

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F25B 27/00 (2006.01)

F25B 30/06 (2006.01)

H01L 31/058 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610114394.9

[45] 授权公告日 2009年1月21日

[11] 授权公告号 CN 100453926C

[22] 申请日 2006.11.9

[21] 申请号 200610114394.9

[73] 专利权人 中国科学技术大学

地址 230026 安徽省合肥市金寨路96号

[72] 发明人 季杰 裴刚 刘可亮 何汉峰
何伟

[56] 参考文献

CN1651828A 2005.8.10

CN1515850A 2004.7.28

JP2003-336930A 2003.11.28

DE19902650A1 2000.7.27

JP2003-336930A 2003.11.28

JP58-158455A 1983.9.20

US2003/0047209A1 2003.3.13

JP2006-183933A 2006.7.13

US4493940A 1985.1.15

审查员 吴全伟

[74] 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责任
公司

代理人 关玲 成金玉

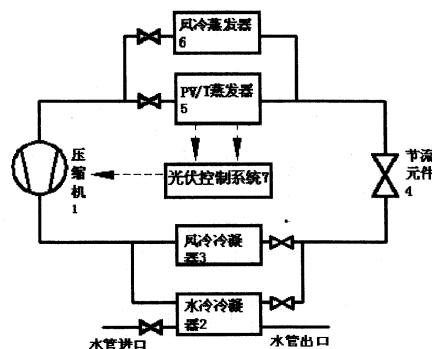
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

[54] 发明名称

光伏太阳能热泵多功能一体化系统

[57] 摘要

光伏太阳能热泵多功能一体化系统，主要包括压缩机、水冷冷凝器、风冷冷凝器、节流元件、PV/T蒸发器、风冷蒸发器和光伏控制系统，PV/T蒸发器把接收到的太阳辐射一部分直接转化成电能，一部分以热能的形式被制冷剂工质所吸收，还有一部分散失在空气中，在PV/T蒸发器出口制冷工质经过吸热后达到过热状态，然后进入压缩机，在温度压力被提升后进入冷凝器放出热量，随后流经节流元件，变成温度和压力都较低的两相混合物，最后进入PV/T蒸发器完成一个循环。本发明提高了光电转换效率和蒸发器的吸热效率，使系统的综合性能得以大大提高，同时利用电力存储技术减少乃至克服太阳能热泵系统对外部电力供应的依赖，扩大了太阳能热泵系统的适应性和应用范围。



1、光伏太阳能热泵多功能一体化系统，其特征在于：主要包括压缩机（1）、水冷冷凝器（2）、风冷冷凝器（3）、节流元件（4）、PV/T蒸发器（5）、风冷蒸发器（6）和光伏控制系统（7），水冷冷凝器（2）和风冷冷凝器（3）并联连接，分别作为制取生活用热水或房间采暖用的换热器，PV/T蒸发器（5）和风冷蒸发器（6）并联连接，在太阳辐射不充分或没有太阳辐射时，从空气吸收热量，风冷蒸发器（6）作为PV/T蒸发器（5）的一个补充；PV/T蒸发器（5）的输出和光伏控制系统（7）连接，PV/T蒸发器（5）把接收到的太阳能一部分直接转化成电能，一部分以热能的形式被制冷剂工质所吸收，还有一部分散失在空气中，在PV/T蒸发器（5）出口制冷工质吸热后变成过热状态，然后进入压缩机（1）；在温度压力被提升后进入水冷冷凝器（2）或风冷冷凝器（3）放出热量，随后流经节流部件（4），变成温度和压力都较低的两相混合物，最后进入PV/T蒸发器（5）完成一个循环；光伏控制系统（7）将PV/T蒸发器（5）中产生的直流电变成交流电，外接负载使用，或用来直接驱动压缩机（1）；水冷冷凝器（2）放出的热量被水吸收后变成温度较高的生活用热水，或者利用风冷冷凝器（3）来加热房间的空气给房间供暖；所述的PV/T蒸发器（5）由光伏电池（51）、导热金属板（52）、工质盘管（53）、绝热层（54）和铝质框架（55）构成，光伏电池（51）与导热金属板（52）紧密贴合在一起，工质盘管（53）平行连接在导热金属板（52）的背面，光伏电池（51）、导热金属板（52）、工质盘管（53）三者之间导热良好，导热金属板（52）的背面有绝热层（54）围护，整个模块周围用铝质框架（55）固定，当太阳光照射到PV蒸发器表面，一部分太阳能被光伏电池（51）直接转化成电能，其余大部分被导热金属板（52）吸收，然后通过工质盘管（53）传递给制冷剂，背面的绝热层（54）有效阻止热量对环境的散失，铝质框架（55）对整个模块起有效固定作用；所述的工质盘管（53）和导热金属板（52）的连接有以下几种方式：一是

工质盘管(53)直接焊接在导热金属板(52)的背面,光伏电池(1)压贴在导热金属板(52)的正面;二是工质盘管(53)先嵌入到有“Ω”槽的粘胶薄铝板中,然后再将粘胶薄铝板粘贴在导热金属板(52)的背面,光伏电池压1贴在导热金属板(52)的正面。

2、根据权利要求1所述的光伏太阳能热泵多功能一体化系统,其特征在于:所述的风冷蒸发器(6)由制冷剂铜管(63)、翅片(61)、轴流风扇(62)组成,制冷剂铜管(63)从间隔的翅片(61)簇中垂直穿过,并使二者紧密结合,以减小接触热阻,空气从翅片(61)间流过,热量通过翅片(61)和制冷剂铜管(63)传递给制冷剂,布置在铜管(63)和翅片(61)前方的轴流风扇(62)能增强空气的流动性,达到增强换热的目的。

3、根据权利要求1所述的光伏太阳能热泵多功能一体化系统,其特征在于:所述的光伏控制系统(7)主要包括:控制器(71)、蓄电池组(72)、逆变器(73)组成,控制器(71)把PV/T蒸发器5中光伏电池(51)产生的直流电,以定压的方式输送给蓄电池组(72),然后通过逆变器(73)变成交流电,外接负载使用,也可以用来直接驱动压缩机(1),使系统成为一个独立系统,从而减少对公用电网的依赖。

光伏太阳能热泵多功能一体化系统

技术领域

本发明涉及一种光伏太阳能热泵多功能一体化系统(PV/T Solar Assisted Heat Pump, PV/T-SAHP),属于太阳能利用领域。

背景技术

太阳能热泵的使用,可以减少建筑能耗中常规能源的使用比例,对于寻求能源和环境两大社会问题的解决具有极其深远的意义。美国学者 T.L.Freeman, J.W. Mitchell and T.E. Audit, Performance of combined solar-heat pump systems. Solar Energy Vol22, pp125-135, 1979 和 R.C. Bosio and N.V. Suryanara, Solar-assisted heat pump system: a parametric study for space heating of a characteristic house in Madison,Wisconsin. ASME WA/SOL-8, 1975 在上个世纪 70 年代较早提出的太阳能热泵系统(Solar Assisted Heat Pump, SAHP)中,在该系统中直接用太阳辐照作为热泵热源,提高了蒸发压力和蒸发温度,使得热泵系统的性能系数与常规热泵相比有明显提高。接着国内外其他学者也开展了研究,如 M.Chandrashekar, N. T. Le, H. F. Sullivan et al., A Comparative study of solar assisted heat pump systems for Canadian locations. Solar Energy Vol.28, No.3, pp.217-226, 1982; S.Kugle,S.Green, A.Haji-sheikh et al, Performance of solar assisted heat pump systems in residential applications. Solar Energy Vol.32, No.2,pp 169-179,1984 ; S.K.Chaturvedi and James Y. Shen, Thermal performance of direct expansion solar-assisted heat pump. Solar Energy Vol.33, No. 2, pp. 155-162,1984; M. P. O'dell, J. W. Mitchell, W. A. Beckman, Design method and performance of heat pump with refrigerant-filled solar collectors. Journal of Solar Energy Engineering, Vol.106, pp.159-164,

1984; G. L. Morrison, Simulation of packaged solar heat pump water heaters. *Solar Energy*, Vol.53, No.3, pp.249-257, 1994; S. K. Chaturvedi, D. T. Chen and A. Kheireddine, Thermal performance of a variable capacity direct expansion solar-assisted heat pump. *Energy Convers. Mgmt* Vol.39, No.3/4, pp. 181-191,1998; B.J.Huang and J.P.Chyng, Performance characteristics of type solar-assisted heat pump. *Solar Energy* Vol.71, No.6, pp. 403-414, 2001; M. Hawlader, S. Chou, M. Ullah, The performance of assisted heat pump water heating system. *Applied Thermal Engineering*, Vol.21, pp. 1049-1057,2001; J. G. Cervantes, E. Torres-Reyes, Experiments on a solar-assisted heat pump and an energy analysis of the system. *Applied Thermal Engineering*. Vol.22, pp 1289-1297, 2002; Viorel Badescu, First and second law analysis of solar assisted heat pump based heating system. *Energy Conversion and Management* Vol.43, pp. 2539-2552, 2002; 赵军, 刘立平, 李丽新等, R134a 应用于直接膨胀式太阳能热泵系统, *天津大学学报*, Vol.33, No.3, pp.301-305, 2000; 旷玉辉, 王如竹, 于立强, 太阳能热泵供热系统的实验研究, *太阳能学报*, Vol.23, No.4, pp.408-413, 2002; 余延顺, 廉乐明, 寒冷地区太阳能—土壤源热泵系统运行方式的探讨, *太阳能学报*, Vol.24, No.1, pp.111-115, 2003; 白莉, 张喜明, 于立强, 太阳能热泵供热水系统的实验研究, *低温建筑技术*, Vol.2, pp.57-58, 2003。上述这些研究结果也表明, 太阳能热泵系统具有良好的环保节能效果和发展潜力, 以往对 PV/T 的研究大都是以水或者空气作为载热介质, 由于水或空气的温度较高, 因此冷却效果并不理想, 电池的光电转换效率也一直难以达到较高水平; 另外蒸汽压缩式热泵系统在运行时必须有外部电力供应, 这在一定程度上限制了它的使用范围。

已有的太阳能热泵专利中, 如太阳能热泵空调系统和太阳能+空气源热泵空调系统 02117298.6, 太阳能热泵冷暖空调器 02219389.8, 太阳能热

泵制冷热系统 02239555.5 一般只是利用了太阳能的长波部分，未能对太阳能进行光电、光热综合利用。

发明内容

本发明的技术问题：克服现有技术的不足，提出一种光伏太阳能热泵多功能一体化系统，该系统将热泵技术和太阳能光电、光热利用相结合，提高了太阳能的综合利用效率，同时具有制热、制冷、制热水等多功能性，利用电力存储技术可以减少乃至克服太阳能热泵系统对外部电力供应的依赖，扩大了太阳能热泵系统的适应性和应用范围。

本发明的技术方案：光伏太阳能热泵多功能一体化系统，其特征在于：主要包括压缩机、水冷冷凝器、风冷冷凝器、节流元件、PV/T 蒸发器、风冷蒸发器和光伏控制系统，水冷冷凝器和风冷冷凝器并联连接，分别作为制取生活用热水或房间采暖用的换热器，PV/T 蒸发器和风冷蒸发器并联连接，在太阳辐射不充分或没有太阳辐射时，从空气吸收热量，风冷蒸发器作为 PV/T 蒸发器的一个补充；PV/T 蒸发器的输出和光伏控制系统连接，PV/T 蒸发器把接收到的太阳能一部分直接转化成电能，一部分以热能的形式被制冷剂工质所吸收，还有一部分散失在空气中，在 PV/T 蒸发器出口制冷工质吸热后变成过热状态，然后进入压缩机，在温度压力被提升后进入水冷冷凝器或风冷冷凝器放出热量，随后流经节流部件，变成温度和压力都较低的两相混合物，最后进入 PV/T 蒸发器完成一个循环；光伏控制系统将 PV/T 蒸发器中产生的直流电变成交流电，外接负载使用，或用来直接驱动压缩机；水冷冷凝器放出的热量被水吸收后变成温度较高的生活用热水，或者利用风冷冷凝器来加热房间的空气给房间供暖。通过切换制冷工质的流向，该系统还可以实现夏季制冷的功能。

本发明与现有技术相比的优点在于：本发明将光伏组件与热泵装置的蒸发器有机结合成一体，使太阳能从光电、光热两个方面被加以综合利用，它在继承了传统太阳能热泵优点的同时，大大提高了太阳能的综合利用效率，

弥补了太阳能热泵系统必须有外部电力供应的缺憾，其优点如下：

(1) 与普通光伏系统的发电效率 10%相比，本发明的发电效率提高了 30.1%。这主要是因为 PV 组件与热泵蒸发器结合成一体，热泵工质的蒸发热吸收使得 PV 组件的温度明显低于普通光伏组件的工作温度，光电效率得以提高。计算还显示，PV/T 蒸发器的全天平均热效率 $\bar{\eta}_t$ 为 62.5%，全天的平均电效率 $\bar{\eta}_e$ 为 13.1%，则全天光电光热综合效率高达 75.6%，与普通太阳能装置的热效率 45.0%相比，PV/T-SAHP 系统对太阳能的综合利用效率提高了 68%。

(2) 因为热泵蒸发器被阳光直接照射，本发明的蒸发温度要高于普通热泵，性能系数 COP 也较普通热泵系统有明显提升。计算表明，本发明的平均 COP 为 4.66，明显高于普通热泵的性能系数 3.25（环境温度 25℃条件下的试验数据），相似条件下 COP 提高了 43.0%。

(3) 对整个系统来讲，热泵装置的运行消耗电能，光伏组件可以输出电能，两者之差才是系统的实际耗电量。经计算，制取同样的热量，本发明运行耗电只及普通风冷热泵的 1/6。而且，实际运行中，如果热泵压缩机间断运行，还可以得到一定的净电量输出。

附图说明

图 1 为本发明的原理框图；

图 2 为本发明的 PV/T 蒸发器的主视图；

图 3 为本发明的 PV/T 蒸发器的侧视图；

图 4 为本发明的风冷蒸发器的结构示意图；

图 5 为本发明的控制系统结构图；

图 6 为本发明的热泵热力学循环过程示意图。

具体实施方式

如图 1 所示，本发明由压缩机 1、水冷冷凝器 2、风冷冷凝器 3、节流元件 4、PV/T 蒸发器 5、风冷蒸发器 6、光伏控制系统 7 组成，水冷冷凝器

2 和风冷冷凝器 3 并联连接, 分别作为制取生活用热水或房间采暖用的换热器, PV/T 蒸发器 5 和风冷蒸发器 6 并联连接, 在太阳辐射不充分或没有太阳辐射时, 从空气吸收热量, 作为 PV/T 蒸发器 5 的一个补充; PV/T 蒸发器 5 的输出和光伏控制系统 7 连接, PV/T 蒸发器 5 把接收到的太阳能一部分直接转化成电能, 一部分以热能的形式被制冷剂工质所吸收, 还有一部分散失在空气中, 在 PV/T 蒸发器 5 出口制冷工质吸热后变成过热状态, 然后进入压缩机 1, 在温度压力被提升后进入水冷冷凝器 2 或风冷冷凝器 3 放出热量, 随后流经节流部件 4, 变成温度和压力都较低的两相混合物, 最后进入 PV/T 蒸发器 5 完成一个循环; 光伏控制系统 7 将 PV/T 蒸发器 5 中产生的直流电变成交流电, 外接负载使用, 或用来直接驱动压缩机 1; 水冷冷凝器 2 或风冷冷凝器 3 放出的热量被水吸收后变成温度较高的生活用热水, 或者加热房间的空气给房间供暖。

本发明的热力学循环过程如图 6 所示: 在水冷冷凝器 2 或风冷冷凝器 3 中被冷凝后的制冷剂工质首先经节流过程 g-h 后温度压力降低, 变成两相状态, 然后进入 PV/T 蒸发器 5 的工质盘管 53, 在 PV 蒸发器 5 中经过程 h-a-b 逐步吸热气化, 充分换热后达到过热状态点 b; 过热气体经压缩机 1 压缩升温后到达压缩机 1 出口状态点 c, 同时进入冷凝换热器; 过程 c-e-f-g 为工质在冷凝换热器内的冷凝过程, 在水冷冷凝器 2 或风冷冷凝器 3 出口处达到过冷状态; 随后过冷工质又进入节流元件 4, 开始新的循环。本发明通过光伏发电系统与热泵蒸发器的有机结合, 提高了光电转换效率和蒸发器的吸热效率, 使系统的综合性能得以大大提高, 同时利用电力存储技术减少乃至克服太阳能热泵系统对外部电力供应的依赖, 扩大了太阳能热泵系统的适应性和应用范围。

如图 2 所示, 本发明的 PV/T 蒸发器 5 由光伏电池 51、导热金属板 52、工质盘管 53、绝热层 54 和铝质框架 55 构成, 光伏 PV 电池 51 与导热金属板 52 紧密贴合在一起, 工质盘管 53 平行接在导热金属板 52 的背面, 光伏

电池 51、导热金属板 52、工质盘管 53 三者之间导热良好，导热金属板 52 的背面有绝热层 54 围护，整个模块周围用铝质框架 55 固定。当太阳光照射到 PV 蒸发器表面，一部分太阳能被 PV 电池 51 直接转化成电能，其余大部分被导热金属板 52 吸收，然后通过工质盘管 53 传递给制冷剂。背面的绝热层 54 有效阻止热量对环境的散失，铝质框架 55 对整个模块起有效固定作用。工质盘管 53 和导热金属板 52 的连接有以下几种方式：（1）工质盘管 53 直接焊接在导热金属板 52 的背面，光伏电池 1 压贴在导热金属板 52 的正面；（2）工质盘管 53 先嵌入到有“Ω”槽的粘胶薄铝板中，然后再将粘胶薄铝板粘贴在导热金属板 52 的背面，光伏电池压 1 贴在导热金属板 52 的正面。

如图 4 所示，风冷蒸发器 6 为辅助换热器，在阴雨天等阳光辐照较弱时开启，从环境中吸收热量来弥补 PV/T 蒸发器 5 吸热量的不足，保证热泵系统的正常运行。风冷蒸发器 6 由制冷剂铜管 63、翅片 61、轴流风扇 62 等组成。空气从风冷蒸发器 6 的翅片 61 间流过，热量通过翅片 61 和铜管 63 传递给制冷剂，轴流风扇 62 能增强空气的流动速度，达到增强换热的目的。

如图 5 所示，光伏控制系统 7 由控制器 71、蓄电池组 72、逆变器 73 组成，控制器 71 把光伏电池 51 产生的直流电，以定压的方式输送给蓄电池组 72，然后通过逆变器 73 变成交流电，外接负载使用，也可以用来直接驱动压缩机 1，使系统成为一个独立系统，从而减少对公用电网的依赖。

节流元件 4 为公知元件，如膨胀阀或毛细管。

水冷冷凝器有多种，本发明中采用的是板式换热器，也可以采用管壳式、套管式、或盘管式的，但以板式换热器效果最佳。

风冷冷凝器的结构与风冷蒸发器的结构类似，为公知元件。

本发明的工作过程：当太阳辐射较好时，PV/T 蒸发器 5 运行，光伏电池 1 中产生的电能可以经蓄电池 72 和逆变器 73 后输送到电网中，或者供给压缩机 1，实现系统的独立运行。同时可以在冷凝端利用水冷冷凝器 2

制取生活用热水，或者利用风冷冷凝器 3 对房间进行供暖。当遇到阴雨天等太阳辐射比较弱时，启动风冷蒸发器 6，通过风冷蒸发器 6 从环境中吸收热量，从而能保障系统仍能够正常工作。

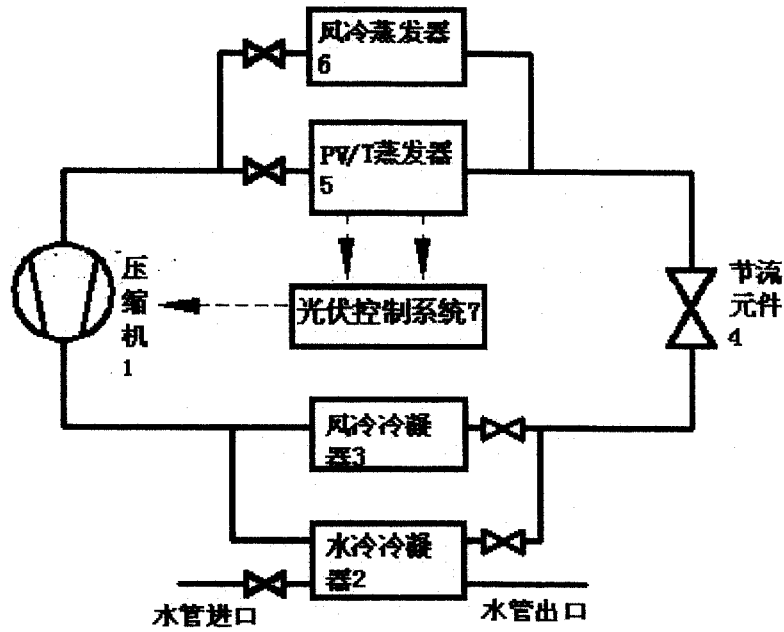


图 1

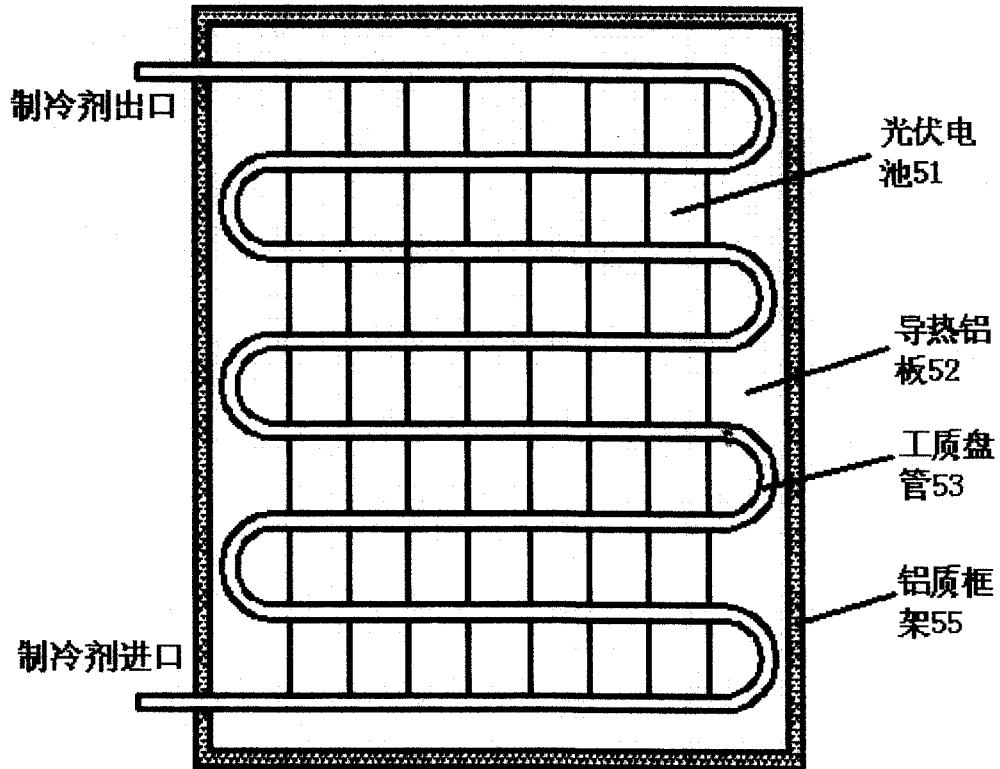


图 2

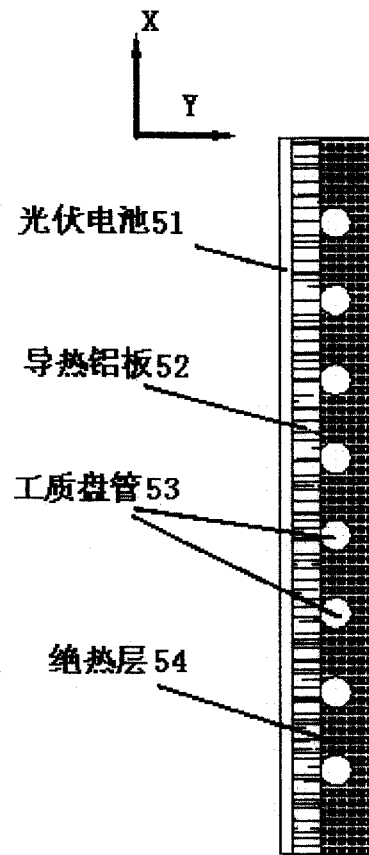


图 3

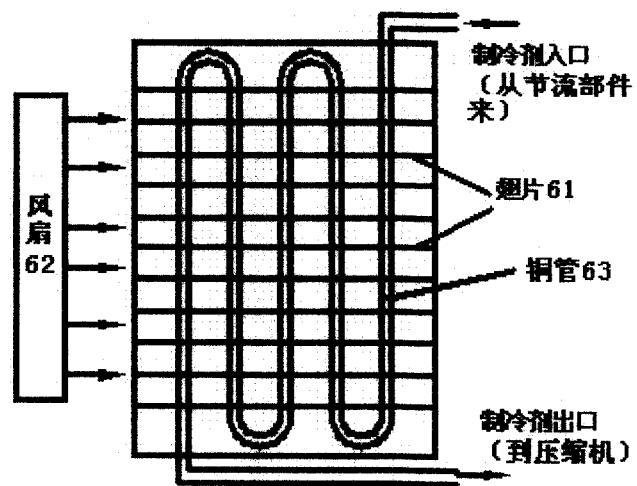


图 4

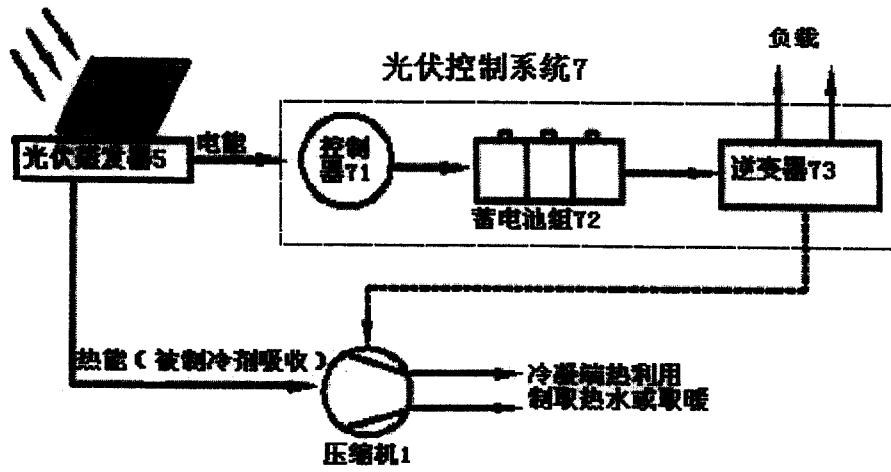


图 5

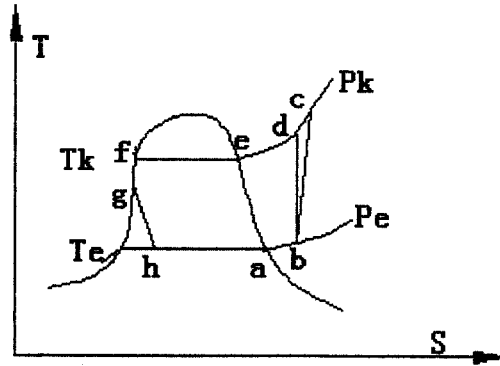


图 6