得大规模推广的先进采暖系统。

原文地址: <http://www.china-nengyuan.com/tech/97387.html>