

文章编号: 1671-6612 (2019) 02-143-05

双热源温室太阳能热泵供暖装置测控系统研究

魏翠琴 贾少刚 问朋朋 高志宏

(湖州职业技术学院 湖州 313000)

【摘要】 构建了双热源太阳能热泵装置为30m²实验温室供暖,该装置具备多种运行模式,为更好开展装置的实验研究和优化改进工作,设计构建了装置的测控系统,可以实现装置自动控制运行和参数的采集存储,并可计算得到装置的精确性能参数,通过分析影响装置性能的因素提供进一步的优化改进方案,可为太阳能热泵设备在农业温室方面的应用提供参考依据。

【关键词】 温室;太阳能热泵;测控系统;性能

中图分类号 TH16 文献标识码 A

Monitoring System Study of a Dual Heat Source of Solar-assisted Heat Pump Heating System for Greenhouse

Wei Cuiqin Jia Shaogang Wen Pengpeng Gao Zhihong

(Huzhou Vocational & Technical College, Huzhou, 313000)

【Abstract】 A dual heat source of solar-assisted heat pump (SAHP) heating system is build for the experimental greenhouse with 30m² area, this SAHP has flexible running mode, the unit of monitoring system is build for a better experimental study and SAHP optimization, which can realize automatic control operation and main parameters of collection and storage, the accurate performance of the device parameters can be obtained by calculating, and the improvement and optimization scheme is got through the analysis of factors influencing the COP of SAHP, all of dates provides some references for its application in agricultural greenhouse.

【Keywords】 greenhouse; solar-assisted heat pump; monitoring system; COP

0 引言

温室农业是现代农业的重要发展方向,目前我国温室农业冬季供暖主要采用小型煤炉,其热效率低且造成了环境污染^[1,2],因此开发利用清洁能源和高效节能技术是温室农业可持续发展的必然要求。太阳能是清洁能源,热泵属于高效节能技术,两者的有机结合应用既克服了太阳能受天气影响的缺点也提高了系统性能^[3,4],面对当前严峻的能源与环境问题,太阳能热泵技术的应用意义重大^[5,6],其应用领域也越来越多^[7-10]。甲鱼养殖温室的室温需保持在30℃~35℃,本文以

30m²实验温室的需求构建了双热源太阳能热泵供暖装置实验台(以下简称装置),为更好的开展实验和优化研究工作,对装置的测控系统开展了研究工作,为太阳能热泵装置的实际应用与优化提供参考和依据。

1 双热源温室太阳能热泵供暖装置概况

装置主要由太阳能集热器、双热源热泵机组、蓄热水箱、供暖水箱、循环泵、温度及流量传感器等部件组成,图1为装置结构示意图,图2为装置实景图,表1为装置的主要部件规格。装置中太阳能集

基金项目:浙江省公益技术应用研究计划项目(2015C32112)

作者(通讯作者)简介:魏翠琴(1979-),女,硕士研究生,讲师,E-mail:790994579@qq.com

收稿日期:2018-05-11

热介质采用闭式循环方式，其不与水箱中的水直接接触，集热介质采用丙二醇水溶液等特殊流体可起到防冻、防腐蚀和防结垢的目的，既延长了设备寿命也减少了维护工作量；热泵则设置了两个蒸发器，一个空气源蒸发器，一个放置在蓄热水箱中的水源蒸发器；供暖水箱中的热水通过风机盘管向温室供暖。此装置的优点如下：

(1) 提高了装置的性能。装置在冬季主要以串联方式运行时，即太阳能用来制取低温热水作为热泵水源蒸发器的热源，此工况下一方面太阳能集

热器的效率可有效提升^[11]，同时因制冷剂蒸发温度提高，热泵 COP_h 也提升明显^[12,13]，因此装置的整体能效比 COP_s 有较大提升。

(2) 系统稳定性高。阴雨天太阳能无法工作时热泵以空气源方式运行可保证温室的正常供暖。

(3) 系统的运行模式灵活，可根据温室热负荷、阳光辐照强度以及环境温度等选择合适的运行模式，可以最大程度的利用太阳能并实现系统的节能运行。

表 1 太阳能热泵装置主要部件规格

Table 1 Component specification of SAHP

部件名称	规格	数量
平板集热器	2000mm×1000mm，黑铬涂层全铜版芯； 有效采光面积：1.91m ² ；透光率≥91.6%； 吸收率：96%±2%；集热器支架倾角：40°	20 块
热泵机组	额定输入功率 4.5kW，制冷剂 R134a	1 台
供暖水箱	容积 300L，50mm 的聚氨酯保温	2 个
蓄热水箱	容积 1000L，50mm 的聚氨酯保温	1 个
循环泵	扬程：35m；额定流量：50L/min	4 台
太阳能集热介质	丙二醇水溶液，10kg/桶	若干
温室风机盘管	180W，外观尺寸：600mm×700mm×50mm	2 台
温度传感器	Pt100，精度±0.1℃	34 个
涡轮流量传感器	DN25，流量范围：1~10m ³ /h，4mA~20mA 输出	4 个
太阳能辐照计	TBQ 辐照计，量程：0~2000W/m ² ，4mA~20mA 输出	1
连接管件	DN25 镀锌管、阀门	若干

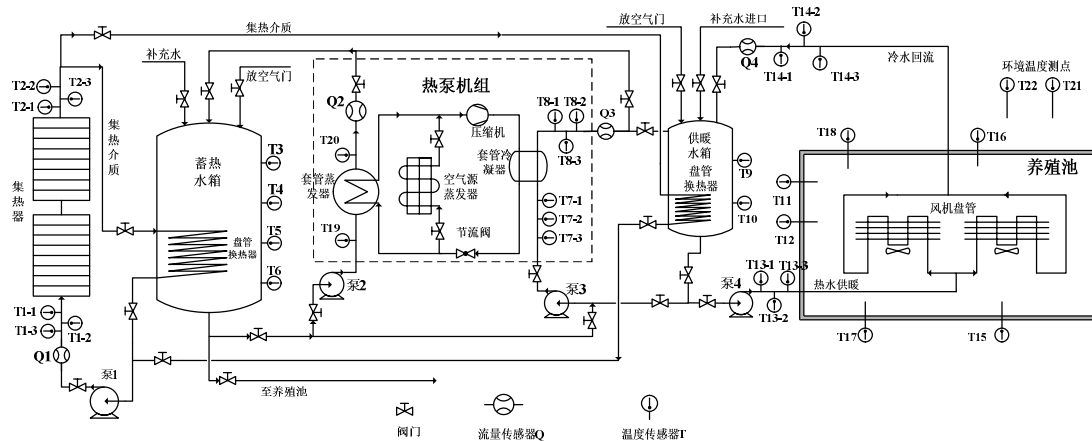


图 1 双热源太阳能热泵装置结构图

Fig.1 Structural representation of SAHP device



图 2 太阳能热泵装置实景图

Fig.2 Photo of SAHP device

2 太阳能热泵装置的测量参数

装置开展的实验研究中主要涉及到温度、流量及太阳能辐照度等参数的测量和记录, 结合图 1, 具体传感器的设置如表 2 所示, 测量得到的这些参数通过计算得到太阳能集热器效率、热泵 COP_h 、装置 COP_s 及相关参数的变化曲线, 可以对影响装置性能的因素进行分析进而加以优化改进。

表 2 太阳能热泵装置的测量参数

Table 2 Parameters of SAHP

序号	名称
1	太阳辐照度 I_s , W/m^2
2	集热介质体积流量 Q_1 , L/min
3	蒸发器水体积流量 Q_2 , L/min
4	冷凝器水体积流量 Q_3 , L/min
5	供暖水体积流量 Q_4 , L/min
6	集热器进口温度 $T_{1-1} \sim T_{1-3}$, $^{\circ}C$
7	集热器出口温度 $T_{2-1} \sim T_{2-3}$, $^{\circ}C$
8	蓄热水箱水温 $T_3 \sim T_6$, $^{\circ}C$
9	冷凝器进口温度 $T_{7-1} \sim T_{7-3}$, $^{\circ}C$
10	冷凝器出口温度 $T_{8-1} \sim T_{8-3}$, $^{\circ}C$
11	供暖水箱水温 $T_9 \sim T_{10}$, $^{\circ}C$
12	养殖池水温 $T_{11} \sim T_{12}$, $^{\circ}C$
13	风机盘管进口温度 $T_{13-1} \sim T_{13-3}$, $^{\circ}C$
14	风机盘管出口温度 $T_{14-1} \sim T_{14-3}$, $^{\circ}C$
15	温室室温 $T_{15} \sim T_{18}$, $^{\circ}C$
16	水源蒸发器进口温度 T_{19} , $^{\circ}C$
17	水源蒸发器出口温度 T_{20} , $^{\circ}C$
18	环境温度 $T_{21} \sim T_{22}$, $^{\circ}C$

3 太阳能热泵装置测控系统研究

3.1 太阳能热泵装置运行模式分析

根据不同月份下的阳光辐射照度和天气条件,

装置全年的运行模式基本上可以划分为串联运行模式、并联运行模式、空气源热泵运行模式、太阳能单独运行模式等四种, 具体运行时则根据实际情况进行选择进而实现装置的节能运行, 每种运行模式的分析如下所述。

(1) 串联运行模式。每年的 11 月到次年 3 月期间, 即冬季和秋末春初期间, 温室热负荷较高且太阳辐照强度较弱, 太阳能无法单独运行, 此时太阳能热泵装置宜以串联形式运行, 即太阳能加热蓄热水箱中的水得到 $30^{\circ}C \sim 40^{\circ}C$ 热水, 此热水作为热泵水源蒸发器的低温热源, 经过热泵运行使供暖水箱中的水达到 $50^{\circ}C \sim 60^{\circ}C$, 进而进行温室供暖。

(2) 空气源热泵运行模式。任何季节下阴雨天无阳光时装置应以此模式运行, 即热泵以空气源蒸发器形式单独加热供暖水箱和蓄热水箱达到设定温度, 供暖水箱中的水去进行供暖, 蓄热水箱中的水供给养殖池换水所需。

(3) 并联运行模式。春末秋初时节, 外界环境温度与阳光辐照强度较强, 此时装置适宜使用并联模式运行, 即使用太阳能分别加热供暖水箱和蓄热水箱, 当太阳能不足以使供暖水箱水温达标时开启空气源热泵加热供暖水箱。

(4) 太阳能单独运行模式。当夏季太阳能辐照度强烈时太阳能可以单独运行加热供暖水箱和蓄热水箱使之达到所需的温度。

3.2 太阳能热泵装置运行控制策略分析

结合装置的运行模式, 装置的运行控制策略如下所述:

(1) 控制系统可以实现太阳能热泵装置的自动运行, 也可以实现手动运行。

(2) 温室的温度控制范围为 $33 \pm 2^{\circ}C$, 当温室温度 $\geq 35^{\circ}C$ 时, 供暖泵 4 停止运行, 当室温 $\leq 31^{\circ}C$ 时, 供暖泵 4 启动运行。

(3) 供暖水箱的水温上限为 60℃，水温下限为 50℃；当供暖水箱温度≥60℃时，热泵停止运行；当供暖水箱水温≤50℃时，热泵启动运行，此时需要判断条件以决定热泵以何种模式运行，当蓄热水箱温度>10℃时，装置以串联方式运行；当蓄热水箱水温≤10℃时，热泵以空气源形式单独运行。

(4) 装置以串联模式运行时，热泵与泵 2、泵 3 联动，首先启动泵 2 和泵 3 建立起水循环后热泵再启动运行；热泵以空气源形式单独运行时，热

泵与泵 3 联动，首先启动泵 3 建立起水循环后热泵再启动运行。

(5) 太阳能的启动停止工况条件：太阳辐照度≥500W·m⁻²且太阳能集热器进出口温差>1℃时^[4]，太阳能循环泵启动运行；太阳辐照度≤500W·m⁻²或者太阳能集热器进出口温差≤1℃，太阳能循环泵停止运行。

3.3 太阳能热泵装置控制系统设计与构建

表 3 太阳能热泵装置控制系统主要元件

Table 3 Component specification of SAHP controlling system

元件名称	规格型号	数量
PLC	西门子 S7-200 SMART, CPU SR20	1
触摸屏	MCGS: TPC7062Ti	1
温度信号处理模块	TAM-PT100-8L; 通讯输出: RS485 MODBUS-RTU	5
4~20mA 信号处理模块	MB8AI: 信号输入: 4~20mA; 通讯输出: RS485 MODBUS-RTU	1
电量信号处理模块	HC-33A; HC-31A	6

结合装置运行需求设计构建了其控制系统，其主要控制元件见表 3 所示，由 PLC、触摸屏、信号处理模块及各种电气元件构成。

控制系统需要采集处理 34 个热电阻信号，4 个流量计模拟量信号，1 个辐照计模拟量信号，6 个电量输出信号。所有的信号通过相关的模块处理后通过 RS485 接口以 MODBUS-RTU 通讯方式与西门子 S7-200 SMART 实现数据的传递，PLC 对

数据进行处理后输出控制指令实现装置的自动控制运行，同时 MCGS 触摸屏也与 PLC 进行通讯，由触摸屏实现数据的显示与存储。构建控制系统的实物图如图 3 所示，经过初步的调试运行，测控系统运行良好，各个测量参数采集显示存储正常，可以实现装置的自动运行，达到了开展实验研究的要求。

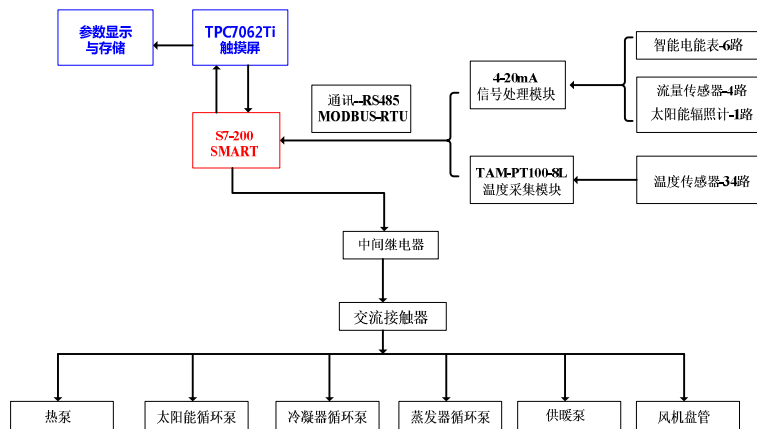


图 3 控制系统结构原理图

Fig.3 The structure schematic diagram of the control system

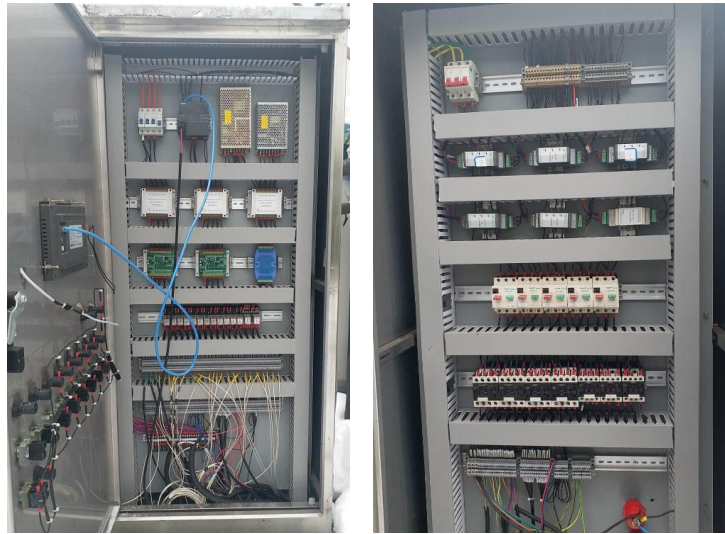


图 4 太阳能热泵装置控制系统实物图

Fig.4 Photo of SAHP controlling system

4 结语

本文以甲鱼养殖实验温室和双热源太阳能热泵供暖装置的运行要求,设计构建了太阳能热泵的测控系统,装置中的参数测量点设置齐全,初步调试运行后测其运行良好,通过测控系统可以开展装置在各种典型工况和运行模式下的实验研究,可以得到装置整体性能、太阳能效率、热泵 COP 等核心参数及影响装置性能的原因。太阳能热泵技术在温室农业方面应用有着良好的环保效益和社会效益良好,可以促进温室农业的健康可持续发展,为温室农业的转型与升级提供助力。

参考文献:

- [1] 李德坚,唐轩,殷志强,等.温室太阳能供暖[J].太阳能学报,2002,23(6):557-563.
- [2] 邝平健,刘喜斌.燃煤热风炉解决北方温室供暖问题的研究[J].农机化研究,2007,(3):221-222.
- [3] 阳季春,季杰,裴刚,等.间接膨胀式太阳能多功能热泵单独制热水性能实验研究[J].太阳能学报,2008,29(6):678-683.
- [4] 魏翠琴,高志宏,贾少刚,等.太阳能热泵热水装置性能实验研究[J].机械设计与制造,2016,(7):265-268.
- [5] 旷玉辉,王如竹,于立强.太阳能热泵供热系统的实验研究[J].太阳能学报,2002,23(4):1-6.
- [6] 贾少刚,高志宏,魏翠琴,等.甲鱼养殖温室应用太阳能热泵供暖系统的节能减排分析[J].工业控制计算机,2016,(2):69-70.
- [7] 康靖,王劲柏.并联冷却的太阳能复合式空调节能特性[J].制冷与空调,2015,29(4):440-445.
- [8] 陈冰,罗小林,毕方琳,等.温室太阳能与空气源热泵联合加温系统的试验[J].中国农业科技报,2011,13(1):55-59.
- [9] 郑荣进,孙文君,张建高,等.基于可再生能源供热的设施水产养殖试验温室设计[J].农业工程学报,2011,10(10):218-221.
- [10] 魏翠琴,王丽萍,贾少刚,等.太阳能热泵应用现状与性能分析[J].制冷与空调,2017,37(2):159-163.
- [11] 高志宏,贾少刚,魏翠琴,等.平板型太阳能热水装置性能实验研究[J].太阳能,2015,(11):59-62.
- [12] 陈阳,张晨阳,张哲,等.太阳能热泵系统性能的试验研究[J].流体机械,2011,39(11):77-80.
- [13] 孙冰冰,张晨阳,毛力,等.太阳能热泵系统的试验研究与分析[J].水电能源科学,2012,30(4):198-201.
- [14] 曲世琳,马飞,吉玉宝,等.非直膨式太阳能-水源热泵地板辐射采暖实验系统研究[J].南京理工大学学报(自然科学版),2010,34(1):141-145.