

(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
2021 年 12 月 16 日 (16.12.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/249461 A1

- (51) 国际专利分类号:
F24F 11/64 (2018.01) *F24F 11/63* (2018.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2021/099313
- (22) 国际申请日: 2021 年 6 月 10 日 (10.06.2021)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202010523728.8 2020年6月10日 (10.06.2020) CN
- (71) 申请人: 中兴通讯股份有限公司 (ZTE CORPORATION) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。
- (72) 发明人: 刘明明 (LIU, Mingming); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通

讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。熊勇(XIONG, Yong); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。胡先红(HU, Xianhong); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。林东华(LIN, Donghua); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。秦世好(QIN, Shihao); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。

(74) 代理人: 北京天昊联合知识产权代理有限公司 (TEE & HOWE INTELLECTUAL PROPERTY ATTORNEYS); 中国北京市东城区东长安街1号东方广场东方经贸城西一办公楼5层1, 6-12室崔利梅, 梅丹丹, Beijing 100738 (CN)。

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR CONTROLLING REFRIGERATION DEVICE, COMPUTER DEVICE, AND COMPUTER READABLE MEDIUM

(54) 发明名称: 制冷设备控制方法、装置、计算机设备和计算机可读介质

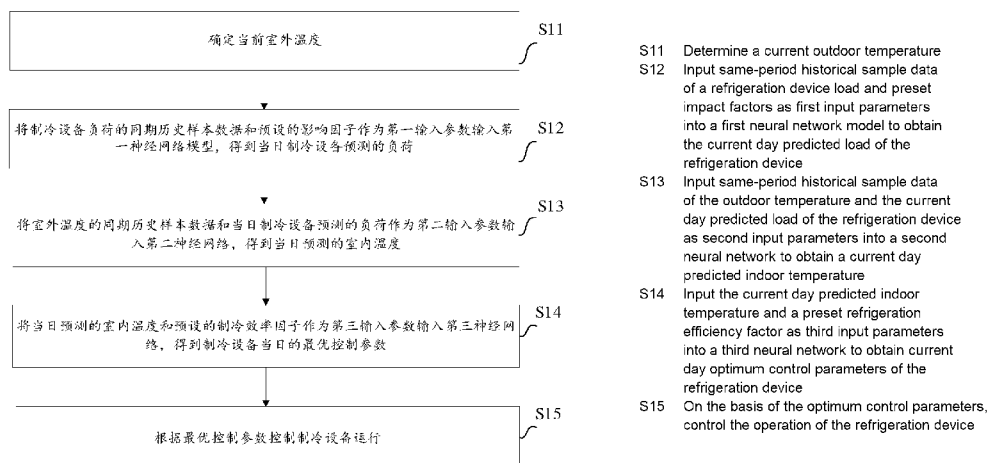


图 5

(57) Abstract: Provided in the present disclosure is a method for controlling a refrigeration device, comprising: determining a current outdoor temperature; inputting same-period historical sample data of the refrigeration device load and preset impact factors as first input parameters into a first neural network model to obtain the current day predicted load of the refrigeration device; inputting same-period historical sample data of the outdoor temperature and the current day predicted load of the refrigeration device as second input parameters into a second neural network to obtain a current day predicted indoor temperature; inputting the current day predicted indoor temperature and a preset refrigeration efficiency factor as third input parameters into a third neural network to obtain current day optimum control parameters of the refrigeration device; and, on the basis of the optimum control parameters, controlling the operation of the refrigeration device. Also provided in the present disclosure are an apparatus for controlling the refrigeration device, a computer device, and a computer readable storage medium.

(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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(57) 摘要: 本公开提供一种制冷设备控制方法, 包括: 确定当前室外温度; 将制冷设备负荷的同期历史样本数据和预设的影响因子作为第一输入参数输入第一神经网络模型, 得到制冷设备当日预测的负荷; 将室外温度的同期历史样本数据和制冷设备当日预测的负荷作为第二输入参数输入第二神经网络, 得到当日预测的室内温度; 将当日预测的室内温度和预设的制冷效率因子作为第三输入参数输入第三神经网络, 得到制冷设备当日的最优控制参数; 以及根据最优控制参数控制制冷设备运行。本公开还提供一种制冷设备控制装置、计算机设备和计算机可读介质。

制冷设备控制方法、装置、计算机设备和计算机可读介质

技术领域

5 本公开涉及自动控制技术领域，具体涉及一种制冷设备控制方法、装置、计算机设备和计算机可读介质。

背景技术

10 在移动通信网络中，约 80%的能耗来自广泛分布的基站，越加密集的基站意味着更高的能耗。通常情况下，基站机房会根据机房类型（砖瓦房、房舱、彩钢板房等）和机房内设备负荷来选择不容量的空调，对过热的设备和装置降温，保障设备安全运行。移动基站耗能占比中，空调制冷是最大一块，优化空调控制算法，是移动通信基站降低能耗、减少电费开支最重要的努力方向之一。

15 发明内容

本公开提供一种制冷设备控制方法，包括：确定当前室外温度；将制冷设备负荷的同期历史样本数据和预设的影响因子作为第一输入参数输入第一神经网络模型，得到制冷设备当日预测的负荷；将室外温度的同期历史样本数据和所述制冷设备当日预测的负荷作为第二输入参数输入第二神经网络，得到当日预测的室内温度；将所述当日预测的室内温度和预设的制冷效率因子作为第三输入参数输入第三神经网络，得到所述制冷设备当日的最优控制参数；以及根据所述最优控制参数控制所述制冷设备运行。

20

本公开还提供一种制冷设备控制装置，包括：第一处理模块、第二处理模块和控制模块，所述第一处理模块用于确定当前室外温度；所述第二处理模块用于：将制冷设备负荷的同期历史样本数据和预设的影响因子作为第一输入参数输入第一神经网络模型，得到制冷设备当日预测的负荷；将室外温度的同期历史样本数据和所述制冷设备当日预测的负荷作为第二输入参数输入第二神经网络，得到当日预测的室内温度；将所述当日预测的室内温度和预设的制冷效率因子作为第

25

30

三输入参数输入第三神经网络,得到所述制冷设备当日的最优控制参数;所述控制模块用于根据所述最优控制参数控制所述制冷设备运行。

本公开还提供一种计算机设备,包括:一个或多个处理器;以及存储装置,其上存储有一个或多个程序;当所述一个或多个程序被所述一个或多个处理器执行时,使得所述一个或多个处理器实现根据本公开的制冷设备控制方法。

本公开还提供一种计算机可读介质,其上存储有计算机程序,其中,所述程序被处理器执行时,使得所述处理器实现根据本公开的制冷设备控制方法。

附图说明

图 1 为本公开提供的制冷设备控制系统的示意图;

图 2 至图 4 为本公开提供的建立第一、二、三神经网络模型的流程示意图;

图 5 为本公开提供的制冷设备控制流程示意图;

图 6A 至图 6C 为本公开提供的第一、二、三神经网络模型示意图;

图 7 为本公开提供的空调控制流程示意图;

图 8 为本公开提供的换热设备控制流程示意图;

图 9 为本公开提供的再次确定并更新制冷设备当日的最优控制参数的流程示意图;以及

图 10 和图 11 为本公开提供的制冷设备控制装置的结构示意图。

具体实施方式

在下文中将参考附图更充分地描述示例实施例,但是所述示例实施例可以以不同形式来体现且不应当被解释为限于本文阐述的实施例。提供这些实施例的目的在于使本公开透彻和完整,并将使本领域技术人员充分理解本公开的范围。

如本文所使用的,术语“和/或”包括一个或多个相关列举条目的任何和所有组合。

本文所使用的术语仅用于描述特定实施例，且不意欲限制本公开。如本文所使用的，单数形式“一个”和“该”也意欲包括复数形式，除非上下文另外清楚指出。还将理解的是，当本说明书中使用术语“包括”和/或“由……制成”时，指定存在所述特征、整体、步骤、操作、元件和/或组件，但不排除存在或添加一个或多个其他特征、整体、步骤、操作、元件、组件和/或其群组。

本文所述实施例可借助本公开的理想示意图而参考平面图和/或截面图进行描述。因此，可根据制造技术和/或容限来修改示例图示。因此，实施例不限于附图中所示的实施例，而是包括基于制造工艺而形成的配置的修改。因此，附图中例示的区具有示意性属性，并且图中所示区的形状例示了元件的区的具体形状，但并不旨在是限制性的。

除非另外限定，否则本文所用的所有术语（包括技术和科学术语）的含义与本领域普通技术人员通常理解的含义相同。还将理解，诸如那些在常用字典中限定的那些术语应当被解释为具有与其在相关技术以及本公开的背景下的含义一致的含义，且将不解释为具有理想化或过度形式上的含义，除非本文明确如此限定。

运营商在新建和扩建基站机房时，会考虑配置节能型换热设备，替代空调或者与空调进行联动控制，以保障机房内各类设备长期稳定的工作条件。节能型换热设备的基本原理是以室外的自然环境为冷源，当室外空气温度低于室内温度一定程度时，将室外低温空气与机房内高温空气进行热交换，把机房的热量带走，达到降低机房温度的目的，从而减少空调设备的使用时间，节约电能。

常规联动控制算法是传统的温控启停方法，以环境温度作为换热设备和空调联动控制的主要依据，算法简单但难以改进。常规联动控制过程如下：实时检测室内外温度，如果室内温度超过设备运行的温度上限，则启动换热设备或空调制冷；当换热设备启动条件满足时（如室内外温差达到阈值），优先启动换热设备，否则启动空调。空调和换热设备不宜频繁切换，间隔半小时以上。

分别设置换热设备和空调的启停条件参数，比如换热设备的启

停温度可为 35/25℃，温差为 8℃，即，室温超过 35℃时开启换热设备，室温低于 25℃时停机，室内外温差超过 8℃时允许启动换热设备。但实际工程应用中，启停条件参数通常很难确定，而且，针对不同地域、不同季节性气候、不同的早晚温差，启停条件参数不是固定的，如果设置固定的启停条件参数，会造成空调的频繁启动，增加能耗。常规联动控制算法仅考虑了环境温度这个外部因素，空调的启动时间和启动次数是不可预期的，且控制精度低，想要改进非常困难。

四季气候轮转、气温变化、负载变化、设备实际温度等各种因素，以及这些因素的变化组合，它们都对制冷设备运行策略产生影响，因此，制冷设备控制策略缺乏可循的规律。以换热设备启动温度为 35℃、空调启动温度为 40℃为例，假设某基站室温超过 35℃的时候不多，平常开启换热设备足以满足热负荷的要求，无需开启空调，但在某个业务高峰和气温高峰的叠加期，室温偶尔会超过 40℃。按照传统控制算法，需要开启空调，但如果能提前预知 40℃以上高温时间将会很短暂、不会影响设备安全运行的话（部分基站/传输设备工作范围长期可到 40℃，短时 50℃），实际上不需要开启空调。这样，在保障设备安全的同时，可以避免一次空调的开启，实现了一定程度的节能。

本公开提供一种制冷设备控制方法，所述方法可以控制机房内制冷设备的运行。所述方法可应用于图 1 所示的制冷控制系统，如图 1 所示，本公开提供的制冷控制系统包括制冷设备控制装置、现场控制器（Field Supervision Unit, FSU）和制冷设备。FSU 为现场设备，设置于制冷设备所在的机房，包括采集单元和执行单元。采集单元用于采集室外温度和湿度、室内温度、设备负荷等实时数据，并上传给制冷控制装置。执行单元用于根据制冷控制装置的指示控制制冷设备运行。制冷设备控制装置可为云端设备，并且可以选用统一管理专家（Unified Management Expert, UME），其上配置有第一神经网络（Neural Network, NN）模型、第二神经网络模型、第三神经网络模型、历史样本数据库以及制冷设备的控制策略（例如，制冷控制算法）。UME 可以根据 FSU 上报的数据和第一神经网络模型、第二神经

网络模型、第三神经网络模型得到制冷设备的预测控制方案，并将预测控制方案下发给 FSU。制冷设备可以包括空调和换热设备，可以根据下发的控制方案运行。

在初始化阶段，可以在制冷设备控制装置内预设以下第一阈值至第十阈值以及各种时长。

第一阈值 VHT，例如可以为 45°C ，当室内温度超过 VHT 时，空调无条件启动。第二阈值 VLT，例如可以为 15°C ，当室内温度低于 VLT 时，空调无条件关闭，第二阈值 VLT 小于第一阈值 VHT。第三阈值 HT_{AC} ，例如可以为 40°C ，当室内温度超过 HT_{AC} 时，可以启动空调。第四阈值 HT_{HEE} ，例如可以为 35°C ，当室内温度超过 HT_{HEE} 时，可以启动换热设备。第五阈值，用于判断是否满足间接换热设备的第二高温预启动条件。第六阈值 LT，例如可以为 25°C ，当室内温度低于 LT 时，可以关闭空调和换热设备，第六阈值 LT 小于第四阈值 HT_{HEE} 和第三阈值 HT_{AC} 。第七阈值，用于判断制冷设备停机时长。第八阈值，用于判断是否满足直接换热设备的第二高温预启动条件中的室内外温差。第九阈值，用于判断是否满足直接换热设备的第二高温预启动条件中的湿度。第十阈值，用于判断空调实际运行参数与空调最优控制参数之间的误差。空调最大开启时长 MAXCOT 和空调最短停机时长 MINCST，通常，空调最大开启时长 MAXCOT 为 12 小时，空调最短停机时长 MINCST 为 0.5 小时。

在初始化阶段建立第一神经网络模型、第二神经网络模型和第三神经网络模型。以下结合图 2，对建立第一神经网络模型、第二神经网络模型和第三神经网络模型的流程进行详细说明。

如图 2 所示，所述建立第一神经网络模型、第二神经网络模型和第三神经网络模型包括以下步骤 S21 至 S23。

在步骤 S21，获取历史样本数据。

样本数据可以包括室外温度、室内温度和制冷设备负荷。

在步骤 S21 中，制冷设备控制装置可以从历史数据库中获取历史样本数据。历史数据库中存储大量的每日室外温度 T_{Rout} 、室内温度 T_{Rin} 、制冷设备负荷 L_{R} 等历史样本数据。可以根据这些参数变化

缓急程度确定采样周期，例如，室外温度 T_{Rout} 的采样周期可以为 10 分钟，室内温度 T_{Rin} 和制冷设备负荷 L_R 的采样周期可以为 5 分钟。

样本数据可以包括模拟数据和采样数据。模拟数据是当室内温度大于第三阈值 HT_{AC} 时，经过模拟制冷设备的运行得到的数据。采样数据是当室内温度小于第六阈值 LT 且制冷设备实际停机时长大于第七阈值时采样得到的数据。也就是说，在室内温度 T_{Rin} 较高、需要制冷设备运行的情况下，可以利用假负载模拟真实制冷设备，并记录 T_{Rout} 、 T_{Rin} 、 L_R 等数据。在室内温度 T_{Rin} 较低并且制冷设备较长停机的情况下（比如室外温度 T_{Rout} 较低的季节或夜间），可以直接使用大量已有的历史样本数据，以加快历史样本数据采集速度。

在步骤 S22，对历史样本数据仿真模拟，计算得到制冷设备每日的最优控制参数。

在步骤 S22 中，通过计算机仿真训练，建立机房环境、发热设备和制冷设备的热分布图，对历史样本数据模拟计算，输出制冷设备当日控制最优解向量（即，制冷设备每日的最优控制参数），并将定制冷设备每日的最优控制参数保存为样本数据标签。

根据仿真结果和日常经验，空调不宜频繁开启，例如，可以限定每日空调最多开启 12 次，每日换热设备最多开启 12 次。也就是说，对于空调来说，若一个开启时刻/开启时长（ $T_{\text{moment}}/T_{\text{hours}}$ ）标签组有 2 个有效值，则意味着当日空调最优控制参数是：当日开启空调运行两次，每次在开启时刻 T_{moment} 开启，运行时长为对应的开启时长 T_{hours} 的值。

在步骤 S23，根据历史样本数据和制冷设备每日的最优控制参数，建立第一神经网络模型、第二神经网络模型和第三神经网络模型。

在步骤 S23 中，依次建立第一神经网络模型、第二神经网络模型和第三神经网络模型。

如图 3 所示，在对历史样本数据仿真模拟，计算得到制冷设备每日的最优控制参数的步骤（即，步骤 S22）之后，并且在根据历史样本数据和制冷设备每日的最优控制参数，建立第一神经网络模型、第二神经网络模型和第三神经网络模型的步骤（即，步骤 S23）之前，

本公开的制冷设备控制方法还可以包括步骤 S22' 至 S23'。

在步骤 S22'，对历史样本数据和制冷设备每日的最优控制参数进行归一化处理。

可以根据以下公式，对历史样本数据和制冷设备每日的最优控制参数进行归一化处理，使数据处于范围（0，1）之间：

$$X^* = \frac{X_{\text{real}} - X_{\text{min}}}{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}}$$

其中， X_{real} 为实际样本的真实值， X^* 为归一化处理后的数据， X_{max} 为对应类型数据样本的最大值或上限值， X_{min} 为对应类型数据样本的最小值或下限值。

对于室外温度 T_{Rout} 和室内温度 T_{Rin} ， X_{max} 可以为上限值 100°C ， X_{min} 可以为下限值 -40°C ，因此各真实温度 X_{real} 的归一化值 $X^* = (X_{\text{real}} - X_{\text{min}}) / (X_{\text{max}} - X_{\text{min}}) = (X_{\text{real}} + 40) / 140$ 。对于制冷设备负荷 L_R ，设定 X_{max} 可以为制冷设备的满负荷， X_{min} 可以为 0，因此制冷设备负荷 L_R 的 X_{real} 归一化值 $X^* = X_{\text{real}} / X_{\text{max}}$ 。

对于空调开启时刻 $T_{\text{moment-AC}}$ 和换热设备开启时刻 $T_{\text{moment-HEE}}$ （其格式可以为 hh:mm:ss），可以设定 X_{max} 为上限值 1440（即，一天有 $24 \times 60 = 1440$ 分钟）， X_{min} 可以为 0，因此 $T_{\text{moment-AC}}$ 和 $T_{\text{moment-HEE}}$ 的归一化值 $X^* = (\text{hh} \times 60 + \text{mm}) / 1440$ 。对于空调开启时长 $T_{\text{hours-AC}}$ 和换热设备开启时长 $T_{\text{hours-HEE}}$ ，可以设定 X_{max} 为上限值 24（即，一天有 24 小时）， X_{min} 可以为 0，因此 $T_{\text{hours-AC}}$ 和 $T_{\text{hours-HEE}}$ 的归一化值 $X^* = X_{\text{real}} / 24$ 。

在步骤 S23'，根据归一化处理后的数据建立训练样本数据集，训练样本数据集包括训练集、验证集和测试集。

在步骤 S23' 中，可以按照 6:2:2 的样本比例建立训练集、验证集和测试集。

相应地，根据历史样本数据和制冷设备每日的最优控制参数，建立第一神经网络模型、第二神经网络模型和第三神经网络模型的步骤（即，步骤 S23）可以包括：根据训练样本数据集建立第一神经网络模型、第二神经网络模型和第三神经网络模型。

以下结合图 4，对建立第一神经网络模型、第二神经网络模型和第三神经网络模型的流程进行详细说明。

如图 4 所示, 根据历史样本数据和制冷设备每日的最优控制参数, 建立第一神经网络模型、第二神经网络模型和第三神经网络模型的步骤 (即, 步骤 23) 可以包括步骤 S231 至 S233。

在步骤 S231, 将制冷设备负荷的同期历史样本数据和预设的影响因子作为第一输入参数, 并将制冷设备当日负荷的历史样本数据作为第一输出参数, 建立第一神经网络模型。

影响因子可以包括以下之一或任意组合: 节假日影响因子 F_{holiday} 、潮汐影响因子 F_{tide} 、区域事件因子 F_{event} 。节假日影响因子 F_{holiday} 、潮汐影响因子 F_{tide} 和区域事件因子 F_{event} 的取值范围均为 $(0, 1)$, 并且可以根据人工经验确定。例如, 针对居民小区而言, 正常工作日的节假日影响因子 F_{holiday} 可以为 0、双休日的节假日影响因子 F_{holiday} 可以为 0.1、春节长假的节假日影响因子 F_{holiday} 可以为 0.25 等; 针对工业园而言, 工作时间段的潮汐影响因子 F_{tide} 可以为 0.5、加班时间段的潮汐影响因子 F_{tide} 可以为 0.7、深夜时间段的潮汐影响因子 F_{tide} 可以为 0.3 等; 针对某些区域而言, 正常区域事件因子 F_{event} 可以为 0, 有商业营销活动的区域事件因子 F_{event} 可以为 0.1, 集会的区域事件因子 F_{event} 可以为 0.2, 演唱会的区域事件因子 F_{event} 可以为 0.3 等。

在步骤 S232, 将室外温度的同期历史样本数据和制冷设备当日负荷的历史样本数据作为第二输入参数, 并将当日室内温度的历史样本数据作为第二输出参数, 建立第二神经网络模型。

在步骤 S233, 将当日室内温度的历史样本数据和预设的制冷效率因子作为第三输入参数, 并将制冷设备当日最优控制参数的历史样本数据作为第三输出参数, 建立第三神经网络模型。

最优控制参数可以包括开启时刻 T_{moment} 和开启时长 T_{hours} , 即, 空调开启时刻 $T_{\text{moment-AC}}$ 、换热设备开启时刻 $T_{\text{moment-TEE}}$, 空调开启时长 $T_{\text{hours-AC}}$ 和换热设备开启时长 $T_{\text{hours-TEE}}$ 。

制冷效率因子可以包括换热制冷效率因子 F_{eff1} 和空调制冷效率因子 F_{eff2} 。当机房环境固定时, 换热制冷效率因子 F_{eff1} 和空调制冷效率因子 F_{eff2} 都是常量, 若机房环境发生改变 (比如, 制冷设备更换或空间位置挪动等), 则需将换热制冷效率因子 F_{eff1} 和空调制冷效率因

子 F_{eff2} 调整为新的常量。

假设换热设备的 24 组 T_{moment}/T_{hours} 数据中有 2 个有效值，比如 $T_{moment1}$ 为 0.45、 T_{hours1} 为 0.05 和 $T_{moment2}$ 为 0.60、 T_{hours2} 为 0.10，而空调的 12 组 T_{moment}/T_{hours} 都没有有效值。将开启时刻 T_{moment} 回转到 hh:mm:ss 格式，并且将开启时长 T_{hours} 回转到标准时长后，制冷设备当日最优控制参数的含义如下：

(1) 当日换热设备预开启运行两次；

(2) 换热设备第一次开启时刻为 10:48（即， $0.45*24 = 10.8 = 10:48$ ），并运行 1.2 小时（即， $0.05*24 = 1.2$ ），即，运行时间区间为 10:48 至 12:00（即， $0.45*24+0.05*24 = 12 = 12:00$ ）；

(3) 换热设备第二次开启时刻为 14:24（即， $0.60*24 = 14.4 = 14:24$ ），并运行 2.4 小时（即， $0.10*24 = 2.4$ ），即，运行时间区间为 14:24 至 16:48（即， $0.60*24+0.10*24 = 16.8 = 16:48$ ）；

(4) 当日空调不开启运行。

第一神经网络模型、第二神经网络模型和第三神经网络模型经过训练和优化后，可以根据实际运行环境进行部署。三个神经网络模型可以都部署在 UME 上，以充分利用云端的强大算力资源，从而实现实时或在线的训练。如有必要，也可以通过增加计算棒等方式，将三个神经网络模型部署在边缘侧，例如，部署在 FSU 上。

图 5 为本公开提供的制冷设备控制流程示意图。

如图 5 所示，本公开提供的制冷设备控制方法可以用于控制制冷设备运行，并且包括步骤 S11 至 S15。

在步骤 S11，确定当前室外温度。

可以根据预测温度和检测的室外温度经过加权计算得到当前室外温度 T_{Rout} ，即，先确定当前时刻前预设时长内的室外温度，然后根据当前时刻前预设时长内的室外温度、当天预测温度和预设的第一权重和第二权重确定当前室外温度 T_{Rout} 。通常，预设时长可以为 1 小时，当天预测温度可以是天气预报预测的当天温度。例如，室外温度 $T_{Rout} = \text{天气预报温度} * 0.8 + \text{上一小时实测室外温度} * 0.2$ 。

需要说明的是，FSU 可以采集室内外温度、湿度、制冷设备负荷

等数据并上传给 UME。

在步骤 S12, 将制冷设备负荷的同期历史样本数据和预设的影响因子作为第一输入参数输入第一神经网络模型, 得到制冷设备当日预测的负荷。

5 同期是指历史上同一时期, 例如, 去年今天的同一时刻、前年今天的同一时刻均可以为今天该时刻的同期。

在步骤 S12 中, 如图 6A 所示, 将制冷设备负荷的同期历史样本数据 L_N 和节假日影响因子 F_{holiday} 、潮汐影响因子 F_{tide} 和区域事件因子 F_{event} 输入第一神经网络模型, 得到制冷设备当日预测的负荷 L_R , 作为
10 第一神经网络模型的输出值。

在步骤 S13, 将室外温度的同期历史样本数据和制冷设备当日预测的负荷作为第二输入参数输入第二神经网络, 得到当日预测的室内温度。

在步骤 S13 中, 如图 6B 所示, 将室外温度的同期历史样本数据 T_{Rout} 和制冷设备当日预测的负荷 L_R (即, 第一神经网络的输出值) 输入第二神经网络模型, 得到当日预测的室内温度 T_{Rin} , 作为第二神经网络模型的输出值。
15

在步骤 S14, 将当日预测的室内温度和预设的制冷效率因子作为第三输入参数输入第三神经网络, 得到制冷设备当日的最优控制参数。

20 在步骤 S14 中, 如图 6C 所示, 将当日预测的室内温度 T_{Rin} (即, 第二神经网络的输出值)、换热制冷效率因子 F_{eff1} 和空调制冷效率因子 F_{eff2} 输入第三神经网络模型, 得到空调当日的最优控制参数 (即, 空调开启时刻 $T_{\text{moment-AC}}$ 和空调开启时长 $T_{\text{hours-AC}}$) 和换热设备当日的最优控制参数 (即, 换热设备开启时刻 $T_{\text{moment-TEE}}$ 和换热设备开启时长
25 $T_{\text{hours-TEE}}$)。

需要说明的是, 在实际使用时, 可以将开启时刻 T_{moment} 回转到 hh:mm:ss 格式, 并且将开启时长 T_{hours} 回转到标准时长 (例如, xx 小时)。

30 在步骤 S12 至 S14 中, UME 依次运行第一神经网络模型、第二神经网络模型和第三神经网络模型, 以输出制冷设备当日的最优控制参

数。

空调的最优控制参数可以包括空调开启时刻 $T_{\text{moment-AC}}$ 和空调开启时长 $T_{\text{hours-AC}}$ ，换热设备的最优控制参数可以包括换热设备开启时刻 $T_{\text{moment-TEE}}$ 和换热设备开启时长 $T_{\text{hours-TEE}}$ 。

5 最优控制参数可以包括每日至多 12 组空调开启时刻 $T_{\text{moment-AC}}$ 和空调开启时长 $T_{\text{hours-AC}}$ ，以及至多 24 组换热设备开启时刻 $T_{\text{moment-TEE}}$ 和换热设备开启时长 $T_{\text{hours-TEE}}$ 。

在步骤 S15，根据最优控制参数控制制冷设备运行。

10 在步骤 S15 中，根据空调的最优控制参数控制空调运行，并且根据换热设备的最优控制参数控制换热设备运行。

根据本公开提供的制冷设备控制方法，利用神经网络模型结合当前室外温度、制冷设备负荷的同期历史样本数据、影响因子和制冷效率因子等参数，实现对空调和换热设备的控制方案预测及联动控制，预测得到的控制方案具有较高的精度，克服了传统算法难改进的缺陷，
15 实现了对空调和换热设备主动控制，优化了运行效率，降低能耗；另外，将历时数据与当前实测数据相结合，并考虑到特殊事件的影响因素以及制冷设备的制冷效率的影响因素，使得预测得到的控制方案更为准确，能够适应机房环境变化，提升应用范围。

图 7 为本公开提供的空调控制流程示意图。

20 如图 7 所示，本公开提供的空调控制流程包括步骤 S31 至 S39。

在步骤 S31，若当前室内温度大于第一阈值 VHT，则执行步骤 S36；否则，执行步骤 S32。

25 在步骤 S31 中，若当前室内温度大于 VHT，说明当前室内温度过高，则可以进一步判断空调运行是否超时（即，执行步骤 S36）；若当前室内温度小于或等于 VHT，则可以进一步判断当前室内温度是否过低（即，执行步骤 S32）。

在步骤 S32，若当前室内温度小于第二阈值 VLT，则执行步骤 S39；否则，执行步骤 S33。

30 在步骤 S32 中，若当前室内温度小于第二阈值 VLT，说明当前室内温度过低，则空调可以因低温异常而停机（即，执行步骤 S39）；

若当前室内温度大于或等于第二阈值 VLT，说明当前室内温度不会因高温异常而停机也不会因低温异常而停机，则可以进一步判断是否满足第一高温预启动条件（即，执行步骤 S33）。

5 在步骤 S33，若满足第一高温预启动条件，则执行步骤 S34；否则，返回步骤 S31。

在步骤 S33 中，当前室内温度小于或等于第一阈值 VHT 且大于或等于第二阈值 VLT，若满足第一高温预启动条件，则根据空调当日的最优控制参数控制空调运行（即，执行步骤 S34）；若不满足第一高温预启动条件，则返回步骤 S31。

10 第一高温预启动条件可以包括：到达空调开启时刻 $T_{\text{moment-AC}}$ ，且当前室内温度大于第三阈值 HT_{AC} ，且空调实际停机时长大于空调最短停机时长 MINCST。

在步骤 S34，将空调最大运行时长 $T_{\text{on-max}}$ 设置为空调开启时长 $T_{\text{hours-AC}}$ 和空调最大开启时长 MAXCOT 中的最小值。

15 在步骤 S34 中，可以取空调开启时长 $T_{\text{hours-AC}}$ 和空调最大开启时长 MAXCOT 中的最小值作为实际控制空调运行的控制参数，以保证空调运行的可靠性和安全性。

步骤 S35，启动空调，并执行步骤 S38。

20 在步骤 S35 中，控制空调启动后，开始记录空调实际开启时长 $T_{\text{on-AC}}$ ，将空调实际停机时长 $T_{\text{off-AC}}$ 清零，并执行步骤 S38。

在步骤 S36，若空调实际停机时长 $T_{\text{off-AC}}$ 大于空调最短停机时长 MINCST，则执行步骤 S37；否则，返回步骤 S31。

25 在步骤 S36 中，当前室内温度大于第一阈值 VHT，若当前空调实际停机时长 $T_{\text{off-AC}}$ 大于空调最短停机时长 MINCST，说明满足高温异常启动条件，则执行空调高温异常启动操作（即，执行步骤 37）；若当前空调实际停机时长 $T_{\text{off-AC}}$ 小于或等于空调最短停机时长 MINCST，则返回步骤 S31。

在步骤 S37，将空调最大运行时长 $T_{\text{on-max}}$ 设置为空调最大开启时长 MAXCOT，并执行步骤 S35。

30 在步骤 S37 中，在空调高温异常启动的情况下，直接根据预设

的空调最大开启时长 $MAXCOT$ 控制空调的运行时长。

在步骤 S38, 若空调实际开启时长 T_{on-AC} 大于或等于空调最大运行时长 T_{on-max} , 则执行步骤 S39; 否则, 保持空调当前状态。

5 空调启动之后, 开始记录空调实际开启时长 T_{on-AC} , 若空调实际开启时长 T_{on-AC} 大于或等于空调最大运行时长 T_{on-max} , 则关闭空调; 否则, 保持空调当前状态。

在步骤 S39, 关闭空调, 并返回步骤 S31。

10 在步骤 S39 中, 控制空调关闭后, 开始记录空调实际停机时长 T_{off-AC} , 并将空调实际开启时长 T_{on-AC} 清零, 随后返回步骤 S31 继续检测室内温度。

空调控制流程还可以包括: 若当前室内温度小于第六阈值 LT , 则关闭空调。

15 通过上述步骤 S31 至 S39 可以看出, 在应用第三神经网络模型输出的预测方案的基础上, 结合预置的空调和换热设备启停策略的算法, 可保障在神经网络模型预测异常时, 空调和换热设备也能安全运行。在实际室温超过第一阈值 VHT 时, 空调可以因高温异常而启动; 在实际室温低于第二阈值 VLT 时, 空调可以因低温异常而停机; 在达到空调开启时刻 $T_{moment-AC}$ 且实际室温超过第三阈值 HT_{AC} 且满足运行间隔超过最短停机时长 $MINCST$ 时, 空调将按照第三神经网络模型输出的预测方案运行, 即, 在空调开启时刻 $T_{moment-AC}$ 到达时启动运行, 运行持续时间为空调开启时长 $T_{hours-AC}$ 。

20

图 8 为本公开提供的换热设备控制流程示意图。

如图 8 所示, 本公开提供的换热设备控制流程包括步骤 S41 至 S44。

25 在步骤 S41, 若满足第二高温预启动条件, 则执行步骤 S42; 否则, 保持换热设备当前的状态。

需要说明的是, 换热设备可以包括直接换热设备和间接换热设备, 直接换热设备可以包括新风系统, 间接换热设备可以包括热管设备 (Heat Pipe Equipment, HPE)。

30 当换热设备为间接换热设备时, 第二高温预启动条件可以包括:

到达换热设备开启时刻 $T_{\text{moment-TEE}}$ ，且当前室内温度大于第四阈值 HT_{HEE} ，且当前室内温度与室外温度的差值大于第五阈值。

当换热设备为直接换热设备时，第二高温预启动条件包括以下之一：

5 (1) 到达换热设备开启时刻 $T_{\text{moment-TEE}}$ ，且当前室内温度大于第四阈值 HT_{HEE} ，且当前室内温度与室外温度的差值大于第八阈值。第八阈值可以大于第五阈值，也就是说，在第二高温预启动条件中，直接换热设备的室内外温差要求高于间接换热设备的室内外温差要求，例如，第五阈值可以为 6°C ，第八阈值可与为 10°C 。

10 (2) 到达换热设备开启时刻 $T_{\text{moment-TEE}}$ ，且当前室内温度大于第四阈值 HT_{HEE} ，且当前室内温度与室外温度的差值大于第八阈值，且当前室内湿度小于或等于第九阈值。也就是说，直接换热设备的第二高温预启动条件可以包括温度条件和湿度条件，例如，第九阈值可以为 90%。

15 在步骤 S42，启动换热设备。

在步骤 S42 中，控制换热设备启动后，开始记录换热设备实际开启时长 $T_{\text{on-HEE}}$ ，并将换热设备实际停机时长 $T_{\text{off-HEE}}$ 清零。

在步骤 S43，若换热设备实际开启时长 $T_{\text{on-HEE}}$ 大于或等于换热设备开启时长 $T_{\text{hours-HEE}}$ ，则执行步骤 S44；否则，保持换热设备当前的状态。

20 在步骤 S44，关闭换热设备。

在步骤 S44 中，控制换热设备关闭后，开始记录换热设备实际停机时长 $T_{\text{off-HEE}}$ ，并将换热设备实际开启时长 $T_{\text{on-HEE}}$ 清零。

25 换热设备控制流程还可以包括：若当前室内温度小于第六阈值 LT ，则关闭换热设备。

需要说明的是，空调和间接换热设备可以同时运行，但空调和直接换热设备的运行是互斥的，即，空调和直接换热设备二者不能同时运行。另外，如果出现延误、火情告警时，需要立刻停止运行直接换热设备、关闭风阀，以保障安全。

30 当换热设备为直接换热设备时，空调开启时刻与换热设备开启

时刻不同；相应地，本公开的制冷设备控制方法还可以包括：若开启空调，则关闭换热设备；若开启换热设备，则关闭空调。

需要说明的是，空调和换热设备控制算法可以运行在 UME 云端，如有需要，也可以将空调和换热设备控制算法复制到 FSU 上，实现本地执行，在此情况下，UME 要把第三神经网络预测的制冷控制方案提前下发给 FSU。

需要说明的是，空调控制和换热设备控制可并发执行，图 5 所示的步骤 S11 至 S14 每日零点前执行一次，输出制冷设备当日的最优控制参数。

图 9 为本公开提供的再次确定并更新制冷设备当日的最优控制参数的流程示意图。

如图 9 所示，在根据最优控制参数控制制冷设备运行的步骤（即，图 5 所示的步骤 S15）之后，本公开的制冷设备控制方法还可以包括步骤 S51 至 S53。

在步骤 S51，若空调当日的实际运行参数与空调当日的最优控制参数之间的误差超过第十阈值，则执行步骤 S52；否则，结束本流程。

在步骤 S52，再次确定空调当日的最优控制参数。

步骤 S52 的具体实现方式与步骤 12 至 S14 相同，在此不再赘述。

在步骤 S53，根据再次确定的空调当日的最优控制参数更新训练样本数据集。

例如，若当日空调实际开启时刻和当日空调最优控制参数中空调开启时刻之间的误差超过 10 分钟，则需要重新预测空调当日的最优控制参数，并根据再次预测的空调当日的最优控制参数更新训练样本数据集，以提高制冷控制策略的及时应变能力，以及预测控制的实时性和精度。

神经网络模型可以部署和运行在云端，在外部参数不断变化时，这些模型还可以不断进行实时或在线的训练，以不断提升预测精度，并能适应机房环境改变等异常情况而进行训练和调整。

空调和换热设备可以实现故障倒换，相应地，本公开的制冷设备控制方法还可以包括：若当前运行的一种制冷设备故障且另一种制

冷设备正常，则关闭故障的制冷设备，并开启所述正常的制冷设备；以及若当前运行的两种制冷设备均故障，则在故障消除时，启动故障消除的制冷设备。也就是说，如果当前开启的制冷设备故障，则关闭该故障的制冷设备，并开启正常的制冷设备，等到故障消除时，再开启该制冷设备，并关闭另一个制冷设备。通过空调和换热器在故障时的互为备份的启动运行，可以避免机房异常高温的危险发生。

在根据最优控制参数控制制冷设备运行（即，图 5 所示的步骤 S15）的过程中，本公开的制冷设备控制方法还可以包括：若当前室内温度小于第六阈值 LT 且制冷设备实际停机时长大于第七阈值，则根据当前获取的样本数据训练第二神经网络模型，所述样本数据包括室外温度、室内温度和制冷设备负荷。也就是说，在环境条件较好（例如，FSU 和云端 UME 间有快速以太网互联，云端 UME 算力资源充足）的情况下，可以支持实时或在线模型训练。在机房内温度较低、制冷设备较长时间未运行时（比如，气温凉爽的季节、或者低温的夜晚），可以根据实时采集的室外温度、设备负荷、室内温度等数据，实时在线训练第二神经网络模型。

在根据最优控制参数控制制冷设备运行（即，图 5 所示的步骤 15）之后，本公开的制冷设备控制方法还可以包括：将获取到的当日的样本数据和制冷设备当日的实际运行参数加入训练样本数据集，以便根据训练样本数据集训练第一神经网络模型和第三神经网络模型。通过将当日的样本数据和实际制冷控制结果添加到大数据集中，可以丰富训练集和测试集，对第一和第三神经网络模型进行在线训练，以提升模型的预测精度。

在通信网络中断情况下，FSU 无法与 UME 通信，为了实现制冷设备的控制，FSU 可以自动运行内置的温度启停控制算法，也可以接收并保存 UME 提前下发的制冷控制预案，并在本地运行从 UME 上复制的制冷联动控制算法。

相应地，在初始化阶段建立了第一神经网络模型、第二神经网络模型和第三神经网络模型之后，本公开的制冷设备控制方法还可以包括：将第一神经网络模型、第二神经网络模型和第三神经网络模型

部署在 FSU 上，以使在 FSU 与 UME 通信故障时，确定制冷设备当日的最优控制参数，并根据所述最优控制参数控制制冷设备运行。

本公开的一个应用场景是：机房通信设备发热量小于 10KW 的基站类机房，其通常为运营商的数据、传输、交换类基站机房。原先机房制冷设备只有一台空调，为了降低空调能耗，在考虑了基站机房的外部环境、发热量和安装条件后，加装了智能热管设备（HPE）这种间接换热器，以通过空调和热管设备的联动控制来实现机房的解决方案。采用热管技术不需要机械制冷，室内外温差基本保持在 6 度左右，因而可以适用于全年 90% 以上的时间。同时，它的部件耗能远远低于传统的压缩机空调，耗能仅为原空调系统的约 1/5，因此可以大幅度节省空调耗电。

通常情况下，无论是机房的新建还是扩容，都会充分考虑机房的应用环境，以便选择合适的换热设备。通过热管和热交换器等间接换热设备，可以实现内外环境的隔离，适用范围较广，但是初始投资成本较高。在空气质量较好（没有盐雾、腐蚀性气体污染）、温度和湿度较低、用户有较强的定期维护能力的情况下，可以选择新风系统作为直接换热设备。因此，本公开的另一个应用场景是：采用新风系统和空调进行联动制冷的基站机房。

根据本公开提供的制冷设备控制方案，可以基于大数据技术和神经网络技术，充分考虑到当前室内外温湿度、系统负载等数据，结合负载预测、天气预报、同期历史样本数据等，通过神经网络的计算，提前预测制冷设备负荷、室内温度，并输出制冷设备当日联动控制的最优预案，再与传统控制规则策略相结合，可以实现机房空调和换热设备的可预测的主动控制，达到优化控制、节能降耗的目的。

由于实现了换热设备和空调的可预测的主动联控，显著减少了空调运行时间和启动次数；同时，可将机房设备的工作温度提高到可控的 30-40℃ 的安全范围，进一步降低了制冷设备的能耗。初步估算，相比单空调制冷方式，通过空调和换热设备的主动预测式联控方案，每年可为通信基站节省耗电量将近 1 万度，平均耗电量减少 40%，如果按照 500 万基站的 10% 比例计算，每年将减少电费 50 亿元、以及

135 万吨碳排放，经济和社会效益显著。

基于相同的技术构思，本公开还提供一种制冷设备控制装置。

图 10 和图 11 为本公开提供的制冷设备控制装置的结构示意图。

如图 10 所示，本公开提供的制冷设备控制装置包括第一处理模块 101、第二处理模块 102 和控制模块 103。

第一处理模块 101 用于确定当前室外温度。

第二处理模块 102 用于：将制冷设备负荷的同期历史样本数据和预设的影响因子作为第一输入参数输入第一神经网络模型，得到制冷设备当日预测的负荷；将室外温度的同期历史样本数据和所述制冷设备当日预测的负荷作为第二输入参数输入第二神经网络，得到当日预测的室内温度；以及将所述当日预测的室内温度和预设的制冷效率因子作为第三输入参数输入第三神经网络，得到所述制冷设备当日的最优控制参数。

控制模块 103 用于根据所述最优控制参数控制所述制冷设备运行。

如图 11 所示，本公开的制冷设备控制装置还可以包括模型建立模块 104。

模型建立模块 104 用于在初始化阶段建立所述第一神经网络模型、第二神经网络模型和第三神经网络模型。模型建立模块 104 可以用于：获取历史样本数据，所述样本数据包括室外温度、室内温度和制冷设备负荷；对所述历史样本数据仿真模拟，计算得到制冷设备每日的最优控制参数；以及根据所述历史样本数据和所述制冷设备每日的最优控制参数，建立第一神经网络模型、第二神经网络模型和第三神经网络模型。

模型建立模块 104 还可以用于：在对所述历史样本数据仿真模拟，计算得到制冷设备每日的最优控制参数之后，并且在根据所述历史样本数据和所述制冷设备每日的最优控制参数，建立第一神经网络模型、第二神经网络模型和第三神经网络模型之前，对所述历史样本数据和所述制冷设备每日的最优控制参数进行归一化处理；以及根据归一化处理后的数据建立训练样本数据集，所述训练样本数据集包括

训练集、验证集和测试集。

模型建立模块 104 可以用于根据所述训练样本数据集建立第一神经网络模型、第二神经网络模型和第三神经网络模型。

5 模型建立模块 104 可以用于：将制冷设备负荷的同期历史样本数据和所述预设的影响因子作为第一输入参数，并将所述制冷设备当日负荷的历史样本数据作为第一输出参数，建立第一神经网络模型；将室外温度的同期历史样本数据和所述制冷设备当日负荷的历史样本数据作为第二输入参数，并将当日室内温度的历史样本数据作为第二输出参数，建立第二神经网络模型；以及将所述当日室内温度的历史样本数据和所述预设的制冷效率因子作为第三输入参数，并将制冷设备当日最优控制参数的历史样本数据作为第三输出参数，建立第三神经网络模型。

15 样本数据可以包括模拟数据和采样数据。模拟数据是当室内温度大于预设的第三阈值时，经过模拟制冷设备的运行得到的数据。采样数据是当室内温度小于预设的第六阈值且制冷设备实际停机时长大于预设的第七阈值时采样得到的数据。

20 第一处理模块 101 可以用于，确定当前时刻前预设时长内的室外温度；以及根据所述当前时刻前预设时长内的室外温度、当天预测温度和预设的第一权重和第二权重确定当前室外温度。

25 最优控制参数可以包括开启时刻和开启时长。影响因子可以包括以下之一或任意组合：节假日影响因子、潮汐影响因子、区域事件因子。

30 控制模块 103 可以用于：若当前室内温度小于或等于预设的第一阈值且大于或等于预设的第二阈值，且满足第一高温预启动条件，则将空调最大运行时长设置为空调开启时长和预设的空调最大开启时长中的最小值，并启动空调，所述第二阈值小于所述第一阈值；以及若空调实际开启时长大于或等于所述空调最大运行时长，则关闭空调。

35 第一高温预启动条件可以包括：到达所述空调开启时刻，且当前室内温度大于预设的第三阈值，且空调实际停机时长大于预设的空

调最短停机时长。

控制模块 103 还可以用于：在根据所述最优控制参数控制所述制冷设备运行过程中，若当前室内温度大于所述第一阈值且空调实际停机时长大于所述空调最短停机时长，则将空调最大运行时长设置为所述空调最大开启时长，并启动空调；和/或，若当前室内温度小于所述第二阈值，则关闭空调。

控制模块 103 还可以用于：若满足第二高温预启动条件，则启动换热设备；以及若所述换热设备实际开启时长大于或等于所述换热设备开启时长，则关闭所述换热设备。

当所述换热设备为间接换热设备时，第二高温预启动条件可以包括：到达所述换热设备开启时刻，且当前室内温度大于预设的第四阈值，且当前室内温度与室外温度的差值大于预设的第五阈值。

当所述换热设备为直接换热设备时，第二高温预启动条件可以包括以下之一：到达所述换热设备开启时刻，且当前室内温度大于预设的第四阈值，且当前室内温度与室外温度的差值大于预设的第八阈值，所述第八阈值大于所述第五阈值；以及到达所述换热设备开启时刻，且当前室内温度大于预设的第四阈值，且当前室内温度与室外温度的差值大于预设的第八阈值，且当前室内湿度小于或等于预设的第九阈值。

当所述换热设备为直接换热设备时，所述空调开启时刻与所述换热设备开启时刻不同；控制模块 103 还可以用于：若开启所述空调，则关闭所述换热设备；若开启所述换热设备，则关闭所述空调。

控制模块 103 还可以用于：在根据所述最优控制参数控制所述制冷设备运行之后，若空调当日的实际运行参数与空调当日的最优控制参数之间的误差超过预设的第十阈值，则指示第二处理模块 102 再次确定空调当日的最优控制参数；以及根据再次确定的空调当日的最优控制参数更新所述训练样本数据集。

控制模块 103 还可以用于：若当前运行的一种制冷设备故障且另一种制冷设备正常，则关闭所述故障的制冷设备，并开启所述正常的制冷设备；以及若当前运行的两种制冷设备均故障，则在故障消除

时，启动故障消除的制冷设备。

第二处理模块 102 还可以用于：若当前室内温度小于预设的第六阈值且所述制冷设备实际停机时长大于预设的第七阈值，则根据当前获取的样本数据训练所述第二神经网络模型，所述样本数据包括室外温度、室内温度和制冷设备负荷。

本公开还提供一种计算机设备，该计算机设备包括一个或多个处理器以及存储装置，存储装置上存储有一个或多个程序，当所述一个或多个程序被所述一个或多个处理器执行时，使得所述一个或多个处理器实现本公开提供的制冷设备控制方法。

本公开还提供一种计算机可读介质，其上存储有计算机程序，该计算机程序被处理器执行时，使得所述处理器实现本公开提供的制冷设备控制方法。

本领域普通技术人员可以理解，上文中所公开方法中的全部或某些步骤、装置中的功能模块/单元可以被实施为软件、固件、硬件及其适当的组合。在硬件实施方式中，在以上描述中提及的功能模块/单元之间的划分不一定对应于物理组件的划分；例如，一个物理组件可以具有多个功能，或者一个功能或步骤可以由若干物理组件合作执行。某些物理组件或所有物理组件可以被实施为由处理器，如中央处理器、数字信号处理器或微处理器执行的软件，或者被实施为硬件，或者被实施为集成电路，如专用集成电路。这样的软件可以分布在计算机可读介质上，计算机可读介质可以包括计算机存储介质（或非暂时性介质）和通信介质（或暂时性介质）。如本领域普通技术人员公知的，术语计算机存储介质包括在用于存储信息（诸如计算机可读指令、数据结构、程序模块或其他数据）的任何方法或技术中实施的易失性和非易失性、可移除和不可移除介质。计算机存储介质包括但不限于 RAM、ROM、EEPROM、闪存或其他存储器技术、CD-ROM、数字多功能盘（DVD）或其他光盘存储、磁盒、磁带、磁盘存储或其他磁存储装置、或者可以用于存储期望的信息并且可以被计算机访问的任何其他的介质。此外，本领域普通技术人员公知的是，通信介质通常包含计算机可读指令、数据结构、程序模块或者诸如载波或其他传输机

制之类的调制数据信号中的其他数据，并且可包括任何信息递送介质。

5 本文已经公开了示例实施例，并且虽然采用了具体术语，但它们仅用于并仅应当被解释为一般说明性含义，并且不用于限制的目的。在一些实例中，对本领域技术人员显而易见的是，除非另外明确指出，否则可单独使用与特定实施例相结合描述的特征、特性和/或元素，或可与其他实施例相结合描述的特征、特性和/或元件组合使用。因此，本领域技术人员将理解，在不脱离由所附的权利要求阐明的本公开的范围的情况下，可进行各种形式和细节上的改变。

权利要求

1、一种制冷设备控制方法，包括：

确定当前室外温度；

5 将制冷设备负荷的同期历史样本数据和预设的影响因子作为第一输入参数输入第一神经网络模型，得到制冷设备当日预测的负荷；

 将室外温度的同期历史样本数据和所述制冷设备当日预测的负荷作为第二输入参数输入第二神经网络，得到当日预测的室内温度；

 将所述当日预测的室内温度和预设的制冷效率因子作为第三输入参数输入第三神经网络，得到所述制冷设备当日的最优控制参数；
10 以及

 根据所述最优控制参数控制所述制冷设备运行。

2、如权利要求 1 所述的方法，其中，在确定当前室外温度的步骤之前，所述方法还包括：

 获取历史样本数据，所述样本数据包括室外温度、室内温度和制冷设备负荷；

 对所述历史样本数据仿真模拟，计算得到制冷设备每日的最优控制参数；以及

20 根据所述历史样本数据和所述制冷设备每日的最优控制参数，建立所述第一神经网络模型、第二神经网络模型和第三神经网络模型。

3、如权利要求 2 所述的方法，其中，在对所述历史样本数据仿真模拟，计算得到制冷设备每日的最优控制参数的步骤之后，并且在根据所述历史样本数据和所述制冷设备每日的最优控制参数，建立所述
25 所述第一神经网络模型、第二神经网络模型和第三神经网络模型的步骤之前，所述方法还包括：

 对所述历史样本数据和所述制冷设备每日的最优控制参数进行归一化处理；以及

30 根据归一化处理后的数据建立训练样本数据集，所述训练样本

数据集包括训练集、验证集和测试集，

根据所述历史样本数据和所述制冷设备每日的最优控制参数，建立所述第一神经网络模型、第二神经网络模型和第三神经网络模型的步骤包括：

5 根据所述训练样本数据集建立第一神经网络模型、第二神经网络模型、第三神经网络模型。

4、如权利要求 2 所述的方法，其中，根据所述历史样本数据和所述制冷设备每日的最优控制参数，建立所述第一神经网络模型、第二神经网络模型和第三神经网络模型的步骤包括：

将制冷设备负荷的同期历史样本数据和所述预设的影响因子作为第一输入参数，并将所述制冷设备当日负荷的历史样本数据作为第一输出参数，建立第一神经网络模型；

15 将室外温度的同期历史样本数据和所述制冷设备当日负荷的历史样本数据作为第二输入参数，并将当日室内温度的历史样本数据作为第二输出参数，建立第二神经网络模型；以及

将所述当日室内温度的历史样本数据和所述预设的制冷效率因子作为第三输入参数，并将制冷设备当日最优控制参数的历史样本数据作为第三输出参数，建立第三神经网络模型。

20

5、如权利要求 2 所述的方法，其中，所述样本数据包括模拟数据和采样数据，

所述模拟数据是当室内温度大于预设的第三阈值时，经过模拟制冷设备的运行得到的数据，

25 所述采样数据是当室内温度小于预设的第六阈值且所述制冷设备实际停机时长大于预设的第七阈值时采样得到的数据。

6、如权利要求 1 所述的方法，其中，确定当前室外温度的步骤包括：

30 确定当前时刻前预设时长内的室外温度；以及

根据所述当前时刻前预设时长内的室外温度、当天预测温度和预设的第一权重和第二权重确定当前室外温度。

7、如权利要求 1 至 6 中任一项所述的方法，其中，所述制冷设备包括空调和换热设备，所述最优控制参数包括空调开启时刻、空调开启时长、换热设备开启时刻和换热设备开启时长，所述影响因子包括以下之一或任意组合：节假日影响因子、潮汐影响因子、区域事件因子。

8、如权利要求 7 所述的方法，其中，根据所述最优控制参数控制所述制冷设备运行的步骤包括：

响应于当前室内温度小于或等于预设的第一阈值且大于或等于预设的第二阈值，并且满足第一高温预启动条件，将空调最大运行时长设置为所述空调开启时长和预设的空调最大开启时长中的最小值，并启动所述空调，所述第二阈值小于所述第一阈值；以及

响应于空调实际开启时长大于或等于所述空调最大运行时长，关闭所述空调。

9、如权利要求 8 所述的方法，其中，所述第一高温预启动条件包括：

到达所述空调开启时刻，且当前室内温度大于预设的第三阈值，且空调实际停机时长大于预设的空调最短停机时长。

10、如权利要求 8 所述的方法，其中，在根据所述最优控制参数控制所述制冷设备运行过程中，所述方法还包括：

响应于当前室内温度大于所述第一阈值且空调实际停机时长大于所述空调最短停机时长，将所述空调最大运行时长设置为所述空调最大开启时长，并启动所述空调；和/或

响应于当前室内温度小于所述第二阈值，关闭所述空调。

11、如权利要求 7 所述的方法，其中，根据所述最优控制参数控制所述制冷设备运行的步骤包括：

响应于满足第二高温预启动条件，启动所述换热设备；以及

响应于换热设备实际开启时长大于或等于所述换热设备开启时长，关闭所述换热设备。

12、如权利要求 11 所述的方法，其中，所述换热设备为间接换热设备，所述第二高温预启动条件包括：

到达所述换热设备开启时刻，且当前室内温度大于预设的第四阈值，且当前室内温度与室外温度的差值大于预设的第五阈值；或者

所述换热设备为直接换热设备，所述第二高温预启动条件包括以下之一：

到达所述换热设备开启时刻，且当前室内温度大于预设的第四阈值，且当前室内温度与室外温度的差值大于预设的第八阈值，所述第八阈值大于所述第五阈值；以及

到达所述换热设备开启时刻，且当前室内温度大于预设的第四阈值，且当前室内温度与室外温度的差值大于预设的第八阈值，且当前室内湿度小于或等于预设的第九阈值。

13、如权利要求 7 所述的方法，其中，所述换热设备为直接换热设备，所述空调开启时刻与所述换热设备开启时刻不同，并且所述方法还包括：

响应于开启所述空调，关闭所述换热设备；以及

响应于开启所述换热设备，关闭所述空调。

14、如权利要求 3 所述的方法，其中，所述制冷设备包括空调，并且在根据所述最优控制参数控制所述制冷设备运行的步骤之后，所述方法还包括：

响应于所述空调当日的实际运行参数与所述空调当日的最优控制参数之间的误差超过预设的第十阈值，再次确定所述空调当日的最

优控制参数；以及

根据再次确定的所述空调当日的最优控制参数更新训练样本数据集。

5 15、如权利要求 1 所述的方法，还包括：

响应于当前运行的一种制冷设备故障且另一种制冷设备正常，
关闭所述故障的制冷设备，并开启所述正常的制冷设备；以及

响应于当前运行的两种制冷设备均故障，在故障消除时，启动
故障消除的制冷设备。

10

16、如权利要求 1 所述的方法，其中，在根据所述最优控制参
数控制所述制冷设备运行的过程中，所述方法还包括：

响应于当前室内温度小于预设的第六阈值且所述制冷设备实际
停机时长大于预设的第七阈值，根据当前获取的样本数据训练所述第
15 二神经网络模型，所述样本数据包括室外温度、室内温度和制冷设备
负荷。

17、一种制冷设备控制装置，包括：第一处理模块、第二处理
模块和控制模块，

20 所述第一处理模块用于确定当前室外温度；

所述第二处理模块用于：

将制冷设备负荷的同期历史样本数据和预设的影响因子作为第
一输入参数输入第一神经网络模型，得到制冷设备当日预测的负荷；

25 将室外温度的同期历史样本数据和所述制冷设备当日预测的负
荷作为第二输入参数输入第二神经网络，得到当日预测的室内温度；
以及

将所述当日预测的室内温度和预设的制冷效率因子作为第三输
入参数输入第三神经网络，得到所述制冷设备当日的最优控制参数；

30 所述控制模块用于根据所述最优控制参数控制所述制冷设备运
行。

18、一种计算机设备，包括：

一个或多个处理器；

存储装置，其上存储有一个或多个程序；

5

当所述一个或多个程序被所述一个或多个处理器执行时，使得所述一个或多个处理器实现如权利要求 1 至 16 中任一项所述的制冷设备控制方法。

19、一种计算机可读介质，其上存储有计算机程序，其中，所

10

述程序被处理器执行时，使得所述处理器实现如权利要求 1 至 16 中任一项所述的制冷设备控制方法。

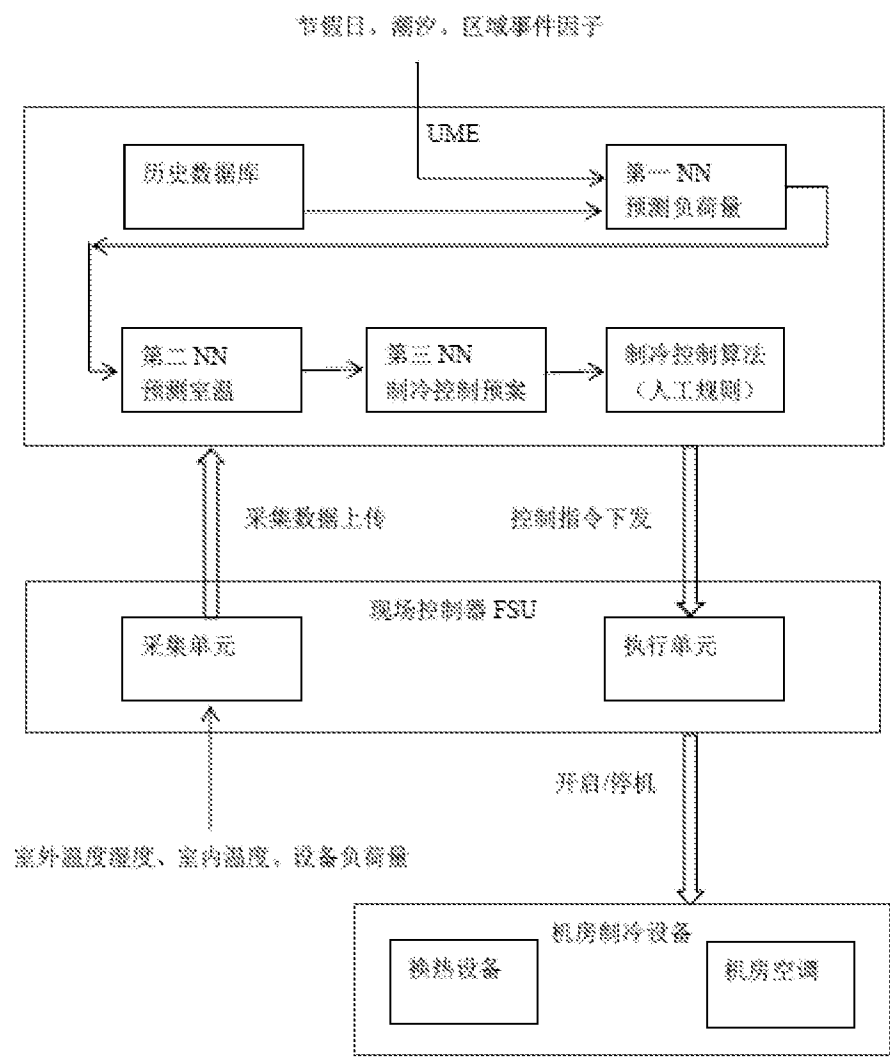


图 1

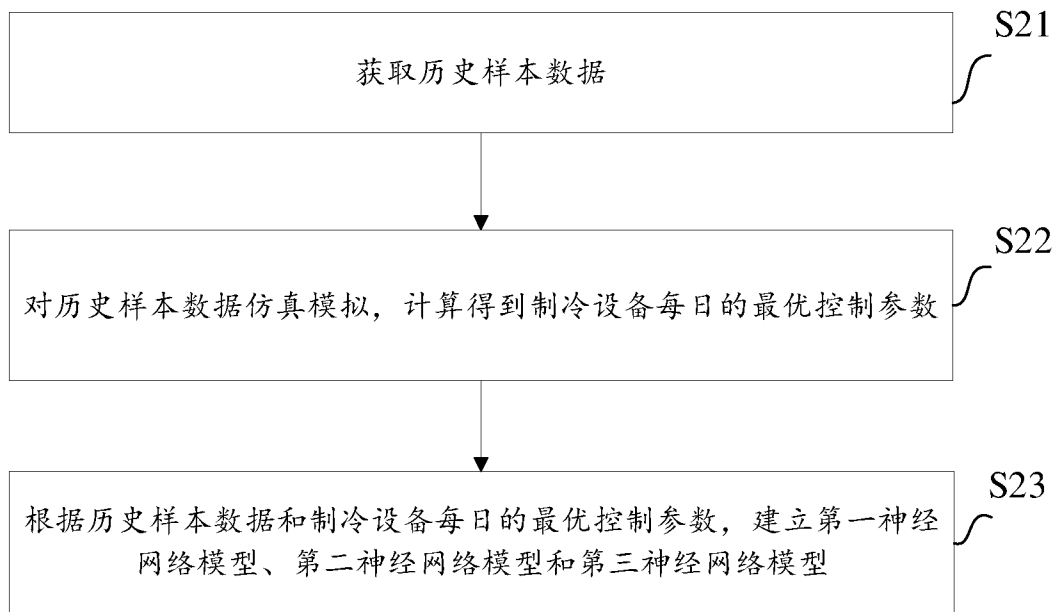


图 2

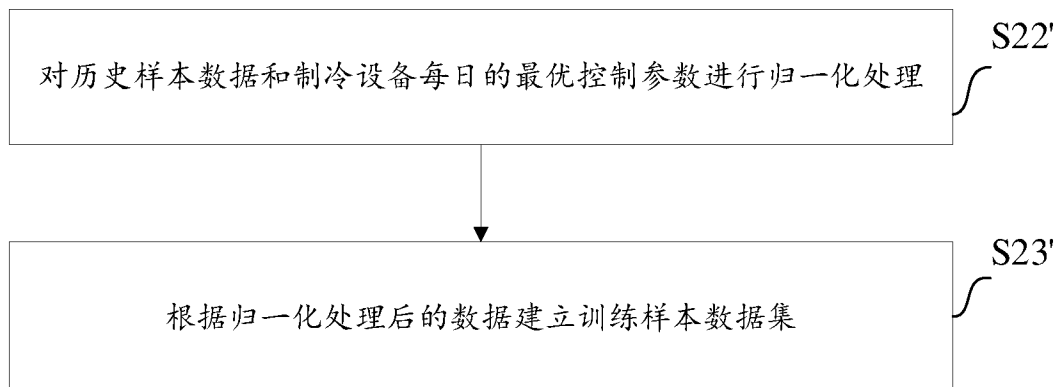


图 3

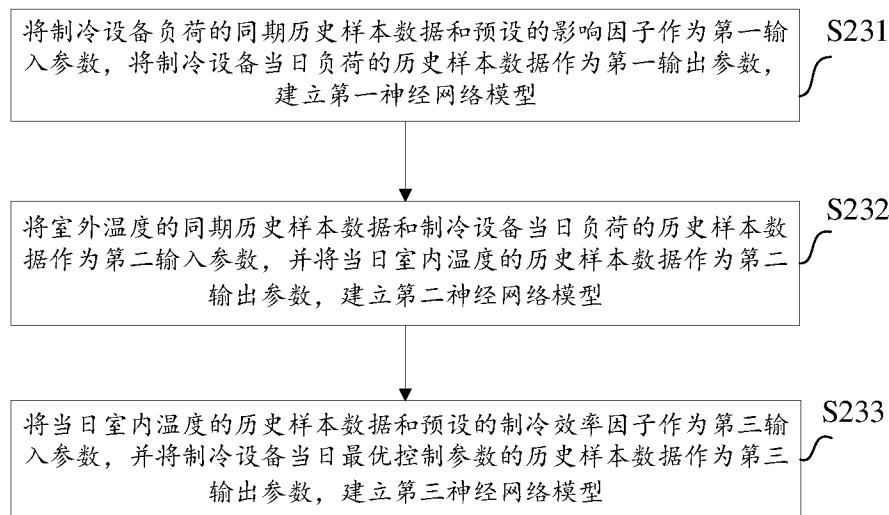


图 4

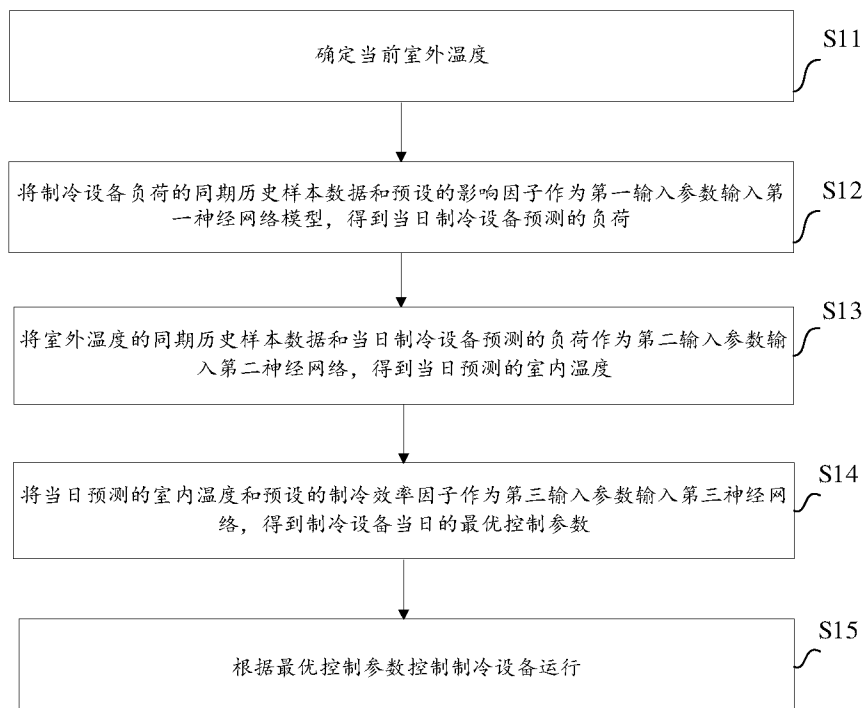


图 5

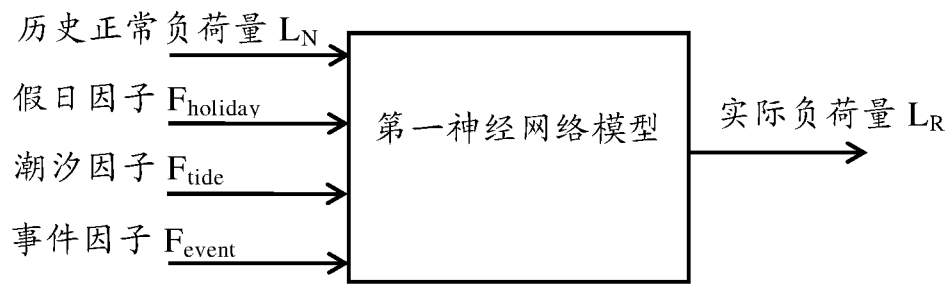


图 6A

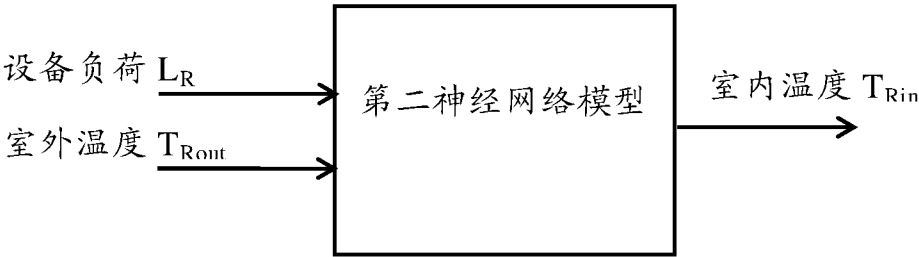


图 6B

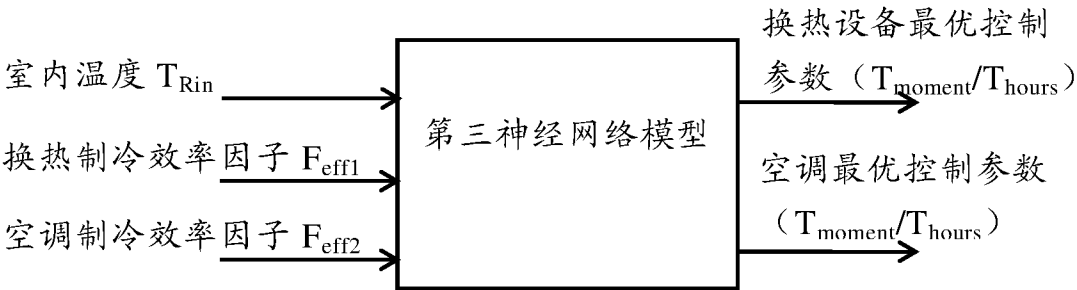


图 6C

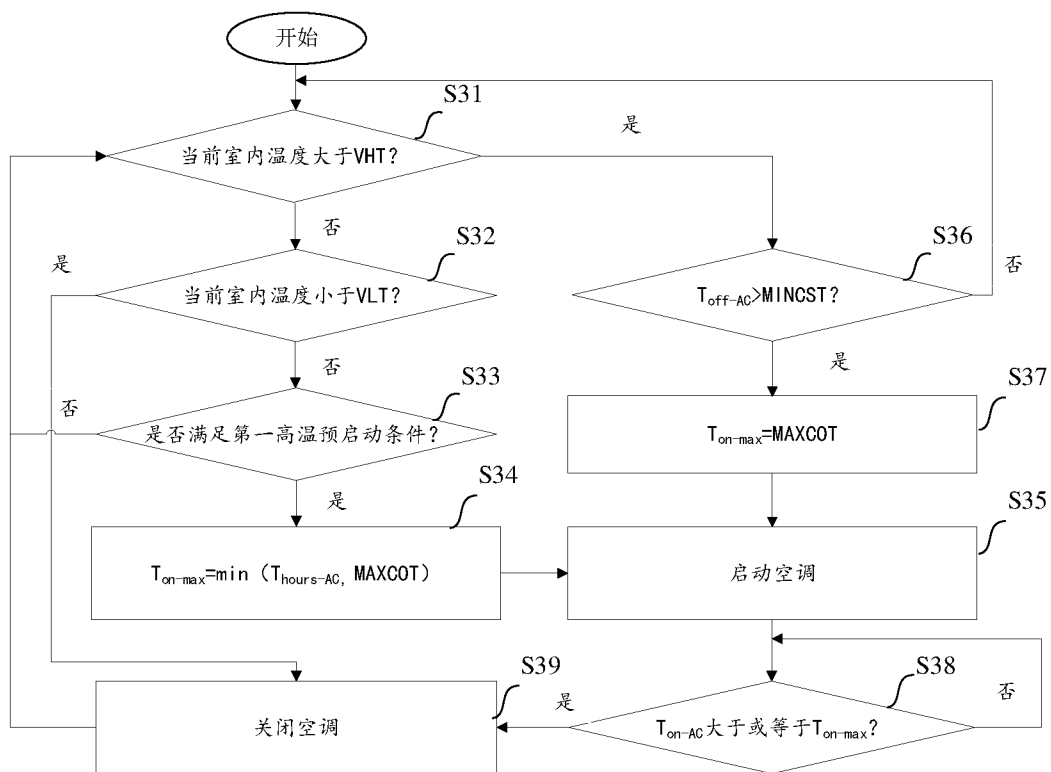


图 7

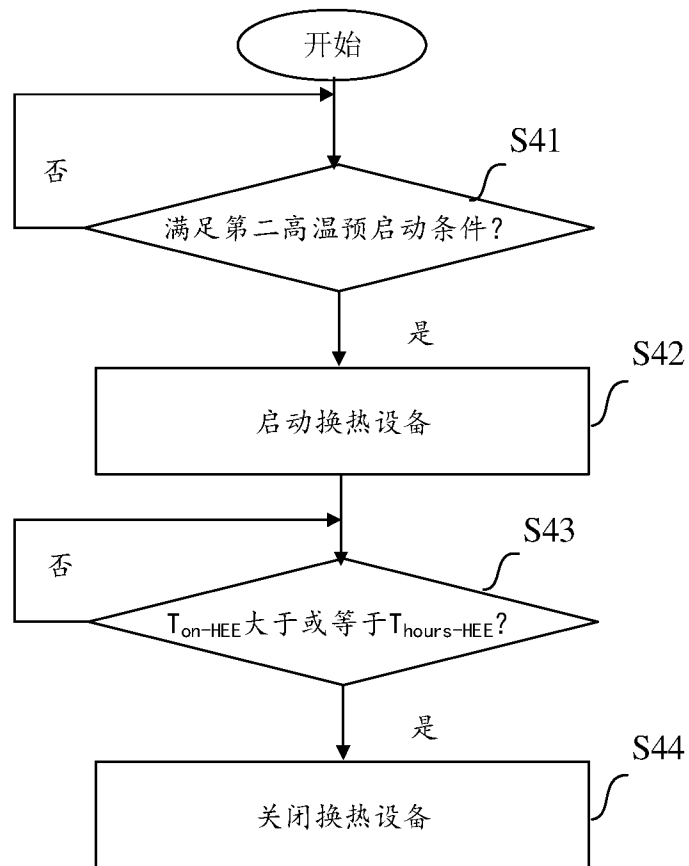


图 8

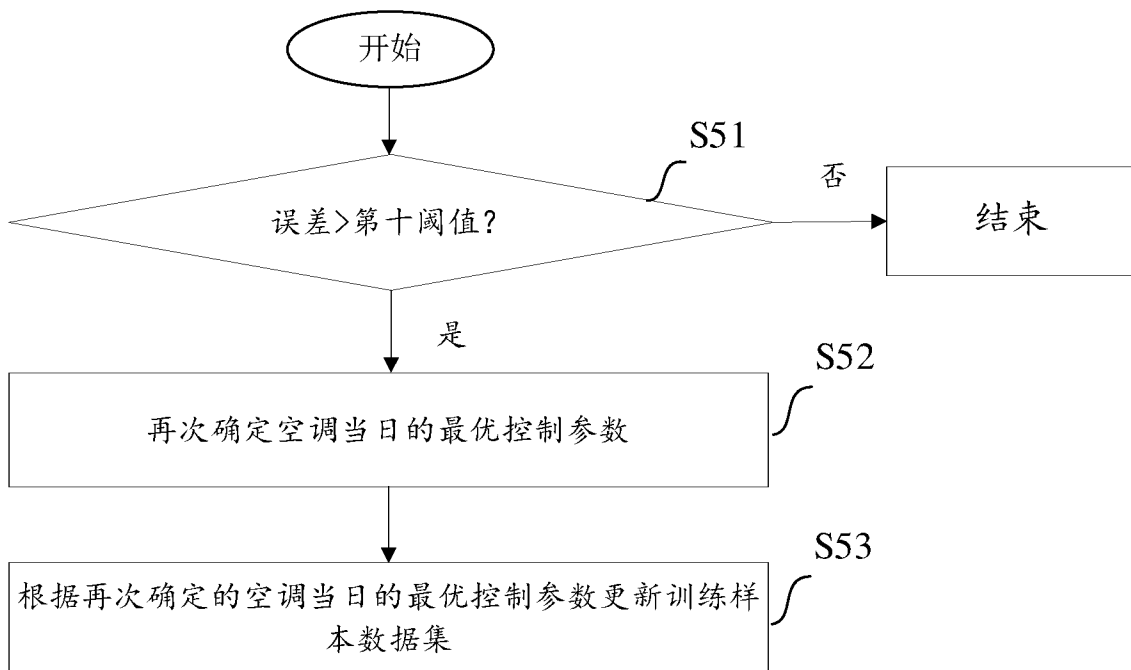


图 9



图 10

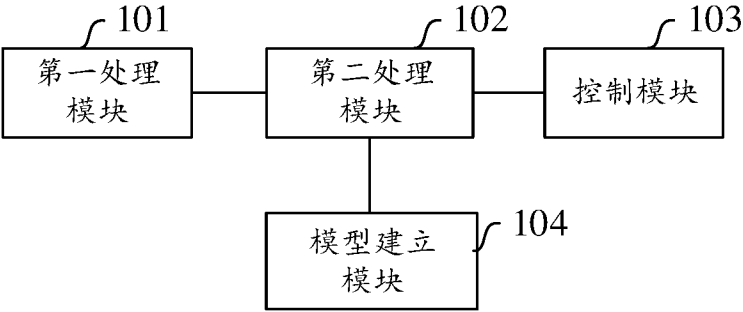


图 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/099313

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F24F 11/64(2018.01)i; F24F 11/63(2018.01)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)

F24F

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)

CNABS, CNKI, DWPI, VEN: 制冷, 负荷, 预测, 历史同期, 神经网络模型, 影响因子, 室外温度, 室内温度, 最优控制参数, refrigeration, load, forecast, historical synchronization, neural network model, influence factor, outdoor temperature, indoor temperature, optimal control parameters

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 109945420 A (NR ELECTRIC CO., LTD. et al.) 28 June 2019 (2019-06-28) description, paragraphs [0033]-[0156], and figures 1-8	1-19
A	CN 105928292 A (SHANDONG SANJIU REFRIGERATION EQUIPMENT CO., LTD.) 07 September 2016 (2016-09-07) entire document	1-19
A	CN 109130767 A (BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY) 04 January 2019 (2019-01-04) entire document	1-19
A	CN 109871987 A (THE THIRD CONSTRUCTION CO., LTD. OF CHINA CONSTRUCTION EIGHTH ENGINEERING DIVISION) 11 June 2019 (2019-06-11) entire document	1-19
A	JP H08210689 A (HITACHI PLANT ENG & CONSTR CO) 20 August 1996 (1996-08-20) entire document	1-19
A	KR 2020052437 A (SKTE SK TELECOM CO LTD) 15 May 2020 (2020-05-15) entire document	1-19
A	WO 2009064111 A2 (IAC IN NAT UNIV CHUNGNAM et al.) 22 May 2009 (2009-05-22) entire document	1-19



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

“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

01 September 2021

Date of mailing of the international search report

08 September 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

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

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/099313

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109945420	A	28 June 2019	CN	109945420	B	17 November 2020
CN	105928292	A	07 September 2016	CN	105928292	B	22 May 2018
CN	109130767	A	04 January 2019	CN	109130767	B	11 August 2020
CN	109871987	A	11 June 2019	None			
JP	H08210689	A	20 August 1996	None			
KR	2020052437	A	15 May 2020	None			
WO	2009064111	A2	22 May 2009	US	2010256958	A1	07 October 2010
				KR	100830095	B1	20 May 2008
				WO	2009064111	A3	13 August 2009
				US	8457933	B2	04 June 2013

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/099313

A. 主题的分类

F24F 11/64(2018.01)i; F24F 11/63(2018.01)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)

F24F

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))

CNABS, CNKI, DWPI, VEN: 制冷, 负荷, 预测, 历史同期, 神经网络模型, 影响因素, 室外温度, 室内温度, 最优控制参数, refrigeration, load, forecast, historical synchronization, neural network model, influence factor, outdoor temperature, indoor temperature, optimal control parameters

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
A	CN 109945420 A (南京南瑞继保电气有限公司 等) 2019年 6月 28日 (2019 - 06 - 28) 说明书第[0033]-[0156]段, 附图1-8	1-19
A	CN 105928292 A (山东三九制冷设备有限公司) 2016年 9月 7日 (2016 - 09 - 07) 全文	1-19
A	CN 109130767 A (北京交通大学) 2019年 1月 4日 (2019 - 01 - 04) 全文	1-19
A	CN 109871987 A (中建八局第三建设有限公司) 2019年 6月 11日 (2019 - 06 - 11) 全文	1-19
A	JP H08210689 A (HITACHI PLANT ENG & CONSTR CO) 1996年 8月 20日 (1996 - 08 - 20) 全文	1-19
A	KR 2020052437 A (SKTE SK TELECOM CO LTD) 2020年 5月 15日 (2020 - 05 - 15) 全文	1-19
A	WO 2009064111 A2 (IAC IN NAT UNIV CHUNGNAM 等) 2009年 5月 22日 (2009 - 05 - 22) 全文	1-19

☐ 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

“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

2021年 9月 1日

国际检索报告邮寄日期

2021年 9月 8日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

刘怀涛

电话号码 62084782

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/099313

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	109945420	A	2019年 6月 28日	CN 109945420 B	2020年 11月 17日
CN	105928292	A	2016年 9月 7日	CN 105928292 B	2018年 5月 22日
CN	109130767	A	2019年 1月 4日	CN 109130767 B	2020年 8月 11日
CN	109871987	A	2019年 6月 11日	无	
JP	H08210689	A	1996年 8月 20日	无	
KR	2020052437	A	2020年 5月 15日	无	
WO	2009064111	A2	2009年 5月 22日	US 2010256958 A1	2010年 10月 7日
				KR 100830095 B1	2008年 5月 20日
				WO 2009064111 A3	2009年 8月 13日
				US 8457933 B2	2013年 6月 4日