数据中心的热管理控制方法、电子设备及可读存储介质

相关申请

本申请要求于 2024 年 3 月 11 号申请的、申请号为 202410274030.5 的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及通信技术领域，尤其涉及数据中心的热管理控制方法、电子设备及可读存储介质。

背景技术

随着 5G、大数据、云计算、人工智能、工业互联网等信息产业的兴起，我国对数据中心的需求不断增加，为了响应国家“双碳”目标、降低数据中心系统 PUE（Power Usage Effectiveness，电源使用效率），构建新型绿色数据中心，采用先进模型及算法实时优化控制数据中心的热管理系统至关重要。

针对数据中心的热管理控制系统实时节能控制，国内外学者主要采用机理模型或者数据模型的单一建模方式。目前对数据中心的热管理系统部件采用机理模型建模，修正后的模型具有较高的精度。此方法根据机理模型进行系统运行参数优化，极大地降低了系统运行能耗，但该类建模方法原理复杂，需要技术人员具备专业热力学素养，计算成本高，计算效率低，难以实现实时计算优化系统。

近年来，越来越多的学者另辟蹊径，不断尝试采用数据模型方法对数据中心的热管理系统进行节能优化与控制。通过采用数据驱动模型对数据中心进行温度预测，计算效率高，为后续节能优化控制提供思路，但该类建模方法完全依赖收集数据的质量，数据成本高，无热力学知识支撑，可能出现“反逻辑”情况，甚至导致系统故障，前期数据收集量少，模型准确度低，节能效果不佳。

也即，机理模型与数据模型虽然都可以描述数据中心热管理系统的热力学状态，并为系统优化控制提供数学表达，但两种模型各有优缺点，机理模型模型准确度高，但计算效率低，难以实时优化，而数据模型虽然计算效率高，但无热力学知识支撑，依赖数据的质与量，模型准确度低，易出现“反逻辑”的情况。

发明内容

本申请的主要目的在于提供一种数据中心的热管理控制方法、电子设备及可读存储介质。

为实现上述目的，本申请提供一种数据中心的热管理控制方法，包括：获取第一数据，所述第一数据表征数据中心的多个实际运行工况，以及各个实际运行工况下的控制参数和运行模式；基于预先训练好的机理模型，对所述第一数据进行数据补充，得到第二数据，并根据所述第二数据，训练能耗预测数据模型，得到训练好的能耗预测数据模型；基于训练好的能耗预测数据模型，预测得到针对数据中心的目标控制参数和目标运行模式，根据所述目标控制参数和目标运行模式，对所述数据中心进行热管理控制。

此外，为实现上述目的，本申请还提供一种热管理控制系统，所述热管理控制系统应用于如上述的数据中心的热管理控制方法，所述热管理控制系统包括：液冷系统，包括冷却设备、换热器、第一三通阀、第一水泵和第二水泵，所述换热器包括第一管路和第二管路，所述第一管路设有第一入水口和第一出水口，所述第二管路设有第二入水口和第二出水口，第一三通阀包括进液口、第一出液口和第二出液口，所述冷却设备为冷却塔或空冷器；风冷系统，包括制冷设备、风机、第二三通阀、第三水泵，所述第二三通阀包括进水端、第一出水端和第二出水端，所述制冷设备为冷水机组或冷冻机组；服务器；所述冷却设备的出口端、所述第一入水口、所述第一出水口、所述进液口、第一出液口，以及所述冷却设备的入口端形成液冷回路，所述第一水泵设于所述液冷回路；所述服务器的冷却液出口、所述第二入水口、第二出水口，以及所述服务器的冷却液入口形成换热回路，所述第二水泵设于所述换热回路，所述换热回路中的流体用于在所述换热器中与所述液冷回路中的流体进行热交换；所述制冷设备的出液端、所述进水端、所述第一出水端、所述风机的液冷入口、所述风机的液冷出口，以及所述制冷设备的入液端形成风冷回路，所述第三水泵设于所述风冷回路，所述风机用于将冷空气吹至所述服务器；所述风冷回路通过所述第二出水端与所述液冷回路连通，所述液冷回路通过所述第二出液口与所述风冷回路连通。

此外，为实现上述目的，本申请还提供一种电子设备，所述电子设备包括：存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的数据中心的热管理控制程序，所述数据中心的热管理控制程序被所述处理器执行时实现如上述的数据中心的热管理控制方法。

此外，为实现上述目的，本申请还提供一种存储介质，所述存储介质为计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质上存储有数据中心的热管理控制程序，所述数据中心的热管理控制程序被处理器执行时实现如上述的数据中心的热管理控制方法。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图示出的结构获得其他的附图。

图 1 为本申请一种数据中心的热管理控制方法一实施例的流程示意图；

图 2 为本申请实施例数据中心的热管理系统实时节能优化与控制流程；
图 3 为本申请实施例数据中心热管理系统的双驱动流程示意图；
图 4 为本申请实施例中数据中心的热管理控制的场景示意图；
图 5 为本申请实施例中系统级双驱动机理模型的运行机理示意图；
图 6 为本申请实施例中设备级双驱动机理模型的运行机理示意图；
图 7 为本申请实施例中数据模型与机理模型相互校准优化的示意图；
图 8 为本申请实施例中模型系数矫正法的模型校准优化流程图；
图 9 为本申请实施例中误差矫正法的模型校准优化流程图；
图 10 为本申请实施例中模型系数矫正法的实验数据图；
图 11 为本申请实施例中误差矫正法的实验数据图；
图 12 为本申请实施例双驱动调控与相关技术中基础调控的预测实验数据图；
图 13 为本申请实施例中数据中心的各种运行工况的实验数据图；
图 14 为本申请实施例双驱动调控策略与相关技术中其他调控策略的预测数据对比图；
图 15 为本申请实施例中数据中心的热管理控制系统的结构示意图；
图 16 为本申请实施例方案涉及的电子设备的硬件结构示意图。

附图标号说明：

标号	名称	标号	名称
100	数据中心的热管理控制系统	8	第二三通阀
1	冷却设备	9	第三水泵
2	换热器	10	服务器
3	第一三通阀	11	过滤器
4	第一水泵	21	第一入水口
5	第二水泵	22	第一出水口
6	制冷设备	23	第二入水口
7	风机	24	第二出水口
31	进液口	32	第一出液口
33	第二出液口	81	进水端
82	第一出水端	83	第二出水端

本申请目的的实现、功能特点及优点将结合实施例，参照附图做进一步说明。

具体实施方式

应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本申请，并不用于限定本申请。

下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本申请的一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

需要说明，本申请实施例中所有方向性指示(诸如上、下、左、右、前、后……)仅用于解释在某一特定姿态(如附图所示)下各部件之间的相对位置关系、运动情况等，如果该特定姿态发生改变时，则该方向性指示也相应地随之改变。

在本申请中，除非另有明确的规定和限定，术语“ 连接”、“ 固定”等应做广义理解，例如，“ 固定”可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或成一体；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系，除非另有明确的限定。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本申请中的具体含义。

另外，在本申请中如涉及“ 第一”、“ 第二”等的描述仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示其相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“ 第一”、“ 第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。另外，各个实施例之间的技术方案可以相互结合，但是必须是以本领域普通技术人员能够实现为基础，当技术方案的结合出现相互矛盾或无法实现时应当认为这种技术方案的结合不存在，也不在本申请要求的保护范围之内。

近年来，越来越多的学者另辟蹊径，不断尝试采用数据模型方法对数据中心的热管理系统进行节能优化与控制。通过采用数据驱动模型对数据中心进行温度预测，计算效率高，为后续节能优化控制提供思路，但该类建模方法完全依赖收集数据的质量，数据成本高，无热力学知识支撑，可能出现“反逻辑”情况，甚至导致系统故障，前期数据收集量少，模型准确度低，节能效果不佳。

也即，机理模型与数据模型虽然都可以描述数据中心热管理系统的热力学状态，并为系统优化控制提供数学表达，但两种模型各有优缺点，机理模型模型准确度高，但计算效率低，难以实时优化，而数据模型虽然计算效率高，但无热力学知识支撑，依赖数据的质与量，模型准确度低，易出现“反逻辑”的情况。

基于此，本申请实施例提供了一种数据中心的热管理控制方法，参照图 1，图 1 为本申请一种数据中心的热管理控制方法一实施例的流程示意图。本实施例中，所述数据中心的热管理控制方法包括：

步骤 S10，获取第一数据，所述第一数据表征数据中心的多个实际运行工况，以及各个实际运行工况下的控制参数和运行模式。

在本实施例中，可通过采集数据中心各个运行工况下的运行数据（该运行数据包括控制参数和运行模式），并对所述运行数据进行预处理，得到第一数据，其中，该预处理包括但不限于降噪处理或者采样处理。

示例性地，获取第一数据，包括：

步骤 A10，采集数据中心各个实际运行工况下的控制参数和运行模式，得到第三数据。

步骤 A20，对所述第三数据进行基于预设数据处理算法的数据处理，得到第一数据，其中，所述预设数据处理算法为拉丁超立方采样法、小波阈值降噪法、经验模态分解降噪法、k 近邻法异常值去除法、马氏距离法异常值去除法、线性插值法数据修复法、期望最大化法数值修复法、拉丁超立方采样算法区间划分法、去冗余数据简约法中的至少一种。

本实施例通过采集数据中心各个实际运行工况下的控制参数和运行模式，得到第三数据；对所述第三数据进行基于预设数据处理算法的数据处理，得到第一数据，其中，该预设数据处理算法为拉丁超立方采样法、小波阈值降噪法、经验模态分解降噪法、k 近邻法异常值去除法、马氏距离法异常值去除法、线性插值法数据修复法、期望最大化法数值修复法、拉丁超立方采样算法区间划分法、去冗余数据简约法中的至少一种，从而针对采集实测数据，可以排除异常数据、修复异常数据，实现数据简约，优化样本库复杂度。

步骤 S10 **之后，执行步骤** S20，基于预先训练好的机理模型，对所述第一数据进行数据补充，得到第二数据，并根据所述第二数据，训练能耗预测数据模型，得到训练好的能耗预测数据模型。

在本实施例中，对该机理模型的训练方式或者构建方式，本领域技术人员已有一定深入的研究，例如可根据系统运行机理构建出机理模型，基于采集的现场数据对机理模型进行精度提升，通过精度提升的机理模型，对样本库数据进行补充。

在一示例中，该机理模型为系统级双驱动模型的，其中部件采用计算速度更快的数据模型，系统根据实际机理进行搭建，整体计算速度快，具有一定反逻辑性。

在另一示例中，该机理模型为设备级双驱动模型，由系统细化到设备，整体均由机理模型构建，可完全避免“反逻辑”，但仿真平台计算速度较慢。该两示例在后述的实施例中有更详细介绍，在此不再赘述。

步骤 S20 **之后，执行步骤** S30，基于训练好的能耗预测数据模型，预测得到针对数据中心的目标控制参数和目标运行模式，根据所述目标控制参数和目标运行模式，对所述数据中心进行热管理控制。

其中，该目标控制参数是指针对数据中心实现热管理控制目标的控制参数。该目标运行模式是指针对数据中心实现热管理控制目标的运行模式。其中，该热管理控制目标为数据中心的系统 PUE 最小或系统总能耗最小。

示例性地，运行模式的类型包括第一运行模式、第二运行模式和第三运行模式，其中，第一运行模式为制冷设备关闭，冷却设备为液冷侧与风冷侧供液的运行模式，其中，所述制冷设备为冷水机组或冷冻机组，所述冷却设备为冷却塔或空冷器；第二运行模式为所述制冷设备为风冷侧供液，所述冷却设备为液冷侧供液；第三运行模式为所述制冷设备和所述冷却设备均为风冷侧和液冷侧供液。

示例性地，该控制参数是指各功耗设备的运行控制参数，该功耗设备（即后述的底层待控部件）可包括风机、水泵、压缩机、冷却设备和制冷设备。其中，冷却设备为冷却塔或空冷器，制冷设备为冷水机组或冷冻机组。该运行控制参数为风机频率、水泵频率、压缩机频率和阀门开度等。

本申请提出一种数据中心的热管理控制方法、电子设备及可读存储介质。在数据中心的热管理控制方法中，本申请实施例的技术方案是获取第一数据，该第一数据表征数据中心的多个实际运行工况，以及各个实际运行工况下的控制参数和运行模式，并基于预先训练好的机理模型，对第一数据进行数据补充，得到第二数据，从而使得本申请通过机理模型补充数据至无有效实测数据区间，建立简洁有效的数据样本库，通过融合机理模型样本库，针对无实测数据的空白工况区，可以补充超区域数据，完善样本库的有效覆盖性，也即本申请实施例可形成数据质量高、范围广、数量少、效果佳的现场数据与机理模型融合样本库，并根据所述第二数据，训练能耗预测数据模型，得到训练好的能耗预测数据模型；基于训练好的能耗预测数据模型，预测得到针对数据中心的目标控制参数和目标运行模式，从而实现拟合出全面准确的系统预测能耗模型，本申请实施例根据系统运行机理构建出机理模型，根据现场采集数据进行机理模型精度提升，通过精度提升的机理模型，对样本库数据进行补充，从而便于实时优化计算出对数据中心进行热管理控制统的最优控制参数和最优运行模式，以确定针对数据中心的服务器的热管理控制策略，进而实现对数据中心进行计算效率高且准确度高的热管理控制，提升对数据中心进行热管理控制的稳定性和可靠性。

本申请实施例通过将机理模型与数据模型融合，通过现场数据多重方法处理并用机理模型补充无有效数据区间，形成数据质量高、范围广、数量少、效果佳的现场数据与机理模型融合的样本库（即第二数据），数据模型对样本库数据拟合形成全面有效的系统数据模型（即拟合了数据模型和机理模型的双驱动模型），数据模型可搭配优化算法实时产生最佳控制变量及运行模式。

本申请实施例通过将机理模型与数据模型用系统方法融合，取长补短，从而产生一种计算成本低、模型逻辑性强、功能全面的双驱动模型。

本申请实施例公开了一种基于机理与数据双驱动模型的数据中心冷却系统节能控制方法，属于数据中心节能控制领域。主要步骤包括：现场采集数据经机理模型排除或修复异常值；机理模型补充数据至无有效实测数据区间，建立简洁有效、工况覆盖全面的数据样本库；数据驱动方法拟合全面准确的系统 PUE 及能耗模型；可结合优化算法（该优化算法可为遗传算法、粒子群法、模拟退火算法或者蚁群算法等寻优算法，在此不作限制）计算热管理系统最佳控制参数及运行模式，存入知识库；根据现场实际工况，可实时调用对应工况的最佳控制参数及运行模式，避免在线寻优时延；PLC 依据优化决策控制设备运行状态，实现系统实时节能优化控制。本申请实施例针对数据中心进行热管理控制的计算成本低，精度高，逻辑性好，数据质量依赖性小，可实现数据中心热管理系统在短、中、长期的全面节能。

为了助于理解本申请实施例的技术原理，列举具体实施例一，参照图 2，图 2 为本申请实施例数据中心的热管理系统实时节能优化与控制流程图，本实施例通过将上位机智能计算平台、PLC（Programmable Logic Controller，可编程逻辑控制器）、末端设备系统联系起来，组成一套高效控制系统流程，具体地：

上位机智能计算平台：由数据库及双驱动模型构成。数据库存储与管理数据，同时实现数据清洗、数据分类、数据更新等功能。机理与数据双驱动模型实时智能计算冷却塔、冷水机组、水泵、风机等耗功部件的最优工作状态，并下发至 PLC 控制器，同时 PLC 控制器将现场收集数据上传至数据库。

PLC 控制器：依据上位机指令控制末端设备工作状态，同时通过传感器收集现场实时数据。

末端设备：数据中心热管理系统末端设备工作状态实时改变，在满足机房服务器温度要求的情况下，降低热管理系统能耗，实现实时节能控制功能。

上述具体实施例一仅用于帮助理解本申请实施例的技术构思，并不构成对本申请的限定，基于该技术构思进行更多形式的简单变换，均应在本申请的保护范围内。

作为一种示例，在步骤 S30 中，基于训练好的能耗预测数据模型，预测得到针对数据中心的目标控制参数和目标运行模式，包括：

步骤 B10，基于训练好的能耗预测数据模型，预测出针对数据中心各个运行工况的最佳控制参数和最佳运行模式。

步骤 B20，将各所述运行工况对应的最佳控制参数和最佳运行模式，均存储至知识库。

步骤 B30，动态获取数据中心的实时运行工况，从所述知识库中查询并调用得到所述实时运行工况对应的目标控制参数和目标运行模式。

示例性地，在步骤 B30 中，从所述知识库中查询并调用得到针对数据中心的目标控制参数和目标运行模式，包括：

步骤 C10，从所述知识库中查询并调用得到达到热管理控制目标对应的控制参数，以及达到所述热管理控制目标对应的运行模式，其中，所述热管理控制目标为数据中心的系统 PUE 最小或系统总能耗最小。

步骤 C20，将所述实时运行工况下达到所述热管理控制目标对应的控制参数，作为针对数据中心的目标控制参数。

以及，步骤 C30，将所述实时运行工况下达到所述热管理控制目标的运行模式，作为针对数据中心的目标运行模式。

在本实施例中，动态获取数据中心的实时运行工况是指周期性地获取数据中心的实时运行工况，或者说每隔预设时长实时获取依次数据中心的实时运行工况。

本申请实施例通过基于训练好的能耗预测数据模型，预测出针对数据中心各个运行工况的最佳控制参数和最佳运行模式，并将各个运行工况对应的最佳控制参数和最佳运行模式，均存储至知识库，然后动态获取数据中心的实时运行工况，从知识库中查询并调用得到实时运行工况对应的目标控制参数和目标运行模式，从而将实时运行工况与知识库内的全范围工况进行匹配，根据知识库所匹配工况进行实时快速调用，选取其对应的最佳控制参数和最佳运行模式，本实施例通过遍历系统的所有可能工况，并可结合优化算法（该优化算法例如可为遗传算法、粒子群法、模拟退火算法或者蚁群算法等预设寻优算法）预先计算所有工况对应的最佳控制参数及最佳运行模式，将其全部存入并建立知识库，根据现场实际工况，可从知识库实时快速调用对应工况的最佳控制参数及运行模式，避免在线寻优时延，能够省去算法寻优过程，实现快速实时寻优。

例如，相关技术中的调控策略：实测工况→系统拟合模型→遗传优化算法→策略下发，具有时延。而本申请实施例的调控策略：遍历工况→系统机理补充工况数据得到工况范围覆盖更全面的样本库→基于覆盖更全面的样本库训练出能耗预测数据模型→遗传优化算法→策略存入知识库→实测工况→知识库调用→策略下发，相比于相关技术中的调控策略，本申请实施例通过知识库建立，能够直接调用知识库对应优选调控策略，省去了寻优时延。

进一步地，所述能耗预测数据模型在云服务器进行训练和存储，所述知识库设于用户终端的本地。

本申请实施例通过将能耗预测数据模型在云服务器进行训练和存储，该知识库设于用户终端的本地，从而实现端边云结合，云上进行大量模型训练与校核，同时对各种工况进行控制策略计算，计算结果输出为知识库，知识库存在边缘数据中心，在用户终端进行快速调用，即通过在本地进行知识库建立，直接调用本地知识库中对应的优选调控策略，以缩短调控响应时间。

在一种可能的实施方式中，所述方法还包括：

步骤 D10，在所述数据中心处于风险工况的情况下，从所述知识库中查询并调用得到所述风险工况对应的安全调控策略，其中，所述安全调控策略包括针对所述风险工况进行安全调控的控制参数和运行模式。

在本实施例中，具体地，可基于能耗预测数据模型，对数据中心进行风险工况的预测分析，获得风险工况下的安全调控策略，即最佳控制参数和最佳运行模式，均存储至知识库。在数据中心处于风险工况时，从知识库中查询并调用得到风险工况对应的安全调控策略，以快速响应、执行该安全调控策略。

本申请实施例通过在数据中心处于风险工况的情况下，从知识库中查询并调用得到风险工况对应的安全调控策略，其中，该安全调控策略包括针对风险工况进行安全调控的控制参数和运行模式，从而对风险工况、异常工况或者极限工况进行预先分析，可提前获取对应的安全可靠调控策略，存入知识库用于实际发生时的可靠调控、高效响应应急，具有可靠的风险预测、风险应对作用。

在一种可能的实施方式中，根据所述第二数据，训练能耗预测数据模型，得到训练好的能耗预测数据模型包括：

步骤E10，根据所述第二数据，构建样本数据库。

步骤E20，基于主成分分析法，对所述样本数据库进行特征选择，得到对热管理控制目标产生影响的自变量参数。

步骤E30，根据对热管理控制目标产生影响的自变量参数，对能耗预测数据模型进行训练，得到训练好的能耗预测数据模型。

在本实施例中，该热管理控制目标包括但不限于数据中心的系统PUE最小或系统总能耗最小，本领域技术人员可根据实际情况进行设置，本实施例不作具体的限定。

本申请实施例通过根据该第二数据，构建样本数据库，并基于主成分分析法，对该样本数据库进行特征选择，得到对热管理控制目标产生影响的自变量参数，并根据对热管理控制目标产生影响的自变量参数，对能耗预测数据模型进行模型训练，得到训练好的能耗预测数据模型，从而实现基于主成分分析法等特征参数选取方法，收敛对目标控制量影响最大的直接间接参数作为所需特征量，以大大减少系统传感器布置，减少双驱动模型（即上述的能耗预测数据模型）参数复杂度提高双驱动模型的拟合速度与精度。

进一步地，为了助于理解本申请实施例的技术原理，列举具体实施例二，参照图3，图3为本申请实施例数据中心热管理系统的双驱动流程示意图，具体包括：

（1）样本库构建：

首先采集现场数据后进行数据预处理：使用小波阈值降噪，经验模态分解等方法进行数据降噪，去除传感器数据噪声，屏蔽干扰，确保信号的真实性；使用经验模态分解降噪法、k近邻法异常值去除法或者马氏距离法异常值去除法等数据处理方法进行数据过滤，异常值去除，保留有效数据；使用线性插值法、期望最大化算法等方法对历史信息数据进行学习和分析，完成对缺失数据或故障数据的修复。

进一步地，在后续当机理模型具有较高精度时，可利用机理模型仿真数据对现场采集数据进行异常值排除或修复。

然后，本实施例使用拉丁超立方采样确定样本库区间并去除冗余数据，保证数据简约有效，用机理模型补充数据至无有效数据区间，建立数据质量高、范围广、数量少、效果佳的现场数据与机理模型融合的样本库。

（2）数据模型训练：

采用主成分分析PCA（Principal Component Analysis，主成分分析法）法对双驱动样本库数据进行特征选择，选出对系统总功耗及PUE影响最大的参数作为自变量。本数据中心热管理系统最具代表性的参数为环境温湿度、风液热负荷、各耗功设备控制参数及运行模式，输出参数为系统功耗及PUE。

神经网络函数的输入参数及输出参数确定后，使用BPNN、LSTM、SVMXGBoost或者LightGBM等数据驱动算法不断迭代拟合系统模型，直至RMSE、MAPE满足精度要求。其中，对比分析各种数据驱动算法精度及拟合效果，选择此数据中心最佳数据驱动算法，提高系统控制效果。

（3）优化计算：

数据中心内部热环境随环境温度、环境湿度、热负荷的变化而变化，如果数据中心热管理系统运行参数选取不当，服务器会出现过热或过冷现象，过热严重时会导致服务器宕机，过冷严重时会导致制冷效率低下及大量功耗浪费。因此，为了将服务器维持在安全温度范围内并最大限度地降低能耗，需要实时计算不同环境温度、环境湿度、热负荷下的最佳系统控制参数及运行模式。

遗传算法等优化算法可以实现上述要求，以系统PUE最低为热管理控制目标为例，计算任一时刻环境温湿度及风液热负荷下，系统最佳控制参数及运行模式。

（4）知识库构建：

遍历热管理系统的所有可能工况，可结合利用优化算法预先计算所有工况对应的最佳控制参数及最佳运行模式，将其全部存入知识库。

（5）优化策略下发执行：

优化策略来源有两种模式：

模式一：根据现场实际工况，可从知识库实时快速调用对应工况的最佳控制参数及运行模式，避免在线寻优时延。

模式二：基于高精度的系统能耗预测数据模型与实际工况参数，利用优化算法（或者称为寻优算法）开展实时寻优，寻优结束后可输出该工况下的最佳控制参数及运行模式，需要一定寻优时间，其中，该优化算法可为如粒子群法、模拟退火算法或者蚁群算法等，本实施例对此不作具体的限定。

优化结果（优化策略）由控制设备下发至底层可控元件，以实现系统节能优化控制，将服务器维持在安全温度范围内并最大限度地降低能耗，其中，该控制设备例如可为PLC或者DDC（Direct Digital Control，直接数字控制系统）等。

上述具体实施例二仅用于帮助理解本申请实施例的技术构思，并不构成对本申请的限定，基于该技术构思进行更多形式的简单变换，均应在本申请的保护范围内。

基于上述本申请的第一实施例，提出本申请数据中心的热管理控制方法的第二实施例，所述方法还包括：

步骤F10，采集各所述底层待控部件基于所述目标控制参数和目标运行模式而产生的实际运行数据。

步骤F20，基于所述实际运行数据，以及所述实际运行数据对应运行工况下所述能耗预测数据模型的预测数据，构建模型预测值偏差模型。

步骤F30，利用所述模型预测值偏差模型，对所述能耗预测数据模型进行误差修正与优化。

本申请实施例通过采集各哥底层待控部件基于所述目标控制参数和目标运行模式而产生的实际运行数据，并基于该实际运行数据，以及实际运行数据对应运行工况下所述能耗预测数据模型的预测数据，构建模型预测值偏差模型，利用模型预测值偏差模型，对能耗预测数据模型进行误差修正与优化，从而提出一种误差矫正法，通过数据模型拟合预测误

差，机理模型叠加误差数据模型，提升机理模型精度，如图 9 所示。

为进一步助于理解本申请实施例的技术构思，请参照图 7，图 7 为本申请实施例中数据模型与机理模型相互校准优化的示意图，本实施例通过基于该实时运行工况对应的目标控制参数和目标运行模式，以及实时运行工况下能耗预测数据模型的预测数据，构建模型误差函数，并基于该模型误差函数，对能耗预测数据模型的模型系数进行迭代优化，从而有效使得数据模型和机理模型相互校准精确度，在运行过程中持续提升模型精度，进而持续提升智能调控策略的准确性、可靠性、节能有效性。

此外可结合参照图 8 和图 9，其中，图 8 为本申请实施例中模型系数矫正法的模型校准优化流程图，图 9 为本申请实施例中误差矫正法的模型校准优化流程图，本申请实施例基于模型系数矫正法，以模型预测误差为优化目标，优化能耗预测数据模型的模型系数，提升机理模型精度，为双驱动样本库保驾护航。在另一实例中，本申请实施例还可基于误差矫正法，通过数据模型拟合预测误差，机理模型叠加误差数据模型，提升机理模型精度。

进一步地，请参照图 10 和图 11，图 10 为本申请实施例中模型系数矫正法的实验数据图，图 11 为本申请实施例中误差矫正法的实验数据图。从中可以看出相比于模型系数矫正法的模型校准优化流程，误差矫正法的模型校准优化流程，机理模型预测精度更高。

作为一种可实施的方式，基于预先训练好的机理模型，对所述第一数据进行数据补充，得到第二数据，包括：

步骤 G10，基于预先训练好的机理模型，对所述第一数据中异常的数据进行排除或修正，得到第三数据。

以及，步骤 G20，基于预先训练好的机理模型，对所述第三数据进行数据补充，得到第二数据。

本申请实施例通过基于预先训练好的机理模型，对第一数据中异常的数据进行排除或修正，得到第三数据，以及，基于预先训练好的机理模型，对第三数据进行数据补充，得到第二数据，从而针对采集实测数据，可以排除异常数据、修复异常数据，实现数据简约，优化样本库复杂度。

在一种可能的实施方式中，根据所述目标控制参数和目标运行模式，对所述数据中心进行热管理控制，包括：

步骤 H10，根据所述目标控制参数和目标运行模式，控制所述数据中心的底层待控部件的运行参数，以对所述数据中心进行热管理控制。

其中，所述底层待控部件包括风机、水泵、压缩机和阀门，所述底层待控部件的运行参数包括风机频率、水泵频率、压缩机频率和阀门开度。

作为一种示例，所述预先训练好的机理模型为系统级双驱动机理模型，所述方法还包括：

步骤 I10，从预设的部件模型库中，获取训练好的各个底层待控部件对应的部件数据模型。

步骤 I20，基于各所述部件数据模型，进行数据中心的系统级机理模型构建，构建得到所述系统级双驱动机理模型。

请参照图 5，图 5 为本申请实施例中系统级双驱动机理模型的运行机理示意图。在本实施例中，所述系统级双驱动机理模型设置为：获取各个所述底层待控部件对应的部件数据模型；基于各所述部件数据模型，进行数据中心的系统级机理模型构建及分析，即为系统级双驱动机理模型；基于系统级双驱动机理模型，得到数据中心在各个运行工况下的最佳运行参数和最佳运行模式。

本申请实施例通过将机理模型采用系统级双驱动机理模型，其中部件采用计算速度更快的数据模型，系统根据实际机理进行搭建，整体计算速度快，具有一定反逻辑性。

进一步地，所述基于各所述部件数据模型，进行数据中心的系统级机理模型构建，构建得到所述系统级双驱动机理模型，包括：

步骤 J10，基于各所述部件数据模型，以第一预设积木堆积方式构建得到所述系统级双驱动机理模型。

本申请实施例基于各个部件数据模型，以第一预设积木堆积方式构建得到系统级双驱动机理模型，从而将典型的部件、设备分别进行机理建模，由此构成机理模型部件库，搭建系统级双驱动机理模型时，优先从机理模型部件库中选用对应元素，以减少部件/设备模型的二次构建时间，通过库选以搭积木形式的快速形成系统级双驱动机理模型，本实施例通过部件库与积木堆积形式，简化了系统级双驱动机理模型的构建效率，同时也提升了系统机理模型的可拓展性。

作为另一种示例，所述预先训练好的机理模型为设备级双驱动机理模型，所述基于各所述部件数据模型，其中，所述方法还包括：

步骤 K10，从预设的部件模型库中，获取训练好的各个底层待控部件对应的部件机理模型。

步骤 K20，基于各所述部件机理模型，进行数据中心的系统级机理模型构建，得到所述设备级双驱动机理模型。

请参照图 6，图 6 为本申请实施例中设备级双驱动机理模型的运行机理示意图。在本实施例中，所述设备级双驱动机理模型可设置为：获取各个所述底层待控部件对应的部件机理模型；基于各所述部件机理模型，进行数据中心的系统级机理模型构建及分析，即为设备级双驱动机理模型；基于设备级双驱动机理模型，得到数据中心在各个运行工况下的最佳运行参数和最佳运行模式。

本申请实施例通过将机理模型采用设备级双驱动机理模型，由系统细化到设备，整体均由机理模型构建，可完全避免“反逻辑”，但仿真平台计算速度较慢。同时依赖设备级双驱动机理模型的高准确性，低计算复杂度及成本，不依赖数据的质与量，数据成本低，双驱动模型优势明显，节能效果佳。

进一步地，所述预先训练好的机理模型为设备级双驱动机理模型，基于各所述部件机理模型，进行数据中心的系统级机理模型构建，得到所述设备级双驱动机理模型，包括：

步骤 L10，基于各所述部件机理模型，以第二预设积木堆积方式构建得到所述设备级双驱动机理模型。

本申请实施例基于各个部件机理模型，以第二预设积木堆积方式构建得到设备级双驱动机理模型，从而将典型的部件、设备分别进行机理建模，由此构成机理模型部件库，搭建设备级双驱动机理模型时，优先从机理模型部件库中选用

对应元素，以减少部件/设备模型的二次构建时间，通过库选以搭积木形式的快速形成系统级机理模型，本实施例通过部件库与积木堆积形式，简化了设备级双驱动机理模型的构建效率，同时也提升了设备级双驱动机理模型的可拓展性。

为了助于理解本申请实施例的技术构思，列举具体实施例三，参照图 4，图 4 为本申请实施例中数据中心的热管理控制的场景示意图，包括以下几个主要流程步骤：

在本实施例中，1 为经过数据降噪、数据过滤、数据修复等多重数据处理后的现场数据（即第一数据），数据冗余杂乱，且分布不均匀，导致数据驱动拟合函数计算缓慢且精度较差。

在本实施例中，通过拉丁超立方采样确定此数据库的最佳数据区间及大小，并将现场数据填入，形成形式 2 的样本库。此样本库内数据仍冗余杂乱且分布不均，需进一步操作。

对每个数据区间进行数据筒约，删去冗余数据，形成筒洁有效的形式 3 样本库（即第三数据）。此数据库虽解决了数据冗余问题，但数据分布尚不均匀，需进一步操作。

机理模型补充无有效数据区间，形成全面、筒洁、有效的形式 4 机理与数据双驱动融合样本库（即第二数据）。此数据库筒洁均匀，可大大提高数据驱动拟合函数计算速度及结果精度。

以上所揭露的仅为本申请一种可选实施例而已，当然不能以此来限定本申请的保护范围，本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例的全部或部分流程，并依本申请权利要求所做的等同变化，仍属于本申请所涵盖的范围。

也就是说，上述具体实施例三仅用于帮助理解本申请实施例的技术构思，并不构成对本申请的限定，基于该技术构思进行更多形式的简单变换，均应在本申请的保护范围内。

请参照图 12，图 12 为本申请实施例双驱动调控与相关技术中基础调控的预测实验数据图，从中可以看出，相比于相关技术中的基础调控预测，本申请实施例中通过拟合机理模型与数据模型的双驱动调控的功耗预测精度更高，也即预测效果更佳。本申请实施例通过双驱动模型补充数据，智能调控安全性高，精度好，鲁棒性高、泛化能力好。

此外，请参照图 13 和图 14，图 13 为本申请实施例中数据中心的各种运行工况的实验数据图，图 14 为本申请实施例双驱动调控策略与相关技术中其他调控策略的预测数据对比图。从中可以看出，本申请实施例双驱动调控策略的优化效果更好，其他调控策略由于未拟合机理模型补充数据，导致数据模型节能效果差，前期波动巨大，易出现“反逻辑”。通过数据对比分析，数据模型调控策略较基础调控策略节能 80.14%，本申请实施例的双驱动模型调控策略较数据模型调控策略节能 73.31%。

此外，请参照图 15，本申请实施例还提出一种数据中心的热管理控制系统 100，热管理控制系统 100 应用于如上述的数据中心的热管理控制方法，热管理控制系统 100 包括：液冷系统，包括冷却设备 1、换热器 2、第一三通阀 3、第一水泵 4 和第二水泵 5，换热器 2 包括第一管路和第二管路，第一管路设有第一入水口 21 和第一出水口 22，第二管路设有第二入水口 23 和第二出水口 24，第一三通阀 3 包括进液口 31、第一出液口 32 和第二出液口 33，冷却设备 1 为冷却塔或空冷器；风冷系统，包括制冷设备 6、风机 7、第二三通阀 8、第三水泵 9，第二三通阀 8 包括进水端 81、第一出水端 82 和第二出水端 83，制冷设备 6 为冷水机组或冷冻机组；服务器 10；其中，冷却设备 1 的出口端、第一入水口 21、第一出水口 22、进液口 31、第一出液口 32，以及冷却设备 1 的入口端形成液冷回路，第一水泵 4 设于液冷回路；服务器 10 的冷却液出口、第二入水口 23、第二出水口 24，以及服务器 10 的冷却液入口形成换热回路，第二水泵 5 设于换热回路，换热回路中的流体用于在换热器 2 中与液冷回路中的流体进行热交换；制冷设备 6 的出液端、进水端 81、第一出水端 82、风机 7 的液冷入口、风机 7 的液冷出口，以及制冷设备 6 的入液端形成风冷回路，第三水泵 9 设于风冷回路，风机 7 用于将冷空气吹至服务器 10；风冷回路通过第二出水端 83 与液冷回路连通，液冷回路通过第二出液口 33 与风冷回路连通。

示例性地，在运行模式为第一运行模式的情况下，冷却设备 1 开启，制冷设备 6 关闭，第二出水端 83 的阀门和第二出液口 33 的阀门均打开，进水端 81 的阀门为关闭，以使冷却设备 1 为液冷回路与风冷回路同时供液；在运行模式为第二运行模式的情况下，冷却设备 1 与制冷设备 6 均开启，第二出水端 83 的阀门和第二出液口 33 的阀门均关闭，进水端 81 的阀门为开启，以使冷却设备 1 为液冷回路供液，制冷设备 6 为风冷回路供液。

在运行模式为第三运行模式的情况下，冷却设备 1 与制冷设备 6 均开启，第二出水端 83 的阀门、第二出液口 33 的阀门和进水端 81 的阀门均打开，以使冷却设备 1 和制冷设备 6 同时为风冷回路和液冷回路供液。

在一种可能的实施方式中，热管理控制系统 100 还包括过滤器 11，风冷回路、液冷回路和换热回路分别设置有至少一个过滤器 11。

本申请提出一种数据中心的热管理控制系统 100，在数据中心的热管理控制方法中，本申请实施例的技术方案是通过将热管理控制系统 100 设置包括液冷系统和风冷系统，液冷系统包括冷却设备 1、换热器 2、第一三通阀 3、第一水泵 4 和第二水泵 5，换热器 2 包括第一管路（未图示）和第二管路（未图示），第一管路设有第一入水口 21 和第一出水口 22，第二管路设有第二入水口 23 和第二出水口 24，第一三通阀 3 包括进液口 31、第一出液口 32 和第二出液口 33，冷却设备 1 为冷却塔或空冷器。风冷系统包括制冷设备 6、风机 7、第二三通阀 8、第三水泵 9，第二三通阀 8 包括进水端 81、第一出水端 82 和第二出水端 83，制冷设备 6 为冷水机组或冷冻机组；冷却设备 1 的出口端、第一入水口 21、第一出水口 22、进液口 31、第一出液口 32，以及冷却设备 1 的入口端形成液冷回路，第一水泵 4 设于液冷回路；服务器 10 的冷却液出口、第二入水口 23、第二出水口 24，以及服务器 10 的冷却液入口形成换热回路，第二水泵 5 设于换热回路，换热回路中的流体用于在换热器 2 中与液冷回路中的流体进行热交换。制冷设备 6 的出液端、进水端 81、第一出水端 82、风机 7 的液冷入口、风机 7 的液冷出口，以及制冷设备 6 的入液端形成风冷回路，第三水泵 9 设于风冷回路，风机 7 用于将冷空气吹至服务器 10。风冷回路通过第二出水端 83 与液冷回路连通，液冷回路通过第二出液口 33 与风冷回路连通，从而使得在低温模式（即第一运行模式）下，制冷设备 6 关闭，冷却设备 1 为液冷侧与风冷侧供液，常温模式（即第二运行模式）下，制冷设备 6 为风冷供液，冷却设备 1 为液冷供液，高温模式（即第三运行模式）下，制冷设备 6 通过三通阀为液冷侧补冷，进而实现数据中心热管理系统末端设备工作状态实时改变，在满足机房服务器 10 温度要求的

情况下，降低热管理系统能耗，实现实时节能控制功能，便于实时优化计算出对数据中心进行热管理控制统的最优控制参数和最优运行模式，以确定针对数据中心的服务器 10 的热管理控制策略，进而实现对数据中心进行计算效率高且准确度高的热管理控制，提升对数据中心进行热管理控制的稳定性和可靠性。

本实施例提供的数据中心的热管理控制系统 100 与上述实施例提供的数据中心的热管理控制方法属于同一发明构思，未在本实施例中详尽描述的技术细节可参见上述数据中心的热管理控制方法的实施例，并且本实施例具备与数据中心的热管理控制方法各实施例相同的有益效果，此处不再赘述。

以上所描述的系统实施例仅仅是示意性的，其中作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施例方案的目的。

此外，本申请实施例还提供一种电子设备，参照图 16，图 16 为本申请实施例提供的一种电子设备的硬件结构示意图。如图 16 所示，电子设备可以包括：处理器 1001，例如中央处理器（Central Processing Unit，CPU），通信总线 1002，用户接口 1003，网络接口 1004，存储器 1005。其中，通信总线 1002 用于实现这些组件之间的连接通信。用户接口 1003 可以包括显示屏（Display）、输入单元比如键盘（Keyboard），用户接口 1003 还可以包括标准的有线接口、无线接口。网络接口 1004 可以包括标准的有线接口、无线接口（如无线保真（Wireless-Fidelity，WI-FI）接口）。存储器 1005 可以是高速的随机存取存储器（Random Access Memory，RAM），也可以是稳定的非易失性存储器（Non-VolatileMemory，NVM），例如磁盘存储器。存储器 1005 还可以是独立于前述处理器 1001 的存储设备。

本领域技术人员可以理解，图 16 中示出的结构并不构成对电子设备的限定，可以包括比图示更多或更少的部件，或者组合某些部件，或者不同的部件布置。如图 16 所示，作为一种存储介质的存储器 1005 中可以包括操作系统、数据存储模块、网络通信模块、用户接口模块以及数据中心的热管理控制程序。

在图 16 所示的电子设备中，网络接口 1004 主要用于与其他设备进行数据通信；用户接口 1003 主要用于与用户进行数据交互；本实施例中的处理器 1001、存储器 1005 可以设置在通信设备中，通信设备通过处理器 1001 调用存储器 1005 中存储的数据中心的热管理控制程序，并执行上述任一实施例提供的应用于数据中心的热管理控制方法。

本实施例提出的终端与上述实施例提出的应用于数据中心的热管理控制方法属于同一发明构思，未在本实施例中详尽描述的技术细节可参见上述任意实施例，并且本实施例具备与执行数据中心的热管理控制方法相同的有益效果。

此外，本申请实施例还提出一种存储介质，所述存储介质为计算机存储介质，该计算机可读存储介质可以为非易失性计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质上存储有数据中心的热管理控制程序，该数据中心的热管理控制程序被处理器执行时实现如上所述的本申请数据中心的热管理控制方法。

本申请电子设备和计算机可读存储介质的各实施例，均可参照本申请数据中心的热管理控制方法各个实施例，此处不再赘述。

需要说明的是，在本文中，术语“ 包括”、“ 包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者系统不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者系统所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“ 包括一个……”限定的要素，并不排除在包括该要素的过程、方法、物品或者系统中还存在另外的相同要素。

上述本申请实施例序号仅仅为了描述，不代表实施例的优劣。

通过以上的实施方式的描述，本领域的技术人员可以清楚地了解到上述实施例方法可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现，当然也可以通过硬件，但很多情况下前者是更佳的实施方式。基于这样的理解，本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在如上所述的一个存储介质(如 ROM/RAM、磁碟、光盘)中，包括若干指令用以使得一台电子设备(可以是手机，计算机，服务器，空调器，或者网络设备等)执行本申请各个实施例所述的方法。

以上仅为本申请的可选实施例，并非因此限制本申请的专利范围，凡是利用本申请说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换，或直接或间接运用在其他相关的技术领域，均同理包括在本申请的专利保护范围内。

权 利 要 求 书

1、一种数据中心的热管理控制方法，包括：

获取第一数据，所述第一数据表征数据中心的多个实际运行工况，以及各个实际运行工况下的控制参数和运行模式；

基于预先训练好的机理模型，对所述第一数据进行数据补充，得到第二数据，并根据所述第二数据，训练能耗预测数据模型，得到训练好的能耗预测数据模型；

基于训练好的能耗预测数据模型，预测得到针对数据中心的目标控制参数和目标运行模式，根据所述目标控制参数和目标运行模式，对所述数据中心进行热管理控制。

2、如权利要求1所述的数据中心的热管理控制方法，其中，所述基于训练好的能耗预测数据模型，预测得到针对数据中心的目标控制参数和目标运行模式，包括：

基于训练好的能耗预测数据模型，预测出针对数据中心各个运行工况的最佳控制参数和最佳运行模式；

将各所述运行工况对应的最佳控制参数和最佳运行模式，均存储至知识库；

动态获取数据中心的实时运行工况，从所述知识库中查询并调用得到所述实时运行工况对应的目标控制参数和目标运行模式。

3、如权利要求2所述的数据中心的热管理控制方法，其中，所述方法还包括：

在所述数据中心处于风险工况的情况下，从所述知识库中查询并调用得到所述风险工况对应的安全调控策略，其中，所述安全调控策略包括针对所述风险工况进行安全调控的控制参数和运行模式。

4、如权利要求2所述的数据中心的热管理控制方法，其中，所述能耗预测数据模型在云服务器进行训练和存储，所述知识库设于用户终端的本地。

5、如权利要求1所述的数据中心的热管理控制方法，其中，所述获取第一数据，包括：

采集数据中心各个实际运行工况下的控制参数和运行模式，得到第三数据；

对所述第三数据进行基于预设数据处理算法的数据处理，得到所述第一数据，其中，所述预设数据处理算法为拉丁超立方采样法、小波阈值降噪法、经验模态分解降噪法、k近邻法异常值去除法、马氏距离法异常值去除法、线性插值法数据修复法、期望最大化法数值修复法、拉丁超立方采样算法区间划分法、去冗余数据筒约法中的至少一种。

6、如权利要求1所述的数据中心的热管理控制方法，其中，所述根据所述第二数据，训练能耗预测数据模型，得到训练好的能耗预测数据模型，包括：

根据所述第二数据，构建样本数据库；

基于主成分分析法，对所述样本数据库进行特征选择，得到根据对热管理控制目标产生影响的自变量参数；

根据对热管理控制目标产生影响的自变量参数，训练能耗预测数据模型，得到训练好的能耗预测数据模型。

7、如权利要求1所述的数据中心的热管理控制方法，其中，所述根据所述目标控制参数和目标运行模式，对所述数据中心进行热管理控制，包括：

根据所述目标控制参数和目标运行模式，控制所述数据中心的底层待控部件的运行参数，以对所述数据中心进行热管理控制；

其中，所述底层待控部件包括风机、水泵、压缩机和阀门，所述底层待控部件的运行参数包括风机频率、水泵频率、压缩机频率和阀门开度。

8、如权利要求7所述的数据中心的热管理控制方法，其中，所述预先训练好的机理模型为系统级双驱动机理模型，所述方法还包括：

从预设的部件模型库中，获取训练好的各个底层待控部件对应的部件数据模型；

基于各所述部件数据模型，进行数据中心的系统级机理模型构建，构建得到所述系统级双驱动机理模型。

9、如权利要求8所述的数据中心的热管理控制方法，其中，所述基于各所述部件数据模型，进行数据中心的系统级机理模型构建，构建得到所述系统级双驱动机理模型，包括：

基于各所述部件数据模型，以第一预设积木堆积方式构建得到所述系统级双驱动机理模型。

10、如权利要求7所述的数据中心的热管理控制方法，其中，所述预先训练好的机理模型为设备级双驱动机理模型，其中，所述方法还包括：

从预设的部件模型库中，获取训练好的各个底层待控部件对应的部件机理模型；

基于各所述部件机理模型，进行数据中心的系统级机理模型构建，得到所述设备级双驱动机理模型。

11、如权利要求10所述的数据中心的热管理控制方法，其中，所述基于各所述部件机理模型，进行数据中心的系统级机理模型构建，得到所述设备级双驱动机理模型，包括：

基于各所述部件机理模型，以第二预设积木堆积方式构建得到所述设备级双驱动机理模型。

12、如权利要求 7 至 11 中任一项所述的数据中心的热管理控制方法，其中，所述方法还包括：

采集各所述底层待控部件基于所述目标控制参数和目标运行模式而产生的实际运行数据；

基于所述实际运行数据，以及所述实际运行数据对应运行工况下所述能耗预测数据模型的预测数据，构建模型预测值偏差模型；

利用所述模型预测值偏差模型，对所述能耗预测数据模型进行误差修正与优化。

13、如权利要求 7 至 11 中任一项所述的数据中心的热管理控制方法，其中，所述运行模式的类型包括第一运行模式、第二运行模式和第三运行模式，其中，

第一运行模式为制冷设备关闭，冷却设备为液冷侧与风冷侧供液的运行模式，其中，所述制冷设备为冷水机组或冷冻机组，所述冷却设备为冷却塔或空冷器；

第二运行模式为所述制冷设备为风冷侧供液，所述冷却设备为液冷侧供液；

第三运行模式为所述制冷设备和所述冷却设备均为风冷侧和液冷侧供液。

14、一种热管理控制系统，其中，所述热管理控制系统应用于如权利要求 1 至 13 中任一项所述的数据中心的热管理控制方法，所述热管理控制系统包括：

液冷系统，包括冷却设备、换热器、第一三通阀、第一水泵和第二水泵，所述换热器包括第一管路和第二管路，所述第一管路设有第一入水口和第一出水口，所述第二管路设有第二入水口和第二出水口，第一三通阀包括进液口、第一出液口和第二出液口，所述冷却设备为冷却塔或空冷器；

风冷系统，包括制冷设备、风机、第二三通阀、第三水泵，所述第二三通阀包括进水端、第一出水端和第二出水端，所述制冷设备为冷水机组或冷冻机组；

服务器；

其中，所述冷却设备的出口端、所述第一入水口、所述第一出水口、所述进液口、第一出液口，以及所述冷却设备的入口端形成液冷回路，所述第一水泵设于所述液冷回路；所述服务器的冷却液出口、所述第二入水口、第二出水口，以及所述服务器的冷却液入口形成换热回路，所述第二水泵设于所述换热回路，所述换热回路中的流体用于在所述换热器中与所述液冷回路中的流体进行热交换；

所述制冷设备的出液端、所述进水端、所述第一出水端、所述风机的液冷入口、所述风机的液冷出口，以及所述制冷设备的入液端形成风冷回路，所述第三水泵设于所述风冷回路，所述风机用于将冷空气吹至所述服务器；

所述风冷回路通过所述第二出水端与所述液冷回路连通，所述液冷回路通过所述第二出液口与所述风冷回路连通。

15、如权利要求 14 所述的热管理控制系统，其中，所述系统包括：

在运行模式为第一运行模式的情况下，冷却设备开启，制冷设备关闭，所述第二出水端的阀门和所述第二出液口的阀门均打开，所述进水端的阀门为关闭，以使所述冷却设备为液冷回路与风冷回路同时供液；

在运行模式为第二运行模式的情况下，冷却设备与制冷设备均开启，所述第二出水端的阀门和所述第二出液口的阀门均关闭，所述进水端的阀门为开启，以使所述冷却设备为液冷回路供液，所述制冷设备为风冷回路供液。

16、如权利要求 14 所述的热管理控制系统，其中，所述系统包括：

在运行模式为第三运行模式的情况下，冷却设备与制冷设备均开启，所述第二出水端的阀门、所述第二出液口的阀门和所述进水端的阀门均打开，以使所述冷却设备和所述制冷设备同时为所述风冷回路和所述液冷回路供液。

17、一种电子设备，包括：存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的数据中心的热管理控制程序，所述数据中心的热管理控制程序被所述处理器执行时实现如权利要求 1 至 13 中任一项所述的数据中心的热管理控制方法。

18、一种存储介质，其中，所述存储介质为计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质上存储有数据中心的热管理控制程序，所述数据中心的热管理控制程序被处理器执行时实现如权利要求 1 至 13 中任一项所述的数据中心的热管理控制方法。