



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110425668 A

(43)申请公布日 2019.11.08

(21)申请号 201910728698.1

(22)申请日 2019.08.08

(71)申请人 长沙理工大学

地址 410114 湖南省长沙市天心区万家丽南路2段960号

(72)发明人 孙小琴 李杰 廖曙光

(74)专利代理机构 长沙市融智专利事务所(普通合伙) 43114

代理人 杨萍

(51) Int. Cl.

F24F 5/00(2006.01)

F24F 11/64(2018.01)

F24F 11/84(2018.01)

F24F 11/89(2018.01)

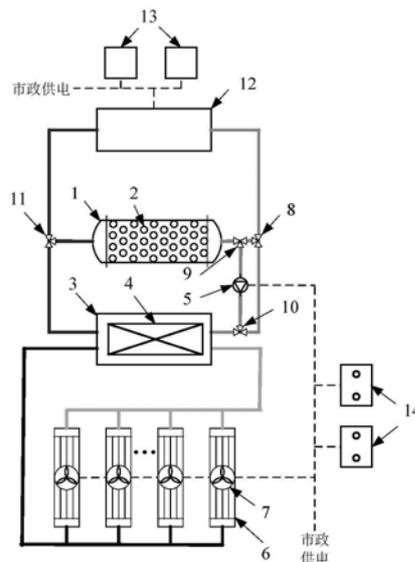
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

一种带应急制冷功能的机房热管空调系统及其控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种带应急制冷功能的机房热管空调系统及其控制方法,包括相变储能模块、相变材料封装体、冷凝器外壳、冷凝器、放冷泵、蒸发器、蒸发风机、第一三通阀、第二三通阀、第三三通阀、第四三通阀、制冷机组、备用发电机和蓄电池;所述的带应急制冷功能的机房热管空调系统通过第一三通阀、第二三通阀、第三三通阀和第四三通阀的开关调节不同环境下的运行工况。该发明基于热管制冷原理,辅以相变储能技术的应用,保证在市政断电或制冷机组故障时能采用应急制冷工况运行,满足应急制冷需求。



1. 一种带应急制冷功能的机房热管空调系统,其特征在于,包括制冷机组、相变储能模块、相变材料封装体、冷凝器外壳、冷凝器、蒸发器、备用发电机和蓄电池;其特征在于,所述相变材料封装体位于相变储能模块内;所述冷凝器位于冷凝器外壳内;所述冷凝器和蒸发器之间通过管路连接形成制冷剂循环回路;所述制冷机组与冷凝器外壳之间、制冷机组与相变储能模块之间、相变储能模块与冷凝器外壳之间分别通过管路连接形成冷水循环回路;

所述制冷机组与冷凝器外壳之间、制冷机组与相变储能模块之间、相变储能模块与冷凝器外壳之间的管路上均安装有阀门;

所述相变储能模块与冷凝器外壳之间的管路上安装有放冷泵;

所述蒸发器上安装有蒸发风机;

制冷机组的工作电能由市电或备用发电机提供,蒸发风机的工作电能由市电、备用发电机或蓄电池提供,放冷泵的工作电能由市电或蓄电池提供。

2. 根据权利要求1所述的带应急制冷功能的机房热管空调系统,其特征在于,所述阀门为三通阀,具体连接方式为:

第一三通阀的第一出入口通过管路连接至制冷机组的出口,第二和第三出入口分别通过管路连接至相变储能模块和冷凝器外壳的入口;第四三通阀的第一和第二出入口分别通过管路连接至相变储能模块和冷凝器外壳的出口,第三出入口连接至制冷机组的入口;第一三通阀的第二出入口至相变储能模块的管路上设置有第二三通阀,第二三通阀的第一和第二出入口设置在该管路上,第三出入口通过管路连接一个放冷泵的入口,放冷泵的出口通过管路连接至第三三通阀的第一出入口,第三三通阀的第二和第三出入口设置在第一三通阀的第三出入口至冷凝器外壳的管路上。

3. 根据权利要求1或2所述的带应急制冷功能的机房热管空调系统,其特征在于,还包括控制系统;

所述控制系统包括温度传感器、压力传感器和控制模块;所述温度传感器有三个,分别设置于制冷机组的冷冻水供水管路、回水管路和蒸发器排气管路中;所述压力传感器设置于蒸发器排气管路中;两个温度传感器和压力传感器均与控制模块相连;

控制模块的输出端连接各个阀门的控制端,根据三个温度传感器和压力传感器检测到的信号控制各个阀门和放冷泵的开关。

4. 根据权利要求1所述的带应急制冷功能的机房热管空调系统,其特征在于,所述相变储能模块采用壳管式换热器或板式换热器结构,其内设有多相变材料封装体;多个相变材料封装体均匀分布在壳管式换热器或板式换热器结构;各相变材料封装体间留有一定流体通道;壳管式换热器或板式换热器结构上预留有流体进出口通道,用于连接制冷机组或其他冷源提供的冷水;其中其他冷源指所有可利用的自然冷水,如夏季的低温湖水,过渡季节和冬季的冷却塔水,其他冷源与制冷机组并联;

当所述相变储能模块采用壳管式换热器结构时,相变材料封装体采用球形;

当所述相变储能模块采用板式换热器结构时,相变材料封装体采用平板式。

5. 根据权利要求1所述的带应急制冷功能的机房热管空调系统,其特征在于,所述冷凝器外壳采用壳管式换热器或板式换热器结构;壳管式换热器或板式换热器结构上预留有流体进出口通道,连接制冷机组或其他冷源提供的冷水。

6. 根据权利要求1所述的带应急制冷功能的机房热管空调系统,其特征在于,所述蒸发器布置于通信设备发热端,采用列间空调末端、背板空调末端或芯片级冷却末端的布置形式。

7. 一种带应急制冷功能的机房热管空调系统的控制方法,其特征在于,所述带应急制冷功能的机房热管空调系统为权利要求1~5中任一项所述的带应急制冷功能的机房热管空调系统,其控制方法为:通常情况下,采用满负载制冷工况,即打开制冷机组与冷凝器外壳之间的管路上的阀门,关闭其他阀门;当检测到蒸发器排气温度降低预设值或排气压力降低至预设值时,采用半负载制冷工况,即打开制冷机组与冷凝器外壳之间、制冷机组与相变储能模块之间的管路上的阀门,关闭其他阀门;当检测到制冷机组的冷冻水供水温度大于预定值,且供回水温度之差小于预定值时,采用应急制冷工况,即打开相变储能模块与冷凝器外壳之间的管路上的阀门和放冷泵,关闭其他阀门,并将蒸发风机和放冷泵电源切换为蓄电池。

8. 根据权利要求7所述的带应急制冷功能的机房热管空调系统的控制方法,其特征在于,当检测到制冷机组的冷冻水供水温度大于预定值,且供回水温度之差小于预定值时,判断是市电停电还是制冷机组故障,若是市电停电,则启动备用发电机,将制冷机组的电源切换为备用发电机;备用发电机带动制冷机组工作后,采用满负载制冷工况;若是制冷机组故障,则发出机组报警信号。

## 一种带应急制冷功能的机房热管空调系统及其控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种带应急制冷功能的机房热管空调系统及其控制方法,属空调工程技术领域。

### 背景技术

[0002] 随着通信技术的发展,通信芯片特征尺寸在十年间缩小了一百多倍,使得电子元器件模块的功率不断提高,单位面积的热流密度随之增大,其散热问题已成为影响芯片性能亟待解决的问题。随着单机柜功率密度的增大,冷却失效引起的温升速率逐渐增大,IT设备过热而引起服务器性能降低或硬件损坏,造成不可挽回的经济损失,甚至会危害人身安全及社会稳定性。初步统计25%的通信失效是由市政断电或制冷设备故障引起数据中心内温度过高造成的,1次宕机成本高达240万美元。

[0003] 因此,对于高热密度的数据中心,有必要设计紧凑、可靠的冷却技术保障制冷系统的连续供冷。

### 发明内容

[0004] 本发明为解决市政断电或制冷设备故障时数据中心内温度升高的问题,提出了一种带应急制冷功能的机房热管空调系统,能保障供冷连续性。

[0005] 本发明所提供的技术方案为:

[0006] 一种带应急制冷功能的机房热管空调系统,包括制冷机组、相变储能模块、相变材料封装体、冷凝器外壳、冷凝器、蒸发器、备用发电机和蓄电池;其特征在于,所述相变材料封装体位于相变储能模块内;所述冷凝器位于冷凝器外壳内;所述冷凝器和蒸发器之间通过管路连接形成制冷剂循环回路(蒸发器和冷凝器通过液管和气管连接,保证氟利昂工质在两者之间的循环);所述制冷机组与冷凝器外壳之间、制冷机组与相变储能模块之间、相变储能模块与冷凝器外壳之间分别通过管路连接形成冷水循环回路;

[0007] 所述制冷机组与冷凝器外壳之间、制冷机组与相变储能模块之间、相变储能模块与冷凝器外壳之间的管路上均安装有阀门;

[0008] 制冷机组提供的冷冻水可同时提供至相变储能模块和冷凝器,循环水量可通过相关管路上的阀门开度调节。

[0009] 所述相变储能模块与冷凝器外壳之间的管路上安装有放冷泵,放冷泵用于促进冷水工质在相变储能模块与冷凝器外壳之间循环;;

[0010] 所述蒸发器上安装有蒸发风机;

[0011] 制冷机组的工作电能由市电或备用发电机提供,蒸发风机的工作电能由市电、备用发电机或蓄电池提供,放冷泵的工作电能由市电或蓄电池提供。通常情况下,制冷机组、蒸发风机和放冷泵均由市电提供工作电压,在市电停电时,制冷机组由备用发电机供电;在市电停电后,备用发电机带动制冷机组工作前,蓄电池临时性为放冷泵和蒸发风机供电,采用应急制冷工况;在备用发电机带动制冷机组工作后,备用发电机为蒸发风机供电。

[0012] 所述的带应急制冷功能的机房热管空调系统通过控制各阀门的开关调节不同环境下的运行工况。

[0013] 进一步地,所述阀门为三通阀,具体连接方式为:

[0014] 第一三通阀的第一出入口通过管路连接至制冷机组的出口,第二和第三出入口分别通过管路连接至相变储能模块和冷凝器外壳的入口;第四三通阀的第一和第二出入口分别通过管路连接至相变储能模块和冷凝器外壳的出口,第三出入口连接至制冷机组的入口;第一三通阀的第二出入口至相变储能模块的管路上设置有第二三通阀,第二三通阀的第一和第二出入口设置在该管路上,第三出入口通过管路连接一个放冷泵的入口,放冷泵的出口通过管路连接至第三三通阀的第一出入口,第三三通阀的第二和第三出入口设置在第一三通阀的第三出入口至冷凝器外壳的管路上。

[0015] 进一步地,所述带应急制冷功能的机房热管空调系统,还包括控制系统;

[0016] 所述控制系统包括温度传感器、压力传感器和控制模块;所述温度传感器有三个,分别设置于制冷机组的冷冻水供水管路、回水管路和蒸发器排气管路中;所述压力传感器设置于蒸发器排气管路中;两个温度传感器和压力传感器均与控制模块相连;

[0017] 控制模块的输出端连接各个阀门的控制端,根据三个温度传感器和压力传感器检测到的信号控制各个阀门和放冷泵的开关。

[0018] 进一步地,所述阀门均为电动阀门,根据控制系统的信号自动切换运行;具体的控制方式为:通常情况下,采用满负载制冷工况,打开制冷机组与冷凝器外壳之间的管路上的阀门,关闭其他阀门;当检测到蒸发器排气温度降低预设值或排气压力降低至预设值时,采用半负载制冷工况,打开制冷机组与冷凝器外壳之间、制冷机组与相变储能模块之间的管路上的阀门,关闭其他阀门;当检测到制冷机组的冷冻水供回水温度之差大于预定值时,采用应急制冷工况,打开相变储能模块与冷凝器外壳之间的管路上的阀门和放冷泵,关闭其他阀门。

[0019] 进一步地,当所述阀门为电动三通阀时,具体控制方式为:通常情况下,采用满负载制冷工况,控制第一三通阀的第一出入口和第三出入口相通,第四三通阀的第二和第三出入口相通,第三三通阀的第二和第三出入口相通,即连通制冷机组与冷凝器外壳之间的管路,关闭这些阀门的其他出入口和其他阀门;当检测到蒸发器排气温度降低预设值或排气压力降低至预设值时,采用半负载制冷工况,控制第一三通阀的第一出入口和第三出入口相通,第四三通阀的第二和第三出入口相通,第三三通阀的第二和第三出入口相通,即连通制冷机组与冷凝器外壳之间的管路;并且第一三通阀的第一和第二出入口相通,第四三通阀的第一和第三出入口相通,第二三通阀的第一和第三出入口相通,即连通制冷机组与相变储能模块之间的管路,关闭这些阀门的其他出入口和其他阀门;当检测到制冷机组的冷冻水供回水温度之差大于预定值时,采用应急制冷工况,控制第二阀门的第二和第三出入口相通,第三阀门的第一和第二出入口相通,第四阀门的第一和第二出入口相通,打开放冷泵,即连通相变储能模块与冷凝器外壳之间的管路,关闭这些阀门的其他出入口和其他阀门。

[0020] 进一步地,所述相变储能模块采用壳管式换热器或板式换热器结构,其内设有多相变材料封装体;多个相变材料封装体均匀分布在壳管式换热器或板式换热器结构;各相变材料封装体间留有一定流体通道;壳管式换热器或板式换热器结构上预留有流体进出

口通道,用于连接制冷机组或其他冷源提供的冷水;其中其他冷源指所有可利用的自然冷水,如夏季的低温湖水,过渡季节和冬季的冷却塔水,其他冷源与制冷机组并联;

[0021] 当所述相变储能模块采用壳管式换热器结构时,相变材料封装体采用球形;

[0022] 当所述相变储能模块采用板式换热器结构时,相变材料封装体采用平板式。

[0023] 进一步地,所述的冷凝器为水冷式冷凝器,采用微通道结构或铜管铝翅片结构。

[0024] 进一步地,所述冷凝器外壳采用壳管式换热器或板式换热器结构;壳管式换热器或板式换热器结构上预留有流体进出口通道,连接制冷机组或其他冷源提供的冷水。

[0025] 进一步地,蒸发器布置于通信设备发热端,可采用列间空调末端、背板空调末端或芯片级冷却末端等布置形式;这些布置方式贴近热源,气体输送距离短、所需风压小,可显著降低风机功耗。

[0026] 进一步地,所述的相变储能封装体内包含相变材料,采用的相变材料为纳米增强型有机材料、无机材料或有机-无机复合材料,相变温度点在0-50℃之间。

[0027] 进一步地,所述的放冷泵为小型直流水泵,同时连接市电供电电路和蓄电池供电电路,可在两者之间自动切换。市电供电电路包括AC-DC电源转换模块;市电经AC-DC电源转换模块转为为直流电,为放冷泵供电。

[0028] 所述的蒸发器为一个换热器或多个并联的换热器,采用微通道结构或铜管铝翅片结构。

[0029] 所述的蒸发风机为轴流风机,同时连接市电供电电路、备用发电机供电电路和蓄电池供电电路,可在三者之间自动切换。市电供电电路/备用发电机供电电路包括AC-DC电源转换模块;市电/备用发电机输出的交流电经AC-DC电源转换模块转为为直流电,为蒸发风机供电。

[0030] 所述的制冷机组为冷冻水机组,可采用离心式或螺杆式冷冻水机组,该制冷机组同时连接市政供电电路和备用发电机供电电路,可在两者之间自动切换。

[0031] 进一步地,所述备用发电机为柴油发电机,也可以是风力发电机等。

[0032] 本发明还提供一种带应急制冷功能的机房热管空调系统的控制方法,所述带应急制冷功能的机房热管空调为上述的带应急制冷功能的机房热管空调系统,其控制方法为:通常情况下,采用满负载制冷工况,即打开制冷机组与冷凝器外壳之间的管路上的阀门,关闭其他阀门;当检测到蒸发器排气温度降低预设值或排气压力降低至预设值时,采用半负载制冷工况,即打开制冷机组与冷凝器外壳之间、制冷机组与相变储能模块之间的管路上的阀门,关闭其他阀门;当检测到制冷机组的冷冻水供水温度大于预定值,且供回水温度之差小于预定值时,采用应急制冷工况,即打开相变储能模块与冷凝器外壳之间的管路上的阀门和放冷泵,关闭其他阀门,并将蒸发风机和放冷泵电源切换为蓄电池。

[0033] 进一步地,当检测到制冷机组的冷冻水供水温度大于预定值,且供回水温度之差小于预定值时,判断是市电停电还是制冷机组故障,若是市电停电,则启动备用发电机,将制冷机组电源切换为备用发电机;备用发电机带动制冷机组工作后,将运行工况切换回满负载制冷工况;若是制冷机组故障,则发出机组报警信号。

[0034] 有益效果:

[0035] 与现有的技术相比,本发明基于热管制冷原理,辅以相变储能技术的应用,在市政断电时为备用发电机启动并带动制冷机组工作争取时间,可保证通信数据的不间断传输;

在制冷机组故障时为通信信息的存储争取时间,从这两方面保证数据通信的安全;当夜间机房内冷负荷较低时通过相变储能模块储存制冷机组提供的冷量,能充分利用设备和能源,当白天冷负荷升高时相变储能模块释放其储存的冷量,能分担制冷机组的制冷压力,从而减小制冷机组提供的峰值冷量,即降低制冷机组的装机容量,缓解市电峰值用电压力;且在夜间低谷电价期间储存冷量,在白天峰值电价期间释放冷量,为机房内设备降温,可以减少空调系统的运行成本;此外,通过相变储能模块的冷量储存和释放作用,制冷机组需提供的冷量波动幅度降低,延长制冷机组的工作寿命。

### 附图说明

- [0036] 图1为本发明实施例的系统原理图。  
[0037] 图2为本发明实施例满负载制冷工况的系统原理图。  
[0038] 图3为本发明实施例半负载制冷工况的系统原理图。  
[0039] 图4为本发明实施例应急制冷工况的系统原理图。

### 具体实施方式

[0040] 为了使本发明的技术手段、创新特征、达成目的与功效易于明白了解,下面结合具体图示,进一步阐述该发明的工作原理。

[0041] 参见图1,本实施例公开了一种带应急制冷功能的机房热管空调系统,包括相变储能模块1、相变材料封装体2、冷凝器外壳3、冷凝器4、放冷泵5、蒸发器6、蒸发风机7、第一三通阀8、第二三通阀9、第三三通阀10、第四三通阀11、制冷机组12、备用发电机13、蓄电池14和相关控制系统;所述的带应急制冷功能的机房热管空调系统通过第一三通阀、第二三通阀、第三三通阀和第四三通阀的开关调节不同环境下的运行工况。所述的相变储能模块1采用壳管式换热器或板式换热器结构,其内包括相变材料封装体2。当采用壳管式换热器结构时,相变材料封装在球形的相变材料封装体内,各相变材料封装体以堆积床形式均匀分布在壳管式换热器结构内,各相变材料封装体间留有一定流体通道。当采用板式换热器结构时,相变材料封装在平板式相变材料封装体内,各相变材料封装体均匀分布在板式换热器结构内,各相变材料封装体之间留有一定流体通道。壳管式换热器或板式换热器结构上预留有流体进出口通道,连接制冷机组或其他冷源提供的冷水。所述的相变材料封装体2内包含相变材料,采用的相变材料为纳米增强型有机材料、无机材料或有机-无机复合材料,相变温度点在0-50℃之间。所述的冷凝器外壳3采用壳管式换热器或板式换热器结构封装。壳管式换热器或板式换热器结构预留流体进出口通道,连接制冷机组或其他冷源提供的冷水。所述的冷凝器4为水冷式冷凝器,采用微通道结构或铜管铝翅片结构。所述的放冷泵5为小型直流水泵,实现冷水在相变储能模块1和冷凝器外壳3之间的循环。所述的蒸发器6为一个或多个并联的换热器,采用微通道结构或铜管铝翅片结构。所述的蒸发风机7为轴流风机,同时连接市政供电和蓄电池供电电路,可在两者之间自由切换。所述的第一三通阀、第二三通阀、第三三通阀和第四三通阀均为电动三通阀,根据控制系统的信号自动切换运行。所述的制冷机组12为冷冻水机组,可采用离心式或螺杆式冷冻水机组,该制冷机组同时连接市政供电电路和备用发电机供电电路,可在两者之间自动切换。所述的备用发电机13当市政停电时启动,带动制冷机组工作;由于启动备用发电机13,并使其带动制冷机组工作需

要一段时间;在该段时间内,采用应急制冷工况,使用蓄电池14给放冷泵5和蒸发风机7供电,蓄电池的电量需满足该段时间内放冷泵5和蒸发风机7的用电量总和;备用发电机带动制冷机组工作后,将运行工况切换回满负载制冷工况,且将蒸发风机的电源切换为备用发电机。考虑到一般情况下,能保证在15分钟内启动备用发电机13,并使其带动制冷机组工作,因此,本实施例中,设置蓄电池的电量满足至少15分钟内放冷泵5和蒸发风机7的用电量总和。所述的控制系统包括温度传感器、压力传感器和控制模块,温度传感器和压力传感器均与控制模块相连。

[0042] 本发明可保证数据中心内不间断的制冷需求,克服了传统制冷系统在市政断电或制冷机组故障时无法制冷的缺点,且在通信负载低谷时期利用相变储能模块储存制冷机组提供的多余的冷量,待通信负载峰值时期释放出来,有效降低制冷机组的装机容量,且提高制冷机组运行的稳定性和制冷效率。本发明的工作工况分为三种工况运行,分别为满负载制冷工况、半负载制冷工况和应急制冷工况。

[0043] 满负载制冷工况:采用重力热管自循环制冷方式,循环工质在蒸发器内蒸发吸收通信设备散发的热量,并由液态工质转变为气态工质,在密度差的驱动下气态工质上升至冷凝器中,气态工质在冷凝器内与制冷机组或其他冷源提供的冷冻水/冷水换热,气态工质冷凝为液态工质并在重力的作用下回流至蒸发器,完整制冷循环。此时,制冷机组或其他冷源提供的冷冻水/冷水不进入相变储能模块,冷冻水的工作环路为12-8-10-4-11-12。

[0044] 半负载制冷工况:通信负载减小、通信设备发热量降低,蒸发器的排气温度和排气压力会降低;当检测到的蒸发器排气温度降低 $2^{\circ}\text{C}$ 或排气压力降低至其额定压力的80%时,电动控制第一三通阀、第二三通阀和第四三通阀动作,从而控制流体在三通阀内流通方向,使制冷机组或其他冷源提供的冷冻水同时进入相变储能模块和冷凝器,相变储能模块内的相变材料由液态凝固为固态,储存冷冻水提供的冷量;此外,制冷机组或其他冷源提供的冷冻水同时进入冷凝器,保证循环工质在蒸发器和冷凝器之间的正常循环。同满负载制冷工况一样,制冷剂循环工质在蒸发器和冷凝器之间循环,通过工质的蒸发和冷凝过程实现制冷的目的。但冷冻水的工作环路为两个并联的环路,分别为12-8-9-1-11-12和12-8-10-3-11-12。

[0045] 应急制冷工况:当市政停电或制冷机组故障时,会引起制冷机组的冷冻水供水温度升高,供回水温度之差增大;当检测到制冷机组的冷冻水供水温度大于预定值,且供回水温度之差小于预定值时,电动控制第二三通阀、第三三通阀和第四三通阀动作,从而控制流体在三通阀内的流通方向,此时启动蓄电池为放冷泵和蒸发风机供电,改变冷冻水的工作环路使冷冻水在相变储能模块和冷凝器之间循环,此时由相变储能模块充当空调系统的冷源,实现冷凝器的降温,冷冻水的工作环路为1-9-5-10-3-11-1。

[0046] 本发明基于热管制冷原理,辅以相变储能技术的应用,保证数据中心内不间断的制冷需求,克服了传统制冷系统在市政断电或制冷机组故障时无法制冷的缺点,在市政断电时为备用发电机启动并带动制冷机组工作争取时间,可保证通信数据的不间断传输;在制冷机组故障时为通信信息的存储争取时间,从这两方面保证数据通信的安全;当夜间机房内冷负荷较低时通过相变储能模块储存制冷机组提供的冷量,能充分利用设备和能源,白天冷负荷升高时相变储能模块释放其储存的冷量,能分担制冷机组的制冷压力,从而减小制冷机组提供的峰值冷量,即降低制冷机组的装机容量,缓解市电峰值用电压力;且在

夜间低谷电价期间储存冷量,在白天峰值电价期间释放冷量,为机房内设备降温,可以减少空调系统的运行成本;此外,通过相变储能模块的冷量储存和释放作用,制冷机组需提供的冷量波动幅度降低,延长制冷机组的工作寿命。

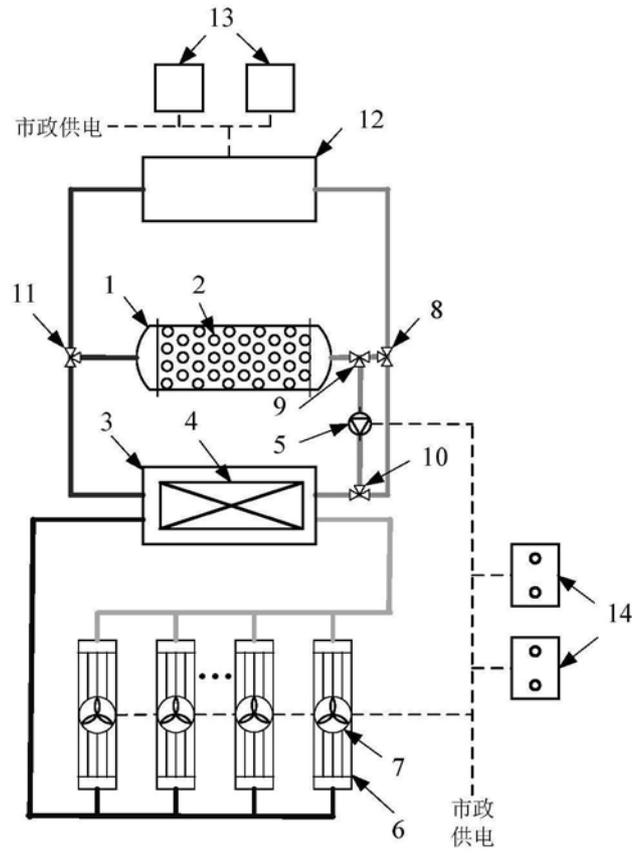


图1

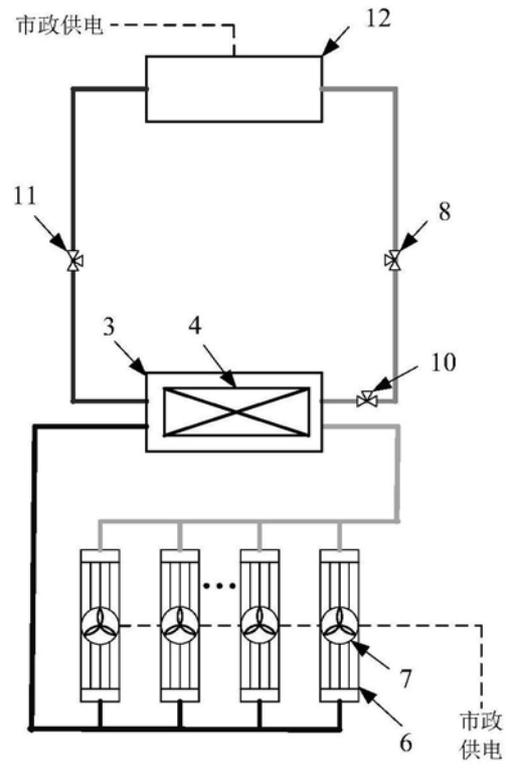


图2

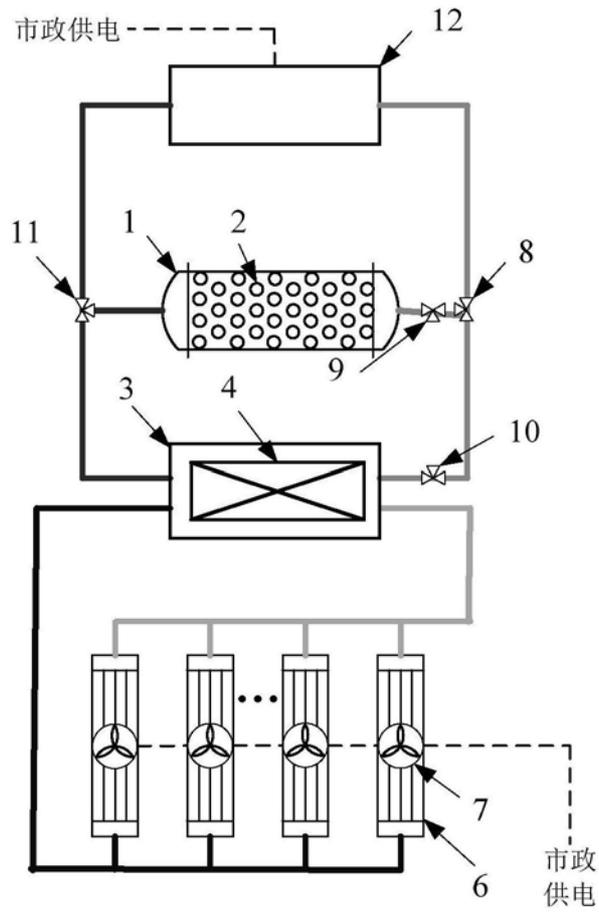


图3

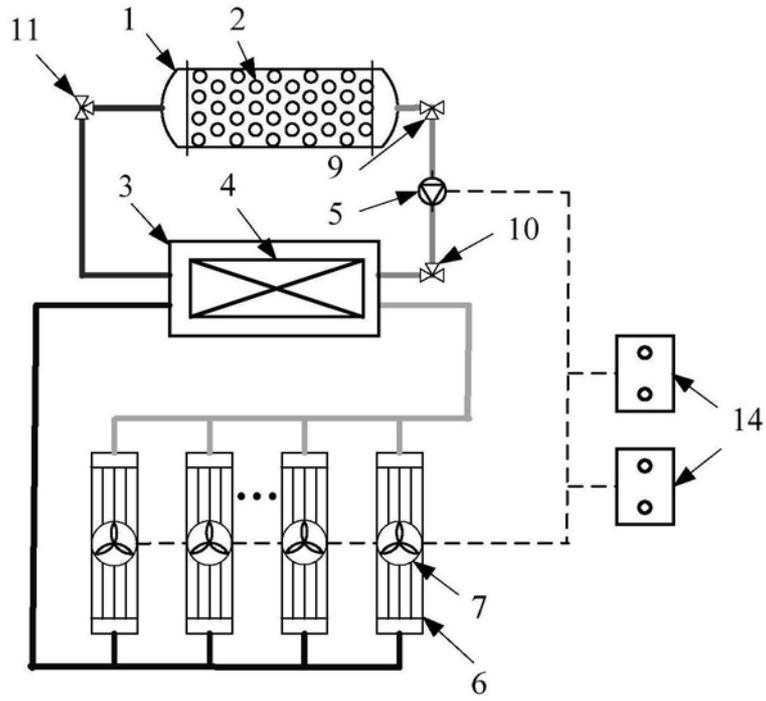


图4