



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115143553 B

(45) 授权公告日 2024. 01. 30

(21) 申请号 202210616546.4

F24F 13/00 (2006.01)

(22) 申请日 2022.06.01

F24F 11/89 (2018.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

F24F 11/64 (2018.01)

申请公布号 CN 115143553 A

F25B 41/20 (2021.01)

F25B 41/31 (2021.01)

(43) 申请公布日 2022.10.04

(73) 专利权人 郑州大学

地址 450001 河南省郑州市高新技术开发区科学大道100号

(72) 发明人 李为林 常泽芑 刘一凡 于浩

刘昌海 朱佳音

(74) 专利代理机构 郑州盈派知识产权代理事务

所(普通合伙) 41196

专利代理师 樊羿 张晓辉

(56) 对比文件

CN 1492195 A, 2004.04.28

CN 109640604 A, 2019.04.16

CN 106197114 A, 2016.12.07

CN 107917503 A, 2018.04.17

CN 113983577 A, 2022.01.28

CN 110425668 A, 2019.11.08

CN 104728972 A, 2015.06.24

CN 209197048 U, 2019.08.02

JP 2010030325 A, 2010.02.12

(51) Int. Cl.

F24F 5/00 (2006.01)

审查员 高骏

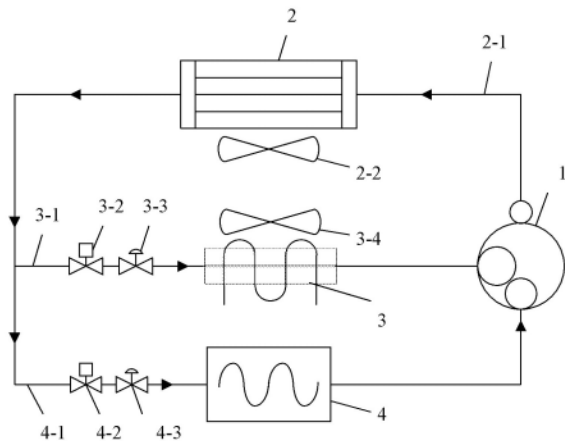
权利要求书1页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

小型直膨式相变蓄冷空调的调控方法

(57) 摘要

本发明公开了一种小型直膨式相变蓄冷空调的调控方法,旨在解决直膨式空调如何应对可再生能源供电波动的技术问题。本发明包括双吸气口压缩机、冷凝器及其配套风机、蒸发器及其配套风机、相变蓄冷设备;本发明选用相变温度略高于空调蒸发温度的相变材料,采取5种供电量状态下不同的调控方法,增加小型直膨式空调的用电需求柔性,使得直膨式空调可以应对可再生能源供电波动,提升直膨式空调的可再生能源消纳率,从而减少直膨式空调的运行碳排放。



1. 一种小型直膨式相变蓄冷空调的调控方法,其特征在于,所述小型直膨式相变蓄冷空调包括相变蓄冷设备,该相变蓄冷设备包括相变蓄冷箱;所述小型直膨式相变蓄冷空调包括双吸气口压缩机,连接于所述双吸气口压缩机出气口的冷凝器及其配套风机、连接于所述双吸气口压缩机进气口的蒸发器及其配套风机和所述相变蓄冷设备;所述相变蓄冷设备包括所述相变蓄冷箱、设于该相变蓄冷箱内的相变材料、布设于所述相变蓄冷箱内的制冷剂管路、表冷器及其配套风机、布设于所述相变蓄冷箱和所述表冷器内的水管路;所述蒸发器连接有蒸发器电磁阀和蒸发器电子膨胀阀;所述相变蓄冷设备连接有相变蓄冷设备电磁阀和相变蓄冷设备电子膨胀阀;所述水管路上设有水管路电磁阀和水管路水泵;

基于供电的波动规律,采取如下调控方法:

以 $P_{\text{供电}}$ 表示供电功率, $Q_{\text{用户}}$ 表示用户冷负荷; $Q_{\text{蓄冷箱}}$ 表示蓄冷箱蓄冷的冷负荷, $Q_{\text{蓄冷箱max}}$ 表示最大蓄冷负荷; COP 表示系统的能效比,即制冷量与供电量之比;

(1) 当 $P_{\text{供电}} \geq (Q_{\text{用户}} + Q_{\text{蓄冷箱max}}) / COP$ 时;所述双吸气口压缩机开启;所述冷凝器配套风机开启;所述蒸发器配套风机开启;所述蒸发器电磁阀开启;所述蒸发器电子膨胀阀全开;所述相变蓄冷设备电磁阀开启;所述相变蓄冷设备电子膨胀阀全开;所述水管路电磁阀关闭;所述表冷器配套风机关闭;所述水管路水泵关闭;相变蓄冷设备处于满负荷蓄冷;

(2) 当 $Q_{\text{用户}} / COP < P_{\text{供电}} < (Q_{\text{用户}} + Q_{\text{蓄冷箱max}}) / COP$ 时;所述双吸气口压缩机开启;所述冷凝器配套风机开启;所述蒸发器配套风机开启;所述蒸发器电磁阀开启;所述蒸发器电子膨胀阀全开;所述相变蓄冷设备电磁阀开启;所述相变蓄冷设备电子膨胀阀部分开启;所述水管路电磁阀关闭;所述表冷器配套风机关闭;所述水管路水泵关闭;相变蓄冷设备处于部分负荷蓄冷状态;

(3) 当 $P_{\text{供电}} = Q_{\text{用户}} / COP$ 时;所述压缩机开启;所述冷凝器配套风机开启;所述蒸发器配套风机开启;所述蒸发器电磁阀开启;所述蒸发器电子膨胀阀全开;所述相变蓄冷设备电磁阀关闭;所述相变蓄冷设备电子膨胀阀关闭;所述水管路电磁阀关闭;所述表冷器配套风机关闭;所述水管路水泵关闭;相变蓄冷设备处于保冷状态;

(4) 当 $P_{\text{供电}} < Q_{\text{用户}} / COP$ 时;所述双吸气口压缩机开启;所述冷凝器配套风机开启;所述蒸发器配套风机开启;所述蒸发器电磁阀开启;所述蒸发器电子膨胀阀部分开启;所述相变蓄冷设备电磁阀关闭;所述相变蓄冷设备电子膨胀阀关闭;所述水管路电磁阀、所述表冷器配套风机和所述水管路水泵联动开启;相变蓄冷设备承担部分室内冷负荷;

(5) 当 $P_{\text{供电}} \approx 0$ 时;所述双吸气口压缩机关闭;所述冷凝器配套风机关闭;所述蒸发器配套风机关闭;所述蒸发器电磁阀关闭;所述蒸发器电子膨胀阀部分关闭;所述相变蓄冷设备电磁阀关闭;所述相变蓄冷设备电子膨胀阀关闭;所述水管路电磁阀、所述表冷器配套风机和所述水管路水泵联动开启;相变蓄冷设备完全承担室内冷负荷。

2. 根据权利要求1所述的小型直膨式相变蓄冷空调的调控方法,其特征在于,所述冷凝器和所述双吸气口压缩机设于室外,所述相变蓄冷箱、所述表冷器及其配套风机、所述蒸发器及其配套风机设于室内;所述表冷器配套风机和所述蒸发器配套风机均设有出风口。

3. 根据权利要求1所述的小型直膨式相变蓄冷空调的调控方法,其特征在于,所述相变材料为相变潜热 C_{PCM} 为220kJ/kg、相变温度为5℃的石蜡无机盐相变材料。

小型直膨式相变蓄冷空调的调控方法

技术领域

[0001] 本发明涉及相变蓄冷技术领域,具体涉及一种小型直膨式相变蓄冷空调的调控方法。

背景技术

[0002] 一方面,建筑或其他人员活动空间的空调供冷用电供需矛盾不均衡已经日趋严重;另一方面,可再生能源发电的波动性与传统用户要求供电的稳定性造成的矛盾愈演愈烈,将进一步影响电力供需不平衡的现状。由此可见,提升空调设备用电的柔性,使其随着可再生能源发电波动进行柔性调控,对于提升可再生能源消纳率、促进实现“碳中和”目标具有重要意义。

[0003] 发明人知晓的一种空调用相变蓄冷装置(中国专利文献CN113218016A)公开了一种通过翅片优化增加蓄冷和释冷期间换热效率的技术。该技术适用于中大型空调,即含有冷冻水系统的空调。

[0004] 但本申请发明人在实现本申请实施例中技术方案的过程中,发现上述技术至少存在如下技术问题:水蓄冷技术中利用水的显热蓄冷,所占体积较大,不适用于小型直膨式空调设备。

[0005] 公开于该背景技术部分的信息仅用于加深对本公开的背景技术的理解,而不应当被视为承认或以任何形式暗示该信息构成本领域技术人员所公知的现有技术。

发明内容

[0006] 发明人通过研究发现:现有冰蓄冷技术及水蓄冷技术的实现效果都不尽如人意,冰蓄冷技术中,由于空调的主机制冷温度达不到制冰温度,所以需要增设额外的制冰主机;水蓄冷技术中利用水的显热蓄冷,所占体积较大。而且上述两种技术也不适用于直膨式空调设备。

[0007] 鉴于以上技术问题中的至少一项,本公开提供了一种小型直膨式相变蓄冷空调系统,通过选用相变温度略高于空调蒸发温度的相变材料,可以利用材料潜热蓄冷的同时直接利用原制冷机为相变材料蓄冷,兼顾了冰蓄冷和水蓄冷的优点,增加小型直膨式空调的用电需求柔性,使得直膨式空调可以应对可再生能源供电波动,提升直膨式空调的可再生能源消纳率,从而减少直膨式空调的运行碳排放。

[0008] 根据本公开的一个方面,提供一种小型直膨式相变蓄冷空调的调控方法,所述小型直膨式相变蓄冷空调包括相变蓄冷设备,该相变蓄冷设备包括相变蓄冷箱;

[0009] 基于供电的波动规律,采取如下调控方法:

[0010] 以 $P_{\text{供电}}$ 表示供电功率, $Q_{\text{用户}}$ 表示用户冷负荷; $Q_{\text{蓄冷箱}}$ 表示蓄冷箱蓄冷的冷负荷, $Q_{\text{蓄冷箱max}}$ 表示最大蓄冷负荷;COP表示系统的能效比,即制冷量与供电量之比;

[0011] (1) 当 $P_{\text{供电}} \geq (Q_{\text{用户}} + Q_{\text{蓄冷箱max}}) / \text{COP}$ 时,由蒸发器完全承担室内冷负荷,并使相变蓄冷箱满负荷蓄冷;

[0012] (2) 当 $Q_{\text{用户}}/COP < P_{\text{供电}} < (Q_{\text{用户}} + Q_{\text{蓄冷箱max}})/COP$ 时; 由蒸发器完全承担室内冷负荷, 并使相变蓄冷箱处于部分负荷蓄冷状态;

[0013] (3) 当 $P_{\text{供电}} = Q_{\text{用户}}/COP$ 时; 由蒸发器完全承担室内冷负荷, 使相变蓄冷箱处于保冷状态;

[0014] (4) 当 $P_{\text{供电}} < Q_{\text{用户}}/COP$ 时; 由蒸发器和相变蓄冷设备共同承担室内冷负荷;

[0015] (5) 当 $P_{\text{供电}} \approx 0$ 时; 由相变蓄冷设备完全承担室内冷负荷。

[0016] 在本公开的一些实施例中, 所述小型直膨式相变蓄冷空调包括双吸气口压缩机、连接于所述双吸气口压缩机出气口的冷凝器及其配套风机、连接于所述双吸气口压缩机进气口的蒸发器及其配套风机和所述相变蓄冷设备; 所述相变蓄冷设备包括所述相变蓄冷箱、设于该相变蓄冷箱内的相变材料、布设于所述相变蓄冷箱内的制冷剂管路、表冷器及其配套风机、布设于所述相变蓄冷箱和所述表冷器内的水管路。

[0017] 在本公开的一些实施例中, 所述蒸发器连接有蒸发器电磁阀和蒸发器电子膨胀阀。

[0018] 在本公开的一些实施例中, 所述相变蓄冷设备连接有相变蓄冷设备电磁阀和相变蓄冷设备电子膨胀阀。

[0019] 在本公开的一些实施例中, 所述水管路上设有水管路电磁阀和水管路水泵。

[0020] 在本公开的一些实施例中, 所述冷凝器和所述双吸气口压缩机设于室外。

[0021] 在本公开的一些实施例中, 所述相变蓄冷箱、所述表冷器及其配套风机、所述蒸发器及其配套风机设于室内。

[0022] 在本公开的一些实施例中, 所述表冷器配套风机和所述蒸发器配套风机均设有出风口。

[0023] 在本公开的一些实施例中, 所述相变材料为相变潜热 C_{PCM} 为 220kJ/kg , 相变温度为 5°C 的石蜡无机盐相变材料。

[0024] 在本公开的一些实施例中, 当所述相变蓄冷箱满负荷蓄冷时, 所述双吸气口压缩机开启; 所述冷凝器配套风机开启; 所述蒸发器配套风机开启; 所述蒸发器电磁阀开启; 所述蒸发器电子膨胀阀全开; 所述相变蓄冷设备电磁阀开启; 所述相变蓄冷设备电子膨胀阀全开; 所述水管路电磁阀关闭; 所述表冷器配套风机关闭; 所述水管路水泵关闭。

[0025] 在本公开的一些实施例中, 当所述相变蓄冷箱处于部分负荷蓄冷状态时, 所述即双吸气口压缩机开启; 所述冷凝器配套风机开启; 所述蒸发器配套风机开启; 所述蒸发器电磁阀开启; 所述蒸发器电子膨胀阀全开; 所述相变蓄冷设备电磁阀开启; 所述相变蓄冷设备电子膨胀阀部分开启; 所述水管路电磁阀关闭; 所述表冷器配套风机关闭; 所述水管路水泵关闭。

[0026] 在本公开的一些实施例中, 当所述相变蓄冷箱处于保冷状态时, 所述压缩机开启; 所述冷凝器配套风机开启; 所述蒸发器配套风机开启; 所述蒸发器电磁阀开启; 所述蒸发器电子膨胀阀全开; 所述相变蓄冷设备电磁阀关闭; 所述相变蓄冷设备电子膨胀阀关闭; 所述水管路电磁阀关闭; 所述表冷器配套风机关闭; 所述水管路水泵关闭。

[0027] 在本公开的一些实施例中, 当所述相变蓄冷设备承担部分室内冷负荷时, 所述双吸气口压缩机开启; 所述冷凝器配套风机开启; 所述蒸发器配套风机开启; 所述蒸发器电磁

阀开启;所述蒸发器电子膨胀阀部分开启;所述相变蓄冷设备电磁阀关闭;所述相变蓄冷设备电子膨胀阀关闭;所述水管路电磁阀、所述表冷器配套风机和所述水管路水泵联动开启。

[0028] 在本公开的一些实施例中,当所述相变蓄冷设备完全承担室内冷负荷时,所述双吸气口压缩机关闭;所述冷凝器配套风机关闭;所述蒸发器配套风机关闭;所述蒸发器电磁阀关闭;所述蒸发器电子膨胀阀部分关闭;所述相变蓄冷设备电磁阀关闭;所述相变蓄冷设备电子膨胀阀关闭;所述水管路电磁阀、所述表冷器配套风机和所述水管路水泵联动开启。

[0029] 本申请实施例中提供的一个或多个技术方案,至少具有如下任一技术效果或优点:

[0030] 1. 通过选用和空调蒸发温度一致的相变材料,材料潜热蓄冷的同时利用原制冷机为相变材料充冷,兼顾冰蓄冷和水蓄冷优点的同时不额外增设其体积。

[0031] 2. 通过增设相变蓄冷设备提升现有小型直膨式空调的用电柔性水平,增加空调应对可再生能源发电波动的能力,提升空调的可再生能源发电的消纳率,减少其对化石能源发电的依赖,实现直膨式空调运行阶段的节能减排。

[0032] 3. 通过采取5种供电量状态下不同的调控方法,比较供电与用户用电需求,应对可再生能源供电的波动,柔性调控提升夏季空调供冷稳定性,满足用户供冷需求。

附图说明

[0033] 图1为本申请一实施例中小型直膨式相变蓄冷空调系统原理图。

[0034] 图2为本申请一实施例中相变蓄冷设备原理图。

[0035] 图3为图2中相变蓄冷箱俯视图。

[0036] 图4为图2中相变蓄冷箱左视图。

[0037] 图5为本申请一实施例中小型直膨式相变蓄冷空调系统室内机主视图。

[0038] 图6为本申请一实施例中小型直膨式相变蓄冷空调系统侧视图。

[0039] 图7为本申请一实施例中建筑单位面积冷负荷指标变化。

[0040] 图8为本申请一实施例中制冷季当地太阳辐照强度变化。

[0041] 以上各图中;1、双吸气口压缩机;2、冷凝器;2-1、第二管路;2-2、冷凝器配套风机;3、蒸发器;3-1、第三管路;3-2、第三管路电磁阀;3-3、第三管路电子膨胀阀;3-4、蒸发器配套风机;4、相变蓄冷设备;4-1、第四管路;4-2、第四管路电磁阀;4-3、第四管路电子膨胀阀;4-3、相变蓄冷设备管路电子膨胀阀;4-4、相变蓄冷箱;4-5、与制冷剂蒸发温度一致的相变材料;4-6、水管路;4-7、水管路电磁阀;4-8、表冷器风机;4-9、表冷器;4-10、水管路水泵;5、室内机出风口。

具体实施方式

[0042] 本申请如涉及“第一”、“第二”、“第三”等是用于区别类似的对象,而非是限定特定的顺序或先后次序。

[0043] 以下实施例中所涉及的单元模块(零部件、管阀件、结构、机构)或传感器等器件,如无特别说明,则均为常规市售产品。

[0044] 本申请实施例通过提供小型直膨式相变蓄冷空调系统,解决了现有技术中可再生能源供电波动下无法满足用户夏季空调供冷的需求。

[0045] 本申请实施例中的技术方案为解决上述串扰的问题,总体思路如下:

[0046] 通过小型直膨式相变蓄冷空调系统的选型,提供5种供电量状态下不同的调控方法,满足用户夏季空调供冷的需求。

[0047] 为了更好的理解本申请技术方案,下面将结合说明书附图以及具体的实施方式对上述技术方案进行详细的说明。

[0048] 实施例一

[0049] 本例公开一种小型直膨式相变蓄冷空调系统,参见图1至4,包括设有双吸气口压缩机1的主管路、设有冷凝器2及其配套风机的第二管路2-1、设有蒸发器3及其配套风机3-4的第三管路3-1、设有相变蓄冷设备4的第四管路4-1;所述主管路通过双吸气口压缩机1的出气口与第二管路2-1连接,且通过两个吸气口分别与第三管路3-1、第四管路4-1连接;所述第四管路4-1上的相变蓄冷设备4包括相变蓄冷箱4-4、设于该相变蓄冷箱4-4内的相变材料、布设于所述相变蓄冷箱4-4内的制冷剂管路、表冷器4-9及其配套风机4-8、布设于所述相变蓄冷箱4-4和所述表冷器4-9内的闭合水管路。所述第三管路3-1上连接有第三管路电磁阀3-2和第三管路电子膨胀阀3-3,所述电磁阀控制第三管路3-1的通断,所述第三管路电子膨胀阀3-3控制第三管路3-1的制冷剂流量。所述第四管路4-1上连接有第四管路电磁阀4-2和第四管路电子膨胀阀4-3,所述第四管路电磁阀4-2控制第四管路4-1的通断,所述第四管路电子膨胀阀4-3控制第四管路4-1的制冷剂流量。所述水管路4-6连接有水管路电磁阀4-7和水管路水泵4-10,所述水管路电磁阀4-7控制所述水管路4-6的通断,实现表冷器风机4-8和水管路水泵4-10的启停控制。

[0050] 参见图5和图6,所述小型直膨式相变蓄冷空调系统包括室内机和所述冷凝器2构成的室外机,所述室内机包括连接冷凝器2的双吸气口压缩机1、所述双吸气口压缩机1上设有与其连接的相变蓄冷箱4-4、表冷器4-9及表冷器风机4-8、蒸发器3及蒸发器风机3-4。所述表冷器配套风机4-8、蒸发器配套风机3-4连接有室内机出风口5。

[0051] 实施例二

[0052] 本例公开一种小型直膨式相变蓄冷空调系统的选型计算方法,包括:

[0053] 以常用的3匹家用柜式空调机为例,其额定制冷量为7210W,额定制冷功率为2000W。因此若制取7210W的冷量需要消耗的电功率为2000W。

[0054] 若保持额定制冷量不变,即本小型直膨式相变蓄冷空调系统的供冷量亦为7210W。

[0055] 区别于大型蓄冷设备应对长时间断电的情况,本发明主要目的在于提升小型直膨式空调系统的实时用电柔性,因此以供电量严重不足的时长取15分钟为最不利工况进行选型计算。

[0056] (1) 相变蓄冷箱选型:

[0057] 相变材料使用相变潜热 C_{PCM} 不小于220kJ/kg,相变温度为5℃的石蜡无机盐相变材料,如四川艾施派尔新材料科技有限公司的“5度相变材料”,其相变温度与制冷剂的蒸发温度接近,为本算例中的相变材料,其连续供冷15分钟所需的相变材料质量为29kg。并考虑相变蓄冷箱中的制冷剂管路和水环路所占体积以及相变材料无法完全蓄放冷的情况,取放大系数1.2得到相变蓄冷箱的体积为0.04m³。

[0058] 详细计算过程如下:

$$m_{\text{PCM}} = \frac{Q_{\text{额定制冷量}} \times t}{c_{\text{PCM}}} = \frac{7210/1000\text{kW} \times (60\text{s} \times 15)}{220\text{kJ/kg}} = 29\text{kg}$$

$$V_{\text{相变蓄冷箱}} = \frac{m_{\text{PCM}}}{\rho_{\text{PCM}}} \times \alpha = \frac{29\text{kg}}{0.85 \times 10^3 \text{kg/m}^3} \times 1.2 = 0.04\text{m}^3$$

[0060] (2) 表冷器及配套风机选型:

[0061] 本算例以供电严重不足,需要完全依赖相变蓄冷设备供冷的极端工况进行选型,因此所选表冷器的额定供冷量应大于等于7210W。选择的表冷器和配套风机的对应型号为FP-136的风机盘管,其额定冷量为7380kW,其配套风机最大风量下的输入功率为174W。

[0062] (3) 水泵选型:

[0063] 表冷器盘管的水阻力为15kPa,流量为1278kg/h。表冷器与相变箱中的水盘管的连接管路阻力通过常规的流动阻力计算方法。根据《全国民用建筑工程设计技术措施》的5.8.3条文,要求冷水系统的比摩阻控制在100-300pa/m的合理范围,比摩阻的计算公式如下:

$$[0064] \quad H = 105C^{-1.85} d^{-4.87} q^{1.85};$$

[0065] 根据比摩阻公式和比摩阻要求范围,推得管道管径的范围,选择DN15为主管尺寸,比摩阻为214pa/m,满足技术要求,水管长度最长不超过1m;弯头4个的当量长度为2m;阀门损失5.5m;总损失为1.819kPa。

[0066] 相变水箱中的水盘管为多路水路并联,按照并联管路阻力进行计算,选择3分管,其比摩阻为201pa/m,满足技术要求,单根管路长5m;弯头按照11个计算,其3分管180°弯头的当量长度为0.8m,共8.8m;并联管路三通当量长度为2m;总损失为3.175kPa。

[0067] 则水环路的总体水阻力为19.994kPa。

[0068] 水泵功耗计算公式,设计压头和设计流量通常按照铭牌值的80%进行水泵选型。

$$[0069] \quad P = \gamma QH / \eta = 9800 \times \frac{1278/0.8}{3600 \times 1000} \times \frac{19.994/0.8}{10} / 0.7866 = 13.8\text{W}。$$

[0070] 值得说明的是,一方面,空调系统实际运行中末端并非持续供冷状态,即当室内温度达到用户设定温度后,空调末端将停止供冷,因此按照15分钟连续供冷所选型的相变蓄冷箱实际供冷时间会明显大于15分钟。另一方面,选型计算的时也是以完全由蓄冷水箱供冷的极端工况为依据,因此若作为供电不足时的补充供冷装置、蓄冷水箱、表冷器、风机、水泵以及相应关键的尺寸均会明显减小。

[0071] 实例三

[0072] 本例公开一种小型直膨式相变蓄冷空调系统的用电效果分析,包括:

[0073] 常用的3匹家用柜式空调机额定制冷量为7210W,额定制冷功率为2000W,其能效比:

$$[0074] \quad COP = \frac{Q_{\text{额定制冷量}}}{W_{\text{额定制冷功率}}} = \frac{7210}{2000} = 3.605;$$

[0075] 以上述设备选型进行分析,双吸气口压缩机功耗占总制冷功率的90%,即:

$$W_{\text{压缩机功率}} = W_{\text{制冷功率}} \times \alpha_{\text{功率系数}} = 2000 \times 90\% = 1800\text{W}$$

$$W_{\text{配套设备}} = W_{\text{制冷功率}} - W_{\text{压缩机功率}} = 2000 - 1800 = 200\text{W}$$

[0076] 相变蓄冷设备的能耗设备功率为,表冷器及其配套风机功耗为174W,水泵功耗13.8W,总功率为188W,均选用变频设备。则该相变蓄冷设备在提供不同百分比制冷量时的功耗情况如下表所示,其中制冷量按额定7210W计算,压缩机100%时制冷功耗按额定2000W对比计算。

[0077] 表1 本发明用电调节效果计算

工况	蓄冷、保温	释冷			极端释冷
相变蓄冷制冷量占比	0%	25%	50%	75%	100%
压缩机制冷量占比	100%	75%	50%	25%	0%
总功耗	2000W	1597W	1194W	791W	177.8W

[0079] 实例四

[0080] 本例公开一种小型直膨式相变蓄冷空调系统的碳排放计算方法,包括:

[0081] (1) 计算依据

[0082] 依据《建筑碳排放计算标准》GB/T51366-2019(以下简称“标准”)第4.1.4条,对本系统和对应制冷量的常规空调的碳排放进行对比分析,从而获得本系统在减少运行碳排放方面的优势;具体采用的计算公式如下:

$$C_M = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (E_i EF_i) - C_p \right] y}{A} ;$$

$$E_i = \sum_{j=1}^n (E_{i,j} - ER_{i,j})$$

[0084] 式中:

[0085] C_M —建筑运行阶段单位建筑面积碳排放量 (kgCO_2/m^2);

[0086] E_i —建筑第*i*类能源年消耗量(单位/a);

[0087] EF_i —第*i*类能源的碳排放因子;

[0088] $E_{i,j}$ —*j*类系统的第*i*类能源消耗量(单位/a);

[0089] $ER_{i,j}$ —*j*类系统由可再生能源系统提供的第*i*类能源量(单位/a);

[0090] *i*—建筑消耗终端能源类型,包括电力、燃气、石油、市政热力等;

[0091] *j*—建筑用能系统类型,包括供暖空调、照明、生活热水系统等;

[0092] C_p —建筑绿地碳汇系统年减碳量 (kgCO_2/a);

[0093] *y*—建筑设计寿命(a);

[0094] *A*—建筑面积 (m^2)。

[0095] (2) 典型案例计算

[0096] 仍以3匹柜式空调机为计算对象,将其应用至郑州地区小型办公楼的一间办公室进行碳排放演算。

[0097] 利用建筑能耗模拟软件Energy Plus模拟获得空调制冷期间小型办公建筑的单位面积冷负荷指标,如图7所示,其中面积指标最高为115.52W。因此额定制冷量为7210W的空调供冷面积为60 m^2 。按照以上参数对该设备的运行碳排放进行计算。

[0098] 空调设备制冷的年用电量为:

[0099]
$$E_{LJ} = \frac{\sum(Q_{cooling} \times t) \times A}{COP} = \frac{38616.32 \times 60}{3.605} = 642.71 \text{ kWh/a} \quad \circ$$

[0100] 2022年发布的全国电网供电的碳排放因子为0.5810tCO₂/MWh,则该空调设备若全部使用电网电力其单位供冷面积在建筑使用年限内的总碳排放为:

$$C_M = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (E_i EF_i) - C_p \right] y}{A} = \frac{[642.71 \text{ kWh/a} \times 0.5810 \text{ tCO}_2/\text{MWh} - 0] \times 50}{60} = 311.18 \text{ kg/m}^2 \quad \circ$$

[0101] 参见图7和图8,对比制冷季当地太阳辐照强度变化如图8和建筑单位面积冷负荷指标变化如图7可以发现,两者在时序上存在明显的差异性。若不采用任何柔性用电措施时,只有光伏发电和空调用电同步的部分可以被利用。则该空调可以利用光伏发电量为:每个时间步长内,若光伏发电量小于等于用电量,则光伏发电全部被利用;若光伏发电量大于用电量,则只有用电量部分可以被利用,富裕的发电无法被储存。即:

[0102]
$$\text{if } Q_{PV} \leq Q_{total}, Q_{elec,PV} = Q_{PV} \text{ or } Q_{elec,PV} = Q_{total};$$

[0103] 计算得出可以利用的光伏发电年累计量为366.66kWh/a,光伏发电的碳排放因子为0.0033tCO₂/MWh。用电总量为642.71kWh/a,不能利用光伏发电的部分依然需要电网供电。

[0104] 则考虑消纳光伏但是没有用电柔性调节部件的空调系统在建筑全生命周期的碳排放如下:

[0105]
$$C_M = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (E_i EF_i) - C_p \right] y}{A} = \frac{[366.66 \times 0.0033 + (642.71 - 366.66) \times 0.5810] \times 50}{60} = 134.67 \text{ kg/m}^2 \quad \circ$$

[0106] 若采相变蓄冷设备作为柔性用电调控设备,理想调控下空调可以全部依靠光伏发电运行。则该含有柔性用电部件的空调在建筑全生命周期的碳排放如下:

[0107]
$$C_M = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (E_i EF_i) - C_p \right] y}{A} = \frac{[642.71 \times 0.0033] \times 50}{60} = 1.76 \text{ kg/m}^2 \quad \circ$$

[0108] 表2 不同空调运行碳排放对比

系统类型	普通直膨式空调	直膨式空调接光伏发电	直膨式相变蓄冷空调 (本发明)
碳排放指标	311.18kg/m ²	134.67kg/m ²	1.76kg/m ²
运行碳排放降低率	0	56%	99%

[0110] 实例五

[0111] 本例公开一种小型直膨式相变蓄冷空调系统的调控方法包括:

[0112] 以P_{供电}为供电功率,单位为kW;Q_{用户}为用户冷负荷,单位为kW;Q_{蓄冷箱}为蓄冷箱蓄冷的冷负荷,Q_{蓄冷箱max}为最大蓄冷负荷,单位为kW;COP为系统的能效比,即制冷量与供电量之比;

[0113] (1) 当 $P_{供电} \geq (Q_{用户} + Q_{蓄冷箱max}) / COP$, 即供电大于等于用户冷负荷和相变蓄冷箱满负荷蓄冷的总用电需求;室内冷负荷完全由蒸发器承担,相变蓄冷箱处于满负荷蓄冷状态;双吸气口压缩机1开启,并满负荷运行;风机2-2开启,并根据用户冷负荷和蒸发器3的运行状

态进行调节;蒸发器配套风机3-4开启,并根据用户设置风速和用户冷负荷大小进行调节;第三管路电磁阀3-2开启;第三管路电子膨胀阀3-3全开;第四管路电磁阀4-2开启;第四管路电子膨胀阀4-3全开;水管路电磁阀4-7关闭;表冷器风机4-8关闭;水管路水泵4-10关闭。

[0114] (2) 当 $Q_{\text{用户}}/COP < P_{\text{供电}} < (Q_{\text{用户}} + Q_{\text{蓄冷箱max}})/COP$, 即供电小于用户冷负荷加相变蓄冷箱满负荷蓄冷的总用电需求,但是依然大于用户冷负荷;室内冷负荷完全由蒸发器承担,相变蓄冷箱处于部分负荷蓄冷状态;双吸气口压缩机1开启,部分负荷运行,蒸发器负荷加蓄冷水箱蓄冷负荷;冷凝器配套风机2-2开启,根据用户冷负荷和蒸发器3的运行状态进行调节;蒸发器配套风机3-4开启,根据用户设置风速和用户冷负荷大小进行调节;第三管路电磁阀3-2开启;第三管路电子膨胀阀3-3全开;第四管路电磁阀4-2开启;第四管路电子膨胀阀4-3部分开启;水管路电磁阀4-7关闭;表冷器风机4-8关闭;水管路水泵4-10关闭。

[0115] (3) 当 $P_{\text{供电}} = Q_{\text{用户}}/COP$, 即供电等于用户冷负荷的用电需求;室内冷负荷完全由蒸发器承担,相变蓄冷箱处于保冷状态;压缩机1开启,部分负荷运行,仅满足蒸发器需求;冷凝器配套风机2-2开启,根据用户冷负荷和蒸发器3的运行状态进行调节;蒸发器配套风机3-4开启,根据用户设置风速和用户冷负荷大小进行调节;第三管路电磁阀3-2开启;第三管路电子膨胀阀3-3全开;第四管路电磁阀4-2关闭;第四管路电子膨胀阀4-3关闭;水管路电磁阀4-7关闭;表冷器风机4-8关闭;水管路水泵4-10关闭。

[0116] (4) 当 $P_{\text{供电}} < Q_{\text{用户}}/COP$, 即供电小于用户冷负荷的用电需求;室内冷负荷由蒸发器和相变蓄冷设备共同承担;双吸气口压缩机1开启,部分负荷运行,仅满足蒸发器的部分负荷;冷凝器配套风机2-2开启,根据蒸发器3的运行状态进行调节;蒸发器配套风机3-4开启;第三管路电磁阀3-2开启;第三管路电子膨胀阀3-3部分开启;第四管路电磁阀4-2关闭;第四管路电子膨胀阀4-3关闭;水管路电磁阀4-7、表冷器风机4-8、水泵4-10联动开启,调节表冷器风机4-8与水管路水泵4-10使得表冷器供冷等于用户总冷量需求与蒸发器3供冷之间的差值。

[0117] (5) 当 $P_{\text{供电}} \approx 0$, 即供电紧张;由相变蓄冷设备完全承担室内冷负荷;双吸气口压缩机1关闭;冷凝器配套风机2-2关闭;蒸发器配套风机3-4关闭;第三管路电磁阀3-2关闭;第三管路电子膨胀阀3-3部分关闭;第四管路电磁阀4-2关闭;第四管路电子膨胀阀4-3关闭;水管路电磁阀4-7、表冷器风机4-8、水泵4-10联动开启,调节表冷器风机4-8与水管路水泵4-10使得表冷器供冷等于用户总冷量需求。

[0118] 尽管已描述了本发明的一些优选实施例,但本领域内的技术人员一旦得知了基本创造性概念,则可对这些实施例作出另外的变更和修改。所以,所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本发明范围的所有变更和修改。

[0119] 显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本申请权利要求及其等同技术的范围之内,则本实发明也意图包含这些改动和变型在内。

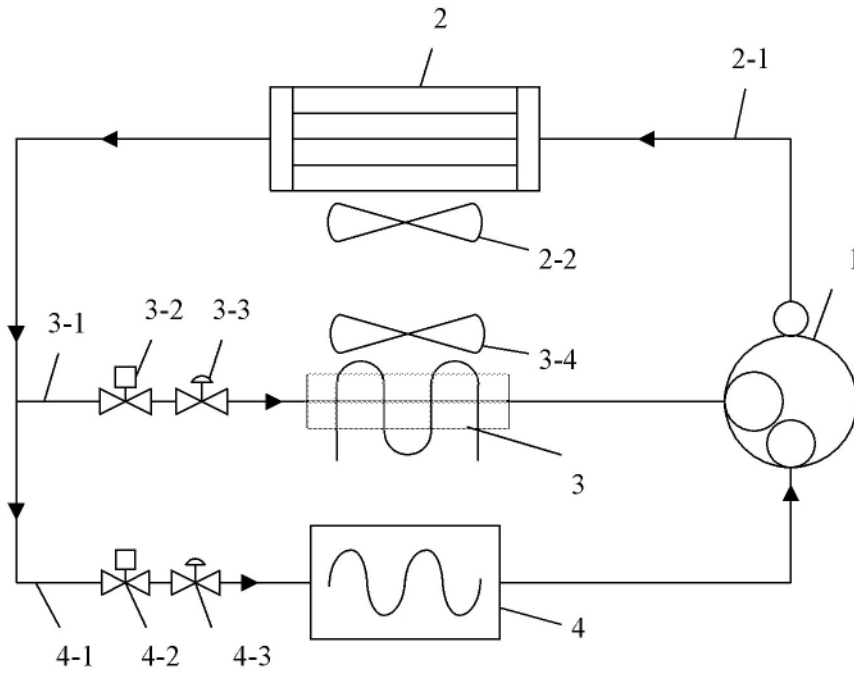


图 1

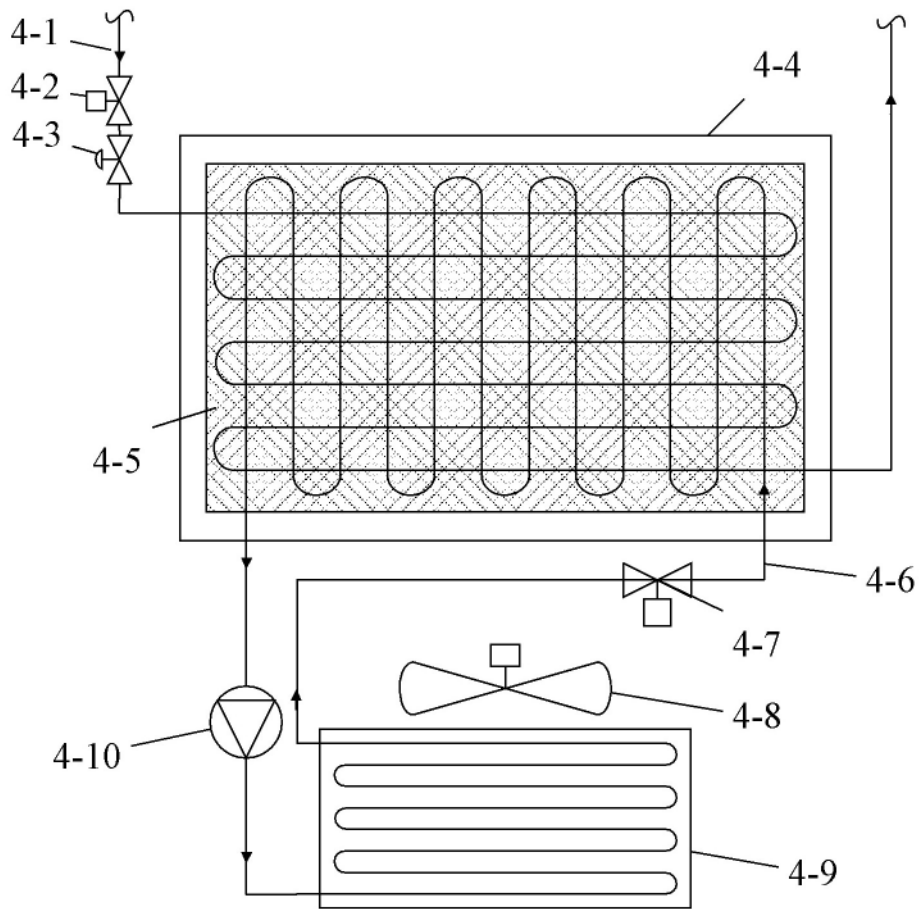


图 2

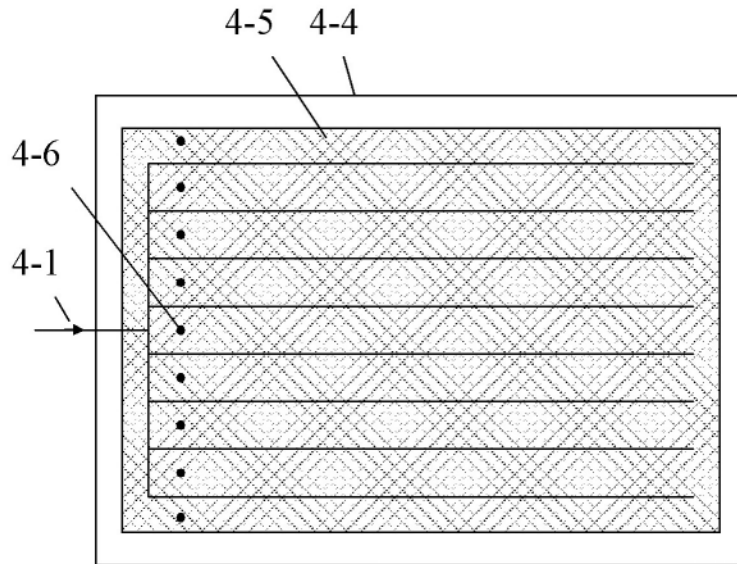


图 3

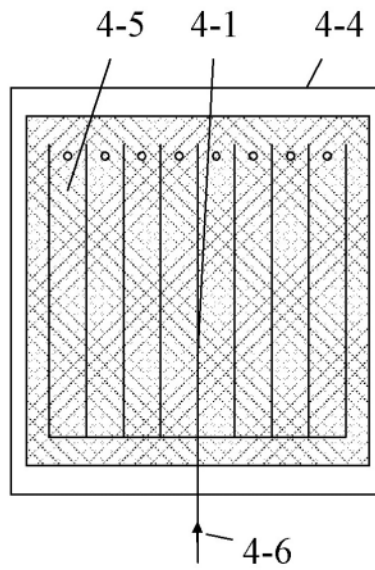


图 4

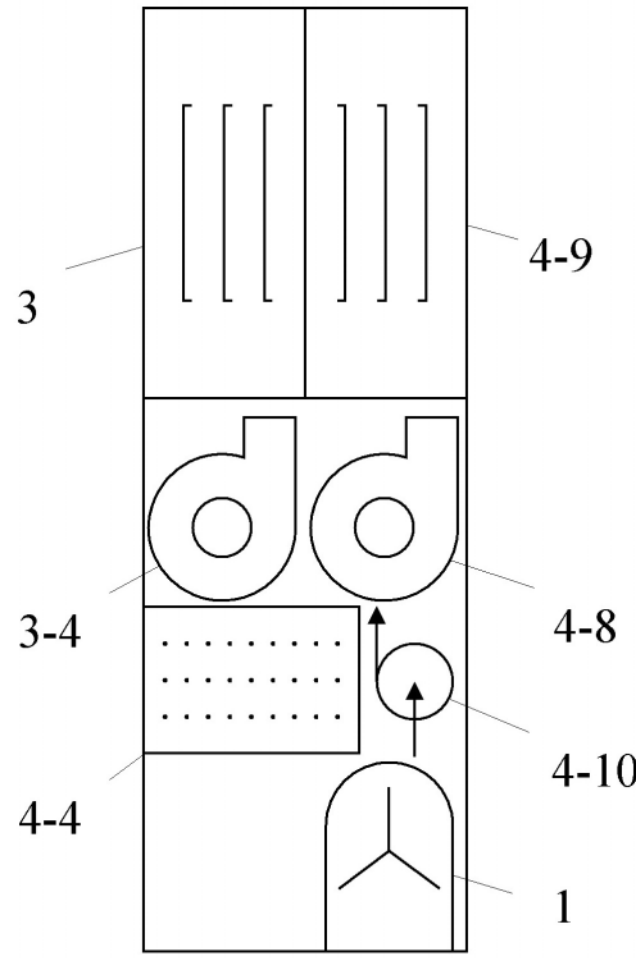


图 5

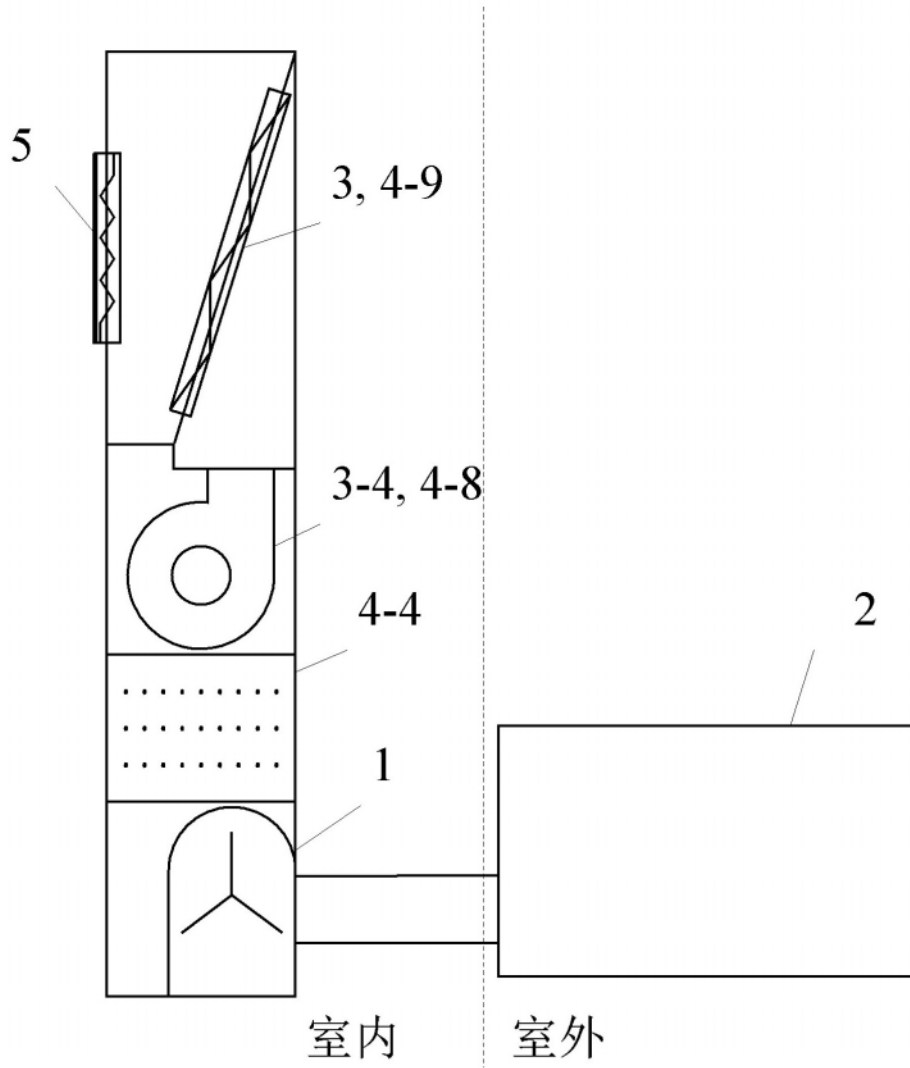


图 6

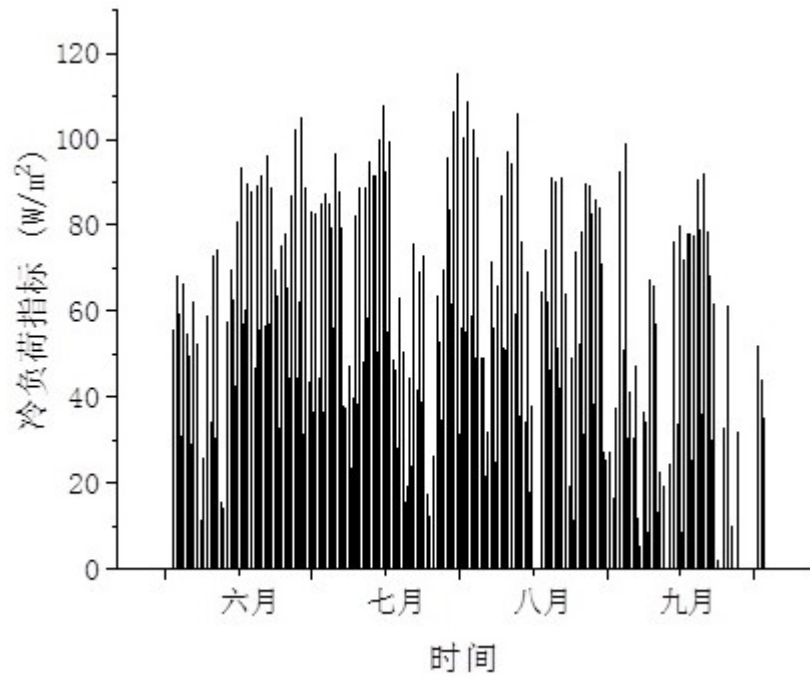


图 7

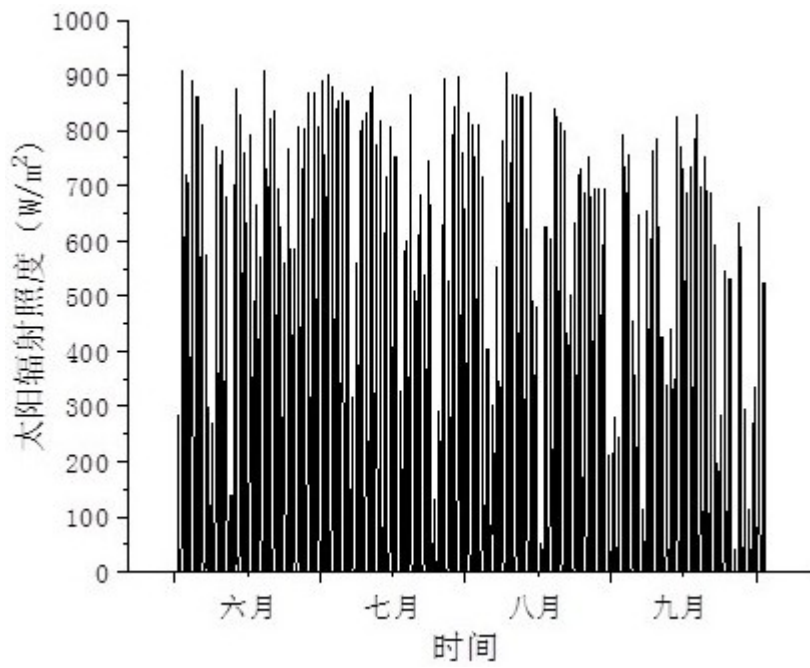


图 8