

文章编号: 2095—0411 (2014) 02 - 0079 - 04

分离热管平板太阳能热水器的热性能实验研究^{*}

踪义文¹, 蒋绿林¹, 陈俊华², 李 翠¹

(1. 常州大学 石油工程学院, 江苏 常州 213016; 2. 常州工程职业技术学院, 江苏 常州 213164)

摘要: 设计了一种分离热管平板太阳能热水器实验样机, 将平板太阳能集热器中的集热板芯与热管的蒸发端制成一体形成管翼式满液蒸发器, 热管的冷凝端制成冷凝器置于水箱中, 采用 R134a 制冷剂作为热管工质加热热水。对冬春两季不同工况进行了实验, 测试了太阳辐射强度、环境温度与水箱温度对系统热效率的影响。实验结果表明, 系统的热效率比普通分体式太阳能热水器高, 且彻底解决了系统防冻问题, 为商业化应用提供了基础。

关键词: 分离热管; 热管工质; 热效率

中图分类号: TK 515

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.2095—0411.2014.02.019

An Experimental Research of the Thermal Performance on Separated Heat Pipe Flat Plate Solar Water Heater

ZONG Yi-wen¹, JIANG Lv-lin¹, CHEN Jun-hua², LI Cui¹

(1. School of Petroleum Engineering, Changzhou University, Changzhou 213016, China; 2. Changzhou Institute of Engineering Technology, Changzhou 213164, China)

Abstract: A prototype of separated type heat pipe flat plate solar water heater was designed, which applied the core panels of flat plate solar collector and the evaporation of heat pipe to make a whole vane forming tube evaporator, the heat pipe condensation end made into condenser stored in the tank, with R134a as working fluid heating hot water in the system. The experiment was carried out in winter and in spring under different working conditions, and the effects on solar radiation intensity, environment temperature and water tank temperature were tested. The experimental results showed that the thermal efficiency of the system was higher than ordinary split solar water heater, it completely solved the anti-freezing problem in winter and provided basis for commercial application.

Key words: separate type heat pipe; heat pipe working fluid; thermal efficiency

分离热管平板太阳能热水器利用分离热管技术应用到太阳能热利用领域, 即将平板太阳能集热板中的集热板芯与热管的蒸发端制成一体形成管翼式满液蒸发器, 将热管的冷凝端制成冷凝器的形式置于储热水箱内部, 冷凝器的安装位置高于蒸发器的安装位置, 可远离集热器置于室内, 集热板芯表面

太阳能涂层吸收太阳辐射能变为热能, 加热流道中热管工质使之蒸发, 通过蒸汽上升管至冷凝器中冷凝放热加热贮水箱中的水^[1-3]。与传统的水热水器相比^[4], 分离热管平板太阳能热水器把太阳能集热板与储热水箱分离并用管路连接制成分体壁挂式, 系统安装灵活方便, 适合高层住宅太阳能热水器的安

^{*} 收稿日期: 2013 - 07 - 01。

作者简介: 踪义文 (1988—), 男, 江苏沛县人, 硕士生。通讯联系人: 蒋绿林 (1965—), E-mail: 51green@163.com

装,如太阳能集热板安装在建筑南向外立面(如阳台、墙面、遮阳等),可将储热水箱安装在室内^[5-6]。分离热管平板太阳能热水器解决了常规热水器低温环境效率低、高温工作区效率低和环境温度在 0℃ 以下集热板冬季防冻问题。

本文试验样机由常州市康舒环境科技有限公司提供,通过实验研究分析了太阳辐射强度、环境温度、水箱温度对分离热管平板太阳能热水器热性能的影响,进而为该系统的实际应用提供了一定的基础。

1 样机及实验装置

1.1 样机构造

其主要部件参数如下:1—平板太阳能集热板,外形尺寸为(2 000mm×1 000mm×80mm),由管翼式集热蒸发板芯、铝合金边框、背板、透明盖板 and 保温材料等组成,集热蒸发板芯表面为太阳能选择性吸收涂层;2—储热水箱,承压式结构,净容积 100L,内置冷凝盘管、保温层等;3—温控阀,通过关闭温控阀来切断热量的传输,可以有效避免系统出现过高的压力;4—储液罐,用于工作液的储存和避免工作介质比容变化对系统产生影响;5—气液分离器,保障了流入冷凝器的工作介质为气态,避免上升蒸汽管中气液混输,提高换热效率。

1.2 实验装置简介

图 1 所示为分离热管平板太阳能热水器实验装置系统图。它主要由平板太阳能集热板、储热水箱、气液分离器、储液器、液封装置、温控阀等部件组成。

蒸发器与冷凝器之间分别设置一根蒸汽上升管和一根冷凝液下降管,在液管上设置一个储液罐、温控阀和液封装置,储液罐的位置高于蒸发器的最高点,温控阀安装在储液罐与蒸发器之间。并在蒸发器蒸汽出口安装一个气液分离器。

本实验测试数据有:太阳能辐射强度、环境温度、储热水箱温度。其中太阳能辐射强度的测量采用北京中西远大 V2.0 型太阳能辐射仪,测量时将它装在集热器的同一倾斜面上,配有北京中西远大科技有限公司制造专用测量软件,使用数据线连接在电脑上,可直接显示辐射波形图,生成 excel 表格,读出太阳辐射强度。环境温度使用数字温度计

测量,精确度为 0.1℃。水箱温度采用热电偶放入水箱探测孔测量,精确度 1℃。

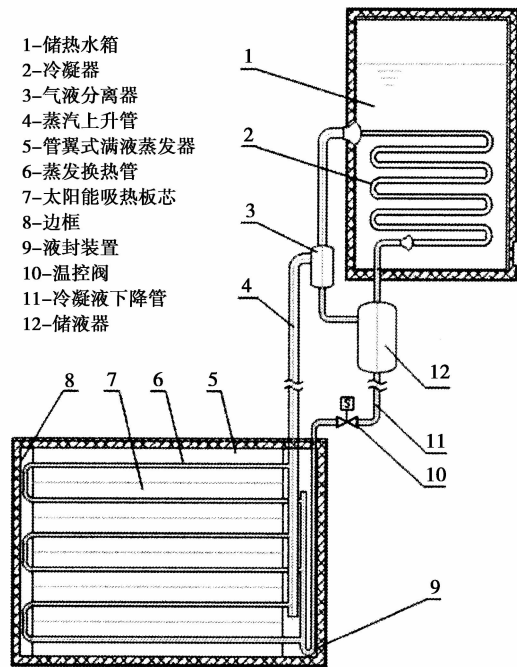


图 1 分离热管平板太阳能热水器实验装置
Fig. 1 Separated type heat pipe flat plate solar water heater

2 实验数据处理与结果分析

2.1 实验数据处理

水箱温度测量:采用多次测量的平均值;环境温度:取某一时时刻瞬时测量值;太阳辐射强度:由于所用的太阳辐射仪测量的数据为 1min/次,因而在计算太阳辐照度,可累加求总辐射或求取某一段时间的平均值;分离热管平板太阳能热水器的热效率:

$$\eta = \frac{Q_{\text{吸}}}{I \cdot A_c \cdot t} = \frac{m \cdot c_w \cdot \Delta t}{I \cdot A_c \cdot t}$$

式中: $Q_{\text{吸}}$ —储热水箱中水的吸热量, J; I —太阳辐射强度, W/m^2 ; A_c —太阳能集热面积, m^2 ; t —时间, s。

2.2 实验数据测试结果及分析

2.2.1 冬季实验数据结果分析

图 2 和图 3 为冬季太阳辐射强度、环境温度、水箱温度变化曲线图。表 1 是 1 月份中选取 7 天处理的实验数据。

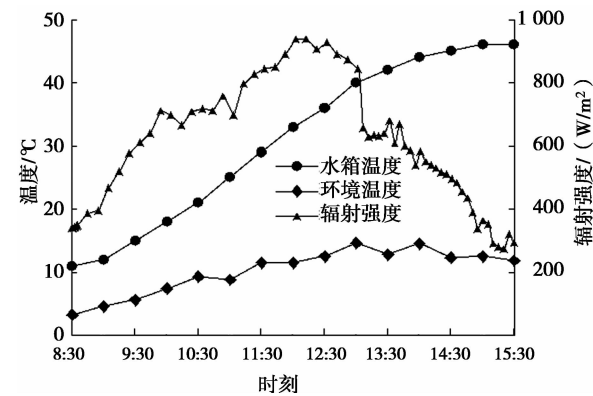


图 2 辐射强度与水箱温度变化曲线

Fig. 2 The changing curve of radiation intensity and water tank temperature

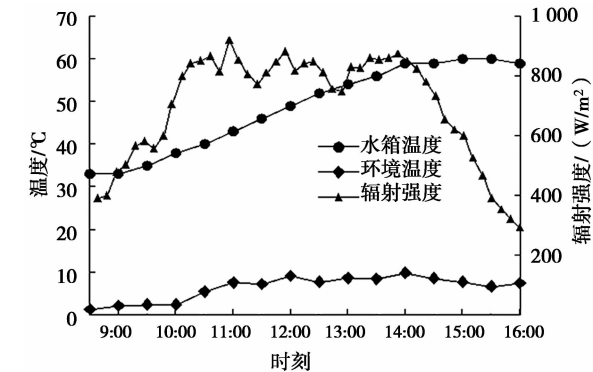


图 3 辐射强度与水箱温度变化曲线

Fig. 3 The changing curve of radiation intensity and water tank temperature

从图 2 中可以看出在环境温度低于 10℃ 的情况下, 水箱温度从较低温度加热时, 充有 R134a 制冷剂的盘管在辐射强度较低时就开始与水箱中的水进行换热, 随着辐射强度的增加, 水箱中水升温差变大, 在时间到达 14:00 左右, 水温变化减缓, 随着辐照度的减小, 水温达到某一恒定温度不变。由此可以得出在辐照度比较好的天气, 热水器中水温在 9:00~14:00 这段时间内, 其温升效果较好, 随着水温的升高, 环境温度与水箱温度之间的温差变大, 水箱散热量变大, 最终水的吸热量与水箱散热量达到平衡, 温度保持不变。

图 3 是水箱从水温 33℃ 开始升温, 由图 3 可以看出其水温变化曲线斜率小于图 2 水温变化曲线斜率, 这是在水温较高时, 水温与环境温差较大, 尽管辐射度很高, 但由于水箱散热量较大, 导致水箱温升变小, 热效率减小。

表 1 是实验在不同时间段内, 累积辐射、水箱温度、环境温度、辐射效率的汇总。从表 1 中可以得到: 在环境温度大体相同的情况下, 水温初始温度为 10℃ 左右, 累积辐射与水箱升温 and 热效率均成正比例关系, 累积辐射越多, 水箱升温越大, 而热效率降低。低温区热效率变化范围在 41%~51% 之间, 热效率应用较高。当水箱水温升高相同的温度时, 水箱初始温度越高, 其热效率就越低, 在高温区, 其热效率仅 35% 左右。

表 1 冬季累积辐射与热效率汇总表

Table 1 Cumulative radiation summary of the winter and thermal efficiency

日期	时间	初温/℃	终温/℃	温差/℃	累积辐射/kJ	热效率/%	环境温度/℃
2013-01-09	8:30~14:30	10	28	18	14 927	50.6	2.7~8.6
2013-01-10	9:00~15:00	8	34	26	21 757	50.2	0.1~10.8
2013-01-11	9:00~13:30	23	43	20	20 142	41.7	1.4~8.6
2013-01-12	9:00~14:00	30	46	16	15 830	42.5	1.6~14.6
2013-01-17	9:00~15:30	20	47	27	28 381	40.0	0.5~7.7
2013-01-18	9:00~15:00	33	60	27	33 464	33.9	1.2~9.8
2013-01-19	8:30~15:00	11	45	34	31 467	46.7	3.2~14.5

2.2.2 春季实验数据结果分析

图 4 和图 5 为春季太阳辐射强度、环境温度、水箱温度变化曲线图。表 2 是 3 月份中选取 7 天处理的实验数据。

从图 4 和图 5 可以看出, 春季阳光较好的天气, 其辐射度较高, 可达到 850W/m², 储热水箱中水的温度均可升至 60℃, 环境温度越高, 其热效率越高, 热效率高达 50.8%。

从表 2 可以看出水箱水温在初始温度为 15~

20℃ 时, 太阳累积辐射在 40MJ 左右, 水箱水温可升高 40℃, 基本满足用户的用水温度, 随着环境温度的升高, 水箱温升变大, 热效率变大。春季热效率在 41%~51% 之间, 利用率较高。

从表 1 和表 2 中可以得到, 冬春季节两者热效率的取值范围相差不大, 但春季热水温升明显比冬季高, 热利用直接效果更明显。

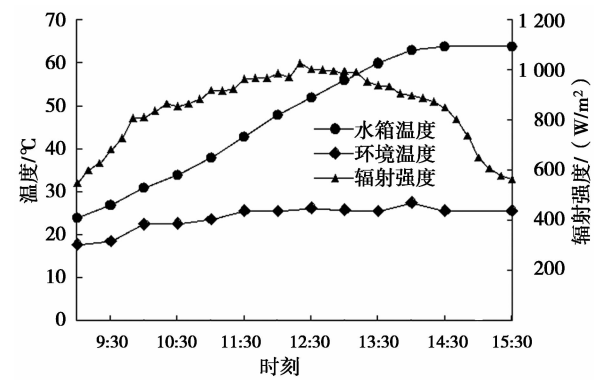


图 4 辐射强度与水箱温度变化曲线

Fig. 4 The changing curve of radiation intensity and water tank temperature

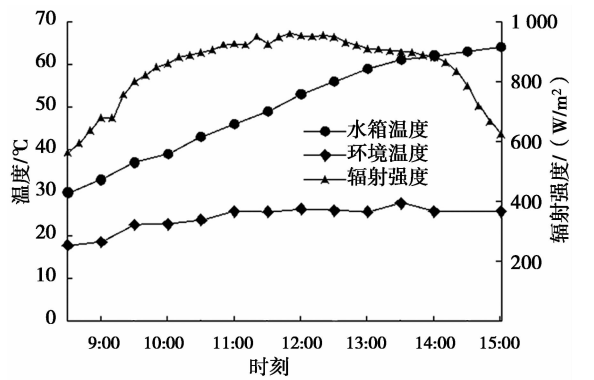


图 5 辐射强度与水箱温度变化曲线

Fig. 5 The changing curve of radiation intensity and water tank temperature

表 2 春季累积辐射与热效率汇总表

Table 2 Cumulative radiation summary of the winter and thermal efficiency

日期	时间	初温/℃	终温/℃	温差/℃	累积辐射/kJ	热效率/%	环境温度/℃
2013 - 03 - 02	9: 10~15: 30	19	56	37	37 673	41.3	5.5~13.1
2013 - 03 - 03	8: 40~15: 30	14	54	40	40 122	41.9	6.4~13.4
2013 - 03 - 04	8: 40~15: 30	16	55	39	36 805	44.5	9.7~21.3
2013 - 03 - 05	9: 30~14: 00	47	68	21	25 407	34.7	10.5~21.6
2013 - 03 - 06	9: 00~14: 30	24	64	40	33 095	50.8	16.2~27.5
2013 - 03 - 07	8: 30~14: 30	37	69	32	27 542	48.8	16.2~26.4
2013 - 03 - 14	8: 45~15: 00	17	56	39	36 831	44.5	5.6~13.8

3 结 论

(1) 采用分离热管技术，将集热板与储热水箱分离开来，集热板与储热水箱间布置集热循环管路，安装灵活方便，完全满足建筑一体化要求。

(2) 采用制冷剂 R134a 作为分离热管工作液，R134a 冰点温度为-40℃，彻底解决了平板太阳能集热器的防冻问题。

(3) 通过处理实验数据结果，分析了太阳辐射强度、环境温度、水箱温度和系统热效率的关系。结果表明，在日均环境温度大体相同的情况下，随着太阳辐照强度的增大，水箱水温温升增大，而热效率有所降低。同时，在正常情况下，热水器的热效率在 41%~51% 内，热效率较高，系统结构简单，有利于商业化的推广。

参考文献：

[1] 庄俊, 张红著. 热管技术及其工程应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.

[2] YU Zi - tao, HU Ya - cai, CEN Ke - fa. Optimal design of the separate type heat pipe heat exchanger [J]. Journal of Zhejiang University: Science A, 2005, 6 (Suppl 1): 23 - 28.

[3] ZHANG Ya - jun, ZHANG Hong, ZHUANG Jun. Effectiveness research and structural optimization for miniature heat pipe heat exchangers [C] //13th International Heat Pipe Conference (13th IHPC). Beijing: China Astronautic Publishing House, 2005: 21 - 25.

[4] 刘硕, 郭铁明, 邱晓园, 等. 浅谈太阳能热水器与建筑一体化的发展 [J]. 硅谷, 2008 (24): 110.

[5] 庞立升. 新型分离热管式太阳能热水器 [J]. 太阳能, 2007 (6): 29 - 32.

[6] 魏琪, 赵俊. 太阳能空气集热器传热性能实验研究 [J]. 建筑热通风空调, 2009 (5): 119 - 122.