

一种热负荷预测方法、装置、可读介质及电子设备

技术领域

本发明涉及电气工程技术领域，尤其涉及一种热负荷预测方法、装置、可读介质及电子设备。

背景技术

为了实现对蒸汽设备蒸汽进行高效调度，通常需要对蒸汽用户在各个未来时间段内使用蒸汽时所对应的热负荷进行预测。

10 目前，通常利用自回归积分滑动平均模型(Autoregressive Integrated Moving Average Model, ARIMA 模型)对蒸汽用户在各个未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的热负荷量级进行预测。

ARIMA 模型仅能对蒸汽用户在各个未来时间段内使用蒸汽时所对应的热负荷量级进行预测时，即预测到一个具体的值，对于在多个连续的历史时间段内无规律使用蒸汽设备蒸汽的蒸汽用户而言，其预测的一个或多个热负荷量级，与该蒸汽用户在相应未来时间段内实际使用蒸汽设备蒸汽时所对应的当前热负荷量级之间可能存在较大的差异，发生单点误差过大现象，导致后续过程中无法对蒸汽设备蒸汽进行高效调度。

20 发明内容

本发明提供一种热负荷预测方法、装置、可读介质及电子设备，可实现对蒸汽用户在各个未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的热负荷区间进行预测，方便后续过程中对蒸汽设备蒸汽进行更为高效的调度。

25 第一方面，本发明提供了一种热负荷预测方法，包括：

设置多种预测状态及其分别对应的误差阈值，形成目标蒸汽用户所对应的预测模型；

调用所述预测模型预测所述目标蒸汽用户在多个测试时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的第一热负荷量级；

- 5 根据各个所述测试时间段分别对应的第一热负荷量级确定各个所述测试时间段所分别对应的相对预测误差；

根据各个所述测试时间段所分别对应的相对预测误差及各个所述预测状态所分别对应的误差阈值形成状态转移概率矩阵，并根据所述状态转移概率矩阵确定各个未来时间段相对于各种所述预测状态的状态置信概率；

- 10 调用所述预测模型预测所述目标用户在各个所述未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的第二热负荷量级；

针对于每一个所述未来时间段，根据所述未来时间段所对应的第二热负荷量级、所述未来时间段相对于各种所述预测状态的状态置信概率以及各种所述预测状态所分别对应的误差阈值，确定所述目标蒸汽用户在所述未来时间段内

- 15 使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间。

优选地，

所述根据各个所述测试时间段分别对应的第一热负荷量级确定各个所述测试时间段所分别对应的相对预测误差，包括：

- 20 获取所述目标蒸汽用户在各个所述测试时间段使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的实际热负荷量级；

通过如下公式 1 计算各个所述测试时间段所分别对应的相对预测误差：

$$E_i = \frac{F_i - f_i}{f_i} \quad (1)$$

- 25 其中， E_i 表征第 i 个测试时间段所对应的相对预测误差、 F_i 表征第 i 个测试时间段所对应的实际热负荷量级、 f_i 表征第 i 个测试时间段所对应的第一热负荷量级。

优选地，

所述根据各个所述测试时间段所分别对应的相对预测误差及各个所述预测状态所分别对应的误差阈值形成状态转移概率矩阵，并根据所述状态转移概率矩阵确定各个未来时间段相对于各种所述预测状态的状态置信概率，包括：

- 5 根据各个所述测试时间段所分别对应的相对预测误差、各种所述预测状态分别对应对应的误差阈值确定每一个所述测试时间段所分别对应的可信预测状态；

根据每两个相邻的所述测试时间段所分别对应的可信预测状态，确定各种预测状态转移类型所分别对应的状态转移次数；

- 10 根据每一种所述状态转移类型分别对应的状态转移次数确定每一种所述状态转移类型所分别对应的状态转移概率；

利用每一种所述状态转移类型分别对应的状态转移概率组成状态转移概率矩阵；

确定当前时间段相对于各种所述预测状态的初始概率矩阵；

- 15 根据所述初始概率矩阵及所述状态转移概率矩阵确定各个未来时间段相对于各种所述预测状态的状态置信概率。

优选地，

所述根据所述初始概率矩阵及所述状态转移概率矩阵确定各个未来时间段相对于各种所述预测状态的状态置信概率，包括：

- 20 通过如下公式2计算各个未来时间段相对于各种所述预测状态的状态置信概率矩阵：

$$X(n) = X(0) * P^n \quad (2)$$

- 其中， $X(n)$ 表征以当前时间段的截止时间点为起始时间点的第 n 个未来时间段相对于各种所述预测状态的状态置信概率矩阵、 $X(0)$ 表征当前时间段对应的初始概率矩阵、 P 表征所述状态转移概率矩阵；
- 25

针对于每一个所述未来时间段，从所述未来时间段所对应的状态置信概率矩阵

中提取所述未来时间段相对各种所述预测状态的置信概率。

优选地，

所述根据所述未来时间段所对应的第二热负荷量级、所述未来时间段相对于各种所述预测状态的状态置信概率以及各种所述预测状态所分别对应的误差阈值，确定所述目标蒸汽用户在所述未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间，包括：

从所述未来时间段相对于各种所述预测状态的置信概率中确定出最大置信概率；

将所述最大置信概率所对应的预测状态确定为目标预测状态；

10 根据所述目标预测状态所对应的误差阈值以及所述未来时间段所对应的第二热负荷量级确定所述目标蒸汽用户在所述未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间。

优选地，

15 所述根据所述目标预测状态所对应的误差阈值以及所述未来时间段所对应的第二热负荷量级确定所述目标蒸汽用户在所述未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间，包括：

通过如下公式3计算所述目标蒸汽用户在所述未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的上临界值及临界值：

$$y = Y / (1 + e) \quad (3)$$

20 其中， y 表征所述未来时间段所对应的上临界值或下临界值、 Y 表所述未来时间段所对应的第二热负荷量级、 e 表征所述目标预测状态所对应的误差阈值的上极值或下极值；

根据所述上临界值及所述下临界值确定所述目标蒸汽用户在所述未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间。

25 优选地，

所述多种预测状态具体包括：极度高估状态、高估状态、正常状态、低估

状态及极度低估状态；其中，

所述极度高估状态所对应的误差阈值具体为大于 10%；

所述高估状态所对应的误差阈值具体为大于 5%且不大于 10%；

所述正常状态所对应的误差阈值具体为不小于-5%且不大于 5%；

5 所述低估状态所对应的误差阈值具体为不小于-10%且小于-5%；

所述极度低估状态所对应的误差阈值具体为小于-10%。

第二方面，本发明提供了一种热负荷预测装置，包括：

10 预处理模块，用于设置多种预测状态及其分别对应的误差阈值，形成目标蒸汽用户所对应的预测模型；

模型调用模块，用于调用所述预测模型预测所述目标蒸汽用户在多个测试时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的第一热负荷量级；调用所述预测模型预测所述目标用户在各个所述未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的第二热负荷量级；

15 误差处理模块，用于根据各个所述测试时间段分别对应的第一热负荷量级确定各个所述测试时间段所分别对应的相对预测误差；

状态概率确定模块，根据各个所述测试时间段所分别对应的相对预测误差及各个所述预测状态所分别对应的误差阈值形成状态转移概率矩阵，并根据所述状态转移概率矩阵确定各个未来时间段相对于各种所述预测状态的状态置信概率；

20 热负荷区间预测模块，用于针对于每一个所述未来时间段，根据所述未来时间段所对应的第二热负荷量级、所述未来时间段相对于各种所述预测状态的状态置信概率以及各种所述预测状态所分别对应的误差阈值，确定所述目标蒸汽用户在所述未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间。

25

第三方面，本发明提供了一种可读介质，包括执行指令，当电子设备的处

理器执行所述执行指令时，所述电子设备执行如第一方面中任一所述的方法。

第四方面，本发明提供了一种电子设备，包括：处理器、存储器和总线；所述存储器用于存储执行指令，所述处理器与所述存储器通过所述总线连接，当所述电子设备运行时，所述处理器执行所述存储器存储的所述执行指令，以使所述处理器执行如第一方面中任一所述的方法。

本发明提供了一种热负荷预测方法、装置、可读介质及电子设备，该方法通过设置多种预测状态及其分别对应的误差阈值，并形成目标蒸汽用户所对应的预测模型，通过调用预测模型预测目标蒸汽用户在多个测试时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的第一热负荷量级之后，则可根据各个测试时间段分别对应的第一热负荷量级确定各个测试时间段所分别对应的相对预测误差，进而根据各个测试时间段所分别对应的相对预测误差形成状态转移概率矩阵，并根据状态转移概率矩阵确定各个未来时间段相对于各种预测状态的状态概率，再次调用预测模型预测目标用户在各个未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的第二热负荷量级之后，则可针对于每一个未来时间段，根据其对应的第二热负荷量级、其相对于各种预测状态的状态概率以及各种预测状态所分别对应的误差阈值，确定出目标蒸汽用户在该未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间，实现对预测的第二热负荷量级进行优化而避免发生单点误差过大现象，可方便后续过程中对蒸汽设备蒸汽进行更为高效的调度。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有的技术方案，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发明中记载的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图1为本发明一实施例提供的一种热负荷预测方法的流程示意图；

图 2 为本发明一实施例提供的另一种热负荷预测方法的流程示意图；

图 3 为本发明一实施例提供的一种热负荷预测装置的结构示意图；

图 4 为本发明一实施例提供的一种电子设备的结构示意图。

5 具体实施方式

为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合具体实施例及相应的附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述。显然，所描述的实施例仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。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，
10 都属于本发明保护的范围。

如图 1 所示，本发明实施例提供了一种热负荷预测方法，包括：

步骤 101，设置多种预测状态及其分别对应的误差阈值，形成目标蒸汽用户所对应的预测模型；

15 步骤 102，调用所述预测模型预测所述目标蒸汽用户在多个测试时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的第一热负荷量级；

步骤 103，根据各个所述测试时间段分别对应的第一热负荷量级确定各个所述测试时间段所分别对应的相对预测误差；

步骤 104，根据各个所述测试时间段所分别对应的相对预测误差及各个所述预测状态所分别对应的误差阈值形成状态转移概率矩阵，并根据所述状态转移概率矩阵确定各个未来时间段相对于各种所述预测状态的状态置信概率；
20

步骤 105，调用所述预测模型预测所述目标用户在各个所述未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的第二热负荷量级；

步骤 106，针对于每一个所述未来时间段，根据所述未来时间段所对应的第二热负荷量级、所述未来时间段相对于各种所述预测状态的状态置信概率以及各种所述预测状态所分别对应的误差阈值，确定所述目标蒸汽用户在所述未
25

来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间。

如图 1 所示的实施例，该方法通过设置多种预测状态及其分别对应的误差阈值，并形成目标蒸汽用户所对应的预测模型，通过调用预测模型预测目标蒸汽用户在多个测试时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的第一热负荷量级之后，则可根据各个测试时间段分别对应的第一热负荷量级确定各个测试时间段所分别对应的相对预测误差，进而根据各个测试时间段所分别对应的相对预测误差形成状态转移概率矩阵，并根据状态转移概率矩阵确定各个未来时间段相对于各种预测状态的状态概率，再次调用预测模型预测目标用户在各个未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的第二热负荷量级之后，则可针对于每一个未来时间段，根据其对应的第二热负荷量级、其相对于各种预测状态的状态概率以及各种预测状态所分别对应的误差阈值，确定出目标蒸汽用户在该未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间，实现对预测的第二热负荷量级进行优化而避免发生单点误差过大现象，可方便后续过程中对蒸汽设备蒸汽进行更为高效的调度。

预测模型具体可以是自回归积分滑动平均模型（Auto Regressive Integrated Moving Average Model, ARIMA 模型）或 GBRT（Gradient Boost Regression Tree, 渐进梯度回归树）预测模型，形成 ARIMA 模型或 GBRT 预测模型均需要以目标蒸汽用户在多个连续的历史时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的实际热负荷量级为依据。

需要说明的是，本发明各个实施例中任一处所述的“历史时间段”、“测试时间短”、“未来时间段”的时间长度均相同，其具体可以为 1 个小时；显而易见的，在一些特殊的业务场景中，时间段的时间长度也可以设置为其它数值。

本发明一个优选实施例中，所述多种预测状态具体包括：极度高估状态、高估状态、正常状态、低估状态及极度低估状态；其中，

所述极度高估状态所对应的误差阈值具体为大于 10%；

所述高估状态所对应的误差阈值具体为大于 5%且不大于 10%；

所述正常状态所对应的误差阈值具体为不小于-5%且不大于 5%；

所述低估状态所对应的误差阈值具体为不小于-10%且小于-5%；

5 所述极度低估状态所对应的误差阈值具体为小于-10%。

该实施例中所设置的多种预测状态，可由用户结合实际业务场景的不同需求增加或减少，各个预测状态分别配置不同的误差阈值，经过了有限次实现进行验证，各个预测状态分别对应的误差阈值为前述实施例中所所述的阈值时，可确保目标蒸汽用户在各个未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的实际热负荷量级位于通过本发明实施例提供的技术方案所预测得到的相应热负荷区间内，即确保本发明实施例提供的技术方案能够更为准确的实现对目标蒸汽用户在各个未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的热负荷量级进行预测。

10

15 为方便描述，本发明后续各个实施例中仅利用 S1 表征极度高估状态、利用 S2 表征高估状态、利用 S3 表征正常状态、利用 S4 表征低估状态、利用 S5 表征极度低估状态。

本发明一个优选实施例中，所述根据各个所述测试时间段分别对应的第一热负荷量级确定各个所述测试时间段所分别对应的相对预测误差，包括：

20

获取所述目标蒸汽用户在各个所述测试时间段使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的实际热负荷量级；

通过如下公式 1 计算各个所述测试时间段所分别对应的相对预测误差：

$$E_i = \frac{F_i - f_i}{f_i} \quad (1)$$

25 其中， E_i 表征第 i 个测试时间段所对应的相对预测误差、 F_i 表征第 i 个测

试时间段所对应的实际热负荷量级、 f_i 表征第 i 个测试时间段所对应的第一热负荷量级。

该实施例中，通过预测模型预测目标蒸汽用户在各个测试时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的第一热负荷量级，在获取到目标蒸汽用户于各个测试时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的实际热负荷量级之后，进一步通过公式 1 对各个测试时间段所分别对应的第一热负荷量级及实际热负荷量级进行处理，得到的每一个相对预测误差则能够用于评价相应测试时间段所对应预测的第一热负荷量级与实际热负荷量级之间的预测状态，并实现对相应测试时间段所对应的第一热负荷量级的误差大小进行度量。

10

本发明与一个优选实施例中，所述根据各个所述测试时间段所分别对应的相对预测误差及各个所述预测状态所分别对应的误差阈值形成状态转移概率矩阵，并根据所述状态转移概率矩阵确定各个未来时间段相对于各种所述预测状态的状态置信概率，包括：

15 根据各个所述测试时间段所分别对应的相对预测误差、各种所述预测状态分别对应对应的误差阈值确定每一个所述测试时间段所分别对应的可信预测状态；

根据每两个相邻的所述测试时间段所分别对应的可信预测状态，确定各种预测状态转移类型所分别对应的状态转移次数；

20 根据每一种所述状态转移类型分别对应的状态转移次数确定每一种所述状态转移类型所分别对应的状态转移概率；

利用每一种所述状态转移类型分别对应的状态转移概率组成状态转移概率矩阵；

确定当前时间段相对于各种所述预测状态的初始概率矩阵；

25 根据所述初始概率矩阵及所述状态转移概率矩阵确定各个未来时间段相对于各种所述预测状态的状态置信概率。

举例来说，若通过前述公式 1 计算出第 i 个测试时间段所对应相对预测误差 E_i 是 6%，根据前述实施例中所述预测状态 S1、S2、S3、S4、S5 所分别对应的误差阈值，则可确定出 6% 位于高估状态 S2 所对应的误差阈值内，那么，则可将高估状态 S2 确定为第 i 个测试时间段所对应可信预测状态。

5 该实施例中，预测状态转移类型具体指的是设置的多种预测状态中，一种预测状态向当前预测状态或其他预测状态发生转移的情况；具体以上述实施例所述的 5 种预测状态 S1、S2、S3、S4、S5 为例，针对于 S1，其对应应有 S1 向 S1 转换、S1 向 S2 转换、S1 向 S 转换、S1 向 S4 转换、S4 向 S5 转换共 5 种转换情况，基于相似的原理，S2、S3、S4、S5 也分别对应应有 5 种转换情况，每
10 一种转换情况即为一种预测状态转换类型，那么，这里则可具有 25 种预测状态转换类型。

该实施例中，以 n 个连续的测试时间段为例，若第 $i-1$ 个测试时间段所对应的可信预测状态是 S1、第 i 个测试时间段所对应的可信预测状态是 S2，则可将 S1 向 S2 转换的预测状态转换类型所对应的状态转移次数加 1；针对每两
15 个相邻的测试时间段均进行前述处理之后，则可得到个中预测状态转换类型所分别对应的状态转移次数；进一步的，针对于一种状态转换类型，其对应的状态转移次数与测试时间段总数 n 的比值即为该中状态转换类型所对应的状态转移概率 P 。

具体地，各个状态转移类型所分别对应的状态转移概率在形成的状态转移
20 概率矩阵中的位置可参考如下表 1：

表 1

P_{S1-S1}	P_{S1-S2}	P_{S1-S3}	P_{S1-S4}	P_{S1-S5}
P_{S2-S1}	P_{S2-S2}	P_{S2-S3}	P_{S2-S4}	P_{S2-S5}
P_{S3-S1}	P_{S3-S2}	P_{S3-S3}	P_{S3-S4}	P_{S3-S5}
P_{S4-S1}	P_{S4-S2}	P_{S4-S3}	P_{S4-S4}	P_{S4-S5}
P_{S5-S1}	P_{S5-S2}	P_{S5-S3}	P_{S5-S4}	P_{S5-S5}

需要说明的是，表 1 中状态转移概率 P_{S1-S2} 具体表征状态转移类型“S1 向 S2 转换”所对应的状态转移概率，本领域技术人员可依据相似的规则理解表 1 中记载的各个状态转移概率。

还需要说明的是，每一个状态转移概率在表 1 中对应的行列位置，即为该
5 状态转移概率作为位于状态转移概率矩阵中的一个元素时，该元素对应应在状态转移概率中的行列位置。

该实施例中，确定当前时间段相对于各种预测状态的初始概率矩阵时，可通过相似的方法确定出当前时间段所对应的可信预测状态，初始概率矩阵中具有 5 个元素，5 个元素依次为预测状态 S1、S2、S3、S4、S5 的初始概率，且
10 仅有当前时间段所对应的可信预测状态的初始概率为 1，其他预测状态的初始概率均为 0。

该实施例中，根据初始概率矩阵及状态转移概率矩阵确定各个未来时间段相对于各种预测状态的置信概率时，针对于一个未来时间段，该未来时间段相对于一种当前预测状态的置信概率越高，则说明调用形成的预测模型对该目标
15 蒸汽用户在该未来时间段内使用过蒸汽设备蒸汽时所对应的第二热负荷量级进行预测时，预测的第二热负荷量级所对应的预测状态为当前预测状态的可能性越高，从而方便后续过程中根据该未来时间段相对于各种预测状态的置信概率，对通过预测模型预测得到的该未来时间段所对应的第二热负荷量级进行优化，实现更为准确的确定出目标蒸汽用户在该未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽
20 时所对应的热负荷区间。

具体地，本发明一个实施例中，所述根据所述初始概率矩阵及所述状态转移概率矩阵确定各个未来时间段相对于各种所述预测状态的置信概率，包括：

通过如下公式 2 计算各个未来时间段相对于各种所述预测状态的置信概率
25 矩阵：

$$X(n) = X(0) * P^n \quad (2)$$

其中, $X^{(n)}$ 表征以当前时间段的截止时间点为起始时间点的第 n 个未来时间段相对于各种所述预测状态的置信概率矩阵、 $X^{(0)}$ 表征当前时间段对应的初始概率矩阵、 P 表征所述状态转移概率矩阵;

针对于每一个所述未来时间段, 从所述未来时间段所对应的置信概率矩阵
5 中提取所述未来时间段相对各种所述预测状态的置信概率。

通过前述公式 2 得到的第 n 个时间段所对应的置信概率矩阵中, 以前述实施例中所述多种预测状态具体包括 S1、S2、S3、S4、S5 为例, 该置信概率矩阵中的则可包括 5 个元素, 5 个元素依次为第 n 个未来时间段相对于预测状态 S1、S2、S3、S4、S5 的置信概率。

10

在本发明一个优选实施例中, 所述根据所述未来时间段所对应的第二热负荷量级、所述未来时间段相对于各种所述预测状态的状态置信概率以及各种所述预测状态所分别对应的误差阈值, 确定所述目标蒸汽用户在所述未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间, 包括:

15 从所述未来时间段相对于各种所述预测状态的置信概率中确定出最大置信概率;

将所述最大置信概率所对应的预测状态确定为目标预测状态;

根据所述目标预测状态所对应的误差阈值以及所述未来时间段所对应的第二热负荷量级确定所述目标蒸汽用户在所述未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间。
20

具体地, 本发明一个优选实施例中, 所述根据所述目标预测状态所对应的误差阈值以及所述未来时间段所对应的第二热负荷量级确定所述目标蒸汽用户在所述未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间, 包括:

通过如下公式 3 计算所述目标蒸汽用户在所述未来时间段内使用蒸汽设备
25 蒸汽时所对应的上临界值及临界值:

$$y = Y / (1 + e) \quad (3)$$

其中， Y 表征所述未来时间段所对应的上临界值或下临界值、 Y 表所述未来时间段所对应的第二热负荷量级、 e 表征所述目标预测状态所对应的误差阈值的上极值或下极值；

根据所述上临界值及所述下临界值确定所述目标蒸汽用户在所述未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间。

该实施例中，若一个未来时间段相对于某一种当前预测状态的置信概率越高，则说明调用预测模型对该目标蒸汽用户在该未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的第二热负荷量级进行预测时，预测的第二热负荷量级所对应的预测状态为当前预测状态的可能性越高；因此，将最大置信概率所对应的预测状态确定为目标状态之后，根据该目标预测状态所对应的误差阈值，通过前述公式 3 对预测的第二热负荷量级进行优化，则可实现更为准确的确定出目标蒸汽用户在该未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间。

举例来说，若确定出第 j 个未来时间段相对于前述预测状态 $S1$ 、 $S2$ 、 $S3$ 、 $S4$ 、 $S5$ 的各个状态置信概率中，对应于预测状态 $S2$ 的置信概率最高，则说明通过预测模型对第 j 个未来时间段内用户使用蒸汽设备蒸汽时所对应的第二热负荷量级进行预测时，预测的第二热负荷量级对应为高估状态的可能性越高；具体地，参见前述实施例中预测状态 $S2$ 所对应的误差阈值时大于 5% 且不大于 10%，即高估状态 $S2$ 所对应的上极值（最大值或最大值所趋近的极限值）为 10%，下极限值（最小值或最小值所趋近的极限值）为 5%，通过预测模型预测的第 j 个未来时间段所对应的第二热负荷量级是 Y （预测的 Y 值发生高估的概率极高），那么，通过上述公式 3 则可计算出第 i 个未来时间段所对应的上临界值为 $0.95Y$ ，且下临界值为 $0.91Y$ ，进而确定出第 i 个未来时间段内用户使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间为 $0.91Y \sim 0.95Y$ 。

基于前述举例，后续过程中针对蒸汽进行调度时，若根据预测模型预测的第二热负荷量级 Y 在第 i 个未来时间段内对目标蒸汽用户进行蒸汽调度，则可能导致在目标蒸汽用户出发生供需差异过大，反之，根据热负荷区间

0.91Y~0.95Y 在第 i 个未来时间段内对目标蒸汽用户进行蒸汽调度时, 表征目标蒸汽用户的最低热负荷需求可能为 0.91Y、最高热负荷需求可能为 0.95Y、热负荷需求中间值为 0.9Y, 此时则可结合实际业务场景以目标蒸汽用户的最低热负荷需求、最高热负荷需求或热负荷需求中间值对目标蒸汽用户进行蒸汽调度; 不难看出, 通过本发明实施例提供的技术方案, 可克服通过预测模型直接预测未来时间段内用户使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷量级而造成的单点误差过大现象, 可方便后续过程中对蒸汽设备蒸汽进行更为高效的调度。

请参考图 2, 本发明实施例提供了另一种热负荷预测方法, 具体包括如下各个步骤。

步骤 201, 设置多种预测状态及其分别对应的误差阈值, 以及根据目标用户在多个连续的历史时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的历史热负荷量级形成预测模型。

步骤 202, 调用预测模型预测目标蒸汽用户在多个连续的测试时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的第一热负荷量级。

步骤 203, 获取目标蒸汽用户在各个测试时间段使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的实际热负荷量级。

步骤 204, 计算各个测试时间段所分别对应的相对预测误差。

步骤 204 可具体结合本发明任意一个实施例中提供的公式 1 实现。

步骤 205, 根据各个测试时间段所分别对应的相对预测误差、各种预测状态分别对应对应的误差阈值确定每一个测试时间段所分别对应的可信预测状态。

步骤 206, 根据每两个相邻的测试时间段所分别对应的可信预测状态, 确定各种预测状态转移类型所分别对应的状态转移次数。

步骤 207, 根据每一种状态转移类型分别对应的状态转移次数确定每一种状态转移类型所分别对应的状态转移概率。

步骤 208, 利用每一种状态转移类型所分别对应的状态转移概率组成状态转移概率矩阵。

步骤 209, 确定当前时间段相对于各种预测状态的初始概率矩阵。

步骤 210, 计算各个未来时间段相对于各种预测状态的置信概率矩阵。

5 步骤 210 可具体结合本发明任意一个实施例中提供的公式 2 实现。

步骤 211, 针对于每一个未来时间段, 从未来时间段所对应的置信概率矩阵中提取未来时间段相对各种预测状态的置信概率。

为方便描述, 后续各步骤仅针对一个未来时间段进行相应的处理以实现确定目标蒸汽用户在该未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间。

10 步骤 212, 从未来时间段相对于各种预测状态的置信概率中确定出最大置信概率, 并将最大置信概率所对应的预测状态确定为目标预测状态。

步骤 213, 根据目标预测状态所对应的误差阈值以及未来时间段所对应的第二热负荷量级确定目标蒸汽用户在未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间。

15 这里, 具体可结合上述前述任一实施例中提供的公式 3 实现确定目标蒸汽用户在未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间。

基于与本发明方法实施例相同的构思, 如图 3 所示, 本发明实施例还提供了一种热负荷预测装置, 包括:

20 预处理模块 301, 用于设置多种预测状态及其分别对应的误差阈值, 形成目标蒸汽用户所对应的预测模型;

模型调用模块 302, 用于调用所述预测模型预测所述目标蒸汽用户在多个测试时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的第一热负荷量级; 调用所述预测模型预测所述目标用户在各个所述未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分
25 别对应的第二热负荷量级;

误差处理模块 303, 用于根据各个所述测试时间段分别对应的第一热负荷

量级确定各个所述测试时间段所分别对应的相对预测误差；

状态概率确定模块 304，根据各个所述测试时间段所分别对应的相对预测误差及各个所述预测状态所分别对应的误差阈值形成状态转移概率矩阵，并根据所述状态转移概率矩阵确定各个未来时间段相对于各种所述预测状态的状态置信概率；

热负荷区间预测模块 305，用于针对于每一个所述未来时间段，根据所述未来时间段所对应的第二热负荷量级、所述未来时间段相对于各种所述预测状态的状态置信概率以及各种所述预测状态所分别对应的误差阈值，确定所述目标蒸汽用户在所述未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间。

10

图 4 是本发明的一个实施例电子设备的结构示意图。在硬件层面，该电子设备包括处理器，可选地还包括内部总线、网络接口、存储器。其中，存储器可能包含内存，例如高速随机存取存储器(Random-Access Memory, RAM)，也可能还包括非易失性存储器（non-volatile memory），例如至少 1 个磁盘存储器等。当然，该电子设备还可能包括其他业务所需要的硬件。

处理器、网络接口和存储器可以通过内部总线相互连接，该内部总线可以是 ISA(Industry Standard Architecture, 工业标准体系结构) 总线、PCI(Peripheral Component Interconnect, 外设部件互连标准)总线或 EISA(Extended Industry Standard Architecture, 扩展工业标准结构) 总线等。所述总线可以分为地址总线、数据总线、控制总线等。为便于表示，图 4 中仅用一个双向箭头表示，但并不表示仅有一根总线或一种类型的总线。

存储器，用于存放程序/执行指令。具体地，程序可以包括程序代码，所述程序代码包括计算机操作指令。存储器可以包括内存和非易失性存储器，并向处理器提供指令和数据。

在一种可能实现的方式中，处理器从非易失性存储器中读取对应的计算机程序到内存中然后运行，也可从其它设备上获取相应的计算机程序，以在逻辑

层面上形成热负荷预测装置。处理器，执行存储器所存放的程序，以通过执行的程序实现本发明任一实施例中提供的热负荷预测方法。

上述实施例提供的热负荷预测装置执行的方法可以应用于处理器中，或者由处理器实现。处理器可能是一种集成电路芯片，具有信号的处理能力。在实现过程中，上述方法的各步骤可以通过处理器中的硬件的集成逻辑电路或者软件形式的指令完成。上述的处理器可以是通用处理器，包括中央处理器（Central Processing Unit，CPU）、网络处理器（Network Processor，NP）等；还可以是数字信号处理器（Digital Signal Processor，DSP）、专用集成电路（Application Specific Integrated Circuit，ASIC）、现场可编程门阵列（Field-Programmable Gate Array，FPGA）或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。可以实现或者执行本发明实施例中的公开的各方法、步骤及逻辑框图。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

结合本发明实施例所公开的方法的步骤可以直接体现为硬件译码处理器执行完成，或者用译码处理器中的硬件及软件模块组合执行完成。软件模块可以位于随机存储器，闪存、只读存储器，可编程只读存储器或者电可擦写可编程存储器、寄存器等本领域成熟的存储介质中。该存储介质位于存储器，处理器读取存储器中的信息，结合其硬件完成上述方法的步骤。

本发明实施例还提出了一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质存储一个或多个程序，该一个或多个程序包括指令，该指令当被包括多个应用程序的电子设备执行时，能够使该电子设备执行本发明任一实施例中提供的热负荷预测方法，并具体用于执行如图1和/或图2所示的方法。

上述实施例阐明的系统、装置、模块或单元，具体可以由计算机芯片或实体实现，或者由具有某种功能的产品来实现。一种典型的实现设备为计算机。具体的，计算机例如可以为个人计算机、膝上型计算机、蜂窝电话、相机电话、智能电话、个人数字助理、媒体播放器、导航设备、电子邮件设备、游戏控制

台、平板计算机、可穿戴设备或者这些设备中的任何设备的组合。

为了描述的方便，描述以上装置时以功能分为各种单元或模块分别描述。当然，在实施本发明时可以把各单元或模块的功能在同一个或多个软件和/或硬件中实现。

5 本领域内的技术人员应明白，本发明的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此，本发明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，本发明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。

10 本发明是参照根据本发明实施例的方法、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
15 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。

 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中，使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品，该指令装置实现在流程图一个流程或多个
20 流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上，使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理，从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供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步骤。

25 在一个典型的配置中，计算设备包括一个或多个处理器(CPU)、输入/输出接口、网络接口和内存。

内存可能包括计算机可读介质中的非永久性存储器，随机存取存储器(RAM)和/或非易失性内存等形式，如只读存储器(ROM)或闪存(flash RAM)。内存是计算机可读介质的示例。

计算机可读介质包括永久性和非永久性、可移动和非可移动媒体可以由任
5 何方法或技术来实现信息存储。信息可以是计算机可读指令、数据结构、程序的模块或其他数据。计算机的存储介质的例子包括，但不限于相变内存(PRAM)、静态随机存取存储器(SRAM)、动态随机存取存储器(DRAM)、其他类型的随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、快闪记忆体或其他内存技术、只读光盘只读存储器(CD-ROM)、
10 数字多功能光盘(DVD)或其他光学存储、磁盒式磁带，磁带磁磁盘存储或其他磁性存储设备或任何其他非传输介质，可用于存储可以被计算设备访问的信息。按照本文中的界定，计算机可读介质不包括暂存电脑可读媒体(transitory media)，如调制的数据信号和载波。

还需要说明的是，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖
15 非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、商品或者设备不仅包括那些要素，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、商品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、商品或者设备中还存在另外的相同要素。

20 本领域技术人员应明白，本发明的实施例可提供为方法、系统或计算机程序产品。因此，本发明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，本发明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。

25 本发明可以在由计算机执行的计算机可执行指令的一般上下文中描述，例如程序模块。一般地，程序模块包括执行特定任务或实现特定抽象数据类型的

例程、程序、对象、组件、数据结构等等。也可以在分布式计算环境中实践本发明，在这些分布式计算环境中，由通过通信网络而被连接的远程处理设备来执行任务。在分布式计算环境中，程序模块可以位于包括存储设备在内的本地和远程计算机存储介质中。

- 5 本发明中的各个实施例均采用递进的方式描述，各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。尤其，对于系统实施例而言，由于其基本相似于方法实施例，所以描述的比较简单，相关之处参见方法实施例的部分说明即可。

- 10 以上所述仅为本发明的实施例而已，并不用于限制本发明。对于本领域技术人员来说，本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原理之内所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的权利要求范围之内。

权 利 要 求 书

1、一种热负荷预测方法，其特征在于，包括：

设置多种预测状态及其分别对应的误差阈值，形成目标蒸汽用户所对应的预测模型；

5 调用所述预测模型预测所述目标蒸汽用户在多个测试时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的第一热负荷量级；

根据各个所述测试时间段分别对应的第一热负荷量级确定各个所述测试时间段所分别对应的相对预测误差；

10 根据各个所述测试时间段所分别对应的相对预测误差及各个所述预测状态所分别对应的误差阈值形成状态转移概率矩阵，并根据所述状态转移概率矩阵确定各个未来时间段相对于各种所述预测状态的状态置信概率；

调用所述预测模型预测所述目标用户在各个所述未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的第二热负荷量级；

15 针对于每一个所述未来时间段，根据所述未来时间段所对应的第二热负荷量级、所述未来时间段相对于各种所述预测状态的状态置信概率以及各种所述预测状态所分别对应的误差阈值，确定所述目标蒸汽用户在所述未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间。

2、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，

20 所述根据各个所述测试时间段分别对应的第一热负荷量级确定各个所述测试时间段所分别对应的相对预测误差，包括：

获取所述目标蒸汽用户在各个所述测试时间段使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的实际热负荷量级；

通过如下公式1计算各个所述测试时间段所分别对应的相对预测误差：

$$E_i = \frac{F_i - f_i}{f_i} \quad (1)$$

25 其中， E_i 表征第i个测试时间段所对应的相对预测误差、 F_i 表征第i个测

试时间段所对应的实际热负荷量级、 f_i 表征第 i 个测试时间段所对应的第一热负荷量级。

3、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，

所述根据各个所述测试时间段所分别对应的相对预测误差及各个所述预测状态所分别对应的误差阈值形成状态转移概率矩阵，并根据所述状态转移概率矩阵确定各个未来时间段相对于各种所述预测状态的状态置信概率，包括：

根据各个所述测试时间段所分别对应的相对预测误差、各种所述预测状态分别对应的误差阈值确定每一个所述测试时间段所分别对应的可信预测状态；

根据每两个相邻的所述测试时间段所分别对应的可信预测状态，确定各种预测状态转移类型所分别对应的状态转移次数；

根据每一种所述状态转移类型分别对应的状态转移次数确定每一种所述状态转移类型所分别对应的状态转移概率；

利用每一种所述状态转移类型分别对应的状态转移概率组成状态转移概率矩阵；

15 确定当前时间段相对于各种所述预测状态的初始概率矩阵；

根据所述初始概率矩阵及所述状态转移概率矩阵确定各个未来时间段相对于各种所述预测状态的置信概率。

4、根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于，

所述根据所述初始概率矩阵及所述状态转移概率矩阵确定各个未来时间段相对于各种所述预测状态的置信概率，包括：

通过如下公式 2 计算各个未来时间段相对于各种所述预测状态的置信概率矩阵：

$$X(n) = X(0) * P^n \quad (2)$$

其中， $X(n)$ 表征以当前时间段的截止时间点为起始时间点的第 n 个未来时间段相对于各种所述预测状态的置信概率矩阵、 $X(0)$ 表征当前时间段对应的初

始概率矩阵、 P 表征所述状态转移概率矩阵；

针对于每一个所述未来时间段，从所述未来时间段所对应的置信概率矩阵中提取所述未来时间段相对各种所述预测状态的置信概率。

5、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，

- 5 所述根据所述未来时间段所对应的第二热负荷量级、所述未来时间段相对于各种所述预测状态的状态置信概率以及各种所述预测状态所分别对应的误差阈值，确定所述目标蒸汽用户在所述未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间，包括：

10 从所述未来时间段相对于各种所述预测状态的置信概率中确定出最大置信概率；

将所述最大置信概率所对应的预测状态确定为目标预测状态；

根据所述目标预测状态所对应的误差阈值以及所述未来时间段所对应的第二热负荷量级确定所述目标蒸汽用户在所述未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间。

- 15 6、根据权利要求 5 所述的方法，其特征在于，

所述根据所述目标预测状态所对应的误差阈值以及所述未来时间段所对应的第二热负荷量级确定所述目标蒸汽用户在所述未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间，包括：

20 通过如下公式 3 计算所述目标蒸汽用户在所述未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的上临界值及临界值：

$$y = Y / (1 + e) \quad (3)$$

其中， y 表征所述未来时间段所对应的上临界值或下临界值、 Y 表所述未来时间段所对应的第二热负荷量级、 e 表征所述目标预测状态所对应的误差阈值的上极值或下极值；

- 25 根据所述上临界值及所述下临界值确定所述目标蒸汽用户在所述未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间。

7、根据权利要求 1 至 6 中任一所述的方法，其特征在于，

所述多种预测状态具体包括：极度高估状态、高估状态、正常状态、低估状态及极度低估状态；其中，

所述极度高估状态所对应的误差阈值具体为大于 10%；

5 所述高估状态所对应的误差阈值具体为大于 5%且不大于 10%；

所述正常状态所对应的误差阈值具体为不小于-5%且不大于 5%；

所述低估状态所对应的误差阈值具体为不小于-10%且小于-5%；

所述极度低估状态所对应的误差阈值具体为小于-10%。

8、一种热负荷预测装置，其特征在于，包括：

10 预处理模块，用于设置多种预测状态及其分别对应的误差阈值，形成目标蒸汽用户所对应的预测模型；

模型调用模块，用于调用所述预测模型预测所述目标蒸汽用户在多个测试时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分别对应的第一热负荷量级；调用所述预测模型预测所述目标用户在各个所述未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所分别对
15 应的第二热负荷量级；

误差处理模块，用于根据各个所述测试时间段分别对应的第一热负荷量级确定各个所述测试时间段所分别对应的相对预测误差；

状态概率确定模块，根据各个所述测试时间段所分别对应的相对预测误差及各个所述预测状态所分别对应的误差阈值形成状态转移概率矩阵，并根据所
20 述状态转移概率矩阵确定各个未来时间段相对于各种所述预测状态的状态置信概率；

热负荷区间预测模块，用于针对于每一个所述未来时间段，根据所述未来时间段所对应的第二热负荷量级、所述未来时间段相对于各种所述预测状态的状态置信概率以及各种所述预测状态所分别对应的误差阈值，确定所述目标蒸
25 汽用户在所述未来时间段内使用蒸汽设备蒸汽时所对应的热负荷区间。

9、一种可读介质，包括执行指令，当电子设备的处理器执行所述执行指

令时，所述电子设备执行如权利要求 1 至 8 中任一所述的方法。

- 10、一种电子设备，包括：处理器、存储器和总线；所述存储器用于存储执行指令，所述处理器与所述存储器通过所述总线连接，当所述电子设备运行时，所述处理器执行所述存储器存储的所述执行指令，以使所述处理器执行如
- 5 权利要求 1 至 8 中任一所述的方法。