

文章编号: 1671-6612 (2020) 04-432-04

中央式冷热暖三联供 太阳能热泵系统设计与运行模式分析

贾少刚 张五一 刘培陶 秦 桐

(中国船级社质量认证公司青岛分公司 青岛 266071)

【摘 要】 开发利用新能源和高效节能技术是解决能源与环境问题的重要途径, 太阳能和热泵技术的有机结合应用具有显著的节能环保效果。设计了一套中央式双热源冷热暖三联供太阳能系统, 可满足建筑物的夏季制冷、冬季供暖及全年热水需求, 并对其运行模式进行了分析, 结果表明其节能效果良好, 可以为太阳能热泵系统的实际应用提供理论依据。

【关键词】 太阳能; 热泵; 节能; 运行模式

中图分类号 TK512 文献标识码 A

Design and Running Mode Analysis of Central Solar-assisted Heat Pump for Supplying Combined Cooling Heating and Hot Water

Jia Shaogang Zhang Wuyi Liu Peitao Qin Tong

(China Classification Society Certification Company Qingdao branch, Qigndao, 266071)

【Abstract】 The utilization of new energy resources and excellent energy saving technology is the significant way to solve the problem of energy and the environment, the combination of solar and heat pump technology application has outstanding effect of energy conservation and environmental protection. A central solar-assisted heat pump (SAHP) with dual heat source is designed for supplying combined cooling heating and hot water throughout the year, meanwhile its running mode are analyzed and the results show that the effect of energy saving is good, which can provide theoretical basis for its practical application.

【Keywords】 Solar energy; heat pump; energy saving; running mode

作者(通讯作者)简介: 贾少刚(1984-), 男, 硕士, 工程师, E-mail: jsg.lq@163.com

收稿日期: 2019-02-12

0 引言

能源与环境是当今突出的两大问题, 目前我国建筑能耗(采暖、制冷及热水等)约占全社会总能耗的 30%^[1], 随着社会发展这一比例会继续上升。建筑能耗直接或间接地消耗了大量一次能源并污染了环境, 因此通过新能源和节能技术的开发利用来降低建筑能耗越来越受到重视, 作为清洁能源的太阳能和高效节能的热泵技术得到了极大的关注和应用^[2,3]。太阳能光热利用和热泵型空调已在我国得到

广泛应用, 但两者之间的有机结合应用还比较少, 两者的结合应用可以克服太阳能受天气条件影响的缺点, 也提高了系统稳定性, 并拓宽了其应用范围, 可应用于建筑物制冷供暖、生活热水供应、农业温室供热、农产品干燥等领域, 目前国内学者对太阳能热泵技术展开了积极研究^[4-9], 因此将太阳能热泵技术应用于建筑物的制冷、供暖和热水的同时供给(冷热暖三联供)在有效降低建筑能耗的同时还可积极促进能源消费的转型升级与节能环保技术的应

用推广,对社会的可持续发展具有重要意义。

1 太阳能热泵系统简介

太阳能热泵系统由太阳能集热器、热泵机组、蓄热水箱、供暖供水装置等部件有机组合而成。根据热泵蒸发器与太阳能集热器的组合形式可分为直膨式和非直膨式两大类,在直膨式系统中太阳能集热器和蒸发器合二为一;在非直膨式系统中太阳能集热器和热泵蒸发器相对独立工作,而非直膨式又可分为串联、并联和混联三种方式。以提供热水为目的的四种类型的太阳能热泵系统示意图如图1~图4所示。

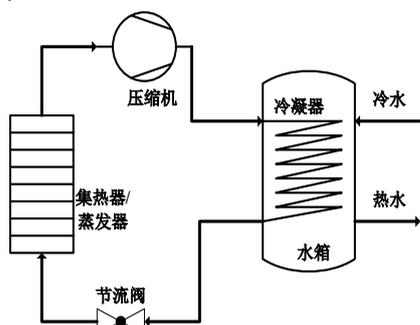


图1 直膨式太阳能热泵系统

Fig.1 Direct expansion solar-assisted heat pump

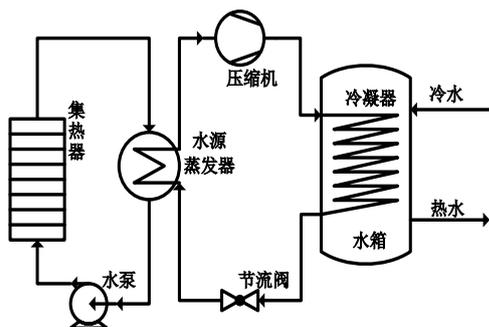


图2 非直膨串联式太阳能热泵系统

Fig.2 Serial solar-assisted heat pump

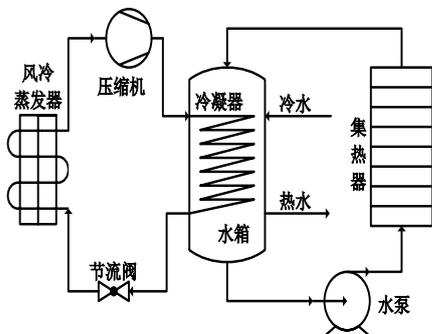


图3 非直膨并联式太阳能热泵系统

Fig.3 Paralled solar-assisted heat pump

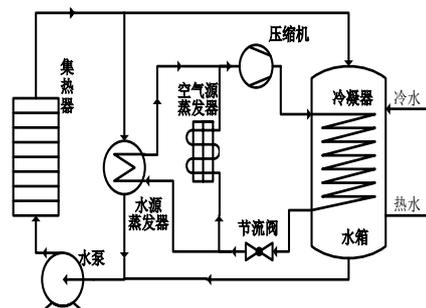


图4 非直膨混联式太阳能热泵系统

Fig.4 Series-parallel solar-assisted heat pump

图1所示为直膨式系统,制冷剂在集热/蒸发器中接受太阳辐射吸热而蒸发,之后制冷剂进入压缩机被压缩,然后进入冷凝器释放热量加热水箱中的水后回到集热/蒸发器形成循环。直膨式系统的结构简洁部件少,可提高热泵和集热器的性能,但其制冷剂管路较长流动阻力大,无阳光时相当于空气源热泵运行,当前对直膨式系统的研究集中在集热/蒸发器和系统容量匹配方面^[10]。图2所示为串联式系统,太阳能加热后的热水作为热泵蒸发器的低温热源,再经热泵提升热能品质后通过冷凝器释放出来加以利用。串联式系统的本质为水源热泵,其COP高于空气源热泵,但其受天气条件影响较大,无阳光时需使用辅助热源。图3所示为并联式系统,太阳能与热泵可相互独立工作,互为补充,两者既可单独运行,也可一起联合运行,并联式系统对原有的太阳能和热泵装置无需做很大改动即可组合使用,系统稳定性较高。图4所示为混联式系统,其中热泵设置了两个蒸发器,一为水源,一为空气源,系统的构成较为复杂,混联式系统运行方式灵活,既可以串联和并联方式运行,也可以太阳能和热泵单独运行。

2 冷热暖三联供太阳能热泵系统设计

为满足较大建筑物(如宾馆、酒店等公共场合)的冬季供暖、夏季制冷和全年生活热水所需,结合不同类型太阳能热泵系统的结构形式,设计了中央式双热源混联式冷热暖三联供太阳能热泵系统,如图5所示,该系统由太阳能集热器、热泵机组、水箱、泵、换热器等设备部件组成。

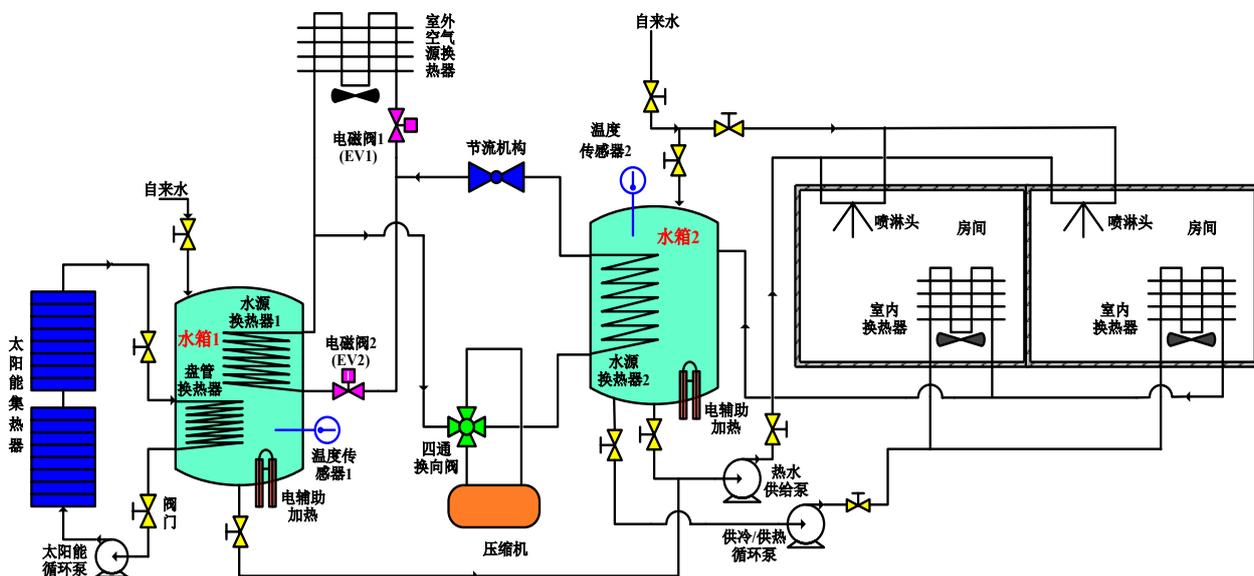


图 5 三联供太阳能热泵系统结构示意图

Fig.5 Structural representation of SAHP device

太阳能采用闭式循环方式运行，其集热介质在集热器内部管路、水箱中的盘管换热器及连接管路中循环流动，在集热器中吸收阳光辐射能并通过盘管换热器加热水箱 1 中的水，集热介质不与水箱 1 中的水直接接触，因此集热介质可以采用特殊流体（如乙二醇、丙二醇、丙三醇等水溶液）起到防冻、防腐蚀和防结垢的目的，既可延长设备寿命也可减少维护工作量。

热泵装置中设置了三个换热器，一个空气源换热器，一个放置在水箱 1 中的水源换热器以及一个放置在水箱 2 中水源换热器。热泵在工作过程中通过四通换向阀的切换，实现对水箱 2 中水的制冷或者制热效果；通过电磁阀 1 和电磁阀 2 的开启与关闭实现对水源换热器 1 和空气源换热器的投入或者退出运行，当水源换热器 1 投入运行时可实现水箱 1 中的水与热泵的热交换，热泵既可以加热水箱 1 中的水，也可以从水箱中的水吸取热量，从而实现不同的应用目的；水源换热器 1 退出运行即空气源换热器投入运行，热泵此时向空气释放或者吸收热量。

3 太阳能热泵系统运行模式分析

结合建筑物不同季节的冷热需求 and 三联供太阳能热泵系统的结构，其运行模式分析如下：

(1) 太阳能运行模式。无论任何季节，只要

在阳光辐照度较好的情况下太阳能均可运行来加热水箱 1 中的水，获得的热水既可用于日常生活所需，也可以在冬季作为热泵水源换热器 1 的低温热源。太阳能为清洁可再生能源，对其有效利用可以大大节约其他能源。

(2) 夏季热泵制冷模式。此时水箱 2 中的水为冷水，供给到房间换热器起到制冷作用；此种模式下水源换热器 2 为蒸发器起到制冷作用使水箱 2 中的水变成冷水，水箱 2 中的冷水再被供冷循环泵供给到房间进行制冷；而空气源换热器或者水源换热器 1 作为冷凝器起到散热作用，当水箱 1 中的水温未达到设定值时水源换热器 1 投入运行，当水箱 1 中的水温达到设定值时水源换热器 1 退出运行同时空气源换热器投入运行，水箱 1 中的热水直接供给到房间使用。

当空气源换热器投入运行时，热泵运行过程中仅制冷效果得到利用；因阴雨天、夜间或者日间阳光辐照度较弱，太阳能无法提供足够热量时，水源换热器 1 投入运行加热水箱 1 中的水得到热水，此时热泵的运行过程制冷量和制热量同时得到了利用，热泵 COP_h 大大提高，相较热泵单独制冷或者使用电热水器、燃气热水器获得热水，其节能效果十分显著。

(3) 冬季热泵制热模式。此种模式下水源换热器 2 为冷凝器起到制热作用，空气源换热器和水

源换热器1为蒸发器起到吸热作用;此时水箱2中的水为热水,供给到房间换热器起到供暖或者直接使用;水箱1中的水为热泵水源换热器1的低温热源。因冬季环境温度较低且太阳光辐照度较弱,此时太阳能热泵系统宜以串联方式运行——太阳能加热水箱1制取的低温热水为热泵水源蒸发器1的低温热源,一方面可以提高太阳能集热器的效率^[1],另一方面因蒸发温度的提高,热泵的 COP_h 也有效提高^[12-14],系统的 COP_s 也提高了,这意味

着太阳能热泵系统运行过程中的能耗减少了;当阴雨天或者阳光辐照度较弱时启动电辅助加热水箱1中的水,以改善热泵的运行工况。

太阳能热泵系统在不同季节条件下选择不同的运行模式,既可以尽量多的利用太阳能,也提高了系统的能效比,获得比较好的节能效益,使系统实现全年节能运行,系统的运行模式与效益分析见表1。

表1 太阳能热泵系统运行模式与效益分析

Table 1 Running mode and benefit analysis of SAHP

季节	环境工况	运行模式	节能效益分析
冬季	环境温度低 太阳辐照较强	EV1 关闭, EV2 开启, 太阳能与水源热泵串联运行	提高了水源换热器1的蒸发温度,改善压缩机工况,提高了系统 COP_s ,节能效果较好
	环境温度低 太阳辐照弱 多云阴雨天气	EV1 关闭, EV2 开启, 必要时开启电辅助加热, 太阳能与热泵串联运行	提高了水源换热器1的蒸发温度,改善了压缩机工况,消耗了额外电能,有一定节能效果
	晴好天气	EV1 开启, EV2 关闭,太阳能与空 气源热泵各自单独运行	水箱2制取冷水,水箱1由太阳能制取热水,有一定节能效果
	多云阴雨天气	EV1 关闭, EV2 开启, 热泵制冷模式运行	水箱2制取冷水同时水箱1由热泵制取热水,提高了热泵 COP_h ,节能效果很好
春夏季	晴好天气	热泵不运行,太阳能单独运行, 开窗通风	太阳能制取热水,有一定节能效果
	多云阴雨天气	EV1 关闭, EV2 开启, 热泵制冷模式运行	热泵制取热水,有一定节能效果

4 结语

为满足较大建筑物所需的制冷、供暖和热水供给,设计了中央式冷热暖三联供太阳能热泵系统,并对其运行模式与节能效益进行了分析,可得结论如下:

(1) 冬季晴好天气条件下太阳能热泵系统宜以串联模式运行,既提高了太阳能集热器的效率,也提高了热泵 COP_h ,改善了热泵的工况,从而系统整体 COP_s 得到了有效提高,节能效果良好。

(2) 夏季多云阴雨天气时太阳能无法工作,热泵可同时实现制冷和制取热水,热泵 COP_h 大大提高,节能效果显著。

(3) 任何季节天气条件下,无论是太阳能还是热泵制取热水,相比较电热水器或者燃气热水器制取热水均可实现一定的节能效果。

我国太阳能资源丰富,随着太阳能热泵技术的进一步发展和成熟,会逐渐实现大型三联供太阳能热泵系统的实际应用,这对于缓解能源危机和减少环境污染具有重要意义,可以创造更大的节能环保效益,未来的应用前景十分广阔。

参考文献:

- [1] 彭金梅,罗会龙,崔国民,等.热泵技术应用现状及发展动向[J].昆明理工大学学报(自然科学版),2012,37(5):54-59.
- [2] 王伟,南晓红.热泵辅助型太阳能热水装置应用低碳性分析[J].制冷与空调,2012,26(4):349-352.
- [3] 刘鹏,关欣,穆志君,等.太阳能热泵技术在国内的研究与发展[J].化工进展,2009,28(增刊):328-333.
- [4] 王伟,王建颖.银川地区热泵辅助太阳能热水系统设计探讨[J].制冷与空调,2015,29(2):169-173.