



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118475083 A

(43) 申请公布日 2024. 08. 09

(21) 申请号 202410642116.9

(22) 申请日 2024.05.23

(71) 申请人 东南大学

地址 210000 江苏省南京市江宁区东南大学路2号

(72) 发明人 陈永平 陈禹含 杨伊蕾 刘晨东
张程宾 黄永平 邓梓龙(74) 专利代理机构 南京瑞弘专利商标事务所
(普通合伙) 32249

专利代理人 蔡天敏

(51) Int. Cl.

H05K 7/20 (2006.01)

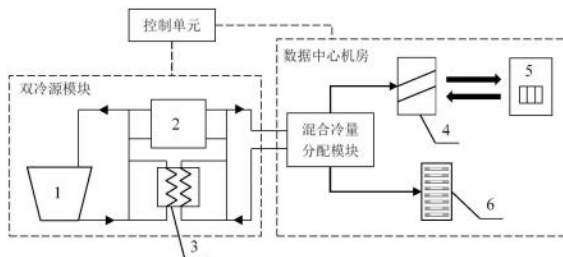
权利要求书3页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

一种数据中心浸没液冷型冷却系统及控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种数据中心浸没液冷型冷却系统及控制方法,冷却系统包括双冷源、混合冷量分配、风冷和浸没液冷模块;双冷源模块位于数据中心机房外并拥有完全自然冷却、机械制冷和双冷源冷却三种模式,机房内的混合冷量分配、风冷和浸没液冷模块构成风液混合冷却系统。运行过程中,二次侧浸没冷却液回路和风冷回路带走设备热量,并与一次侧冷冻水回路进行热交换,再通过混合冷量分配模块将热量传递到室外环境。本发明通过充分利用自然冷源减小冷源能耗,耦合主被动结合传热强化技术改善浸没液冷系统冷却能效,进而借助智能运行调控策略实现数据中心双冷源风液混合冷却系统的高效低碳运行。



1. 一种浸没液冷数据中心冷却系统,其特征在于:包括双冷源模块、混合冷量分配模块、风冷模块以及浸没液冷模块,

所述双冷源模块布置于数据中心机房外,所述双冷源模块包括利用直接自然冷源的冷却塔,通过机械制冷的冷水机组以及自然冷源换热器;所述冷却塔、冷水机组和自然冷源换热器串联,构成室外冷却水循环回路;

所述混合冷量分配模块、风冷模块和浸没液冷模块布置于数据中心机房内,构成风液混合冷却系统,所述风冷模块和浸没液冷模块并联布置并与所述混合冷量分配模块串联,构成风液混合冷却系统一次侧冷冻水循环回路;

所述风冷模块包括分离式热管、风扇以及风道,所述风冷模块构成数据中心机房风冷循环回路,用于冷却数据中心机房内除高热负荷服务器外的其它设备;

所述浸没液冷模块包括流量分配单元、浸没液冷机柜和配套设备,所述浸没液冷机柜并联排布并与所述流量分配单元串联,构成数据中心机房二次侧浸没冷却液循环回路,用于冷却高热负荷的服务器;

所述数据中心机房二次侧浸没冷却液循环回路和数据中心机房风冷循环回路直接带走设备热量,并与风液混合冷却系统一次侧冷冻水循环回路进行热交换,接着通过所述混合冷量分配模块将热量传递到室外冷却水循环回路,最终散发到室外环境;

所述双冷源模块包括完全自然冷却、机械制冷和双冷源冷却三种模式;当环境湿球温度低于第一阈值时,双冷源模块处于完全自然冷却模式,此时冷却塔和自然冷源换热器串联组成室外冷却水循环回路,通过自然冷源换热器与一次侧冷冻水循环回路进行热交换;当环境湿球温度高于第二阈值时,双冷源模块处于机械制冷模式,此时所述冷却塔与冷水机组串联组成室外冷却水循环回路,通过冷水机组与一次侧冷冻水循环回路进行热交换;当环境湿球温度处于第一阈值和第二阈值之间时,双冷源模块处于双冷源冷却模式,此时冷却塔、自然冷源换热器和冷水机组串联组成室外冷却水循环回路,通过自然冷源换热器和冷却塔与一次侧冷冻水循环回路进行热交换。

2. 根据权利要求1所述的一种数据中心浸没液冷型冷却系统,其特征在于:所述双冷源模块还包括第一控制阀、第二控制阀、第三控制阀、第四控制阀、第五控制阀、第六控制阀、第七控制阀以及第八控制阀,其中冷却塔、冷却水泵、第四控制阀、自然冷源换热器、第三控制阀和冷水机组串联构成循环回路;而第一控制阀与冷水机组并联,用于当冷水机组关闭时开启;第二控制阀与自然冷源换热器并联,用于当自然冷源换热器关闭时开启;冷冻水泵、第八控制阀、自然冷源换热器、第五控制阀、冷水机组以及混合冷量分配模块串联构成循环回路,冷水机组的出口连接到数据中心供液管路,冷冻水泵的入口连接到数据中心回液管路;第六控制阀与冷水机组并联,用于当冷水机组关闭时开启;第七控制阀与自然冷源换热器并联,用于当自然冷源换热器关闭时开启;

混合冷量分配模块采用两个板式换热器并联构成,包括风冷换热器、液冷换热器、风冷供液泵、液冷供液泵、第九控制阀、第十控制阀、第十一控制阀、第十二控制阀;所述风冷换热器与液冷换热器相并联,所述混合冷量分配模块的入口通过分流管路分别连接到风冷冷换换热器的入口和液冷换热器的入口,风冷换热器的出口与液冷换热器的出口通过汇流管路连接到所述混合冷量分配模块的出口;风冷换热器的出口连接到风冷模块供液管,风冷换热器的入口连接到风冷模块回液管;液冷换热器的出口连接到浸没液冷模块供液管,液冷换

热器的入口连接到浸没液冷模块回液管;风冷供液泵连接在风冷换热器的出口与风冷模块供液管之间,液冷供液泵连接在液冷换热器的出口与浸没液冷模块供液管之间;第九控制阀连接在混合冷量分配模块的入口与风冷换热器的入口之间,第十控制阀连接在混合冷量分配模块的入口与液冷换热器的入口之间,第九控制阀和第十控制阀分别用于调节风冷换热器和液冷换热器的供冷量;第十一控制阀连接在风冷供液泵的出口与风冷模块供液管之间,第十二控制阀连接在液冷供液泵的出口与浸没液冷模块供液管之间。

3. 根据权利要求1所述的一种数据中心浸没液冷型冷却系统,其特征在于:所述分离式热管的蒸发段布置在风道内,数据中心机房的热空气由风扇吸入风道,在风道中与所述蒸发段进行换热,将热量传递给热管工质,冷却后的空气从风道出口排出,重新进入数据中心机房中用于冷却发热设备,由此形成循环;所述热管工质在所述蒸发段吸热气化,经上升管进入分离式热管的冷凝段,气化后的热管工质在冷凝段放热后液化,经下降管流回蒸发段形成循环;所述冷凝段布置在风道外,与混合冷量分配模块串联,并与风液混合冷却系统一次侧冷冻水循环回路进行换热。

4. 根据权利要求1所述的一种数据中心浸没液冷型冷却系统,其特征在于:所述浸没液冷机柜的流动方式为上行流,所述浸没液冷机柜包括机柜、服务器、均流板、微型泵、引流管、散热器以及密闭风机;所述均流板为多孔网状结构,水平布置在所述机柜内底部并高于浸没冷却液入口;所述服务器布置在所述均流板上方,并在每个CPU前端布置有所述密闭风机;所述微型泵布置在所述机柜两侧内壁上,每个所述微型泵连接两个引流管,两个所述引流管分别延伸布置于所述机柜的上下侧区域,用于将CPU下方区域的低温浸没冷却液抽吸到CPU上方区域。

5. 根据权利要求4所述的一种数据中心浸没液冷型冷却系统,其特征在于:所述浸没液冷机柜的散热器为以提高CPU等高负荷器件的被动散热能力为优化条件进行优化的优化散热器。

6. 根据权利要求1-5任一所述的一种数据中心浸没液冷型冷却系统,其特征在于:所述第一阈值为 $5^{\circ}\text{C} \sim 8^{\circ}\text{C}$;所述第一阈值为 $10^{\circ}\text{C} \sim 15^{\circ}\text{C}$ 。

7. 根据权利要求6所述的一种数据中心浸没液冷型冷却系统,其特征在于:所述第一阈值为 7°C ,第二阈值为 12.5°C 。

8. 根据权利要求1所述的一种数据中心浸没液冷型冷却系统,其特征在于:所述冷却系统还包括一控制器,该控制器通过基于机器学习的数据中心运行调控智能控制方法对数据中心浸没液冷型冷却系统进行控制,智能控制方法包括如下步骤:

采集多工况下的数据中心室外空气状态参数和数据中心室内不同区域热负荷参数,同时获取对应的数据中心PUE指数,形成所述智能控制方法数据集;

实时监测所述双冷源模块及混合冷量分配模块的阀门开度及管道流量数据,并识别所述双冷源模块的工作模式;

对所述数据集进行归一化处理,并结合上一步所述双冷源模块的工作模式,对预设机器学习算法进行训练,形成基于数据中心室外空气状态参数、数据中心室内不同区域热负荷,数据中心总热负荷及PUE指数的多目标优化预测模型;

根据上一步得到的所述多目标优化预测模型,通过调节所述双冷源模块及混合冷量分配模块的运行对所述双冷源风液混合冷却系统进行预测调控。

9. 根据权利要求8所述的一种数据中心浸没液冷型冷却系统,其特征在于:所述控制器执行的智能控制方法采用神经网络算法,输入层为环境温度 t_0 、数据中心室内环境温度 t_1 、一次侧冷冻水温度 t_2 、浸没冷却液温度 t_3 、管道压力 p_n 、管道流量 Q_n ,阀门开度 η_j ,输出层为工作模式 m ; j 为阀门个数;管道压力 p_n 和管道流量 Q_n 包括室外冷却水循环回路、一次侧冷冻水循环回路和二次侧浸没冷却液循环回路的管道压力及流量;工作模式 m 包括完全自然冷却模式 m_1 、机械制冷模式 m_2 和双冷源冷却模式 m_3 。

10. 权利要求1-9任一所述数据中心浸没液冷型冷却系统的控制方法,其特征在于,基于神经网络算法进行控制,神经网络算法模型的输入层为环境温度 t_0 、数据中心室内环境温度 t_1 、一次侧冷冻水温度 t_2 、浸没冷却液温度 t_3 、管道压力 p_n 、管道流量 Q_n ,阀门开度 η_j ,输出层为工作模式 m ; j 为阀门个数;管道压力 p_n 和管道流量 Q_n 包括室外冷却水循环回路、一次侧冷冻水循环回路和二次侧浸没冷却液循环回路的管道压力及流量;工作模式 m 包括完全自然冷却模式 m_1 、机械制冷模式 m_2 和双冷源冷却模式 m_3 。

一种数据中心浸没液冷型冷却系统及控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及数据中心冷却技术领域,具体涉及一种可以根据气候环境自适应调整冷源工作模式,且耦合浸没液冷和传统风冷技术的双冷源风液混合冷却系统。

背景技术

[0002] 随着大数据、云计算等技术的高速发展,数据中心已经成为支撑我国数字经济和生产的重要基础设施和技术关键。与此同时,随着数据中心建设规模不断扩大,其能耗与碳排放量逐年提升。

[0003] 需要说明的是,传统的风冷技术由于低效率和高污染等短板,已经无法满足新一代数据中心的散热需求。而液冷技术凭借其高效换热和节能环保的优势,成为数据中心冷却技术领域最具潜力的发展方向。目前,主流数据中心液冷主要分为冷板式、喷淋式和浸没式三种冷却方式。冷板式液冷利用冷却液进行间接液冷,对现有服务器机架结构改动量小,是应用较早且技术成熟度较高的一种液冷方案。然而,冷板式液冷需要较大的空间来容纳冷板和冷却设备,不利于数据中心的高密集成化的扩容趋势。相较之,浸没式液冷不仅传热能力强、能效高,还具有结构简单、便于集成和运行维护的优势。而且,在运维成本及技术成熟度上,浸没式液冷还要优于喷淋式液冷,已经成为数据中心最具发展潜力的冷却方式。然而,浸没式液冷目前一直处于小规模部署阶段,尚未形成规范化、规模化发展态势。相较之,风液混合冷却技术,即集合了液冷的高效换热和节能降碳优势,又避免了数据中心完全液冷化改造带来的高成本和低可靠性。因此,风液混合冷却技术为新建/改建的高密集成化数据中心低碳高效冷却提供了一种行之有效的解决方案。然而,浸没式液冷的相关研究还处于起步阶段,特别是其与风冷耦合后的数据中心风液混合冷却系统的设计和优化研究相对较少。

[0004] 目前数据中心冷源系统对室外自然冷源利用并不充分、能耗较大且环境依赖性较强,因而亟需设计一种适应不同季节且具有节能性的冷源系统进一步用于风液混合冷却系统。此外,为保障浸没式液冷和传统风冷相结合的风液混合冷却系统的安全、高效、低碳运行,迫切需要发展高效精准的性能监测技术和自适应运行调控策略。

发明内容

[0005] 本发明提供了一种数据中心浸没液冷型冷却系统及控制方法,通过结合双冷源与风液混合冷却系统降低数据中心冷却系统的能耗,提高系统散热效率。此外,基于多目标优化预测模型的控制方法,实现充分利用自然冷源的双冷源风液混合冷却系统最优运行方案。

[0006] 为解决上述问题,本发明手能提供一种浸没液冷数据中心冷却系统,包括双冷源模块、混合冷量分配模块、风冷模块以及浸没液冷模块,

[0007] 所述双冷源模块布置于数据中心机房外,所述双冷源模块包括利用直接自然冷源的冷却塔,通过机械制冷的冷水机组以及自然冷源换热器;所述冷却塔、冷水机组和自然冷

源换热器串联,构成室外冷却水循环回路;

[0008] 所述混合冷量分配模块、风冷模块和浸没液冷模块布置于数据中心机房内,构成风液混合冷却系统,所述风冷模块和浸没液冷模块并联布置并与所述混合冷量分配模块串联,构成风液混合冷却系统一次侧冷冻水循环回路;

[0009] 所述风冷模块包括分离式热管、风扇以及风道,所述风冷模块构成数据中心机房风冷循环回路,用于冷却数据中心机房内除高热负荷服务器外的其它设备;

[0010] 所述浸没液冷模块包括流量分配单元、浸没液冷机柜和配套设备,所述浸没液冷机柜并联排布并与所述流量分配单元串联,构成数据中心机房二次侧浸没冷却液循环回路,用于冷却高热负荷的服务器;

[0011] 所述数据中心机房二次侧浸没冷却液循环回路和数据中心机房风冷循环回路直接带走设备热量,并与风液混合冷却系统一次侧冷冻水循环回路进行热交换,接着通过所述混合冷量分配模块将热量传递到室外冷却水循环回路,最终散发到室外环境;

[0012] 所述双冷源模块包括完全自然冷却、机械制冷和双冷源冷却三种模式;当环境湿球温度低于第一阈值时,双冷源模块处于完全自然冷却模式,此时冷却塔和自然冷源换热器串联组成室外冷却水循环回路,通过自然冷源换热器与一次侧冷冻水循环回路进行热交换;当环境湿球温度高于第二阈值时,双冷源模块处于机械制冷模式,此时所述冷却塔与冷水机组串联组成室外冷却水循环回路,通过冷水机组与一次侧冷冻水循环回路进行热交换;当环境湿球温度处于第一阈值和第二阈值之间时,双冷源模块处于双冷源冷却模式,此时冷却塔、自然冷源换热器和冷水机组串联组成室外冷却水循环回路,通过自然冷源换热器和冷却塔与一次侧冷冻水循环回路进行热交换。

[0013] 进一步的,所述双冷源模块包括完全自然冷却、机械制冷和双冷源冷却三种模式。当环境湿球温度低于7°C时,双冷源模块处于完全自然冷却模式,此时冷却塔和自然冷源换热器串联组成室外冷却水循环回路,通过自然冷源换热器与一次侧冷冻水循环回路进行热交换;当环境湿球温度处于7°C和12.5°C之间时,双冷源模块处于双冷源冷却模式,此时冷却塔、自然冷源换热器和冷水机组串联组成室外冷却水循环回路,通过自然冷源换热器和冷却塔与一次侧冷冻水循环回路进行热交换;当环境湿球温度高于12.5°C时,双冷源模块处于机械制冷模式,此时所述冷却塔与冷水机组串联组成室外冷却水循环回路,通过冷水机组与一次侧冷冻水循环回路进行热交换。

[0014] 进一步的,所述分离式热管的蒸发段布置在风道内,数据中心机房的热空气由风扇吸入风道,在风道中与所述蒸发段进行换热,将热量传递给热管工质,冷却后的空气从风道出口排出,重新进入数据中心机房中用于冷却发热设备,由此形成循环;所述热管工质在所述蒸发段吸热气化,经上升管进入分离式热管的冷凝段,气化后的热管工质在冷凝段放热后液化,经下降管流回蒸发段形成循环;所述冷凝段布置在风道外,与混合冷量分配模块串联,并与风液混合冷却系统一次侧冷冻水循环回路进行换热。

[0015] 进一步的,所述浸没液冷机柜的流动方式为上行流,采用了主被动结合的强化技术来提升其换热能力,包括机柜、服务器、均流板、微型泵、引流管、散热器以及密闭风机。所述均流板为多孔网状结构,水平布置在所述机柜内底部并高于浸没冷却液入口;所述服务器布置在所述均流板上方,并在每个CPU前端布置有所述密闭风机;所述微型泵布置在所述机柜两侧内壁上,每个所述微型泵连接两个引流管,两个所述引流管分别延伸布置于所述

机柜的上下侧区域,用于将CPU下方区域的低温浸没冷却液抽吸到CPU上方区域;所述浸没液冷机柜还采用了优化散热器以提高CPU等高负荷器件的被动散热能力。

[0016] 进一步的,所述冷却系统还包括一种基于机器学习的数据中心运行调控智能控制方法,所述智能控制方法包括如下步骤:

[0017] 采集多工况下的数据中心室外空气状态参数和数据中心室内不同区域热负荷参数,同时获取对应的数据中心PUE指数,形成所述智能控制方法数据集;

[0018] 实时监测所述双冷源模块及混合冷量分配模块的阀门开度及管道流量数据,并识别所述双冷源模块的工作模式;

[0019] 对所述数据集进行归一化处理,并结合上一步所述双冷源模块的工作模式,对预设机器学习算法进行训练,形成基于数据中心室外空气状态参数、数据中心室内不同区域热负荷,数据中心总热负荷及PUE指数的多目标优化预测模型;

[0020] 根据上一步得到的所述多目标优化预测模型,通过调节所述双冷源模块及混合冷量分配模块的运行对所述双冷源风液混合冷却系统进行预测调控。

[0021] 本发明还提供一种数据中心浸没液冷型冷却系统的控制方法,基于神经网络算法进行控制,神经网络算法模型的输入层为环境温度 t_0 、数据中心室内环境温度 t_1 、一次侧冷冻水温度 t_2 、浸没冷却液温度 t_3 、管道压力 p_n 、管道流量 Q_n 、阀门开度 η_j ,输出层为工作模式 m ; j 为阀门个数;管道压力 p_n 和管道流量 Q_n 包括室外冷却水循环回路、一次侧冷冻水循环回路和二次侧浸没冷却液循环回路的管道压力及流量;工作模式 m 包括完全自然冷却模式 m_1 、机械制冷模式 m_2 和双冷源冷却模式 m_3 。

[0022] 与现有技术相比,本发明带来的有益效果是:

[0023] 1、本发明提出的一种数据中心浸没液冷型冷却系统能够监测数据中心室外空气状态和数据中心室内不同区域热负荷,基于历史数据和机器学习智能算法,建立基于数据中心室外空气状态、数据中心室内不同区域热负荷,数据中心总热负荷及PUE指数的多目标优化预测模型,既能有效满足系统所需冷量,又能充分利用自然冷源,减少系统的能源消耗,降低碳排放;

[0024] 2、本发明提出的一种数据中心浸没液冷型冷却系统通过将风冷与浸没液冷相结合,对于数据中心机房内的高发热机柜使用浸没液冷散热,而对于其它较低散热的设备则使用风冷散热,使得系统结构简单、运行稳定,同时能够有效利用浸没液冷的高效散热特性,有效降低系统PUE指数;

[0025] 3、本发明提出的所述浸没液冷机柜采用了主被动结合的强化技术来提升其换热能力,通过在机柜内引入微型泵扰流及密闭风机的主动强化方式,和优化散热器结构的被动强化方式,不仅解决了浸没液冷机柜内冷却液上下温度分层导致均温性差的问题,还改善了服务器中CPU的局部散热性能,实现了浸没液冷机柜散热性能主被动协同优化,提高了数据中心的冷却效率与可靠性,为数据中心浸没液冷系统提供了一种高效的设计优化方案。

附图说明

[0026] 图1:一种数据中心浸没液冷型冷却系统的示意图;

[0027] 图2:双冷源模块的构型示意图;

- [0028] 图3a:双冷源模块在机械制冷模式时的连通示意图;
- [0029] 图3b:双冷源模块在完全自然冷却模式时的连通示意图;
- [0030] 图3c:双冷源模块在双冷源冷却模式时的连通示意图;
- [0031] 图4:数据中心机房风液混合冷却系统的示意图;
- [0032] 图5:混合冷量分配模块的构型示意图;
- [0033] 图6:风冷模块的示意图;
- [0034] 图7:浸没液冷机柜的结构示意图;
- [0035] 图8:微型泵与引流管组合结构的示意图;
- [0036] 图9:智能控制方法神经网络的示意图。
- [0037] 图中:1.冷却塔;2.冷水机组;3.自然冷源换热器;4.分离式热管;41.蒸发段;42.上升管;43.冷凝段;44.下降管;5.其他设备;6.浸没液冷机柜;7.冷却水泵;8.冷冻水泵;9.第一控制阀;10.第二控制阀;11.第三控制阀;12.第四控制阀;13.第五控制阀;14.第六控制阀;15.第七控制阀;16.第八控制阀;17.风冷换热器;18.液冷换热器;19.风冷供液泵;20.液冷供液泵;21.第九控制阀;22.第十控制阀;23.第十一控制阀;24.第十二控制阀;25.风道;26.风扇;27.空气过滤网;28.机柜;29.服务器;30.均流板;31.冷却液入口;32.冷却液出口;33.微型泵;34.引流管;35.密闭风机。

具体实施方式

[0038] 为了加深对本发明的理解,下面将结合附图对本发明作进一步详述,该实施例仅用于解释本发明,并不构成对本发明的保护范围的限定。

[0039] 如图1所示,本发明是一种数据中心浸没液冷型冷却系统,包括双冷源模块、混合冷量分配模块、风冷模块以及浸没液冷模块。

[0040] 双冷源模块布置于数据中心机房外,包括利用直接自然冷源的冷却塔1,通过机械制冷的冷水机组2以及自然冷源换热器3,冷却塔1、冷水机组2和自然冷源换热器3串联,构成室外冷却水循环回路。

[0041] 混合冷量分配模块、风冷模块和浸没液冷模块布置于数据中心机房内,构成风液混合冷却系统,风冷模块和浸没液冷模块并联布置并与混合冷量分配模块串联,构成风液混合冷却系统一次侧冷冻水循环回路;风冷模块由分离式热管4等设备组成,构成数据中心机房风冷循环回路,用于冷却数据中心机房内除高热负荷服务器外的其它设备5;浸没液冷模块包括流量分配单元、浸没液冷机柜6和配套设备,浸没液冷机柜6并联排布并与流量分配单元串联,构成数据中心机房二次侧浸没冷却液循环回路,用于冷却高热负荷的服务器。

[0042] 如图2所示,本发明中的双冷源模块,布置于数据中心机房外,包括利用直接自然冷源的冷却塔1,通过机械制冷的冷水机组2、自然冷源换热器3、冷却水泵7、冷冻水泵8、第一控制阀9、第二控制阀10、第三控制阀11、第四控制阀12、第五控制阀13、第六控制阀14、第七控制阀15、第八控制阀16。其中冷却塔1、冷却水泵7、第四控制阀12、自然冷源换热器3、第三控制阀11和冷水机组2串联构成循环回路。而第一控制阀9与冷水机组2并联,用于当冷水机组2关闭时开启;第二控制阀10与自然冷源换热器3并联,用于当自然冷源换热器3关闭时开启。另一方面,冷冻水泵8、第八控制阀16、自然冷源换热器3、第五控制阀13、冷水机组2,以及图1中的混合冷量分配模块串联构成循环回路,冷水机组2的出口连接到数据中心供液

管路,冷冻水泵8的入口连接到数据中心回液管路。第六控制阀14与冷水机组2并联,用于当冷水机组2关闭时开启;第七控制阀15与自然冷源换热器3并联,用于当自然冷源换热器3关闭时开启。

[0043] 如图3a所示为本发明中的双冷源模块在机械制冷模式时的连通示意图,开启冷却塔1、冷水机组2、第二控制阀10、第三控制阀11、第五控制阀13、第七控制阀15,关闭自然冷源换热器3、第一控制阀9、第四控制阀12、第六控制阀14、第八控制阀16;冷却塔1中的低温冷却水经冷却水泵7、第二控制阀10、第三控制阀11进入冷水机组2的蒸发器中进行换热,吸热后的高温冷却水回流至冷却塔1;混合冷量分配模块中的高温冷冻水经冷冻水泵8、第七控制阀15、第五控制阀13进入冷水机组2的冷凝器中进行换热,放热后的低温冷冻水再回流至混合冷量分配模块,如此循环。

[0044] 如图3b所示为本发明中的双冷源模块在完全自然冷却模式时的连通示意图,开启冷却塔1、自然冷源换热器3、第一控制阀9、第四控制阀12、第六控制阀14、第八控制阀16,关闭冷水机组2、第二控制阀10、第三控制阀11、第五控制阀13、第七控制阀15;冷却塔1中的低温冷却水经冷却水泵7、第四控制阀12进入自然冷源换热器3中进行换热,吸热后的高温冷却水经第一控制阀9回流至冷却塔1;所述混合冷量分配模块中的高温冷冻水经冷冻水泵8、第八控制阀16进入自然冷源换热器3中进行换热,放热后的低温冷冻水经所述第六控制阀14再回流至混合冷量分配模块,如此循环。

[0045] 如图3c所示为本发明中的双冷源模块在双冷源冷却模式时的连通示意图,开启冷却塔1、冷水机组2、自然冷源换热器3、第三控制阀11、第四控制阀12、第五控制阀13、第八控制阀16,关闭第一控制阀9、第二控制阀10、第六控制阀14、第七控制阀15;冷却塔1中的低温冷却水经冷却水泵7、第四控制阀12进入自然冷源换热器3中进行换热,吸热后的冷却水经第三控制阀11进入冷水机组2的蒸发器中进行换热,进一步吸热后的高温冷却水回流至冷却塔1;混合冷量分配模块中的高温冷冻水经冷冻水泵8、第八控制阀16进入自然冷源换热器3中进行换热,放热后的冷冻水经第五控制阀13进入冷水机组2的冷凝器中进行换热,进一步放热后的低温冷冻水再回流至混合冷量分配模块,如此循环。

[0046] 如图4所示,本发明的风液混合冷却系统,包括混合冷量分配模块、风冷模块和浸没液冷模块。其中风冷模块由分离式热管4、风道25、风扇26以及配套设备组成,构成数据中心机房风冷循环回路,用于冷却数据中心机房内除高热负荷服务器外的其它设备5;浸没液冷模块包括流量分配单元、浸没液冷机柜6和配套设备,浸没液冷机柜6并联排布并与流量分配单元串联,构成数据中心机房二次侧浸没冷却液循环回路,用于冷却高热负荷的服务器。

[0047] 如图5所示,本发明中混合冷量分配模块采用两个板式换热器并联构成,包括风冷换热器17、液冷换热器18、风冷供液泵19、液冷供液泵20、第九控制阀21、第十控制阀22、第十一控制阀23、第十二控制阀24。所述风冷换热器17与液冷换热器18相并联,所述混合冷量分配模块的入口通过分流管路分别连接到风冷换热器17的入口和液冷换热器18的入口,风冷换热器17的出口与液冷换热器18的出口通过汇流管路连接到所述混合冷量分配模块的出口。风冷换热器17的出口连接到风冷模块供液管,风冷换热器17的入口连接到风冷模块回液管;液冷换热器18的出口连接到浸没液冷模块供液管,液冷换热器18的入口连接到浸没液冷模块回液管。另一方面,风冷供液泵19连接在风冷换热器17的出口与风冷模块供液

管之间,液冷供液泵20连接在液冷换热器18的出口与浸没液冷模块供液管之间;第九控制阀21连接在混合冷量分配模块的入口与风冷换热器17的入口之间,第十控制阀22连接在混合冷量分配模块的入口与液冷换热器18的入口之间,第九控制阀21和第十控制阀22分别用于调节风冷换热器17和液冷换热器18的供冷量;第十一控制阀23连接在风冷供液泵19的出口与风冷模块供液管之间,第十二控制阀24连接在液冷供液泵20的出口与浸没液冷模块供液管之间。

[0048] 如图6所示为本发明的风冷模块示意图,具体包括:分离式热管4、风道25、风扇26、空气过滤网27,其中分离式热管4包括蒸发段41、上升管42、冷凝段43、下降管44。分离式热管4的蒸发段41布置在风道25内,数据中心机房的热空气由风扇26吸入风道25,在风道25中与所述蒸发段41进行换热,将热量传递给热管工质,冷却后的空气从风道出口经空气过滤网27排出,重新进入数据中心机房中用于冷却发热设备,由此形成循环;热管工质在所述蒸发段41吸热气化,经上升管42进入分离式热管的冷凝段43,气化后的热管工质在冷凝段43放热后液化,经下降管44流回蒸发段41形成循环;冷凝段43布置在风道25外,与混合冷量分配模块串联,并与风液混合冷却系统一次侧冷冻水循环回路进行换热。

[0049] 如图7所示,本发明的浸没液冷机柜采用了主被动结合的强化技术来提升其换热能力,具体结构包括:机柜28、服务器29、均流板30、冷却液入口31、冷却液出口32、微型泵33、引流管34、密闭风机35。均流板30为多孔网状结构,水平布置在机柜28内底部并高于冷却液入口31;服务器29布置在均流板30上方,并在每个CPU前端布置有密闭风机35;微型泵33布置在机柜28两侧内壁上,每个微型泵33连接两个引流管34,两个引流管34分别延伸布置于机柜28的上下侧区域,用于将CPU下方区域的低温浸没冷却液抽吸到CPU上方区域;浸没液冷机柜还采用了优化散热器以提高CPU等高负荷器件的被动散热能力。

[0050] 如图8所示为微型泵与引流管组合结构示意图,微型泵33的进出口分别连接引流管34。引流管34为“L”型,长直段连接微型泵,短直段延伸到冷却液中。

[0051] 如图9所示,本发明的智能控制方法采用神经网络算法,输入层为环境温度 t_0 、工质温度 t_i 、管道压力 p_i 、管道流量 Q_i 、阀门开度 η_i 。输出层为工作模式 m 。其中环境温度 t_0 为室外湿球温度,工质温度 t_i 包括数据中心室内环境温度 t_1 、一次侧冷冻水温度 t_2 、浸没冷却液温度 t_3 ,管道压力 p_i 和管道流量 Q_i 包括室外冷却水循环回路、一次侧冷冻水循环回路和二次侧浸没冷却液循环回路的管道压力及流量,阀门开度 η_i 包括第一控制阀9~第十二控制阀24的阀门开度,工作模式 m 包括完全自然冷却模式 m_1 、机械制冷模式 m_2 和双冷源冷却模式 m_3 。

[0052] 上述具体实施方式,仅为说明本发明的技术构思和结构特征,目的在于让熟悉此项技术的相关人士能够据以实施,但以上内容并不限制本发明的保护范围,凡是依据本发明的精神实质所作的任何等效变化或修饰,均应落入本发明的保护范围之内。

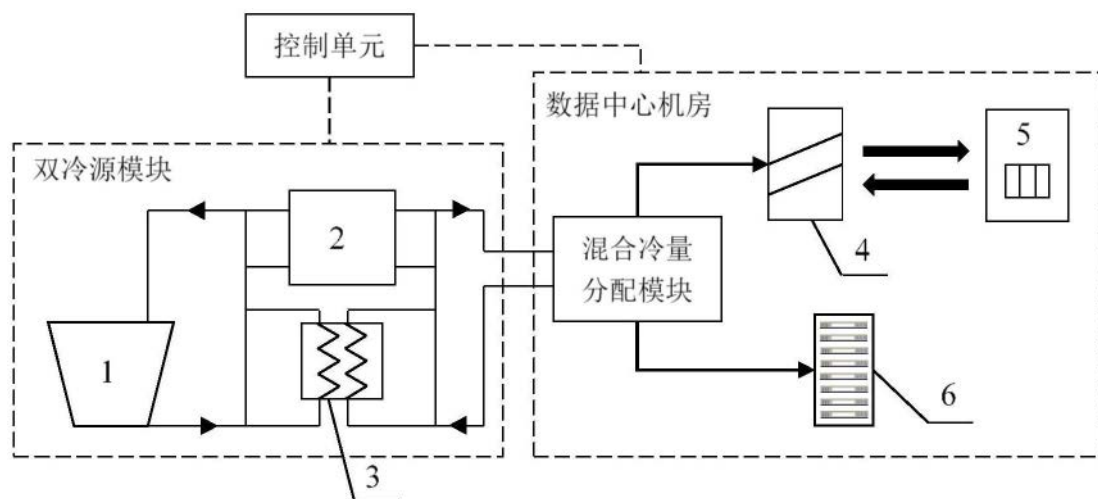


图1

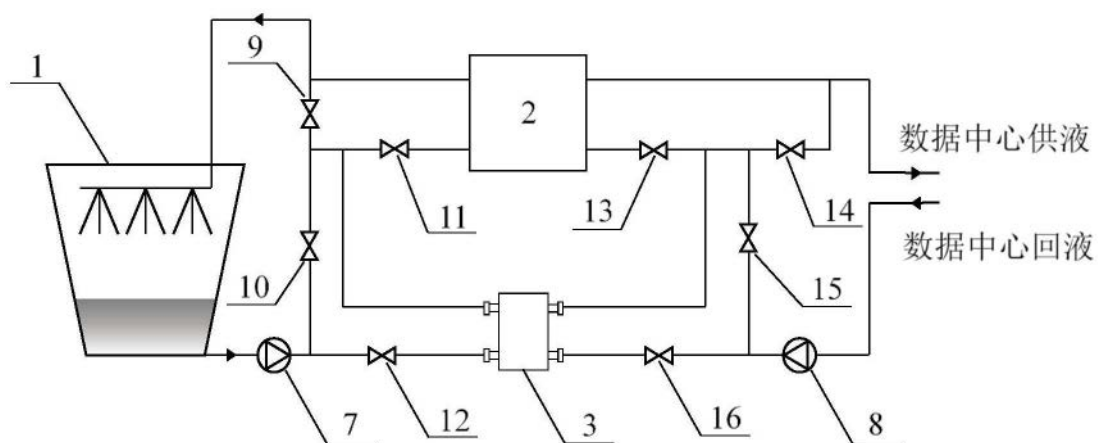


图2

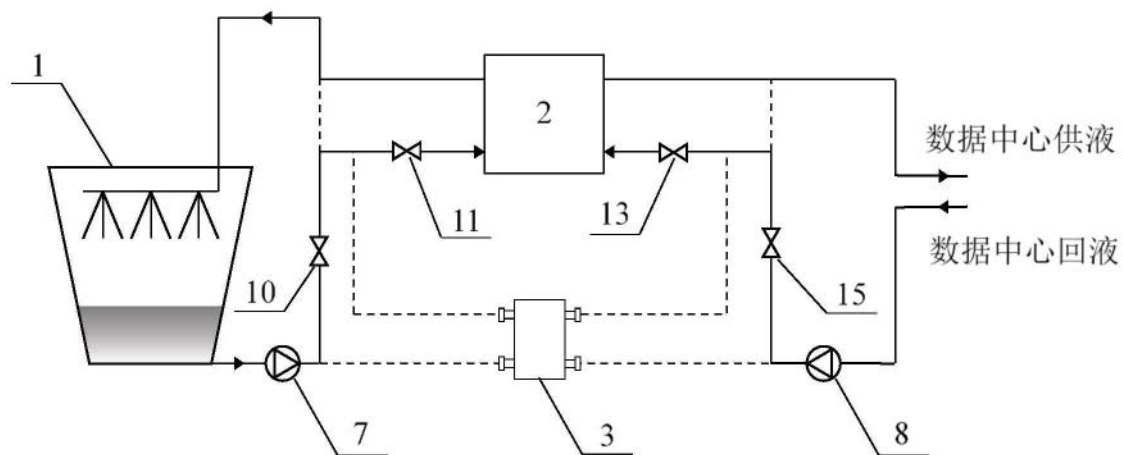


图3a

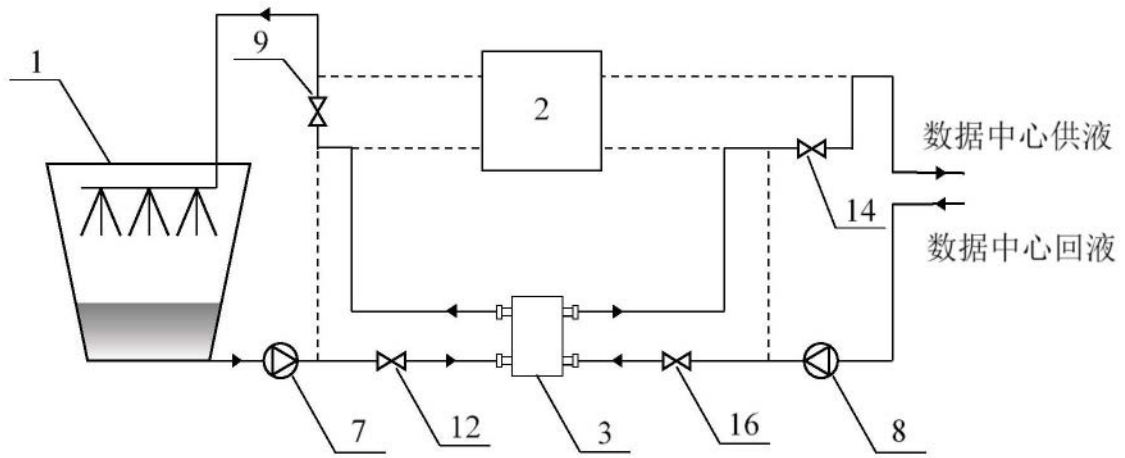


图3b

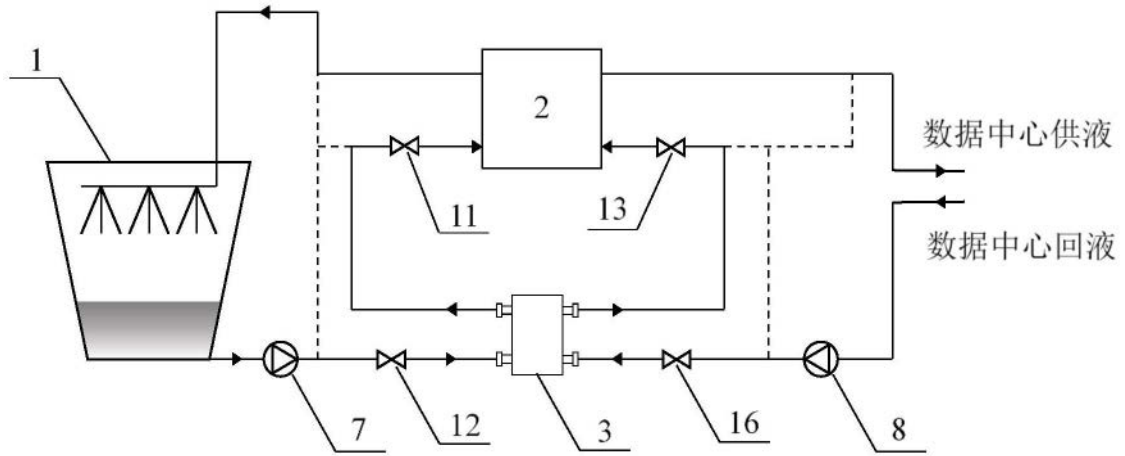


图3c

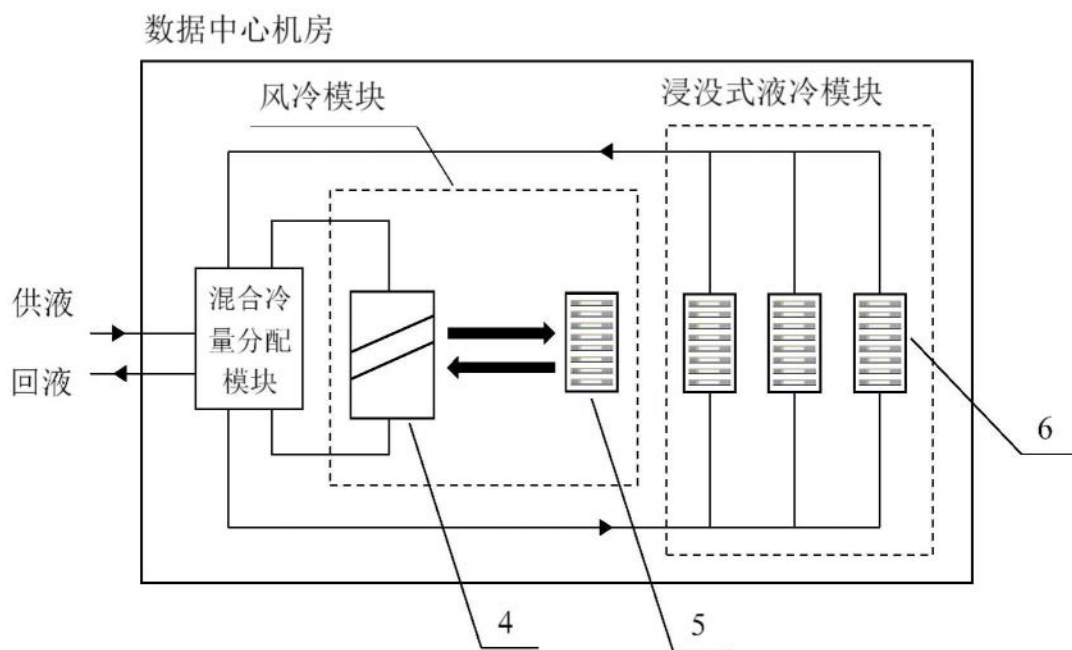


图4

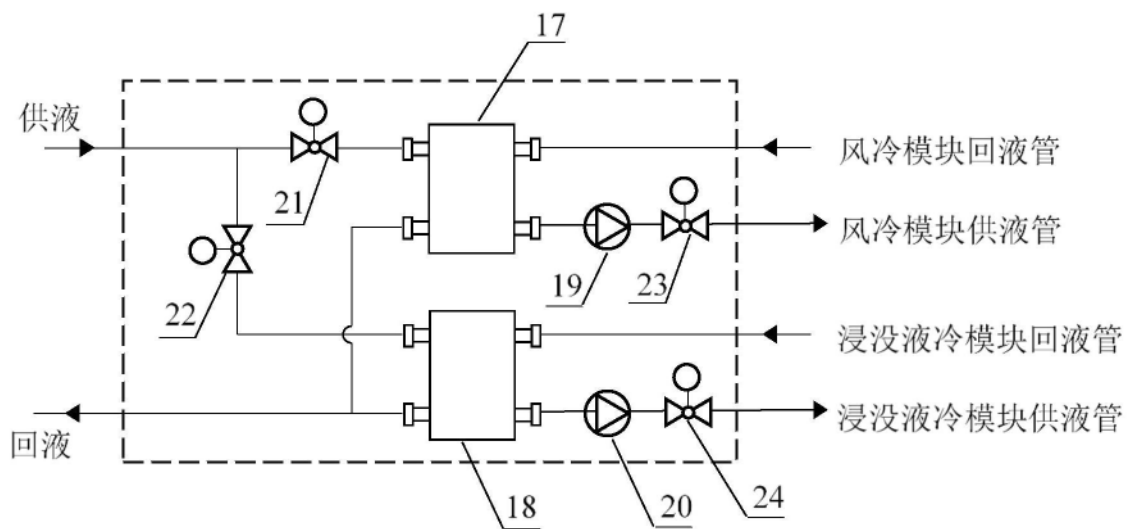


图5

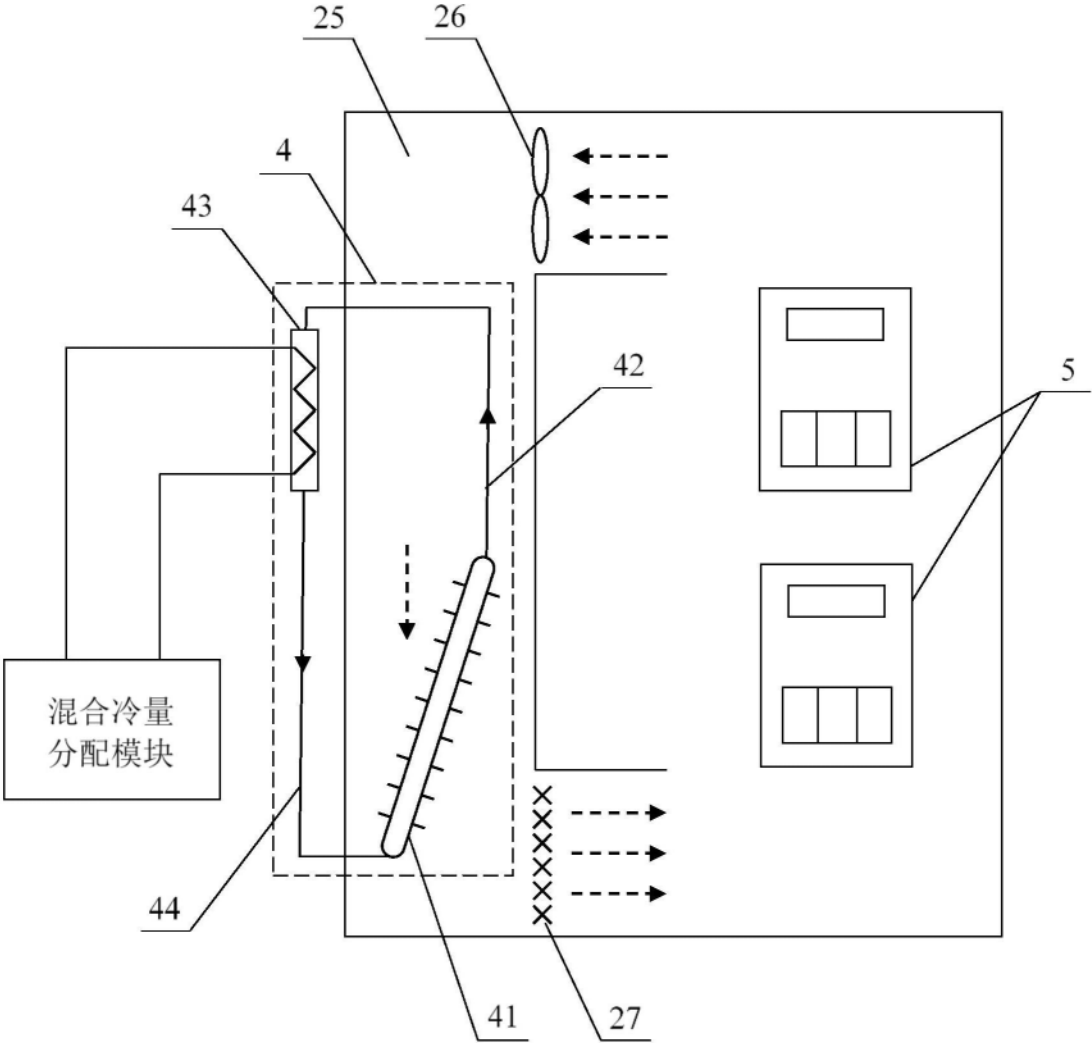


图6

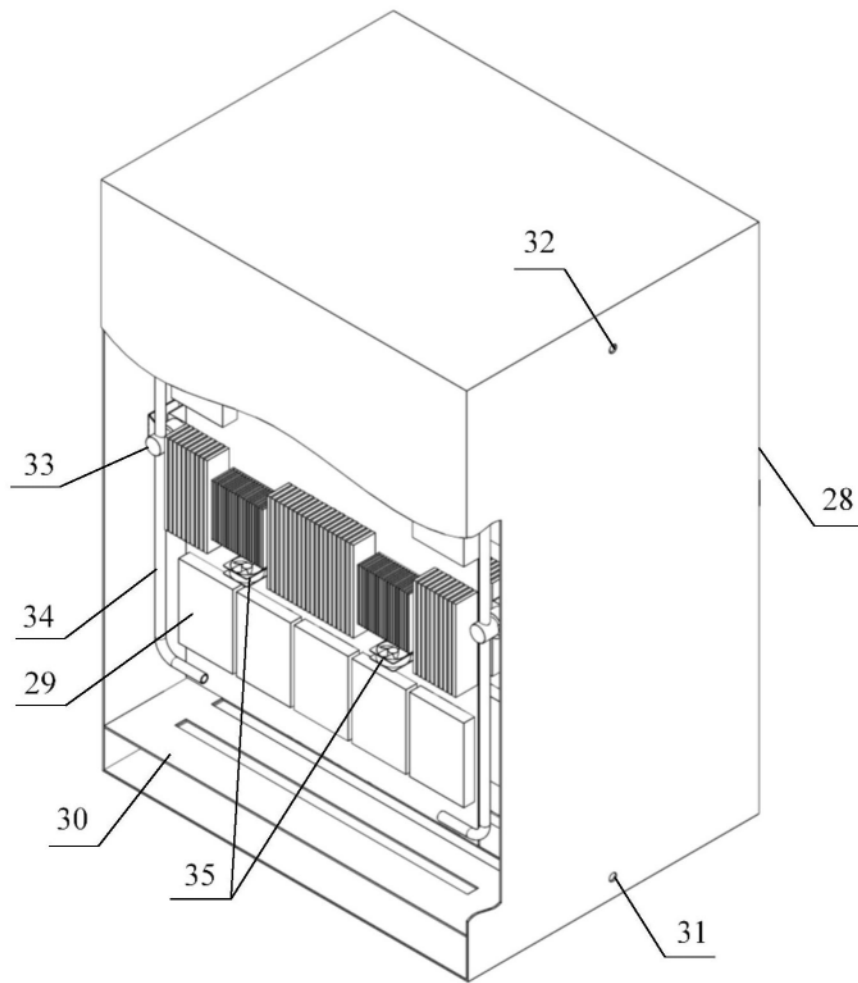


图7

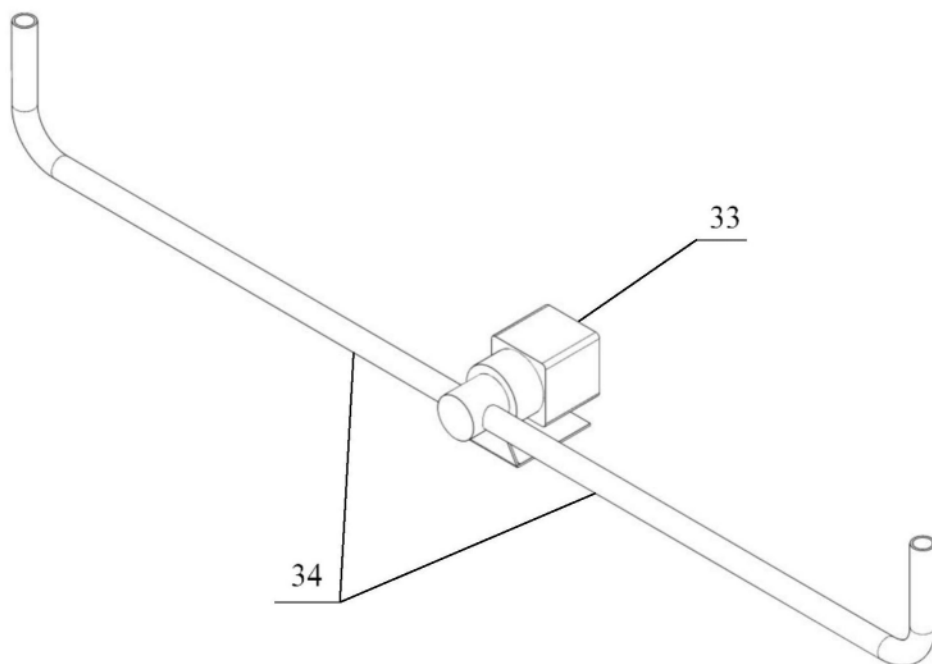


图8

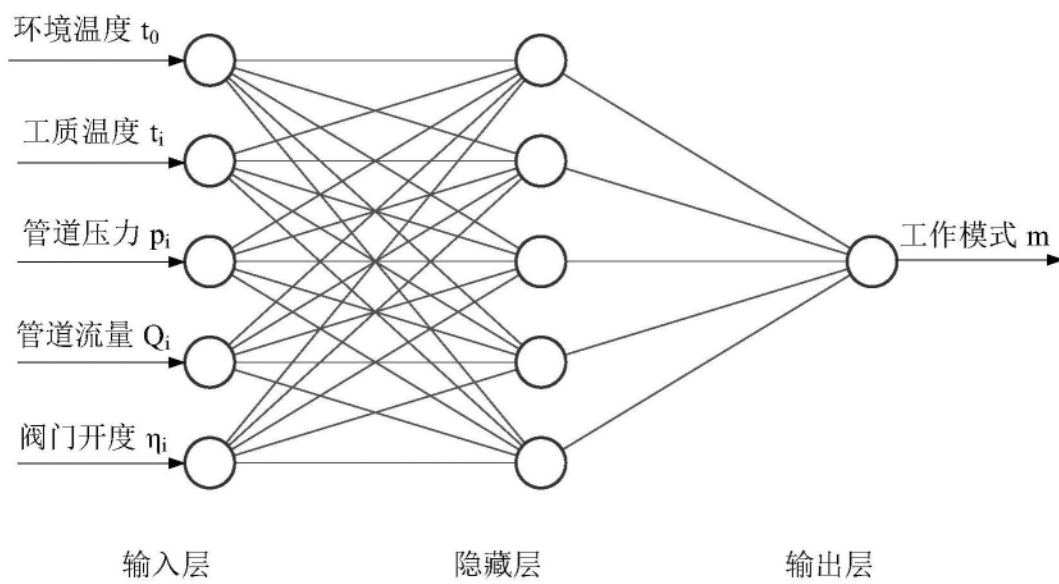


图9