

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2024 年 6 月 13 日 (13.06.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/119643 A1

- (51) 国际专利分类号:
H05K 7/20 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2023/080640
- (22) 国际申请日: 2023 年 3 月 9 日 (09.03.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202211563962.9 2022年12月7日 (07.12.2022) CN
- (71) 申请人: 东南大学(SOUTHEAST UNIVERSITY) [CN/
CN]; 中国江苏省南京市江宁区东南大学
路2号, Jiangsu 211189 (CN)。
- (72) 发明人: 刘旭(LIU, Xu); 中国江苏省南京市江
宁区东南大学路2号, Jiangsu 211189 (CN)。 李
奥(LI, Ao); 中国江苏省南京市江宁区东南大
学路2号, Jiangsu 211189 (CN)。 姚江枫(YAO,

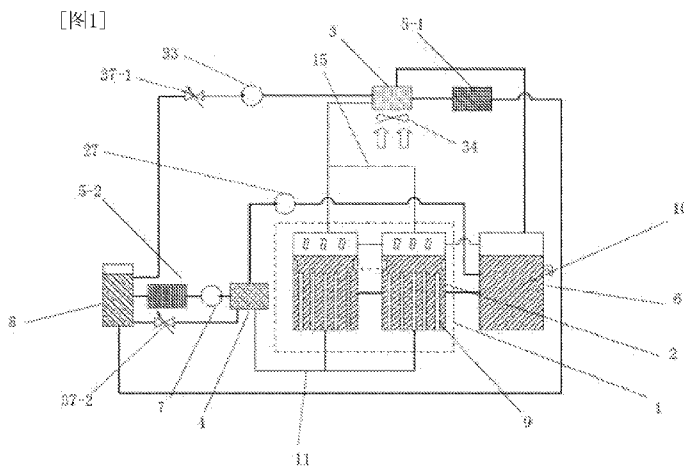
Jiangfeng); 中国江苏省南京市江宁区东南大
学路2号, Jiangsu 211189 (CN)。 邓梓龙(DENG,
Zilong); 中国江苏省南京市江宁区东南大学
路2号, Jiangsu 211189 (CN)。 张程宾(ZHANG,
Chengbin); 中国江苏省南京市江宁区东南大
学路2号, Jiangsu 211189 (CN)。

(74) 代理人: 南京瑞弘专利商标事务所(普通合伙)
等(NANJING RUIHONG PATENT & TRADEMARK
AGENCY (ORDINARY PARTNERSHIP) et al.); 中国
江苏省南京市玄武区龙蟠路155号紫金联
合立方3-411, Jiangsu 210000 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家
保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,
BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,
CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ,
IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ,

(54) **Title:** DUAL-CIRCULATION MULTI-MODE IMMERSION LIQUID-COOLING HEAT DISSIPATION REGULATION
SYSTEM FOR DATA CENTER, AND DUAL-CIRCULATION MULTI-MODE IMMERSION LIQUID-COOLING HEAT DISSI-
PATION REGULATION METHOD

(54) 发明名称: 数据中心浸没式双循环多模式液冷散热调节系统及方法



(57) **Abstract:** Provided in the present invention are a dual-circulation multi-mode immersion liquid-cooling heat dissipation regulation system for a data center, and a dual-circulation multi-mode immersion liquid-cooling heat dissipation regulation method. The regulation system comprises data center cabinets, micro-channel condensing heat exchangers, a plate heat exchanger, waste heat recovery devices, a cooling water liquid storage tank, a fluorinated liquid storage tank, a liquid pump, a fluorinated liquid, corresponding pipelines and pipeline valves. By means of the present invention, a single-phase circulation loop and a two-phase circulation loop are switched to according to the working power consumption of servers and the thermophysical property of a cooling working medium, and flexible regulation and control is performed according to a heat dissipation requirement of a cabinet, the magnitude of a load, and a working environment, thereby avoiding resource waste caused by the difference of the load of a data center; and cooling water flows through waste heat recovery devices to recover heat, so as to reduce the electricity consumption of the system, thereby greatly improving the refrigeration capacity utilization efficiency. The present invention has high reliability, is convenient to manage, has high adaptivity to different working media, has a high cold source utilization rate, and can perform efficient and accurate heat dissipation in different

LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则4.17的声明:
— 发明人资格(细则4.17(iv))

本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

modes.

(57) 摘要: 本发明提供了一种数据中心浸没式双循环多模式液冷散热调节系统及方法, 调节系统包括数据中心机柜, 微流道冷凝换热器, 板式换热器, 余热回收装置, 冷却水储液罐, 氟化液储液罐、液体泵以及氟化液、相应管道以及管道阀。本发明根据服务器的工作功耗以及冷却工质的热物性切换至单相与两相的循环回路, 根据机柜散热需求、载荷大小、工作环境灵活调节控制, 避免了因数据中心载荷不同而造成的资源浪费, 且冷却水流经余热回收装置回收热量, 以节省系统用电量, 极大地提高了制冷量利用效率, 本发明可靠性高、便于管理、对不同工质的自适应性、冷源利用率高、能在不同模式下进行高效精准的散热。

发明名称：数据中心浸没式双循环多模式液冷散热调节系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种散热系统，特别涉及一种数据中心浸没式双循环多模式液冷散热调节系统及方法，属于机房服务器冷却技术领域。

背景技术

[0002] 随着人工智能、物联网等计算密集型应用的快速发展，日益增长的计算需求使数据中心逐渐向“高性能、高密度、高能耗”发展，极高的产热量会导致服务器工作不稳定，因此设计数据中心机柜散热系统以匹配大型服务器的高散热需求是必要的。

[0003] 常见的服务器冷却系统采用有风冷散热和液冷散热两种方式。其中，浸没式液冷传热效率最高且能避免局部热点，是目前最有可能解决高性能计算环境中散热系统所面临各种问题的技术手段。

[0004] 冷却液是浸没式液冷技术的关键问题之一，目前服务器浸没式液冷设备所使用的冷却液通常为电子氟化液，但由于热物性、绝缘性等性质的差异，面向的使用场景和适用的液冷技术也不尽相同，如目前可用于浸没式液冷的电子氟化液Novec7000和 HFE-7100 在标准大气压下的沸点相差接近30℃，不同电子氟化液对于浸没式冷却系统性能的影响是十分显著的，所以电子氟化液与服务器浸没式液冷系统的性能匹配才能达到高效的散热效能。

[0005] 数据中心的冷却散热耗电占数据中心除IT设备供电之外的绝大部分，因此，如何低能耗的解决数据中心散热问题成为降低PUE (Power Usage Effectiveness，电能利用效率)的关键因素。而由于服务器工作负载变化幅度大，如果机柜的散热系统能根据服务器工作载荷动态灵活分配冷量，根据服务器载荷大小进行模式转换，以达成机柜散热效能和服务器散热需求的匹配，可以避免服务器在低负载运行时，导致机柜散热系统能耗增加和冷量的浪费。

[0006] 根据目前数据中心机柜散热方案，有较多涉及到散热模式的转换，以实现根据散热需求而改变散热模式进而实现减小能耗的目标，但风冷散热与单相热管

散热的切换难以满足高负载数据中心的散热需求，且热管与服务器接触面积小，在服务器高负载工作时因服务器热点分布不均会导致过大的热应力。

[0007] 结合以上情况，现在的数据中心机柜需要一种对于不同规格氟化液具有自适应性，同时能够根据数据中心服务器载荷变化改变散热模式的散热系统，保证系统的高散热效能和低散热能耗。

发明内容

[0008] 技术问题：针对现有数据中心机柜散热系统的不足，本发明提出了一种数据中心浸没式双循环多模式液冷散热调节系统及方法，不仅具有对不同规格电子氟化液的自适应性，还能根据数据中心服务器载荷调整散热模式，从而达到冷量的灵活分配和较低的能耗。

[0009] 技术方案：本发明的数据中心浸没式双循环多模式液冷散热调节系统包括数据中心机柜阵列、微流道冷凝换热器、板式换热器、第一余热回收装置、第二余热回收装置、氟化液储液罐、第二冷却水驱动泵、冷却水储液罐、氟化液液体泵、第一冷却水驱动泵、外置背夹风扇、单相回路冷却水阀、两相回路冷却水阀；其中，数据中心机柜阵列由多个数据中心机柜组成，数据中心机柜通过氟化液出口管道接板式换热器，板式换热器的出端通过氟化液驱动泵和氟化液出口管道阀连接氟化液储液罐，数据中心机柜的上部通过氟化液蒸汽出口管道接微流道冷凝换热器，数据中心机柜的中部与氟化液储液罐连通，氟化液储液罐的上部与微流道冷凝换热器连通，由此形成氟化液的工作回路；

[0010] 冷却水储液罐的上部顺序通过两相回路冷却水阀、第一冷却水驱动泵、微流道冷凝换热器、第一余热回收装置回到冷却水储液罐的下部，由此形成一个冷却水的工作回路；另外，冷却水储液罐的中部还通过第二余热回收装置、第二冷却水驱动泵、板式换热器、单相回路冷却水阀回到冷却水储液罐，由此形成第二个冷却水的工作回路；冷却水循环和冷却氟化液的循环彼此独立，二者只有热量上的交换。

[0011] 所述数据中心机柜阵列包含多个数据中心机柜，各数据中心机柜氟化液冷却系统之间相互并联以保证各个区域的连通，刀片式服务器固定在数据中心机柜内部且完全浸没在氟化液中，数据中心机柜内液面上预留有足够氟化液相变的

空间。

[0012] 所述数据中心机柜表面部分区域由透明界面低热阻材料制成，用于观察机柜内部的刀片式服务器工作情况以及检查氟化液的余量是否充足，同时数据中心机柜内部设置有气压传感器、液位传感器和温度传感器。

[0013] 所述数据中心机柜的上部通过氟化液蒸汽出口管道接微流道冷凝换热器，即氟化液蒸汽出口与微流道冷凝换热器工质入口相连，微流道冷凝换热器工质出口与氟化液储液罐相连，即氟化液蒸汽在微流道冷凝换热器内部冷凝换热后回流到氟化液储液罐，整个回路构成氟化液两相循环回路；数据中心机柜底部有氟化液出口管道，氟化液出口管道与板式换热器冷凝入口相连，与冷却水换热后的低温氟化液在氟化液驱动泵的作用下回流入氟化液储液罐，整个回路构成氟化液单相循环回路。

[0014] 所述冷却水为去离子的蒸馏水；所述的氟化液，对于单相循环，采用高沸点、宽液程、窄沸程、热稳定好的电子氟化液Fluorinert FC-3283；对于两相循环及复合工作模式，采用低沸点、宽沸程的电子氟化液Novec71DA；通过调节氟化液出口管道阀和氟化液蒸汽泄压阀以及冷量控制阀的开闭程度，保证数据中心机柜阵列的各个机柜都分配到合适的冷量。

[0015] 所述氟化液出口管道为含有内翅结构的强化传热管道，具有高热传导性；微流道冷凝换热器还配有外置背夹风扇，利用外置背夹风扇的对流作用进一步提升散热效能。

[0016] 所述微流道冷凝换热器、数据中心机柜阵列、氟化液储液罐、板式换热器按照高度由高到低的顺序设置。

[0017] 本发明调节系统的第一种浸没式双循环多模式液冷散热调节方法为：当所述双循环多模式液冷散热调节系统仅工作在单相循环回路时，氟化液蒸汽泄压阀，两相回路冷却水阀、第一冷却水驱动泵关闭，氟化液出口管道阀打开，开启氟化液出口管道，当整个循环的冷源为数据中心机柜所在低温冷空气时，关闭单相回路冷却水阀，系统工作在环境冷却模式，氟化液在重力驱动下流入板式换热器，流动过程中将热量传递给外界冷空气；当整个循环的冷源为低温冷却水时，打开单相回路冷却水阀，系统工作在单相冷却模式，冷却水储液罐中的

冷却水由于重力自动流入板式换热器，冷却水和高温氟化液在板式换热器中完成热量交换，经过板式换热器接收热量的冷却水流经第一余热回收装置回收热量后泵送至冷却水储液罐，完成冷却水单相冷却循环；板式换热器氟化液出口管道与氟化液储液罐相连接，降温之后的氟化液由氟化液驱动泵提供动力再流入氟化液储液罐，对数据中心机柜中的氟化液进行补充。

[0018] 本发明调节系统的第二种浸没式双循环多模式液冷散热调节方法为：当所述双循环多模式液冷散热调节系统仅工作在两相循环回路时，氟化液出口管道阀、单相回路冷却水阀、第二冷却水驱动泵关闭，氟化液蒸汽泄压阀以及两相回路冷却水阀打开，氟化液蒸汽由于压力差经蒸汽入口将氟化液送至微流道冷凝换热器，与此同时，冷却水在第一冷却水驱动泵的作用下进入微流道冷凝换热器上部冷却水管道，经内部带有菱形微散热柱的微流道分流，同时氟化液蒸汽在金刚石分界面液化冷凝放热，吸收热量后的液滴汇集后经过余热回收装置由重力作为驱动力流入冷却水储液罐，氟化液在重力的作用下回流入氟化液储液罐。

[0019] 本发明调节系统的第三种浸没式双循环多模式液冷散热调节方法为：当所述双循环多模式液冷散热调节系统工作在复合冷却模式，即单相循环回路和两相循环回路同时启用，单相回路冷却水阀和两相回路冷却水阀、氟化液蒸汽泄压阀、第一冷却水驱动泵、第二冷却水驱动泵以及氟化液出口管道阀均打开，柜内氟化液液相区进入单相循环回路，氟化液气相区进入两相循环回路，以实现最高效能的散热。

[0020] 有益效果：本发明的数据中心浸没式双循环多模式液冷散热调节系统及方法具有以下优点：

[0021] 第一、本发明每个数据中心机柜通过管道及管道阀相互连通，且留有一定的透明区域便于观察内部服务器的工作情况和氟化液余量是否充足，便于氟化液的补充以及机柜维修。

[0022] 第二、本发明根据针对不同电子氟化液的热物性具有自适应切换能力，以达到使用电子氟化液与散热系统的最佳匹配效果；

[0023] 第三、本发明根据数据中心机柜的载荷不同以及设备工作环境，设计了两相循

环回路和单向循环回路共四种工作模式，选用合适的工作模式可以保证散热效果的基础上保证了数据中心的PUE尽可能低；

[0024] 第四、本发明根据数据中心机柜内传感器的检测数据控制各个管道阀，以达成模式之间的灵活切换以及合理分配各个机柜的冷量。

附图说明

[0025] 图1为本发明的系统结构简图，

[0026] 图2为数据中心机柜阵列的示意图，

[0027] 图3为单个数据中心机柜的内部剖视图，

[0028] 图4是数据中心机柜顶部散热装置示意图，

[0029] 图5是带有微散热柱的微流道示意图，

[0030] 图6是微流道冷凝换热器的左视剖面图，

[0031] 图7是微流道冷凝换热器的内部剖视图。

[0032] 图中有：数据中心机柜阵列1，数据中心机柜2，微流道冷凝换热器3，板式换热器4，第一余热回收装置5-1，第二余热回收装置5-2，氟化液储液罐6，第二冷却水驱动泵7，冷却水储液罐8，刀片式服务器9，氟化液10，氟化液出口管道11，冷凝氟化液回流管道12，冷却水入口管道13，冷却水出口管道14，氟化液蒸汽出口管道15，机柜备用维修管道16，气压传感器17，温度传感器18，液位传感器19，刀片服务器固定滑轨20，刀片服务器固定挡板21，机柜连通液体管道22，机柜连通气体歧管23，微流道热沉24，超疏水铜纳米锥结构25，微流道冷却水入口26，氟化液驱动泵27，机柜连通液体管道阀28，冷量控制阀门29，机柜连通气体管道阀30，氟化液蒸汽泄压阀31，服务器机柜外壳32，第一冷却水驱动泵33，外置背夹风扇34，氟化液出口管道阀35，透明窗口36，两相回路冷却水阀37-1，单相回路冷却水阀37-2，菱形微散热柱38，冷凝室39，微流道冷却水出口40，菱形凹槽41。

实施方式

[0033] 下面结合附图对本发明的数据中心浸没式双循环多模式液冷散热调节系统及方法做出进一步详细说明。

- [0034] 如图1所示,该调节系统包括数据中心机柜阵列1、微流道冷凝换热器3、板式换热器4、第一余热回收装置5-1、第二余热回收装置5-2、氟化液储液罐6、第二冷却水驱动泵7、冷却水储液罐8、氟化液液体泵27、第一冷却水驱动泵33、外置背夹风扇34、单相回路冷却水阀37-2、两相回路冷却水阀37-1;其中,数据中心机柜阵列1由多个数据中心机柜2组成,数据中心机柜2通过氟化液出口管道11接板式换热器4,板式换热器4的出端通过氟化液驱动泵27和氟化液出口管道阀35连接氟化液储液罐6,数据中心机柜2的上部通过氟化液蒸汽出口管道15接微流道冷凝换热器3,数据中心机柜2的中部与氟化液储液罐6连通,氟化液储液罐6的上部与微流道冷凝换热器3连通,由此形成氟化液的工作回路;
- [0035] 冷却水储液罐8的上部顺序通过两相回路冷却水阀37-1、第一冷却水驱动泵33、微流道冷凝换热器3、第一余热回收装置5-1回到冷却水储液罐8的下部,由此形成一个冷却水的工作回路;另外,冷却水储液罐8的中部还通过第二余热回收装置5-2、第二冷却水驱动泵7、板式换热器4、单相回路冷却水阀37-2回到冷却水储液罐8,由此形成第二个冷却水的工作回路;冷却水循环和冷却氟化液的循环彼此独立,二者只有热量上的交换。
- [0036] 其中单相循环回路包括组件:氟化液储液罐6,氟化液驱动泵27,板式换热器4,第二余热回收装置5-2,冷却水储液罐8,氟化液出口管道11及氟化液出口管道阀35;其中第二冷却水驱动泵7,第二余热回收装置5-2,板式换热器4,单相回路冷却水阀37-2以及冷却水储液罐8构成第二冷却水循环,独立于数据中心机柜2散热循环之外。其中板式换热器4放置在水平位置低于数据中心机柜2以及冷却水储液罐8的位置;微流道冷凝换热器3处于比冷却水储液罐8和数据中心机柜2水平位置高的位置。氟化液储液罐6与数据中心机柜2处于相同水平位置,两相循环回路组件包括微流道冷凝换热器3,第一余热回收装置5-1,第一冷却水驱动泵33,冷却水储液罐8,氟化液储液罐6,两相回路冷却水阀37-1,其中第一冷却水驱动泵33,两相回路冷却水阀37-1,微流道冷凝换热器3和第一余热回收装置5-1构成第一冷却水循环;两相回路冷却水阀37-1和单相回路冷却水阀37-2分别控制第一冷却水循环和第二冷却水循环的启用,刀片式服务器9未处于工作状态时均处于关闭状态。

[0037] 根据刀片式服务器9的运行功耗、氟化液10的热物性及数据中心机柜阵列1所处环境温度可以灵活启用单相循环回路和两相循环回路，可工作在四个模式下：

[0038] 当数据中心处于低负载工作状态，整个数据中心机柜阵列1所处的环境温度低于20℃，且系统所用氟化液10的沸点高于服务器芯片壳温时，单相回路冷却水阀37-2和两相回路冷却水阀37-1关闭，此时系统工作在单相循环回路，第一冷却水循环和第二冷却水循环均不启用，系统处于环境冷却模式。随着刀片式服务器9的不断产热，关闭氟化液蒸汽泄压阀31，温度传感器18检测到温度上升，当氟化液温度上升至芯片壳温时，由于氟化液10沸点高于芯片壳温，气压传感器17在氟化液10升温过程中检测到的柜内气压应维持恒定值，此时控制氟化液出口管道阀35打开，开启氟化液出口管道11，且氟化液出口管道11为含有内翅结构的强化传热管道，具有较大的换热系数和高导热性，氟化液出口管道11与板式换热器4的冷却工质入口相连，氟化液10在重力驱动下流入板式换热器4，流动过程中将热量传递给外界冷空气，降温之后的氟化液由氟化液驱动泵27提供动力再回流至氟化液储液罐6，对数据中心机柜2中的氟化液10进行补充，完成循环。由于整个循环的冷源为数据中心机柜2所处的冷空气，回路只需一个液体泵就能完成循环，系统的耗电量很低。

[0039] 当刀片式服务器9载荷升高，或数据中心机柜阵列1所处环境温度高于20℃，仅靠室内空气作为唯一冷源不能满足刀片式服务器9的散热需求，且系统所用氟化液的沸点高于服务器芯片壳温时，此时开启单相回路冷却水阀37-2，系统仍工作在单相循环回路下，仅启用第二冷却水循环，气压传感器17在氟化液升温阶段检测到柜内气压不变，此时氟化液蒸汽泄压阀31关闭，阻止刀片式服务器9发热功率过高导致氟化液10温度升高发生相变从氟化液蒸汽出口管道15泄露，阻止系统进入两相循环回路。随着刀片式服务器9产热的不断积累，氟化液10的温度也不断升高，当氟化液10温度上升至芯片壳温时，打开氟化液出口管道阀35以及单相回路冷却水阀37-2，氟化液出口管道11与板式换热器4相连接，高温氟化液10合流入氟化液出口管道11，并由重力作为驱动力流入板式换热器4，冷却水储液罐8中的冷却水作为冷源由于重力自动流入板式换热器4。利用氟化液1

0的显热吸收刀片式服务器9产生的热量，再由冷却水与氟化液10在板式换热器4交换热量，系统工作在单相冷却模式，冷却后的氟化液10经由氟化液驱动泵27泵送至氟化液储液罐6，完成氟化液10的散热循环；经过板式换热器4接收热量的冷却水流经第二余热回收装置5-2回收热量后由第二冷却水驱动泵7提供动力回到冷却水储液罐8，完成第二冷却水循环。值得注意的是，随着长时间工作在单相循环回路，即系统处于环境冷却模式或单相冷却模式时，数据中心机柜2的温度会逐渐趋于稳定，根据各个数据中心机柜2温度的高低，此时关闭机柜连通液体管道阀28，控制氟化液出口管道阀35的开闭程度，动态调控各个机柜氟化液出口流量，保证系统冷量合理分配。

[0040] 当刀片式服务器9载荷较大时，发热功率较高，且所用氟化液10沸点低于芯片壳温时，随着刀片式服务器9的不断产热，数据中心机柜2内部的氟化液温度在上升至芯片壳温之前就开始沸腾，此时系统两相循环回路启用，工作在两相冷却模式，利用氟化液的气化潜热对刀片式服务器9进行散热，进一步提高散热效率。温度传感器18检测到柜内氟化液温度上升至沸点时，随着氟化液由液相不断转化为气相，气压传感器17检测到柜内气压上升至饱和气压时，关闭氟化液出口管道阀35和单相回路冷却水阀37-2，阻止系统进入单相循环回路，并打开氟化液蒸汽泄压阀31以及两相回路冷却水阀37-1，开启第一冷却水循环，由于机柜内气相区域与微流道冷凝换热器3内部冷凝室39之间的压力差，驱动氟化液蒸汽至微流道冷凝换热装置3，氟化液10沸腾相变产生的氟化液蒸汽经过氟化液蒸汽出口管道15进入微流道冷凝换热器3进行液化冷凝放热，同时冷却水储液罐8中的冷却水流经冷却水入口管道13由第一冷却水驱动泵33泵送至微流道冷凝换热器3，并与氟化液蒸汽完成热量交换，后经冷却水出口管道14在重力的驱动作用下回流到冷却水储液罐8完成循环。同时微流道冷凝换热器3还配有外置背夹风扇34，可以利用外置背夹风扇34的对流作用进一步提升散热效能。同样的，随着系统长时间工作在两相循环回路，即系统两相冷却模式时，数据中心机柜2的温度会逐渐趋于稳定，根据各个数据中心机柜2温度的高低，关闭机柜连通气体管道阀30，控制氟化液蒸汽泄压阀31和冷量控制阀门29的开闭程度，动态调控各个机柜氟化蒸汽出口流量以及微流道冷凝换热器3的冷却水流量，保证

系统冷量合理分配。

[0041] 除此以外，所用氟化液10沸点低于芯片壳温时，单相循环回路和两相循环回路可以同时启用，系统即工作在复合冷却模式，以达成超高热流密度的散热冷却效果，现对其进行具体说明：刀片式服务器9满载工作时，单相回路冷却水阀37-2和两相回路冷却水阀37-1均打开，即第一冷却水循环和第二冷却水循环都处于工作状态，温度传感器18检测到柜内氟化液10温度上升至沸点时，随着氟化液由液相不断转化为气相，气压传感器17检测到柜内的气压不断上升，当柜内气压上升至饱和气压时，此时打开氟化液蒸汽泄压阀31以及氟化液出口管道阀35，让系统同时工作在上述的单相冷却模式和两相冷却模式，柜内氟化液液相区进入单相循环回路，氟化液气相区进入两相循环回路，利用板式换热器4和微流道冷凝换热器3同时对数据中心机柜2进行散热，保证系统具有极高效的散热效能，以应对超高负载下的服务器高热流密度和服务器的极端工作环境。

[0042] 如图2、图3所示，其中刀片式服务器9经由刀片服务器固定滑轨20和刀片服务器固定挡板21固定于服务器机柜外壳32底部，且浸没在氟化液10中。其中刀片服务器固定滑轨20便于刀片式服务器9的拆卸维修，服务器机柜外壳32上方留有足够使得氟化液10产生相变的气体空间，保证气压不会发生剧烈变化。温度传感器18贴附在服务器机柜外壳32靠近刀片式服务器9集中发热单元位置附近，氟化液10液位应预留出系统工作在两相循环回路时，由于氟化液相变导致的液位下降部分，并记此时的液位为安全液位，液位传感器19贴附在服务器机柜外壳32与氟化液10液面持平的位置，气压传感器17贴附在服务器机柜外壳32顶部靠近氟化液蒸汽出口管道15的位置。同时，服务器机柜外壳32留有透明窗口36，方便观察内部刀片式服务器9工作情况，以及检查氟化液10的余量是否足够。微流道冷凝换热器3位于数据中心机柜2上方，二者经由氟化液蒸汽出口管道15相连接，氟化液蒸汽出口管道15由氟化液蒸汽泄压阀31控制通断，冷却水入口管道13，冷却水出口管道14分别与微流道冷却水入口26以及微流道冷却水出口40相连，氟化液蒸汽出口管道15和冷凝氟化液回流管道12与微流道冷凝换热器3内部的冷凝室39相连。各个数据中心机柜2以及氟化液储液罐6由机柜连通液体管道22和机柜连通气体歧管23相级联，以保证各个机柜之间的气压以及液面平

衡，当液位传感器19检测到氟化液液位下降至安全液位以下时，可以通过对氟化液储液罐6补液对机柜内的氟化液进行补充。值得注意的是，在系统出现故障时可以通过关闭机柜连通液体管道阀28以及机柜连通气体管道阀30断开各个机柜间的连接，对各个机柜的排液管道进行单独排查，每个服务器机柜还留有机柜备用维修管道16以保证断开连接时机柜内氟化液的余量充足以及排液维修。

[0043] 如图4、图5、图6、图7所示，微流道冷凝换热器3上部备有外置背夹风扇34，可以根据散热需求选择开启以强化机柜所处空气与换热器之间的对流传热，微流道冷凝换热器3包含有氟化液蒸汽进口、冷凝氟化液出口、微流道冷却水入口26、微流道冷却水出口40和对应管道。微流道冷凝换热器3内部被隔板分为微流道冷板和冷凝室39，使氟化液10和冷却水彼此分离，不会相互污染，隔板材料为高导热系数的金刚石，靠近冷凝室39的一面覆盖有超疏水铜纳米锥结构25。当系统的两相循环回路启用时，冷却水被第一冷却水驱动泵33泵送至微流道冷却水入口26，随后冷却水分流至各个微流道热沉24，作为冷源与高温氟化液蒸汽进行对流热交换，并且每条微流道内部各引入两个菱形微散热柱38，以增加微流道内部换热面积，相应的，微流壁面也刻有菱形凹槽41，以保证冷却水流量不会因散热柱过分损失，一定程度上提高了冷却效率以及散热稳定性，冷量控制阀门29以及氟化液蒸汽泄压阀31在气压传感器17、温度传感器18的控制下动态调控冷却水流入微流道热沉24的流量和氟化液蒸汽流量，以保证最佳的散热效能和各个机柜冷量的合理分配。同时超疏水铜纳米锥结构25可实现冷凝液滴在小尺度下发生融合去除，而微纳结构可以增加冷凝液体的成核密度与脱离频率，从而达到冷凝传热系数的显著提升。由于氟化液蒸汽进口在氟化液出口上方，冷凝成型的氟化液液体汇集后在重力的作用下脱离超疏水铜纳米锥结构25表面，通过冷凝氟化液回流管道12至氟化液储液罐6，吸收热量后的冷却水从微流道冷却水出口40流经冷却水出口管道14流入第一余热回收装置5-1放热后由重力驱动回流至冷却水储液罐8。

权利要求书

[权利要求 1] 一种数据中心浸没式双循环多模式液冷散热调节系统，其特征在于，该调节系统包括数据中心机柜阵列（1）、微流道冷凝换热器（3）、板式换热器（4）、第一余热回收装置（5-1）、第二余热回收装置（5-2）、氟化液储液罐（6）、第二冷却水驱动泵（7）、冷却水储液罐（8）、氟化液液体泵（27）、第一冷却水驱动泵（33）、外置背夹风扇（34）、单相回路冷却水阀（37-2）、两相回路冷却水阀（37-1）；其中，数据中心机柜阵列（1）由多个数据中心机柜（2）组成，数据中心机柜（2）通过氟化液出口管道（11）接板式换热器（4），板式换热器（4）的出端通过氟化液驱动泵（27）和氟化液出口管道阀（35）连接氟化液储液罐（6），数据中心机柜（2）的上部通过氟化液蒸汽出口管道（15）接微流道冷凝换热器（3），数据中心机柜（2）的中部与氟化液储液罐（6）连通，氟化液储液罐（6）的上部与微流道冷凝换热器（3）连通，由此形成氟化液的工作回路；冷却水储液罐（8）的上部顺序通过两相回路冷却水阀（37-1）、第一冷却水驱动泵（33）、微流道冷凝换热器（3）、第一余热回收装置（5-1）回到冷却水储液罐（8）的下部，由此形成一个冷却水的工作回路；另外，冷却水储液罐（8）的中部还通过第二余热回收装置（5-2）、第二冷却水驱动泵（7）、板式换热器（4）、单相回路冷却水阀（37-2）回到冷却水储液罐（8），由此形成第二个冷却水的工作回路；冷却水循环和冷却氟化液的循环彼此独立，二者只有热量上的交换。

[权利要求 2] 根据权利要求1所述的数据中心浸没式双循环多模式液冷散热调节系统，其特征在于，所述数据中心机柜阵列（1）包含多个数据中心机柜（2），各数据中心机柜（2）氟化液冷却系统之间相互并联以保证各个区域的连通，刀片式服务器（9）固定在数据中心机柜（2）内部且完全浸没在氟化液中，数据中心机柜（2）内液面上预留有足够氟化液相变的空间。

- [权利要求 3] 根据权利要求2所述的数据中心浸没式双循环多模式液冷散热调节系统，其特征在于，所述数据中心机柜（2）表面部分区域由透明界面低热阻材料制成，用于观察机柜内部的刀片式服务器（9）工作情况以及检查氟化液的余量是否充足，同时数据中心机柜（2）内部设置有气压传感器（17）、温度传感器（18）和液位传感器（19）。
- [权利要求 4] 根据权利要求3所述的数据中心浸没式双循环多模式液冷散热调节系统，其特征在于，所述数据中心机柜（2）的上部通过氟化液蒸汽出口管道（15）接微流道冷凝换热器（3），即氟化液蒸汽出口与微流道冷凝换热器（3）工质入口相连，微流道冷凝换热器（3）工质出口与氟化液储液罐（6）相连，即氟化液蒸汽在微流道冷凝换热器（3）内部冷凝换热后回流到氟化液储液罐（6），整个回路构成氟化液两相循环回路；数据中心机柜（2）底部有氟化液出口管道（11），氟化液出口管道（11）与板式换热器（4）冷凝入口相连，与冷却水换热后的低温氟化液在氟化液驱动泵（27）的作用下回流入氟化液储液罐（6），整个回路构成氟化液单相循环回路。
- [权利要求 5] 根据权利要求4所述的数据中心浸没式双循环多模式液冷散热调节系统，其特征在于，所述冷却水为去离子的蒸馏水；所述的氟化液，对于单相循环，采用高沸点、宽液程、窄沸程、热稳定好的电子氟化液Fluorinert FC-3283；对于两相循环及复合工作模式，采用低沸点、宽沸程的电子氟化液Novec71DA；通过调节氟化液出口管道阀（35）和氟化液蒸汽泄压阀（31）以及冷量控制阀（29）的开闭程度，保证数据中心机柜阵列（1）的各个机柜都分配到合适的冷量。
- [权利要求 6] 根据权利要求5所述的数据中心浸没式双循环多模式液冷散热调节系统，其特征在于，所述氟化液出口管道（11）为含有内翅结构的强化传热管道，具有高热传导性；微流道冷凝换热器（3）还配有外置背夹风扇（34），利用外置背夹风扇（34）的对流作用进一步提升散热效能。
- [权利要求 7] 根据权利要求6所述的数据中心浸没式双循环多模式液冷散热调节

系统，其特征在于，所述微流道冷凝换热器（3）、数据中心机柜阵列（1）、氟化液储液罐（6）、板式换热器（4）按照高度由高到低的顺序设置。

[权利要求 8]

一种如权利要求1、2、3、4、5、6或7所述调节系统的浸没式双循环多模式液冷散热调节方法，其特征在于，当所述双循环多模式液冷散热调节系统仅工作在单相循环回路时，氟化液蒸汽泄压阀（31），两相回路冷却水阀（37-1）、第一冷却水驱动泵（33）关闭，氟化液出口管道阀（35）打开，开启氟化液出口管道（11），当整个循环的冷源为数据中心机柜（2）所在低温冷空气时，关闭单相回路冷却水阀（37-2），系统工作在环境冷却模式，氟化液在重力驱动下流入板式换热器（4），流动过程中将热量传递给外界冷空气；当整个循环的冷源为低温冷却水时，打开单相回路冷却水阀（37-2），系统工作在单相冷却模式，冷却水储液罐（8）中的冷却水由于重力自动流入板式换热器（4），冷却水和高温氟化液在板式换热器（4）中完成热量交换，经过板式换热器（4）接收热量的冷却水流经第一余热回收装置（5-1）回收热量后泵送至冷却水储液罐（8），完成冷却水单相冷却循环；板式换热器（4）氟化液出口管道与氟化液储液罐（6）相连接，降温之后的氟化液由氟化液驱动泵（27）提供动力再回流入氟化液储液罐（6），对数据中心机柜（2）中的氟化液进行补充。

[权利要求 9]

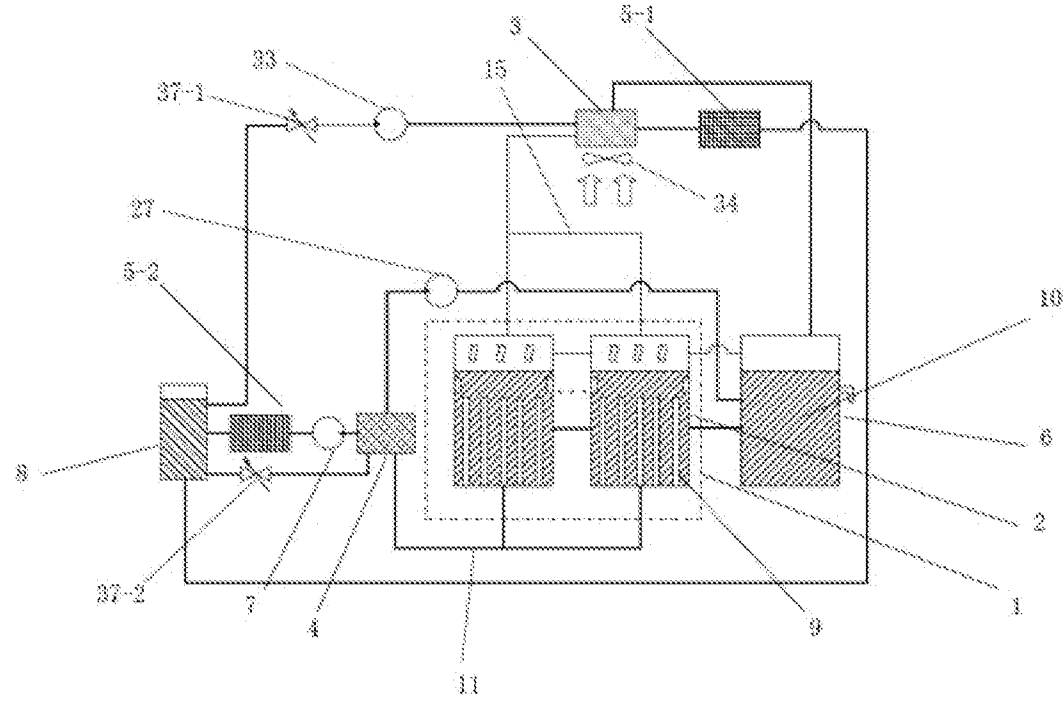
一种如权利要求1、2、3、4、5、6或7所述调节系统的浸没式双循环多模式液冷散热调节方法，其特征在于，当所述双循环多模式液冷散热调节系统仅工作在两相循环回路时，氟化液出口管道阀（35）、单相回路冷却水阀（37-2）、第二冷却水驱动泵（7）关闭，氟化液蒸汽泄压阀（31）以及两相回路冷却水阀（37-1）打开，氟化液蒸汽由于压力差经蒸汽入口将氟化液送至微流道冷凝换热器（3），与此同时，冷却水在第一冷却水驱动泵（33）的作用下进入微流道冷凝换热器（3）上部冷却水管道，经内部带有菱形微散热柱（38）的微流道分流，同时氟化液蒸汽在金刚石分界面液化冷凝放热，吸收热量后

的液滴汇集后经过余热回收装置由重力作为驱动力流入冷却水储液罐（8），氟化液经过在重力的作用下回流入氟化液储液罐（6）。

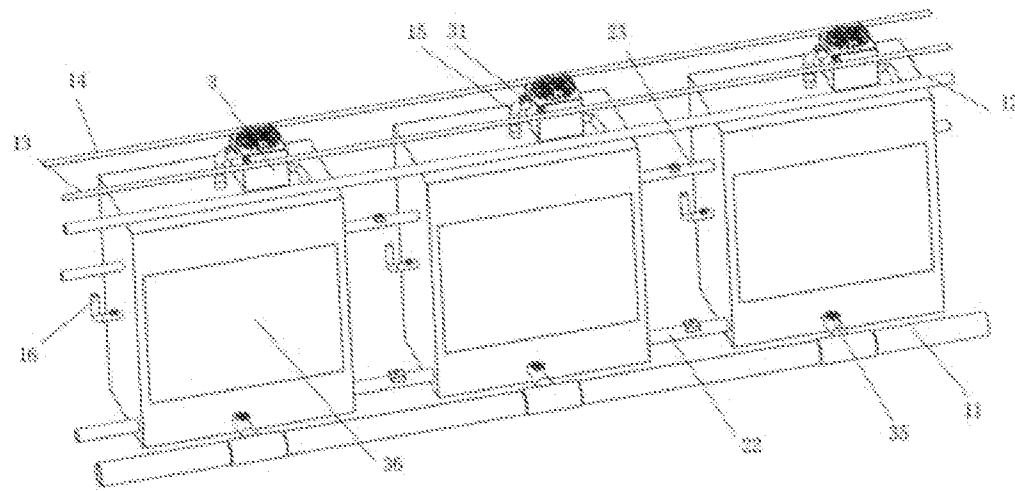
[权利要求 10]

一种如权利要求1、2、3、4、5、6或7所述调节系统的浸没式双循环多模式液冷散热调节方法，其特征在于，当所述双循环多模式液冷散热调节系统工作在复合冷却模式，即单相循环回路和两相循环回路同时启用，单相回路冷却水阀（37-2）和两相回路冷却水阀（37-1）、氟化液蒸汽泄压阀（31）、第一冷却水驱动泵（33）、第二冷却水驱动泵（7）以及氟化液出口管道阀（35）均打开，柜内氟化液液相区进入单相循环回路，氟化液气相区进入两相循环回路，以实现最高效能的散热。

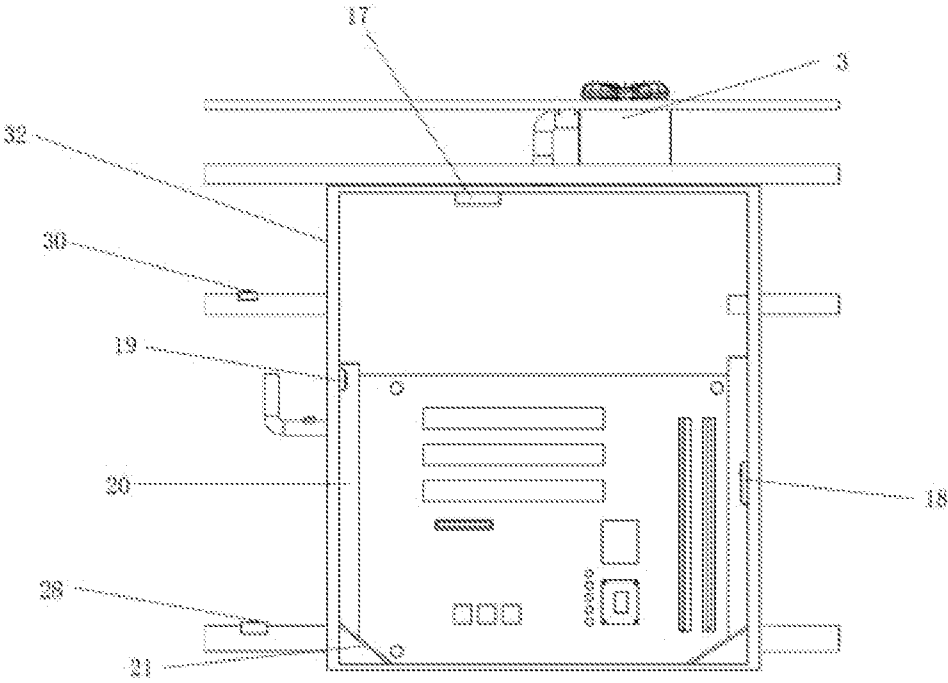
[图1]



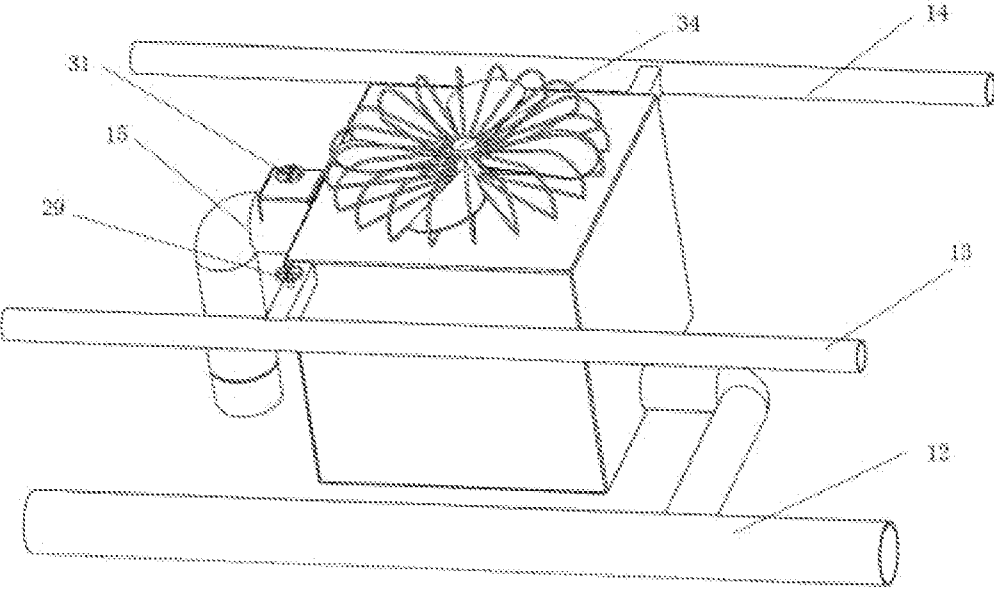
[图2]



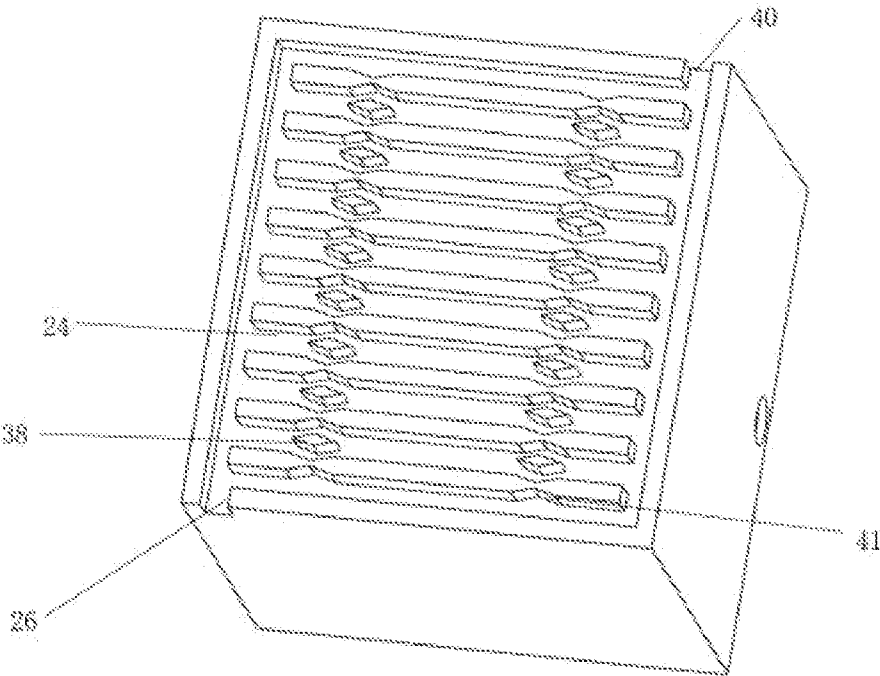
[图3]



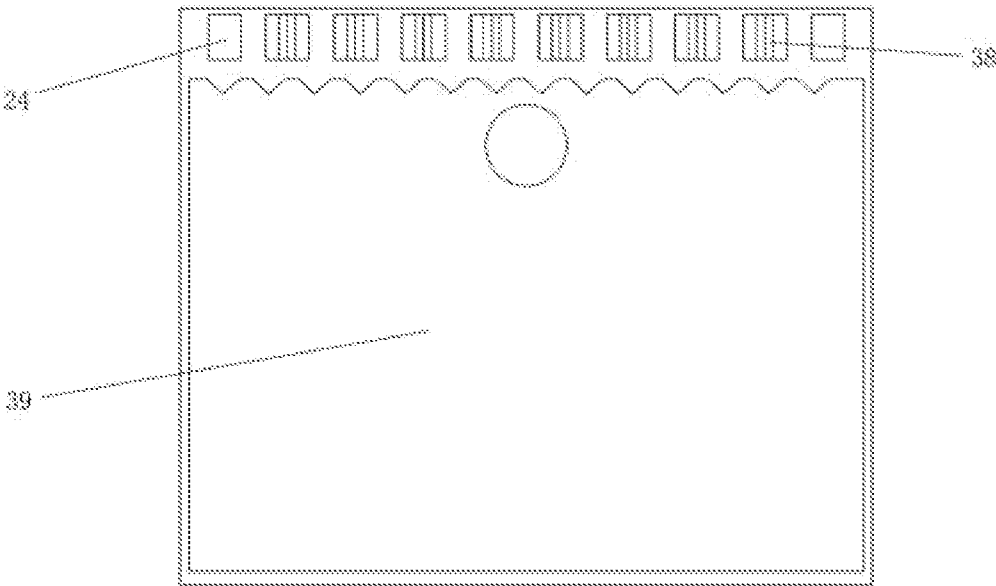
[图4]



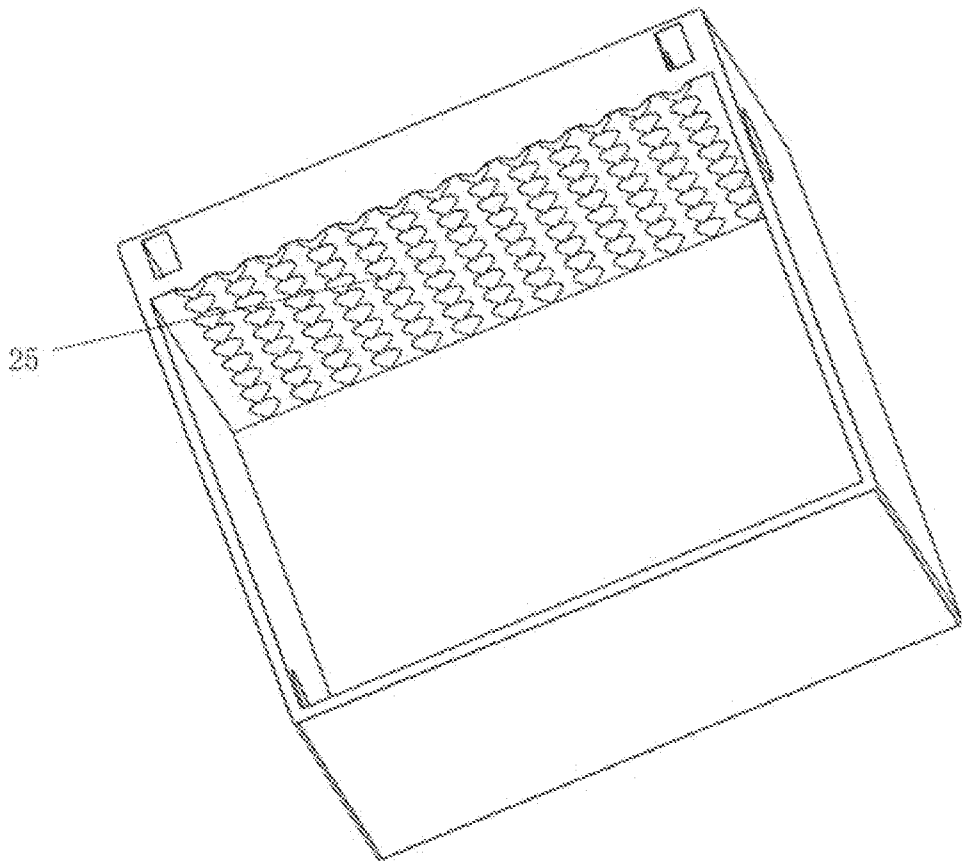
[图5]



[图6]



[图7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/080640

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05K7/20(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: H05K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNTXT, VCN, ENTXTC, VEN, CNKI: 散热, 液冷, 氟化液, 冷却, 冷凝, 水, 换热, 回收, 收回, 收集, 循环, 泵, 阀, heat dissipation, liquid cooling, fluorinated liquid, cooling, condensation, water, heat exchange, recovery, collect+, pump, valve+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 115568193 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 03 January 2023 (2023-01-03) claims 1-10	1-10
A	CN 113056167 A (SHANGHAI HANWEI EQUIPMENT CO., LTD.) 29 June 2021 (2021-06-29) description, paragraphs 0040-0053, and figures 1-8	1-10
A	CN 111465299 A (NANJING CANATAL DATA-CENTRE ENVIRONMENTAL TECH CO., LTD.) 28 July 2020 (2020-07-28) entire document	1-10
A	CN 112839490 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 25 May 2021 (2021-05-25) entire document	1-10
A	CN 113093890 A (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 09 July 2021 (2021-07-09) entire document	1-10
A	US 2021185857 A1 (ALIBABA GROUP HOLDING LIMITED) 17 June 2021 (2021-06-17) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“D” document cited by the applicant in the international application

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 July 2023

Date of mailing of the international search report

21 July 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/080640

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	115568193	A	03 January 2023	None			
CN	113056167	A	29 June 2021	CN	214413364	U	15 October 2021
CN	111465299	A	28 July 2020	CN	212138202	U	11 December 2020
CN	112839490	A	25 May 2021	WO	2022012302	A1	20 January 2022
CN	113093890	A	09 July 2021	None			
US	2021185857	A1	17 June 2021	TW	201918676	A	16 May 2019
				EP	3706524	A1	09 September 2020
				JP	2021501950	A	21 January 2021
				WO	2019085801	A1	09 May 2019
				CN	207519036	U	19 June 2018
				CN	109757060	A	14 May 2019
				US	2021185857	A1	17 June 2021

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2023/080640

A. 主题的分类 H05K7/20(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) IPC: H05K 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNTXT, VCN, ENTXTC, VEN, CNKI: 散热, 液冷, 氟化液, 冷却, 冷凝, 水, 换热, 回收, 收回, 收集, 循环, 泵, 阀, heat dissipation, liquid cooling, fluorinated liquid, cooling, condensation, water, heat exchange, recovery, collect+, pump, valve+		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 115568193 A (东南大学) 2023年1月3日 (2023 - 01 - 03) 权利要求1-10	1-10
A	CN 113056167 A (上海菡威装备有限公司) 2021年6月29日 (2021 - 06 - 29) 说明书第0040-0053段, 图1-8	1-10
A	CN 111465299 A (南京佳力图机房环境技术股份有限公司) 2020年7月28日 (2020 - 07 - 28) 全文	1-10
A	CN 112839490 A (东南大学) 2021年5月25日 (2021 - 05 - 25) 全文	1-10
A	CN 113093890 A (大连理工大学) 2021年7月9日 (2021 - 07 - 09) 全文	1-10
A	US 2021185857 A1 (ALIBABA GROUP HOLDING LIMITED) 2021年6月17日 (2021 - 06 - 17) 全文	1-10
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2023年7月12日		国际检索报告邮寄日期 2023年7月21日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088		授权官员 刘柳群 电话号码 (+86) 010-53961723

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/080640

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	115568193	A	2023年1月3日	无	
CN	113056167	A	2021年6月29日	CN	214413364 U 2021年10月15日
CN	111465299	A	2020年7月28日	CN	212138202 U 2020年12月11日
CN	112839490	A	2021年5月25日	WO	2022012302 A1 2022年1月20日
CN	113093890	A	2021年7月9日	无	
US	2021185857	A1	2021年6月17日	TW	201918676 A 2019年5月16日
				EP	3706524 A1 2020年9月9日
				JP	2021501950 A 2021年1月21日
				WO	2019085801 A1 2019年5月9日
				CN	207519036 U 2018年6月19日
				CN	109757060 A 2019年5月14日
				US	2021185857 A1 2021年6月17日