

能耗分级优化方法、计算机设备及存储介质

交叉引用

本发明要求在 2023 年 07 月 05 日提交中国专利局、申请号为 202310820243.9、发明名称为“能耗分级优化方法、计算机设备及存储介质”的中国专利申请的优先权，该申请的全部内容通过引用结合在本发明中。

技术领域

本申请实施例涉及能源领域，特别涉及一种能耗分级优化方法、计算机设备及存储介质。

背景技术

降低碳排放量是环境保护的重要手段，在一些应用有暖用设备的场景（比如数据中心）中，可以通过优化暖通设备的控制策略来降低能耗，以减少碳排放量。

在相关技术中，优化暖通设备的控制策略的方式主要是通过机器学习或者深度学习直接建立能耗优化相关的运行数据与电能使用效率之间的能耗预测模型，与能耗优化相关的运行数据包括室外环境数据、暖通设备、IT 设备的关键测点数据，若预测出来的电能使用效率比原有的电能使用效率低，则认为模型的输入参数组合是有效的能耗优化方法。

然而，上述优化方法属于纯数据驱动模型，理论上可以实现较好的能耗优化效果，但落实到实际中可能会出现由于控制参数频繁调整导致的设备频繁启停或者参数差异过大导致与实际运维逻辑不符的问题，从而使得能耗优化方法的实用性较低。

发明内容

本申请实施例提供了一种能耗分级优化方法、计算机设备及存储介质，

可以提高寻优效率以及提高能耗优化策略的实用性。该技术方案如下：

一方面，提供了一种能耗分级优化方法，所述方法包括：获取与能耗优化相关的目标运行数据；对所述目标运行数据进行数据分级，获得对应于各个优化层级的数据集合；不同优化层级的数据集合对应于不同的优化指标；基于设备运行机理及所述目标运行数据指示的当前状态，确定起始优化层级；以所述起始优化层级为寻优起点，基于各个优化层级的寻优模型以及对应于各个优化层级的数据集合进行分级寻优计算，得到目标能耗优化策略，以基于所述目标能耗优化策略对暖通设备进行能耗优化。

另一方面，提供了一种计算机设备，所述计算机设备包含处理器和存储器，所述存储器存储有至少一条计算机程序，所述至少一条计算机程序由所述处理器加载并执行以实现上述的能耗分级优化方法。

另一方面，提供了一种可读存储介质，所述可读存储介质中存储有至少一条计算机程序，所述计算机程序由处理器加载并执行以实现上述的能耗分级优化方法。

另一方面，提供了一种计算机程序产品，所述计算机程序产品包括至少一条计算机程序，所述计算机程序由处理器加载并执行以实现上述各种可选实现方式中提供的能耗分级优化方法。

附图说明

此处的附图被并入说明书中并构成本说明书的一部分，示出了符合本申请的实施例，并与说明书一起用于解释本申请的原理。

图1示出了本申请一示例性实施例提供的能耗分级优化方法的流程图；
图2示出了本申请一示例性实施例提供的能耗分级优化方法的流程图；
图3示出了本申请一示例性实施例提供的能耗分级优化方法的流程图；
图4示出了本申请一示例性实施例提供的能耗分级优化系统的示意图；
图5示出了本申请一示例性实施例示出的计算机设备的结构框图。

具体实施方式

这里将详细地对示例性实施例进行说明，其示例表示在附图中。下面的描述涉及附图时，除非另有表示，不同附图中的相同数字表示相同或相似的要素。以下示例性实施例中所描述的实施方式并不代表与本申请相一致的所有实施方式。相反，它们仅是与如所附权利要求书中所详述的、本申请的一些方面相一致的装置和方法的例子。

在装设有暖通设备的场景中，可以通过对暖通设备的能耗优化实现节能和降低能耗的目的，示意性的，在进行节能和降低能耗时可以通过对暖通设备的能耗优化实现，现阶段对暖通设备能耗优化策略的制定存在以下问题：

1) 没有考虑暖通设备控制参数之间的关系，对所有控制参数同等对待(如设备运行数量、设备内部控制参数在每次优化时都是同等调整)，输出的控制参数前后变化(尤其是设备运行数量的不同)会导致设备频繁启停，不符合实际运维对机器的维护。

2) 没有考虑暖通设备类型的组合(即运行模式)会依据气候变化、相应的设备内部控制参数也不同，导致现有模型给出的内部控制参数与现有设备当前实际运维的参数设置逻辑差异很大，很难被可信地接受。

3) 没有结合实际运维在建模过程中充分考虑安全性及有效性，导致模型输出的优化控制策略在后续下发时可信度不高。

4) 没有考虑实际采集的杂乱数据与模拟的理想数据之间的巨大差异，实际采集的数据存在较多的数据缺失、设备状态指标与设备频率反馈不一致、数据采集异常等大量问题，需要通过结合设备运行机理来进行分级处理、正确性校验，如果不进行有效的数据分级处理会导致模型准确率较低、后续应用无效。

针对上述问题，本申请实施例提供了一种能耗分级优化方法，可以解决上述全部或部分问题，在优化能耗的同时，提高能耗优化策略的实用性。下面通过几个实施例介绍本申请的能耗分级优化方法。

图 1 示出了本申请一示例性实施例提供的能耗分级优化方法的流程图，该方法可以由计算机设备执行，该计算机设备可以实现为暖通设备的管理设备，如图 1 所示，该能耗分级优化方法可以包括以下步骤：

步骤 110，获取与能耗优化相关的目标运行数据。

在本申请实施例中，与能耗优化相关的目标运行数据可以包括室内外各个环节的温湿度，各种暖通设备的设备能耗、暖通设备关键组件的状态信息以及控制参数等等。该目标运行数据可以是计算机设备对各个暖通设备进行监测获得的。

步骤 120，对目标运行数据进行数据分级，获得对应于各个优化层级的数据集合；不同优化层级的数据集合对应于不同的优化指标。

在基于目标运行数据进行能耗优化策略制定时，首先要对目标运行数据依据各个优化层级对应的优化指标进行数据分级，以获得各个优化层级对应的数据集合；不同优化层级对应的优化指标不同，体现在不同优化层级涉及的优化指标的数量以及优化指标的类型不同上，不同优化层级涉及的优化指标可以部分相同或全部不同；示意性的，一个优化层级可能涉及优化指标 A，另一个优化层级可能涉及优化指标 A 以及优化指标 B，优化层级的数量以及各个优化层级涉及的优化指标的设置可以由相关人员基于实际需求进行设置，本申请对此不进行限制。

步骤 130，基于设备运行机理及目标运行数据指示的当前状态，确定起始优化层级。

在本申请实施例中，各个优化层级之间可以具有层级关系，即在进行能耗优化策略制定过程中，计算机设备可以按照各个优化层级之间的层级关系，逐级进行寻优计算。因此，为了避免无意义的寻优计算过程，计算机设备可以先根据设备运行机理以及目标运行数据指示的当前状态确定当前状态下的起始寻优层级，以确定各个优化层级中的寻优起点。

步骤 140，以起始优化层级为寻优起点，基于各个优化层级的寻优模型

以及对应于各个优化层级的数据集合进行分级寻优计算，得到目标能耗优化策略，以基于目标能耗优化策略对暖通设备进行能耗优化。

示意性的，若配置有 4 个具有层级关系的优化层级，基于设备运行机理以及目标运行数据指示的当前状态确定的起始寻优层级为第二个优化层级，在进行能耗优化策略制定时，则可以跳过第一个优化层级，从第二个优化层级开始进行分级寻优计算及验证，直至得到目标能耗优化策略或者遍历全部优化层级。通过分级寻优可以实现基于不同优化指标的能耗优化策略的制定，通过对起始优化层的确定，可以避免不必要的寻优计算和校验过程，提高能耗优化策略的制定效率以及提高能耗优化策略与当前状态的适用性。

每个优化层级在进行寻优计算时，通过该优化层级的寻优模型对该优化层级的数据集合进行寻优计算，以获取到该优化层级的寻优结果，即该优化层级的能耗优化策略；在一种可能的实现方式中，计算机设备可以直接将优化层级得到的能耗优化策略确定为目标能耗优化策略，或者，在另一种可能的实现方式中，计算机设备可以在该能耗优化策略符合指定条件时，将该能耗优化策略确定为目标能耗优化策略。

综上所述，本申请实施例提供的能耗分级优化方法，通过获取与能耗优化相关的目标运行数据，对目标运行数据进行数据分级获得对应于不同优化指标的各个优化层级的数据集合，在通设备运行机理以及当前状态确定了起始优化层级之后，以各个优化层级中的起始优化层级为寻优起点，基于各个优化层级的寻优模型和各个优化层级的数据集合进行分级寻优计算，以得到符合当前实际需求的目标能耗优化策略，以基于该目标能耗优化策略对暖通设备进行能耗优化；通过上述方法，可以确定与设备运行机理及当前状态相适应的起始优化层级，以基于起始优化层级为分级寻优起点进行分级寻优制定能耗优化策略，可以避免不必要的寻优过程，提高寻优效率，另外，由于得到的目标能耗优化策略与当前状态与设备运行机理相适应，因此，提高了能耗优化策略的实用性。

在一种可能的实现方式中，在优化层级输出的能耗优化策略通过安全及有效性校验时，将该能耗优化策略确定为目标能耗优化策略；在本申请实施例中，计算机设备可以通过安全及有效性校验模型实现对能耗优化策略的安全及有效性校验；在此情况下，图 2 示出了本申请一示例性实施例提供的能耗分级优化方法的流程图，该方法可以由计算机设备执行，该计算机设备可以实现为暖通设备的管理设备，如图 2 所示，该能耗分级优化方法可以包括以下步骤：

步骤 201，获取与能耗优化相关的目标运行数据。

计算机设备可以将从真实数据中心中获取到的真实运行数据获取为目标运行数据，该真实数据中心可以包括 IT 中心以及动环系统（Supervision System, SS）。在本申请实施例中，该目标运行数据可以包括室内外的温湿度以及信息技术 IT（Information Technology）负载变化情况；该目标运行数据用于指示当前状态。

步骤 202，对目标运行数据进行数据分级，获得对应于各个优化层级的数据集合；不同优化层级的数据集合对应于不同的优化指标。

计算机设备可以通过数据分级处理模块实现对目标运行数据进行数据分级，获得对应于各个优化层级的数据集合的过程，该过程可以包括：

对目标运行数据进行数据分级清洗、数据分级校验、指标分级融合、指标分级提取、指标分级划分，得到应用于控制策略分级优化模型的数据集合；该控制策略分级优化模型包括各个优化层级的寻优模型；应用于控制策略分级优化模型的数据集合包括应用于各个优化层级的寻优模型的数据子集。

在数据分级过程中，数据分级清洗用于清洗目标运行数据中的冗余数据，比如检查数据一致性、处理无效值和缺失值等等。

数据分级校验用于校验各个数据的正确性；数据分级校验可以基于业务逻辑去校验各个设备的数据采集是否存在异常，在确定存在异常时，确定这部分异常属于设备故障还是数据采集错误，统计这部分异常数据的大小，在

此基础上可以基于预先指定的数据正确性提取逻辑采取相应的数据修正或者数据去除措施；示意性的，数据分级校验基于的业务逻辑为冷冻水制冷系统的业务逻辑时，需要确定冷水机组内的冷却泵、冷冻一次泵、水冷机或者板换三者是否满足同开同关的条件，以确定冷冻水制冷系统对应的各个设备的数据采集是否存在异常，比如在某一设备的设备状态位显示设备关闭，但是设备的频率或者电流百分比却有值显示开启时，确定存在异常。

指标分级融合用于对相关指标进行数据统计，生成新的指标。示意性的，计算机设备通过设备的状态指标、控制指标、控制反馈指标来判定设备的真实开启情况（即新的指标），此外，指标分级融合还可以实现为对同类设备进行运行数量统计、温湿度均值生成、电流百分比均值生成、频率反馈均值生成等。

指标分级提取用于提取不同模型所需指标集合，以组成对应的数据子集。示意性的，应用于能耗有效性校验模型的数据子集 Data_E 中包含与能耗相关的指标，比如与 PUE（Power Usage Effectiveness，电源使用效率）或 CLF（Cooling Load Factor，制冷负载系数）相关的指标，其中，PUE 是消耗的所有能源与 IT 负载使用的能源之比，CLF 是制冷设备耗电与 IT 设备耗电的比值；应用于制冷量安全性校验模型的数据子集 Data_C 中包含与制冷量 Cooling 相关的指标；应用于状态安全性校验的数据子集 Data_S 中包含与温度压力状态相关的指标；控制策略分级优化模型所需的各个优化层级的数据子集中包含与当前优化层级相关的指标。

指标分级划分用于对各个指标进行类型划分；示意性的，优化指标可以基于指标类型、指标作用等划分依据划分成不同的类型，比如，以划分依据为指标类型可以将各个指标划分为环境指标、设备运行状态指标、设备控制反馈指标、设备控制参数设置指标、各类能耗指标等等；以划分依据为指标作用可以将各个指标划分为安全性校验相关指标、有效性校验相关指标以及策略分级寻优相关指标等等，通过进行指标分级划分，可以便于数据分级处

理过程的迭代及修正。

在一实施例中，在对目标运行数据进行数据分级，获得对应于各个优化层级的数据集合之前，该方法还包括：

通过寻优预检指标对目标运行数据进行寻优预检测，获得寻优预检测结果；寻优预检指标包括以下至少之一：检验各个模型所需的指标是否缺失以及检验指标之间的业务关系是否成立；在寻优预检测结果指示目标运行数据预检测通过时，对目标运行数据进行数据分级，获得对应于各个优化层级的数据集合。

也就是说，在进入能耗分级优化的在线推理流程时，会先对目标运行数据进行寻优预检，在目标运行数据通过寻优预检后，再进行后续处理过程；其中，检验各个模型所需的指标是否缺失可以是检验室内外环境温度、设备运行状态、设备控制反馈、设备设定参数等是否有大面积缺失；检验指标之间的业务关系是否成立可以是检验冷水机组各个设备的状态是否符合合同开同关等等。

在寻优预检测结果指示目标运行数据检测不通过时，确定暖通设备不适合进行能耗优化。

在寻优预检测结果指示目标运行数据检测不通过时，表示可能存在设备故障或者数据采集有问题，在此情况下，确定暖通设备不适合进行能耗优化，暂时不进入后续流程；在一实施例中，在此情况下，还可以通过音频信息或者视觉信息给出“不适合优化”的提示，比如，发出提示音或者在显示设备上显示文字或图像提示信息等等。

步骤 203，基于设备运行机理及目标运行数据指示的当前状态，确定起始优化层级。

示意性的，以计算机设备中配置有三个优化层级为例，分别为第一优化层级，第二优化层级以及第三优化层级，这三个优化层级之间具有层级关系，在进行分级寻优计算时，若起始优化层级为第一优化层级，则按照由第一优

化层级到第三优化层级的顺序进行寻优；三个优化层级的优化指标不同，其中，第一优化层级指的是对暖通设备的内部控制参数进行寻优；第二优化层级指的是对暖通设备的运行数量以及内部控制参数进行寻优；第三优化层级指的是对暖通设备的运行模式、运行数量以及内部控制参数进行寻优；其中，运行模式反映了设备的组合方式，比如，冷冻水制冷设备分为免费模式、预冷模式、制冷模式等等，基于此，本申请实施例提供一种可行的基于气候变化确定起始优化层级的方式，计算机设备确定起始优化层级的过程可以实现为：

在室外温度处于预设的室外温度范围内、室内外温湿度变化情况为周期性变化且 IT 负载变化情况为周期性变化的情况下，确定起始优化层级为第一优化层级；该第一优化层级指示对暖通设备的内部控制参数进行寻优；

在室外温度处于室外温度范围内、室内外温湿度变化情况指示室内外温湿度存在突变或者 IT 负载变化情况指示 IT 负载存在突变的情况下，确定起始优化层级为第二优化层级；该第二优化层级指示对暖通设备的运行数量以及内部控制参数进行寻优；在室外温度处于不同室外温度范围之间的温度临界范围内的情况下，确定起始优化层级为第三优化层级；第三优化层级指示对暖通设备的运行模式、运行数量以及内部控制参数进行寻优。

也就是说，第一优化层级的优化指标为暖通设备的内部控制参数，第二优化层级的优化指标为暖通设备的运行数量以及内部控制参数，第三优化层级的优化指标为暖通设备的运行模式、运行数量以及内部控制参数。

当室外温度处于预设的室外温度范围内时表示气候没有大的变化，该预设的室外温度范围可以是基于季节分别进行设置的，比如，冬季的室外温度范围可以是 $T \leq 10$ ，春秋季节的室外温度范围可以是 $10 < T \leq 26$ ，夏季的室外温度范围可以是 $T > 26$ ，需要说明的是，上述对于室外温度范围的设置仅为示意性的，基于实际情况的不同，室外温度范围也可以具有不同的设置，本申请对此不进行限制。在气候没有大的变化，室内外温湿度和 IT 负载处于周期

性变化时，在进行能耗优化时，优先选择不对暖通设备的运行模式、设备运行数量进行调整，而对暖通设备的内部控制参数进行寻优的寻优方式，即执行以第一优化层级为初始优化层级的寻优计算过程。

在室外温度处于室外温度范围内，即气候没有大的变化、室内外温湿度变化情况指示室内外温湿度存在突变或者 IT 负载变化情况指示 IT 负载存在突变时，在进行能耗优化时，优先选择不对暖通设备的运行模式进行调整，而对暖通设备的运行数量、设备内部控制参数进行寻优的寻优方式，即执行以第二优化层级为初始优化层级的寻优计算过程；在一实施例中，计算机设备可以在气候没有大的变化，室内外温湿度存在突变且在指定时间间隔内超过指定比例阈值，或 IT 负载存在突变且在一段时间内超过指定比例阈值时，执行以第二优化层级为初始优化层级的寻优计算过程；比如，若室外温度处于室外温度范围内且 IT 负载存在突变且 4 个小时内前后变化超过 50% 时，确定执行以第二优化层级为初始优化层级的寻优计算过程；指定时间间隔以及指定比例阈值均可以基于实际需求进行设置，本申请对此不进行限制。

在室外温度处于不同室外温度范围之间的温度临界范围内的情况下，表示气候处于转换季状态，比如，对应于上述基于季节设置的室外温度范围，在室外气温 T 在 10 左右或者 26 左右时，确定气候处于转换季状态，此时，优先选择对暖通设备的运行模式、暖通设备的运行数量、设备内部控制参数进行寻优的寻优方式，即执行以第三优化层级为初始优化层级的寻优计算过程。

需要说明的是，上述对优化层级的划分，各个优化层级作为初始优化层级时的气候条件的设置仅为本申请实施例提供的一种可行的划分和设置方式，相关人员可以基于实际需求设置更多或更少的优化层级并设置对应的气候条件，本申请对此不进行限制。

步骤 204，在进入目标优化层级的情况下，利用目标优化层级的寻优模型对相应的数据集合进行寻优计算，得到候选能耗优化策略；目标优化层级

是以起始优化层级为寻优起点进行寻优的优化层级中的任意一个。

在分级寻优过程中，计算机设备以起始优化层级为寻优起点开启寻优过程，以得到目标能耗优化策略或者遍历完各个优化层级为寻优终点结束寻优过程；在以确定的起始优化层级为寻优起点进行分级寻优的过程中，为了进一步提高得到的能耗优化策略的实用性，在寻优过程中的每个优化层级得到能耗优化策略后，都会进行安全及有效性校验过程，以基于校验结果确定是否确定为目标能耗优化策略。

步骤 205，通过安全及有效性校验模型对候选能耗优化策略进行安全及有效性校验，得到候选能耗优化策略的校验结果。

在本申请实施例中，计算机设备对能耗优化策略进行的安全及有效性校验可以包括：能耗有效性校验、制冷量安全性校验以及应用状态安全性校验；对应的，该安全及有效性校验模型可以包括：能耗有效性校验模型、制冷量安全性校验模型以及应用状态安全性校验模型。

其中，通过安全及有效性校验模型对寻优模型得到的能耗优化策略进行安全及有效性校验，包括：

通过能耗有效性校验模型对能耗优化策略进行能耗有效性校验，获得第一子校验结果；通过制冷量安全性校验模型对能耗优化策略进行制冷量安全性校验，获得第二子校验结果；通过状态安全性校验模型对能耗优化策略进行状态安全性校验，获得第三子校验结果；基于第一子校验结果、第二子校验结果以及第三子校验结果，生成校验结果；该校验结果指示能耗优化策略通过校验或者未通过校验。

各个子校验结果可以是对应模型的校验指标的预测值，通过将对应校验指标的预测值以及对应校验指标的校验条件进行确定是否通过对应模型的校验；示意性的，能耗有效性校验模型对能耗优化策略进行能耗有效性校验可以是指，将能耗优化策略中对应于能耗有效性校验的数据输入到能耗有效性校验模型中，获得能耗有效性校验模型的第一子校验结果，即对该能耗优化

策略下的电能利用效率的预测值，若该第一子校验结果满足对电能利用效率的校验条件，则确定能耗有效性校验通过，若该第一子校验结果不满足对电能利用效率的校验条件，则确定能耗有效性校验不通过。其他子校验结果指示是否通过的验证过程可以参考上述说明，此处不再赘述。

步骤 206，若候选能耗优化策略的校验结果指示候选能耗优化策略通过校验，则将候选能耗优化策略确定为目标能耗优化策略。

在一种可能的实现方式中，在第一子校验结果、第二子校验结果以及第三子校验结果均指示校验通过时，确定校验结果指示能耗优化策略通过校验；在第一子校验结果、第二子校验结果以及第三子校验结果中存在指示未通过校验的子校验结果是时，确定校验结果指示能耗优化策略未通过校验；在一实施例中，计算机设备也可以设定校验比例阈值，在指示通过校验的子校验结果的数量与子校验结果总数的比值大于校验比例阈值时，确定校验结果指示能耗优化策略通过校验，否则，确定校验结果指示能耗优化策略未通过校验；该校验比例阈值的数值可以基于实际需求进行设置，本申请对此不进行限定。示意性的，以在第一子校验结果、第二子校验结果以及第三子校验结果均指示校验通过时，确定校验结果指示能耗优化策略通过校验为例，上述对能耗优化策略的安全及有效性校验过程可以表示为：

$$\begin{aligned} & \text{OptimalControls} = \text{Model_x} * (\text{Data_new}) \\ & (\max(\text{CurrentEnergy} - \text{Model_E}(\text{OptimalControls})) / \text{CurrentEnergy}) \& \\ & (\text{Model_C}(\text{OptimalControls}) \geq \text{CurrentNeededCooling}) \\ & \& (\text{MinSafeState} \leq \text{Model_S}(\text{OptimalControls}) \leq \text{MaxSafeState}) \end{aligned}$$

其中，OptimalControls 表示目标能耗优化策略，Model_x 表示第 x 个优化层级，Data_new 表示目标运行数据，CurrentEnergy 表示当前能耗，CurrentNeededCooling 表示当前制冷量，MinSafeState 表示状态安全的最小值，MaxSafeState 表示安全状态的最大值；需要说明的是，上述对各个校验指标的校验条件的设置仅为示意性的，基于实际需求可以进行其他校验条件的设

置，本申请对此不进行限制。

在分级寻优过程中，存在当前优化层级的能耗优化策略未通过安全及有效性校验的情况，在此情况下：

步骤 207，在目标优化层级为各个优化层级中的非最高优化层级的情况下，若候选能耗优化策略的校验结果指示候选能耗优化策略未通过校验，执行目标优化层级的下一优化层级的寻优计算以及安全及有效性校验。

步骤 208，在目标优化层级为各个优化层级中的最高优化层级的情况下，若候选能耗优化策略的校验结果指示候选能耗优化策略未通过校验，确定暖通设备不适合进行能耗优化。

也就是说，在目标优化层级存在比其层级更高的优化层级时，在基于目标优化层级未能获取到目标能耗优化策略时，进行下一个优化层级的寻优过程，示意性的，利用第 N 个优化层级的寻优模型进行寻优计算和安全及有效性校验之后，若获取到的能耗优化策略通过校验，则将该能耗优化策略确定为目标能耗优化策略并输出，结束分级优化过程；若获取到的能耗优化策略未通过校验，则利用第 N+1 个优化层级的寻优模型继续进行寻优计算和安全及有效性校验，直至获取到目标能耗优化策略或遍历完全部的优化层级，N 为正整数；在遍历完全部的优化层级仍未获取到目标能耗优化策略时，确定当前暖通设备不适合进行能耗优化，输出相应的提示。

由于优化层级在进行寻优的过程中，是对该优化层级对应的数据集合中的各个优化指标对应的参数进行调整以达到降低能耗目的的过程，因此，同一优化层级在不同的迭代寻优中可能输出不同的能耗优化策略，示意性的，第一优化层级的优化指标是暖通设备的内部控制参数，暖通设备的内部控制参数可以包括频率、电流百分比等等参数，基于不同参数的设置组合可以生成不同的能耗优化策略，因此，为了保证寻优过程的全面性，计算机设备可以在一个优化层级进行多次迭代寻优，基于此，在确定目标优化层输出的候选能耗优化策略的校验结果未通过校验的情况下，该方法还包括：

基于目标优化层级的寻优模型对相应的数据集合进行迭代寻优计算以及安全及有效性校验；在迭代寻优计算次数达到限定迭代次数且未得到目标能耗优化策略的情况下，基于目标优化层级的层级情况，执行目标优化层级的下一优化层级的寻优计算以及安全及有效性校验，或者，确定暖通设备不适合进行能耗优化。

在上述过程中，若在迭代寻优计算次数未达到限定迭代次数时得到目标能耗优化策略，则输出该目标能耗优化策略并停止迭代寻优以及分级寻优；在迭代寻优计算次数达到限定迭代次数时仍未得到目标能耗优化策略则表示当前优化层级（即目标优化层级）无法进行较好的能耗优化，在当前优化层级为非最高优化层级的情况下，执行当前优化层级的下一优化层级的寻优计算以及安全及有效性校验，在当前优化层级为最高优化层级的情况下，确定暖通设备不适合进行能耗优化。需要说明的是，上述限定迭代次数的数值可以基于实际需求进行设置，不同优化层级对应的限定迭代次数的设置可以相同也可以不同，本申请对此不进行限制。

综上所述，本申请实施例提供的能耗分级优化方法，通过获取与能耗优化相关的目标运行数据，对目标运行数据进行数据分级获得对应于不同优化指标的各个优化层级的数据集合，在通设备运行机理以及当前状态确定了起始优化层级之后，以各个优化层级中的起始优化层级为寻优起点，基于各个优化层级的寻优模型和各个优化层级的数据集合进行分级寻优计算，以得到符合当前实际需求的目标能耗优化策略，以基于该目标能耗优化策略对暖通设备进行能耗优化；通过上述方法，可以确定与设备运行机理及当前状态相适应的起始优化层级，以基于起始优化层级为分级寻优起点进行分级寻优制定能耗优化策略，可以避免不必要的寻优过程，提高寻优效率，另外，由于得到的目标能耗优化策略与当前状态与设备运行机理相适应，因此，提高了能耗优化策略的实用性。

在进行能耗分级优化的过程中，由于应用场景或者应用需求的改变，可

能会导致能耗优化策略制定中所应用的模型不适用当前应用场景或应用需求的情况，此时，计算机设备可以先对能耗优化策略制定中所应用的模型进行重新训练后，在基于重新训练获得的模型进行能耗优化策略制定，以提高能耗优化策略的使用性，因此，该方法还包括：

步骤 209，在确定满足模型重新训练的条件下，将历史运行数据与目标运行数据进行合并以组成样本集。

在本申请提供的能耗分级优化方法中涉及对各个优化层级的寻优模型以及安全及有效性校验模型的应用，为了提高能耗分级优化的准确性，各个优化层级的寻优模型以及安全即有效性校验模型需要在满足模型重新训练的条件下进行重新训练；在一种可能的实现方式中，计算机设备可以在获取到与能耗优化相关的目标运行数据之后判断是否满足模型重新训练的条件；或者，在另一种可能的实现方式中，计算机设备也可以基于预设的判断周期判断是否需要进行模型重新训练，本申请对此不进行限制。

以计算机设备在获取到与能耗优化相关的目标运行数据之后判断是否满足模型重新训练的条件为例，在此情况下，计算机设备在获取到目标运行数据之后，在基于目标运行数据制定能耗优化策略之前，需要先对能耗优化过程中涉及的模型是否需要重新训练进行判定，若确定满足模型重新训练的条件，则先进行模型重新训练的过程，之后基于重新训练好的模型进行基于目标运行数据的能耗优化策略的制定，若确定不满足模型重新训练的条件，则可以基于当前的模型进行基于目标运行数据的能耗优化策略的制定。

其中，模型重新训练的条件可以包括以下至少之一：当前时间达到预设的训练时间，以及，获取到的策略应用负反馈次数达到次数阈值。

在一实施例中，该计算机设备在获取目标运行数据的同时，还可以获取策略应用反馈，该策略应用反馈可以是策略应用正反馈，或者，也可以是策略应用负反馈，计算机设备可以对策略应用负反馈发次数进行统计，在确定获取到的策略应用负反馈的次数达到次数阈值时，表示当前模型制定的能耗

优化策略的能耗优化效果较差，无法满足实际需求，确定需要进行模型重新训练；其中，获取到的策略应用负反馈的次数可以是一段时间内累计获得策略应用负反馈的次数，或者，获取到的策略应用负反馈的次数可以是连续获得策略应用负反馈的次数。

由于当前模型制定的策略已经不适用于实际需求，若仅以历史运行数据进行模型训练获取到的模型也可能更适用于之前的状态而不适用于当前的需求，因此，在进行模型重新训练时，将目标运行数据与历史运行数据合并以组成样本集进行模型训练。

步骤 210，对样本集中的样本数据进行数据分级，得到应用于安全及有效性校验模型的样本数据集合，以及，应用于控制策略分级优化模型的样本数据集合；其中，应用于安全及有效性校验模型的样本数据集合包括应用于能耗有效性校验模型的样本数据子集、应用于制冷量安全性校验模型的样本数据子集、应用于状态安全性校验的样本数据子集；应用于控制策略分级优化模型的样本数据集合包括应用于各个优化层级的寻优模型的样本数据子集。

在本申请实施例中，各个模型是分别进行训练的，不同的模型对应有不同的样本数据子集，通过对样本集中的样本数据进行数据分级，以得到各个模型对应的样本数据子集；该过程可以实现为：

对样本集中的样本数据进行数据分级清洗、数据分级校验、指标分级融合、指标分级提取、指标分级划分，得到应用于安全及有效性校验模型的样本数据集合，以及应用于控制策略分级优化模型的样本数据集合。

其中，应用于安全及有效性校验的样本数据集合包括应用于能耗有效性校验模型的样本数据子集、应用于制冷量安全性校验模型的样本数据子集、应用于状态安全性校验的样本数据子集；应用于控制策略分级优化模型的数据集合包括应用于各个优化层级的寻优模型的样本数据子集。示意性的，应用于安全及有效性校验的样本数据集合可以表示为 {Data_E, Data_C, Data_S}，其中，Data_E 表示应用于能耗有效性校验模型的样本数据子集，Data_C 表示

应用于制冷量安全性校验模型的样本数据子集，Data_S 表示应用于状态安全性校验模型的样本数据子集；应用于控制策略分级优化模型的样本数据集合可以表示为{Data_01, Data_02, Data_03}，其中，Data_01 表示应用于第一优化层级的样本数据子集，Data_02 表示应用于第二优化层级的样本数据子集，Data_03 表示应用于第三优化层级的样本数据子集。

其中，数据分级中的各个处理方式的相关内容参考步骤 202 中的相应内容，此处不再赘述。

步骤 211，基于应用于安全及有效性检验模型的样本数据集合对安全及有效性校验模型进行模型训练，以及，基于应用于控制策略分级优化的样本数据集合对控制策略分级优化模型进行模型训练。

其中，基于应用于安全及有效性检验模型的样本数据集合对安全及有效性校验模型进行模型训练的过程可以实现为：

基于应用于能耗有效性校验模型的样本数据子集对能耗有效性校验模型进行深度学习训练，得到重新训练的能耗有效性校验模型；基于应用于制冷量安全性校验模型的样本数据子集对制冷量安全性校验模型进行深度学习训练，得到重新训练的制冷量安全性校验模型；基于应用于状态安全性校验模型的样本数据子集对状态安全性校验模型进行深度学习训练，得到重新训练的状态安全性校验模型。

在一种可能的实现方式中，计算机设备可以利用神经网络建立相应的模型，比如，DNN（Deep Neural Network，深度神经网络）或者 LSTM（Long Short-Term Memory，长短期记忆网络）等神经网络；示意性的，计算机设备可以利用 DNN 建立能耗有效性校验模型以及制冷量安全性校验模型，利用 LSTM 网络建立状态安全性校验模型，需要说明的是，上述模型的建立仅为示意性的，本申请不对模型建立依据的神经网络类型进行限制。

以利用 DNN 建立能耗有效性校验模型以及制冷量安全性校验模型，利用 LSTM 网络建立状态安全性校验模型为例，对上述三种模型的训练过程中

使用的损失函数可以表示为：

$$\text{Model_E} \sim \{\min(y_{pue} - f_{DNN}(x_{Data_E}))^2\}$$

$$\text{Model_C} \sim \{\min(y_{cooling} - f_{DNN}(x_{Data_C}))^2\}$$

$$\text{Model_S} \sim \{\min(y_{state} - f_{LSTM}(x_{Data_S}))^2\}$$

其中，Model_E 表示能耗有效性校验模型，Model_C 表示制冷量安全性校验模型，Model_S 表示状态安全性校验模型；xData_E，xData_C，xData_S 分别表示对应模型的输入数据，y_{pue}，y_{cooling}，y_{state} 分别表示对应输入数据的电能利用效率、制冷量以及状态安全参数，示意性的，该状态安全参数可以为进回风或进回水温度、进回风或进回水压力等等；上述输入数据以及 y 值在数据集中对应存储，以在模型训练时，通过 y 值与模型基于输入数据得到的预测 y 值之间的差异进行模型参数更新，从而实现模型训练，提高模型的准确性。在安全及有效性校验模型应用时，通过将控制策略分级优化模型确定的候选优化策略对应的参数对应输入到安全及有效性校验模型的各个模型中，以获得各个模型输出的对应子校验结果。

基于应用于控制策略分级优化的样本数据集合对控制策略分级优化模型进行模型训练的过程可以实现为：

基于第一优化层级的样本数据子集、第一优化层级的指标参数约束范围，通过组合遍历对第一优化层级的寻优模型进行训练，通过重新训练后的安全及有效性校验模型对第一优化层级的寻优模型进行测试，得到重训练的第一优化层级的寻优模型；基于第二优化层级的样本数据子集、第二优化层级的指标参数约束范围，通过贝叶斯优化对第二优化层级的寻优模型进行训练，通过重新训练后的安全及有效性校验模型对第二优化层级的寻优模型进行测试，得到重新训练的第二优化层级的寻优模型；基于第三优化层级的样本数据子集、第三优化层级的指标参数约束范围，通过强化学习对第三优化层级的寻优模型进行训练，通过重新训练后的安全及有效性校验模型对第三优化层级的寻优模型进行测试，得到重新训练的第三优化层级的寻优模型。

在本申请实施例中，为了提高对寻优模型的重新训练效果，计算机设备可以先对安全及有效性校验模型进行重新训练，以通过重新训练后的安全及有效性模型对寻优模型进行测试，得到重新训练的寻优模型；其中，对于任意寻优模型，通过重新训练后的安全及有效性模型对寻优模型进行测试可以是指通过重新训练后的安全及有效性模型对寻优模型基于对应的样本数据子集获得的能耗优化策略中的参数进行安全及有效性校验，在校验结果指示校验通过时，确定寻优模型测试通过，从而得到重新训练的寻优模型。

在上述寻优模型的训练过程中，对于任一优化层级，通过将该优化层级对应的样本数据子集中的一组参数数据组合输入到寻优模型中，通过寻优模型获得预测参数数据组合（即该寻优模型预测的能耗优化策略中的参数），若该预测参数数据组合中的各个参数数据处于该优化层级的指标参数约束范围内，则通过重新训练后的安全及有效性模型对预测参数数据组合进行安全及有效性校验，并在校验结果指示通过时，通过样本数据子集中的下一组参数数据组合进行上述过程，直至满足训练完成条件，得到重新训练后的寻优模型。其中，该训练完成条件可以是指样本数据子集的参数数据组合均迭代训练完成，或者，训练后的寻优模型通过重新训练后的安全及有效性校验模型的测试的次数大于次数阈值等等。

若预测参数数据组合中的各个参数数据中存在不属于优化层级的指标参数约束范围内的情况，或者校验结果指示不通过，则对寻优模型的模型参数进行优化，再次进行获取预测参数数据组合的过程，并进行后续过程，直到得到重新训练的寻优模型。

在本申请实施例中，各个优化层级的指标参数约束范围用于指示对应的优化指标的寻优空间，示意性的，若频率的约束范围为 50Hz~100Hz，那么寻优模型获得的预测参数数据组合中的预测频率需要处于 50Hz~100Hz 的范围内，若超出该范围，则表示该寻优模型的寻优结果不合理，需要重新进行模型训练。

步骤 212, 基于重新训练的控制策略分级优化模型进行分级寻优计算, 以及, 基于重新训练的安全及有效性校验模型进行安全及有效性校验。

在完成对各个模型的重新训练后, 基于重新训练后的模型进行能耗分级优化策略的制定过程。

通过对于能耗分级优化过程中使用的各个模型进行即时更新, 可以使得基于模型处理得到的能耗优化策略更加符合当前实际需求, 提高能耗优化策略的适应性。

基于图 2 所示实施例的内容, 以计算机设备在获取到与能耗优化相关的目标运行数据之后判断是否满足模型重新训练的条件, 以及设置有三个优化层级为例, 图 3 示出了本申请一示例性实施例提供的能耗分级优化方法的流程图, 该方法可以计算机设备执行, 该计算机设备可以实现为暖通设备的管理设备, 如图 3 所示, 该能耗分级优化方法可以包括:

步骤 S301, 获取目标运行数据。

步骤 S302, 判断是否满足模型重新训练的条件, 若否, 则执行步骤 S303, 否则, 执行步骤 S307。

该模型重新训练的条件可以包括以下至少之一: 当前时间达到预设的训练时间, 以及, 获取到的策略应用负反馈次数达到次数阈值; 其中, 在模型重新训练的条件包括对负反馈次数的判断时, 计算机设备可以在获取目标运行数据时, 获取策略应用反馈。

步骤 S303, 判断目标运行数据是否通过寻优预检测, 若是, 则执行 S304, 否则, 确定暖通设备不适合进行能耗优化。

步骤 S304, 对目标运行数据进行数据分级。

该过程可以参考图 2 所示实施例中的相关内容此处不再赘述。

步骤 S305, 基于设备运行机理即目标运行数据指示的当前状态, 确定起始优化层级并进行分级寻优计算。

该过程可以参考图 2 所示实施例中的相关内容此处不再赘述。

步骤 S306, 输出目标能耗优化策略。

步骤 S307, 合并历史运行数据和目标运行数据作为样本集。

步骤 S308, 对样本集中的样本数据进行数据分级, 得到应用于安全及有效性校验模型的样本数据集合, 以及, 应用于控制策略分级优化模型的样本数据集合。

步骤 S309, 基于应用于安全及有效性校验模型的样本数据集合对安全及有效性校验模型进行模型训练。

步骤 S310, 基于应用于控制策略分级优化的样本数据集合对控制策略分级优化模型进行模型训练。

在获得重新训练后的安全及有效性校验模型以及控制策略分级优化模型之后, 执行步骤 S305, 以得到目标运行数据的目标能耗优化策略。

上述过程的实施方式可以参考图 2 实施例的相关内容, 此处不再赘述。

图 4 示出了本申请一示例性实施例提供的能耗分级优化系统的示意图, 该系统用于执行如图 1、图 2 或图 3 所示实施例的全部或部分步骤, 以得到目标能耗优化策略, 如图 4 所示, 该能耗分级优化系可以包括数据分级服务模块 410, 数据分级处理模块 420, 安全及有效性校验模块 430 以及控制策略分级优化模块 440, 该数据分级处理模块 420, 安全及有效性校验模块 430 以及控制策略分级优化模块 440 组成能耗分级智能优化模组。

其中, 该数据分级服务模块 410 用于获取目标运行数据, 该数据分级服务模块可以作为真实数据中心与进行能耗分级优化的能耗分级智能优化模组的中介, 该数据分级服务模块一方面可以从真实数据中心的采集各种室内外环境数据、设备运行的状态数据、设备控制的设置参数、控制反馈数据、设备组合运行模式、设备运行数量、IT 中心负载及能耗数据、制冷设备及电源的能耗数据等等; 考虑到后续需要进行分级处理, 因此该数据分级模块在获取到目标运行数据后, 还可以对获取到的目标运行数据进行分级存储、分级

转发以及约束分级配置；另一方面，该数据分级服务模块也负责将能耗分级智能优化模组得到的目标能耗优化策略下发到真实数据中心。

该数据分级处理模块 420 用于对输入的运行数据进行数据分级处理，包括数据分级清洗、数据分级校验、指标分级融合、指标分级提取、指标分级划分，以得到应用于安全及有效性校验模型的数据集合以及应用于控制策略分级优化模型的数据集合，并将对应的数据集合分别发送到安全及有效性校验模块 430 以及控制策略分级优化模块 440。

安全及有效性校验模块 430 可以用于进行安全及有效性校验模型的训练以及进行通过安全及有效性校验模型对能耗优化策略进行安全及有效性验证。

控制策略分级优化模块 440 可以用于进行控制策略分级优化模型的训练，以及确定起始优化层级并基于各个优化层级的寻优模型进行分级寻优计算，以得到目标能耗优化策略。

图 5 示出了本申请一示例性实施例示出的计算机设备 500 的结构框图。该计算机设备可以实现为本申请上述方案中的暖通设备的管理设备。所述计算机设备 500 包括中央处理单元（Central Processing Unit, CPU）501、包括随机存取存储器（Random Access Memory, RAM）502 和只读存储器（Read-Only Memory, ROM）503 的系统存储器 504，以及连接系统存储器 504 和中央处理单元 501 的系统总线 505。所述计算机设备 500 还包括用于存储操作系统 509、应用程序 510 和其他程序模块 511 的大容量存储设备 506。

不失一般性，所述计算机可读介质可以包括计算机存储介质和通信介质。计算机存储介质包括以用于存储诸如计算机可读指令、数据结构、程序模块或其他数据等信息的任何方法或技术实现的易失性和非易失性、可移动和不可移动介质。计算机存储介质包括 RAM、ROM、可擦除可编程只读存储器（Erasable Programmable Read Only Memory, EPROM）、电子抹除式可复写只读存储器（Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory, EEPROM）闪存或其他固态存储其技术，CD-ROM、数字多功能光盘（Digital Versatile Disc,

DVD) 或其他光学存储、磁带盒、磁带、磁盘存储或其他磁性存储设备。当然, 本领域技术人员可知所述计算机存储介质不局限于上述几种。上述的系统存储器 504 和大容量存储设备 506 可以统称为存储器。

根据本申请的各种实施例, 所述计算机设备 500 还可以通过诸如因特网等网络连接到网络上的远程计算机运行。也即计算机设备 500 可以通过连接在所述系统总线 505 上的网络接口单元 507 连接到网络 508, 或者说, 也可以使用网络接口单元 507 来连接到其他类型的网络或远程计算机系统(未示出)。

所述存储器还包括至少一条指令、至少一段程序、代码集或指令集, 所述至少一条指令、至少一段程序、代码集或指令集存储于存储器中, 中央处理器 501 通过执行该至少一条指令、至少一段程序、代码集或指令集来实现上述各个实施例所示的能耗分级优化方法中的全部或部分步骤。

在一示例性实施例中, 还提供了一种计算机可读存储介质, 该计算机可读存储介质中存储有至少一条计算机程序, 该计算机程序由处理器加载并执行以实现上述通话过程中的应用交互方法中的全部或部分步骤。例如, 该计算机可读存储介质可以是只读存储器(Read-Only Memory, ROM)、随机存取存储器(Random Access Memory, RAM)、只读光盘(Compact Disc Read-Only Memory, CD-ROM)、磁带、软盘和光数据存储设备等。

在一示例性实施例中, 还提供了一种计算机程序产品, 该计算机程序产品包括至少一条计算机程序, 该计算机程序由处理器加载并执行上述图 1、图 2、或图 3 任一实施例所示的通话过程中的应用交互方法的全部或部分步骤。

本领域技术人员在考虑说明书及实践这里公开的发明后, 将容易想到本申请的其它实施方案。本申请旨在涵盖本申请的任何变型、用途或者适应性变化, 这些变型、用途或者适应性变化遵循本申请的一般性原理并包括本申请未公开的本技术领域中的公知常识或惯用技术手段。说明书和实施例仅被

视为示例性的，本申请的真正范围和精神由权利要求指出。

应当理解的是，本申请并不局限于上面已经描述并在附图中示出的精确结构，并且可以在不脱离其范围进行各种修改和改变。本申请的范围仅由所附的权利要求来限制。

权利要求书

1.一种能耗分级优化方法，其中，所述方法包括：

获取与能耗优化相关的目标运行数据；

对所述目标运行数据进行数据分级，获得对应于各个优化层级的数据集合；不同优化层级的数据集合对应于不同的优化指标；

基于设备运行机理及所述目标运行数据指示的当前状态，确定起始优化层级；

以所述起始优化层级为寻优起点，基于各个优化层级的寻优模型以及对应于各个优化层级的数据集合进行分级寻优计算，得到目标能耗优化策略，以基于所述目标能耗优化策略对暖通设备进行能耗优化。

2.根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述以所述起始优化层级为寻优起点，基于各个优化层级的寻优模型以及对应于各个优化层级的数据集合进行分级寻优计算，得到目标能耗优化策略，包括：

在进入目标优化层级的情况下，利用所述目标优化层级的寻优模型对相应的数据集合进行寻优计算，得到候选能耗优化策略；所述目标优化层级是以所述起始优化层级为寻优起点进行寻优的优化层级中的任意一个；

通过安全及有效性校验模型对所述候选能耗优化策略进行安全及有效性校验，得到所述候选能耗优化策略的校验结果；

若所述候选能耗优化策略的校验结果指示所述候选能耗优化策略通过校验，则将所述候选能耗优化策略确定为所述目标能耗优化策略。

3.根据权利要求 2 所述的方法，其中，所述方法还包括：

在所述目标优化层级为各个优化层级中的非最高优化层级的情况下，若所述候选能耗优化策略的校验结果指示所述候选能耗优化策略未通过校验，执行所述目标优化层级的下一优化层级的寻优计算以及安全及有效性校验；

在所述目标优化层级为各个优化层级中的最高优化层级的情况下，若所述候选能耗优化策略的校验结果指示所述候选能耗优化策略未通过校验，确

定暖通设备不适合进行能耗优化。

4.根据权利要求 3 所述的方法，其中，在所述候选能耗优化策略的校验结果指示所述候选能耗优化策略未通过校验的情况下，所述方法还包括：

基于所述目标优化层级的寻优模型对相应的数据集合进行迭代寻优计算以及安全及有效性校验；

在迭代寻优计算次数达到限定迭代次数且未得到所述目标能耗优化策略的情况下，基于所述目标优化层级的层级情况，执行所述目标优化层级的下一优化层级的寻优计算以及安全及有效性校验，或者，确定暖通设备不适合进行能耗优化。

5.根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述目标运行数据包括室内外的温湿度以及信息技术 IT 负载变化情况；

所述基于设备运行机理及所述目标运行数据指示的当前状态，确定起始优化层级，包括：

在室外温度处于预设的室外温度范围内、室内外温湿度变化情况为周期性变化且 IT 负载变化情况为周期性变化的情况下，确定所述起始优化层级为第一优化层级；所述第一优化层级指示对暖通设备的内部控制参数进行寻优；

在室外温度处于所述室外温度范围内、室内外温湿度变化情况指示室内外温湿度存在突变或者 IT 负载变化情况指示 IT 负载存在突变的情况下，确定所述起始优化层级为第二优化层级；所述第二优化层级指示对暖通设备的运行数量以及内部控制参数进行寻优；

在室外温度处于不同室外温度范围之间的温度临界范围内的情况下，确定所述起始优化层级为第三优化层级；所述第三优化层级指示对暖通设备的运行模式、运行数量以及内部控制参数进行寻优。

6.根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述对所述目标运行数据进行数据分级，获得对应于各个优化层级的数据集合，包括：

对所述目标运行数据进行数据分级清洗、数据分级校验、指标分级融合、

指标分级提取、指标分级划分，得到应用于安全及有效性校验模型的数据集合；所述控制策略分级优化模型包括各个优化层级的寻优模型；所述应用于控制策略分级优化模型的数据集合包括应用于各个优化层级的寻优模型的数据子集；

其中，所述数据分级校验用于校验各个样本数据的正确性；所述指标分级融合用于对相关指标进行数据统计，生成新的指标；所述指标分级提取用于提取不同模型所需指标集合，以组成对应的数据子集；所述指标分级划分用于对各个指标进行类型划分。

7.根据权利要求 2 所述的方法，其中，所述安全及有效性检验模型包括能耗有效性检验模型、制冷量安全性校验模型以及状态安全性校验模型；通过安全及有效性校验模型对寻优模型得到的能耗优化策略进行安全及有效性校验，包括：

通过所述能耗有效性校验模型对能耗优化策略进行能耗有效性校验，获得第一子校验结果；

通过制冷量安全性校验模型对能耗优化策略进行制冷量安全性校验，获得第二子校验结果；

通过状态安全性校验模型对能耗优化策略进行状态安全性校验，获得第三子校验结果；

基于所述第一子校验结果、所述第二子校验结果以及所述第三子校验结果，生成校验结果；所述校验结果指示能耗优化策略通过校验或者未通过校验。

8.根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述方法还包括：

在确定满足模型重新训练的条件下，将历史运行数据与所述目标运行数据进行合并以组成样本集；

对所述样本集中的样本数据进行数据分级，得到应用于安全及有效性校验模型的样本数据集合，以及，应用于控制策略分级优化模型的样本数据集

合；其中，所述应用于安全及有效性校验模型的样本数据集合包括应用于能耗有效性校验模型的样本数据子集、应用于制冷量安全性校验模型的样本数据子集、应用于状态安全性校验的样本数据子集；所述应用于控制策略分级优化模型的样本数据集合包括应用于各个优化层级的寻优模型的样本数据子集；

基于应用于安全及有效性检验模型的样本数据集合对安全及有效性校验模型进行模型训练，以及，基于应用于控制策略分级优化的样本数据集合对控制策略分级优化模型进行模型训练；

基于重新训练的控制策略分级优化模型进行分级寻优计算，以及，基于重新训练的安全及有效性校验模型进行安全及有效性校验。

9.根据权利要求 8 所述的方法，其中，基于应用于安全及有效性检验模型的样本数据集合对安全及有效性校验模型进行模型训练，包括：

基于应用于能耗有效性校验模型的样本数据子集对能耗有效性校验模型进行深度学习训练，得到重新训练的能耗有效性校验模型；

基于应用于制冷量安全性校验模型的样本数据子集对制冷量安全性校验模型进行深度学习训练，得到重新训练的制冷量安全性校验模型；

基于应用于状态安全性校验模型的样本数据子集对状态安全性校验模型进行深度学习训练，得到重新训练的状态安全性校验模型。

10.根据权利要求 8 所述的方法，其中，所述基于应用于控制策略分级优化的样本数据集合对控制策略分级优化模型进行模型训练，包括：

基于第一优化层级的样本数据子集、所述第一优化层级的指标参数约束范围，通过组合遍历对所述第一优化层级的寻优模型进行训练，通过重新训练后的安全及有效性校验模型对所述第一优化层级的寻优模型进行测试，得到重新训练的所述第一优化层级的寻优模型；

基于第二优化层级的样本数据子集、所述第二优化层级的指标参数约束范围，通过贝叶斯优化对所述第二优化层级的寻优模型进行训练，通过重新

训练后的安全及有效性校验模型对所述第二优化层级的寻优模型进行测试，得到重新训练的所述第二优化层级的寻优模型；

基于第三优化层级的样本数据子集、所述第三优化层级的指标参数约束范围，通过强化学习对所述第三优化层级的寻优模型进行训练，通过重新训练后的安全及有效性校验模型对所述第三优化层级的寻优模型进行测试，得到重新训练的所述第三优化层级的寻优模型。

11.根据权利要求8所述的方法，其中，所述模型重新训练的条件包括以下至少之一：当前时间达到预设的训练时间，以及，获取到的策略应用负反馈次数达到次数阈值。

12.根据权利要求1所述的方法，其中，在对所述目标运行数据进行数据分级，获得对应于各个优化层级的数据集合之前，所述方法还包括：

通过寻优预检指标对所述目标运行数据进行寻优预检测，获得寻优预检测结果；所述寻优预检指标包括以下至少之一：检测各个模型所需的指标是否缺失以及检验指标之间的业务关系是否成立；

所述对所述目标运行数据进行数据分级，获得对应于各个优化层级的数据集合，包括：

在所述寻优预检测结果指示所述目标运行数据预检测通过的情况下，对所述目标运行数据进行数据分级，获得对应于各个优化层级的数据集合。

13.根据权利要求12所述的方法，其中，所述方法还包括：

在所述寻优预检测结果指示所述目标运行数据检测不通过的情况下，确定暖通设备不适合进行能耗优化。

14.一种计算机设备，其中，所述计算机设备包括处理器和存储器，所述存储器存储有至少一条计算机程序，所述至少一条计算机程序由所述处理器加载并执行以实现如权利要求1至13任一所述的能耗分级优化方法。

15.一种计算机可读存储介质，其中，所述计算机可读存储介质中存储有至少一条计算机程序，所述计算机程序由处理器加载并执行以实现如权利要

求 1 至 13 任一所述的能耗分级优化方法。