



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113110056 B

(45) 授权公告日 2022.03.04

(21) 申请号 202110426947.9

(22) 申请日 2021.04.20

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 113110056 A

(43) 申请公布日 2021.07.13

(73) 专利权人 北京硕人时代科技股份有限公司  
地址 100085 北京市海淀区上地信息路11  
号1至4层整栋1幢三层东302、304室

(72) 发明人 邓宇春

(74) 专利代理机构 北京启知服知识产权代理有  
限公司 11549

代理人 肖丛

(51) Int. Cl.  
G05B 13/04 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 111580382 A, 2020.08.25

CN 112594758 A, 2021.04.02

CN 111523210 A, 2020.08.11

审查员 唐捷

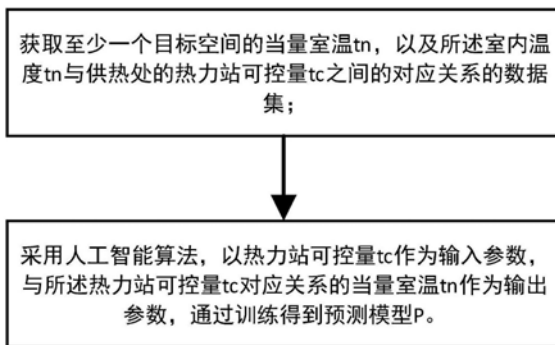
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于人工智能的供热智能决策方法及  
智能决策机

(57) 摘要

本发明涉及人工智能供热技术领域,为一种  
基于人工智能的供热智能决策方法,包括:获取  
至少一个目标空间的当量室温 $t_n$ ,以及所述室内  
温度 $t_n$ 与供热处的热力站可控量 $t_c$ 之间的对应  
关系的数据集;采用人工智能算法,以热力站可  
控量 $t_c$ 作为输入参数,与所述热力站可控量 $t_c$ 对  
应关系的当量室温 $t_n$ 作为输出参数,通过训练得  
到预测模型P。该方案可以适应实际系统的输入  
量是混沌或机率性的特点,并输出最优值分布,  
适应实际系统的输入量是混沌或机率性的特点,  
实现供水温度智能化调控,且精度高。



1. 一种基于人工智能的供热智能决策方法,其特征在于,包括:

获取至少一个目标空间的当量室温 $t_n$ ,以及所述当量室温 $t_n$ 与供热处的热力站可控量 $t_c$ 之间的对应关系的数据集;

采用人工智能算法,以热力站可控量 $t_c$ 作为输入参数,与所述热力站可控量 $t_c$ 对应关系的当量室温 $t_n$ 作为输出参数,通过训练得到预测模型P;以预测模型P为增强学习方法的环境(Environment),以热力站可控量 $t_c$ 作为增强学习方法的动作(Action),以当量室温 $t_n$ 与标的室温 $t_s$ 差的绝对值成反比的函数值作为回报(Reward),来训练所述预测模型P;

其中,所述热力站可控量 $t_c$ 为供热处的一次侧供水温度、回水温度、一次侧供水压力、一次侧电动调节阀阀位、供回水平均温度、一次侧流量、一次侧分布式泵频率、二次侧供水温度、二次侧供水压力、二次侧流量、二次侧泵频率、回水压力或热量中的一种或多种;

在每个控制周期决策供水温度时,以训练后的预测模型P为对象,以标的室温 $t_s$ 为目标,对 $t_c$ 进行寻优,找到最优的 $t_{c^*}$ ,将 $t_{c^*}$ 作为可控量目标输出;

当确定了最优可控量 $t_{c^*}$ 后,代入函数关系式 $t_m = f_m(t_c)$ ,由 $t_{c^*}$ 导出物理可控量 $t_m$ ,物理可控量 $t_m = f_m(t_c)$ ,物理可控量 $t_m$ 是供水温度 $t_g$ ,回水温度 $t_h$ ,供回水加权平均温度 $t_p$ ,流量 $q$ ,热量 $Q$ 其中一个或多个衍生量。

2. 根据权利要求1所述的基于人工智能的供热智能决策方法,其特征在于,采用随机模型选取至少一个空间的室内温度。

3. 根据权利要求1所述的基于人工智能的供热智能决策方法,其特征在于,所述输入参数为确定单一值、分布函数或数据表格。

4. 根据权利要求1所述的基于人工智能的供热智能决策方法,其特征在于,所述输出参数为确定单一值、最优值分布函数或数据表格。

5. 一种用于如权利要求1至4任一项所述的基于人工智能的供热智能决策方法的智能决策机,其特征在于,包括:CPU及一个或多个信息采集器,所述信息采集器用于获取目标空间的当量室温 $t_n$ 以及与所述当量室温 $t_n$ 对应的供热处的热力站可控量 $t_c$ ;

所述CPU用于采用人工智能算法,以热力站可控量 $t_c$ 作为输入参数,与所述热力站可控量 $t_c$ 对应关系的当量室温 $t_n$ 作为输出参数,通过训练得到预测模型P;以预测模型P为增强学习方法的环境(Environment),以热力站可控量 $t_c$ 作为增强学习方法的动作(Action),以当量室温 $t_n$ 与标的室温 $t_s$ 差的绝对值成反比的函数值作为回报(Reward),来训练所述预测模型P;

其中,所述热力站可控量 $t_c$ 为供热处的一次侧供水温度、回水温度、一次侧供水压力、一次侧电动调节阀阀位、供回水平均温度、一次侧流量、一次侧分布式泵频率、二次侧供水温度、二次侧供水压力、二次侧流量、二次侧泵频率、回水压力或热量中的一种或多种;

在每个控制周期决策供水温度时,以训练后的预测模型P为对象,以标的室温 $t_s$ 为目标,对 $t_c$ 进行寻优,找到最优的 $t_{c^*}$ ,将 $t_{c^*}$ 作为可控量目标输出。

## 一种基于人工智能的供热智能决策方法及智能决策机

### 技术领域

[0001] 本发明涉及人工智能供热技术领域,具体涉及一种基于人工智能的供热智能决策方法及智能决策机。

### 背景技术

[0002] 随着城市规模的不断扩大,城市集中供热网覆盖范围、供热面积越来越大,热力站的数量越来越多;难以及时实现按需供热,造成极大的资源浪费,用户的舒适度也难以保证。在传统供热中,主要采用公式计算或根据经验确定不同地区在不同室外温度下的热力站热负荷这两种方法进行热力站的供热调节,但是基于复杂的公式计算需要假定在理想条件下进行,而实际条件与理想条件有很大不同;同时根据经验确定不同地区在不同室外温度下的热力站热负荷,对经验依赖性大;两种方法不仅效率低适用性差,且存在较大误差。

[0003] 例如申请号为CN201310584999.4的一种集中供热二次网运行调节方法,涉及供热调节技术领域。采用三层前向型神经网络和PID结合的方法实现二次网回水温度的自动控制。以RBF神经网络建立集中供热二次网温度控制系统给定值预测模型,通过训练好的RBF预测模型,利用现场采集的一次网供水温度、一次网供水流量、室外温度、二次网供水温度和二次网供水流量这五个数据实时预测二次网回水温度,并将该值作为集中供热二次网温度控制系统的给定值。该方案是闭环控制,且控制单一,无法同时控制多个不同需求房间温度,更加无法预测不同房间的当量室温。

[0004] 申请号为CN202010419825.2的一种基于人工智能的热力站供热调节方法及系统,首先定义相关参数结合智能体生成实际供热过程中的运行数据并对运行数据进行预处理;然后将处理后的运行数据通过人工智能算法进行模型训练,得到预测模型;再采集实时运行数据结合模型预测二次流量及二次供温的目标值;最后根据预测的目标值控制循环泵频率、一网阀门开度调节热力站的热负荷,进而实现室内均温的动态调节。该方案的控制输入变量为定值且单一,无法同时寻求多个室温的需求与供电站总供给量之间的最优解,造成能量浪费或用户体验不佳。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是:提供了一种基于人工智能的供热智能决策方法及智能决策机,解决了现有模型无法同时寻求多个室温的需求与供电站总供给量之间的最优解的技术问题。

[0006] 本发明的一个技术方案是:一种基于人工智能的供热智能决策方法,包括:

[0007] 获取至少一个目标空间的当量室温 $t_n$ ,以及所述室内温度 $t_n$ 与供热处的热力站可控量 $t_c$ 之间的对应关系的数据集。

[0008] 采用人工智能算法,以热力站可控量 $t_c$ 作为输入参数,与所述热力站可控量 $t_c$ 对应关系的当量室温 $t_n$ 作为输出参数,通过训练得到预测模型P。

[0009] 可选的,采用随机模型选取至少一个空间的室内温度。

[0010] 可选的,所述热力站可控量 $t_c$ 为单一物理可控量或多个可控量集合。

[0011] 可选的,所述热力站可控量 $t_c$ 为供热处的一次侧供水温度、回水温度、一次侧供水压力、一次侧电动调节阀阀位、供回水平均温度、一次侧流量、一次侧分布式泵频率、二次侧供水温度、二次侧供水压力、二次侧流量、二次侧泵频率、回水压力或热量中的一种或多种。

[0012] 可选的,在每个控制周期决策供水温度时,以预测模型P为对象,以标的室温 $t_s$ 为目标,对 $t_c$ 进行寻优,找到最优的 $t_c^*$ ,将 $t_c^*$ 作为可控量目标输出。

[0013] 可选的,所述输入参数为确定单一值、分布函数或数据表格。

[0014] 可选的,所述输出参数为确定单一值、最优值分布函数或数据表格。

[0015] 可选的,以标的室温为目标,根据预测模型P得到最优的热力站可控量 $t_c$ 输出参数以控制供热处的热量供给。

[0016] 本发明的另一个技术方案是:一种用于基于人工智能的供热智能决策方法的智能决策机,包括:CPU及一个或多个信息采集器,所述信息采集器用于获取目标空间的当量室温 $t_n$ 以及与所述当量室温 $t_n$ 对应的供热处的热力站可控量 $t_c$ ;其中,所述信息采集器可以是直接部署在用户端的传感器,也可以是通过网络接收用户端信息的接口。

[0017] 所述CPU用于采用人工智能算法,以热力站可控量 $t_c$ 作为输入参数,与所述热力站可控量 $t_c$ 对应关系的当量室温 $t_n$ 作为输出参数,通过训练得到预测模型P。

[0018] 有益效果:本发明提供了一种基于人工智能的供热智能决策方法,包括:获取至少一个目标空间的当量室温 $t_n$ ,以及所述室内温度 $t_n$ 与供热处的热力站可控量 $t_c$ 之间的对应关系的数据集;采用人工智能算法,以热力站可控量 $t_c$ 作为输入参数,与所述热力站可控量 $t_c$ 对应关系的当量室温 $t_n$ 作为输出参数,通过训练得到预测模型P。该方案可以适应实际系统的输入量是混沌或机率性的特点,并输出最优值分布,适应实际系统的输入量是混沌或机率性的特点,实现供水温度智能化调控,且精度高。

## 附图说明

[0019] 图1为本发明基于人工智能的供热智能决策方法的流程示意图;

[0020] 图2为基于人工智能的供热智能决策机的使用效果图。

## 具体实施方式

[0021] 实施例1,如图1所示,一种基于人工智能的供热智能决策方法,包括:获取至少一个目标空间的当量室温 $t_n$ ,以及所述室内温度 $t_n$ 与供热处的热力站可控量 $t_c$ 之间的对应关系的数据集。

[0022] 采用人工智能算法,以热力站可控量 $t_c$ 作为输入参数,与所述热力站可控量 $t_c$ 对应关系的当量室温 $t_n$ 作为输出参数,通过训练得到预测模型P。

[0023] 在供热处及热力站的自动控制参数主要包括供水温度、回水温度供回水(加权)平均温度、流量、热量等控制变量,该控制变量即为热力站可控量 $t_c$ 。目标变量主要就是室温即当量室温 $t_n$ ,也就是至少一个室温,通过算法和策略环节来进行自主学习和调节供热处的控制变量,使得最后的结果表现为室温达到永用户的预期。算法和策略环节则采用机器学习和人工智能技术。

[0024] 具体地,在一个采样控制周期内,获取一个或多个目标空间的当量室温 $t_n$ ,以及该

采样控制期内的供热处的热力站可控量 $t_c$ ,如此便可得到当量室温 $t_n$ 与热力站可控量 $t_c$ 之间的对应关系。从而便可以得到多个目标空间、在不同时间段内与热力站可控量 $t_c$ 之间的对应关系。如此便可以得到一个数据集。然后采用人工智能算法,以热力站可控量 $t_c$ 作为输入参数,与上述热力站可控量 $t_c$ 对应关系的当量室温 $t_n$ 作为输出参数,通过训练得到预测模型P。即,用机器学习技术即人工智能算法对这些数据集进行训练处理,得出当量室温与热力站可控量及室外温度的关系,建立预测模型P。

[0025] 可选的方案,所述热力站可控量 $t_c$ 为单一物理可控量或多个可控量集合。需要指出的是,热力站可控量 $t_c$ 包含至少一个可控变量,具体的可控变量的选取可以根据实际需要进行选取。

[0026] 可选的方案,所述热力站可控量 $t_c$ 为供热处的一次侧供水温度、回水温度、一次侧供水压力、一次侧电动调节阀阀位、供回水平均温度、一次侧流量、一次侧分布式泵频率、二次侧供水温度、二次侧供水压力、二次侧流量、二次侧泵频率、回水压力或热量中的一种或多种。热力站可控量 $t_c$ 可以对应单一的物理可控量,比如供水温度 $t_g$ ,也可以是通过逻辑或函数映射或导出的多个可控量。

[0027] 可选的方案,采用随机模型选取至少一个空间的室内温度。首先,以一定采用一定的数学统计模型选择室温,比如随机模型。然后,对于选取的室温的计算基于一个或多个房间的当量室温 $t_n$ 。比如说平均室温。也可以是其他统计方式,比如中值室温,分布密度加权平均室温、假定正态分布推测出的平均室温、出于管理需要加权计算的室温等。

[0028] 收集一定量的当量室温 $t_n$ 与热力站可控量 $t_c$ 对应关系的数据集。该可控量 $t_n$ 可以对应单一的物理可控量,比如供水温度 $t_g$ ,也可以是通过逻辑或函数映射或导出的多个可控量。即物理可控量 $t_m=f_m(t_c)$ ,物理可控量 $t_m$ 可以是供水温度 $t_g$ ,回水温度 $t_h$ ,供回水(加权)平均温度 $t_p$ ,流量 $q$ ,热量 $Q$ 等其中一个或多个衍生量。

[0029] 用机器学习技术即人工智能算法对这些数据集进行处理,得出当量室温与可控量及室外温度的关系,建立预测模型P。即这个模型P具有输入不同的热力站可控量 $t_c$ ,预测不同的房间的当量室温 $t_n$ 的能力。

[0030] 可选的方案,获取至少一个目标空间的当量室温 $t_n$ ,以及所述室内温度 $t_n$ 与供热处的热力站可控量 $t_c$ 之间的对应关系的数据集。

[0031] 采用增强学习方法(RL),以热力站可控量 $t_c$ 作为输入参数,与上述热力站可控量 $t_c$ 对应关系的当量室温 $t_n$ 作为输出参数,通过训练得到预测模型P。

[0032] 以预测模型P为增强学习方法的环境(Environment),以热力站可控量 $t_c$ 作为增强学习方法的动作(Action),以当量室温 $t_n$ 与标的室温 $t_s$ 差的绝对值成反比的函数值作为回报(Reward),来训练所述预测模型P。

[0033] 当确定了最优可控量 $t_c^*$ 后,代入函数关系式 $t_m=f_m(t_c)$ ,由 $t_c^*$ 可导出物理可控量 $t_m$ 。物理可控量 $t_m=f_m(t_c)$ ,物理可控量 $t_m$ 可以是供水温度 $t_g$ ,回水温度 $t_h$ ,供回水(加权)平均温度 $t_p$ ,流量 $q$ ,热量 $Q$ 等其中一个或多个衍生量。

[0034] 在一个具体的实施场景中,采用人工智能算法中的深度神经网络方法,以热力站可控量 $t_c$ 作为神经网络的输入,室内温度 $t_n$ 作为输出,通过训练得到预测模型P。在每个控制周期决策供水温度时,以预测模型P为对象,以标的室温 $t_s$ 为目标,对热力站可控量 $t_c$ 进行寻优,找到最优的 $t_c^*$ 。将 $t_c^*$ 作为可控量目标输出。

[0035] 可选的方案,所述输入参数为确定单一值、分布函数或数据表格。本控制方法的输入参数可以是分布或分布概率。传统的输入参数中,回水温度、室外温度都是一个确定的值,而在本算法中,这些量可以是分布,表达形式可以是分布函数和数据表格等。这一特征使得本算法适应实际系统的输入量是混沌或机率性的特点。而在实际应用中,这种量实际上是常见的,比如回水温度、室外温度等实际上是一种机率性变化的量。

[0036] 可选的方案,所述输出参数为确定单一值、最优值分布函数或数据表格。与传统方法不同,本算法的输出的决策量,可以不是一个单一值,而是最优值的分布。比如,用本算法决策二次网供水温度时,给出的决策输出不是一个单一的值,而是不同最优二次网供水温度的分布。本算法的这一输出能力,能解决本控制环节和其他上层优化决策环节联动时,使全局优化成为可能。

[0037] 可选的方案,以标的室温为目标,根据预测模型P得到最优的热力站可控量 $t_c$ 输出参数以控制供热处的热量供给。将该预测模型P可以任意场合应用,只需要给定标的室温,便可自动寻优得到最优的热力站可控量 $t_c$ 输出参数以控制供热处的热量供给。不仅效率高耗时最短,且能精确的达到使用者的期望室温值。

[0038] 本方法的控制目标与该热力站所供应区域的一个或多个房间的室内温度直接关联,采用的控制逻辑是基于机器学习技术,特别是基于人工智能技术,基于深度学习。特别的,以对这些房间室温做一定的数理统计处理后得到一个综合量作为相当量。这些室温的选取采用一定的数学统计模型进行选取。

[0039] 本控制方案与现有技术相比的创新点是:

[0040] 1) 本控制方法的输入参数可以是分布或分布概率。传统的输入参数中,回水温度、室外温度都是一个确定的值,而在本算法中,这些量可以是分布,表达形式可以是分布函数和数据表格等。这一特征使得本算法适应实际系统的输入量是混沌或机率性的特点。而在实际应用中,这种量实际上是常见的,比如回水温度、室外温度等实际上是一种机率性变化的量。

[0041] 2) 与传统方法不同,本算法的输出的决策量,可以不是一个单一值,而是最优值的分布。

[0042] 比如,用本算法决策二次网供水温度时,给出的决策输出不是一个单一的值,而是不同最优二次网供水温度的分布,例如供水温度正态分布的期望值和标准差。本算法的这一输出能力,能解决本控制环节和其他上层优化决策环节联动时,使全局优化成为可能。

[0043] 3) 本方法的控制目标与该热力站所供应区域的一个或多个房间的室内温度直接关联。特别的,以对这些房间室温做一定的数理统计处理后得到一个综合量作为相当量;以及,这些室温的选取采用一定的数学统计模型进行选取。

[0044] 4) 本方法的控制逻辑基于机器学习技术,特别基于人工智能技术,以及特别基于深度学习。

[0045] 5) 本方法的确定可控 $t_c$ 的方法是通过数学寻优和规划,而不是逻辑、曲线、表格、或公式。特别基于人工智能技术,以及特别基于RL方法。

[0046] 实施例2,一种智能决策机,该决策机为边缘计算设备,内置操作系统,基于如实施例1所述的供热智能决策方法,以用户综合室温为控制目标,直接指导现场换热站、燃气锅炉的供水温度控制,实现供热系统智能化升级。

[0047] 智能决策机通过通讯系统及云端获取一次、二次侧流量、压力、温度、抽样室温、气候参数等数据。决策机内置的人工智能AI具备逻辑推演、规律识别并自动寻优能力,可在2~3周时间内完成大数据深度学习,建立相匹配的控制模型,同时根据数据实时反馈选择控制方案,持续进化,给出最优控制参数值。

[0048] 产品投运后云端一键操作,极致的简单背后是强大的算法支持:决策机AI可根据用户设置的室温目标数据,完成复杂运算后直接给出控制目标参数,如供水温度等。决策机AI模型可以解决传统控制模型中室温数据滞后性问题,结合气候参数提前预测、预知合理控制目标值,提前干预,平抑室温波动。

[0049] 决策机AI模型可以处理大量实时性数据,从数据中挖掘系统能耗潜力,给出超出传统经验的控制模式,可进一步精细调控,即使到了深寒期,依然实现节能运行。智能决策机数据流如上图所示,决策机AI可完成数据建模、推演、优化等功能,持续进化,不断优化控制效果,超越人的传统经验。

[0050] 该决策机具有以下几个特点:

[0051] 1、配置4核CPU,4X1.5G/s,对于多系统热力站支持多个决策机集群式协同和并行工作,可以灵活地适应不同数据规模的智能决策需求。

[0052] 2、内置数学计算引擎和工业互联网通讯协议栈,适用于数值计算和通讯,并且支持各种开源应用及Python开发语言。

[0053] 3、内置人工智能引擎,适用于各种需要人工智能计算的边缘计算场合,只需要2周即可完成对换热系统模型的深度学习,并投入AI运行模式。

[0054] 4、调试简单,现场只需要完成决策机所需运行数据的通讯调试。

[0055] 5、完美的替代自动控制,实现无人干预的供热系统智能化运行,且平均室内温度的波幅小于 $0.5^{\circ}\text{C}$ ,达到恒温的控制效果,如图2所示。决策机投运之前,系统平均室温长期在 $18.4^{\circ}\text{C}$ 左右。设定 $19.5^{\circ}\text{C}$ ,决策机投运后24小时,平均室温上升到 $18.8^{\circ}\text{C}$ ,48小时后平均室温到 $19.2^{\circ}\text{C}$ ,72小时后室温稳定在 $19.7^{\circ}\text{C}$ ,与设定目标值 $19.5^{\circ}\text{C}$ 偏差在 $+0.2^{\circ}\text{C}$ 。稳定运行72个小时,在室外气温波动超过10度情况下,实际平均室温与设定目标室温追随性良好,偏差小于 $0.5^{\circ}\text{C}$ 。

[0056] 6、显著的减少逐时室内平均温度的波动幅度,在保证最低室内温度的要求下,平均室内温度还可以降低 $0.5^{\circ}\text{C}$ ,创造了新的节能空间。

[0057] 7、采用决策机后,由人工智能AI依据目标室内温度来调控智能化决策机组出水温度,并将指令自动下发到机组去执行,调节的频次和时机更加精细。

[0058] 本领域内的技术人员应明白,本申请的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此,本申请可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本申请可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0059] 本申请是参照根据本申请实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产

生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0060] 虽然,上文中已经用一般性说明及具体实施例对本发明作了详尽的描述,但在本发明基础上,可以对之作一些修改或改进,这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此,在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进,均属于本发明要求保护的范围。



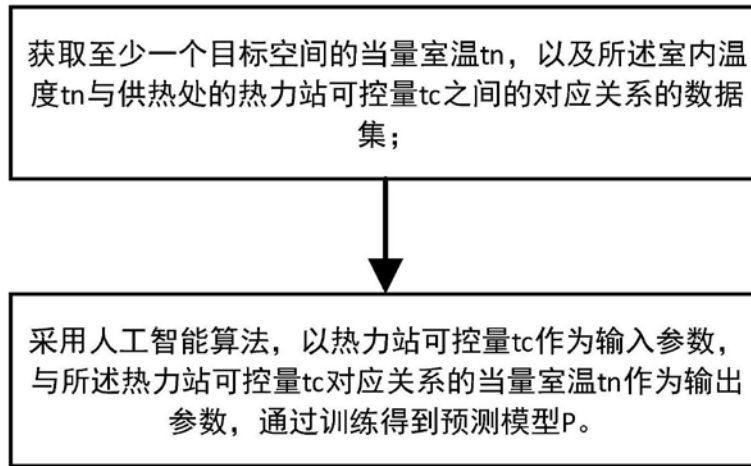


图1

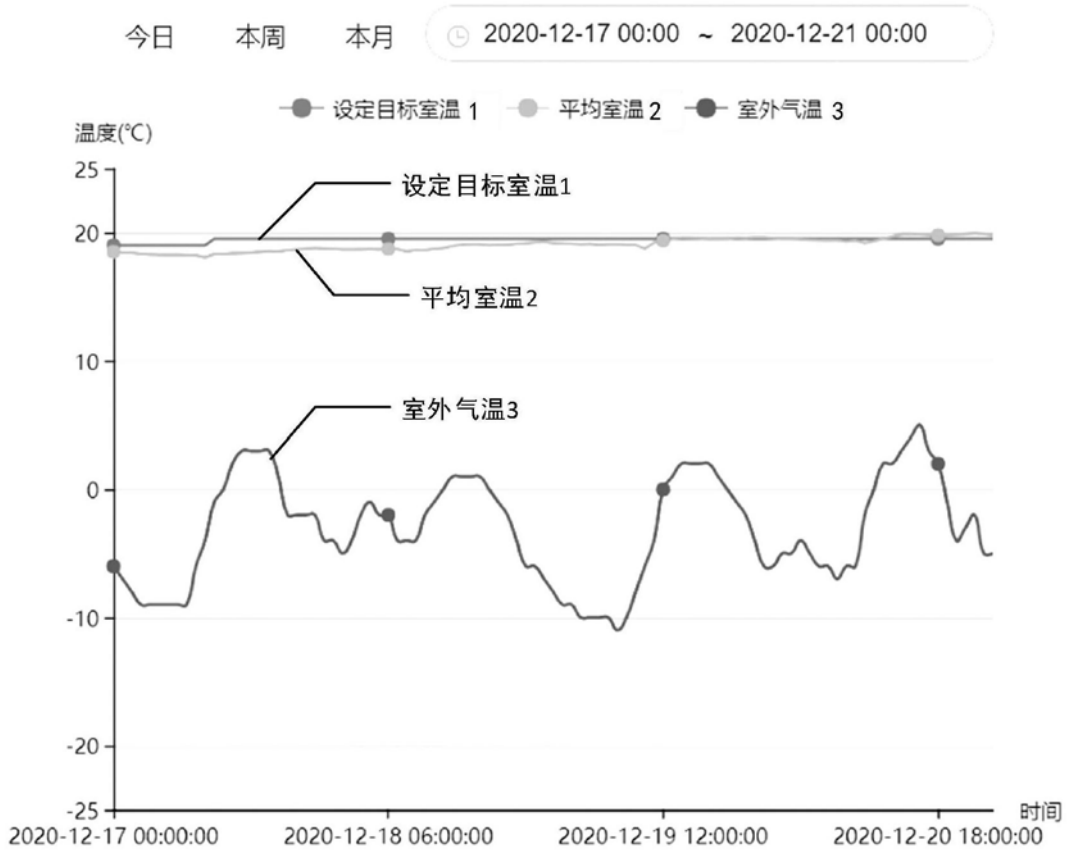


图2