



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118189539 B

(45) 授权公告日 2024.11.12

(21) 申请号 202410250091.8

F25D 29/00 (2006.01)

(22) 申请日 2024.03.05

F25D 17/02 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

(56) 对比文件

申请公布号 CN 118189539 A

CN 114689111 A, 2022.07.01

(43) 申请公布日 2024.06.14

CN 115854607 A, 2023.03.28

(73) 专利权人 香港理工大学深圳研究院

审查员 王凯

地址 518057 广东省深圳市南山区粤海街道高新技术产业园南区粤兴一道18号香港理工大学产学研大楼205室

(72) 发明人 肖赋 陈喆 张清 廖维

(74) 专利代理机构 深圳市君胜知识产权代理事务所(普通合伙) 44268

专利代理人 李可

(51) Int.Cl.

F25D 31/00 (2006.01)

权利要求书3页 说明书10页 附图7页

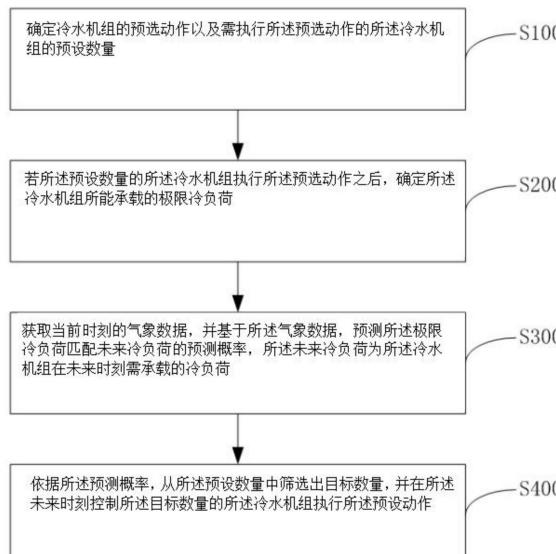
(54) 发明名称

一种冷水机组控制方法、装置、设备及存储介质

(57) 摘要

本发明涉及冷水机组技术领域，具体是涉及一种冷水机组控制方法、装置、设备及存储介质。本发明首先给冷水机组预设打开或关闭的预选动作，并预设有多少台冷水机组需要执行预选动作，也就是确定预设数量。并假设如果有预设数量的冷水机组执行预选动作，那么这些预设数量的冷水机组在一起所能承载的极限冷负荷。同时预测与预设数量所对应的极限冷负荷匹配未来冷负荷的预测概率，并根据预测概率，从多个预设数量中筛选出目标数量，并控制目标数量的冷水机组执行预选动作。本发明通过预测极限冷负荷是否匹配未来冷负荷的概率，以控制多少数量的冷水机组执行启闭操作，从而能够降低启闭冷水机的操作频率，进而提升冷水机组运行的可靠性并节省能源。

B
CN 118189539



CN

1. 一种冷水机组控制方法,其特征在于,包括:

确定冷水机组的预选动作以及需执行所述预选动作的所述冷水机组的预设数量,所述动作用于表征启闭所述冷水机组的动作;

若所述预设数量的所述冷水机组执行所述预选动作之后,确定所述冷水机组所能承载的极限冷负荷;

获取当前时刻的气象数据,并基于所述气象数据,预测所述极限冷负荷匹配未来冷负荷的预测概率,所述未来冷负荷为所述冷水机组在未来时刻需承载的冷负荷;

依据所述预测概率,从所述预设数量中筛选出目标数量,并在所述未来时刻控制所述目标数量的所述冷水机组执行所述预选动作;

所述确定冷水机组的预选动作以及需执行所述预选动作的所述冷水机组的预设数量,包括:

获取所述冷水机组在当前时刻所承载的当前冷负荷、在所述当前时刻已处于启动状态的所述冷水机组的已启动数量、每台所述冷水机组所能承载的最大冷负荷,并基于所述当前冷负荷、所述已启动数量和所述最大冷负荷,确定初选动作以及需执行所述初选动作的所述冷水机组的初设数量;

将所述初选动作作为所述预选动作;

将所述初设数量减去设定数量,得到备选数量,并将所述初设数量和所述备选数量作为所述预设数量;

所述基于所述当前冷负荷、所述已启动数量和所述最大冷负荷,确定初选动作以及需执行所述初选动作的所述冷水机组的初设数量,包括:

将所述已启动数量加上设定的参数减去1,得到第一中间算式,并将所述第一中间算式乘以所述最大冷负荷,以构建第一算式;

将所述已启动数量加上所述参数,得到第二中间算式,并将所述第二中间算式乘以所述最大冷负荷,以构建第二算式;

令所述构建第一算式小于所述当前冷负荷,所述当前冷负荷小于等于所述第二算式,以构建不等式;

确定满足所述不等式的所述参数的整数,并将所述整数的绝对值作为所述初设数量。

2. 如权利要求1所述的冷水机组控制方法,其特征在于,所述若所述预设数量的所述冷水机组执行所述预选动作之后,确定所述冷水机组所能承载的极限冷负荷,包括:

若所述预选动作为关闭动作,将所述已启动数量减去所述初设数量的结果乘以所述最大冷负荷,得到所述冷水机组所能承载的最小冷负荷;

将所述已启动数量减去所述备选数量的结果乘以所述最大冷负荷,得到所述冷水机组所能承载的最大冷负荷,并将所述最大冷负荷和所述最小冷负荷所述极限冷负荷。

3. 如权利要求2所述的冷水机组控制方法,其特征在于,所述基于所述气象数据,预测所述极限冷负荷匹配所述未来冷负荷的预测概率,包括:

获取所述当前时刻所对应的日历信息,以及获取所述冷水机组的历史冷负荷数据;

对所述气象数据、所述日历信息、所述历史冷负荷数据应用自然梯度提升算法,预测所述未来冷负荷的概率分布;

依据所述概率分布,确定所述未来冷负荷小于所述最小冷负荷的第一预测概率和所述

未来冷负荷小于所述最大冷负荷的第二预测概率，并将所述第一预测概率和所述第二预测概率作为所述预测概率。

4. 如权利要求3所述的冷水机组控制方法，其特征在于，所述依据所述预测概率，从所述预设数量中筛选出目标数量，包括：

令1减去所述第一预测概率，得到所述初设数量所对应的第一风险值；

将所述第一预测概率加1的结果减去所述第二预测概率，得到所述备选数量所对应的第二风险值；

依据所述第一风险值和所述第二风险值，从所述初设数量和所述备选数量中筛选出目标数量。

5. 如权利要求4所述的冷水机组控制方法，其特征在于，所述依据所述第一风险值和所述第二风险值，从所述初设数量和所述备选数量中筛选出目标数量，包括：

对各个所述未来时刻采用所述初设数量所产生的所述第一风险值进行累加，得到第一风险累加值；

对各个所述未来时刻采用所述备选数量所产生的所述第二风险值进行累加，得到第二风险累加值；

当所述第一风险累加值小于所述第二风险累加值，将所述初设数量作为所述目标数量；

或，当所述第二风险累加值小于所述第一风险累加值，将所述备选数量作为所述目标数量。

6. 一种冷水机组控制装置，其特征在于，所述控制装置包括如下组成部分：

数量构建模块，用于确定冷水机组的预选动作以及需执行所述预选动作的所述冷水机组的预设数量，所述动作用于表征启闭所述冷水机组的动作；

冷负荷计算模块，用于若所述预设数量的所述冷水机组执行所述预选动作之后，确定所述冷水机组所能承载的极限冷负荷；

概率计算模块，用于获取当前时刻的气象数据，并基于所述气象数据，预测所述极限冷负荷匹配未来冷负荷的预测概率，所述未来冷负荷为所述冷水机组在未来时刻需承载的冷负荷；

数量筛选模块，用于依据所述预测概率，从所述预设数量中筛选出目标数量，并在所述未来时刻控制所述目标数量的所述冷水机组执行所述预选动作；

所述确定冷水机组的预选动作以及需执行所述预选动作的所述冷水机组的预设数量，包括：

获取所述冷水机组在当前时刻所承载的当前冷负荷、在所述当前时刻已处于启动状态的所述冷水机组的已启动数量、每台所述冷水机组所能承载的最大冷负荷，并基于所述当前冷负荷、所述已启动数量和所述最大冷负荷，确定初选动作以及需执行所述初选动作的所述冷水机组的初设数量；

将所述初选动作作为所述预选动作；

将所述初设数量减去设定数量，得到备选数量，并将所述初设数量和所述备选数量作为所述预设数量；

所述基于所述当前冷负荷、所述已启动数量和所述最大冷负荷，确定初选动作以及需

执行所述初选动作的所述冷水机组的初设数量,包括:

将所述已启动数量加上设定的参数减去1,得到第一中间算式,并将所述第一中间算式乘以所述最大冷负荷,以构建第一算式;

将所述已启动数量加上所述参数,得到第二中间算式,并将所述第二中间算式乘以所述最大冷负荷,以构建第二算式;

令所述构建第一算式小于所述当前冷负荷,所述当前冷负荷小于等于所述第二算式,以构建不等式;

确定满足所述不等式的所述参数的整数,并将所述整数的绝对值作为所述初设数量。

7.一种终端设备,其特征在于,所述终端设备包括存储器、处理器及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的冷水机组控制程序,所述处理器执行所述冷水机组控制程序时,实现如权利要求1-5任一项所述的冷水机组控制方法的步骤。

8.一种计算机可读存储介质,其特征在于,所述计算机可读存储介质上存储有冷水机组控制程序,所述冷水机组控制程序被处理器执行时,实现如权利要求1-5任一项所述的冷水机组控制方法的步骤。

一种冷水机组控制方法、装置、设备及存储介质

技术领域

[0001] 本发明涉及冷水机组技术领域,具体是涉及一种冷水机组控制方法、装置、设备及存储介质。

背景技术

[0002] 冷水机组通过热交换的形式给建筑物、动力设备等需冷物体供冷,也就是冷水机组用于满足需冷物体的需冷需求,比如动力设备需要冷冻水进行降温,动力设备先将其自身温度较高的水(冷水机组所需要承载的冷负荷)输送给冷水机组,冷水机组对这部分水进行热交换以降低水温,进而形成冷冻水。需冷物体施加给冷水机组的冷负荷并不是随时间变化固定不变的,为了使得冷水机组能够承载上述冷负荷,可以实时采集冷负荷,根据实时冷负荷调整冷水机组的开关,也就是当实时冷负荷较大时,就启动更多的冷水机组,当实时冷负荷较小的,就关闭更多的冷水机组。由于只考虑了实时冷负荷而没有考虑未来时刻可能的冷负荷变换,导致不必要的频繁地执行启闭冷水机组的操作。

[0003] 现有技术是基于如下原理控制冷水机组启闭动作,启闭动作的控制过程如图9所示。

$$[0004] Q_t = c_w \cdot \dot{m}_w \cdot (T_{ rtn } - T_{ sup })$$

$$[0005] Q_n^{off} = (n - 1) \cdot Q_c \cdot (1 - d/2)$$

$$[0006] Q_n^{on} = n \cdot Q_c \cdot (1 + d/2)$$

$$[0007] \Delta n = \begin{cases} -1, & Q_t < Q_n^{off} \\ 0, & Q_n^{off} \leq Q_t \leq Q_n^{on} \\ 1, & Q_t > Q_n^{on} \end{cases}$$

[0008] c_w 为水的比热容(kJ/kg • °C), \dot{m}_w 是主管道中的冷水流量(kg/s), $T_{ rtn }, T_{ sup }$ 分别是冷水的回水温度和供水温度。当冷水机组具有相同的容量时, Q_n^{off} 为关闭一台冷水机组的阈值, Q_n^{on} 为启动一台冷水机组的阈值。 n 是当前运行的冷水机组数量, d 是由运维人员设置的冷负荷死区, Q_c 是一台冷水机组的制冷容量。冷机序列控制的基本规则是冷水机组提供的制冷容量应满足实际冷负荷, Q_t 是实时测得的冷负荷。

[0009] 综上所述,现有技术因非必要地执行启闭冷水机组的操作而降低系统运行的可靠性,并造成能源的浪费。

[0010] 因此,现有技术还有待改进和提高。

发明内容

[0011] 为解决上述技术问题,本发明提供了一种冷水机组控制方法、装置、设备及存储介质,解决了现有技术因非必要地执行启闭冷水机组的操作而造成能源浪费的问题。

[0012] 为实现上述目的,本发明采用了以下技术方案:

[0013] 第一方面,本发明提供一种冷水机组控制方法,其中,包括:

- [0014] 确定冷水机组的预选动作以及需执行所述预选动作的所述冷水机组的预设数量，所述动作用于表征启闭所述冷水机组的动作；
- [0015] 若所述预设数量的所述冷水机组执行所述预选动作之后，确定所述冷水机组所能承载的极限冷负荷；
- [0016] 获取当前时刻的气象数据，并基于所述气象数据，预测所述极限冷负荷匹配未来冷负荷的预测概率，所述未来冷负荷为所述冷水机组在未来时刻需承载的冷负荷；
- [0017] 依据所述预测概率，从所述预设数量中筛选出目标数量，并在所述未来时刻控制所述目标数量的所述冷水机组执行所述预选动作。
- [0018] 在一种实现方式中，所述确定冷水机组的预选动作以及需执行所述预选动作的所述冷水机组的预设数量，包括：
- [0019] 获取所述冷水机组在当前时刻所承载的当前冷负荷、在所述当前时刻已处于启动状态的所述冷水机组的已启动数量、每台所述冷水机组所能承载的最大冷负荷，并基于所述当前冷负荷、所述已启动数量和所述最大冷负荷，确定初选动作以及需执行所述初选动作的所述冷水机组的初设数量；
- [0020] 将所述初选动作作为所述预选动作；
- [0021] 将所述初设数量减去设定数量，得到备选数量，并将所述初设数量和所述备选数量作为所述预设数量。
- [0022] 在一种实现方式中，所述基于所述当前冷负荷、所述已启动数量和所述最大冷负荷，确定初选动作以及需执行所述初选动作的所述冷水机组的初设数量，包括：
- [0023] 将所述已启动数量加上设定的参数减去1，得到第一中间算式，并将所述第一中间算式乘以所述最大冷负荷，以构建第一算式；
- [0024] 将所述已启动数量加上所述参数，得到第二中间算式，并将所述第二中间算式乘以所述最大冷负荷，以构建第二算式；
- [0025] 令所述构建第一算式小于所述当前冷负荷，所述当前冷负荷小于等于所述第二算式，以构建不等式；
- [0026] 确定满足所述不等式的所述参数的整数，并将所述整数的绝对值作为所述初设数量。
- [0027] 在一种实现方式中，所述若所述预设数量的所述冷水机组执行所述预选动作之后，确定所述冷水机组所能承载的极限冷负荷，包括：
- [0028] 若所述预选动作作为关闭动作，将所述已启动数量减去所述初设数量的结果乘以所述最大冷负荷，得到所述冷水机组所能承载的最小冷负荷；
- [0029] 将所述已启动数量减去所述备选数量的结果乘以所述最大冷负荷，得到所述冷水机组所能承载的最大冷负荷，并将所述最大冷负荷和所述最小冷负荷所述极限冷负荷。
- [0030] 在一种实现方式中，所述基于所述气象数据，预测所述极限冷负荷匹配所述未来冷负荷的预测概率，包括：
- [0031] 获取所述当前时刻所对应的日历信息，以及获取所述冷水机组的历史冷负荷数据；
- [0032] 对所述气象数据、所述日历信息、所述历史冷负荷数据应用自然梯度提升算法，预测所述未来冷负荷的概率分布；

[0033] 依据所述概率分布,确定所述未来冷负荷小于所述最小冷负荷的第一预测概率和所述未来冷负荷小于所述最大冷负荷的第二预测概率,并将所述第一预测概率和所述第二预测概率作为所述预测概率。

[0034] 在一种实现方式中,所述依据所述预测概率,从所述预设数量中筛选出目标数量,包括:

[0035] 令1减去所述第一预测概率,得到所述初设数量所对应的第一风险值;

[0036] 将所述第一预测概率加1的结果减去所述第二预测概率,得到所述备选数量所对应的第二风险值;

[0037] 依据所述第一风险值和所述第二风险值,从所述初设数量和所述备选数量中筛选出目标数量。

[0038] 在一种实现方式中,所述依据所述第一风险值和所述第二风险值,从所述初设数量和所述备选数量中筛选出目标数量,包括:

[0039] 对各个所述未来时刻采用所述初设数量所产生的所述第一风险值进行累加,得到第一风险累加值;

[0040] 对各个所述未来时刻采用所述备选数量所产生的所述第二风险值进行累加,得到第二风险累加值;

[0041] 当所述第一风险累加值小于所述第二风险累加值,将所述初设数量作为所述目标数量;

[0042] 或,当所述第二风险累加值小于所述第一风险累加值,将所述备选数量作为所述目标数量。

[0043] 第二方面,本发明实施例还提供一种冷水机组控制装置,其中,所述控制装置包括如下组成部分:

[0044] 数量构建模块,用于确定冷水机组的预选动作以及需执行所述预选动作的所述冷水机组的预设数量,所述动作用于表征启闭所述冷水机组的动作;

[0045] 冷负荷计算模块,用于若所述预设数量的所述冷水机组执行所述预选动作之后,确定所述冷水机组所能承载的极限冷负荷;

[0046] 概率计算模块,用于获取当前时刻的气象数据,并基于所述气象数据,预测所述极限冷负荷匹配未来冷负荷的预测概率,所述未来冷负荷为所述冷水机组在未来时刻需承载的冷负荷;

[0047] 数量筛选模块,用于依据所述预测概率,从所述预设数量中筛选出目标数量,并在所述未来时刻控制所述目标数量的所述冷水机组执行所述预设动作。

[0048] 第三方面,本发明实施例还提供一种终端设备,其中,所述终端设备包括存储器、处理器及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的冷水机组控制程序,所述处理器执行所述冷水机组控制程序时,实现上述所述的冷水机组控制方法的步骤。

[0049] 第四方面,本发明实施例还提供一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质上存储有冷水机组控制程序,所述冷水机组控制程序被处理器执行时,实现上述所述的冷水机组控制方法的步骤。

[0050] 有益效果:本发明首先给冷水机组预设打开或关闭的预选动作,并预设有多少台冷水机组需要执行预选动作,也就是确定预设数量。并假设如果有预设数量的冷水机组执

行预选动作,那么这些预设数量的冷水机组在一起所能承载的极限冷负荷。同时预测与预设数量所对应的极限冷负荷匹配未来冷负荷的预测概率,并根据预测概率,从多个预设数量中筛选出目标数量,并控制目标数量的冷水机组执行预选动作。从上述分析可知,本发明通过预测极限冷负荷是否匹配未来冷负荷的概率,以控制多少数量的冷水机组执行启闭操作,从而能够降低启闭冷水机的操作频率,进而提升冷水机组的稳定性并节省能源。

附图说明

- [0051] 图1为本发明的整体流程图;
- [0052] 图2为本发明实施例中的冷水机组结构图示意图;
- [0053] 图3为本发明实施例中的冷水机组启闭控制流程图;
- [0054] 图4为本发明实施例中的正态概率分布示意图;
- [0055] 图5为本发明实施例中的关闭动作的第一风险值示意图;
- [0056] 图6为本发明实施例中的关闭动作的第二风险值示意图;
- [0057] 图7为本发明实施例中执行开启备选数量的冷水机组所对应的风险值示意图;
- [0058] 图8为本发明实施例中执行开启初设数量的冷水机组所对应的风险值示意图;
- [0059] 图9为背景技术中的启闭动作示意图;
- [0060] 图10为本发明实施例提供的冷水机组控制装置结构图;
- [0061] 图11为本发明实施例提供的终端设备的内部结构原理框图。

具体实施方式

[0062] 以下结合实施例和说明书附图,对本发明中的技术方案进行清楚、完整地描述。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0063] 经研究发现,冷水机组通过热交换的形式给建筑物、动力设备等需冷物体供冷,也就是冷水机组用于满足需冷物体的需冷需求,比如动力设备需要冷冻水进行降温,动力设备先将其自身温度较高的水(冷水机组所需要承载的冷负荷)输送给冷水机组,冷水机组对这部分水进行热交换以降低水温,进而形成冷冻水。需冷物体施加给冷水机组的冷负荷并不是随时间变化固定不变的,为了使得冷水机组能够承载上述冷负荷,可以实时采集冷负荷,根据实时冷负荷调整冷水机组的开关,也就是当实时冷负荷较大时,就启动更多的冷水机组,当实时冷负荷较小的,就关闭更多的冷水机组。由于只考虑了实时冷负荷而没有考虑未来时刻可能的冷负荷变换,导致不必要的频繁地执行启闭冷水机组的操作。

[0064] 为解决上述技术问题,本发明提供了一种冷水机组控制方法、装置、设备及存储介质,解决了现有技术因非必要地执行启闭冷水机组的操作而造成能源浪费的问题。具体实施时,首先确定冷水机组的预选动作以及需执行所述预选动作的所述冷水机组的预设数量,所述动作用于表征启闭所述冷水机组的动作;假设所述预设数量的所述冷水机组执行所述预选动作之后,估计所述冷水机组所能承载的极限冷负荷;获取当前时刻的气象数据,并基于所述气象数据,预测所述极限冷负荷匹配未来冷负荷的预测概率,所述未来冷负荷为所述冷水机组在未来时刻需承载的冷负荷;最后依据所述预测概率,从所述预设数量中筛选出目标数量,并在所述未来时刻控制所述目标数量的所述冷水机组执行所述预设动

作。

[0065] 举例说明,假如现有10台冷水机组用于给建筑物提供冷冻水,一台冷水机组的结构如图2所示,冷冻水进入到建筑物后,由于建筑物的环境温度导致冷冻水升温形成具有更高温度的待冷冻水(这部分待冷冻水也就是冷水机组需要承载的冷负荷),待冷冻水进入冷水机组,冷水机组给待冷冻水降温以形成冷冻水。本申请采用如下技术手段控制这10台冷水机组的开关:

[0066] 比如已知当前时刻已启动7台冷水机组、每台冷水机组所能承载的最大冷负荷、冷水机组在当前时刻需要承载的当前冷负荷,根据这三个因素,判断多少台冷水机组在一起才能承载当前冷负荷,比如判断5台冷水机组就可以承载当前冷负荷,那么就需要再关闭2台冷水机组,也就是预选动作作为关闭,预设数量就可以是2和1。关闭2台,还剩下5台,计算5台在一起所能承载的极限冷负荷(记为极小冷负荷);关闭1台,还剩下6,计算6台在一起所能承载的极限冷负荷(记为极大冷负荷)。假如预测出未来一小时冷负荷(未来冷负荷)为Q1的概率是f1,预测出未来一小时冷负荷(未来冷负荷)为Q2的概率是f2,预测出未来一小时冷负荷(未来冷负荷)为Q3的概率是f3。如果Q1、Q2、Q3中,Q2小于极小冷负荷(关闭2台对应极小冷负荷),Q3小于极大冷负荷(关闭1台对应极大冷负荷),那么就计算关闭2台所对应的风险 $1-f_2$,以及计算关闭1台所对应的风险 f_2+1-f_3 ,如果 $1-f_2$ 小于 f_2+1-f_3 ,那么就将预设数量2作为目标数量。

[0067] 本实施例的冷水机组控制方法可应用于终端设备中,所述终端设备可为具有数据处理功能的终端产品,比如控制器等。在本实施例中,如图1中所示,所述冷水机组控制方法具体包括如下步骤:

[0068] S100,确定冷水机组的预选动作以及需执行所述预选动作的所述冷水机组的预设数量,所述动作用于表征启闭所述冷水机组的动作。

[0069] S200,当所述预设数量的所述冷水机组执行所述预选动作之后,确定所述冷水机组所能承载的极限冷负荷。

[0070] S300,获取当前时刻的气象数据,并基于所述气象数据,预测所述极限冷负荷匹配未来冷负荷的预测概率,所述未来冷负荷为所述冷水机组在未来时刻需承载的冷负荷。

[0071] S400,依据所述预测概率,从所述预设数量中筛选出目标数量,并在所述未来时刻控制所述目标数量的所述冷水机组执行所述预设动作。

[0072] 在一个实施例中,步骤S100包括如下的具体步骤S101和S102:

[0073] S101,获取所述冷水机组在当前时刻所承载的当前冷负荷、在所述当前

[0074] 时刻已处于启动状态的所述冷水机组的已启动数量、每台所述冷水机组所能承载的最大冷负荷,并基于所述当前冷负荷、所述已启动数量和所述最大冷负荷,确定初选动作以及需执行所述初选动作的所述冷水机组的初设数量,将所述初选动作作为所述预选动作。

[0075] 该实施例中,每个冷水机组都四台650RT(2286kW)冷水冷机。

[0076] 该实施例中,确定初设数量的具体过程如下:将所述已启动数量加上设定的参数减去1,得到第一中间算式,并将所述第一中间算式乘以所述最大冷负荷,以构建第一算式;将所述已启动数量加上所述参数,得到第二中间算式,并将所述第二中间算式乘以所述最大冷负荷,以构建第二算式;令所述构建第一算式小于所述当前冷负荷,所述当前冷负荷小

于等于所述第二算式,以构建不等式;确定满足所述不等式的所述参数的整数,并将所述整数的绝对值作为所述初设数量。

[0077] 不等式如下:

$$(n+a_1-1) \cdot Q_c < Q_t \leq (n+a_1) \cdot Q_c$$

[0079] 式中,n为已启动数量,a₁为参数,Q_c为最大冷负荷,Q_t为当前冷负荷,t为当前时刻,n+a₁-1为第一中间算式,(n+a₁-1) · Q_c为第一算式,n+a₁为第

[0080] 二中间算式,(n+a₁) · Q_c为第二算式。计算满足上述不等式a₁的值,a₁的绝对值就是初设数量。

[0081] 如表1所示,当a₁的值小于零,那么初选动作就是在已启动数量的冷水机组的基础上关闭冷水机组,进一步a₁的值为-2或-1,那么就关闭一台冷水机组或两台冷水机组,也就是关闭一台或两台之后所剩下的冷水机组所提供的总制冷容量依然能够满足当前冷负荷的制冷需求。

[0082] 当a₁的值大于零,那么初选动作就是在已启动数量的冷水机组的基础上再启动冷水机组,进一步a₁的值为2或1时(如图3所示),那么就启动一台冷水机组或两台冷水机组。也就是需要再开启一台或两台冷水机组,这些冷水机组所提供的总制冷容量才能够满足当前冷负荷的制冷需求。

[0083] 当a₁的值等于零,表明在无需开关任何冷水机组,已启动数量的冷水机组就足以承载当前冷负荷,也就是已启动数量的冷水机组就足以给当前冷负荷制冷。

[0084] 表1

	情景	基于冷负荷动作	备选动作
[0085]	$a_1 < 0$ (减载)	$a_1 = -2$	$a_2 = -1$
		$a_1 = -1$	$a_2 = 0$
	$a_1 > 0$ (加载)	$a_1 = 1$	$a_2 = 0$
		$a_1 = 2$	$a_2 = 1$

[0086] S102,将所述初设数量减去设定数量,得到备选数量A₂,并将所述初设数量A₁和所述备选数量A₂作为所述预设数量。

[0087] 该实施例中,设定数量就是1,A₁=|a₁|,A₂=|a₂|,A₂=A₁-1。

[0088] 在一个实施例中,步骤S200包括如下的具体步骤S201和S202:

[0089] S201,若所述预选动作为关闭动作,将所述已启动数量n减去所述初设数量A₁的结果乘以所述最大冷负荷Q_c,得到所述冷水机组所能承载的最小冷负荷Q₁。

$$Q_1 = (n-A_1) \cdot Q_c$$

[0091] S202,将所述已启动数量n减去所述备选数量A₂的结果乘以所述最大冷负荷Q_c,得到所述冷水机组所能承载的最大冷负荷Q_h,并将所述最大冷负荷和所述最小冷负荷所述极限冷负荷。其中Q_h满足如下关系式:

$$Q_h = (n-A_2) \cdot Q_c$$

[0093] 该实施例中,如果预选动作为开启动作,那么最小冷负荷记为Q'₁,Q'₁=(n+A₂) · Q_c,最大冷负荷记为Q'_h,Q'_h=(n+A₁) · Q_c。

[0094] 在一个实施例中,步骤S300包括如下的具体步骤S301、S302、S303:

[0095] S301,获取所述当前时刻所对应的日历信息,以及获取所述冷水机组的历史冷负

荷数据。

[0096] 日历信息也就是日历特征,包括是否为节假日(二元变量特征)、一天中的小时、一周中的星期几和一年中的月份,也就是当前时刻是否属于节假日、当前时刻位于一天中的什么时刻、以及当前时刻属于星期几或哪个月份,这些信息都会影响需冷物体施加给冷水机组的冷负荷大小,所以基于这些信息才能准确预测未来的冷负荷概率分布。

[0097] S302,对所述气象数据、所述日历信息、所述历史冷负荷数据应用自然梯度提升算法,预测所述未来冷负荷的概率分布。

[0098] 其中气象数据包括建筑室外的温度和相对湿度,温度又包括干球温度和湿球温度,气象数据的采集时间间隔为30分钟。建筑为需要冷水机组制冷的建筑。

[0099] 对气象数据、日历信息、历史冷负荷数据应用自然梯度提升算法NGBoost,自然梯度提升算法NGBoost就会预测冷水机组在未来时刻需要承载的冷负荷概率分布。比如气象数据、日历信息、历史冷负荷数据都是当前中午十二点的数据,NGBoost预测出十二点至下午一点这一个小时内的未来冷负荷的概率分布,其中未来冷负荷概率呈现如图4所示的正态分布形式。图4中虚线左侧代表未来冷负荷Q小于z的概率为F(z)。未来冷负荷的概率分布用于表征未来某一个时刻可能出现的各个冷负荷的概率。

[0100] NGBoost不仅能够输出预测的均值,还通过使用分布(记为 $P_\theta(y|x)$)来表示预测的不确定性。例如,NGBoost可以估计正态分布的均值和标准差。

[0101] NGBoost训练中引入了用于优化的概率性损失函数,包括对数似然函数。对数似然函数衡量预测分布与观测数据之间的拟合程度。对数似然损失函数 $\mathcal{L}(\theta, y)$:

$$[0102] \mathcal{L}(\theta, y) = -\log P_\theta(y)$$

[0103] 式中,θ为预测分布的参数,包括正态分布的均值和标准差,y为实际的冷负荷。

[0104] NGBoost采用自然梯度 $\tilde{\nabla}\mathcal{L}(\theta, y)$:

$$[0105] \tilde{\nabla}\mathcal{L}(\theta, y) = \mathcal{I}_\mathcal{L}(\theta)^{-1} \cdot \nabla\mathcal{L}(\theta, y)$$

[0106] 其中, $\mathcal{I}_\mathcal{L}(\theta)$ 是分布 P_θ 所携带的费舍尔信息, $\mathcal{I}_\mathcal{L}(\theta) = \mathbb{E}_{y \sim P_\theta} [\nabla_\theta \mathcal{L}(\theta, y) \cdot \nabla_\theta \mathcal{L}(\theta, y)^T]$ 。

[0107] 该实施例的NGBoost输出的是当前时刻一小时后冷负荷的概率分布,也就是未来冷负荷的概率分布 $\mathcal{N}(\mu, \sigma)$,其中,u为预测出的未来冷负荷的均值,σ为标准差,其越大,不确定性越大。

[0108] S303,依据所述概率分布,确定所述未来冷负荷小于所述最小冷负荷的第一预测概率和所述未来冷负荷小于所述最大冷负荷的第二预测概率,并将所述第一预测概率和所述第二预测概率作为所述预测概率。

[0109] 当步骤S200中的预选动作为关闭动作时,第一预测概率记为 $F_{t+i\Delta t}(Q_1)$:

$$[0110] F_{t+i\Delta t}(Q_1) = P(Q_{t+i\Delta t} < Q_1)$$

[0111] 第二预测概率记为 $F_{t+i\Delta t}(Q_h)$:

$$[0112] F_{t+i\Delta t}(Q_h) = P(Q_{t+i\Delta t} < Q_h)$$

[0113] 式中,t为当前时刻,将当前时刻之后需要预测的时段划分成若干等份,Δt为每一等份的时长,i为第i个等份, $Q_{t+i\Delta t}$ 为未来时刻 $t+i\Delta t$ 的冷负荷, $Q_{t+i\Delta t} < Q_h$ 表示未来时刻的冷负荷小于冷水机组所能承载的最小冷负荷 Q_1 ,表明冷水机组的指令供给匹配建筑的供冷需求。

- [0114] 当步骤S200中的预选动作为开启动作时,第一预测概率记为 $F'_{t+i\Delta t}(Q_1)$:
- [0115] $F'_{t+i\Delta t}(Q_1) = P(Q_{t+i\Delta t} < Q'_1)$
- [0116] 第二预测概率记为 $F'_{t+i\Delta t}(Q_h)$:
- [0117] $F'_{t+i\Delta t}(Q_h) = P(Q_{t+i\Delta t} < Q'_h)$
- [0118] 在一个实施例中,当步骤S200为关闭动作时,步骤S400包括如下的具体步骤S401至S405:
- [0119] S401,令1减去所述第一预测概率,得到所述初设数量 A_1 所对应的第一风险值 $r_{t+i\Delta t}(A_1)$:
- [0120] $r_{t+i\Delta t}(A_1) = 1 - F'_{t+i\Delta t}(Q_1)$
- [0121] S402,将所述第一预测概率 $F'_{t+i\Delta t}(Q_1)$ 加1的结果减去所述第二预测概率 $F'_{t+i\Delta t}(Q_h)$,得到所述备选数量 A_2 所对应的第二风险值 $r_{t+i\Delta t}(A_2)$:
- [0122] $r_{t+i\Delta t}(A_2) = F'_{t+i\Delta t}(Q_1) + 1 - F'_{t+i\Delta t}(Q_h)$
- [0123] 当关闭 A_1 台冷水机组时,所对应的第一风险值为图5中的阴影部分,图5的横坐标为未来时刻 $t+i\Delta t$ 所有可能的未来冷负荷,纵坐标为各个未来冷负
- [0124] 荷所对应的概率。
- [0125] 当关闭 A_2 台冷水机组时,所对应的第二风险值为图6中的阴影部分,图6的横坐标为未来时刻 $t+i\Delta t$ 所有可能的未来冷负荷,纵坐标为各个未来冷负
- [0126] 荷所对应的概率。
- [0127] S403,对各个所述未来时刻采用所述初设数量 A_1 所产生的所述第一风险值进行累加,得到第一风险累加值 $r(A_1)$:
- [0128] $r(A_1) = \sum_i w_i \cdot r_{t+i\Delta t}(A_1)$
- [0129] S404,对各个所述未来时刻采用所述备选数量 A_2 所产生的所述第二风险值进行累加,得到第二风险累加值 $r(A_2)$:
- [0130] $r(A_2) = \sum_i w_i \cdot r_{t+i\Delta t}(A_2)$
- [0131] w_i 为权重。
- [0132] S405,当所述第一风险累加值小于所述第二风险累加值,将所述初设数量 A_1 作为所述目标数量;当所述第二风险累加值小于所述第一风险累加值,将所述备选数量作为所述目标数量。
- [0133] 也就是如果 $r(A_1)$ 小于 $r(A_2)$,那么初设数量 A_1 作为目标数量,也就是关闭 A_1 台冷水机组,也就是在当前时刻 t 关闭 A_1 台冷水机组也能够保证余下的冷水机组在未来时刻 $t+i\Delta t$ 也能够满足建筑的供冷需求。
- [0134] 如果 $r(A_1)$ 大于 $r(A_2)$,那么就将备选数量 A_2 作为目标数量,也就是关闭 A_2 台冷水机组,也就是在当前时刻 t 关闭 A_2 台冷水机组也能够保证余下的冷水机组在未来时刻 $t+i\Delta t$ 也能够满足建筑的供冷需求。
- [0135] 在另一个实施例中,如果步骤S200中的预选动作为开启冷水机组的动作,计算出开启备选数量 A_2 的冷水机组所对应的风险值 $r'_{t+i\Delta t}(A_2)$,开启初设数量 A_1 的冷水机组所对应的风险值 $r'_{t+i\Delta t}(A_1)$
- [0136] $r_{t+i\Delta t}(A_2) = 1 - F'_{t+i\Delta t}(Q'_1)$
- [0137] $r_{t+i\Delta t}(A_1) = F'_{t+i\Delta t}(Q'_1) + 1 - F'_{t+i\Delta t}(Q'_h)$

[0138] 累加风险值 $r'_{t+i\Delta t}(A_2)$, 得到 $\sum_i w_i (1 - F_{t+i\Delta t}(Q'_1))$; 累加 $r'_{t+i\Delta t}(A_1)$, 得到 $\sum_i w_i [F_{t+i\Delta t}(Q'_1) + 1 - F_{t+i\Delta t}(Q'_h)]$ 。

[0139] 如果 $\sum_i w_i (1 - F_{t+i\Delta t}(Q'_1))$ 小于 $\sum_i w_i [F_{t+i\Delta t}(Q'_1) + 1 - F_{t+i\Delta t}(Q'_h)]$, 那么就将备选数量 A_2 作为目标数量, 也就是开启 A_2 台冷水机组, 也就是在当前时刻 t 需要开启 A_2 台冷水机组才能保证所有的冷水机组在一起才能在未来时刻 $t+i\Delta t$ 满足建筑的供冷需求。

[0140] 当开启 A_2 台冷水机组时, 所对应的风险值 $r'_{t+i\Delta t}(A_2)$ 为图7中的阴影部分; 当开启 A_1 的冷水机组所对应的风险值 $r'_{t+i\Delta t}(A_1)$ 为图8的阴影部分。

[0141] 如果 $\sum_i w_i (1 - F_{t+i\Delta t}(Q'_1))$ 大于 $\sum_i w_i [F_{t+i\Delta t}(Q'_1) + 1 - F_{t+i\Delta t}(Q'_h)]$, 那么就将初设数量 A_1 作为目标数量, 也就是开启 A_1 台冷水机组, 也就是在当前时刻 t 需要开启 A_1 台冷水机组才能保证所有的冷水机组在一起才能在未来时刻 $t+i\Delta t$ 满足建筑的供冷需求。

[0142] 在一个实施例中, 通过如下方式判断本申请的预测启闭冷水机组动作的可靠性:

[0143] 通过均方根误差 (RMSE)、平均绝对百分比误差 (MAPE) 和均方根误差变异系数 (CV-RMSE) 来评估预测的平均误差和可靠性。此外, 还使用了概率积分变换 (PIT) 来检验预测的一致性和稳定性, 并通过预测区间平均宽度 (PIAW) 评估预测的可靠性。

[0144] 综上, 本发明中提出的控制方法可减少不必要的冷水机组切换, 也就是通过考虑短期冷负荷波动和预测的不确定性, 本发明的控制策略能够显著减少冷水机组的启闭切换次数, 降低了系统中不必要的开关机动作。

[0145] 本发明提高冷水机组的可靠性和寿命, 也就是本发明有效地减少了1小时内的不必要的开关机动作, 这有助于提高冷水机组的可靠性并延长其使用寿命。

[0146] 本发明的控制策略表现出更高的鲁棒性, 能够有效应对冷负荷预测的不确定性, 并减少在不确定性增加时的冷水机组切换频率。

[0147] 本发明通过更稳定和优化的冷水机组序列控制, 本发明有望提高终端用户的热舒适性, 确保室内温度在合理范围内稳定。

[0148] 本实施例还提供一种冷水机组控制装置, 如图10所示, 所述控制装置包括如下组成部分:

[0149] 数量构建模块01, 用于确定冷水机组的预选动作以及需执行所述预选动作的所述冷水机组的预设数量, 所述动作用于表征启闭所述冷水机组的动作;

[0150] 冷负荷计算模块02, 用于当所述预设数量的所述冷水机组执行所述预选动作之后, 确定所述冷水机组所能承载的极限冷负荷;

[0151] 概率计算模块03, 用于获取当前时刻的气象数据, 并基于所述气象数据, 预测所述极限冷负荷匹配未来冷负荷的预测概率, 所述未来冷负荷为所述冷水机组在未来时刻需承载的冷负荷;

[0152] 数量筛选模块04, 用于依据所述预测概率, 从所述预设数量中筛选出目标数量, 并在所述未来时刻控制所述目标数量的所述冷水机组执行所述预设动作。

[0153] 基于上述实施例, 本发明还提供了一种终端设备, 其原理框图可以如图11所示。该终端设备包括通过系统总线连接的处理器、存储器、网络接口、显示屏。其中, 该终端设备的处理器用于提供计算和控制能力。该终端设备的存储器包括非易失性存储介质、内存储器。该非易失性存储介质存储有操作系统和计算机程序。该内存储器为非易失性存储介质中的操作系统和计算机程序的运行提供环境。该终端设备的网络接口用于与外部的终端通过网

络连接通信。该计算机程序被处理器执行时以实现一种冷水机组控制方法。该终端设备的显示屏可以是液晶显示屏或者电子墨水显示屏。

[0154] 本领域技术人员可以理解,图11中示出的原理框图,仅仅是与本发明方案相关的部分结构的框图,并不构成对本发明方案所应用于其上的终端设备的限定,具体的终端设备可以包括比图中所示更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者具有不同的部件布置。

[0155] 在一个实施例中,提供了一种终端设备,终端设备包括存储器、处理器及存储在存储器中并可在处理器上运行的冷水机组控制程序,处理器执行冷水机组控制程序时,实现如下操作指令:

[0156] 确定冷水机组的预选动作以及需执行所述预选动作的所述冷水机组的预设数量,所述动作用于表征启闭所述冷水机组的动作;

[0157] 当所述预设数量的所述冷水机组执行所述预选动作之后,确定所述冷水机组所能承载的极限冷负荷;

[0158] 获取当前时刻的气象数据,并基于所述气象数据,预测所述极限冷负荷匹配未来冷负荷的预测概率,所述未来冷负荷为所述冷水机组在未来时刻需承载的冷负荷;

[0159] 依据所述预测概率,从所述预设数量中筛选出目标数量,并在所述未来时刻控制所述目标数量的所述冷水机组执行所述预设动作。

[0160] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程,是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成,所述的计算机程序可存储于一非易失性计算机可读取存储介质中,该计算机程序在执行时,可包括如上述各方法的实施例的流程。其中,本发明所提供的各实施例中所使用的对存储器、存储、数据库或其它介质的任何引用,均可包括非易失性和/或易失性存储器。非易失性存储器可包括只读存储器(ROM)、可编程ROM(PROM)、电可编程ROM(EPROM)、电可擦除可编程ROM(EEPROM)或闪存。易失性存储器可包括随机存取存储器(RAM)或者外部高速缓冲存储器。作为说明而非局限,RAM以多种形式可得,诸如静态RAM(SRAM)、动态RAM(DRAM)、同步DRAM(SDRAM)、双数据率SDRAM(DDR SDRAM)、增强型SDRAM(ESDRAM)、同步链路(Synchlink) DRAM(SLRAM)、存储器总线(Rambus)直接RAM(RDRAM)、直接存储器总线动态RAM(DRDRAM)、以及存储器总线动态RAM(RDRAM)等。

[0161] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

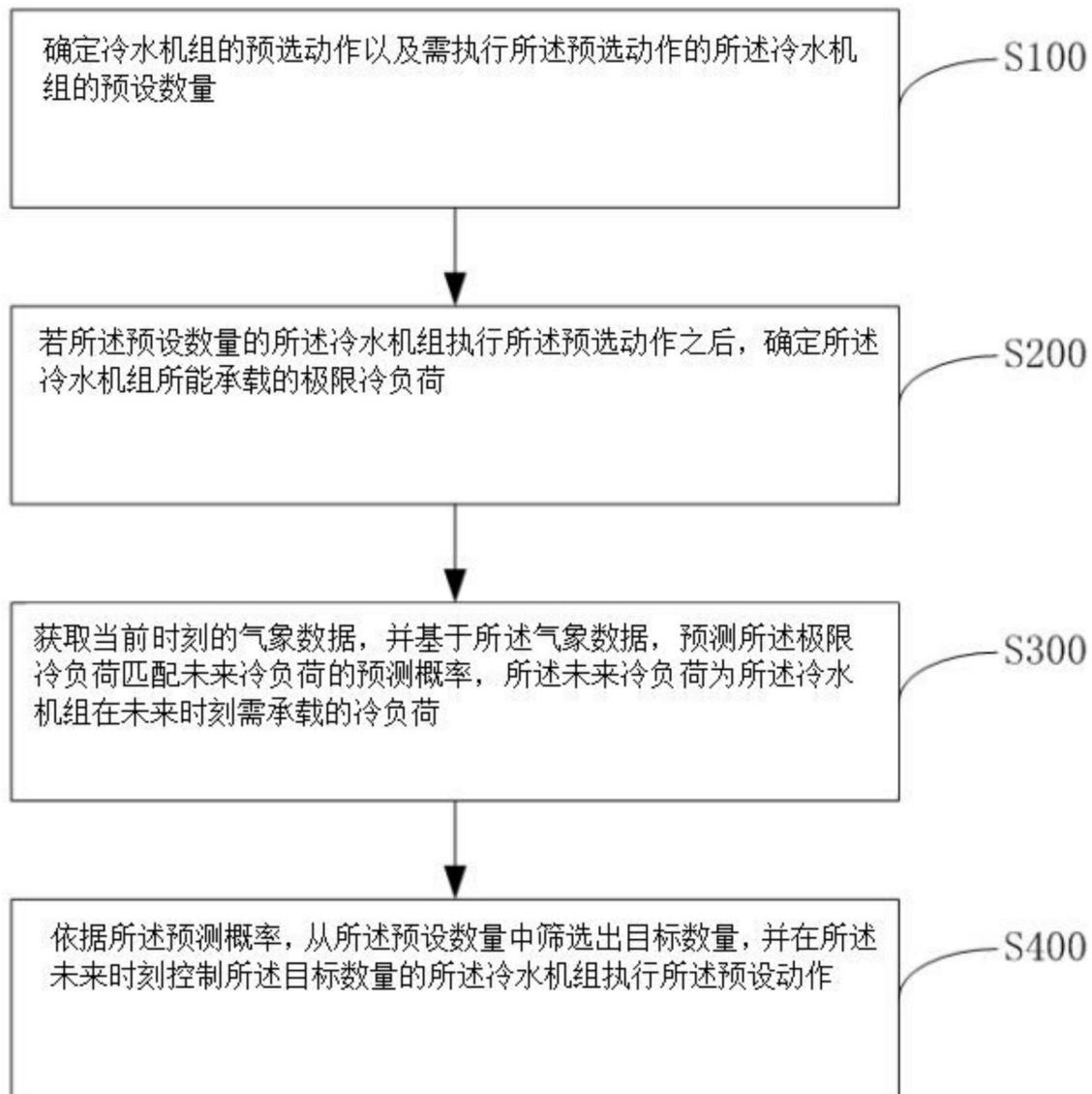


图1

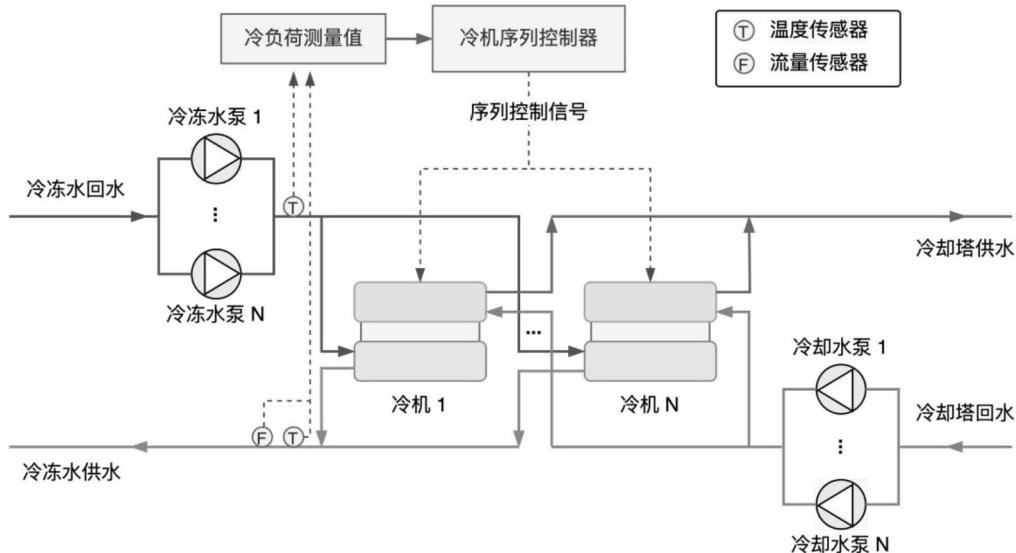


图2

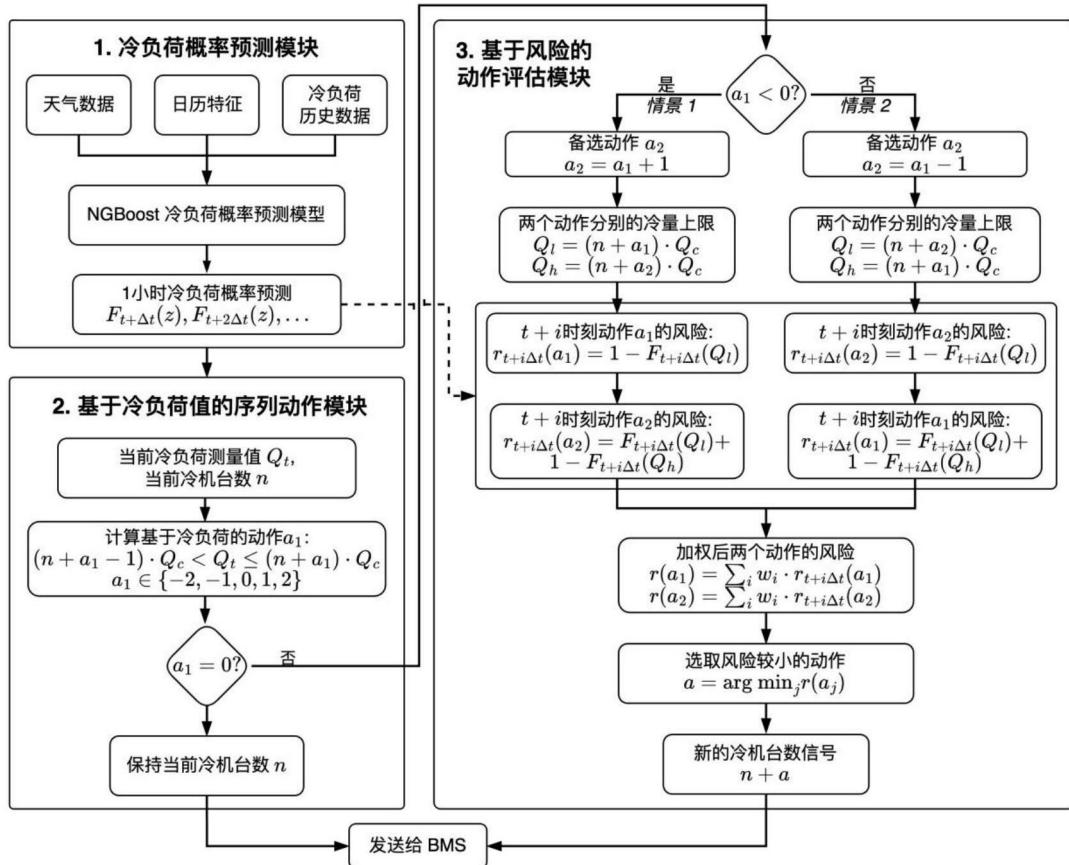


图3

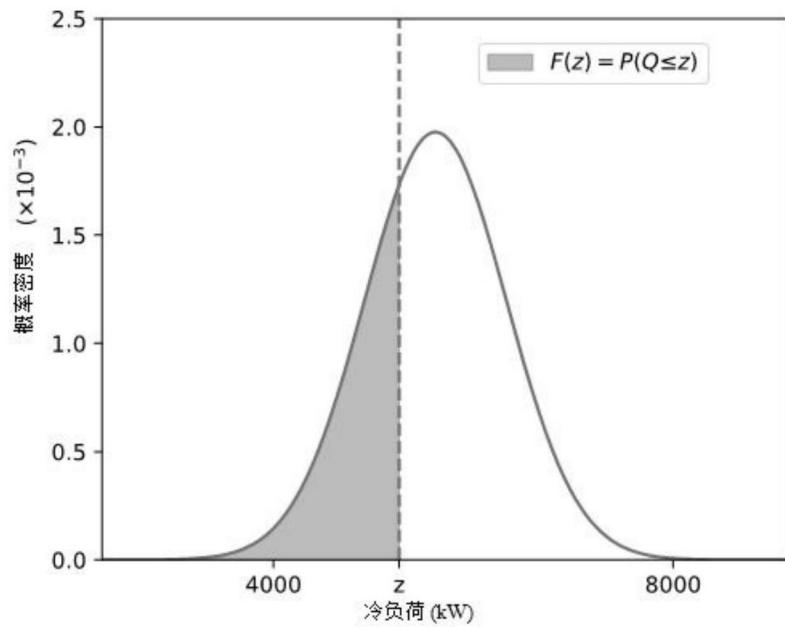


图4

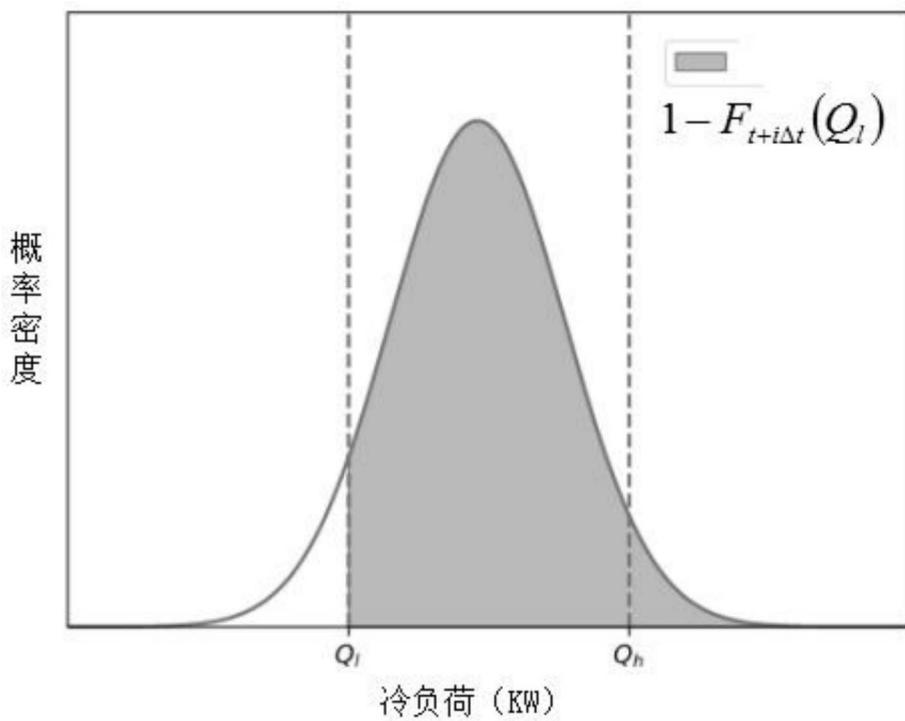


图5

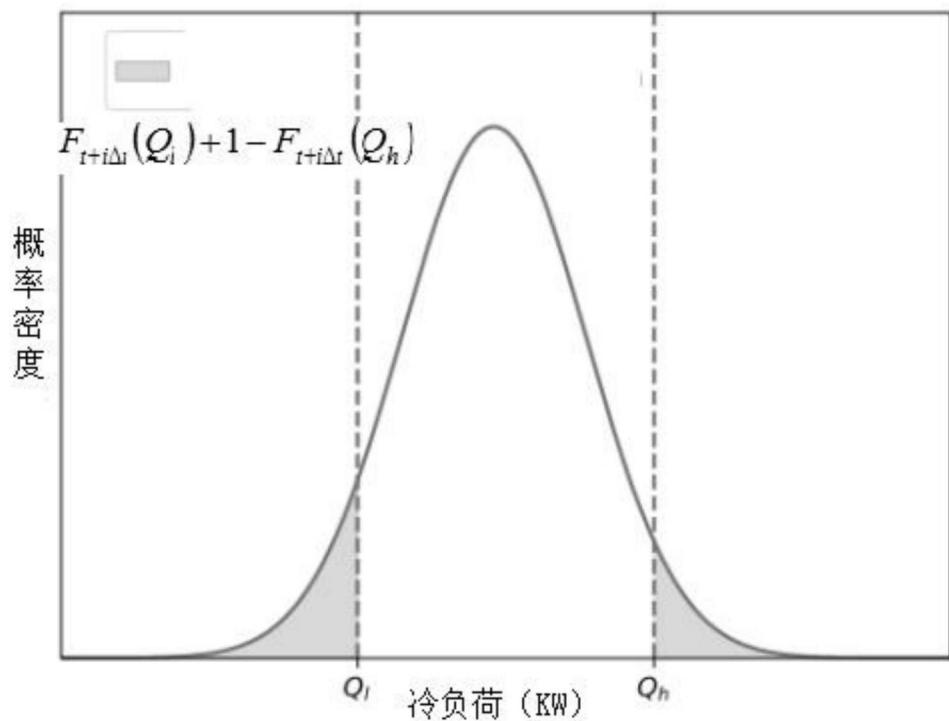


图6

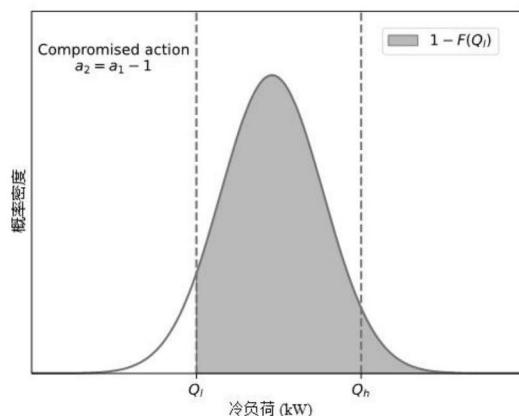


图7

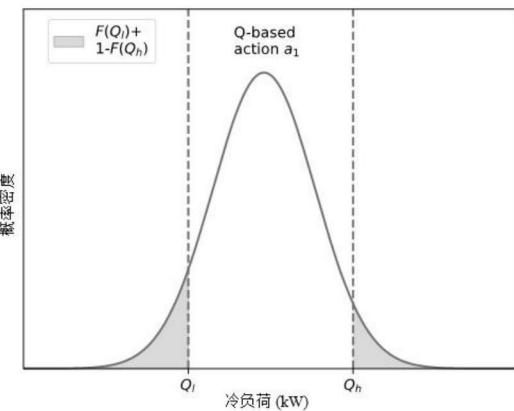


图8

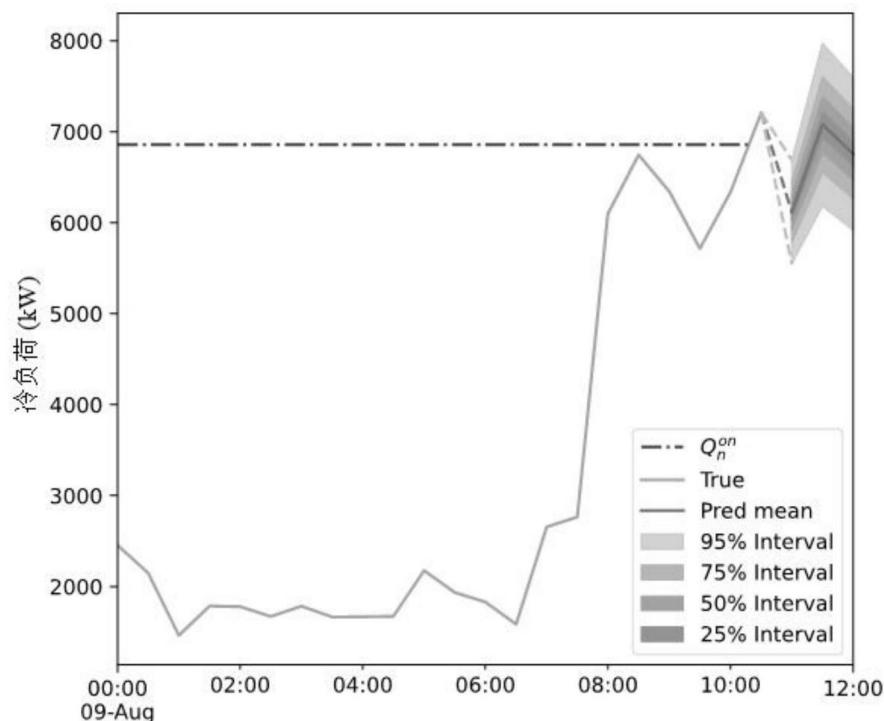


图9

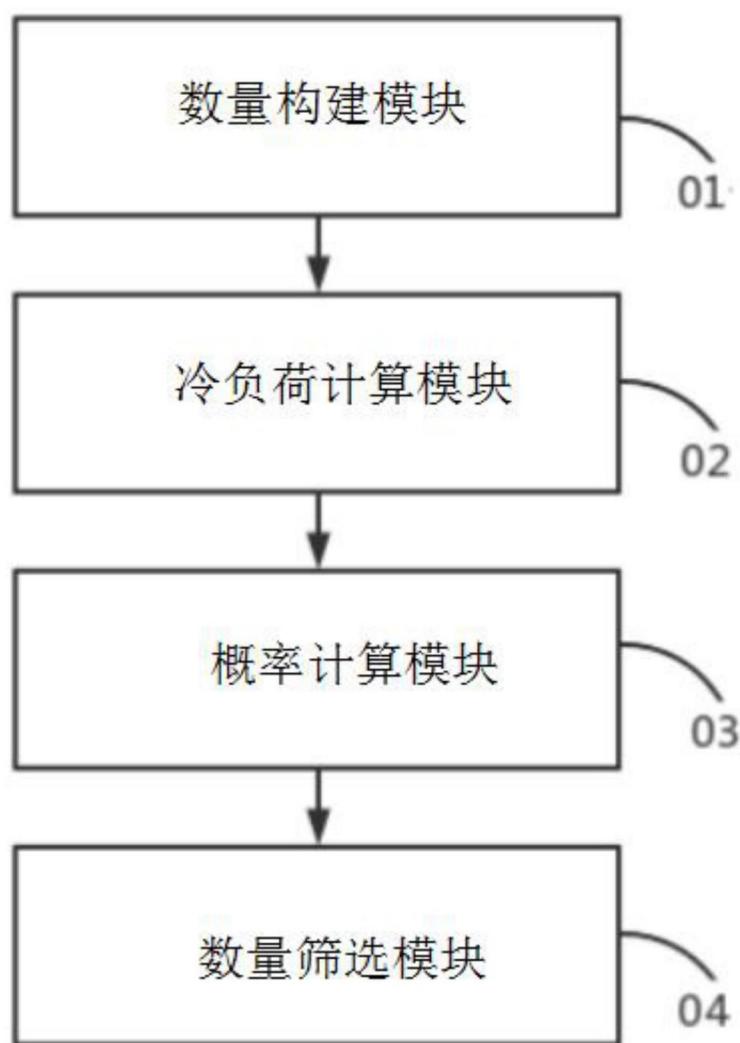


图10

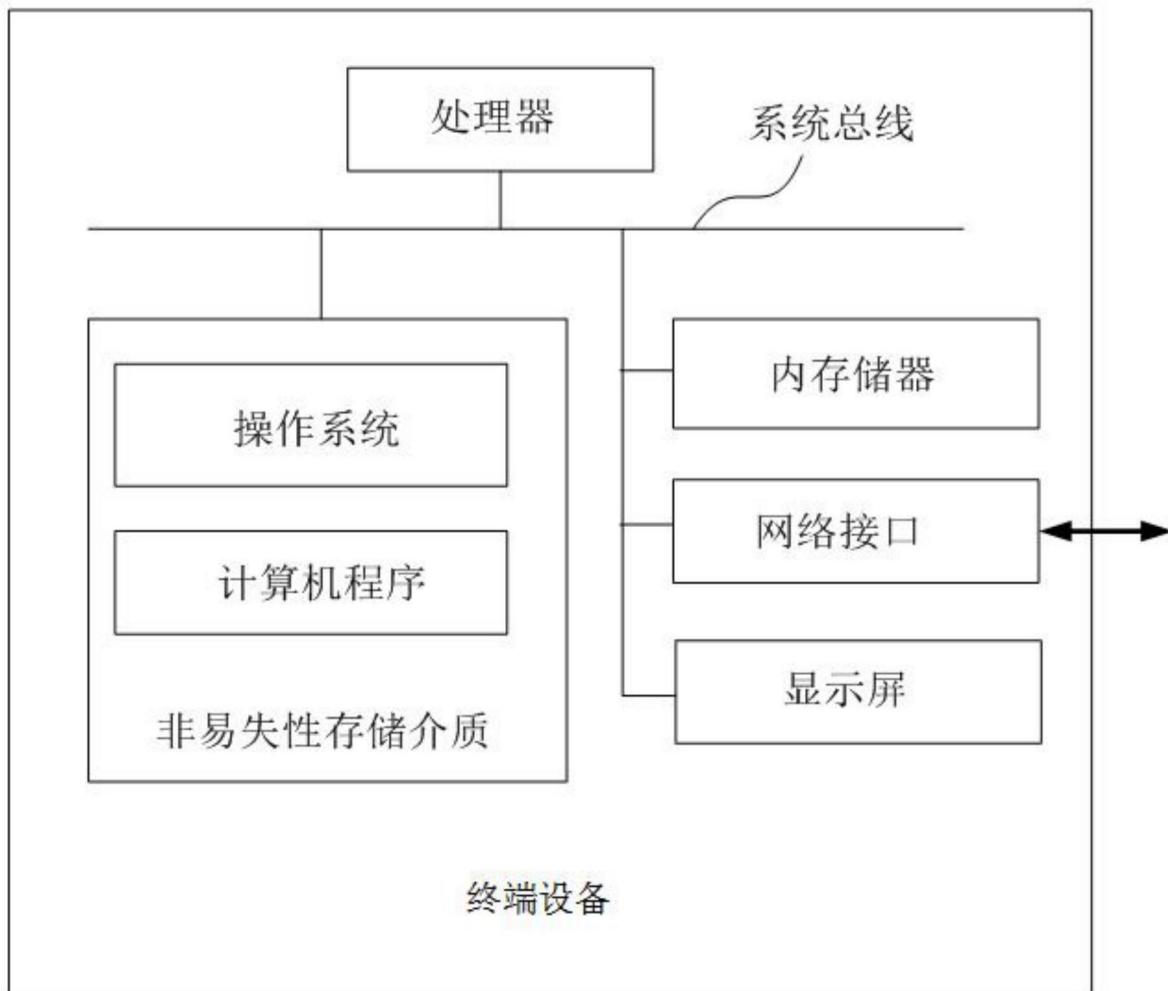


图11