

循环水量对光伏光热系统性能影响的实验研究

刘伟¹, 张君美¹, 宋晓帆²

(1. 天津大学建筑设计研究院, 天津 300372; 2. 天津城建大学, 天津 300384)

摘要: 搭建光伏光热(PV/T)系统实验台,研究了光伏板温度、循环水箱水温、光电性能、光热性能、综合性能与系统循环水量之间的关系。

关键词: 光伏光热系统; 光电性能; 光热性能; 循环水量

中图分类号: TK513 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-4416(2014)12-0A35-03



作者简介:刘伟(1988 -),男,辽宁盘锦人,助理工程师,硕士,从事可再生能源利用研究工作。

1 概述

随着居民生活水平不断提高,我国的建筑耗能越来越多,推广太阳能利用是缓解资源短缺现状的有效方法。光伏发电系统中,由于太阳能电池光伏板温度升高导致输出功率下降^[1],使光伏系统的光电转换效率仅为12%~17%,远低于理论值^[2]。为了提高光电转换效率,在电池光伏板背面敷设流体通道,通过流体流动降低光伏板温度,同时,流体也吸收了一定的热量,此系统即为光伏光热(PV/T)系统^[3]。PV/T系统效率比单一的光热系统或光电系统效率均有显著提高。

PV/T系统作为一种新型的太阳能利用方式,如

何高效地实现电能、热能综合利用是当前研究者面临的一大课题。本文从优化系统循环水量入手,搭建热管式PV/T系统实验台进行研究。

2 热管式PV/T系统实验台

光伏板由玻璃盖板、电池基板、PV电池层组成。热管式PV/T集热器(见图1)组件大小为1580 mm×808 mm,厚度为50 mm。其中,玻璃盖板为厚度3.2 mm的超白低碳钢化玻璃,透光率大于91%;保温层为厚度35 mm的酚醛树脂;集热流道材质为铝,内径为21.30 mm,外径为26.90 mm。

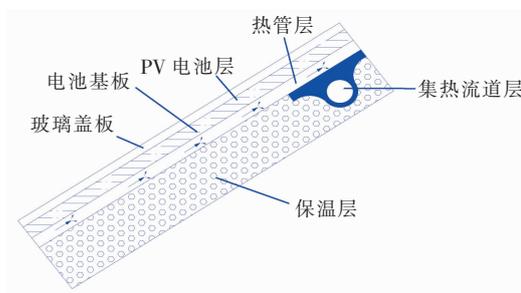


图1 热管式PV/T系统集热器剖面

热管式PV/T系统实验台见图2。根据JGJ 142—2012《辐射供暖供冷技术规程》和GB 50015—2003《建筑给水排水设计规范》(2009年版),当循环水箱中水温到达45℃时,热水全部转存至蓄热水箱中。电能经过光伏控制逆变系统后并入公共电网或储存到蓄电池中。

收稿日期:2014-04-21; 修回日期:2014-10-20

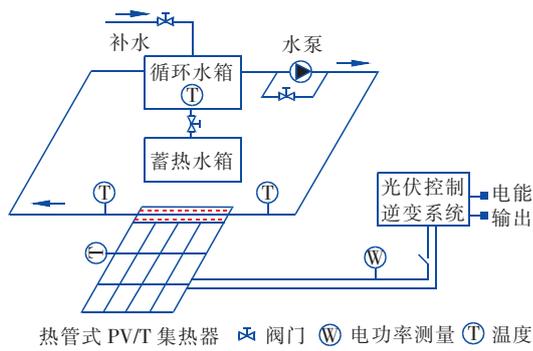


图2 热管式 PV/T 系统实验台

3 实验方案

3.1 测试仪器

AK-FZB 系列太阳辐射测试仪,测量太阳辐射强度;数显式温湿度记录仪,外接 K 型金属探头,测量光伏板表面温度;刺入式温度计,测量循环水箱内水温;Pt100 热电阻,测量集热器进、出口水温;LZB-15 玻璃转子流量计,测量管路水流量;Fluke319 手持式钳表,测量光伏板瞬时电压、电流。

3.2 测试方案

在天津地区室外气象条件下,选择气象参数相近的5月10日、5月11日、5月14日,实验开始时进行第一次补水,控制实验系统内循环水量分别为30 L、50 L、80 L(记为工况1、2、3)。水温升至45℃时转存至蓄热水箱,循环水箱再次补水,3种测试工况下的补水次数分别为4次、3次、2次,总循环水量分别为120 L、150 L、160 L。各测试工况下的补水时刻分别为:工况1:9:00、11:00、12:20、14:00;工况2:9:00、11:40、14:00;工况3:9:00、12:40。测试时,取循环水流量为350 L/h,集热器正南朝向倾角为30°。测试时,数据采集时间均为9:00—17:00。为使测试数据更准确、有效,每次实验均提前10~30 min进行,当系统稳定运行后每隔20 min记录一次测试数据。

4 实验结果分析

4.1 瞬时性能分析

图3~6为实验系统内循环水量分别为30 L、50 L、80 L时各测试参数随时间的变化。

① 实验初始阶段,系统循环水量越少,光伏板温度越高,当水箱补水后,各工况下光伏板表面温度差别增大。16:00之后,由于太阳辐射强度迅速减弱,光伏板温度也迅速降低。

② 系统循环水量越少,循环水箱水温上升越

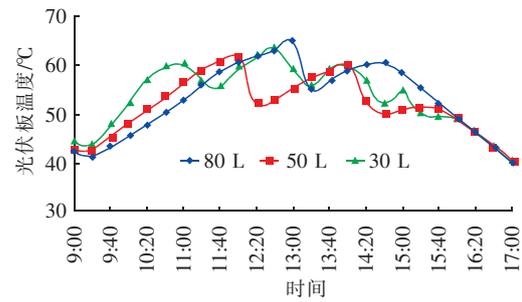


图3 光伏板温度随时间变化

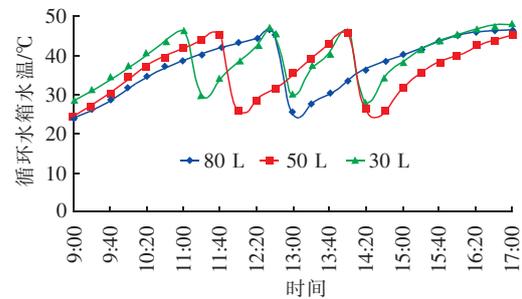


图4 循环水箱水温随时间变化

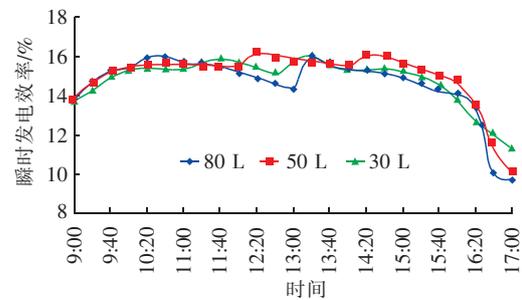


图5 瞬时发电效率随时间变化

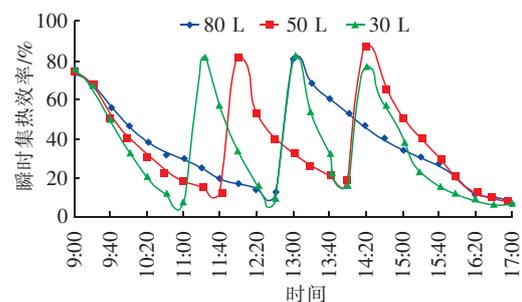


图6 瞬时集热效率随时间变化

快。第2次补水之后,水量为30 L的工况下,水温到达45℃的时间变短,水温的上升趋势由缓变陡,这是由于此测试时段内太阳辐射强度增强所致。当水箱水温达到45℃时,循环水箱内的水储存在蓄热水箱,循环水箱补水导致水箱内水温下降。

③ 实验开始时,PV/T系统的瞬时发电效率均呈上升趋势,随着光伏板温度的升高,抑制了发电效

率的进一步增加,增长趋势变缓,甚至会降低。补水后,随着光伏板温度的下降,瞬时发电效率基本保持稳定。工况 1 光伏板温度上升快,致使其在实验之初发电效率低于另外两种工况。在 16:00 之后,随着太阳辐射强度减弱,发电效率均迅速下降。整个测试日内,3 个工况的最大瞬时发电效率分别为 15.94%、16.21%、15.86%。

④ 循环水量越少,瞬时集热效率下降速度越快。这主要是由于水量越小,水温上升越快,换热温差减小,从而导致集热效率下降。根据曲线的总体趋势可知,工况 2 集热效率高于工况 1 的时间逾 6 h,高于工况 3 的时间仅为 3 h。

4.2 系统的全天平均性能分析

5 月 10 日、5 月 11 日、5 月 14 日的日均太阳辐射照度分别为 751.9 W/m^2 、 755.96 W/m^2 、 757.87 W/m^2 ,集热器面积为 1.27 m^2 ,由此得出辐射得热总量分别为 27.5 MJ、27.65 MJ、27.72 MJ。当循环水量分别为 30 L、50 L、80 L 时,系统全天平均发电效率先增加后降低,集热效率呈增加的趋势,综合效率呈增加趋势(见表 1)。

表 1 系统的全天平均性能

循环水量/L	发电量/MJ	集热量/MJ	发电效率/%	集热效率/%	综合效率/%
30	3.90	8.31	14.17	30.22	44.39
50	4.13	13.39	14.92	48.43	63.35
80	4.04	13.88	14.59	50.07	64.66

循环水量为 50 L 时,系统的集热量较 30 L 增加了 61.13%,发电量增加了 5.9%,综合效率高 42.71%;80 L 情况下,系统的集热量较 50 L 增加了 3.66%,发电量减小了 2.18%,综合效率高 2.07%。

5 结论

① 循环水量越少,循环水箱水温上升得越快,全天发电效率较低。

② 随着系统循环水量的增加,系统全天的集热量呈增加的趋势,发电量呈先增加后降低的趋势,综合效率呈增加的趋势。

③ 当系统循环水量为 80 L 时全天的综合效率最高,为 64.66%,确定 80 L 为系统最佳循环水量。

参考文献:

- [1] ZAKHARCHENKO P, LICEA - JIMENEZ L, PEREZ - GARCIA S A, *et al.* Photovoltaic solar panel for a hybrid PV/T thermal system[J]. Solar Energy Materials and Solar Cells, 2004(82): 253 - 261.
- [2] 胡晨明,怀特 R M. 太阳电池[M]. 李采华,译. 北京: 北京大学出版社,1990:38 - 42.
- [3] 季杰,程洪波,何伟,等. 太阳能光伏光热一体化系统的实验研究[J]. 太阳能学报, 2005, 26(2): 170 - 173.

Experimental Study on Influence of Circulating Water Volume on Photovoltaic /Thermal System Performance

LIU Wei, ZHANG Junmei, SONG Xiaofan

Abstract: A test bench for photovoltaic/thermal system is established to study the relationship of photovoltaic panel temperature, water temperature of circulating water tank, photoelectric performance, photothermal performance and comprehensive performance to circulating water volume of the system.

Key words: photovoltaic/thermal system; photoelectric performance; photothermal performance; circulating water volume

