

复合抛物面聚光器(CPC)在光伏/热太阳能系统中的应用及实验

肖丽仙, 何永泰

(楚雄师范学院物理与电子科学系, 楚雄 675000)

摘 要: 为研究复合抛物面聚光器(compound parabolic concentrator, CPC)在光伏/热(PV/T)太阳能系统中的应用特性,分析CPC-PV/T集热器内部的热传输机理,建立CPC-PV/T太阳能系统的光热、光电能量转换理论。并对系统的光热、光电转换特性进行研究,结果表明,CPC型聚光器在PV/T系统中的应用,一定程度上会导致系统光热转换性能的降低,但能有效提高系统光电转换效率。另外,设计无聚光PV/T太阳能系统样机和CPC型聚光PV/T太阳能系统样机,并对2种样机的光热、光电特性进行测试及对比分析。其中,CPC-PV/T样机的热效率为39.6%、输出电效率5.4%,无聚光PV/T样机热效率为44%、输出电效率仅为4.1%,实验结果与理论分析结果一致。

关键词: 复合抛物面聚光器(CPC); PV/T系统; 光热特性; 热效率; 光电特性

中图分类号: TK513

文献标识码: A

0 引 言

光伏/热(PV/T)太阳能系统能同时输出电能与热能,是一个双生能系统,理论研究表明,其太阳能利用效率可达80%,但系统成本较高、实用性较差,未得到广泛应用^[1-4]。为降低系统成本和提高太阳能的利用效率,近年来,对聚光型PV/T太阳能系统的研究得到不断增强,如Rosell等^[5]介绍了一种两轴跟踪菲涅尔聚光器(11倍)与PV/T系统集成的聚光型光电/热太阳能系统,其热效率可达60%。Redpath等^[6]研究热管型CPC-PV/T太阳能系统,在CPC聚光率为1.8倍条件下系统的光电转换效率增加2.5%。文献[7,8]开展对CPC-PV/T太阳能系统的理论模型分析,并对系统水流量及太阳电池覆盖率等对系统热性能的影响进行分析。另外,崔文智等^[9]建立聚光型光伏/热系统的三维稳态模型,并对光电、光热转换以及流体流动和传热过程进行数值模拟。刘亚雷等^[10]建立CPC-PV/T系统的动态分析模型,研究系统的结构、水流量等参数对系统性能的影响。孙健等^[11]设计CPC型低聚光PV/T单通

道空气加热太阳能系统实验平台,系统的最大输出功率可达60 W,与相同电池面积无聚光系统相比,聚光系统的最大输出功率可提高20 W。

从以上分析可看出,CPC型聚光器与PV/T太阳能系统集成已得到较广泛研究,并取得了一些有益的研究成果,但针对CPC-PV/T太阳能系统工程设计及应用特性的实验研究报道较少。本文针对PV/T太阳能系统(水加热型)的结构特点,设计2倍CPC型聚光器阵列,建立CPC-PV/T系统的能量转换传输模型,对其热、电特性进行研究分析,同时,设计CPC-PV/T太阳能系统样机,并在云南楚雄对样机光热、光电特性进行测试及分析,为系统的工程化设计提供理论及实验支撑。

1 太阳电池的光热特性及CPC设计

1.1 太阳电池的光热转换特性

PV/T太阳能系统中,太阳电池能吸收超过80%入射太阳能,但仅有5%~15%的入射太阳能转换为电能,大部分吸收的太阳能被转换为热能使太阳电

池温度升高。

太阳电池温度 t_{pv} 与太阳辐照度之间的关系如式(1)所示^[12]:

$$t_{pv} = t_a + (NOTC - 20) \times \frac{E_i}{800} \quad (1)$$

式中, t_a ——环境温度, K; $NOTC$ ——标称工作温度(即在太阳辐照度为 800 W/m^2 , 环境温度为 $20 \text{ }^\circ\text{C}$, 风速为 1 m/s 条件下的太阳电池工作温度), 对于滴胶塑料背板太阳电池其标称工作温度约为 $47 \text{ }^\circ\text{C}$; E_i ——太阳辐照度, W/m^2 。

同时, 随太阳电池温度升高, 其光电转换效率会降低, 对于硅太阳电池而言, 温度每升高 $1 \text{ }^\circ\text{C}$, 其光电转换效率将减小约 0.45% ^[2], 太阳电池输出功率 P_o 随太阳辐照度变化之间关系可表示为:

$$P_o = \eta \left[1 - 0.0045(t_a + (NOTC - 20) \times \frac{E_i}{800} - 298) \right] E_i \quad (2)$$

式中, η ——太阳电池标准转换效率, %。

采用滴胶塑料背板太阳电池, 取 $NOTC$ 为 $47 \text{ }^\circ\text{C}$, 由式(1)、式(2)可得, 在太阳辐照度小于 3300 W/m^2 范围内, 其输出电功率随辐照度增大而增加。但当太阳辐照度大于 3300 W/m^2 后, 太阳电池输出电功率随辐照度增大而减小。因此, 硅太阳电池构成的 PV/T 系统中, 应设计低倍太阳能聚光器。

1.2 CPC设计

复合抛物面聚光器(CPC), 聚光比一般不超过 15, 工作温度范围在 $80 \sim 250 \text{ }^\circ\text{C}$ 之间^[12], CPC 与接收器结合方式主要有平板型接收器、竖板型接收器、三角型接收器及圆管型接收器 4 种。根据 PV/T 集热器平板型吸热板结构特点, 设计理论聚光率为 2 倍的 CPC 型太阳聚光器, 其接收面宽 d_2 为 13 cm , 聚光器开口距离 d_1 为 30 cm , 聚光器高 h 为 25 cm 。其与 PV/T 集热器集成结构示意图如图 1 所示。

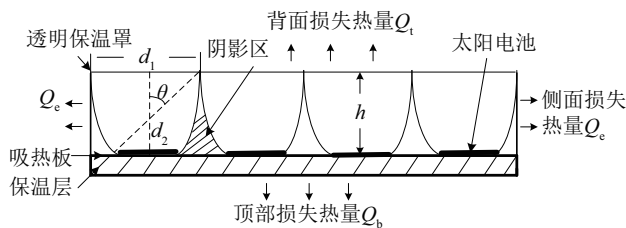


图1 CPC-PV/T集热器结构示意图

Fig. 1 Structure schematic diagram of CPC-PV/T collector

2 CPC-PV/T 太阳能集热器的热传输模型

在 CPC-PV/T 太阳能集热器中, 集热器吸热板获得的热量 $Q(\text{W})$ 来自两方面, 一方面来自太阳电池产生的热量 $Q_{pv}(\text{W})$, 另一方面来自 CPC 产生的热量 $Q_{cc}(\text{W})$ 。

$$Q = Q_{pv} + Q_{cc} \quad (3)$$

CPC-PV/T 集热器内部聚光器、太阳电池及吸热板之间的热交换及热网络示意图如图 2 所示。

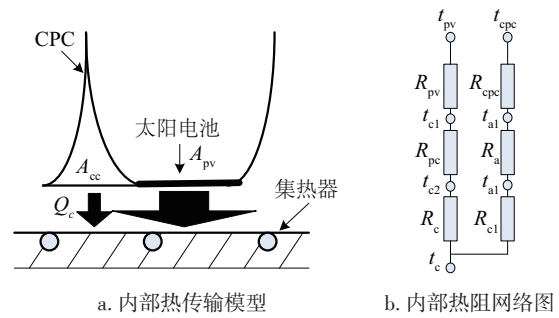


图2 CPC-PV/T集热器内部热传输示意图

Fig. 2 Schematic diagram of heat transfer for CPC-PV/T collector

2.1 太阳电池向集热器传递的热量

CPC-PV/T 集热器中, 太阳电池直接与吸热板相接, 影响太阳电池与吸热板之间热传输的主要因素有太阳电池热阻 R_{pv} 、太阳电池与集热器之间的接触热阻 R_{pc} 和平板集热器热阻 R_c 等, 可表示为:

$$R_{pv} = \frac{\delta_{pv}}{K_{pv}} \quad (4)$$

$$R_c = \frac{\delta_c}{K_{abs}} \quad (5)$$

$$R_{pc} = \frac{t_{pv} - t_c}{q_{pc}} \quad (6)$$

式中, δ_{pv} ——太阳电池厚度, m; δ_c ——吸热板厚度, m; K_{pv} ——太阳电池热导率, $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$; K_{abs} ——吸热板热导率, $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$; t_c ——吸热板温度, $^\circ\text{C}$; q_{pc} ——太阳电池与吸热板间的热流量密度, $\text{J}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

太阳电池和吸热板之间接触热阻与接触面的粗糙程度、压力等有关, 在太阳电池与吸热板紧密接触条件下, 接触热阻忽略不计。因此太阳电池向吸热板传递热量可表示为:

$$Q_{pv} = \frac{A_{pv}(t_{pv} - t_c)}{\frac{\delta_{pv}}{K_{pv}} + \frac{\delta_c}{K_{abs}}} \quad (7)$$

式中, A_{pv} ——太阳电池面积, m^2 。

2.2 CPC向吸热板传递的热量

CPC 受太阳光照射后会吸收部分太阳能,其产生的热量一方面通过与吸热板接触部分以热传导方式向吸热板传输热量,另一方面通过空气对流传导方式向吸热板传输热量,考虑到空气的热导率较低 ($0.025 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$),且空气在集热器内流动性小的特点,空气传热部分忽略不计,可表示为:

$$Q_{cc} = A_{cc} q_{cl} = \frac{A_{cc}(t_{cpc} - t_c)}{\frac{\delta_c}{K_{abs}} + \frac{\delta_{cpc}}{K_{cpc}}} \quad (8)$$

式中, A_{cc} ——聚光器与吸热板的接触面积, m^2 ; q_{cl} ——CPC 与吸热板之间的热通量, W/m^2 ; K_{abs} ——聚光器热导率, $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$; δ_{cpc} ——聚光器底面厚度, m ; t_{cpc} ——聚光器平均温度, $^{\circ}\text{C}$ 。实际应用中,由于聚光器表面对光具有较强反射作用,聚光器吸收太阳能较少,较太阳电池传输的热量可忽略不计。由此,CPC-PV/T 集热器吸热板吸收的热量可近似为太阳电池传递的热量。

2.3 CPC-PV/T 太阳能系统热特性分析

CPC-PV/T 集热器在吸收转换太阳能为热能的同时,会向周围环境辐射热量,称之为热损失。CPC-PV/T 集热器的热损失主要包括顶部、背部及侧部热损失,其与集热器的结构、材料和工作温度等有关,热损失示意如图 1 所示。损失热量可近似表示为:

$$Q_L = \left(A_t U_t + A_b \frac{\lambda_b}{\delta_b} + A_e \frac{\lambda_e}{\delta_e} \right) \cdot (t_c - t_a) \quad (9)$$

式中, δ_b ——集热器背部厚度, m ; δ_e ——侧部隔热层厚度, m ; λ_b ——集热器背部热导率, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; λ_e ——集热器侧部隔热层热导率, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; A_t ——集热器顶部(玻璃罩)面积, m^2 ; A_b ——集热器背部面积, m^2 ; A_e ——集热器侧部隔热层面积, m^2 ; U_t ——顶部(玻璃罩)热损失系数,其与 PV/T 集热器结构、材料特性等有关^[13]。

根据能量守恒定律,由式(1)、式(8)、式(9),CPC-PV/T 太阳能系统的输出有用热能可表示为:

$$Q_u = \frac{A_{pv} \left(t_a + 27 \frac{CE_i \tau}{800} - t_c \right)}{\frac{\delta_{pv}}{K_{pv}} + \frac{\delta_c}{K_{abs}}} - \left(A_t U_t + A_b \frac{\lambda_b}{\delta_b} + A_e \frac{\lambda_e}{\delta_e} \right) \cdot (t_c - t_a) \quad (10)$$

式中, C ——CPC 的聚光率; τ ——透明盖板的透光率, %。

由此, CPC-PV/T 太阳能系统的热效率可表示为:

$$\eta = \frac{1}{AE_i} \left[\frac{A_{pv} \left(t_a + 27 \frac{CE_i \tau}{800} - t_c \right)}{\frac{\delta_{pv}}{K_{pv}} + \frac{\delta_c}{K_{abs}}} - \left(A_t U_t + A_b \frac{\lambda_b}{\delta_b} + A_e \frac{\lambda_e}{\delta_e} \right) \cdot (t_c - t_a) \right] \quad (11)$$

按照 CPC-PV/T 集热器结构参数(如表 1 所示),在不同环境温度温度和聚光比条件下,CPC-PV/T 太阳能系统热效率随辐照度变化特性如图 3 所示。

表 1 PV/T 集热器结构参数

Table 1 Structural parameters of PV/T collector

参数	数值
吸热板面积 A/m^2	4
透明盖板透射比与吸热板吸收比乘积($\tau\alpha$) _e	0.7
吸热板厚度 δ/m	1×10^{-3}
吸热板热导率 $\lambda_{abs}/\text{W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$	300
吸热板温度 $T_p/^{\circ}\text{C}$	$t_{pv}-8$
透明盖板发射率 ε_g	0.88
集热器背部厚度 δ_b/m	0.045
背部隔热材料热导率 $\lambda_b/\text{W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$	0.045
背部隔热板面积 A_b/m^2	4
透明盖板层数 N	1
太阳电池厚度 δ_{pv}/mm	3
太阳电池热导率 $\lambda_{pv}/\text{W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$	2.5
环境温度 $t_a/^{\circ}\text{C}$	25
集热器发射率 ε_p	0.9
风速 $u/\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	3.4
侧部隔热层厚度 δ_e/m	0.03
侧部隔热材料热导率 $\lambda_e/\text{W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$	0.03
侧部隔热板面积 A_e/m^2	0.5
太阳电池标准转换效率	0.1

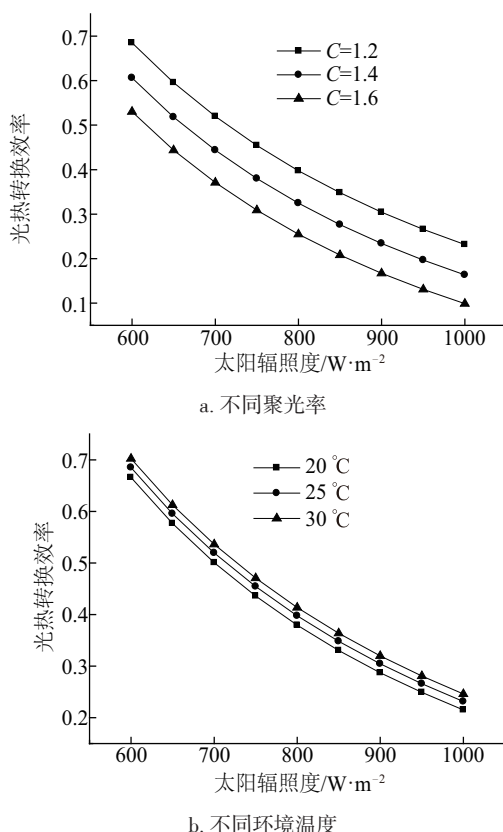


图3 CPC-PV/T集光器的光热效率特性

Fig. 3 Photo-thermal efficiency characteristics of CPC-PV/T collector

从图3中可看出,在相同聚光率和环境温度条件下,CPC-PV/T太阳能系统的热效率会随太阳辐照度的增大而减小,同时,在相同太阳辐照度条件下,系统的热效率会随聚光器聚光率增加和环境温度的降低而减小,究其原因,主要是太阳电池入射太阳辐射量的增加,集热器工作温度升高,导致集热器与环境温差增大所致。

另外,根据水温度变化与吸收热量之间的关系为:

$$Q_u = \frac{mc_p(T_f - T_i)}{t} \quad (12)$$

式中, Q_u ——水吸收总热量, W; m ——水质量, kg; t ——水加热的时间, s; c_p ——水的比热容, 4.2×10^3 J/(kg·°C); T_f ——水加热后温度, °C; T_i ——水初始温度, °C。

由式(10)、式(12)可得 CPC-PV/T 太阳能系统中水加热后的温度可表示为:

$$T_f = \frac{t}{mc_p} \left[\frac{A_{pv} \left(t_a + 27 \frac{CE_i \tau}{800} - t_c \right)}{\frac{\delta_{pv}}{K_{pv}} + \frac{\delta_c}{K_{abs}}} - \left(A_i U_i + A_b \frac{\lambda_b}{\delta_b} + A_c \frac{\lambda_c}{\delta_c} \right) \cdot (t_c - t_a) \right] + T_i \quad (13)$$

2.4 CPC-PV/T 太阳能系统的光电转换特性

CPC-PV/T 集热器中,太阳电池安放在聚光器接收面内,根据太阳电池的光电转换特性,太阳电池输出电能可表示为:

$$P_o = A_{pv} \eta_{cl} CE_i \tau k$$

$$= \eta \left[1 - 0.0045 \left(t_a + 27 \times \frac{C \tau E_i}{800} - 298 \right) \right] CE_i \tau k A_{pv} \quad (14)$$

式中, η ——太阳电池标准转换效率; k ——太阳电池实际工作点偏离最佳工作点系数, 小于 1。

按照表 1 所示 CPC-PV/T 集热器结构特性参数,由式(14),对不同聚光率对太阳电池输出功率及面积的影响特性进行分析,如图 4 所示。

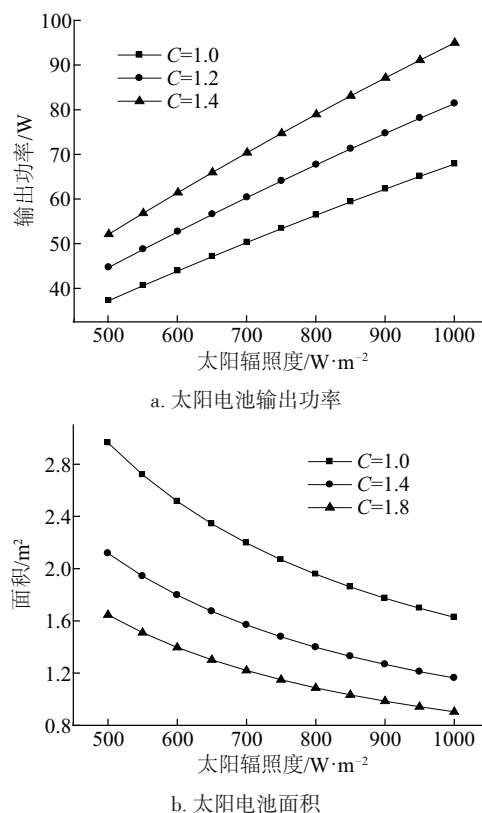


图4 CPC-PV/T太阳能系统光电特性

Fig. 4 Photoelectric efficiency characteristics of CPC-PV/T collector

图 4a 为 1.2 m^2 太阳电池在不同聚光率条件下,输出功率随太阳辐照度的变化特性,从图中可看出,相同太阳辐照度条件下,太阳电池输出功率随聚光率的增加而增加。图 4b 为太阳电池输出功率 60 W ,不同聚光率条件下,太阳电池输出面积随太阳辐照度的变化特性,从图中可看出,相同太阳辐照度条件下,太阳电池面积随聚光率的增加而减小。由此,采用 CPC 聚光技术,在输出功率相同条件下,能达到减小太阳电池面积,降低成本的目的。

总之,从以上分析中可看出,在 CPC-PV/T 太阳能系统中,热特性会随聚光器聚光率的增加而略有下降,但系统的输出电特性会有明显提高。

3 太阳能系统样机的设计及实验

3.1 CPC-PV/T 太阳能系统样机设计

首先,在平板太阳能集热器基础上,设计 2 个面积为 2 m^2 ,太阳电池总面积为 1.2 m^2 的 PV/T 集热器,构成 PV/T 太阳能系统样机,利用 3 mm 玻璃罩作为集热器保温罩,保温水箱容量为 250 L 、铅酸蓄电池 80 Ah ,如图 5a 所示。其次,根据 CPC 型聚光器的设计理论,设计聚光率为 2 倍的 CPC 型聚光器,其接收面宽 d_2 为 13 cm ,开口距离 d_1 为 30 cm ,聚光器高为 25 cm ,考虑到 PV/T 集热器面积为 $1 \text{ m} \times 2 \text{ m}$,故 CPC 聚光器阵列由宽为 0.9 m 的 6 组聚光器组成,如图 5b 所示。最后,由聚光器与 PV/T 太阳能

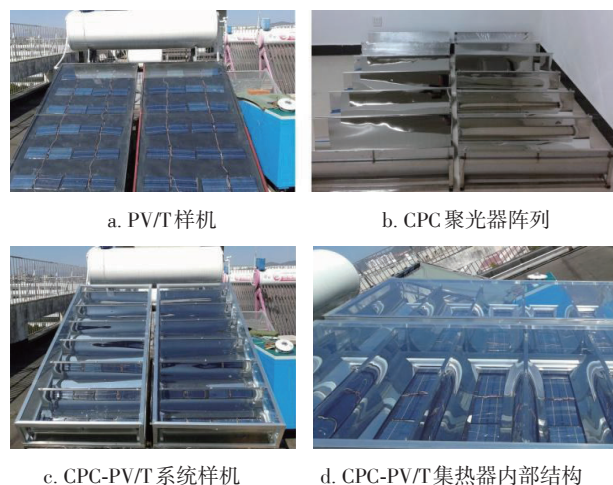


图 5 太阳能系统样机照片

Fig. 5 Photograph of solar system prototype

样机集成构成 CPC-PV/T 太阳能样机,其集热器结构如图 5c、图 5d 所示。

3.2 实验测试

设计太阳能系统样机特性测试系统,其主要以阿尔泰 32 路数据采集系统为主,包括太阳能辐照度计,温度变送器和温度传感器(Pt100)、计算机等组成。

为比较,实验包括无聚光 PV/T 系统样机和 CPC-PV/T 系统样机特性测试 2 部分。首先,2016 年 2 月 17 日,对无聚光 PV/T 系统样机热、电特性进行测试。测试内容包括,太阳辐照度、环境温度、太阳电池温度、热水温度和输出电功率等。其中,太阳辐照度、热水温度及输出电功率如图 6 所示。

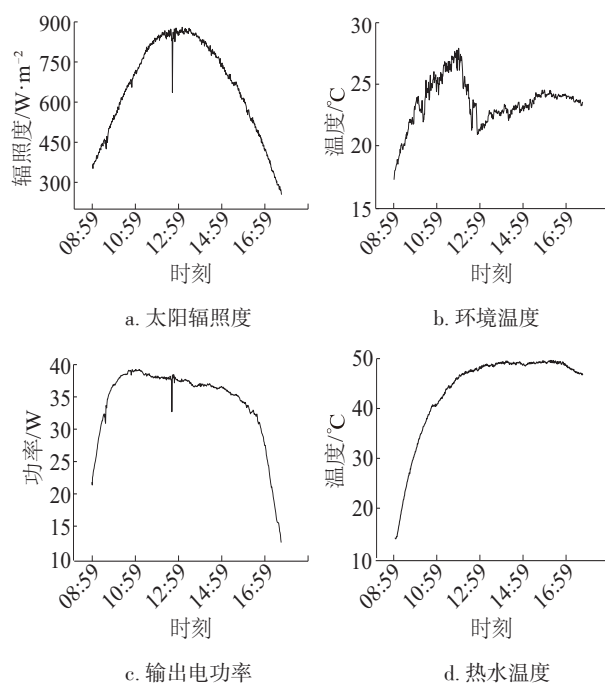


图 6 PV/T 太阳能系统热、电特性

Fig. 6 Photo-thermal and photoelectric characteristics of PV/T system

2016 年 3 月 3 日,对 CPC-PV/T 太阳能系统样机的热、电特性进行测试。测试内容包括,太阳辐照度、环境温度、太阳电池温度、热水温度和输出电功率等。其中,太阳辐照度、热水温度及输出电功率如图 7 所示。

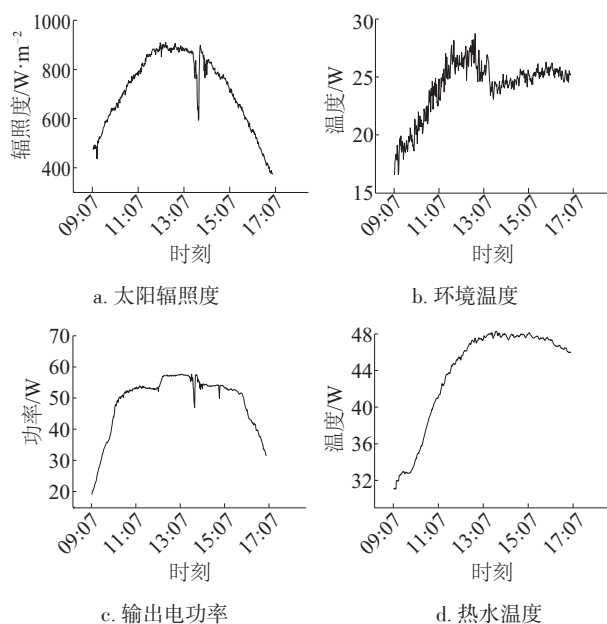


图7 CPC-PV/T太阳能系统热、电特性

Fig. 7 Photo-thermal and photoelectric characteristics of CPC-PV/T system

3.3 结果分析

根据实验测得的数据,由式(9)~式(11),分别计算热水存储的热能 Q_w ,单位为J,太阳能系统样机输出电能 Q_p ,单位为J,太阳能系统样机入射太阳能 Q_i ,单位为J。

$$Q_w = mc_p(T_f - T_i) \quad (9)$$

$$Q_p = \int_0^t P dt \quad (10)$$

$$Q_i = A \int_0^t E_i dt \quad (11)$$

式中, P ——PV/T系统输出电功率,W; t ——系统工作时间,S; A ——PV/T系统吸热板面积,m²。

根据测试结果,以水初始温度31℃、系统工作时间5h为条件,由式(9)~式(11)分析得2种系统样机的热、电特性如表2所示。

从2种太阳能系统样机的热、电测试分析结果可看出,所设计的CPC-PV/T系统样机与无聚光PV/T系统样机相比,热效率减少11%,热水最高温度降低2℃,表明,在PV/T太阳能系统中集成CPC型聚光器,会一定程度降低PV/T系统的热性能,主要因为,增加CPC型聚光器后,增大了集热器散热面积,导致系统热损失增加所致。但是,CPC-PV/T系统样

机的输出电效率与无聚光器的PV/T太阳能系统相比,由4.1%增加到5.4%,所以增加CPC型聚光器,对改善PV/T系统的电性能是有效的,与理论分析结果一致。

表2 PV/T太阳能系统的特性分析统计表

Table 2 Characteristic analysis statistics of CPC-PV/T

参数	无聚光PV/T	CPC-PV/T
系统工作时间段	09:57~14:57	09:08~14:08
环境平均温度/℃	23.9	23.6
热水温差 $t_f - t_i$ /℃	19	17
可用热量 Q_w /J	1.98×10^7	1.78×10^7
入射能量 Q_i /J	4.51×10^7	4.49×10^7
热效率 $(Q_w/Q_i)/\%$	44.0	39.6
平均功率/W	37.8	49.6
输出电能/J	6.80×10^5	8.93×10^5
电转换效率/%	4.1	5.4

由此可得,增加CPC型聚光器会降低PV/T系统的部分热效率,但其热特性(输出水温等)在2~3月份间仍能满足生活所需。而且,在PV/T太阳能系统中增加CPC型聚光器,能有效提高系统的光电转换效率和输出功率,进而达到减少太阳能电池面积降低成本,增强系统实用性的目的。

4 结论

根据CPC型聚光器的设计理论和PV/T集热器的结构特点,分析CPC-PV/T集热器热传输机理,建立CPC-PV/T太阳能系统的光热及光电理论模型,对CPC-PV/T太阳能系统光电、热特性进行分析,结果表明,与无聚光PV/T系统相比,CPC-PV/T太阳能系统的热性能略有下降,但其光电输出效率能得到明显改善。根据无聚光PV/T太阳能系统和CPC-PV/T太阳能系统样机特性实验测试和分析结果,与无聚光PV/T系统相比CPC-PV/T太阳能系统样机的输出电效率由4.1%增至5.4%,热效率由44%降至39.6%,其热特性(输出水温等)在云南2~3月份期间仍能满足家庭生活所需。实验结果与理论分析结果一致,CPC-PV/T太阳能系统具有较好的实用性。

[参考文献]

- [1] Florschuetz L W. Extension of the Hottel-Whillier model to the analysis of combined photovoltaic/thermal flat plate collectors[J]. Solar Energy, 1979, 22(4): 361—366.
- [2] Radziemska E. Performance analysis of a photovoltaic-thermal integrated system[J]. International Journal of Photoenergy, 2009, ID 732093, doi: 10.1155/2009/732093.
- [3] Moradi K, Ebadian A M, Lin Cheng-Xian. A review of PV/T technologies: Effects of control parameters[J]. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2013, 64: 483—500.
- [4] 董 丹, 秦 红, 刘重裕, 等. 太阳能光伏/热(PV/T)技术的研究进展[J]. 化工进展, 2013, 32(5): 1020—1023.
- [4] Dong Dan, Qin Hong, Lui Chongyu, et al. Research progress in solar photovoltaic/thermal (PV/T) technology[J]. Chemical Industry and Engineering Progress, 2013, 32(5): 1020—1023.
- [5] Rosell J I, Vallverdu X, Lechon M A. Design and simulation of a low concentrating photovoltaic/thermal system[J]. Energy Conversion and Management, 2005, 46: 3034—3046.
- [6] Redpath D A G, Singh H, Tierney C, et al. An experimental comparison of two solar photovoltaic-thermal (PVT) energy conversion systems for production of heat and power[J]. Energy and Power, 2012, 2(4): 46—50.
- [7] Atheaya D, Tiwari A, Tiwari G N, Al-Helal I M. Analytical characteristic equation for partially covered photovoltaic thermal (PVT) compound parabolic concentrator (CPC)[J]. Solar Energy, 2015, 111: 176—185.
- [8] Tripathi R, Tiwari G N, Al-Helal I M. Thermal modelling of N partially covered photovoltaic thermal (PVT)-Compound parabolic concentrator(CPC) collectors connected in series[J]. Solar Energy, 2016, 123: 174—184.
- [9] 崔文智, 廖 全, 王 科. CPC聚光型太阳能PV/T系统性能实验[J]. 工程热物理学报, 2010, 31(11): 1909—1912.
- [9] Cui Wenzhi, Liao Quan, Wang Ke. Experimental study of the performance of CPC concentrating solar PV/T system[J]. Journal of Engineering Thermophysics, 2010, 31(11): 1909—1912.
- [10] 刘亚雷, 张 红, 许 辉, 等. CPC型聚光光伏光热系统的性能分析[J]. 可再生能源, 2011, 29(1): 1—5.
- [10] Lui Yalei, Zhang Hong, Xu Hui, et al. Performance analysis on CPC-PV/T system[J]. Renewable Energy, 2011, 29(1): 1—5.
- [11] 孙 健, 王艳香, 施明恒. 复合抛物面聚光太阳能PV/T系统的实验研究[J]. 太阳能学报, 2012, 33(1): 86—91.
- [11] Sun Jian, Wang Yanxiang, Shi Mingheng. Experimental study on a CPC solar PV/T system[J]. Acta Energetica Solaris Sinica, 2012, 33(1): 86—91.
- [12] 刘灵芝, 李戡洪. 复合抛物面聚光器(CPC)光学分析研究[J]. 能源技术, 2006, 27(2): 52—56.
- [12] Liu Lingzhi, Li Jianhong. The optical performance of compound parabolic concentrators (CPC) [J]. Energy Technology, 2006, 27(2): 52—56.
- [13] Vokas G, Christandonis N, Skittides F. Hybrid photovoltaic-thermal systems for domestic heating and cooling—A theoretical approach[J]. Solar Energy, 2006, 80(5): 607—615.

APPLICATION AND EXPERIMENT OF COMPOUND PARABOLIC CONCENTRATOR (CPC) IN PHOTOVOLTAIC / THERMAL SOLAR SYSTEM

Xiao Lixian, He Yongtai

(Department of Physics and Electron Science, Chuxiong Normal University, Chuxiong 675000, China)

Abstract: In order to study the application characteristics of compound parabolic concentrator (CPC) in photovoltaic / thermal solar system, the heat transfer mechanism of the CPC-PV/T collector was analyzed, and the theoretical model of the CPC-PV/T solar system was established. The photo-thermal and photoelectric conversion characteristics of the system were studied based on the theoretical model. The results show that the application of CPC in the PV/T system can significantly improve the photoelectric conversion efficiency of the PV/T system but also reduce the heat transfer performance of the system to a certain extent. In addition, the prototypes of the non-concentrating PV/T solar system and the CPC-PV/T solar system were designed in this study. Moreover, the photo-thermal and photoelectric characteristics of two prototypes were tested and compared. The thermal efficiency and output power efficiency of the CPC-PV/T system were 39.6% and 5.4%, respectively, while that of the non-concentrating PV/T system were 44% and 4.1%, respectively. The experimental results are consistent with theoretical analysis.

Keywords: compound parabolic concentrators (CPC) ; photovoltaic/thermal (PV/T) system; photo- thermal characteristics; thermal efficiency; photoelectric characteristics